

交通部中央氣象局委託研究計畫成果報告

颱風侵襲預警作業化研究 (I) A Study on Operational Warning of Typhoon Impact (I)

計畫類別：☒ 國內 ☐ 國外

計畫編號：MOTC - CWB - 93 - 2M - 01

執行期間：93 年 2 月 1 日 至 93 年 12 月 31 日

計畫主持人：李清勝

執行單位：台灣大學大氣科學系

中華民國九十三年十二月

交通部中央氣象局委託研究計畫成果報告

颱風侵襲預警作業化研究 (I) A Study on Operational Warning of Typhoon Impact (I)

計畫類別：☒ 國內 ☐ 國外

計畫編號：MOTC - CWB - 93 - 2M - 01

執行期間：93 年 2 月 1 日 至 93 年 12 月 31 日

計畫主持人：李清勝

執行單位：台灣大學大氣科學系

中華民國九十三年十二月

交通部中央氣象局委託研究計畫成果報告

颱風侵襲預警作業化研究 (I) A Study on Operational Warning of Typhoon Impact (I)

計畫編號：MOTC - CWB - 93 - 2M - 01

計畫主持人：李清勝

計畫共同主持人：郭鴻基

計畫協同主持人：林松錦、林李耀

計畫參與人員：黃麗蓉、王安翔、郭勉之、蔡德攸

執行單位：台灣大學大氣科學系

中華民國九十三年十二月

摘要

本計畫將針對台灣附近可能侵台的颱風，建立颱風侵襲機率的預報方式，其次是分析之颱風侵台期間台灣局地風雨之變化趨勢與特徵，結合颱風侵襲機率，整合並發展出侵台颱風之定量降水及強風發生之機率預報。

首先，本計畫收集歷史颱風路徑、強度和暴風半徑資，及歷史颱風侵台期間，台灣各地之風雨逐時觀測資料，以建立侵台颱風之風雨資料庫，並分析颱風侵台期間台灣各地之風雨特徵。在氣候值分析方面，我們利用與 Chang *et al.* (1993) 相同的方法，在東經 118~126 度、北緯 19~27 度範圍內，利用 1989~2001 年全台 371 個自動雨量站資料，分析當颱風中心落於每 2x2 度網格內時，台灣地區降雨的分布狀況。

在降雨型態的分布狀況方面，與 Chang *et al.* (1998) 的結果大致相同；但在平均降雨的量值方面，某些網格的差異則較大，例如在北緯 19~21 度、東經 118~122 度的網格中，台灣東南部的平均降雨量值較 Chang *et al.* (1998) 所得結果大許多，甚至超過 20mm/h，推測造成此結果的主要原因為，台灣東南部的自動雨量站之設立年份多集中於 1997 年之後，較其他地區之雨量站設立時間為晚，因此所收集的歷史個案數亦較其他地區之雨量站為少。另外，我們所得的結果中，在台灣東北部及東南部的降雨，皆較 Chang *et al.* (1993) 的結果明顯，可能原因除了颱風個案不同的影響之外，由於我們利用了全台共 371 個雨量站的降雨資料來分析颱風侵台期間台灣地區之降雨分布狀況，較 Chang *et al.* (1998) 的 22 個地面測站多出許多，且分布範圍亦較廣泛，因此對降雨的解析度亦較只利用傳統測站時來的高。進一步發現，當颱風中心位於東經 122~124 度、北緯 23~27 度的網格內時，台灣地區的降雨分布與中央山脈的走向接近一致，這樣的結果似乎隱含了當颱風中心位於某些網格中時，台灣地區的降雨分布可能與地形存在著關係，未來可針對此部分做進一步的探討。

另外，我們亦利用全台 28 個局屬測站（含外島）與 104 個遙測氣象站的逐時風力資料，分析颱風侵台期間台灣地區之風力分布狀況，所使用的分析方法與雨量資料相同。但所得結果卻不如雨量分布來得明顯，每個網格風力的分布狀況並無明顯差異，皆只在山區出現較大的風速，其他各地的風速則相對小了許多。為進一步瞭解當颱風侵台時，台灣各地實際的風力分布狀況，我們亦製作了 1989-2001 年颱風侵台期間台灣地區各測站之風花圖集（製作成光碟片）。進一步，我們分別以 1990 年的歐菲莉（OFELIA）颱風、1996 年的賀伯（HERB）颱風、2000 年的碧利斯（BILIS）颱風及 2001 年的桃芝（TORAJI）颱風為例，分析颱風侵台期間，台灣地區各地的風力分布狀況。由分析的結果可知，颱風侵台期間台灣地區的風力分布會產生明顯的局地變化，因此更增加了颱風侵台期間台灣地區風力預報

的困難度。

在颱風侵襲機率預報方面，本研究參考美國夏威夷大學所發展之計算方法，完成颱風侵襲機率預報程式之撰寫，並以台北（25.33°N、121.52°E）為例，計算納坦（Nock-Ten）颱風在未來 72 小時內各時段（每 6 小時一筆）之侵襲機率；而在「有效侵襲半徑」的選取上，則分為 60、120 及 240 海哩與 45、90 及 135 海哩兩組標準。結果顯示，利用颱風侵襲機率預報計算所得之結果與實際觀測一致，未來將結合此結果與各地風雨分布資料庫，建立颱風侵台期間風雨之機率預報技術。

關於颱風強度與暴風半徑的統計預報技術的發展方面，由於在實際預報上牽扯到颱風作業期間資料來源之問題，預報資料的來源是即時的觀測分析場，或是 NWP 模式預報的結果，關係到數值模式輸出進行後置處理的方式，主要分為兩大類型的：完美預報（PP）與模式輸出統計（MOS）。我們在第四章評估中央氣象局的颱風數值模式使用 MOS 或 PP 的可行性。評估結果顯示，目前未達發展颱風強度和暴風半徑 MOS 技術的合適時機。現階段的問題並非單純僅來自中央氣象局的颱風數值模式還未趨成熟，實際上無論中央氣象局或學界在發展這些統計預報技術的能力上，均還有很大的學習空間。因此，若需要建立颱風強度或暴風半徑的 PP 或 MOS 的統計預報指引模式，必須先妥為規劃，選取一個有潛力的颱風數值模式，逐步收集此數值模式之歷史資料，並確實追蹤此模式之發展和改版等訊息，以研判建立 PP 或 MOS 的時機。

在颱風強度的統計預報技術的發展上，我們利用類神經網路方法中的 RBF 模型來分析環境因子與颱風強度變化的關係，結果顯示，6 小時前颱風強度的變化與所在緯度位置對颱風強度的變化影響最大，前者顯示持續法（Persistence）的重要性，另外初始強度、高層風場、最大可能強度（MPI）以及垂直風切對強度變化也有一定程度的影響，因此未來在統計模式或應用在主觀判斷上，可以進一步針對這些參數作進一步的分析研究，改進颱風強度與暴風半徑的預報能力。複回歸模式顯示越長時間（如 72 小時）的預報效果越顯著，表示環境因子對颱風強度變化的影響在 2~3 天的時間較為顯著。檢驗預報結果顯示，目前的預報能力從 6 小時到 72 小時的預報，相關係數在 0.6~0.7 之間，如果未來對一些預報因子作進一步的確認與精簡，此複回歸統計模式在應用到實際作業時，對颱風強度的預報將有進一步的改進空間。在暴風半徑的預報上，由於可應用到統計模式的個案數較少（要接近台灣才有個案），預報的效果也較為不理想，所以必須持續收集颱風資料，使得統計模式有更多資料作為預測的依據。

關鍵字：颱風侵襲機率、颱風強度、統計預報方法、類神經網路、複回歸統計模式

目錄

摘要	I
目錄	III
表目錄	V
圖目錄	VI
一、前言	1
1.1 工作目標與內容	1
1.2 背景與論文回顧	2
二、颱風侵台期間各地風雨資料庫之建立與氣候值分析	7
2.1 資料處理	7
2.2 降雨氣候值分析	8
2.3 風力氣候值分析	9
三、颱風侵襲機率預報	15
四、應用CWB模式資料發展預報方法之評估	18
4.1 PP和MOS簡介	20
4.2 中央氣象局颱風數值模式發展PP或MOS之可行性評估	23
4.3 建立PP或MOS所需解決的各項技術	26
4.4 建議和小結	30
五、颱風強度和暴風半徑預報技術之發展	32
5.1 資料說明	33
5.2 環境因子與颱風強度的變化關係—類神經網路的應用	35
5.2.1 RBF方法說明	35
5.2.2 分析結果	37

5.3 颱風強度和暴風半徑的統計預報.....	39
5.3.1 複迴歸 (multiple regression) 模式.....	39
5.3.2 預報結果與分析.....	39
5.3.3 與類神經網路預報結果之比較.....	42
5.3.4 暴風半徑之預報結果.....	44
5.4 小結.....	44
六、總結與討論.....	45
七、致謝.....	49
八、參考文獻.....	50
附件一.....	121
附件二.....	122
附件三.....	光碟

表目錄

表2.1	1989-2001年侵台颱風資料表。	55
表3.1	納坦 (Nock-Ten) 颱風之自2004年10月24日0600UTC起，未來72小時內各時段(每6小時一筆)對台北之侵襲機率，有效侵襲半徑分別為60、120及240海哩。	58
表3.2	同表3.1，但有效侵襲半徑減小為45、90及135海哩。	58
表4.1	完美預報 (PP) 和模式輸出統計 (MOS) 在發展時期和預報時期的差異。表中 $\hat{y}$ 表示預報對象之估計值； X 表示預報因子所組成的矩陣。 f 表示求得估計值 $\hat{y}$ 的PP或MOS函數，實作上多為複回歸方程式。變數下標obj和fct分別表示客觀分析場和數值模式預報場；時間下標0和t分別表示預報當時和預報目標時間 (target period)。	59
表4.2	完美預報 (PP) 的優缺點。	59
表4.3	模式輸出統計 (MOS) 的優缺點。	60
表4.4	完美預報 (PP) 和模式輸出統計 (MOS) 的主要差異。	60
表4.5	中央氣象局的作業數值模式概況 (截至2003年為止)，本表僅列出和颱風預報相關的作業數值模式，相關內容參考黃等 (2003b)、馮等 (2003)、黃等 (2003a) 和陳等 (2003)。	61
表4.6	發展MOS或PP預報技術所建議閱讀的一些參考資訊。	62
表5.1	ANN模式以及複迴歸模式所選用之變數。	63
表5.2	颱風個案強度之分類，分類依據為強度變化除以5knots。	64
表5.3	RBF 針對6小時強度變化之變數選擇的相關係數 陰影為 θ 小於100，為經篩選後較為不重要的變數。	64
表5.4	同表5.3，但為12小時的強度變化。	66
表5.5	同表5.3，但為24小時的強度變。	68
表5.6	由 (a) 6小時、(b) 12小時、(c) 24小時、(d) 36小時、(e) 48小時、(f) 60小時至 (g) 72小時所發展的颱風強度變化複迴歸模式所選取的環境預報值。	70
表5.7	分別對複迴歸模式發展階段及檢驗階段所有的資料個數及相關係數。	73

圖目錄

圖2.1	Chang et al. (1998) 利用1971-1990共20年之22個地面測站資料，分析 颱風侵台期間台灣地區之降雨分布狀況。.....	74
圖2.2	利用1989-2001年之371個測站資料，分析颱風侵台期間台灣地區之降 雨分布狀況。.....	75
圖2.3	利用1989-2001年之132個測站資料，分析颱風侵台期間台灣地區之風 力分布狀況，此為第6及第15個網格之結果。.....	76
圖2.4	1989年莎拉 (Sarah) 颱風侵台期間，台北測站之風花圖。.....	77
圖2.5	歐菲莉 (OFELIA, 1990) 颱風路徑圖。.....	78
圖2.6	(a) 基隆、(b) 台北、(c) 新竹、(d) 宜蘭、(e) 花蓮、(f) 台東、(g) 彭佳嶼、(h) 澎湖和 (i) 蘭嶼測站，在歐菲莉颱風侵台期間的風花圖。	79
圖2.5	賀伯 (HERB, 1996) 颱風路徑圖。.....	88
圖2.6	(a) 基隆、(b) 台北、(c) 新竹、(d) 宜蘭、(e) 花蓮、(f) 台東、(g) 彭佳嶼、(h) 澎湖和 (i) 蘭嶼測站，在賀伯颱風侵台期間的風花圖。.....	89
圖2.5	碧利斯 (BILIS, 2000) 颱風路徑圖。.....	98
圖2.6	(a) 基隆、(b) 台北、(c) 新竹、(d) 宜蘭、(e) 花蓮、(f) 台東、(g) 彭佳嶼、(h) 澎湖和 (i) 蘭嶼測站，在碧利斯颱風侵台期間的風花圖。	99
圖2.5	桃芝 (TORAJI, 2001) 颱風路徑圖。.....	108
圖2.6	(a) 基隆、(b) 台北、(c) 新竹、(d) 宜蘭、(e) 花蓮、(f) 台東、(g) 彭佳嶼、(h) 澎湖和 (i) 蘭嶼測站，在桃芝颱風侵台期間的風花圖。.....	109
圖3.1	納坦 (NOCK-TEN, 2004) 颱風路徑圖。.....	118
圖4.1	完美預報(PP)的流程圖。.....	119
圖4.2	模式輸出統計(MOS)的流程圖。.....	119
圖4.3	統計模式的發展時期和預報時期中，擷取有效資訊的示意圖。圖中粉 紅色表示發展時期，紅色表示預報時期。藍色實曲線表示整個發展時	

期所能解析的最長的波長，綠色虛曲線表示發展時期僅能解析的最大 半波長，至於灰色實曲線表示更長期的趨勢。	119
圖5.1 以颱風中心為中心所切割的四個區域所含之網格點（詳細說明見內文）	120
圖5.2 3 NN model 示意圖（詳細說明見內文）	120

一、前言

1.1 工作目標與內容

本計畫的目的在建立定量降雨與強風的機率預報技術，並發展颱風強度和暴風半徑的預報方法。整體而言，全程（兩年）研究工作共有以下三項：

（一）颱風侵襲機率預報技術之發展

1. 完成颱風侵襲機率計算過程之程式撰寫工作
2. 根據中央氣象局提供之路徑預報誤差，將機率預報計算程式資料，應用於台灣地區之颱風路徑預報作業。

（二）颱風侵台期間各地風、雨發生機率資料庫之建立：

1. 收集歷史颱風侵台期間，台灣地區各地之風雨逐時觀測資料，以建立侵台颱風風雨資料庫。
2. 利用風雨資料檔，分析颱風侵台期間各地之風雨分佈特徵。
3. 在第二年計畫中，將結合中央氣象局颱風路徑機率預報結果與各地風、雨分佈資料庫，建立颱風期間風、雨之機率預報技術。

（三）颱風強度和暴風半徑預報技術之發展：

1. 利用觀測及模式分析場資料，分析綜觀環境因子與颱風強度變化的關係。
2. 根據分析結果，發展颱風強度變化之預報指引，以應用於利用數值模式產品，預報颱風強度之變化。
3. 發展颱風強度和暴風半徑之統計預報方法，並評估模式之可應用價值。

1.2 背景與論文回顧

侵襲台灣的颱風皆來自西北太平洋或南海，根據謝等（1998）之統計，過去百年來（1987~1996），共有 407 個颱風侵襲台灣；其中並有 165 個颱風中心，曾直接登陸台灣；平均每年由於颱風所造成的災害損失，超過新台幣 100 億元。因此，加強對侵台颱風之研究，藉以提供正確之預報指引，進而改進預報技術與提高預警能力，是台灣地區颱風防災課題中的重要工作。

侵台颱風所導致之災害，主要肇因於其所伴隨之豪大雨，局部性之豪大雨常導致該區域之山崩、土石流、河水暴漲與淹水；其次，颱風所伴隨之強風亦是值得重視之現象，強風除了引起颱風放假如何決定之問題外，亦常對飛航造成威脅並提高救災困難度。簡要言之，就防災需求而言，氣象方面最主要任務在提供正確的颱風路徑和伴隨風雨之觀測和預報資訊。因此，就氣象研究而言，最主要之重點在研究

如何提高颱風路徑預報的準確度與提升強風、豪雨的預警能力。目前國內針對颱風之應用研究，亦重著在路徑和定量降雨預估／預報上。

就預報技術應用而言，在颱風 24 小時以上的路徑預報，以動力數值模式產品的應用為主。至於 24 小時內，由於台灣地形的作用顯者，使颱風的路徑和伴隨風雨分布受到相當大的影響；動力數值模式中，系統路徑的偏差，可使模式中風雨分佈的誤差加大，因此動力數值模式在目前颱風預報應用上，很難及於 12 小時內。一般 24 小時內的預報，可大致畫分成 0-3 小時，3-12 小時和 12-24 小時等三個階段；3 個小時以內的即時預報，以應用雷達資料之趨勢外延和中尺度對流系統之概念模式為主，12-24 小時之預報仍可應用動力數值模式，而 3-12 小時，則以應用統計模式和概念模式為主。

目前中央氣象局的颱風預報作業，先參考動力數值模式預報產品，做出 24 小時（至 72 小時）之路徑預報；之後參考歷史颱風特徵採用類比法和氣候統計法，進行未來 24 小時之風、雨預報；預報時有時亦參考概念模式的結果。目前，此套作業過程對大部份颱風的行為，可合理掌握，其預報誤差也大都在合理範圍。但是，由於海面上資料稀少，加上大氣變化瞬息萬變，有關颱風的預報訊息存有相當的不確定性。根據統計，JTWC 自 1998～2002 年，西北太平洋地區熱帶氣旋的平均預報誤差，24 小時為 90 公里，48 小

時為 159 公里，72 小時達 231 公里。因此颱風預報技術的提升，仍有相當大的努力空間，尤其是對於一些特殊個案中物理機制的瞭解與預報指引之建立。

然而，隨著社會的進步與資訊的開放，一般民眾，尤其是有特預報需求的行業，對颱風預報準確度的要求愈來愈高。傳統的颱風路徑預報只提供定性結論，而颱風路徑機率預報除可提供定量及較長時間的預報外，並可供使用者了解颱風路徑預報的不確定。採用颱風機率預報方法，不但可以提供社會大眾定量與較長時間的颱風動向資訊，在公家機關或私人事業機構的決策者能據此做快速而正確的防颱措施，社會大眾更可以由機率預報的精神充分了解颱風預報路徑本身的不確定性，從而提高警覺，歸納出有利的防颱結論，減少生命、財產損失，並藉此提高民眾對中央氣象局颱風警報之採用度及信賴度。

計算颱風侵襲機率的方法有很多，其中大部分皆以歷年的氣候記錄為基礎發展出來。1958 年，S. J. Kimball 發展出颱風期間，西北太平洋地區颱風強度風速出現之機率模式。1962 年，Appleman 承續了 Kimball 的工作，但不同的是 Appleman 用了 3 個與風暴緯度有關的分布。1970 年，Hope 和 Numann 將這些方法改良後，發展了以機率形式對颱風未來移動的統計預報模式。約 20 年後 Jarrell (1978) 採用了與 Kimball 大致相同的方法，利用現代電腦及精細的預報誤差分

布 (forecast error distribution) 估計，發展一操作程式來估計選定的某一區域的熱帶氣旋「侵襲機率」。

就另一方面而言，颱風所帶來的強風和豪雨，和颱風的強度與暴風半徑亦有密切關係。一般颱風越強，則暴風半徑越大，位於同樣半徑的地方所感受的風力亦較強，而迎風面的地形舉升作用也可能較顯著而導致較大的降水；至於暴風半徑的大小則直接影響受颱風影響之範圍大小，而與颱風警報範圍有密切關係。再者，有些熱帶擾動於台灣臨近地區形成，且可能迅速移近並影響台灣地區；若在移近台灣過程中，強度迅速增強，則可能於台灣地區造成嚴重災情。因此，颱風強度和暴風半徑的預報技術發展，在颱風預報作業上，仍具相當重要地位。

颱風強度和暴風半徑的統計預報，除了可以比照路徑預報，使用氣候／延續方法 (CLIPER) 外，就是結合影響颱風強度因子綜觀條件的統計預報方法，例如 NHC 預報作業使用的 SHIPS (Statistical Hurricane Intensity Prediction Scheme, DeMaria and Kaplan 1999) 即是用統計方法來預報北大西洋與東北太平洋的颶風強度，其預報的結果顯示比 CLIPER 法好；2002 年以前 JTWC 在強度預報上，除了使用動力模式外，也參考了一些統計方法的結果，如類比法 (Sampson et al. 1990)，STIFOR (Chu 1994) 以及 ST5D (Knaff et al. 2003)，目前 JTWC 作業使用的強度指引模式則是在發展中的 STIPS (Statistical Typhoon

Intensity Prediction Scheme, Knaff et al. 2004)。基本上，上述這些方法使用的都是多變數迴歸，預報因子的選擇是主要關鍵；因此，需先瞭解影響颱風強度和暴風半徑的因素。近年的預報參考較多的 NWP 結果；若欲應用 NWP 結果之模式輸出統計（MOS，Model Output Statistics）或完美預報（PP，Perfect Prog）於颱風強度和暴風半徑預報，須有較成熟的數值模式並累積較多資料；不過在台灣應用 MOS 和 Perfect Prog 的可行性，仍需進行評估研究。

本報告第二章將說明侵台颱風風雨資料庫之建立，同時利用此風雨資料檔，分析颱風侵台期間各地之風與分布特徵。第三章為颱風侵襲機率預報之計算方法說明，並以納坦（Nock-Ten）颱風為例探討不同有效侵襲半徑之計算結果。第四章為針對中央氣象局現有數值模式進行 PP 或 MOS 預報技術之評估。第五章為颱風強度和暴風半徑預報計數之發展。第六章為總結與討論。

二、颱風侵台期間各地風雨資料庫之建立與氣候值分析

2.1 資料處理

在本年度的工作中，我們完成歷史颱風路徑、強度和暴風半徑資料之搜集和建檔；同時，收集歷史颱風侵台期間，台灣各地之風雨逐時觀測資料，以建立侵台颱風之風雨資料庫，並分析颱風侵台期間台灣各地之風雨特徵。

本研究所收集的資料包括美軍聯合警報中心（JTWC）之颱風最佳路徑（Best Track）資料與中央氣象局之颱風路徑資料。；然而，為提高台灣附近颱風路徑資料之準確性，我們需將 JTWC Best Track 資料與中央氣象局之颱風路徑資料合併，兩資料合併方式則與李等（2003）相同。在歷史資料長度方面，JTWC 之資料起自 1945 年至 2001 年止，而中央氣象局之資料則自 1962 年起至 2001 年止；因此，在 1945 至 1961 年間之資料完全以 JTWC Best Track 資料為基礎。

在雨量資料方面，本年度已完成 1989～2003 年，全省 371 個雨量站逐時雨量觀測資料之收集。而在風力資料方面，亦完成中央氣象局局屬傳統測站與遙測氣象站風力觀測資料之收集。在局屬傳統測站方面，共收集了 28 個局屬測站（含外島）的逐時風力資料（包含風向及風速），局屬測站的基本資料如附件一，資料時間為 1951～2003 年；而在遙測氣象站方面，共收集 104 個遙測氣象站的逐時風力資料

(包含風向及風速)，遙測氣象站的基本資料如附件二，資料起迄時間為 1987 年 6 月至 2003 年 12 月。本研究所收集的雨量及風力原始資料皆為依年份建檔，為了進行氣候值分析，本研究進一步將原始資料更改為依年份及月份建檔，每個檔案中並依測站放置雨量及風力資料。

2.2 降雨氣候值分析

Chang *et al.* (1993) 利用 1971-1990 年共 20 年之 22 個地面測站資料，分析颱風侵台期間台灣地區之降雨分布狀況。其將東經 117~127 度、北緯 17~27 度的範圍，每 2x2 度分為一個網格，計算當颱風中心落在每個網格中時，22 個地面傳統測站的降雨分布情況。結果顯示 (圖 2.1)，當颱風中心位於北緯 23 度以北時，最大降雨出現在中央山脈西側；而當颱風中心位於北緯 23 度以南時，最大降雨則出現在台灣東南部沿海，尤其當颱風中心位於北緯 21~23 度、東經 119~121 度之網格時，東南部沿海的降雨極大值最為顯著，且最大值超過 9mm/h。

我們利用與 Chang *et al.* (1993) 相同的方法，在東經 118~126 度、北緯 19~27 度範圍內，利用 1989~2001 年全台 371 個自動雨量站資料，分析當颱風中心落於每 2x2 度網格內時，台灣地區降雨的分布狀況 (表 2.1 為 1989-2001 年侵台颱風資料表)。圖 2.2 的結果顯示，

在降雨型態的分布狀況方面，與 Chang *et al.* (1998) 的結果大致相同；但在平均降雨的量值方面，某些網格的差異則較大，例如在北緯 19~21 度、東經 118~122 度的網格中，台灣東南部的平均降雨量值較 Chang *et al.* (1998) 所得結果大許多，甚至超過 20mm/h，推測造成此結果的主要因為，台灣東南部的自動雨量站之設立年份多集中於 1997 年之後，較其他地區之雨量站設立時間為晚，因此所收集的歷史個案數亦較其他地區的雨量站為少。另外，我們所得的結果中，在台灣東北部及東南部的降雨，皆較 Chang *et al.* (1993) 的結果明顯，可能原因除了颱風個案不同的影響之外，由於我們利用了全台共 371 個雨量站的降雨資料來分析颱風侵台期間台灣地區之降雨分布狀況，較 Chang *et al.* (1998) 的 22 個地面測站多出許多，且分布範圍亦較廣泛，因此對降雨的解析度亦較只利用傳統測站時來的高。進一步發現，當颱風中心位於東經 122~124 度、北緯 23~27 度的網格內時，台灣地區的降雨分布與中央山脈的走向接近一致，這樣的結果似乎隱含了當颱風中心位於某些網格中時，台灣地區的降雨分布可能與地形存在著關係，未來可針對此部分做進一步的探討。

2.3 風力氣候值分析

我們亦利用全台 28 個局屬測站（含外島）與 104 個遙測氣象站的逐時風力資料，分析颱風侵台期間台灣地區之風力分布狀況；所使用的分析方法與雨量資料相同，即將東經 118~126 度、北緯 17~27

度的範圍，每 2x2 度分為一個網格，計算當颱風中心落在每個網格中時，全台 132 個測站的風力分布情況。但所得結果卻不如雨量分布來得明顯，每個網格風力的分布狀況並無明顯差異，皆只在山區出現較大的風速，其他各地的風速則相對小了許多（如圖 2.3 所示）。

為進一步瞭解當颱風侵台時，台灣各地實際的風力分布狀況，我們亦製作了 1989-2001 年颱風侵台期間台灣地區各測站之風花圖集（如附件三，製作成光碟片）。風花圖集將 1989-2001 年侵台之颱風個案依年份區分，每個颱風個案再分別列出全省 25 個測站在颱風侵台期間（中央氣象局發佈海上颱風警報起至解除為止）之風花圖，風花圖例如圖 2.4 所示。風花圖除了以 2.5m/s 為間隔，畫出該測站之風速及風向之外，亦將風向劃分為十六個方位，計算在颱風侵台期間該測站所有逐時風速資料在每個方位所佔之百分比，圖中每個虛線圓圈代表 10%；同時，並計算所有觀測資料、無效資料以及靜風之資料筆數，及靜風所佔之百分比。

在此，我們分別以 1990 年的歐菲莉（OFELIA）颱風、1996 年的賀伯（HERB）颱風、2000 年的碧利斯（BILIS）颱風及 2001 年的桃芝（TORAJI）颱風為例，分析颱風侵台期間，台灣地區各地的風力分布狀況。

1. 歐菲莉（OFELIA，1990）颱風

圖 2.5 為歐菲莉颱風的路徑圖，歐菲莉颱風於菲律賓東方海面形成後，以西北轉北北西方向行進，並在 1990 年 6 月 23 日 13 時 06 分在花蓮南方約 19 公里處登陸，隨後約在當日晚間 8 時由新竹附近出海後朝北進入東海；其近中心最大風速為 38m/s，相當於 13 級風，屬於中度颱風，歐菲莉颱風在東部地區造成嚴重的災情，尤其以花蓮最為嚴重。我們分析了基隆、台北、新竹、宜蘭、花蓮、台東、彭佳嶼、澎湖和蘭嶼測站，在歐菲莉颱風侵台期間的風花圖（圖 2.6）；結果顯示，在歐菲莉颱風侵台期間，外島地區的彭佳嶼（圖 2.6-g）及蘭嶼（圖 2.6-i）測站皆出現 15m/s（相當於 7 級風）以上的風速；而本島則以基隆（圖 2.6-a）測站所出現的風力較強，其所出現的最大風速達 10m/s（相當於 5 級風），其他的本島測站風速相對較小，所出現最大的風速只有 7.5m/s（相當於 4 級風）。

2. 賀伯（HERB，1996）颱風

圖 2.7 為賀伯颱風的路徑圖，賀伯颱風於西北太平洋海面形成後，以西北西的方向朝台灣前進，並於 1996 年 7 月 31 日 20 時 44 分在基隆與蘇澳間登陸，其登陸後強度開始減弱，同時繼續以偏西的方向進行；賀伯颱風於 8 月 1 日凌晨 4 時在新竹附近出海後，以西北西方向進入台灣海峽，並於 8 月 1 日 11 時在福建平潭附近登陸大陸；直到 8 月 1 日 21 時台灣本島、澎湖、及台灣東部海面才脫離賀伯颱風暴風圈的影響；賀伯颱風近中心最大風速為 53m/s，相當於 16 級

風，屬於強烈颱風。賀伯颱風帶來的強風豪雨，在全國各地皆造成嚴重的災情，中南部沿海地區發生海水倒灌，台北縣市地區則有多處嚴重淹水，南投縣水里鄉、信義鄉、鹿谷鄉因山洪爆發，多人遭到活埋，同時全台電力及電信皆受到嚴重的損害。在降雨及風力的紀錄方面，阿里山測站於 7 月 31 日單日降水累計雨量高達 1094.5 毫米，花蓮、台東地區並於 31 日深夜出現焚風；全台總計有 51 人死亡，22 人失蹤。我們同樣分析了基隆、台北、新竹、宜蘭、花蓮、台東、彭佳嶼、澎湖和蘭嶼測站，在賀伯颱風侵台期間的風花圖(圖 2.8)；結果顯示，在賀伯颱風侵台期間，除了台東測站之外，其餘各測站皆出現 10m/s (相當於 5 級風) 以上的風速，其中本島的基隆(圖 2.8-a)、台北(圖 2.8-b)、新竹(圖 2.8-c)及花蓮(圖 2.8-e)測站，與外島的彭佳嶼(圖 2.8-g)及蘭嶼(圖 2.8-i)測站，更出現 15m/s (相當於 7 級風) 以上的風速。

3. 碧利斯 (BILIS, 2000) 颱風

圖 2.9 為碧利斯颱風的路徑圖，碧利斯颱風於形成後以穩定速度朝西北西至西北方向直撲台灣，並於 2000 年 8 月 22 日 22 時 30 分登陸台東縣成功鎮附近，隨後於 23 日中午由金門北方近海進入大陸；其近中心最大風速為 53m/s，相當於 16 級風，屬於強烈颱風，碧利斯颱風挾帶強風豪雨，造成全省多處地區積水、溪水暴漲及山區土石流；農業損失達 47.4 億，以花蓮、臺中兩縣受創最鉅。在碧利斯颱

風侵台期間，一共造成 11 人死亡，4 人失蹤，110 人受傷，房屋全倒的有 434 戶，半倒則為 1725 戶。進一步分析基隆、台北、新竹、宜蘭、花蓮、台東、彭佳嶼、澎湖和蘭嶼測站，在碧利斯颱風侵台期間的風花圖（圖 2.10）；結果顯示，外島地區各測站在碧利斯侵台期間，都出現 15m/s（相當於 7 級風）以上的風速（圖 2.10-g～圖 2.10-i）；但位於本島的基隆（圖 2.10-a）、台北（圖 2.10-b）及台東（圖 2.10-f）測站所出現的風力卻不如預期，尤其是離颱風登陸地點最近的台東測站，其所出現最大的風速只有 7.5m/s（相當於 4 級風）。

4. 桃芝（TORAJI，2001）颱風

圖 2.11 為桃芝颱風的路徑圖，桃芝颱風在呂宋島東方海面生成後，以西北轉北北西的方向移動，且朝台灣東部陸地接近，約於 2001 年 7 月 30 日 0 時登陸花蓮秀姑巒溪口，約於當日 10 時 20 分左右由新竹附近離開台灣本島並進入台灣海峽北部，約在 7 月 31 日 4 時 20 分由馬祖附近進入大陸，隨後強度減弱為熱帶性低氣壓；其近中心最大風速為 38m/s，相當於 13 級風，屬於中度颱風。在桃芝颱風侵台期間，約有 35 萬戶曾遭停電，鐵、公路亦有多處損毀交通中斷，多處地區發生土石流；全省共計 111 人死亡，103 人失蹤，農林漁牧損失超過 77 億元，其中以南投及花蓮兩縣最為嚴重。同樣的，我們分析了基隆、台北、新竹、宜蘭、花蓮、台東、彭佳嶼、澎湖和蘭嶼測站，在碧利斯颱風侵台期間的風花圖（圖 2.12）；結果顯示，在桃芝

颱風侵台期間，位於本島的花蓮（圖 2.12-e）測站所測得的風速較大，其有出現 10m/s（相當於 5 級風）以上的風速，而外島地區則以彭佳嶼（圖 2.12-g）及蘭嶼（圖 2.12-i）測站所測得的風速較大，兩測站皆有出現 15m/s（相當於 7 級風）以上的風速。

由以上的分析可知，颱風侵台期間台灣地區的風力分布會產生明顯的局地變化。在王（1987）台灣颱風風力特性及其預報研究（一）亦提到，由於台灣境內有中央山脈，其大部分地區之高度皆可達 700mb 等壓面之高度，當颱風接近台灣時，其低層風場之結構，已因中央山脈的阻擋作用而遭到破壞，使台灣各地之風力會呈現特殊的分布，與正常的颱風風場分布存在著極大的差異；此外，侵台颱風環流內常會伴隨著中小尺度系統，亦會造成局地風力分布的極大變化；最後，颱風與冬季季風共伴環流影響下，台灣各地之風力預報，不僅需考慮颱風之強度、結構、移動方向與速度及地形影響，而尚應準確的預報出在共伴環流影響下氣壓梯度之變化，因此更增加了颱風侵台期間台灣地區風力預報的困難度。

三、颱風侵襲機率預報

颱風侵襲機率預報除可提供定量及較長時間的預報之外，並可提供使用者瞭解颱風路徑預報的不確定性。1983 年，美國國家氣象局和美國國家颶風中心（NHC），就在傳統的颱風預報之外又發佈颱風侵襲機率預報，即對每一特定之城市，提供颱風中心經過一特定距離可能性的定量資訊。

計算颱風侵襲機率的方法有很多，其中大部分皆以歷年的氣候記錄為基礎發展出來。1958 年，S. J. Kimball 發展出颱風期間，西北太平洋地區颱風強度風速出現之機率模式。1962 年，Appleman 承續了 Kimball 的工作，但不同的是 Appleman 用了三個與風暴緯度有關的分布。1970 年，Hope 和 Numann 將這些方法改良後，發展了以機率形式對颱風未來移動的統計預報模式。約 20 年後 Jarrell (1978) 採用了與 Kimball 大致相同的方法，利用現代電腦及精細的預報誤差分布（forecast error distribution）估計，發展一操作程式來估計選定的某一區域的熱帶氣旋侵襲機率。

本研究參考美國夏威夷大學所發展之計算方法，計算颱風在未來最多 72 小時內，對台灣地區特定城市之侵襲機率，而「有效侵襲半徑」的定義則分為 60、120 及 240 海哩三種標準。此外，若颱風的預報中心位置與計算城市之距離大於最大的有效侵襲半徑時，則停止計

算侵襲機率；因此，有效侵襲半徑越小，所能預報的時間將隨之減小。

本研究將以台北(25.33°N、121.52°E)為例，計算納坦(Nock-Ten)颱風之未來 72 小時內各時段（每 6 小時一筆）之侵襲機率，預報起始時間為 2004 年 10 月 24 日 0600UTC (1400LST)，表 3.1 則為計算結果；其中，「T」表示所預報時間點之侵襲機率，「I」表示預報時間前一時段至預報時間點間之侵襲機率，而「C」則表示自目前至預報時間為止之侵襲機率。由表 3.1 欄位「C」的結果顯示，納坦颱風在未來 72 小時之內，將有極高的機會（99%）進入台北周圍 120 及 240 海浬範圍之內，亦有將近 50%的機會將會進入台北周圍 60 海浬半徑範圍之內。更進一步來說，此結果表示，納坦颱風會進入台北附近 120 及 240 海浬範圍內的機會是不發生的 9 倍，而會進入台北附近 60 海浬範圍內的機會則與不發生的機會相等。再來，由「I」的機率最大值顯示，納坦颱風最接近台北的時間可能是 2004 年 10 月 25 日，而依據實際觀測資料顯示（圖 3.1），納坦颱風於 10 月 25 日 0230UTC (1030LST) 在頭城與三貂角之間登陸，此與預報結果相當接近。最後，欄位「T」的機率值主要是用來計算欄位「I」及「C」，一般並不會單獨使用。

上述將有效侵襲半徑定義為 60、120 及 240 海浬，但若對台灣地區而言，此半徑似乎太大，在李和劉（1988）的颱風侵襲機率預報簡介中，以各縣市平均面積為侵襲範圍，定義有效侵襲半徑為 46 公里。

在此即將上述的有效侵襲半徑重新定義為 45、90 及 135 海浬，並再次計算納坦（Nock-Ten）颱風自 2004 年 10 月 24 日 0600UTC 起，未來 72 小時之內，對台北的侵襲機率，所得結果如表 3.2 所示。由於最大的有效侵襲半徑減小為 135 海浬，因此只預報了 60 小時即結束計算。結果顯示，納坦颱風在未來 60 小時之內，仍有極高的機會(99%)進入台北周圍 135 海浬範圍之內，但進入台北周圍 45 海浬範圍內的機會則減小至 34%；即納坦颱風會進入台北附近 135 海浬範圍內的機會是不發生的 9 倍，而會進入台北附近 45 海浬範圍內的機會則是不發生的三分之一。雖然有效侵襲半徑縮小，但欄位「I」的結果仍顯示，納坦颱風最接近台北的時間可能是 2004 年 10 月 25 日，此與實際觀測結果一致。

在颱風可能來襲時，採用颱風侵襲機率預報，不但可以提供社會大眾定量與較長時間的颱風動向資訊，亦能夠作為預報準確度的一個量度，估算可能潛在的損失，提醒相關人員及民眾及早做防颱準備工作。同時，社會大眾更可以由機率預報的精神充分瞭解颱風路徑和路徑預報本身的不確定性，從而提高警覺，減少生命財產損失，並藉此提高民眾對中央氣象局颱風警報之採用度及信賴度。

四、應用 CWB 模式資料發展預報方法之評估

颱風所帶來的強風和豪雨，和颱風的強度與暴風半徑亦有密切關係。一般颱風越強，則暴風半徑越大，位於同樣半徑的地方所感受的風力亦較強；再者，迎風面的地形舉升作用也可能較顯著而導致較大的降水（註：影響降水的因素較多，且與系統來源和所含水氣量有密切關係）。至於暴風半徑的大小則直接影響受颱風影響之範圍大小，而與颱風警報範圍有密切關係。再者，有些熱帶擾動於台灣臨近地區形成，且可能迅速移近並影響台灣地區；若在移近台灣過程中，強度迅速增強，則可能於台灣地區造成嚴重災情。因此，颱風強度和暴風半徑的預報技術發展，在颱風預報作業上，仍具相當重要地位。

颱風強度和暴風半徑的統計預報，除了可以比照路徑預報，使用氣候／延續方法（CLIPER）外，就是結合影響颱風強度因子綜觀條件的統計預報方法，例如 NHC 預報作業使用的 SHIPS（Statistical Hurricane Intensity Prediction Scheme, DeMaria and Kaplan 1999）即是用統計方法來預報北大西洋與東北太平洋的颶風強度，其預報的結果顯示比 CLIPER 法好；2002 年以前 JTWC 在強度預報上，除了使用動力模式外，也參考了一些統計方法的結果，如類比法（Sampson et al. 1990），STIFOR（Chu 1994）以及 ST5D（Knaff et al. 2003），目前 JTWC 作業使用的強度指引模式則是在發展中的 STIPS（Statistical Typhoon Intensity Prediction Scheme, Knaff et al. 2004）。基本上這些統計方法使

用的都是複迴歸 (Multiple Regression)，預報因子 (Predictor) 的選擇是主要的關鍵技術；因此，需先瞭解影響颱風強度的因素。近年興起的類神經網路 ANN (Artificial Neural Network) 或判別分類法，也可以嘗試用來分析影響颱風強度變化的環境因子，甚至是利用此技術來預報颱風強度及暴風半徑。本文第五章將就我們利用類神經網路及複迴歸模式所發展的統計預報技術做進一步的說明。

然而，在颱風實際作業期間，統計預報面臨之最大問題即為資料來源，大多的預報參考的是 NWP 數值模式結果，至於預報資料的來源是即時的觀測分析場，或是 NWP 模式預報的結果，關係到數值模式輸出進行後置處理的方式，主要分為兩大類型的：(1) 完美預報 (Perfect-Prognosis，以下簡稱 PP)；(2) 模式輸出統計 (Model Output Statistics，以下簡稱 MOS)。

由於本研究進行時無法取得中央氣象局 (至少三年) 模式預報產品資料，所以我們在第五章所發展的統計方法僅能採用 ECMWF 網格資料當作預報因子的來源，所以採行的方法將為 Perfect Prog。本章主要目的是評估中央氣象局的颱風數值模式，未來發展颱風強度和暴風半徑統計預報方法時，使用 MOS 或 PP 之可行性。第二節為 MOS 和 PP 之特性簡介和其優缺點。第三節評估中央氣象局現有的颱風數值模式發展 MOS 或 PP 之可行性。第四節提出發展 MOS 或 PP 所需的背景知識和技術。第五節為小結，並對後續研究提出建議。

4.1 PP 和 MOS 簡介

一些特殊的天氣事件或環流特性，例如能見度、雲量等，並沒有數值模式的預報值，也無法由數值模式預報產品直接計算導出量。其他氣象要素如地表最高/最低溫度，常為數值模式無法掌握的局地特異值。在天氣預報的作業程序中，預報員通常會主觀研判觀測場和數值模式預報值之間的關係，並運用此關係來解釋作業數值模式的預報產品，以增進數值模式原始輸出（raw model output）的使用效能。只是預報員在執行時通常無法避免主觀判定的效應，若使用統計方法則可使此預報程序較具客觀性。過去一些研究指出，使用觀測資料或數值模式預報產品，建立預報對象（predictand）和預報因子（predictor）之間的統計關係，取得的降尺度（downscaling）資訊，可針對特定地區發展統計預報技術。此即 PP 和 MOS 的發展緣起。

在發展時期（Development Stage），PP 和 MOS 均使用多重預報因子來建立複回歸方程；兩者最大差異是預報因子來源不同，PP 使用觀測場或客觀分析場，而 MOS 則使用數值模式預報產品。在執行時期（或稱預報時期，Implementation Stage），PP 和 MOS 均將數值模式預報產品套用至複回歸方程，以估算所需的天氣要素預報值。表 4.1 為 PP 和 MOS 在兩個時期的簡單方程表示式，表 4.2 和表 4.3 分別整理 PP 和 MOS 方法的優缺點。

PP 是最早發展的 NWP 統計預報技術（Klein, 1971）。此統計預報

技術假設數值模式為完美預報，因此不會對數值模式的任何可能誤差（error）或偏差（bias）進行修正。PP 在發展時期建立觀測場或客觀分析場與預報對象的統計關係，並於預報時期套用數值模式預報產品於此複回歸方程（圖 4.1）。因此 PP 在發展時期可對預報對象和預報因子求取同時或不同延時的關係，此為其和氣候持續法最大不同。舉例來說，若要預報 6 月台北測站的最低溫度，已知最佳的兩組預報因子是在 12Z 的 1000-500hPa 厚度和 700hPa 溫度。在發展時期，首先由歷史資料建立此二預報因子（鄰近格點上的值）和台北測站最低溫度的複回歸方程。當要執行 12Z 的預報時，直接將此複回歸方程的係數套用至數值模式的預報值，以產生 PP 方法的預估最低溫度值。若數值模式完全正確，將可產製精確的 PP 預報值。

目前較為接受的統計天氣預報技術是 MOS（Glahn and Lowry, 1972; Klein and Glahn, 1974）。此方法使用觀測值（預報對象）和數值模式預報產品（預報因子）建立複回歸方程，在預報時期直接套用數值模式預報產品至此複回歸方程（圖 4.2）。舉例來說，若預報員以 70% 相對溼度來主觀估計雲量，當所引用的數值模式具有系統性偏差，將可能造成預報誤差。假設數值模式具有 dry bias，預報員必須調整其門檻值為 60% 或 65%，否則數值模式和預報員均將低估雲量。而這些門檻值的界定也相當主觀，未必建基於既存的關係式。相對的，當對此數值模式發展 MOS 預報技術，所得的統計關係已包含此數值模式的 dry bias，因此可得到較客觀而精確的雲量估計值。

表 4.4 簡要說明 PP 和 MOS 之主要差異。PP 的預報誤差主要來自提供預報因子的數值模式 (Brunet et al., 1988)，因此 PP 統計模式建立後，可以套用不同的數值模式預報產品；此技術能忠實反應該數值模式的預報誤差。至於 MOS 相較於 PP，通常能提升預報的準確度，主要的原因在其能有效的消滅數值模式預報誤差中的系統性誤差和偏差。Wilks (2001) 指出，MOS 的回歸方程包含數值模式不同部分 (或延時) 的特定特徵之影響；由於 MOS 在複回歸方程的發展期和預報期均使用數值天氣模式的預報產品，此統計預報技術可同時包含數值模式的各項偏差，例如延遲誤差 (time lag error) 和系統性誤差 (systematic error) 等。

然而，MOS 的統計本質也使其無法表現異常氣候狀況，例如局地輻射冷卻或強烈冷氣團爆發等數值模式所無法掌握的特異天氣變化，並非數值模式系統性誤差，此時 MOS 模式將無法提供有效的預報指引 (Carter et al., 1989; Jacks and Rao, 1985)。因此對颱風此類劇烈天氣而言，MOS 的表現可能無法超越氣候持續法。另一方面，發展 MOS 預報方程，必須先收集數年的數值模式之歷史資料 (預報產品)，並以這些歷史預報資料和同時期的預報對象 (觀測值) 建立複回歸方程。數值模式必須維持 MOS 發展時期的模式物理和數值方法等特性，此 MOS 回歸方程才能提供可信賴的預報指引。當作業數值模式發生重大改版，則必須重新收集足夠長的數值模式預報產品，以建立新的回歸方程式。

4.2 中央氣象局颱風數值模式發展 PP 或 MOS 之可行性評估

本節概要說明中央氣象局現有的作業颱風數值模式，以便評估發展 MOS 或 PP 的可行性。表 4.5 為中央氣象局的作業數值模式的概況（截至 2003 年為止），本表僅例出和颱風預報相關的數值模式。各颱風數值模式的路徑預報表現，可參閱黃等（2003a）和陳等（2003）。以下為評估工作的主要參考資訊。

1. 全球模式 GFS 每天預報 2 次（00Z 和 12Z），每 6 小時有一次 post-run。中央氣象局各有限區域（作業）數值模式，初始場來自 GFS 的分析場，側邊界來自 GFS 預報場。GFS 在 2003 年新增植入渦旋和增加垂直層數兩項重大改變。GFS 首先用最佳內插客觀分析法進行資料檢定，接著以三維變分分析法進行模式初始場之客觀分析。至於有限區域模式均僅採用最佳內插客觀分析法，自行模式初始場的客觀分析。
2. 有限區域數值模式共有 5 個作業模式，均無 post-run。其中兩組 TFS 模式基本架構和 LAFS 相同，僅在颱風期間啟動。因電腦資源不足，TFS-OP 自 2004 年起停止作業；而 Nested-TFS 改名為 TFS-V2.0（以下簡稱 TFS）並維持作業。NFS 維持固定作業時間（每天 2 次），在颱風期間啟動植入渦旋的功能，並沒有獨立的颱風版本。NFS-2 則為發展定量降水所執行的作業模式。至於 LAFS

也維持固定作業時間(每天 2 次);並不因颱風警報而作任何更改。

3. NFS 或 TFS 只要西北太平洋區有颱風生成就會啟動模式，並不僅限於發布警報的颱風；這兩年約有 30 幾個颱風。模式東邊界約在 160°E 附近，可以涵蓋（幾乎）所有的颱風個案。其中 TFS 過去兩年的版本算相當穩定；未來除非上游(GFS)模式結構有重大改變，否則可預期其改變的機會很小。其積分時間為 90sec，模式產品的完整輸出為每日 2 次 (00Z 和 12Z)；每小時尚有特定圖檔輸出以提供給中央（颱風）災害應變中心使用。至於 NFS 對颱風的預報整體表現比 TFS 好，上線作業約 2 年。未來中央氣象局颱風小組會逐漸轉移到以 NFS 為主，但目前此模式還在逐漸改版中，並非穩定的作業版本。

4. 由於目前 GFS 在颱風期間會植入渦旋，以預報颱風路徑。但 TFS 和 NFS 會將取自 GFS 的初始場中的假渦旋挖掉，在以此 GFS 分析場作為 first guess 作客觀分析並植入颱風渦旋來產生模式初始場。雖然模式積分過程中側邊界還是來自 GFS 的預報場（有植入渦旋的效應），但除非颱風恰好鄰近颱風模式的邊界，否則其影響應該可以忽略。

5. TFS 和 NFS 目前只有路徑有較完整校驗。並且 TFS 只有路徑有作業人員個人存檔備用，其他模式產品（包括客觀分析場）均無存

檔。未來若有需求可向中央氣象局申請，但歷史個案一定要重新積分，包括今年（2004）的過去颱風個案。至於 NFS 則有保留其客觀分析場和預報場存檔。

由於使用 TFS 發展 MOS 和 PP 均須重新積分歷史個案，加上中央氣象局未來會逐漸以 NFS 取代 TFS。考慮中央氣象局的電腦資源和颱風小組現有人力等實際狀況，加上各年 TFS 的上游資料格式的微幅變動，相關模式資料格式的程式改版未必有完整紀錄，一旦重新積分將會耗費大量人力和電腦資源。因此並不建議發展 TFS-MOS 和 TFS-PP。至於 NFS，雖然保留其客觀分析場和預報場的存檔。但是其上線時間較短，個案數不多，目前也還在測試模式的物理過程和植入渦旋方式等階段，模式版本並不如 TFS 穩定。因此現在並不是發展 MOS 的合適時機；若考慮發展 NFS-PP，但也因為 NFS 模式上線時間不夠，致使可用的模式客觀分析場樣本數目不足。詳見第四節有關回歸方程計算穩定問題的說明。

中央氣象局近年亦已逐步發展有限區域模式（LAFS）的 PP 和 MOS 天氣統計預報技術（羅與陳，2001；羅與陳，2003）。目前有 LAFS-PP 和 LAFS-MOS 兩組統計天氣預報模式，進行日常最高/低溫度預報指引作業。在其發展初期使用 EC 的 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 客觀分析場來建構 LAFS-PP 的統計預報方程，在預報時期才套用 LAFS 數值模式的預報產品（粗網格解析度為 60km），在網格的解析度上有不一致現

象，這是該版本的 LAFS-PP 發生較強預報偏差的其中一項因素（羅與陳，2001）。近期已將 LAFS-PP 改為直接使用 LAFS 的客觀分析場建立複回歸方程（羅與陳，2003），但是其預報技術還需要較長時間評估。

最後必須強調的是，建立 PP 或 MOS，除考量預報對象和數值模式預報產品的資料品質和取得管道等因素，尚有建構統計方程所需的統計技巧和預報因子選取等問題。後者攸關研究人員是否具備足夠技術來建立此預報方法，相關說明請見第四節。

4.3 建立 PP 或 MOS 所需解決的各項技術

發展 PP 或 MOS 等技術，雖然須面臨數值模式的相關問題，但是建立可用的統計模式才是研究人員所必須解決的重要問題。以下簡單說明一些必須的統計相關資訊，相關數值方法可參考 Press et al. (1993)，若能直接套用市面上的統計軟體來進行矩陣運算，應可有效減輕工作負擔。表 4.6 列出下文中所提各項統計技巧的細節建議參考文獻，提供未來發展 PP 或 MOS 的參考。

目前大多數的統計天氣預報技術，都是建基於線性迴歸分析。在模式發展時期，透過 Least-Square Error (LSE) 的估算來求取預報因子和預報對象之間的最佳線性關係，並在預報時期設計適合的延時關係以估算預報值。由於天氣要素的預報因子不會僅有一個，因此需要

建立一組複回歸方程。在這個部分，模式建立者必須解決兩項問題，分別是預報對象的估算和預報因子的選取。在估算預報對象的時候，由於統計模式和數值（動力）模式的重大不同在於其為類別或機率預報，而非 deterministic solution。因此必須發展估計預報對象的機率分布之方法，目前常用的方法有二：Regression Estimation of Event Probability（簡稱 REEP）和 Logistic Regression。在預報因子的選取部分，預報因子數目和模式發展期的時間長度，攸關求解複回歸係數時的矩陣穩定與否。如果發展期太短或樣本數目太少，並且預報因子相對較多，則將有 overfit regression 的問題。這也是現階段要仰賴中央氣象局的颱風數值模式來發展 MOS 的所面臨的現實問題。預報因子的選取主要是使用 screening 或 filtering 的技巧，通常有下列兩種方式：stepwise regression 和 forward stepwise method。這兩種方法都是 iteration procedure，在選取過程均須先定出 stopping criterion 或 stopping rule。並且若要避免 overfit 的問題，實作的時候都要經過一連串的測試，以取的最佳的矩陣大小。此外，當回歸方程的殘餘量（residual）為 non-Gaussian distribution 之時，Least Absolute Deviations（LAD）method 可能是較佳的估算方法。Gray et al.（1992, 1993）曾使用 LAD-method 發展大西洋颶風活動的季節預報技術。Chu and Zhao（2003）也使用相似技術針對台灣鄰近海域的颱風個數進行季節預報；該文對 LAD-method 有具體說明，並寫出 pseudo-code 以茲參考。

因為 PP 和 MOS 均為建立在統計方法上的預報技術，若能取得足夠長的資料來發展統計模式，方可有效擷取具有預報潛能的資訊。圖 4.3 為統計模式在發展時期和預報時期中所能擷取有效資訊的示意圖。假設圖中各曲線所表示的變化趨勢是真實存在。發展時期（粉紅色時間軸）所解析到的最長波長（藍色實曲線），將可有效套用至預報時期（紅色時間軸）。但是發展時期所解析的最大半波長（綠色虛曲線），在預報時期將呈現完全反相位的趨勢，即真實趨勢為表示負相位的草綠色的曲線，但統計模式卻始終只能說明正相位趨勢。至於更長期的趨勢（灰色實曲線），顯然是更難解決的預報障礙。這些較長期的趨勢或季節變化特性，必須有足夠大的樣本數，例如將颱風按季節或路徑等特性分類，方能加以釐清。

颱風強度和暴風半徑的 PP 或 MOS 模式，和一般作業單位的天氣要素之 PP 或 MOS 模式最大不同，除了颱風的發生時間並不連續之外，其預報對象（強度或暴風半徑）具有位置隨時間改變的特性。此二特性對建立統計模式的所造成的障礙，分別概要說明於下。

相對於連續的天氣預報，颱風為偶發事件，這將嚴重減少發展統計模式所需的樣本數。一般天氣要素的統計預報，多以季節為單位，以預報台北站的日最高溫為例，假設冬季為 11-1 月共計 92 天，取 2 年的數值模式預報產品作為預報因子的資料庫，則 00Z 和 12Z 均分別有 184 個樣本；此樣本數對矩陣計算的穩定還算可以。然而若討論

颱風預報問題，以中央氣象局的颱風數值模式為例，Nested-TFS 在 2002 年 1 月上線，2002-2003 年共有 19 個生命期長于 1 天的颱風個案（黃等，2003a）。假設每一個颱風均積分 8 次（4 天），則 00Z 和 12Z 均分別僅有 76 筆樣本。但要注意不是所有的颱風個案都有使用價值，實作時還是必須注意其強度或路徑誤差等問題。至於 NFS，其在 2002-2003 年共有 10 個颱風個案（中央氣象局有發布警報），合計 54 個個案（陳等，2003）。無論是 76 或 54 個樣本，在建立統計模式的時候，均面臨矩陣運算的穩定問題。

在天氣統計預報方面，PP 或 MOS 是建立鄰近格點上的預報因子和特定測站之預報對象的回歸關係，因此每一測站將建立其獨有的回歸方程式。若要預報冬季的台北站、高雄站和花蓮站的日最高溫，延續前段文字中的例子，則共有 3 組方程式（各有 184 個樣本），須分別求解。此外，也可將預報區域中所有測站作為發展時期的樣本來建立複回歸模式，到預報時期將此回歸方程式直接套用至預報區域的每一個測站（Klein and Glahn, 1974）。此策略雖可增加樣本數目，但因回歸模式解釋了預報區域的平均氣候特性，將增加每一個測站的預報誤差。

此外，颱風的位置隨時間改變，在回歸方程式的發展時期，無法建立固定位置上的氣象參數和颱風強度之關係，必須設計一組移動座標的客觀分析方法來解決此問題。在此情況下，預報時期尚須考慮數

值模式預報的颱風路徑誤差等等問題。因此必須先確認數值模式的預報環流場和其颱風路徑預報具有一致的系統性偏差，才有可能具體執行此項研發工作。

最後，由於 MOS 在發展時期和預報時期均須使用數值模式的預報產品，而 PP 僅在預報時期需要套用數值模式的預報產品。有鑒於無法取得足夠長的中央氣象局的 Nested-TFS 和 NFS 客觀分析場之客觀限制，因此本文也評估使用其他資料中心的網格資料，例如 EC 或 NCEP 重分析資料作為 PP 發展時期的預報因子之資料庫。羅與陳（2001）曾以此策略發展中央氣象局第一代 PP 模式，但須注意該文的預報目標位置固定。若以 EC 或 NCEP 作為替代方案取代颱風數值模式，發展颱風 PP 模式，除了要解決發展時期的移動座標之問題，在預報時期還須解決的 EC 或 NCEP 和颱風數值模式的網格間距和格點不一致的問題，更遑論尚須討論颱風數值模式的路徑預報問題之修正（PP 假設數值模式為完美，並不對其預報產品進行任何誤差修正）。此外，速成做法是發展 Classical Statistical Forecast Model，但此時需克服以下 2 項困難：穩定而即時取得網格觀測資料的管道，以及預報因子和預報對象之間的延時關係。

4.4 建議和小結

本章評估結果顯示，目前未達發展颱風強度和暴風半徑 MOS 技

術的合適時機。現階段的問題並非單純僅來自中央氣象局的颱風數值模式還未趨成熟，實際上無論中央氣象局或學界在發展這些統計預報技術的能力上，均還有很大的學習空間。因此，若需要建立颱風強度或暴風半徑的 PP 或 MOS 的統計預報指引模式，必須先妥為規劃，選取一個有潛力的颱風數值模式，逐步收集此數值模式之歷史資料，並確實追蹤此模式之發展和改版等訊息，以研判建立 PP 或 MOS 的時機。

五、颱風強度和暴風半徑預報技術之發展

這一章我們將利用類神經網路 (Artificial Neural Network or ANN) 的方法分析影響颱風強度變化的環境因子，同時藉此發展複迴歸 (multiple regression) 模式的統計預報方法，如前一章所言，由於我們在研究期間尚未取得中央氣象局至少三年的模式預報產品，所以接下來所使用環境變數的預報因子，將採用 ECMWF 的資料，亦即為 Perfect-Prog 方法。

複迴歸方法已被廣泛應用在不同預報對象的氣象統計模式當中。主要原因是它在發展時期的簡便、需求輸入資料不多及預報的穩定性。在颱風有關的應用方面，最普遍的是各種氣候及持續 (Climatology and Persistence) 方法。例如颱風路徑之 CLIPER 和颱風降雨之 R-CLIPER。至於颱風強度，在美國也已經有研究小組發展出 Statistical Hurricane Intensity Prediction System (SHIPS, Knaff et al. 2003) 及針對西北太平洋颱風的 Statistical Typhoon Intensity Prediction System (STIPS, Knaff et al. 2004)。這兩個統計模式也是判斷其它動力模式之水準時作為之參考。在這個計劃我們將依 STIPS 的方向建立及試驗了一個針對侵台颱風的強度預報複迴歸模式。

至於類神經網路在氣象學和海洋學的應用在近年才比較多，原因是其中牽涉到幾個技術上的困難。包括在計算過程中非線性關係的不

穩定性、龐大資料數量的需求、及理解類神經網路中非線性關係的物理意義存在困難等 (Hsieh and Tang, 1998)。但隨着這些困難的逐一克服，越來越多的 ANN 模式出現在氣候研究及地球科學的文獻中。因颱風強度的資料庫已累積得相當豐富，並且也沒有前人應用 ANN 模式在颱風之研究，所以我們初步試驗了其中一種類神經網路方法以探討強度變化與一些環境因素之關係，另外也可跟複迴歸模式比較。

5.1 資料說明

在這一章的統計預報方法的發展上，我們所選擇的資料來源與處理方式敘述如下：

1. 資料來源：

1980~2001 年颱風路徑、強度與暴風半徑等資料，為合併聯合颱風警報中心 (JTWC) 與中央氣象局兩者的資料，為求格式統一，相關處理方式見李等 (2003)。

綜觀環境場資料，我們選擇 ECMWF Reanalysis ERA-40 (<http://www.ecmwf.int/research/era/>)，1980~2001，一天四筆的地面與 23 層標準層的資料。

2. 資料處理方式：

颱風個案的選取方式為 1980~2001 年在西北太平洋地區生成

之颱風，只要經過東經 $120^{\circ}\sim 140^{\circ}$ 與北緯 $10^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 的區域內則選取為所分析的颱風個案，總個案數為 463 個。

由於 ERA40 為 $2.5^{\circ}\times 2.5^{\circ}$ 網格點的資料，為了正確選取颱風中心周圍環境場的變數，我們將上述所選取颱風個案之颱風中心的位置，位移至最接近的網格點位置，例如當颱風中心為 $129.1^{\circ}\text{E}, 10.2^{\circ}\text{N}$ 時，重新位移後的颱風中心位置為 $130^{\circ}\text{E}, 10^{\circ}\text{N}$ 。

變數的選取方面，為因應 ANN 模式與多變數回歸統計預報的需求，我們主要是參考 Knaff et al. (2004) 選取的可能影響颱風強度變化的相關變數，並加上一些近地面參數（如風場，溫度與通量），所選取之變數見表 5.1，其中在備註欄註明為 5 的部分，代表我們將該變數分為 5 個區域平均值（圖 5.1），以重新選取後的颱風中心為基準分做四個象限，每個象限區域為 4×4 個網格點（約為 $1000\text{km}\times 1000\text{km}$ 的範圍），數字 1 代表四個象限面積的總和，數字 2 代表左上方的象限，以此類推。因此表 5.1 中所列變數，經選取後共有 119 個變數，如果表中說明該變數為 $250\text{km}\sim 1000\text{km}$ ($0\text{km}\sim 1000\text{km}$) 的區域平均，代表該區域平均(不)需扣除颱風中心所在網格點的值，舉例來說，RHLO_2 所代表之變數為 RHLO（底層相對濕度）在左上方象限扣除颱風中心後的面積平均，其他變數的代號以此類推。

表 5.1 中所列之 MPI (Maximum Potential Intensity, 最大可能強度, Emanuel, 1988; Holland, 1997) 的定義如下, 其中 $A=38.21$, $B=170.72$, $C=0.1909$, 以及 $T_0=30.0$:

$$\text{MPI} = A + B e^{C(T-T_0)}.$$

5.2 環境因子與颱風強度的變化關係—類神經網路的應用

5.2.1 RBF 方法說明

這一部份的研究嘗試利用類神經網路的方法, 藉由 463 個颱風個案資料 (一萬多筆時間個案), 來瞭解不同環境變數對颱風強度變化的影響, 找出對颱風強度變化較為敏感的因子。這裡我們所採用的類神經網路模式其中之一中的 RBF (Radial Basis Function Networks, 幅狀基底函數或徑向基函數) 的方法 (Oyang and Hwang, 2002), 此方法類似於機器學習的模式。研究指出, 此種方法無論是針對數量小 (1000 筆資料以下) 或是數量大 (1000~45000 筆) 的資料均較一般 1NN、3NN 有更高的預測正確率 (Oyang, 2004)。根據前述所選出的 119 個變數作為可能影響颱風強度的預報因子, 分別針對未來 6 小時、12 小時、24 小時之強度變化進行預測, 並將強度分為顯著增強、增強、持平、減弱、顯著減弱五種類別 (class) (表 5.2)。由於所有個案的時間筆數約有一萬多筆資料, 選取其中前一萬筆資料做訓練 (training), 後一千多筆資料做測試 (testing)。

6 小時的結果顯示，測試的 1604 筆資料預測正確率為 0.4544；12 小時的結果顯示，測試之 1284 筆的預測正確率為 0.4049；24 小時的結果顯示，測試之 645 筆的預測正確率為 0.5302，顯見此組資料對於預測 24 小時後之強度變化較有幫助。

由於此機器學習的概念，是以變數作為象限，選取相近的點作預測，因此，可先透過變數選擇（feature selection）應該改善正確率。以 3NN 模式（機器學習的方法之一）舉例，3NN 模式表選取離預測點最接近之三個點判斷，如圖 5.2 所示，x 與 o 均為模式訓練的結果，而△則是待預測的點，如以 3NN 模式進行預測，離預測點最近之 3 個點分別有 2 個 o、1 個 x，因此模式會預測△為 o。但經過變數選擇後可發現，x 軸對於結果之預測較有代表性， $x > 10$ 大都為 o， $x < 10$ 則為 x。因此經過變數選擇後，在套用 3NN 模式，則會預測△為 x，與實際結果較接近。

進行變數選取時，首先計算各變數與結果預測之相關性，計算方法如下（其中足標 i 表第 i 個變數 A_i ）：

首先計算 A_i 的變數個數

$$n = \sum_{i=1}^k n_i$$

計算該變數全部值（value）的平均

$$\bar{v}_{..} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} v_{ij}$$

各別計算不同類別（class）的平均 $\bar{v}_{i.} = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} v_{ij}$

計算標準差 $s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (v_{ij} - \bar{v}_{..})^2$

計算該變數對於強度預測的重要性 $\frac{\sum_{i=1}^k n_i (\bar{v}_{i.} - \bar{v}_{..})^2}{s^2}$

當 $\frac{\sum_{i=1}^k n_i (\bar{v}_{i.} - \bar{v}_{..})^2}{s^2} \geq \theta$ ，則該變數會選取進行下一步之 RBF 測試，其中 θ 是由人為指定。

5.2.2 分析結果

分別計算 6 小時（表 5.3）、12 小時（表 5.4）、24 小時（表 5.5）後之強度變化與選取變數之相關性，我們臨界值 θ 選擇為 100，相關性越高，代表該變數對颱風強度變化的影響較大，表中陰影的部分為低於 100 的相關性，這些變數在下一步測試（預測）時將會被排除。表 5.3 結果顯示，前 10 個相關性最高的分別為：DVMX-6、SHRD_2、VMAX、SHRU_3、MPI_2、SHRD_3、MPI_3、U200_2 及 LAT。表 5.4 結果顯示，前 10 個相關性最高的分別為：DVMX-6、VMAX、SHRD_2、SHRU_3、SHRD_3、LAT、U200_2、MPI_2、VMAX2 及 SHRD_1。表 5.5 結果顯示，前 10 個相關性最高的分別為：VMAX、VMAX2、SHRD_2、DVMX-6、LAT、SHRD_3、U200_2、SHRU_3、

SHRD_1 及 SHRU_2。

綜合上述結果顯示，6 小時強度變化量 (DVMX-6) 及緯度 (LAT) 對結果預測有顯著影響，分別可解釋為持續性與緯度變化對颱風強度變化有較為明顯的影響；此外初始強度 (VMAX) 與初始強度的平方 (VMAX2) 對於結果預測亦有明顯影響。高層緯向風場 (U200) 及最大可能強度 (MPI) 也具有一定的貢獻，且以西北方的緯向風場及北方的 MPI 影響較大。除此之外，垂直風切對於強度變化的預測也有很高的相關性。其中以整層的垂直風切 (SHRD, 200hPa to 850hPa wind shear) 及高層的垂直風切 (SHRU, 200hPa to 500hPa wind shear) 之北方象限的影響較顯著。

本研究選取 θ 為 100 作為選取變數的標準，經過變數選擇後，在進行同樣的 RBF 模式驗證。6 小時的結果顯示，測試的 1604 筆資料預測正確率為 0.4812；12 小時的結果顯示，測試之 1284 筆的預測正確率為 0.4213；24 小時的結果顯示，測試之 645 筆的預測正確率為 0.5581。經過變數選擇後，模式學習驗證的正確率均有提高。若將 θ 提高為 200，則 6 小時的預測正確率為 0.4837；12 小時的預測正確率為 0.4010；24 小時的預測正確率為 0.5689。此結果顯示越長時間（24 小時）的強度預測效果會比短時間（6 小時）較好，這反映了綜觀環境因子對颱風強度影響的重要性主要是在 24 小時以後，我們在下一節的多變數複回歸模式中，有顯示了相同情形。

5.3 颱風強度和暴風半徑的統計預報

5.3.1 複迴歸 (multiple regression) 模式

這部份主要應用前述 ANN model 裏相同的 119 個變數 (1980-2000 data, 463 個颱風個案) 作為預報因子 (predictor) 而建立一個預報颱風強度變化之複迴歸模式。類似的概念目前在一些作業單位 (例如 JTWC) 被應用為颱風強度變化的參考。例如 Statistical Typhoon Intensity Prediction System (STIPS, 詳見 Knaff et al., 2004)。但是我們增加了複迴歸模式中很多預報因子 (例如一些近地面風場、溫度及通量)。對理解那些環境變數對颱風強度變化起最重要作用應該比以往的研究可以取得更加詳盡的資料。

跟 Knaff et al. (2004) 一樣, 我們利用逐步選取 (stepwise) 複迴歸以決定那些預報值真正需要被保留在模式裡面。在比較過向前 (forward, 預報因子逐一加入模式裡面) 及向後 (backward, 預報值逐一從 119 個減少) 的迴歸後, 我們發現兩種方法所選取出來的預報值差不多。通常都是向後的迴歸需要選取較多的預報因子, 所以我們在這裏的討論集中在向前的迴歸得到的結果。

5.3.2 預報結果與分析

我們分別對 6、12、24、36、48、60 及 72 小時的強度變

化建立複迴歸模式（所以對不同時段也會選取出不同的預報值，及不同的 regression coefficients），所得到的預報因子詳列在表 5.3。跟據表 5.6 所示結果，有以下幾點重要的觀察：

1. 預報因子數量由 6 小時預報時段的 42 個增加到 72 小時的 67 個。這顯示在較長的時段，影響颱風強度變化因素更為複雜，所以需要更多的環境變數。
2. 有趣的一點是在所有的預報值時段，初始強度的平方（VMAX2）都被選取為預報因子，而不一定是初始強度本身；這一點跟 Knaff et al. (2004) 的情況是吻合的。
3. 基本上複迴歸模式都選取持續值（persistence）作為颱風強度變化的參考；例如，12 及 24 小時前變化（DVMX-12, DVMX-24）都常出現在各時段的預報值因子。另外，在颱風季節中的實際日期（JDAY）也是一個重要變量。
4. 針對整個颱風範圍的平均值作為預報變數作考量，其中幾個通常被認為對颱風強度最重要的因素都在我們的複迴歸模式中，包括 850 百帕的渦度，高空的輻散（或只是東西風），及風切；其中 200 至 850 百帕整個對流層的風切一定需要。在有些情況下，再需要集中取高層風切（e.g., SHRU/USHRU）或低層風切（e.g., SHRS/USHRS）作為預報值。

5. 地面氣壓可能因為是颱風加強的後果，所以並不是一個重要的預報值。
6. 反而，近地面的變量（例如，10-m 風場、2-m dew point、地面 latent heat flux 及 sensible heat flux）都分佈在颱風中心不同方向的象限裏面。因為這些變量都跟中尺度系統有密切關係，而會在小尺度範圍內起頗大的變化，所以將它們在整個颱風範圍取平均就不會很有價值。在東南、東北、西南、西北四個象限中沒有很固定的變量出現其中，最大可能的原因是這些變量對不同的颱風個案也會有非常不同的貢獻。這也說明這些變量相對於其它的高空變量不是不重要，但要在單一模式中整合它們以預報不同時間、環境條件下之颱風強度變化還是非常困難的工作。

在我們用 1980-2000 年 best track 資料所發展的複迴歸模式跟觀察符合程度方面，表 5.2 列舉了不同預報時段模式跟觀察的相關係數 R (correlation coefficient)，可見在各時段的 R 都超過 0.62 的水準，且有跟隨預報時間增加的趨勢（在 72 小時的模式 $R=0.77$ ）。這個趨勢可以理解為：比較長時間的強度變化較配合綜觀尺度的環境變量，也就是我們複迴歸模式中在某範圍平均的預報值。相對地，短時間的強度變化含有很多擾動及突變因素，而我們所輸入的預報因子也無法掌握。不過，要注意的是如前述模式所選取的預報值也是在較長的預

報時段比較多。

為了校驗複迴歸模式的預報效能，我們利用 2001 年的 18 個西太平洋颱風做獨立檢驗。表 5.7（第 3 行）列出了各預報時段的檢驗個案數目。由於這個複迴歸模式是屬於初步發展，其中還沒有針對颱風強度的實際數值做適當調整，所以這裏我們只報告所有檢驗個案所得到的相關係數。從表 5.7（第 4 行）可見，在各時段經 2001 年獨立檢驗的 R 跟發展模式時的 R 非常接近，也是從 6 小時 ~ 0.6 增加到 72 小時的 ~ 0.7 。這說明這個統計模式擁有一定的預報能力。當然，更多的檢驗是必須的。

由於現有的複迴歸模式利用到 40 至 60 多個預報值，所以是頗為龐大的，實際作業時要取得其中一些變量也可能有困難。所以未來的工作包括如何精簡一些預報因子但不減低模式本身的預報能力。另外將會參考更加多利用動力模式研究颱風強度的工作已瞭解一些預報值的空間分佈情況及物理意義。

5.3.3 與類神經網路預報結果之比較

由於在 5-2 中 RBF 方法所得到的颱風強度變化測試結果為正確率（分別為 6 小時的 0.4544, 12 小時的 0.4049, 及 24 小時的 0.5302），所以不容易跟這一節中利用複迴歸方法的測試所得到的相關係數做直接比較。但兩個方法得到的趨勢是一致的，亦即 RBF 的正確率和

複回歸模式的相關係數（表 5-7）都從 6 小時到 24 小時的預報時段增加；這顯示兩種模式都對掌握極短時間內的強度變化有困難，但這也可能是因為我們輸入模式的是綜觀尺度的資料（及它們的空間平均），而短時間內的強度變化可能跟中尺度內的系統有極大關係。

拿 RBF 方法得到的比較重要的預報因子（表 5-3 至表 5-5）與逐步複回歸模式得到的（表 5-6）作比較，也可以得到一些有趣的觀察。例如，在一般預報因子方面，RBF 方法都選取了 VMAX, VMAX2, DVMX-6 及 LAT，但從 6 小時到 24 小時，複回歸模式的一般預報因子就有一些變化，及通常利用 DVMX-12 和 DVMX-24 比較多，共通的一點是 VMAX2 這個因子的重要性應該可以肯定。

在其它的預報因子方面，RBF 方法集中的選取各種風切來做作，例如 SHRD, USHRU 等，另外高空風場（U200）和幅散（ $\delta 200$ ）也是在 RBF 的前列因子當中；相對地，複回歸模式選取了比較多的近地面參數，尤其是那些分別在四個象限中的值。可能的原因是，複回歸模式本身將預報因子逐個地加進去考慮的特性，而跟類神經網絡都是將所有預報因子一併考慮的；不過，從比較長預報時間（48 至 72 小時）的複回歸模式可以看出，那些近地面參數都是在這個時段比較重要，所以在目前測試 6 小時到 24 小時之 RBF 方法沒有選取那些參數應該是合理的結果。

5.3.4 暴風半徑之預報結果

我們用同樣的預報因子及複迴歸模式來測試暴風半徑預報的可能性，預報七級風（30knots）與十級風（50knots）暴風半徑未來 6 小時及 12 小時的變化情形，相關係數 R 大約只有 0.4~0.5 之間，雖然颱風強度與暴風半徑有關，但暴風半徑預報效果沒有颱風強度的預報來的好，可能原因有兩個：1.由於暴風半徑要等到颱風靠近台灣時才会有值，所以個案數比起颱風強度預報的個案少了許多，大約剩 1000 個左右，所以在統計上效果比較不顯著。2.可能影響暴風半徑的環境因子不完全是表 5.1 我們所預先選取的預報因子，所以預報效果比較不理想，這一部份有待進一步的研究與分析。

5.4 小結

利用類神經網路分析環境因子與颱風強度變化的關係顯示，6 小時前颱風強度的變化與所在緯度位置對颱風強度的變化影響最大，另外初始強度、高層風場、最大可能強度（MPI）以及垂直風切對強度變化也有一定程度的影響。複迴歸模式顯示越長時間（如 72 小時）的預報效果越顯著，如果未來對一些預報因子作進一步的確認與精簡，此複迴歸統計模式的建立在應用到實際作業時，對颱風強度的預報將有進一步的改進空間。

六、總結與討論

本研究收集歷史颱風侵台期間，台灣各地之風雨逐時觀測資料，建立侵台颱風之風雨資料庫，並分析颱風侵台期間台灣各地之風雨特徵。在雨量分布特徵方面，我們在東經 118~126 度、北緯 19~27 度範圍內，利用 1989~2001 年全台 371 個自動雨量站資料，分析當颱風中心落於每 2x2 度網格內時，台灣地區降雨的分布狀況。結果顯示，在降雨型態的分布狀況方面，與 Chang *et al.* (1998) 的結果大致相同；但在平均降雨的量值方面，在台灣東南部由於自動雨量站之設立年份較其他地區之雨量站設立時間為晚，因此所收集的歷史個案數亦較其他地區的雨量站為少較，故降雨量值較 Chang *et al.* (1998) 所得結果大許多。另外，由於我們利用了全台共 371 個雨量站的降雨資料來分析颱風侵台期間台灣地區之降雨分布狀況，較 Chang *et al.* (1998) 的 22 個地面測站多出許多，且分布範圍亦較廣泛，因此對降雨的解析度亦較只利用傳統測站時來的高。進一步發現，當颱風中心位於東經 122~124 度、北緯 23~27 度的網格內時，台灣地區的降雨分布與中央山脈的走向接近一致，這樣的結果似乎隱含了當颱風中心位於某些網格中時，台灣地區的降雨分布可能與地形存在著關係，未來可針對此部分做進一步的探討。而在風力分布特徵方面，所得結果不如雨量分布來得明顯，每個網格風力的分布狀況並無明顯差異；因此，為進一步瞭解當颱風侵台時，台灣各地實際的風力分布狀況，

我們製作了 1989-2001 年颱風侵台期間台灣地區各測站之風花圖集。

颱風是自然界最具破壞力的天氣系統之一，也是台灣地區最重要的災變天氣；然而，其所挾帶的雨量則為台灣地區最重要的水資源之一。如何加強對颱風的研究、瞭解，以提高對颱風之預報能力，一直都是國內氣象界最重要的課題之一；而改進颱風預報作業以提升預報時效及降低預報誤差，更是中央氣象局長久以來的一大挑戰。本研究參考美國夏威夷大學所發展之計算方法，完成颱風侵襲機率預報程式之撰寫，並以台北 (25.33°N 、 121.52°E) 為例，計算納坦 (Nock-Ten) 颱風在未來 72 小時內各時段 (每 6 小時一筆) 之侵襲機率；而在「有效侵襲半徑」的選取上，則分為 60、120 及 240 海哩與 45、90 及 135 海哩兩組標準。結果顯示，利用颱風侵襲機率預報計算所得之結果與實際觀測一致，未來將結合此結果與各地風雨分布資料庫，建立颱風侵台期間風雨之機率預報技術。

關於颱風強度與暴風半徑的統計預報技術的發展方面，由於在實際預報上牽扯到颱風作業期間資料來源之問題，預報資料的來源是即時的觀測分析場，或是 NWP 模式預報的結果，關係到數值模式輸出進行後置處理的方式，主要分為兩大類型的：完美預報 (PP) 與模式輸出統計 (MOS)。我們在第四章評估中央氣象局的颱風數值模式使用 MOS 或 PP 的可行性，要建立 PP 或 MOS，除考量預報對象和數值模式預報產品的資料品質和取得管道等因素，尚有建構統計方程所

需的統計技巧和預報因子選取等問題。評估結果顯示，目前未達發展颱風強度和暴風半徑 MOS 技術的合適時機。現階段的問題並非單純僅來自中央氣象局的颱風數值模式還未趨成熟，實際上無論中央氣象局或學界在發展這些統計預報技術的能力上，均還有很大的學習空間。因此，若需要建立颱風強度或暴風半徑的 PP 或 MOS 的統計預報指引模式，必須先妥為規劃，選取一個有潛力的颱風數值模式，逐步收集此數值模式之歷史資料，並確實追蹤此模式之發展和改版等訊息，以研判建立 PP 或 MOS 的時機。

在颱風強度的統計預報技術的發展上，我們利用類神經網路方法中的 RBF 模型來分析環境因子與颱風強度變化的關係，結果顯示，6 小時前颱風強度的變化與所在緯度位置對颱風強度的變化影響最大，前者顯示持續法（Persistence）的重要性，另外初始強度、高層風場、最大可能強度（MPI）以及垂直風切對強度變化也有一定程度的影響，因此未來在統計模式或應用在主觀判斷上，可以進一步針對這些參數作進一步的分析研究，改進颱風強度與暴風半徑的預報能力。複回歸模式顯示越長時間（如 72 小時）的預報效果越顯著，表示環境因子對颱風強度變化的影響在 2~3 天的時間較為顯著，同時該模型也整理出在每個不同預報時間（6、12、24、36、48、60 及 72 小時）不同環境因子對強度變化的重要性，可以進一步研究其影響特性，作為改進預報的參考。檢驗預報結果顯示，目前的預報能力從 6

小時到 72 小時的預報，相關係數在 0.6~0.7 之間，如果未來對一些預報因子作進一步的確認與精簡，此複回歸統計模式在應用到實際作業時，對颱風強度的預報將有進一步的改進空間。在暴風半徑的預報上，由於可應用到統計模式的個案數較少（要接近台灣才有個案），預報的效果也較為不理想，所以必須持續收集颱風資料，使得統計模式有更多資料作為預測的依據。

七、致謝

承蒙中央氣象局對本計畫的支持，謹此致謝。此外特別感謝中央氣象局科技中心黃康寧小姐和施佩君小姐，預報中心顧欣怡小姐，衛星中心王溫和博士提供氣象局模式之相關資訊，同時感謝國家災害防救科技中心陳永明先生、翁進登先生，以及台灣大學大氣科學所陳熾竹同學、張龍耀同學、黃嘉美同學、柳懿秦同學、許秀妮同學、林建寬同學、陳怡均同學與中央大學周慶祥小姐，在計畫執行期間協助資料的收集與處理。另外並感謝黃琬鈺小姐、江秋華小姐、張子琦小姐與黃俊瑋先生在計畫執行期間的鼎力相助。

參考文獻

- Arritt, R. W., and W. M. Frank, 1985: Experiments in probability of Precipitation Amount Forecasting Using Model Output Statistics. *Mon. Wea. Rev.*, **113**, 1837–1851.
- Bender, M. A. and I. Ginis, 2000: Real case simulations of hurricane - ocean interaction using a high resolution coupled model: Effects hurricane intensity. *Mon. Wea. Rev.*, **126**, 917–946.
- Brunet, N., R. Verret, and N. Yacowar, 1988: An objective comparison of model output statistics and “Perfect Prog” systems in producing numerical weather element forecasts. *Wea. Forecasting*, **3**, 273–283.
- Carter, G. M., J. P. Dallavalle, and H. R. Glahn, 1989: Statistical forecasts based on the National Meteorological Center’s numerical weather prediction system. *Wea. Forecasting*, **4**, 401–412.
- Chang, C. P., Yeh, T. C., Chen, J.M., 1993: Effects of Terrain on the Surface Structure of Typhoons over Taiwan. *Monthly Weather Review*: Vol. 121, No. 3, pp. 734–752.
- Chu, J.-H., 1994: A regression model for the western North Pacific tropical cyclone intensity forecasts. NRL Memo. Rep. 7541-94-7215, Naval Research Laboratory, 33pp.[Available from Naval Research Laboratory, 7 Grace Hopper Ave., Monterey, CA 93943-5502.]
- Chu, P.-S., and X. Zhao, 2003: Seasonal Prediction of Tropical Cyclone Counts in the Vicinity of Taiwan Using the Least Absolute Deviations Method. 中央氣象局委託計畫 (CWB-92-3M-05)。
- DeMaria, M., and J. Kaplan 1999: An updated statistical hurricane intensity prediction scheme (SHIPS) for the Atlantic and eastern North Pacific basins. *Wea. Forecasting*, **14**, 326–337.
- Emanuel, K. A., 1999: Thermodynamic control of hurricane intensity. *Nature*, **401**, 665–669.
- Glahn, H. R., and D. A. Lowry, 1972: The use of model output statistics (MOS) in objective weather forecasting. *J. Appl. Meteor.*, **11**, 1203–1211.

- Gray, W.M., C.W. Landsea, P.W. Mielke, Jr. and K.J. Berry, 1992: Predicting Atlantic basin seasonal hurricane activity 6-11 months in advance. *Wea. Forecasting*, **7**, 440-455.
- Gray, W.M., C.W. Landsea, P.W. Mielke, Jr. and K.J. Berry, 1993: Predicting Atlantic basin seasonal tropical cyclone activity by 1 August. *Wea. Forecasting*, **8**, 73-86.
- Hart, K. A., W. J. Steenburgh, D. J. Onton, and A. J. Siffert, 2004: An evaluation of mesoscale-model-based model output statistics (MOS) during the 2002 Olympic and Paralympic winter games. *Wea. Forecasting*, **19**, 200-218.
- Hennon, C. C., and J. S. Hobgood, 2003: Forecasting tropical cyclogenesis over the Atlantic basin using large-scale data. *Mon. Wea. Rev.*, **131**, 2927-2940.
- Hong, X., S. W. Chang, S. Raman, L. K. Shay and R. M. Hodur, 2000: The interaction between Hurricane Opal (1995) and a warm core eddy in the Gulf of Mexico. *Mon. Wea. Rev.*, **128**, 1347-1365.
- Hsieh, W. W., and B. Tang, 1998: Applying neural network models to prediction and data analysis in meteorology and oceanography. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **79**, 1855-1870.
- Jacks, E., B. Bower, V. J. Dagostaro, J. P. Dallavalle, M. C. Erickson, and J. C. Su, 1990: New NGM-based MOS guidance for maximum/minimum temperature, probability of precipitation, cloud amount, and surface wind. *Wea. Forecasting*, **5**, 128-138.
- Jacks, E., and S. T. Rao, 1985: An examination of the MOS objective temperature prediction model. *Mon. Wea. Rev.*, **113**, 134-148.
- Jarrel, J. D., 1978 : Tropical cyclone strike probability forecasting NAVENVPREDER SCHFAC CR78-01, NEPRF, Monterey, Calif., 47pp.
- Klein, W. H., 1971: Computer prediction of precipitation probability in the United States. *J. Appl. Meteor.*, **10**, 903-915.
- Klein, W. H., and H. R. Glahn, 1974: Forecasting local weather by means of model output statistics. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **55**, 1217-1227.
- Knaff, J. A., M. DeMaria, C.R. Sampson, and J. M. Gross,

- 2003:Statistical, 5-day tropical cyclone intensity forecasts derived from climatology and persistence. *Wea. Forecasting*, **18**, 80-92.
- Knaff, J. A., M. DeMaria, and C.R. Sampson, 2004: An operational statistical intensity prediction scheme for the western North Pacific. *Wea. Forecasting* (submitted)
- Neumann, C., J., 1972 : An Alternate to the HURRAN Tropical Cyclone Forecast System. *NOAA Tech. Memo. NWS Sr-62*, 32pp.
- Oyang, Y.-J. and S.-C. Hwang, 2002: An Efficient Learning Algorithm for Function Approximation with Radial Basis Function Networks, *Proceedings of the Ninth International Conference on Neural Information processing*, Singapore, November 2002.
- Oyang, Y.-J., S.-C. Hwang, Y.-Y. Ou, C.-Y. Chen, and Z.-W. Chen, 2004: Data Classification with Radial Basis Function Networks Based on a Novel Kernel Density Estimation Algorithm. *Bioinformatics*, Vol 20. Issue 16.
- Press, W. H., S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling, and B. R. Flannery, 1993: *Numerical Recipes In FORTRAN(2nd Eds.)*, Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK, 963pp.
- Sampson, C. R., R. J. Miller, R. A. kreitner, and T. L. Tsui, 1990: Tropical cyclone track objective aids for the microcomputer: PCLM, XTRP, PCHP. Naval Oceanographic and Atmospheric Research Laboratory, Tech note 61, 15pp.[Available from Naval Research Laboratory, 7 Grace hopper Avenue, Monterey, CA 93943-5502]
- Shay, L. K., G. J. Goni, and P. G. Black, 2000: Effects of warm oceanic feature on hurricane Opal. *Mon. Wea. Rev.*, **128**, 1366–1383.
- Su, J. C., 1993: Development of the NGM-Based probability of precipitation guidance. *Reprinted from Preprint Volume, 13th Conference on weather analysis and forecasting with symposium on flash floods*, Aug. 2-6, Vienna, VA, AMS.
- Thomas R. Metcalf, 2004 : Tropical Cyclone Strike Probabilities.
- Vislocky, R. L., and G. S. Young, 1989: The use of perfect prog forecasts to improve model output statistics forecasts of precipitation probability. *Wea. Forecasting*, **4**, 202–209.

- Whitney, L. D., and J. S. Hobgood, 1997: The relationship between sea surface temperatures and maximum intensities of tropical cyclones in the eastern North Pacific Ocean. *J. Climate*, **10**, 2921–2930.
- Wilks, D. S., 1995: *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*, Academic Press, 467pp.
- Wilby, R. L., L. E. Hay, W. J. Gutowski Jr., R. W. Arritt, E. S. Takle, Z. Pan, G. H. Leavesley, and M. P. Clark, 2000: Hydrological responses to dynamically and statistically downscaled climate model output. *Geophys. Res. Letts.*, **27**, 1199-1202.
- Wilson, L. J., and M. Vallée, 2002: The Canadian updateable model output statistics (UMOS) system: Design and Development tests. *Wea. Forecasting*, **17**, 206–222.
- 王時鼎，1987：台灣颱風風力特性及其預報研究（一），行政院國家科學委員會防災科技研究報告 75-46 號，共 63 頁。
- 李清勝，劉麗真，1988：颱風侵襲機率預報簡介，中華民國氣象學會會刊，第 29 期，第 2 號，9-10。
- 李清勝，吳明進及黃麗蓉，2003，西北太平洋地區熱帶氣旋強度及暴風範圍統計預報方法之研發與應用。氣象局委託研究計畫報告，CWB92-2M-04，共 64 頁。
- 林秀雯與吳德榮，2001：台灣地區颱風預報作業現況與展望。90 年天氣分析與預報研討會論文彙編，127-132。
- 馮欽賜，陳雯美，黃曉薇與鄭明典，2003：中央氣象局全球預報系統之近況與發展-2003 年之報告。92 年天氣分析與預報研討會論文彙編，321-325。

陳得松，黃康寧，葉天降，滕春慈，柳再明，黃麗玫，盛揚帆，林淑卿與劉其聖，2003：中央氣象局新一代區域預報系統（NFS）之颱風預測能力評估。92 年天氣分析與預報研討會論文彙編，372-376。

黃康寧，陳得松，葉天降與彭順台，2003a：2002 年中央氣象局颱風路徑預報模式之表現與檢討。92 年天氣分析與預報研討會論文彙編，377-382。

黃麗玫，劉政，林介峰，李香蘭，秦照萍，柯宏明，何傳忠與陳惠如，2003b：中央氣象局數值天氣預報系統整體作業控制近況介紹。92 年天氣分析與預報研討會論文彙編，342-346。

羅存文與陳重功，2001：87 年最高/低溫度統計預報結果分析。氣象學報，43，12-28。

羅存文與陳重功，2003：2001 年最高/低溫度統計預報結果分析。氣象學報，45，33-52。

表 2.1 1989-2001 年侵台颱風資料表

颱風名稱	年	警報發佈 月/日/時	最強時近中 心最大風速 (kt)	近台灣時近 中心最大風 速(kt)	最強時中心 最低氣壓 (hPa)	近台灣時中 心最低氣壓 (hPa)
SARAH 莎拉	89	09/08/15- 09/13/15	100	100	950	950
MARIAN 瑪麗安	90	05/18/15- 05/19/14	90	50	950	985
OFELIA 歐菲莉	90	06/21/21- 06/24/04	90	90	960	960
PERCY 波希	90	06/27/04- 06/29/15	115	80	925	955
YANCY 楊希	90	08/18/04- 08/20/04	90	80	945	950
ABE 亞伯	90	08/29/16- 08/31/03	90	90	945	955
DOT 黛特	90	09/06/16- 09/08/21	75	65	960	968
AMY 艾美	91	07/18/09- 07/19/21	125	115	925	930
ELLIE 愛麗	91	08/16/15- 08/18/15	70	50	970	985
NAT (1)(2) 耐特	91	09/22/15- 09/23/21 09/30/15- 10/02/06	110 65	105 65	935 975	935 975
RUTH (1) (2) 露絲	91	10/27/03- 10/28/09 10/29/09- 10/30/09	50	30	985	1000
BOBBIE 芭比	92	06/26/21- 06/28/15	120	110	922	935
POLLY 寶莉	92	08/27/15- 08/31/09	60	60	975	975
OMAR 歐馬	92	09/03/21- 09/05/15	130	65	915	970
TED 泰德	92	09/20/15- 09/23/09	65	60	975	980
TASHA 塔莎	93	08/18/03- 08/18/21	60	50	970	980
YANCY 楊希	93	09/01/09- 09/02/09	130	105	910	935
ABE 亞伯	93	09/10/15- 09/12/21	90	80	945	955
TIM 提姆	94	07/09/15- 07/11/15	120	100	930	942
CAITLIN 凱特琳	94	08/03/08- 08/04/14	50	50	980	984

颱風名稱	年	警報發佈 月/日/時	最強時近中 心最大風速 (kt)	近台灣時近 中心最大風 速(kt)	最強時中心 最低氣壓 (hPa)	近台灣時中 心最低氣壓 (hPa)
DOUG 道格	94	08/06/14- 08/08/20	130	100	910	942
FRED 費雷特	94	08/19/14- 08/21/20	130	115	910	925
GLADYS 葛拉絲	94	08/31/10- 09/01/23	100	100	950	950
SETH 席司	94	10/07/20- 10/10/20	120	95	930	955
DEANNA (1) (2) 荻安娜	95	06/04/20- 06/06/11 06/08/05- 06/08/14	40	35	995	995
KENT 肯特	95	08/30/03- 08/31/05	100	100	950	950
RYAN 賴恩	95	09/21/03- 09/23/03	90	90	955	955
CAM 凱姆	96	05/22/03- 05/23/11	45	45	990	990
GLORIA 葛樂禮	96	07/24/15- 07/27/15	80	80	960	960
HERB 賀伯	96	07/29/23- 08/01/23	140	110	910	935
SALLY 莎莉	96	09/07/15- 09/08/11	95	95	950	950
WINNIE 溫妮	97	08/17/05- 08/19/03	110	80	925	955
AMBER 安珀	97	08/27/20- 08/29/23	95	80	945	958
CASS 凱絲	97	08/30/10- 08/30/20	40	35	995	998
IVAN 艾文	97	10/19/20- 10/21/17	110	70	920	965
NICHOLE 妮蔻兒	98	07/08/05- 07/10/09	50	50	990	990
OTTO 奧托	98	08/03/14- 08/05/09	65	65	965	965
YANNI 楊妮	98	09/28/23- 09/29/08	60	50	980	985
ZEB 瑞伯	98	10/13/20- 10/17/06	155	110	880	920
BABS 芭比絲	98	10/26/08- 10/27/23	195	70	905	965
MAGGIE 瑪姬	99	06/04/14- 06/06/22	75	75	965	965

颱風名稱	年	警報發佈 月/日/時	最強時近中 心最大風速 (kt)	近台灣時近 中心最大風 速(kt)	最強時中心 最低氣壓 (hPa)	近台灣時中 心最低氣壓 (hPa)
SAM 山姆	99	08/19/20- 08/21/23	60	60	970	978
DAN 丹恩	99	10/04/14- 10/09/20	70	70	968	968
KAITAK 啟德	00	07/06/11- 07/10/03	75	65	965	960
BILIS 碧利斯	00	08/21/08- 08/23/20	140	115	898	900
PRAPIROO N 巴比倫	00	08/27/20- 08/30/14	75	60	965	965
BOPHA 寶發	00	09/08/15- 09/10/15	55	45	984	985
YAGI 雅吉	00	10/23/20- 10/26/08	105	65	942	970
XANGSAN E 象神	00	10/30/20- 11/01/20	90	70	954	950
BEBINCA 貝碧佳	00	11/06/10- 11/07/08	85	65	960	
CIMARON 西馬隆	01	05/11/20- 05/13/17	23	23	990	990
CHEBI 奇比	01	06/22/08- 06/24/05	35	35	965	965
UTOR 尤特	01	07/03/20- 07/05/17	38	38	960	960
TRAMI 潭美	01	07/10/20- 07/11/21	20	20	995	995
TORAJI 桃芝	01	07/28/11- 07/31/14	38	38	962	962
NARI 納莉	01	09/15/02- 09/19/17	40	40	960	960
LEKIMA 利其馬	01	09/24/14- 09/28/09	35	35	965	965
HAIYAN 海燕	01	10/15/14- 10/16/17	35	35	965	965

表 3.1、納坦 (Nock-Ten) 颱風之自 2004 年 10 月 24 日 0600UTC 起，
未來 72 小時內各時段（每 6 小時一筆）對台北之侵襲機率，有
效侵襲半徑分別為 60、120 及 240 海浬。。

Reference location is Taipei (25.33 -121.52)											
Now is 2004-10-24 12:28 UT											
The following strike probability is based on 2004-10-24 06:00 UT forecast.											
Typhoon Name	Forecast Date Time		Rel Time Now FCST		60 nmi T I C			120 nmi T I C			240 nmi FCST Wind
NOCK-TEN	2004-10-24	18:00 UT	+ 6h	+12h	<1	<1	<1	2	2	2	83 83 83 100
NOCK-TEN	2004-10-25	00:00 UT	+12h	+18h	5	5	5	34	35	35	97 99 99 95
NOCK-TEN	2004-10-25	06:00 UT	+18h	+24h	23	26	26	66	79	80	99 99 99 90
NOCK-TEN	2004-10-25	12:00 UT	+24h	+30h	22	36	40	63	85	98	98 99 99 85
NOCK-TEN	2004-10-25	18:00 UT	+30h	+36h	13	27	45	44	64	99	91 99 99 80
NOCK-TEN	2004-10-26	00:00 UT	+36h	+42h	5	15	47	21	44	99	68 91 99 75
NOCK-TEN	2004-10-26	06:00 UT	+42h	+48h	1	6	48	8	21	99	41 68 98 70
NOCK-TEN	2004-10-26	18:00 UT	+54h	+60h	<1	2	48	<1	8	99	6 41 99 65
NOCK-TEN	2004-10-27	06:00 UT	+66h	+72h	<1	<1	48	<1	<1	99	<1 6 99 60

表 3.2、同表 3.1，但有效侵襲半徑減小為 45、90 及 135 海浬。

Reference location is Taipei (25.33 -121.52)											
Now is 2004-10-24 12:28 UT											
The following strike probability is based on 2004-10-24 06:00 UT forecast.											
Typhoon Name	Forecast Date Time		Rel Time Now FCST		45 nmi T I C			90 nmi T I C			135 nmi FCST Wind
NOCK-TEN	2004-10-24	18:00 UT	+ 6h	+12h	<1	<1	<1	<1	<1	<1	4 4 4 100
NOCK-TEN	2004-10-25	00:00 UT	+12h	+18h	2	2	2	16	16	16	45 47 47 95
NOCK-TEN	2004-10-25	06:00 UT	+18h	+24h	13	15	15	45	53	53	75 90 91 90
NOCK-TEN	2004-10-25	12:00 UT	+24h	+30h	13	24	26	43	62	70	72 93 99 85
NOCK-TEN	2004-10-25	18:00 UT	+30h	+36h	7	18	31	27	46	73	52 73 99 80
NOCK-TEN	2004-10-26	00:00 UT	+36h	+42h	3	10	33	12	27	73	26 52 99 75
NOCK-TEN	2004-10-26	06:00 UT	+42h	+48h	1	3	34	4	12	73	11 26 99 70
NOCK-TEN	2004-10-26	18:00 UT	+54h	+60h	<1	1	34	<1	4	73	<1 11 99 65

表 4.1、完美預報 (PP) 和模式輸出統計 (MOS) 在發展時期和預報時期的差異。表中 $\hat{y}$ 表示預報對象之估計值； X 表示預報因子所組成的矩陣。 f 表示求得估計值 $\hat{y}$ 的 PP 或 MOS 函數，實作上多為複回歸方程式。變數下標 obj 和 fct 分別表示客觀分析場和數值模式預報場；時間下標 0 和 t 分別表示預報當時和預報目標時間 (target period)。

	Perfect Prog.	MOS
Development	$\hat{y}_{obj,0} = f_{pp}(X_{obj,0})$	$\hat{y}_{obj,t} = f_{MOS}(X_{fct,t})$
Implementation	$\hat{y}_{pp,t} = f_{pp}(X_{fct,t})$	$\hat{y}_{MOS,t} = f_{MOS}(X_{fct,t})$

表 4.2、完美預報 (PP) 的優缺點。

優點	缺點
發展時期不需要長期的數值模式輸出資料。	發展時期沒有使用數值模式的歷史資料，無法修正數值模式的系統性偏差。
隨著數值模式之改善，將可立即改善預報。	無法使用一些重要的數值模式輸出之導出量(例如數值模式之垂直速度)作為預報因子。預報因子被限制在僅能使用既有的觀測場或數值模式客觀分析場。
可與用多重預報因子，以取得較佳的預報對象估計值。	無法表現模式預報技術隨延時增加而衰減的特性。

表 4.3、模式輸出統計（MOS）的優缺點。

優點	缺點
發展時期使用了長期的數值模式輸出資料，可以解釋數值模式的系統性偏差和隨時間衰減的數值模式預報技術。	發展時期使用數值模式的歷史資料，是否可收集足夠的模式有效歷史資料將成為複回歸方程能否建立的關鍵。
可選擇數值模式輸出的較有用之預報資訊，解釋數值模式的預報值之可預報度，將提供較佳預報指引。	複回歸方程和數值模式本身的特性有關。
可與用多重預報因子，以取得較佳的預報對象估計值。	當數值天氣預報模式改版的時候，必須修改 MOS 複回歸方程。
在較長期的預報有較佳預報技術（和氣候持續法比較）。	降水預估值通常需要發展區域的複回歸方程。

表 4.4、完美預報（PP）和模式輸出統計（MOS）的主要差異。

PP	MOS
因為發展時期只使用了同時間的觀測資料，可建立較強的預報對象和預報因子之間的關係。	預報對象和預報因子之間的關係將隨時間減弱，因為數值天氣預報模式的誤差隨時間增加。
無法解釋數值天氣預報模式的偏差，而此即為 PP 預報誤差主因。	可解釋數值天氣預報模式的偏差。尤其是系統性誤差顯著的數值模式。
發展時期可使用較多樣本（sample）。	發展時期通常僅能使用較少樣本。
發展時期僅使用觀測場或數值模式分析場。	發展時期使用數值模式輸出的變數，因此將可包含沒有觀測值的氣象參數。

表 4.5、中央氣象局的作業數值模式概況（截至 2003 年為止），本表僅列出和颱風預報相關的作業數值模式，相關內容參考黃等（2003b）、馮等（2003）、黃等（2003a）和陳等（2003）。

作業數值模式 (英文縮寫/全名)	00Z Major-Run (00Z Post-Run)	12Z Major-Run (12Z Post-Run)	Notes
T120 全球預報模式 (GFS) (Global Forecast System)	00-120 (00-12)	00-192 (00-12)	a. CWB 各區域模式所需初始場和側邊界條件。 b. 2003 年 5 月新增加植入颱風渦旋的功能。 c. 2003 年垂直層數明顯增加。
非靜力區域預報模式 (NFS) (Non-hydrostatic Forecast system)	00-72	00-72	a. 三層巢狀網格 (45、15、5km)；Kuo 積雲參數。 b. 西北太平洋有颱風生成時植入颱風渦旋。 c. 2002 年啟用；持續改版中。
非靜力區域預報模式- (二) (NFS_2)	00-72	00-72	a. 積雲參數：Arakawa and Schubert。 b. 使用 NFS 和 NFS_2 進行定量降水系集預報。
颱風路徑預報模式 (TFS_OP) (Typhoon track Forecast System)	00-96	00-96	a. 2004 年停止上線作業。(dt=90s) b. 每 12hr 輸出一一次；提供中央災害應變中心：1hr。 c. 此為在 LAFS 植入渦旋的颱風數值模式版本。
巢狀颱風路徑預報模式 (nested TFS)	00-96	00-96	a. 2004 年改名 TFS_V2.0。 b. 此為 TFS OP 之 nested 版本。
有限區域預報模式 (LAFS) (Limited Area Forecast System)	00-72	00-72	a. 提供 MOS 和 PP 所須的客觀分析場和預報場。

表 4.6、發展 MOS 或 PP 預報技術所建議閱讀的一些參考資訊。

	重點項目	建議參考資訊
1	颱風強度或暴風半徑和海氣環境的關係	Whitney and Hobgood (1997) ; Emanuel (1999) ; Bender and Ginis (2000) ; Shay et al. (2000) ; Honget al., (2000) ; Hennon and Hobgood (2003)
2	統計預報方法和數值方法等相關技術	Wilks (1995) ; Press et al. (1993) ; Wilby et al. (2000) ; Glahn and Lowry (1972) ; Chu and Zhao (2003)
3	MOS 或 PP—技術和發展策略 (方法介紹、統計模式或相關數值模式穩定度等一般性問題)	Klein(971) ; Glahn and Lowry(1972) ; Klein and Glahn (1974) ; Arritt and Frank (1985) ; Brunet et al. (1988) ; Vislocky and Young (1989) ; Jacks et al. (1990) ; Su (1993) ; Wilson and Vallée (2002)
4	MOS 或 PP—預報因子和預報對象(天氣要素)的選擇	Klein and Glahn (1974) ; Arritt and Frank (1985) ; Hart et al. (2004)
5	MOS 或 PP—預報校驗技術	Brunet et al. (1988) ;Hart et al. (2004)
6	中央氣象局颱風預報方法或相關數值模式	林與吳(2001) ; 黃等(2003a) ; 陳等(2003) ; 黃等 (2003b) ; 馮等 (2003)
7	中央氣象局現有的數值天氣預報之 MOS 或 PP 技術	羅與陳 (2001) ; 羅與陳 (2003)

表 5.1 ANN 模式以及複迴歸模式所選用之變數。

Parameter	Description	備註
VMAX	Initial Intensity	1
VMAX2	Initial Intensity squared	1
DVMX-6	6-hour change in Intensity	1
DVMX-12	12-hour change in Intensity	1
DVMX-18	18-hour change in Intensity	1
DVMX-24	24-hour change in Intensity	1
JDAY	Absolute Value of Julian Day minus 248	1
SPD	Storm Motion Speed	1
LAT	Latitude	1
MPI	Maximum Potential Intensity	5
RHLO	Area average (250km to 1000km) relative humidity 850-700 hPa	5
RHHI	Area average (250km to 1000km) relative humidity 500-300 hPa	5
U200	Area average (250km to 1000km) zonal wind at 200 hPa	5
T200	Area average (250km to 1000km) temperature at 200 hPa	5
δ 200	Area average (0km to 1000km) 200 hPa divergence	5
SHRU	Area average (250km to 1000km) 200hPa to 500hPa wind shear	5
SHRS	Area average (250km to 1000km) 500hPa to 850hPa wind shear	5
SHRD	Area average (250km to 1000km) 200hPa to 850hPa wind shear	5
USHRU	Area average(250km to 1000km)200hPa to 500hPa zonal wind shear	5
USHRS	Area average(250km to 1000km)500hPa to 850hPa zonal wind shear	5
USHRD	Area average(250km to 1000km)200hPa to 850hPa zonal wind shear	5
ζ 850	Area average (0km to 1000km) 850 hPa relative vorticity	5
no10Usfc	surface 10 metre u wind component $m s^{-1}$	5
no10Vsfc	surface 10 metre v wind component $m s^{-1}$	5
no2Dsfc	surface 2 metre dewpoint temperature K	5
no2Tsfc	surface 2 metre temperature K	5
EWSSsfc	surface East/West surface stress $N m^{-2} s$	5
NSSSsfc	surface North/South surface stress $N m^{-2} s$	5
SLHFsf	surface Surface latent heat flux $W m^{-2} s$	5
SSHFsfc	surface Surface sensible heat flux $W m^{-2} s$	5
MSLsfc	surface Mean sea level pressure Pa	5

表 5.2 颱風個案強度之分類，分類依據為強度變化除以 5knots。

16 class	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
5 class	顯著增強									增強	持平	減弱	顯著減弱			

表 5.3 RBF 針對 6 小時強度變化之變數選擇的相關係數 陰影為 θ 小於 100，為經篩選後較為不重要的變數。

變數	相關性	變數	相關性	變數	相關性
DVMX-6	1505.68	USHRU_5	-74.7886	MSLsfc_2	12.7315
SHRD_2	480.594	DVMX-24	74.6773	RHHI_2	12.241
VMAX	462.22	USHRS_3	74.6399	SHRS_4	12.2378
SHRU_3	431.79	SLHFsfsc_1	73.7783	SHRU_5	12.1021
MPI_2	402.307	USHRS_4	71.024	USHRD_5	11.7578
SHRD_3	402.208	δ 200_3	65.9404	no2Tsfc_1	11.7104
MPI_3	398.94	no10Vsfc_2	63.5763	no2Dsfc_3	10.9174
U200_2	391.621	SSHFsfc_3	61.9504	ζ 850_2	10.8963
LAT	374.77	SSHFsfc_5	60.9979	EWSSsfc_2	10.859
SHRD_1	374.755	RHHI_1	52.4199	no10Usfc_5	10.5939
SHRS_2	366.094	SHRU_4	49.7823	SPD	9.53431
SHRU_2	364.44	SSHFsfc_2	48.2428	EWSSsfc_5	9.29277
USHRU_3	336.18	DVMX-18	48.0245	No2Dsfc_1	8.77406
USHRD_2	326.006	MPI_4	45.9627	MPI_5	8.68462
SHRU_1	322.618	RHLO_1	42.7146	δ 200_2	8.49659
VMAX2	321.217	no2Tsfc_2	42.5729	no2Tsfc_5	8.4836
U200_1	311.418	no10Usfc_3	39.44	SHRD_4	7.66977
USHRU_1	305.577	no2Dsfc_2	38.9505	MSLsfc_5	7.26968
USHRU_2	296.874	SSHFsfc_1	36.3004	SLHFsfsc_2	6.92504
U200_3	294.702	no10Usfc_1	32.0089	T200_4	6.19092
MPI_1	247.756	SHRS_5	31.9041	T200_2	5.96541
USHRD_1	229.278	NSSSsfc_3	30.8277	MSLsfc_1	5.808
USHRD_3	224.693	SSHFsfc_4	30.5855	T200_5	5.75919
SHRS_3	211.149	NSSSsfc_4	28.0562	T200_1	5.74652

USHRS_2	207.5	ζ 850_5	26.6755	MSLsfc_3	4.71804
ζ 850_4	194.35	DVMX-12	23.653	JDAY	3.83969
SHRS_1	194.299	δ 200_1	21.6988	ζ 850_3	2.85601
NSSSsfc_5	188.849	SHRD_5	20.7101	EWSSsfc_3	2.55656
RHHI_4	183.301	USHRS_5	20.1373	no2Dsfc_5	2.51562
U200_4	176.811	NSSSsfc_2	19.237	no10Usfc_4	2.35953
RHHI_5	172.24	no10Vsfc_1	18.6337	no2Dsfc_4	2.35953
USHRU_4	161.471	RHLO_2	18.3548	no10Vsfc_3	1.64204
USHRD_4	134.152	EWSSsfc_4	18.3108	NSSSsfc_1	1.59019
δ 200_5	119.331	RHLO_4	17.4008	EWSSsfc_1	1.00556
no10Vsfc_5	115.366	U200_5	17.3362	T200_3	1.00287
δ 200_4	109.228	MSLsfc_4	17.247	RHLO_5	0.534697
USHRS_1	91.0304	SLHFsf_4	16.9884	no2Tsfc_3	-3.01381
SLHFsf_3	90.7897	RHHI_3	15.5951	no2Tsfc_4	-7.27676
no10Usfc_2	87.5714	ζ 850_1	14.514	SLHFsf_5	-217.059
no10Vsfc_4	86.1896	RHLO_3	13.886		

表 5.4 同表 5.3，但為 12 小時的強度變化。

變數	相關性	變數	相關性	變數	相關性
DVMX-6	1199.94	USHRS_3	98.2327	MSLsfc_2	15.5936
VMAX	705.489	USHRS_1	97.1918	MSLsfc_5	13.7872
SHRD_2	615.284	no10Vsfc_2	89.4743	EWSSsfc_5	12.4054
SHRU_3	524.124	δ 200_3	83.9714	no10Vsfc_1	12.3441
SHRD_3	519.566	no10Usfc_2	79.924	no2Tsfc_1	12.1352
LAT	518.56	DVMX-18	75.7519	EWSSsfc_2	11.4988
U200_2	503.618	USHRU_5	73.9402	no2Dsfc_3	11.1946
MPI_2	493.722	USHRS_4	61.4662	U200_5	11.0848
VMAX2	488.455	SSHFsfc_3	58.6317	SHRD_4	9.41852
SHRD_1	487.438	SSHFsfc_5	56.5774	RHLO_3	8.22529
MPI_3	481.337	SSHFsfc_2	55.976	no2Dsfc_1	8.19774
SHRU_2	476.923	ζ 850_5	55.2053	MSLsfc_1	8.07743
SHRS_2	450.7	SLHFsfc_1	55.1479	SHRU_5	8.04271
SHRU_1	435.844	SHRS_5	54.4611	T200_4	6.87682
USHRD_2	428.707	RHLO_1	51.1822	USHRD_5	6.80493
USHRU_3	414.297	no2Tsfc_2	46.6497	JDAY	6.63962
U200_1	404.726	NSSSsfc_4	44.6166	no2Tsfc_5	6.47599
USHRU_2	397.754	SHRU_4	43.5269	T200_5	6.39095
USHRU_1	381.285	δ 200_1	41.6827	δ 200_2	6.30994
U200_3	371.444	no2Dsfc_2	41.6665	SPD	6.2371
RHHI_4	301.603	SHRD_5	40.8318	NSSSsfc_1	6.1437
USHRD_3	290.535	RHHI_2	38.9067	MPI_5	6.01615
ζ 850_4	285.688	NSSSsfc_3	38.5318	T200_1	5.87265
MPI_1	282.196	MPI_4	37.7114	ζ 850_3	5.49158
USHRD_1	280.763	SSHFsfc_1	36.0467	T200_3	5.02705
SHRS_3	276.906	NSSSsfc_2	35.6292	MSLsfc_3	4.99113
SHRS_1	260.261	RHHI_1	35.1061	T200_2	4.96332
NSSSsfc_5	259.364	EWSSsfc_4	34.381	RHHI_3	3.36682
USHRS_2	251.282	DVMX-12	33.5155	no10Usfc_4	2.98151
U200_4	211.943	RHLO_2	30.4466	no2Dsfc_4	2.98151
RHHI_5	204.387	SLHFsfc_4	30.0555	EWSSsfc_3	2.6254
USHRU_4	176.654	no10Usfc_3	28.6775	no10Vsfc_3	1.83837

δ 200_5	150.877	SSHFsfc_4	28.3914	no2Dsfc_5	1.59561
USHRD_4	147.797	USHRS_5	27.3811	EWSSsfc_1	0.757781
δ 200_4	145.789	MSLsfc_4	25.2264	no2Tsfc_3	-2.49014
RHLO_4	144.862	ζ 850_1	24.4424	RHLO_5	-3.08008
no10Vsfc_5	142.96	no10Usfc_1	19.0581	no2Tsfc_4	-5.69951
DVMX-24	115.326	SHRS_4	18.4193	SLHFsfc_3	-33.5397
no10Vsfc_4	103.165	ζ 850_2	16.9485	SLHFsfc_5	-300.817
SLHFsfc_2	99.533	no10Usfc_5	16.0538		

表 5.5 同表 5.3，但為 24 小時的強度變。

變數	相關性	變數	相關性	變數	相關性
VMAX	1016.93	USHRS_3	101.627	no10Usfc_1	10.4204
VMAX2	774.996	DVMX-18	92.2535	no10Usfc_5	9.86126
SHRD_2	644.134	SLHFsfsc_2	90.73	SLHFsfsc_5	9.84408
DVMX-6	631.61	δ 200_3	89.0085	SLHFsfsc_1	9.28938
LAT	566.518	USHRS_1	86.4058	RHHI_3	9.16868
SHRD_3	539.184	ζ 850_5	77.8366	T200_1	7.85621
U200_2	522.251	USHRU_5	63.8961	MSLsfsc_1	7.4377
SHRU_3	512.861	SHRS_5	62.861	ζ 850_3	7.3852
SHRD_1	510.469	no10Usfc_2	60.3408	SHRD_4	7.22094
SHRU_2	494.721	RHHI_2	52.1102	T200_4	7.20465
MPI_2	466.791	EWSSsfsc_4	51.2634	EWSSsfsc_5	6.94014
MPI_3	459.422	SHRD_5	50.8978	T200_2	6.71287
USHRD_2	453.115	SSHFsfc_2	50.5915	no10Vsfc_3	6.71009
SHRS_2	452.818	RHLO_1	50.3889	JDAY	6.64336
USHRU_2	442.295	RHLO_2	48.832	U200_5	6.64243
USHRU_3	427.394	NSSSsfsc_4	47.8336	no2Tsfc_1	6.40217
SHRU_1	421.955	SSHFsfc_3	46.6854	T200_3	6.09951
U200_1	416.298	USHRS_4	44.5803	no2Dsfc_3	6.0298
USHRU_1	397.813	NSSSsfsc_3	43.6694	SHRU_5	5.85955
U200_3	367.659	δ 200_1	43.3889	EWSSsfsc_3	5.51034
ζ 850_4	338.559	DVMX-12	43.0123	no2Dsfc_1	5.30811
RHHI_4	314.67	RHHI_1	33.644	MSLsfsc_3	4.78875
NSSSsfsc_5	310.85	ζ 850_1	30.8961	SLHFsfsc_3	4.5769
USHRD_3	293.565	no2Dsfc_2	30.5848	SPD	4.0162
SHRS_3	284.938	MSLsfsc_4	30.5138	no2Tsfc_5	3.95415
USHRD_1	270.178	NSSSsfsc_2	29.9315	NSSSsfsc_1	3.70035
SHRS_1	268.055	USHRS_5	29.879	δ 200_2	3.30672
USHRS_2	254.902	SSHFsfc_5	29.1949	MPI_5	3.27451
MPI_1	243.875	ζ 850_2	25.3928	USHRD_5	2.86826
U200_4	194.725	SHRU_4	21.1634	no2Dsfc_5	2.39726
RHHI_5	179.806	SSHFsfc_1	20.7309	no10Usfc_4	2.2173
no10Vsfc_5	159.604	MSLsfsc_2	19.732	no2Dsfc_4	2.2173

USHRU_4	157.194	no10Usfc_3	18.6535	EWSSsfc_2	1.2973
DVMX-24	135.004	MPI_4	18.4406	T200_5	-0.377869
RHLO_4	127.549	no2Tsfc_2	17.7174	no2Tsfc_4	-0.997593
δ 200_4	126.262	SSHFsfc_4	13.1478	EWSSsfc_1	-1.34989
δ 200_5	119.481	no2Tsfc_3	12.8188	RHLO_3	-3.53599
USHRD_4	114.719	SHRS_4	12.6546	RHLO_5	-17.6016
no10Vsfc_2	113.875	MSLsfc_5	11.3039	SLHFsfc_4	-229.753
no10Vsfc_4	107.788	no10Vsfc_1	11.1449		

表 5.6 由 (a) 6 小時、(b) 12 小時、(c) 24 小時、(d) 36 小時、(e) 48 小時、(f) 60 小時至 (g) 72 小時所發展的颱風強度變化複迴歸模式所選取的環境預報值。

(a) 6 小時模式

一般預報因子	象限 1	象限 2/3/4/5	
VMAX VMAX2 DVMX-12 JDAY	$\zeta 850$ <i>no10Usfc,</i> <i>no2Dsfc,</i> <i>no2Tsfc,</i> <i>SLHFsfsc,</i> <i>MSLsfsc</i>	RHLO, RHHI, SHRD, USHRU, $\zeta 850$ <i>no10Usfc,</i> <i>no10Vsfc,</i> <i>no2Dsfc,</i> <i>SLHFsfsc,</i> <i>SSHFsfc</i>	MPI, RHHI, U200, $\delta 200$, SHRU, SHRD, USHRD <i>no10Usfc,</i> <i>no10Vsfc,</i> <i>EWSSsfsc</i>
		T200, $\delta 200$ <i>no10Usfc,</i> <i>no10Vsfc,</i> <i>EWSSsfsc,</i> <i>MSLsfsc</i>	$\delta 200$, USHRU <i>no10Usfc,</i> <i>no2Tsfc,</i> <i>NSSSsfsc</i>

(b) 12 小時模式

一般預報值	象限 1	象限 2/3/4/5	
VMAX VMAX2 DVMX-12 DVMX-24 JDAY	MPI, U200, $\delta 200$, SHRU, USHRU, $\zeta 850$ <i>no10Usfc,</i> <i>no2Dsfc,</i> <i>EWSSsfsc,</i> <i>SLHFsfsc</i>	MPI, RHLO, RHHI, U200, $\delta 200$, SHRU, SHRS, SHRD, USHRU, $\zeta 850$ <i>no10Usfc,</i> <i>no10Vsfc,</i> <i>no2Dsfc,</i> <i>SLHFsfsc</i>	MPI, RHLO,, RHHI, $\delta 200$, SHRU, USHRD, $\zeta 850$ <i>no10Usfc,</i> <i>no10Vsfc,</i> <i>EWSSsfsc,</i> <i>NSSSsfsc</i>
		T200, $\delta 200$, SHRU, SHRD <i>no10Vsfc,</i> <i>no2Dsfc,</i> <i>EWSSsfsc,</i> <i>MSLsfsc</i>	U200, $\delta 200$, SHRU, USHRU, USHRs, USHRD <i>no10Usfc,</i> <i>no2Dsfc,</i> <i>NSSSsfsc</i>

(c) 24 小時模式

一般預報值	象限 1	象限 2/3/4/5	
VMAX2 DVMX-12 DVMX-24 JDAY LAT	MPI, T200, δ200, SHRD, ζ850 <i>no10Usfc</i>	RHLO, RHHI, U200, δ200, SHRU, SHRS, SHRD, USHRU, USHRS, ζ850 <i>no10Usfc,</i> <i>no10Vsfc,</i> <i>no2Dsfc,</i> <i>SLHFsf</i>	MPI, RHLO,, RHHI, δ200, USHRS, ζ850 <i>no10Usfc,</i> <i>no10Vsfc,</i> <i>EWSSsf,</i> <i>NSSSsf</i>
		δ200, SHRD <i>no10Vsfc,</i> <i>EWSSsf,</i> <i>SLHFsf,</i> <i>MSLsf</i>	U200, δ200, SHRU, USHRU, USHRD <i>no10Usfc,</i> <i>no2Dsfc,</i> <i>NSSSsf,</i> <i>SSHFsfc</i>

(d) 36 小時模式

一般預報值	象限 1	象限 2/3/4/5	
VMAX2 DVMX-12 DVMX-24 JDAY LAT	U200, T200, δ200, SHRD, USHRU, ζ850 <i>no10Usfc,</i> <i>EWSSsf</i>	RHHI, U200, δ200, SHRD, USHRD, ζ850 <i>no10Usfc,</i> <i>no10Vsfc,</i> <i>no2Dsfc,</i> <i>SLHFsf,</i> <i>SSHFsfc</i>	RHLO,, RHHI, U200, δ200, SHRU, SHRS, SHRD, USHRD, USHRS, ζ850 <i>no10Usfc,</i> <i>no10Vsfc,</i> <i>EWSSsf,</i> <i>NSSSsf</i>
		T200, δ200, SHRS, SHRD, USHRD <i>no10Vsfc,</i> <i>EWSSsf,</i> <i>MSLsf</i>	U200, δ200, SHRU, SHRS, SHRD, USHRU, USHRD, ζ850 <i>no10Usfc,</i> <i>no2Dsfc,</i> <i>NSSSsf</i>

(e) 48 小時模式

一般預報值	象限 1	象限 2/3/4/5	
VMAX2 DVMX-12 DVMX-18 DVMX-24 JDAY LAT	U200, 8200, SHRS, SHRD, USHRU, USHRD, ζ850 <i>no10Usfc,</i> <i>no10Vsfc</i>	RHLO, RHHI, U200, 8200, SHRS, SHRD, USHRD, ζ850 <i>no10Usfc,</i> <i>no10Vsfc,</i> <i>no2Dsfc,</i> <i>SSHFsfc</i>	RHLO, RHHI, U200, 8200, SHRU, USHRU, USHRD, ζ850 <i>no10Usfc,</i> <i>no10Vsfc,</i> <i>no2Dsfc, no2Tsfc,</i> <i>EWSSsfc, NSSSsfc</i>
		T200, 8200 <i>no10Vsfc,</i> <i>EWSSsfc,</i> <i>NSSSsfc,</i> <i>MSLsfc</i>	MPI, RHHI, U200, 8200, SHRS, SHRD, USHRU, USHRD <i>no10Usfc,</i> <i>no10Vsfc, EWSSsfc,</i> <i>NSSSsfc, SSHFsfc</i>

(f) 60 小時模式

一般預報值	象限 1	象限 2/3/4/5	
VMAX2 DVMX-12 DVMX-24 JDAY LAT	U200, SHRD, USHRU, USHRD, ζ850 <i>no10Usfc,</i> <i>no10Vsfc,</i> <i>no2Dsfc,</i> <i>EWSSsfc,</i> <i>NSSSsfc</i>	MPI, RHLO, RHHI, U200, SHRD, USHRD, ζ850 <i>no10Usfc,</i> <i>no10Vsfc,</i> <i>no2Dsfc,</i> <i>EWSSsfc</i>	RHLO, RHHI, T200, 8200, SHRU, SHRS, USHRD, ζ850 <i>no10Usfc,</i> <i>no10Vsfc,</i> <i>no2Tsfc,</i> <i>EWSSsfc,</i> <i>NSSSsfc</i>
		MPI, U200, T200, SHRS, USHRD, ζ850 <i>no10Vsfc,</i> <i>no2Tsfc,</i> <i>EWSSsfc,</i> <i>SLHFsfc,</i> <i>SSHFsfc,</i> <i>MSLsfc</i>	RHLO, RHHI, U200, 8200, SHRS, SHRD, USHRU, USHRD <i>no10Usfc,</i> <i>no10Vsfc,</i> <i>NSSSsfc,</i> <i>SLHFsfc</i>

(g) 72 小時模式

一般預報值	象限 1	象限 2/3/4/5	
VMAX2 DVMX-12 DVMX-24 JDAY LAT	MPI, RHHI, U200, 8200, USHRD, ζ850 <i>no10Usfc,</i> <i>no10Vsfc,</i> <i>no2Tsfc,</i> <i>EWSSsfc,</i> <i>NSSSsfc,</i> <i>SSHFsfc</i>	RHLO, RHHI, U200, T200, 8200, SHRD, USHRD, ζ850 <i>no10Usfc,</i> <i>no10Vsfc,</i> <i>no2Dsfc,</i> <i>no2Tsfc</i>	RHLO, RHHI, U200, T200, 8200, SHRU, USHRs, USHRD, ζ850 <i>no10Usfc,</i> <i>no10Vsfc,</i> <i>no2Dsfc,</i> <i>no2Tsfc,</i> <i>EWSSsfc,</i> <i>NSSSsfc</i>
		MPI, RHHI, U200, T200, ζ850 <i>no10Vsfc,</i> <i>no2Dsfc,</i> <i>no2Tsfc,</i> <i>EWSSsfc,</i> <i>NSSSsfc,</i> <i>SSHFsfc,</i> <i>MSLsfc</i>	MPI, RHHI, U200, T200, USHRs, USHRD, ζ850 <i>no10Usfc,</i> <i>no10Vsfc,</i> <i>NSSSsfc,</i> <i>SLHFsfc</i>

表 5.7 分別對複迴歸模式發展階段及檢驗階段所有的資料個數及相關係數。

預報時段	6 小時	12 小時	24 小時	36 小時	48 小時	60 小時	72 小時
# of Obs in Model Database	13949	13509	12629	11759	10906	10063	9236
<i>R</i>	0.63	0.66	0.69	0.72	0.74	0.76	0.77
# of Verifications	461	443	407	371	335	299	263
<i>R</i>	0.59	0.65	0.68	0.69	0.71	0.72	0.72

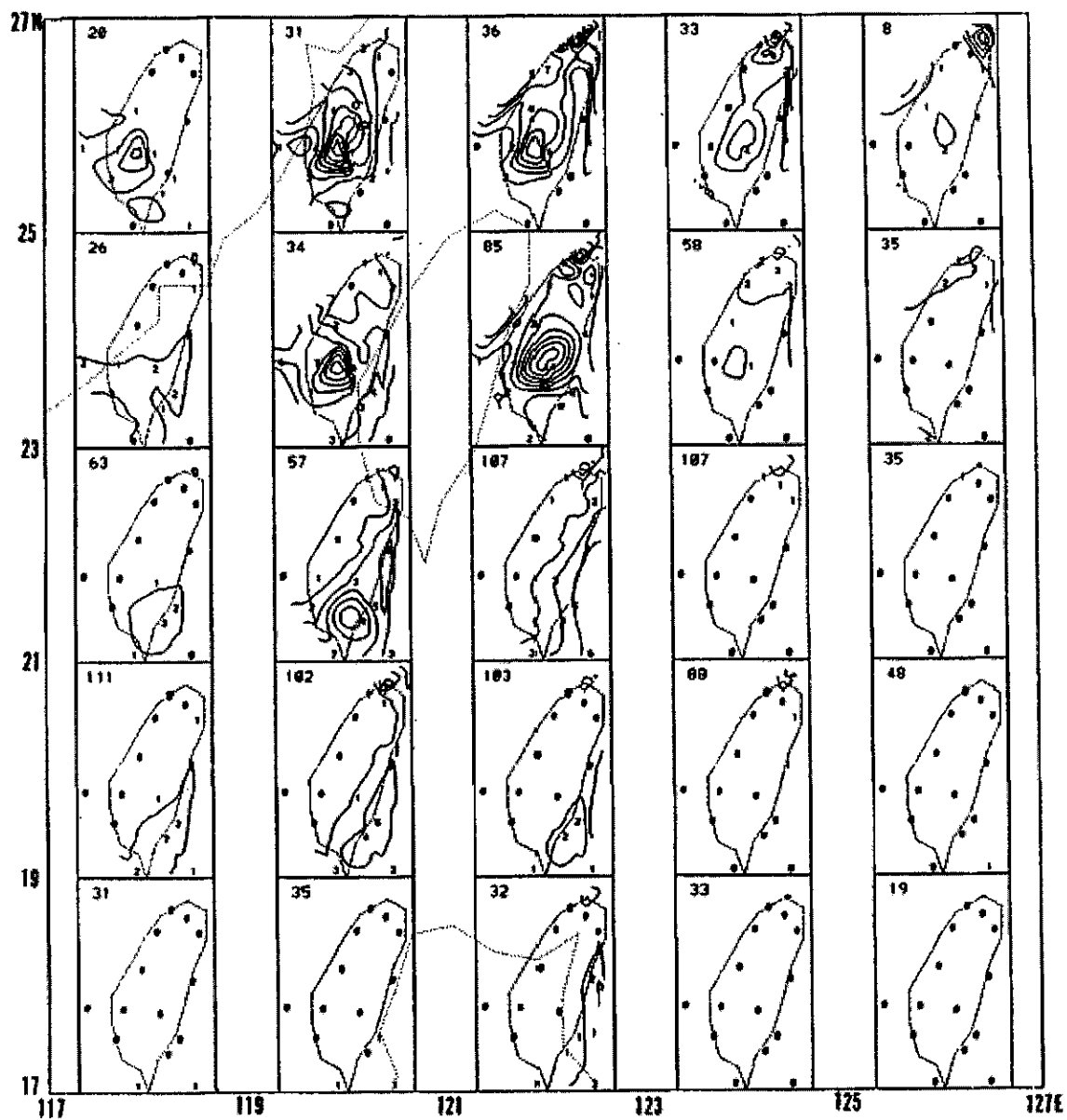


圖 2.1 Chang *et al.* (1998) 利用 1971-1990 共 20 年之 22 個地面測站資料，分析颱風侵台期間台灣地區之降雨分布狀況。

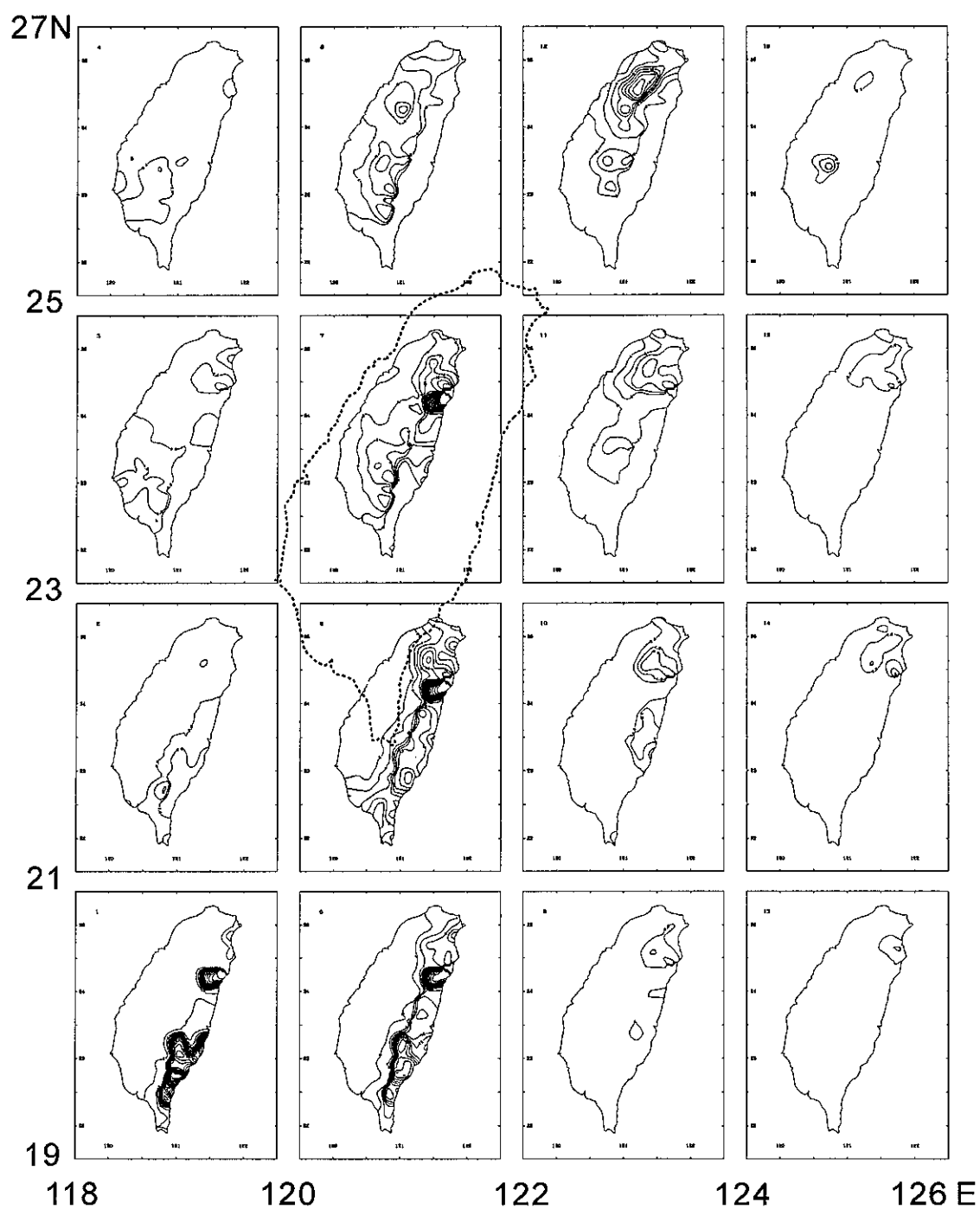


圖 2.2 利用 1989-2001 年之 371 個測站資料，分析颱風侵台期間台灣地區之降雨分布狀況。

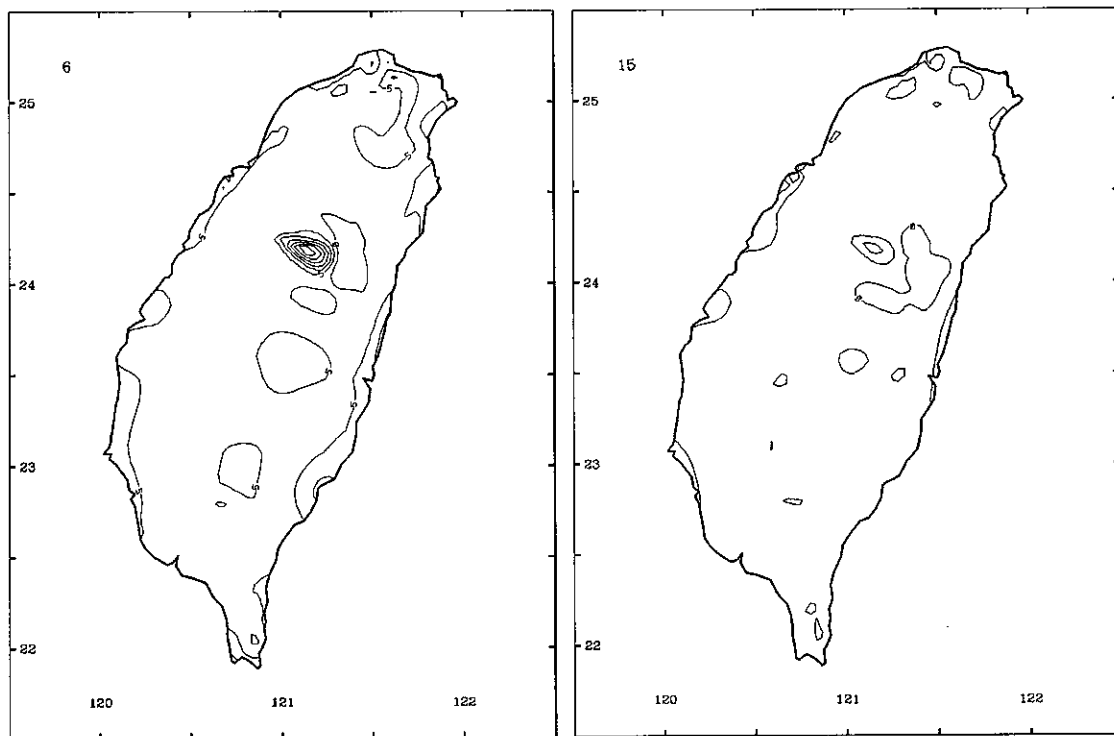


圖 2.3 利用 1989-2001 年之 132 個測站資料，分析颱風侵台期間台灣地區之風力分布狀況，此為第 6 及第 15 個網格之結果。

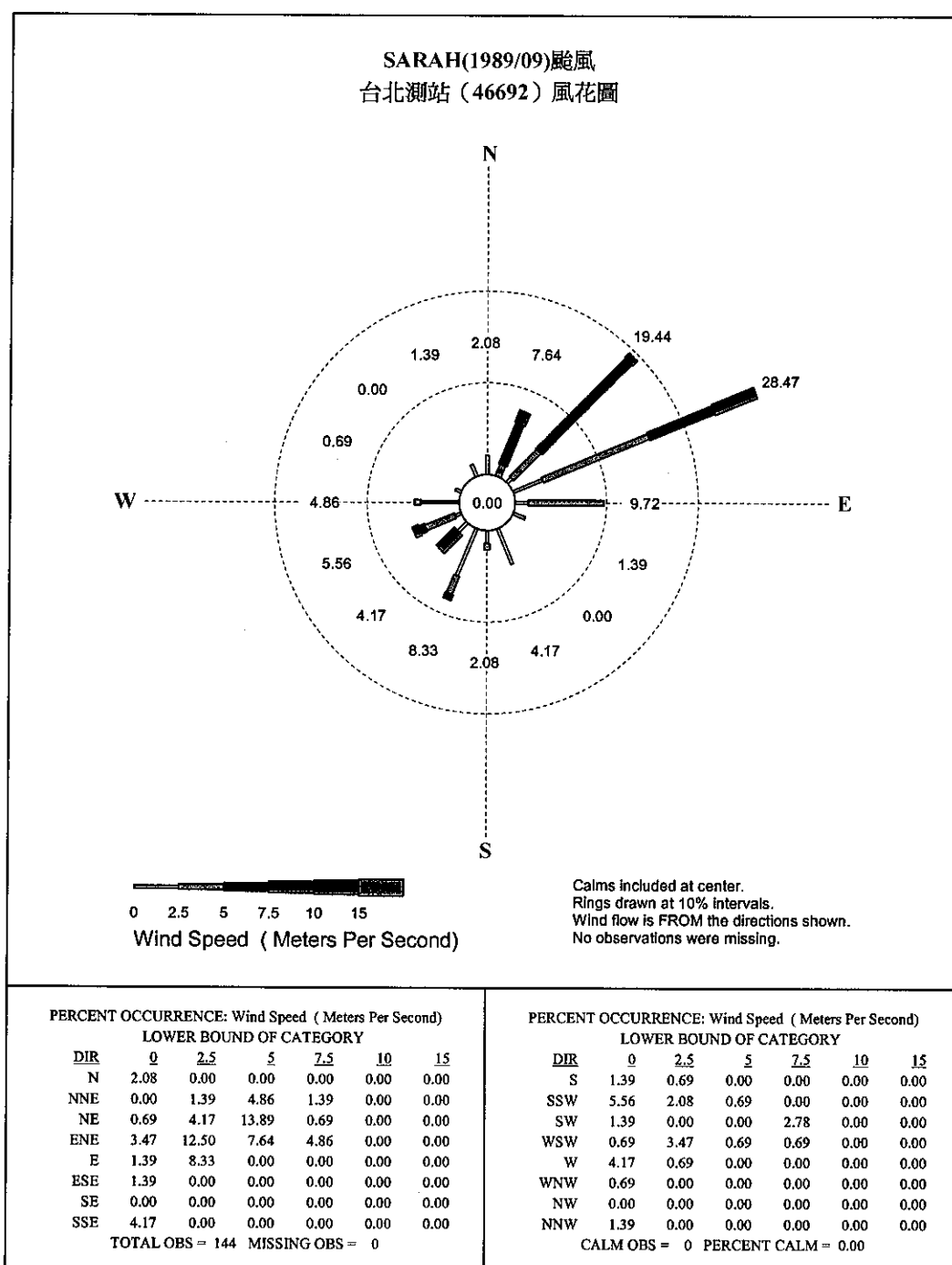


圖 2.4 1989 年莎拉 (Sarah) 颱風侵台期間，台北測站之風花圖。

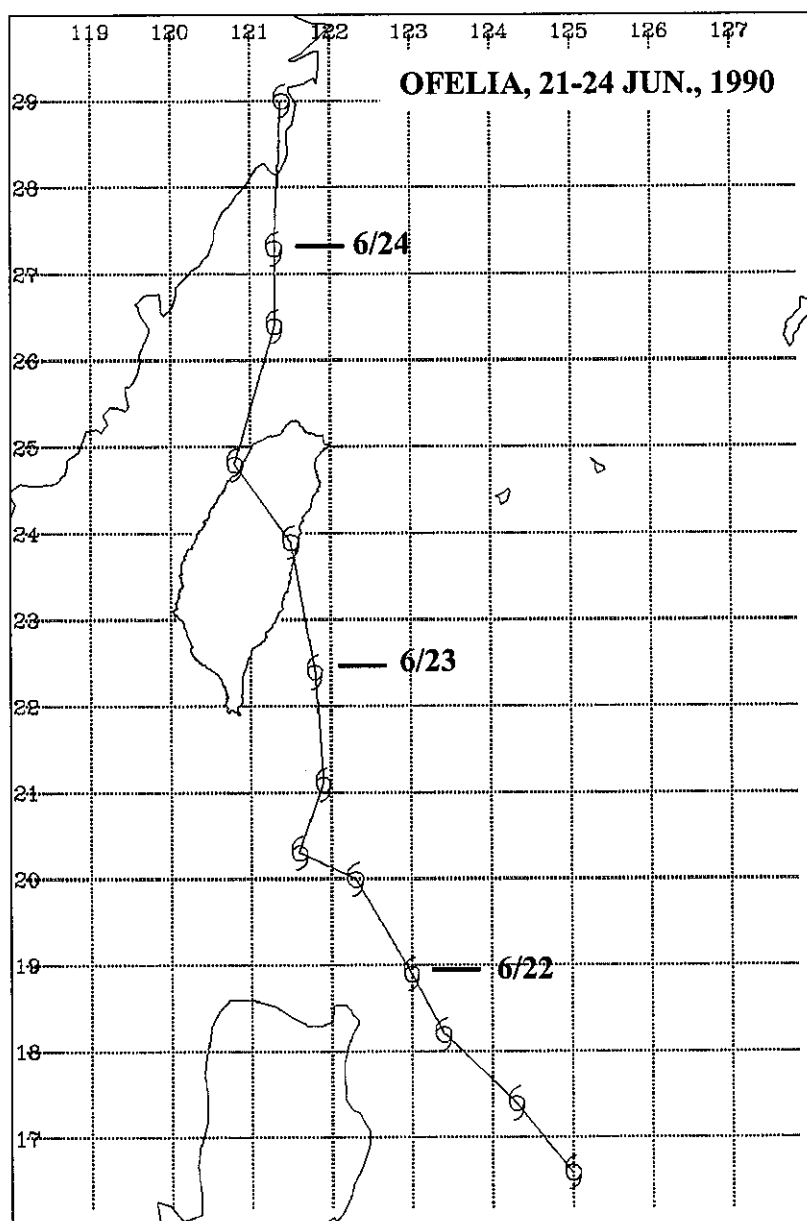


圖 2.5 歐菲莉 (OFELIA, 1990) 颱風路徑圖。

(a)

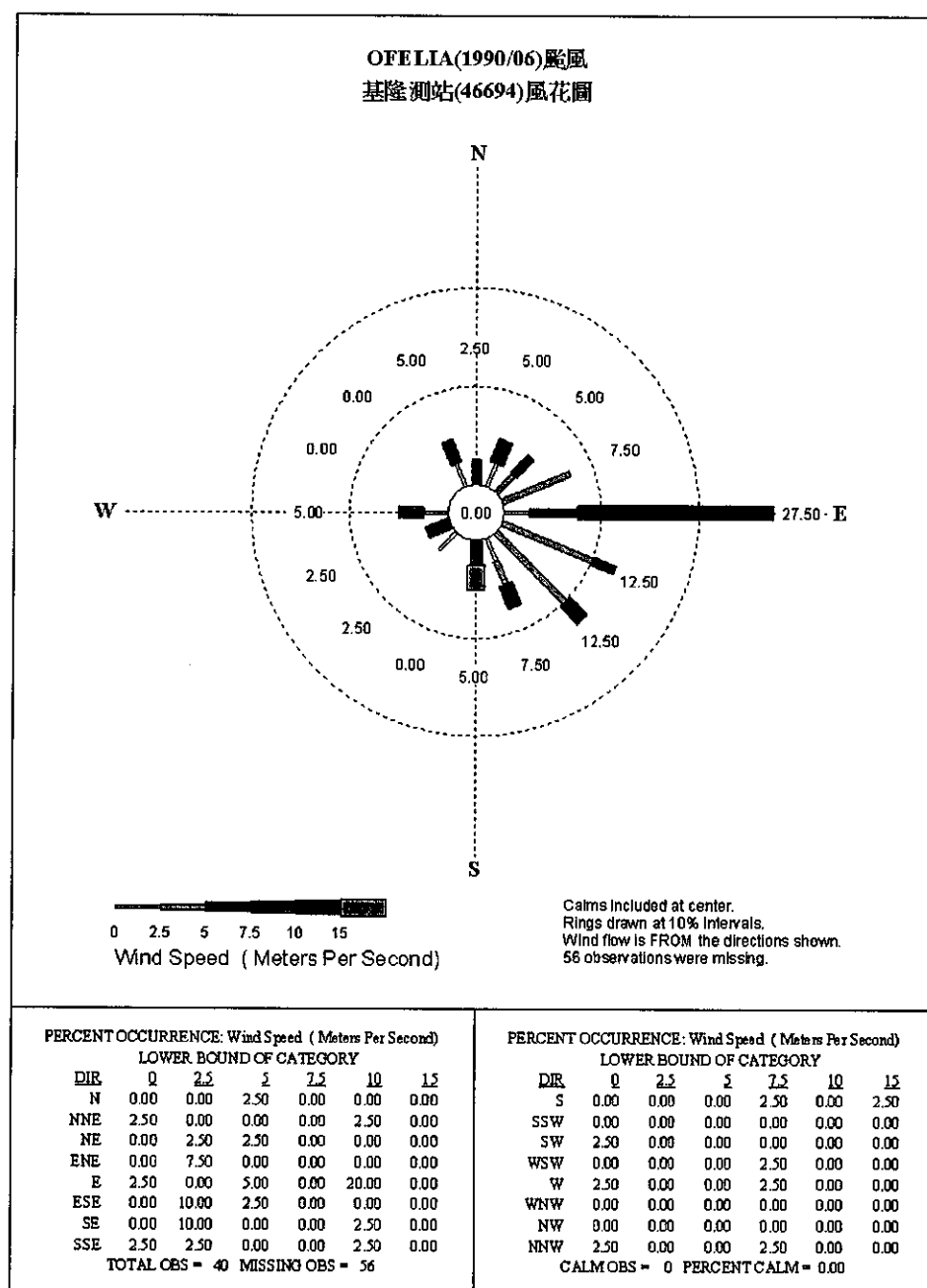


圖 2.6 (a) 基隆、(b) 台北、(c) 新竹、(d) 宜蘭、(e) 花蓮、(f) 台東、(g) 彭佳嶼、(h) 澎湖和 (i) 蘭嶼測站，在歐菲莉颱風侵台期間的風花圖。

(b)

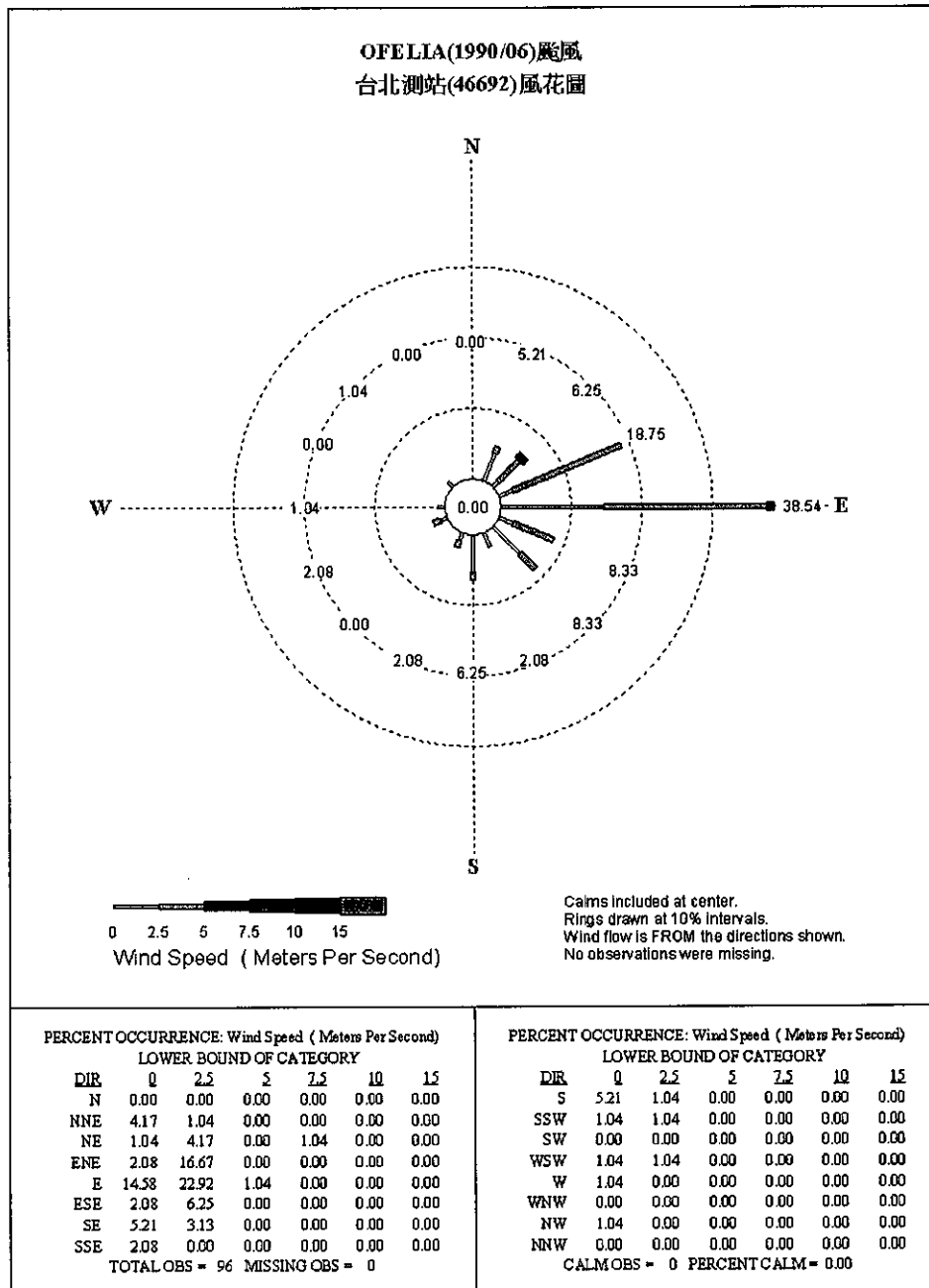


圖 2.6 (續)。

(c)

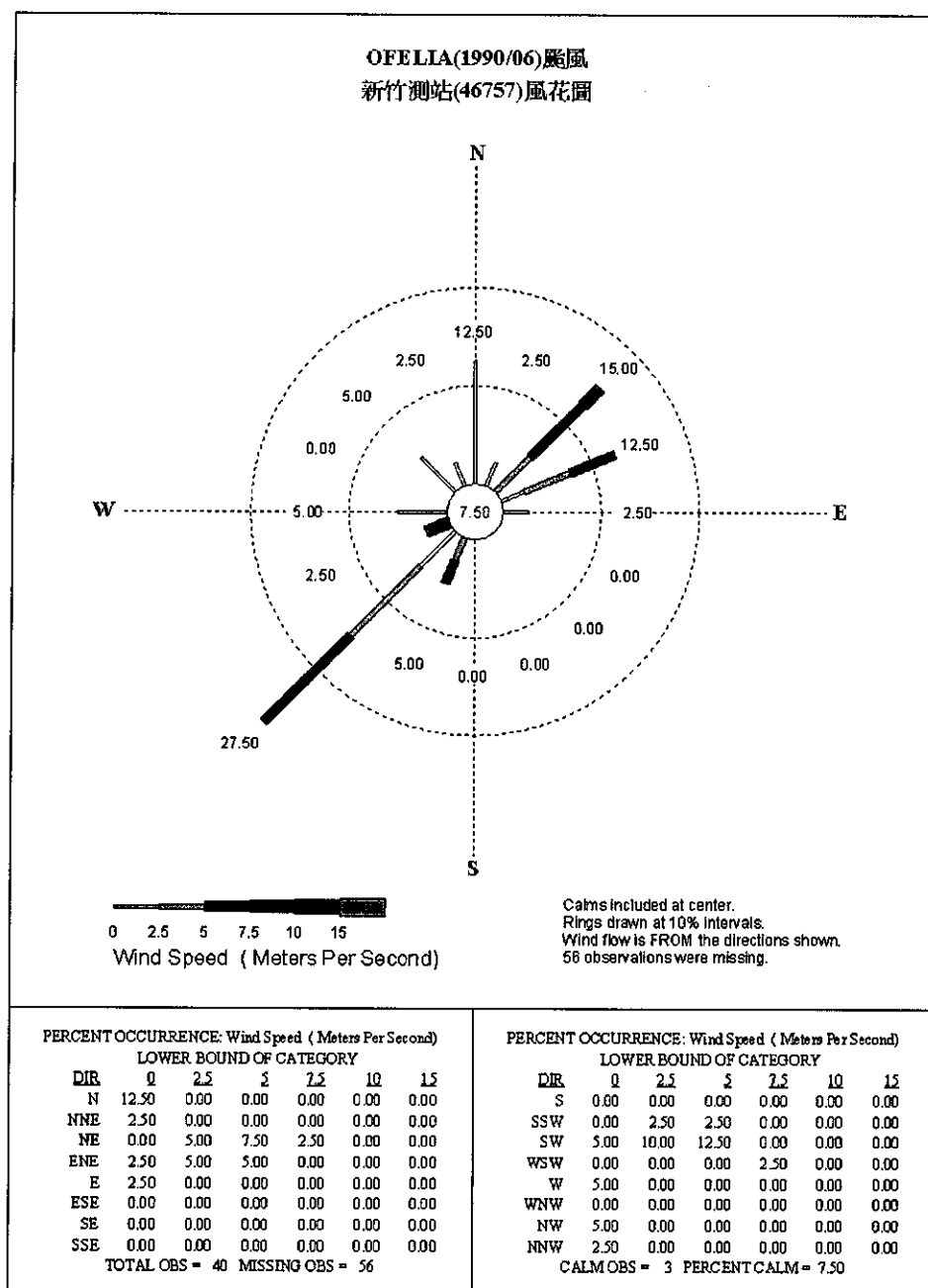


圖 2.6 (續)。

(d)

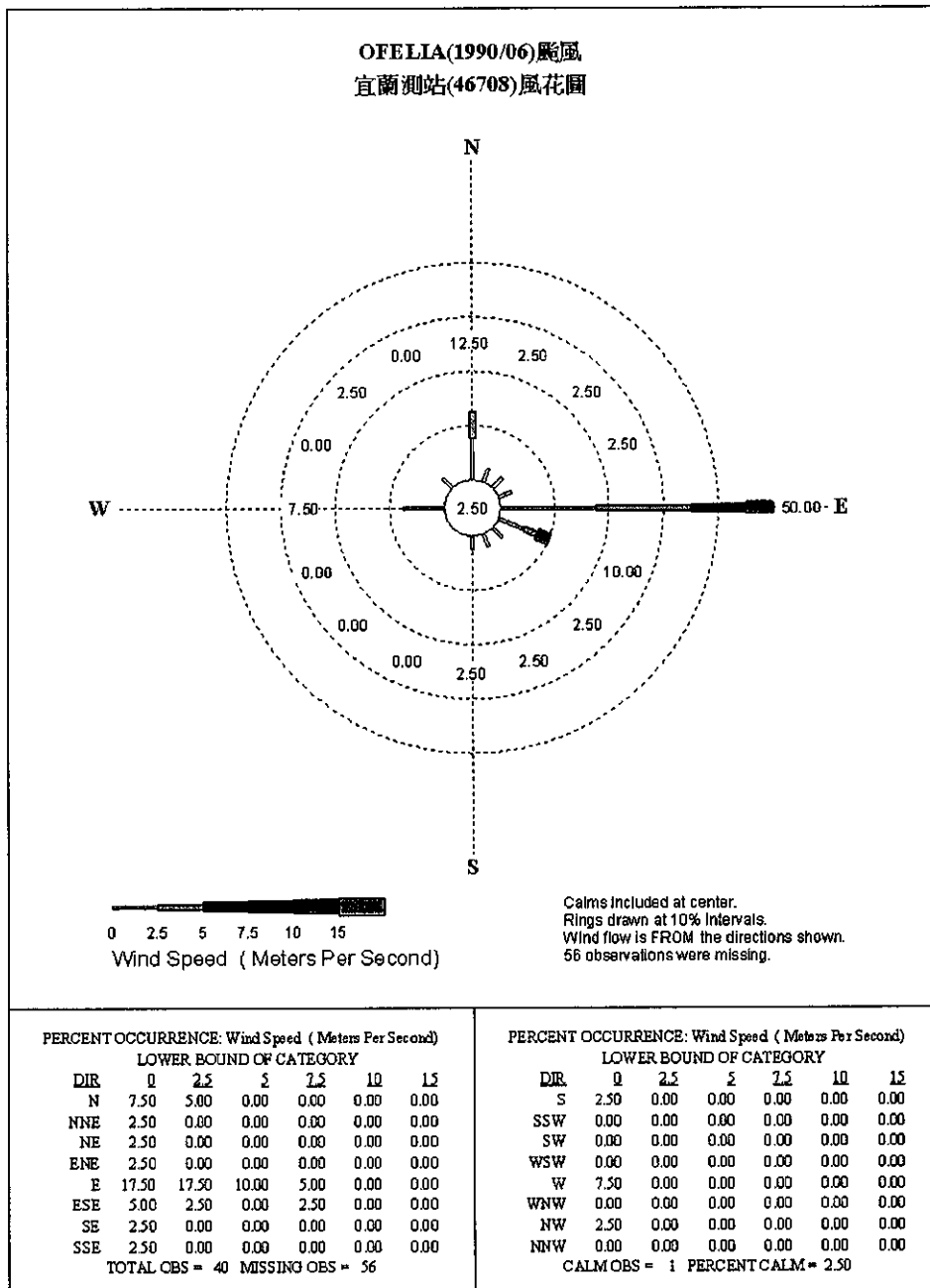


圖 2.6 (續)。

(e)

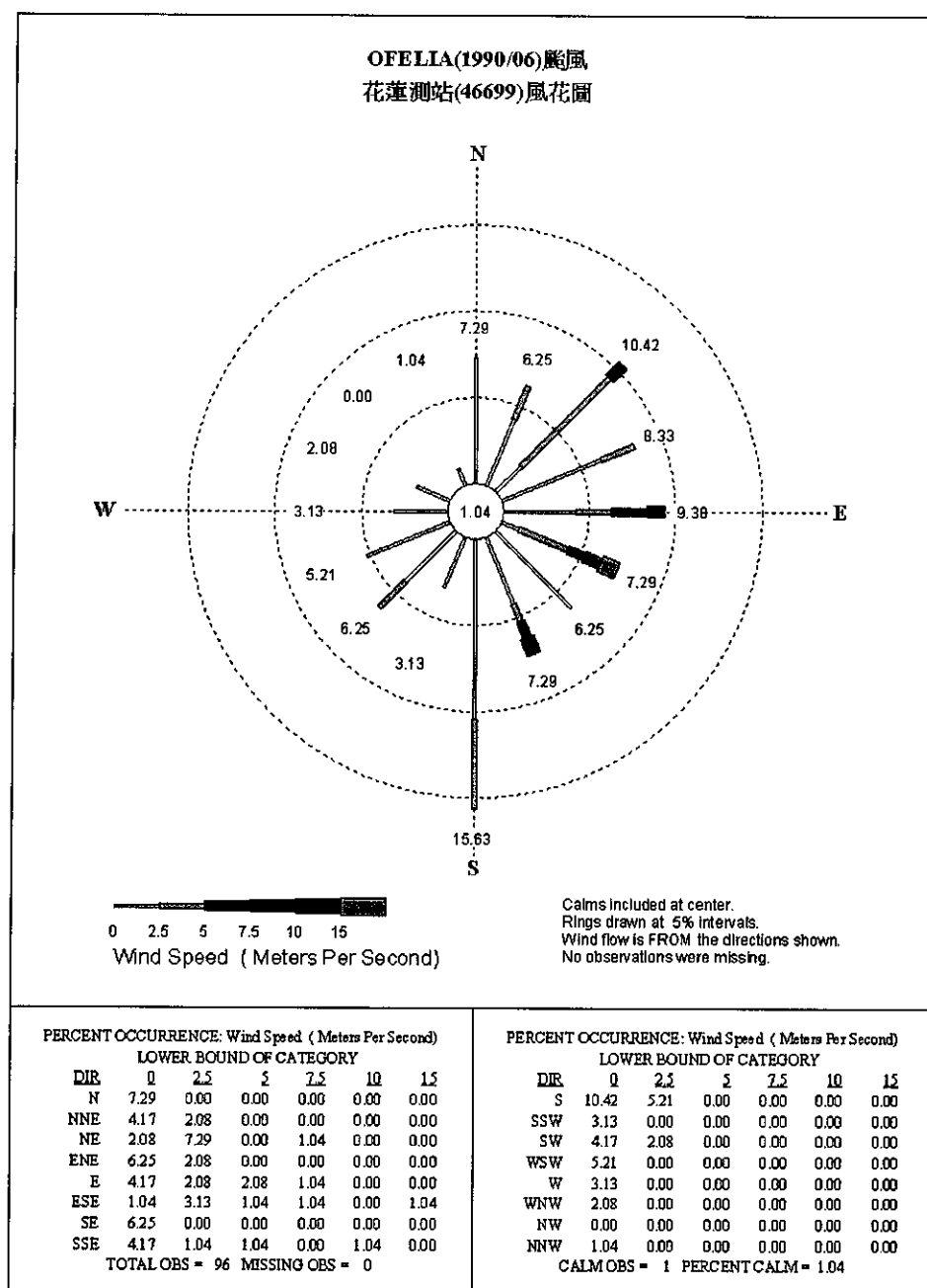


圖 2.6 (續)。

(f)

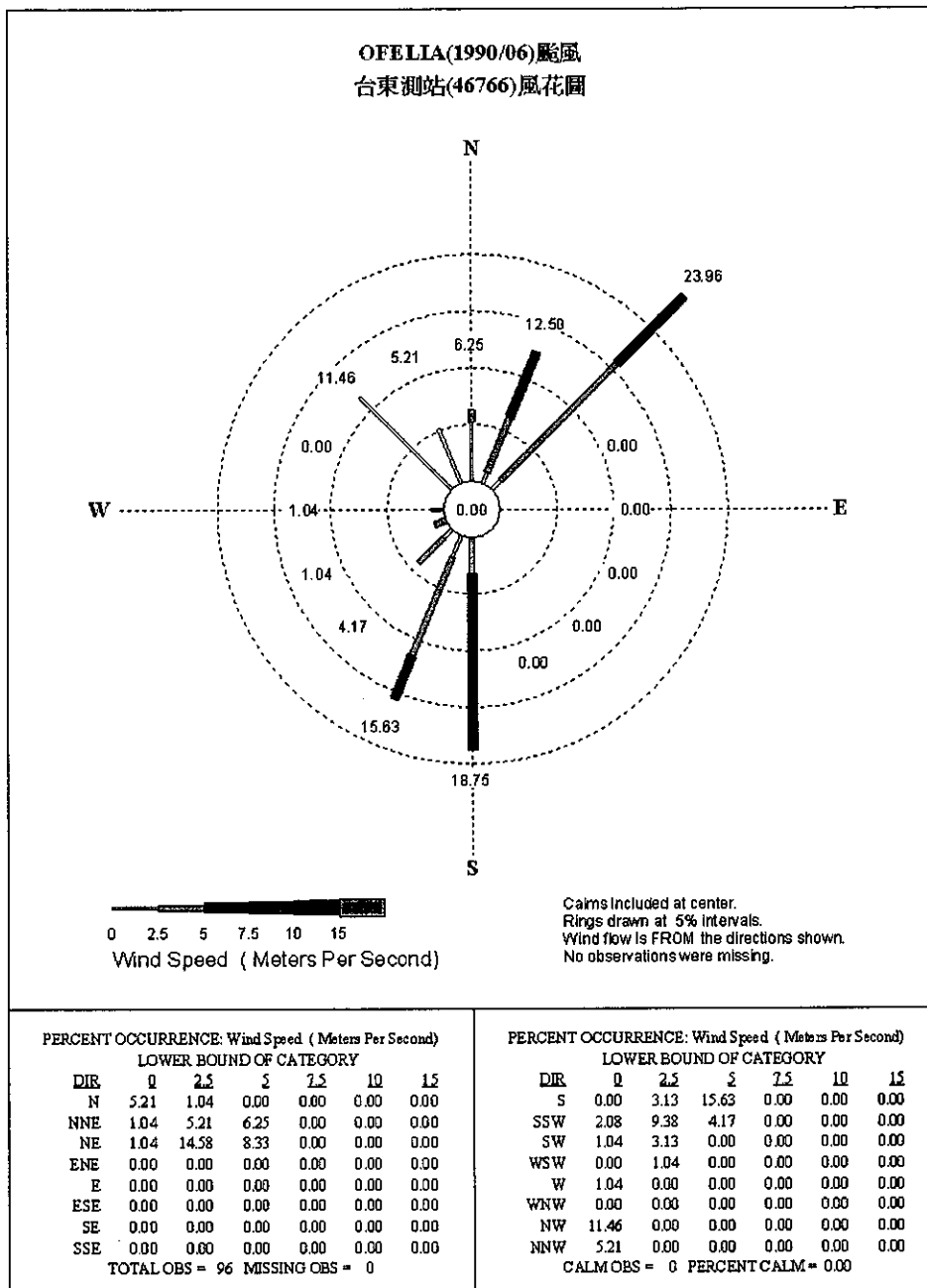


圖 2.6 (續)。

圖 2.6 (續)。



(h)

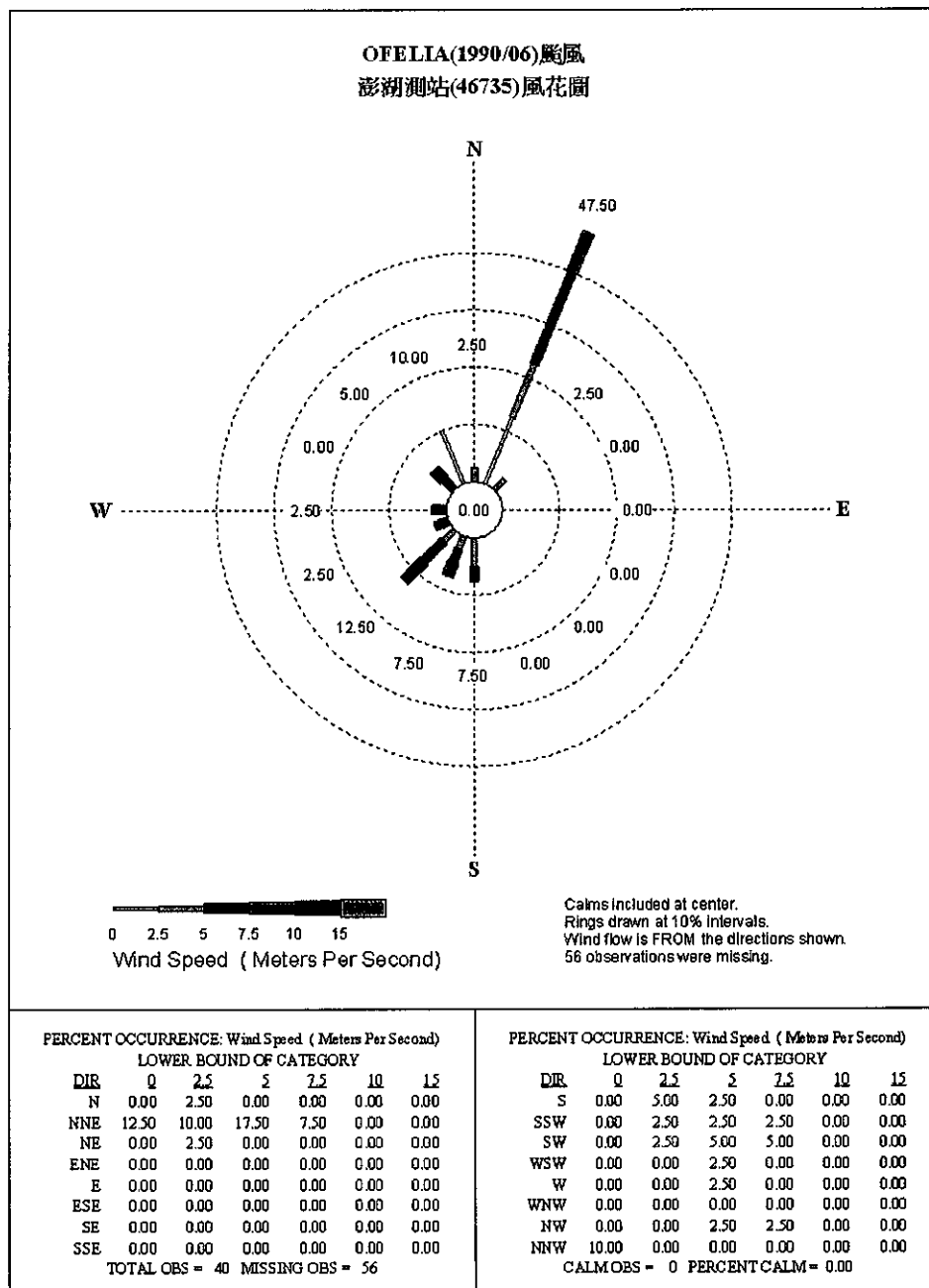


圖 2.6 (續)。

(i)

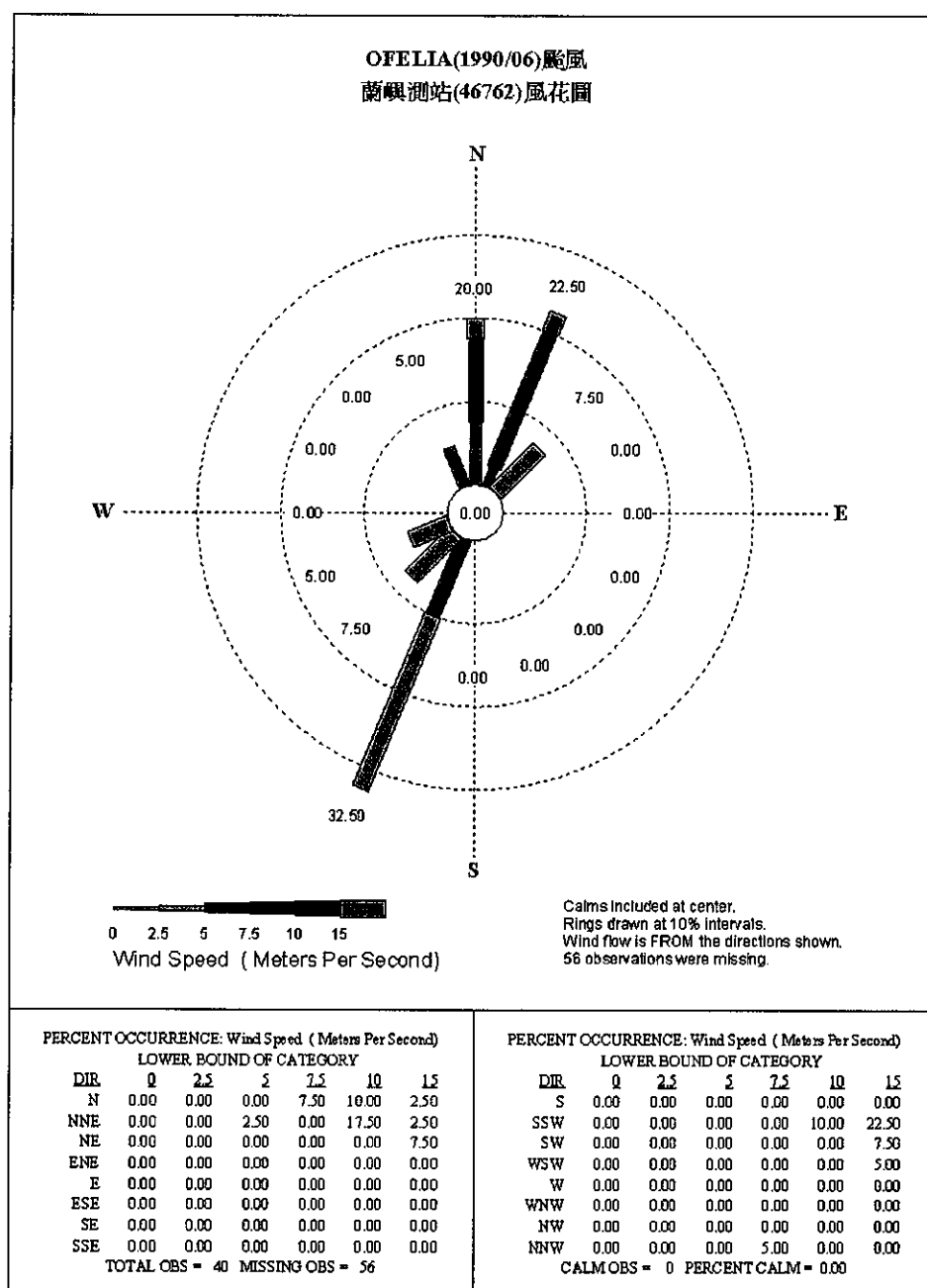


圖 2.6 (續)。

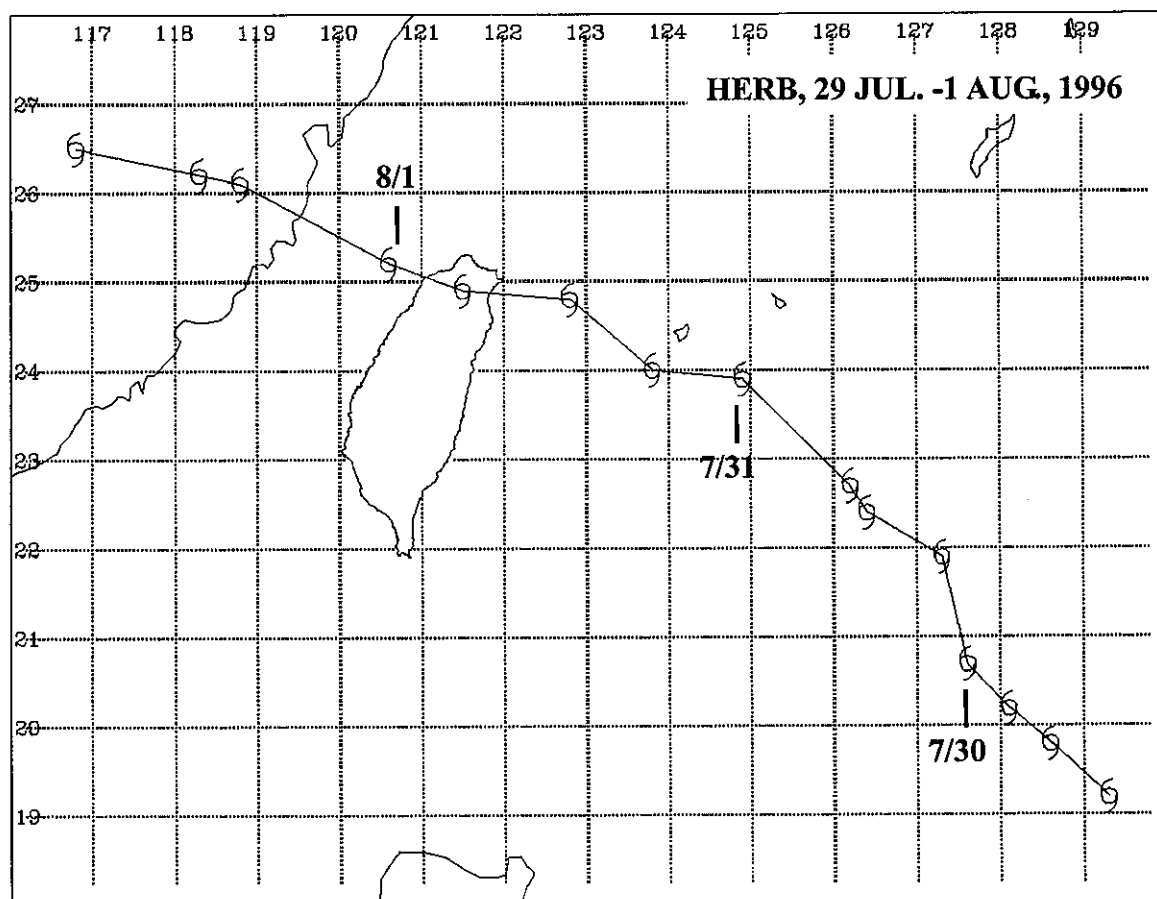
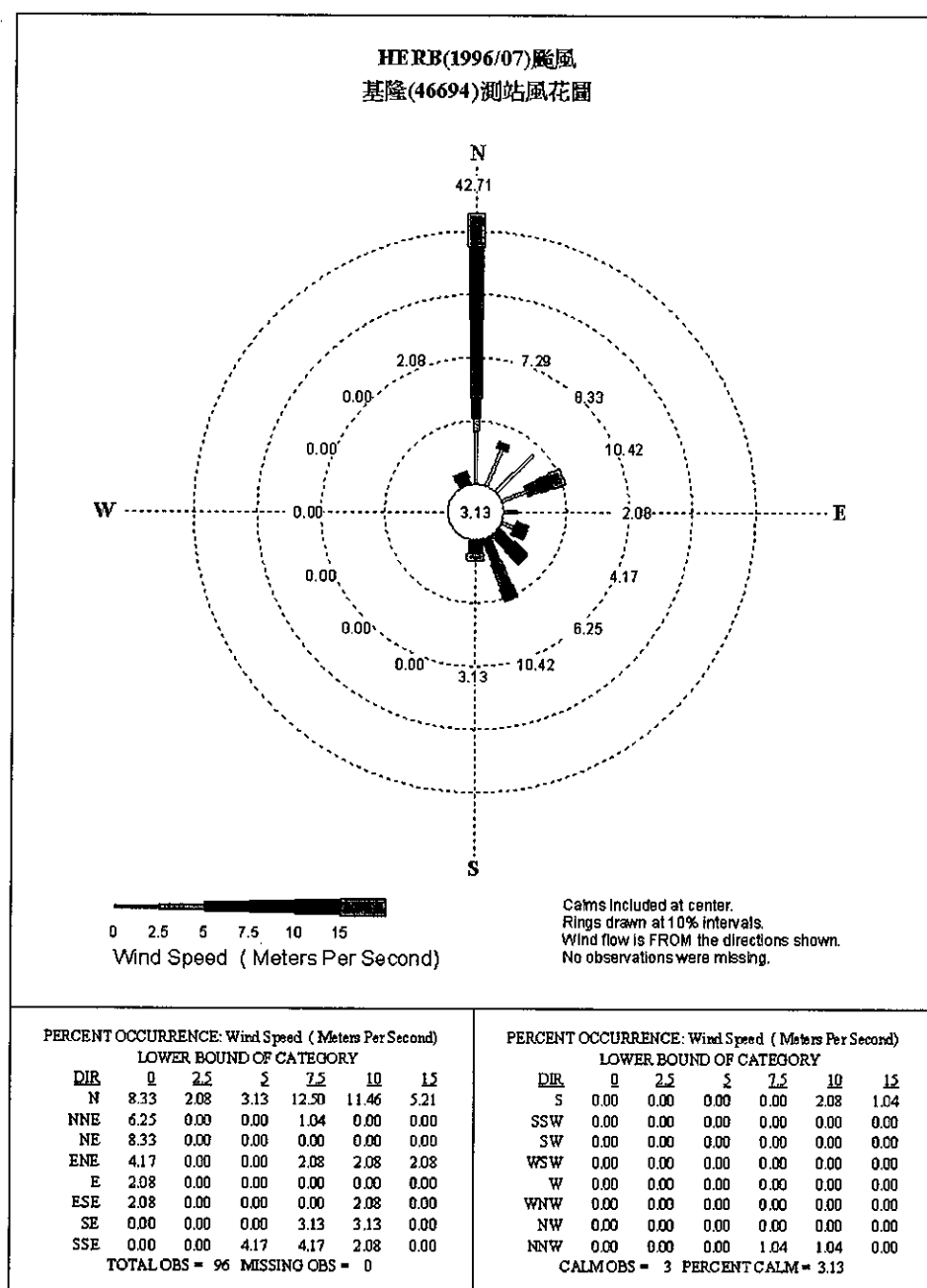


圖 2.7 賀伯 (HERB, 1996) 颱風路徑圖。

(a)



(b)

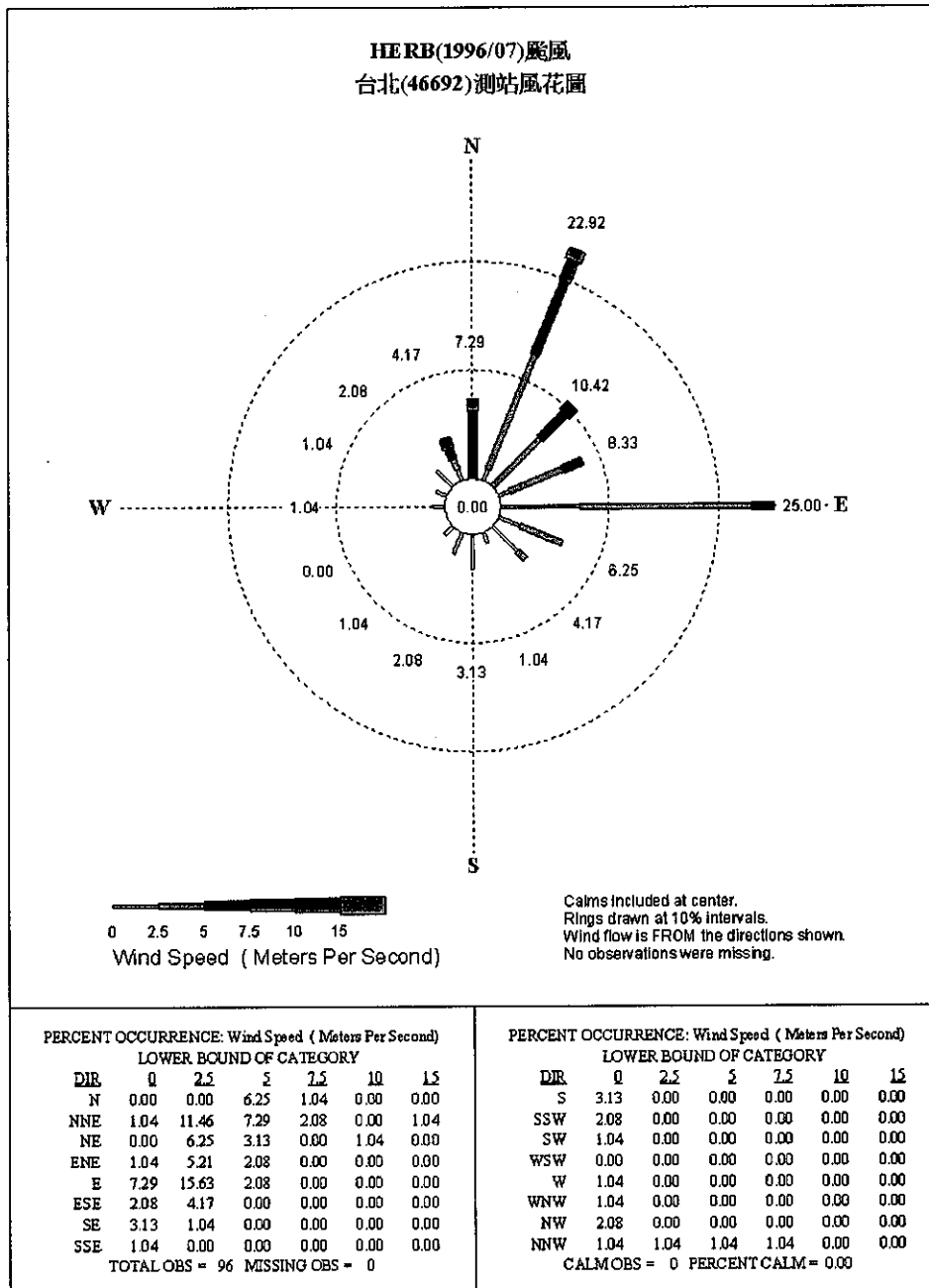


圖 2.8 (續)。

(c)

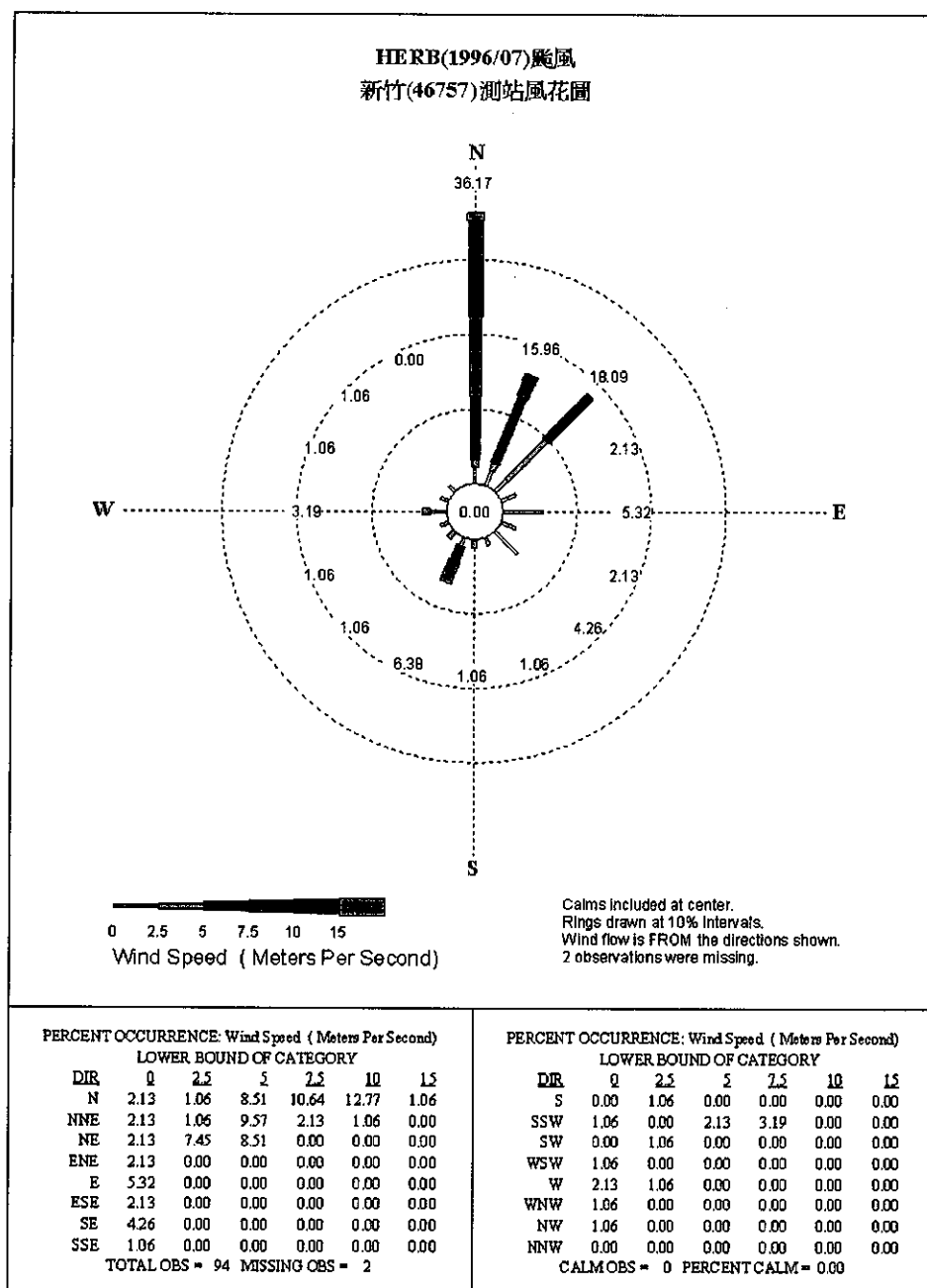


圖 2.8 (續)。

(d)

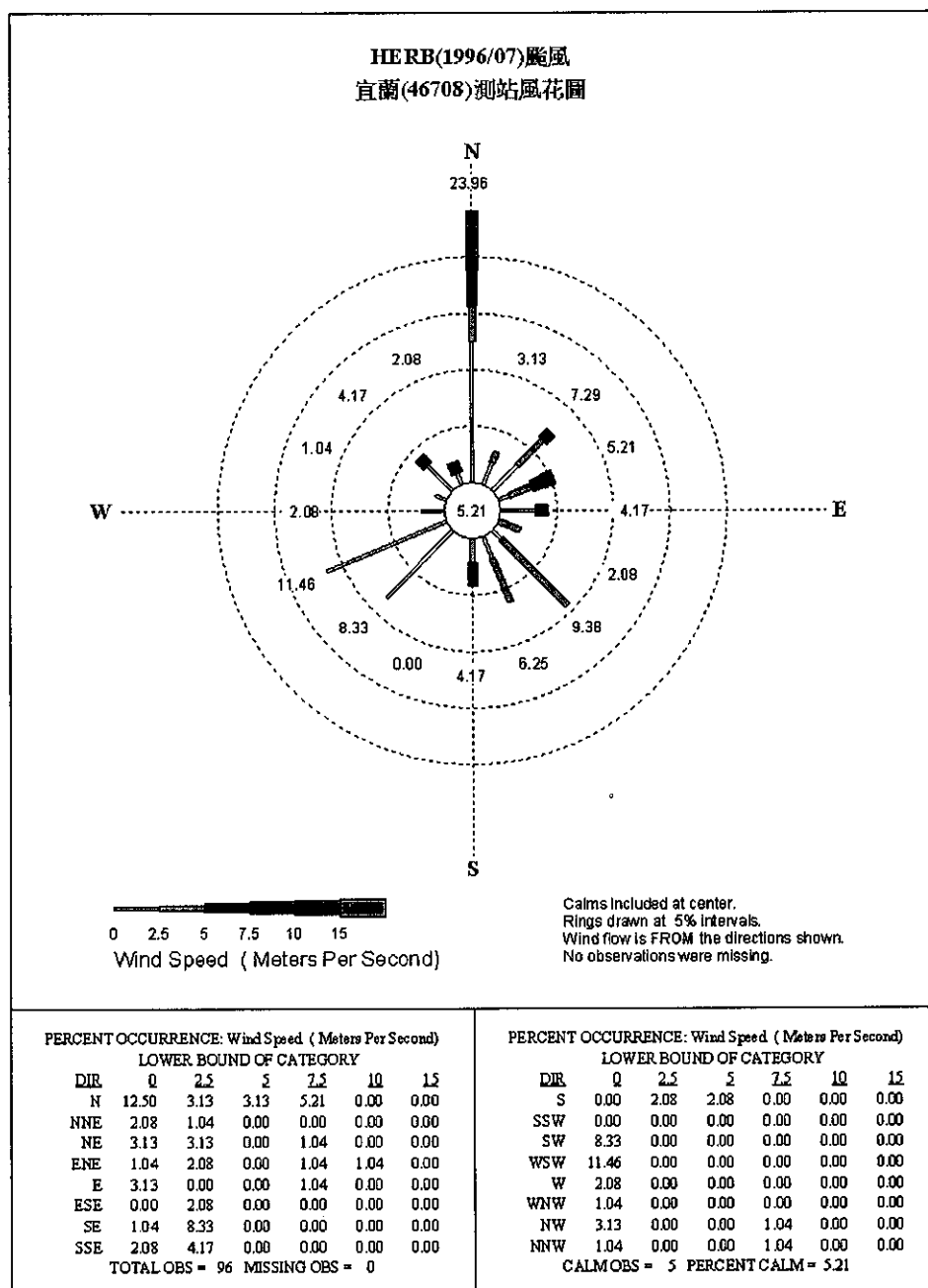


圖 2.8 (續)。

(e)

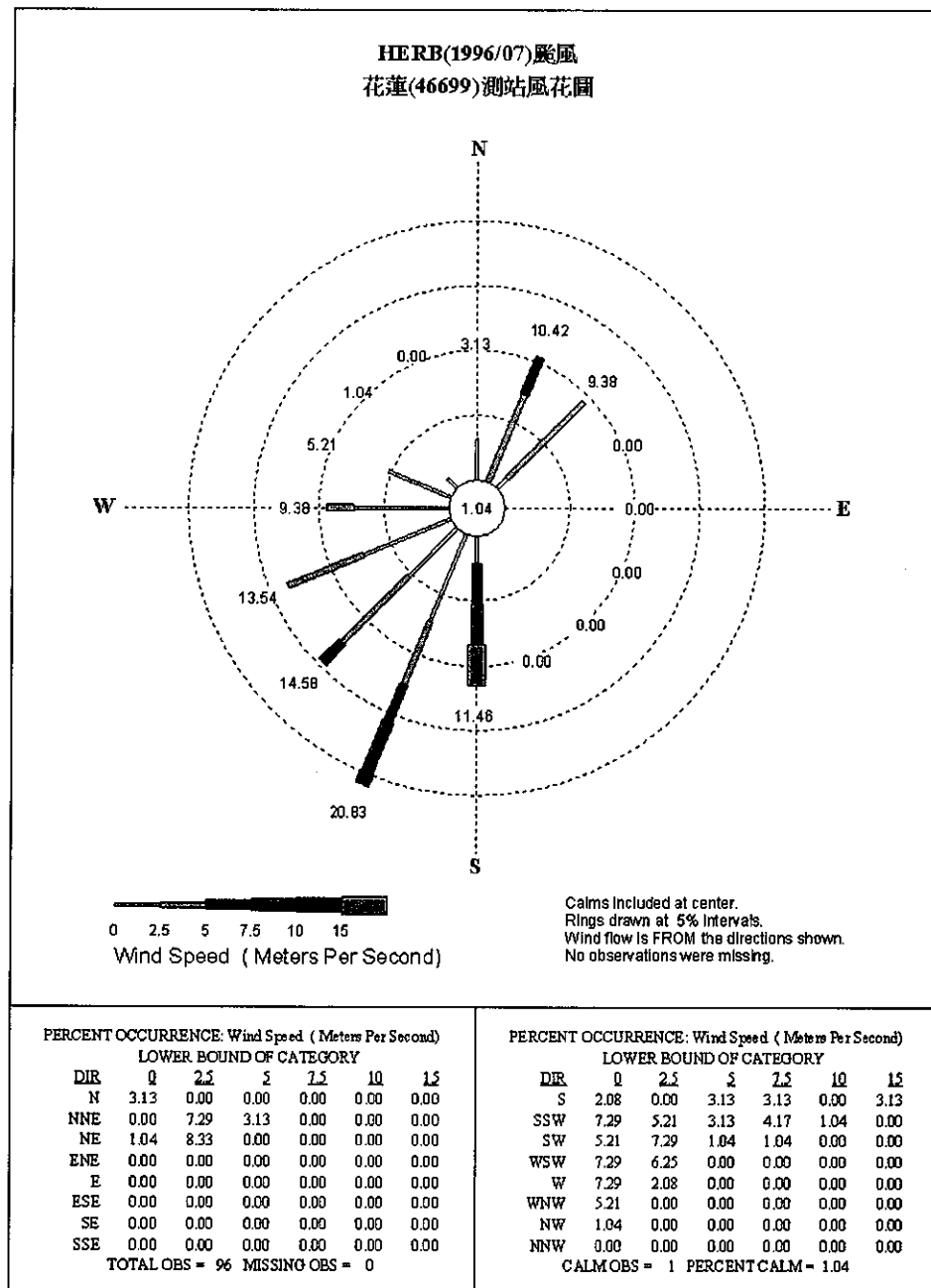


圖 2.8 (續)。

(f)

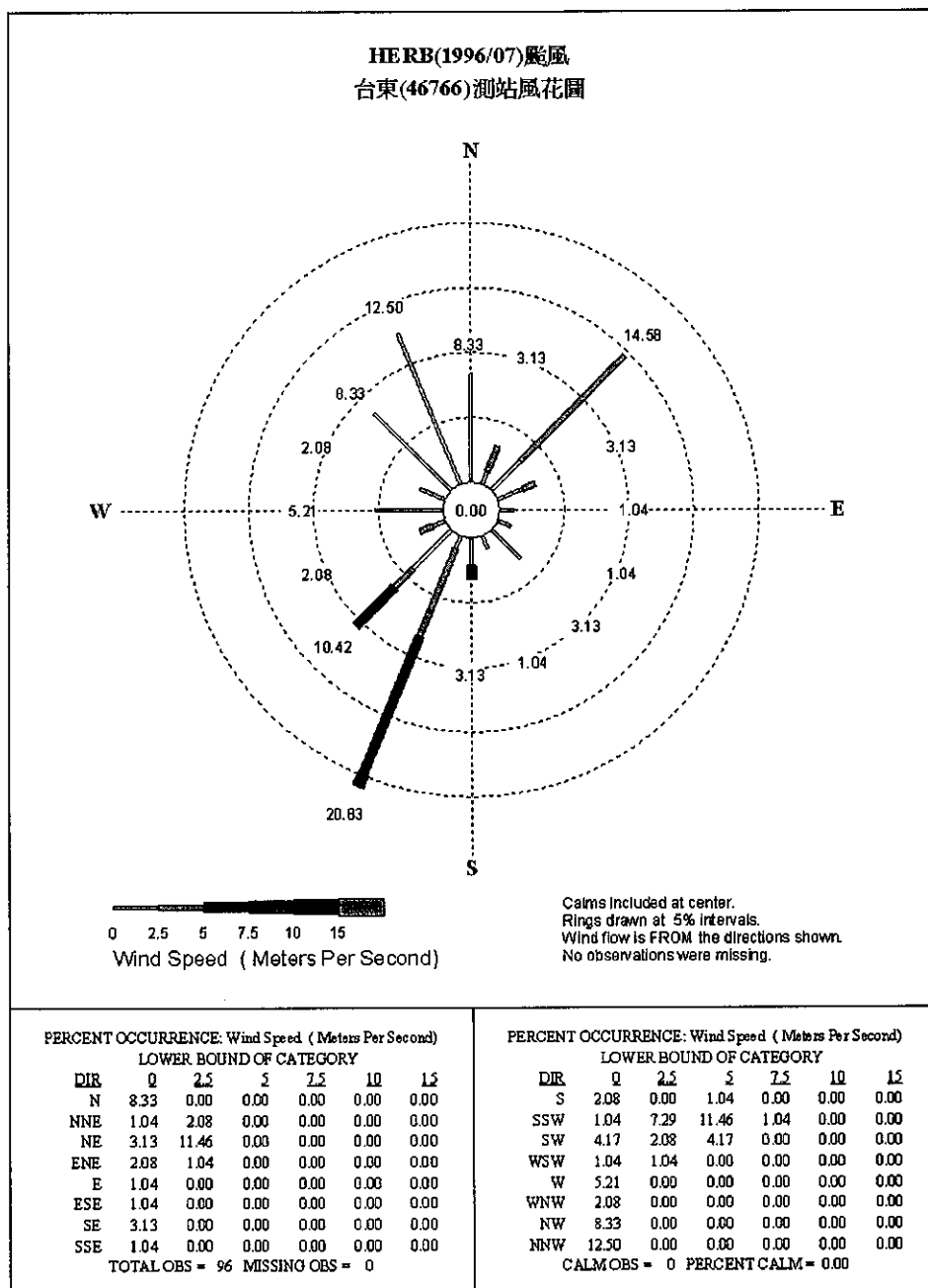


圖 2.8 (續)。

(g)

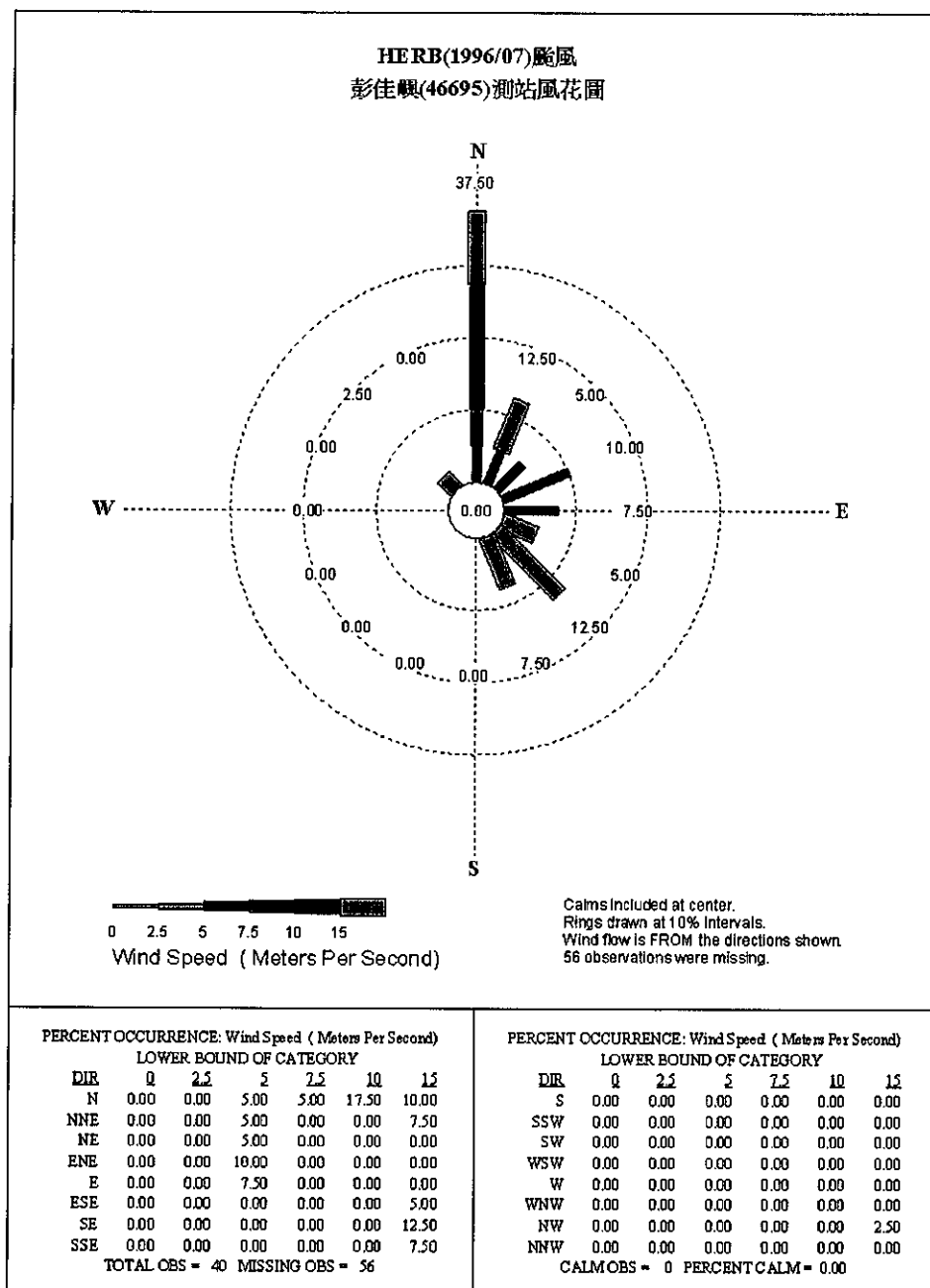


圖 2.8 (續)。

(h)

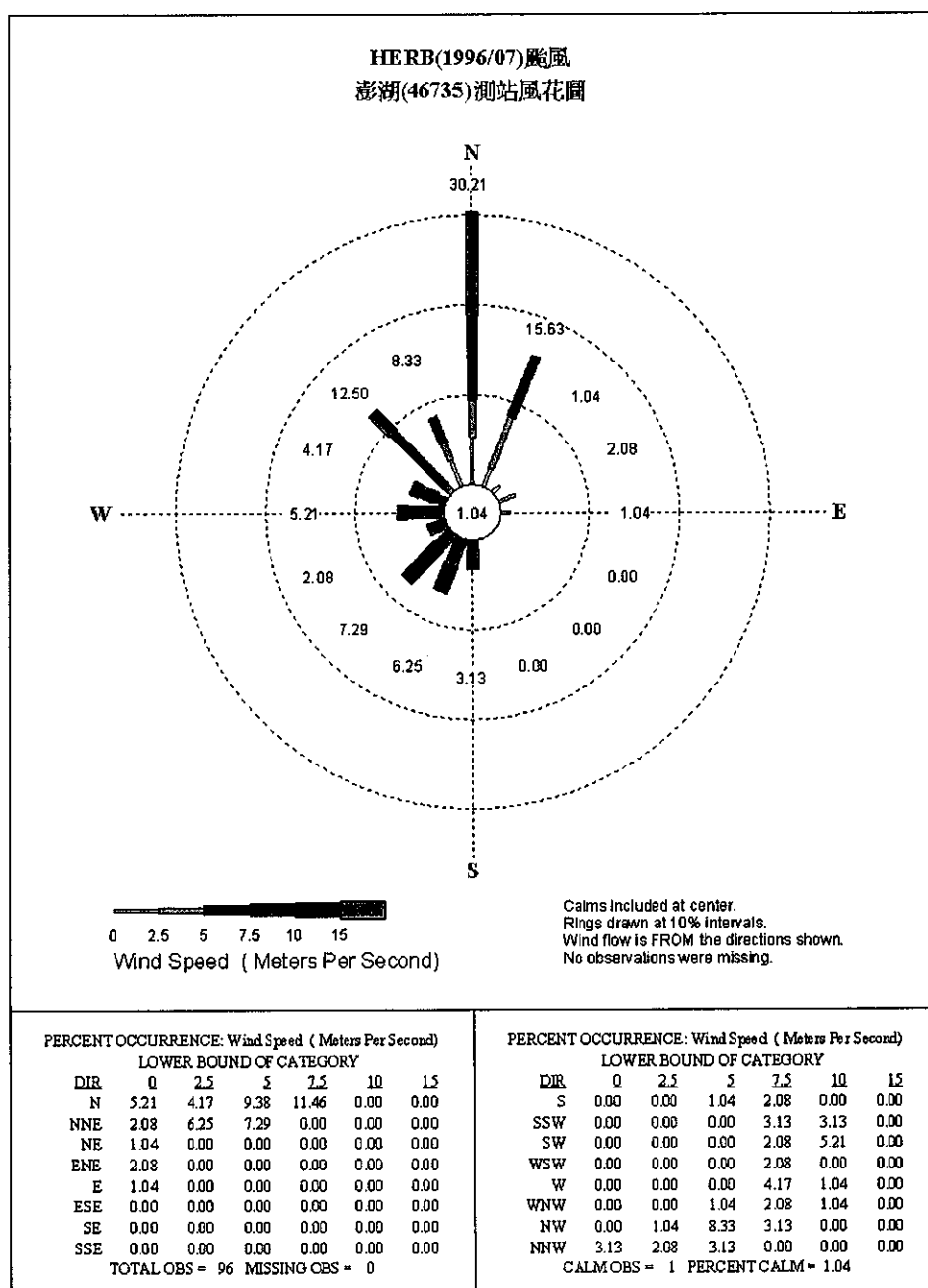


圖 2.8 (續)。

(i)

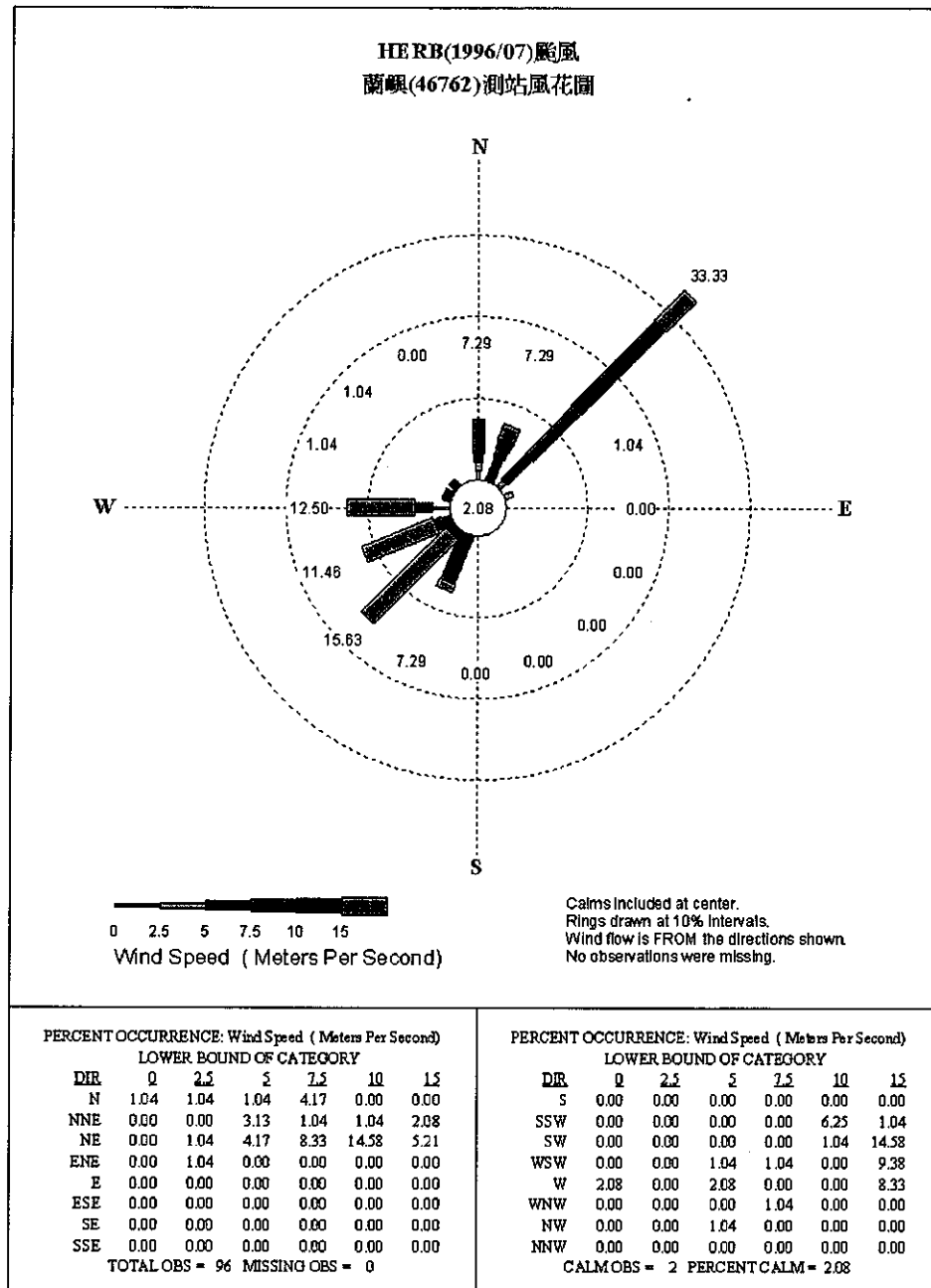


圖 2.8 (續)。

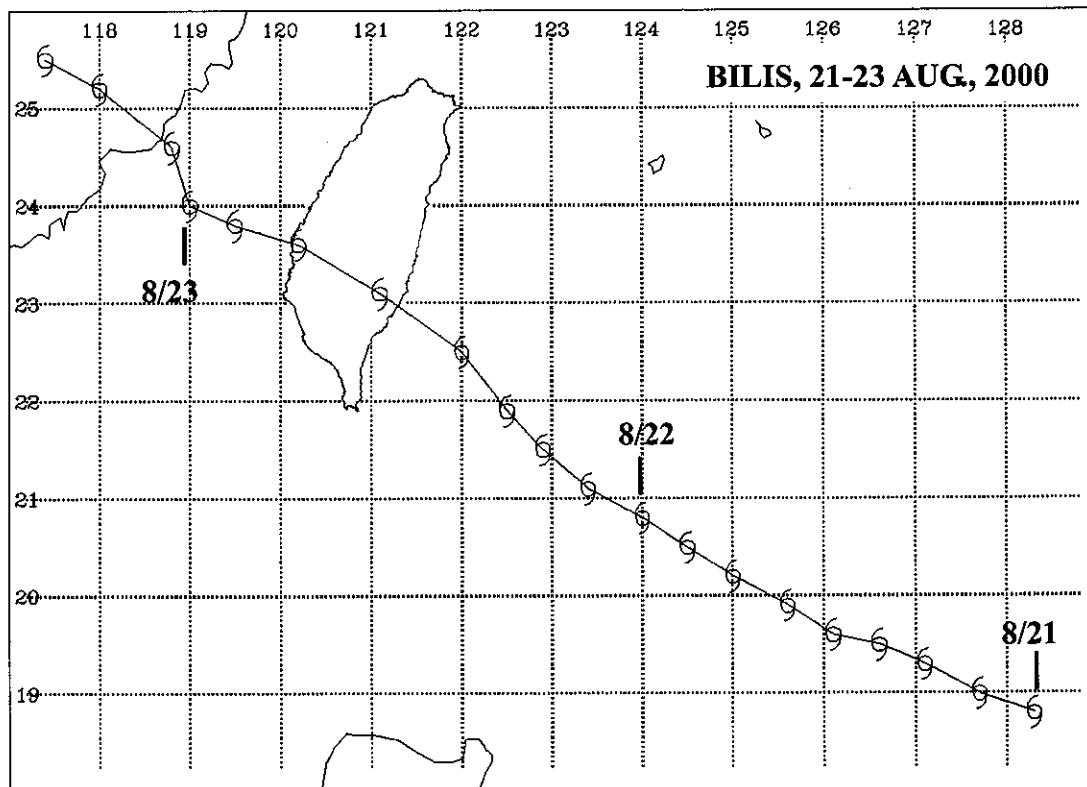


圖 2.9 碧利斯 (BILIS, 2000) 颱風路徑圖。

(a)

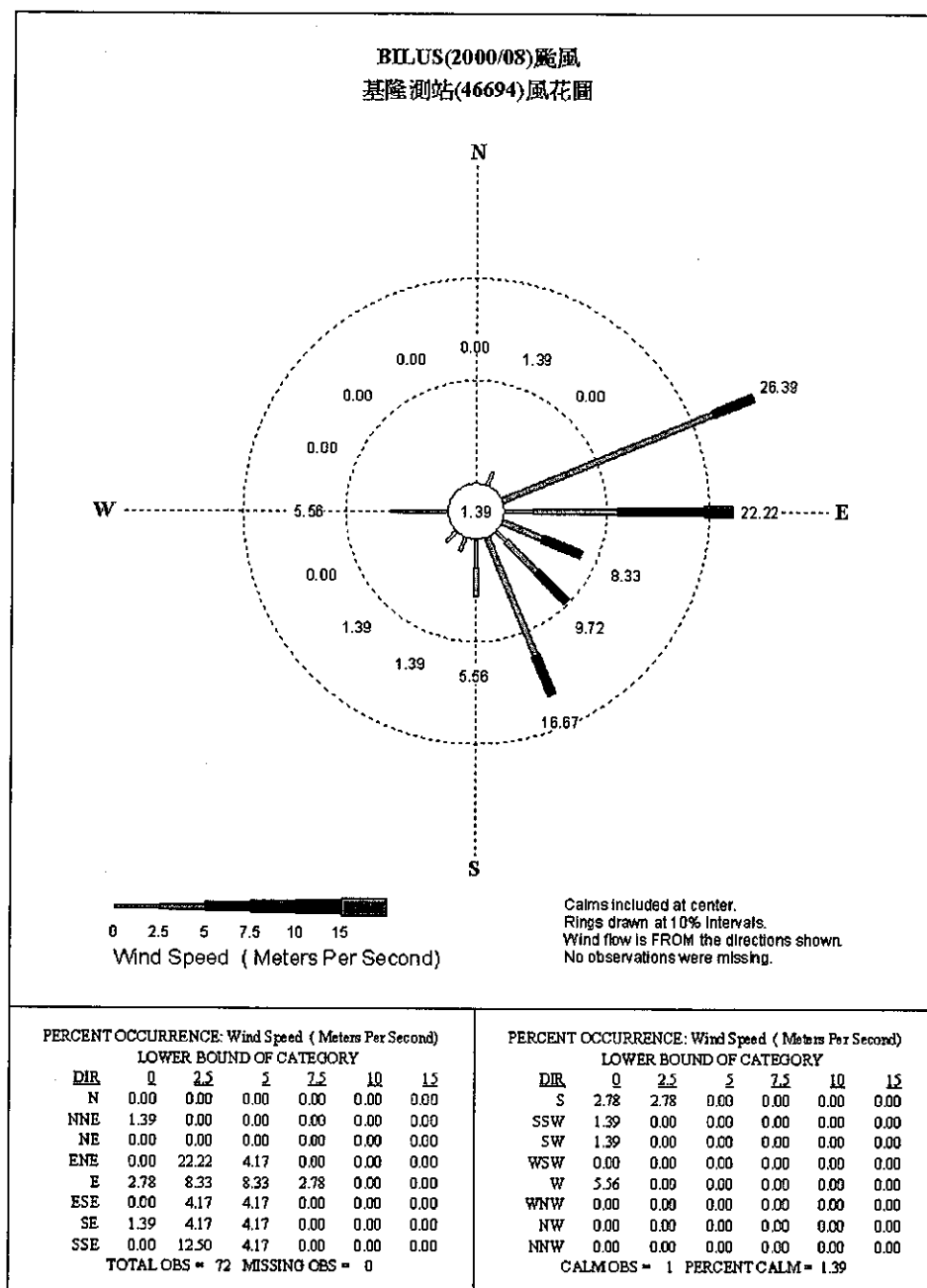
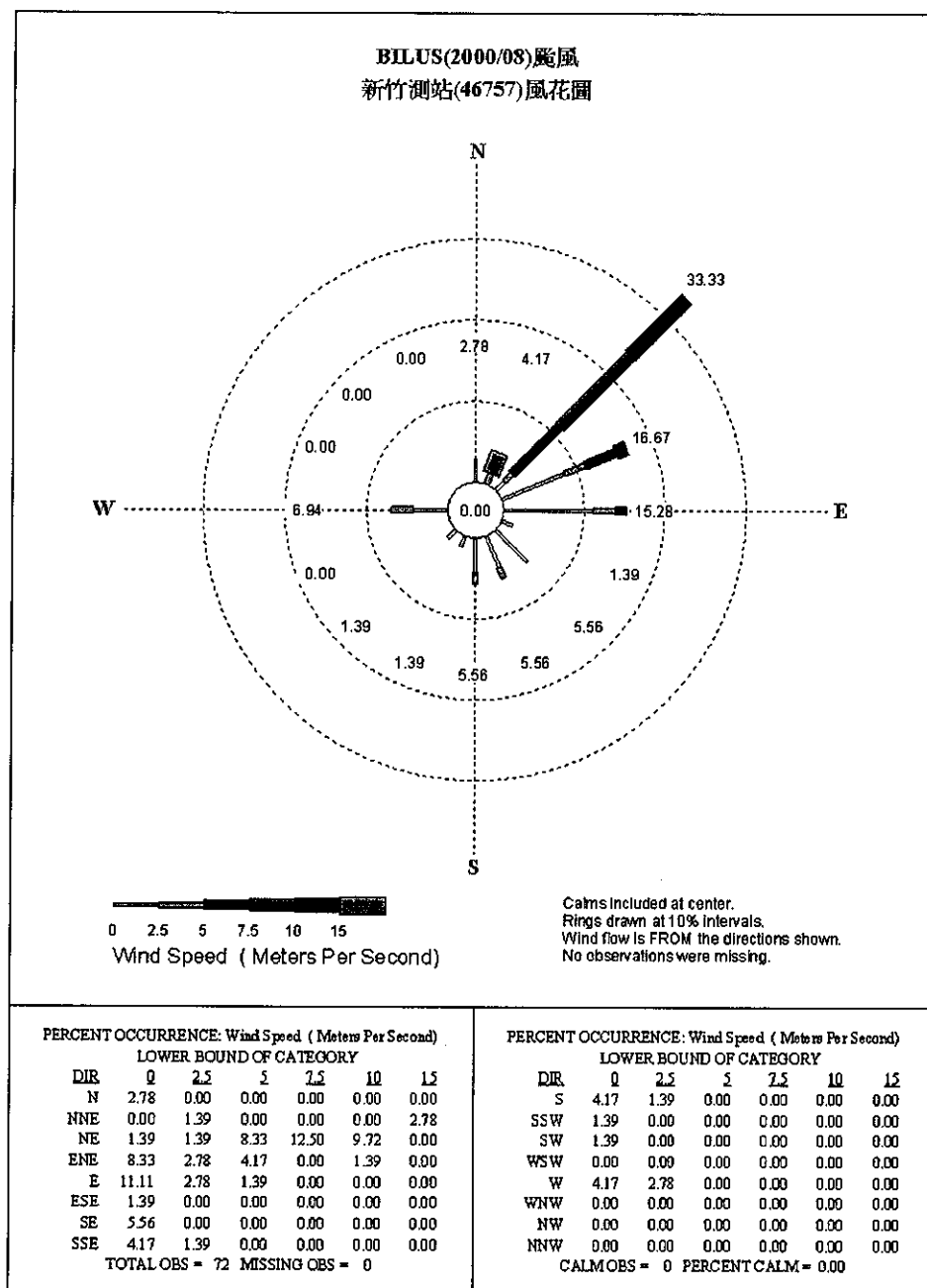


圖 2.10 (a) 基隆、(b) 台北、(c) 新竹、(d) 宜蘭、(e) 花蓮、(f) 台東、(g) 彭佳嶼、(h) 澎湖和 (i) 蘭嶼測站，在碧利斯颱風侵台期間的風花圖。

圖 2.10 (續)。



(c)



(d)

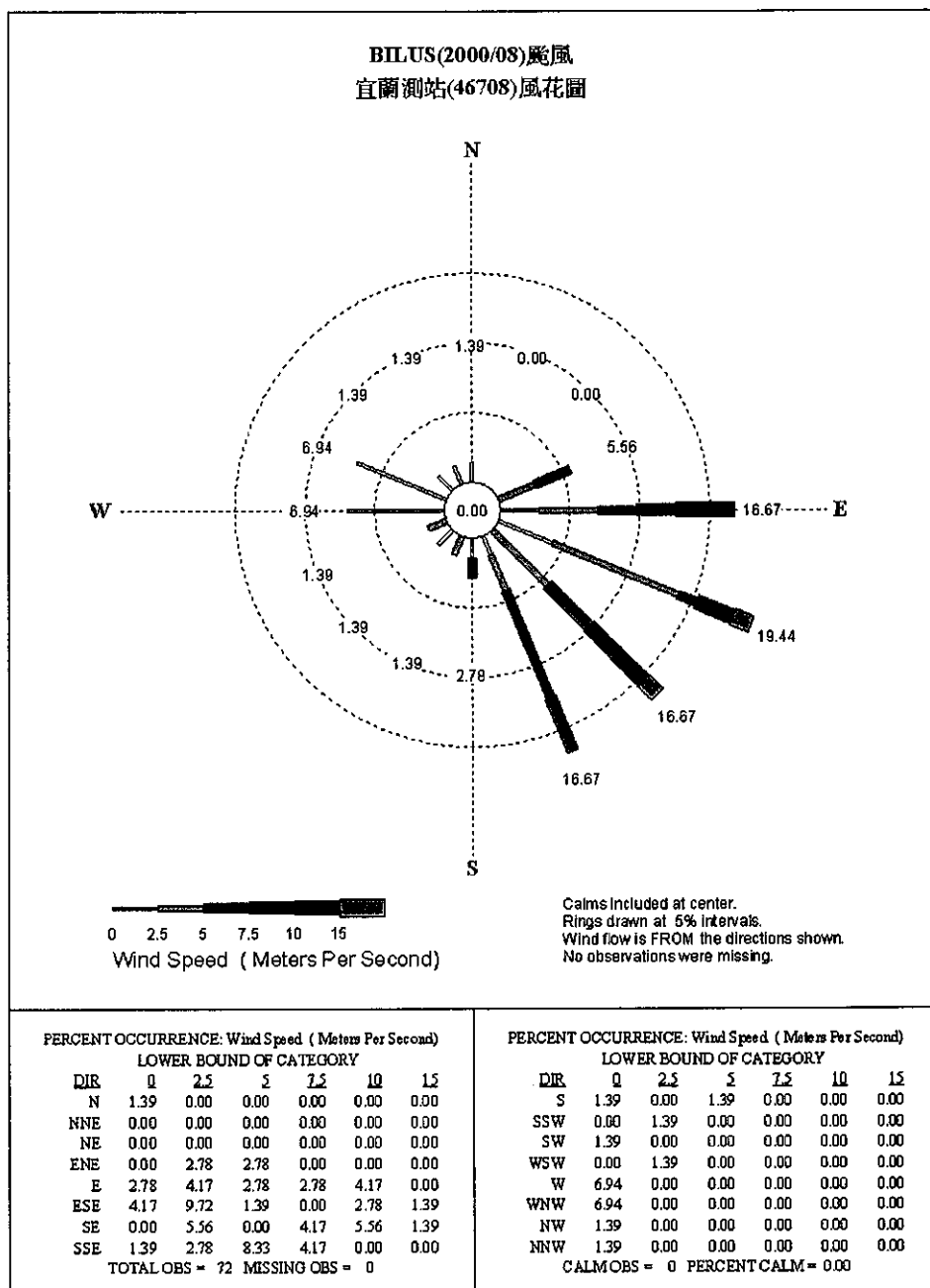


圖 2.10 (續)。

(e)

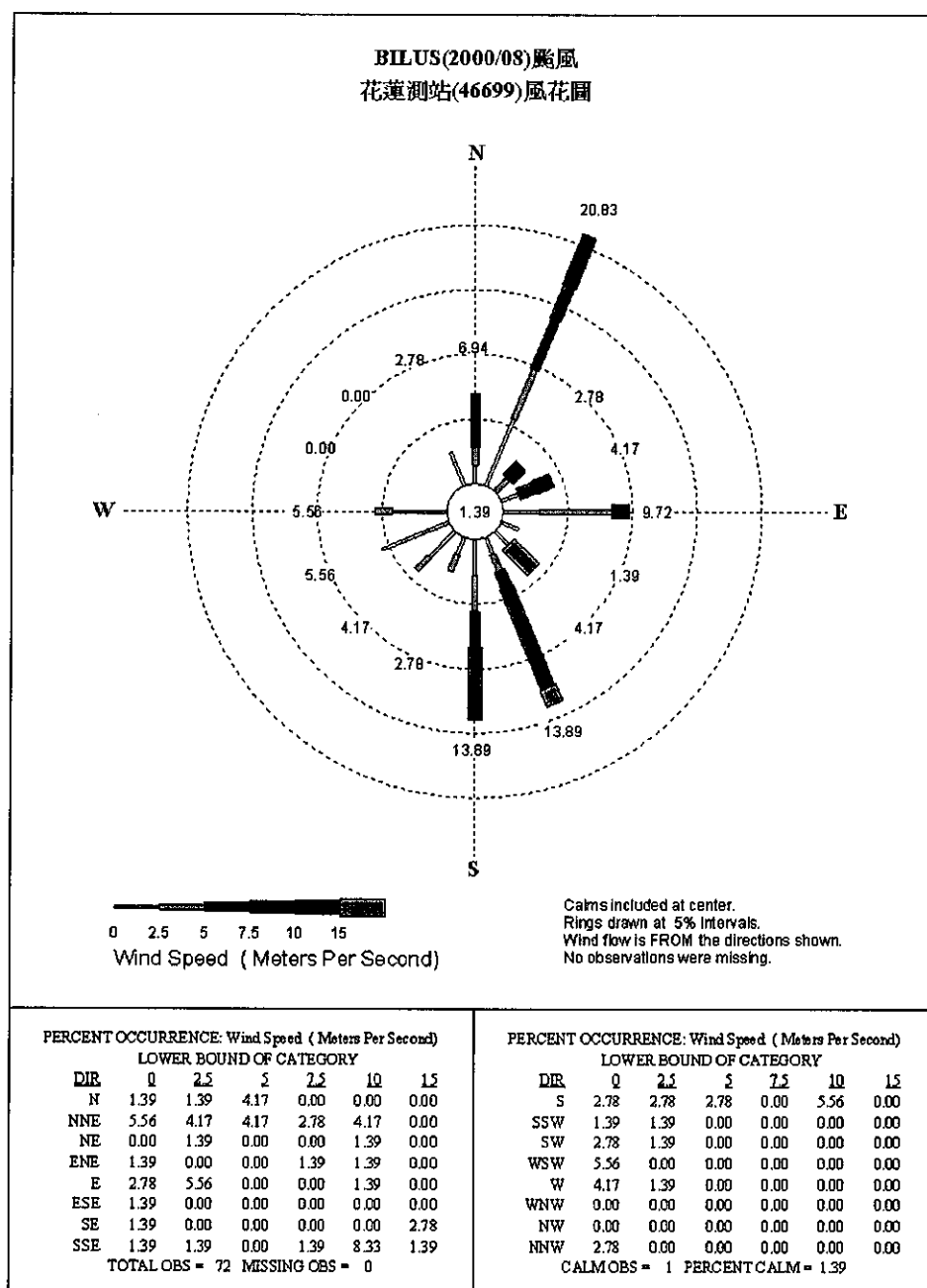
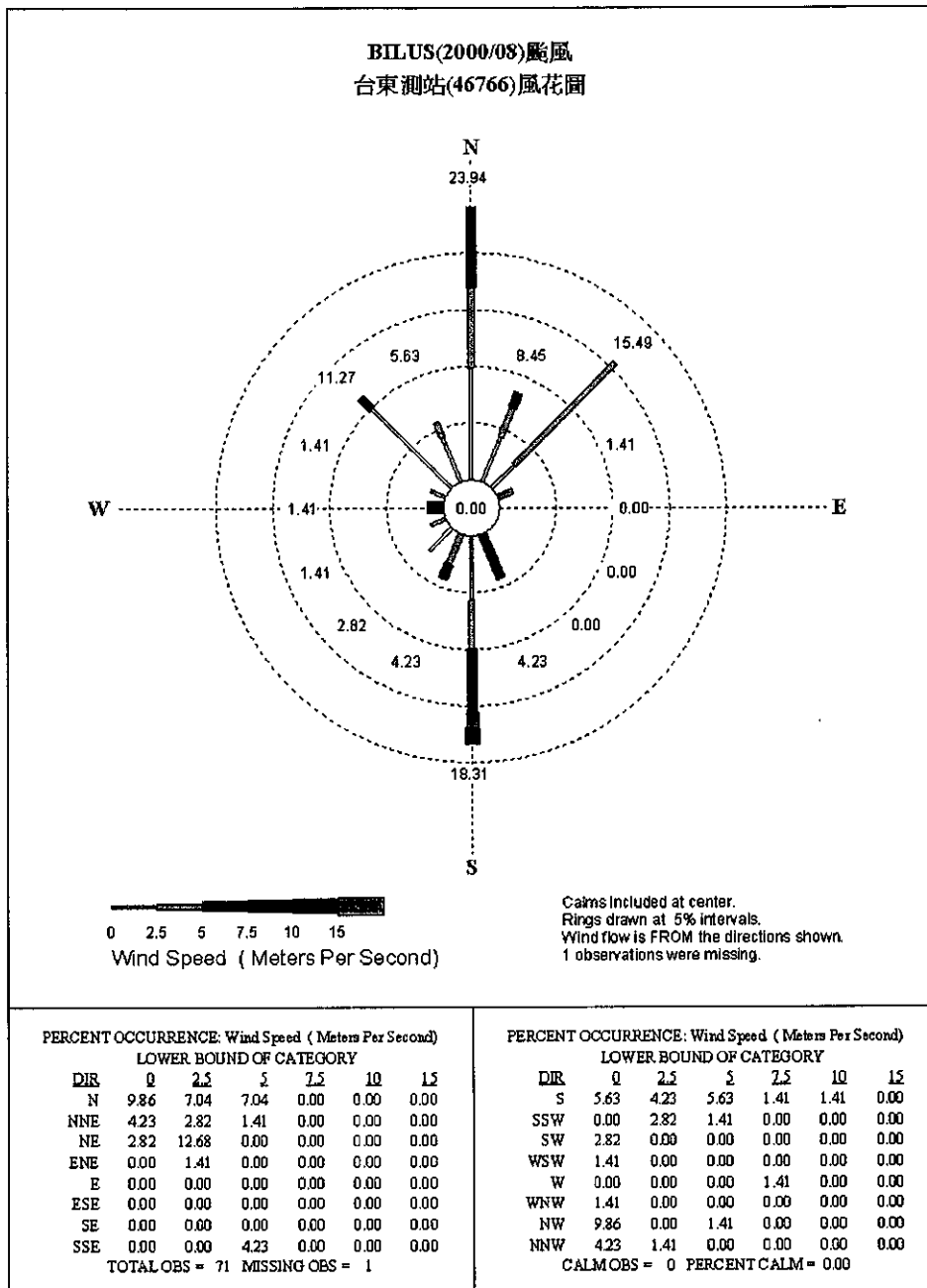


圖 2.10 (續)。

(f)



(g)

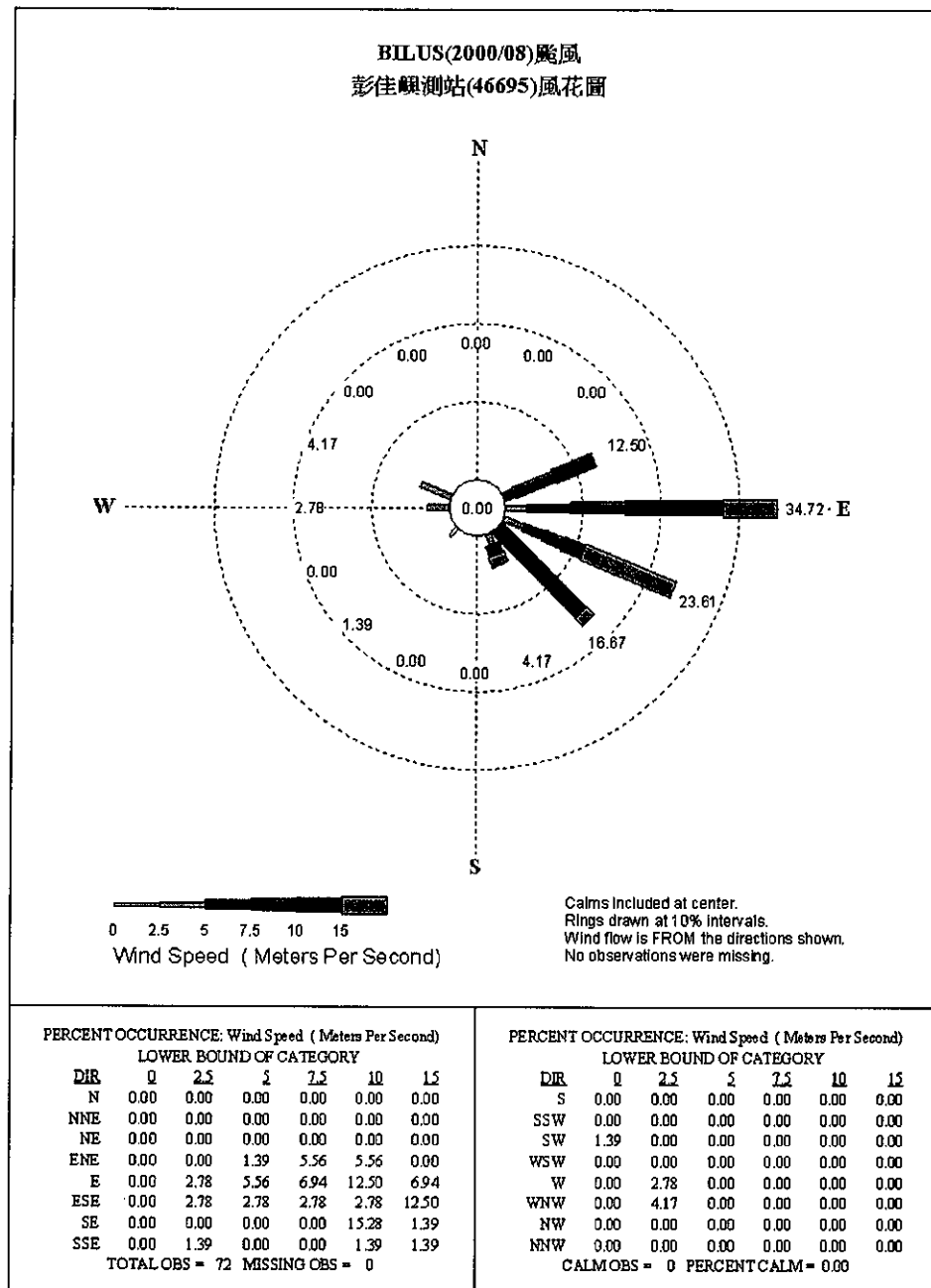


圖 2.10 (續)。

(h)

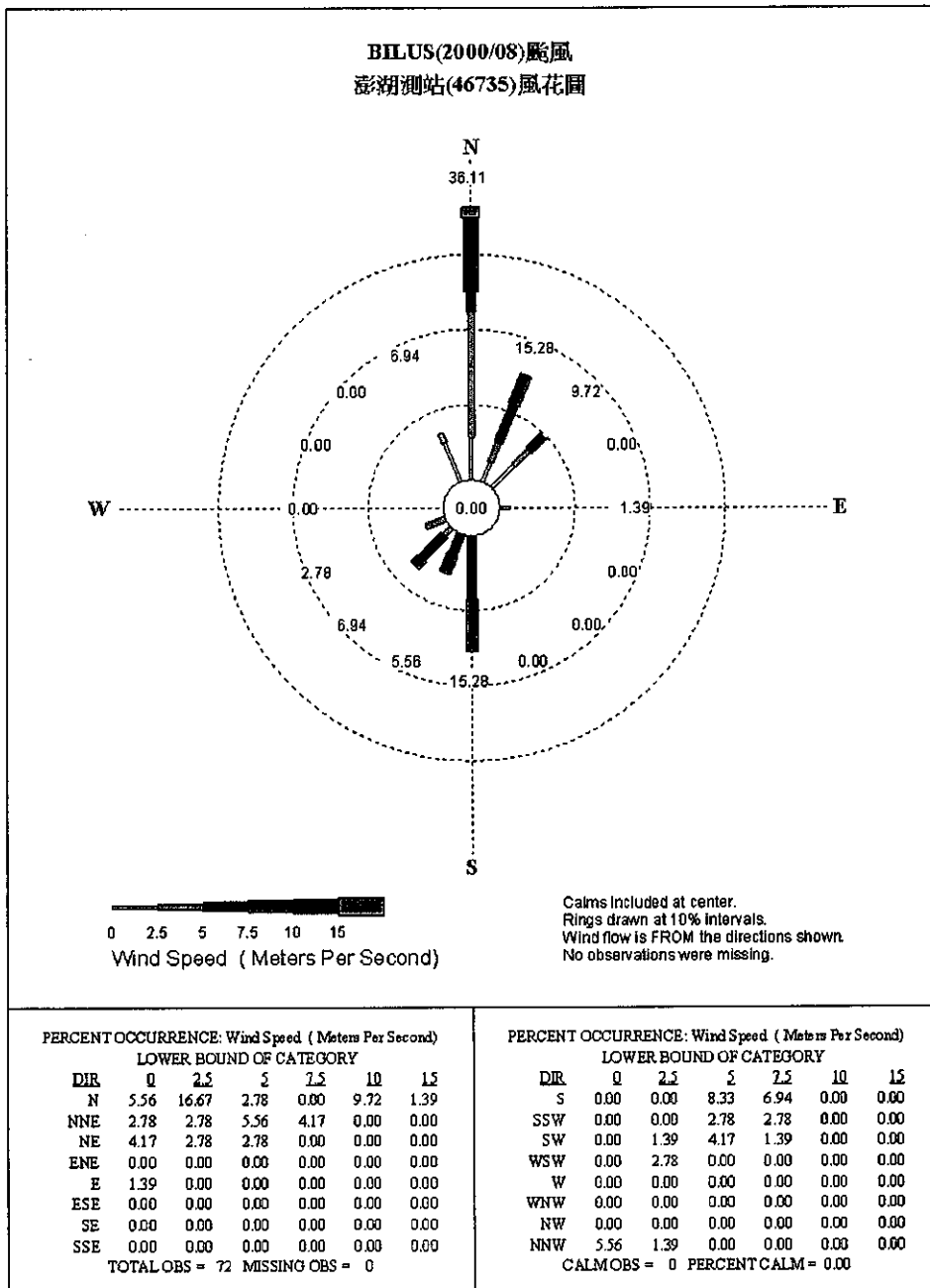


圖 2.10 (續)。

(i)

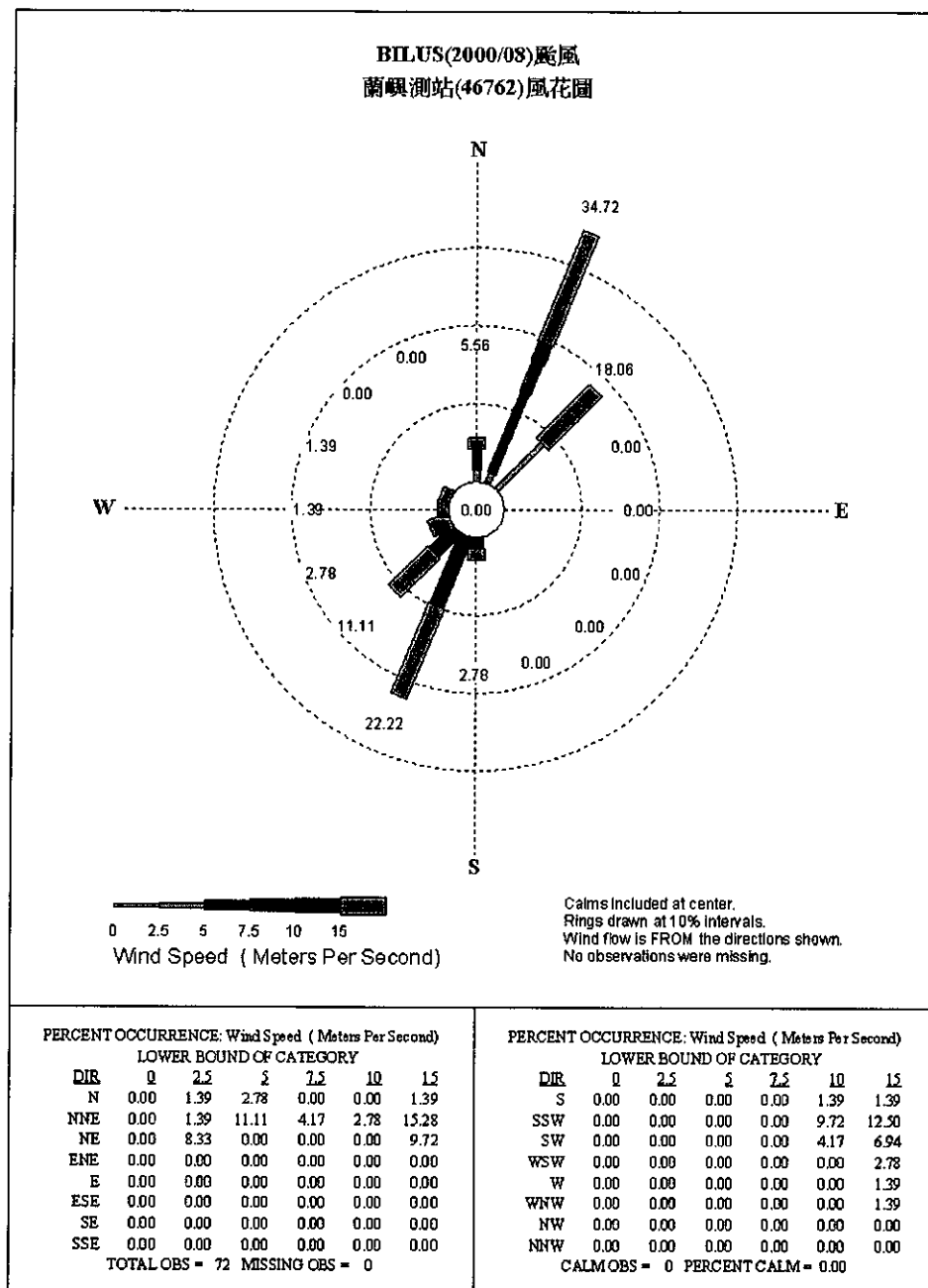


圖 2.10 (續)。

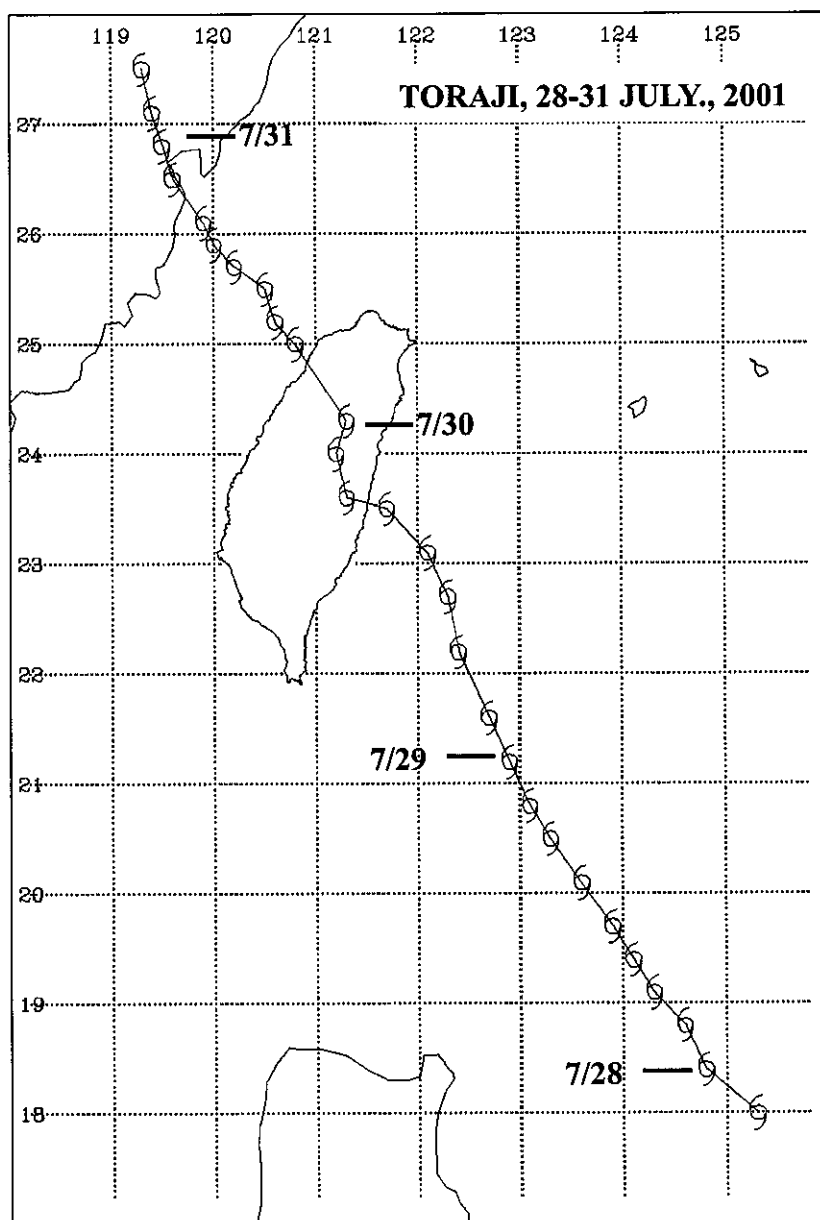


圖 2.11 桃芝 (TORAJI, 2001) 颱風路徑圖。

(a)

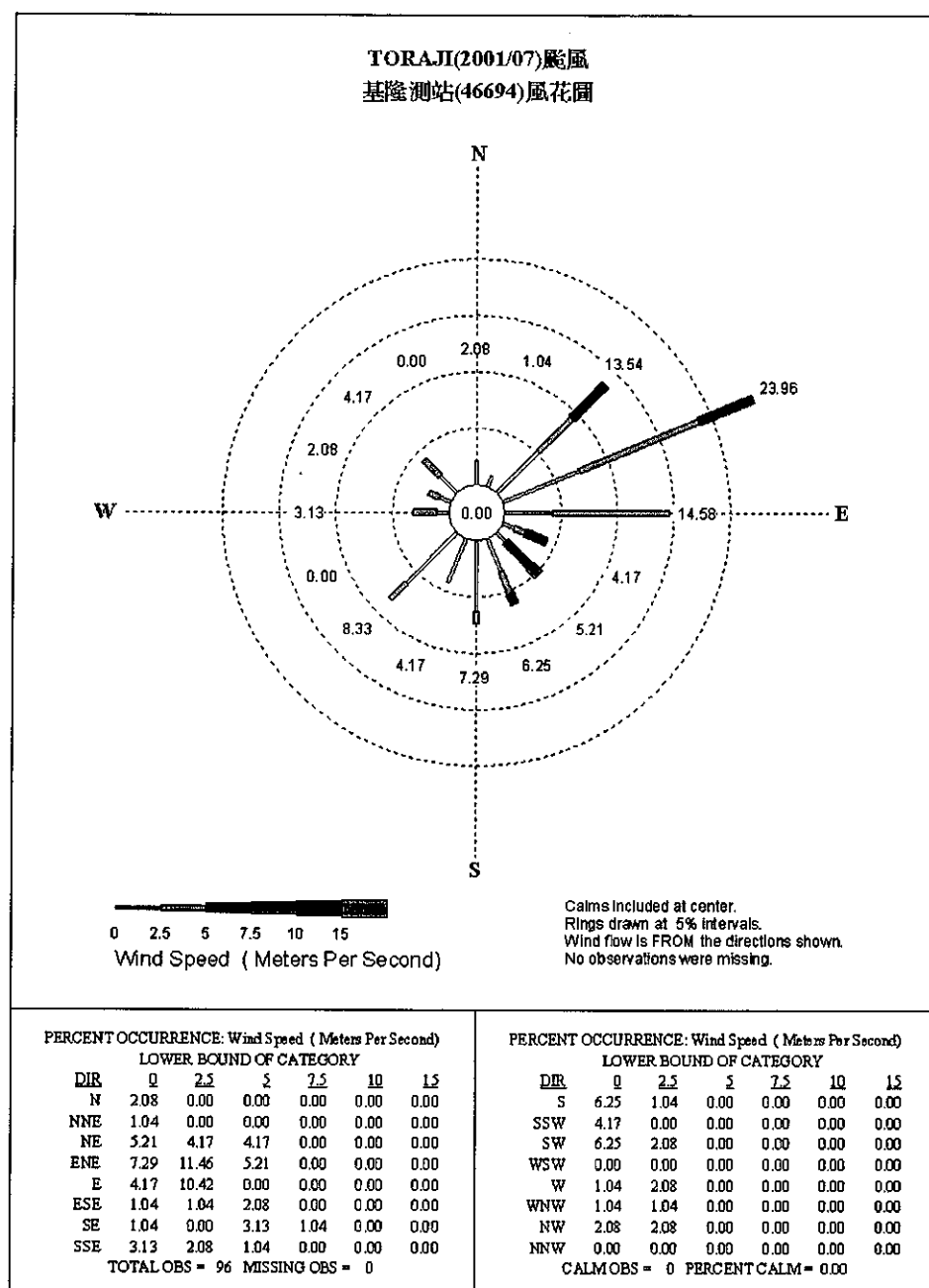


圖 2.12 (a) 基隆、(b) 台北、(c) 新竹、(d) 宜蘭、(e) 花蓮、(f) 台東、(g) 彭佳嶼、(h) 澎湖和 (i) 蘭嶼測站，在桃芝颱風侵台期間的風花圖。

圖 2.12 (續)。



(c)

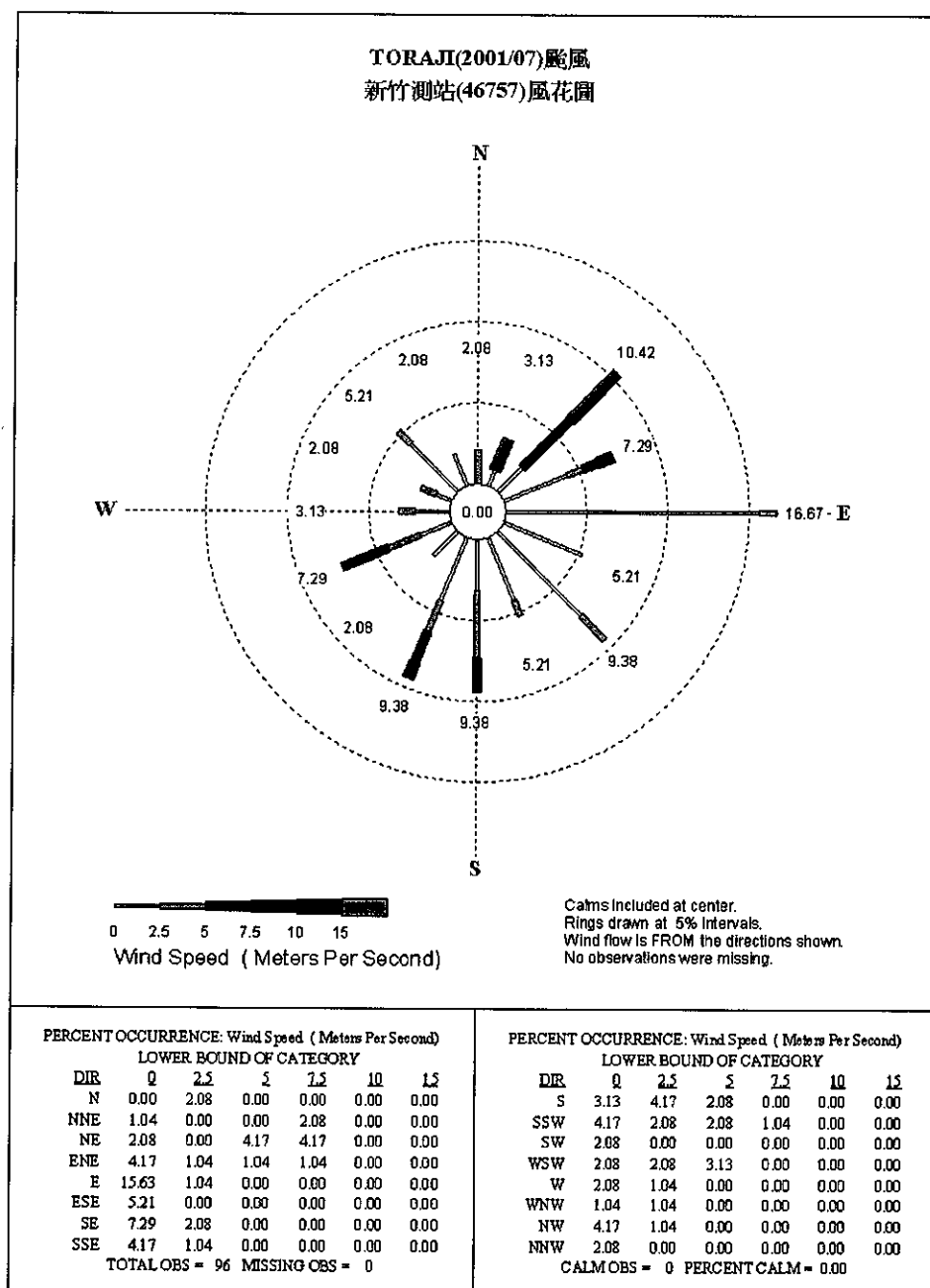


圖 2.12 (續)。

(d)

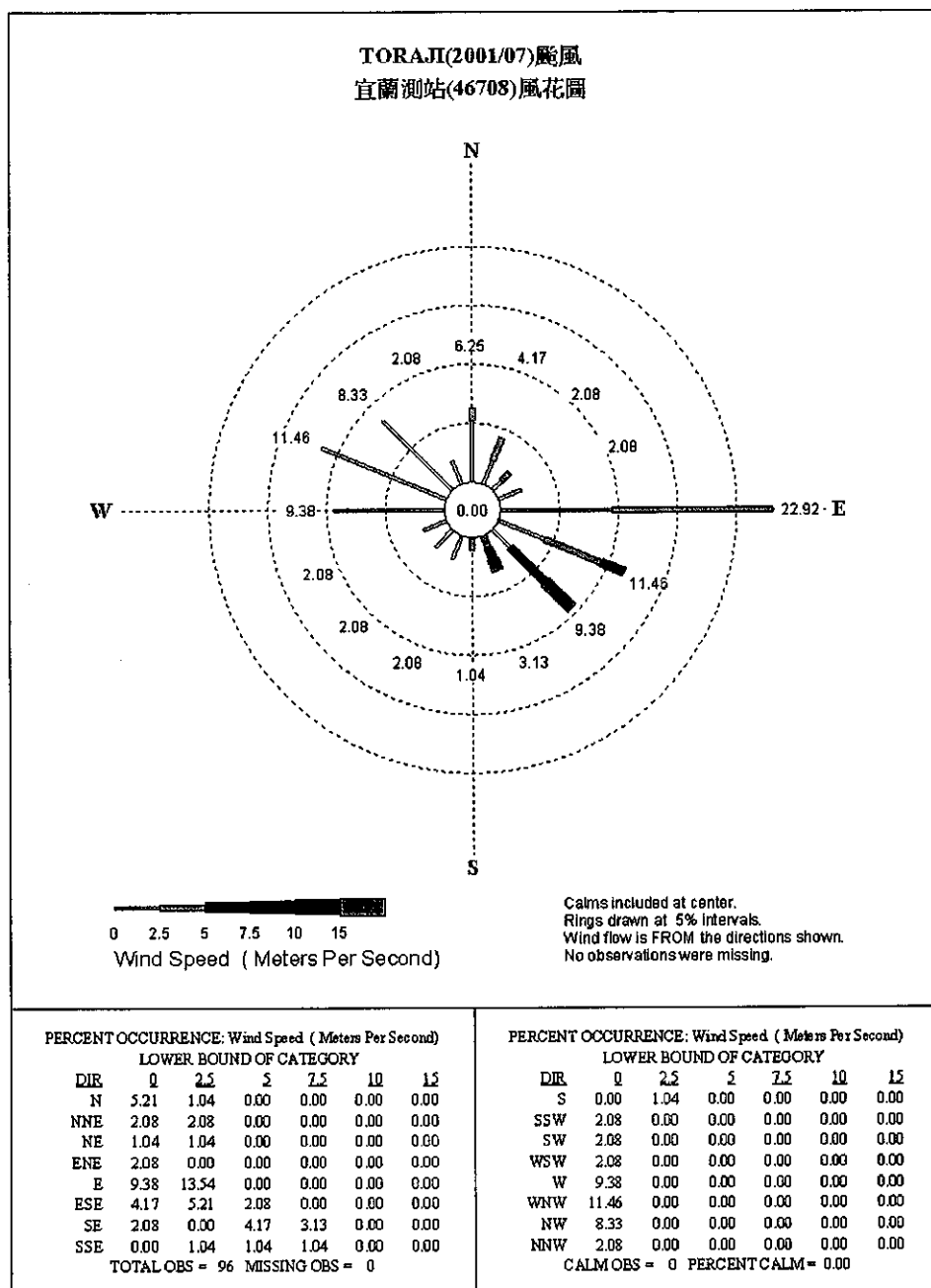


圖 2.12 (續)。

(e)

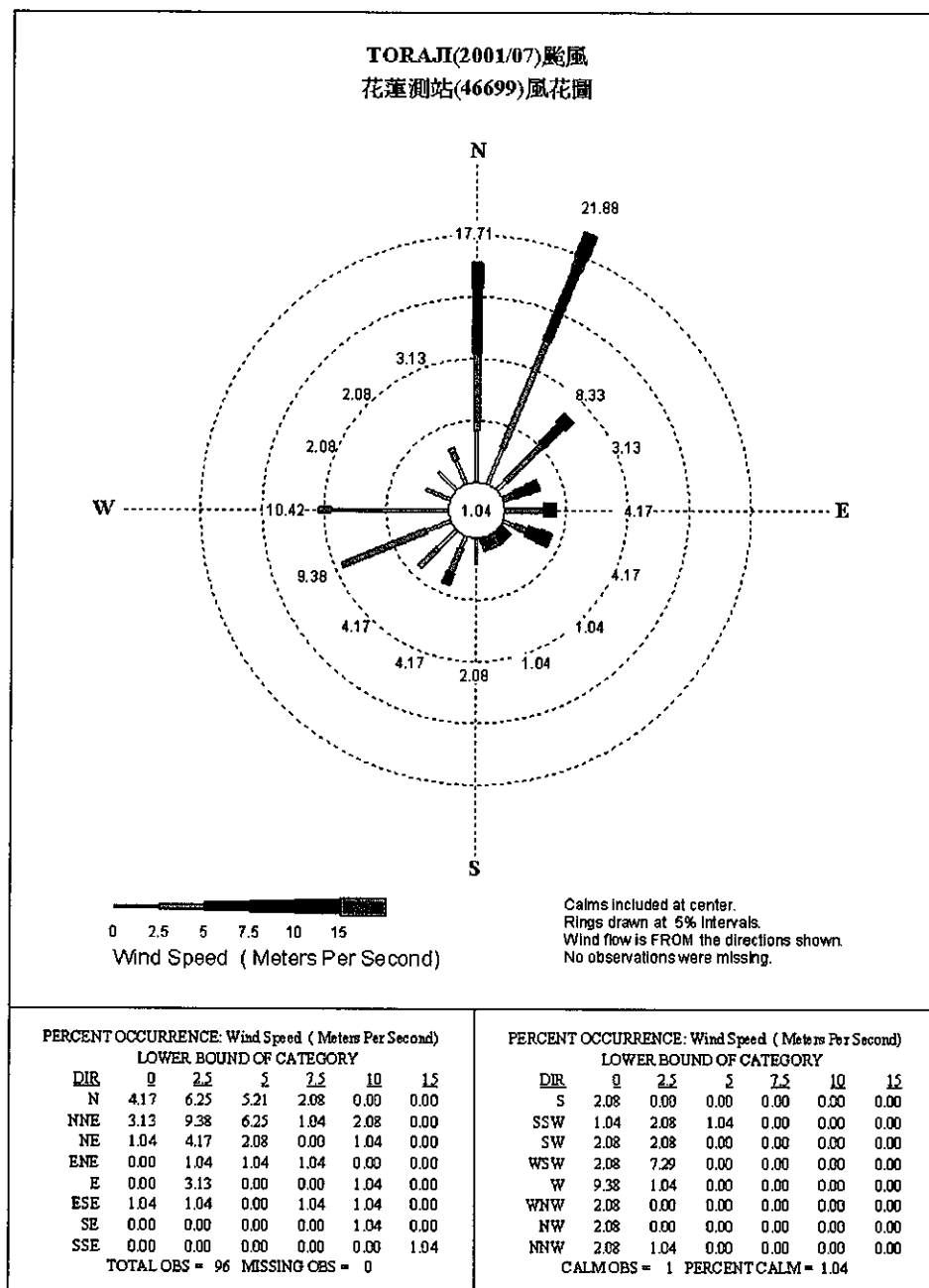


圖 2.12 (續)。

(f)

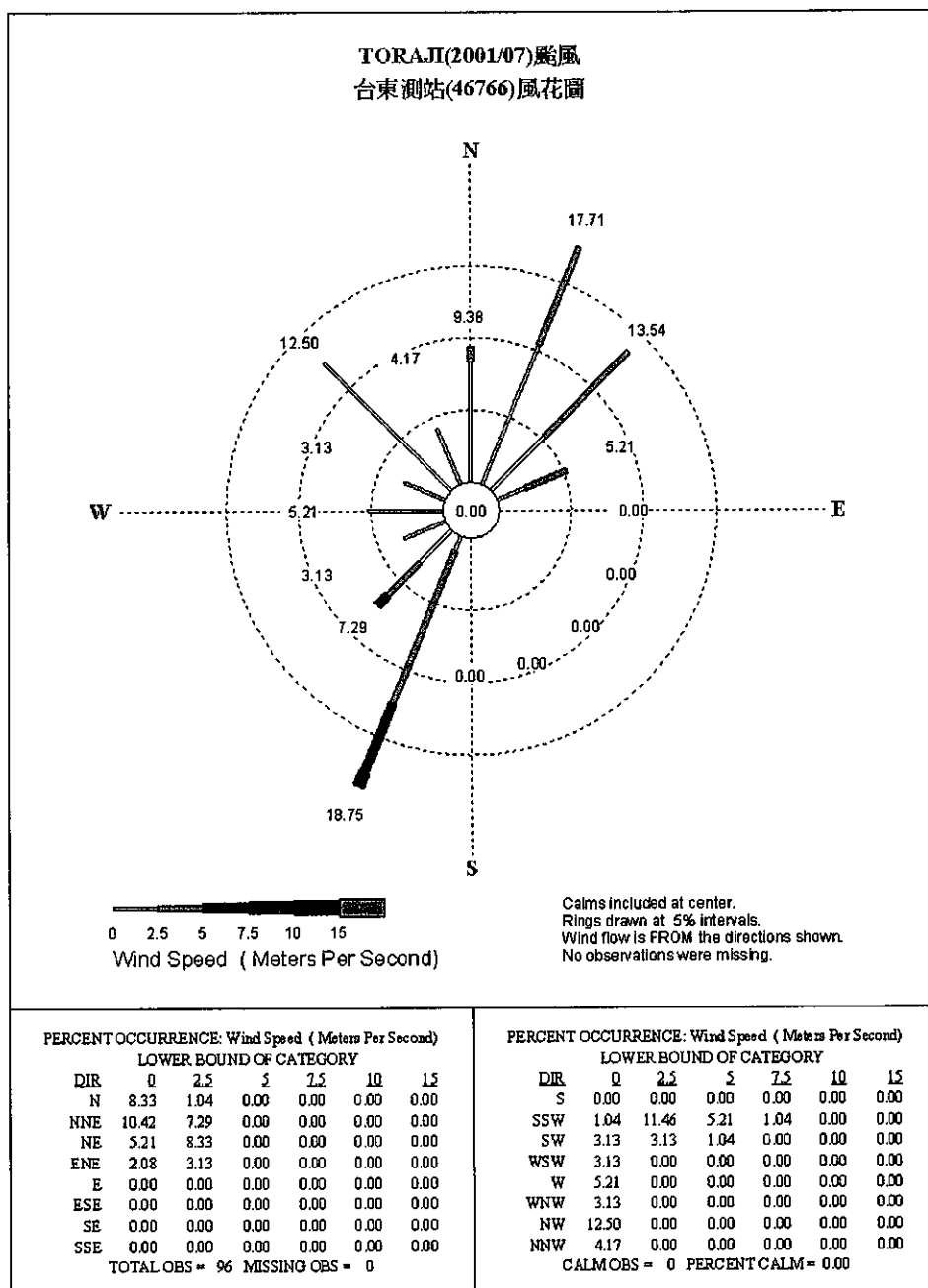


圖 2.12 (續)。

(g)

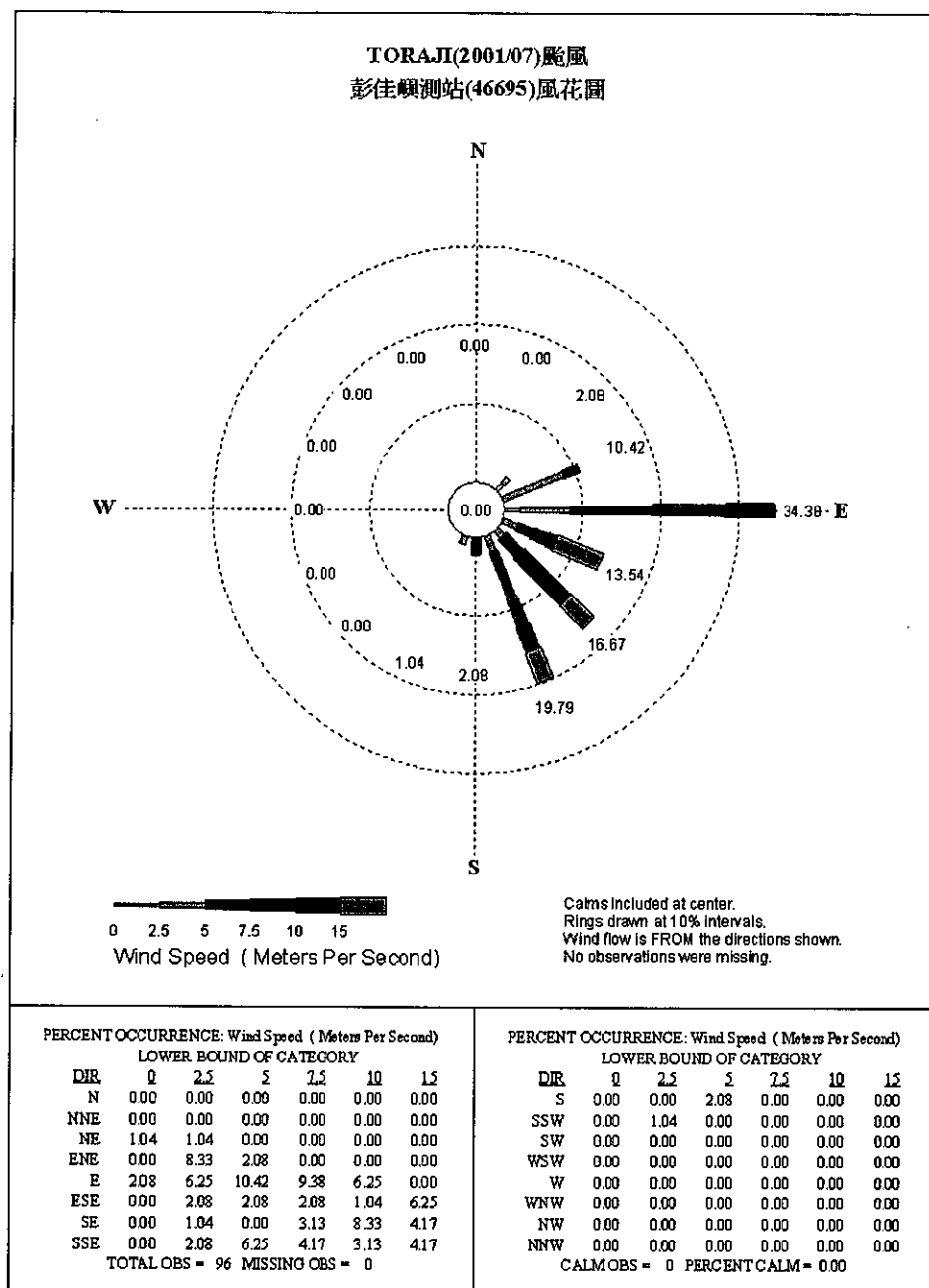


圖 2.12 (續)。

(h)

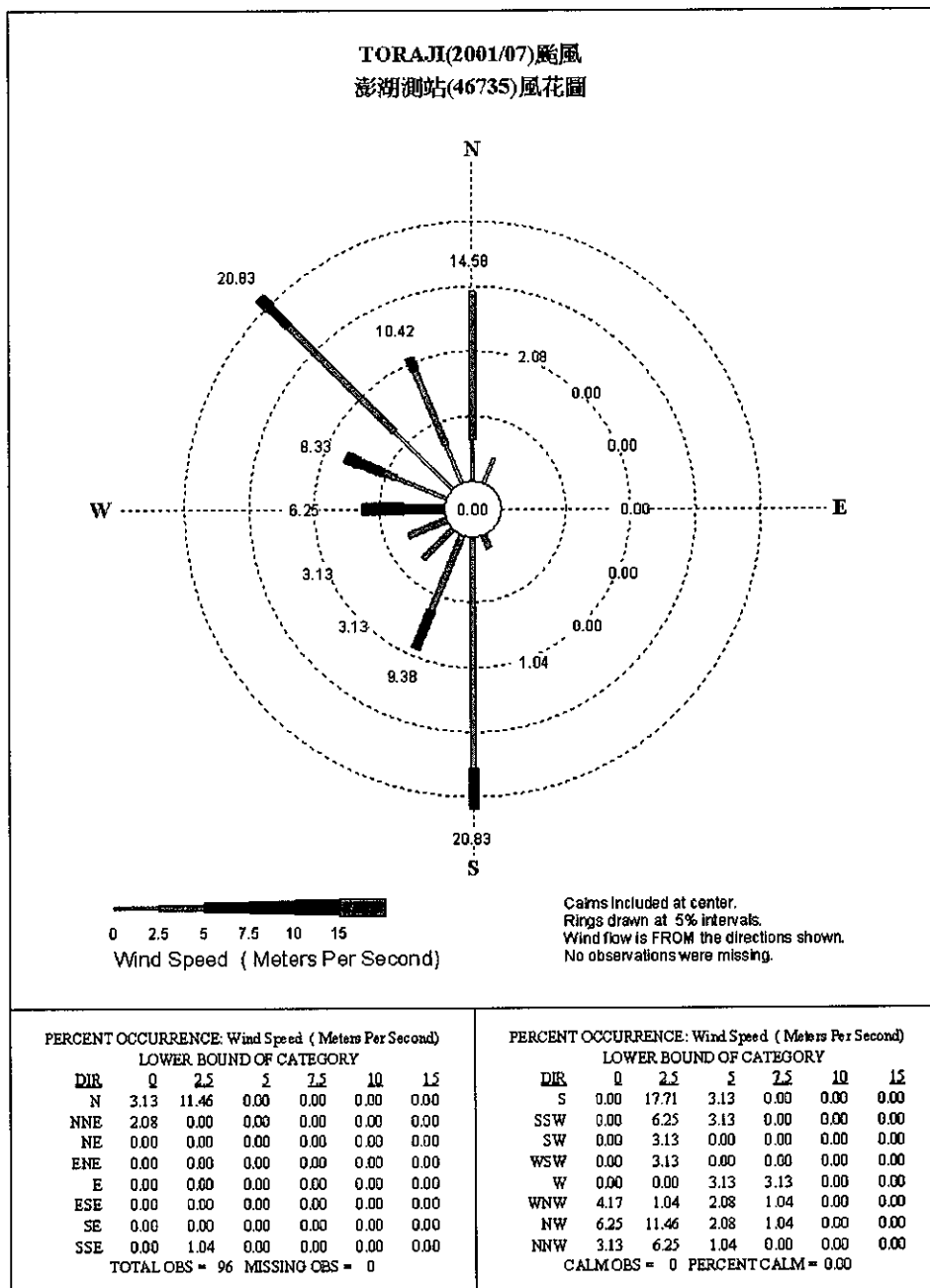


圖 2.12 (續)。

(i)

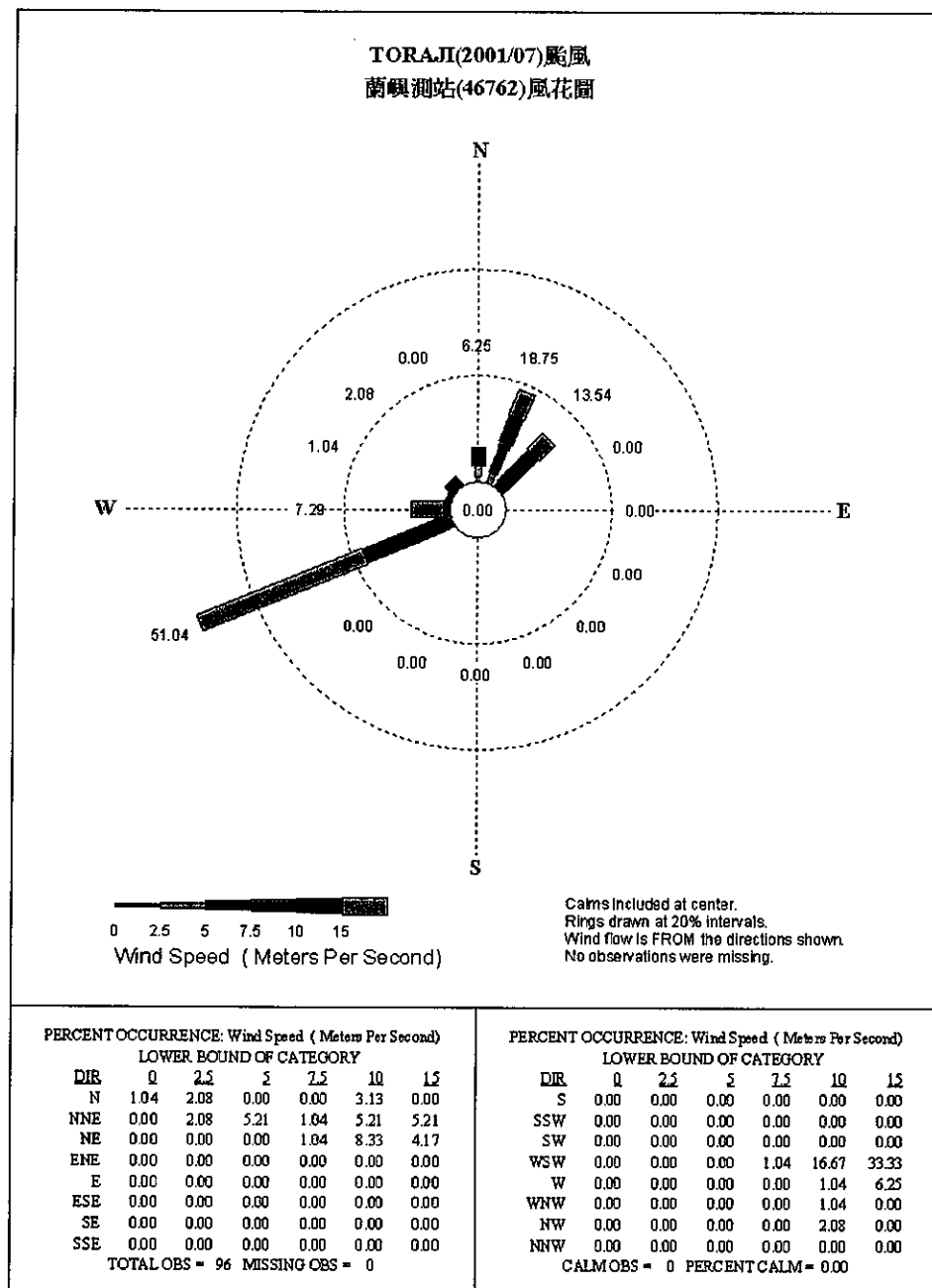


圖 2.12 (續)。

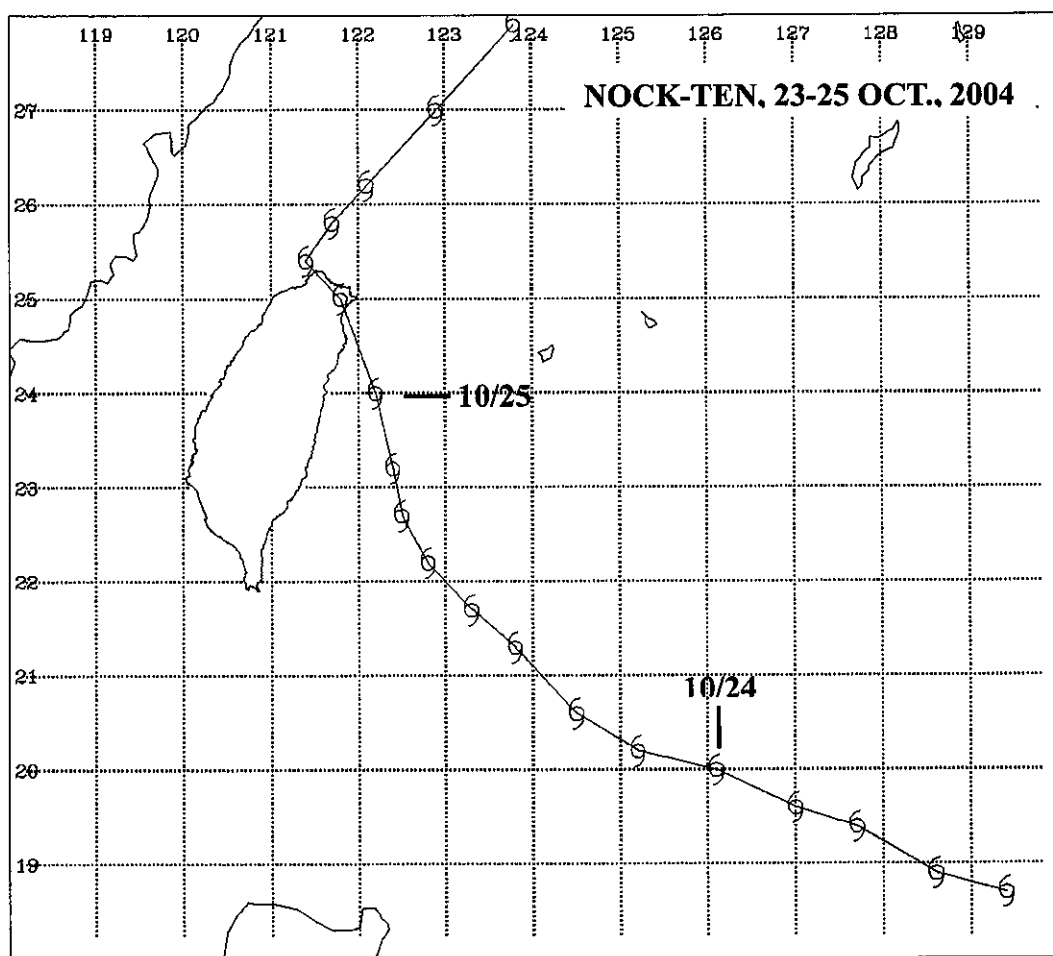


圖 3.1 納坦 (NOCK-TEN, 2004) 颱風路徑圖。

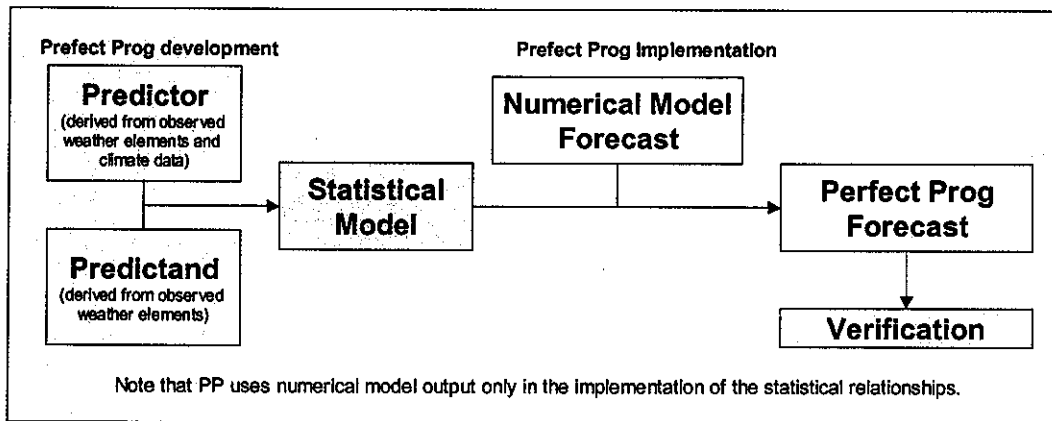


圖 4.1 完美預報(PP)的流程圖。

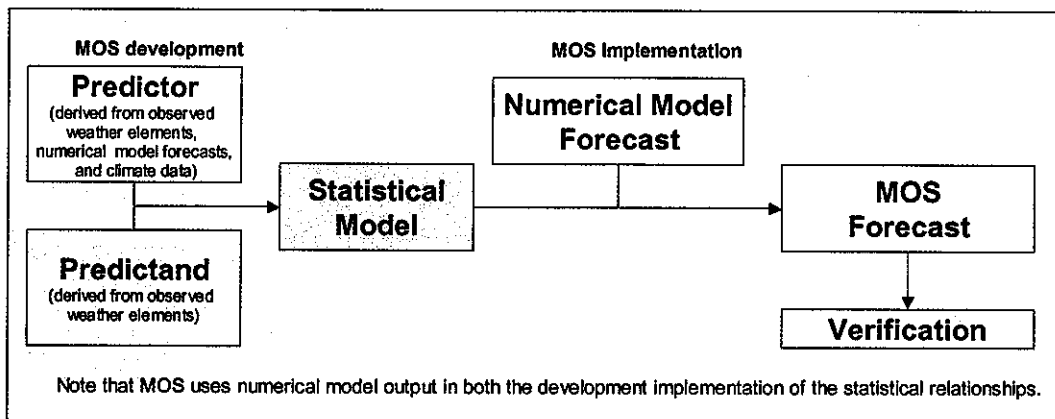


圖 4.2 模式輸出統計(MOS)的流程圖。

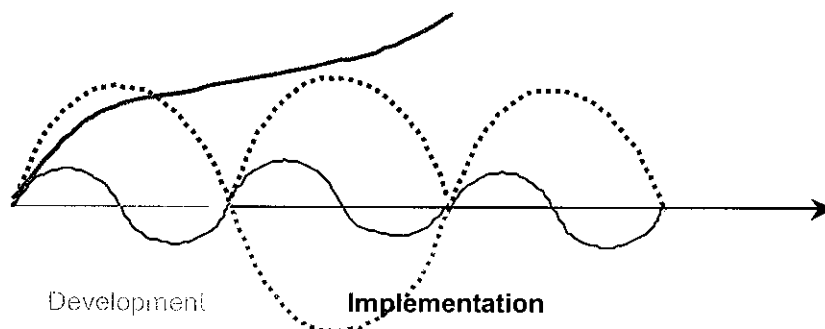


圖 4.3 統計模式的發展時期和預報時期中，擷取有效資訊的示意圖。圖中粉紅色表示發展時期，紅色表示預報時期。藍色實曲線表示整個發展時期所能解析的最長的波長，綠色虛曲線表示發展時期僅能解析的最大半波長，至於灰色實曲線表示更長期的趨勢。

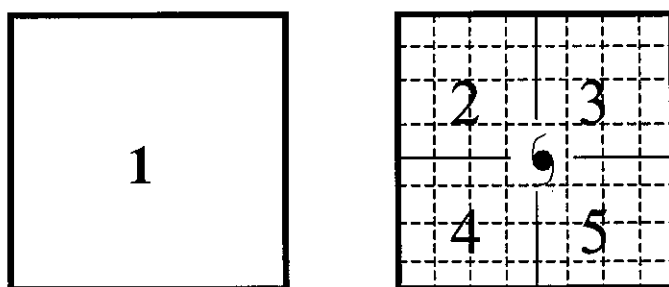


圖 5.1 以颱風中心為中心所切割的四個區域所含之網格點（詳細說明見內文）

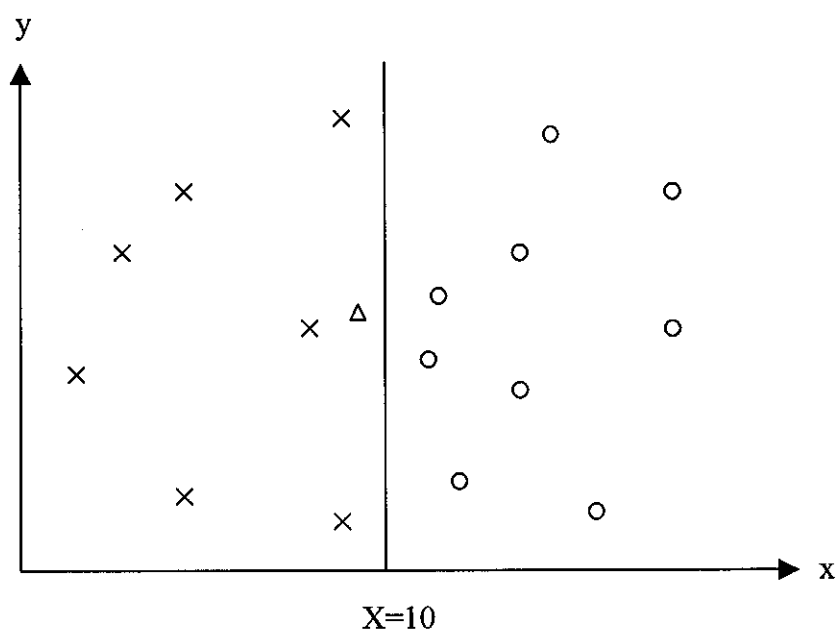


圖 5.2 3NN model 示意圖（詳細說明見內文）

附件一 中央氣象局局屬測站基本資料

測站代碼	經度	緯度	所在地
466880	121°26'02" E	24°59'58" N	臺北縣
466900	121°26'24" E	25°09'56" N	臺北縣
466910	121°31'12.66" E	25°11'11.45" N	臺北市
466920	121°30'24.15" E	25°02'22.62" N	臺北市
466930	121°32'10.58" E	25°09'53.95" N	臺北市
466940	121°43'55.66" E	25°08'05.18" N	基隆市
466950	122°04'16.52" E	25°37'45.99" N	基隆市
466990	121°36'17.98" E	23°58'37.10" N	花蓮縣
467060	121°51'51.93" E	24°36'06.24" N	宜蘭縣
467080	121°44'52.55" E	24°45'56.04" N	宜蘭縣
467300	119°39'34.56" E	23°15'32.39" N	澎湖縣
467350	119°33'18.71" E	23°34'01.84" N	澎湖縣
467410	120°11'49.18" E	22°59'42.81" N	臺南市
467420	120°13'43" E	23°02'22" N	臺南縣
467440	120°18'28.92" E	22°34'04.40" N	高雄市
467480	120°25'28.21" E	23°29'51.81" N	嘉義市
467490	120°40'33.31" E	24°08'50.98" N	臺中市
467530	120°48'18.39" E	23°30'37.42" N	嘉義縣
467540	120°53'44.48" E	22°21'27.26" N	臺東縣
467550	120°57'06.26" E	23°29'21.49" N	嘉義縣
467571	121°00'22" E	24°49'48" N	新竹縣
467590	120°44'16.99" E	22°00'19.56" N	屏東縣
467610	121°21'55.36" E	23°05'57.17" N	臺東縣
467620	121°33'02.10" E	22°02'19.38" N	臺東縣
467650	120°53'59.62" E	23°52'58.78" N	南投縣
467660	121°08'47.55" E	22°45'14.51" N	臺東縣
467770	120°30'54.24" E	24°15'31.44" N	臺中縣
467780	120°04'09" E	23°08'52" N	臺南縣

附件二 中央氣象局遙測氣象站基本資料

站碼	經度	緯度	所在地
C0A510	121°24' 48" E	24°53' 20" N	臺北縣
C0A520	121°23' 38" E	24°58' 33" N	臺北縣
C0A530	121°42' 05" E	24°56' 23" N	臺北縣
C0A540	121°44' 15" E	24°53' 38" N	臺北縣
C0A550	121°48' 55" E	24°58' 23" N	臺北縣
C0A560	121°29' 40" E	24°46' 47" N	臺北縣
C0A570	121°35' 30" E	24°51' 00" N	臺北縣
C0A580	121°32' 17" E	24°55' 27" N	臺北縣
C0A590	121°39' 28" E	25°03' 12" N	臺北縣
C0A860	121°37' 29" E	25°10' 04" N	臺北縣
C0A870	121°36' 01" E	25°08' 02" N	臺北縣
C0A880	121°56' 03" E	25°01' 09" N	臺北縣
C0A890	121°51' 20" E	25°02' 17" N	臺北縣
C0A920	121°33' 26" E	25°15' 56" N	臺北縣
C0A930	121°35' 09" E	25°14' 12" N	臺北縣
C0A940	121°38' 08" E	25°13' 31" N	臺北縣
C0A950	121°54' 55" E	25°07' 51" N	臺北縣
C0A970	121°59' 38" E	25°00' 34" N	臺北縣
C0A980	121°27' 41" E	25°06' 41" N	臺北市
C0A990	121°33' 56" E	25°06' 30" N	臺北市
C0A9A0	121°32' 05" E	25°04' 47" N	臺北市
C0A9B0	121°30' 20" E	25°07' 05" N	臺北市
C0A9C0	121°31' 44" E	25°07' 10" N	臺北市
C0A9D0	121°29' 48" E	25°00' 38" N	臺北縣
C0A9E0	121°29' 42" E	25°05' 32" N	臺北市
C0A9F0	121°33' 56" E	25°04' 52" N	臺北市
C0A9G0	121°35' 41" E	25°03' 27" N	臺北市
C0A9H0	121°33' 32" E	25°01' 51" N	臺北市
C0A9I0	121°28' 49" E	25°03' 57" N	臺北縣
C0C450	121°05' 55" E	24°58' 23" N	桃園縣
C0D360	121°12' 01" E	24°40' 49" N	新竹縣
C0D470	121°06' 02" E	24°43' 18" N	新竹縣
C0E410	121°06' 18" E	24°30' 28" N	新竹縣
C0E420	120°54' 51" E	24°42' 10" N	苗栗縣
C0E430	120°59' 33" E	24°36' 09" N	苗栗縣

站碼	經度	緯度	所在地
C0E530	120°45' 28" E	24°24' 46" N	苗栗縣
C0E580	120°40' 19" E	24°26' 07" N	苗栗縣
C0E610	120°55' 19" E	24°27' 11" N	苗栗縣
C0F860	121°15' 04" E	24°15' 25" N	臺中縣
C0F900	120°53' 47" E	24°17' 25" N	臺中縣
C0F950	121°15' 52" E	24°08' 43" N	南投縣
C0G640	120°25' 20" E	24°04' 37" N	彰化縣
C0G650	120°34' 40" E	23°56' 53" N	彰化縣
C0G710	120°16' 19" E	23°51' 02" N	彰化縣
C0H990	121°15' 55" E	24°07' 22" N	南投縣
C0H9A0	120°50' 05" E	23°32' 10" N	南投縣
C0I010	121°10' 24" E	24°02' 06" N	南投縣
C0I090	120°46' 45" E	23°43' 47" N	南投縣
C0I110	120°40' 40" E	23°45' 53" N	南投縣
C0K240	120°41' 07" E	23°35' 50" N	雲林縣
C0K280	120°13' 02" E	23°37' 52" N	雲林縣
C0K290	120°09' 52" E	23°32' 38" N	雲林縣
C0K300	120°35' 50" E	23°38' 35" N	雲林縣
C0K330	120°25' 57" E	23°43' 17" N	雲林縣
C0M410	120°34' 25" E	23°19' 35" N	嘉義縣
C0M530	120°41' 28" E	23°29' 45" N	嘉義縣
C0O810	120°29' 23" E	23°13' 15" N	臺南縣
C0O900	120°17' 22" E	23°06' 52" N	臺南縣
C0O910	120°18' 50" E	23°17' 39" N	臺南縣
C0O930	120°27' 09" E	23°07' 39" N	臺南縣
C0R100	120°40' 33" E	22°50' 06" N	屏東縣
C0R150	120°37' 54" E	22°42' 43" N	屏東縣
C0R220	120°31' 54" E	22°32' 07" N	屏東縣
C0R270	120°21' 15" E	22°20' 02" N	屏東縣
C0R280	120°49' 42" E	22°04' 14" N	屏東縣
C0R340	120°49' 47" E	22°11' 39" N	屏東縣
C0R350	120°43' 41" E	21°55' 28" N	屏東縣
C0R360	120°47' 39" E	21°56' 52" N	屏東縣
C0R370	120°50' 12" E	21°59' 39" N	屏東縣
C0R380	120°35' 24" E	22°22' 05" N	屏東縣
C0R400	120°41' 05" E	22°11' 30" N	屏東縣
C0R420	120°50' 31" E	22°10' 06" N	屏東縣

交通部中央氣象局委託研究計畫成果報告

防災颱風資料庫網頁系統建置研究(一)

計畫類別：☒國內 ☐國外

計畫編號：MOTC-CWB-93-2M-02

執行期間：93 年 2 月 1 日 至 93 年 12 月 31 日

計畫主持人：譚允中

執行單位：財團法人資訊工業策進會

中華民國九十三年十一月

九十三年度防災颱風資料庫網頁系統 期末工作報告

(V1.0)

資訊工業策進會 氣象專案

文件名稱	九十三年度防災颱風資料庫網頁系統期末工作報告		
文件編號	IEI-C93-TDB-DWR-002		
生效日期	93.11.23	發行章	
發行版本	1.0	發行版次	
持 有 者	CWB		
備 註			

目錄

1. 概論	1-1
1.1 目標	1-1
1.2 範圍	1-1
1.3 參考資料	1-2
2. 系統概論	2-1
2.1 系統概述	2-1
2.1.1 系統目標	2-1
2.1.2 系統範圍	2-1
2.1.3 系統作業流程	2-2
2.2 工作內容	2-3
2.3 資料說明	2-5
2.4 編碼原則	2-6
2.5 作業說明	2-7
2.6 自動作業時程	2-8
3. 系統環境	3-1
3.1 軟硬體發展環境架構圖及說明	3-1
3.1.1 硬體環境	3-1
3.1.2 軟體環境	3-2
3.2 系統目錄架構	3-3
3.3 資料儲存架構	3-6
3.4 環境變數說明	3-8
4. 資料內容說明	4-1
4.1 檔案清單	4-1
4.2 檔案說明	4-2
4.3 程式清單	4-11
4.3.1 颱風資料接收控管程式清單	4-11
4.3.2 颱風資料庫查詢網頁程式清單	4-12
4.4 程式說明	4-14
4.4.1 颱風資料接收控管程式說明	4-14
4.4.2 颱風資料庫查詢網頁程式說明	4-19
4.5 颱風資料建構資料檔清單	4-20
4.5.1 颱風資料設定檔清單	4-20
4.5.2 颱風資料庫網站js設定檔清單	4-20
4.6 操作訊息清單	4-21

5. 系統運作及維護	5-1
5.1 系統安裝程序.....	5-1
5.2 系統控制程序.....	5-1
5.3 檔案保護方法及安全性設計.....	5-1
5.4 網頁建構檔維護.....	5-2
5.4.1 <i>copyright.txt</i>	5-2
5.4.2 <i>news.txt</i>	5-2
5.4.3 <i>Radar.txt</i>	5-2
5.4.4 <i>Satellite.txt</i>	5-3
5.4.5 <i>Skewt.txt</i>	5-3
5.4.6 <i>T2d_setting.cfg</i>	5-4
5.4.7 <i>TFS.txt</i>	5-5
5.4.8 <i>Weather_map.txt</i>	5-9
5.4.9 <i>tree_format.js</i>	5-9
5.4.10 <i>tree_nodes_*.js</i>	5-9
5.5 資料庫維護.....	5-10
5.6 系統維護人員注意事項.....	5-16
5.6.1 <i>zip_data_year.sh</i> (資料壓縮之程序).....	5-16
5.6.2 <i>wwwstart.sh</i> (啟動 <i>www</i> 服務之常駐程序).....	5-16
5.6.3 <i>TGetDataPeriod.cfg</i>	5-16
5.6.4 <i>TNewTyCheck.cfg</i>	5-16
6. 系統軟體備份說明	6-1
6.1 資料庫.....	6-1
6.2 軟體.....	6-1
6.3 作業環境.....	6-1
7. 使用方式	7-1
7.1 操作概念.....	7-1
7.2 啟動方式.....	7-2
7.3 視窗清單.....	7-4
7.4 視窗層次架構圖.....	7-5
8. 作業流程及操作說明	8-1
8.1 基本操作說明.....	8-1
8.1.1 輸出入欄位說明.....	8-1
8.1.2 操作鍵說明.....	8-2
8.2 帳號申請作業(一般使用者帳號層級以上使用).....	8-2
8.2.1 作業流程.....	8-2

8.2.2	作業說明.....	8-2
8.2.3	操作方法.....	8-3
8.3	基本查詢作業.....	8-4
8.3.1	作業流程.....	8-4
8.3.2	作業說明.....	8-4
8.3.3	操作說明.....	8-5
8.4	進階查詢作業.....	8-8
8.4.1	作業流程.....	8-8
8.4.2	作業說明.....	8-8
8.4.3	操作方法.....	8-8
8.5	靜態產品顯示作業(一般使用者帳號層級以上使用).....	8-9
8.5.1	作業流程.....	8-9
8.5.2	作業說明.....	8-9
8.5.3	操作方法.....	8-10
8.6	動畫產品顯示作業(一般使用者帳號層級以上使用).....	8-15
8.6.1	作業流程.....	8-15
8.6.2	作業說明.....	8-15
8.6.3	操作方法.....	8-15
8.7	資料下載作業(研究用使用者帳號層級以上使用).....	8-18
8.7.1	作業流程.....	8-18
8.7.2	作業說明.....	8-18
8.7.3	操作方法.....	8-18
8.8	資料接收控管作業(管理者帳號使用).....	8-23
8.8.1	作業流程.....	8-23
8.8.2	作業說明.....	8-23
8.8.3	操作方法.....	8-23
9.	異常狀況處理指引.....	9-1
9.1	一般使用者.....	9-1
9.2	維護人員.....	9-1
附錄 A.	TFS v2.0 所需儲存之產品.....	1

圖目

圖 2-1 系統資料流程概圖.....	2-2
圖 3-1 硬體架構圖.....	3-1
圖 3-2 系統軟體架構圖.....	3-2
圖 7-1 網頁端使用者操作概念圖.....	7-1
圖 7-2 系統管理者操作概念圖.....	7-2
圖 7-3 系統啟動方式.....	7-3
圖 7-4 系統主畫面.....	7-3
圖 8-1 輸出入欄位說明圖.....	8-1
圖 8-2 著作權規範說明圖.....	8-3
圖 8-3 帳號申請圖.....	8-4
圖 8-4 颱風資料基本查詢圖.....	8-7
圖 8-5 所有颱風列表圖.....	8-8
圖 8-6 2D 選取圖.....	8-9
圖 8-7 颱風概況表.....	8-11
圖 8-8 綜觀天氣圖.....	8-11
圖 8-9 衛星雲圖.....	8-12
圖 8-10 雷達圖.....	8-12
圖 8-11 斜溫圖.....	8-13
圖 8-12 颱風路徑圖.....	8-13
圖 8-13 累積雨量圖.....	8-14
圖 8-14 颱風警報單.....	8-14
圖 8-15 颱風預報資料.....	8-15
圖 8-16 衛星雲圖動畫.....	8-16
圖 8-17 雷達圖動畫.....	8-17
圖 8-18 累積雨量圖動畫.....	8-17
圖 8-19 颱風預報資料動畫.....	8-18
圖 8-20 綜觀天氣圖資料下載.....	8-19
圖 8-21 衛星雲圖資料下載.....	8-20
圖 8-22 雷達圖資料下載.....	8-20
圖 8-23 斜溫圖資料下載.....	8-21
圖 8-24 累積雨量圖資料下載.....	8-21
圖 8-25 颱風警報單資料下載.....	8-22
圖 8-26 氣象站雨量資料資料下載.....	8-22
圖 8-27 資料接收控管圖.....	8-24

表目

表 2-1 資料說明列表.....	2-6
表 2-2 作業說明.....	2-7
表 2-3 作業時程.....	2-8
表 3-1 環境變數清單.....	3-8
表 4-1 檔案清單.....	4-1
表 4-2 程式清單(一).....	4-11
表 4-3 程式清單(二).....	4-13
表 4-4 操作訊息清單.....	4-21
表 5-1 資料庫表格清單.....	5-10
表 5-2 颱風表格 Schema.....	5-12
表 5-3 使用者表格 Schema.....	5-12
表 5-4 海陸上警報資料表格 Schema.....	5-13
表 5-5 局屬氣象站地區表格 Schema.....	5-14
表 5-6 自動雨量站地區表格 Schema.....	5-14
表 5-7 系統資料表格 Schema.....	5-15
表 5-8 2D 選取颱風路徑資料表格 Schema.....	5-15
表 7-1 視窗清單.....	7-4

1. 概論

1.1 目標

本文件旨在說明九十三年度防災颱風資料庫網頁系統工作內容，以及颱風資料庫網站系統架構、內容說明、操作環境與操作方式等，並對本系統的資料處理功能以及網站存取介面提出使用說明，俾利提供未來颱風資料庫的發展人員做為改進系統時參考的依據。

1.2 範圍

概論

說明本期末工作報告的目標、範圍與參考資料。

系統概論

說明系統目標、系統範圍、工作內容、資料說明及編碼原則。

系統環境

說明系統軟硬體發展環境、目錄架構、資料儲存架構及環境變數說明。。

資料內容說明

列出本系統組成元件的清單。

系統運作及維護

說明系統運作程序。

系統軟體備份說明

說明系統軟體備份的格式與結構。

使用方式

描述本系統使用的方式。

作業流程及操作說明

描述本系統的作業流程及各作業的操作方法。

異常狀況處理指引

說明一般使用者與維護人員於各項作業中可能發生的異常狀況與其處理方式。

1.3 參考資料

1. 九十三年度防災颱風資料庫網頁系統建置研究(一)合約書。
2. 九十三年度防災颱風資料庫網頁系統期中工作報告。
3. <http://61.56.13.9/> 颱風測試資料庫網頁。
4. <http://enable.nat.gov.tw/index.jsp> 無障礙網頁空間服務網。

2. 系統概論

2.1 系統概述

2.1.1 系統目標

防災颱風資料庫網頁系統的改進即在設計一資料儲放架構，並加速颱風相關資料之自動取得作業，以及資料的管理與保存制度，並且提供使用者對於颱風資料查詢的介面，以便使用者能夠快速地查詢所需的資料。本系統今年度將包括以下目標：

1. 進階自動資料接收作業整合。
2. 提供即時顯示颱風預報模式產品。
3. 提供進階查詢功能。
4. 提供動畫顯示功能。
5. 提供顯示颱風基本資料表。
6. 提供資料庫管理介面。
7. 對 92 年度所開發之功能進行調整。

2.1.2 系統範圍

1. 颱風資料接收控管作業

颱風的相關資料，資料的蒐集會在安管內的環境下(詳細資料請參閱2.3資料說明)，透過自動化機制的運作，將資料收送至資料接收主機，該主機會將各類型資料依照命名規則放入事先制訂的路徑下，同時另外將安管外環境之颱風資料庫網站伺服器所需的資料(雨量圖、雷達圖、綜觀天氣圖、衛星雲圖、颱風路徑圖、斜溫圖、颱風警報單、颱風概況表與颱風預報模式產品)，放入一特定目錄(WEBData 目錄)。系統管理者可透過安管內網頁的資料庫管理介面進行帳號管理及颱風資料庫之新增、刪除及修改，以及進行颱風資料之接收、處理及傳送。

2. 颱風資料查詢作業

颱風資料查詢包含基本查詢功能與進階查詢功能，基本查詢是讓一般使用者可以透過瀏覽器，利用一些條件搜尋方式，包括發佈警報與否、颱風影響時間、颱風強度、颱風路徑、颱風名稱等條件，來查詢相關颱風資訊。進階查詢則提供使用者以欄位式或 2D 選取圖方式查詢颱風資料。本年度可供查詢的颱風資料新增颱風預報模式資料，以及提供顯示颱風基本資料表。

2.1.3 系統作業流程

颱風的相關資料，會在安管內的環境下，透過自動化機制的運作，將資料送至資料接收主機(RDC45)，該主機會將各類型資料依照命名規則放入事先制訂的路徑下，同時另外將安管外環境的颱風資料庫網站伺服器所需的資料，放入一特定目錄（WEBData 目錄）。此外管理維護人員可以透過終端機，以 Web 圖形化介面來得知資料送達的相關資訊與資料傳送程序的控制。

另外放置於安管外環境則是颱風資料庫網站伺服器，該主機的資料來自於安管內的資料接收主機中的 WEBData 目錄。這樣便可將網站所需的颱風資料，和原始完整颱風資料加以區隔。

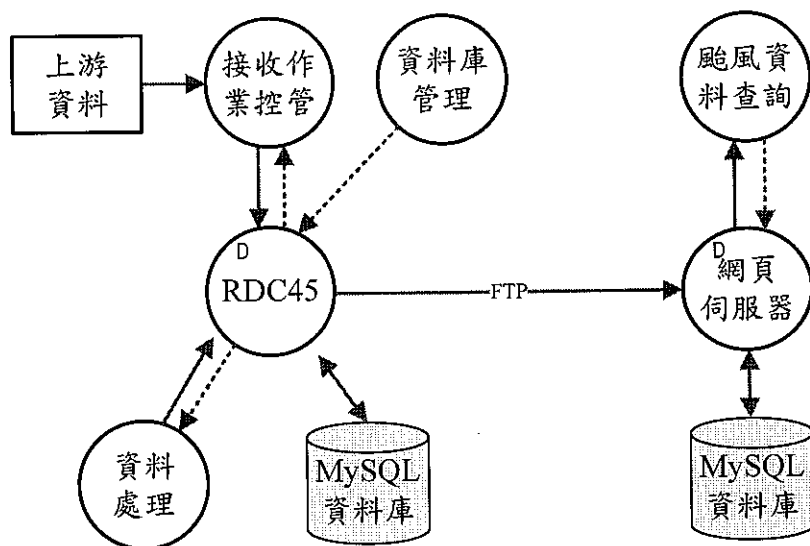


圖 2-1 系統資料流程概圖

2.2 工作內容

本年度實際處理的工作內容：

1. 進階自動資料接收作業整合

各項颱風相關資料之接收、整理與傳送等相關工作，將這些過程改為自動化作業。整合自動接收資料項目如下所列：

- (1) 颱風期間衛星雲圖
- (2) 颱風期間斜溫圖
- (3) 颱風期間綜觀天氣圖
- (4) 颱風期間颱風預報模式預報資料
- (5) 颱風期間雷達回波圖
- (6) 颱風期間雨量累積圖

註：颱風期間局屬站資料、颱風期間每小時自動站資料及颱風期間每日自動雨量資料，這三項資料考量第三組資料更新與伺服器負荷問題，資料由氣象局科技中心製作產生，資策會提供網頁下載介面，暫時不加入自動資料接收作業整合中。

2. 進階網頁查詢介面

使用者可於網頁進階查詢颱風資料，以 2D 選取圖方式，使用者在畫面上以滑鼠圈選一經緯度區塊(也可用欄位輸入)與選擇時間後，執行繪圖與顯示經過此區塊範圍內的颱風路徑。畫面右方列出符合條件的颱風列表，點選任意颱風可顯示該颱風資料。

- (1) 欄位式。
- (2) 2D 選取式。

3. 提供即時顯示颱風預報模式產品

可在颱風資料庫網頁上即時顯示颱風預報模式之預報產品，包括颱風路徑圖，以及各種氣象場之預報圖，目前只提供給氣象局內部人員。

- (1) 新增一帳號類別：氣象局帳號。
- (2) 產品查詢與顯示。

4. 提供動畫顯示功能

使用者可選取欲播放的時間範圍來播放動畫，可顯示動畫的資料項目：

- (1) 衛星雲圖
- (2) 雷達回波圖
- (3) 雨量累積圖
- (4) 颱風預報模式產品

5. 提供顯示颱風基本資料表

其內容為 1949 年迄今颱風資料總表，網頁展現為表格之方式。

6. 資料庫管理介面

提供系統維護人員介面，進行帳號管理及颱風資料庫之新增、刪除及修改，以及進行颱風資料之接收、處理與傳送。

7. 對 92 年度所開發之功能進行調整

- (1) 依身份類別區分資料說明列表。
- (2) 斜溫圖(研究帳號)之測站站碼，加註中文站名。

8. 93 年度修改與維護

- (1) 將一般與研究用帳號的使用者的歡迎畫面改為有「確認」與「取消」按鈕。
- (2) 在網頁資料說明中，增加一連結至氣象局的資料申購網頁。
- (3) 颱風警報單資料改為第三組的 pdf 格式檔案：新增暫時用程式 2004_trans_data.sh 將三組的颱風警報單 pdf 資料，改名與搬移到指定目錄；並將資料製成壓縮檔。
- (4) 將 pcx 格式的颱風警報單轉為 pdf 格式。
- (5) 有發佈警報之颱風概況表資料未蒐齊前顯示資料未蒐齊訊息。
- (6) 首頁改版，一般使用者不需登入即可進入網頁、最新消息改至首頁顯示。
- (7) 2D 選取圖資料庫建置。
- (8) 資通安全技術支援：
 - A. Apache 版本更新至 1.3.31。
 - B. PHP 版本更新至 4.3.8。
 - C. 修改 Apache 設定檔 httpd.conf，將 UserDir public_html 改為 UserDir disabled。
- (9) 無障礙網頁修改，主要修改項目如下：
 - A. 1.1：H101000 圖片需要加上替代文字說明。
 - B. 5.1：H105100 對於每一個存放資料的表格（不是用來排版），標示出行和列的標題。
 - C. 6.3：H106102 使用 Script 語言需指定不支援 Script 時的辦法。
 - D. 12.1：H112000 需要定義每個頁框的名稱。
- (10) 加入氣象站雨量資料的下載功能。

2.3 資料說明

表 2-1 列出颱風資料項目、資料說明、格式、更新頻率與資料來源。

資料項目	資料說明	格式	更新頻率	資料來源
基本颱風資料	颱風名稱、颱風侵台的日期、颱風編號、颱風等級、颱風侵台路徑類別、近中心最大風速、中心最低氣壓、中心最低氣壓、颱風警報的日期、颱風警報發布次數、登陸地區等；其資料需整合系統現有之本局王時鼎資料及本局預報中心颱風路徑資料。	DB	不定	
使用者申請資料	使用者以類別來區分，一般使用者、研究用使用者及氣象局帳號：包含使用者名稱、使用者密碼、使用期限、電話及住址。一般使用者不需申請帳號；氣象局帳號，權限與研究用帳號一樣，但多加一項 TFS 資料的查詢。	DB	不定	
雨量圖	颱風警報期間每半小時一張之日累雨積量圖。動畫功能資料項目包含雨量圖。	JPG	每天	第四組
雷達圖	颱風警報期間之每小時一張雷達合成圖、花蓮、高雄、五分山、墾丁、台南之 CV。動畫功能資料項目包含雷達圖。	GIF	每天	資訊中心應用軟體課
綜觀天氣圖	颱風警報期間綜觀天氣圖之 SFC 每日 4 張，925mb、850、700mb、500mb、300mb、200mb 每日 2 張，原始資料型態為 NCAR CGM 圖檔。	GIF	颱風期間	資訊中心數值預報課
衛星雲圖	颱風警報期間衛星雲圖之 VIS(FDK、LCC)、IR1(FDK、LCC)、IR3(FDK、LCC)。動畫功能資料項目包含衛星雲圖。	JPG	颱風期間	衛星中心
颱風路徑圖	颱風路徑之位置資料路徑圖包含緯度、經度及強度。	GIF	颱風過後	預報中心
斜溫圖	颱風警報期間 46 區斜溫圖每日 2 張，共 7 個測站，原始資料型態為 NCAR CGM 圖檔。	GIF	颱風期間	資訊中心數值預報課
颱風警報單	記錄該警報之颱風動態。	PDF	颱風過後	第三組

災情表	記錄該年度颱風所造成之災害。	DOC	每年	第一組
颱風概況表	記錄該颱風之狀況	TXT	颱風過後	預報中心
局屬站資料	颱風警報期間，中央氣局局屬站資料，記錄溫度、壓力、濕度、雨量及風速等資料。	TXT	颱風過後	第三組
自動雨量資料	颱風警報期間，每小時中央氣局自動雨量站資料，記錄雨量。	TXT	颱風過後	第三組
颱風預報模式產品	記錄颱風警報期間，颱風預報模式粗、細兩種網格的颱風路徑圖以及分析場/預報場圖。動畫功能資料項目包含颱風預報模式產品。(此資料來源只保留兩天)	GIF	颱風期間	資訊中心數值預報課

表 2-1 資料說明列表

2.4 編碼原則

1. 系統代號

防災颱風資料庫網頁系統，簡稱 TDB (Typhoon Database System)

2. 檔案(功能)名稱

xxxx.ccc

└─ 附檔名，不限三個字，但需有意義

└─ 主檔名，可任意取名，若為程式語言必須符合該語言的命名習慣

3. 附檔名所代表的意義為

- (1) .csh/.ksh/.sh
Shell script 程式檔。
- (2) .php
php 程式檔。
- (3) .cfg
系統所使用的設定檔。
- (4) .css
網頁樣式表檔。
- (5) .js
Javascript 程式檔。

4. 模組代號

- (1) Ctl
颱風資料接收控管模組
- (2) Web
颱風資料庫查詢網頁模組

5. 資料檔編號

xxxFnnn
└─ 流水號，由001開始編號
└─ 模組代號

6. 程式檔編號

xxxPnnn
└─ 流水號，由001開始編號
└─ 模組代號

7. 視窗編號

xxxWnnn
└─ 流水號，由001開始編號
└─ 模組代號

8. 資料庫表格編號

TDBTnnn
└─ 流水號，由001開始編號

2.5 作業說明

作業名稱	作業說明	適用對象
啟動作業	啟動本系統的所有 Daemon 程序及本系統的 cron table	操作人員 維護人員
關閉作業	關閉本系統包括 cron table 的所有作業程序，	操作人員 維護人員
查詢作業	颱風資料庫查詢作業，使用瀏覽器查詢颱風資料	一般使用者 操作人員 維護人員

表 2-2 作業說明

2.6 自動作業時程

事件(Event)	相對應的執行作業
檢查到有新颱風時	1. 建立颱風目錄(/data) 2. 建立颱風目錄(/data/WEBData) 3. 建立颱風目錄(SUMMER 主機/data) 4. 設定自動下載資料的日期
檢查到執行日期符合自動下載資料的日期時	1. 取得颱風資料 2. 組織颱風資料(for RDC45) 3. 組織颱風資料(for SUMMER) 4. 傳送颱風資料至 SUMMER

表 2-3 作業時程

3. 系統環境

3.1 軟硬體發展環境架構圖及說明

3.1.1 硬體環境

1. 主機(包含颱風資料庫網站主機與颱風資料庫資料接收主機)
Windows PC Pentium x86 PIII-1G 以上以上 PC。
2. 記憶體
256MB 以上。
3. 硬碟容量
80GB 以上。
4. 網路介面
TCP/IP。
5. 網路頻寬
1 Mbytes/sec 以上。

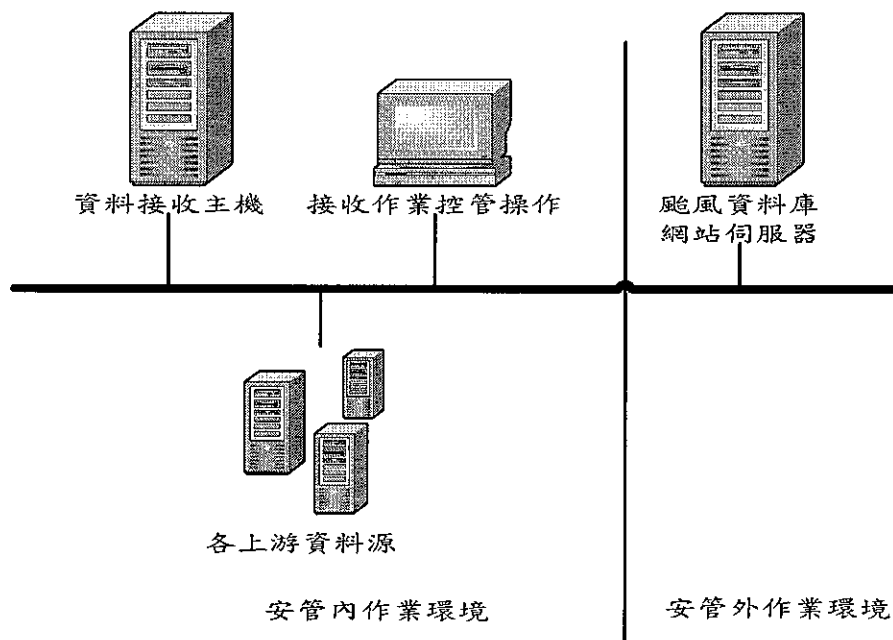


圖 3-1 硬體架構圖

3.1.2 軟體環境

1. 作業系統
RedHat Linux 7.0 以上。
2. 發展工具
ANSI C、Korn Shell、NCAR 4.1.1、FORTRAN 77、PHP 4.0 以上、Java 1.1.2 上、FREETDS 0.62.4 以上。
3. 網頁伺服器
Apache HTTP Server 1.3 以上。
4. 資料庫
MySQL 3.23 以上。
5. 網路環境
中央氣象局區域網路及安管內外作業環境。本系統與各上下游作業系統和研發電腦間均有 ATM 及/或 Ethernet-10/100。

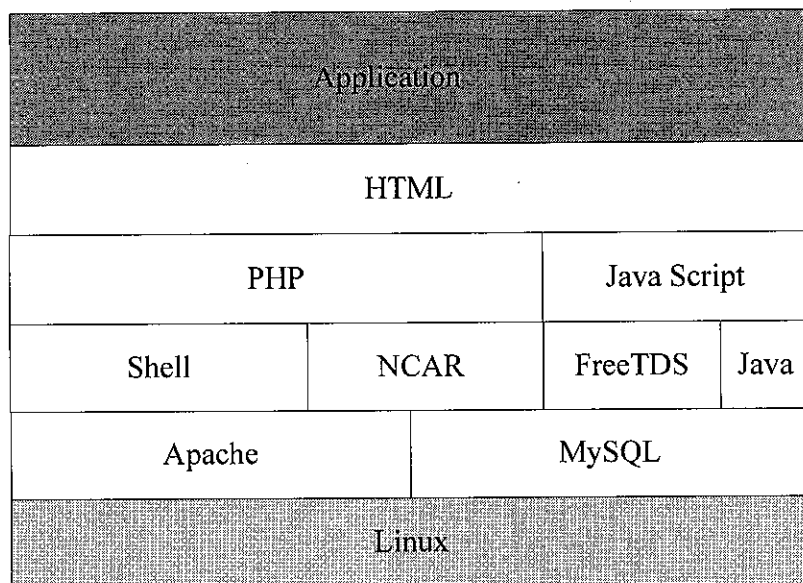


圖 3-2 系統軟體架構圖

3.2 系統目錄架構

1. 颱風資料庫資料接收主機(rdc45)：

- (1) 程式目錄→ \$HOME/bin
- (2) 資料儲存目錄→ /data
- (3) MySql 資料庫目錄→ /pj/mysql
- (4) PHP 程式目錄→ /pj/www/htdocs

```
$HOME└──bin    存放本系統控制的執行檔和不需要由瀏覽器
        |    直接執行的執行檔
        ├──etc    存放本系統控制的管理建構檔
        ├──log    存放本系統的記錄檔
        └──src    存放所有的原始碼
                ├──trans  存放新舊資料轉換程式碼
                ├──etc    存放網站需要使用的原始建構檔
                ├──ctl    存放自動作業控制程式
                ├──uty    存放工具程式
                └──php    存放 PHP 程式

/pj/www/└──htdocs  瀏覽器執行 php 程式碼
        ├──conf    存放網站需要使用的建構檔
        ├──images  存放網頁需用的圖檔
        └──css      存放 CSS 樣式檔

/data    資料儲存目錄
```

2. 颱風資料庫網站主機(summer)：

- (1) 資料儲存目錄→ /data
- (2) MySql 資料庫目錄→ /package/mysql

```
$Home└──src    存放所有的原始碼
        ├──php    存放網頁 php 程式碼
        ├──conf    存放網站需要使用的原始建構檔
        ├──images  存放網頁需用的原始圖檔
        └──css      存放 CSS 原始樣式檔

/pj/www/└──htdocs—瀏覽器執行 php 程式碼
        ├──conf    存放網站需要使用的建構檔
        ├──images  存放網頁需用的圖檔
        └──css      存放 CSS 樣式檔
```

關於颱風資料庫之資料存放架構，在颱風資料庫資料接收主機及颱風資料庫網站主機兩邊是相同的架構；以下說明其目錄架構：

目錄規則：/\$TP_Data/產品類別/年度/颱風名稱/檔案名稱

1. \$TP_Data：颱風資料存放絕對路徑。
2. 年度為四位數西元年。
3. 颱風名稱為英文颱風名稱。

目錄名稱/產品類型	說明
\$TP_Data/ABS	颱風概況資料
\$TP_Data/Radar	雷達圖
\$TP_Data/Rain	雨量圖
\$TP_Data/Satellite	衛星雲圖
\$TP_Data/Skewt	斜溫圖
\$TP_Data/Station	逐日/逐時氣象站雨量資料
\$TP_Data/TFS	颱風預報模式產品
\$TP_Data/Track	颱風路徑圖
\$TP_Data/Warnings	颱風警報單
\$TP_Data/Weather_map	綜觀天氣圖

颱風資料目錄（Server 上儲存颱風資料的目錄）

- (1) \$TP_Year=颱風年份（西元）
- (2) \$TP_Name=颱風名稱
- (3) \$Data=/data（颱風資料儲存絕對路徑）

\$Data		
	—ABS	存放颱風概況表檔
	└—\$TP_Year	存放\$TP_Year年颱風概況表檔
	└—\$TP_Name	存放\$TP_Name颱風概況表檔
	—IMPORTData	存放接收之未處理颱風資料
	—MYSQLDB	存放MySQL資料
	—Radar	存放雷達圖檔
	└—\$TP_Year	存放TP_Year年颱風雷達圖檔
	└—\$TP_Name	存放\$TP_Name颱風雷達圖檔
	—Rain	存放雨量圖檔
	└—\$TP_Year	存放TP_Year年颱風雨量圖檔
	└—\$TP_Name	存放\$TP_Name颱風雨量圖檔

—Satellite	存放衛星雲圖檔
—\$TP_Year	存放TP_Year年颱風衛星雲圖檔
—\$TP_Name	存放\$TP_Name颱風衛星雲圖檔
—Skewt	存放斜溫圖檔
—\$TP_Year	存放\$TP_Year年颱風斜溫圖檔
—\$TP_Name	存放\$TP_Name颱風斜溫圖檔
—TFS	存放颱風預報模式產品
—\$TP_Year	存放\$TP_Year年颱風路徑圖檔
—\$TP_Name	存放\$TP_Name颱風路徑圖檔
—Station	存放逐日/逐時氣象站雨量資料
—daily	存放逐日測站雨量資料
—auto	存放逐日自動站雨量資料
—main	存放逐日人工站雨量資料
—hr	存放逐時測站雨量資料
—auto	存放逐時自動站雨量資料
—main	存放逐時人工站雨量資料
—TRSdata	颱風原始資料轉換暫存目錄
—TRSIMdata	存放未轉換颱風原始資料
—TRSLTdata	存放轉換後剩下未使用資料
—Track	存放颱風路徑圖檔
—\$TP_Year	存放\$TP_Year年颱風路徑圖檔
—\$TP_Name	存放\$TP_Name颱風路徑圖檔
—Warnings	存放颱風警報單圖檔
—\$TP_Year	存放\$TP_Year年颱風警報單圖檔
—\$TP_Name	存放\$TP_Name颱風警報單圖檔
—Weather_map	存放綜觀天氣圖檔
—\$TP_Year	存放\$TP_Year年颱風天氣圖檔
—\$TP_Name	存放\$TP_Name颱風天氣圖檔

—WEBData	存放供網站使用之颱風資料
—log	存放轉換資料記錄檔
—log_abs.txt	ABS資料轉換紀錄檔
—log_radar.txt	Radar資料轉換紀錄檔
—log_rain.txt	Rain資料轉換紀錄檔
—log_satellite.txt	Satellite資料轉換紀錄檔
—log_skewt.txt	Skewt資料轉換紀錄檔
—log_tfs.txt	TFS資料轉換紀錄檔
—log_track.txt	Track資料轉換紀錄檔
—log_warnings.txt	Warnings資料轉換紀錄檔
—log_weather_map.txt	Weather_map資料轉換紀錄檔

3.3 資料儲存架構

1. 檔案結構部分

(1) 目錄規則：\$Data/產品類別/年度/颱風名稱/檔案名稱

(A) \$Data：颱風資料存放絕對路徑。

(B) 產品類別包含 ABS、Radar、Rain 等。

(C) 年度為四位數西元年。

(D) 颱風名稱為英文颱風名稱。

(2) 檔案規則：產品類別_產品主型態_產品次型態.時間.檔案類型

(A) 時間為 12 位數 yyyyymmddhhmm，檔案類型包含 gif、jpg、tgz、cgm 等。

(B) 若資料細分多種型態，如雷達分不同雷達站和不同類型的圖，則將主型態名稱至於檔名左方，後方用底線符號接次型態。

\$Data 為颱風資料存放之絕對路徑，本系統設定為/data

檔案名稱	路徑	檔案簡要說明
ABS.YYYY00000000.txt	\$Data/ABS	颱風概況表
Radar_雷達名_雷達產品名.YYYYMMDD0000.gif	\$Data/Radar	颱風雷達圖
Rain.YYYYMMDD0000.jpg	\$Data/Rain	颱風累積雨量圖
Satellite_衛星名_衛星產品名.YYYYMMDDhhmm.jpg	\$Data/Satellite	颱風衛星雲圖
Skewt_測站編號.YYYYMMDDhhmm.gif	\$Data/Skewt	颱風斜溫圖
颱風名稱.txt 颱風名稱_stn.txt	\$Data/Station	逐日/逐時測站雨量資料

TFS_網格_tau_分析場/預報場.YYYYMMDDhhmm.gif	\$Data/TFS	颱風預報模式產品
Track.YYYY00000000.gif	\$Data/Track	颱風路徑圖
Warnings_alert 警報報數.YYYY00000000.pdf	\$Data/Warnings	颱風警報單
Weather_天氣圖高度.YYYYMMDD0000.gif	\$Data/Weather_map	颱風綜觀天氣圖

(3) 參數說明：

YYYY：西元年。

MM：月份。

DD：日。

hh：小時。

mm：分鐘。

雷達名：MOSA、RCCG、RCKT、RCWF、RCTP、RCHD、RCHL、RCKS。

雷達產品：CV、CAPPI、PPI、EDP、ENP。

衛星名：IR1、IR3、VIS。

衛星產品：FDK、LCC。

測站編號：59134、59265、59280、59316、59431、46692、46699、46734、46750、46780、46810、46902、58134、58265、58280、58316、58431、58847。

警報報數：數字。

天氣圖高度：200mb、300mb、500mb、700mb、850mb、925mb、SFC。

TFS 網格：HA、ZA。

TFS tau：---, 000, 012, 024 至 096

TFS 分析場/預報場：請參考附錄 A

3.4 環境變數說明

環境變數清單

系統/子系統代號： TDB 填寫人： 陳金輝 日期： 93/11/09
系統/子系統名稱： 防災颱風資料庫網頁系統

變數名稱	內容	說明
HOME	/home/radman	本系統之 Home Directory
BASEDIR	/home/radman	本系統之主要目錄
TDB_CFGFL	\${BASEDIR}/etc/TSite .cfg	本系統之設定檔路徑/名稱
TDB_BINDIR	\${BASEDIR}/bin	本系統之執行檔目錄
TDB_ETCDIR	\${BASEDIR}/etc	本系統之設定檔目錄
TDB_LOGDIR	\${BASEDIR}/log	本系統之記錄檔目錄
TDB_TEMPDIR	\${BASEDIR}/temp	本系統之暫存檔目錄

表 3-1 環境變數清單

4. 資料內容說明

4.1 檔案清單

檔 案 清 單

系統/子系統代號：TDB 填寫人：陳金輝 日期：93/05/19
系統/子系統名稱：防災颱風資料庫網頁系統

檔案編號	檔案名稱	組織 (註)	檔案位置	檔案說明	備註
CtlF001	.tdbenv	S	\$HOME	系統環境變數設定檔	
CtlF002	.netrc	S	\$HOME	網路資源設定檔	
CtlF003	TCron.cfg	S	\$HOME/etc	Cron table設定檔	
CtlF004	TMysqlBak.cfg	S	\$HOME/etc	資料庫備份設定檔	
CtlF005	TSite.cfg	S	\$HOME/etc	資料接收控管程式設定檔	
CtlF006	TSql.cfg	S	\$HOME/etc	SQL連線設定檔	
CtlF007	TSql_stmt.cfg	S	\$HOME/etc	SQL敘述設定檔	
CtlF008	TGetDataPeriod. cfg	S	\$HOME/etc	自動取得颱風資料日期設定檔	
CtlF009	TNewTyCheck. cfg	S	\$HOME/etc	檢查新颱風設定檔	

註：S 表 Sequential，I 表 Index(含 Relative)，IS 表 Index Sequential

表 4-1 檔案清單

4.2 檔案說明

檔 案 格 式

系統/子系統代號：	TDB	填寫人：	陳金輝	日期：	93/05/19
系統/子系統名稱：	防災颱風資料庫網頁系統				
檔案名稱：	.tdbenv	檔案組織：	Sequential		
產生頻率：	一次	資料錄長度：	不定長		
更新頻率：	不定	保存期限：	不定長		
檔案編號：	CtlF001				
檔案說明：	系統環境變數設定檔				

【用途】

設定 TDB 系統各程式所使用之環境變數。

【內容範例】

```
# setting base dir
BASEDIR=/home/radman

# setting configuration file
TDB_CFGFL=${BASEDIR}/etc/TSite.cfg

# setting log path
TDB_BINDIR=${BASEDIR}/bin

# setting log path
TDB_LOGDIR=${BASEDIR}/log

# setting temp path
TDB_TEMPDIR=${BASEDIR}/temp
```

檔案格式

系統/子系統代號： TDB 填寫人： 陳金輝 日期： 93/05/19
系統/子系統名稱： 防災颱風資料庫網頁系統
檔案名稱： .netrc 檔案組織： Sequential
產生頻率： 一次 資料錄長度： 不定長
更新頻率： 不定 保存期限： 不定長
檔案編號： CtlF002
檔案說明： 網路資源設定檔

【用途】

設定欲登入的主機名稱、帳號與密碼，以使用自動登入、自動 FTP 進行作業。

【內容範例】

1. 資料項目格式：

machine 主機名稱 login 帳號名稱@IP 位址 password 密碼

2. 資料項目設定內容：

.netrc 設定範例

machine gtway.mic.cwb login anonymous@129.236.34.20 password xxxxxx

machine 61.56.13.9 login tydbs password xxxxxxx

檔 案 格 式

系統/子系統代號：	TDB	填寫人：	陳金輝	日期：	93/11/01
系統/子系統名稱：	防災颱風資料庫網頁系統				
檔案名稱：	TCron.cfg	檔案組織：	Sequential		
產生頻率：	一次	資料錄長度：	不定長		
更新頻率：	不定	保存期限：	不定長		
檔案編號：	CtlF003				
檔案說明：	Cron table設定檔				

【用途】

設定程式的定時啟動作業。格式為分、時、日、月、星期幾、欲執行的程式。

【內容範例】

```
#=====
# File format of the crontable
#
#      Minute(s) after the hour (0-59)
#      Hour(s) of the day (0-23)
#      Day(s) of the month (1-31)
#      Month(s) of the year (1-12)
#      Day(s) of the week (0-6 with 0=Sunday)
#      Command to execute
#=====
#=====
# Check new typhoon
#=====
00 00 * * * $HOME/bin/TctlCheckty.ksh > $HOME/log/TctlCheckty_cron.log 2>&1
00 06 * * * $HOME/bin/TctlCheckty.ksh > $HOME/log/TctlCheckty_cron.log 2>&1
00 12 * * * $HOME/bin/TctlCheckty.ksh > $HOME/log/TctlCheckty_cron.log 2>&1
00 18 * * * $HOME/bin/TctlCheckty.ksh > $HOME/log/TctlCheckty_cron.log 2>&1

#=====
# Backup the source code and delete old source code
#=====
50 22 * * * $HOME/bin/TSrcBack.ksh > $HOME/log/TSrcBack_cron.log 2>&1
```

檔 案 格 式

系統/子系統代號： TDB	填寫人： 陳金輝	日期： 93/11/01
系統/子系統名稱： 防災颱風資料庫網頁系統		
檔案名稱： TMysqlBak.cfg	檔案組織： Sequential	
產生頻率： 一次	資料錄長度： 不定長	
更新頻率： 不定	保存期限： 不定長	
檔案編號： CtIF004		
檔案說明： 資料庫備份設定檔		

【用途】

設定資料庫備份時所使用者資料庫名稱、帳號、密碼、路徑與所需備份的表格清單。

【內容範例】

Database name
DBNAME=tydbs

Database admin's name
DBUSER=mysql

Database admin's password
DBPASS=*****

MySQL command's path
BINPATH=/home/package/mysql/bin

Database table lists
TBLIST=typhoon user

檔 案 格 式

系統/子系統代號：	TDB	填寫人：	陳金輝	日期：	93/11/01
系統/子系統名稱：	防災颱風資料庫網頁系統				
檔案名稱：	TSite.cfg	檔案組織：	Sequential		
產生頻率：	一次	資料錄長度：	不定長		
更新頻率：	不定	保存期限：	不定長		
檔案編號：	CtlF005				
檔案說明：	資料接收控管程式設定檔				

【用途】

設定資料接收控管程式所需的路徑及變數。

【內容範例】

TDB data PATH

DIR_DATA=/data

TDB import data PATH

DIR_IMDATA=/data/IMPORTData

TDB import data PATH

DIR_WEBDATA=/data/WEBData

get data from host

Host_Skewt=npsds.mic.cwb

Host_Weather_map=npsds.mic.cwb

Host_Satellite=ftp.msc.cwb

Host_TFS=npsds.mic.cwb

Host_Web=gtway

define TDB data type

DATA_Type=ABS Rain Radar Satellite Skewt Track Warnings Weather_map TFS

define TDB day data type

DATA_Day_Get=Radar Rain Satellite Skewt Weather_map TFS

檔 案 格 式

系統/子系統代號：	TDB	填寫人：	陳金輝	日期：	93/11/01
系統/子系統名稱：	防災颱風資料庫網頁系統				
檔案名稱：	TSql.cfg	檔案組織：	Sequential		
產生頻率：	一次	資料錄長度：	不定長		
更新頻率：	不定	保存期限：	不定長		
檔案編號：	CtIF006				
檔案說明：	SQL連線設定檔				

【用途】

設定 SQL 資料庫連線時所使用伺服器名稱、資料庫名稱、帳號、密碼、路徑、輸入/輸出檔與 email 通知清單。

【內容範例】

```
BINPH=/pj/freetds/bin
SERVER=tafis
USER=guest
PASS=*****
DB=TAFIS
INPUT=/home/radman/etc/TSql_stmt.cfg
OUTPUT=/home/radman/etc2/TNewTyCheck.cfg
PERIOD=/home/radman/etc2/TGetDataPeriod.cfg
EMAIL=starpsy@cwbg.gov.tw wuph@rdc.cwb.gov.tw
```

檔 案 格 式

系統/子系統代號：	TDB	填寫人：	陳金輝	日期：	93/11/01
系統/子系統名稱：	防災颱風資料庫網頁系統				
檔案名稱：	TSql_stmt.cfg	檔案組織：	Sequential		
產生頻率：	一次	資料錄長度：	不定長		
更新頻率：	不須更新	保存期限：	不定長		
檔案編號：	CtlF007				
檔案說明：	SQL敘述設定檔				

【用途】

提供 TctlCheckty.ksh 所使用之 SQL 敘述。

【內容範例】

```
select top 1 TyphNo,TyphNameEng from TyphName2No
where TyphNameEng not like "%TD%" and TyphNameEng not like "%TS%"
order by TyphNo desc
```

檔 案 格 式

系統/子系統代號：	TDB	填寫人：	陳金輝	日期：	93/11/01
系統/子系統名稱：	防災颱風資料庫網頁系統				
檔案名稱：	TGetDataPeriod.cfg	檔案組織：	Sequential		
產生頻率：	一次	資料錄長度：	不定長		
更新頻率：	不定	保存期限：	不定長		
檔案編號：	CtlF008				
檔案說明：	自動取得颱風資料日期設定檔				

【用途】

設定自動取得颱風資料的日期，格式為 yyyymmdd，由程式自動產生，若想增加取得資料的期限可手動修改。

【內容範例】

20041027

檔 案 格 式

系統/子系統代號：	TDB	填寫人：	陳金輝	日期：	93/11/01
系統/子系統名稱：	防災颱風資料庫網頁系統				
檔案名稱：	TNewTyCheck.cfg	檔案組織：	Sequential		
產生頻率：	一次	資料錄長度：	不定長		
更新頻率：	不定	保存期限：	不定長		
檔案編號：	Ctlf009				
檔案說明：	檢查新颱風設定檔				

【用途】

由程式自動產生，用來檢查是否有新颱風產生。

【內容範例】

Msg 5701, Level 0, State 2

Server 'TAFISSV1',

???????? 'master'?

Msg 5703, Level 0, State 1

Server 'TAFISSV1',

Changed language setting to us_english.

Msg 5701, Level 0, State 1

Server 'TAFISSV1', Line 1

Changed database context to 'TAFIS'.

200424

NOCK-TEN

4.3 程式清單

4.3.1 颱風資料接收控管程式清單

程 式 清 單

系統/子系統代號：TDB 填寫人：陳金輝 日期：93/10/19

系統/子系統名稱：防災颱風資料庫網頁系統

程式編號	程式名稱	路徑	程式語言	程式簡要說明
CtlP001	TctlBdty.ksh	\$HOME/bin	Korn Shell	建立本地端颱風資料目錄
CtlP002	TctlBdWebty.ksh	\$HOME/bin	Korn Shell	建立 web server 端颱風資料目錄
CtlP003	TctlCheckty.ksh	\$HOME/bin	Korn Shell	檢查上游或目錄有無新的颱風資料
CtlP004	TctlGetdata.ksh	\$HOME/bin	Korn Shell	颱風資料接收程式
CtlP005	TctlMysqlBak.ksh	\$HOME/bin	Korn Shell	資料庫備份程式
CtlP006	TctlOrg.ksh	\$HOME/bin	Korn Shell	將颱風檔案資料進行更名、搬移或格式轉換
CtlP007	TctlOrgWeb.ksh	\$HOME/bin	Korn Shell	將颱風檔案資料製成網頁端用的資料
CtlP008	TctlPutWeb.ksh	\$HOME/bin	Korn Shell	將資料傳送至 web server
CtlP009	TctlPurge.ksh	\$HOME/bin	Korn Shell	颱風資料清除程式
CtlP010	TctlZipdata.ksh	\$HOME/bin	Korn Shell	颱風資料壓縮程式
CtlP011	TSrcBack.ksh	\$HOME/bin	Korn Shell	原始程式備份程式

表 4-2 程式清單(一)

4.3.2 颱風資料庫查詢網頁程式清單

程 式 清 單

系統/子系統代號：TDB 填寫人：陳金輝 日期：93/10/19

系統/子系統名稱：防災颱風資料庫網頁系統

\$WEB=Web資料主目錄

程式編號	程式名稱	路徑	程式語言	程式簡要說明
WebP001	2d_select.php	\$WEB	PHP	處理與顯示 2D 選取
WebP002	46site.php	\$WEB	PHP	處理與顯示颱風局屬站資料
WebP003	abs.php	\$WEB	PHP	顯示颱風概況資料
WebP004	admin_account.php	\$WEB	PHP	帳號資料管理
WebP005	admin_typhoon.php	\$WEB	PHP	颱風資料管理
WebP006	apply.php	\$WEB	PHP	帳號申請介面與帳號新增處理
WebP007	autoprecdy.php	\$WEB	PHP	處理與顯示自動雨量站資料(逐日)
WebP008	autoprechr.php	\$WEB	PHP	處理與顯示自動雨量站資料(逐時)
WebP009	banner.php	\$WEB	PHP	颱風資料庫 LOGO 頁
WebP010	check.php	\$WEB	PHP	權限檢查,防止未經登入直接進入網頁
WebP011	check_alarm.php	\$WEB	PHP	檢查颱風是否有發警報
WebP012	construct.php	\$WEB	PHP	顯示建構中訊息
WebP013	content.php	\$WEB	PHP	顯示視窗右邊 Frame 設定
WebP014	copyright.php	\$WEB	PHP	版權宣告頁
WebP015	counter.php	\$WEB	PHP	顯示計數器
WebP016	data.php	\$WEB	PHP	顯示整個螢幕的 Frame 設定
WebP017	data_list.php	\$WEB	PHP	顯示所有颱風相關產品蒐集年份
WebP018	db_connect.php	\$WEB	PHP	連接 MySQL 資料庫設定檔
WebP019	db_connect_mssql.php	\$WEB	PHP	連接 MSSQL 資料庫設定檔
WebP020	download.php	\$WEB	PHP	處理資料下載
WebP021	error.php	\$WEB	PHP	網頁錯誤或資料不存在之訊息處理

WebP022	index.php	\$WEB	PHP	首頁框架(frame)
WebP023	index_main.php	\$WEB	PHP	網站首頁
WebP024	intro.php	\$WEB	PHP	颱風資料庫服務簡介檔
WebP025	list.php	\$WEB	PHP	顯示颱風資料查詢介面之颱風名稱
WebP026	list_account_select.php	\$WEB	PHP	顯示帳號管理介面之帳號下拉選單
WebP027	list_typhoon_select.php	\$WEB	PHP	顯示颱風管理介面之颱風下拉選單
WebP028	login.php	\$WEB	PHP	網站帳號登入檢查檔
WebP029	logout.php	\$WEB	PHP	網站登出與全域變數清除
WebP030	news.php	\$WEB	PHP	顯示最新消息
WebP031	nostree.php	\$WEB	PHP	顯示樹狀選單
WebP032	query.php	\$WEB	PHP	颱風查詢表單檔
WebP033	query_submit.php	\$WEB	PHP	颱風查詢處理檔
WebP034	radar.php	\$WEB	PHP	處理與顯示雷達圖檔
WebP035	rain.php	\$WEB	PHP	處理與顯示雨量圖檔
WebP036	satellite.php	\$WEB	PHP	處理與顯示衛星雲圖檔
WebP037	show.php	\$WEB	PHP	視窗右邊圖檔顯示設定檔
WebP038	show_image.php	\$WEB	PHP	處理與顯示 pop 視窗
WebP039	skewt.php	\$WEB	PHP	處理與顯示斜溫圖檔
WebP040	TFS.php	\$WEB	PHP	處理與顯示預報模式產品圖檔
WebP041	track.php	\$WEB	PHP	處理與顯示颱風路徑圖檔
WebP042	warning.php	\$WEB	PHP	處理與顯示颱風警報單圖檔
WebP043	weather_map.php	\$WEB	PHP	處理與顯示綜觀天氣圖檔
WebP044	2d_select.js	\$WEB/ css	Javascript	處理與顯示 2D 選取功能
WebP045	animation.js	\$WEB/ css	Javascript	處理與顯示動畫功能

表 4-3 程式清單(二)

4.4 程式說明

4.4.1 颱風資料接收控管程式說明

程式編號: CtlP001 程式名稱: TctlBdty.ksh

程式說明：

建立本地端颱風資料目錄。

執行前的準備工作：

無。

執行時機：

需要新增本地端颱風資料時。欲取得上游資料前需先執行此程式。

使用方式：

TctlBdty.ksh yyyy Typhoon_Name
Example: TctlBdty.ksh 2003 KIJIRA

使用說明：

yyyy 為四位數的西元年份。

程式編號: CtlP002 程式名稱: TctlBdWebty.ksh

程式說明：

建立 web server 端颱風資料目錄。

執行前的準備工作：

無。

執行時機：

需要新增 web server 端颱風資料前。

使用方式：

TctlBdWebty.ksh yyyy Typhoon_Name
Example: TctlBdWebty.ksh 2003 KIJIRA

使用說明：

yyyy 為四位數的西元年份。

程式編號: CtlP003 程式名稱: TctlCheckty.ksh

程式說明：

檢查上游 tafs 資料庫有無新的颱風資料產生。如發現有新的颱風資料，將會執行 TctlBdty.ksh、TctlBdWebty.ksh，並以 email 通知相關人員處理；若無，將會檢查 TGetDataPeriod.cfg 來決定是否執行相關程式進行資料的取得、處理與傳送作業。

執行前的準備工作：

無。

執行時機：

定時啟動或視需要時手動執行。

使用方式：

TctlCheckty.ksh

使用說明：

無。

程式編號: CtlP004 程式名稱: TctlGetdata.ksh

程式說明：

颱風上游資料接收程式。以自動 FTP 方式取得綜觀天氣圖、綜觀天氣圖、斜溫圖及颱風預報模式產品。

執行前的準備工作：

確定颱風資料目錄已建立。

執行時機：

定時啟動或視需要時手動執行。

使用方式：

TctlGetdata.ksh DataCategory Typhoon_Name
Example: TctlGetdata.ksh TFS MEOWJIRA

使用說明：

DataCategory: Skewt/Weather_map/Satellite/TFS。

程式編號: CtlP005 程式名稱: TctlMysqlBak.ksh

程式說明：

資料庫備份程式，備份 RDC45 資料庫的表格資料並傳送至 SUMMER 主機。

執行前的準備工作：

無。

執行時機：

定時啟動或視需要時手動執行。

使用方式：

TctlMysqlBak.ksh 0/1

Example: TctlMysqlBak.ksh 1

使用說明：

0：備份全部表格；

1：備份設定檔中指定表格。

程式編號: CtlP006 程式名稱: TctlOrg.ksh

程式說明：

將颱風檔案資料進行更名、搬移或格式轉換

執行前的準備工作：

確定欲處理的颱風資料存在。

執行時機：

定時啟動或視需要時手動執行。

使用方式：

TctlOrg.ksh yyyyymmdd Typhoon_Name

Example: TctlOrg.ksh 20040521 WONGJIRA

使用說明：

無。

程式編號: CtlP007 程式名稱: TctlOrgWeb.ksh

程式說明：

將颱風檔案資料製成網頁端用的資料。

執行前的準備工作：

確定欲處理的颱風資料存在。

執行時機：

定時啟動或視需要時手動執行。

使用方式：

TctlOrgWeb.ksh yyyyymmdd Typhoon_Name

Example: TctlOrgWeb.ksh 20040526 MOJIRA

使用說明：

無。

程式編號: CtlP008 程式名稱: TctlPutWeb.ksh

程式說明：

將颱風資料傳送至 web server。

執行前的準備工作：

確定所欲傳送的颱風資料存在。

執行時機：

當颱風資料備妥時。

使用方式：

TctlPutWeb.ksh yyyyymmdd Typhoon_Name

Example: TctlPutWeb.ksh 20040521 KUAJIRA

使用說明：

無。

程式編號: CtlP009 程式名稱: TctlPurge.ksh

程式說明:

清除過期的颱風資料。

執行前的準備工作:

無。

執行時機:

定時啟動或視需要時手動執行。

使用方式:

TctlPutWeb.ksh DataCategory yyyyymmdd

Example: TctlPutWeb.ksh Rain 20040519

使用說明:

DataCategory: Rain/Radar。

程式編號: CtlP010 程式名稱: TctlZipdata.ksh

程式說明:

颱風資料壓縮程式。

執行前的準備工作:

確定所欲壓縮的資料存在。

執行時機:

由其它 shell 程式呼叫執行或視需要時手動執行。

使用方式:

TctlZipdata.ksh DataCategory

Example: TctlZipdata.ksh Satellite

使用說明:

DataCategory: Radar/Rain/Satellite/Skewt/Warnings/Weather_map

程式編號: CtlP011 程式名稱: TSrcBack.ksh

程式說明：

原始碼備份程式。將原始程式碼及必要資料備份至所定義的備份位置。

執行前的準備工作：

確定所欲備份的資料存在。

執行時機：

定時啟動或視需要時手動執行。

使用方式：

TSrcBack.ksh

使用說明：

無。

4.4.2 颱風資料庫查詢網頁程式說明

請參閱各 PHP 網頁程式內的註解說明文字。

4.5 颱風資料建構資料檔清單

4.5.1 颱風資料設定檔清單

颱風資料設定檔

系統/子系統代號： TDB 填寫人： 陳金輝 日期： 93/10/19
系統/子系統名稱： 防災颱風資料庫網頁系統

\$WEB=Web資料主目錄

程式名稱	路徑	資料檔簡要說明
copyright.txt	\$WEB/conf	著作權聲明內容檔
news.txt	\$WEB/conf	最新消息內容檔
Radar.txt	\$WEB/conf	雷達名稱對應與存取權限設定檔
Satellite.txt	\$WEB/conf	衛星名稱對應與存取權限設定檔
Skewt.txt	\$WEB/conf	斜溫圖存取權限對應設定檔
T2d_setting.cfg	\$WEB/conf	2D 選取圖設定檔
TFS.txt	\$WEB/conf	颱風預報模式產品存取權限對應設定檔
Weather_map.txt	\$WEB/conf	綜觀天氣圖存取權限對應設定檔

4.5.2 颱風資料庫網站js設定檔清單

j s 程 式 清 單

系統/子系統代號： TDB 填寫人： 陳金輝 日期： 93/10/19
系統/子系統名稱： 防災颱風資料庫網頁系統

\$WEB=Web資料主目錄

程式名稱	路徑	資料檔簡要說明
tree_format.js	\$WEB/css	樹狀選單參數設定檔
tree_nodes.js	\$WEB/css	樹狀選單樣式預設檔
tree_nodes_admin.js	\$WEB/css	樹狀選單管理帳號樣式設定檔(選取颱風後)
tree_nodes_cwb.js	\$WEB/css	樹狀選單氣象局帳號樣式設定檔
tree_nodes_gen.js	\$WEB/css	樹狀選單一般使用者樣式設定檔
tree_nodes_op.js	\$WEB/css	樹狀選單作業帳號樣式設定檔(選取颱風後)

tree_nodes_res.js	\$WEB/css	樹狀選單研究帳號樣式設定檔
tree_nodes_preadmin.js	\$WEB/css	樹狀選單管理帳號樣式設定檔(選取颱風前)
tree_nodes_precwb.js	\$WEB/css	樹狀選單氣象局帳號樣式設定檔(選取颱風前)
tree_nodes_preop.js	\$WEB/css	樹狀選單作業帳號樣式設定檔(選取颱風前)
tree_nodes_preres.js	\$WEB/css	樹狀選單研究用帳號樣式設定檔(選取颱風前)

4.6 操作訊息清單

操作訊息清單

系統/子系統代號：TDB 填寫人：陳金輝 日期：93/11/11
系統/子系統名稱：防災颱風資料庫網頁系統

訊息編號	訊息內容	訊息說明	備註
TDBM001	您的網頁瀏覽器不支援 頁框	網頁瀏覽器不支援頁框功能	
TDBM002	你選擇的颱風無此資料!!	使用者所選擇的颱風無此資料項目	
TDBM003	帳號申請完成!	新帳號申請完成	
TDBM004	帳號有效期限已延長!	過期帳號申請通過	
TDBM005	需先同意著作權規範，才可申請帳號!"	著作權規範畫面，使用者按下「不同意」時顯示訊息。	
TDBM006	欄位未填寫，請填入您的 field	field 代表未填寫的欄位名稱	
TDBM007	請選擇 field	field 代表未填寫的欄位名稱	
TDBM008	颱風資料新增完成!	颱風資料新增完成	
TDBM009	颱風資料修改完成!	颱風資料修改完成	
TDBM010	颱風資料已刪除!	颱風資料已刪除	
TDBM011	帳號資料新增完成!	帳號資料新增完成	
TDBM012	帳號資料修改完成!	帳號資料修改完成	
TDBM013	帳號資料已刪除!	帳號資料已刪除	
TDBM014	請選擇一個颱風!	未選擇任何颱風	

表 4-4 操作訊息清單

5. 系統運作及維護

5.1 系統安裝程序

本系統安裝程序分為以下幾部分，分別為：

1. 颱風資料庫資料接收主機安裝
 - (1) 程式安裝：將程式壓縮檔 typhsrc.tar.gz 解開即可
 - (2) MySQL 資料庫安裝
 - (3) 建立資料庫系統帳號
2. 颱風資料庫網站伺服器主機安裝
 - (1) 程式安裝：將程式壓縮檔 typhsrc.tar.gz 解開即可
 - (2) MySQL 資料庫安裝
 - (3) 建立資料庫系統帳號。

5.2 系統控制程序

本系統的定時啟動的作業，如定時新颱風的檢查作業、定時資料備份，將藉由 UNIX 的 Cron 功能來達成。

1. 啟動：系統管理人員可執行 `crontab $HOME/etc/TCron.cfg` 加入定時啟動作業。
2. 查詢定時作業：`crontab -l`。
3. 編輯定時作業：`crontab -e`。
4. 移除定時作業：`crontab -r`。

5.3 檔案保護方法及安全性設計

系統建置於 Linux 環境下，以 Linux 提供的系統安全性為基礎。為保護本系統的檔案不被隨意修改，系統及檔案的目錄權限設定為只有本帳號人員才能修改。為保護本系統的程式不會遭不當使用，src 以下的目錄及檔案僅可被本帳號人員讀取。

本系統的目的在提供資料給經由 WWW 連線的使用者讀取，因此允許資料被取用，但是資料內容不會被修改。

5.4 網頁建構檔維護

5.4.1 copyright.txt

1. 用途：顯示於颱風資料庫網站上帳號申請前，清楚告知使用者本網站之相關著作權法規範內容。
2. 建構方式：直接儲存成一般文字檔。
3. 維護時機：本網站著作權法相關規範有所變更時。

5.4.2 news.txt

1. 用途：顯示於颱風資料庫網站上之最新消息。
2. 建構方式：直接儲存成一般文字檔。
3. 維護時機：本網站最新消息有所變更時。

5.4.3 Radar.txt

1. 用途：雷達資料設定與相關瀏覽權限設定。
2. 建構方式：
 - (1) 以單一雷達的單一圖檔型態為一筆資料。
 - (2) 不同資料以「:」隔開。
 - (3) 同一筆資料以「,」隔開。
 - (4) 每一筆資料記錄包括:雷達名稱、圖檔型態、中文名稱、啟用年份、終止年份、觀看權限。
 - (5) 雷達資料變更時，直接修改該建構檔即可。
 - (6) 設定檔內容如下所示：

MOSA,CV,合成,2000,2002,gen:

RCCG,CV,台南,2002,2002,res:

RCKT,CV,高雄墾丁,2002,2002,res:

RCWF,CV,五分山,2000,2002,res:

RCTP,CV,中正機場,2002,2002,res:

RCHD,CV,花蓮,2002,2002,res:

RCHL,CV,花蓮傳統,1982,2001,res:

RCKS,CV,高雄傳統,2000,2001,res:

RCWF,PPI,五分山,2000,2001,res:

RCTP,EDP,中正機場,1982,1999,res:
RCTP,ENP,中正機場,1982,1999,res:
RCHL,PPI,花蓮傳統,2000,2001,res:
RCHL,CAPPI,花蓮傳統,2000,2001,res:
RCKS,PPI,高雄傳統,2000,2001,res:
RCKS,CAPPI,高雄傳統,2000,2001,res

3. 維護時機：雷達資料變更或讀取權限變更時。

5.4.4 Satellite.txt

1. 用途：衛星資料設定與相關瀏覽權限設定。
2. 建構方式：
 - (1) 以主型態搭配次型態為一筆資料。
 - (2) 不同資料以「:」隔開。
 - (3) 同一筆資料以「,」隔開。
 - (4) 每一筆資料記錄包括:主型態、次型態、顯示名稱、觀看權限。
 - (5) 設定檔內容如下所示：

IR1,FDK,IR1_FDK,res:
IR1,LCC,IR1_LCC,gen:
IR3,FDK,IR3_FDK,res:
IR3,LCC,IR3_LCC,res:
VIS,FDK,VIS_FDK,res:
VIS,LCC,VIS_LCC,res

3. 維護時機：衛星資料變更或讀取權限變更時。

5.4.5 Skewt.txt

1. 用途：斜溫圖資料設定與相關瀏覽權限設定。
2. 建構方式：
 - (1) 以一個觀測站編號為一筆資料。
 - (2) 不同資料以「:」隔開。
 - (3) 同一筆資料以「,」隔開。
 - (4) 每一筆資料記錄包括:檔名參照用觀測站編號、完整觀測站編號、觀看權限。
 - (5) 設定檔內容如下所示：

59134,res:
59265,res:

```
59280,res:
59316,res:
59431,res:
46692,res:
46699,res:
46734,res:
46750,res:
46780,res:
46810,res:
46902,res:
58134,res:
58265,res:
58280,res:
58316,res:
58431,res:
58847,res:
```

3. 維護時機：斜溫圖資料變更或讀取權限變更時。

5.4.6 T2d_setting.cfg

1. 用途：2D 選取圖基本設定。
2. 建構方式：
 - (1) 變數名稱=變數值。
 - (2) “#”字號開頭為註解行。
 - (3) 變數名稱不可變更。
 - (4) 設定檔內容如下所示：

```
# 東經起點, 終點
```

```
lonFrom=100
```

```
lonTo=160
```

```
# 北緯起點, 終點
```

```
latFrom=45
```

```
latTo=0
```

```
# 圖檔的寬, 高
```

```
imgWidth=600
```

```
imgHeight=450
```

```
# 輸出路徑/檔案名稱
```

output=/tmp/test.png

3. 維護時機：基本資料需要變更時。

5.4.7 TFS.txt

1. 用途：颱風預報模式產品設定與相關瀏覽權限設定。
2. 建構方式：
 - (1) 以網格大小、tau、分析場/預報場/風場的不同為一筆資料。
 - (2) 不同資料以「:」隔開。
 - (3) 同一筆資料以「,」隔開。
 - (4) 每一筆資料記錄包括：網格大小、tau、分析場/預報場/風場、觀看權限。
 - (5) 設定檔內容如下所示：
HA,,H5,TRK,cwb:
HA,,H5,BST,cwb:
HA,,PS,TRK,cwb:
HA,,PS,BST,cwb:
HA,,V7,TRK,cwb:
HA,,V7,BST,cwb:
HA,,V8,TRK,cwb:
HA,,V8,BST,cwb:
ZA,,H5,TRK,cwb:
ZA,,H5,BST,cwb:
ZA,,PS,TRK,cwb:
ZA,,PS,BST,cwb:
ZA,,V7,TRK,cwb:
ZA,,V7,BST,cwb:
ZA,,V8,TRK,cwb:
ZA,,V8,BST,cwb:
HA,000,A01,HA,cwb:
HA,000,D2B,HA,cwb:
HA,000,E2B,HA,cwb:
HA,000,F00,HA,cwb:
HA,000,F2B,HA,cwb:
HA,000,G2B,HA,cwb:
HA,012,A01,C2B,cwb:
HA,012,D00,D2B,cwb:
HA,012,E00,E2B,cwb:
HA,012,F00,,cwb:

HA,012,F00,F2B,cwb:
HA,012,G00,G2B,cwb:
HA,024,A01,C2B,cwb:
HA,024,D00,D2B,cwb:
HA,024,E00,E2B,cwb:
HA,024,F00,,cwb:
HA,024,F00,F2B,cwb:
HA,024,G00,G2B,cwb:
HA,036,A01,C2B,cwb:
HA,036,D00,D2B,cwb:
HA,036,E00,E2B,cwb:
HA,036,F00,,cwb:
HA,036,F00,F2B,cwb:
HA,036,G00,G2B,cwb:
HA,048,A01,C2B,cwb:
HA,048,D00,D2B,cwb:
HA,048,E00,E2B,cwb:
HA,048,F00,,cwb:
HA,048,F00,F2B,cwb:
HA,048,G00,G2B,cwb:
HA,060,A01,C2B,cwb:
HA,060,D00,D2B,cwb:
HA,060,E00,E2B,cwb:
HA,060,F00,,cwb:
HA,060,F00,F2B,cwb:
HA,060,G00,G2B,cwb:
HA,072,A01,C2B,cwb:
HA,072,D00,D2B,cwb:
HA,072,E00,E2B,cwb:
HA,072,F00,,cwb:
HA,072,F00,F2B,cwb:
HA,072,G00,G2B,cwb:
HA,084,A01,C2B,cwb:
HA,084,D00,D2B,cwb:
HA,084,E00,E2B,cwb:
HA,084,F00,,cwb:
HA,084,F00,F2B,cwb:
HA,084,G00,G2B,cwb:

HA,096,A01,C2B,cwb:
HA,096,D00,D2B,cwb:
HA,096,E00,E2B,cwb:
HA,096,F00,,cwb:
HA,096,F00,F2B,cwb:
HA,096,G00,G2B,cwb:
ZA,000,A01,Z9,cwb:
ZA,000,D2B,Z9,cwb:
ZA,000,E2B,Z9,cwb:
ZA,000,F00,Z9,cwb:
ZA,000,F2B,Z9,cwb:
ZA,000,G2B,Z9,cwb:
ZA,000,A01,ZB,cwb:
ZA,000,D2B,ZB,cwb:
ZA,000,E2B,ZB,cwb:
ZA,000,F00,ZB,cwb:
ZA,000,F2B,ZB,cwb:
ZA,000,G2B,ZB,cwb:
ZA,000,A01,ZO,cwb:
ZA,000,D2B,ZO,cwb:
ZA,000,E2B,ZO,cwb:
ZA,000,F00,ZO,cwb:
ZA,000,F2B,ZO,cwb:
ZA,000,G2B,ZO,cwb:
ZA,000,A01,ZA,cwb:
ZA,000,D2B,ZA,cwb:
ZA,000,E2B,ZA,cwb:
ZA,000,F00,ZA,cwb:
ZA,000,F2B,ZA,cwb:
ZA,000,G2B,ZA,cwb:
ZA,000,YYS,ZM,cwb:
ZA,000,YZS,ZM,cwb:
ZA,012,A01,C2B,cwb:
ZA,012,D00,D2B,cwb:
ZA,012,E00,E2B,cwb:
ZA,012,F00,,cwb:
ZA,012,F00,F2B,cwb:
ZA,012,G00,G2B,cwb:

ZA,024,A01,C2B,cwb:
ZA,024,D00,D2B,cwb:
ZA,024,E00,E2B,cwb:
ZA,024,F00,,cwb:
ZA,024,F00,F2B,cwb:
ZA,024,G00,G2B,cwb:
ZA,036,A01,C2B,cwb:
ZA,036,D00,D2B,cwb:
ZA,036,E00,E2B,cwb:
ZA,036,F00,,cwb:
ZA,036,F00,F2B,cwb:
ZA,036,G00,G2B,cwb:
ZA,048,A01,C2B,cwb:
ZA,048,D00,D2B,cwb:
ZA,048,E00,E2B,cwb:
ZA,048,F00,,cwb:
ZA,048,F00,F2B,cwb:
ZA,048,G00,G2B,cwb:
ZA,060,A01,C2B,cwb:
ZA,060,D00,D2B,cwb:
ZA,060,E00,E2B,cwb:
ZA,060,F00,,cwb:
ZA,060,F00,F2B,cwb:
ZA,060,G00,G2B,cwb:
ZA,072,A01,C2B,cwb:
ZA,072,D00,D2B,cwb:
ZA,072,E00,E2B,cwb:
ZA,072,F00,,cwb:
ZA,072,F00,F2B,cwb:
ZA,072,G00,G2B,cwb:
ZA,084,A01,C2B,cwb:
ZA,084,D00,D2B,cwb:
ZA,084,E00,E2B,cwb:
ZA,084,F00,,cwb:
ZA,084,F00,F2B,cwb:
ZA,084,G00,G2B,cwb:
ZA,096,A01,C2B,cwb:
ZA,096,D00,D2B,cwb:

ZA,096,E00,E2B,cwb:

ZA,096,F00,,cwb:

ZA,096,F00,F2B,cwb:

ZA,096,G00,G2B,cwb

3. 維護時機：颱風預報模式產品變更或讀取權限變更時。

5.4.8 Weather_map.txt

1. 用途：綜觀天氣圖資料設定與相關瀏覽權限設定。
2. 建構方式：
 - (1) 以一個觀測站編號為一筆資料。
 - (2) 不同資料以「:」隔開。
 - (3) 同一筆資料以「,」隔開。
 - (4) 每一筆資料記錄包括:檔名參照用編號、天氣圖類型、觀看權限。
 - (5) 設定檔內容如下所示：
200,200mb,res:
300,300mb,res:
500,500mb,res:
700,700mb,gen:
850,850mb,res:
925,925mb,res:
sfc,地面,gen

3. 維護時機：綜觀天氣圖資料變更或讀取權限變更時。

5.4.9 tree_format.js

1. 用途：颱風資料庫網站左方樹狀選單參數設定檔。
2. 建構方式：直接設定數值。
3. 維護時機：樹狀選單顯示介面欲變更時。

5.4.10 tree_nodes_*.js

1. 檔案包含：tree_format.js、tree_nodes.js、tree_nodes_admin.js、tree_nodes_cwb.js、tree_nodes_gen.js、tree_nodes_op.js、tree_nodes_res.js、tree_nodes_preadmin.js、tree_nodes_precwb.js、tree_nodes_preop.js、tree_nodes_preres.js
2. 用途：颱風資料庫網站左方不同使用者層級的樹狀選單樣式預設檔。
3. 建構方式：

(1) 每行三個欄位，分別為：連結項目名稱、連接項目網址、顯示視窗名稱。

(2) 如：['中央氣象局', 'http://www.cwb.gov.tw', 'bodyFrame']，表示連結中央氣象局網站，網址為<http://www.cwb.gov.tw>，顯示視窗為bodyFrame(主視窗)。

4. 維護時機：樹狀選單有項目變更時。

5.5 資料庫維護

資料庫表格清單

系統/子系統代號	TDB	填寫人	陳金輝	日期	93/11/03
系統/子系統名稱	防災颱風資料庫網頁系統	資料庫名稱	TYDBS		

表格編號	表格名稱	表格說明	型態	所在位置	備註
TDBT001	typhoon	颱風資料	Table	TYDBS	
TDBT002	user	使用者資料	Table	TYDBS	
TDBT003	warnings	海陸上颱風警報資料	Table	TYDBS	
TDBT004	46_site	局屬氣象站資料	Table	TYDBS	
TDBT005	obs_site	自動雨量站資料	Table	TYDBS	
TDBT006	system	系統資訊	Table	TYDBS	
TDBT007	2d_select	2D 選取颱風路徑資料	Table	TYDBS	

表 5-1 資料庫表格清單

資料庫表格說明

系統/子系統代號	TDB	填寫人	陳金輝	日期	93/11/03
系統/子系統名稱	防災颱風資料庫網頁系統	資料庫名稱	TYDBS		
表格編號	TDBT001	表格名稱	Typhoon		
表格特性描述	西北太平洋颱風資料				
用途	紀錄所有西太平洋颱風相關資料（包括有發和未發警報之颱風資料）				

欄位名稱	中文名稱	資料型態	Allow Null	Allowed values	Unique	說明
num	颱風編號	Varchar(11)	N		Y	主鍵值
occur_year	颱風形成年	Smallint(4)	N		N	
occur_month	颱風形成月	Smallint(2)	N		N	
occur_day	颱風形成日	Smallint(2)	N		N	
occur_place	颱風形成區域	Varchar(30)	Y			
begin_year	颱風侵台年	Smallint(4)	Y		N	
begin_month	颱風侵台月	Smallint(2)	Y		N	
begin_day	颱風侵台日	Smallint(2)	Y		N	
e_name	颱風英文名稱	Varchar(15)	N		N	
c_name	颱風中文名稱	Varchar(16)	N		N	
intensity	颱風影響期間 最大強度	Char(2)	Y		N	
track_1	颱風路徑分類	Char(2)	Y		N	
track_2	颱風路徑分類 (王時鼎)	Char(2)	Y		N	
min_p	中心最低氣壓	Float(6,1)	Y		N	
max_w	中心最大風速	Float(5,1)	Y		N	
range7	七級風最大半徑	Smallint(4)	Y		N	
range10	十級風最大半徑	Smallint(4)	Y		N	
debarkation	颱風登陸地點	Varchar(30)	Y		N	
movement	颱風動態	Text	Y		N	
hazard	災情	Text	Y		N	
status	狀態	Tinyint(2)	N		N	
update_time	更新時間	Timestamp(14)	N		N	

warning_num	發佈警報次數	Tinyint(2)	N		N	
-------------	--------	------------	---	--	---	--

表 5-2 颱風表格 Schema

資料庫表格說明

系統/子系統代號	TDB	填寫人	陳金輝	日期	93/11/03
系統/子系統名稱	防災颱風資料庫網頁系統	資料庫名稱	TYDBS		
表格編號	TDBT002	表格名稱	User		
表格特性描述	使用者資料				
用途	紀錄颱風資料庫網頁使用者資料，並利用權限欄位限制所能瀏覽的網頁				

欄位名稱	中文名稱	資料型態	Allow Null	Allowed values	Unique	說明
acct	使用者帳號	Varchar(20)	N		Y	主鍵值
passwd	使用者密碼	Varchar(20)	N		N	
name	使用者姓名	Varchar(20)	N		N	
tel	使用者電話	Varchar(20)	N		N	
email	使用者電子信箱	Varchar(30)	N		N	
org	使用者單位	Varchar(40)	N		N	
purpose	資料用途	Varchar(60)	N		N	
level	帳號層級	Tinyint(1)	Y		N	
copyright	著作權	Tinyint(1)	Y		N	
last_login	使用者最後登入 IP	Char(15)	Y		N	
last_time	使用者最後登入 時間	Timestamp(14)	Y		N	
expire	帳號過期與否	Tinyint(1)	N		N	
expire_year	帳號時效年	Smallint(4)	Y		N	
expire_month	帳號時效月	Smallint(2)	Y		N	
expire_day	帳號時效日	Smallint(2)	Y		N	
update_time	更新時間	Timestamp(14)	Y		N	
identity	身份	Char(3)	N		N	

表 5-3 使用者表格 Schema

資料庫表格說明

系統/子系統代號	TDB	填寫人	陳金輝	日期	93/11/03
系統/子系統名稱	防災颱風資料庫網頁系統	資料庫名稱	TYDBS		
表格編號	TDBT003	表格名稱	Warnings		
表格特性描述	海陸上颱風警報資料				
用途	紀錄颱風海陸上颱風之編號、警報發佈時間、警報解除時間、強度				

欄位名稱	中文名稱	資料型態	Allow Null	Allowed values	Unique	說明
num	颱風編號	Varchar(11)	N		Y	主鍵值
w_year	警報發佈年	Smalint(4)	N		N	
w_month	警報發佈月	Smalint(2)	N		N	
w_day	警報發佈日	Smalint(2)	N		N	
w_hour	警報發佈時	Smalint(2)	N		N	
w_min	警報發佈分	Smalint(2)	N		N	
w_type	警報類型(陸海)	Varchar(4)	N		N	
l_year	警報解除年	Smalint(4)	N		N	
l_month	警報解除月	Smalint(2)	N		N	
l_day	警報解除日	Smalint(2)	N		N	
l_hour	警報解除時	Smalint(2)	N		N	
l_min	警報解除分	Smalint(2)	N		N	
intensity	警報發佈颱風強度	Char(2)	N		N	
update_time	更新時間	Timestamp(14)	Y		N	

表 5-4 海陸上警報資料表格 Schema

資料庫表格說明

系統/子系統代號	TDB	填寫人	陳金輝	日期	93/11/03
系統/子系統名稱	防災颱風資料庫網頁系統	資料庫名稱	TYDBS		
表格編號	TDBT004	表格名稱	46_Site		
表格特性描述	局屬氣象站資料				
用途	紀錄局屬氣象站所在地區資料				

欄位名稱	中文名稱	資料型態	Allow Null	Allowed values	Unique	說明
site_num	局屬站編號	Varchar(6)	N		Y	主鍵值
site_location	局屬站城市	Varchar(10)	N		N	
site_altitude	局屬站海拔高度	Char(7)	N		N	
site_longitude	局屬站經度	Char(15)	N		N	
site_latitude	局屬站緯度	Char(15)	N		N	
update_time	更新時間	Timestamp(14)	Y		N	

表 5-5 局屬氣象站地區表格 Schema

資料庫表格說明

系統/子系統代號	TDB	填寫人	陳金輝	日期	93/11/03
系統/子系統名稱	防災颱風資料庫網頁系統	資料庫名稱	TYDBS		
表格編號	TDBT005	表格名稱	OSB_Site		
表格特性描述	自動雨量站資料				
用途	紀錄自動雨量站所在地區資料				

欄位名稱	中文名稱	資料型態	Allow Null	Allowed values	Unique	說明
site_num	雨量站編號	Varchar(6)	N		Y	主鍵值
site_location	雨量站地點	Varchar(8)	N		N	
site_altitude	雨量站海拔高度	Char(7)	N		N	
site_longitude	雨量站經度	Char(15)	N		N	
site_latitude	雨量站緯度	Char(15)	N		N	
site_area	雨量站地區	Varchar(40)	N		N	
update_time	更新時間	Timestamp(14)	Y		N	

表 5-6 自動雨量站地區表格 Schema

資料庫表格說明

系統/子系統代號	TDB	填寫人	陳金輝	日期	93/11/03
系統/子系統名稱	防災颱風資料庫網頁系統	資料庫名稱	TYDBS		
表格編號	TDBT006	表格名稱	Sycetm		
表格特性描述	系統資料				
用途	紀錄系統相關資訊				

欄位名稱	中文名稱	資料型態	Allow Null	Allowed values	Unique	說明
count_num	計數器	int(7)	Y		N	

表 5-7 系統資料表格 Schema

資料庫表格說明

系統/子系統代號	TDB	填寫人	陳金輝	日期	93/11/03
系統/子系統名稱	防災颱風資料庫網頁系統	資料庫名稱	TYDBS		
表格編號	TDBT007	表格名稱	2d_select		
表格特性描述	颱風路徑資料				
用途	紀錄颱風路徑資訊				

欄位名稱	中文名稱	資料型態	Allow Null	Allowed values	Unique	說明
ename	颱風名稱	varchar(15)	N		N	
ctime	日期時間	datetime	N		N	
lon	經度	double	N		N	
lat	緯	double	N		N	

表 5-8 2D 選取颱風路徑資料表格 Schema

5.6 系統維護人員注意事項

5.6.1 zip_data_year.sh(資料壓縮之程序)

1. 功能：壓縮單一年度的颱風資料。
2. 用法：./zip_data_year.sh 西元年，如：./zip_data_year.sh 2003。
3. 使用時機：新增新颱風資料後。

5.6.2 wwwstart.sh(啟動 www 服務之常駐程序)

1. 功能：啟動 www 服務。
2. 用法：./wwwstart.sh。
3. 使用時機：重新開機或 www server 失敗時。

5.6.3 TGetDataPeriod.cfg

1. 用途：設定自動取得 FTP 資料的日期。若 TctlCheckty.ksh 的執行日期小於或等於設定檔中的日期，則執行取得、處理與傳送颱風資料的作業。
2. 建構方式：
 - (1) 西元年(四位數)月日：yyyymmdd。
 - (2) 設定檔內容如下所示：
20041104
3. 維護時機：欲修改自動取得資料的日期時。

5.6.4 TNewTyCheck.cfg

1. 用途：用於檢查是否有新颱風。若 tafis 資料庫中有新的颱風編號，則 TctlCheckty.ksh 會依照颱風名稱來建立資料目錄。
2. 建構方式：
 - (1) 颱風編號，颱風英文名稱。
 - (2) 設定檔內容如下所示：
200424 NOCK-TEN
3. 維護時機：程式自動產生，一般不需手動維護。

6. 系統軟體備份說明

6.1 資料庫

在系統正式上線後，為了安全上的考量，有必要在系統每運作一段時間後，即對整個資料庫做一次備份工作。

6.2 軟體

為了避免本系統軟體遭受人為不當的更動或硬碟發生不預期的損毀，在本系統發展環境下設定有自動作業程序，會於每天午夜自動將本系統所屬的原始碼備份至另外一個硬碟存放。當有需要回復時，可由該硬碟取回所要的檔案。

6.3 作業環境

系統運作的過程中常有建構上的變動，為了安全上的考量，有必要在系統每運作一段時間後，即對整個系統做一次作業環境的備份工作。本系統的作業環境之備份與回復作業，建議依氣象局現行的作業規定進行。

7. 使用方式

7.1 操作概念

本系統的操作概念請參閱圖 7-1與圖 7-2。

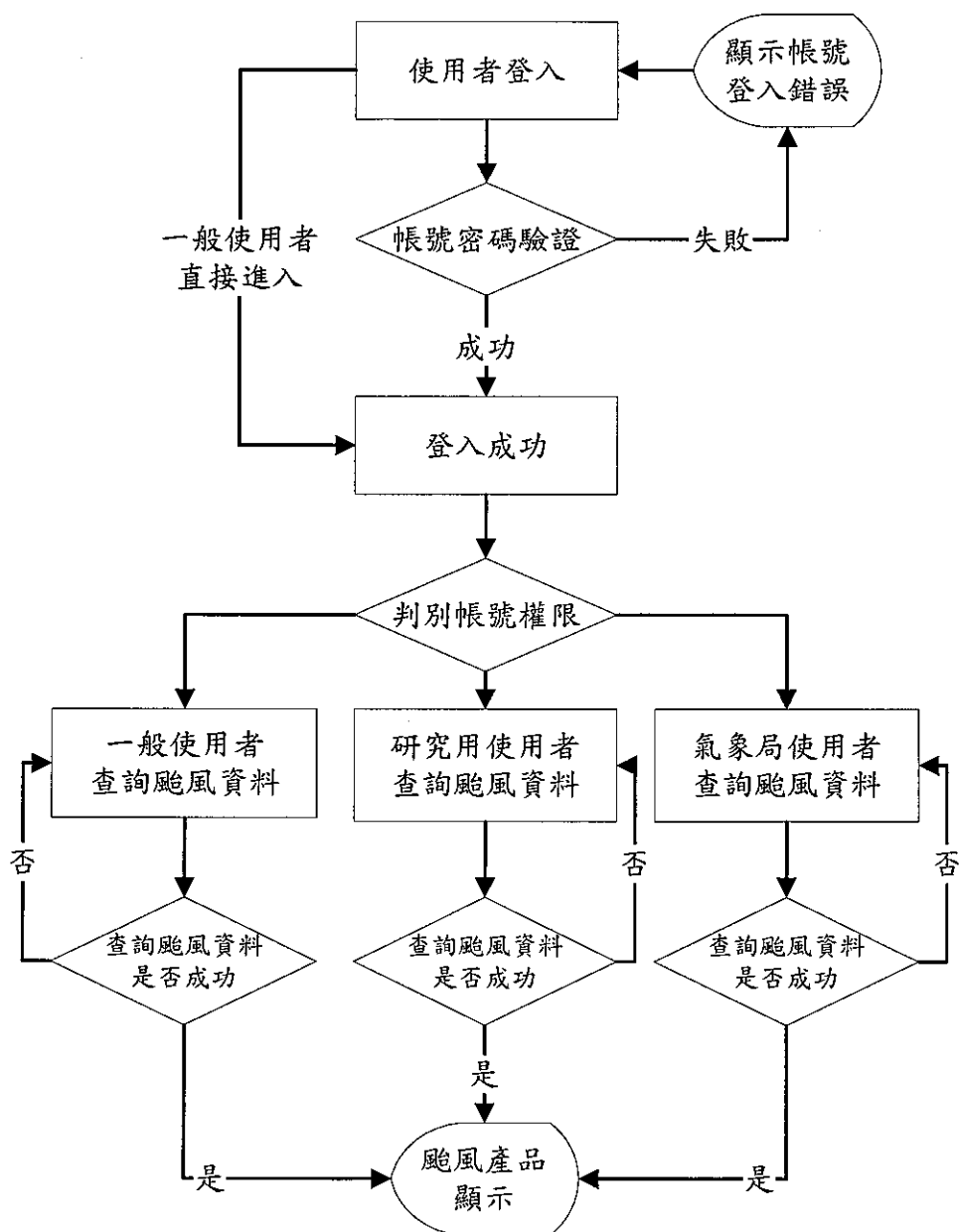


圖 7-1 網頁端使用者操作概念圖

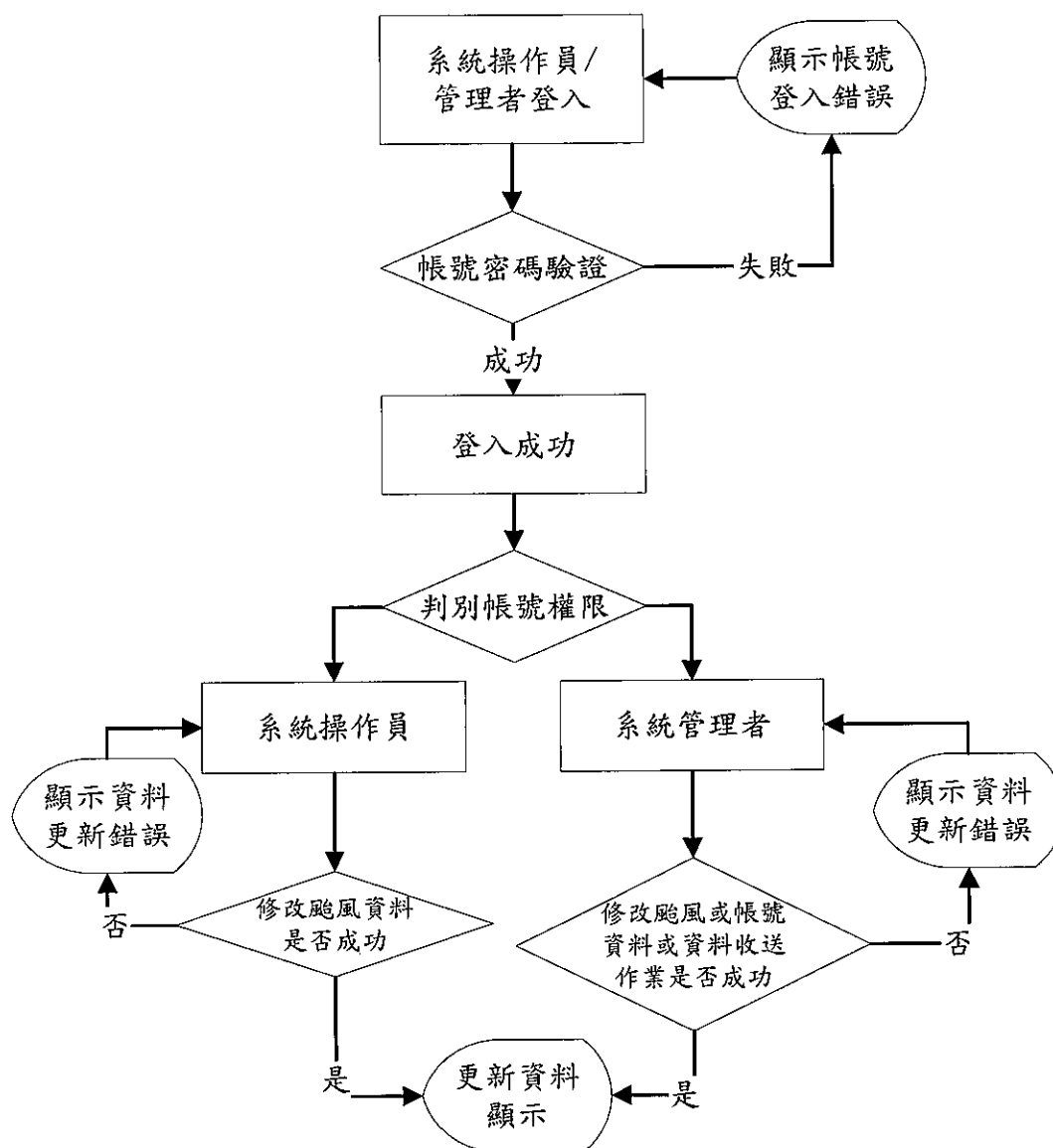


圖 7-2 系統管理者操作概念圖

7.2 啟動方式

本系統操作畫面提供管理人員、操作人員與一般人員使用，啟動本系統操作畫面的方法描述如下：

4. 開啟瀏覽器輸入<http://61.56.13.9>。
5. 一般使用者直接點選「一般使用者」連結進入。
6. 「研究用使用者」以上層級的帳號需要輸入帳號與密碼，則系統會根據不同帳號密碼判別使用者的帳號層級。

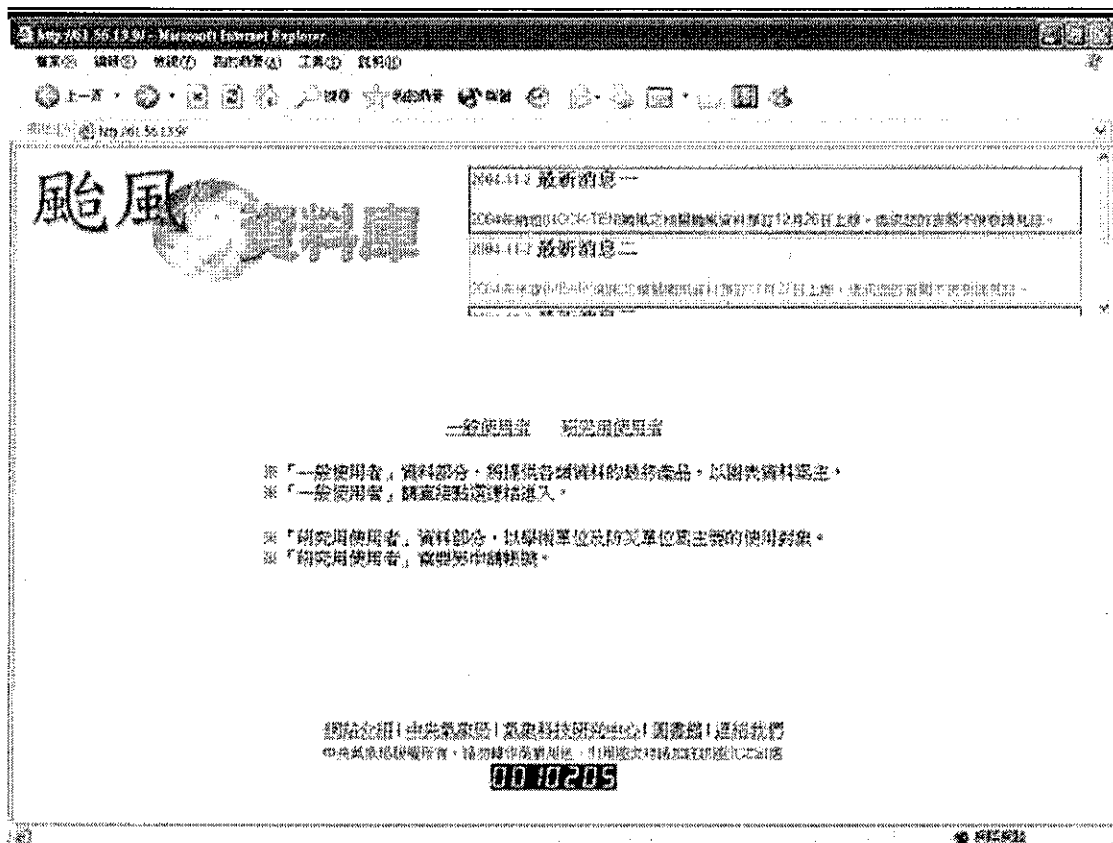


圖 7-3 系統啟動方式

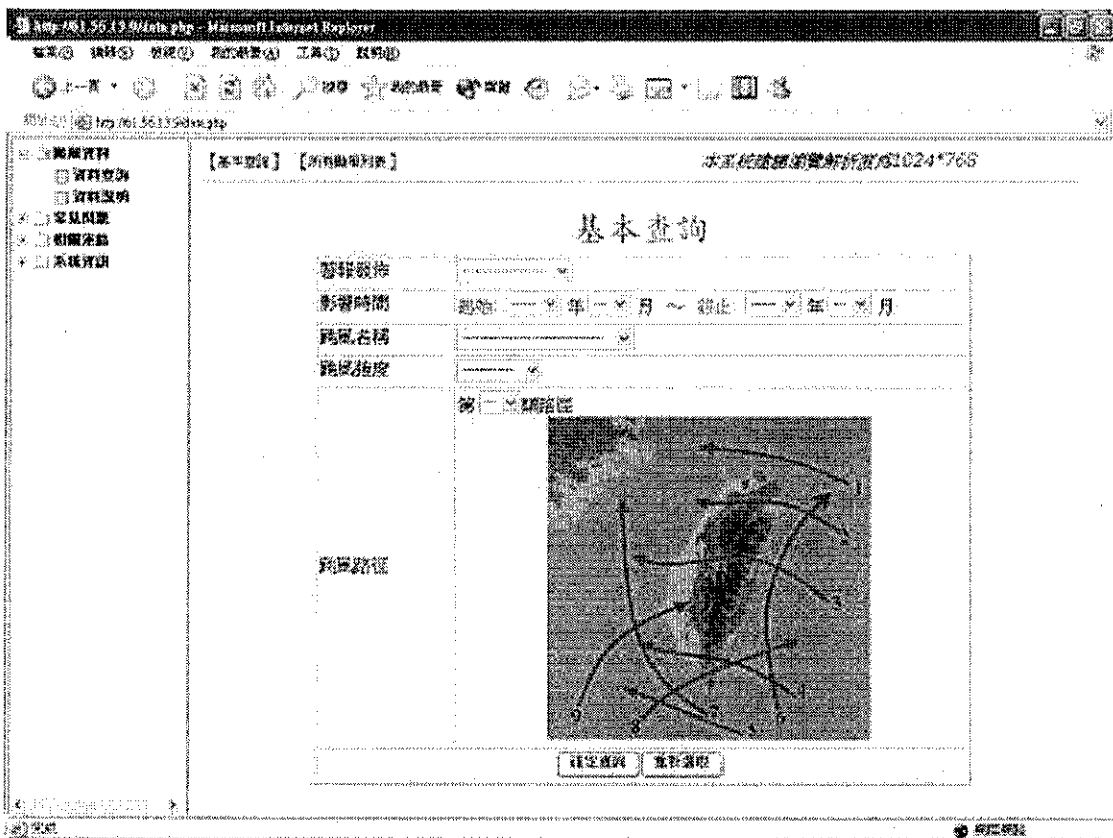


圖 7-4 系統主畫面

7.3 視窗清單

視 窗 清 單

系統/子系統代號： TDB 填寫人： 陳金輝 日期： 93/11/03

系統/子系統名稱： 防災颱風資料庫網頁系統

視窗編號	視窗說明	視窗檔案名稱
TDBW001	颱風資料庫網站首頁	Index.php
TDBW002	帳號申請、續用視窗	Apply.php
TDBW003	帳號登入後主視窗	Data.php
TDBW004	颱風資料基本查詢視窗	Query.php
TDBW005	顯示所有颱風資料視窗	Query.php
TDBW006	顯示颱風概況表視窗	ABS.php
TDBW007	顯示綜觀天氣圖視窗	Weather_map.php
TDBW008	顯示雷達圖視窗	Radar.php
TDBW009	顯示衛星雲圖視窗	Satellite.php
TDBW010	顯示斜溫圖視窗	Skewt.php
TDBW011	顯示累積雨量圖視窗	Rain.php
TDBW012	顯示颱風預報產品	TFS.php
TDBW013	顯示颱風路徑圖視窗	Track.php
TDBW014	顯示逐日/逐時測站雨量資料	Station.php
TDBW015	顯示颱風警報單視窗	Warnings.php
TDBW016	顯示颱風資料下載視窗	Download.php
TDBW017	颱風資料進階查詢視窗	2d_select.php
TDBW018	颱風資料管理視窗	Admin_typhoon.php
TDBW019	帳號資料管理視窗	Admin_user.php
TDBW020	颱風資料接收控管視窗	Admin_data.php

表 7-1 視窗清單

7.4 視窗層次架構圖

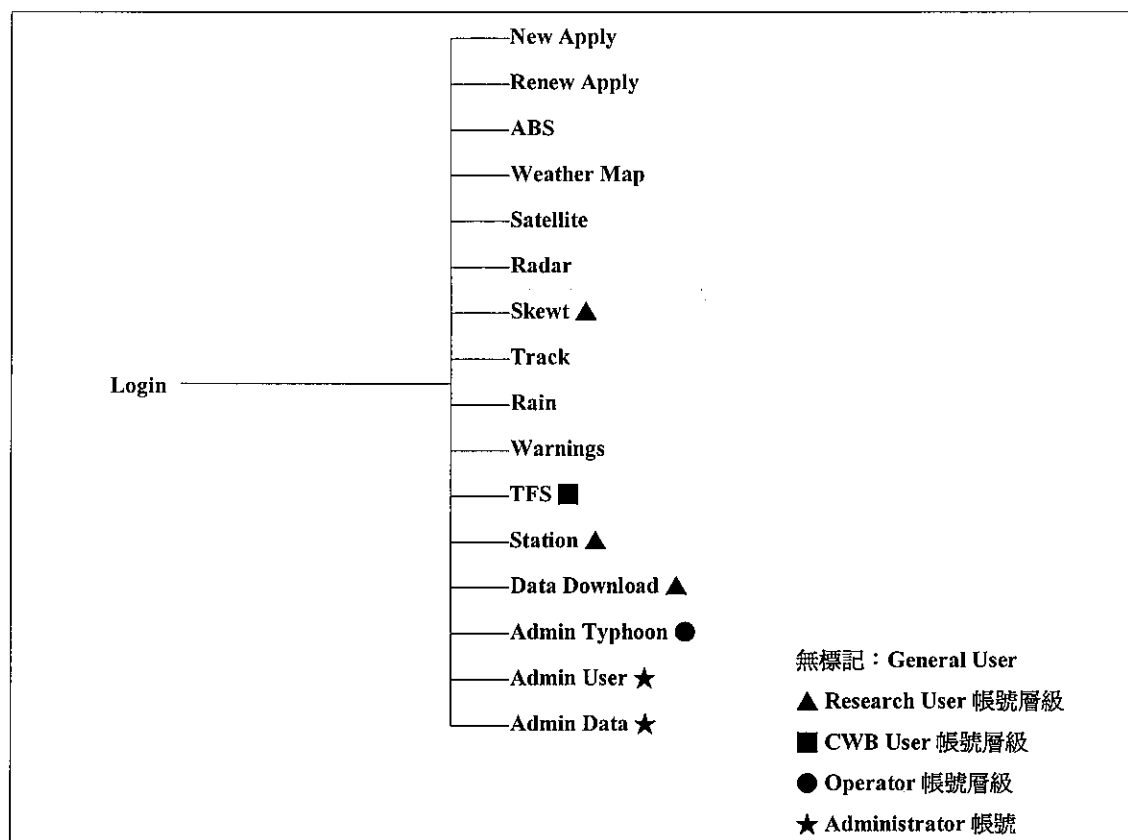


表 7-2 視窗層次結構圖

8. 作業流程及操作說明

8.1 基本操作說明

8.1.1 輸出入欄位說明

1. CheckBox

CheckBox 為正方形元件，將滑鼠移至所欲選擇項目的 CheckBox 方塊上單擊滑鼠左鍵，會看到該元件中方塊中出現「✓」，表示選擇了該項目，若再單擊滑鼠左鍵，則「✓」會消失，表示取消該項目選取。若畫面出現一組 CheckBox，作業人員可作一個以上的選擇。

2. ComboBox

ComboBox 為一矩形顯示元件，該元件右方內含一向下箭頭的四邊形，將游標移至箭頭按下滑鼠左鍵，會出現一個下拉式選單，將游標移至所欲選擇的項目後單擊滑鼠左鍵，所選擇的項目就會出現在顯示欄位中。

3. ListBox

ListBox 為一矩形元件，將滑鼠移至該元件內任一列文字上並單擊滑鼠左鍵，則該列以反白方式顯現，表示該列處於被選取狀態。有些 ListBox 可允許使用者一次選取多列，若要連續選取多列，先須在第一個欲選取列上單擊滑鼠左鍵以選取該列，然後按住 **Shift** 鍵並在最後一個欲選取列上單擊滑鼠左鍵即可；若要選取多個不連續列，先在第一個欲選取列上單擊滑鼠左鍵以選取該列，然後按住 **Ctrl** 鍵並在每一個欲選取列上單擊滑鼠左鍵即可。

4. RadioButton

RadioButton 為圓形元件，將滑鼠移至所欲選擇項目的 RadioButton 元件上單擊滑鼠左鍵，會看到該元件中間出現「•」，表示選擇了該項目，若畫面出現一組 RadioButton，使用者只能作一個選擇，也就是說，當使用者按下另一個 RadioButton，前一個按下的 RadioButton 就會回復未選擇的狀態。

5. Text

Text 為矩形元件，將滑鼠移至元件內即可輸入文字。

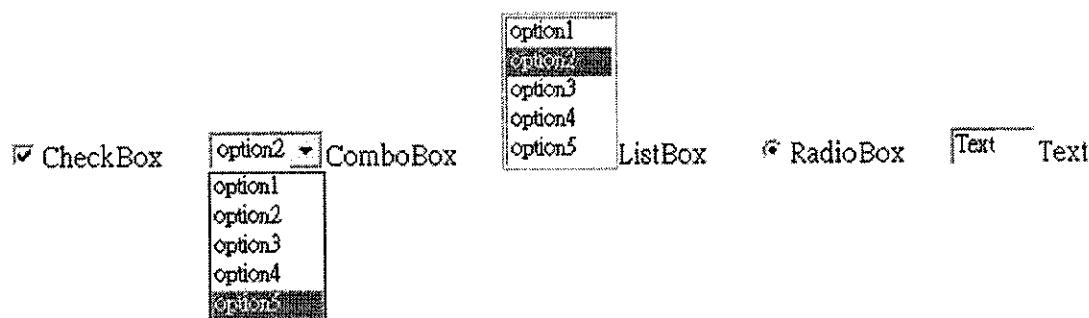


圖 8-1 輸出入欄位說明圖

8.1.2 操作鍵說明

各操作鍵，如「確定」、「取消」、「執行」等等，均如字面意義所示。只要將游標移至操作鍵上，按一下滑鼠左鍵即可執行。

8.2 帳號申請作業(一般使用者帳號層級以上使用)

8.2.1 作業流程

1. 啟動瀏覽器開啟本系統。
2. 於首頁點選「研究用使用者」連結。
3. 於颱風資料庫使用者登入頁點選「帳號申請」連結。
4. 閱讀著作權規範宣告，點選「同意」，即可進入帳號申請表單。
5. 進入帳號申請表單後，依照使用者所需，填寫上方新申請帳號表單或下方帳號序用申請表單。

8.2.2 作業說明

1. 新帳號申請：
新申請使用者請填寫此申請表單，填寫完後，系統自動開通該新申請帳號，使用期限為三個月。
2. 過期帳號申請：
當帳號超過使用期限時，可填寫此過期帳號申請表單來延長帳號使用期限三個月。

8.2.3 操作方法

1. 新使用者欲申請登入系統之帳號：

- (1) 於首頁點選「研究用使用者」連結。
- (2) 於颱風資料庫使用者登入頁點選「帳號申請」連結。
- (3) 接下來畫面出現著作權規範說明，選擇「同意」繼續帳號申請作業，選擇「不同意」則會跳離帳號申請作業。
- (4) 於畫面上方的「1.新帳號申請」，填入相關資料即可。

2. 使用者欲延長過期帳號之使用期限：

- (1) 於首頁點選「研究用使用者」連結。
- (2) 於颱風資料庫使用者登入頁點選「帳號申請」連結。
- (3) 接下來畫面出現著作權規範說明，選擇「同意」繼續帳號申請作業，選擇「不同意」則會跳離帳號申請作業。
- (4) 於畫面上方的「2.過期帳號申請」，填入原帳號與原密碼即可。

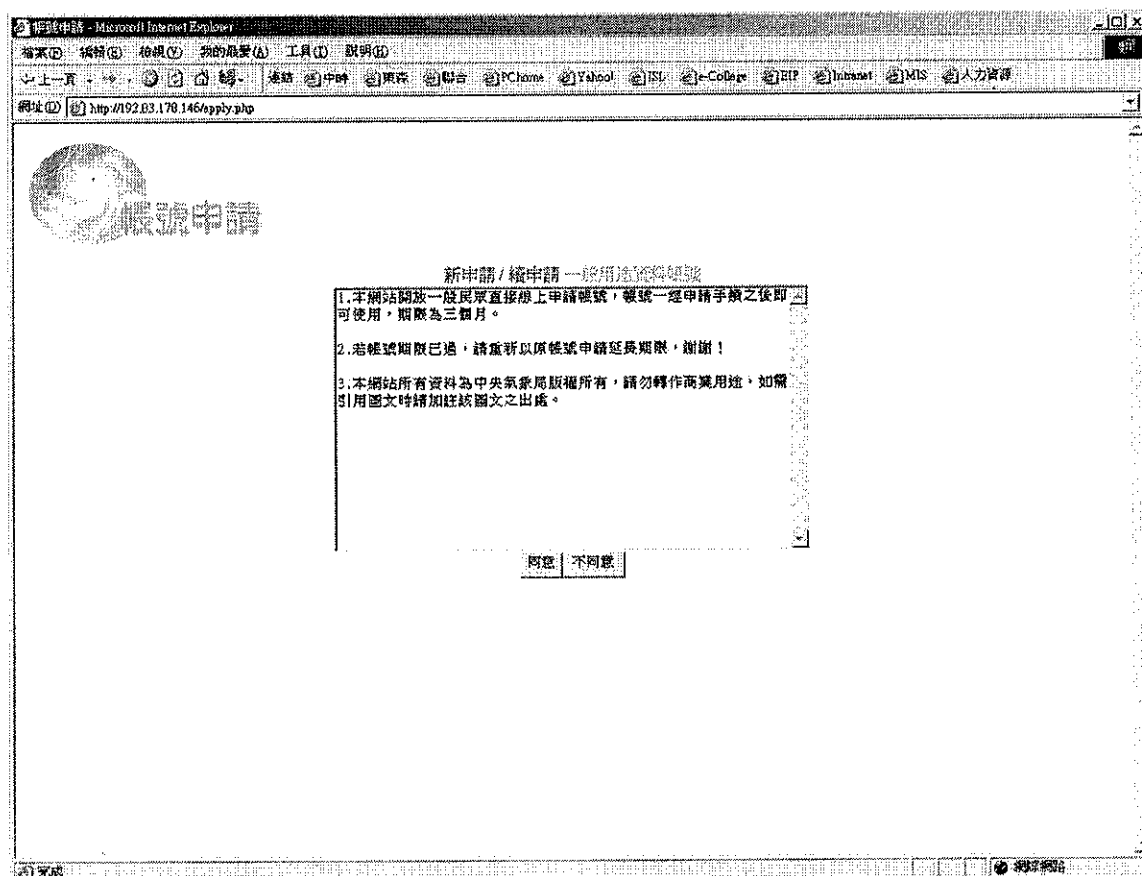


圖 8-2 著作權規範說明圖

帳號申請

1、新帳號申請

姓名:

電話:

服務單位:

電子信箱:

身份類別:

資料用途:

使用者帳號:

使用者密碼:

密碼確認:

2、過期帳號申請(請以舊帳號登入)

帳號:

密碼:

圖 8-3 帳號申請圖

8.3 基本查詢作業

8.3.1 作業流程

1. 啟動瀏覽器開啟本系統。
2. 使用者於首頁直接進入系統或輸入帳號與密碼登入系統，此時主畫面顯示即為基本查詢視窗。
3. 進入系統後，於左方樹狀選單點選「颱風資料」分類內的「資料查詢」選項，畫面右方會出現基本查詢視窗。

8.3.2 作業說明

資料查詢分「基本查詢」、「進階查詢」和「所有颱風列表」。92 年度完成基本查詢與所有颱風列表，93 年度完成進階查詢。

1. 基本查詢：

提供使用者以「發佈颱風警報與否」、「颱風影響時間」、「颱風名稱」、「颱風強度」和「颱風路徑」等查詢條件來查詢颱風資料。

2. 所有颱風列表：

顯示從 1949 年迄今所有颱風相關資料之列表。

8.3.3 操作說明

1. 基本查詢：

(1) 於基本查詢畫面，以下列欄位依據需求，包括：「發佈颱風警報與否」、「颱風影響時間」、「颱風名稱」、「颱風強度」和「颱風路徑」，選擇至少一項以上篩選條件，執行颱風的篩選。

(2) 只選擇一項篩選條件時，只會依據該條件來篩選，若選擇兩項以上條件時，則會將所有條件以交集方式篩選颱風。

(3) 「颱風影響時間」的選擇，有幾種方式，包含：

a. 只選擇啟始年月與終止年月：

如：啟始年選 2002

如：啟始月選 01

如：終止年選 2003

如：終止月選 12

篩選會以符合「2002 年 1 月～2003 年 12 月」條件來篩選。

b. 只選擇啟始年月：

如：啟始年選 2003

如：啟始月選 07

篩選會以符合「2003 年 7 月」條件來篩選。

c. 只選擇終止年月：

如：終止年選 2003

如：終止月選 07

篩選會以符合「2003 年 7 月」條件來篩選。

d. 只選擇啟始年：

如：啟始年選 2003

篩選會以符合「2003 年之所有月」條件來篩選。

e. 只選擇終止年：

如：終止年選 2003

篩選會以符合「2003 年之所有月」條件來篩選。

f. 只選擇啟始月：

如：啟始月選 07

篩選會以符合「所有年之 7 月」條件來篩選。

g. 只選擇終止月：

如：終止月選 07

篩選會以符合「所有年之 7 月」條件來篩選。

h. 只選擇於啟始年或終止年月：

如：啟始年選 2002

如：終止年選 2003

如：終止月選 07

篩選會以符合「2002 年 7 月、2003 年 7 月」條件來篩選。

i. 只選擇啟始年與終止年：

如：啟始年選 2002

如：終止年選 2003

篩選會以符合「2002 年～2003 年」條件來篩選。

j. 只選擇啟始年與終止月：

如：啟始年選 2003

如：終止月選 07

篩選會以符合「2003 年 7 月」條件來篩選。

k. 只選擇啟始月與終止年：

如：啟始月選 07

如：終止年選 2003

篩選會以符合「2003 年 7 月」條件來篩選。

l. 只選擇啟始月與終止月：

如：啟始月選 07

如：終止月選 09

篩選會以符合「所有年之 7 月～9 月」條件來篩選。

m. 只選擇啟始年月與終止年：

如：啟始年選 2002

如：啟始月選 07

如：終止年選 2003

篩選會以符合「2002 年 7 月、2003 年 7 月」條件來篩選。

n. 只選擇啟始年月與終止月：

如：啟始年選 2002

如：啟始月選 07

如：終止月選 09

篩選會以符合「2002 年 7 月～2003 年 9 月」條件來篩選。

o. 只選擇啟始月與終止年月：

如：啟始月選 07

如：終止年選 2003

如：終止月選 09

篩選會以符合「2003 年 7 月～2003 年 9 月」條件來篩選。

(4) 篩選出颱風後，會列出符合篩選條件的颱風，欲取得颱風詳細資料，可點選「颱風中文名稱」欄位即可。

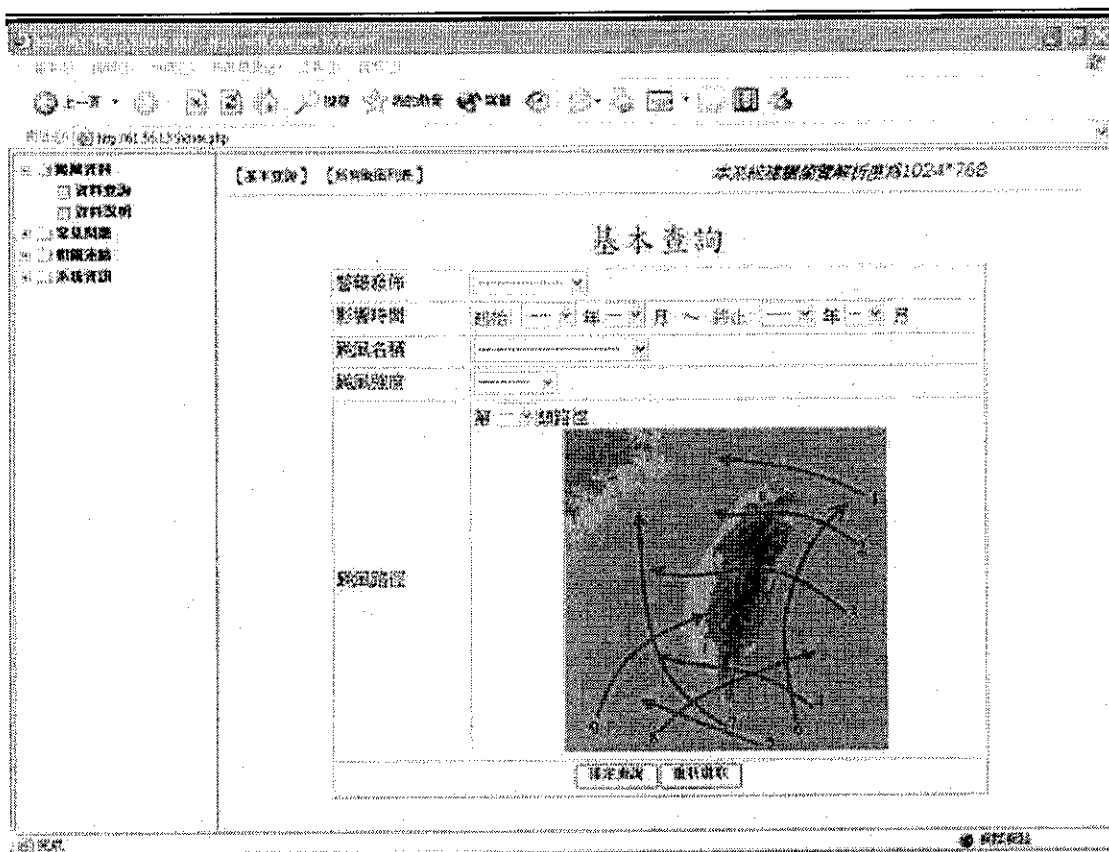


圖 8-4 颱風資料基本查詢圖

2. 所有颱風列表：

- (1) 點選基本查詢頁面上方之「所有颱風列表」。
- (2) 則畫面會顯示自 1949 年以來之所有颱風相關資料，包括編號、中文名稱、英文名稱、生成日期、警報影響期間等資料。

編號	中文名稱 註：有括號者 為：非官方名稱	英文名稱	影響期間	強度	類別	近中心最大風速	近中心最大風速	七級風暴風半徑	十級風暴風半徑	影響縣市數
200421	納坦	NOCE-TEN	10/23~10/26	中強	..	..	43.0	..	..	13
200423	國泰基	TOKAGE	..	..	..	..	..	..	..	0
200422	馬龍	MA-ON	..	..	..	..	..	..	..	0
200421	美賓	MEANI	09/26~09/27	中強	..	..	45.0	..	..	11
200420	海皇	HAUNA	09/13~09/13	輕微	..	..	18.0	..	..	12
200419	莎莉佳	SARIKA	..	..	..	..	..	..	..	0
200418	森達	SONODA	..	..	..	..	..	..	..	0
200417	亞和	AERE	09/23~09/26	中強	..	..	38.0	..	..	39
200416	佳芭	CHABA	..	..	..	..	..	..	..	0
200415	梅姬	MEGI	..	..	..	..	..	..	..	0
200414	馬魯士	MALAKAS	..	..	..	..	..	..	..	0
200413	麗華	KANANIN	09/10~09/13	中強	..	..	40.0	..	..	13
200412	鳳凰	MERANTI	..	..	..	..	..	..	..	0
200411	瑪瑙	MALOU	..	..	..	..	..	..	..	0
200410	蘭塔	NANTHEUN	..	..	..	..	..	..	..	0
200409	康伯斯	KOMPASU	07/14~07/15	輕微	..	..	20.0	..	..	10
200408	猩猩	TINGTING	..	..	..	..	..	..	..	0
200407	敏督利	MINDULLE	06/25~07/03	中強	..	..	45.0	..	..	39
200406	電塔	DIANMU	..	..	..	..	..	..	..	0
200405	伊凡	IVAN	..	..	..	..	..	..	..	0

圖 8-5 所有颱風列表圖

8.4 進階查詢作業

8.4.1 作業流程

1. 啟動瀏覽器開啟本系統。
2. 於首頁點選「研究用使用者」連結，輸入帳號與密碼登入系統。
3. 進入系統後，於主畫面上方點選「進階查詢」連結，主畫面會出現 2D 選取圖進階查詢視窗。

8.4.2 作業說明

進階查詢是以 2D 選取圖方式，使用者在畫面上以滑鼠圈選一區塊與選擇時間後，執行繪圖與顯示經過此區塊範圍內的颱風路徑。畫面右方列出符合條件的颱風列表，點選任意颱風可顯示該颱風資料。

8.4.3 操作方法

1. 以「研究用帳號」以上帳號層級登入本系統。

2. 於主畫面上方點選「進階查詢」連結。
3. 於地圖上以滑鼠框選一個區塊範圍(按下滑鼠左鍵不放，往右下方移動滑鼠，放開滑鼠左鍵)。
4. 選擇欲查詢的年份，可複選。
5. 按下「確定」鈕，進行查詢。

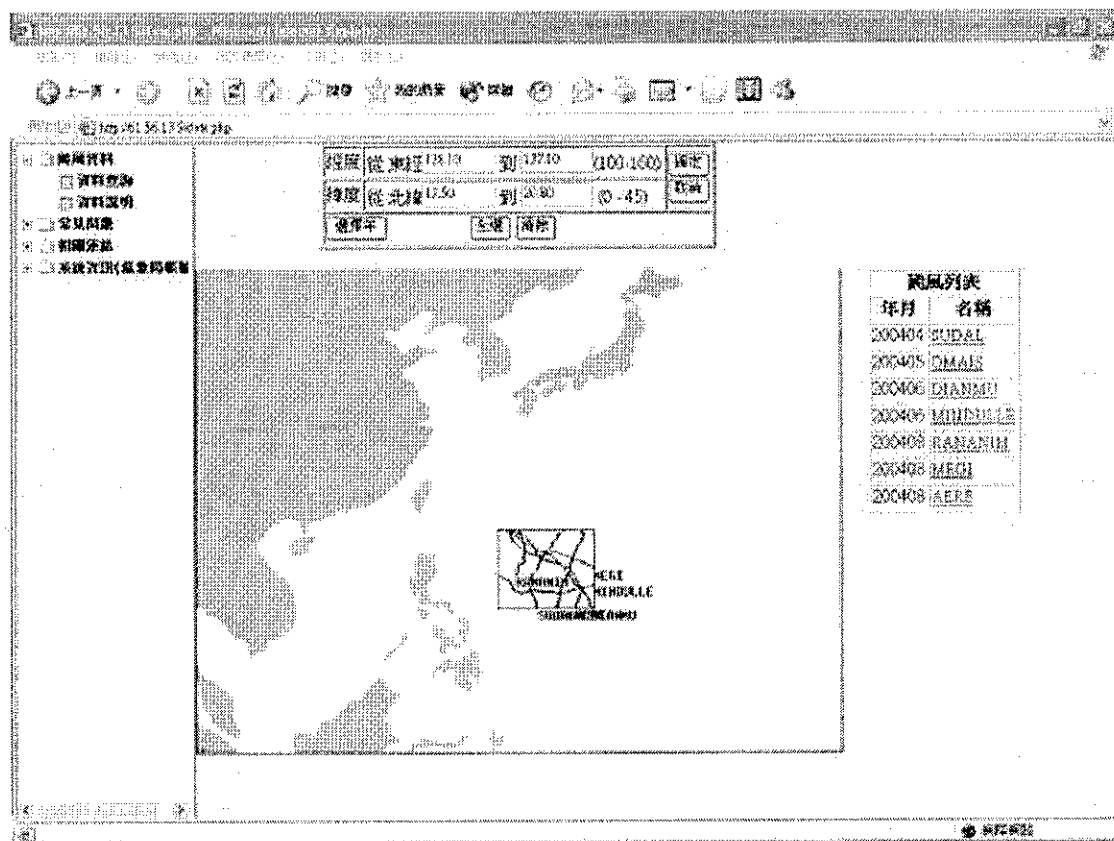


圖 8-6 2D 選取圖

8.5 靜態產品顯示作業(一般使用者帳號層級以上使用)

8.5.1 作業流程

1. 以「基本查詢」、「進階查詢」或「所有颱風列表」選取特定颱風。
2. 依照使用者需求，點選畫面左方樹狀選單「颱風資料」分類下的颱風產品項目，如：雷達圖、衛星雲圖、斜溫圖、累積雨量圖等。
3. 畫面右方則會顯示所選擇的颱風產品。

8.5.2 作業說明

1. 綜觀天氣圖：
顯示颱風警報期間之 SFC 每日 4 張，925mb、850、700mb、500mb、300mb、200mb 每日 2 張，資料型態為 GIF 圖檔。
2. 衛星雲圖：
顯示颱風警報期間之 VIS(FDK、LCC)、IR1(FDK、LCC)、IR3(FDK、LCC)，資料型態為 JPG。
3. 雷達圖：
顯示颱風警報期間之雷達合成圖、花蓮、高雄、五分山、墾丁、台南之 CV，資料型態為 GIF 圖檔。
4. 斜溫圖：
顯示颱風警報期間每一個測站每日 2 張，共 7 個測站，資料型態為 GIF。
5. 颱風路徑圖：
顯示本局提供路徑位置資料，承包廠商自行製作路徑圖，資料型態為 GIF 圖檔。
6. 累積雨量圖：
顯示颱風警報期間每半小時一張，資料型態為 JPG。
7. 颱風警報單：
顯示資料型態為 PDF。
8. 颱風預報模式產品：
顯示颱風期間的颱風路徑圖，資料型態為 GIF 圖檔。

8.5.3 操作方法

1. 於「基本查詢」或「進階查詢」頁面篩選颱風之後，或點選「所有颱風列表」之後，於篩選出的颱風列表，點選任一颱風之連結。
2. 畫面右方會出現該颱風之颱風概況表。
3. 左方樹狀選單之「颱風資料」分類項目下會出現幾項颱風相關產品選項，包括：綜觀天氣圖、衛星雲圖、雷達圖等，任點選其中一項。
4. 則於畫面右方會出現該產品之圖檔，該圖檔下方會有「上一張圖」、「檢視原圖」、「下一張圖」三個選項，「上一張圖」和「下一張圖」是依照時間順序來顯示圖形檔，而由於各種產品圖檔尺寸不一，且瀏覽器視窗大小限制，預設顯示的圖檔並非該圖檔原始尺寸，如需檢視原尺寸之圖檔，請點選圖形下方之「檢視原圖」選項，將會出現另一視窗，該視窗內之圖形則為原始尺寸。
5. 畫面最右方會出現一直立式列表，以時間為排列順序，可讓使用者直接點選欲檢視的颱風產品圖檔資料。

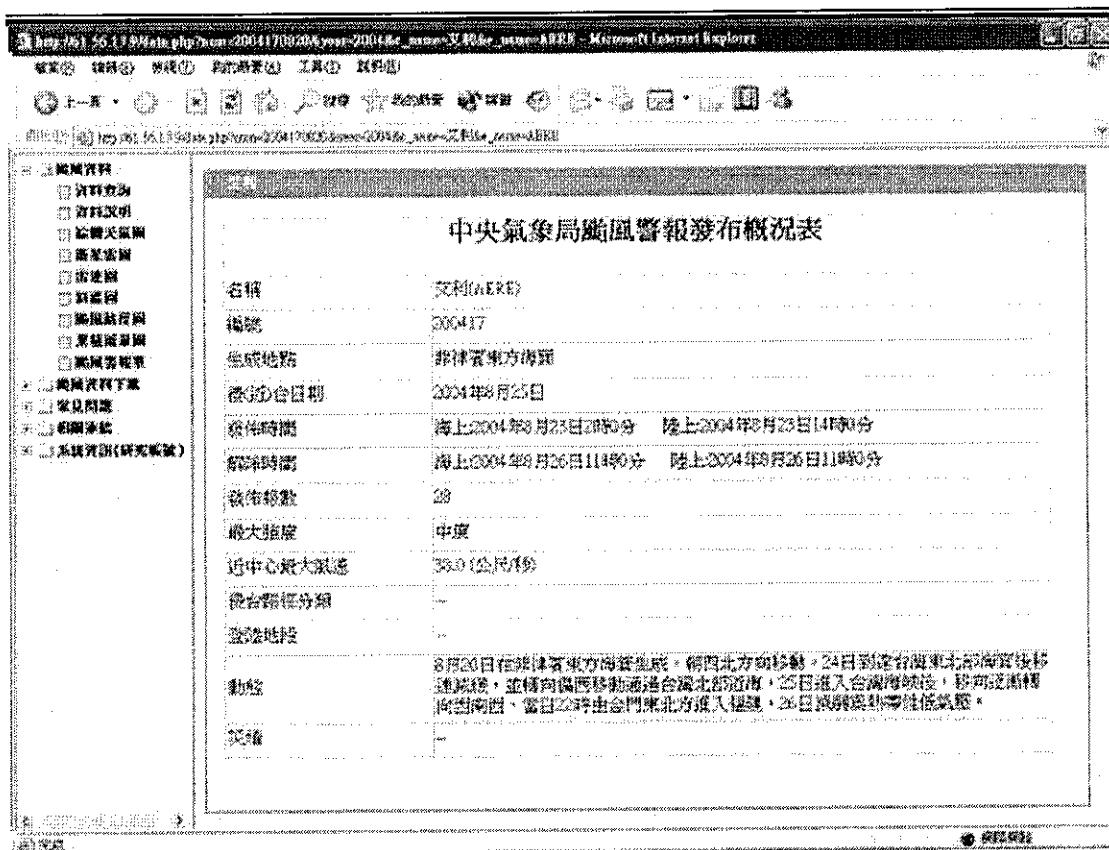


圖 8-7 颱風概況表

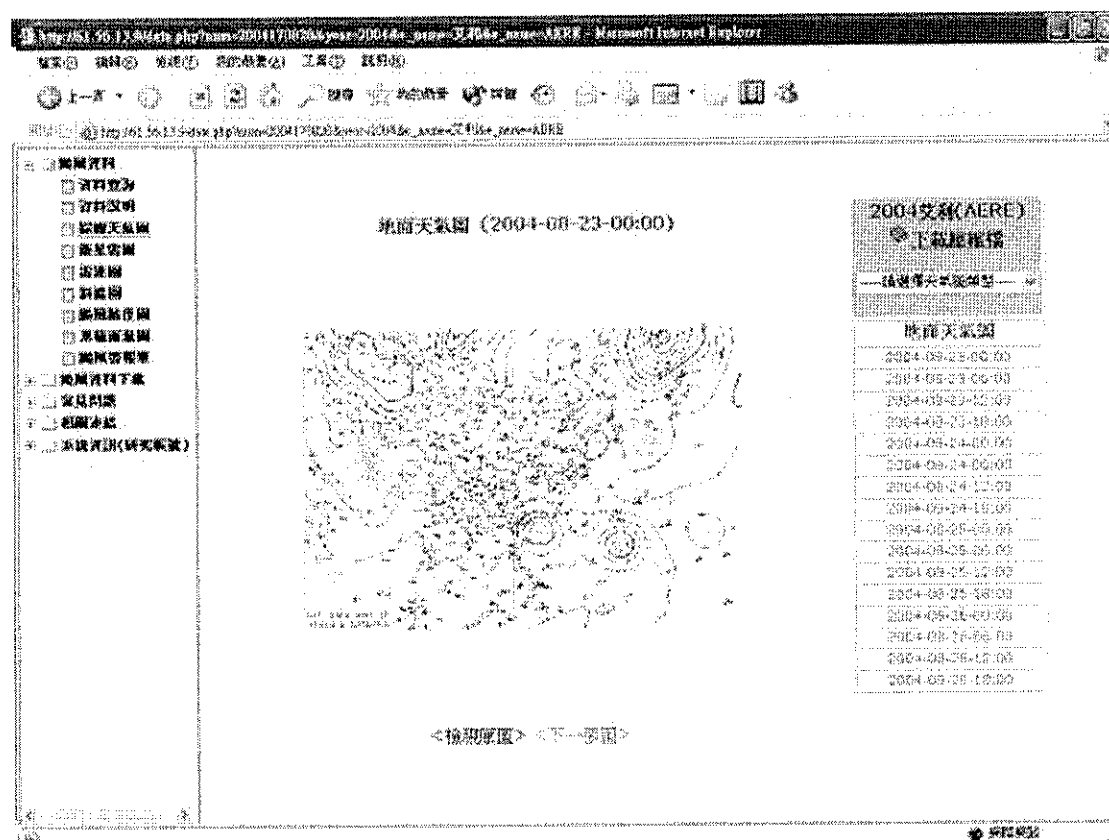


圖 8-8 綜觀天氣圖

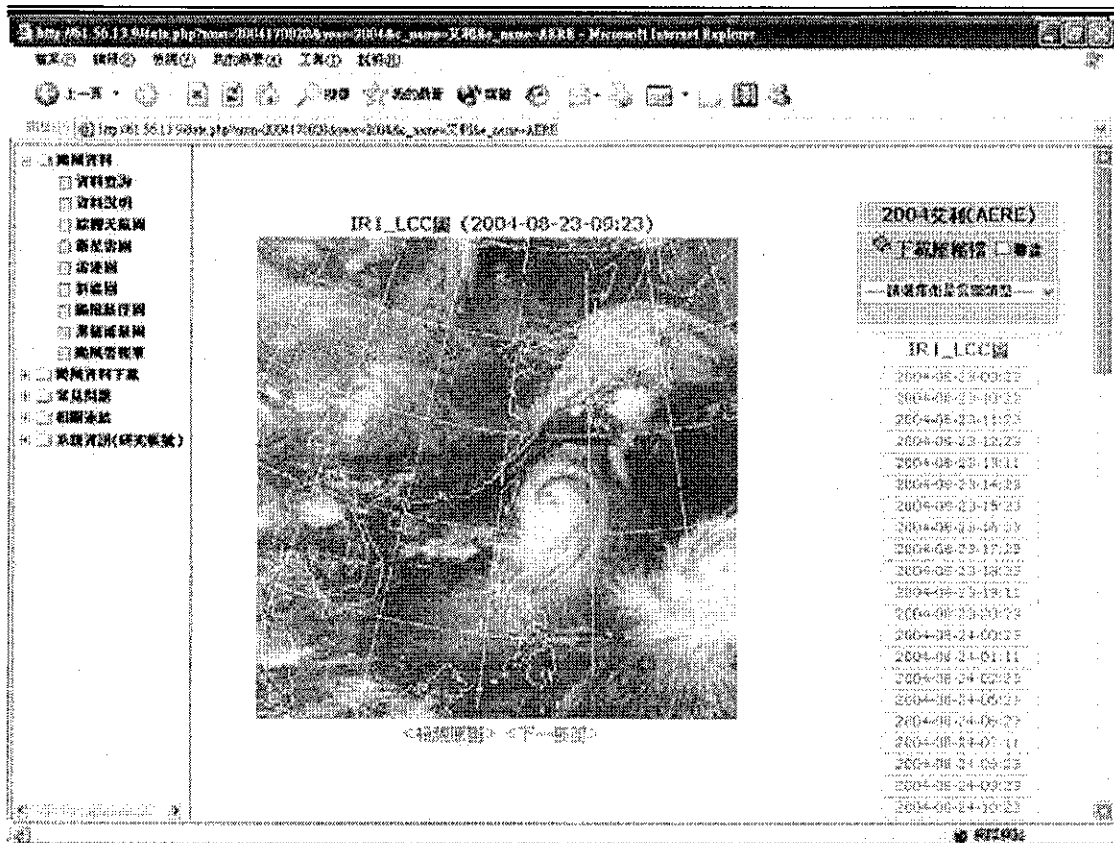


圖 8-9 衛星雲圖

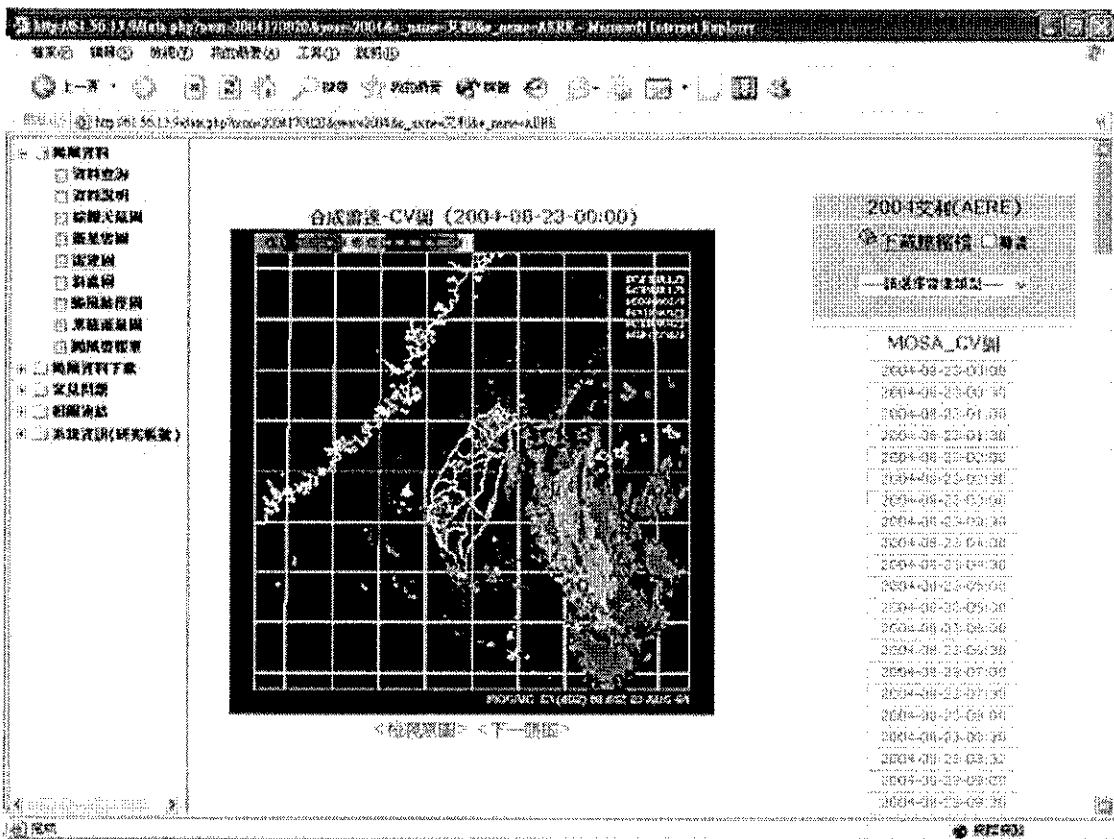


圖 8-10 雷達圖

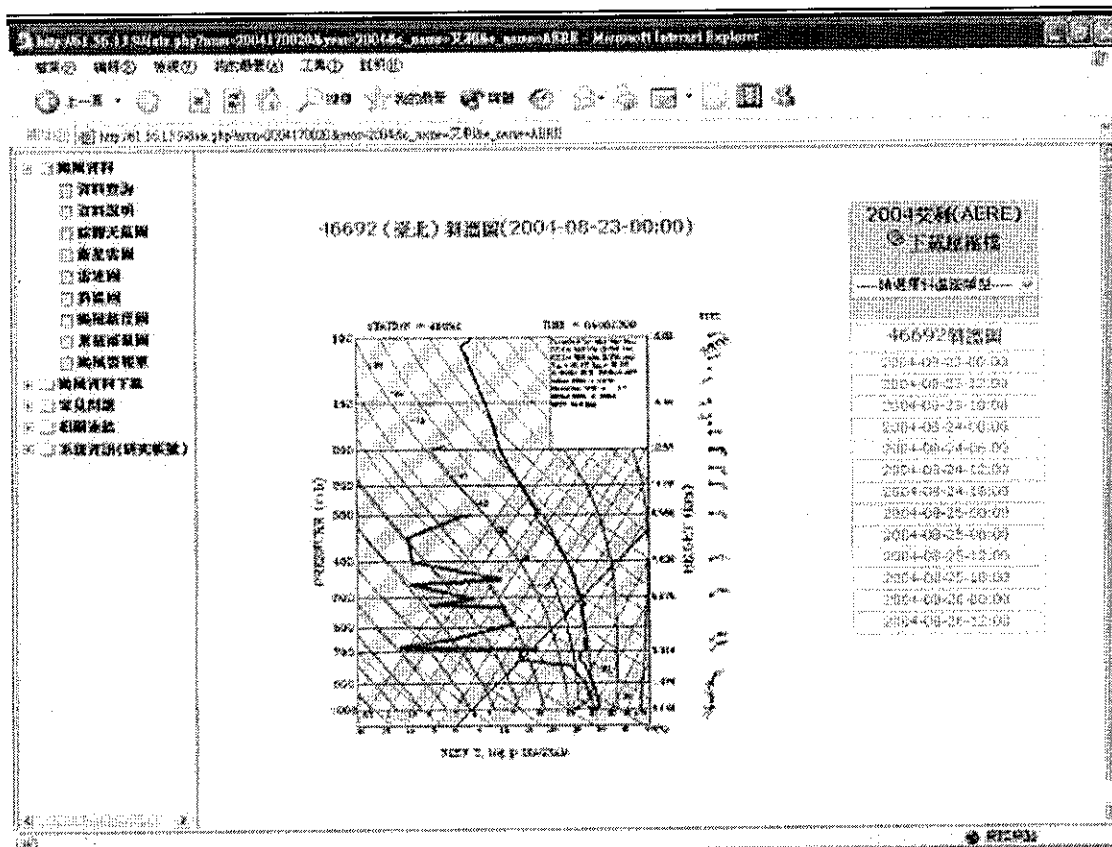


圖 8-11 斜溫圖

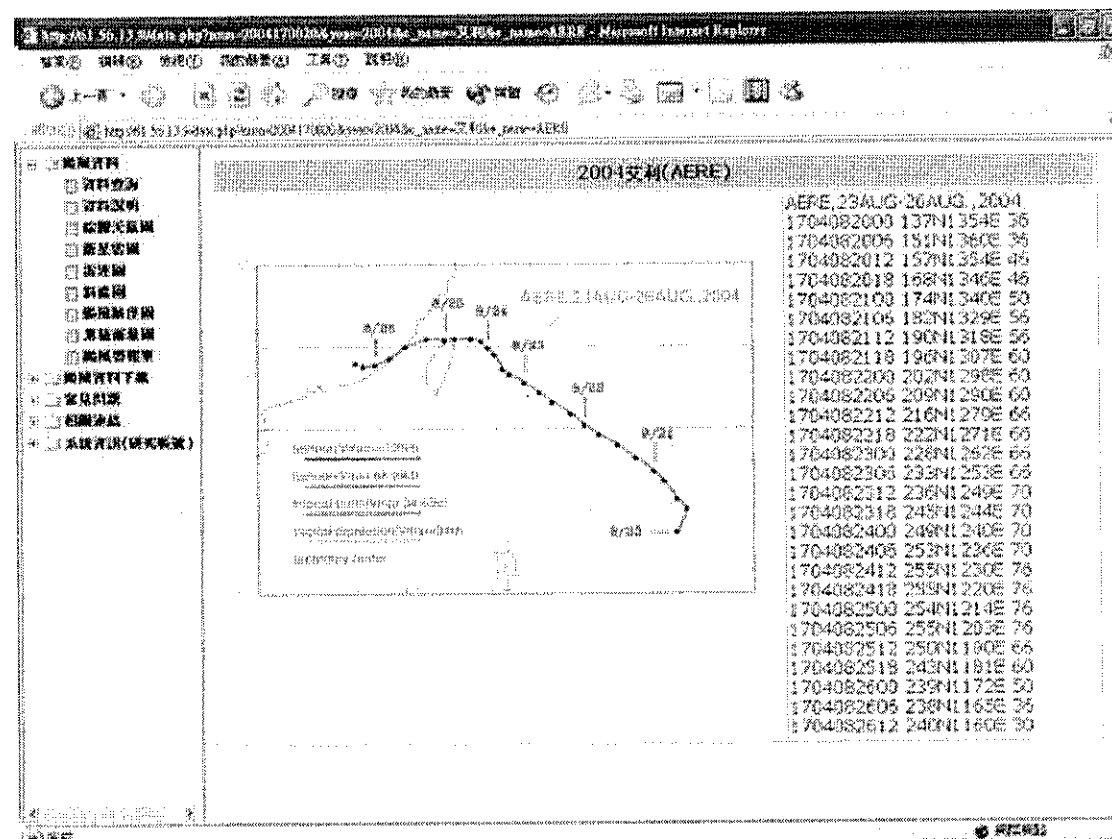
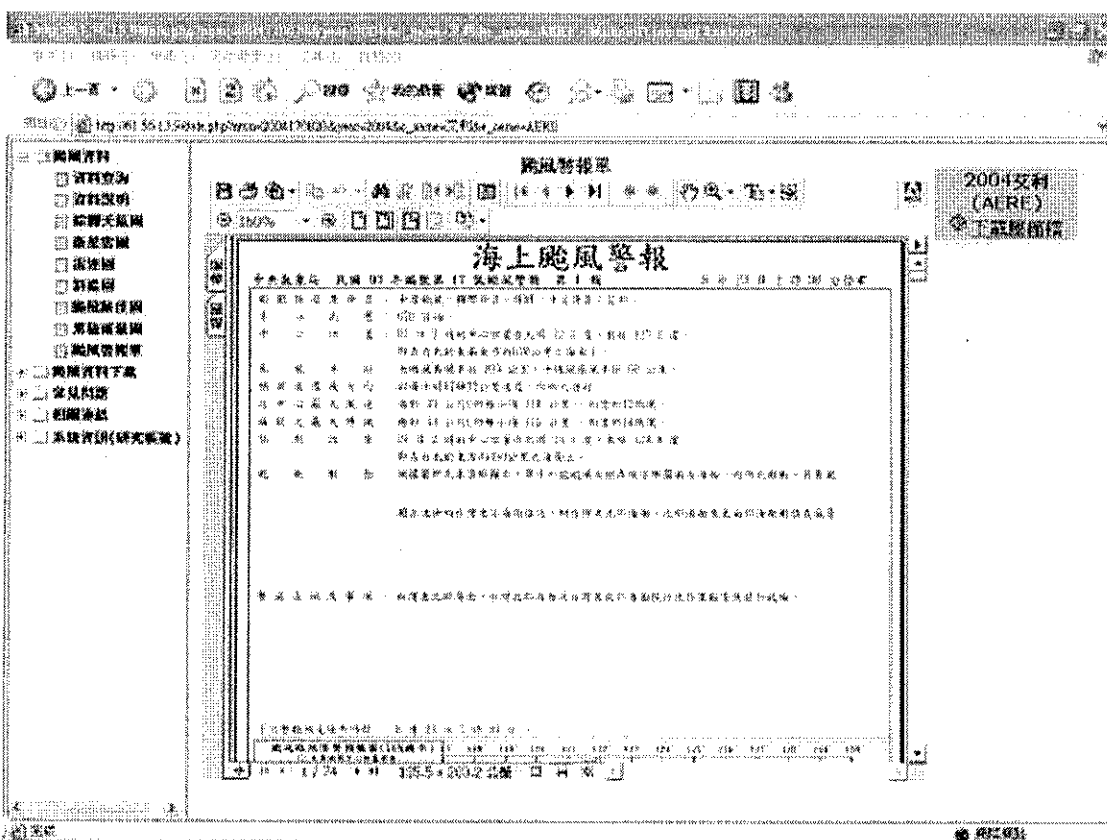
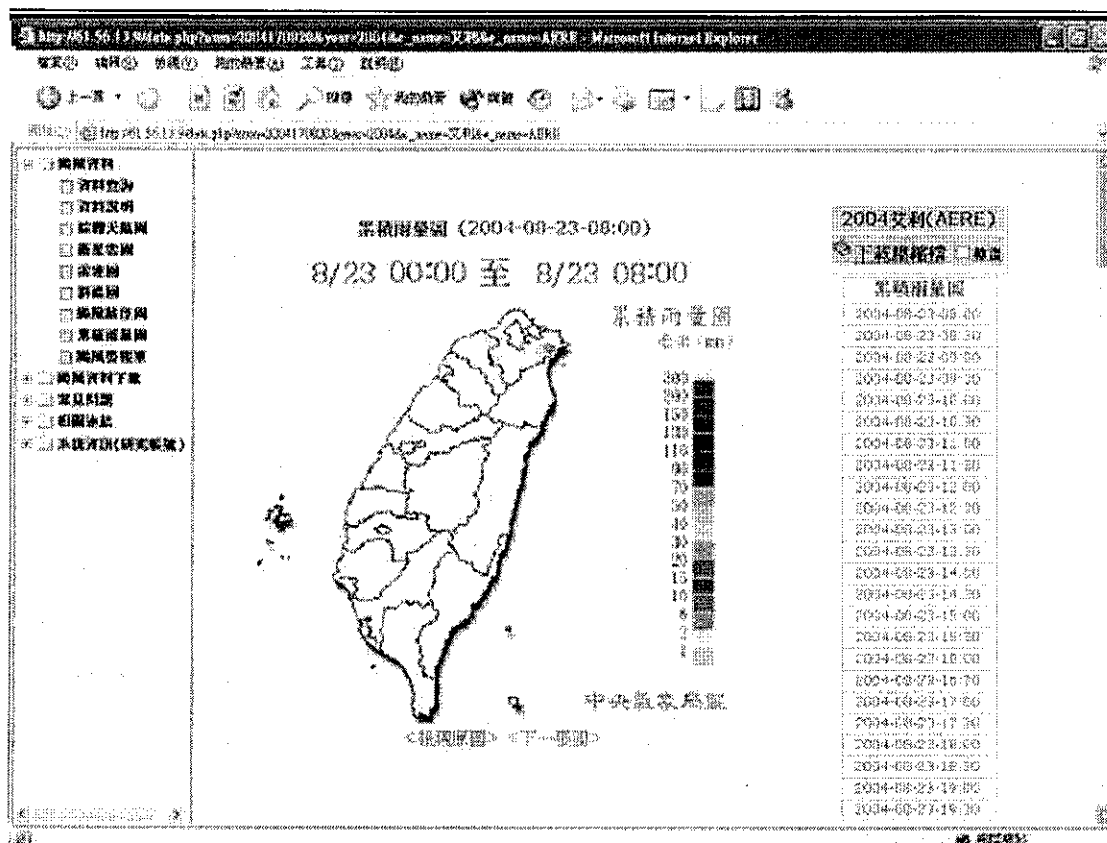


圖 8-12 颱風路徑圖



1. 於「基本查詢」或「進階查詢」頁面篩選颱風之後，或點選「所有颱風列表」之後，於篩選出的颱風列表，點選任一颱風之連結。
2. 點選畫面左方樹狀選單「颱風資料」分類下的衛星雲圖、雷達圖、累積雨量圖、颱風預報資料颱風產品項目。
3. 勾選畫面右方的動畫核取方塊。
4. 選取欲播放的時間項目。
5. 按下「播放」、「停止」、「上一頁」、「下一頁」按鈕來進行操作，動畫播放速度單為千分之一秒。



圖 8-16 衛星雲圖動畫

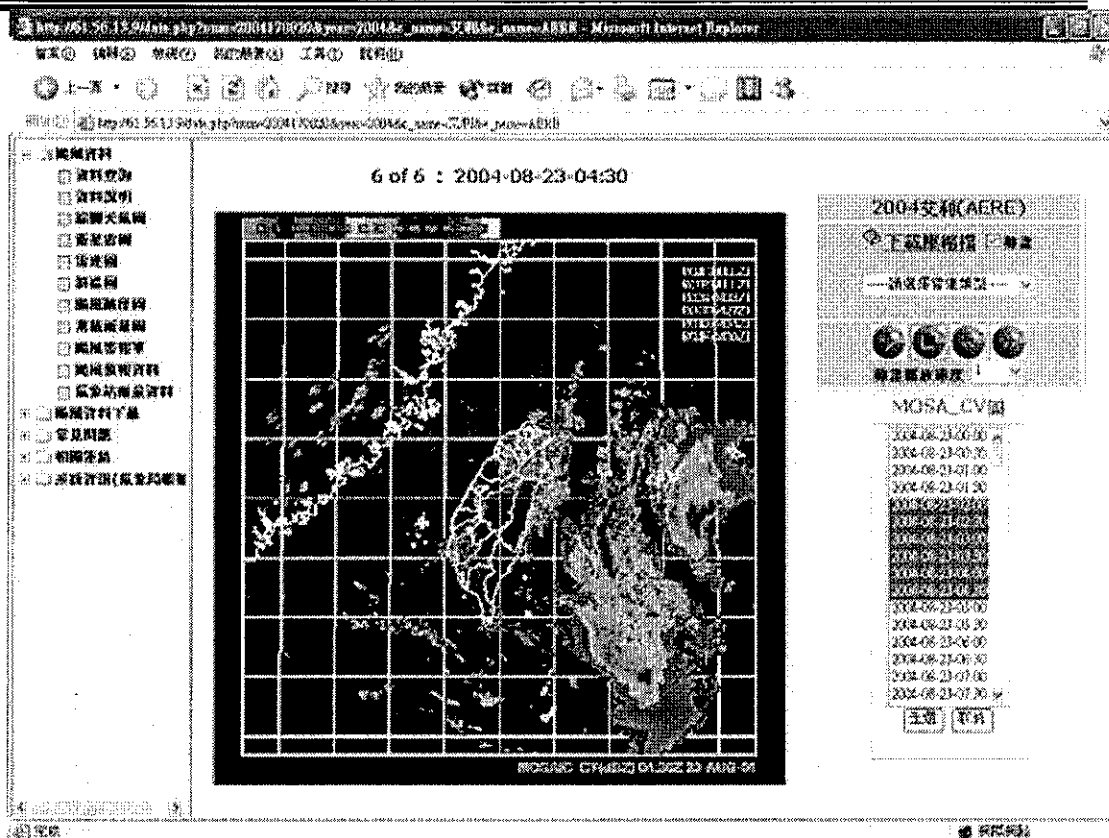


圖 8-17 雷達圖動畫

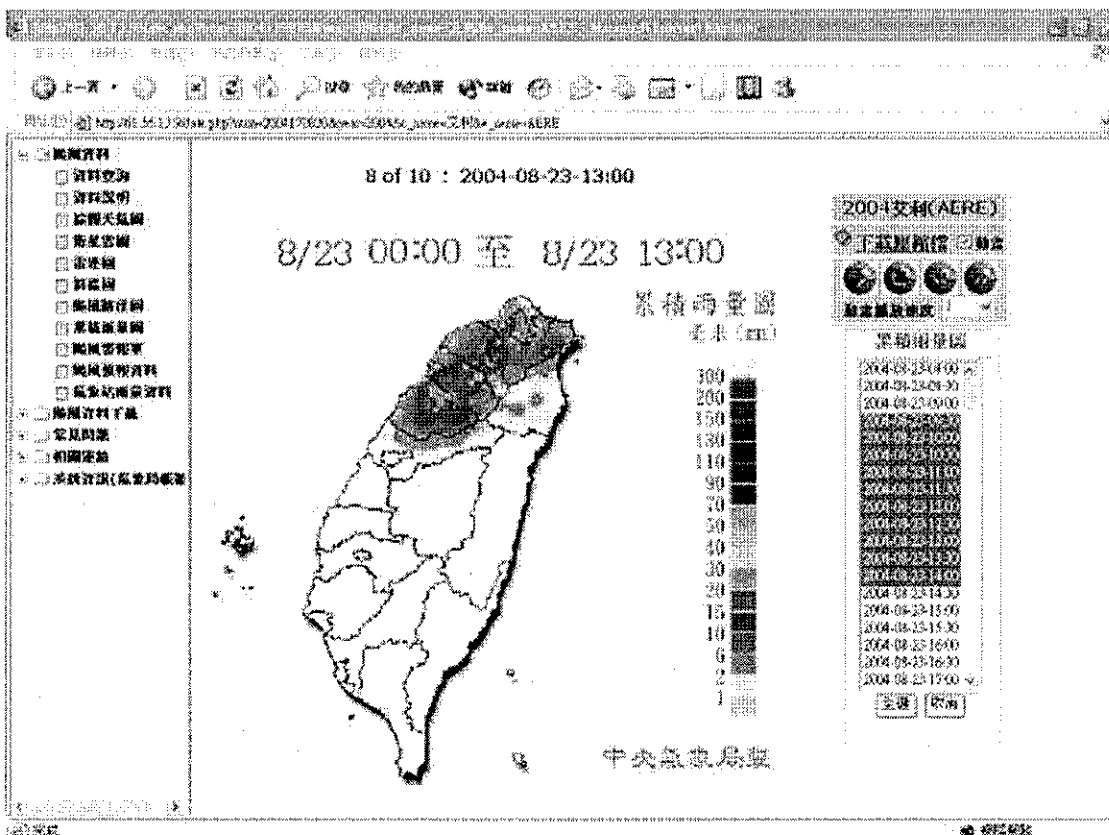


圖 8-18 累積雨量圖動畫

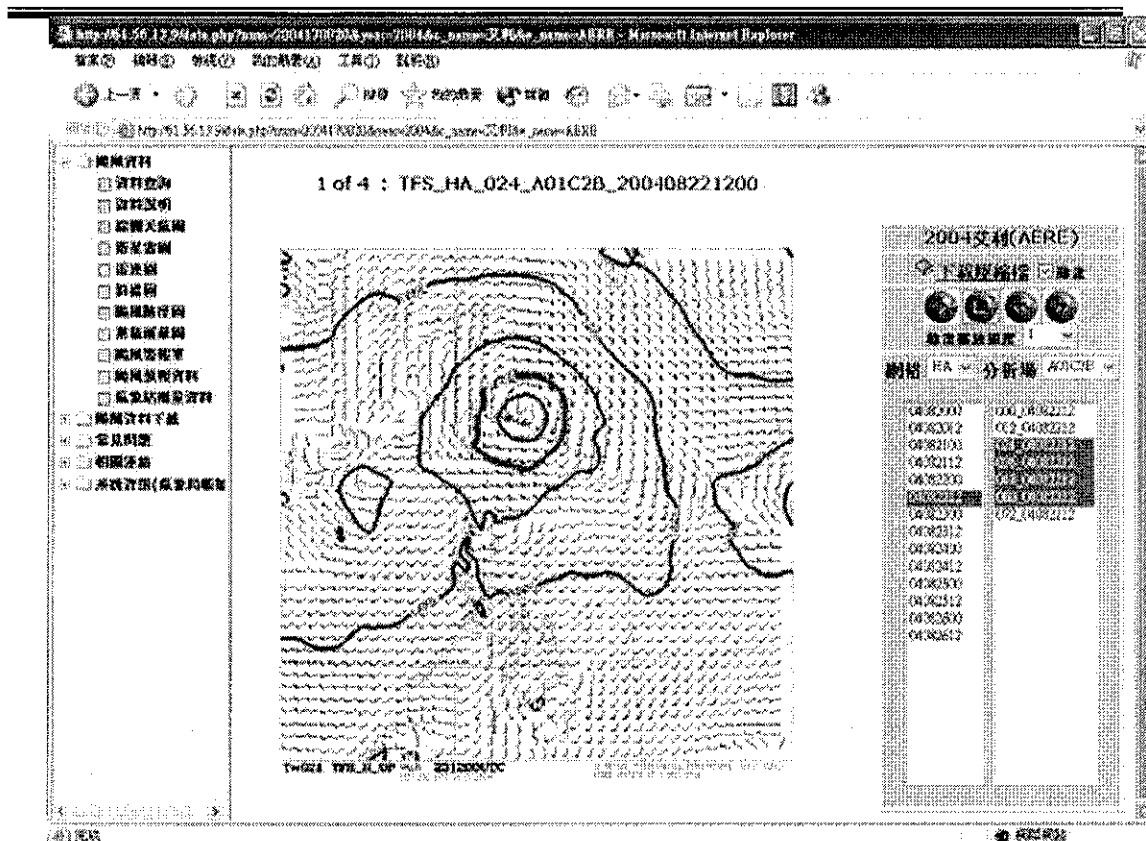


圖 8-19 颱風預報資料動畫

8.7 資料下載作業(研究用使用者帳號層級以上使用)

8.7.1 作業流程

1. 選擇欲顯示的颱風產品之後，畫面右方會顯示該產品相關資料列表，列表上方可點選「下載壓縮檔」，直接下載資料。
2. 也可於選擇欲顯示的颱風產品之後，於畫面左方樹狀選單，於「颱風資料下載」分類中，點選欲下載的產品，則會顯示該颱風之該產品資料的下載列表。

8.7.2 作業說明

畫面左方樹狀選單的「颱風資料下載」分類項目，包含縱觀天氣圖、衛星雲圖、雷達圖、斜溫圖、累積雨量圖、颱風警報單、氣象站雨量資料的資料下載選項，點選任一選項後，畫面右方會出現一列表，包括該資料之時間、類別、檔案大小與下載點的連結。目前資料下載功能僅限研究用使用者以上帳號層級使用，一般使用者暫不提供此功能。

8.7.3 操作方法

1. 颱風圖形產品資料下載：

- (1) 颱風資料下載可於檢視颱風產品圖檔時，直接點選於最右方直立式選單上方之「下載壓縮檔」，或於畫面左方樹狀選單之「颱風資料下載」分類下，點選欲下載的資料選項，包括：綜觀天氣圖、衛星雲圖、雷達圖、斜溫圖、累積雨量圖、颱風警報單與氣象站雨量資料。
- (2) 點選下載資料選項後，畫面右方出現該資料相關資訊，包括時間、類別、檔案大小、及下載點選的連結。
- (3) 點選「按此下載」連結，即可下載資料。

時間	類別	檔案大小	下載
2004-00-00	地面	3458KB	按此下載
2004-00-00	300mb	1241KB	按此下載
2004-00-00	300mb	1248KB	按此下載
2004-00-00	500mb	1333KB	按此下載
2004-00-00	700mb	1478KB	按此下載
2004-00-00	850mb	1541KB	按此下載
2004-00-00	925mb	1466KB	按此下載

共7筆資料

圖 8-20綜觀天氣圖資料下載

8.8 資料接收控管作業(管理者帳號使用)

8.8.1 作業流程

1. 使用「管理者帳號」登入 RDC45 主機的防災颱風資料庫網頁系統。
2. 於左列選單點選「管理功能」之「資料接收控管」連結項目。

8.8.2 作業說明

資料接收控管作業為利用網頁介面執行 RDC45 主機上的 shell script 程式，達到資料的手動接收、處理與傳送，本功能僅限於安管內環境使用。

1. 檢查新颱風：
檢查 tafis 資料庫是否有新颱風資料，若有則自動執行【建立颱風目錄(RDC45)】。
2. 建立颱風目錄(RDC45)：
建立在/data 目錄下的各類型颱風資料目錄。
3. 建立颱風目錄(WEBData & SUMMER)：
建立在/data/WEBData 目錄與 SUMMER 主機/data 目錄下的各類型颱風資料目錄。
4. 取得颱風資料：
使用自動 FTP 取得颱風資料後放置於/data/IMPORTData/目錄下。
5. 組織颱風資料(data)：
將颱風資料製成所需的格式後，搬移至/data 目錄下的各類型颱風資料目錄。(需先執行【建立颱風目錄(RDC45)】)
6. 組織颱風資料(WEBData)：
將颱風資料製成所需的格式後，搬移至/data/WEBData 目錄下的各類型颱風資料目錄。(需先執行【建立颱風目錄(WEBData & SUMMER)】與【組織颱風資料(data)】)
7. 傳送颱風資料(to SUMMER)：
將/data/WEBData 目錄下的各類型颱風資料傳送至 SUMMER 主機。(需先執行【組織颱風資料(WEBData)】)
8. RDC45 資料庫備份
備份 RDC45 資料庫的表格資料並傳送至 SUMMER 主機。

8.8.3 操作方法

1. 使用「管理者帳號」登入 RDC45 主機的防災颱風資料庫網頁系統。
2. 於左列選單點選「管理功能」之「資料接收控管」連結項目。

- 畫面會顯示連結與說明，各程式所需參數只要按照畫面要求輸入即可。
- 按下「執行」鈕，即可連線執行 shell script 程式。

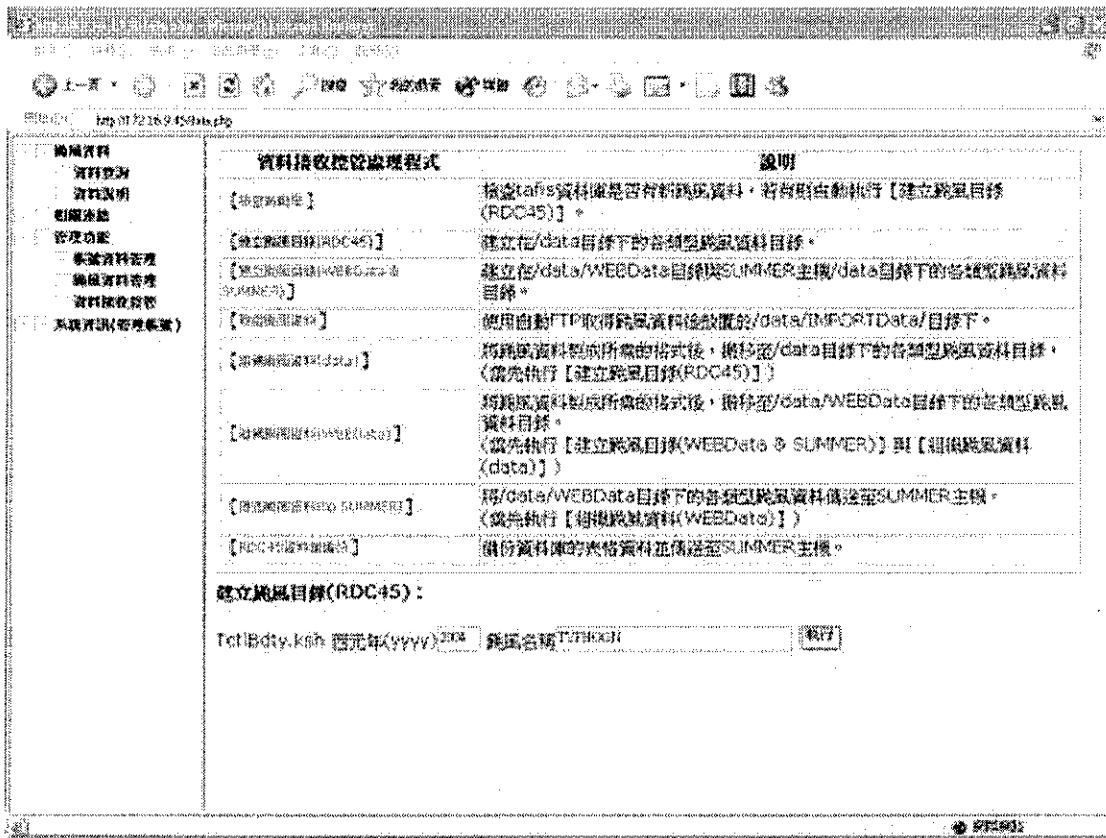


圖 8-27 資料接收控管圖

9. 異常狀況處理指引

9.1 一般使用者

1. Javascript 執行錯誤
 - (1) 重新更新(reload)網頁，或
 - (2) 回報系統維護人員。
2. PHP 程式錯誤
回報系統維護人員。

9.2 維護人員

1. 自動程序運作停止或產品沒有產生
 - (1) 檢查 cron table (執行 crontab -l)的執行況狀。
 - (2) 查看執行 cron 之程式的 log 記錄檔。
 - (3) 若程式有執行其它程式，檢查其它程式的執行況狀或執行記錄。
 - (4) 重新啟動 cron 程序(執行 crontab program_file)。
2. 程式錯誤或沒有產生預期的執行結果
 - (1) 檢查程式的執行況狀。
 - (2) 檢查程式的執行記錄。
 - (3) 若程式有使用建構檔，檢查建構檔的設定。

附錄A. TFS v2.0 所需儲存之產品

颱風模式 (TFS v2.0) 所需儲存之分析、預報產品有粗網格 (45km)、細網格 (15km) 兩種的：

1. 颱風路徑圖：包括 (a)單一 *dtg* 之颱風路徑預報圖、(b)同一颱風的所有 *dtg* 的颱風路徑預報圖。

2. 分析場、預報場圖：

tau = 0 之 平均氣流場 (streamline of meanflow)

濾波後之 (海平面氣壓場 + 1000hPa 風場)、

(‘Z9’) 850hPa (高度場 + 風場)、

700hPa (高度場 + 風場)、

500hPa (高度場 + 風場)、

400hPa (高度場 + 風場)。

渦旋植入後之 (海平面氣壓場 + 1000hPa 風場)、

(‘ZB’) 850hPa (高度場 + 風場)、

700hPa (高度場 + 風場)、

500hPa (高度場 + 風場)、

400hPa (高度場 + 風場)。

客觀分析後之 (海平面氣壓場 + 1000hPa 風場)、

(‘ZO’) 850hPa (高度場 + 風場)、

700hPa (高度場 + 風場)、

500hPa (高度場 + 風場)、

400hPa (高度場 + 風場)。

初始化後之 (海平面氣壓場 + 1000hPa 風場)、

(‘ZA’) 850hPa (高度場 + 風場)、

700hPa (高度場 + 風場)、

500hPa (高度場 + 風場)、

400hPa (高度場 + 風場)。

tau = 12hr ~ 96hr 之 (海平面氣壓場 + 1000hPa 風場 + 12 小時累積降水量)、

850hPa (高度場 + 風場)、

700hPa (高度場 + 風場)、

500hPa (高度場 + 風場)、

400hPa (高度場 + 風場)。

報告封面格式

交通部中央氣象局委託研究計畫成果報告

應用衛星與雷達資料及神經網路於雨區判別雨雲行分析

計畫類別：☒國內 ☐國外

計畫編號：MOTC-CWB-93-2M-03

執行期間：93 年 2 月 1 日至 93 年 12 月 31 日

計畫主持人：劉清煌

執行單位：中國文化大學 大氣科學系

中華民國 93 年 12 月

報告封面格式

交通部中央氣象局委託研究計畫成果報告

應用衛星與雷達資料及神經網路於雨區判別雨雲行分析

計畫類別：☒國內 ☐國外

計畫編號：MOTC-CWB-93-2M-03

執行期間：93 年 2 月 1 日至 93 年 12 月 31 日

計畫主持人：劉清煌

執行單位：中國文化大學 大氣科學系

中華民國 93 年 12 月

※ 請連結 www.grb.gov.tw 政府研究資訊系統登錄貴計畫期末摘要
報告

交通部中央氣象局九十三年度政府部門科技計畫期末摘要報告

計畫名稱：應用衛星與雷達資料及神經網路於雨區判別雨雲行分析

審議編號： 部會署原計畫編號： MOTC-CWB-93-2M-03
主管機關： 交通部中央氣象局 執行單位： 中國文化大學大氣科學系
計畫主持人： 劉清煌 聯絡人： 劉清煌
電話號碼： (02) 28625110 傳真號碼： (02)28615274
期程： 93 年 2 月 2 日 至 93 年 12 月 31 日
經費：(全程) 397,000 元 經費(年度) 397,000 元

執行情形：

1.執行進度：

	預定 (%)	實際 (%)	比較 (%)
當年	100	100	0
全程	100	100	0

2.經費支用：

	預定	實際	支用率 (%)
當年	100	100	100
全程	100	100	100

3.主要執行成果：

一、雲分類

a. 現有雲分類法

辨別瞭解雲的類型是研究雲的前提與基礎，運用衛星資料從事分類方法也有不少的時間，經整理大略分為下述 6 點：

(1)物理法：為最直接的辦法，此法試圖通過遙感數據最終計算出雲的各項特性、

如雲的散射係數、吸收係數、雲粒成分、雲滴譜及雲高雲厚和雲量等。

(2)波段交叉法：其方法是以大氣輻射傳輸方程為架構，將紅外窗區頻道與可見

光頻道或二氧化碳吸收頻道甚至微波頻道相結合，把雲高和雲量參數化。此

種方法主要用於泰洛斯作業垂直探測儀 (TIROS Operational Vertical Sounder，

TOVS) 的同步反演中。TOVS 的高解紅外探測儀 (High resolution Infrared

Radiation Sounder，HIRS) 包含了二氧化碳的強吸收頻道 $13.97\text{-}\mu\text{m}$ 和

$13.35\text{-}\mu\text{m}$ ，另外還有微波探測單位(MSU)，利用 TOVS 的多頻道聯合，可以

通過求解方程式算出雲高和雲量，加以確認雲的類型(Reynolds et al.,1977；

Smith et al.,1976；C.M. Hayden,1988)。

(3)閾值法：是一種簡單有效的辦法，使用也是最為廣泛(Koffler et al., 1973；

Stowe, 1984)。由於雲對可見光的散射，可以視為當可見光的反照率大於某一

給定值即為雲層；同理，由於雲對紅外線的吸收，當紅外亮溫低於某一給定

值時也表示有雲的存在，於是可以利用多頻道組合的多重閾值法。實際上

ISCCP (International Satellite Cloud Climatology Project) 對雲的判定正是採用了

了這種紅外閾值法(Rossow and Schiffer,1991)。

(4)統計分類法：以統計理論為出發點，根據某一統計量度，將衛星各頻道的資

料進行分類依據一定的相似度量(距離，角度或概率)對未知的樣本進行分

類，直到滿足給定的準則函數值，分析的方法有最大最小距離法，K 均值法，

聚類法，分層聚類法，然而，其中的相似度量，準則函數等控制量的選擇也

非常的關鍵。

(5)結構分析法：此法是基於雲的空間物理結構，將大尺度大視野的雲特性參數化如雲的尺度，面積和體積等幾何屬性，雲的分數維大小以及某種空間紋理模式的參量，如由空間灰度共生矩陣(Spatial gray level co-occurrence matrix)產生的某一方位和距離的概率統計量 (Joseph,1986; Welch et al.,1982,1987,1989)。結構分析法引入了雲的空間特性，能克服單純基於像素點分類的困難，但是這方法建立在圖像的高分辨率上，因此其計算量自然比較大。

(6)方塊分類法(box classifier)：Haris(1987)的方塊分類法就是利用紅外線以及可見光雲圖上雲塊的亮度強度強弱來大略地決定出雲的類別。基於閾值法其流程明確，分析過程較為謹慎，易被研究分析單位所接受，因此本文將以閾值方法將雲種予以歸類。然而運用的閾值法於分析過程受限於夜間缺乏可見光資料的資料上產生誤差。因而夜間改用統計分類法中的聚類分析予以補救。

b. NEPH 雲分類法

採用了雲分類法 Nephanalysis (Masami and Ryoji, 1996)，是利用 GMS-5 紅外線和可見光頻道進行雲類判別的初步閾值分類試驗。首先利用紅外頻道 1(IR1)的亮度溫度將選取的範圍依所在高度作 4 大分類，分別為(A)高雲區(>400hpa)(B)中雲區(400hpa~600hpa)(C)低雲區(600hpa~900hpa)(D)晴空區(900hpa 以下) (詳見附錄 A)。並給予判別關係閾值 $N = N_A + N_B + N_C + N_D$ ，(A, B, C, D 分別代表上述 4 區)，N 值小於等於 1，閾值 $N_A=0.8$ ， $N_B=0.8$ ， $N_C=0.6$ ， $N_D=0.8$ ，以便判定。在利用紅外線頻道 1, 2(IR1,2)的亮度溫度差，及紅外線頻道 1, 3(IR1,3)的亮度溫度差及可見光(VIS)反照率，就 4 大雲區作雲類細分。雲類初步細分類型如下：積雨雲(Cb)，發展中的積雲(Cg)，卷雲(Ci)，卷雲+中雲(Ci+Cm)，卷雲+積雲(Ci+Cu)，中雲(Cm)，積雲(Cu)，厚雲區域(Dense)，層雲(St)，其他(Other)，雲霧和水氣(Fog/Water vapor)，晴空(Clear)。

c. 可見光太陽天頂角的校正

太陽天頂角的差異對於所探測的反照率影響十分的大，所以必須進行校正，可見光反照率的大小由衛星探測器所接受到的能量多寡決定，而反射到探測器的太陽光能量的多寡，受限太陽天頂角的改變，太陽天頂角一年四季，甚至於每一天都有很大的變化，因此對反照率的影響也很大。衛星可見光頻道解析度會隨著地球經緯度而改變在理想的情形之下，假設大氣反射為各向同性，把不同時刻探測的反照率都统一到太陽直射的情況下，乘上一系數 $1/\cos\theta$ ， θ 為探測時的太陽天頂角，由球面三角公式可以得知：

$$\cos\theta = \sin\phi \sin\delta + \cos\phi \cos\delta \cosh$$

ϕ 為網格所處的緯度， δ 為當天的太陽傾角， h 為時角。 δ 和 h 可以分別由探測時間計算出來。當太陽的天頂角很大時，可見光反照率的資料嚴重畸形，故取 $|\theta| \geq 80^\circ$ 為界限(李，1995)。圖 1.1a 及 b 分別是將可見光資料做太陽天頂角校正的情形，選取時間為 2000 年 6 月 11 日 0832Z 由於太陽的角度傾斜使得未校正的雲圖中的鋒面左右兩邊反照率差異很大)，經由可見光的校正後發現有著明顯的差異，其整個鋒面系統的反照較為一致與連續。

需要注意的是，這只是一種理想化情形下的訂正，實際上，由於大氣中的反射、散射等等影響，使得訂正變得相當麻煩，要得到比較精確的計算，必須以探測器接收的可見光輻射能量出發，經過大氣的散射和返射等過程，訂正到太陽直射時探測器接收到的輻射能量，由此再求反照率，這個方法太複雜，所以一般情形下只考慮理想狀態，但是如此仍不可避免的會帶來誤差。

d. 紅外線臨邊昏暗效應的校正

地球曲率和大氣衰減效應的影響，紅外頻道所探測的亮度溫度會隨探測點的天頂角的不同而出現差異，一般而言，衛星的探測路徑越長，大氣衰減的情形越嚴重，探測值越小，雲圖上顯示的溫度就越低，此一現象就稱為臨邊昏暗。為了

使其衛星資料所顯示的輻射亮溫值，可以在同一水平上比較並得到精確的結果，必須對紅外探測值作臨邊校正，就是將各探測值都換成相當於衛星在天頂觀測時的測值（林和曾，1994）。

由於探測路徑在地球上所處的地理位置不同，探測路徑中主要對紅外輻射衰減的吸收氣體水氣差別很大 所以對於紅外線的亮溫訂正不像 NOAA 衛星上的紅外線輻射計（Advanced Very High Resolution Radiometer，AVHRR）那樣有一定的定量計算公式。相同的衰減路徑，由於其水氣含量的差異(如赤道或高緯度)，臨邊昏暗的訂正情形不同，四種模式大氣(中緯度冬天，1976 美國標準大氣、中緯度夏天、和熱帶大氣)情形下衛星天頂角對衛星所測得亮度溫度的影響。其圖顯示了相同的衛星天頂角，不同的大氣(有不同的水含量)的臨邊效應差異很大，對於中緯度冬天大氣而言，在衛星天頂角 45 度時，臨邊效應不到 0.3℃，然而對水氣含量比較大的熱帶大氣，臨邊效應可達 1.3℃ 以上（李，1995）。

針對紅外線各頻道作亮度溫度校正的情形，橫座標為衛星天頂角，縱座標為校正前後溫度的比值，發現因為紅外頻道 3(IR3)波長為 6.5~7.0 μm ，主要是反應高度約 400hpa 的高層水氣，而且其波長較 IR1、2 頻道來的短，衰減較為大，所以校正的曲率比 IR1、2 頻道來的大。

二、雲分類結果與比較

運用前面章節所描述的 NEPH 雲分類法對 GMS-5 的紅外線、可見光資料進行雲分類的研究，由於 TBB 值僅反應視場的雲頂溫度，因此就比較容易造成卷雲與對流雲，及積雲之間的混淆。因此在做雲型分辨時可見光頻道反照率的輔助是較好區分雲類的方法。運用 NEPH 類方法時發現到於夜間做雲分類由於缺乏可見光資料的輔助會有過於將雲型位置高估，使觀測時產生不連續的情形。現在以 2000 年 6 月 11 日 06Z 的梅雨鋒面為例，IR1 雲圖（圖 2.1）顯示雲層為多亮度等級中，其鋒面上稍亮的是層狀雲，而更白更亮的是高層積雲和高層層雲。經由可

見光雲圖的輔助發現台灣地區雲圖顏色較為亮白，似乎有較強的對流發生，而卷雲纖維狀結構在可見光資料中顯示的更為清楚（圖 2.2），此時因為具有可見光的資料在使用雲分類之後發現上述臺灣地區有較強對流發生有分析掌握到（圖 2.3）。為了瞭解 NEPH 雲分類在缺乏可見光資料時其分類的準確性，因此在 2000 年 6 月 11 日 06Z（梅雨鋒面）時將可見光資料移除，再予以分析（圖 2.4）發現到 NEPH 在缺乏可見光資料輔助時，將整個鋒面帶均歸類為強對流雲。

由於 NEPH 雲分類法受限於夜間無法判斷雲種型態，因此運用統計學上的聚類分析法加以分析，由於此種聚類分析法在進行雲分類時，需要給予所分雲類的各頻道雲頂溫度參考值，因此再進行一天的雲種分類時，將 NEPH 雲分類中具有可見光資料時的各雲種之各頻道的平均亮度溫度及 IR1-IR2 之亮度溫度差等四個平均值求出當作聚類分析之參考值，因此聚類雲分類法即選用其各雲種於各頻道的平均亮度溫度，加以辯別，於是再將先前 2000 年 6 月 11 日 06Z（梅雨鋒面）紅外線資料運用此聚類法分析（圖 2.5），與之前 NEPH 具有可見光資料所分析的雲圖（圖 2.3）比較，發現其分析結果與聚類分析差異不大。

再運用此分類方法觀察在具有可見光資料的 2000 年 10 月 31 日 0532Z 象神颱風結構，從 IR1 的分析雲圖中（圖 2.6）發現颱風眼區為影像較暗的區域，代表其雲頂溫度較高，從颱風中心區向外旋出者為較冷（色調較白）厚的雲，低層，灰色的對流雲線正潰入颱風中心，自同一時間的可見光雲圖看來（圖 2.7。）颱風眼外圍均是由於對流發展旺盛成垂直方向伸展很高的積雨雲（色調最白），最外層是由由積雨雲衰減下來而遺留的雲砧所生成的，與紅外比對後發現為卷雲和卷層雲類，由於此觀測時間也具有可見光的資料予以輔助，因此運用 NEPH 雲分類法，也十分管用的分析出上述之雲種現象（圖 2.8）。

然而，相同的把可見光資料移除再予以分析如圖 2.9，發現到與先前移除可見光的梅雨鋒面分析個案兩者間有較大的差異，因此使用聚類分析法予以補救（圖 2.10），發現也與先前有可見光時所用的 NEPH 分析（圖 2.8）相當接近，因此乃利用聚類分析法分析所選定之個案內之所有為星雲圖。

三 雲分類中天氣類型和地面觀測的比較

爲印證本文所採用雲分類法的可行性，將五大類型天氣情形下(梅雨、颱風、午後對流、大陸冷氣團)雲分類的結果和地面觀測的資料予以比對，比較之類型如：

積雲類：將所分類出的積雨雲(Cb)，發展中的積雲(Cg)，厚的積雲域(Dense)，

積雲(Cu)與地面觀測低層 C_L ，中層 C_M 的積雲類加以比對。

層雲類：將所分類出的層雲(St)與地面觀測低層 C_L ，中層 C_M 的層雲類

加以比對。

卷雲類：將所分類出的卷雲(Ci)，卷雲+中雲(Ci+Cm)，卷雲+積雲(Ci+Cu)與地面綜觀報高層 C_H 的卷雲類加以比對。

各天氣類型的三大雲類與地面觀測的比較情形，整體比較而言，除了西南氣流的積雲部分與雲分類的比較有著較大的差異外，其餘天氣類型均有不錯的相關性；顯示聚類分析能掌握到簡單雲類之佔有百分率。而西南氣流類型掌握的能力較差，可能與該天氣的變化情形有關，因爲西南氣流中，積雲的發展比較迅速，而聚類分析所採用的參考值乃取各類雲種的日平均溫度，因此較不易掌握能力，不及其他類來的好。

在冬季中，積雨雲的含量是很少的，多半爲層雲和積雲的結構，因此冬季所帶來的降水多半爲層狀性，日平均累積雨量也比較少，圖 3.1 爲針對 2000 年台灣地區冬季冷鋒天氣型態所做的雲種分配圓餅圖。圖 3.2~3.4 分別爲 2000 年象神，啓德，碧利斯侵台的颱風，觀察其雲種的分配，不難發現到，其對流性強的雲種如積雨雲 (Cb)，發展中的積雲 (Cg)，和深厚的雲域因此颱風期間所帶來的降水爲十分強對流性的降水。

圖 3.5 爲颱風外圍環流的雲種分佈情形，颱風高層外圍環流一般存在多的卷

雲，此乃颱風上層氣流是以順時鐘方向旋出而外流（Outflow）所造成的，由圖 3.5 中可見含卷雲的比例佔約 1/4 的比率，這種結果與觀測情形相當一致。

圖 3.6 為西南氣流的雲種分析，由於西南氣流所形成的多半為區域性的對流降水，維持的時間也比較短，因此針對台灣區域所做的平均發現雖然積雨雲（Cb），發展中的積雲（Cg），和深厚的雲域（Dense）含量並沒有像其他對流性旺盛的天氣來的多，但是如果其雲種的降水強度如果夠強，也會在短時間內形成豪大雨。

圖 7.7 為梅雨鋒面各雲型所佔的比率，圖中可見各類雲均佔有相當之比率，因為梅雨滯留鋒面存在的時間久，且經常伴隨劇烈的中尺度對流系統，因此當對流性的雲種增加時則平均日降水量就會增加。

四 雲分類估計區域日平均降水量

4.1 運用衛星資料估計區域單日降水量方法介紹

由於所做的雲分類和地面觀測比較後有著不錯的相關結果，因此針對台灣區域中 324 個自動雨量站的逐日雨量資料，與之前所做的雲分類中較易產生降水的三大雲類（對流旺盛積雲類、濃厚積雲類、層雲類）進行日平均雨量的比較驗證，估計區域平均日降雨量的數學概念如下式所示（夏，1989）：

$$R_{24} = K_1 C_1 + K_2 C_2 + K_3 C_3 = \sum_{i=1}^3 K_i C_i \dots\dots\dots (式 4.1)$$

式中的 R_{24} 為 24 小時（1 日）的降水量，單位以毫米（mm）， C_1 、 C_2 、 C_3 分別是易產生降水的三大雲類在所估計的範圍裡所佔的百分比比率， K_1 、 K_2 、 K_3 為經驗降水係數，此一係數將隨著選取地區、天氣類型而有所不同和差異，主要表示易產生降水的三大雲類在所選取的估計區內的日平均降雨量。

4.2 K 值經驗降水係數的求得

由上述方程式(式 4.1)，利用雲分類的結果於同一天氣類型中求得三大雲類於範圍中所佔的百分比比率，不同時間的平均日降雨量也已知，利用解聯立方程

式的原理求得各天氣類型的 K 值經驗降水，之方程式：

$$\begin{cases} K_1 C_{11} + K_2 C_{12} + K_3 C_{13} = R_1 \dots\dots\dots(\text{式4.2}) \\ K_1 C_{21} + K_2 C_{22} + K_3 C_{23} = R_2 \dots\dots\dots(\text{式4.3}) \\ K_1 C_{31} + K_2 C_{32} + K_3 C_{33} = R_3 \dots\dots\dots(\text{式4.4}) \end{cases}$$

R_1 、 R_2 、 R_3 分別為同一天氣類型不同時間的日平均雨量， C_{11} 、 C_{21} 、 C_{31} 分別為同一天氣類型不同時間的對流旺盛積雲類佔面積百分比， C_{12} 、 C_{22} 、 C_{32} 分別為同一天氣類型不同時間的濃厚積雲類佔面積百分比， C_{13} 、 C_{23} 、 C_{33} 分別為同一天氣類型不同時間的層雲類佔面積百分比。同一天氣類型不同時間數學方程式的組合就會多樣化，再將其算出的 K_1 、 K_2 、 K_3 均取正值予以平均，K 值之所以均取為正是因為將這些雲種均認為對降水為正貢獻。

經由前章節求得各天氣類型中台灣區域的對流旺盛積雲類、濃厚積雲類、層雲類所分配的比率（表 4.1~4.5），利用上述的 K 值經驗法將不同天氣類型中單日平均雨量和實際台灣地區的自動觀測雨量站資料予以比較，選取區域之經緯度（東經 120 度~122 度，北緯 22~25.3 度），各種雲的 K 經驗降水係數，在冬季冷鋒類型上，積雨雲、發展中的積雲(K_1)與濃厚積雲類(K_2)的 K 經驗降水係數均遠比層雲(K_3)的降水經驗值高出許多，然而冬季冷鋒類型多半以層雲佔大多數，積雨雲、發展中的積雲、與濃厚雲類只佔有非常小部分，因此冬季冷鋒的估計雨量多半不大。梅雨鋒面類型中以濃厚積雲(K_2)和層雲類(K_3)的 k 經驗降水係數較大。颱風類型中發現到層雲部分其 K 值達到 1355mm/day，但是進一步的分析發現到颱風類型中層雲所佔的比率較為積雨雲、發展中的積雲(K_1)、與濃厚積雲(K_2)類稀少，因此颱風類型的降水多半由積雨雲、發展中的積雲(K_1)、與濃厚積雲類(K_2)貢獻較大。颱風外環流類型中其 K 值較為平均，因此其三類雲種對於此天氣類型均有一樣重要的降水貢獻。至於午後對流部分於雲類的分佈及 K 值中屬濃厚積雲類(K_2)貢獻大部分的日平均降水量。

4.3 台灣區域估計平均日降水量與實際觀測情形

使用上述方法使用表 4.6 各天氣類型的 K 經驗降水係數，估計台灣區域（北緯 22~25.3 度）、（東經 120~122 度）各天氣類型的實際觀測日降水量與估計日平均降水量，結果如表 2.7~2.11，表中的台灣區域全區依序代表的天氣類型為，冬季冷鋒、颱風侵襲，颱風外環流侵襲，西南氣流與梅雨鋒面，於實際的觀測中發現到五種天氣類型中颱風侵襲所帶來的日平均降水為最多，平均日降水量為 85.07mm/day，梅雨鋒面次之，為 27mm/day，西南氣流與颱風外圍環流對台灣區域所造成的平均日降水量較為相同分別為 14.88mm/day，14.51mm/day，冬季冷鋒所造成的日平均降水量為五種天氣類型中最少，其平均日降水量為 8.34mm/day，主要是由於台灣冬季的雲類多半為層雲類，極少對流雲所致。而估計出的各天氣類型日平均降水量也與實際觀測的日降水量的情形類似，以颱風侵襲所帶來日降水量的為最高，冬季冷鋒所帶來的日降水量為最少。

並將估計的日降水量和雨量站實際測量的結果繪製成 xy 散佈圖（圖 4.1），橫軸為實際雨量測站的單日平均降水單位（mm/day），縱軸則是估計的雨量值單位為（mm/day），發現呈現一不錯的線性關係，相關係數為 0.78，取其 43 天的平均估計誤差降水量發現為 9.39mm/day，針對於台灣區域豪大雨（日雨量在 130mm/day 以上稱為豪雨；日雨量在 50~129mm/day 之間稱為大雨，而本文以日雨量超過 50mm/day 即納入計算誤差估計）的情形加以估計誤差，發現到選取的 42 天中有 7 天符合標準，平均誤差為 21.9mm/day，而（丘，2000）所得到豪大雨的誤差值為（50mm/day），因此本方法對於豪大雨的估計誤差是在一個合理的範圍內。

4.4 台灣北、中、南區域估計平均日降水量與實際觀測情形

有鑑於雲分類所估計的降水中有著些許的誤差，為了觀察是否能改善估計誤差，因而將台灣的平均日降水區域依緯度分成北、中、南區域，並觀察誤差比較大的區域再針對其區域降水的特性予以改善。

台灣北區部分，以北緯 24.3~25.3 度為選取範圍，運用之前表 4.6 各天氣類

型的 K 經驗降水係數予以帶入，估計情形如表 4.7~4.11 的台灣區域北區降水情形，依序代表的天氣類型為，冬季冷鋒、颱風侵襲，颱風外環流侵襲，西南氣流與梅雨鋒面，發現到冬季冷鋒時受到冬北季風的影響使得北部區域的日降水量遠大於中部和南部。颱風外圍環流與梅雨鋒面由於其天氣系統最先接觸到台灣北部，因此所造成的日降水量也較大於中部及南部區域，所估計的日降水分佈型態也與先前所述說的分佈相當類似。從北部區域實際觀測雨量與估計雨量的 xy 散佈圖（圖 4.2），橫軸為實際雨量測站的單日平均降水單位（mm/day），縱軸則是估計的雨量值單位為（mm/day）。圖中呈現不錯的線性關係，其相關係數為 0.77。於各天氣類型的降水估計中，對於梅雨鋒面的估計能力較不易掌握。取其 43 天的平均估計誤差降水量，為 13.5mm/day，對於台灣地區各天氣類型的豪大雨估計誤差中，42 天中北區有 6 天符合條件，誤差為 25.56mm/day。

台灣中區部分，選取範圍為北緯 24.3~23.5 度，運用之前表 4.6 各天氣類型的 K 經驗降水係數予以帶入，估計情形如表 4.7~4.11 台灣區域中區降水情形，依序代表的天氣類型為，冬季冷鋒、颱風侵襲，颱風外環流侵襲，西南氣流與梅雨鋒面發現除了冬季冷鋒及梅雨鋒面此種天氣系統由北而來造成日降水量僅次於北部外，其於天氣類型中的日降水量均比北區、南區的日降水量還要少。

中部區域實際觀測雨量與估計雨量的 xy 散佈圖（圖 4.3），橫軸為實際雨量測站的單日平均降水單位（mm/day），縱軸則是估計的雨量值單位為（mm/day），於天氣類型中對於颱風侵襲所估計的降水量其誤差較為大，並多半高估其降水量，其相關係數為 0.82。取其 43 天的平均估計誤差降水量，為 11.78mm/day，估計的情形比北區好一些，對於豪大雨的選取方面，42 天中台灣中部有 7 天符合，估計誤差為 23.31mm/day。

台灣南區部分，以北緯 23.5 度以南為選取範圍，運用之前表 4.6 各天氣類型的 K 經驗降水係數予以帶入，估計情形如表 4.7~4.11 台灣區域南區降水情形，依序代表的天氣類型為，冬季冷鋒、颱風侵襲，颱風外環流侵襲，西南氣流與梅雨鋒面，發現西南氣流的影響使得於此天氣類型中的日降水量較高於北區及

中區，而當年的侵台颱風侵襲走向多半為由南向北，因此日降水量也高於其它兩區，於估計中上述降水特性均有掌握到。

南部區域實際觀測雨量與估計雨量的 xy 散佈圖（圖 4.4），橫軸為實際雨量測站的單日平均降水單位（mm/day），縱軸則是估計的雨量值單位為（mm/day）。於颱風侵襲中的 11 月 1 日由於實際觀測與估計降水量誤差達 160mm/day，如此大的差異使得整體相關係數變差，其相關係數為 0.65。取其 43 天的平均估計誤差降水量，為 15.80mm/day，對豪大雨的選取方面，42 天台灣南部有 6 天符合，估計誤差為 32.56mm/day，比起台灣北區中區誤差較大。

綜合北中南區估計的降雨情形繪製成 xy 散佈圖（圖 4.5），發現到對於台灣南部估計降水與實際觀測降水偏差的個案時間比其他兩區大。因此在實際運用此法估計平均日降水量時，由於地區的降水強度不一定一致，因此若區域的不同和天氣類型的不同而改變降水強度時，是否就能將原本估計比較差的地區予以改善，在這的概念的前提下重新運用 K 經驗降水係數針對不同區域不同類型的天氣形態，求取經驗降水係數。

4.5 台灣北、中、南區域不同 K 值與日降水量之比較

隨著區域的不同和天氣類型的作用之下將使區域的降水因素不盡相同，因此運用前面所述的方法計算出台灣地區隨著區域及天氣類型的 K 經驗降水係數，從表 4.12 發現到於冬季冷鋒類型中中部與南部的積雨雲、發展中的積雲 K 經驗降水係數（ K_1 ）均為一樣強度，濃厚積雲類（ K_2 ）則是北部與南部有著類似的降水強度，層雲部分（ K_3 ）則是以中部與南部的強度較為類似。颱風侵襲的天氣類型中，中部南部各 K 值均為相同的強度，代表此天氣類型中三種雲類給中部南部所帶來的降水強度影響是一樣的。颱風外圍環流的類型中，中部與南部地區的積雨雲、發展中的積雲 K 經驗降水係數（ K_1 ），濃厚積雲類（ K_2 ）有著類似的降水強度，層雲部分（ K_3 ）則是以北部與中部的強度較為類似。西南氣流中積雨雲、發展中的積雲 K 經驗降水係數（ K_1 ）於北、中、南三區以南部地區的

值為較大，原因由於此天氣類型均為吹西南風時發生因此南部有著較大的 (K_1) 值，北部與南部濃厚積雲類 (K_2) 的 K 經驗降水係數強度則較為相同，層雲部分 (K_3) 則是北部與中部有著較為相近的降水強度。梅雨鋒面類型中積雨雲、發展中的積雲 K 經驗降水係數 (K_1) 於南區有著較大的降水經驗值，北部與南部的濃厚積雲類降水經驗係數 (K_2) 強度較為相似，層雲部分 (K_3) 則均不相似。

台灣北區部分，運用表 4.12 各天氣類型的 K 經驗降水係數予以帶入，估計情形如表 4.13~4.17 台灣區域北區降水情形，依序代表的天氣類型為，冬季冷鋒、颱風侵襲，颱風外環流侵襲，西南氣流與梅雨鋒面發現於冬季冷鋒的天氣類型中層雲經驗降水係數 (K_3) 比先前全區冬季冷鋒的層雲經驗降水係數大的多，為 22 mm/day 但對於濃厚積雲區 (K_2) 的經驗降水係數卻遠比全區冬季冷鋒濃厚積雲區的經驗降水係數 (K_2) 小的多為 1mm/day，因此對冬季冷鋒的日降水量而言是低估的。北部區域實際觀測雨量與估計雨量的 xy 散佈圖 (圖 4.6)，橫軸為實際雨量測站的單日平均降水單位 (mm/day)，縱軸則是估計的雨量值單位為 (mm/day)。相關係數為 0.75，和之前運用固定天氣類型北區相關係數分析差異不大。取其 43 天的平均估計誤差降水量，為 14.40mm/day，對於台灣地區各天氣類型的豪大雨估計誤差中，42 天中北區有 6 天符合條件，誤差為 20.21mm/day

台灣中區部分，運用表 4.12 各天氣類型的 K 經驗降水係數予以帶入，估計情形如表 3.2~3.6 台灣區域中區降水情形，依序代表的天氣類型為，冬季冷鋒、颱風侵襲，颱風外環流侵襲，西南氣流與梅雨鋒面發現此區的各經驗降水係數在於估計日降水量有著不錯結果。中部區域實際觀測雨量與估計雨量的 xy 散佈圖 (圖 4.7)，橫軸為實際雨量測站的單日平均降水單位 (mm/day)，縱軸則是估計的雨量值單位為 (mm/day)。整體而言有著不錯的估計能力但以梅雨鋒面的估計誤差較為大，相關係數為 0.80，和之前運用固定天氣類型的 K 經驗降水係數估計中區降水量，其相關係數分析差異不大，對於梅雨鋒面的估計降水比較不易掌握。取其 43 天的平均估計誤差降水量，為 11.39mm/day，對於豪大雨的選取方面，42 天中台灣中部有 7 天符合，估計誤差為 31.76mm/day。

台灣南區部分，運用表 4.12 各天氣類型的 K 經驗降水係數予以帶入，估計情形如表 4.13~4.17 台灣區域南區降水情形，依序代表的天氣類型為，冬季冷鋒、颱風侵襲，颱風外環流侵襲，西南氣流與梅雨鋒面發現到於冬季冷鋒的天氣類型時，雲類多半為層雲(St)，對流性的雲類十分的稀少，但是因為層雲類的經驗降水係數 K_3 於計算時過於低估，使得南區的冬季冷鋒估計日降水量的平均為 0.22mm/day 比起實際觀測平均 1.82mm/day 差異較多。

南部區域實際觀測雨量與估計雨量的 xy 散佈圖（圖 4.8），橫軸為實際雨量測站的單日平均降水單位（mm/day），縱軸則是估計的雨量值單位為（mm/day）。相關係數為 0.88，明顯的改善之前運用固定天氣類型的 K 經驗降水係數估計南區降水量的估計誤差情形，使原本相關係數 0.65 提升為 0.88，圖中呈現一良好的線性關係，取其 43 天的平均估計誤差降水量，為 10.32mm/day，對豪大雨的選取方面，42 天台灣南部有 6 天符合，估計誤差為 25.14mm/day。

重新將綜合北中南區估計的降雨情形繪製成 xy 散佈圖（散佈圖 4.9），可以發現到其整體估計的情形與之前固定於之前所估計的降水散佈圖（圖 4.5）於南區部分有著明顯的改善。在前一節比較發現到估計南部區域的降水誤差情形較比其他兩區大，而在此節中，當 K 經驗降水係數隨著天氣型態和區域而變動時有著明顯改變，使得原先估計誤差比較大的南部區域，有著明顯的改善，使得其估計降水的可信度更為提高。

4.6 小結

- （1） 當於台灣北、中、南區域運用固定天氣類型的 K 值降水經驗係數，估計台灣五大天氣類型，4.4 節的分析比較中發現到區域估計降水量方面，台灣北區、中區的日降水量較南部理想。
- （2） 在 4.5 節中，隨著區域和天氣類型的不同去求取 K 經驗降水係數，發現到台灣北區與中區的估計降水量差異並不大，但時南區有明顯的改善，顯見南部地區的降水型態與北區、中區有所差異。

五 結語

雲分類法 NEPH (Masami and Ryoji, 1996)，利用 GMS-5 的 IR1, IR2, IR3 及可見光將衛星所觀測的雲予以分類，由於此分類法需要可見光的輔助，因此，可以分析的時間僅限於上午十點到下午四點，至於清晨，黃昏以及晚上的時段本方法其分類誤差相當大。因此，本研究進一步使用聚類分析 (Cluster) 將 NEPH 所分析到的雲種依照 IR1, IR2, IR3, 及 IR1-IR2 等四種參數加以聚類分析，然後推至同一天之其他時段，利用有限之地面觀測資料應証之，初步的分析結果發現兩者相當接近。

利用此分析結果針對台灣地區 5 種天氣類型 (冬季冷鋒、颱風侵襲、颱風外圍環流侵襲、西南氣流、梅雨鋒面。) 分析該天氣系統所佔有各種雲的比例，過去台灣地區之研究對於雲類較少被提及，因此，了解各系統之雲類分析有助於了解該天氣系統之物理過程。

各天氣類型中：

- (1) 冬季冷鋒：由於冬季鋒面的斜壓性較弱因此所帶來的降水就比較少，雲型分配以積雲(Cu)及層雲 (St) 佔有率比較多。
- (2) 颱風：積雲的生成將會給颱風 (熱帶低壓) 本身提供能量，而低壓所造成的輻合為積雲的發展輸送了水氣，因此颱風侵襲範圍內以積雨雲 (Cb) 及發展中的積雲 (Cg) 佔多數比率。
- (3) 颱風外圍環流：颱風中心區向外旋出為冷源的高雲團，其中卷雲帶由因積雨雲衰減而遺留下來的雲砧生成，外環流多半為此結構因而以卷雲+中雲 (Ci+Cm) 比例較其他雲種多。
- (4) 西南氣流：各種雲種的比例均為平均，可能因為西南氣流所帶來的降雨多半為小尺度的降水，因此若將選定範圍更為縮小，其強對流雲的狀態分佈比率將會更為明顯。
- (5) 梅雨鋒面：梅雨鋒面其雲種中含有積雲、濃積雲、積雨雲和高層雲等，有

時梅雨鋒面雲系中會有一個個大小不等的積雨雲團，其中以發展中的積雲（Cg），卷雲+中雲（Ci+Cm），中雲(Cm)及濃厚雲域（Dense）為主要成分。

對於雲分類法分類誤差的改善方面，由於本文的雲分類法主要是使用聚類法分析雲型，所選取的衛星頻道組合與權重的給予均會影響到其分類的準確性，本文採用了 4 種頻道的組合分別為，即 $11\ \mu\text{m}$ (IR1) 亮溫， $12\ \mu\text{m}$ (IR2) 亮溫，即水汽頻道 $6.7\ \mu\text{m}$ (IR3) 亮溫，以及分裂窗亮溫差 $11\ \mu\text{m}$ - $12\ \mu\text{m}$ 。於今後將考慮更多頻道的亮溫與其權重的組合，以便達到更為準確的分類情形。

對於台灣地區應用雲分類估計日降水量的部分，在選取時間和針對台灣北、中、南區域予以比對，發現對於豪大雨估計雨量而言估計結果之平均誤差介於 (20mm/day~30mm/day)，對於颱風侵襲個案中其降水估計的誤差其值，比先前學者（丘等，2000）所做之估計誤差更小，因此對於運用本文估計特殊天氣類型所產生的區域平均日降水量有著不錯的估計能力。

由於選取天氣類型及個案時間均以 2000 年為主，較為稀少，導致在求解時，K 值之穩定性較低，因此選取更多時間天氣類型的雲分類及降水情形，有助於提高 K 值的準確性。

另外在使用聚類分析時，所選取之參考值乃來自於白天 NEPH 之分析結果，將此結果應用於夜間之衛星資料可能會有些誤差，如日夜變化之效應等等，這可以說明為何西南氣流之分析結果比較不理想，但是其他類之分析結果仍相當合理。而雲分類的資料在未來可以提供給類神經網路予以參考，使得降水估計的準確性更高。

附錄 A (Nephanalysis 雲分類法)

本文採用的是 1996 年日本氣象廳所使用的雲分類法（Nephanalysis，NEPH）(Masami Tokuno and Ryoji Kumabe 1996)，分類概念如下文所示。

(一) 衛星資料網格化分類處理

NEPH 的網格以 0.25° 緯度 $\times 0.25^\circ$ 經度為分析區域，已知紅外線資料其網格解析度為 5 公里，因此於 0.25° 緯度 $\times 0.25^\circ$ 經度的範圍中有 25 筆紅外線衛星資料，可見光的網格解析度為 1.25 公里，所以 0.25° 緯度 $\times 0.25^\circ$ 經度中有約 400 筆可見光資料。示意圖如(圖 A-1)

(二)網格的雲型層別化

先利用 IR1 的 400hpa，600hpa，900hpa 雲頂亮度溫度來將 0.25° 緯度 $\times 0.25^\circ$ 經度的網格範圍就其所在的高度做 4 大類的區分。然而隨著季節月份的差異各層溫度會有所改變，示意如(圖 A-2)所示：

在利用 LOWTRAN 軟體分別求出 IR1 在 400hpa，600hpa，900hpa 於 2000 年 1 月份的亮度溫度分別為 256K、273K、286K，於是利用上述的亮度溫度我們可以定義：

- (1)高雲層區：當 0.25° 緯度 $\times 0.25^\circ$ 經度中的 25 筆 IR1 資料有 20 筆(即 80%)低於 256K 屬之。
- (2)中雲層區：當 0.25° 緯度 $\times 0.25^\circ$ 經度中的 25 筆 IR1 資料有 20 筆(即 80%)低於 273K 或高於 256K 屬之。
- (3)低雲層區：當 0.25° 緯度 $\times 0.25^\circ$ 經度中的 25 筆 IR1 資料有 15 筆(即 60%)低於 286K 或高於 273K 屬之。
- (4)晴空雲區：當 0.25° 緯度 $\times 0.25^\circ$ 經度中的 25 筆 IR1 資料有 20 筆(即 80%)高於 286K 屬之。

(三)可見光資料的輔助

在 0.25° 緯度 $\times 0.25^\circ$ 經度中可見光資料因為解析度為 1.25 公里，故約有 400 筆反照率的資料，在將 400 筆資料按照反照率的強度排列，在希望資料為常態分佈下，只取資料中 16%~84%的區間，可見光反照率的累積頻率最小值既為常態分佈中的最小反照率值，可見光反照率的累積頻率最大值既為常態分佈中的最大反照率值。取其累積頻率的最大和最小值，並利用其間的差值作為判別雲種的根據示意如圖 A-3 所示。

(四)紅外線資料的判別概念

- (1) 運用 IR1、2 和 IR1、3 的溫度差異當成區分雲類的閾值，高層以 Cb(積雨雲)為主，中層以 Cg(發展中的積雲)為主。
- (2) 當無可見光資料時運用 IR1、3 的輻射情形加以判定高，中，低層雲，從(圖 A-4)所示，橫座標為 IR1 的輻射情形，縱座標為 IR3 的輻射情形。曲線 L 所代表的是觀測資料，我們發現到雲的所在位置若越高則 IR1，3 的輻射值會越低，在雲圖上的色調則越白。圖中有 X 的記號則是比較容易出現半透明雲的高度約是 500~700hpa。

(五) 各處理層的概略說明。

(1)上層雲域處理

所分析的區域網格中(25km×25km)，其 IR1 的亮度溫度需要有 80%的亮度溫度若於 256K 以上既進入上層雲域的分析，上層雲域主要是將網格雲域中的雲自動分類成積雨雲(Cb)，發展中的積雨雲(Cg)、厚的雲區(Dense)、卷雲區(Ci)，卷雲+中層雲(Ci+Cm)，卷雲+積雲(Ci+Cu)。

利用 IR1 和 IR3 的亮度溫度差以及 IR1 和 IR2 的亮度溫度差符合所設定的閾值。符合條件的雲區為積雨雲區(Cb) (見圖 A-5.1)。圖中 DT12 的是表示 IR1、2 在 850hpa 的亮溫差值，DT13 是代表 IR1、3 在對流層的亮溫差值。若積雨雲區所佔大於分析網格其中的 70%並具有可見光資料時，再利用累積頻率的最小反照值和累積頻率的最高最小反照值差作為閾值加以判斷分類(圖 A-5.2)，，在此可以分出卷雲+中雲(Ci+Cm)，厚的雲區(Dense)，發展中的積雲(Cg)，積雨雲(Cb)的雲型。若是積雨雲區所佔小於分析網格其中的 70%並具有可見光資料時，再利用累積頻率的最小反照值和累積頻率的最高、最小反照值差作為閾值加以判斷分類(圖 A-5.3)，，再此可以分出卷雲(Ci)，卷雲+積雲(Ci+Cu)，卷雲+中雲(Ci+Cm)，厚的雲區(Dense)，發展中的積雲(Cg)，積雨雲(Cb)的雲型。

當在沒有可見光資料的情形下，計算 IR1 和 IR3 的相關係數，其相關係數若大於 0.8，則利用之前提過的迴歸方程

$$RAD(IR3)=A \times RAD(IR1)+B \dots\dots\dots (式 A.1)$$

其中 A 作為判斷雲型的閾值，如此可以分出厚的雲區(Dense)，卷雲+中雲(Ci+Cm)，卷雲+積雲(Ci+Cu)，卷雲(Ci)。(圖 A-5.4)。

(2)中層雲域處理

所分析的區域網格中(25km×25km)，其紅外 1 的亮度溫度需要有 80%的亮度溫度介於 256K~273K 既進入中層雲域的分析，中層雲的處理方式和上層雲的方法類似，當具有可見光資料時可以分出發展中的積雲(Cg)，中雲(Cm)，卷雲+中雲(Ci+Cm)，卷雲+積雲(Ci+Cu)。當不具有可見光資料時可以分出發展中的積雲(Cg)，厚的雲域(Dense)，卷雲(Ci)，中雲(Cm)，卷雲+中雲(Ci+Cm)，卷雲+積雲(Ci+Cu)(圖 A-6)。

中層雲的粗略判斷以發展中的積雲(Cg)區域為主，主要是利用 IR1、2 和 IR1、3 的亮溫差做判斷(A-6.1)。圖中 DT12 為 IR1、2 在 850hpa 的溫度差再加上 1.0K，DT12 為 IR1、3 在對流層的溫度差再加上 3.0K 當所屬的雲區有 70%以上符合 Cg 區域並具有可見光資料的時候即利用累積頻率的最小反照值和累積頻率的最高最小反照值差作為閾值加以判斷分類。可以分出發展中的積雲(Cg)，厚的雲域(Dense)，卷雲+中雲(Ci+Cm)(圖 A-6.2)。

若其 Cg 區域大於 70%卻沒有可見光的資料時，即將所有雲型判定為 Cg(發展中的積雲)。

當 Cg 區域小於 70%先計算 IR1 和 IR3 的相關係數，若其相關係數 $R \geq 0.6$ 卻沒有可見光的資料時，運用迴歸方程 A.1 中的 A 作為判斷雲型的閾值，如此可以分出的雲型有厚的雲域(Dense)，卷雲+中雲(Ci+Cm)，卷雲+積雲(Ci+Cu)，卷雲(Ci)，見(圖 A-6.3)。

當 Cg 區域小於 70%，相關係數 $R \geq 0.6$ 並具有可見光資料的時候，運用累積頻率的最小反照值和累積頻率的最高最小反照值差作為閾值加以判斷分類。如此可以分出的雲型發展中的積雲(Cg)，厚的雲域(Dense)，卷雲+中雲(Ci+Cm)，卷雲+積雲(Ci+Cu)，卷雲(Ci)。見(圖 A-6.4)

Cg 區域小於 70%，相關係數 $R < 0.6$ 並不具有可見光的資料時，所屬的雲型均判定為 Cm(中雲)。Cg 區域小於 70%，相關係數 $R < 0.6$ ，但具有可見光的資料時，可以分出發展中的積雲(Cg)，厚的雲域(Dense)，卷雲+中雲(Ci+Cm)，卷雲+積雲(Ci+Cu)，卷雲(Ci)(圖 A-6.5)。

(3)低層雲域的處理

處理下層雲域的先決條件，所分析的區域網格中(25km×25km)，其 IR1 的亮

度溫度需要有 60%的亮度溫度介於 273K~286K，當具有可見光資料時，利用累積頻率的最小反照值和累積頻率的最高最小反照值差作為閾值加以判斷分類。可以判別出其他(Other)，積雲(Cu)，層雲(St)，(圖 A-7，圖 A-7.1)

IR1、2 的波長相近，主要為觀察低層雲型，但是其波段的衰減程度有所差異所以，在無可見光資料時運用其亮溫的差異予以輔助判別雲型，故可將低雲(Low)和霧區(Fog)辨識 (圖 A-7，圖 A-7.2)。

(4)晴空雲域的處理。

所分析的區域網格中(25km×25km)，其 IR1 的亮度溫度需要有 80%的亮度溫度高於 286K，當具有可見光資料時，利用累積頻率的最小反照值和累積頻率的最高最小反照值差作為閾值加以判斷分類。可以分別出霧區(Fog)，晴空(Clear)(圖 A-8，圖 A-8.1)。

若無可見光資料時，利用紅外線亮度溫度的溫度差加以判斷，可以分別出霧區(Fog)，晴空(Clear) (圖 A-8，圖 A-8.2)。

附錄 B (聚類雲分類法)

分類資料的選取，GMS-5 紅外線各頻道的權重位置是不同的，為了進行較好的雲分類，必須有效的運用各紅外線頻道的特色，並最大限度的突出雲型信息。考慮到絕大部分的雲型的位於對流層下部，綜合以上所述，本分類法選取了四個頻道的組合，即 11 μm (IR1) 亮溫，即 12 μm (IR2) 亮溫，即水汽頻道 6.7 μm (IR3) 亮溫，以及分裂窗亮溫差 11 μm -12 μm 。

常用的樣本相似單位包括距離和角度的相似性，本文所採用的是 Minkowsky 距離法的函數值作為相似性度量(譚，1997)，

$$d_{K_j}(X_K, k_j) = \left[\sum_{l=1}^m |X_{Kl} - k_{jl}|^\rho \right]^{1/\rho} \dots\dots(式 B.1)$$

m 是維數，既是使用的頻道數， $\rho=2.5$ ，並且引入權重係數 w_l 以消除各通道量級的差別本文所採用的權重係數 $w = \{1.0, 1.0, 0.1, 10\}$ ，如此運用可以使各維的特徵值達到同一個量級。

$$d_{K_j}(X_k, K_j) = \left[\sum_{l=1}^m w_l |X_{kl} - K_{jl}|^\rho \right]^{1/\rho} \dots\dots(\text{式 B.2})$$

最後，樣本資料 X_k 對核 K_j 的廣義相似性量度距離值：

$$\Delta(X_k, K_j) = u_{kj}(X_k, K_j) = \frac{1}{\sum_{l=1}^m \left(\frac{d_{Kj}}{d_{kl}} \right)^{\frac{1}{\alpha-1}}} \dots\dots(\text{式 B.3})$$

在聚類的過程中，某一樣本資料 X_k 是否歸屬於類型 ϖ_j ，就應該衡量 X_k 與核心 K_j 之間的相似性 $\Delta(X_k, K_j)$ 。

附表 B.1 表示為 2000 年 1 月份運用 NEPH 方法所分析出的 12 種雲類的各頻道亮溫 and 亮溫差的情形，時間為 00~08Z，具有可見光資料時的平均值。再以表格中的平均值作為動態分類的核心進行分類步驟如下：

- (1) 給定控制參數
- (2) 給定一大致的分類核心值 K ：利用先前 NEPH 雲分類方法求得出，日間 12 種雲系於 IR1，IR2，IR3 和 IR1-IR2 的亮溫平均值。
- (3) 在分析的資料中取一樣本 X_k ，取通道組合：

$$x_{k1} = T_{11} \dots\dots\dots(\text{式 B.4})$$

$$x_{k2} = T_{22} \dots\dots\dots(\text{式 B.5})$$

$$x_{k3} = T_{33} \dots\dots\dots(\text{式 B.6})$$

$$x_{k4} = T_{11} - T_{22} \dots\dots(\text{式 B.7})$$

其中 T_{11} 、 T_{22} 、 T_{33} 分別是 GMS-5 衛星的 IR1、2、3 的亮度溫度。再加以計算每個樣本和每個核心值的相似性，如果

$$\Delta(X_k, K_j) = \max_{j=1,m} \Delta(X_k, K_j) \dots\dots(\text{式 B.8})$$

則 $X_k \in \varpi_j$ (ϖ_i 表示所屬類型)，如此即可將衛星亮度溫度予以分類。

參考文獻

- Hongping Liu, V. Chandrasekar, and Gang Xu, 2001: An adaptive neural network scheme for radar rainfall estimation from WSR-88D observations. *Journal of applied meteorology*, vol. 40, 2038-2050.
- .Krasnopolsky, V. M., L. C Breaker, and W. H Gemmill, 1995: A neural network as a nonlinear transfer function model for retrieving surface wind speeds from the Special Sensor Microwave Imager. *J. Geophys. Res.*, 100, 11 033-11 045.
- Martin T. Howard, B. Demuth and Mark Beale, "Neural Network Design" PWS publishing company, 1995.
- Mohr, C.G., L.J. Miller, R.L. Vaughn, and H.W. Frank, 1986: The merger of mesoscale datasets into a common Cartesian format for efficient and systematic analyses. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 3, 143-161.
- William w. hsieh and benyang Tang, 1998: Applying neural network models to prediction and data analysis in meteorology and oceanography. *Bulletin of the American Meteorological society*. Vol. 79, No. 9, 1855-1870.
- Xiao, R., and V. Chandrasekar, 1995: Multiparameter radar rainfall estimation using neural network techniques. Preprints, 27th Conf. on Radar Meteorology, Vail, CO, amer. Meteor. Soc., 199-204.
- Ninomiya, T., 1989: Cloud distribution over east Asia during Baiu period of 1979. *J. Meteor. Soc. Japan*, 67, 639~658.
- Reynolds, D. W., and T. H. Vonder Haar (1977). A bispectral method for cloud parameter determination. *Mon. Wea. Rev.*, 105, 446-457
- Rossow, W. B., and R.A. Schiffer (1991). ISSCP cloud data products *Bull. Am. Meteor. Soc.*, 72, 2-20
- Smith, W. L., and H. M. Woolf (1976). The use of eigenvectors of statistical covariance Matrices for interpreting satellite sounding radiometer data. *J. Atmos. Sci.*, 33, 1127-1140.
- Tokuno, M and K. Tsuchiya, (1994). Classification of cloud types based on data of multiple satellite sensors. *Adv. Space Res.*, Vol. 14, No. 3, 199-206.
- 王時鼎，1985：「台灣颱風降雨特性及其預報研究（二）」，行政院國家科學委員會防災科技研究報告，73-47 號。
- 丘台光、汪琮、苟潔予、梁信廣，2000：「利用衛星 IR 雲圖對中尺度對流系統作降水估計與定量預報之研究」，天氣分析與預報研討會氣象論文彙編(89)，中央氣象局衛星中心。
- 丘台光、苟潔予、林允才，2000：「利用氣象衛星作颱風降水潛勢預報之研究」，天氣分析與預報研討會氣象論文彙編(89)，中央氣象局衛星中心。

- 黃若澄，1997：「台灣北部地區雷達回波的統計特性與降雨估計」，國立台灣大學大氣科學所碩士論文。
- 黃威雄，2000：「類神經網路應用於颱風期間雷達降雨模擬之研究」，國立台灣大學土木工程所碩士論文。
- 葉天降、吳石吉、謝信良，1999：「簡單統計方法於台灣地區颱風降水預測之研究（一）預測方法與台北颱風降水之預測校驗」，*大氣科學*，第二十七期第四號。
- 葉天降、謝信良、吳石吉，2000：「簡單統計方法於台灣地區颱風降水預測之研究（二）預測結果隨區域之分布」，*大氣科學*，第二十八期第四號。

天氣類別	梅雨	象神 颱風	啓德 颱風	碧利斯 颱風	颱風外 環流	西南 氣流	冬季 冷鋒
地面觀測 資料筆數	4622	898	872	726	2417	900	3385
地面觀測 積雲的筆 數	1523	525	438	537	836	478	913
地面觀測 積雲所佔 百分率	32.9%	58.4%	50.2%	73%	34%	53.1%	27%
雲分類積 雨雲 (Cb) 所佔百分 率	7.0%	17.9%	13.5%	39.9%	3.1%	4.7%	0%
雲分類發 展中的積 雲 Cg 所 佔百分 率	13.1%	20.8%	13.2%	22.18%	6.6%	6.0%	1.9%
雲分類厚 雲 域 Dense 所 佔百分 率	15.5%	16.6%	15.9%	7.6%	13.3%	8.4%	0.9%
雲分類積 雲 Cu 所 佔百分 率	2.7%	1.3%	1.4%	8.9%	6.19%	12.%	33.6%
雲分類積 雲類總百 分率	38.3%	56.7%	44%	74.6%	29.2%	32%	36.4%

表 1.1：雲分類與地面綜觀報資料積雲部分之比對。

天氣類別	梅雨	象神 颱風	啓德 颱風	碧利斯 颱風	颱風外 環流	西南 氣流	冬季 冷鋒
地面觀測 資料筆數	4622	898	872	726	2417	900	3385
地面觀測 層雲筆數	385	66	60	42	167	64	650
地面觀測 層雲所佔 百分率	8.3%	7.3%	6.8%	5.8%	6.9%	7.1%	19%
雲分類層 雲 (St) 佔百分率	4.9%	1.3%	1%	6.9%	7.5%	5%	21%

表 1.2：雲分類與地面綜觀報資料層雲部分之比對。

天氣類別	梅雨	象神 颱風	啓德 颱風	碧利斯 颱風	颱風外 環流	西南氣流	冬季 冷鋒
地面觀測 資料筆數	1796	220	221	269	885	562	970
地面觀測 卷雲筆數	476	25	47	35	200	166	80
地面觀測 卷雲所佔 百分率	26.5%	11%	21%	13%	22.6%	29%	8%
雲分類卷 雲 (Ci) 百 分率	7.3%	1.6%	5.1%	0.8%	4%	3.3%	0.1%
雲分類卷 +雲 (Ci+Cm) 的百分率	15.3%	8.2%	10.4%	6.8%	18.5%	10.5%	14.2%
雲分類卷 + 雲 (Ci+Cu) 的百分 率	6.6%	3.4%	4.1%	2.9%	3.8%	2.2%	0%
雲分類卷 雲總百分 率	29.2%	13.2%	20.2%	10.5%	26.3%	16%	14.3%

表 1.3：雲分類與地面綜觀報資料高層卷雲系部分之比對。

	台灣區域對流旺盛積雲 雲量的百分率				台灣區域濃厚積雲 雲量的百分率				台灣區域層雲 雲量的百分率			
日期	全區	北區	中區	南區	全區	北區	中區	南區	全區	北區	中區	南區
1/6	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	15%	10%	18.8%	16.6%
1/7	0%	0%	0%	0%	0.09%	0%	0.019%	0.01%	9.3%	11%	7.2%	9.4%
1/30	0.05%	0%	0%	0.1%	0.05%	0%	0%	0.1%	59%	82%	60.7%	40.4%
1/31	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	49.9%	38%	52%	56%
12/11	0.02%	0%	0%	0.06%	6.1%	9.7%	5.9%	4%	19.6%	19.8%	23.4%	17.5%
12/12	0.1%	0.8%	0%	0.1%	6.6%	12.9%	7.9%	3.2%	19.9%	5.8%	3.6%	18.3%
12/13	0.4%	1.2%	0.039%	0%	7.4%	15.2%	3.8%	0.4%	18.7%	1.5%	15.4%	33.7%
12/18	0.94%	1.4%	2.2%	0.06%	2%	5.3%	1.7%	0.5%	19.6%	26.6%	17.5%	13.7%
12/19	0.06%	0.02%	0.16%	0%	4.6%	7.2%	0.5%	0%	22.2%	21.8%	19.7%	23.1%
平均	0.17%	0.38%	0.266%	0.035%	2.97%	5.58%	2.20%	0.91%	25.91%	24.05%	24.24%	25.41%

表 4.1：台灣區域冬季冷鋒雲量之分佈。

	台灣區域對流旺盛積雲 雲量的百分率				台灣區域濃厚積雲 雲量的百分率				台灣區域層雲 雲量的百分率			
日期	全區	北區	中區	南區	全區	北區	中區	南區	全區	北區	中區	南區
7/8	29%	17.3%	26.4%	39.6%	27.7%	33.5%	32.2%	21.3%	0.001%	0.004%	0%	0%
7/9	41.5%	36.6%	50.2%	40.4%	20%	24.2%	18.6%	18.9%	0.7%	0.6%	1.4%	0.4%
8/22	55%	41%	53.8%	67.7%	17%	21.4%	14%	15.2%	1%	1.5%	1.1%	1.2%
8/23	89%	84%	94%	92.6%	6%	12.3%	4.4%	3%	0%	0%	0%	0%
10/31	74%	62.9%	75.7%	82.6%	12%	15.5%	13.9%	8.1%	0%	0%	0%	0.01%
11/1	41%	47.5%	41.4%	36.5%	3.4%	3.8%	2.9%	3.7%	6.8%	2.9%	5.3%	10.9%
平均	54.91%	48.21%	56.91%	59.9%	14.35%	18.45%	14.33%	11.7%	2.8%	0.834%	1.3%	2.01%

表 4.2：台灣區域颱風侵襲雲量之分佈。

	台灣區域對流旺盛積雲 雲量的百分率				台灣區域濃厚積雲 雲量的百分率				台灣區域層雲 雲量的百分率			
日期	全區	北區	中區	南區	全區	北區	中區	南區	全區	北區	中區	南區
7/6	5.1%	0%	0.7%	11.4%	4.6%	0.06%	0.6%	10.1%	10.7%	17.2%	11.2%	6.2%
7/7	16.4%	0.17%	11.9%	31.2%	8.3%	0.4%	6.1%	15.5%	3.4%	9.1%	2.3%	0.02%
8/28	9.6%	16.3%	11.2%	4.8%	7.8%	6.1%	8.4%	8.5%	16.2%	16.8%	15.9%	16.2%
8/29	12.9%	19.5%	13.9%	8.8%	10.6%	9.6%	9.8%	12.1%	10.6%	10%	10.7%	9.4%
10/29	12%	17.4%	1.3%	21.4%	12.8%	1.3%	6.6%	32.4%	12.8%	37%	3.2%	0.9%
10/30	10.9%	3.4%	11.3%	16.6%	0.8%	30%	36.5%	35.5%	0.8%	1.5%	0.019%	0.01%
11/5	0.7%	0.58%	0.8%	0.8%	0.9%	14.3%	11.32%	9.7%	0.9%	0.2%	0.5%	1.6%
平均	9.65%	8.19%	7.3%	13.57%	6.54%	8.82%	11.33%	17.68%	7.91%	13.11%	6.25%	4.90%

表 4.3：台灣區域颱風外圍環流雲量之分佈。

	台灣區域對流旺盛積雲 雲量的百分率				台灣區域濃厚積雲 雲量的百分率				台灣區域層雲 雲量的百分率			
日期	全區	北區	中區	南區	全區	北區	中區	南區	全區	北區	中區	南區
6/20	6.2%	11.8%	11.3%	0.4%	1.6%	1.6%	3.3%	0.6%	2.6%	3.7%	1.6%	2.7%
7/19	6.7%	4.9%	7.6%	8.3%	14.7%	14.7%	17%	14.4%	4.6%	6.4%	5.7%	2.7%
7/31	9.8%	2.6%	13.9%	13.6%	17.9%	4.8%	18%	28.5%	6.9%	1.6%	0%	2.4%
8/1	15.8%	21.4%	13.9%	16.1%	14.1%	11.7%	18%	16%	0.01%	0%	0%	0%
8/2	22.4%	27%	22.9%	20.4%	10.3%	10.5%	9.6%	11.2%	6%	4.4%	8%	5.8%
8/3	7.4%	2.1%	0.1%	15.3%	6.8%	2.3%	3.6%	11.7%	12.2%	15.5%	14.3%	9.2%
8/11	0.4%	1%	0.4%	0.1%	2.5%	3.4%	3.2%	1.9%	5.2%	3.1%	6.4%	6.3%
8/12	23.8%	23.5%	34.9%	20.3%	5.1%	5.1%	6.8%	4.3%	1.3%	2.3%	1.2%	0.9%
8/15	11.2%	9.9%	8.4%	14%	9.1%	2.7%	10.2%	13.5%	7.4%	6.5%	10.1%	7.3%
8/17	1%	3.3%	0%	0.08%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	5.4%	6.3%	8.4%	3.7%
平均	10.47%	10.75%	11.34%	10.85%	8.22%	5.69%	8.98%	10.22%	5.16%	4.98%	13.13%	4.1%

表 4.4：台灣區域西南氣流雲量之分佈。

	台灣區域對流旺盛積雲 雲量的百分率				台灣區域濃厚積雲 雲量的百分率				台灣區域層雲 雲量的百分率			
日期	全區	北區	中區	南區	全區	北區	中區	南區	全區	北區	中區	南區
4/24	0.09%	0.1%	0%	0.09%	2.7%	4%	0.8%	1%	7.9%	2.8%	10.6%	10.5%
4/26	20%	7%	28.9%	8.8%	14%	23.6%	14.4%	6.2%	11%	7.1%	7.6%	16.5%
4/28	5.8%	13.1%	6.2%	0.2%	17.5%	32%	25%	2.8%	3.7%	0.3%	1.7%	7.4%
6/6	13%	21.5%	16%	4.9%	6.5%	7.6%	8.5%	4.5%	2.7%	1.2%	2%	3.6%
6/11	45%	75.4%	47.9%	22.9%	4.5%	11%	8.5%	3.8%	7.2%	0.09%	0.5%	0.4%
6/12	35%	37.3%	45.4%	31.2%	21.6%	32.3%	19%	13.3%	0.08%	0%	0.01%	0.1%
6/13	16%	13.1%	8.6%	18.3%	25.2%	38.4%	33.6%	12.4%	0.6%	0.7%	0%	0.8%
6/16	22.7%	29.7%	22.6%	19.6%	12%	13.1%	11.6%	10.7%	3.6%	8.7%	2.3%	0.8%
6/17	19.5%	11.8%	21%	25.8%	17.4%	19.3%	16%	17.2%	0.7%	1%	1.5%	0.09%
6/18	19%	14%	21.9%	21.3%	11.1%	15.3%	8.2%	7.8%	1%	1.7%	2.9%	1.3%
平均	19.6%	22.3%	21.85%	15.3%	13.25%	19.66%	14.56%	7.97%	3.84%	2.35%	2.91%	4.14%

表 4.5：台灣區域梅雨鋒面雲量之分佈。

天氣類型	K_1 (積雨雲、發展中的積雲)	K_2 (濃厚積雲類)	K_3 (層雲類)
冬季冷鋒	275	220	5.6
梅雨鋒面	23	106	188
颱風	130	25	1355
颱風外圍環流	33	57	82
午後對流	38	101	96

表 4.6：符合台灣地區五大天氣類型的 K 值經驗降水參數。

日期	實際觀測雨量				估計雨量			
	全區	北區	中區	南區	全區	北區	中區	南區
1/6	0.9mm	2.14mm	0.02mm	0.4mm	0.84mm	0.56mm	1.05mm	0.92mm
1/7	3.7mm	9.57mm	0.97mm	0.43mm	0.71mm	0.61mm	0.44mm	0.54mm
1/30	3.7mm	10.2mm	0.8mm	0.2mm	3.55mm	4.59mm	3.39mm	2.75mm
1/31	1.75mm	4.45mm	0.61mm	0.17mm	2.79mm	2.12mm	2.91mm	3.136mm
12/11	7.55mm	18.5mm	1.2mm	2.35mm	14.56mm	22.44mm	2.6mm	9.945mm
12/12	18.9mm	36.3mm	17.3mm	4.81mm	18.38mm	30.82mm	1.93mm	8.33mm
12/13	24.50mm	57.81mm	10.96mm	4.63mm	18.45mm	36.82mm	9.32mm	2.767mm
12/18	3.21mm	7.45mm	1.14mm	0.92mm	8.08mm	16.99mm	10.77mm	2.032mm
12/19	10.85mm	28.20mm	0.92mm	2.55mm	11.52mm	17.11mm	2.64mm	1.293mm
平均 雨量	8.34mm	19.4mm	3.66mm	1.82mm	8.76mm	14.67mm	3.89mm	3.52mm

表 4.7：台灣區域冬季鋒面觀測與估計平均日降水量之分佈。

日期	實際觀測雨量				估計雨量			
	全區	北區	中區	南區	全區	北區	中區	南區
7/8	18.3mm	17.7mm	13.3mm	22.5mm	44.76mm	31.407mm	42.37mm	56.8mm
7/9	68.5mm	74.32mm	64.74mm	66.12mm	68.43mm	61.76mm	88.88mm	62.66mm
8/22	89.37mm	89.25mm	89.13mm	89.65mm	89.3mm	78.975mm	88.34mm	108.01mm
8/23	115.97mm	43.46mm	110.72mm	183.81mm	117.2mm	112.275mm	123.3mm	121.13mm
10/31	136.8mm	134.27mm	136.95mm	138.98mm	99.2mm	85.645mm	101.88mm	109.54mm
11/1	81.51mm	166.17mm	48.92mm	29.67mm	146.29mm	101.99mm	121.36mm	196.07mm
平均 雨量	85.07mm	87.52mm	77.29mm	88.45mm	94.19mm	78.67mm	94.35mm	109.03mm

表 4.8：台灣區域颱風侵襲觀測與估計平均日降水量之分佈。

	實際觀測雨量				估計雨量			
日期	全區	北區	中區	南區	全區	北區	中區	南區
7/6	7.96mm	9.96mm	1.9mm	10.72mm	13.07mm	13.07mm	9.75mm	14.6mm
7/7	13.0mm	5.49mm	10.69mm	21.32mm	20.80mm	12.93mm	9.29mm	19.14mm
8/28	16.5mm	43.51mm	4.75mm	0.95mm	14.35mm	20.89mm	21.52mm	19.71mm
8/29	29.5mm	20.12mm	18.77mm	22.19mm	18.49mm	18.99mm	18.94mm	17.50mm
10/29	3.8mm	9.54mm	0.84mm	0.83mm	24.14mm	24.146mm	6.815mm	26.26mm
10/30	14.39mm	25.29mm	8.4mm	9.01mm	23.23mm	23.23mm	24.549mm	25.72mm
11/5	16.67mm	44.7mm	2.5mm	1.84mm	7.29mm	7.29mm	7.12mm	7.10mm
平均 雨量	14.51mm	22.65mm	6.83mm	9.55mm	17.33mm	17.22mm	13.99mm	18.57mm

表 4.9：台灣區域颱風外圍環流觀測與估計平均日降水量之分佈。

	實際觀測雨量				估計雨量			
日期	全區	北區	中區	南區	全區	北區	中區	南區
6/20	6.77mm	9.7mm	8.13mm	3.19mm	6.46mm	9.65mm	9.16mm	3.35mm
7/19	2.62mm	4.92mm	2.32mm	0.79mm	21.80mm	22.85mm	25.53mm	20.29mm
7/31	25.92mm	2.46mm	11.54mm	56.95mm	28.42mm	7.37mm	23.46mm	36.25mm
8/1	19.5mm	18.75mm	14.06mm	24.07mm	20.25mm	19.94mm	23.46mm	22.27mm
8/2	20.55mm	20.12mm	18.77mm	22.19mm	24.67mm	25.08mm	26.07mm	24.63mm
8/3	24.76mm	19.8mm	13.71mm	37.02mm	21.39mm	18.00mm	17.40mm	26.46mm
8/11	10.06mm	7.85mm	4.32mm	16.09mm	7.66mm	6.79mm	9.52mm	8.00mm
8/12	17.94mm	22.06mm	22.36mm	12.57mm	15.44mm	16.28mm	21.28mm	12.92mm
8/15	17.33mm	11.06mm	8.82mm	28.96mm	20.55mm	12.72mm	23.19mm	25.96mm
8/17	3.41mm	4.92mm	1.94mm	0.51mm	5.66mm	7.40mm	8.165mm	3.68mm
平均 雨量	14.88mm	12.16mm	10.59mm	20.23mm	17.23mm	14.60mm	18.72mm	18.38mm

表 4.10：台灣區域西南氣流觀測與估計平均日降水量之分佈。

日期	實際觀測雨量				估計雨量			
	全區	北區	中區	南區	全區	北區	中區	南區
4/24	24.52mm	40.9mm	18.6mm	12.7mm	17.32mm	9.527mm	20.77mm	20.82mm
4/26	7.68mm	18.85mm	4.42mm	0.1mm	40.12mm	38.52mm	36.19mm	40.49mm
4/28	34.48mm	43mm	53.8mm	12.4mm	26.84mm	37.49mm	31.12mm	16.94mm
6/6	15.56mm	24.54mm	16.53mm	6.92mm	14.95mm	15.25mm	16.45mm	13.15mm
6/11	14.95mm	16.78mm	5.98mm	19.7mm	28.65mm	29.17mm	20.96mm	12.33mm
6/12	50.21mm	50.9mm	53.26mm	45.6mm	31.09mm	42.03mm	30.60mm	24.58mm
6/13	72.73mm	56.26mm	80.9mm	81.4mm	41.66mm	45.03mm	37.59mm	20.68mm
6/16	16.15mm	23.4mm	20.21mm	6.82mm	24.70mm	37.07mm	21.81mm	19.31mm
6/17	19.64mm	30.66mm	16.28mm	12.27mm	24.24mm	25.05mm	24.61mm	26.91mm
6/18	14.17mm	18.43mm	17.9mm	7.72mm	18.01mm	22.63mm	19.18mm	17.74mm
平均 雨量	27mm	32.37mm	28.78mm	19.79mm	26.75mm	30.17mm	25.92mm	21.29mm

表 4.11：台灣區域梅雨鋒面觀測與估計平均日降水量之分佈。

天氣	K1			K2			K3		
	北部	中部	南部	北部	中部	南部	北部	中部	南部
冬季冷鋒	91	72	72	1	13	4	22	3.7	0.3
颱風侵襲	39	147	147	87	12	12	4972	198	198
颱風外圍 環流	107	37	57	154	15	4	51	51	60
西南氣流	39	47	31	130	46	143	75	51	113
梅雨鋒面	37	18	57	97	22	84	259	580	122

表 4.12：隨區域和天氣類型而變動的 K 值經驗降水係數。

日期	實際觀測雨量			估計雨量		
	北區	中區	南區	北區	中區	南區
1/6	2.14mm	0.02mm	0.4mm	2.2mm	0.69mm	0.04mm
1/7	9.57mm	0.97mm	0.43mm	2.42mm	0.26mm	0.028mm
1/30	10.2mm	0.8mm	0.2mm	18.04mm	2.24mm	0.19mm
1/31	4.45mm	0.61mm	0.17mm	8.36mm	1.92mm	0.16mm
12/11	18.5mm	1.2mm	2.35mm	4.45mm	1.63mm	0.38mm
12/12	36.3mm	17.3mm	4.81mm	8.68mm	1.16mm	0.25mm
12/13	57.81mm	10.96mm	4.63mm	1.57mm	1.09mm	0.38mm
12/18	7.45mm	1.14mm	0.92mm	7.17mm	2.45mm	0.49mm
12/19	28.20mm	0.92mm	2.55mm	4.88mm	1.49mm	0.069mm
平均 雨量	19.4mm	3.66mm	1.82mm	6.41mm	1.43mm	0.22mm

表 4.13：台灣區域冬季鋒面觀測與估計平均日降水量之分佈(K 值隨區變動)。

日期	實際觀測雨量			估計雨量		
	北區	中區	南區	北區	中區	南區
7/8	17.7mm	13.3mm	22.5mm	37.88mm	42.66mm	60.48mm
7/9	74.32mm	64.74mm	66.12mm	65.16mm	78.79mm	62.44mm
8/22	89.25mm	89.13mm	89.65mm	109.18mm	82.94mm	103.71mm
8/23	43.46mm	110.72mm	183.81mm	43.46mm	138.70mm	136.48mm
10/31	134.27mm	136.95mm	138.98mm	38.01mm	112.94mm	122.41mm
11/1	166.17mm	48.92mm	29.67mm	166.02mm	71.7mm	75.68mm
平均 雨量	87.52mm	77.29mm	88.45mm	76.61mm	103.42mm	93.53mm

表 4.14：台灣區域颱風侵襲觀測與估計平均日降水量之分佈(K 值隨區變動)。

日期	實際觀測雨量			估計雨量		
	北區	中區	南區	北區	中區	南區
7/6	7.96mm	1.9mm	10.72mm	8.56mm	6.06mm	10.62mm
7/7	5.49mm	10.69mm	21.32mm	5.43mm	6.49mm	18.41mm
8/28	43.51mm	4.75mm	0.95mm	35.4mm	13.51mm	12.79mm
8/29	20.12mm	18.77mm	22.19mm	40.74mm	12.07mm	11.14mm
10/29	9.54mm	0.84mm	0.83mm	39.49mm	3.10mm	14.03mm
10/30	25.29mm	8.4mm	9.01mm	50.60mm	9.66mm	10.88mm
11/5	44.7mm	2.5mm	1.84mm	22.74mm	2.24mm	1.80mm
平均 雨量	22.65mm	6.83mm	9.55mm	28.99mm	7.59mm	11.38mm

表 4.15：台灣區域颱風外圍環流觀測與估計平均日降水量之分佈(K 值隨區變動)

日期	實際觀測雨量			估計雨量		
	北區	中區	南區	北區	中區	南區
6/20	9.7mm	8.13mm	3.19mm	9.45mm	7.64mm	4.03mm
7/19	4.92mm	2.32mm	0.79mm	25.8mm	14.29mm	26.21mm
7/31	2.46mm	11.54mm	56.95mm	19.25mm	14.81mm	47.68mm
8/1	18.75mm	14.06mm	24.07mm	23.55mm	14.81mm	27.87mm
8/2	20.12mm	18.77mm	22.19mm	27.48mm	19.25mm	28.89mm
8/3	19.8mm	13.71mm	37.02mm	15.43mm	8.99mm	31.87mm
8/11	7.85mm	4.32mm	16.09mm	7.13mm	4.85mm	9.86mm
8/12	22.06mm	22.36mm	12.57mm	17.52mm	20.14mm	13.45mm
8/15	11.06mm	8.82mm	28.96mm	12.24mm	13.79mm	31.89mm
8/17	4.92mm	1.94mm	0.51mm	6.14mm	4.74mm	4.34mm
平均 雨量	12.16mm	10.59mm	20.23mm	16.39mm	12.33mm	22.60mm

表 4.16：台灣區域西南氣流觀測與估計平均日降水量之分佈(K 值隨區變動)

日期	實際觀測雨量			估計雨量		
	北區	中區	南區	北區	中區	南區
4/24	40.9mm	18.6mm	12.7mm	11.13mm	61.65mm	13.7mm
4/26	18.85mm	4.42mm	0.1mm	43.87mm	52.44mm	30.34mm
4/28	43mm	53.8mm	12.4mm	36.66mm	16.47mm	11.49mm
6/6	24.54mm	16.53mm	6.92mm	18.43mm	16.35mm	10.96mm
6/11	16.78mm	5.98mm	19.7mm	38.80mm	13.39mm	16.73mm
6/12	50.9mm	53.26mm	45.6mm	45.13mm	12.41mm	29.07mm
6/13	56.26mm	80.9mm	81.4mm	43.90mm	8.94mm	21.82mm
6/16	23.4mm	20.21mm	6.82mm	46.22mm	19.96mm	21.36mm
6/17	30.66mm	16.28mm	12.27mm	25.67mm	16.00mm	29.26mm
6/18	18.43mm	17.9mm	7.72mm	25.04mm	22.56mm	20.27mm
平均 雨量	32.37mm	28.78mm	19.79mm	33.48mm	24.01mm	21.4mm

表 4.17：台灣區域梅雨鋒面觀測與估計平均日降水量之分佈(K 值隨區變動)

雲類名	IR1 (K)	IR2(K)	IR3(K)	IR1-IR2(K)
Cb(積雲)	225.84	224.96	223.74	0.88
Cg(發展中的積雲)	246.19	246.01	239.23	0.18
Ci(卷雲)	245.44	241.41	227.13	4.03
Ci+Cm(卷+中雲)	258.98	258.72	243.84	0.26
Ci+Cu(卷+積雲)	243.58	239.94	227.05	3.64
Cm(中雲)	259.51	258.66	246.35	0.85
Cu(積雲)	277.41	276.76	256.30	0.65
Dense(厚雲域)	254.40	254.55	243.85	-0.15
St(層雲)	276.56	277.14	256.94	-0.58
Other(其他)	278.78	278.98	252.975	-0.2
Vapor(水汽)	275.63	274.41	247.83	1.22
Clear(晴空)	292.12	290.45	257.90	1.67

附表 B.1：2000 年 1 月份 NEPH 法分析之 12 種雲類之各頻道亮溫與亮溫差。

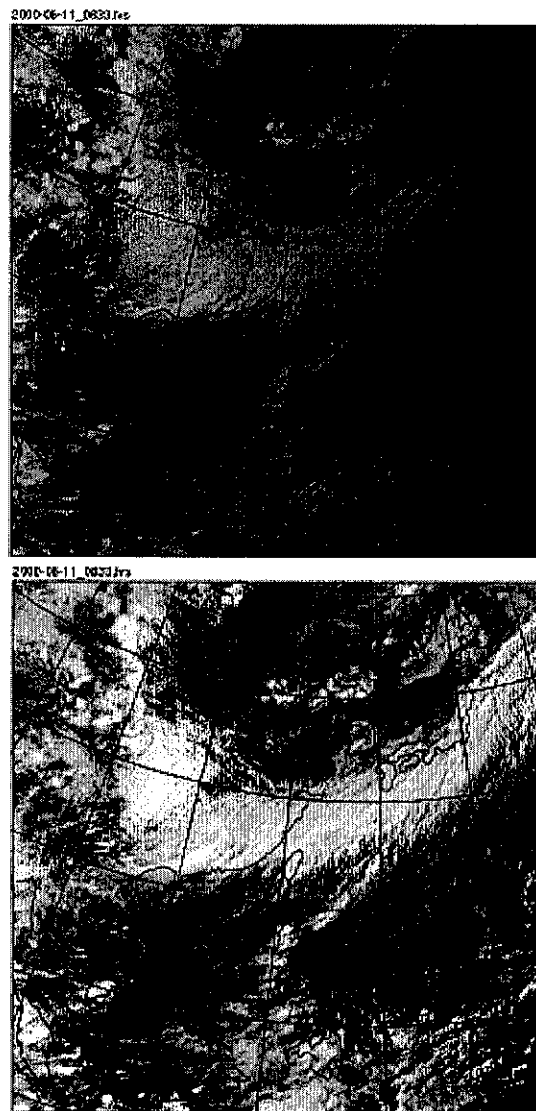


圖 1.1：2000 年 6 月 11 日 0833Z 可見光雲圖（a）未做太陽天頂角校正）（b）已
做太陽天頂角校正）

2000-06-11_0632.IR1

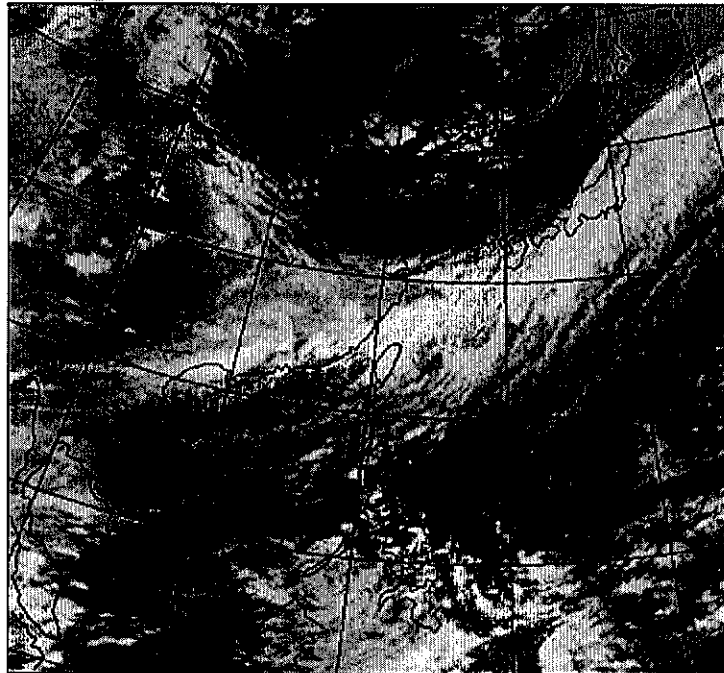


圖 2.1：2000
日 06Z IR1 雲圖

年 6 月 11

2000-06-11_0632.VIS

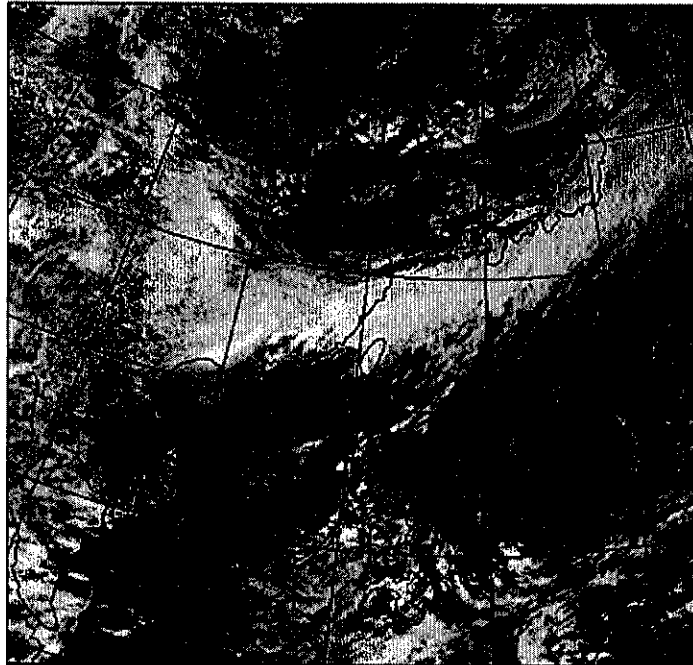
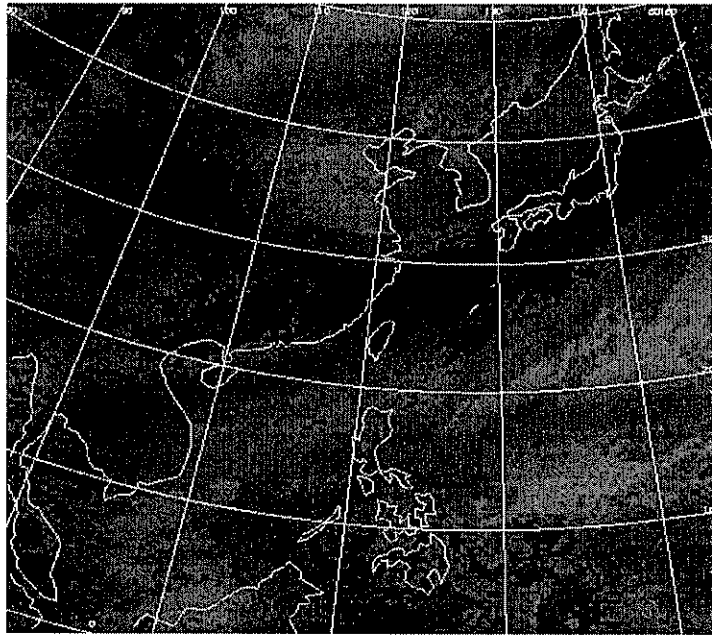
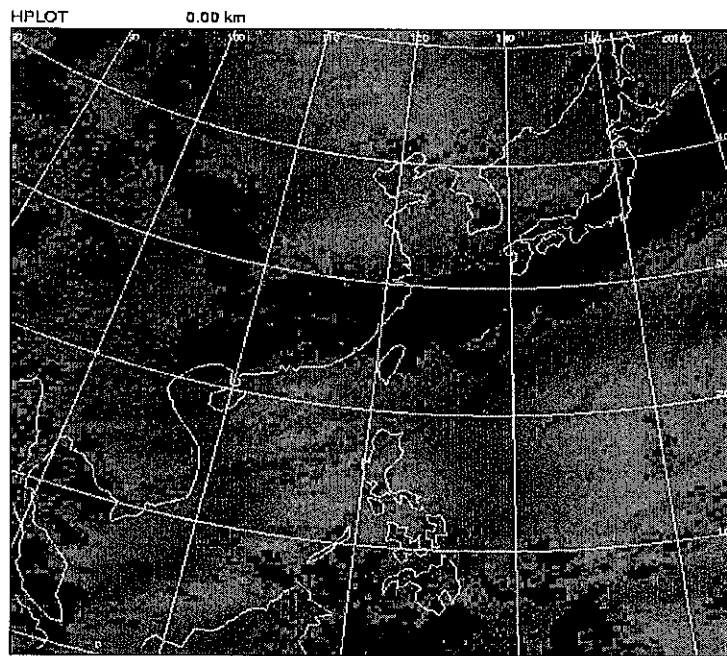


圖 2.2：2000 年 6 月 11 日 06Z 可見光雲圖



Cb Cg Ci CiCn CiCu Cn Cu Dense St Other Fog Clear

圖 2.3：2000 年 6 月 11 日 06Z NEPH 雲分類圖
 （具有可見光資料）



Cb Cg Ci CiCn CiCu Cn Cu Dense St Other Fog Clear

圖 2.4：2000 年 6 月 11 日 06Z NEPH 雲分類圖
 （無可見光資料）

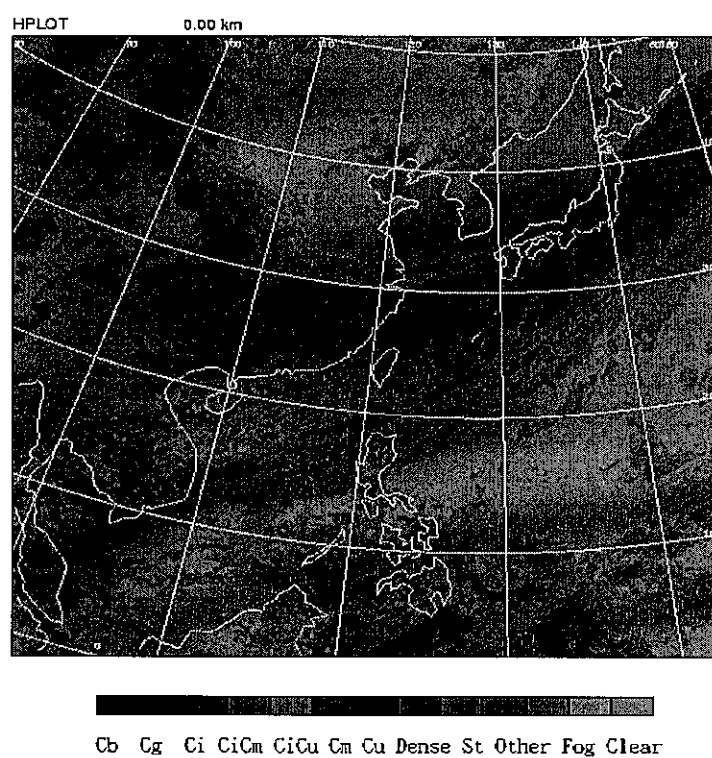


圖 2.5：2000 年 06 月 11 日 06 Z 聚類分析雲分類圖

2000-10-31_0632.IR1

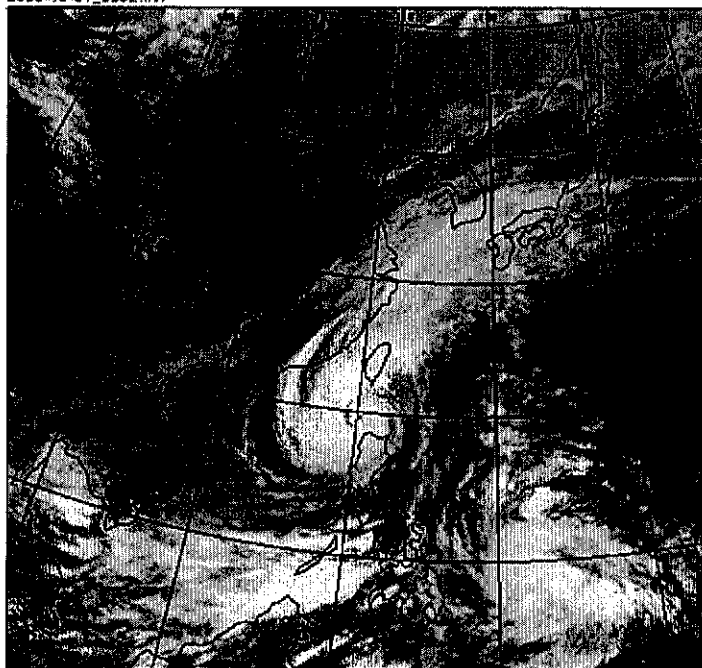


圖 2.6：2000 年 10 月 31 日 06Z IR1 雲圖

2000-10-31_0632.VIS

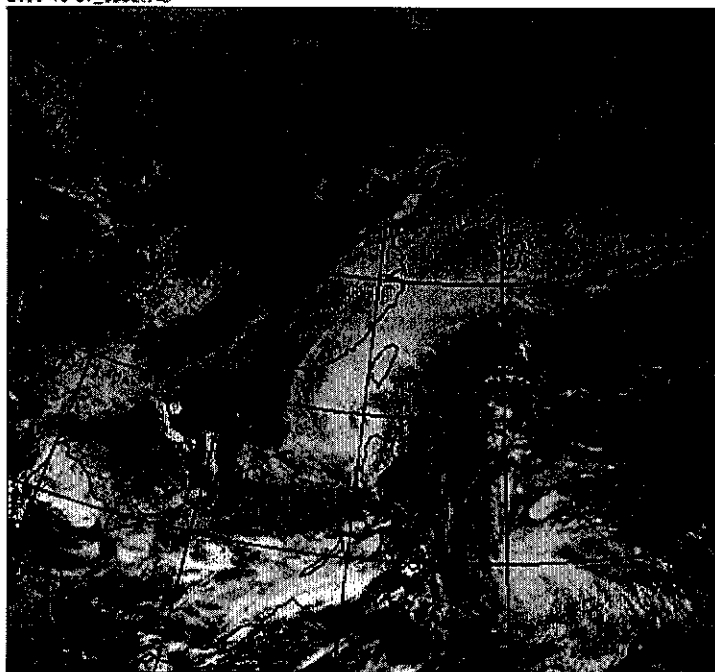


圖 2.7：2000 年 10 月 31 日 06Z 可見光雲圖

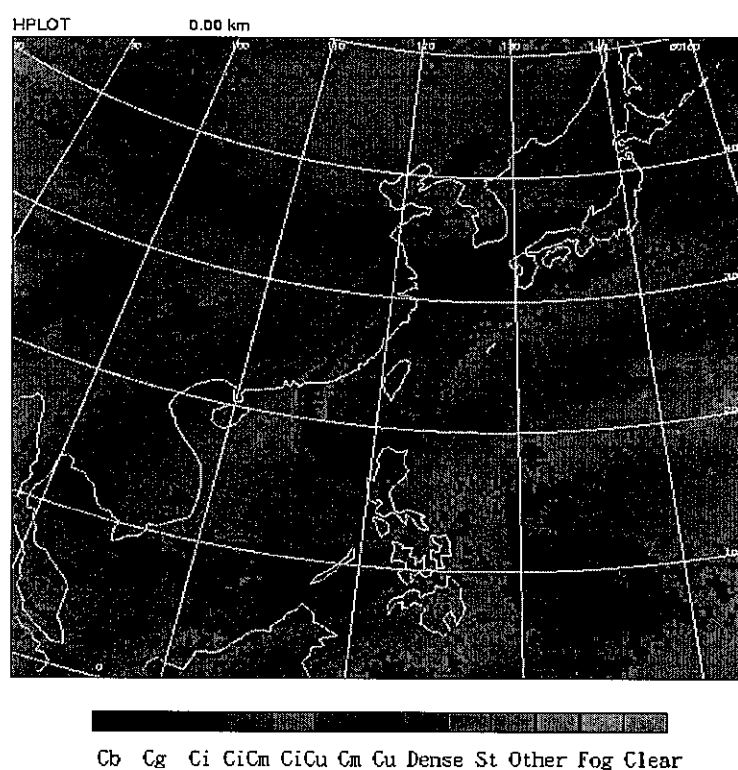


圖 2.8 : 2000 年 10 月 31 日 06 Z NEPH 雲分類圖
(具有可見光資料)

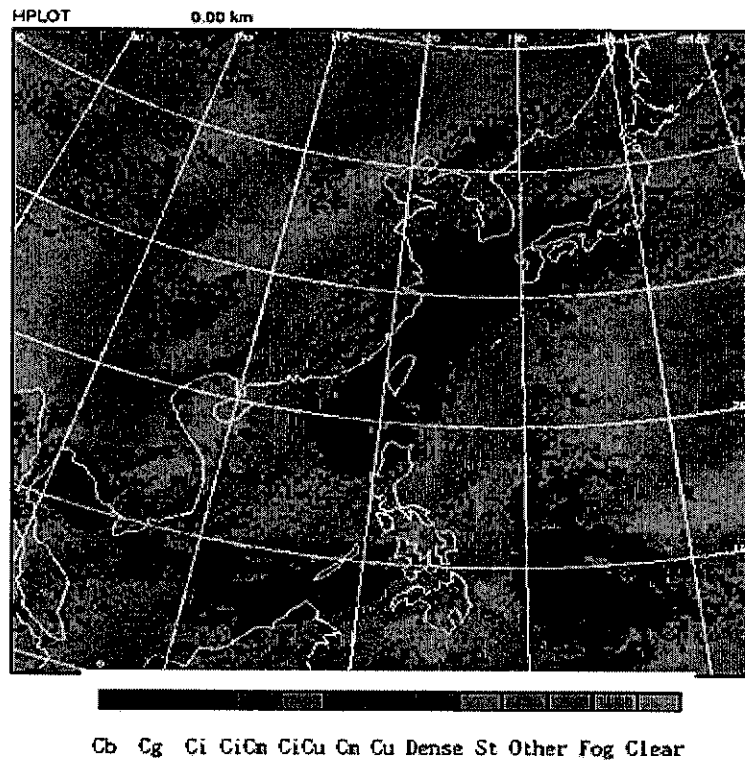


圖 2.9 : 2000 年 10 月 31 日 06 Z NEPH 雲分類圖
(無可見光資料)

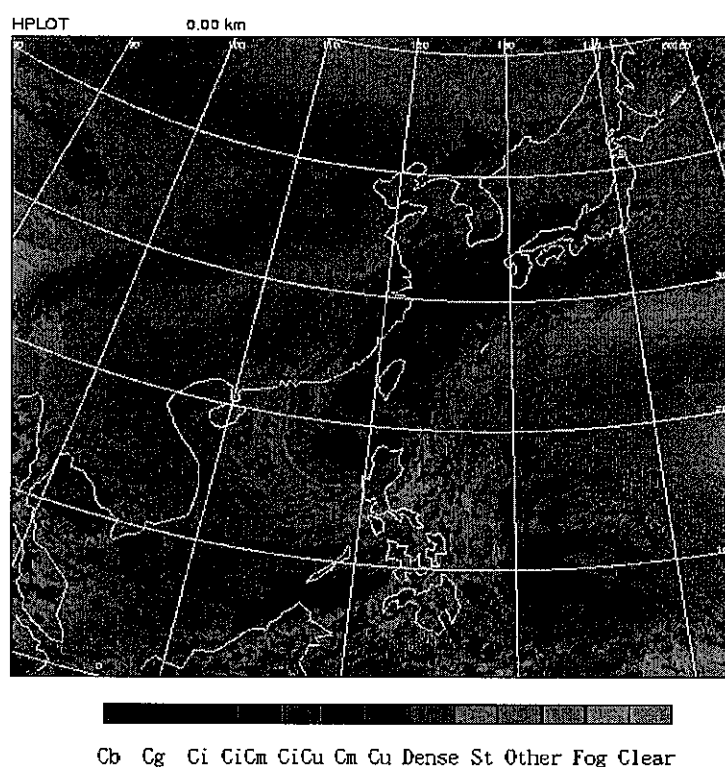


圖 2.10 : 2000 年 10 月 31 日 06 Z 聚類分析雲分類圖

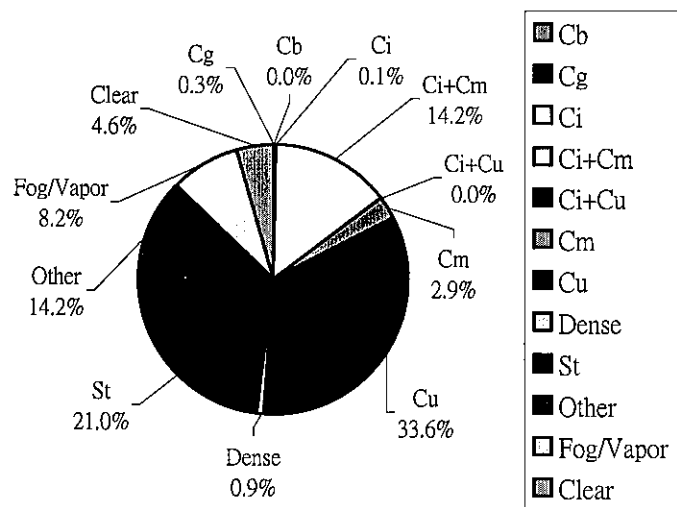


圖 3.1：冬季冷鋒雲種百分率分配圓餅圖

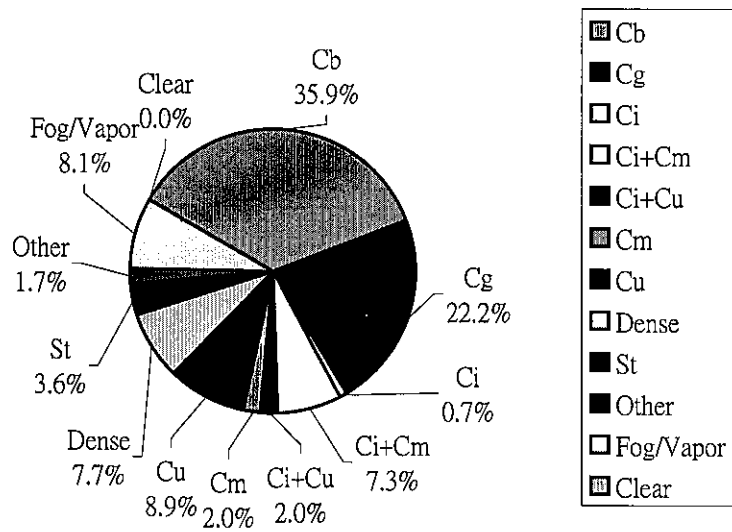


圖 3.2：象神颱風雲種百分率分配圓餅圖

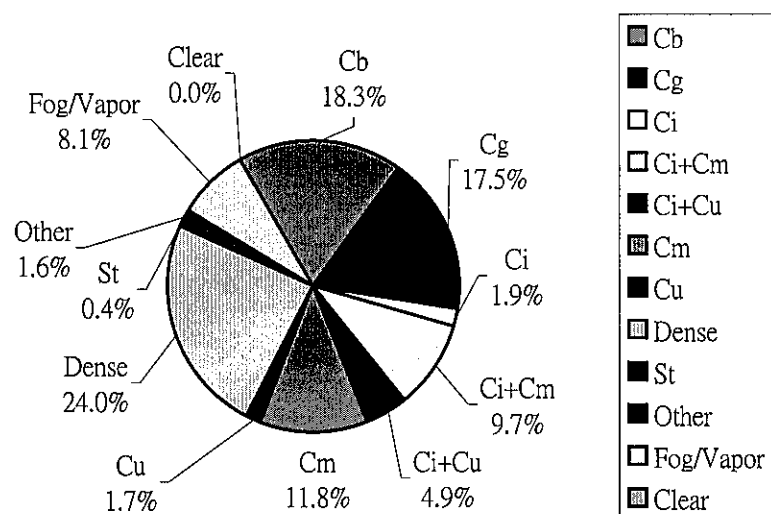


圖 3.3：啓德颱風雲種百分率分配圓餅圖

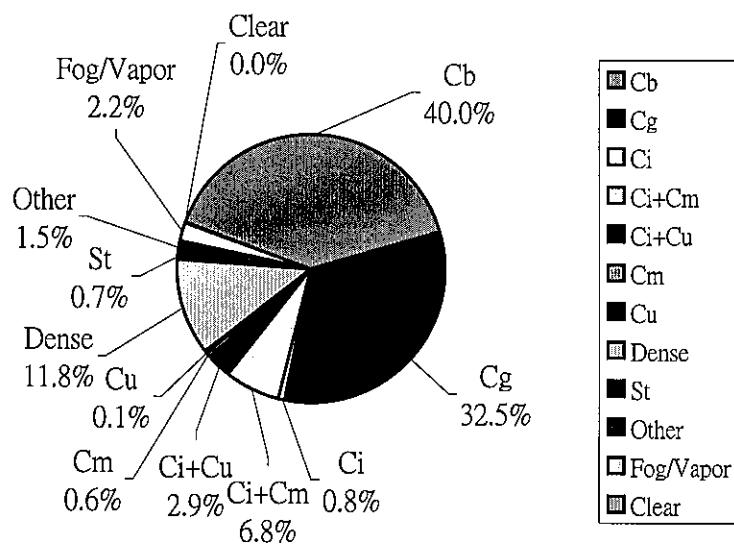


圖.3.4：碧利斯颱風雲種百分率分配圓餅圖

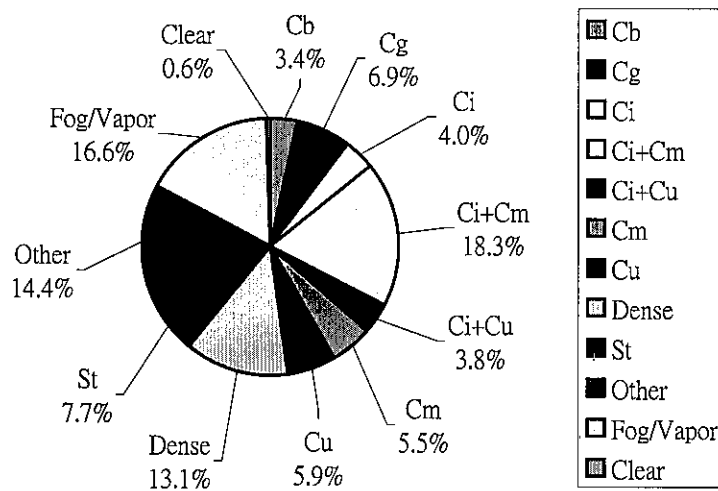


圖 3.5：颱風外圍環流雲種百分率分配圓餅圖

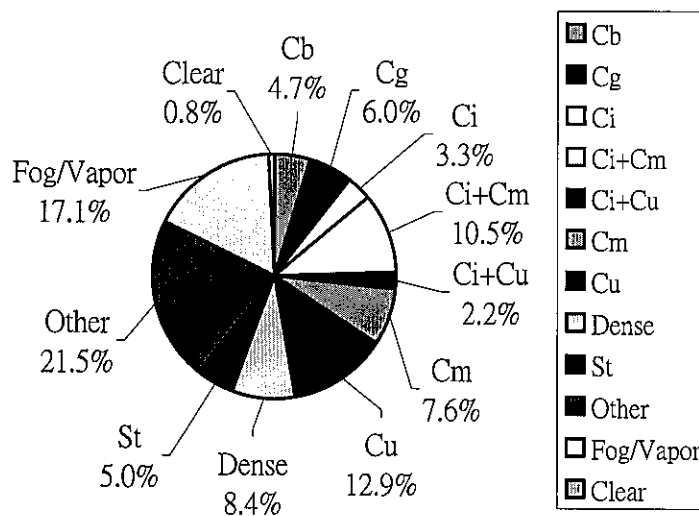


圖 3.6：西南氣流雲種百分率分配圓餅圖

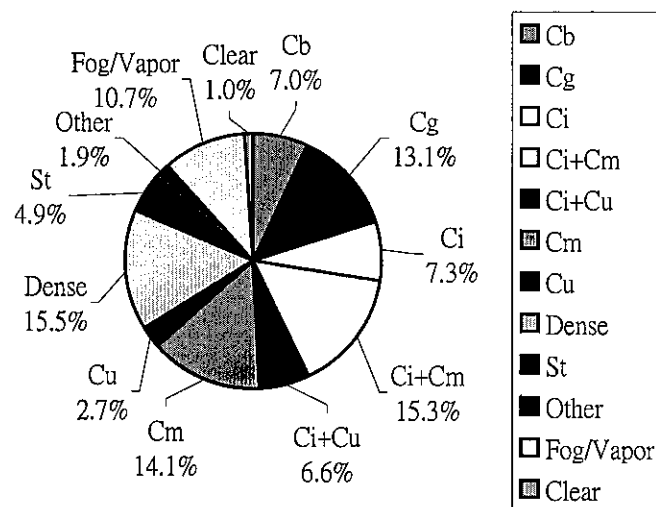


圖 3.7：梅雨鋒面雲種百分率分配圓餅圖

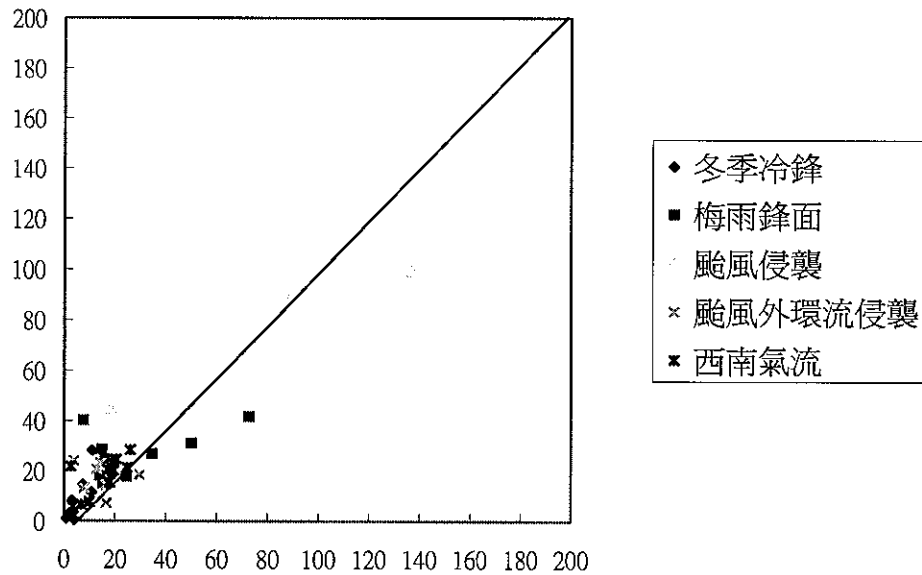


圖 4.1：台灣區域實測與估計平均日降水量 x、y 散佈圖。橫方向為雨量測站的單日平均降水量（單位為 mm），縱方向為雲分類分析所估計的單日平均降水量（單位為 mm）。

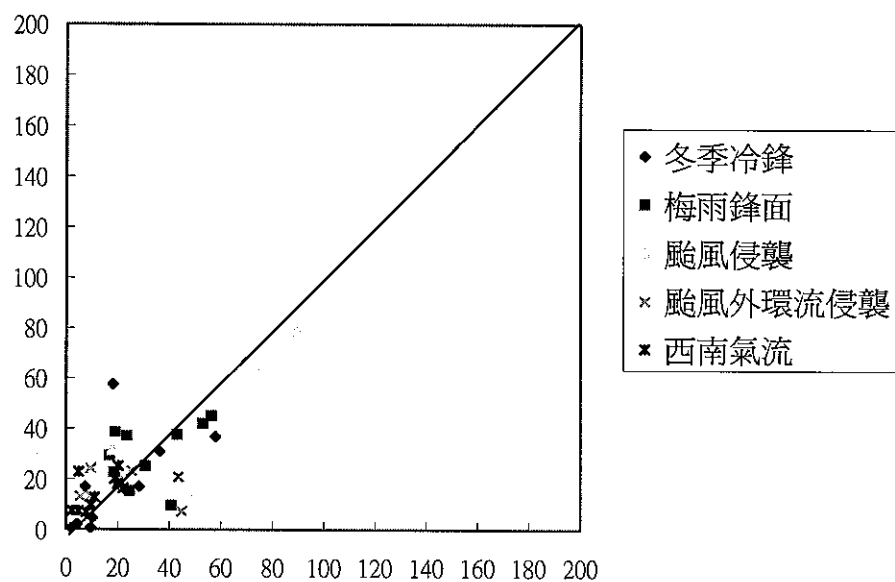


圖 4.2：台灣區域北部實測與估計平均日降水量 x、y 散佈圖。橫方向為雨量測站的單日平均降水量（單位為 mm），縱方向為雲分類分析的單日平均降水量（單位為 mm）。

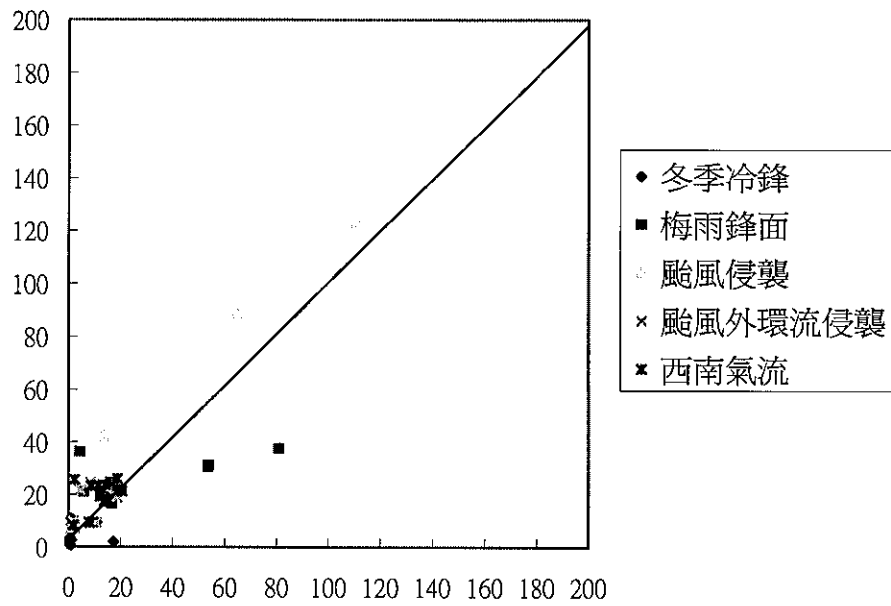


圖 4.3：台灣區域中部實測與估計平均日降水量 x、y 散佈圖。x 方向為雨量測站的單日平均降水量（單位為 mm），y 方向為 雲分類分析的單日平均降水量（單位為 mm）。

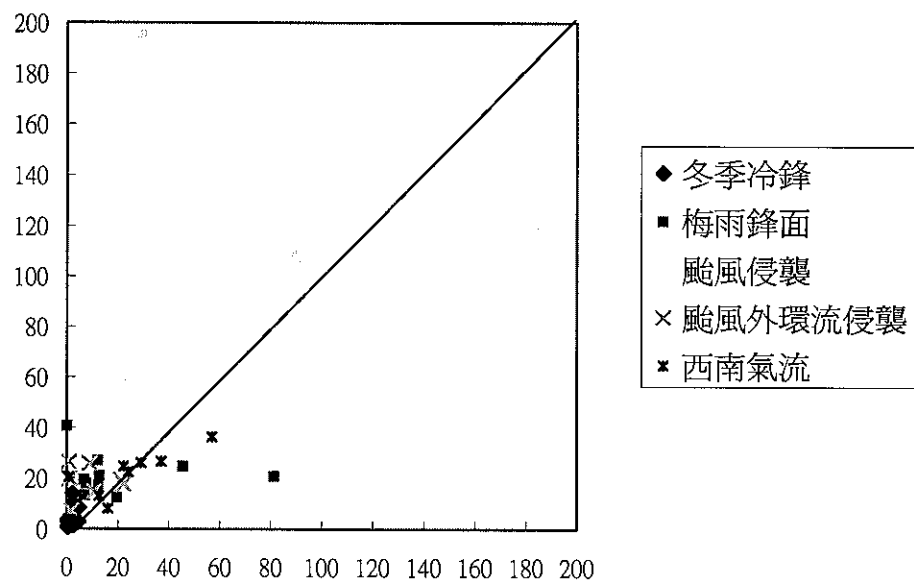


圖 4.4：台灣區域南部實測與估計平均日降水量 x、y 散佈圖。橫方向為雨量測站的單日平均降水量（單位為 mm），縱方向為雲分類分析的單日平均降水量（單位為 mm）。

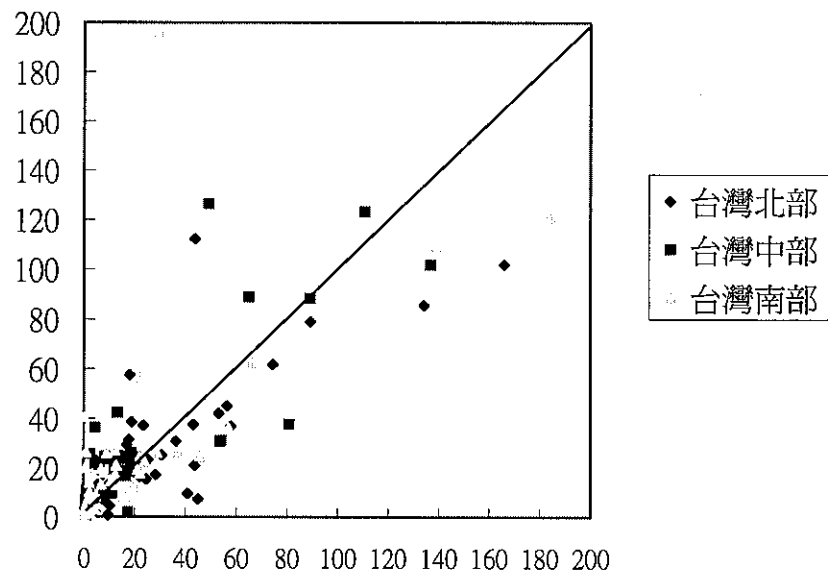


圖 4.5：綜合台灣北、中、南區域（北緯 22~25.3 度）實測與估計平均
日降水量 x、y 散佈圖，橫方向為雨量測站的單日平均降水量
（單位為 mm），縱方向為雲分類分析的單日平均降水量（單
位為 mm）。

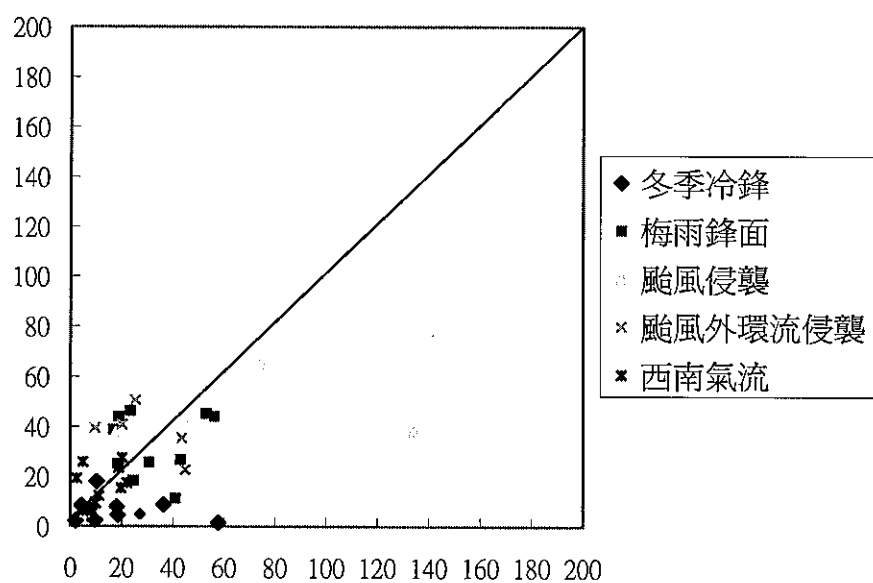


圖 4.6:台灣區域北部實測與估計平均日降水量 x、y 散佈圖(K 值變動)。
橫方向為雨量測站的單日平均降水量(單位為 mm)，縱方向為雲分類
分析的單日平均降水量(單位為 mm)。

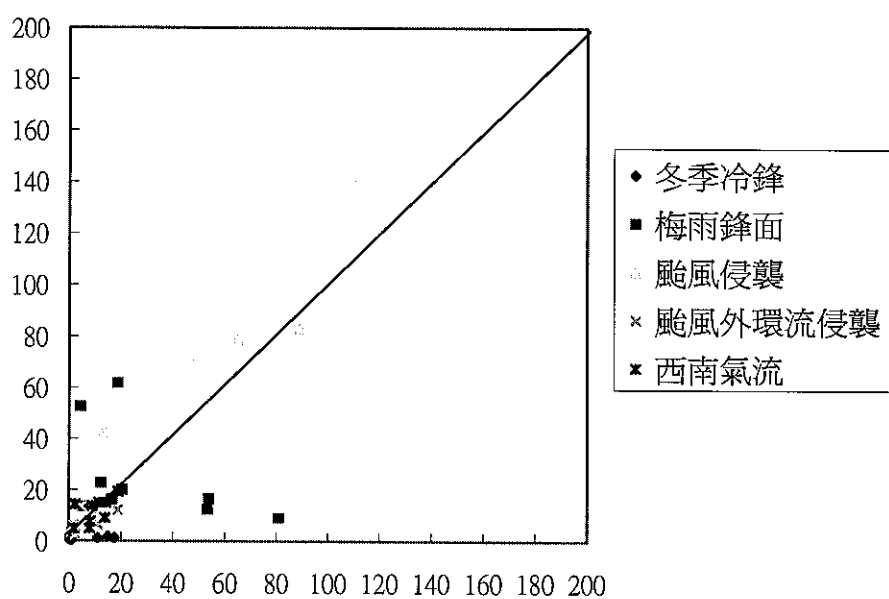


圖 4.7:台灣區域中部實測與估計平均日降水量 x、y 散佈圖(K 值變動)。
橫方向為雨量測站的單日平均降水量(單位為 mm)，縱方向
為雲分類分析的單日平均降水量(單位為 mm)。

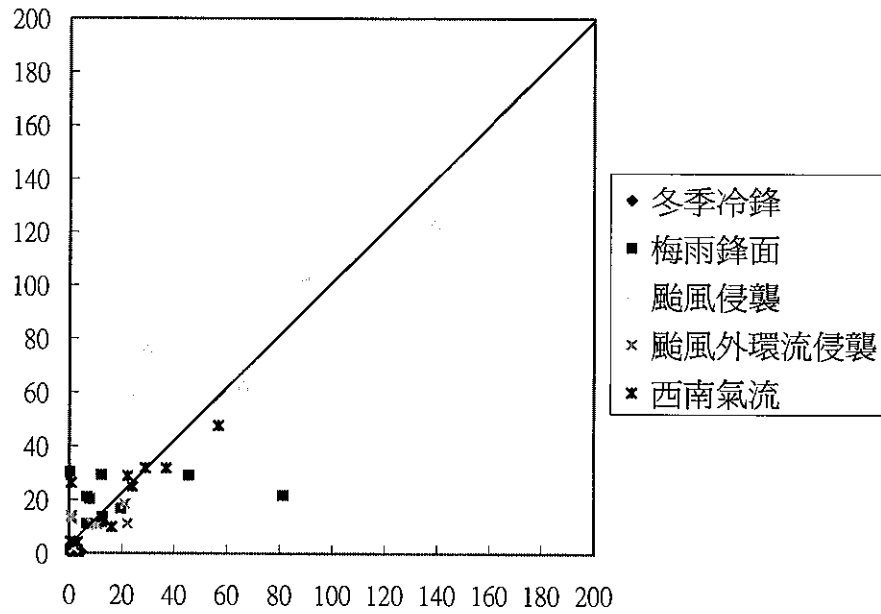


圖 4.8：台灣區域南部實測與估計平均日降水量 x、y 散佈圖(K 值變動)。橫方向為雨量測站的單日平均降水量（單位為 mm），縱方向為雲分類分析的單日平均降水量（單位為 mm）。

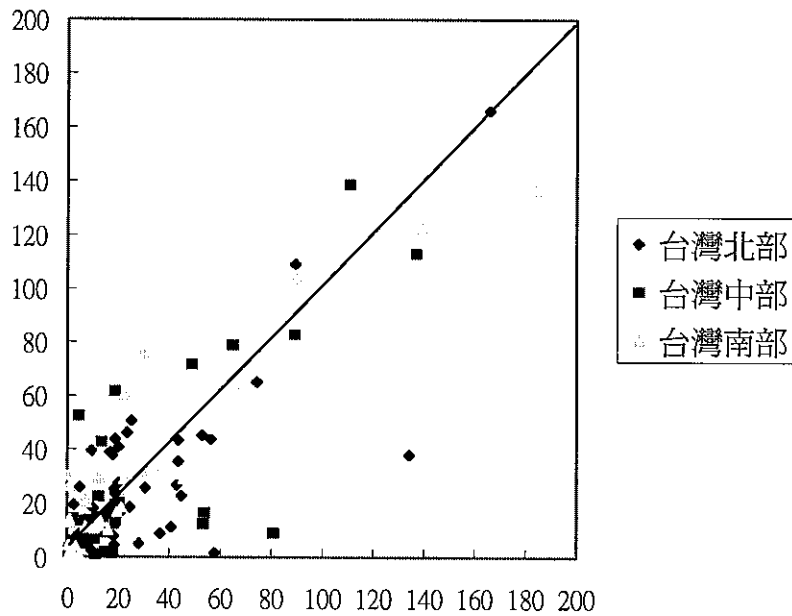


圖 4.9：綜合台灣北、中、南區域實測與估計平均日降水量 x、y 散佈圖 (K 值變動)。橫方向為雨量測站的單日平均降水量（單位為 mm），縱方向為雲分類分析的單日平均降水量（單位為 mm）。

交通部中央氣象局委託研究計畫成果報告

影響侵台颱風路徑天氣特徵因子之
位渦診斷與作業（一）

計畫類別：☒國內 ☐國外

計畫編號：MOTC-CWB-93-2M-04

執行期間：93 年 3 月 1 日至 93 年 12 月 31 日

計畫主持人：吳俊傑

助理人員：楊忠權

執行單位：國立台灣大學 大氣科學系

中 華 民 國 93 年 12 月 15 日

影響侵台颱風路徑天氣特徵因子之位渦診斷 與作業（一）

吳俊傑

國立台灣大學大氣科學系

摘要

如何提高颱風路徑及強度分析與預報的能力，是氣象研究學者與作業人員共同一致努力的目標。現有的綜觀天氣分析圖，對於颱風的解析能力相當有限，無法提供充分的氣象資訊供作業人員預報參考。透過位渦診斷反演方法計算出的位渦場，能充分解析渦旋的中心環流及強度；再藉由片段位渦反演定量分析方法，進一步釐清各天氣特徵因子對於渦旋運動的影響，此位渦反演工作足以彌補颱風相關資訊的不足，也可有效改善對颱風預報的技術與能力。研究主要將分兩個方向進行：在第一部份建置一套完整的位渦診斷工具，進行颱風發生期間位渦場的診斷與分析，著重在應用科學研究，瞭解觀測分析場解析的與目前颱風作業單位估測的颱風強度之間合理的相關性，建立一套完整的經驗模式，未來供作業人員決定颱風強度與檢驗數值客觀分析的參考依據；另外客觀分析場與數值預報輸出場的取得，也是本階段的重要工作。而第二部分透過片段位渦診斷分析侵台颱風之特徵因子，評估各大氣特徵因子對於颱風路徑預報的影響、瞭解模式預報誤差原因及提出未來改進之道。此研究成果亦可做為計畫颱風觀測策略的重要參考指標。

如何提高颱風路徑及強度的分析與預報能力，是氣象研究與作業人員共同一致努力的目標。現有綜觀天氣分析圖對於弱颱風的解析能力相當有限，無法提供充分的氣象資訊供作業人員使用參考。透過位渦診斷反演方法計算出的位渦場能充分解析弱渦旋的中心環流及強度；再藉由片段位渦反演定量分析方法，進一步釐清各片段擾動位渦

導引弱渦旋運動的百分比，此位渦反演工作足以彌補相關颱風資訊的不足，也可有效改善對颱風預報的技術與能力。

本研究採用美國國家環境預報中心(NCEP)高解析($1^{\circ} \times 1^{\circ}$)的全球分析場，延續 Wu et al. (2003)位渦診斷定量分析的方法，探討 2003 年 8 月份小型輕度颱風梵高(Vamco)生命期內的運動過程。結果顯示，梵高颱風的運動駛流主要來自副熱帶高壓的貢獻，而其西南側的熱帶低壓則扮演次要的角色。另外，我們也再次顯示兩個中心位渦值大致相當且與基本場颱風距離一致的擾動位渦，彼此伴隨的駛流量與其位渦分布面積成正比。

2003 年 10 月底小型輕度颱風米勒(Melor)在菲律賓東方洋面形成後，即在環境駛流場的導引下，一致地朝西北偏西方向行進，通過呂宋島後其行走路徑並未依許多作業單位(JMA、NOGAPS、NCEP-GFS等)數值預測模式所預期的往西運動，而逐漸偏北朝台灣恆春半島接近，在接近恆春約 200 公里處轉向東北，通過蘭嶼西方洋面，最後與中緯度槽線結合減弱為普通低壓。

米勒生命期台灣地區時序已進入秋季，此時太平洋副熱帶高壓勢力西伸的能力有限，北方中緯度槽線系統則逐漸建立，並伴隨大陸冷高壓離開源地而逐漸南移到中低緯度；這時大陸冷高壓與槽線系統，對於低緯度熱帶氣旋系統的運動與發展將產生舉足輕重的影響。也就是說，相較於夏季控制秋颱運動的駛流場顯然更加複雜。相對地，作業單位在秋季颱風路徑預報所面臨的挑戰更加嚴峻。

國科會颱風重點研究—『追風計畫』(Wu et al. 2004b)，在米勒颱風離開呂宋島進入巴士海峽時，進行該計畫啟動後的第二次台灣地區颱風飛機投落送觀測，獲取米勒颱風近中心及週圍環流相當寶貴的觀測資料，適時提供作業人員重要的參考資訊及改善數值模式初始條件的品質，此觀測資料亦值得深入研究與應用。

本研究參照 Wu et al. (2003)位渦診斷定量分析方法，透過美國國家環境預報中心(NCEP)全球分析資料(Aviation)進行位渦診斷分析，試著探討以下幾個有趣議題：1)研究米勒颱風轉向的原因為何？

2)瞭解米勒侵台期間大氣系統的特徵因子及彼此互動的關係;3)探討數值預報模式預報失誤的可能原因;4)評估有無同化飛機投落送觀測資料分析場經位渦計算後的差異及影響。

初期導引妮妲颱風向西北西轉西北方向運動的駛流主要來自副熱帶高壓的貢獻，此階段伴隨中緯度槽線系統的駛流對於妮妲行進方向扮演阻擋的角色(AT 值為負)。當妮妲明顯往北偏轉時，副熱帶高壓提供妮妲行進方向的駛流量有減少趨勢(自 0.83 降至 0.17)，反觀中緯度槽線對於妮妲運動的阻擋漸趨緩和。待妮妲轉向東北移動時，中緯度槽線提供妮妲加速朝東北運動的駛流分量。

敏督利颱風運動的駛流貢獻主要來自副熱帶高壓的導引，伴隨間熱帶輻合區造成敏督利運動的駛流仍具重要的角色，大陸高壓在 6 月 29 日 1800 UTC 前對於敏督利運動方向供給推波助長的作用，之後則是負貢獻但不顯著。另一方面，中緯度槽線除了最後十二小時加速敏督利颱風往北行進外，其餘時間與婷婷颱風則在敏督利行進方向扮演阻擋的角色。

總而言之，本研究四個颱風個案位渦診斷分析結果，顯示主要導引西北太平洋颱風運動的駛流分量，絕大部分來自副熱帶高壓的貢獻；伴隨颱風的間熱帶輻合區所提供的駛流分量，僅次於副高。尤其當颱風有向北轉向趨勢時，伴隨輻合區的駛流加速颱風往北偏轉。大陸高壓對於颱風運動的導引，相對而言比較不顯著。中緯度槽線系統對於颱風的牽引作用，視副高發展強度及颱風要明顯往北移動，此時才會凸顯中緯度槽線加速颱風朝東北方向運動。

中文摘要	1
目錄	4
圖表說明	5
一、前言	9
二、使用資料與分析方法	12
三、研究結果	18
四、結論與展望	27
五、致謝	30
參考文獻	31
附圖	33

附圖說明

- 圖 1 2003 年 8 月 19 日 0000 UTC 至 20 日 1200 UTC 美軍聯合颱風警報中心 (JTWC) 每六小時一點的最佳路徑，颱風符號表梵高颱風位置。緊接符號的數字前二位數表日期，後二位數表時間，如 19/00 表 19 日 0000 UTC。颱風最大風速值緊接在後 (單位：kt) 33
- 圖 2 2003 年 8 月 19 日 0000 UTC 至 20 日 0600 UTC 間隔 6 小時美國 GOES-9 紅外線衛星雲圖。..... 34
- 圖 3 NCEP/AVN 全球分析，2003 年 8 月 19 日 0000 UTC 至 2003 年 8 月 20 日 0600 UTC 每 6 小時一張(a ~ f)，700 hPa 高度場 (單位：GPM，間距 10 GPM)，與 925 hPa 至 400 hPa 之深層平均風場。風標全桿表 10 kts (8-12 kts)，半桿表 5 kts (3-7 kts)，無風標桿表風速小於 3 kts，無風則以 0 表示。颱風符號為梵高颱風的中心位置，箭頭表颱風前後 6 小時之運動向量，大小以半徑 10 kts 之圓表示。..... 35
- 圖 4 NCEP/AVN 全球分析，2003 年 8 月 19 日 0000 UTC 至 2003 年 8 月 20 日 0600 UTC 每 6 小時一張(a ~ f)，500 hPa 位渦 (單位：PVU，陰影區表位渦大於 0.5 PVU)，與 925 hPa 至 400 hPa 之深層平均風場。(1 PVU = $10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1} \text{ K kg}^{-1}$)。餘同圖 3 的說明。..... 36
- 圖 5 同圖 4，但為 500 hPa 熱帶低壓之擾動位渦 (陰影區表位渦大於 0 PVU)。颱風符號為梵高颱風的中心位置。..... 37
- 圖 6 同圖 4，但為 500 hPa 副熱帶高壓之擾動位渦 (陰影區表位渦小於 0.01 PVU)。颱風符號為梵高颱風的中心位置。..... 38
- 圖 7 從 2003 年 8 月 19 日 0000 UTC 至 20 日 1200 UTC 每 6 小時，梵高颱風之最佳運動向量 $[\vec{v}_{BT}(Vamco)]$ 、所有片段擾動位渦 $[\vec{v}_{SDLM}(q')]$ 、熱帶低壓 $[\vec{v}_{SDLM}(q'_{LOW1})]$ 、副熱帶高壓 $[\vec{v}_{SDLM}(q'_{SH})]$ 及熱帶擾動 $[\vec{v}_{SDLM}(q'_{LOW2})]$ 對梵高颱風引起的伴隨深層平均 (925-400 hPa) 駛流場。其中三角形風標表 10 kt，一個全桿表 2 kt，半桿表 1 kt。

伴隨各片段擾動位渦駛流在梵高颱風運動方向的投影比例 $AT(q')$ 、 $AT(q'_{LOW1})$ 、 $AT(q'_{SH})$ 和 $AT(q'_{LOW2})$ 。橫軸數字同圖 1 的說明。..... 39

圖 8 2003 年 10 月 30 日 1200 UTC 至 11 月 04 日 0000 UTC 美軍聯合颱風警報中心 (JTWC) 發佈米勒 (Melor) 颱風每六小時一點的最佳路徑。緊接符號的數字同圖 1 的說明。..... 40

圖 9 NCEP/GFS 全球分析，2003 年 10 月 31 日 1200 UTC 至 2003 年 11 月 03 日 0000 UTC 每 12 小時一張(a~f)，500 hPa 重力位高度場 (單位：gpm，陰影區表重力位高度大於 5880 gpm)，與 500 hPa 水平風場。颱風符號表米勒颱風的中心位置，餘同圖 3 的說明。..... 41

圖 10 同圖 9，但為 700 hPa 重力位高度場 (單位：gpm，陰影區表重力位高度大於 3180 gpm)，與 700 hPa 水平風場。.... 42

圖 11 從 2003 年 11 月 01 日 0000 UTC 至 03 日 1200 UTC 每 06 小時，米勒颱風之最佳運動向量 $[\bar{v}_{BT}(Melor)]$ 、所有片段擾動位渦 $[\bar{v}_{SDLM}(q')]$ 、副熱帶高壓 $[\bar{v}_{SDLM}(q'_{SH})]$ 、大陸高壓 $[\bar{v}_{SDLM}(q'_{CH})]$ 及中緯度槽線 $[\bar{v}_{SDLM}(q'_{TR})]$ 對米勒颱風引起的伴隨深層平均(925-300 hPa)駛流場。風標大小同圖 7 的說明。..... 43

圖 12 NCEP/GFS 全球分析資料，2003 年 10 月 30 日 1200 UTC 至 11 月 03 日 1200 UTC 各片段擾動位渦的相對駛流沿基本場(米勒)颱風運動方向投影比例隨時間的序列。..... 44

圖 13 2004 年 5 月 14 日 0000 UTC 至 5 月 21 日 0000 UTC 美軍聯合颱風警報中心 (JTWC) 發佈妮妲 (Nida) 颱風每六小時一點的最佳路徑。緊接符號的數字同圖 1 的說明。..... 45

圖 14 NCEP/GFS 全球分析，2004 年 5 月 17 日 0000 UTC 至 2004 年 5 月 19 日 1200 UTC 每 12 小時一張(a~f)，500 hPa 重力位高度場 (單位：gpm，陰影區表重力位高度大於 5880 gpm)，與 500 hPa 水平風場。颱風符號表妮妲颱風的中心位置，餘同圖 3 的說明。..... 46

- 圖 15 NCEP/AVN 全球分析，2004 年 5 月 17 日 0000 UTC 至 2004 年 5 月 19 日 1200 UTC 每 12 小時一張(a ~ f)，500 hPa 總擾動位渦（單位：PVU，陰影區表位渦大於 1.0 PVU），與 925 hPa 至 300 hPa 之深層平均風場。餘同圖 14 的說明。..... 47
- 圖 16 從 2004 年 5 月 16 日 0000 UTC 至 19 日 1200 UTC 每 06 小時，妮妲颱風之最佳運動向量 $[\vec{v}_{BT}(Nida)]$ 、所有片段擾動位渦 $[\vec{v}_{SDLM}(q')]$ 、副熱帶高壓 $[\vec{v}_{SDLM}(q'_{SH})]$ 、及中緯度槽線 $[\vec{v}_{SDLM}(q'_{TR})]$ 對妮妲颱風引起的伴隨深層平均(925-300 hPa)駛流場。風標大小同圖 7 的說明。..... 48
- 圖 17 NCEP/GFS 全球分析資料，2004 年 5 月 16 日 0000 UTC 至 5 月 19 日 1200 UTC 各片段擾動位渦的相對駛流沿基本場（妮妲）颱風運動方向投影比例隨時間的序列。..... 49
- 圖 18 2004 年 6 月 24 日 0000 UTC 至 7 月 3 日 0000 UTC 美軍聯合颱風警報中心（JTWC）發佈敏督利（Mindulle）颱風每六小時一點的最佳路徑。緊接符號的數字同圖 1 的說明。... 50
- 圖 19 NCEP/GFS 全球分析，2004 年 6 月 27 日 0000 UTC 至 2004 年 6 月 29 日 1200 UTC 每 12 小時一張(a ~ f)，500 hPa 重力位高度場（單位：gpm，陰影區表重力位高度大於 5880 gpm），與 500 hPa 水平風場。颱風符號表敏督利颱風的中心位置，餘同圖 3 的說明。..... 51
- 圖 20 同圖 19，但時間為 2004 年 5 月 30 日 0000 UTC 至 2004 年 6 月 2 日 1200 UTC。..... 52
- 圖 21 NCEP/AVN 全球分析，2004 年 6 月 27 日 0000 UTC 至 2004 年 6 月 29 日 1200 UTC 每 12 小時一張(a ~ f)，500 hPa 總擾動位渦（單位：PVU，陰影區表位渦大於 1.0 PVU），與 925 hPa 至 300 hPa 之深層平均風場。餘同圖 19 的說明。..... 53
- 圖 22 同圖 21，但時間為 2004 年 6 月 30 日 0000 UTC 至 2004 年 7 月 2 日 1200 UTC。..... 54
- 圖 23 從 2004 年 6 月 27 日 0000 UTC 至 7 月 03 日 0000 UTC 每 06

小時，敏督利颱風之最佳運動向量 $[\bar{v}_{BT}(Mindulle)]$ 、所有片段擾動位渦 $[\bar{v}_{SDLM}(q')]$ 、副熱帶高壓 $[\bar{v}_{SDLM}(q'_{SH})]$ 、婷婷颱風 $[\bar{v}_{SDLM}(q'_{Tingting})]$ 、間熱帶輻合帶 $[\bar{v}_{SDLM}(q'_{CV})]$ 、大陸高壓 $[\bar{v}_{SDLM}(q'_{CH})]$ 及中緯度槽線 $[\bar{v}_{SDLM}(q'_{TR})]$ 對敏督利颱風引起的伴隨深層平均(925-300 hPa)駛流場。風標大小同圖 7 的說明。 55

圖 24 NCEP/GFS 全球分析資料，2004 年 6 月 27 日 0000 UTC 至 7 月 03 日 0000 UTC 各片段擾動位渦的相對駛流沿基本場（敏督利）颱風運動方向投影比例隨時間的序列。 56

一、前言

颱風是台灣地區天然災害的重大肇因之一，但在某些特殊時刻(缺水期)其伴隨降水卻又是台灣地區重要之水資源。現今對於颱風的了解，不論是在其運動、強度及結構上仍然存在許許多多的不確定性；因此，颱風研究可謂是台灣地區大氣科學界最重要的研究議題之一。

台灣位處西太平洋熱帶氣旋活動最頻繁的區域，每年夏季平均有三到四個颱風光臨台灣本島。眾所皆知，在颱風強大風速及挾帶豐沛雨量的侵襲下，常帶來不可勝數的災損，給予國計民生及社會無情的打擊。在這種高衝擊性的天然災害裡，社會大眾對於負責颱風警報發佈的氣象作業單位，往往賦予過高的寄望，期望對於颱風運動路徑和強度及未來即將受其侵襲的地點給予精準分析與預報。然而，由於台灣東面一片汪洋，傳統綜觀天氣觀測的測站非常稀少，加上美軍自1987年就停止西太平洋地區的颱風飛機觀測，使得作業單位獲取到實際颱風周遭的氣象資訊相當有限，如此要能更精準掌握即將侵襲台灣颱風的能力，儼然是極為嚴峻的挑戰。

數值模式發展至今已近五十年，對於綜觀尺度天氣系統的預報能力已有很好的表現；隨著數值技術與理論的演進，也針對中尺度系統(如颱風)的需求，開發出專屬的中尺度預報模式，此等颱風預報模式的表現隨著模式本身的設計及初始分析場的品質，常會有不一致的結果。因而使現階段颱風模式預報的產品，僅能提供客觀的參考價值。大氣運動屬於流體運動的一環，一個渦旋在流體內運動將受到周圍流體塊的牽引。同樣地，颱風的運動過程也將受到環境流場的導引，即一般所熟知「颱風駛流」的概念。當數值預報模式未能有效提供精準颱風路徑預報時，對於找出實際主導颱風運動的駛流場就顯得非常重要。

Wu and Emanuel (1995a, b)首先以位渦(Ertel potential vorticity; EPV)觀點探討颱風駛流，使用 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ NMC (National Meteorological Center)全球分析資料，針對大西洋的

Bob (1991)、Ana (1991) 和 Andrew (1992) 颱風進行研究。Wu and Emanuel 透過位渦反演，定量探討颱風運動受到不同環境導引氣流影響的機制，發現渦旋附近之高層負位渦擾動，對颱風移動扮演重要的角色。Shapiro and Franklin (1995) 使用飛機 Omega drop windsounde (ODW) 和飛機雷達，觀測 1985 年 Gloria 颶風的風場，並以非線性平衡方程計算颱風內核之高度場結構，求取 Gloria 的位渦分佈，以研究目前為止位渦診斷所能得到最高解析度之 Gloria 颱風結構。Shapiro (1996) 以軸對稱平均的位渦為基本場，同樣利用位渦反演方法，診斷 Gloria (1985) 颱風的駛流，發現 Gloria 的運動主要受控於 500hPa 以上、1000 公里以內的局部位渦擾動，而獲得與 Wu and Emanuel (1995a, b) 一致的結論。Shapiro (1999) 利用相同的方法，將大西洋 6 個颱風 9 個個案分類為受 1500 公里以內局部影響與受大尺度主宰之類型。

Wu and Kurihara (1996) 利用颱風模式模擬輸出結果，探討颱風和環境間的交互作用，並藉由位渦收支的計算與位渦反演的方法，研究凝結潛熱在颱風發展過程所扮演的角色，以及潛熱造成的位渦異常對颱風運動的反饋機制 (Wu and Emanuel 1993)。Wu and Cheng (1999) 則利用觀測資料，位渦反演診斷分析高層中緯度槽線與低壓系統對颱風強度之影響。黃 (2000) 及 Wu et al. (2000) 從位渦觀點探討中央氣象局颱風預報模式，不同初始化過程對颱風路徑模擬之影響。Wu et al. (2003) 利用位渦反演方法，定量診斷分析 2000 年寶發 (Bopha) 颱風受強烈颱風桑美 (Saomai) 交互作用之影響，寶發路徑異常往南的雙颱風交互作用的過程，這是文獻上首次發表以定量的觀點探討雙颱風之間的交互作用，並提出雙颱風交互作用的可能詮釋架構，相關論文亦在國科會自然科學簡訊刊出 (吳 2003)。楊 (2003) 及 Yang and Wu (2004) 延續並拓展 Wu et al. (2003) 位渦診斷定量分析方法，透過三種不同分析場與數值模擬結果，探討 2002 年鳳凰 (Fungwong) 與風神 (Fengshen) 雙颱風交互作用的過程及大尺度環境流場在雙颱風互動期間所扮演的角色。Wu et al. (2004) 利用位渦診斷影響 2002 年辛樂克 (Sinlaku) 颱風移動速度減慢的大氣因子，釐清綜觀環境對於辛樂克在關鍵時刻的主導因子，也進一步找出颱風作業預報模式

造成預報偏差的主要原因。

由於位渦具有保守、可反演及疊加的特性，只要給定適當的平衡條件、參考基本場及邊界條件，即可反演探知天氣系統運動的動力過程 (Hoskins et al., 1985)。Wu and Emanuel 首先將位渦的概念引進到颱風運動的議題，歷經一連串的創新發展，運用位渦反演探討颱風運動已可達到精確量化的程度，有助於釐清真實颱風運動過程的不確定性。對於氣象作業單位而言，颱風發生期間此反演工具對於輔助颱風分析與預報應可扮演重要角色。總而言之，位渦 (EPV) 反演及片段位渦反演方法可以廣泛地應用在颱風運動及強度演變上的定量診斷分析。此定量診斷分析方法，對於氣象作業單位處理改善颱風路徑和強度分析與預報來說，相信將是一個很重要的利器。而本研究之成果亦可提供未來決定颱風觀測策略之擬定參考 (Aberson 2003, Wu et al. 2004b)。

每逢颱風季氣象作業單位往往需要接受嚴苛的考驗與挑戰。對於作業人員而言，所面臨的壓力既迫切又無奈。迫切的是使用者始終想得到有關颱風訊息的第一手資料；無奈的是現有的颱風觀測資料有限，無法提供比較精準而完整地颱風資訊對外發佈預報。縱使氣象衛星雲圖在颱風觀測及定位幫了很大的忙，但對於颱風運動過程的瞭解，仍然需要依靠額外的工具加以克服。過去運用位渦反演診斷分析探討颱風運動的研究，不論是觀測資料或者是數值模擬結果輸出的反演計算已漸趨成熟，是值得廣泛運用於實際作業單位。

二、使用資料與分析方法

(一)資料簡介

本研究採用美國國家環境預報中心 (National Centers for Environmental Prediction; NCEP) 因應航空(Aviation)需求所提供的全球分析場 (以下簡稱 AVN), 為一高解析度的網格資料, 時間解析一天 4 次, 空間水平為 $1^\circ \times 1^\circ$ 的間距, 高空部分在 10 百帕層 (含) 以下緊密區隔成 26 層, 計有 1000, 975, 950, 925, 900, 850, 800, 750, 700, 650, 600, 550, 500, 450, 400, 350, 300, 250, 200, 150, 100, 70, 50, 30, 20 及 10 hPa。

(二)分析方法

1. 位渦反演

Hoskins et al. (1985) 整理位渦理論概念指出, 探討位渦反演的問題, 首先必須考慮一個平衡條件, 傳統準地轉 (quasi-geostrophic) 假設下的準地轉位渦反演, 在高曲率天氣系統之應用有其限制; Davis and Emanuel (1991)、Davis (1992a, b) 以及 Wu and Emanuel (1995a, b) 的位渦反演方法主要是針對 Ertel 位渦所發展, 運用 Ertel 位渦可克服 Rossby number 的約束並提升反演結果的準確性, 此法採用 Charney (1955) 提出的非線性平衡方程做為質量場與運動場的平衡條件,

$$\nabla^2 \Phi = \nabla \cdot (\nabla \Psi) + \frac{2}{a^4 \cos^2 \phi} \frac{\partial(\partial \Psi / \partial \lambda, \partial \Psi / \partial \phi)}{\partial(\lambda, \phi)} \quad (1)$$

其中 Φ 是重力位, Ψ 則是非輻散流函數 ($V_\Psi = \hat{k} \times \nabla \Psi$), f 是科氏參數, λ 是經度, ϕ 是緯度, a 是地球半徑。當非輻散風分量比非旋轉風分量大一個數量級以上時, 可證明非線性平衡條件下所求得之風場與觀測所求得之非輻散風場相當一致。考慮 Φ 、 Ψ 的另一種關係式

$$q = -\frac{gk\pi}{p} \left[\eta \frac{\partial \theta}{\partial \pi} - \frac{1}{a \cos \phi} \frac{\partial v}{\partial \pi} \frac{\partial \theta}{\partial \lambda} + \frac{1}{a} \frac{\partial u}{\partial \pi} \frac{\partial \theta}{\partial \phi} \right] \quad (2)$$

即位渦近似基本定義, 其中 $k = R_d / C_p$, p 表氣壓, $\pi = C_p (p / p_0)^*$ 是垂

直座標 Exner 函數， η 則是絕對渦度之垂直分量。加入靜力平衡假設 $\partial\Phi/\partial\pi = -\theta$ ，以及水平風速以非輻散風取代的假設，則 Ertel 位渦之定義可以下式近似

$$q = \frac{gk\pi}{p} \left[(f + \nabla^2\Psi) \frac{\partial^2\Phi}{\partial\pi^2} - \frac{1}{a^2 \cos^2\phi} \frac{\partial^2\Psi}{\partial\lambda\partial\pi} \frac{\partial^2\Phi}{\partial\lambda\partial\pi} - \frac{1}{a^2} \frac{\partial^2\Psi}{\partial\phi\partial\pi} \frac{\partial^2\Phi}{\partial\phi\partial\pi} \right] \quad (3)$$

方程式(1)及(3)所組成的偏微分方程組，給定 Ertel 位渦分佈下，則是一個包含 Φ 、 Ψ 兩個未知數之完整封閉的橢圓微分方程組，只要給定邊界條件則此方程組即可求解。

水平上、下邊界採用靜力穩定條件 $\partial\Phi/\partial\pi = f_0$ 、 $\partial\Psi/\partial\pi = -\theta$ 為邊界條件（即 Neumann condition）， Φ 之側邊界為實際觀測之重力位場（即 Dirichlet condition）。流函數側邊界則假設為實際觀測風場在側邊界無輻散，故側邊界上的流函數可經由邊界上的風場積分而得

$$\frac{\partial\Psi}{\partial s} = -\vec{v} \cdot \hat{n} + \frac{\oint \vec{v} \cdot \hat{n} dl}{\oint dl}$$

$\hat{n}$ 為垂直邊界（向外為正）之單位向量， s 則是平行邊界（逆鐘向為正）之單位向量，積分時由邊界上任一點開始，給定 $\Psi = \Phi$ ，沿邊界積分一圈後回到原點。

給定上述的邊界條件及空間中的位渦分佈，即可利用連續超鬆弛數值方法（Successive Overrelaxation; SOR）求得偏微分方程組(1)與(3)之唯一解析解。

2. 片段位渦反演

Davis and Emanuel (1991) 指出，片段位渦反演是位渦反演方法更重要的應用，透過片段位渦反演，可診斷特定系統之位渦擾動對所關心的天氣系統與現象之影響；當反演性質為線性時，則片段位渦反演乃是數學上 Green 函數的應用。然而，前一小節中位渦反演之偏微分方程組(1)和(3)式均包含兩兩相乘之非線性項，屬於非線性方程，因此在使用片段位渦反演時，必須處理方程組線性化的問題。Davis and Emanuel (1991) 將位渦反演之偏微分方程組(1)和(3)式，透過線

性化的處理，轉換成 (4) 和 (5) 式的片段位渦反演線性方程組，詳細的演算過程請參考楊 (2003)。

$$\nabla^2 \Phi_n = \nabla \cdot (f \nabla \Psi_n) + \frac{2}{a^4 \cos^2 \phi} \times \left(\frac{\partial^2 \Psi^*}{\partial \lambda^2} \frac{\partial^2 \Psi_n}{\partial \phi^2} + \frac{\partial^2 \Psi^*}{\partial \phi^2} \frac{\partial^2 \Psi_n}{\partial \lambda^2} - 2 \frac{\partial^2 \Psi^*}{\partial \lambda \partial \phi} \frac{\partial^2 \Psi_n}{\partial \lambda \partial \phi} \right) \quad (4)$$

$$q_n = \frac{gk\pi}{p} \left[(f + \nabla^2 \Psi^*) \frac{\partial^2 \Phi_n}{\partial \pi^2} + \frac{\partial^2 \Phi^*}{\partial \pi^2} \nabla^2 \Psi_n - \frac{1}{a^2 \cos^2 \phi} \left(\frac{\partial^2 \Psi^*}{\partial \lambda \partial \pi} \frac{\partial^2 \Phi_n}{\partial \lambda \partial \pi} + \frac{\partial^2 \Phi^*}{\partial \lambda \partial \pi} \frac{\partial^2 \Psi_n}{\partial \lambda \partial \pi} - \frac{1}{a^2} \left(\frac{\partial^2 \Psi^*}{\partial \phi \partial \pi} \frac{\partial^2 \Phi_n}{\partial \phi \partial \pi} + \frac{\partial^2 \Phi^*}{\partial \phi \partial \pi} \frac{\partial^2 \Psi_n}{\partial \phi \partial \pi} \right) \right] \quad (5)$$

此處 $[]^* = [] + 1/2 \sum_{n=1}^N []_n$

(4)和(5)式組成片段位渦的方程組，其水平上下邊界為

$$\left[\frac{\partial \Phi_n}{\partial \pi}, f_0 \frac{\partial \Psi_n}{\partial \pi} \right] = -\theta_n$$

側邊界上的重力位場及流函數場給定為 0 或是適當的擾動邊界，最後透過連續超鬆弛數值方法可以解出伴隨任何一片段位渦擾動之流函數及重力位場。

3. 位渦擾動分解方法

值得注意的是，片段位渦反演如何選取適當的基本場（或平均場），須視所處理的問題而定。Davis and Emanuel (1991)和 Davis (1992a, b)運用片段位渦診斷溫帶氣旋旋生的研究，以氣旋生命期的平均場為基本場。Wu and Emanuel (1995a, b) 將片段位渦診斷方法應用於颱風問題時，考慮以颱風生命期為平均的基本場會殘留颱風訊息，因而採用較長時間平均（季平均）為基本場。然而選取時間平均為基本場時，颱風仍為擾動場的一部份，以此探討颱風運動路徑時，勢必增加討論的複雜度，因此，Wu and Emanuel (1995b)建議適當去除颱風對稱分量應可獲得更合適的基本場。此概念在 Shapiro (1996) 論文即被發展出，即將颱風軸對稱分量視為基本場，扣除颱風軸對稱

後的環境場當作擾動場，如此分解之後，可以清楚地知道環境擾動場與颱風之間的互動情形。Wu et al. (2000) 和 Wu et al. (2003) 亦採用此分解概念，發展出軸對稱位渦反演新方法（如發展新的上、下邊界位溫條件處理方法）。

本研究是要瞭解颱風與周圍環境場之間交互作用的情況。首先，以被探討颱風為中心的軸對稱平均為基本場，剩餘的環境視為總擾動場（包括副熱帶高壓、中緯度槽線等），然後啟用去除軸對稱平均的片段位渦反演方法（詳參考 Wu et al. 2003），我們可逐一診斷個別擾動位渦如何影響基本場颱風的運動。因此取位渦全反演所得的流函數場，以颱風中心為中心作環狀平均，得到軸對稱平均之 $\bar{\Psi}$ ，透過非線性平衡方程

$$\nabla^2 \hat{\Phi} = \nabla \cdot (f_0 \nabla \bar{\Psi}) + \frac{2}{a^4 \cos^2 \phi} \frac{\partial(\bar{\Psi}/\partial \lambda, \bar{\Psi}/\partial \phi)}{\partial(\lambda, \phi)} \quad (6)$$

求得相對應的環狀平均重力位場 $\hat{\Phi}$ 。再將 $\bar{\Psi}$ 、 $\hat{\Phi}$ 代入下式

$$\hat{q} = \frac{gk\pi}{P} \left[(f + \nabla^2 \bar{\Psi}) \frac{\partial^2 \hat{\Phi}}{\partial \pi^2} - \frac{1}{a^2 \cos^2 \phi} \frac{\partial^2 \bar{\Psi}}{\partial \lambda \partial \pi} \frac{\partial^2 \hat{\Phi}}{\partial \lambda \partial \pi} - \frac{1}{a^2} \frac{\partial^2 \bar{\Psi}}{\partial \phi \partial \pi} \frac{\partial^2 \hat{\Phi}}{\partial \phi \partial \pi} \right] \quad (7)$$

即可求得位渦基本場。藉由 $\Psi' = \Psi - \bar{\Psi}$ 、 $\Phi' = \Phi - \hat{\Phi}$ 及 $q' = q - \hat{q}$ 得到擾動場。片段位渦反演的最終目的是計算出相伴於個別擾動位渦塊相互平衡的質量場與運動場。

4. 颱風駛流

自 1952 年 Jordan 首先以真實觀測資料研究探討颱風「駛流」與颱風實際運動的相關性，之後類似「颱風駛流」的議題的研究如雨後春筍〔詳細地論文回顧可參閱 Wu and Emanuel (1995a)〕。基本上定義颱風駛流的主要假設是想像颱風氣旋式環流結構類似『剛體』，會隨著周遭環境基本流的驅駛而改變運動方向。因此，駛流場如何定義就顯得非常關鍵與重要。有些學者採某個半徑寬的環狀平均的垂直權重定義颱風駛流，另有學者提出應改以通過颱風中心軸對稱平均的垂直權重的環境基本流作為颱風的駛流；不同觀點定義駛流的主要差異，在於所使用分析資料的觀測品質，但其分別得到的結果均與颱風

實際運動路徑有一定程度的相關性。

根據 Wu et al. (2003) 駛流場 ($\vec{V}_{SDLM}$) 的定義：以通過基本場颱風中心 3 個緯度半徑內的深層平均風加以軸對稱平均，代表驅駛該颱風運動的駛流，即

$$\vec{V}_{SDLM} = \frac{\int_{25hpa}^{200hpa} \vec{V}_s(p) dp}{\int_{25hpa}^{200hpa} dp},$$

其中

$$\vec{V}_s(p) = \frac{\int_0^{\bar{r}} \int_0^{2\pi} \vec{V} r dr d\theta}{\int_0^{\bar{r}} \int_0^{2\pi} r dr d\theta}.$$

颱風的最佳路徑向量使用 12 小時的最佳路徑位置估計，即

$$\vec{V}_{BT} = \frac{\vec{X}_{t+6h} - \vec{X}_{t-6h}}{12h}.$$

為量化各個片段位渦在颱風移動方向造成的貢獻，Wu et al. (2003) 提出定義 AT 的方法：各片段位渦擾動伴隨駛流在沿颱風行進方向的投影比值，即

$$AT(q'_s) = \frac{|\vec{V}_{SDLM}(q'_s) \cdot \vec{V}_{BT}|}{|\vec{V}_{BT}|^2}$$

比值為 1.0 表示沿路徑方向的伴隨駛流和實際移速相同。為了更進一步瞭解個別片段擾動位渦的相對駛流與所有片段擾動位渦的相對駛流之間的比值，楊 (2003) 延續 Wu et al. (2003) 的方法定義新的 AT 值如下：

$$AT(q'_{FS}) = \frac{|\vec{V}_{SDLM}(q'_{FS}) \cdot \vec{V}_{SDLM}(q')|}{|\vec{V}_{SDLM}(q')|^2}.$$

此一 AT 值除可用來繼續探討個別片段位渦擾動引起基本場颱風的相對駛流和基本場颱風運動之間的關係，更可以釐清每個片段擾動位渦的相對駛流在總擾動位渦的相對駛流中所佔的比例。因此，透過

Wu et al. (2003) 位渦診斷定量分析的方法，可以運用在觀測資料或數值模式輸出，進行量化釐清控制基本場颱風運動的主要因子，甚至是更複雜的雙颱風互動過程。相信此量化的位渦診斷工具，對於作業單位提升颱風渦旋路徑預報的能力有所貢獻。

三、研究結果

(一) 2003 年梵高(Vamco)颱風之位渦診斷分析

2003 年 8 月中旬間熱帶輻合區(Intertropical Convergence Zone; ITCZ)，或稱季風槽(monsoon trough, Lander 1994; 1995)移至西太平洋一帶，該處熱帶對流活躍，雲簇此消彼長，在中國南海地區形成一個熱帶低壓區。8 月 18 日有一熱帶雲簇位於菲律賓東方洋面且結構逐漸增強，隨著環境流場的驅駛，該雲簇緩慢北抬。19 日 0300 UTC 負責東亞地區發佈颱風訊息及警告的日本廳(Japan Meteorological Agency; JMA)區域特殊氣象中心(Regional Specialized Meteorological Centre; RSMC)將此熱帶雲簇直接提升為小型輕度颱風梵高(Vamco)，中央氣象局及國內相關氣象作業單位隨後立即跟進，對外發佈海上及陸上颱風警報。由於梵高颱風形成地點相當接近台灣(距離花蓮東南方約 460 公里之海面上，中央氣象局颱風警報單)，碰巧北台灣正處缺水之苦，因此梵高颱風的到來備受各界的關注，期待伴隨梵高颱風的雨水能夠抒解乾旱。

日本氣象廳雖在 19 日 0300 UTC 即發佈梵高颱風的訊息，然而美軍聯合颱風警報中心(Joint Typhoon Warning Center; JTWC)遲至 19 日 1800 UTC 才將此熱帶低壓(Tropical Depression; TD)提升為熱帶風暴(Tropical Storm; TS)，即輕度颱風。圖 1 顯示 JTWC 發佈的梵高颱風的運動路徑及中心最大風速，當梵高颱風登陸中國大陸後其強度立即減弱。上述對於梵高颱風強度的估計，JMA 與 JTWC 在時間上出入頗大，顯示不同氣象作業單位對於颱風強度的估計互有不同的看法。本個案梵高颱風生命期的美國 GOES-9 (Geosynchronous Operational Environmental Satellites)紅外線衛星雲圖(圖 2 所示)，顯示梵高颱風環流結構始終比較鬆散，在缺乏現場觀測資料時，僅能藉由氣象衛星遙測反演颱風強度；對於弱渦旋而言，透過衛星反演技術所得到的結果會出現某種程度的誤差。或許對於遠在廣大洋面的弱渦旋，此強度誤差不會被大眾所矚目，但對於近在眼前的颱風渦旋，則有絲毫不能出錯的壓力。另外，自 AVN 高解析 700 hPa 高度場分析圖(圖 3)顯示，即使等高線間距減少到 10 重力公尺，仍然無

法獨立解析出梵高颱風的環流中心。此結果凸顯縱使高解析度的網格分析資料，對於輕度颱風的解析能力仍相當有限。

本研究延續 Wu et al. (2003) 發展位渦反演定量分析做為分析探討的基礎，主要分析方法有位渦反演、片段位渦反演、深層平均駛流及伴隨於各片段擾動位渦的深層平均駛流在颱風行進方向的投影量 (AT 值)；藉由以上系列的診斷分析，可釐清梵高颱風生命期內各個時間點，周遭不同天氣系統對其運動駛流的貢獻，進而找出主要的控制因子，做為後續分析預報與數值模擬改進的重要參考指標。為能瞭解梵高颱風期間不同的周圍環境流場個別對其運動 (駛流) 的貢獻，位渦反演計算範圍選取北緯 $10^{\circ}\sim 50^{\circ}$ 、東經 $105^{\circ}\sim 155^{\circ}$ ，時間選取自 2003 年 8 月 19 日 0000 UTC 至 8 月 20 日 1200 UTC 每六小時乙次，幾乎涵蓋整個梵高颱風的生命期。

圖 4 顯示 500 hPa 位渦場及其所伴隨的平衡風的深層平均 (925 - 400 hPa) 風場。本研究考慮梵高颱風強度僅達到輕度颱風，其氣旋式環流發展高度將相對地較低，因此深層平均的深度也隨之降到 400 hPa。圖中颱風符號是 JTWC 梵高颱風中心位置，箭頭代表該颱風實際瞬間移動的速度，其速率大小以半徑 10 kt 之圓表示。舉例來說，8 月 19 日 0000 UTC 梵高颱風以近 30 kt 的速度向北北西方向移動。

8 月 19 日 0000 UTC 熱帶低壓尚未增強形成颱風，中心位在一個高位渦的區域內。梵高颱風形成後 (19 日 0600 UTC 起) 伴隨獨立的位渦中心值維持在 0.9 PVU ($1 \text{ PVU} = 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1} \text{ K kg}^{-1}$) 左右。圖 4b 除了顯示包含梵高颱風的正位渦區外，尚有兩個位渦最大值的中心，分別位於梵高颱風西南側的熱帶低壓 (以下簡稱 Low1)，及位於其東南側的熱帶擾動 (以下簡稱 Low2)。另外，在圖的右上角存在一個顯著的反氣旋式環流，也就是副熱帶高壓 (Subtropical high; SH) 盤據的位置。

本研究的主要目的是分析瞭解主導梵高颱風運動的駛流來源為何種系統所貢獻，為能釐清上述三個系統 (Low1、Low2 及 SH) 分別扮演的角色，我們進一步執行片段位渦反演的診斷分析。圖 5 顯示 Low1 的 500 hPa 位渦場及其所伴隨的平衡風的深層平均 (925 - 400

hPa) 風場，隨著時間梵高颱風瞬間運動的向量與 Low1 伴隨的深層平均風有一個很好的相關性，顯示梵高颱風移動的駛流部分來自熱帶低壓的貢獻。反觀，位於東南側的熱帶擾動，其伴隨的深層平均風與梵高颱風瞬間運動的向量幾乎形成負相關（圖未示），即伴隨於熱帶擾動的氣旋式環流，對於梵高的行進方向有阻擋的作用。

一般來說，颱風常在高壓的導引之下運動，本個案副熱帶高壓的角色從圖 6 即可明確看出。除圖 6a, b 伴隨於副熱帶高壓的深層平均風與梵高颱風瞬間移動方向的交角稍大之外，剩餘時間兩者幾乎是平行的，顯示副熱帶高壓對於梵高颱風的導引量將高於熱帶低壓。

每一片段位渦造成梵高颱風相對深層平均駛流的時間序列，如圖 7 所示。梵高颱風的最佳路徑向量使用 12 小時的最佳路徑位置估計，即

$$\bar{V}_{BT} = \frac{\bar{X}_{t+6h} - \bar{X}_{t-6h}}{12h}。$$

其中所有擾動位渦(q')造成梵高颱風的伴隨駛流 $[\bar{v}_{SDLM}(q')]$ 與梵高颱風的最佳路徑向量相當吻合，顯示梵高颱風的運動可利用位渦方法計算的深層平均駛流表示。為了進一步瞭解各個片段擾動位渦與梵高颱風運動之間的關係，將所有擾動位渦(q')切割成熱帶低壓(q'_{LOW1})、副熱帶高壓(q'_{SH})、熱帶擾動(q'_{LOW2})及剩餘部分，亦即 $q' = q'_{LOW1} + q'_{SH} + q'_{LOW2} + q'_{Others}$ 。透過 $[\bar{v}_{SDLM}(q'_{LOW1})]$ 與 $[\bar{v}_{SDLM}(q'_{SH})]$ 的比較知，分析期間熱帶低壓的相對駛流 $[\bar{v}_{SDLM}(q'_{LOW1})]$ 顯然比副熱帶高壓造成梵高颱風的相對駛流 $[\bar{v}_{SDLM}(q'_{SH})]$ 要小，而伴隨熱帶擾動造成梵高颱風的相對駛流 $[\bar{v}_{SDLM}(q'_{LOW2})]$ 僅 1-2 kt，此結果由於熱帶擾動中心強度弱及分佈範圍小是可預期的（楊 2003）。根據以上比較各片段位渦相對駛流對梵高颱風移動貢獻的結果，顯示梵高颱風生命期間副熱帶高壓提供的駛流主宰梵高的運動，但位於梵高颱風西南方的熱帶低壓對於梵高運動的貢獻則扮演次要的角色。

上述的研究可以用圖 7 風標下方的數字加以量化表示。為了進一步量化各個片段位渦對梵高颱風在移動方向造成的貢獻，比照楊（2003）延續並拓展 Wu et al. (2003) 定義 AT 的方法：各片段位渦

擾動伴隨駛流在沿颱風行進方向的投影比值。得到 $AT(q')$ 的平均（標準差）為 1.06（0.28），由此分析再次顯示所有片段位渦引起梵高颱風的相對駛流和梵高颱風的運動相當一致。

此一 AT 值除可用來繼續探討個別片段位渦引起梵高颱風的相對駛流和梵高颱風運動之間的關係，更可以釐清每個片段擾動位渦的相對駛流在總擾動位渦的相對駛流中所佔的比例。分析期間各片段擾動位渦的平均 AT 值分別： $AT(q'_{LOW1})$ 接近 0.37、 $AT(q'_{SH})$ 接近 0.54、而 $AT(q'_{LOW2})$ 則為 -0.04，可知梵高颱風在此時間內受熱帶擾動的導引比較有限，熱帶擾動甚至是扮演抑制梵高颱風行進的角色（負值）。反觀熱帶低壓對於梵高颱風運動的貢獻始終維持接近 37%，而副熱帶高壓的貢獻則接近 54%，此結果與前一小節的結論是一致的。

（二）2003 年米勒(Melor)颱風之位渦診斷分析

美軍聯合颱風警報中心對小型輕度颱風米勒生命期間的運動路徑圖（如圖 8 所示），顯示颱風米勒在 2003 年 10 月 30 日 1200 UTC 形成後，穩定地朝西北偏西方向運動。在 11 月 01 日 0000 UTC 左右登入菲律賓呂宋島，之後運動路徑轉向西北方向。在 11 月 01 日 1200 UTC 颱風中心逐漸移出呂宋島而進入巴士海峽，在巴士海峽期間米勒移動速度逐漸減慢，運動方向也轉為北北西並緩慢轉向北方，有直撲恆春半島之趨勢。在 11 月 02 日 0600 UTC 至 1200 UTC 之間米勒路徑突然地轉向北北東方向，當時各作業單位仍然預測米勒會往台灣海峽南部行進（日本氣象廳是最先反應米勒颱風路徑即將轉向的作業單位）。

2003 年 10 月 31 日 1200 UTC 至 2003 年 11 月 03 日 0000 UTC 每 12 小時一張 500 hPa 和 700 hPa 重力位高度場（圖 9 及圖 10a~f），圖中顯示副熱帶太平洋高壓(SH)勢力初期逐漸西伸，而在關鍵時刻（即米勒颱風轉向北北東）11 月 02 日 0000 UTC 至 1200 UTC 之間，副高勢力範圍沒有顯著改變，僅中心高壓脊軸線自東北東-西南西調整為東西方向。北方槽線(TR)系統一波波通過 120° E 附近，在 11 月 02 日 0000 UTC 雖有一淺波槽在華中，但很快地併入合流槽內。大陸冷高壓(CH)隨著鋒面系統逐波南下，大部分時間反氣旋式環流淺薄且微弱佔據在華南，僅 11 月 03 日 0000 UTC 另一波較強冷空氣南下，才

見到強而明顯的反氣旋式環流。

每一片段位渦造成米勒颱風相對深層平均駛流的時間序列，如圖 11 所示。其中所有擾動位渦(q')造成米勒颱風的伴隨駛流 $[\bar{v}_{SDLM}(q')]$ 與米勒颱風的最佳路徑向量相當吻合，顯示米勒颱風的運動可利用位渦方法計算的深層平均駛流表示。為了進一步瞭解米勒颱風與周圍天氣系統的互動關係，將所有擾動位渦(q')切割成包含副熱帶高壓(q'_{SH})、大陸高壓(q'_{CH})及中緯度槽線(q'_{TR})等三片主要擾動位渦塊，亦即以方程式表示為 $q' = q'_{SH} + q'_{CH} + q'_{TR} + q'_{Others}$ 。透過 $[\bar{v}_{SDLM}(q'_{SH})]$ 、 $[\bar{v}_{SDLM}(q'_{CH})]$ 與 $[\bar{v}_{SDLM}(q'_{TR})]$ 的比較知，主要主導米勒颱風運動的駛流來自副熱帶高壓，中緯度槽線在 11 月 02 日 1200 UTC 起對於米勒轉向北北東駛流的貢獻有明顯的增加。

透過以上駛流的定義與分析結果，我們清楚瞭解利用位渦反演計算的駛流可以代表及詮釋實際颱風的運動狀況。為了進一步量化各個片段位渦對米勒颱風在移動方向造成的貢獻，各片段位渦擾動伴隨駛流在沿颱風行進方向的投影比值(AT 值)。本個案 $AT(q')$ 的平均(標準差)為 0.98 (0.35)，由此分析再次顯示所有片段位渦引起米勒颱風的相對駛流和米勒颱風的運動相當一致。圖 12 顯示在分析期間 $AT(q'_{SH})$ 始終高過 1.0，顯示副熱帶高壓對於米勒運動的影響佔極重要的角色。在 11 月 01 日 1800 UTC 前 $AT(q'_{CH})$ 對於米勒運動方向為正貢獻，之後為負貢獻(負值)。相反地，中緯度槽線 $AT(q'_{TR})$ 在 11 月 02 日 1200 UTC 前對於米勒行進方向扮演阻擋的角色，之後則有加速米勒颱風朝北北東方向運動的作用。

總之，上述結果顯示 NCEP/GFS 分析場對於副熱帶高壓的處理始終有過估的現象(AT 值大部分時間大於或等於 1)，或許是這個原因造成數值模式對於米勒偏西路徑的模擬。

(三)2004 年妮妲(Nida)颱風之位渦診斷分析

2004 年 5 月 12 日季風槽在帛琉群島西南方活躍發展，美軍聯合颱風警報中心(JTWC)於 13 日 1200 UTC 將此厚實的深對流區提升為年度第四號熱帶低壓(TD)。由於環境高層外流明顯及垂直風切小的情

形下，此熱帶低壓快速發展、增強，於 14 日 0000 UTC 中心最大風速 (JTWC) 達 50 kt，負責東亞地區發佈颱風訊息及警告的日本氣象廳 (JMA) 區域特殊氣象中心 (RSMC) 於 14 日 0600 UTC 直接將此熱帶低壓提升為小型輕度颱風，並取名為妮妲 (Nida)。妮妲颱風形成後，初期受到位其東北方副熱帶高壓駛流的導引 (圖 14)，緩慢地朝西北西方向行進 (圖 13)。其中心強度隨著時間逐漸增強，於 16 日 1200 UTC 達到最大強度 140 kt (JTWC)，此時妮妲仍受副熱帶高壓的導引，略微加速地往西北方向移動。17 日 0000 UTC 妮妲位處副熱帶高壓西南西方，此時中緯度槽線系統自韓國向西南延伸至廣西省 (圖 15)，且逐漸向東南東移出，自 17 日 0600 UTC 起妮妲行徑明顯偏北運動。隨著北方槽線向南接近，妮妲颱風於 18 日 1200 UTC 轉向東北方移動，之後受到副熱帶西風駛流的導引，移動速度自 10 kt 逐漸加速至近 40 kt，強度則隨之快速減弱並於 21 日 0600 UTC 過渡為副熱帶氣旋。

妮妲颱風行走路徑 (圖 13) 雖然沒有直接侵襲台灣地區，但在 5 月 18 日妮妲未明顯轉向東北前，其暴風圈有直逼本省東南部海域的趨勢，為洞悉妮妲颱風周圍環境的大氣條件，由國科會支持的『追風計畫』於 17 日傍晚進行 2004 年第一次侵台颱風飛機偵察及投落送觀測實驗。本研究的主要目的是探討妮妲颱風路徑向北偏轉及進一步轉向東北的過程，其間周圍環境場提供的駛流隨時間變化的情形，及對於一個路徑向右偏轉的颱風個案其周圍天氣系統彼此互動的情形。檢視 500 hPa 高度場，鄰近妮妲颱風主要的天氣系統是副熱帶高壓及中緯度槽線系統，為釐清上述二個系統 (SH 與 TR) 分別扮演的角色，我們進一步執行片段位渦反演的診斷分析，並根據 Wu et al. (2003) 駛流場 ($\bar{v}_{SDLM}$) 的定義，得到每一片段擾動位渦造成妮妲颱風相對深層平均駛流的時間序列，如圖 16 所示。其中所有擾動位渦 (q') 造成妮妲颱風的伴隨駛流 $[\bar{v}_{SDLM}(q')]$ 與妮妲颱風的最佳路徑向量相當吻合，顯示妮妲颱風的運動可利用位渦方法計算的深層平均駛流表示。為了進一步瞭解各個片段擾動位渦與妮妲颱風運動之間的關係，將所有擾動位渦 (q') 切割成副熱帶高壓 (q'_{SH}) 與中緯度槽線 (q'_{TR})。透過 $[\bar{v}_{SDLM}(q'_{TR})]$ 與 $[\bar{v}_{SDLM}(q'_{SH})]$ 的比較知，分析期間中緯度槽線的相對駛流 $[\bar{v}_{SDLM}(q'_{TR})]$ 顯然比副熱帶高壓造成妮妲颱風的相對駛流 $[\bar{v}_{SDLM}(q'_{SH})]$ 要小，而伴隨中緯度槽線

造成妮妲颱風的相對駛流 $[\bar{v}_{SDLM}(q'_{TR})]$ 僅 3-6 kt。根據以上比較各片段位渦相對駛流對妮妲颱風移動貢獻的結果，顯示妮妲颱風生命期間副熱帶高壓提供的駛流主宰妮妲的運動，但位於妮妲颱風北側的中緯度槽線對於妮妲運動的貢獻則扮演次要的角色。

由圖 17 得到 $AT(q')$ 的平均（標準差）為 1.30 (0.30)，由此分析再次顯示所有片段位渦擾動引起妮妲颱風的相對駛流和妮妲颱風的運動相當一致。此一 AT 值除可用來繼續探討個別片段擾動位渦引起妮妲颱風的相對駛流和妮妲颱風運動之間的關係，更可以釐清每個片段擾動位渦的相對駛流在總擾動位渦的相對駛流中所佔的比例。初期導引妮妲颱風向西北西轉西北方向運動的駛流主要來自副熱帶高壓的貢獻，此階段伴隨中緯度槽線系統的駛流對於妮妲行進方向扮演阻擋的角色（ AT 值為負）。當妮妲明顯往北偏轉時，副熱帶高壓提供妮妲行進方向的駛流量有減少趨勢（自 0.83 降至 0.17），反觀中緯度槽線對於妮妲運動的阻擋漸趨緩和。待妮妲轉向東北移動時，中緯度槽線提供妮妲加速朝東北運動的駛流分量。

（四）2004 年敏督利(Mindulle)颱風之位渦診斷分析

2004 年生成於西北太平洋第一個直接侵襲台灣並且中心登陸的颱風敏督利，對台灣地區造成的災損令人印象深刻。根據統計資料顯示，敏督利襲台期間釀成人員 21 個死亡、8 人受傷及 14 人失蹤，農業損失達 82 億元以上，其災損超過 2001 年桃芝颱風、僅次於 1996 年的賀伯颱風。敏督利颱風生命期中另一個特徵是：當作業單位對外發布颱風警報後(2004 年 6 月 28 日 0600 UTC)，其運動速度異常地減速，直到 2004 年 7 月 2 日 0900 UTC 颱風警報解除，整個警報持續時間長達四天又三個小時。第三個特徵是在 2004 年 6 月 30 日 0600 UTC 至 1200 UTC 間，敏督利路徑突然往北偏轉直撲台灣。敏督利颱風行徑異常減速及轉向是本研究的重點。

2004 年 6 月 22 日熱帶雲簇在關島南方海域活躍發展，由於環境垂直風切微小，有利於熱帶雲簇逐漸發展形成熱帶低壓(23 日 0600 UTC)，JTWC 於 23 日 1200 UTC 將此熱帶低壓提升為熱帶氣旋。受到環境駛流導引敏督利路徑由西北西偏轉為西南西方向，強度維持 45kt

至 55kt。26 日 0600 UTC 開始敏督利轉向西北方向運動，強度有逐漸增強趨勢；於 27 日 0600 UTC 增強為中度颱風(圖 18)，此時位於 25°N 附近的中層副熱帶高壓脊軸線逐漸減弱東退(圖 19)，位於其東側的婷婷(Tingting)颱風維持向西運動，副高東退後在中國大陸留下一個獨立的高壓環流中心，北方槽線系統則始終維持在 30°N 以北，因此導引敏督利運動的駛流漸趨不明顯。在緩慢移動的過程中，敏督利颱風中心強度繼續增強，於 28 日 1800 UTC 發展至生命期內的最大強度 125kt。29 日 1200 UTC 原退至 150°E 附近的副熱帶高壓逐漸增強並往西南西方向快速伸展，同時婷婷颱風路徑轉向北方進入西風帶後加速遠離，大陸華中的高壓強度略有增強，此階段環境流場導引敏督利颱風緩慢向西北西方向朝巴士海峽接近(圖 19 和圖 20)。30 日 0600 UTC 敏督利颱風如數值模式模擬路徑開始有比較明顯往北運動的分量，強度漸趨減弱。於 7 月 01 日 1440 UTC 左右在花蓮縣壽豐鄉登入台灣陸地，之後穿越中央山脈於 7 月 02 日 0300 UTC 在台北縣淡水附近出海，此時強度已減弱為輕度颱風。

圖 21 及圖 22 顯示 2004 年 6 月 27 日 0000 UTC 至 7 月 02 日 1200 UTC 定壓層 500 hPa 的總擾動位渦(單位：PVU，陰影區表位渦大於 1.0 PVU)，與 925 hPa 至 300 hPa 之深層平均風場。伴隨副熱帶高壓、婷婷颱風、大陸高壓及中緯度槽線的個別擾動位渦塊，其所處地理位置隨著時間的變化與 500 hPa 重力位場(圖 19 和圖 20)所對應的槽脊系統位置相一致。但值得注意的是，從 500 hPa 總擾動位渦場發現在敏督利颱風西南側始終存在呈帶狀的正位渦擾動塊(約 2-4 PVU)，推測此正位渦擾動應是一般所稱之間熱帶輻合區(ITCZ)。為深入瞭解伴隨於颱風渦旋的間熱帶輻合區，對於敏督利颱風運動路徑駛流所扮演的角色，本研究個案特將此輻合帶的位渦擾動納入個別片段位渦反演，進行比較分析探討主導敏督利運動的天氣系統。

根據 Wu et al. (2003)駛流場($\vec{v}_{SDLM}$)的定義，得到每一片段位渦造成敏督利颱風相對深層平均駛流的時間序列，如圖 23 所示。所有擾動位渦(q')造成敏督利伴隨駛流 $[\vec{v}_{SDLM}(q')]$ 與敏督利颱風的路徑向量相當一致。為了進一步瞭解各個片段擾動位渦與敏督利颱風運動之間的關

係，將所有擾動位渦(q')切割成副熱帶高壓(q'_{SH})、婷婷颱風($q'_{Tingting}$)、間熱帶輻合帶(q'_{CV})、大陸高壓(q'_{CH})及中緯度槽線(q'_{TR})。比較伴隨各個擾動位渦造成敏督利颱風運動的相對駛流，得知控制敏督利颱風運動的駛流主要來自副熱帶高壓 $[\bar{v}_{SDLM}(q'_{SH})]$ 的貢獻，扮演次要角色的是與敏督利相鄰的間熱帶輻合區 $[\bar{v}_{SDLM}(q'_{Tingting})]$ 。而婷婷颱風對於敏督利運動方向駛流的影響，則是提供偏南南東方向行進的駛流；中緯度槽線的相對駛流 $[\bar{v}_{SDLM}(q'_{TR})]$ 僅供應 2-5 kt 偏東運動的駛流，後期(7 月 2 日 1800 UTC)中緯度槽線對於敏督利的導引漸趨重要；而伴隨大陸高壓的相對駛流 $[\bar{v}_{SDLM}(q'_{CH})]$ 則驅駛敏督利颱風朝西南西方向運動。

為了進一步量化各個片段位渦對敏督利颱風在移動方向造成的貢獻，由圖 24 得到 $AT(q')$ 的平均(標準差)為 1.98 (0.39)。圖中顯示造成敏督利颱風運動的駛流貢獻主要來自副熱帶高壓的導引，伴隨間熱帶輻合區造成敏督利運動的駛流仍具重要的角色，大陸高壓在 6 月 29 日 1800 UTC 前對於敏督利運動方向供給推波助長的作用，之後則是負貢獻但不顯著。另一方面，中緯度槽線除了最後十二小時加速敏督利颱風往北行進外，其餘時間與婷婷颱風則在敏督利行進方向扮演阻擋的角色。

四、結論與展望

每逢颱風季氣象作業單位往往需要接受嚴苛的考驗與挑戰。對於作業人員而言，所面臨的壓力既迫切又無奈。迫切的是使用者始終想得到有關颱風訊息的第一手資料；無奈的是現有的颱風觀測資料有限，無法提供比較精準而完整地颱風資訊對外廣播。縱使氣象衛星雲圖在颱風觀測及定位幫了很大的忙，但對於颱風運動過程的瞭解，仍然需要依靠額外的工具加以克服。過去運用位渦反演診斷分析探討颱風運動的研究，不論是觀測資料或者是數值模擬結果輸出的反演計算，已達到漸趨完美的境界，是值得廣泛運用於實際作業單位。

本研究延續 Wu et al. (2003) 位渦診斷定量分析的方法，探討小型輕度颱風生命期間內的運動過程。結果顯示，伴隨總擾動位渦的深層平均駛流與梵高颱風實際運動方向具有相當的一致性；也就是去除軸對稱颱風渦旋分量後，透過位渦反演計算所得到的颱風駛流，足以代表該颱風的運動。雖然梵高颱風在季風槽內形成，相鄰的熱帶低壓所伴隨的氣旋式環流僅提供梵高颱風次要的駛流分量；而主導梵高颱風運動的駛流場來自副熱帶高壓的貢獻。另外在梵高颱風東南側的熱帶擾動，其所伴隨的相對駛流反而是抑制梵高的行進。

圖 4c 顯示位於西南側的熱帶低壓與東南側的熱帶擾動的中心最大位渦值分別是 0.7 PVU 及 0.6 PVU，兩者與梵高颱風中心的距離大致相當，但計算出的相對深層平均駛流量則分別為 8 kt 與 2 kt。此結果再次證實楊 (2003) 所提出的觀點，位渦反演計算所得的深層平均駛流量的大小與位渦塊分佈的面積成正比。

本研究結果除了檢驗主導控制梵高颱風運動的因子外，從我們的結果可以引伸出以下幾個有趣的問題：1) 颱風強度的決定仍然值得進一步被關心研究的焦點，尤其是對於接近陸地人口密集的颱風的強度，將直接影響到後續防災的準備工作。2) 颱風中心定位的準確性與合理性，接近陸地有氣象雷達提供精準的雷達定位，但當颱風遠離陸地雷達站或颱風強度勉強達到輕度颱風時(環流結構欠完整)的定位，各作業單位彼此的誤差明顯升高。3) 颱風預報模式能力的提升，

仍然是未來學術界與作業單位合作努力的目標。

中緯度槽線系統對於米勒颱風重要關鍵點轉向期間的貢獻似乎不顯著，但當米勒轉向東北後，伴隨中緯度槽線系統的駛流明顯增加。到底控制米勒轉向的機制為何？簡單從位渦反演的結果（單一分析場）無法完全釐清此問題。我們認為當時台灣地形所扮演的角色亦可能不容忽視，針對此問題我們正藉由數值模式的模擬實驗來加以驗證。另外我們亦進行有無同化飛機投落送觀測資料來評估額外資料之可能影響。

初期導引妮妲颱風向西北西轉西北方向運動的駛流主要來自副熱帶高壓的貢獻，此階段伴隨中緯度槽線系統的駛流對於妮妲行進方向扮演阻擋的角色（AT 值為負）。當妮妲明顯往北偏轉時，副熱帶高壓提供妮妲行進方向的駛流量有減少趨勢（自 0.83 降至 0.17），反觀中緯度槽線對於妮妲運動的阻擋漸趨緩和。待妮妲轉向東北移動時，中緯度槽線提供妮妲加速朝東北運動的駛流分量。

敏督利颱風運動的駛流貢獻主要來自副熱帶高壓的導引，伴隨間熱帶輻合區造成敏督利運動的駛流仍具重要的角色，大陸高壓在 6 月 29 日 1800 UTC 前對於敏督利運動方向供給推波助長的作用，之後則是負貢獻但不顯著。另一方面，中緯度槽線除了最後十二小時加速敏督利颱風往北行進外，其餘時間與婷婷颱風則在敏督利行進方向扮演阻擋的角色。

總而言之，本研究四個颱風個案位渦診斷分析結果，顯示主要導引西北太平洋颱風運動的駛流分量，絕大部分來自副熱帶高壓的貢獻；伴隨颱風的間熱帶輻合區所提供的駛流分量，僅次於副高。尤其當颱風有向北轉向趨勢時，伴隨輻合區的駛流加速颱風往北偏轉。大陸高壓對於颱風運動的導引，相對而言比較不顯著。中緯度槽線系統對於颱風的牽引作用，視副高發展強度及颱風要明顯往北移動，此時才會凸顯中緯度槽線加速颱風朝東北方向運動。

位渦反演定量診斷分析方法不僅適用於觀測分析場，也可以應用於模式輸出場的診斷分析。對於數值模式模擬輸出場透過位渦反演診

斷分析，除了可瞭解數值模式中主導基本場颱風路徑運動的主要天氣特徵因子外，另可以校驗數值模式模擬颱風運動的表現與能力。未來我們將藉由位渦反演定量診斷分析方法，探討國科會颱風重點研究——侵台颱風之飛機偵察及投落送觀測實驗(DOTSTAR)(Wu et al. 2004b, c)所獲取寶貴資料，經資料同化進入數值模式模擬積分後，對於模式颱風路徑預報的掌握能力及改善程度，預期將可更深入地洞悉控制颱風運動的動力機制。另一方面，Wu et al. (2004c)利用 Adjoint sensitivity 建立一套衡量颱風駛流改善觀測敏感位置的新物理量 (Adjoint Sensitivity Vector; ASV)，並將透過 DOTSTAR 作業進行實地驗證。由於影響颱風路徑變化的因素相當複雜，我們將透過位渦診斷定量分析方法加以檢驗探討，以瞭解主導颱風運動的敏感區域與天氣系統間之關聯性，相信這將是一項兼具學術及預報價值的獨特研究議題。

五、致謝

計畫主持人感謝研究助理張承傳協助 NCEP/AVN 全球資料的搜集。本研究是在中央氣象局計畫 MOTC-CWB-93-2M-04 支助下完成。

參考文獻

- 吳俊傑，2003：雙颱風渦旋交互作用之新詮釋架構。《自然科學簡訊》，15，7-13。
- 黃椿喜，2000：從位渦觀點探討模式初始化過程對颱風路徑模擬之影響。國立台灣大學大氣科學系，碩士論文，81 頁。
- 楊忠權，2003：鳳凰與風神(2002)雙颱風交互作用之位渦診斷研究。國立台灣大學大氣科學系，碩士論文，94 頁。
- Aberson, S. D., 2003: Targeted observations to improve operational tropical cyclone track forecast guidance. *Mon. Wea. Rev.*, **131**, 1613-1628.
- Charney, J. G., 1955: The use of primitive equations of motion in numerical prediction. *Tellus*, **7**, 22-26.
- Davis, C. A., and K. A. Emanuel, 1991: Potential vorticity diagnostics of cyclogenesis. *Mon. Wea. Rev.*, **119**, 1929-1953.
- , 1992a: Piecewise potential vorticity inversion. *J. Atmos. Sci.*, **49**, 1397-1411.
- , 1992b: A potential-vorticity diagnosis of the importance of initial structure and condensational heating in observed extratropical cyclogenesis. *Mon. Wea. Rev.*, **120**, 2409-2428.
- Hoskins, B. J., M. E. McIntyre, and A. W. Robertson, 1985: On the use and significance of isentropic potential-vorticity maps. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **111**, 877-946.
- Lander, M. A., 1994: Description of a monsoon gyre and its effects on the tropical cyclones in the western North Pacific during August 1991. *Wea. and Forecasting*, **9**, 640-654.
- , 1995: Specific tropical cyclone track types and unusual tropical cyclone motions associated with a reverse-oriented monsoon trough in the western North Pacific. *Wea. and Forecasting*, **11**, 170-186.
- Shapiro, L. J., and J. L. Franklin, 1995: Potential vorticity in Hurricane Gloria. *Mon. Wea. Rev.*, **123**, 69-92.
- , 1996: The motion of Hurricane Gloria: A potential vorticity diagnosis. *Mon. Wea. Rev.*, **124**, 1497-2508.
- , 1999: Potential vorticity asymmetries and tropical cyclone motion. *Mon. Wea. Rev.*, **127**, 124-131.

- Wu, C.-C., and K. A. Emanuel, 1993: Interaction of a baroclinic vortex with background shear: Application to hurricane movement. *J. Atmos. Sci.*, **50**, 62-76.
- , and ———, 1995a: Potential vorticity diagnostics of hurricane movement. Part I: A case study of Hurricane Bob (1991). *Mon. Wea. Rev.*, **123**, 69-92.
- , and ———, 1995b: Potential vorticity diagnostics of hurricane movement. Part II: Tropical storm Ana (1991) and Hurricane Andrew (1992). *Mon. Wea. Rev.*, **123**, 93-109.
- , and Y. Kurihara, 1996: A numerical study of the feedback mechanisms of hurricane-environment interaction on hurricane movement from the potential vorticity perspective. *J. Atmos. Sci.*, **53**, 2264-2282.
- , and H.-J. Cheng, 1999: An observation study of environmental influences on the intensity changes of Typhoons Flo (1990) and Gene (1990). *Mon. Wea. Rev.*, **127**, 3003-3031.
- , T.-S. Huang, W.-P. Huang, and K.-H. Chou, 2003: A new look at the binary interaction: Potential vorticity diagnosis of the unusual southward movement of Tropical Storm Bopha (2000) and its interaction with Supertyphoon Saomai (2000). *Mon. Wea. Rev.*, **131**, 1289-1300.
- , ———, and K.-H. Chou, 2004a: Potential vorticity diagnosis of the key factors affecting the motion of Typhoon Sinlaku (2002). *Mon. Wea. Rev.*, **132**, 2084-2093.
- , ———, K.-N. Huang, and T.-C. Yeh, 2000: PV diagnostics of the impact of model initialization on the performance of a typhoon prediction system. *Proc., 24rd Conf. on Hurricanes and Tropical Meteorology.*, Amer. Meteor. Soc., Boston MA. 423-424.
- , P. H. Lin, S. D. Aberson, T.-C. Yeh, W.-P. Huang, J.-S. Hong, G.-C. Lu, K.-C. Hsu, I.-I. Lin, K.-H. Chou, P.-L. Lin, and C.-H. Liu, 2004b : Dropsonde Observations for Typhoon Surveillance near the TAIwan Region (DOTSTAR): An overview., *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, (in press)
- , ———, K. S. Chou, T. C. Yeh, M. D. Cheng, S. D. Aberson, S. Majumdar, M. Peng, and C. Retnolds, 2004c: Targeted observation strategies in DOTSTAR. *Proc., First THORPEX International Science Symposium*, World Meteorological Organization, 5-10 Dec., Montreal, Quebec, Canada

Yang, C.-C., and C.-C. Wu, 2004: Binary interaction between Typhoon Fengshen (2002) and Fungwong (2002) based on the potential vorticity diagnosis. *Preprint, 26th Conf. on Hurricane and Meteorology*, Amer. Meteor. Soc., Miami, Florida. 663-664.

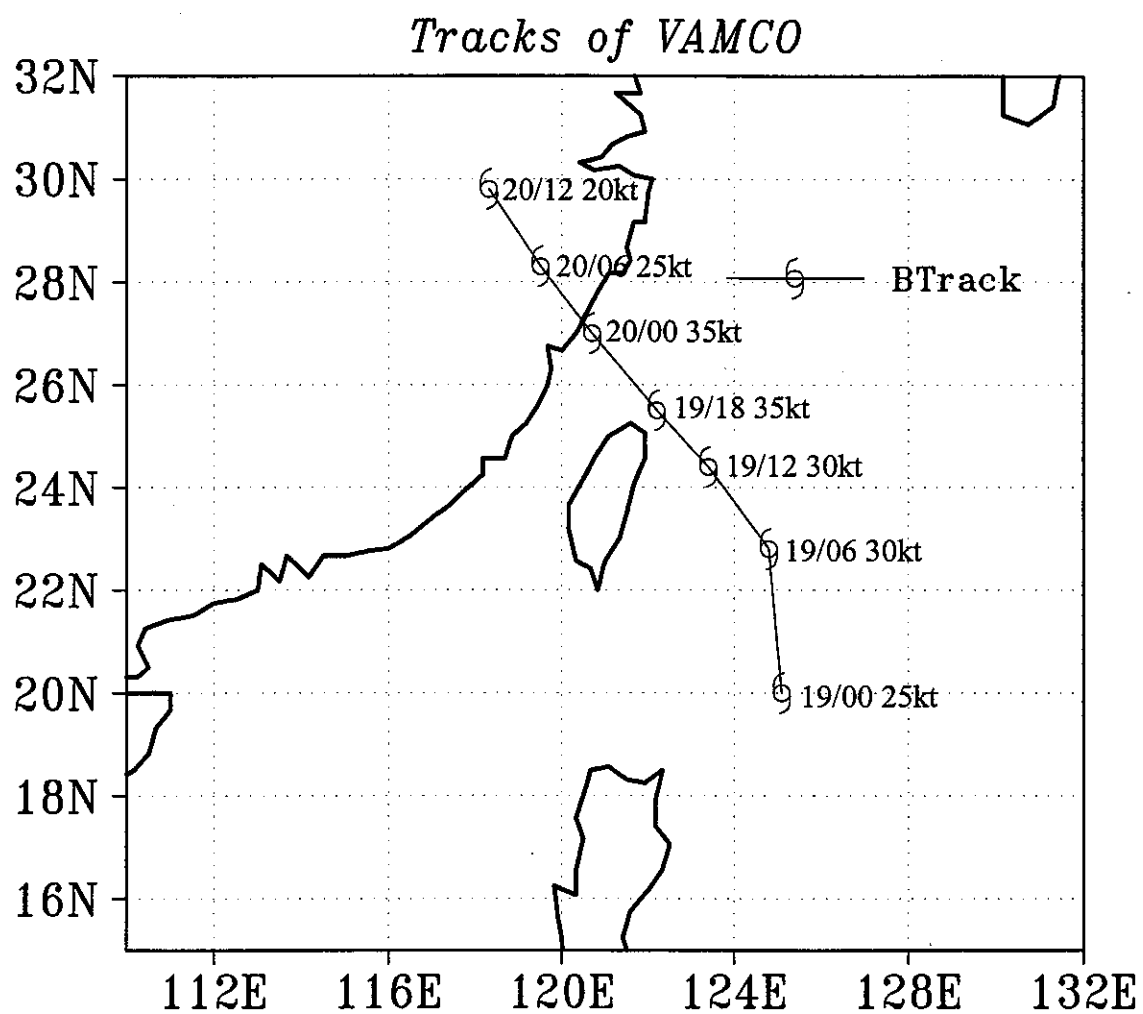
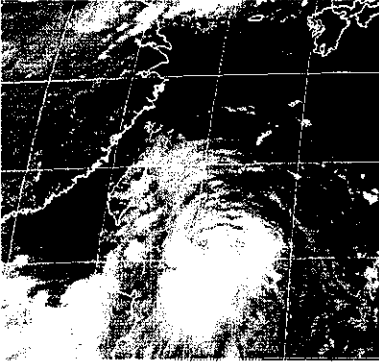
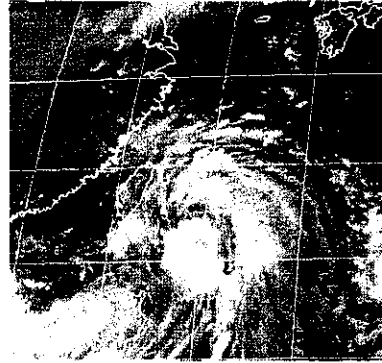


圖1 2003年8月19日0000 UTC至20日1200 UTC美軍聯合颱風警報中心(JTWC)每六小時一點的最佳路徑，颱風符號表梵高颱風位置。緊接符號的數字前二位數表日期，後二位數表時間，如19/00表19日0000 UTC。颱風最大風速值緊接在後（單位：kt）

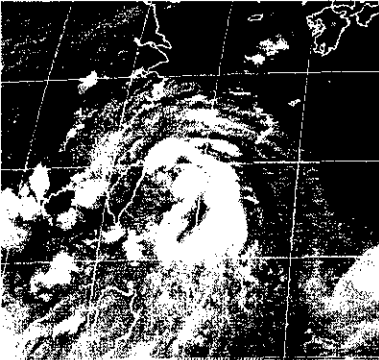
(a) 0000 UTC 19 JUL 2003



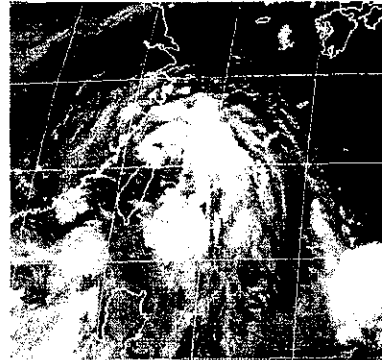
(b) 0600 UTC 19 JUL 2003



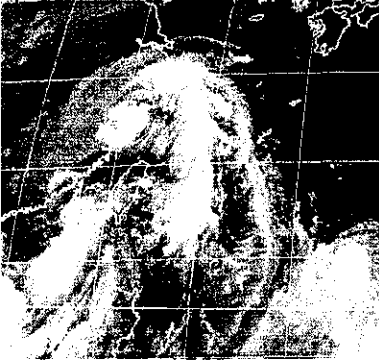
(c) 1200 UTC 19 JUL 2003



(d) 1800 UTC 19 JUL 2003



(e) 0000 UTC 20 JUL 2003



(f) 0600 UTC 20 JUL 2003

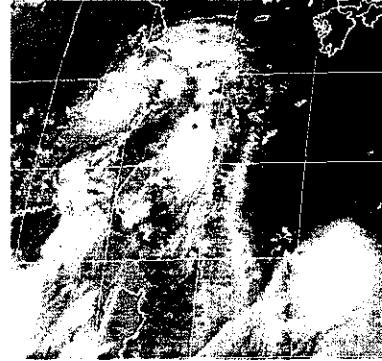


圖 2 2003 年 8 月 19 日 0000 UTC 至 20 日 0600 UTC 間隔 6 小時美國 GOES-9 紅外線衛星雲圖。

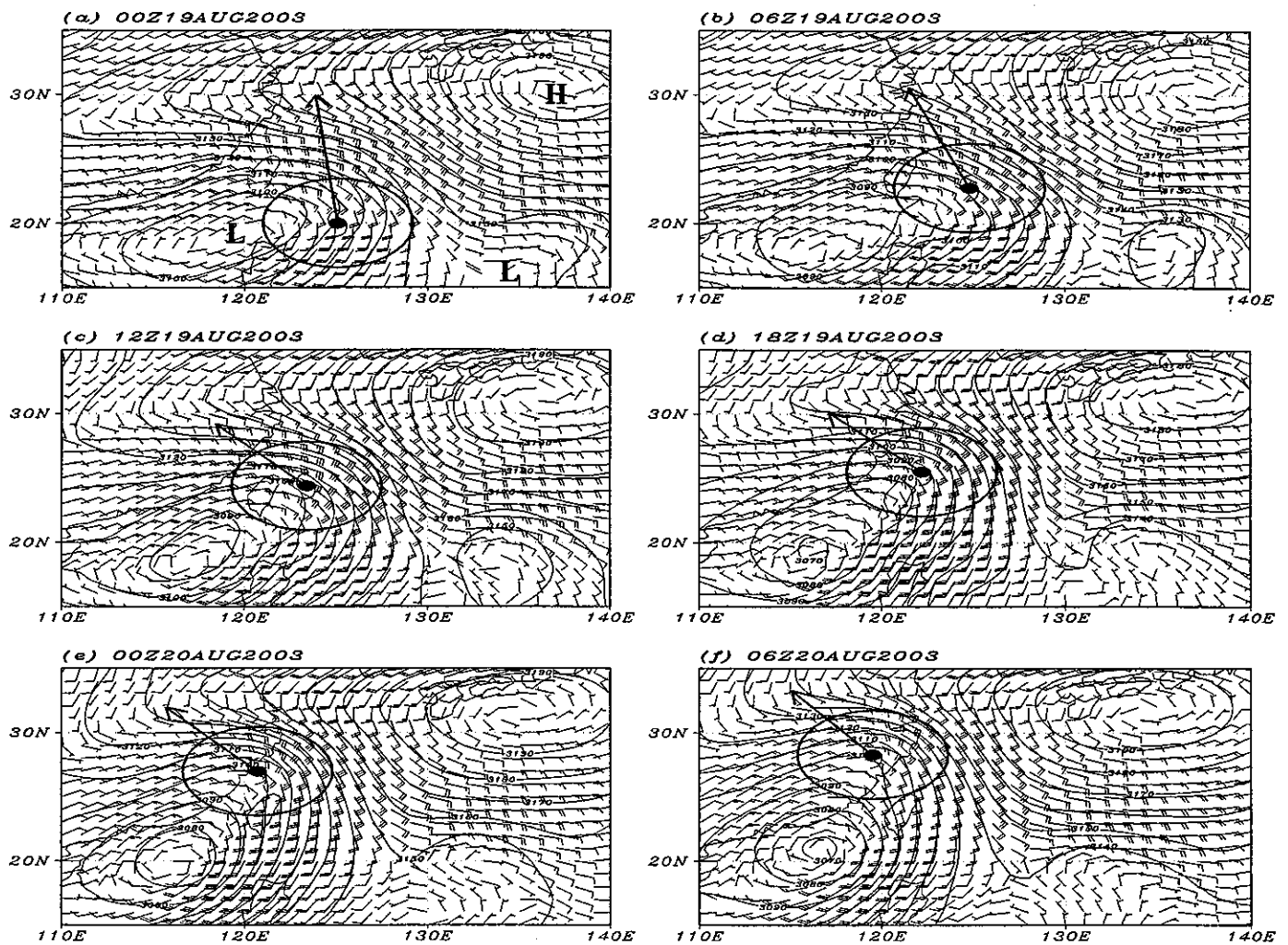


圖 3 NCEP/AVN 全球分析，2003 年 8 月 19 日 0000 UTC 至 2003 年 8 月 20 日 0600 UTC 每 6 小時一張(a ~ f)，700 hPa 高度場（單位：GPM，間距 10 GPM），與 925 hPa 至 400 hPa 之深層平均風場。風標全桿表 10 kts (8-12 kts)，半桿表 5 kts (3-7 kts)，無風標桿表風速小於 3 kts，無風則以 0 表示。颱風符號為梵高颱風的中心位置，箭頭表颱風前後 6 小時之運動向量，大小以半徑 10 kts 之圓表示。

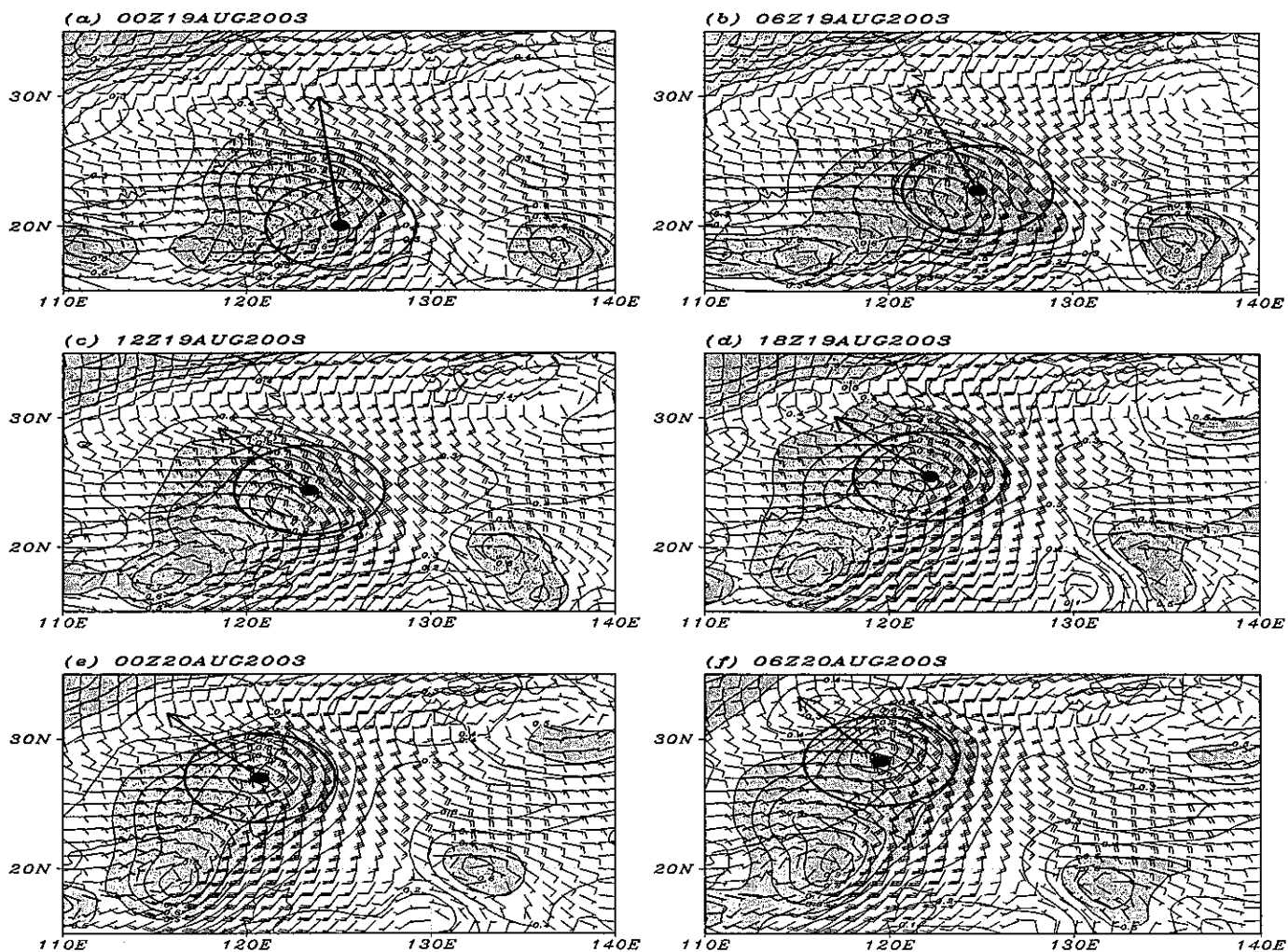


圖 4 NCEP/AVN 全球分析，2003 年 8 月 19 日 0000 UTC 至 2003 年 8 月 20 日 0600 UTC 每 6 小時一張(a ~ f)，500 hPa 位渦（單位：PVU，陰影區表位渦大於 0.5 PVU），與 925 hPa 至 400 hPa 之深層平均風場。 $(1 \text{ PVU} = 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1} \text{ K kg}^{-1})$ 。餘同圖 3 的說明。

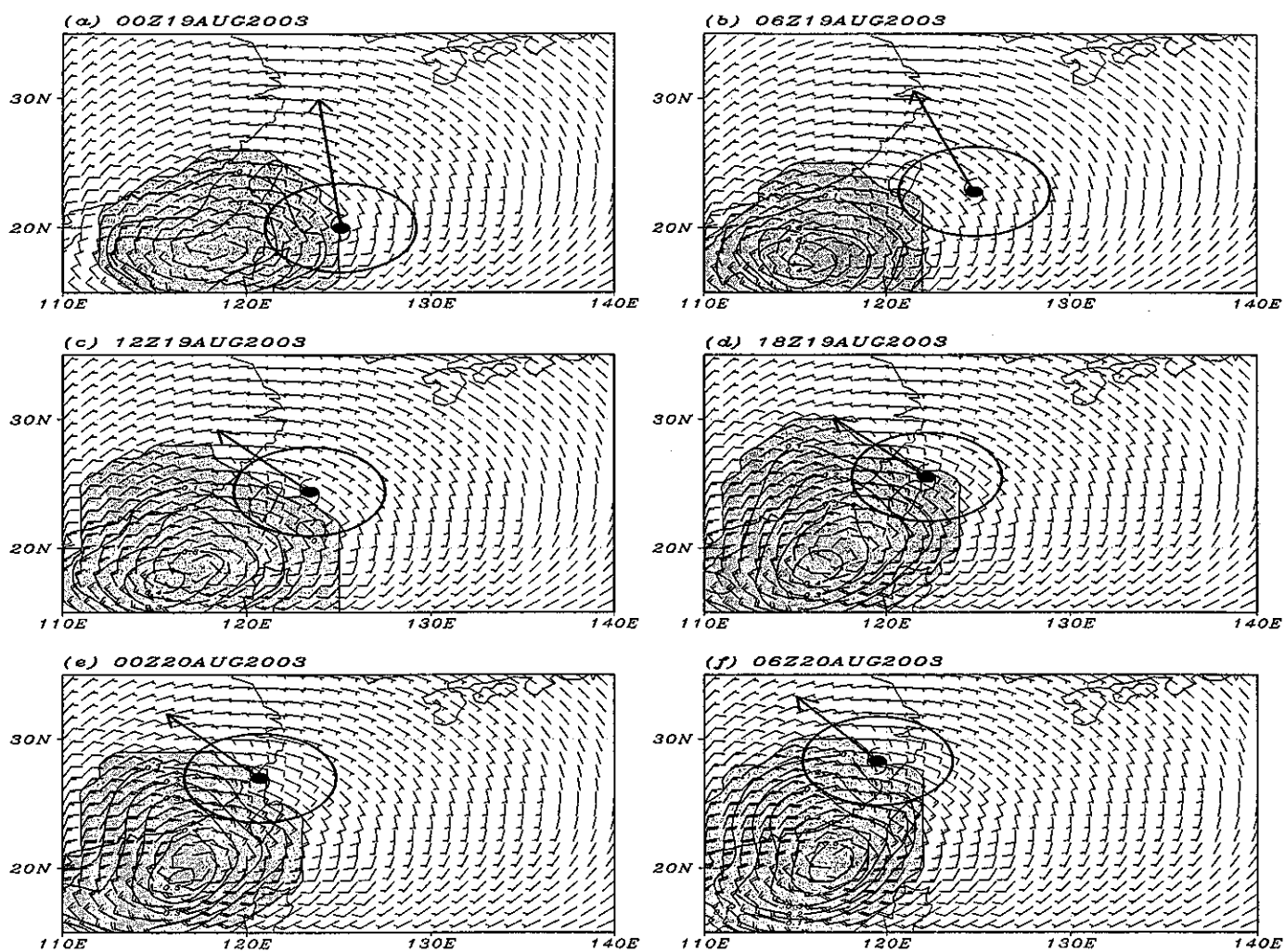


圖 5 同圖 4，但為 500 hPa 熱帶低壓之擾動位渦（陰影區表位渦大於 0 PVU）。
颱風符號為梵高颱風的中心位置。

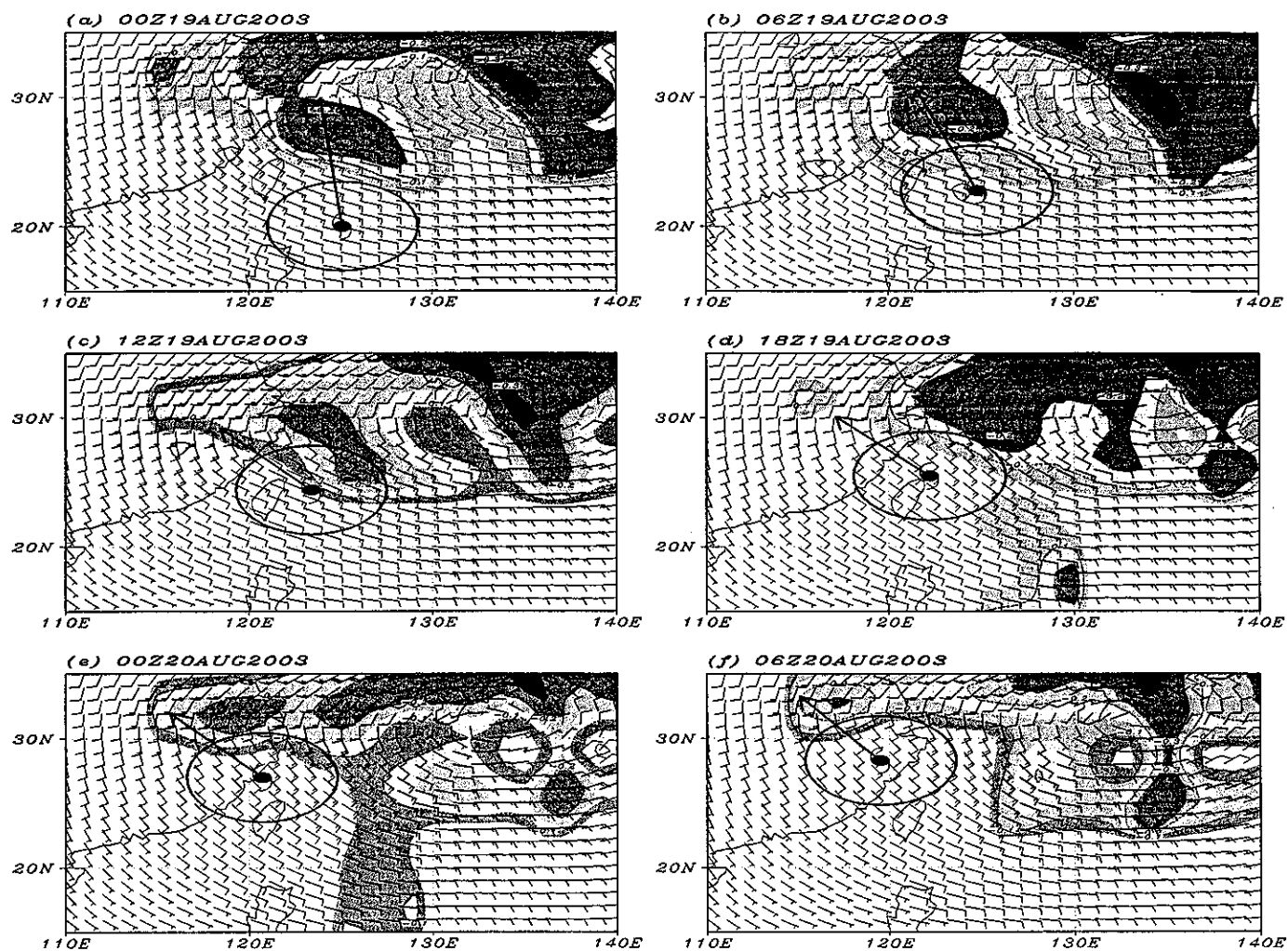


圖 6 同圖 4，但為 500 hPa 副熱帶高壓之擾動位渦（陰影區表位渦小於 0.01 PVU）。颱風符號為梵高颱風的中心位置。

925-400 hpa DLM steering wind One full wind barb = 2 kt

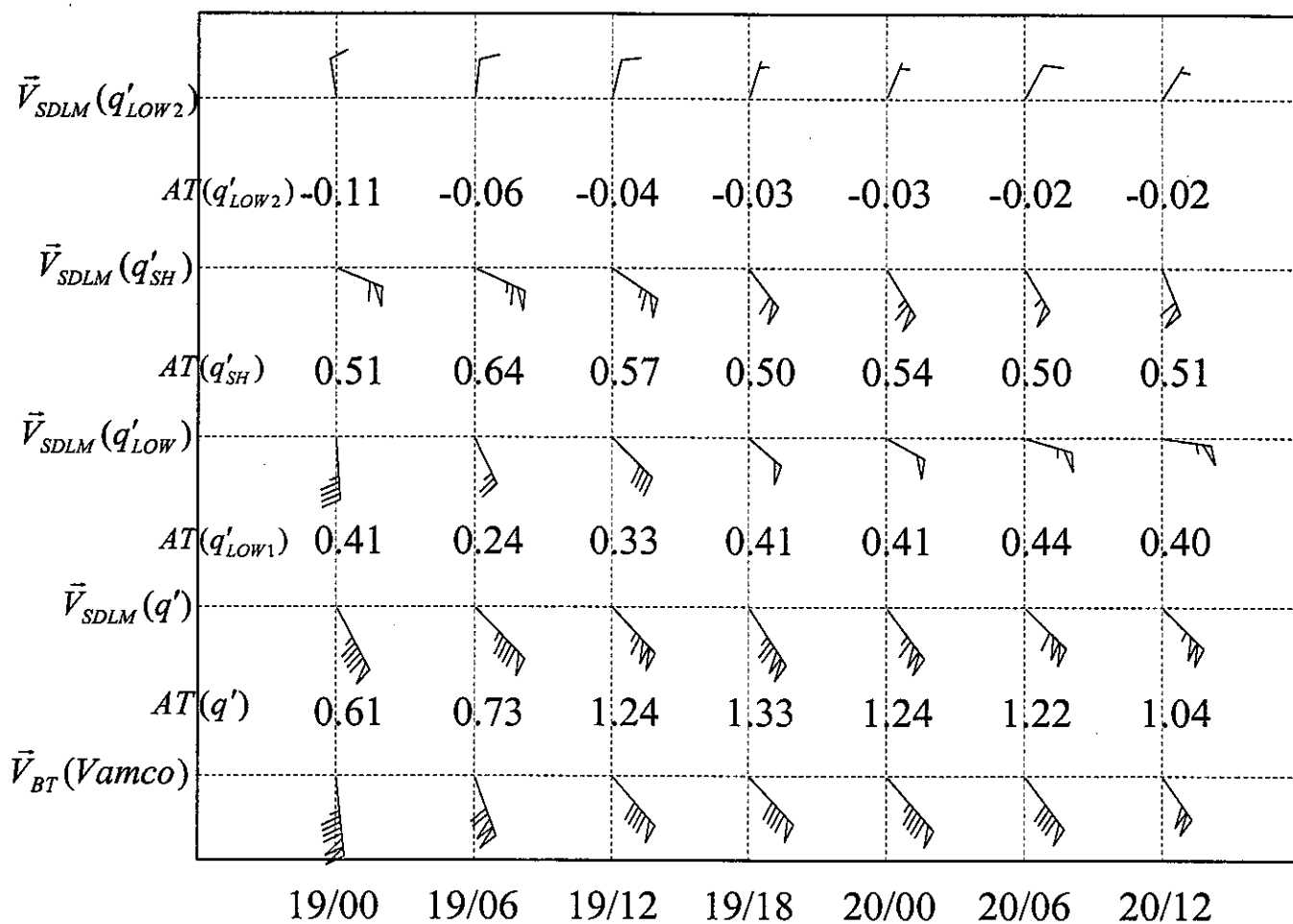


圖 7 從 2003 年 8 月 19 日 0000 UTC 至 20 日 1200 UTC 每 6 小時，梵高颱風之最佳運動向量 $[\vec{V}_{BT}(Vamco)]$ 、所有片段擾動位渦 $[\vec{V}_{SDLM}(q')]$ 、熱帶低壓 $[\vec{V}_{SDLM}(q'_{LOW1})]$ 、副熱帶高壓 $[\vec{V}_{SDLM}(q'_{SH})]$ 及熱帶擾動 $[\vec{V}_{SDLM}(q'_{LOW2})]$ 對梵高颱風引起的伴隨深層平均(925-400 hPa)駛流場。其中三角形風標表 10 kt，一個全桿表 2 kt，半桿表 1 kt。伴隨各片段擾動位渦駛流在梵高颱風運動方向的投影比例 $AT(q')$ 、 $AT(q'_{LOW1})$ 、 $AT(q'_{SH})$ 和 $AT(q'_{LOW2})$ 。橫軸數字同圖 1 的說明。

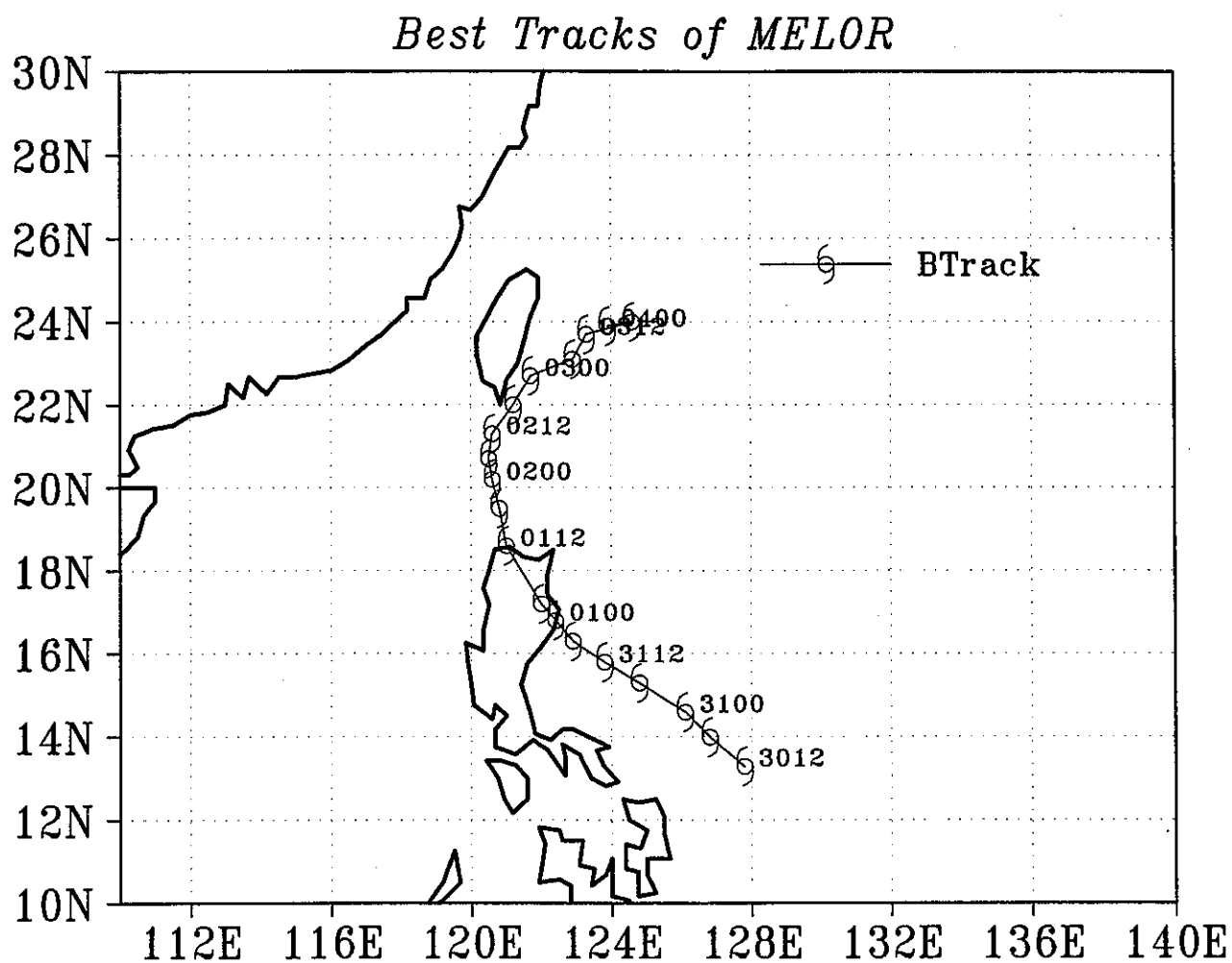


圖 8 2003 年 10 月 30 日 1200 UTC 至 11 月 04 日 0000 UTC 美軍聯合颱風警報中心 (JTWC) 發佈米勒 (Melor) 颱風每六小時一點的最佳路徑。緊接符號的數字同圖 1 的說明。

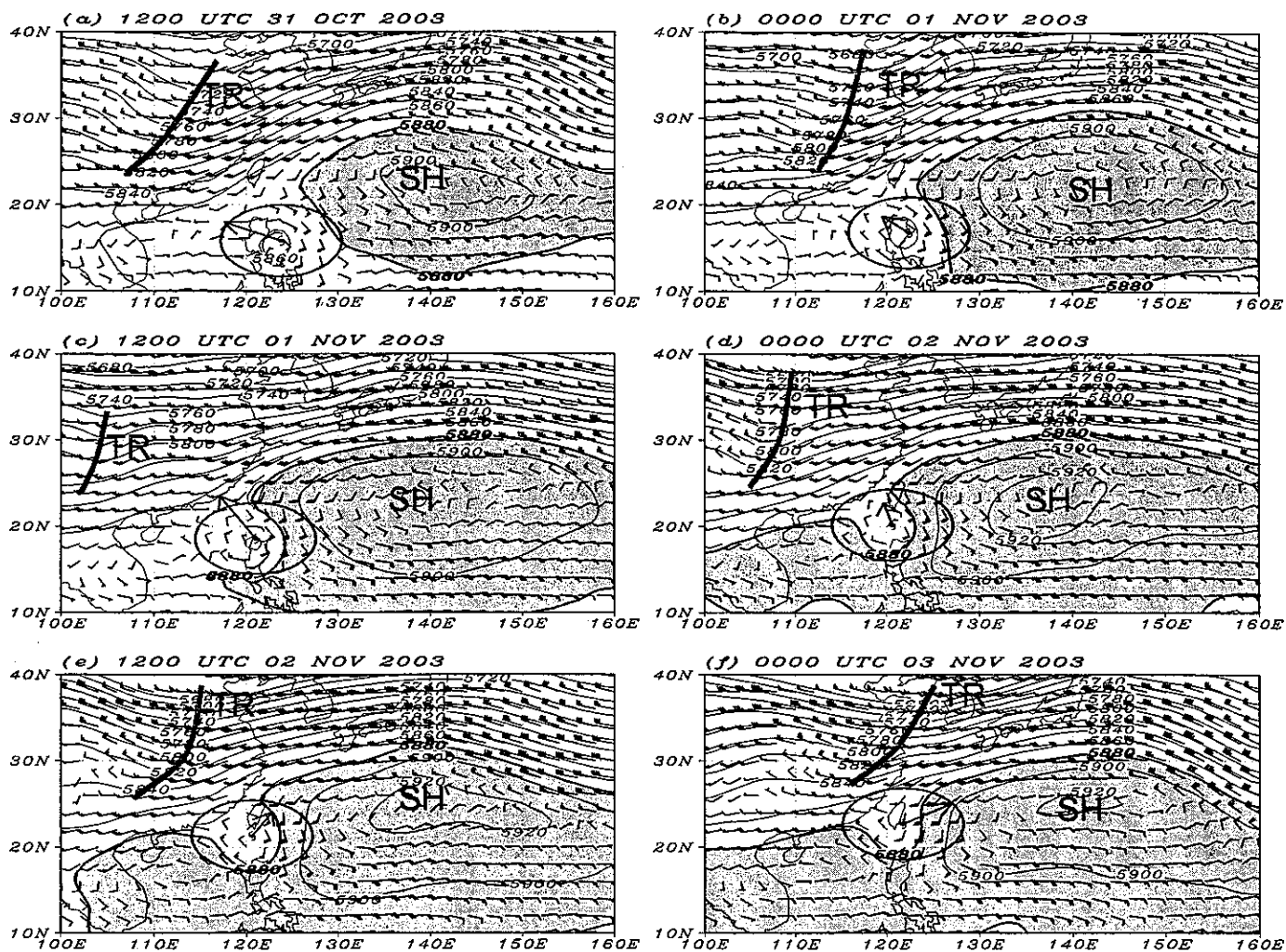


圖 9 NCEP/GFS 全球分析，2003 年 10 月 31 日 1200 UTC 至 2003 年 11 月 03 日 0000 UTC 每 12 小時一張(a~f)，500 hPa 重力位高度場（單位：gpm，陰影區表重力位高度大於 5880 gpm），與 500 hPa 水平風場。颱風符號表米勒颱風的中心位置，餘同圖 3 的說明。

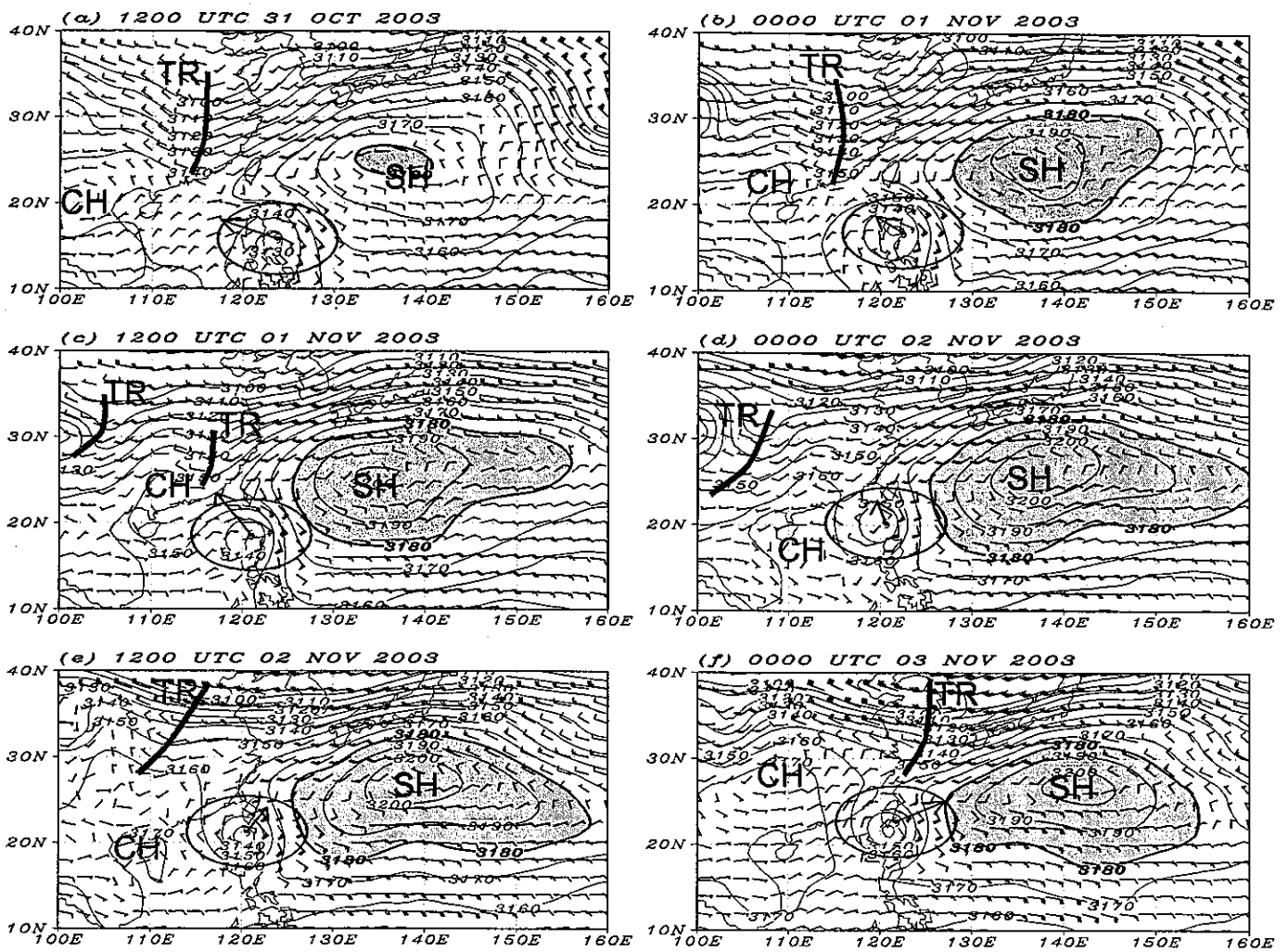


圖 10 同圖 9，但為 700 hPa 重力位高度場（單位：gpm，陰影區表重力位高度大於 3180 gpm），與 700 hPa 水平風場。

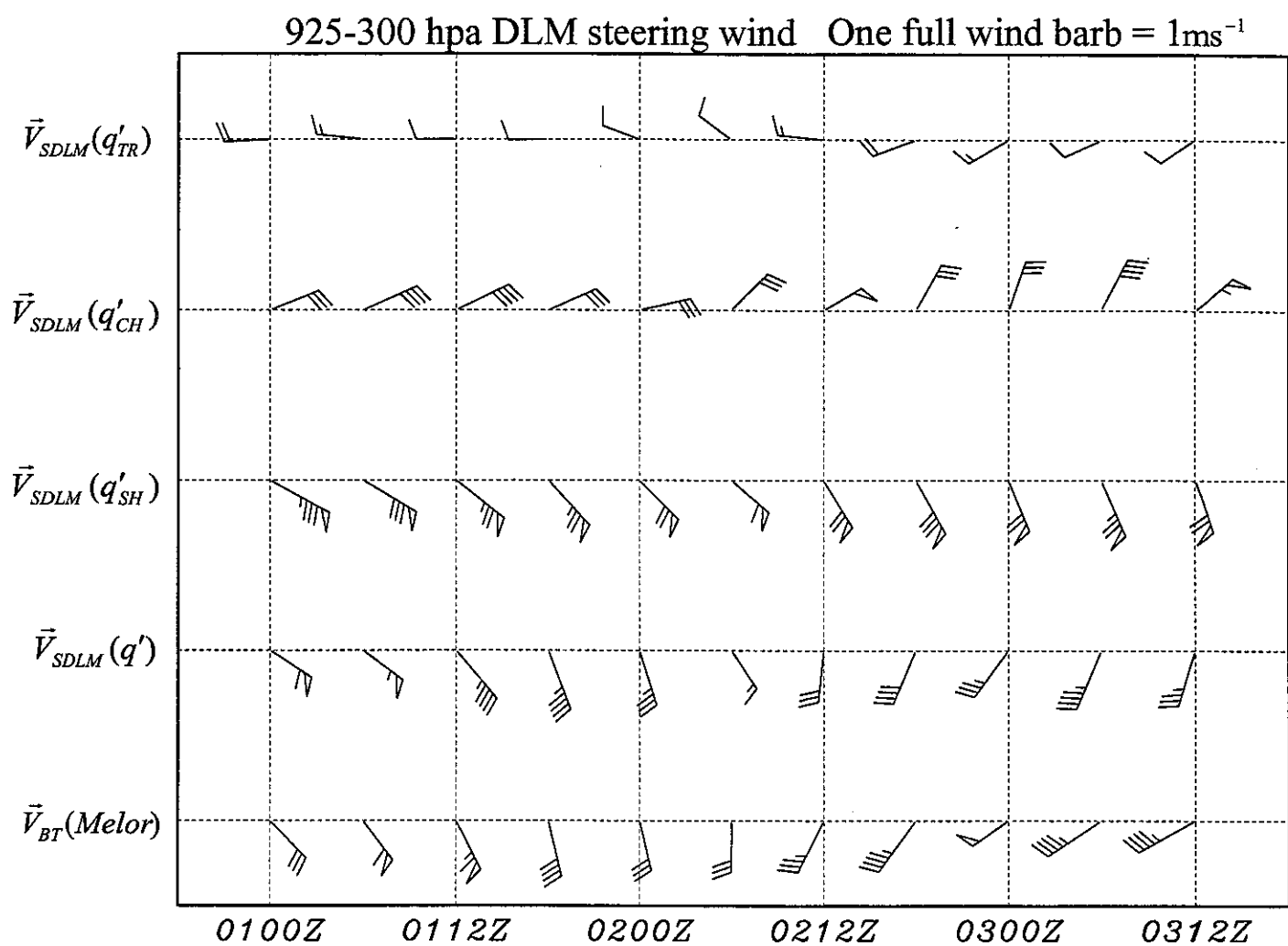


圖 11 從 2003 年 11 月 01 日 0000 UTC 至 03 日 1200 UTC 每 06 小時，米勒颱風之最佳運動向量 $\vec{V}_{BT}(Melor)$ 、所有片段擾動位渦 $\vec{V}_{SDLM}(q')$ 、副熱帶高壓 $\vec{V}_{SDLM}(q'_{SH})$ 、大陸高壓 $\vec{V}_{SDLM}(q'_{CH})$ 及中緯度槽線 $\vec{V}_{SDLM}(q'_{TR})$ 對米勒颱風引起的伴隨深層平均(925-300 hPa)駛流場。風標大小同圖 7 的說明。

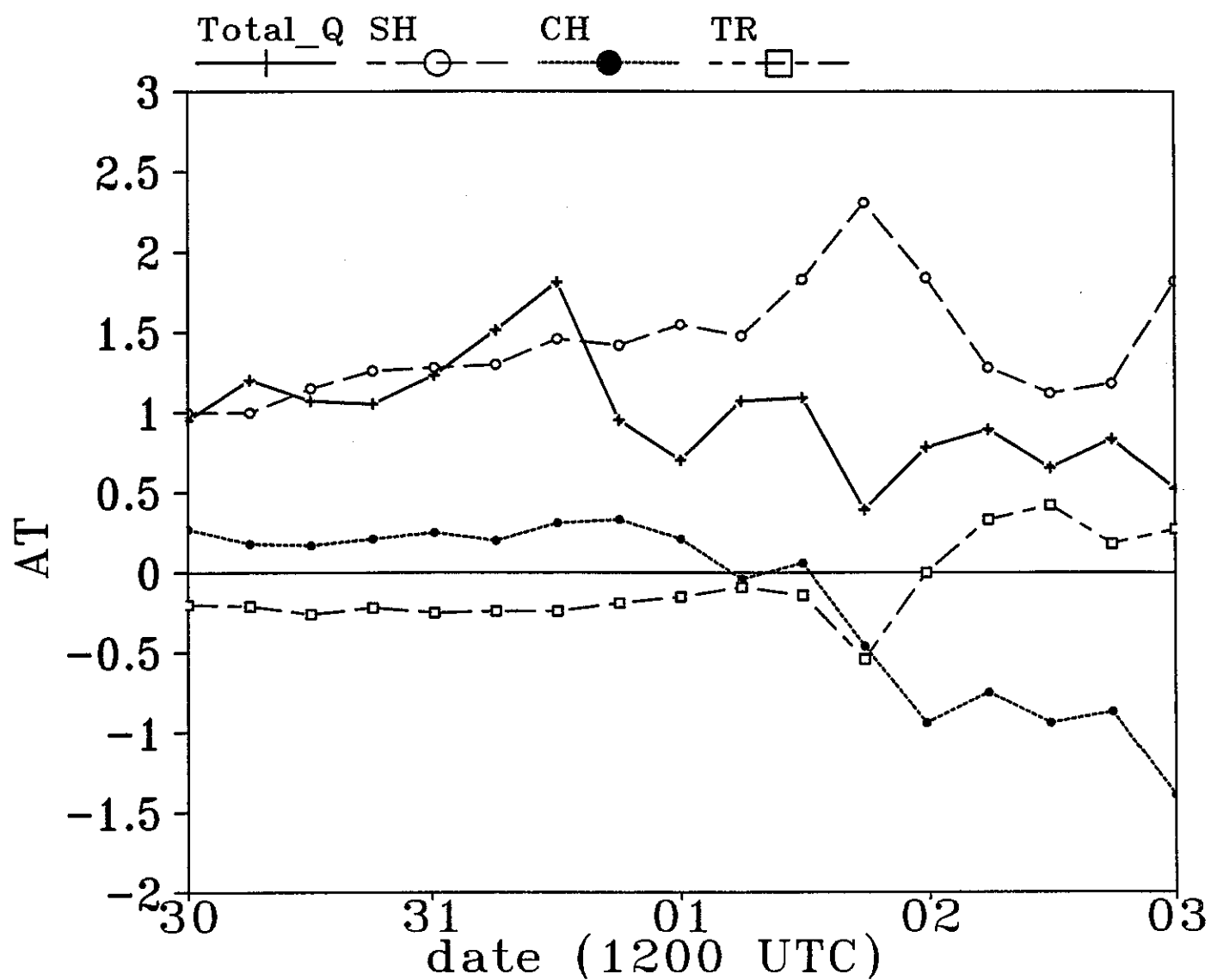


圖 12 NCEP/GFS 全球分析資料，2003 年 10 月 30 日 1200 UTC 至 11 月 03 日 1200 UTC 各片段擾動位渦的相對駛流沿基本場（米勒）颱風運動方向投影比例隨時間的序列。

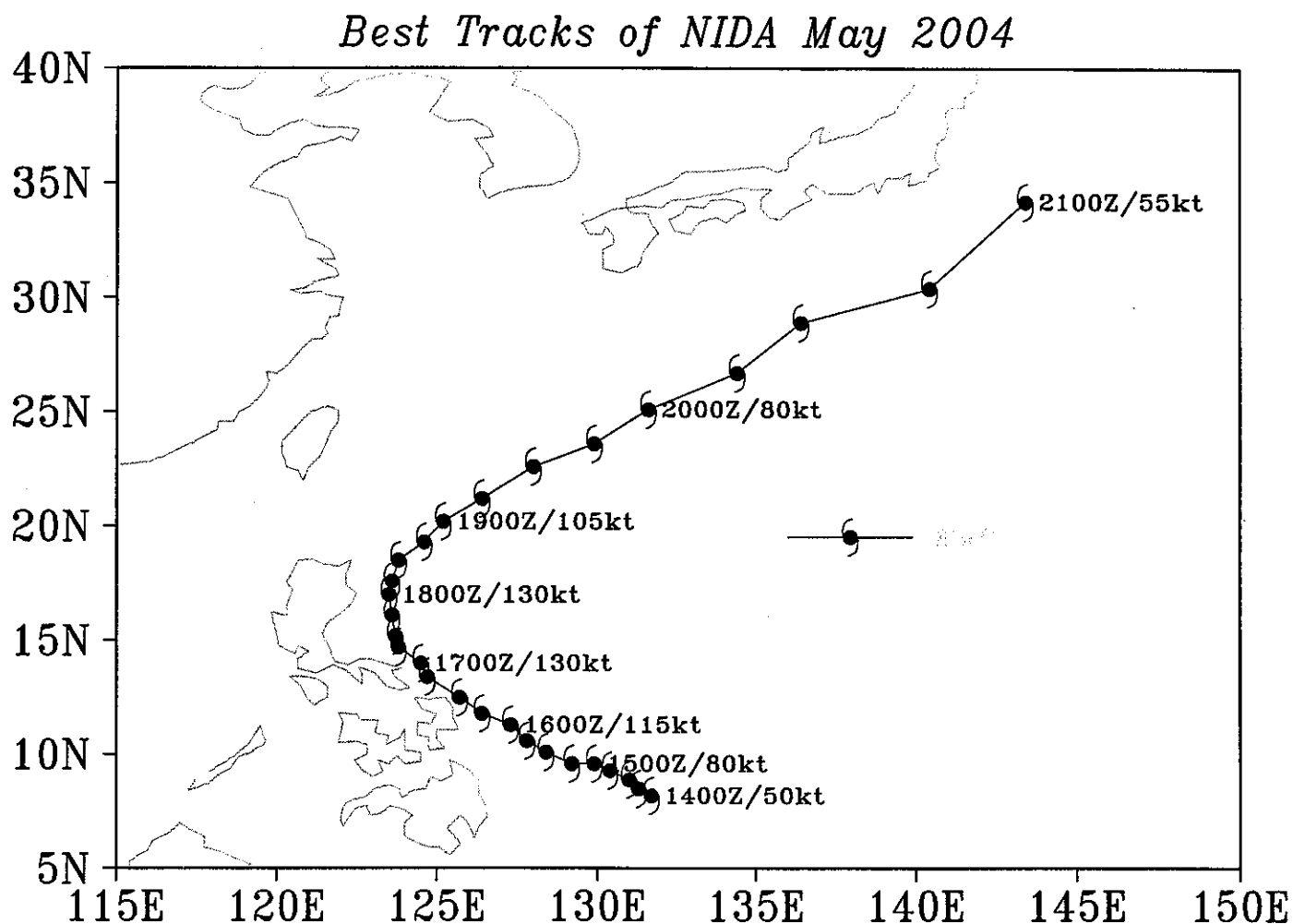


圖 13 2004 年 5 月 14 日 0000 UTC 至 5 月 21 日 0000 UTC 美軍聯合颱風警報中心 (JTWC) 發佈妮妲 (Nida) 颱風每六小時一點的最佳路徑。緊接符號的數字同圖 1 的說明。

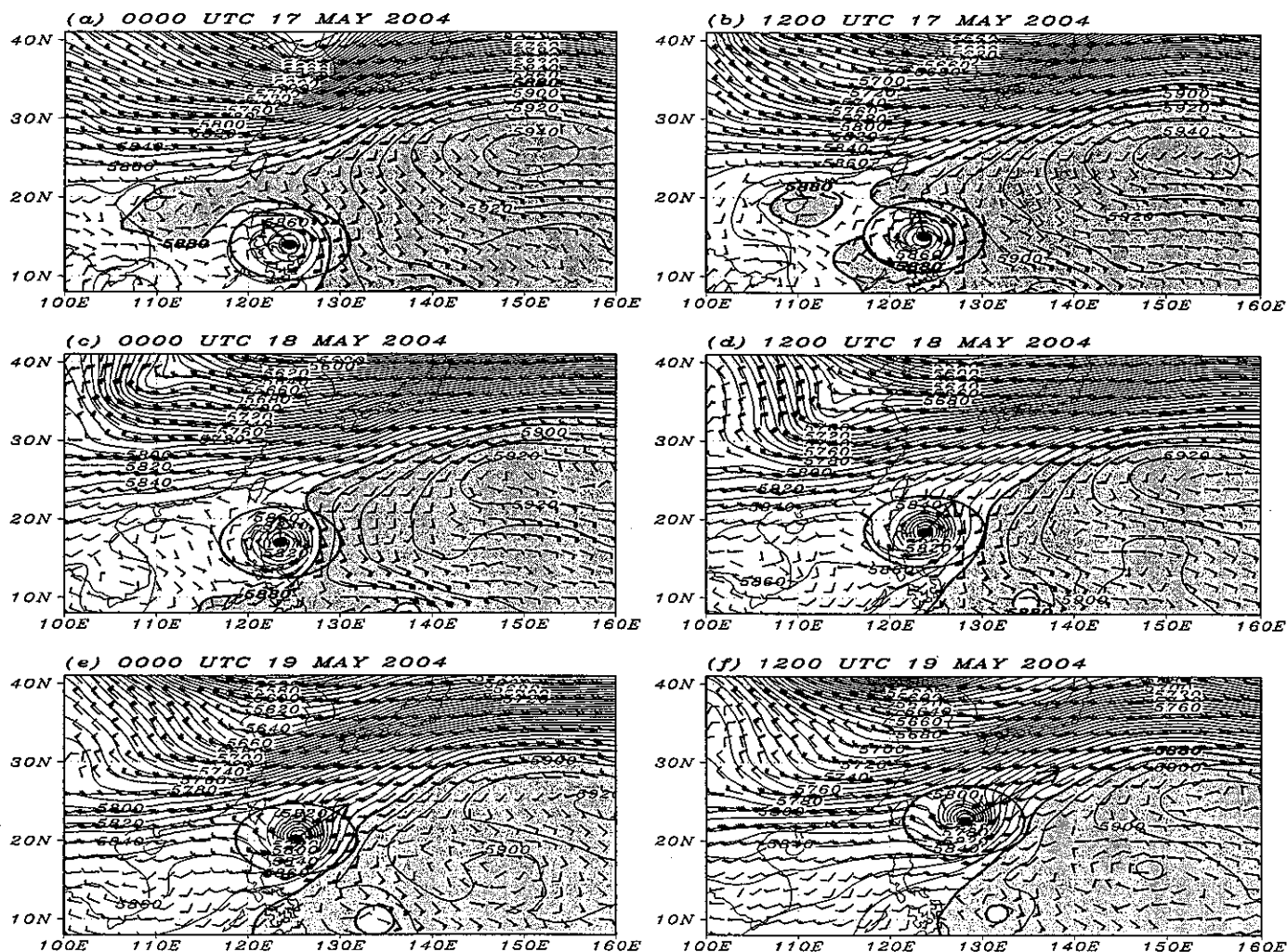


圖 14 NCEP/GFS 全球分析，2004 年 5 月 17 日 0000 UTC 至 2004 年 5 月 19 日 1200 UTC 每 12 小時一張(a~f)，500 hPa 重力位高度場（單位：gpm，陰影區表重力位高度大於 5880 gpm），與 500 hPa 水平風場。颱風符號表妮妲颱風的中心位置，餘同圖 3 的說明。

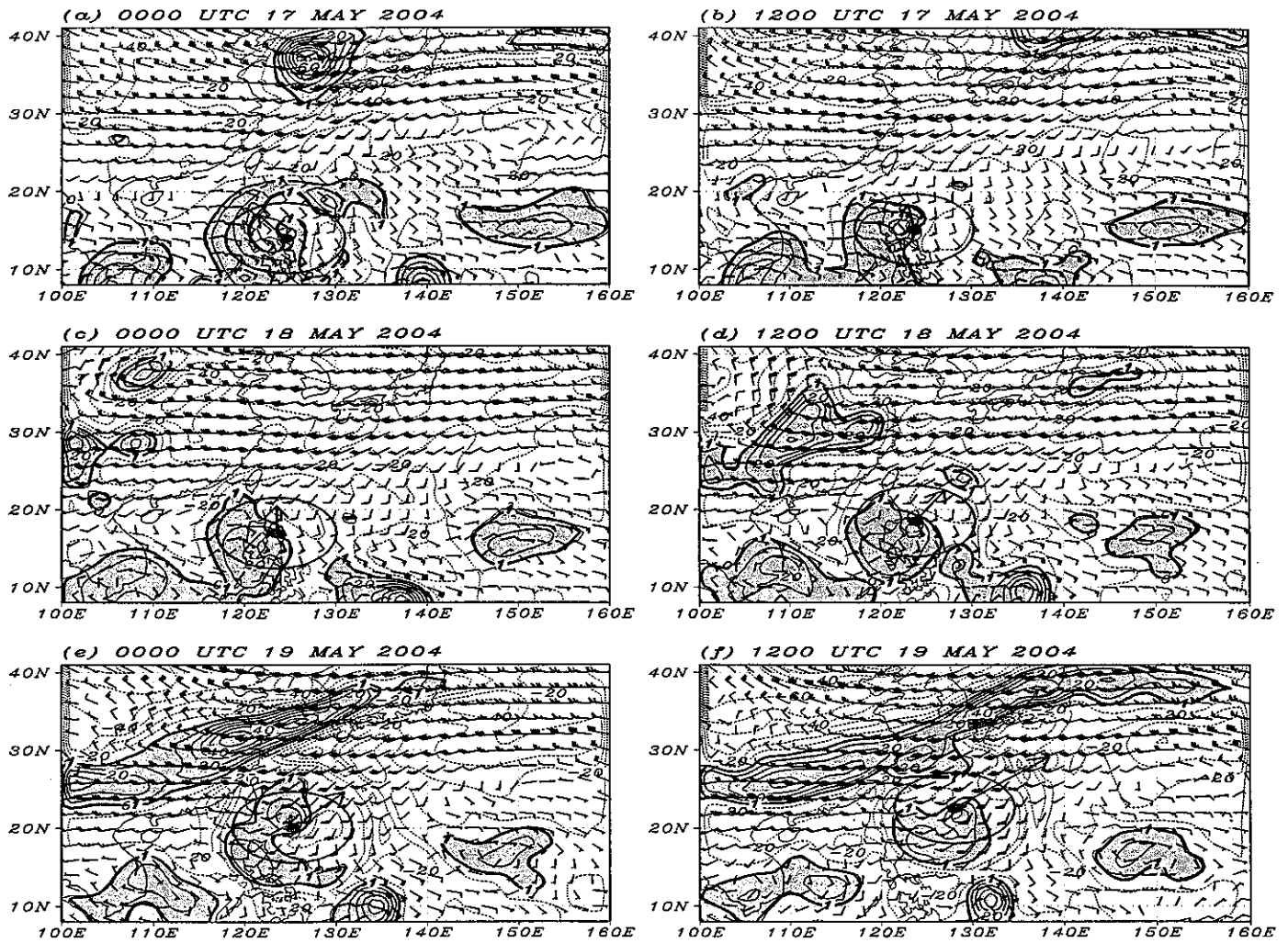


圖 15 NCEP/AVN 全球分析, 2004 年 5 月 17 日 0000 UTC 至 2004 年 5 月 19 日 1200 UTC 每 12 小時一張(a ~ f), 500 hPa 總擾動位渦 (單位: PVU, 陰影區表位渦大於 1.0 PVU), 與 925 hPa 至 300 hPa 之深層平均風場。餘同圖 14 的說明。

925-300 hPa DLM steering wind One full wind barb = 1ms^{-1}

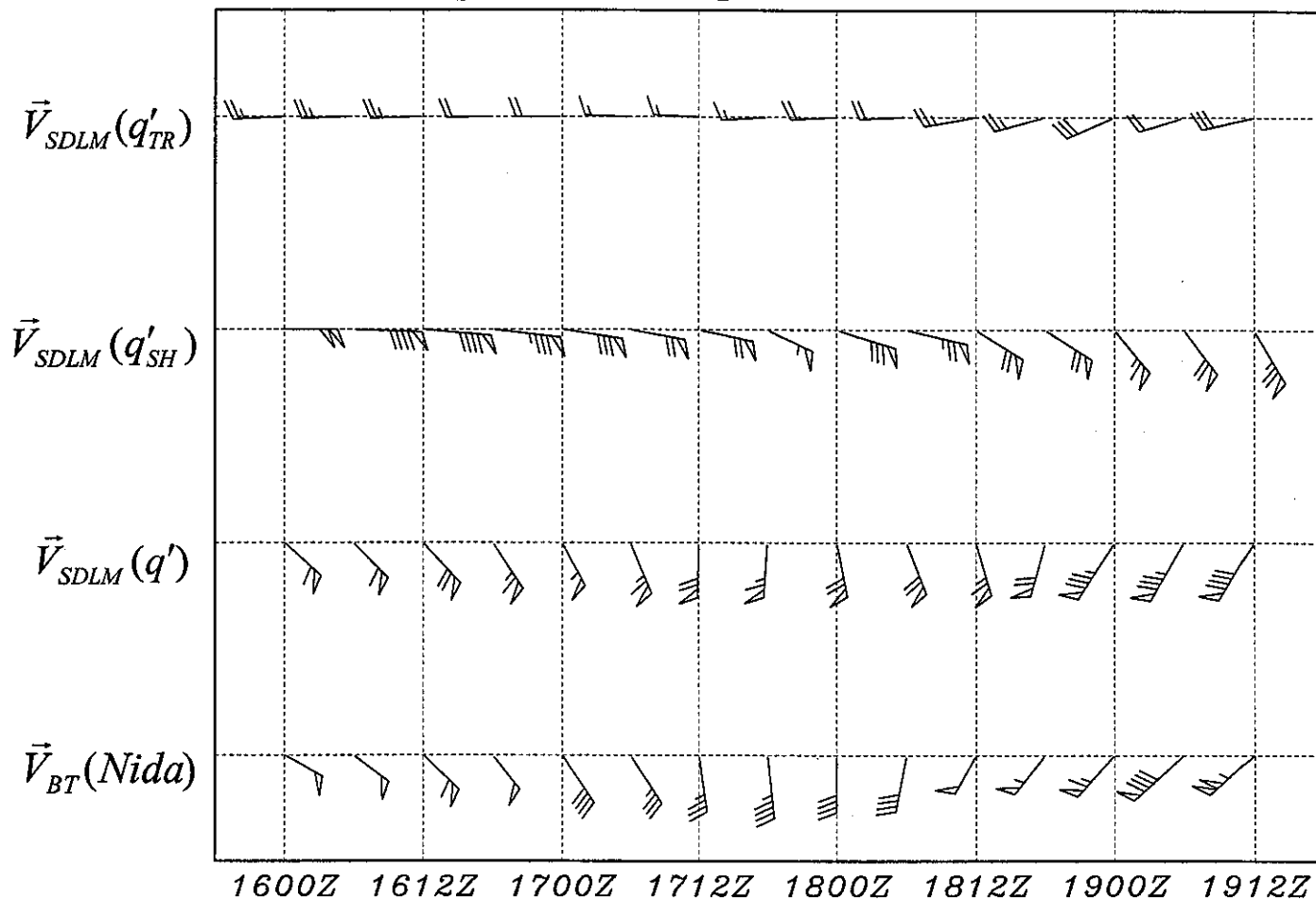


圖 16 從 2004 年 5 月 16 日 0000 UTC 至 19 日 1200 UTC 每 06 小時，妮妲颱風之最佳運動向量 $[\vec{V}_{BT}(Nida)]$ 、所有片段擾動位渦 $[\vec{V}_{SDLM}(q')]$ 、副熱帶高壓 $[\vec{V}_{SDLM}(q'_{SH})]$ 、及中緯度槽線 $[\vec{V}_{SDLM}(q'_{TR})]$ 對妮妲颱風引起的伴隨深層平均 (925-300 hPa) 駛流場。風標大小同圖 7 的說明。

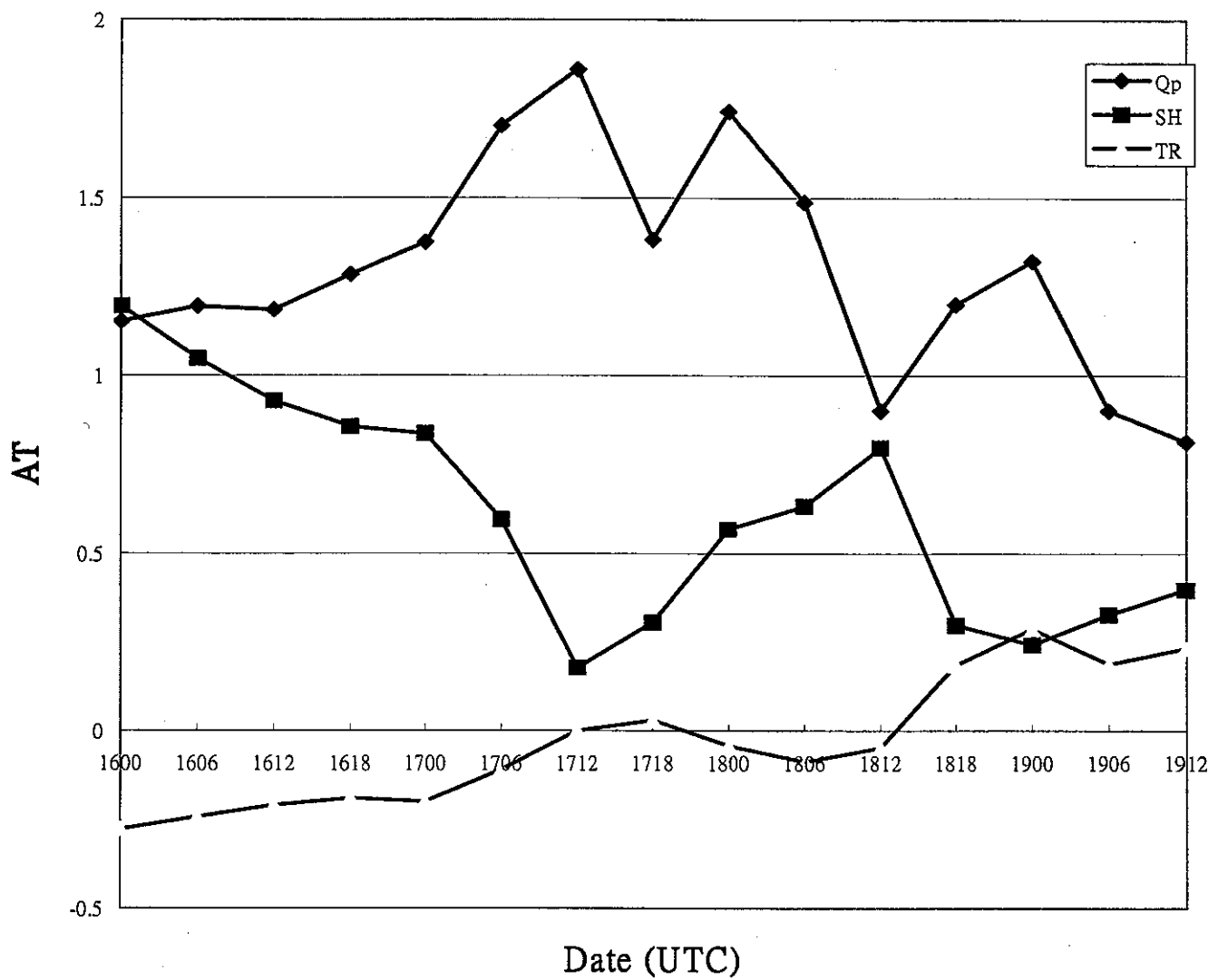


圖 17 NCEP/GFS 全球分析資料, 2004 年 5 月 16 日 0000 UTC 至 5 月 19 日 1200 UTC 各片段擾動位渦的相對駛流沿基本場 (妮妲) 颱風運動方向投影比例隨時間的序列。

50

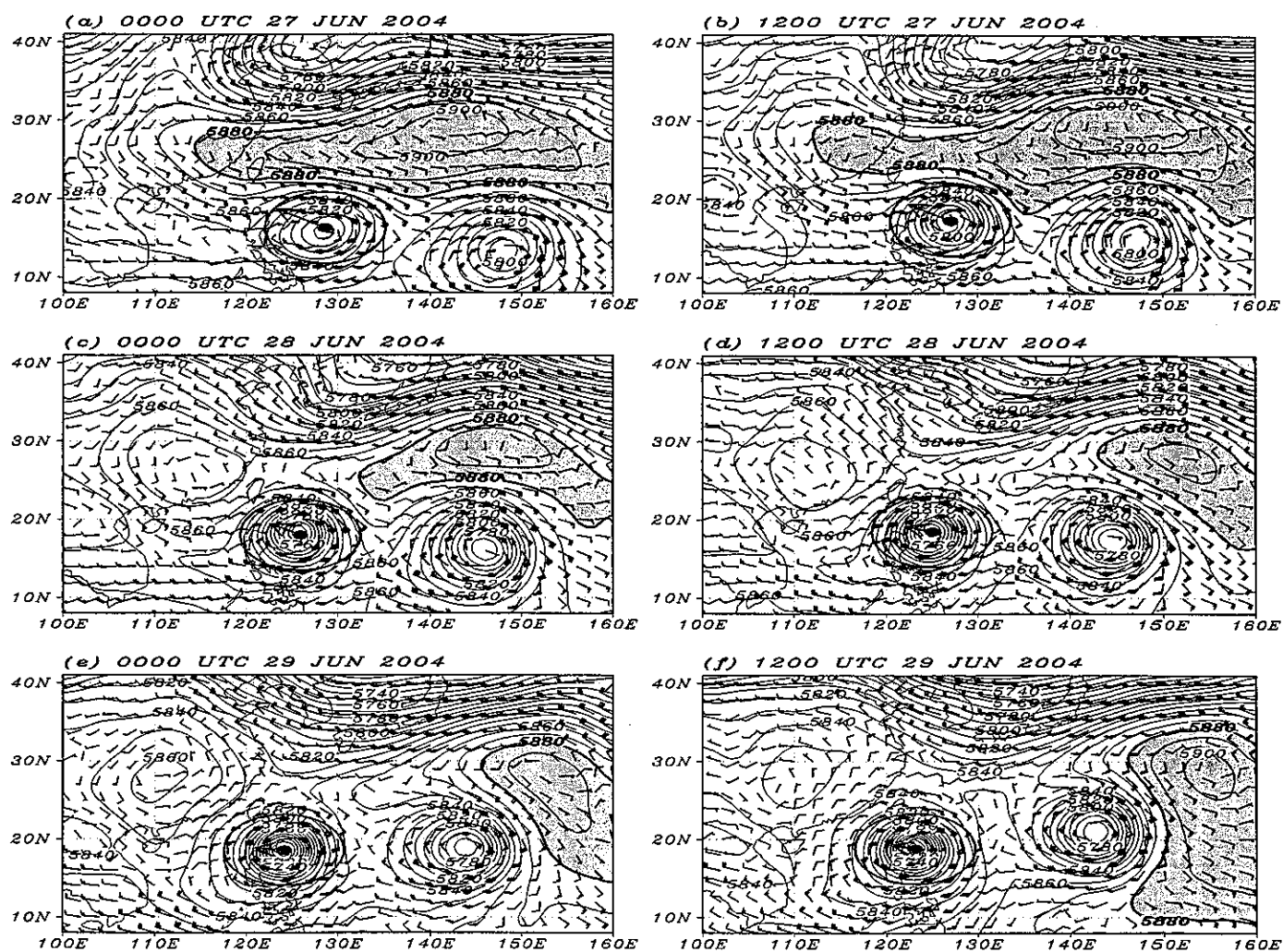


圖 19 NCEP/GFS 全球分析，2004 年 6 月 27 日 0000 UTC 至 2004 年 6 月 29 日 1200 UTC 每 12 小時一張(a~f)，500 hPa 重力位高度場（單位：gpm，陰影區表重力位高度大於 5880 gpm），與 500 hPa 水平風場。颱風符號表敏督利颱風的中心位置，餘同圖 3 的說明。

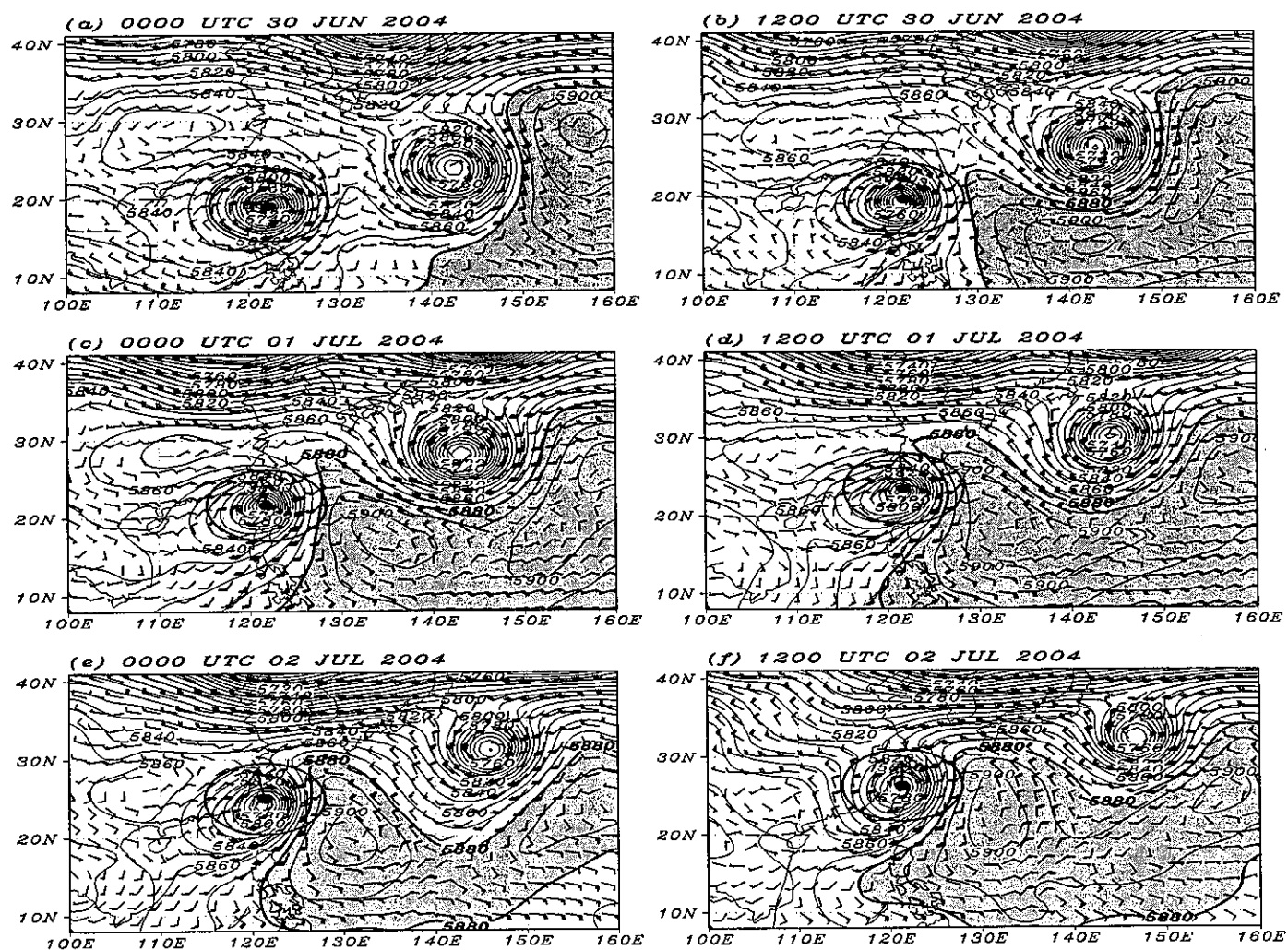


圖 20 同圖 19，但時間為 2004 年 5 月 30 日 0000 UTC 至 2004 年 6 月 2 日 1200 UTC。

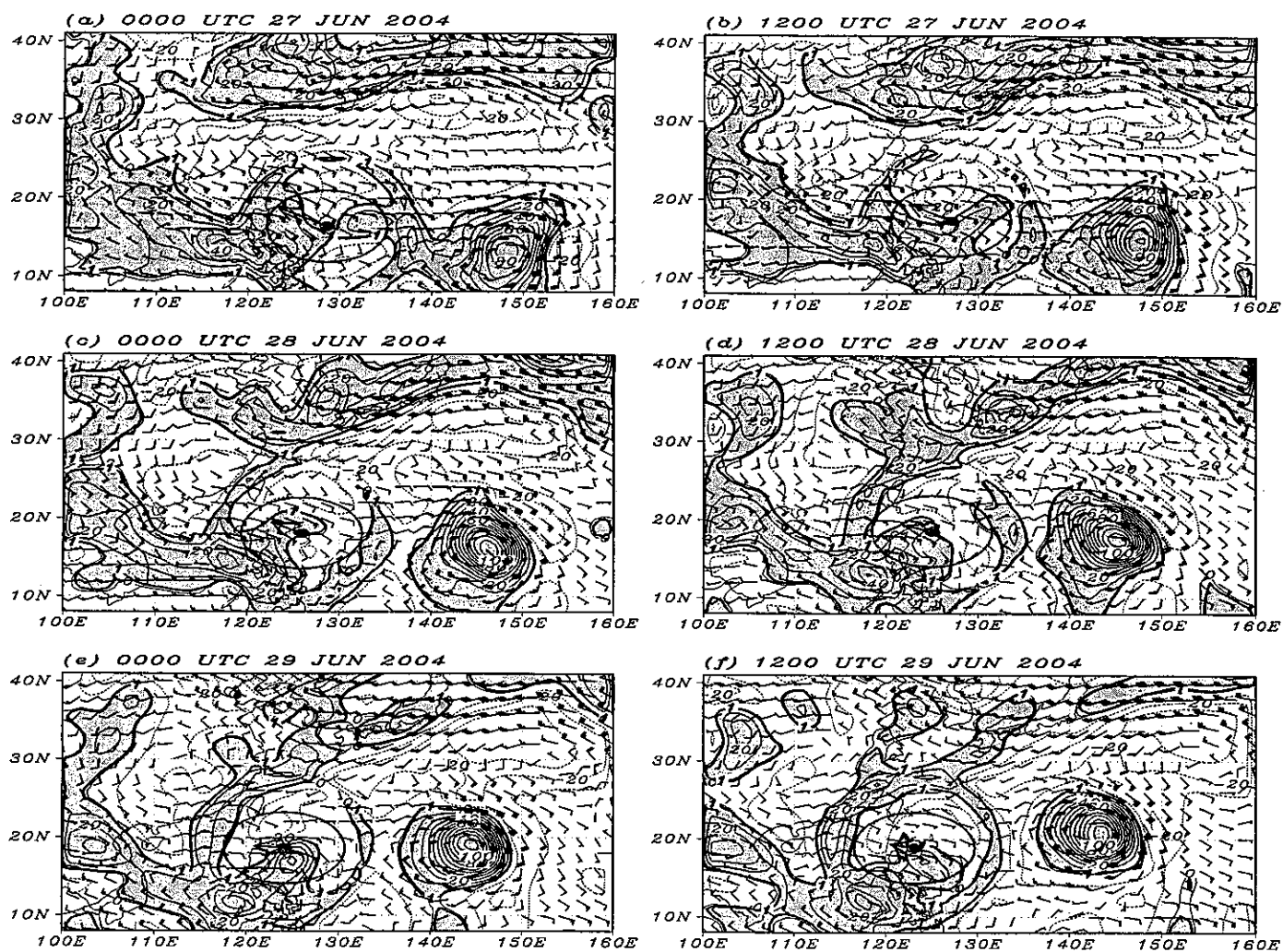


圖 21 NCEP/AVN 全球分析, 2004 年 6 月 27 日 0000 UTC 至 2004 年 6 月 29 日 1200 UTC 每 12 小時一張(a ~ f), 500 hPa 總擾動位渦 (單位: PVU, 陰影區表位渦大於 1.0 PVU), 與 925 hPa 至 300 hPa 之深層平均風場。餘同圖 19 的說明。

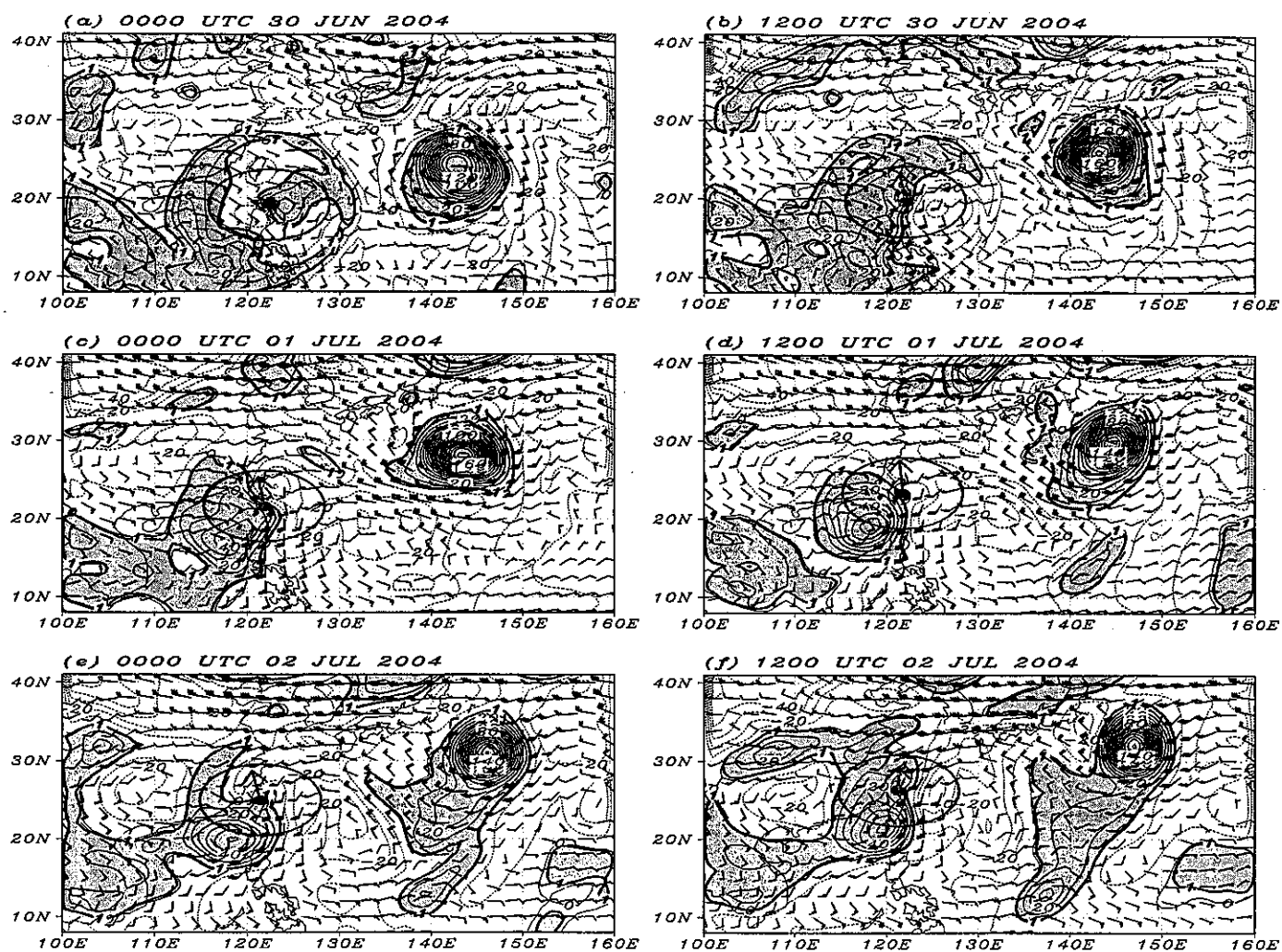


圖 22 同圖 21，但時間為 2004 年 6 月 30 日 0000 UTC 至 2004 年 7 月 2 日 1200 UTC。

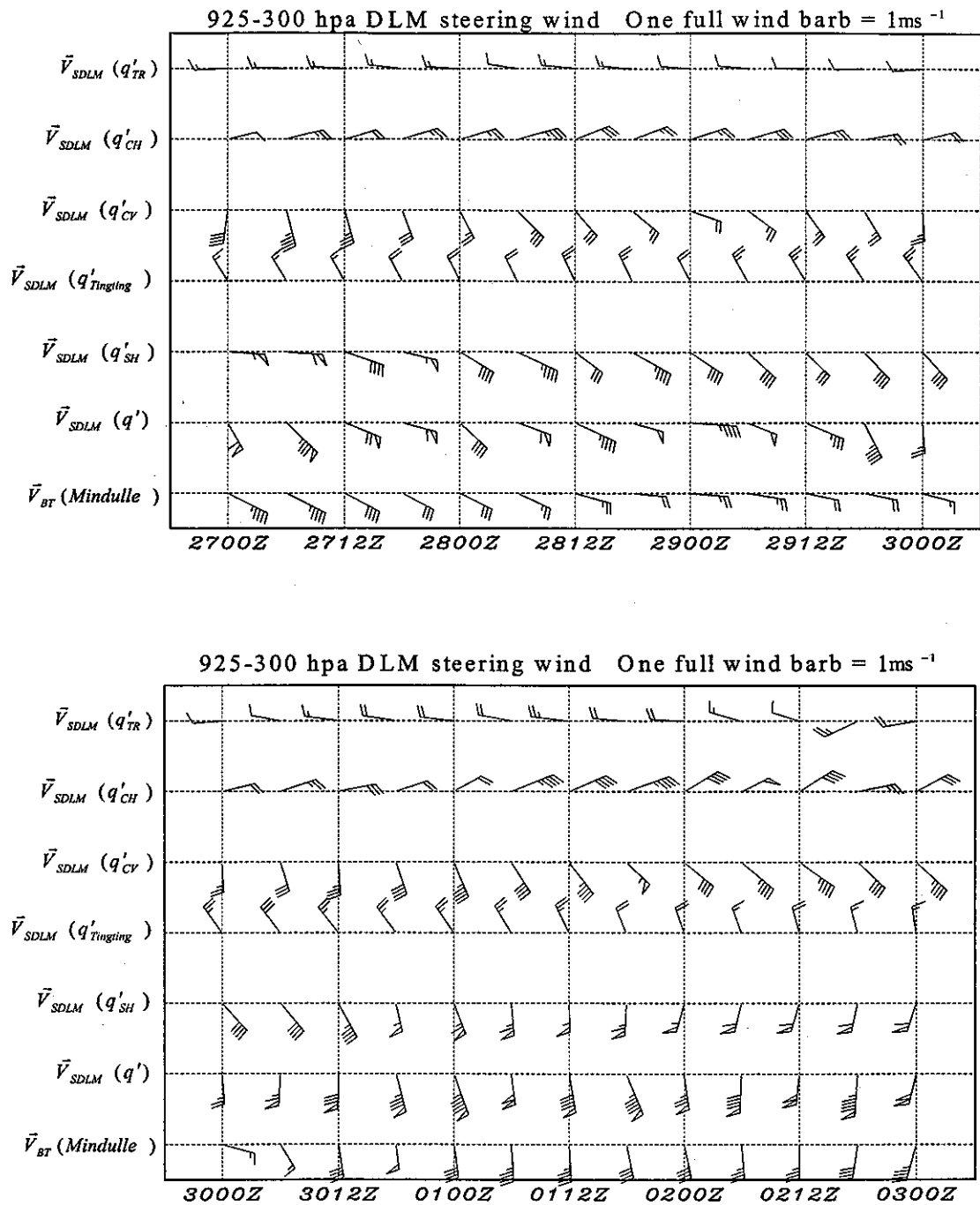


圖 23 從 2004 年 6 月 27 日 0000 UTC 至 7 月 03 日 0000 UTC 每 06 小時，敏督利颱風之最佳運動向量 $\vec{V}_{BT}(\text{Mindulle})$ 、所有片段擾動位渦 $\vec{V}_{SDLM}(q')$ 、副熱帶高壓 $\vec{V}_{SDLM}(q'_{SH})$ 、婷婷颱風 $\vec{V}_{SDLM}(q'_{Tingting})$ 、間熱帶輻合帶 $\vec{V}_{SDLM}(q'_{CV})$ 、大陸高壓 $\vec{V}_{SDLM}(q'_{CH})$ 及中緯度槽線 $\vec{V}_{SDLM}(q'_{TR})$ 對敏督利颱風引起的伴隨深層平均 (925-300 hPa) 駛流場。風標大小同圖 7 的說明。

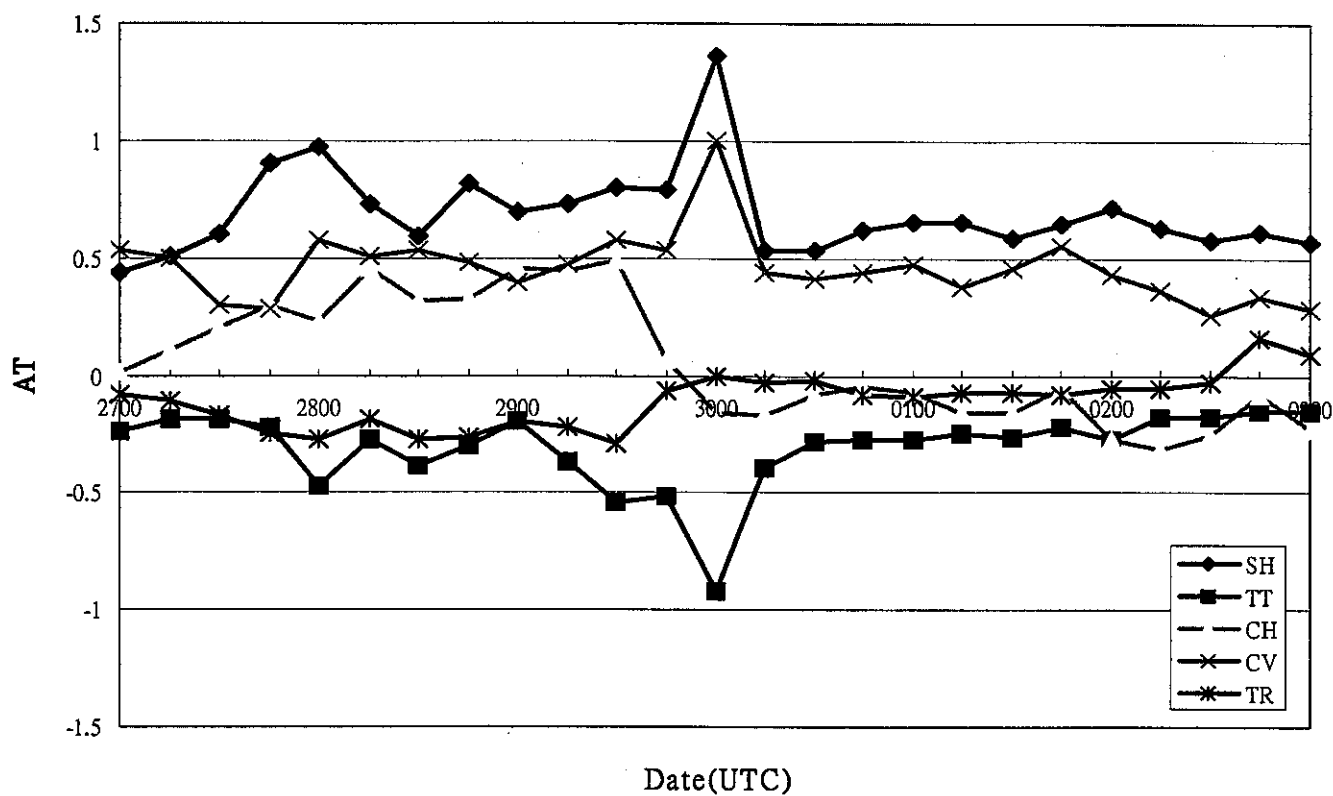


圖 24 NCEP/GFS 全球分析資料, 2004 年 6 月 27 日 0000 UTC 至 7 月 03 日 0000 UTC 各片段擾動位渦的相對駛流沿基本場 (敏督利) 颱風運動方向投影比例隨時間的序列。

交通部中央氣象局委託研究計畫成果報告

多尺度海流模式之建立（一）

計畫類別：☒國內 ☐國外

計畫編號：MOTC-CWB-93-2M-05

執行期間：93 年 2 月 1 日至 93 年 12 月 31 日

計畫主持人：吳朝榮

執行單位：國立臺灣師範大學

交通部中央氣象局九十三年度政府部門科技計畫期末摘要報告

計畫名稱：多尺度海流模式之建立（一）

審議編號： PG9303-0304 部會署原計畫編號： MOTC-CWB-93-2M-05

主管機關： 交通部中央氣象局 執行單位： 國立臺灣師範大學

計畫主持人： 吳朝榮 聯絡人： 吳朝榮

電話號碼： (02)2934-7120 #16 傳真號碼： (02)2933-3315

期程： 93 年 2 月 1 日至 93 年 12 月 31 日

經費：(全程) 元 經費(年度) 735 仟元

執行情形：

1. 執行進度：

	預定 (%)	實際 (%)	比較 (%)
當年	100	100	0
全程			

2. 經費支用：

	預定	實際	支用率 (%)
當年	735000	735000	100
全程			

3. 主要執行成果：

利用先前蒐集的資料（海底地形、海水溫度、海水鹽度與海流流速等）進行模式設計的工作，建立一個臺灣附近海域之海流數值模式，並進行模式結果驗證與分析。

4. 計畫變更說明：

計畫內容未變更

5. 落後原因：

無

6. 主管機關之因應對策（檢討與建議）：

無

目錄

第一章 前言.....	1
1.1 計畫緣起.....	1
1.2 計畫目的.....	1
1.3 計畫內容.....	2
1.4 預期成果.....	2
第二章 模式之建立.....	3
2.1 數值模式介紹.....	3
2.1.1 數值模式之理論基礎.....	3
2.2 臺灣附近海域之海流數值模式的設定.....	10
第三章 模式之驗證與結果.....	14
3.1 模式之流況驗證與結果.....	14
3.2 模式之水文驗證與結果.....	15
第四章 模式之分析與結果.....	16
4.1 臺灣東側之體積傳輸量.....	16
4.2 臺灣西側之體積傳輸量.....	16
4.3 結論.....	17
參考文獻.....	18

圖目錄

圖 2-1 模式之範圍與海底地形.....	19
圖 3-1 (a) 觀測之地形與全年 30m 的流況.....	20
圖 3-1 (b) 觀測之地形與春季 30m 的流況.....	21
圖 3-1 (c) 觀測之地形與夏季 30m 的流況.....	22
圖 3-1 (d) 觀測之地形與秋季 30m 的流況.....	23
圖 3-1 (e) 觀測之地形與冬季 30m 的流況.....	24
圖 3-2 (a) 模式之全年海面高度與 30m 的流況.....	25
圖 3-2 (b) 模式之春季海面高度與 30m 的流況.....	26
圖 3-2 (c) 模式之夏季海面高度與 30m 的流況.....	27
圖 3-2 (d) 模式之秋季海面高度與 30m 的流況.....	28
圖 3-2 (e) 模式之冬季海面高度與 30m 的流況.....	29
圖 3-3 (a) 觀測之春季 30m 的溫度.....	30
圖 3-3 (b) 觀測之夏季 30m 的溫度.....	31
圖 3-3 (c) 觀測之秋季 30m 的溫度.....	32
圖 3-3 (d) 觀測之冬季 30m 的溫度.....	33
圖 3-4 (a) 模式之春季 30m 的溫度.....	34
圖 3-4 (b) 模式之夏季 30m 的溫度.....	35

圖 3-4 (c) 模式之秋季 30m 的溫度.....	36
圖 3-4 (d) 模式之冬季 30m 的溫度.....	37
圖 3-5 (a) 觀測之春季 30m 的鹽度.....	38
圖 3-5 (b) 觀測之夏季 30m 的鹽度.....	39
圖 3-5 (c) 觀測之秋季 30m 的鹽度.....	40
圖 3-5 (d) 觀測之冬季 30m 的鹽度.....	41
圖 3-6 (a) 模式之春季 30m 的鹽度.....	42
圖 3-6 (b) 模式之夏季 30m 的鹽度.....	43
圖 3-6 (c) 模式之秋季 30m 的鹽度.....	44
圖 3-6 (d) 模式之冬季 30m 的鹽度.....	45
圖 4-1 東臺灣通道傳輸量之時間序列.....	46
圖 4-2 臺灣海峽傳輸量之時間序列.....	47

第一章 前言

1.1 計畫緣起

中央氣象局從事潮汐與潮流數值模式的建立已逾十年，其中潮汐模式經過不斷地改進與驗證後已經可以提供正確的水位預報作業，對於潮流模式整體表現也有顯著的進步。

另一方面，近日來由於各界對海流資料需求日益增加，臺灣附近海域海流模式之建立刻不容緩。然而在海流方面的模擬相當不易，尤其近岸流場之模擬更是困難重重，因為受沿岸地形與海域水深的影響使得近岸流場變得十分複雜，國際上對於近岸海流的研究也常發現有相當的限制與誤差，而產生這些誤差最主要的原因之一，即為缺乏正確流量的開口邊界條件 (open boundary conditions)，現階段常用的開口邊界條件不論時間或空間的解析度都不夠，這不但會使模式輸出結果在邊界區域產生誤差，也將錯估內部環流的平均流 (mean flow) 等。

1.2 計畫目的

建立一套作業化的臺灣附近海域之海流數值模式，模式範圍為 $19^{\circ}\text{N} \sim 29^{\circ}\text{N}$ 及 $110^{\circ}\text{E} \sim 129^{\circ}\text{E}$ ，和中央氣象局現有的大範圍潮流模式相當，如此往後兩模式可以相互比較分析或結合。然而如前所述，正確的海流數值模式，我們需要提供其較佳的開口邊界條件才能夠得到好的模式結果，

現階段符合國際標準的開口邊界條件是要由外圍大尺度模式提供，亦即須要先建構一個大範圍數值模式，然後由這個大範圍模式提供開口邊界條件給較小尺度的海流模式使用，這當然就需要使用更多的精力與電腦資源去建構這一大範圍的模式，但這絕對是必要的，為了要算得精確的結果，建構大範圍模式勢在必行。

1.3 計畫內容

第一階段（第一年）計畫建立一個涵蓋 $19^{\circ}\text{N} \sim 29^{\circ}\text{N}$ 及 $110^{\circ}\text{E} \sim 129^{\circ}\text{E}$ 的臺灣附近海域之海流數值模式（和中央氣象局現有的大範圍潮流模式相當），並在建構完成後和現有的觀測資料（如溫度、鹽度、流速等）比較，以確定模式之準確性。

1.4 預期成果

(1)建立並測試驗證完成一個涵蓋 $19^{\circ}\text{N} \sim 29^{\circ}\text{N}$ 及 $110^{\circ}\text{E} \sim 129$

$^{\circ}\text{E}$ 的臺灣附近海域之海流數值模式。

(2)利用較大區域之數值模式單向巢狀符合之方式提供 $19^{\circ}\text{N} \sim 29^{\circ}\text{N}$

及 $110^{\circ}\text{E} \sim 129^{\circ}\text{E}$ 的臺灣附近海域之海流數值模式所需之開口

邊界條件。

(3)對臺灣附近海域之海流數值模式的結果進行驗證與討論。

第二章 模式之建立

2.1 數值模式介紹

本計畫中所建立的臺灣附近海域之海流數值模式是採用美國普林斯頓大學所發展的三維動力海洋模式系統 (Princeton Ocean Model, POM)。POM 從 1970 年代開始發展以來，歷經多位學者專家共同合作研發改進後，現階段它已經成為全世界最多國家 (70 國) 最多海洋數值模式學者 (超過 2100 人) 使用的三維動力海洋模式。POM 使用完整的三維原始方程式 (Primitive equation)，因為模式需要同時解包括四度空間 (距離與時間) 的動量、溫度、鹽度、狀態以及連續方程式，所以需要複雜的設計與計算並使用大量的電腦 CPU 時間，不過相對而言，這樣的模式可以模擬更接近真實的海洋現象。尤其是近岸海域因為受沿岸地形與水深的影響使其流場十分複雜，傳統國內所使用的二維模式對近岸海流的研究有相當的限制與誤差，無法模擬出真實的海洋狀況，這也是本計畫採用 POM 的主要原因。

2.1.1 數值模式之理論基礎

I. 控制方程式 (governing equations)

由於 POM 在垂直方向之採用 σ 座標，非傳統之 z 座標，因此下列之方程式，均為 σ 座標轉換後之形式。

狀態方程式 (equation of state) :

$$\rho = \rho(T, S)$$

靜力平衡方程式 (hydrostatic equation)

$$\rho g D = -\frac{\partial p}{\partial \sigma}$$

連續方程式 (continuity equation) :

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial DU}{\partial x} + \frac{\partial DV}{\partial y} + \frac{\partial \omega}{\partial \sigma} = 0$$

動量方程式 (momentum equation) :

x 方向之動量方程式 :

$$\begin{aligned} \frac{\partial UD}{\partial t} + \frac{\partial U^2 D}{\partial x} + \frac{\partial UVD}{\partial y} + \frac{\partial U\omega}{\partial \sigma} - fVD + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} \\ = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{K_M}{D} \frac{\partial U}{\partial \sigma} \right] - \frac{gD^2}{\rho_0} \int_{\sigma}^{\sigma'} \left[\frac{\partial \rho'}{\partial x} - \frac{\sigma'}{D} \frac{\partial D}{\partial x} \frac{\partial \rho'}{\partial \sigma'} \right] d\sigma' + F_x \end{aligned}$$

y 方向之動量方程式 :

$$\begin{aligned} \frac{\partial VD}{\partial t} + \frac{\partial UVD}{\partial x} + \frac{\partial V^2 D}{\partial y} + \frac{\partial V\omega}{\partial \sigma} + fUD + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} \\ = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{K_M}{D} \frac{\partial V}{\partial \sigma} \right] - \frac{gD^2}{\rho_0} \int_{\sigma}^{\sigma'} \left[\frac{\partial \rho'}{\partial y} - \frac{\sigma'}{D} \frac{\partial D}{\partial y} \frac{\partial \rho'}{\partial \sigma'} \right] d\sigma' + F_y \end{aligned}$$

溫度守恆方程式 (conservation equation for temperature) :

$$\frac{\partial TD}{\partial t} + \frac{\partial TUD}{\partial x} + \frac{\partial TVD}{\partial y} + \frac{\partial T\omega}{\partial \sigma} = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{K_H}{D} \frac{\partial T}{\partial \sigma} \right] + F_T - \frac{\partial R}{\partial z}$$

鹽度守恆方程式 (conservation equation for temperature) :

$$\frac{\partial SD}{\partial t} + \frac{\partial SUD}{\partial x} + \frac{\partial SVD}{\partial y} + \frac{\partial S\omega}{\partial \sigma} = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{K_H}{D} \frac{\partial S}{\partial \sigma} \right] + F_S$$

紊流動能 (turbulence kinetic energy) 方程式 :

$$\frac{\partial q^2 D}{\partial t} + \frac{\partial U q^2 D}{\partial x} + \frac{\partial V q^2 D}{\partial y} + \frac{\partial \omega q^2}{\partial \sigma} = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{K_q}{D} \frac{\partial q^2}{\partial \sigma} \right] \\ + \frac{2K_M}{D} \left[\left(\frac{\partial U}{\partial \sigma} \right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial \sigma} \right)^2 \right] + \frac{2g}{\rho_0} K_H \frac{\partial \tilde{\rho}}{\partial \sigma} - \frac{2Dq^3}{B_1 l} + F_q$$

紊流尺度 (turbulence length scale) 方程式：

$$\frac{\partial q^2 l D}{\partial t} + \frac{\partial U q^2 l D}{\partial x} + \frac{\partial V q^2 l D}{\partial y} + \frac{\partial \omega q^2 l}{\partial \sigma} = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{K_q}{D} \frac{\partial q^2 l}{\partial \sigma} \right] \\ + E_1 l \left[\frac{K_M}{D} \left[\left(\frac{\partial U}{\partial \sigma} \right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial \sigma} \right)^2 \right] + E_3 \frac{g}{\rho_0} K_H \frac{\partial \tilde{\rho}}{\partial \sigma} \right] \tilde{W} - \frac{Dq^3}{B_1} + F_l$$

其中，

$$\sigma = \frac{z - \eta}{H + \eta} \quad : \text{垂直座標軸，} -1 < \sigma < 0 ;$$

H 為海底地形深度 (向下為正)；

η 為海面高度 (向上為正)；

z 為水深 (向上為正)；

(當 $z = \eta$ 時， $\sigma = 0$ ；當 $z = -H$ 時， $\sigma = -1$)

ρ : 位密度 (potential density)

T : 位溫 (potential temperature)

S : 鹽度

p : 壓力

R : 短波輻射通量 (short wave radiation flux)

g : 重力加速度

D : 總水深 ($H + \eta$)

- U, V : 水平方向之速度
- ω : 垂直 σ 座標面之垂直速度
- f : 科氏力參數
- ρ_0 : 參考密度 (reference density)
- ρ' : $\rho - \rho_{mean}$

ρ_{mean} 是在 z 座標下之面平均密度，即只隨 z 改變；

(此 ρ' 之作用在於減少壓力梯度誤差)

- $\frac{q^2}{2}$: 紊流動能
- l : 紊流尺度
- K_M : 垂直的動黏滯係數
(vertical kinematic viscosity)
- K_H : 垂直的擴散係數
(vertical diffusivity)
- K_q : 垂直的紊流擴散係數
(vertical turbulence diffusivity)
- F_x, F_y : 水平之黏滯項
(horizontal viscosity term)
- F_T, F_S, F_q, F_l : 水平之擴散項
(horizontal diffusion term)

$\tilde{W}$: wall proximity function

B_1, E_1, E_3 : 經驗常數

II. 垂直的黏滯及擴散係數： K_M 、 K_H 、 K_q

$$K_M \equiv lqS_M$$

$$K_H \equiv lqS_H$$

$$K_q \equiv lqS_q$$

上式中， S_M 與 S_H 為穩定度函數且決定於 Richardson number：

$$S_H [1 - (3A_2B_2 + 18A_1A_2)G_H] = A_2 \left[1 - \frac{6A_1}{B_1} \right]$$

$$S_M [1 - 9A_1A_2G_H] - S_H [(18A_1^2 + 9A_1A_2)G_H] = A_1 \left[1 - 3C_1 - \frac{6A_1}{B_1} \right]$$

其中，

$(A_1, B_1, A_2, B_2, C_1) = (0.92, 16.6, 0.74, 10.1, 0.08)$ 為經驗常數，

$$G_H = \frac{l^2}{q^2} \frac{g}{\rho_0} \frac{\partial \tilde{\rho}}{\partial z} = -\frac{l^2 N^2}{q^2} \text{ 為 Richardson number,}$$

N^2 為浮力頻率，

$$\frac{\partial \tilde{\rho}}{\partial z} = \frac{\partial \rho}{\partial z} - \frac{1}{c_s^2} \frac{\partial p}{\partial z},$$

$\frac{\partial \rho}{\partial z}$ 為垂直之密度梯度， c_s 為聲速，

$\frac{1}{c_s^2} \frac{\partial p}{\partial z}$ 為絕熱消散率 (adiabatic lapse rate)

III. 水平之黏滯和擴散項： F_x 、 F_y 、 F_T 、 F_S 、 F_q 、 F_l

水平之黏滯項：

$$F_x \equiv \frac{\partial}{\partial x} \left[H \left(2A_M \frac{\partial U}{\partial x} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[H \left(A_M \left(\frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x} \right) \right) \right]$$

$$F_y \equiv \frac{\partial}{\partial x} \left[H \left(A_M \left(\frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x} \right) \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[H \left(2A_M \frac{\partial V}{\partial y} \right) \right]$$

其中， A_M 為水平的動黏滯係數（horizontal kinematic viscosity）

水平之擴散項：

$$F_\phi \equiv \frac{\partial}{\partial x} \left[H \left(A_H \frac{\partial \phi}{\partial x} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[H \left(A_H \frac{\partial \phi}{\partial y} \right) \right],$$

其中， ϕ 代表 T 、 S 、 q^2 及 $q^2 l$ ， A_H 為水平的熱擴散係數（horizontal heat diffusivity）

IV. 時間間隔的限制條件：

POM 在時間間隔上，分為外模積分之時間間隔（external mode time step， Δt_E ）及內模積分之時間間隔（internal mode time step， Δt_I ）；在數值計算中，Courant-Friedrichs-Levy（CFL）限制為決定計算穩定性之首要條件，其限制了空間解析度及時間間隔的設定；在時間間隔設定之限制上，以下分外模及內模兩部分討論：

a.) 外模：

在時間間隔的限制上，外模積分之時間間隔限制為主要之限制，其限

制條件為：

$$\Delta t_E \leq \frac{1}{C_i} \left(\frac{1}{\Delta x^2} + \frac{1}{\Delta y^2} \right)^{-\frac{1}{2}}$$

其中， $C_i = 2\sqrt{gH} + U_{\max}$ ， $\sqrt{gH}$ 為最大的淺水波之波速， $U_{\max}$ 為預期的最大速度。

b.)內模：

內模積分之時間間隔之限制有三類：

● CFL 限制：

$$\Delta t_I \leq \frac{1}{C} \left(\frac{1}{\Delta x^2} + \frac{1}{\Delta y^2} \right)^{-\frac{1}{2}}$$

其中， $C_T = 2C + U_{\max}$ ， C 為最大的內重力波 (internal gravity wave) 之波速， $U_{\max}$ 為最大的平流速度 (advective speed)。

● 水平擴散對時間間隔之限制：

$$\Delta t_I \leq \frac{1}{4A} \left(\frac{1}{\Delta x^2} + \frac{1}{\Delta y^2} \right)^{-1}$$

其中， $A = A_M$ 或 $A = A_H$ 。

● 科氏力參數對時間間隔之限制：

$$\Delta t_I \leq \frac{1}{f} = \frac{1}{2\Omega \sin \Phi}$$

其中， Ω 為地球自轉之角速度， Φ 是緯度。

2.2 臺灣附近海域之海流數值模式的設定

I. 模式範圍

圖 2-1 為本計畫之模式範圍與海底地形，此範圍包含了東海 (East China Sea) 南部、臺灣海峽 (Taiwan Strait)、部份的西菲律賓海 (Philippine Sea) 與南海 (South China Sea) 北部等。海底地形是由 ETOPO5 (取自 National Geophysical Data Center (NGDC), NOAA) 之 $1/12^\circ \times 1/12^\circ$ (即 5 分 $\times$ 5 分) 之水深資料經線性內插而得。由圖 2-1 可看出，模式區域之西北側為水深較淺的陸棚區，東南側為深水區。模式邊界，包含了東、南、北三個開口邊界 (open boundaries)。

II. 模式之格點配置

模式之積分區域，東西向介於 $19^\circ\text{N} \sim 29^\circ\text{N}$ ，南北向介於 $110^\circ\text{E} \sim 129^\circ\text{E}$ ，其解析度為 $1/8^\circ \times 1/8^\circ$ (約 13.75 公尺 $\times$ 13.75 公尺)，垂直方向分為 26 個 σ 層，在表面數層及底部數層採用較高之解析度。

III. 時間間隔

先利用 CFL 限制，初步估算外模積分之時間間隔 (Δt_E) 約小於 30 秒方可使模式計算穩定，再對外模及內模之時間間隔與模式穩定程度作敏感度測試 (sensitivity test)，取其最適當之內外模時間間隔分別為 600 秒及 20 秒。

IV. 初始條件

本模式是由靜止狀態開始積分（即初始速度場 $U=0$ 、 $V=0$ ），其初始溫鹽場是根據 Levitus 的全球水文資料提供此區域附近之海水溫度及鹽度的月平均資料做為模式之溫鹽平均場。

V. 邊界條件

本模式包含了東、南、北三個開口邊界，在此三個開口邊界上，其側邊界條件之運用方式可分為下列幾個部分：

a.) 海水面高度 (η):

在 POM 中， η 為診斷變數，其側邊界條件是採用零梯度條件 (zero gradient condition)，即：

$$\frac{\partial \eta}{\partial n} = 0$$

其中，上式代表垂直開口邊界之導數，其簡單的數學式子可表為：

$$\eta_B^{n+1} = \eta_{B+1}^{n+1}$$

η_B^{n+1} 為邊界之值， η_{B+1}^{n+1} 是由控制方程式計算而得，且位於邊界且最接近邊界之內部點的海面高度值，因此在東邊界及北邊界使用一號，在西及南則是取十號。

b.) 垂直之平均速度 ($\bar{U}$ 、 $\bar{V}$):

二維的平均速度之邊界條件是採用重力波傳播邊界條件，此邊界條件的基本物理假設為表面重力波是主要的動力，並且允許重力波以我們所指

定之波速從模式區域內離開，即：

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial t} \pm c \frac{\partial \eta}{\partial n} = 0, \quad c = \sqrt{gh}$$

h 為邊界之水深，其數值表示方法為：

$$\bar{u}_B^{n+1} = \bar{u}_B^{pre} \pm \sqrt{\frac{g}{h}} (\eta_{B+1} - \eta_B^{pre})$$

其中，pre 代表我們在邊界上所指定之值， $\bar{u}$ 代表水平之速度，在東西邊界上代表 $\bar{U}$ ，南北則代表 $\bar{V}$ ，另外，在十與一之選則上，東邊界及北邊界取上面之符號，西與南則取下面之符號。

c.) 三維之變數 (u 、 v 、 T 、 S):

在三維水平速度之邊界條件上亦是採用傳播邊界條件，即：

$$\frac{\partial \Phi}{\partial t} \pm c_i \frac{\partial \Phi}{\partial n} = 0$$

Φ 代表 u 、 v 、 T 和 S ；其數值表示法為：

$$\Phi_B^{n+1} = \gamma \Phi_{B+1}^n + (1-\gamma) \Phi_B^n$$

其中， $\gamma \equiv c_i \frac{\Delta t_i}{(\Delta x, \Delta y)}$ ，正負號之選擇與上述之相同，在東西邊界使用 Δx ，

在南北則使用 Δy 。

在表面邊界條件的使用上，則是採用較大區域之數值模式單向巢狀箱合之方式提供 1999 年每日之溫鹽資料作為本模式表面溫鹽之邊界條件。

側邊界條件亦是採用較大區域之數值模式單向巢狀箱合之方式提供 1999 年每日之溫鹽及垂直平均速度和海面高度資料本作為模式之側邊界條件。

VI. 外力

模式積分時所受之表面外力為風應力 (wind stress)，由歐洲中尺度風場中心 (ECMWF) 所預報，1999 年每六小時一筆之風應力來提供模式計算時所需之表面外力。

VII. 科氏力參數 (f)

對於大尺度的地物流 (geophysical flows) 而言，科氏力項 (Coriolis term) 在動量方程式中是非常重要的項，為一轉動座標下的物體運動之假想力，因此將科氏力參數設定為隨緯度變化之形式 $2\Omega \sin \Phi$ ，較為符合流體在地球上運動之實際情形，其中 Ω 為地球自轉之角速度。

VIII. 模式之 Spin-up

Spin-up 之重要性乃在於確定模式海洋中的能量，在外力的作用下是否達到穩定平衡之狀態，且二維之空間平均動能較三維之空間平均動能快速地達到穩定平衡之狀態，因此通常可經由模式之三維之空間平均動能對時間之關係來判斷模式是否穩定。

模式由靜止 (即 $U=0$ 、 $V=0$) 且邊界條件及外力均未改變下開始積分到 100 天左右時，三維的空間平均動能已漸漸趨於穩定之狀態。為要求模式有較高之穩定性，因此於積分到第 11 年時，才開始改變本模式積分之上邊界條件、側邊界條件和表面外力 (風應力)。

第三章 模式之驗證與結果

模式在建構過程中是需要實測資料的驗證，不過當一個好的數值模式建構完成後，它可以做到很多實測資料無法做到的事，例如模式參數的輸出是四維的，它可以涵蓋時間和三度空間，這相等於延伸了實測資料所難以辦到的同時大範圍測量。

3.1 模式之流況驗證與結果

圖 3-1 (a) ~圖 3-1 (e) 分別為全年及四季（春、夏、秋、冬）之水深三十公尺處的觀測海流圖（取自國家海洋科學研究中心（National Center for Ocean Research, NCOR），<http://www.ncor.ntu.edu.tw>）；圖 3-2 (a) ~圖 3-2 (e) 分別為全年、春、夏、秋、冬模式模擬之海面高度與水深 30m 的流況分布圖。

由模式結果顯示，本模式可清楚模擬出臺灣附近的各項海流特徵，如：位於臺灣東側的黑潮（Kuroshio），其主軸受季風的影響產生季節性東西向的橫移，夏季受西南季風吹拂向東移動，冬季則因東北季風影響而向西移動。此外，由圖 3-2 (a) ~圖 3-2 (e) 中亦可看出黑潮終年入侵南海，上述結果與前人（Liang et al., 2003）研究相仿。在臺灣海峽流況方面，其全年平均流向為向北，但冬、夏季因季風之影響，冬季之流速較夏季為弱，此結果亦與觀測結果相當一致。

3.2 模式之水文驗證與結果

圖 3-3 (a) ~圖 3-3 (d) 分別為春、夏、秋、冬觀測之水下 30m 的溫度分布圖 (取自國家海洋科學研究中心); 圖 3-4 (a) ~圖 3-4 (d) 分別為模式之水深 30m 處的四季海水溫度分布圖。

由模式結果顯示, 本模式可正確地呈現出臺灣附近的溫度分佈, 夏季受到太陽輻射熱較多的影響, 溫度較高; 冬季則相反。此外, 受到海流流向與地形的影響, 溫度分佈並非直接與緯度平行, 而是呈現東北—西南的走向, 由圖 3-3 及圖 3-4 的比較可看出, 模式溫度分佈的值和趨勢, 與觀測結果非常接近。

圖 3-5 (a) ~圖 3-5 (d) 分別為春、夏、秋、冬觀測之水下 30m 的鹽度分布圖 (取自國家海洋科學研究中心); 圖 3-6 (a) ~圖 3-6 (d) 分別為春、夏、秋、冬四季, 模式之水下 30m 的鹽度。

由模式結果顯示, 本模式可大致模擬出臺灣附近的鹽度分佈, 於夏秋兩季時, 鹽度較低; 春冬時, 鹽度則較高。由圖 3-5 與圖 3-6 的比較可看出, 模式鹽度分佈的趨勢, 與觀測結果大致符合。

第四章 模式之分析與結果

以下為模式結果在臺灣東、西兩側體積傳輸量 (Volume Transport) 之分析與結果。

4.1 臺灣東側之體積傳輸量

在臺灣東側之傳輸量計算上，是計算黑潮由東臺灣通道 (East Taiwan Channel, ETC) 進入東海之傳輸量。Johns et al. (2001) 根據 WOCE 計劃期間 (1994 年 9 月~1996 年 5 月) 的觀測資料指出，東臺灣通道年平均傳輸量為 $21.5 \pm 2.5\text{Sv}$ ($1\text{Sv} \equiv 10^6 \text{ m}^3/\text{s}$)。

圖 4-1 為模式在東臺灣通道上，黑潮進入東海之傳輸量時間序列，由模式結果計算所得之東臺灣通道的年平均傳輸量為 $19.9 \pm 5.1\text{Sv}$ ，其傳輸量變化範圍在 13.8 與 22.4Sv 之間，由時間序列顯示東臺灣通道並無明顯的季節性變化，此結果與 Johns et al. (2001) 之結果相近。

4.2 臺灣西側之體積傳輸量

在臺灣西側傳輸量分析上則是計算臺灣海峽內之傳輸量變化。Wang et al. (2003) 根據 1999~2001 的觀測資料指出，臺灣海峽年平均傳輸量為 1.8Sv，傳輸量變化範圍為 0.9~2.7Sv。

圖 4-2 為模式在臺灣海峽傳輸量之時間序列，模式計算之臺灣海峽平均傳輸量為 $1.6 \pm 0.5\text{Sv}$ ，傳輸量變化範圍為 -0.1 ~ 2.6Sv，由時間序列

顯示臺灣海峽於西南季風吹拂期間之傳輸量，較東北季風吹拂期間大，且有明顯的季節性變化。

4.3 結論

運用巢狀箱合模式的最主要目的，即在提升模式模擬之結果，使模式能呈現出與觀測資料較為接近之模擬結果；以較大區域之模式來提供小區域模式之初始條件及邊界條件，使其達到改善模擬結果之目的。

本計畫中，較大區域之模式完整提供了良好的側邊界條件，以及表面溫鹽之邊界條件，使臺灣附近海域之海流數值模式無論在流況上或水文上的模擬都與觀測相近。此外，在臺灣東、西兩側之體積傳輸量亦模擬的相當不錯。

由前述可得之，第一階段的臺灣附近海域之海流數值模式測定已經完成。將於第二階段（第二年）由此測定完成之模式，提供開口邊界條件給即將建立的小尺度海流數值模式（ $21.5^{\circ}\text{N} \sim 26.5^{\circ}\text{N}$ 及 $116.5^{\circ}\text{E} \sim 122.5^{\circ}\text{E}$ ）使用，屆時小尺度海流數值模式將有能力提供高解析度且較準確的海洋流場資訊。

參考文獻

- Johns, W. E., T. N. Lee, D. Zhang and R. Zantopp (2001): The Kuroshio east of Taiwan: moored transport observations from the WOCE PCM-1 array. *Journal Physical Oceanography*, 31, 1031-1053.
- Liang, W.-D., T. Y. Tang, M. T. Ko and W.-S. Chuang, 2003, Upper-ocean currents around Taiwan. *Deep-Sea Research II*, 50, 1085-1105.
- Wang, Y.H., S. Jan, D.P. Wang, 2003, Transports and tidal current estimates in the Taiwan Strait from shipboard ADCP observations (1999-2001). *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 57, 193-199.

Topography arround Taiwan

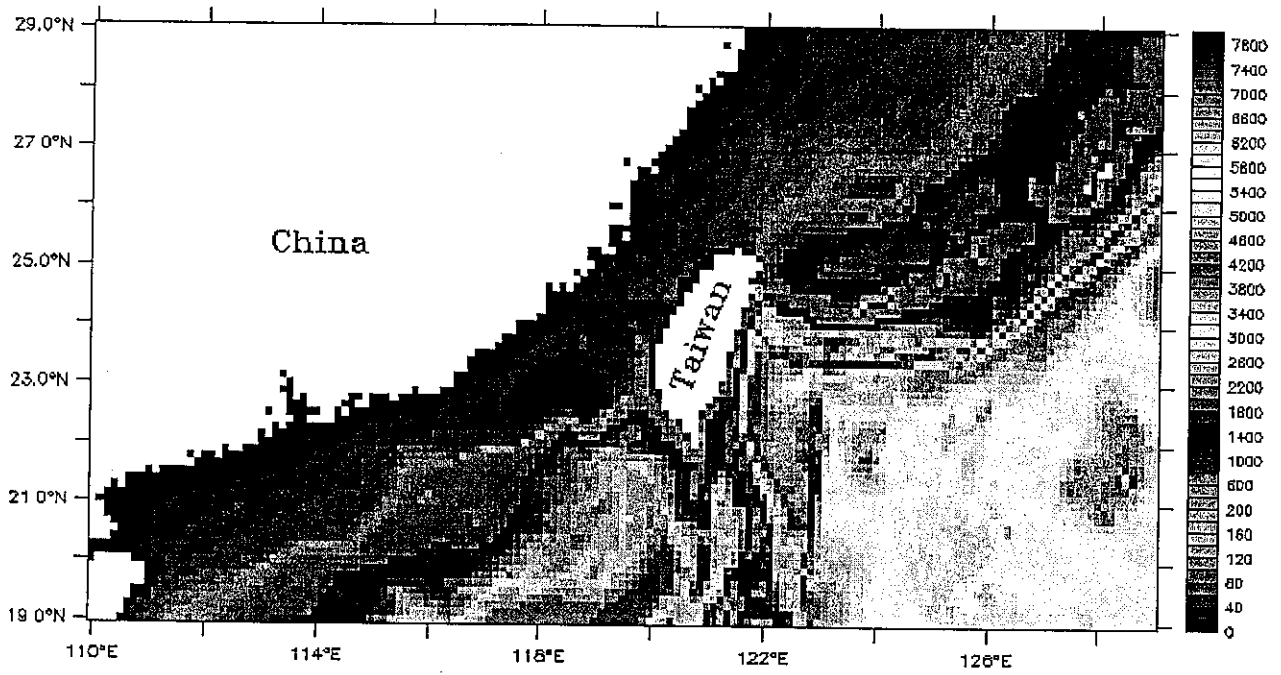


圖 2-1 模式之範圍與海底地形

Composite Current Velocity Vectors at 030 m

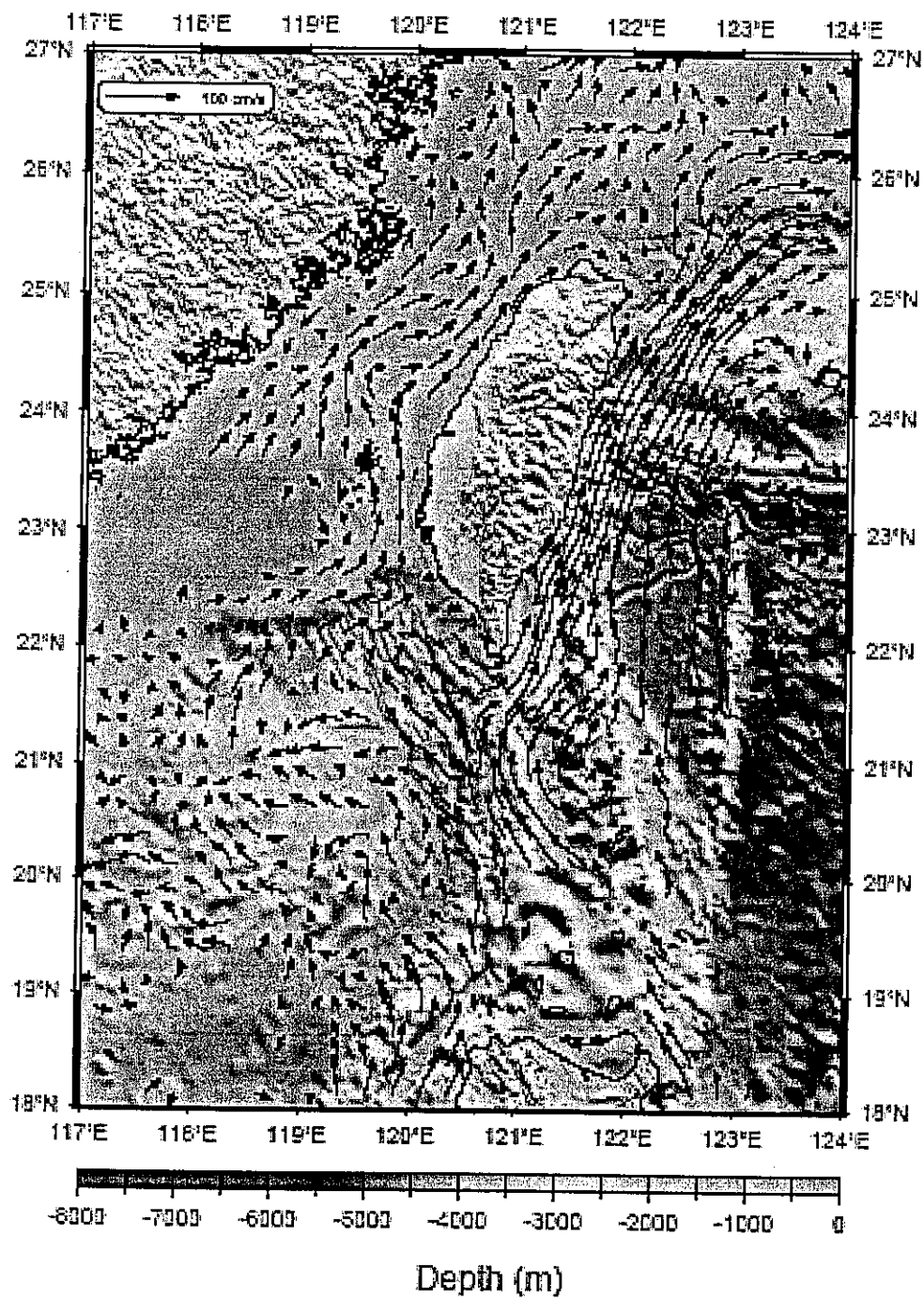


圖 3-1 (a) 觀測之地形與全年 30m 的流況

Composite Current Velocity Vectors at 030 m
Spring (Mar. - May.)

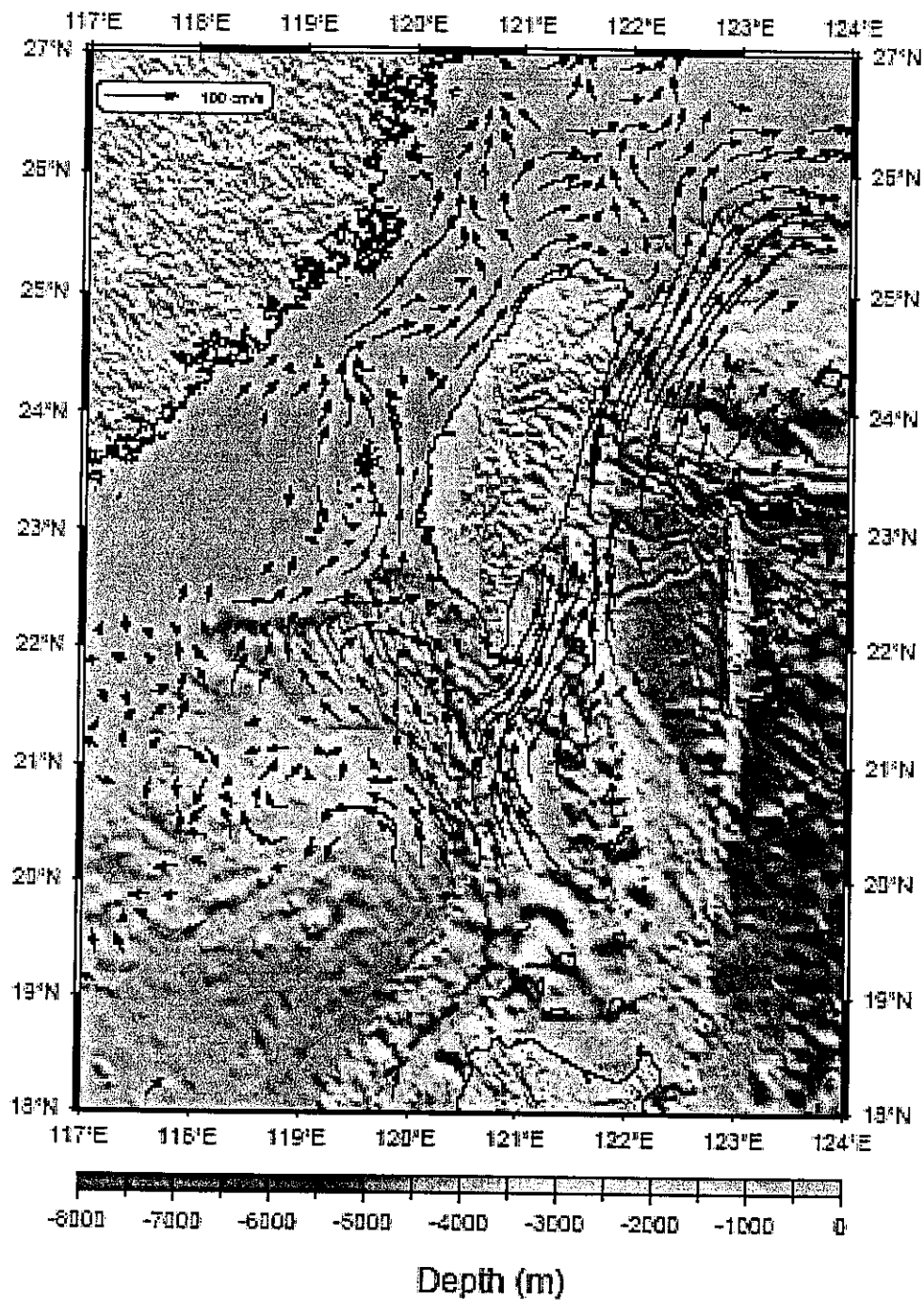


圖 3-1 (b) 觀測之地形與春季 30m 的流況

Composite Current Velocity Vectors at 030 m
Summer (Jun. - Aug.)

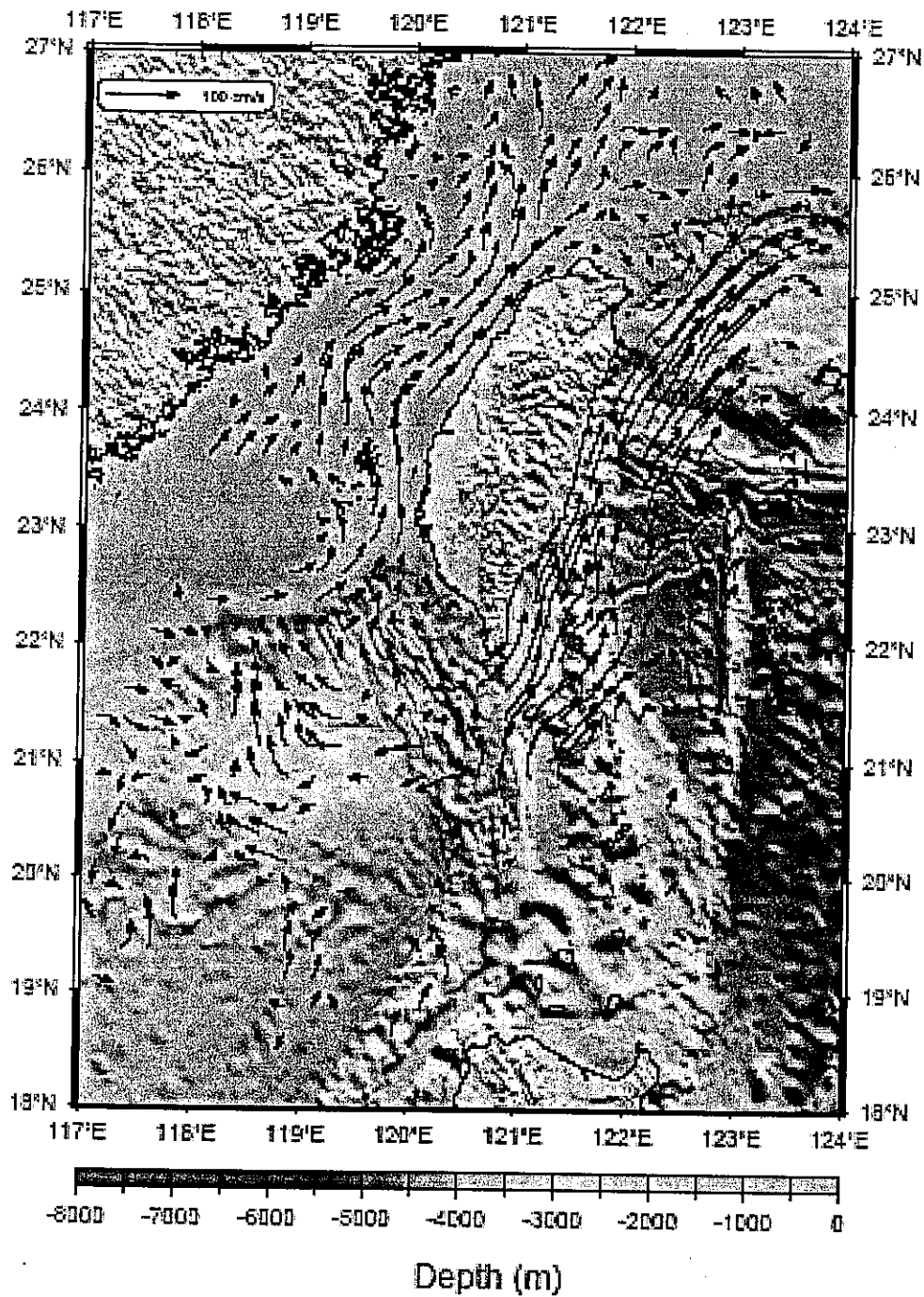


圖 3-1 (c) 觀測之地形與夏季 30m 的流況

Composite Current Velocity Vectors at 030 m
Fall (Sep. - Nov.)

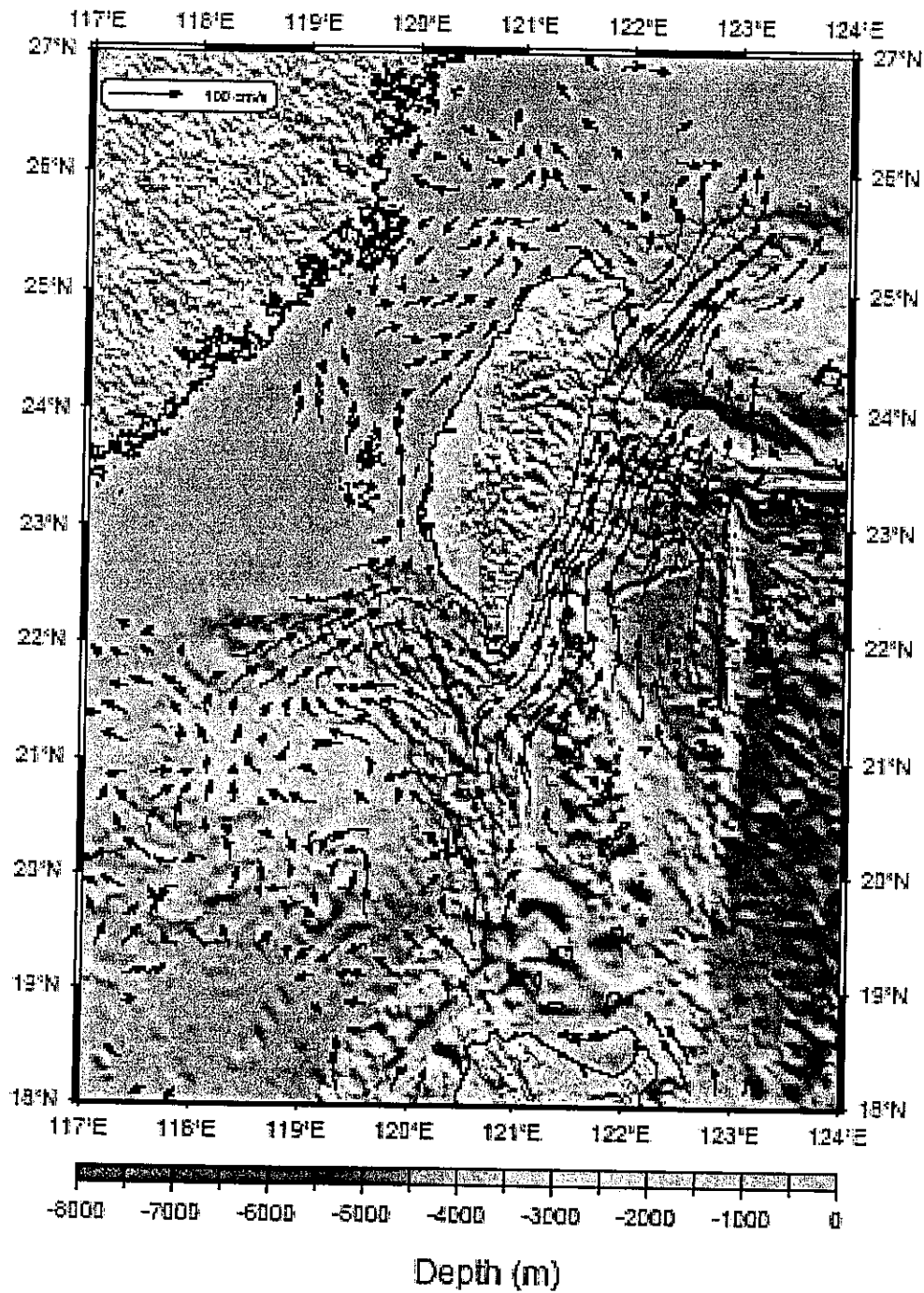


圖 3-1 (d) 觀測之地形與秋季 30m 的流況

Composite Current Velocity Vectors at 030 m
Winter (Dec. - Feb.)

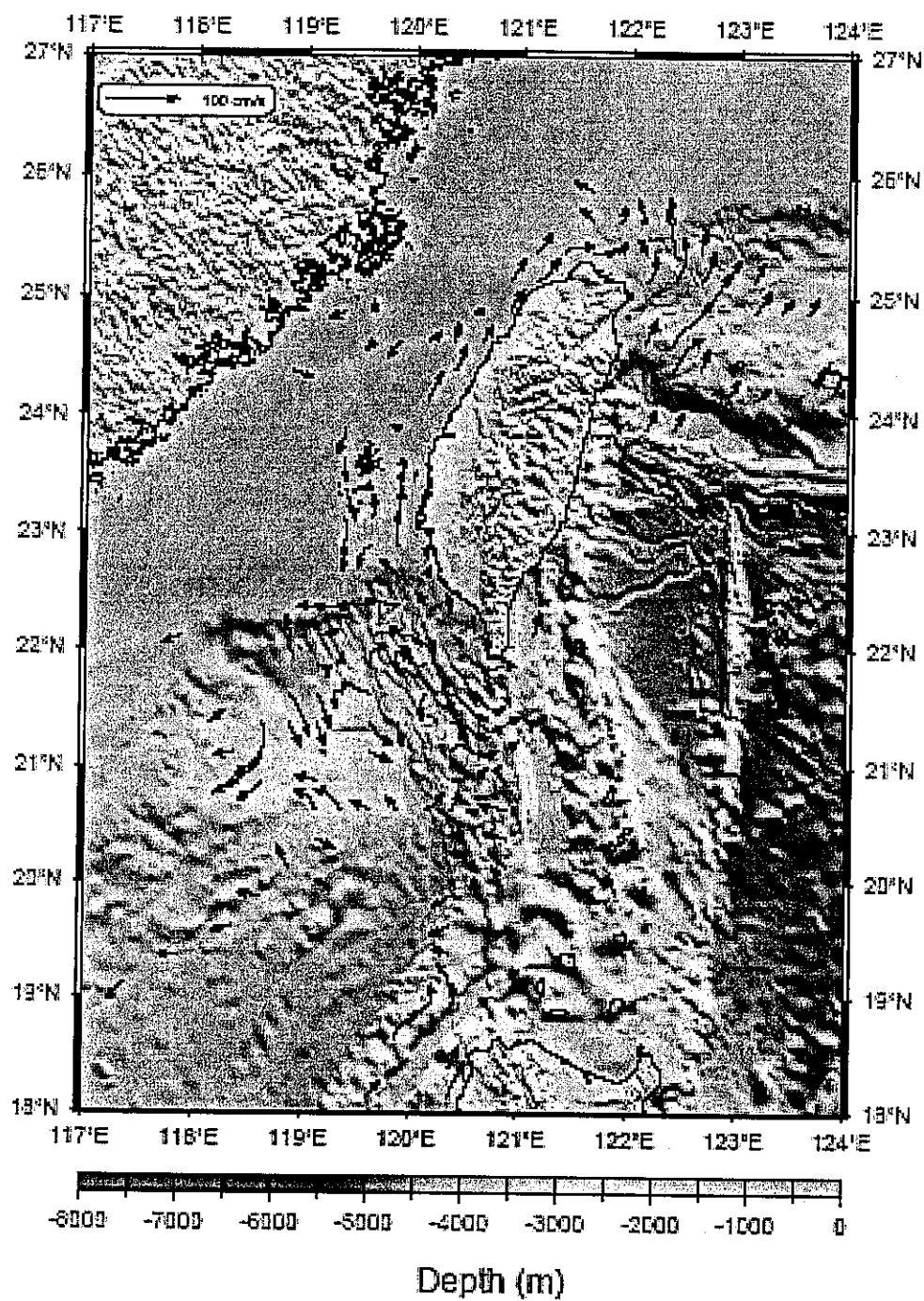


圖 3-1 (e) 觀測之地形與冬季 30m 的流況

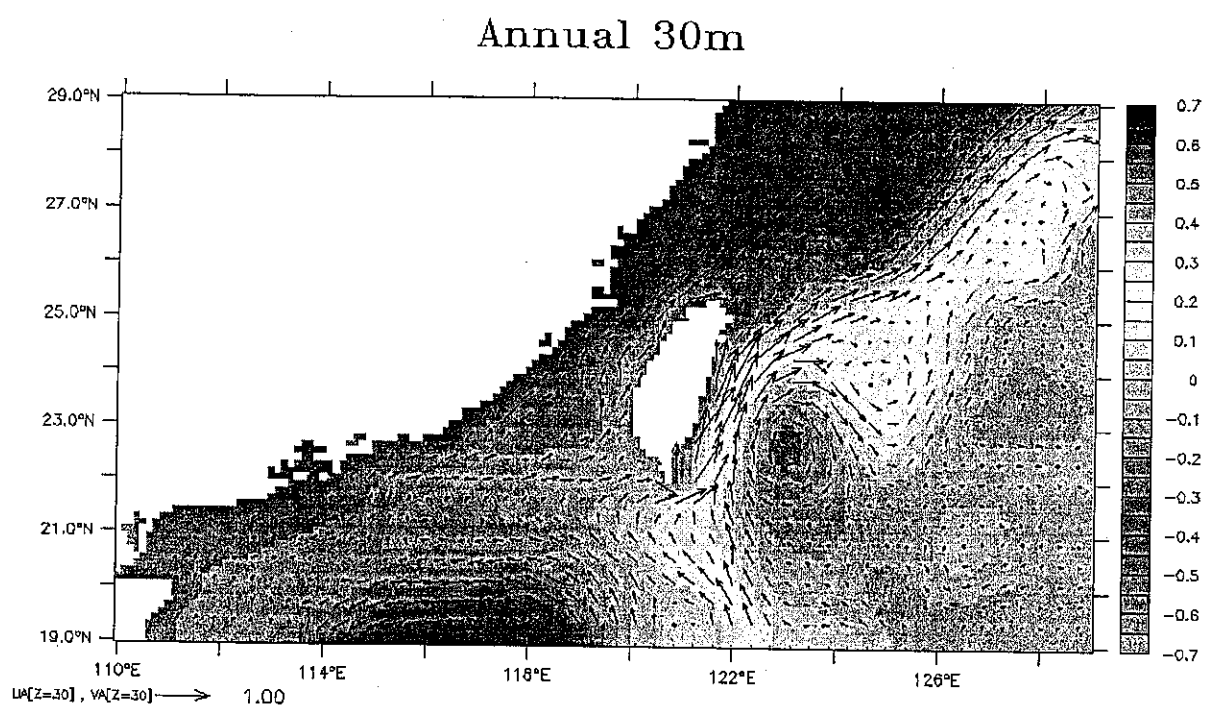


圖 3-2 (a) 模式之全年海面高度與 30m 的流況

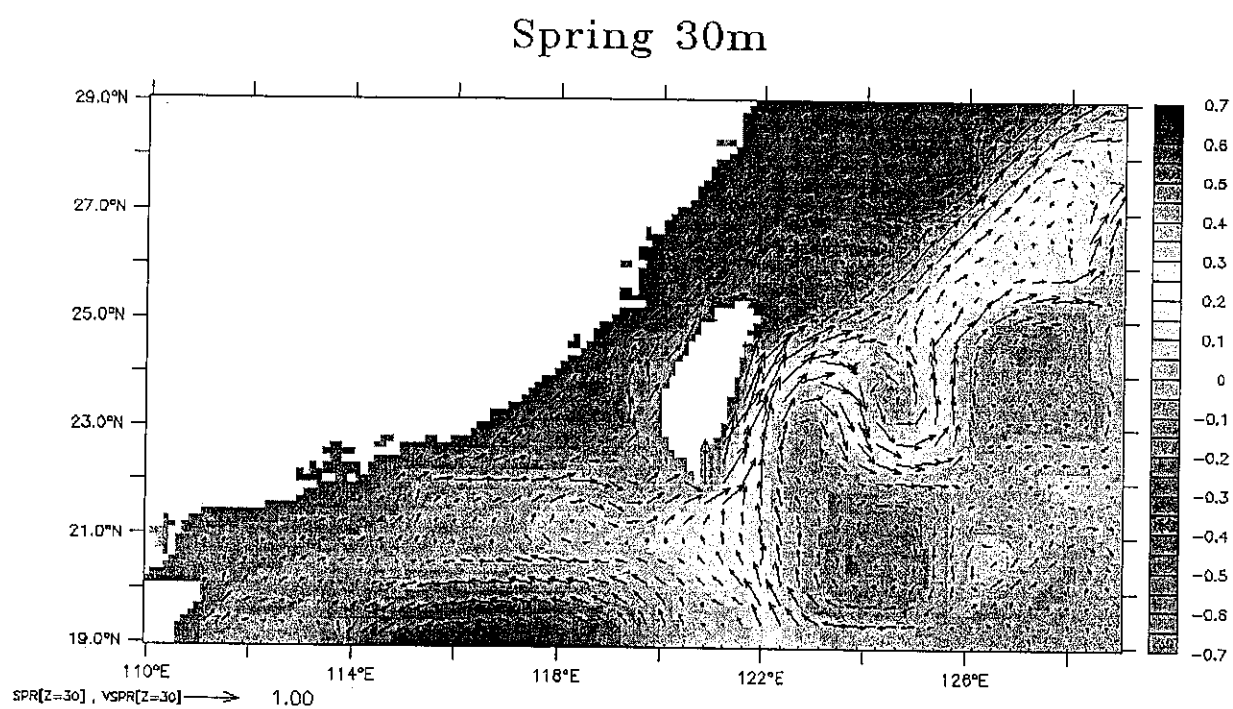


圖 3-2 (b) 模式之春季海面高度與 30m 的流況

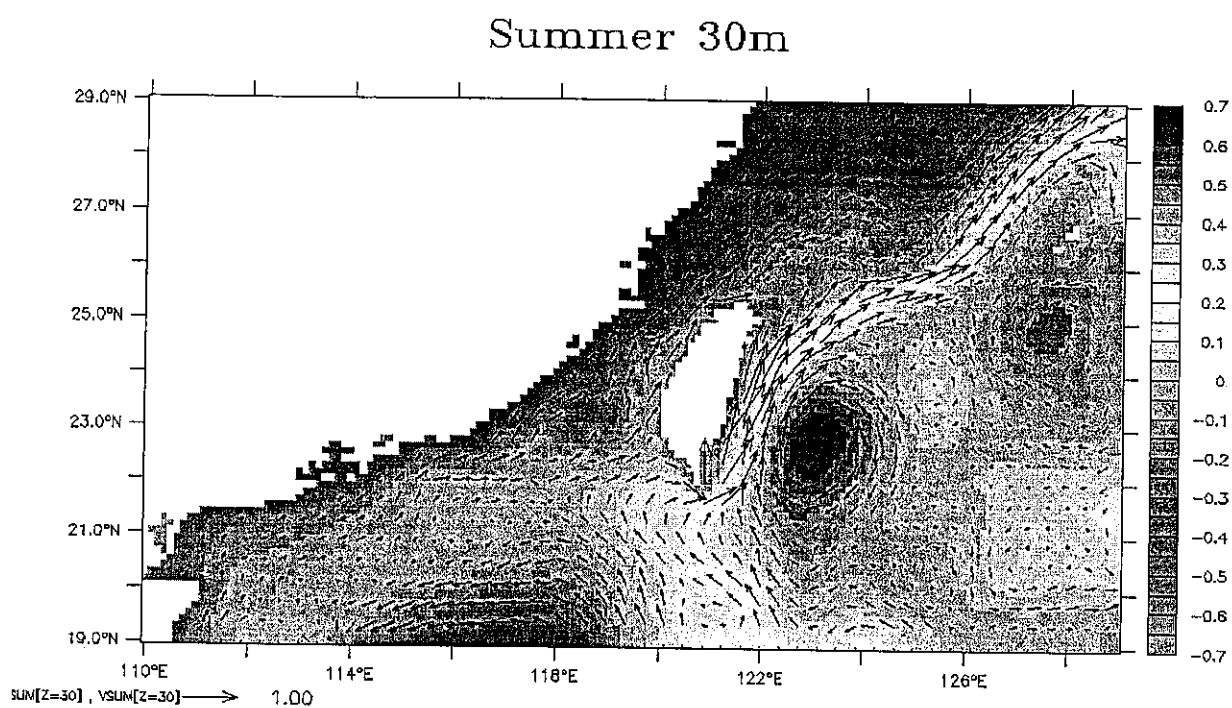


圖 3-2 (c) 模式之夏季海面高度與 30m 的流況

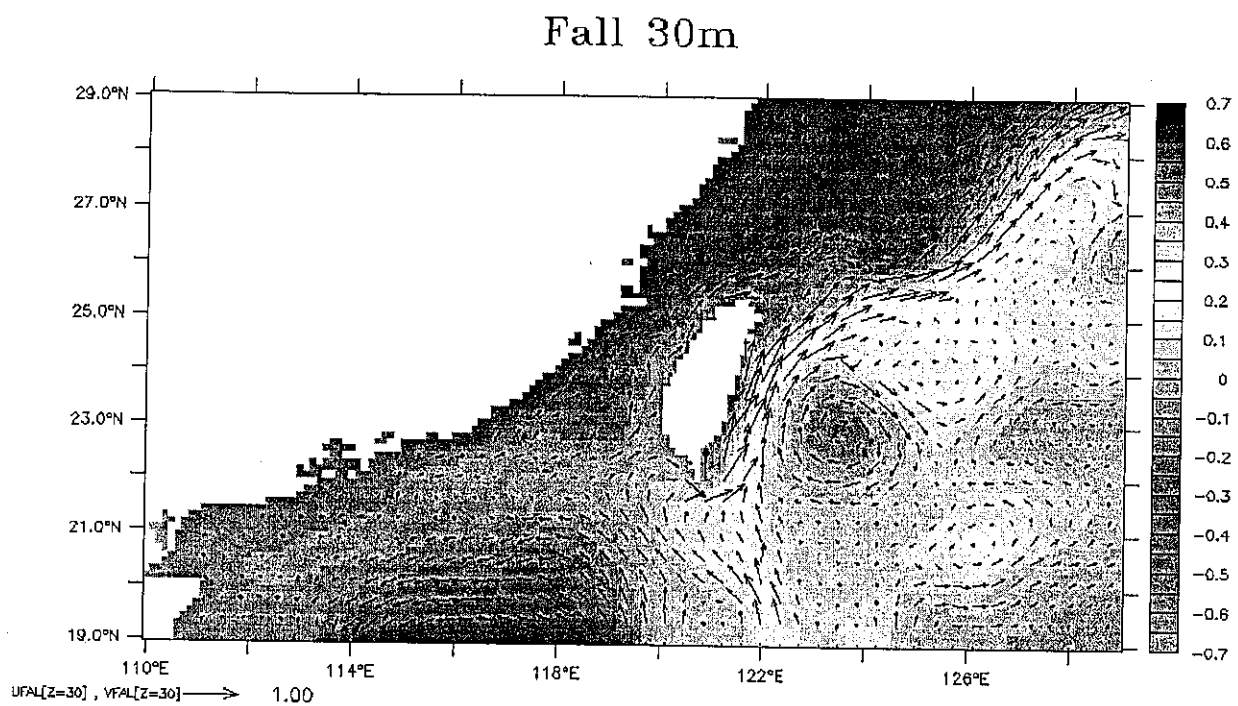


圖 3-2 (d) 模式之秋季海面高度與 30m 的流況

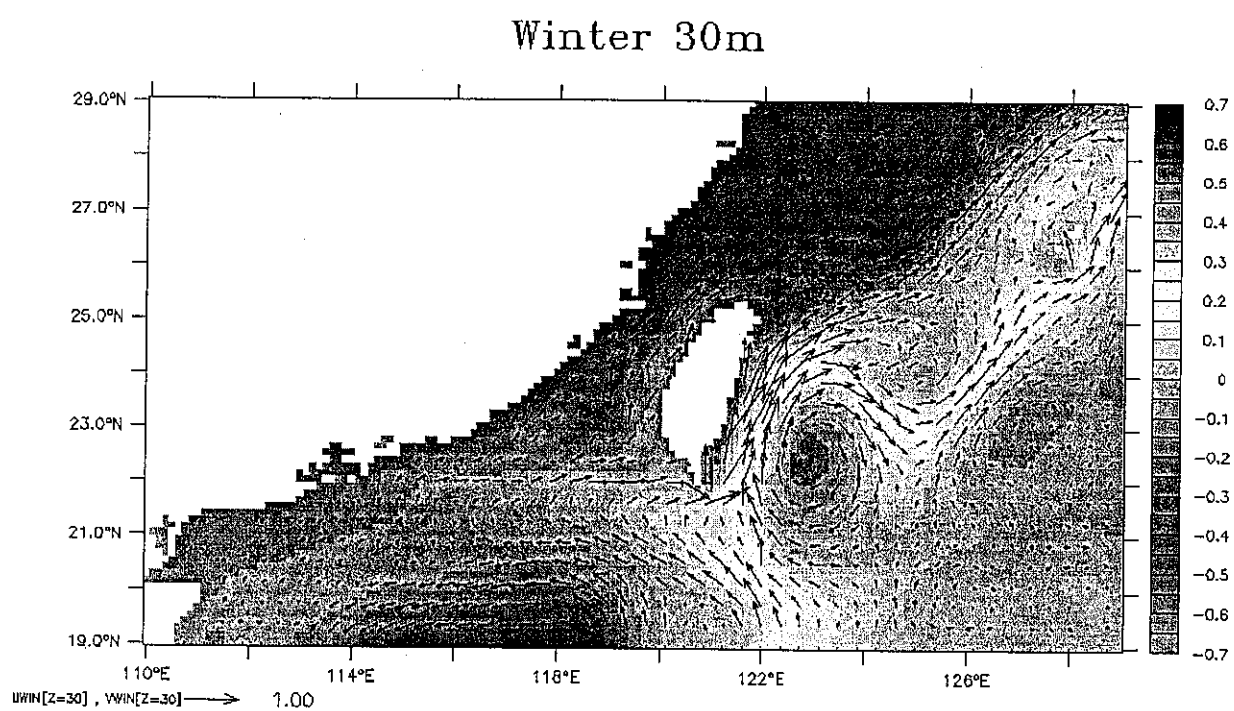


圖 3-2 (e) 模式之冬季海面高度與 30m 的流況

Spring

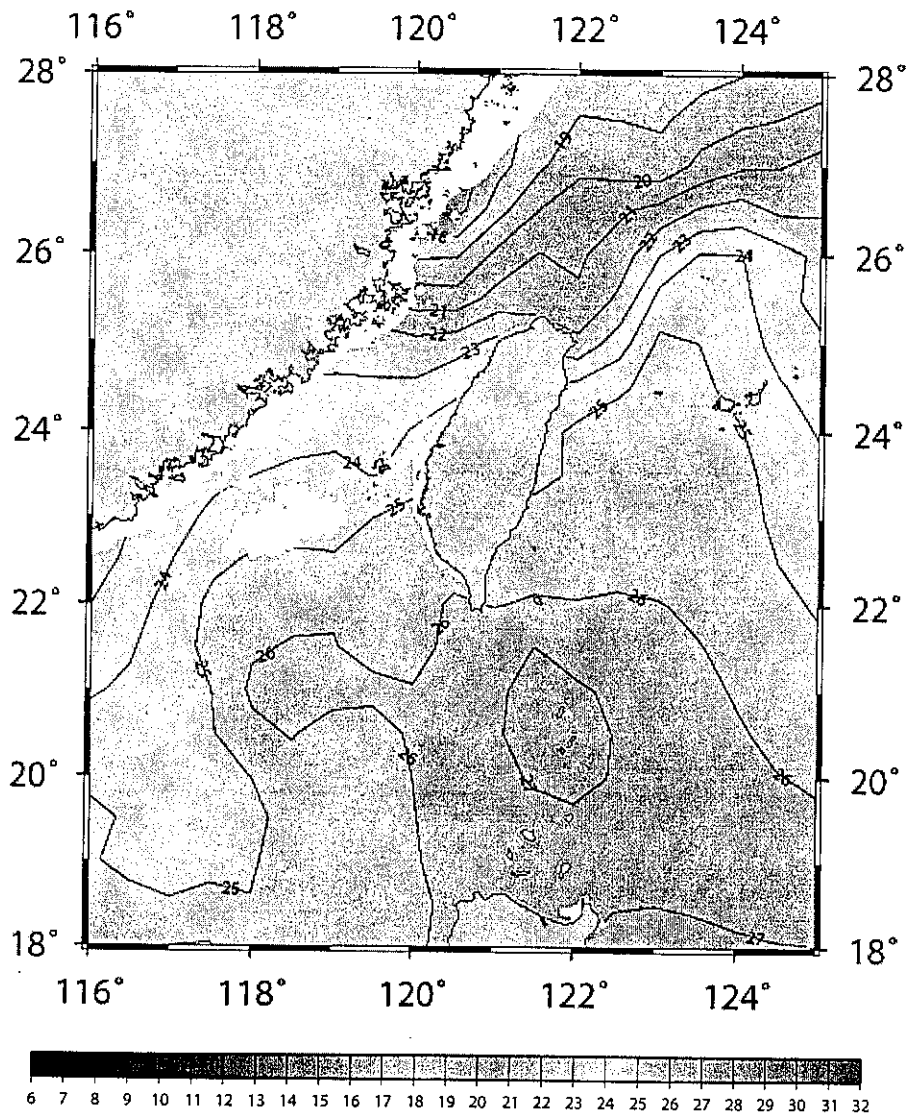


圖 3-3 (a) 觀測之春季 30m 的溫度

Summer

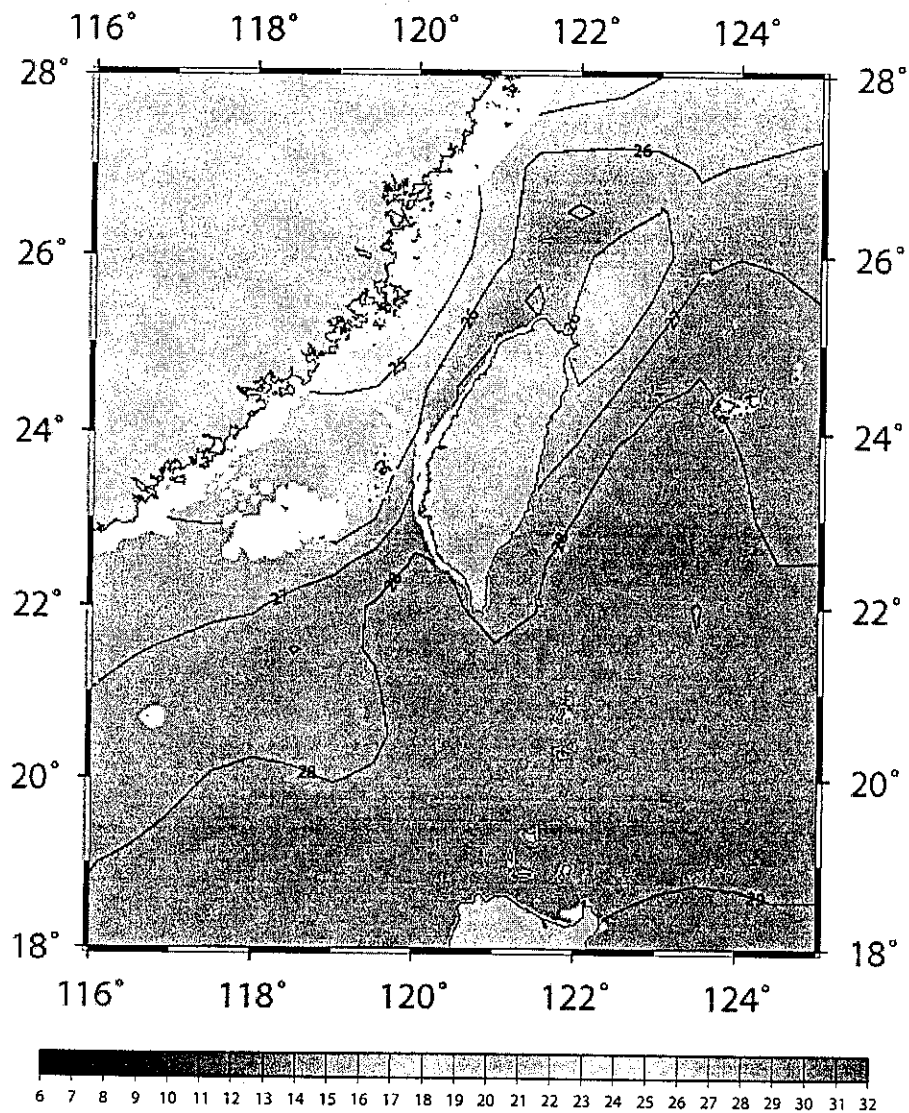


圖 3-3 (b) 觀測之夏季 30m 的溫度

Autumn

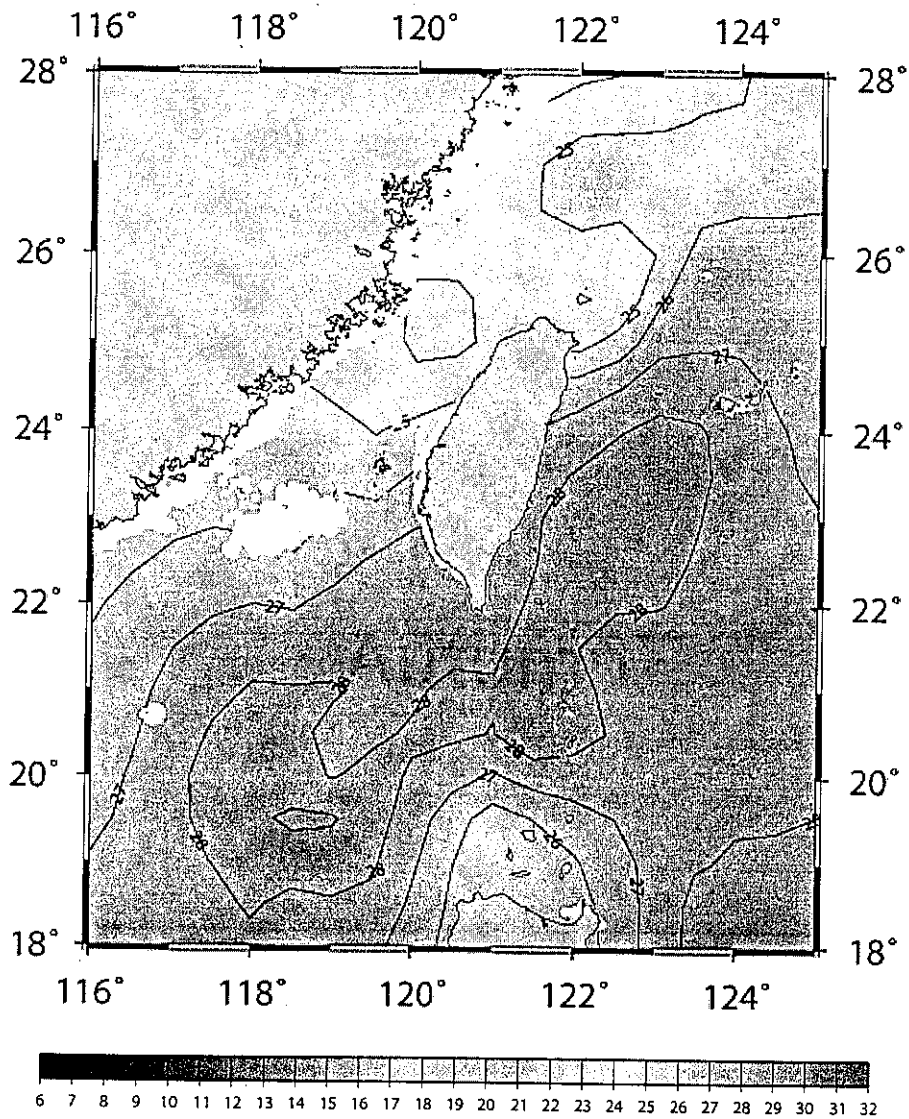


圖 3-3 (c) 觀測之秋季 30m 的溫度

Winter

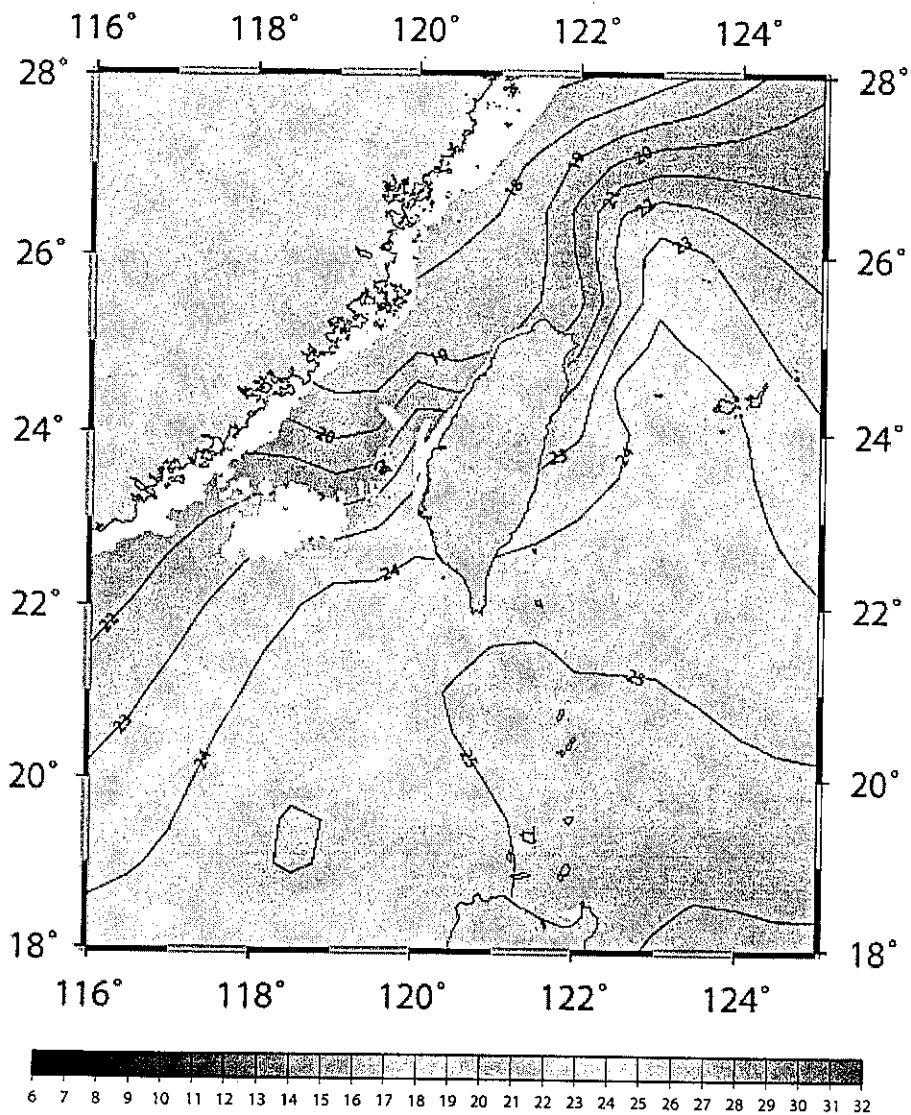


圖 3-3 (d) 觀測之冬季 30m 的溫度

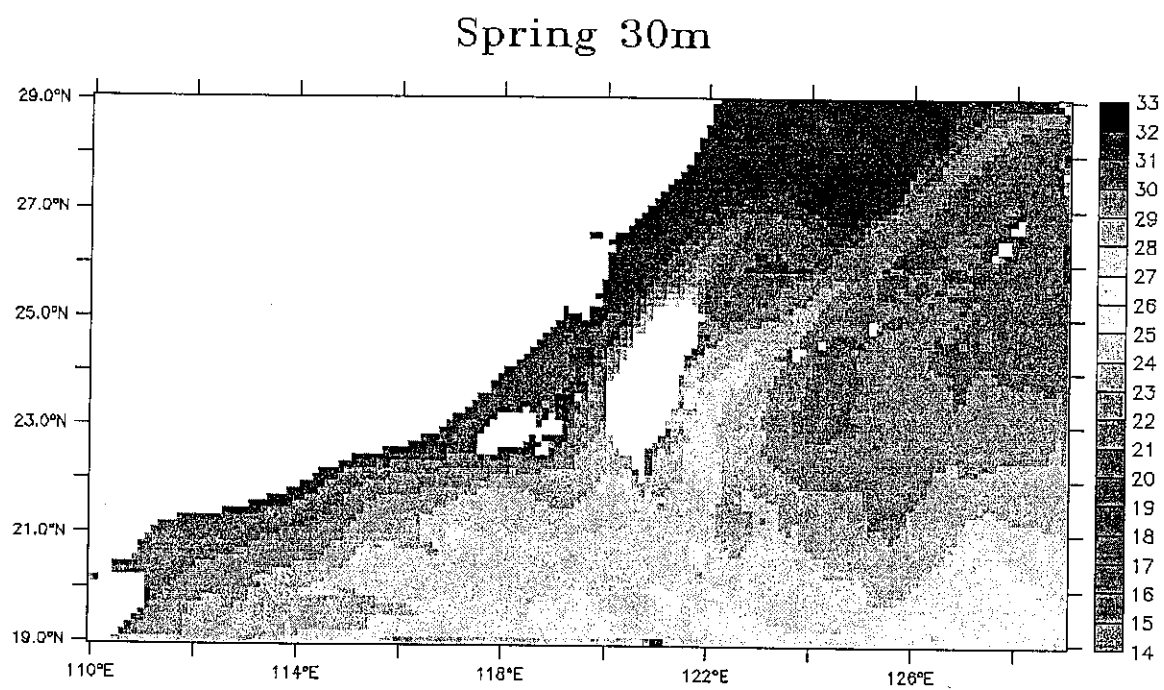


圖 3-4 (a) 模式之春季 30m 的溫度

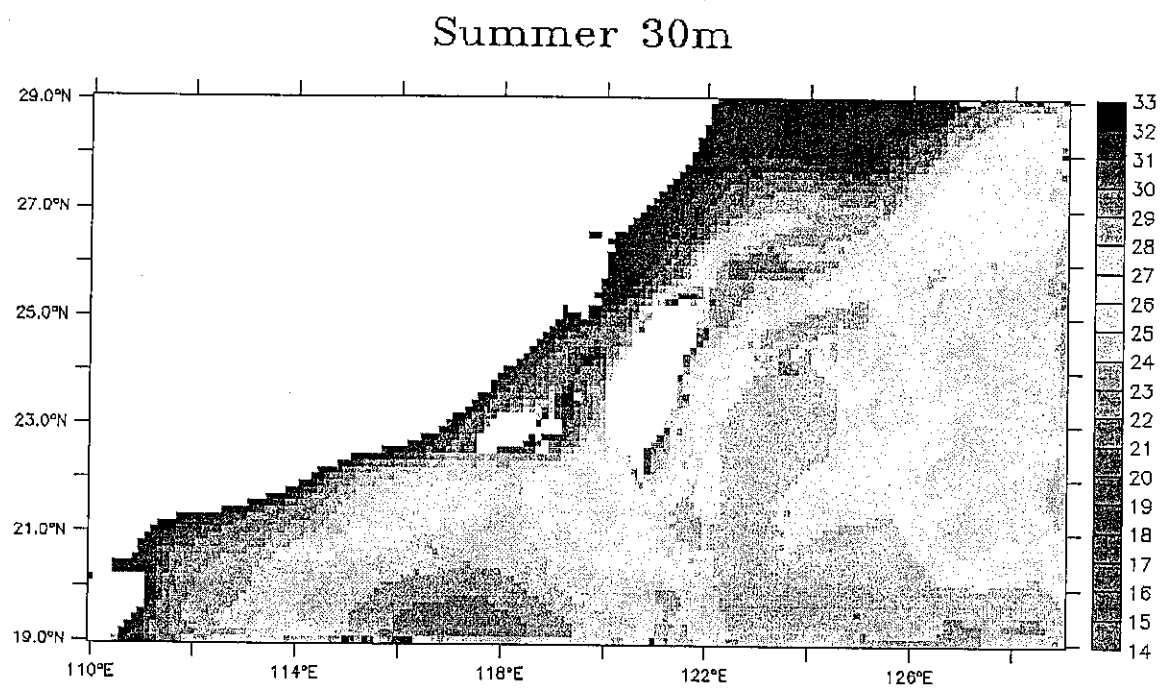


圖 3-4 (b) 模式之夏季 30m 的溫度

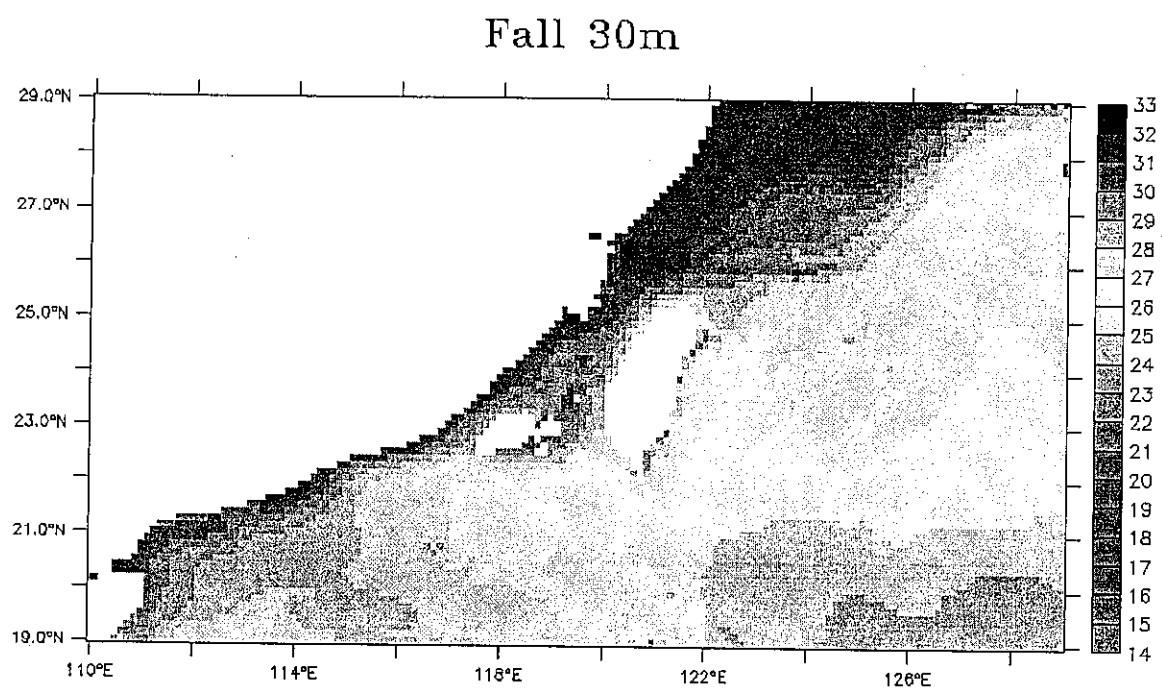


圖 3-4 (c) 模式之秋季 30m 的溫度

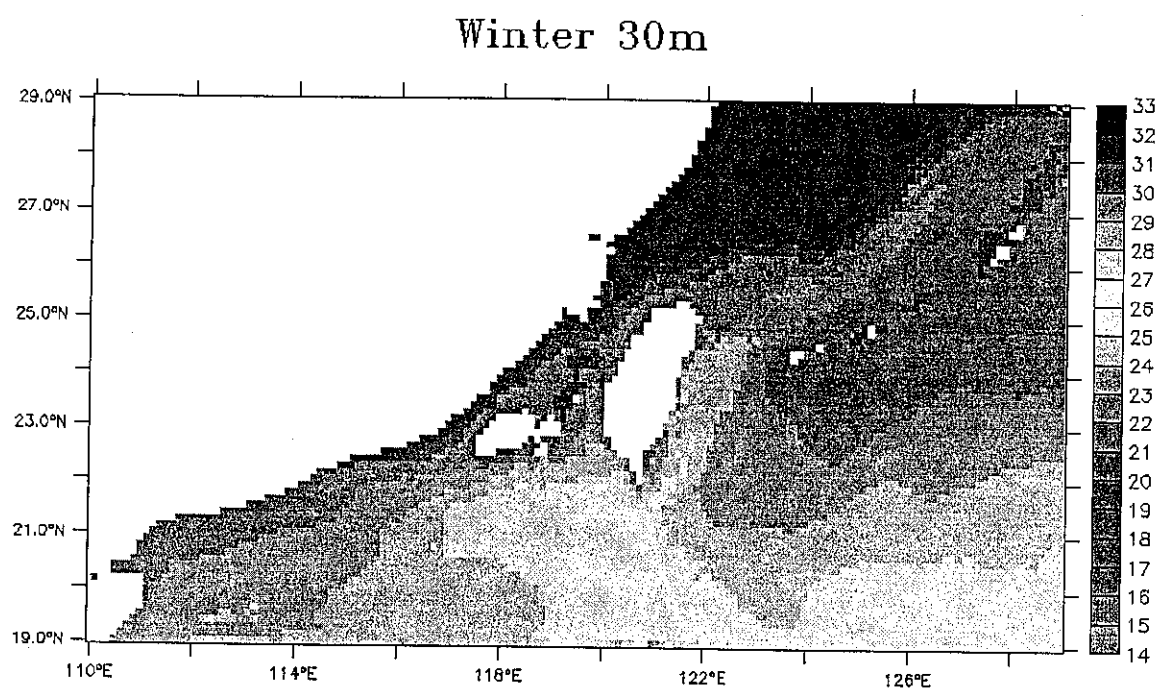


圖 3-4 (d) 模式之冬季 30m 的溫度

Spring

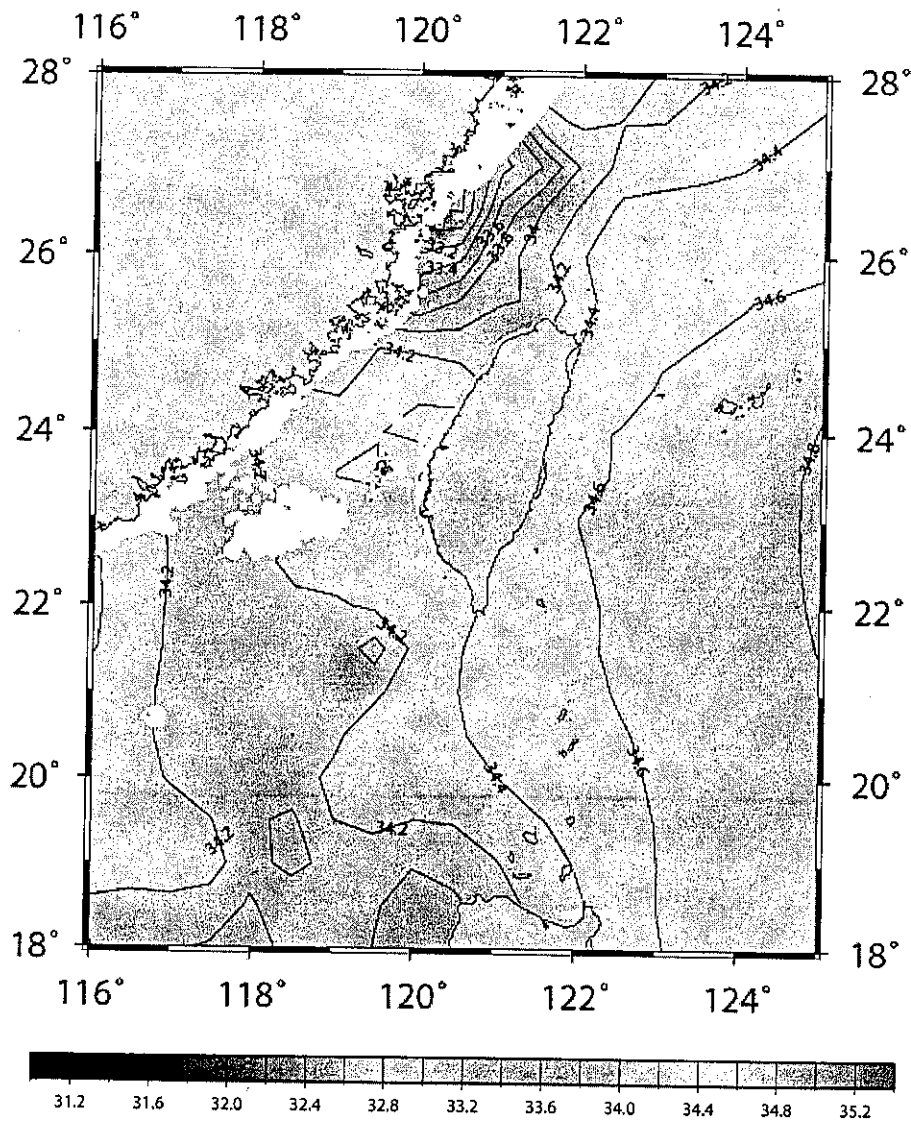


圖 3-5 (a) 觀測之春季 30m 的鹽度

Summer

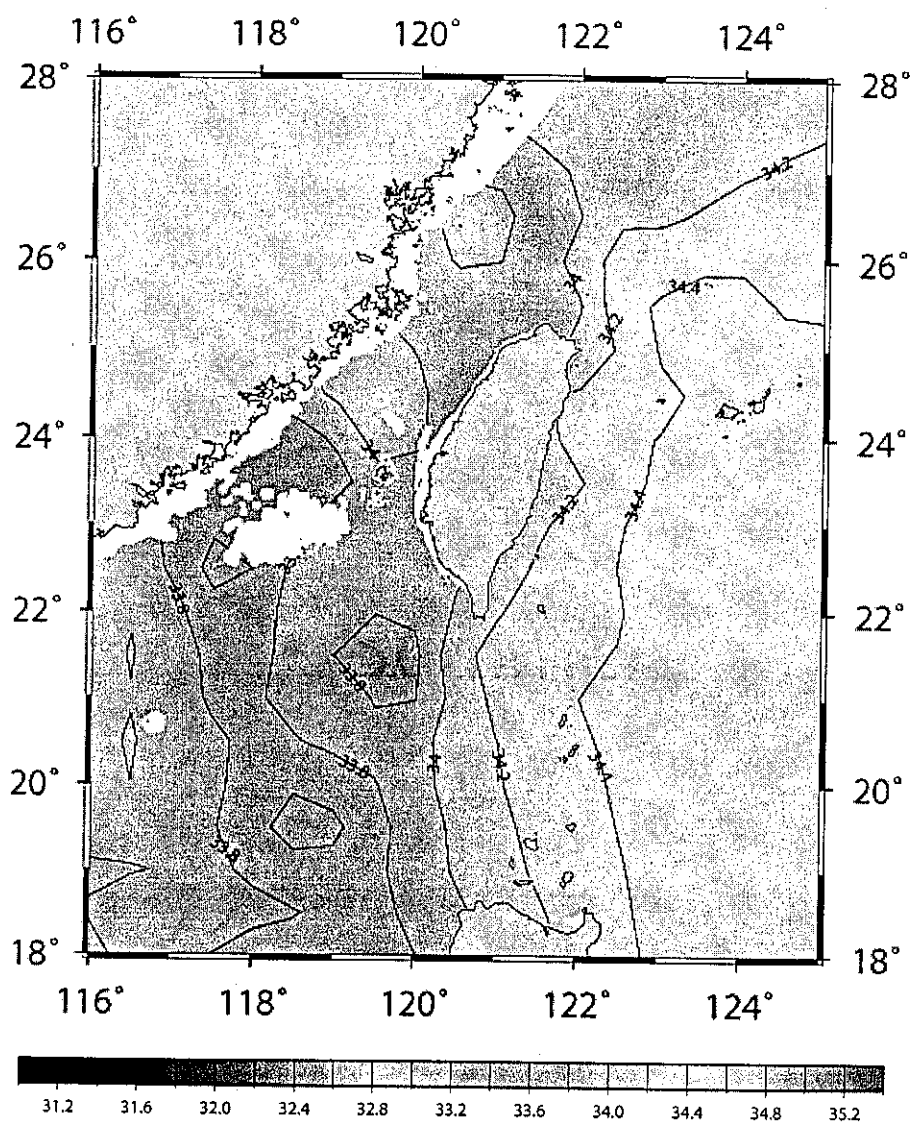


圖 3-5 (b) 觀測之夏季 30m 的鹽度

Autumn

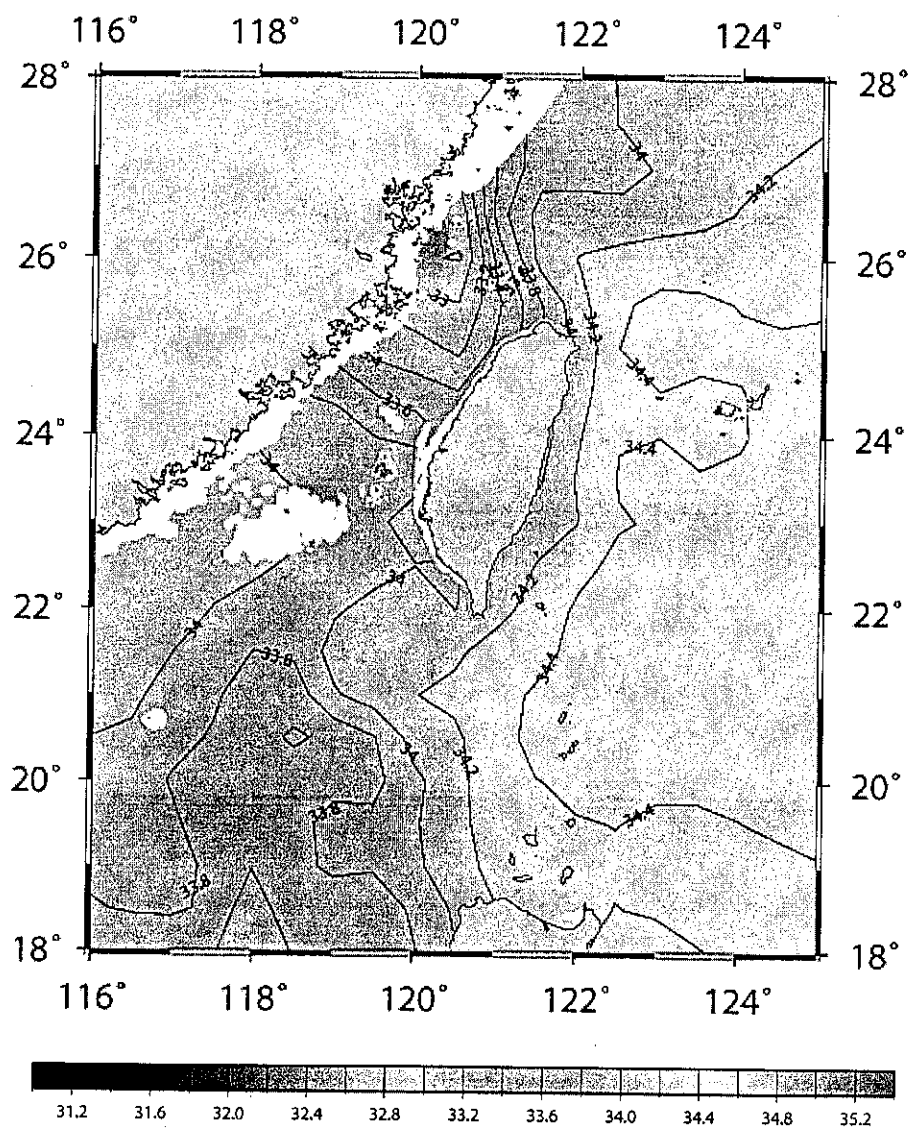


圖 3-5 (c) 觀測之秋季 30m 的鹽度

Winter

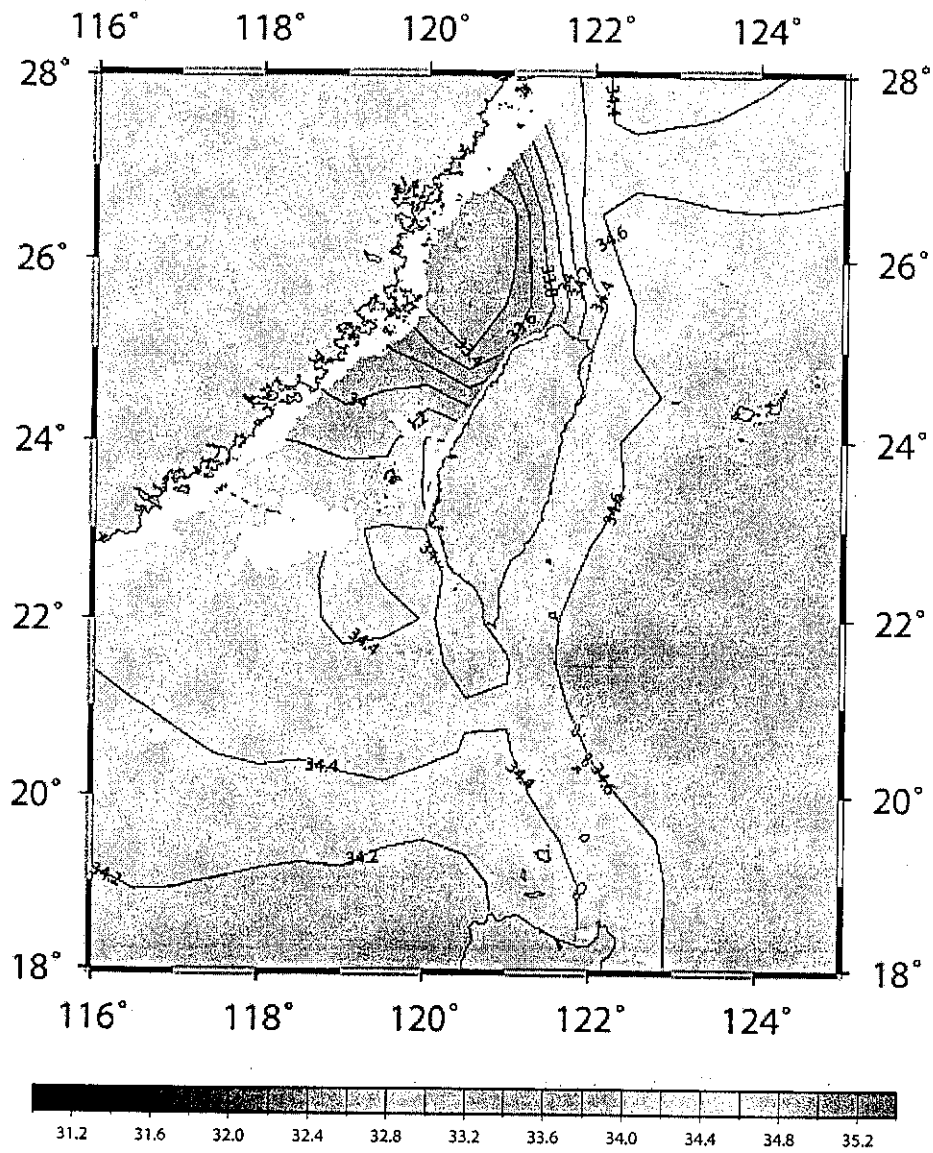


圖 3-5 (d) 觀測之冬季 30m 的鹽度

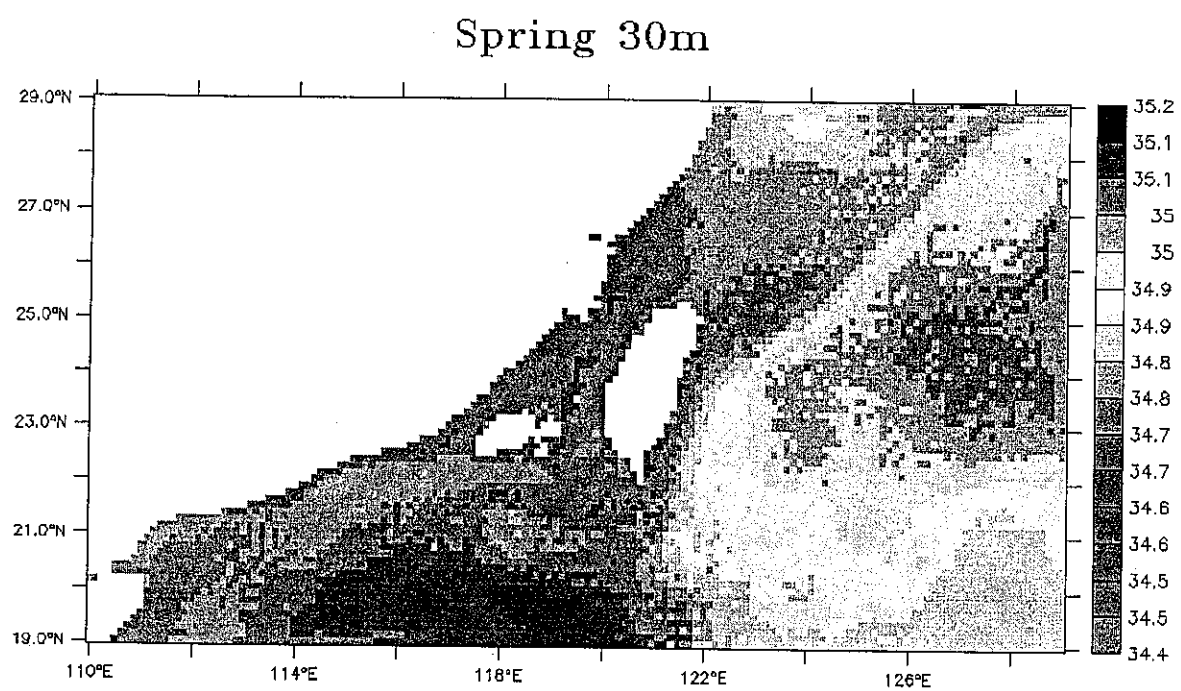


圖 3-6 (a) 模式之春季 30m 的鹽度

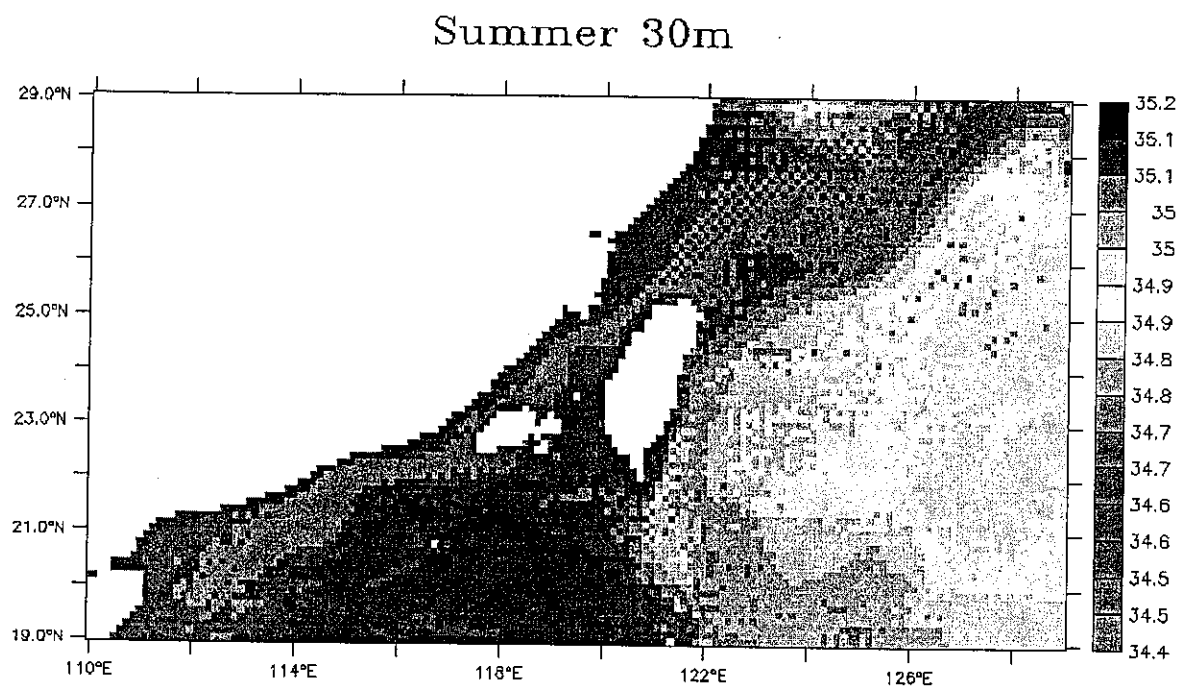


圖 3-6 (b) 模式之夏季 30m 的鹽度

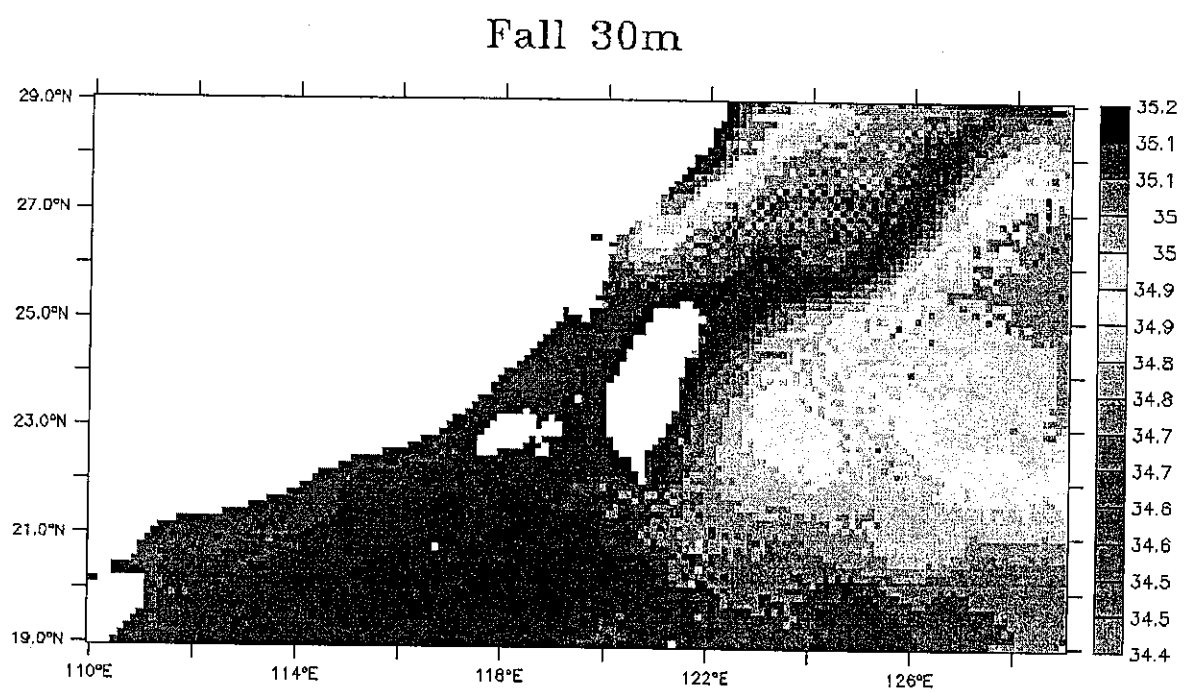


圖 3-6 (c) 模式之秋季 30m 的鹽度

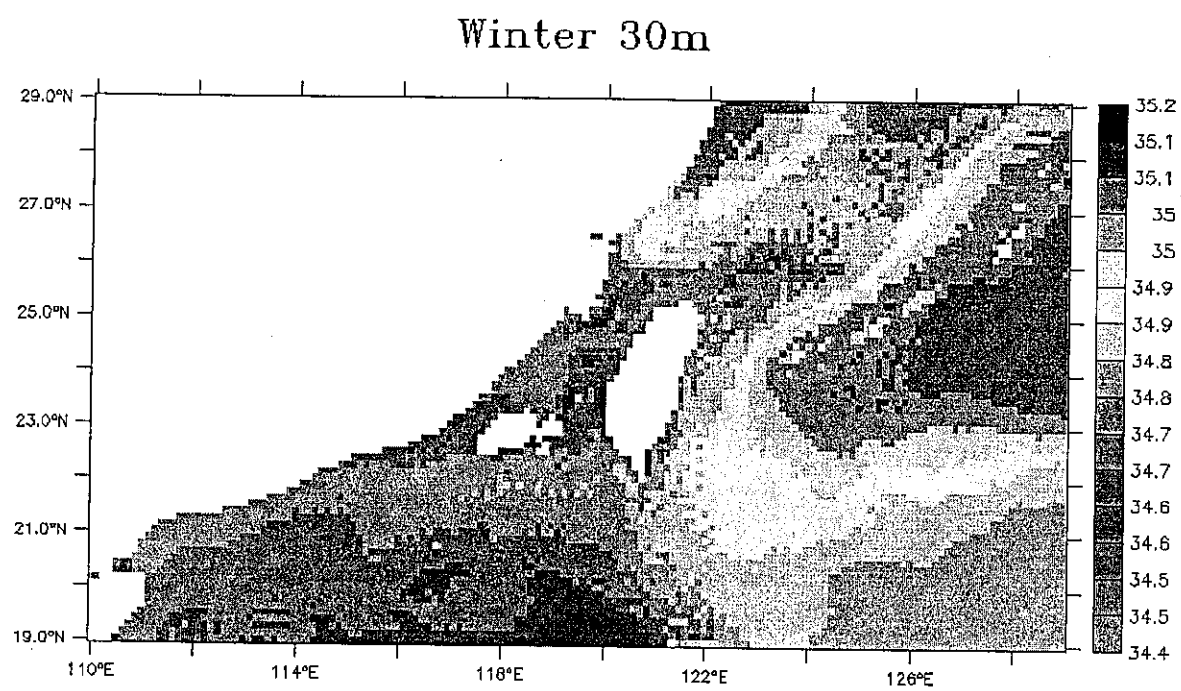


圖 3-6 (d) 模式之冬季 30m 的鹽度

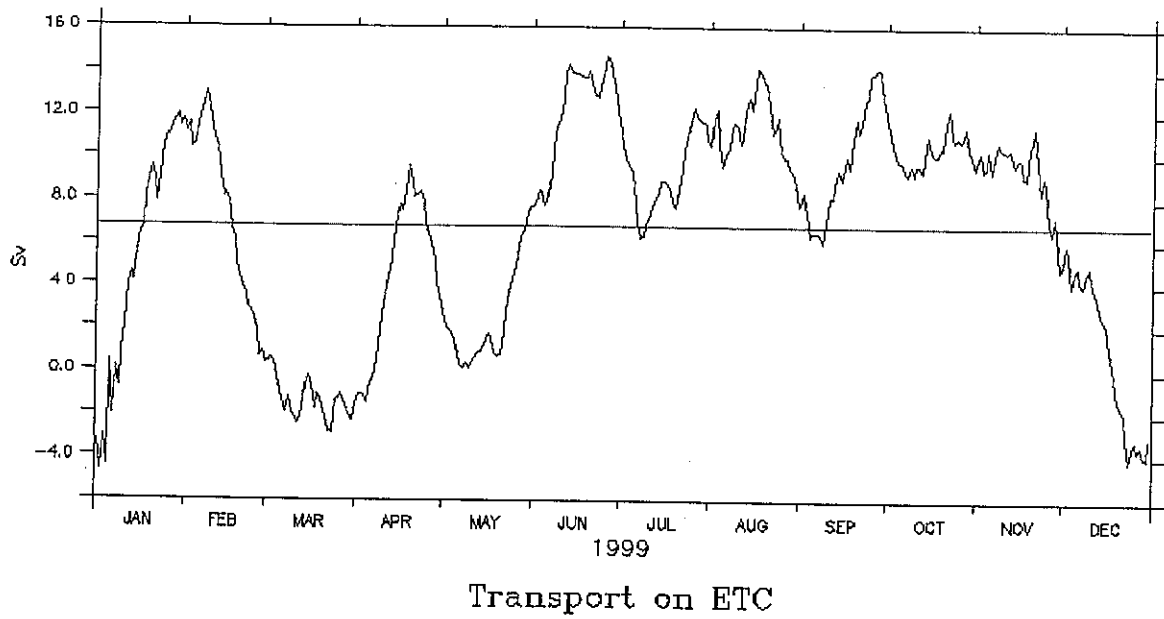
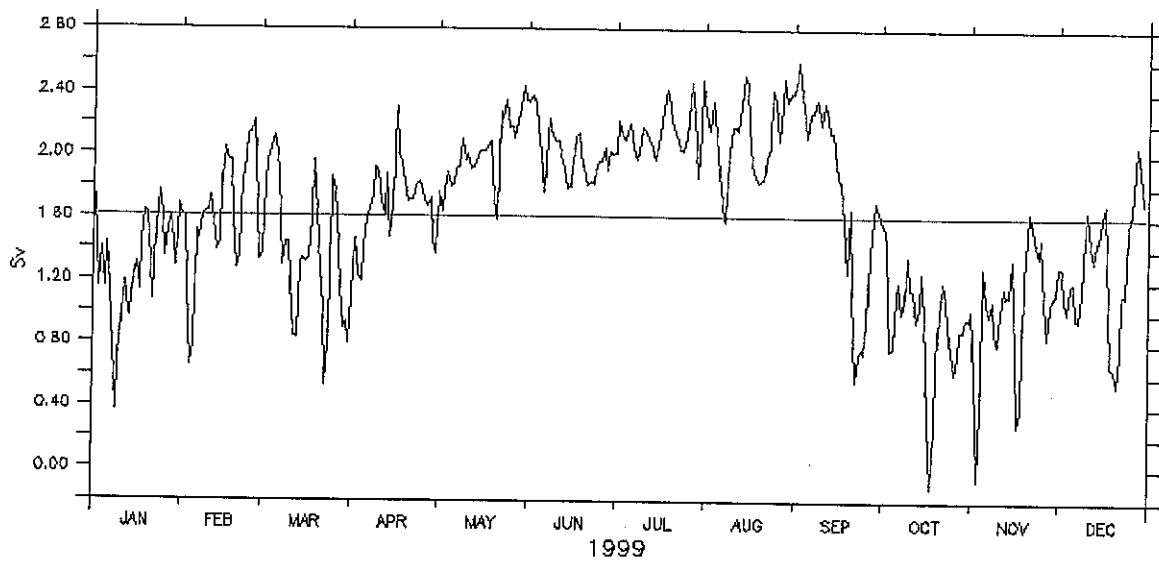


圖 4-1 東臺灣通道傳輸量之時間序列



Transport on Taiwan Strait

圖 4-2 臺灣海峽傳輸量之時間序列

交通部中央氣象局委託研究計畫成果報告

颱風降雨統計預報之研究及應用

計畫類別：☒國內 ☐國外

計畫編號：MOTC-CWB-93-2M-06

執行期間：93 年 2 月 1 日至 93 年 12 月 31 日

計畫主持人：樊采虹

執行單位：國立中央大學

中華民國 93 年 12 月

台南颱風降水之線性迴歸預測模式

樊采虹

中央大學統計研究所

摘 要

本文沿用葉等(2001)就台北颱風降水預測發展之線性迴歸方法，對台南地區之颱風降水進行校驗。所採用之資料為 1961 至 1994 共 34 年之台南每小時觀測風速、地面氣壓、與降水量，以及美軍聯合颱風警報中心颱風最佳路徑資料經線性內插所得各小時颱風之位置、中心最大風速與日序值。迴歸模式依颱風之中心位置，在東經 118 至 123 度北緯 22 至 25 度間，每一經緯度區域內分別建立，自變數包括前述台南觀測資料、颱風中心最大風速、日序函數值、颱風移速、颱風移向以及颱風中心與台南之距離等共八項。

由我們的分析顯示，台南颱風降水量需要透過如方根之轉換才能較趨近於常態分佈，而依此所建立之迴歸預報模式，對延時為 1/3/6/12 小時之時降水預測均方誤差為 42.6/48.5/54.3/44.8 mm^2 ，相關係數為 0.50/0.40/0.38/0.36；對 3/6/12 小時累積降水預測之均方誤差為 246/818/1968 mm^2 ，相關係數為 0.58/0.56/0.62。以相同個案預測結果和平均法做比較，其均方誤差減低，而相關係數則明顯提高，尤其是在累積降水預測方面。

關鍵詞：颱風降水預測、迴歸。

The Linear Regression Models for Predicting Typhoon Rainfalls in Tainan

Tsai-Hung Fan

Graduate Institute of Statistics, National Central University

ABSTRACT

Following the linear regression models for predicting the typhoon rainfall over Taipei developed by Yeh, et. al. (2001), this paper aims at the justification on the typhoon rainfall regression models for Tainan. The models are constructed independently in each one degree by one degree sub-domain according to initial latitude and longitude positions of typhoons. The predictors are the surface wind speed, the pressure, and the rainfall at Tainan, the center maximum wind speed, the typhoon moving speed and direction, the distance between Tainan and the typhoon center, and the Julian day number function (Neumann 1992). The observational data employed to the model development include the hourly surface wind, pressure and rainfall at Tainan when a typhoon was inside 118°E to 123°E and 22°N to 25°N from 1961 to 1994. The hourly, through the linear interpolations from the 6-hourly best tracks data of Joint Typhoon Warning Center/USA, center position, the center maximum wind speed, and the time of the typhoon occurred are also considered.

A square root transformation on the rainfalls is made to ensure the normality assumption of the models. The resulting mean squared errors and the correlation coefficients between observations and predictions for the 1/3/6/12 hour(s) lagged hourly rainfall predictions are $42.6/48.5/54.3/44.8 \text{ mm}^2$ and $0.50/0.40/0.38/0.36$, respectively; and $246/818/1968 \text{ mm}^2$ and $0.58/0.56/0.62$, respectively for the 3/6/12 hours accumulated rainfall predictions. It concludes that the regression models, both in Taipei and in Tainan, yield smaller mean squared errors, but higher correlation coefficients, compared with those made by the climatologic average based on the same data. Such significant improvements show the potential of applying the proposed regression models to the operational typhoon rainfall predictions.

Keywords: Typhoon rainfall prediction, regression.

表圖說明

表1：東經118度至東經123度，和北緯22度至北緯25度之間以經緯各1度區分為15個網格區域之代號。

表2：當颱風中心在各網格區域(見表1)時，對台南各延時之時降水量預測具顯著影響之自變數、個案數、與迴歸模型之 R^2 值。其中(大或小寫)TV等代碼之說明見文。

表3：以平均法與迴歸法預測台南之颱風時降水量結果之均方誤差(mm^2)與相關係數。

表4：如表2，唯為對台南各時段颱風累積降水預測具顯著影響之自變數、樣本個數、與 R^2 值。

表5：台南之颱風累積降水量以平均法與迴歸法預測結果之均方誤差(mm^2)與相關係數。

圖 1：(a)A9 網格內之時降水量原始資料，與(b)根號轉換後之常態機率圖。

圖 2：(a)A9 網格內之累積雨量原始資料，與(b)根號轉換後之常態機率圖。

圖 3：迴歸模式對延時為(a)1、(b) 3、(c) 6 與(d)12 小時時降水預測值(縱軸，mm)相對於觀測值(橫軸，mm)之散佈圖。

圖 4：迴歸模式對 (a) 3、(b) 6 與(c) 12 小時累積降水預測值(縱軸，mm)相對於觀測值(橫軸，mm)之散佈圖。

一、前言

近年來，民眾聞颱風色變，從 1996 年賀伯颱風、1997 年溫妮颱風、1998 年瑞伯颱風及 2000 年象神颱風，均帶來豐沛的雨量。颱風所夾帶的豪雨，經常造成土壤流失、人員傷亡、甚至經濟上的重大損失。關於颱風降雨量預報，葉等(1999)曾提及國外現今研究相當少，並沒有成熟方法可供應用。但是在台灣地區，自 1963 年葛樂禮颱風降下 1500 公厘豪雨後，相繼有許多學者發展有效的方法，提供對降雨量的預報。目前中央氣象局降雨預報作業主要是參考吳與謝(1990)的整理，依路徑分類之累積降雨量分佈(魏等 1971)，及王等(1986) 所發展的區域平均法與比值法，作為預報參考依據。因此，如何提升降雨量的預報，減少災害損失，為刻不容緩的課題。

葉等(2000)曾以完整的觀測資料，對台北地區應用所謂平均法做颱風時降水預測之校驗，在颱風移動預測誤差不考慮下，平均法預測颱風時降水量之均方根誤差並不大，不過對所有較大降水量之個案則有明顯低估的情況。葉等(1999 與 2000)進一步測試持續法與差異持續法颱風降水預測之誤差，他們發現持續法主要可以改善短延時之降水預測。差異持續法則無論是時降水量或累積降水量之預測，在絕大部分地區皆較平均法之預測為優，如在宜蘭、台北、台中、台東等。雖然差異持續法較平均法有所改善，尤其是對較大降水之分辨能力已較平均法之預測有明顯改進，然而整體而言，預測誤差仍相當大，在時降水量預測方面準確度更低，顯示應用區域平均為基礎之簡單統計方法，尚未能有效的達到準確預測颱風降水的目的。

發展迴歸預測方程是屬於較完整統計方法之應用，在氣象預報作業方面也有應用實例，如 Neumann(1972)與 Xu and Neumann(1985)即以颱風之所在經緯位置、日曆天數、颱風中心最大風速、颱風過去位移量等為因子發展颱風路徑迴歸預報模式； DeMaria and Kaplan (1994)與 Fitzpatrick(1997) 也先後應用颱風所在經緯位置、日曆天數、颱風強度、颱風過去位移量、颱風過去強度改變量、垂直

風切與角動量等為因子發展颱風強度迴歸預報模式；Carter et al. (1989)則應用數值預報模式預報結果發展迴歸預測方程，應用在一般天氣預報。國內中央氣象局也應用 Carter et al. (1989)相同之概念，建立統計預報系統，進行每日最高最低溫、雲量與降水量等之預測(陳等 2000)；陳等(1993)則曾測試颱風降水迴歸預報模式，他們以非獨立之個案校驗結果顯示其模式較平均法之預測誤差小。

葉等(2001) 以颱風之中心最大風速、颱風與測站的距離、颱風移動方向角度、颱風移動速度與台北測站觀測的風速、地面氣壓、時(或累積)降水、日序等為因子發展台北地區颱風時(累積)降水迴歸預報模式。結果顯示，透過較完整統計所發展之颱風降水迴歸預測模式，其預測結果由相關係數與均方誤差研判都較平均法預測結果有明顯改善，同時也對部分較大降水個案能正確分辨，顯示此颱風降水迴歸預測模式有作業上使用之價值。

本文主要的目的即沿用葉等(2001)的方法，對台南地區進行颱風降水之時(累積)降水預測，期能進一步了解颱風降水預測之誤差並有效提高颱風降水預報能力，同時亦探討影響颱風降水量的主要因子。於後第二章將對所用之資料與降水量預測方法做扼要介紹說明，第三章為結果分析與討論，最後是結論。

二、資料與預測方法

葉等(2001)以 1961 至 1994 共 34 年之颱風降水資料，應用迴歸預測方程進行台北地區颱風降水預測之校驗，相同的方法將被應用來檢驗台南地區颱風降水情形。中央氣象局台南測站對測站風速、地面氣壓、及降水量每一小時皆有紀錄。颱風位置與中心附近最大風速則採用聯合颱風警報中心(Joint Typhoon Warning Center, Guam, USA)每六小時之最佳路徑資料內插至每小時。針對颱風進入東經 118 度至東經 123 度，和北緯 22 度至北緯 25 度之間時進行台南颱風降水迴歸預報測試。進行的作法是將此區域以經緯各一度區分為 15 個網格區域(見表 1)，被預測颱風之所在網格區域確定後，以 1961 至 1994 年間曾經經過該網格區域之其

他颱風自變數資料與 Δt 時間後之時(或累積)降水量做為迴歸模式之觀測值，估計模式中之迴歸係數，迴歸模式建立後，透過被預測颱風之其他自變數資料和迴歸模式即可預測其 Δt 時間後之時(或累積)降水量。扼要的說，本文使用之自變數向量 X 包括下列各項：

X_1 ：為颱風當時中心最大風速，TV，單位為公尺/秒。

X_2 ：為颱風與測站的距離，DS。設測站所在的位置經度為 X_s ，緯度為 Y_s ，記為 (X_s, Y_s) ，而颱風所在位置之經緯度記為 (X, Y) ，則測站與颱風的近似距離定為 $X_2 = \sqrt{[(X - X_s) \times \cos 20^\circ]^2 + (Y - Y_s)^2}$ 。

X_3 ：為颱風移動的方向角度，TD。設颱風在當時所在經緯度位置為 (X_1, Y_1) ，而其在 Δt 前時所在位置之經緯度記為 (X_0, Y_0) ，則颱風移動之近似方向弧度定為 $X'_3 = \tan^{-1}(\frac{Y_1 - Y_0}{X_1 - X_0}) + \frac{\pi}{4}$ ，並將其值限制在 0 至 2π ，而移動的近似方向角度則為 $X'_3 = \tan^{-1}(\frac{Y_1 - Y_0}{X_1 - X_0}) + \frac{\pi}{4}$ 。其中加 $\pi/4$ 主要使不連續處(在颱風移向為西南時)之個案最少。

X_4 ：為颱風移動的速度，TS。設颱風在當時所在經緯度位置為 (X_1, Y_1) ，而其在 Δt 前時所在位置之經緯度 (X_0, Y_0) ，則颱風移動的近似速度定為

$$X_4 = \sqrt{[(X_1 - X_0) \times \cos 20^\circ]^2 + (Y_1 - Y_0)^2} / \Delta t。$$

X_5 ：為台南測站當時所觀測的風速，SW，單位為公尺/秒。

X_6 ：為台南測站當時所觀測的地面氣壓，SP，單位為 hpa。

X_7 ：為日序的轉換，JD。若當時之日序為 X'_7 ，則採與 Neumann(1992)相同

$$\text{轉換公式 } X_7 = \sin[(X'_7 - 41) \times \frac{\pi}{364.75}]。$$

X_8 ：為台南測站當時之時(或 Δt 小時累積)降水量，SR。

而反應變數 $Y_{\Delta t}$ 為 Δt 時以後之降雨量。

在建立迴歸模型前，先對資料 $Y_{\Delta t}$ 做常態機率圖以判斷其是否具常態性。以 A9 網格為例(網格區域位置為東經 120 至 121 度和北緯 24 至 25 度)，圖 1(a)為在 A9 網格區域之時降水量的常態機率圖，因有些時降水量太大，有些又太小，故其分佈距常態分佈甚遠，因此考慮將降水量做根號之轉換。圖 1(b)為轉換後之常態機率圖，結果已大致分佈在一直線附近，較原資料改善許多。我們將每一網格區域之資料均做同樣的檢視，發現方根是恰當的常態轉換，因此以下所討論的時降水量迴歸模型中，皆將時降水量做方根處理。

對累積降水量，由於累積降水量為時降水量之累積，整體而言比較沒有太極端的數值，以在相同之網格區域 A9 為例，圖 2(a)為颱風在 A9 網格區域之 3 小時累積降水量的原始資料常態機率圖，其分佈與常態分佈較接近，但仍有部份值過大或過小，對其他網格區域之累積降水量資料做同樣的檢視，發現 3 小時以上累積降水量大致均與圖 2(a)類似，然而為使其更近似常態分佈，累積雨量仍引用根號轉換，轉換結果如圖 2(b)。

本文只考慮自變數為 X 之一次線性迴歸模型，即

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_g X_g + \epsilon ,$$

而 Y 為雨量之平方根。並以逐步迴歸(stepwise regression)篩選重要之自變數因子，關於模型建立之詳細步驟與方法可參閱葉等(2001)及 Draper and Simth(1998)。表 2 和表 4 則分別列出時雨量和累積雨量在前述各網格中經逐步選出之自變數及其多重判定係數(Coefficient of Multiple Determination) R^2 值。

三、預測結果

1. 時降水量

表 2 為各網格區域中影響時降水量 $Y_{\Delta t}$ 之顯著變數，及僅包含這些顯著自變數之線性迴歸模型的 R^2 值。為方便討論，於後對各自變數將以 TV、TD 與 TS 代表颱風中心最大風速、移動方向角度與移速，以 SW、SP 與 SR 分別表台南當

時之風速、地面氣壓與當時之 $\sqrt{\text{時降水量}}$ (或 $\sqrt{\text{累積降水量}}$)，以 JD 表曰序函數值，並以 DS 表颱風中心與台南之距離。對延時為 1、3、6 與 12 小時後之颱風時降水，SR 是在絕大部份網格區域達顯著影響的自變數，不過 SR 之影響有隨延時之增加而逐漸減少的現象，對延時由 1、3、6 增大為 12 小時，SR 達顯著影響的區域由 15、9、7 逐漸減少為 3，此種現象顯示在短延時內，台南颱風兩時降水量間之相關性相當大，但隨延時之增加，兩者相關性明顯減小。TS 對台南颱風時降水之影響有隨延時增加而增加的情形，對延時為 12 小時之降水，TS 在 6 個網格區域內達顯著性，顯示颱風移動速度和短時間內之颱風降水關係較弱，但和較長時間後之降水強度則關係較為密切。

對延時為 6 小時後之颱風時降水，TD 已在 6 個網格區域達顯著性，對延時為 12 小時之時降水，TD 在 7 個網格區域達顯著性，這表示颱風之移動方向角度雖對次一小時之降水強度關係不密切，但對往後之降水強度卻有相當程度之影響。同樣的，TV 也有相同現象。當颱風中心位於台灣附近時，SW 為一顯著影響的自變數，在 A11、A12 與 A14 等 3 區域在不同延時均達到顯著，顯示當颱風中心位於這些區域時，台南之風速影響颱風之降水。

由表 2 中 R^2 值之分佈可以發現，對延時為 1 小時之降水，除 A10、A13 及 A14 較小外，其餘各網格區域 R^2 值大多都在 0.5 以上。隨延時之增加，上述網格之 R^2 有逐漸增大的趨勢，這種變化顯示迴歸降水估計對颱風離台灣較遠時之降水估計有較大的不確定性，而對颱風接近台灣時之降水估計則較能確定。而颱風遠離時，一方面因各不同颱風可能受地形影響程度不同，而增加其複雜性，另一方面也可能會因颱風中心過後西南氣流之不同作用而影響其降水，因此使得此時颱風之時降水預測有較大的不確定性。

另外經檢視發現在 R^2 值較低之網格中，有很大一部份的資料其反應變數的觀測值為零（即未降水），事實上，在這些網格內，延時之時降水量為零的比例

都達 1/3 以上，因此方根或任何轉換都無法改變資料聚集在某一點的現象，而此現象會影響迴歸模型之適合性。關於這部分的問題及修正方法，李(2001)有較完善的討論，不在本文考慮範圍內。

表 3 進一步比較以迴歸法與平均法進行台南時降水預測結果之均方誤差與相關係數。由表可見迴歸法預測結果在各延時之均方誤差(相關係數)皆較平均法預測結果為小(大)。而圖 3 則繪示所有預測個案之預測降水量相對於觀測降水量之散佈情形。由圖可知，迴歸法已能分辨部分較大降水個案，且相關係數皆在 0.4 以上，顯示經過較完整之統計迴歸，確實能提高台南颱風時降水之預測能力。然而，圖 3 也顯示對許多大於 10mm/h 之時降水個案卻仍有低估之情形，尤其是對延時為 12 小時之時降水，其迴歸法預測結果較平均法預測結果之改進情形仍相當有限。值得注意的是降水量低估的原因乃與前述資料中相當比例的個案降水量為零有關，不論是平均法或迴歸法都會有低估的現象。

2. 累積降水

表 4 列示颱風中心在各網格區域時，對台北各時段颱風累積降水預測達顯著影響之自變數與 R^2 值。由表可見，SR 為大部分網格區域皆達顯著性之自變數，不過 SR 之影響有隨延時之增加而逐漸減少的現象，對延時由 3、6 增大為 12 小時，SR 達顯著影響的區域由 13、9 逐漸減少為 7，此種現象顯示在短延時內，台南颱風兩累積降水量間之相關性相當大，但隨延時之增加，兩者相關性明顯減小。TD 和 JD 是另二項在更長時累積降水逐漸有比較多區域達顯著性之自變數，尤其是對 12 小時之累積降水，TD 與 JD 分別在 9 與 10 個區域達顯著性。TD 達顯著性之區域主要在北緯 22 度至 23 度間。而 JD 達顯著性之區域則主要在 A5、A7、A9 與 A11 網格，也就是在颱風靠近台南四周時，日序為一顯著因子。對 12 小時累積降水，TD 也在東經 121 度以西 9 區域中之 5 個區域達顯著性，TV 在東經 120 度以西的 6 個區域均為顯著因子，所以當颱風位於台灣西邊時，颱風中心風速與颱風移動之方向對累積降水量有顯著之影響。

由累積降水 R^2 值之分佈可見，在相同之網格區域內，累積降水之 R^2 值大致皆較時降水 R^2 值為大，顯示由自變數所建立之颱風降水迴歸方程，對累積降水之解釋較對時降水之解釋更好。另外，累積降水 R^2 值隨降水累積時段之增加也沒有隨之變小的現象，反而稍微增加，如對 3 小時累積降水，有 4 個區域 R^2 小於 0.6，但對 12 小時累積降水有 14 個區域之 R^2 值皆在 0.6 以上。區域中相互比較又以東經 120 至 123 度間對 12 小時累積降水之預測較佳，其 R^2 都在 0.8 以上(除 A10 與 A13 外)。A10 與 A13 區是 R^2 較小之區域，颱風中心於此區時，對 3、6 與 12 小時累積降水之 R^2 值皆較附近地區為小，可能仍與資料在零點聚集有關。

表 5 列出對所有台北颱風 3、6 與 12 小時累積降水量以平均法與迴歸法預測結果之均方誤差與相關係數，圖 4 則繪示以迴歸法預測累積降水量隨觀測降水量之散佈圖。由表 4 可見，迴歸法預測累積降水量結果其均方誤差不論是在 3、6 或 12 小時之累積降水量皆較以平均法預測結果之均方誤差為小，相關係數值則較平均法結果為大，在 3、9 與 12 小時之累積降水預測相關係數皆在 0.5 以上。從圖 4 也可看出有更多之個案位於散佈圖之對角線附近，顯示迴歸法較平均法更能準確預測颱風在台北之累積降水量，而迴歸法對累積降水預測能力之提升又較前述對時降水預測能力之提升更為明顯。對 6 小時累積降水迴歸法預測結果之相關係數值是 3、6 與 12 小時三項累積降水量預測中最小的，此點亦與台北之預測結果相同。

四、結論

降水預報是天氣預報作業中重要的工作項目之一，而颱風降水預報則是相當複雜的問題。葉等(2001)以 1961 至 1994 共 34 年之降水資料，透過多變數線性迴歸模式以預測台北颱風在 12 小時以內之時與累積降水之情形，本文主要延續葉等(2001)之研究，以相同時期之資料與相同之方法，校驗台南地區颱風 12 小時以內之時與累積降水。

預測校驗是對每一颱風以其他所有颱風之資料建立預測模式，預測校驗結果顯示，以此迴歸模式所做 12 小時以內之台南颱風降水預測，不論在時降水或累積降水皆較以平均法之預測結果有明顯改進。對延時為 1、3、6 與 12 小時之時降水預測，其與觀測值之相關係數由平均法之 0.29 以下分別提高為 0.56、0.54、0.43 與 0.45；對預測 3、6 與 12 小時之累積降水，其與觀測值之相關係數則由平均法之 0.33 以下分別提高為 0.63、0.59 與 0.65。

由自變數對降水影響之顯著性分析顯示，與台南颱風時降水關係較顯著之自變數主要包括台北之當時降水量(SR)、風速(SW)、與地面氣壓(SP)，以及颱風之移速(TS)、移向(TD)等，其中 TS 主要隨延時增加對降水達顯著性之區域較多，SR 主要對延時為 3 小時以內之降水達顯著性之區域較多。TD 主要對延時為 6 與 12 小時且颱風中心位於東經 121 至 123 度時之降水達顯著性之區域較多。SW 主要在 A11、A12、A14 與 A15 中達顯著性之區域，顯示當颱風位於台南測站右上方時，台南所觀測到之風速會影響各延時的降水量。

與台南颱風累積降水關係較顯著之自變數也包括 SR、SW、TD 與 JD 等項，其中 TD 與 JD 對累積降水之影響主要在颱風位於台灣西半部時(即東經 120 度以西)。而對 12 小時之累積降水，SW 達顯著的區域在 15 區域中佔 8 個區域，即 SW 在降水累積時段增加後其達顯著的區域也略增加。

從迴歸模式多重判定係數可見，在同一區域內累積降水 R^2 值皆較時降水 R^2 值大，顯示迴歸模式對累積降水預測結果較對時降水預測結果為佳。以不同時段間做比較，在時降水方面，延時增加時，大致上 R^2 值減少，但在累積降水方面，降水累積時段增加， R^2 值並未明顯減少，因此迴歸降水預測模式即使在延時較久時無法有效做到定時定量之降水預測，但對累積降水之預測，卻能在累積時段增加後也能維持一定的預測能力。

綜合而言，透過較完整統計所發展之颱風降水迴歸預測模式，其預測結果由相關係數與均方誤差研判都較平均法預測結果有明顯改善，同時也對部分較大降水個案能正確分辨。此結果與台北降水預測相同，顯示降水迴歸預測模式對不同測站具一致性。

參考文獻

- 王時鼎、顏清連、陳泰然與謝信良，1986：台灣颱風降雨特性及預報研究(三)。國家科學委員會防災科技研究報告 74-51，152pp。
- 吳宗堯與謝信良，1990：現有颱風預報成果作業化之研究(三)。國家科學委員會防災科技研究報告 79-37，137 頁。
- 李昀寰，2001：颱風降雨量與風速之統計預測。國立中央大學統計研究所碩士論文，71 頁。
- 陳重功、羅存文、王惠民與賀介圭，2000：中央氣象局統計預報系統之發展。氣象學報，43，第二期，18-33。
- 陳泰然、李清勝、王時鼎、紀水上與周仲島，1993：豪雨預報技術改進之研究颱風部分研究計劃。第貳篇颱風降水氣候模式預報系統之發展和建制。中央氣象局 82 年度委託研究計畫 CWB82-2M-10，113 頁。
- 葉天降、吳石吉與謝信良，1999：簡單統計方法於台灣地區颱風降水預測之研究(一)預測方法與台北颱風降水之預測校驗。大氣科學，27，395-412。
- 葉天降、樊采虹與李昀寰，2001：台灣地區颱風降水之迴歸預(一)台北颱風降水線性迴歸預測模式。大氣科學，29，77-96。
- 魏元恆、謝信良與林民生，1971：颱風特性與台灣雨量之研究。氣象學報，17，第三期，1-17。
- Carter, G. M., J. P. Dallavale, and H. R. Glahn, 1989: Statistical forecasts based on the National Meteorological Center's numerical weather prediction system. *Wea. Forecasting*, 4, 401-412.
- DeMaria, M., and J. Kaplan, 1994: A Statistical Hurricane Intensity Prediction Scheme (SHIPS) for the Atlantic basin. *Wea. Forecasting*, 9, 209-220.
- Draper, N.R., and Smith, H., 1998: *Applied Regression Analysis*, John Wiley & Sons, Canada.
- Fitzpatrick, P. J., 1997: Understanding and forecasting tropical cyclone intensity change with the Tropical Intensity Prediction Scheme (TIPS), *Wea. Forecasting*, 12, 826-846.
- Neumann, C. J., 1972: An alternate to the HURRAN tropical cyclone forecast system. NOAA Technical Memorandum NWS SR-62, 25pp.
- Xu, Y., and C. J. Neumann, 1985: A statistical model for the prediction of Western North Pacific tropical cyclone motion (WPCLPR). NOAA Technical Memorandum NWS NHC 28, 30pp.

表 1：東經 118 度至東經 123 度，和北緯 22 度至北緯 25 度之間以經緯各 1 度區
分爲 15 個網格區域之代號。

	118-119 [°] E	119-120 [°] E	120-121 [°] E	121-122 [°] E	122-123 [°] E
24-25 [°] N	A3	A6	A9	A12	A15
23-24 [°] N	A2	A5	A8	A11	A14
22-23 [°] N	A1	A4	A7	A10	A13

表 2：當颱風中心在各網格區域對台南各延時時降水量預測具顯著影響之自變數與迴歸模型之 R^2 值。

網格區域		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
一小時	顯著影響之自變數	TS SW SR	TS SR	TV SR	TD SP SW SR	SW JD SR	TV SR	DS TD SW JD SR	JD SR	TV SP JD SR	JD SR	SP JD SR	SW SR	TD SR	DS TD SW SR	TV DS SP SW SR
	個案數	88	60	86	106	63	74	71	48	106	132	111	166	121	131	106
	R^2	0.68	0.65	0.66	0.78	0.77	0.70	0.72	0.74	0.85	0.34	0.62	0.81	0.34	0.46	0.75
三小時	顯著影響之自變數	TD SP SR	TS SR	TV SR	TD SP SW	JD	TV SR	TS SP JD SR	TD	DS JD SR	TS JD SR	SW SP JD	SW SR	TS SR	TV DS TD TS SW SP	SW
	個案數	86	58	85	106	63	74	71	46	105	131	110	166	121	131	106
	R^2	0.58	0.55	0.50	0.58	0.71	0.55	0.67	0.70	0.66	0.75	0.66	0.69	0.25	0.56	0.33
六小時	顯著影響之自變數	TD SP SR	TS SR	TD SR	TV TD JD	JD	TV	TV	TD TS SP SR	TV DS TS JD	TD SW SR	DS SW SP JD	SW SR	DS JD	DS TD SW	SW
	個案數	81	54	74	106	63	71	69	45	100	128	110	166	121	131	106
	R^2	0.70	0.59	0.44	0.54	0.73	0.42	0.60	0.85	0.58	0.51	0.76	0.61	0.28	0.57	0.40
十二小時	顯著影響之自變數	DS TD SP	TS	DS	TD SP JD	TS SW JD SR	TV TS	SP JD SR	TV SR	TD	TV	TD TS SW SP JD	TD TS SW	TV	TD TS SW SP	TD SW JD
	個案數	68	39	37	86	60	44	68	45	82	127	109	154	118	128	105
	R^2	0.63	0.42	0.33	0.55	0.72	0.50	0.57	0.59	0.31	0.49	0.71	0.53	0.48	0.65	0.52

表 3：以平均法與迴歸法預測台南之颱風時降水量結果之均方誤差(mm^2)與相關係數。

延時		1小時 (1469個案)	3小時 (1459個案)	6小時 (1425個案)	12小時 (1270個案)
均方誤差	平均法	52.21	59.7	59.11	47.13
	迴歸法	42.64	48.53	54.37	44.80
相關係數	平均法	0.29	0.23	0.21	0.24
	迴歸法	0.50	0.40	0.38	0.36

表 4：台南各時段颱風累積降水預測具顯著影響之自變數與 R^2 值。

網格區域		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
三小時	顯著影響之自變數	TV TD SP SR	TS SR	TV SR	TD SP SW SR	JD	TV SR	DS TD SP JD SR	TD SR	DS JD SR	DS JD SR	TD SP JD SR	TD SW SR	JD SR	TV DS TD TS SW	SW SR
	個案數	86	58	85	106	63	74	71	46	105	131	110	166	121	131	106
	R ²	0.70	0.72	0.73	0.76	0.81	0.68	0.72	0.78	0.80	0.71	0.76	0.78	0.52	0.59	0.60
六小時	顯著影響之自變數	TV TD SP SR	TV DS TS SR	TV SR	TV TD SP SW	JD	TV SW SR	DS TD SP JD	TD	DS JD SR	TD SW SR	SW SP JD	SW SR	DS JD SR	TV DS TD TS SW	TD TS SW SP JD SR
	個案數	81	54	74	106	63	71	69	45	100	128	110	166	121	131	106
	R ²	0.83	0.85	0.69	0.80	0.89	0.75	0.76	0.89	0.78	0.66	0.81	0.76	0.42	0.70	0.73
十二小時	顯著影響之自變數	TV TD TS SP JD	TV TS SR	TV JD SR	TV TD SP SW JD	TV DS TS SW JD SR	TV TD SW SR	DS TD SP JD	TD TS SW SP JD SR	DS JD	TD	SW SP JD	TV TD SW SR	DS JD	DS TD SW	TD TS SW SP JD SR
	個案數	68	39	37	86	60	44	68	45	82	127	109	154	118	128	105
	R ²	0.87	0.93	0.92	0.91	0.94	0.87	0.85	0.98	0.82	0.66	0.86	0.81	0.60	0.80	0.82

表 5：台南之颱風累積降水量以平均法與迴歸法預測結果之均方誤差(mm^2)與相關係數。

累積時段		3小時 (1459個案)	6小時 (1425個案)	12小時 (1270個案)
均方誤差	平均法	324	1028	2746
	迴歸法	246	818	1968
相關係數	平均法	0.31	0.31	0.33
	迴歸法	0.58	0.56	0.62

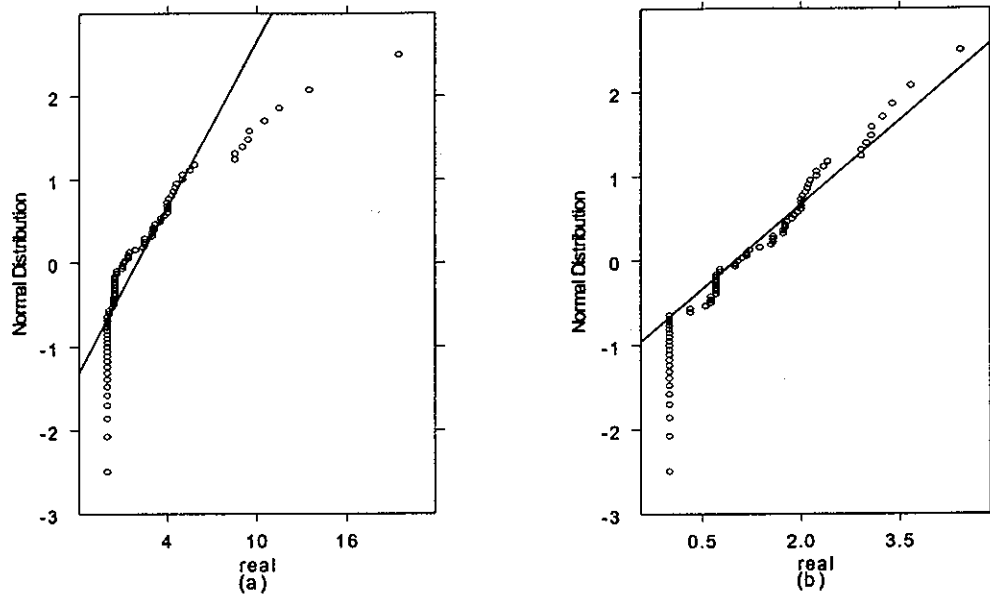


圖 1：(a)A9 網格內之時降水量原始資料，與(b)根號轉換後之常態機率圖。

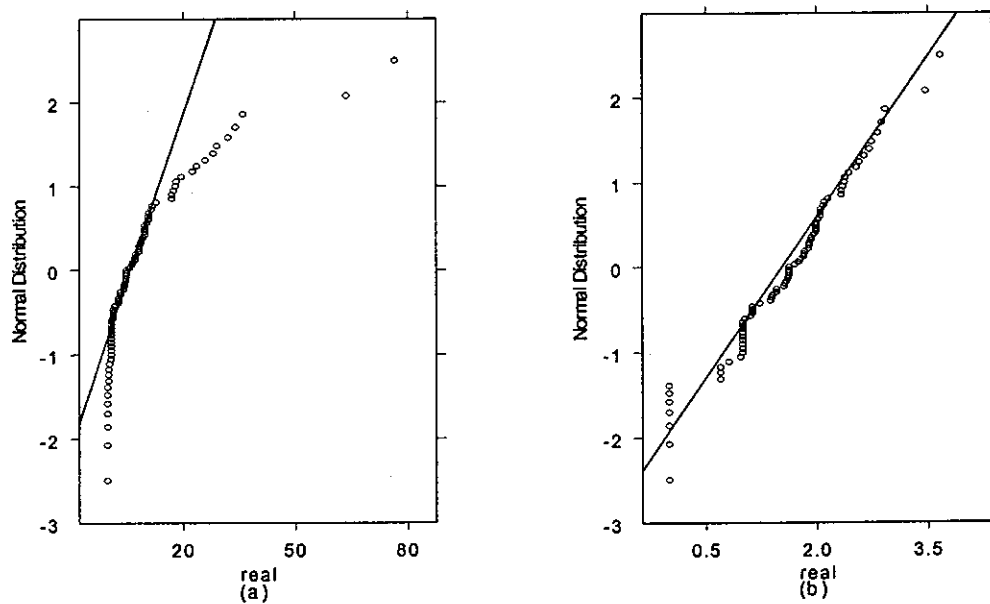
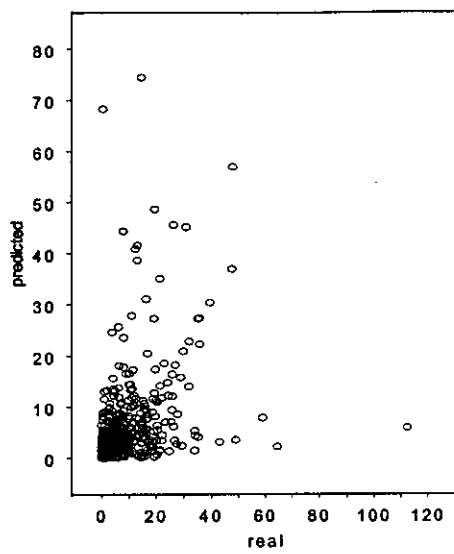
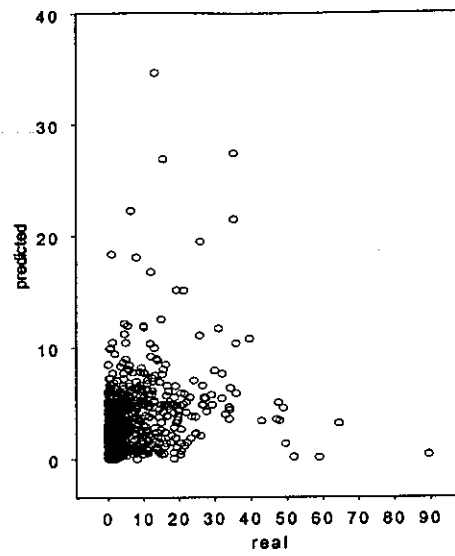


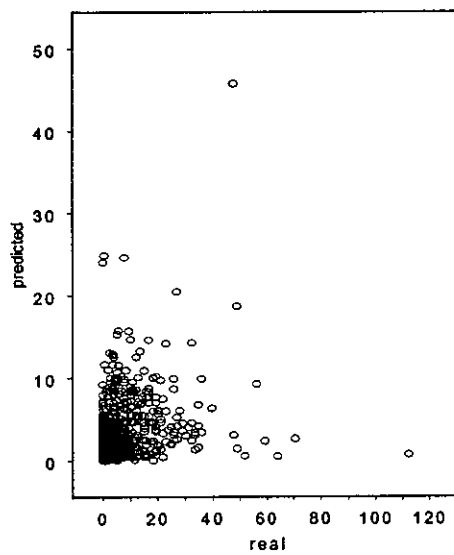
圖 2：(a)A9 網格內之累積雨量原始資料，與(b)根號轉換後之常態機率圖。



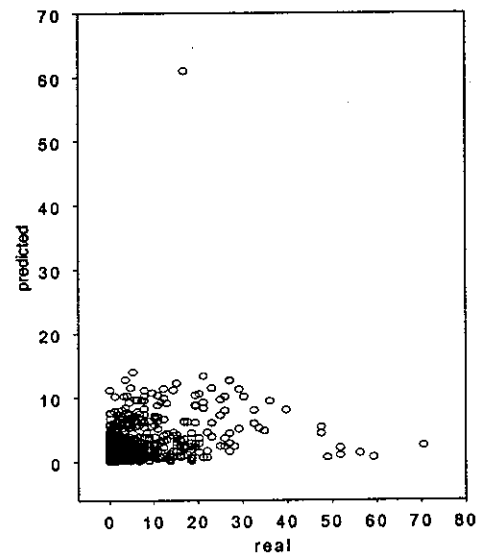
(a)



(b)

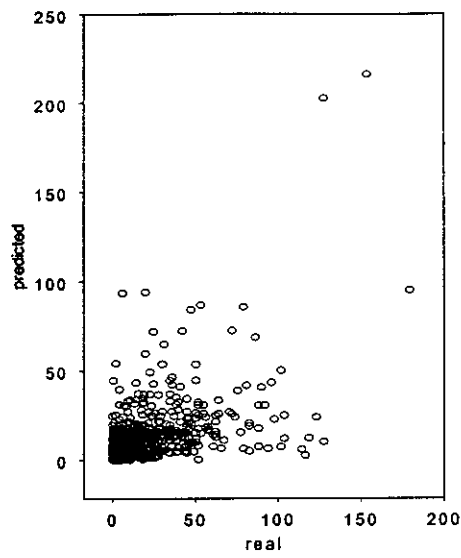


(c)

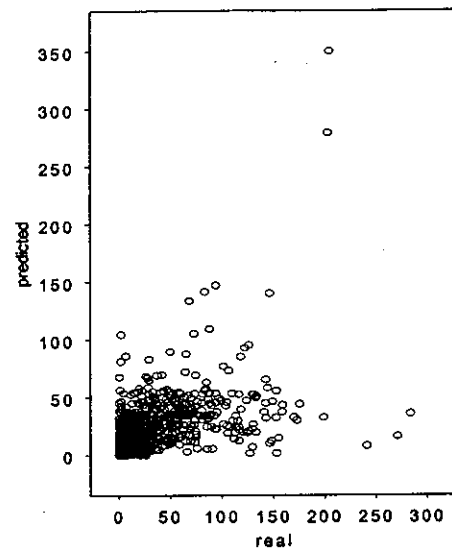


(d)

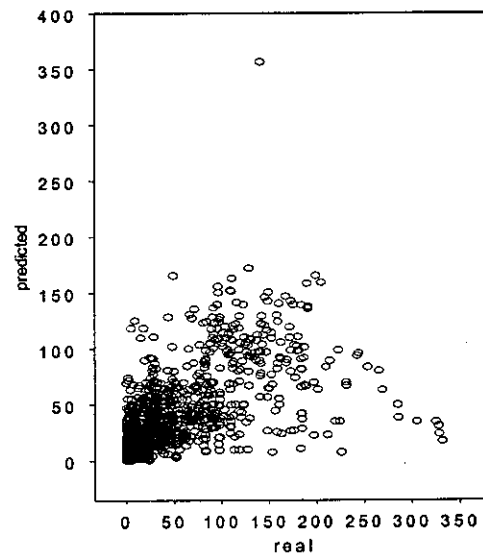
圖 3：迴歸模式對延時為(a)1、(b)3、(c)6 與(d)12 小時時降水預測值(縱軸，mm)相對於觀測值(橫軸，mm)之散佈圖。



(a)



(b)



(c)

圖 4：迴歸模式對 (a) 3、(b) 6 與(c) 12 小時累積降水預測值(縱軸，mm)相對於觀測值(橫軸，mm)之散佈圖。

交通部中央氣象局委託研究計畫成果報告

台灣四周海域海潮流觀測資料蒐集與分析

計畫類別：☐國內 ☐國外

計畫編號：MOTC-CWB-93-2M-07

執行期間：93 年 2 月 1 日至 93 年 12 月 31 日

計畫主持人：唐存勇

執行單位：中華民國地球科學學會

中華民國 93 年 12 月

九十三年度政府部門科技計畫期末總報告

計畫名稱：台灣四周海域海潮流觀測資料蒐集與分析

審議編號：		部會署原計畫編號：	MOTC-CWB-93-2M-07
主管機關：	交通部中央氣象局	執行單位：	中華民國地球科學學會
計畫主持人：	唐存勇	聯絡人：	唐存勇
電話號碼：	02-23626097	傳真號碼：	02-23698526
期程：	93 年 2 月 1 日至 93 年 12 月 31 日		
經費：(全程)	395 仟元	經費(年度)	395 仟元

執行情形：

1. 執行進度：

	預定 (%)	實際 (%)	比較 (%)
當年	100	100	100
全程	100	100	100

2. 經費支用：

	預定	實際	支用率 (%)
當年	100	100	100
全程	100	100	100

3. 主要執行成果：

台灣四周海域海潮流觀測資料蒐集與分析

報告人：唐存勇、戴仁華、張明輝

中華民國 93 年 12 月 30 日

摘要

蒐集台灣周圍海域 11 組錨碇海流觀測(分別位於台灣海峽，東北陸棚區、宜蘭海脊、蘭嶼海域及呂宋海峽)及以船碇式都卜勒流剖儀觀測的台灣周圍海域三維空間流場資料，分析結果顯示，臺灣週遭海域潮流運動主要是半日潮運動，其中又以 M2 潮為主，於台灣海峽最明顯，但於台灣與蘭嶼間的測站(T9)顯示全日潮雖較半日潮變化為小，卻已相差不多，而呂宋海峽(T8)全日潮比半日潮變化大，此兩站的全日潮 K1 與 O1 具有接近的變化幅度，並非由 K1 完全主控。半日潮運動於台灣海峽皆為逆時針時針旋轉，其他區域皆為順時針旋轉，全日潮運動於台灣海峽除了澎湖水道的測站(T6)為自上層至下層逆時針旋轉外，大致呈現上層順時針，下層逆時針的變化，海峽以外區域大致為順時針旋轉。資料顯示，除台灣海峽以外，其他區域斜壓潮流較為明顯，尤其是台灣東北部陸棚區。以 Sb-ADCP 分析潮流空間分佈因限於資料量及斜壓潮流影響，僅提供台灣海峽的 M2 潮潮流橢圓分布，其結果顯示，潮流受地形影響大，且大小變動明顯，但大致平行地形等深線。

一、前言

氣象局委託中華民國地球科學學會進行台灣四周海域海潮流觀測資料蒐集與分析，工作項目為蒐集台灣周圍海域 11 組錨碇海流觀測(6 個位於台灣海峽，5 個分別於東北海域(2 個)、宜蘭海脊、蘭嶼海域及呂宋海峽，各錨碇站位置如圖一所示)及以船碇式都卜勒流剖儀(Ship-board Acoustic Doppler Current Profiler, SbADCP)觀測的台灣周圍海域三維空間流場資料，並做資料的校正處理及分析以作為將來進一步分析的背景資料。

二、觀測資料及分析方法

本計劃所收集 11 組錨碇資料，由於觀測的海流原始資料須對其做聲速及磁偏角的校正後方得使用，因此，依 Tang and Yang (1995)的方法對資料進行校正，其站名、所在位置、當地水深、量測時間及採樣頻率等參數設定如表一所示，由於各組資料的量測時間皆逾二個月以上(除宜蘭海脊測站點為一個月)，故足以用來分析各個分潮。首先我們將進行一般統計(如海流時間序列圖、海流玫瑰圖)及頻譜分析，並探討於各測站不同深度流速及半／全日潮潮流橢圓，以期了解

各點位測站海／潮流的特性。因中央氣象局潮流模式尚未考慮海水成層的因素，於淺水區（即底碇式都卜勒流剖儀的測站）將流速對深度的整個水層積分即可得正壓潮分量，但於深水區，因量測僅限於上層海域流場，以上簡單方法無法採用，將以水文資料求算理論上的正模（normal modes），而後以最小平方誤差法，求取正壓分量。此外，將利用 Foreman(1978)的方法進行調合分析，求取各天文潮分潮於測點上的振幅及潮流橢圓。此振幅值將提供予中央氣象局檢驗其模式結果。

於台灣四周三維空間海流資料，向國家海洋科學中心購買歷年 SbADCP 量測的海流原始資料，由於船測的海流資料存在系統誤差（system error）及隨機誤差（random error），首先依據 Tang and Ma(1995)的方法對資料進行校正，該資料經過系統誤差校正後再以 30 分鐘平均除去隨機誤差。Liang et al.(2003)於探討台灣周圍海域流場空間分布時認為海流資料經過 15' 的網格化對於流場的空間分布具代表性，故仿照其方法將海流資料 15' 網格化後來分析、探討台灣周邊海域海／潮流場空間分佈情況。若於任何網格點有適當長度的流速資料時間序列，於該網格上，以最小平方誤差法求取半／全日潮潮流橢圓，並與定點量測資料比對後，進行定性上的半／全日潮潮流橢圓於台灣海域的空間分佈討論。

三、流場一般統計描述

本節將擷取各站上、中、下層深度資料，進行各站的一般海流統計及頻譜分析，以下依序描述各站之分析結果。

圖二至圖七為 T1 錨碇測站水下三個深度(8、28、48 米)海流資料的一般統計及頻譜分析結果，資料觀測期間為 1999/07/18-1999/09/28。圖二為水下 8 米海流時間序列棍棒圖(上圖)、海流流速分布圖(中左圖)、海流玫瑰圖(中右圖)及統計參數表(方框內示)。結果顯示當地海流流向以東北東為主，一般流速介於 20-40cm/sec，其平均流速為 34.3 cm/sec，最大流速可達 125.9 cm/sec。圖三為頻譜分析，左上及右上圖分別為東-西及南-北方向流速分量的自能譜(Autospectrum)、中左及中右圖分別為逆時針及順時針方向的旋轉能譜(Rotatory Spectrum)、左下及右下圖則分別為半日潮及全日潮之潮流橢圓。由自能譜顯示能量主要集中在半日潮與全日潮的頻帶且半日潮大於全日潮。由旋轉能譜結果顯示半日潮的逆時針旋轉能量大於順時針方向，因此，潮流橢圓應為逆時針方向旋轉，半日潮之潮流橢圓主軸方向為東北東至西南西，半主軸約為 30 cm/sec，半副軸則約為 10 cm/sec；全日潮則為相反且其振幅明顯小於半日潮，半主軸約為 12 cm/sec，半副軸則約為 2.5 cm/sec。水下 28 及 48 米分析結果分別為圖四至圖七，結果與水下 8 米相似，顯示

當地流場為上下近乎均勻，其振幅往下些微減小，應為受底部邊界影響之故。

圖八至圖十三為 T2(第一次量測)錨碇測站水下三個深度(12、28、40 米)海流資料的一般統計及頻譜分析結果，資料觀測期間為 1999/08/29-1999/12/14。圖八為水下 12 米海流時間序列棍棒圖(上圖)、海流流速分布圖(中左圖)、海流玫瑰圖(中右圖)及統計參數表(方框內示)。結果顯示當地海流流向以西南向為主，一般流速介於 20-40cm/sec，其平均流速為 9.1 cm/sec，最大流速可達 138.9 cm/sec。圖九為頻譜分析，左上及右上圖分別為東-西及南-北方向流速分量的自能譜(Autospectrum)、中左及中右圖分別為逆時針及順時針方向的旋轉能譜(Rotatory Spectrum)、左下及右下圖則分別為半日潮及全日潮之潮流橢圓。由自能譜顯示在半日潮、全日潮與 M4 潮的頻帶有能量。由旋轉能譜結果顯示半日潮的逆時針旋轉能量大於順時針方向，因此，潮流橢圓應為逆時針方向旋轉，半日潮之潮流橢圓主軸方向為東北至西南，半主軸約為 37.5 cm/sec，半副軸則約為 10 cm/sec；全日潮則為相反且其振幅明顯小於半日潮，半主軸約為 10 cm/sec 且潮流主要為沿主軸方向往復運動。水下 28 及 40 米分析結果分別為圖十至圖十三，結果與水下 12 米相似，顯示當地流場為上下近乎均勻，其振幅往下漸減。

圖十四至圖十九為 T3(第一次量測)錨碇測站水下三個深度(8、32、60 米)海流資料的一般統計及頻譜分析結果，資料觀測期間為 1999/09/27-1999/12/28。圖十四為水下 8 米海流時間序列棍棒圖(上圖)、海流流速分布圖(中左圖)、海流玫瑰圖(中右圖)及統計參數表(方框內示)。結果顯示當地海流流向以東北及西南方向為主，一般流速介於 0-60cm/sec，其平均流速為 5.5cm/sec，最大流速可達 138.3 cm/sec。圖十五為頻譜分析，左上及右上圖分別為東-西及南-北方向流速分量的自能譜(Autospectrum)、中左及中右圖分別為逆時針及順時針方向的旋轉能譜(Rotatory Spectrum)、左下及右下圖則分別為半日潮及全日潮之潮流橢圓。由自能譜顯示能量主要在半日潮與全日潮的頻帶且半日潮大於全日潮。由旋轉能譜結果顯示半日潮的逆時針能量大於順時針方向，因此，潮流橢圓應為逆時針方向旋轉，半日潮之潮流橢圓主軸方向為北北東至南南西，半主軸約為 30 cm/sec，半副軸則約為 6.3 cm/sec；全日潮則為相反且其振幅明顯小於半日潮，半主軸約為 15cm/sec 且潮流主要為沿主軸方向往復運動。水下 32 及 60 米分別為圖十六至圖十九，結果與水下 8 處相似，唯流速主要以東北方向為主，於 8 米處向西南方向海流則較少出現且較弱；潮流橢圓振幅隨深度增加而減小。

圖廿至圖廿五為 T4(第一次觀測)錨碇測站水下三個深度(8、32、

64 米)海流資料的一般統計及頻譜分析結果，資料觀測期間為 1999/09/28-1999/12/25。圖廿為水下 8 米海流時間序列棍棒圖(上圖)、海流流速分布圖(中左圖)、海流玫瑰圖(中右圖)及統計參數表(方框內示)。結果顯示當地海流流向以西南方向為主，一般流速介於 0-60cm/sec，其平均流速為 8.3cm/sec，最大流速可達 112.7 cm/sec。圖廿一為頻譜分析，左上及右上圖分別為東-西及南-北方向流速分量的自能譜(Autospectrum)、中左及中右圖分別為逆時針及順時針方向的旋轉能譜(Rotatory Spectrum)、左下及右下圖則分別為半日潮及全日潮之潮流橢圓。由自能譜顯示能量主要在半日潮與全日潮的頻帶且半日潮與全日潮能量相當。由旋轉能譜結果顯示半日潮的逆時針旋轉能量大於順時針方向，因此，潮流橢圓應為逆時針方向旋轉，半日潮之潮流橢圓主軸方向為北北東至南南西，半主軸約為 17.5 cm/sec，半副軸則約為 3.8 cm/sec；全日潮則為相反且其振幅略小於半日潮，半主軸約為 12.5 cm/sec 且潮流主要為沿主軸方向往復運動。水下 32 及 64 米分析結果分別為圖廿二至圖廿五，結果與水下 8 米略為不同，其平均流速為 10.6 cm/sec 向東北；另，潮流橢圓振幅隨深度增加而減小，半日潮能量略大於全日且潮流橢圓皆為逆時針旋轉。

圖廿六至圖卅一為 T5(第一次觀測)錨碇測站水下三個深度(8、

28、52 米)海流資料的一般統計及頻譜分析結果，資料觀測期間為 1999/09/28-1999/12/28。圖廿五為水下 8 米海流時間序列棍棒圖(上圖)、海流流速分布圖(中左圖)、海流玫瑰圖(中右圖)及統計參數表(方框內示)。結果顯示當地海流流向以東北及西南方向為主，一般流速介於 0-60cm/sec，其平均流速為 2 cm/sec，最大流速可達 99.5 cm/sec。圖廿七為頻譜分析，左上及右上圖分別為東-西及南-北方向流速分量的自能譜(Autospectrum)、中左及中右圖分別為逆時針及順時針方向的旋轉能譜(Rotatory Spectrum)、左下及右下圖則分別為半日潮及全日潮之潮流橢圓。由自能譜顯示能量主要在半日潮與全日潮的頻帶且半日潮能量略小於全日潮。由旋轉能譜結果顯示半日潮的逆時針旋轉能量大於順時針方向，因此，潮流橢圓應為逆時針方向旋轉，半日潮之潮流橢圓主軸方向為東北至西南，半主軸約為 7.5 cm/sec 且潮流主要為沿主軸方向往復運動；全日潮為順時針方向旋轉，振幅略大，半主軸約為 12.5 cm/sec 且潮流主要為沿主軸方向往復運動。此錨碇站由於較近岸，因此其平均及潮流流向主要平行於海岸。水下 28 及 52 米分析結果分別為圖廿八至圖卅一，結果與水下 8 米相似，唯其振幅隨深度增加而略為減小，半日潮與全日且潮流橢圓皆為逆時針旋轉且能量相當。

圖卅二至圖卅七為 T6(第一次觀測)錨碇測站水下三個深度(12、

32、56 米)海流資料的一般統計及頻譜分析結果，資料觀測期間為 1999/07/17-1999/08/29。圖卅二為水下 12 米海流時間序列棍棒圖(上圖)、海流流速分布圖(中左圖)、海流玫瑰圖(中右圖)及統計參數表(方框內示)。結果顯示當地海流流向以北北東方向為主，一般流速介於 0-60cm/sec，其平均流速為 112.6 cm/sec，最大流速可達 261.5 cm/sec。圖卅三為頻譜分析，左上及右上圖分別為東-西及南-北方向流速分量的自能譜(Autospectrum)、中左及中右圖分別為逆時針及順時針方向的旋轉能譜(Rotatory Spectrum)、左下及右下圖則分別為半日潮及全日潮之潮流橢圓。由自能譜顯示能量主要在半日潮與全日潮的頻帶且半日潮能量遠大於全日潮。由旋轉能譜結果顯示半日潮的順時針旋轉能量大於逆時針方向，因此，潮流橢圓應為順時針方向旋轉，半日潮之潮流橢圓主軸方向為北北東，半主軸約為 90 cm/sec 且潮流主要為沿主軸方向往復運動；全日潮與半日潮相反，且振幅明顯小於半日潮，半主軸約為 12.5 cm/sec 且潮流主要為沿主軸方向往復運動。水下 32 及 56 米分析結果分別為圖卅四至圖卅七，結果與水下 12 米相似，唯其振幅隨深度增加而略為減小且主軸方向隨深度增加以順時針方向微偏，至 56 米處潮流橢圓的主軸方向已呈東北-西南走向。

圖卅八至圖四十三為 T7 錨碇測站水下三個深度(20、100、180

米)海流資料的一般統計及頻譜分析結果，資料觀測期間為2000/10/04-2001/04/18。圖卅八為水下20米海流時間序列棍棒圖(上圖)、海流流速分布圖(中左圖)、海流玫瑰圖(中右圖)及統計參數表(方框內示)。結果顯示當地海流流向各方位皆出現但以東南方向出現較多，一般流速介於20-80cm/sec，其平均流速為25.5 cm/sec，最大流速可達147.7 cm/sec。圖卅九為頻譜分析，左上及右上圖分別為東-西及南-北方向流速分量的自能譜(Autospectrum)、中左及中右圖分別為逆時針及順時針方向的旋轉能譜(Rotatory Spectrum)、左下及右下圖則分別為半日潮及全日潮之潮流橢圓。由自能譜顯示能量主要在半日潮與全日潮的頻帶且半日潮能量略大於全日潮。由旋轉能譜結果顯示半日潮的順時針旋轉能量大於逆時針方向，因此，潮流橢圓應為順時針方向旋轉，半日潮之潮流橢圓主軸方向為西北-東南走向，半主軸約為22.5 cm/sec，半副軸約為11.3 cm/sec；全日潮與半日潮相同潮流橢圓亦為順時針方向旋轉，唯其振幅明顯小於半日潮且主軸方向略為偏南，半主軸約為7.5 cm/sec，半副軸約為3.8 cm/sec。水下100及180米分析結果分別為圖四十至圖四十三，結果與水下30米相似，唯半日潮振幅隨深度增加而明顯減小。

圖四十四至圖四十九為T8錨碇測站水下三個深度(30、130、250米)海流資料的一般統計及頻譜分析結果，資料觀測期間為

1998/04/22-1998/06/12。圖四十四為水下 30 米海流時間序列棍棒圖(上圖)、海流流速分布圖(中左圖)、海流玫瑰圖(中右圖)及統計參數表(方框內示)。結果顯示當地海流流向以西北方向為主，一般流速介於 40-120cm/sec，其平均流速為 69.4 cm/sec，最大流速可達 170.6 cm/sec。圖四十五為頻譜分析，左上及右上圖分別為東-西及南-北方向流速分量的自能譜(Autospectrum)、中左及中右圖分別為逆時針及順時針方向的旋轉能譜(Rotatory Spectrum)、左下及右下圖則分別為半日潮及全日潮之潮流橢圓。由自能譜顯示能量主要在半日潮與全日潮的頻帶且半日潮能量略小於全日潮。由旋轉能譜結果顯示半日潮的順時針旋轉能量大於逆時針方向，因此，潮流橢圓應為順時針方向旋轉，半日潮之潮流橢圓主軸方向偏南-北走向，半主軸約為 22.5 cm/sec，半副軸約為 15 cm/sec；全日潮與半日潮相同潮流橢圓亦為順時針方向旋轉，唯其振幅略大於半日潮且主軸方向約為東-西方向，半主軸約為 35 cm/sec，半副軸約為 20 cm/sec。水下 130 及 250 米分析結果分別為圖四十六至圖四十九，結果與水下 30 米相似，唯半日潮振幅隨深度增加而明顯減小。

圖五十至圖五十五為 T9 錨碇測站水下三個深度(80、160、260 米)海流資料的一般統計及頻譜分析結果，資料觀測期間為 2001/10/20-2002/04/08。圖五十為水下 80 米海流時間序列棍棒圖(上

圖)、海流流速分布圖(中左圖)、海流玫瑰圖(中右圖)及統計參數表(方框內示)。結果顯示當地海流流向以北北東方向為主,一般流速介於 60-140cm/sec,其平均流速為 90.7 cm/sec,最大流速可達 226.2 cm/sec。圖五十一為頻譜分析,左上及右上圖分別為東-西及南-北方向流速分量的自能譜(Autospectrum)、中左及中右圖分別為逆時針及順時針方向的旋轉能譜(Rotatory Spectrum)、左下及右下圖則分別為半日潮及全日潮之潮流橢圓。由自能譜顯示能量主要在半日潮與全日潮的頻帶且半日潮能量大於全日潮。由旋轉能譜結果顯示半日潮的順時針旋轉能量大於逆時針方向,因此,潮流橢圓應為順時針方向旋轉,半日潮之潮流橢圓主軸方向偏東北東-西南西走向,半主軸約為 29cm/sec,半副軸約為 16 cm/sec;全日潮與半日潮相同潮流橢圓亦為逆時針方向旋轉,唯其振幅小於半日潮且主軸方向約為東北-西南方向,半主軸約為 15 cm/sec,半副軸約為 3.7 cm/sec。水下 160 及 260 米分析結果分別為圖五十二至圖五十五,結果與水下 80 米相似,唯半日潮振幅隨深度增加而明顯減小,但全日潮卻隨深度振幅增加,且主軸方向漸偏東北-西南向。

圖五十六至圖六十一為 T10 錨碇測站水下三個深度(30、130、250 米)海流資料的一般統計及頻譜分析結果,資料觀測期間為 1992/01/06-1992/02/17。圖五十六為水下 30 米海流時間序列棍棒圖

(上圖)、海流流速分布圖(中左圖)、海流玫瑰圖(中右圖)及統計參數表(方框內示)。結果顯示當地海流流向以北北東方向為主，一般流速介於 40-120cm/sec，其平均流速為 87.2 cm/sec，最大流速可達 177.7 cm/sec。圖五十七為頻譜分析，左上及右上圖分別為東-西及南-北方向流速分量的自能譜(Autospectrum)、中左及中右圖分別為逆時針及順時針方向的旋轉能譜(Rotatory Spectrum)、左下及右下圖則分別為半日潮及全日潮之潮流橢圓。由自能譜顯示能量主要在半日潮與全日潮的頻帶且半日潮能量略大於全日潮。由旋轉能譜結果顯示半日潮的逆時針旋轉能量小於順時針方向，因此，潮流橢圓應為順時針方向旋轉，半日潮之潮流橢圓主軸方向為北北東，半主軸約為 27.5 cm/sec，半副軸約為 7.5 cm/sec；全日潮與半日潮相同潮流橢圓亦為順時針方向旋轉，唯其振幅明顯小於半日潮且主軸方向約為東-西方向，半主軸約為 12.5 cm/sec 且主要為沿主軸方向的往復運動。水下 130 及 250 米分析結果分別為圖五十八至圖六十一，結果與水下 30 米相似，唯半日潮振幅隨深度增加而明顯減小。

圖六十二至圖六十七為 T11 錨碇測站水下三個深度(30、110、230 米)海流資料的一般統計及頻譜分析結果，資料觀測期間為 1991/09/28-1991/11/27。圖六十二為水下 30 米海流時間序列棍棒圖(上圖)、海流流速分布圖(中左圖)、海流玫瑰圖(中右圖)及統計參數表

(方框內示)。結果顯示當地海流流向各方位皆出現唯以東北方向為主，一般流速介於 20-80cm/sec，其平均流速為 26.7 cm/sec，最大流速可達 153.8 cm/sec。圖六十三為頻譜分析，左上及右上圖分別為東-西及南-北方向流速分量的自能譜(Autospectrum)、中左及中右圖分別為逆時針及順時針方向的旋轉能譜(Rotatory Spectrum)、左下及右下圖則分別為半日潮及全日潮之潮流橢圓。由自能譜顯示能量主要在半日潮與全日潮的頻帶，半日潮能量大於全日潮且 M4 潮的能量與全日潮相當。由旋轉能譜結果顯示半日潮的逆時針旋轉能量小於順時針方向，因此，潮流橢圓應為順時針方向旋轉，半日潮之潮流橢圓主軸方向為東北-西南走向，半主軸約為 32.5 cm/sec，半副軸約為 10 cm/sec；全日潮與半日潮相同潮流橢圓亦為順時針方向旋轉，唯其振幅明顯小於半日潮且主軸方向為西北-東南方向，半主軸約為 12.5 cm/sec，半副軸約為 5 cm/sec。水下 110 及 230 米分析結果分別為圖六十四至圖六十七，結果與水下 30 米頗為不同，半日潮流橢圓至水下 110 米處轉為西北-東南方向，主軸約為 27.5，約沿主軸方向運動且潮流橢圓為逆時針旋轉；而於 230 米處則潮流橢圓轉為順時針旋轉，半主軸約為 40 cm/sec，半副軸約為 12.5 cm/sec。

四、潮流變化分析

(1) 分析方法

1. 旋轉能譜頻譜分析

考慮實測資料，具有一頻率 f 之運動，可利用傅立葉級數形式表示，

u 、 v 於直角座標系中可表示為：

$$u = a_1 \cos 2\pi ft + b_1 \sin 2\pi ft$$

$$v = a_2 \cos 2\pi ft + b_2 \sin 2\pi ft$$

a_i 、 b_i 為傅立葉係數。

由三角座標之正交性，使得 u 、 v 之展開式對任一段連續之實測資料

可視為對不同頻率之傅立葉線性疊加，而傅立葉係數可經傅立葉轉換

求得。以複數形式， u 、 v 可再表示為

$$u = \frac{1}{2}[(a_1 - b_1 i)e^{i2\pi ft} + (a_1 + b_1 i)e^{-i2\pi ft}]$$

$$v = \frac{1}{2}[(a_2 - b_2 i)e^{i2\pi ft} + (a_2 + b_2 i)e^{-i2\pi ft}]$$

以 $w = u + iv$ 表示

$$w = \frac{1}{2}[(a_1 + b_2) + i(a_2 - b_1)]e^{-i2\pi ft} + \frac{1}{2}[(a_1 - b_2) + i(a_2 + b_1)]e^{i2\pi ft}$$

將 w' 除以 $A+C$ 及 w'_i 除以 $A-C$ ，平方相加可得一橢圓方程式：

$$\frac{(w'_r)^2}{(A+C)^2} + \frac{(w'_i)^2}{(A-C)^2} = 1, \text{ 若 } A > C \text{ 為逆時針旋轉, } A < C \text{ 為順時針旋轉}$$

$$w'_r = (A+C) \cos(2\pi ft + \frac{\eta + \tau}{2})$$

$$w'_i = (A-C) \sin(2\pi ft + \frac{\eta + \tau}{2})$$

以上為旋轉能譜基本介紹。

2. 調合分析

調合分析方法為分析潮流的有效方法，其方法原理簡述如下。假設所測得的洋流資料為平均流速與各分潮的和，假設有 M 個分潮， N 筆流速時間序列資料，則每筆流速資料可表示為

$$U(t_n) = \bar{U} + \sum_{q=1}^M [A_q \cos(2\pi f_q t_n) + B_q \sin(2\pi f_q t_n)] + U_r(t_n)$$

其中 $U(t_n)$ 表示第 n 筆的流速時間序列， $n=1, 2, \dots, N$ ， $\bar{U}$ 為平均流， U_r 為剩餘值， $C_q = \sqrt{A_q^2 + B_q^2}$ 、 f_q 、 $\phi_q = \tan^{-1}(\frac{B_q}{A_q})$ 分別為第 q 分潮的振幅、頻率、與相角差， $q=1, 2, \dots, M$ 。之後以最小平方誤差法求出各分潮的相關參數。

3. 以 Sb-ADCP 海流資料計算潮流橢圓

Sb-ADCP 所測得的海流資料包括潮流與非潮流部份，不論是低頻流場或潮流均需以特殊航線設計方可獲得結果，例如相位平均法或者調和平均法。但資料庫內歷年量測的海流資料是散亂且較無系統的，無法以上述兩種方法獲得潮流或淨流的部份。本報告的做法首先彙整所得的 Sb-ADCP 資料，並以深度平均法去除斜壓效應。假設此海域天體運行所引發的正壓潮流，其振幅為位置之函數，並不會隨時間改變；且各地之海流變化是由全日潮、半日潮與平均流場組成，則該區域流速如下所示：

$$\bar{u} = c_m + \sum_{j=1}^M a_j \sin\left(\frac{2\pi}{T_j} t_i\right) + a_j \cos\left(\frac{2\pi}{T_j} t_i\right)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, N$$

$$m = 1, 2, 3, \dots, 12$$

其中 $\bar{u}$ 代表估算海流， t_i 代表時間， c_m 代表 m 月份之平均海流， a_j 代表 j 分潮振幅， m 代表考慮的分潮數，本報告只考慮 M2、S2、K1、O1 等四個分潮， T_j 代表各分潮週期，假設海流實際觀測值為 u ，且 u 與 $\bar{u}$ 之差值為 ε

$$\varepsilon = u - \bar{u}$$

利用最小平誤差法(least square error)

$$\frac{\partial \varepsilon^2}{\partial a_j} = 0, j = 1, 2, \dots, M$$

$$\frac{\partial \varepsilon^2}{\partial c_m} = 0, m = 1, 2, \dots, 12$$

可求得 a_j 、 c_m 等未知數。

(2)台灣海峽潮流變化

於台灣海峽的測站點如圖一所示，包括 T1~T6 共 6 個站，各站包含若干次觀測，各站位置與量測時間如表一所示。其中 T1 位於烏坵凹陷北端，T2 至 T5 自中國大陸沿岸橫跨海峽至台灣沿岸的測站陣列，方向自東西向順時鐘傾轉 30°，約略垂直於台灣海峽走向，4 個測站的位置大約均勻分布在橫越台灣海峽斷面上，各測站間的距離約為 40 km，T6 則位於台灣灘與澎湖水道之間。

1. 以旋轉能譜方法計算各站潮流橢圓

為探討台灣海峽內的潮流變化，首先以旋轉能譜方法計算各站潮流橢圓，選用中心頻率為 8.05×10^{-2} 和 4.17×10^{-2} cph (cycle per hour) 分別代表半日潮和全日潮。

圖六十八為 T1 站自深度 8 米至 48 米每隔 4 米之潮流橢圓，圖中顯示，半日潮自上層到下層主軸方向及半主軸長變化不大，由上層至底層微幅減弱，其振幅介於 28~33cm/s 間，主要為東北-西南向，上層至下層皆為逆時針方向旋轉。而全日潮半主軸長變化為 8~12 cm/s，主要為東北-西南向，於 24 米處以上皆為順時針旋轉(包括 24 米)，其下皆逆時針旋轉。

圖六十九與圖七十為 T2 站第一、二次量測，自深度 12 米至 40 米每隔 4 米之潮流橢圓，兩圖中半日潮部份自上層到下層主軸方向皆近一致，皆為東北-西南向，半主軸長亦由上層至底層減弱，但減弱趨勢較 T1 站為明顯，第一次量測約介於 23~36cm/s 間，第二次量測介於 19~35cm/s 間，兩次量測自上層至下層皆為逆時針方向旋轉。而全日潮半主軸長變化於第一次量測約為 6~10 cm/s，第二次量測約為 5~11 cm/s，主要為東北-西南向，兩次量測皆呈現上層順時針而下層逆時針旋轉的趨勢。

圖七十一與圖七十二為 T3 站第一、二次量測，自深度 8 米至 60

米每隔 4 米之潮流橢圓，兩圖中半日潮部份自上層到下層主軸方向變化小，皆為東北偏北向，半主軸長亦由上層至底層減弱，第一次量測介於 20~24cm/s 間，第二次量測介於 21~26 cm/s 間，上層至下層皆為逆時針方向旋轉。而全日潮半主軸長變化於第一次量測約為 7~12 cm/s，第二次量測約為 9~11 cm/s，主要為東北偏北向，兩次量測皆呈現上層順時針下層逆時針旋轉的趨勢。

圖七十三至圖七十五為 T4 站第一、二、三次量測，自深度 8 米至 64 米每隔 4 米之潮流橢圓，三次量測中半日潮部份自上層到下層主軸方向皆為東北-西南向，半主軸長皆為自上層至底層微幅減弱，整體較之前討論過的三站明顯較弱，三次的半主軸振幅分別為 11~15 cm/s、11~14 cm/s、13~15 cm/s，三次觀測上層至下層皆為逆時針方向旋轉。全日潮部份，自上層到下層主軸方向皆為東北-西南向，半主軸長皆為自上層至底層微幅減弱，三次的半主軸長分別為 5~11 cm/s、5~10 cm/s、4~12 cm/s，三次量測皆呈現上層順時針下層逆時針旋轉。

圖七十六至圖七十九為 T5 站第一至四次量測，自深度 8 米至 52 米每隔 4 米之潮流橢圓，因此站已接近海岸線，其潮流橢圓特性亦較為特殊。四次量測中半日潮部份自上層到下層主軸方向皆為東北-西南走向，半主軸長整體較之前討論過的四站更明顯微弱，四次的主軸

振幅分別為 5~7 cm/s、4~5 cm/s、5~7 cm/s、6~8 cm/s，其旋轉方向相較前面討論的各站，較為不規則。全日潮部份，自上層到下層主軸方向亦皆為東北-西南走向，四次的半主軸長分別為 4~9 cm/s、5~8 cm/s、4~6 cm/s、5~10 cm/s，旋轉方向大致呈現上層順時針下層逆時針旋轉。

圖八十至圖八十一為 T6 站第一、二次量測，第一次量測深度為 12 米至 56 米每隔 4 米之潮流橢圓，因此站位於澎湖水道，受地形影響下，其潮流橢圓半主軸長較前所討論各站大。半日潮部份，第一次量測主軸方向由上層的東北偏北隨深度轉為接近東北向，但第二次量測顯示皆為接近正北向，兩次半主軸長分別為 60~80 cm/s、60~73 cm/s，皆為自上層至底層微幅減弱，於第二次量測皆為逆時針旋轉，第一次量測呈不規則。全日潮部份，第一次量測主軸方向大致是東北偏北向，但第二次量測顯示皆為接近正北向，兩次半主軸長分別為 7~12 cm/s、4~10 cm/s，兩次量測皆為逆時針旋轉。

2. 以調和分析法計算各站潮流橢圓

首先，假設各站所有觀測流速的層數之斜壓流速經垂直積分後為零，則各站的垂直平均流速值可用來估算正壓潮流。這種方法在以前的文獻中也曾被使用過，因為各站的流速觀測資料已幾乎包含了整層海水，這種的假設所造成的可能誤差應可降低。

圖八十二、八十三、八十四為 T1~T6 站以深度平均法獲得正壓潮流分量後，以調和分析法所分離出的各個分潮，擷取的分潮包括 M2、S2、N2、K1、O1，各分潮之潮流橢圓各參數值，包括半主軸長、半副軸長、主軸方向，如表二所示。圖中顯示，T1~T5 各分潮之正壓潮之橢圓的主軸方向都大約平行於海峽的走向，且其旋轉方式主要呈逆時鐘旋轉，潮流橢圓的半主軸長均是從靠中國大陸測站向靠台灣側站遞減，且半日正壓潮(M2、S2、N2)的遞減幅度遠大於全日正壓潮(K1、O1)，向東遞減至 T5 站半日正壓潮的潮流橢圓大小約與全日正壓潮潮流橢圓已呈大小相近。於澎湖水道的 T6 站於兩次量測中顯示，半日正壓潮潮流半主軸長遠較其他各站大，亦遠大於全日正壓潮潮流半主軸長，各分潮皆為逆時針方向旋轉，主軸方向大致為南北向。

各站各層流速扣除垂直平均流速後所獲得的流速用以代表為各站之斜壓流速，但依據前述資料顯示，台灣海峽斜壓潮流甚小於正壓潮流，因此本報告並不對斜壓潮流進行探討。

3. 以 Sb-ADCP 海流資料計算潮流橢圓

圖八十五為以 15' 網格內的歷史資料資料使用此一方法所求得，圖中顯示，M2 正壓潮於台灣海峽潮流橢圓之分布，潮流橢圓主軸方向大約平行於台灣海峽的走向，除了於澎湖水道主軸長明顯較大外，大致呈現由靠中國大陸岸向東減小的趨勢，與錨碇觀測頗為一致。但

其他分潮以此法仍無法完全解析，主要原因 Sb-ADCP 資料存在隨機誤差，其他分潮於台灣海峽不大，故隨機誤差之影響相對較大，難以求得合理的 fit 曲線。

4. 小結

一些研究(Lin et al., 2004; Jan et al., 2001) 指出，台灣海峽的半日潮是沿大陸岸向南傳遞的凱文波 (Kelvin wave)，而全日潮為由北向南的行進波。綜觀以上各站分析結果，在半日潮方面，其分析結果顯示在 T1~T5 的橢圓主軸方向大約平行於台灣海峽的走向，約為東北—西南方向。橢圓之離心率以最接近岸邊的 T5 站最接近於 1，幾乎是沿著海岸方向呈往復運動，而其餘四站的半日潮流橢圓離心率約為 0.8~0.9，顯示半日潮流仍以主軸方向往復運動為主。潮流橢圓之半主軸長顯示以靠近大陸的 C1 站較大且向著台灣方向逐漸變小，深度的變化上，僅在接近底層有變小的情況外並沒有明顯的深度變化，顯示各站的半日潮主要為正壓潮型態。各站各次所得的半日潮潮流橢圓特性相似，也顯示台灣海峽內的潮流非常穩定並沒有明顯的時間變化。此一觀測，於澎湖水道的 T6 站半主軸長度明顯較 T1~T5 站大，可達為 60~80 cm/s，其主軸方向亦主要受地形影響呈南北向，兩次量測於主軸方向及半主軸長頗有差異。各站各次之全日潮潮流橢圓，如同半日潮一樣各站各次間全日潮潮流橢圓的差異不大。大體而言，各站

各次之全日潮流橢圓離心率均較半日潮接近於 1，也就是全日潮流的運動更集中在主軸方向進行往復的漲退潮運動，主軸方向也是以東北—西南方向為主，平行於台灣海峽走向，潮流大小亦是從中國大陸向台灣方向遞減，但是減小的幅度不像半日潮般明顯，全日潮潮流橢圓大小隨著深度增加而略有減小，但仍可看出台灣海峽的全日潮主要亦是以正壓潮為主。全日潮流橢圓之旋轉方向除了部份因接近於直線往復運動而較不明顯外，大體上全日潮流的旋轉方向在上層為順時鐘旋轉，下層為逆時鐘旋轉。

(3)台灣西南海域與呂宋海峽潮流變化

於本區域的測站點如圖一所示，包括 T7 與 T8 共兩個站，其中 T7 位於台灣西南外海，T8 位於呂宋海峽，兩個量測站資訊如表一所示。

1. 以旋轉能譜方法計算各站潮流橢圓

以旋轉能譜方法計算各站潮流橢圓，與先前相同做法，選用中心頻率為 8.05×10^{-2} 和 4.17×10^{-2} cph (cycle per hour) 分別代表半日潮和全日潮。

圖八十六為 T7 站自深度 20 米至 180 米每隔 20 米之潮流橢圓，圖中顯示，半日潮自上層到下層主軸方向變化不大，主軸方向主要為

與海岸線平行的西北-東南向，半主軸長由上層至底層明顯減弱，於 9~21 cm/s 間，上層至下層皆為順時針方向旋轉。而全日潮半主軸長變化為 6~8 cm/s，半主軸長與半副軸長比例已較台灣海峽為小，主軸方向主要亦為西北-東南向，於 80 米處主軸長度最小，自上層至下層與半日潮相同皆為順時針旋轉。

圖八十七為 T8 站於旋轉能譜擷取半日潮及全日潮頻帶，自深度 30 米至 250 米每隔 20 米之潮流橢圓，圖中顯示，半日潮自上層到下層主軸方向變化不大，主要為西北-東南向，隨著深度增加偏向正北向，半主軸長由上層至底層明顯減弱，於 10~22 cm/s 間，上層至下層皆為順時針方向旋轉。而全日潮半主軸長變化為 20~30 cm/s，較半日潮為大，且半副軸亦有 10~20 cm/s，與台灣海峽主要是沿主軸方向往返運動的特性不同，主軸方向大致為東-西向。於 80 米處主軸長度最小，似乎存在一節點，自上層至下層與半日潮相同皆為順時針旋轉。

2. 以調和分析法計算各站潮流橢圓

圖八十八為調和分析法所分離出 T7 站各個主要分潮，包括 M2、S2、N2、K1、O1 各分潮，大致皆為順時針旋轉，各主軸長分別為 7~20 cm/s、2~7 cm/s、2~6 cm/s、4~6 cm/s、5~6 cm/s，M2 分潮明顯

較大，其餘分潮大小相近，主軸方向大致皆為西北-東南向。圖八十九為 T8 站各主要分潮，M2、S2、N2、K1、O1 主軸長分別為 9~20 cm/s、3~8 cm/s、2~5 cm/s、20~27 cm/s、12~22 cm/s，M2 潮仍然較 S2、N2 潮明顯，但 K1 與 O1 潮相差並不大，且 K1 潮半主軸長由上層至下層減弱，O1 則增強。整體皆呈順時針旋轉。

潮流橢圓分析結果顯示，本區域亦存在較不明顯的斜壓運動，本應以水文資料求算理論上的 normal modes，而後以最小平方誤差法，求取正壓分量，但因此法於本海域誤差過大，且海水分層變動，並無合理之結果。

3. 小結

綜觀此一區域的潮流變化特性，兩個站無論全/半日潮潮流橢圓皆呈現順時針方向旋轉，與台灣海峽各站不同，由 T7 站顯示潮流運動方向仍受海岸線及地形影響主軸呈西北-東南走向，全日潮的斜壓分量較台灣海峽明顯，且不似台灣海峽主要為沿主軸方向往返運動。T8 站的全日潮主軸長度更是大於半日潮主軸長度，且半副軸長度亦大，其中 K1 與 O1 相差不大，且都較 M2 大，K1 潮半主軸長由上層至下層減弱，O1 則增強，與先前所討論的各站有明顯差異。

(4)台灣東部海域與東北陸棚潮流變化

於本區域的測站點如圖一所示，包括 T9、T10、T11 共三個站，其中 T9 位於台灣與蘭嶼間，T10 位於宜蘭海脊，T11 位於台灣東北陸棚區域，T9 與 T10 位於黑潮流域，T11 則於黑潮入侵的陸棚區域，三個量測站資訊如表一所示。

1. 以旋轉能譜方法計算各站潮流橢圓

以旋轉能譜方法計算各站潮流橢圓，選用中心頻率為 8.05×10^{-2} 和 4.17×10^{-2} cph (cycle per hour) 分別代表半日潮和全日潮。

圖九十為 T9 自深度 40 米至 260 米每隔 20 米之潮流橢圓，圖中顯示，半日潮自上層到下層主軸方向近一致，主軸方向主要為東北-西南向，半主軸長由上層至底層明顯減弱，於 15~30 cm/s 間，上層至下層皆為順時針方向旋轉。而全日潮半主軸長變化為 14~26 cm/s，主軸方向主要亦為西北-東南向，主軸長度自 40 米處微幅遞減至 80 米處，80 米深度後主軸長度明顯隨深度增加，顯示此站有明顯的斜壓運動，自上層至下層與半日潮相同皆為順時針旋轉。

圖九十一為 T10 站自深度 30 米至 250 米每隔 20 米之潮流橢圓，圖中顯示，半日潮自上層到下層主軸方向變化不大，主軸方向主要為

東北-西南向，半主軸長由上層至底層明顯減弱，於 9~25 cm/s 間，上層至下層皆為順時針方向旋轉。而全日潮半主軸長變化為 6~12 cm/s，半主軸長由上層至底層微幅減弱，主軸方向主要亦為西北-東南向，自上層至下層與半日潮相同皆為順時針旋轉。

圖九十二為 T11 站於旋轉能譜擷取半日潮及全日潮頻帶，自深度 30 米至 230 米每隔 20 米之潮流橢圓，圖中顯示，於 90 米處主軸方向為東西向，90 米以上漸偏東北-西南向，90 米以下則為西北-東南向，半主軸長於 28~43 cm/s 間，於 90 米處潮流橢圓幾乎呈一直線的往返運動，往上及往下半主軸與半副軸長漸增，可明顯看出斜壓潮特徵，其上層至下層皆為順時針方向旋轉。而全日潮半主軸長變化為 11~14 cm/s，主軸方向主要亦為西北-東南向，自上層至下層與半日潮相同皆為順時針旋轉。

2. 以調和分析法計算各站潮流橢圓

圖九十三為調和分析法所分離出 T9 站各個主要分潮，包括 M2、S2、N2、K1、O1 各分潮，大致皆為順時針旋轉，各主軸長分別為 14~28 cm/s、3~9 cm/s、3~5 cm/s、12~26 cm/s、8~19 cm/s，M2 分潮明顯較 S2、N2 大，主軸方向大致皆為西北-東南向。O1 與 K1 隨深度呈相似變化趨勢，與 T8 站相同，兩分潮主軸長度 K1 較大但其差值不大。圖九十四為調和分析法所分離出 T10 站各個主要分潮，包括

M2、S2、N2、K1、O1 各分潮，大致皆為順時針旋轉，各主軸長分別為 8~24 cm/s、3~9 cm/s、3~6 cm/s、3~8 cm/s、2~4 cm/s，M2 分潮明顯較大，其餘分潮大小相近，主軸方向大致皆為東北-西南向。圖九十五為 T11 站各個主要分潮，大致皆為順時針旋轉，M2、S2、N2、K1、O1 各主軸長分別為 20~39 cm/s、5~14 cm/s、4~8 cm/s、4~9 cm/s、4~6 cm/s，M2 分潮明顯較大，S2 次之且與 M2 隨深度有相同變化趨勢。

3. 求取正模(Normal modes)並以最小平方誤差法求取正壓分量

於 T11 站的潮流橢圓分析結果顯示，當地半日潮具有明顯的斜壓潮運動，可以理論上的正模求取正壓分量。首先收集當地歷史 CTD 水文資料，並以此推算浮力頻率，其結果可用於推算水平運動於垂直方向的變化趨勢，即是理論上的正模。假設半日潮是由正壓潮及各不同 mode 的斜壓潮所組成，以最小平方法可求出正壓潮及斜壓潮。

由於此站位於東北陸棚區，其半日潮流變化受黑潮入侵所影響，為能辨識黑潮入侵所造成的影響，依低頻流場的資訊，將資料分三階段，第一階段為黑潮入侵前，第二、三階段為黑潮入侵後。分析結果顯示，東西向的正壓潮振幅於三階段並無太大變化，但南北向正壓潮振幅入侵後減為入侵前的一半，半主軸長度皆約為 25 cm/s，主軸呈

西北-東南向。圖九十六為三個階段斜壓潮之潮流橢圓，圖九十七為三階段之振幅與相位，兩圖中顯示斜壓潮主要是第一斜壓模主控，節點約位於 110~130 米間，於黑潮入侵後主軸長度變大，且方向自西北-東南向轉至南-北向，振幅南北向分量大於東西向分量，且南北向分量於入侵後明顯增大。

4. 小結

由以上分析結果顯示，三個站無論全/半日潮潮流橢圓皆呈現順時針方向旋轉，半日潮於 T9、T10 站均為東北-西南走向，且主軸長度自上層至下層遞減，但 T11 因為於東北陸棚區域，因黑潮入侵影響及其複雜地形，隨深度呈現特殊的潮流橢圓型態，其主軸長較其他兩站大，且具有明顯的斜壓運動分量。經分離正/斜壓潮後，半日潮以正壓潮及第一斜壓潮為主，且黑潮入侵對於半日正/斜壓潮均產生影響，斜壓效應更為明顯且其主軸方向偏向南-北向。於 T9 站全日潮半主軸長沒半日潮大，但相差卻不多，也較其他兩站大。三個站的全日潮皆可觀測到斜壓潮運動的影響。

五、討論與結論

臺灣週遭海域潮流運動主要是半日潮運動，其中又以 M2 潮為主，於台灣海峽最是明顯，但於台灣與綠島間的測站(T9)顯示全日潮雖較半日潮變化為小，卻已相差不多，而呂宋海峽(T8)全日潮比半日潮變化大，此兩站的全日潮 K1 與 O1 具有接近的變化幅度，並非由 K1 完全主控。半日潮運動於台灣海峽皆為逆時針時針旋轉，其他區域皆為順時針旋轉，全日潮運動於台灣海峽除了澎湖水道的測站(T6)為自上層至下層逆時針旋轉外，大致呈現上層順時針，下層逆時針的變化，海峽以外區域大致為順時針旋轉。除台灣海峽以外，其他區域斜壓潮流較為明顯。

於台灣海峽的潮流運動不論是全日潮或半日潮，大約平行於台灣海峽的走向，約為東北—西南方向，幾乎是沿著海岸方向呈往復運動，深度的變化上，僅在接近底層有變小的情況外並沒有明顯的深度變化，顯示各站的半/全日潮主要為正壓潮型態。台灣西南海域與呂宋海峽潮流變化，與台灣海峽各站不同，由 T7 站顯示潮流運動方向仍受海岸線及地形影響主軸呈西北—東南走向，全日潮的斜壓分量較台灣海峽明顯，且不似台灣海峽主要為延主軸方向往反運動，T8 站的全日潮主軸長度更是大於半日潮主軸長度，且半副軸長度亦大，其中 K1 與 O1 相差不多，且都較 M2 大，K1 潮半主軸長由上層至下層減

弱，O1 則增強。台灣東部海域與東北陸棚潮流變化，半日潮於 T9、T10 站均為東北-西南走向，且主軸長度自上層至下層遞減，但 T11 因為於東北陸棚區域，因黑潮入侵影響及其複雜地形，隨深度呈現特殊的潮流橢圓型態，其主軸長較其他兩站大，且具有明顯的斜壓運動分量，半日潮以正壓潮及第一斜壓潮為主，且黑潮入侵對於半日正/斜壓潮均產生影響，入侵後斜壓效應更為明顯且其主軸方向轉向南-北向。

表一：各錨碇測站點海流資料相關參數設定。

測站名稱	測站位置		資料長度	採樣頻率 (min)	當地水深
	經度	緯度			
T1	120°02.681'E	25°00.020'N	1999/07/18 10:00-1999/09/28 05:00	60	52
T2	119°28.574'E	24°58.519'N	1999/08/29 17:00-1999/12/14 22:00	60	42
			2000/11/15 09:00-2001/03/06 10:00		
T3	119°47.930'E	24°49.811'N	1999/09/27 02:00-1999/12/28 08:00	60	62
			2001/08/14 13:00-2001/11/13 14:00		
T4	120°07.693'E	24°38.733'N	1999/09/28 02:00-1999/12/25 20:00	60	66
			2000/11/11 13:00-2001/02/26 15:00		
			2001/08/14 08:00-2001/11/13 10:00		
T5	120°28.010'E	24°28.230'N	1999/09/28 00:00-1999/12/28 13:00	60	54
			2000/11/13 05:00-2001/02/26 11:00		
			2001/03/05 21:00-2001/05/23 07:00		
			2001/08/14 04:00-2001/11/13 06:00		
T6	119°51.729'E	23°51.197'N	1999/07/17 21:00-1999/08/29 17:00	60	60
			1999/11/19 08:00-2000/04/19 00:00		
T7	120°10.73'E	22°11.55'N	2000/10/04 21:00-2001/04/18 02:00	60	968
T8	120°56.39'E	20°47.67'N	1996/12/28 03:00-1997/08/05 07:00	60	1313
T9	121°13.38'E	22°04.08'N	2001/10/20 00:00-2002/04/09 06:00	60	1234
T10	122°20.09'E	24°29.29'N	1992/01/06 16:00-1992/02/17 16:00	60	550
T11	122°23.72'E	25°25.42'N	1991/09/28 22:00-1991/11/27 11:30	60	387

表二：以調和分析方法計算各主要分潮之潮流橢圓之各參數值

	T1	T2-1	T2-2	T3-1	T3-2	T4-1	T4-2	T4-3	T5-1	T5-2	T5-3	T5-4	T6-1	T6-2
M ₂ 分潮														
半主軸長 (cm s ⁻¹)	30	30	30	22	23	13	12	13	5	5	6	7	66	68
半副軸長 (cm s ⁻¹)	10	6	8	10	10	7	7	7	0	0	0	0	6	6
主軸方向 (°)	25	30	25	38	40	32	29	27	48	45	43	46	65	90
S ₂ 分潮														
半主軸長 (cm s ⁻¹)	10	10	12	9	10	5	5	6	3	3	4	4	17	23
半副軸長 (cm s ⁻¹)	4	1	3	3	3	2	2	2	-0	0	-0	0	3	2
主軸方向 (°)	33	32	23	40	44	39	35	39	50	47	50	51	62	88
N ₂ 分潮														
半主軸長 (cm s ⁻¹)	5	6	7	5	5	3	3	3	1	1	1	2	10	13
半副軸長 (cm s ⁻¹)	2	1	1	2	2	1	1	1	0	0	-0	0	2	1
主軸方向 (°)	24	28	24	38	36	31	18	30	49	52	43	46	61	89
K ₁ 分潮														
半主軸長 (cm s ⁻¹)	11	9	8	9	9	8	7	9	7	6	6	8	7	7
半副軸長 (cm s ⁻¹)	1	0	-1	0	1	0	0	1	1	-0	0	1	3	2
主軸方向 (°)	40	29	21	34	44	42	40	40	53	54	45	53	67	99
O ₁ 分潮														
半主軸長 (cm s ⁻¹)	7	6	5	7	8	6	6	6	5	5	5	5	6	4
半副軸長 (cm s ⁻¹)	1	-1	-1	0	1	0	0	0	-1	0	0	-0	2	2
主軸方向 (°)	31	28	19	35	36	41	35	43	51	52	48	50	60	98

主軸方向角度為自東方逆時鐘方向起算。

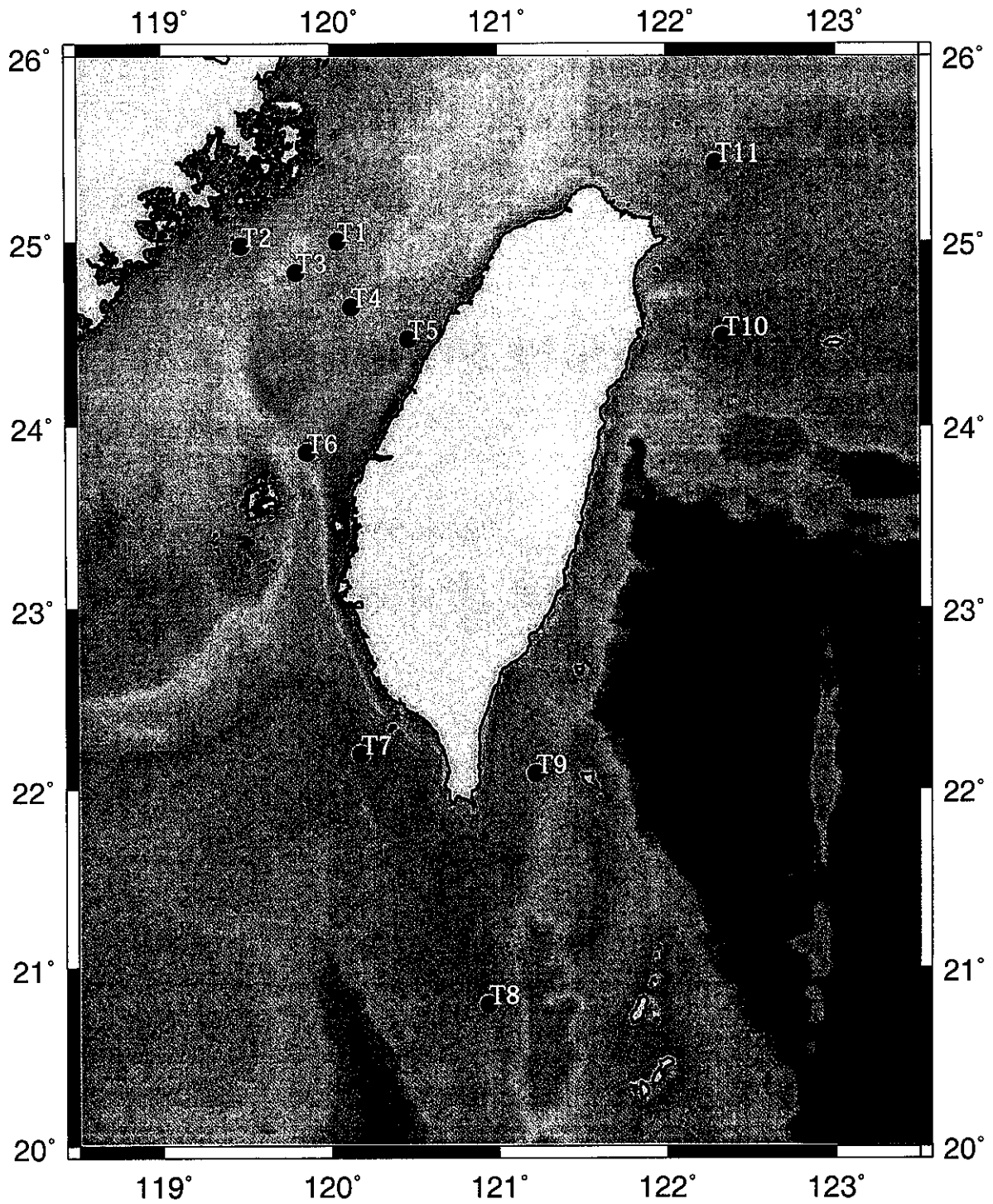
副軸之正值代表潮流為逆時鐘旋轉，負值代表順時鐘旋轉。

Reference:

Foreman, M.G.G., 1978 (revised 1996): Manual for tidal currents analysis and prediction,

- Pacific Marine Science Report 78-6*, Institute of Ocean Sciences, Patricia Bay, 57 pp.
- Liang W. D., T. Y. Tang, Y. J. Yang, M. T. Ko, and W. S. Chuang, 2003: Upper-ocean currents around Taiwan, *Deep Sea Res.*, **50**, 1085-1105.
- Lin, S. F, T.Y. Tang, S. Jan, and C.-J. Chen, 2004, Taiwan Strait Current in winter, *Continental Shelf Research* (Submitted)
- Tang T. Y. and J. C. Ma, 1995: A Note on the Accuracy of Shipboard ADCP on Ocean Researcher I, *Acta Oceanogra. Taiwanica*, **25**, 71-81.

Mooring Stations

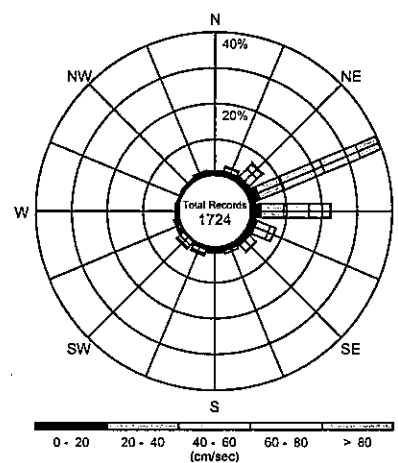
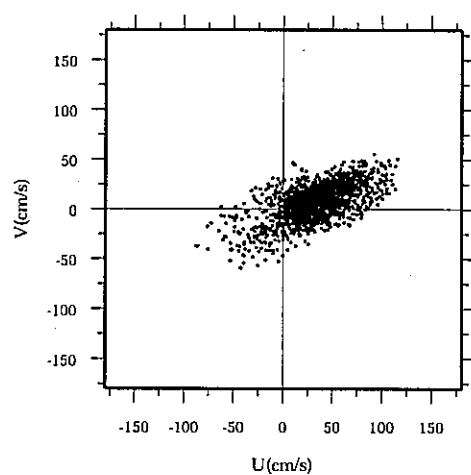
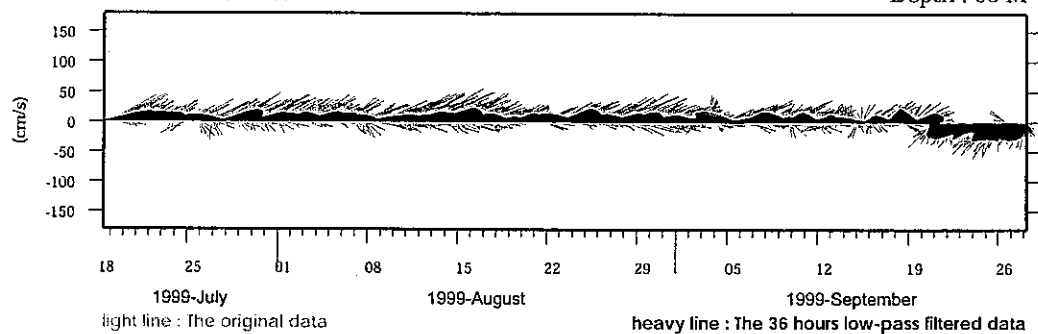


Lon : 120° 02.68' E

Lat : 25° 00.02' N

Station : T1

Depth : 08 M



Joint probability distribution of current speed and it's direction

Speed	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-20	0.7	1.2	1.6	2.8	2.6	2.0	1.7	1.3	0.7	0.9	0.5	0.3	0.2	0.4	0.5	1.0	18.6
20-40	0.3	1.1	3.0	7.3	6.4	4.1	2.5	1.0	0.8	1.3	1.2	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	30.6
40-60	0.0	0.3	1.7	12.3	7.1	1.4	0.1	0.0	0.3	0.5	1.0	0.5	0.4	0.0	0.0	0.0	25.6
60-80	0.0	0.0	0.4	10.9	3.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	16.2
80-100	0.0	0.0	0.1	4.4	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7
100-120	0.0	0.0	0.0	1.7	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1
120-140	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
140-160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160-180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180-200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	1.0	2.6	6.7	39.6	22.3	7.6	4.3	2.3	1.7	2.8	3.2	1.7	1.0	0.8	0.8	1.4	100.0

Mean U and V : 33.5 (cm/s), 7.0 (cm/s)

Standard deviation of U and V : 32.0 (cm/s), 18.1 (cm/s)

Maximun speed and it's direction : 125.9 (cm/s), 66.5 (deg.)

Mean speed and direction : 34.3 (cm/s), 78.2 (deg.)

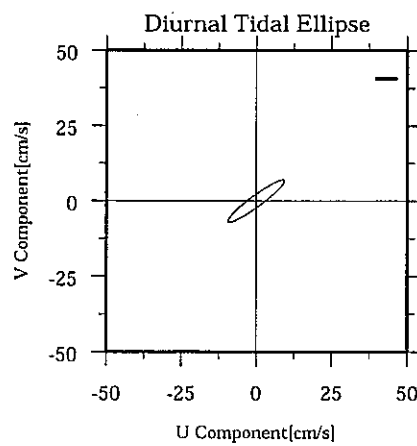
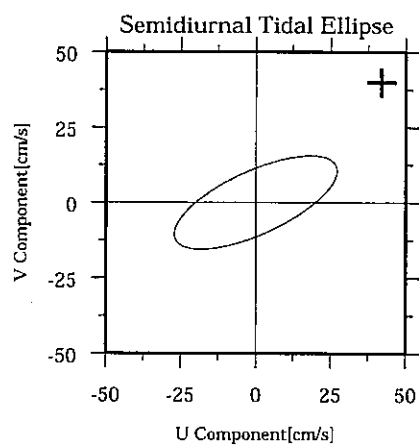
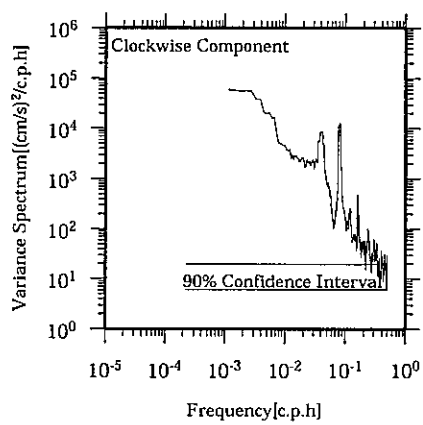
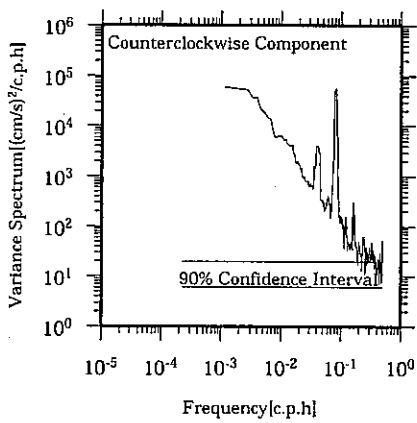
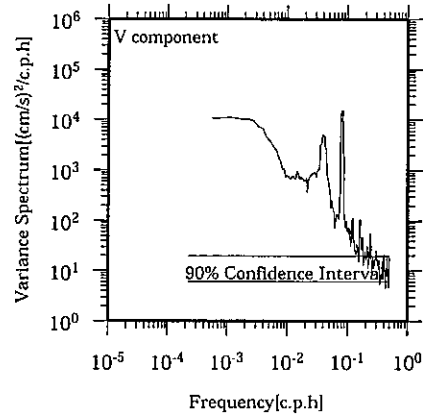
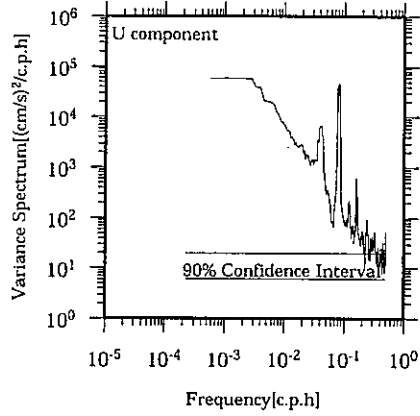
Speed scalar average : 43.9 (cm/s)

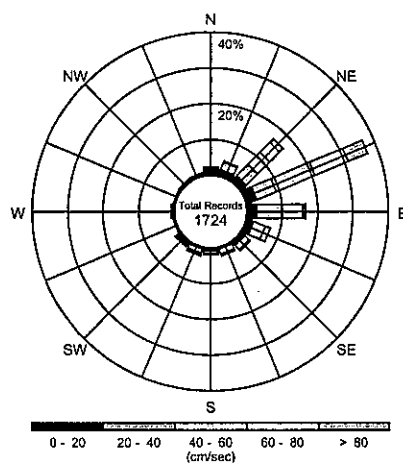
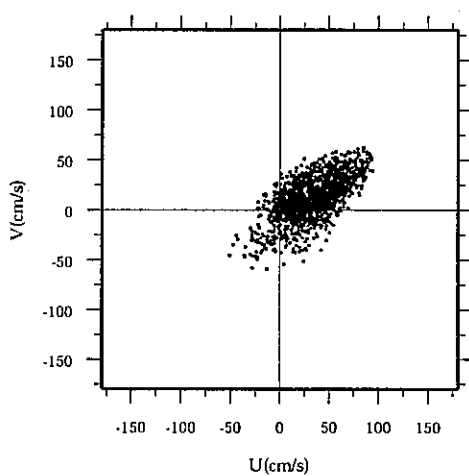
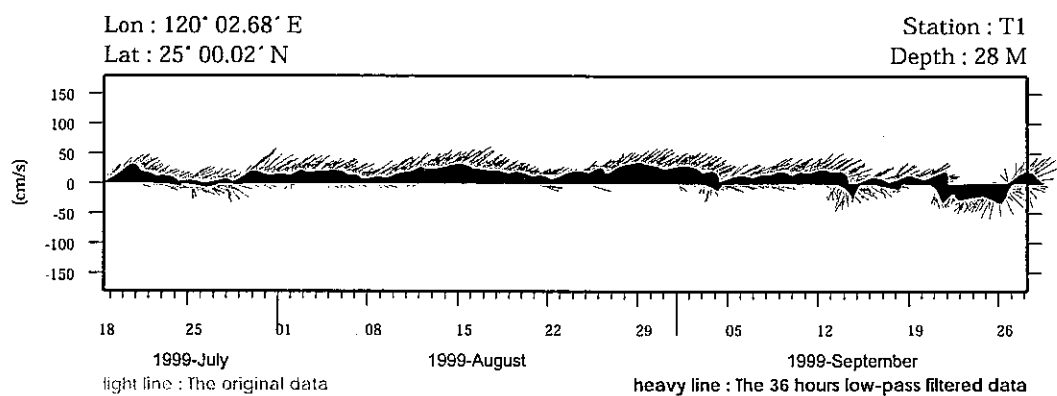
Lon: 120° 02.68' E

Lat: 25° 00.02' N

Station: T1

Depth : 08 M





Joint probability distribution of current speed and it's direction

Speed	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-20	1.7	1.7	2.1	3.0	2.7	2.0	1.4	0.6	0.9	0.7	0.7	0.4	0.8	0.5	0.6	0.7	20.7
20-40	0.6	2.1	4.2	5.9	7.1	3.7	1.7	1.5	0.9	1.2	0.6	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	30.2
40-60	0.0	0.5	4.8	11.7	5.9	1.5	0.5	0.5	0.3	0.6	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	26.8
60-80	0.0	0.0	3.9	10.2	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.9
80-100	0.0	0.0	1.3	5.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6
100-120	0.0	0.0	0.1	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
120-140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140-160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160-180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180-200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	2.4	4.4	16.5	36.7	16.5	7.1	3.5	2.6	2.1	2.6	1.9	0.7	1.0	0.6	0.8	0.8	100.0

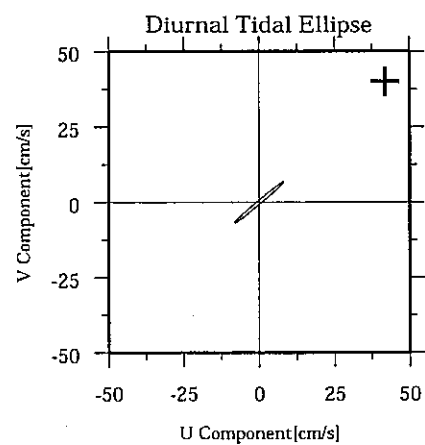
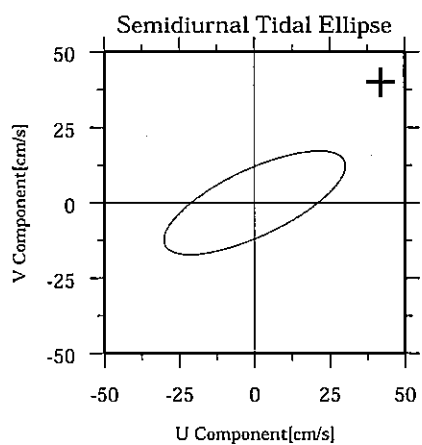
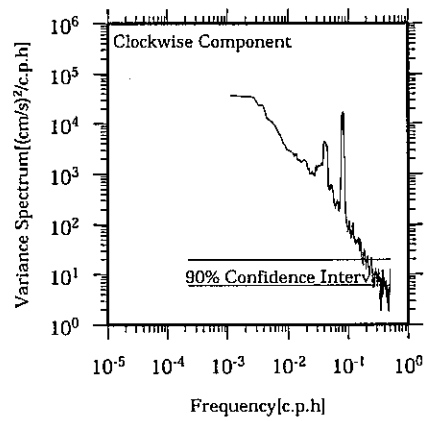
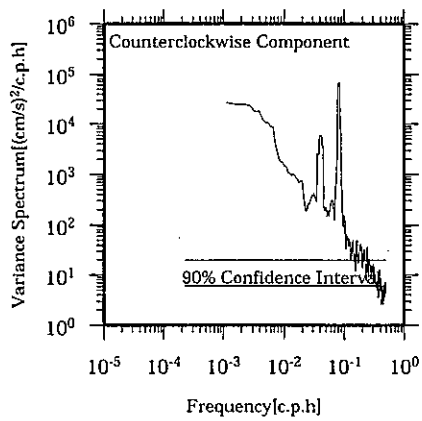
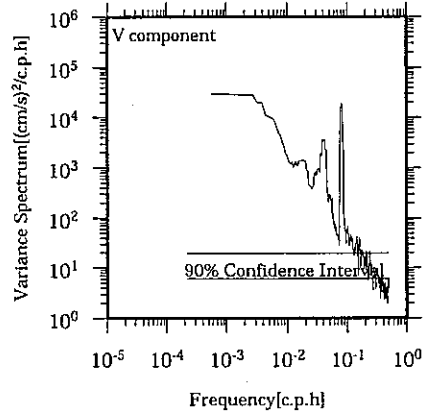
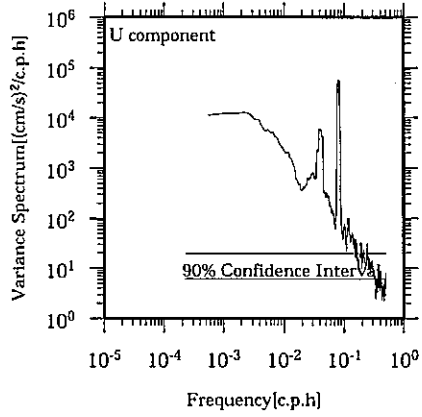
Mean U and V : 32.6 (cm/s), 11.5 (cm/s)
Standard deviation of U and V : 25.8 (cm/s), 20.8 (cm/s)
Maximun speed and it's direction : 107.1 (cm/s), 58.0 (deg.)
Mean speed and direction : 34.6 (cm/s), 70.5 (deg.)
Speed scalar average : 41.7 (cm/s)

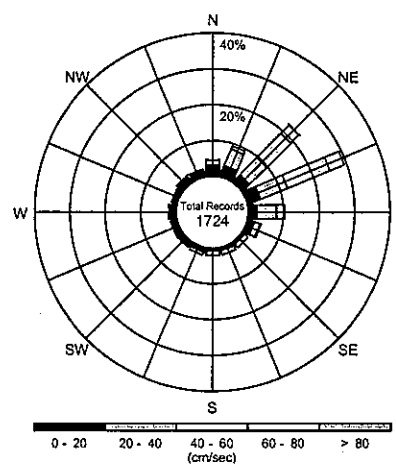
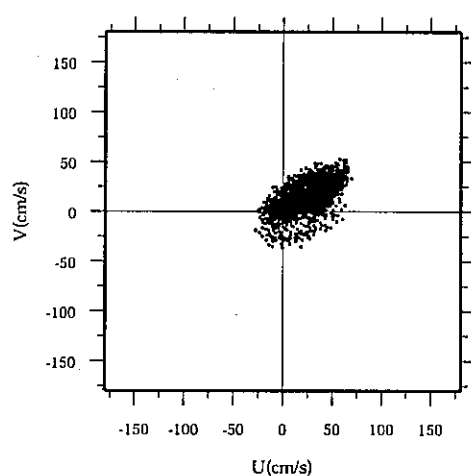
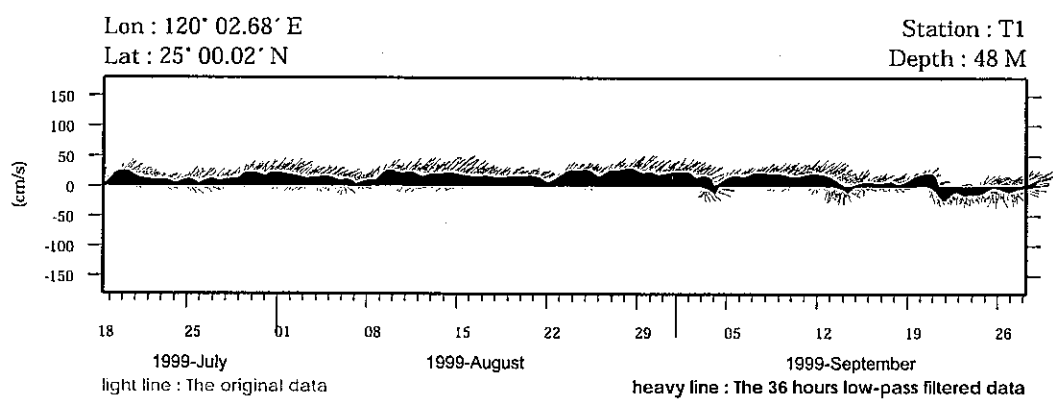
Lon: 120° 02.68' E

Lat: 25° 00.02' N

Station: T1

Depth : 28 M





Joint probability distribution of current speed and it's direction

Speed	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-20	3.2	3.2	2.8	3.7	2.4	1.9	0.8	1.0	0.9	1.4	1.5	1.6	1.8	1.6	2.1	1.9	31.8
20-40	1.3	5.0	6.6	8.4	5.5	1.7	1.3	1.3	1.2	0.9	0.5	0.3	0.4	0.1	0.1	0.2	34.7
40-60	0.0	0.9	9.6	12.8	2.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.8
60-80	0.0	0.0	3.2	4.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5
80-100	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
100-120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120-140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140-160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160-180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180-200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	4.5	9.1	22.4	29.1	10.0	3.9	2.1	2.3	2.0	2.3	2.0	2.0	2.2	1.7	2.3	2.1	100.0

Mean U and V : 21.9 (cm/s), 12.6 (cm/s)

Standard deviation of U and V : 20.8 (cm/s), 16.6 (cm/s)

Maximum speed and it's direction : 81.5 (cm/s), 50.9 (deg.)

Mean speed and direction : 25.3 (cm/s), 60.1 (deg.)

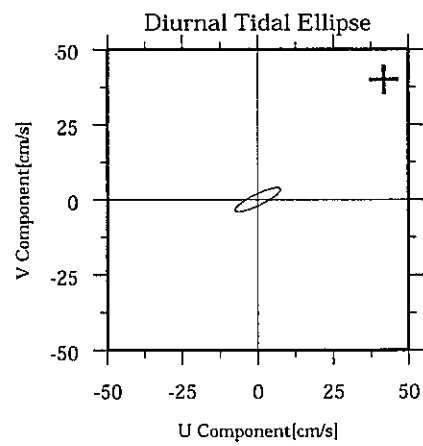
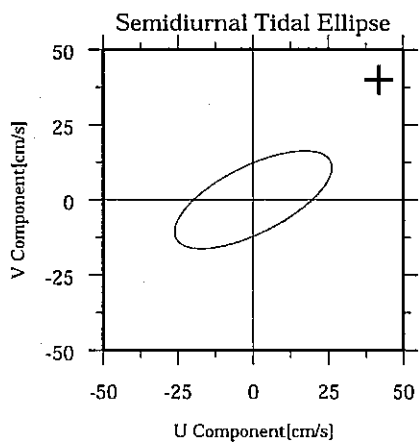
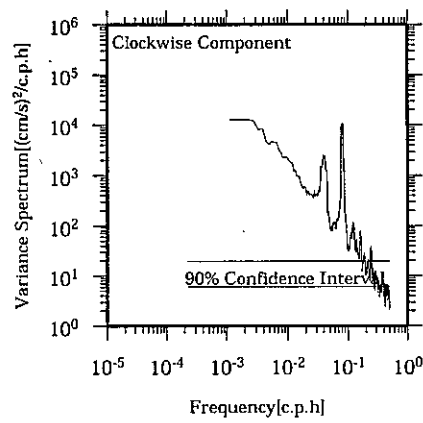
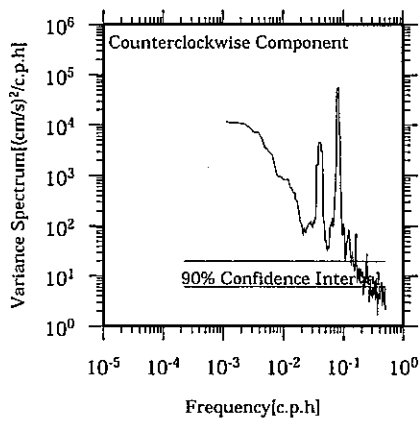
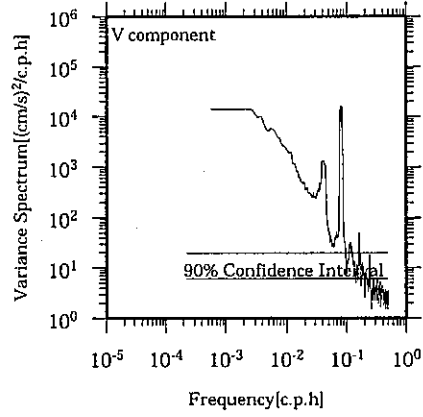
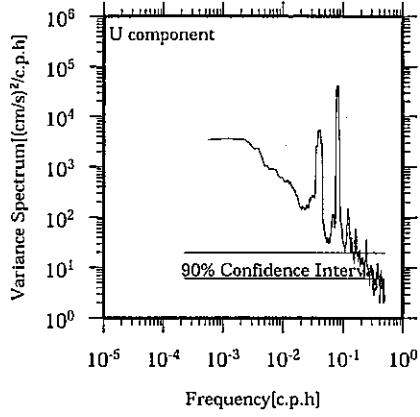
Speed scalar average : 31.8 (cm/s)

Lon: 120° 02.68' E

Lat: 25° 00.02' N

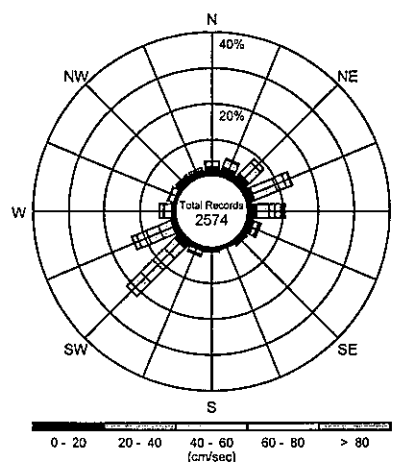
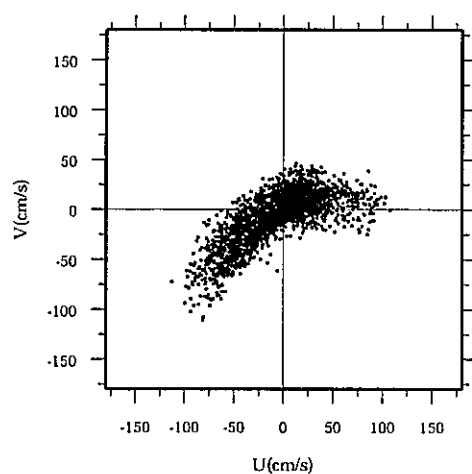
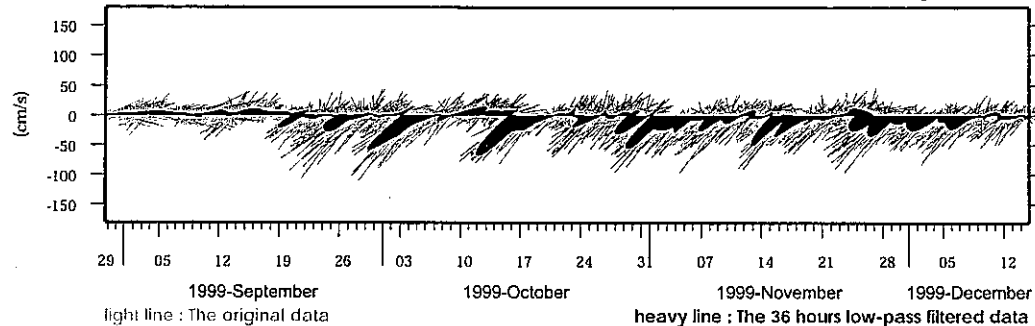
Station: T1

Depth : 48 M



Lon : 119° 28.57' E
Lat : 24° 58.52' N

Station : T2-1
Depth : 12 M



Joint probability distribution of current speed and it's direction

Speed	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-20	2.5	2.5	2.8	2.4	2.4	2.2	1.4	0.7	1.2	1.4	2.6	1.6	1.1	0.9	1.7	1.5	29.0
20-40	1.3	2.1	4.5	6.7	3.6	1.2	0.3	0.2	0.2	1.1	4.1	3.8	2.3	1.6	0.5	0.8	34.3
40-60	0.1	0.5	1.3	2.8	1.7	0.5	0.0	0.0	0.0	0.4	4.7	3.7	1.1	0.2	0.0	0.0	16.9
60-80	0.0	0.0	0.0	1.4	1.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	4.8	2.9	0.1	0.0	0.0	0.0	11.1
80-100	0.0	0.0	0.0	0.3	1.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0
100-120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2
120-140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
140-160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160-180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180-200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	3.9	5.1	8.5	13.6	10.5	4.1	1.8	0.9	1.5	3.1	21.6	13.4	4.7	2.6	2.3	2.3	100.0

Mean U and V : -5.6 (cm/s), -7.2 (cm/s)

Standard deviation of U and V : 37.3 (cm/s), 25.1 (cm/s)

Maximun speed and it's direction : 138.9 (cm/s), 222.4 (deg.)

Mean speed and direction : 9.1 (cm/s), 217.9 (deg.)

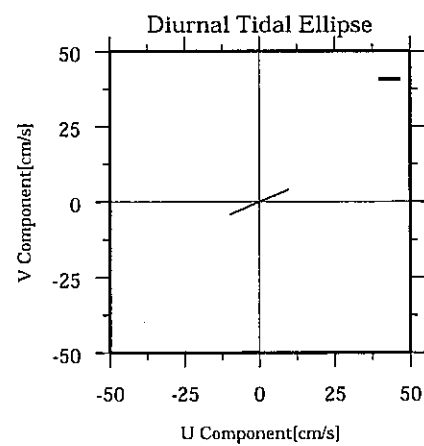
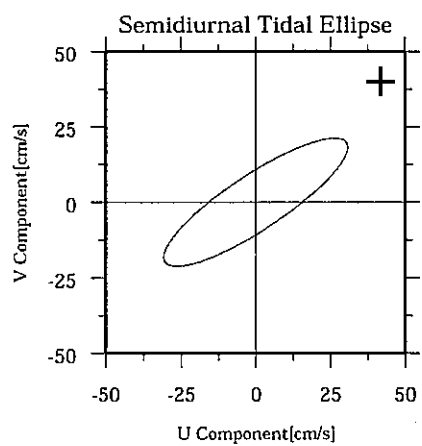
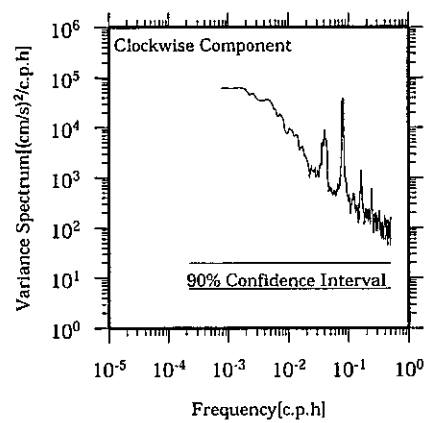
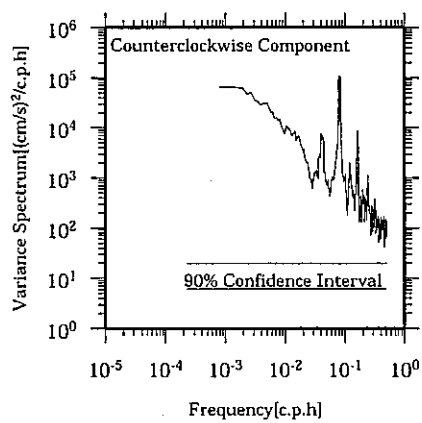
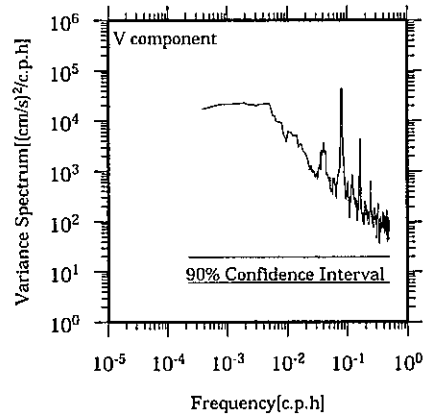
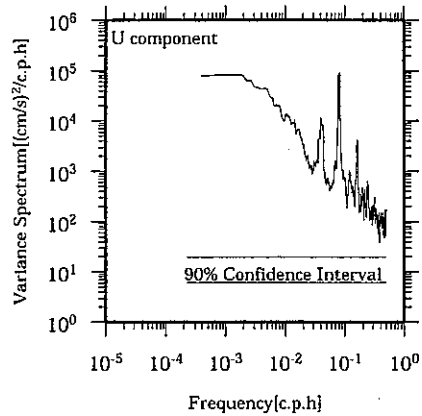
Speed scalar average : 37.8 (cm/s)

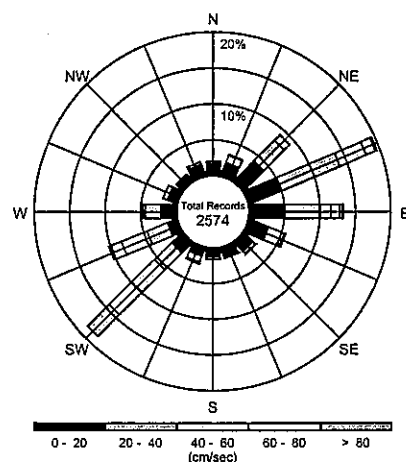
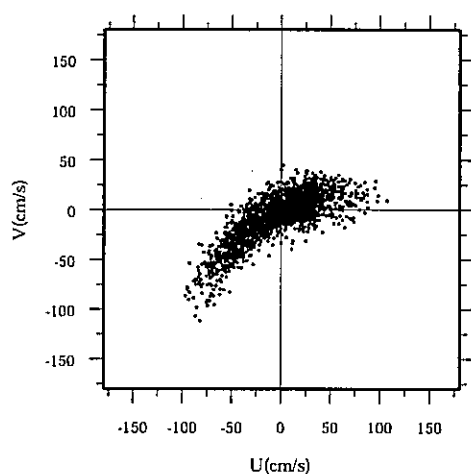
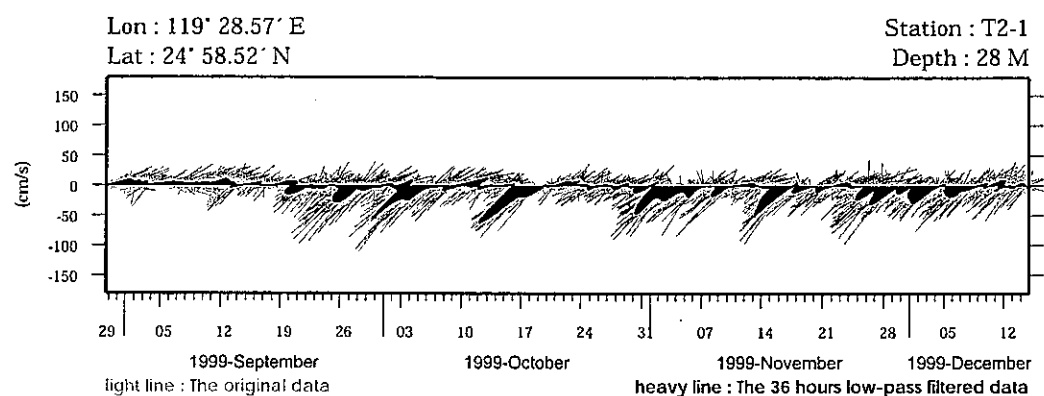
Lon: 119° 28.57' E

Lat: 24° 58.52' N

Station: T2-1

Depth : 12 M





Joint probability distribution of current speed and it's direction

Speed	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-20	1.7	1.9	4.0	4.9	4.8	3.0	1.9	1.6	1.2	1.4	2.1	1.5	2.2	1.5	1.1	1.7	36.5
20-40	0.3	1.1	4.0	8.9	5.1	2.4	0.5	0.1	0.4	0.9	3.4	3.0	2.2	0.6	0.2	0.4	33.6
40-60	0.0	0.1	1.1	4.0	1.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	4.4	3.8	0.4	0.0	0.0	0.0	15.9
60-80	0.0	0.0	0.0	1.4	1.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	8.6
80-100	0.0	0.0	0.0	0.3	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7
100-120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3
120-140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
140-160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160-180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180-200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	2.0	3.2	9.1	19.5	13.1	5.6	2.4	1.7	1.6	2.5	18.7	10.3	4.8	2.1	1.4	2.1	100.0

Mean U and V : -0.6 (cm/s), -5.5 (cm/s)

Standard deviation of U and V : 33.6 (cm/s), 22.5 (cm/s)

Maximum speed and it's direction : 138.5 (cm/s), 216.4 (deg.)

Mean speed and direction : 5.5 (cm/s), 186.0 (deg.)

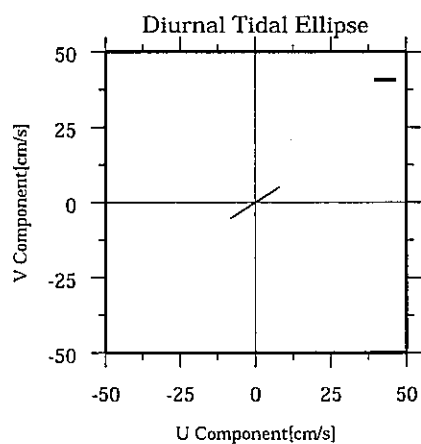
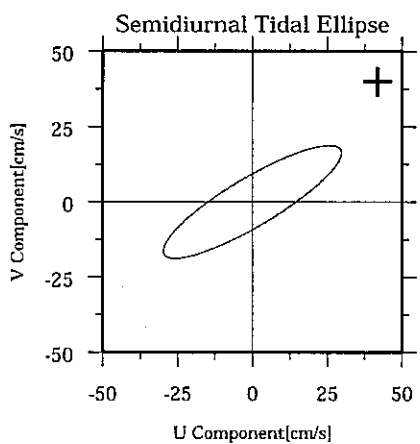
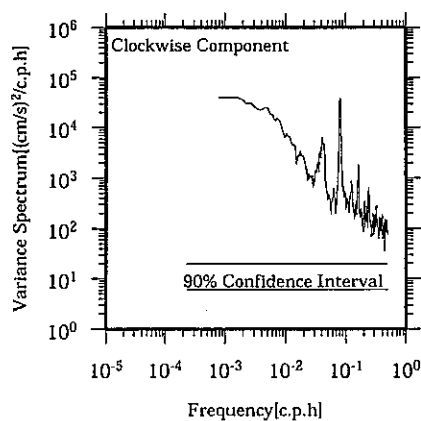
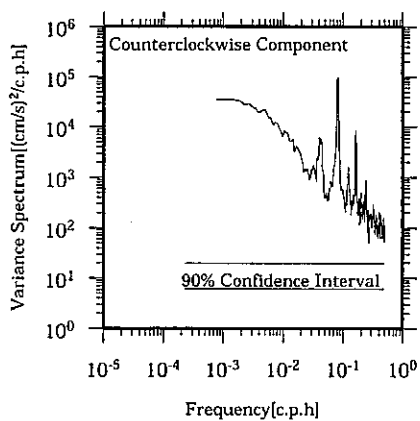
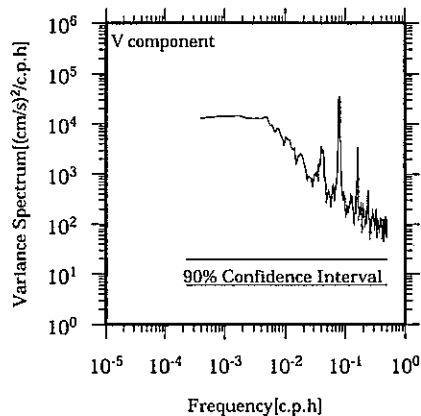
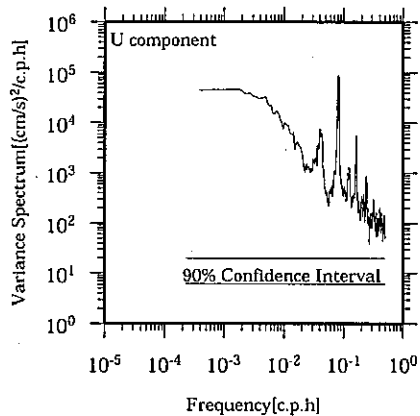
Speed scalar average : 33.0 (cm/s)

Lon: 119° 28.57' E

Lat: 24° 58.52' N

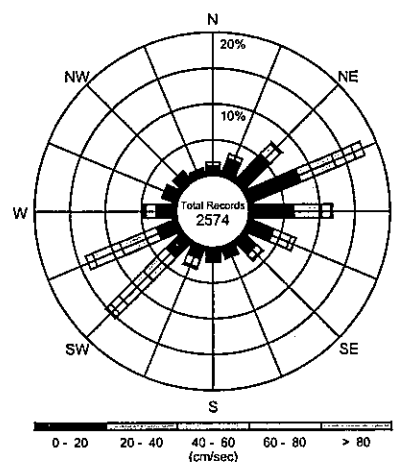
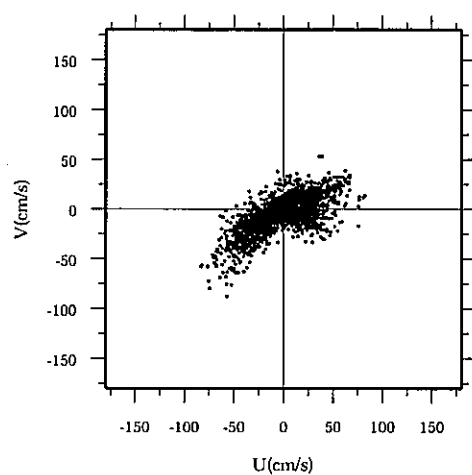
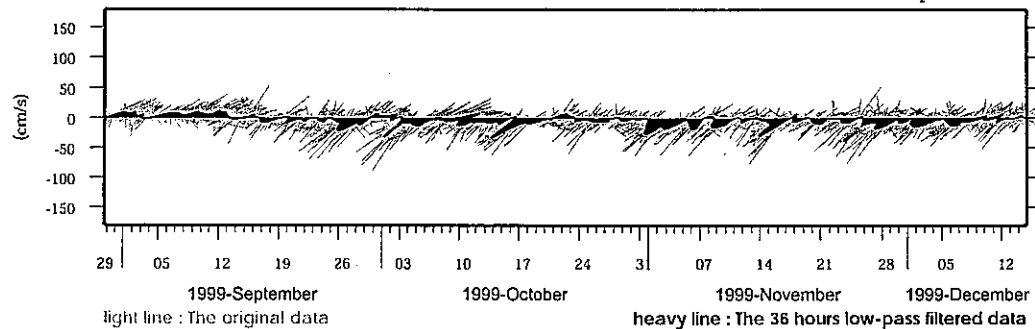
Station: T2-1

Depth : 28 M



Lon : 119° 28.57' E
Lat : 24° 58.52' N

Station : T2-1
Depth : 40 M



Joint probability distribution of current speed and it's direction

Speed	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-20	1.4	2.6	5.3	7.9	6.3	3.8	2.6	1.6	2.1	1.9	3.2	3.1	2.9	2.0	1.7	1.0	49.7
20-40	0.4	0.7	1.9	5.4	3.8	2.7	1.0	0.2	0.1	1.2	4.5	5.6	1.4	0.3	0.2	0.1	29.7
40-60	0.0	0.0	0.3	3.0	1.3	0.7	0.2	0.0	0.0	0.2	4.9	4.0	0.4	0.0	0.0	0.0	14.9
60-80	0.0	0.0	0.1	1.4	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	1.7	1.0	0.1	0.0	0.0	0.0	4.6
80-100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
100-120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
120-140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140-160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160-180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180-200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	1.8	3.3	7.6	17.7	11.7	7.2	3.8	1.8	2.1	3.5	15.3	13.9	4.8	2.3	1.9	1.1	100.0

Mean U and V : -0.4 (cm/s), -4.5 (cm/s)

Standard deviation of U and V : 26.2 (cm/s), 16.5 (cm/s)

Maximum speed and it's direction : 109.2 (cm/s), 223.1 (deg.)

Mean speed and direction : 4.5 (cm/s), 184.8 (deg.)

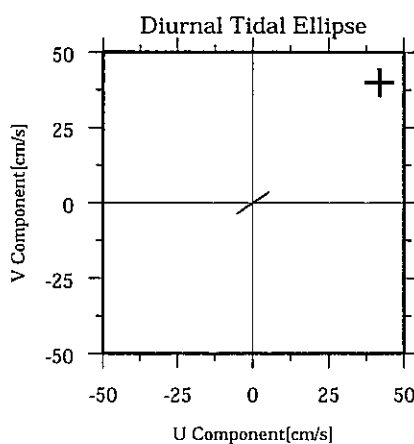
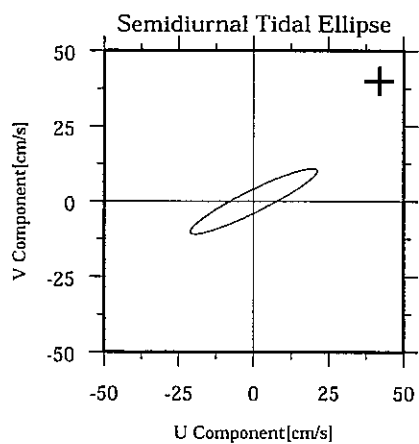
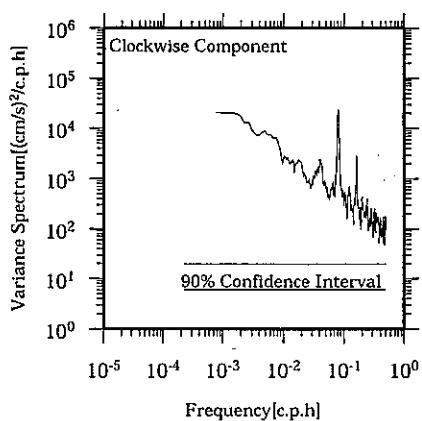
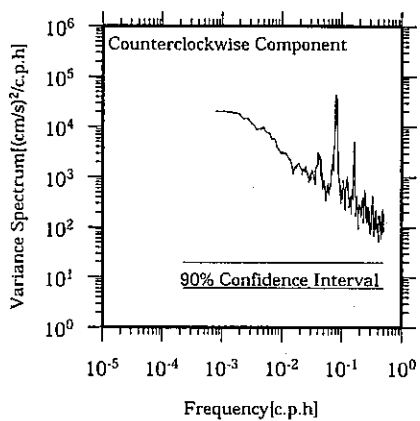
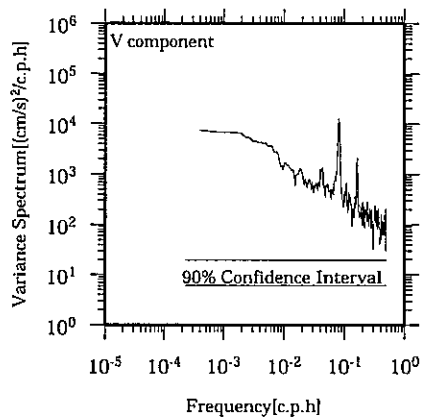
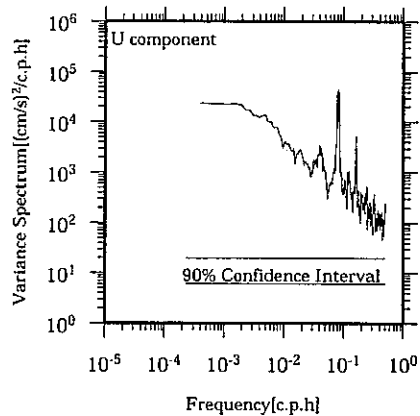
Speed scalar average : 25.2 (cm/s)

Lon: 119° 28.57' E

Lat: 24° 58.52' N

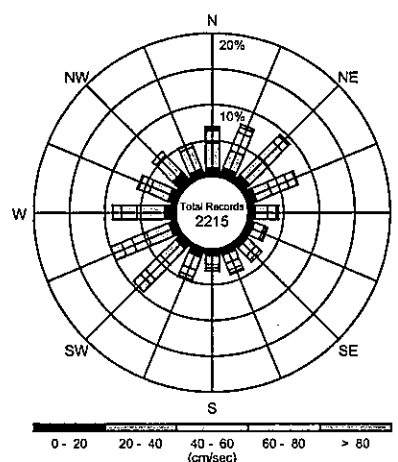
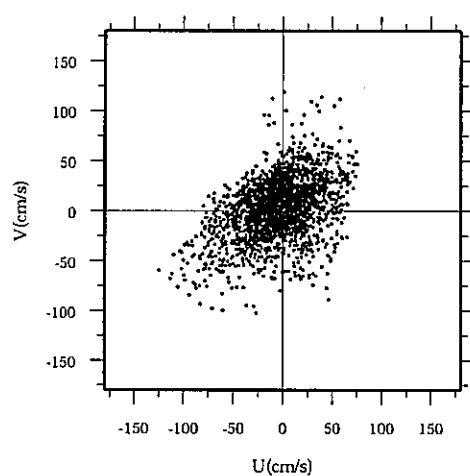
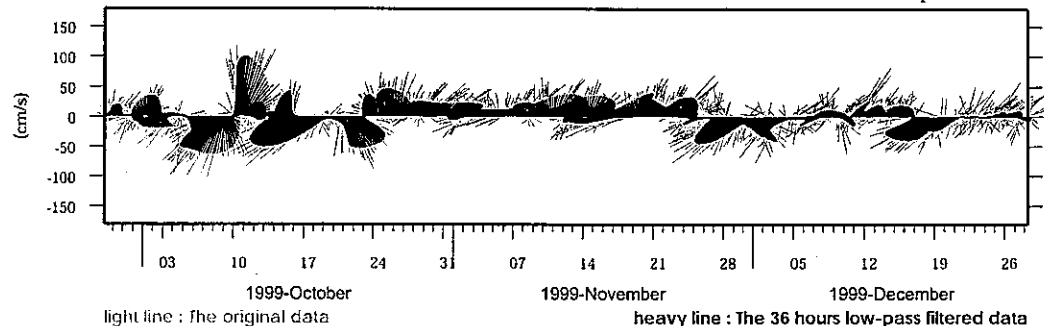
Station: T2-1

Depth : 40 M



Lon : 119° 47.93' E
Lat : 24° 49.81' N

Station : T3-1
Depth : 08 M



Joint probability distribution of current speed and it's direction

Speed	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-20	1.2	1.3	1.4	1.4	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	1.4	1.3	1.3	1.7	1.4	1.9	1.2	20.5
20-40	3.4	2.6	3.7	2.3	1.7	1.4	1.6	1.3	1.2	1.9	3.1	3.4	3.8	2.9	3.3	3.3	40.9
40-60	1.7	2.8	2.8	2.5	1.2	0.4	0.8	1.0	0.4	1.0	2.9	2.2	2.2	1.5	0.7	0.5	24.5
60-80	0.3	0.7	1.0	1.2	0.3	0.2	0.4	0.5	0.5	0.4	0.9	1.6	1.1	0.2	0.0	0.0	9.3
80-100	0.2	0.1	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.9	0.8	0.1	0.0	0.0	0.0	2.9
100-120	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.4	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
120-140	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
140-160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160-180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180-200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	6.9	7.8	9.3	7.6	4.2	3.0	3.7	3.9	3.2	5.1	9.6	9.9	8.9	6.0	5.9	5.0	100.0

Mean U and V : -4.9 (cm/s), 2.3 (cm/s)

Standard deviation of U and V : 32.1 (cm/s), 29.3 (cm/s)

Maximun speed and it's direction : 138.3 (cm/s), 244.4 (deg.)

Mean speed and direction : 5.5 (cm/s), 295.0 (deg.)

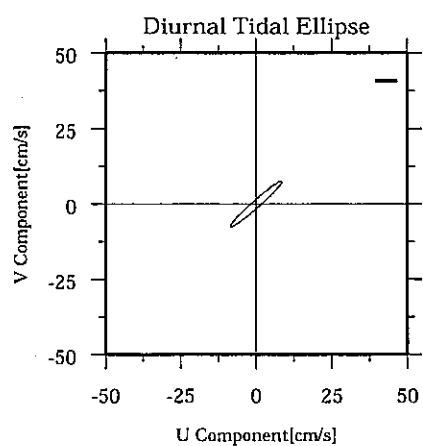
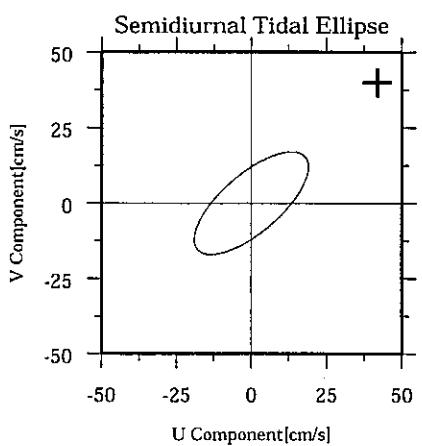
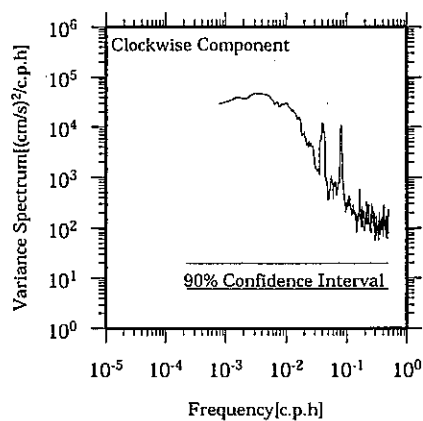
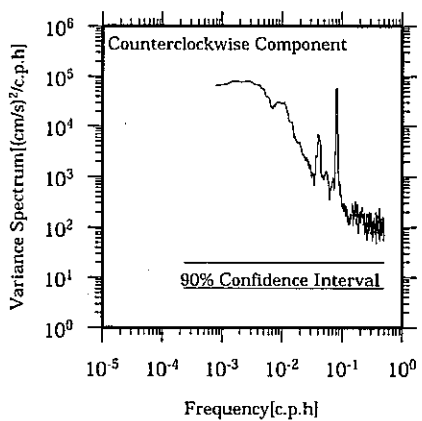
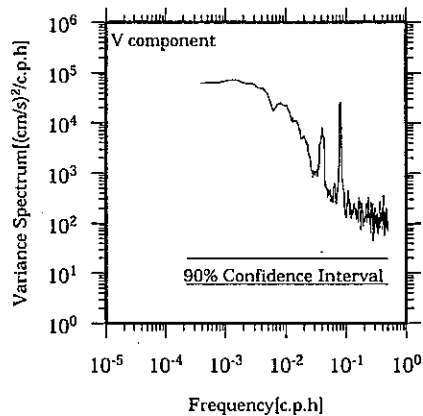
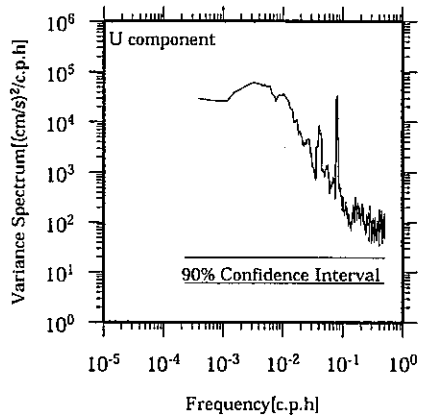
Speed scalar average : 38.0 (cm/s)

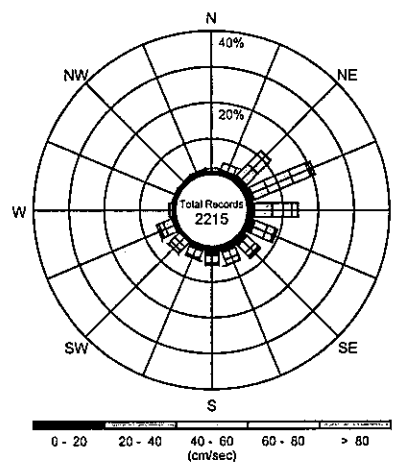
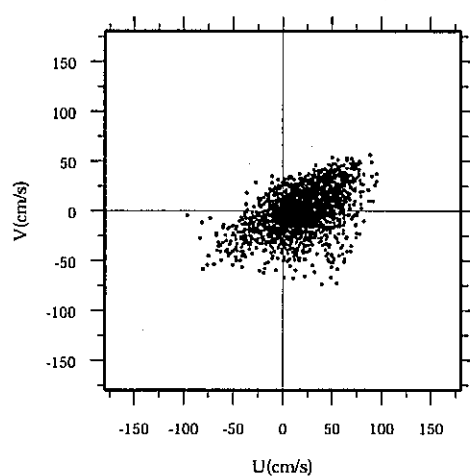
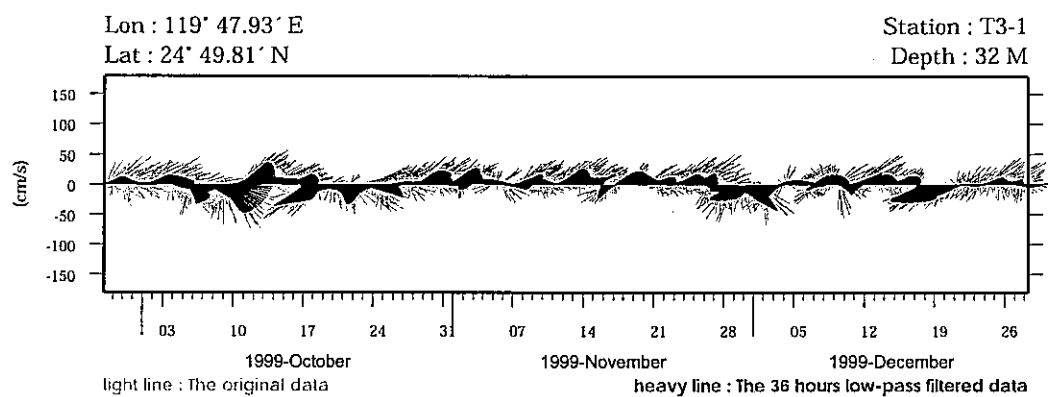
Lon: 119° 47.93' E

Lat: 24° 49.81' N

Station: T3-1

Depth : 08 M





Joint probability distribution of current speed and it's direction

Speed	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-20	0.8	1.4	1.8	2.0	1.8	2.4	2.2	2.1	2.8	1.6	0.9	1.3	0.9	0.7	0.8	0.9	24.5
20-40	0.8	1.9	4.4	4.6	5.1	3.7	3.0	2.2	2.1	2.3	1.8	2.6	0.8	0.4	0.3	0.4	36.3
40-60	0.0	0.1	3.7	7.4	5.4	2.2	1.2	1.4	0.5	0.5	1.6	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	25.3
60-80	0.0	0.0	1.4	5.1	1.7	0.6	0.6	0.2	0.1	0.1	0.9	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	11.5
80-100	0.0	0.0	0.2	1.3	0.2	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	2.3
100-120	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
120-140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140-160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160-180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180-200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	1.6	3.5	11.4	20.5	14.1	9.1	7.1	6.0	5.5	4.5	5.3	6.0	1.9	1.2	1.1	1.3	100.0

Mean U and V : 18.9 (cm/s), -0.6 (cm/s)

Standard deviation of U and V : 29.6 (cm/s), 22.0 (cm/s)

Maximum speed and it's direction : 105.0 (cm/s), 57.7 (deg.)

Mean speed and direction : 18.9 (cm/s), 91.7 (deg.)

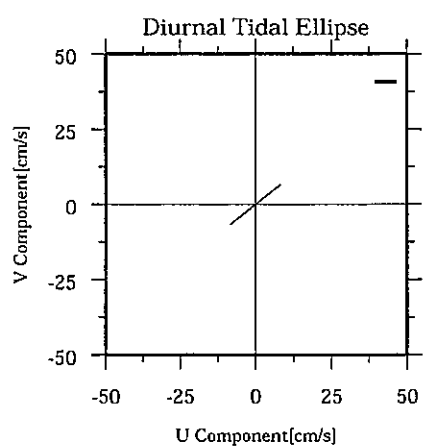
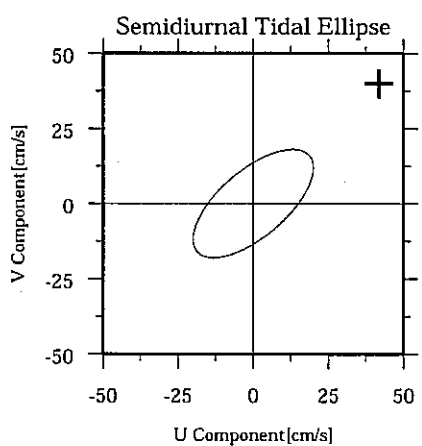
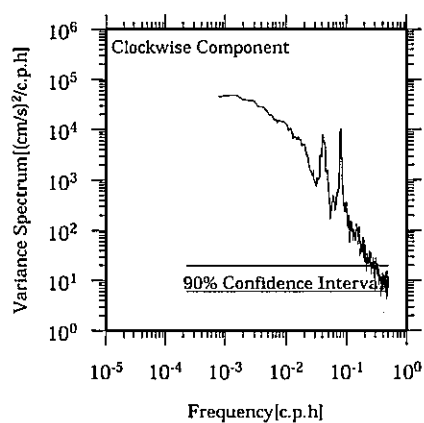
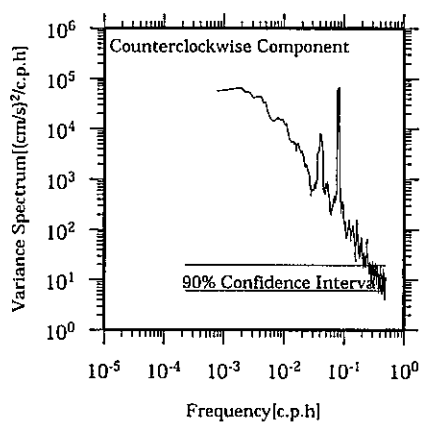
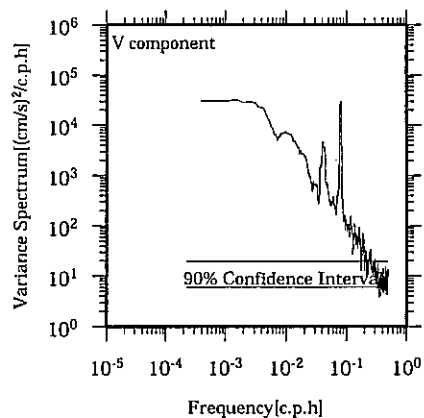
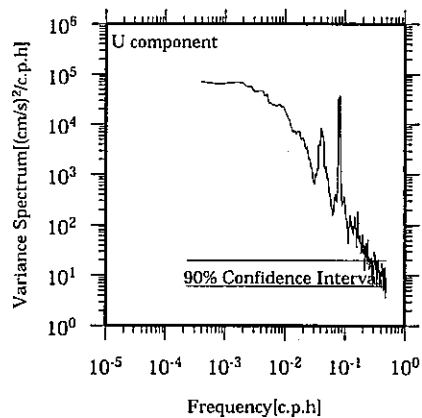
Speed scalar average : 36.2 (cm/s)

Lon: 119° 47.93' E

Lat: 24° 49.81' N

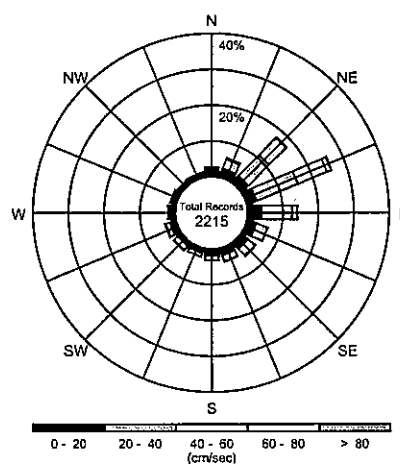
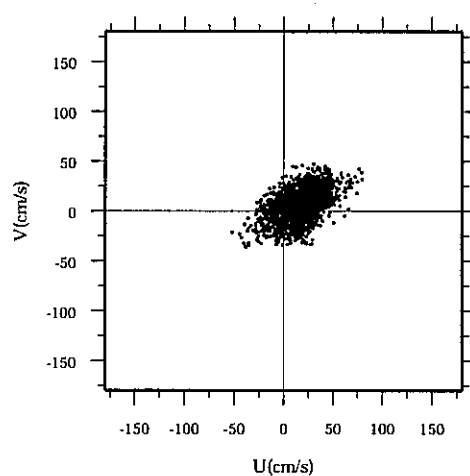
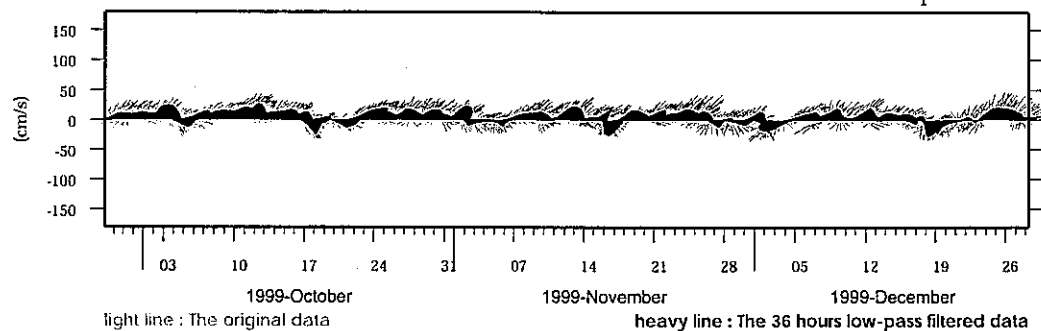
Station: T3-1

Depth : 32 M



Lon : 119° 47.93' E
Lat : 24° 49.81' N

Station : T3-1
Depth : 60 M



Joint probability distribution of current speed and it's direction

Speed	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-20	1.9	2.5	2.5	2.9	3.9	2.7	2.5	2.3	2.2	1.5	1.4	1.9	1.7	1.6	1.1	1.2	33.8
20-40	0.7	2.7	8.2	12.4	8.5	3.5	2.6	1.9	1.0	1.0	1.4	1.3	0.5	0.3	0.2	0.2	46.4
40-60	0.0	0.4	6.7	8.9	1.4	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	18.1
60-80	0.0	0.0	0.3	1.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
80-100	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
100-120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120-140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140-160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160-180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180-200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	2.7	5.6	17.7	25.5	13.9	6.2	5.3	4.1	3.2	2.6	3.1	3.4	2.3	1.9	1.3	1.4	100.0

Mean U and V : 17.7 (cm/s), 6.4 (cm/s)

Standard deviation of U and V : 19.0 (cm/s), 15.7 (cm/s)

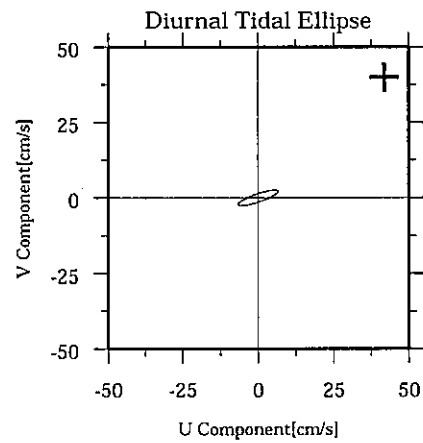
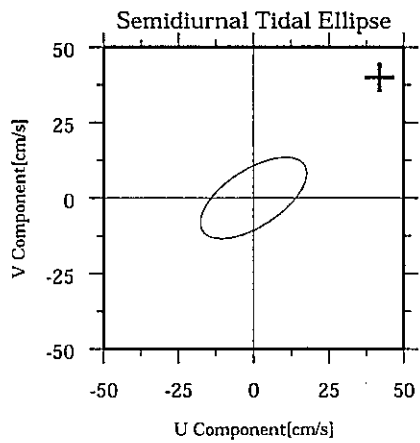
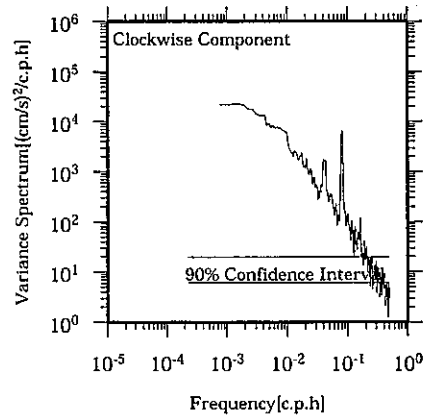
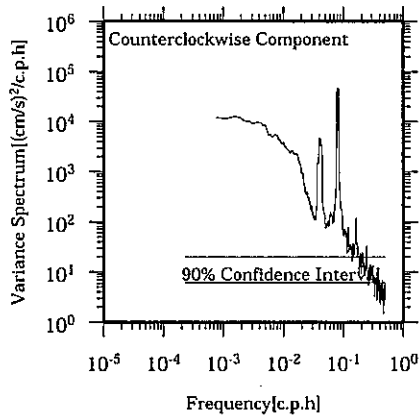
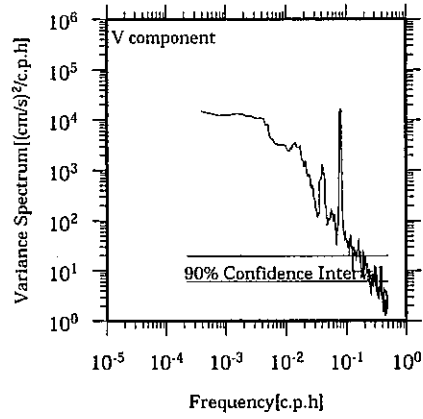
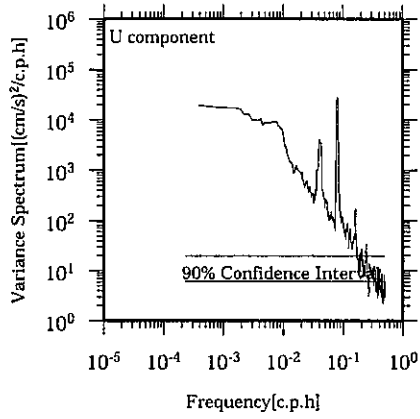
Maximun speed and it's direction : 88.1 (cm/s), 64.1 (deg.)

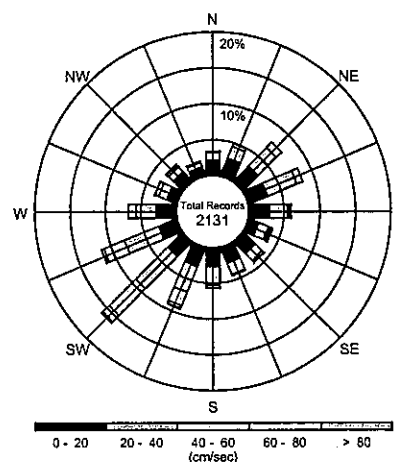
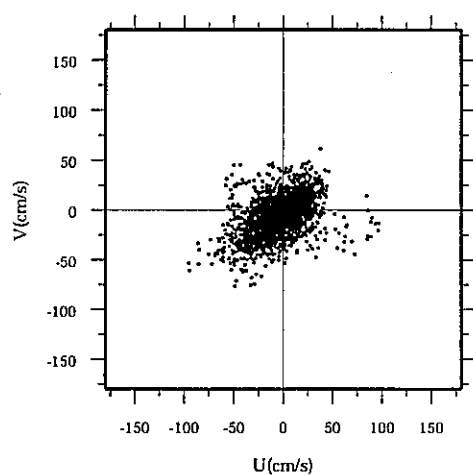
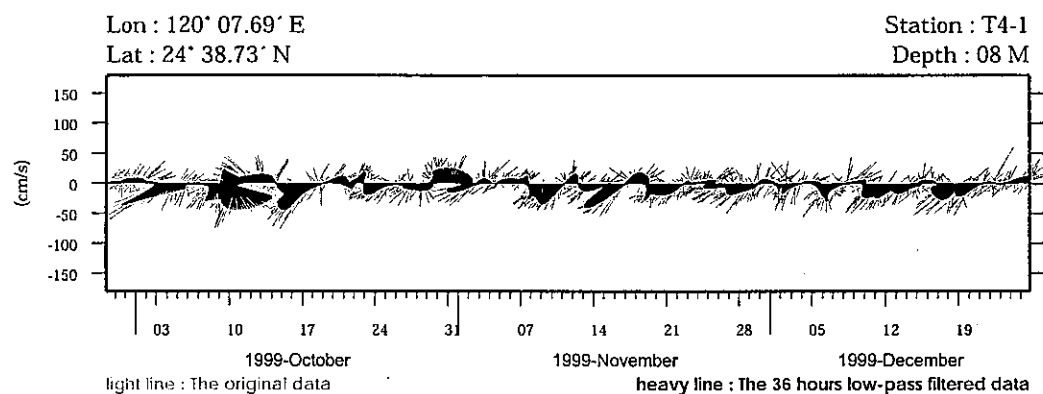
Mean speed and direction : 18.8 (cm/s), 70.1 (deg.)

Speed scalar average : 27.5 (cm/s)

Lon: 119° 47.93' E
 Lat: 24° 49.81' N

Station: T3-1
 Depth : 60 M





Joint probability distribution of current speed and it's direction

Speed	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-20	2.2	2.6	3.0	2.9	2.8	1.5	2.4	2.4	2.6	3.0	3.0	2.8	2.9	1.6	1.9	1.3	38.9
20-40	0.9	1.7	3.6	4.4	2.5	1.4	1.3	1.8	2.7	3.9	6.3	5.2	2.8	1.2	0.9	0.7	41.3
40-60	0.2	0.5	1.0	0.8	0.2	0.2	0.3	0.1	0.4	2.0	5.3	2.2	1.1	0.5	0.3	0.2	15.3
60-80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.3	1.3	0.9	0.0	0.1	0.1	0.0	3.2
80-100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
100-120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
120-140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140-160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160-180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180-200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	3.3	4.8	7.6	8.2	5.9	3.7	4.1	4.3	5.7	9.3	16.0	11.5	6.8	3.4	3.2	2.2	100.0

Mean U and V : -5.0 (cm/s), -6.6 (cm/s)

Standard deviation of U and V : 23.9 (cm/s), 19.7 (cm/s)

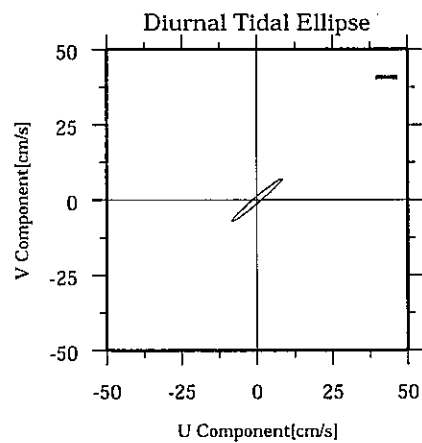
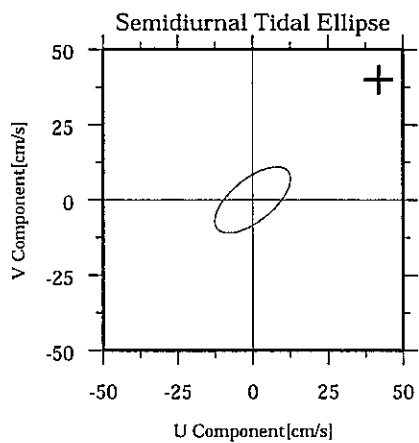
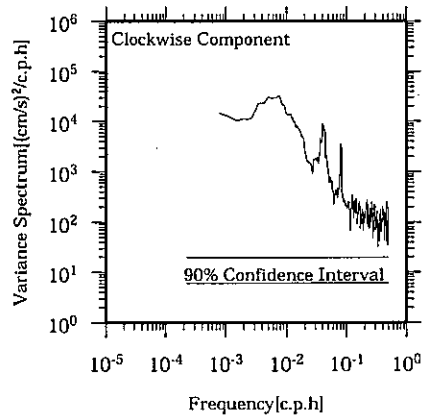
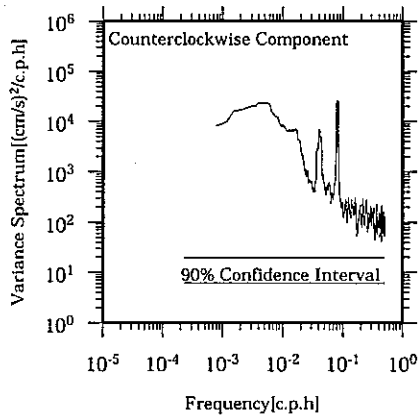
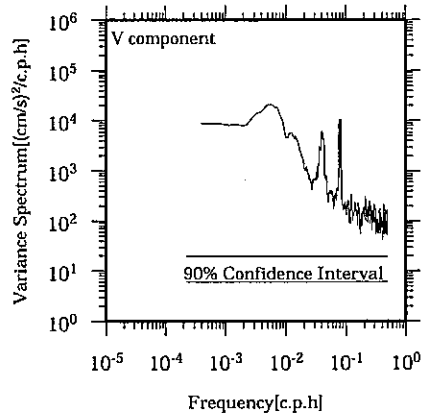
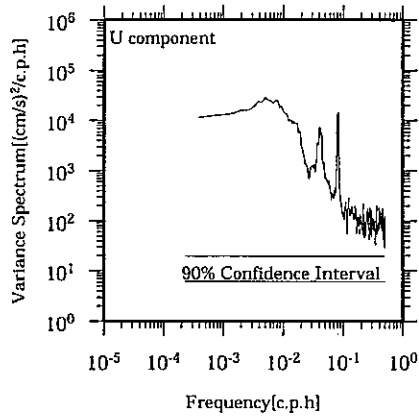
Maximum speed and it's direction : 112.7 (cm/s), 237.1 (deg.)

Mean speed and direction : 8.3 (cm/s), 217.1 (deg.)

Speed scalar average : 27.2 (cm/s)

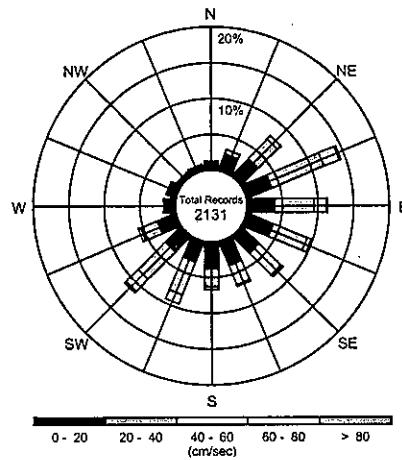
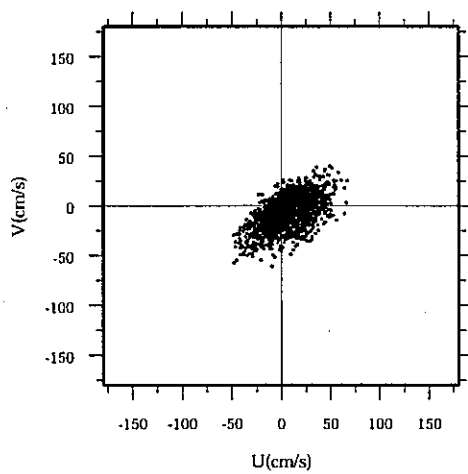
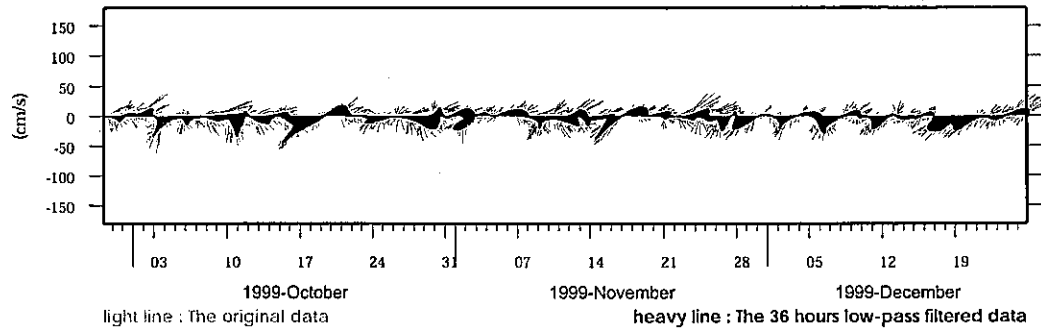
Lon: 120° 07.69' E
Lat: 24° 38.73' N

Station: T4-1
Depth : 08 M



Lon : 120° 07.69' E
Lat : 24° 38.73' N

Station : T4-1
Depth : 32 M



Joint probability distribution of current speed and it's direction

Speed	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-20	1.1	2.4	3.3	3.8	3.9	4.0	3.5	3.7	3.8	3.1	3.1	2.9	1.5	1.4	0.8	0.8	43.1
20-40	0.1	0.7	3.8	7.8	5.5	5.1	4.3	2.9	2.5	5.0	5.4	2.4	0.2	0.1	0.0	0.0	45.9
40-60	0.0	0.0	0.6	2.3	1.7	0.6	0.3	0.2	0.4	1.3	2.3	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	10.1
60-80	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
80-100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100-120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120-140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140-160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160-180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180-200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	1.2	3.1	7.8	14.2	11.2	9.7	8.1	6.8	6.8	9.4	11.2	5.7	1.7	1.5	0.8	0.9	100.0

Mean U and V : 7.3 (cm/s), -6.5 (cm/s)

Standard deviation of U and V : 19.5 (cm/s), 15.6 (cm/s)

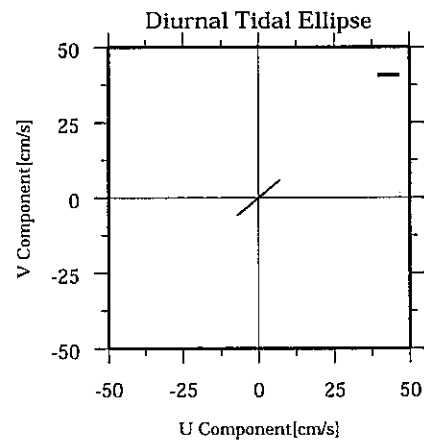
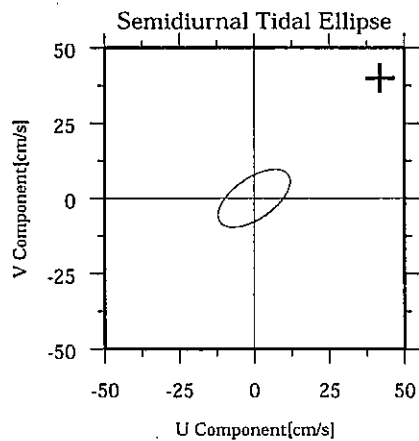
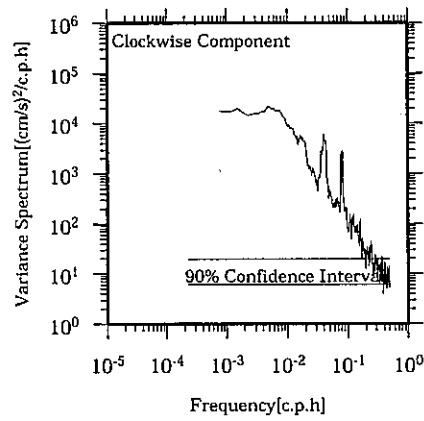
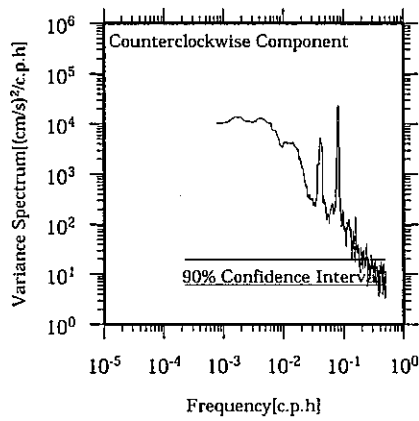
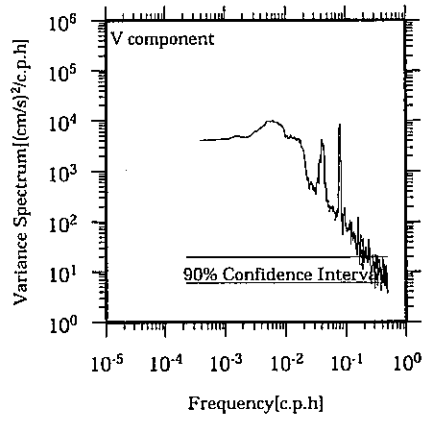
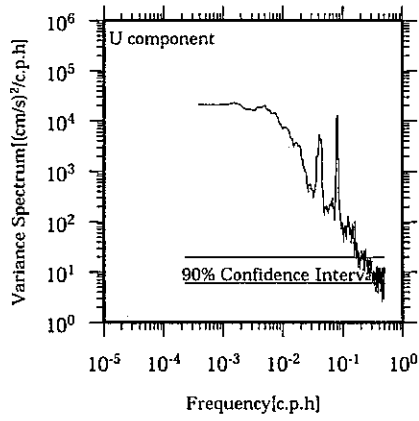
Maximun speed and it's direction : 74.5 (cm/s), 219.9 (deg.)

Mean speed and direction : 9.7 (cm/s), 131.6 (deg.)

Speed scalar average : 23.6 (cm/s)

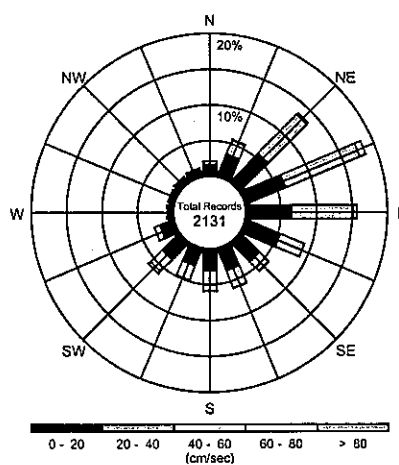
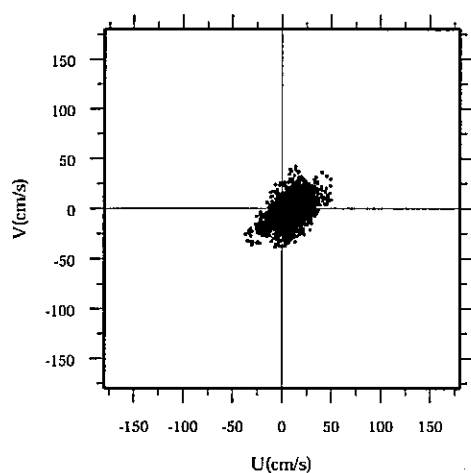
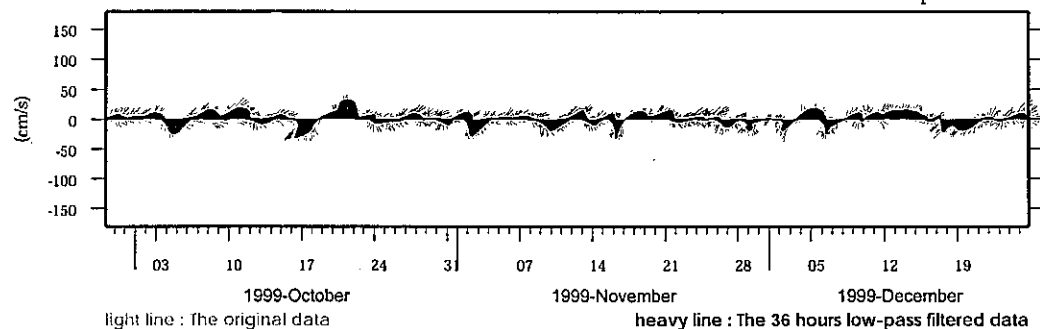
Lon: 120° 07.69' E
Lat: 24° 38.73' N

Station: T4-1
Depth : 32 M



Lon : 120° 07.69' E
Lat : 24° 38.73' N

Station : T4-1
Depth : 64 M



Joint probability distribution of current speed and it's direction

Speed	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-20	1.6	3.3	5.5	6.1	6.4	5.3	3.8	3.4	3.2	2.7	3.3	2.1	0.9	1.0	1.1	1.2	51.1
20-40	0.4	2.1	7.7	11.3	8.8	3.7	1.9	2.7	2.8	2.2	2.4	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	46.8
40-60	0.0	0.1	0.3	0.9	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2
60-80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80-100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100-120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120-140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140-160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160-180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180-200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	2.1	5.5	13.5	18.3	15.5	8.9	5.7	6.1	6.0	4.9	6.1	3.0	1.0	1.0	1.1	1.3	100.0

Mean U and V : 10.6 (cm/s), -0.3 (cm/s)

Standard deviation of U and V : 13.8 (cm/s), 13.4 (cm/s)

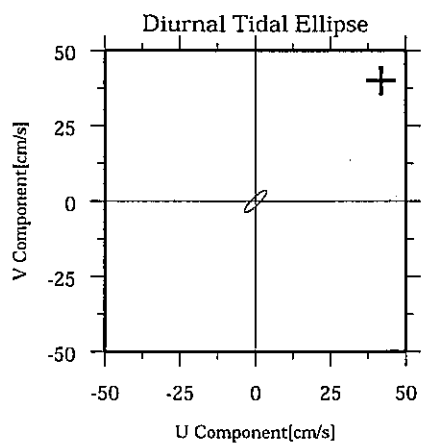
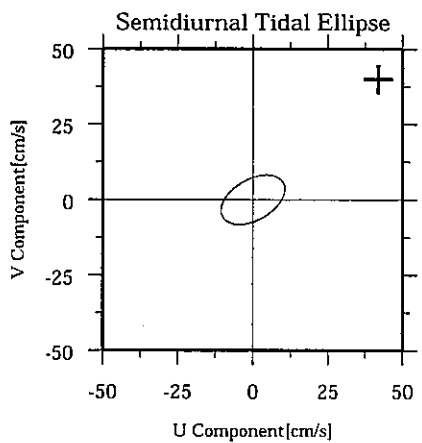
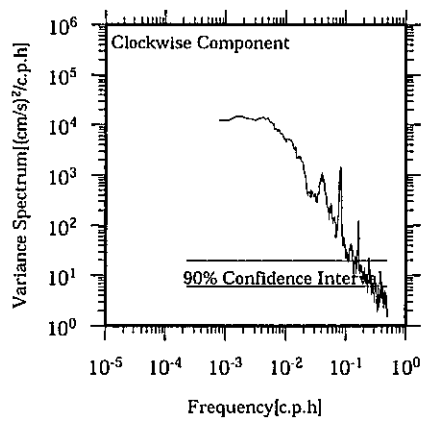
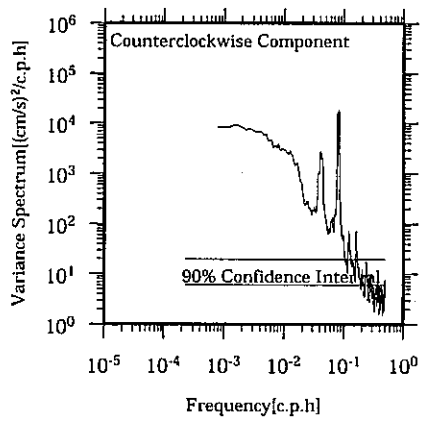
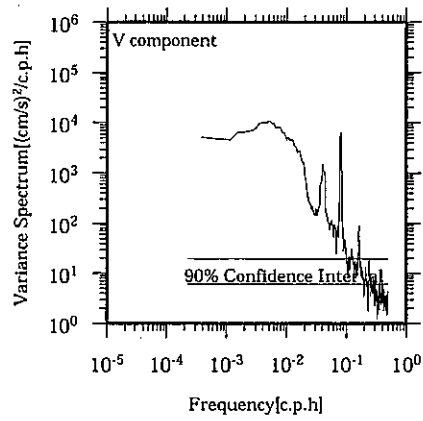
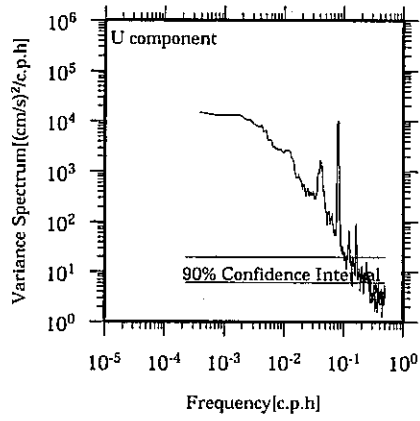
Maximun speed and it's direction : 57.0 (cm/s), 59.3 (deg.)

Mean speed and direction : 10.6 (cm/s), 91.4 (deg.)

Speed scalar average : 19.9 (cm/s)

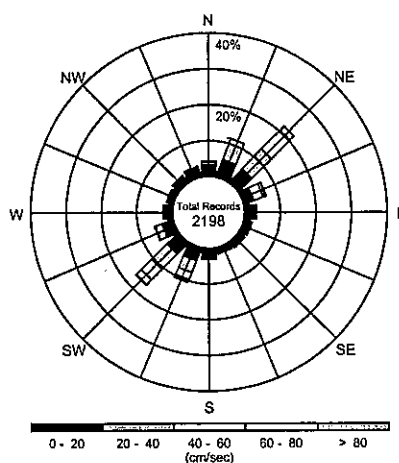
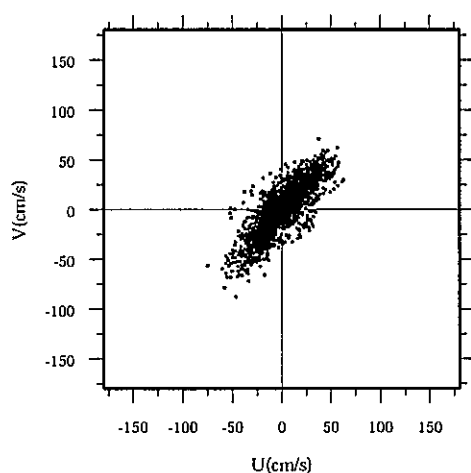
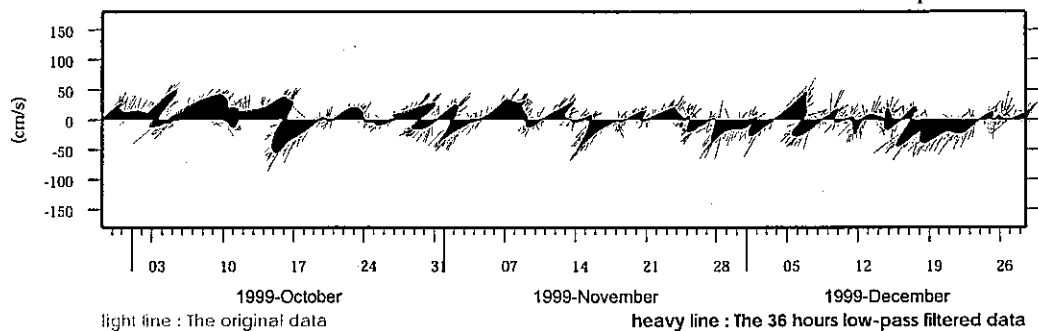
Lon: 120° 07.69' E
Lat: 24° 38.73' N

Station: T4-1
Depth : 64 M



Lon : 120° 28.01' E
Lat : 24° 28.23' N

Station : T5-1
Depth : 08 M



Joint probability distribution of current speed and it's direction

Speed	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-20	3.1	5.1	5.0	2.9	2.6	1.7	1.7	1.8	2.5	3.8	4.5	3.4	2.0	1.8	2.1	2.5	46.4
20-40	0.9	4.7	7.9	2.7	0.5	0.7	0.5	0.2	0.6	3.7	6.1	2.0	0.6	0.2	0.4	0.5	32.2
40-60	0.1	1.4	7.2	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	4.0	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	16.2
60-80	0.0	0.1	1.7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8
80-100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
100-120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120-140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140-160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160-180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180-200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	4.1	11.3	21.8	6.6	3.1	2.4	2.2	2.0	3.0	10.6	16.9	5.6	2.8	2.0	2.5	3.1	100.0

Mean U and V : 1.5 (cm/s), 1.3 (cm/s)

Standard deviation of U and V : 20.8 (cm/s), 23.7 (cm/s)

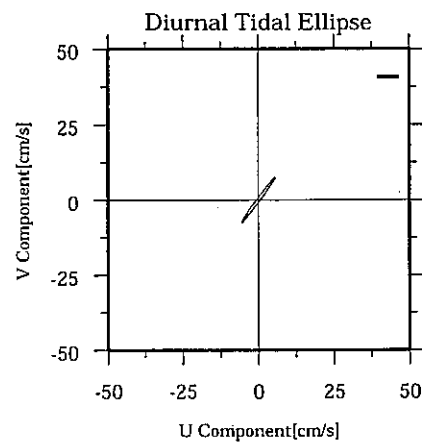
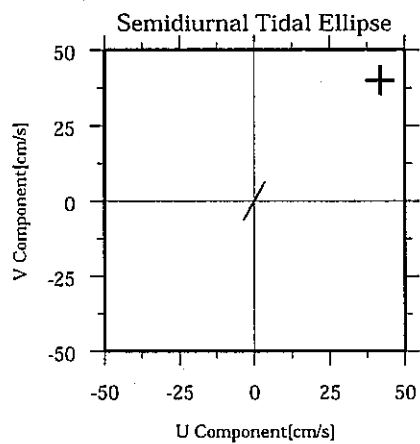
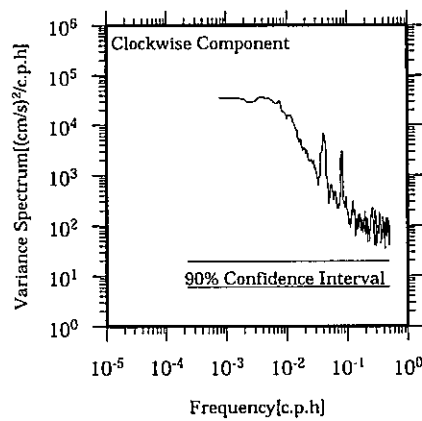
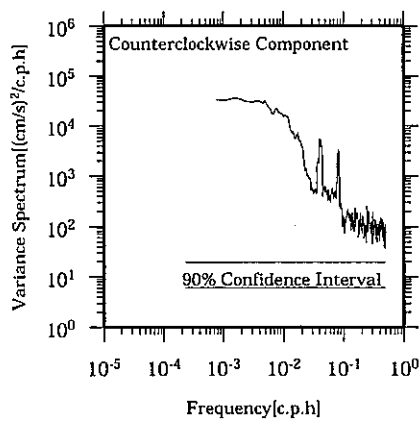
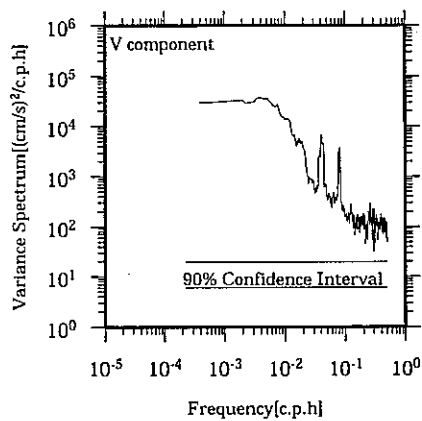
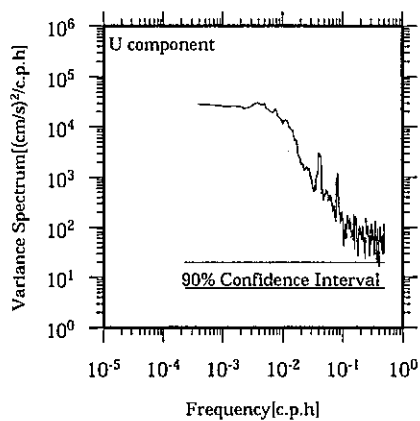
Maximum speed and it's direction : 99.5 (cm/s), 207.9 (deg.)

Mean speed and direction : 2.0 (cm/s), 49.7 (deg.)

Speed scalar average : 26.1 (cm/s)

Lon: 120° 28.01' E
Lat: 24° 28.23' N

Station: T5-1
Depth : 08 M

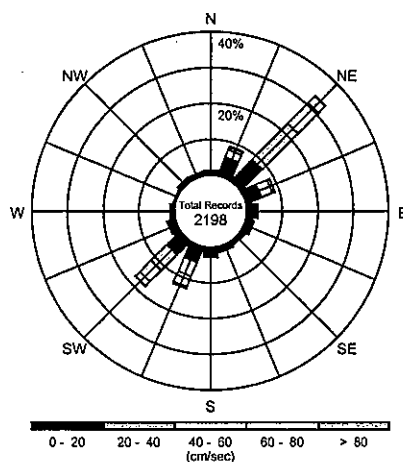
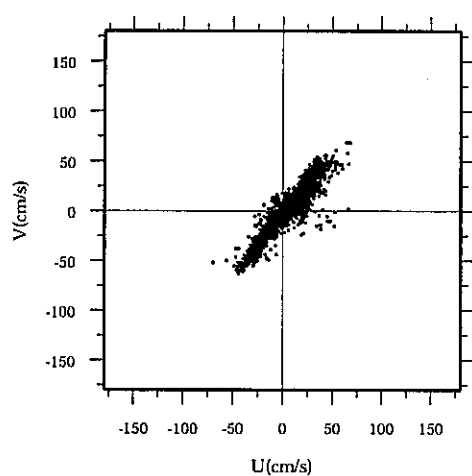
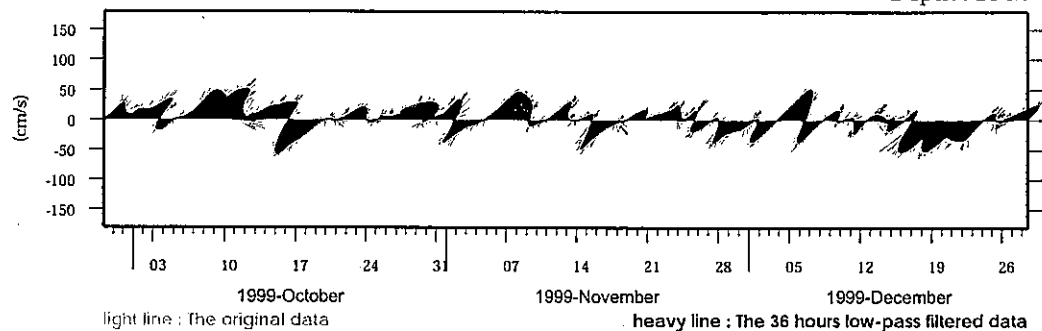


Lon : 120° 28.01' E

Lat : 24° 28.23' N

Station : T5-1

Depth : 28 M



Joint probability distribution of current speed and it's direction

Speed	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-20	1.2	5.4	8.2	4.4	2.2	1.7	1.1	1.7	2.8	4.7	5.3	2.0	1.4	0.5	1.2	1.1	45.0
20-40	0.0	2.1	14.1	3.4	0.6	0.5	0.2	0.1	0.1	4.2	6.1	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	31.9
40-60	0.0	0.7	8.1	0.7	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	3.2	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.6
60-80	0.0	0.4	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2
80-100	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
100-120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120-140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140-160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160-180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180-200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	1.2	8.6	33.3	8.5	2.9	2.3	1.3	1.8	2.9	12.7	17.7	2.4	1.5	0.5	1.2	1.1	100.0

Mean U and V : 4.8 (cm/s), 2.1 (cm/s)

Standard deviation of U and V : 20.2 (cm/s), 24.0 (cm/s)

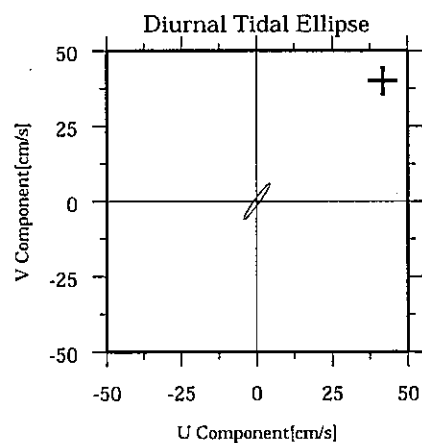
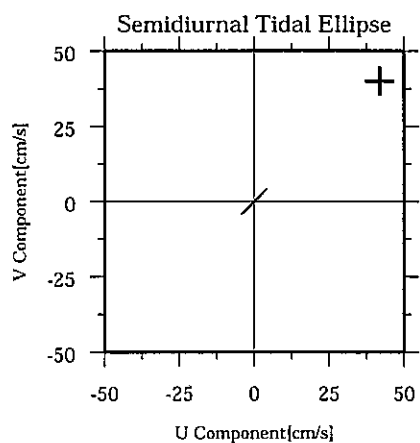
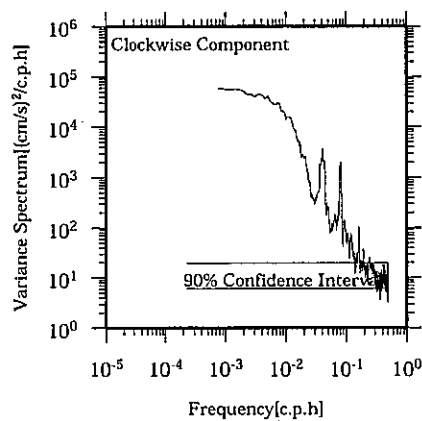
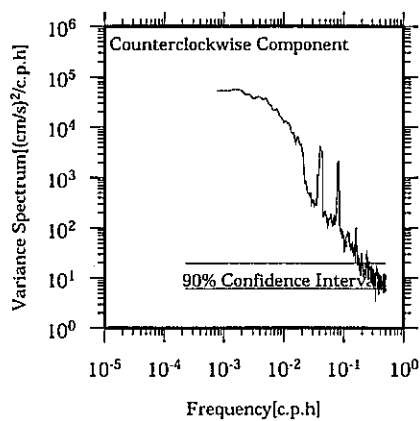
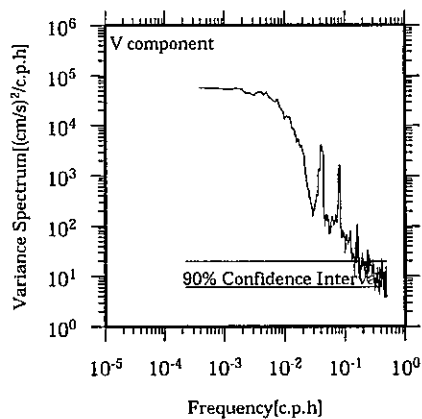
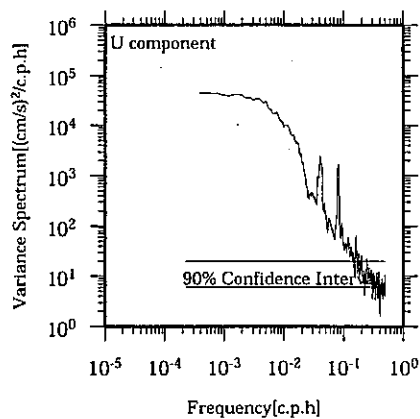
Maximun speed and it's direction : 95.8 (cm/s), 44.6 (deg.)

Mean speed and direction : 5.3 (cm/s), 66.3 (deg.)

Speed scalar average : 26.3 (cm/s)

Lon: 120° 28.01' E
Lat: 24° 28.23' N

Station: T5-1
Depth : 28 M

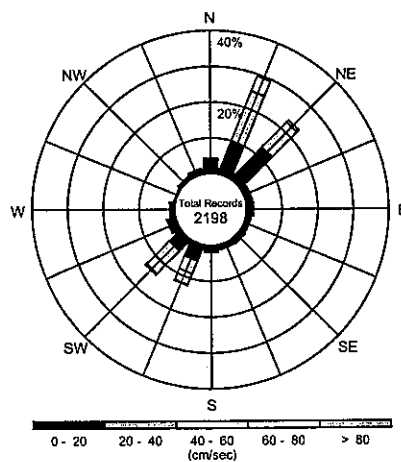
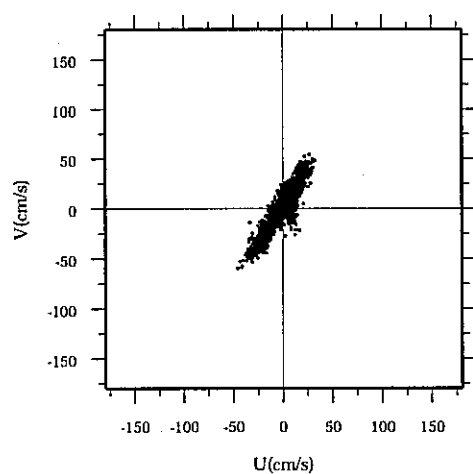
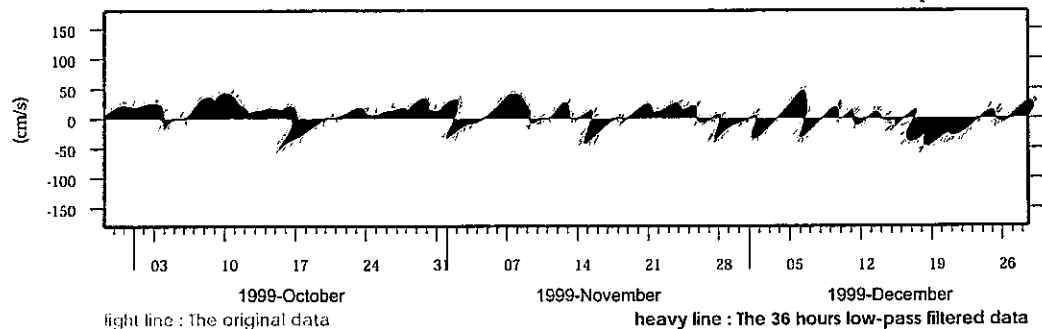


Lon : 120° 28.01' E

Lat : 24° 28.23' N

Station : T5-1

Depth : 52 M



Joint probability distribution of current speed and it's direction

Speed	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-20	3.4	9.2	12.3	1.8	1.7	1.4	1.6	1.3	2.0	4.8	4.5	2.4	1.5	0.5	1.0	1.5	51.1
20-40	0.8	15.6	9.8	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	4.0	5.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	36.5
40-60	0.0	4.5	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.8
60-80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
80-100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100-120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120-140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140-160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160-180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180-200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	4.2	29.3	23.0	1.8	1.7	1.4	1.7	1.5	2.1	12.1	13.9	2.6	1.5	0.5	1.0	1.5	100.0

Mean U and V : 2.5 (cm/s), 4.6 (cm/s)

Standard deviation of U and V : 13.8 (cm/s), 21.1 (cm/s)

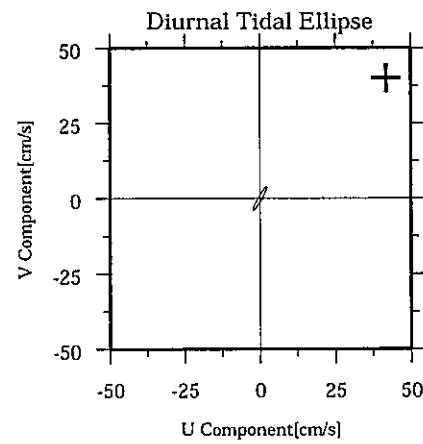
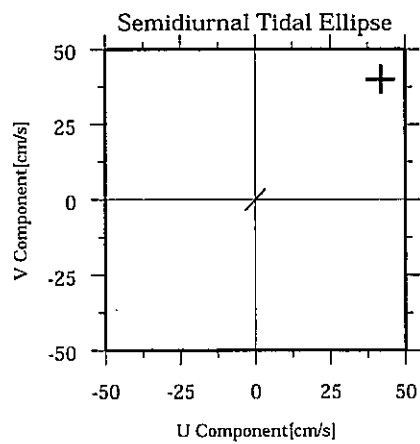
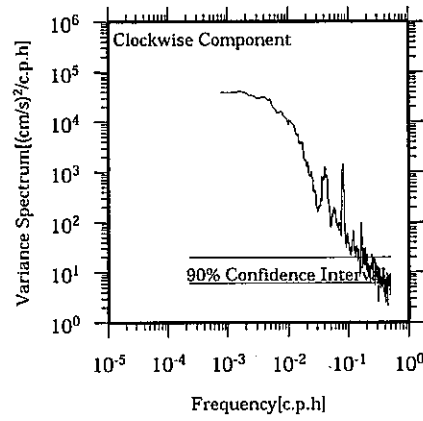
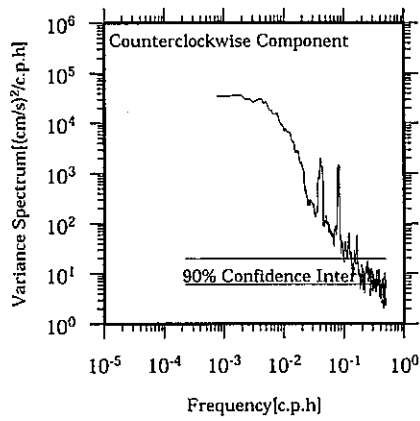
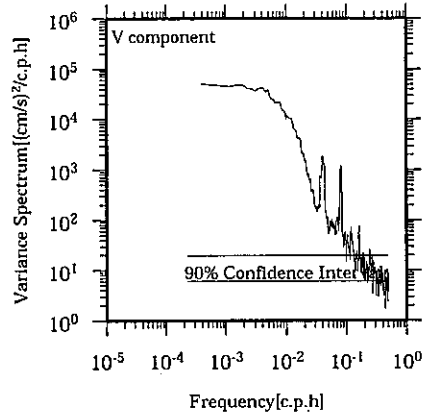
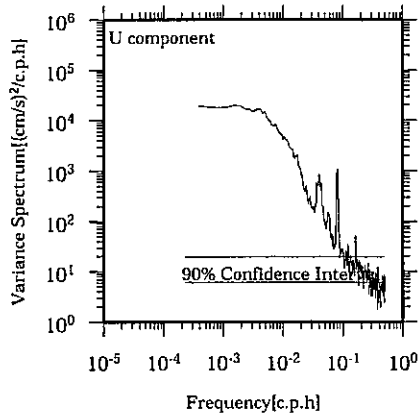
Maximun speed and it's direction : 75.6 (cm/s), 217.5 (deg.)

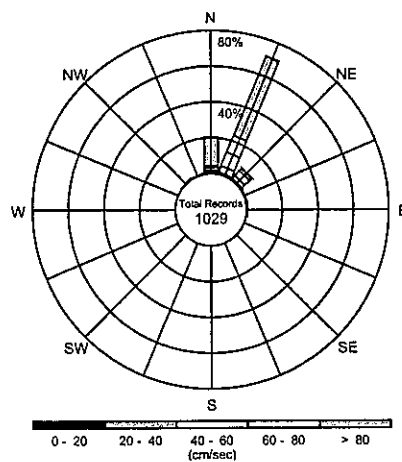
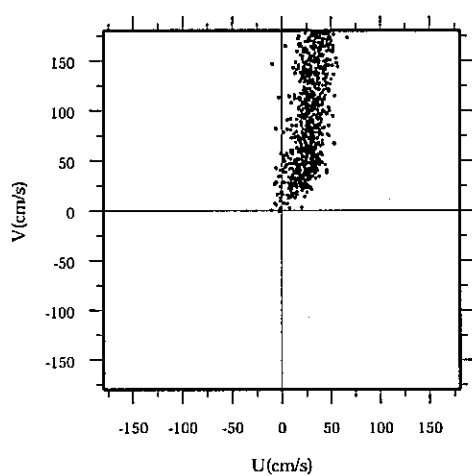
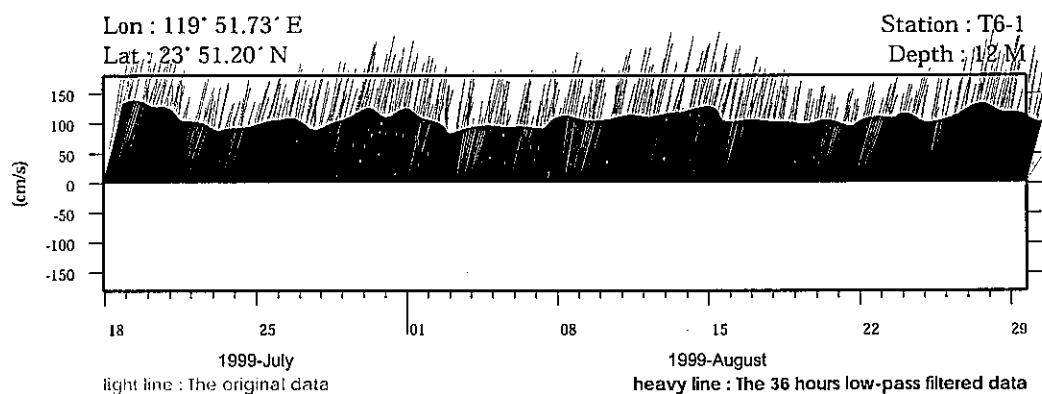
Mean speed and direction : 5.3 (cm/s), 28.4 (deg.)

Speed scalar average : 21.9 (cm/s)

Lon: 120° 28.01' E
 Lat: 24° 28.23' N

Station: T5-1
 Depth : 52 M





Joint probability distribution of current speed and it's direction

Speed	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-20	0.5	0.6	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.3	0.1	2.0
20-40	1.1	4.1	2.4	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	7.9
40-60	1.8	7.9	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.4
60-80	0.8	10.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.5
80-100	1.1	8.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.1
100-120	1.7	8.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0
120-140	2.4	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.4
140-160	3.4	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.2
160-180	4.1	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.1
180-200	1.9	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3
Total	18.8	63.9	8.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.3	0.2	100.0

Mean U and V : 29.9 (cm/s), 108.6 (cm/s)

Standard deviation of U and V : 13.3 (cm/s), 59.2 (cm/s)

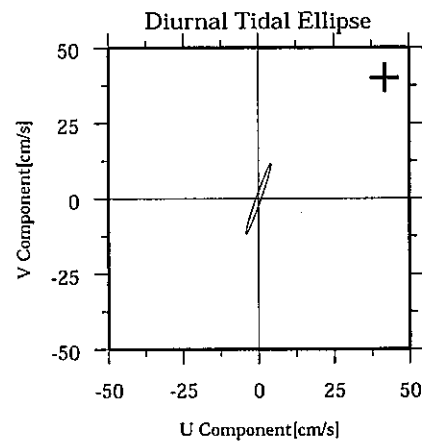
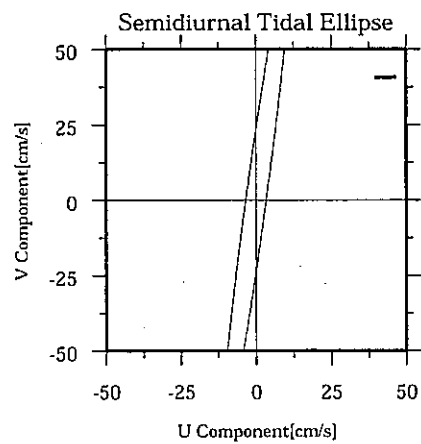
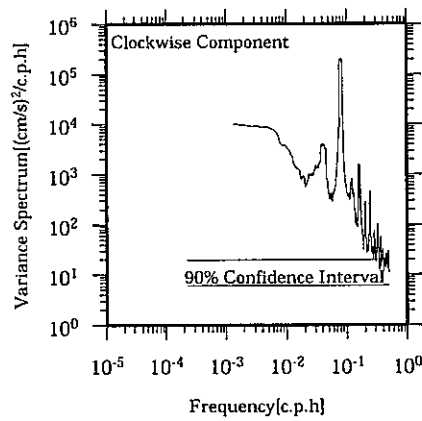
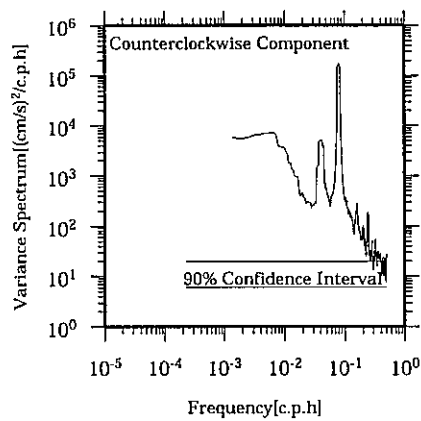
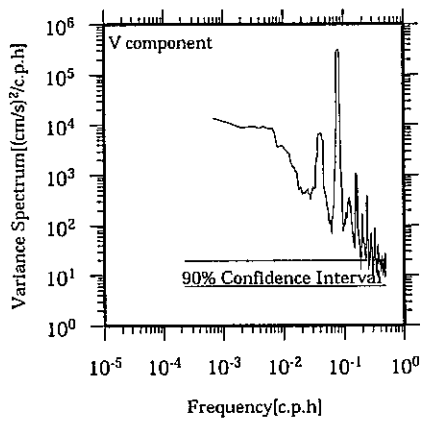
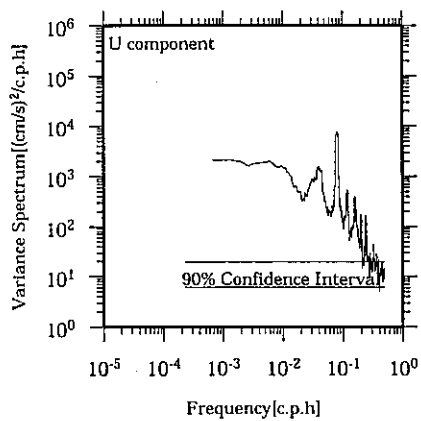
Maximun speed and it's direction : 261.5 (cm/s), 11.2 (deg.)

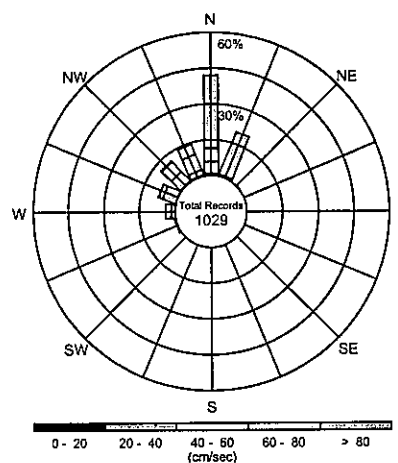
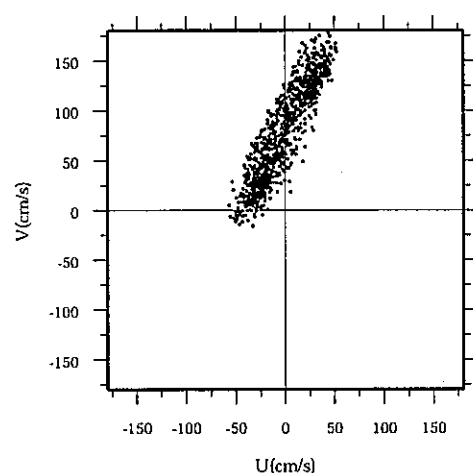
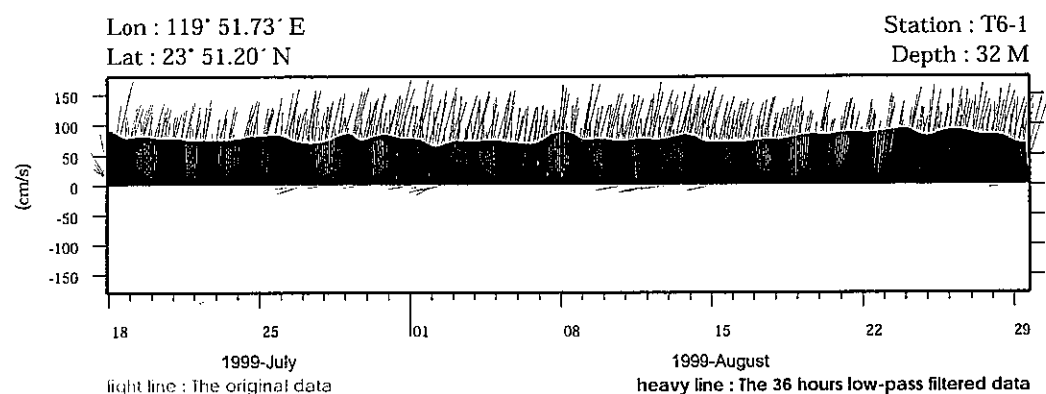
Mean speed and direction : 112.6 (cm/s), 15.4 (deg.)

Speed scalar average : 113.6 (cm/s)

Lon: 119° 51.73' E
Lat: 23° 51.20' N

Station: T6-1
Depth : 12 M





Joint probability distribution of current speed and it's direction

Speed	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-20	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.4
20-40	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.7	5.7	5.5	2.6	16.9
40-60	4.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	2.3	1.8	5.5	6.7	21.6
60-80	5.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	4.4	11.0
80-100	8.9	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	10.3
100-120	9.1	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.9
120-140	7.8	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.6
140-160	3.5	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.4
160-180	1.1	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8
180-200	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
Total	41.7	19.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	4.2	7.7	11.8	14.5	100.0

Mean U and V : -1.2 (cm/s), 79.1 (cm/s)

Standard deviation of U and V : 25.3 (cm/s), 48.0 (cm/s)

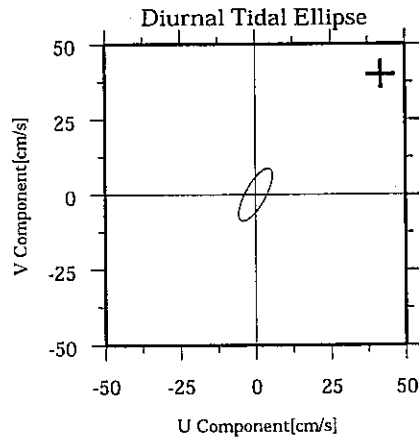
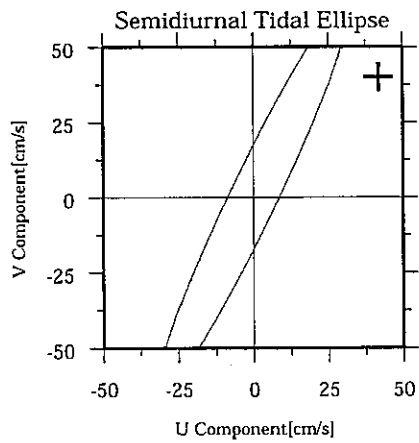
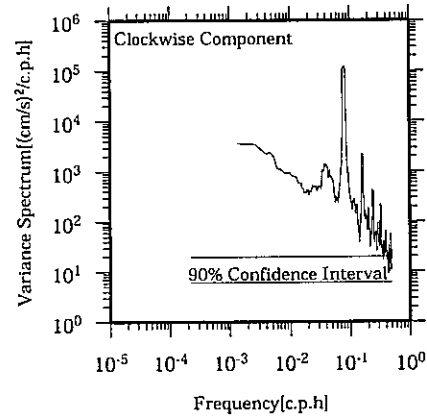
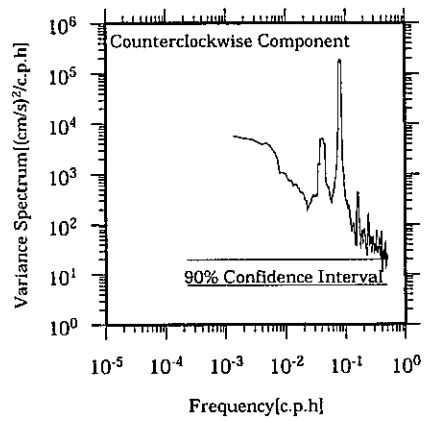
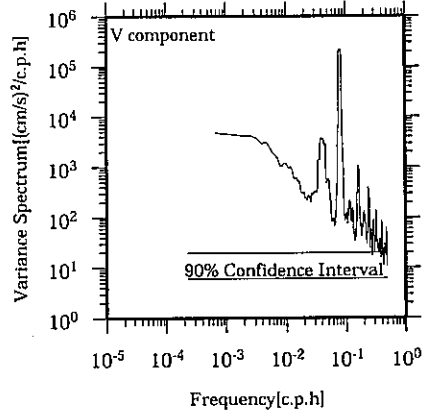
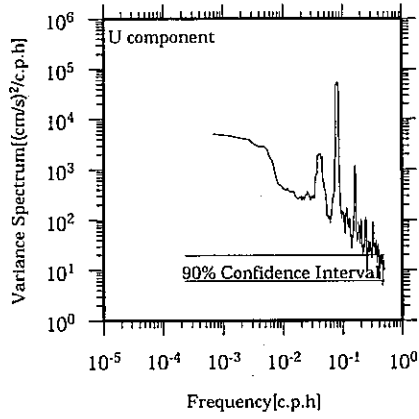
Maximum speed and it's direction : 182.4 (cm/s), 13.8 (deg.)

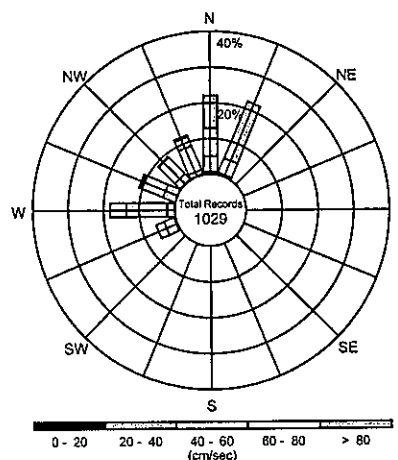
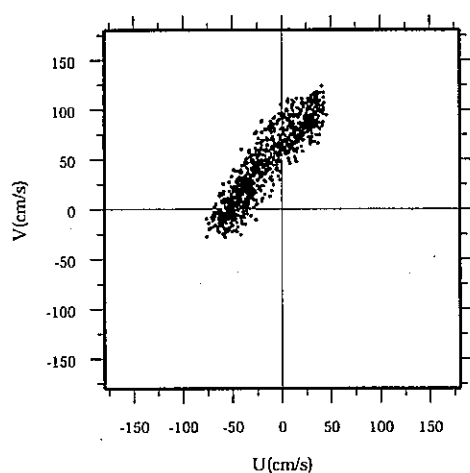
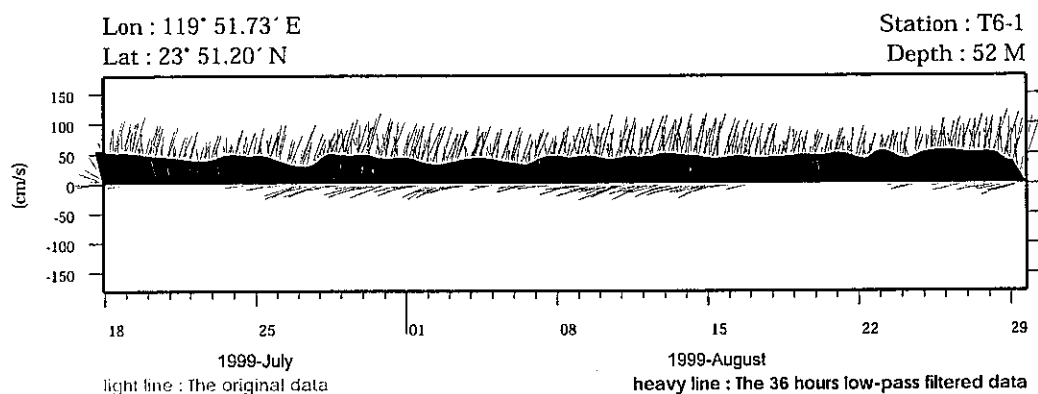
Mean speed and direction : 79.1 (cm/s), 359.1 (deg.)

Speed scalar average : 86.0 (cm/s)

Lon: 119° 51.73' E
Lat: 23° 51.20' N

Station: T6-1
Depth : 32 M





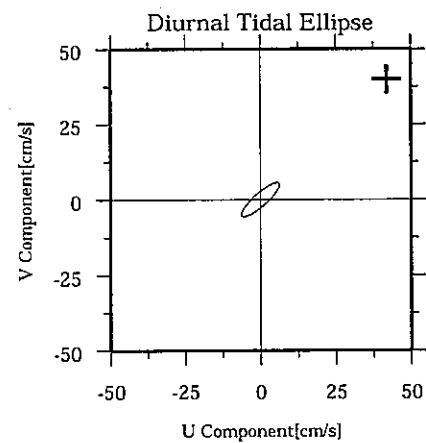
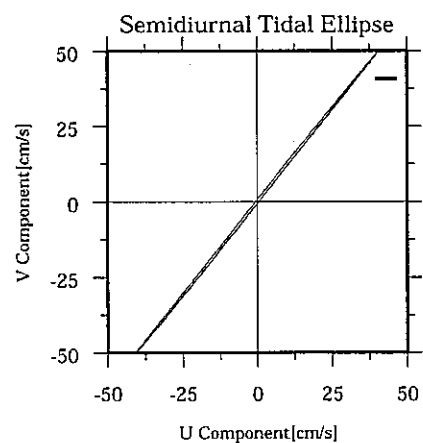
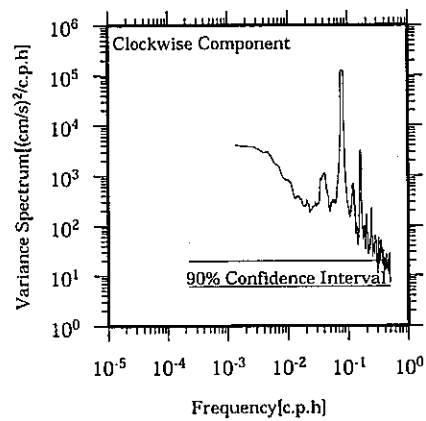
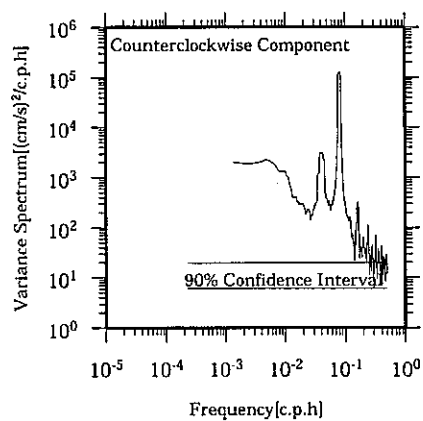
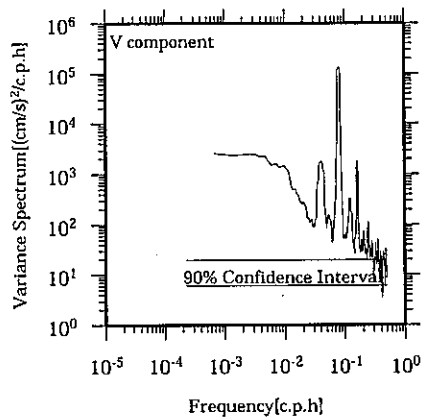
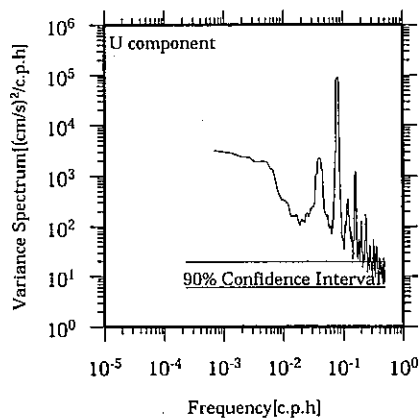
Joint probability distribution of current speed and it's direction

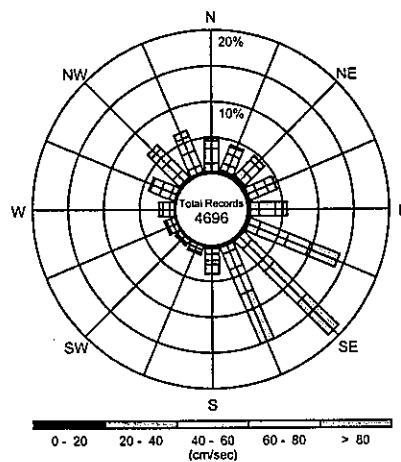
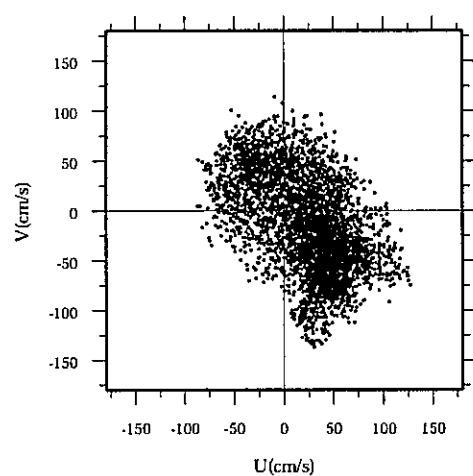
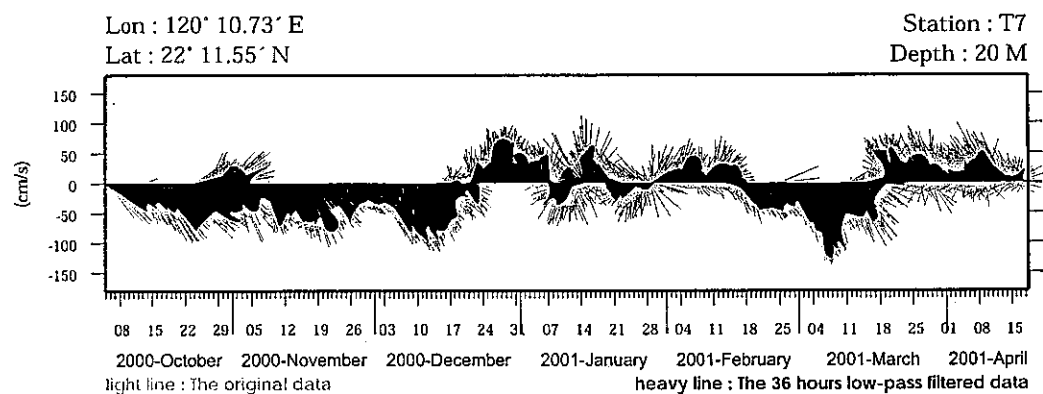
Speed	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1
20-40	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	2.2	3.8	2.1	1.4	10.5
40-60	4.4	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	11.6	6.7	6.4	7.2	39.7
60-80	7.8	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	4.4	0.6	0.4	2.8	22.6
80-100	7.6	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.5	18.2
100-120	1.7	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8
120-140	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
140-160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160-180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180-200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	22.0	22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9	18.2	11.1	9.0	11.9	100.0

Mean U and V : -15.7 (cm/s), 45.4 (cm/s)
Standard deviation of U and V : 31.4 (cm/s), 38.2 (cm/s)
Maximum speed and it's direction : 130.3 (cm/s), 18.2 (deg.)
Mean speed and direction : 48.0 (cm/s), 340.9 (deg.)
Speed scalar average : 65.2 (cm/s)

Lon: 119° 51.73' E
Lat: 23° 51.20' N

Station: T6-1
Depth : 52 M





Joint probability distribution of current speed and it's direction

Speed	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-20	0.3	0.5	0.6	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.4	0.3	5.7
20-40	1.1	1.0	1.3	1.3	1.3	1.6	1.6	1.0	0.8	0.6	0.5	0.6	0.7	0.7	1.3	1.0	16.4
40-60	2.0	1.5	1.7	1.6	2.2	4.2	4.3	2.4	0.9	0.5	0.3	0.6	1.0	1.4	2.2	2.2	28.9
60-80	1.1	1.0	0.8	1.1	1.0	3.3	6.4	3.7	0.5	0.3	0.1	0.2	0.5	1.4	2.1	2.1	25.6
80-100	0.5	0.3	0.1	0.1	0.4	2.4	4.3	4.4	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	0.3	0.7	0.9	15.1
100-120	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	1.3	1.6	2.2	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4
120-140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.2	0.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9
140-160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
160-180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180-200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	5.0	4.3	4.5	4.5	5.6	14.0	19.0	15.0	4.0	1.5	1.2	1.7	2.4	4.2	6.7	6.5	100.0

Mean U and V : 21.4 (cm/s), -14.0 (cm/s)

Standard deviation of U and V : 39.2 (cm/s), 47.3 (cm/s)

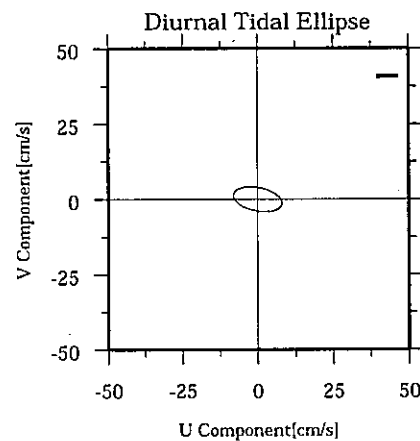
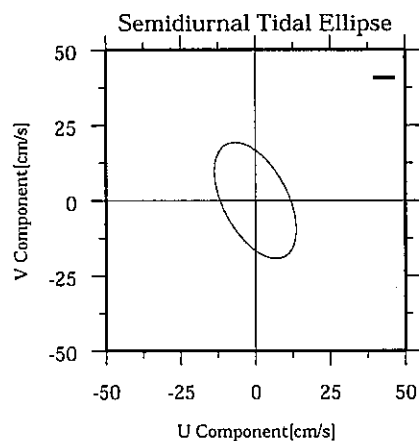
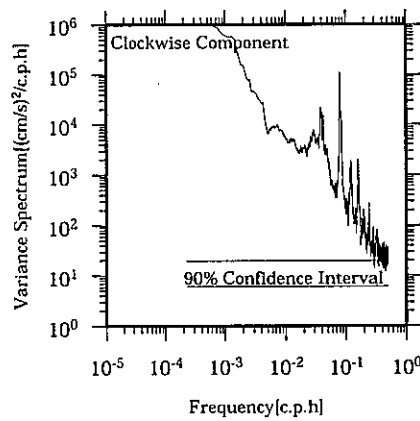
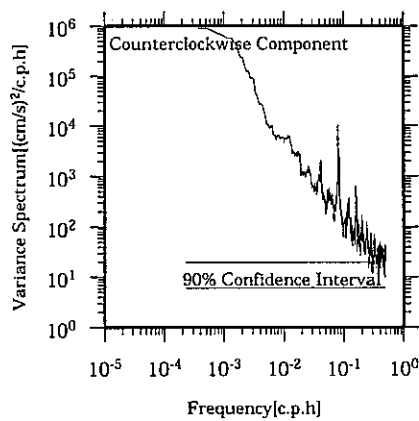
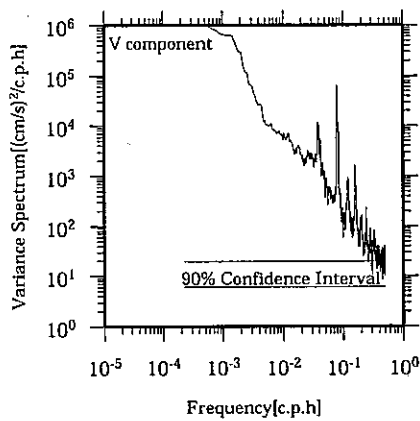
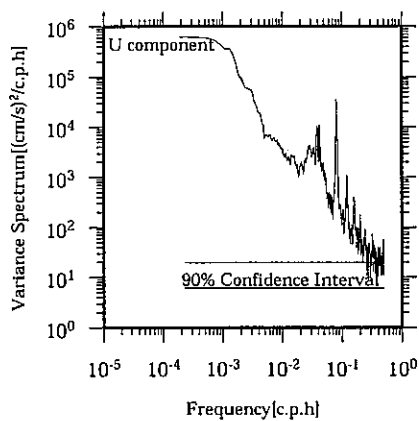
Maximun speed and it's direction : 147.7 (cm/s), 120.3 (deg.)

Mean speed and direction : 25.5 (cm/s), 123.1 (deg.)

Speed scalar average : 61.0 (cm/s)

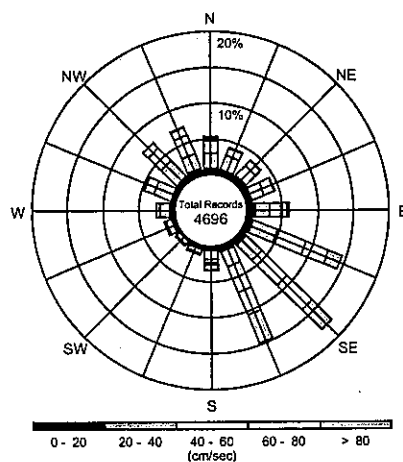
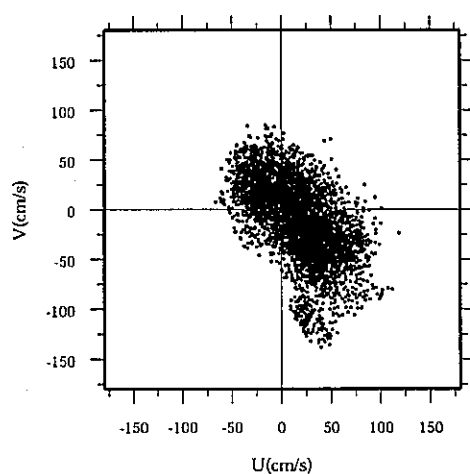
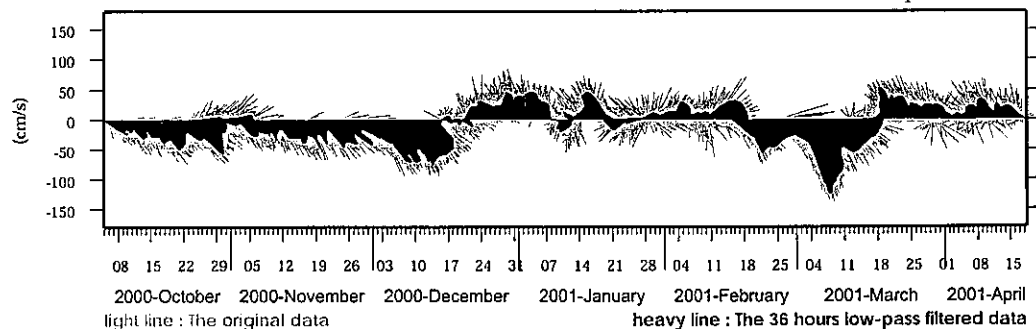
Lon: 120° 10.73' E
Lat: 22° 11.55' N

Station: T7
Depth : 20 M



Lon : 120° 10.73' E
Lat : 22° 11.55' N

Station : T7
Depth : 100 M



Joint probability distribution of current speed and it's direction

Speed	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-20	0.9	0.8	0.9	0.8	1.2	1.0	0.9	0.9	0.6	0.6	0.3	0.6	0.7	0.7	0.8	1.0	12.6
20-40	2.1	2.1	1.9	1.9	2.0	3.7	3.1	2.3	1.3	0.7	0.6	0.8	1.4	2.6	3.1	2.1	31.7
40-60	1.7	1.0	1.0	1.5	1.6	4.3	4.9	3.9	0.4	0.2	0.2	0.2	0.4	1.3	2.4	2.8	28.0
60-80	0.5	0.2	0.1	0.1	0.9	3.3	4.9	3.4	0.3	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	1.0	1.2	16.2
80-100	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	1.8	2.5	2.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0
100-120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.9	1.4	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
120-140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
140-160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160-180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180-200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	5.3	4.1	3.9	4.3	5.9	14.4	17.7	14.8	3.4	1.4	1.2	1.7	2.7	4.7	7.3	7.2	100.0

Mean U and V : 17.3 (cm/s), -11.9 (cm/s)

Standard deviation of U and V : 31.5 (cm/s), 39.0 (cm/s)

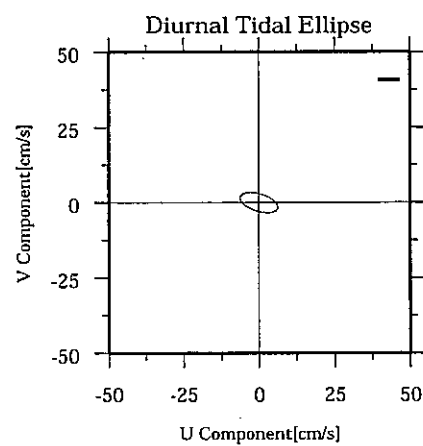
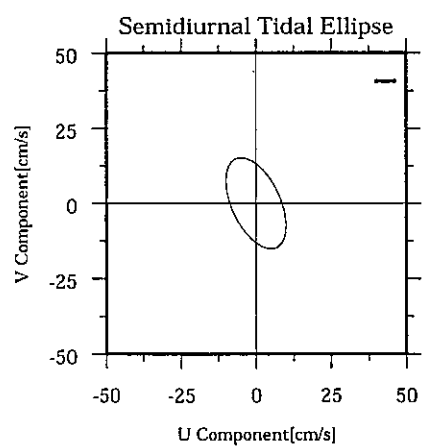
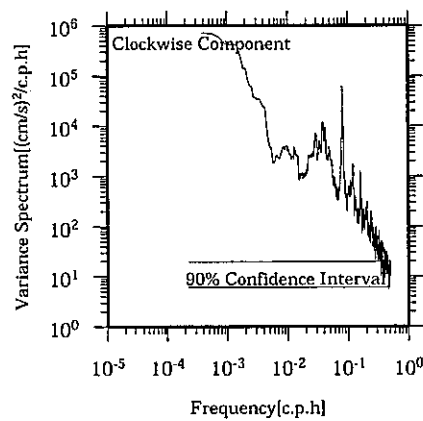
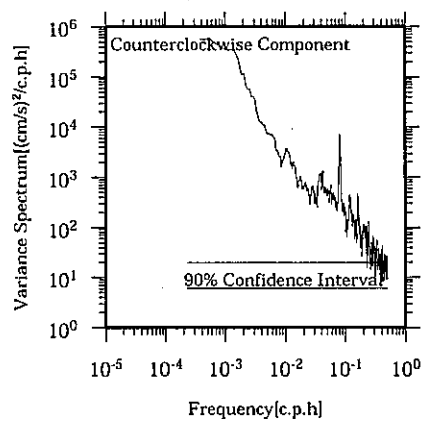
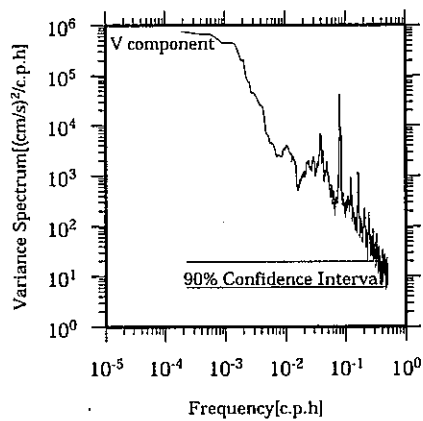
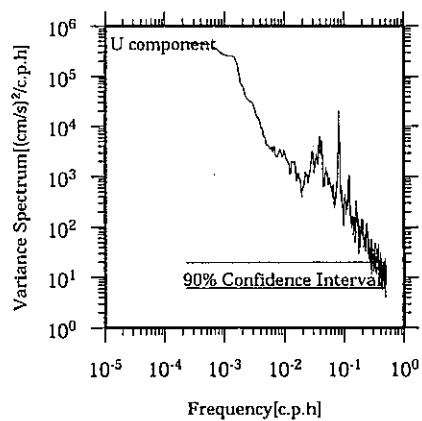
Maximun speed and it's direction : 144.4 (cm/s), 160.5 (deg.)

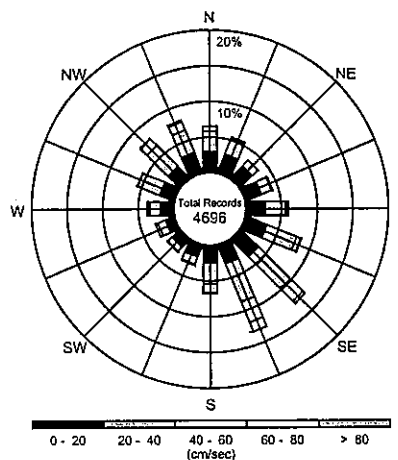
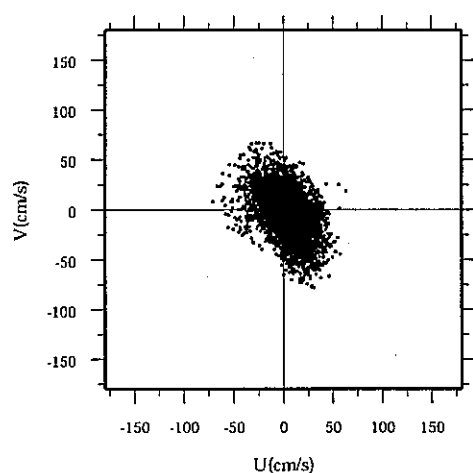
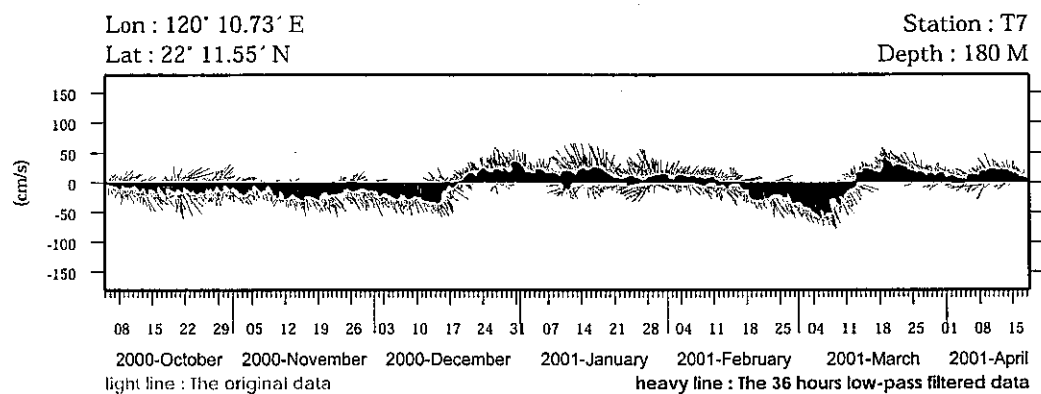
Mean speed and direction : 20.9 (cm/s), 124.5 (deg.)

Speed scalar average : 47.7 (cm/s)

Lon: 120° 10.73' E
Lat: 22° 11.55' N

Station: T7
Depth : 100 M





Joint probability distribution of current speed and it's direction

Speed	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-20	2.9	2.8	2.4	2.3	2.6	3.2	3.5	2.9	2.5	1.9	1.6	1.4	2.0	2.2	2.3	3.1	39.6
20-40	2.9	2.3	1.1	1.6	2.9	4.4	6.3	5.7	2.9	1.2	0.8	1.1	1.5	2.7	4.2	3.4	45.1
40-60	0.7	0.2	0.0	0.1	0.3	0.7	2.5	3.2	1.3	0.0	0.1	0.3	0.3	0.6	1.2	1.2	12.5
60-80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	1.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.3	2.6
80-100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
100-120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120-140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140-160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160-180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180-200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	6.5	5.3	3.5	4.0	5.9	8.4	12.7	13.2	6.8	3.1	2.4	2.8	3.8	5.6	7.9	8.0	100.0

Mean U and V : 3.5 (cm/s), -3.3 (cm/s)

Standard deviation of U and V : 18.3 (cm/s), 22.7 (cm/s)

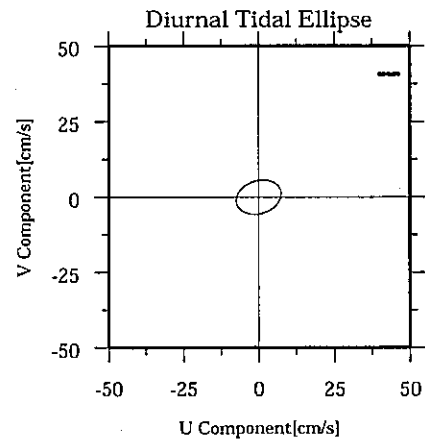
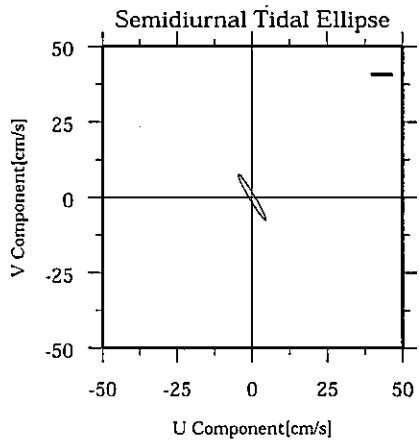
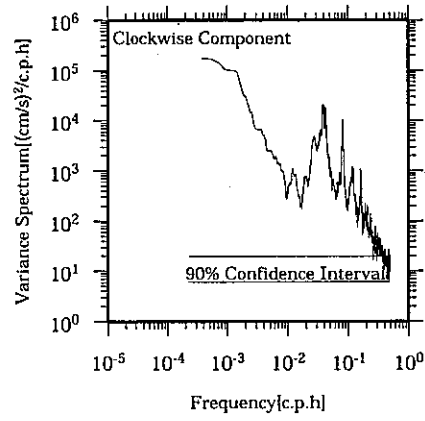
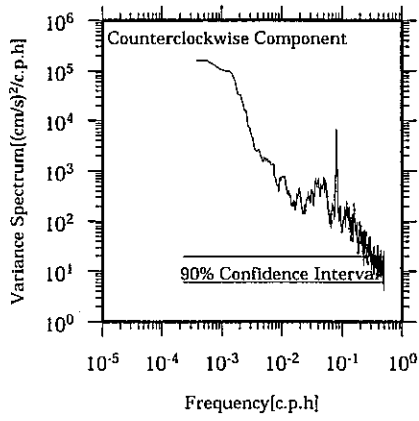
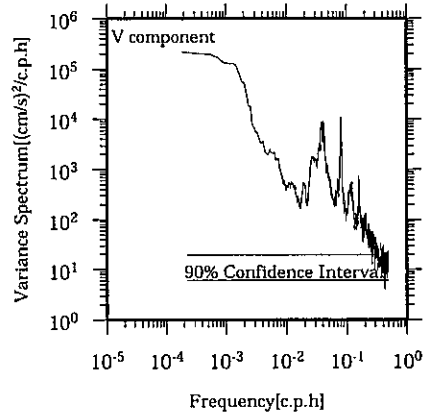
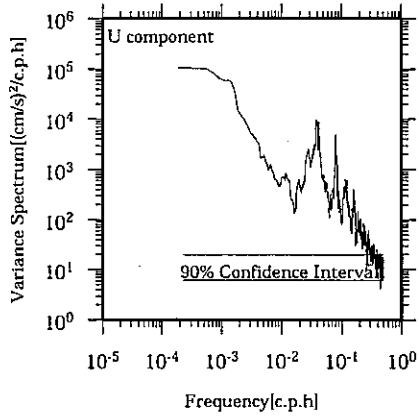
Maximun speed and it's direction : 83.7 (cm/s), 158.8 (deg.)

Mean speed and direction : 4.9 (cm/s), 133.4 (deg.)

Speed scalar average : 25.8 (cm/s)

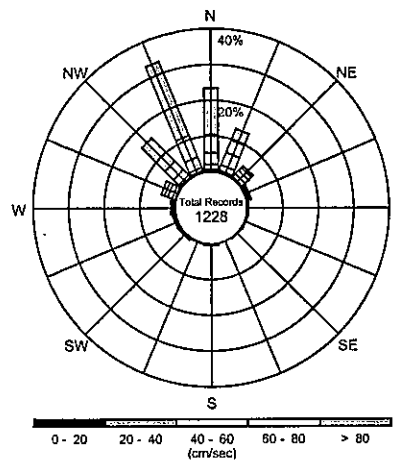
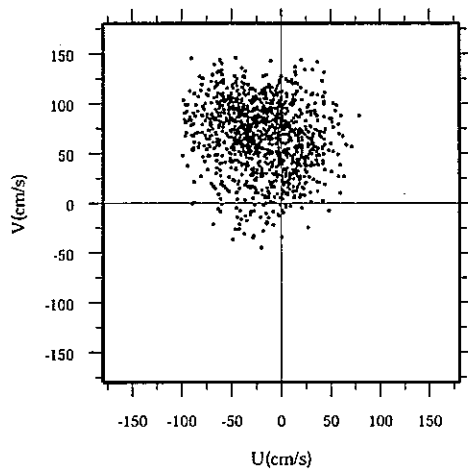
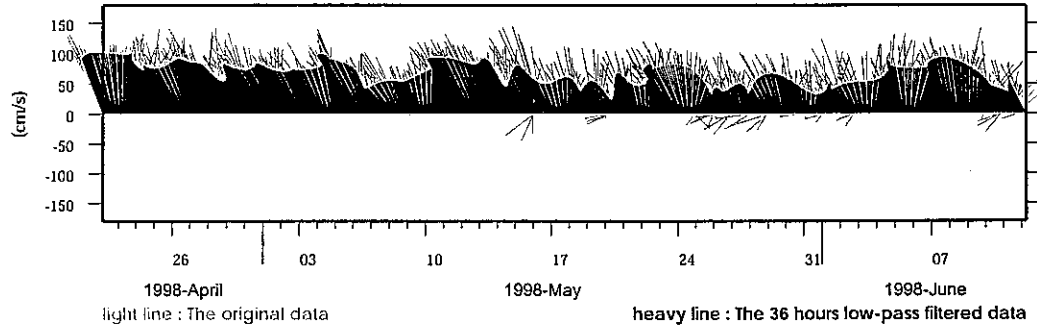
Lon: 120° 10.73' E
Lat: 22° 11.55' N

Station: T7
Depth : 180 M



Lon : 120° 56.39' E
Lat : 20° 47.67' N

Station : T8
Depth : 30 M



Joint probability distribution of current speed and it's direction

Speed	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-20	0.6	0.5	0.2	0.2	0.0	0.2	0.1	0.0	0.2	0.1	0.2	0.1	0.3	0.3	0.2	0.3	3.7
20-40	1.6	1.7	1.1	0.4	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.2	0.2	0.5	0.3	0.9	0.7	1.1	9.2
40-60	3.1	3.5	1.4	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.4	0.3	1.2	2.0	3.1	15.9
60-80	5.0	3.7	1.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.3	1.0	3.3	6.4	21.3
80-100	7.1	2.1	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.7	3.5	9.7	23.7
100-120	4.5	1.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	3.5	8.2	17.9
120-140	1.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	3.2	6.6
140-160	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.1	1.7
160-180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
180-200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	23.4	12.9	4.5	1.2	0.3	0.2	0.2	0.0	0.3	0.3	0.8	1.1	1.5	4.5	15.6	33.2	100.0

Mean U and V : -19.7 (cm/s), 66.6 (cm/s)

Standard deviation of U and V : 33.6 (cm/s), 34.1 (cm/s)

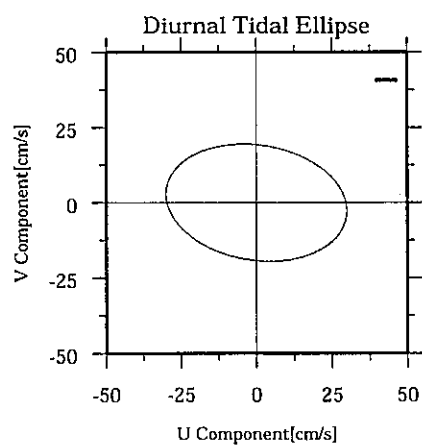
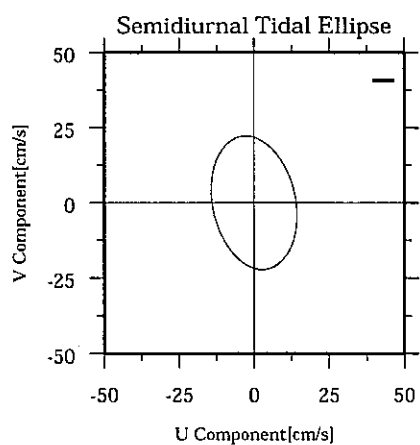
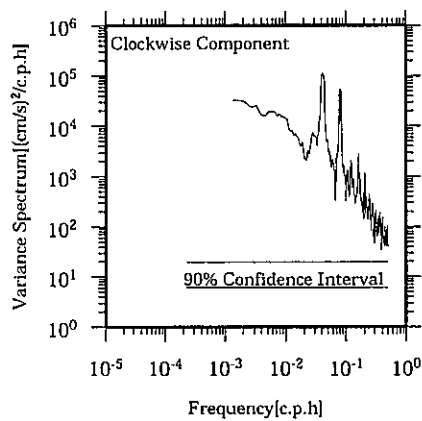
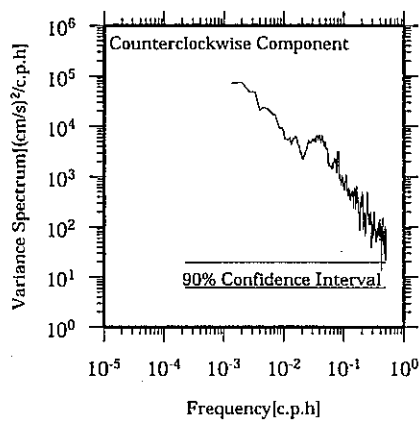
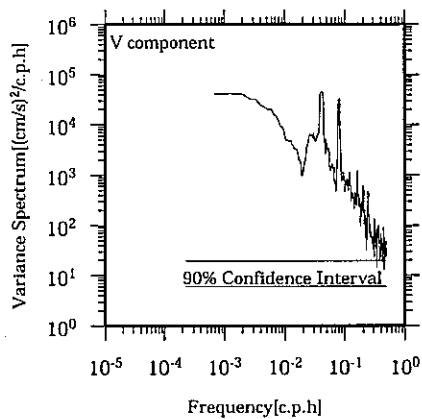
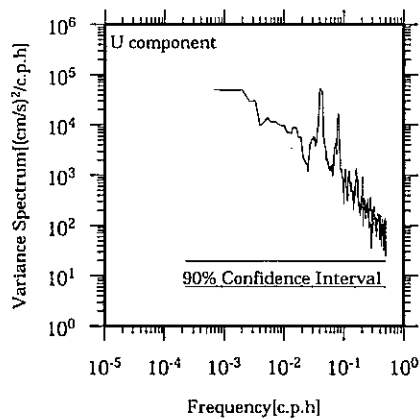
Maximum speed and it's direction : 170.6 (cm/s), 328.1 (deg.)

Mean speed and direction : 69.4 (cm/s), 343.5 (deg.)

Speed scalar average : 78.2 (cm/s)

Lon: 120° 56.39' E
Lat: 20° 47.67' N

Station: T8
Depth: 30 M

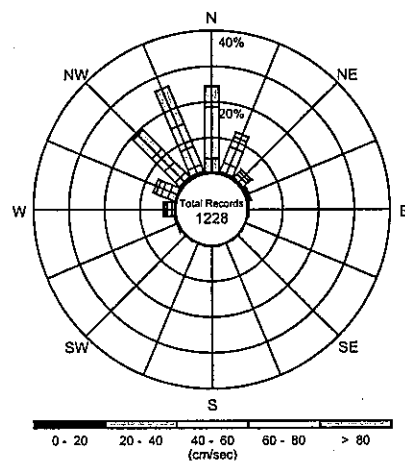
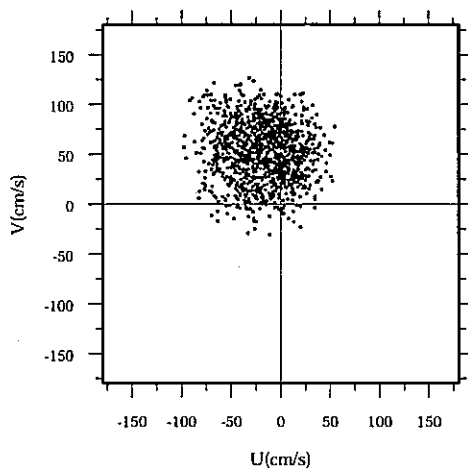
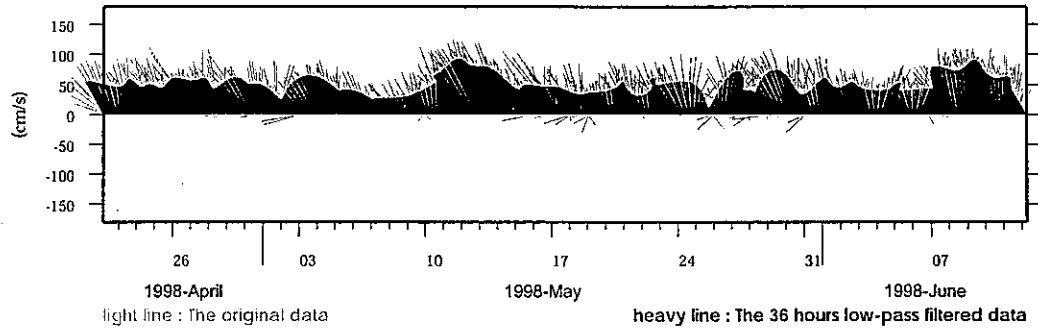


Lon : 120° 56.39' E

Lat : 20° 47.67' N

Station : T8

Depth : 130 M



Joint probability distribution of current speed and it's direction

Speed	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-20	0.2	0.4	0.5	0.2	0.1	0.2	0.0	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.3	0.5	0.7	0.7	4.6
20-40	3.9	2.9	1.4	0.5	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.1	0.2	0.4	1.0	2.1	1.7	1.9	16.4
40-60	5.7	4.8	1.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	1.3	2.0	4.2	5.5	25.2
60-80	8.6	2.9	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.7	1.5	5.1	6.8	26.3
80-100	4.7	1.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.8	5.0	7.4	19.6
100-120	1.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.6	2.9	6.1
120-140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	1.1	1.9
140-160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160-180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180-200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	24.3	12.5	3.7	1.1	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.7	3.6	7.0	19.2	26.3	100.0

Mean U and V : -18.2 (cm/s), 52.2 (cm/s)

Standard deviation of U and V : 28.8 (cm/s), 28.3 (cm/s)

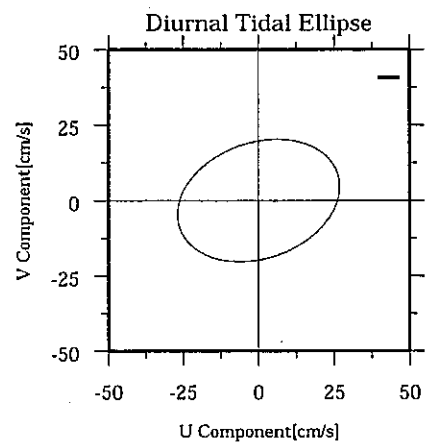
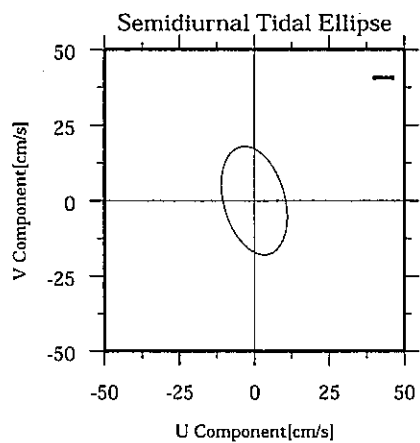
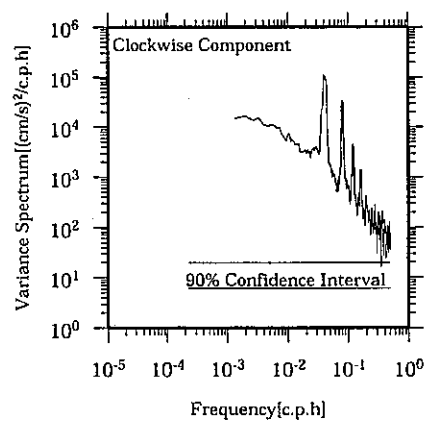
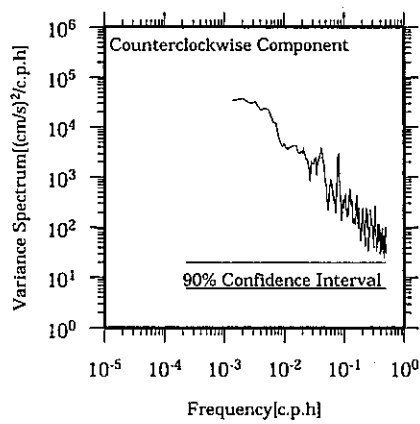
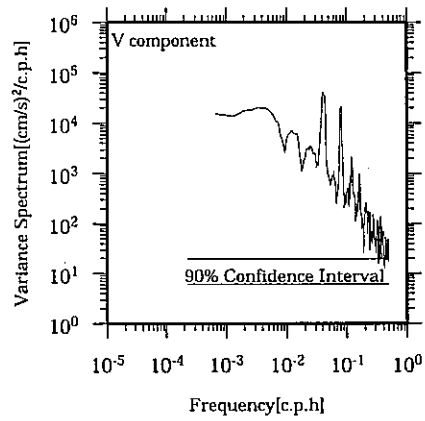
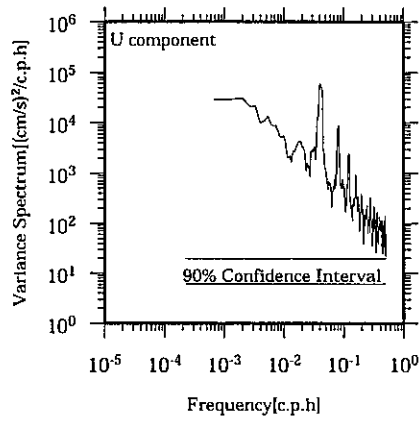
Maximun speed and it's direction : 138.9 (cm/s), 330.9 (deg.)

Mean speed and direction : 55.3 (cm/s), 340.8 (deg.)

Speed scalar average : 63.2 (cm/s)

Lon: 120° 56.39' E
Lat: 20° 47.67' N

Station: T8
Depth : 130 M

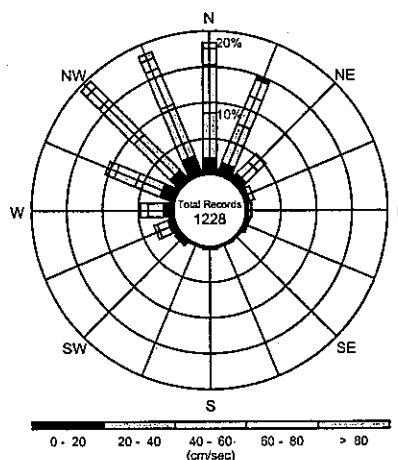
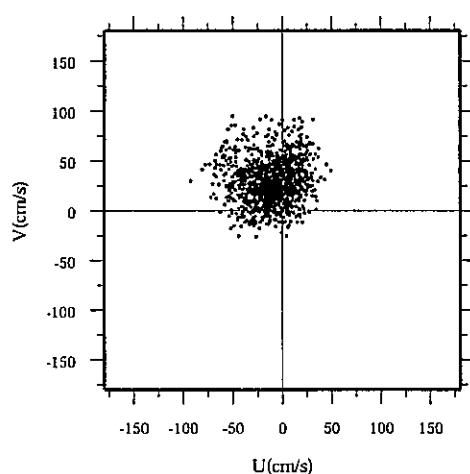
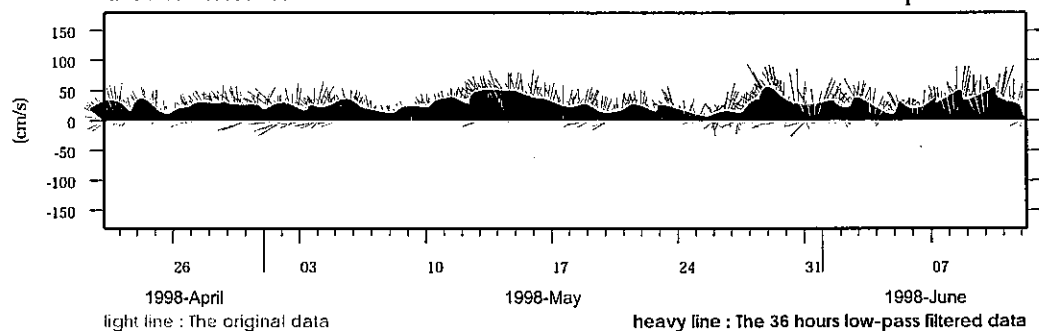


Lon : 120° 56.39' E

Lat : 20° 47.67' N

Station : T8

Depth : 250 M



Joint probability distribution of current speed and it's direction

Speed	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-20	2.3	1.8	1.2	0.7	0.3	0.7	0.3	0.3	0.3	0.3	0.8	1.1	1.5	2.2	2.0	2.8	18.6
20-40	6.3	5.8	2.4	0.6	0.5	0.1	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	1.5	2.2	3.7	7.0	7.8	38.3
40-60	6.8	4.2	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.1	3.2	6.9	5.4	29.3
60-80	2.2	2.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.0	2.4	1.6	10.2
80-100	0.8	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.1	0.8	3.6
100-120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
120-140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140-160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160-180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180-200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	18.3	14.7	5.1	1.3	0.8	0.7	0.3	0.3	0.5	0.3	1.1	3.0	5.0	10.5	19.5	18.5	100.0

Mean U and V : -11.2 (cm/s), 28.6 (cm/s)

Standard deviation of U and V : 22.2 (cm/s), 21.2 (cm/s)

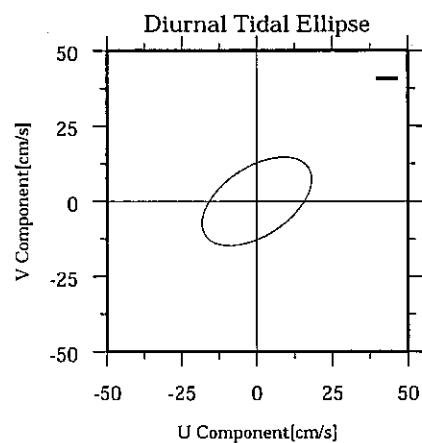
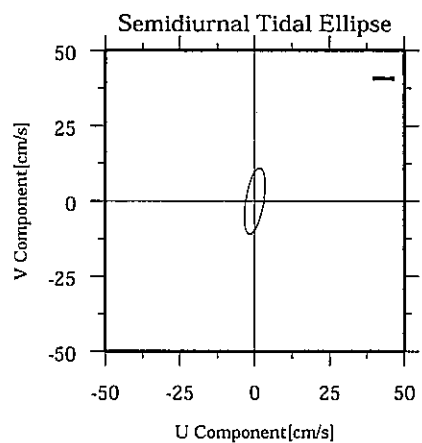
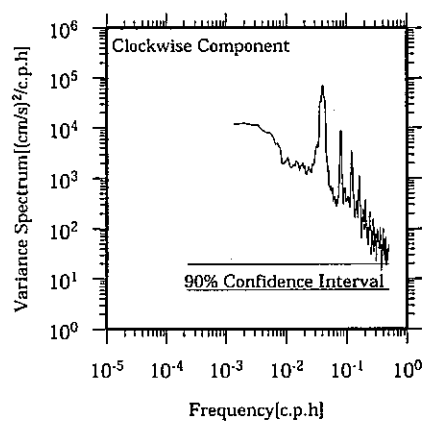
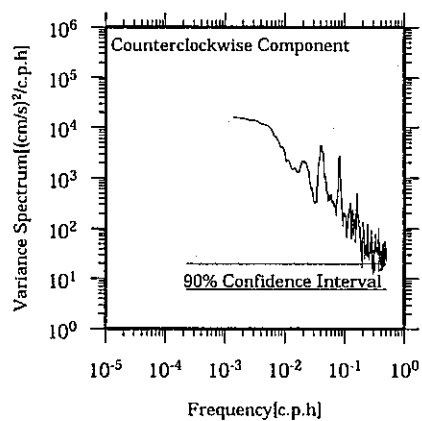
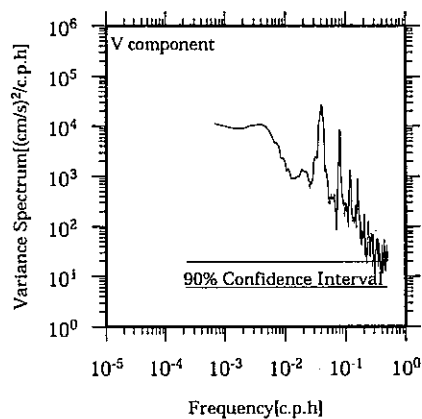
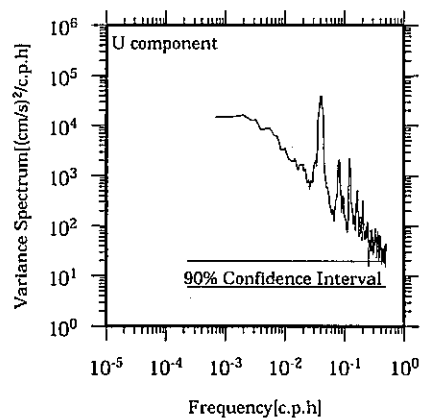
Maximum speed and it's direction : 106.8 (cm/s), 332.0 (deg.)

Mean speed and direction : 30.7 (cm/s), 338.6 (deg.)

Speed scalar average : 38.7 (cm/s)

Lon: 120° 56.39' E
Lat: 20° 47.67' N

Station: T8
Depth : 250 M

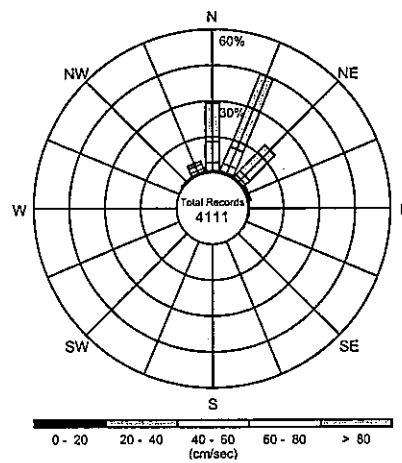
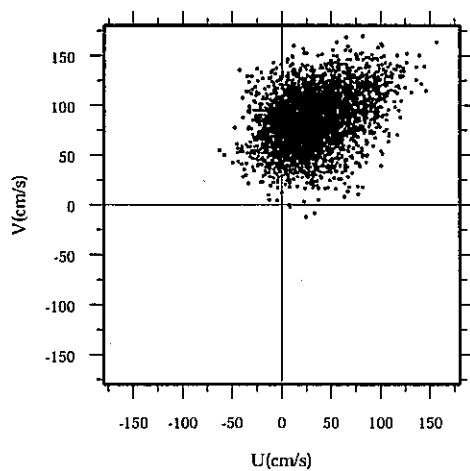
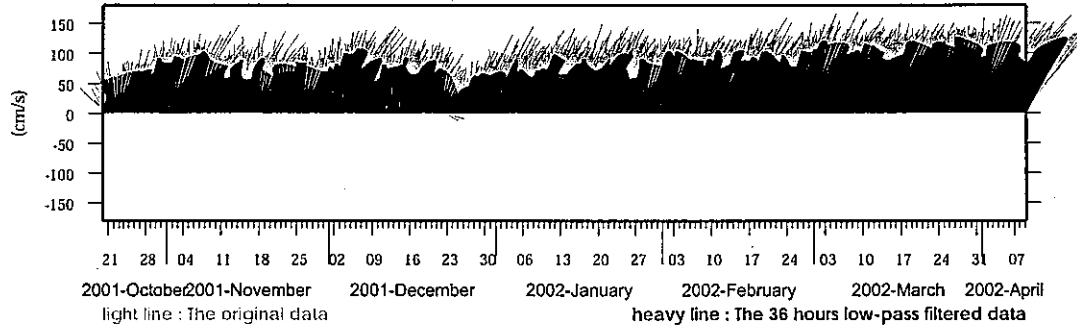


Lon : 121° 13.38' E

Lat : 22° 04.08' N

Station : T9

Depth : 80 M



Joint probability distribution of current speed and it's direction

Speed	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
20-40	0.6	0.7	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	2.3
40-60	3.6	3.3	1.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.3	10.0
60-80	8.6	7.5	2.4	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.9	21.2
80-100	8.8	11.2	3.3	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	24.7
100-120	5.3	11.1	3.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	20.7
120-140	1.9	6.9	3.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	12.7
140-160	0.3	2.9	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7
160-180	0.0	0.7	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9
180-200	0.0	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
Total	29.2	44.4	19.1	1.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	5.1	100.0

Mean U and V : 31.4 (cm/s), 85.1 (cm/s)

Standard deviation of U and V : 31.8 (cm/s), 27.1 (cm/s)

Maximun speed and it's direction : 226.2 (cm/s), 43.8 (deg.)

Mean speed and direction : 90.7 (cm/s), 20.3 (deg.)

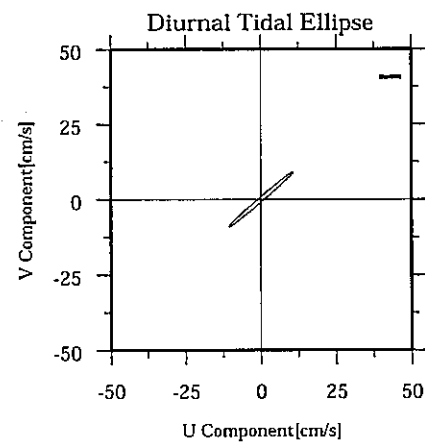
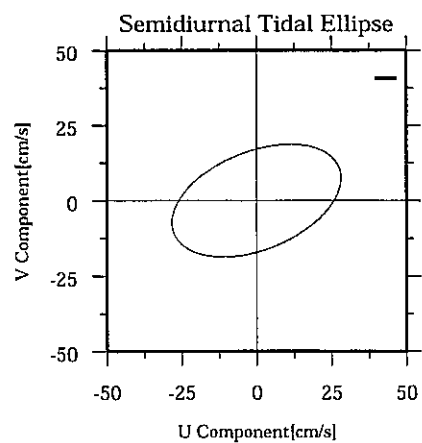
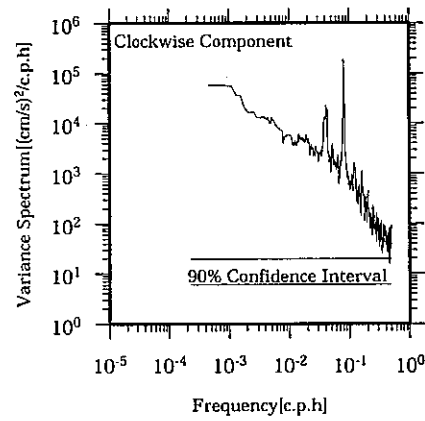
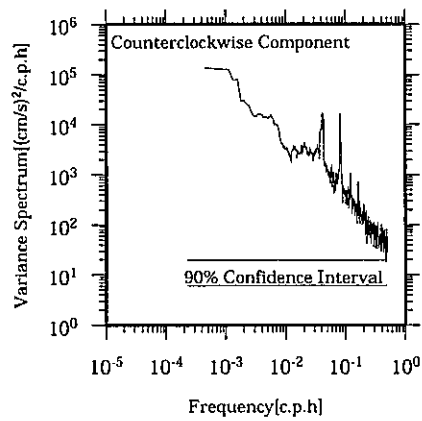
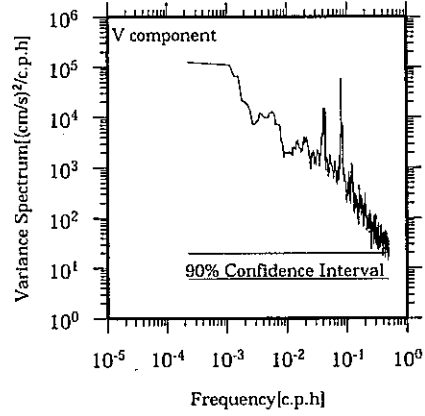
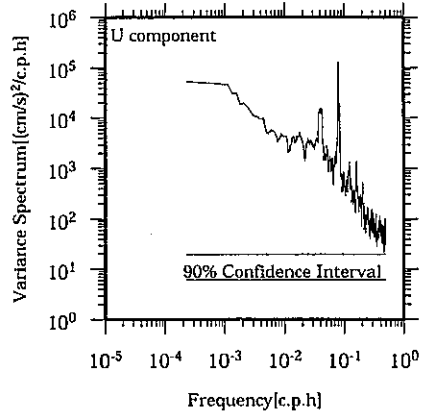
Speed scalar average : 95.0 (cm/s)

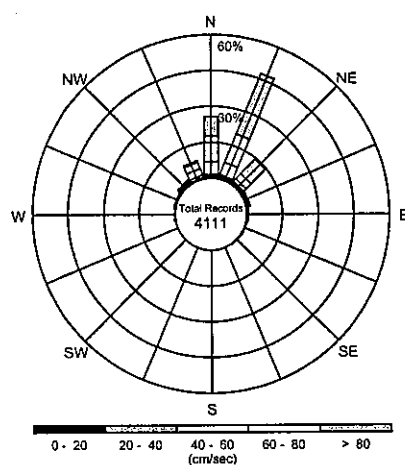
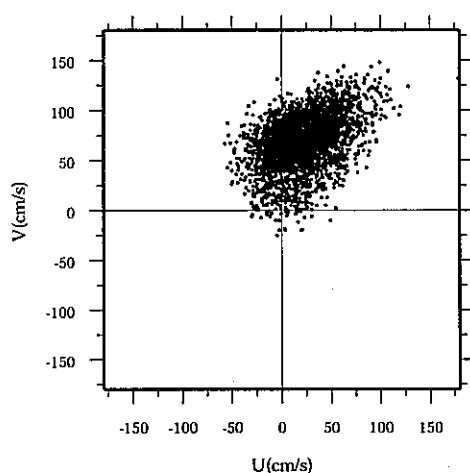
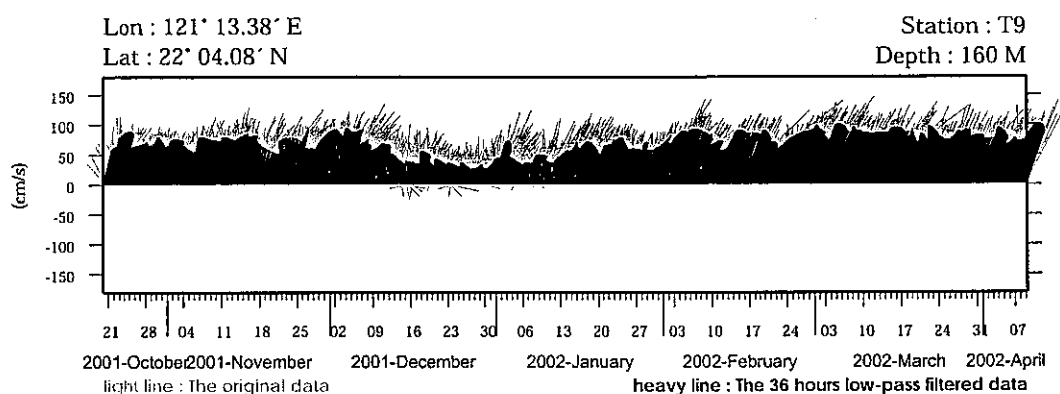
Lon: 121° 13.38' E

Lat: 22° 04.08' N

Station: T9

Depth : 80 M





Joint probability distribution of current speed and it's direction

Speed	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-20	0.3	0.4	0.3	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.3	0.2	2.5
20-40	1.1	1.2	0.9	0.5	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.7	1.2	6.4
40-60	5.4	5.4	1.5	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	3.0	16.5
60-80	10.5	12.7	2.8	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	2.7	29.3
80-100	7.3	15.4	3.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.7	27.1
100-120	1.0	8.1	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	12.3
120-140	0.0	3.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4
140-160	0.0	0.5	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3
160-180	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
180-200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	25.6	47.0	14.2	1.5	0.4	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.3	0.6	2.0	7.8	100.0

Mean U and V : 22.7 (cm/s), 69.0 (cm/s)

Standard deviation of U and V : 27.2 (cm/s), 25.3 (cm/s)

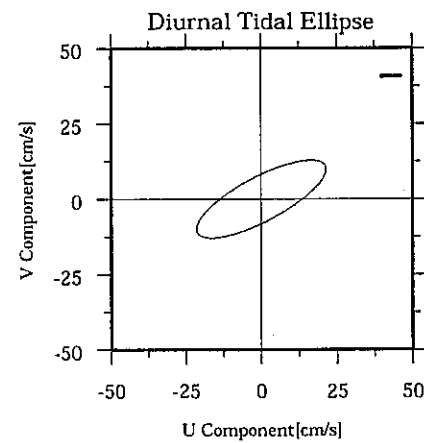
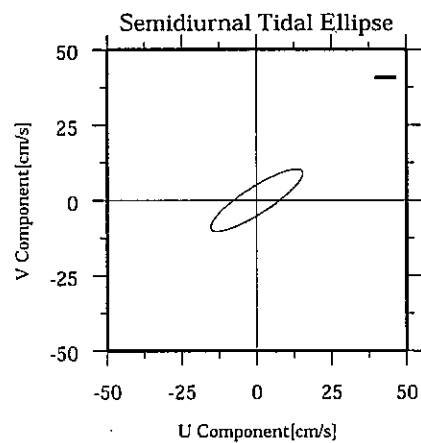
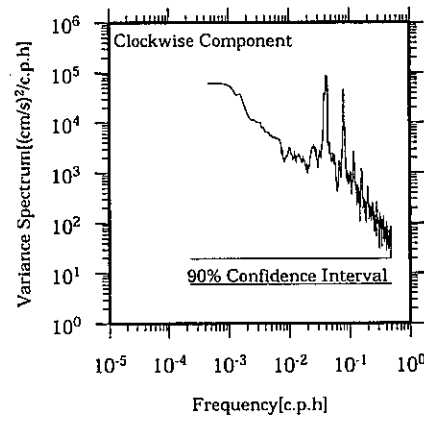
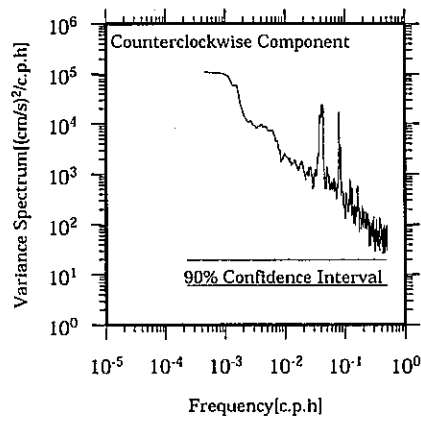
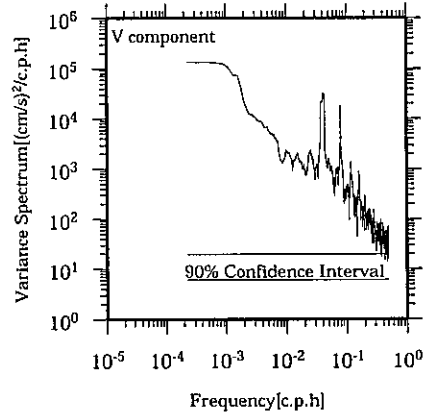
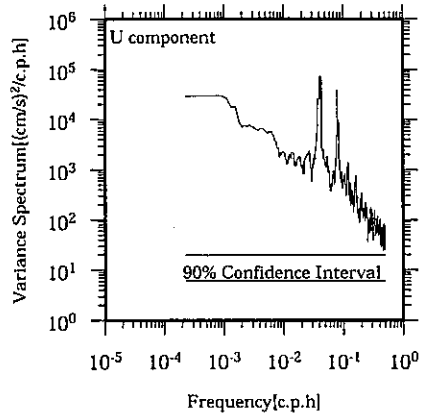
Maximum speed and it's direction : 232.2 (cm/s), 52.9 (deg.)

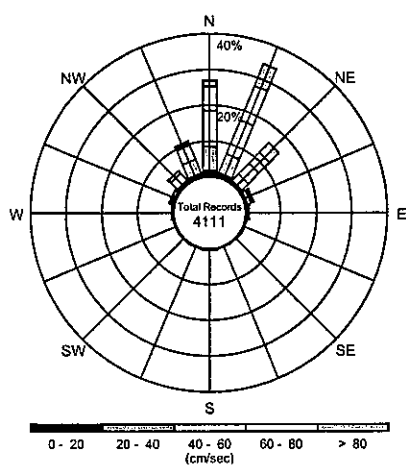
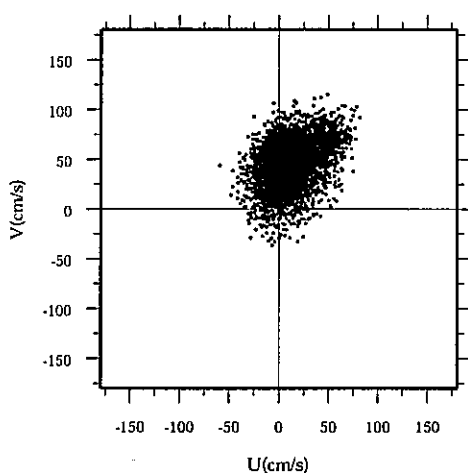
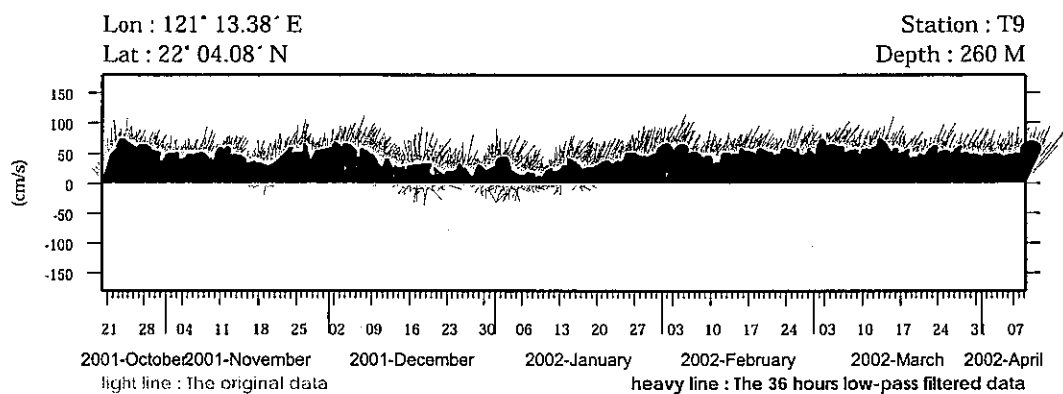
Mean speed and direction : 72.6 (cm/s), 18.2 (deg.)

Speed scalar average : 76.8 (cm/s)

Lon: 121° 13.38' E
Lat: 22° 04.08' N

Station: T9
Depth : 160 M





Joint probability distribution of current speed and it's direction

Speed	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-20	1.8	1.3	0.7	0.6	0.2	0.3	0.2	0.1	0.3	0.2	0.3	0.3	0.4	0.7	1.0	1.0	9.5
20-40	6.6	5.6	2.6	0.9	0.5	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.4	0.7	2.5	4.2	25.0
40-60	9.9	10.2	4.1	0.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.9	4.2	30.1
60-80	6.8	10.3	4.3	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.2	23.2
80-100	1.6	5.6	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.3
100-120	0.1	1.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7
120-140	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
140-160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160-180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180-200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	26.9	34.0	15.4	2.6	0.9	0.5	0.4	0.2	0.4	0.4	0.4	0.5	0.8	1.5	4.5	10.7	100.0

Mean U and V : 12.6 (cm/s), 44.3 (cm/s)

Standard deviation of U and V : 21.7 (cm/s), 23.8 (cm/s)

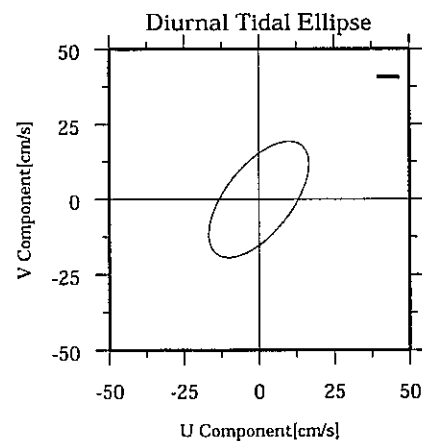
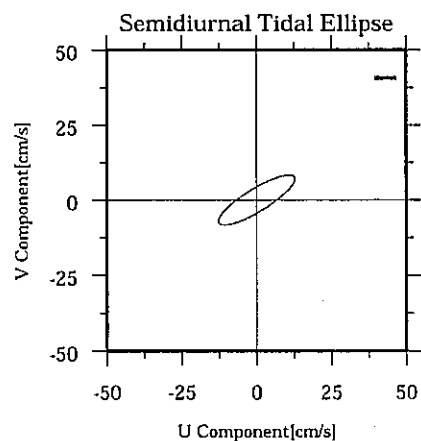
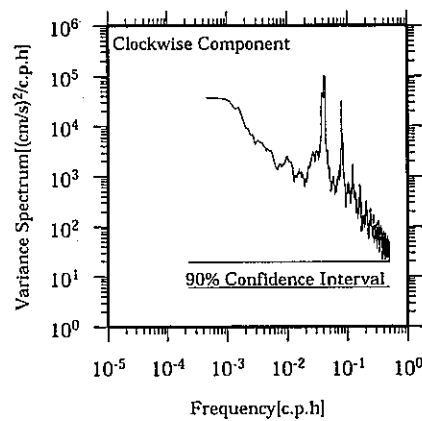
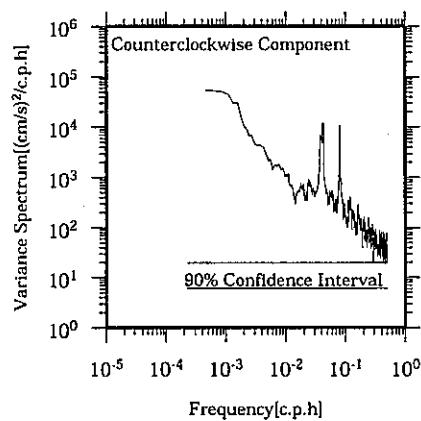
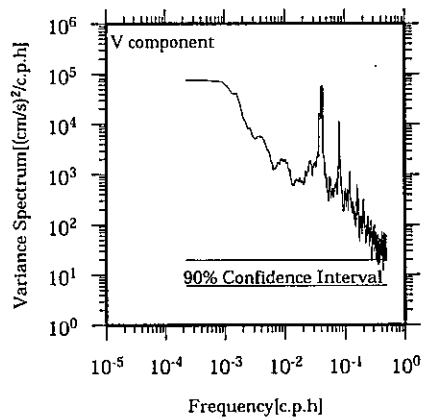
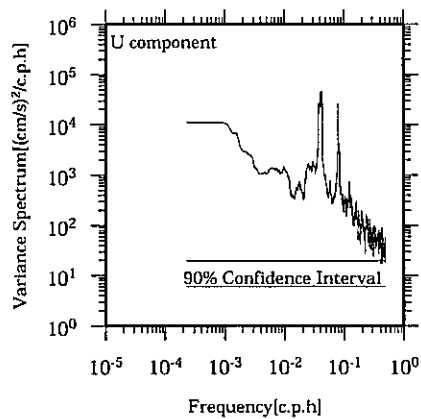
Maximum speed and it's direction : 128.9 (cm/s), 37.4 (deg.)

Mean speed and direction : 46.1 (cm/s), 15.9 (deg.)

Speed scalar average : 51.1 (cm/s)

Lon: 121° 13.38' E
Lat: 22° 04.08' N

Station: T9
Depth : 260 M

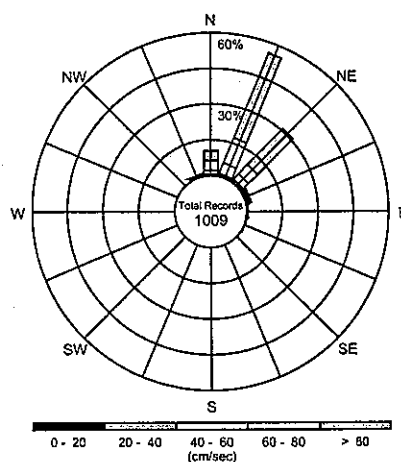
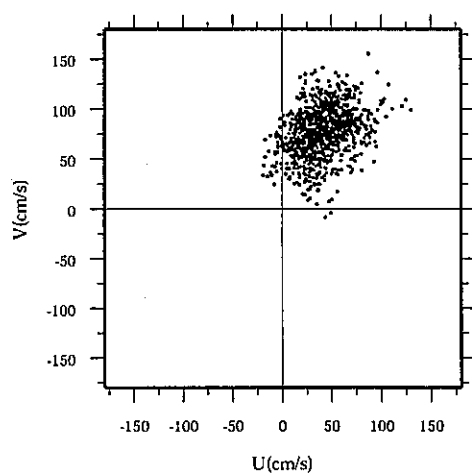
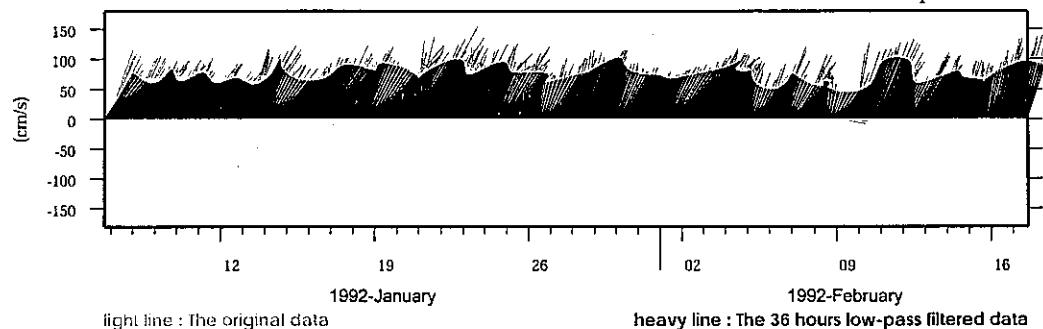


Lon : 122° 20.09' E

Lat : 24° 29.29' N

Station : T10

Depth : 30 M



Joint probability distribution of current speed and it's direction

Speed	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20-40	0.3	1.0	1.1	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	3.4
40-60	2.0	4.8	3.2	0.5	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	11.2
60-80	4.0	11.2	5.2	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	20.9
80-100	2.7	16.8	7.9	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.8
100-120	0.9	14.0	9.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.8
120-140	0.5	6.3	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.4
140-160	0.0	1.3	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
160-180	0.0	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
180-200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	10.3	55.5	30.7	2.0	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	100.0

Mean U and V : 41.3 (cm/s), 76.8 (cm/s)

Standard deviation of U and V : 23.0 (cm/s), 24.5 (cm/s)

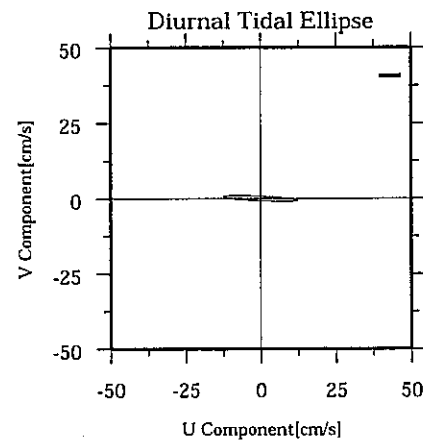
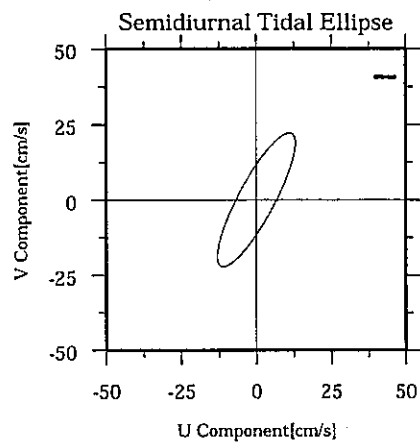
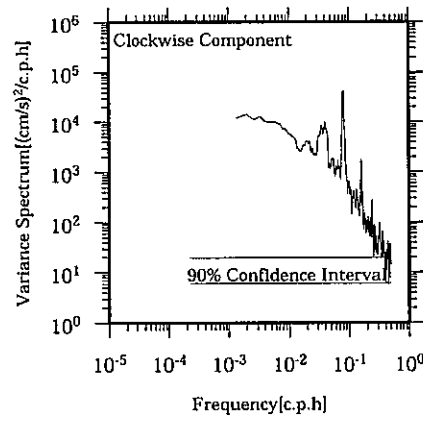
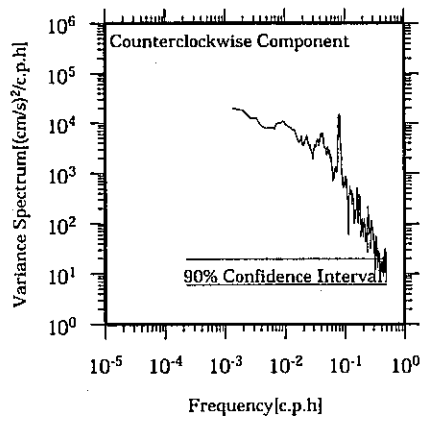
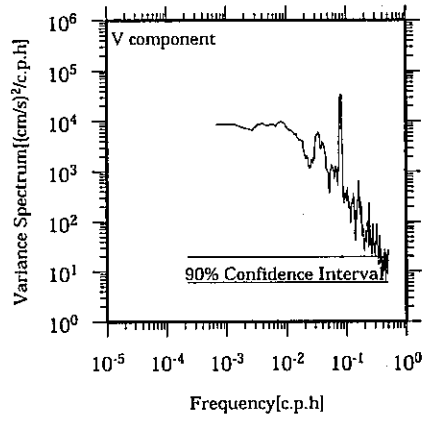
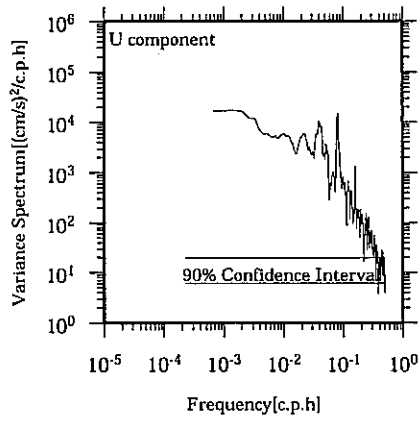
Maximun speed and it's direction : 177.7 (cm/s), 29.2 (deg.)

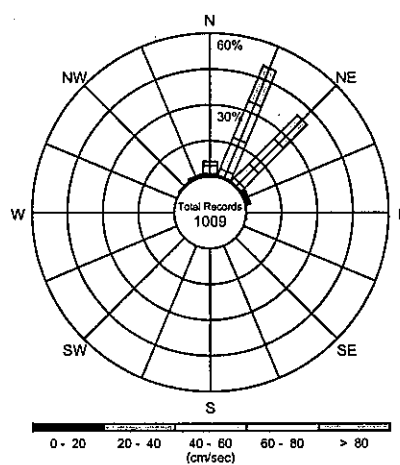
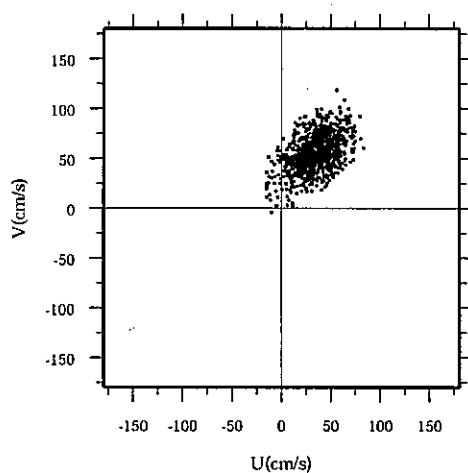
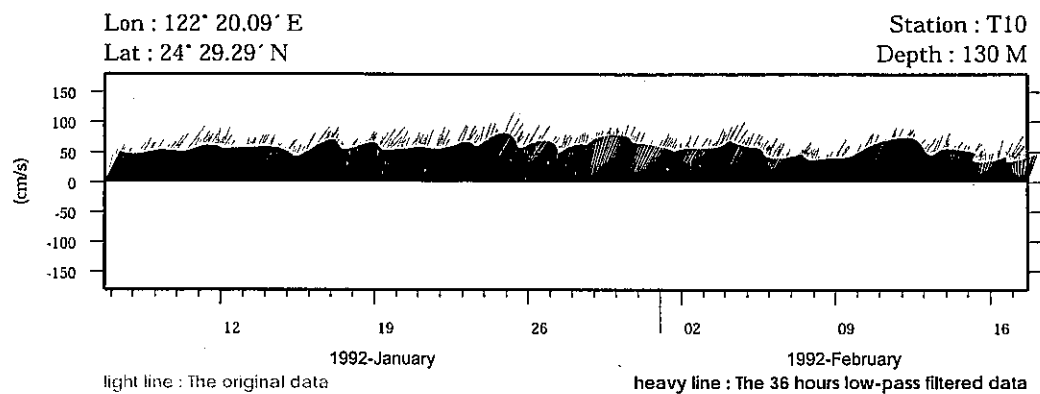
Mean speed and direction : 87.2 (cm/s), 28.3 (deg.)

Speed scalar average : 89.6 (cm/s)

Lon: 122° 20.09' E
Lat: 24° 29.29' N

Station: T10
Depth: 30 M





Joint probability distribution of current speed and it's direction

Speed	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-20	0.1	0.3	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2	0.3	0.2	1.6
20-40	1.1	3.2	2.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.8	7.5
40-60	3.4	14.0	8.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	27.1
60-80	1.6	16.5	14.8	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.5
80-100	0.1	14.1	10.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.6
100-120	0.0	1.9	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4
120-140	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
140-160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160-180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180-200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	6.2	50.0	39.4	2.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2	0.5	1.2	100.0

Mean U and V : 34.7 (cm/s), 56.2 (cm/s)

Standard deviation of U and V : 17.6 (cm/s), 18.2 (cm/s)

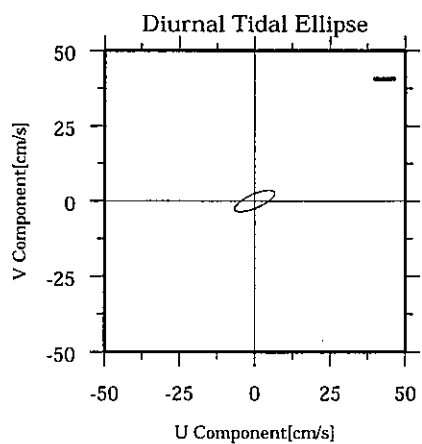
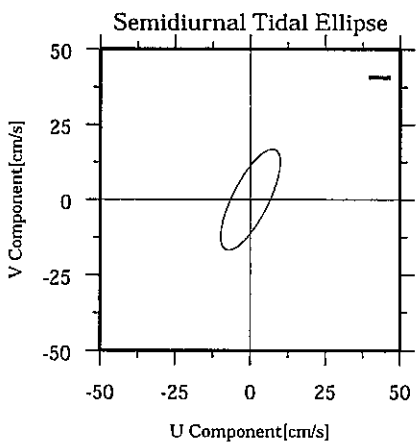
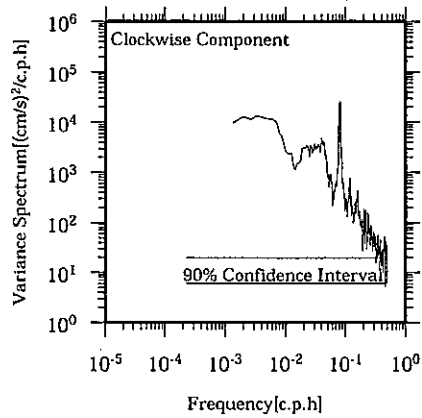
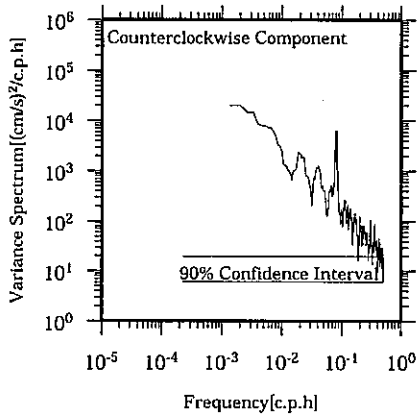
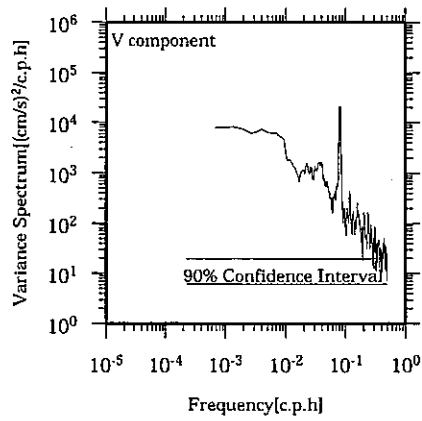
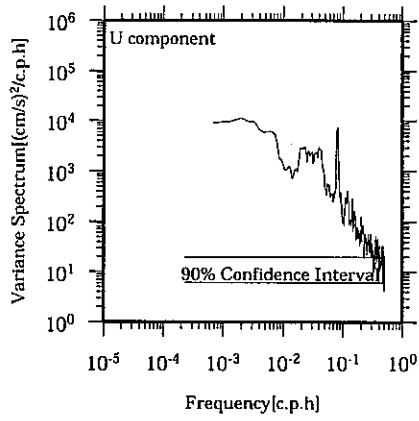
Maximun speed and it's direction : 130.3 (cm/s), 25.3 (deg.)

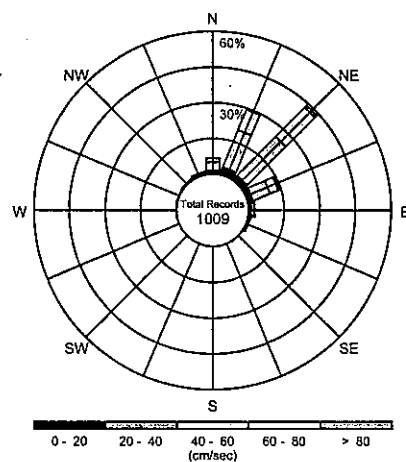
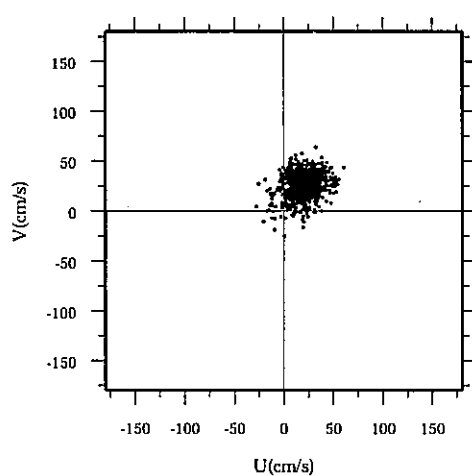
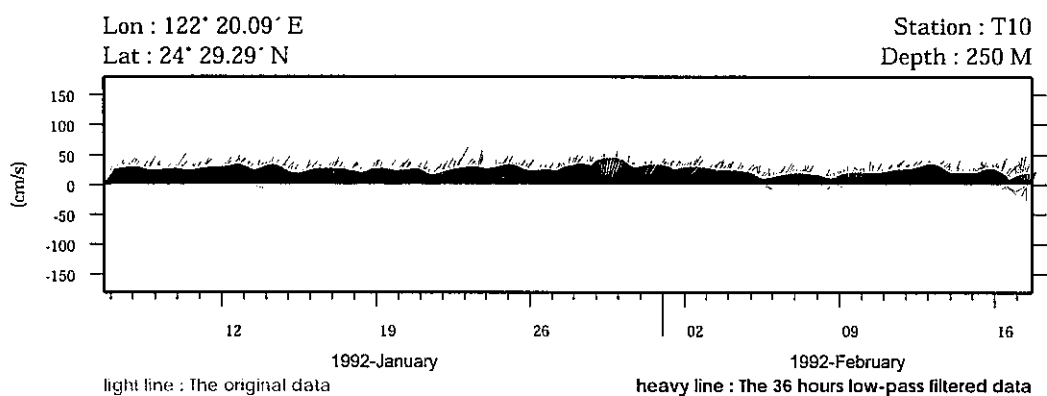
Mean speed and direction : 66.0 (cm/s), 31.7 (deg.)

Speed scalar average : 67.6 (cm/s)

Lon: 122° 20.09' E
Lat: 24° 29.29' N

Station: T10
Depth : 130 M





Joint probability distribution of current speed and it's direction

Speed	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-20	1.3	3.2	2.5	2.1	0.9	0.5	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.3	0.4	0.2	0.5	12.2
20-40	3.8	16.8	22.8	7.6	1.4	0.4	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.4	0.8	54.5
40-60	1.5	9.1	17.3	3.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.8
60-80	0.0	0.1	1.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
80-100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100-120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120-140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140-160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160-180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180-200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	6.5	29.2	43.6	13.9	2.4	0.9	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.4	0.4	0.6	1.3	100.0

Mean U and V : 20.0 (cm/s), 25.2 (cm/s)

Standard deviation of U and V : 12.4 (cm/s), 12.0 (cm/s)

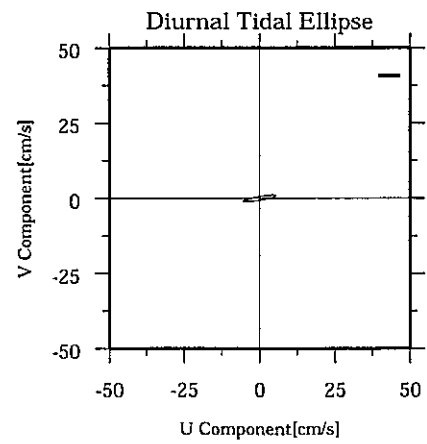
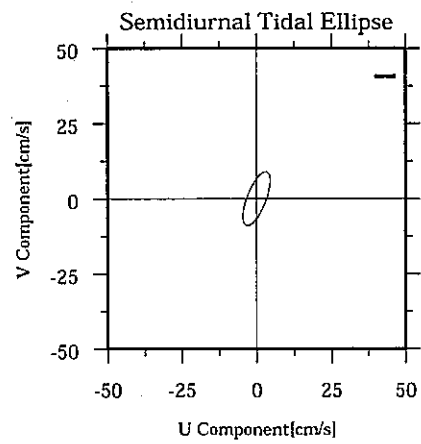
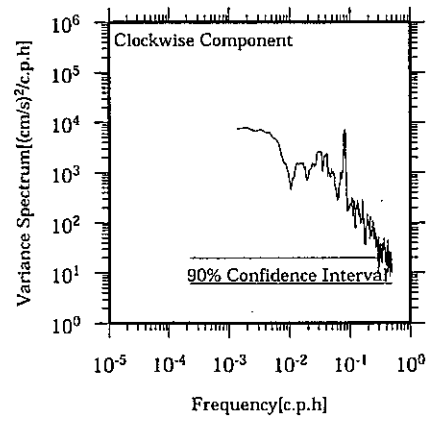
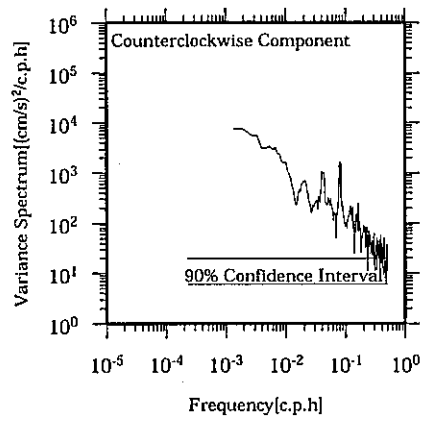
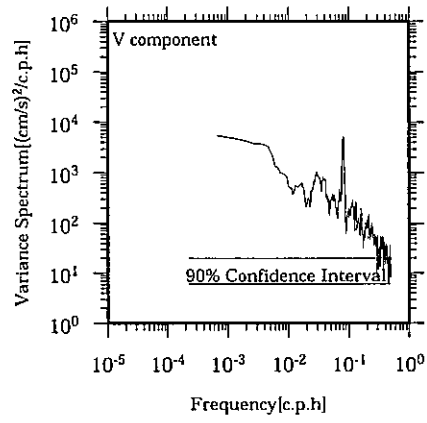
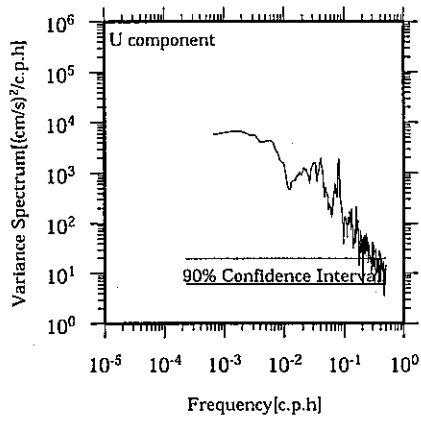
Maximun speed and it's direction : 74.3 (cm/s), 54.8 (deg.)

Mean speed and direction : 32.2 (cm/s), 38.4 (deg.)

Speed scalar average : 34.5 (cm/s)

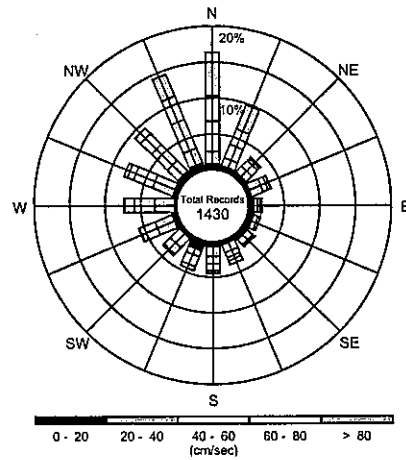
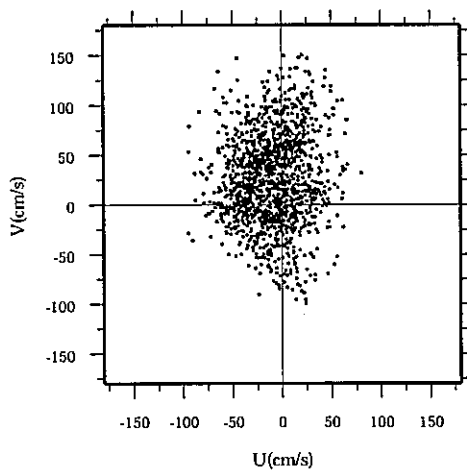
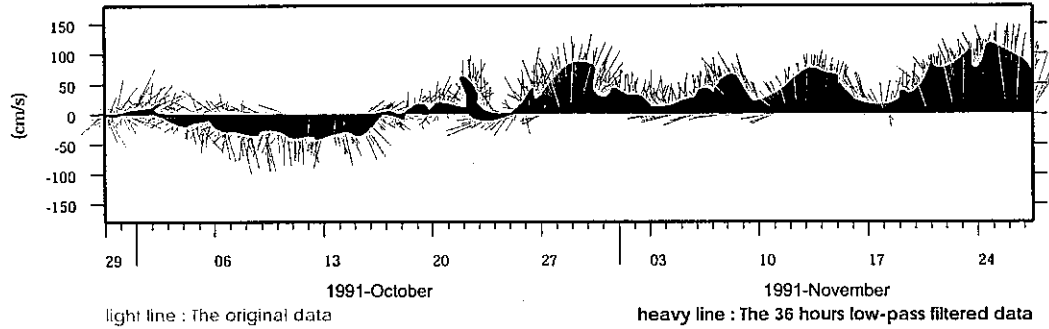
Lon: 122° 20.09' E
Lat: 24° 29.29' N

Station: T10
Depth : 250 M



Lon : 122° 23.72' E
Lat : 25° 25.42' N

Station : T11
Depth : 30 M



Joint probability distribution of current speed and it's direction

Speed	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-20	0.8	0.6	0.6	0.5	0.6	0.8	0.8	0.6	0.7	1.5	0.6	0.8	0.3	0.7	0.9	1.0	11.9
20-40	1.7	1.1	1.1	1.7	0.6	0.7	1.0	1.2	1.5	0.9	1.7	2.6	2.8	3.0	2.0	2.2	26.0
40-60	4.2	2.1	1.1	0.8	0.4	0.3	0.2	0.8	1.0	1.5	1.3	1.7	2.9	2.9	3.1	4.3	28.4
60-80	3.6	2.2	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.5	1.0	0.5	0.2	0.6	1.3	0.9	2.1	3.5	17.4
80-100	2.9	2.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.5	0.4	0.1	0.0	0.1	0.1	0.5	0.8	2.1	9.9
100-120	1.9	1.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.8	4.1
120-140	0.9	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	1.9
140-160	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5
160-180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180-200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	16.3	9.7	3.5	3.4	1.8	1.8	2.2	3.6	4.5	4.5	3.8	5.8	7.4	8.0	9.2	14.3	100.0

Mean U and V : -10.1 (cm/s), 24.8 (cm/s)

Standard deviation of U and V : 28.3 (cm/s), 44.6 (cm/s)

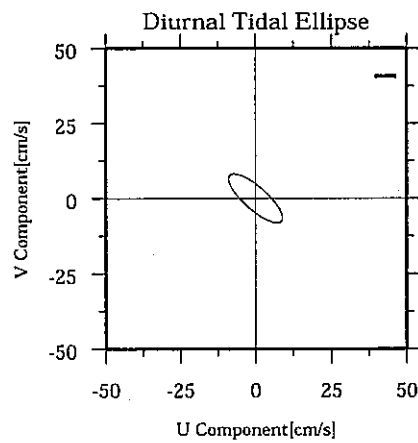
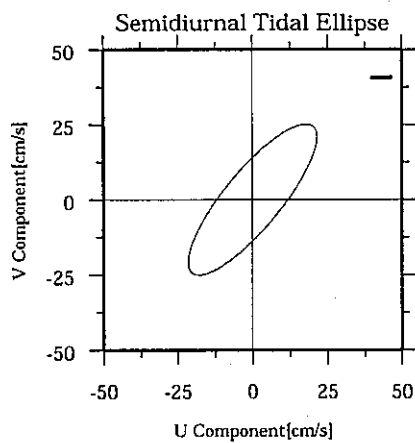
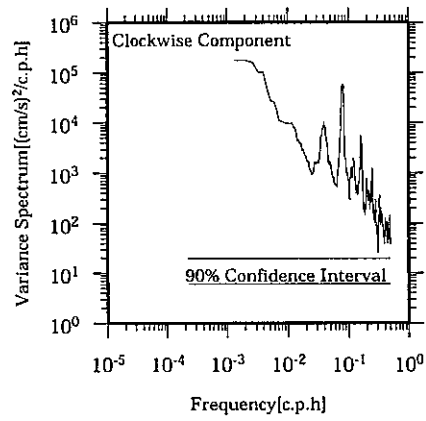
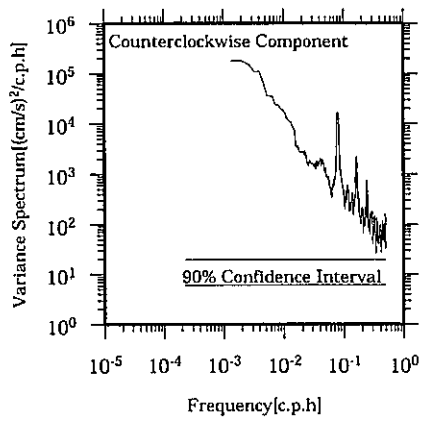
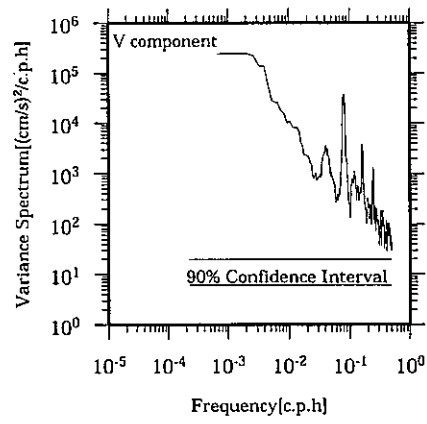
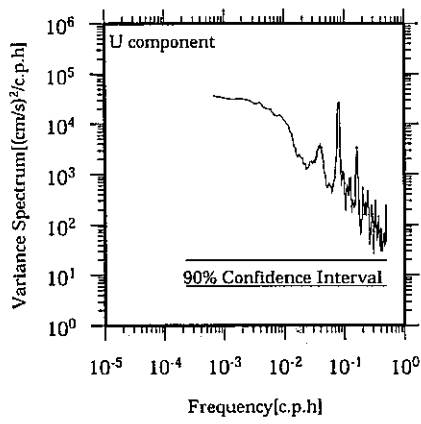
Maximum speed and it's direction : 153.8 (cm/s), 342.9 (deg.)

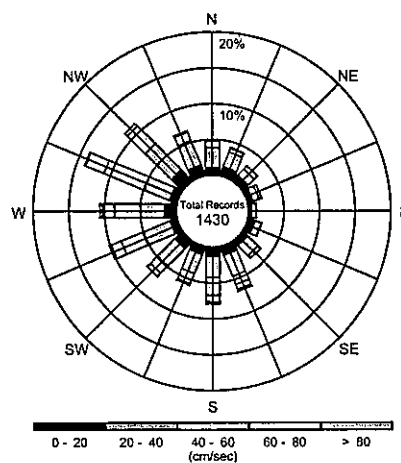
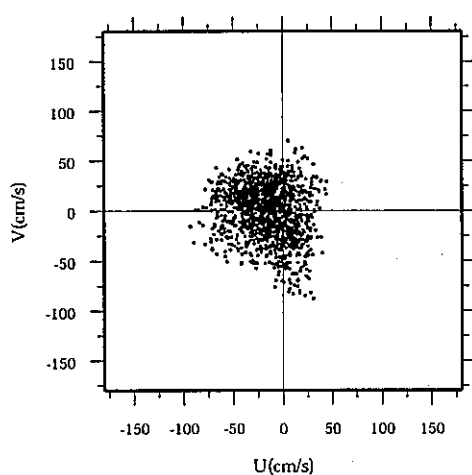
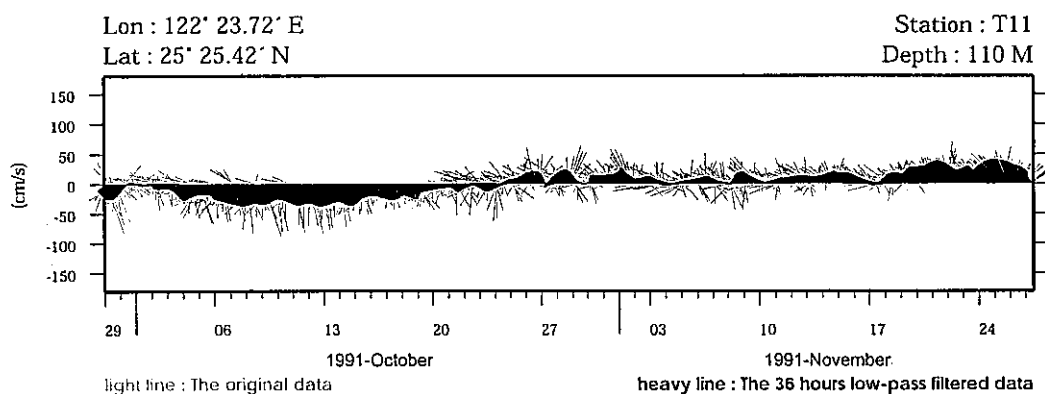
Mean speed and direction : 26.7 (cm/s), 337.7 (deg.)

Speed scalar average : 52.0 (cm/s)

Lon: 122° 23.72' E
Lat: 25° 25.42' N

Station: T11
Depth : 30 M





Joint probability distribution of current speed and it's direction

Speed	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-20	1.0	1.3	1.0	0.7	0.4	1.0	0.9	1.3	1.3	1.2	1.5	1.0	1.7	1.1	2.1	1.5	19.0
20-40	2.8	2.2	1.2	0.9	0.6	1.0	2.0	3.2	3.0	2.9	3.4	4.1	3.3	3.8	5.1	3.6	43.1
40-60	0.9	0.6	0.6	0.3	0.0	0.0	0.5	1.2	2.4	1.5	1.4	3.2	3.7	6.1	3.5	1.3	27.3
60-80	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	1.0	0.2	0.6	1.5	1.6	2.7	0.5	0.2	9.2
80-100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2	0.0	0.0	0.3	0.4	0.1	0.0	0.0	1.4
100-120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120-140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140-160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160-180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180-200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	4.8	4.1	2.8	2.0	1.0	2.0	3.4	6.7	7.9	5.8	6.9	10.2	10.7	13.8	11.2	6.6	100.0

Mean U and V : -16.6 (cm/s), -0.9 (cm/s)

Standard deviation of U and V : 25.4 (cm/s), 26.7 (cm/s)

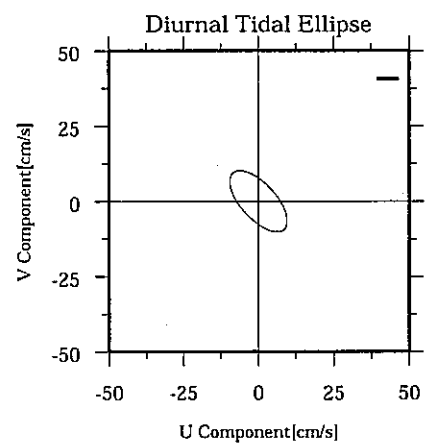
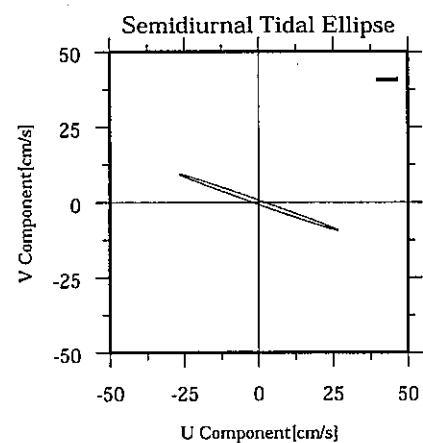
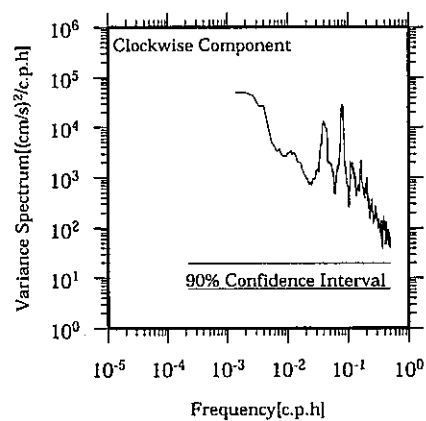
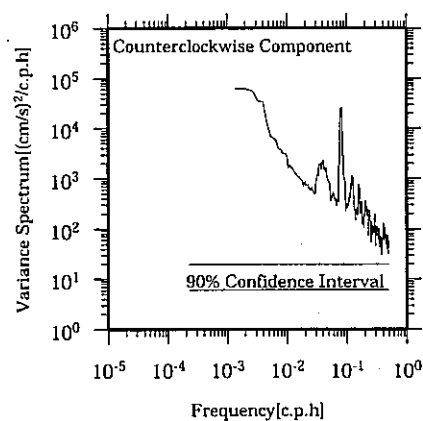
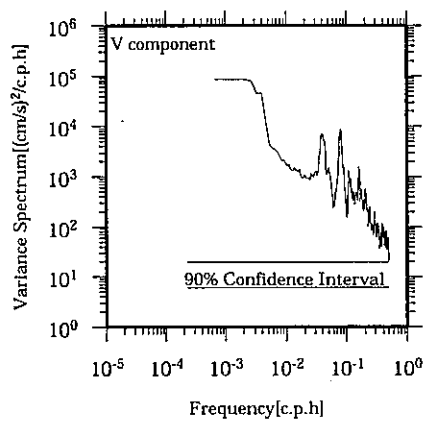
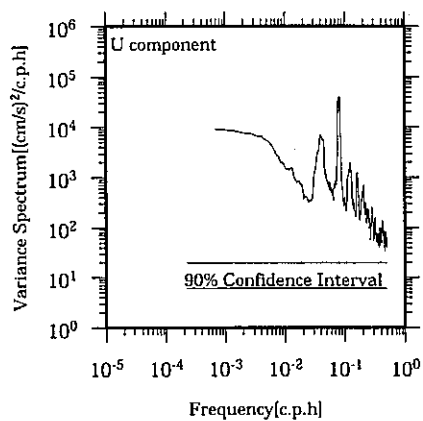
Maximun speed and it's direction : 95.4 (cm/s), 250.5 (deg.)

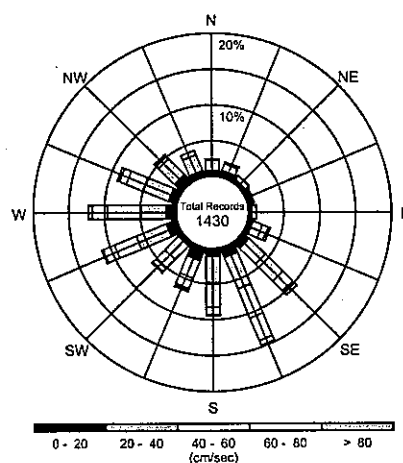
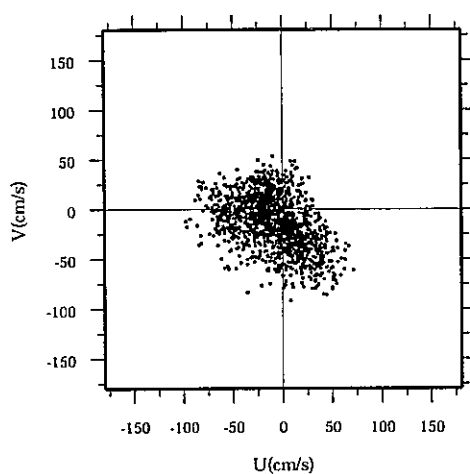
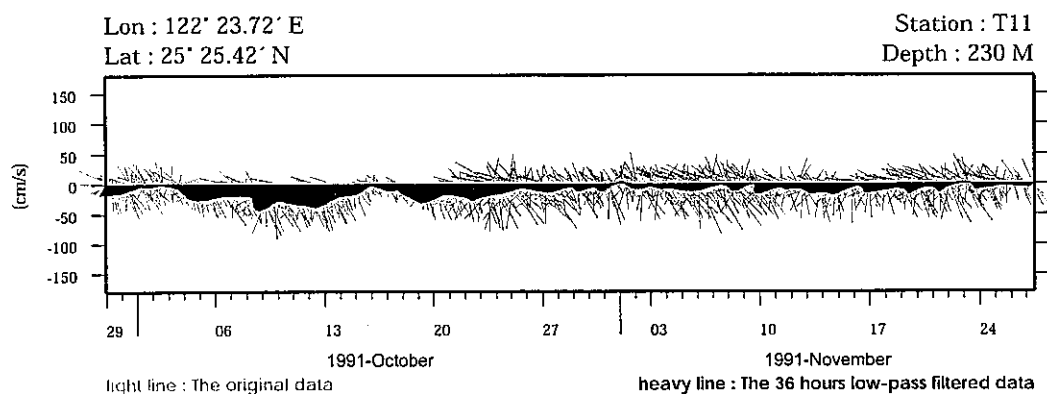
Mean speed and direction : 16.6 (cm/s), 267.0 (deg.)

Speed scalar average : 36.4 (cm/s)

Lon: 122° 23.72' E
 Lat: 25° 25.42' N

Station: T11
 Depth : 110 M





Joint probability distribution of current speed and it's direction

Speed	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-20	0.8	0.8	0.5	0.6	0.4	0.7	1.2	1.5	1.1	2.0	0.7	1.6	1.5	1.3	1.5	0.9	17.0
20-40	1.5	1.0	0.6	0.3	0.6	1.4	3.1	4.8	3.8	2.7	2.7	4.5	3.4	3.8	3.1	2.4	39.8
40-60	0.1	0.3	0.1	0.0	0.0	0.8	3.4	4.3	3.4	1.5	1.8	3.3	4.7	2.4	0.8	0.6	27.6
60-80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	2.0	3.4	1.1	0.3	0.6	1.7	2.1	1.0	0.1	0.0	12.6
80-100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.7	0.1	0.1	0.2	0.2	0.6	0.3	0.0	0.0	3.1
100-120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120-140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140-160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160-180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180-200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	2.4	2.2	1.2	0.9	1.0	3.2	10.5	14.8	9.4	6.6	6.0	11.3	12.2	8.9	5.4	3.9	100.0

Mean U and V : -9.3 (cm/s), -14.6 (cm/s)

Standard deviation of U and V : 30.0 (cm/s), 26.6 (cm/s)

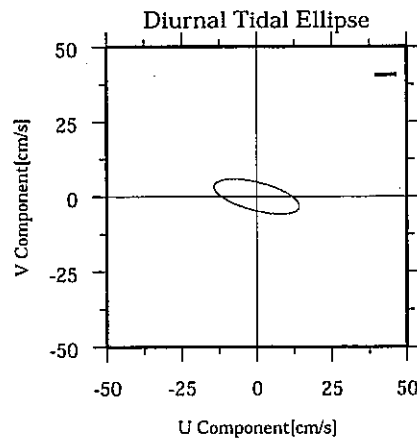
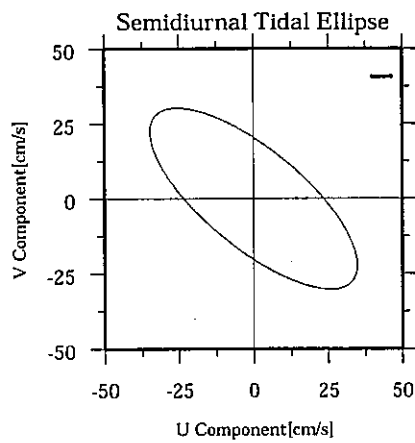
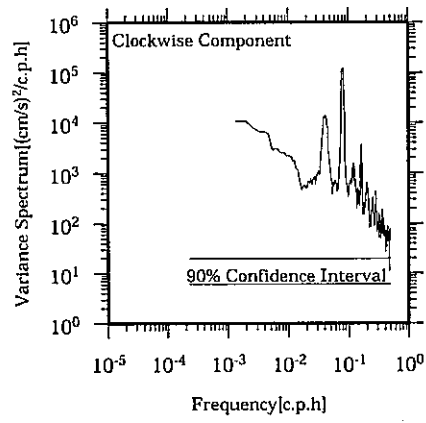
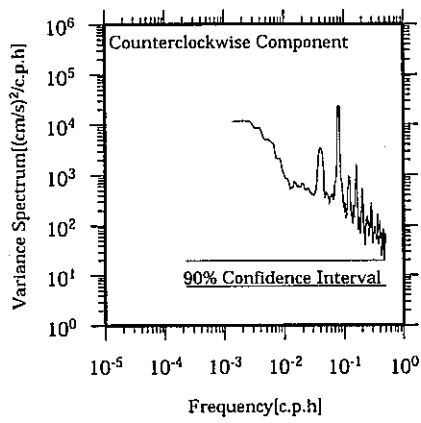
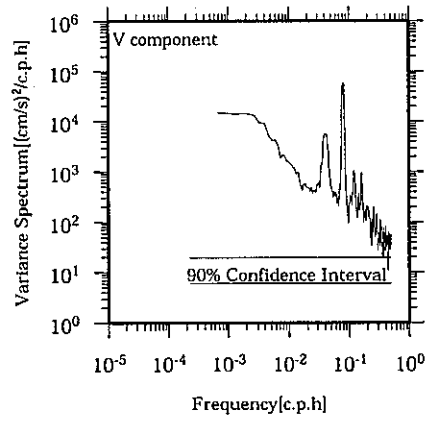
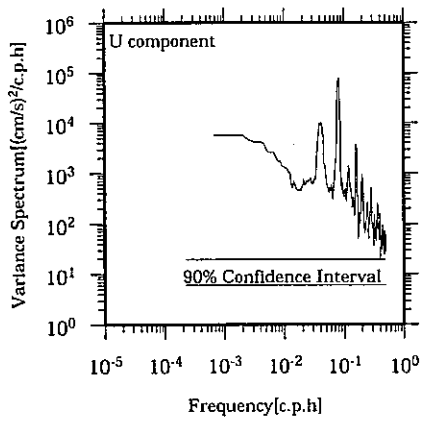
Maximum speed and it's direction : 98.7 (cm/s), 263.0 (deg.)

Mean speed and direction : 17.3 (cm/s), 212.6 (deg.)

Speed scalar average : 39.1 (cm/s)

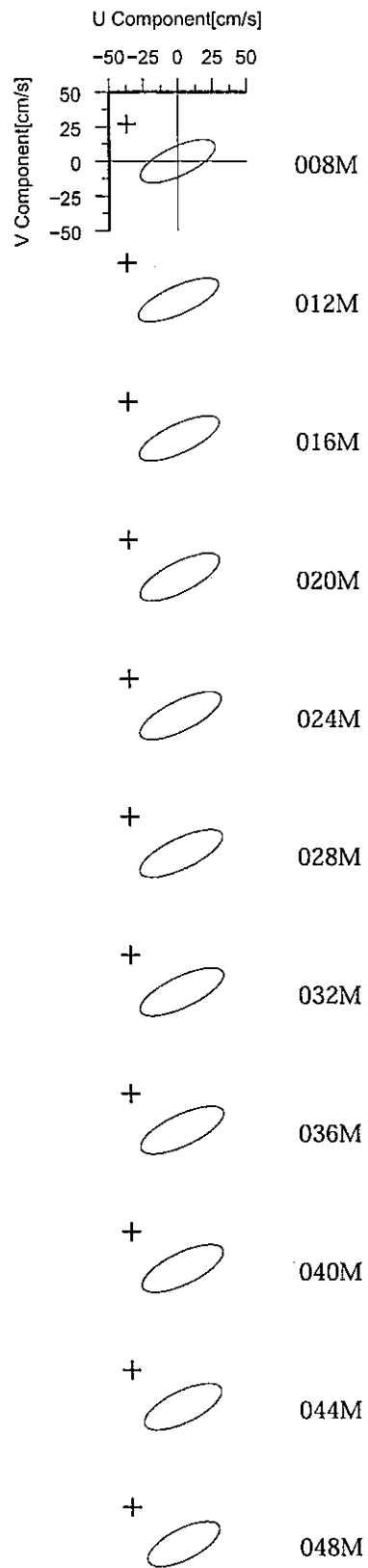
Lon: 122° 23.72' E
Lat: 25° 25.42' N

Station: T11
Depth : 230 M

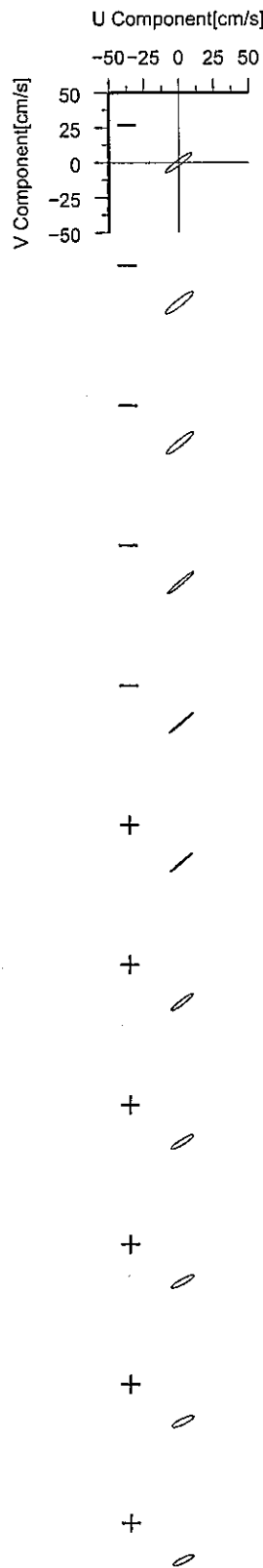


Station:T1

Semidiurnal Tide

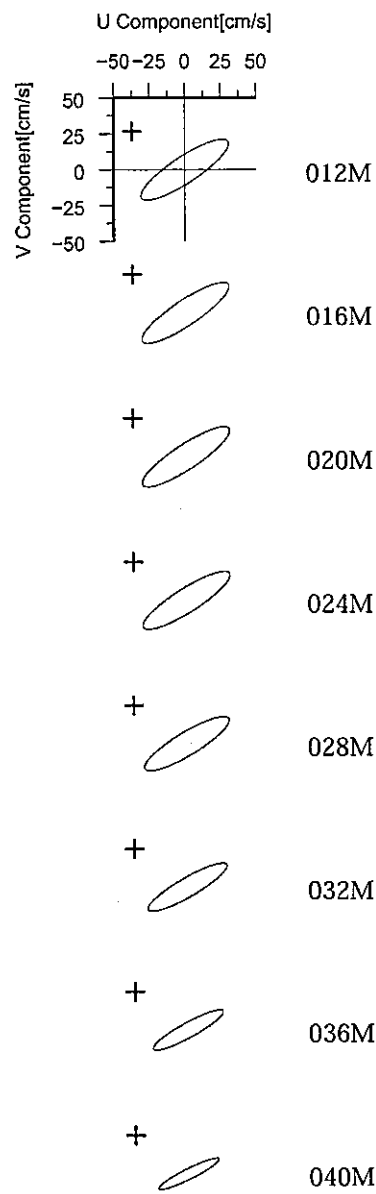


Diurnal Tide

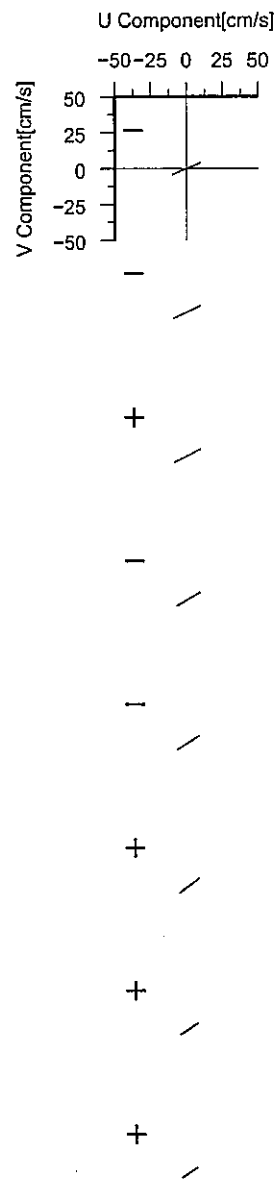


Station:T2-1

Semidiurnal Tide

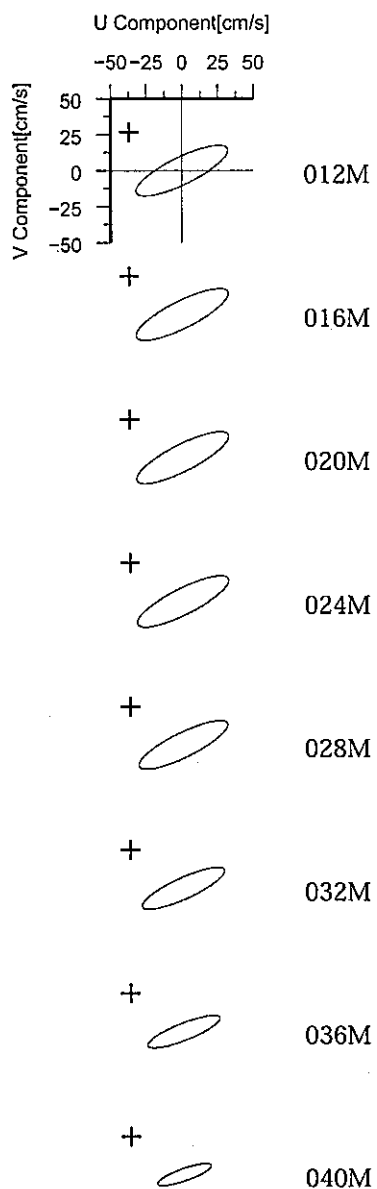


Diurnal Tide

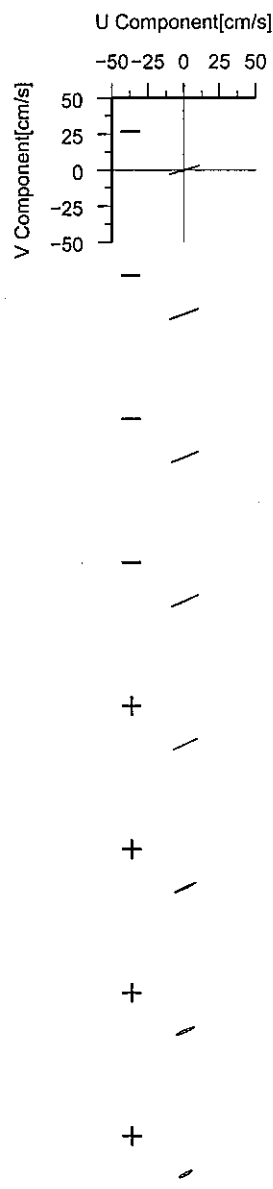


Station:T2-2

Semidiurnal Tide

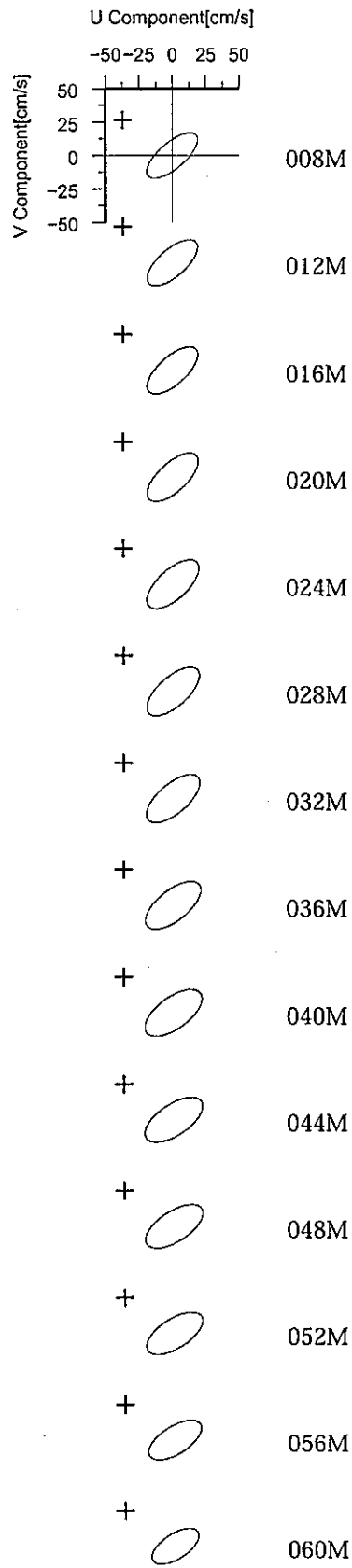


Diurnal Tide

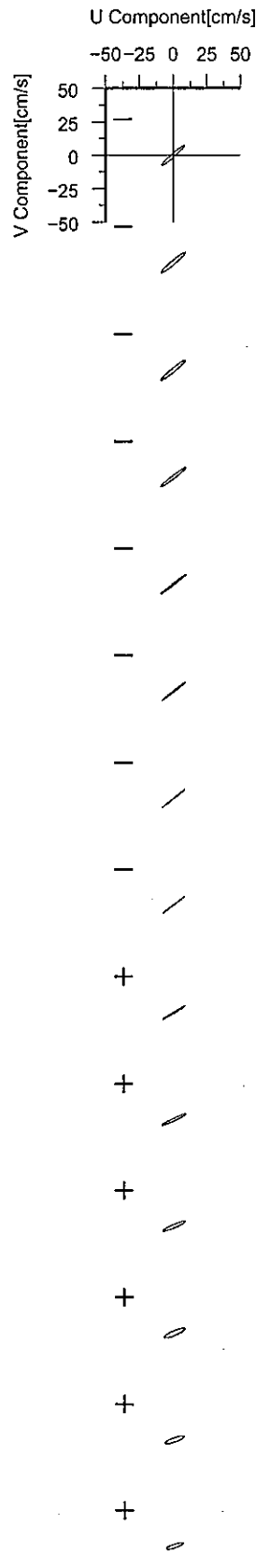


Station:T3-1

Semidiurnal Tide

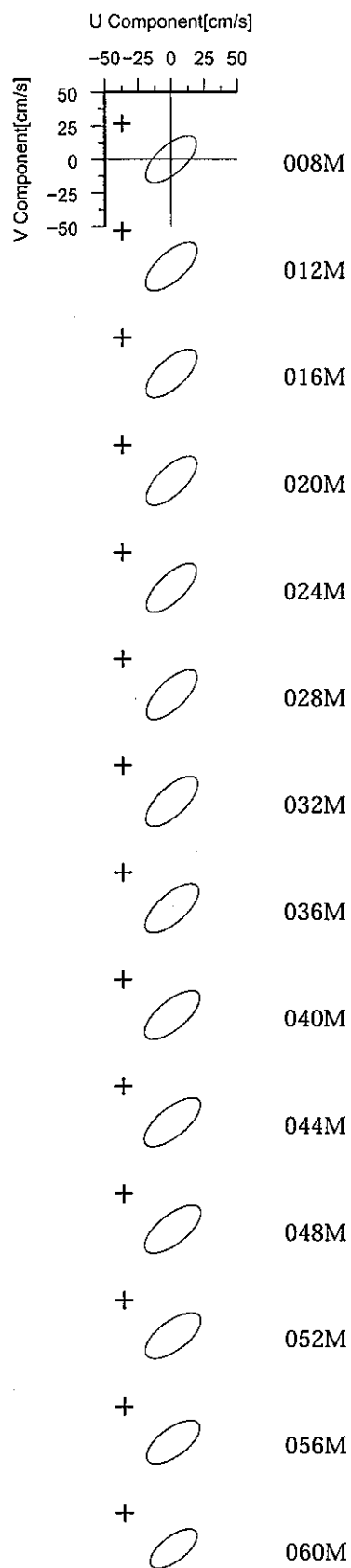


Diurnal Tide

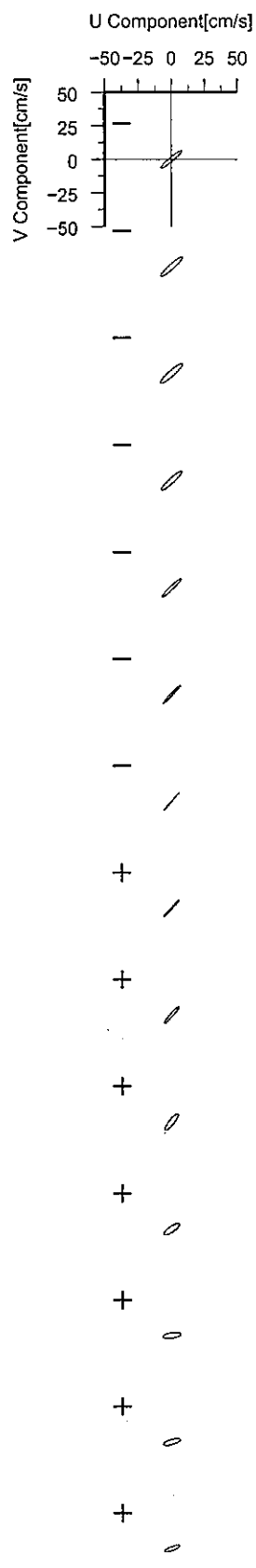


Station:T3-2

Semidiurnal Tide

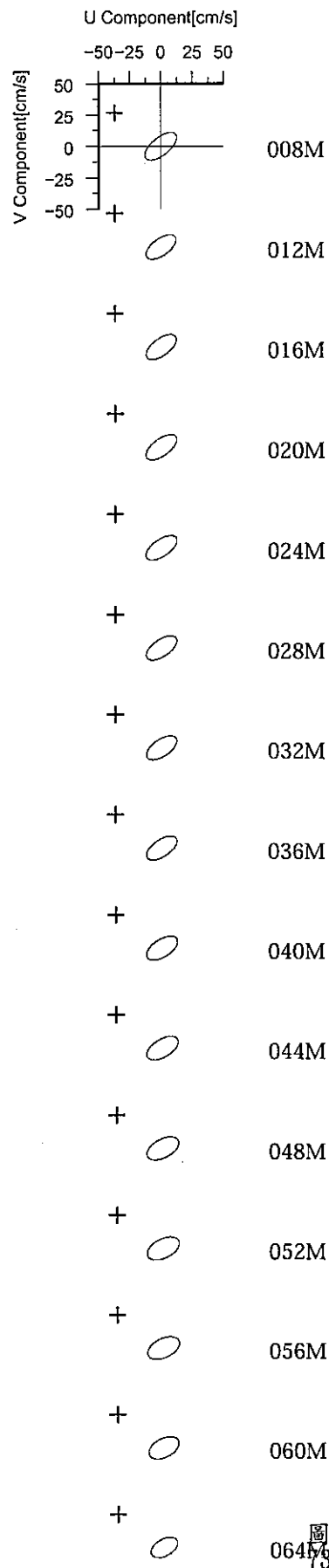


Diurnal Tide

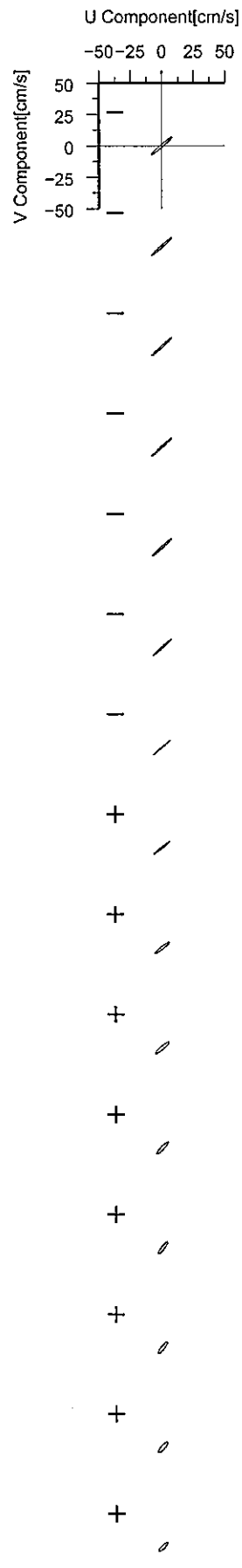


Station:T4-1

Semidiurnal Tide

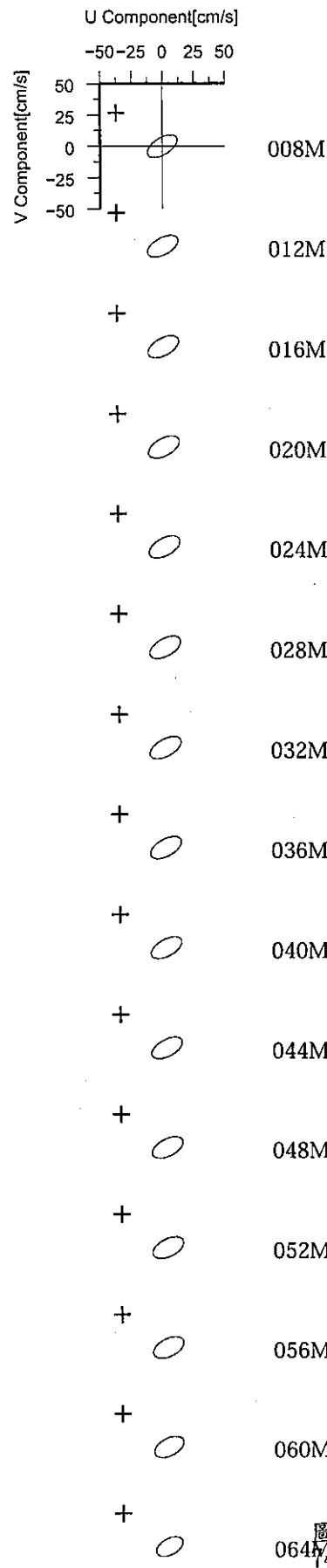


Diurnal Tide

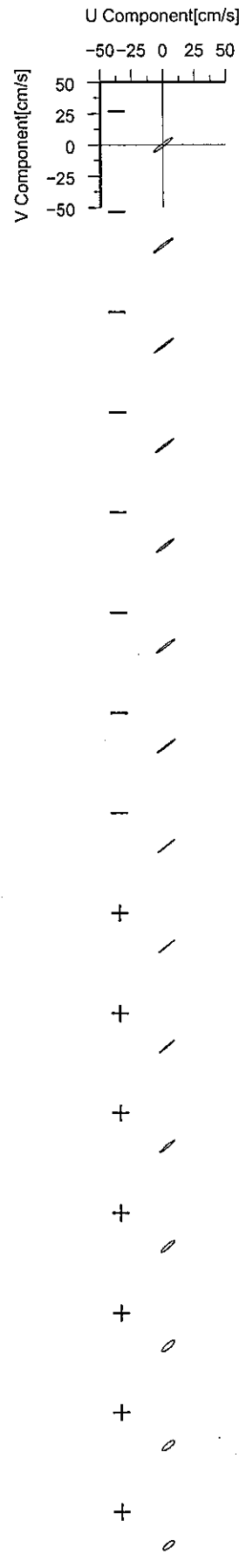


Station:T4-2

Semidiurnal Tide

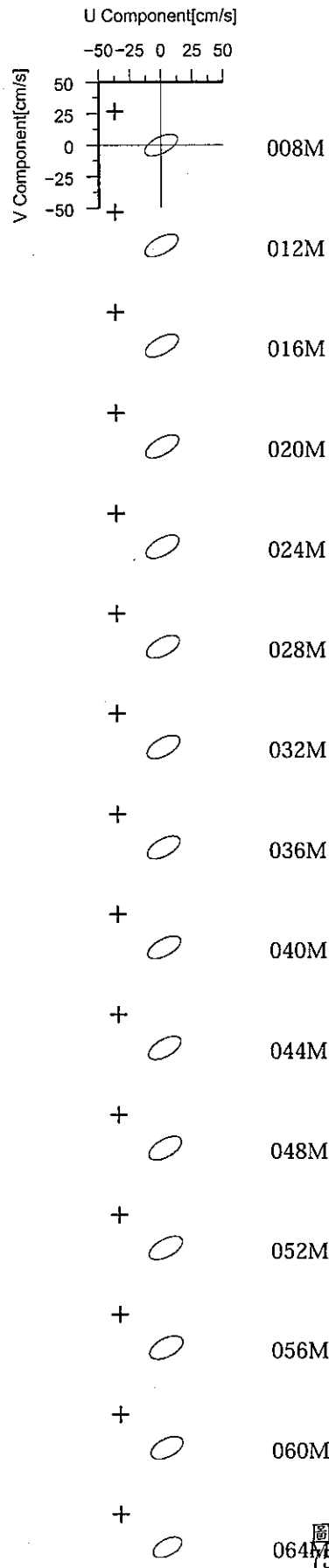


Diurnal Tide

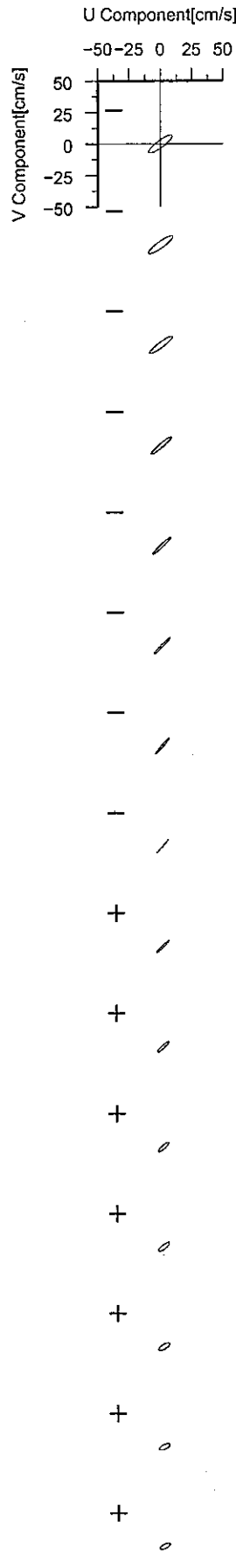


Station:T4-3

Semidiurnal Tide

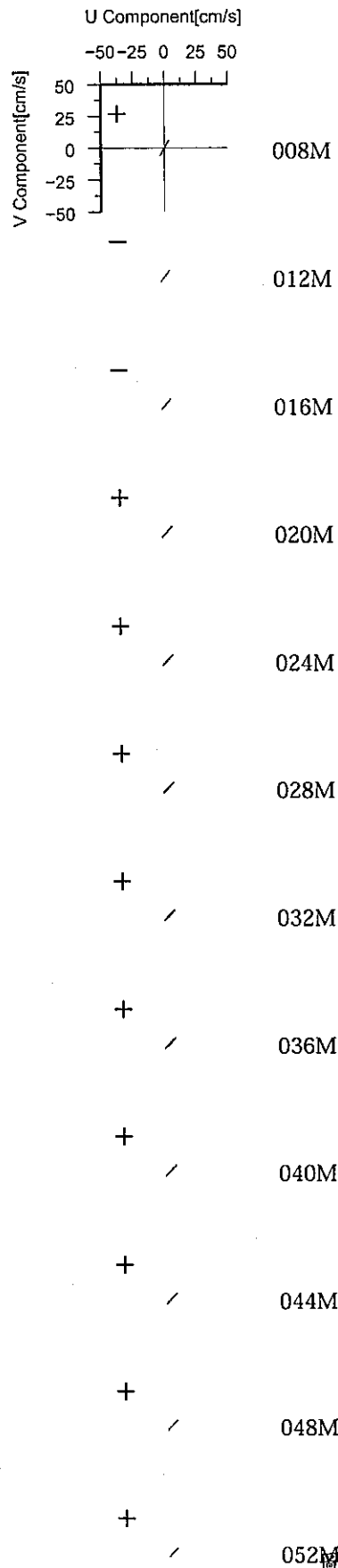


Diurnal Tide

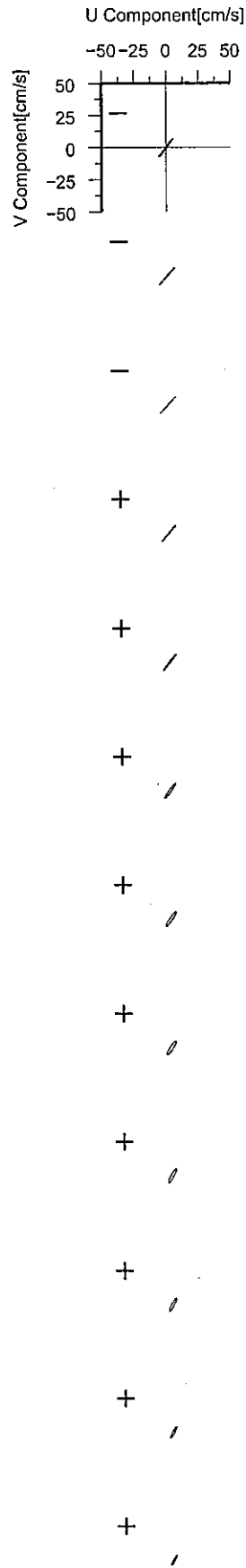


Station:T5-1

Semidiurnal Tide



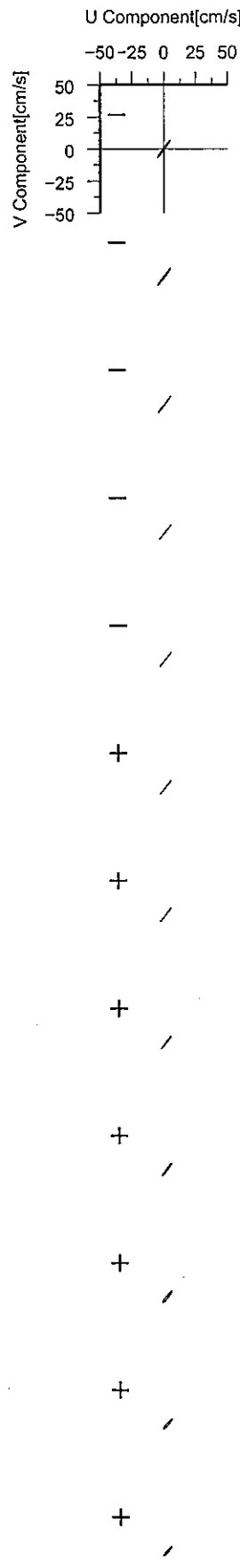
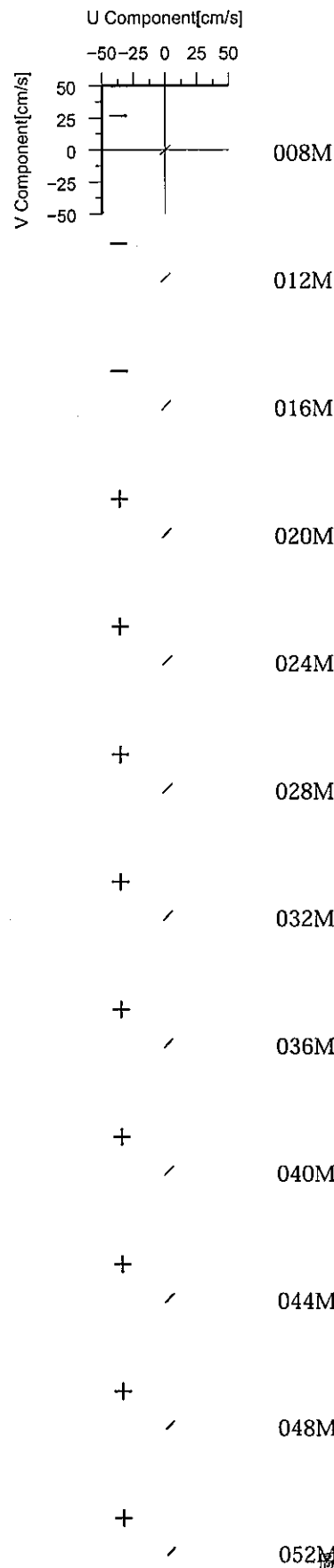
Diurnal Tide



Station:T5-2

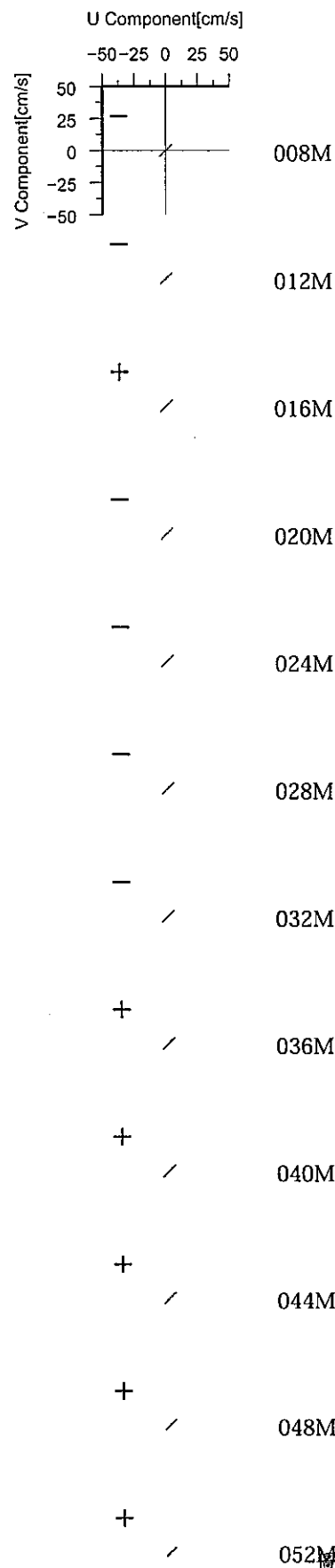
Semidiurnal Tide

Diurnal Tide

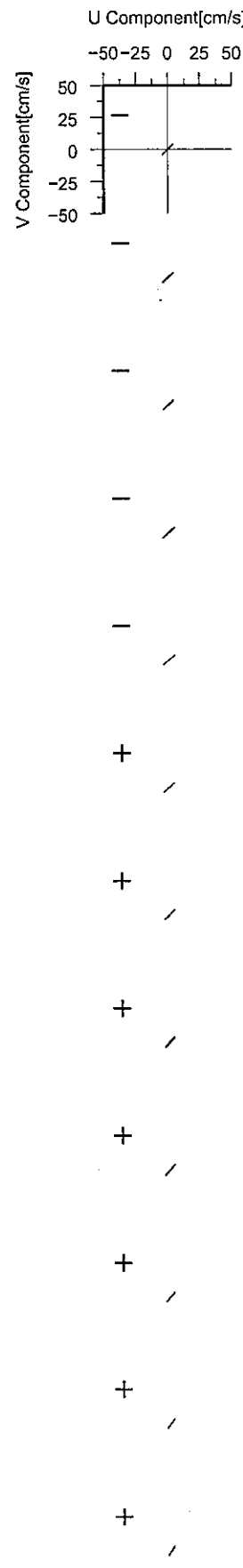


Station:T5-3

Semidiurnal Tide

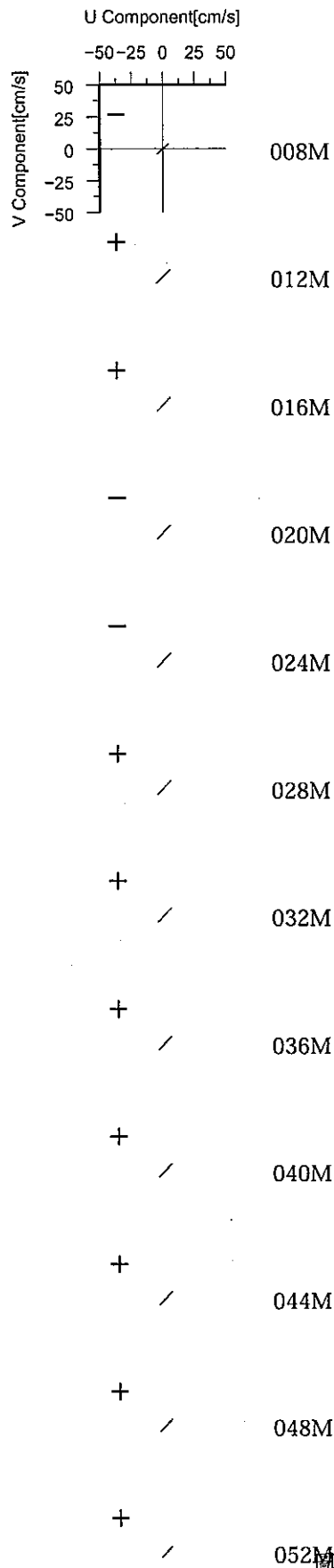


Diurnal Tide

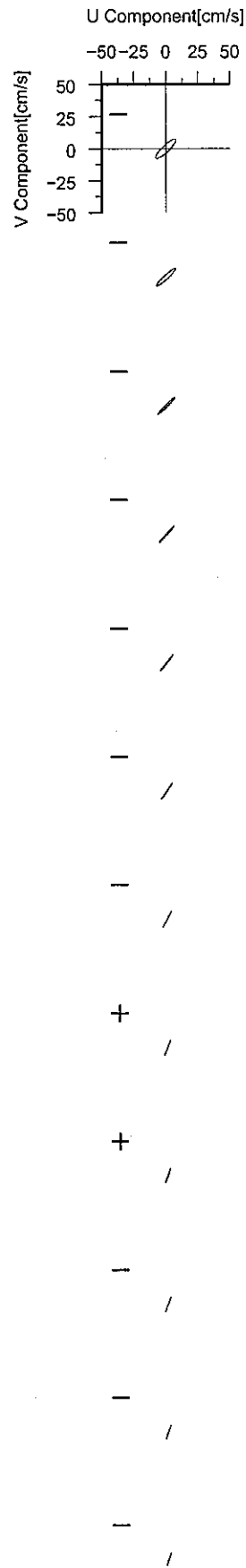


Station:T5-4

Semidiurnal Tide

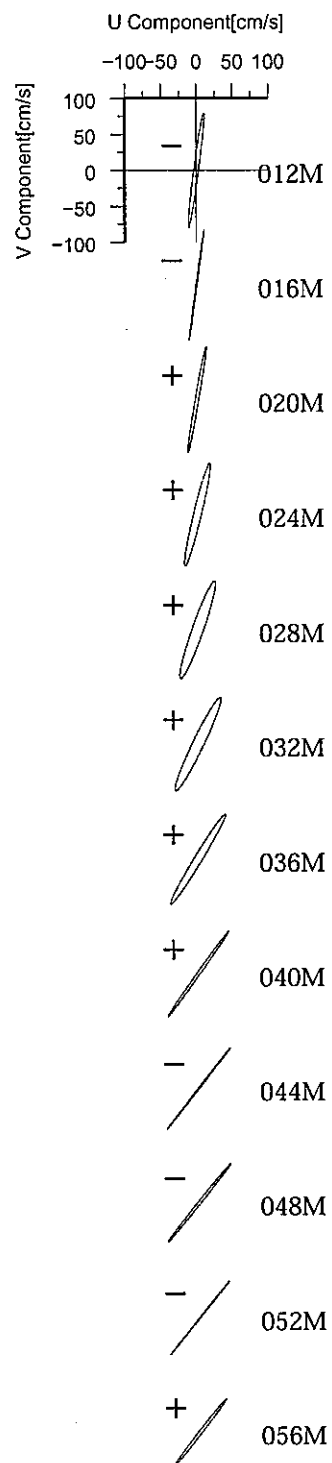


Diurnal Tide

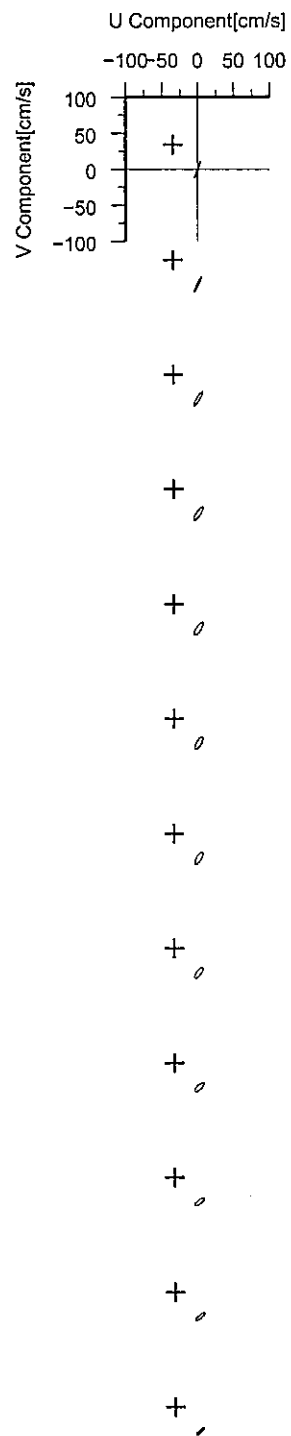


Station:T6-1

Semidiurnal Tide

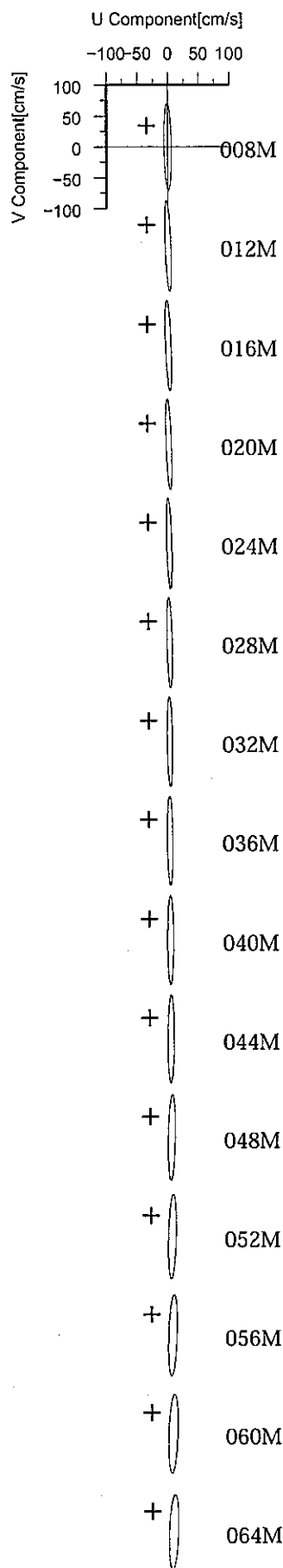


Diurnal Tide

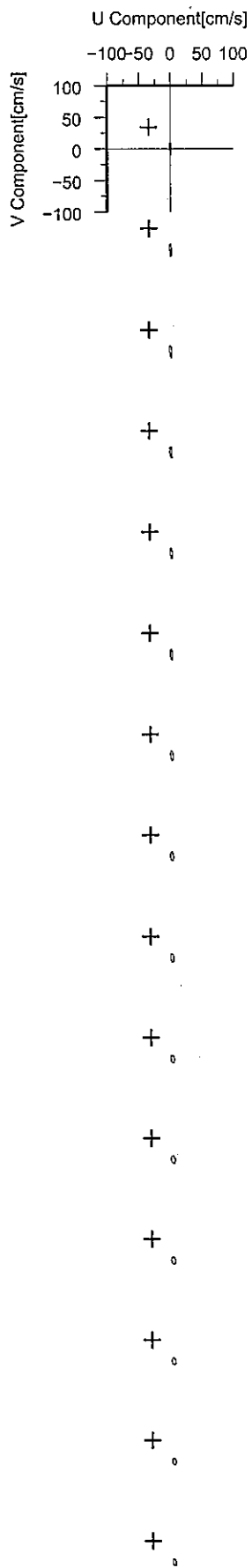


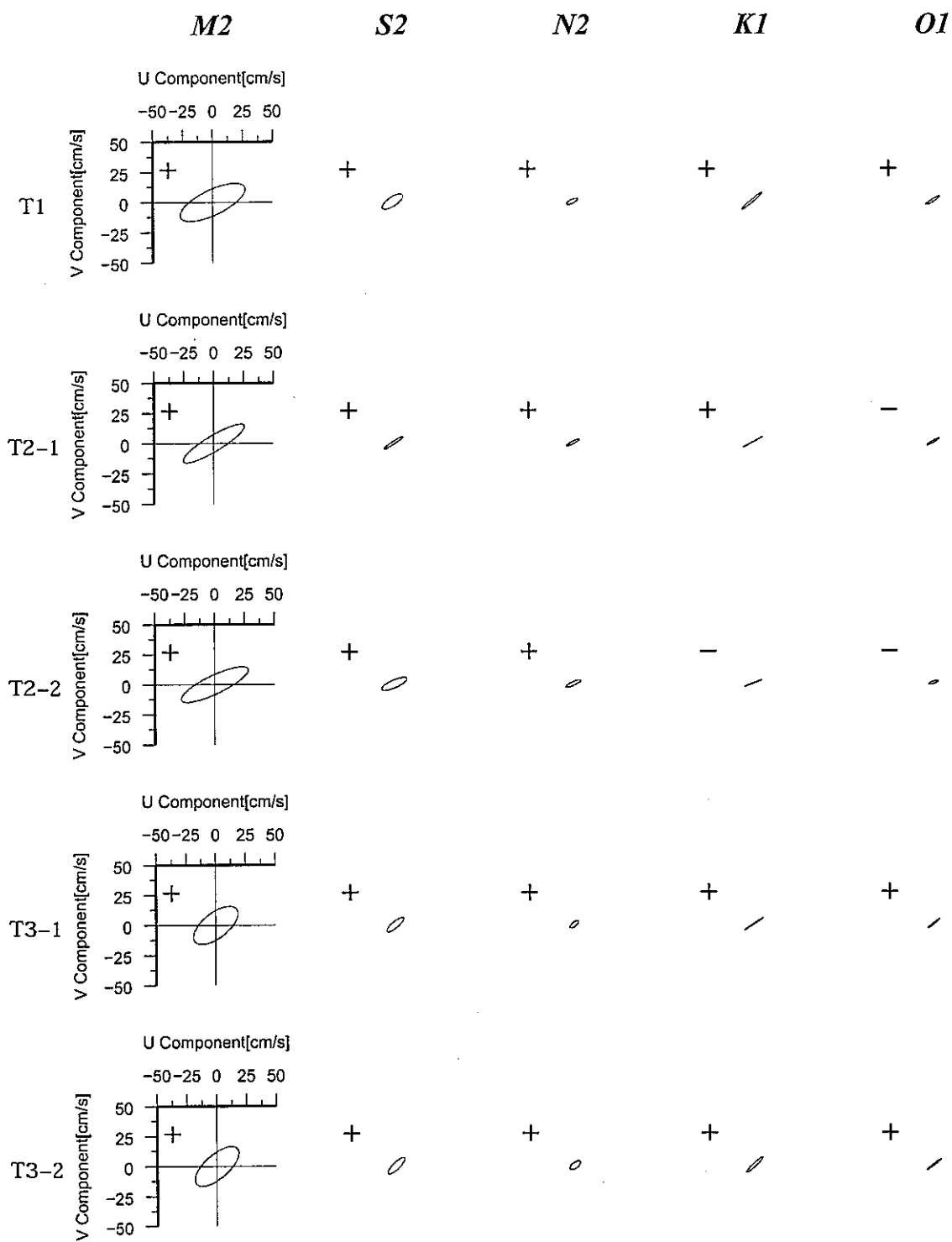
Station:T6-2

Semidiurnal Tide



Diurnal Tide





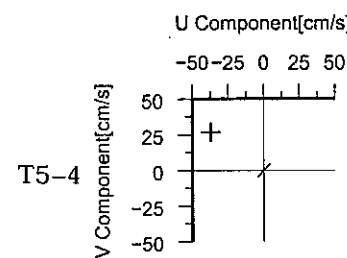
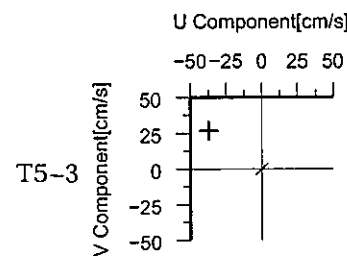
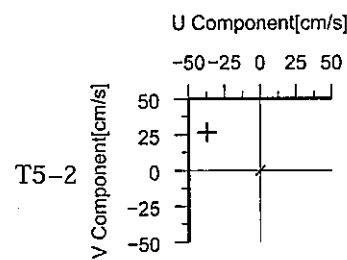
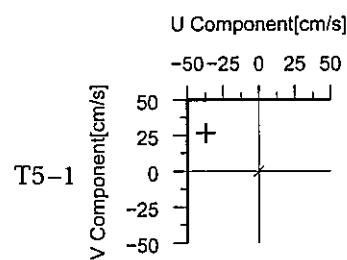
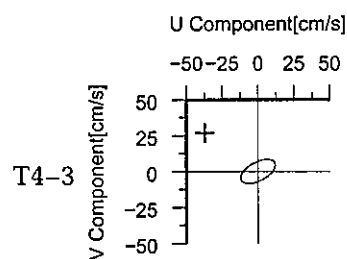
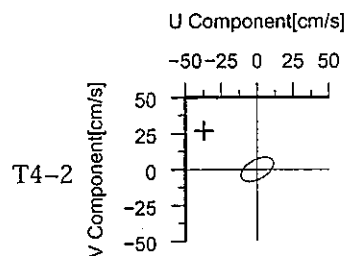
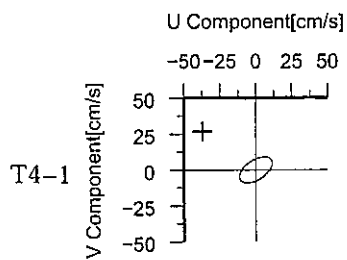
M2

S2

N2

K1

O1



+

o

+

o

+

/

+

/

+

o

+

o

+

/

+

/

+

o

+

o

+

/

+

/

-

/

+

/

+

/

-

/

+

/

+

/

-

/

+

/

-

/

-

/

+

/

+

/

+

/

+

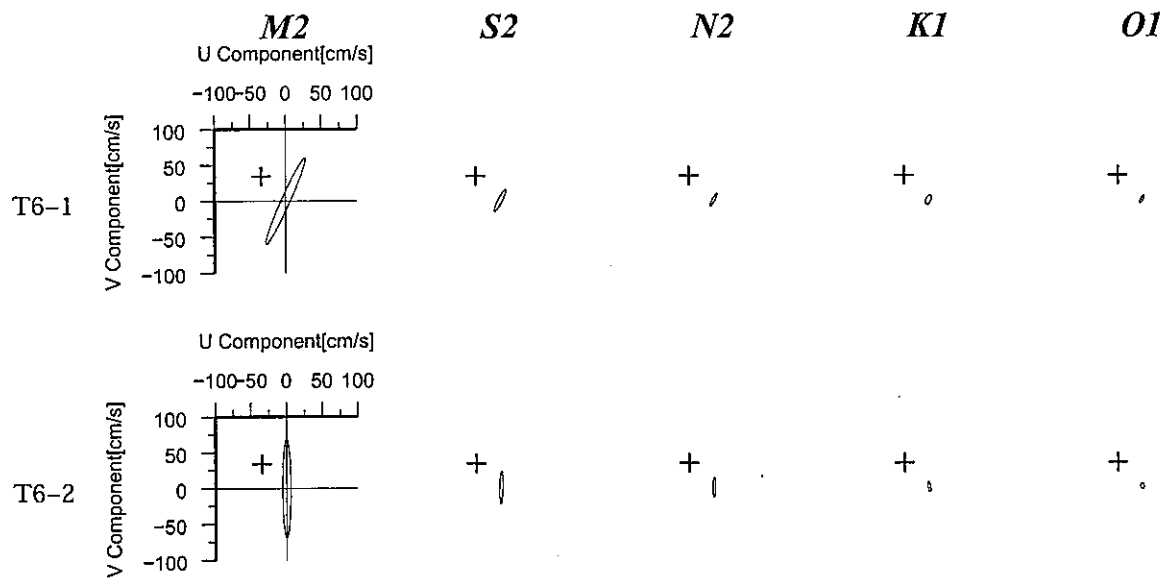
/

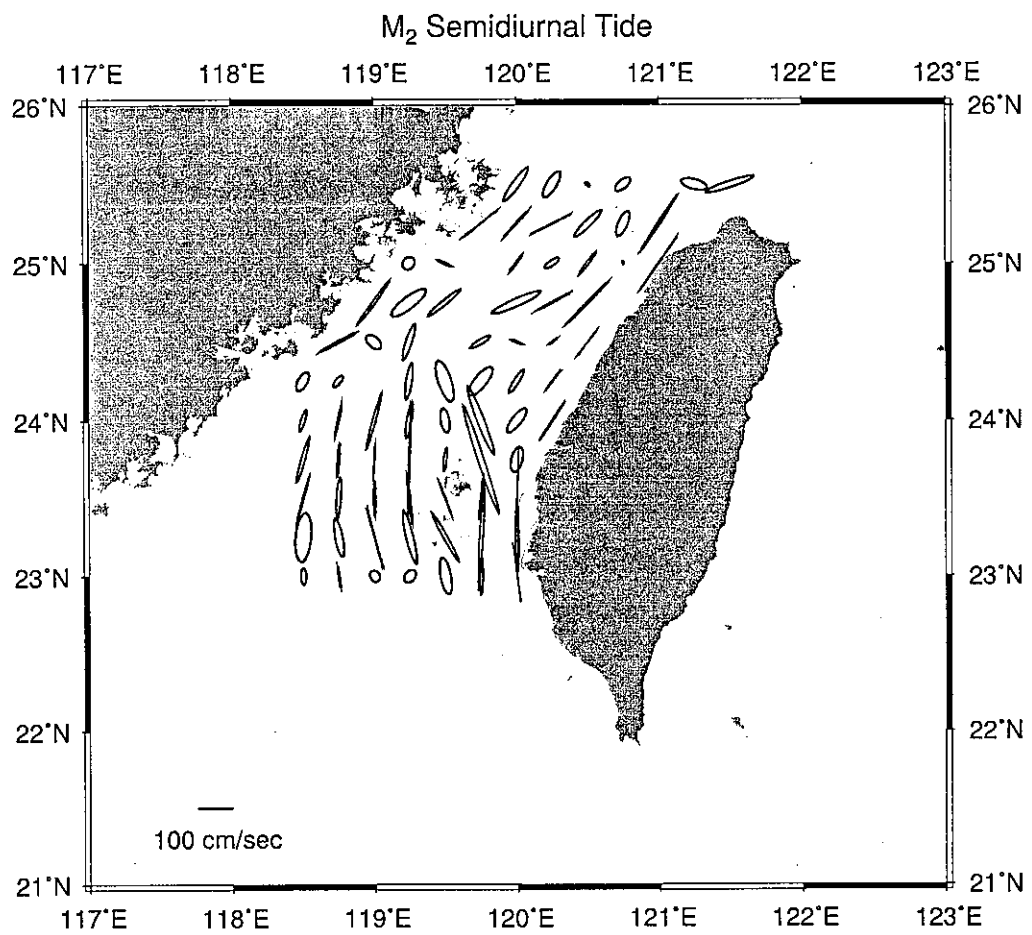
+

/

-

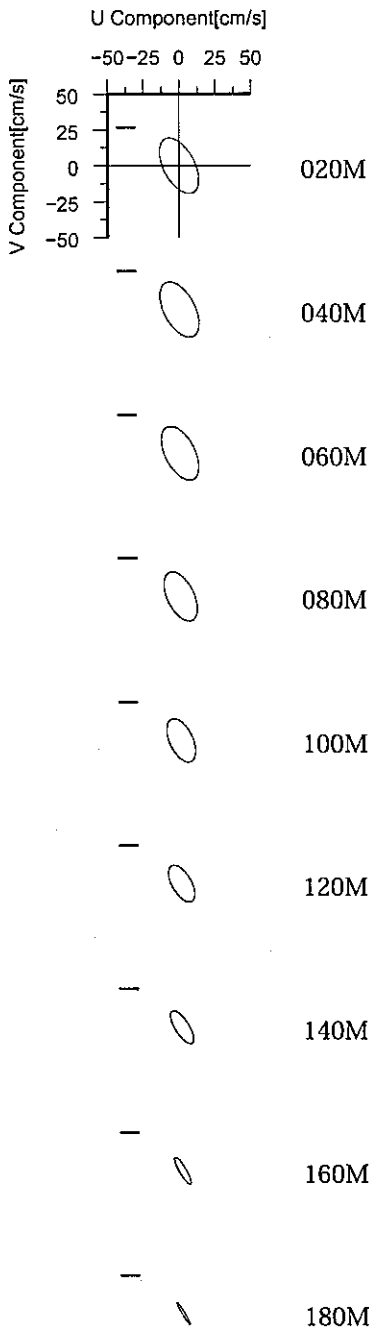
/



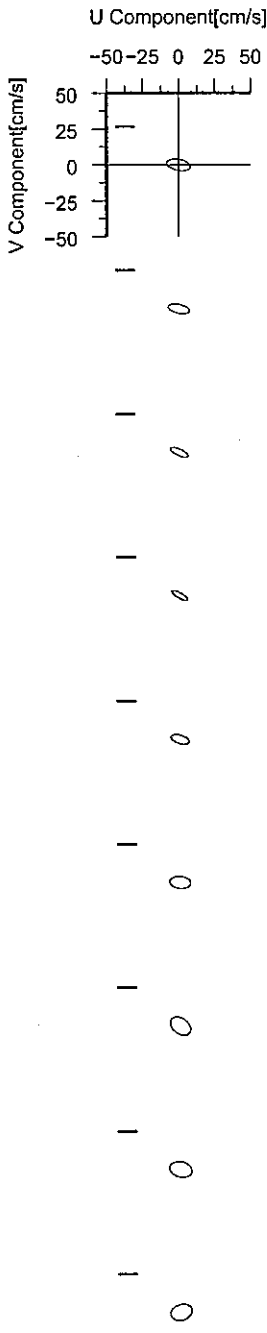


Station:T7

Semidiurnal Tide

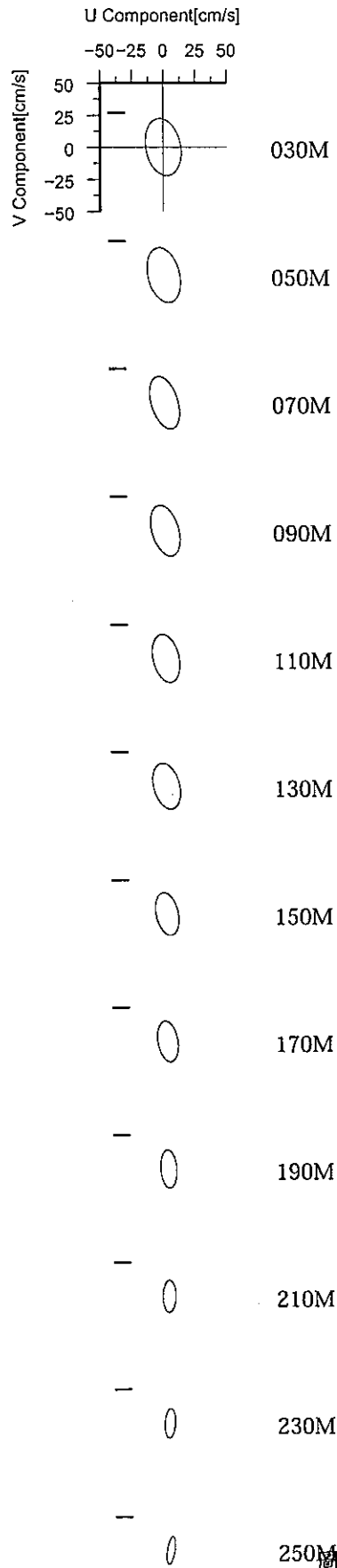


Diurnal Tide

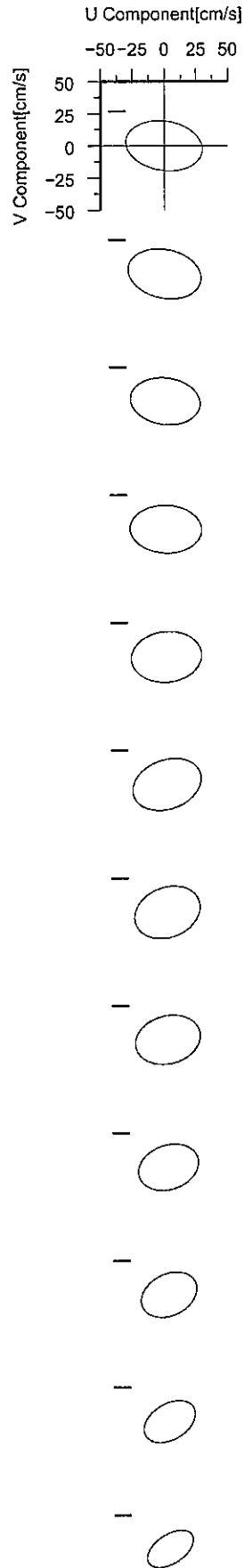


Station:T8

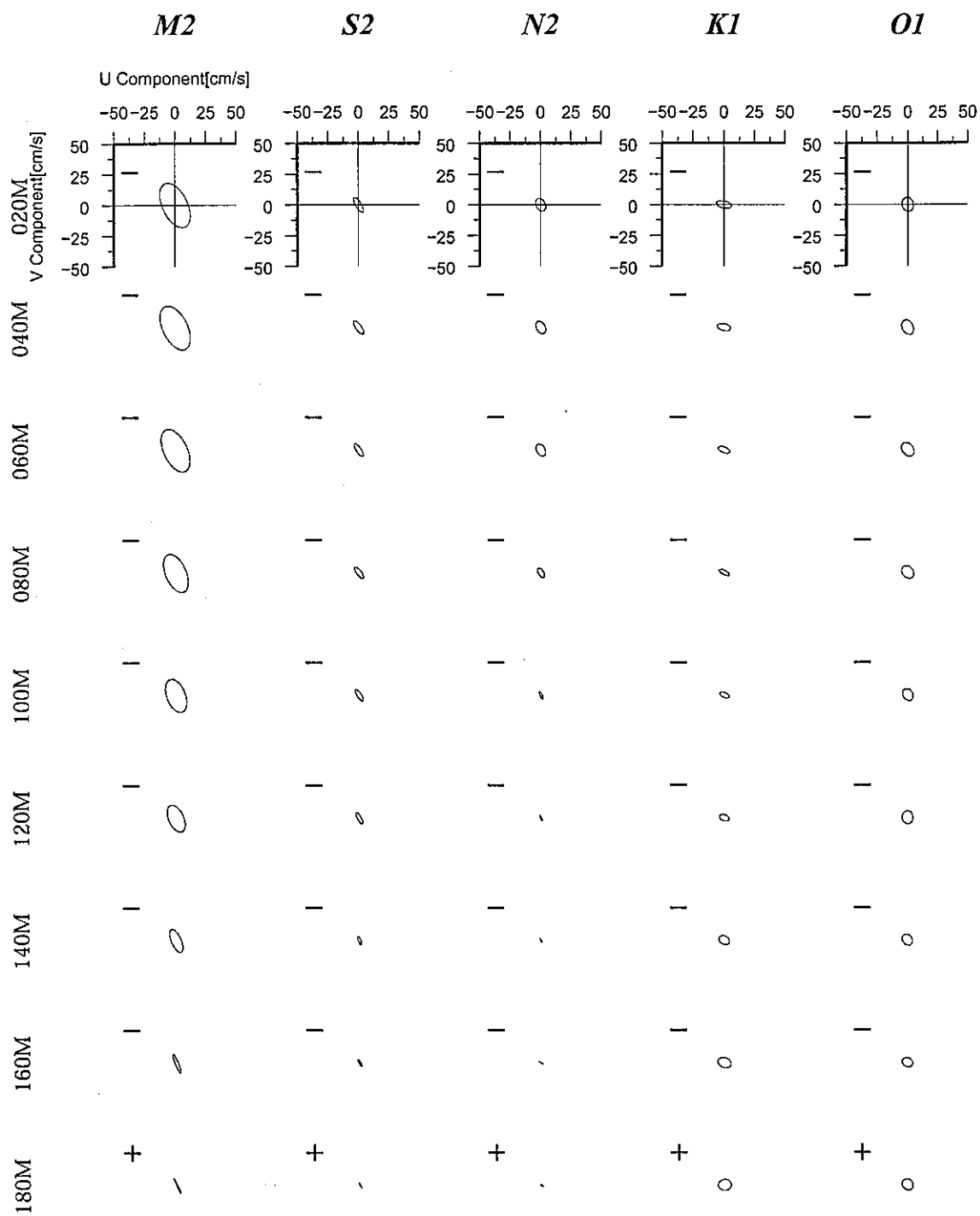
Semidiurnal Tide



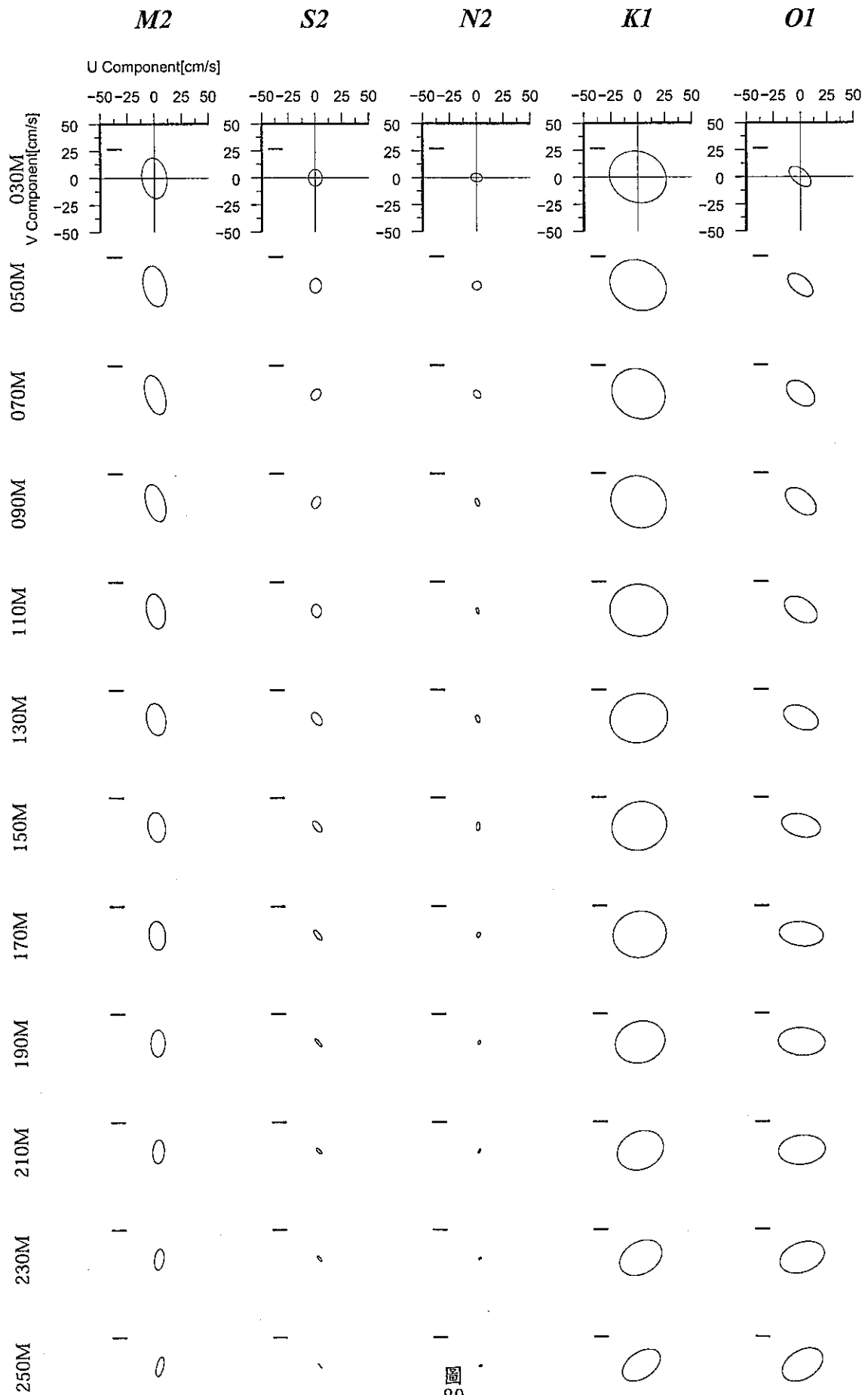
Diurnal Tide



Station:T7

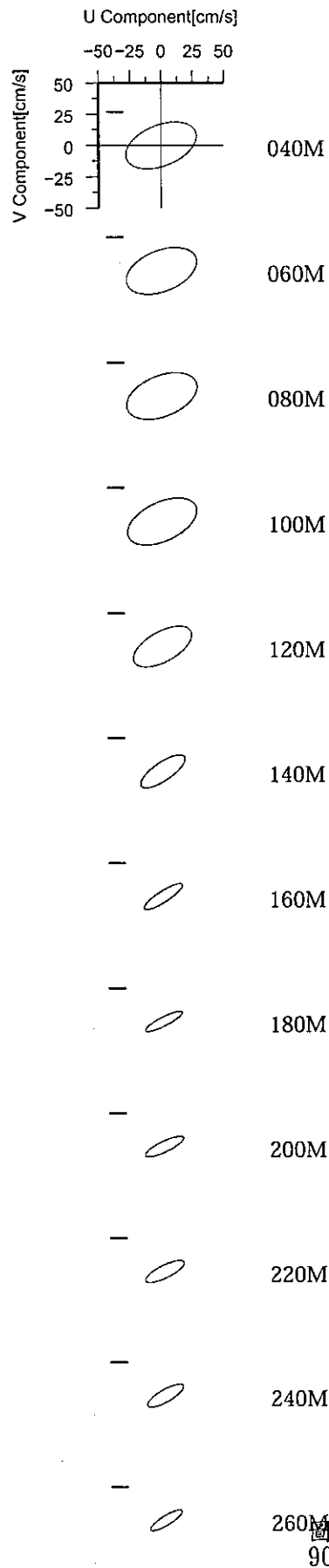


Station:T8

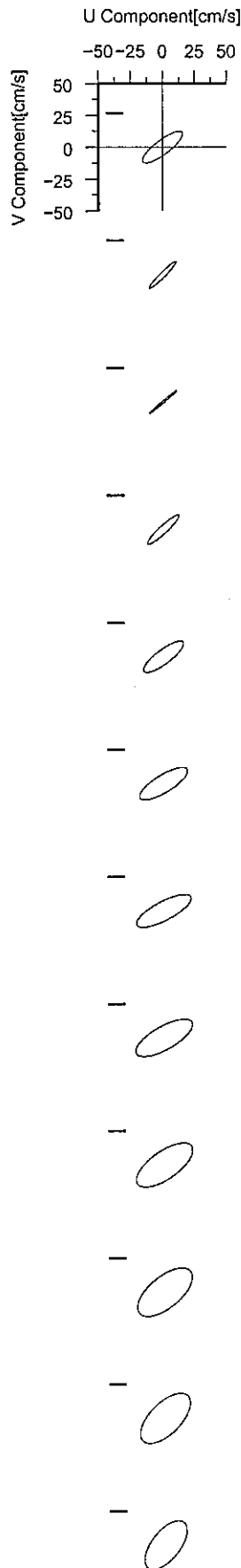


Station:T9

Semidiurnal Tide

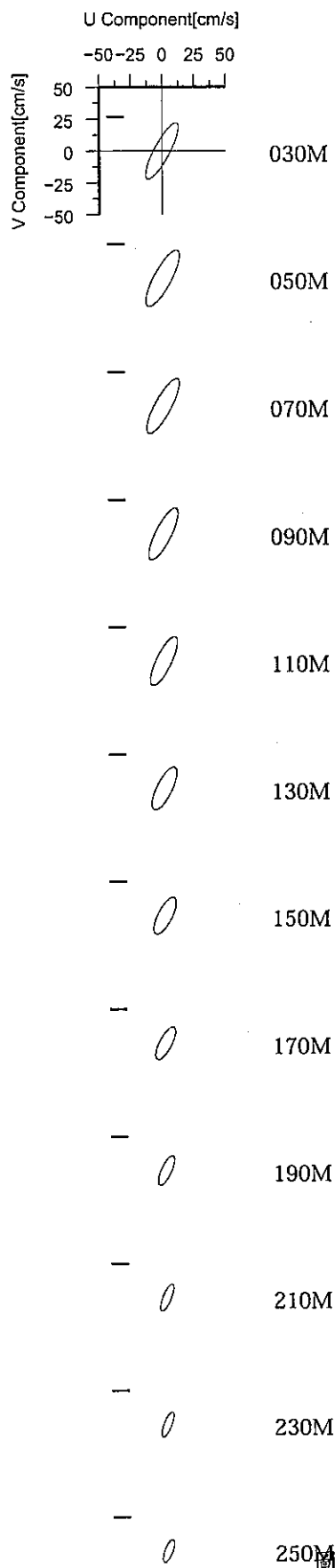


Diurnal Tide

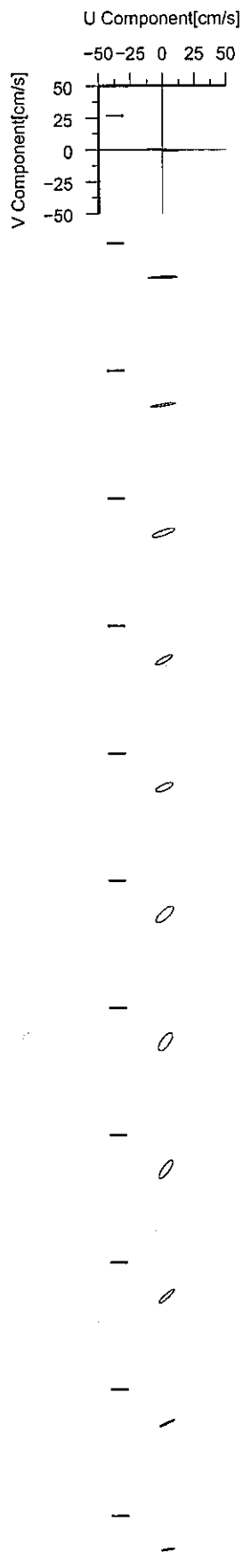


Station:T10

Semidiurnal Tide

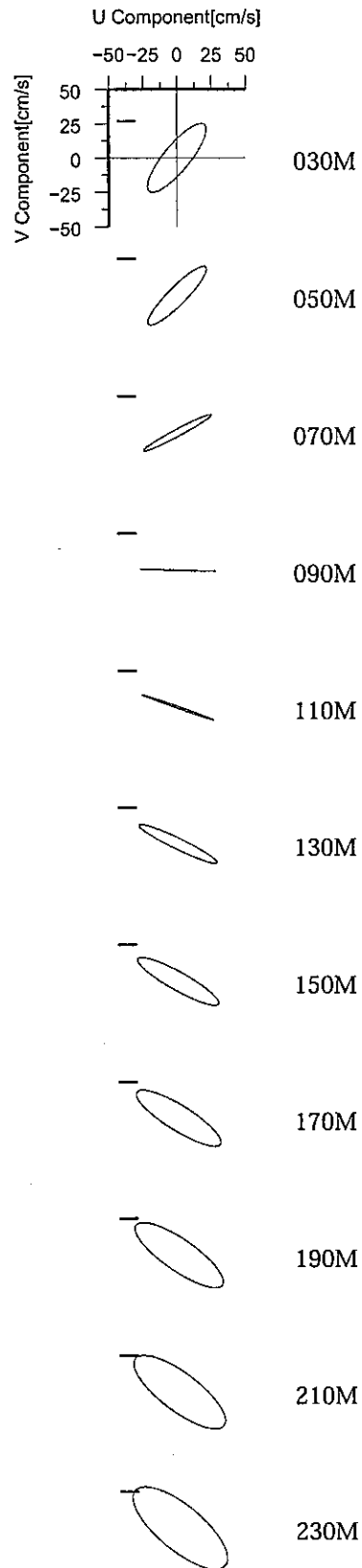


Diurnal Tide

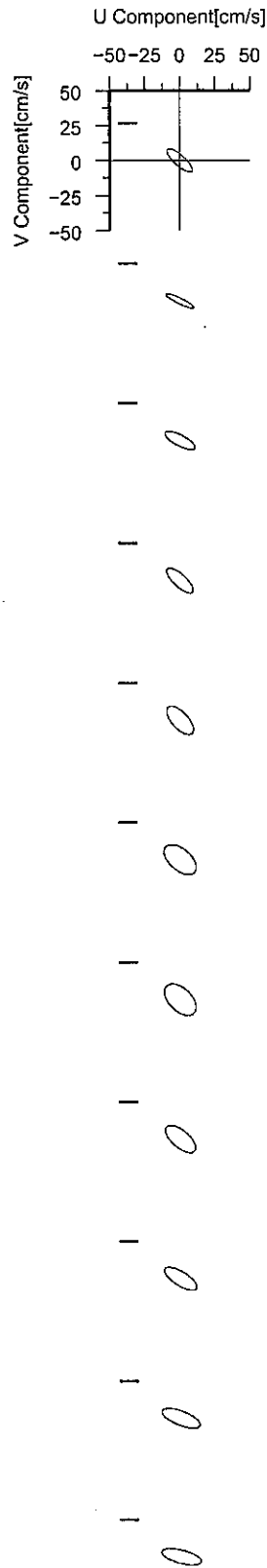


Station:T11

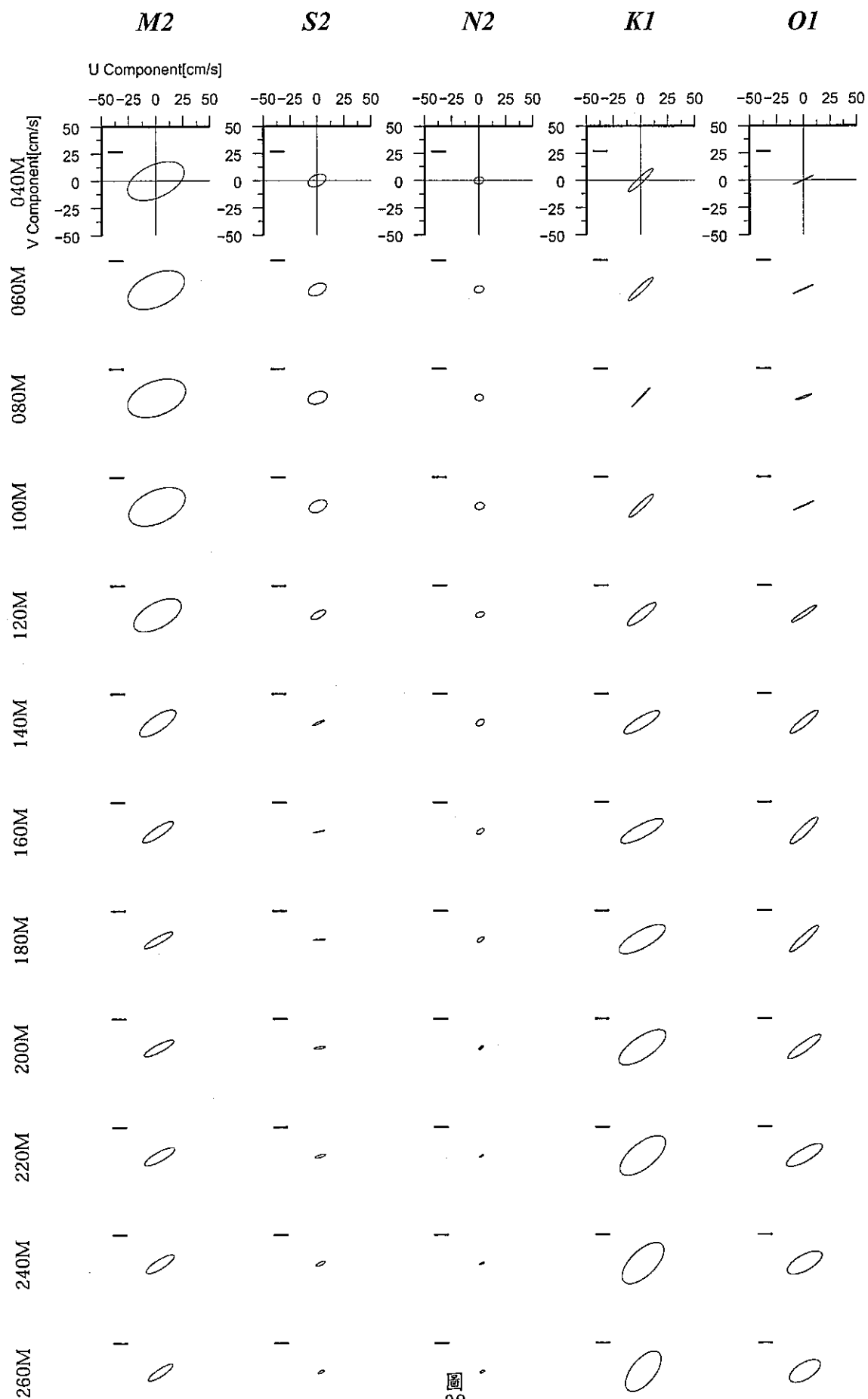
Semidiurnal Tide



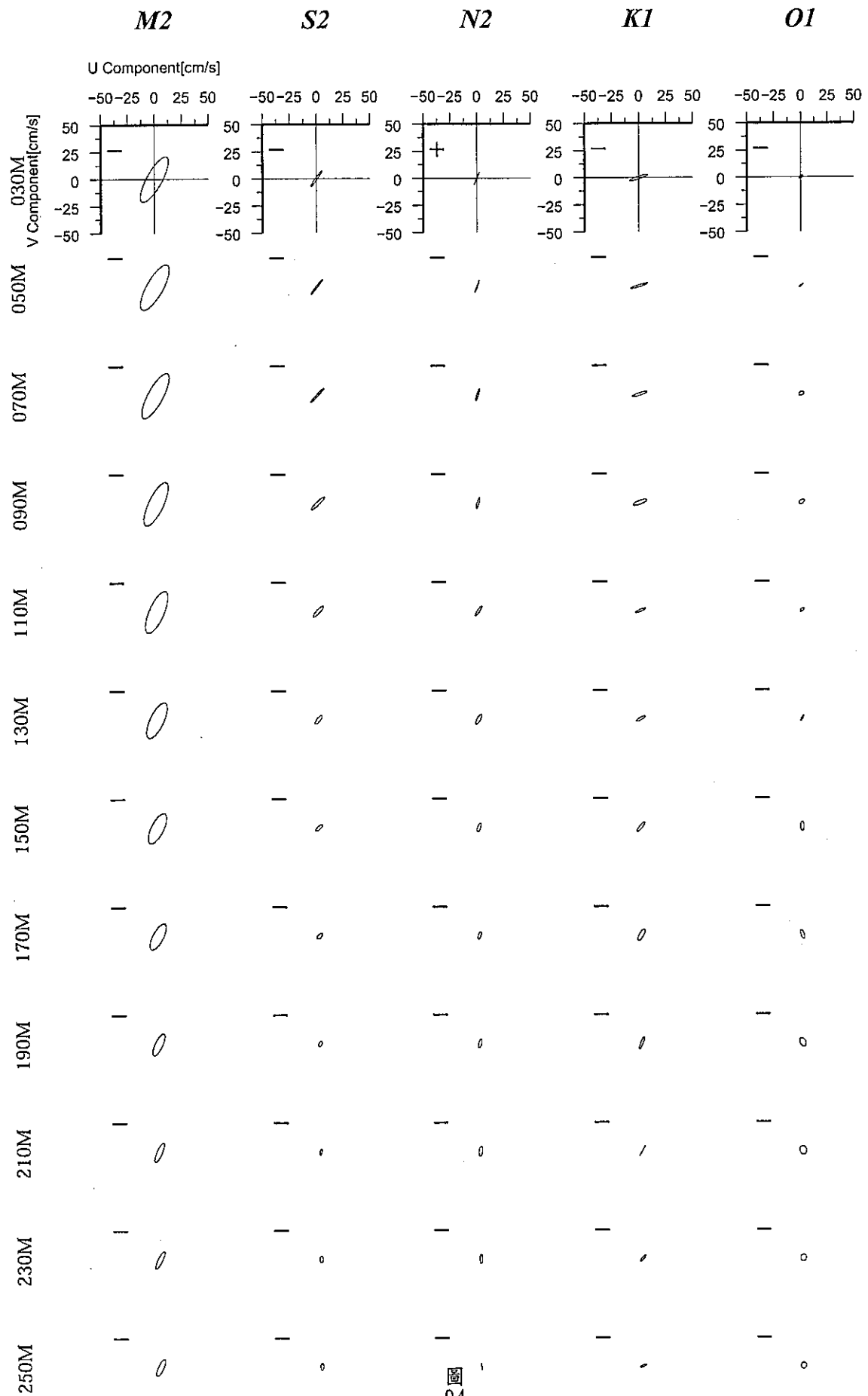
Diurnal Tide



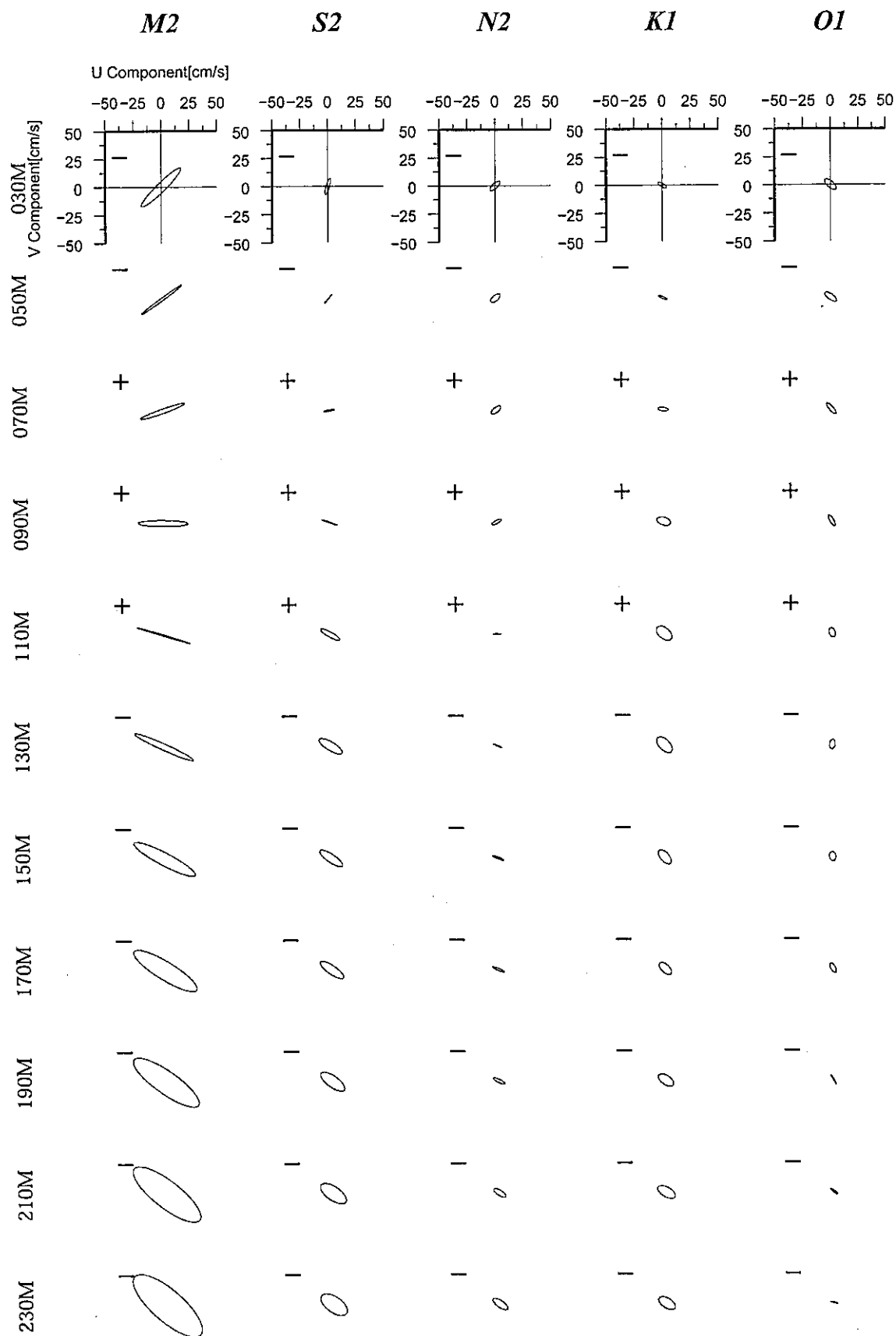
Station:T9

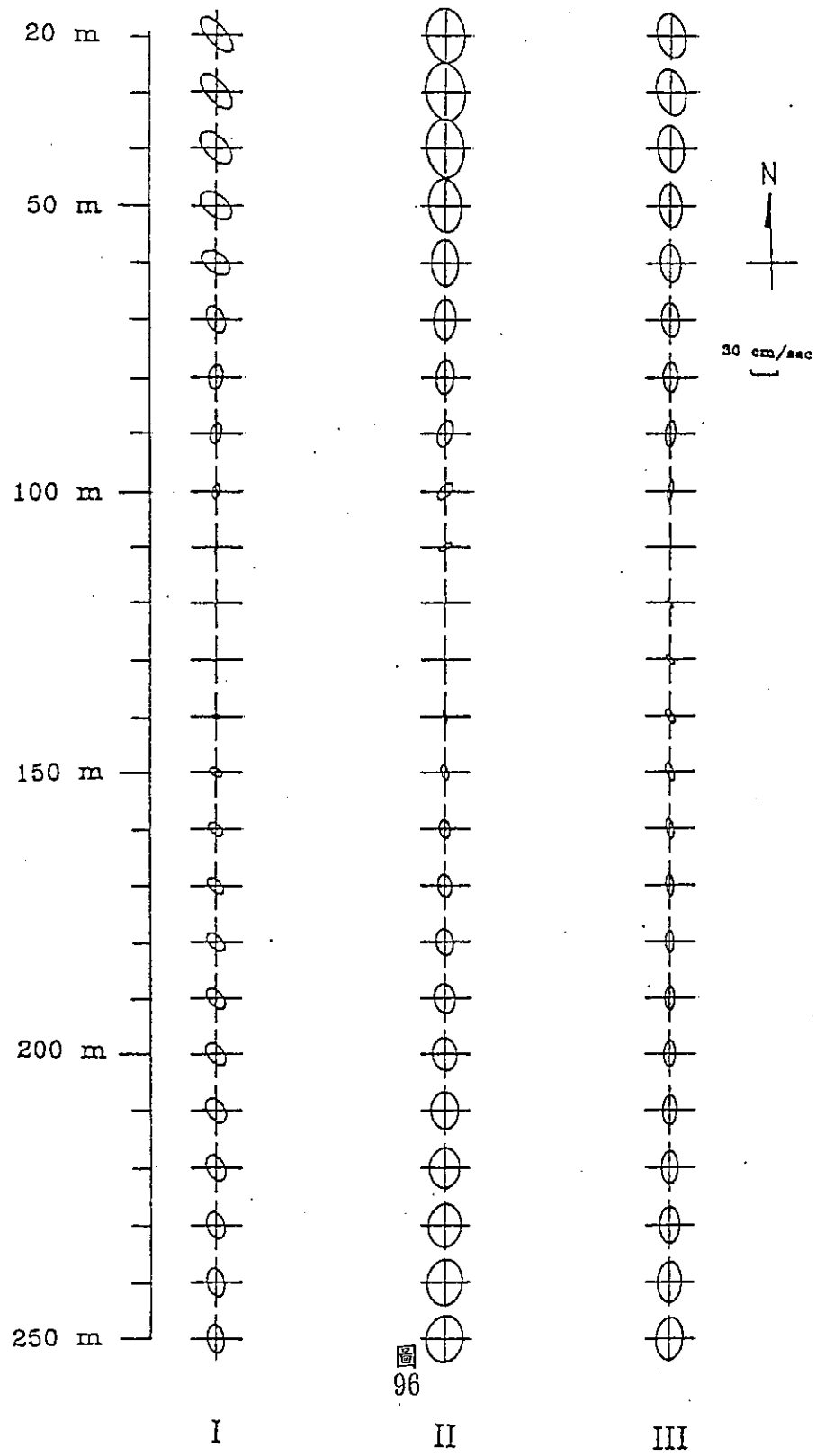


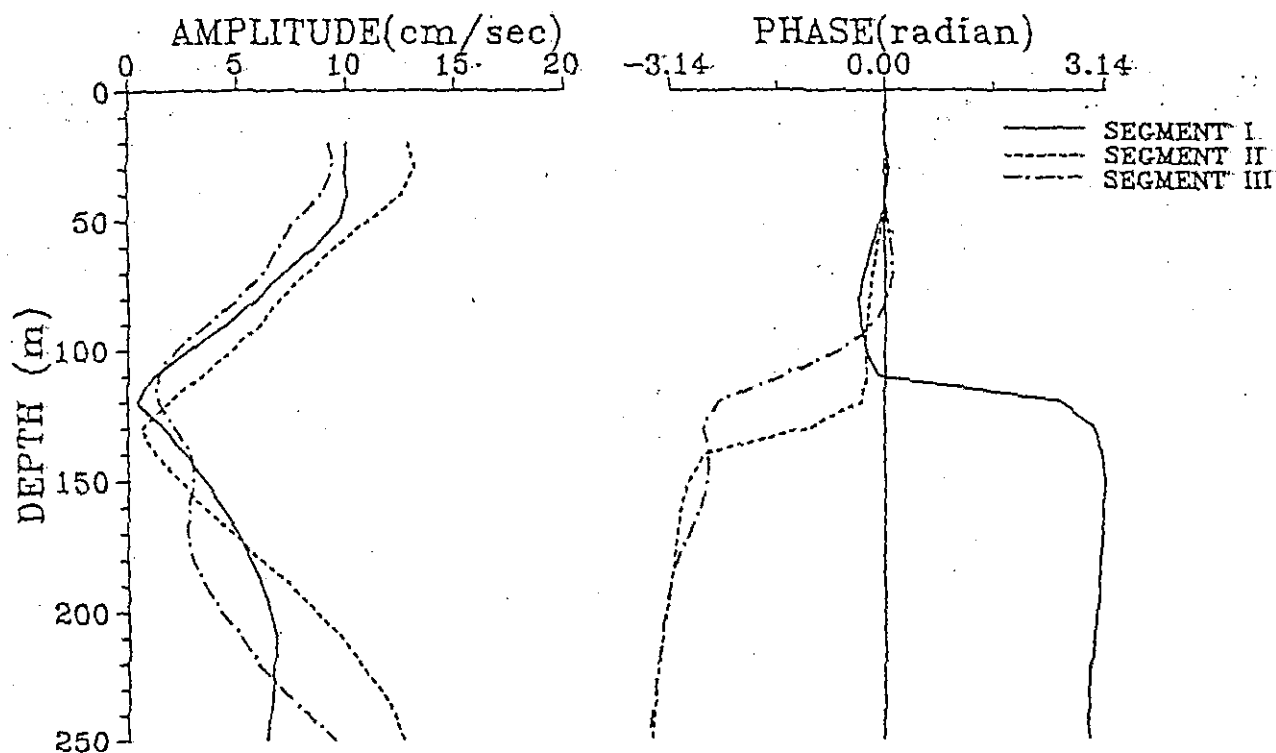
Station:T10



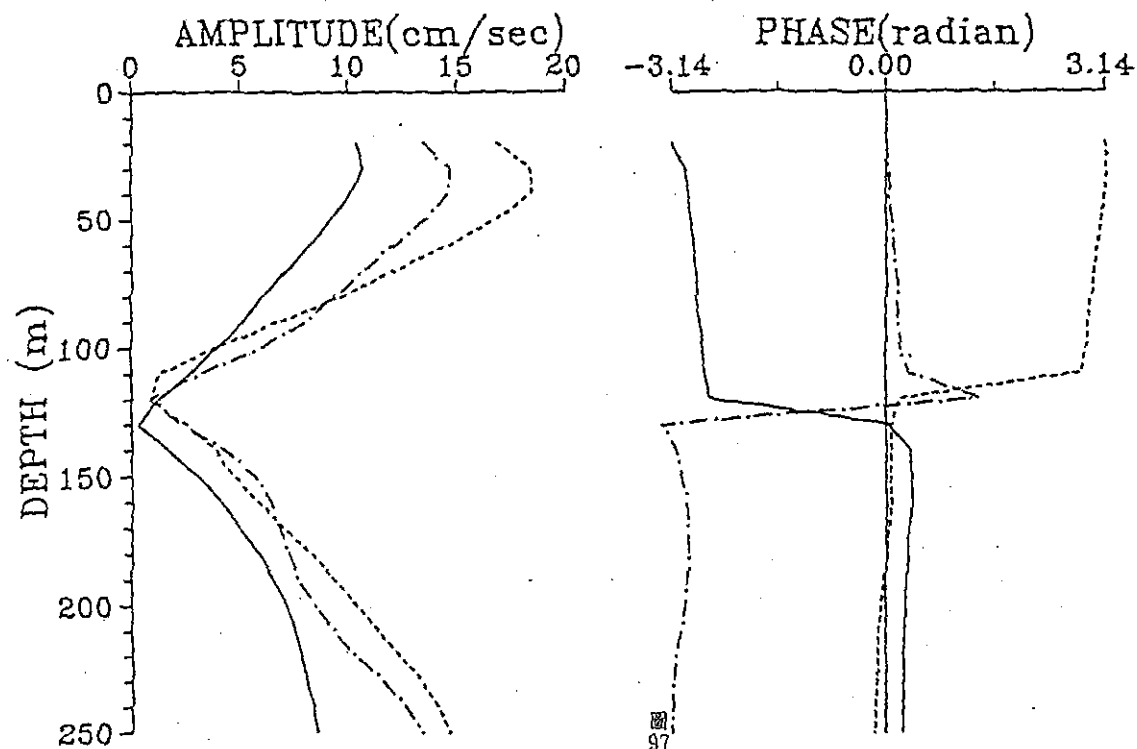
Station:T11







(U)



(V)

交通部中央氣象局委託研究計畫成果報告

類神經網路模式在短期暴潮預報之研究

計畫類別：☒國內 ☐國外

計畫編號：MOTC-CWB-93-2M-08

執行期間：93 年 2 月 1 日至 93 年 12 月 3 日

計畫主持人：李宗霖

執行單位：立德管理學院營建科技學系

中華民國 九十三年 十二月

類神經網路模式在短期暴潮預報之研究

委託機關：交通部中央氣象局

執行機關：立德管理學院營建科技學系

計畫主持人：李宗霖(立德管理學院營建科技學系副教授)

計畫執行人員：謝榮哲(國立中興大學土木工程研究所碩士)

楊宗儒(立德管理學院資源環境研究所碩士)

目 錄

摘 要	1
壹、前言	2
貳、資料處理技術及理論基礎	3
參、執行方法與步驟	21
肆、成果與討論	28
伍、結論與建議	97
陸、參考文獻	98

圖目錄

圖 2-1 人工神經元模型-----	20
圖 2-2 類神經網路結構圖-----	20
圖 3-1 倒傳遞類神經網路計算流程圖-----	25
圖 3-2 各測站相關位置圖-----	26
圖 3-3 於 2003,8/4-9/4 期間侵襲台灣之颱風路徑圖-----	27
圖 4-1 暴潮預測之類神經網路架構圖-----	40
圖 4-2 新竹測站潮位變化圖-----	41
圖 4-3 台中測站潮位變化圖-----	41
圖 4-4 將軍測站潮位變化圖-----	42
圖 4-5 後壁湖測站潮位變化圖-----	42
圖 4-6 富岡測站潮位變化圖-----	43
圖 4-7 成功測站潮位變化圖-----	43
圖 4-8 花蓮測站潮位變化圖-----	44
圖 4-9 蘇澳測站潮位變化圖-----	44
圖 4-10 澎湖測站潮位變化圖-----	45
圖 4-11 金門測站潮位變化圖-----	45
圖 4-12 颱風侵台路徑分類圖-----	46
圖 4-13 將軍 CaseA1 最佳化之訓練及測試結果-----	47
圖 4-14 將軍 CaseA2 最佳化之測試結果-----	48
圖 4-15 將軍 CaseA3 最佳化之測試結果-----	48
圖 4-16 將軍 CaseA4 最佳化之測試結果-----	49
圖 4-17 將軍 CaseA5 最佳化之測試結果-----	49
圖 4-18 將軍 CaseA6 最佳化之測試結果-----	50

圖 4-19 將軍 CaseA7 最佳化之測試結果-----	50
圖 4-20 將軍 CaseA8 最佳化之測試結果-----	51
圖 4-21 將軍 CaseA9 最佳化之測試結果-----	51
圖 4-22 將軍 CaseA10 以 Krovanh 颱風侵襲期間暴潮預測之結果 -----	52
圖 4-23 將軍 CaseA10 預測結果散佈圖 -----	52
圖 4-24 將軍 CaseA11 以 Vamco 颱風侵襲後期暴潮預測之結果-----	53
圖 4-25 將軍 CaseA11 預測結果散佈圖 -----	53
圖 4-26 將軍 CaseA12 以 Krovanh 颱風侵襲後期暴潮預測之結果 -----	54
圖 4-27 將軍 CaseA12 預測結果散佈圖-----	54
圖 4-28 將軍 CaseA13 以 Dujuan 颱風侵襲後期暴潮預測之結果 -----	55
圖 4-29 將軍 CaseA13 預測結果散佈圖-----	55
圖 4-30 成功 CaseB10 以 Krovanh 颱風侵襲期間暴潮預測之結果-----	56
圖 4-31 成功 CaseB10 預測結果散佈圖-----	56
圖 4-32 成功 CaseB11 以 Vamco 颱風侵襲後期暴潮預測之結果 -----	57
圖 4-33 成功 CaseB11 預測結果散佈圖-----	57
圖 4-34 成功 CaseB12 以 Krovanh 颱風侵襲後期暴潮預測之結果-----	58
圖 4-35 成功 CaseB12 預測結果散佈圖-----	58
圖 4-36 成功 CaseB13 以 Dujuan 颱風侵襲後期暴潮預測之結果 -----	59
圖 4-37 成功 CaseB13 預測結果散佈圖-----	59
圖 4-38 蘇澳 CaseC10 以 Krovanh 颱風侵襲期間暴潮預測之結果-----	60
圖 4-39 蘇澳 CaseC10 預測結果散佈圖-----	60
圖 4-40 蘇澳 CaseC11 以 Vamco 颱風侵襲後期暴潮預測之結果-----	61
圖 4-41 蘇澳 CaseC11 預測結果散佈圖-----	61
圖 4-42 蘇澳 CaseC12 以 Krovanh 颱風侵襲後期暴潮預測之結果-----	62
圖 4-43 蘇澳 CaseC12 預測結果散佈圖-----	62
圖 4-44 蘇澳 CaseC13 以 Dujuan 颱風侵襲後期暴潮預測之結果-----	63

圖 4-45 蘇澳 CaseC13 預測結果散佈圖-----	63
圖 4-46 台中 CaseD10 以 Krovanh 颱風侵襲期間暴潮預測之結果-----	64
圖 4-47 台中 CaseD10 預測結果散佈圖-----	64
圖 4-48 台中 CaseD11 以 Vamco 颱風侵襲後期暴潮預測之結果-----	65
圖 4-49 台中 CaseD11 預測結果散佈圖-----	65
圖 4-50 台中 CaseD12 以 Krovanh 颱風侵襲後期暴潮預測之結果-----	66
圖 4-51 台中 CaseD12 預測結果散佈圖-----	66
圖 4-52 台中 CaseD13 以 Dujuan 颱風侵襲後期暴潮預測之結果-----	67
圖 4-53 台中 CaseD13 預測結果散佈圖-----	67
圖 4-54 Vamco 颱風侵襲期間成功測站之潮位變化圖-----	68
圖 4-55 Krovanh 颱風侵襲期間成功測站之潮位變化圖-----	68
圖 4-56 Dujuan 颱風侵襲期間成功測站之潮位變化圖-----	68
圖 4-57 成功 Case B'10 以 Krovanh 颱風侵襲期間暴潮預測之結果-----	69
圖 4-58 成功 Case B'10 預測結果散佈圖-----	69
圖 4-59 成功 Case B'11 以 Vamco 颱風侵襲後期暴潮預測之結果-----	70
圖 4-60 成功 Case B'11 預測結果散佈圖-----	70
圖 4-61 成功 Case B'12 以 Krovanh 颱風侵襲後期暴潮預測之結果-----	71
圖 4-62 成功 Case B'12 預測結果散佈圖-----	71
圖 4-63 成功 Case B'13 以 Dujuan 颱風侵襲後期暴潮預測之結果-----	72
圖 4-64 成功 Case B'13 預測結果散佈圖-----	72
圖 4-65 Vamco 颱風侵襲期間蘇澳測站之潮位變化圖-----	73
圖 4-66 Krovanh 颱風侵襲期間蘇澳測站之潮位變化圖-----	73
圖 4-67 Dujuan 颱風侵襲期間蘇澳測站之潮位變化圖-----	73
圖 4-68 蘇澳 Case C'10 以 Krovanh 颱風侵襲期間暴潮預測之結果-----	74
圖 4-69 蘇澳 Case C'10 預測結果散佈圖-----	74

圖 4-70 蘇澳 Case C'11 以 Vamco 颱風侵襲後期暴潮預測之結果-----	75
圖 4-71 蘇澳 Case C'11 預測結果散佈圖-----	75
圖 4-72 蘇澳 Case C'12 以 Krovanh 颱風侵襲後期暴潮預測之結果-----	76
圖 4-73 蘇澳 Case C'12 預測結果散佈圖-----	76
圖 4-74 蘇澳 Case C'13 以 Dujuan 颱風侵襲後期暴潮預測之結果-----	77
圖 4-75 蘇澳 Case C'13 預測結果散佈圖-----	77
圖 4-76 Vamco 颱風侵襲期間台中測站之潮位變化圖-----	78
圖 4-77 Krovanh 颱風侵襲期間台中測站之潮位變化圖-----	78
圖 4-78 Dujuan 颱風侵襲期間台中測站之潮位變化圖-----	78
圖 4-79 台中 Case D'10 以 Krovanh 颱風侵襲期間暴潮預測之結果-----	79
圖 4-80 台中 Case D'10 預測結果散佈圖-----	79
圖 4-81 台中 Case D'11 以 Vamco 颱風侵襲後期暴潮預測之結果-----	80
圖 4-82 台中 Case D'11 預測結果散佈圖-----	80
圖 4-83 台中 Case D'12 以 Krovanh 颱風侵襲後期暴潮預測之結果-----	81
圖 4-84 台中 Case D'12 預測結果散佈圖-----	81
圖 4-85 台中 Case D'13 以 Dujuan 颱風侵襲後期暴潮預測之結果-----	82
圖 4-86 台中 Case D'13 預測結果散佈圖-----	82
圖 4-87 Vamco 颱風侵襲期間富岡測站之潮位變化圖-----	83
圖 4-88 Krovanh 颱風侵襲期間富岡測站之潮位變化圖-----	83
圖 4-89 Dujuan 颱風侵襲期間富岡測站之潮位變化圖-----	83
圖 4-90 富岡 Case H'10 以 Krovanh 颱風侵襲期間暴潮預測之結果-----	84
圖 4-91 富岡 Case H'10 預測結果散佈圖-----	84
圖 4-92 富岡 Case H'11 以 Vamco 颱風侵襲後期暴潮預測之結果-----	85
圖 4-93 富岡 Case H'11 預測結果散佈圖-----	85
圖 4-94 富岡 Case H'12 以 Krovanh 颱風侵襲後期暴潮預測之結果-----	86

圖 4-95 富岡 Case H'12 預測結果散佈圖-----	86
圖 4-96 富岡 Case H'12 以 Dujuan 颱風侵襲後期暴潮預測之結果-----	87
圖 4-97 富岡 Case H'13 預測結果散佈圖-----	87
圖 4-98 Vamco 颱風侵襲期間後壁湖測站之潮位變化圖-----	88
圖 4-99 Dujuan 颱風侵襲期間後壁湖測站之潮位變化圖-----	88
圖 4-100 後壁湖 Case G'11 以 Vamco 颱風侵襲後期暴潮預測之結果-----	89
圖 4-101 後壁湖 Case G'11 預測結果散佈圖-----	89
圖 4-102 後壁湖 Case G'13 以 Dujuan 颱風侵襲後期暴潮預測之結果-----	90
圖 4-103 後壁湖 Case G'13 預測結果散佈圖-----	90
圖 4-104 Vamco 颱風侵襲期間花蓮測站之潮位變化圖-----	91
圖 4-105 Dujuan 颱風侵襲期間花蓮測站之潮位變化圖-----	91
圖 4-106 花蓮 Case I'11 以 Vamco 颱風侵襲後期暴潮預測之結果-----	92
圖 4-107 花蓮 Case I'11 預測結果散佈圖-----	92
圖 4-108 花蓮 Case I'13 以 Dujuan 颱風侵襲後期暴潮預測之結果-----	93
圖 4-109 花蓮 Case I'13 預測結果散佈圖-----	93
圖 4-110 Dujuan 颱風侵襲期間新竹測站之潮位變化圖-----	94
圖 4-111 Dujuan 颱風侵襲期間澎湖測站之潮位變化圖-----	94
圖 4-112 新竹 Case E'13 以 Dujuan 颱風侵襲後期暴潮預測之結果-----	95
圖 4-113 新竹 Case E'13 預測結果散佈圖-----	95
圖 4-114 澎湖 Case F'13 以 Dujuan 颱風侵襲後期暴潮預測之結果-----	96
圖 4-115 澎湖 Case F'13 預測結果散佈圖-----	96

表目錄

表 4-1 將軍測站類神經網路架構測試案例組合 I -----	37
表 4-2 將軍測站 CaseA1 網路架構測最佳化過程-----	37
表 4-3 將軍測站 CaseA1 至 CaseA3 網路架構測試最佳化結果-----	38
表 4-4 將軍測站類神經網路架構測試案例組合 II -----	38
表 4-5 將軍測站 CaseA4 至 CaseA9 網路架構測試最佳化結果-----	39
表 4-6 後壁湖、花蓮、新竹與澎湖等測站資料遺失情況-----	39

摘要

台灣地區四面環海，每年冬季有強烈寒潮來襲，而夏秋兩季為颱風季節，隨颱風或低氣壓伴隨強風、豪雨及巨浪乃在海岸地區造成海水位暴漲的主因。此颱風暴潮所產生異常水位對台灣沿海經常造成重大災害，例如海水倒灌、岸邊結構物受損、農作物損害、魚塭魚苗流失、電力系統破壞、橋樑與道路損害等。因此若可以建立一套準確的暴潮預測模式，不但可保障海岸居民生命、財產及海岸設施外，更可進一步提供海岸、河口溢淹災害防護規劃研究應用。

暴潮預報模式的發展過程中，常見的方法有兩種，一、經驗方法；二、流體動力數值方法。經驗方法一般是求出暴潮位與鄰近平均風速之關係，及暴潮位與中心氣壓的關係，再將兩者所求得數值疊加而得暴潮位，但其乃將非線性方程式簡化為線性方程式，並沒有考慮到兩者間之非線性組合之關係。流體動力數值模式則是在電腦快速計算的能力下發展出來，可直接求解非線性方程式的逼近解，且對於複雜的自然地形也可以應用，是目前最廣泛使用的計算方法。但由於觀測資料有限，上述研究所建立模式尚未以大量觀測資料作驗證，故準確性難以肯定。

為進一步提升暴潮預測精度前提之下，本研究接受中央氣象局之委託，以類神經網路(Artificial Neural Network)的新技術，來推算颱風暴潮的潮位變化。而接受處理的測站潮位資料，包括新竹、台中、將軍、後壁湖、富岡、成功、花蓮、蘇澳、澎湖及金門等十個測站資料進行實際評估。由研究結果顯示本計畫以短時期暴潮資料搭配風速、風向、氣壓及調和分析潮位所建立的暴潮即時預報模式，可準確掌握未來暴潮即時變化之大小及時間變化。

壹、前言

台灣地處亞熱帶及熱帶地區，且四周環海，屬於西太平洋海島型氣候，每年冬季有強烈寒潮來襲，每年夏秋兩季平均有 3 至 4 個颱風來襲，是造成台灣沿海地區發生暴潮的主要原因。當颱風侵襲時，伴隨低氣壓、強風、豪雨及巨浪，在海岸地區造成海水位暴漲，產生大浪進入近岸，近岸碎波帶急遽湧升，這些因颱風引起之異常水位稱為颱風暴潮，其暴潮水位之大小與颱風路徑、暴風半徑大小及強度等有關。若颱風過境時，適逢農曆朔望之天文大潮時，所造成的水位抬升會更大，如民國八十五年七月三十一日賀伯颱風，所造成全台沿岸的災害慘重，損失更難以估計。

根據統計歷年來因颱風所引起之暴潮，舉凡農作物損害、魚塭魚苗流失、電力系統破壞、橋樑與道路損害等損失都非常大，農業損失平均一年 30 億，漁業損失平均一年 10 億，尤以屏東、嘉義為甚，因此若可以建立一套準確的暴潮預測模式，則可提供河口地區、低窪地區、海堤較低區域及海堤損壞未修區域的居民，作進一步的防範。常見的暴潮預報模式有兩種，一、經驗方法；二、流體動力數值方法。經驗方法一般是求出暴潮位與鄰近平均風速之關係，及暴潮位與中心氣壓的關係，再將兩者所求得數值疊加而得暴潮位，但其乃將非線性方程式簡化為線性方程式，並沒有考慮到兩者間之非線性組合之關係。流體動力數值模式則是在電腦快速計算的能力下發展出來，可直接求解非線性方程式的逼近解，且對於複雜的自然地形也可以應用，是目前最廣泛使用的計算方法。但由於觀測資料有限，上述研究所建立模式尚未以大量觀測資料作驗證，故準確性難以肯定。

類神經網路模式近十年來應用在許多科學領域，其理論主要是模擬生物神經系統運作模式。本研究即利用類神經網路可直接處理非線性之特性，將其應用在暴潮預報上，研究中以風速、風向、氣壓及調和分析潮位來推算暴潮變化，期能觀測得颱風暴潮資料，以提供海岸防災之用。

貳、資料處理技術及理論基礎

2-1 概要

潮汐的形成是由於月球和太陽等天體對地球各處引力不同，所引起海水水位週期性的升降現象，其中又以海洋潮汐最為明顯。海面上升時稱為漲潮，海面下降時稱為退潮（或落潮），而從漲潮轉為退潮時海水位達到相對最高時稱為高潮或滿潮，反之從退潮轉為漲潮時，海水位達到相對最低時稱為低潮或干潮。潮汐的週期為兩高潮或低潮之相隔時間，各地週期都不一樣，其平均約為 12 時 25 分。而高潮和相臨的低潮之水位差稱為潮差（tidal range），潮差也有週期性，以半日潮為例，週期約為 14.77 日。潮差相對最大時稱為大潮（spring tide），通常發生於朔日及望日前後；而上弦日及下弦日附近的潮差最小，稱之為小潮（neap tide）。至於潮汐的型態，有全日潮、半日潮及混合潮，每天僅有一次高潮一次低潮稱之為全日潮（diurnal tide），半日潮（semidiurnal tide）則有兩次高潮與兩次低潮之產生，但大多的潮汐現象並不單純為半日潮或全日潮，即是一般所謂之混合潮（mixed tide）。

影響潮汐的最主要因素為天體的引潮力，即月球、太陽與地球的相對位置關係所造成。而海底地形和海水深度的不同對潮汐的變化也有相當的影響。地底的高低起伏，增加海水與海床間的摩擦力。當潮波在行進的過程中，會因海水的深度的改變和海底的摩擦，使其行進速度減緩，由於台灣四周海底地形錯綜複雜，使得南北雖僅佔 3.4 個緯度，東西也僅佔 2.5 個經度，但各地潮時和潮差均有很大的不同。此外，氣象因素對潮汐也有影響，如氣壓的改變使得每年春冬兩季的平均海平面要比夏秋為低。而持續的強風也會因向岸風或離岸風的不同而有所差異，甚至造成暴潮或海水倒灌。這些都有可能導致局部區域內潮汐水位的改變。

潮汐的分析最早是由 Newton（1687）所提出，其假定地球表面為等深的海水所覆蓋，應用引力、離心力及靜力學的關係，並試著解釋潮汐的現象，但卻無法獲得一圓滿的解釋。Bernoulli（1740）依 Newton 的觀念建立潮汐平衡學說，而

Darwin (1892) 延伸此學說進一步提出了平衡潮理論 (equilibrium tide theory)，在開放海域的前提下，定性的描述潮汐現象，但因近岸海底之複雜地形，無法準確預測潮汐。後來 Doodson (1928, 1957) 提出調和分析理論，以最小二乘法計算出逐時逐日潮汐的調和常數，並可準確的預測當地之潮汐，且因此法簡便，故至今仍廣泛的應用。依其理論，任何一地之潮位 Y 可表示為下式：

$$Y(t) = A_0 + \sum_{i=1}^N (A_i \cos \omega_i t + B_i \sin \omega_i t) \quad (1-1)$$

式中，

$Y(t)$ ：某時刻之潮位

A_0 ：平均海水位

A_i 、 B_i ：某分潮之振幅分量

ω_i ：某分潮運行之角度

N ：分潮個數

一般而言，擁有足夠的分潮數目時，即可由此式計算出潮位的推算值，且已能滿足實用之需要；選取適當的分潮，更能提高預報之精度。運用此法首先必須決定出主導當地海域潮汐的主要分潮，Reid (1990) 提出若有某地一年以上之長期潮位紀錄，便可藉頻譜分析法 (spectral analysis) 決定當地潮汐的主要分潮個數而決定 N 值，式中之 A_0 、 A_i 、 B_i 則可由最小二乘法求解，求得各分潮之振幅及相位角，再代回調和方程式中，即可推算未來的逐時潮位。Yen et al. (1996) 則以卡門濾波法 (Kalman filter method) 推求潮汐模式之最佳調和參數，並可以較短期之潮位資料獲得高精度之預測結果。

暴潮則是由颱風引致之氣壓與風場變化，而產生水位異常揚升的現象；包括作用於水體表面之風剪力所產生的水位上升 (wind setup)，以及因颱風中心之低氣壓所吸起的水位提升 (pressure setup) 兩者之組合，其合成之大小又與氣壓、風速風向、地形、天文潮、科氏力等有關。又颱風的強風吹襲，造成迎風面海水的推升，常使海岸地區海水位暴漲，產生大浪進入近岸，近岸碎波帶急遽湧升。

暴潮位與天文潮位之差值稱為「暴潮偏差」(surge deviation)。暴潮的發生對於港灣結構物的破壞力大大提升，易使堤岸發生崩潰；且其異常增高之水位一旦越過海堤結構物頂高，則堤後地區即可能發生溢淹的情況，危害沿岸居民之身家安全。因此颱風暴潮的影響，對於每年夏季皆要遭受颱風威脅的台灣地區而言，更是相當重要的課題。

若颱風過境時，且適逢農曆碩望之天文大潮時，所造成的水位抬升會更大，可能在沿海地區發生海水倒灌、如民國八十五年七月三十一日賀伯颱風，所造成全台沿岸的災害慘重，損失更難以估計。此外，根據統計歷年來因颱風所引起之暴潮，舉凡農作物損害、魚塭魚苗流失、電力系統破壞、橋樑與道路損害等損失金額都非常大，農業損失平均一年 30 億，漁業損失平均一年 10 億，尤以屏東、嘉義為甚，足見颱風暴潮對台灣地區造成的生命財產影響有多大。

暴潮模式之研究，首先由德國海洋學家 Hansen (1956) 所提出，他應用流體動力數值方法計算北海暴潮的變化情形。Fisher (1959) 則以不同於 Hansen 的格點構造去推算北海暴潮，探討到平滑化技巧與格點間距對演算的影響，以及計算穩定性的問題。Jelesnianski (1972) 採用粗、細網格系統計算暴潮，但應用僅限於海岸外水域。同期在國內有楊 (1974) 應用線性模式模擬北台灣地區的暴潮、黃 (1975) 以經驗公式推算花蓮港之暴潮水位、魏 (1976) 則採用統計經驗法和數值方法模擬澎湖、高雄港、台西等地之暴潮。而李 (1979) 以流體動力方程式計算整個台灣海峽沿岸的暴潮數值模式，並在 1984 年完成台灣周圍海域颱風暴潮數值模式之建立。

Kawahara et al. (1980) 提出二階段顯示堆積有限元素法解析暴潮，解決了傳統有限元素法耗時之缺點；且在 1982 年時又引入選擇性堆積係數 (selective lumping coefficient)，使數值計算速度快且更為穩定，又得以節省記憶資源，但缺點是不易決定該係數之範圍。劉 (1987) 發展出三維颱風暴潮數值預報模式，模式中並考慮到溫度及鹽度的變化。1992 年 Jelesnianski et al. 在美國氣象局發展出 SLOSH 模式 (Sea, Lake, and Overland Surge from Hurricane)，採用極座標網格計

算，設定區域範圍，並且調查區域內影響風場因素的估計量，與 FEMA (1976) 的卡式座標網格截然不同；其優點就是在於外海邊界使用輻射邊界條件 (radiation boundary condition)，所得之結果較合理，模式驗證的誤差在 20% 以內。

Breaker et al. (1993) 也曾依墨西哥灣港內外所設置之水位測站，觀察颱風經過之水位資料變化情形，分析當地海岸災害之原因。侯等 (1995) 針對道格颱風所產生的暴潮，對造成龍洞遊艇港破壞之原因作探討。龔等 (1997) 則結合暴潮水動力模式與颱風模式，對賀伯颱風暴潮進行模擬。徐等 (1998) 根據民國 83 年至 86 年間之侵台颱風，從颱風生成之地點及路徑作分類，探討各類颱風在台灣海岸引起海水升高的現象及特性，指出暴潮偏差大小受颱風大小、強度、路徑、移動速度與當地地形、水深、天文潮位等因素而有差異。陳等 (1999) 曾就淡水河河口水位受颱風暴潮影響為例，進一步以測站風向、風速、氣壓建立暴潮偏差推算式。曾 (2000) 應用有限體積法計算暴潮，得到一良好的預測結果。李 (2001) 延伸 Li (1979) 的颱風暴潮模式，成功的模擬台灣北部與東部海岸之暴潮層次。鄭 (2003) 乃針對颱風暴潮與颱風特性關係作探討，確認暴潮偏差主要受到颱風中心氣壓、風速、暴風半徑及測站與颱風的距離等因素影響，且台灣東部地區的暴潮現象與颱風距離的關係極為直接、密切，並建立迴歸關係式做暴潮模擬與預測。

依據中央氣象局委託研究招標需知之規定，本案之執行方法將藉由倒傳遞類神經網路具有學習功能與非線性最佳化的特點，來建立一套簡便可行的暴潮預報模式，以進行暴潮位之預測工作。類神經網路是模仿生物神經網路的資訊系統，以人類自身思考演算方式的一種平行計算系統。它使用了大量的相連神經元，來模擬生物神經的功能。類神經網路的發展自 1943 年 McCulloch 與 Pitts 提出神經元數學模型 (MP 模型)，到 1987 年第一次召開國際類神經網路研討會 (International Conference on Neural Networks)，類神經網路的發展才漸趨成熟。類神經網路以其高度學習能力、平行的資料傳輸方式與良好的準確度，且具有分類 (classification)、聯想 (associative)、識別 (recognition)、普遍化 (generalization) 的能力，故其應用範

圍相當寬廣，也引起了各種不同領域的學術人士極大的研究興趣，除了在模糊理論(fuzzy theory)及人工智慧(artificial intelligence)方面已有諸多的研究，近年來更被廣泛的應用在商業分析與自然現象的預測上。

類神經網路模式基本上可分成四大類：監督式學習網路、無監督式學習網路、聯想式學習網路及最適化應用網路。而監督式學習網路是目前應用最普遍的類神經網路，其主要為 Rumelhart et al. (1986)提出倒傳遞類神經網路通用差距法則(generalized delta rule)，突破過去無法解決的互斥(XOR)問題而發展的模式；此種網路具有良好的收斂性，只要給予適當的隱藏層及人工神經元數目，類神經網路就能依其輸入層與輸出層的相對關係，求其權重，便能逼近任何的函數，為應用最為廣泛的神經網路之一。近年來，國內外應用類神經網路在各種工程上的研究日益增加，如在水資源工程方面、French et al.(1992)以倒傳遞類神經預測降雨強度隨時間的變化。林等(1996)將倒傳遞類神經應用於河川流量之模擬。駱(1994)以類神經應用在結構工程的系統辨識上。Goh (1995)及 Jeng et al.(2003) 以類神經網路預測地震引致的土壤液化。

而在海洋工程的應用方面，Mase et al. (1995)採用倒傳遞類神經網路評估拋石堤前消波塊的穩定性。Van et al. (1998) 則以類神經網路與數值模式探討直立堤前受力的分析。蔡等(1999)應用倒傳遞類神經網路建立波浪即時預報模式，預測單一測站波浪時序列變化特性。Tsai & Lee (1999)則應用倒傳遞類神經網路(back-propagation neural network, BPN)作即時的潮汐預報，預測結果相當精確。Lee and Jeng (2002)延伸其研究，進一步針對不同潮汐型態做一預報。Lee et al. (2003) 則針對潮汐因人為或儀器故障所遺失的資料，以倒傳遞類神經網路做一補遺分析。最近，Lee (2004)成功地建立類神經網路在長時期的潮汐預測。

本計畫試圖以風速、風向、氣壓及調和分析潮位來建立類神經網路暴潮預測模式，期能觀測得颱風暴潮未來即時資料，以提供河口地區、低窪地區、海堤較低區域及海堤損壞未修區域的居民，作進一步的防範提供海岸保護及防災之用。

2-2 類神經網路簡介

類神經網路(artificial neural network, ANN)是一種基於腦與神經系統研究所啟發的資訊處理技術。它可以利用多組範例(即系統輸入與輸出所組成的資料)進行學習以建立系統模型(輸入與輸出之間的關係)，此系統模型便可用於推估、預測、決策、診斷。

ANN 係模仿生物神經網路(Biological Neural Network, BNN)的資訊處理系統運作，能達到生物神經系統所具有大量平行計算及分散儲存與處理的工作能力，以有效解決問題。而 ANN 主要是由許多人工神經元(artificial neurons)所組成(如圖 2-1 所示)，其目的為模擬生物神經元間之運算訊息的能力，不同的人工神經元相互連結，來傳遞神經細胞之知識與訊息，而各神經元間連接權值的動態演化過程則建構成網路的學系系統。學習的目的就是要求得神經元之間連接的最佳權值，再利用此組權值來建構預測系統。

2-2-1 類神經網路發展簡史

隨著科學的進步，人們對於神經心理學，及非線性最佳化的問題上已有進一步之瞭解，故以模擬自身思考演算方式的類神經網路因此誕生。類神經網路之發展，係從 McCulloch & Pitts (1943)建立形式神經元的數學模式(稱為 MP 模型)開始，而後 Hebb (1949)提出了 Hebb 學習法則，使得類神經網路具備了學習的功能。Rosenblatt (1958)提出了感知器(perceptron)模式。Minsky 和 Papert (1969)在其出版的〈Perceptron〉一書中提出類神經網路的學習能力極為有限，因為它連基本的互斥或閘(exclusive or gate, 簡稱 XOR)功能都無法完成，類神經網路的研究遇到了瓶頸。直到 Hopfield (1982)提出 Hopfield 網路後再次熱門起來，之後 Hopfield & Tank (1985)證明只要建立適當地網路架構與定義計算能量函數(誤差函數)，網路便可很快地求得良好的近似解，此研究為類神經網路研究史上一大進展，類神經

網路的研究再度引起整個科學界的重視。

Rumelhart 和 McClelland(1986)出版了〈Paralled Distributed Processing〉，書中首次提出倒傳遞類神經網路(back-propagation network)之架構，並進一步以理論證明此種演算法的收斂性，此模式已成為目前應用最廣的網路預測系統。

2-2-2 類神經網路定義

類神經網路為人們在研究生物神經模型(biological neural network, BNN)的過程中，發現人腦中具有巨量平行計算及訊息分散處理的能力，人類透過模仿生物學習的機制與方法，得到了許多數學運算的概念，而類神經網路即為人們在瞭解生物神經網路的運作流程和功能後，模仿其學習之過程，擷取其主要結構，建立簡單易行之網路演算模式。類神經網路之定義如下所述：

類神經網路是『一種基於腦與神經系統研究所啟發的資訊處理技術』。它可以利用一組範例(即系統輸入及輸出所組成的資料)建立系統模型(輸出入之間的關係)，有了這樣的系統模型便可用於推估、預測、決策、診斷。事實上，常見的迴歸分析統計技術不正也是利用一組範例(即數據)建立系統模型(即迴歸公式)，因此類神經網路也可看成是一種特殊型式的統計技術(葉，1998)。

2-2-3 類神經網路基本架構

類神經網路的組成方式為；由數個人工神經元組成「層」(layer)，再由層組成「網路」。茲將各部份簡述如下：

(1)人工神經元可由三個函數來說明其架構：其中包括集成函數(summation function)，激化函數(activation function)及轉換函數(transfer function)。集成函數為將前一層處理單元之輸出經網路的連接權重匯集至神經元中，通常以 $I_j = \sum_i W_{ij} X_i - \theta_j$ 表示，其中 W_{ij} 為網路的連接權值，網路學習的目的即為調整連接權使輸出向量達到目標，並使目標之誤差值降至最小。 X_i 代表輸入向量，而 θ_j

為該處理單元之初始狀態，一般稱作門限值或閾值(thresholds)。而作用函數係將集成函數所得的結果與上一時間神經元的狀態加以綜合，一般直接以 $net_j = I_j$ 表示，不另做處理。至於轉換函數則具有將輸入值轉換為單位向量的功用，可使用線性函數 $Y_j = net_j$ ，或以非線性雙彎曲函數(sigmoid function) $Y_j = \frac{I}{1 + e^{-net_j}}$ 表示。由以上可知，可依需求更改處理單元中三函數之數學式，以達到特定之目的。

(2)層在前向式類神經網路(feedforward neural network)的網路架構中，依功能可分為輸入層(input layer)，隱藏層(hidden layer)，及輸出層(output layer)。其中輸入層係將輸入向量輸入，用以表現網路之輸入變數，其處理單元數目依問題而定，且一般輸入層的轉換函數採用線性函數。而隱藏層則負責處理輸入向量與輸出向量間的交互影響，且應用上常採用 1 層到 2 層的隱藏層，此乃因過多的隱藏層易造成計算上落入區域極小值(local minimum)的缺點。輸出層為將輸出向量輸出之神經元，用以表現網路之輸出變數。

(3)網路演算過程可分為學習過程(learning process)及回想過程(recalling process)。其中學習過程為網路依學習演算法，從範例中讀入輸入值及輸出值並加以學習，若輸出值之誤差過大，則網路將修正連接神經元的加權值，使網路輸出值與實測值之誤差達至理想目標，即使推論輸出值趨近目標值。此學習過程以一次一個訓練範例的方式進行，直到學習完所有的訓練範例，稱之為一個學習循環(1 epoch)。網路系統必須將訓練範例反覆學習數個學習循環，直至達到收斂為止。而回想過程為網路依學習過程中所學習到之連接權值套用，將輸入向量輸入，根據連接權重運算預測輸出向量的過程，亦可稱為預測過程(forecasting process)。而預測之結果本計畫使用均方根誤差(RMS)與相關係數(C.C.)來判斷其成效。

2-2-4 類神經網路特性

類神經網路(ANN)以大量相互連結神經元所形成的網路為架構，根據學習過

程中所求取之連接權重，於回想過程中，預測目標值。且其架構係模仿生物神經網路的資訊處理過程，故類神經網路具有以下特徵；(1)可處理巨量平行之訊息，並可建構非線性模型，模型之準確度高，(2)訊息處理和訊息儲存合而為一，(3)能接受和處理類比的(analog)、模糊(fuzzy)的和隨機(random)的訊息，(4)求得滿意解(desired solution)而不是精確解(exact solution)，(5)可以表達輸入變數間的交互作用。

基於上述優點，使得類神經網路已被工程單位與商業機構廣泛的運用於難以回歸及複雜的問題上。雖然不同型態之類神經網路有其不同之適用範圍，但大致上，類神經網路能處理模式識別、訊號處理、決策分析、組合最佳化及知識工程等問題。

2-3 倒傳遞類神經網路

倒傳遞類神經網路(back-propagation network, BPN)為一種監督式(supervised)的學習法則，是目前類神經網路學習模式中最具代表性，應用最普遍的模式。自從 Rosenblatt(1958)提出了感知機模式以來，許多學者覺得這種模式缺乏隱藏層的學習演算法，其學習能力受到很大的限制；Werbos(1974)首先提出了隱藏層的學習演算法，但在當時並未受到重視。直至 Rumelhart 及 McClelland 於 1985 提出 BPN 學習演算法及通用差距學習法則(generalized delta learning rule)，才引起學者廣泛的討論。

倒傳遞演算法是將一組樣本的 I/O 問題變為一個非線性最佳化的問題，其基本原理則是利用最陡梯度下降法(the gradient steepest descent method)的觀念，將誤差函數予以最小化，以計算且調整網路權值，並加入隱藏層的概念使得網路的可調參數增加，而得到更精確的解。若將此種模式視為輸入與輸出間的映射關係，則 BPN 演算法是一種輸入輸出的映射過程(mapping)。因此，倒傳遞類神經網路適用於診斷與預測上。

2-3-1 倒傳遞類神經網路架構

倒傳遞類神經網路之基本架構包含一輸入層，隱藏層(可以是一層或多層)及一輸出層，其中輸入層與輸出層分別用以表現輸入及輸出變數，其單元數目依問題的形式而定；隱藏層則是用來表現輸出入單元間之交互影響，其單元數目通常因經驗法則而定，如圖 2-2 所示。

對於處理單元中轉換函數之選擇，本研究係採用 Ensley & Neslon(1992)建議之雙彎曲函數(sigmoid function)作為各處理單元之轉換函數。其各層的人工神經元可由下式模擬之：

$$A_j^n = \frac{1}{1 + e^{-(\sum_i W_{ij} A_i^{n-1})}}$$

式中， A_j^n 為第 n 層，第 j 個單元輸出，而門限值 θ_j 已加入至權重值 W_{ij} 中。

2-3-2 倒傳遞網路演算法

倒傳遞演算法的演算過程包括了正向傳播及反向傳遞；其中網路正向傳播的過程，是將輸入訊號由輸入層經相關權重處理後傳遞至隱藏層，並透過轉換函數可得一輸出值，最後再傳向輸出層，每一層神經元的狀態只影響到下一層神經元。如果在輸出層不能得到期望的輸出，則進行反向傳遞，將誤差訊號沿原來的連接通路返回，並修正網路之連接權值，使得網路之誤差趨於理想，以此方式達到學習的目的。以下利用一具有單層隱藏層的網路為例(如圖 2-2 所示)，說明倒傳遞演算法的理論。

在倒傳遞類神經網路中，處理單元其輸出值與輸入值的關係，一般可用輸入值的加權乘積和之函數來表示：

$$Y_j = f(\text{net}_j) \quad (2-1)$$

$$\text{其中 } net_j = \text{集成函數} = \sum_i W_{ij} X_i - \theta_j \quad (2-2)$$

Y_j = 輸出變數，模仿生物神經元模型的輸出訊號。

f = 轉換函數，模仿生物神經元模型的非線性處理機能，是一個用以將輸入值的加權乘積和，轉換成處理單元輸出的數學公式。

W_{ij} = 連結加權值，模仿生物神經元模型的突觸強度。

X_i = 輸入變數，模仿生物神經元模型的輸入訊號。

θ_j = 門限值，模仿生物神經元模型的閾值(threshold)，又稱偏權值(bias)。

因此，若網路之輸入值為 $\{X\}$ ，則隱藏層的處理單元輸出值 $\{H\}$ 則如下：

$$H_k = f(net_k) = f\left(\sum W_{ik} X_i - \theta_k\right) \quad (2-3)$$

其中 H_k = 隱藏層第 k 個單元的輸出值。

f = 轉換函數。

W_{ik} = 第 i 個輸入單元與第 k 個隱藏層單元間的連結權重。

X_i = 第 i 個輸入單元的輸入值。

θ_k = 第 k 個隱藏層單元的閾值。

同理，若隱藏層單元的輸出值為 $\{H\}$ ，則輸出層的處理單元推論輸出值 $\{Y\}$ 則如下：

$$Y_j = f(net_j) = f\left(\sum W_{kj} H_k - \theta_j\right) \quad (2-4)$$

其中 Y_j = 輸出層第 j 個單元的推論輸出值。

f = 轉換函數。

W_{kj} = 第 k 個隱藏層單元與第 j 個輸出層單元間的連結權重。

θ_j = 第 j 個輸出層單元的閾值。

由於 BPN 演算法屬於監督式學習(supervised learning)，監督式學習旨在降低網路輸出值與實測值之間的差距，因此須定義一能量函數(或稱誤差函數)以代表學習的品質；一般採用下列誤差平方函數

$$E = \frac{1}{2} \sum_j (T_j - Y_j)^2 \quad (2-5)$$

式中， T_j 與 Y_j 分別代表實際輸出值與推論輸出值，函數中的係數值 $\frac{1}{2}$ 為考慮微分後的方便性所假設。

倒傳遞網路的學習過程，為使上述能量函數最小化的過程，而網路的演算即在調整權重值使能量函數往最大梯度方向下降，權重調整的幅度和誤差函數對其敏感度成正比，即與誤差函數對權重的偏微分值大小成正比，故

$$\Delta W = -\eta \times \frac{\partial E}{\partial W} \quad (2-6)$$

其中 W 表示介於處理單元間的連結權重值

η 代表學習因子(learning rate)，意義為修正步幅之大小。

E 為能量函數，如式(2-5)所示。

以下分為(1)隱藏層與輸出層之間連接加權值；(2) 輸入層與隱藏層之間連接加權值，兩個部份來探討連結加權值修正量公式：

(1)隱藏層與輸出層之間連接加權值：

誤差函數對網路第 k 個隱藏層單元與第 j 個輸出層單元間的連結權重 W_{kj} 的偏微分可利用微積分學的連鎖法則(chain rule)，式(2-6)右側中 $\frac{\partial E}{\partial W}$ 項，可化解為：

$$\frac{\partial E}{\partial W_{kj}} = \left(\frac{\partial E}{\partial net_j} \right) \left(\frac{\partial net_j}{\partial W_{kj}} \right) \quad (2-7)$$

而 $\frac{\partial E}{\partial net_j}$ 則可由 $Y_j = f(net_j)$ 的關係，再以連鎖法則對 Y_j 做分解，得

$$\frac{\partial E}{\partial W_{kj}} = \left(\frac{\partial E}{\partial Y_j} \right) \left(\frac{\partial Y_j}{\partial net_j} \right) \left(\frac{\partial net_j}{\partial W_{kj}} \right) \quad (2-8)$$

其中(2-8)式右側第三項 $\frac{\partial net_j}{\partial W_{kj}}$ 可由 $net_j = \sum W_{kj} H_k - \theta_j$ 代入，得

$$\frac{\partial net_j}{\partial W_{kj}} = \frac{\partial}{\partial W_{kj}} \left(\sum W_{kj} H_k - \theta_j \right) = H_k \quad (2-9)$$

而式(2-8)中， $\frac{\partial Y_j}{\partial net_j}$ 項則可由 $Y_j = f(net_j)$ 一項代入而，得

$$\frac{\partial Y_j}{\partial net_j} = \frac{\partial}{\partial net_j} f(net_j) = f'(net_j) \quad (2-10)$$

最後，式(2-8)中 $\frac{\partial E}{\partial Y_j}$ 項則可由輸出值與能量函數之關係，直接將式(2-5)代入 $\frac{\partial E}{\partial Y_j}$

中得

$$\frac{\partial E}{\partial Y_j} = \frac{\partial}{\partial Y_j} \left[\left(\frac{1}{2} \right) \sum (T_j - Y_j)^2 \right] = -(T_j - Y_j) \quad (2-11)$$

因此，將式(2-9)、式(2-10)與式(2-11) 分別代入式(2-8)，即可推得下式：

$$\frac{\partial E}{\partial W_{kj}} = -(T_j - Y_j) \cdot f'(net_j) \cdot H_k \quad (2-12)$$

定義 δ_j 為輸出層第 j 個輸出單元的誤差量：

$$\delta_j = (T_j - Y_j) \cdot f'(net_j) \quad (2-13)$$

則網路輸出層與隱藏層之間的連結加權值 W_{kj} 之修正量如下：

$$\Delta W_{kj} = -\eta \cdot \frac{\partial E}{\partial W_{kj}} = \eta \cdot \delta_j \cdot H_k \quad (2-14)$$

同理，輸出單元的閾值修正量如下：

$$\Delta \theta_j = -\eta \cdot \frac{\partial E}{\partial \theta_j} = -\eta \cdot \delta_j \quad (2-15)$$

(2) 輸入層與隱藏層之間連接加權值：

誤差函數對網路為第*i*個輸出層單元與第*k*個隱藏層單元間的連結權重 W_{ik} 的偏微分為：

$$\frac{\partial E}{\partial W_{ik}} = \left(\frac{\partial E}{\partial H_k} \right) \left(\frac{\partial H_k}{\partial net_k} \right) \left(\frac{\partial net_k}{\partial W_{ik}} \right) \quad (2-16)$$

$$\frac{\partial net_k}{\partial W_{ik}} = \frac{\partial}{\partial W_{ik}} \left(\sum W_{ik} X_i - \theta_k \right) = X_i \quad (2-17)$$

$$\frac{\partial H_k}{\partial net_k} = \frac{\partial}{\partial net_k} f(net_k) = f'(net_k) \quad (2-18)$$

由式(2-16)中 $\frac{\partial E}{\partial H_k}$ 可由連鎖法則得

$$\begin{aligned} \frac{\partial E}{\partial H_k} &= \sum_j \left(\frac{\partial E}{\partial net_j} \right) \left(\frac{\partial net_j}{\partial H_k} \right) \\ &= \left(\sum_j \frac{\partial E}{\partial Y_j} \cdot \frac{-\partial Y_j}{\partial net_j} \cdot \frac{\partial net_j}{\partial H_k} \right) \end{aligned} \quad (2-19)$$

其中的 $\frac{\partial net_j}{\partial H_k}$ 項，可分解為

$$\frac{\partial net_j}{\partial H_k} = \frac{\partial}{\partial H_k} \left(\sum W_{kj} H_k \right) = W_{kj} \quad (2-20)$$

因此，由(2-16)式到(2-20)式可推得：

$$\begin{aligned} \frac{\partial E}{\partial W_{ik}} &= \left(\sum_j - (T_j - Y_j) \cdot f'(net_j) \cdot W_{kj} \right) \cdot f'(net_k) \cdot X_i \\ &= - \left(\sum_j \delta_j \cdot W_{kj} \right) \cdot f'(net_k) \cdot X_i \end{aligned} \quad (2-21)$$

定義 δ_k 為隱藏層第 k 個處理單元的誤差量：

$$\delta_k = \left[\sum_j \delta_j \cdot W_{kj} \right] \cdot f'(net_k) \quad (2-22)$$

則網路隱藏層與輸入層之間的連結加權值 W_{ik} 之修正量如下：

$$\begin{aligned} \Delta W_{ik} &= -\eta \cdot \frac{\partial E}{\partial W_{ik}} \\ &= \eta \cdot \left(\sum_j \delta_j \cdot W_{kj} \right) \cdot f'(net_k) \cdot X_i \\ &= \eta \cdot \delta_k \cdot X_i \end{aligned} \quad (2-23)$$

同理，隱藏單元的閥值修正量如下：

$$\Delta \theta_k = -\eta \cdot \frac{\partial E}{\partial \theta_k} = -\eta \cdot \delta_k \quad (2-24)$$

對於處理單元中轉換函數的選擇上，本研究以雙彎曲函數作為各單元之轉換函數：

$$f(net_j) = \frac{1}{1 + e^{-net_j}} \quad (2-25)$$

所以在計算 δ_j 值時，則需要將雙彎曲函數微分，如(2-26)所示

$$f'(net_j) = f(net_j) \cdot [1 - f(net_j)] \quad (2-26)$$

再分別代入式(2-13)及式(2-22)，即可得網路輸出層與隱藏層之間及隱藏層與輸入層之間各層差距量 δ 的演算式分別為：

$$\delta_j = (T_j - Y_j) \cdot Y_j \cdot (1 - Y_j) \quad (2-27-1)$$

$$\delta_k = \left[\sum_j \delta_j \cdot W_{kj} \right] \cdot H_k \cdot (1 - H_k) \quad (2-27-2)$$

式中， Y_j 為輸出層第 j 個處理單元的輸出值，

H_k 為隱藏層第 k 個處理單元的輸出值

此外，因倒傳遞類神經網路加入了隱藏層，導致計算上有易落入區域極小值而收斂緩慢的缺點，故為加速網路收斂速度，採用 Jacobs(1988)所提出加入慣性項(momentum term)的建議來改善收斂過程中的震盪現象；而加入慣性項的方法為在權值修正式中加入慣性因子(momentum factor) α 乘上前一次運算之權值 ΔW_{ij}^{m-1} ，其中 α 值的範圍為 $0 \leq \alpha < 1$ ；因此加入慣性項後之權重值及門限值修正式分別為：

(1)隱藏層與輸出層間：

$$\Delta W_{kj}^m = \eta \cdot \delta_j \cdot H_k + \alpha \cdot \Delta W_{kj}^{m-1} \quad (2-28-1)$$

$$\Delta \theta_j^m = -\eta \cdot \delta_j + \alpha \cdot \Delta \theta_j^{m-1} \quad (2-28-2)$$

(2)輸入層與隱藏層間：

$$\Delta W_{ik}^m = \eta \cdot \delta_k \cdot X_i + \alpha \cdot \Delta W_{ik}^{m-1} \quad (2-29-1)$$

$$\Delta \theta_k^m = -\eta \cdot \delta_k + \alpha \cdot \Delta \theta_k^{m-1} \quad (2-29-2)$$

其中 ΔW^m 及 ΔW^{m-1} 分別代表加權值第 m 次及第 $m-1$ 次的修正量

$\Delta \theta^m$ 及 $\Delta \theta^{m-1}$ 則分別代表閾值第 m 次及第 $m-1$ 次的修正量。

2-3-3 倒傳遞網路參數

倒傳遞類神經網路演算模式中，有許多重要的參數必須事先決定，網路才能運作及演算，以下為網路參數的介紹：

(1) 隱藏層層數：

隱藏層層數的多寡將會影響預測的效果，通常一層到兩層的隱藏層會有較佳的收斂性質，而少於一層或多於兩層常不利於收斂且誤差較大。隱藏層過多會導致計算時間過長及收斂性減低。Villiers & Barnard(1992)的研究中指出：一層或兩層的隱藏層在各方面的表現均相當類似，唯兩層隱藏層較易落入局部最小值，使得收斂時間加長。

(2) 隱藏層處理單元數：

一般來說，選取多少隱藏層處理單元數並無一定標準，但隱藏層單元數過少無法有效描述問題型態，過多則可能造成過度描述(Over-fitting)而無法有效的應用。本計畫對於隱藏層處理單元數的選取，將依照不同的預測項目，利用試誤法予以最佳化，求出最佳值。

(3) 學習因子(η)和慣性項(α)：

學習因子(η)為網路的學習速率，其直接關係著網路的收斂性，較大的學習速率可以快速的逼近誤差函數的最小值，但過大的學習速率將導致網路加權值修正過量，而產生震盪的現象。太小的 η 值則會使計算的時間增加，且容易掉入局部最小值而難以跳出。而慣性項(α)則是學習因子的重要輔助工具，其作用為改善收斂過程中震盪的現象。但是這兩個參數的決定往往需要不斷的嘗試，因為依各種研究資料的不同而取決也有所不同。本計畫也會根據不同的預測對象，求出最佳的學習因子與慣性項。

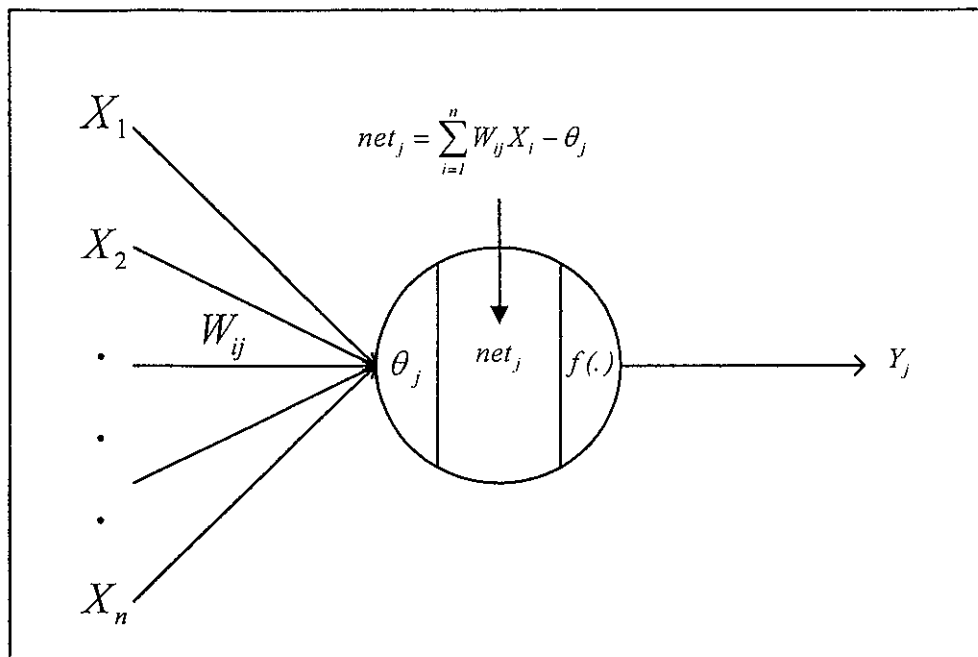


圖 2-1 人工神經元模型

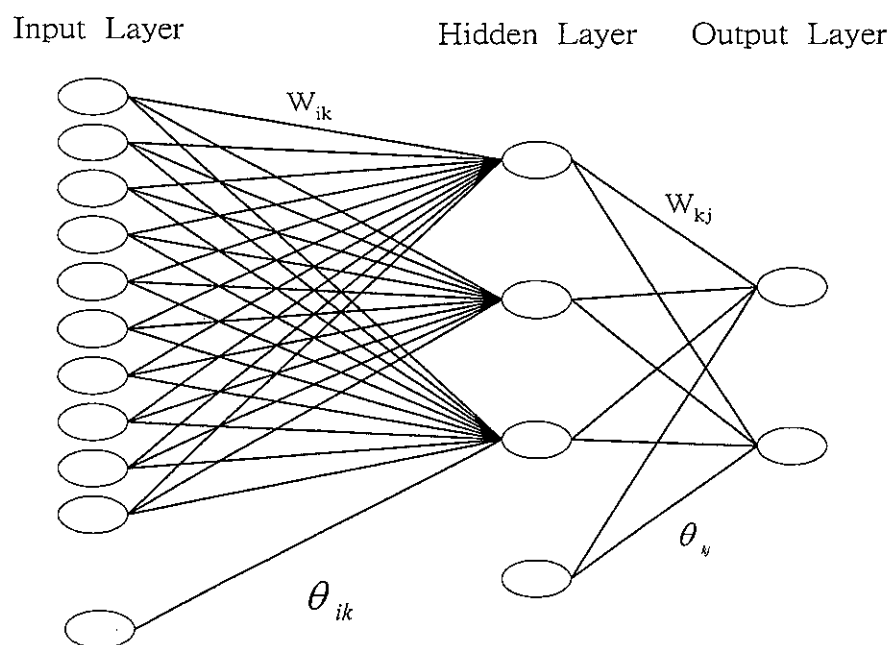


圖 2-2 類神經網路結構圖

參、執行方法與步驟

3-1 概要

類神經網路的運作，主要分為學習過程(Learning process)及回想過程(Recalling process)兩個階段。本研究擬從範例中學習得誤差最小的連結權重值，其於演算過程中，乃將輸入的訊息先由輸入層經隱藏層逐層處理，並傳向輸出層，如果輸出層得不到期望的輸出結果，則轉入反向傳遞，將誤差信號沿原來的連接通路返回，透過最陡坡降法修改各層神經元的權值，使誤差訊號最小，達到有效的網路學習，以作精確的潮位資料預測。而對於倒傳遞類神經網路之計算流程如圖 3-1 所示，其網路架構的規劃則如下所述：

1. 輸入層的資料處理方面：首先將實際的量測的海洋水文方面相關資料正規化，以避免極值對網路的學習產生影響，其次將實例分為兩部份，以部分資料作為訓練對，剩餘部份則作為測試對及預測對。
2. 網路參數的初始化：例如權重值，隱藏層的層數，學習效率因子。
3. 學習演算法：採用 Jacobs(1988)提出的 DBD 演算法來調整學習常數及加速網路收斂速度。
4. 利用上述架構之網路，進行網路模式估計。
5. 對網路進行網路修剪。
6. 進行測試及預測結果之分析與評估。

誠如前述，本研究擬以輸入有限及簡易的相關影響暴潮因子，建立一套簡易可行的暴潮預報類神經網路模式，此乃因短期或即時的暴潮預報對防救災之爭取時效極具重要性，尤其當颱風暴潮若適逢天文潮大潮情況下，現有海岸地區之河海堤恐不足以防患，必須依據颱風動態作暴潮位預報，才能有效掌握未來暴潮位之大小及時間變化，爭取時效，達到預警功能。因此，本計畫的執行的重點為基本模式的建立，計畫中擬以倒傳遞類神經網路具有學習過去歷史記錄及非線性最佳化與特徵擷取的特色，建立暴潮預報的基本模式，以進行暴潮位之預測工作。模式中亦利用實際的量測的風速、風向、氣壓及調和分析潮位等相關資料做為輸入因子，測試暴潮歷線變化情形，推算暴潮偏差，以為工程設計水位之參考。研

究中除探討不同架構下的倒傳遞類神經網路在預測上的結果外，亦以中央氣象局所提供的歷史颱風個案來驗證評估預報成效。

3-2 資料來源

為驗證類神經網路之暴潮預測模式之正確性，本計畫乃分別利用中央氣象局所提供新竹、台中、將軍、後壁湖、富岡、成功、花蓮、蘇澳、澎湖及金門等十個測站資料進行實際評估，這十個測站的分佈位置如圖 3-2 所示。研究中所使用之潮位、風速、風向及氣壓等資料，皆為中央氣象局所提供 2003 年 8 月 4 日至 9 月 4 日間之逐日記錄，其中除將軍測站為逐時資料外，其他測站皆為每六分鐘間隔擷取之記錄。在此期間有 Vamco (8/19-8/20)、Krovanh (8/22-8/23) 及 Dujuan (8/31-9/1) 等三個颱風侵台，並將其路行經路線分別如圖 3-3(a)、(b)、(c) 所示。

3-3 資料前處理

類神經網路進行訓練之前，必須先建立訓練對及測試對的資料。訓練對內包含輸出向量與輸出向量；測試對只包含輸出向量。設置訓練對的目的是讓類神經網路學習與訓練，以求出人工神經元間連接的權重；而測試對則為測試類神經網路預測之優劣。

對於訓練對與測試對的資料而言，若先將其正規化處理，使輸入網路的數值能夠限制在某一範圍，可降低其中極端值輸入後對特定單元產生的影響。而本計畫資料正規化之方程式為

$$X_{\text{new}} = \left[D_{\min} + \frac{X_{\text{old}} - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \times (D_{\max} - D_{\min}) \right] \quad (3-1)$$

其中， $D_{\min}$ 與 $D_{\max}$ 代表線性映射之範圍，

$X_{\max}$ 與 $X_{\min}$ 為序列中之極大值與極小值，

X_{old} 及 X_{new} 則表示為轉換前與轉換後之序列值。

本研究使用之轉換函數為雙彎曲函數，其線性映射的範圍為 0~1，但 Smith (1993) 建議於實際使用上取 0.1~0.9，此乃為避免在 0 與 1 的極值處微分為零，而造成權重值無法進一步修正的情形。

3-4 網路模式最佳化

一般，倒傳遞類神經網路系統是由輸入層、隱藏層和輸出層構成，其處理單元數目依問題而定，每一層的結構都包含了許多人工神經元。本計畫為使模式能在預測中獲得良好的成效，因此需探討以何種模式來預測較佳，由於類神經網路為一非線性化過程，且網路參數間會互相影響，故無法找出一絕對最佳之網路參數，只能以試誤法(trial and error)嘗試，以得到較佳的網路參數。類神經網路模式中存有許多參數，如隱藏層之層數、隱藏層之人工神經元數目、學習因子、慣性因子等。這些變數都必須加以調整求其最佳化。

在用倒傳遞類神經網路求解問題時，一定要先用無隱藏層架構作作看，因為倒傳遞網路的可貴之處是存在隱藏層，隱藏層的作用在以解決非線性函數及互斥問題，沒有隱藏層不能反應此問題的處理單元間的交互作用，因而有較大的誤差。但若範例是屬於線性函數，則具隱藏層的類神經網路未必能提供較佳的預測。通常隱藏層之數目為一層到二層時有最好的收斂性質，過多的隱藏層反而使網路過度複雜，造成更多的局部最小值，使得在修正網路加權值時更易掉入一個誤差函數的局部最小值，而無法收斂。

隱藏層中的處理單元(processing element, PE)的數目，也會影響輸出層預測的結果。通常隱藏層處理單元之數目越多，收斂越慢，但可達更小的誤差值，但是超過一定數目後，再增加則對降低誤差幾乎沒幫助，反而有增大誤差的可能。這是因為隱藏層處理單元之數目太少時，不足以反映輸入變數間的交互作用，因而有較大的誤差，而數目越多時，雖可達到更小的誤差值，但因網路越複雜，不僅收斂越慢，誤差也可能越大。

通常學習因子 η 太大或太小對網路的收斂性均不利，因為較大的學習因子可較快逼近函數最小值，但過大的學習速率將導致網路加權值修正過量，造成數值振盪而難以達到收斂的目的。

3-5 模擬效能評鑑指標

本研究中考慮到不同的模式將會產生相異的學習與預測結果，因此定義一有效的評量指標，藉以判斷不同模式下的預測優劣。一般而言，均方根誤差(RMSE)

與相關係數(C.C.)兩種統計指標可以有效的將誤差量及其相關性客觀的表示出來。其中，均方根誤差代表觀測值與預測值之誤差量，其值越接近 0 代表網路預測結果的準確度越高。而相關係數則用以表示觀測值與預測值之間的相關程度，該值的範圍介於-1 與 1 之間，其值越接近 1 代表正相關程度越高，兩變數間的相關情形為同時增加或同時減少；其值越接近-1 則代表負相關程度越高，表示一變數增加另一變數即減少；而接近 0 則代表圖形呈現散狀分佈。故評估網路預測之效能，本計畫就採用此兩種統計指標。其定義分別如下：

1. 均方根誤差

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (y_k - \hat{y}_k)^2}{n}} \quad (3-2)$$

2. 相關係數

$$CC = \frac{\sum_{k=1}^n (y_k - \bar{y}_k)(\hat{y}_k - \bar{\hat{y}}_k)}{\sqrt{\sum_{k=1}^n (y_k - \bar{y}_k)^2 \sum_{k=1}^n (\hat{y}_k - \bar{\hat{y}}_k)^2}} \quad (3-3)$$

式中，

n 為範例數，

y_k 為第 k 個範例的觀測值，

$\hat{y}_k$ 為第 k 個範例的推算值，

$\bar{y}_k$ 為觀測值之平均，

$\bar{\hat{y}}_k$ 為推算值之平均

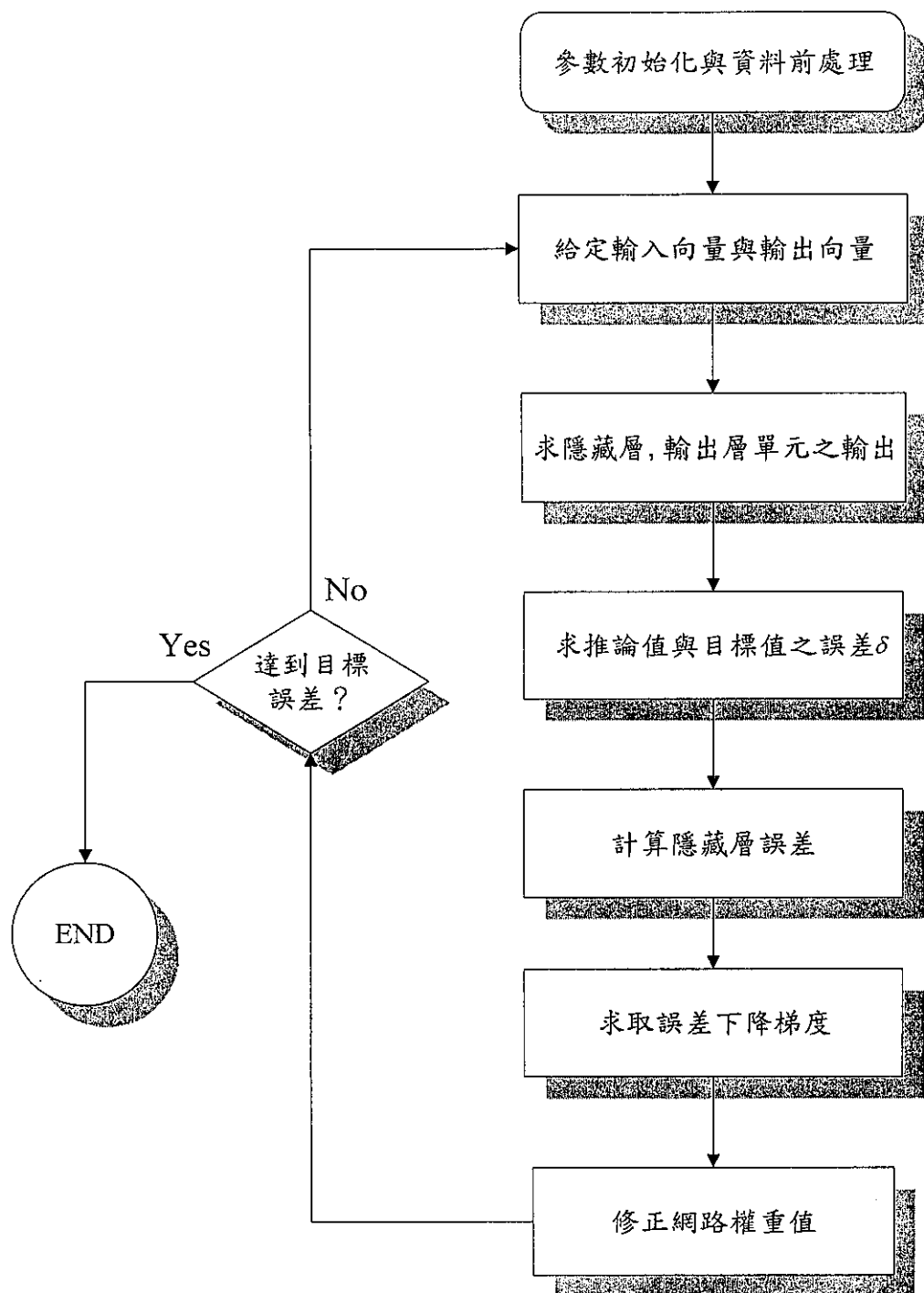
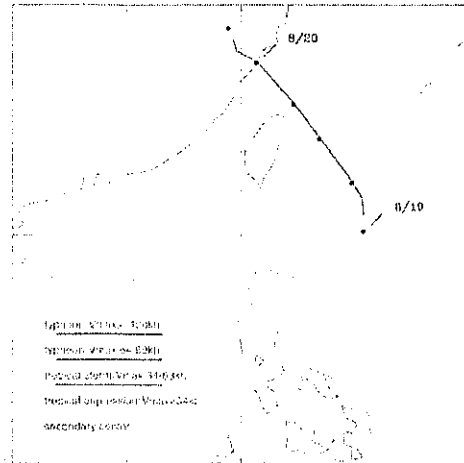


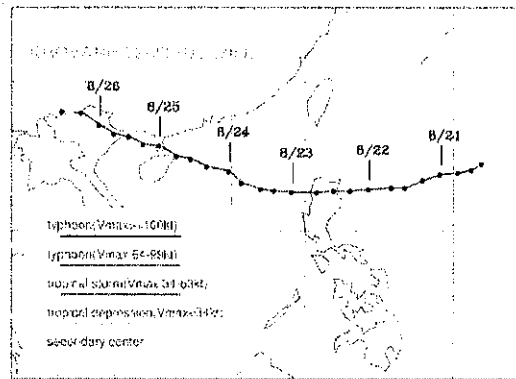
圖 3-1 倒傳遞類神經網路計算流程圖



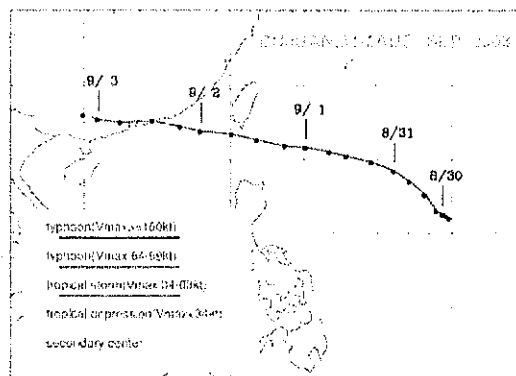
圖 3-2 各測站相關位置圖（中央氣象局）



(a)



(b)



(c)

圖 3-3 於 2003,8/4-9/4 期間侵襲台灣之颱風路徑圖(a)Vamco、(b)Krovanh、
(c)Dujan (中央氣象局)

肆、成果與討論

本研究中的類神經網路架構以 I_x H_y O_z 表示之，其中 I_x 代表輸入層之輸入之神經元數，即引致暴潮的影響因子，如氣壓、風速、風向及調和分析潮位等，並將這些影響因子作為輸入層之神經元；而 H_y 則代表隱藏層單元數， O_z 則為輸出層所輸出的變數，在此本計畫採取 1 個輸出神經元 ($z=1$)，即為所要預測的暴潮潮位，其網路架構如圖 4-1 所示。

4-1 原始資料分析

在建構類神經網路暴潮預測模式前，先針對各測站之原使資料進行分析，分析的內容主要是將觀測潮位與調和分析潮位做比較，以觀察颱風侵台期間所造成暴潮水位變化之情況，各測站逐時潮位資料比較之結果繪於圖 4-2 至圖 4-11 中。圖中虛線表示調和分析值，實線為實際觀測值，空心圓圈則代表無實際潮位值，即缺少或遺失實際的觀測資料部分，圖中也進一步標註 Vamco、Krovanh 及 Dujuan 等三個颱風前後侵台的時間。經比較圖中可以發現，十個測站內有五個測站發生遺失潮位觀測資料的現象，分別是新竹測站（圖 4-2）、後壁湖測站（圖 4-5）、花蓮測站（圖 4-8）澎湖測站（圖 4-10）及金門測站（圖 4-11），而大部分資料遺失的情況都是發生在颱風侵襲期間，究此原因極可能為颱風強大的作用使測量儀器於量測時產生誤差或造成測量儀器部分破壞或儀器故障所致。另外，後壁湖測站於 8 月 27 日至 9 月 4 日間之平均水位有明顯的上升現象，而 8 月 27 日至 30 日並無颱風經過測站的情形，故需進一步分析以釐清是否為儀器故障所致。

4-2 主要引致暴潮因子之決定

誠如前述，暴潮是由颱風引致之氣壓與風場變化，產生水位異常揚升的現象。造成暴潮的因子很多，諸如颱風之中心氣壓、風速、暴風半徑、路徑、移動速度、與測站間的距離，以及當地地形、水深、天文潮位、暴雨量、海水之溫度

與鹽度變化等。由於颱風期間影響暴潮的因子多且複雜，欲實際精準的推測並不容易，故本研究在引致暴潮因子之選擇上，除參考相關研究所歸納的影響因子外，也考量各項因子之現地觀測或測量簡易程度、明確性和觀測數據是否合乎量化等因素，加以審慎評估，因此在經過多次複雜的嘗試及驗證，乃選取風速、風向、氣壓及調和分析潮位等做為輸入因子。

4-3 網路模式最佳化

倒傳遞類神經網路系統，是由輸入層、隱藏層和輸出層構成，其處理單元數目依問題而定，每一層的結構都包含了許多人工神經元。本計畫為使模式能在預測中獲得良好的成效，因此需探討以何種模式來預測較佳。由於類神經網路為一非線性化過程，且網路參數間會互相影響，故無法找出一絕對最佳之網路參數，只能以試誤法（try and error）進行嘗試，以得到較佳的網路參數。類神經網路模式中存有許多參數，如隱藏層數目及神經元數、學習速率、動量因子及訓練次數等變數都必須加以調整求其最佳化。

倒傳遞網路之所以廣泛的被應用在各種科學領域上，是因為其加入了隱藏層的處理單元，隱藏層的作用在於解決非線性函數及互斥的問題，若沒有隱藏層則無法反應此問題之處理單元間的交互作用，因而可能有產生較大的誤差。但若範例是屬於線性函數，則使用隱藏層的類神經網路未必能提供較佳的預測結果。通常隱藏層之數目為一層時有最好的收斂性質，過多的隱藏層反而使得網路過度的複雜，造成更多的局部最小值，使得在修正網路加權值時更易掉入一個誤差函數的局部最小值，而無法收斂。

隱藏層中之處理單元（processing element，PE）的數目，也是影響網路模式之預測結果。通常隱藏層處理單元之數目如果越多，則網路收斂會越慢，但可達更小之誤差值，但是超過一定數目後，再增加處理單元的數目則對降低誤差幾乎沒幫助，反而有增大誤差的可能。這是因為隱藏層處理單元之數目太少，不足以

反映輸入變數間的交互作用，因而有較大的誤差，而數目越多，雖可達到更小的誤差值，但因網路越複雜，不僅收斂越慢，誤差也可能越大。

學習因子 (η) 的選取直接會對網路的收斂性造成影響，學習因子太大或太小均會對網路收斂性造成不利，一般較大的學習因子可以較快逼近函數最小值，可是過大的學習速率將導致網路加權值修正過量，造成數值振盪而難以達到收斂的目的。而慣性因子 (α) 則是學習因子的重要輔助工具，其作用為改善收斂過程中震盪的現象。但是這兩個參數的決定會依各種研究資料的不同而取決也有所不同。所以往往都需要不斷的嘗試，才能求得最佳之值。本計畫也會根據不同案例，找出最佳的學習因子與慣性項。

4-4 各測站案例分析 I-以逐時資料進行初步分析

由於所有測站中僅將軍測站為逐時資料，故本研究首先以此測站進行類神經網路暴潮預測之評估，並擷取成功、蘇澳、台中等測站之逐時資料，以進行初步之分析比對。圖 4-4 為將軍測站之潮位觀測資料與調和分析結果的變化情形。由圖中顯示在颱風侵襲期間潮位明顯上升，可見颱風會引致暴潮之產生，尤以 Dujuan 颱風影響較為顯著，究此原因可能為此颱風循第五類路徑行經台灣南部海域(如圖 4-12)，較接近台灣所致。另依潮汐型態來探討，可得知 Vamco 及 Krovanh 颱風侵台期間屬小潮的型態，而 Dujuan 颱風過境時則正值大潮時期。

如前所述，一個良好的網路架構會影響預測結果，故為獲得一較佳之暴潮預測模式，本計畫乃以三個颱風之過境資料交互組合做為訓練及測試，並以中央氣象局發佈颱風警報起，至完全解除警報的期間，作為資料擷取之依據，其不同組合方式詳列於表 4-1。表中 Case A1 表示以 Vamco 颱風作為訓練範例、Krovanh 颱風為測試用；Case A2 同以 Vamco 颱風為訓練對 Dujuan 颱風作為測試樣本；而 Case A3 則是以訓練 Krovanh 颱風之資料，測試 Dujuan 颱風的潮位情況。

本計畫首先以四個輸入變數（風速、風向、氣壓、調和分析潮位）、一層隱

藏層、三個隱藏神經元數 (n)、訓練次數 (Epoch) 為 10000 次、學習因子 (η) 及慣性因子 (α) 分別設定為 0.05 及 0.9 做為初始條件，並分別針對各項組合加以探討及分析，以求得網路之最佳架構。同時，本研究以 Case A1 為例說明網路最佳化的過程 (表 4-2)，由表中可以發現隱藏層神經元數為 6 個時 ($n=6$)，其誤差值最小 ($RMSE=0.0539m$)，雖然當隱藏層神經元增加到 12 個 ($n=12$) 時之誤差值 ($RMSE=0.0541m$) 與六個 ($n=6$) 時僅差距些微，但較少的隱藏層神經元數，可以增加網路運算的速度。

至於在不同學習因子 ($\eta=0.05、0.1、0.2、0.3$) 的測試結果，表中亦顯示當 $\eta=0.2$ 時測試結果最佳；而不同慣性因子 (α) 的預測結果其誤差值乃隨 α 遞減而提高，故本計畫將慣性因子設定為 0.9。最後針對不同的訓練次數做一探討，結果發現在以 10000 次的初始條件下，增加或減少對各測試結果皆無明顯助益。

經由上述各影響因子之交互分析，Case A1 的網路架構初步以 $n=6$ 、 $\eta=0.2$ 、 $\alpha=0.9$ 、Epoch=10000，做為網路最佳化之架構，其訓練及測試結果則繪於圖 4-13。圖 4-13 之點虛線表示倒傳遞類神經網路之訓練及測試結果，而實線則為潮位實際觀測值，經比較預測值與實測值，發現訓練效果極佳 (圖 4-13 (a))，而圖 4-13 (b) 之測試結果，趨勢相當吻合，測試結果良好。

依循相同分析方式，Case A2 及 Case A3 的網路架構最佳化之結果如表 4-3 所示，表中顯示出 Case A2 及 Case A3 之誤差值均大於 Case A1，此結果亦可由圖 4-14 及圖 4-15 測試分析圖中發現，在預測暴潮的前期部分 (前 2 日)，本模式仍能忠實反映出颱風潮位變化，但卻隨時間增加，其預測結果則低於實際觀測值 (圖中 9 月 1 日 6 時以後)，究其原因可能是本研究在訓練範例時無法有效訓練，以致對於大潮期間的暴潮變化較無法完全模擬。因此對於颱風於大潮的潮位變化，應以相對大潮時期之颱風資料訓練，應可改善此一缺點。

本計畫另外一種架構方式乃採用時序列之觀念，即以單一颱風作為個案分析，其分析方式為分別將颱風侵襲期間前 1/3 與 1/2 的時間資料作為訓練，對後續的時間序列進行潮位的測試，例如 Vamco 颱風過境期間共有 48 筆資料，Case

A4 是以其前 16 筆資料作為訓練、後 32 筆用以測試；Case A5 則為訓練前 24 筆、測試後 24 筆資料；Krovanh 襲台的紀錄也同樣是 48 筆，故 Case A6 及 Case A7 之訓練、測試的資料組合與 Case A4 及 Case A5 相同；而 Dujuan 颱風侵襲期間共 72 筆資料，文中是訓練前 24 筆資料、後 48 筆資料做測試用（Case A8），及訓練前 36 筆、測試後 36 筆資料（Case A9）的方式，以建立單一颱風類神經網路暴潮預測模式，上述組合方式詳列於表 4-4 中。

表 4-5 則為 Case A4 至 Case A9 之最佳化情形，由表內可知，Case A4 與 Case A5 及 Case A6 與 Case A7 間之均方根誤差皆在 0.01m 以下，表示兩種組合方式都有不錯的預測效果。所有測試結果均繪於圖 4-16 至圖 4-19 中，由各圖之結果發現整體預測情況良好。至於在 Dujuan 颱風之兩個案例（Case A8 及 Case A9），Case A8 之誤差結果明顯高於 Case A9，同時由圖 4-20 的 Case A8 測試結果中可以發現，對於最後一個高潮位之預測結果已較為接近實測值。而在 Case A9 中因學習範例增加 12 筆訓練資料，因網路較能充分學習，其測試結果 RMSE 較好（0.0984m），而 Case A9 預測值與觀測值間的結果繪於圖 4-21 中，可見較多的學習資料，預測的結果可獲得明顯之改善。

依上述結果，本計畫以 Case A1、Case A5、Case A7 及 Case A9 之模式，分別依最佳化之架構進行實際預測，即預測模式中未放入任何潮位資料。首先 Case A10 是以 Krovanh 颱風（Case A1）做為預測案例，實際的預測結果如圖 4-22 所示，圖中點虛線表示類神經網路之預測結果，而實線則為加入之潮位實際觀測值。經過比較結果，可知預測模式中幾個高潮點都與觀測值相當接近，顯示預測結果不錯，且相關係數也達 0.9864（圖 4-23）。

至於圖 4-24、圖 4-26 及圖 4-28 分別為單一颱風時序列方式之實際預測結果（相對應於 Case A5、Case A7 及 Case A9），其中圖 4-24 及圖 4-26 分別為 Vamco 颱風（Case A11）和 Krovanh 颱風（Case A12）與實際值之比較，其預測結果相當一致，而相關係數散佈圖也繪於圖 4-25 與 4-27 中，顯示預測值與觀測值間之高度相關性。而圖 4-28（Case A13）則進一步將調和分析之結果一同置入圖中比

較，由圖中的分佈可知類神經網路的預測僅後期（約 12 個小時）低於實際觀測值，但高於調和分析潮位值，表示類神經網路模式確實能反映出暴潮的影響，且其相關係數如圖 4-29 所示達到 0.9916。

如同將軍測站的網路最佳化及實際預測方式，使用於其他測站模式。圖 4-7 為成功測站之潮位觀測資料與調和分析資料的變化情形，圖中明顯地反映出 Dujuan 颱風對於暴潮變化之影響。而成功測站經網路架構最佳化之後，也以實際預測方式進行本模式之驗證，如 Case B10、Case B11、Case B12 及 Case B13 等四個案例，其測試與預測資料的分類方式如同將軍測站之 Case A10 至 Case A13。圖 4-30 為 Krovanh 颱風（Case B10）與實際值之比較，由圖可知以 Vamco 颱風做為訓練範例，可預測出 Krovanh 颱風之潮位變化趨勢，雖然有略微高估的情況，但仍能描述出潮位受颱風而提昇之影響，其散佈圖繪於圖 4-31 中，相關係數為 0.9810。圖 4-32 及圖 4-34 顯示出 Case B11 與 Case B12 之預測結果相當良好，相關係數分別為 0.9800 與 0.9883（圖 4-33 及圖 4-35）。Case B13（圖 4-36）如同 Case A13，在最大暴潮發生時，其預測值低於實際觀測值，但仍明顯高於調和分析潮位值，故此模式在成功測站也能適當的反映出暴潮之影響現象，圖 4-37 為其散佈圖，相關係數達 0.9816。

至於在蘇澳測站，由颱風引致暴潮之發生也有顯著現象（圖 4-9），並依前述方式進行網路架構最佳化以及案例實際預測與分析。圖 4-38 乃 Case C10 之預測結果，經與實測值比較，顯示預測結果十分理想，且相關係數也達 0.9934（圖 4-39）。Case C11（圖 4-40）與 Case C12（圖 4-42）則以時序列方式分別對於 Vamco 颱風及 Krovanh 颱風做實際預測，從圖 4-41 及圖 4-43 中可以發現其相關係數皆在 0.98 以上，表示預測值與觀測值有高度相關，故預測結果良好。圖 4-44 內則為 Dujuan 颱風的預測案例（Case C13），由圖可知預測值介於實測值與調和分析潮位值之間，預測結果的散佈情況如圖 4-45 所示，相關係數為 0.9747，顯示出有效之預測。

最後是台中測站之案例分析，由於 Vamco、Krovanh 及 Dujuan 等颱風並未直

接侵襲或行經台灣西部地區，故台中測站理應不致有暴潮之情況發生，但從觀測潮位與調和分析潮位的比較（圖 4-3），可以發現在颱風過境台灣的期間，台中測站雖無明顯的暴潮發生，但仍可以看出颱風引致之水位抬升。由此可知並非颱風直接侵襲才會引發暴潮，在遠處的測站仍可透過風與波浪的作用力，仍能反映出微量的暴潮變化。

本測站(台中)也與上述案例使用相同的訓練方式，經網路架構最佳化後，套入前述之預測模式進行實測分析。圖 4-46 即為 Krovanh 颱風期間之預測結果(Case D10)，整體預測趨勢十分明確，圖 4-47 則為其散佈圖，相關係數為 0.9774。Case D11、Case D12 及 Case D13 則以時序列方式分別針對 Vamco 颱風、Krovanh 颱風與 Dujuan 颱風過境期間之潮位變化進行預測，Case D11 和 Case D12 的結果相當準確繪於圖 4-48 及圖 4-50 中，且可從其散佈圖中發現預測值與觀測值之高度相關性（圖 4-49 及圖 4-51），而圖 4-52 則是 Case D13 的預測結果並加入調和分析潮位做比較，由圖可發現在暴潮偏差不明顯的情況下，本模式仍能適當的描繪出潮位的些微變化，且試測結果佳，相關係數達 0.9787（圖 4-53）。

4-5 各測站案例分析 II-以六分鐘資料進行分析

同 4-4 節的分析方式，本研究再進一步針對成功、蘇澳、台中、新竹、澎湖、後壁湖、富岡及花蓮等八個測站，以六分鐘的資料區間來進行暴潮時水位變化預測。由於儀器的因素，除了成功、蘇澳、台中及富岡等測站有三個颱風侵襲時的完整氣象資料，其他四個測站在某個颱風區段有資料不足的狀況，資料遺失的情形詳見表 4-6，對於資料不足的測站，僅能對單一颱風個案做序列式的分析。

如同前節的網路最佳化與實際預測之模式，成功測站在各颱風期間之潮位觀測資料與調和分析資料的變化情形如圖 4-54 至圖 4-56 所示，由圖中可以發現，當颱風侵襲期間，觀測潮位會發生不規則的波動情況，可見颱風對暴潮變化的影響。經網路架構最佳化後，成功測站的實際預測結果如 Case B'10、Case B'11、Case B'12 及 Case B'13 等四個案例，圖 4-57 為 Krovanh 颱風（Case B'10）與實際值之比較，由圖可知以 Vamco 颱風做為訓練範例，對 Krovanh 颱風之潮位變化

進行預測，潮位變化趨勢一致，但預測值有較小於量測值，其散佈圖繪於圖 4-58 中，相關係數為 0.9810。Case B'11 和 Case B'12 的預測結果分別繪於圖 4-59 及圖 4-61 中，相關係數也達 0.9649 和 0.9699（圖 4-60、圖 4-62），而 Case B'13（圖 4-63）則是與調和分析潮位做一比較，可以發現預測結果良好，圖 4-64 為其預測結果的散佈狀況。

蘇澳測站的潮位變化因颱風引致暴潮之發生也有顯著現象（圖 4-65 至圖 4-67），並依前述方式進行網路架構最佳化以及案例實際預測與分析。圖 4-68 乃 Case C'10 之預測結果，經與實測值比較，顯示預測結果十分理想，且相關係數也達 0.9861（圖 4-69）。Case C'11（圖 4-70）與 Case C'12（圖 4-72）則以時序列方式分別對於 Vamco 颱風及 Krovanh 颱風做實際預測，從圖 4-71 及圖 4-73 中可以發現其相關係數皆在 0.98 以上，表示預測值與觀測值有高度相關，故預測結果良好。圖 4-74 則為 Dujuan 颱風的預測案例（Case C'13），由圖可知預測值介於實測值與調和分析潮位值之間，預測結果的散佈情況如圖 4-75 所示，相關係數為 0.9547，仍可顯示其有效之預測。

至於台中測站之案例分析，從觀測潮位與調和分析潮位的比較（圖 4-76 至圖 4-78），可以看出颱風引致之水位反映出微量的暴潮變化。台中測站也與上述案例使用相同的訓練方式，經網路架構最佳化後，套入前述之預測模式進行實測分析。圖 4-79 即為 Krovanh 颱風期間之預測結果（Case D'10），整體預測趨勢十分明確，圖 4-80 則為其散佈圖，相關係數為 0.9798。Case D'11、Case D'12 及 Case D'13 則以時序列方式對潮位變化進行預測，從圖 4-81 及圖 4-83 中可以看出預測結果良好，而散佈圖亦呈現高度之相關性（圖 4-82 及圖 4-84）。圖 4-85 為 Case D'13 的預測結果並加入調和分析潮位做比較，由圖中可發現在暴潮偏差不明顯的情況下，本模式仍能適當的描繪出潮位的些微變化，且試測結果佳，相關係數達 0.9673（圖 4-86）。

圖 4-87、圖 4-88 及圖 4-89 分別為 Vamco 颱風、Krovanh 颱風與 Dujuan 颱風過境期間，在富岡測站之潮位變化情形。引用與前述案例相同之分析方式，對富岡測站進行潮位變化的實際預測，Case H'10 為 Krovanh 颱風期間之預測，結果繪於圖 4-90 中，從其相關係數 0.9824（圖 4-91）可以得知預測結果良好。而於圖

4-92 及圖 4-94 的潮位變化結果亦顯示出 Case D'11 及 Case D'12 的潮位預測趨勢與觀測值相符，同時由圖 4-93 及圖 4-95 中的散佈狀況，得到相關係數分別為 0.9836 與 0.9806。同理於 Case D'13 的預測結果圖（圖 4-96）中加入調和分析潮位進行比對，均可獲得滿意的預測結果（圖 4-97）。

至於後壁湖及花蓮測站的預測方面，因缺少 Krovanh 颱風期間的潮位資料，故此二測站僅針對 Vamco 及 Dujuan 颱風侵台期間，以序列的模式分別進行暴潮之預測。圖 4-98 及圖 4-99 為颱風期間後壁湖測站之潮位變化情形，由圖可知潮位波動的情況十分明顯，並有強烈的暴潮位發生。同前述案例的方式進行網路模式最佳化後，再進行實際預測，由 Case G'11 的預測結果（圖 4-100）可以發現，本模式大致可以反映出水位整體的抬升現象，卻不容易精準的預測出每個時間點的潮位，其原因為每一時間點的變動太大，而本案例又是以短期的資進行訓練與預測，造成單點的誤差值較大，但相關係數 0.8155 已呈現出良好的結果（圖 4-101）。而 Case G'13 的相關係數僅 0.7405（圖 4-103），但從圖 4-102 中以預測潮位與調和分析潮位的比較，也反映出良好的預測結果。而花蓮測站在颱風過境時潮位變化如圖 4-104、圖 4-105 所示，由於此測站在 Vamco 颱風期間的潮位波動並未似後壁湖的情形那麼激烈，故在 Case I'11 及 Case I'13 的預測結果中（圖 4-106 及圖 4-108），明顯較後壁湖測站為佳，而圖 4-107 與 4-109 分別為散佈圖，相關係數皆達 0.95 以上。

最後在新竹與澎湖測站驗證方面，由於此二測站僅有 Dujuan 颱風期間之完整資料，故以序列的模式來預測暴潮之發生，圖 4-110 與圖 4-111 分別是新竹及澎湖測站在颱風過境時的潮位變化，可以發現新竹測站並無明顯的潮位變動，主要是因為此測站與 Dujuan 颱風之行進路徑間保有相當的距離，相較之下澎湖測站就有較明顯的暴潮發生。網路最佳化與實際預測之模式與前面的案例相同，Case E'13 為新竹測站的預測結果（圖 4-112），圖 4-113 顯示其散佈狀況，相關係數達 0.9945。而圖 4-114 則是澎湖測站對 Dujuan 颱風期間之預測結果（Case F'13），係數為 0.9969 呈現出預測值與觀測值間的高度相關（圖 4-115）。

表 4-1 將軍測站類神經網路架構測試案例組合 I

Case	Training Data	Testing Data
A1	Vamco (8/19-8/20)	Krovanh (8/22-8/23)
A2	Vamco (8/19-8/20)	Dujuan (8/31-9/1)
A3	Krovanh (8/22-8/23)	Dujuan (8/31-9/1)

表 4-2 將軍測站 Case A1 網路架構測最佳化過程

Hidden Neural	η	α	Epochs	RMSE(m)	CC
3	0.05	0.9	10000	0.0542	0.9880
6	0.05	0.9	10000	0.0539	0.9883
9	0.05	0.9	10000	0.0619	0.9863
12	0.05	0.9	10000	0.0541	0.09880
6	0.1	0.9	10000	0.0789	0.09797
6	0.2	0.9	10000	0.0522	0.9912
6	0.3	0.9	10000	0.0663	0.9821
6	0.2	0.8	10000	0.0541	0.9877
6	0.2	0.7	10000	0.0546	0.9881
6	0.2	0.6	10000	0.0551	0.9880
6	0.2	0.9	5000	0.0625	0.9840
6	0.2	0.9	15000	0.0701	0.9806
6	0.2	0.9	20000	0.903	0.9737

表 4-3 將軍測站 Case A1 至 Case A3 網路架構測試最佳化結果

Case	Hidden Neural	η	α	Epochs	RMSE(m)	CC
A1	6	0.2	0.9	10000	0.0522	0.9912
A2	6	0.05	0.9	10000	0.0984	0.9766
A3	6	0.05	0.9	5000	0.1058	0.9736

表 4-4 將軍測站類神經網路架構測試案例組合 II

Case	Training Data	Testing Data
A4	1/3 Vamco (8/19, 00:00-15:00)	2/3 Vamco (8/19, 16:00-8/20)
A5	1/2 Vamco (8/19)	1/2 Vamco (8/20)
A6	1/3 Krovanh (8/22, 00:00-15:00)	2/3 Krovanh (8/22, 16:00-8/23)
A7	1/2 Krovanh (8/22)	1/2 Krovanh (8/23)
A8	1/3 Dujuan (8/31)	2/3 Dujuan (8/30-9/1)
A9	1/2 Dujuan (8/31, 00:00-9/1, 11:00)	1/2 Dujuan (9/1, 12:00-9/2)

表 4-5 將軍測站 Case A4 至 Case A9 網路架構測試最佳化結果

Case	Hidden Neural	η	α	Epochs	RMSE(m)	CC
A4	12	0.05	0.5	5000	0.0544	0.9872
A5	9	0.05	0.6	5000	0.0537	0.9909
A6	12	0.1	0.9	10000	0.0680	0.9779
A7	9	0.05	0.9	10000	0.0674	0.9823
A8	9	0.05	0.2	5000	0.1047	0.9725
A9	9	0.4	0.8	15000	0.0984	0.9863

表 4-6 後壁湖、花蓮、新竹與澎湖等測站資料遺失情況

Station	Data Type	Data Scale (Date. Time) / Typhoon	Amount
Houbihu	tidal level	22 Aug. 1900~2345 / Krovanh	50
Hualien	tidal level	22 Aug. 1900~2345 / Krovanh	50
Hsinchu	tidal level	19~20 Aug. / Vamco	240
		22 Aug. 1900~2345 / Krovanh	50
Penghu	tidal level	19 Aug. 0900~20 Aug. / Vamco	390
		22 Aug. 0000~0742 / Krovanh	78
		22 Aug. 1900~2345 / Krovanh	50

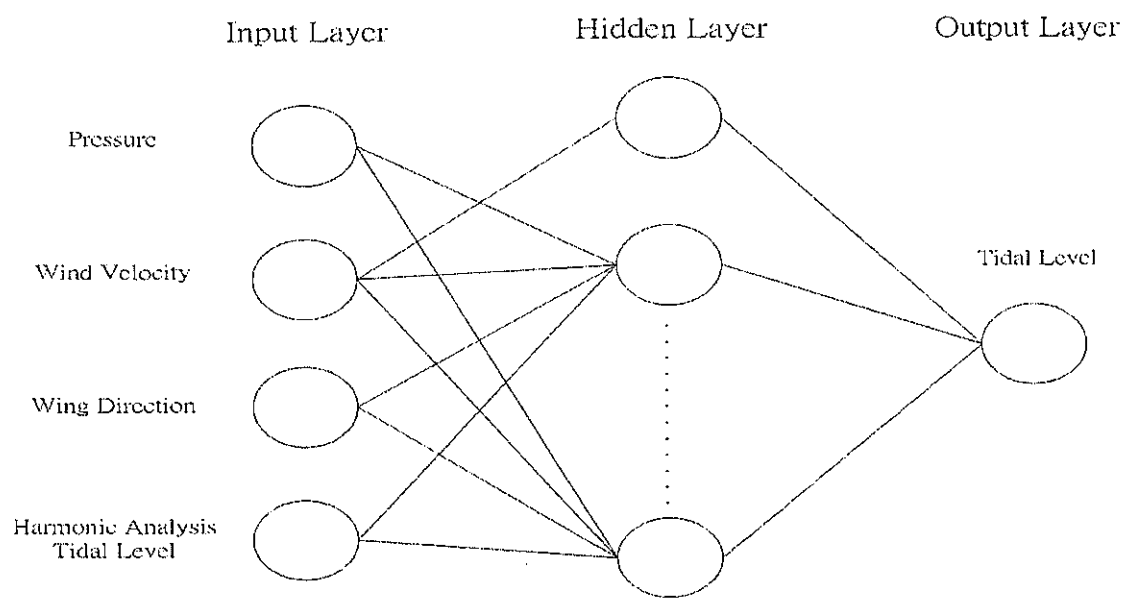


圖 4-1 暴潮預測之類神經網路架構圖

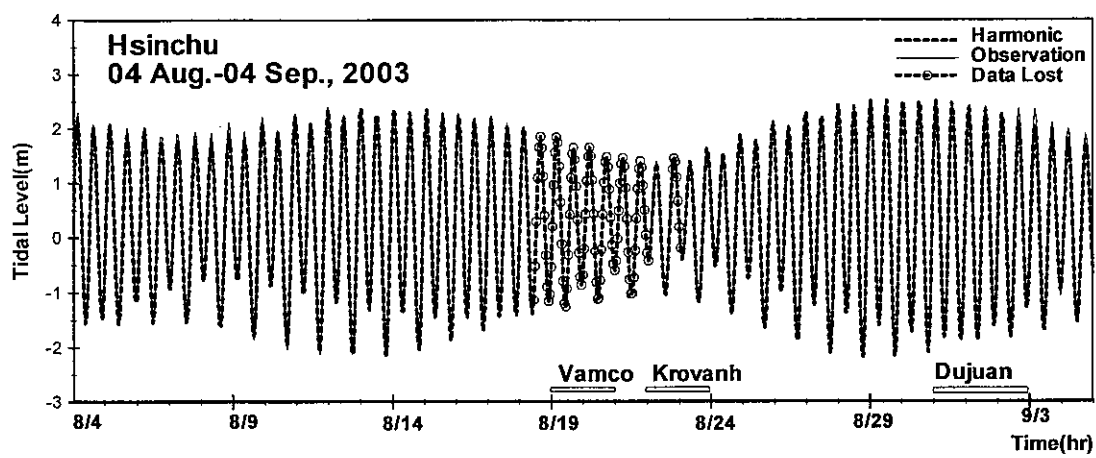


圖 4-2 新竹測站潮位變化圖

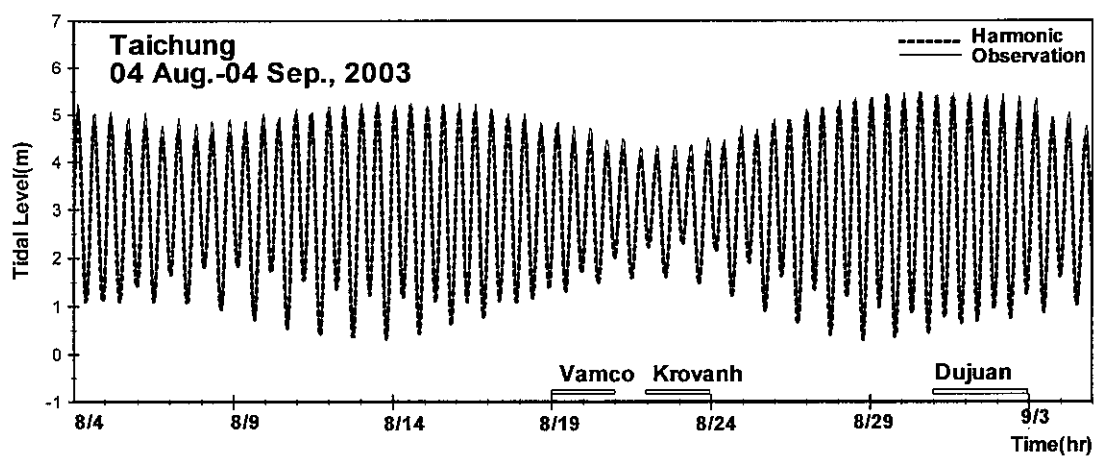


圖 4-3 台中測站潮位變化圖

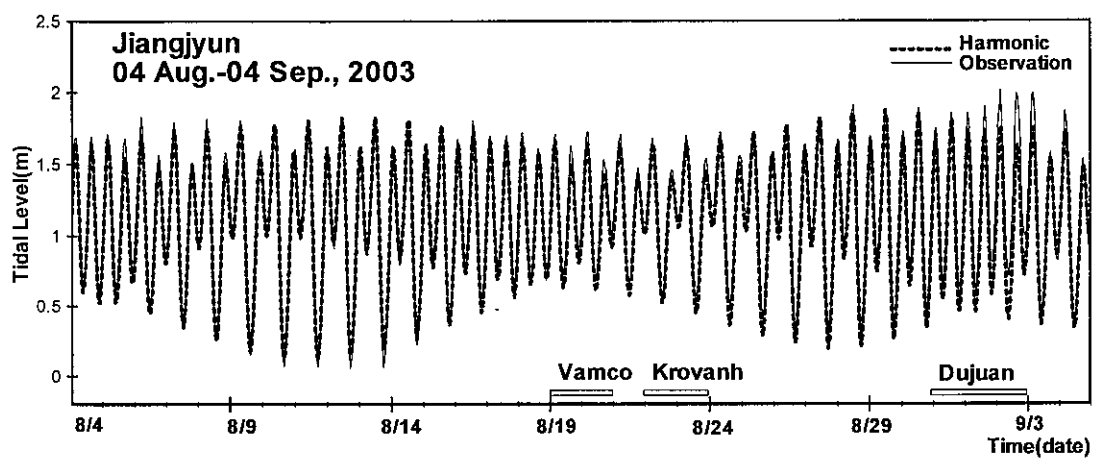


圖 4-4 將軍測站潮位變化圖

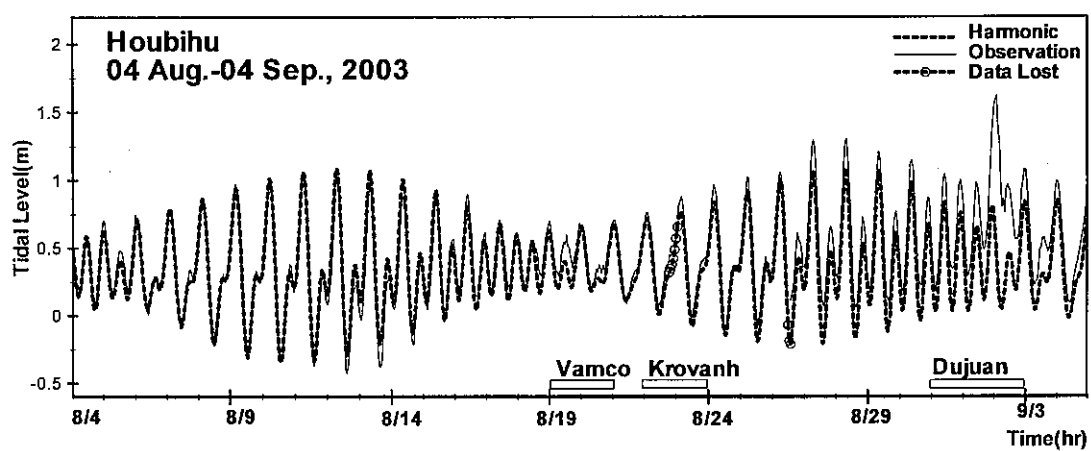


圖 4-5 後壁湖測站潮位變化圖

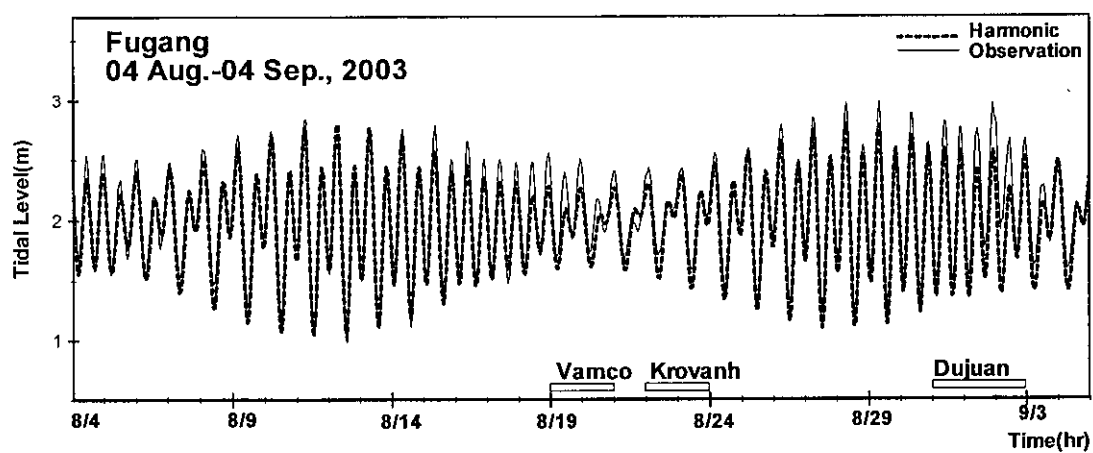


圖 4-6 富岡測站潮位變化圖

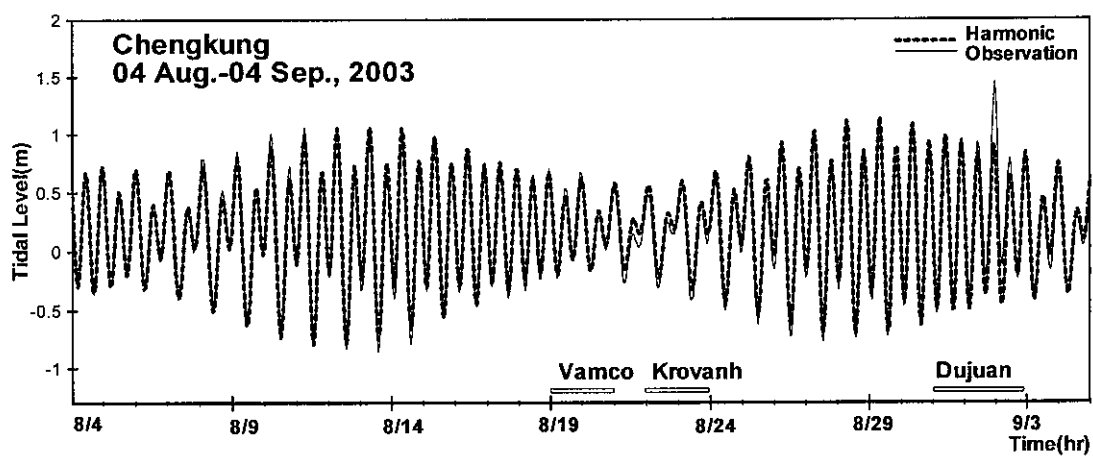


圖 4-7 成功測站潮位變化圖

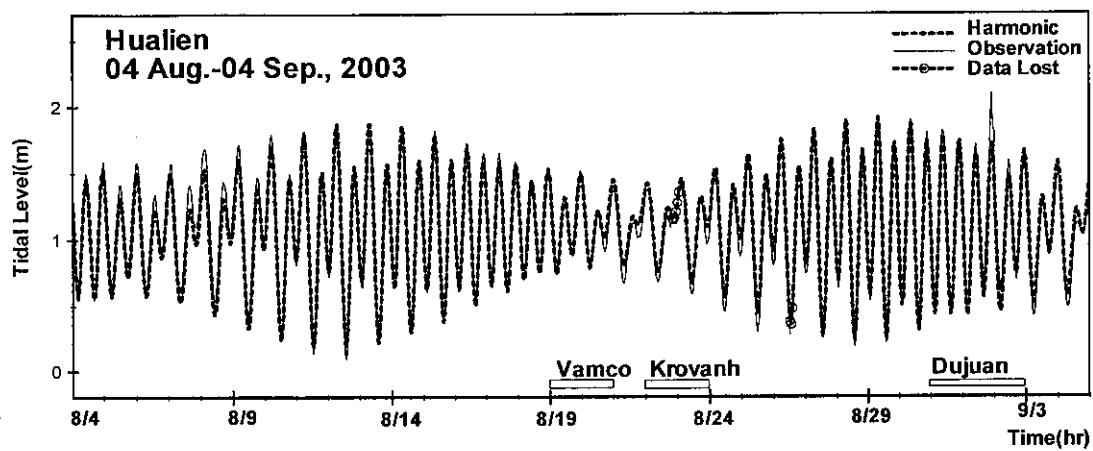


圖 4-8 花蓮測站潮位變化圖

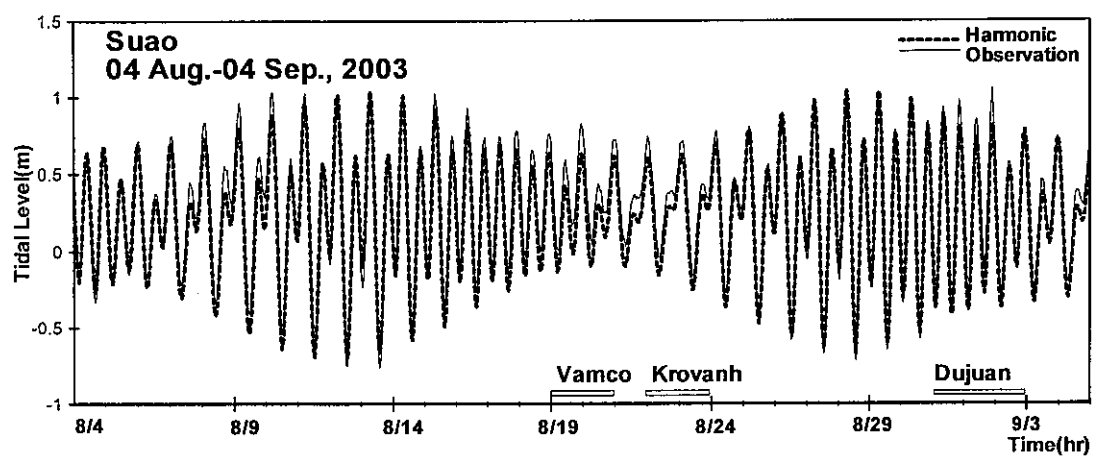


圖 4-9 蘇澳測站潮位變化圖

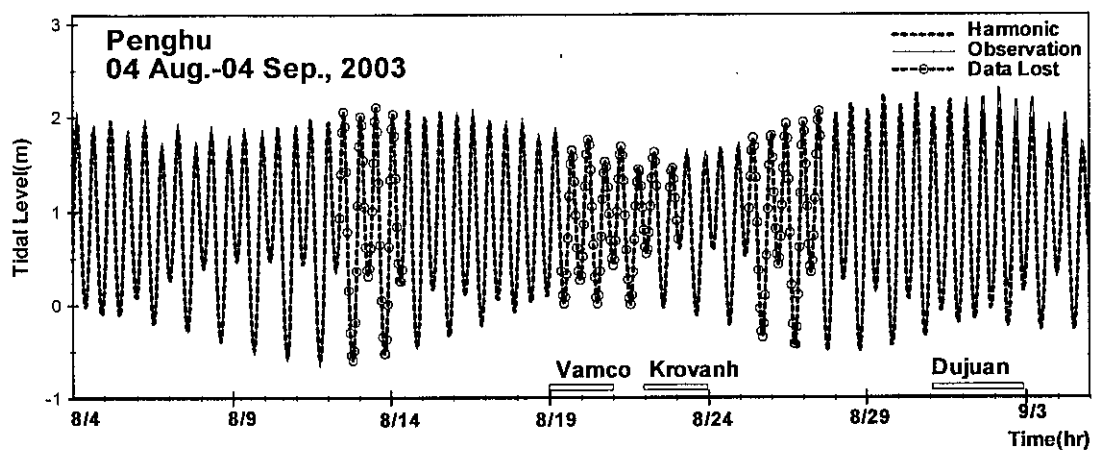


圖 4-10 澎湖測站潮位變化圖

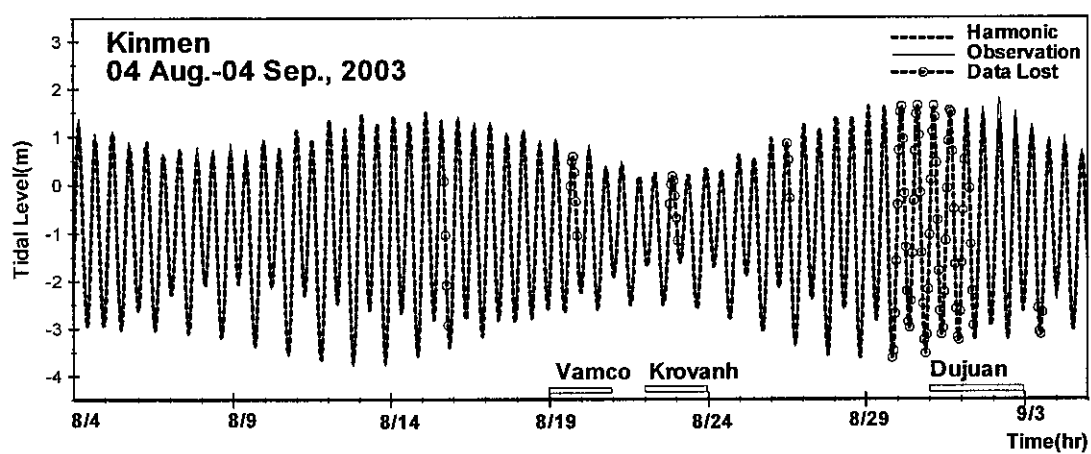


圖 4-11 金門測站潮位變化圖

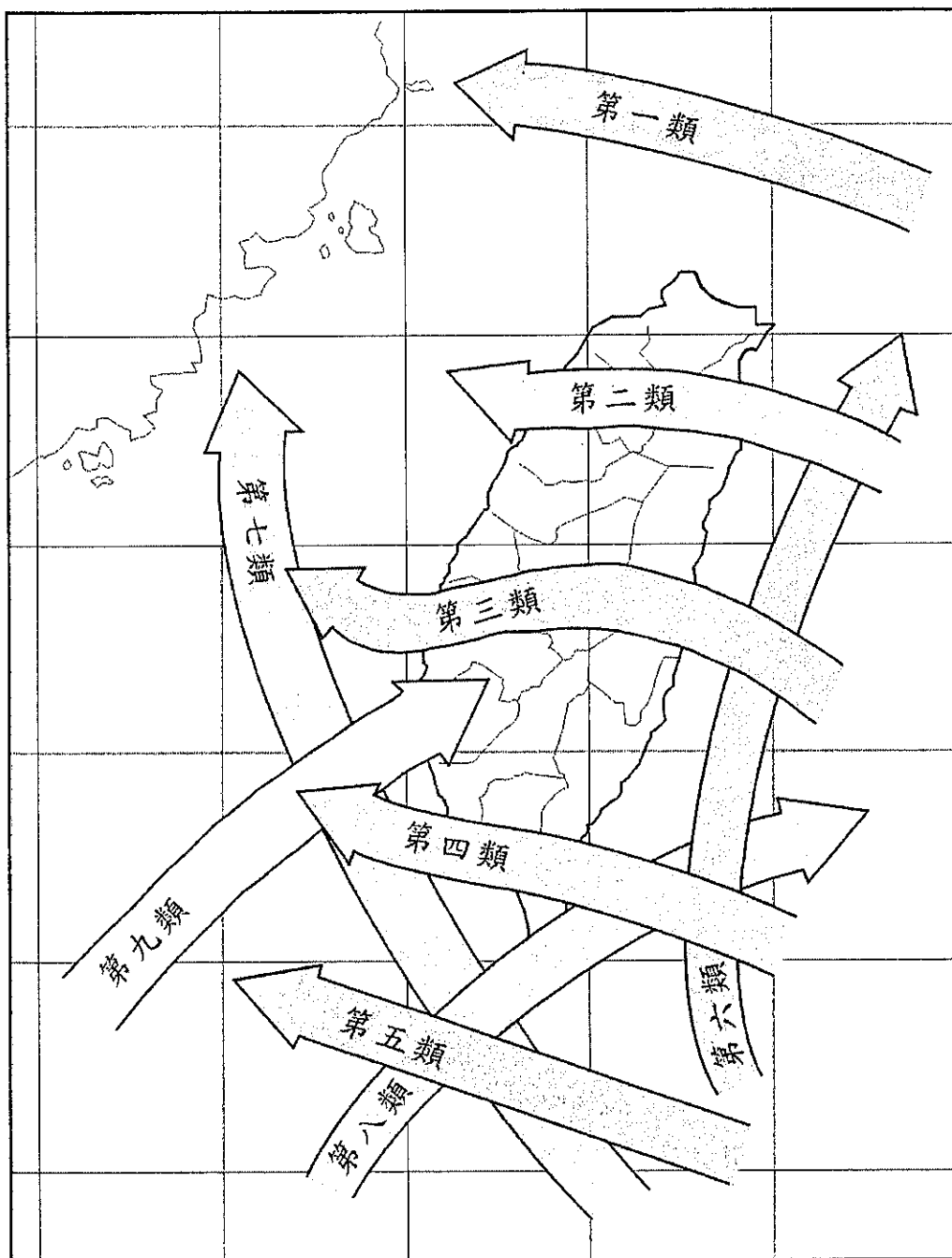
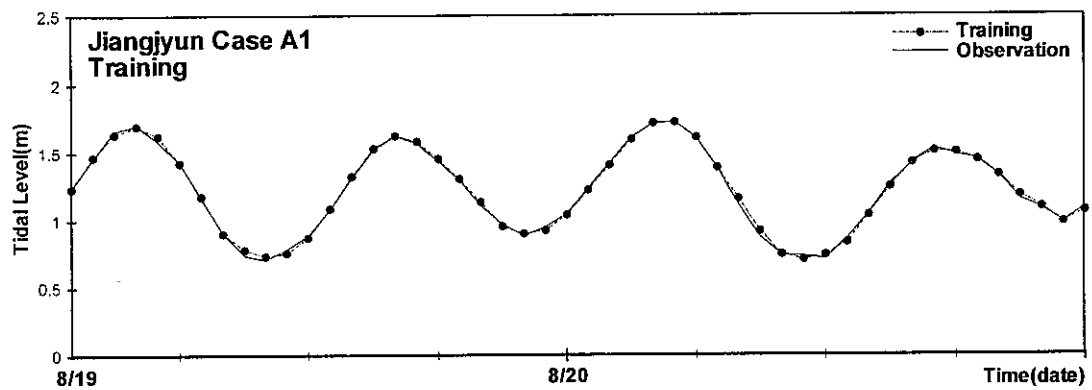
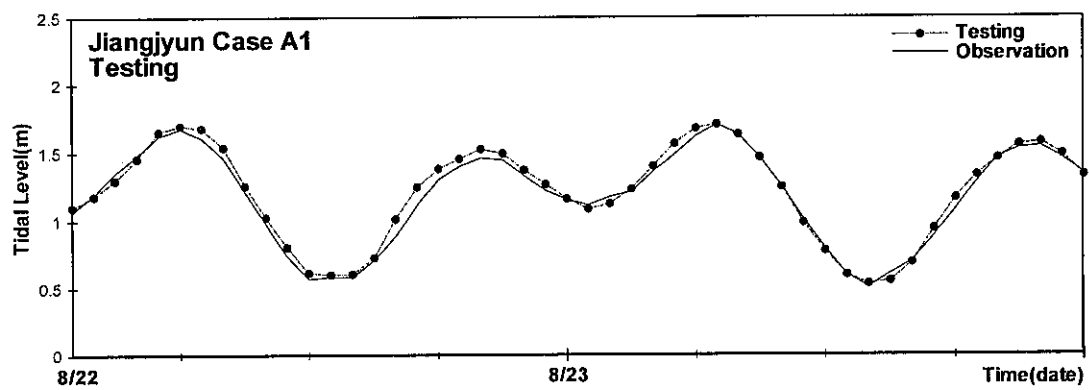


圖 4-12 颱風侵台路徑分類圖（中央氣象局）



(a)



(b)

圖 4-13 將軍 Case A1 最佳化之訓練(a)及測試(b)結果 (Hidden Neural=6、 $\eta=0.2$ 、 $\alpha=0.9$ 、Epoch=10000)

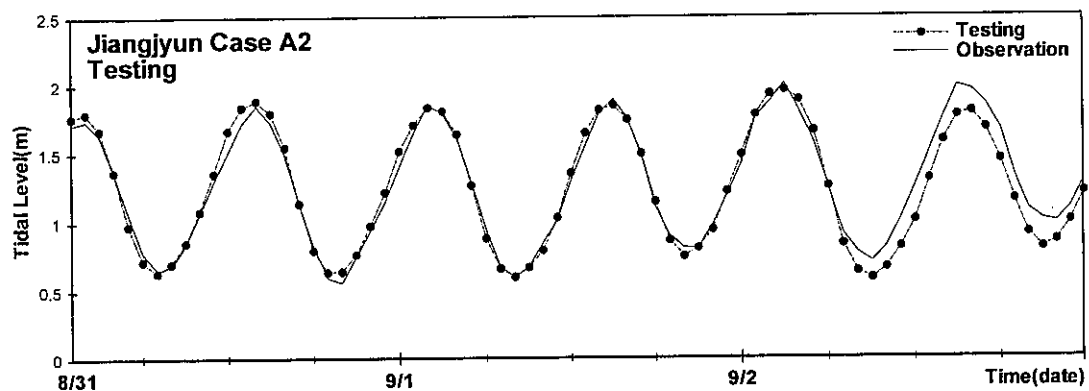


圖 4-14 將軍 Case A2 最佳化之測試結果 (Hidden Neural=6、 $\eta=0.05$ 、 $\alpha=0.9$ 、Epoch=10000)

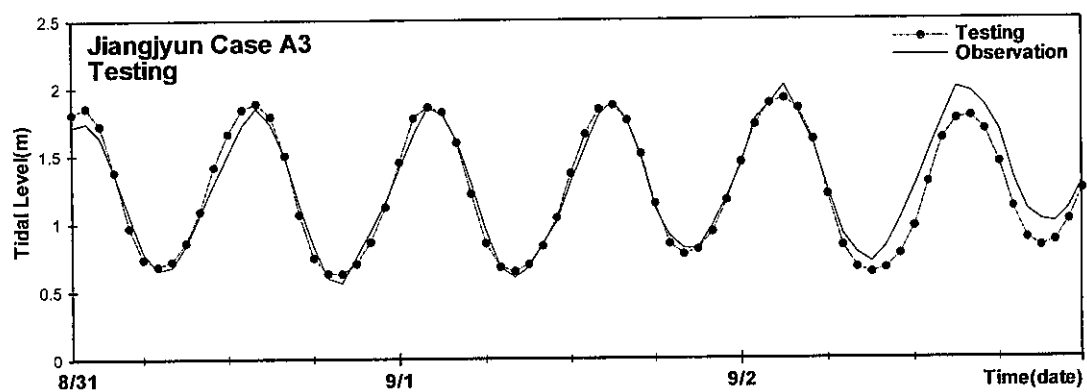


圖 4-15 將軍 Case A3 最佳化之測試結果 (Hidden Neural=6、 $\eta=0.05$ 、 $\alpha=0.9$ 、Epoch=5000)

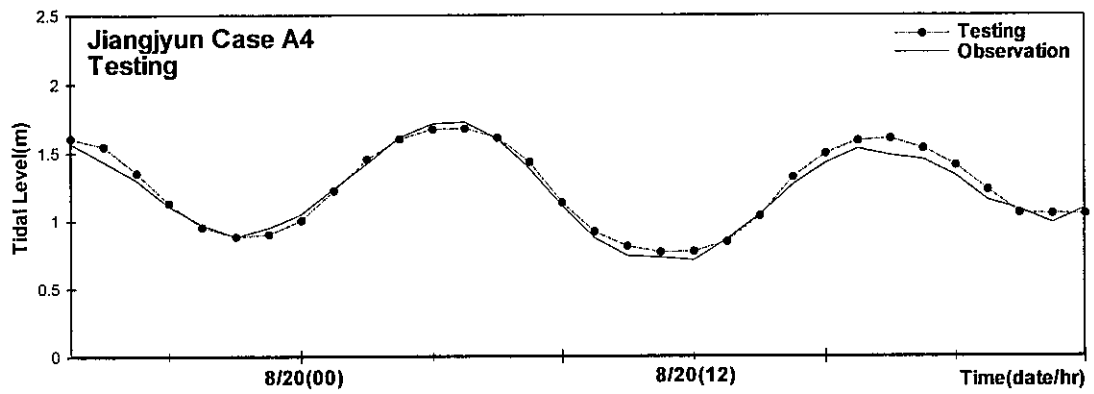


圖 4-16 將軍 Case A4 最佳化之測試結果 (Hidden Neural=12、 $\eta=0.05$ 、 $\alpha=0.5$ 、Epoch=5000)

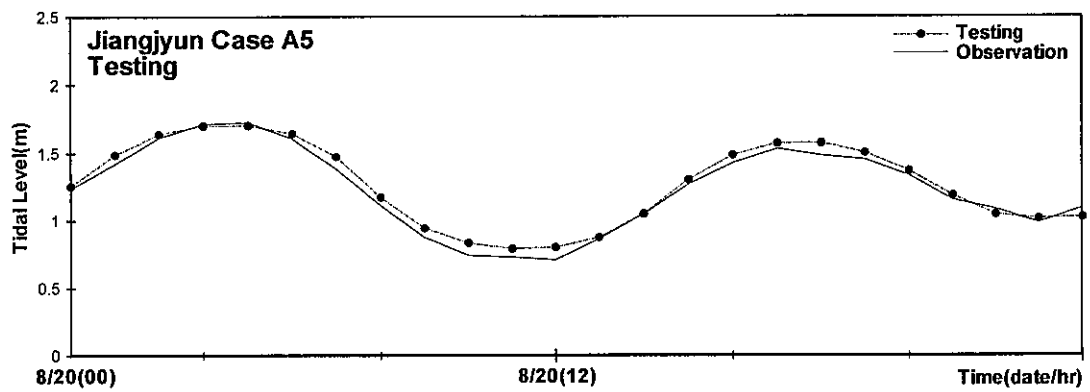


圖 4-17 將軍 Case A5 最佳化之測試結果 (Hidden Neural=9、 $\eta=0.05$ 、 $\alpha=0.6$ 、Epoch=5000)

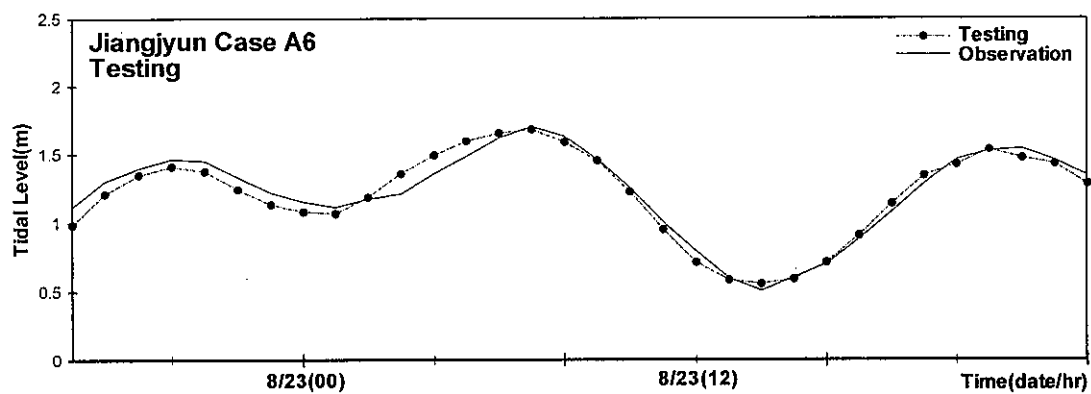


圖 4-18 將軍 Case A6 最佳化之測試結果 (Hidden Neural=12、 $\eta=0.1$ 、 $\alpha=0.9$ 、Epoch=10000)

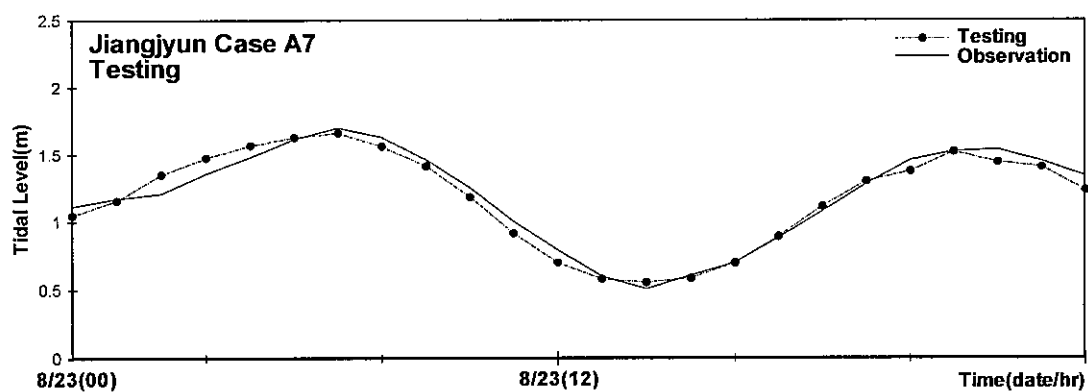


圖 4-19 將軍 Case A7 最佳化之測試結果 (Hidden Neural=9、 $\eta=0.05$ 、 $\alpha=0.9$ 、Epoch=10000)

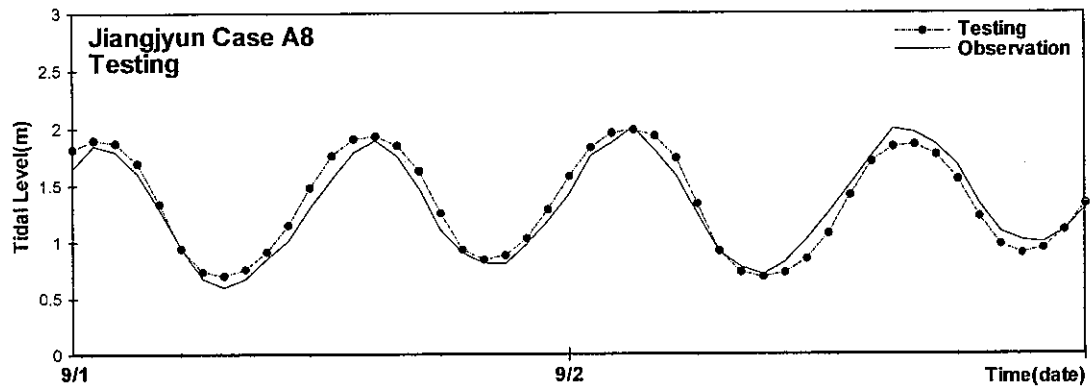


圖 4-20 將軍 Case A8 最佳化之測試結果 (Hidden Neural=9、 $\eta=0.05$ 、 $\alpha=0.2$ 、Epoch=5000)

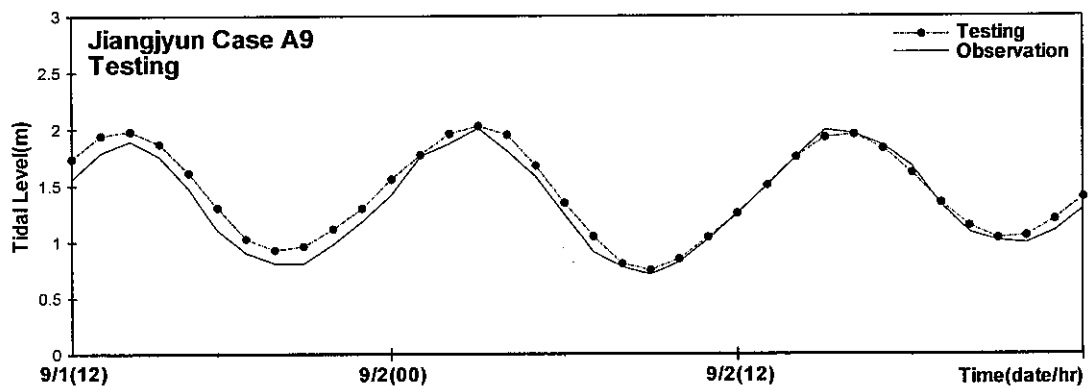


圖 4-21 將軍 Case A9 最佳化之測試結果 (Hidden Neural=9、 $\eta=0.4$ 、 $\alpha=0.8$ 、Epoch=15000)

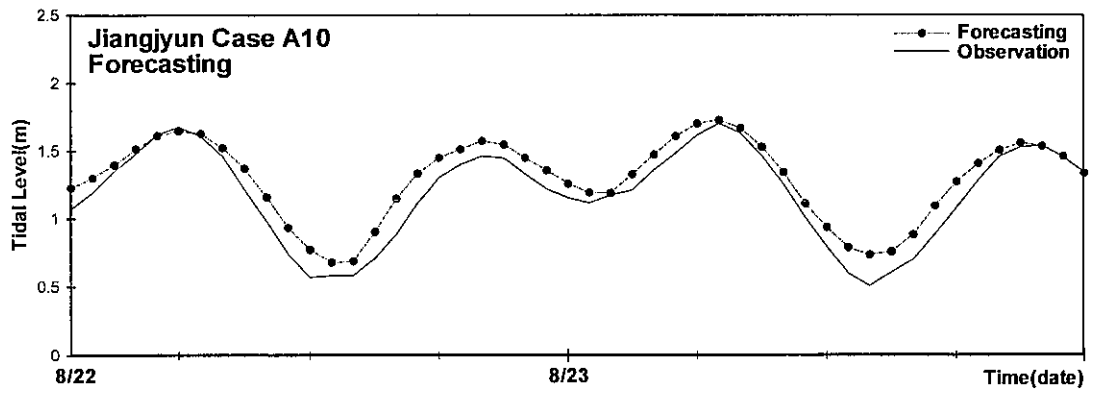


圖 4-22 將軍 Case A10 以 Krovanh 颱風侵襲期間暴潮預測之結果 (RMS=0.1284)

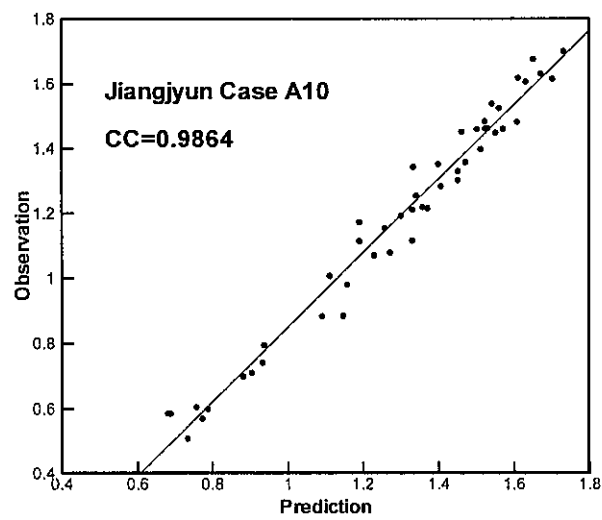


圖 4-23 將軍 Case A10 預測結果散佈圖

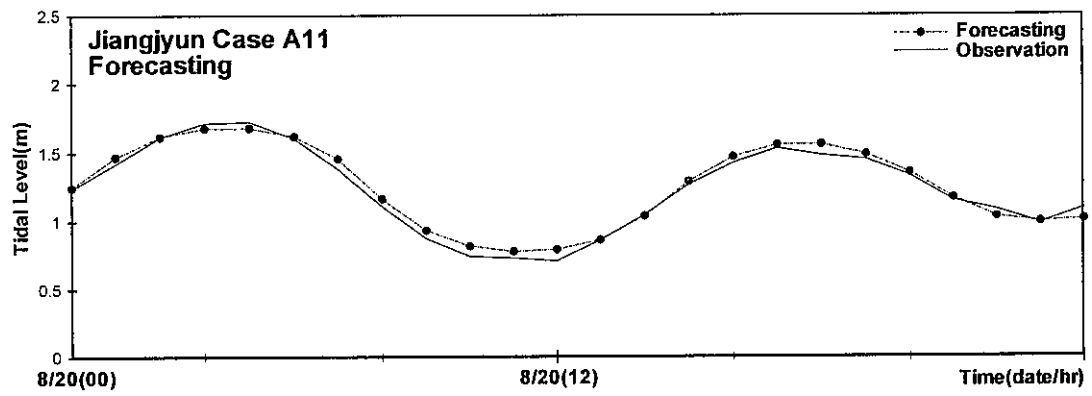


圖 4-24 將軍 Case A11 以 Vamco 颱風侵襲後期暴潮預測之結果 (RMS=0.0476)

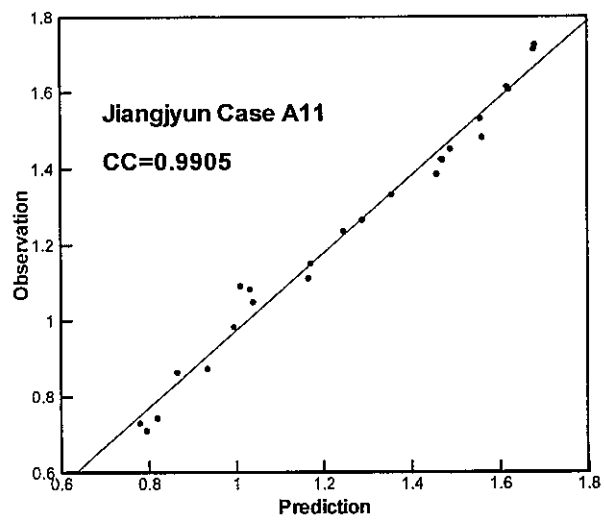


圖 4-25 將軍 Case A11 預測結果散佈圖

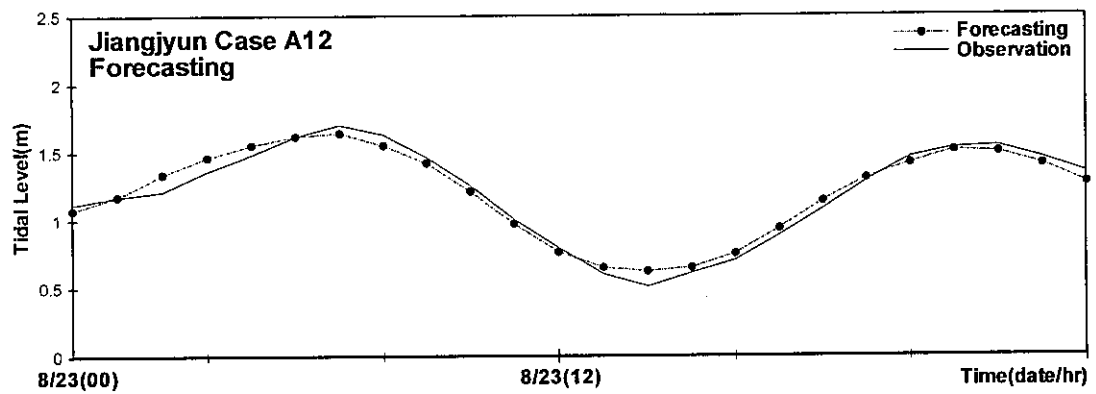


圖 4-26 將軍 Case A12 以 Krovanh 颱風侵襲後期暴潮預測之結果 (RMS=0.0581)

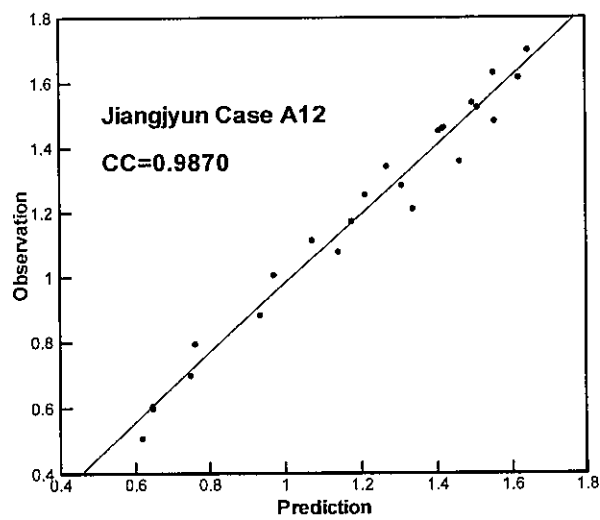


圖 4-27 將軍 Case A12 預測結果散佈圖

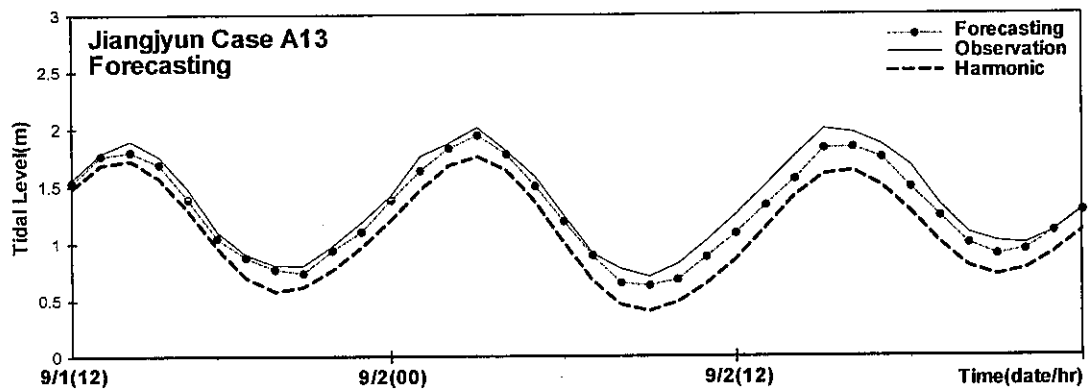


圖 4-28 將軍 Case A13 以 Dujuan 颱風侵襲後期暴潮預測之結果 (RMS=0.1006)

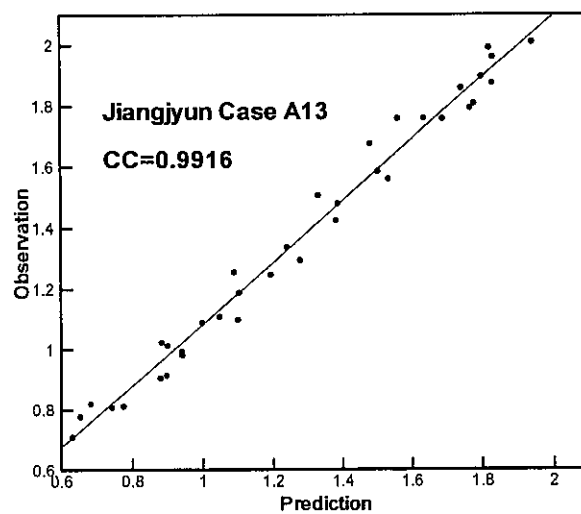


圖 4-29 將軍 Case A13 預測結果散佈圖

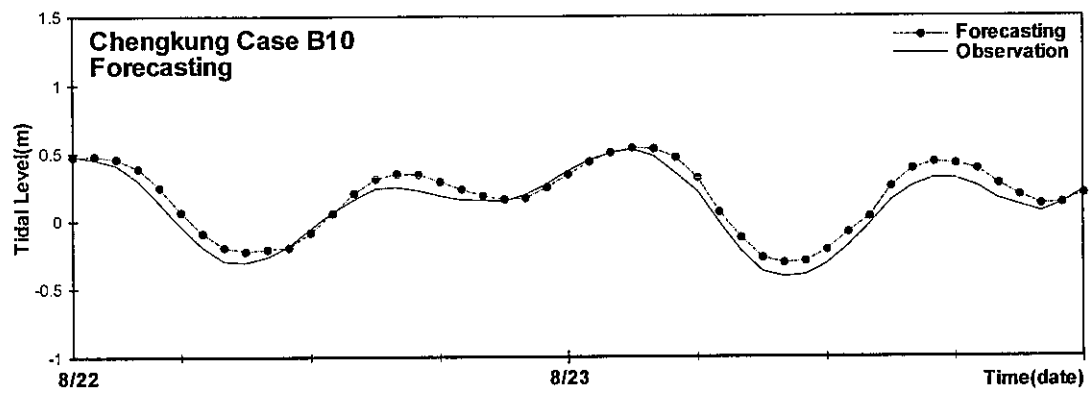


圖 4-30 成功 Case B10 以 Krovanh 颱風侵襲期間暴潮預測之結果 (RMS=0.0796)

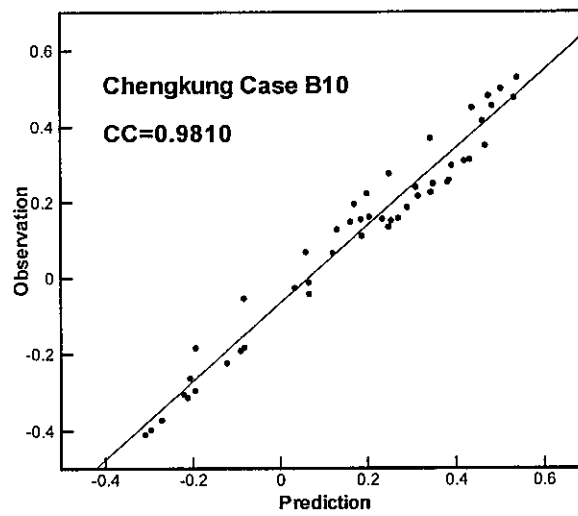


圖 4-31 成功 Case B10 預測結果散佈圖

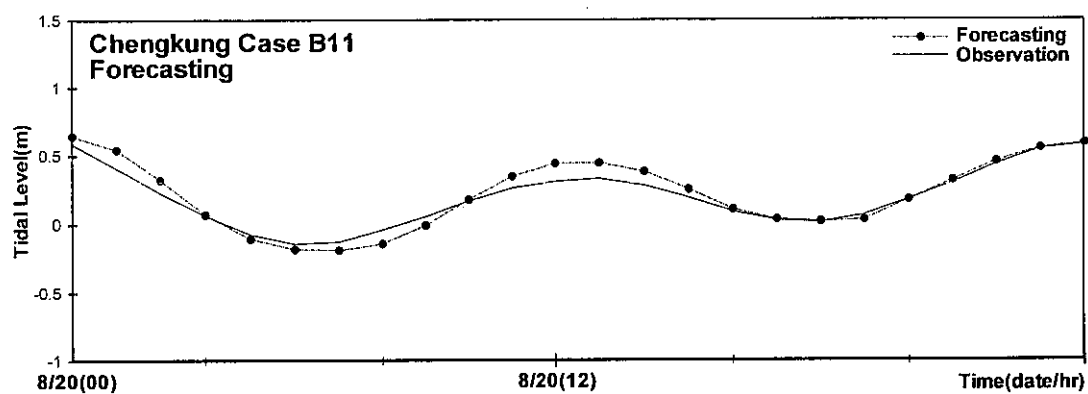


圖 4-32 成功 Case B11 以 Vamco 颱風侵襲後期暴潮預測之結果 (RMS=0.0659)

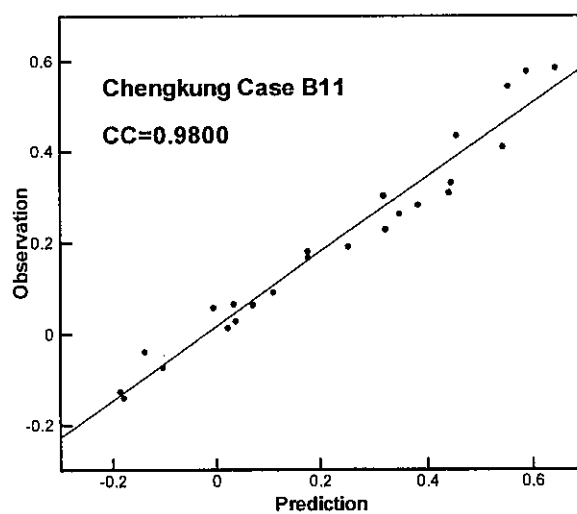


圖 4-33 成功 Case B11 預測結果散佈圖

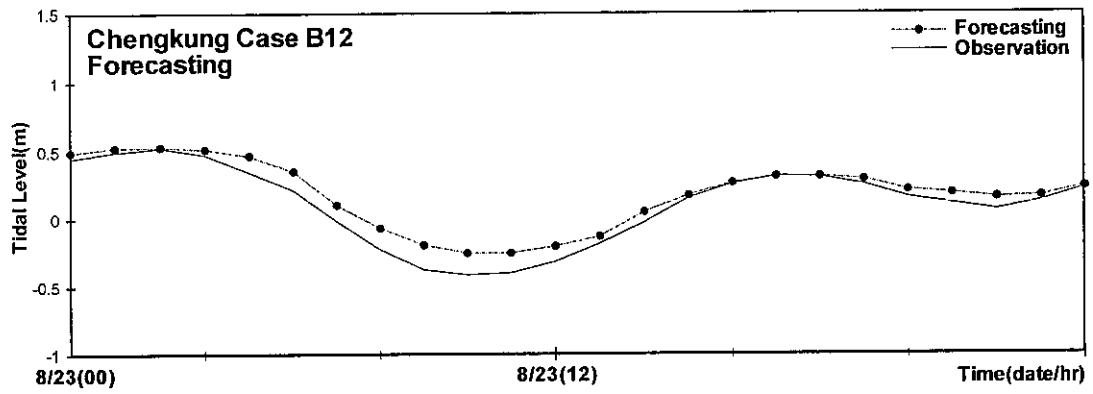


圖 4-34 成功 Case B12 以 Krovanh 颱風侵襲後期暴潮預測之結果 (RMS=0.0909)

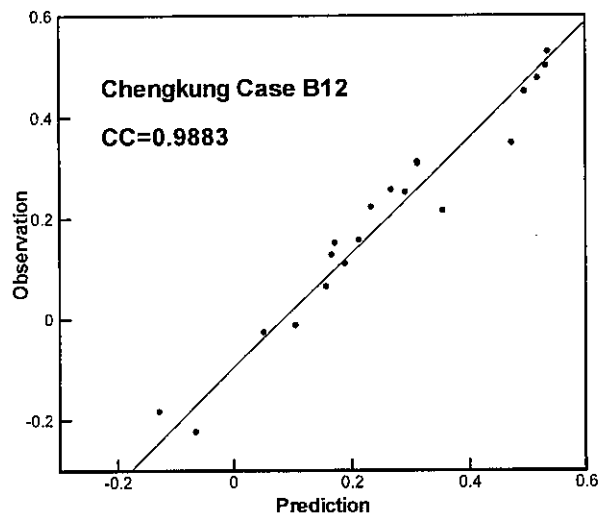


圖 4-35 成功 Case B12 預測結果散佈圖

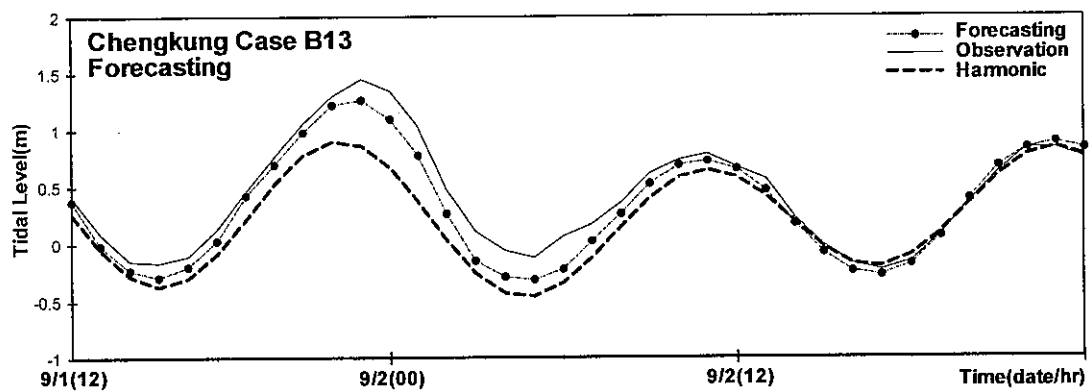


圖 4-36 成功 Case B13 以 Dujuan 颱風侵襲後期暴潮預測之結果 (RMS=0.1290)

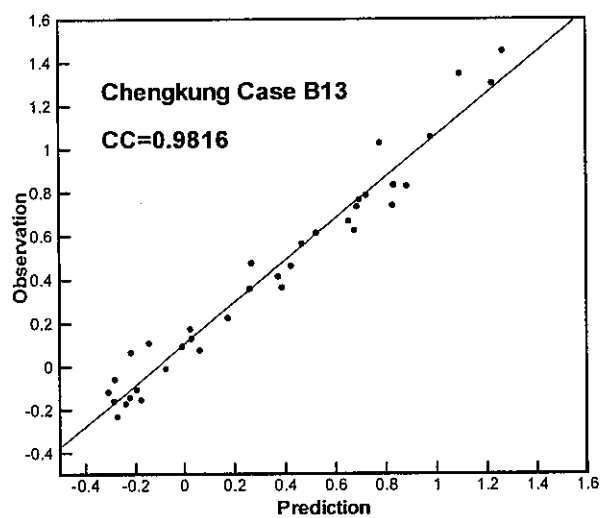


圖 4-37 成功 Case B13 預測結果散佈圖

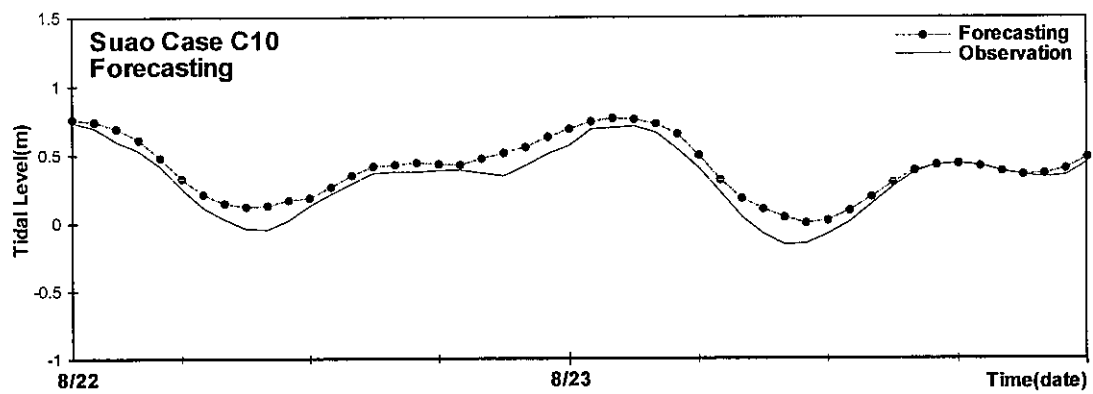


圖 4-38 蘇澳 Case C10 以 Krovanh 颱風侵襲期間暴潮預測之結果 (RMS=0.0934)

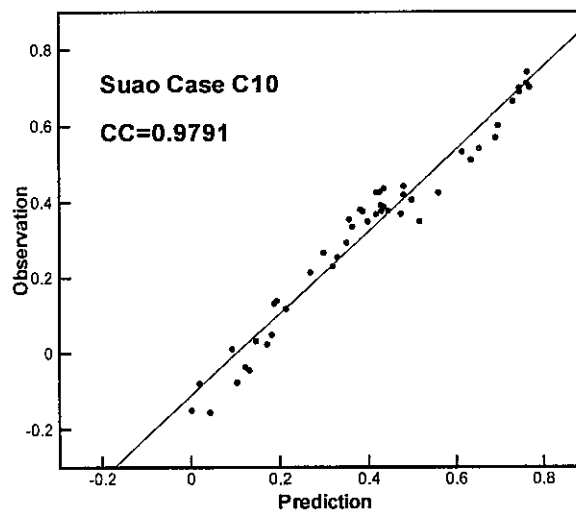


圖 4-39 蘇澳 Case C10 預測結果散佈圖

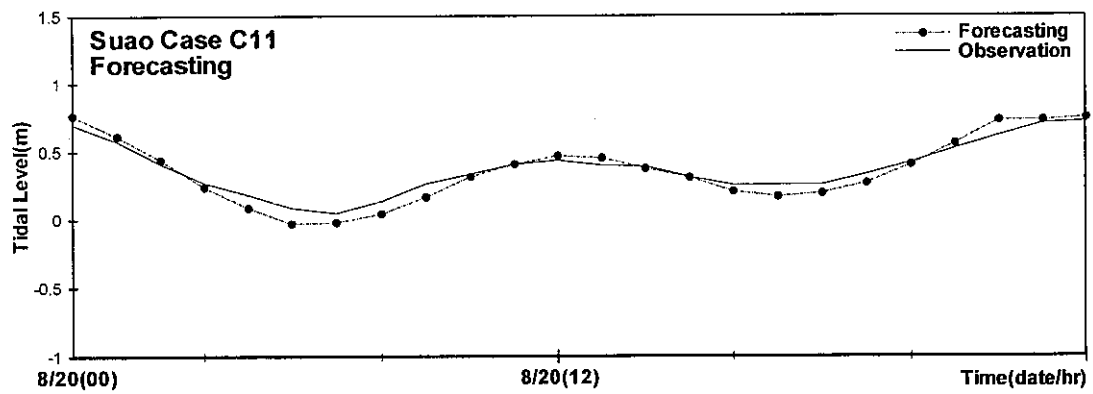


圖 4-40 蘇澳 Case C11 以 Vamco 颱風侵襲後期暴潮預測之結果 (RMS=0.0584)

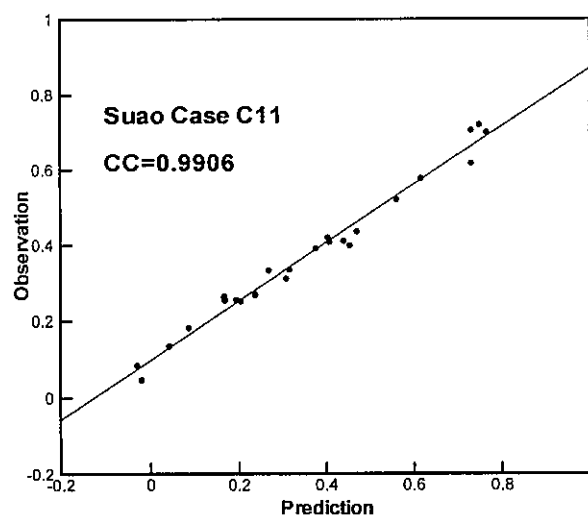


圖 4-41 蘇澳 Case C11 預測結果散佈圖

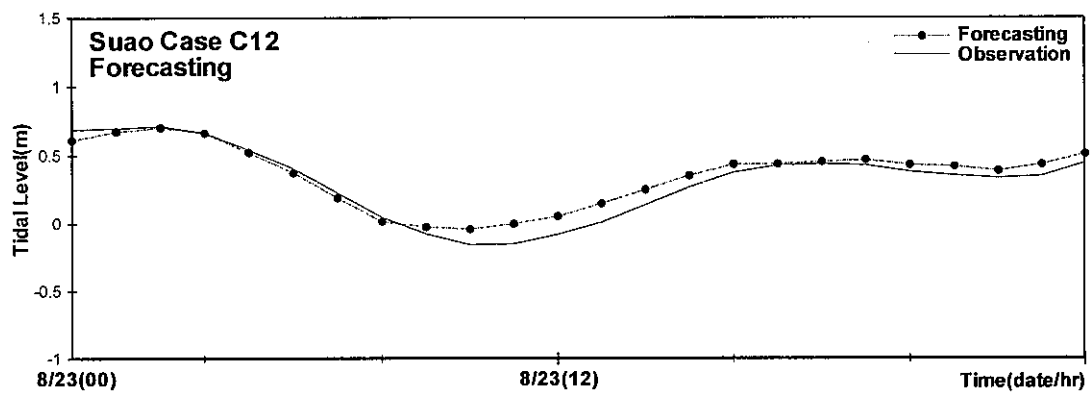


圖 4-42 蘇澳 Case C12 以 Krovanh 颱風侵襲後期暴潮預測之結果 (RMS=0.0739)

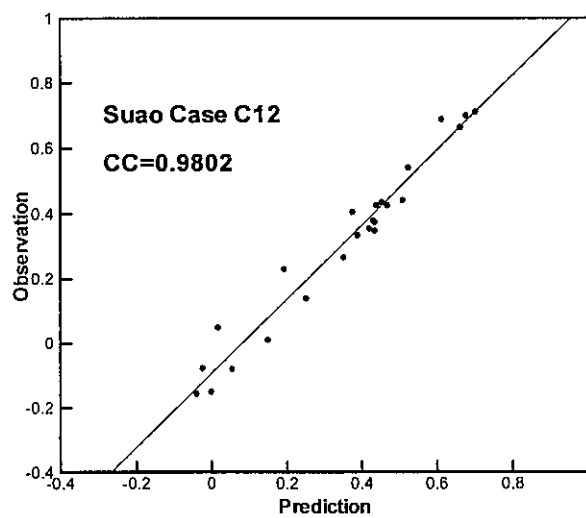


圖 4-43 蘇澳 Case C12 預測結果散佈圖

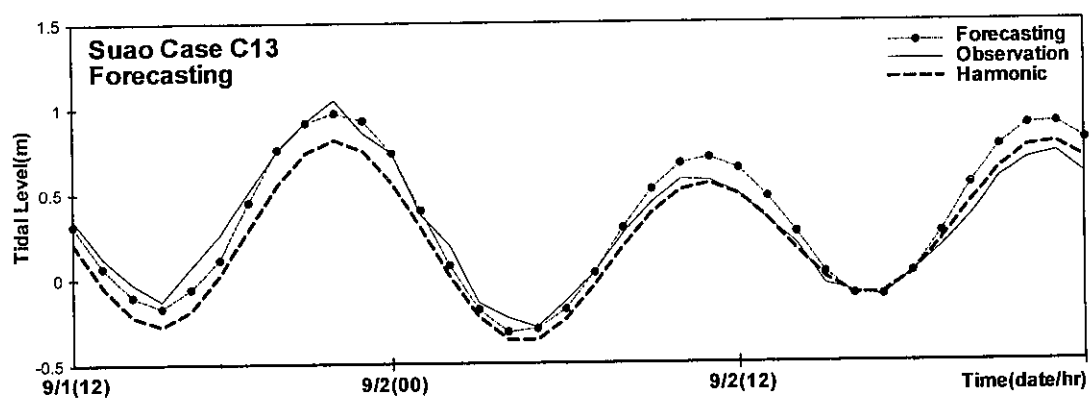


圖 4-44 蘇澳 Case C13 以 Dujuan 颱風侵襲後期暴潮預測之結果 (RMS=0.1014)

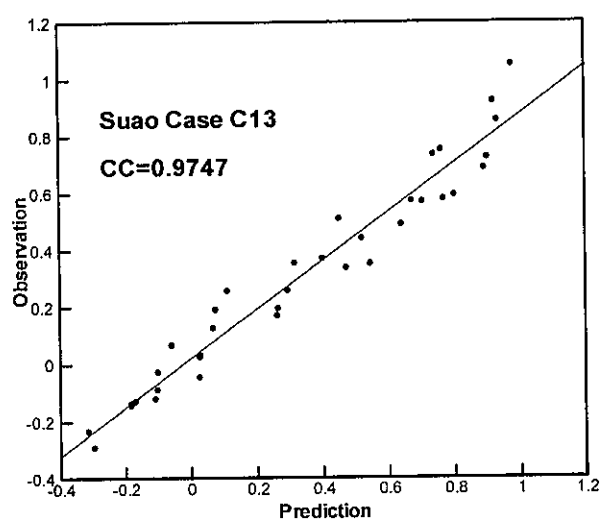


圖 4-45 蘇澳 Case C13 預測結果散佈圖

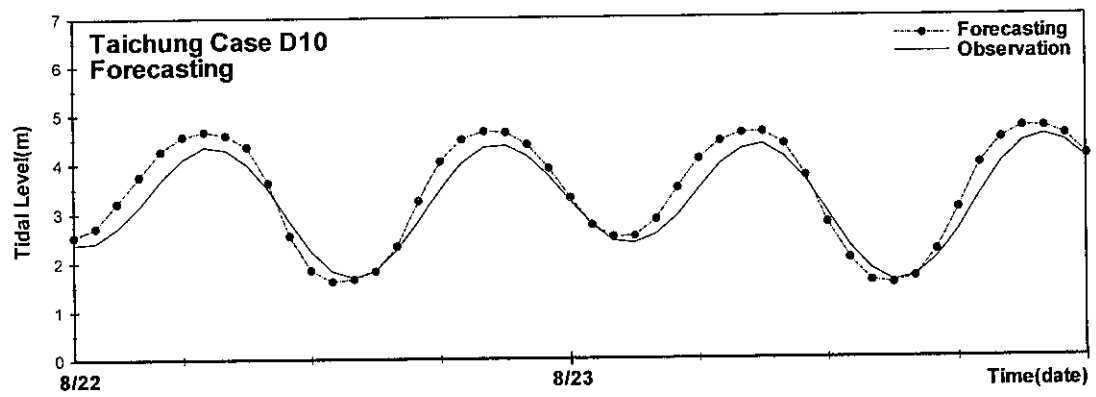


圖 4-46 台中 Case D10 以 Krovanh 颱風侵襲期間暴潮預測之結果 (RMS=0.3337)

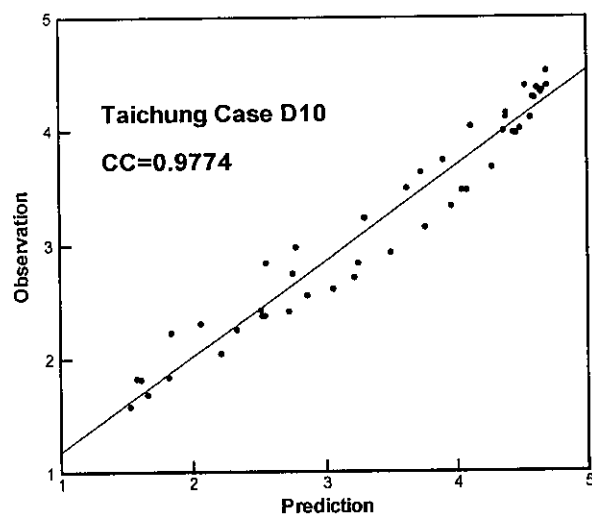


圖 4-47 台中 Case D10 預測結果散佈圖

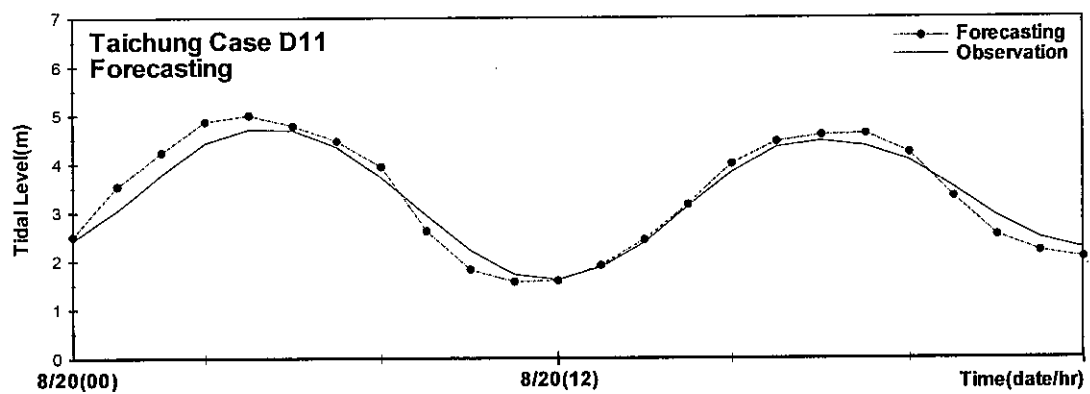


圖 4-48 台中 Case D11 以 Vamco 颱風侵襲後期暴潮預測之結果 (RMS=0.2531)

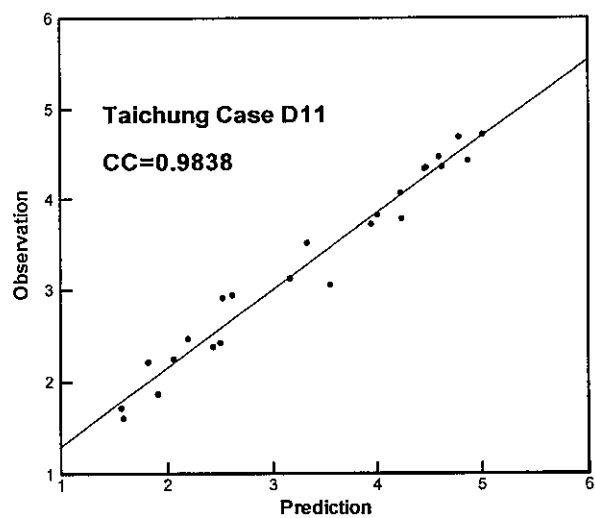


圖 4-49 台中 Case D11 預測結果散佈圖

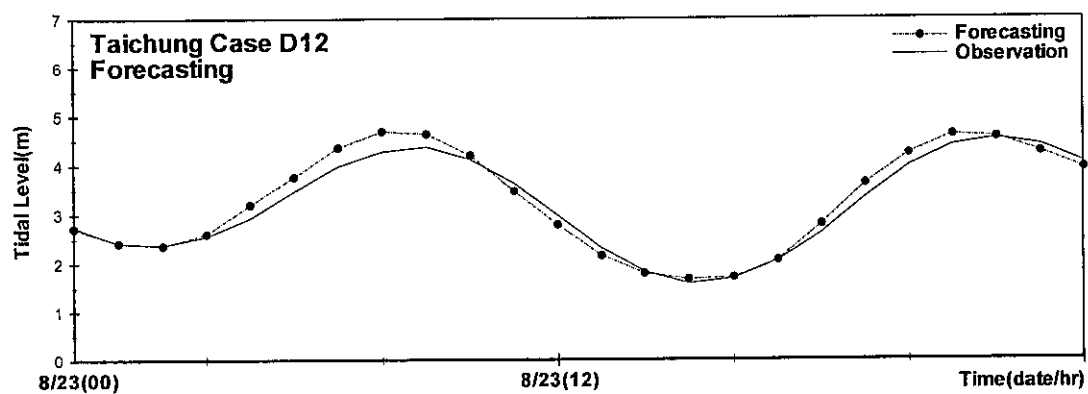


圖 4-50 台中 Case D12 以 Krovanh 颱風侵襲後期暴潮預測之結果 (RMS=0.1932)

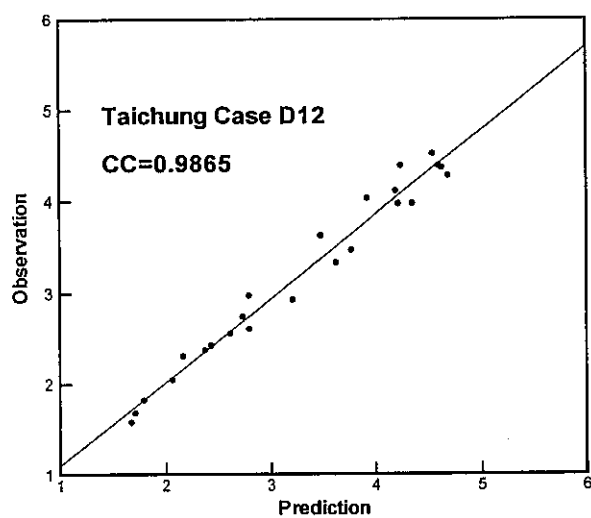


圖 4-51 台中 Case D12 預測結果散佈圖

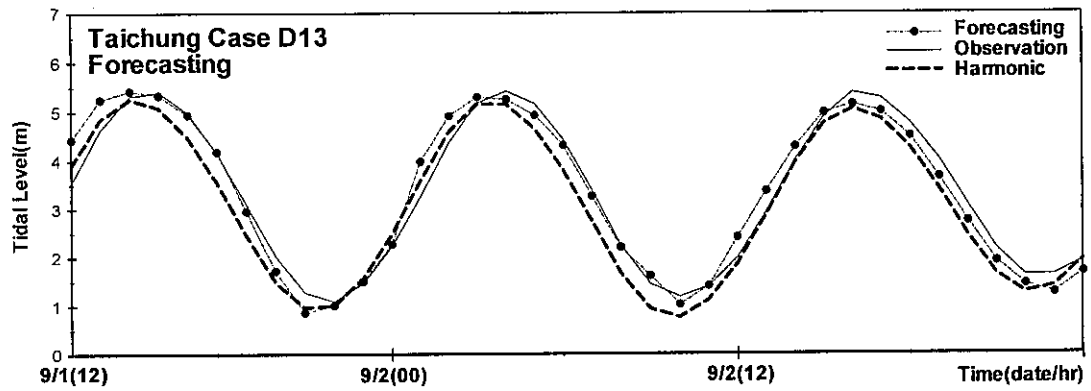


圖 4-52 台中 Case D13 以 Dujuan 颱風侵襲後期暴潮預測之結果 (RMS=0.3226)

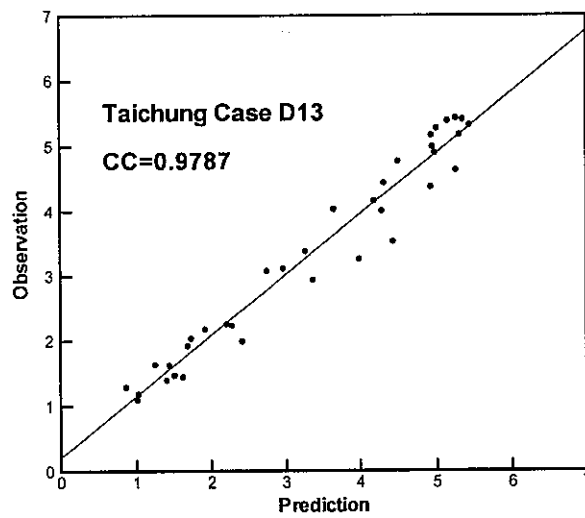


圖 4-53 台中 Case D13 預測結果散佈圖

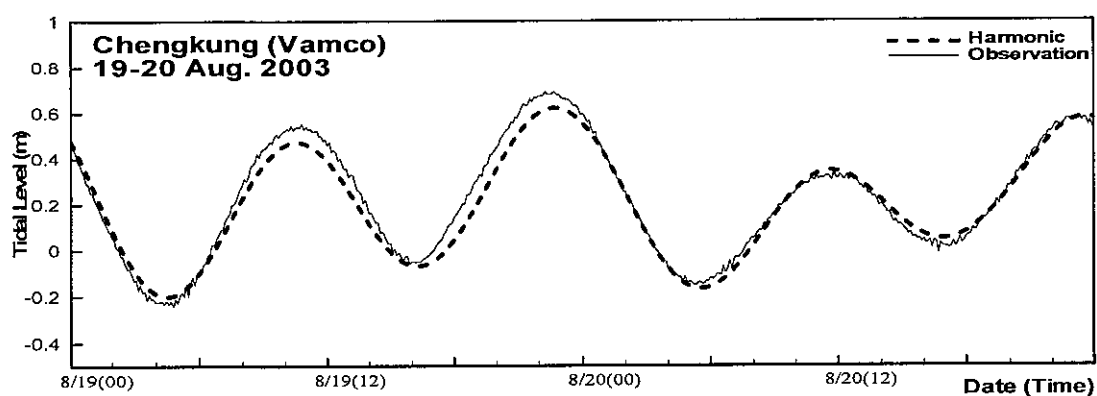


圖 4-54 Vamco 颱風侵襲期間成功測站之潮位變化圖

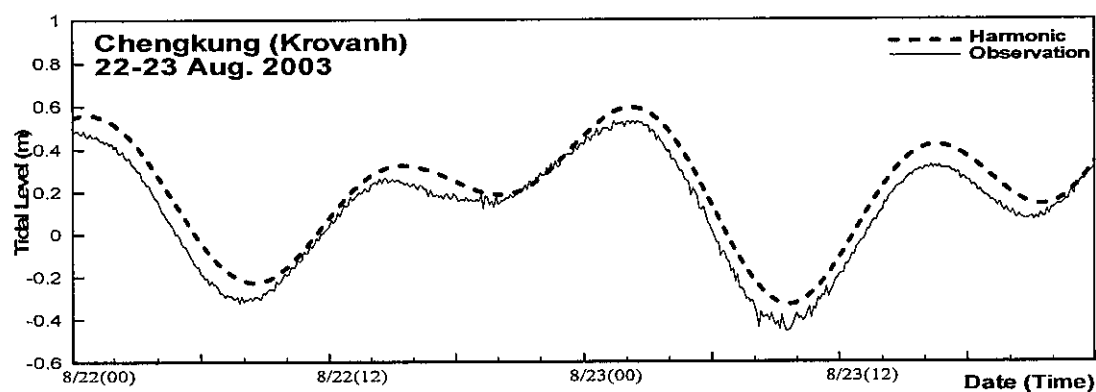


圖 4-55 Krovanh 颱風侵襲期間成功測站之潮位變化圖

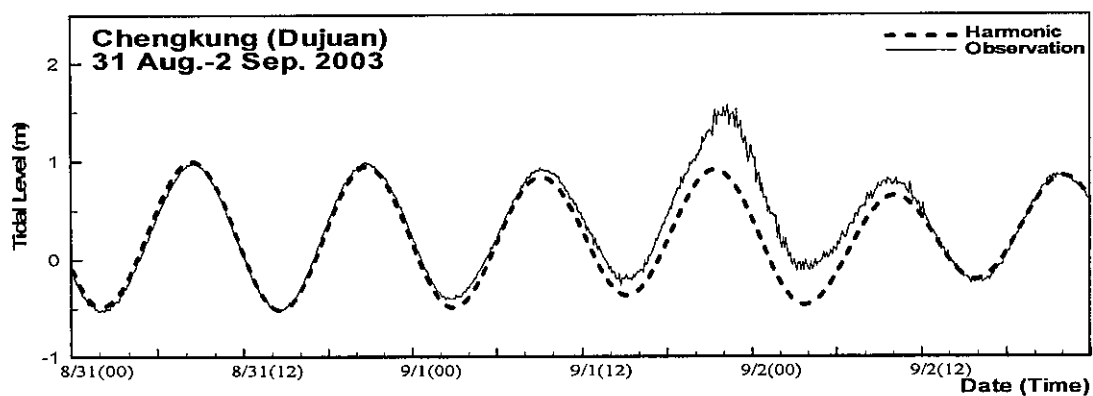


圖 4-56 Dujuan 颱風侵襲期間成功測站之潮位變化圖

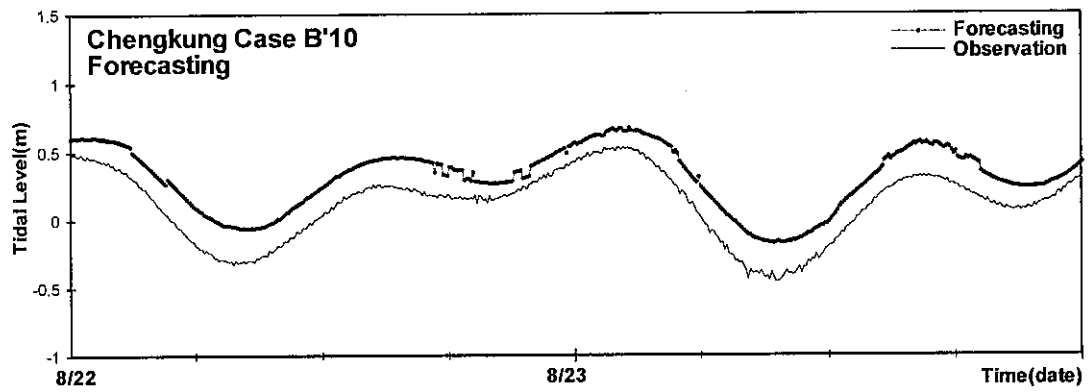


圖 4-57 成功 Case B'10 以 Krovanh 颱風侵襲期間暴潮預測之結果 (RMS=0.2018)

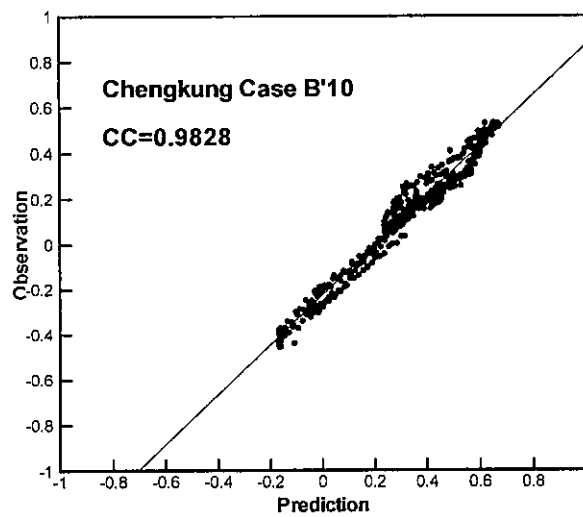


圖 4-58 成功 Case B'10 預測結果散佈圖

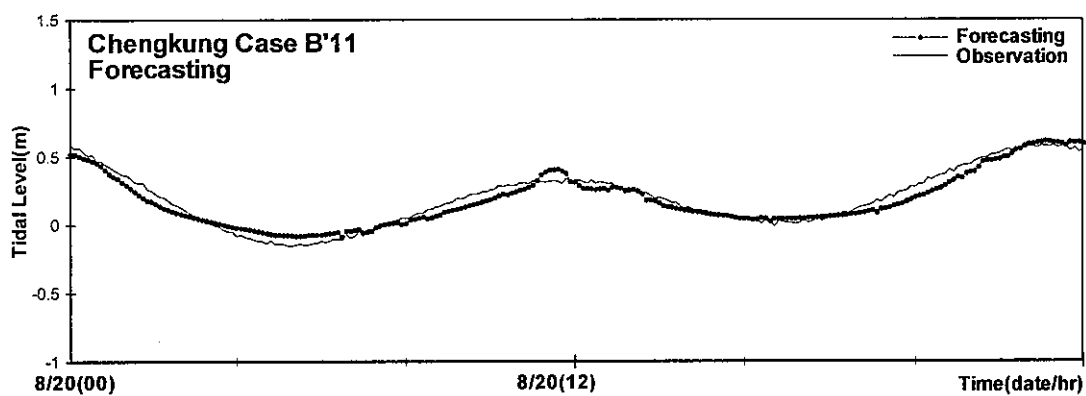


圖 4-59 成功 Case B'11 以 Vamco 颱風侵襲後期暴潮預測之結果 (RMS=0.0565)

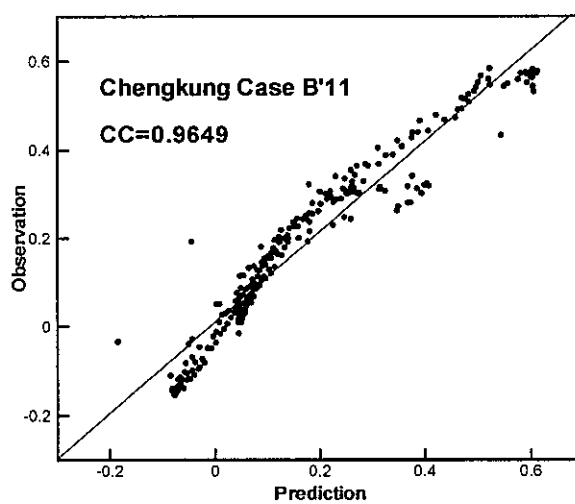


圖 4-60 成功 Case B'11 預測結果散佈圖

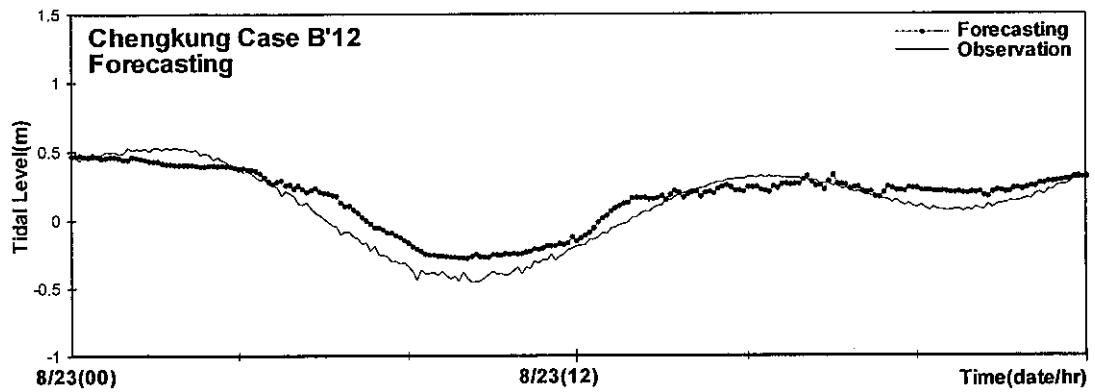


圖 4-61 成功 Case B'12 以 Krovanh 颱風侵襲後期暴潮預測之結果 (RMS=0.1054)

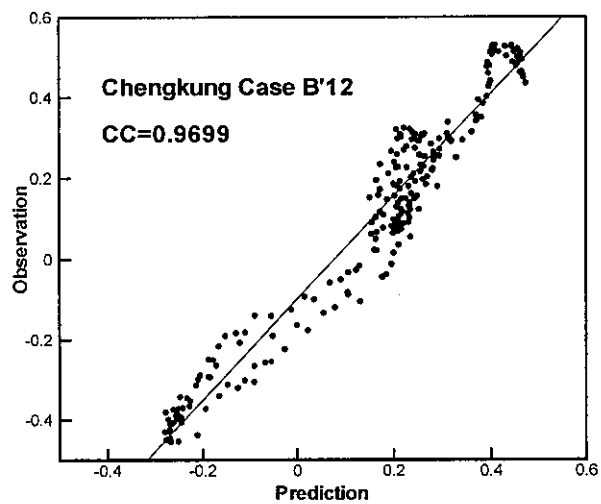


圖 4-62 成功 Case B'12 預測結果散佈圖

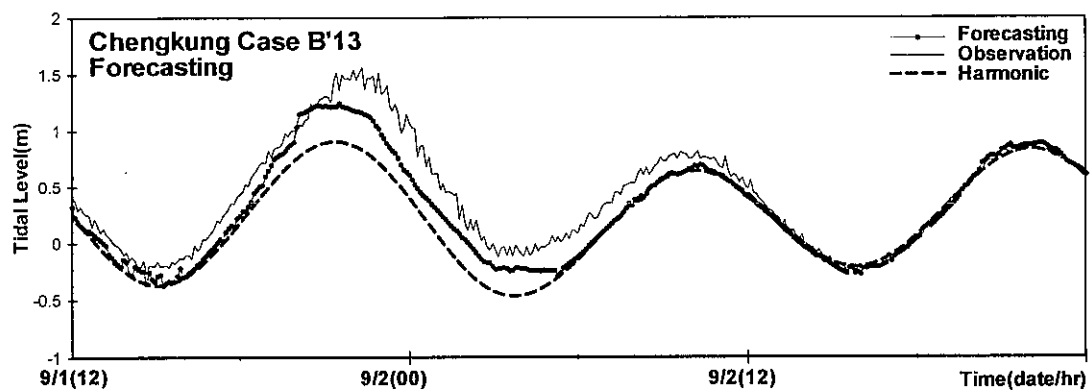


圖 4-63 成功 Case B'13 以 Dujuan 颱風侵襲後期暴潮預測之結果 (RMS=0.1764)

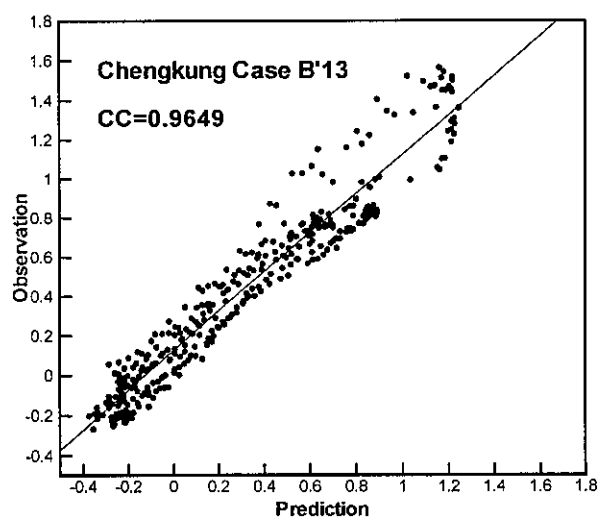


圖 4-64 成功 Case B'13 預測結果散佈圖

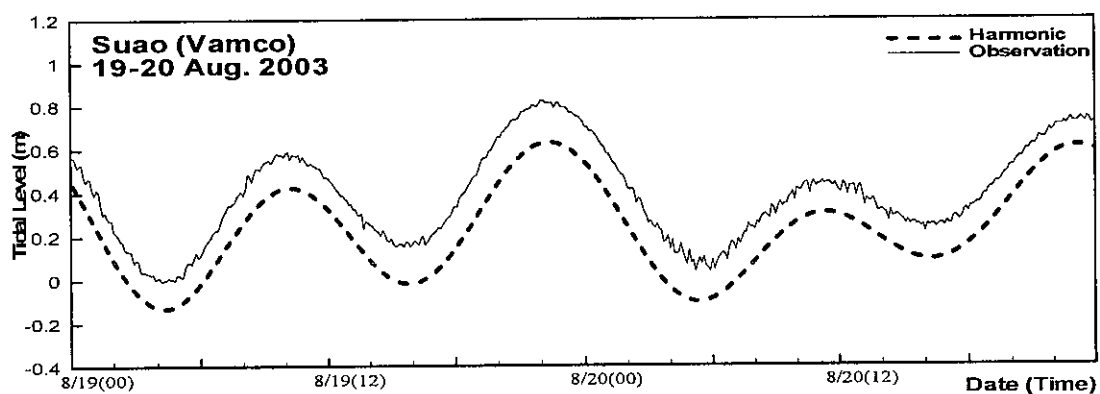


圖 4-65 Vamco 颱風侵襲期間蘇澳測站之潮位變化圖

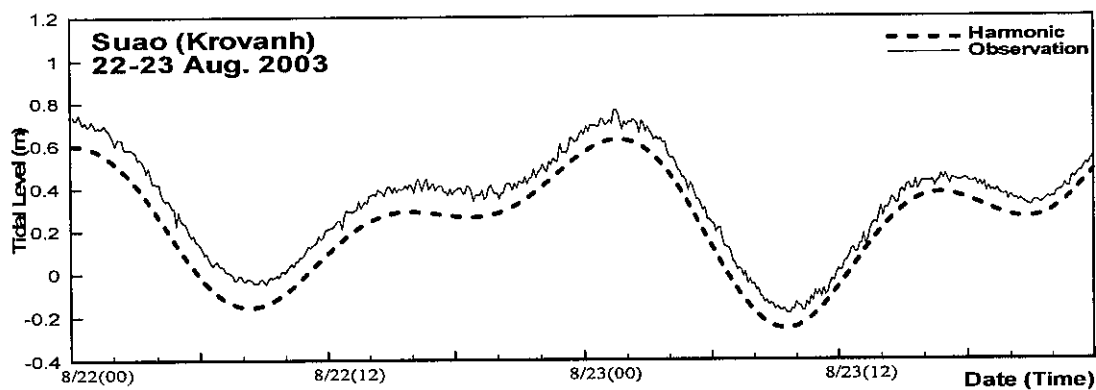


圖 4-66 Krovanh 颱風侵襲期間蘇澳測站之潮位變化圖

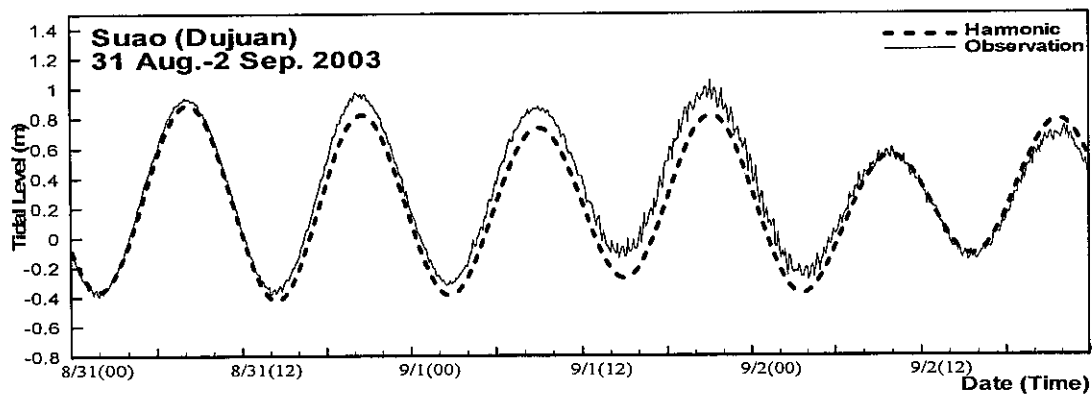


圖 4-67 Dujuan 颱風侵襲期間蘇澳測站之潮位變化圖

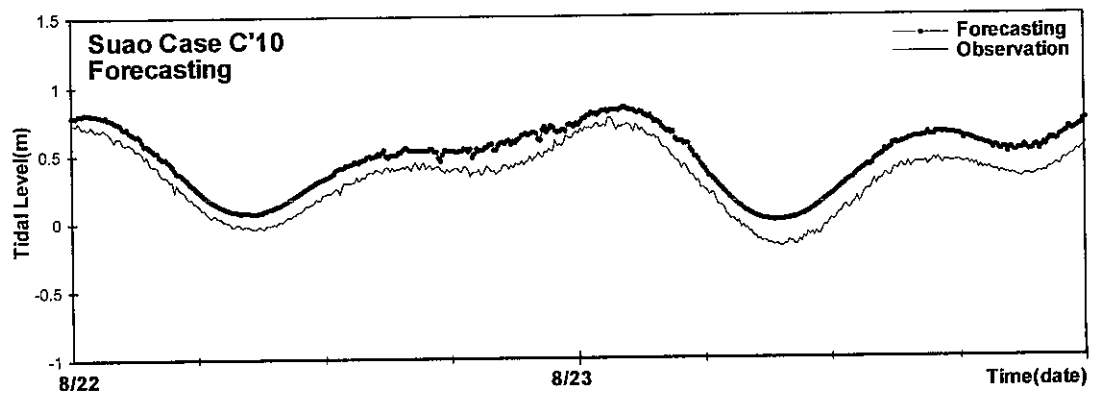


圖 4-68 蘇澳 Case C'10 以 Krovanh 颱風侵襲期間暴潮預測之結果 (RMS=0.1495)

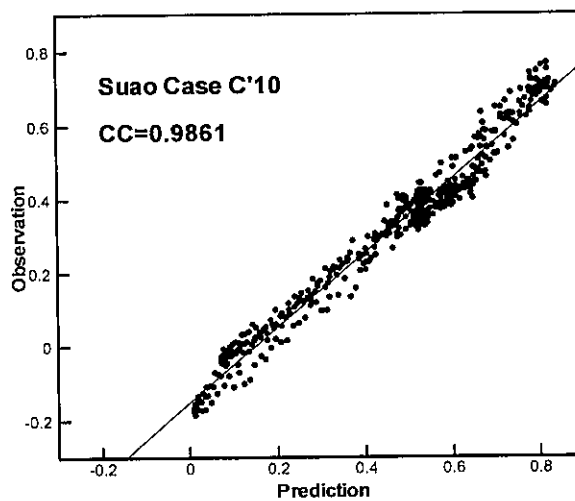


圖 4-69 蘇澳 Case C'10 預測結果散佈圖

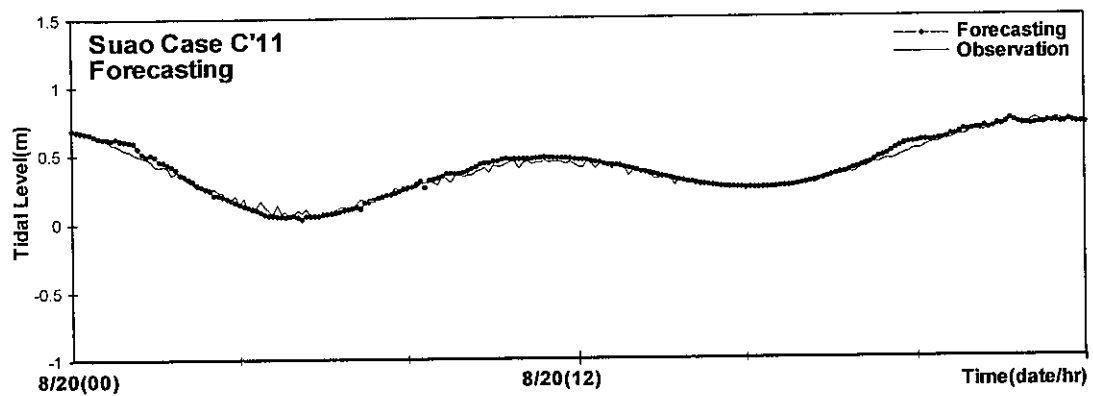


圖 4-70 蘇澳 Case C'11 以 Vamco 颱風侵襲後期暴潮預測之結果 (RMS=0.0341)

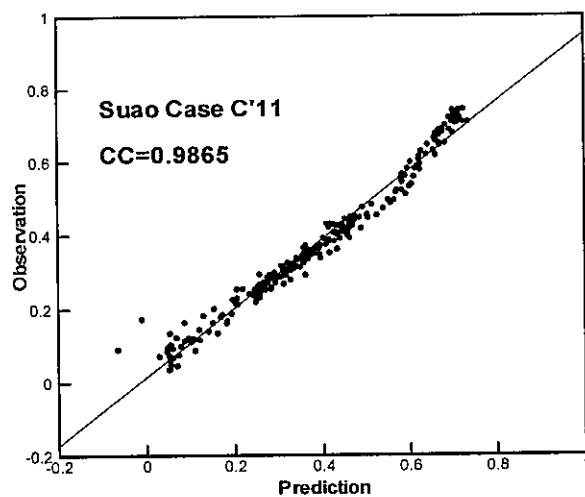


圖 4-71 蘇澳 Case C'11 預測結果散佈圖

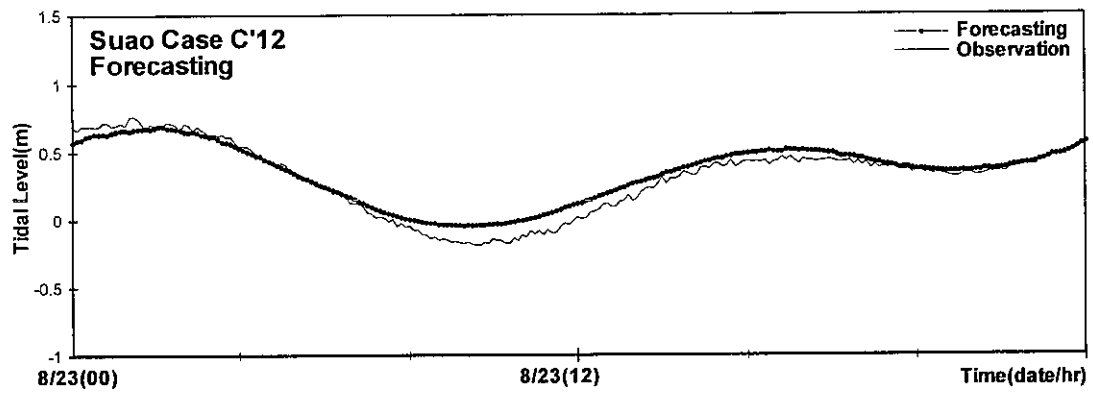


圖 4-72 蘇澳 Case C'12 以 Krovanh 颱風侵襲後期暴潮預測之結果 (RMS=0.0593)

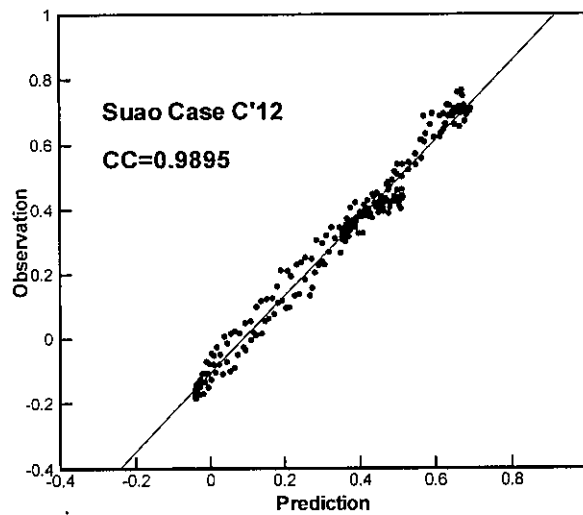


圖 4-73 蘇澳 Case C'12 預測結果散佈圖

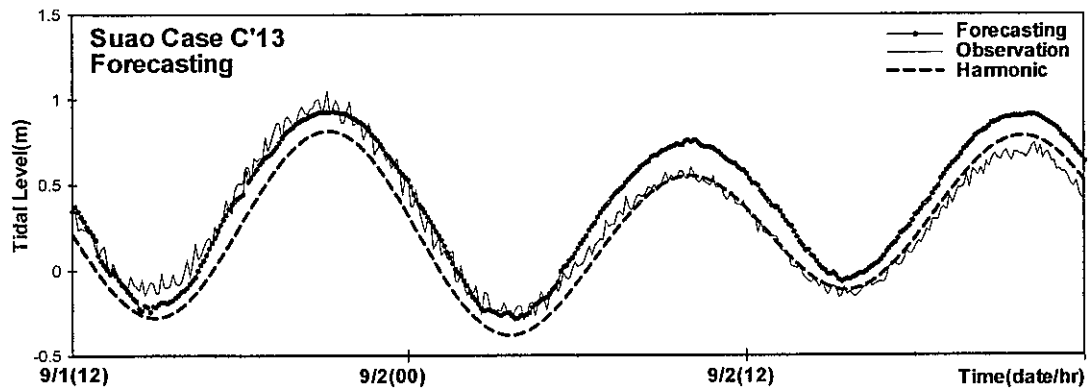


圖 4-74 蘇澳 Case C'13 以 Dujuan 颱風侵襲後期暴潮預測之結果 (RMS=0.1373)

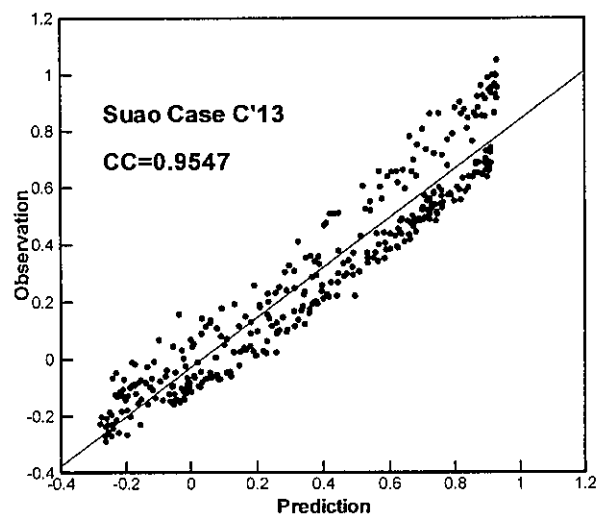


圖 4-75 蘇澳 Case C'13 預測結果散佈圖

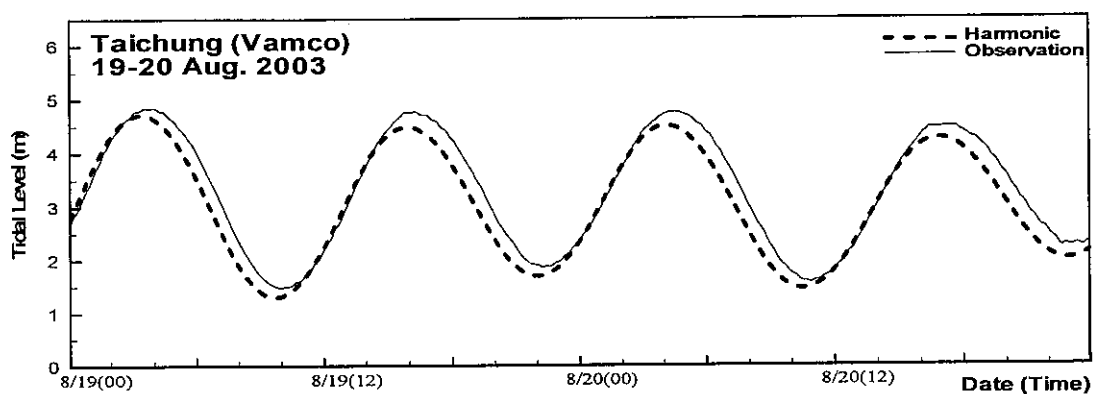


圖 4-76 Vamco 颱風侵襲期間台中測站之潮位變化圖

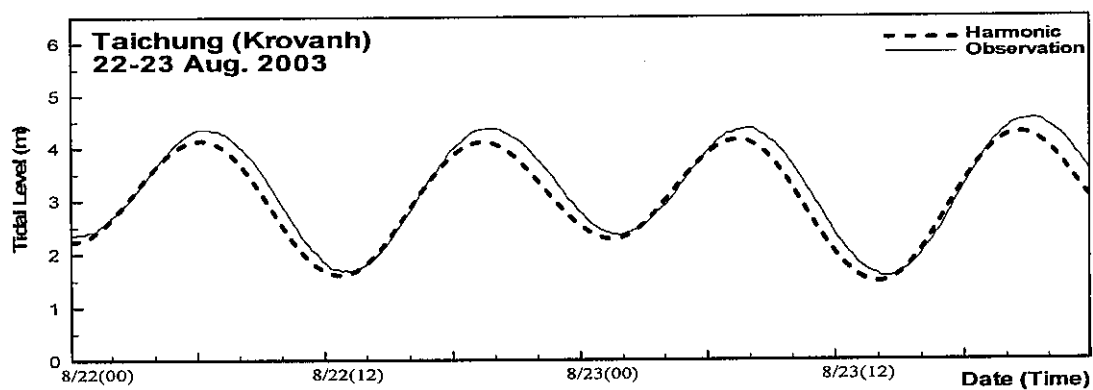


圖 4-77 Krovanh 颱風侵襲期間台中測站之潮位變化圖

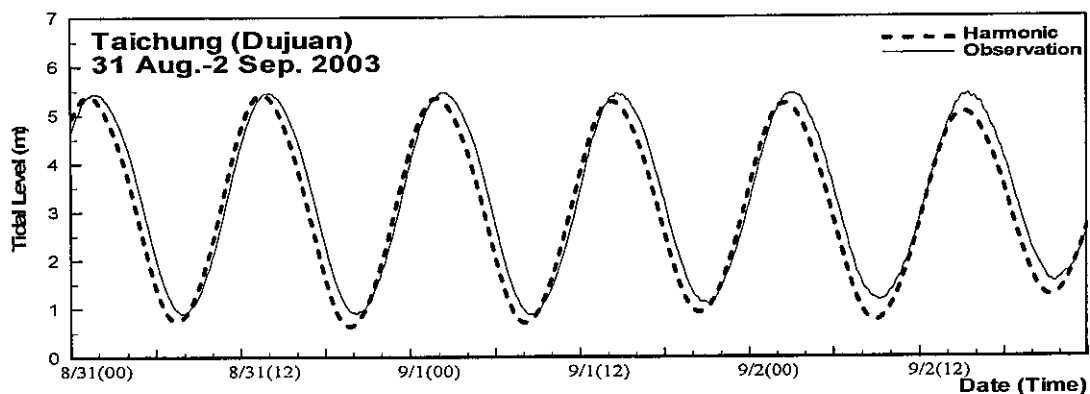


圖 4-78 Dujuan 颱風侵襲期間台中測站之潮位變化圖

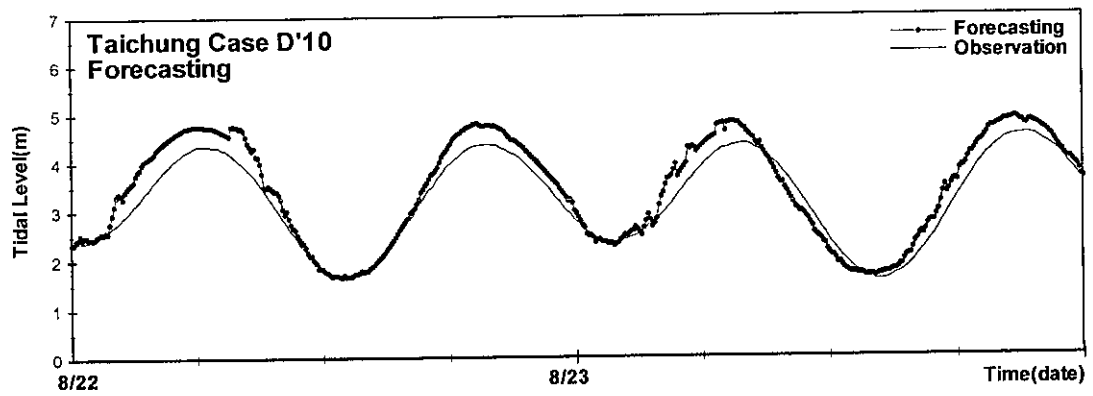


圖 4-79 台中 Case D'10 以 Krovanh 颱風侵襲期間暴潮預測之結果 (RMS=0.3348)

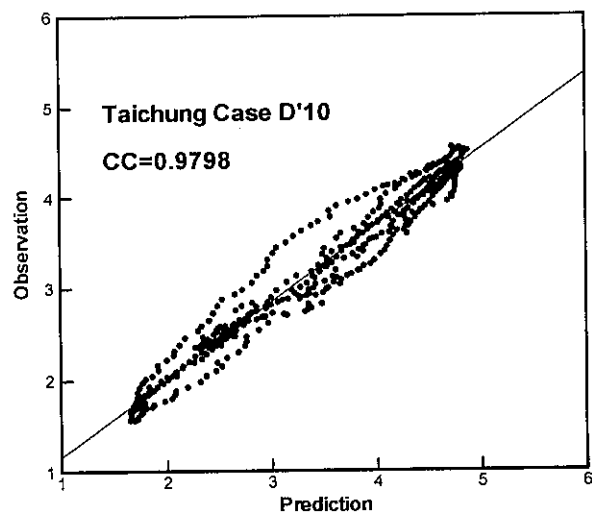


圖 4-80 台中 Case D'10 預測結果散佈圖

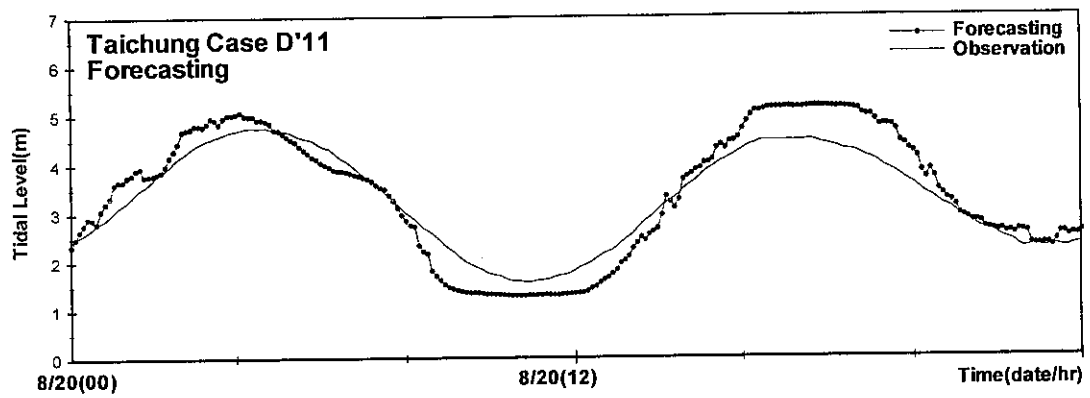


圖 4-81 台中 Case D'11 以 Vamco 颱風侵襲後期暴潮預測之結果 (RMS=0.4465)

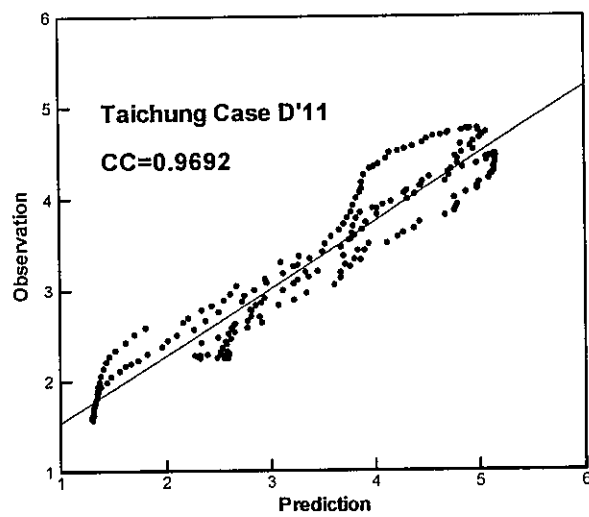


圖 4-82 台中 Case D'11 預測結果散佈圖

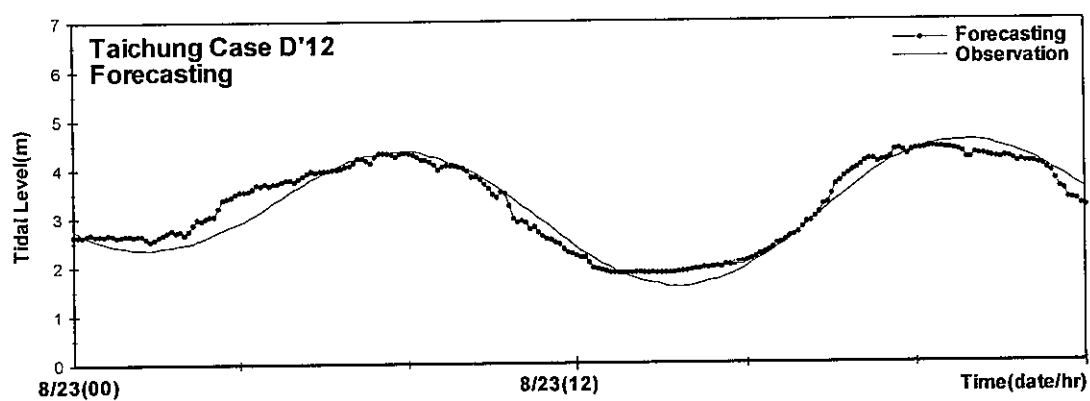


圖 4-83 台中 Case D'12 以 Krovanh 颱風侵襲後期暴潮預測之結果(RMS=0.2434)

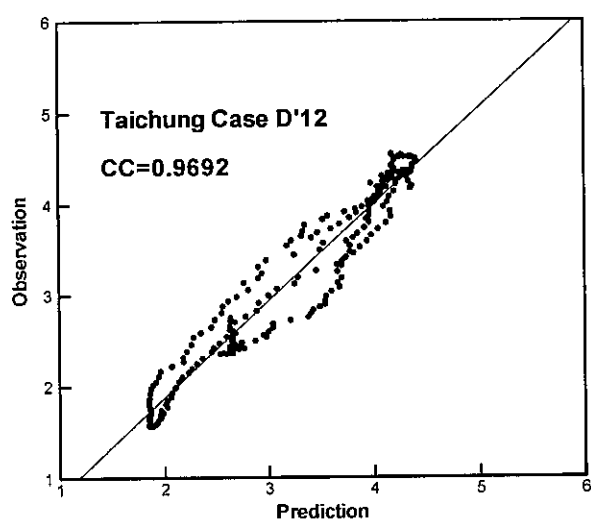


圖 4-84 台中 Case D'12 預測結果散佈圖

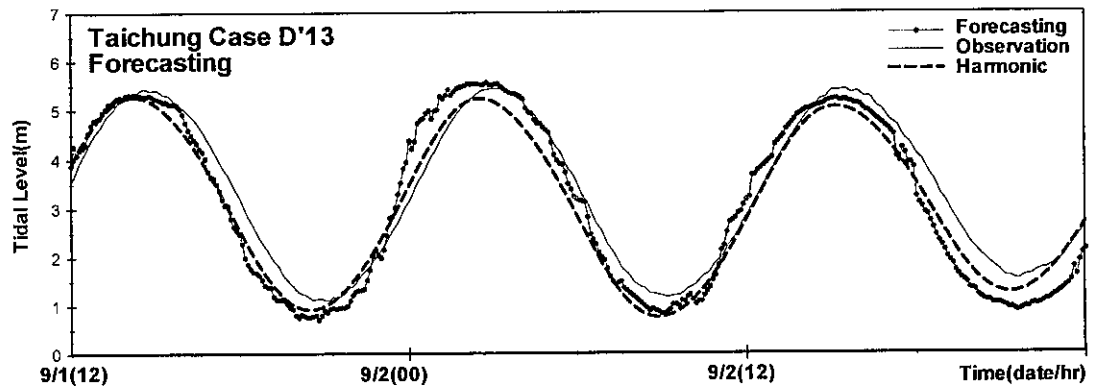


圖 4-85 台中 Case D'13 以 Dujuan 颱風侵襲後期暴潮預測之結果 (RMS=0.5137)

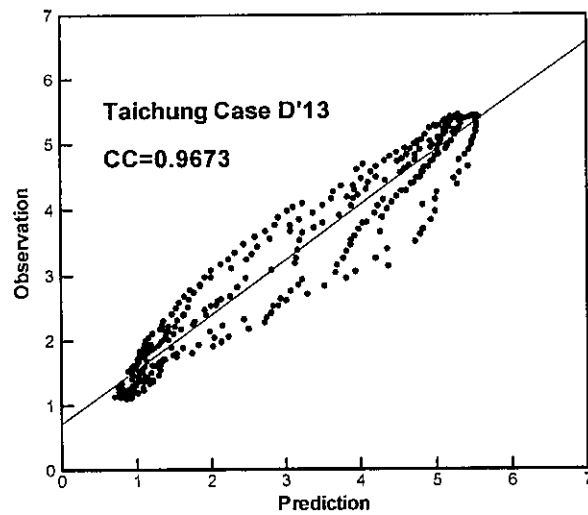


圖 4-86 台中 Case D'13 預測結果散佈圖

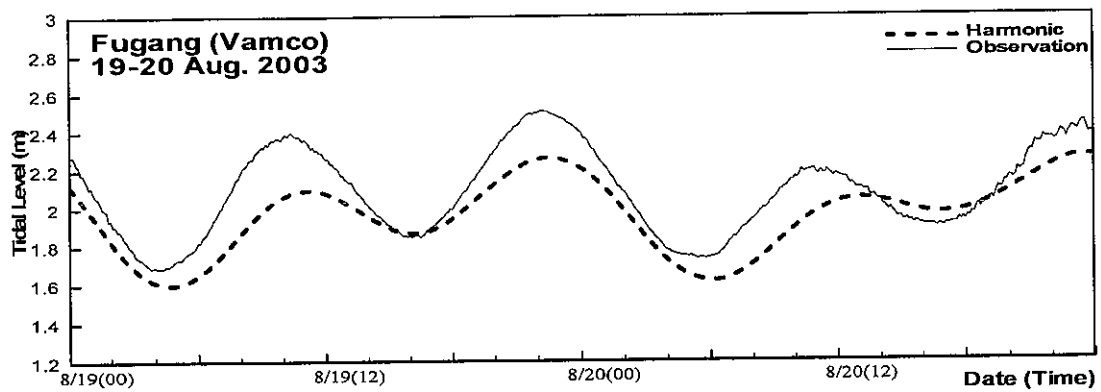


圖 4-87 Vamco 颱風侵襲期間富岡測站之潮位變化圖

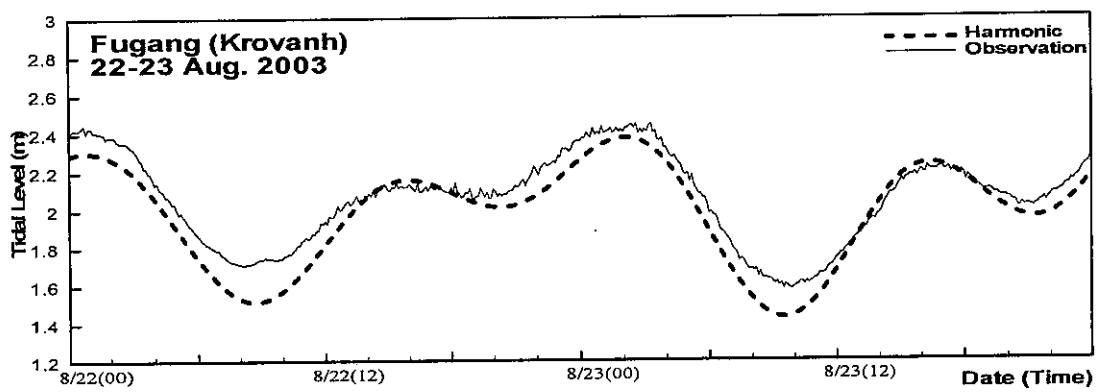


圖 4-88 Krovanh 颱風侵襲期間富岡測站之潮位變化圖

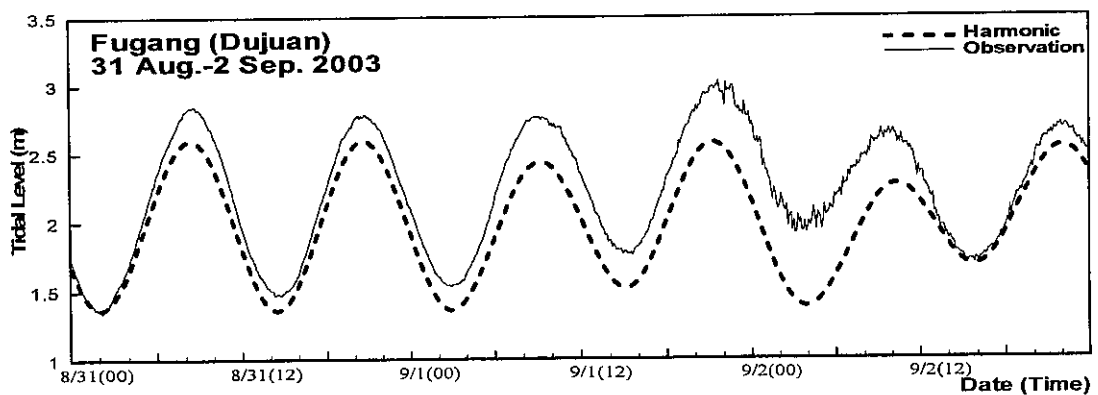


圖 4-89 Dajuan 颱風侵襲期間富岡測站之潮位變化圖

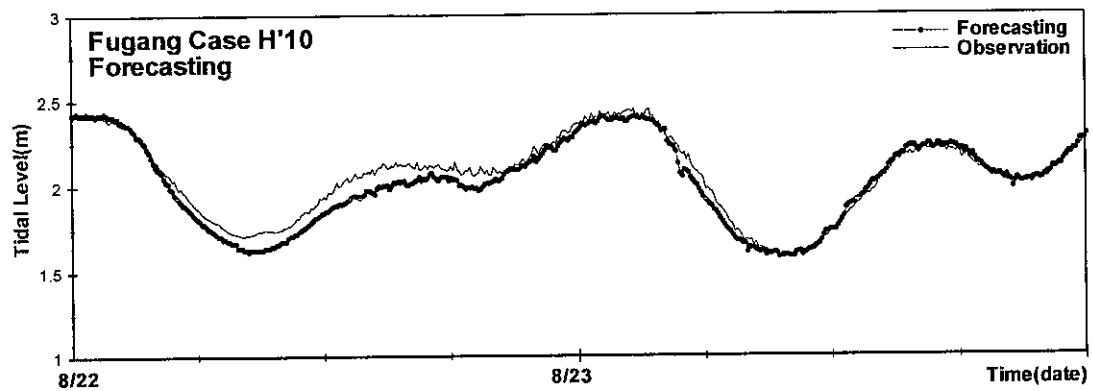


圖 4-90 富岡 Case H'10 以 Krovanh 颱風侵襲期間暴潮預測之結果 (RMS=0.0582)

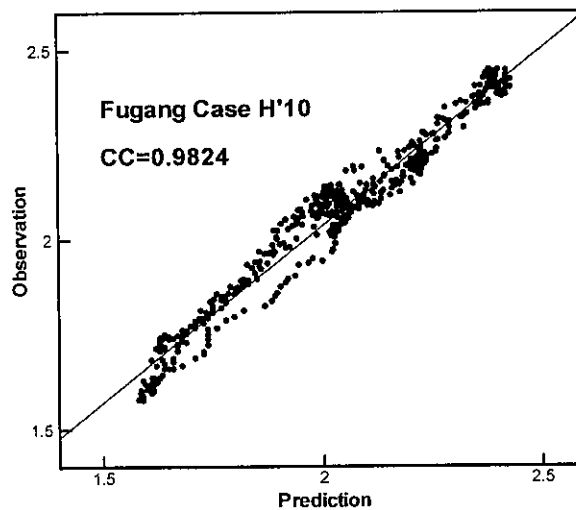


圖 4-91 富岡 Case H'10 預測結果散佈圖

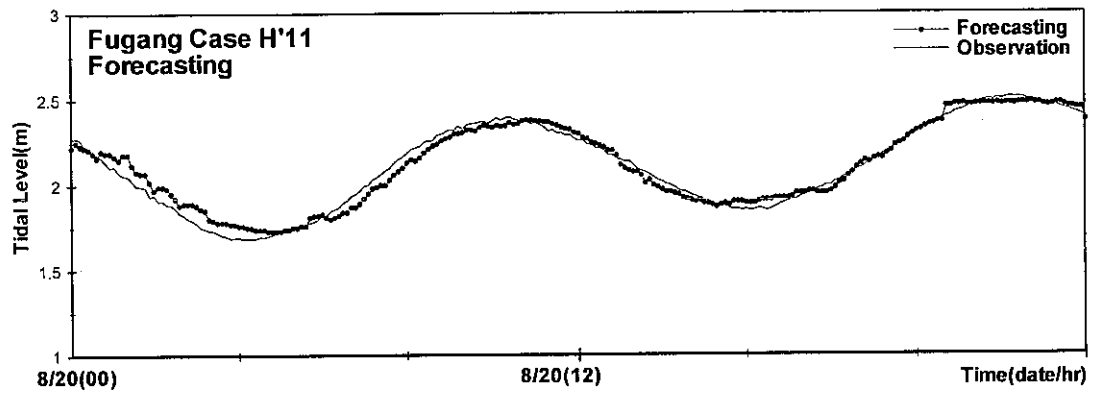


圖 4-92 富岡 Case H'11 以 Vamco 颱風侵襲後期暴潮預測之結果 (RMS=0.0452)

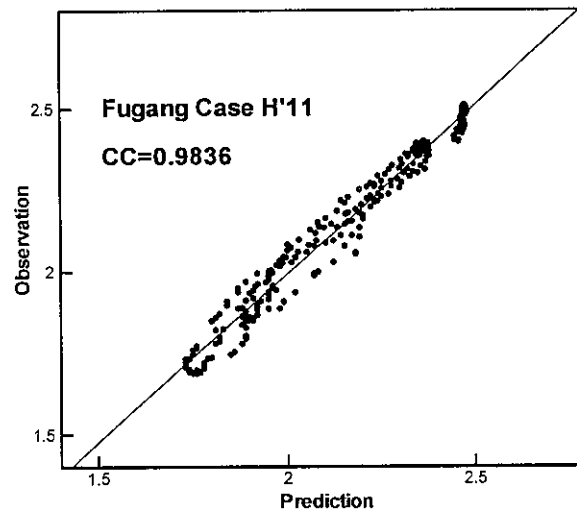


圖 4-93 富岡 Case H'11 預測結果散佈圖

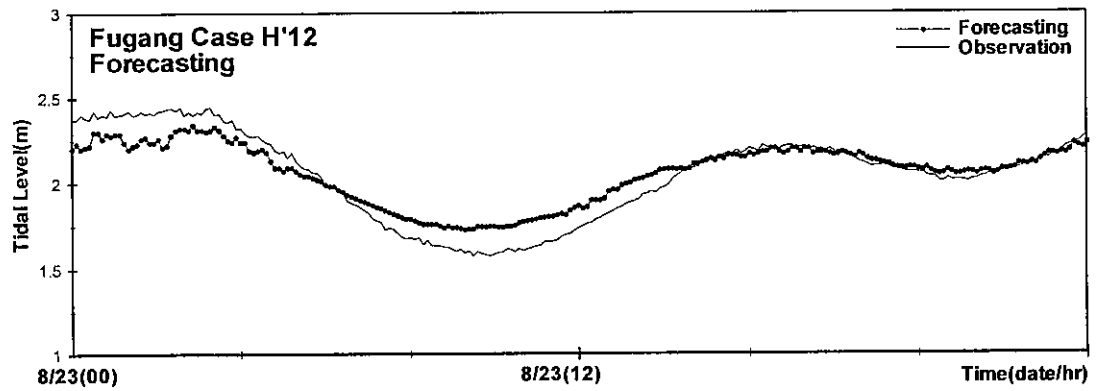


圖 4-94 富岡 Case H'12 以 Krovanh 颱風侵襲後期暴潮預測之結果(RMS=0.0935)

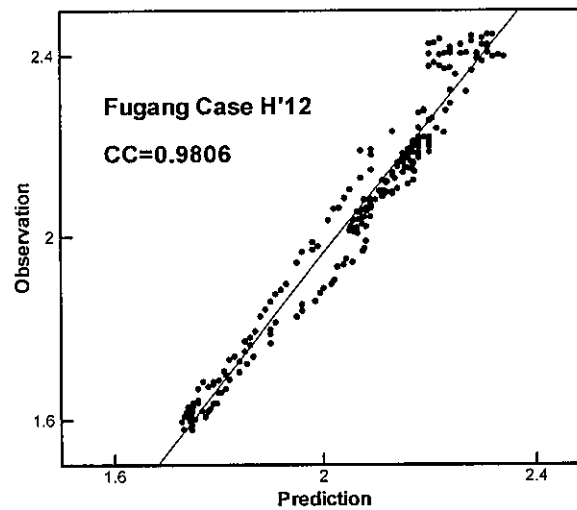


圖 4-95 富岡 Case H'12 預測結果散佈圖

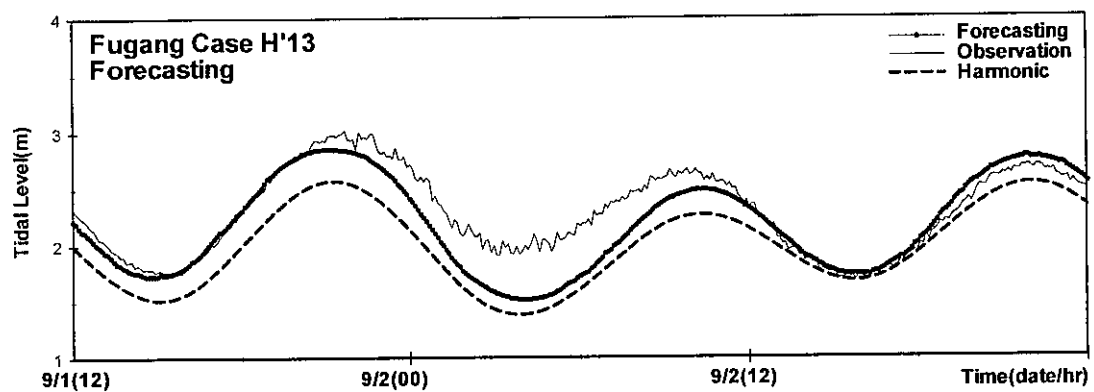


圖 4-96 富岡 Case H'12 以 Dujuan 颱風侵襲後期暴潮預測之結果 (RMS=0.2109)

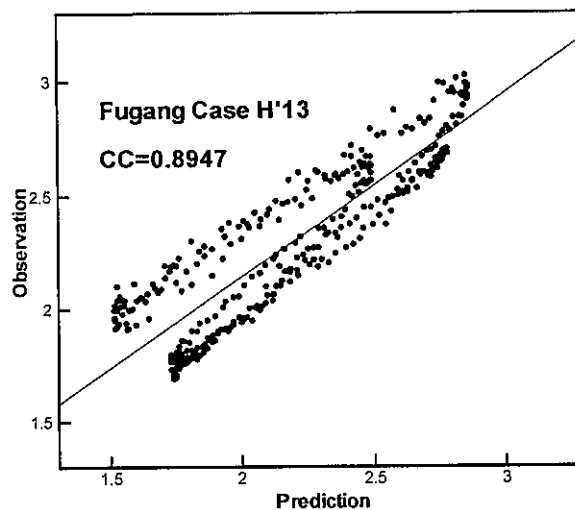


圖 4-97 富岡 Case H'13 預測結果散佈圖

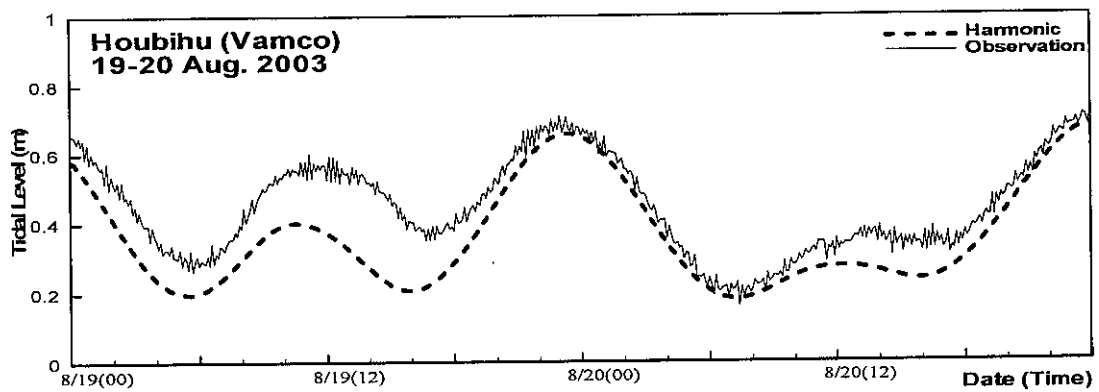


圖 4-98 Vamco 颱風侵襲期間後壁湖測站之潮位變化圖

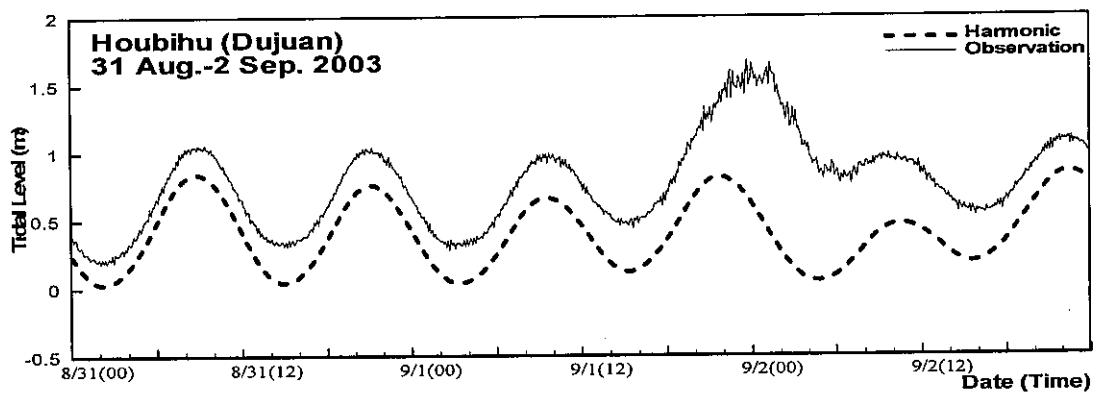


圖 4-99 Dujuan 颱風侵襲期間後壁湖測站之潮位變化圖

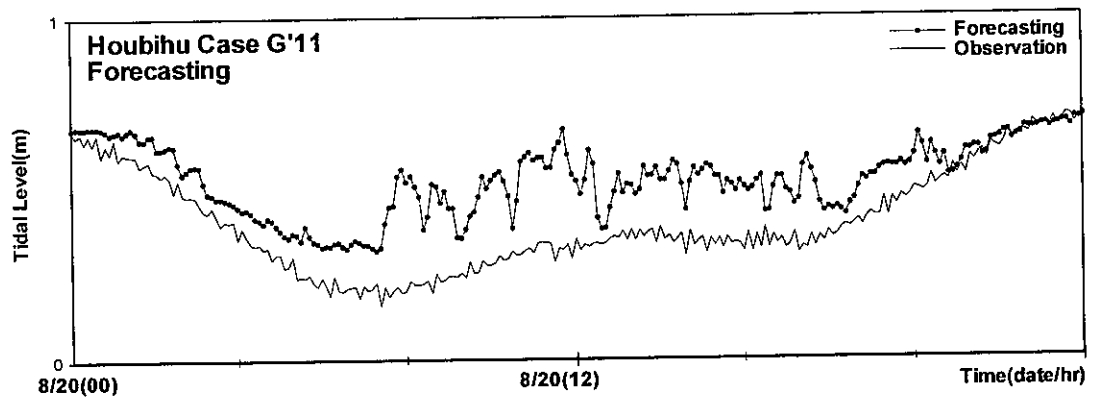


圖 4-100 後壁湖 Case G'11 以 Vamco 颱風侵襲後期暴潮預測之結果(RMS=0.1501)

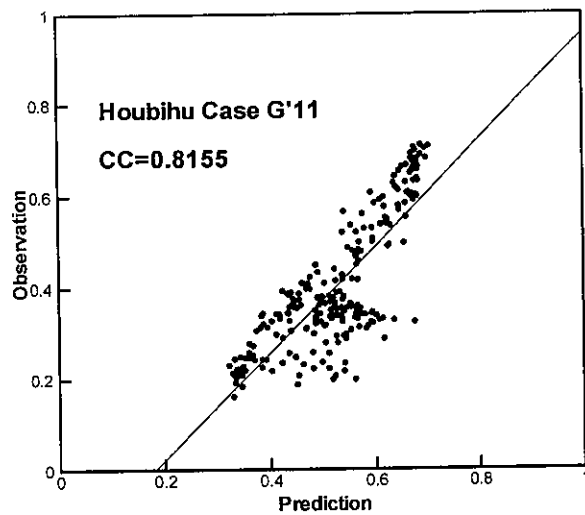


圖 4-101 後壁湖 Case G'11 預測結果散佈圖

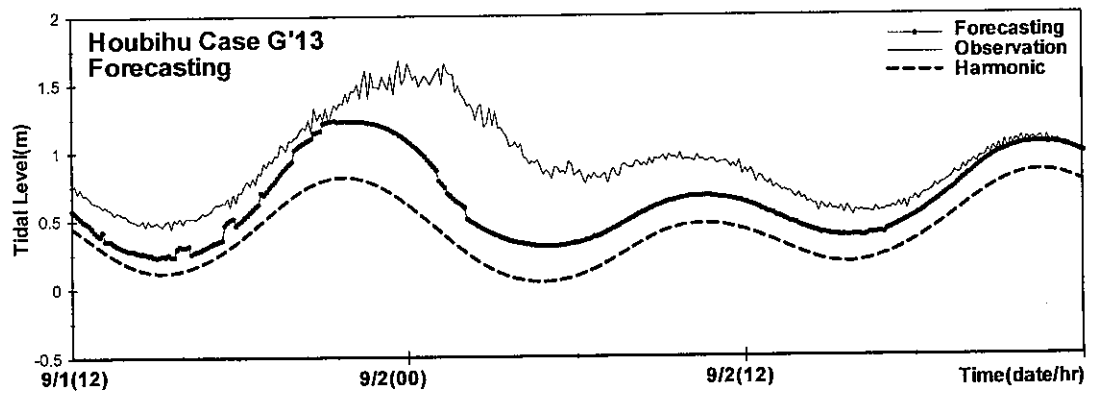


圖 4-102 後壁湖 Case G'13 以 Dujuan 颱風侵襲後期暴潮預測之結果(RMS=0.3571)

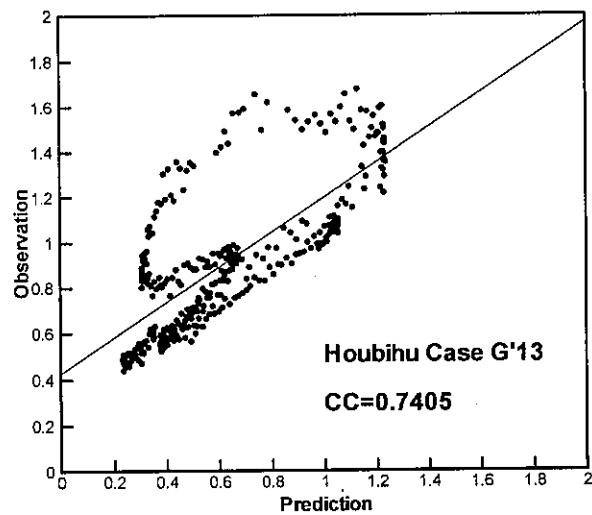


圖 4-103 後壁湖 Case G'13 預測結果散佈圖

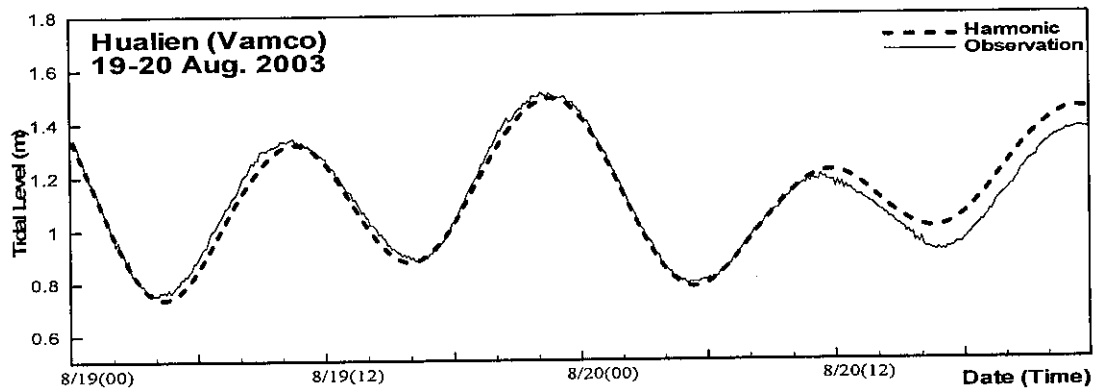


圖 4-104 Vamco 颱風侵襲期間花蓮測站之潮位變化圖

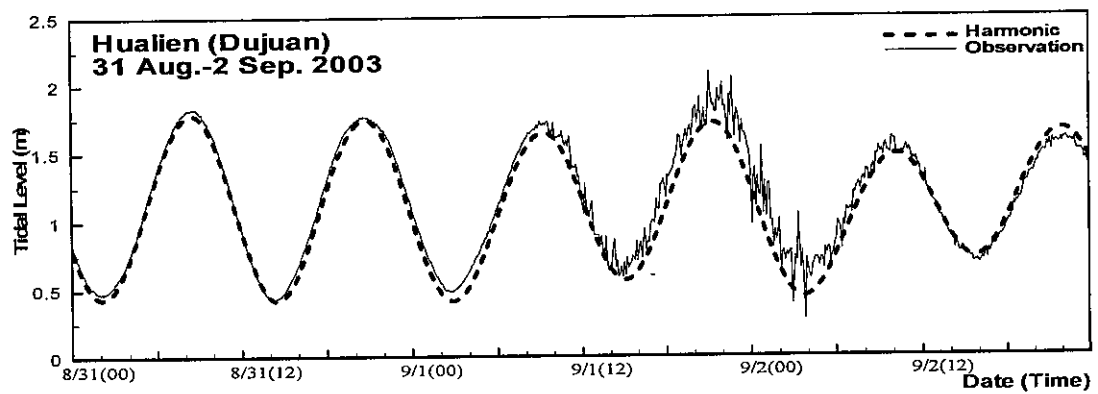


圖 4-105 Dujuan 颱風侵襲期間花蓮測站之潮位變化圖

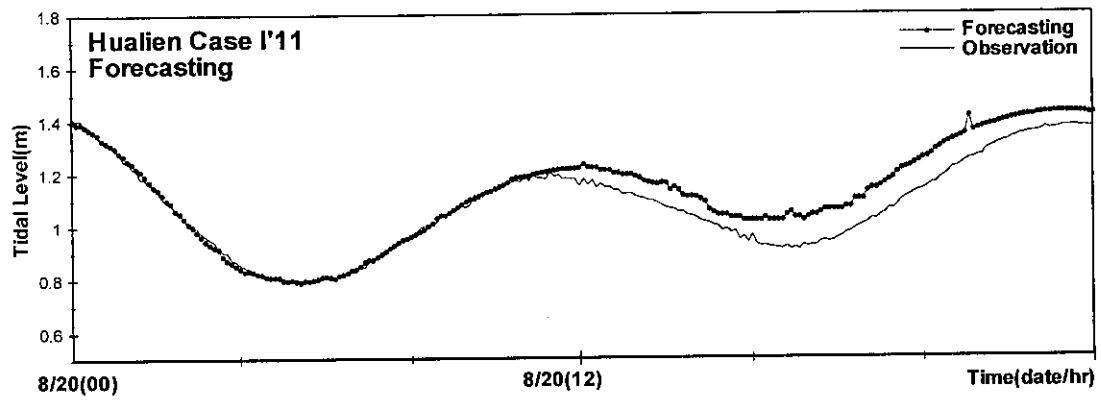


圖 4-106 花蓮 Case I'11 以 Vamco 颱風侵襲後期暴潮預測之結果 (RMS=0.0642)

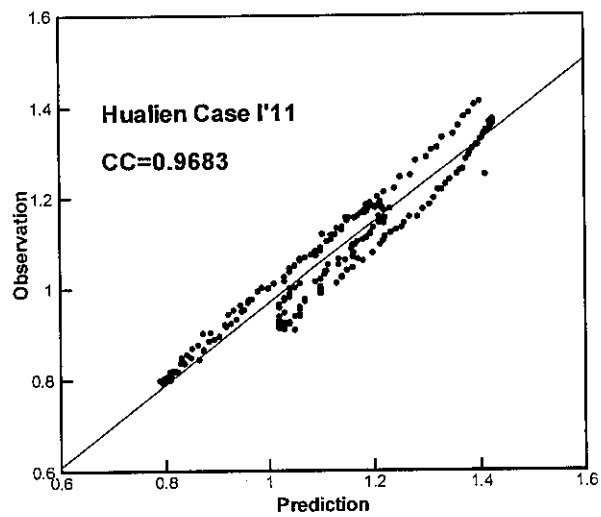


圖 4-107 花蓮 Case I'11 預測結果散佈圖

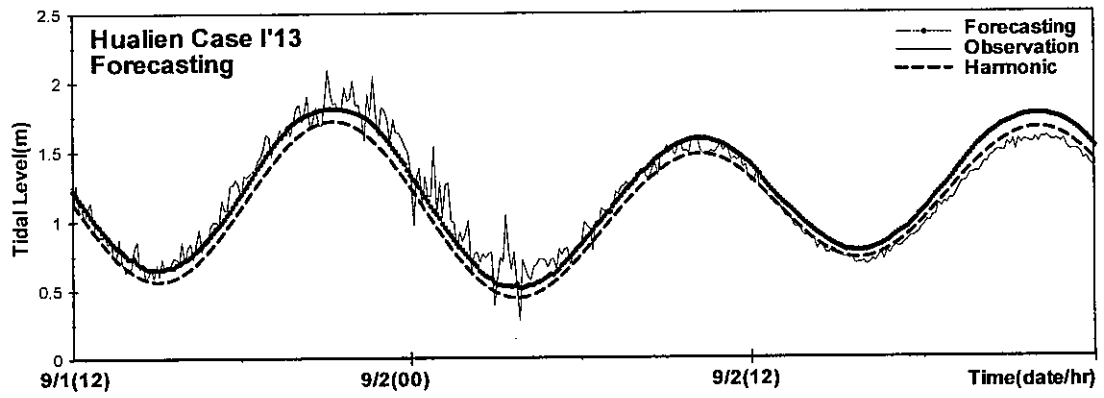


圖 4-108 花蓮 Case I'13 以 Dujuan 颱風侵襲後期暴潮預測之結果 (RMS=0.1216)

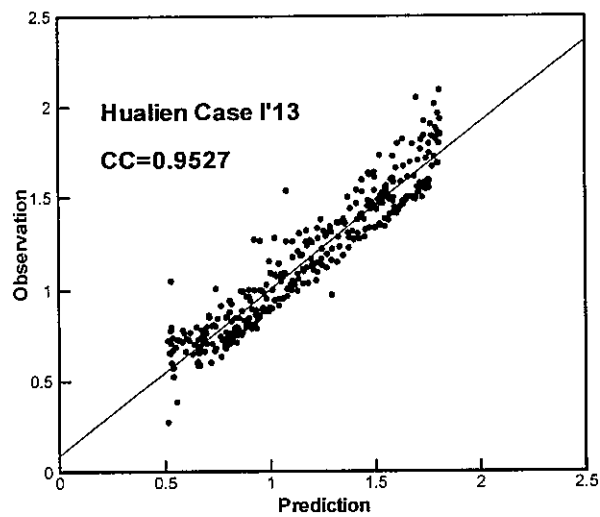


圖 4-109 花蓮 Case I'13 預測結果散佈圖

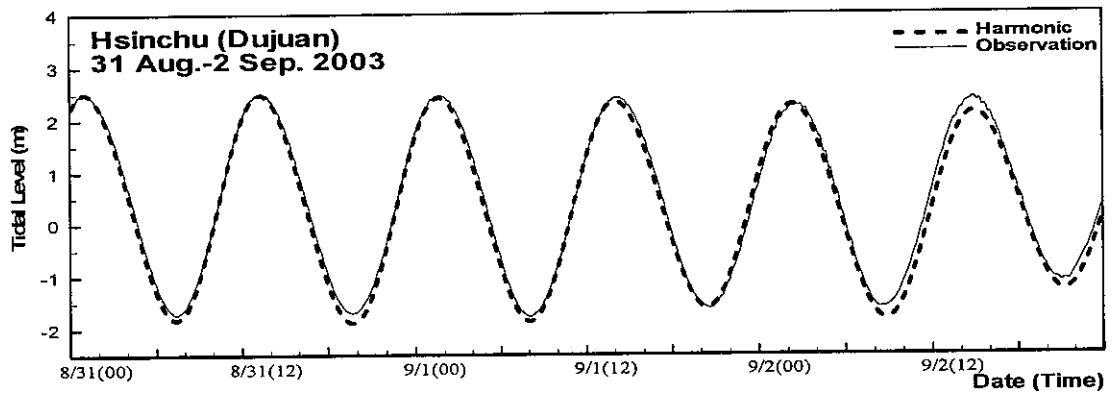


圖 4-110 Dujuan 颱風侵襲期間新竹測站之潮位變化圖

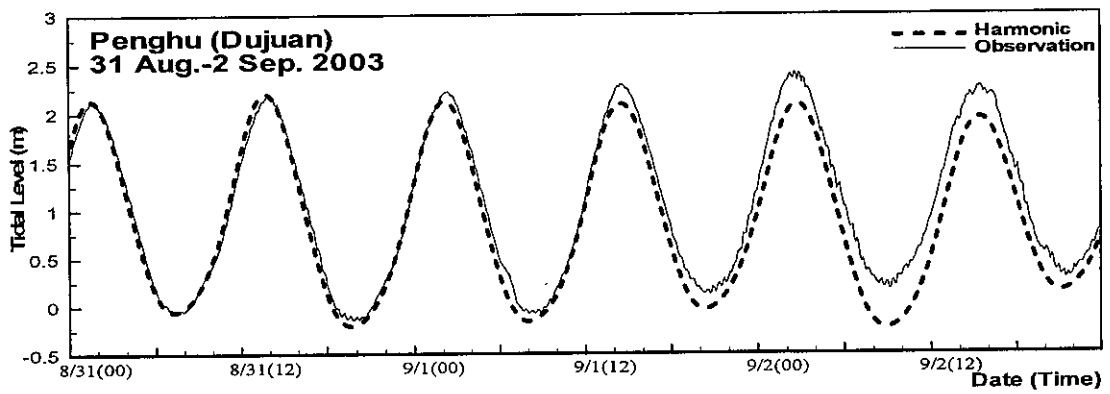


圖 4-111 Dujuan 颱風侵襲期間澎湖測站之潮位變化圖

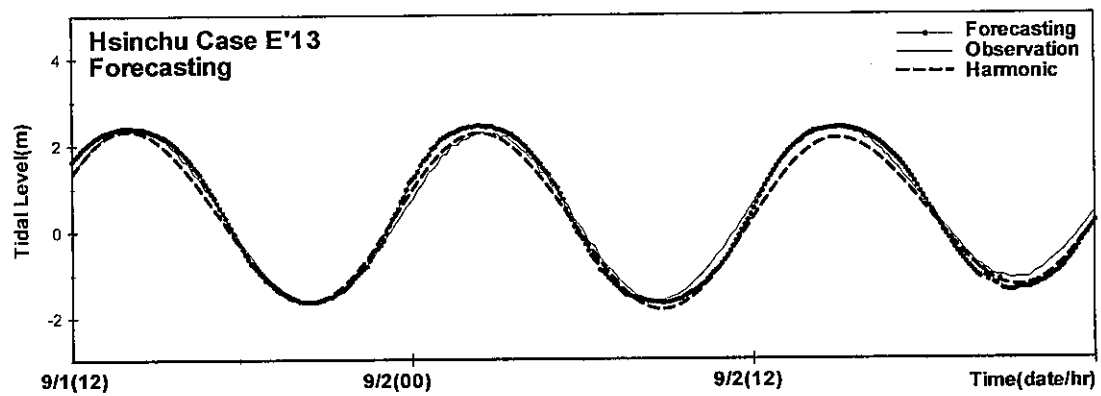


圖 4-112 新竹 Case E'13 以 Dujuan 颱風侵襲後期暴潮預測之結果 (RMS=0.1955)

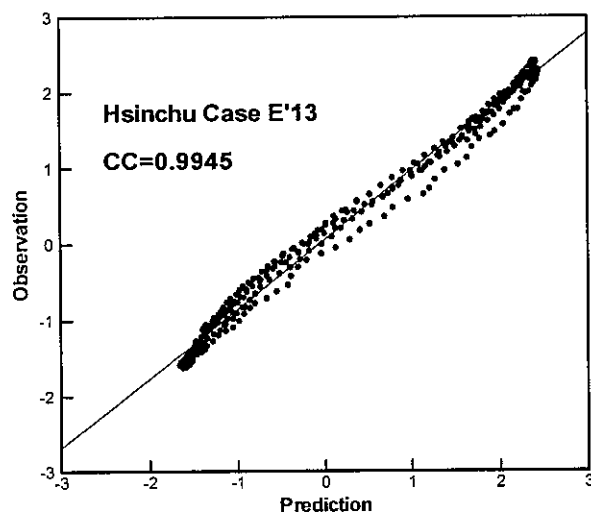


圖 4-113 新竹 Case E'13 預測結果散佈圖

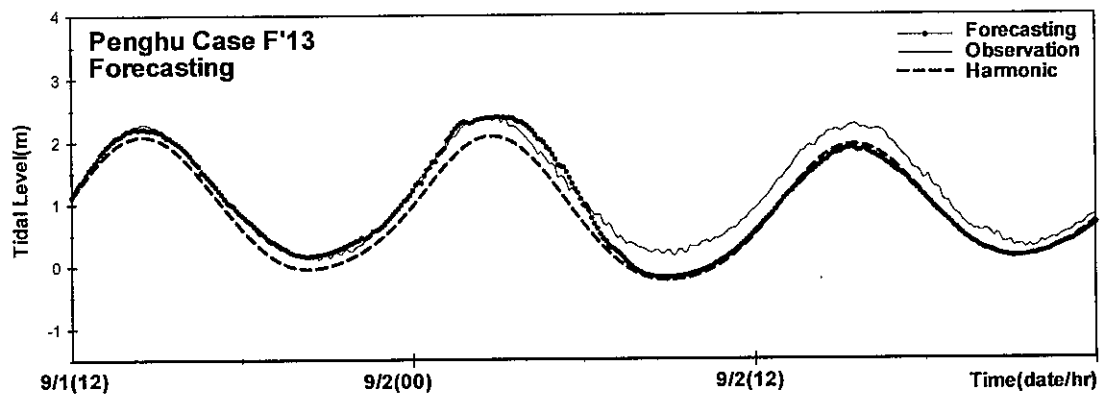


圖 4-114 澎湖 Case F'13 以 Dujuan 颱風侵襲後期暴潮預測之結果 (RMS=0.1504)

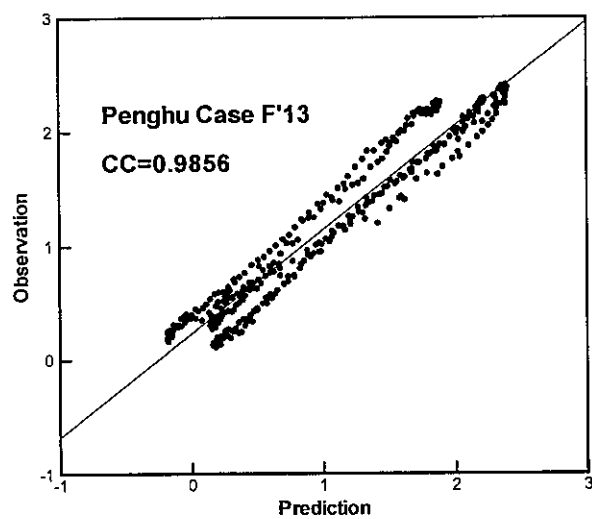


圖 4-115 澎湖 Case F'13 預測結果散佈圖

伍、結論與建議

5-1 結論

本研究依各測站的資料特性，除金門因所缺資料較多而無法進一步驗證外，其餘九個潮位測站之實際案例進行分析，同時並比較不同模式架構以及資料時間格式對於預測精度之影響，經由上述之分析討論，本計畫大致可歸納幾點結論：

1. 傳統進行暴潮模擬及預測之研究，往往需要複雜的數值運算與分析，且許多影響因子之現地資料不易獲得；而本研究利用取得容易之風速、風向、氣壓、調和分析潮位及觀測潮位等資料進行訓練與預測，研究結果顯示倒傳遞類神經網路暴潮在即時預測方面，可準確預測暴潮水位之變化情形。
2. 天文潮位對於暴潮的發生有極大的影響，故需針對不同的潮汐型態（如大潮、小潮）建立適合之模式，使預測的誤差降到最低。
3. 在歷史資料充足的情況下，可使用完整的颱風過境資料作訓練，以預測下一個颱風可能引致的暴潮位（Case A10、Case B10、Case C10、Case D10、Case B'10、Case C'10、Case D'10 及 Case H'10）；反之，則可採以時序列的架構，訓練颱風初期侵襲資料為範例，推估後續可能發生之暴潮水位變化（Case A13、Case B13、Case C13、Case D13、Case B'13、Case C'13、Case D'13、Case E'13、Case F'13、Case G'13、Case H'13、Case I'13）。

5-2 建議

1. 若能收集更多的暴潮案例，將有助於類神經網路之預測精度提昇。
2. 若為建立資料保全之完整性的前提，可針對對歷史暴潮進行補遺之研究。
3. 未來可進一步嘗試建立長時期的倒傳遞類神經網路暴潮預測模式。

陸、參考文獻

1. Darwin, G. H., "On an apparatus for facilitating the reduction of tidal observations." *Proc. Roy. Soc. (London), Ser. A* 52, pp.346-376, 1892.
2. Doodson, A. T., "The analysis and prediction of tides in shallow water." *Int. Hydrogr. Rev., Monaco*, 33, pp.85-126, 1957.
3. Fisher, G., "Ein Numerisches Verfahren zur Errechnung von Windstau und Gezeiten in Randmeeren." *Tellus* 11, pp.60-76, 1959.
4. French, M. N., Krajewski, W. F. and Cuykendall, R. R., "Rainfall forecasting in space and time using a neural network." *Journal of Hydrology*, Vol. 137, pp.1-31, 1992.
5. Hansen, W., "Theorie zur Errechnung des Wasserstands und der Stromungen in Randemeeren." *Tellus* 8: pp.287-300, 1956.
6. Jelesnianski, C. P., "SPLASH(Special program to list the amplitudes of surges from hurricanes): I. Landfall storms." NOAA Technical Memorandum NWS TDL-46, National Oceanic and Atmospheric Administration, U. S. Department of Commerce, 1972.
7. Jelesnianski, C. P., Chen, J. and Shaffer, W. A., "SLOSH(Sea, Lake, and Overland Surges from Hurricanes.)" NOAA Technical Report NWS 48, 1992.
8. Kawahara, M., Nakazawa, S., Ohmori, S., and Tagaki, T., "Two-step explicit finite element method for storm surge propagation analysis." *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, Vol. 15, pp.1129-1148, 1980.
9. Kawahara, M., Hirano, H., Tsubota, K., and Inagaki, K., "Selective lumping finite element method for shallow water flow." *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, Vol. 2, pp.89-112, 1982.
10. Li, Hsien-Wan, "Numerical prediction of typhoon surges along the coast area of Taiwan Strait." *Acta Oceanographica Taiwanica*, No.10, pp.50-66, 1979.
11. L. C. Breaker, L. D. Burroughs, and Y. Y. Chao, "The impact of Hurricane Andrew on the Near-Surface Marine Environment in the Bahamas and the Gulf of Mexico." *Weather and Forecasting*, Vol. 9, pp.542-556, 1993.
12. Lee, T. L., Jeng, D. S., Lin C. and Shieh, S. J. (2002,04) "Assessment of Earthquake-induced Liquefaction by Artificial Neural Networks" The 9th International Conference for Computing in Civil and Building Engineering,

- Taipei, Taiwan, R.O.C, Vol. 1, pp. 55-60, 2002.
13. Lee, T. L. and Jeng, D. S., "Application of artificial neural networks in tide forecasting." *Ocean Engineering*, Vol. 29, No. 9, pp.1003-1022, 2002.
 14. Lee, T. L., Tsai, C. P., Jeng, D. S. and Shieh, R. J., "Neural Network for the prediction and supplement of tidal record in Taichung Harbor, Taiwan." *Advances in Engineering Softwares*, Vol. 33, No. 6, pp.329-338, 2002.
 15. Lee, T. L., S.Rajasekaran, Hsu, Y. J. and Yang, T. J., "Tidal Level Forecasting during Typhoon Surge Using Sequential Learning Neural Networks." *Proceedings of the 25th Ocean Engineering Conference*, pp.275-279, 2003.
 16. Lee, T. L., "Back-propagation neural network for long-term tidal predictions." *Ocean Engineering*, Vol. 31, No. 9, pp. 225-238, 2004.
 17. Mase, M., Sakamoto, M., and Sakai, M., "Neural Network for Stability Analysis of Rubble-Mound Breakwater." *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, Vol. 121, No. 6, 1995.
 18. Rumelhart, D. E., McClelland, J. L. and PDP Research Group, *Parallel Distributed Processing*, Vol. 1, MIT Press, 1986.
 19. Reid, R. O., "Tide and storm surges." In *Handbook of Coastal and Ocean Engineering*, ed. J.B. Herbich., Vol. 1, pp. 534-590, 1990.
 20. Smith, M., "Neural Networks for Statistical Modeling." Van Norstrand Reinhold, New York, 1993.
 21. Tsai, C. P. and Lee, T. L., "Back-propagation neural network in tidal-level forecasting." *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, ASCE, Vol. 125, No. 4, pp.195-202, 1999.
 22. Tsai, C. P., Hsu, J. R. and Pan, K. L., "Prediction of Storm-Built Beach Profile Parameters Using Neural Network." 27th International Conference on Coastal Engineering, ASCE, Paper No. 173, 2000.
 23. Yen, P. H., Jan, C. D., Lee, Y. P. and Lee, H. F., "Application of Kalman filter to short-term tide level prediction." *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, ASCE, Vol. 122, No. 5, pp. 266-231, 1996.
 24. 楊春生,「台灣北岸暴潮推算之研究」,台南水工試驗所土木水利學術彙刊, pp.49-63, 1974。
 25. 黃壽銘,「花蓮暴潮推算之研究」,國立台灣大學海洋研究所碩士論文,1975。
 26. 魏靖松,「暴潮統計分析及數值推算」,國立成功大學水利及海洋研究所碩

- 士論文，1976。
27. 李賢文，「沿海窪地與海水堆升之研究（1）-台灣周圍海域颱風暴潮數值模式」，防災科技研究報告，1984。
 28. 劉肖孔，「台灣海域颱風暴潮及氣象潮數值預報模式研究計畫」，第三階段成果報告，中央氣象局研究報告第 279 號，1987。
 29. 駱國陽，「類神經網路在結構系統辨識上之應用」，國立交通大學土木工程研究所碩士論文，1994。
 30. 侯和雄、王玉懷、陳森河，「颱風暴潮之探討-龍洞案例」，第十七屆海洋工程研討會暨 1995 兩岸港口及海岸開發研討會論文集，pp.351-365，1995。
 31. 劉新達，「類神經網路在水庫操作的應用」，國立交通大學土木工程研究所碩士論文，1995。
 32. 林淑真、李宗仰，「神經元傳輸函數在水文時序建模之分析」，第八屆水利工程研討會，pp.211-218，1996。
 33. 朱良翰，「倒傳遞類神經網路在波浪預報之應用」，國立中興大學土木工程研究所碩士論文，1997。
 34. 龔誠山、蘇國旭、楊慶宗，「颱風暴潮推算」，財團法人中興工程顧問社，1997。
 35. 徐月娟、曾淑芬、陳進益、蔡恆雄，「台灣地區八十三年至八十六年颱風暴潮特性之初步研究」，交通部氣象局氣象學報 42 卷第 3 期，pp.230-247，1998。
 36. 葉怡成，「類神經網路模式應用與實作」，儒林圖書有限公司，1998。
 37. 陳明仁、蔡翰陞，「淡水河河口水位受颱風暴潮影響之特性分析」，八十八年度農業工程研討會論文集，pp.745-751，1999。
 38. 劉文俊，「台灣的潮汐」，萬森興業有限公司，1999。
 39. 張東炯，「類神經網路於土石流發生預測模式之研究」，台灣水利第 48 卷第 2 期，2000。
 40. 曾淵聖，「有限體積法在暴潮計算之應用」，國立中興大學土木工程研究所碩士論文，2000。
 41. 李芳承，「台灣北部與東部海岸之暴潮模擬」，國立海洋大學河海工程學系碩士論文，2001。
 42. 魏鎮東，「南橫公路邊坡落石坍方可能性之探討」，國立台北科技大學材料

- 及資源工程學系碩士論文，2001。
43. 李宗霖、林宏明、盧育聘、吳信宏，「類神經網路在公路邊坡破壞潛能之評估」，第七屆中華民國人工智慧與應用研討會論文集，pp. 59-64，2002。
44. 鄭允翔，「颱風暴潮與颱風特性關係之研究」，國立成功大學水利及海洋工程研究所碩士論文，2003。

交通部中央氣象局委託研究計畫成果報告

氣象衛星資料接收備援系統建置可行性研究計畫

計畫類別：☒ 國內 ☐ 國外

計畫編號：MOTC-CWB-93-2M-09

執行期間：93 年 5 月 11 日 至 93 年 12 月 31 日

計畫主持人：陳錕山

執行單位：國立中央大學通訊系統研究中心

中華民國九十三年十二月十一日



交通部中央氣象局九十三年度

氣象衛星資料接收備援系統建置

可行性研究計畫

期末報告書

執行單位：國立中央大學通訊系統研究中心
計畫主持人：陳錕山教授

中華民國九十三年十二月十一日

目 錄

壹、	綜 合 資 料	1
貳、	摘要.....	2
	一、 計畫目的	2
	二、 工作項目	2
	三、 經費及工作期限.....	3
參、	實行成果.....	3
	1. 提供不影響同步氣象衛星信號的接收環境，與 L-Band 及 X-Band 電波觀測報告	4
	2. 提供足夠的不斷電電力服務.....	13
	3. 提供無阻擋衛星信號接收的開闊空間.....	14
	4. 提供足夠室內空間以安置接收設備及人員.....	15
	5. 提供氣象局衛星中心中心人員自由進出該環境的許可 ..	19
	6. 提供足夠的網路傳輸速度將接收到的訊號傳送到氣象局 做處理	19
四、	計畫查核.....	20

氣象衛星資料接收備援系統建置可行性研究計畫結案報告

壹、綜合資料

委辦機關：中央氣象局

承辦單位	國立中央大學	執行單位	國立中央大學通訊系統研究中心
計畫主持人	姓名：陳鋹山		職稱：教授
協同主持人	姓名：莊堯棠		職稱：教授
協同主持人	姓名：鞠志遠		職稱：博士後研究
執行期間	本年度計畫：自93年05月11日起 (93 年度) 至93年12月31日止		全程計畫：自93年05月11日 起 至93年12月31日 止
計畫名稱	中文：氣象衛星資料接收備援系統建置可行性研究計畫 英文：		
計畫類別	☒ 調查研究 ☐ 研究發展 ☐ 推廣服務 ☒ 技術服務		
計畫編號			

經 費(元)	第一年(93年度)	第二年(____年度)	第三年(____年度)
人 事 費	152,000		
業 務 費	212,000		
旅 運 費			
維 護 費			
材 料 費			
管 理 費	36,000		
合 計	400,000		

計 畫 聯 絡 人	姓名：陳佩苓 電話：(公)03-4227151 分機 傳真：(公)03-4273586 57644
	職稱：專案助理 通信地址：桃園縣中壢市中大路300號

貳、摘要

一、計畫目的

近年來由於個人通訊系統發達，與衛星衛星通信頻道接近造成接收系統嚴重干擾，去年的委託研究報告中已經指出氣象局可能設置備用站的氣象站大多受到嚴重的電波干擾。因應日益惡化的都會區電波環境而及早規劃設定穩定的氣象衛星資料接收環境，提供一個適合本中心安置同步氣象衛星接收系統的環境與空間，使氣象衛星資料接收作業穩定，以符合災變天氣的全天候環境監測需要。

二、工作項目

1. 需提供不影響同步氣象衛星信號的接收環境，並且需提出 L-Band 及 X-Band 電波觀測報告。
2. 提供足夠的不斷電電力服務。
3. 提供無阻擋衛星信號接收的開闊空間。
4. 提供足夠室內空間以安置接收設備及人員。
5. 提供衛星中心人員自由進出該環境的許可。
6. 提供足夠的網路傳輸速度將接收到的訊號傳送到氣象局做處理。
7. 提出氣象衛星接收備援系統建置、運作及發展可行性建議書。其內容包括計畫執行的步驟、計畫執行方法、人力及物力支援項目、預

期成果等。

三、 經費及工作期限

年度經費：40 萬元

自簽約日期至九十三年十二月三十一日止。

參、實行成果

本年度半年期計畫目的為建置一氣象衛星備援接收環境，目前將先著重於建置以及運作同步氣象衛星備援接收系統。並以目前氣象局需求為主。因此，目前已於選定地(國立中央大學研究二館)架設安置三米同步衛星接收站，分別接收 GOES-9(取代 GMS-5)以及風雲二號地球同步軌道氣象衛星。目前本國接收之氣象衛星資料，在地球同步氣象衛星部分原先以接收 GMS-5 衛星之 L/S 波段 S-VISSR 格式高解析資料為主。對於大陸的風雲系列衛星(FY-2B)，由於使用 S-VISSR 資料格式與 GMS S-VISSR 資料格式相容僅載波頻率上稍變更，因此已可成功接收。GOES-9 已於 2003 年開始接替 GMS-5 共同工作亦已可進行接收。表 3-1 為目前可供國內使用之氣象衛星其各式通訊鏈路所使用之頻率。

表 3-1 亞洲與大洋洲地球同步衛星使用通訊頻率

衛星計畫名 頻道	GMS-5	GOES-9	風雲二號 FY-2B
UHF	(SAR,DCP)	●(DCP)	●
L/S Band	●	●(SAR)	●

同步氣象衛星備援接收設備建置

目前在規劃建置中央氣象局衛星中心備援衛星接收系統部分，依工作項目可分為以下六大方向。

1. 提供不影響同步氣象衛星信號的接收環境，與 L-Band 及 X-Band 電波觀測報告。

對於衛星接收備援站台的設立，由於其必須具備在主接收站喪失接收功能時仍可正常接收的能力，因此接收波段的電磁干擾影響是最需要被重視的，在去年下一代氣象衛星研究案中，已針對台灣多處氣象局所屬地區以及中央大學進行 X 波段電磁干擾量測分析，由於現今同步氣象衛星下鏈仍屬 L 波段 1.68~1.69GHz，因此在中央大學亦進行了 L/S 波段 1.5~2GHz 電磁干擾量測，圖 3-3 為實際同步氣象衛星下鏈波段 1.675-1.695GHz 雙極化之八方位環境干擾分析圖。此外，由於同步衛星廣播方為均位於南方且 L/S 波段地面干擾嚴重，故針對東南、南以及西南三方向進行寬頻帶干擾量測，其結果如圖 3-4 至

3-9 為 1.68~1.69GHz 水平與垂直極化的量測結果，圖 3-10 至 3-15 為 1.5~2GHz 頻段量測。

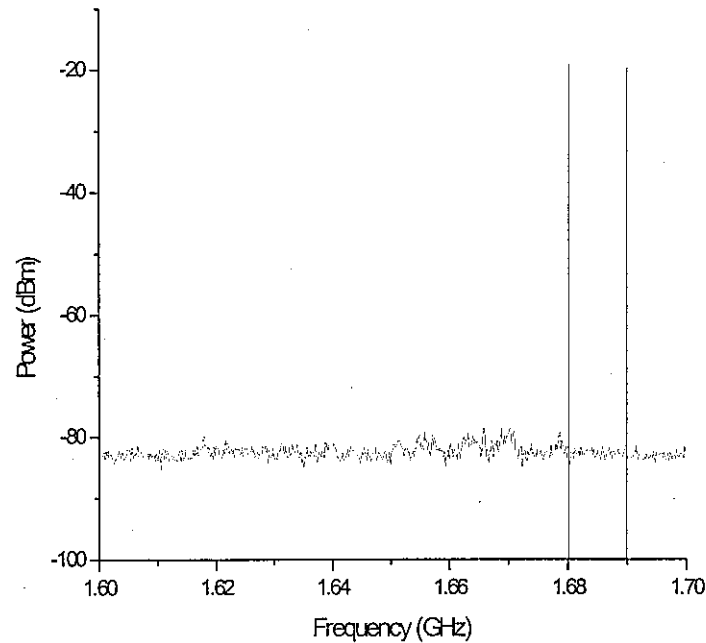
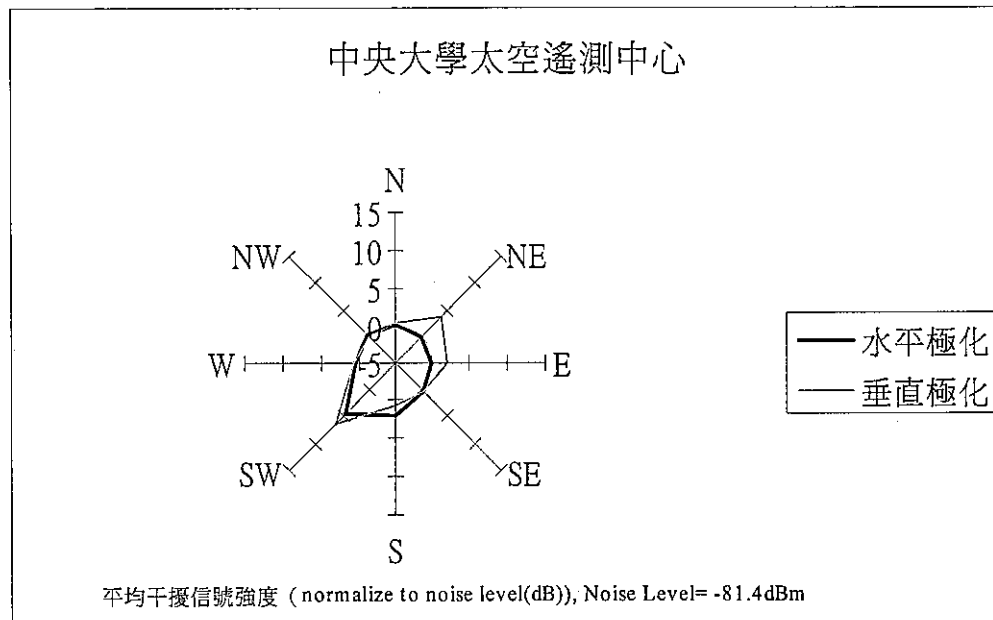


圖 3-1 中央大學 L/S 波段八方位環境干擾圖(1.675-1.695GHz)

圖 3-2 東南方 量測範圍 1.6GHz~1.7GHz 垂直極化



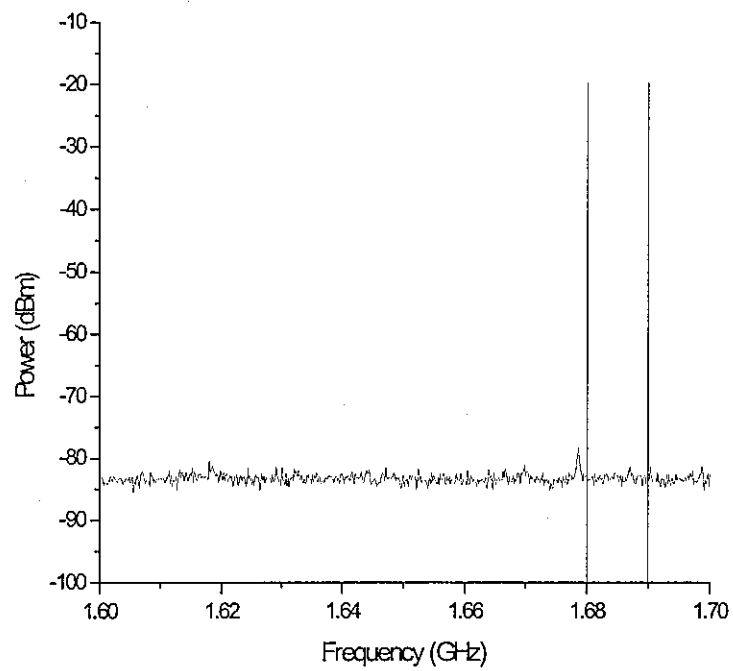


圖 3-3 南方 量測範圍 1.6GHz~1.7GHz 垂直極化

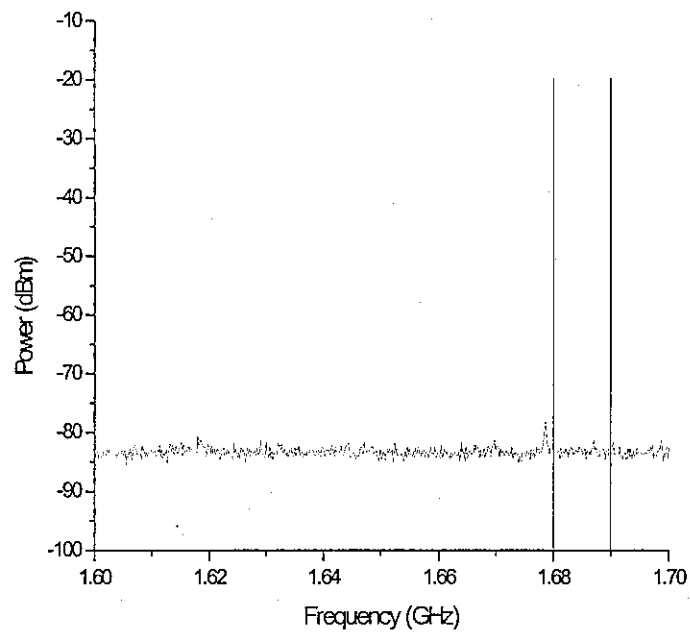


圖 3-4 西南方 量測範圍 1.6GHz~1.7GHz 垂直極化

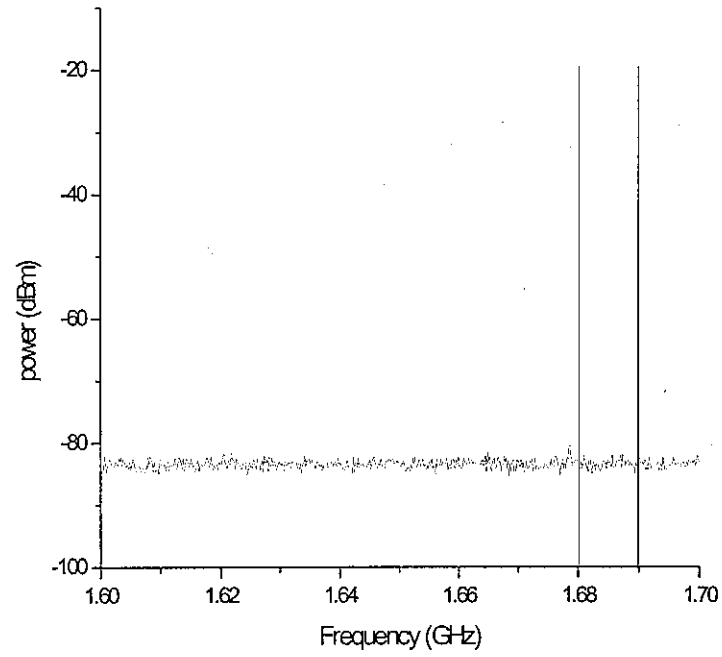


圖 3-5 東南方 量測範圍 1.6GHz~1.7GHz 水平極化

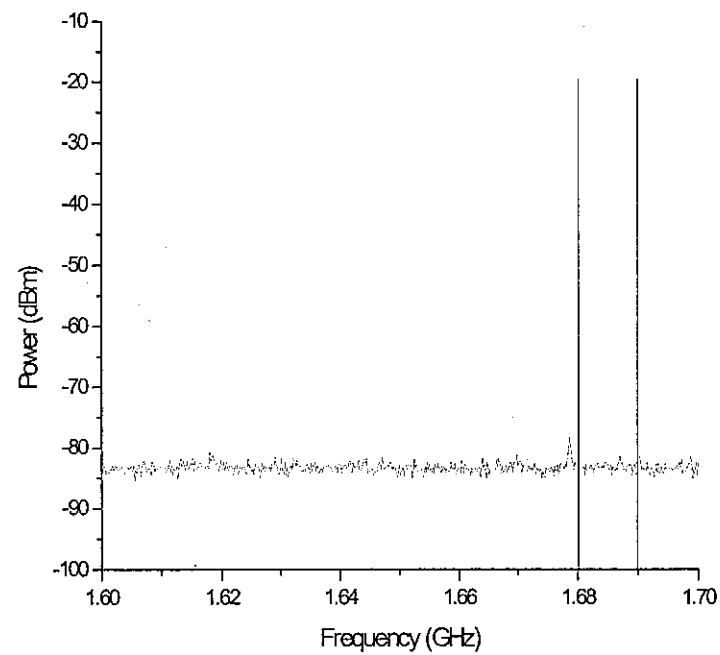


圖 3-6 南方 量測範圍 1.6GHz~1.7GHz 水平極化

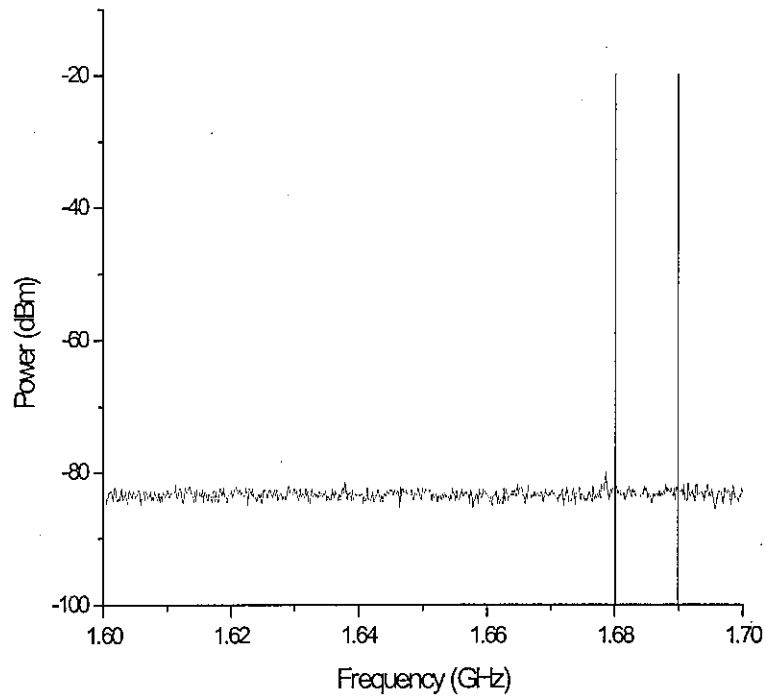


圖 3-7 西南方 量測範圍 1.6GHz~1.7GHz 水平極化

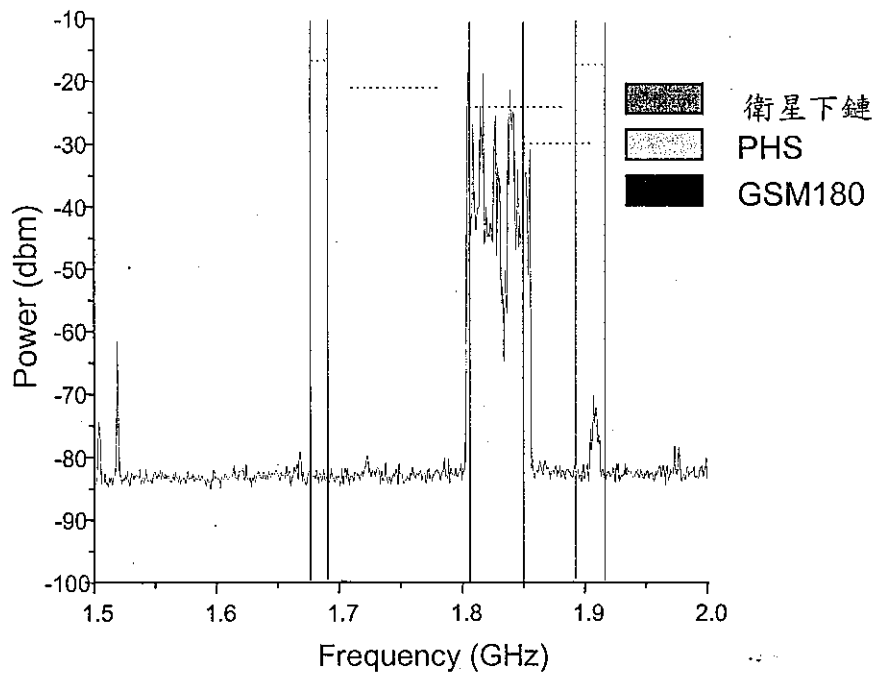


圖 3-8 東南方 量測範圍 1.5GHz~2.0GHz 垂直極化

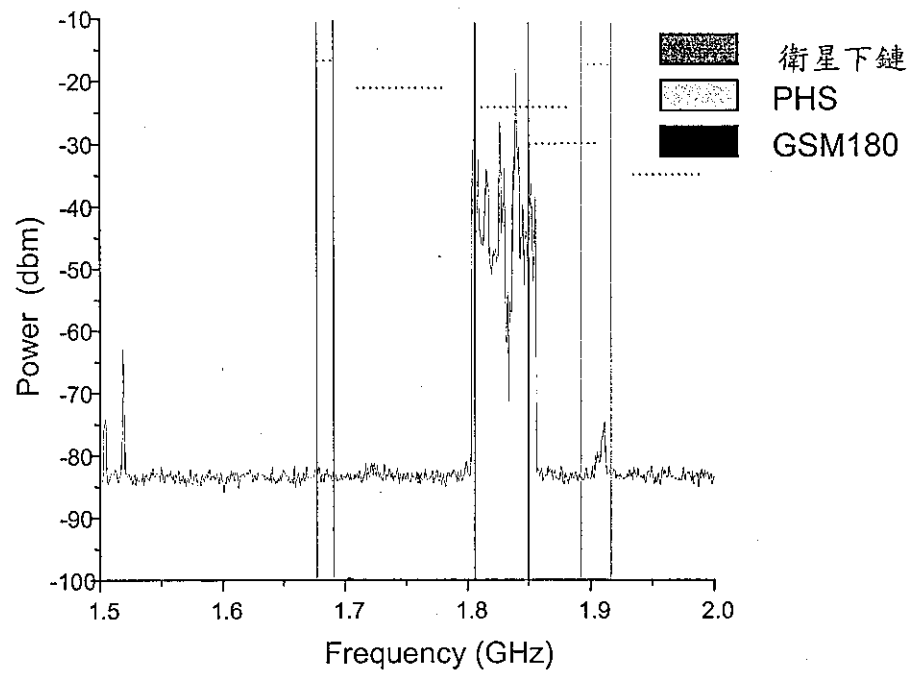


圖 3-9 南方 量測範圍 1.5GHz~2.0GHz 垂直極化

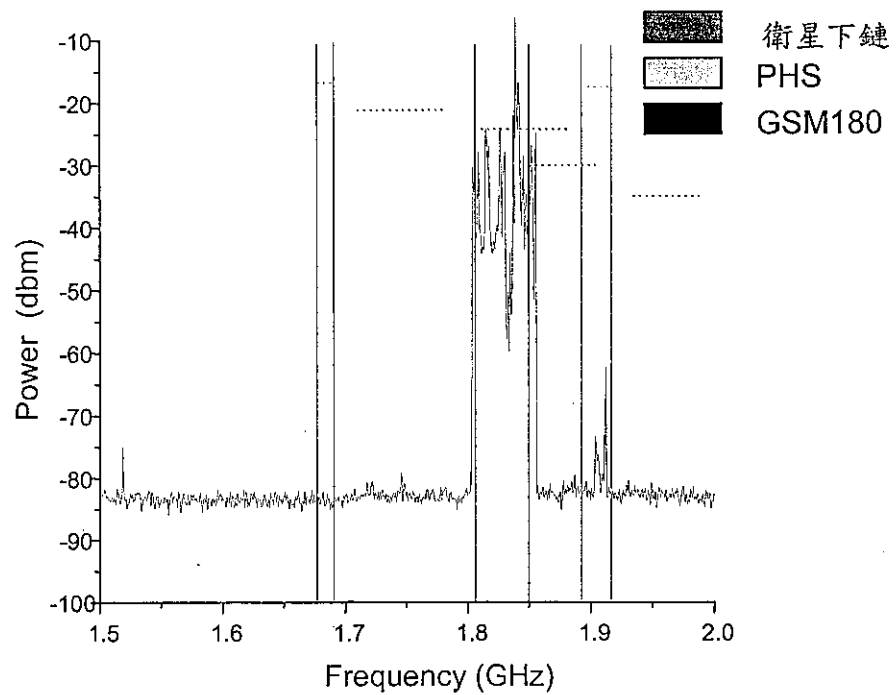


圖 3-10 西南方 量測範圍 1.5GHz~2.0GHz 垂直極化

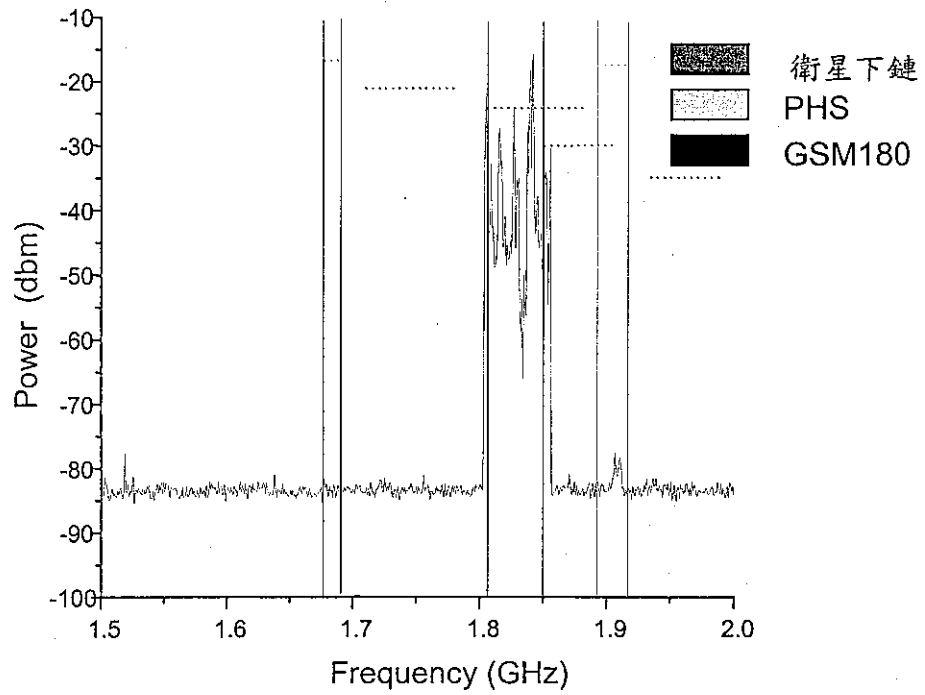


圖 3-11 東南方 量測範圍 1.5GHz~2.0GHz 水平極化

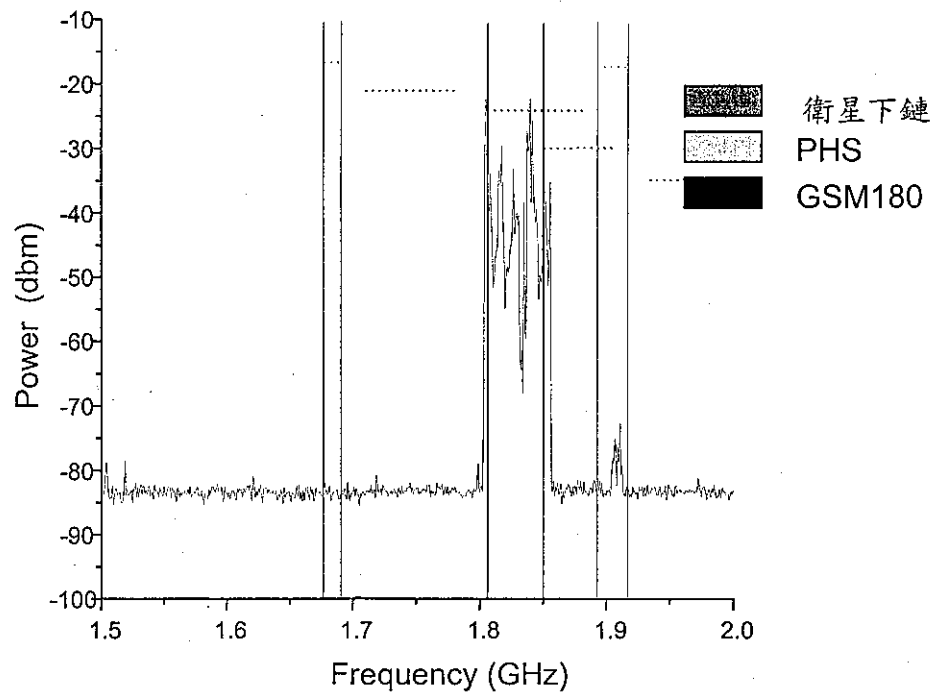


圖 3-12 南方 量測範圍 1.5GHz~2.0GHz 水平極化

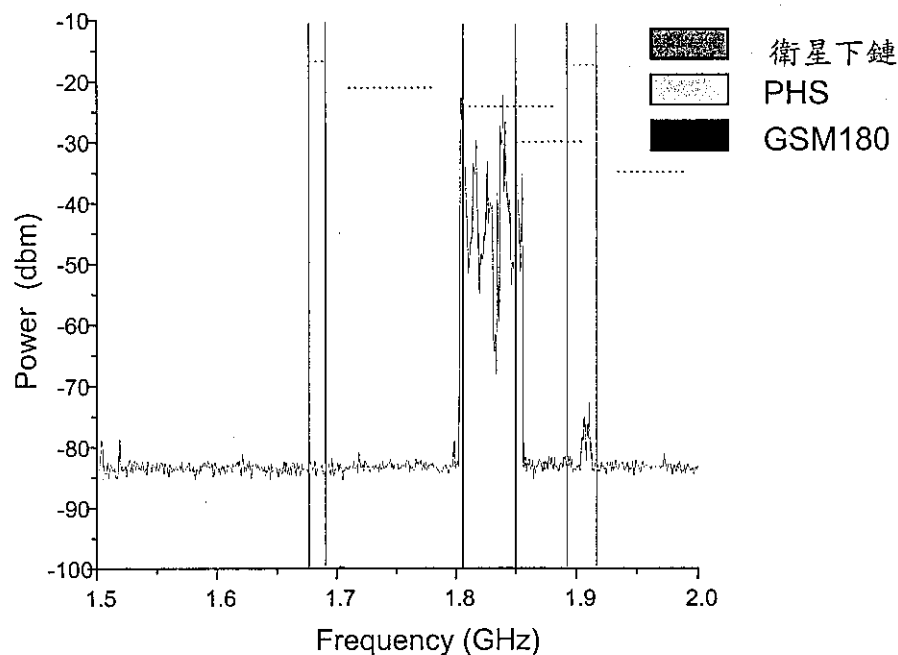


圖 3-13 西南方 量測範圍 1.5GHz~2.0GHz 水平極化

由圖 3-1 到圖 3-13 可以發現在同步氣象衛星所屬 L/S 波段下鏈 1.68~1.69GHz 範圍中，中央大學量測環境並無電磁干擾現象。不過在 1.5~2.0GHz 寬頻段量測範圍中，發現部分波段有干擾現象，經查證後為 GSM1.8GHz(藍色線框)行動電話信號以及 PHS1.9GHz(綠色線框)低功率行動電話信號。由於波段仍有相當距離因此並不會影響同步氣象衛星信號接收。

由於未來新一代軌道氣象衛星工作波段將有部分移轉至 X 波段，因此為了未來建置新一代軌道氣象衛星備援接收系統需要，在相同位置亦進行 X 波段八方位電磁干擾量測(8.0-8.5GHz)，如圖 3-14 所示，在 X 波段各方位均無電磁干擾現象。

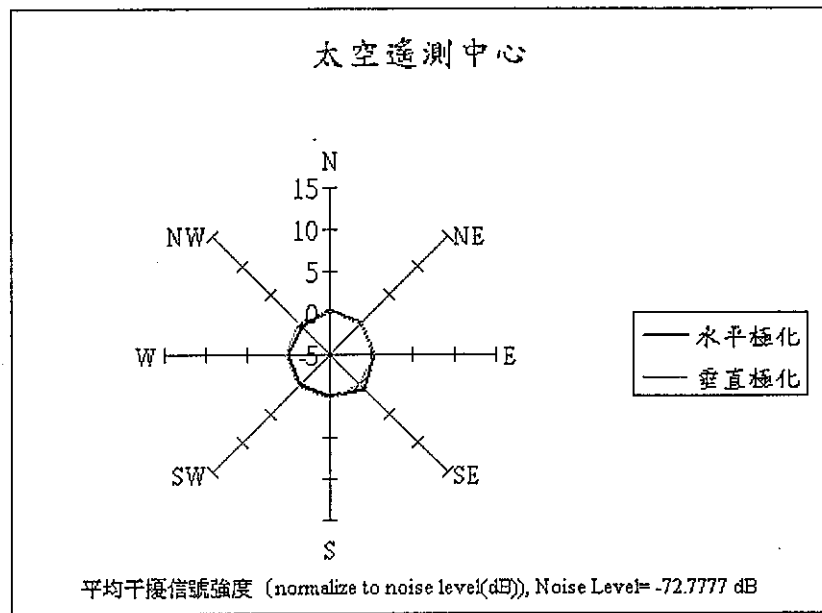


圖 3-14 中央大學 X 波段(8.0-8.5GHz)八方位環境干擾圖

2. 提供足夠的不斷電電力服務。

有關於同步氣象衛星備援接收系統的中斷可分為人為中斷與自然中斷兩個方面來討論。人為中斷包含接收設備毀損，停電，斷網，不明人士入侵..等人為因素造成資料損失或是無法及時回報。自然中斷則為天災影響如雨衰，風災造成接收設備無法接收與及時傳送。本計畫規劃建置地點中央大學研究二館在防止不斷電設備上目前，接收系統部分在機房內已接續 1KVA 不斷電設備，此外另與太遙中心微波遙測實驗室共享一套 8KVA 不斷電設備，這些設備已足夠應付臨時停電時關機程序的執行，但對維持接收業務則所承受時間則會不足四小時，由於增加不斷電系統承受時數即增加電池並聯數量，在不補充電

力的情況仍有消耗殆盡的時程，因此仍需要引擎發電系統的支援。目前系統正式接收迄今除校方有二日無預警全棟斷電導致無法順利執行接收業務外，其餘供電狀況均屬正常。

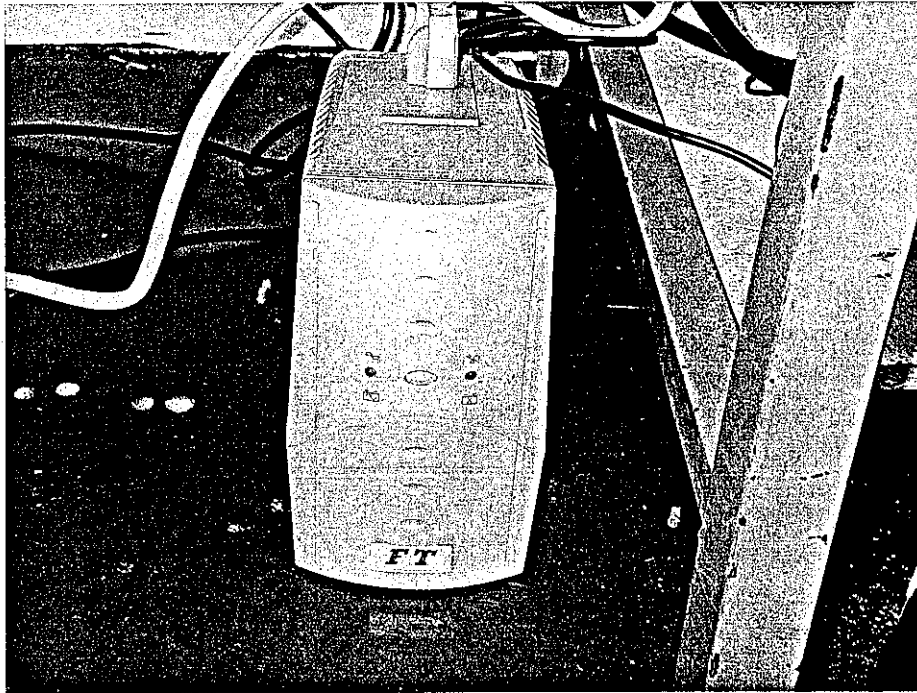


圖 3-15 位於機房內之不斷電系統

3. 提供無阻擋衛星信號接收的開闊空間。

本計畫已建置兩套同步氣象衛星接收天線位置如圖 3-16 紅色框線處，分別接收 GOES 以及風雲衛星軌道的氣象資料，地點位於中央大學研究二館頂樓。此區域在同步氣象衛星接收天線所需要的南向擁有良好視距空間。十分合適架設各式氣象衛星接收用天線。

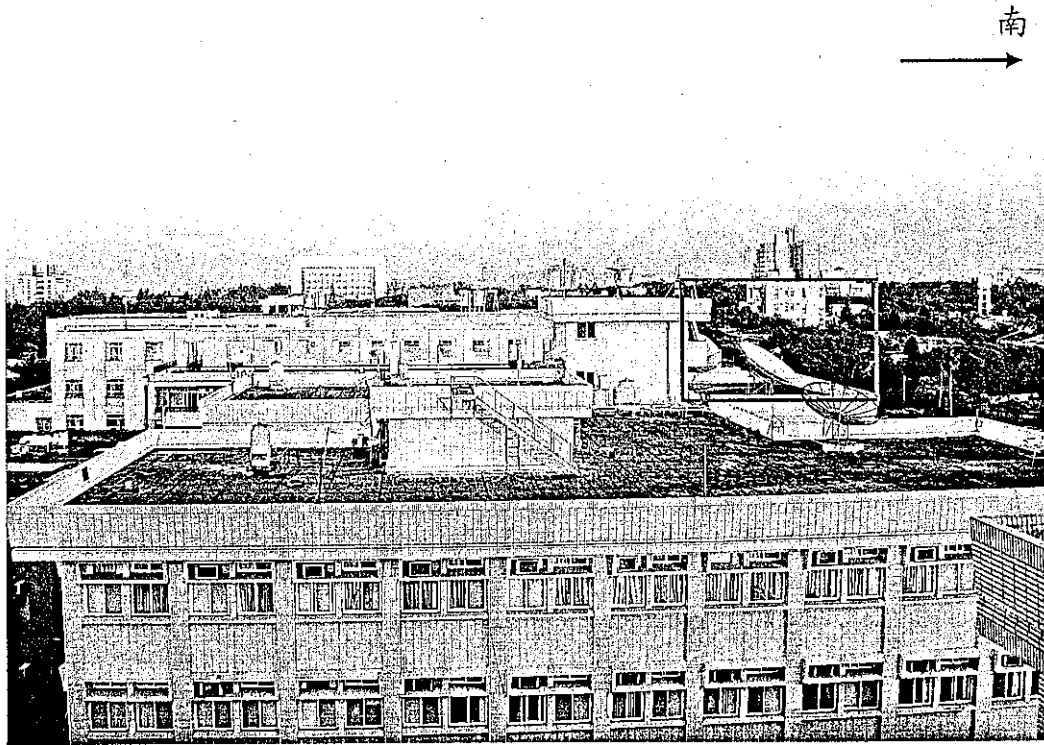


圖 3-16 中央大學研究二館鳥瞰圖

4. 提供足夠室內空間以安置接收設備及人員。

由於目前初期僅建置同步氣象衛星接收系統進行可行性分析，所使用空間並不多，目前天線安置於屋頂天台，接收系統、資料處理儲存系統以及對外網路單元則架設於屋頂天台中央東側操作機房中(面積約 30 平方公尺)仍尚屬寬裕，可供一至二人同時工作。圖 3-17 為中大研究二館屋頂平面尺寸圖，目前同步衛星接收天線使用面積為屋頂(圖 3-17)紅色框線處，機房則為於藍色框線處。圖 3-18 至 3-22 為目前屋頂環境與四樓室內實景。

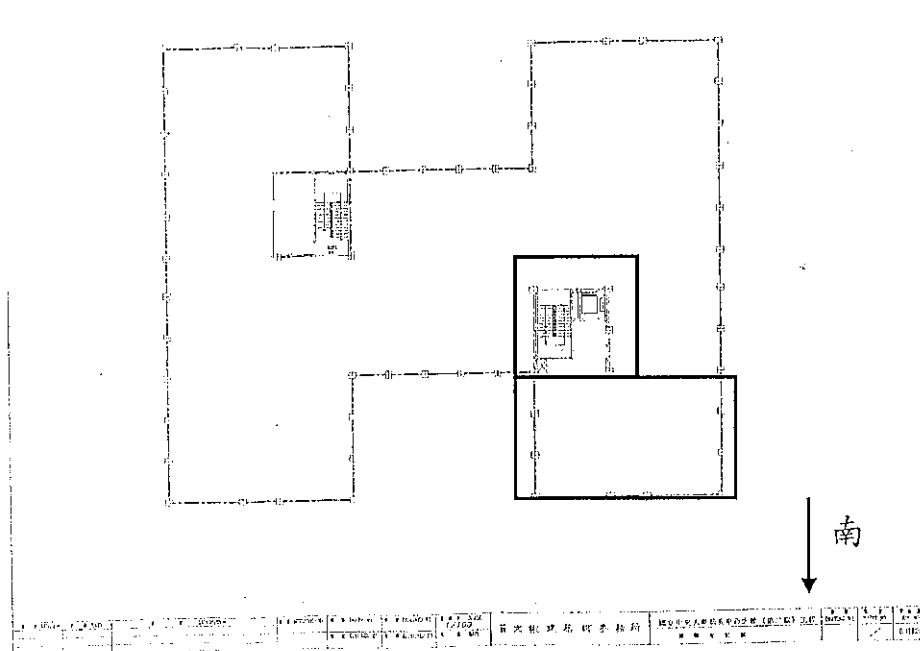


圖 3-17 中大研究二館屋頂平面圖

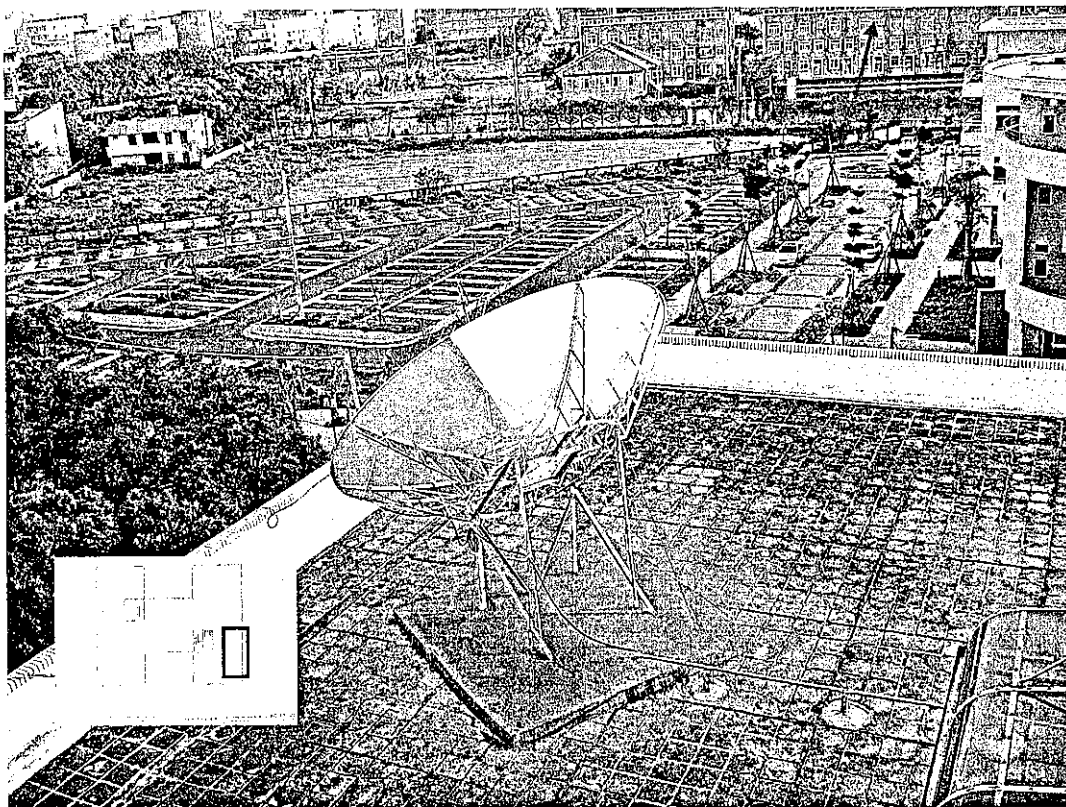


圖 3-18 GOES9 同步氣象衛星接收系統天線

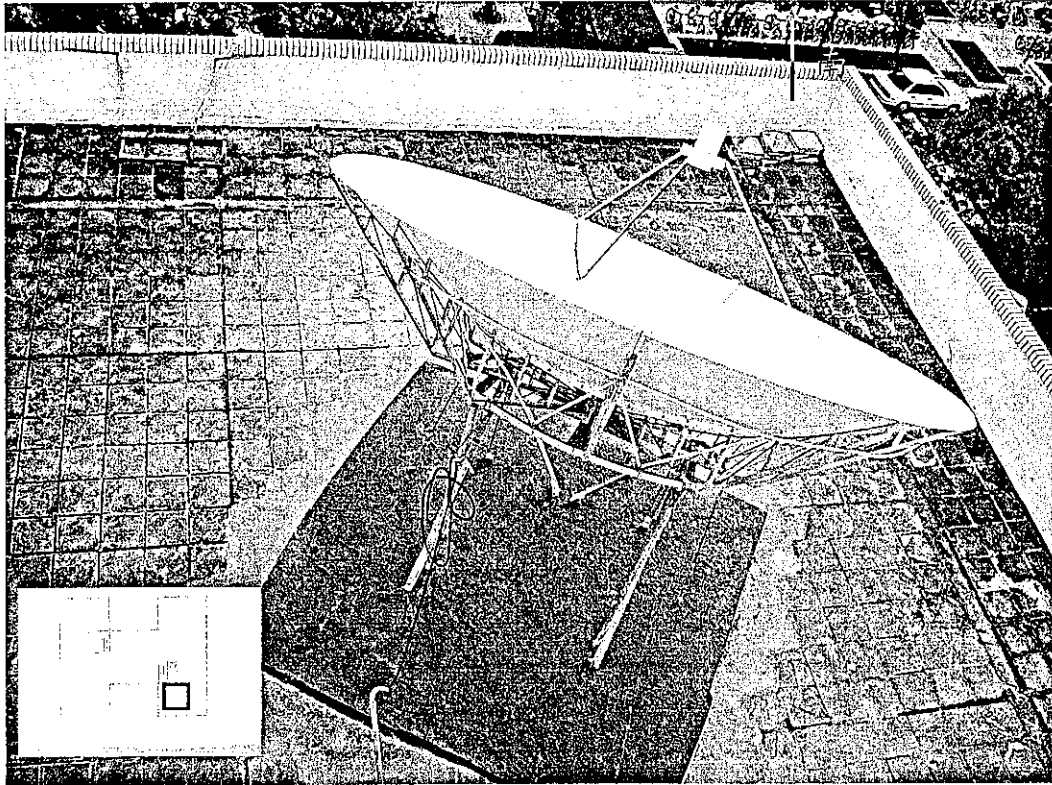


圖 3-19 風雲二號同步氣象衛星接收系統天線

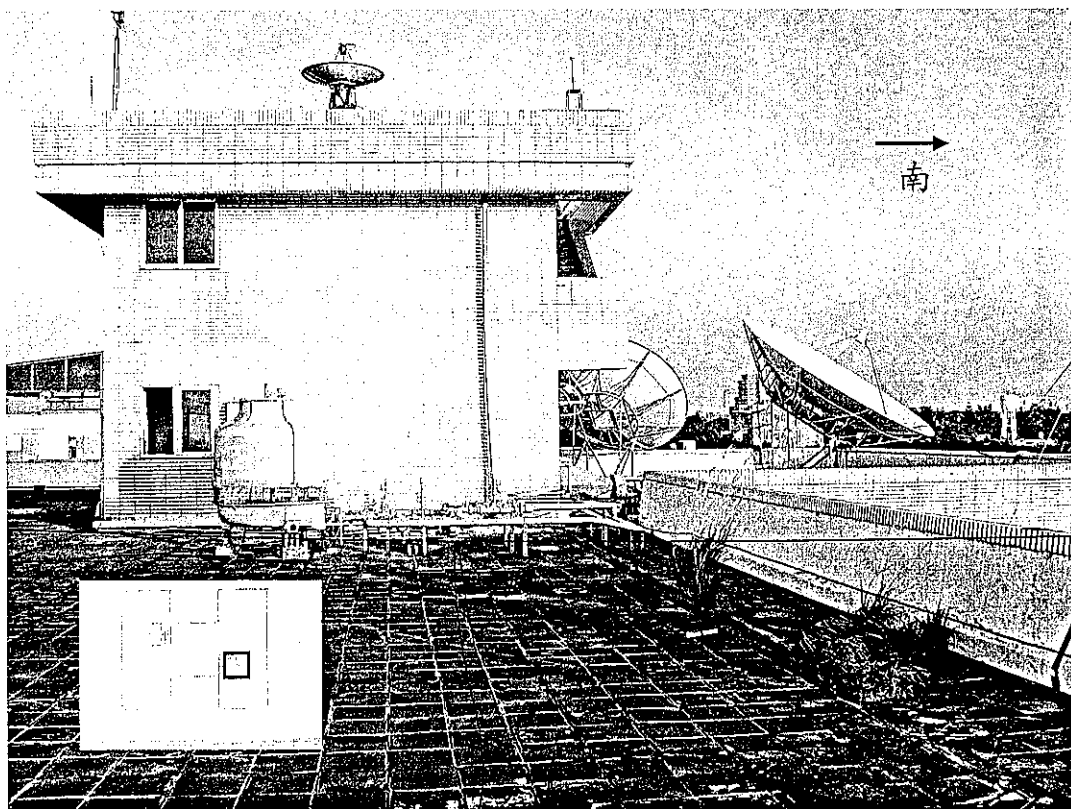


圖 3-20 同步氣象衛星接收系統天線與機房

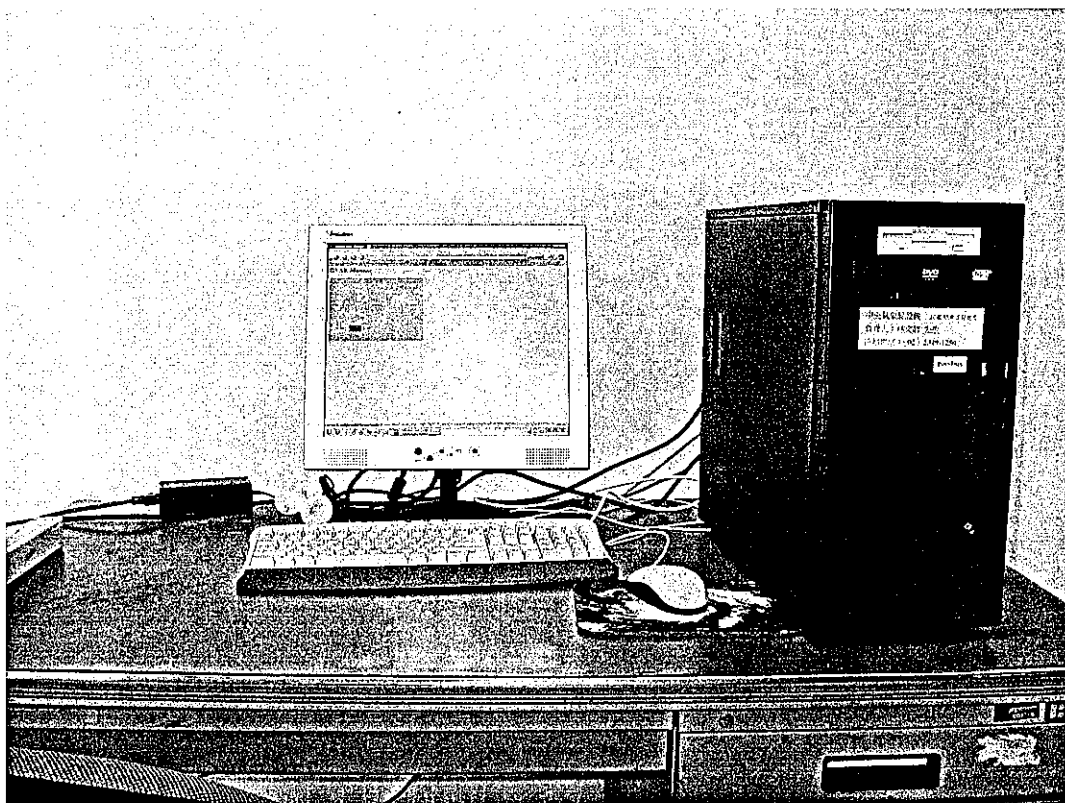


圖 3-21 GOES 氣象衛星接收系統

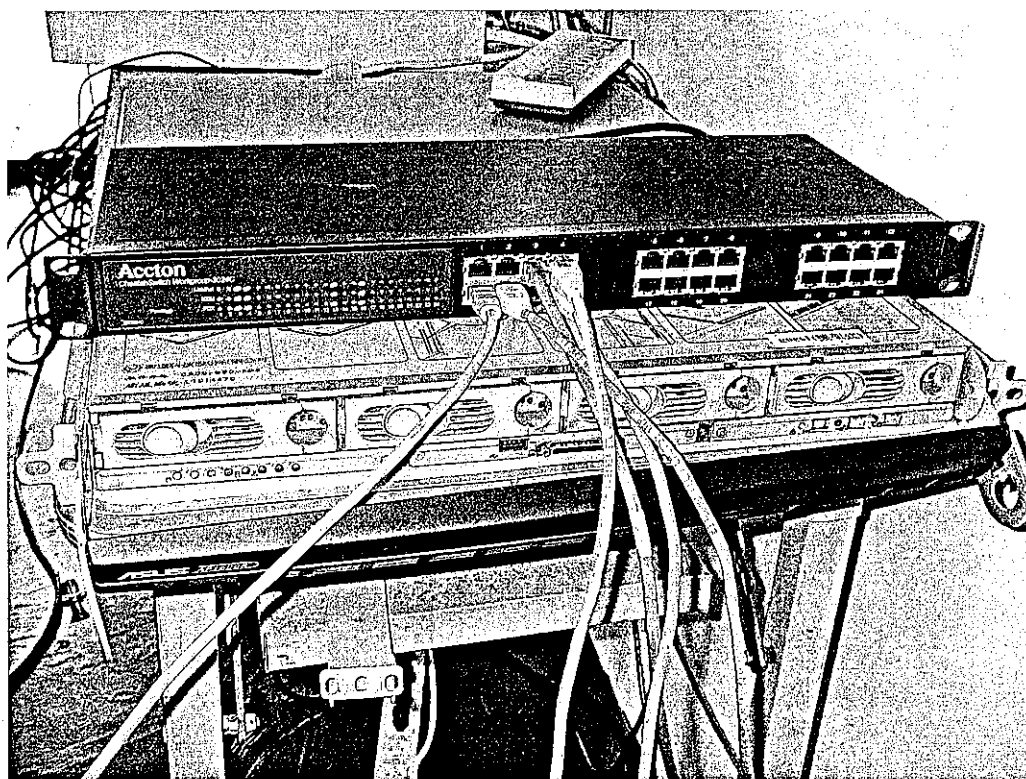


圖 3-22 氣象衛星資料儲存與網路傳送系統

5. 提供衛星中心人員自由進出該環境的許可。

目前操作維護人員於上班時間均可自由進出機房工作，至於下班後的門禁則視個人需求申請。

6. 提供足夠的網路傳輸速度將接收到的訊號傳送到氣象局做處理。

對於網路資料傳輸部分，透過中華電信 E1 專線，將有足夠速度將接收資料傳送至氣象局衛星中心作後續處理。此專線亦可有效防止網路壅塞或透過網路入侵以及病毒等造成接收資料損毀。此外亦同時將處理過後資料透過另一條對外網路傳送至中大太遙中心伺服器中進行備份與提供學術使用。

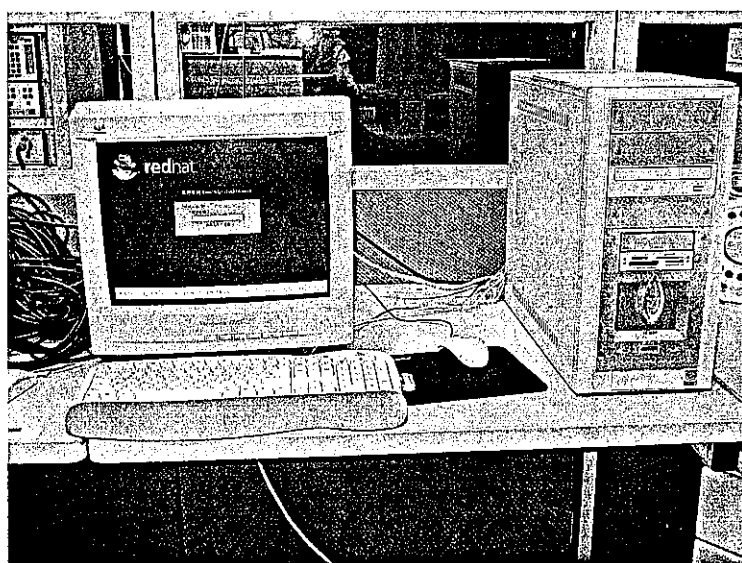


圖 3-23 太遙中心氣象衛星資料備份系統

計畫查核

茲表列依年度工作內容與項目草擬進度甘梯圖及查核點與查核方式。

工作月次 工作項目		1	2	3	4	5	6	7	8
氣象衛星中心 衛星接收備援系統建置可行性之研究	蒐集技術資料								
	調整同步衛星備援設備								
	規劃未來氣象衛星備援系統建置與營運方案								
	進行備援站長期電磁干擾，以及環境可靠度、經濟性等可行性評估。								
	計畫報告撰寫								

交通部中央氣象局委託研究計畫成果報告

台灣地區春季綜觀尺度 天氣預報指引之研究

計畫類別：☒ 國內 ☐ 國外

計畫編號：MOTC-CWB-93-2M-10

執行期間：93 年 6 月 1 日至 93 年 12 月 31 日

計畫主持人： 俞家忠

財團法人氣象應用推廣基金會

中華民國 93 年 12 月

交通部中央氣象局委託研究計畫成果報告

台灣地區春季綜觀尺度 天氣預報指引之研究

計畫類別：☒ 國內 ☐ 國外

計畫編號：MOTC-CWB-93-2M-10

執行期間：93 年 6 月 1 日至 93 年 12 月 31 日

計畫主持人： 俞家忠

財團法人氣象應用推廣基金會

中華民國 93 年 12 月

台灣地區春季綜觀尺度天氣預報指引之研究
(一)
(2004 年 6-12 月)

主持人： 俞家忠

(國立台灣師範大學地球科學系兼任教授

財團法人氣象應用推廣基金會董事)

研究助理：鍾昆山

兼任助理：劉韶郁(台大)、薛郁潔(師大)、廖珮娟(台大)

計劃編號：MOTC-CWB-93-2M-10

中華民國九十三年 12 月

目錄

	頁次
摘要	1-2
一、 概述	3-5
二、 使用資料及研究進行步驟	6
1. 使用資料	6
2. 研究方法及進行步驟	6-7
三、 研究所獲結果	8
(一) 天氣圖分類說明及分類結果	8
1. 分類的原因及說明	8
2. 春季 14 種天氣圖型分類要點及示意圖	9-12
3. 1994~2003 年 2~4 月每日天氣圖分類結果	13-14
(二) 10 年(1994~2003)年天氣圖類型及相伴出現 天氣現象及天氣因子之統計及分析	15
1. 統計結果	15-16
2. 統計結果之分析	16
(1)各類型下台灣氣溫度分佈特徵分析	16-18
(2)各類型下台灣降雨之分析	18-19
(三) 13(1992~2004)年台灣全區(以西部為主)顯著 春雨，北部及東北部顯著春雨個案統計	20

目錄 (續)	頁次
1. 選擇台灣顯著春雨個案之定義	20
(1) 台灣全區顯著春雨	20
(2) 台灣北部、東北部顯著春雨	20
2. 13(1992~2004)年 2~4 月顯著春雨個案統計	20
(1) 台灣全區 (以西部為主) 顯著春雨個案	21
a. 13 年來顯著春雨日期、個案數目統計	21-22
b. 13 年來顯著春雨個案多寡名次	23
c. 13 (1992~2004)年來導致台灣顯著春雨個案數及日數	24
d. 13 年來各種天氣類型導致顯著春雨個案之天數	25-26
e. 13 年來導致顯著春雨前五種天氣類型對不同降雨量之機率	27-29
(2)台灣北部及東北部顯著春雨個案	30-31
(四) 分析春季天氣系統對台灣天氣因子之變化的影響評估	32
1. 低壓對台灣天氣因子變化的影響	32-33
2. 鋒面對台灣天氣因子變化的影響	33-34

目錄 (續)	頁 次
3. 高壓對台灣天氣因子變化的影響	34-35
4. 高壓脊線對台灣天氣因子變化的影響	35-36
(五) 對部份台灣顯著春雨個案之分析及所獲成果	37
1. 已分析個案及以往研究春雨成果題目	37-38
2. 春雨個案分析及以往研究春雨所獲成果部 份要點	38-46
(六) 台灣春季綜觀天氣預報方法之發展	46
1. 遠距離天氣系統	47
2. 近距離天氣系統	48
3. 台灣及附近地區天氣系統、氣壓場、風場及 大氣秉性	48-49
四、 結語	50
五、 致謝	51-52
六、 參考文獻	53
七、 附件	
(一) 附件 1-台灣地區春季 SF3 型氣象要素資料 表	54-67

目錄（續）

頁次

（二）附件 2-台灣地區春季各天氣類型氣象要素比

較圖

68-88

（三）附件 3-台灣地區春季各天氣類型平均雨量

統計表

89-91

摘要

本研究係利用中央氣象局每日對外發佈 10 年(1994-2003) 0000UTC 春季小型地面天氣圖，按控制台灣及四周天氣有關之低壓、鋒面、高壓、脊線系統，將天氣圖加以分類：分成東海低壓(含台灣低壓)(SL1)、鋒面五型(F1~SF5)、高壓四型(SH0~SH3)、高壓脊線三型(SR1~SR3)及大陸高壓與低緯度熱帶低壓(颱風)共伴環流(ST1)等共計十四型。

利用中央氣象局觀測資料，統計出在各種類型下，逐日相伴發生天氣現象(以雨量為主)及氣象因子(要素)(平均氣溫、最低氣溫、最高氣溫、風向/風速)，以評估氣壓系統對天氣及氣象因子之變化情形。結果發現，導致台灣顯著春雨的機制相當複雜，雖然顯著春雨大多出現於鋒面在台灣駐留徘徊期間，但亦有一些係發生於其他天氣圖類型下，甚至於在高壓中心位於台灣北部近海及脊線控制期間下，亦曾導致台灣普遍降水。

為對台灣顯著春雨機制有充分了解，統計出 13(1992~2004)年來，台灣全島顯著春雨個案 68 個，春雨日數 241 天，台灣北部及東北部顯著春雨個案 21 個，春雨日數 55 天。進而分析全省顯著春季個案 19 個，初步發現，台灣春雨多寡係受中、高緯度綜觀系統配置之影響，特別是以俄羅斯東北部、堪察加半島及鄂霍次克海的阻塞高壓最有密不可分的關係。顯著春雨發生時機及強度的大小，則與華南地區的低、中層環流有極為密切的相關性。例如：850hPa 有風場及溫度場結構良好的風切線並伴有顯著冷、暖平流，風切線南邊有西南風之低層噴流，風速愈大愈好，風切線以北邊有明顯的北來風分量，推動風切

線南移，即為觸發台灣顯著春雨之最重要機制。中層至高層風場，亦扮演重要角色，特別是 700-500hPa 華南地區之強烈西來風，以及高層之西北偏西或西北風，係形成台灣中部顯著春雨之主要機制。經由以上研究，獲知綜觀天氣系統中，主要因子--中、高緯度地區之阻塞，東海低壓（含台灣低壓）的生成與發展，駐留台灣及附近地面之鋒面，極地大陸高壓或脊線，由我國北方伸向日本，850hPa 圖上華南地區之風切線及其南方強烈的低層噴流，和南支槽的動態，都是與台灣顯著春雨息息相關的綜觀條件。

未來研究計劃中，將繼續分析全島顯著春雨個案，北部及東北部顯著春雨個案，從中求出中、高緯，經華南到低緯地區之有關觸發春雨關鍵因子之比重，並希望求出數量化，再配合本研究所擬定之春季綜觀天氣系統預報法之初步綱要，來完成“台灣地區春季綜觀尺度天氣預報指引”之最重要部份——“春季綜觀尺度天氣預報概念模式圖”及“春季綜觀尺度天氣預報檢驗卡”，以供預報人員之參考。

一、概述

台灣地處亞熱帶，為大陸東南沿海的一個島嶼，四面環海，西方及西北方為地球上最廣大之歐洲與亞洲相連的龐大陸塊，並有高聳的青康藏高原，東方為浩瀚的太平洋。因此，台灣冬、夏分別受到極地大陸冷氣團及太平洋暖氣團所控制。在冬季正常情況下，有呈週期性的鋒面通過台灣；由冬季進入春季時，極地大陸高壓強度仍強，鋒面依然不斷南下，但已開始受低緯太平洋暖氣團勢力稍增且偶有西進北推之情形，台灣天氣變化複雜。進入 5~6 月，極地大陸冷氣團雖大為減弱，但鋒面依然會移到或通過台灣，而太平洋高壓勢力大為增強，可以與北來冷氣團相互抗衡，台灣成為南、北兩種秉性各異氣團相互推擠的場所，造成鋒面在台灣及南、北海域徘徊駐留的地區，成為天氣變化多端的梅雨期。6 月下旬至 8~9 月間，因地面受太陽輻射影響，華中、華南成為低壓活動區，太平洋高壓控制台灣，台灣盛行西南氣流，一般天氣較好，午後多有雷陣雨。此期間西北太平洋颱風活動頻繁，台灣常受颱風影響。9 月下旬以後，大陸高壓漸趨活躍，開始推動鋒面南下，影響台灣地區的天氣。10-11 月低緯地區仍有颱風或熱帶低壓活動並侵襲或影響台灣。台灣各季天氣變化中，以春季的天氣最為複雜。

中央氣象局目前根據數值天氣預報和統計預報的預報產品，判斷未來天氣變化所做的天氣預報已具相當成效，但天氣預報的準確率係與預報經驗成正比，因此透過預報人員經驗的累積和認知的學習，所完成的天氣系統對應到台灣地區綜觀天氣預報的概念模式圖及預報校驗卡，是極為有用的預報工具，因此，發展台灣地區四季綜觀尺度天氣系統之預報指引是具有相當價值的。因為春季氣壓系統移動速度變動很大，同時春季低緯地區西南氣流漸趨活躍，從中南半島、南海北部到達華南、台灣及四周海域，輸送水汽到台灣，使得台灣天氣變化相當複雜，尤其是

春雨，大部份雖係受伴隨低壓之鋒面影響所觸發，但亦可發生於任何氣壓系統下，甚至於可以發生在高壓中心附近。因此優先從台灣春季綜觀天氣系統預報指引之研究開始（此為第一年 7 個月）。

本研究之春季，係以 2-4 月為準，以吻合預報中心長期課對外發佈之春季定義相同。工作重點以春雨為主，其他天氣現象及天氣要素次之。顯著春雨的定義分成全省(以西部為主)春雨，台灣東北部、北部春雨兩種：

1. 全省春雨的定義：

- a. 全省有雨，北部有一站以上日雨量 $\geq 50\text{mm}$ ；
- b. 全省有雨，中、南部有一站日雨量 $\geq 20\text{mm}$ 。

2. 台灣東北部、北部春雨的定義：

北部、東北部普遍有雨，有一站以上之日雨量 $\geq 50\text{mm}$ 。

台灣顯著春雨，尤其是維持時間較久的顯著春雨，它是中、高緯綜觀環境系統與熱帶低緯系統共同作用的結果，並且與南方振盪(ENSO)有密切的遙相關（Chen and Wu, 2003）。

以往對形成台灣春雨的綜觀系統研究不少，其中以王時鼎之研究(1987、1988)最有系統。王氏將台灣地區、特別是中南部地區，必須 4 天及以上之連續降雨，不論雨量之多寡，稱為春雨，並統計出 1958~1985（28 年）2~4 月共 46 次個案。本研究對顯著春雨定義分成全區顯著春雨、東部及東北部顯著春雨兩種，係採取量化作春雨分析，並不限制下雨之持續時間，此與王氏有顯著不同。

本研究的工作情況如下：

1. 天氣圖分類：利用中央氣象局每日發佈 00UTC 之小型地面天氣圖，按

- 影響台灣及四周天氣有關的低壓、鋒面、高壓及脊線走向分成 14 類。
2. 利用氣象局觀測資料，統計出各類型逐日對應之天氣及氣象因子（要素），並作分析、了解顯著春雨與天氣圖之相關性，並評估氣壓系統對台灣天氣及氣象因子之變化情形。
 3. 統計 13(1992~2004)年，台灣全島顯著春雨個案共 68 個，每年平均有 5.2 個；東北部及北部春雨個案共 21 個，平均每年有 1.6 個。
 4. 分析了部份台灣顯著春雨個案，獲得導致台灣春雨的綜觀系統是華南地區 850hPa 圖上有風場及溫度場結構良好的風切線、風切線上之波動，台灣及附近地區的鋒面、東海低壓、大陸高壓主軸伸向日本阻止低壓活動，南支槽··等。
 5. 獲得春雨預報方法之部份成果，並擬定未來發展春季綜觀系統預報綱要。

二、使用資料及研究進行步驟

本研究係利用過去綜觀天氣圖及台灣相伴發生的天氣現象 (Weather phenomena) 及氣象因子 (要素) (Weather elements)，經由天氣圖分類，統計出各種天氣圖類型與台灣天氣、氣象因子之關係，加以分析。統計台灣顯著春雨個案個數，並分析研究部份個案。了解導致顯著春雨之綜觀機制，研究完成台灣地區春季綜觀尺度天氣預報指引，其研究方法及進行步驟如下：

(一)、使用資料：

利用中央氣象局對外發佈的春季每日 8 時地面小型天氣圖、顯著春雨及持續性良好天氣期間之有關歐亞高空圖、台灣地區斜溫圖等資料、氣象站逐日氣象觀測資料、部份空軍基地氣象觀測資料。

(二)、研究方法及進行步驟：

1. 蒐集過去天氣圖(地面及高空)及台灣地區相伴發生天氣之氣象資料。
2. 按低壓中心及鋒面系統位置、高壓中心位置及主軸走向，將天氣圖整理、分類、分析影響台灣春季天氣之各種綜觀尺度天氣系統。
3. 分析統計相同天氣類型下，台灣各站相伴發生的天氣現象 (以降水為主) 及天氣因子，如降水、地面平均溫度、平均最高溫度、平均最低溫度、平均風速...等，並對結果作詳細分析，以了解各種類型對台灣各站降水及氣象因子 (要素) 之影響情形。

4. 統計台灣全區(以西部為主)顯著春雨個案、北部及東北部顯著春雨個案，分析台灣春雨個案及持續時間(日期)隨月份之改變。
5. 對導致台灣顯著春雨個案作分析，以尋找相同綜觀環境條件下有顯著春雨與無顯著春雨之關鍵性機制。
6. 進行春季天氣系統對台灣局部天氣變化之預報方法，完成部分春季天氣預報概念模式圖及判讀條件。

三、 研究所獲結果

(一)天氣圖分類說明及分類結果：

1. 分類的原因及說明：

因為地面天氣圖上所填的氣象資料齊全，地面發生的主要天氣現象諸如：雷雨、大雨、雨等各種降水及濃霧、低溫...等，大多係地面到高空三度空間大氣相互運動之結果，所以地面圖為天氣預報之主要工具。

基於高壓伴有下沉輻散運動，致一般天氣較好，低壓及鋒面伴有輻合上升運動，致一般天氣較差的原理(觀念)，亦即在相同綜觀系統控制或影響下，相伴有大同小異的天氣。因此，天氣圖分類是本研究重要工作項目之一。但春季有的氣壓系統移動很快，例如：位於黃河河套附近的高壓中心 24 小時之內即可移到長江口，平均移動速度每小時達 80~90km/hr，因此，要將所有天氣圖分類做得很妥切是相當困難的。下面所做的分類，係按控制台灣及附近的天氣的低壓、鋒面、高壓、脊線等。現將分類情形及條件（原則）說明如下：

a.低壓：原擬按低壓中心所在經度、緯度之不同而分，但經由對每日天氣圖作詳細檢查，發現春季溫帶低壓之生成與動態極為複雜，有時在黃海及東海有南、北兩套低壓存在。春季一般溫帶低壓中心大多不會移到台灣，台灣天氣極少單純由低壓所引起，台灣地區天氣變化，特別是降水等天氣現象大多為伴隨低壓之鋒面所觸發，因此低壓只歸為東海低壓(含台灣低壓)一類 SL1，且當東海低壓所相伴的鋒面已移到台灣北方海上、台灣、巴士海峽、或台灣東方海上時均

以鋒面加以分類。

b. 鋒面系統：按走向有 NNE—SSE、NE—SE、ENE—WSW 甚至於 E—W 向通過台灣，但呈 NNE—SSE、NE—SW 走向之鋒面通過台灣都非常快速，一般降水僅數小時而已，且次數相對較少，台灣顯著降水大都均由 ENE—WSW 或 E—W 走向移動緩慢或駐留的鋒面所觸發。因此，鋒面係按位於台灣及附近的位置不同而分為五類：F1—F5。

c. 高壓：係按高壓中心所在位置、高壓長軸走向，分成四類：(SH0~SH3)。

d. 高壓脊線：按高壓脊線主軸走向，分成三類：(SR1~SR3)。

e. 大陸高壓與低緯颱風共伴環流一類：ST1。

共計有 14 種類型。

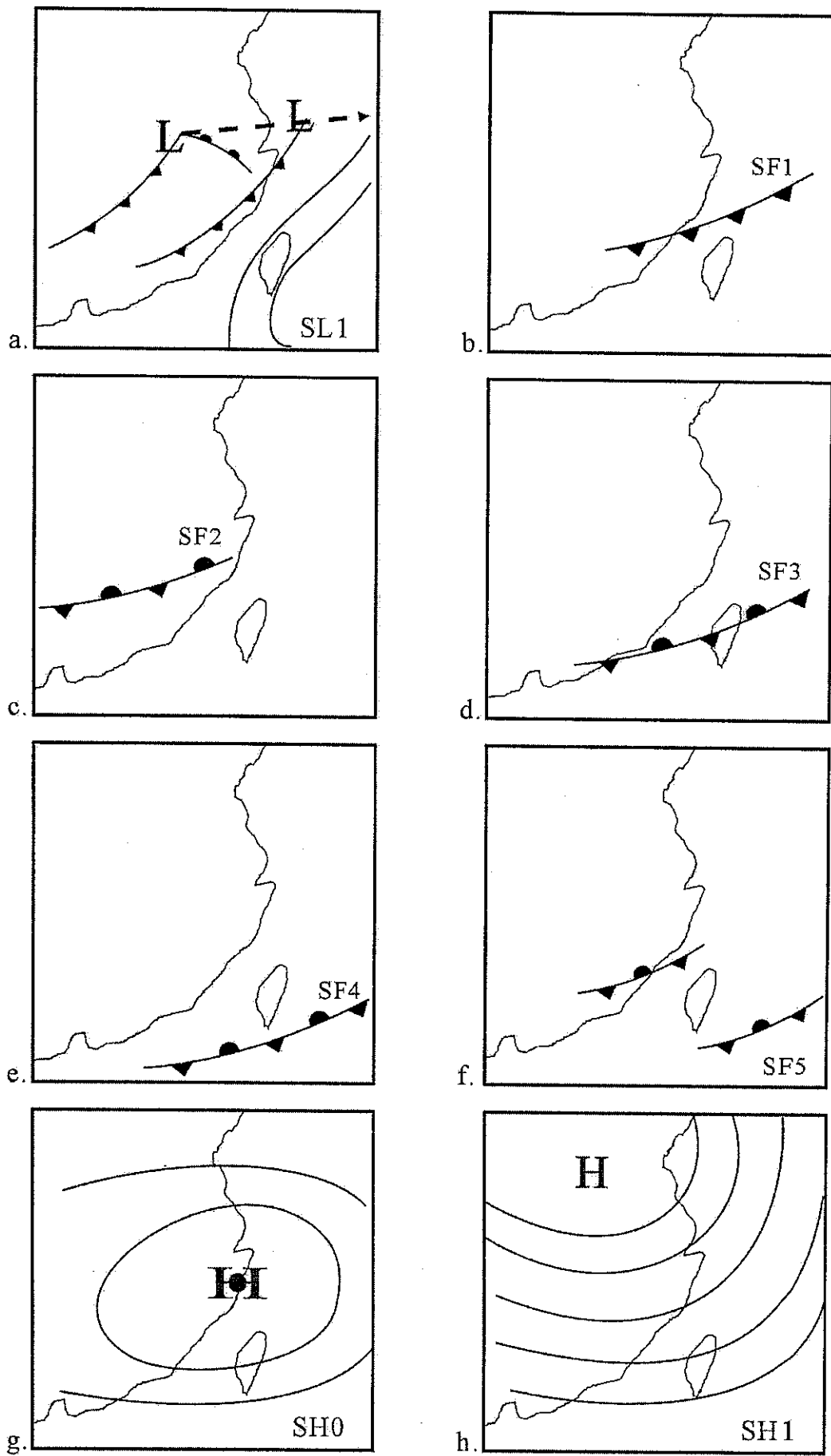
2. 春季 14 種天氣圖類型分類要點及各天氣圖類型示意圖：

表一

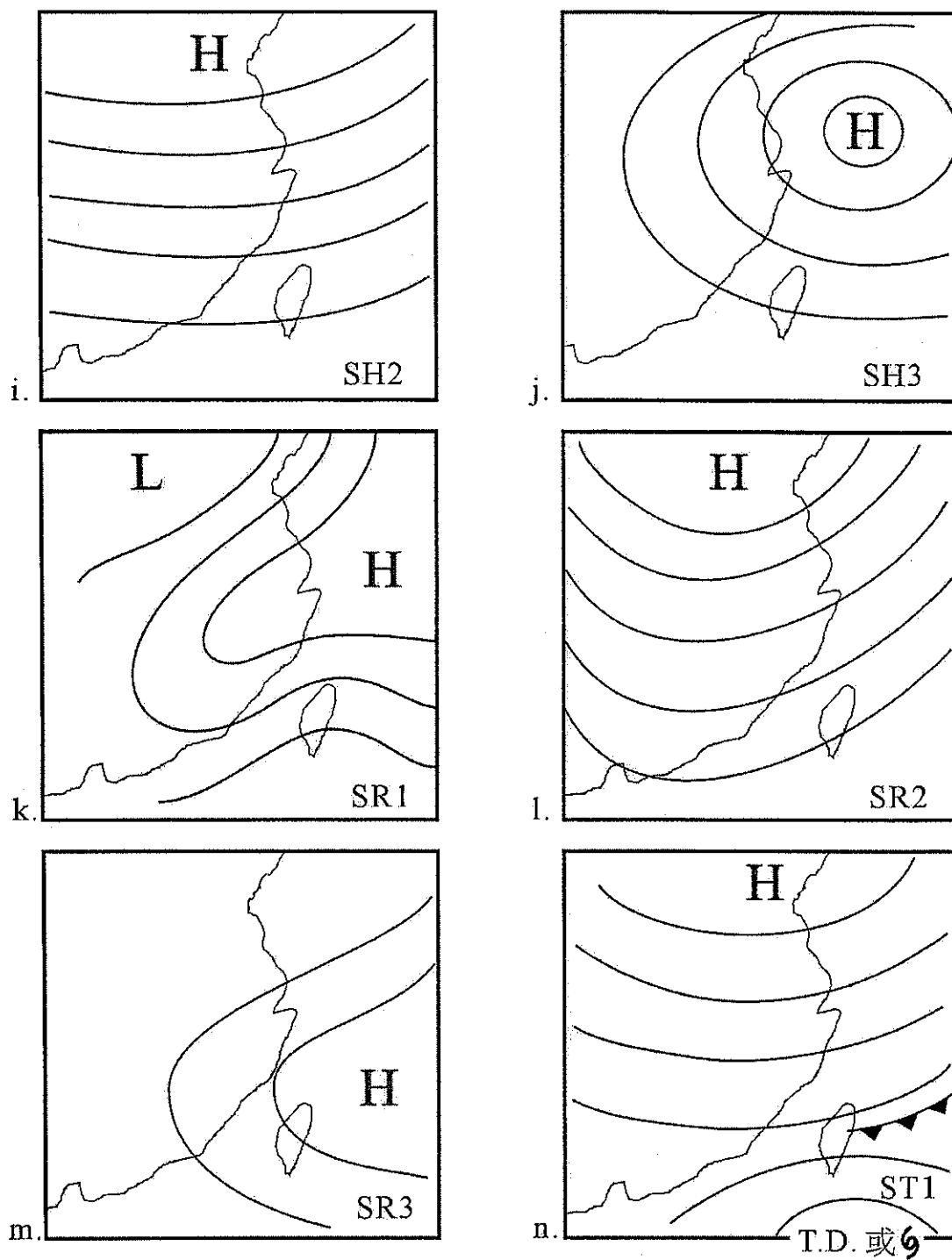
根據中央氣象局小型地面天氣圖 14 種類型之分類原則

低壓	SL1	東海低壓型：此東海低壓係指其相伴隨之鋒面離台灣較遠，此低壓可在長江下游、黃海南部，如鋒面已移到台灣北部近海 3~5 個緯度內，即以鋒面位於台灣北方海上 SF1 處理。
鋒面	SF1	台灣北部海面鋒面徘徊型：原則上以距台灣北部 3~5 個緯度內之鋒面為原則，但要考量大陸高壓強度鋒面走向及移動速度。
	SF2	華南駐留鋒面型：春季，大陸或海上有高壓，華南有駐留鋒。
	SF3	台灣駐留鋒面型：大陸或海上有高壓，伴隨鋒面之低壓位於在東海南方、日本及其南方海上。

	SF4	巴士海峽駐留鋒面型：大陸或海上有高壓，鋒面駐留於台灣南端的巴士海峽型。
	SF5	鋒面通過台灣東方斷裂型：高壓南下，鋒面受福建武夷山之阻擋而斷裂，小部份停留於武夷山北部而駐留，大部份鋒面通過台灣東方海上型。
高壓	SH0	冷季高壓控制台灣型：高壓位於廣東、福建、浙江或台灣北方近海一帶。
	SH1	強烈大陸冷高壓，脊線伸向東海型：主高壓中心位於貝加爾湖、內蒙一帶，脊線伸向東海。
	SH2	中緯高壓，華南地區等壓線密集型：高壓中心位於大陸北緯30-40°N 間，華南、東海（20~30 °N 110~125 °E）等壓線呈東西向密集型，且梯度較大。
	SH3	極地分裂高壓出海型：主高壓在中緯度，分裂高壓在東海、黃海出海位於海上或更東地區，如台灣及附近有鋒面，以鋒面分類。
脊線	SR1	海上高壓脊線伸向台灣北方海上型：東海或日本海有高壓，脊線往西南伸向台灣北部海上及華南地區。
	SR2	大陸高壓脊線伸向華南兩廣型：極地大陸冷高壓強度較大，中心位於貝加爾湖東方或西方，大陸高壓脊線向南伸到華南、兩廣、甚至南海。
	SR3	台灣東方高壓脊線向西伸向台灣型：大陸高壓出海，向東或東南東移動到琉球、日本南方海上，高壓脊線向西伸到台灣，經常長江流域有低壓鋒面。
共伴	ST1	中緯高壓與熱帶低壓共伴環流型：大陸高壓南下，碰到菲律賓呂宋島東方至南海東方有颱風或 T.D.而形成共伴環流。



圖一(a) 地面天氣圖分類(14型)示意簡圖



- | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| a. SL1 | b. SF1 | c. SF2 | d. SF3 | e. SF4 |
| f. SF5 | g. SH0 | h. SH1 | i. SH2 | j. SF3 |
| k. SR1 | l. SR2 | m. SR3 | n. ST1 | |

圖一(b) 地面天氣圖分類(14型)示意簡圖

3. 1994~2003 年 2~4 月每日天氣圖分類結果：

依據上述 14 種天氣圖分類原則，盡可能將所有春季天氣圖加以分類，但根據作者積 50 多年看天氣圖之經驗，仍然難以克服所有困難，對天氣圖作很妥切的分類，其中有些在一天之內即有明顯改變，所以分類期間有些類型會由某型變成另一型，例如在 SR1→SL1 (由海上高壓脊線伸向華南或台灣北方近海，轉變成東海低壓)，所以分類時都予以處理。

表二

1994~2003 年 2~4 月每日天氣類型分類統計

	2 月	3 月	4 月	總計
SL1	42	69	68	179
SR1→SL1		2		2
SF1	5	15	39	59
SR3→SF1	2			2
SF2	10	10	7	27
SF3	35	48	43	126
SF1→SF3	2	2	1	5
SF4	27	36	32	95
SF5	4	12	14	30
SH0	7	17	13	37
SF1→SH0		1		1
SF4→SH0	1	2	2	5
SH1	18	11	4	33
SF4→SH1			1	1

SH2	24	3	1	28
SH3	24	22	12	58
SF4→SH3		1		1
SR1	11	35	38	84
SR2	45	10		55
SR3	10	9	7	26
ST1		1	6	7
總共	267	306	288	861
已分類天氣 圖的百分率	94%	98.7%	96%	96.2%

由上表可知，10 年地面天氣圖已分類有 861 張，佔總數之 96.3%。在此 14 種天氣類型中，以東海低壓 SL1 之 179 次(天)為最多，為已分類總數之 20.8%；第二為鋒面駐留台灣型 SF3 的 126 次(天)，佔總數 14.6%；第三多為鋒面駐留於巴士海峽 SF4 的 95 次，佔總數 11.0%；第四多為大陸高壓脊線向東南伸向東海型 SR1 的 84 次，佔總數 9.8%。合計此四種類型共 484 個，佔總數之 56.2%，台灣及附近有鋒面的 SF1~SF5 共 337 次，佔總數之 39.1%。如將與鋒面有關的東海低壓 SL1 179 次合在一起，共 516 次，約佔總數之 60%。

(二)10(1994-2003)年天氣圖及其相伴出現天氣現象及天氣因子 (Weather elements) 之統計、分析

1. 天氣類型與對應的氣象資料相配合：

(1) 說明：

天氣圖類型分好後，各類型必須透過氣象局氣象站相伴隨出現的天氣現象(降雨量)及主要天氣因子相配合，跟據已分類好的天氣圖，將各類型天氣圖情況下台灣各站當日相伴出現的天氣現象及氣象因子填入。如此，可了解各天氣圖類型與天氣之相關性。

(2) 填入資料內容：

根據分類好的 10(1994~2003)年天氣類型圖，將相同類型每日各氣象站相伴發生的降雨量(以 mm 為單位，如有雨無量的雨跡，以-9.8 表示)、時雨量、最大時雨量發生時間、平均溫度、最高溫度、最高溫度發生時間、最低溫度、最低溫度發生時間、日平均風速、日平均風向、最大風速、最大風速發生時間、最大風向，每天共計有 13 種資料，總共 14 種天氣類型，資料繁多 (原始統計產品近 200 頁)，現以導致台灣下雨 SF3(鋒面徘徊駐留於台灣)型為例，列表如附件，以供參閱。(需要加以說明的是，最大時雨量、最高溫度、最低溫度、最大風速...等發生時間等，紀錄自 2000 年開始，1994-1999 年缺，所以附件中的資料中，前後時間並不配合，僅表示有此種資料而已)。這些依類型統計的完整資料，對預報人員而言，特別是資歷淺的預報人員是具有

相當參考價值的。

從這些原始產品中，可以作進一步分析、統計、研究以獲得更多的研究成果，因此我將對各天氣圖類型相對應的氣象資料作分析。

2. 統計結果之分析：

平時預報員的預報內容，以降水及溫度兩項為最重要，因此對降水及氣溫(平均氣溫、最高氣溫、最低氣溫)加以進一步分析。

(1)各類型下台灣氣溫分布特性分析

依據 10(1994~2003)年 2~4 月的天氣類型與台灣各站相伴發生的溫度(日平均溫度、最高溫度、最低溫度)再做平均，求出每一類型之平均溫度、平均最高溫度及平均最低溫度值，並製成各項平均溫度隨空間之分布曲線，經加以分析，可以明顯看出台灣東、西部均受不同天氣類型之影響，亦可看出相同天氣類型下，測站距海遠近所引起溫度差異之特徵。現扼要說明如下：

A. 台灣南、北向各測站各種平均溫度之差異：

a. 各類型下台灣各地氣溫高低之比較

台灣東部及西部，各站都以鋒面位於台灣北方近海之 SF1 型溫度為最高，強烈大陸高壓脊線向南伸到華南、兩廣及南海北部之 SR2 型溫度為最低，在北緯 20~30 度及東經 110~130 度內，等壓線幾乎東西向且密集之 SH2 型為次低，此三型西部測站平均溫度、平均最高溫度、平均最低溫度之分布如附件(2-a、2-b、2-c)及(2-d、2-e、2-f)示。

- b. 沿台灣西海岸，靠台灣海峽較近測站頗受海洋之調節，而出現稍低的日溫差，例如 SL1 型梧棲的日溫差為 7.5°C ，比內陸的台中測站的日差溫小 3°C 。左右，位於嘉南平原上的嘉義站，在良好天氣下，夜晚及清晨因長波輻射冷卻而有較低之平均最低溫度，午後因天氣良好有較強之短波輻射而發生較高之平均最高溫度，故日溫差較大，平均值略高於 10°C ，如 SL1 型，詳附件(2-g)所示。
 - c. 台灣東部，此 SL1 型影響下，除宜蘭之平均最高溫度略為偏高外，由北向南漸增，幅度很小，顯示東方近海暖洋流--黑潮對台灣東部氣溫調節的明顯影響，詳如附件(2-h) 所示。
- B. 台灣東、西向相同緯度測站之各種平均溫度之差異：
- 為對台灣東西之各種平均溫度之比較，列出與台灣東部測站緯度相對應之西部測站如下：
- 台北—基隆；新竹—宜蘭；台中—花蓮；台南—成功；高雄—台東。將這些東、西部測站之各種平均溫度製成分佈圖，並以 SR2、SH2 及 SL1 為例，分析如下：
- a. 台灣東、西部相同緯度測站之各種平均溫度之差異因天氣類型不同而異。在台灣溫度最低之 SR2 類型下，台灣東部的平均溫度、平均最低溫度都比西部者較高，特別是台中與花蓮平均溫度差為最大。平均最高溫度之東西差，以台中/花蓮為界，以北地區，東部溫度較高，西部較低，以南地區，東部較低，西部較高，詳如附件(2-i、2-j、2-k) 所示。
 - b. 台灣溫度次低之 SH2 型，因華南及台灣地區等壓線近乎呈東西走向而密集，台灣東北風與中央山脈交角較大，

一般東部雲較多，西部地區一般天氣良好，雲量較少，致日溫差較大，形成西部平均最高溫度比東部高，西部平均溫度(南北端除外)及平均最低溫度均比東部低，詳如附件(2-l、2-m、2-n) 所示。

- c. 台灣溫度最高之東海低壓 SL1 影響下，東、西各種平均溫度的特徵是：平均溫度，新竹/宜蘭到台中/花蓮間，西部比東部低，其他地區是西部比東部高，平均最高溫度，除新竹/宜蘭外，西部比東部高，平均最低溫度，除南、北兩端外，平均最低溫度是西部比東部低，詳如附件(2-o、2-p、2-q) 所示。

(2) 各類型下台灣平均降雨量之分析

2~4 月各類型相對應的台灣平均降雨量(mm)，已經完成統計，台灣西部及東部各站降雨量詳如附表(3-a、3-b)所示。

爲了解各類型與台灣降水之相關性，製成各類型隨空間之分佈曲線圖，現以鋒面位於台灣北部近海 SF1,鋒面在台灣駐留 SF3 型及鋒面位於巴士海峽駐留 SF4 型相伴發生的平均降雨量，隨空間分佈圖爲例，詳如附件(2-r、2-s)所示。扼要分析如下：

由圖顯示，西部降雨量以 SF4 爲最多(新竹、嘉義外)、SF3 爲次多，而以 SF1 的雨量为最少，此三型的平均雨量，均以基隆爲最多(SF1 日月潭除外)向南遞減，特別值得一提的是，中部山區的雨量也很多，尤其是 SF4 型。東部地區各類型的雨量亦以 SF4 爲最多、SF3 次多、SF1 爲少，特別值得一提的是，宜蘭的雨量比相近很近的蘇澳少很多，其原因應宜宜蘭位於扇形蘭陽平原的北邊，東北氣流受地形阻擋有關，蘇澳位於蘭陽平原的南邊，氣流在

此輻合沿地形爬升而多雨，蘭嶼的雨量亦相對較多。

關於降雨日之百分率，以西部之台北、台中、台南為代表，統計出 10 (1994~2003)年來，出現次數較多而且較重要的 12 個類型之下雨次數(天)及百分率如下表：

10 (1994~2003)年各天氣圖類型下，台灣北、中、南降雨百分率比較表三

天氣類型	發生次數	台北		台中		台南	
		降雨次數	降雨百分率(%)	降雨次數	降雨百分率(%)	降雨次數	降雨百分率(%)
SL1	137	51	37.23	34	24.82	15	10.95
SH0	35	5	14.29	3	8.57	1	2.86
SH1	26	9	34.62	4	15.38	1	3.85
SH2	27	7	25.93	2	7.41	1	3.70
SH3	49	11	22.45	10	20.41	1	2.04
SF1	57	25	43.86	15	26.32	6	10.53
SF2	26	10	38.46	6	23.08	4	15.38
SF3	118	96	81.36	70	59.32	33	27.97
SF4	86	72	83.72	53	61.63	37	43.02
SF5	29	15	51.72	10	34.48	3	10.34
SR1	64	7	10.94	5	7.81	1	1.56
SR2	45	29	64.44	18	40.00	4	8.89

(三) 1992~2004 年台灣顯著春雨及北部、東北部顯著春雨個案之統計

1. 選擇台灣春雨個案之定義：

台灣春雨個案之選擇係依據中央氣象局各測站每日雨量資料為依據，並按下列條件：

(1) 台灣西部顯著春雨：

- a. 台灣各地普遍下雨(以西部為主)，北部有測站日雨量 $\geq 50\text{mm}$ ，中南部雨量也相當顯著。
- b. 台灣各地普遍下雨，中南部有測站日雨量 $\geq 20\text{mm}$ 。

(2)台灣北部、東北部顯著春雨：

北部、東北部普遍下雨，有一測站日雨量 $\geq 50\text{mm}$ 。

2. 13 (1992~2004)年 2~4 月顯著春雨個案統計：

根據上述定義，將利用中央氣象局 13 年降雨資料

(1992~2004) 2~4 月，進行顯著春雨個案之選擇。要說明的是，一般顯著春雨的持續期間長短不一，對連續普遍下雨期間，有一天(含)以上雨量達到定義之條件，即選為個案，一個個案持續下雨的天數中，期間有些雨量並不很多。13 年來的全省顯著春雨共 69 個，下雨 241 天，每年 2~4 月發生個案數如下表。

(1) 台灣全省(以西部為主)顯著春雨個案

a. 13 (1992~2004) 年來導致台灣春季全區(以西部為主)顯

著春雨日期、個案數目統計表

表四

顯著春雨 發生時間	2 月			3 月			4 月		
年	日	顯著春 雨持續 天數	個案 數目	日	顯著春 雨持續 天數	個案 數目	日	顯著春 雨持續 天數	個案 數目
1992	9~13、 15、19~20	8	3	4~11、 28~29	10	2	1~4、 9~13、 19、22	11	4
1993	0	0	0	14~20	7	1	6~9、 25~26	6	2
1994	11~20	10	1	8~11、 19~20	6	2	13~14、 25~29	7	2
1995	13~15、 19~22	7	2	1~3、30~31 註:30~31 已併入4 月分	3	1	3月30~4 月3日、 6~7日	7	2
1996	16~27	12	1	9~13、 29~31	8	2	1~4、 10~13、 19~20、22	11	4
1997	1~4、 6~8、 15~18	11	3	20~23、 28~29	6	2	9~10、 14~15	4	2

1998	4~7、 17~24 26~28	15	3	10~12、 15~18	7	2	11~15、 19~21、 25~29	13	3
1999	0	0	0	11~14、22	5	2	12、30	2	2
2000	20~26	7	1	10~13	4	1	1、 14~15、 22~30	12	3
2001	0	0	0	25~28	4	1	3~5、 7~8、11、 20~22	9	4
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	8	1	1	6~7	2	1	3~4、8~9	4	2
2004	2~9	8	1	1~3、 24~28、30	9	3	1~3、7~8	5	2
累計天數/ 個案數	79/16			71/20			91/32		

共計 68 個個案 共計 241 天

b. 13 (1992~2004)年來導致台灣顯著春雨個案多寡之名次表

表五

年	2 月 天數/個案	3 月 天數/個案	4 月 天數/個案	Total		發生顯著春雨天數 及個案數名次	
				天數	Case	天數名次 (No.)	個案數 名次(No.)
1992	8/3	10/2	11/4	29	9	3*	1*
1993	0	7/1	6/2	13	3	# 8	# 7
1994	10/1	6/2	7/2	23	5	4*	# 5
1995	7/2	3/1	7/2	17	5	# 7	# 5
1996	12/1	8/2	11/4	31	7	2*	3*
1997	11/3	6/2	4/2	21	7	6	3*
1998	15/3	7/2	13/3	35	8	1*	2*
1999	0	5/2	2/2	7	4	# 9	# 6
2000	7/1	4/1	12/3	23	5	4*	# 5
2001	0	4/1	9/4	13	5	# 8	# 5
2002	0	0	0	0	0	# 10	# 8
2003	1/1	2/1	4/2	7	4	# 9	# 6
2004	8/1	9/3	5/2	22	6	5	4*
Total	79/16	71/20	91/32	241	68		
個案平均 降雨日	4.94 天	3.55	2.84				
平均	3.54 天						

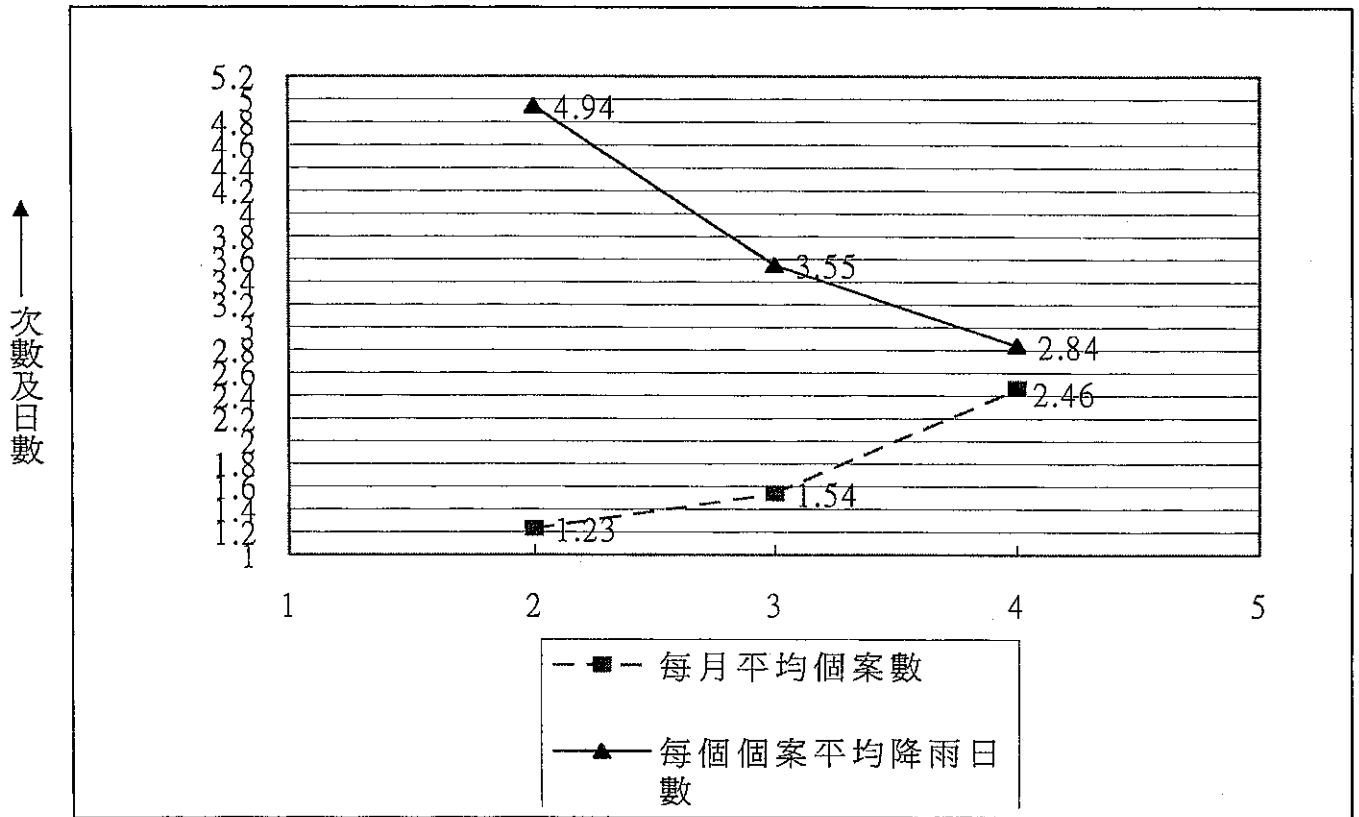
13 年來每年平均顯著春雨天數為 18.5 天，平均個案為 5.2 個。

春雨最顯著之前四名以星號註於名次之右上方；最不顯著之前四名以井字號註於名次之左下方。

由此表可顯示春雨最顯著者依次為 1998、1992、1996。

春雨最不顯著者依次為 2002、1999、2003、1993。

c. 13 (1992~2004)年來導致台灣顯著春雨個案數及日數



圖二 13 年來導致台灣春季全區(以西部為主)顯著春雨平均個案數
及每個個案平均降雨日數
(1992~2004 年 2~4 月)

由圖二顯示，2~4 月顯著春雨平均個案隨時間而增加，每個個案平均降雨日數隨時間而減少。其原因是 2~4 月間，中緯地區綜觀系統的移動速度增快所致。

d. 13(1992~2004)年來各種天氣類型導致台灣顯著春雨之天數

表六

類型	2 月	3 月	4 月	Total	最適於台灣顯著春雨 之天氣類型名次
SL1	6	11	7	24	3
SF1	1	2	9	12	4
SF2	0	2	5	7	
<u>SF3</u>	25	25	34	<u>84</u>	2
<u>SF4</u>	29	26	33	<u>88</u>	1
SF5	2	1	1	4	
SH0	0	0	1	1	
SH1	3	0	0	3	
SH2	2	1	0	3	
SH3	0	0	0	0	
SR1	0	3	0	3	
SR2	10	0	0	10	5
SR3	1	0	0	1	
ST1	0	0	1	1	
Total	79	71	91	241	

附註：

造成顯著春雨之天氣類型說明	
SF4	巴士海峽駐留鋒面型。
SF3	台灣駐留鋒面型。
SL1	東海低壓型。
SF1	台灣北部海面鋒面徘徊型。
SR2	大陸高壓脊線伸向華南兩廣型。

由此表可知，台灣全區（以西部為主）顯著降水以鋒面位於巴士海峽期間（SF4）為最多；位（駐留）於台灣地區（SF3）為次多；東海有低壓（SL1）時為第 3；鋒面位為台灣北部海上（SF1）為第 4 名；強烈大陸高壓脊線伸向華南地區者（SR2）為第 5 名。

特別值得一提的是，除 SH3 外，各型天氣圖均有發生顯著春雨的可能性。

e. 13 年來導致顯著春雨前五種天氣類型對不同降雨量之機率

表七

導致近 13(1992~2004)年台灣發生顯著春雨(前五種)
之天氣類型對不同降雨量之降雨機率

SF4		基隆	蘇澳	台北	新竹	台中	阿里山	嘉義	台南	高雄
≥100		1 (2000.4.24)	1 (2000.2.24)	0	0	0	2 (1996.4.20) (1997.3.21)	0	0	1 (1996.4.20)
50-99		10	9	6	3	4	5	1	2	0
20-49		21	14	16	12	11	12	5	4	4
Total 92 次	≥ 100	1.1%	1.1%	0%	0%	0%	2.2%	0%	0%	1.1%
	50-99	10.9%	8.7%	6.5%	3.3%	4.3%	5.4%	1.1%	2.2%	0%
	20-49	22.8%	15.2%	17.4%	13.0%	12.0%	13.0%	5.4%	4.3%	4.3%
SF3		1	0	0	1 (2003.4.3)	0	0	1 (1998.2.19)	0	0
≥100										
50-99		10	5	3	4	4	6	2	1	1
20-49		27	20	17	19	7	14	8	4	5
Total 118 次	≥ 100	0.8%	0.8%	0%	0.8%	0%	0%	0.8%	0%	0%
	50-99	8.5%	4.2%	2.5%	3.4%	3.4%	5.1%	1.7%	0.8%	0.8%
	20-49	22.9%	16.9%	14.4%	16.1%	5.9%	11.9%	6.8%	3.4%	4.2%

SL1			1		1	1	1			
≥ 100		0	(1996. 3.29)	0	(1998. 3.10)	(1998. 3.10)	(1998. 3.10)	0	0	0
50-99		4	0	2	0	0	2	1	1	1
20-49		9	2	10	8	8	5	3	2	2
Total 137 次	≥ 100	0%	0.7%	0%	0.7%	0.7%	0.7%	0%	0%	0%
	50-99	2.9%	0%	1.5%	0%	0%	1.5%	0.7%	0.7%	0.7%
	20-49	6.6%	1.5%	7.3%	5.8%	5.8%	3.6%	2.2%	1.5%	1.5%
SF1										
≥ 100		0	0	0	0	0	0	0	0	0
50-99		0	0	0	1	2	1	1	0	0
20-49		4	5	2	2	1	0	0	1	0
Total 46 次	≥ 100	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	50-99	0%	0%	0%	2%	4%	2%	2%	0%	0%
	20-49	8.7%	10.1%	4%	4%	2%	0%	0%	2%	0%

SR2		基隆	蘇澳	台北	新竹	台中	阿里山	嘉義	台南	高雄
≥ 100		0	0	0	0	0	0	0	0	0
50-99		4	3	0	0	0	0	0	0	0
20-49		11	8	5	4	1	1	0	0	0
Total 44 次	≥ 100	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	50-99	9.1%	6.8%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	20-49	25.0%	18.2%	11.4%	9.1%	2.3%	2.3%	0%	0%	0%

附註：

造成顯著春雨之天氣類型說明	
SF4	巴士海峽駐留鋒面型。
SF3	台灣駐留鋒面型。
SL1	東海低壓型。
SF1	台灣北部海面鋒面徘徊型。
SR2	大陸高壓脊線伸向華南兩廣型。

(2) 台灣北部及東北部顯著春雨個案

a. 13(1992~2004)年來導致台灣春季北部及東北部顯著春雨

日期及個案數目統計表

表八

顯著春 雨發生 時間	2 月			3 月			4 月			總計
年	日	顯著春 雨持續 天數	個案 數目	日	顯著春 雨持續 天數	個案 數目	日	顯著春 雨持續 天數	個案 數目	天數/個 案數
1992	22~23	2	1	0	0	0	0	0	0	2/1
1993	0	0	0	0	0	0	11~12	2	1	2/1
1994	26~28	3	1	0	0	0	0	0	0	3/1
1995	25~27	3	1	10~14、 17~18	7	2	0	0	0	10/3
1996	0	0	0	18~20	3	1	0	0	0	3/1
1997	21	1	1	16~18	3	1	0	0	0	4/2
1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/0
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/0
2000	1~6、 27~3月 2日	11	2	<u>1~2</u> 註：已併 入2月份	0	0	0	0	0	11/2
2001	16、 25~26	3	2	0	0	0	0	0	0	3/2

2002	1~2、 14~16	5	2	29~30	2	1	0	0	0	7/3
2003	0	0	0	0	0	0	21~22、 25~26	4	2	4/2
2004	0	0	0	18~22	3	1	23~24、 27	3	2	6/3
累計 天數/個 案數	28/10			18/6			9/5			55/21

共計 21 個個案

共計 55 天

平均 2.6 天/1 個案

(四)分析春季天氣系統對台灣天氣因子之變化的影響評估

經過對各種天氣圖類型下台灣各站每日所伴隨的雨量、溫度...等的詳細分析後，再度扼要說明春季低壓、鋒面、高壓、高壓脊...等系統控制(或影響)台灣期間，對台灣天氣因子的影響如下：

1. 低壓對台灣天氣因子變化的影響：

春季，內蒙、黃河河套一帶、華北長江流域、華南長江流域、黃海、東海等地區都會形成低壓，低壓對台灣天氣的影響，依中心的位置、強度及動態不同而定。因春季低壓中心大多不會移到台灣（在駐留鋒上形成中尺度低壓除外），影響台灣天氣的大多為伴隨低壓的地面鋒面，低壓中心愈近台灣，對台灣天氣的影響愈大。一般情形是當低壓移到日本西部及其南北海域時，鋒面即移到台灣影響天氣，如伴隨低壓鋒面的走向呈 NNE-SSW，則低壓移到東海、黃海、或東海北部期間，鋒面即可移到台灣。本研究的重點在於當時影響台灣的系統，因此，華北、華中、長江流域...等地區雖有低壓，但台灣正受出海高壓向西南伸到台灣的脊線影響，此日天氣圖的類型為 SR1，根據天氣圖分類，長江下游至東海的低壓影響台灣期間，台灣為鋒前之暖空氣所控制，台灣一般氣溫較高，風速較小，台灣局部地區會有霧。如空氣比較不穩定，會出現下雨，同時會發生豪（大）雨。根據統計，東海低壓（SL1）影響下，就平均值而言，台灣各地均有機會下雨，基隆 46.7%，向

南遞減，到高雄為 10.9%，同時為導致顯著春雨的第三名類型。

2. 鋒面對台灣天氣因子變化的影響：

影響台灣天氣的鋒面，依鋒面所在位置、強度、走向、移速之不同而異，一般情形如下~

鋒面移到台灣、巴士海峽、或斷裂移到台灣東方海上，此等鋒面對台灣天氣的影響，又隨大陸高壓中心位置、強度之不同而異，更與地面至高空的風場結構及水汽多寡不同而不同。根據 1994~2003 年對 5 種不同鋒面類型相伴天氣現象，天氣因子的影響如下~

(1) 鋒面位於台灣北方近海 (SF1)：

台灣在鋒面以南之較暖空氣中，各地平均氣溫較高，台灣南、北溫差較小，台北到高雄的氣溫差 2.4℃，東部宜蘭到大武的氣溫差 1.8℃，如空氣較不穩定，會發生降水，各地均有下雨的可能，降雨機率由基隆的 50.9% 向南漸次下降到高雄 7.3%。此型為導致西部地區顯著春雨的第四名。且出現顯著降雨（日雨量 $\geq 20\text{mm}$ ）之機率由基隆的 8.7% 向南遞減到台中 2%。

(2) 鋒面位於或駐留於台灣 (SF3)：

鋒面位於台灣近似駐留，對台灣形成下雨機率非常高，由基隆的 98.3% 向南減少到高雄 20.3%。有時在鋒面結構良好，如伴有明顯低層風切，則台灣西部地區

會出現顯著春雨，為導致台灣春雨之第二名。出現顯著春雨之機率由基隆的 22.9%向南遞減到高雄 4.2%。

(3)鋒面位於巴士海峽（SF4）：

當鋒面位於巴士海峽，台灣為鋒後冷空氣所影響，影響程度隨大陸高壓中心位置、強度及動態、與低層南來氣流往冷氣上方爬升有關。一般而言，台灣地區降水極為普遍，降雨機率由基隆的 90.1%向南遞減到高雄的 36.3%。發生顯著春雨的機率由基隆的 22.8%向南遞減到高雄的 4.3%。此型(SF4)東部測站之平均雨量比 SF3 型稍多，為導致台灣春雨的第一名類型。

3. 高壓對台灣天氣因子變化的影響：

春季高壓對台灣天氣的影響，每隨高壓中心所在位置、強度、路徑不同而異，一般高壓中心距台灣愈近、強度愈大、垂直風場結構良好、下沉輻散愈顯著，天氣愈良好。經對各種高壓類型相伴出現天氣現象分析後，各型高壓控制下，台灣都有下雨的機會，各站平均溫度亦與類型之不同而有差異：

(1) 高壓中心位於台灣北方近海、福建(SH0)：

此型高壓下，一般天氣良好，但亦有下雨之機會，下雨百分率由基隆的 20%向南遞減到高雄為 8.6%。

(2) 強烈高壓位為貝加爾湖，主軸呈 NW-SE 伸向東方 (SH1)：

降水機率相當高，由基隆的 50.9%向南遞減到高雄的 7.3%。

(3) 等壓線呈 E-W 走向密集型 (SH2) :

此型天氣較冷，為台灣溫度最低的第二名，降雨機率亦相當高，由基隆的 73.1% 向南遞減到高雄的 7.7%。

(4) 分裂高壓出海型 (SH3) :

此型降雨機率由基隆的 32.7% 向南遞減到高雄的 10.2%。

4. 高壓脊線對台灣天氣因子變化的影響：

由高壓脊線主軸走向，可以決定台灣及四周海域的氣流，對台灣地區的降水、溫度都有密不可分的相關性。一般情況下，高壓脊線影響台灣期間，台灣溫度之高、低，及是否有雨，依類型不同而異：

(1) 高壓脊線由海上伸向華南、台灣型 (SR1) :

一般天氣良好，溫度較高，西部地區南(高雄)北(台北)溫度梯度較小，平均 2.1°C ，此類型會下雨，降雨機率由基隆的 20.8% 向南遞減到高雄的 2%。

(2) 強烈高壓脊線伸向華南型 (SR2) :

此型台灣地區多吹東北偏北風，冷空氣源源不斷南下，造成台灣各地氣溫都比較低，為各型天氣圖下溫度最低的一型，西部地區南北溫度最大平均 4.7°C ，一般風力較強，除台灣北部、東北部因地形作用下雨機會較多外，於 850 及 700hPa 有結構良好的風切位於華南或台灣期間，每可形成全省及四周海域普遍降雨或豪（大）雨。降雨機率由基隆 70.5% 向南遞減到高雄 13.6%。

(3) 脊線由東部海上向西伸向台灣型 (SR3) :

此型係高壓中心出海向東或東南東移動到琉球、日本南部海上，其西方脊線向西伸到台灣或華南地區，台灣地區一般天氣良好，氣溫較高，但比東海低壓（SL1）及鋒面位於台灣北方海上（SF1）稍低一點，西部地區南北溫度平均較小，平均 2.4°C 。此型亦有局部下雨的情形，下雨機率以東部地區為較高，尤其是蘭嶼的情況。西部從基隆南下到高雄，降雨機率介於 20~5%。

綜合上述，春季低壓、鋒面、高壓、脊線等地面天氣系統對台灣天氣因子（含天氣現象）分析後發現大部分天氣之好壞均與天氣類型有密不可分之關係，即極地大陸高壓一般相伴有較好天氣現象，低壓與鋒面相伴有較惡劣的天氣現象相一致，但少部分卻有極明顯的差異，例如在高壓與脊線的影響下，台灣發生降雨甚或全省發生顯著春雨，這雖與春季低緯地區南來氣流的漸趨活躍有關外，諸如入春後雲貴低壓逐漸活躍與北來氣流間形成 850hPa 風切，外加南海北部顯著西南氣流的進入，助強了低層風切，凡此均與台灣顯著降水有關，此等影響台灣各地之降雨機制非常複雜，必須透過個案分析，始可獲得導致豪（大）雨的關鍵性機制。因此，下面將對導致台灣全省之顯著春雨、台灣北部及東北部顯著春雨的很多個案中，對部份個案進行分析，同時將以往研究春雨的所得成果情形如下節所述。

(五)分析台灣顯著春雨個案及以往研究春雨成果

1.已分析個案及以往研究春雨的成果題目

家忠平時在科技中心擔任氣象顧問期間，每週都到預報中心參閱一週天氣圖，蒐集一週來台灣地區發生顯著天氣現象之有關資料，帶回家做詳細分析所獲研究成果，及在本研究期間，更加緊分析部份顯著春雨個案，現將分析過的顯著個案及以往對春雨有關研究成果題目如下表：

表九

編號	已分析個案及以往研究成果題目
1	春季天氣預報法之研究研究春雨的所得成果
2	台灣顯著春雨的天氣圖條件
3	導致台灣春季劇烈天氣的氣壓系統
4	華南地區形成低層(850hPa)風切的種類
5	1989年4月3~6日台灣顯著春雨個案之研究
6	春季(冬末)導致台灣全區顯著降水類型之一：以1992年2月19-20日850hPa風切線上華南波動型為例
7	春季適於鋒面在台灣徘徊駐留並有普遍降水之綜觀天氣條件：以1994年4月26-30為例
8	導致台灣地區普遍顯著春雨之分析：以1996年4月19~20日為例
9	1998年2月17~28日春季劇烈天氣個案分析
10	春季引起台灣顯著降水的華南低壓（大陸高壓主軸呈南、北向且向東移動）：一以1999年2月21日為例
11	1999年4月26~30日台灣顯著降水之研究

12	封閉高壓位於東海南部台灣鋒面駐留引起顯著春雨型：—以 2000 年 4 月 22-30 日為例
13	貝加爾湖西北方高壓脊及低壓槽對台灣天氣之影響：2001 年 3 月 3 日及 3 月 7 日
14	春季台灣低壓（在俄羅斯東北部有阻塞系統下迫使中緯度低壓倒退情形下形成台灣低壓）：—以 2001 年 3 月 23-24 日導致台灣顯著春雨實例
15	台灣全區顯著春雨個案分析：以 2003 年 4 月 3~5 日為例
16	2004 年 2 月 2-9 日台灣地區普遍顯著春雨個案分析
17	2004 年 3 月 2-3 及 5-6 日台灣普遍春雨個案分析
18	2004 年 3 月 24-31 日台灣顯著春雨個案分析
19	2004 年 4 月 1~3 日台灣顯著春雨(台灣中部最多)個案分析
20	2004 年 4 月 18 日台灣顯著春雨個案分析
21	2004 年 4 月 23~24 日台灣顯著春雨個案(東北部為主)分析
22	2004 年 4 月 27 日台灣顯著春雨個案分析
23	春季台灣良好天氣之個案分析：以 1998 年 3 月 28 日起至 4 月 8 日持續良好天氣為例
24	春季南支槽與台灣天氣之研究

2. 春雨個案分析及對研究春雨所獲成果部份要點。

經由上述顯著春雨個案分析，及以往對研究春雨所獲成果，部份要點扼要述之如下：

- (1) 1989 年 4 月 3~6 日台灣顯著春雨個案之研究(此個案解決當年嚴重的水荒)

1. 地面鋒面位於台灣及巴士海峽北部近海，大陸高壓位於山

- 東、河北一帶，太平洋高壓脊線向西南西伸到菲律賓中部(15°N - 120°E)，冷暖空氣勢均力敵，使鋒面移動緩慢近似滯留。
2. 850hPa 風切線位於華南及台灣北部，伴隨風切線有弱風區，輻合顯著。
 3. 台灣地區華南及南海地區低層西南風顯著，空氣中水氣豐沛，此暖濕空氣在冷鋒上爬升極為活躍。
 4. 850~700hPa 及 500hPa 低、中層平均氣流之分布，沿東經 110 度有南支槽，槽有 LLJ 最大風速 50Kts，噴流軸在南海北部、台灣至琉球海面。
 5. 上對流層噴流軸位於長江以南，台灣位於噴流軸線入口區右方有強烈軸散，台灣區低層輻合與高層輻散偶合極良好。

(2)春季導致台灣全區顯著降水類型--850hPa 華南波動

型：

-以 1992 年 2 月 19 個案分析為例-

此個案台灣全省雨量均多，主要機制是 850hPa 有風場及溫度場結構良好的風切線

1. 850hPa 風場結構：

風切線以北吹北、東北及東來風，風切線以南吹南風及西南風，沿風切線以南的西南風風速較大，有 LLJ，顯示沿風切線及其附近，除有顯著風向輻合外，亦有橫向氣旋型風切。

- (1) 850mb 風切線位於華南地區及台灣北部在 25°N 附近，在福建風切線上有低壓波形成。
- (2) 風切線以南，在廣東沿海南南西風很強，有低層噴流風速達 20~40kt。
- (3) 850mb 風切線以北地區， 115°E 以西，吹北來風，在 115°E 吹東為東北風及東來風，

(4) 沿風切線以北的北來風，風速普遍較小，介於 5~10kts。

(5) 700mb 低層噴流軸經過 850mb 風切線上空，500mb 及 300mb 高層噴流軸在 850mb 風切線以北，助長了降水強度。

2. 850hPa 溫度場結構

由風切線附近之等溫線分布，顯示風切線以北有冷平流，風切線以南有暖平流。

30°N~40°N，110°E~125°E 地區範圍內 700,500mb 等壓面上吹西北西、西北風，表示有冷空氣源源不斷南下。

3. 風切線的消長

當 850mb 高壓東移入東海後，風切線北方的東北東-東風普遍變為東南或南南東、南風後風切線消失，台灣降水即減少或停止。

4. 850hPa 風切線系統移動雨降水之關係

風切線附近及其南、北地區內，均伴有降水。一般台灣、華南地區之降水是區域性的。特別是大陸有高壓活動，850mb 風切線以北之風向隨高壓之移動而改變。如四川有 850mb 高壓，此高壓有趨於駐留之趨勢，會形成 850mb 風切線以北之北來風持續存在，台灣地區降水持續時間較持久。

5. 風切線與台灣低壓關係

在此種 850mb 風切線持續情況下，地面圖上適於在東海南部生成東海低壓及台灣低壓，當低壓伴隨之鋒面通過台灣期間或駐留期間，台灣地區降水強度加大，降水量豐沛。

(3) 春季長江流域高壓呈東西帶狀分佈，台灣鋒面駐留

型：春季適於鋒面在台灣滯留（徘徊）並有普遍降水之綜觀天氣條件，以 1994 年 4 月 26-30 為例。

春末期間，地面鋒面在台灣地區滯留，導致普遍降水的綜觀環境條件如下：

1. 地面高壓長軸呈東西走向，位於長江流域，長、短軸之比為 2.5：1，且四川亦有高壓，鋒面與高壓帶幾呈平行。
2. 地面高壓上方，500、300 及 200hPa 有呈東西走向之噴射氣流軸，高壓上方吹偏西風，所以高壓多向東緩慢移動，因缺乏推動鋒面向南移動的北來分風速，使鋒面在台灣滯留。
3. 地面至高空有很好的配合，此個案地面降水發生於鋒後與 500hPa 噴射氣流軸線間。

(4) 1998 年 2 月 17~28 日春季劇烈天氣個案分析

此個案為近數十年來，台灣地區發生維持劇烈天氣現象最久的個

案，在 2 月 17~28 日間，除 25 日外台灣從北到南都有顯著

降水雨量很多，例如嘉義 18~20 日雨量依次為 49、127、

94mm，尤其中南部伴有龍捲風、雷雨、冰雹等劇烈天氣現象，

經對綜觀環境系統的演變、台灣低壓的形成、結構及

其動態加以分析後獲得下列要點：

A. 綜觀環境系統的演變：

1. 阿留申低壓北緯 40~50 度及東經 160 度附近有明顯低壓出現，第二天貝加爾湖附近大陸高壓在原地加強並擴大，其相關性有待進一步研究。
2. 貝加爾湖東方北緯 40~55 度及東經 115~125 度有南北向高壓存在期間，貝加爾湖西方有較強高壓出現時，此主軸呈西北—東南走向之高壓合併會形成較持久之強烈高壓 (1020hPa 從北緯 60 度及東經 140~145 度處南下到台灣附近具有指標性)。
3. 當上述系統主軸向南伸向日本，在高壓主軸西南方之東南氣流中(華中、華南、台灣北部近海)，形成低壓及鋒面，當其在台灣北方或台灣期間，台灣會發生全島顯著降水。

4. 位於日本之顯著高壓中心自地面隨高度向西南傾斜期，一般多會移動緩慢或駐留，導致影響台灣的低壓始終在台灣近海徘徊，而鋒面在台灣駐留，且會在鋒面上生成不發展低壓波。此高壓中心氣壓 1020hPa，自北緯 60 度及東經 140 度南下，經過北緯 20 度及東經 135 度，移到北緯 30 度及東經 120 度，鋒面尾端伴有雲貴低壓。
5. 影響台灣之低壓其低、中層前方有強烈東南風 LLJ、風切線或槽前有西南西 LLJ 向西北傾斜，華南、福建一帶有 Weak Wind 區。

B.在上述綜觀環境系統下，在鋒面上不斷發生低壓波動，以 2 月 18 日 12UTC 生成台灣低壓為例加分析所獲要點如下：

1. 此台灣低壓於 2 月 18 日 12UTC 在日本強烈高壓之東來氣流中，生成於台灣北部近海，當時此低壓中心上空附近尚無明顯低壓中心。
2. 隨後伴隨此低壓之高空低壓中心係隨高度向西北傾斜
3. 此台灣低壓因受日本高壓脊線阻檔移動緩慢或近似滯留。
4. 伴隨此低壓及鋒面上空均有噴射氣流，風速均相當大。
5. 此低壓之前方，在 925-700hPa 均有較強的東南風噴射氣流。
6. 華南地區中、上對流層有槽線，華南地區有強烈 ULJ，且在台灣附近有分流，顯示高層有強烈輻散，上、下偶合良好。
7. 台灣空氣稟性極不穩定，且水汽豐沛。

附註：此系統所伴隨之劇烈天氣，不僅發生於台灣亦發生於廣東、福建，影響範圍廣且持續時間久，造成災害損失很大。

(4) 以 2003 年 4 月 3~4 日台灣地區顯著春雨個案

分析：

此個案全省及台灣海峽有顯著下雨，雨量以嘉義(含)以北為最多，日雨量大於(含)100mm 者有新竹、

阿里山兩站，日雨量介於 50-99mm 者有 10 站，其成因如下：

1. 有台灣低壓生成時移速極慢、結構良好的鋒面趨近駐留及通過台灣。
2. 850、700hPa 在華南地區有呈東西走向之風切線。
3. 700hPa 風切線北邊有小型高壓，風切線南邊之華南南部及台灣吹偏西風，使中部山區雨量很多(阿里山 3、4 日雨量為 133 及 26mm)。
4. 從低緯地區，經中南半島、南海西部有顯著西南氣流源源不斷將水汽向南海北部、華南及台灣地區輸送。
5. 大陸高壓分成兩支：分別伸向大陸華中及日本，此伸向日本的高壓阻止台灣低壓之去路，有利於台灣地區鋒面之駐留及鋒面上形成中尺度低壓(mesolow)，而利於台灣地區下雨。

(6) 春季大陸高壓主軸呈南北向向東移動引起台灣顯著降水的華南低壓- 以 1999 年 2 月 21 日為例：

在春季，華南或長江流域形成的低壓，向東北東移動過程中，其伴隨的鋒面通過台灣期間及通過後，都會使台灣地區發生顯著降水。形成華南或長江流域低壓的天氣圖類型有數種，其中主軸呈南北向的高壓東移到海上後，華南、長江流域在高壓後方偏南氣流中形成的低壓，當其東移到日本或其南部海域後，其鋒面通過台灣，必帶來區域性顯著降水。此種實例不少，現以 1999 年 2 月 21 日為代表，造成顯著降水之原因如下：

當主軸呈南北向之地面高壓東移到東海後，大陸地區的等壓線為南北走向而華南、華中地區的氣溫是南高北低，所以屬暖平流，風向隨高度而順轉，顯示有正渦度平流，華南及台灣地區的低、中對流層風多為西南風，且伴有低層槽線，乃利於此區低壓之形成，並伴隨有下列情形：

1. 伴隨低壓冷鋒之前方，低層西南氣流顯著，即冷鋒上方之暖空氣非常活躍。
2. 伴隨低壓冷鋒之後方，有 850hPa 風切線位於華南及台灣北部或中部，風切線以南地區有顯著西南風。
3. 華南地區 700hPa 及/或 500hPa 有南支槽，致在東海南部或台灣東北部地區適於生成小型地面低壓。

4. 在 850hPa 風切線上方或其南方有 700hPa 及 500hPa LLJ 存在。
5. 地面鋒面向北傾斜度很小，移動緩慢，大多位於巴士海峽北部。

(7) 台灣顯著春雨綜觀天氣系統及台灣空氣秉性

1. 有利台灣顯著降雨之地面綜觀天氣系統：
 - a. 華中、山東一帶有封閉性高壓。
 - b. 鋒面位於台灣南部至巴士海峽北部地區徘徊駐留。
 - c. 太平洋高壓脊線向西南伸到菲律賓中部 13-16°N。
 - d. (38°N - 70°E) 附近有低壓帶。
2. 有利於台灣顯著降水之低、中層(850, 700 及 500hPa) 氣流系統：
 - a. 黃河下游至山東半島有高壓環流。
 - b. 北緯 18°N ~ 30°N 間沿東經 110°E 附近，有南支槽東移。
 - c. 沿長江流域及北緯 30-32°N，東經 106°-123°E 間有呈東西走向之風切線，風切線附近，風向差異大(北邊東來風，南邊西來風)，風速較小 5-10KT。
 - d. 自日本南方海上起經琉球，台灣，南海北部，華南沿海，雲貴一帶有顯著噴流。
3. 台灣地區空氣秉性：台灣近地面空氣中水汽豐沛，近地面低層東北東風，850hPa 附近東南東風、東南風，隨高度向上，吹西南偏南風、西南風，700hPa 以上偏西風，風速強。。

(8) 華南地區形成低層風切線的種類：

1. 850hPa 或 700hPa 圖上四川湖南小型高壓型：南海地區有高壓，大陸有不顯著的小型高壓移到四川、湖南。此小型高壓南部的東北氣流和南海高壓北方的西南(sw)氣流間，乃形成了風切線，台灣地區由此種風切所伴隨的顯著降水，其持續時間係與風切線北方小型高壓的移動速度有關，台灣均會下雨，待此風切線以北的小型高壓移到 120°E 以東之東海後，風切線始可消失進而使降水停止。
2. 雲貴有低壓深入華中風切線型：當大陸高壓出海，850hPa 雲貴有低壓向東深入長江流域、華南的東南氣流隨著長江流域低壓的東移而變成西南氣流，乃形成了風切線，此種風切線之南部，降水視南來氣流之強弱而定。風切線將因大陸高壓之南移

而南移或強烈高壓南移而被冷空氣衝斷。

3. 高壓出海南來氣流中形成風切線：此型風切線之形成程序為下：850hPa 高壓出海，主軸呈西北至東南向，移到台灣東方海上，並向南伸向南海，使得華南地區之氣流，由西南(SW)，南(S)到東南(SE)，乃形成了風切線。在此種風切線中，隨著出海高壓之東移，可形成低壓，此種低壓多向東移動，當大陸高壓南下迫使其風切線或鋒面通過台灣，造成台灣地區顯著之降水。

(9) 貝加爾湖西北方高壓脊及低壓槽對台灣天氣之影響

以 2001.3 月 3 日及 3 月 7 日兩次冷空氣南下造成天氣不同之個案為例之分析

影響台灣天氣主要不同關鍵點是在於貝加爾湖西北方北緯 60 度及東經 80~90 度，及附近範圍內高空圖中高度場是顯著高壓脊亦或低壓槽；如果是高壓脊則位於脊線西北氣流中的地面高壓中心所在緯度較高，強度較大。相反，若此區是低壓槽，則影響台灣地區天氣的地面高壓強度較弱、所在緯度較低，且多從四川進入廣西廣東。

1. 3 月 3~4 日高空圖上 60°N $80-90^{\circ}\text{E}$ 範圍內為低壓槽 (700,500,300hPa 均如此)：此低壓槽之出現造成遠東主槽前方地面低壓所伴隨之鋒面後方的脊線相當狹窄，冷空氣南下範圍小。同時，高壓中心所在緯度較低，所以華南及台灣地區雲量稀少沒有下雨，天氣良好。0312Z 影響台灣的高壓位於 28°N 112°E 中心氣壓 1028hPa。
2. 3 月 7-8 日 60°N $80-90^{\circ}\text{E}$ 範圍內為高壓脊：此高壓脊線之存在，可使脊前地面極地冷高壓強度增加，冷空氣顯著。0712Z 影響台灣天氣的高壓位於 38°N 110°E 中心氣壓 1042hPa，乃造成華南地區及台灣多發生陰雨。

(10)春季南支槽與台灣地天氣之研究以 1991 年 3 月

22-23 日為例

每年 3-4 月份，西來氣流通流過喜馬拉雅山南麓而形成加強之南支槽，影響華南或台灣地區天之天氣之頻率趨於頻繁。這種南支槽過境其相伴發生之天氣現象，約可分為兩種情況：

1.單純南支槽過境：這些南支槽可能自印度向東移來，或可能在雲貴一帶形成，這些槽線可在 700、500 甚或 300mb 等壓面圖中分析出來。伴隨這些槽線之雲雨情形，從氣象衛星雲圖中可一目了然。由於這些槽線移至 110°E 附近始變得比較明顯，而這個位置距離台灣僅 1000 公里左右。因此，隨時注意氣象衛星雲圖的變化，是極為重要的工作。這些南支槽所伴隨的降水現象，當槽線位於雲貴一帶時，地面降水可能不甚普遍，隨著槽線向東移動途中，降水漸次趨於明顯。台灣地區之降水，一般以雨或陣雨方面出現，降水之持續時間，每視槽線強度及移動速度而異，一般以 3 至 7 小時機會為較多。

2.鋒面南移通過台灣配合南支槽過境：當地面鋒面移並趨近台灣時，同時亦有南支槽自西向東位移，即可導致南支槽與地面鋒面相交之情況。在鋒後及槽前地區，因暖空氣被迫在冷空氣上爬升，及槽前正渦度平流作用，可觸發範圍較廣之雷陣雨區。這些伴隨槽線的雷陣雨現象，在華南地區及可出現，當其影響台灣地區時，無論白天或晚上均可發生雷雨，過去實例相當普遍。以 1991 年 3 月 22 日晚至 23 日清晨，台灣北部及中部地區即因南支槽與鋒面相交而形成連續雷雨 3-5 小時。

(六)台灣春季綜觀天氣預報方法之發展

春季每日天氣預報中，我們預報人員重視的是台灣未來是否會下雨，尤其是全區的顯著春雨或局部地區的豪大雨，其次是未來的溫度明顯改變，特別是最低溫度的發生，以及最高溫度的明顯上升，外加春季濃霧的發生，因此本綜觀天氣預報法中，係以顯著春雨為重，其他問題次之。

經過地面天氣圖類型分類並分析各類型與台灣相伴發生天氣現象、天氣因子之相關性後，獲知台灣地區的顯著春雨，除大部分發生於伴隨低壓(以台灣低壓為最重要)的鋒面

位於台灣、巴士海峽、台灣近海之外，也可發生於高壓、高壓脊線影響台灣下，例如強烈高壓脊線向南伸到華南、兩廣(SR2 型)，影響台灣期間，台灣下雨機率相當高，由基隆的 70.5%向南遞減到高雄 13.6%，而且此型(SR2 型)是造成台灣顯著春雨的第四名，由此可見，台灣春雨可發生於各種綜觀系統影響下，是一個比其他季節顯著降水更困難的預報問題。

透過上第五節之春雨個案的初步分析，及家忠以前曾對春雨研究所得成果，加上天氣預報多年經驗，對造成台灣顯著春雨的綜觀條件，包括地面及高空圖，已有深刻認識，但對各種不同天氣圖類型下，導致春雨的關鍵因子的優先次序及量化，例如 850hPa 風切線強度的量化，必須等到大部分的個案分析完成後，始可得到比較可靠的結果，下面是考量下年度繼續發展春季綜觀天氣系統預報法之初步綱要：

1. 遠距離天氣系統

A. 地面

- (1) 極地大陸高壓中心位置、強度、主軸走向及動態。
- (2) 太平洋高壓中心位置及動態。
- (3) 中緯度低壓中心位置、強度及其相伴鋒面的位置、強度及動態。

B. 高空

- (1) 中緯度阻塞系統之有無，特別是俄羅斯東北部堪察加半島一帶的阻塞系統。
- (2) 東經 70~90 度範圍內是否有顯著槽脊分布。
- (3) 西伯利亞上空 500hPa 是否有橫槽。
- (4) 中緯度低壓的位置以及伴隨低壓槽線的位置及動

態。

2. 近距離天氣系統

A. 地面

- (1) 低壓系統：長江流域、東海、台灣低壓。
- (2) 鋒面位置、結構、走向、強度、動態。
- (3) 高壓中心位置、主軸走向、動態。
- (4) 高壓脊線位置、走向。

B. 高空

- (1) 850/700hPa 風切線的位置、排列走向、強度。
- (2) 華南地區 850hPa 風切線上形成之波動。
- (3) 伴隨風切線南北之風場，特別是風切線南邊是否有顯著西南氣流，即 LLJ。
- (4) 700hPa 風切線北方是否有小型高壓存在，如有，注意其動態，因為此高壓東方之北來氣流，助強了風切線的強度，並向南移動，觸發台灣顯著春雨的發生。
- (5) 700hPa 從華北到台灣地區，沿東經 120 度之等溫線分布。
- (6) 注意華南及台灣地區水汽來源是否充分。

3. 台灣地區

A. 地面

- (1) 未來是否有東海低壓(含台灣低壓)形成。
- (2) 未來是否有鋒面到達或影響台灣。
- (3) 注意到達台灣等壓線的源頭來自於低緯、中緯或高緯及其走向(註：來自東北、東北東有利於降水；來自

西北不利於降水)。

(4).未來控制台灣的氣壓系統及台灣附近等壓線的走向。

(5).台灣地區過去 24 小時氣壓的變化。

B. 高空

(1).探空站的風向風速隨高度的改變。

(2).空氣中的水氣分布。

(3).大氣秉性的穩定度、正負能區的大小。

四、結語

家忠從事實際天氣預報，大學大氣科學系及地球科學系中，教授天氣預報學、天氣學數十年、擔任中央氣象局科技中心顧問等職務，長期累積的預報經驗及研究成果，研製完成台灣四季天氣預報法，是家忠有生之年的最大願望。透過本研究計劃之系統性分析，對春季各種氣壓及鋒面系統相伴發生各種天氣現象及氣象因子(要素)，有了比較完整的瞭解，體認到台灣春季顯著降水是相當複雜問題，要準確預報發生春雨的地區、時機、強度是挑戰性工作。

本「台灣地區春季綜觀尺度天氣預報指引」之研究，在未來後續研究中的工作項目包括：

1. 繼續做顯著春雨個案之分析，從所獲要點中，盡可能求出觸發顯著春雨關鍵因子(Key factors)之優先次序或數量化。
2. 春季發生最高、最低溫度個案之分析、研究，希望從中發展極端溫度之預報方法。
3. 對台灣春季發生濃霧個案之分析、研究。
4. 累整本期研究報告之各項結果。

經由上述研究結果，並根據(六)所列據繼續發展“春季綜觀天氣系統預報法之初步綱要”，來完成“台灣春季綜觀天氣預報指引”之最重要部份——發展出春季天氣預報概念模式圖及配套預報校驗卡，以期此本預報指引能夠有實用價值，並希望它能成為預報人員的最愛。

五、致謝

本研究之完成，蒙中央氣象局辛局長江霖先生、蔡國策顧問清彥博士的指導與鼓勵，紀副局長水上博士的重視與關心，表示十二萬分感激與感謝。

研究期間蒙氣象局科技中心主任鄭明典博士，葉天降組長、預報中心吳德榮主任、林秀雯副主任、呂國臣課長，蔡甫甸課長、簡國基技正提供諸多寶貴資料與寶貴意見，以及預報中心所有同仁的多方協助，王時鼎學長提供他對春雨研究的成果及寶貴意見，都深表由衷的感激與感謝。

特別值得一提的是，在本研究末期，台大陳教務長泰然博士得知家忠從事此項研究工作，在百忙中抽出時間，提供其發表在國際上的春雨研究成果與卓見，對本研究具有相當貢獻，此種忠於學術研究的精神及對家忠之隆情厚意，除感謝與感激外將永遠銘記在心。

參與本研究的工作者有研究助理鍾昆山先生、台大助教劉韶郁小姐、師大地科系薛郁潔同學，工作都認真努力，尤其是劉韶郁小姐工作量最重，在研究最後期間，鍾昆山先生於假日之白天及晚上，曾多次自動加班，忠於工作的精神值得嘉勉，台大研究生廖珮娟同學亦參與自動與本研究之工作，另外，謝維權先生對本研究提供不少寶貴意見，在此都一一表示謝意。

六、參考文獻

1. 陳泰然，1985：國內近年大氣科學研究成果納入實際氣象預報作業之可行性研究(續)。國科會防災科技研究報告，73-16 號。
2. George Tai-Jen Chen, Zhinong Jiang, and Ming-Chin Wu , 2003 : Spring Heavy Rain Events in Taiwan Warm Episodes and the the Associated Large-Scale Conditions , monthly weather review , 131 , 1173-1188 。
3. Zhinong Jiang, George Tai-Jen Chen, and Ming-Chin Wu , 2003 : Large-Scale Circulation Patterns the Associated with Heavy Spring Rain Events over Taiwan in Strong ENSO and Non- ENSO Years , monthly weather review , 131 , 1169-1182 。
4. 王時鼎、徐晉淮，1987：台灣春雨之性質生成及大範圍環境條件研究，研究院研究 175 號，NSC75-0202-M052-02 。
5. 王時鼎，1988：台灣春雨預報之研究，研究院研究 194 號，NSC76-0202-M052-03 。
6. 俞家忠，1975：冷季氣壓系統及台灣天氣客觀預報之研究——高壓部分。國科會研究報告，008 號。
7. 劉復誠，1987：台灣地區春季多雨年少雨年 500hPa 高度及海溫距平差異特徵之初步分析。大氣科學，第十五期第二號，233~246 頁。
8. 俞家忠，1976：冷季氣壓系統及台灣天氣客觀預報之研究——低壓部分。國科會研究報告，010 號
9. 俞家忠，1966：台灣北部降水問題之研究。空軍氣象預報與分析，29 期，6~10 頁。
10. 俞家忠，1969：民國五十七年二月份台灣地區降水異常問題之研究。空軍氣象預報與分析，39 期，1~13 頁。
11. 俞家忠，1969：民國五十七年二月份台灣地區降水異常問題之研究。空軍氣象預報與分析，39 期，1~13 頁。

12. 俞家忠，1970：台灣北部降水客觀預報法之研究。空軍氣象預報與分析，43 期，8~13 頁。
13. 俞家忠，1974 年：利用氣象衛星資料預測台灣低壓及台灣天氣之研究。空軍氣象預報與分析，60 期，1~11 頁。
14. 俞家忠，1975：阻塞高壓與台灣天氣。空軍氣象預報與分析，62 期，1~13 頁。
15. 俞家忠，1980：Some Climatological Aspects of Taiwan Low。PMR，1&2 期 3 卷，78~90 頁。
16. 俞家忠(共同研究)，1968：中國天氣類型研究(低壓部分)專題報告。空軍氣象聯隊氣象中心，59 頁。
17. 俞家忠(共同研究)，1970：空軍天氣預報法。空軍總司令部，278 頁。

研究報告附件

附件 1-台灣地區春季 SF3 型氣象要素資料如下：

附件 1-a 台灣地區春季 SF3 天氣類型中央氣象局各氣象站平均累積雨量表

附件 1-b 台灣地區春季 SF3 天氣類型中央氣象局各氣象站時雨量值表

附件 1-c 台灣地區春季 SF3 天氣類型中央氣象局各氣象站最大時雨量發生時間表

附件 1-d 台灣地區春季 SF3 天氣類型中央氣象局各氣象站平均溫度(°C)統計

附件 1-e 台灣地區春季 SF3 天氣類型中央氣象局各氣象站最低溫度(°C)表

附件 1-f 台灣地區春季 SF3 天氣類型中央氣象局各氣象站日最低溫度(°C)發生時間表

附件 1-g 台灣地區春季 SF3 天氣類型中央氣象局各氣象站最高溫度(°C)表

附件 1-h 台灣地區春季 SF3 天氣類型中央氣象局各氣象站日最高溫度(°C)發生時間表

附件 1-i 台灣地區春季 SF3 天氣類型中央氣象局各氣象站平均風速表

附件 1-j 台灣地區春季 SF3 天氣類型中央氣象局各氣象站平均風向表

附件 1-k 台灣地區春季 SF3 天氣類型中央氣象局各氣象站最大風速表

附件 1-l 台灣地區春季 SF3 天氣類型中央氣象局各氣象站最大風發生時間表

附件 1-m 台灣地區春季 SF3 天氣類型中央氣象局各氣象站最大風風向表

附件 1-a

台灣地區春季 SF3 天氣類型中央氣象局各氣象站平均累積雨量表

	彭佳嶼 466950	基隆 466940	宜蘭 467080	蘇澳 467060	鞍部 466910	竹子湖 466930	淡水 466900	台北 466921	新竹 467571	台中 467490	梧棲 467770	日月潭 467650	玉山 467550	阿里山 467530	嘉義 467480	台南 467410	高雄 467440	花蓮 466990	成功 467610	台東 467660	大武 467540	恆春 467590	蘭嶼 467620	澎湖 467350	東吉島 467300
19940224	6.6	20.6	0.3	0.3	9.1	6.9	5.8	3.7	3.5	2.3	1	0	0	0	0	0	0	1	1.9	0	0	0	2.5	0	0
19940317	4.5	24.6	0.3	7.3	5.2	1.8	5.2	3.1	1.5	0	0	6.7	0	0.2	0	0	0	4	0.5	0	0.2	0	20.6	0	0
19940318	2.9	21	0.9	1.1	3.1	0.5	0.4	0.1	0	0	0	6.2	0	0.3	0	0	1	0	0	0	0	3.4	0	0	0
19940319	39.5	93.5	23.1	39.8	58.2	40.6	39.2	36.7	32.5	19.7	16	36	10.7	42	19	13.1	23.5	1	4.6	5	5.2	10.5	24.1	9.4	13.8
19940426	2	3.5	0	2.4	4.3	2.5	4.2	1.3	3.3	1.2	2	2.4	4.6	10	0	0	0	10	3.5	2	2.5	0	0.6	0	0
19940427	39.8	2.3	0	0	3.2	2.1	2.1	1.7	1.1	0.1	0	10.1	11.4	6.5	8.3	0	0	1	0	0	0	0	0	0.3	0
19940428	2.4	20	5.8	0.4	25.4	17	26.4	17	3.7	0	0.5	5	11.3	11.5	0.2	0	0	0.5	2.1	0	0	0	1.9	7.7	0
19940429	4.6	0.5	0.9	1	0	0	0	0.3	0	0.9	1	28.4	15.9	13	8.5	16.5	21	0	3	3.3	9.5	0	3.4	7.6	11.9
19940430	0.2	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	3	2.6	2	0.5	0	0	0	3	5.5	0	0	0	0	0	0
19950214	0.9	46	7.3	14	19.4	20.9	11.5	20.5	12.7	16	7.6	33.6	3.1	39.2	13	4.9	5	20.5	15.7	7.5	4	0	2.8	9.6	6.3
19950215	2.3	8	5	2.8	6.8	6.8	5.9	7	5.4	0.9	1.5	3.1	5.2	22.5	2	0	6.8	8	6.2	10.5	4.2	0	10.6	0	0
19950220	12	29	14.5	28.2	18.9	11.7	11.8	8.5	5.7	1.9	0.5	8.5	4.1	14	1.5	10.1	0	13	0.6	9	0	0	1.3	9.3	14.9
19950221	24.1	74.6	46.5	77	73.2	54.3	40.8	58	59.3	32.1	26.1	9.2	0.5	4.6	1	0	0	16.5	1	0	0	0	0.9	0.2	0
19950222	10.9	34.5	14.4	23.7	21.5	8.2	8.9	13.1	4.3	22	10	39.6	4.2	29.7	7.7	0	0	15.5	2.7	0	0	0	0.3	6.4	1.6
19950223	8.8	30.2	2.8	2.4	15.8	10.6	10.7	8.9	6.3	1.7	0.6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
19950224	9.1	26.6	2.5	0.2	6	1.8	6.9	7.5	1.4	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0
19950225	20.8	37.5	7	11.4	33.8	23.5	34.3	38.3	30	3.4	1.5	2.2	0	0	0	0	0	7.5	2	0	0	0	1.9	0	0
19950226	5.7	23	7.5	7.3	18.8	4.5	15.8	16.2	17.5	0	1.3	0.5	1.4	1	0	0	0	7.5	3.9	5.1	3.3	0	15	0	0
19950227	1.6	35	8.8	8.4	9.3	2.4	7.2	9.8	6.7	2.5	6.8	1.5	1.2	1.5	0	0.1	0	14	0	0.4	0	0	0.8	0	0
19950302	11	21	18.2	10.8	26.6	25.3	26.1	26.3	22.5	18.8	12.9	40	6.3	62.5	36.3	13.3	8	13.5	19.9	5.2	5.8	0	8.4	47.2	19.6
19950314	20.7	4	1.5	1	1.5	1	0.7	4.4	8.5	2.8	3.9	9.7	0	3	0.2	0	0	0	0	0	0	0	28.1	0.5	0
19950317	12.1	43	4.5	41.5	20.6	17.8	8.4	1.6	2	1	0.8	0.5	0	0	0	0	0	0	0.3	0	0	0	0	0.6	0
19950318	5.1	25	7.5	41.2	29.2	19	14.4	15	28.5	18.7	10	4.4	3.2	10	1.6	0	0	1	0	0	0	0	11.3	0.7	0
19950325	7.3	27.5	1.2	0.6	34.2	20.2	21.4	11	15.2	1.4	1.1	2	3.4	9.5	2.2	0.3	1.9	0	13.4	4	6.7	0	4	1.8	0.4
19950331	4.7	16.5	2.3	2.5	6.1	6.8	3.6	10.7	6.8	5.2	2.2	9.8	0	2	2.5	0	0	1	0.3	0.3	0.2	0	20.2	5.5	0
19950401	24	90.5	53.5	42.6	65.2	53.3	51.2	55	36.6	24.4	31	41.9	86.4	90.5	42.5	43.5	0.5	13.4	6.5	21.2	1.6	0	6.8	13.8	4.7
19950402	21.4	70.5	27.9	51.8	24.5	25.4	11.3	11.3	16.6	19.4	4.7	28.4	16.9	27	2.5	0.7	0	8	0	0.5	0.4	0	0.8	4.4	0.8
19950403	0.3	15.5	11.5	46	20.6	20.8	1.1	1.4	0.5	0.3	0	3	13.1	7	1.5	7.1	15.9	3.5	1.5	7.2	0.9	1	1.6	0.6	5.7
19950404	4.9	10	5.5	0.2	8	7.9	7.9	9.7	7.1	8.7	12.6	4.6	3.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19950405	3.1	5.6	0.5	0.2	1.2	1.3	2.9	0.7	1.1	0.4	0.3	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19950406	2.4	9.5	1	0	18.3	17.9	13.9	32.5	10.3	0.3	0.2	2.1	2.3	0	0	0	0	2.5	3	0	1.3	0	0.7	0.2	0
19950407	2.4	10.5	7	6.6	6.9	9.8	6.5	18	15.9	17.5	7.2	34.2	12.4	15.5	12	0	0	7.5	0	0.2	0.4	0	3.9	8.1	0
19950410	1.2	4.5	1	1.1	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0	0	0	0
19950411	0	0.5	0	0	0.6	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0.1	0	0	0.5	0	0
19950419	1.4	11	0.1	0	7.2	2.9	1	13.5	11.6	1.1	3	0	0.2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
19950426	0	9.3	5.5	27.5	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.1	0	0.5	1.5	50.3	0	0
19960308	0.5	6.5	1	4.3	1.3	0	0.1	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0
19960310	19	47.5	21.5	20	30.4	23.4	26.5	29	32.6	39	29	20.6	0.6	24	4.5	0.4	0	13.5	0.1	0.7	0	0	4.9	4	1.8
19960311	1.5	18	4.5	6.2	5	1.2	4.7	4.5	2	0.3	0.5	0	0	0	0	0.4	0.1	3	0	0	0	0	4.8	0	1.4
19960312	7.2	24	25.5	12.9	20.6	4.1	18.4	14.4	19.7	3	5	6.3	0	5	1.5	0.1	0	1.5	0	0	0	0	20.8	1.4	1.6

附件 1-b

台灣地區春季 SF3 天氣類型中央氣象局各氣象站時雨量值表

	彭佳嶼	基隆	宜蘭	蘇澳	鞍部	竹子湖	淡水	台北	新竹	台中	梧棲	日月潭	玉山	阿里山	嘉義	台南	高雄	花蓮	成功	台東	大武	恆春	蘭嶼	澎湖	東吉島
	466950	466940	467080	467060	466910	466930	466900	466921	467571	467490	467770	467650	467550	467530	467480	467410	467440	466990	467610	467660	467540	467590	467620	467350	467300
19940224	2.4	2.5	0.2	0.3	2.5	2	1.5	1.2	1.2	2.3	1	0	0	0	0	0	0	0.5	1.2	0	-9.8	0	1	0	0
19940317	1.5	2.6	0.1	1.8	1.1	0.8	1.1	2	0.9	0	0	4.8	0	0.2	0	0	0	3	0.5	0	0.2	0	13.5	0	0
19940318	1.1	3.4	0.4	0.5	0.6	0.4	0.2	0.1	0	0	0	3.8	0	0.3	-9.8	0	0.9	0	0	0	0	0	1.8	0	0
19940319	15.4	14	9.5	12	16.5	9.9	11.5	10.7	11	13	7	15.3	2.8	17	13.5	8.3	16.5	1	2.9	4	5.1	10.5	20.3	6.3	9.6
19940426	1.3	1.1	-9.8	1.4	1.2	0.6	1.4	0.8	1.5	0.5	1	2.2	2.6	7	0	0	0	2.5	1.4	1	2.4	0	0.4	-9.8	0
19940427	15	1.1	0	0	1.8	1.3	1.1	1.5	0.6	0.1	0	6.2	6.7	5	8	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0.3	0
19940428	0.8	8	4	0.2	7	5.2	10.2	5	1.6	0	0.5	4.5	3.3	6	0.2	0	0	0.5	1.7	0	-9.8	0	1.5	7.3	0
19940429	3.1	0.5	0.9	1	0	0	0	0.2	-9.8	0.5	1	18.5	7.7	10.5	6.5	12	21	-9.8	2	3.3	9.5	-9.8	2.8	6	8.3
19940430	0.2	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	2.6	1.3	1.2	0.5	0	0	0	1.5	2.1	0	0	0	0	0	0
19950214	0.7	5	2	4	3.5	5	2.3	6.5	4.5	3.1	2.1	6	0.7	8	5.4	2.4	2.5	6	3	2	4	0	1.7	3.2	2.7
19950215	1	3	2.5	1	4	4.5	2.5	3	3	0.7	1	2.2	1.2	6	1.4	0	5	1.5	1.7	2.5	2.8	0	2.5	-9.8	0
19950220	4.8	5.5	3.3	6.2	5.5	3.1	4	3.5	3.3	1.2	0.5	5.5	1	6.5	1.5	8.7	0	2.5	0.3	3.5	0	0	0.7	6.9	8.8
19950221	2.6	7.5	4	13.8	8.5	6	4.7	6.5	7	6.1	9.8	2.1	0.3	3.2	1	0	0	3	1	0	0	0	0.5	0.1	0
19950222	1.6	5	2.5	5.8	2.9	2.5	1.6	4	1.5	9	4.2	7.2	1.2	8	2.8	-9.8	0	3	1.2	0	0	0	0.3	4	1.6
19950223	1.3	5.5	1	1	4.5	3.5	2.7	2	2.2	1.2	0.3	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	-9.8	0	0
19950224	1.8	5.5	0.9	0.2	1.5	1.5	2	2.5	0.7	0.2	-9.8	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0
19950225	3.6	5.5	2.6	2.7	4.5	4.2	4.5	4.5	6	3.1	1.1	0.8	0	0	0	0	0	1.5	0.8	0	0	0	0.7	0	0
19950226	1.6	5	2.8	4	5	2.3	5.1	5	8.5	-9.8	0.5	0.3	0.3	0.5	0	0	0	1.5	2.1	3	2.2	0	3	0	0
19950227	1.1	8	3.5	3.2	2.5	1.3	2.1	3	3.9	1.3	4	0.5	0.8	0.5	0	0.1	0	2	0	0.4	0	0	0.4	-9.8	0
19950302	2.5	4	4	2	5.5	5	6.3	4	5	3.5	2.5	6	0.7	11	8	5	7.6	1.5	6.5	3	5.4	0	4.6	10.6	10.8
19950314	6.5	3	1.1	1	0.5	1	0.4	3	4.5	1.6	2.5	5.2	0	1.5	0.2	0	0	0	0	0	0	0	15.1	0.5	0
19950317	3	5	1.4	8	3	3	1.5	1.1	0.8	0.6	0.7	0.5	0	0	0	0	0	0	0.3	0	0	0	0	0.3	0
19950318	1.7	5.5	3.4	9.2	8.5	7.5	2.7	5.5	12.1	5	4	1.6	2.2	3.5	0.7	-9.8	0	0.5	0	0	0	0	5	0.6	0
19950325	2.2	5	0.8	0.3	5	4.1	4	3	4	1	1	1	2	4	1.9	0.3	1.5	0	2.7	1.4	2.6	0	2	0.5	0.4
19950331	1.6	3	1.2	1	1.4	2	0.7	3.5	4.1	5.2	2	9.1	0	2	2.5	0	0	0.5	0.2	0.3	0.2	0	2.8	5.5	0
19950401	3.8	10.5	9.6	7	12	10	7.8	7.5	8	9.4	10	10.5	12	15	10.2	14	0.5	5	2	11	1.6	0	1.3	4.5	1.9
19950402	3	6	5.5	8	3	3.5	1.7	3.5	4	11.2	2	12.5	6.2	11	2	0.4	-9.8	2	0	0.5	0.3	0	0.6	2.2	0.3
19950403	0.3	4.5	2	6.9	2	2.6	0.4	1	0.5	0.2	-9.8	2	4.7	3	0.9	5.5	11	1	0.7	2.7	0.5	1	0.5	0.3	2.5
19950404	1.2	2	3.8	0.2	1.7	2.2	2.2	4.9	2.5	5.6	8.5	2.2	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19950405	1.7	3	0.5	0.2	0.3	0.8	1	0.5	0.4	0.4	0.3	-9.8	0.4	0	0	0	0	-9.8	0	0	0	0	0	0	0
19950406	0.7	3.5	0.5	0	4	4.1	4.2	14	3.2	0.3	0.2	1.8	0.4	0	0	0	0	0.5	1.4	0	0.8	0	0.5	0.2	0
19950407	1.2	4	3.5	3.4	2.5	3.8	2.3	8.5	11.4	11.2	4.5	21	5.9	10	11.5	0	0	2	0	0.1	0.4	0	1.2	3.5	0
19950410	1.1	1	0.6	0.7	0.6	0	0	-9.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-9.8	0	0	0.9	0	0	0	0
19950411	0	0.5	0	0	0.4	0	0.3	0	-9.8	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5	2.8	0.1	0	0	0.5	0	0
19950419	1.3	5.5	0.1	0	2.5	1.2	0.6	8.5	10.5	1.1	2.9	0	0.2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	-9.8	0	0
19950426	-9.8	2	2.9	8.8	1	0	0	-9.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.1	0	0.5	1.5	39.5	0	0
19960308	0.5	2.2	0.5	2.5	0.5	0	0.1	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0
19960310	3.6	5	3.5	4	5	4	4.3	5	6	5	8	3.8	0.2	4.1	1.9	0.4	0	2.5	0.1	0.5	0	0	2.3	1.2	1.4
19960311	0.7	5.5	2.5	3	1.7	0.9	1.6	2.5	0.5	0.3	0.3	-9.8	0	0	0	0.4	0.1	0.6	0	0	0	0	2.3	0	0.9
19960312	3.9	8	4.5	3.3	6.5	1.1	5.7	7	6.8	2.1	4	5.9	0	4.3	1.2	0.1	0	1	0	0	0	0	11.8	0.8	1.1

	彭佳嶼 466950	基隆 466940	宜蘭 467080	蘇澳 467060	鞍部 466910	竹子湖 466930	淡水 466900	台北 466921	新竹 467571	台中 467490	梧棲 467770	日月潭 467650	玉山 467550	阿里山 467530	嘉義 467480	台南 467410	高雄 467440	花蓮 466990	成功 467610	台東 467660	大武 467540	恆春 467590	蘭嶼 467620	澎湖 467350	東吉島 467300	
19990421	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	
20000305	23:40	19:38	14:30	22:10	22:40	18:24	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	16:25	19:05	18:00	03:50	*****	11:00	*****	*****	
20000307	23:20	21:23	13:20	14:35	23:00	11:50	23:00	08:36	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	21:30	*****	*****	*****	*****	13:20	*****	*****	
20000308	03:36	00:00	22:33	01:33	22:36	00:02	06:52	00:45	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	17:20	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	
20000310	00:00	04:31	05:06	06:23	05:10	02:01	*****	07:05	04:01	*****	01:30	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	22:48	20:30	23:05	20:30	20:12	*****	*****	
20000312	21:06	21:29	20:24	23:00	21:07	22:13	21:09	21:27	22:02	23:10	21:50	09:04	*****	00:00	22:10	06:03	10:32	00:28	08:50	08:00	11:43	12:02	05:06	22:40	23:15	
20000313	10:13	11:53	05:08	00:00	11:39	11:42	11:23	11:58	11:00	01:09	11:18	12:49	*****	01:20	00:00	*****	*****	02:01	20:40	*****	06:02	*****	06:12	00:10	*****	
20000314	*****	03:15	17:05	02:40	*****	*****	06:30	*****	08:30	*****	08:30	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	
20000316	06:00	06:27	10:50	*****	05:37	06:30	21:23	06:18	07:13	*****	08:30	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	18:27	*****	*****	*****	*****	*****	*****	
20000402	*****	*****	*****	*****	02:47	*****	03:31	08:30	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	17:05	23:05	20:48	*****	*****	*****	*****	
20000407	22:52	17:40	20:43	15:20	17:16	17:20	17:11	02:20	03:30	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	19:43	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	
20000408	16:21	17:29	18:00	12:10	19:11	08:30	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	01:45	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	
20000410	06:45	09:26	12:20	14:20	09:36	10:08	09:30	10:10	10:45	*****	*****	*****	*****	22:07	*****	*****	*****	*****	11:55	*****	14:08	*****	11:39	*****	*****	
20010207	08:20	12:55	*****	23:00	21:55	21:30	19:27	10:20	19:10	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	16:39	*****	*****	18:35	19:10	*****	*****	*****	
20010307	17:50	20:04	22:15	18:12	19:39	19:42	20:00	20:16	20:29	23:25	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	15:10	*****	*****	10:33	22:17	09:10	*****	*****	
20010311	03:20	17:03	*****	*****	17:38	07:16	07:00	10:17	11:11	13:10	12:27	14:15	16:00	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	18:30	21:50	*****	*****	
20010326	02:00	00:46	03:10	05:40	01:47	01:56	01:30	22:48	02:35	*****	*****	*****	*****	00:02	00:04	15:40	00:00	22:10	04:08	04:37	15:40	15:24	*****	20:41	*****	02:39
20010327	08:08	07:11	09:11	16:45	06:42	06:45	09:00	07:38	07:33	03:52	11:21	03:20	14:27	14:46	02:05	13:06	14:50	04:12	15:51	00:02	00:30	16:30	00:12	18:37	11:42	
20010421	08:00	19:37	17:15	17:45	07:33	07:55	08:00	07:50	07:08	11:30	09:52	12:02	23:01	*****	11:50	*****	*****	*****	19:48	*****	*****	*****	*****	10:10	15:50	
20020205	05:00	08:35	11:41	13:30	05:00	05:10	05:00	05:25	08:03	*****	23:20	10:46	*****	*****	*****	*****	*****	15:05	17:50	*****	*****	23:50	*****	*****	*****	
20020209	21:44	21:16	21:30	22:55	21:53	22:05	22:00	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	00:11	03:57	*****	*****	09:17	*****	*****	*****	
20020316	05:38	07:10	11:30	*****	02:09	06:46	05:00	09:11	19:06	14:10	08:00	02:33	02:01	01:48	*****	04:47	*****	07:51	*****	*****	*****	*****	12:54	09:50	08:46	
20020317	03:18	12:22	14:30	07:05	11:39	14:20	13:32	13:52	13:30	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	20:48	*****	*****	*****	22:48	12:40	*****	
20020323	23:00	07:09	13:10	05:03	04:07	04:46	00:05	07:50	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	20:12	*****	*****	
20020329	08:30	14:29	16:05	21:39	14:53	21:25	09:00	15:46	14:15	14:40	22:04	22:06	*****	*****	22:45	*****	*****	22:10	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	
20020409	06:35	05:42	20:00	16:20	06:20	19:12	06:00	07:10	06:40	*****	09:15	*****	09:55	*****	*****	*****	*****	*****	15:50	*****	*****	*****	*****	*****	*****	
20020410	18:17	16:16	07:20	19:50	09:17	*****	19:00	18:50	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	
20030201	18:42	22:08	*****	20:55	12:07	19:39	20:00	14:30	15:30	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	14:06	17:36	*****	19:03	21:15	19:48	*****	*****	
20030204	03:24	04:22	07:55	06:01	09:00	07:01	09:00	04:31	08:57	06:25	05:50	00:18	04:01	00:38	09:40	*****	*****	09:14	14:40	*****	15:26	*****	15:40	08:05	09:11	
20030216	12:15	17:28	18:45	*****	09:50	00:20	13:00	13:23	14:32	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	
20030318	17:54	00:01	03:22	00:05	17:24	17:50	17:14	22:30	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	17:05	06:30	*****	07:31	*****	11:30	*****	*****	
20030320	02:05	00:59	05:55	14:50	00:49	00:40	01:10	13:32	13:14	14:06	13:47	06:25	21:01	11:42	20:01	*****	20:20	04:10	16:50	*****	21:15	22:40	01:11	19:00	*****	
20030324	07:30	06:01	08:30	07:10	08:53	08:16	08:45	06:30	06:51	09:30	05:54	11:21	13:05	07:02	06:08	*****	18:50	07:55	20:05	*****	18:13	*****	*****	05:38	06:19	
20030403	23:00	06:19	12:02	12:26	06:21	05:28	06:25	10:30	14:20	22:56	05:15	18:13	22:01	21:45	20:00	19:34	*****	19:03	20:17	19:01	20:00	*****	12:40	17:03	15:37	
20030408	*****	23:20	07:05	07:59	22:10	03:30	03:57	04:10	03:19	00:14	05:57	04:40	02:01	04:51	05:04	06:24	07:06	02:20	05:10	05:05	08:30	09:25	14:20	02:56	00:08	
20030414	06:20	18:14	08:36	09:10	17:49	07:10	18:00	08:30	07:55	08:41	08:17	09:08	16:01	*****	23:30	*****	*****	20:50	*****	*****	*****	*****	04:10	07:47	22:50	
20030430	*****	08:43	14:10	13:17	15:04	14:20	02:20	*****	*****	*****	*****	*****	20:30	*****	*****	*****	*****	08:11	05:01	02:35	19:54	10:55	18:01	*****	10:10	

註：2000 年以前資料

附件 1-d

台灣地區春季 SF3 天氣類型中央氣象局各氣象站平均溫度(°C)統計

	彭佳嶼 466950	基隆 466940	宜蘭 467080	蘇澳 467060	鞍部 466910	竹子湖 466930	淡水 466900	台北 466921	新竹 467571	台中 467490	梧棲 467770	日月潭 467650	玉山 467550	阿里山 467530	嘉義 467480	台南 467410	高雄 467440	花蓮 466990	成功 467610	台東 467660	大武 467540	恆春 467590	蘭嶼 467620	澎湖 467350	東吉島 467300
19940224	16.1	16.4	19.1	18.3	11.3	13.2	15.4	17	15.8	19.2	17.9	18.8	-0.3	9.5	19.9	21.5	23.6	20.7	21.7	22.3	23	24.2	21.7	18.8	19.8
19940317	14.6	15.2	17.9	17.4	10	11.4	14.2	15.5	14.5	16.8	16	18.2	1.2	9.7	17.7	19.5	21.7	20	20.8	21.8	22.5	24	20.6	17.1	18.7
19940318	16.1	15.9	17.8	17.6	11.3	12.4	15	16.1	15.3	17.4	16.6	17.3	1.1	10.3	17.7	18.8	20.8	20	20.8	21	22.6	23.9	19.9	17.3	18.4
19940319	16.5	17	18	18	12.2	13.7	15.5	16.8	15.2	16.1	16.2	14.9	-1	9	16.4	17.7	19.9	20.9	21.9	22.2	22.6	23	20.8	17	17.8
19940426	21.4	22.5	23.7	23.3	18.3	19.6	22.3	22.8	23	26	25.8	21.6	5.3	13.6	26.7	29.2	28.7	24.5	25.4	26.4	27.2	28.2	24.6	27.4	27
19940427	22.1	23.2	24.3	23.7	19.4	20.9	23.6	24.3	23.8	26.6	25.5	20.4	4.5	13.1	26.3	28.9	28.5	24.8	26.1	26.7	26.7	28.1	24.9	26.1	26.2
19940428	21.3	21.5	22.5	22.3	17	18.4	20.7	21.8	22.2	26.3	25.3	20.6	4.2	12.4	25.3	28.5	28.6	23.8	25.2	25.8	26.6	27.9	24.5	24.8	25.4
19940429	22.5	23	23.8	23.5	19.4	20	22.8	23.3	23.6	26	25.3	20.8	2.7	12.3	25.9	27.8	27.7	24.5	25.1	25.3	26.5	28.1	24.4	25	25.1
19940430	24.1	24.7	25	25.1	20.6	22	25.5	25.4	25.4	27.1	26.5	21.2	3.2	12.3	26.5	27.8	27.8	26.2	25.9	26.7	27	28.2	25.1	26.2	26.5
19950214	14.7	15.4	15.8	15.9	9.3	10.8	14.1	15.1	14.6	15.8	15.1	13.4	-2.4	6.3	15.6	16.9	18.8	17.7	18	19.1	19.7	20.9	18.3	15.6	16.9
19950215	14.1	14.4	14.1	14.6	7.2	9.2	13	14.1	14.3	15	14.5	12.3	-2.9	5	15	16.6	18.2	15.7	16.4	16.4	17.5	19.8	16.5	15.8	16.9
19950220	15.2	15.5	15.2	15.4	9.5	11	14.4	15.1	15.5	16.3	15.9	14.7	-2.2	6.6	16.4	17.4	19.6	17.3	18.7	18.7	19.9	21.9	18.4	16	17.2
19950221	13.4	14	13.6	14.1	8	9.5	12.8	13.3	13.8	15	14.5	13.6	-2.1	6.4	15.6	17.4	19.2	16.2	18.1	18.8	20.3	21.1	17.8	15.7	16.9
19950222	14.2	14.8	14.9	15.3	9.4	10.8	13.9	14.4	14.9	14.7	14.9	12.6	-0.7	6.3	15	16.6	18.3	16.4	18	18.6	20	21.5	18	14.9	16.1
19950223	14.5	15.1	16	16.3	9.8	11.2	14.4	14.9	15.1	15.8	15.4	14.6	-0.8	7.9	16.6	18	19.4	17.8	19.5	19.9	20.4	21.2	18.5	15.4	17
19950224	14.8	14.9	16.7	16.6	10.1	11.6	14.4	15	14.2	15.6	14.6	15.6	-1.4	8.5	15.9	18	19.6	18	19.8	20.1	20.5	21.1	19.2	15.4	16.5
19950225	13.6	13.7	15.5	15.9	8.2	9.7	12.8	13.2	13	14.4	13.9	14.5	-1.5	7.9	15.2	17.3	18.8	17.5	18.7	19.8	21	20.8	19.6	14.7	16.2
19950226	13	13.2	13.2	13.1	6.1	7.9	11.7	12.2	12.7	14.3	13.9	12.9	-2.3	6.9	15	16.9	18	14.7	15.7	16.4	17.4	19.6	16	15.2	15.9
19950227	13	13.3	13.5	13.9	7.7	9.2	12.5	13	13.4	14.3	14.1	11.9	-2.9	5.7	14.9	16.5	18.2	14.9	16.5	16.7	18.9	20.3	18.9	15.1	16.1
19950302	16.9	16.3	16.1	16.5	11.6	12.9	15.6	15.7	15.4	15.2	15	12.8	-1.1	7.1	15.1	16.6	18.3	15.9	16.9	17.1	19.2	21.7	17.8	15.6	17
19950314	19	17.4	18.2	18.3	14.4	14.7	16.9	17.1	15.4	17	16	16.7	1	9.8	17.5	19.1	21	19.3	20.3	20.3	21.6	23.4	19.5	17.1	18.1
19950317	15.2	16	17.8	17.5	10.4	13.2	15.3	16.8	15.6	18.6	16.9	18.5	-0.1	11	19.1	21.3	23.9	20.3	21.5	22.3	22.8	23.8	21.3	17.7	19
19950318	12.5	13.2	14.7	14.1	6.9	9.3	12.2	13.1	12.8	13.5	13.4	14	0.5	9.1	13.6	15.7	18.4	17.5	18.9	19.1	20.4	21.8	17.8	14.9	16
19950325	15	14.8	17.9	17.7	10.1	12.4	13.8	15.3	13.9	17.6	16.5	15.7	1.3	10.1	18.2	20.2	21.4	20.6	21	22.1	22.7	23.1	21	18.5	18.9
19950331	16.2	16.3	18.1	17.9	11.2	13.2	15.9	16.3	15.6	19.3	18.1	17.9	0.7	10.1	19.7	22.4	24.9	19.7	20.6	21.6	22.1	24.4	20.5	19.9	20.8
19950401	15.4	15.8	16.4	16.6	10.5	12.8	16	15.7	15.7	17.1	16.8	16	1.2	10	17	18.6	21.6	18.8	19.7	19.7	21.4	23.2	19.2	18.1	19.3
19950402	15	15.5	17.4	17.4	10.5	12.5	15	15.9	14.7	16.7	16.3	16	1.2	9.4	17	18.7	21.4	19.8	20.7	21.2	21.9	23.8	19.6	17.7	19
19950403	14.1	14.1	14.2	14.2	7.9	10.1	13.7	13.9	14.3	15.5	15.6	14.9	0.7	9.3	15.1	16.4	18.5	17.6	18.2	18.6	19.7	21.1	17.3	17.1	17.8
19950404	16.9	16.5	17.4	17.8	11.6	13.9	15.8	16	15.3	16.5	16.4	14.8	1.5	9.9	17.5	19.7	21.3	19	20.2	20.7	21.8	23.1	18.9	17.7	19.2
19950405	18	17	19.6	19.4	15.1	15.8	16.6	17.2	16.9	19.2	18.2	18.6	2.3	11.6	20.1	21.9	23.5	21.2	22.3	22.1	22.8	24	21.3	19.8	20.5
19950406	18.1	17.2	20.1	19.9	14.4	15.9	16.8	17.2	17.1	20.3	19.3	18.1	2.4	11.4	21	22.8	24.9	20.9	22.2	22.8	23.4	25.2	22.7	20.8	21.6
19950407	18.6	18.1	18.3	18.4	13.9	15.6	18.1	17.9	18	19.6	19.4	17	2.2	10.3	19.8	21.7	23.8	19.7	20.7	21.1	21.9	24.2	19.9	20.3	21.1
19950410	19.6	19.7	21.6	21.7	17.1	19.8	21.6	21.3	20.6	22.9	22.1	20.3	3.5	12.1	23.2	25.2	26.2	24.7	25	25.4	25.6	26.8	23.9	22.4	23.1
19950411	18.7	18.3	22	21.3	15	16.8	18.3	19.2	19.2	22.8	21.8	19.1	0.7	10.6	22.8	24.6	26	23.1	24.4	25.5	26.2	26.4	24	22.8	23
19950419	18	18.9	20.7	20.4	13.1	15.3	18.7	19.9	19.9	23.7	22.4	20.7	6	13	23.8	25.9	27	22	23.5	24.5	24.9	26.1	23	22.9	23.5
19950426	19.6	20.5	21.6	21.5	16.2	18.4	21.6	21.7	22.6	25.1	24.1	21.7	8.1	12.3	24.9	27	27.7	24.6	26	26.5	26.7	27.1	24	24.3	24.8
19960308	17.5	17.6	18.9	18.9	13.2	15.1	17.9	18.6	18.1	21	19.9	17.8	2.6	10.7	21.4	23	24.1	21.7	22	23.2	23	24.6	22.2	20.1	21.8
19960310	11.8	13	12.9	13.4	6.5	8.2	11	12	10.9	11.7	10.8	11.3	-0.6	6.9	11.8	13.6	17	15	16.7	16.6	18.4	19.9	16.7	13.5	16.2
19960311	13.2	13.4	13.9	14.2	7.1	8.7	12	12.5	12.3	14.1	13.2	14.5	-2.4	7.2	14.9	16.3	18.7	15.9	17.2	18	18.9	20.6	17.2	15.6	17.6
19960312	15.6	15.5	16.1	16.8	10	12.2	14.8	15.3	14.3	16.3	15	14.4	-0.8	8.9	17.4	19	20.6	19.1	20	20.9	21.3	22.8	19.6	16.3	18.6

附件 1-e

台灣地區春季 SF3 天氣類型中央氣象局各氣象站最低溫度(°C)表

測站	彭佳嶼 466950	基隆 466940	宜蘭 467080	蘇澳 467060	鞍部 466910	竹子湖 466930	淡水 466900	台北 466921	新竹 467571	台中 467490	梧棲 467770	日月潭 467650	玉山 467550	阿里山 467530	嘉義 467480	台南 467410	高雄 467440	花蓮 466990	成功 467610	台東 467660	大武 467540	恆春 467590	蘭嶼 467620	澎湖 467350	東吉島 467300
19940224	13.4	15.1	15.6	16	8.8	10.4	13.1	15.3	14.1	16.1	15.7	16.2	-2.2	7.1	15.7	16.8	19	19	18.1	20.1	20.5	20.6	19.6	16.8	17.8
19940317	13.1	14.4	16.5	15.9	9	10.1	12.9	14.4	13.4	15	15	15.8	-0.1	7.6	15.2	16.7	18.7	18.1	19	19.4	21.3	21.6	18.7	16	17.2
19940318	14.1	14.3	16.3	16	9.4	10.7	13.5	14.9	13.7	14.7	14.7	15.6	-0.5	8.1	14.9	16.1	17.1	18.2	19	19.3	20.5	21.4	18.7	16.4	17
19940319	14.1	15	15.5	15.7	9.4	11	13	13.9	13.1	12.7	12.7	11.2	-3.1	4.6	14.3	15.6	17.1	19.5	19.1	19.5	20.5	17.8	18.6	14	14.8
19940426	20.4	21.3	21.8	21.5	16.8	18.2	21	21.8	21.6	22.9	23.7	19.7	0.7	9.5	22.2	25.6	27.1	22.8	23.8	24.1	24.4	25	23.4	25	24.6
19940427	20.5	21.9	21.8	21.6	18.1	19.2	21	21.6	21.9	24.2	24	18.9	2.7	10.7	23.8	26	26.3	22.8	23.8	24.1	23.5	23.7	22.9	24.1	24
19940428	19.7	20.2	21.3	20.5	13.7	15.8	18.4	19.7	21	24.4	23.3	18.6	0.9	9.7	22.6	25.7	26.8	22.4	23.2	23	24.1	23.8	22.6	23.7	23.8
19940429	20.5	20.5	20.4	19.8	17.5	17.6	19.4	20.5	21.2	23.5	23	18.1	-0.3	9.3	23.1	22.8	24	22.3	23.2	23	23.8	24.5	22.3	22.9	23
19940430	21.5	22.7	22.6	22.7	18.6	19.7	21.9	22.6	22.8	23.3	24.2	18.2	1.4	9.1	22.8	23.3	24.5	22.8	22.4	23.4	22.9	23.4	23.4	24.2	23
19950214	13.7	14.5	14.2	14.4	8.1	9.6	12.9	14	13.4	14	13.6	11.1	-3.2	4.8	14.1	15.3	17.2	15.5	15.6	15.9	17.1	18.7	16.2	14.8	15.6
19950215	12.9	12	12.3	13.1	6	8	11.7	12	13.2	13.4	13.5	11.5	-4.2	4.3	13.7	14.6	16.5	14.8	15.3	15.6	16.4	18.4	15.5	15.1	16
19950220	13.7	14.2	13.8	14.2	8	9.3	12.9	13.8	14.1	14.4	14.2	13.5	-3.6	5	15.3	16.4	18.1	16	17.9	17.9	18.7	20.2	17.5	15.3	16.2
19950221	12.3	13.5	13.2	13.5	7.2	8.8	12.2	12.7	13.1	13	13.1	11.7	-3.5	4.8	13.8	15.3	17	15.6	16.4	17.1	19	19.7	16.9	14	15.4
19950222	13.4	13.9	13.3	13.7	8	9.5	12.4	13.1	13.3	12.8	13.2	11.4	-1.8	4.8	13.4	14.9	15.5	15.1	15.7	17	17.4	19.6	16.9	13.3	14.4
19950223	13.4	14.3	14.7	15.1	9.2	10.4	13.2	14	14.3	14.4	14.4	12.7	-1.8	5.4	14.2	15.4	16.5	16.3	17.9	18	17.3	19.3	17.4	14.5	15.8
19950224	13.8	14.4	15.3	15.9	9.2	10.3	13.3	13.8	13.2	13.9	13.7	13.3	-2.5	6.3	14.5	15.8	16.6	17.3	18.3	18.8	18.7	18.8	18.4	14.4	15.4
19950225	11.4	11.3	13	12.7	4.8	6.5	10.2	11	11.1	12.3	11.7	13.3	-2.6	6.6	12.5	14.3	15.7	15.4	16	17.4	18.6	17.4	17.5	13.6	14.6
19950226	11.4	11.6	11.8	12	5.5	7	10.4	10.9	11.1	11.7	11.4	9.8	-3.3	4.5	12.3	13.8	14.2	14	14.5	15.6	16.5	18.4	15.1	13.4	14.4
19950227	10.2	12.2	12.1	12.7	5.1	6.5	10	12.1	12.3	12.7	12.9	10.9	-4.2	3.6	13.3	14.8	15.9	14.1	15.2	15.7	16.2	17.7	15.8	13.7	14.4
19950302	15.3	15	13.7	13.6	10.1	11.8	14.8	14.4	14.2	13.8	13.7	11.8	-2.4	6	13.8	14.9	15.7	14.5	15.9	16.2	17.4	19.4	16.4	14.1	15.2
19950314	15.9	16	15.1	15	11.6	13.1	15.6	15.4	14.4	14.8	14	14.4	-0.7	7.4	14.9	16.3	17.8	16.2	16.8	17.1	18.3	20.7	17.4	15.1	16.1
19950317	12.4	13.5	14.6	14.5	7.6	10	12.3	13.9	12.8	14.8	13.7	15.9	-2.3	7.4	14.9	16.2	18.9	18.3	19.7	19.1	20.2	20.9	18.7	15.1	15.6
19950318	11.3	12.4	13.8	13.3	6.1	8.4	11.1	12.4	11.6	12.3	12.1	11.5	-1.2	8.3	12.4	13.9	16.4	16.7	17.3	17.5	18.7	20.1	16.8	13.8	14.2
19950325	10.5	10.6	11.8	12.4	4.4	6.5	9.3	10.3	9.7	12.5	11.8	9.2	-0.2	5.7	12.8	14.2	14.6	16.1	15.4	17.1	17.4	19.3	16.2	15.7	15.8
19950331	14.2	15.6	16.4	16.1	9.9	11.9	14.9	15.3	14.9	16.9	16.3	15.5	-0.4	8.6	17.3	19.4	22.3	18.1	19.6	20.1	21	22.4	19.7	18.5	19.5
19950401	12.9	14.4	15.4	15.5	8.6	10.6	13.2	13.9	13.2	14.5	14.4	13.5	-0.8	9.2	15.1	16.4	19	17.7	18.6	18.5	20.4	21.9	18.3	16.1	17.8
19950402	13	14.1	15.6	15.7	8	10.1	12.9	14.1	13.1	15.6	15.1	15	0.6	8.5	15.4	16.3	17.6	18.1	18.7	19.4	19.9	21	18.5	17	18.2
19950403	12.9	12.7	13.6	13.2	6.5	8.6	11.8	12.7	12.5	14.2	14.1	13.9	-0.3	8.8	13.7	14.1	15.4	16.2	16.9	17	18.1	18.7	16.2	16.2	16.5
19950404	14.8	14.6	14.2	14.5	8.9	11.1	13.9	14.1	13.9	15.3	15.2	13.7	-0.5	7.7	14.9	15.9	18	16.1	17.1	17.3	18.6	20.3	17.1	17.1	17.5
19950405	17.1	16	17.2	17.4	11.5	13.7	15.2	15.6	15.1	16.2	16.2	15.7	0.7	8.9	16.2	17.8	19.8	18.9	19.8	20.8	19.7	20	19.8	17.3	19.2
19950406	16.9	16.8	17.8	18.5	11.5	13.7	16.1	16.8	16.5	18.4	18	16.8	1.2	8.9	18.1	19.9	22	19.1	20.6	21.7	21	21.4	20.6	19.7	20.6
19950407	16.1	16.2	16.9	17.5	10.4	11.5	15.1	15.3	16	18.3	17.7	15.6	0.7	8.3	18.4	20.1	22.1	18.6	20.1	20.1	21	22.3	19	19.1	19.2
19950410	16.8	17.2	19.9	20	13	16.2	17.1	17.7	17.4	20.3	20.1	16.4	-0.7	6.6	21	22.6	24	22.5	22.8	23.6	23.2	23.5	22.8	21	21.8
19950411	16.8	17.2	18.8	19.7	11.7	14.1	15.5	17.9	17.3	19.7	19.5	16.6	-1.7	6.1	19.7	21.1	23.1	21	21.5	23.5	22.8	22.3	21.8	20.6	21.8
19950419	16.4	16.7	17.8	17.6	9.3	11.6	15	17.7	17.5	18.1	18.3	17.7	1.6	7.3	18.2	20.9	24	20.1	20.3	21.3	22	23.2	20.1	20.5	20.6
19950426	18.4	19.6	20.3	19.9	15	16.3	18.9	20.3	20.4	21.9	21.7	16.5	3.3	5.9	21.2	23.3	24.8	22.6	23.5	24.6	24	24.9	22.6	22.7	22.8
19960308	14.2	15.2	15	16.2	8.7	10.4	14.9	15.4	15.6	17	16.2	14.2	-1.7	5.9	17.6	18.8	20.4	18.8	18.6	19.7	19	21.3	19.5	17	19.5
19960310	10.7	11.2	11.3	11.9	4.9	6.5	9.6	11	9.7	10.8	9.7	8.7	-3.5	5	10.9	12.5	14.6	13.6	15.6	15.4	16.8	18.3	15.3	11.9	14.1
19960311	11.2	11.8	12.8	13.2	5.6	7.3	9.8	10.8	9.8	11	10.3	11.2	-5.5	4.3	11.1	12.2	14.2	14.7	15.7	16.3	17.2	18.2	16.4	13.8	16.1
19960312	13.1	14	13.5	13.9	7.9	9.4	12.3	12.8	11.9	13.3	12.2	12.1	-6.3	5.4	14.2	14.5	16.5	15.5	16.2	16.9	17.3	19.6	17.3	14.2	16.5

附件 1-f 台灣地區春季 SF3 天氣類型中央氣象局各氣象站日最低溫度(°C)發生時間表

	彭佳嶼 466950	基隆 466940	宜蘭 467080	蘇澳 467060	鞍部 466910	竹子湖 466930	淡水 466900	台北 466921	新竹 467571	台中 467490	梧棲 467770	日月潭 467650	玉山 467550	阿里山 467530	嘉義 467480	台南 467410	高雄 467440	花蓮 466990	成功 467610	台東 467560	大武 467540	恆春 467590	蘭嶼 467620	澎湖 467350	東吉島 467300
	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
19990421																									
20000305	22:01	23:21	06:37	23:39	23:42	23:42	07:01	23:59	07:05	05:28	06:24	02:48	*****	01:55	23:58	23:41	05:04	05:06	22:49	23:59	04:20	06:22	23:15	06:39	16:36
20000307	23:59	19:57	21:18	18:14	08:48	17:42	23:57	20:25	23:44	23:21	03:59	06:47	*****	03:06	04:28	05:39	07:11	23:29	04:57	23:40	05:13	05:51	23:58	03:59	04:55
20000308	04:57	04:15	06:35	08:01	05:21	05:32	04:43	05:57	05:58	06:38	06:20	05:33	*****	05:13	23:28	23:50	03:10	23:55	07:07	23:31	02:55	03:32	13:19	01:53	16:39
20000310	02:16	23:55	06:01	06:52	03:29	23:50	23:48	23:55	17:30	22:19	17:56	03:56	*****	05:33	22:48	06:12	04:32	05:39	03:12	02:30	01:05	00:58	00:01	02:48	03:40
20000312	22:15	23:59	06:43	09:18	06:31	06:33	01:17	06:29	02:18	21:18	22:10	09:48	*****	12:58	23:35	22:24	23:37	19:39	12:50	12:38	13:40	22:41	16:52	20:44	21:40
20000313	00:01	02:28	04:41	05:38	00:49	01:01	23:55	02:13	23:00	19:54	04:43	02:08	*****	23:50	00:01	23:59	02:02	06:03	04:48	00:57	06:32	04:47	07:02	03:35	10:56
20000314	03:36	02:36	00:10	05:10	19:29	20:06	17:39	05:47	10:29	04:21	04:16	05:15	*****	01:36	00:30	06:46	02:04	05:15	06:06	05:03	06:03	04:41	05:13	05:59	00:14
20000316	21:08	23:50	23:57	23:59	23:23	23:33	22:34	23:45	23:05	23:45	23:56	23:31	*****	02:00	23:53	23:55	02:58	22:28	19:37	23:50	21:15	23:08	23:57	23:11	23:59
20000402	06:52	20:03	06:05	20:46	04:53	07:57	23:52	21:01	06:49	06:01	06:11	03:53	*****	06:03	05:26	06:27	02:08	05:16	05:59	04:10	05:37	06:01	00:07	03:18	04:04
20000407	03:09	00:01	05:28	03:15	00:01	05:40	03:00	00:01	02:06	00:51	01:23	05:48	*****	03:02	05:38	04:44	04:04	05:51	05:09	04:38	04:08	03:58	00:26	00:19	00:13
20000408	02:44	04:27	04:29	06:30	03:22	04:47	05:40	06:07	05:52	03:34	05:48	01:53	*****	05:57	05:52	05:39	06:30	03:46	00:01	05:26	03:30	04:18	03:05	05:16	05:00
20000410	22:45	23:44	23:01	22:00	20:04	23:22	23:56	23:45	23:52	23:55	22:41	05:32	*****	04:48	23:59	23:53	05:21	23:14	23:10	23:23	23:50	23:59	23:10	23:39	23:57
20010207	23:32	23:32	23:41	23:27	23:40	23:46	20:41	23:57	20:52	22:45	22:15	23:56	23:06	05:30	23:47	23:43	23:59	22:04	23:33	23:48	00:24	06:23	23:27	21:04	23:45
20010307	19:19	18:32	22:20	21:06	19:04	19:05	20:01	21:26	20:17	23:45	22:05	01:57	03:32	06:05	22:28	22:57	23:53	23:10	23:51	23:50	04:26	03:30	23:56	22:49	23:30
20010311	00:15	02:24	04:25	04:48	23:05	23:07	00:01	05:07	03:15	05:19	23:46	03:42	02:01	00:01	01:40	04:02	04:19	05:27	04:30	05:24	04:57	05:49	03:55	22:07	23:35
20010326	02:21	03:53	05:39	06:39	05:53	05:49	04:41	04:59	06:01	04:53	05:43	04:49	18:17	00:01	05:57	07:27	23:59	05:49	08:02	23:51	23:13	02:06	19:09	03:18	06:00
20010327	22:44	14:31	03:02	00:37	23:50	23:27	23:59	23:34	00:01	20:59	22:00	18:00	01:22	00:18	23:48	21:44	23:32	05:39	05:53	02:01	02:27	04:04	00:43	19:43	16:40
20010421	16:33	20:34	23:49	18:32	22:15	21:10	20:05	20:51	21:19	23:40	23:39	13:40	07:59	23:50	05:00	23:59	04:24	23:50	23:36	05:40	02:49	02:47	23:40	10:41	11:09
20020205	16:21	19:28	02:13	23:52	22:30	19:34	19:37	21:03	16:43	23:26	23:46	04:09	00:02	02:22	23:04	23:55	07:04	05:08	06:37	06:35	05:39	06:19	23:55	23:45	23:36
20020209	21:54	23:05	23:58	21:03	08:31	08:16	23:53	00:22	01:18	04:19	04:52	04:56	06:10	05:35	06:10	06:00	05:47	22:32	17:02	19:01	06:17	01:52	11:36	03:39	03:11
20020316	06:12	06:55	12:43	08:45	06:25	06:24	07:59	07:00	06:46	05:47	08:37	05:39	18:54	22:41	07:59	22:49	23:15	08:53	23:20	18:23	00:46	23:54	14:08	06:42	09:13
20020317	15:26	16:09	19:47	19:34	16:21	22:28	16:29	17:06	17:18	20:17	19:58	00:49	18:15	23:10	23:03	23:44	22:42	21:56	21:21	23:59	04:54	00:28	01:22	16:26	17:19
20020323	02:33	02:39	07:19	06:37	00:48	00:41	00:10	03:19	01:45	05:08	04:49	23:40	07:01	23:47	06:10	06:14	06:25	04:51	22:33	06:18	05:35	23:27	11:56	03:28	05:15
20020329	15:13	21:57	23:22	22:59	20:57	21:00	23:59	22:27	22:14	23:47	23:36	06:52	03:57	03:47	02:49	05:27	06:20	23:23	05:47	05:35	04:23	02:07	07:56	04:23	05:24
20020409	07:45	18:17	21:12	21:47	19:07	19:13	07:03	19:12	07:29	22:34	23:25	07:35	05:24	02:29	05:32	22:49	05:29	20:59	19:21	22:51	04:22	05:09	23:15	23:45	23:30
20020410	23:33	00:34	00:01	00:01	00:27	00:31	05:50	00:01	01:15	02:01	05:46	04:02	23:35	22:45	03:27	03:58	04:34	05:38	03:54	05:10	05:54	23:01	04:16	05:26	00:21
20030201	23:38	23:38	06:00	21:39	23:57	23:57	23:28	23:59	23:53	04:38	23:46	06:01	22:24	03:00	05:50	23:43	23:55	20:51	23:51	05:11	04:19	03:51	20:00	21:17	21:38
20030204	06:52	13:14	21:47	11:35	18:41	08:10	07:26	13:23	11:59	09:54	10:30	11:45	23:04	23:51	23:20	23:43	21:52	22:47	20:25	22:20	04:32	06:27	23:02	08:29	09:13
20030216	17:54	19:17	23:19	22:36	20:07	22:47	19:45	22:34	20:57	23:41	23:59	01:45	19:11	23:09	05:50	23:53	06:29	23:22	23:33	06:33	05:48	23:25	23:44	23:41	23:58
20030318	18:05	19:35	23:13	22:49	19:19	20:15	19:27	22:51	23:16	21:00	21:45	23:49	03:51	04:55	22:47	23:30	23:51	23:59	21:40	20:19	18:52	23:41	22:46	17:42	18:03
20030320	00:54	02:06	03:48	01:50	02:56	02:48	02:50	03:26	00:01	05:04	04:20	03:18	20:19	21:50	06:49	03:36	04:20	04:59	04:03	06:09	06:01	05:38	01:54	06:02	02:01
20030324	18:32	19:10	04:56	00:46	00:26	00:01	23:19	06:37	14:18	09:54	19:41	08:13	23:59	22:51	23:09	23:00	05:52	05:12	06:10	02:45	00:01	06:02	02:38	06:46	06:03
20030403	23:59	07:27	12:33	12:51	23:37	08:14	07:02	11:35	08:19	23:50	11:39	05:28	00:32	01:49	01:50	03:38	06:05	10:33	16:22	23:49	23:58	21:11	17:41	23:57	16:18
20030408	05:45	23:27	23:59	21:40	23:46	22:00	07:17	22:53	09:00	01:54	23:44	01:11	05:05	20:46	21:11	07:15	09:27	04:14	18:53	23:39	21:35	21:49	17:15	12:06	13:13
20030414	19:17	20:12	23:46	23:57	20:36	20:41	20:23	22:33	21:58	23:59	23:11	12:24	14:40	20:39	23:54	23:41	05:42	23:54	23:32	23:52	05:17	05:43	04:51	22:45	22:57
20030430	19:31	13:48	18:52	23:44	22:19	18:37	15:34	16:00	17:21	23:20	23:57	05:51	23:55	02:44	23:30	23:28	23:42	22:56	18:16	23:48	05:08	05:02	21:58	19:59	18:27

註：2000 年以前資料

附件 1-g

台灣地區春季 SF3 天氣類型中央氣象局各氣象站最高溫度(°C)表

	彭佳嶼 466950	基隆 466940	宜蘭 467080	蘇澳 467060	鞍部 466910	竹子湖 466930	淡水 466900	台北 466921	新竹 467571	台中 467490	梧棲 467770	日月潭 467650	玉山 467550	阿里山 467530	嘉義 467480	台南 467410	高雄 467440	花蓮 466990	成功 467610	台東 467660	大武 467540	恆春 467590	蘭嶼 467620	澎湖 467350	東吉島 467300
19940224	20	19.8	22.6	21.5	16	16.6	18.1	19.8	18.7	23.4	21.3	23.8	2.4	14	24.2	26.1	27.8	24.1	26.8	25.9	26.4	30.1	24	21.6	21.8
19940317	15	16.5	19.5	18.8	12.2	13.3	16.2	16.5	16.5	18.9	17.3	23.1	3.3	13.7	22.3	23.3	26.4	21.7	22.3	24.5	25.9	30.3	25.1	18.7	20.2
19940318	18.1	17.2	19.7	19.1	12.7	14.1	16.4	17.3	17	23	19.4	21	3.3	15	22.1	23.6	26	22.3	21.9	22.6	24.8	30.3	22.6	18.2	19.9
19940319	18.4	18.4	20.3	20	14.1	15.8	19.9	19.3	17.4	18.7	17.6	19.1	2.7	15.2	18.3	20.7	24.3	23.5	25.5	25.6	25.9	28.1	24.9	18.7	20.2
19940426	22.6	24.2	27.7	25.8	20.2	21.5	24.9	23.9	25.9	31	29.2	29.5	11.4	18.5	32.5	35.1	31.1	26.3	29	30.4	32.2	35	26.8	31.1	30.2
19940427	24.4	24.9	28.3	26	20.1	22.7	27.6	27.6	26	30.1	29	23.9	6.1	17.5	31.2	34.5	31.1	27.1	29.3	29.8	29.9	33.3	27.5	31	29.8
19940428	22.6	23.6	24	24.1	19.7	21	23.7	24.7	23.9	29.8	28.6	25.2	6.1	14.8	29.8	35.3	32.4	27.2	30.4	29.6	31.6	34.5	28	26.7	27.2
19940429	25	25.2	28.2	27.6	21.5	23.5	27.2	25.4	25.9	30.4	28.5	24.5	5.8	16.7	31.1	34.5	31.2	28.3	28.1	28.3	29.4	33.5	27.6	30.1	28.8
19940430	26.9	27.6	29.2	28.4	25.4	27.4	29.4	29.7	28.9	32.1	29.8	26.2	6.8	16.3	32	33.5	31.5	30.2	31.2	30.7	30.7	34.6	28.7	29	29.8
19950214	16.1	17.1	18.1	18.2	11.7	13.3	16	16.8	15.9	19.4	16.9	17.4	-1.4	8.7	17.5	19.6	22.6	20	20.7	21.5	23.5	24.4	19.8	16.7	18.4
19950215	14.8	16.3	15.6	16.4	8.5	10.8	15.4	16.1	16.7	18.1	16.4	13.5	-1.7	5.8	17.2	19.6	20.6	16.9	18.4	17.7	19	23.1	20.3	17.5	18.4
19950220	16.6	16.6	17.3	16.4	11	12.9	17.1	16.5	18.1	18	17.8	16	-0.5	7.6	18.1	19.5	22.5	18.5	20.2	20.1	21.7	25.7	21.5	16.7	18.2
19950221	14.9	15.5	14.4	15.1	8.4	10	14.1	14.6	15	18.3	17.3	16.9	-0.7	8.2	20.5	22.9	23	17.9	19.8	22.1	22.9	23.9	19.4	18.2	18.6
19950222	15.2	15.4	16.7	16.6	10.3	11.6	15.7	15.4	15.9	16.6	16.5	14.2	0.2	7.8	16.6	18.5	23	17.8	20.8	21.2	21.8	25.2	20	15.7	17
19950223	15.5	15.7	18.3	18	11.3	12.5	15.3	15.5	15.8	18.4	17.1	16.8	0.4	11.9	21.3	23.4	24.7	19.8	23.3	23.8	24.2	24.6	20.7	16.5	18.8
19950224	15.7	15.5	18.9	17.6	11.3	13.4	16.8	16.5	15.1	19.5	16.1	21.2	0.1	12	18.6	23	22.5	20.3	23.5	22.8	24.1	26.1	22.7	17.1	17.6
19950225	14.9	15.5	17	17.7	10.8	11.9	14.8	14.8	14.8	17.4	15.4	16.2	-0.5	9.3	18.8	23.2	24.9	19.3	21.9	22.4	25	23.8	24.6	16	18
19950226	13.5	14.7	14.7	14.1	7.6	9.1	13.1	13.7	13.9	19	18	18.2	-1.3	8.3	19.9	22.4	22.3	15.6	17.4	17.7	19.2	22.6	17.6	17.8	18
19950227	14.4	14.2	14.4	14.9	9.8	11.6	15	13.9	14.4	16.9	15.6	13.2	-1.7	6.6	17.5	19.8	22.7	15.6	17.9	18.4	22.6	23.9	25.9	17.5	17.6
19950302	18.5	17.4	19.2	19.8	14.1	14.9	17.8	17.2	16.8	17.3	16.3	14.2	0	7.9	17	18.6	23.2	17.4	17.7	18.2	21.6	26.2	18.9	16.9	18.4
19950314	22.5	22.2	22.7	21.8	18	19.8	21	21.2	16.5	21.6	18	20.2	2.4	14.3	22.8	25.3	26	22.3	23.9	22.5	24.8	28.4	21.3	19.1	19.9
19950317	20.2	21.6	21.7	21.9	17.1	20.7	20.4	21.6	20.8	22.7	21.2	25.1	2.3	16.8	23.3	26	29.2	23.2	24.9	26.4	28.4	30.5	27.1	20.2	22
19950318	13.8	14.5	16.1	14.8	8.2	10.6	13.9	14.1	13.9	15.2	14.8	16.4	1.8	9.9	15	17.9	20.9	18.4	19.9	21	22.2	26.3	18.8	15.8	17.2
19950325	20.4	20.1	24.5	22.9	17.2	18.5	19.7	20.8	19.8	21.8	21.2	19.2	3	14.5	25.7	25.7	27	25.3	26.9	26.9	27.9	27.3	26.3	21.7	22.4
19950331	17.2	17.2	20	19.2	13.3	15	17	17.3	16.1	22.7	21.4	22.4	2	12.8	24.3	27.8	28.4	21.7	22.2	23.2	23.6	28.4	22	22.5	23.1
19950401	17.1	17	17.3	17.8	12.6	16.2	20.6	17.7	19.1	19.5	20.2	17.4	2.6	10.6	18.2	20.8	25.1	20.4	20.8	21	22.4	27.6	22.8	19.6	20.8
19950402	17.5	17.2	20.5	18.9	12.5	14.9	16.8	17.6	16.6	18.7	17.5	17.7	2	11	18.9	23	26.5	22.9	22.9	23.7	25.3	28.7	20.5	19	20.6
19950403	14.9	15.6	15.9	16	8.9	11.3	15.6	15.1	16.5	17.2	18.7	16.3	1.5	10.7	16.6	18.8	22.2	19.1	19.5	20.3	21	22.8	18.6	18.3	19
19950404	18.8	18.2	20.6	21	13.7	16.1	17.6	17.9	16.3	17.6	17.4	17.9	3.2	14.5	19.9	24.2	24.8	22.4	23.4	24.2	25.2	27.5	21.1	18.4	21.2
19950405	19.2	18.1	22.9	22	17.9	20	19.9	19.8	20.4	23.3	22.2	22.4	4	16	26.4	27.2	26.8	26.2	25	24	26.8	28.2	24.3	22.7	23.4
19950406	18.9	17.7	22.5	21.4	16.7	17.8	17.5	17.6	17.4	23.6	20.5	19.6	3.6	13.5	25.7	27.9	29.5	22.6	25.1	24.8	26.4	29.3	26.7	22.9	23.6
19950407	20.1	19.6	19.1	19.6	17.5	18.6	21.2	19.4	19.7	21.1	21.4	18.5	3.5	11.5	23.4	26.7	27.8	21.4	21.6	22.4	24.1	28	21	21.6	22.5
19950410	21.8	21	23.5	23.8	24.5	26.1	28.8	24.7	25.3	27.3	25.3	27.7	8.9	18.9	27.1	29.7	29.1	28	28.4	27.9	29.1	30.7	27.6	24.5	25
19950411	19.9	19.5	26.1	26.6	18	19.3	20.4	21.7	21.7	27.6	25.7	25.7	3.7	16.1	29	30.4	30.5	24.6	29.5	29.2	30.1	31.4	27.5	26.2	25.8
19950419	22.5	24.9	25.3	25.5	19.7	22	25.6	26.4	25.2	28.2	26	25.4	14	19.6	28.8	30.8	30.5	24.6	29.8	29.5	30.5	31.6	27.8	24.9	25.6
19950426	20.8	22	24.3	23.9	20.2	23.7	27.5	24.8	26.2	30.4	27.4	29.9	15.7	19.4	30.6	32.5	31.5	28.2	29.6	29.6	30.1	31.2	26.5	27.2	27.6
19960308	20.7	19.8	24.7	23.1	17.9	19.7	21.5	23.6	22.1	26.9	25.5	25.3	10.8	17.2	28.9	30.7	29.5	27.4	26.8	27.9	27.8	30.3	26.4	25.9	25.7
19960310	12.2	13.9	14.4	14.4	8.1	9.6	12.6	13.4	12.6	13.1	12.3	13.2	0.7	8	12.9	15.2	20	16.2	18.7	18.6	21.4	23.7	20.4	14.9	17.8
19960311	14.9	14.7	15.4	15.1	8.3	10.3	14.8	14.3	14.3	18.9	16.8	20.7	0.5	11.3	20.9	23.2	25	18.3	18.6	20.5	20.8	24.5	18.1	17.6	19.3
19960312	19	20.5	20.8	20	15.4	19.7	23.2	22.2	19	22.7	20.1	21	1.1	15.3	25.9	26.2	25.7	23.3	24.2	25	25.2	27	22	20.4	22.1

附件 1-h

台灣地區春季 SF3 天氣類型中央氣象局各氣象站日最高溫度(°C)發生時間表

	彭佳嶼 466950	基隆 466940	宜蘭 467080	蘇澳 467060	鞍部 466910	竹子湖 466930	淡水 466900	台北 466921	新竹 467571	台中 467490	梧棲 467770	日月潭 467650	玉山 467550	阿里山 467530	嘉義 467480	台南 467410	高雄 467440	花蓮 466990	成功 467610	台東 467660	大武 467540	恆春 467590	蘭嶼 467620	澎湖 467350	東吉島 467300
	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
19990421	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
20000305	22:01	23:21	06:37	23:39	23:42	23:42	07:01	23:59	07:05	05:28	06:24	02:48	*****	01:55	23:58	23:41	05:04	05:06	22:49	23:59	04:20	06:22	23:15	06:39	16:36
20000307	23:59	19:57	21:18	18:14	08:48	17:42	23:57	20:25	23:44	23:21	03:59	06:47	*****	03:06	04:28	05:39	07:11	23:29	04:57	23:40	05:13	05:51	23:58	03:59	04:55
20000308	04:57	04:15	06:35	08:01	05:21	05:32	04:43	05:57	05:58	06:38	06:20	05:33	*****	05:13	23:28	23:50	03:10	23:55	07:07	23:31	02:55	03:32	13:19	01:53	16:39
20000310	02:16	23:55	06:01	06:52	03:29	23:50	23:48	23:55	17:30	22:19	17:56	03:56	*****	05:33	22:48	06:12	04:32	05:39	03:12	02:30	01:05	00:58	00:01	02:48	03:40
20000312	22:15	23:59	06:43	09:18	06:31	06:33	01:17	06:29	02:18	21:18	22:10	09:48	*****	12:58	23:35	22:24	23:37	19:39	12:50	12:38	13:40	22:41	16:52	20:44	21:40
20000313	00:01	02:28	04:41	05:38	00:49	01:01	23:55	02:13	23:00	19:54	04:43	02:08	*****	23:50	00:01	23:59	02:02	06:03	04:48	00:57	06:32	04:47	07:02	03:35	10:56
20000314	03:36	02:36	00:10	05:10	19:29	20:06	17:39	05:47	10:29	04:21	04:16	05:15	*****	01:36	00:30	06:46	02:04	05:15	06:06	05:03	06:03	04:41	05:13	05:59	00:14
20000316	21:08	23:50	23:57	23:59	23:23	23:33	22:34	23:45	23:05	23:45	23:56	23:31	*****	02:00	23:53	23:55	02:58	22:28	19:37	23:50	21:15	23:08	23:57	23:11	23:59
20000402	06:52	20:03	06:05	20:46	04:53	07:57	23:52	21:01	06:49	06:01	06:11	03:53	*****	06:03	05:26	06:27	02:08	05:16	05:59	04:10	05:37	06:01	00:07	03:18	04:04
20000407	03:09	00:01	05:28	03:15	00:01	05:40	03:00	00:01	02:06	00:51	01:23	05:48	*****	03:02	05:38	04:44	04:04	05:51	05:09	04:38	04:08	03:58	00:26	00:19	00:13
20000408	02:44	04:27	04:29	06:30	03:22	04:47	05:40	06:07	05:52	03:34	05:48	01:53	*****	05:57	05:52	05:39	06:30	03:46	00:01	05:26	03:30	04:18	03:05	05:16	05:00
20000410	22:45	23:44	23:01	22:00	20:04	23:22	23:56	23:45	23:52	23:55	22:41	05:32	*****	04:48	23:59	23:53	05:21	23:14	23:10	23:23	23:50	23:59	23:10	23:39	23:57
20010207	23:32	23:32	23:41	23:27	23:40	23:46	20:41	23:57	20:52	22:45	22:15	23:56	23:06	05:30	23:47	23:43	23:59	22:04	23:33	23:48	00:24	06:23	23:27	21:04	23:45
20010307	19:19	18:32	22:20	21:06	19:04	19:05	20:01	21:26	20:17	23:45	22:05	01:57	03:32	06:05	22:28	22:57	23:53	23:10	23:51	23:50	04:26	03:30	23:56	22:49	23:30
20010311	00:15	02:24	04:25	04:48	23:05	23:07	00:01	05:07	03:15	05:19	23:46	03:42	02:01	00:01	01:40	04:02	04:19	05:27	04:30	05:24	04:57	05:49	03:55	22:07	23:35
20010326	02:21	03:53	05:39	06:39	05:53	05:49	04:41	04:59	06:01	04:53	05:43	04:49	18:17	00:01	05:57	07:27	23:59	05:49	08:02	23:51	23:13	02:06	19:09	03:18	06:00
20010327	22:44	14:31	03:02	00:37	23:50	23:27	23:59	23:34	00:01	20:59	22:00	18:00	01:22	00:18	23:48	21:44	23:32	05:39	05:53	02:01	02:27	04:04	00:43	19:43	16:40
20010421	16:33	20:34	23:49	18:32	22:15	21:10	20:05	20:51	21:19	23:40	23:39	13:40	07:59	23:50	05:00	23:59	04:24	23:50	23:36	05:40	02:49	02:47	23:40	10:41	11:09
20020205	16:21	19:28	02:13	23:52	22:30	19:34	19:37	21:03	16:43	23:26	23:46	04:09	00:02	02:22	23:04	23:55	07:04	05:08	06:37	06:35	05:39	06:19	23:55	23:45	23:36
20020209	21:54	23:05	23:58	21:03	08:31	08:16	23:53	00:22	01:18	04:19	04:52	04:56	06:10	05:35	06:10	06:00	05:47	22:32	17:02	19:01	06:17	01:52	11:36	03:39	03:11
20020316	06:12	06:55	12:43	08:45	06:25	06:24	07:59	07:00	06:46	05:47	08:37	05:39	18:54	22:41	07:59	22:49	23:15	08:53	23:20	18:23	00:46	23:54	14:08	06:42	09:13
20020317	15:26	16:09	19:47	19:34	16:21	22:28	16:29	17:06	17:18	20:17	19:58	00:49	18:15	23:10	23:03	23:44	22:42	21:56	21:21	23:59	04:54	00:28	01:22	16:26	17:19
20020323	02:33	02:39	07:19	06:37	00:48	00:41	00:10	03:19	01:45	05:08	04:49	23:40	07:01	23:47	06:10	06:14	06:25	04:51	22:33	06:18	05:35	23:27	11:56	03:28	05:15
20020329	15:13	21:57	23:22	22:59	20:57	21:00	23:59	22:27	22:14	23:47	23:36	06:52	03:57	03:47	02:49	05:27	06:20	23:23	05:47	05:35	04:23	02:07	07:56	04:23	05:24
20020409	07:45	18:17	21:12	21:47	19:07	19:13	07:03	19:12	07:29	22:34	23:25	07:35	05:24	02:29	05:32	22:49	05:29	20:59	19:21	22:51	04:22	05:09	23:15	23:45	23:30
20020410	23:33	00:34	00:01	00:01	00:27	00:31	05:50	00:01	01:15	02:01	05:46	04:02	23:35	22:45	03:27	03:58	04:34	05:38	03:54	05:10	05:54	23:01	04:16	05:26	00:21
20030201	23:38	23:38	06:00	21:39	23:57	23:57	23:28	23:59	23:53	04:38	23:46	06:01	22:24	03:00	05:50	23:43	23:55	20:51	23:51	05:11	04:19	03:51	20:00	21:17	21:38
20030204	06:52	13:14	21:47	11:35	18:41	08:10	07:26	13:23	11:59	09:54	10:30	11:45	23:04	23:51	23:20	23:43	21:52	22:47	20:25	22:20	04:32	06:27	23:02	08:29	09:13
20030216	17:54	19:17	23:19	22:36	20:07	22:47	19:45	22:34	20:57	23:41	23:59	01:45	19:11	23:09	05:50	23:53	06:29	23:22	23:33	06:33	05:48	23:25	23:44	23:41	23:58
20030318	18:05	19:35	23:13	22:49	19:19	20:15	19:27	22:51	23:16	21:00	21:45	23:49	03:51	04:55	22:47	23:30	23:51	23:59	21:40	20:19	18:52	23:41	22:46	17:42	18:03
20030320	00:54	02:06	03:48	01:50	02:56	02:48	02:50	03:26	00:01	05:04	04:20	03:18	20:19	21:50	06:49	03:36	04:20	04:59	04:03	06:09	06:01	05:38	01:54	06:02	02:01
20030324	18:32	19:10	04:56	00:46	00:26	00:01	23:19	06:37	14:18	09:54	19:41	08:13	23:59	22:51	23:09	23:00	05:52	05:12	06:10	02:45	00:01	06:02	02:38	06:46	06:03
20030403	23:59	07:27	12:33	12:51	23:37	08:14	07:02	11:35	08:19	23:50	11:39	05:28	00:32	01:49	01:50	03:38	06:05	10:33	16:22	23:49	23:58	21:11	17:41	23:57	16:18
20030408	05:45	23:27	23:59	21:40	23:46	22:00	07:17	22:53	09:00	01:54	23:44	01:11	05:05	20:46	21:11	07:15	09:27	04:14	18:53	23:39	21:35	21:49	17:15	12:06	13:13
20030414	19:17	20:12	23:46	23:57	20:36	20:41	20:23	22:33	21:58	23:59	23:11	12:24	14:40	20:39	23:54	23:41	05:42	23:54	23:32	23:52	05:17	05:43	04:51	22:45	22:57
20030430	19:31	13:48	18:52	23:44	22:19	18:37	15:34	16:00	17:21	23:20	23:57	05:51	23:55	02:44	23:30	23:28	23:42	22:56	18:16	23:48	05:08	05:02	21:58	19:59	18:27

註：2000 年以前資料

附件 1-I

台灣地區春季 SF3 天氣類型中央氣象局各氣象站平均風速表

	彭佳嶼 466930	基隆 466940	宜蘭 467080	蘇澳 467060	鞍部 466910	竹子湖 466930	淡水 466900	台北 466921	新竹 467571	台中 467490	梧棲 467770	日月潭 467650	玉山 467550	阿里山 467530	嘉義 467480	台南 467410	高雄 467440	花蓮 466990	成功 467610	台東 467660	大武 467540	恆春 467590	蘭嶼 467620	澎湖 467350	東吉島 467300
19940224	14	7.7	4.6	6.4	7.9	5.3	5.8	4	8.6	4.1	11.8	2.3	12	2.7	5.6	8.2	5.9	7.9	7.7	4.5	5.6	6.7	15.1	9	15.2
19940317	11.2	8	5.7	6.1	7.7	4.8	5.4	4.1	7.5	3.9	11.4	1.7	9.5	3.6	5.1	7.4	4.5	7.1	7.5	4.2	4.8	7.8	16.6	8.4	15
19940318	9	6.4	2.1	4.6	7.1	5.7	4	4.9	6.4	3.6	10.3	3.8	10.8	3.4	4.3	6.6	4.5	3.6	5.2	2	2.8	5.4	12.1	8.2	13.4
19940319	20	11.7	4.4	7.2	14.6	7.4	7.2	7	9.7	6.5	15.9	5.5	12.3	6.8	9.6	12.7	8.8	11.7	9.8	5.5	5.8	12.1	15.1	9.2	22.2
19940426	11.8	4.5	5.5	7.4	7.7	5.5	4.6	6.9	5.3	3.3	7.2	2.6	9.5	3.8	4.7	6	4.6	4.8	4.4	3.6	3.1	4.2	11.8	5.3	6
19940427	6.2	3	3.7	3.5	4.9	1.8	2.8	3.5	3.5	2.7	4.7	2.4	10.7	2.9	3.7	4.7	4.9	2.6	5.2	2.6	3.5	5.1	16.2	4.7	4.7
19940428	10.4	6.3	5.4	5.9	7.3	3.3	5.3	7.2	4.3	3.5	7.8	2.2	7.3	3	3.3	6.1	7	7.3	6.7	4.2	4.9	6.1	12.8	5	8
19940429	6.1	3.5	3.1	3.9	5.1	2.2	2.7	3.1	2.5	3.5	5.9	3.5	10.5	3.5	4.6	6.5	9.6	2.9	3.8	1.9	3.8	4.7	8.6	4.9	8.2
19940430	6	5.3	4.9	4.4	5.1	2.1	3.5	6.4	3.4	3.7	3.7	3.1	9.3	3.9	4.3	4.7	5.6	4.8	5.2	3.5	4.3	5.1	15.1	3.2	5.5
19950214	10.9	7.8	5.1	8.1	7.7	4.6	5	5.7	8.1	5	13.8	4.4	8.8	4.3	7.2	7.3	5.8	7.9	7.1	4.3	6	7.6	19.9	9.5	15.7
19950215	8.8	7.8	2.4	5.1	6.3	5.8	4.5	6.5	6.4	4	11	3.1	5.8	3.8	4.6	6.5	4.6	4.8	6.2	1.7	3.7	6.5	17.5	8.9	13.5
19950220	11.3	6.2	4.7	5.6	6.3	6.1	6.9	6.4	8	2.9	12	3.6	10.7	4.1	4.3	5	3.7	6.4	6.7	1.5	2.8	7.6	17.4	10	15.3
19950221	12.6	7.9	4.8	5.8	9.9	7.1	6.9	6.6	7.8	3.7	11.4	4	11.7	2.1	5.5	7	5.5	4.7	6.6	4.1	5.7	9	19.5	10.4	16.3
19950222	11.7	6.6	2.4	6.8	9.7	6.7	4.9	5.7	6	3.5	10.6	3.8	8	4	5.2	6.1	3.8	2.8	6.2	2.4	2.9	6.9	17.8	9.5	15.8
19950223	10.2	7	2	6.1	6.9	5.3	4	4.8	5.4	3.5	9.5	2.7	12.5	3.5	5.4	7.4	5.9	2.9	6.4	3.7	1.9	4.4	15.5	7.9	12.8
19950224	9.3	6.7	3.3	4.9	5.1	3.1	4.8	4.7	5.9	3.8	10.7	2.7	13.3	3.7	4.6	6.2	5.4	2.6	6.4	3.9	2.9	5	10	7.2	12.7
19950225	11.7	6.1	5.1	6	8.5	4.8	4.2	4.1	5.1	3.8	11	3.8	9.7	3.8	6	7.4	5.5	6.7	6.6	4.2	3.6	4.5	13.5	8.5	15.3
19950226	11	6.2	1.8	5.9	8	5	4.7	5	6.2	3.8	10.5	2.9	9.8	5	4.7	6.7	4.5	4.4	6.6	3.1	1.3	6.3	17.8	9.1	16.5
19950227	7.8	4.3	1.4	5.1	6.6	3.6	3.1	4.2	4.1	2.8	7.6	3.6	9	4.8	4.5	5.9	5	2	5.2	1.8	2	3.7	10.7	7.3	12.8
19950302	11.1	4.6	3.8	4.7	5.1	1.3	4.4	4.5	3.7	3.3	8.3	5	10.8	3.7	5.1	7.1	6.1	3.5	4	1.7	4	5.3	16.5	6.9	10.2
19950314	9.2	4.2	3.4	3.5	6.8	3.1	4.1	5.8	5	3.1	10.9	2.6	12	5.5	4.4	6.5	3.9	3.3	3.3	1.9	3.5	6	16.5	7.2	11.4
19950317	17.5	10.3	7	10.8	11.1	8.1	8.6	7.6	11.1	4.6	15.7	3.8	12.8	3.3	6.5	7.5	5.1	10.9	9.4	6	8.3	9.1	21.6	12.1	19.2
19950318	17.2	8.6	4	6.4	4.5	7.1	6.6	5.5	9.3	3.8	14.5	2.5	9.8	3.6	5.4	7.1	4.3	7.1	7	2.6	5.5	7.9	22.3	11.3	17.8
19950325	17.7	8.3	5.6	8.6	11.8	5.6	7.4	3.6	8.5	5.4	14.9	3.6	10.8	3.3	7.5	8.6	6.4	9.7	9.5	6.3	8.3	7.7	20.6	11.6	19
19950331	9.8	5.8	3.7	5.5	6.2	6.7	6.6	6.2	6.4	3.7	10.4	3.1	11.3	4.7	6	6.1	5	4.8	6.2	4.1	4.9	5.6	14.6	8.3	12.7
19950401	10.3	7.7	3.5	5.9	9.1	7.7	6.7	6.7	8.1	3.2	9.9	2.8	11.8	4.6	5.4	6.4	3.9	4.2	6.1	2.5	5.7	6.7	18.3	10	15.4
19950402	14.6	9.9	3.8	6.7	7.4	7	6.9	5.3	10.8	4.1	14	3.1	9.7	4.5	5.5	6.6	5.3	8.8	9	3.9	4.4	8.2	25.5	11.6	17.5
19950403	14.6	9.1	2.9	7	8.5	5.7	6.1	6.7	11.8	4	14.4	2.6	9.7	3.3	4.7	6.7	4.1	9.3	9.1	4	6.1	12.8	24.7	13	20.5
19950404	9.9	4.5	1.7	5.1	7.1	4.4	4.2	8	3.9	2.7	6.7	2.5	14	3.1	3.2	4.6	4.8	3.2	3.9	2.9	4.2	8	13.1	8.2	14
19950405	9.2	3.3	2.6	4.6	5.1	1.2	3.7	4.9	4.9	2.6	7.6	3.1	11.3	3	4.1	5	4.4	3.7	3.6	1.5	3.5	3.3	8.2	5.5	9.4
19950406	6	2.9	2.3	5.3	7.3	1.5	3.1	2.8	4	3	7.1	2.5	15	2.8	4.6	6.4	5.5	4.3	6	3.6	4.4	5.3	13.6	6	9.5
19950407	9.4	3.4	1.9	5.4	6.8	5.4	3.5	6.4	4.2	2.8	6.5	4.4	12	4.4	6.9	5.7	4.5	3.1	5.8	3.5	4.2	5.2	12.4	6.3	10
19950410	10.5	6.8	2	4	7.7	4.8	6.1	7.6	5.3	3.2	9.2	1.7	8.7	3.1	4.7	5.3	4.4	5.7	6.1	3.8	5	5.4	4.4	7.1	10.8
19950411	10	5.6	6.5	7.5	8.9	6.9	3.9	5.4	5.3	4.1	8.3	2.1	8.7	2.7	5.3	6.7	6.3	8.6	6.2	4	6.1	4.4	16.4	6.4	11
19950419	14	9.1	6.5	4.3	7	6.7	7.8	7.8	8.8	5	15.4	2.7	8	2.2	6	7	5.9	10.1	9.3	5.7	7.7	10.1	19	11	17.8
19950426	10.2	6.3	6.8	4	7	6.3	6.3	8.8	8.8	4.6	13.9	2.2	11	2.7	6.8	6.3	5.1	7.5	7.4	4.5	5.9	6.8	8.8	9.1	13.2
19960308	12.6	5.9	7	6.7	6.7	6.3	6.6	7.1	7.6	4.4	11.6	2.9	7.3	2.7	6.4	7	5.9	7.5	8.8	5.3	5.8	5.6	17	7.7	13.3
19960310	10.8	7	3	7.1	8.9	5.8	5.2	5.3	7.8	3.8	12.8	4	10.4	5	6.3	7.9	4.6	4.8	6.8	2	4.3	8.1	13.9	9.4	17.6
19960311	10	6.4	2.7	5.5	7.8	5.6	3.7	5.6	6.8	4.3	11.2	3.5	10.5	3.6	4.7	6.1	4.3	3	6.6	3.5	5.2	7.7	18.6	9	13.8
19960312	13	7.6	3.1	6	10.5	5.9	5.3	5.7	5.7	3.9	9.3	3.6	10.7	4.5	6.2	7.1	5.6	4.2	4.6	3.7	4.7	8.2	9.1	7.6	13.7

附件 1-j

台灣地區春季 SF3 天氣類型中央氣象局各氣象站平均風向表

	彭佳嶼 466950	基隆 466940	宜蘭 467080	蘇澳 467060	鞍部 466910	竹子湖 466930	淡水 466900	台北 466921	新竹 467571	台中 467490	梧棲 467770	日月潭 467650	玉山 467550	阿里山 467530	嘉義 467480	台南 467410	高雄 467440	花蓮 466990	成功 467610	台東 467660	大武 467540	恆春 467590	蘭嶼 467620	澎湖 467350	東吉島 467300
19940224	22.5	22.5	360	22.5	337.5	135	45	292.5	45	360	22.5	202.5	270	270	360	337.5	315	45	22.5	45	45	360	45	45	22.5
19940317	360	360	67.5	360	360	22.5	45	67.5	45	360	360	202.5	315	135	360	360	337.5	45	22.5	45	22.5	22.5	45	22.5	22.5
19940318	360	360	247.5	270	360	22.5	45	90	45	360	360	202.5	315	135	360	337.5	315	45	45	337.5	45	360	45	22.5	22.5
19940319	360	360	45	270	360	22.5	360	315	360	337.5	315	135	315	315	337.5	337.5	360	45	22.5	45	45	337.5	45	22.5	360
19940426	270	45	67.5	67.5	360	337.5	337.5	67.5	45	337.5	360	90	270	135	270	270	270	22.5	67.5	67.5	67.5	292.5	270	45	315
19940427	67.5	45	90	22.5	22.5	315	360	67.5	292.5	247.5	360	225	292.5	270	315	292.5	270	90	45	112.5	45	247.5	247.5	45	22.5
19940428	22.5	22.5	67.5	67.5	67.5	45	45	67.5	45	337.5	360	270	292.5	247.5	315	292.5	292.5	45	22.5	45	45	292.5	45	22.5	22.5
19940429	180	180	67.5	270	360	337.5	315	90	157.5	247.5	135	157.5	292.5	270	315	337.5	292.5	202.5	360	67.5	45	270	45	315	360
19940430	135	45	67.5	90	360	247.5	360	67.5	292.5	247.5	315	202.5	292.5	225	270	292.5	292.5	90	67.5	67.5	67.5	270	247.5	180	180
19950214	22.5	22.5	45	90	360	45	45	90	45	67.5	360	135	292.5	292.5	67.5	360	292.5	45	22.5	45	45	360	22.5	45	22.5
19950215	45	360	22.5	22.5	67.5	22.5	45	90	45	360	22.5	225	270	247.5	67.5	22.5	315	45	22.5	315	45	360	22.5	22.5	22.5
19950220	22.5	45	67.5	292.5	157.5	22.5	45	90	45	337.5	360	247.5	270	270	360	360	337.5	45	45	360	45	22.5	22.5	45	22.5
19950221	45	67.5	45	292.5	157.5	22.5	45	90	45	337.5	22.5	90	270	112.5	315	360	315	22.5	45	45	45	22.5	22.5	45	22.5
19950222	22.5	67.5	247.5	292.5	157.5	22.5	67.5	90	22.5	337.5	360	180	270	135	360	360	292.5	247.5	45	67.5	45	360	22.5	45	22.5
19950223	22.5	360	202.5	292.5	135	22.5	45	90	45	337.5	360	90	292.5	135	360	360	292.5	22.5	45	67.5	45	360	22.5	22.5	22.5
19950224	360	22.5	67.5	67.5	360	22.5	45	90	22.5	337.5	360	180	292.5	270	337.5	337.5	292.5	360	45	45	45	67.5	22.5	45	22.5
19950225	315	292.5	22.5	22.5	360	22.5	45	315	360	22.5	360	90	270	292.5	360	360	337.5	45	22.5	22.5	45	45	22.5	45	22.5
19950226	337.5	22.5	270	270	337.5	22.5	67.5	112.5	45	22.5	360	225	270	270	360	360	360	45	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	45	22.5
19950227	22.5	45	225	315	360	22.5	45	90	45	360	360	90	270	337.5	315	360	337.5	247.5	22.5	337.5	45	90	22.5	22.5	22.5
19950302	157.5	180	22.5	292.5	202.5	67.5	45	90	360	337.5	360	157.5	270	292.5	22.5	337.5	22.5	202.5	45	337.5	45	45	22.5	45	22.5
19950314	90	225	67.5	45	67.5	45	67.5	90	360	337.5	360	90	270	360	337.5	360	292.5	247.5	22.5	67.5	22.5	90	360	45	22.5
19950317	360	22.5	22.5	90	360	22.5	45	90	45	22.5	360	202.5	270	270	360	360	292.5	45	22.5	45	22.5	22.5	22.5	45	22.5
19950318	360	22.5	45	315	360	22.5	45	90	22.5	337.5	22.5	225	270	247.5	360	360	337.5	45	45	22.5	22.5	360	22.5	45	22.5
19950325	337.5	360	22.5	67.5	360	22.5	45	315	45	22.5	22.5	225	270	315	360	360	337.5	45	22.5	45	22.5	22.5	22.5	45	22.5
19950331	22.5	22.5	67.5	45	90	22.5	67.5	90	45	337.5	360	180	292.5	270	90	360	292.5	45	45	45	22.5	90	22.5	45	22.5
19950401	45	45	225	315	157.5	22.5	45	90	45	337.5	22.5	180	270	270	315	360	337.5	22.5	45	22.5	45	360	22.5	45	22.5
19950402	360	22.5	67.5	292.5	337.5	22.5	45	90	22.5	22.5	22.5	202.5	292.5	337.5	360	360	337.5	45	22.5	45	22.5	45	22.5	45	22.5
19950403	360	45	45	22.5	157.5	22.5	67.5	90	45	22.5	22.5	112.5	270	270	360	360	337.5	45	22.5	45	45	45	22.5	45	22.5
19950404	360	135	225	315	67.5	22.5	22.5	90	360	337.5	360	225	270	292.5	315	360	292.5	247.5	22.5	67.5	22.5	45	22.5	22.5	22.5
19950405	315	22.5	67.5	90	360	360	45	90	22.5	337.5	360	90	270	315	315	360	315	90	45	337.5	45	90	22.5	45	22.5
19950406	337.5	45	67.5	45	360	360	360	90	22.5	337.5	22.5	225	292.5	337.5	360	360	292.5	45	45	45	22.5	45	22.5	45	22.5
19950407	90	45	45	292.5	90	45	157.5	90	67.5	360	360	157.5	270	270	315	360	292.5	360	22.5	45	22.5	45	22.5	360	22.5
19950410	337.5	22.5	225	315	157.5	22.5	45	90	22.5	337.5	360	45	270	270	337.5	360	292.5	45	45	67.5	45	90	180	45	22.5
19950411	22.5	360	45	22.5	67.5	22.5	360	90	90	337.5	360	225	292.5	292.5	315	360	292.5	45	22.5	45	45	292.5	22.5	45	22.5
19950419	360	22.5	45	67.5	67.5	22.5	45	90	45	360	360	202.5	247.5	315	360	360	292.5	45	22.5	45	22.5	22.5	22.5	45	22.5
19950426	22.5	45	67.5	67.5	90	22.5	67.5	90	45	337.5	360	270	180	180	360	360	292.5	45	45	45	22.5	67.5	22.5	45	22.5
19960308	22.5	360	67.5	360	67.5	22.5	45	90	360	337.5	360	247.5	292.5	180	315	360	292.5	45	22.5	45	45	22.5	45	22.5	360
19960310	45	45	22.5	292.5	157.5	22.5	45	112.5	360	360	360	135	90	247.5	45	360	22.5	45	22.5	337.5	22.5	22.5	22.5	22.5	360
19960311	360	360	360	292.5	157.5	22.5	45	90	45	337.5	360	157.5	247.5	337.5	337.5	337.5	292.5	22.5	45	45	22.5	22.5	22.5	22.5	360
19960312	360	45	315	67.5	360	22.5	337.5	90	360	22.5	360	202.5	337.5	270	360	360	292.5	45	90	90	22.5	360	22.5	22.5	22.5
19960322	45	22.5	67.5	292.5	67.5	45	45	90	22.5	337.5	360	202.5	270	270	337.5	337.5	292.5	45	22.5	45	22.5	360	22.5	22.5	22.5

附件 1-k

台灣地區春季 SF3 天氣類型中央氣象局各氣象站最大風風速表

	彭佳嶼 466950	基隆 466940	宜蘭 467080	蘇澳 467060	鞍部 466910	竹子湖 466930	淡水 466900	台北 466921	新竹 467571	台中 467490	梧棲 467770	日月潭 467650	玉山 467550	阿里山 467530	嘉義 467480	台南 467410	高雄 467440	花蓮 466990	成功 467610	台東 467660	大武 467540	恆春 467590	蘭嶼 467620	澎湖 467350	東吉島 467300
19940224	20.5	11.9	8	14.9	14.4	13.3	10.4	7.3	15.5	11.2	20.2	4.8	*****	6.5	9.5	13.1	9.6	14.9	14.2	10.9	12.5	14.9	20	17.9	20
19940317	15.3	11.8	9.1	12.4	15.3	12.7	10.2	7.3	12.5	8.2	19.6	4.4	*****	6.4	7.9	11.5	7.5	11.2	12.6	10.4	11.7	16.2	22.5	15.7	21
19940318	13.5	9.4	4.2	6.7	13.9	13.3	7.1	8.3	11.3	7.8	17.8	5.6	*****	10	7.4	10.6	7.1	5.9	8.5	6	5.8	12.2	18.1	15.1	18.3
19940319	27.2	19.3	10	19.8	23.8	16.3	13.1	15.6	17.9	14.3	24.2	13.3	*****	15.2	18.2	20.5	15.7	20.1	17.2	14.4	12.1	24.8	28.2	16.6	34
19940426	15.1	6.7	8.3	13.2	14.5	11.5	7.4	10.7	9	6.3	11.1	5.6	*****	8	8.4	10.4	7.9	7.8	7.6	7.7	5.6	7.5	16.1	8.3	8.5
19940427	9.2	4.8	5.3	5.9	11.1	7.3	4.6	6.6	5.8	4.7	6.2	6	*****	6.1	6.3	7.8	7.3	3.6	8.9	6.4	5.9	8.9	18.9	8	6.5
19940428	13.4	11.2	10.3	13	12.1	9.7	8.6	11.1	7.5	7.9	10.3	5.4	*****	8.6	6.5	8.7	9.6	12.2	11.5	11.3	8.4	11	18.1	8.6	9.8
19940429	7.4	5.3	5.1	4.7	9	5.4	4.3	7.4	3.6	6.3	9.3	5.6	*****	8.7	7.2	10.2	16.4	4.6	6.8	5.4	6.8	8	12	7.5	12
19940430	10.2	8	7.8	6	8.1	6.5	5.8	9.7	6.4	6.5	6	7.5	*****	7.9	7	8	8.6	7.2	9.3	8.5	8.2	9.7	19.3	5.3	7.3
19950214	14.7	11.7	8	14.3	12.8	11.3	9.9	9.3	13.8	10.1	21.5	11.4	*****	11.9	11.2	14.3	11.7	12.8	11.2	9.6	11.3	16.8	26.6	18.3	21.5
19950215	11.8	12.4	4.3	10.5	12.8	12.8	8.2	11.2	11.6	8.2	17.6	6.8	*****	8.9	6.8	8.2	8.6	8	15	5.8	8.1	12.2	22.2	17.2	18.2
19950220	15.5	10.6	7.8	11.4	14.4	15.1	12.1	10.6	12.4	6.4	18.6	5.6	*****	9.5	7	8.6	6.2	10.3	12.2	4	7.6	14.8	24.7	18	20
19950221	17.1	12.3	8.1	10.2	20.6	17.4	11.1	12.7	14	8.6	20.6	7.9	*****	5.5	8.3	11.2	8.9	8	10.2	8.7	11.1	18.3	26.3	18.7	21.2
19950222	14.8	10.5	4.5	10.9	18.3	14.5	9.2	11	10.7	7	16.3	5.5	*****	8.2	7.4	9.5	6.4	4.5	12	5.4	8.4	14.5	22.4	18	21
19950223	13.9	11	3.5	9.9	14	13.8	8.7	7.8	9.4	6.1	15.2	3.8	*****	7.8	8.7	10.6	9	5.3	11.3	7.8	6.4	8.6	20.6	15.3	18
19950224	12.2	10.6	5.3	10.1	10	8.4	8.6	8.3	11.1	7.1	15.6	4.2	*****	8	7.7	9.4	8.4	4.8	13.2	7.6	7.2	8.1	15.3	12.7	15.5
19950225	15.8	11.2	9.1	11.5	12.6	10.5	8.4	8.2	9.5	8.7	18.1	4.9	*****	9	10.3	13.4	10.8	11.2	11.5	9.6	8.7	9	19.4	16.7	19.5
19950226	15.5	10.7	3.4	9.3	14.6	12.4	8.1	9.3	10.2	8.5	17.2	4.8	*****	15.5	7.1	12.2	8.8	7.6	11.8	7.1	6	12.2	23.6	17.1	23
19950227	10.7	7.3	3.2	8.7	10.4	9.4	4.3	7.7	6.9	6.6	11.7	5.6	*****	12.6	7.2	10.3	8.9	3.7	12.3	4.9	6.5	7.9	13.7	12.8	16.7
19950302	14.5	7	5.5	7.6	8.1	5	7	6.8	6	6	10.9	7.1	*****	8.7	9.4	11.5	11.3	5.3	13.5	5.4	7.5	11.2	20	11.6	14
19950314	14.1	6.9	5.1	6.3	13.2	9.6	6.9	8.4	8.5	8.1	15.2	4	*****	9.7	7.2	9.9	6.5	5.3	6.4	5.1	5.4	11.8	20.9	12.9	16.6
19950317	24.6	18.3	11.7	24.1	21.2	18.7	17.2	14.3	20	9.8	26	5.7	*****	9	10.9	11.4	8.5	19	15.4	12.7	13.6	25.6	31.2	22.4	25
19950318	19.2	16.2	6.5	12.7	14.3	14.7	12.3	9.8	19.6	9.1	24.4	4.8	*****	7.6	8.4	11.8	7.7	11.4	11.6	5.9	9	17	30.9	20.7	23
19950325	23.9	18.8	11.8	20.5	19.8	12.5	12.2	6.7	15.1	12	23.7	5.9	*****	8.7	13	16.5	13.5	18.7	16.9	14.2	15.3	16.3	31.6	20.8	26.7
19950331	13.2	9.7	5.9	11.4	13.4	14.7	12.8	9.6	10.5	6.5	15.9	8.2	*****	10.6	8.3	9.4	7.5	7.6	9.7	8.3	8.9	10.7	18.8	15.5	15.7
19950401	13.3	14.9	5.5	12	19.2	16.5	9.9	11.9	13.1	7.2	18.1	5.8	*****	10.1	10.3	11	7.8	7	10.4	7.1	9	14.7	25.2	18.4	20.9
19950402	20.9	18.2	6.4	15.6	16.9	15.8	13.8	9.6	17.8	9.1	23.4	5.2	*****	9.1	8.8	11.2	8.9	14.6	14.3	8.3	8.8	18.3	35.6	20.9	24
19950403	20.6	16.7	5.1	15.8	17.8	14	14.5	11.9	20.5	7.7	25.4	4.3	*****	8.2	7.7	11.3	7.1	15.5	15.3	9	12.2	24.4	32.7	22.8	27.8
19950404	13.8	8.5	3.8	8.7	14.3	11.6	7.7	11.1	6.9	5	11.2	4.9	*****	7.8	5.2	7.2	7.1	4.6	6.8	5.4	8.2	15.7	19.7	15.2	19
19950405	11.5	5.6	4.2	6.7	7.1	2.9	5.8	7.6	7.8	6.5	10.5	3.8	*****	6.2	6.2	8.4	6.9	4.9	6.7	4.1	5.1	5.5	10.4	9.5	13.2
19950406	7.8	5	3.6	9.3	9.5	3.1	5.7	4.9	6.5	5.8	10.8	3.8	*****	5.8	7.1	10.7	8.2	7.1	9.6	9.1	8.6	10.8	20.3	10.1	12.2
19950407	12.8	7.6	3.3	8	12.8	7.5	7.7	11.5	7.2	5.6	10.3	8.5	*****	9.9	9.8	8.5	6.8	5.6	10.2	8.6	8.1	11.5	19.4	11.9	12.8
19950410	13.8	13.4	2.7	8.2	17.3	12.7	10.2	12.7	9.8	6.4	13.6	3.4	*****	8.8	7.2	8.7	6.8	9.5	9.8	7.7	8.6	10.2	6.1	12.5	13.5
19950411	12.8	10	11.1	12.8	15	14.8	8.4	9.3	10.5	6.8	13.5	5.3	*****	7.3	9	10.5	9.3	15.2	10.6	9.4	12.7	8.7	22.3	11.9	14
19950419	18.8	16	10.1	9.2	13.9	17.2	14.6	14.7	15.2	10.5	21.8	4.2	*****	5.5	10.4	11	9.4	16.2	15.7	11.8	13.8	20.4	29.8	20.7	23
19950426	13.5	10.3	11.4	7.3	13.8	13.8	11.4	15.2	13.8	9.1	19.5	5.8	*****	5.5	9.9	10.4	7.9	11.6	11.4	9.6	10.8	12.2	14.8	17.5	17.5
19960308	16.2	9.5	11.5	12.5	13.5	15.6	11.6	15.1	12.9	8.8	16.9	6.7	18.6	6.5	10.2	10.2	9.2	12.5	14	11.4	11.4	11.2	27.7	14.9	17.5
19960310	14.2	11.9	4.7	11	20.8	15	9.6	10.3	14.1	9	18.2	7.1	18.8	13.4	9.5	11.9	10.5	7.1	12.3	7	8.9	17	22.3	18.6	22.7
19960311	13.2	11.4	4.8	8.2	18	15.2	8.1	11.9	11	8.7	18.6	5.6	-99.5	9	7.5	9	8.2	8.1	10.4	7	9.2	16.8	27.6	15.7	18.2
19960312	17.8	13	11.9	12.3	18.4	14.9	9.2	10.7	10	8.4	13.7	7.3	12.6	12.2	10.2	9.9	9.9	7.1	6.7	6.8	8.9	16.8	19	14.2	17.9

附件 1-1

台灣地區春季 SF3 天氣類型中央氣象局各氣象站最大風發生時間表

	彭佳嶼 466950	基隆 466940	宜蘭 467080	蘇澳 467060	鞍部 466910	竹子湖 466930	淡水 466900	台北 466921	新竹 467571	台中 467490	梧棲 467770	日月潭 467650	玉山 467550	阿里山 467530	嘉義 467480	台南 467410	高雄 467440	花蓮 466990	成功 467610	台東 467660	大武 467540	恆春 467590	蘭嶼 467620	澎湖 467350	東吉島 467300
20000305	20:55	22:28	10:49	17:54	23:36	23:49	16:13	23:40	12:01	13:18	15:44	17:37	*****	22:01	10:43	15:16	13:31	22:18	13:46	14:02	16:58	22:57	23:04	23:41	23:22
20000307	23:49	23:22	22:56	13:19	18:11	10:12	23:58	04:27	23:33	13:05	15:41	13:28	*****	13:10	13:23	22:52	14:44	15:48	16:53	17:33	19:33	08:12	22:28	23:26	04:37
20000308	00:30	01:09	03:20	02:15	23:54	19:50	00:54	14:39	01:25	15:20	12:41	15:35	*****	14:39	16:03	16:58	15:55	04:09	05:23	10:23	19:24	21:27	06:45	03:08	16:38
20000310	13:13	23:54	15:25	00:46	07:19	02:29	12:50	11:14	02:11	14:35	01:57	07:27	*****	19:01	14:26	01:00	00:35	17:04	10:04	11:22	10:33	04:39	00:37	00:54	04:20
20000312	21:50	23:06	05:49	07:14	18:41	22:49	22:30	19:42	23:23	21:21	14:45	07:56	*****	13:18	21:31	21:44	05:30	06:11	05:18	03:12	10:21	11:55	11:41	20:26	21:19
20000313	06:43	00:01	03:04	00:33	07:38	00:05	09:25	09:28	01:59	11:54	10:55	01:06	*****	13:37	00:44	00:26	12:00	03:16	06:30	16:09	20:33	08:12	09:02	02:38	00:20
20000314	23:07	11:30	13:32	05:19	05:09	23:41	15:18	10:39	16:13	04:20	19:17	13:55	*****	00:40	14:35	01:06	11:56	13:38	09:58	13:19	10:42	00:11	06:24	11:03	00:32
20000316	06:35	03:56	08:57	09:48	09:12	05:13	03:45	22:39	22:51	13:37	14:57	15:11	*****	20:06	16:26	15:30	14:31	10:40	11:30	12:30	18:33	23:45	14:25	16:50	14:23
20000402	01:31	13:24	16:52	12:03	08:00	02:50	12:06	20:37	20:18	12:10	11:57	11:41	*****	09:50	13:39	13:30	12:21	11:25	12:16	15:05	21:14	00:57	05:59	14:12	13:56
20000407	20:20	23:21	11:10	22:53	00:31	00:35	11:28	00:01	09:28	13:10	11:42	14:24	*****	17:42	15:39	15:51	14:07	19:44	10:42	11:53	00:27	00:45	18:12	11:04	18:19
20000408	22:15	12:52	11:37	02:34	21:02	06:10	23:55	23:27	13:22	13:03	13:09	11:57	*****	03:56	13:39	11:38	14:48	15:08	07:16	12:55	15:33	16:03	03:19	18:59	10:17
20000410	17:38	10:24	11:23	14:27	19:23	23:18	12:19	19:03	22:38	16:03	15:36	23:08	*****	21:10	13:52	17:19	14:30	13:08	17:45	20:05	17:22	21:25	17:27	17:33	16:09
20010207	19:31	19:59	12:43	17:06	19:49	13:43	15:58	15:33	19:44	20:31	19:30	15:38	19:14	13:37	22:02	22:10	21:00	22:07	23:47	19:02	20:32	23:42	23:09	23:46	23:37
20010307	14:33	17:57	08:03	07:58	14:14	17:24	14:43	16:56	22:24	13:57	18:17	14:15	15:24	12:13	13:33	19:05	17:23	18:11	16:38	16:21	17:27	19:24	23:28	22:10	23:19
20010311	16:12	22:57	16:38	22:34	21:51	20:36	13:04	14:33	14:33	18:28	19:19	07:19	00:58	12:50	20:57	20:56	22:36	06:04	23:52	06:57	02:45	01:39	00:20	20:14	20:43
20010326	01:38	02:08	10:11	04:25	10:31	05:58	22:31	21:24	13:25	01:10	03:48	15:28	00:06	00:36	01:29	03:22	14:43	06:19	08:20	07:57	11:49	11:58	13:55	10:31	04:07
20010327	22:24	21:48	19:03	23:40	18:00	22:33	00:12	00:05	01:36	10:55	08:43	23:11	02:48	15:51	20:18	21:12	17:03	23:12	20:20	21:16	13:23	16:35	18:30	21:09	21:54
20010421	08:01	21:57	08:32	22:04	10:34	07:43	07:15	07:52	07:34	10:33	10:01	12:02	19:33	19:34	11:45	12:31	14:26	23:37	14:17	13:12	12:49	12:10	13:37	10:18	10:59
20020205	03:55	14:28	15:52	14:54	20:54	16:01	15:32	05:34	16:04	16:34	20:14	05:52	23:24	08:27	15:14	15:28	14:48	17:46	20:06	21:02	21:01	13:55	23:49	23:59	23:00
20020209	06:37	07:03	00:57	01:04	13:26	04:26	08:35	14:03	10:38	01:10	15:57	15:19	00:35	13:22	01:52	02:51	04:32	03:38	05:43	10:09	12:27	10:56	11:39	12:20	02:23
20020316	05:40	06:09	06:44	06:56	05:42	06:02	05:29	22:40	02:56	05:00	07:59	02:45	02:52	00:56	22:13	18:23	14:08	08:59	09:51	12:09	13:05	08:50	03:34	08:51	07:21
20020317	13:14	14:32	13:58	18:53	12:52	13:42	15:32	09:12	14:11	14:56	16:35	13:16	18:42	03:56	17:27	21:36	15:16	18:56	18:28	19:58	21:47	22:24	23:49	23:54	19:49
20020323	20:30	00:11	00:01	02:04	10:53	05:47	18:11	11:08	00:45	01:48	00:20	13:12	01:06	13:04	00:20	14:00	13:32	00:05	00:38	01:38	02:28	10:08	00:44	02:35	06:44
20020329	15:55	14:46	17:42	16:52	09:17	14:53	15:37	17:41	22:10	23:54	23:10	23:19	02:40	08:12	13:19	12:47	12:54	17:08	19:31	13:38	12:49	14:31	13:47	10:19	03:14
20020409	06:51	07:33	07:28	06:44	17:32	19:44	06:48	08:41	07:10	15:35	15:21	18:28	10:02	05:43	13:11	14:21	15:09	07:45	10:51	12:54	14:33	21:34	17:02	14:53	18:40
20020410	08:01	18:13	21:47	18:12	06:32	00:01	18:01	10:50	23:51	13:57	22:31	13:37	10:06	05:44	17:36	16:45	16:25	16:21	00:25	12:53	01:39	01:46	02:21	05:00	04:56
20030201	13:05	19:24	15:23	13:25	15:35	17:00	20:50	17:33	22:07	16:28	16:16	15:21	05:50	12:33	14:34	21:20	17:41	23:15	23:52	19:58	20:42	23:06	23:59	21:02	21:19
20030204	05:45	07:32	11:08	23:22	20:37	06:30	06:48	00:56	06:54	08:46	12:11	07:01	23:28	13:01	19:06	12:33	14:23	11:36	15:10	14:17	16:51	23:06	15:44	18:01	23:12
20030216	12:17	20:01	14:35	20:47	09:11	19:29	12:25	20:45	21:02	13:01	23:17	13:52	10:36	06:22	13:40	18:00	16:43	16:24	17:41	18:00	20:33	12:14	21:05	22:58	23:54
20030318	02:05	11:34	12:24	08:03	21:44	21:47	00:55	20:51	13:57	17:03	12:47	13:36	23:49	12:41	17:47	04:16	11:34	04:44	06:44	09:02	08:28	12:10	20:08	18:28	16:53
20030320	02:52	01:35	03:46	02:37	08:02	01:05	01:08	09:06	00:44	17:06	01:58	16:02	14:39	16:32	05:09	14:54	16:08	11:34	09:39	15:53	11:22	00:13	00:48	01:43	01:20
20030324	14:21	15:35	19:00	20:17	14:06	14:18	16:37	20:15	16:17	14:45	17:16	12:35	10:44	19:31	13:55	18:00	15:13	22:46	20:55	10:38	23:52	02:20	02:34	22:07	21:16
20030403	02:08	23:40	02:53	02:57	12:47	00:20	01:14	10:45	17:04	11:33	11:00	23:54	11:08	10:50	13:36	17:03	16:52	00:20	05:52	16:05	18:37	00:05	00:17	17:15	16:01
20030408	22:20	05:53	09:14	07:22	14:54	15:36	14:50	13:15	15:21	11:38	10:56	13:13	00:00	04:26	12:50	01:41	05:56	09:31	12:46	13:58	15:46	20:34	16:10	14:17	13:04
20030414	04:51	19:36	20:00	21:01	19:31	19:13	02:21	04:39	20:51	19:39	21:31	12:20	00:00	04:21	19:23	20:24	16:28	20:40	22:40	22:42	22:31	13:57	23:41	08:03	20:48
20030430	08:45	13:17	07:51	12:18	13:12	11:14	09:37	09:51	12:34	15:02	15:04	15:26	21:34	19:41	16:59	17:24	12:58	15:22	17:35	14:17	16:31	21:22	22:13	13:38	16:49

註：2000 年以前資料

台灣地區春季 SF3 天氣類型中央氣象局各氣象站最大風風向表

	彭佳嶼 466950	基隆 466940	宜蘭 467080	蘇澳 467060	鞍部 466910	竹子湖 466930	淡水 466900	台北 466921	新竹 467571	台中 467490	梧棲 467770	日月潭 467650	玉山 467550	阿里山 467530	嘉義 467480	台南 467410	高雄 467440	花蓮 466990	成功 467610	台東 467660	大武 467540	恆春 467590	蘭嶼 467620	澎湖 467350	東吉島 467300
19940224	22.5	45	360	45	360	360	22.5	315	67.5	22.5	360	247.5	*****	292.5	360	360	315	45	22.5	45	45	22.5	67.5	45	22.5
19940317	360	360	90	67.5	360	22.5	22.5	90	45	360	22.5	247.5	*****	270	360	360	337.5	45	22.5	45	22.5	22.5	45	22.5	45
19940318	67.5	292.5	225	270	180	22.5	315	90	45	337.5	45	270	*****	292.5	360	337.5	360	22.5	45	337.5	67.5	360	45	45	22.5
19940319	360	360	360	292.5	360	22.5	22.5	315	360	337.5	315	315	*****	270	337.5	337.5	337.5	45	360	45	22.5	315	270	360	360
19940426	270	45	67.5	67.5	360	337.5	22.5	45	45	360	45	315	*****	247.5	292.5	270	270	22.5	67.5	45	22.5	292.5	270	45	315
19940427	67.5	45	90	45	22.5	225	135	67.5	292.5	225	337.5	315	*****	270	315	292.5	270	90	22.5	67.5	45	67.5	270	247.5	45
19940428	22.5	22.5	67.5	67.5	67.5	22.5	45	67.5	337.5	360	360	270	*****	270	315	270	315	45	360	45	45	292.5	22.5	45	22.5
19940429	180	180	90	270	360	315	315	202.5	180	247.5	135	157.5	*****	270	315	315	292.5	202.5	360	337.5	45	225	22.5	315	360
19940430	135	45	67.5	90	360	225	292.5	67.5	315	247.5	337.5	270	*****	225	270	292.5	292.5	90	45	67.5	22.5	270	247.5	225	180
19950214	22.5	22.5	45	90	315	360	45	90	45	90	45	292.5	*****	360	360	360	22.5	67.5	22.5	67.5	67.5	67.5	22.5	22.5	22.5
19950215	45	22.5	247.5	360	90	22.5	45	90	22.5	360	360	225	*****	315	360	22.5	315	67.5	360	360	67.5	90	22.5	22.5	22.5
19950220	22.5	45	45	22.5	180	22.5	45	90	45	337.5	360	247.5	*****	315	360	360	337.5	67.5	22.5	360	90	67.5	22.5	22.5	22.5
19950221	45	67.5	45	45	135	45	45	90	67.5	22.5	22.5	270	*****	90	337.5	360	315	45	45	45	67.5	45	45	22.5	22.5
19950222	22.5	22.5	247.5	315	157.5	22.5	67.5	112.5	45	337.5	22.5	180	*****	135	337.5	360	360	247.5	337.5	22.5	90	67.5	22.5	45	22.5
19950223	360	225	225	315	157.5	360	45	112.5	90	360	22.5	157.5	*****	112.5	360	315	292.5	67.5	45	67.5	67.5	22.5	45	45	22.5
19950224	360	360	45	90	360	22.5	67.5	112.5	360	337.5	360	225	*****	247.5	360	360	292.5	22.5	22.5	45	67.5	112.5	22.5	22.5	22.5
19950225	315	247.5	360	90	360	22.5	360	360	45	22.5	22.5	90	*****	360	360	360	337.5	67.5	22.5	22.5	67.5	67.5	22.5	22.5	22.5
19950226	337.5	45	270	270	337.5	22.5	67.5	112.5	45	360	22.5	202.5	*****	22.5	315	360	360	67.5	22.5	22.5	67.5	90	22.5	45	22.5
19950227	22.5	45	270	337.5	135	22.5	292.5	90	45	360	22.5	112.5	*****	337.5	360	22.5	315	360	337.5	360	67.5	337.5	45	45	22.5
19950302	112.5	180	360	292.5	180	67.5	157.5	90	360	360	337.5	157.5	*****	247.5	22.5	360	360	225	22.5	337.5	90	67.5	22.5	67.5	22.5
19950314	90	225	67.5	360	67.5	22.5	67.5	90	22.5	22.5	360	180	*****	360	360	22.5	360	270	22.5	360	67.5	90	360	45	22.5
19950317	360	22.5	360	45	360	22.5	45	45	45	360	45	225	*****	45	360	360	292.5	67.5	45	112.5	67.5	45	22.5	22.5	22.5
19950318	360	22.5	45	45	360	22.5	67.5	112.5	22.5	360	22.5	225	*****	337.5	337.5	22.5	337.5	90	22.5	22.5	90	90	22.5	45	22.5
19950325	337.5	360	337.5	45	360	360	45	360	45	360	360	247.5	*****	22.5	360	360	337.5	67.5	22.5	90	45	45	22.5	22.5	22.5
19950331	22.5	45	45	45	157.5	22.5	45	90	45	315	360	180	*****	270	90	360	292.5	45	45	90	45	180	22.5	22.5	22.5
19950401	45	45	225	315	157.5	22.5	45	67.5	22.5	360	45	247.5	*****	360	292.5	22.5	337.5	45	45	67.5	67.5	67.5	45	45	22.5
19950402	360	22.5	90	22.5	360	22.5	45	90	45	360	22.5	225	*****	45	360	360	337.5	67.5	22.5	67.5	90	67.5	22.5	45	22.5
19950403	360	45	45	22.5	135	360	67.5	90	67.5	360	45	202.5	*****	315	360	22.5	337.5	67.5	45	67.5	67.5	67.5	45	45	22.5
19950404	360	135	270	315	157.5	22.5	45	67.5	22.5	360	22.5	247.5	*****	45	360	22.5	337.5	67.5	45	67.5	67.5	67.5	90	22.5	45
19950405	315	22.5	90	67.5	360	225	45	90	22.5	360	360	360	*****	45	315	360	315	90	360	337.5	90	90	22.5	45	22.5
19950406	337.5	45	270	67.5	337.5	360	360	90	360	360	22.5	225	*****	22.5	360	337.5	337.5	67.5	45	90	45	67.5	22.5	45	22.5
19950407	45	90	270	292.5	67.5	22.5	157.5	90	67.5	360	45	270	*****	337.5	292.5	337.5	315	360	22.5	90	67.5	67.5	22.5	45	22.5
19950410	45	22.5	225	22.5	157.5	22.5	45	90	315	315	360	315	*****	292.5	360	360	292.5	45	22.5	90	67.5	90	180	45	22.5
19950411	22.5	22.5	45	360	45	45	157.5	90	90	360	360	292.5	*****	337.5	360	337.5	292.5	90	22.5	90	67.5	90	45	360	22.5
19950419	360	22.5	90	45	90	22.5	67.5	90	45	360	337.5	225	*****	360	360	360	292.5	45	45	45	45	67.5	22.5	22.5	22.5
19950426	22.5	67.5	90	67.5	157.5	360	45	90	45	360	22.5	270	*****	315	315	22.5	292.5	67.5	45	90	67.5	90	45	45	22.5
19960308	45	45	67.5	360	90	45	45	90	360	337.5	360	270	*****	45	315	360	292.5	67.5	22.5	45	67.5	90	45	22.5	45
19960310	45	292.5	67.5	360	135	22.5	22.5	90	22.5	45	360	247.5	*****	67.5	337.5	45	45	22.5	67.5	45	337.5	67.5	67.5	45	22.5
19960311	22.5	360	360	270	157.5	22.5	135	135	45	360	22.5	157.5	*****	999.5	360	337.5	360	360	22.5	67.5	45	67.5	90	22.5	45
19960312	360	292.5	360	45	202.5	22.5	315	90	360	337.5	360	292.5	*****	247.5	22.5	360	22.5	292.5	67.5	90	90	67.5	45	22.5	360

附件 2-台灣地區春季各天氣類型氣象要素比較圖如下：

附件 2-a 台灣西部春季 SF1/SR2/SH2 之平均溫度比較圖(1994~2003)

附件 2-b 台灣西部春季 SF1/SR2/SH2 之平均最高溫度比較圖(1994~2003)

附件 2-c 台灣西部春季 SF1/SR2/SH2 之平均最低溫度比較圖(1994~2003)

附件 2-d 台灣東部春季 SF1/SR2/SH2 之平均溫度比較圖(1994~2003)

附件 2-e 台灣東部春季 SF1/SR2/SH2 之平均最高溫度比較圖(1994~2003)

附件 2-f 台灣東部春季 SF1/SR2/SH2 之平均最低溫度比較圖(1994~2003)

附件 2-g 台灣西部春季 SL1 各種平均溫度比較圖(1994~2003)

附件 2-h 台灣東部春季 SL1 各種平均溫度比較圖(1994~2003)

附件 2-i SR2(高壓脊線伸向華南兩廣型)台灣東西部相同緯度測站平均溫度比較(1994~2003)

附件 2-j SR2(高壓脊線伸向華南兩廣型)台灣東西部相同緯度測站平均最高溫度比較(1994~2003)

附件 2-k SR2(高壓脊線伸向華南兩廣型)台灣東西部相同緯度測站平均最低溫度比較(1994~2003)

附件 2-l SH2(華南地區等壓線東西向密集型)台灣東西部相同緯度測站平均溫度比較(1994~2003)

附件 2-m SH2(華南地區等壓線東西向密集型)台灣東西部相同緯度測站平均最高溫度比較(1994~2003)

附件 2-n SH2(華南地區等壓線東西向密集型)台灣東西部相同緯度測站平均最低溫度比較(1994~2003)

附件 2-o SL1(東海低壓型)台灣東西部相同緯度測站平均溫度比較(1994~2003)

附件 2-p SL1(東海低壓型)台灣東西部相同緯度測站平均最高溫度比較(1994~2003)

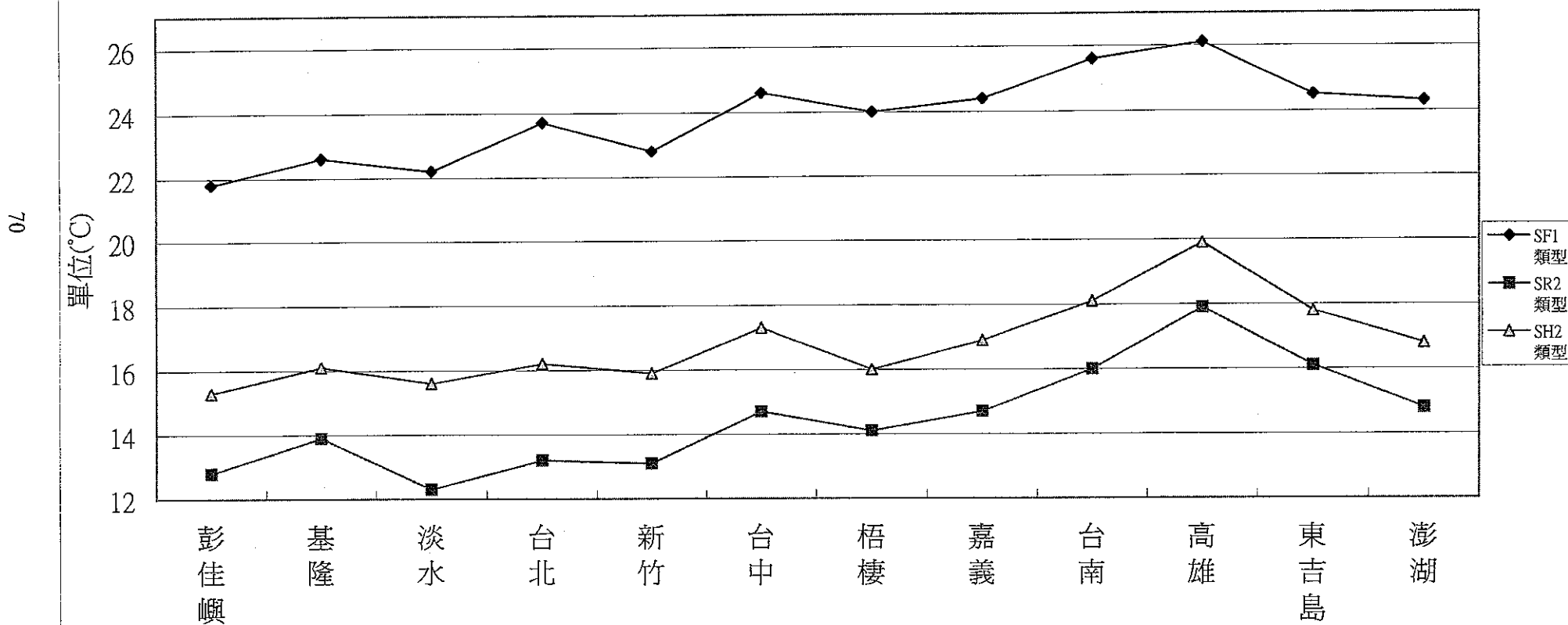
附件 2-q SL1(東海低壓型)台灣東西部相同緯度測站平均最低溫度比較
(1994~2003)

附件 2-r 台灣西部春季 SF1/SF3/SF4 型影響下平均雨量比較(1994~2003)

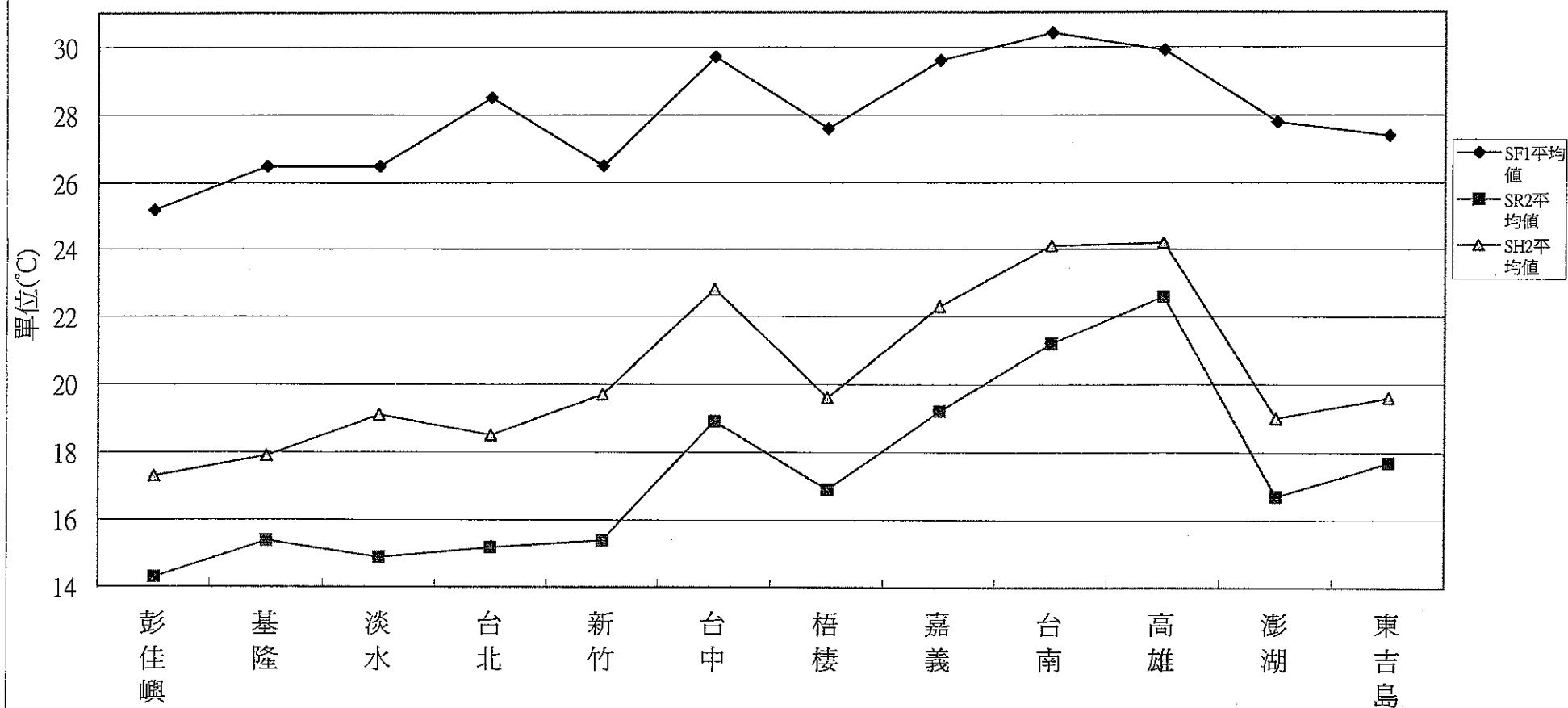
附件 2-s 台灣東部春季 SF1/SF3/SF4 型影響下平均雨量比較(1994~2003)

附件 2-a

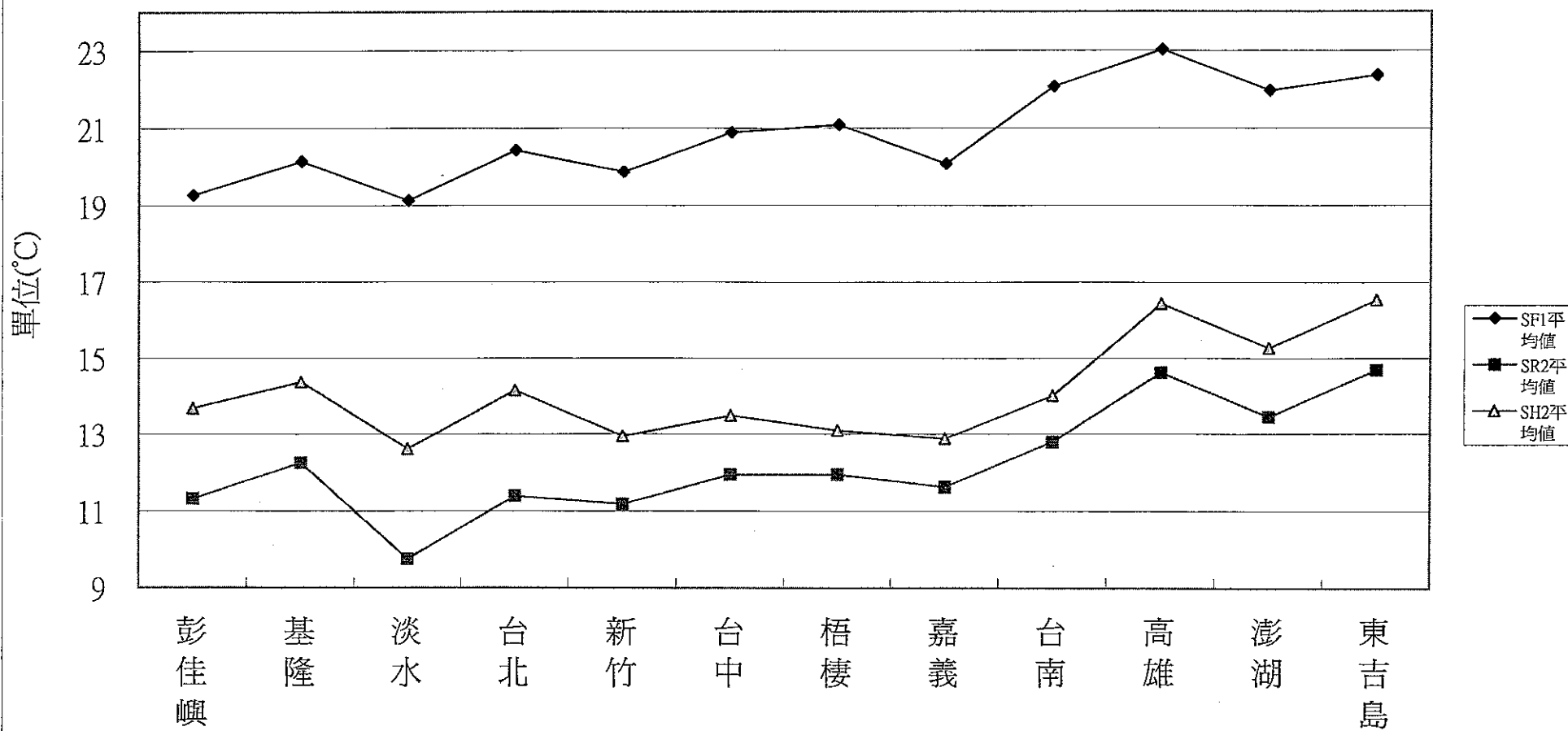
台灣西部春季SF1/SR2/SH2之平均溫度比較圖 (1994~2003)



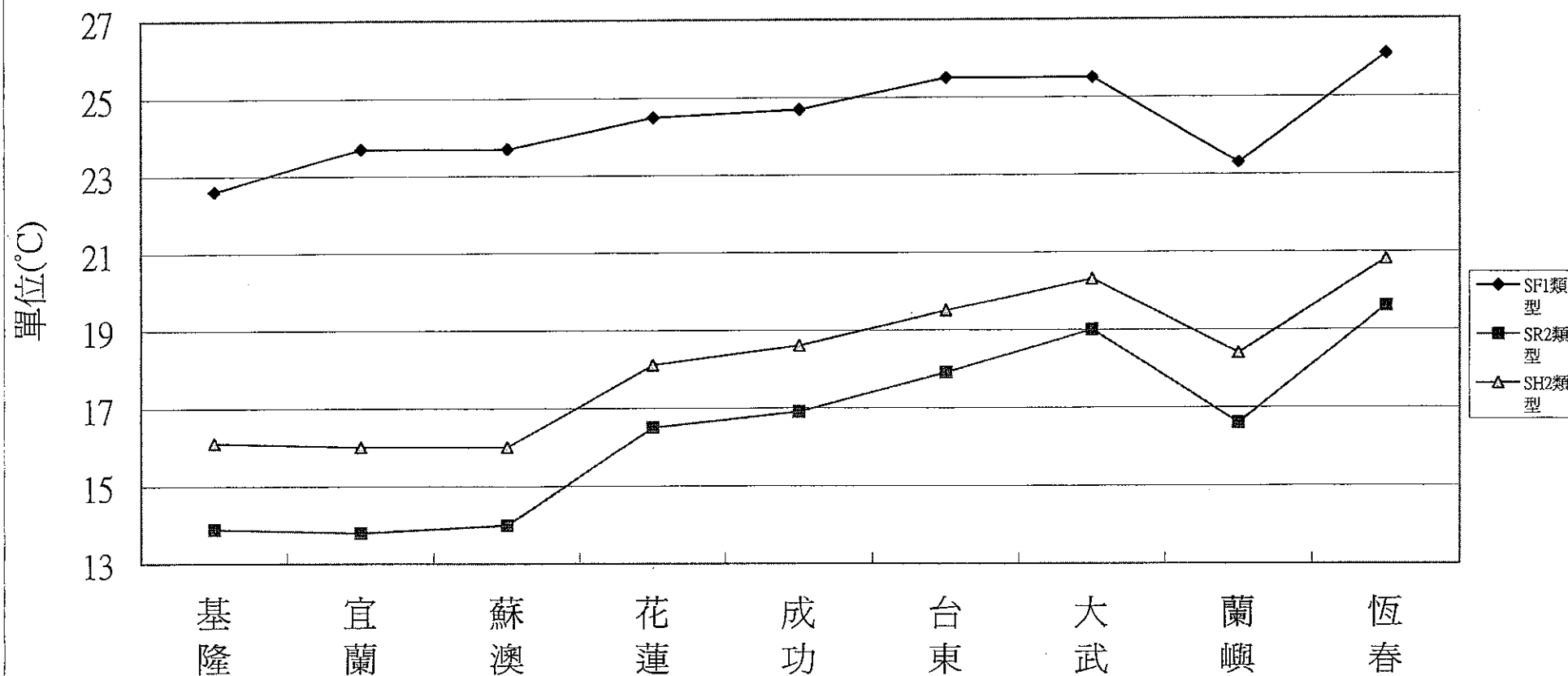
台灣西部春季SF1/SR2/SH2之平均最高溫度比較圖
(1994~2003)



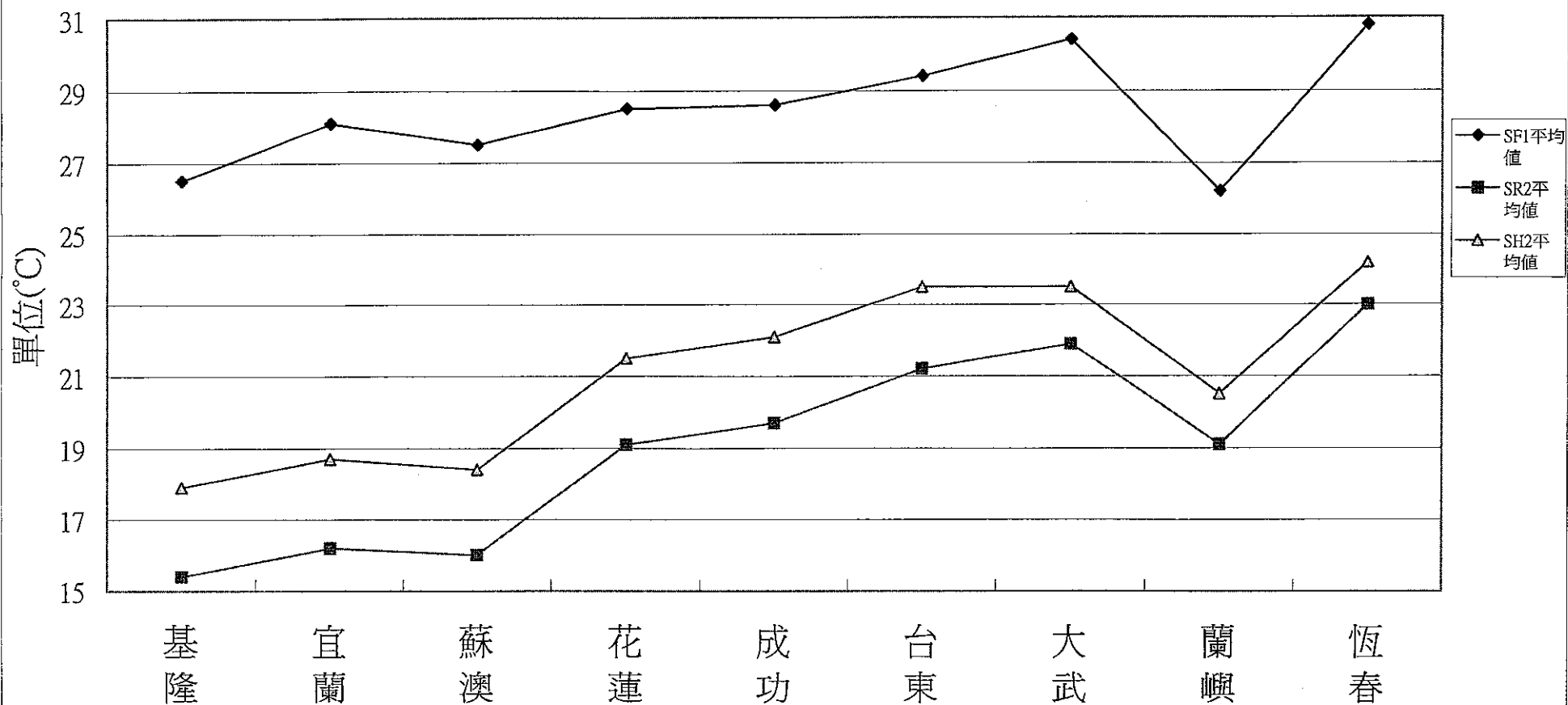
台灣西部春季SF1/SR2/SH2平均最低溫度比較圖
(1994~2003)



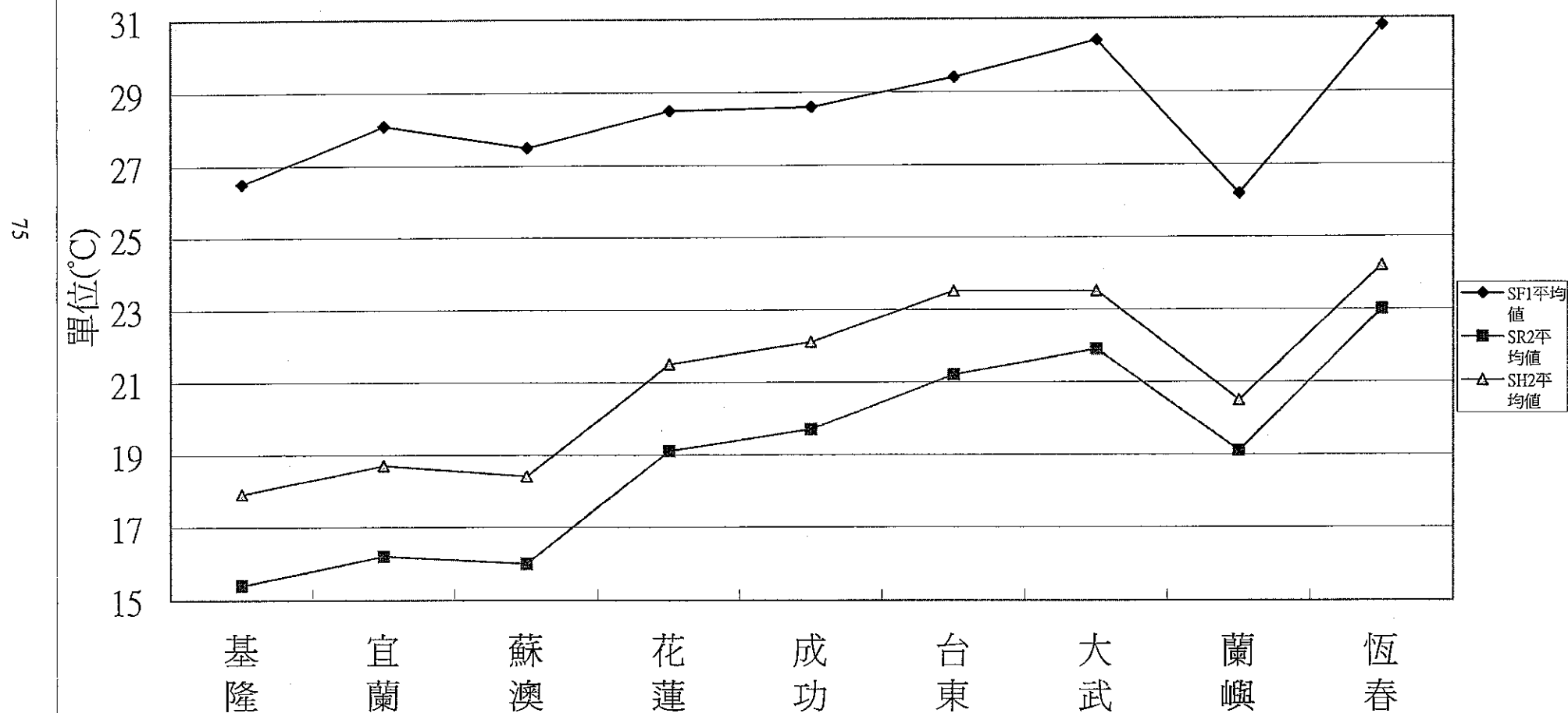
台灣東部春季SF1/SR2/SH2之平均溫度比較圖
(1994~2003)



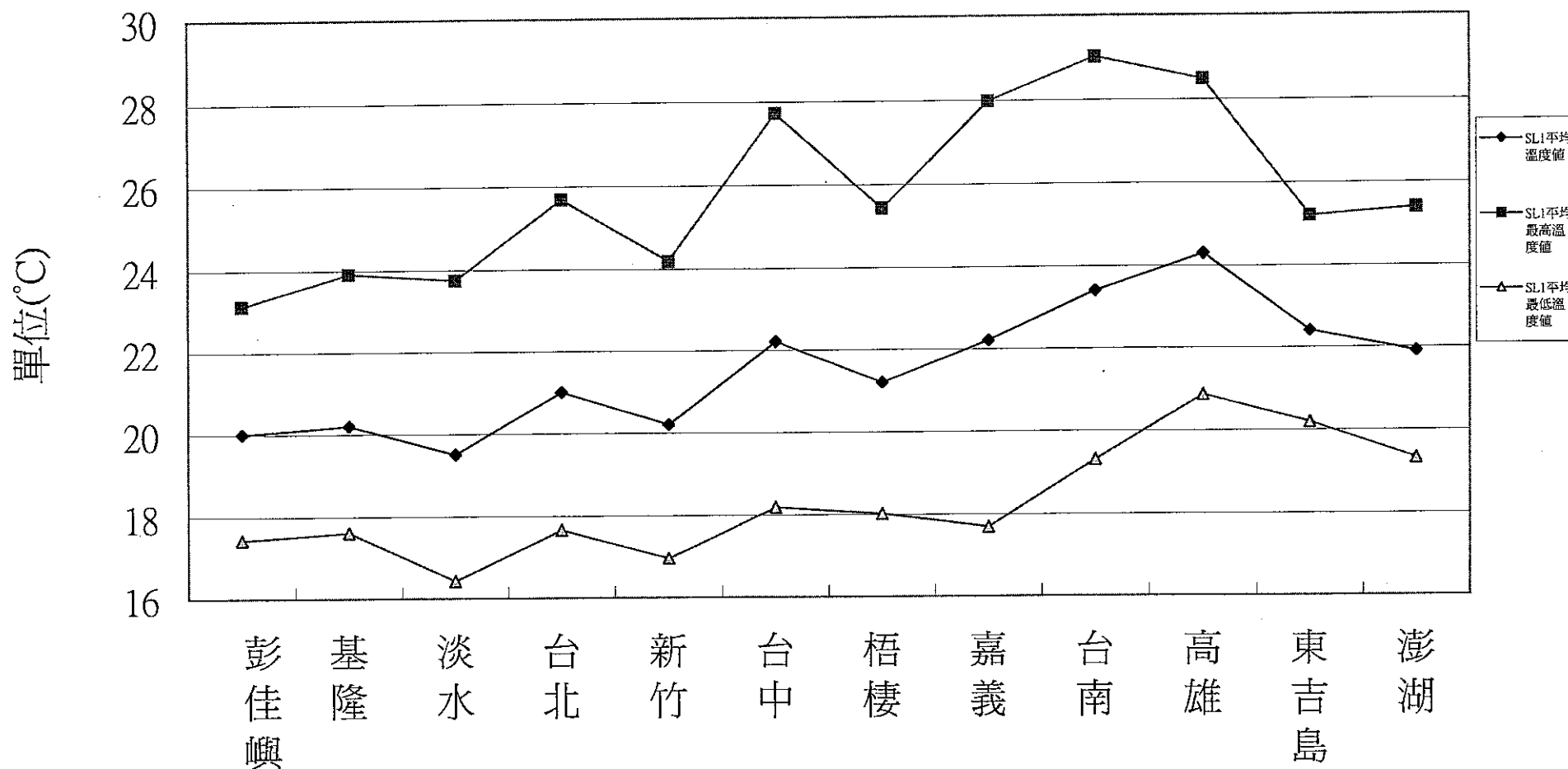
台灣東部春季SF1/SR2/SH2之平均最高溫度比較圖
(1994~2003)



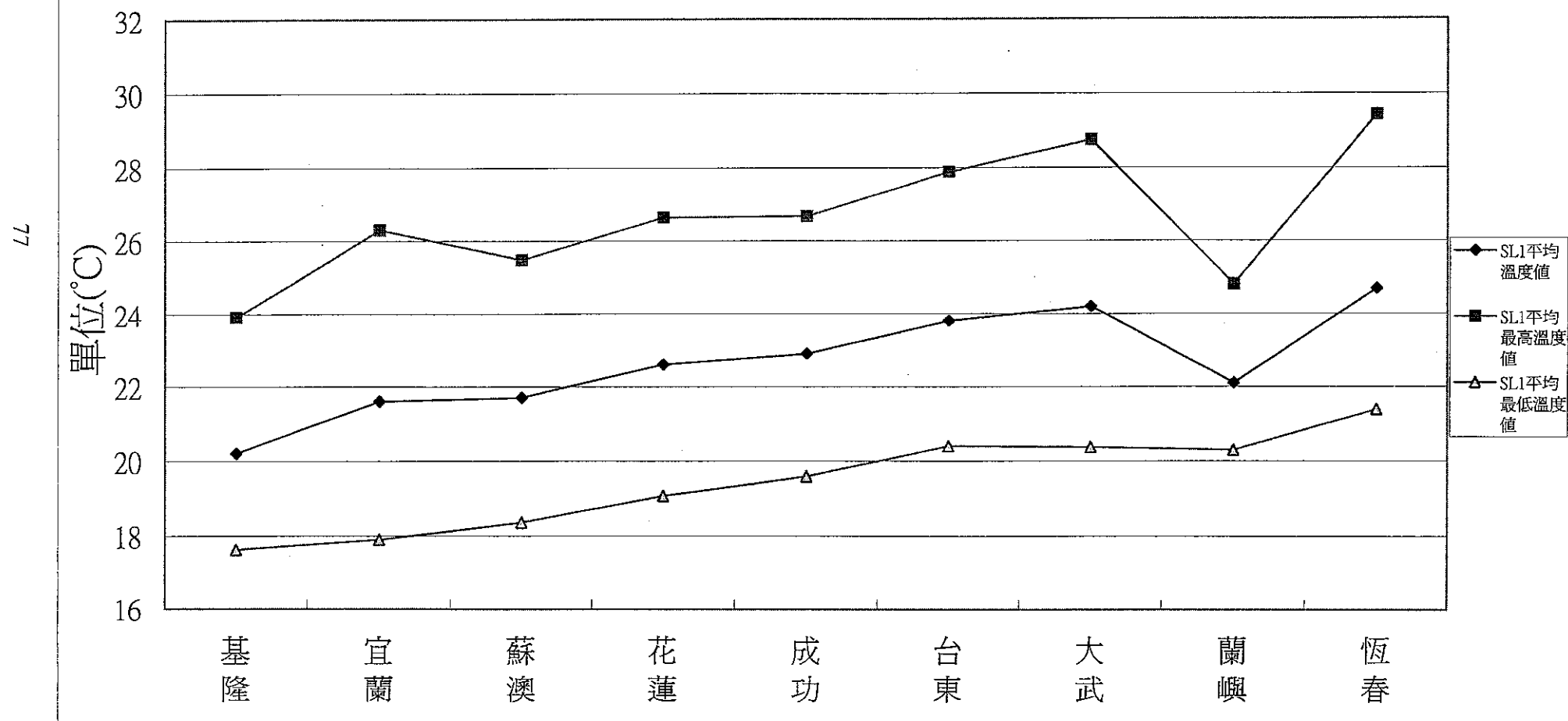
台灣東部春季SF1/SR2/SH2平均最低溫度比較圖
(1994~2003)



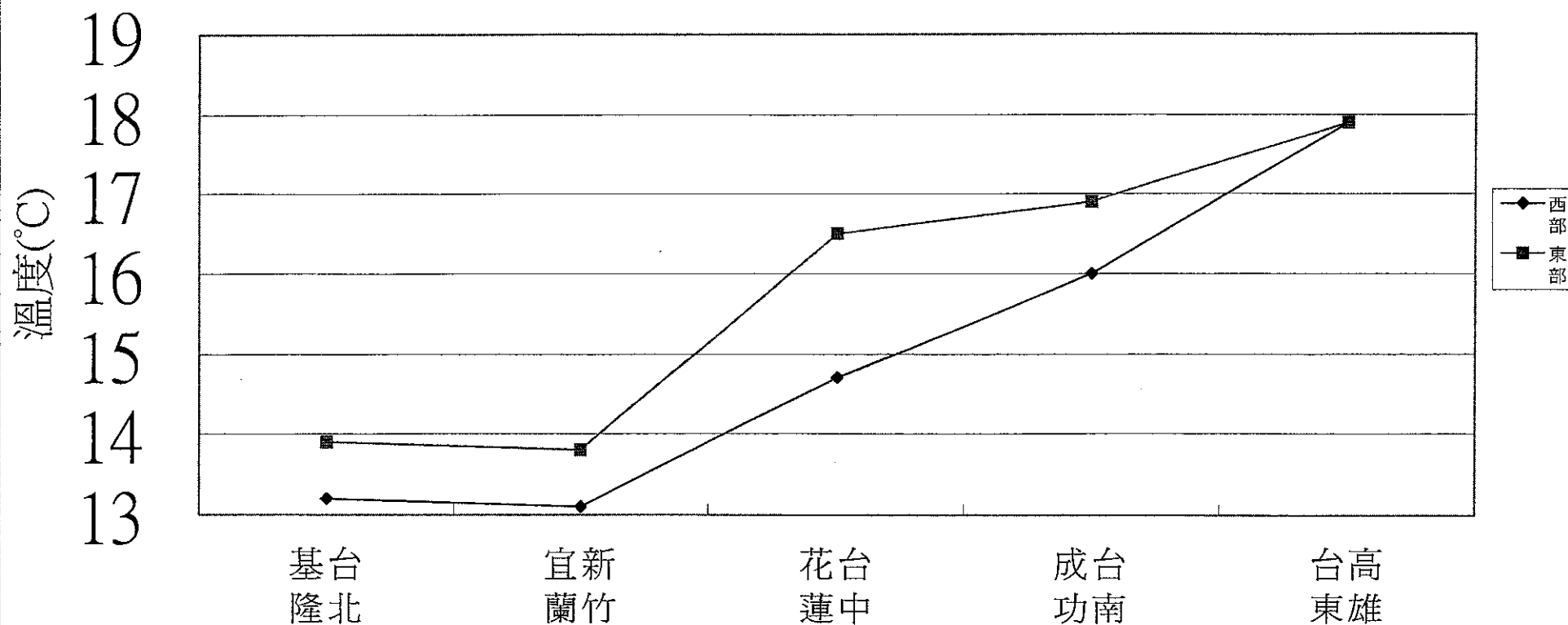
台灣西部春季SL1各種平均溫度比較圖
(1994~2003)



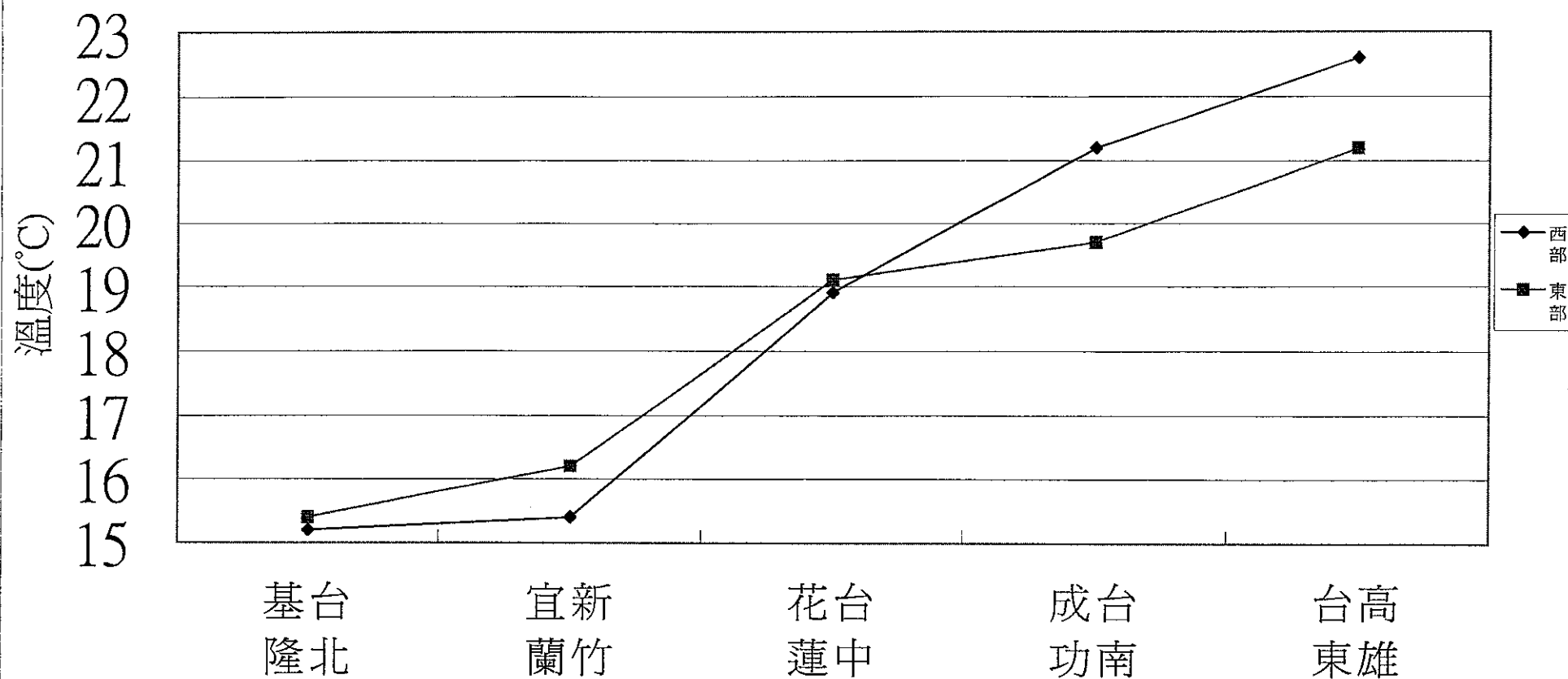
台灣東部春季SL1各種平均溫度比較圖 (1994~2003)



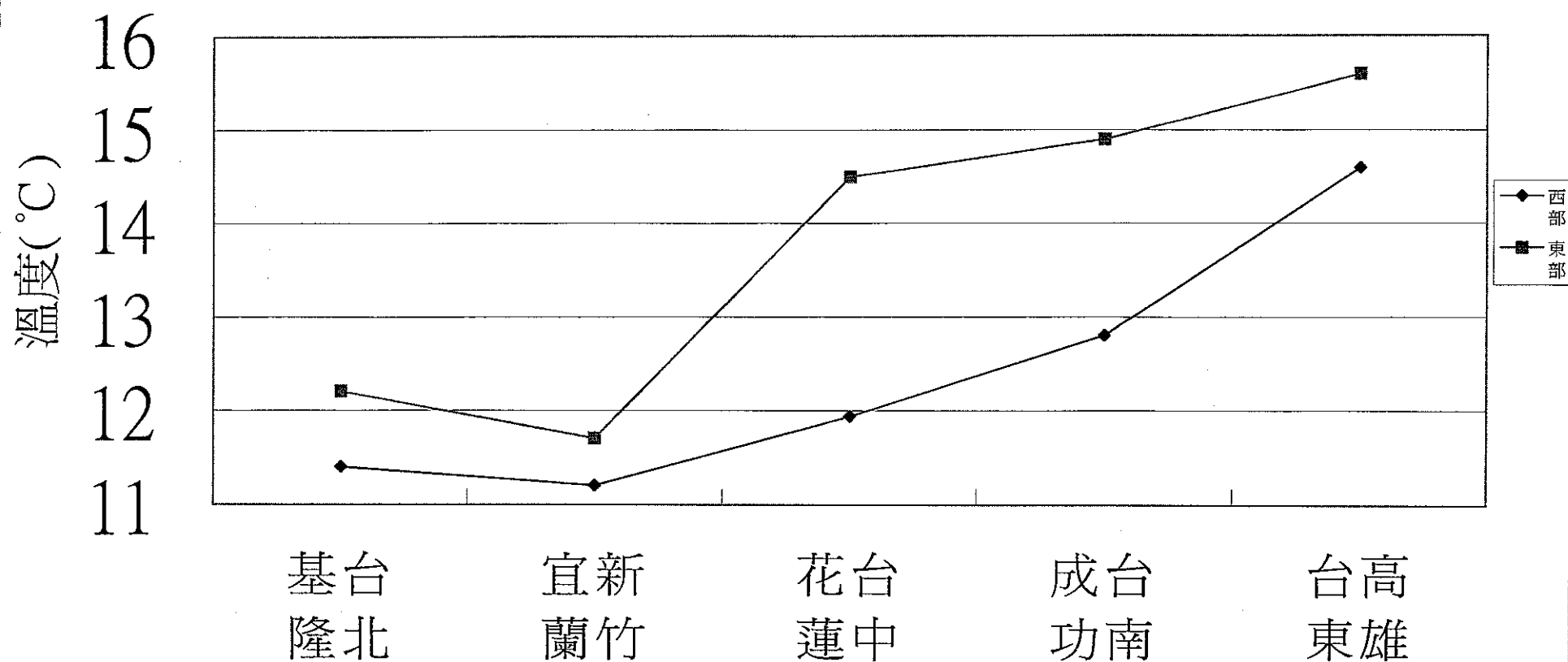
SR2(高壓脊線伸向華南兩廣)台灣東西部 相同緯度測站平均溫度比較 (1994~2003)



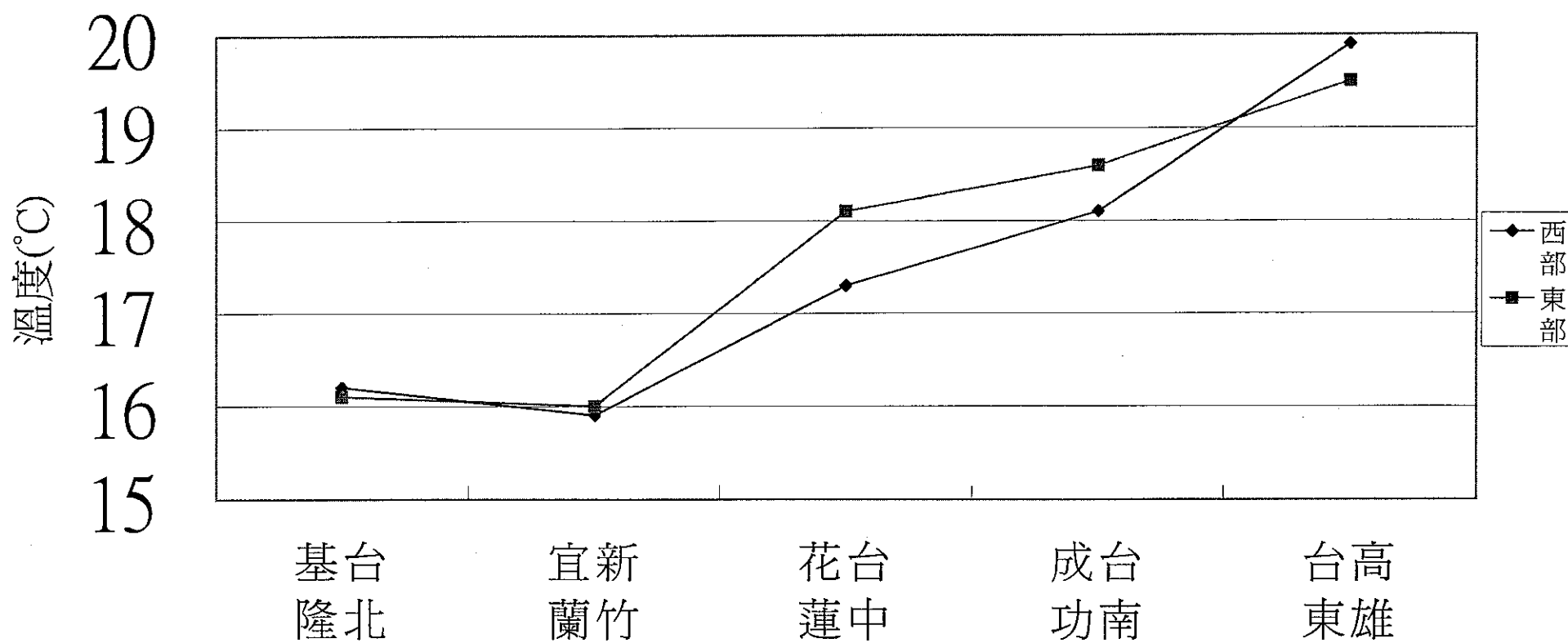
SR2(高壓脊線伸向華南兩廣)台灣東西部
相同緯度測站平均最高溫度比較
(1994~2003)



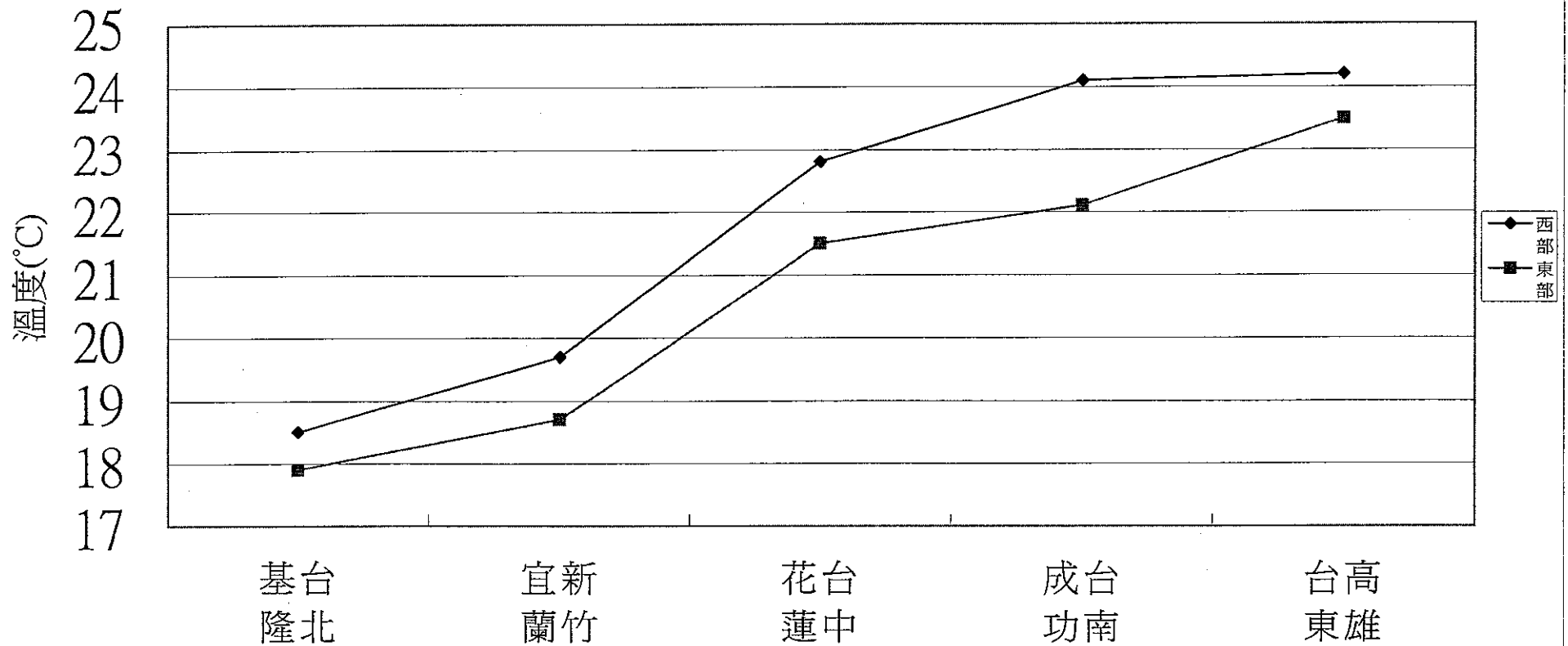
SR2(高壓脊線伸向華南兩廣)台灣東西部
相同緯度測站平均最低溫度比較
(1994~2003)



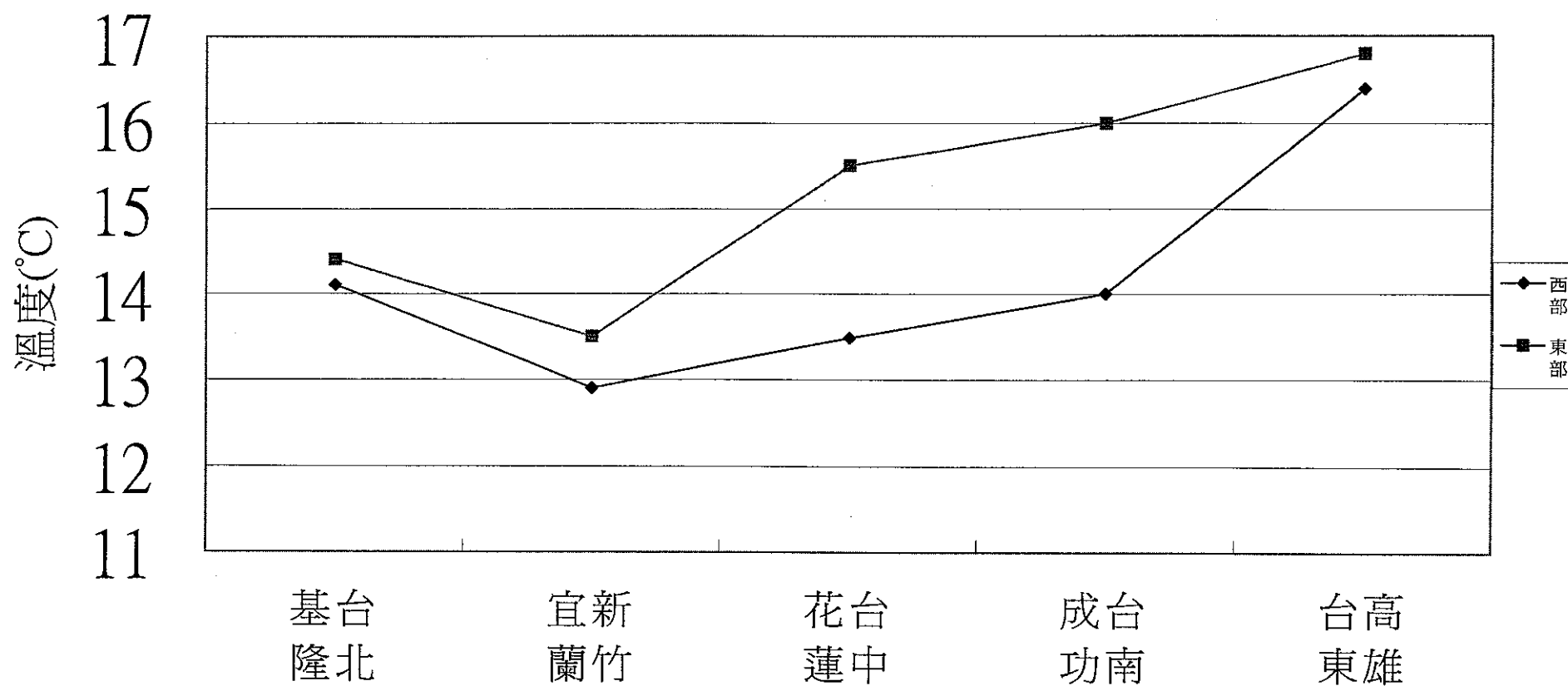
SH2(華南地區等壓線東西向密集型)台灣東西部相
同緯度測站平均溫度比較
(1994~2003)



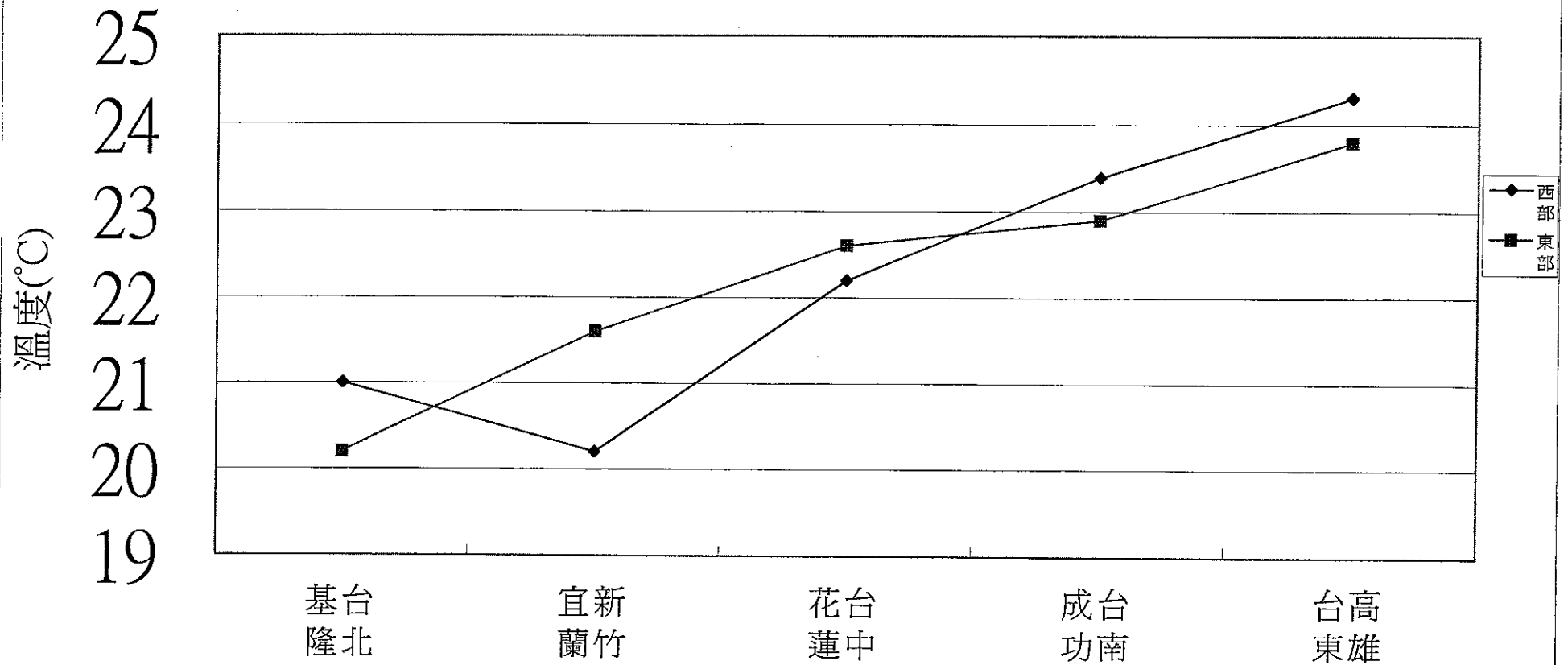
SH2(華南地區等壓線東西向密集型)台灣東西部相
同緯度測站平均最高溫度比較
(1994~2003)



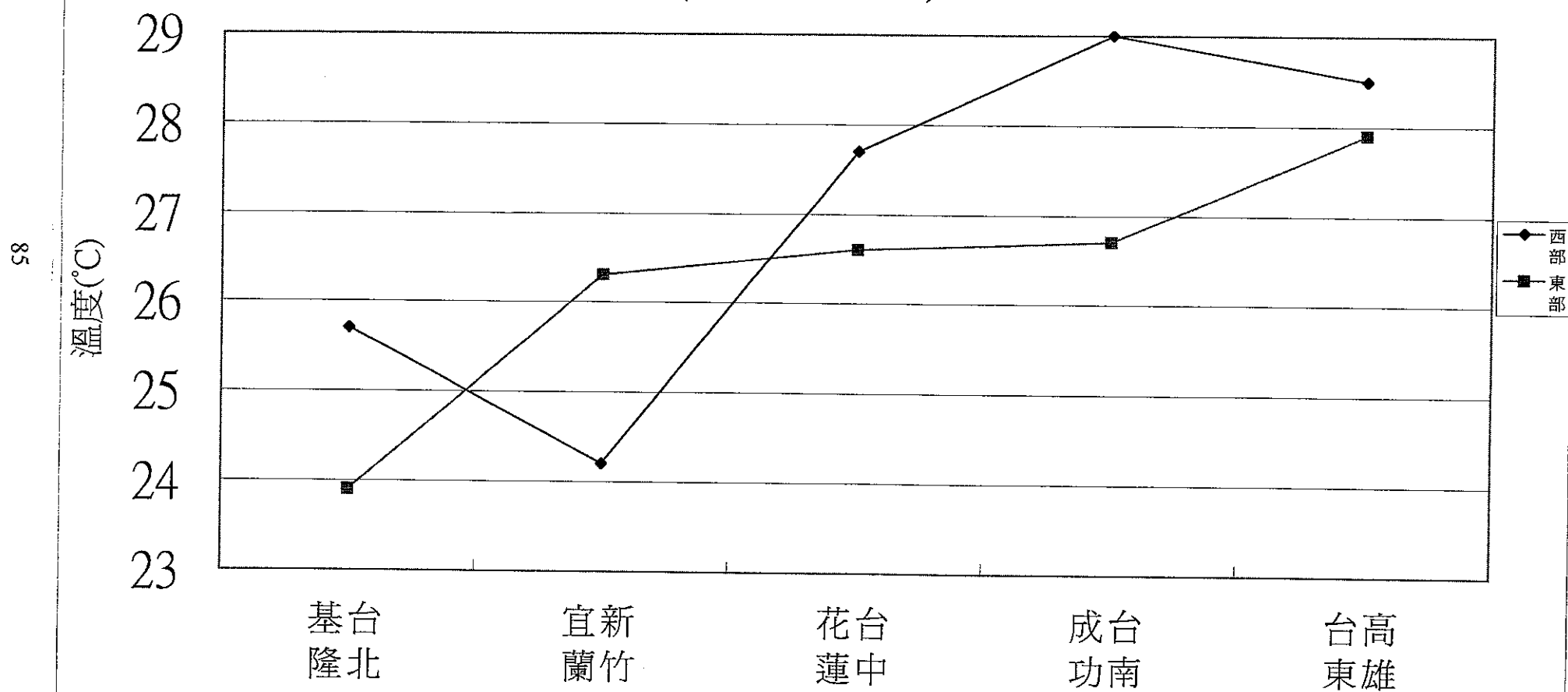
SH2(華南地區等壓線東向密集型)台灣東西部相同
緯度測站平均最低溫度比較
(1994~2003)



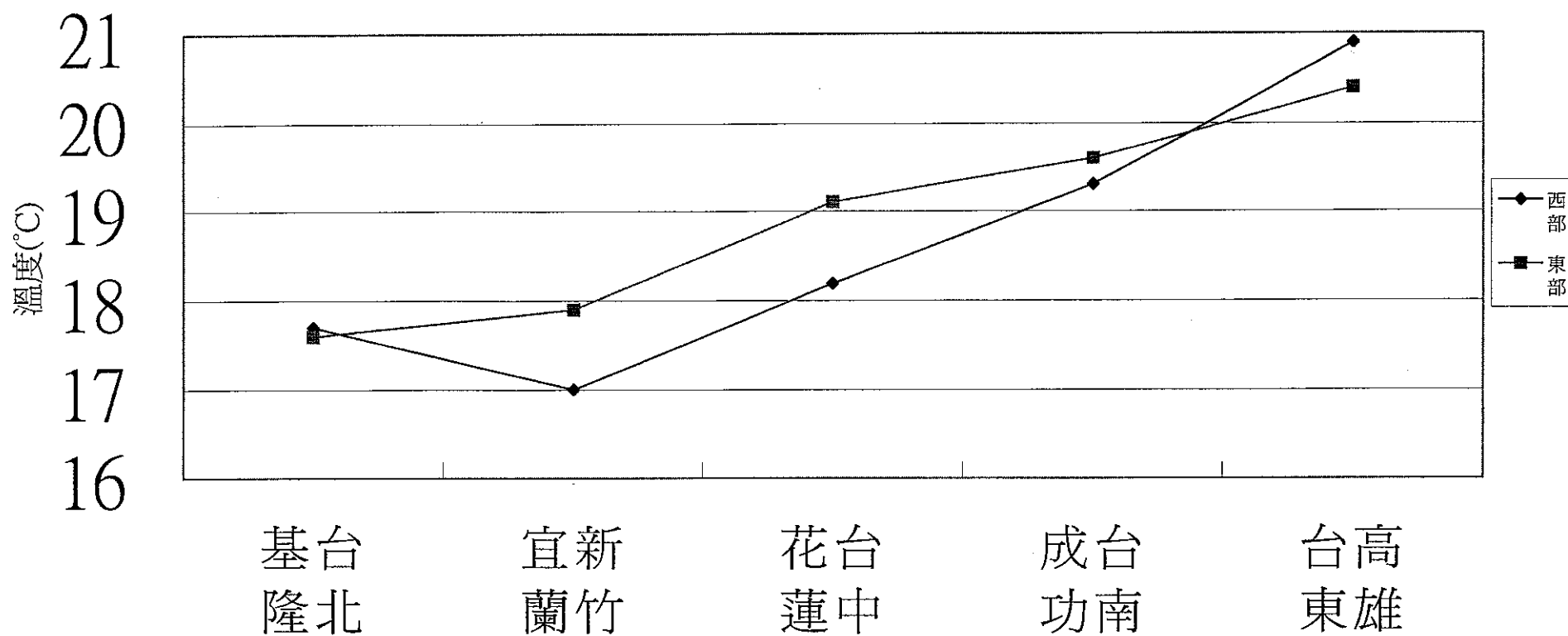
SL1(東海低壓)型台灣東西部相同緯度測站
平均溫度比較
(1994~2003)



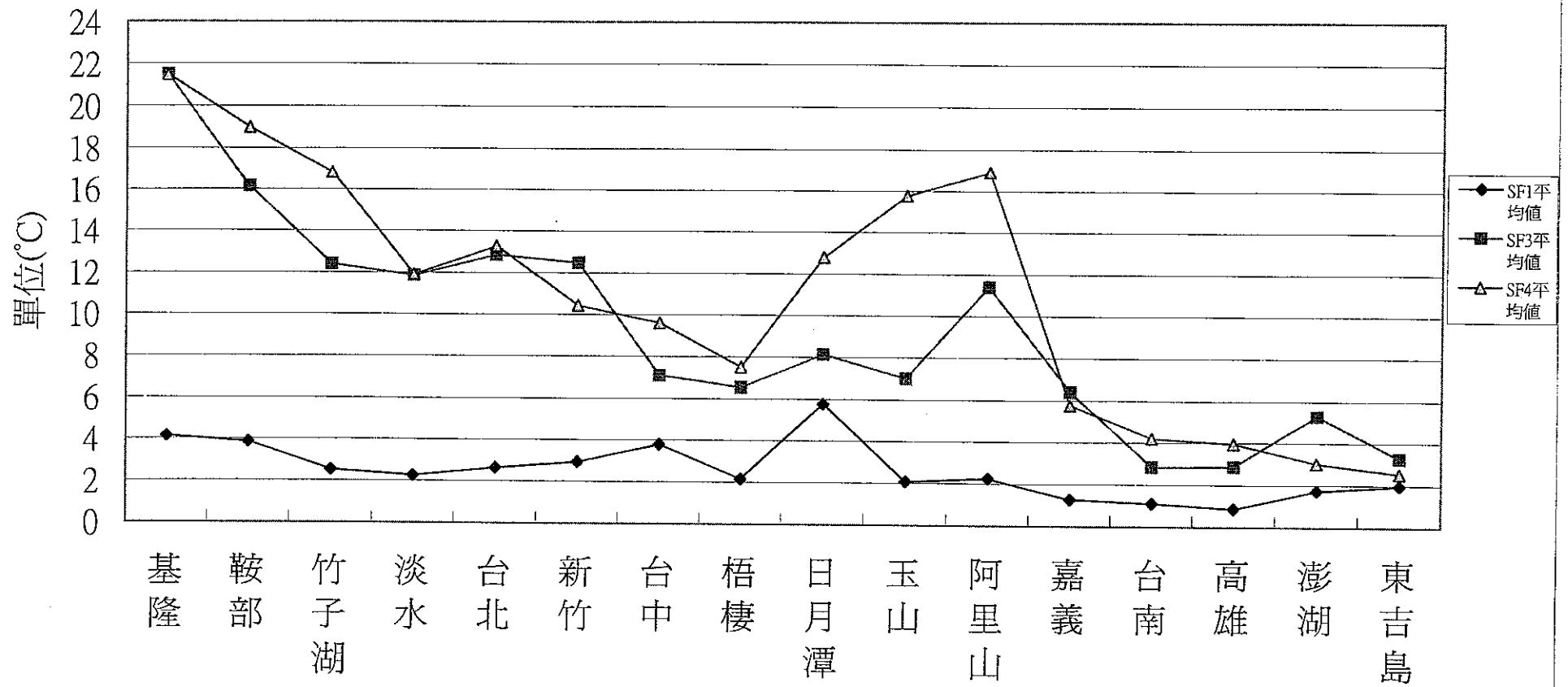
SL1(東海低壓)型台灣東西部相同緯度測站
平均最高溫度比較
(1994~2003)



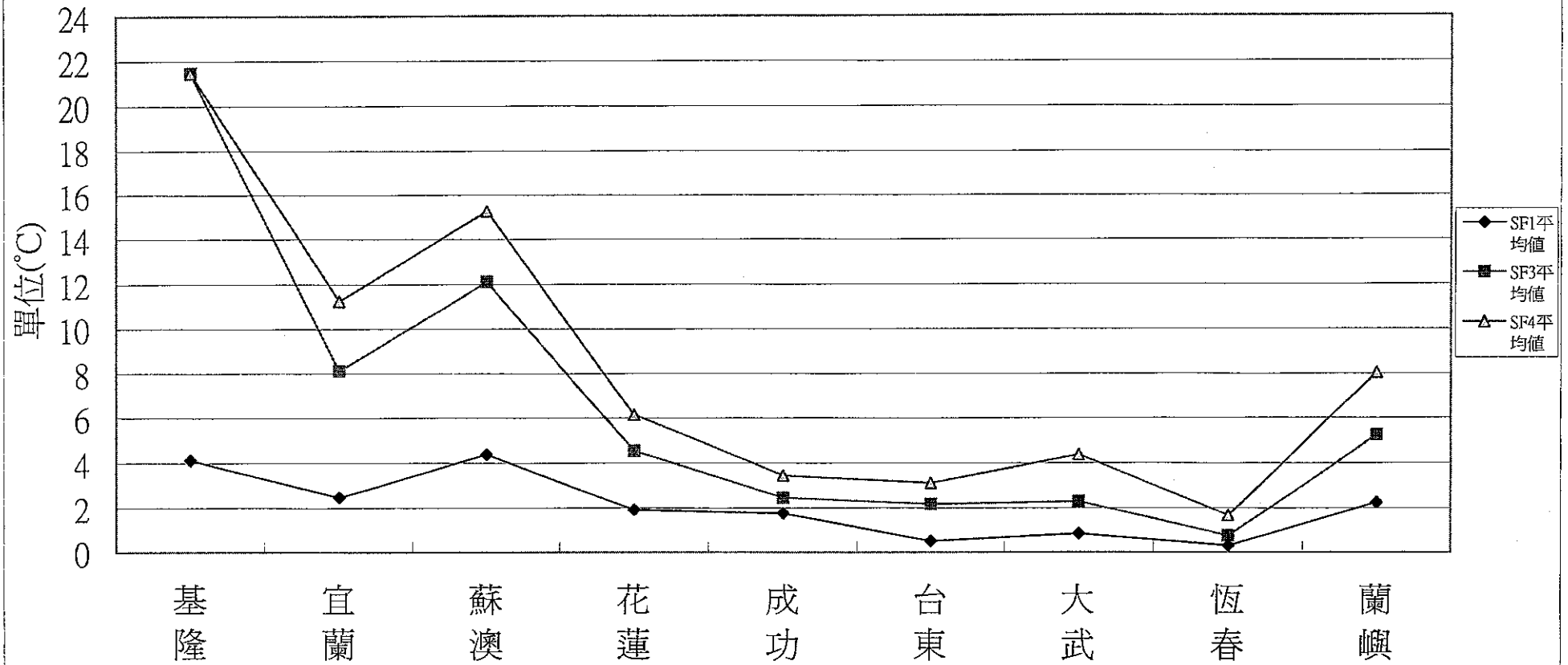
SL1(東海低壓)型台灣東西部相同緯度測站 平均最低溫度比較 (1994~2003)



台灣西部春季SF1/SF3/SF4型影響下平均雨量比較 (1994~2003)



台灣東部春季SF1/SF3/SF4型影響下平均雨量比較 (1994~2003)



附件 3-台灣地區春季各天氣類型平均雨量統計表如下：

附件 3-a 台灣西部春季各類型(CWB)氣象站平均降雨量(mm)統計表

附件 3-b 台灣東部春季各類型(CWB)氣象站平均降雨量(mm)統計表

附件 3-a

台灣西部春季各類型(CWB)氣象站平均降雨量(mm)統計表

測站	彭佳 嶼	基隆	淡水	台北	新竹	台中	梧棲	日月 潭	玉山	阿里 山	嘉義	台南	高雄	澎湖	東吉 島
SL1類型	4.01	5.30	4.84	4.19	4.57	2.68	2.48	2.67	3.00	4.06	1.38	1.19	1.19	1.30	1.22
SF1類型	2.84	4.12	2.23	2.63	2.91	3.77	2.14	5.77	2.06	2.22	1.25	1.09	0.86	1.71	1.95
SF2類型	1.79	4.07	1.19	1.21	1.37	2.56	1.65	4.63	2.11	5.90	1.98	0.52	0.04	1.43	0.94
SF3類型	8.38	21.47	11.84	12.85	12.47	7.09	6.54	8.12	6.99	11.38	6.41	2.83	2.86	5.28	3.25
SF4類型	7.93	21.46	11.89	13.26	10.41	9.60	7.50	12.78	15.76	16.92	5.76	4.18	3.94	3.02	2.52
SF5類型	6.36	14.39	6.31	4.84	4.11	2.44	1.29	1.43	1.32	1.91	0.74	0.21	0.21	1.37	0.09
SH0類型	0.50	0.55	0.45	0.54	0.28	0.02	0.00	0.33	0.67	0.64	0.16	0.07	0.50	0.08	0.09
SH1類型	2.84	4.12	2.23	2.63	2.91	3.77	2.14	5.77	2.06	2.22	1.25	1.09	0.86	1.71	1.95
SH2類型	2.84	11.35	1.37	1.17	0.47	0.35	0.36	0.03	0.24	0.09	0.07	0.01	0.07	0.08	0.00
SH3類型	0.72	3.35	1.11	1.18	0.79	0.13	0.15	0.44	0.43	0.76	0.10	0.03	0.01	0.07	0.17
SR1類型	0.95	1.18	0.43	0.43	0.32	0.07	0.04	0.22	0.50	0.51	0.04	0.00	0.00	0.16	0.20
SR2類型	5.78	16.57	7.21	6.08	5.06	2.07	1.79	2.48	1.63	2.90	0.70	0.13	0.06	0.71	0.53
SR3類型	0.65	1.47	1.00	0.45	0.80	0.94	1.88	0.54	0.45	0.80	1.08	0.38	0.15	6.70	1.53
ST1類型	0.00	0.23	0.17	0.13	0.32	0.77	0.33	2.63	6.58	6.83	1.58	5.03	6.92	2.58	4.92

附件 3-b

台灣東部春季各類型(CWB)氣象站平均降雨量(mm)統計表

測站	宜蘭	蘇澳	花蓮	成功	台東	大武	恆春	蘭嶼
SL1類型	1.60	2.82	0.87	4.94	2.51	1.79	1.10	3.25
SF1類型	2.47	4.38	1.90	1.74	0.51	0.84	0.30	2.24
SF2類型	1.84	2.60	1.85	1.95	1.01	0.60	0.00	5.57
SF3類型	8.12	12.10	4.53	2.46	2.17	2.28	0.75	5.24
SF4類型	11.25	15.26	6.13	3.45	3.11	4.37	1.66	8.05
SF5類型	4.46	7.36	2.48	1.90	1.68	0.94	0.76	7.84
SH0類型	0.10	0.18	1.06	1.89	0.52	1.00	0.49	4.34
SH1類型	2.47	4.38	1.90	1.74	0.51	0.84	0.30	2.24
SH2類型	7.20	20.53	0.94	1.99	0.20	1.57	0.42	2.80
SH3類型	1.43	4.95	1.02	1.02	0.88	0.75	0.34	1.93
SR1類型	1.22	1.82	1.61	1.38	0.68	1.06	0.42	3.47
SR2類型	5.54	13.57	2.17	1.51	0.30	0.53	0.09	7.75
SR3類型	0.13	2.50	0.95	3.95	0.89	0.87	0.40	6.45
ST1類型	0.67	0.90	1.00	2.22	5.25	6.75	2.92	7.27

