

題名	作/譯者	卷期號	頁碼	出版年
南海季風實驗期間中央氣象局數值預報全球模式產品比較	潘琦 盧孟明	44/01	1	2002.03
颱風觀測分析與統計預報整合型研究2000年成果摘錄	謝信良 葉天降	44/01	21	2002.03
利用GMS的新頻道求取海溫和雲參數	郭國新 曾忠一	44/01	33	2002.03
台灣中西部地區反應譜顯著週期之研究	張添炮 余貴坤	44/01	51	2002.03
民國八十九年颱風調查報告——第12號颱風(巴比倫)	徐辛欽	44/01	65	2002.03
-----	-----	-----	-----	-----
台灣地區颱風侵台期間測站風速之簡單統計預測	葉天降 謝信良 吳石吉	44/02	1	2002.06
民國九十年颱風調查報告——第四號尤特(UTOR)颱風(0104)	蔣為民	44/02	17	2002.06
民國九十年颱風調查報告——第五號潭美(TRAMD)颱風(0105)	陳得松	44/02	35	2002.06
民國九十年颱風調查報告——第十九號利奇馬(Lekima)颱風(0119)	蔣為民	44/02	59	2002.06
民國九十年颱風調查報告——第二十一號海燕(Haiyan)颱風(0121)	陳得松 黃康寧	44/02	85	2002.06
-----	-----	-----	-----	-----
中央氣象局降水機率統計預報指引的改進測是與校驗分析	王惠民	44/03	1	2002.09
瘋狗浪成因、定義及防災宣導	李賢文	44/03	13	2002.09
中央氣象局颱風路徑預報模式之預報檢討及改進	葉天降 陳得松 黃康寧 謝信良	44/03	31	2002.09
民國九十年颱風調查報告——第二號奇比颱風(CHEBI, 0102)	徐辛欽	44/03	77	2002.09
-----	-----	-----	-----	-----
中央氣象局全球模式之淺積雲參數法的改進	汪鳳如 李瑞麟	44/04	1	2002.12
聖嬰/反聖嬰(EI Nino/La Nina)統計預報之發展	陳孟詩 盧孟明	44/04	25	2002.12
民國九十年NFS模式之颱風路徑與定量降水預報校驗	洪景山	44/04	41	2002.12
民國九十年颱風調查報告——第八號桃芝颱風(TORAJI, 0108)	丘台光	44/04	55	2002.12
民國九十一年颱風調查報告——第八號娜克莉(NAKRI)颱風(0208)	蔣為民	44/04	83	2002.12

(按姓氏筆劃排列)

# 南海季風實驗期間中央氣象局數值預報全球模式產品比較

潘 琦

中央氣象局氣象資訊中心

盧孟明

中央氣象局氣象科技研究中心

## 摘要

本文比較 1998 年 5、6 月南海季風實驗 (SCSMEX) 期間中央氣象局 (CWB) 的 T120 與 T79 二個不同解析度的全球波譜模式在南海附近的分析和預報場的特性，並檢視 SCSMEX 的密集觀測期間 (IOP) 所增中國大陸地區探空資料對 T120 模式分析與預報產品的影響。在分析場方面以歐洲中期天氣預報中心 (ECMWF) 作業模式分析場為參考指標，比較了四組模式產品的 850hPa 風場的緯向分量和 200hPa、500hPa 以及 850hPa 高度場。在預報場方面，則比較了不同模式在北半球與東亞地區的 500hPa 高度場和海平面氣壓的預報得分。結果顯示 IOP 期間所增中國大陸的探空資料對模式的分析和預報場的影響相當有限。在分析場方面，加入的資料可稍微改善 CWB 模式在南海季風爆發之後，低層西風軸西風過強的偏差。在預報場方面，從預報得分來看加入 IOP 資料可能對改進模式對綜觀天氣系統相位的掌握有所助益。另外，我們發現 CWB 全球模式從 T79 提高到 T120 之後，並不能減少原有熱帶低層東風平均偏弱的偏差，但是原西風過強的現象稍獲改善。另外，我們發現不論是加入 IOP 資料或提高模式解析度都不能改善 CWB 模式的 500hPa 高度場渦流部分在亞洲熱帶季風區高度過高的偏差。

關鍵詞：分析與預報、南海季風實驗、T79 及 T120 模式

## 一、前言

季風活動每年週而復始地影響各國的天氣與季節變化，也影響到經濟、社會的發展。南海是連接西太平洋、爪哇海和印度洋的樞紐，也是亞洲季風區中最後一個未曾進行系統觀測和研究的區域。由於過去的觀測資料不足，一直無法對南海季風和相關物理過程作更深入的研究，因此國際上於 1998 年 5、6 月舉行南海季風實驗 (SCSMEX) 密集觀測，期望能徹底了解東南亞和中國南部地區的季風爆發、維持和變化的主要物理過程，進而改進對季風的預報。

南海季風實驗有十餘個國家共同參與，並設計兩段密集觀測期 (IOP1: May 5-25, IOP2: June 10-25)，特別針對南海地區增加了許多氣象和海洋的觀測 (王等, 1999)。同一時

間，另有國內的 1998 梅雨期豪雨觀測與預報實驗 (MYE98) 視實際天候狀況進行的中尺度密集觀測，加密探空、地面站的觀測次數與雷達資料的蒐集。在這段實驗期間，中央氣象局 (CWB) 除了實際參與 SCSMEX 與 MYE98 的觀測部分之外，也兼供台灣區域實驗指揮中心之設置及支援，並負責提供所需天氣分析及預報資訊，以及整理彙編實驗期間的觀測與分析資料。目前大家可取得的光碟資料(取得辦法請參考

<http://www.atm.ncu.edu.tw/climate/SCSMEX2>) 中的數值天氣預報 (NWP) 初始場部分，即為 CWB 全球和有限區域作業模式的分析產品。

中央氣象局全球波譜作業模式在 1994 年 1 月正式加入氣象局預報作業線 (陳等, 1994)，解析度為 T79 (三角形截波到第 79 波)。隨著電腦記憶體容量的擴充，模式的解析度提高到

T120，約相當於 100 公里的解析度（陳與劉，1997），並於 1998 年 5 月上線平行作業，目前乃為正式作業版模式。因此在 SCSMEX 和 MYE98 進行觀測期間，氣象局恰有 T79 與 T120 兩版模式進行作業性分析與預報。另外，氣象局的數值預報作業系統在實驗的觀測期間的作業程序與平時並無二致。換言之，只要是可即時從全球氣象資料即時傳輸系統（Global Telecommunication System；GTS）上接收的密集觀測資料，均會自動與其他非實驗性的例行觀測資料一同進入預報模式上游分析系統，作為最上游之預報初始場觀測輸入值。實驗結束後，氣象局又特別針對季風實驗期間未即時收到的密集觀測資料的加入與否，利用數組不同的數值模式進行分析與預報，期望藉由資料源的增加、模式解析度的提高等，經由比較來認識 CWB 數值天氣預報模式的特性。這些比較也是屬於氣象局第三期 NWP 計畫的工作項目。前述的光碟資料中 NWP 產品在全球模式的部分均是在觀測結束之後，待資料收集齊全，於 1999 年夏季以當時的作業版 T120 模式所產出的。

本報告的主要目的為利用 SCSMEX 這段期間的 CWB 全球波譜模式產品，藉由模式解析度的提高以及密集觀測探空資料的加入，對模式的分析和預報場有何影響進行分析。文中除了將簡單說明 CWB 數值天氣預報的分析與預報流程概況外，並討論藉由這次的經驗，在下次參與國際觀測實驗前做好更完善準備工作必須注意的事項。本報告的第二章將簡述本文中分析資料的產出過程，亦即 CWB 數值預報系統的作業流程概況。第三章將介紹本文中所使用的資料，第四章則為分析結果。第五章為討論與結語。

## 二、資料產出過程

氣象局的 NWP 自動化作業流程，首先是透過 GTS 和氣象電碼接收轉發系統（MIPS）即時接收各類氣象觀測電碼資料，並轉送至自

動氣象資料處理系統（AMDP），進行資料分類、解碼和品質檢定，再將解碼、檢定後的觀測資料傳入數值天氣預報主控系統，其中主控系統控制的工作包含各模式及相關程式的自動作業程序、資料的備份和清除、資料的長期儲存、查詢監控系統的設計、異常狀況的處理、資料的繪圖與傳送（譚等，1994；秦照萍，1998）。此一預報流程，不但可以掌握預報作業模式中的各種狀況、靈活地調整模式預報作業流程、提供操作監控的環境，同時也能將模式預報產品即時地傳送給下游單位，而模式的研究發展人員也可以立刻看到作業的情形和模式的預報表現。

目前 NWP 預報作業時程參考圖一。在取得觀測資料之後，隨即進行全球預報模式的客觀分析和初始化程式，然後執行第一個預報時段（目前為 6 小時）的預報。當全球預報模式完成第一個預報時段之後，區域預報模式可取得足夠的邊界條件，開始進行區域預報模式的客觀分析、初始化和第一個預報時段的預報。

目前的預報作業程序（參考表一）中全球模式是採每 6 小時預報一次，分別在 00UTC、06UTC、12UTC 和 18UTC 做完整的主要預報（major run）。區域模式則是採每 12 小時預報一次，分別在 00UTC 和 12UTC 做主要預報。由於受到預報時間有限的壓力，各個 major run 的預報時間都有個別的考量，而 12UTC 的 major run 有較充裕的時間，則可以作比較長時間的預報。但是因為在主要預報啟動時，我們可能尚未蒐集到完整的觀測資料，因此在有限的電腦時間和模式延續預報的評估下，於 00UTC 和 12UTC 主要預報結束後再執行一次補充預報（post run），利用完整氣象觀測資料進行模式計算，取得較準確的預報結果，同時提供給下一次主要預報作為初始場使用。

## 三、模式組別與資料

本研究工作是比較在 SCSMEX 觀測期間，即 1998 年 5~6 月，三組解析度與上游觀



測資料不盡相同的 NWP 全球預報系統所產出的分析與預報產品。在觀測資料方面，對全球模式而言，SCSMEX 的 IOP 主要增加了例行時間之外的加放探空資料（王等，1999）。如同前言中所述，在實驗期間 CWB 數值預報作業系統已將 GTS 上的 SCSMEX 觀測資料納入例行預報作業當中。但因部分大陸地區探空資料是在實驗結束後才收到的，故沒有即時被使用在實驗期間的例行預報程序當中。這一些在實驗觀測期結束之後才加入的資料主要包括了 IOP 期間在 06UTC 和 18UTC 觀測的資料，還有一些雖然在實驗 IOP 期間的 00UTC 和 12UTC 或非 IOP 期間已接收到的大陸探空資料，但可能是當時收到的是亂碼，在模式進行客觀分析前遭到剔除。IOP 期間 06UTC 和 18UTC 增加的測站分布位置標示在圖二，平均每次預報作業約增加 29 個探空測站觀測。

另外，亦如同前言中所述，SCSMEX 觀測期間氣象局恰巧有 T79 和 T120 兩種解析度的全球預報作業模式進行平行預報，提供給我們一個觀察因解析度提高對模式的分析和預報場有何影響的機會。T79 和 T120 的物理模組完全相同，唯一不同的僅有水平解析度。本文使用的模式產品代號分別是：GT79r 代表在 SCSMEX 觀測期間產出的 T79 預報模式產品，GT120r 代表輸入模式的觀測資料相同於 GT79r 唯模式解析度較高而為在 SCSMEX 觀測期間產出的 T120 模式預報產品，GT120i 代表 SCSMEX 觀測期結束後加入 IOP 期間大陸地區加放探空資料的 T120 模式產品。順此一提，T120 預報模式為氣象局的現行全球預報作業模式。除了相互比較 CWB 模式產品之外，我們以 ECMWF/BASIC 資料作為各組模式分析場的參考標準，其代號為 EC。如同前一章所述，氣象局預報作業程序是採每 6 小時做主要的預報（major run），由於我們所參考的 EC 資料為每 12 小時的預報，因此研究中四組資料同樣是以每 12 小時預報作業（00UTC 和 12UTC）產品來作比較。因受電腦和人力資源的限制，

在 SCSMEX 觀測期結束後氣象局並沒有以 T79 模式重新做分析與預報。為了方便起見，我們的四組資料均已轉換到相同解析度（ $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ ）格點上，比較的區域則是參考 SCSMEX 的大尺度觀測區，即  $70^{\circ} \text{E} \sim 150^{\circ} \text{E}$ ， $10^{\circ} \text{S} \sim 40^{\circ} \text{N}$ ，而比較的場量包括 850、500、200hPa 的風場和高度場。

## 四、分析與預報結果

### （一）分析場

#### 1. 緯度與時間剖面

##### （1）850hPa 緯向風（u）

我們首先來看 1998 年 5、6 月在南海上的 EC 低層風場和副熱帶高壓的特徵，這些特徵也是 5、6 月間南海上與大尺度環流相關的最重要現象。圖三(a)、(b)分別為這段時間 850hPa 風場的緯向風（u）沿  $115^{\circ} \text{E}$  的緯度與時間剖面圖和從  $110^{\circ} \text{E}$  到  $130^{\circ} \text{E}$  平均後 500 hPa 高度場的緯度與時間剖面圖。圖中顯示約在 1998 年 5 月 17 日至 25 日，出現了 500hPa 西太平洋副熱帶高壓增強、850hPa 西風增強並持續向北推進的現象，此為南海季風爆發的特徵。按 SCSMEX 計畫室公布的資料，1998 年南海北部季風爆發的時間是 5 月 17 日，南海季風全面爆發則在 5 月 25 日（丁等，1999）。

為了更清楚圖三（a）中的西風軸在空間上的分布，我們把 5 月 22 日至 6 月 4 日的 850hPa 平均流線場圖與西風的強度顯示在圖四（a），6 月 5 日至 18 日的平均圖顯示在圖四（b），圖中陰影部分為風場的西風分量強度大於  $5\text{ms}^{-1}$ 。從圖四（a）與（b）我們可清楚看到熱帶與副熱帶氣團交會處有狹長的強西風軸，6 月 5 日以前南海上的西風主要是與西邊的孟加拉灣上之西風軸連成一氣，而在 6 月 5 日以後南海上的西風除了受到從孟加拉灣延伸出來系統的影響之外，同時也受到從東方菲律賓海上往西延伸反氣旋環流的西緣與北緣流場的影響。從這兩張流場圖我們也可以清楚看出南海上的西風在 5、6 月份的確具有相當程度的指標作用，因為

它可以顯示出模式對於熱帶、副熱帶、孟加拉灣、西太平洋至菲律賓海等區域的天氣或環流系統掌握的程度，同時也可顯示對從南半球跨越印尼的跨赤道流的掌握。

以 EC 為參考標準，我們分別將 CWB 的三組 (GT120i, GT120r, GT79r) 分析場在 850hPa 上的緯向風 (u) 和在 500hPa 上的高度場的緯度和時間剖面圖顯示在圖五與圖六。特別再次提醒，EC 因產自於 ECMWF 的例行作業系統，故沒有使用到在 SCSMEX 觀測期 GTS 上沒有出現的 IOP 資料。比較圖三 (a) 與圖五 (b) 和 (c) 這三組未使用 IOP 探空的分析場，我們發現對於風場從東風轉變到西風的掌握，三組資料非常類似。但是在西風爆發之前，EC (圖三 (a)) 的東風強度較 GT120r (圖五 (b)) 和 GT79r (圖五 (c)) 都強。事實上，在西風爆發之後，EC 顯示在  $5^{\circ}$  S 附近約從 5 月 25 日到 6 月 10 日出現了持續的東風，強度在  $5\text{ms}^{-1}$  以上。這個狹窄的東風帶沒有出現在 GT120r 和 GT79r，並且這兩組東風的強度也不及 EC。在 6 月下旬南半球的  $5^{\circ}$  S 到  $10^{\circ}$  S，EC 另有一波強東風出現，GT120r 和 GT79r 也有類似的東風，但強度仍偏弱。在 6 月底，EC 顯示南海上 ( $10^{\circ}$  N– $20^{\circ}$  N) 又出現了一波強東風，在 GT120r 與 GT79r 東風的強度仍然是偏弱的。值得注意的是，雖然 GT120r 和 GT79r 的東風普遍較 EC 為弱，但是在 5 月 21 日到 28 日之間赤道西風轉強期間，GT120r 和 GT79r 的赤道西風卻同樣是較 EC 為弱。此外，圖三 (a) 顯示在赤道和  $5^{\circ}$  N 之間的東西向風在 6 月 8 日至 24 日之間有兩波振盪的現象。這種振盪現象在圖五的 (b) 與 (c) 中也可見，但是 GT120r 和 GT79r 的西風較 EC 強。若比較 EC、GT120r 和 GT79r 這三組時間序列中自 5 月 21 日到 6 月底這段時期從  $10^{\circ}$  N 以南往北推到  $30^{\circ}$  N 的西風軸強度，也不難發現後兩個模式的西風是偏強的。

綜觀 GT120r, GT79r 這兩組資料和 EC 的差異，大致上可歸納出熱帶東風偏弱，西風偏

強的共同特徵。但是在 5 月 21 日左右南海西風爆發時，GT120r 與 GT79r 的赤道西風卻是偏弱的。接下來我們要比較圖五 (a) 與圖五 (b)，看看加入 SCSMEX 的 IOP 期間大陸加放的探空資料是否對 850hPa u 有影響。首先，我們發現在從南往北推進的西風軸內，GT120i 的最強西風與 GT120r 相較稍稍減弱了一些，但是相差的幅度甚小。南海上的東風在 IOP1 (5 月 5 日至 25 日) 以 GT120r 略強於 GT120i，但在 5 月 21 日以後兩模式之間的差異則非常有限。在 5 月 21 日前後，南海西風爆發之時，GT120i 所呈現出的赤道西風和 EC 相比仍是偏弱。這些結果顯示，大陸上所增放的探空資料，對於 CWB 模式和 ECMWF 模式產品之間差異較明顯的赤道附近的風場似乎沒有什麼影響，但是對於調整 CWB 模式在西風軸內西風過強的情況似有助益。

關於模式的熱帶東風偏弱，西風偏強特徵的形成原因並不在本報告探討範圍之內，在此僅將針對圖四中的一些特徵提出想法，作為後續研究的參考。圖四 (a) 與 (b) 顯示對於南海附近熱帶風場特徵影響最為直接的莫過於西太平洋高壓 (反氣旋環流) 的位置與強度。在圖四 (a) 中高壓軸從婆羅洲到西北太平洋呈西南往東北走向，在婆羅洲上是清楚的高壓，而在海南島以北廣東、廣西一帶是清楚的低壓環流，西風軸就在這兩個環流系統之間。大陸上所增放的探空資料對於調整 CWB 模式在西風軸內西風過強的情況似有助益可能是得助於海南島以北的低壓環流掌握之改進，而熱帶風場的改進有限可能是受限於少數探空資料對於改進西太平洋高壓的位置與強度助益不大。另外，模式解析度的提高對於改進西太平洋高壓的位置與強度似乎也沒有幫助。圖四 (b) 顯示前面提到南海上 6 月 8 日至 24 日之間的兩波赤道西風振盪現象，從圖四 (b) 看來氣象局模式的東風偏弱有可能是因為熱帶對流系統中心的位置有所偏差所造成的。這裡特別要注意從婆羅洲西南部往西南直到蘇門答臘西南方印度洋

的低壓（氣旋）環流，顯示熱帶對流在這個區域的活躍程度。南海上低層西風模擬的正確與否，和印尼群島以及附近區域的熱帶對流模擬是否正確息息相關。

## （2）500hPa 高度場

接下來，我們要從 500hPa 高度場來看 CWB 與 ECMWF 模式分析場的差異，以及加入 IOP 觀測資料後對這種差異的影響。圖三(b)所示的是 EC 的 500hPa 高度場在從 110° E 到 130° E 平均的緯度與時間剖面圖。圖中顯示在南海西風爆發的前後（5 月 17 日至 6 月 1 日），從 10° S 到 20° N 的高度場有明顯的三波中層擾動加強訊號。自 6 月之後，高度場的南北結構也有所改變，在 15° N 至 20° N 附近有清楚的脊場出現。

將圖六（b）的 GT120r 和圖六（c）的 GT79r 結果與圖三（b）EC 的結果比較，我們發現 CWB 模式中的熱帶 500hPa 高度場的高度較 ECMWF 為高，而 GT120r 的高壓過強現象更甚於 GT79r。以 5 月 17 日至 6 月 1 日的三波中層擾動，高壓增強訊號來看，GT120r 的高壓過強現象在南半球的情況又要比北半球明顯。6 月以後在 15° N 至 20° N 附近的高壓脊場在 GT120r 和 GT79r 資料中其南北寬度比 EC 資料所顯示的較寬，這種差異也是 GT120r 要比 GT79r 更為明顯。GT120r 與 GT79r 的高壓過強以及高壓脊的南北寬度過寬的現象，和前面所看到的西風軸內西風過強以及赤道附近東風偏弱的現象是一致的。這些結果顯示 CWB 模式對於印尼群島附近的熱帶對流系統的模擬能力還需要改進。比較圖六（a）與圖六（b），我們發現兩個結果幾近雷同，顯示加入大陸的 IOP 探空資料對於南海附近以及東海的 500hPa 高度場影響是非常小的。

## 2. 高度場經向剖面

我們為了進一步探討模式間在季風肇始前後分析場的差異，將 5 月 6 日至 6 月 14 日這段期間以 16 天區分為四個時期，其中第一段時期（5/6~5/15）為季風肇始前，第二段時期（5/16

~5/25）為季風肇始時，第三段時期（5/26~6/4）為季風肇始後，同時又增加第四段時期（6/5~6/14）為南海季風全面爆發的時期。其中第一、二段與第四段時期都是有 IOP 加強觀測，可以和第三段時期（無 IOP）對照。

### （1）200hPa

根據上述的時間區段，分別比較四組資料在各層場的分布特徵（圖略），結果發現和 EC 資料相較之下，無論是西南氣流的演進、副高和南亞高壓的位置移動變化等，CWB 三組資料的分析場皆可確切地掌握，唯在強度上仍有明顯的差異。這種強度上的差異在高度場較可清楚看出。圖七為 GT79r、GT120r、GT120i 三組模式資料的 200hPa 高度場的緯向非對稱分量與 EC 緯向非對稱分量的高度場差值在 70° E 到 150° E 的平均經向剖面圖。這裡的緯向非對稱分量指的是減除緯向平均後的剩餘高度值。圖七(a)、(b)、(c)、(d)依序對應到前述四個時期的平均結果。圖中顯示在 200hPa 上 CWB 模式分析場和 EC 之高度差異在 10° S 和 20° N 之間幾乎都為負值，表示有強度偏弱的現象。但這些在熱帶的差異乃以 GT79r 與 EC 的差值最大，顯示模式解析度提高可以改進 200hPa 高度緯向距平（zonal anomalies）在 70° E 到 150° E 區域強度偏弱的現象。對於同是 T120 解析度的兩組模式資料而言其差異程度相當類似，在 10° N 以北才稍可辨識出。

我們發現不論是在 IOP 或非 IOP 期間，GT120r 的 200hPa 高度場平均而言較 GT120i 要低，這種差別在第四段時期最為明顯。另外，我們也注意到在熱帶區域，CWB 的三組模式產品和 EC 的差異均在第二段時期亦即南海季風爆發時期差異最大，而在第四段時期即南海季風已全面爆發的時期差別最小。這些結果顯示在 IOP 期間增加的探空資料對模式 200hPa 高度的分析場所造成的衝擊可能遠小於熱帶天氣系統所帶來的衝擊，也就是說模式本身特性可能比較高緯度的觀測資料對分析與預報結果影響更大。

## (2) 500hPa

圖八與圖七相同，但為 500hPa。圖中顯示與 EC 比較，除了 GT79r 於熱帶地區有強度偏弱的現象外，其餘則是明顯的偏強，平均而言以 GT79r 與 EC 最接近。由圖七和圖八所顯示的 200hPa 高度偏低和 500hPa 高度偏高，我們可推測 CWB 全球波譜模式（T79 和 T120）高層溫度場應有偏冷的情形，這一點與我們平時所注意到的模式系統性偏差是一致的。

雖然按高度值來看，GT79r 與 EC 較為接近，但是圖八（a）中的 GT79r 隨著緯度與時間的變化需要在這裡做進一步的討論。圖中 GT79r 在  $10^{\circ}$  N 至  $20^{\circ}$  N 之間其高度值較 EC 為高，但在  $10^{\circ}$  S 到赤道之間的高度值較低，顯示若 GT79r 和 EC 的差異是受到熱帶對流活動的影響，則這種對流活動的偏差有明顯的南北不對稱。從  $10^{\circ}$  S 到赤道之間的 GT79r 和 EC 差值最大的時間出現在第二段時期，而從  $10^{\circ}$  N 到  $20^{\circ}$  N 之間的差值最大時間出現在第四段時期，顯示這些差異與伴隨西太平洋副熱帶高壓往北移動的對流活動關係應是相當密切的，是以模式產品對於熱帶對流系統活動的特性應是非常敏感。

圖八中的 GT120i 與 GT120r 的 500hPa 高度值雖然比 GT79r 高，但是前二組資料隨緯度變化的結構和 GT79r 仍很相似。在赤道附近 GT120i 與 GT120r 和 EC 的差值雖以第二段時期為最小，但並無助於彌補 GT120i 與 GT120r 明顯的高度偏高的偏差現象。另外一個值得注意的現象是 GT120i，GT120r 與 GT79r 和 EC 的差值在  $17.5^{\circ}$  N 與  $20^{\circ}$  N 之間有不連續的現象，這個現象在 GT120i 與 GT120r 更是明顯，並隨南海季風全面爆發之後， $10^{\circ}$  N 到  $20^{\circ}$  N 之間與 EC 的差值增大而突顯出來。

為進一步探討在  $17.5^{\circ}$  N 與  $20^{\circ}$  N 之間的不連續現象，我們把從 6 月 5 日到 14 日的平均差值之空間分布圖顯示在圖九（a）、（b）與（c）中。圖九（a）與（b）非常類似，顯示 IOP 資料對於改變大範圍的模式系統性誤差影響是

相當有限。另外，圖中果然顯示大致在  $17.5^{\circ}$  N 與  $20^{\circ}$  N 之間的位置有模式差異不連續的現象， $17.5^{\circ}$  N 以南模式的差異明顯比以北的差異要大了許多，並且這個現象不僅僅是出現在南海上，同時也出現在印度洋與西太平洋。若比較圖九（a）與（b）和圖四（b），我們發現圖九中南海與西太平洋的不連續帶大致上與圖四中的西太平洋副高軸線相當吻合，顯示造成不連續的主因應該是 CWB 模式的熱帶高度場過高所致。比較圖九（c）與前兩圖，立即可以看到相對於 EC 熱帶高度場過高的現象也出現在 T79 模式，並且這些差異在 T120 比 T79 還大。造成這個不連續現象的原因目前尚不清楚，值得日後繼續追蹤觀察。從三組資料的比較，我們看不出來 IOP 所加放的大陸探空資料對於改變模式在熱帶區域的高度分析場有正面的影響。

## (3) 850hPa

圖十與圖七相同，但為 850hPa。我們看到在 850hPa 的差異與在 500hPa（圖八）有許多類似之處，強度方面以 GT79r 與 EC 最為接近；至於 GT120r 與 GT120i 兩組資料幾近雷同。三組模式和 EC 相比在北半球均是偏強。在  $25^{\circ}$  N 至  $35^{\circ}$  N，因有地形的影響，模式各自對地形處理方法又不相同，因此沒有參考價值。和 500hPa 高度場較為不同的是，在 850hPa 我們沒有看到在  $10^{\circ}$  N 到  $20^{\circ}$  N 之間 GT120i 與 GT120r 和 EC 的差異明顯地比其他緯度更大。在 500hPa 高度場所出現的  $17.5^{\circ}$  N 至  $20^{\circ}$  N 之間的不連續現象在 850hPa 也沒有出現。

根據以上這些比較，我們發現 CWB 的分析場對於南海季風爆發前後的風場和高度場轉變的時間掌握得還不錯，但是在強度上和 ECMWF 的分析場相比差異相當明顯。CWB 模式解析度從 T79 提高到 T120 之後，對於從  $70^{\circ}$  E 到  $150^{\circ}$  E 之間在 200hPa 緯向非對稱分量部分的的高度場平均高度偏低的現象有明顯的改進，但是對於 500hPa 和 850hPa 的高度場平均偏高並沒有改進。對於在南海與東亞 850hPa

西風軸區 CWB 模式西風偏強的現象，模式解析度提高後略見改進。整體而言，我們發現 IOP 期間在大陸上加放的探空對於調整模式分析場的偏差貢獻是相當有限。

## （二）預報場

目前氣象局現行的 NWP 預報作業校驗系統中，對於全球波譜模式是分區進行校驗的。在此，我們以模式在 NA（北半球）和 EA（ $20^{\circ}\text{N}\sim 60^{\circ}\text{N}$ ， $70^{\circ}\text{E}\sim 150^{\circ}\text{E}$ ）二個區域的 S1 得分（S1 SCORE）和異常相關（ANOMALY CORRELATION）這兩種校驗（陳等，1989），比較各組預報在 1998 年 5 月至 6 月的平均得分。

圖十一為對 24、48、72、96、120 小時預報的 S1 得分校驗，(a)、(b) 分別為 500hPa 高度場和海平面氣壓場。S1 SCORE 是用來評估模式對氣壓梯度的預報能力，大致可代表模式對綜觀尺度系統的相位與中緯度風場的預報能力。S1 值愈小表示模式的預報能力愈高。圖中顯示 S1 值隨預報時間的增加而愈大，即模式的預報能力愈低。NA 的 S1 值亦小於 EA 的 S1 值，表示模式對於較小的特定區域特徵預報掌握較差。三組結果的得分差異並不大，在 EA 的海平面氣壓預報可較清楚的看出以 GT79r 的 S1 值最高，顯示 T120 的預報能力仍是比 T79 稍好一些。另一方面，比較 GT120r 與 GT120i，我們發現多加了 IOP 在 06UTC 和 18UTC 大陸地區探空觀測資料的預報結果（GT120i），在當預報時間愈長時（例如：120 小時預報），不論是 500hPa 高度場或是海平面氣壓場預報得分的確略優於 GT120r，唯兩者的差異仍是非常有限的。

圖十二和圖十一類似，但為異常相關校驗（AC）。若預報和分析完全相符，則 AC 值應當為 1。通常 AC 值大於 0.6 時表示模式值得參考。圖十二的結果顯示特別是在 EA 區域，仍以 GT79r 的 AC 值最低，表示模式解析度的提高是有助於預報準確度的提升。此外，我們看到平均而言是以 GT120r 的 AC 值在三組預報結

果中最高，組間的差異性以 EA 的海平面氣壓最明顯，顯示是否加入區域性密集觀測資料對模式預報系統的強弱影響並不大，主要可能是因為觀測資料大部分的差異僅是在 06UTC 和 18UTC，且侷限於大陸地區，故能發揮的作用有限。

## 五、結語和討論

比較了在 1998 年 5、6 月南海季風實驗期間，三組氣象局全球模式的分析和預報結果彼此間以及與 ECMWF 模式分析場的差異。在 SCSMEX 的觀測期，氣象局的數值預報作業系統如同平時作業程序，接收 GTS 上的觀測資料進入作業模式的分析和預報系統。SCSMEX 結束後，氣象局又特別針對季風實驗期間未即時收到的密集觀測資料的加入與否，進行數組不同的數值模式預報與分析實驗。本文即是針對 CWB 的 T79 和 T120 兩種解析度的全球波譜預報模式之分析和預報結果，討論模式解析度的提高以及觀測資料的增加，對模式的分析和預報場有何影響。

結果顯示在 SCSMEX 期間大陸上加放的探空資料，對於模式的分析和預報場的影響相當有限。在分析場方面，我們發現加入的 IOP 資料可稍微改善 CWB 模式在南海季風爆發之後，低層西風軸西風過強的偏差。這裏的低層西風特別是指沿  $115^{\circ}\text{E}$  在  $10^{\circ}\text{N}$  和  $25^{\circ}\text{N}$  之間並隨季風的爆發與發展從南向北推進的 850hPa 西風。在預報場方面，我們發現加入了 IOP 資料，可以略微降低模式在 120 小時預報的 S1 得分，顯示這些資料可能對於改進模式對綜觀天氣系統相位的掌握有所助益。唯 S1 得分差別有限，預報結果比較的時間也甚短（二個月），因此結論的可靠程度尚需藉更仔細的研究工作與更多的觀測實驗方得證實。

除了探討 SCSMEX 期間 IOP 探空資料的作用之外，本分析報告的另一個重要目的是比較 SCSMEX 期間不同解析度全球模式的分析和預報結果。我們以 ECMWF 作業模式的分析

場作為參考標準，發現 CWB 全球模式從 T79 提高到 T120 之後，並不能減輕原有熱帶低層東風平均偏弱的偏差，但是原西風過強的現象稍獲改善。

比較了兩種解析度模式在 200hPa、500hPa 和 850hPa 的高度分析場之後，我們發現解析度提高之後使得 500hPa 和 850hPa 高度場緯向非對稱分量部分在 70° E 至 150° E 經度範圍內的平均值變大，然而在 200hPa 的平均值卻變小。與 ECMWF 的高度場相比，解析度的提高減小了 CWB 與 ECMWF 在 200hPa 高度場的差距，卻加大了在 500hPa 和 850hPa 的差距。此外，我們也發現解析度提高後在 500hPa 高度場的 17.5° N 至 20° N 之間出現了 CWB 與 ECMWF 差值不連續的現象，這個現象隨南海季風全面爆發趨於顯著，雖然現象的出現指向 CWB 模式的熱帶高度場過高，但究竟何致如此則是一個需要繼續追蹤探究的問題。

從 SCSMEX 的經驗當中，我們覺得整理彙編實驗期間所蒐集的資料，以致於探討不同的資料對於數值預報模式的分析和預報場的衝擊，的確是需要在實驗以前就審慎規劃的一項重要團隊工作。唯有經過嚴密的準備過程，才得以在觀測實驗進行的同時與事後進行完整的分析和預報研究工作。我們覺得在日後的觀測實驗，下列幾項工作必須要有清楚的規劃：

1. **觀測資料的收集**：需清楚區分例行性與實驗性觀測資料。  
為達此目的，在實驗開始前至少一年的時間就需要針對實驗重點區域建立觀測資料統計數據。
2. **觀測資料使用紀錄**：需清楚記錄例行性與實驗性觀測資料使用的情況。  
應當配合前項工作，在實驗開始以前即建立觀測資料被預報模式使用比例的紀錄。
3. **模式的預報初始場特性分析**：需清楚記錄模式開始預報之前的資料與實際觀測資料的差異性如何。

4. **模式輸出場量的設計**：模式輸出的場量在解析度上需做利用觀測資料校驗模式分析與預報場的最佳設計。

本研究工作因事前忽略了在這方面的設計工作，事後只能根據作業性的北半球（NA）與東亞(EA)區域所計算預報得分來評析實驗資料對預報的影響，可能因為考慮的範圍太大，難以凸顯實驗資料的影響作用，這是未來必須要改進的地方。

另外，在模式產品校驗與模式診斷方面，本報告結果指出未來有必要加強校驗 CWB 模式對印尼島嶼與東南亞海洋陸地一帶五、六月降水的模擬能力，並診斷熱帶降水和西太平洋副高的互動關係以及這些互動如何影響到南海低層風場。未來我們將直接利用探空資料校驗模式風場垂直結構，期望對解釋為何增加模式解析度後 200hPa 與 500hPa 和 850hPa 高度場系統性特徵各不相同能有所助益。

## 六、誌謝

感謝中央氣象局資訊中心滕春慈博士、秦照萍小姐在觀測資料分析方面的協助。對於目前本局數值天氣預報作業系統的流程和時程等細節，則是由中央氣象局資訊中心黃麗玫課長、劉政先生和林介峰先生提供完整的資訊，在此一併致謝。本文是在中央氣象局「氣象業務全面電腦化第三期計畫」與國科會計畫 NSC88-2111-M-052-005-AP7 下完成。

## 七、參考文獻

- 丁一匯，薛紀善，王守榮，曹清塵，孫源，柳艷菊，1999：1998 年亞洲季風活動與中國的暴雨/洪澇。南海季風爆發和演變及其與海洋的相互作用。氣象出版社。1-4。
- 王作台，謝信良，莊文思，1999：台灣參與南海季風實驗（SCSMEX）之說明與初步成果。第六屆全國大氣科學學術研討會論文彙編。17-22。

秦照萍，1998：氣象資料統計系統建立之研究。

中央氣象局八十七年度研究發展專題。

陳雯美，林松錦，蔡清彥，1989：中央氣象局  
全球數值天氣預報系統 1988～1989 預報  
校驗評估。氣象學報，35。263-280。

陳建河，劉其聖，馮欽賜，汪鳳如，蕭志惠，  
1994：中央氣象局第二代全球波譜模式之  
介紹。天氣分析與預報研討會論文彙編  
(83)。中央氣象局。1-10。

———，劉其聖，1997：中央氣象局全球模式  
之更新---T120 作業模式。天氣分析與預報  
研討會論文彙編(85)。中央氣象局。  
279-279。

譚允中，蔡翠壁，黎兆濱，1994：中央氣象局  
第二代數值天氣預報整體控制系統發展近  
況。天氣分析與預報研討會論文彙編  
(83)。中央氣象局。31-39。

# **A Comparison of the Products of CWB Global Forecast Systems during the Observational Phase of the SCSMEX**

Chi Pan<sup>1</sup> and Mong-Ming Lu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Meteorological Information Center, Central Weather Bureau, Taiwan, ROC

<sup>2</sup>Meteorological research and Development Center, Central Weather Bureau, Taiwan, ROC

## **ABSTRACT**

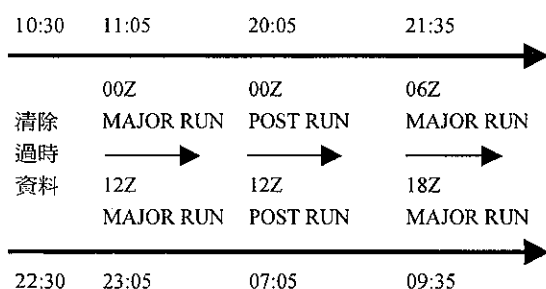
The inter-comparisons of the analysis fields produced by the Central Weather Bureau (CWB) Global Forecast Systems with T79 and T120 models during the observational phase of the SCSMEX (May 1 – June 30, 1998) are studied. The CWB products are also compared with the analysis fields produced by ECMWF. The comparisons of the products produced by the procedures of including and not including some sounding data over central China observed during the intensive observational periods (IOPs) are also made. In the analysis fields, the variables for study includes the 850hPa u-component over the South China Sea (SCS) area and its vicinities, and the height fields at the levels of 200hPa, 500hPa and 850hPa. As to the predictions, the S1 score and the score of anomaly correlations of 500hPa height and the sea level pressure over the Northern Hemisphere and East Asia are compared. Our results suggest that the additional sounding data have very limited impacts on the analyses and predictions. As for the aspect of the analysis field, the additional sounding data would slightly weaken the intensity of the over-estimated 850hPa westerly winds over the SCS. For the predictions, the included additional data improves the S1 scores. This implies that it may help improve prediction of the phases of synoptic systems. We find that such biases as weak tropical easterly winds at 850hPa can not be improved by increasing the model resolution from T79 to T120. However, the over-estimated westerly winds can be slightly improved after increasing the resolution. Finally, we find that neither including the additional sounding data nor increasing the model resolution can improve the model's positive bias in the eddy part of the 500hPa height field in Asia Monsoon tropical area.

Key words: Analysis and Predictions, SCSMEX, T79 and T120 models.



圖一 中央氣象局數值天氣預報作業時程表

Fig.1 NWP schedule in CWB.

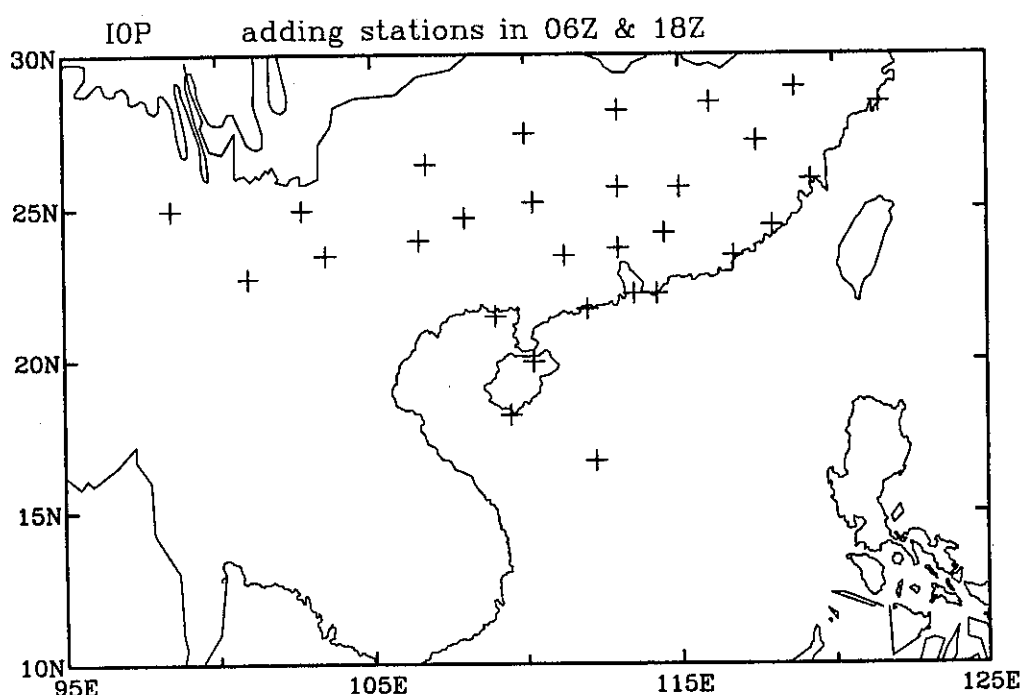


表一 中央氣象局數值天氣預報各時程的預報時數

Table.1 Run time of the NWP schedule in CWB.

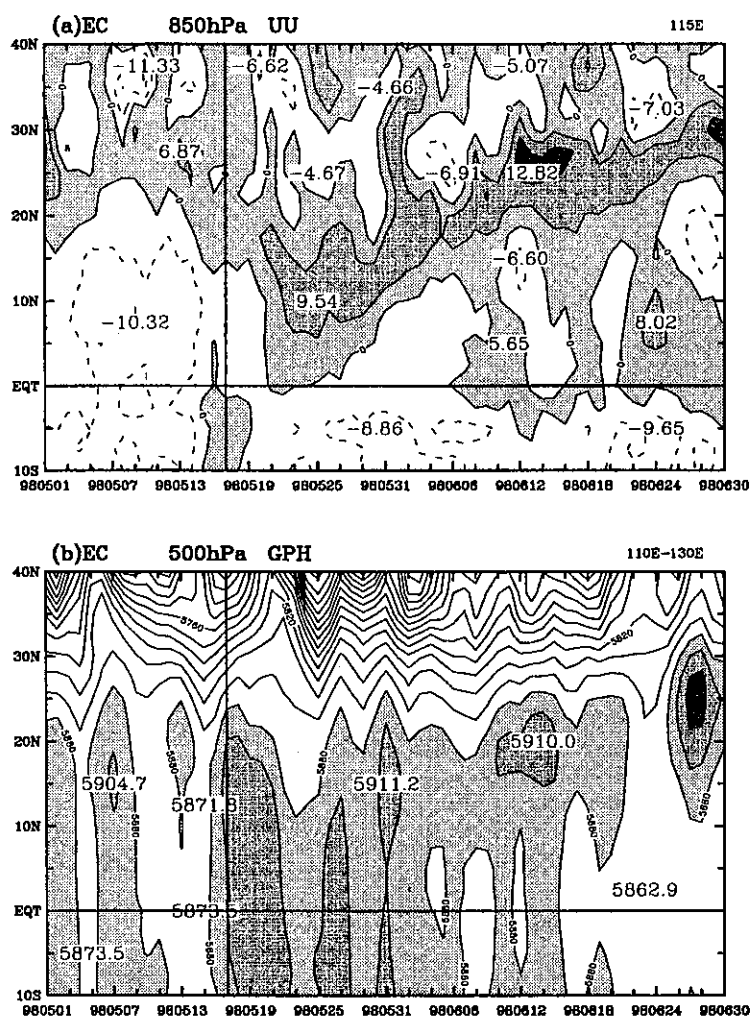
模式 預報時程	全球預 報模式	區域預 報模式	颱風預 報模式
00Z major run	000-072	000-072	000-072
00Z post run	000-012	×	×
06Z major run	000-012	×	×
12Z major run	000-192	000-072	000-072
12Z post run	000-012	×	×
18Z major run	000-012	×	×

單位：小時



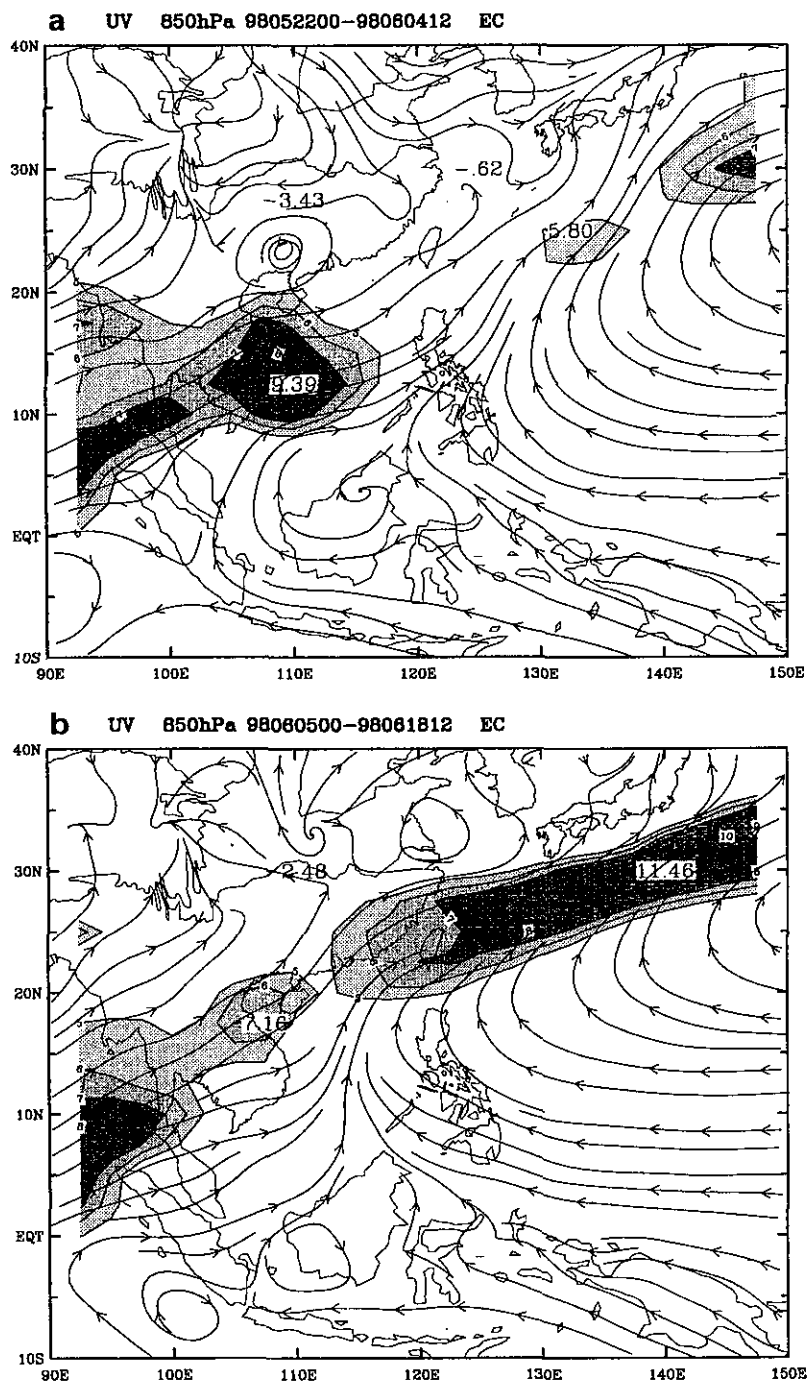
圖二 中央氣象局於南海季風實驗期間未即時收到觀測資料的測站，為實驗密集觀測期 06UTC 和 18UTC。

Fig.2 The station data not received by CWB during the period of the South China Sea Monsoon Experiment IOP primarily at 06UTC and 18UTC.



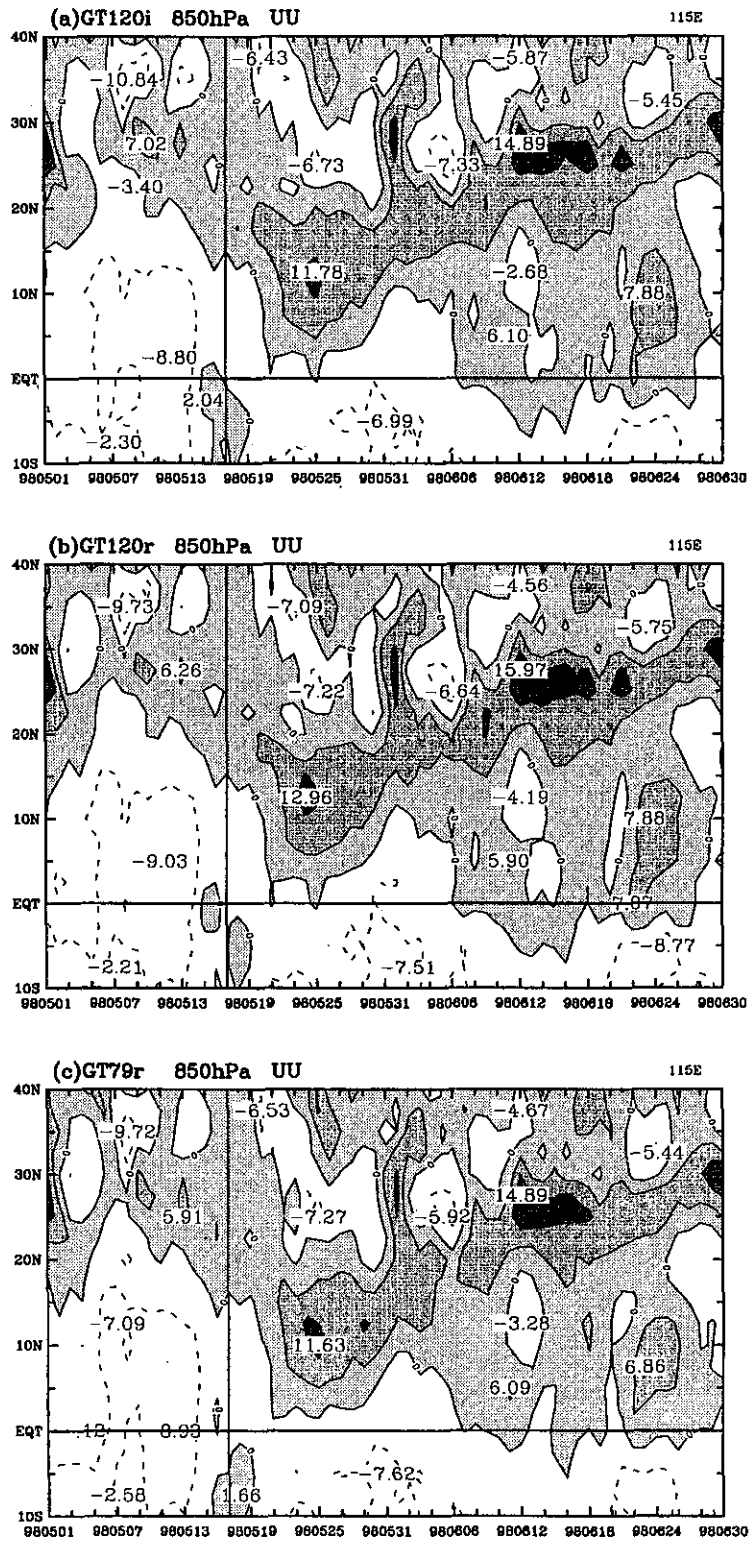
圖三 1998 年 5 月 1 日至 6 月 30 日 ECMWF 緯度 - 時間剖面圖，(a) 為沿 115° E 的 850hPa 緯向風，(b) 為 110° E - 130° E 平均的 500hPa 高度場。

Fig.3 ECMWF latitude-time cross-section for May 1 - June 30, 1998. (a) U component along 115° E at 850hPa. (b) 500hPa H averaged along 110° E - 130° E.



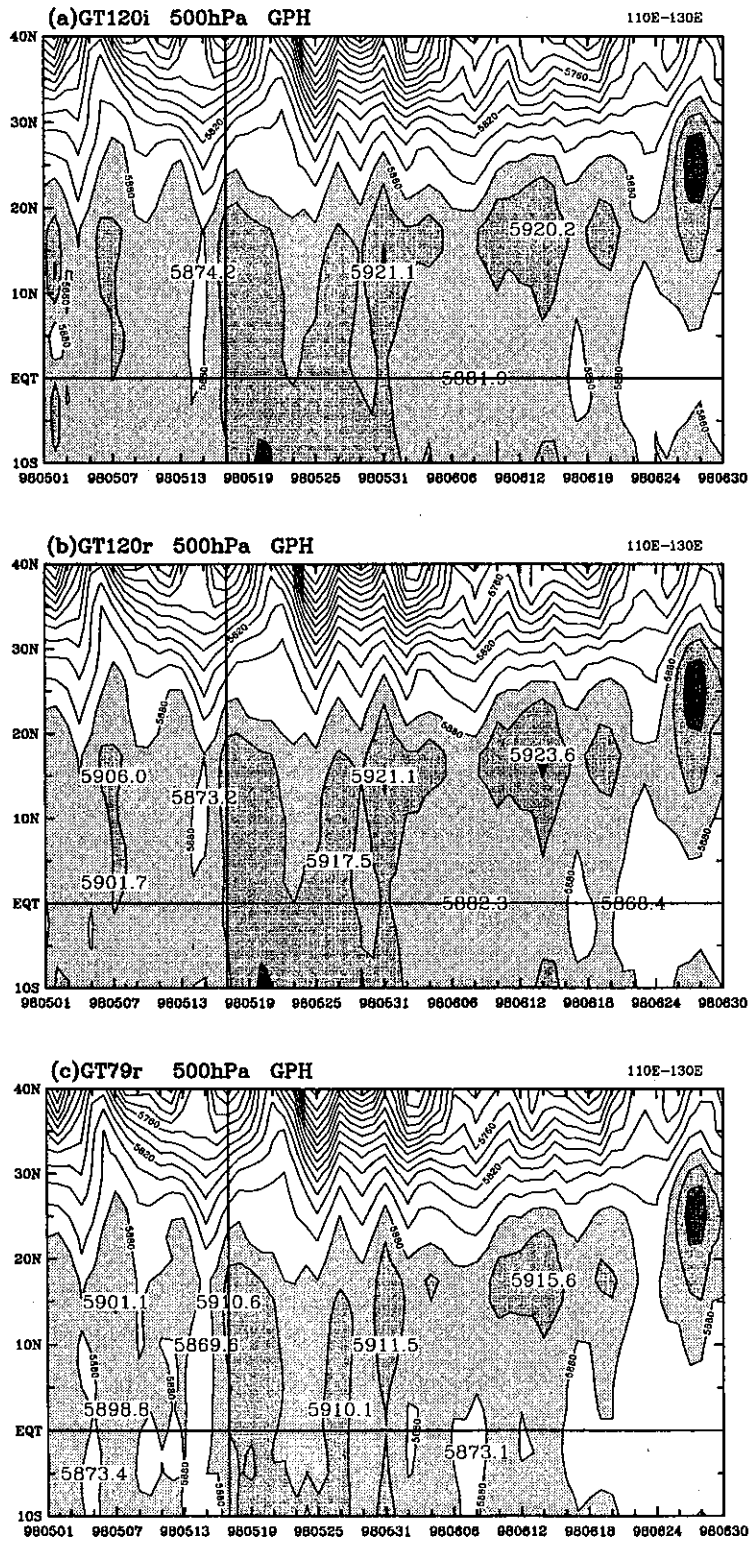
圖四 ECMWF 850hPa 平均流線場分布，陰影區為大於 5m/sec 的緯向風，(a) 1998 年 5 月 22 日至 6 月 4 日平均，(b) 1998 年 6 月 5 日至 6 月 18 日。

Fig.4 ECMWF averaged stream line field at 850hPa, the shaded area for zonal wind > 5m/sec. (a) May 22 - June 4, 1998. (b) June 5 - June 18, 1998.



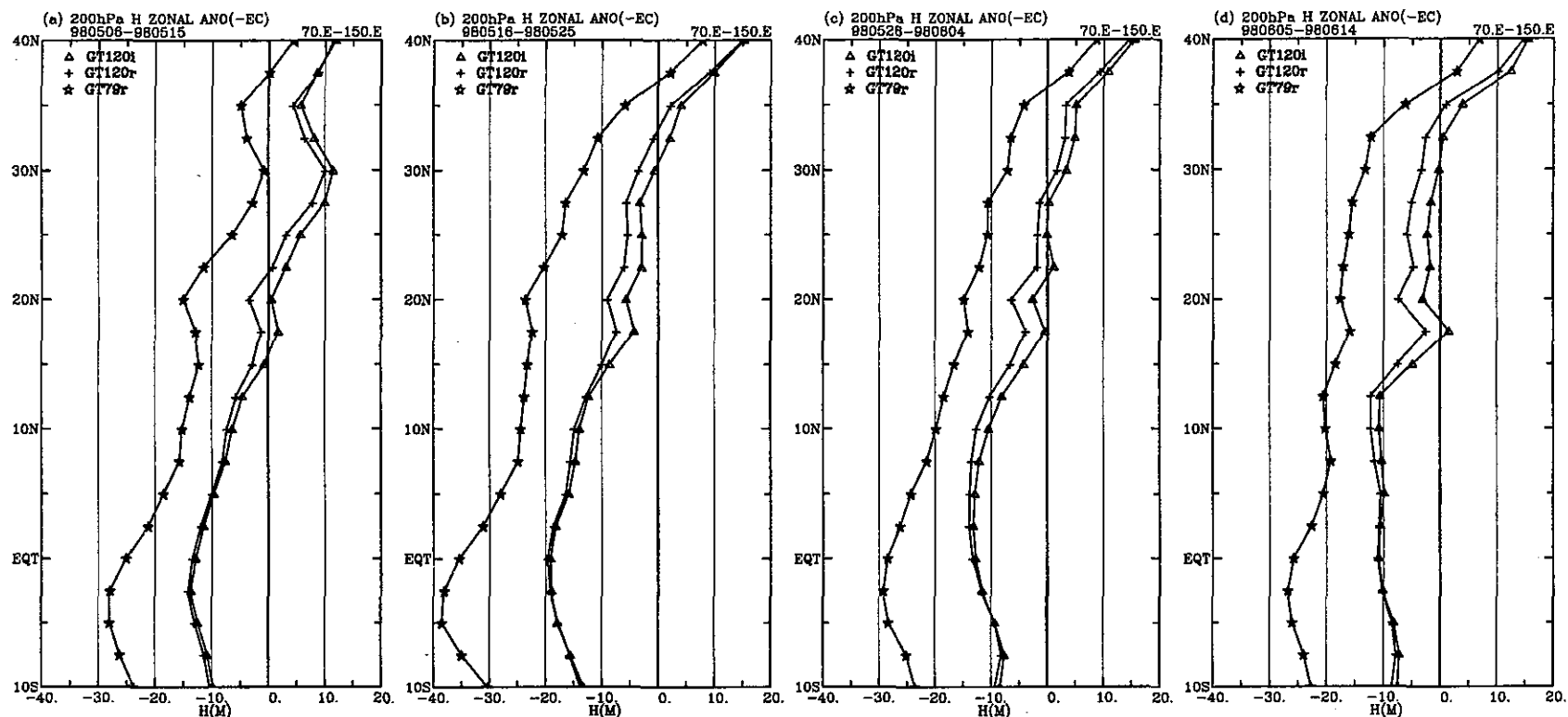
圖五 同圖三 (a)，但為 (a) GT120i，(b) GT120r，(c) GT79r。

Fig.5 As in fig.3 (a) but for (a) GT120i, (b) GT120r, (c) GT79r.



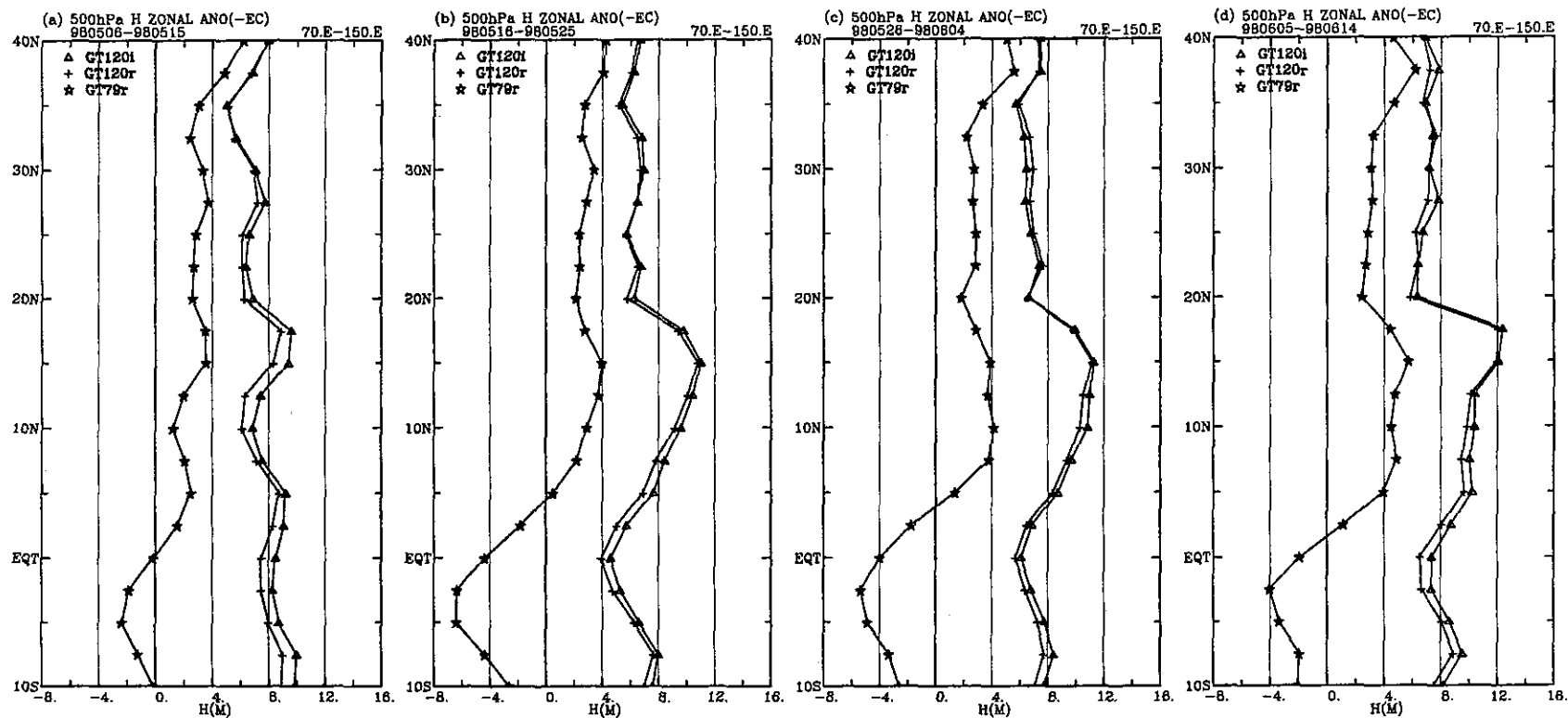
圖六 同圖三 (b)，但為 (a) GT120i，(b) GT120r，(c) GT79r。

Fig.6 As in fig.3 (b) but for (a) GT120i, (b) GT120r, (c) GT79r.



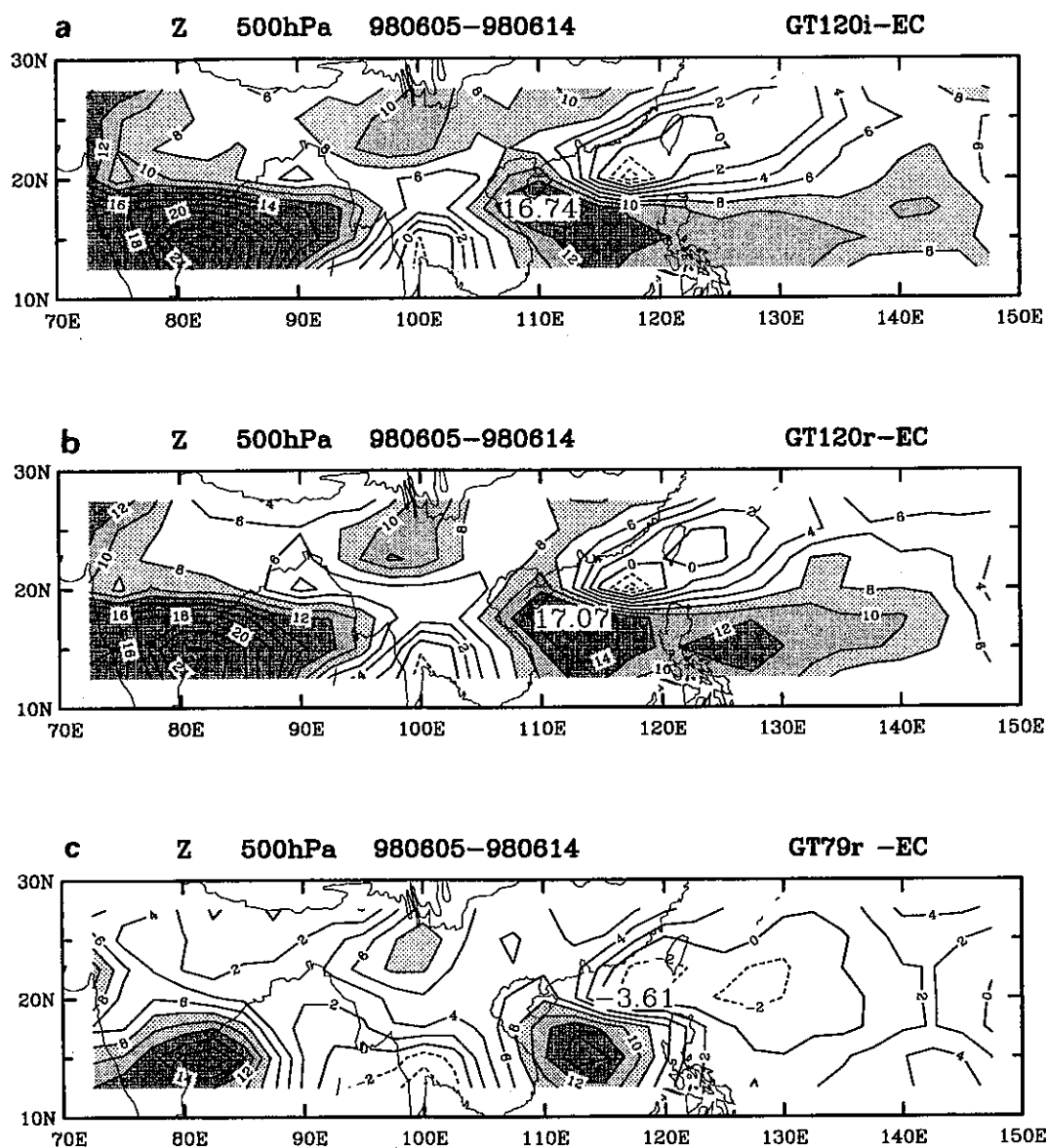
圖七 200hPa 70° E - 150° E 平均的緯度 - 高度偏差場剖面圖，圖中三條曲線分別為 GT120i, GT120r 和 GT79r 三模式各自減去 ECMWF 的結果，時間平均為 1998 年 (a) 5 月 6 日 - 5 月 15 日，(b) 5 月 16 日 - 5 月 25 日，(c) 5 月 26 日 - 6 月 4 日，(d) 6 月 5 日 - 6 月 14 日。

Fig.7 Latitude-height cross-section anomaly averaged along 70° E - 150° E at 200hPa, three curves are anomalies by individual GT120i, GT120r and GT79r with respect to ECMWF, time means are based on (a) May 6 - May 15, (b) May 16 - May 25, (c) May 26 - June 4, (d) June 5 - June 14, 1998.



圖八 同圖七，但爲 500hPa。

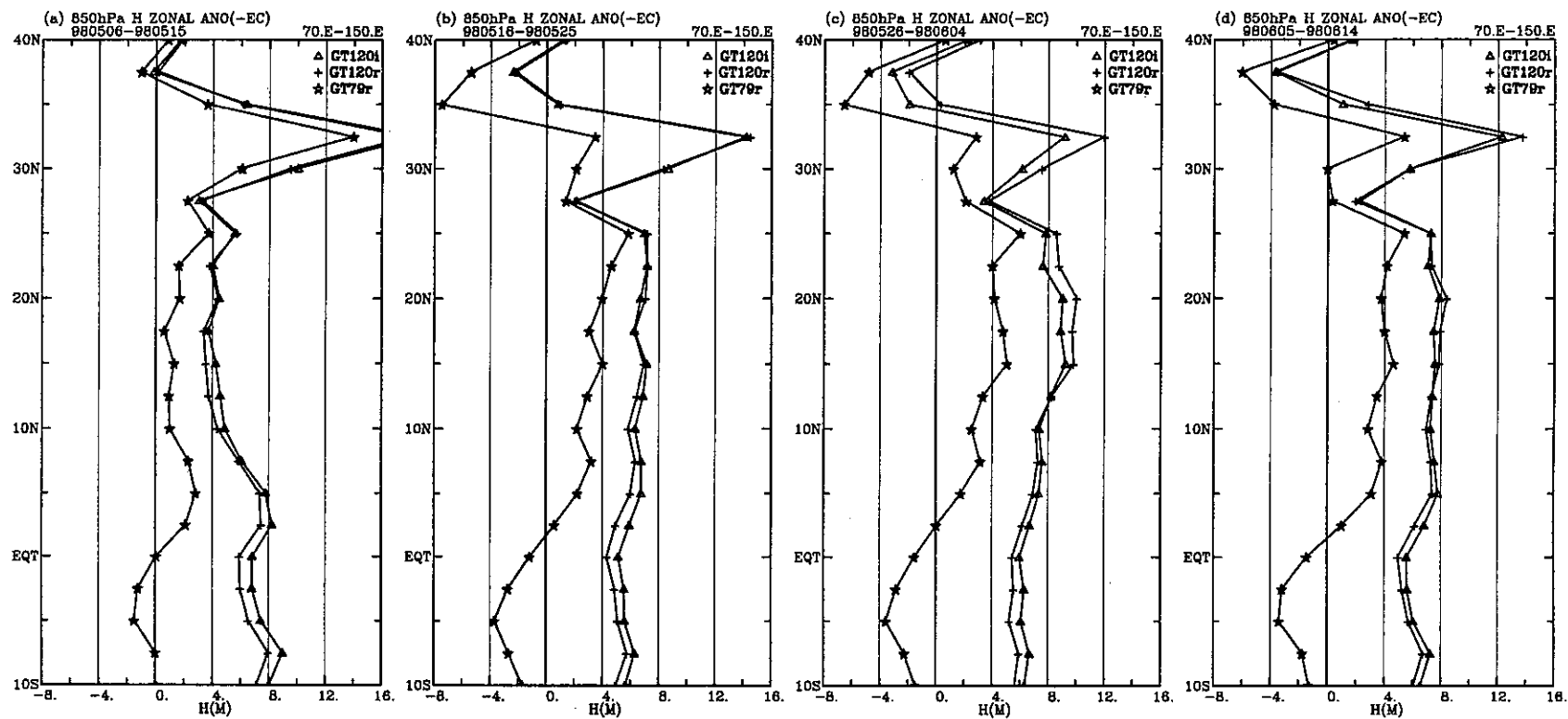
Fig.8 As in fig.7 but for 500hPa.



圖九 1998年6月5日至6月14日平均500hPa高度場偏差分布，分別為(a)GT120i、(b)GT120r，(c)GT79r各自與同時間平均的ECMWF的偏差。

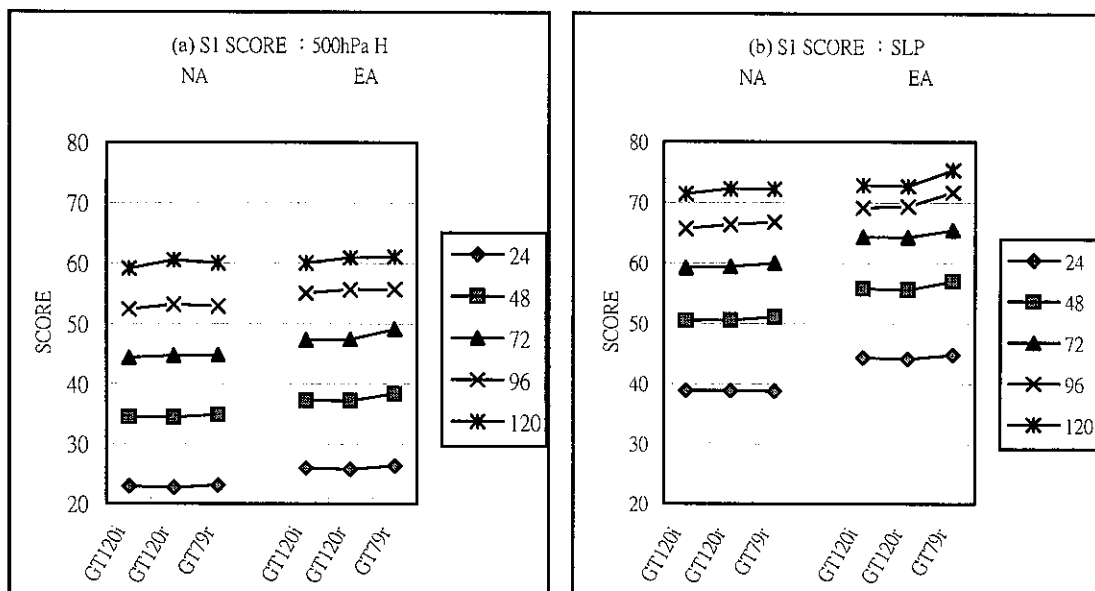
Fig.9 (a) GT120i, (b) GT120r, and (c) GT79r models's 500hPa height anomaly with respect to ECMWF for June 5 – June 14, 1998.





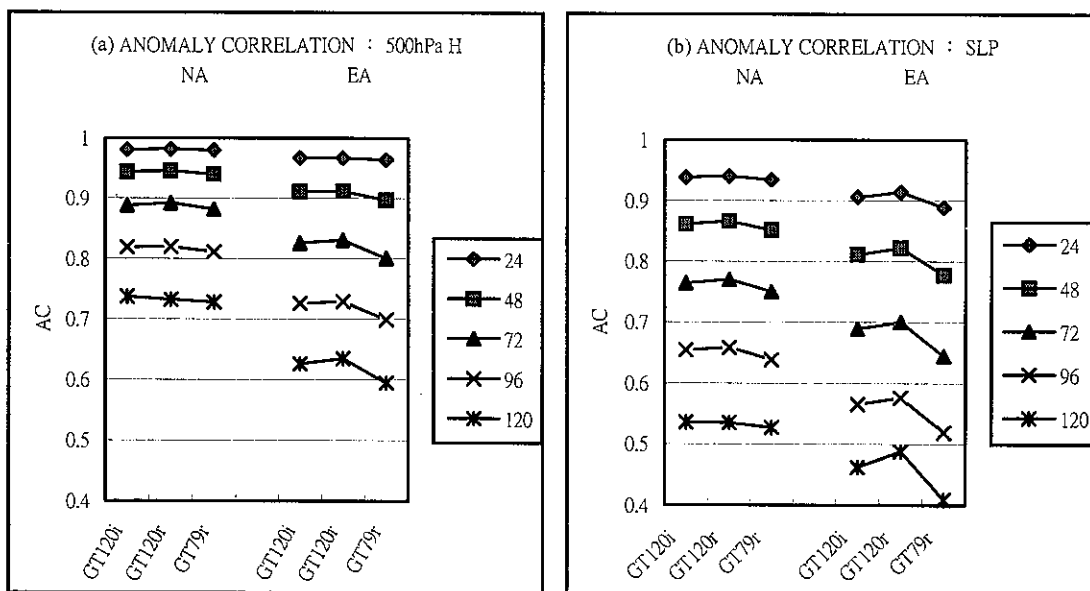
圖十 同圖七，但爲 850hPa。

Fig.10 As in fig.7 but for 850hPa.



圖十一 三模式 (GT120i, GT120r, GT79r) 24、48、72、96、120 小時預報 S1 SCORE 校驗圖, (a) 500hPa 高度場, (b) 海平面氣壓場。NA 為北半球區域, EA 為 20° N~60° N, 70° E~150° E。

Fig.11 S1 SCORE comparing three models (GT120i,GT120r,GT79r) for 24、48、72、96、120 hours forecasting. (a) 500hPa H, (b) sea level pressure. NA stands for northern hemisphere. EA is 20° N~60° N, 70° E~150° E.



圖十二 同圖十一, 但為 Anomaly correlation。

Fig.12 As in Fig.11 but for anomaly correlation.

# 颱風觀測分析與統計預報整合型研究 2000 年成果摘錄

謝信良 葉天降

中央氣象局

## 摘要

颱風是影響台灣最嚴重的災變天氣系統，為增進對颱風之預報與災害防治能力，行政院國家科學委員會將防颱防洪列為災害防治領域之國家型整合研究重點。颱風觀測分析與統計預報整合研究，即基於提升颱風預報能力之目的，結合國內氣象界從事颱風作業與有研究興趣之人士，組成研究群，從衛星觀測資料應用、統計預報方法發展、颱風路徑數值預報之改進、颱風風雨分布之分析與模擬以及無人飛機探空(aerosonde)觀測應用等方面進行各項研究。2000 年為三年期整合研究計畫之第二年，本文扼要摘述八個相關研究子計畫所達成之主要成果。

**關鍵詞：**颱風、降水預報、防災

## 一、前言

颱風是影響台灣最嚴重的災變天氣系統(謝 1986)，民國 85 年賀伯(Herb)颱風、86 年溫妮(Winnie)颱風、87 年瑞伯(Zeb)颱風、及 89 年象神(Xangsane)颱風，都在台灣地區造成重大的災害損失及人員傷亡。由於颱風的主要生命期係在海洋上，缺乏完整觀測資料，另外一方面也因為對其生成、發展、細部結構以及對影響其移動與強度之諸多因子缺乏整體性的瞭解，所以至今在颱風路徑與風雨預報方面仍有相當程度的誤差。為了減低颱風災害，則如何使颱風預報及預警能力再予提升即為重要課題，亦經列為現階段災害防治任務導向之國家型科技整合研究重點計畫項目之一(顏等，1997)。其中包含颱風資料庫之建立、颱風預報與警報作業流程之評估改進、颱風觀測技術之強化、颱風侵台期間之密集觀測與資料傳輸能力之加強，以及颱風路徑與風雨預報準確度之提升等皆是現階段重點研究項目(李，1997)。

1999 年在中央大學劉振榮教授、中央氣象局謝信良局長與顏泰崇主任、空軍氣象聯隊徐天佑聯隊長、中國文化大學劉廣英教授、楊明仁教授、劉清煌教授、民用航空局李金萬主任、

台灣大學李天浩教授、李清勝教授共同推動下，從事「颱風觀測分析與統計預報整合型研究」，分別從資料彙整、衛星觀測資料之應用、統計預報方法之發展、颱風風雨分布之分析模擬以及無人飛機探空(aerosonde)觀測技術之引進與應用等方面進行各項研究測試，以提升對颱風之預報能力。這些研究主要完成之工作包括：在衛星觀測方面完成以 Microwave Sounding Unit (MSU)資料估算颱風中心位置、暴風半徑及最大風速之方法，與建立以美國 National Environmental Satellite, Data, and Information Service (NESDIS)所發展雲導風估算方法為基礎之紅外線頻道雲導風估算方法；在降水統計預報方面針對平均法颱風降水預測做完整校驗並發展差異持續法以及利用風場建立迴歸颱風降水估計方法，提高颱風降水預測之準確度。在應用雷達觀測於颱風降水估計與分析方面完成了利用中正機場雷達資料發展颱風降水回波值與時降水量(Z-R)關係式，能較準確估算颱風降水量，並完成 CFAD (Contoured Frequency by Altitude Diagram) 雷達資料分析方法之建立。在引進無人飛機探空觀測方面則成立工作團隊，培養飛航操控、維修、保養與資料分析能力。詳細之研究成果可參考各研究

報告，謝與葉(2000)則做了重點節錄。

2000 年度「颱風觀測分析與統計預報整合型研究」主要在持續 1999 年度之研究，針對作業需求對各項工作做進一步之測試與功能擴充，於後第二節中將簡述研究進行之情形，第三節摘錄主要之成果，第四節為結論。

## 二、研究進行情形

謝與葉(2000)曾說明為期提升颱風觀測分析與預報之能力，國內氣象學者考慮了包括中央氣象局、民用航空局以及空軍氣象聯隊等國內氣象作業單位現今颱風預報作業之瓶頸與需求、以及目前較易落實之新技術，擬訂了五項重要的研究課題，包括：(一)進行衛星觀測資料應用研究，引用衛星資料以彌補海面上傳統觀測資料之不足，使作業上能對颱風之定位、風雨分布以及颱風附近流場有較完整的觀測資料做為預報依據。(二)進行統計預報方法之研究，以在數值模式預測尚未能取代統計預測法前，能應用颱風風雨統計預測方法提升颱風風雨預報之準確度。(三)颱風路徑數值預報之改進研究，針對中央氣象局現有颱風路徑數值預報模式，在初始化處理以及模式架構上之弱點，研發改進措施。(四)進行風雨分布之分析模擬與預報，利用雷達觀測分析以及數值模式，對颱風之風雨細部結構做更進一步了解，並由此逐步發展預報方法。(五)研究無人飛機探空觀測應用於颱風預報作業之可行性。

2000 年度「颱風觀測分析與統計預報整合型研究」共包含八個子研究，含前述第一、第二、第四與第五研究課題，第三研究課題則獨立為另一整合研究「颱風數值模擬與預報整合研究」(詳見吳，2001)。八子研究間及其與「颱風數值模擬與預報整合研究」間之關係如圖 1，研究內容重點為：

子研究 1:為由國立中央大學太空及遙測中心劉振榮教授所主持之「衛星微波資料估算颱風參數之研究(II)」，利用 SSM/I (Special Sensor Microwave Imager)衛星遙測資料估

算颱風強度、暴風半徑、以及降雨強度等颱風參數，並以此分析這些參數對颱風發展的影響。

子研究 2:為由中央氣象局衛星中心顏泰崇主任與陳嘉榮博士所主持之「同步衛星風場求取在颱風上的應用(II)」，建立利用 GMS-5 水氣頻道估計風場技術，延續已建立紅外線窗區風場估計技術於水氣頻道，並加強雲導風場之品質控制與雲高訂定，以達到建置更全面之衛星風場估計。

子研究 3:為由空軍氣象聯隊徐天佑聯隊長所主持之「應用衛星觀測資料預報颱風降水與閃電落雷之研究(II)」，此子計畫主要之目的在引用 GMS-5 衛星建立雷擊與降雨量等資料之相關性，以提升影響飛安及提升對颱風來襲時雷擊與降水的預報能力。

子研究 4:為由中央氣象局謝信良局長、葉天降博士、丘台光博士、與林雨我博士共同主持之「應用統計與類比法在颱風路徑與風雨預報之研究(II)」，主要在彙整中央氣象局現有之觀測資料與颱風降水與風力統計預測方法，計算及了解這些統計預測方法之預測誤差特性，並做改進，以提升颱風降水與風力預報之準確度。

子研究 5: 為由中國文化大學楊明仁教授所主持之「侵台颱風伴隨強風豪雨之雷達資料分析研究(II)」，主要引用 Radar Analysis System for Taiwan Area (RASTA, Teng et al., 2000)方法分析颱風侵台時所伴隨強風豪雨之特性，並以中正機場與五分山雙雷達分析賀伯颱風雨帶結構，進一步整理侵台颱風伴隨風雨之典型特徵和其演變的經驗法作為颱風風雨預報的參考。

子研究 6:為中國文化大學劉清煌教授與空軍氣象聯隊徐天佑聯隊長共同主持之「地形阻擋效應影響颱風環流及降水之研究(II)」，利用綠島雷達資料，研究颱風受地形影響所造成的環流場變化及降水區之分布，提出 Z-R 關係式以供預報及防災警戒之參

考。

子研究 7:為台灣大學李天浩教授所主持之「應用雷達資料與統計氣候模式建立北台灣定量降水預報模式研究(II)」,研究颱風區域降水預報並進行颱風降水模擬。

子研究 8:為由台灣大學李清勝與林博雄教授、中山科學院李文松博士和中央氣象局林民生組長共同主持之「台灣地區颱風實驗-2000 年無人飛機探空觀測(II)」,主要在強化無人飛機探空之觀測與維護能力,另外則持續做個案之測試飛行,與加強實際作業人員任務之編組與作業方案之研析。

### 三、主要研究成果

2000 年度「颱風觀測分析與預報整合型研究」八項子研究,主要完成之工作將分衛星觀測資料應用、統計預報、應用雷達觀測於颱風降水估計與分析、以及無人飛機探空觀測技術之引進等方面成果扼要摘列如下:

#### (一)衛星觀測資料應用

在颱風中心定位方面,由於自 1987 年即無飛機觀測資料,因此對颱風的中心定位主要仰賴衛星觀測。以地球同步衛星 GMS-5 衛星而言,其可見光之解析度可達 1.25 公里,紅外線之解析度則為 5 公里,若有繞極 NOAA 衛星則其解析度可提升為 1.1 公里,因此若颱風眼或雲之組織清晰時,依傳統的雲圖也可有效的訂定颱風之中心位置,尤其是在白天。但如有密雲之遮蔽或雲組織不利於中心之研判時,依雲圖所定之中心位置則可以有很大之不確定性。對颱風強度之研判,過去主要依據雲貌組織對颱風強度(T-number)予以分級,但對颱風之最大風速、暴風半徑、以及降水強度等,在作業上則都還欠缺有效的方法由衛星觀測得到較準確的估計。

在 1999 年由國立中央大學劉振榮教授主持之「衛星微波資料估算颱風參數之研究」工作裡,他們利用 MSU 微波頻道資料發展颱風中心定位、風速估計、及暴風半徑訂定等方法,

提高了颱風中心定位等參數之分析能力,尤其是當颱風中心附近有密雲遮蔽時。然而 MSU 觀測之解析度較低,為 107 公里,因此影響到分析結果之精確度。在 2000 年度之研究裡,劉教授主要應用 SSM/I(Special Sensor Microwave Imager)資料發展颱風中心定位、風速估計、及暴風半徑估計等方法。SSM/I 為被動式微波輻射計,包含 19.35 GHz、37.0 GHz 與 85.5 GHz 的垂直極化(V)和水平極化(H)頻道,以及 22.235 GHz 的垂直極化頻道。其中高頻 85.5 GHz 頻道掃描空間解析度為 12.5 公里,其餘的掃描的空間解析度為 25 公里,一次掃描線包含 1400 公里。

在颱風中心定位方面,劉教授利用 85.5 GHz(V)頻道之觀測,來尋找颱風中心位置。其方法是先大約估計颱風中心所在的區域,應用 GMS-5 雲圖為輔助先剔除可能造成誤判的強降水帶,然後再找出在這個區域中 85.5 GHz(V)頻道亮度溫度最低值的位置,將之定義為颱風中心位置。以他們所做 1997 年 8 月 14 日至 17 日溫妮颱風 7 次之中心定位結果為例,其定位和中央氣象局所發布之中心位置比較,平均差異為 38.7 公里,其中最大差異 81.8 公里是當溫妮颱風沒有明顯颱風眼時,顯示以此方法得到颱風中心定位之誤差不大。

在應用 SSM/I 資料進行颱風降水估計方面,劉教授是引用 Chiu(1990) 的降雨反演式,也就是以 19.35 GHz(H)的單一頻率來反演降雨量( $RR$ , mm/h):

$$RR = 5.26 \log \left[ \frac{102}{(274 - T_{b19H})} \right], \text{ 且 } T_{b19H} < 274$$

其中,  $T_{b19H}$  為 SSM/I 中 19.35 GHz(H)的亮度溫度(OK)。他們的結果顯示降水估計值大於 10 mm/h 的強降水分布,與 GMS 雲圖上雲帶的分布間,有非常好的相似性。同時颱風內環區 PIP 值(Precipitation Intensity Parameter,  $RR$  大於 5mm/h 區)的增加或減少,與颱風強度的變化趨勢間有很高的相似性。他們認為其結果比利用

T-number 所估算出來的颱風強度更客觀和合理，因此可利用這些降水強度參數來表示颱風強度的變化。

在颱風風速的估計方面，劉教授沿用 Hollinger(1989)海面風速( $WS$ , m/s)反演式：

$$WS = 147.90 + 1.096W_{b19H} - 0.455W_{b22H} - 1.760W_{b37H} + 0.786W_{b37H}$$

並依蔡(1996)之方法做修正。其中  $T_{b19H}$ 、 $T_{b22H}$ 、 $T_{b37H}$  與  $T_{b37H}$  分別為 SSM/I 中 19.35 GHz(V)、22.235 GHz(V)、37.0 GHz(V)與 37.0 GHz(H)的亮度溫度( $^{\circ}\text{K}$ )。

各地風速值求得後，他們認為距離颱風中心 150 公里範圍內的最大反演風速即可為定義颱風強度的依據，而暴風半徑則為自颱風中心向外到平均風速為 17.5 m/s 的距離。另外，他們也利用反演出來不同方位角的平均風速標準差分布來描述颱風的強度變化，他們認為由於傳統 T-number 方法的準確性與雲系結構相關，在有些情況下並不能對颱風強度做較準確的估算，因此 SSM/I 微波觀測的輔助應用，有助於改進颱風強度估算。

對大尺度風場之估計方面，由於洋面地區缺乏傳統觀測資料，以致利用衛星紅外線或水氣頻道觀測資料來追蹤目標之移動，而得所謂雲導風向量，成為彌補傳統觀測資料不足的重要作法。1999 年度由中央氣象局顏泰崇主任主持之「同步衛星資料估計風場在颱風上的應用研究」已建立 GMS-5 紅外線窗區頻道觀測資料推演雲導風場的方法(陳等 1998)，2000 年度顏主任主要沿用 NESDIS 的方法，進一步利用水氣頻道數據影像資料，求取水氣雲導風場。

由衛星觀測求取雲導風主要包括目標區選擇與位移向量計算、雲導風所在之高度決定、及對雲導風向量做品質管制等三步驟。顏主任計算水氣雲塊位移向量的方法基本上是依循他們對紅外線窗區法追蹤雲位移向量的方式(陳等, 1998)。在決定雲導風所在之高度方面，他們採用較為簡易且類似於紅外線窗區頻道雲頂高度指定法。其過程為：(1)將中央氣象局區域模式各網格點的垂直濕溫度分析場，輸入一名

為"MODTRAN"的輻射傳輸方程，以求得各網格點於 500hPa、400hPa、300hPa、250hPa、200hPa、150hPa 及 100hPa 各定壓面上，在 6.7 微米水氣吸收頻道波段，對外太空的輻射量(相當於水氣場的亮度溫度)；(2)將所得之各網格點，每個定壓面的亮度溫度，內差至 7 X 7 像元水氣雲塊中心之經緯度；(3)比較水氣雲塊內最冷的 20% 諸像元之平均亮度溫度代表該目標區之亮度溫度，與由(2)所得之亮度溫度垂直分布內插求出水氣雲塊所應存在之高度。對雲導風向量做品質管制方面，他們沿用 Manning and Haagensohn (1992)之方法，當某一水氣雲塊追蹤物的初步雲導風風速及風向，與數值模式內插後所顯示之風速或風向，其差異達 14m/s 或 30 度以上時，即剔除該雲導風。由他們對 2000 年 7 月 3 日 12UTC 啟德颱風(Kai-tak)實際個案於東亞地區之測試可見，水氣雲導風場與同時間之紅外線窗區頻道雲導風場相較，顯示較高密度之水氣雲導風場可更清楚顯示啟德颱風四周在 400hPa 以上之高層風場結構。

## (二)統計預測

在颱風降水統計預測方面，1999 年謝信良局長主持之研究裡，已彙整多種統計預測方法，並以台北降水做完整之預測校驗，2000 年度謝局長之研究主要在延續與擴充 1999 年之研究，以了解這些統計預測方法之預測情形隨地區之差異性。他們的結果顯示，台灣地區颱風降水和地形有相當密切之關係，各地較大降水發生時機是當颱風中心移到其氣旋式環流可吹向地形，當地處於迎風面時發生。從平均法對時降水量預測結果也顯示，迎風面地區之預測準確度較高，而背風面地區之預測準確度較低，如對西行颱風之時降水量預測，在台北新竹等迎風面地區之觀測與預測值相關係數較在花蓮台東等背風面地區之相關係數約高 0.05。另外他們也得到以下幾項結論：(1)平均而言北行颱風之降水較西行颱風之降水少，且以簡單統計方法做北行颱風降水預測之準確度較對西行颱風降水預測之準確度為低。(2)對所檢驗各

地區中，以西南部高雄與台南地區之颱風降水預測誤差最大。對北行颱風，西北部台中與新竹地區之颱風降水預測誤差也相對擴大。(3)除阿里山地區外，各地和台北之情形相似，對颱風定時定量降水預測之準確度皆不高，累積降水量對短時距降水震盪變化有平均之效果，而提高對其預測之準確度。(4)和對台北地區降水預測之情形相似，應用平均法進行颱風降水預測，因採用平均值，因此對較大降水都有低估的現象，引用差異持續法或比差法對許多地區能改進其部分缺失，因而提高颱風降水預測之準確度，其中又以對 6 小時累積降水預測之改善較為明顯。(5)平均法忽略個別颱風間之降水差異，差異持續法與比差法則能綜合考慮個別颱風因其移速、強弱、或含水氣量等因素所造成降水和平均值間之差異，因此能在持續性假設仍適用之情形下，提高颱風降水預測之能力。

在颱風風速統計預測方面，謝局長沿續其對颱風降水統計預測之作法，分析颱風來襲時較大風速發生之時機與統計預測方法之預測能力，討論的地區則包含台北與台南二地。他們研究之結果顯示，平均法風速預測可以定性的了解颱風來襲時較大風速發生之時機，但因引用平均值，使大於 10m/s 較大風速個案之預測皆偏小，無法有效分辨 6 級(10.8m/s)以上風速之發生。持續法風速預測則顯示，颱風風速較時降水有較明顯之持續性，因此以持續法做台北風速之預測，對延時為 6 小時以內之預測結果，皆較以平均法之預測結果為佳。他們以差異持續法對相同個案之預測校驗則顯示，差異持續法能保持平均法與持續法兩者之優點，使預測結果較以平均法或持續法之預測結果為優。然而，他們校驗結果也顯示，不論是那一種方法對延時為 12 小時以上之指定時間風力預測，其分辨 6 級風以上之能力皆相當小。

他們在預測某一時段內最大風速之結果則顯示，以平均法預測 6 小時以內最大風速之結果和以平均法預測風速之結果相似，皆低估較大風速個案；以持續法預測最大風速之結果則

較以持續法預測風速之結果為佳，如對台北於 6/12/24 小時內最大風速預測相關係數可由 0.57/0.29/0.15，改進為 0.68/0.52/0.37；以差異持續法則再提高預測能力，使對 6/12/24 小時內最大風速預測相關係數提高為 0.74/0.65/0.41，對分辨 6 級與 7 級風速之 ETS (Equitable Treat Score)值分別為 0.37/0.31/0.12 與 0.37/0.34/0.10。

為提高對 24 小時內最大風速之預測能力，謝局長的研究進一步將差異持續法做一些修改，以使用不同時段之差異值。結果顯示差異值之選取對風速預測結果有相當明顯之影響，其中差異值以應用最近 6 小時內最大風速與最大風速平均場之差，當作差異持續法之差異量，如此所得之預測結果最佳。以此方法，對台北 24 小時內最大風速預測之相關係數可由上述 0.41 提高為 0.56，對分辨 6 級與 7 級風速之 ETS 值也可提升為 0.25 與 0.21，有供作業參考之價值。

進一步比較台北與台南兩地颱風之風速預測，他們發現和降水預測相似，以台南作風速預測之誤差較台北風速預測之誤差大，但兩地間之差異較降水預測之差異少。若將颱風分為西行與北行兩類，則也和降水預測相似，以北行颱風風速之預測較困難，其中台北與台南兩地間以台北更明顯，他們認為這或許是因為地形之影響，使得對背風區何時風速將增強之研判更困難。而另一方面，他們也發現北行颱風中，最大風速一般較小，以台北而言，沒有平均風速大於 8 級風之個案，而達到 6 級風速之颱風也在 1961 至 1996 年中僅有 8 個颱風。針對西行颱風，他們以修改後之差異持續法做台北與台南兩地 24 小時內最大風速預測，其預測結果之相關係數分別為 0.60 與 0.54，分辨 6/7 級風速 ETS 值分別為 0.27/0.28 與 0.23/0.22，顯示此預測方法有供作業應用之價值。

### (三)應用雷達觀測於颱風降水估計與分析

1999 年在中央氣象局楊明仁博士主持之「侵台颱風伴隨強風豪雨之雷達資料分析研究」已建立了 CFAD 分析方法，並以中央氣象

局五分山雷達及民航局中正機場雷達的觀測資料為例，說明雷達回波 CFAD 分布圖可呈現出對流系統生命期之演變，如颱風雨帶之發展為「成熟期」或「緩慢衰弱期」等，這些資訊可用於研判颱風雨帶發展是否已臻於成熟，和未來降水演變可能的趨勢。2000 年度楊博士主要是利用中央氣象局科技中心鄧仁星博士發展的 RASTA 雷達處理軟體，分析賀伯(1996)颱風降水之特性。他們認為 RASTA 軟體主要引用追隨地勢座標，更適合於台灣複雜地形的編輯、內插、雙都卜勒合成及圖形顯示(Teng et al., 2000)。他們初步分析結果顯示，臺灣局部地形對於賀伯颱風造成的地面降水有重新分布的影響，雨帶在雪山山脈迎風面有增強的現象，而在雪山山脈背風面則有減弱的現象。由雷達徑向速度場可見在山前有明顯的輻合場，而在山後則有明顯的輻散場，當賀伯颱風接近北臺灣時，偏北的環流風場遇到東北西南走向的雪山山脈時，因山前的輻合及氣流爬升的效應，使得在該處的雨帶對流加強並降下較大的雨量。另外在賀伯颱風很接近臺灣北部時，他們也發現在臺灣東北部近海有一明顯的輻合帶產生，此輻合帶主要是因為颱風環流受中央山脈影響的繞流現象所產生，其強度甚至可以超過颱風眼牆雨帶的對流區。另外，在蘭陽平原南側的迎風面他們亦發現一強的輻合區及對流系統，而此輻合帶在颱風中心離陸地較遠時並不明顯。

這種降水受地形影響之現象和 1999 年中國文化大學劉清煌教授主持的「地形阻擋效應影響颱風環流及降水研究」以中央氣象局花蓮雷達站觀測 1998 年奧托(Otto)颱風、楊妮(Yanni)颱風、與瑞伯(Zeb)颱風所發現，當颱風外圍雨帶逐漸移進台灣地區時，雨帶受到地形的阻擋與抬升，使得回波有增強的趨勢相似。2000 年度劉教授是再利用綠島雷達之回波場，估計颱風雨帶到達東部時所產生的降水量。綠島雷達是空軍所有 C 波段都卜勒雷達，他們所選取個案為 1999 年 6 月 5 日到 6 日瑪姬(Maggie)颱風

之雷達回波，由此導出回波值(Z)與時降水量(R)Z-R 關係式，並利用東部沿岸地區之自動雨量站資料當作校驗。劉教授的作法是先將綠島雷達 0.3° 低仰角的去地形回波場，分別內插到 1 公里的網格點上，然後由所選取之中央氣象局東南沿岸共 6 個自動雨量測站的位置求出周圍 9 點之平均回波值，當作雷達在該測站所觀測的回波值。由於採用自動雨量站每 5 分鐘之累計雨量資料，因此以雷達觀測時間為準，取前後 5 分鐘之降雨量求出時雨量，再將所得之各測站於各時間之回波值時降水量，求出  $Z=aR^b$  中之 a、b 值。最後再將所有 456 個案之 a、b 值平均，得  $a=209.92$ 、 $b=1.36$ ，即  $Z=209.92R^{1.36}$ 。而由此式所估計之時雨量與觀測時雨量的相關係數可達 0.79，因此他們建議往後可以利用此 Z-R 關係式做時雨量之估計。

對集水區降水之預報，1999 年國立台灣大學李天浩教授主持之「應用雷達資料與統計氣候模式建立北臺灣定量降水預報模式之研究」，曾利用柯利京內插法(Kriging Method)建立一完整的台灣西部沿海風場，並建立降水量與風場主成份間之迴歸關係式。但對像烏溪流域等因歷史資料數量稀少的地區，則無法以相同方式建立可靠的單站颱風定量降水預報模式。針對於此，李教授進一步於 2000 年度發展區域性颱風定量降水預報模式。其模式是以所謂平均法或比值法為基本架構，將歷史颱風中心位置落於某一空間範圍內，所對應的所有測站歷史颱風時降水量紀錄值一併分析，而估計某一測站的降水強度，流域中所有測站的各個歷史時降水量資料皆有一由分析所得之權重係數，如此克服原本只考慮單一測站時，因資料數量太少而無法有效計算客觀預報值的問題。

由李教授所發展之降水預測模式，校驗經濟部水利處清流站、翠巒站、北山站與中央氣象局翠巒站，於賀伯颱風期間之降雨強度預測結果可見，對於降雨趨勢之掌握皆有著不錯之效果。對瑞伯颱風時，模式於水利處翠巒站、北山站與中央氣象局翠巒站之降水預測則較不



理想。他們認為主要原因是所發展之模式為氣候統計模式，對於類似瑞伯颱風侵台時有共伴東北季風，而不是單純由颱風所引起的降水，利用颱風中心位置和中心最大風速做為預報自變數，不能完全反應共伴東北季風對於降水強度的影響。

李教授另外也進行過山氣流數值模擬和降水參數化模式之研究，他是利用 NCSU/GFDM 模式 (North Carolina State University / Geophysical Fluid Dynamics Model)，模擬均勻風場受到平滑化之台灣地形作用時，其三維風場的分布情形，再以雲概念模式，描述高層雲滴藉由碰撞與合併的作用，將低層雲滴冲刷至地面形成地形增量降水的機制。由他對颱風期間常見之五種代表均勻流況之模擬結果顯示，當福祿數(Froude Number)大於 0.5 時，氣流可越山，且上游面無迴流區，亦無背風渦旋的形成。而福祿數小於 0.5 時，氣流繞山而行，上游面有迴流區，且下游面有背風渦旋形成。在降水分布上，當氣流越山時，迎風面有較大降水量，而背風面幾乎無降水。若氣流受到阻擋，則迎風面之降水量較小，而下游區因形成背風面渦旋，故降水量較氣流越山時為大。這些模擬結果可定性的解釋颱風旋流過山的現象及其降水的特性。

#### (四)無人飛機探空觀測之引進

在國立台灣大學李清勝教授主持下，透過中央氣象局、台灣大學以及中山科學院三方面之協助，在 1999 年已組成台灣地區無人飛機探空工作團隊，使無人飛機探空之維護、保養與觀測基地等基本問題獲得改善。另外也採購設備並進行試飛及建立資料接收整理與分析能力，為觀測實驗奠定基礎。2000 年李教授之研究主要在強化工作團隊、提高機動觀測能力、與進行實際觀測演練。

在強化工作團隊方面，2000 年度工作團隊再就任務之不同，區分為科學任務小組、飛行作業小組、作業支援小組、維修訓練小組及行政後勤等小組，並分別於 2000 年 5 月 19 日在

新竹湖口基地與於 7 月 15 日至 21 日在中科院屏東九鵬基地，進行飛行演訓與進行海上飛行實務演練，測試飛機妥善狀況、增進操控人員熟悉飛行、培養團隊合作之默契、與驗證團隊組織運作之機動性與效能。

在提高機動觀測能力方面，過去要進行飛航觀測時，往往需經繁複之前置作業以取得航管許可等，而影響時效性。針對於此，他們特別與國防部中山科學院、民航局等聯繫協調，請准予觀測團隊於颱風來襲期間，機動進駐基地與飛行空域之申請。經中山科學院同意於 2000 年 9 與 10 月期間，工作團隊能由台北出發，抵達九鵬基地後立即使用廠棚與跑道等基地設施，在最短時間內操控無人飛機探空起飛，以滿足颱風警報發布後，於 36 小時內進行颱風觀測之機動性。而此同時，亦得到中央氣象局之支持，提供檢校車一部，做為機動觀測期間之跑道臨時工作室。經由此年度之推動與測試，往後均可依此模式進行機動的颱風觀測。

對於無人飛機探空之起降基地，原來僅有一處位於屏東九鵬基地，為使無人飛機探空觀測作業有更大的變通性，並使對偏北颱風之觀測更有效率，李教授們乃積極在台灣東北部尋覓可供無人飛機探空起降之新地點。在聯勤總部之熱誠協助及經評估與飛行起降測試後，他們在宜蘭覓得大福基地為第二處起降基地。由於宜蘭距台北較近，可於 18 小時內完成起飛準備，有效的提升對侵襲台灣東北部颱風進行機動觀測之能力。

在實際觀測演練方面，2000 年第 19 號颱風雅吉(Yagi)直撲宜蘭，無人飛機探空團隊乃於決定觀測後 24 小時內進駐宜蘭大福基地，並於 10 月 25 日以及 26 日上午分別將無人飛機探空起飛升空，進行宜蘭沿岸至外海龜山島上空 2100 公尺高度下之海上環流觀測，並將資料成功地藉由行動電話以近乎即時方式傳回中央氣象局電腦進行資料分析與繪圖。由他們這此觀測資料可明確的顯示過去未曾觀測到之海陸地形摩擦效應引發之複雜大氣結構，證明無人飛

機探空觀測之實用性。而他們所做這次觀測個案也是無人飛機探空團隊首次針對颱風侵台期間的觀測行動，惟美中不足的因地面無線電發射與無人飛機探空控制台有故障，無法發揮 TDMA(Time Differential Multi-Access)通訊能力，導致無人飛機探空僅能維持在近海 20 公里範圍內飛行。通訊之問題也出現在 2000 年 9 月 6 日至 10 月 6 日，於日本石垣島進行之首次西北太平洋颱風無人飛機探空觀測實驗，據無人飛機探空澳洲原廠負責人 Dr. Greg Holland 向李教授們表示，澳日的聯合觀測活動期間，衛星通訊測試仍不盡理想。因此，改進通訊模組是日後提升無人飛機探空觀測能力之關鍵。

## 四、總結

2000 年「颱風觀測分析與預報整合型研究」為現階段災害防治任務導向之國家型科技整合研究全期三年計畫之第二年，在第一(1999)年之研究已達成多項具體成果(謝與葉，2000)，2000 年度共包括八個子研究，分別從資料彙整、觀測資料分析、統計方法建立以及加強颱風觀測等方面進行，以提升對颱風之預報能力。由 1999 年之基礎，並在八位主持人與各參與研究人員有效的推動下，都能完成預定工作，和展現初步之成果，主要完成之工作摘要如下：

在衛星觀測資料應用方面：完成應用 SSM/I(Special Sensor Microwave /Imager)來訂定颱風中心位置、估算颱風降雨和風速分布方法之建立與校驗，並建立應用地球同步衛星 GMS-5 水氣頻道求取雲導風向量之估算方法，使颱風預報作業有更完整之觀測資料可供參考。

統計預報方面：(1)對各簡單統計方法颱風降水預測做完整校驗，使對此預測方法之限制與誤差有完整了解；(2)發展區域性降水氣候預測模式，針對像烏溪流域等因雨量站歷史資料數較稀少，以致於無法建立可靠的單站颱風降水氣候預測模式之問題，提出解決方案；(3)完

成從 1961 到 1998 年間，在台北、台南、花蓮、與高雄等四站於颱風期間之風速資料彙整，並以各簡單統計方法對台北與台南颱風風速預測做校驗，使對這些預測方法之限制與誤差有進一步了解；(4)強化颱風預報作業雛型系統，完成即時資料之架接並實際引介颱風預報作業雛型系統至中央氣象局預報中心，供其在颱風預報作業中試用。

在應用雷達觀測於颱風降水估計與分析方面：(1)完成東部地區颱風降水與雷達迴波關係式， $Z=209.9R^{1.36}$ ；(2)完成 RASTA(Radar Analysis System for Taiwan Area)雷達處理軟體之安裝與實際颱風資料之分析；(3)引用過山氣流數值模擬與降水參數化模式，模擬均勻風場受到平滑化之台灣地形作用時之情形，結果顯示模擬結果可定性的解釋颱風渦旋過山的現象及其降雨的特性。

在引進無人飛機探空觀測方面：(1)實際進行無人飛機探空於台灣東南部外海 10 公里，持續 4.5 小時之大氣觀測，同時進行觀測資料即時傳送至中央氣象局之連線測試；(2)完成無人飛機探空團隊於颱風期間，機動觀測作業與飛行空域申請聯繫管道之建立及作業團隊人員之詳細任務編組；(3)取得宜蘭大福基地為屏東九鵬基地外另一無人飛機探空起降基地。

2000 年「颱風觀測分析與預報整合型研究」為全期三年研究之第二年，部分研究成果，如統計預測方法、RASTA 雷達颱風觀測分析方法、雷達觀測 Z-R 關係式，均能顯示其在作業應用之價值，但仍需依原定時程於轉移給作業單位做作業性之測試與建置後才能應用於實際作業。另外，部分研究則需依計劃進一步擴充其功能後才能達到實際作業應用之目的，如水氣雲導風之估算需擴充其高度訂定與品管功能，無人飛機探空需改進其衛星通訊能力等。這些工作正在國科會對我們最後一年之研究資助下進行，預期將在 2001 年逐一把各研究成果落實於實際作業使用。

## 致謝

本文在國科會 NSC89 - 2621 - Z- 052- 002 資助下完成，感謝中央大學劉振榮教授、中央氣象局顏泰崇主任、前空軍氣象聯隊徐天佑聯隊長、中國文化大學楊明仁教授與劉清煌教授、台灣大學李天浩教授與李清勝教授，提供他們的研究成果供彙整，同時感謝兩位審查委員提供寶貴意見。

## 參考文獻

- 李清勝，1997：防災國家型科技計畫規劃報告—防颱組氣象部分。顏清連等著防災國家型科技計畫規劃報告，附錄 1，1-12。
- 吳俊傑，2001：颱風數值模擬與預報整合研究—總計畫。89 年度防災專案計畫成果研討會論文彙編，NAPHM89-P01，國家科學委員會防災國家型科技計畫辦公室。11.1-11.6。
- 陳嘉榮，顏泰崇，與謝信良，1998：地球同步衛星雲導風場之推演與應用(I)：推演部分。氣象學報，42，313-330。
- 蔡文元，1996：SSM/I 資料於颱風強度估算和降雨特性分析上之應用。國立中央大學大氣物理研究所碩士論文，69pp。
- 顏清連，蔡義本，陳亮全，李清勝，許銘熙，林美聆，與羅俊雄，1997：防災國家型科技計畫規劃報告。國家科學委員會。47 頁暨附錄。
- 謝信良，1986：台灣地區氣象災害之探討。大氣科學，13，89-108。
- 謝信良，與葉天降，2000：颱風觀測分析與統計預報整合型研究 1999 年成果摘錄。氣象學報，43，61-70。
- Chiu, L. S., 1990: Rain estimation from satellites: Effect of finite field of view. *J. Geophys. Res.*, 95, No. D3, 2177-2185.
- Hollinger, J. P., 1989: DMSP Special Sensor Microwave/Imager Calibration/Validation. Final Report, Vol. I, 51 pp.
- Manning, K. W. and P. L. Haagenson, 1992: Data ingest and objective analysis for the PSU/NCAR mesoscale modeling system: Programs DATAGRID and RAWINS. NCAR Technical Note, NCAR/TN-376+IA, 209pp.
- Teng, J.-H., C.-S. Chen, T.-C. C. Wang, and Y.-L. Chen, 2000: Orographic effects on a squall line system over Taiwan. *Mon. Wea. Rev.*, 128, 1123-1138.

# **A Summary of Typhoon Observation Analysis and Statistical Forecast Studies in 2000**

Shinn-Liang Shieh    Tien-Chiang Yeh  
Central Weather Bureau

## **ABSTRACT**

Typhoon is one of the most hazardous weather systems that affected Taiwan area. Its associated strong winds and heavy rains often caused the most serious property damages and life losses among all the meteorological disasters in Taiwan. For the purpose of reducing the impact induced by destructive typhoons, studies on typhoon forecast and flood mitigation were considered and selected by the National Science Council as the highest priority of the National Science-Technology Research Program. An integrated research "Typhoon Observation Analysis and Statistical Forecast Studies" is one of the research projects under the Program. This report summarizes the second year major achievements of the eight member studies of this project in its three-year research period.

Keywords: Typhoon, rainfall forecast, hazard mitigation

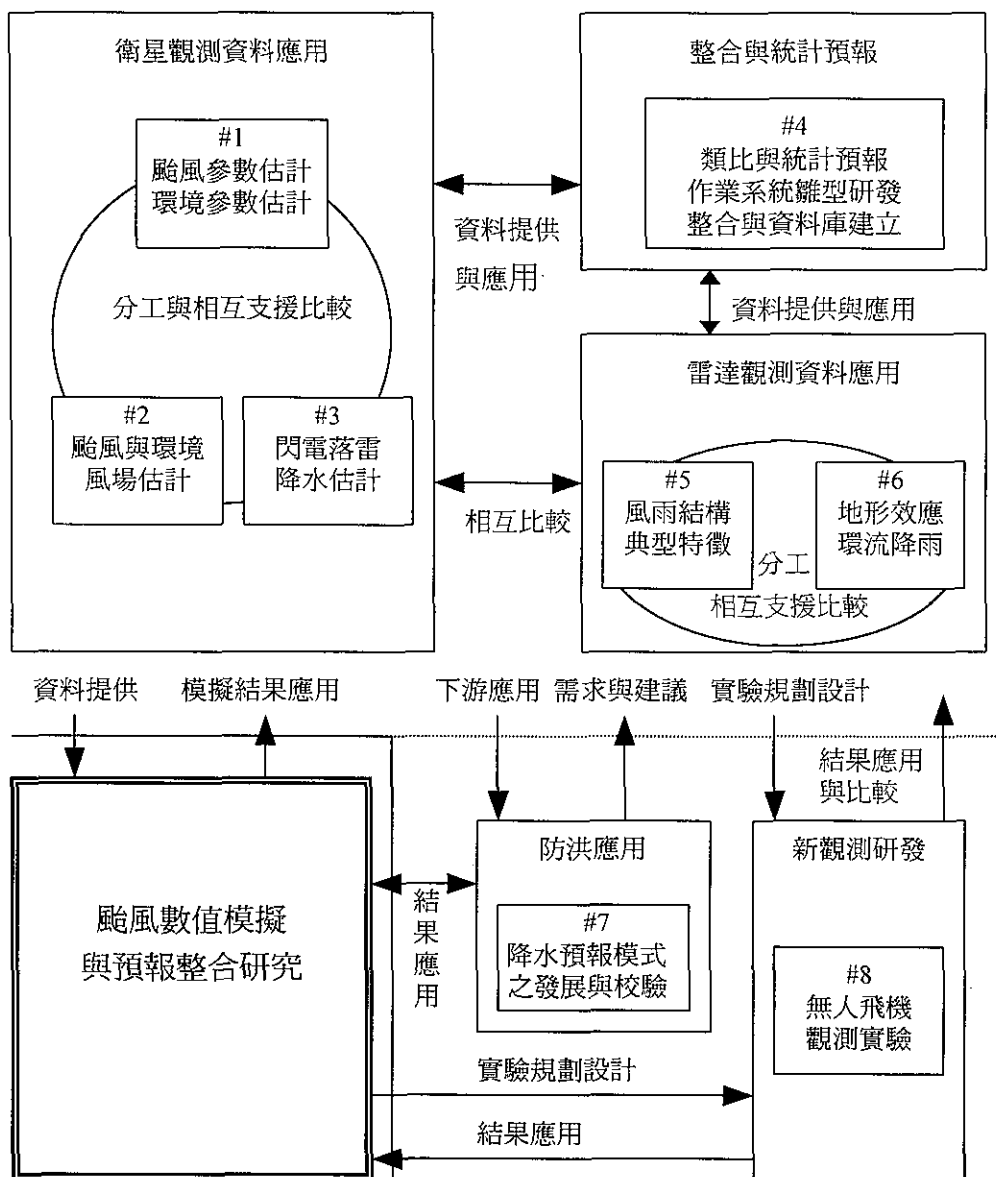


圖 1 颱風觀測分析與統計預報整合研究 2000 年各子研究間與其和颱風數值模擬與預報整合研究間之關係示意圖。



## 利用 GMS 的新頻道求取海溫和雲參數

郭國新<sup>2,3</sup> 曾忠一<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> 中央研究院物理研究所

<sup>2</sup> 台大大氣科學系

<sup>3</sup> 中央氣象局

### 摘要

1995 年發射的 GMS-5 號地球同步衛星，上面裝載的新一代可見光與紅外自旋掃描輻射計(VISSR)，較以往的 GMS 衛星多了一個紅外窗區頻道和一個水汽頻道。新的水汽頻道可以用來求取大氣中層無雲地區的水汽風，而新增的一個紅外頻道可用來做更準確的大氣訂正，以便決定輻射表面的參數，如海面溫度和雲參數。

本研究首先利用以三點法和改良式二閾值法為主要架構的三種不同濾雲方法，再藉由 ECMWF 資料設定合理的閾值來進行雲分析，並選取較理想的方法決定出合理的雲參數或晴空視場的亮度溫度。接著分別進行雙頻道法和單頻道法的大氣訂正工作，從而獲得雲頂溫度、雲頂高度、雲量等雲參數和海面溫度。然後利用兩種簡易的雲級分類技術，來模擬由外太空往地球表面看到的雲分布圖。最後，我們經由比較雙頻道法和單頻道法反演出來的海溫差異，來了解將原來的紅外頻道一分为二所帶來的衝擊。

關鍵字：地球同步衛星、GMS、海面溫度、雲參數

### 一、前言

在世界天氣守視網的任務下，全球有兩種氣象衛星系統，一是繞極軌道衛星，另一是地球同步衛星。由於繞極軌道衛星時間解析度低而飛行高度不夠高，無法顧及到中尺度（200～2000 公里）以上尺度的天氣系統演變，不利於氣象綜觀性的需求（林與曾，1994）。這方面的缺憾，可由地球同步衛星來彌補。

全球目前有 5 顆地球同步衛星，可以觀測到東亞大部分地區的是位於 140° E 赤道上空的 GMS（Geostationary Meteorological Satellite）。這種衛星涵蓋了極區以外的 25% 地球表面，主要任務是監測快速發展的風暴，並利用追蹤雲塊的移動來估計風向、風速。最近的地球同步衛星更具有求取海面溫度和由水汽影像決定風向、風速的能力，甚至可以用來探

測氣溫和水汽的垂直分布以及估計台灣地區的對流降雨（劉等，1992）。

在沒有常規觀測系統的地區，由衛星資料求得的雲資訊對研究氣候學和大尺度動力學相當有幫助，而且橫跨行星尺度到雲尺度的衛星雲圖能對大氣運動給予整體的描述，而眾所周知衛星雲圖也是研判天氣現象的最直接方法。如何減小雲反饋的不確定性問題，已是模擬全球氣候變遷的根本問題（Rossow, 1988）。因此，全球性的雲資訊偵測是非常重要的，這種需求也只有透過衛星才能獲得滿足。Inoue（1987）以繞極軌道衛星 NOAA（National Oceanic and Atmospheric Administration）攜帶的輻射計 AVHRR（Advanced Very High-Resolution Radiometer）11 微米頻道亮度溫度為橫軸，以亮度溫度差 BTD（brightness temperature difference，即 11 微米頻道亮度溫度減去 12 微米頻道亮度溫度）為縱軸，建立二

維直方圖，然後選取適當的閾值，由此分辨出積雲、層積雲、積雨雲、卷雲以及卷雲下有低雲等雲型。Saunders *et al.* (1989) 則藉由多頻道濾雲法辨認出 AVHRR 的陰天視場，並由此求出雲的方向半球反射率。

在全球氣候研究方面，在空間尺度 100 公里而時間尺度數天到數週的情況下，準確度到達  $\pm 0.3K$  的海溫才算有用，因為  $1K$  的海溫異常就會導致全球大氣環流型態的重大擾動，以致引起氣候變遷 (Smith *et al.*, 1995)。在海溫遙測方面，Legeckis and Zhu (1997) 用 NOAA-14 號衛星 AVHRR 資料求取出來的海溫當做參考，建立西半球地區的地球同步衛星 GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite) 8 號每天海溫遙測的迴歸方程，並且聲稱求取的海溫值與海上浮標測量值之間的標準差在  $1.0K$  以內。Smith *et al.* (1995) 則利用裝在實驗探測船上的 AERI (Atmospheric Emitted Radiance Interferometer) 儀器測得準確度在  $0.1K$  以內的海溫。這樣準確的海溫值，可用來驗證由衛星海溫值的準確度。由於海溫變化會影響黑潮走向，台灣水產試驗所利用衛星紅外輻射資料得到海溫變化，進而追蹤魚群的迴游。

衛星遙測過程都無法擺脫輻射表面性質變化和大氣成分削弱的效應，例如紅外雲圖亮度值受到雲量、卷雲、地表性質、自然與季節的溫度變化以及水汽吸收引起的臨邊昏暗 (limb darkening) 的影響，而可見光雲圖亮度值則受到衛星和雲的相對位置、雲和太陽的相對位置以及雲厚、雲反照率等的影響。這些因素都會造成各像元之間的亮度值無法直接比較，而大氣效應訂正就是要去除大氣因子對遙測資料產生的影響。

現在運轉中的 GMS-5 號衛星在 1995 年 3 月 18 日發射，上面裝載的輻射計 VISSR (Visible and Infrared Spin Scan Radiometer) 比以往的 GMS 衛星多了一個水汽頻道，並且將原來  $10.5$  到  $12.5$  微米的紅外窗區頻道一分为

二。至於星下點解析度，可見光頻道為  $1.25$  公里，紅外第一、第二頻道和水汽頻道為  $5$  公里。礙於昔日的 GMS 系列只有一個紅外頻道，因此只能進行單頻道的大氣訂正 (曾與黃, 2001; 井上, 1979)。由於 GMS-5 號現有兩個紅外頻道資料，因此可用多頻道法來進行大氣訂正 (Strong and McClain, 1984; 曾與朱, 1988; 陳建文, 1996)。大氣訂正的技術一般以多頻道法所得到的結果較理想，這個方法發展至今已二十幾年，其原理簡單明瞭，訂正效果廣受肯定。

本文的研究目的是透過雲分析過程來求取雲參數，包括雲頂溫度、雲頂高度和雲量。首先藉由濾雲法得到合理的雲參數和晴空亮度溫度，然後進行單頻道與雙頻道的大氣訂正工作，從而求取雲參數和海面溫度。最後經由比較這兩個方法反演得到的海溫結果差異，來了解 GMS-5 號衛星多了一個紅外窗區頻道所帶來的衝擊與影響。

第二節將介紹本研究的基本理論，第三、四節分別討論資料來源和雲分析法，第五節說明大氣訂正法，第六節和第七節討論研究結果並提出結論。

## 二、基本理論

在紅外區，假設輻射表面的放射率接近於 1，並且忽略大氣中的散射作用，則在局部熱力平衡假設下，衛星輻射計所接收到的紅外輻射強度  $I_v(\theta)$  可用下面的輻射傳遞方程表示 (曾, 1988)：

$$I_v(\theta) = B_v(T_s) \mathfrak{T}_{vs}^{\sec \theta} + \int_{\mathfrak{v}_s}^{\mathfrak{v}_v} B_v(T) d\mathfrak{T}_v^{\sec \theta} \quad (1)$$

其中  $T_s$  為輻射表面 (海面或雲) 的溫度， $\theta$  為衛星天頂角， $B_v(T)$  為溫度  $T$  波數  $\nu$  的黑體輻射強度。 $\mathfrak{T}_{vs}$  和  $\mathfrak{T}_v$  為透射函數，它們分別表示波數  $\nu$  處從輻射表面和從大氣某層到大氣層頂的透射率。

關於輻射傳遞計算方面，本研究是透過



LOWTRAN-7 程式套來達成的，這是由美國空軍地球物理實驗室（Air Force Geophysics Laboratory）在 1988 年發展出來的計算大氣透射率和向上輻射強度的應用程式套。它的適用波段為  $350$  到  $40000\text{ cm}^{-1}$ ，光譜解析度為  $5$  到  $20\text{ cm}^{-1}$ 。它可以計算出大氣透射率和大氣及表面放出的輻射強度以及其他參數。本研究採用  $5\text{ cm}^{-1}$  的光譜解析度來計算大氣層頂處的向上輻射強度。

如果輻射表面放出來的輻射強度不會因大氣影響而削弱，則可以很輕易的由衛星上觀測到的輻射強度推出輻射表面（地表或雲）的溫度。可是大氣中許多氣體成分或粒子都有削弱作用，而且不同的氣體具有不同的削弱光譜。因此，我們必須除去大氣因子對遙測資料的影響，才能求得較準確的地表或雲的資訊。這個除去大氣削弱影響的工作，就是所謂大氣訂正。

當天頂角變大時，幾何距離也隨著增加，距星下點越遠的輻射表面所放出的輻射受到大氣削弱也越大，這就是所謂的臨邊昏暗。視角訂正就是將傾斜光路上的輻射強度，訂正回到天頂角  $0^\circ$  時的值。就視角訂正來說，紅外頻道和衛星天頂角有關，可見光頻道則和太陽天頂角有關。經過視角訂正後主要影響衛星輻射觀測值的因子就只剩下吸收體含量的多寡了。由於 GMS-5 號衛星紅外窗區頻道中以水汽的影響最大，因此本研究對水汽的影響加以訂正，這就是所謂水汽訂正。其它吸收體因為影響不大，故以氣候建議值來代替。

在本研究中我們曾經以 1997 年 3 月 22 日（個案 1）東亞地區四個地點的歐洲中期天氣預報中心 ECMWF（European Centre for Medium-range Weather Forecasts）分析資料當成探空資料，水汽以外的其他大氣成分則選擇熱帶大氣模式（ $15^\circ\text{N}$ ）的氣候值，並使用潔淨模式（地面水平視程 23 公里），然後計算出大氣訂正值與衛星天頂角的關係。由這些關係可知，第二紅外頻道受到大氣削弱的影響比第一頻道大，衛星天頂角越大則視角訂正值越大，

而且水汽含量越多則水汽訂正值越大。

### 三、資料的來源與特性

本研究採用的資料主要有三大部分，第一為衛星資料，第二為經過同化後的分析資料，第三則為用來與衛星海溫做比較的實際海面溫度觀測資料。

衛星資料是由中央大學太空及遙測研究中心提供的 GMS-5 號衛星紅外和可見光數位資料。本文選取 0030UTC 的衛星資料來做研究，這個方式在時間上可以與 ECMWF（00, 06, 12, 18UTC，每六小時一筆）數值資料配合得很好，這也是使用地球同步衛星資料的一項優點。太空及遙測研究中心提供以台灣附近為中心的  $1024 \times 1024$  個像元（視場）的資料。本研究先將這筆資料進行幾何定位，再從中挑出包含東亞地區的  $640 \times 640$  個像元來做雲分析。

由於實際探空資料在空間上分布不均勻，而且海上的探空觀測太少，因此採用 ECMWF 所出版的 TOGA 資料檔，這個資料檔是該中心的標準作業化全球波譜預報模式所得到的資料，然後再內插到  $2.5^\circ$  經緯格點上（ECMWF, 1993）。本文採用 1000, 925, 850, 700, 500, 400, 300, 250, 200, 150, 100, 70, 50, 30 及 10hPa 等 15 層的溫度、重力位高度和相對濕度等參數來當做探空資料。為了使衛星資料與 ECMWF 網格資料在空間上能夠相配合，本研究將原本為高空透視投影（aerial perspective projection）網格的衛星資料與  $2.5^\circ$  經緯網格的 ECMWF 資料，藉由 Barnes 客觀分析格式（曾，1997）內插到藍伯特投影地圖的格點上。

本文使用的實際海面溫度資料有兩種：一為由國家科學委員會海洋科學研究中心提供的實際船測資料。基本上研究船都具有全球定位系統資料，所以每筆資料的地理位置是非常準確的。可是由於這個資料與本研究選取的 1997 年 3 月 22 日（個案 1）、1997 年 6 月 7 日（個案 2）和 1997 年 7 月 16 日（個案 3）等三個個案需要的晴空區域海溫資料，在時間、空間

上相配合的樣本數不多，因此另外再選用美國國家環境預報中心 NCEP (National Centers for Environmental Prediction) 的週平均海溫，它每隔一個經緯度有一筆資料。由於海溫變化緩慢，使用週平均海溫值當做實際海溫資料並不會產生太大的誤差。NCEP 週平均海溫因為樣本夠多，故在本研究中主要做為衛星海溫驗證的依據。本文選擇這三個個案的原因，主要是在這個時間東亞地區有豐富的雲系，而且台灣附近有夠多的晴天地區，可供同時反演雲參數和海面溫度之用。

有了上述三部分的資料後，我們先對資料做初步處理，主要以鄰近點檢驗 (buddy check) 剔除錯誤的資料，並且補充漏失的資料 (曾，1997)，如此才能使接下來的分析工作更趨於完善。

## 四、雲分析

衛星觀測資料除了提供雲圖做為天氣分析與預報的參考之外，還具有其他關於雲的資訊。此外，雲與輻射間具有強烈的相互作用，雲的時空分布在氣候系統中扮演著重要角色，更可用來驗證氣候模式。此外，雲的資訊對數值預報模式、大氣環流模式以及氣候模式中雲參數化問題相當有幫助，也可用在確定降水區域，並且估計雨量。透過雲分析的過程從衛星資料求取出雲資訊的同時，也可以獲得海面溫度等地表資訊。

本研究分別採用三點法 (three-point method) 和改良式二閾值法，再加上幾項判斷資料合理與否的閾值來進行濾雲工作，進而取得晴空或陰天視場資訊。在三點法紅外頻道濾雲 (詳細原理見曾 1988 或 Smith 1985) 方面，我們先將  $640 \times 640$  筆像元數位資料區分成  $20 \times 20$  個含  $32 \times 32$  像元的分析方塊，每一個分析方塊的解析度大約是 160 公里  $\times$  160 公里 (這樣的解析度對研究中尺度以上的天氣系統已經足夠)。接著再將每個分析方塊內的 1024 筆衛星資料建立成直方圖，直方圖就是頻數分

布圖。假如表面是均勻的，則直方圖的頻數應當呈現常態分布。因為常態分布下的平均值就是出現頻數最多的值，故可從直方圖左側推定陰天亮度溫度和標準差，而從右側推定晴空亮度溫度和標準差。

為了使三點法所求出的冷、暖側亮度溫度更合理，並且善用 ECMWF 資料，本研究採用 ECMWF 的溫度資料來設定下列兩個閾值：

$$TIR1 > ECT1000 - MAXIR1 \quad (2)$$

$$TIR2 > ECT1000 - MAXIR2 \quad (3)$$

其中 TIR1 代表紅外第一窗區頻道的平均亮度溫度，TIR2 代表第二頻道的平均亮度溫度，ECT1000 代表 ECMWF 資料的 1000hPa 溫度值。MAXIR1 代表第一頻道大氣訂正值的最大數值，MAXIR2 和 MAXIR1 一樣，但為第二紅外頻道。在這裡假設 MAXIR1 為 10K，而 MAXIR2 為 12K。(2)和(3)式是任意定的，主要目的是篩除不合理的平均亮度溫度值，可說是一個經驗公式而已。

由三點法求出的兩個頻道暖側平均亮度溫度值如果同時各自滿足(2)和(3)二式的話，就當成是合理的值，否則就視為不合理。不合理的改由其它合理的部分內插求得。另一方面，由三點法求出的兩個頻道冷側平均亮度值如果同時不滿足(2)和(3)式，就當成合理的值，否則視為不合理，這樣就可以把這個分析方塊視為晴空。(2)和(3)式並不嚴謹，但基本上可以保證用三點法求得的晴空亮度溫度和陰天亮度溫度更加合理。本研究取 ECMWF 的 16 層 (上面提到的 15 層再加上地表) 溫度與重力位高度資料來定義每個分析方塊的探空剖面。將上述方法得到的雲頂亮度溫度與探空剖面資料比較，就可獲得大氣訂正前的雲頂高度。此外，也可以決定出雲量。

如果由三點法求出的暖側和冷側的亮度溫度值足以代表分析方塊內晴空和雲區的亮度溫度值，就可求出準確的雲量估計值。有時因為分析方塊樣本點太少，求出的兩個頻道暖側亮度溫度值不能同時滿足用 ECMWF 資料所設定

的閾值限制。此時我們以 ECT1000 – 10K 代替第一頻道的暖側平均亮度溫度值，以 ECT1000 – 12K 代替第二頻道的值。由輻射表面放出的輻射受大氣削弱的實際情形來看，這些替代值的確比較接近真實的情況。上面是只用紅外頻道進行雲分析的結果，完全沒有考慮可見光提供的資訊。

做完了用紅外頻道的雲分析以後，接著加入可見光頻道資料做雲分析，這樣會增加準確度。首先對原始可見光資料進行視角訂正，我們直接引用 Bellon *et al.* (1980) 採用的方法，將各視場反照率乘上  $(\sec \theta_s)^{1/2}$ ，其中  $\theta_s$  是太陽天頂角。接著我們使用改良式二閾值法 (Liu, 1986) 對反照率進行分析。這個方法結合了上面提到過的三點法和 Coakley and Baldwin (1984) 的空間相干法這兩個雲分析統計法的優點，詳細內容可參考 Liu (1986) 的論文或曾 1988 這本書，這裏不再詳細說明。本研究以改良式二閾值法由反照率求出雲量，從而確定一個視場是否晴天（雲量為 0）、陰天（雲量為 1）或部分被雲遮蔽（雲量在 0 到 1 之間），由此可進一步求出雲頂亮度溫度。

為了得到更準確的結果，我們再度引用(2)和(3)式兩個判斷式對上面得到的雲頂亮度溫度進行篩選，求得大氣訂正前的雲頂亮度溫度和雲頂高度。至於大氣訂正前的晴空亮度溫度可再引進 BTD 值(第一紅外窗區頻道亮度溫度值減去第二頻道值)來當做另一個篩選工具。它是應用晴空輻射表面的 BTD 值較大（但一般大於 2.0K 的值表示晴空視場內有薄卷雲出現），而低層積雲區域 BTD 值很小的原理來設定 (Inoue, 1987)。這個方法是從這些分析方塊中選出 BTD 值符合設定範圍，並且第一頻道大於某溫度的部分，取它們的亮度溫度平均值來當做該分析方塊的晴空亮度溫度。這般多重的篩選步驟，無非是想給予接下來的大氣訂正工作提供最合理的資料，以保證最後結果的準確性。

在雲量方面，假如求出的第一頻道地表亮

度溫度滿足(2)式，則利用改良式二閾值法求出的雲量是可以接受的。如果求出的地表亮度溫度不滿足(2)式，則雲量就重新求取。如此一來，我們併用可見光和紅外頻道資料以及 ECMWF 資料，求出雲量的分布。對於廣闊的雲區來說，這個方法可以求出較為準確的雲量估計值，減少因分析方塊樣本點太少而無法得到正確地表平均亮度溫度以致錯估雲量的機會。

## 五、大氣訂正

由第 4 節中所說的方法決定出來的輻射表面亮度溫度，在經過大氣訂正後，就是輻射表面溫度估計值。大氣訂正包括視角訂正、水汽訂正及高度訂正，將在下面說明。

在視角訂正方面，因為表面放出的輻射隨幾何距離而變動，假設這種效應為  $\sec \theta$  的二次式，則可用下列非線性迴歸模式 (Abel and Gruber, 1979) 來表示：

$$I_v(0) = I_v(\theta) + \beta_0 + \beta_1(\sec \theta - 1) + \beta_2(\sec \theta - 1)^2 + \beta_3 I_v(\theta)(\sec \theta - 1) + \beta_4 I_v(\theta)(\sec \theta - 1)^2 \quad (4)$$

藉由上式可將因衛星天頂角變大時而引起的臨邊昏暗，訂正回到衛星天頂角  $0^\circ$  時該有的輻射強度，這就是視角訂正。在紅外區水汽是重要的吸收體，現在的 VISSR 由於具有兩個以上的窗區頻道，可用多窗區頻道法 (曾與朱, 1988; Strong and McClain, 1984) 進行水汽訂正，使用下面的線性迴歸模式：

$$T_s = A_0 + A_1 T_1 + A_2 T_2 \quad (5)$$

其中  $T_s$  為輻射表面溫度， $T_1$  和  $T_2$  分別為第一和第二紅外頻道觀測到的亮度溫度。若輻射表面是海面，就不需要高度訂正。因為本研究考慮到雲的存在，因此增加高度訂正的項目，這主要是因為水汽的含量隨高度急劇減少，而水汽是影響這兩個紅外窗區頻道最主要的吸收物質。

我們將輻射表面粗分成地表、低雲、中雲和高雲等四種，並將高度訂正配合視角訂正一

起處理。對於每一種輻射表面的兩個紅外頻道波段，給定多組的表面高度、表面溫度、溫溼及其它吸收體的垂直分布，再變動衛星天頂角，就可以透過 LOWTRAN-7 程式套的協助，模擬出衛星在這兩個紅外頻道所觀測到輻射強度的大量統計樣本，如此就可以決定(4)式的迴歸係數，這些迴歸係數已經計及高度訂正與視角訂正。同理，給定多組的表面高度、溫溼及其它吸收體的垂直分布，令衛星天頂角為  $0^\circ$ ，再變動表面溫度，就可以藉由 LOWTRAN-7 程式套，模擬出衛星在這兩個頻道觀測到的亮度溫度和表面溫度的大量統計樣本，這樣就可以求出(5)式的迴歸係數，同樣的這些迴歸係數值已經具有高度訂正與水汽訂正的合併效應了。

圖 1 顯示本研究範圍的四個區域，每個區域都是 10 個經度乘上 10 個緯度的大小，每一區域有 25 組 ECMWF 的探空資料。如果要模擬衛星觀測到的地表放出輻射強度，則給予該區多組的地表溫度和地表高度。同樣的，要模擬衛星觀測到的雲頂放出輻射強度，就需給予該區多組的雲頂溫度和雲頂高度。本研究參照日本氣象衛星中心雲級分類技術，將雲分成低雲、中雲及高雲三種：

- (a) 低雲介於 1000 到 700hPa，雲頂溫度以 850hPa 的值來代表。
- (b) 中雲介於 700 到 400hPa，雲頂溫度以 500hPa 的值來代表。
- (c) 高雲則在 400hPa 以上的高度，雲頂溫度以 400hPa 的值來代表。

為了探討單獨使用一個頻道與兩個紅外窗區頻道來進行大氣訂正的差別，本研究另外從事單頻道訂正工作。首先，我們對經過濾雲後的雲頂與晴空亮度溫度進行視角訂正的工作。在單頻道視角訂正方面，則直接引用林與曾（1994）利用 LOWTRAN-7 程式套求出的經驗公式，即將每個視場的輻射強度乘上  $(\sec \theta)^{1/8}$ 。

單頻道訂正法直接使用輻射傳遞方程來求出輻射表面溫度  $T_s$ ，詳細步驟可見曾與黃

（2001）的論文，不在這裡贅述。相較於進行雙頻道訂正時為了簡化計算工作而將表面高度歸類為四層的做法，依單頻道訂正法進行水汽訂正的方法顯然省事得多了。

## 六、研究結果

在雲分析方面，上面已說過，第一個方法是先利用三點法選取冷側亮度溫度，再配合(2)與(3)式兩道閾值進行篩選；第二個方法則是改良式二閾值法。由上述兩種方法得到的雲頂亮度溫度分布若與同時的紅外衛星雲圖（圖 2 和圖 3）比較我們發現，幾處雲頂亮度溫度低值處（如日本本州東部和台灣北部海域、中國東南和東南海域）也與紅外衛星雲圖的亮度低值區域相互吻合。雖然這兩種方法得到的雲頂亮度溫度分布大都能掌握住衛星紅外雲圖的分布概況，但仔細比較這兩個方法的結果不難看出彼此間仍然存在著差異，例如第一個方法得到的分布是這兩類中較均勻的，而第二個方法得到的分布則充分顯現出不連續性質。為了選取最合理的冷側亮度溫度來代表實際雲頂亮度溫度，本研究的第三個雲分析法是先由三點法求出各分析方塊的亮側和暗側平均反照率和標準差，並將它們當做改良式二閾法中的判據，進而求出陰天視場亮度溫度，再配合 (2) 和 (3) 式的兩道閾值進行篩選，得到最後的雲頂亮度溫度，其結果如圖 4 和圖 5 所示，這是結合可見光、紅外衛星資料和 ECMWF 資料的結果。

有了雲頂亮度溫度，就可按由氣溫垂直分布得到大氣訂正前的雲頂高度。將這個雲頂高度分別與同時的紅外衛星雲圖（圖 2 和圖 3）相比較可以發現，雲頂高度的高值區域與紅外衛星雲圖上亮度溫度低值區互相對應，同時從日本綿延到中國東南的雲帶特徵也都明顯地掌握到。再比較第一和第二紅外頻道得到的雲頂高度分布情形可以發現，兩者的差異很小，這是由於兩頻道性質接近的緣故。兩者都顯示，中國大陸東部附近、台灣東部外海、日本本州東北部以及渤海北部有高雲的分布。

在雲量的求取方面，本研究用上述三個方法計算雲量分布，圖 6 和圖 7 分別是第二個方法和第三個方法得到的結果。將這三個方法求出來的雲量與同時刻的可見光衛星雲圖（圖 8）相比較可以發現，三者都能充分掌握住雲分布情形的特徵。可見光衛星雲圖中，在（135° E, 18° N）一帶有一簇雲團，這個較微小的分布特徵，在圖 6 和圖 7 中都有出現，而第一個方法則平滑掉這個特徵。此外，第一個方法對於渤海灣和朝鮮半島東北部的晴空範圍也沒有正確掌握住。再比較圖 6 與圖 7 的差異我們發現，除了在數量上雲量不同外，兩者在（110° E, 18° N）附近，圖形明顯不同。藉助 Paint Shop Pro 應用軟體將紅外衛星雲圖放大觀察後，發現此區亮度較暗，雲量應當較小（對雲量計算公式而言），所以圖 7 比圖 6 能表達這種訊息。因此，第三個方法得到的雲量結果比較準確。必須注意的是，上面都是只考慮一層雲（而且是黑體雲）所求的雲量結果。用同樣方法獲得的另外兩個個案的雲量分布與同時的可見光衛星雲圖相互比較之下同樣顯示，求得的雲量分布與可見光雲圖的圖形特徵配合良好。

有了合理的雲頂亮度溫度和雲頂高度，就可進行大氣訂正。在單頻道訂正方面，訂正後的雲頂高度分布與同時的衛星雲圖相比較，也能得到良好的對應關係。同時比較第一與第二頻道兩者訂正後的雲頂高度差異我們發現，兩者之間仍然存在些微的相異處，例如第一頻道在日本區域的雲頂高度就比第二頻道訂正結果高，這種誤差可能是輻射傳遞計算不夠準確所造成的。就個案 1 來說，訂正後兩頻道雲頂高度不同的比例約占 9.4%，雲頂溫度差的絕對值大於 1K 的部分占 12.6%，大於 2K 的部分只占 4.8%。這兩個頻道訂正後的雲頂溫度，均方根差為 0.672K，偏倚則為 -0.395K。因此兩頻道資料用單頻道訂正法得到的訂正結果還算良好。為了解訂正前後雲頂高度的變化情形，我們計算兩者之差，發現絕大部分雲頂高度大於 3 公里以上的中、高雲在訂正後雲頂高度上

升，而約有 2/3 小於 3 公里的低層雲訂正後雲頂高度下降。雲頂高度下降的比例在第一紅外頻道占 29.7%，第二頻道則占 27.8%。因此就這個個案來說，訂正後雲頂高度上升的部分較多，這說明了大部分的區域在訂正後雲頂溫度下降。上面已說過，大部分區域的雲頂高度在訂正後呈現上升的現象。再挑出雙頻道訂正法所取的範圍來分析，發現訂正後雲頂高度下降的部分，第一頻道占 58.1%，而第二頻道則占 60.5%。這個結果顯示，對大部分在這個範圍內的分析方塊來說，訂正後雲頂溫度是上升的。

在雲參數雙頻道訂正方面，圖 9 和圖 10 是訂正後的雲頂溫度和高度分布。必須注意的是，本研究四個區域外的範圍仍依照距離遠近的關係，挑選四區域中的一組迴歸係數來進行訂正，因此原則上只有研究範圍內的訂正結果可拿來和單頻道的訂正結果做比較。如果不考慮卷雲的影響，對輻射表面較高的雲層來說，因為從它的雲頂表面到衛星輻射計間的光程比地表到衛星輻射計間的光程短，再加上越高處水汽含量越少，所以訂正前後溫度差越小。研究結果顯示，輻射表面高度越高則大氣訂正值越小，越低則訂正值越大。對這個個案來說，1000hPa 高度層的大氣訂正值，在第一和第二頻道都集中在 3K~4K 左右，500hPa 高度層的訂正值集中在 2K 以內，到了 300hPa 高度層大氣訂正值就更小了。至於訂正前後雲量變化與雲頂高度的關係，則如圖 11 所示。由圖 11 可以看出，低雲在訂正後雲量減少，而中高層雲在訂正後雲量反而增加。分析另外兩個個案，也同樣地可歸納出這種結論。

接著比較在選定的四個區域內，單頻道與雙頻道訂正法雲頂溫度的差異。我們發現，第一頻道與雙頻道訂正法兩者的均方根差為 1.518K，偏倚為 -0.323K；第二頻道訂正與雙頻道訂正法兩者的均方根為 1.959K，偏倚則為 -0.073K。

本研究再仿照日本氣象衛星中心的雲級分類技術，考慮三種雲級：

(a)低雲：雲量大於 50%，雲頂氣壓介於 1000 與 700hPa 之間。

(b)中雲：雲量大於 80%，雲頂氣壓介於 700 與 400hPa 之間。

(c)高雲：雲量大於 80%，雲頂氣壓在 400hPa 以下。

首先將訂正前的雲量和雲頂亮度溫度代入上述雲級分類技術，可得到訂正前的雲級分類圖。再把雙頻道訂正法決定出的雲量（圖 12）和雲頂溫度代入上述分類技術，得到訂正後的雲級分類如圖 13 所示。比較訂正前後的差異，發現中雲和高雲的範圍擴大不少，而低雲的範圍則縮小許多，這與前面提及的結果一致。而訂正後的結果，把原本斷續分布在日本綿延至華東的雲帶連接起來，這個結果比較接近可見光雲圖上的圖形分布情形。分析另外兩個個案，也可發現訂正後雲覆蓋範圍擴大的情形。

接著我們使用一個經驗公式來求取高、中、低雲的雲量（Geleyn, 1981；黃，1995；Kau and Wu, 1993），這個經驗公式如下式所示：

$$N_c = (h - h_c)^2 / (1 - h_c)^2 \quad (6)$$

其中  $N_c$  為雲量， $h$  為相對濕度。 $h_c$  是一個相對濕度的閾值，可用下式表示：

$$h_c = 1 - \alpha\sigma(1 - \sigma)[1 + \beta(\sigma - 0.5)] \quad (7)$$

在上式中  $\alpha = 2$ ， $\beta = \sqrt{3}$ ， $\sigma = p/p_s$ ， $p_s$  為地面氣壓。(6) 和 (7) 式顯示，相對濕度  $h$  必須要大於某個閾值  $h_c$  才有雲量產生；而當值  $\sigma$  為 0（大氣層頂）或 1（地表）時， $N_c$  無從定義，此時視  $N_c$  為 0。由此看出這個經驗公式符合簡易的雲物理過程。

接下來挑取 ECMWF 的 850, 700, 500 及 400hPa 等特定層相對濕度資料代入上述經驗式，並以 850hPa 所得的雲量代表低雲，結果如圖 14 所示。取 700 與 500hPa 兩者所得雲量較大者代表中雲雲量，400hPa 則視為高雲雲量。由圖 14 可以看出，低雲雲量的高值區與可見光衛星雲圖的較亮處相吻合，尤其是它掌握到像

(15° N，135° E) 附近這般細膩的雲簇特徵，而中、高雲雲量分布情形也不失其合理性。

圖 15 是將上述低雲、中雲及高雲疊合後而獲得的雲級分類圖。由經驗公式和由日本氣象衛星中心定義的雲級分類圖，若與可見光衛星雲圖比較起來，就本研究選取個案來說後者的雲級分類較具視覺效果，與可見光衛星雲圖圖形較相像。

由於無法找到實際的雲參數觀測值來與單頻道訂正或雙頻道訂正後的雲參數做定量比較，因此只能藉由比較相應的海溫估計值和實際海溫觀測值（用 NCEP 或船測海溫代表）的差距，以便了解單頻道法與雙頻道法孰優孰劣。必須指出，GMS-5 號衛星新增一個紅外窗區頻道所帶來的衝擊是本研究重要課題之一。下面就以比較雙頻道法與單頻道法進行大氣訂正所得到的海面溫度差異，來了解新增一個紅外窗區頻道對海面溫度反演的影響。

在進行大氣訂正求取海面溫度前，我們必需仔細進行濾雲的前置作業。本研究選取晴空視場亮度溫度的方法如第 4 節所述，由於每個分析方塊大概涵蓋 1.5° × 1.5° 經緯度的範圍，再扣除陸地、島嶼以及雲區，因此在研究範圍內（10° N 到 30° N，110° E 到 130° E）所能選取的晴空分析方塊數不多。例如個案 1 只能挑出 45 筆，個案 2 挑出 32 筆，而個案 3 只能挑出 23 筆晴空探空網格資料可做比較。

為了了解 BTd 值與紅外亮度溫度值在海溫反演方面所扮演的重要角色，先以不做 BTd 值和紅外亮度溫度值篩選的方式來選取晴空亮度溫度，進而反演出海面溫度。就個案 1 而言，將大氣訂正前的第一、第二紅外頻道原始亮度溫度與 NCEP 海溫做比較，不論有沒有做過視角訂正，兩者的均方根差都大於 6K，偏倚約為 -6K。對這個個案來說，在選取的研究範圍內視角訂正值大概是 0.8K 左右。最後再對視角訂正後的結果進行雙頻道水汽訂正，得到海溫估計值。這個結果與 NCEP 海面溫度相比，均方根差為 1.069K，偏倚為 -0.383K。對這個案例來

說，在研究範圍內晴空視場的水汽訂正值在第一頻道約為 5K，在第二頻道則約為 6K。

在只用單頻道進行大氣訂正方面，用林與曾（1994）的視角訂正法所得的結果與 NCEP 海面溫度相比，第一頻道均方根差 5.608K，偏倚 -5.415K，第二頻道均方根差 6.539K，偏倚 -6.304K。對本研究所取的個案來說，用這個方法所得的視角訂正值要比用雙頻道訂正法所得的視角訂正值來得大。接下來再進行單頻道的水汽訂正，所得結果與 NCEP 海溫相較，只用第一頻道的結果是均方根差 2.092K，偏倚 -0.583K；只用第二頻道所得結果是均方根差 2.848K，偏倚為 -0.904K。這個個案的訂正結果顯示，用雙頻道訂正法求取海溫，顯然的要比單獨使用一個頻道做大氣訂正所得到的要準確。此外，如果只用單頻道訂正法反演海面溫度，用第一頻道會比用第二頻道理想。

接著分析個案 1，在不限定 BTD 值下，得到的海溫估計誤差絕對值與 BTD 的關係如圖 16 所示。我們發現，在 BTD 大於 0.6K 以上的區域，海溫估計誤差絕對值大都在 1K 以內。這顯示 BTD 越大，求出來的海溫越準確。然而圖中仍出現 BTD 值夠大，但海溫估計誤差絕對值仍大的樣本。進一步查詢這些例外樣本的特性，原來它的原始亮度溫度要比周圍低。我們發現，選取的晴空樣本中有幾點輻射源並不來自海面。因此，本研究再設定 BTD 與第一頻道原始亮溫分別必須大於某個值，來當做選取晴空視場亮度溫度的判據。如個案 1 設定 BTD 值介於 0.6K 到 1.7K 之間，第一頻道亮度溫度大於 289K，再依前面提及的晴空視場亮度溫度選取方法，得到 38 個樣本可供分析。而分析的結果表明，雙頻道訂正方面，均方根差為 0.774K，偏倚為 -0.138K，如圖 17 所示；第一頻道方面，均方根差為 1.084，偏倚為 -0.008；第二頻道方面，均方根差為 1.367，偏倚則為 -0.009。對這個個案而言，這種設定顯然讓結果準確不少。

有了上述分析結果，我們加進這兩道閾值限制，以篩選出晴空亮度溫度樣本。在考慮到與個案 1 所處季節不同的因素，對個案 2 而言，本研究設定晴空視場的 BTD 值在 1.3K 到 1.7K 之間，而第一頻道亮度溫度必須大於 292K，依此得到雙頻道訂正後的海溫與 NCEP 海面溫度相比較，兩者的均方根為 0.402K，偏倚為 0.009K；第一頻道訂正結果與 NCEP 海溫相比得到均方根差 2.134K，偏倚 -1.355K；第二頻道則得到均方根差 2.964K，偏倚 -2.020K。對個案 3 而言，採用與個案 2 相同的兩道閾值限制，得到海溫與 NCEP 海溫相比，在雙頻道訂正法方面，均方根差為 0.868K，偏倚 -0.537K；第一頻道訂正方面，均方根差 2.347K，偏倚 -2.036K；第二頻道訂正方面，則均方根差 3.468K，偏倚 -2.92K。Inoue(1987)指出，晴空區域的 BTD 值較大（但不能太大，BTD 值過大表示視場內出現薄卷雲），而低層積雲的 BTD 值則較小。因此對選取的晴空視場亮度溫度，做 BTD 值的檢驗是必要的。但是在廣泛地引用 BTD 值作為檢驗之前，必須建立一套有系統的 BTD 值隨季節等因素變化情形的參考標準，才能使研究滿足客觀的要求。

在與船測資料比較方面，由於受到海研一號觀測資料的時空分布限制，本研究只有個案 3 能做這方面的比較。這邊的樣本選取方式為 (a) 衛星觀測地點與船測地點兩者的緯度和經度相差在  $\pm 0.2$  度內；(b) BTD 值限訂在 1.3K 到 1.7K 之間；(c) 第一紅外頻道亮度溫度大於 292K。再從符合這三項要求的樣本中，挑選出與船測位置最接近的衛星觀測資料來做比較。依上述方式可得到 39 筆資料可供比較，在雙頻道訂正方面，兩者均方根差為 0.882K，偏倚為 -0.004K；只用第一頻道訂正方面，得到均方根差 2.258K，偏倚 -1.6686K；只用第二頻道訂正方面，得到均方根差 3.869K，偏倚 0.2744K。

表 1 整理出上面提到過的所有均方根與偏倚值。由於不同季節和地理區域內大氣的平均狀況是不會相同，故國外建立的海溫遙測迴歸

模式不能適用於我國附近海域，因此 NOAA 海溫計算公式對本地的海溫反演來說效果很差。由表中可看出，本研究三個個案的訂正結果是，雙頻道訂正優於只用單頻道訂正，而只用第一頻道又優於只用第二頻道來進行大氣訂正。圖 18 表示反演得到的海溫分布情形。

## 七、結論

為了將衛星資料所隱含的雲資訊加以量化，本研究透過不同的濾雲方式獲得雲頂溫度、雲頂高度和雲量等的空間分布，這些分布與同時間的可見光或紅外衛星雲圖上的圖形特徵匹配良好。再仔細分析這些不同濾雲方式的差異後發現，將可見光與紅外資料及 ECMWF 數值資料等三種資料合併使用得到的雲分析方式最為理想。

在取得合理的雲頂亮度溫度和高度後，就可進行已包含高度訂正的雙頻道視角訂正和水汽訂正工作，或是藉由疊代方法進行的高度、視角和水汽的單頻道訂正。單頻道訂正結果顯示，訂正後絕大多數的中、高雲雲頂高度增加，多數的低層雲雲頂高度則下降；而越高層的輻射表面大氣訂正值越小，這顯然是光程較短所致。

將雙頻道訂正法得到的訂正前後的雲頂溫度和雲量代入日本氣象衛星中心所採用的簡易雲類分級技術後，獲得訂正前後的雲級分類圖。比較兩者的差異可發現，訂正後低雲的雲量減少，而中、高雲的雲量增加。與同時間的可見光衛星雲圖比較可以發現，訂正後的雲級分類圖比較接近肉眼看到的可見光衛星雲圖。另外，使用日本氣象中心雲級分類技術得到的雲級分類圖和使用 Geleyn(1981)經驗式所得的雲級分類圖互相比較，就本研究選個案來說，前者具有較好的視覺效果，較接近於肉眼看到的可見光衛星雲圖特徵。

最後將使用兩個頻道與只用單一頻道進行大氣訂正所得到的海溫估計值的差異互相比較。研究結果顯示，用兩個頻道進行大氣訂正

所得到的海溫，要比只用第一或第二紅外頻道所得到的海溫準確，而且使用第一頻道要比使用第二頻道得到的結果還準確。這顯示 GMS-5 號地球同步衛星上裝載的 VISSR，將原本 10.5 微米到 12.5 微米的紅外窗區頻道一分為二的抉擇是正確的。有了兩個紅外窗區頻道新添的準確性質，再結合另一新增水汽頻道可以求取水汽分布的特性，這種新的組合更能準確地掌握大氣資訊。

個案 1 利用雙頻道訂正法所得到的衛星反演海溫與 NCEP 海溫相比，均方根差與偏倚分別為 1.069K 及 -0.383K。再設定 BTD 值與第一頻道原始亮度溫度兩項閾值限制於晴空視場亮度溫度的選取後，更進而得到均方根差為 0.774K，偏倚為 -0.138K 的較理想結果。這說明了晴空視場的判別技術，深深地影響到海面溫度反演的品質。

至於誤差來源，除了無法避免的資料本身誤差外，還有受到半透明的卷雲以及比視場還小的積雲影響所造成的誤差。視場內存在的積雲會降低視場的亮度溫度，這很可能是本研究反演出來海面溫度普遍低估的原因。而卷雲的透明性質，則與雲為黑體的假設相違背。此外，本研究對於氣溶膠和水汽以外的其他稀有氣體是採用氣候建議值來進行輻射傳遞計算，這也是誤差來源。

## 致謝

本文是在國科會專題計畫 NSC87-2111-M-001-001 部分支持下完成的。中大太空及遙測研究中心提供衛星資料，國科會海洋科學研究中心提供船測海溫資料，在這裏表達謝意。

## 參考文獻

井上豐志郎，1979：大氣補正。GMS 系統綜合報告。II：資料處理解說篇第 2 部分。氣象衛星中心，日本東京，7-14。



- 曾忠一、朱曙光，1988：海面溫度遙測的大氣效應訂正。遙感探測，9，60-77。
- 曾忠一，1988：大氣衛星遙測學。渤海堂，台北市，630 頁。
- 曾忠一，1997：氣象資料同化。渤海堂，台北市，594 頁。
- 曾忠一、黃炳程，2001：利用 GMS 衛星資料決定雲參數。氣象預報與分析，第 166 期，1-14。
- 劉振榮、呂貴寶、徐天佑，1992：應用同步衛星資料估算台灣地區對流降雨。大氣科學，20，233-264。
- 林博雄、曾忠一，1994：GMS 地球同步衛星影像數位資料在雲分析上的應用。大氣科學，22，319-337。
- 陳建文，1996：利用諾阿衛星資料進行雲分析。國立台灣大學大氣科學研究所碩士論文，95 頁。
- Abel, P. G., and A. Gruber, 1979: *An Improved Model for the Calculation of Longwave Flux at 11  $\mu\text{m}$* . NOAA Tech. Memo. NESS, 106, National Environmental Satellite Service, Washington, D. C., North America, 24pp.
- Bellon, A., S. Lovejoy and G. L. Austin, 1980: Combining satellite and radar data for the short-range forecasting of precipitation. *Mon. Wea. Rev.*, 108, 1554-1566.
- Coakley, J. A., and D. G. Baldwin, 1984: Towards the objective analysis of clouds from satellite imagery data. *J. Climate Appl. Meteor.*, 23, 1065-1099.
- ECMWF, 1993 : *The Description of the ECMWF/WCRP Level III — A Global Atmospheric Data Archive*. Technical Attachment, European Centre for Medium-range Weather Forecasts, Shinfield Park, Reading, England.
- Geleyn, J. F., 1981 : Some diagnostics of the cloud/radiation interaction in ECMWF forecast model. *Proceedings of Workshop on Radiation and Cloud-radiation Interaction in Numerical Modeling*, ECMWF, Reading, England, 135-162.
- Inoue, T., 1987 : A cloud type classification with NOAA 7 split-window measurements. *J. Geophys. Res.*, 92, No. D4., 3991-4000.
- Kau, W.-S., and S.-J. Wu, 1993: The budget study of cloud/radiation effects during the TAMEX IOP-2. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, 4, 217-236.
- Legeckis, R., and T. Zhu, 1997 : Sea surface temperatures from the GOES-8 geostationary satellite. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 78, 1971-1983.
- Liu, G.-R., 1986: *The Use of Visible Data for Improving VAS Satellite Soundings*. Ph. D. Dissertation, The University of Wisconsin, Madison, Wisconsin, North America, 122p.
- Rossow, W. B., 1989: Measuring cloud properties from space: A review. *J. Climate*, 2, 201-213.
- Saunders, R. W., K. T. Kriebel, and G. Gesell, 1989: Optical properties of clouds derived from fully cloudy AVHRR pixels. *Phys. Atmos.*, 62, 165-171.
- Smith, W. L., 1985: Satellites. In “*Handbook of Applied Meteorology*”, edited by D. D. Houghton, Wiley, New York, pp. 380-472.
- Smith, W. L., R. O. Knuteson, H. E. Revercomb, W. Feltz, H. B. Howell, W. P. Menzel, N. R. Nalli, O. Brown, J. Brown, P. Minnett, and W. McKeown, 1996: Observations of the infrared radiative properties of the ocean—implications for the measurement of sea surface temperature via satellite remote sensing. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77, 41-51.

Strong, A. E., and E. P. McClain, 1984: Improved ocean surface temperatures from space—Comparisons with drifting buoys. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **65**, 138-142.

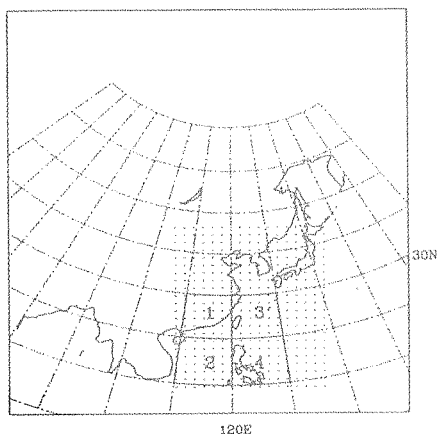


圖 1 本研究用來進行雙頻道法大氣訂正的四個區域。

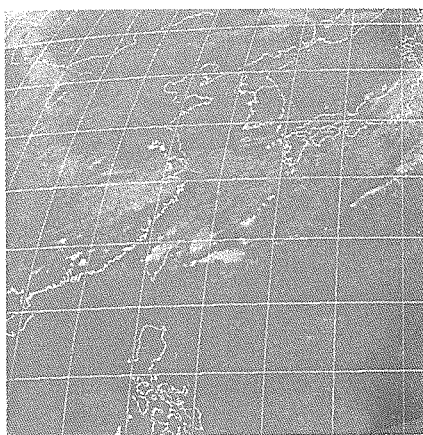


圖 2 1997 年 3 月 22 日 ( 個案 1 ) 紅外第一頻道雲圖。

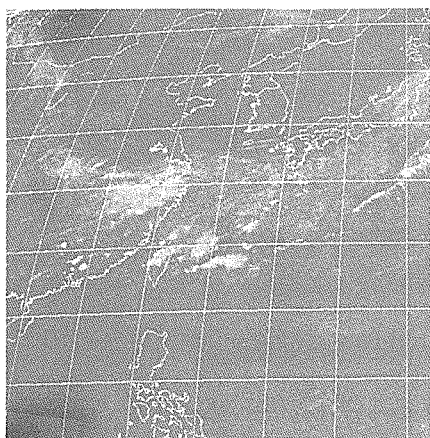


圖 3 1997 年 3 月 22 日(個案 1)紅外第二頻道雲圖。

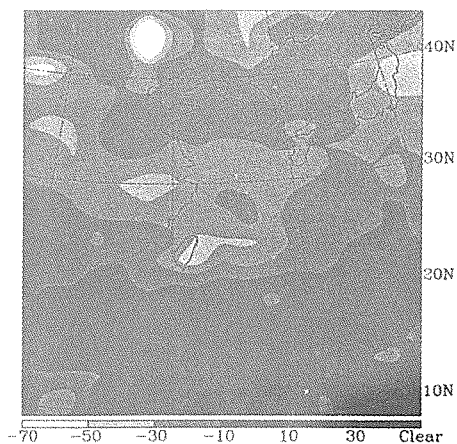


圖 4 第三個雲分析法得到的第一頻道雲頂亮度溫度，單位為 $^{\circ}\text{C}$ 。

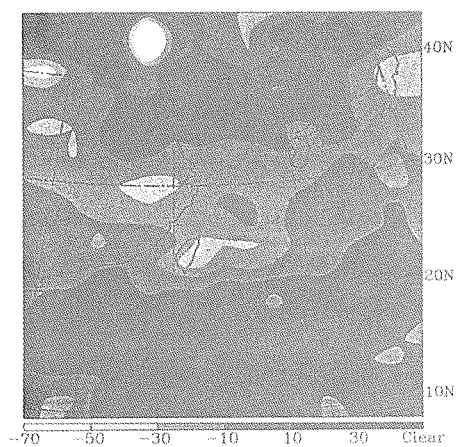


圖 5 第三個雲分析法得到的第二頻道雲頂亮度溫度，單位為 $^{\circ}\text{C}$ 。

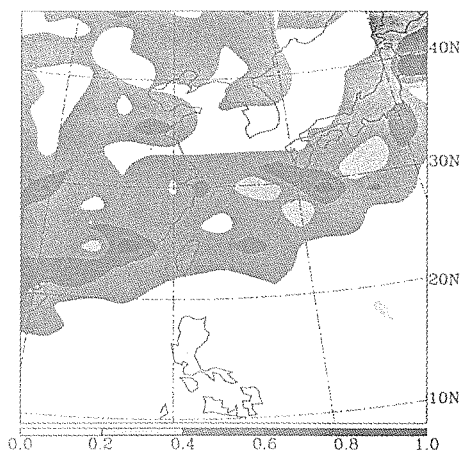


圖 6 改良式二閾值法 ( 即第二個雲分析法 )  
求出來的雲量場，最大值為 1，最小值為 0。

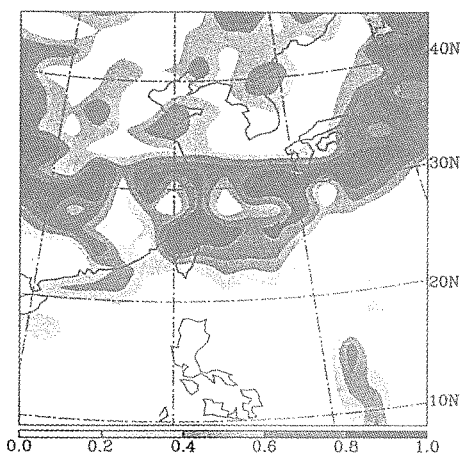


圖 7 第三個雲分析法得到的雲量場，最大值為 1，最小值為 0。

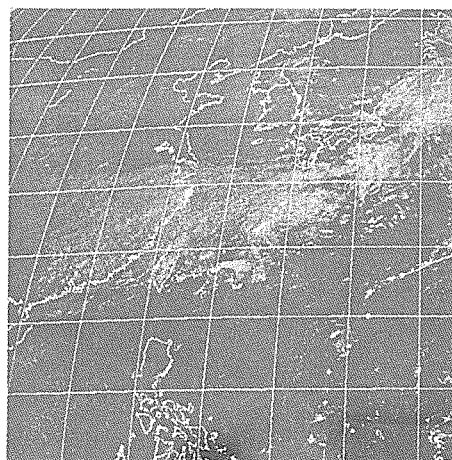


圖 8 1997 年 3 月 22 日（個案 1）可見光雲圖。

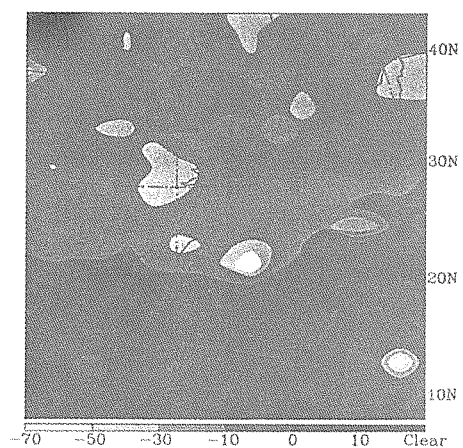


圖 9 雙頻道法訂正後的雲頂溫度，單位為 $^{\circ}\text{C}$ 。

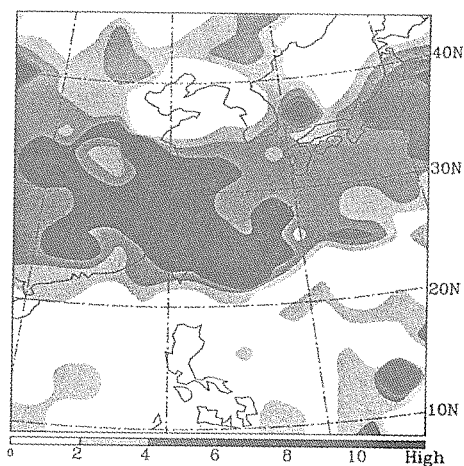


圖 10 雙頻道法訂正後的雲頂高度，單位為公里。

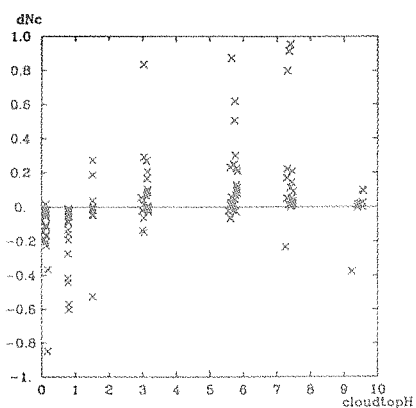
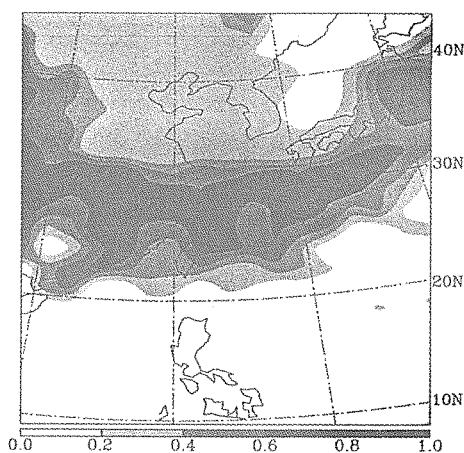


圖 11 雙頻道法訂正前後雲量變化（縱坐標）與雲頂高度（橫坐標，單位為公里）的關係。



12 經過雙頻道法訂正後的雲量場，最大值為 1，最小值為 0。

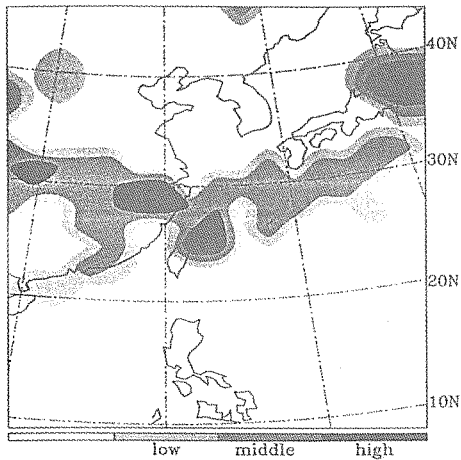


圖 13 將雙頻道法訂正後的雲資訊代入日本氣象衛星中心雲級分類技術得到的雲級空間分布圖。

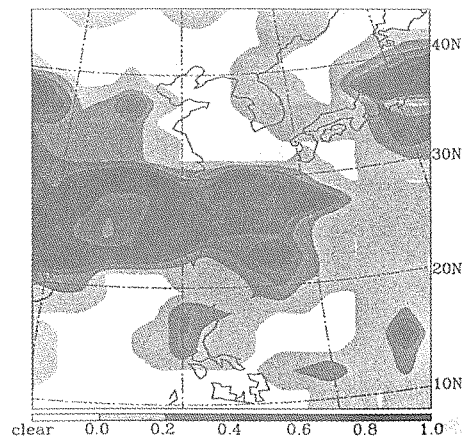


圖 14 由 Geleyn (1981) 經驗式所求出的低雲分布。

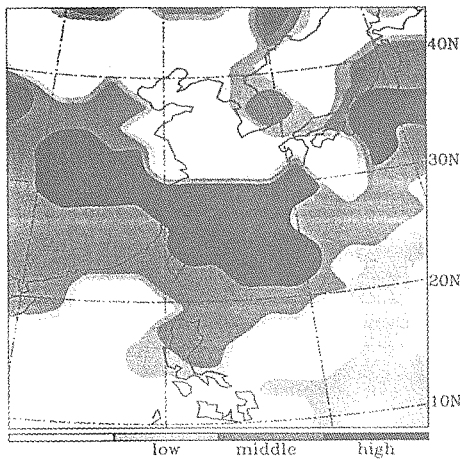


圖 15 由 Geleyn (1981) 經驗式所求出的雲級空間分布。

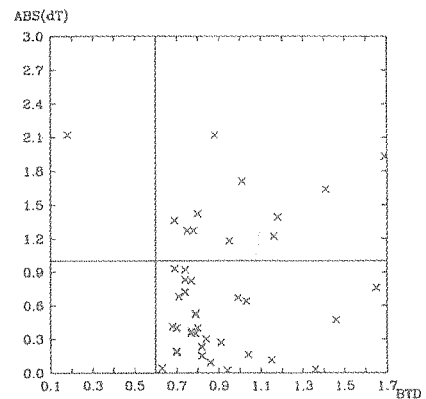


圖 16 雙頻道訂正法反演得到的海溫與 NCEP 海溫兩者差的絕對值（縱坐標，單位為 K）與 BT D 值（橫坐標，單位為 K）的關係。

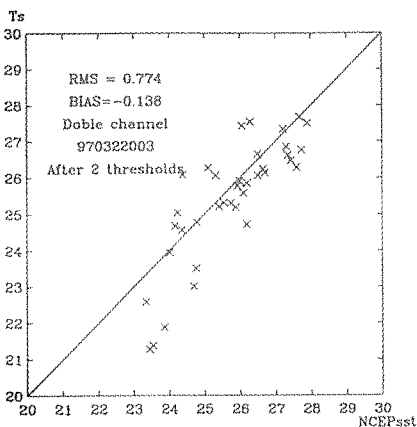


圖 17 加上 BT D 值與第一頻道原始亮度溫度值這兩個閾值限制後，由雙頻道訂正法反演求出來的海溫（縱坐標，單位為 $^{\circ}\text{C}$ ）與 NCET 海溫（橫坐標，單位為 $^{\circ}\text{C}$ ）的比較。

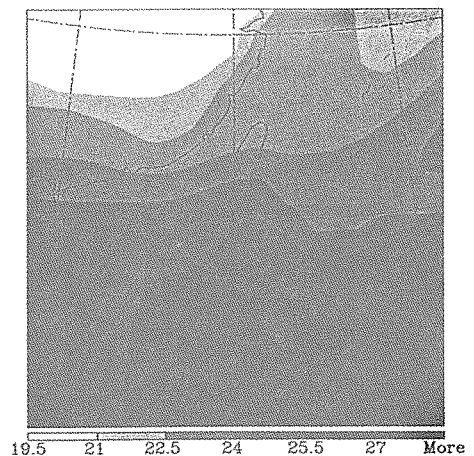


圖 18 反演出來的海面溫度分布（單位為 $^{\circ}\text{C}$ ）（個案 1）。

表 1 反演出來的海溫與 NCEP 或船測海溫之間的均方根差與偏倚，單位為 K。

	第一紅外頻道 訂正		第二紅外頻道 訂正		雙頻道 訂正		NOAA 海溫計算公式	
	均方根	偏倚	均方根	偏倚	均方根	偏倚	均方根	偏倚
個案 1 與 NCEP 海面溫度比較	1.084	0.008	1.367	-0.009	0.774	-0.138	3.367	-3.302
個案 2 與 NCEP 海面溫度比較	2.134	-1.355	2.964	-2.02	0.402	0.009	5.635	-5.610
個案 3 與 NCEP 海面溫度比較	2.438	-2.036	3.456	-2.922	0.868	-0.537	5.111	-5.082
個案 3 與船測海 面溫度比較	2.258	-1.668	3.868	0.274	0.882	-0.004	7.972	-5.913

# **Determination of Sea Surface Temperature and Cloud Parameters from GMS's Two Infrared Channel Data**

Kuo-hsin Kuo<sup>2,3</sup> and Tiong-it Chan<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *Institute of Physics, Academia Sinica*

<sup>2</sup> *Department of Atmospheric Sciences, National Taiwan University*

<sup>3</sup> *Central Weather Bureau*

## **ABSTRACT**

The new-generation VISSR on board the GMS-5 satellite launched into space in 1995 has one more infrared window channel than the former VISSR had. Thus the two infrared channel data can be used to correct for the atmospheric effects using the multiple channel method well-known in the literature, so as to retrieve more accurate sea surface temperature (SST) and cloud parameters. In this study three different techniques based on the so-called three-point method and space coherence method were used to filter the clouds and then to get the brightness temperature of the sea surface and the cloud top. In addition, by selecting appropriate thresholds to screen the data, we got more reasonable brightness temperature values. Subsequently we performed water vapor correction using one-channel and two-channel method and the sea surface temperature and cloud parameter were retrieved in the East Asia area we considered in this study. It is found that the modified two-threshold technique gives better SST than the other cloud filtering method, as compared to the observations with drifting buoy. Finally, a simple cloud classification method was tested and the classification maps were generated. They are in good agreement with those obtained by an empirical formula used in general circulation models.

Keywords: geostationary satellite, GMS, sea surface temperature, cloud parameters.





## 台灣中西部地區反應譜顯著週期之研究

張添炮<sup>1,2</sup> 余貴坤<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 私立南開技術學院通識中心

<sup>2</sup> 國立中央大學地球物理研究所

### 摘要

本研究將 1993 至 1999 年之間台灣中西部地區所收到的 901 筆地震紀錄，按照地震強度(PGA)的大小，分為 10gal 以上、30gal 以上、50gal 以上三個群組，另外 1999 年集集地震紀錄也當做一個獨立的群組，總共四個資料群組。再依據各測站之全部地震平均正規化反應譜顯著週期的長短，將測站分成 A、B、C 三類型，分別從地震強度與測站類型兩個角度探討顯著週期的變化，發現顯著週期隨著地震強度的增加而增加，這一方面是因為大型地震擁有較多長週期能量，另一方面則推論是地層在地震力的作用下被軟化，發生非線性反應所致。在垂直與水平分量的比值方面，加速度譜顯著週期的比值介於 0.528 和 0.635 之間；速度譜的比值介於 1.009 和 2.198 之間；位移譜的比值介於 0.828 和 0.888 之間。集集地震的三種週期幾乎都是各群組中最大的，顯示大型地震擁有較多長週期能量。藉由這些比較，可以發現近震源和遠震源特性確有不同。

**關鍵詞：**反應譜，顯著週期，集集地震

### 一、前言

反應譜的研究可以瞭解結構物在地震發生時的反應行為，在耐震設計上提供了相當重要的參考依據。台灣地區地震活動頻繁，耐震設計問題一直受到重視，但遺憾的是國內反應譜方面的研究，鮮少只針對中部地區研究的，其研究範圍不是涵蓋台灣全島，就是侷限在台北盆地、宜蘭平原或嘉南平原(蔡主權等，1987；溫國樑，1988；林昌明，1990；Loh et al., 1991；Chai et al., 2000；陳希舜等 2000a, 2000b；Tsai et al., 2000；Lee et al., 2001)，而中部地區的人口不斷增加，經濟活動日益頻繁，1999 年甚至發生規模 7.3 近百年來最大的集集地震(Wang et al., 2000)，在中部地區造成慘重災情，結構耐震設計問題再度被提起。本研究以

中部五縣市為研究範圍，希望藉由其它地震的比較把集集地震的特性凸顯出來。

國內現行設計反應譜是依據地層週期  $T_G$  的長短，將台灣地區的地盤分為三類：第一類地盤為堅實地盤其  $T_G \leq 0.2$  秒；第二類地盤為普通地盤， $0.2 < T_G \leq 0.6$  秒；第三類地盤為軟弱地盤其  $T_G > 0.6$  秒。台北盆地則因地質情況特殊，另成一類(李位育，2000)。本研究對測站的分類方式，是從「反應譜在地層振動週期處會出現峰值」的概念出發，因為地震波經由地層傳遞時，相異於地層自然頻率之能量衰減比較快，因此地震波之主頻率常為當地之地盤自然頻率，亦即地震發生時結構物所受到之外力，為一以地盤自然頻率為主要頻率之動態載重。在 Seed et al.(1969)、Seed et al.(1976)、Mohraz(1976)、宋和燦(1986)、許

1. 私立南開技術學院通識中心

2. 國立中央大學地球物理研究所

金城(1990)、陳立言(1994)等研究中,也都一再證明堅硬的岩盤其加速度反應譜顯著週期最短,鬆軟的沖積層顯著週期最長。在有關單位對測站分類工作尚未完成,以及地層振動週期不易取得的情況下,以反應譜顯著週期的大小將測站分類,確是一簡便且務實的作法。畢竟反應譜是代表結構物在地震力作用下所產生的反應,姑且不論測站地質屬性為何,平均反應譜就是代表這麼多年來,這些地震在該測站所產生的一個平均的特性,在耐震設計上極具參考價值。

## 二、資料收集與處理

本研究是採用中央氣象局強地動觀測計畫(Taiwan Strong Motion Instrumentation Program, TSMIP)的加速度紀錄,所選的地震是1993至1999年之間規模大於4.0以上(圖一),其範圍在 $120^{\circ} \sim 122^{\circ}\text{E}$ ,  $22^{\circ} \sim 25.5^{\circ}\text{N}$ ,總共有32個地震(表一)。測站分布在台中縣、台中市、彰化縣、南投縣以及雲林縣,總共有93站,其範圍在 $120.1^{\circ} \sim 121.3^{\circ}\text{E}$ ,  $23.6^{\circ} \sim 24.3^{\circ}\text{N}$ 。每個地震至少激發整個強地動觀測網20站以上,而且至少激發本研究區域5站以上,每站的三分量中至少有一分量的PGA是在10gal以上,總共901筆紀錄。為了方便探討反應譜顯著週期與地震強度之關係,本研究根據PGA的大小,將資料分為10gal以上、30gal以上、50gal以上三個資料群組(data group),另外1999年9月21日(地方時間)集集地震所收到的紀錄也當做一個獨立的群組,總共四個群組,依次稱為 $G_{10}$ 、 $G_{30}$ 、 $G_{50}$ 、 $G_{921}$ 群組。各群組的三分量地震紀錄筆數及測站數見表二。反應譜的計算分為三個步驟:(1)從0.1~100 Hz頻率對數軸等間隔取樣151點,計算5%臨界阻尼加速度反應譜,包括垂直、南北、東西三個分量。(2)將南北與東西兩分量取幾何平均當做水平分量。(3)求取每個測站由全部地震所產生的平均正規化反應譜之顯著週期。

本研究在作測站分類時,是選用PGA 50

gal 以上的水平分量地震紀錄(i.e.  $G_{50}$  群組),計算出加速度反應譜的顯著週期,顯著週期在0.2秒以下者歸為A類,測站數有28站;0.2至0.35秒者歸為B類,測站數有44站,是最多的一類;0.35秒以上者歸為C類,測站數有21站。如圖一所示,圓形、方形、三角形分別代表A、B、C類測站。圖二是測站分類的一個範例,TCU048、TCU052、TCU063分屬A、B、C類型。其餘測站請參考附錄。

## 三、研究成果分析

本研究之分類結果和Lee et al.(2001)之結果有相當的差異,其原因可能是Lee et al.(2001)所用的資料是以地質圖和地形圖為主,是反應較大尺度的地質特性。而本研究是用平均的反應譜,是代表這麼多年來,這些地震在該測站所產生的一個平均的特性,在某種程度上可以反應局部的地質特性。圖三是各類測站水平分量總平均反應譜與Seed et al.(1976)四種地盤反應譜之比較,本研究之A類測站與Seed et al.(1976)的岩盤站近似,最大的加速度反應出現在0.18秒附近,其值約為最大地表加速度的2.3倍。B類測站與堅硬土層近似,最大的加速度反應出現在0.3秒附近,其值約為最大地表加速度的2.4倍。C類測站介於深厚無粘性土層和柔軟土層之間,最大的加速度反應出現在0.5秒附近,其值約為最大地表加速度的2.2倍。

表三所列是顯著週期的統計值,計算的方式是挑選垂直和水平方向都有收到紀錄的測站下去計算。對於四個資料群組而言,當水平分量加速度譜顯著週期(dp\_a)從測站類型A→B→C漸漸增加時,垂直分量也是呈現增加的趨勢,但是垂直分量增加的量並不多,所以垂直與水平分量的比值呈現遞減的現象。另外,速度譜顯著週期(dp\_v)也是從測站類型A→B→C漸漸增加,但位移譜顯著週期(dp\_d)在不同測站類型之間似乎沒有明顯的走勢。

如果不分測站類型,把全部的測站合併在

一起計算，則可發現一個明顯的特徵，亦即當資料群組從  $G_{10} \rightarrow G_{30} \rightarrow G_{50} \rightarrow G_{921}$  時， $dp_a$  和  $dp_v$  都呈現增加的趨勢， $dp_d$  雖然沒有明顯的走勢，但是集集地震的  $dp_d$  仍比其他群組來得大。這說明強度較大的地震擁有較多長週期信號，這當中也不排除是由土壤的非線性反應所造成。根據其他的研究(陳立言，1994)，土壤在地震力的作用下會被軟化，造成波傳速度降低，土層之基本振動週期被延長。此延長係數還隨著地震強度的增加而增加，在弱震作用時( $PGA \leq 0.1 g$ )，土層週期延長約 10%，但在強震作用下( $PGA \leq 0.3 g$ )可延長 1.5 倍。

在同一群組內，位移譜的顯著週期最大，速度譜次之，加速度譜最小，這正好符合工程界所謂的低頻結構物由位移控制，中頻結構物由速度控制，高頻結構物由加速度控制的說法。其次，加速度和位移譜的顯著週期都是水平分量大於垂直分量，速度譜則是垂直分量大於水平分量。在垂直與水平分量的比值方面，四個資料群組中，加速度譜顯著週期的比值介於 0.528 和 0.635 之間；速度譜的比值介於 1.009 和 2.198 之間；位移譜的比值介於 0.828 和 0.888 之間。

比較特殊的是集集地震，其加速度譜顯著週期在本研究區域的總平均值，垂直和水平分量分別為 0.228 和 0.432 秒；速度譜顯著週期分別為 4.139 和 4.101 秒；位移譜顯著週期分別為 7.367 和 8.229 秒。這三種週期都是各群組中最大的，充分顯示愈大型地震擁有愈豐富的長週期能量。另一方面，其垂直分量加速度譜顯著週期並未如預期從測站類型  $A \rightarrow B \rightarrow C$  呈現遞增；垂直和水平分量的速度譜顯著週期極為接近(其比值=1.009)，這與其他群組有很大的差異。因為本研究區域涵蓋整個車籠埔斷層，對於集集地震而言，可視為鄰近震源區，從這些比較中可以知道近震源和遠震源特性確有不同。據此推論，在近震源地區反應譜形狀受到震源和路徑效應的影響相當大。

## 四、結論

經與 Seed et al.(1976)之四種地盤反應譜比較後，發現本研究中以平均反應譜顯著週期之長短對測站所作的分類，確實能將不同測站之間的差異性展現出來。因此在地層振動週期不易取得的情況下，以平均反應譜顯著週期的長短來將測站分類，確是一簡便且務實的作法。

本研究分別從地震強度與測站類型兩個角度探討顯著週期的變化，發現顯著週期隨著地震強度的增加而增加，這一方面是因為大型地震擁有較多長週期能量，另一方面則推論是地層在地震力的作用下被軟化，發生非線性反應所致。在垂直與水平分量的比值方面，加速度譜顯著週期的比值介於 0.528 和 0.635 之間；速度譜的比值介於 1.009 和 2.198 之間；位移譜的比值介於 0.828 和 0.888 之間。

集集地震的三種週期幾乎都是各群組中最大的，顯示大型地震擁有較多長週期能量。藉由比較，可以發現近震源和遠震源特性確有不同。

## 五、誌謝

作者特別感謝中央氣象局提供豐富的強震資料，使本研究能夠順利完成。本研究部份經費由國科會專題研究計畫編號：NSC90-2116-M-252-001 支助，也一併致謝。

## 六、參考文獻

- Chai, J. F., C. H. Loh and C. Y. Chen, 2000. Consideration of the near-fault effect on seismic design code for sites near the Chelungpu fault, Jour. Chinese Inst. Eng., vol. 23, no. 4, 447-454.
- Lee, C. T., C. T. Cheng, C. W. Liao and Y. B. Tsai, 2001. Site classification of Taiwan free-field strong-motion stations, Bull. Seism. Soc. Am., 91, 1283-1297.
- Loh, C. H., Y. T. Yeh and W. Y. Jean, 1991.

- Development of site-dependent design spectra and a seismic risk map for the Taiwan area, *Jour. Chinese Inst. Eng.*, vol. 14, no. 5, 437-446.
- Mohraz, B., 1976. A study of earthquake response spectra for different geological conditions, *Bull. Seism. Soc. Am.* 66, 915-935.
- Seed, H. B. and I. M. Idriss, 1969. Influence of soil conditions on ground motions during earthquakes, *Jour. Soil Mech. Found. Div. ASCE* 95, SM1, proc. paper 6347.
- Seed, H. B., C. Ugas, and J. Lysmer, 1976. Site-dependent spectra for earthquake-resistant design, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 59, 221-243.
- Tsai, Y. B., and M. W. Huang, 2000. Strong ground motion characteristics of the Chi-Chi, Taiwan earthquake of September 21, 1999, *Earthquake Engineering and Engineering Seismology*, vol. 2, no. 1, 1-21.
- Wang, J. H., C. Y. Wang, C. Y. Huang, T. C. Shin, S. B. Yu, S. F. Hsieh and K. L. Wen, 2000. Program for earthquake and active-fault researches, *Proceedings, International workshop on the September 21, 1999 Chi-Chi earthquake*, 185-192.
- 宋和燦, 1986。各種不同地盤彈性反應譜與基地係數之研究。國立台灣大學土木工程研究所碩士論文。
- 蔡主權、蔡益超, 1987。台北都會區捷運系統耐震設計反應譜之研擬。國立台灣大學地震工程研究中心報告, CEER, R76-22, 十月。
- 溫國樑, 1988。羅東地區之強地動特性。國立中央大學地球物理研究所博士論文。
- 林昌明, 1990。以 Newmark-Hall 方法探討嘉南地區之彈性及非彈性設計震譜。國立成功大學建築研究所碩士論文。
- 許金城, 1990。台灣都會區土層動態週期之研究與現行耐震規範之檢討。結構工程, 第 5 卷, 第 3 期, 第 59-75 頁。
- 陳立言, 1994。台北盆地土層放大效應之研究。國立台灣大學土木工程研究所博士論文。
- 李位育, 2000。結構耐震設計概論, 台北市文笙書局。
- 陳希舜、鄭丁興, 2000a。台灣地區考慮地盤影響之強震特性。中國土木水利工程學刊, 第 12 卷, 第 3 期, 第 445-453 頁。
- 陳希舜、王富貞、徐偉朝, 2000b。台北盆地之基本振動週期與設計震譜。中華民國建築學會「建築學報」第 33 期, 第 103-118 頁。

# **A Study on Dominant Periods of Response Spectra in West-Central Taiwan**

Tian-Pau Chang<sup>1,2</sup> and Guey-Kuen Yu<sup>2</sup>

## **ABSTRACT**

In this study, a total of 901 free-field accelerograms recorded in west-central Taiwan from 32 earthquakes, between 1993 and 1999, are divided into four data groups based on PGA levels, the station sites are classified into three types by their dominant periods of acceleration response spectra. The characteristics of dominant periods are analyzed from the viewpoints of both earthquake intensity and station types. The results show that the dominant periods increase with the intensity. This phenomenon suggests that either the stronger earthquake intensity accompanies with more long-period energy, or the nonlinear behaviors of soil lengthen the ground periods. The ratios of vertical to horizontal components for acceleration spectra are between 0.528 and 0.635, those for velocity spectra are between 1.009 and 2.198, and for displacement spectra are between 0.828 and 0.888.

The periods obtained from the Chi-Chi earthquake are almost the largest among the four data groups, implying that the near-fault effects are different from the far-field effects. **Key words:** response spectra, dominant period, Chi-Chi earthquake

---

<sup>1</sup>Center of General Education, Nankai College, Nantou, Taiwan, ROC

<sup>2</sup>Institute of Geophysics, National Central University, Chungli, Taiwan, ROC

表一 本研究所選用地震之參數。

Eqk. no.	Date (y/m/d)	Lon. (°E)	Lat. (°N)	Depth (km)	Mag. (M <sub>L</sub> )	Stations triggered
1	1993/12/13	120.791	24.215	26.49	4.46	8
2	1993/12/15	120.524	23.213	12.50	5.70	27
3	1994/01/20	121.852	24.065	49.45	5.58	34
4	1994/03/28	120.687	22.985	14.37	5.41	11
5	1994/04/06	120.421	23.532	13.44	5.03	22
6	1994/05/31	120.770	23.715	7.84	4.57	17
7	1994/06/05	121.838	24.462	5.30	6.20	32
8	1994/10/05	121.720	23.156	31.28	5.83	42
9	1995/01/19	120.761	23.305	14.32	4.46	6
10	1995/02/23	121.687	24.204	21.69	5.77	78
11	1995/06/25	121.699	24.606	39.88	6.50	46
12	1995/07/07	121.090	23.893	13.07	5.30	57
13	1995/07/14	121.851	24.320	8.79	5.80	7
14	1995/09/07	120.966	23.764	24.75	4.34	9
15	1995/09/28	120.446	23.507	9.27	4.48	12
16	1995/10/31	120.359	23.291	10.65	5.19	7
17	1996/04/07	120.662	23.468	1.18	4.70	8
18	1996/09/05	121.367	22.001	14.76	7.07	8
19	1996/12/15	121.422	24.022	71.36	4.81	7
20	1997/04/13	121.714	23.805	45.49	5.56	45
21	1997/05/02	120.179	24.186	22.65	4.50	10
22	1997/08/20	120.943	24.246	37.39	4.40	6
23	1997/10/29	120.598	23.627	11.33	4.32	16
24	1998/05/01	120.166	24.203	16.71	4.35	5
25	1998/07/17	120.662	23.503	2.80	6.20	47
26	1998/07/18	120.694	23.513	1.81	4.51	9
27	1998/08/16	120.532	23.203	8.00	4.80	10
28	1998/09/16	120.840	23.836	26.33	4.50	26
29	1999/09/20	120.815	23.853	8.00	7.30	79
30	1999/09/20	120.876	23.792	3.50	6.60	79
31	1999/09/22	121.047	23.826	15.60	6.80	59
32	1999/09/25	121.006	23.859	9.90	6.80	72

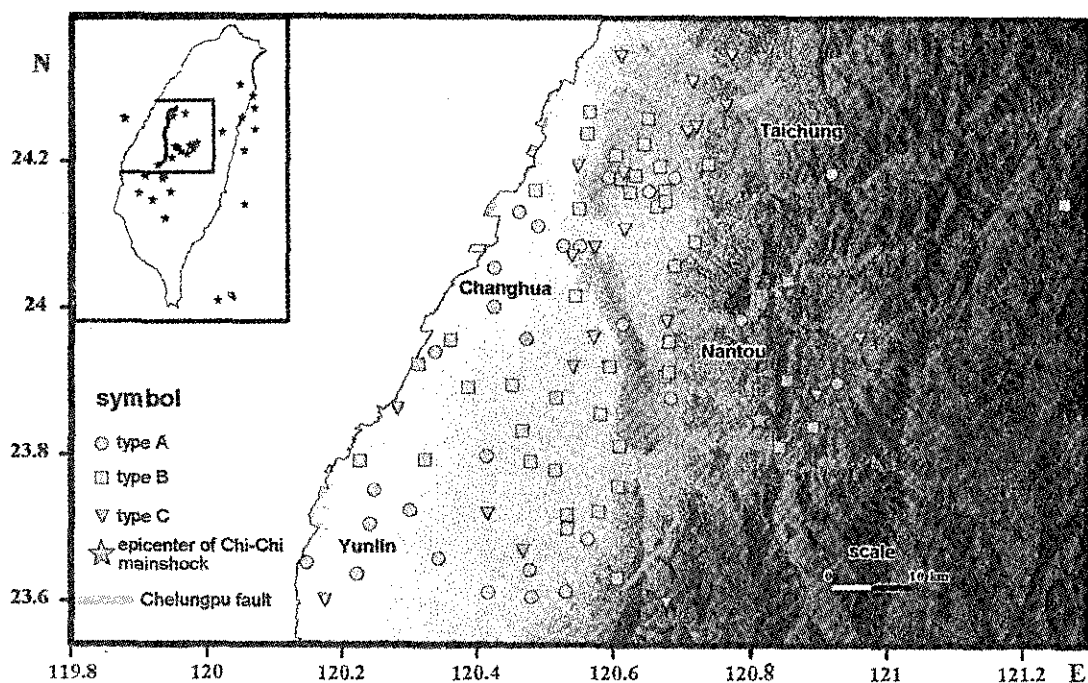
表二 各資料群組的三分量地震紀錄筆數和測站數。

Data group	Site type	V comp.	NS comp.	EW comp.	H comp. (NS+EW)	Stations triggered
$G_{10}$ (PGA $\geq 10$ gal)	A	182	317	326	643	33
	B	215	330	345	675	47
	C	83	150	154	304	23
$G_{30}$ (PGA $\geq 30$ gal)	A	85	132	129	261	30
	B	109	169	169	338	47
	C	45	65	65	130	21
$G_{50}$ (PGA $\geq 50$ gal)	A	58	86	91	177	28
	B	85	121	124	245	44
	C	33	46	49	95	21
$G_{921}$ (Chi-Chi mainshock)	A	25	25	25	50	25
	B	35	35	35	70	35
	C	19	19	19	38	19

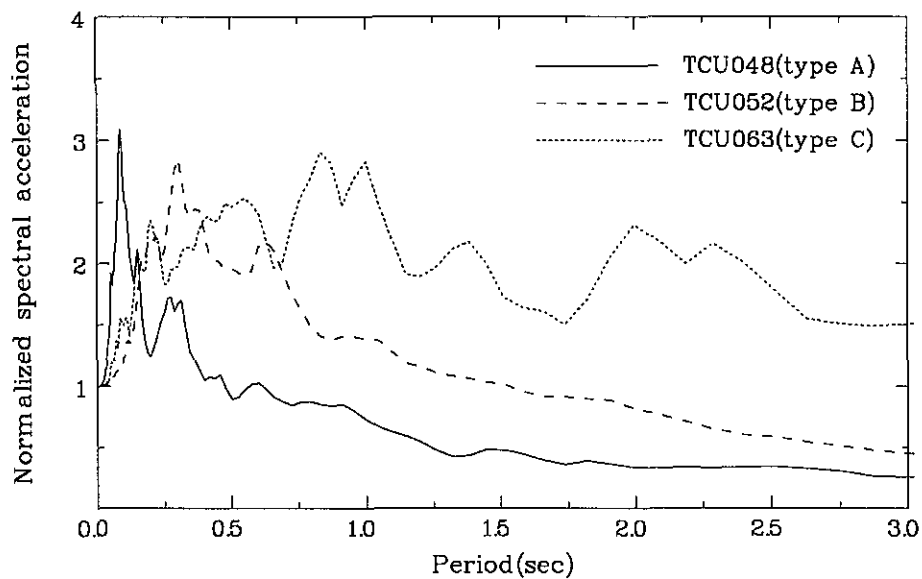
表三 各資料群組顯著週期的統計值(單位: 秒)。

Data group		Comp.	Site type A	Site type B	Site type C	For all (A+B+C)
G <sub>10</sub> (PGA ≥ 10 gal)	dp_a	V	0.105	0.137	0.195	0.126
		H	0.152	0.261	0.516	0.218
		V/H	0.693	0.526	0.378	0.578
	dp_v	V	1.057	1.828	2.221	1.427
		H	0.674	0.924	1.176	0.815
		V/H	1.569	1.978	1.889	1.751
	dp_d	V	6.866	7.122	5.641	6.777
		H	8.226	8.248	6.869	8.036
		V/H	0.835	0.864	0.821	0.843
G <sub>30</sub> (PGA ≥ 30 gal)	dp_a	V	0.111	0.136	0.229	0.139
		H	0.153	0.255	0.561	0.243
		V/H	0.725	0.533	0.408	0.570
	dp_v	V	2.197	2.476	2.507	2.371
		H	0.900	1.078	1.553	1.079
		V/H	2.442	2.297	1.615	2.198
	dp_d	V	6.171	6.949	6.322	6.521
		H	7.884	8.369	6.869	7.837
		V/H	0.783	0.830	0.945	0.832
G <sub>50</sub> (PGA ≥ 50 gal)	dp_a	V	0.104	0.166	0.335	0.170
		H	0.156	0.262	0.552	0.268
		V/H	0.664	0.632	0.607	0.635
	dp_v	V	2.789	2.986	2.911	2.909
		H	1.498	1.250	2.207	1.507
		V/H	1.862	2.388	1.319	1.930
	dp_d	V	6.173	6.333	6.592	6.345
		H	7.628	8.066	6.939	7.659
		V/H	0.809	0.785	0.950	0.828
G <sub>921</sub> (Chi-Chi main shock)	dp_a	V	0.266	0.144	0.267	0.228
		H	0.144	0.273	0.568	0.432
		V/H	1.847	0.527	0.471	0.528
	dp_v	V	3.424	4.392	4.120	4.139
		H	3.000	3.653	4.407	4.101
		V/H	1.141	1.202	0.935	1.009
	dp_d	V	7.787	7.500	7.282	7.367
		H	8.028	8.668	8.192	8.299
		V/H	0.970	0.865	0.889	0.888

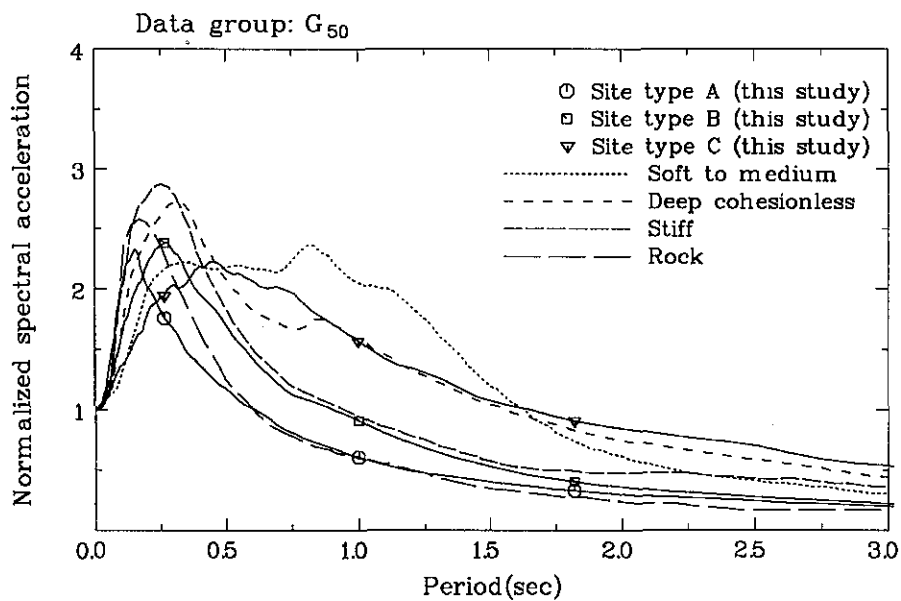




圖一 本研究區域測站分類圖。圓形、方形、三角形分別代表 A、B、C 類測站。粗線為車籠埔斷層，星號為集集地震震央。左上圖為本研究所用之 32 個地震震央分布。



圖二 測站分類之範例。TCU048、TCU052、TCU063 分別屬於 A、B、C 類型。



圖三 各類測站總平均反應譜與 Seed et al.(1976)四種地盤反應譜之比較。

## 附 錄

測站分類表。Geo 為 Lee et al.(2001)所作的分類，地盤由硬至軟依序分為 B、C、D、E 四種。

編號	測站名稱	緯 度	經 度	位 址	本研究	Geo
1	TCU048	24.1807	120.593	台中市東海大學	A	C
2	TCU049	24.1795	120.690	台中市僑孝國小	A	D
3	TCU051	24.1608	120.652	台中市忠明國小	A	D
4	TCU071	23.9860	120.788	南投縣雙冬國小	A	D
5	TCU080	23.9000	120.930	南投縣魚池國小	A	D
6	TCU106	24.0855	120.549	彰化縣彰化師大	A	D
7	TCU108	24.0865	120.524	彰化縣忠孝國小	A	E
8	TCU111	24.1137	120.487	彰化縣和美國小	A	E
9	TCU112	24.0560	120.424	彰化縣洛津國小	A	E
10	TCU115	23.9598	120.470	彰化縣溪湖國小	A	E
11	TCU117	24.1330	120.460	彰化縣線西國中	A	E
12	TCU118	24.0028	120.423	彰化縣永樂國小	A	E
13	TCU120	23.9800	120.613	彰化縣同安國小	A	C
14	TCU129	23.8783	120.684	南投縣新街國小	A	D
15	TCU137	24.1852	120.922	台中縣白冷國小	A	B
16	TCU145	23.9418	120.337	彰化縣新寶國小	A	E
17	CHY001	23.7060	120.240	雲林縣安南國小	A	E
18	CHY005	23.6128	120.414	嘉義縣排路國小	A	E
19	CHY026	23.7988	120.412	雲林縣永定國小	A	E
20	CHY027	23.7523	120.247	雲林縣麥寮國小	A	E
21	CHY029	23.6143	120.529	雲林縣興昌國小	A	C
22	CHY030	23.6443	120.476	雲林縣石龜國小	A	E
23	CHY031	23.6592	120.342	雲林縣秀潭國小	A	E
24	CHY036	23.6075	120.479	嘉義縣三和國小	A	D
25	CHY076	23.6380	120.222	雲林縣四湖國小	A	E
26	CHY082	23.7247	120.299	雲林縣巖巖國小	A	E
27	CHY093	23.6525	120.148	雲林縣三崙國小	A	E
28	CHY101	23.6862	120.562	雲林縣東和國小	A	D
29	TCU050	24.1820	120.633	台中市西屯國小	B	D
30	TCU052	24.1980	120.740	台中市光正國小	B	C
31	TCU053	24.1940	120.669	台中市建仁國小	B	D
32	TCU054	24.1615	120.675	台中市省三國小	B	D
33	TCU055	24.1397	120.664	台中市忠孝國小	B	D
34	TCU056	24.1592	120.624	台中市黎明國小	B	D
35	TCU057	24.1780	120.611	台中市協和國小	B	C
36	TCU059	24.2688	120.564	台中縣清水國小	B	D

編號	測站名稱	緯 度	經 度	位 址	本研究	Geo
37	TCU060	24.2250	120.644	台中縣大雅國小	B	D
38	TCU061	24.1363	120.549	台中縣大忠國小	B	D
39	TCU065	24.0590	120.691	台中縣霧峰國小	B	D
40	TCU067	24.0917	120.720	台中縣健民國小	B	D
41	TCU072	24.0392	120.858	南投縣國姓國小	B	D
42	TCU076	23.9078	120.676	南投縣南投國小	B	D
43	TCU078	23.8123	120.846	南投縣水里國小	B	D
44	TCU079	23.8397	120.894	南投縣頭社國小	B	D
45	TCU082	24.1475	120.676	台中市(TCU)	B	D
46	TCU089	23.9037	120.857	南投縣魚池鄉	B	B
47	TCU104	24.2097	120.602	台中縣公明國小	B	C
48	TCU105	24.2387	120.560	台中縣竹林國小	B	C
49	TCU113	23.8925	120.386	彰化縣興華國小	B	E
50	TCU114	23.8787	120.515	彰化縣北斗國小	B	E
51	TCU116	23.8568	120.580	彰化縣田中國中	B	E
52	TCU119	23.9240	120.312	彰化縣芳苑國中	B	E
53	TCU121	23.8963	120.450	彰化縣合興國小	B	E
54	TCU122	23.8127	120.610	彰化縣二水國小	B	D
55	TCU123	24.0177	120.543	彰化縣華南國小	B	D
56	TCU124	23.9145	120.682	南投縣平和國小	B	D
57	TCU125	23.9552	120.682	南投縣光華國小	B	D
58	TCU130	24.1450	121.265	南投縣合歡山	B	B
59	TCU136	24.2602	120.651	台中縣神岡國小	B	C
60	TCU138	23.9223	120.595	彰化縣湳雅國小	B	D
61	TCU140	23.9575	120.359	彰化縣草湖國小	B	E
62	TCU141	23.8335	120.464	彰化縣水尾國小	B	E
63	TCU146	24.1617	120.484	彰化縣大同國小	B	E
64	CHY003	23.7182	120.531	雲林縣公誠國小	B	D
65	CHY024	23.7577	120.607	雲林縣林中國小	B	D
66	CHY025	23.7800	120.514	雲林縣饒平國小	B	E
67	CHY028	23.6327	120.606	雲林縣山峰國小	B	D
68	CHY083	23.7240	120.578	雲林縣石榴國小	B	D
69	CHY092	23.7920	120.478	雲林縣大新國小	B	E
70	CHY094	23.7935	120.322	雲林縣中和國小	B	E
71	CHY103	23.7003	120.532	雲林縣鎮南國小	B	D
72	CHY111	23.7917	120.227	雲林縣豐安國小	B	E

編號	測站名稱	緯 度	經 度	位 址	本研究	Geo
73	TCU063	24.1085	120.616	台中縣烏日國小	C	D
74	TCU064	24.3460	120.610	台中縣順天國小	C	D
75	TCU068	24.2780	120.766	台中縣石岡國小	C	D
76	TCU070	24.1955	120.547	台中縣龍泉國小	C	C
77	TCU074	23.9607	120.962	南投縣南光國小	C	D
78	TCU075	23.9835	120.678	南投縣草屯國小	C	D
79	TCU084	23.8830	120.900	南投縣日月潭	C	B
80	TCU086	23.8635	120.281	彰化縣西港國小	C	E
81	TCU087	24.3482	120.773	苗栗縣鯉魚潭	C	B
82	TCU100	24.1860	120.615	台中市永安國小	C	C
83	TCU101	24.2417	120.709	台中縣豐南國中	C	D
84	TCU102	24.2492	120.721	台中縣豐東國中	C	D
85	TCU103	24.3103	120.716	台中縣內埔國小	C	C
86	TCU107	24.0728	120.539	彰化縣南郭國小	C	D
87	TCU109	24.0845	120.571	彰化大竹縣國小	C	D
88	TCU110	23.9617	120.570	彰化縣員林國小	C	E
89	TCU139	23.9217	120.540	彰化縣永靖國小	C	E
90	CHY002	23.7197	120.413	雲林縣廉使國小	C	E
91	CHY004	23.6020	120.175	雲林縣頂湖國小	C	E
92	CHY080	23.5972	120.678	雲林縣草嶺	C	B
93	CHY104	23.6698	120.466	雲林縣僑真國小	C	E



# 民國八十九年颱風調查報告—第十二號颱風（巴比倫）

徐辛欽

中央氣象局氣象預報中心

## 摘要

巴比倫颱風（Prapiroon, 0012）為 2000 年第三個侵台颱風，於八月廿六日 1800UTC 在台灣東方海面形成颱風後，其行徑在掠過台灣東北部海面時，與瑪莉亞颱風（Maria, 0013）發生藤原效應而使路徑轉向偏北進行，經過東海、黃海至日本海面而減弱為熱帶性低氣壓。巴比倫颱風中心並未登陸台灣陸地，只有暴風圈影響台灣東北部和北部，其帶來雨量集中在台灣北部、宜蘭、桃園、新竹和苗栗等山區（一般在 200mm 以上），但風力並不大，此颱風對台灣造成的災害輕微。

在颱風路徑預報誤差方面，中央氣象局 24 及 48 小時分別為 192 公里和 392 公里，在模式預報方面，TFS 表現優異，24 小時預報誤差只有 218 公里。

關鍵詞：藤原效應

## 一、前言

八十九年巴比倫颱風是在西北太平洋上形成的第十二個颱風，也是當年第三個侵台颱風，於八月廿六日 1800UTC 形成輕度颱風後，其行徑掠過台灣東北部海面，移向東海、黃海及北韓再到日本海，九月一日 1800 UTC 才減弱為溫帶氣旋（見表 1），生命期共六天，第十二號颱風中心並未登陸台灣陸地，只有暴風半徑影響台灣，帶給台灣的災害並不大，僅有一些地方土石崩落和交通中斷，財物損失輕微，亦無人員傷亡。

十二號颱風影響期間，在降雨方面，在桃園竹苗山區最多，其中以苗栗和興 403 公厘，新竹白蘭 373.5 公厘為最多；瞬間最大風力方面，以蘭嶼 13 級，彭佳嶼及鞍部 10 級為最大。

本報告將討論第十二號颱風發生經過，侵台期間中央氣象局對其處理情形，颱風路徑變化，氣象要素分析及對此颱風預報之校驗。

## 二、颱風發生經過及處理情形

八十九年八月廿四日 1800 UTC 在菲律賓東方約一千公里海面上之低壓擾動發展成一熱

帶性低氣壓，此熱帶性低氣壓向西北西緩慢移動，至廿六日 0000UTC 時逐漸增強且轉向西北前進，到 1800UTC 終於形成輕度颱風，經命名為巴比倫（PRAPIROON），係當年第十二個發生於西北太平洋的颱風，編號為 0012，中心氣壓 992 hPa（見圖 1），十二號颱風的行徑和位於其東北方的副熱帶高壓脈動息息相關，其沿著副熱帶高壓之邊緣向西北前進，至廿七日 1200 UTC 時，巴比倫颱風的行徑改為偏西進行（見圖 10），且颱風中心位置到達琉球南方海面，由於其七級風暴風半徑達 250 公里，將對台灣北部海面、台灣東北部海面及台灣東南部海面構成威脅，因此中央氣象局於當（廿七）日廿時四十五分（地方時）針對上述海面發布此颱風之第一報海上颱風警報，同時將此一訊息透過各媒體及氣象局各種氣象資訊傳輸管道傳送各災害防救單位、水庫及台灣電力公司等有關單位注意，並呼籲在上述海面作業及航行的船隻應戒備。

之後各次警報除了針對上述海面發布以外，更於廿八日八時四十五分（地方時）發布之警報中提醒台灣北部及東北部陸地將有局部性豪雨發生，請民眾注意防範。因其以偏西方

向進行，且預估其暴風圈將侵襲到台灣北部及東北部陸地，中央氣象局遂於廿八日十四時四十五分（地方時）發布第十二號颱風的海上陸上警報，陸上警戒區域包括基隆、宜蘭、台北及桃園地區。復於廿時五十分（地方時）發布之陸上警報中增加新竹與苗栗地區為警戒區，海上警戒區域中增加台灣海峽北部及馬祖海面，除了提醒警戒區內應嚴防強風豪雨外，並在此警報中提醒北部及東北部地區之民眾注意落石、坍方、土石流及山洪爆發，河川下游地區要防河水暴漲。

當第十二號颱風暴風圈逐漸接近台灣東北部海面時，中央氣象局研判第十二號颱風可能受第十三號颱風瑪莉亞影響而向西北方移動，所以在廿九日二時五十五分發布之警報中調整此颱風之預測移動方向。之後，颱風開始轉向西北方向移動，其暴風圈於廿九日八時（0000UTC）起進入台灣東北部海面，並於廿九日晚上至卅日清晨暴風圈邊緣掠過台灣東北部及北部陸地。當暴風圈進入台灣東北部陸地後，此颱風轉向北北西方向移動，且速度有加快的現象。

卅日八時（0000UTC）資料顯示颱風暴風圈已離開台灣陸地，中央氣象局遂於八時四十分解除陸上警報，隨其持續朝北北西再轉偏北方向移動過程中，暴風圈遠離台灣附近海域，氣象局再於當天十四時廿分解除海上警報。巴比倫颱風警報期，共計為二天又十二小時，氣象局共發布八次海上警報，十四次海上陸上警報（見表2）。發布海上警報的海域涵蓋台灣北部海面、台灣東北部海面、台灣東南部海面、海峽北部及馬祖海面，陸上警報的警戒區域包括基隆、宜蘭、台北、桃園、新竹及苗栗地區。

### 三、颱風的路徑及強度變化

巴比倫颱風於八月廿六日 1800 UTC 形成後，先以西北方向進行，時速十八公里，其沿著太平洋高氣壓的西南邊緣移動，至廿七日 0600 UTC 時，由於太平洋高壓顯著增強且西

伸，促使颱風轉為偏西進行，此時在其西方約 1400 公里的海面即廣東近海海面，有一熱帶性低氣壓形成，且強度在增強中。至 28 日 0000UTC 時，巴比倫颱風持續以時速十八公里速度，以偏西方向前進（圖 2），北方之鋒面仍偏高緯度，對其行徑暫無影響，而在廣東海面的低氣壓（北緯廿一·二度，東經一一五·九度）正快速增強中，中心氣壓已達 998 hPa，其環流和巴比倫颱風環流已連接成一東西走向的大低氣壓（圖 3a），500 hPa 圖（圖 3b）則顯示在此大低壓帶內仍有二個渦度中心，但此熱帶性低壓與巴比倫颱風發生藤原效應，而向東南再轉向偏南緩慢前進；從平均駛流場（圖 4）顯示，引導巴比倫颱風行進的氣流為北方反氣旋，在其控制下，此颱風只能以偏西進行，而熱帶低壓的氣旋中心與巴比倫颱風的氣旋中心連成一近東西走向的軸線。在 0300 UTC（11 時）的衛星雲圖（圖 5）顯示，二個雲團相距頗近，但雲系並未相連一起，直至廿八日 1200 UTC，此熱帶性低氣壓終於發展成輕度颱風，為編號 0013 的瑪莉亞（MARIA）颱風，中心氣壓已降至 996 hPa，此時其位置已南移至北緯廿·二度，東經一一五·四度。

廿九日 0000 UTC 時，雖然巴比倫颱風北方之高空槽線仍在北緯卅度之北（地面圖上為弱鋒面），但其東北方的太平洋高壓明顯有後退跡象（圖 6），此促使巴比倫颱風行徑有重大變化，從向西轉為向北北西進行，而在藤原效應下，瑪莉亞颱風則向偏南移動，圖 7 為廿九日 0000 UTC 的駛流場，巴比倫颱風的環流中心在台灣東方約 300 公里，橫跨其北方之脊線明顯從原先的北緯卅度附近（圖 4）北移至北緯卅四度（東經一二〇度線上），其與瑪莉亞颱風所形成的氣旋中心之軸線，已由原來的東西向轉為東北與西南走向，二者均促使巴比倫颱風更朝北前進。

由廿九日 0600 UTC 的衛星雲圖（圖 8）得知，巴比倫颱風環流內的北邊雲系明顯較南邊雲系少，顯示颱風仍有南方來的氣流（水氣）



來補充，也就是颱風仍在增強中，此時在中緯度槽線所伴隨的雲帶正逐漸接近，而在南海北部的瑪莉亞颱風之雲團結實且往南移。

至廿九日 1800 UTC，巴比倫颱風在藤原效應與導引氣流影響下，持續往北北西前進，速度加快，時速增至卅公里，中心附近最大風速亦增強至 30m/s（十一級），瞬間最大風速達 38 m/s（十三級）。由於位於颱風北方之脊線場減弱，但在日本東南方海面的太平洋高壓中心近似滯留，並未向西後退，此致使颱風只能以偏北方向前進，而無法轉為向西或西北移動（圖 9），在南海北部的瑪莉亞颱風則在其影響下，不再往南而轉往北移動。

卅日 0600 UTC 時，巴比倫颱風更加速北移，時速達廿九公里，同時中心最大風速更增至 33m/s，達中度颱風標準，此時颱風中心位置已移至浙江外海。一直朝北方前進，至卅一日 1200 UTC 才減弱為輕度颱風，移動方向略偏為北北東，進入北韓後再轉為向東北移動，直至九月一日 1800 UTC 在日本海減弱為溫帶氣旋，有關巴比倫颱風的最佳路徑見圖 10。

## 四、巴比倫颱風侵台期間各種氣象要素分析

### （一）氣壓分析

巴比倫颱風於八月廿九日間，掠過台灣的東北方外海，台灣地區之最低氣壓最早於廿九日十四時五十六分（地方時）出現在大武，其次是恆春、台南及高雄等地，出現時間約在廿九日十五時左右，最晚出現最低氣壓之地點則是基隆、彭佳嶼、鞍部、台北等北部地區，出現時間都在卅日清晨，可見颱風路徑是由南往北移動，且從台灣東北方海面離去，而此次颱風在台灣地區出現最低氣壓的測站是彭佳嶼（卅日三時卅分），氣壓為 988.9 hPa，其次是蘭嶼、花蓮、蘇澳等的東部地區（見表 3），顯示颱風最貼近台灣東部地區且並未穿過台灣。

圖 11 是巴比倫颱風中心氣壓與近中心最大風速之變化圖，巴比倫颱風的中心最低氣壓

本來就不深，只有 965 hPa，其出現在卅日 0600 UTC 至卅一日 0600 UTC 間，也就是當其在東海和黃海間，近中心最大風速也出現在此期間，達 33m/s，最大陣風 43m/s，此段期間對台灣地區並無影響。

### （二）風速分析

巴比倫颱風影響台灣的時間只有二天左右，但因其中心距台灣本島仍有一段距離，中央氣局蘭嶼氣象站在廿九日十六時卅五分出現最大平均風力為 23.9m/s，瞬間最大風速則為同日十六時廿分出現的 37.2m/s（13 級），其風向為西風，另彭佳嶼在卅日二時四十二分出現瞬間最大風速 25.1m/s（風向為北風），鞍部在廿九日十八時五十三分出現 24.9m/s（風向為北北東風），其他東吉島、梧棲、蘇澳的風力均不小，因一般在離島或高山測站出現風力都較大，而東南部和南部的風力則較小。而出現瞬間最大風速的時間，最早為在台東的廿八日十三時零分，花蓮的廿八日十三時 0 九分，另最大陣風的風向在東部的蘇澳、台東和大武均為西南風或偏南風，其他地區均為北風或東北風，有關各氣象站出現最大風速、風向與時間，請參考表 3 和圖 12。

### （三）降雨分析

從八月廿八日零時至卅日八時（地方時）期間內，在巴比倫颱風影響下，台灣地區降雨最多的測站為鞍部，有 253mm，其次為陽明山（竹子湖）的 147mm，再其次為台中的 108mm，這三個地方均超過 100mm 的雨量，另宜蘭、台北及新竹雨量亦不少，顯示在此颱風影響期間，降雨集中在台中（含）以北地區，台中以南地區和東部雨量甚少，其中澎湖、高雄、台東及蘭嶼甚至未有降雨量（圖 13 和表 4）。

在自動雨量站觀測資料方面（圖 14），降雨很顯然集中在新竹與苗栗地區，尤其在近山區雨量很大，另在台北縣山區及宜蘭山區雨量亦不小，這些地方都有 200mm 以上的雨量，其中較大的是苗栗縣獅潭鄉的和興有 403mm、新竹

縣五峰鄉的白蘭有 373.5mm 和橫山鄉的竹東有 351.5mm，另苗栗縣鳳美、觀霧及大湖，新竹縣尖石鄉的梅花等地均有 300mm 以上的雨量。相反地，在嘉南平原、屏東半島及花東地區雨量稀少，均在 10mm 以下。

## 五、巴比侖颱風路徑的預報誤差校驗

中央氣象局氣象衛星中心從事衛星資料颱風中心定位分析工作，表 5 為該中心以指定時間間距所進行颱風強度估計中心定位的結果，從八月廿四日十八時（UTC）即開始觀測分析（TD 階段），至廿六日十八時形成輕度颱風後，為每三小時觀測乙次，廿七日因颱風已接近台灣附近海面而加強監視，於十一時起增加為每小時觀測乙次，直至卅日九時才又恢復三小時觀測乙次，其資料內容豐富，包括颱風中心的經緯度，定位準確度，颱風強度估計及強度變化等，故颱風的定位並無多大問題，當颱風接近時，又有五分山雷達觀測定位（表 6），皆為中央氣象局對此颱風定位的參考，亦為決定最佳路徑的依據。

比侖颱風路徑的主觀預報與模式預測等之廿四小時及四十八小時平均誤差，結果列於表 7a(24hr)及表 7b (48hr)，以廿四小時的路徑預報誤差(表 7a)而言，表現最佳的是日本(RJTD)和菲律賓(RPMM)，其平均誤差為 150 公里(日本的有廿次個案，而菲律賓只有五次個案)，其次是關島(PGTW)為 172 公里(廿次個案)，中央氣象局的平均誤差為 192 公里(廿一次個案)，表現尚佳。

在四十八小時路徑預報誤差方面(表 7b)，菲律賓的誤差只有 224 公里，但只有一次個案，不具意義，日本的誤差為 235 公里(17 次個案)，算是最佳的，其次是關島的 344 公里和中央氣象局的 392 公里，其他的預報誤差都在 500 公里以上。

若以中央氣象局颱風路徑預報模式(TFS)和相當正壓模式(EBM)比較，TFS 模式的表

現明顯優於 EBM 模式的表現(表 8)，TFS 模式的 24 小時預報只有 218 公里(10 次個案)的誤差，48 小時預報有 513 公里(8 次個案)的誤差，相較於 EBM 模式的 380 公里和 792 公里的誤差均小約 200 公里，TFS 模式在 24 小時預報上甚至比一般主觀預報佳(見表 7a)，甚是難得。另以二個模式預報路徑和此颱風最佳路徑比較，TFS 的預報路徑(圖 15)偏北且偏西，後期(颱風在東海)預報偏北且偏東；而 EBM 模式的預報路徑(圖 16)初期偏北偏西，後期則明顯有偏西現象。

## 六、災情報告：

巴比侖颱風在影響台灣期間只有輕度颱風的威力，且颱風中心亦距離台灣陸地一段距離(距台灣陸地最近時亦在 200 公里以上)，其暴風半徑只有侵襲台灣北部及東北部陸地，所以風力並未造成災害，其帶來的雨量大多集中在山區，故造成的損失亦輕微，根據內政部消防署中央防災中心指出，此次颱風並未造成人員傷亡，交通大都維持正常，農業災情少，只有造成苗栗、新竹山區幾處土石崩落，道路因坍方而交通局部中斷，房屋全毀一戶，半毀一戶。

## 七、結論：

綜合以上對巴比侖颱風的分析及討論，可歸納以下結論：

(一) 巴比侖颱風是八十九年西北太平洋發生的第十二個颱風，也是中央氣象局發布颱風警報的第三個侵台颱風，其生命期有六天，第一次海上颱風警報發布於八月廿七日 20 時，第一次陸上颱風警報發布於八月廿八日 14 時。

(二) 巴比侖颱風侵襲台灣期間，颱風中心並未登陸，只有暴風半徑影響台灣東北部和北部，在台灣並未造成大災害。

(三) 巴比侖颱風在接近台灣時，和瑪莉亞颱風(MARIA 0013)發生藤原效應，在八月廿九日 0000 UTC 時因太平洋高壓後退，其路徑從向西轉為北北西進行，而瑪莉亞颱風則以偏

南方向前進。

(四) 巴比倫颱風影響期間，最強風力出現在蘭嶼，瞬間最大風速達 37.2m/s (13 級)，其次是彭佳嶼的 25.1m/s (10 級)。最大降水發生在鞍部，有 253mm，降雨量大都集中在新竹和苗栗山區，台北縣和宜蘭山區亦不少，均有 200mm 以上的雨量。

(五) 颱風路徑預報誤差方面，24 小時之預報誤差以日本和菲律賓最小，只有 150 公里，中央氣象局為 192 公里。在 48 小時預報誤差上，日本 235 公里最佳，中央氣象局的誤差為 392 公里。若以中央氣象局預報模式比較，TFS 模式表現比 EBM 模式為佳，其 24 小時預報誤差只有 218 公里 (10 次個案)，表現相當優異。

## REPORT ON TYPHOON PRAPIROON IN 2000

Hsin-Chin Hsu

Weather Forecast Center, Central Weather Bureau

### ABSTRACT

Typhoon Prapiroon(0012) originated over the ocean east to Taiwan, and moved westwardly toward the sea northeast to Taiwan. Owing to the Fujiwara effect with Typhoon Maria(0013), it shifted its track northwardly later and moved to East China Sea and Yellow Sea..

The observational data showed that the peak gust 37.2m/s occurred at Lan-yu during the warning period. Although typhoon Prapiroon brought much rainfall over the mountain area in northern part of Taiwan, it caused small damages.

The 24 hr and 48 hr track forecast errors for this typhoon by Central Weather Bureau were 192km and 392km, respectively. Meanwhile, the 24hr forecast errors of TFS and EBM model were 218km and 380km, respectively.

Keywords: Fujiwara effect

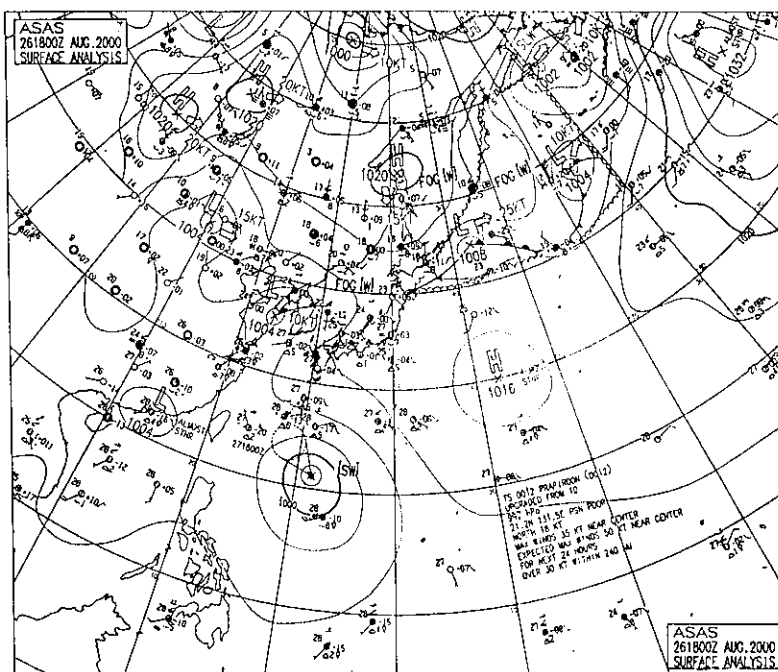


圖 1. 2000 年 8 月 26 日 1800UTC 地面天氣圖

Fig 1. The surface chart at 1800UTC August 26 of 2000.

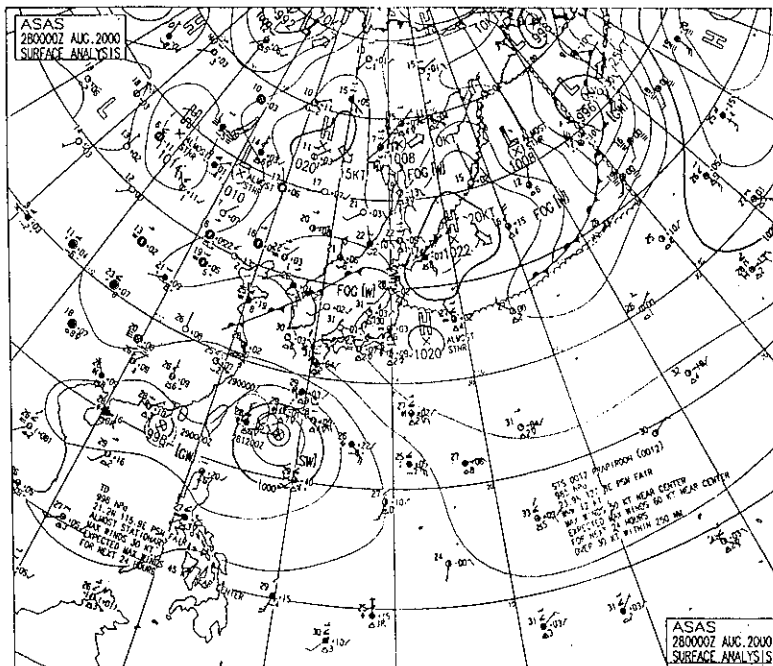


圖 2. 2000 年 8 月 28 日 0000UTC 地面天氣圖

Fig 2. The surface chart at 0000UTC August 28 of 2000.

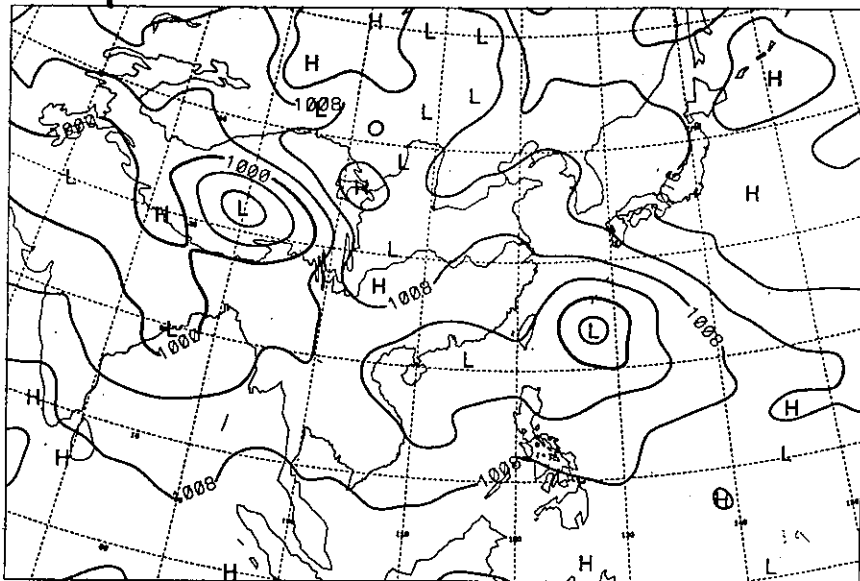


圖 3a. 2000 年 8 月 28 日 0000UTC 海平面氣壓圖

Fig 3a. The sea -level presure (hPa) chart at 0000UTC August 28 of 2000.

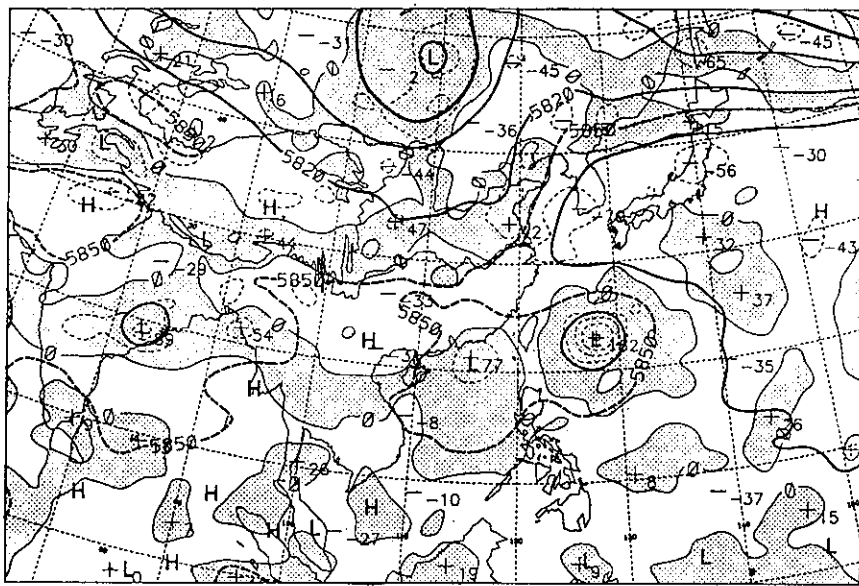


圖 3b. 2000 年 8 月 28 日 0000UTC 500 百帕高度場圖

Fig 3b. The 500hPa height(M)chart at 0000UTC August 28 of 2000.

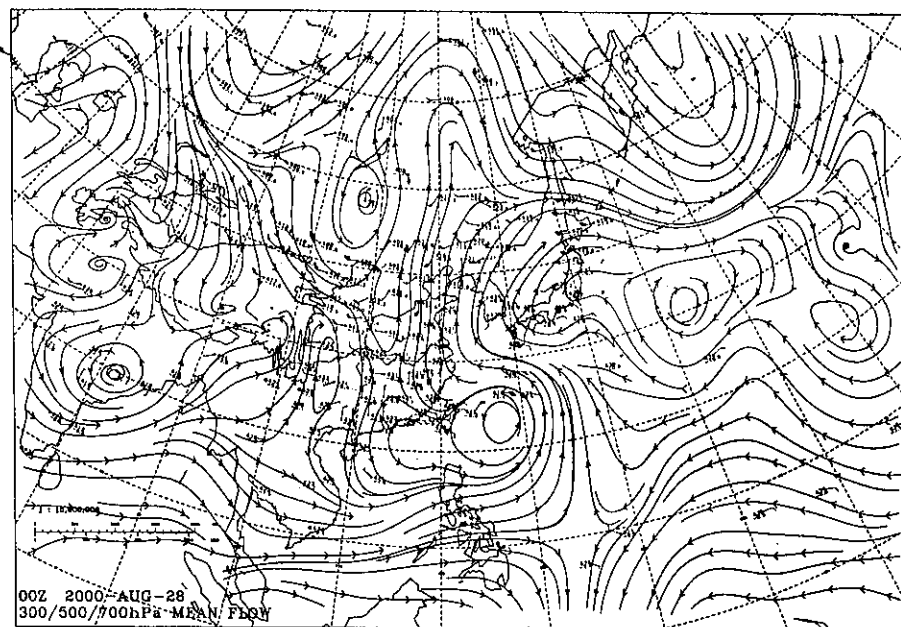


圖 4. 2000 年 8 月 28 日 0000UTC 300/500/700 百帕平均氣流圖

Fig 4. The streamline analysis of mean flow (300/500/700 hPa) at 0000UTC August 28 of 2000.

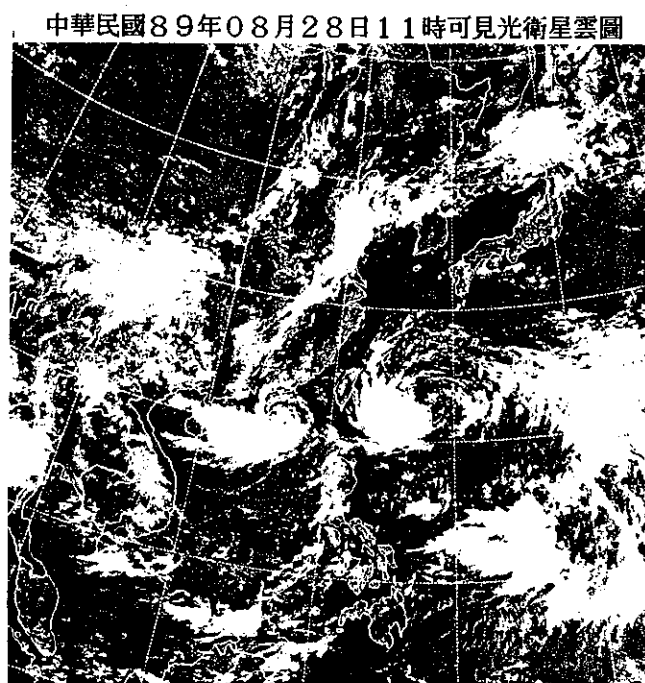


圖 5. 2000 年 8 月 28 日 11 時可見光衛星雲圖

Fig 5. The GMS VIS image at 1100LST August 28 of 2000.

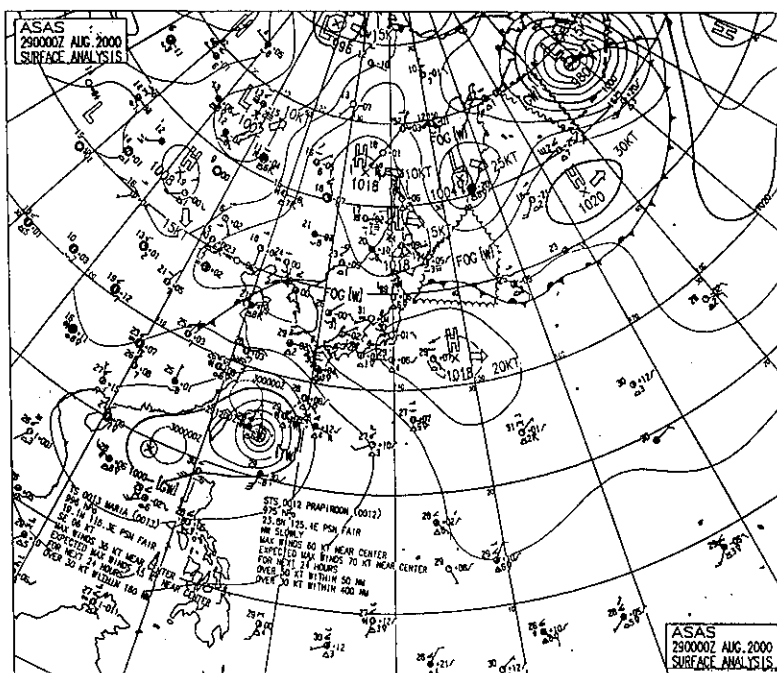


圖 6. 2000 年 8 月 29 日 0000UTC 地面天氣圖

Fig 6. The surface chart at 0000UTC August 29 of 2000.

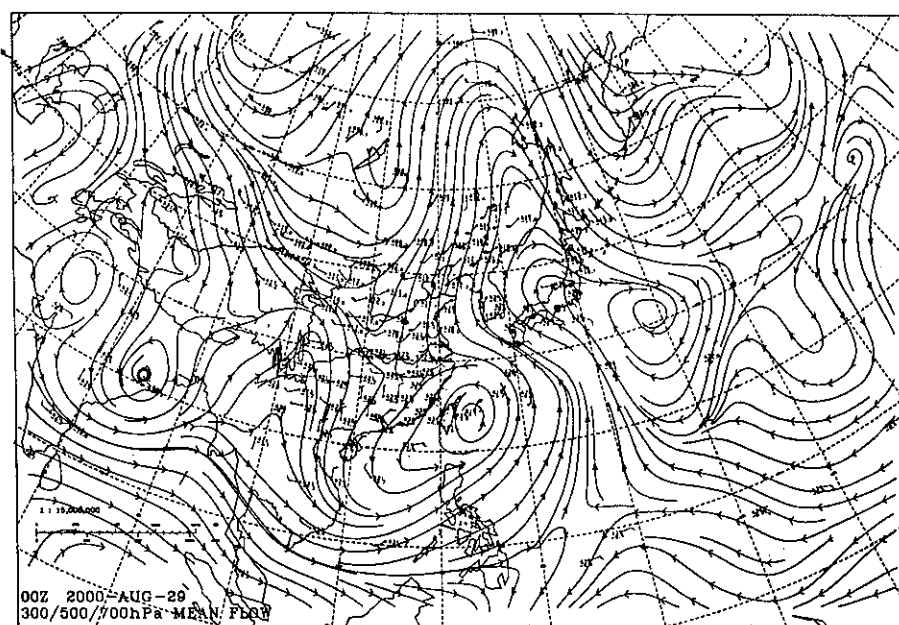


圖 7. 2000 年 8 月 29 日 0000UTC 300/500/700 百帕平均氣流圖

Fig 7. The streamline analysis of mean flow (300/500/700 hPa) at 0000UTC August 29 of 2000.

中華民國89年08月29日14時可見光衛星雲圖

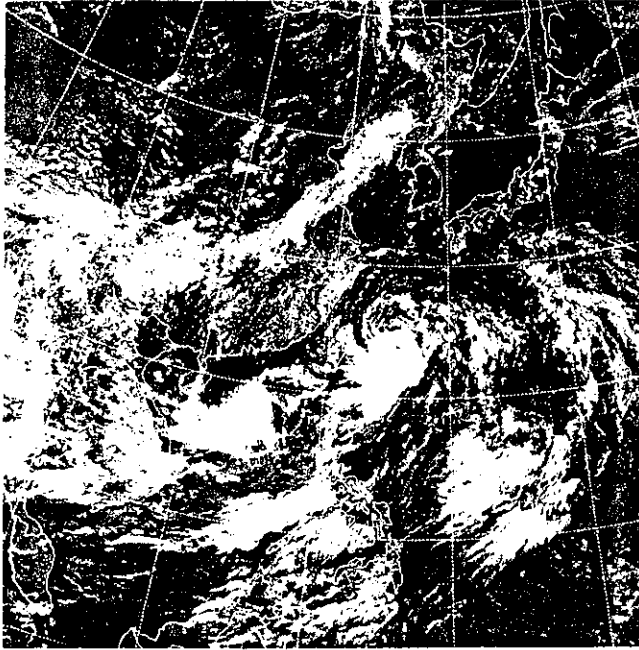


圖 8. 2000 年 8 月 29 日 14 時可見光衛星雲圖

Fig 8. The GMS VIS image at 1400LST August 29 of 2000.

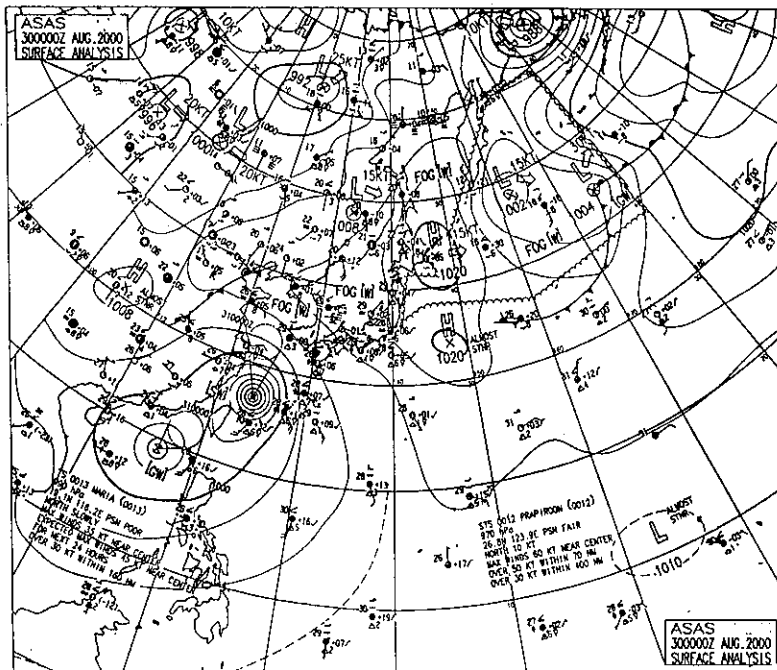


圖 9. 2000 年 8 月 30 日 0000UTC 地面天氣圖

Fig 9. The surface chart at 0000UTC August 30 of 2000.



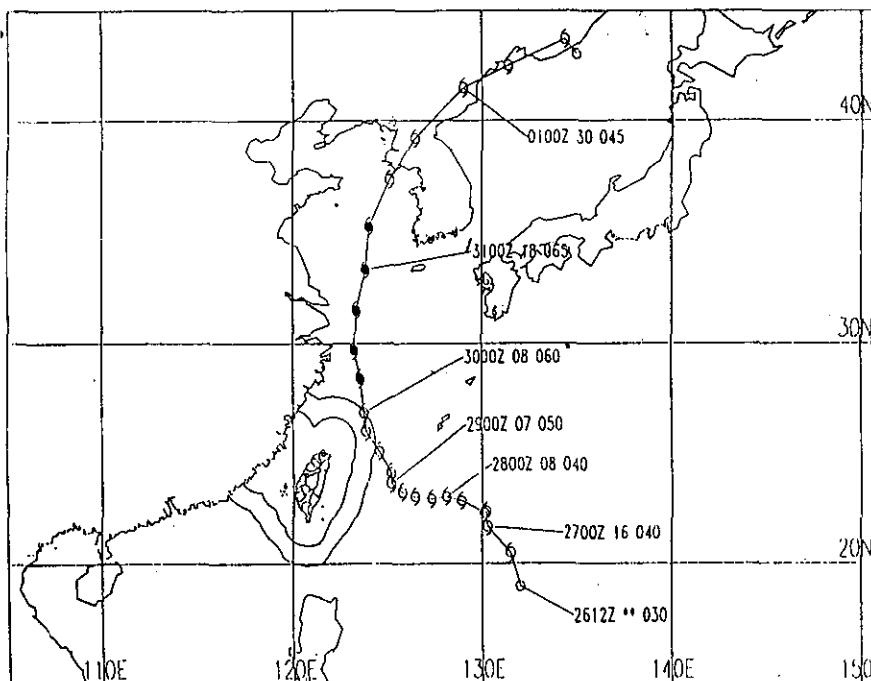


圖 10. 巴比侖颱風(0012)最佳路徑圖。

圖中空心代表強度為輕度颱風，實心代表中度以上颱風，每隔 12 小時之標示資料由左至右分別為 UTC 時間、移速(kts)及近中心最大風速(kts)

Fig 10. The best track of typhoon Prapiroon(0012).

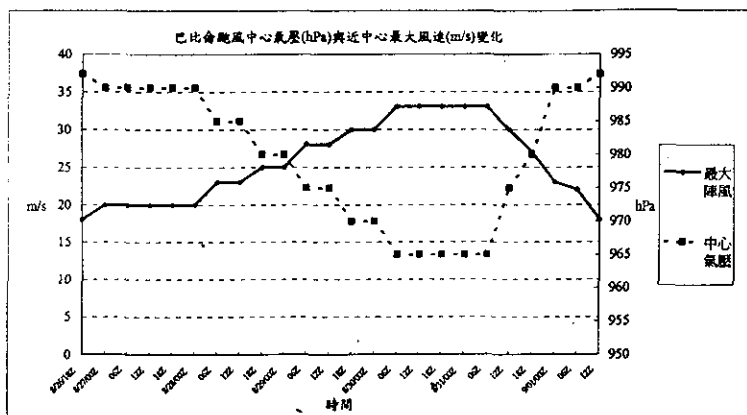


圖 11. 巴比侖颱風生命期內之中心氣壓及近中心最大風速變化圖

Fig 11. Time sequence of minimum pressure and maximum wind speed for typhoon Prapiroon(0012).

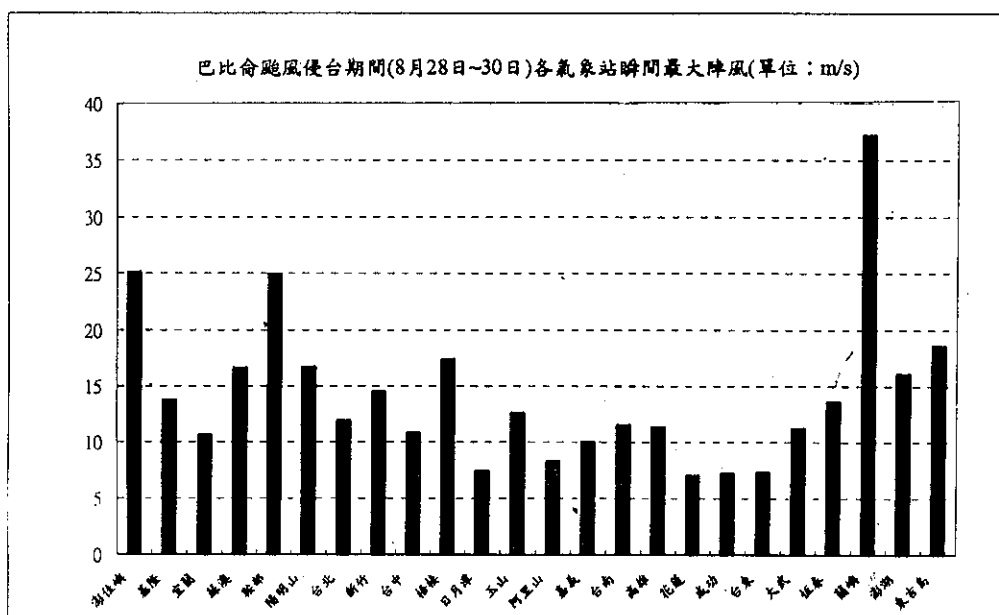


圖 12. 巴比倫颱風(0012)侵台期間〔8 月 28 日至 30 日〕各氣象站瞬間最大陣風  
Fig 12 The gust wind at CWB station during typhoon Prapiroon's passage .

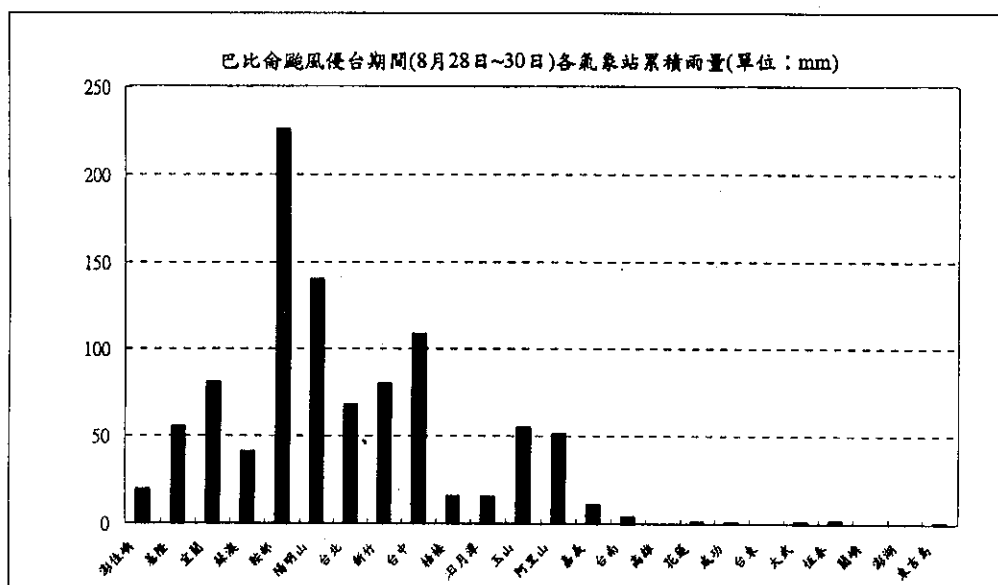


圖 13. 巴比倫颱風(0012)侵台期間〔8 月 28 日至 30 日〕各氣象站累積雨量  
Fig 13 The accumulated precipitation at CWB station during typhoon Prapiroon's passage .

# 巴比侖颱風等雨量線圖

(民國八十九年八月廿八日至八月卅日十四時)

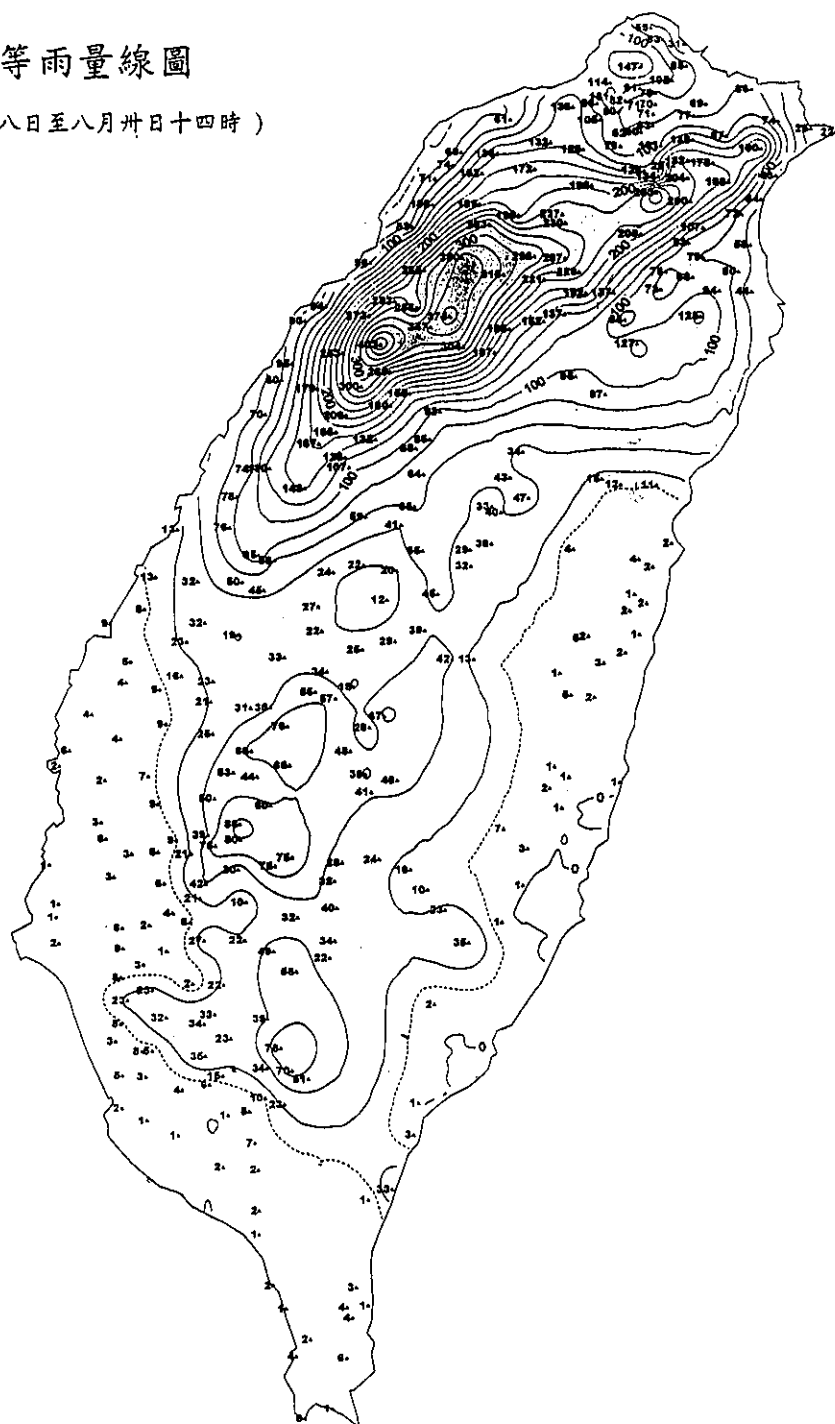


圖 14. 巴比侖颱風侵台期間，8 月 28 日至 30 日 14 時自動雨量站所測之雨量分布  
Fig.14 The distribution of accumulated rainfall in Taiwan area during typhoon Prapiroon's passage.

TFS TYPHOON TRACK FORECAST DATE (00/08/27/00Z-00/08/31/12Z)

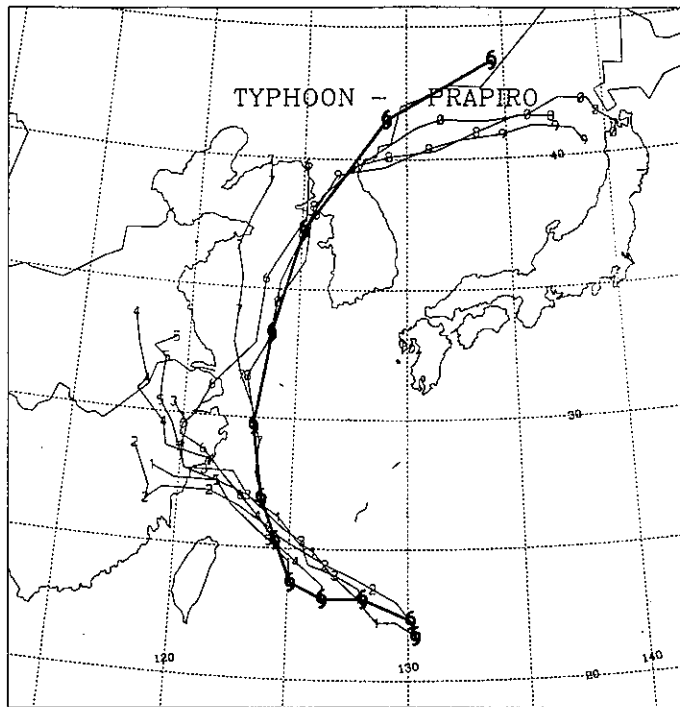


圖 15. TFS 模式之預報路徑與巴比倫颱風最佳路徑比較圖

Fig. 15. The forecast of TFS model and the best track of typhoon Prapiroon.  
(082700UTC-083112UTC)

EBM TYPHOON TRACK FORECAST DATE (00/08/27/00Z-00/08/31/12Z)

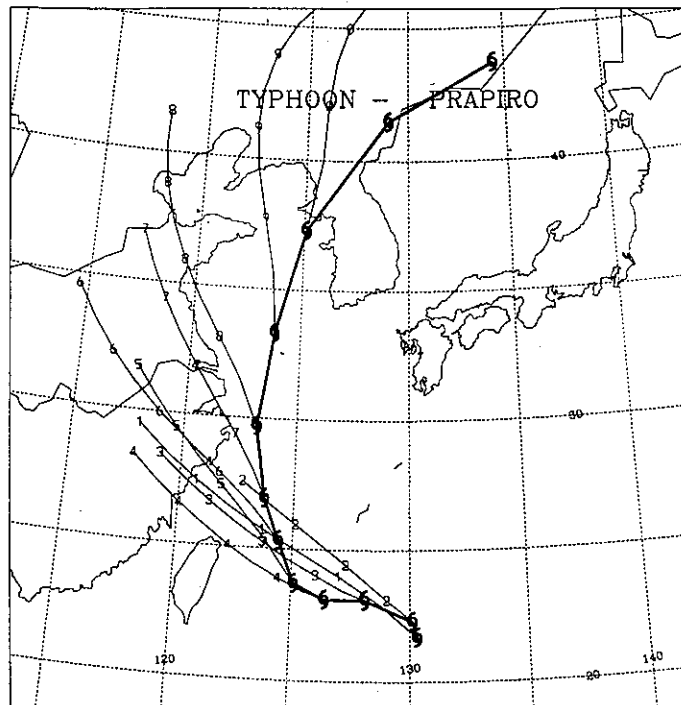


圖 16. EBM 模式之預報路徑與巴比倫颱風最佳路徑比較圖

Fig. 16. The forecast of EBM model and the best track of typhoon Prapiroon,  
(082700UTC-083112UTC)

表 1. 第十二號颱風（巴比倫）最佳路徑、強度變化及動向資料表

Table 1. The best-track positions, intensity and movement of typhoon PRAPIROON.

時間 (UTC)			中心位置 (度)		中心氣壓 (百帕)	移動方向 (DEG)	移動速度 (km/hr)	近中心最大風速 (m/s)		暴風半徑 (km)	
月	日	時	北緯	東經				平均	瞬間	七級風	十級風
8	26	18	20.5	131.5	992	NNW	18	18	25	180	
	27	00	21.7	130.3	990	NW	18	20	28	250	
		06	22.4	130.2	990	WNW	19	20	28	250	
		12	22.3	130.1	990	WNW	18	20	28	250	
		18	22.9	128.9	990	WNW	18	20	28	250	
	28	00	23.1	128.1	990	WNW	18	20	28	250	
		06	23.0	127.3	985	WNW	18	23	30	250	
		12	23.1	126.4	985	WNW	18	23	30	250	
		18	23.3	125.7	980	WNW	18	25	33	250	
	29	00	23.7	125.1	980	NW	19	25	33	250	
		06	24.2	125.1	975	NW	19	28	35	250	
		12	25.2	124.5	975	NW	19	28	35	250	
		18	26.1	123.8	970	NNW	22	30	38	250	
	30	00	26.9	123.7	970	N	22	30	38	250	
		06	28.4	123.5	965	N	29	33	43	250	
		12	29.7	123.2	965	NNE	29	33	43	250	100
		18	31.5	123.3	965	NNE	29	33	43	250	100
	31	00	33.3	123.6	965	NNE	33	33	43	250	100
		06	35.2	124.0	965	NNE	36	33	43	250	100
		12	37.3	125.1	975	NE	36	30	38	250	
		18	39.2	126.4	980	NE	40	27	35	200	
9	01	00	41.5	129.0	990	NE	47	23	30	150	
		06	42.5	131.4	990	ENE	47	22	30	150	
		12	43.7	134.3	992	ENE	47	18	25	150	

表 2. 第十二號颱風（巴比侖）警報發布經過一覽表

Table 2. Warnings issued by CWB for typhoon PRAPIROON.

種類	次序		發布時間				警戒區域		備註
	號	報	月	日	時	分	海 上	陸 上	
海上	12	1	8	27	20	45	台灣北部、東北部、東南部海面		輕度
海上	12	2	8	27	23	55	台灣北部、東北部、東南部海面		輕度
海上	12	3	8	28	2	40	台灣北部、東北部、東南部海面		輕度
海上	12	4	8	28	5	45	台灣北部、東北部、東南部海面		輕度
海上	12	5	8	28	08	45	台灣北部、東北部、東南部海面		輕度
海上	12	6	8	28	11	30	台灣北部、東北部、東南部海面		輕度
海陸	12	7	8	28	14	45	台灣北部、東北部、東南部海面	基隆、宜蘭、台北、桃園等地區	輕度
海陸	12	8	8	28	17	25	台灣北部、東北部、東南部海面	基隆、宜蘭、台北、桃園、新竹地區	輕度
海陸	12	9	8	28	20	50	台灣北部、東部、海峽北部海面	苗栗以北及宜蘭地區	輕度
海陸	12	10	8	28	23	30	台灣北部、東部、海峽北部海面	苗栗以北及宜蘭地區	輕度
海陸	12	11	8	29	02	55	台灣北部、東部、海峽北部海面	苗栗以北及宜蘭地區	輕度
海陸	12	12	8	29	05	35	台灣北部、東部、海峽北部海面	苗栗以北及宜蘭地區	輕度
海陸	12	13	8	29	05	25	台灣北部、東部、海峽北部海面	苗栗以北及宜蘭地區	輕度
海陸	12	14	8	29	11	40	台灣北部、東部、海峽北部海面	苗栗以北及宜蘭地區	輕度
海陸	12	15	8	29	14	45	台灣北部、東部、海峽北部海面	苗栗以北及宜蘭地區	輕度
海陸	12	16	8	29	17	25	台灣北部、東部、海峽北部海面	苗栗以北及宜蘭地區	輕度
海陸	12	17	8	29	20	50	台灣北部、東部、海峽北部海面	苗栗以北及宜蘭地區	輕度
海陸	12	18	8	29	23	30	台灣北部、東部、海峽北部海面	苗栗以北及宜蘭地區	輕度
海陸	12	19	8	30	02	40	台灣北部、東北部、海峽北部海面	苗栗以北及宜蘭地區	輕度
海陸	12	20	8	30	05	35	台灣北部、東北部、海峽北部海面	苗栗以北及宜蘭地區	輕度
海上	12	21	8	30	08	40	台灣北部、東北部海面		輕度
海上	12	22	8	30	11	30	台灣北部海面		中度
解除	12	23	8	30	14	20			中度

表 3. 第十二號颱風（巴比侖）侵台期間氣象要素統計表

Table 3. The meteorological summary of CWB's stations during the passage of typhoon PRAPIROON.

測站 站名	最低氣壓(hPa)		瞬間最大風速(m/s)			最大風速(m/s)			最大降水量(mm)				降水總量(m/s)	
	數值	時間	風速	風向	時間	風速	風向	時間	一小時	時間始迄	十分鐘	時間始迄	數量	時間始迄
彭佳嶼	988.9	30/03:30	25.1	N	30/02:42	18.1	NNW	30/02:50	5.2	29/10:05	5.0	29/10:05	19.2	28/14:45~30/08:40
基隆	991.9	30/03:58	13.7	NE	29/11:23	6.8	NE	29/11:30	16.1	29/05:50	8.0	29/06:17	55.3	28/14:40~30/07:30
鞍部	1344.5gpm	30/02:19	24.9	NNE	29/18:53	14.8	N	29/18:52	21.5	29/17:37	11.0	29/17:59	225.5	28/14:45~30/08:45
竹子湖	992.7	30/01:56	16.7	SE	28/19:21	7.0	NNE	30/07:10	20.5	29/17:54	10.5	29/18:11	140.0	28/14:25~30/08:40
台北	992.3	30/01:56	11.9	N	30/07:35	5.8	NW	30/07:36	12.0	29/06:00	9.6	29/06:46	67.8	28/14:45~30/08:40
新竹	994.5	29/15:01	14.5	NE	28/16:01	8.1	N	29/20:56	11.0	29/06:17	5.0	29/06:30	79.9	28/11:40~30/01:10
梧棲	993.4	29/16:13	17.4	NNE	28/19:47	11.3	NNW	29/13:30	4.5	28/20:49	1.5	29/07:54	15.5	28/15:45~30/08:40
台中	993.2	29/16:43	10.8	ENE	29/22:05	5.2	NNE	28/16:30	34.0	30/00:37	11.0	29/22:09	108.6	28/16:48~30/09:00
日月潭	1363.5gpm	29/17:52	7.4	SSW	30/02:04	4.4	S	30/03:08	4.7	29/21:22	1.1	29/21:35	15.0	28/17:15~30/07:30
澎湖	995.4	29/15:34	16.1	ENE	29/17:06	8.5	N	29/15:38	T	30/06:05	T	30/06:05	T	30/06:45~30/06:30
東吉島	995.0	29/15:19	18.6	NE	29/03:43	13.4	N	29/06:30	0.5	29/01:10	0.5	29/01:10	0.5	29/01:10~29/01:20
阿里山	752.6	29/15:53	8.3	NE	29/18:26	3.4	NNW	29/23:52	12.5	29/22:06	6.0	30/04:47	51.5	28/18:05~30/08:30
玉山	3035.2gpm	29/18:37	12.6	NE	29/19:50	9.7	W	29/19:58	19.0	29/20:13	7.5	29/20:41	55.0	29/10:10~30/08:15
嘉義	993.2	29/15:50	10.0	NE	29/16:43	6.1	N	29/15:42	3.5	30/03:20	2.0	30/05:21	10.5	28/22:10~30/08:20
台南	993.7	29/15:30	11.5	NNE	28/18:26	6.8	N	28/18:26	2.8	30/03:10	2.0	30/03:28	3.7	28/22:30~30/07:10
高雄	994.0	29/15:15	11.3	NE	28/15:40	6.3	NW	28/14:09	T	29/13:30	T	29/13:30	T	29/13:30~30/03:30
恒春	994.1	29/14:58	13.6	NW	29/14:57	7.1	W	29/14:20	1.0	29/15:23	1.0	29/15:23	1.5	29/15:23~29/16:24
宜蘭	991.2	30/01:14	10.6	N	30/02:31	5.6	NNW	30/00:45	16.0	29/10:21	11.5	29/11:08	80.4	28/13:05~30/02:10
蘇澳	990.6	29/17:22	16.6	SE	28/13:18	8.8	S	30/14:32	17.0	29/18:07	10.5	29/18:55	40.7	28/15:05~29/21:15
花蓮	990.6	29/17:55	7.0	S	28/13:09	5.4	S	28/13:04	0.5	28/17:05	0.5	28/17:05	1.0	28/14:55~30/25:05
成功	990.8	29/19:55	7.2	SW	28/17:30	4.8	S	28/16:26	0.5	29/23:30	0.2	29/23:30	0.5	29/23:30~30/00:04
台東	990.8	29/16:07	7.3	SW	28/13:00	3.1	S	28/12:51	T	29/21:42	T	29/12:42	T	29/21:42~29/21:50
蘭嶼	990.2	29/16:24	37.2	W	29/16:20	23.9	W	29/16:35	0	-	0	-	0	-
大武	991.2	29/14:56	11.2	SW	30/05:18	5.6	SW	30/02:35	1.0	29/20:18	0.5	29/20:39	1.2	28/02:45~30/14:20

註：x - 表該站屬高山測站

表 4. 巴比倫颱風 (0012) 影響台灣期間中央氣象局各氣象站風雨統計

Table 4. Accumulated rainfall and gust wind at CWB stations during typhoon Prapiroon attacking Taiwan.

8 月 28 日 00 時至 8 月 30 日 08 時止累積雨量及最大陣風統計表

站 名	累積雨量(mm)	最大平均風速(Kts) 五級以上	對應級數	出現時間(地方時)	最大陣風(Kts)	對應級數	出現時間(地方時)
彭佳嶼	22	34	8	3003	50	10	3003
基隆	56				27	6	2912
宜蘭	81						
蘇澳	34				33	7	2814
鞍部	253	26	6	2915	50	10	2919
陽明山	147				33	7	2820
淡水	96				25	6	2817
台北	72				22	6	2908
新竹	81				29	7	2817
台中	108				22	6	2923
梧棲	15	21	5	2917	35	8	2820
日月潭	56						
玉山	52				25	6	2920
阿里山	47						
嘉義	11						
台南	4				23	6	2819
高雄	T				23	6	2816
花蓮	1						
成功	0.5						
台東	0						
大武	1				22	6	3003
恆春	2				27	6	2915
蘭嶼	0	47	9	2917	74	13	2917
澎湖	0				32	7	2918
東吉島	0.5	25	6	2907	37	8	2904



表 5. 中央氣象局衛星中心對巴比倫颱風定位及強度估計資料表

Table5. Center location and intensities of typhoon Prapiroon observed by the Satellite  
Center of CWB.

颱風編號	中文名稱	英文名稱	年	月	日	時	雲圖種類	颱風雲型	中心緯度	中心經度	定位準確度	雲貌強度值	氣流強度值	警報種類
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	24	18	EIR/IR		10.40	134.00	Poor	1.00	1.00	
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	25	06	IR/EIR/VIS		13.40	132.10	Poor	1.50	1.50	
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	25	12	EIR/IR		14.60	130.60	Poor	1.50	1.50	
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	25	18	EIR/IR		14.60	129.90	Poor	1.50	1.50	
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	26	00	IR/EIR/VIS		14.20	130.90	Poor	1.50	1.50	
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	26	06	IR/EIR/VIS		16.00	131.50	Poor	1.50	1.50	
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	26	12	EIR/IR		18.70	132.10	Poor	2.00	2.00	
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	26	18	EIR/IR	彎曲雲帶型	20.50	131.20	Poor	2.00	2.00	
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	26	21	EIR/IR	彎曲雲帶型	20.80	130.60	Poor	2.00	2.00	
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	27	00	IR/EIR/VIS	彎曲雲帶型	21.80	130.30	Poor	2.50	2.50	
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	27	03	IR/EIR/VIS	彎曲雲帶型	22.00	129.90	Poor	2.50	2.50	
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	27	06	IR/EIR/VIS	高低層分離型	22.30	129.10	Poor	2.50	2.50	
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	27	09	IR/EIR/VIS	高低層分離型	22.50	129.20	Poor	2.50	2.50	
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	27	12	EIR/IR	彎曲雲帶型	22.60	129.20	Poor	2.50	2.50	海上警報
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	27	15	EIR/IR	彎曲雲帶型	22.60	129.00	Poor	2.50	2.50	海上警報
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	27	18	EIR/IR	彎曲雲帶型	22.70	128.90	Poor	2.50	2.50	海上警報
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	27	21	EIR/IR	彎曲雲帶型	22.70	128.40	Poor	2.50	2.50	海上警報
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	28	00	EIR/IR/VIS	彎曲雲帶型	22.70	128.30	Poor	2.50	2.50	海上警報
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	28	03	IR/EIR/VIS	彎曲雲帶型	22.70	127.80	Poor	2.50	2.50	海上警報
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	28	06	IR/EIR/VIS	彎曲雲帶型	22.80	127.50	Poor	2.50	2.50	海上警報
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	28	09	IR/EIR/VIS	彎曲雲帶型	22.80	126.90	Poor	2.50	2.50	陸上警報
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	28	12	EIR/IR	彎曲雲帶型	22.80	126.40	Poor	3.00	3.00	陸上警報
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	28	15	EIR/IR	彎曲雲帶型	22.80	126.10	Poor	3.00	3.00	陸上警報
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	28	18	EIR/IR	彎曲雲帶型	23.00	125.70	Poor	3.00	3.00	陸上警報
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	28	21	EIR/IR	彎曲雲帶型	23.10	125.60	Poor	3.50	3.50	陸上警報
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	29	00	IR/EIR/VIS	彎曲雲帶型	23.40	125.50	Poor	3.50	3.50	陸上警報
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	29	03	IR/EIR/VIS	彎曲雲帶型	23.80	125.40	Poor	3.50	3.50	陸上警報

0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	29	06	IR/EIR/VIS	彎曲雲帶型	24.40	125.20	Poor	3.50	3.50	陸上警報
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	29	09	IR/EIR/VIS	彎曲雲帶型	24.80	125.10	Poor	3.50	3.50	陸上警報
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	29	12	EIR/IR	彎曲雲帶型	25.20	124.60	Poor	3.50	3.50	陸上警報
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	29	18	EIR/IR	彎曲雲帶型	26.00	123.70	Poor	4.00	4.00	陸上警報
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	29	21	EIR/IR	彎曲雲帶型	26.60	123.70	Fair	4.00	4.00	陸上警報
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	30	00	IR/EIR/VIS	彎曲雲帶型	26.80	123.80	Fair	4.00	4.00	海上警報
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	30	03	IR/EIR/VIS	彎曲雲帶型	27.90	123.70	Fair	4.00	4.00	海上警報
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	30	06	IR/EIR/VIS	彎曲雲帶型	28.30	123.40	Fair	4.00	4.00	海上警報
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	30	09	IR/EIR/VIS	彎曲雲帶型	29.00	123.20	Fair	4.00	4.00	海上警報
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	30	12	EIR/IR	彎曲雲帶型	29.60	123.20	Fair	4.00	4.00	海上警報
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	30	16	EIR/IR	彎曲雲帶型	30.90	123.20	Fair	3.50	4.00	
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	30	18	EIR/IR	彎曲雲帶型	31.50	123.20	Fair	3.50	4.00	
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	30	21	EIR/IR	彎曲雲帶型	32.20	123.50	Fair	3.50	4.00	
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	31	00	IR/EIR/VIS	高低層分離型	32.90	123.90	Fair	3.50	4.00	
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	31	03	IR/EIR/VIS	高低層分離型	34.10	123.90	Fair	3.50	4.00	
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	31	06	IR/EIR/VIS	彎曲雲帶型	35.20	124.00	Fair	3.50	4.00	
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	31	09	IR/EIR/VIS	彎曲雲帶型	36.40	124.50	Fair	3.50	4.00	
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	31	12	EIR/IR	彎曲雲帶型	37.10	125.20	Fair	3.50	4.00	
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	31	16	EIR/IR	彎曲雲帶型	38.50	126.70	Fair	3.50	4.00	
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	31	18	EIR/IR	彎曲雲帶型	39.10	127.00	Fair	3.50	4.00	
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	08	31	21	EIR/IR	彎曲雲帶型	40.60	127.50	Fair	3.50	4.00	
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	09	01	00	IR/EIR/VIS	彎曲雲帶型	41.30	129.00	Fair	3.00	3.50	
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	09	01	03	IR/EIR/VIS	彎曲雲帶型	41.80	130.70	Fair	3.00	3.50	
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	09	01	06	IR/EIR/VIS	彎曲雲帶型	42.40	132.00	Poor	3.00	3.50	
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	09	01	09	IR/EIR/VIS	彎曲雲帶型	43.20	133.10	Poor	2.50	3.00	
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	09	01	12	EIR/IR	彎曲雲帶型	43.70	134.40	Poor	2.50	3.00	
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	09	01	18	EIR/IR	彎曲雲帶型	43.70	135.80	Poor	2.50	3.00	
0012	巴比倫	Prapiroon	2000	09	01	21	EIR/IR	彎曲雲帶型	42.30	137.70	Poor	2.50	3.00	

IR: 紅外線雲圖, VIS: 可見光雲圖, EIR: 紅外線色調強化雲圖

Poor: 誤差大於 60km, Fair: 誤差在 30~60km, Good: 誤差在 10~30km

表 6. 五分山 雷達觀測颱風資料報告

Table 6. Center location of Typhoon PRAPIROON observed by Wu Fen San- Radar station

颱風名稱	時間 月日時(Z)	颱風位置		移動方向 ( 度 )	移動速度 ( 公里/時 )	備註
		北緯	東經			
巴比侖颱風	082820Z	23.4	125.4	280	15	
	082821Z	23.5	125.3	280	15	
	082822Z	23.7	125.2	320	15	
	082823Z	23.8	125.0	300	20	
	082900Z	23.8	125.0	320	15	
	082901Z	23.5	125.1	300	20	
	082902Z	23.5	125.3	90	20	
	082903Z	24.0	125.1	---	---	
	082904Z	24.1	124.7	290	40	
	082905Z	24.0	124.5	240	23	
	082906Z	24.3	124.6	300	30	
	082907Z	24.4	124.4	300	30	
	082908Z	24.5	124.8	3000	20	
	082909Z	24.6	124.9	330	20	
	082910Z	25.0	124.9	340	20	
	082911Z	25.0	124.7	285	18	
	082912Z	25.1	124.6	328	16	
	082913Z	25.3	124.5	360	14	
	082914Z	25.4	124.3	320	16	
	082915Z	25.8	124.6	340	20	
	082916Z	26.1	124.3	320	40	
	082917Z	26.2	124.0	290	34	
	082918Z	26.3	123.7	277	27	
	082919Z	26.3	123.5	292	27	
	082920Z	26.4	123.3	303	14	
	082921Z	26.5	123.3	335	18	
	082922Z	26.5	123.6	20	20	
	082923Z	26.6	123.7	20	20	
	083000Z	26.7	123.7	10	15	
	083001Z	27.4	123.8	355	18	
	083002Z	27.6	123.8	10	15	
	083003Z	27.9	123.7	10	20	
	083004Z	28.0	123.6	355	25	FINAL

表 7a. 巴比倫颱風各種主觀預測及模式等之 24 小時颱風路徑預報平均誤差比較表

Table 7a. Error of selective track-forecast techniques for typhoon Prapiroon 24-hour mean error (km).

CWB: 中央氣象局 PGTW: 關島 RJTD: 日本 BCGZ: 廣州 VHHH: 香港 RPMM: 菲律賓

CLIP: 氣候持續法; HURA: 颱風類比法; TFSS: 氣象局颱風預報模式; EBM: 相當正壓模式

24-HOUR MEAN FORECAST ERROR (KM)

	CLIP		CWB		TFSS		EBM		HURA		PGTW		RJTD		BCGZ		VHHH		RPMM	
CLIP	17	225																		
	225	0																		
CWB	17	225	21	192																
	183	-42	192	0																
TFSS	3	274	3	168	3	109														
	109	-164	109	-59	109	0														
EBM	3	274	3	168	3	109	3	305												
	305	31	305	137	305	196	305	0												
HURA	17	225	20	196	3	109	3	305	20	257										
	246	20	257	61	225	116	225	-79	257	0										
PGTW	17	225	20	190	3	109	3	305	19	251	20	172								
	170	-55	172	-18	270	161	270	-35	168	-83	172	0								
RJTD	17	225	21	192	3	109	3	305	20	257	20	172	21	150						
	138	-87	150	-42	164	55	164	-140	151	-105	148	-24	150	0						
BCGZ	8	262	8	177	1	155	1	170	8	275	8	175	8	137	8	350				
	350	87	350	172	251	96	251	81	350	74	350	174	350	212	350	0				
VHHH	6	246	6	174	0	0	0	0	6	279	6	100	6	94	3	605	6	329		
	329	83	329	155	0	0	0	0	329	50	329	229	329	235	470	-135	329	0		
RPMM	4	225	5	161	1	0	1	531	4	268	5	175	5	127	3	144	1	125	5	150
	140	-85	150	-11	85	85	85	-446	140	-127	150	-25	150	22	159	14	118	-7	150	0

NUMBER OF CASES	X-AXIS TECHNIQUE ERROR
Y-AXIS TECHNIQUE ERROR	ERROR DIFFERENCE Y-X

表 7b. 巴比倫颱風各種主觀預測及模式等之 48 小時颱風路徑預報平均誤差比較表

Table 7b. Error of selective track-forecast techniques for typhoon Prapiroon 48-hour mean error (km).

CWB: 中央氣象局 PGTW: 關島 RJTD: 日本 BCGZ: 廣州 VHHH: 香港 RPMH: 菲律賓

CLIP: 氣候持續法; HURA: 颱風類比法; TFSS: 氣象局颱風預報模式; EBM: 相當正壓模式

48-HOUR MEAN FORECAST ERROR (KM)

	CLIP		CWB		TFSS		EBM		HURA		PGTW		RJTD		BCGZ		VHHH		RPMH	
CLIP	16	596																		
	596	0																		
CWB	16	596	17	392																
	398	-198	392	0																
TFSS	3	533	3	309	3	327														
	327	-205	327	18	327	0														
EBM	3	533	3	309	3	327	3	585												
	585	51	585	275	585	257	585	0												
HURA	16	596	16	398	3	327	3	585	16	557										
	557	-38	557	159	340	12	340	-244	557	0										
PGTW	16	596	17	392	3	327	3	585	16	557	17	344								
	337	-259	344	-48	450	122	450	-135	337	-220	344	0								
RJTD	16	596	17	392	3	327	3	585	16	557	17	344	17	235						
	237	-359	235	-157	251	-75	251	-333	237	-320	235	-109	235	0						
BCGZ	8	700	8	401	1	368	1	320	8	655	8	366	8	227	8	550				
	550	-150	550	148	225	-142	225	-94	550	-105	550	183	550	322	550	0				
VHHH	6	733	6	477	0	0	0	0	6	638	6	292	6	253	3	990	6	722		
	722	-11	722	244	0	0	0	0	722	83	722	429	722	468	772	-218	722	0		
RPMH	1	725	1	355	1	316	1	955	1	564	1	487	1	229	0	0	0	0	1	224
	224	-501	224	-131	224	-92	224	-731	224	-340	224	-262	224	-5	0	0	0	0	224	0

# Meteorological Bulletin

(Quarterly)



## CONTENTS

### Articles

- A Comparison of the Products of CWB Global Forecast ...Chi Pan (1)  
Systems during the Observational Phase of the SCSMEX Mong-Ming Lu
- A summary of Typhoon Observation Analysis.....Shinn-Liang Shieh (21)  
and Statistical Forecast Studies in 2000 Tien-Chiang Yeh
- Determination of Sea Surface Temperature and Cloud.....Kuo-hsin Kuo (33)  
Parameters from GMS's Two Infrared Channel Data Tiong-it Chan
- A Study on Dominant Periods of Response Spectra in.....Tian-Pau Chang (51)  
West-Central Taiwan Guey-Kuen Yu
- Report on Typhoon Prapiroon in 2000.....Hsin-Chin Hsu (65)

行政院新聞局出版事業登記證局版台誌字 第〇九七六號  
中華郵政臺字第一八九三號登記為第一類新聞紙類

二〇〇四〇〇〇一 統 一 編 號

ISSN 0255-5778



**CENTRAL WEATHER BUREAU**  
64 Kung-Yuan Road, Taipei, Taiwan  
Republic of China

# 氣象學報

季 刊

第四十四卷 第 二 期

目 次

## 研究論文

- 台灣地區颱風侵台期間測站風速之簡單統計預測-----葉天降 謝信良 (1)  
吳石吉
- 民國九十年颱風調查報告-----蔣為民 (17)  
第四號尤特(UTOR)颱風(0104)
- 民國九十年颱風調查報告-----陳得松 (35)  
第五號潭美(TRAMI)颱風(0105)
- 民國九十年颱風調查報告-----蔣為民 (59)  
第十九號利奇馬(Lekima)颱風(0119)
- 民國九十年颱風調查報告-----陳得松 黃康寧 (85)  
第二十一號海燕(Haiyan)颱風(0121)

出 版 者	中央氣象局氣象學報社	台北市公園路六十四號
發 行 人	謝 信 良	電 話：(02)23491091
社 長	謝 信 良	
編輯委員會	鄭 明 典	
主任委員	王 乾 盈 陳 泰 然	
委 員	李 汴 軍 張 隆 男	
	李 清 勝 莊 文 思	
	李 賢 文 生 廣 英	
	林 民 錦 永 田	
	林 松 雄 義 雄	
	柯 文 琦 明 典	
	陳 台 絲 鄭 素 蘭	
	黃 玉 韓 素 蘭	
幹 事		

(按姓氏筆劃排列)

## 台灣地區颱風侵台期間測站風速之簡單統計預測

葉天降 謝信良 吳石吉

中央氣象局

### 摘要

颱風是影響台灣地區最主要的天氣系統之一，本文主要在校驗平均法、持續法與差異持續法(見葉等 1999)在台北、台南與花蓮三地颱風侵台期間測站風速預測之適用性。所使用之資料為 1961 至 1996 年當颱風中心位於  $17^{\circ}\text{N}$  至  $30^{\circ}\text{N}$ ， $117^{\circ}\text{E}$  至  $127^{\circ}\text{E}$  範圍時之每小時地面觀測風速，颱風中心定位則引用美國聯合颱風警報中心每六小時定位之最佳路徑資料經線性內插而得。

風速預測校驗結果顯示，其和颱風降水預測相似，以北行颱風風速之預測較困難，而各地颱風較大風速發生時機與颱風較大降水發生時機並不一致，颱風風速有較明顯之持續性。不過，不論是平均法、持續法或差異持續法，對延時超過 6 小時以上之定時風速預測，其分辨 6 級以上風速之準確率皆相當低。對一段時間內測站可能發生最大風速之預測，其預測結果較對定時之風速預測準確度稍微提高，但平均法與持續法皆仍未能有效避免延時為 24 小時預測誤差之成長。我們引用修正之差異持續法則能對台北、台南與花蓮 24 小時內最大風速預測之相關係數提高為 0.56、0.50 與 0.54，對分辨 6/7 級風速之 ETS(Equitable Threat Score)值也可提升為 0.25/0.21、0.16/0.16 與 0.26/0.19，其中對西行類颱風 24 小時內最大風速預測結果之相關係數為 0.60、0.54 與 0.58，對分辨 6/7 級風速之 ETS 值為 0.27/0.28、0.23/0.22 與 0.30/0.22，有供作業應用參考之價值。

關鍵辭：颱風、風速預測、統計方法。

### 一、前言

依據行政院所頒布之「天然災害停止辦公及上課作業辦法」之規定，根據氣象預報，在颱風四小時內可能經過之地區，其平均風力可達 7 級以上或陣風可達 11 級以上時，各機關與學校停止辦公及上課。因此颱風風速之預報，除在預防強風災害上提供作業參考外，實際上也直接影響到生活作息，低估風速將可能使大眾暴露在強風之下，而增加人員受傷害發生之可能性，高估風速則可能因停止日常作業，而造成經濟之損失。

颱風最大風速之估計，若中心氣壓已知，則有一些經驗或近似公式可供參考，如

Willoughby(1995)曾討論在旋轉風或壓力梯度風假設下，最大風速與中心氣壓之關係式，中央氣象局(1997)之颱風預報作業則應用  $V_m = 6.7X(1010 - P_c)^{0.644}$  之經驗公式。其中  $P_c$  為颱風中心氣壓(hpa)， $V_m$  為最大風速(kts)。在實際作業上，如無  $P_c$  實際之觀測，則將引進  $P_c$  之估計誤差，每 2hpa 約為 10kts。另外，颱風之強度也會因環境之變化而受改變，如中央氣象局(1997)颱風預報作業手冊即條列台灣地區影響颱風強度變化較常見之狀況，包括西風槽、高空冷渦、雙颱風、高層輻散氣流及登陸過山等，不論是數值模式或統計方法，現今對颱風強度之預測誤差仍然相當大，因此颱風來襲時，從事各地風速強弱之預報並不單純。



針對台灣地區颱風影響期間各地風力之預報，過去也有一些專題之研究，蔡等(1981)曾整理 1947 至 1980 年間共 98 個颱風個案，分析各颱風在台灣地區風速之分布情形，而後依其分布特性，將侵台颱風之路徑分為五類，而得到此五類颱風最大平均風速與最大陣風風速在各地之分布。從他們的結果可見，不論那一類颱風，離島之彭佳嶼、蘭嶼與東吉島都普遍較台灣其它地區之風速大，沿海地區之風速也較內陸地區之風速大。從這些分布圖也相當容易的可大致得到 28kts(7 級風速)與 20kts(6 級風速)以上風速之區域，以做為決定各地區之風力是否將達到影響日常作業之程度，因此這種分布圖被引用於中央氣象局(1997)之颱風預報作業中，做為颱風風速預報最基本的參考資訊。不過，依這種方法進行各地風力預報之誤差情形未見有進一步之分析報告。

前述之分析圖，雖可得知風速隨各地區之分布，但對其發生之時機則不能由這種分布圖上得到。王(1987)引用合成方法，將 1949 至 1982 年共計 90 個颱風，分西行與北行兩類，而後對各測站之逐時風速資料，依颱風中心位置做成每  $0.5 \times 0.5$  經緯度小區域之風速平均值。這種對特定地點，依颱風中心所在位置之平均風速分布合成圖，可以顯示此地風速隨颱風中心位置不同之變化，只要預測之颱風中心位置已知，即可做為對此地颱風風速預報之應用。

吳與謝(1989)進一步依據王(1987)之資料，整理各地區風速隨颱風移動路徑之變化圖，並將這些結果提供做為中央氣象局颱風預報作業應用。在這些各地風速隨路徑之變化圖上，他們將 7 大類不同路徑颱風，明顯的標記各地開始出現 10m/s 以及逐次增加 5m/s 風速時，颱風中心之位置。因此，一旦颱風之移動類別與移速已決定，則很容易應用這種分布圖研判可能出現較強風速之時機和隨後之變化。

前述這種預測方法被慣稱為平均法，王(1987)另外也測試所謂比值法，比值法和平均

法相似，只不過在做合成平均時，不直接引用測站風速值，而是針對測站與颱風中心最大風速之比值做合成，以考慮不同強度颱風可能造成之影響。因此應用比值法時，除了需要颱風中心位置之資料外，也要有颱風中心最大風速資料才可以得到風速之預測值，而兩種預測方法之優劣則尚未有充分之比較。事實上，對各別方法之預測誤差雖有部分個案之測試，但也尚未有比較完整之校驗。本文之主要目地即在以台北、台南與花蓮三地之更完整資料，針對平均法預測之誤差做整體之校驗，以了解此預測方法之預測能力，同時並探討應用葉等(1999)差異持續法在颱風影響期間各地風速預測上之可行性。於後第二節進一步說明資料與預測方法，第三與第四節分別為各地風速與最大風速預測校驗之結果與討論，最後為結論。

## 二、資料與預測方法

葉等(1999)與葉等(2000)以 1961 至 1996 共 36 年之台灣地區降水資料與美國聯合颱風警報中心(JTWC)之最佳路徑資料，探討當颱風中心位於  $17^{\circ}\text{N}$  至  $30^{\circ}\text{N}$ ， $117^{\circ}\text{E}$  至  $127^{\circ}\text{E}$  期間在台北、新竹、台中、嘉義、澎湖、台南、高雄、恆春、台東、花蓮、宜蘭與阿里山等地區之降水預測情形。相同之颱風路徑資料，與相同期間之地面觀測風速資料，將被用為颱風影響期間各地風速預測校驗。而由於中央氣象局對部分地區尚未完成颱風期間地面風速每小時觀測資料之整理，因此本文於後對風速預測校驗將在颱風降水與颱風降水預測有相當明顯差異之台灣西北部、西南部、與東部三區域(參見葉等 2000)，各選擇台北、台南、與花蓮等三地進行。

在對颱風影響期間台灣各地區降水預測之研究裡，葉等(2000)引用之客觀方法包括平均法、持續法、差異持續法、與比差法。而由於比差法之預測結果與差異持續法之預測結果相近，因此於後對颱風影響期間各地風速預測校驗將只對平均法(簡寫為 CLMN)、持續法(簡寫

為 PERS)、與差異持續法(簡寫為 DEPR)等三方法。引用葉等(2000)之說明,平均法對某地於  $t$  時所做  $n$  時後之風速預測值  $CLMN(t, n)$  可表示為  $CLMN(t, n) = Mn(L(t))$ 。其中  $L(t)$  表颱風中心在  $t$  時之位置,  $Mn$  則為該地颱風期間之歷史風速平均場隨颱風中心位置之分布。若平均場以  $0.5$  度內之個案求取,則  $Mn(L(t))$  即為以  $L(t)$  為中心,經緯度各加減  $0.25$  度範圍內,所有歷史其他颱風個案於該地  $n$  時後之風速平均值。

持續法之預測值  $PERS(t, n)$  則是假設該地風速維持不變,即  $PERS(t, n) = V(t)$ 。其中  $V(t)$  為該地於  $t$  時之觀測風速。差異持續法是假設該地風速與平均值之差異維持不變,因此差異持續法預測值  $DEPR(t, n)$  與平均值  $Mn(L(t))$  之關係可列為:

$$DEPR(t, n) - Mn(L(t)) = V(t) - Mn(L(t-n))$$

即  $DEPR(t, n) = V(t) + Mn(L(t)) - Mn(L(t-n))$ 。

### 三、風速預測校驗

若依上述之平均法,則每一颱風所用之平均場皆不相同,不過將相當類似,圖 1 為以每  $0.5 \times 0.5$  經緯度為區格,所得 1961 至 1996 共 36 年間所有颱風個案台北風速隨颱風中心位置變化之平均分布。圖中顯示,平均而言當颱風中心位於台灣東北部外海與高雄一帶時台北有較大之風速,這和葉等(1999)所做平均颱風影響期間台北降水之分布,顯示當颱風中心在宜蘭外海有較大降水之情形不同。其中最明顯之差異是當颱風中心位於南台灣時,台北降水並非相對較大,但風速卻相當大。

若依類似之平均場做平均法台北風速預測,其校驗結果如圖 2,對 8,867 個時個案,預測均方誤差(Rms)為  $2.79\text{m/s}$ ,預測值與觀測值間之相關係數( $R_{xy}$ , 簡稱相關係數)為  $0.43$ ,其和平均法對台北時降水之預測結果(葉等 1999)相近,顯示平均法對台北颱風時之風速預測雖有部分可供參考,但因引用平均值,使大於

$10\text{m/s}$  較大風速個案之預測結果皆偏小,對分辨 6 級( $10.8\text{m/s}$ )以上風速之 ETS 值(Equitable Threat Score)皆為零,沒有分辨較大風速發生之能力。

表一也列示平均法以及持續法等之台北風速預測校驗結果,其中持續法是依據當時之風速並假設其將維持不變而得。由表一可見,對延時為 6 小時內,台北兩風速間之相關係數皆相當高,如延時為 3 小時兩風速間之相關係數為  $0.76$ ,延時為 6 小時兩風速間之相關係數仍可達  $0.57$ ,這和台北降水(葉等 1999)比較,顯示台北颱風風速遠較時降水有較明顯之持續性。因此,以持續法做台北風速之預測,對延時為 6 小時以內之預測結果,皆較以平均法之預測結果為佳,同時也對較大風速個案有初步之分辨能力,如對延時為 6 小時之風速預測,在分辨 6 與 7 級風速之 ETS 值分別為  $0.21$  與  $0.18$ ,但延時增加為 6 小時以上時,其預測能力明顯降低。

以差異持續法對相同個案之台北風速預測校驗則顯示,差異持續法能保持平均法與持續法兩者之優點,使延時為 6 小時以內之預測結果和以持續法之預測結果相近而稍有改善,並也使延時為 12 小時以上之預測結果和平均法預測結果相近或有所改善,如對延時為 12 與 18 小時之預測結果,其相關係數即由平均法之  $0.43$  分別提高為  $0.48$  與  $0.45$ 。

然而由表一亦可見,不論是那一種方法對延時為 12 小時以上之風速預測,對分辨 6 級風以上之 ETS 值皆相當小,直接做為作業應用之誤差不容忽視。若再依葉等(1999)之做法以颱風移動路徑劃分為西行與北行兩類,此時台北風速平均場隨颱風中心變化之分布如圖 1b 與 1c,由圖可見兩類颱風中以西行颱風在台北之平均風速較大。另外,兩類颱風中以北行颱風平均值兩最大值中心分離較遠,颱風位於南台灣時台北風速相對較大之情形主要是發生在西行類颱風。依此平均值以各方法做台北風速預

測校驗結果(表一)顯示,和葉等(1999)時降水之預測相似,對台北風速之預測,以西行颱風之相關係數較北行颱風之相關係數為大,西行與北行兩類颱風台北預測風速與觀測值之相關係數分別為 0.49 與 0.37,對延時為 12 小時之風速預測,若引用差異持續法,可使西行類颱風風速預測之相關係數由未分類時之 0.48 提高為 0.52。然而整體而言,對延時為 6 小時以上之定時風速預測能力仍十分有限。

葉等(2000)顯示,以他們之簡單統計方法對颱風降水之預測時,西南部之臺南與高雄是全省各地區中預測誤差最大的區域,而東部之花蓮與台東等地則是全省各地區中對西行與北行兩大類颱風降水預測差異較少的區域。針對台南與花蓮兩地颱風來襲時之風速預測,圖 3 與圖 4 分別為此兩地風速隨颱風中心位置變化之平均分布圖。由圖可見,平均而言台南地區較大風速是當颱風中心移至台灣中部到澎湖一帶時發生,若和時降水量之平均分布圖(葉等 2000)比較,兩者也不相同,風速平均最大值發生時颱風之中心位置較降水量平均最大值發生時颱風之中心位置為偏南偏西。若和圖 1 比較,則顯示台北颱風來襲時風速之平均較台南颱風來襲時風速之平均為大,如圖 1a 顯示其 7m/s 等直線涵蓋區域較圖 3a 之 7m/s 等直線涵蓋區域大。另外,西行與北行兩大類颱風風速平均場間之差異,也以台北較明顯。

若以類似於圖 3 之平均風速分布做台南風速之預測,其校驗結果如表二,對 8,867 時個案之預測均方誤差為 2.59m/s,相關係數為 0.42,和台北風速之預測結果相近而稍小,這也和時降水之預測(葉等 2000)相似,不過南北兩地在風速預測上之差異較時降水預測之差異小。以持續法預測台南風速之結果(表二)和以持續法預測台北風速之結果(表一)也相類似,而稍好。如對延時為 6 小時之風速預測結果其相關係數增加 0.04 而為 0.61,但持續法對延時為 12 小時以上之預測結果仍未較平均法之預

測結果好。以差異持續法預測台南風速之結果也顯示差異持續法能綜合平均法與持續法之優點,使延時為 12 小時以上之風速預測相關係數值稍為增加。然而,其結果仍然和差異持續法對台北之風速預測相同,對 12 小時以上之風速預測相關係數值都在 0.5 以下,對分辨 7 級以上風速之 ETS 皆很低,顯示對延時在 6 小時以上定時定量風速預測之誤差仍大,即使依颱風路徑做分類,也沒有明顯改善。

花蓮在颱風來襲時之平均風速隨颱風中心位置之變化(圖 4)和台北與台南兩地者也不同,尤其特別的是圖 4a 顯示圖中之等值線較大值之軸線,和台灣地形主要軸線大致相互垂直,而位於花蓮稍南。颱風中心沿此軸線接近台灣時,或許是花蓮正暴露於颱風之氣旋式環流之下,因此有較大風速。若中心由此軸線向南/北位移時,花蓮將在高山地形之上/下風處,或許是因氣流受阻/遮,而使風速減小,形成圖 4 中之等值線由軸線向南/北兩側有相當明顯的梯度,也使得花蓮較大風速發生時,颱風中心更集中於一帶狀區域。

以平均法進行花蓮風速之預測,其校驗結果如表三,若和台北與台南兩地者比較,其預測與觀測值間的相關係數稍大,為 0.45。而在風速之持續性上,花蓮風速則較台南風速之持續性較低,在延時為 6 小時以內者也較台北風速之持續性低,此或許是因為如圖 4 之平均場分布有比較大之梯度存在,因此颱風若不是沿著或平行軸線移動時,花蓮風速隨時間之變化量就會比較明顯而使持續性降低。

以差異持續法預測花蓮風速之結果,其較以持續法預測花蓮風速之結果為佳,且對延時為 12 小時以內之預測結果也較以平均法之預測結果為佳,但對延時為 18 小時以上之預測結果則較平均法之預測誤差為大。和台北與台南兩地之預測誤差相較,則花蓮風速預測誤差稍大,對延時為 6 小時之風速預測,相關係數為 0.57,較台北 0.64 與台南 0.62 為小,而均方誤

差為 2.83 m/s，較台北 2.59 m/s 與台南 2.46 m/s 為大，這或許是因為在花蓮風速之持續性較低，而使預測誤差增大。

對西行與北行兩類颱風之花蓮風速預測，平均法預測結果之差異較對台北與台南兩地者更明顯。其中，北行颱風預測結果之相關係數為 0.31 較台北與台南兩地者小，而西行颱風預測結果之相關係數為 0.51，則較台北與台南兩地者為大。持續法與差異持續法也和平均法一樣，是對西行颱風花蓮風速預測結果之相關係數與 ETS 值較對北行颱風花蓮風速預測結果為大，但其間之差異較小，因此分類並沒有明顯提高對花蓮風速預測之能力，對延時為 6 小時以上風速預測結果之相關係數皆在 0.6 以下。

#### 四、最大風速預測

由前一節之討論可見，雖然延時在 6 小時以內各地風速預測結果之相關係數可達到 0.6 以上，但在實際颱風風速預報作業之需求主要是在延時為 6 小時以上。如一般需要在晚間 10 時發布次日之風速是否將達到停止上班上課之程度，至遲也需要在清晨完成預測研判，因此以上定時風速預測之結果，並不盡符合作業需求。另一方面，雖未能準確預測某一測站在特定時間之風速，但如能預測此測站在某一段時間內可能發生之最大風速，也能滿足前述預報作業之需求。如在清晨預測得知某地 12 小時內之最大風速將達到足以影響日常作業之程度，則這種資訊即可在決定該地當日是否停止上班上課之研判上有重要之參考價值。因此值得進一步探討這些預測方法，在預測各地於某一時段內之最大風速的預測能力。

表四列示各方法對 6、12 與 24 小時內台北最大風速預測結果之校驗。其中平均法預測台北 6、12 或 24 小時內最大風速之做法，是依據颱風中心所在位置  $0.5 \times 0.5$  經緯度為區格，將所選定之 6、12 或 24 小時內所發生風速之最大值，建立台北 6、12 或 24 小時最大風速之平均

分布場。以台北 6 小時內最大風速為例，其平均值隨颱風中心位置之分布如圖 5，比較圖 5 與圖 1，可見兩者相似，而圖 5 之值較大並且(西行類更明顯)向東位移約一度。若分別依這些平均場，進行台北各時段內最大風速之預測，校驗結果(表四)顯示應用平均法預測 6 小時內最大風速之結果和應用平均法預測風速之結果(表一)相似，相關係數為 0.44，並低估較大風速個案。應用持續法預測台北最大風速之結果則較以持續法預測台北風速之結果為佳，對 8,310/7,486/5,679 個案之 6/12/24 小時最大風速預測相關係數由表一所示之 0.57/0.29/0.15，改進為 0.68/0.52/0.37。

差異持續法則再提高預測能力，使對台北 6/12/24 小時內最大風速預測相關係數提高為 0.74/0.65/0.41，對分辨 6 級與 7 級風速之 ETS 值分別為 0.37/0.31/0.12 與 0.37/0.34/0.10，雖未能有效提高 24 小時內台北最大風速之預測，但對 12 小時內分辨 6 級與 7 級最大風速預測之 ETS 值達到 0.3 以上。

若將颱風分為西行與北行兩類，則使對西行類颱風於台北之最大風速預測準確度提高，如差異持續法對西行颱風 4,719/4,174/3,046 個案在 6/12/24 小時內台北最大風速預測之相關係數提高為 0.76/0.68/0.49，對分辨 6 級與 7 級風之 ETS 值則分別提高為 0.40/0.38/0.20 與 0.40/0.37/0.21。對北行類颱風 3,538/3,261/2,583 個案之台北最大風速預測能力則降低，前述各值分別為 0.60/0.48/0.26、0.1/0.06/0.01 與 0.01/0.0/0.0，仍無分辨北行颱風於台北發生較大風速之能力。

為進一步提升對較長時段最大風速之預測能力，我們將差異持續法之預測做一些修改。之前，差異持續法對如 24 小時內台北最大風速之預測，所使用的差異值是過去 24 小時內台北之實際發生情況與平均場之差，於後我們將進一步測試差異值分別是採用過去 1、3、6、12 與 18 小時台北實際發生情況與平均場之差，以

了解引用不同差異值對台北最大風速預測之影響。

表四最後幾列列示引用這些不同差異值之差異持續法對 24 小時內台北最大風速預測結果之校驗，為利於區分，分別以 DP01、DP03、DP06、DP12 與 DP18 表示引用當時、過去 3、6、12 與 18 小時內最大風速與平均值之差。由表四可見，各預測中以 DP06 預測結果之相關係數最大，可達 0.56，而對分辨 6 級與 7 級風速之 ETS 值也可提升為 0.25 與 0.21。若進一步區分颱風為西行與北行兩類，對西行颱風預測結果可將前述各值再提升為 0.60 以及 0.27 與 0.28，散布情形則如圖 6a，似已有供作業參考之價值。對北行颱風，各預測結果其相關係數值仍在 0.4 以下，顯示北行颱風在台北最大風速之預測困難度較大，其或許是因為地形之影響，使得對背風區何時風速將增強之研判更困難。而另一方面，我們也可見北行颱風中，最大風速一般較小，沒有平均風速大於 8 級風之個案，而達到 6 級與 7 級風速之颱風也在 1961 至 1996 年中僅有 8 個颱風，其移動路徑以及在台北發生大於 6 級與 7 級風速時颱風中心之位置如圖 7。

對颱風影響期間台南最大風速預測之結果(表五)也和對台北最大風速預測結果相似，平均法預測台南 6 小時內 8,310 個案與 12 小時內 7,486 個案最大風速之相關係數和平均法預測台南風速之相關係數相近，分別為 0.46 與 0.44，對 24 小時內 5,661 個案最大風速預測之相關係數則降為 0.28。持續法對 6/12/24 小時內台南最大風速預測之相關係數則為 0.68/0.50/0.38，較平均法預測結果之相關係數大。差異持續法也能進一步提高颱風影響期間台南最大風速之預測能力，對 6/12/24 小時內最大風速預測之相關係數分別為 0.70/0.58/0.43，分辨 6 與 7 級風速之 ETS 值則為 0.32/0.24/0.11 與 0.25/0.17/0.10。若以 DP06 預測台南 24 小時內之最大風速，則其相關係數再提高為 0.50，

分辨 6 與 7 級風速之 ETS 值皆提高為 0.16。

若將颱風依其路徑分為西行與北行兩類，各方法對颱風影響期間台南最大風速之預測也是以對北行颱風預測誤差較大，不過兩者間之差異則較台北之情況稍小，如平均法對西行類與北行類颱風台南最大風速預測之相關係數分別為 0.43 與 0.40，兩者十分相近。對 24 小時內最大風速之預測，西行與北行兩類颱風預測結果相關係數間之差異雖也較對台北之情形差異小，但較平均法預測結果之差異大，因此使 DP06 對北行颱風 2,593 個案最大風速預測結果之相關係數減少成為 0.39，但對西行颱風 3,035 個案最大風速預測結果之相關係數則提高為 0.54，對分辨 6 級與 7 級風速之 ETS 值也提高為 0.23 與 0.22，詳細預測結果相對於觀測值之散布情形如圖 6b。

對颱風影響期間花蓮最大風速預測之結果(表 6)也和對台北與台南兩地最大風速預測結果相似，差異持續法能較平均法或持續法提高花蓮最大風速之預測能力，對 6/12/24 小時內 8,310/7,486/5,672 個案花蓮最大風速預測結果之相關係數為 0.70/0.61/0.46，DP06 則使 24 小時內之最大風速預測結果之相關係數提高為 0.54，分辨 6 級與 7 級風速之 ETS 值為 0.26 與 0.19。若將颱風分為西行與北行兩類時，也是以對北行颱風之最大風速預測誤差較大。如 DP06 對北行颱風 2,585 個案花蓮最大風速預測結果之相關係數減少成為 0.44，相反的對西行颱風 3,051 個案花蓮最大風速預測結果之相關係數則增大為 0.58，而使分辨 6 級與 7 級風速之 ETS 值增大為 0.30 與 0.22，詳細預測結果相對於觀測值之散布情形如圖 6c。

## 五、結論

颱風侵台往往造成嚴重水害與風害(謝 1986)，過去中央氣象局主要應用平均法提供客觀之降水與風速預報，葉等(1999)與葉等(2000)曾討論平均法、持續法與差異持續法等統計預

測方法在颱風影響期間台灣地區降水預報之適用情形，本文主要引用 1961 至 1996 年中央氣象局在台北、台南與花蓮三地颱風影響期間所觀測之風速資料，校驗平均法、持續法與差異持續法等統計預測方法在該三地颱風影響期間風速預報之適用情形。其中颱風影響期間是指颱風中心位於 17°N 與 30°N，117°E 與 127°E 之間。

研究之結果顯示，平均法風速預測可以定性的了解颱風來襲時較大風速發生之時機，如台北較大風發生於颱風中心位於台灣東部外海與南台灣，台南較大風發生於颱風中心移至台灣中部至澎湖一帶，而花蓮較大風則發生於颱風中心位於花蓮稍南而與台灣地形呈垂直之軸線上。以平均法做颱風影響期間各地風速預測，因平均法引用平均值，使較大風速個案之預測結果皆偏小，如對分辨台北 6 級(10.8m/s)以上風速之 ETS 值(Equitable Threat Score)皆為零，沒有分辨較大風速之能力。持續法風速預測結果則顯示，對延時為 6 小時內之觀測與預測兩風速值間之相關係數皆相當高，以台北風速為例，延時為 6 小時兩風速間之相關係數仍可達 0.57，顯示颱風影響期間其風速較時降水有較明顯之持續性。因此以持續法做台北風速之預測，對延時為 6 小時以內之預測結果，皆較以平均法之預測結果為佳，相同之結果也可見於台南與花蓮風速之預測。以差異持續法對相同個案之預測校驗則顯示，差異持續法能保持平均法與持續法兩者之優點，使預測結果較以平均法或持續法之預測結果為優。然而，校驗結果也顯示，不論是那一種方法對延時為 12 小時以上之定時風力預測，其分辨 6 級風以上之 ETS 皆相當小。

另一方面，雖未能準確預測某一特定時間之風速，但如能預測在某一段時間內可能發生之最大風速，也能滿足大部分預報作業之需求，因此我們進一步探討統計預測方法，在預測颱風影響期間某一時段內各地所發生最大風

速之預測能力。結果顯示，以平均法預測各地 6 小時內最大風速之結果和以平均法預測各地風速之結果相似，皆低估較大風速個案。以持續法預測各地最大風速之結果則較以持續法預測各地風速之結果為佳，如對台北 6/12/24 小時內最大風速預測相關係數可改進為 0.68/0.52/0.37，對台南與花蓮 6/12/24 小時內最大風速預測相關係數則分別改進為 0.68/0.50/0.38 與 0.65/0.51/0.42。以差異持續法則再提高預測能力，使對台北、台南與花蓮 6/12/24 小時內最大風速預測相關係數提高為 0.74/0.65/0.41、0.70/0.58/0.43 與 0.70/0.61/0.46，對分辨 6 級風速之 ETS 值分別為 0.37/0.31/0.12、0.32/0.24/0.11 與 0.43/0.35/0.17，對分辨 7 級風速之 ETS 值則分別為 0.37/0.34/0.10、0.25/0.17/0.10 與 0.36/0.28/0.06。

為提高對 24 小時內最大風速之預測，我們將差異持續法做一些修改，以使用不同時間之差異值，結果發現差異值之選取對風速預測結果有相當明顯之影響，其中以應用最近 6 小時內最大風速與最大風速平均場之差，當作差異持續法之差異量，如此所得之預測結果最佳。這樣之預測方法使對台北 24 小時內最大風速預測之相關係數由上述 0.41 提高為 0.56，對分辨 6 級與 7 級風速之 ETS 值也可提升為 0.25 與 0.21。對台南與花蓮兩地 24 小時內最大風速預測之相關係數也分別由上述 0.43 與 0.46 提高為 0.50 與 0.54，對分辨 6/7 級風速之 ETS 值提升為 0.16/0.16 與 0.26/0.19。

進一步比較颱風影響期間台北、台南與花蓮三地之風速預測，發現其和降水預測(葉等 2000)相似，以台南風速預測之誤差較台北與花蓮兩地風速預測之誤差大，但其間之差異較降水預測之差異少。若將颱風分為西行與北行兩類，則也和降水預測相似，以北行颱風風速之預測較困難，其中也以台南兩者之差異較不明顯。而另一方面，我們也可見北行颱風中，最大風速一般較小，以台北而言，沒有平均風速

大於 8 級風之個案，而達到 6 級風速之颱風也在 1961 至 1996 年中僅有 8 個颱風。針對西行颱風，以修改後之差異持續法做台北、台南與花蓮三地 24 小時內最大風速預測，其預測結果之相關係數分別為 0.60、0.54 與 0.58，分辨 6/7 級風速 ETS 值分別為 0.27/0.28、0.23/ 0.22 與 0.30/0.22，顯示此預測方法對西行颱風之預測結果有供作業應用之價值。

綜合而言，差異持續法對台灣地區颱風影響期間風速之預測大致和對降水之預測相同，較平均法與持續法誤差為小，但不論是以平均法、持續法或以差異持續法進行各地特定時間風速之預測，對延時超過 6 小時以上之誤差皆相當明顯，未達到作業應用之目的。對各地於一時段內最大風速預測之誤差則有所改善，如修改後之差異持續法能對西行颱風於台北、台南與花蓮三地 24 小時內最大風速提供相當不錯之預測結果。我們認為相同之校驗值得進一步推廣至台灣其它地區，以了解這些方法對其它地區颱風風速預測之情形。另外，我們也認為更完整之迴歸預測方法能提高颱風影響期間台北降水之預測能力(葉等 2000)，相似之迴歸分析值得嘗試，以建立更精確之颱風影響期間台灣各地區風速預測模式。

## 致謝

本文是在國家科學委員會 NSC89-2625-Z-052-002 資助及中央氣象局支持下完成。

## 參考文獻

- 中央氣象局，1997：颱風預報作業手冊。交通部中央氣象局。1-1 至 1-18 及 8-1 至 8-22。
- 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。63 頁。
- 吳宗堯與謝信良，1989：現有颱風預報研究成果作業化之研究(二)。行政院國家科學委員會防災科技研究報告 78-29 號。147 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，謝信良，與吳石吉，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，28，263-281。
- 葉天降，樊采虹，與李昀寰，2000：台灣地區颱風降水之迴歸預測(一)台北颱風降水線性迴歸預測模式。大氣科學審查中。
- 蔡清彥，周根泉，與陳正改，1981：台灣地區之颱風風速分布。氣象預報與分析，89，1-9。
- 謝信良，1986：台灣地區氣象災害之探討。大氣科學，13，89-108。
- Willoughby H. E., 1995: Mature structure evolution. Chapter 2, Global Perspectives On Tropical Cyclones. Report No. TCP-38, WMO, 21-62。

# Wind Speed Forecasts over the Taiwan Area during the Invasion of Typhoon by Using the Simple Statistical Method

Tien-Chiang Yeh, Shinn-Liang Shieh and Shih-Chi Wu

Central Weather Bureau

## ABSTRACT

Typhoon is one of the most important weather systems that influence Taiwan. The main purpose of this study is to evaluate the surface wind speed forecasts at Taipei, Tainan, and Hualien when a typhoon nearby by using the Climatology Average Method, the Persistence Method, and the Deviation Persistence Method (Yeh et al. 1999). The data used for evaluations are the hourly surface wind speed observations of Taipei, Tainan, and Hualien for the typhoon center located inside the domain between  $17^{\circ}\text{N}$  to  $30^{\circ}\text{N}$  and  $117^{\circ}\text{E}$  to  $127^{\circ}\text{E}$ , where the hourly typhoon center locations were interpolated from the 6-hourly best track data of the Joint Typhoon Warning Center, USA.

Many properties of the typhoon wind speed forecasts by the simple statistical methods are similar to those of the typhoon rainfall forecasts. For example, the wind speed forecast errors are larger for the northward moving typhoons than for the westward moving typhoons. And, the Climatology Average forecasts provide basic guidance for the time the larger wind speed maybe occurs. However, the average field of wind speeds and the average field of rainfall are not resembled to each other. The strong winds may not occur simultaneously with the heavy rainfall. The wind speeds persisted generally longer than the rainfall. Our evaluations also show that for the wind speed forecast of time lag greater than 12 hours the skill for distinguishing strong wind events from weak wind events is very low no matter which method has been used. But the forecast skills can be improved for forecasting the maximum wind speeds of a given time interval. For example, the correlation coefficients between the observations and the 24-hour maximum wind speed forecasts of the modified Deviation Persistence Method are improved to 0.56, 0.50 and 0.54, and the equitable threat score at threshold of wind speed scale-6/7 are 0.25/0.21, 0.16/0.16 and 0.26/0.19 for Taipei, Tainan and Hualien, respectively. For westward moving typhoons, those values are even larger as correlation coefficients are 0.60, 0.54 and 0.58, and the ETS scores are 0.27/0.28, 0.23/0.22 and 0.30/0.22. It shows that the maximum wind speed forecasts of the modified Deviation Persistence Method are useful information in operations.

Key words: Typhoon, wind speed forecast, statistical method.



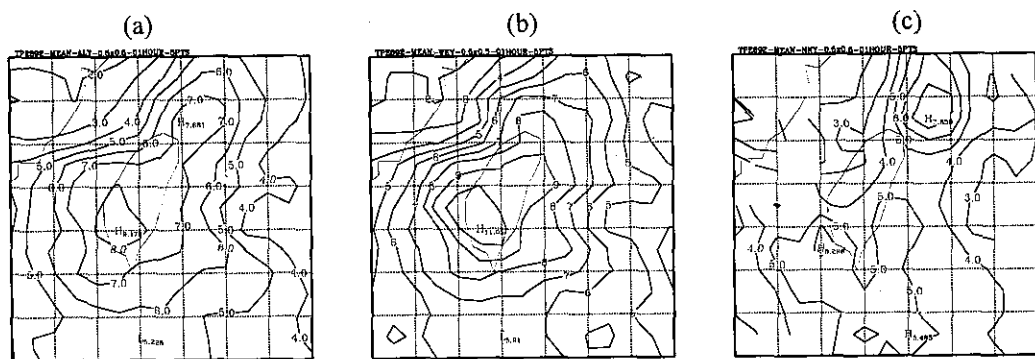


圖 1 (a)所有、(b)西行、與(c)北行颱風在台灣附近時台北風速依颱風中心位置變化所得之平均值分布。圖等值線距為 1 m/s，範圍為自東經 118 至 125 度、自北緯 20 至 27 度。

Figure 1. Distribution of the wind speeds at Taipei as function of typhoon center location for (a) all, (b) westward moving, and (c) northward moving typhoons near Taiwan. Contour intervals are 1m/s, the domain includes 118-125<sup>o</sup>E, 20-27<sup>o</sup>N.

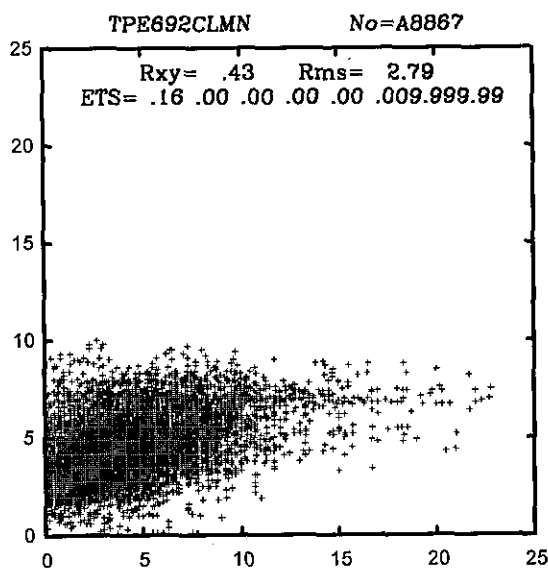


圖 2 平均法預測台北風速（縱軸 m/s）相對於觀測值（橫軸 m/s）之散布圖。圖中並列示相關係數（Rxy），均方誤差（Rms，單位 m/s）與對分辨 4、6、7、8、9、10、12 及 14 級風速之 ETS 值。

Figure 2. The scattering diagram of the wind speeds at Taipei predicted by CLMN (vertical axis, m/s) verse the observations. The values of the correlation coefficient (Rxy), the root mean square error (Rms, m/s) and the equitable threat scores with thresholds of wind scales 4, 6, 7, 8, 9, 10, 12 and 14 were also listed.

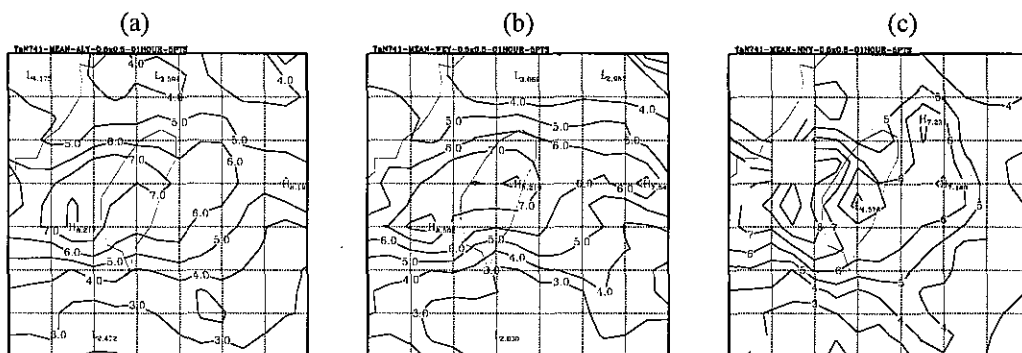


圖 3 如圖 1，但為對臺南風速之平均值分布。

Figure 3. Same as in Figure 1, except for the distribution of the wind speeds at Tainan.

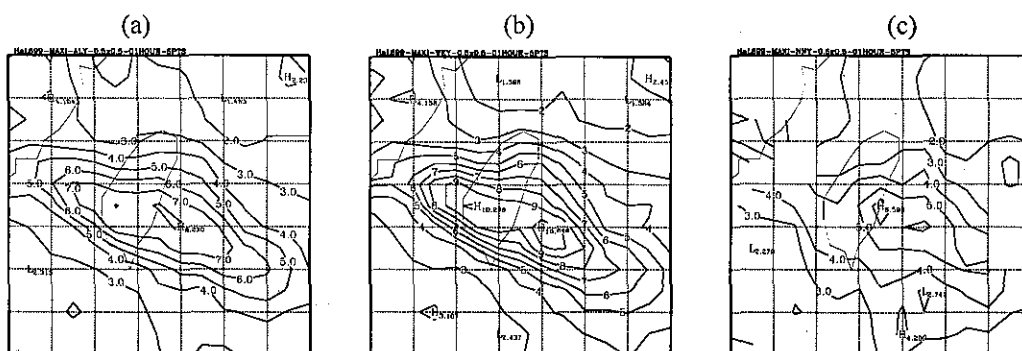


圖 4 如圖 1，但為對花蓮風速之平均值分布。

Figure 4. Same as in Figure 1, except for the distributions of the wind speeds at Haulian.

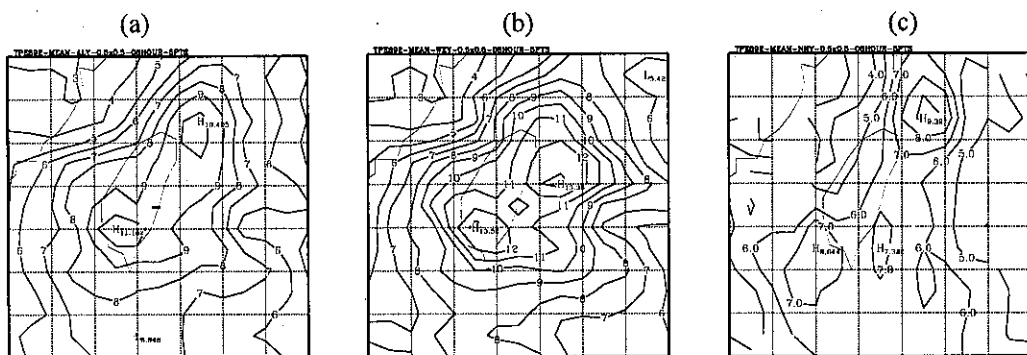


圖 5 如圖 1，但為對台北 6 小時內最大風速之平均值分布。

Figure 5. Same as in Figure 1, except for the distributions of the maximum wind speeds within 6 hours at Taipei.

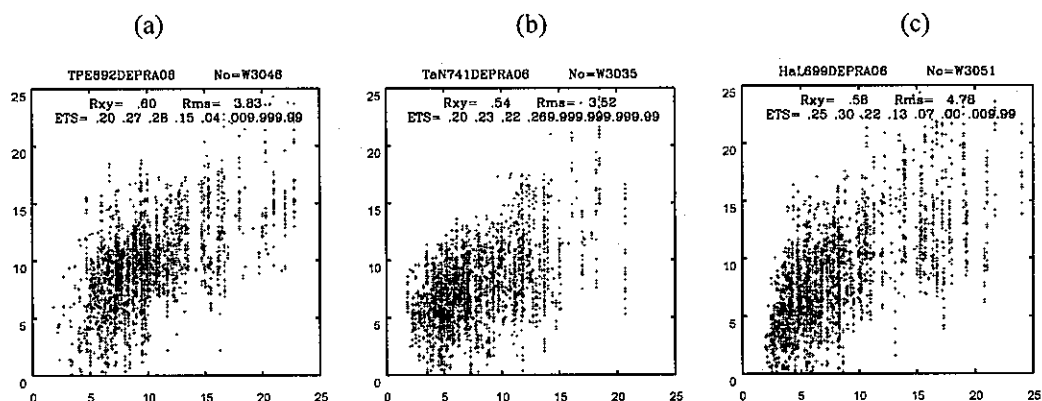


圖 6 如圖 2，但為 DP06 預測西行颱風(a)台北、(b)台南與(c)花蓮在 24 小時內最大風速相對於觀測值之散布圖。

Figure 6. Same as in Figure 2, except for the scattering diagram of the maximum wind speeds at (a)Taipei, (b)Tainan, and (c)Haulian predicted by DP06 for cases of the westward moving typhoons.

STN=TPE692 DATA=BWP DIR=NNY GROUPS= 8

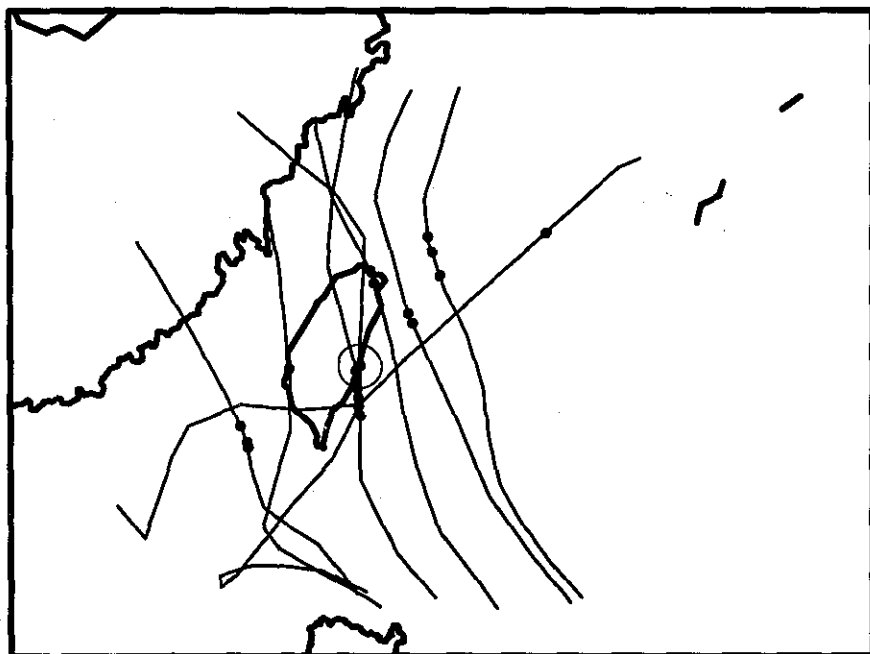


圖 7 北行颱風中，台北風速大於 6 級(點)與 7 級(圈)風速時颱風中心位置與移動路徑。

Figure 7. The tracks and the center locations of the northward moving typhoons that the wind speed at Taipei was larger than wind scale 6 (dots) and 7 (circles).

表一 平均法(CLMN)、持續法(PERS)與差異持續法(DEPR)對各延時台北風速預測結果之相關係數(Rxy)、均方誤差(Rms, m/s) 及分辨 6 級與 7 級風速之 ETS 值。

TABLE I. Root mean square errors (Rms, m/s), correlation coefficients (Rxy), and equitable thread scores (ETS) of the wind speeds forecasts at Taipei by using CLMN, PERS, and DEPR methods.

46692 風速		全數(8,867 個案)				西行(5,080 個案)				北行(3,728 個案)			
方法	延時	Rxy	Rms	ETS		Rxy	Rms	ETS		Rxy	Rms	ETS	
				6 級	7 級			6 級	7 級			6 級	7 級
CLMN	-	.43	2.79	.00	.00	.49	3.03	.01	.10	.37	2.20	.00	.00
PERS	24	.15	3.52	.00	.00	.11	4.03	.01	.00	.23	2.6	.00	.00
	18	.17	3.64	.00	.00	.11	4.21	.00	.00	.23	2.67	.00	.00
	12	.29	3.52	.07	.01	.26	4.04	.07	.01	.26	2.68	.00	.00
	06	.57	2.79	.21	.18	.58	3.13	.21	.18	.48	2.27	.00	.00
	03	.76	2.13	.37	.33	.77	2.34	.38	.33	.67	1.84	.09	.00
	01	.88	1.51	.56	.53	.89	1.63	.58	.53	.82	1.35	.21	.00
DEPR	24	.43	2.96	.06	.00	.48	3.20	.09	.04	.39	2.39	.00	.00
	18	.45	2.99	.10	.00	.49	3.24	.17	.03	.37	2.48	.03	.00
	12	.48	2.99	.18	.06	.52	3.25	.23	.07	.38	2.51	.05	.00
	06	.64	2.59	.26	.24	.66	2.81	.28	.28	.51	2.28	.02	.00
	03	.77	2.09	.39	.38	.78	2.26	.41	.41	.66	1.91	.10	.00
	01	.88	1.52	.56	.52	.89	1.65	.57	.52	.82	1.38	.25	.00

表二 如表一，但為對臺南風速之預測結果。

TABLE II. Same as in TABLE I, except for the wind speeds forecasts at Tainan.

46741 風速		全數(8,867 個案)				西行(5,085 個案)				北行(3,724 個案)			
方法	延時	Rxy	Rms	ETS		Rxy	Rms	ETS		Rxy	Rms	ETS	
				6 級	7 級			6 級	7 級			6 級	7 級
CLMN	-	.42	2.59	.00	.00	.38	2.81	.00	.00	.37	2.51	.00	.00
PERS	24	.28	3.13	.02	.02	.29	3.27	.04	.03	.26	2.99	.00	.00
	18	.31	3.15	.04	.07	.33	3.27	.07	.09	.27	3.03	.00	.00
	12	.40	3.01	.08	.13	.42	3.12	.12	.17	.36	2.90	.03	.00
	06	.61	2.47	.16	.23	.63	2.51	.18	.31	.55	2.54	.13	.00
	03	.76	1.93	.29	.36	.79	1.94	.31	.44	.72	1.93	.25	.09
	01	.88	1.36	.44	.46	.90	1.35	.43	.53	.86	1.38	.47	.22
DEPR	24	.45	2.77	.06	.10	.43	2.98	.08	.06	.40	2.73	.00	.00
	18	.44	2.86	.09	.12	.45	3.00	.14	.11	.37	2.89	.01	.00
	12	.48	2.82	.14	.15	.50	2.93	.18	.20	.41	2.86	.09	.00
	06	.62	2.46	.20	.23	.64	2.54	.23	.32	.54	2.55	.18	.04
	03	.76	1.97	.30	.35	.77	2.02	.30	.42	.70	2.06	.25	.11
	01	.88	1.40	.44	.42	.89	1.40	.42	.52	.84	1.47	.49	.13

表三 如表一，但為對花蓮風速之預測結果。

TABLE III. Same as in TABLE III, except for the wind speeds forecasts at Haulian.

46699 風速		全數(8,867 個案)				西行(5,085 個案)				北行(3,724 個案)			
方 法	延時	Rxy	Rms	ETS		Rxy	Rms	ETS		Rxy	Rms	ETS	
				6 級	7 級			6 級	7 級			6 級	7 級
CLMN	-	.45	2.73	.00	.00	.51	2.95	.07	.00	.31	2.36	.00	.00
PERS	24	.24	3.41	.00	.00	.28	3.68	.00	.00	.13	2.97	.00	.00
	18	.25	3.50	.04	.00	.29	3.78	.04	.00	.12	3.08	.01	.00
	12	.35	3.39	.12	.04	.39	3.68	.14	.04	.21	2.98	.02	.00
	06	.53	2.91	.27	.12	.56	3.16	.30	.13	.43	2.56	.11	.00
	03	.68	2.43	.37	.22	.70	2.63	.42	.25	.60	2.15	.15	.00
	01	.83	1.78	.54	.38	.84	1.94	.59	.42	.80	1.55	.30	.09
DEPR	24	.42	3.03	.09	.00	.47	3.24	.15	.00	.30	2.70	.01	.00
	18	.42	3.10	.13	.03	.47	3.31	.19	.08	.28	2.84	.07	.04
	12	.46	3.09	.21	.10	.51	3.29	.27	.11	.31	2.82	.04	.00
	06	.57	2.83	.31	.14	.59	3.07	.34	.15	.46	2.52	.15	.00
	03	.68	2.43	.37	.25	.70	2.65	.42	.24	.60	2.16	.17	.00
	01	.83	1.80	.52	.39	.83	1.98	.57	.39	.79	1.58	.29	.04

表四 如表一，但為對 6、12 與 24 小時內台北最大風速預測結果之校驗。

TABLE IV. Same as in TABLE I, except for the forecasts of the maximum wind speeds within 6, 12 and 24 hours at Taipei.

692 最大風速		全 數				西 行				北 行			
時間	方 法	Rxy	Rms	ETS		Rxy	Rms	ETS		Rxy	Rms	ETS	
				6 級	7 級			6 級	7 級			6 級	7 級
06	CLMN	.44	3.06	.00	.00	.52	3.32	.14	.00	.35	2.29	.00	.00
	PERS	.68	2.66	.32	.31	.68	3.07	.32	.31	.59	2.04	.12	.00
	DEPR	.74	2.43	.37	.37	.76	2.70	.40	.40	.60	2.13	.10	.00
12	CLMN	.38	3.40	.00	.00	.50	3.66	.10	.03	.24	2.49	.00	.00
	PERS	.52	3.31	.24	.22	.49	3.94	.26	.22	.46	2.27	.06	.00
	DEPR	.65	2.92	.31	.34	.68	3.22	.38	.37	.48	2.41	.06	.00
24	CLMN	.26	3.92	.05	.00	.41	4.26	.13	.11	.12	2.89	.00	.00
	PERS	.37	3.97	.12	.07	.37	4.44	.18	.16	.31	2.49	.02	.00
	DEPR	.41	3.73	.12	.10	.49	4.11	.20	.21	.26	2.95	.01	.00
	DP18	.48	3.54	.18	.13	.54	3.94	.21	.23	.30	2.81	.02	.00
	DP12	.54	3.39	.22	.19	.58	3.87	.25	.25	.34	2.72	.03	.00
	DP06	.56	3.33	.25	.21	.60	3.83	.27	.28	.37	2.69	.06	.00
	DP03	.47	6.34	.05	.06	.54	6.83	.06	.07	.38	5.23	.04	.01
	DP01	.26	3.92	.05	.00	.41	4.26	.13	.11	.12	2.89	.00	.00

表五 如表四，但為對 6、12 與 24 小時內台南最大風速預測結果之校驗。

TABLE V. Same as in TABLE IV, except for the maximum wind speeds forecasts at Tainan.

741 最大風速		全 數				西 行				北 行			
時間	方 法	Rxy	Rms	ETS		Rxy	Rms	ETS		Rxy	Rms	ETS	
				6 級	7 級			6 級	7 級			6 級	7 級
06	CLMN	.46	2.73	.00	.00	.43	3.0	.00	.00	.40	2.65	.04	.00
	PERS	.68	2.43	.26	.23	.71	2.48	.26	.32	.62	2.40	.24	.07
	DEPR	.70	2.38	.32	.25	.71	2.49	.35	.29	.62	2.52	.25	.10
12	CLMN	.44	2.93	.00	.00	.44	3.18	.05	.00	.35	2.93	.05	.00
	PERS	.50	3.09	.17	.13	.55	3.19	.18	.21	.42	3.03	.14	.02
	DEPR	.58	2.95	.24	.17	.62	3.0	.30	.22	.47	3.11	.19	.07
24	CLMN	.28	3.39	.04	.00	.32	3.79	.10	.0	.21	3.40	.04	.00
	PERS	.38	3.38	.07	.07	.42	3.67	.09	.15	.29	3.28	.05	-.01
	DEPR	.43	3.34	.11	.10	.48	3.56	.15	.17	.35	3.45	.08	.01
	DP18	.45	3.31	.12	.10	.51	3.51	.17	.19	.34	3.44	.10	.03
	DP12	.48	3.26	.14	.15	.52	3.55	.19	.22	.37	3.31	.11	.04
	DP06	.50	3.23	.16	.16	.54	3.52	.23	.22	.39	3.26	.10	.04
	DP03	.49	5.57	.09	.07	.55	5.48	.14	.10	.42	5.42	.06	.03
	DP01	.28	3.39	.04	.00	.32	3.79	.10	.00	.21	3.40	.04	.00

表六 如表四，但為對 6、12 與 24 小時內花蓮最大風速預測結果之校驗。

TABLE VI. Same as in TABLE IV, except for the maximum wind speeds forecasts at Hualian.

699 最大風速		全 數				西 行				北 行			
時間	方 法	Rxy	Rms	ETS		Rxy	Rms	ETS		Rxy	Rms	ETS	
				6 級	7 級			6 級	7 級			6 級	7 級
06	CLMN	.50	3.19	.11	.00	.56	3.45	.28	.07	.39	2.71	.00	.00
	PERS	.65	3.03	.38	.28	.67	3.34	.45	.33	.57	2.60	.20	.03
	DEPR	.70	2.90	.43	.36	.71	3.16	.49	.43	.62	2.55	.28	.03
12	CLMN	.47	3.67	.17	.00	.55	4.00	.29	.14	.37	3.04	.00	.00
	PERS	.51	3.92	.28	.16	.54	4.34	.36	.21	.39	3.34	.13	.00
	DEPR	.61	3.66	.35	.28	.63	4.11	.43	.34	.53	3.09	.23	.10
24	CLMN	.38	4.51	.14	.00	.47	5.07	.22	.09	.28	3.72	.02	.00
	PERS	.42	4.48	.15	.03	.53	4.80	.28	.08	.23	3.89	.03	.00
	DEPR	.46	4.48	.17	.06	.52	5.01	.26	.12	.35	3.88	.09	.02
	DP18	.50	4.37	.20	.12	.55	4.93	.26	.16	.40	3.77	.13	.06
	DP12	.52	4.26	.22	.18	.56	4.86	.29	.20	.43	3.69	.17	.07
	DP06	.54	4.20	.26	.19	.58	4.78	.30	.22	.44	3.63	.16	.11
	DP03	.51	6.31	.12	.14	.56	7.07	.17	.17	.43	5.32	.11	.14
	DP01	.38	4.51	.14	.00	.47	5.07	.22	.09	.28	3.72	.02	.00

# 民國九十年颱風調查報告—第四號尤特(UTOR)颱風(0104)

蔣為民

中央氣象局氣象預報中心

## 摘要

尤特颱風(Utor)是民國九十年北太平洋西部生成的第四個颱風(0104)，也是中央氣象局九十年發布的第三個颱風警報的颱風。尤特颱風形成後即向西北偏西北方向快速移動，僅在通過呂宋島北方近海(巴士海峽南部)時，方向更偏西，速度也稍有減慢。尤特颱風的暴風圈甚廣，暴風半徑達 350 公里，惟中心未登陸，僅其暴風邊緣掃過嘉義以南地區。尤特颱風之中央氣象局 24 小時預報位置誤差為 179 公里，48 小時預報位置誤差則為 331 公里。由於尤特颱風外圍環流及地形影響，造成東部山區降雨超過 430 公釐，平地最大雨量則有 165 公釐。東部地區災情較嚴重，統計有一人死亡、六人失蹤，農牧損失八千餘萬，並有一艘漁船沈沒。

## 一、前言

民國九十年 7 月 2 日 8 時，尤特颱風(Utor)在關島西南方海面形成。是當年在北太平洋西部發生的第四個颱風，也是中央氣象局於當年發布颱風警報的第 3 個颱風。尤特颱風形成初期快速向西北方向移動，最大時速達每小時 33 公里。而在接近呂宋島北方海面時，因受地形影響，行進路徑略微偏西移動，移速也有減慢的趨勢。因尤特颱風暴風半徑達 350 公里，其中心雖自巴士海峽南部穿過，暴風邊緣仍然掃過南部地區，受颱風外圍環流及地形的影響，台灣東半部、恆春半島及北部、南部山區均有豪大雨出現，花蓮山區累積雨量超過 400 公釐、花蓮市區雨量也達 165 公釐，故而在東部地區造成較大災情。本文就尤特颱風之特性、發展經過、強度及路徑作一分析，以為參考及研究之用。其最佳路徑如圖 1 及表 1。

## 二、尤特颱風的發生及經過與警報處理情形

尤特颱風是於 7 月 2 日上午 8 時在關島西南方海面形成(圖 2a、2b)，是當年形成的第 4

個颱風。在圖 3 中可看到颱風所在海面平均溫度高於  $29^{\circ}\text{C}$ ，提供了充分的能量，到了 3 日下午 2 時它的位置在北緯 15.2 度，東經 129.8 度，即在鵝鑾鼻的東南方約 1230 公里的海面上，中心氣壓 975 百帕，暴風半徑 350 公里，以每小時 33 公里的速度向西北快速進行，對巴士海峽及台灣東南部海面將構成威脅，故中央氣象局在 3 日 14 時 45 分對上述海域發布了第 4 號颱風第 1 號海上颱風警報。3 日傍晚尤特增強為中度颱風，3 日 20 時中心氣壓 970 百帕，位在北緯 16 度，東經 128 度，即在鵝鑾鼻的東南方約 1020 公里的海面上，受平均氣流線影響(圖 4)仍以穩定的西北方向快速前進，鑑於它的 7 級風暴風半徑有 350 公里，10 級風半徑有 100 公里，研判暴風範圍將對台灣東部及東南部地區構成威脅，故於 3 日 20 時 30 分對恆春半島、屏東、台東、綠島、蘭嶼及花蓮地區發布陸上颱風警報(圖 5)。4 日凌晨 2 時，尤特颱風的強度稍有增強，由原來每秒 33 公尺增強為每秒 35 公尺，移動方向也稍偏西，以西北西方向快速朝巴士海峽接近，因對台中以南及澎湖地區也將構成威脅，故而將上述區域加入警戒區域中。4 日 8 時起因尤特颱風漸接近呂宋島東北



部海面，移動速度略微減慢，由原每小時 33 公里減為每小時 29 公里，因金門地區也將受到它的威脅，故將金門也加入警戒地區。4 日 11 時尤特颱風強度再略增強至每秒 38 公尺，仍向西北西快速移動。到了 4 日 17 時，尤特颱風的暴風圈已進入恆春半島，蘭嶼、成功、台東及大武亦陸續出現 14 級及 8-9 級陣風。4 日 20 時尤特颱風中心在呂宋島北端近海繼續向西北西移動，台中以南各地及澎湖、金門仍在警戒區域中，而東北部及北部山區受颱風外圍環流影響，出現局部豪雨（圖 6a、b）。5 日清晨颱風中心在東沙島東方海面，向西北西偏西北方向移動，中部山區出現了局部性大雨。到了 5 日近午左右，尤特颱風強度稍減弱，最大風速由每秒 38 公尺減為 33 公尺，不過仍然維持著中度颱風的強度，由於其暴風圈漸脫離台灣本島、澎湖及金門地區，而強度也持續減弱，5 日 17 時 10 分解除了陸上颱風警報，5 日晚間尤特颱風向香港地區接近，暴風圈也略有縮小，對於台灣海峽南部、金門海面、及澎湖海面的威脅已完全解除，故於 7 月 5 日 23 時 10 分解除了尤特颱風的海上颱風警報，總計，中央氣象局對尤特颱風共發布了海上警報 20 報，陸上警報 15 報，前後共歷時 57 小時。中央氣象局對尤特颱風發布警報之經過情形請參見表 2，衛星定位及強度估計資料見表 3。綜觀尤特颱風的路徑，除在進入呂宋島北方近海時，因受地形影響，行徑有略微偏西外，大都以西北方向快速穩定前進，其暴風圈雖大，半徑達 350 公里，惟陸地僅嘉義以南地區及澎湖地區受到暴風圈掠過影響，並在東半部、北部及南部山區降下豪雨。

### 三、尤特颱風警報期間各地氣象要素分析

#### (一)氣壓

尤特颱風之暴風圈在 4 日下午 15 時開始接觸到本省最南端陸地，至 5 日 14 時脫離台灣

陸地，在這將近 23 小時內，恆春半島、台灣東南部(台東以南地區)及南部嘉義以南各地和澎湖地區陸續進入暴風圈內，這些地區內之恆春及澎湖出現 987.1 百帕的最低氣壓，而在這些地區以外的新竹、梧棲及台中則在 5 日 3 時 38 分至 43 分之間各出現 985.6、985.8 及 985.8 百帕之最低氣壓(見表 4 及圖 7)。這些氣壓值甚至較恆春等進入暴風圈的各站氣壓更低，有可能乃是新竹、台中、梧棲等地區於背風區而產生的現象，有待更進一步的分析。

#### (二)風

尤特颱風暴風圈掠過台灣南部期間，各地出現風速情況，平均風速以蘭嶼每秒 34.5 公尺(12 級)最大，次為玉山的每秒 22.2 公尺(9 級)，及彭佳嶼每秒 21.5 公尺(9 級)，其他各地均在 8 級以下，北部、中部及南部為 3-7 級，東部 5-6 級。出現最強瞬間最大陣風為玉山的每秒 47 公尺(15 級)，次為蘭嶼每秒 44.7 公尺(14 級)、鞍部每秒 31.7 公尺(11 級)、恆春每秒 30.4 公尺(11 級)、蘇澳每秒 25.3 公尺(10 級)、基隆每秒 24.7 公尺(10 級)、日月潭每秒 24.1 公尺(10 級)、大武每秒 23.1 公尺(9 級)、新竹每秒 22.3 公尺(9 級)、阿里山每秒 21.8 公尺(9 級)、臺北每秒 21.3 公尺(9 級)、成功每秒 20.6 公尺(9 級)，其他各地都在 8 級以下(見表 4 及圖 8)。

#### (三)雨量

尤特颱風侵台期間，由於暴風圈掠過南部陸地，故而包括颱風環流、地形以及颱風外圍環流等各種因素造成各地的降雨，惟中南部地區因位於中央山脈西側，為背風面，降水情況不明顯，例如台中、東吉島即無降水記錄，其他如新竹、梧棲、日月潭、台南等地降雨量均不足 1 公釐。另外如北部、東半部、南部山區

及恆春半島都有相當多的雨量，中央氣象局各測站累積雨量最多的為花蓮 165 公釐、蘇澳 116 公釐、台東及玉山 110 公釐、成功 94 公釐、恆春 77 公釐。(見表 4 及圖 9)。而自動雨量站更測得較大雨量，如天祥 431 公釐、龍澗 389 公釐(以上兩站位在花蓮縣山區)，另古魯 354 公釐(宜蘭大同)、向陽 352 公釐(台東縣山區)(見圖 10)。

## 四、尤特颱風的災情報告

根據內政部消防署防災應變中心的災害統計，綜列如下：

- (一)民眾傷亡情況：1 死、6 傷。
- (二)漁船失蹤：東港籍漁船聖裕興號在菲律賓賓海域失聯，恐已沈沒，船上 7 名船員失蹤。
- (三)堤防潰決：共有兩處堤防潰決，分別為台東市豐原海岸保護工程西側海水越堤倒灌，並淘空基礎；另花蓮鳳林萬裏溪鳳林二號堤防沖損約一百公尺。
- (四)農牧損失：尤特颱風導致全省農牧損失總額合計 8883 萬元，其中台東縣受災最為嚴重，受損金額達 5100 多萬元。
- (五)交通損失：省道台 20 線南橫公路多處坍方，北橫及中橫花蓮段亦有落石坍方；北迴線鐵路平溪支線平溪至嶺腳間路基流失，大里至福隆間電車線斷落。
- (六)電力及自來水方面：計有基隆、桃園、屏東、宜蘭、台東、花蓮、南投及金門部分地區共 10 萬 9 千 1 百 57 戶停電，另有 1010 戶停水。

## 五、尤特颱風的路徑預報校驗

尤特颱風警報初期，中央氣象局官方預報對颱風預報速度偏慢，而後期則預報速度較快，且預報路徑之角度又較偏右，故校驗中央氣象局官方 24 小時颱風預報位置之平均誤差為 179 公里，48 小時颱風預報位置之平均誤差為 331 公里。(見表 5 及表 6)

表 5 中可知，尤特颱風 24 小時預報位置誤差以關島颱風警報中心(PGTW)的 112 公里(15 個個案)最小，次為香港(VHHH)的 118 公里(6 個個案)，廣州(BCGZ)為 144 公里(7 個個案)居第三，均優於中央氣象局之 179 公里(15 個個案)。而其他各種模式之誤差介於 161 公里至 225 公里之間，其中日本(RJTD)之誤差為 201 公里(15 個個案)。

表 6 中可知，尤特颱風 48 小時預報位置誤差以香港(VHHH)之 161 公里(2 個個案)最小，次為關島颱風警報中心(PGTW)的 201 公里(11 個個案)，類比法(HURA)的 216 公里(9 個個案)居第三，而其他各種模式之誤差介於 240 公里至 353 公里之間。

## 六、結論

由上述分析發現

- (一)尤特颱風生成後即以偏西北方向快速前進，在穿過呂宋島北方近海時，行進方向稍偏西，移速也稍減緩，過後又以西北方向朝香港移去。
- (二)尤特颱風暴風圈相當大，其暴風半徑有 350 公里，故雖然颱風中心穿過巴士海峽，它的暴風範圍仍然掃過嘉義以南地區及東南部地區，外圍環流加上地形效應造成東部山區超過 430 公釐的雨量，平地則以花蓮

的 165 公釐最多。另在背風面的新竹、台中、梧棲等地出現最低氣壓。  
(三)造成一死六傷、漁船失蹤、海水倒灌、電力受損十萬多戶，另農牧業損失 8883 萬。

(四)中央氣象局官方預報尤特颱風 24 小時預報位置平均誤差為 179 公里，接近 1971 年至 1991 年平均誤差之 177 公里。

## REPORT ON TYPHOON 0104(UTOR) OF 2001

Chiang, wei-min

Weather Forecast Center, Central Weather Bureau

### ABSTRACT

Typhoon 0104(Utor), the 4th typhoon in the northwest Pacific Ocean, was the third one to affect Taiwan in 2001. Forming over the sea east of the Philippine islands, Typhoon 0104 tracked northwestward to westnorthwestward with the maximum speed of 33 km/hr. But it slowed down a little bit and moved more westward while passing through the sea north of Luzon. Although the circulation center did not landed, the radius of typhoon 0104 was up to 350km, therefore the edge of typhoon 0104 still affected southern part of Taiwan. Typhoon 0104 brought torrential rains in eastern part of Taiwan, especially in the mountain area. The amount of precipitation was over 430mm. Reports indicated one people was killed and six wounded. Damage to agriculture was about US \$2.5 million. The 24-hour mean forecast error was 179 km.

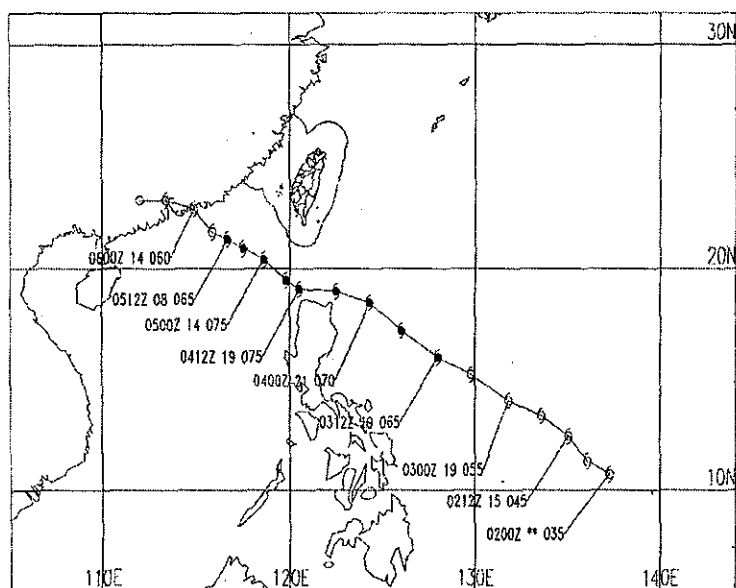


圖 1：90 年第 4 號颱風（尤特）之最佳路徑

Fig. 1 : The best track of typhoon Utor (0104)

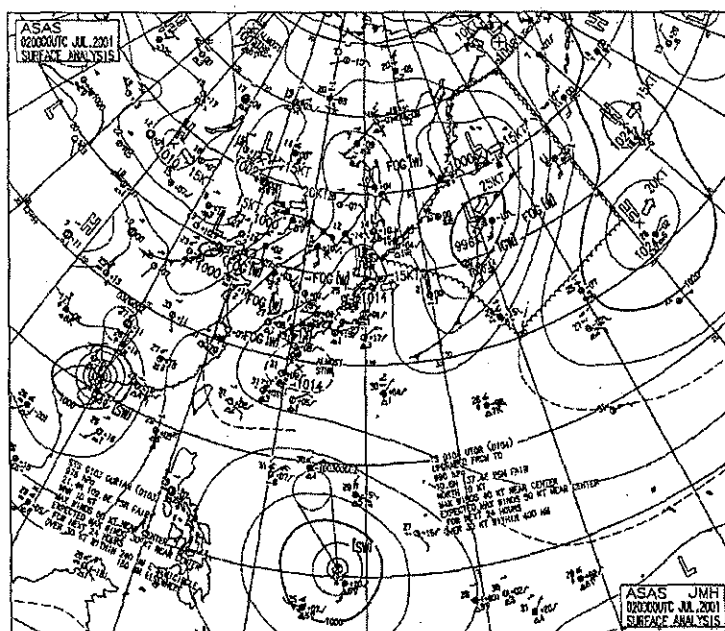


圖 2a：2001 年 7 月 2 日 0000UTC 亞洲地面天氣分析圖

Fig. 2a : The surface analysis at 0000UTC 2 July 2001

中華民國90年07月02日08時BD色調強化雲圖

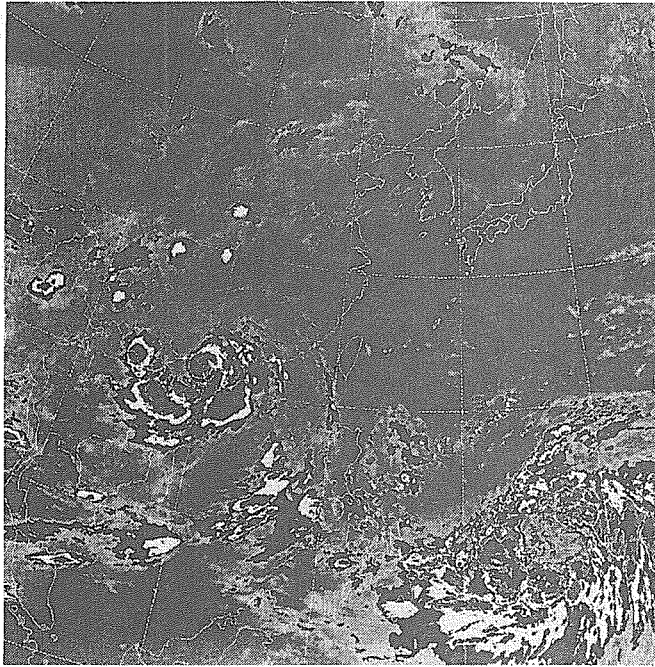


圖 2b：90 年 7 月 2 日 8 時 BD 色調強化雲圖

Fig. 2b：The enhancement curve (BD) satellite imagery for typhoon Utor 00Z, 02 July 2001

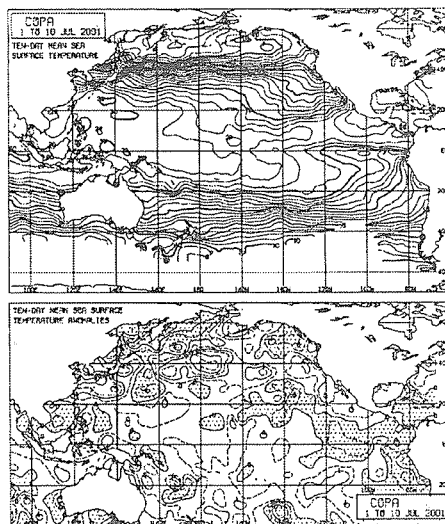


圖 3：2001 年 7 月 1 日至 10 日太平洋區域平均海面溫度（上）與海溫距平（下）圖

Fig. 3：The ten-day (1-10, July, 2001) mean sea surface temperature (top) and anomalies (bottom) over the Pacific area

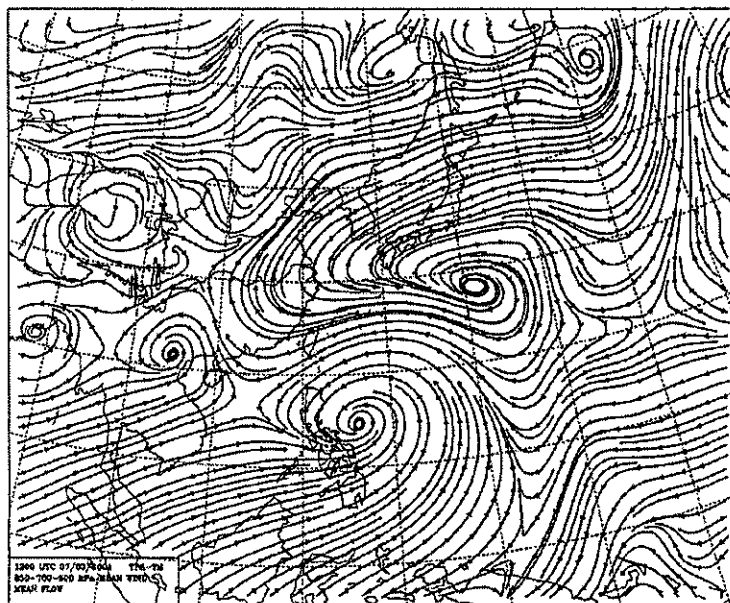


圖 4a：2001 年 7 月 3 日 1200UTC 850/700/500 百帕平均氣流圖

Fig. 4a：The 850/700/500 hPa mean flow streamline at 12UTC 03 July 2001

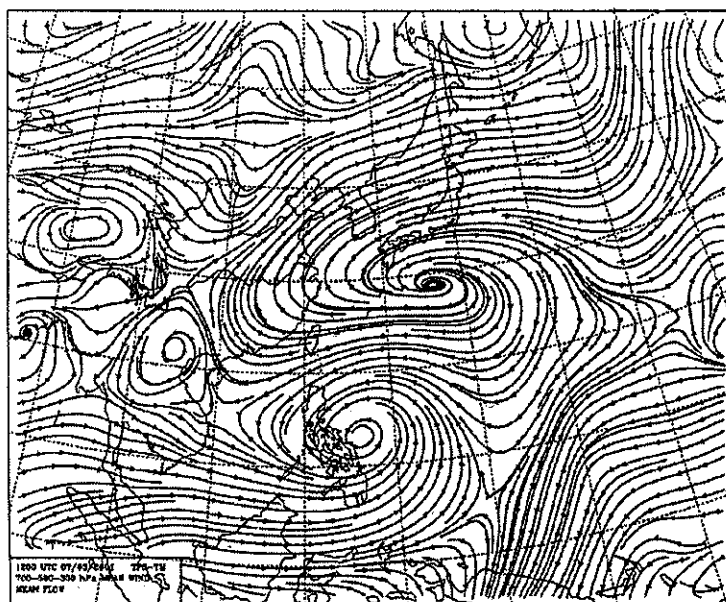


圖 4b：同 4a，但為 700/500/300 百帕平均氣流圖

Fig. 4b：Same as Fig 4a, but for 700/500/300 hPa mean flow streamline

中華民國90年07月03日20時BD色調強化雲圖

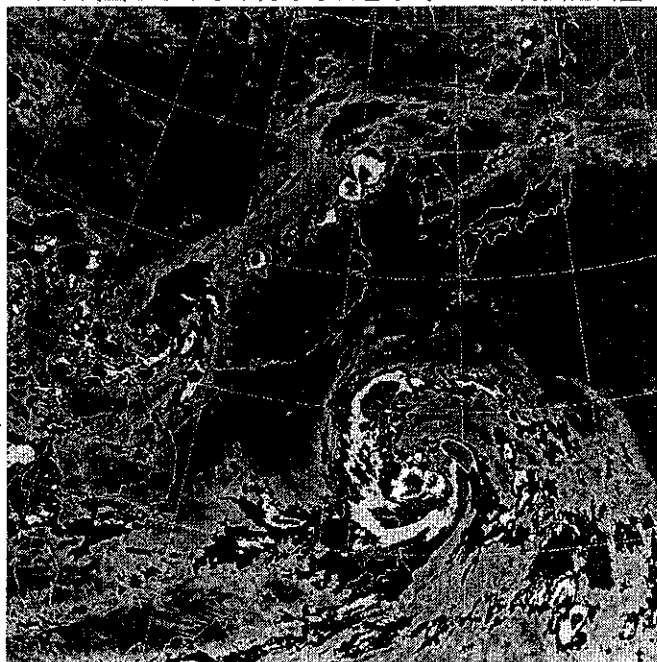


圖 5：90 年 7 月 3 日 20 時 BD 色調強化雲圖

Fig. 5：The enhancement curve (BD) satellite imagery for typhoon Utor 12Z, 03 July 2001

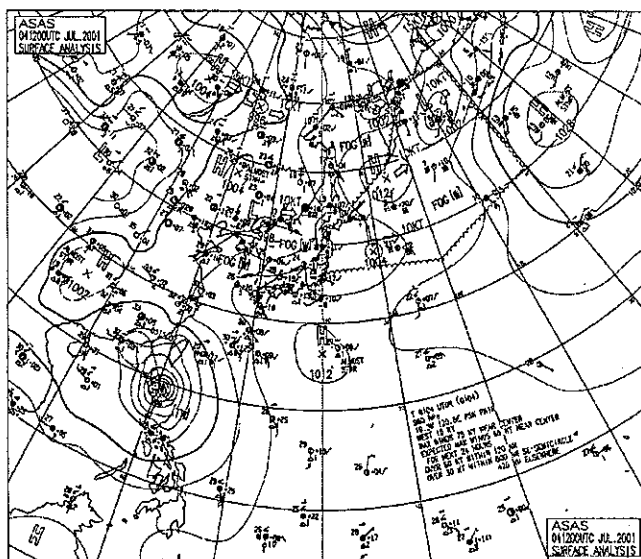


圖 6a：2001 年 7 月 4 日 1200UTC 亞洲區地面天氣分析圖

Fig. 6a：The surface analysis at 12Z 4 July 2001

中華民國90年07月04日20時BD色調強化雲圖

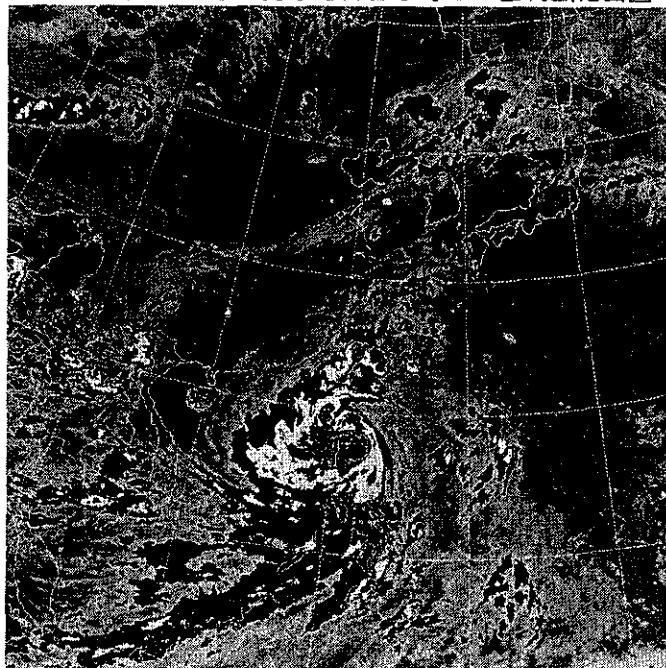


圖 6b：90 年 7 月 4 日 20 時 BD 色調強化雲圖

Fig. 6b：The enhancement curve (BD) satellite imagery for typhoon Utor 12Z, 04 July 2001

尤特颱風各測站逐時氣壓值表

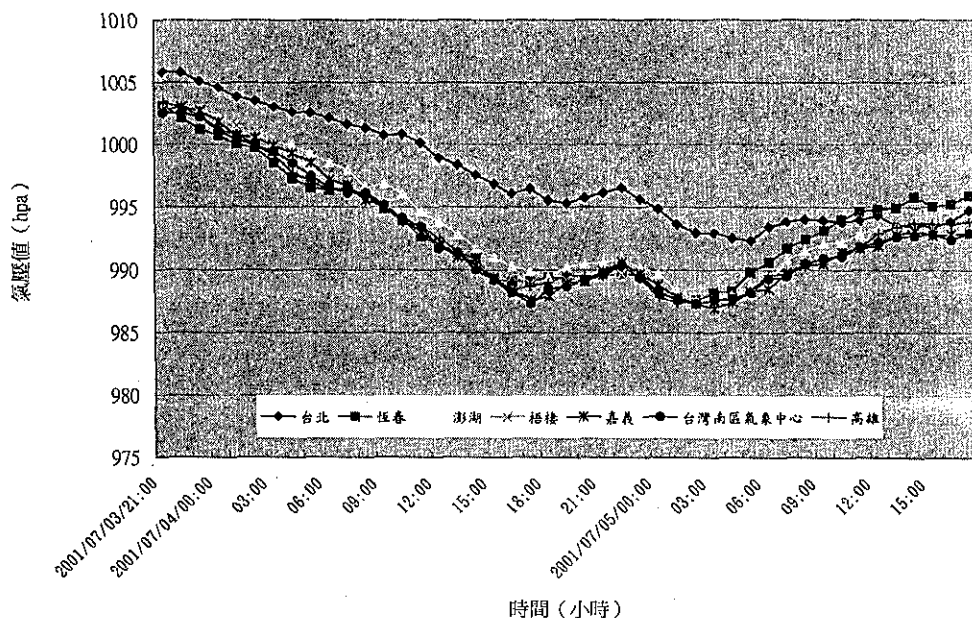


圖 7：臺北(46692), 恆春(46759), 澎湖(46735), 梧棲(46777), 嘉義(46748), 台南(46741), 高雄 (46744) 氣象站逐時氣壓值

Fig. 7：The hourly pressure of stations 46692, 46759, 46735, 46777, 46748, 46741, 46744



尤特颱風各測站逐時風速表

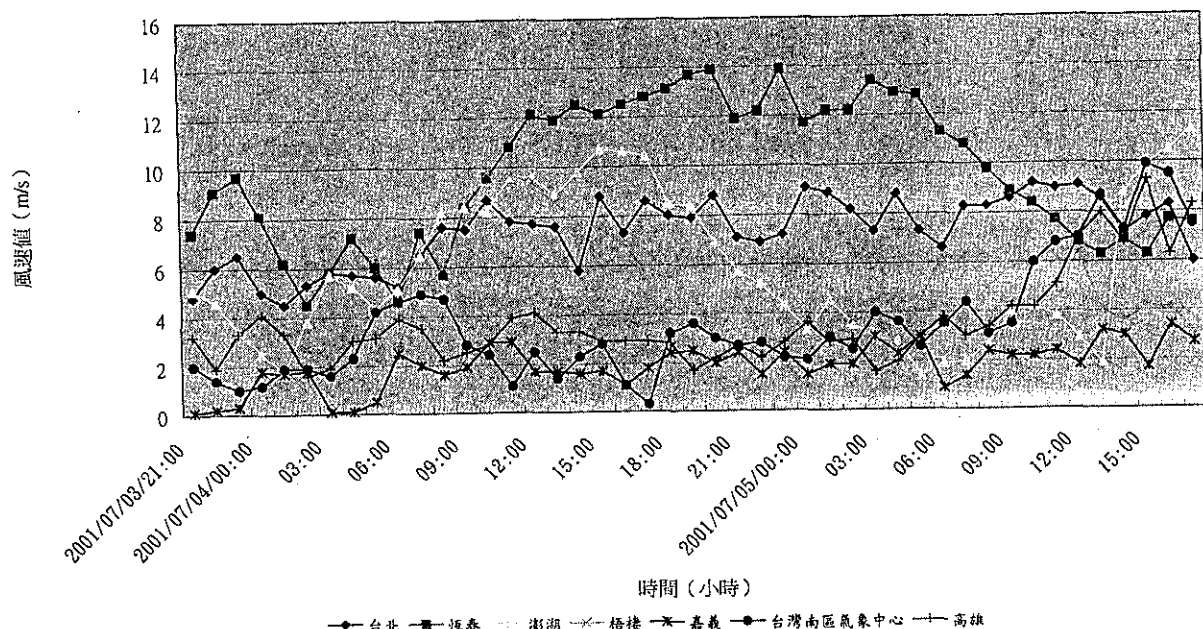


圖 8：臺北(46692)，恆春(46759)，澎湖(46735)，梧棲(46777)，嘉義(46748)，台南(46741)，高雄(46744) 氣象站逐時風速表

Fig. 8：The hourly mean wind speed of stations 46692, 46759, 46735, 46777, 46748, 46741, 46744

尤特颱風各測站總雨量表

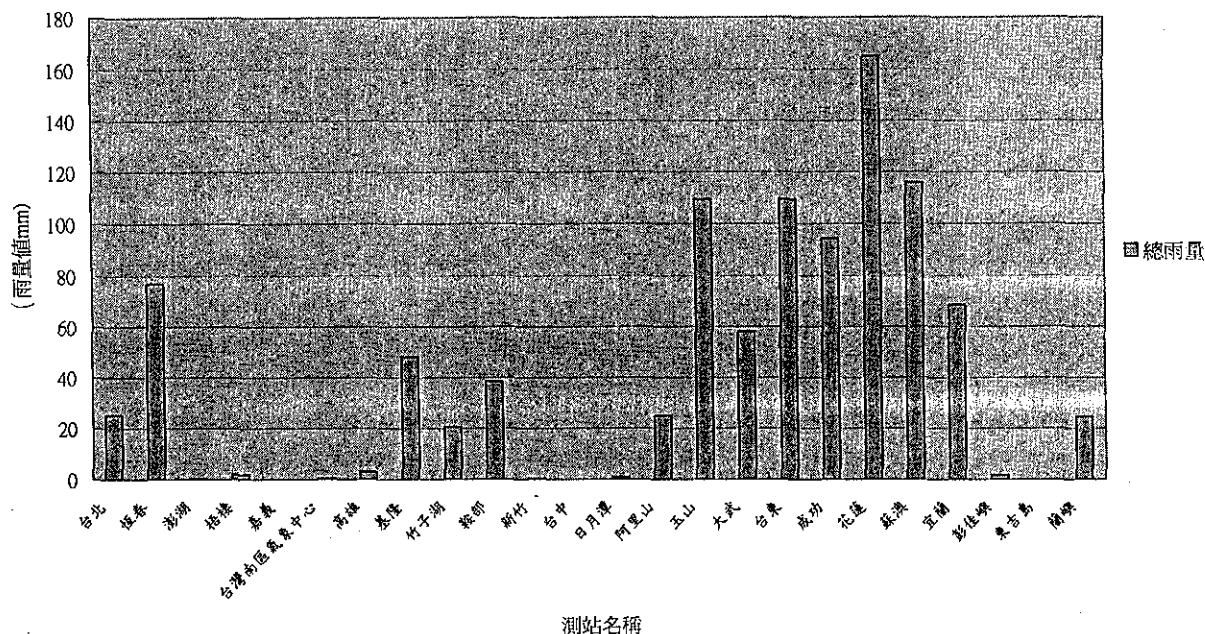


圖 9：尤特颱風侵台期間中央氣象局各站總雨量

Fig. 9：The total rainfall of all CWB's weather stations during typhoon Utor (3-5, July, 2001)

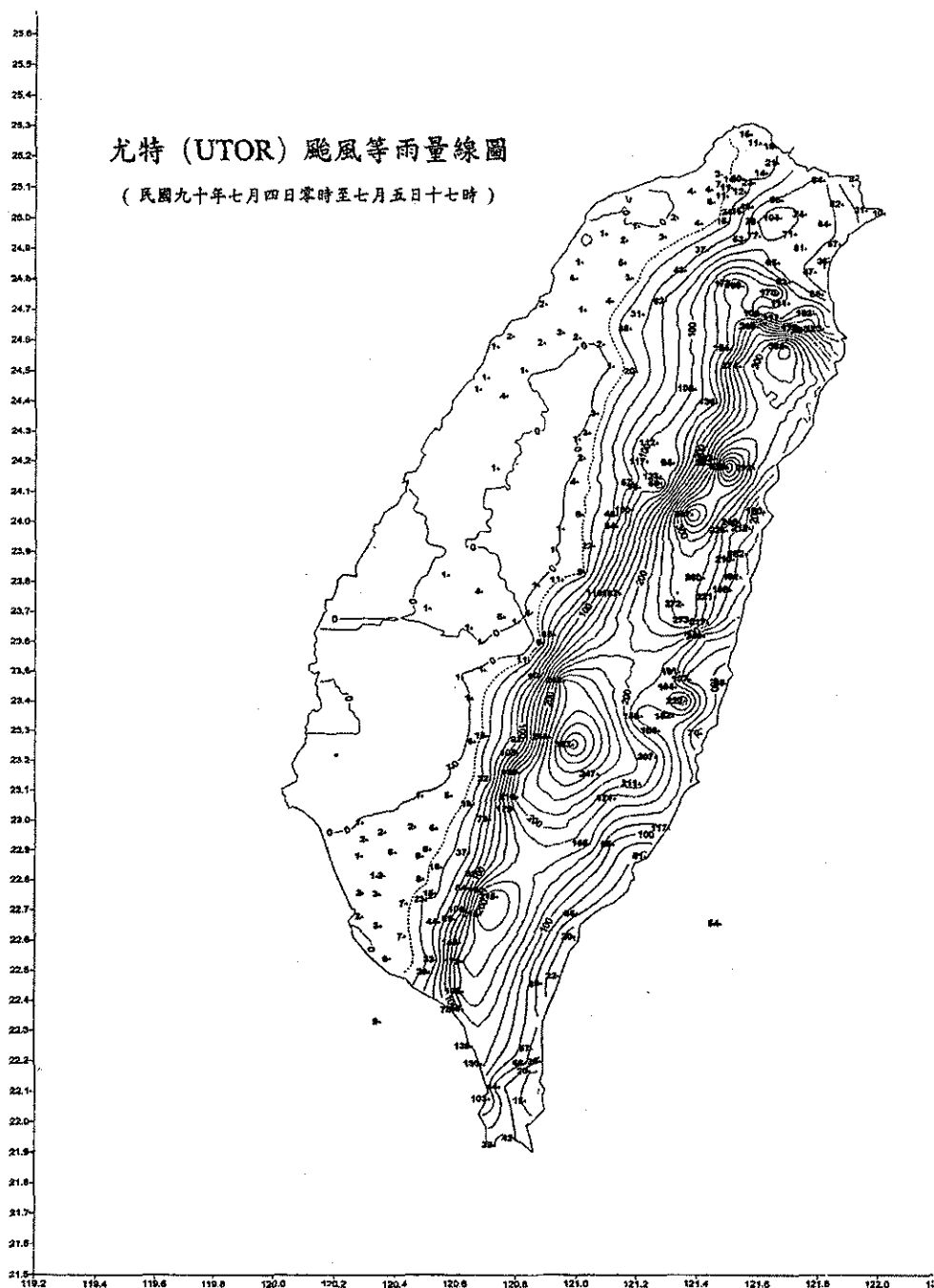


圖 10：尤特(Utor)颱風等雨量線圖

Fig. 10：The accumulated rainfall over Taiwan area for the period of 00 LST 4, July to 17 LST 5, July 2001

表 1. 尤特颱風最佳路徑、強度變化及動向資料表

Table 1. The best-track positions, intensity and movement of typhoon Utor (0104)

時間 (UTC)			中心位置 (度)		中心氣壓 (百帕)	移動方向 (DEG)	移動速度 (km/hr)	近中心最大風 速(m/s)		暴風半徑 (km)	
月	日	時	北緯	東經				平均	瞬間	七級風	十級風
7	2	00	10.7	137.3	990	NW	28	18	25	250	-
		06	11.3	136.1	988	NW	28	20	28	250	-
		12	12.4	135.1	988	NW	28	23	28	250	-
		18	13.3	133.6	985	NW	28	25	33	280	-
	3	00	14.0	131.8	978	NW	30	28	35	300	-
		06	15.2	129.8	975	NW	33	30	38	350	-
		12	16.0	128.0	970	NW	33	33	43	350	100
		18	17.2	126.0	965	WNW	33	35	45	350	120
	4	00	18.5	124.3	965	WNW	33→29	35	45	350	120
		06	19.0	122.5	960	WNW	33→29	38	48	350	120
		12	19.1	120.5	960	WNW	30	38	48	350	120
		18	19.5	119.8	960	WNW	20	38	48	350	120
	5	00	20.4	118.6	960	NW	20	38	48	350	120
		06	20.9	117.5	968	NW	22	33	43	350	120
		12	21.3	116.7	968	WNW	22	33	43	300	100
		15	21.4	116.1	968	WNW	22	33	43	300	100

表 2、尤特颱風警報發布經過一覽表

Table 2、Warnings issued by CWB for typhoon Utor(0104)

種類	次序 號	報	發布時間				警戒地區		備註
			月	日	時	分	海上	陸上	
海上	4	1	7	3	14	45	巴士海峽、台灣東南部海面		
	4	2	7	3	17	40	巴士海峽、台灣東南部海面		
海陸	4	3	7	3	20	30	巴士海峽、台灣東南部、東北部、台灣海峽南部、東沙島海面	恆春半島、屏東、台東、綠島、蘭嶼、花蓮	
	4	5	7	3	23	40	巴士海峽、台灣東南部、東北部海面、台灣海峽、東沙島海面	恆春半島、綠島、蘭嶼、花蓮以南、嘉義以南、澎湖	
	4	5	7	4	3	00	巴士海峽、台灣東南部、東北部海面、台灣海峽、東沙島海面	恆春半島、綠島、蘭嶼、花蓮以南、台中以南、澎湖	
	4	6	7	4	5	35	巴士海峽、台灣東南部、東北部海面、台灣海峽、東沙島海面	恆春半島、綠島、蘭嶼、花蓮以南、台中以南、澎湖	
	4	7	7	4	8	35	巴士海峽、台灣東南部、東北部海面、台灣海峽、東沙島海面、金門海面	恆春半島、綠島、蘭嶼、台東及花蓮、台中以南、澎湖、金門	
	4	8	7	4	11	40	巴士海峽、台灣東南部、東北部海面、台灣海峽、東沙島海面、金門海面	恆春半島、綠島、蘭嶼、台東及花蓮、台中以南、澎湖、金門	
	4	9	7	4	14	10	巴士海峽、台灣東南部、東北部海面、台灣海峽、東沙島海面、金門海面	恆春半島、綠島、蘭嶼、台東及花蓮、台中以南、澎湖、金門	
	4	10	7	4	17	05	巴士海峽、台灣東南部、東北部海面、台灣海峽、東沙島海面、金門海面	恆春半島、綠島、蘭嶼、台東及花蓮、台中以南、澎湖、金門	
	4	11	7	4	20	45	巴士海峽、東沙島海面、台灣海峽、金門海面、台灣東南部海面	恆春半島、綠島、蘭嶼、台東、台南、高雄、屏東、澎湖、台中至嘉義、金門及花蓮	
	4	12	7	4	23	40	巴士海峽、東沙島海面、台灣海峽、金門海面、台灣東南部海面	恆春半島、綠島、蘭嶼、台東、台南、高雄、屏東、澎湖、台中至嘉義、金門及花蓮	
	4	13	7	5	2	50	巴士海峽、東沙島海面、台灣海峽、金門海面、台灣東南部海面（除花蓮）	恆春半島、綠島、蘭嶼、台東、台南、高雄、屏東、澎湖、台中至嘉義、金門及花蓮	
	4	14	7	5	5	10	巴士海峽、東沙島海面、台灣海峽、金門海面、台灣東南部海面（除花蓮）	恆春半島、綠島、蘭嶼、台東、台南、高雄、屏東、澎湖、台中至嘉義、金門及花蓮	
	4	15	7	5	8	35	巴士海峽、東沙島海面、台灣海峽、金門海面、台灣東南部海面（除花蓮）	恆春半島、綠島、蘭嶼、台東、台南、高雄、屏東、澎湖、台中至嘉義、金門及花蓮	
	4	16	7	5	11	35	巴士海峽、東沙島海面、台灣海峽、金門海面、台灣東南部海面（除花蓮）	恆春半島、綠島、蘭嶼、台東、台南、高雄、屏東、澎湖、台中至嘉義、金門及花蓮	
	4	17	7	5	14	40	東沙島海面、巴士海峽、台灣海峽、金門海面	恆春半島、屏東、高雄、台南、澎湖、金門	
海上	4	18	7	5	17	10	東沙島海面、巴士海峽、台灣海峽、金門海面	—	
	4	19	7	5	20	25	東沙島海面、巴士海峽、台灣海峽、金門海面	—	
解除	4	20	7	5	23	10	—	—	

表 3、中央氣象局氣象衛星中心尤特颱風(0104)中心定位及強度估計資料表

Table 3、Center locations and intensities of typhoon Utor(0104)

颱風編號	中文名稱	英文名稱	年	月	日	時	雲圖種類	颱風雲型	中心緯度	中心經度	定位準確度	T 值	CI 值	強度變化	強度間隔時間
0104	尤特	Utor	2001	07	02	00	IR/EIR/VIS	CB	10.70	137.30	Fair	2.50	2.50	發展	6
0104	尤特	Utor	2001	07	02	03	IR/EIR/VIS	CB	10.90	136.70	Fair	2.50	2.50	發展	6
0104	尤特	Utor	2001	07	02	06	IR/EIR/VIS	CB	11.20	136.10	Fair	2.50	2.50	發展	6
0104	尤特	Utor	2001	07	02	09	IR/EIR/VIS	CB	11.50	135.60	Fair	2.50	2.50	發展	6
0104	尤特	Utor	2001	07	02	12	EIR/IR	CB	12.20	135.00	Fair	2.50	2.50	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	02	15	EIR/IR	CB	12.70	134.40	Fair	3.00	3.00	發展	6
0104	尤特	Utor	2001	07	02	18	EIR/IR	CB	13.40	133.70	Poor	3.00	3.00	發展	6
0104	尤特	Utor	2001	07	02	21	EIR/IR	CB	14.40	131.00	Poor	3.00	3.00	發展	6
0104	尤特	Utor	2001	07	03	00	IR/EIR/VIS	CB	14.00	131.80	Poor	3.50	3.50	發展	6
0104	尤特	Utor	2001	07	03	03	IR/EIR/VIS	CB	14.60	131.00	Poor	3.50	3.50	發展	6
0104	尤特	Utor	2001	07	03	06	IR/EIR/VIS	CB	15.20	129.70	Poor	3.50	3.50	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	03	07	IR/EIR/VIS	NNN	15.40	129.50	Poor	3.50	3.50	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	03	08	IR/EIR/VIS	NNN	15.60	129.30	Poor	3.50	3.50	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	03	09	IR/EIR/VIS	NN	15.70	128.60	Poor	4.00	4.00	發展	6
0104	尤特	Utor	2001	07	03	10	IR/EIR/VIS	CB	15.90	128.40	Poor	4.00	4.00	發展	6
0104	尤特	Utor	2001	07	03	11	IR/EIR/VIS	CB	15.90	128.30	Poor	4.00	4.00	發展	6
0104	尤特	Utor	2001	07	03	12	EIR/IR	CB	16.00	128.00	Fair	4.00	4.00	發展	6
0104	尤特	Utor	2001	07	03	13	EIR/IR	CB	16.30	127.80	Fair	4.00	4.00	發展	6
0104	尤特	Utor	2001	07	03	14	EIR/IR	CB	16.60	127.30	Fair	4.00	4.00	發展	6
0104	尤特	Utor	2001	07	03	15	EIR/IR	CB	16.90	126.90	Fair	4.00	4.00	發展	6
0104	尤特	Utor	2001	07	03	16	EIR/IR	CB	17.10	126.30	Fair	4.00	4.00	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	03	17	EIR/IR	CB	17.30	126.00	Fair	4.00	4.00	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	03	18	EIR/IR	CB	17.30	125.60	Fair	4.00	4.00	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	03	19	EIR/IR	CB	17.40	125.50	Fair	4.00	4.00	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	03	20	EIR/IR	CB	17.60	125.40	Fair	4.00	4.00	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	03	21	EIR/IR	CB	17.70	125.30	Fair	4.00	4.00	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	03	22	EIR/IR	CB	18.10	125.20	Fair	4.00	4.00	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	03	23	IR/EIR/VIS	CB	18.20	124.80	Fair	4.00	4.00	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	04	01	IR/EIR/VIS	CB	18.70	124.10	Fair	4.00	4.00	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	04	02	IR/EIR/VIS	CB	18.80	123.70	Fair	4.00	4.00	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	04	03	IR/EIR/VIS	CB	18.90	123.40	Fair	4.00	4.00	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	04	04	IR/EIR/VIS	CB	18.90	123.00	Fair	4.00	4.00	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	04	05	IR/EIR/VIS	CB	18.90	122.80	Fair	4.00	4.00	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	04	06	IR/EIR/VIS	CB	18.90	122.50	Fair	4.00	4.00	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	04	07	IR/EIR/VIS	CB	18.90	122.10	Fair	4.00	4.00	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	04	08	IR/EIR/VIS	CB	19.00	121.60	Fair	4.00	4.00	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	04	09	IR/EIR/VIS	CB	19.00	121.40	Fair	4.00	4.00	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	04	10	EIR/IR	NNN	19.00	121.10	Fair	4.00	4.00	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	04	11	EIR/IR	CB	19.00	120.80	Fair	4.00	4.00	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	04	12	EIR/IR	CB	19.00	120.60	Fair	4.00	4.00	持續	6

表 3、續

Table 3、continued

0104	尤特	Utor	2001	07	04	13	EIR/IR	CB	19.00	120.30	Fair	4.00	4.00	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	04	14	EIR/IR	CB	19.10	120.20	Fair	4.00	4.00	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	04	15	EIR/IR	CB	19.10	120.10	Fair	4.00	4.00	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	04	15	EIR/IR	CB	19.10	120.10	Fair	4.00	4.00	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	04	16	EIR/IR	CB	19.10	120.00	Fair	4.00	4.00	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	04	16	EIR/IR	CB	19.10	120.00	Fair	4.00	4.00	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	04	17	EIR/IR	CB	19.10	119.90	Fair	4.00	4.00	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	04	18	EIR/IR	CB	19.30	119.80	Fair	4.00	4.00	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	04	19	EIR/IR	CB	19.40	119.70	Fair	4.00	4.00	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	04	20	EIR/IR	CB	19.60	119.50	Fair	4.00	4.00	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	04	21	EIR/IR	CB	19.90	119.30	Fair	4.00	4.00	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	04	22	EIR/IR	CB	20.20	119.00	Fair	4.00	4.00	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	04	23	EIR/IR	CB	20.30	118.70	Fair	4.00	4.00	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	05	00	IR/EIR/VIS	CB	20.40	118.50	Good	4.00	4.00	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	05	01	IR/EIR/VIS	CB	20.50	118.30	Good	4.00	4.00	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	05	02	IR/EIR/VIS	CB	20.70	118.20	Fair	4.00	4.00	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	05	03	IR/EIR/VIS	CB	20.80	118.00	Fair	4.00	4.00	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	05	04	IR/EIR/VIS	CB	20.80	117.80	Fair	4.00	4.00	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	05	05	IR/EIR/VIS	CB	20.80	117.70	Fair	4.00	4.00	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	05	06	IR/EIR/VIS	CB	20.80	117.30	Fair	3.50	4.00	減弱	6
0104	尤特	Utor	2001	07	05	07	IR/EIR/VIS	CB	20.90	117.20	Fair	3.50	4.00	減弱	6
0104	尤特	Utor	2001	07	05	08	IR/EIR/VIS	CB	21.00	117.00	Fair	3.50	4.00	減弱	6
0104	尤特	Utor	2001	07	05	09	IR/EIR/VIS	CB	21.10	116.70	Fair	3.50	4.00	減弱	6
0104	尤特	Utor	2001	07	05	10	IR/EIR/VIS	CB	21.10	116.50	Fair	3.50	4.00	減弱	6
0104	尤特	Utor	2001	07	05	11	EIR/IR	CB	21.10	116.50	Fair	3.00	3.50	減弱	6
0104	尤特	Utor	2001	07	05	12	EIR/IR	CB	21.10	116.50	Fair	3.00	3.50	減弱	6
0104	尤特	Utor	2001	07	05	13	EIR/IR	CB	21.10	116.50	Fair	3.00	3.50	減弱	6
0104	尤特	Utor	2001	07	05	14	EIR/IR	CB	21.30	116.50	Fair	3.00	3.50	減弱	6
0104	尤特	Utor	2001	07	05	15	EIR/IR	CB	21.50	116.40	Fair	3.00	3.50	減弱	6
0104	尤特	Utor	2001	07	06	00	IR/EIR/VIS	CB	22.70	115.00	Fair	2.50	2.50		
0104	尤特	Utor	2001	07	06	03	IR/EIR/VIS	CB	23.30	114.00	Fair	2.50	3.00		
0104	尤特	Utor	2001	07	06	06	IR/EIR/VIS	CB	23.30	113.50	Fair	2.50	3.00		
0104	尤特	Utor	2001	07	06	09	IR/EIR/VIS	CB	23.60	112.80	Fair	2.50	3.00		
0104	尤特	Utor	2001	07	06	12	EIR/IR	CB	23.70	112.20	Fair	2.50	3.00	持續	6
0104	尤特	Utor	2001	07	06	15	EIR/IR	CB	23.80	111.50	Fair	2.00	2.50	減弱	6
0104	尤特	Utor	2001	07	06	18	EIR/IR	CB	23.90	111.00	Poor	2.00	2.50	減弱	6
0104	尤特	Utor	2001	07	06	21	EIR/IR	CB	24.10	110.50	Poor	1.50	2.00	減弱	6
0104	尤特	Utor	2001	07	07	00	IR/EIR/VIS	CB	24.20	110.30	Poor	1.50	2.00	減弱	6
0104	尤特	Utor	2001	07	07	03	IR/EIR/VIS	CB	24.20	109.80	Poor	1.50	2.00	持續	6

表 4、尤特颱風侵台期間氣象要素統計表

Table 4、The meteorological summary of CWB's stations during the passage of typhoon Utor (0104)

測站 站名	最低氣壓(hPa)		瞬間最大風速(m/s)			最大風速(m/s)			最大降水量(mm)				降水總量(mm)	
	數值	時間	風速	風向	時間	風速	風向	時間	一小時	時間始迄	十分鐘	時間始迄	數量	時間始迄
彭佳嶼	996.1	050229	29.8	S	050917	21.5	ESE	05084	1.6	051208-051308	1.4	051208-051218	1.6	032030-051710
基隆	993.9	050428	24.7	SSE	050741	11.4	SSE	051313	14.5	041934-042034	5.5	041950-042000	48.0	031400-051700
鞍部	1340.6	050321	31.7	SW	050915	16.7	S	051108	12.5	040001-040101	8.0	040003-040013	38.5	032310-050910
竹子湖	993.7	050440	19.4	SW	041932	4.8	NE	040759	5.5	040919-041019	2.5	040930-040940	20.5	040030-050930
臺北	991.9	050423	21.3	S	051105	9.2	SE	050922	7.0	041312-041412	3.5	041400-041410	25.2	040440-051230
新竹	985.6	050338	22.3	E	041344	11.2	NE	040220	0.3	041912-041930	0.3	041915-041930	0.4	041440-041930
梧棲	985.8	050340	17.9	E	041143	9.8	NE	040932	T	041845-041905	T	041845-041955	T	041845-041905
台中	985.8	050343	7.2	NE	041159	3.8	SW	051145	—		—		—	
日月潭	881.1	050347	24.1	SSE	042317	10.8	SE	042322	0.4	050108-050208	0.4	050110-050120	0.9	041808-050745
澎湖	987.1	050240	19.9	SSW	051513	11.3	SSE	051652	0.3	051045-051055	0.3	051045-051055	0.3	051045-051055
東吉島	986.6	050226	22.7	NE	041320	16.7	NNE	041327	—		—		—	
阿里山	749.3	050352	21.8	SE	042322	5.3	E	040532	3.0	050406-050506	1.0	042208-042218	25.0	041110-051330
玉山	2983.6	050133	47.0	E	050204	22.2	E	050005	7.6	050601-050701	2.8	050630-050640	109.5	040530-051800
嘉義	986.7	050326	5.7	S	042220	3.4	W	051528	T	040740-040745	T	040740-040745	T	040740-040745
台南	986.7	050205	22.5	S	052107	14.1	SSE	052100	0.5	052240-052330	0.5	052306-052316	0.5	041745-052330
高雄	987.2	050050	19.9	S	051441	9.3	SSE	051421	1.2	050520-050620	1.2	050520-050530	3.0	050110-051710
恆春	987.1	050140	30.4	E	042226	13.9	NE	041933	25.5	042220-042320	7.5	042309-042319	77.0	040630-051630
宜蘭	994.6	050450	19.7	S	050257	9.7	ENE	040934	14.0	041306-041406	9.0	042211-042221	68.5	032310-050850
蘇澳	994.7	050436	25.3	SE	041820	11.5	S	042220	35.3	041303-041403	18.5	041349-041359	115.8	032335-051530
花蓮	993.6	050417	14.4	NE	041205	8.3	NNE	041212	28.5	042053-042153	14.5	042141-042151	165.0	040625-051720
成功	993.7	041626	20.6	NE	041133	10.6	N	040818	17.0	041615-041715	11.4	041705-041715	94.4	040600-051012
台東	992.7	041607	19.3	E	041314	8.7	NNE	041127	44.0	041618-041718	14.0	041627-041637	109.5	040700-052040
蘭嶼	987.2	042338	44.7	NE	040246	34.5	NE	040345	5.5	040444-040544	4.0	042202-042212	24.5	040444-042319
大武	990.1	041605	23.1	NE	041607	10.6	NNE	042356	25.0	041537-041637	9.5	041619-041629	58.0	032030-051710

表 5、第四號颱風警報期間中央氣象局官方預報(CWB) 24 小時預報位置誤差

Table 5、24-Hour Mean Forecast Error (KM) for Typhoon Utor(0104)

	CLIP	CWB	TFSS	EBM	HURA	PGTW	RJTD	BCGZ	VHHH
CLIP	13	179							
	179	0							
CWB	13	179	15	179					
	170	-9	179	0					
TFSS	6	216	7	214	7	161			
	166	-50	161	-53	161	0			
EBM	6	216	7	214	7	161	7	225	
	237	20	225	11	225	64	225	0	
HURA	13	179	13	170	6	166	6	237	13
	183	3	183	12	238	72	238	1	183
PGTW	13	179	15	179	7	161	7	225	13
	112	-66	112	-66	109	-51	109	-116	112
RJTD	13	179	15	179	7	161	7	225	13
	166	-12	201	22	231	70	231	5	166
BCGZ	7	151	7	125	3	174	3	233	7
	144	-7	144	18	166	-7	166	-66	144
VHHH	6	155	6	120	3	146	3	281	6
	118	-37	118	-1	181	35	181	-100	118

A	B
C	D

A 表示 X 和 Y 預報時間相同的次數  
 B 表示 X 軸上預報方法之 24 小時誤差(KM)  
 C 表示 Y 軸上預報方法之 24 小時誤差(KM)  
 D 表示 Y 軸預報方法比 X 軸預報方法好的程度

表 6、第四號颱風警報期間中央氣象局官方預報(CWB) 48 小時預報位置誤差

Table 6、48-Hour Mean Forecast Error (KM) for Typhoon Utor(0104)

	CLIP	CWB	TFSS	EBM	HURA	PGTW	RJTD	BCGZ	VHHH
CLIP	9	275							
	275	0							
CWB	9	275	11	331					
	298	22	331	0					
TFSS	5	301	6	351	6	274			
	305	3	274	-77	274	0			
EBM	5	301	6	351	6	274	6	353	
	355	53	353	1	353	79	353	0	
HURA	9	275	9	298	5	305	5	355	9
	216	-59	216	-81	240	-64	240	-114	216
PGTW	9	275	11	331	6	274	6	353	9
	201	-74	201	-129	185	-88	185	-168	201
RJTD	9	275	11	331	6	274	6	353	9
	292	16	340	9	331	57	331	-22	292
BCGZ	3	179	3	264	2	207	2	387	3
	240	61	240	-24	237	29	237	-150	240
VHHH	2	205	2	253	2	420	2	359	2
	161	-44	161	-92	161	-259	161	-198	161

A	B
C	D

A 表示 X 和 Y 預報時間相同的次數  
 B 表示 X 軸上預報方法之 48 小時誤差(KM)  
 C 表示 Y 軸上預報方法之 48 小時誤差(KM)  
 D 表示 Y 軸預報方法比 X 軸預報方法好的程度





# 民國九十年颱風調查報告—第五號潭美(TRAMI)颱風(0105)

陳得松

中央氣象局氣象科技研究中心

## 摘要

本文針對 2001 年第五號颱風潭美(Trami)的發生經過、強度、路徑、侵台時各種氣象要素和主、客觀路徑預報模式的校驗及災情做分析探討。潭美颱風為 2001 年西太平洋地區發生的第 5 個颱風(編號 0105)，也是該年中央氣象局發布警報且侵台的第 4 個颱風。此颱風於 2001 年 7 月 10 日 00UTC 在台灣東南海面形成，中心位於北緯 20.1 度、東經 123.6 度，其路徑大致呈西北方向移動，逼近台灣地區，強度僅為輕度颱風，而在登陸台灣台東縣大武後迅速減弱為熱帶性低氣壓。雖然潭美颱風強度僅為輕度颱風，但其所引發充沛之雨量卻造成台灣南部人民及財產嚴重損失。由潭美颱風侵台時的風雨資料分析顯示，潭美颱風造成台灣南部出現豪雨，其中高雄地區之雨勢尤大；在風力方面，除蘭嶼地區於 7 月 11 日下午出現 33.5m/s 瞬間最大陣風外，各地風力並不強。路徑預報誤差方面，中央氣象局 24 小時官方主觀預報誤差為 98 公里，中央氣象局原始方程模式(TFS)及相當正壓模式(EBM)24 小時誤差各為 142 公里、233 公里。

## 一、前言

潭美颱風(Trami)是民國 90 年西太平洋地區發生的第 5 個颱風(編號為 0105)，也是該年中央氣象局發布警報且侵襲台灣的第 4 個颱風。潭美颱風係於 7 月 10 日 00UTC 在台灣東南海面形成，隨後向西北方向移動，逼近台灣地區，中央氣象局研判此颱風對巴士海峽及台灣東南部海面將構成威脅，遂於當日 9 時 40 分(地方時)發布海上颱風警報，由於此颱風持續向西北進行，預計將對台灣東部及東南部構成威脅，故於 10 日 20 時 15 分(地方時)對蘭嶼、綠島、台東、花蓮地區及恆春半島發布陸上警報。潭美颱風在台東外海曾發生高、低層環流分離，低層環流中心於 11 日 01UTC 左右通過蘭嶼氣象站南側，高層環流中心則約在 11 日 09UTC 由台東縣大武附近登陸，而強度隨即於 11 日 12UTC 減弱為熱帶性低氣壓。潭美颱風生命期內，強度並未明顯增加，最強階段之最

大風速僅達 20m/s，中心最低氣壓也僅達 995hPa，七級風暴風半徑更僅有 80 公里，實為一小型且強度不強之輕度颱風。潭美颱風的移動路徑一直與中央氣象局的預測相近，不過由於此颱風伴隨之降雨甚強，仍對台灣南部地區造成嚴重災害。

本文之主要目的在描述潭美颱風的生命過程，以及其對台灣地區及附近海面的影響。以下第二節先說明潭美颱風之發生及經過，第三節主要探討其強度及路徑變化，第四節則描述潭美颱風的最佳路徑(best track)並做各種預報方法之校驗，第五節主要分析颱風影響期間各氣象站之氣象狀況(包括風雨狀況)，災情記錄於第六節，最後為綜合討論。

## 二、潭美颱風之發生及經過

民國 90 年 7 月 10 日 00UTC 潭美颱風在台灣東南方約 400 公里(北緯 20.1 度，東經 123.6 度)海面上生成。表 1 為潭美颱風 7 月 10 日

00UTC 至 7 月 11 日 18UTC 的最佳路徑、中心定位、強度變化及動向資料表。潭美颱風形成後，開始以偏西北方向移動，期間速率相當穩定，大致維持 10km/hr，而其強度及暴風範圍也一直僅達輕度颱風階段，中心氣壓最低為 995 百帕，近中心最大風速則只有 20m/s(相當於 8 級風)，瞬間最大陣風也僅達 25m/s(相當於 10 級風)。此颱風在生成後至登陸台灣共約不到 2 天生命週期，由於太平洋高壓脊線(約位於北緯 25-30 度)持續橫亙於颱風北邊，潭美颱風乃延著駛流往西北方向進行，朝著台灣東南近海移動。中央氣象局研判潭美颱風將對台灣附近海域構成威脅，遂於 7 月 10 日上午 9 時 40 分(地方時)對巴士海峽及台灣東南部海面發布海上颱風警報，並將此一訊息透過各媒體及氣象局各種資訊傳輸管道迅速傳送，提醒民眾及各有關防災單位注意。由於潭美颱風持續向西北方向移動，至 7 月 10 日 20 時其中心位於北緯 21.2 度、東經 122.5 度海面上，約距離鵝鑾鼻東方約 210 公里，中央氣象局預測此颱風將對台灣東南部陸地及附近海域構成嚴重威脅，因此於當日 20 時 15 分(地方時)對蘭嶼、綠島、台東、花蓮地區及恆春半島發布海上陸上颱風警報。隨著颱風朝西北方向逐漸逼近台灣，7 月 11 日 14 時 30 分(地方時)所發布之海上陸上颱風警報警戒區域亦逐步擴及屏東地區，此時其中心位於北緯 22.0 度、東經 121.2 度海面上，距離蘭嶼西方約 40 公里，恆春半島及台東地區已進入其暴風圈，由於中央氣象局研判此颱風將直撲台灣，對蘭嶼、綠島、台東、花蓮地區及恆春半島將造成重大影響，各地區均有發生豪雨機會，不斷呼籲大眾不可掉以輕心，應防豪雨、落石、坍方、土石流及海水倒灌，須做好防颱準備，同時也提醒巴士海峽、台灣東南部海面及台灣海峽南部航行及作業船隻應嚴加戒備。7 月 11 日 17 時 30 分(地方時)左右，潭美颱風在台東縣大武鎮附近登陸，強度受到地形破壞迅速減弱，同日 20 時(地方時)左右潭美颱風減弱為熱帶性低氣壓，此時中心位於北緯

22.5 度、東經 120.6 度，即在台東市的西南西方約 60 公里之處，而中央氣象局也於 7 月 11 日 21 時(地方時)同時解除海上陸上颱風警報。但由於此熱帶性低氣壓仍將影響台灣南部及東南部，中央氣象局乃對上述地區發布豪雨特報，並呼籲低窪地區民眾應防淹水，山區民眾須注意坍方。

總計中央氣象局針對潭美颱風共發布 24 次海上陸上颱風警報，4 次海上颱風警報，詳細潭美颱風之警報發布情形如表 2 所示。

### 三、颱風強度及路徑變化

潭美颱風於 7 月 10 日 00UTC 形成於台灣東南方約 400 公里處海面上之後，即以穩定之速率(10km/hr)沿著太平洋高壓南緣朝西北方向前進。由 7 月 10 日 00UTC 之 500 百帕高空圖(圖 1)顯示，太平洋高壓的勢力以 5880gpm 等高線之分布為例，自太平洋向西延伸至華南地區(約東經 105 度)，北方槽線由韓國西北方向西南延伸至華北地區(北緯 37 度、東經 120 度)附近，此時潭美颱風受中高層太平洋高壓駛流(如圖 2，700-500-300hPa 三層平均流線場)影響繼續向西北方向移動，而由當時中低層 850-700-500hPa 三層平均流線場(圖 3)顯示，颱風所在區域之中低層駛流南風分量頗大，顯然在潭美颱風附近之高低層駛流並不一致，垂直分離甚大，如此將導致颱風強度不易增強，圖 4 為 7 月 10 日早上 8 時之可見光衛星雲圖，由圖可見潭美颱風涵蓋範圍不大，外圍水汽含量亦不充沛。其後 12 小時，由 7 月 10 日 12UTC 之 500 百帕高空圖(圖 5)可見，太平洋高壓的勢力範圍依舊自太平洋向西延伸至東經 105 度，而北方槽線也已向東出海離開大陸抵達朝鮮半島，但此槽線強度不深，其勢力向南約只達北緯 40 度，因而並未能導引潭美颱風向北轉向，再由當時中高層 700-500-300hPa 三層平均流線場(圖 6)顯示，颱風所在區域之駛流均為東南東風，故潭美颱風仍以穩定之速率(10km/hr)沿著太平洋高壓南緣繼續朝西北方向前進，此時

颱風中心位於北緯 21.2 度、東經 122.5 度，而由當時中低層 850-700-500hPa 三層平均流線場(圖 7)顯示，颱風所在區域之駛流南風分量頗大，顯然在潭美颱風附近之高低層駛流仍然並不一致，垂直分離效應仍大，故颱風強度仍不易增強，圖 8 為當時紅外線衛星雲圖，由圖上可觀察到潭美颱風涵蓋範圍稍有增大，但強度仍屬輕度颱風。12 小時後，由 7 月 11 日 00UTC 之 500 百帕高空圖(圖 9)可見，太平洋高壓的勢力範圍稍為減弱，但依舊自太平洋向西延伸至東經 108 度，颱風中心位於北緯 21.9 度、東經 121.6 度，由當時中高層 700-500-300hPa 三層平均流線場(圖 10)顯示，颱風所在區域之駛流均為東南東風，故潭美颱風(高層環流中心)持續以穩定之速率(約 10km/hr)沿著太平洋高壓南緣繼續朝西北方向前進，再由當時中低層 850-700-500hPa 三層平均流線場(圖 11)顯示，颱風所在區域之中低層駛流南風分量仍頗大，陳及簡(2001)之研究曾指出由於在潭美颱風附近之高低層駛流分離，故此時潭美颱風之高低層環流中心也開始呈現分離，陳及簡(2001)之研究中利用密集(5 分鐘間距)的氣象站平均風向、風速資料加以驗證，由蘭嶼站資料顯示，颱風的低層環流中心約於 11 日 00UTC50 分通過其南側，並向其西北方前進，使得蘭嶼的風向呈現順時針轉變，然而由大武站資料卻顯示，其風速微弱、風向不定，極可能處在“弱風尾流區(wake zone)”，颱風的低層環流中心並未向該站靠近，因此陳及簡(2001)推論潭美颱風的低層環流中心於通過蘭嶼南側後，路徑開始轉向北，與高層環流中心逐漸分離；而潭美颱風之高低層環流中心分離亦使颱風強度明顯減弱，7 月 11 日 00UTC 之可見光雲圖如圖 12 所示，潭美颱風的環流中心約位於蘭嶼東南方近海，由雲圖顯示，結構與組織較好的雲系，大都分布在颱風環流的西南側與南側象限，而颱風中心北側與東北側，則可見氣旋式環流所伴隨之線狀積雲。7 月 11 日下午 5 時 30 分(地方時)左右，潭美颱風在台東縣大武附近登陸，並

於下午 8 時(地方時)左右減弱為熱帶性低氣壓，由 7 月 11 日 12UTC 之 500 百帕高空圖(圖 13)可見，華北地區有槽線通過，太平洋高壓的勢力範圍東退至東經 127 度，但觀察當時中高層 700-500-300hPa 三層平均流線場(圖 14)顯示，颱風所在區域之駛流仍為東南東風，故已減弱為熱帶性低氣壓之潭美颱風持續朝西北方向前進，而於午夜(11 日 16-17UTC)左右出海，進入台灣海峽南部。其生命史僅共 36 小時。

由 7 月 1 日至 7 月 10 日之 10 天平均海水溫度(圖 15)分析，潭美颱風所在區域海水溫度約為 29°C，尚適合颱風或熱帶性低氣壓發展。有關潭美颱風強度之變化可由圖 16 看出，颱風於 7 月 10 日 00UTC 於台灣東南部形成時，強度僅為輕度颱風下限，中心氣壓 998 百帕，中心最大風速 18m/s，七級風暴風半徑只達 80 公里。之後往西北方向移向台灣，至 7 月 10 日 18UTC 時，強度稍有加強，但仍屬輕度颱風，中心氣壓 995 百帕，中心最大風速 20m/s，七級風暴風半徑仍只有 80 公里。最後由於颱風登陸台灣，結構受地形破壞，且在潭美颱風附近之高低層駛流分離，其強度因而迅速減弱為熱帶性低氣壓。

#### 四、潭美颱風之最佳路徑及路徑預報誤差校驗

中央氣象局氣象衛星中心提供颱風逐時定位資料，表 3 列出其每六小時間距之結果。而潭美颱風自 7 月 10 日 08 時(地方時)生成後，即進入墾丁氣象雷達站之監測範圍，因此有雷達之定位資料(表 4)，而自 7 月 11 日 03 時(地方時)後，也進入花蓮氣象雷達站之監測範圍，表 5 為其雷達之定位資料。在颱風警報發布期間，其他作業單位之衛星及雷達定位資料皆為中央氣象局颱風定位作業之參考，亦為決定最佳路徑之依據。表 1 及圖 17 為潭美颱風最佳路徑相關資料，由於潭美颱風在其一天半生命史內，結構不佳、強度甚弱，颱風中心定位方面也因潭美颱風之高低層環流中心分離而稍有爭

議。

在潭美颱風路徑預報誤差方面，以下將以表 1 所列之潭美颱風最佳路徑相關資料為校驗基準，就中央氣象局官方發布(CWB)、日本(RJTD)、廣州(BCGZ)、關島(PGTW)、香港(VHHH)等 5 種主觀預報和 CLIPER 及 HURRAN 兩種統計預報方法、以及原始方程颱風路徑預報模式(TFS)及相當正壓颱風模式(EBM)兩種動力預報模式之 24 小時預報位置誤差分別加以探討。

如表 6 所示，由於潭美颱風自形成至消散，其移動路徑(高層環流中心)方向穩定、速度變化不大，故各種主觀預報方法大致皆顯示較客觀預報方法(統計、動力)較佳之技術，在各種主觀預報方法中以 BCGZ 表現最好，24 小時之平均路徑預報誤差只有 96 公里，其次依序為 CWB、PGTW、VHHH 及 RJTD，24 小時之平均路徑預報誤差分別為 98、118、135 及 164 公里。在兩種統計颱風路徑預報法中，CLIP 法稍優於 HURA 法，二者 24 小時之平均路徑預報誤差分別為 103、120 公里；而對 TFS、EBM 兩種動力颱風路徑預報模式而言，TFS 之路徑預報結果呈現高低層中心分離，圖 18 及圖 19 分別為 850hpa 及 500hpa 之 TFS 預報結果，由圖可見，此模式可掌握颱風高低層中心分離之趨勢，TFS 之 500hpa 颱風中心預測方向相對於颱風實際路徑有偏左誤差情形出現，其 24 小時平均路徑預報誤差為 142 公里(表 6 中 TFS 誤差 257 公里為校驗 850hpa 颱風中心結果)，另一動力模式 EBM 之預報結果如圖 20，其預測方向除 10 日 00UTC 有偏右誤差外，其餘皆不錯，但預報移速則明顯較颱風實際路徑有偏快誤差情形出現，導至其 24 小時平均路徑預報誤差達到 233 公里。

## 五、潭美颱風影響期間台灣地區各地氣象狀況

### (一)氣壓分析

表 7 為潭美颱風影響台灣期間中央氣象局

所屬各氣象站出現之極端氣象要素統計表。由於潭美颱風為輕度颱風且接近台灣後即減弱為熱帶性低氣壓，故在最低氣壓方面，各地皆未出現低於 996 百帕以下之情形，以成功出現 996.8 百帕以下之氣壓為最低，其次為蘭嶼、花蓮各出現 997.5、997.6 百帕次之，主要是因颱風當時正通過台灣東南部海面，而此三地區為台灣最接近颱風之區域，因此降壓最多。至於最低氣壓的時間分布，則以位於台灣東邊的離島蘭嶼最先接觸颱風勢力範圍，於 11 日 3 時 38 分(地方時)出現最低氣壓 997.5 百帕；之後陸續是台灣東部出現降壓，以及台灣西部，其中以最接近颱風的台灣東南部地區降壓最多。

### (二)降雨分析

潭美颱風於 7 月 11 日 17 時 30 分(地方時)左右在台東縣大武附近登陸時，大武氣象站 10 日 20 時至 11 日 21 時(地方時)之累積降雨量僅有 57 公釐，顯示颱風本身之降雨量不大，而陳及簡(2001)之研究指出主要降水原因為當潭美颱風低層環流中心轉北運動，逐漸減弱為熱帶性低氣壓時，台灣地區低層環境場漸轉為旺盛之西南氣流，配合颱風高層環流通過台灣南部地區，11 日下午起至深夜，南台灣出現劇烈豪雨。統計累積雨量結果顯示(表 7，圖 21)，氣象局高雄氣象站 11 日測得之累積雨量達 470.5 公釐(圖 22)，打破近 40 年來之紀錄，在當日 22 時至 23 時(地方時)之時雨量更高達 119.5 公釐，接近該站最大時雨量歷史紀錄(126.4 公釐)，18 時至 24 時(地方時)之 6 小時累積雨量共降下 420.5 公釐，佔其當日總雨量(470.5 公釐)之 89%，此外，高雄縣鳳山市日雨量高達 466.5 公釐，左營亦達 436 公釐，其中左營雨量站 11 日 20 時至 21 時(地方時)之時雨量為 126.5 公釐，顯示出不僅降雨量大，而且降雨時間相當集中，探究造成劇烈降水的原因，陳及簡(2001)曾指出，除了西南氣流外，此熱帶性低氣壓內伴隨有中尺度渦旋發展，則是另一重要因素。而由圖 22 可見，潭美颱風之降水集中於台灣西南部地區，台中、花蓮以北幾乎皆無降

雨情形出現。

### (三)風力分析

由於潭美颱風為輕度颱風且接近台灣後即減弱為熱帶性低氣壓，故各地所出現之風力都不大(表 7)，其中以蘭嶼地區出現平均風 24.3m/s、瞬間最大風速 33.5m/s 最強，其它地區在平均風方面皆未超過 13m/s，瞬間最大風速則皆未超過 21m/s，除蘭嶼外僅高雄及成功地區出現 8 級陣風。

## 六、潭美颱風災情報告

潭美颱風減弱為熱帶性低氣壓後，在南台灣地區造成嚴重豪雨，因此主要災情大都發生在高屏地區，據台電表示，由於豪雨使得高雄縣、市 7 月 11 日夜間累計有 13 萬 6175 戶停電，而豪雨亦造成大高雄地區嚴重淹水，據高雄市消防局的調查結果顯示，積水現象以鼓山、左營、前鎮等三區最為嚴重，計有三人溺斃死亡。公路部分，在恆春、坊山等路段有多處坍方。此外，行政院農業委員會表示，豪雨導致之農業損害面積高達 1026 公頃，損失金額計 3789 萬元，畜禽損失為 2340 萬元。漁產損害面積 50 公頃，金額 696 萬元。總計農、漁、畜總損失達 6825 萬元。

## 七、結論

綜合以上對潭美颱風分析結果可歸納為以下幾點：

(一)潭美颱風在為期一天半的生命期間，僅發展至輕度颱風強度，近中心風速最強時只達 20m/s，七級風暴風範圍最大亦只有 80 公里。由於颱風北方太平洋高壓脊線勢力甚強，潭美颱風自生成後，便一直以穩定速度朝西北方向行進，最後在 7 月 11 日 17 時 30 分(地方時)從台東縣大武鎮登陸台灣，並迅速減弱成熱帶性低氣壓，而於 7 月 11 日午夜(16-17 UTC)出海，進入台灣海峽南部。

(二)潭美颱風為 2001 年西太平洋地區第五個颱風，也是當年中央氣象局第四個發布警報

的颱風，其中海上警報開始發布於 7 月 10 日 9 時 40 分(地方時)，陸上警報則於 7 月 10 日 20 時 15 分(地方時)發布。

(三)潭美颱風開始影響期間，由於潭美颱風為輕度颱風且接近台灣後即減弱為熱帶性低氣壓，故在最低氣壓方面，各地皆未出現低於 996 百帕以下之情形，以成功出現 996.8 百帕以下之氣壓為最低。在降水方面，颱風本身之降雨量不大，但當潭美颱風低層環流中心轉北運動，逐漸減弱為熱帶性低氣壓時，台灣地區低層環境場漸轉為旺盛之西南氣流，配合颱風高層環流通過台灣南部地區，11 日下午起至深夜，南台灣出現豪雨，氣象局高雄氣象站 11 日測得之累積雨量達 470.5 公釐，打破近 40 年來之紀錄。在風力方面，各地所出現之風力都不大，其中以蘭嶼地區出現平均風 24.3m/s、瞬間最大風速 33.5m/s 最強。

(四)潭美颱風路徑之預測，因此颱風移速穩定，主觀預報之表現較客觀預報為佳。在主觀預報之 24 小時預報誤差以 BCGZ 最好(96 公里)，中央氣象局預報次之(98 公里)，PGTW 為 118 公里，VHHH 為 135 公里，RJTD 較差(164 公里)；統計模式 CLIPER 法之 24 小時預報誤差為 103 公里，HURRAN 法之 24 小時預報誤差各為 120 公里，動力模式方面 EBM 模式之 24 小時預報誤差為 233 公里，而 TFS 模式之 24 小時預報誤差為 142 公里。

(五)潭美颱風減弱為熱帶性低氣壓後，在南台灣地區造成嚴重豪雨，因此主要災情大都發生在高屏地區，累計有 13 萬 6175 戶停電，而豪雨亦造成大高雄地區嚴重淹水，計有三人溺斃死亡。公路部分，在恆春、坊山等路段有多處坍方。此外，總計農、漁、畜總損失達 6825 萬元。

## 八、參考文獻

陳來發與簡國基，2001：七一一高雄豪雨事件之診斷分析。兩岸颱風研討會論文集編，台北，127-141 頁。

# **REPORT ON TYPHOON 0105 (TRAMI) OF 2001**

Der-Song Chen

Meteorological Research and Development Center

Central Weather Bureau

## **ABSTRACT**

Typhoon 0105 (TRAMI) was the fifth typhoon in 2001 over the northwestern Pacific Ocean, also the forth typhoon that the Central Weather Bureau (CWB) issued warnings in the year. Typhoon 0105 (TRAMI) formed at 20.1°N, 123.6°E, 00UTC 10 July, and then moved northwestward toward southwestern and southeastern Taiwan. At 0930UTC 11 July, typhoon TRAMI landed on Taitung county of Taiwan and downgraded to a tropical depression soon after the landfall. Typhoon TRAMI brought heavy rainfall in southwestern part of Taiwan especially at Kaohsiung which caused severe damage losses. The 24hour track forecast errors of the CWB TFS and EBM were 142km and 233km, respectively. The 24hour official track forecast errors of CWB were 98km.

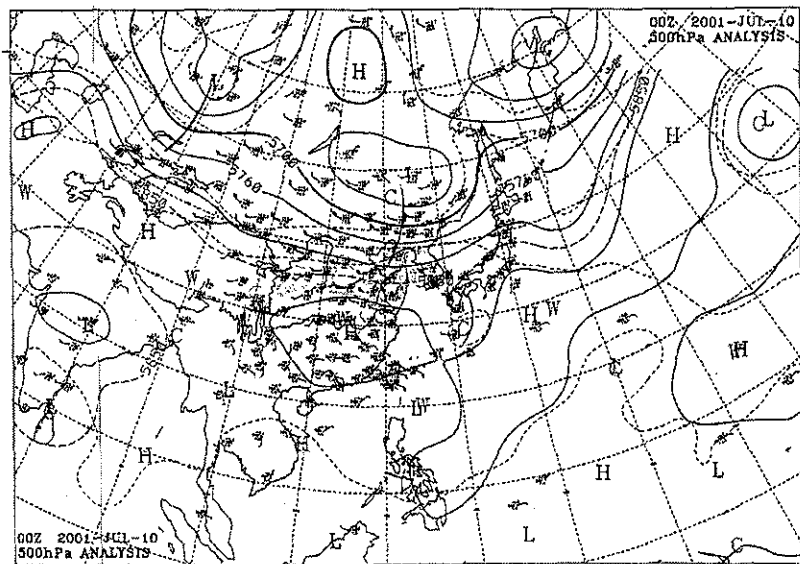


圖 1、7 月 10 日 00UTC 之 500 百帕高度場天氣圖(等高線間距 60gpm)

Fig.1. The 500 hPa geopotential height and wind vectors at 00UTC July 10 of 2001  
(contour interval is 60gpm)

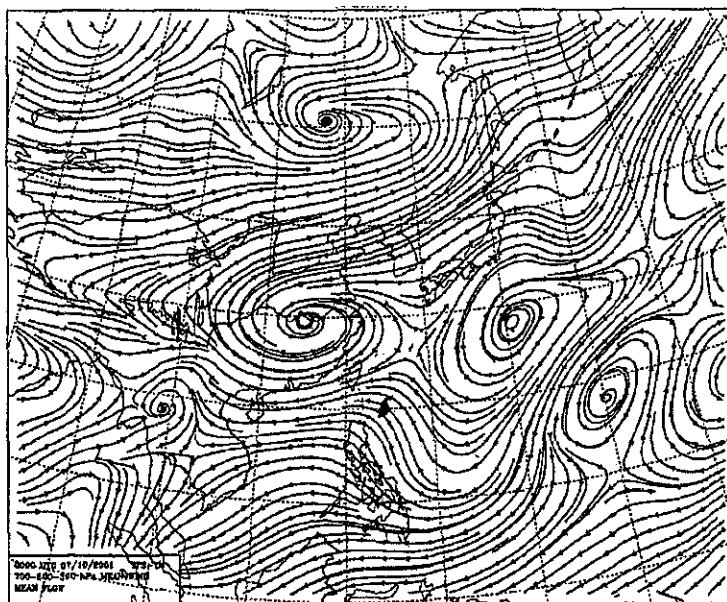


圖 2、7 月 10 日 00UTC 之 700/500/300 百帕平均氣流圖

Fig.2. The 700/500/300 hPa mean flow streamlines at 00UTC July 10 of 2001



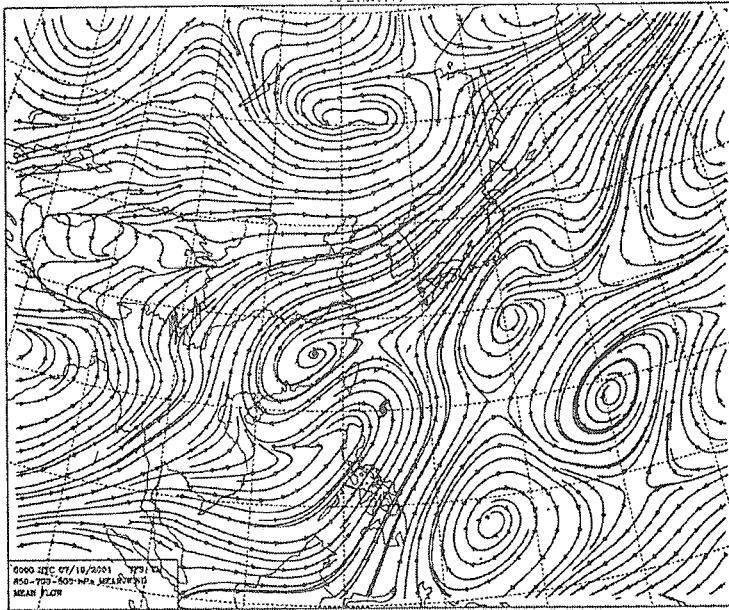
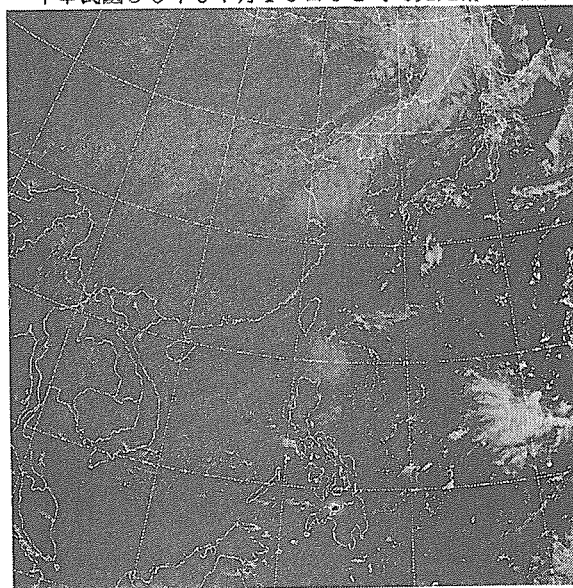


圖 3、7 月 10 日 00UTC 之 850/700/500 百帕平均氣流圖

Fig.3. The 850/700/500 hPa mean flow streamlines at 00UTC July 10 of 2001

中華民國90年07月10日08時可見光衛星雲圖



中央氣象局氣象衛星中心

圖 4、2001 年 7 月 10 日 00UTC 第五號颱風潭美(Trami)颱風可見光衛星雲圖

Fig.4. The GMS visible images at 00UTC July 10 of typhoon TRAMI

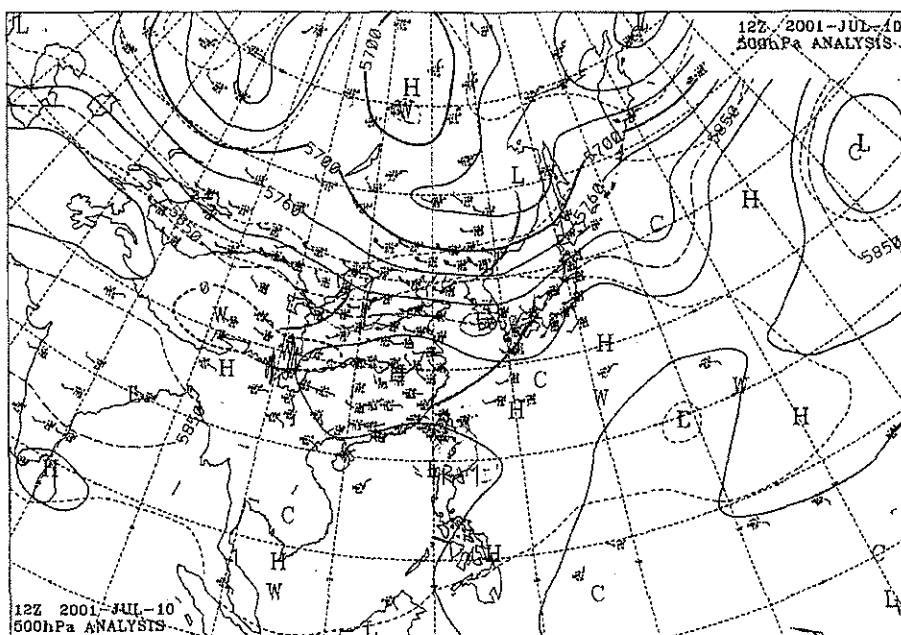


圖 5、7 月 10 日 12UTC 之 500 百帕高度場天氣圖(等高線間距 60gpm)

Fig.5. The 500 hPa geopotential height and wind vectors at 12UTC July 10 of 2001  
(contour interval is 60gpm)

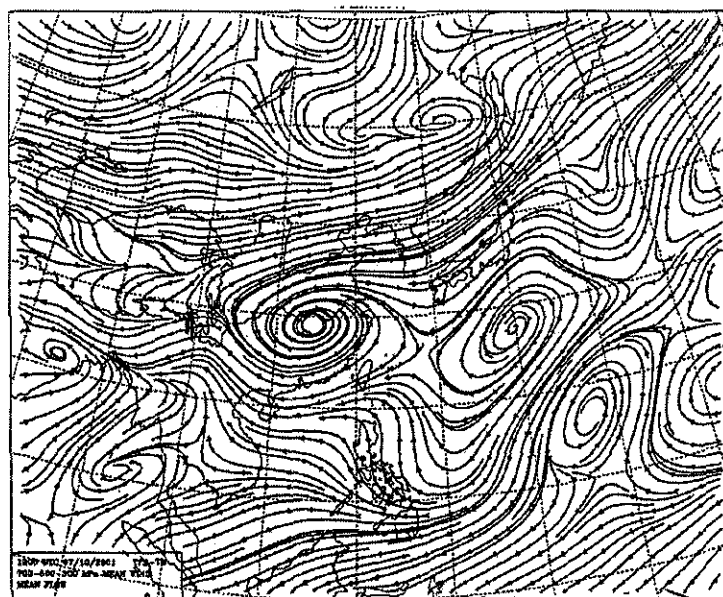


圖 6、7 月 10 日 12UTC 之 700/500/300 百帕平均氣流圖

Fig.6. The 700/500/300 hPa mean flow streamlines at 12UTC July 10 of 2001

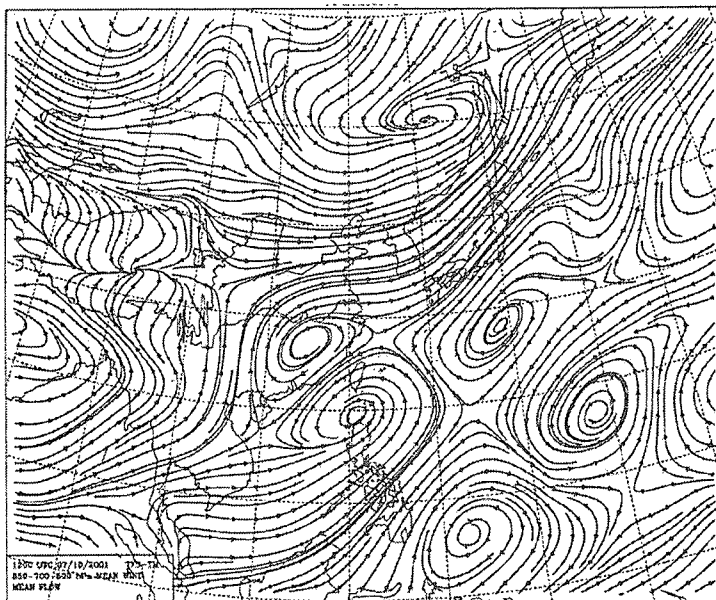
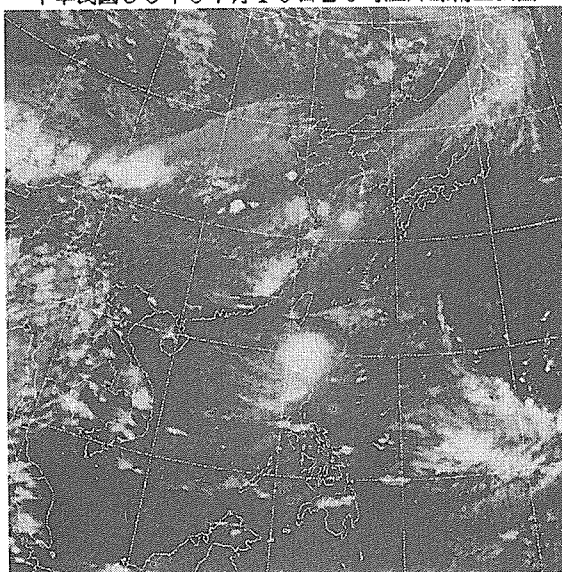


圖 7、7 月 10 日 12UTC 之 850/700/500 百帕平均氣流圖

Fig.7. The 850/700/500 hPa mean flow streamlines at 12UTC July 10 of 2001

中華民國90年07月10日20時紅外線衛星雲圖



中央氣象局氣象衛星中心

圖 8、2001 年 7 月 10 日 12UTC 第五號颱風潭美(Trami)颱風紅外線衛星雲圖

Fig.8. The GMS IR images at 12UTC July 10 of typhoon TRAMI

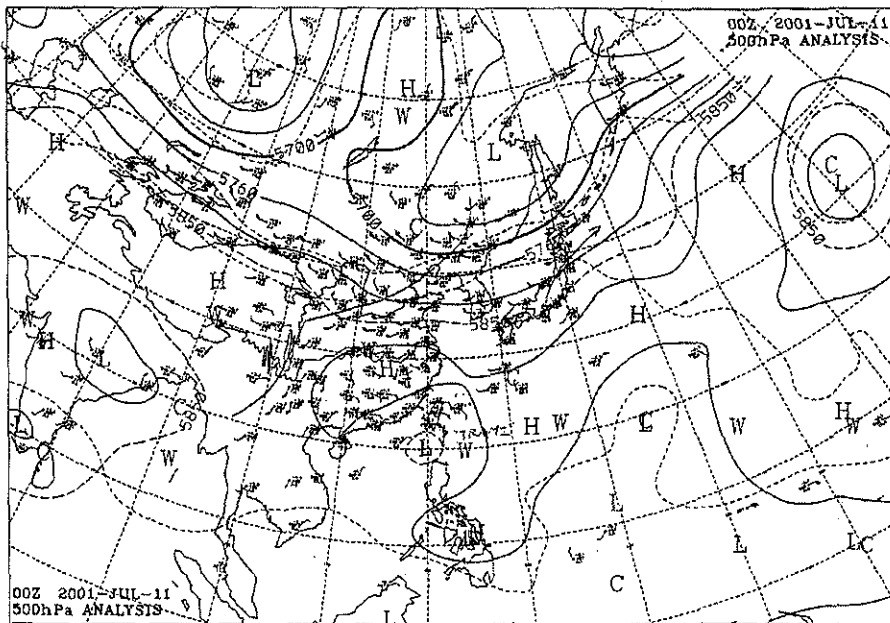


圖 9、7 月 11 日 00UTC 之 500 百帕高度場天氣圖(等高線間距 60gpm)

Fig.9. The 500 hPa geopotential height and wind vectors at 00UTC July 11 of 2001 (contour interval is 60gpm)

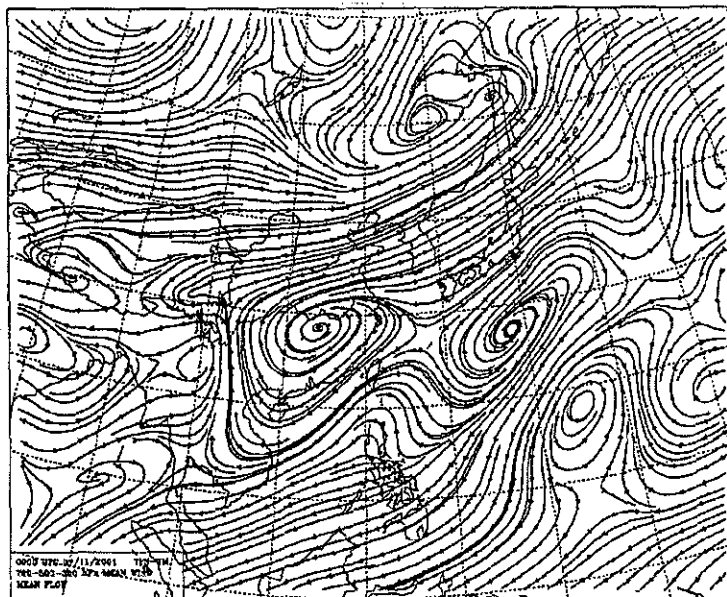


圖 10、7 月 11 日 00UTC 之 700/500/300 百帕平均氣流圖

Fig.10. The 700/500/300 hPa mean flow streamlines at 00UTC July 11 of 2001

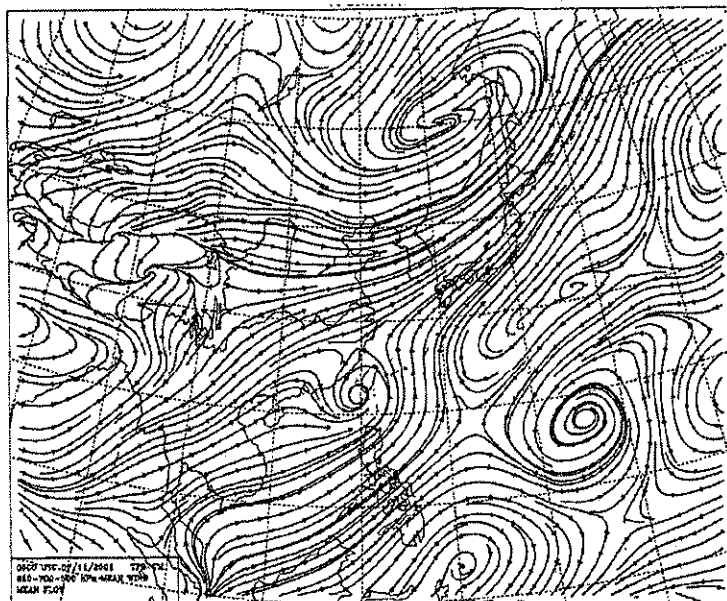
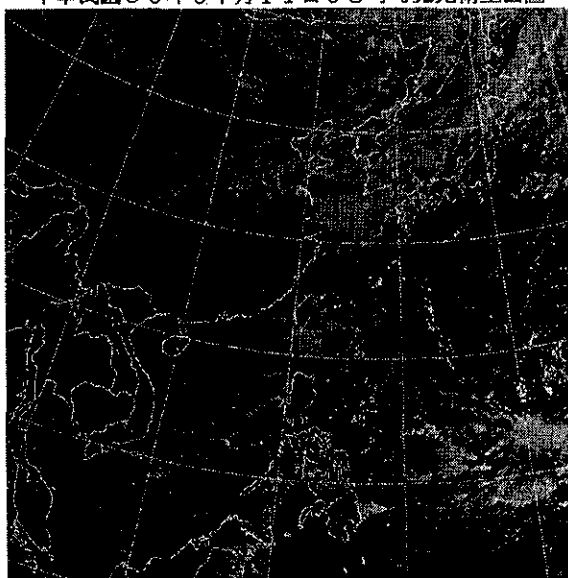


圖 11・7 月 11 日 00UTC 之 850/700/500 百帕平均氣流圖

Fig.11. The 850/700/500 hPa mean flow streamlines at 00UTC July 11 of 2001

中華民國90年07月11日08時可見光衛星雲圖



中央氣象局氣象衛星中心

圖 12・2001 年 7 月 11 日 00UTC 第五號颱風潭美(Trami)颱風可見光衛星雲圖

Fig.12. The GMS visible images at 00UTC July 11 of typhoon TRAMI

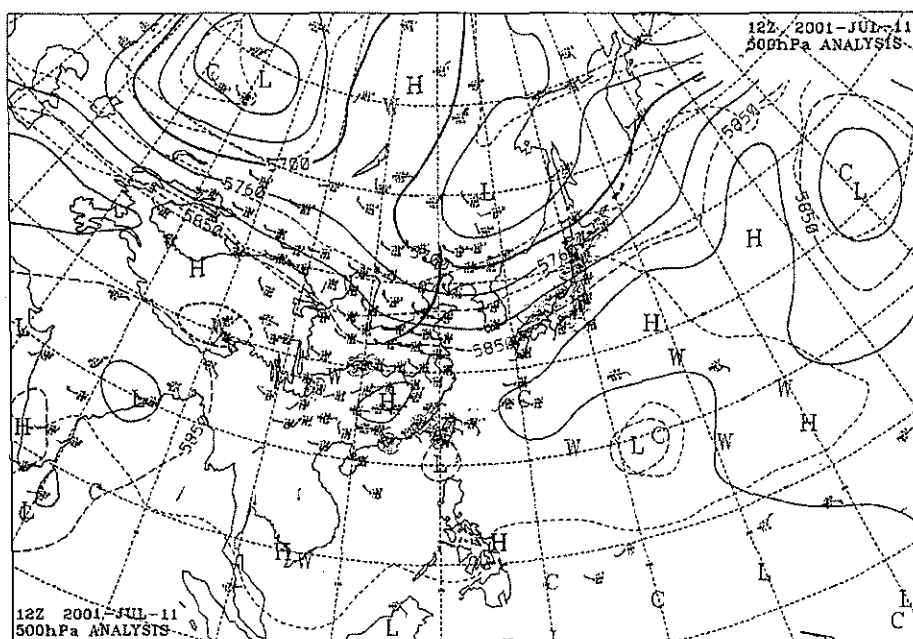


圖 13、7 月 11 日 12UTC 之 500 百帕高度場天氣圖(等高線間距 60gpm)

Fig.13. The 500 hPa geopotential height and wind vectors at 12UTC July 11 of 2001 (contour interval is 60gpm)

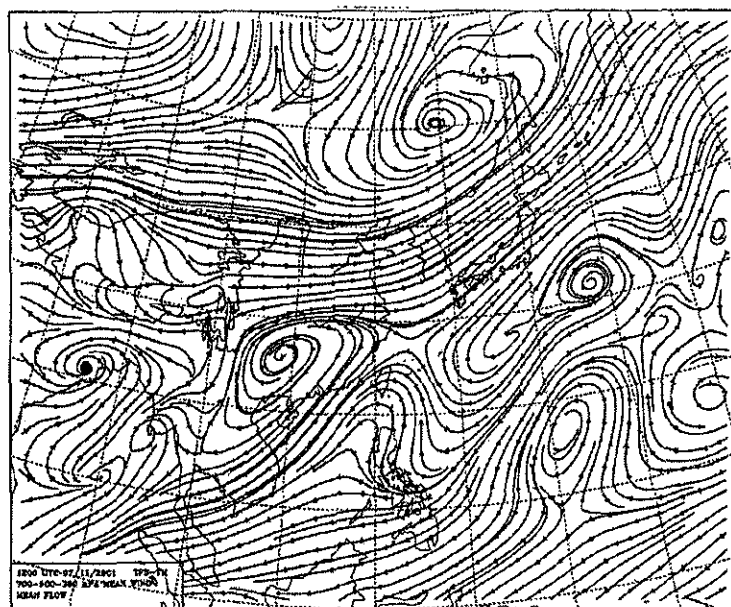


圖 14、7 月 11 日 12UTC 之 700/500/300 百帕平均氣流圖

Fig.14. The 700/500/300 hPa mean flow streamlines at 12UTC July 11 of 2001

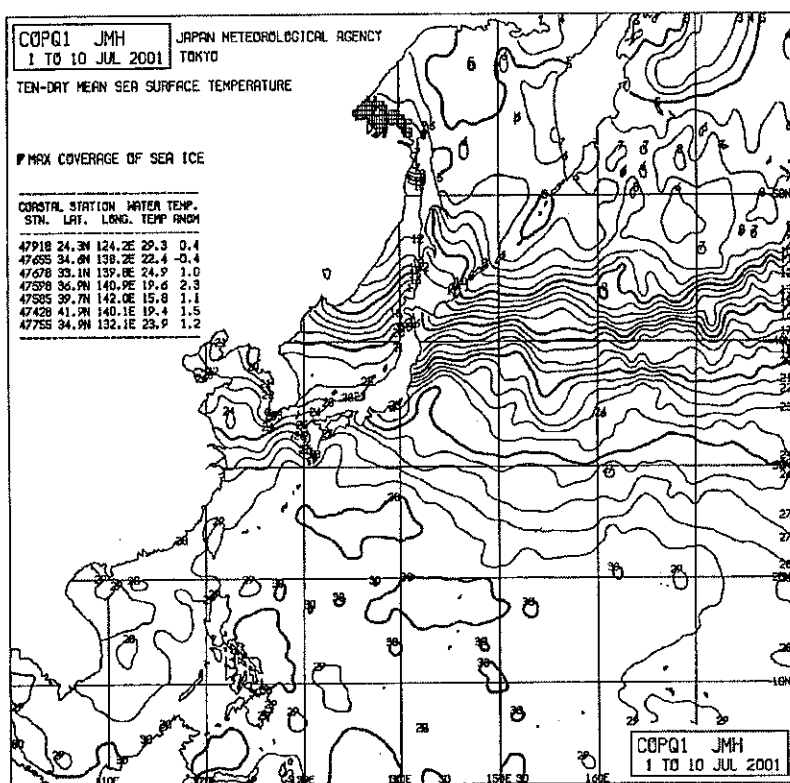


圖 15、2001 年 7 月 1 日至 10 日之 10 天平均海水溫度圖(單位：°C，圖來自日本氣象廳)  
Fig.15. 1 to 10 July, 2001 ten-day mean sea surface temperature (°C)

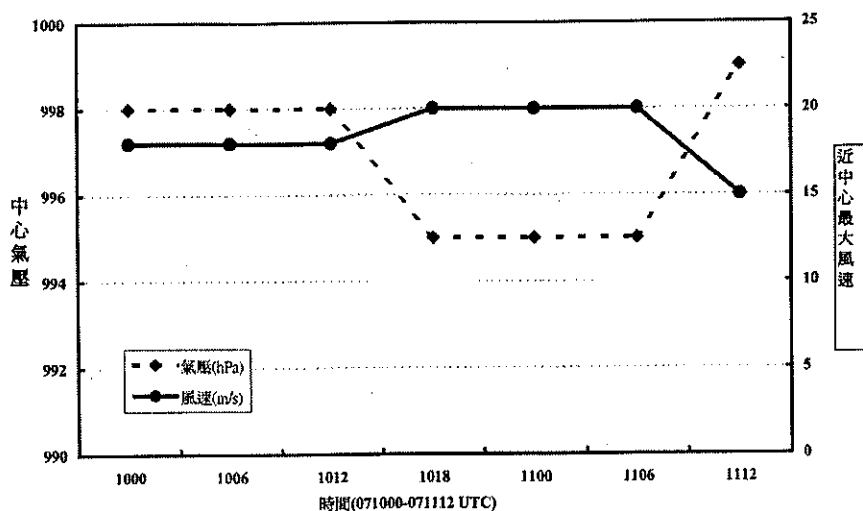


圖 16、第五號颱風潭美(Trami)颱風之中心氣壓及中心附近最大風速變化圖  
Fig.16. Time sequence of the minimum pressure and the maximum wind speed of typhoon TRAMI

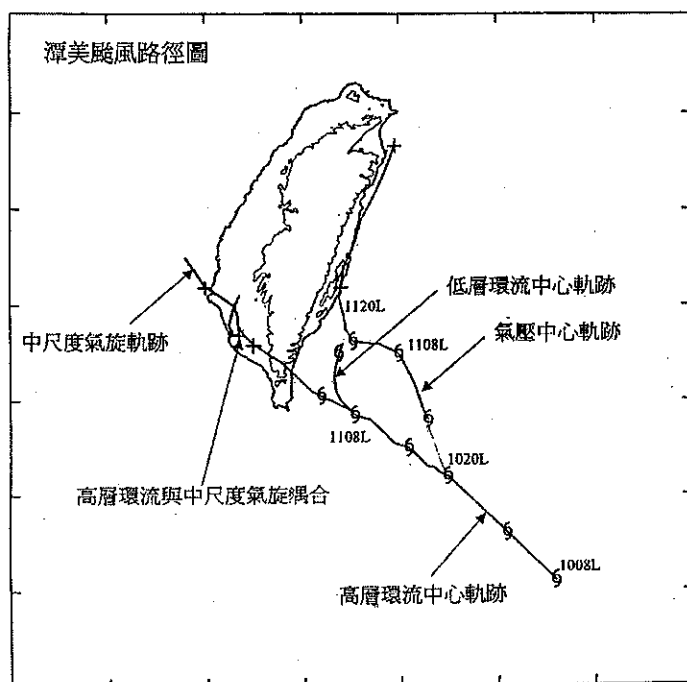


圖 17、第五號颱風潭美(Trami)颱風最佳路徑圖(摘自陳及簡，2001)

Fig.17. The best track of typhoon TRAMI

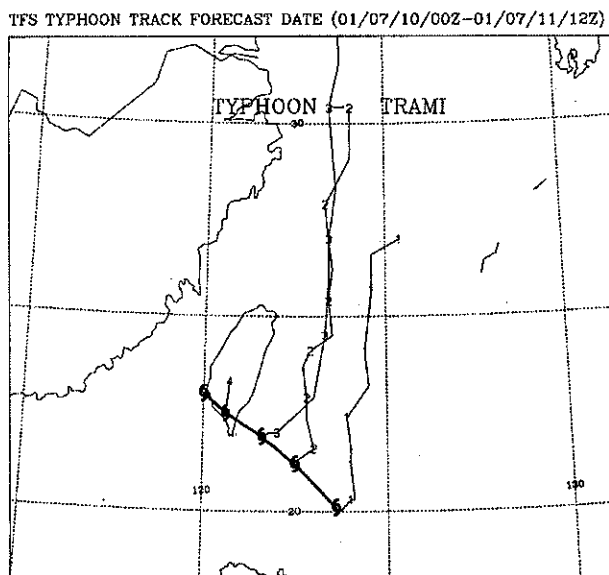


圖 18、第五號颱風潭美(Trami)颱風 TFS 模式之預報路徑(850 hpa 中心)與最佳路徑之比較圖

Fig.18. The forecasts of TFS model(center of 850hpa) and the best track of typhoon TRAMI



TFS TYPHOON TRACK FORECAST DATE (01/07/10/00Z-01/07/11/12Z)

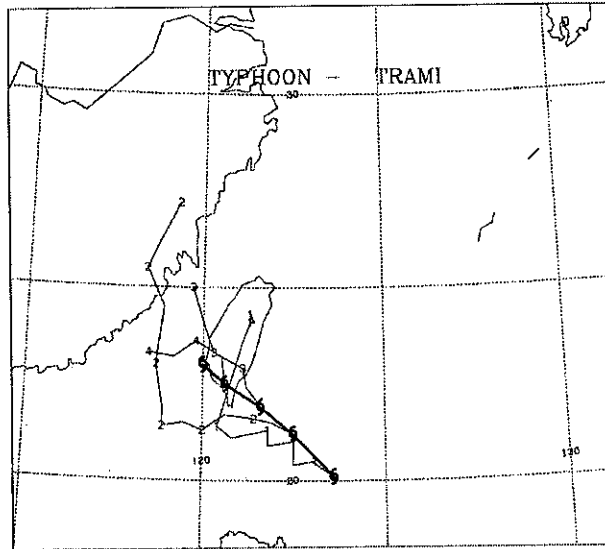


圖 19、第五號颱風潭美(Trami)颱風 TFS 模式之預報路徑(500 hpa 中心)與最佳路徑之比較圖  
Fig.19. The forecasts of TFS model(center of 500hpa) and the best track of typhoon TRAMI

EBM TYPHOON TRACK FORECAST DATE (01/07/10/00Z-01/07/11/12Z)

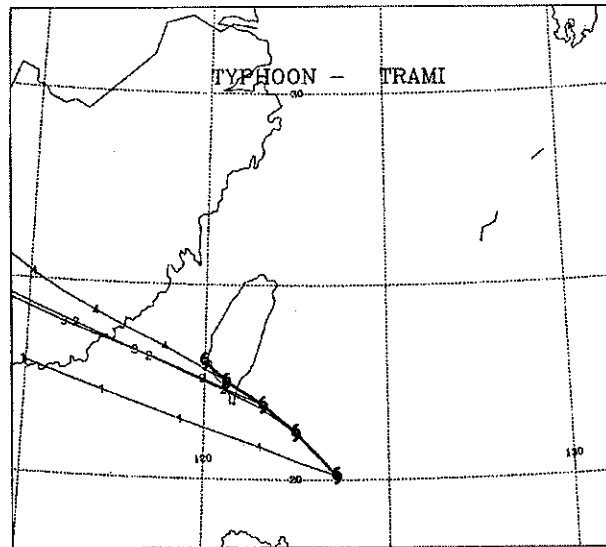


圖 20、第五號颱風潭美(Trami)颱風 EBM 模式之預報路徑與最佳路徑之比較圖  
Fig.20. The forecasts of EBM model and the best track of typhoon TRAMI

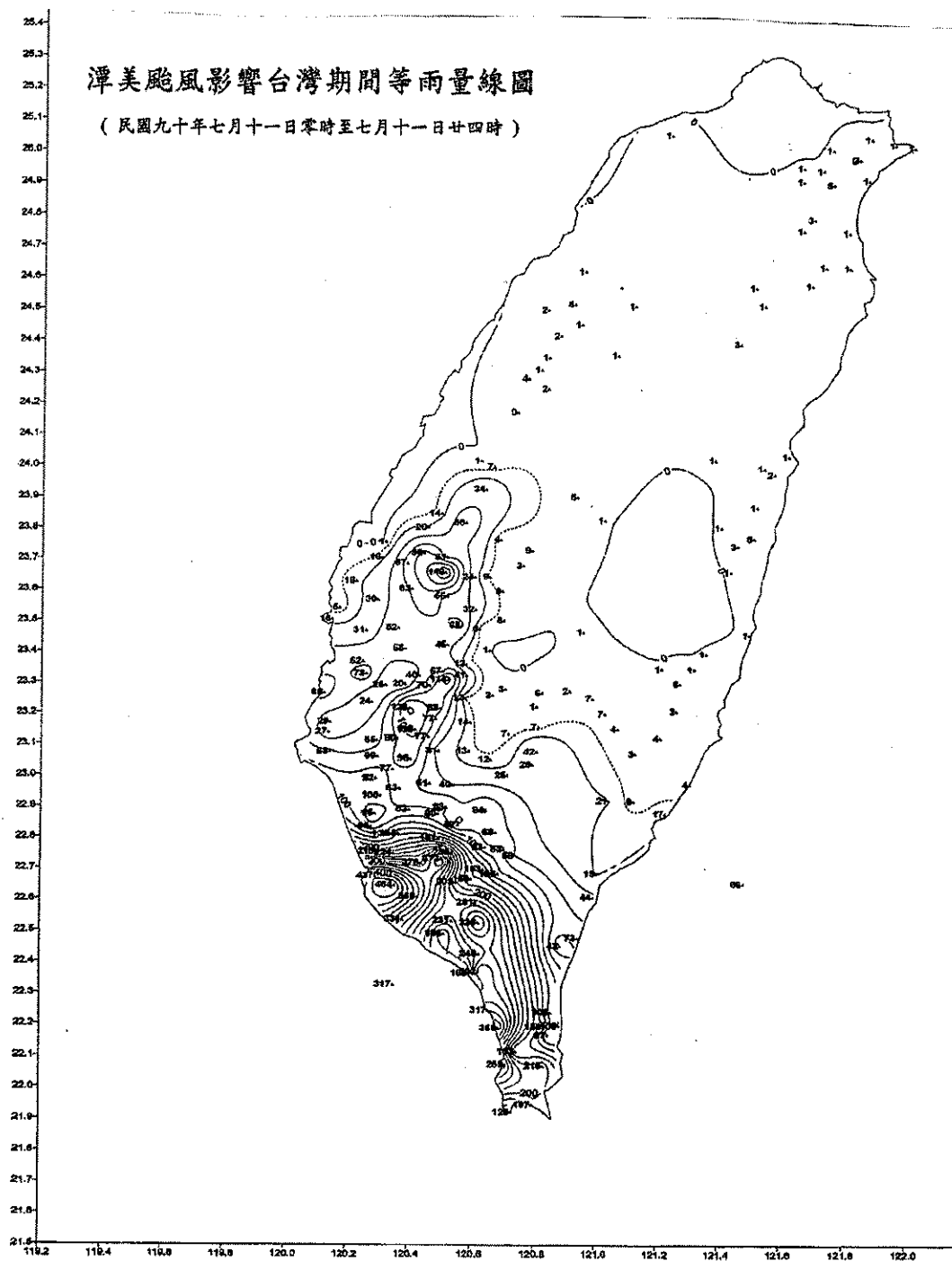


圖 21、第五號颱風潭美(Trami)颱風影響台灣期間等雨量線圖

Fig21. The accumulated rainfall(mm) over Taiwan area during typhoon TRAMI's passage

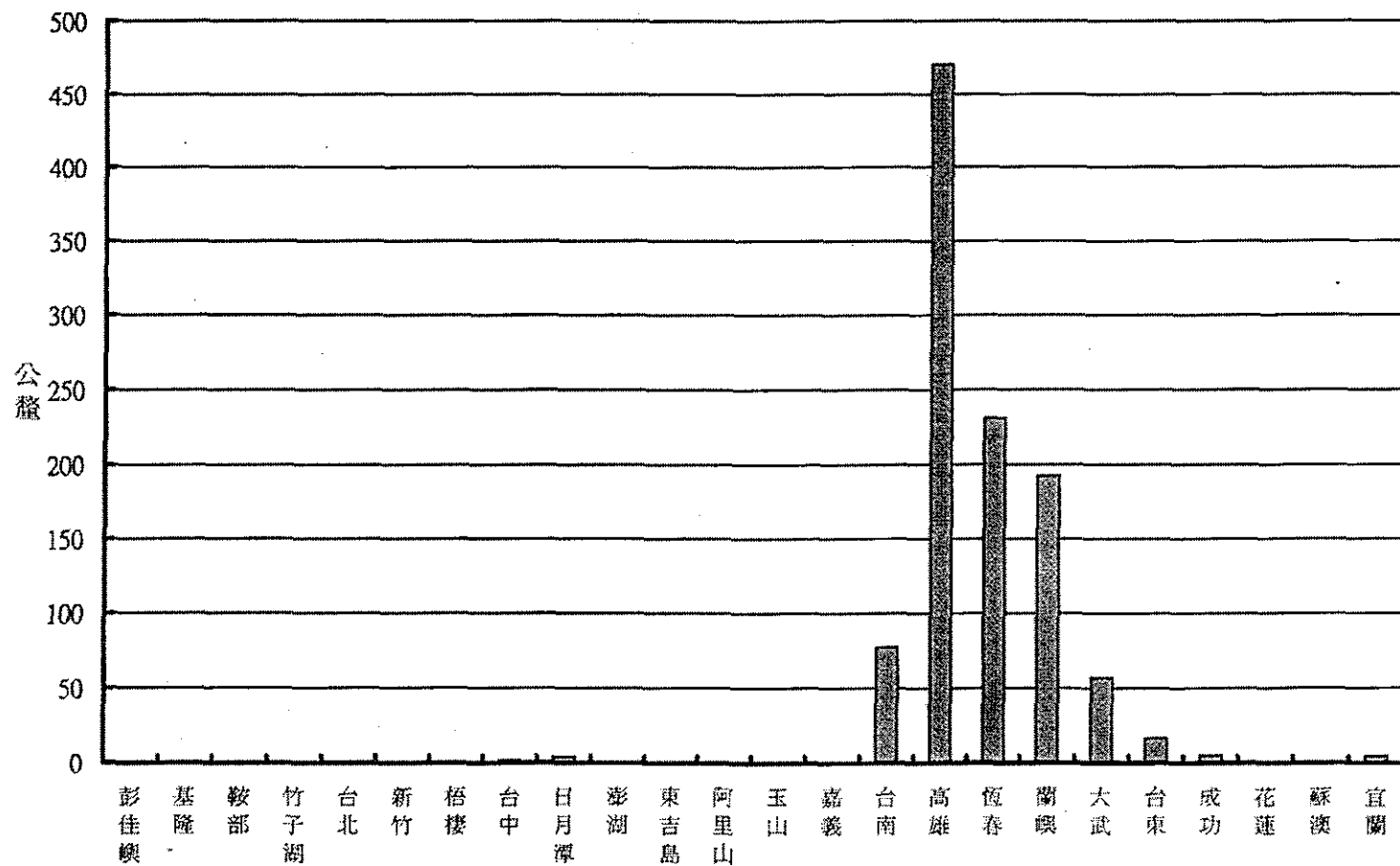


圖 22、第五號颱風潭美(Trami)颱風影響台灣期間台灣各測站累積雨量分佈圖

Fig22. The accumulated rainfall(mm) at selected stations over Taiwan area during typhoon TRAMI's passage

表 1、潭美(TRAMI)颱風之最佳路徑中心定位、強度變化及動向資料表

Table 1、The best track center positions, intensity and movement of typhoon TRAMI

時間 (UTC)			中心位置 (度)		中心氣 壓	移動方向	移動速度 (km/hr)	近中心最大風速 (m/s)		暴風半徑 (km)	
月	日	時	北緯	東經	(百帕)			平均	瞬間	七級風	十級風
7	10	00	20.1	123.6	998	NW	13-9	18	25	80	---
		06	20.6	123.1	998	NW	10	18	25	80	---
		12	21.2	122.5	998	NW	10	18	25	80	---
		18	21.5	122.1	995	NW	10	18	25	80	---
	11	00	21.9	121.6	995	NW	10	20	25	80	---
		06	22.0	121.2	995	NW	10	20	28	80	---
		12	22.5	120.6	999	NW	10	15	23	---	---
		18	23.0	120.0	999	NW	10	---	---	---	---

表 2、潭美(0105)颱風侵台期間中央氣象局警報發布一覽表

Table 2、Warnings issued by CWB for typhoon TRAMI(0105)

種類	次序		發布時間				警戒地區		備註
	號	報	月	日	時	分	海上	陸上	
海上	1	1	7	10	09	40	巴士海峽及臺灣東南部海面		輕度
海上	1	2	7	10	11	25	巴士海峽及臺灣東南部海面		輕度
海上	1	3	7	10	14	30	巴士海峽及臺灣東南部海面		輕度
海上	1	4	7	10	17	25	巴士海峽及臺灣東南部海面		輕度
海陸	1	5	7	10	20	15	巴士海峽及臺灣東部海面		輕度
海陸	1	5-1	7	10	21	20	巴士海峽及臺灣東部海面	蘭嶼、綠島、台東、花蓮及恆春半島	輕度
海陸	1	5-2	7	10	22	25	巴士海峽及臺灣東部海面	蘭嶼、綠島、台東、花蓮及恆春半島	輕度
海陸	1	6	7	10	23	30	巴士海峽及臺灣東部海面	蘭嶼、綠島、台東、花蓮及恆春半島	輕度
海陸	1	6-1	7	11	0	10	巴士海峽及臺灣東部海面	蘭嶼、綠島、台東、花蓮及恆春半島	輕度
海陸	1	6-2	7	11	1	10	巴士海峽及臺灣東部海面	蘭嶼、綠島、台東、花蓮及恆春半島	輕度
海陸	1	7	7	11	2	35	巴士海峽及臺灣東部海面	蘭嶼、綠島、台東、花蓮及恆春半島	輕度
海陸	1	7-1	7	11	3	15	巴士海峽及臺灣東部海面	蘭嶼、綠島、台東、花蓮及恆春半島	輕度
海陸	1	7-2	7	11	4	30	巴士海峽及臺灣東部海面	蘭嶼、綠島、台東、花蓮及恆春半島	輕度
海陸	1	8	7	11	5	25	巴士海峽及臺灣東部海面	蘭嶼、綠島、台東、花蓮及恆春半島	輕度
海陸	1	8-1	7	11	6	25	巴士海峽及臺灣東部海面	蘭嶼、綠島、台東、花蓮及恆春半島	輕度
海陸	1	8-2	7	11	7	10	巴士海峽及臺灣東部海面	蘭嶼、綠島、台東、花蓮及恆春半島	輕度
海陸	1	9	7	11	8	15	巴士海峽及臺灣東部海面	蘭嶼、綠島、台東、花蓮及恆春半島	輕度
海陸	1	9-1	7	11	9	30	巴士海峽及臺灣東部海面	蘭嶼、綠島、台東、花蓮及恆春半島	輕度
海陸	1	9-2	7	11	10	25	巴士海峽及臺灣東部海面	蘭嶼、綠島、台東、花蓮及恆春半島	輕度
海陸	1	10	7	11	11	30	巴士海峽及臺灣東部海面	蘭嶼、綠島、台東、花蓮及恆春半島	輕度
海陸	1	10-1	7	11	12	20	巴士海峽及臺灣東部海面	蘭嶼、綠島、台東、花蓮及恆春半島	輕度
海陸	1	10-2	7	11	13	20	巴士海峽及臺灣東部海面	蘭嶼、綠島、台東、花蓮及恆春半島	輕度
海陸	1	11	7	11	14	30	巴士海峽、台灣海峽南部及臺灣東南部海面	蘭嶼、綠島、台東、屏東及恆春半島	輕度
海陸	1	11-1	7	11	15	35	巴士海峽、台灣海峽南部及臺灣東南部海面	蘭嶼、綠島、台東、屏東及恆春半島	輕度
海陸	1	11-2	7	11	16	35	巴士海峽、台灣海峽南部及臺灣東南部海面	蘭嶼、綠島、台東、屏東及恆春半島	輕度
海陸	1	12	7	11	17	25	巴士海峽、台灣海峽南部及臺灣東南部海面	蘭嶼、綠島、台東、屏東及恆春半島	輕度
海陸	1	12-1	7	11	18	30	巴士海峽、台灣海峽南部及臺灣東南部海面	蘭嶼、綠島、台東、屏東及恆春半島	輕度
海陸	1	12-2	7	11	19	25	巴士海峽、台灣海峽南部及臺灣東南部海面	蘭嶼、綠島、台東、屏東及恆春半島	輕度
解除	1	13	7	11	21	0	減弱為熱帶性低氣壓		

表 3、中央氣象局衛星中心對第五號颱風潭美(Trami)颱風之定位與強度資料表

Table3、Center location and intensity of typhoon TRAMI(0105) analyzed by Satellite Center of CWB

颱風編號	中文名稱	英文名稱	年	月	日	時	雲圖種類	颱風雲型	中心緯度	中心經度	定位準確度	T 值	CI 值	Zr 值	強度變化	強度間隔時間	警報種類	備註
0105	潭美	Trami	2001	07	10	01	IR/EIR/VIS	CCC	20.20	123.40	Poor	2.00	2.00	4.50	發展	6	海上警報	本局發布海上颱風警報
0105	潭美	Trami	2001	07	10	02	IR/EIR/VIS	CCC	20.30	123.30	Poor	2.00	2.00	4.50	持續	6	海上警報	本局發布海上颱風警報
0105	潭美	Trami	2001	07	10	03	IR/EIR/VIS	CCC	20.30	123.30	Poor	2.00	2.00	4.50	持續	6	海上警報	
0105	潭美	Trami	2001	07	10	04	IR/EIR/VIS	CCC	20.30	123.20	Poor	2.00	2.00	4.50	持續	6	海上警報	
0105	潭美	Trami	2001	07	10	05	IR/EIR/VIS	CCC	20.40	123.20	Poor	2.00	2.00	4.50	持續	6	海上警報	
0105	潭美	Trami	2001	07	10	06	IR/EIR/VIS	CCC	20.50	123.20	Poor	2.50	2.50	4.50	持續	6	海上警報	
0105	潭美	Trami	2001	07	10	07	IR/EIR/VIS	CCC	20.70	123.20	Poor	2.50	2.50	4.50	持續	6	海上警報	
0105	潭美	Trami	2001	07	10	08	IR/EIR/VIS	CCC	20.80	123.20	Poor	2.50	2.50	4.50	持續	6	海上警報	
0105	潭美	Trami	2001	07	10	08	IR/EIR/VIS	CCC	20.80	123.20	Poor	2.50	2.50	4.50	發展	6	海上警報	無
0105	潭美	Trami	2001	07	10	09	IR/EIR/VIS	CCC	20.80	123.00	Poor	2.50	2.50	4.50	持續	6	海上警報	
0105	潭美	Trami	2001	07	10	09	IR/EIR/VIS	CCC	20.80	123.00	Poor	2.50	2.50	4.50	發展	6	海上警報	無
0105	潭美	Trami	2001	07	10	10	IR/EIR/VIS	CCC	20.80	122.80	Poor	2.50	2.50	4.50	發展	6	海上警報	無
0105	潭美	Trami	2001	07	10	11	EIR/IR	CCC	20.80	122.80	Poor	2.50	2.50	4.50	發展	6	海上警報	無
0105	潭美	Trami	2001	07	10	12	EIR/IR	CCC	20.80	122.60	Poor	2.50	2.50	4.50	持續	6	陸上警報	無
0105	潭美	Trami	2001	07	10	13	EIR/IR	CCC	20.80	122.60	Poor	2.50	2.50	4.50	持續	6	陸上警報	無
0105	潭美	Trami	2001	07	10	14	EIR/IR	CCC	20.80	122.50	Poor	2.50	2.50	4.50	持續	6	陸上警報	無
0105	潭美	Trami	2001	07	10	15	EIR/IR	CCC	20.80	122.50	Poor	2.50	2.50	4.20	持續	6	陸上警報	無
0105	潭美	Trami	2001	07	10	16	EIR/IR	CCC	20.90	122.40	Poor	2.50	2.50	4.00	持續	6	陸上警報	無
0105	潭美	Trami	2001	07	10	17	EIR/IR	CCC	21.00	122.40	Poor	2.50	2.50	3.90	持續	6	陸上警報	無
0105	潭美	Trami	2001	07	10	17	EIR/IR	CCC	21.00	122.40	Poor	2.50	2.50	3.90	持續	6	陸上警報	無
0105	潭美	Trami	2001	07	10	18	EIR/IR	CCC	21.00	122.30	Poor	2.50	2.50	4.30	持續	6	陸上警報	無
0105	潭美	Trami	2001	07	10	19	EIR/IR	CCC	21.10	122.20	Poor	2.50	2.50	4.50	持續	6	陸上警報	無
0105	潭美	Trami	2001	07	10	20	EIR/IR	CCC	21.20	122.10	Poor	2.50	2.50	4.50	持續	6	陸上警報	無
0105	潭美	Trami	2001	07	10	21	EIR/IR	CCC	21.40	122.10	Poor	2.50	2.50	4.50	持續	6	陸上警報	無
0105	潭美	Trami	2001	07	10	22	EIR/IR	CCC	21.70	122.00	Poor	2.50	2.50	4.50	持續	6	陸上警報	無
0105	潭美	Trami	2001	07	10	23	IR/EIR/VIS	ShP	22.60	122.20	Fair	2.50	2.50	4.50			陸上警報	無
0105	潭美	Trami	2001	07	11	00	IR/EIR/VIS	CCC	21.90	121.70	Poor	2.50	2.50	3.50	持續	6	陸上警報	無
0105	潭美	Trami	2001	07	11	01	IR/EIR/VIS	CCC	21.90	121.50	Poor	2.50	2.50	3.50	持續	6	陸上警報	無
0105	潭美	Trami	2001	07	11	02	IR/EIR/VIS	CCC	22.00	121.40	Poor	2.50	2.50	3.50	持續	6	陸上警報	無
0105	潭美	Trami	2001	07	11	03	IR/EIR/VIS	CCC	22.10	121.30	Poor	2.50	2.50	3.50	持續	6	陸上警報	無
0105	潭美	Trami	2001	07	11	04	IR/EIR/VIS	CCC	22.10	121.30	Poor	2.50	2.50	3.50	持續	6	陸上警報	無
0105	潭美	Trami	2001	07	11	05	IR/EIR/VIS	CCC	22.10	121.30	Poor	2.50	2.50	3.50	持續	6	陸上警報	無
0105	潭美	Trami	2001	07	11	06	IR/EIR/VIS	CCC	22.20	121.20	Poor	2.50	2.50	3.50	持續	6	陸上警報	無
0105	潭美	Trami	2001	07	11	07	IR/EIR/VIS	CCC	22.20	121.20	Poor	2.50	2.50	3.50	持續	6	陸上警報	無
0105	潭美	Trami	2001	07	11	08	IR/EIR/VIS	CCC	22.30	121.20	Poor	2.50	2.50	3.50	持續	6	陸上警報	無
0105	潭美	Trami	2001	07	11	08	IR/EIR/VIS	CCC	22.30	121.20	Poor	2.50	2.50	3.50	持續	6	陸上警報	無
0105	潭美	Trami	2001	07	11	09	IR/EIR/VIS	CCC	22.30	121.20	Poor	2.50	2.50	3.50	持續	6	陸上警報	無
0105	潭美	Trami	2001	07	11	10	EIR/IR	CCC	22.40	121.10	Poor	2.50	2.50	3.00	持續	6	陸上警報	無
0105	潭美	Trami	2001	07	11	11	EIR/IR	CCC	22.50	121.00	Poor	2.00	2.50	3.00	減弱	6	陸上警報	無
0105	潭美	Trami	2001	07	11	12	EIR/IR	CCC	22.50	120.90	Poor	2.00	2.50	3.50	減弱	6	陸上警報	無
0105	潭美	Trami	2001	07	11	15	EIR/IR	CDO	22.50	120.40	Poor	2.00	2.50	0.00	減弱	6	陸上警報	無
0105	潭美	Trami	2001	07	11	18	EIR/IR	CDO	22.90	119.50	Poor	2.00	2.50	0.00	持續	6	陸上警報	無
0105	潭美	Trami	2001	07	11	21	EIR/IR	CDO	22.90	119.00	Poor	2.00	2.50	0.00	持續	6	陸上警報	無

表 4、潭美颱風中心之墾丁雷達定位表

Table 4、Center locations of typhoon TRAMI observed by 46779 radar stations

時間(地方時)			緯度	經度	雷達站 站名及編號
月	日	時			
7	10	8	20.1	123.6	墾丁(46779)
		9	20.2	123.5	"
		10	20.3	123.4	"
		11	20.3	123.4	"
		12	20.4	123.3	"
		13	20.5	123.2	"
		14	20.7	123.1	"
		15	20.9	122.9	"
		16	20.8	122.8	"
		17	21.0	122.6	"
		18	21.2	122.4	"
		19	21.2	122.4	"
		20	21.1	122.4	"
		21	21.2	122.3	"
		22	21.3	122.3	"
		23	21.3	122.2	"
7	11	0	21.3	122.2	"
		1	21.4	122.2	"
		2	21.5	122.0	"
		3	21.6	121.9	"
		4	21.8	121.7	"
		5	21.9	121.6	"
		6	21.9	121.6	"
		7	21.9	121.5	"
		8	21.9	121.4	"
		9	21.9	121.4	"
		10	21.9	121.3	"
		11	22.0	121.3	"
		12	22.0	121.3	"
		13	22.0	121.2	"
		14	22.1	121.2	"
		15	22.1	121.1	"
		16	22.1	121.1	"
		17	22.2	121.0	"

表 5、潭美颱風中心之花蓮雷達定位表

Table 5、Center locations of typhoon TRAMI observed by Hualien(46699) radar stations

時間(地方時)			緯度	經度	雷達站 站名及編號
月	日	時			
7	11	3	21.6	122.06	花蓮(46699)
		4	21.54	121.96	"
		5	21.62	121.90	"
		6	21.71	121.70	"
		7	21.74	121.62	"
		8	21.75	121.6	"
		9	21.79	121.44	"
		10	21.81	121.33	"
		11	21.84	121.30	"
		12	21.92	121.24	"
		13	--	--	"
		14	22.1	121.53	"
		15	--	--	"

表 6、第五號颱風潭美(Trami) 颱風各種主觀預測、模式預測及氣候統計法之 24 小時颱風路徑  
預報平均誤差校驗分析比較表

Table 6、Errors of selected track forecast techniques at 24 hr for typhoon TRAMI(0105)

	CLIP		CWB		TFSS		EBM		HURA		PGTW		RJTD		BCGZ		VHHH	
CLIP	2	103																
	103	0																
CWB	2	103	3	98														
	112	9	98	0														
TFSS	1	111	2	92	2	257												
	248	137	257	164	257	0												
EBM	1	111	2	92	2	257	2	233										
	235	124	233	140	233	-24	233	0										
HURA	2	103	2	112	1	248	1	235	2	120								
	120	16	120	7	146	-101	146	-88	120	0								
PGTW	2	103	3	98	2	257	2	233	2	120	3	118						
	74	-29	118	20	118	-138	118	-114	74	-46	118	0						
RJTD	2	103	3	98	2	257	2	233	2	120	3	118	3	164				
	164	61	164	66	185	-72	185	-48	164	44	164	46	164	0				
BCGZ	2	103	3	98	2	257	2	233	2	120	3	118	3	164	3	96		
	96	-7	96	-1	100	-157	100	-133	96	-24	96	-22	96	-68	96	0		
VHHH	2	103	2	112	1	248	1	235	2	120	2	74	2	164	2	96	2	135
	135	31	135	22	118	-129	118	-116	135	14	135	61	135	-29	135	38	135	0



表 7、潭美颱風侵台期間氣象要素統計表(時間為地方時)

Table 7、The meteorological elements summary of CWB stations during typhoon TRAMI's passage

測站 站名	最低氣壓		最高氣溫		最低溼度		極大瞬間風			最大平均風			最大降水量(mm)				總降水量	
	數值 (hPa)	時間 (LST)	數值 (°C)	時間 (LST)	數值 (%RH)	時間 (LST)	風速 (m/s)	風向 (度)	時間 (LST)	風速 (m/s)	風向 (度)	時間 (LST)	一小時	起始時間 (LST)	十分鐘	起始時間 (LST)	數量	起迄時間 (LST)
彭佳嶼	1001.0	11/17:05	31.8	11/12:50	73	11/12:18	16.2	160	11/19:50	11.9	110	11/18:13	---	---	---	---	---	---
基隆	1000.4	11/16:51	31.4	11/12:44	65	10/20:46	8.7	110	11/16:28	5.3	60	11/15:39	---	---	---	---	---	---
鞍部*	1421.2	11/17:08	28.5	11/14:23	78	10/20:38	12.6	210	11/17:14	6.0	150	11/18:54	---	---	---	---	---	---
竹子湖*	999.7	11/15:37	30.4	11/13:23	68	11/13:23	9.3	290	11/12:19	5.2	260	11/12:21	---	---	---	---	---	---
台北	999.1	11/16:28	34.5	11/14:05	56	11/16:32	11.5	150	11/17:42	6.5	90	11/17:47	---	---	---	---	---	---
新竹	998.4	11/18:10	33.6	10/12:39	55	10/15:12	8.7	80	11/13:08	5.2	20	11/13:06	---	---	---	---	---	---
梧棲	999.4	11/17:01	32.5	11/12:47	70	11/11:40	9.4	360	11/12:39	6.7	10	11/17:00	---	---	---	---	---	---
台中	998.8	11/16:21	32.5	11/10:50	60	11/10:50	7.8	40	11/16:57	3.7	10	11/16:57	1.4	11/19:20	0.5	11/19:52	1.5	10/23:20-11/21:00
日月潭*	891.6	11/16:19	28.6	11/12:45	72	10/11:53	5.7	300	10/18:31	3.9	280	10/18:44	3.1	10/19:25	2.6	10/19:29	3.9	10/16:08-11/05:10
澎湖	1000.5	11/15:47	34.1	11/12:07	69	11/12:00	8.2	50	11/20:42	4.5	310	11/17:53	---	---	---	---	---	---
東吉島	1000.1	11/16:47	32.0	11/13:26	76	11/11:56	14.9	320	11/20:54	11.9	300	11/21:00	0.5	11/01:30	0.5	11/01:30	0.5	11/01:30-11/02:12
阿里山*	757.3	11/15:52	17.5	11/09:52	90	11/09:47	7.4	150	11/05:00	3.4	70	10/20:38	---	---	---	---	---	---
玉山*	3098.7	11/15:58	16.3	11/11:41	60	11/11:33	15.6	190	11/18:03	9.3	60	11/02:38	---	---	---	---	---	---
嘉義	998.9	11/16:36	32.4	11/12:23	66	11/11:39	7.8	330	11/16:55	4.5	310	11/17:00	0.5	11/20:25	0.5	11/20:25	0.5	11/20:25
台南	999.1	11/16:25	33.4	10/12:44	66	10/12:30	15.9	140	11/21:15	8.2	110	11/21:19	31.0	11/20:50	9.0	11/21:01	77.5	10/16:35-11/24:00
高雄	998.9	11/16:31	32.5	10/12:17	67	10/12:57	20.0	250	11/22:48	9.8	190	11/23:16	121.0	11/21:47	27.0	11/21:58	470.5	11/04:35-11/24:00
恆春	1000.2	11/15:42	32.3	10/11:11	65	10/00:00	17.9	280	11/15:44	8.8	250	11/15:52	81.0	11/14:38	18.0	11/15:08	231.0	10/14:43-11/21:00
蘭嶼	997.5	11/03:38					33.5	270	11/16:43	24.3	360	11/03:40	161.0	11/08:41	19.5	11/08:59	192.5	10/20:30-11/20:42
大武	999.3	11/15:41	32.3	11/09:32	62	11/09:36	13.0	130	11/13:07	8.0	150	11/12:32	30.0	11/21:00	12.5	11/13:05	57.0	10/20:15-11/21:00
台東	999.1	11/15:44	33.3	11/12:22	55	11/19:06	11.7	250	11/16:52	5.2	190	11/17:07	7.0	11/16:05	2.5	11/17:31	16.5	11/14:20-11/23:30
成功	996.8	11/14:46	33.6	10/12:52	58	10/12:45	20.7	060	11/14:35	12.3	030	11/14:37	2.5	11/19:55	1.5	11/19:55	4.8	11/18:50-11/22:25
花蓮	997.6	11/16:23	32.7	11/11:22	63	11/08:27	11.3	040	11/16:37	7.7	50	11/10:44	---	---	---	---	---	---
宜蘭	1000.4	11/23:56	33.5	10/13:12	58	10/10:54	7.2	150	10/13:41	5.1	120	10/11:40	0.7	11/10:35	0.5	11/10:53	0.7	11/10:35-11/11:10
蘇澳	1000.8	11/17:01	31.3	11/14:34	72	11/07:11	7.7	110	11/18:25	4.7	130	11/18:33	4.1	11/09:38	1.5	11/10:10	4.5	11/09:25-11/10:55

註：\*—表該測站屬高山測站，其氣壓值以重力位高度表示。

## 民國九十年颱風調查報告 — 第十九號利奇馬 (Lekima) 颱風 (0119)

蔣為民

中央氣象局氣象預報中心

### 摘要

利奇馬 (Lekima) 颱風是民國 90 年北太平洋西部生成的第 19 個颱風，也是中央氣象局 90 年發布的第 8 個颱風警報的颱風。利奇馬颱風形成後，向偏西緩慢移動，初期強度漸增，經滯留、打轉後向北偏北西及西北行進，並於 9 月 26 日 18 時 30 分左右在台東、大武間登陸，而於 27 日 17 時左右由濁水溪口出海，不久即減弱為熱帶性低氣壓。利奇馬颱風生成地點距台灣南端陸地甚近，活動範圍甚小，及其移速甚為緩慢數項為其特性。對利奇馬中央氣象局官方預報之 24 小時預報位置誤差為 85 公里，48 小時預報位置誤差為 131 公里。由於颱風登陸，其環流帶來相當多的降水，而外圍環流和東北季風的雙重影響更在登陸前就持續為北部、東北部及東部地區帶來局部性的豪雨。颱風期間，平地累積雨量最大達 747 公釐，而山區最大更高達 1464 公釐。惟因最大時降水量並非特別多，且強時降雨量持續時間並非特別長，故根據消防署防災應變中心之報告，利奇馬颱風雖帶來局部豪雨，但幸未對北部、東北部及東部造成嚴重的傷亡及災情。

### 一、前言

90 年 9 月 22 日 20 時，利奇馬 (Lekima) 颱風在呂宋島東北方海面形成，編號 0119，是民國 90 年在北太平洋西部發生的第 19 個颱風，也是中央氣象局於當年發布颱風警報的第 8 個颱風。利奇馬形成初期強度漸增、向西緩慢移動，9 月 24 日轉向偏北及北北西方向，直撲台灣東南部陸地，強度並增強為中度颱風，26 日 18 時 30 分左右在台東、大武之間登陸，經歷約 22 小時半後，於 27 日 17 時左右進入濁水溪口進入台灣海峽，隨後於 28 日 8 時在海峽上減弱為熱帶性低氣壓。利奇馬並為台灣北部、東北部及東部平地地區帶來超過 700 公釐的雨量，山區最大雨量更超過 1400 公釐。惟根據消防署防災變中心的資料，並未造成嚴重災情。本文就利奇馬颱風之特性、發展經過、強度及路徑作一分析，以為參考及研究之用，其最佳路徑如圖 1 及表 1。

### 二、利奇馬颱風的發生及經過與警報處理情形

利奇馬颱風是民國 90 年 9 月 22 日 20 時在呂宋島東北方海面形成 (見圖 2)，是當年在西太平洋形成的第 19 個颱風。在圖 3 中可看到颱風所在海平面平均溫度有 29°C，提供了充份的能量。到了 23 日 20 時，它的位置在北緯 19.2 度，東經 122.1 度，即在鵝鑾鼻的南南東方約 350 公里的海面上，中心氣壓 985 百帕，7 級風暴風半徑 180 公里，以每小時 5 公里的速度沿平均氣流 (見圖 4) 向西北西緩慢進行，中央氣象局在 23 日 20 時 30 分對巴士海峽發布了第 19 號颱風、第 1 報海上颱風警報。至 24 日 14 時，利奇馬颱風位在北緯 19.8 度，東經 121.5 度，中心氣壓 975 百帕，向西北緩慢移動，暴風圈逐漸向恆春半島接近，中央氣象局在 24 日 14 時 30 分對恆春半島發布了陸上颱風警報。24 日午後，利奇馬在呂宋島北方海面呈

現打轉現象。在 24 日 17 時增強為中度颱風，其移動方向有略偏西北到北，對東部的台東、蘭嶼、綠島等地將構成威脅，故氣象局於 24 日 20 時 10 分對上述地區發布陸上警報。由於利奇馬颱風移速慢，雖暴風圈仍未靠近台灣地區，但其外圍環流與東北季風雙重影響下，北部、東北部將有局部豪雨發生，故氣象局亦持續對北部及東北部發布豪雨特報。25 日 14 時，利奇馬颱風位在鵝鑾鼻東南方的 190 公里的海面上，它的強度又略為增強，近中心最大風速有 35 m/s，而其暴風範圍將進入台灣南端陸地，向西北偏北移動，高雄及台南地區亦將受威脅。25 日晚起，利奇馬颱風又以西北西的方向朝台灣陸地接近，故而東部的花蓮以南地區，西部的新竹以南地區以及澎湖、金門都陸續進入颱風的警戒區域。26 日 17 時根據花蓮氣象雷達站的觀測，利奇馬颱風中心之邊緣已接觸到台灣東南部陸地，而颱風中心於 26 日 18 時 30 分左右由台東與大武之間登陸，因受到地形影響，它的強度逐漸減弱，到了 26 日 23 時，19 號颱風強度已減弱為輕度颱風。27 日 2 時，它的強度繼續減弱，而且暴風圈也略有縮小，7 級風暴風半徑由 180 公里減為 150 公里。根據各種氣象資料，利奇馬颱風在登陸後強度持續減弱，且向西北方向進行，到了 27 日 17 時，颱風中心由濁水溪口進入了台灣海峽，統計 19 號颱風在陸地上歷經 22 小時半，到了 28 日 8 時，19 號颱風位在台中西南方約 70 公里的海面上，強度已減弱為熱帶性低氣壓，故而在 28 日 9 時 10 分，中央氣象局解除了海上陸上颱風警報。總計：中央氣象局對利奇馬颱風共發布了海上警報 37 報，陸上警報 30 報，前後歷時約 108 小時。陸上警報時間亦達 90 小時。中央氣象局對利奇馬颱風發布警報之經過情形請參見表 2。綜觀利奇馬颱風之發生與經過，它於 22 日 20 時生成在呂宋島東北方海面，即北緯 19.3 度，東經 124.1 度處，距台灣南端陸地大約 450 公里，初期強度漸增，向西後滯留，打轉再向北偏西北行，其中心並

於 26 日 18 時 30 分左右在台東與大武之間登陸，且登陸時為其強度最大的時候。登陸後被地形破壞強度漸減，在歷經 22 小時半之陸上路程後，於 27 日 17 時由濁水溪口出海，不久於 28 日 8 時在台灣海峽減弱為熱帶性低氣壓，故而利奇馬颱風可謂典型在東部登陸之颱風，地形對它產生嚴重的破壞性，惟其發生地點甚接近台灣；活動範圍南北由北緯 19.3 度到 24 度，約有 5 個緯度，東西由東經 120 度到 124.1 度，約有 4 個經度，範圍不甚大；整個生命期中有近 82% 為中央氣象局發步颱風警報期間；而其移速甚小，平均約僅每小時 7 公里左右；以上數點為其特性。

利奇馬颱風期間衛星及雷達觀測資料分別如表 3、表 4、圖 5 及圖 6 則分別為利奇馬颱風期間之衛星雲圖及中正、花蓮、高雄與五分山各雷達站之回波合成圖。

### 三、利奇馬颱風警報期間各地氣象要素分析

#### (一)氣壓

利奇馬颱風之暴風圈在 25 日下午 2 時起接觸到恆春半島陸地，它的颱風眼(中心)邊緣在 26 日下午 5 時接觸到台灣東南部陸地，中心並於 26 日 18 時 30 分在台東與大武之間登陸，27 日 17 時颱風中心由濁水溪口進入台灣海峽，在此期間蘭嶼於 26 日 11 時 42 分出現 968.4 百帕的最低氣壓，次為於 26 日 18 時 18 分在台東出現之 979.4 百帕，大武則於 26 日 15 時 17 分出現 983.8 百帕(見表 5 及圖 7)。綜合雷達觀測、衛星及中央氣象局自動觀測氣象站逐時測站氣壓分析顯示颱風中心應在太麻里附近登陸(見圖 8)。

#### (二)風

利奇馬颱風侵台期間，各地出現風速情形，平均風速以蘭嶼每秒 42 公尺(14 級)最大，東吉島每秒 25.1 公尺(10 級)次之，彭佳嶼每秒 21.8 公尺(9 級)、梧棲每秒 16.9 公尺(7 級)、蘇澳每秒 14.7 公尺(7 級)、台東每秒 14.0 公尺(7

級),其它各站在每秒 5.0 公尺(3 級)至每秒 13.8 公尺(6 級)之間。瞬間最大陣風蘭嶼為每秒 61.5 公尺(大於 17 級),東吉島每秒 36.3 公尺(12 級)、台東每秒 35.2 公尺(12 級)、彭佳嶼每秒 31.3 公尺(11 級)、鞍部每秒 29.8 公尺(11 級)、玉山每秒 29.3 公尺(11 級)、澎湖每秒 29.0 公尺(11 級),其它各站在每秒 7.9 公尺(4 級)至每秒 27.8 公尺(10 級)之間(見表 5)。

### (三)雨量

利奇馬颱風侵台,中心並自台東、大武之間登陸,故為本省帶來豪大雨,特別是北部及東半部地區出現最大累積雨量超過 1400 公釐。而在颱風未登陸前,由於颱風外圍環流及東北季風的雙重影響,北部、東北部及東部地區即持續出現局部性豪雨。統計 9 月 23 日 0 時起至 28 日 8 時止,中央氣象局所屬各氣象站累積雨量最多的是花蓮,有 747 公釐,次為山區的陽明山及鞍部各為 734 公釐及 714 公釐,登陸點附近的台東及大武則各為 430 公釐及 254 公釐(見表 5)。至於同一時間台灣地區自動雨量站雨量累計表顯示,古魯(宜蘭縣山區)累積雨量有 1464 公釐,其它各山區較大雨量為:太安(花蓮縣山區)1043.5 公釐、西丘斯山(新竹縣山區)782 公釐、四堵(台北縣山區)701 公釐、瑪家(屏東縣山區)675 公釐、鹿野(台東縣山區)592 公釐、嘎拉賀(桃園縣山區)481 公釐、溪南(高雄縣山區)492 公釐。(見圖 9)。

據研究,颱風豪雨時,發生慘重災情的地區皆與降雨量大且集中有直接的關係,此次利奇馬侵襲台灣地區,宜蘭山區的古魯自 9 月 23 日至 28 日 8 時止累積雨量達 1464 公釐,但依消防署防災應變中心的報告,雖有災情,並未有慘重災情發生,究其原因可能降雨量雖大,但集中性不嚴重,圖 10a-10e 顯示 23 日至 27 日每日總雨量分布圖,而圖 11 顯示古魯站 23 日至 28 日各時雨量,確可看出累積降雨量雖大,但集中性不嚴重,故未釀成慘重災情。

## 四、利奇馬颱風的災情報告

根據內政部消防署防災應變中心的災情統計,綜列如下:

- (一)民眾傷亡情形:1 人受傷,4 人失蹤。
- (二)農林漁牧業損失:利奇馬導致全省農林漁牧業之損失計有 3 億餘元,其中最嚴重的是台東縣農業損失達 2 億餘元。
- (三)交通損失:公路方面,省(縣)道 10 條路線(含台八線、台九線、台十一甲線、台二十線)計 22 處路段坍方落石、土石流、路基流失及擋土牆龜裂。鐵路方面計有花東線 10 處、南迴線 1 處共十一處路基坍方、流失或橋樑淹水封閉等災情。
- (四)電力及自來水方面:在台東、花蓮、屏東、台南、高雄、澎湖等地造成 74000 餘戶停電,另在東部地區及澎湖造成 14985 戶停水。
- (五)其它:台東縣廣源村大龍橋下游左岸道路護坡受洪水沖損 100 公尺。另屏東縣林邊溪堤防滲水約 50 公尺。

## 五、利奇馬颱風的路徑預報校驗

利奇馬颱風的行徑迂迴而且緩慢,並有呈現打轉及滯留現象,中央氣象局對颱風動態之研判與實際情況比較相當接近,校驗此颱風,中央氣象局官方 24 小時預測位置之平均誤差為 85 公里(見表 6),優於 1971 年至 1991 年間統計平均誤差之 177 公里,也優於日本氣象廳之 105 公里,而與關島颱風警報中心之 83 公里不相上下。至於 48 小時預測位置之平均誤差為 131 公里(見表 7),乃是各家預報誤差最小,表現最佳者。

## 六、結論

由上述分析發現:

- (一)利奇馬颱風生成於呂宋島東北方海面,距台灣南端陸地大約 450 公里,

初期強度漸增，向西緩慢移動，接著經過滯留、打轉後轉北至北北西至西北直撲台灣而來，並在台東、大武壠間登陸，在歷經 22 小時半後，由中部濁水溪口進入台灣海峽，隨後不久即在海峽上減弱為熱帶性低氣壓，故生成地點接近台灣、活動範圍不甚大、且移速緩慢為其特性。

(二)利奇馬颱風未登陸前，其外圍環流與

東北季風之雙重影響已造成北部、東北部及東部持續性之局部豪雨，惟因降雨強度甚強之持續時間不長，故未在北部、東北部造成太大災害。

(三)中央氣象局官方預報的 24 小時颱風預測位置之平均誤差為 85 公里，48 小時預測位置之平均誤差為 131 公里，表現甚佳。

## REPORT ON TYPHOON 0119 (LEKIMA) OF 2001

Chiang, Wei-min

Weather Forecast Center, Central Weather Bureau

### ABSTRACT

Typhoon 0119 (LEKIMA), the 19<sup>th</sup> typhoon over the northwest Pacific Ocean, was the eighth one to affect Taiwan in 2001. Forming over the sea northeast of the Philippine Islands, Typhoon 0119 tracked westward slowly. Prior to moving toward the southeast part of Taiwan, it showed quasi-stationary and looping. The center of Typhoon 0119 touched down southeast coast of Taiwan at 1830 local time, 26<sup>th</sup> September 2001 and downgraded to a tropical depression off the west coast of Taichun at 0800 local time, 28<sup>th</sup> September 2001. The lifetime of typhoon 0119 was about 132 hrs and the warning period of CWB was 108 hrs. Due to combination of the typhoon circulation and northeast monsoon, typhoon 0119 brought torrential rains in north, northeast and east part of Taiwan, especially in the mountain area. The amount of precipitation exceeded 1400mm. The 24-hour mean forecast error of the Central Weather Bureau for typhoon 0119 was 85 km, while 48-hour mean error was 131 km.

表 1、利奇馬颱風最佳路徑、強度變化及動向資料表

Table 1、The best-track positions, intensity and movement of typhoon LEKIMA (0119)

時間 (UTC)			中心位置 (度)		中心氣壓 (百帕)	移動方向 (DEG)	移動速度 (km/hr)	近中心最大風速 (m/s)		暴風半徑 (km)	
月	日	時	北緯	東經				平均	瞬間	七級風	十級風
9	22	12	19.3	124.1	998	W	5	18	25	100	—
		18	19.4	124.1	998	Stnr→W	5	18	25	100	—
	23	00	19.7	123.4	998	W	5	18	25	100	—
		06	19.1	122.4	995	W→WNW	5	20	28	150	—
		12	19.2	122.1	985	WNW	5	25	33	180	—
		18	19.3	121.9	985	WNW→ NW	5	25	33	180	—
	24	00	19.6	121.7	982	NW	5	28	35	180	—
		06	19.8	121.5	975	NW	5	30	38	180	50
		12	19.8	121.9	970	NW	5	33	43	180	50
		18	20.0	122.0	970	NW	5	33	43	180	50
	25	00	20.3	122.0	970	NW	5	33	43	180	50
		06	20.8	122.0	965	NNW→ NW	SLW	35	45	180	50
		12	21.0	121.8	965	NW	5	35	45	180	50
		18	21.2	121.6	965	NW	5	35	45	180	50
	26	00	21.4	121.5	965	NW	5	35	45	180	50
		06	22.2	121.2	965	NW	7	35	45	180	50
		12	22.8	120.9	965	NW	7	33	43	180	50
		18	23.2	120.6	980	NW	7	28	35	150	—
	27	00	23.4	120.4	985	NW	7	25	33	150	—
		06	23.7	120.2	990	NW→ NNW	5	23	30	150	—
		12	23.9	120.1	990	NNW	4	23	28	150	—
		18	23.9	120.1	996	Stnr	—	18	25	120	—
	28	00	24.0	120.0	998	—	—	減弱為 TD			

表 2、利奇馬颱風警報發布經過一覽表

Table 2、Warnings issued by CWB for typhoon LEKIMA (0119)

種類	次序		發布時間				警戒地區		備註
	號	報	月	日	時	分	海上	陸上	
海上	19	1	9	23	20	30	巴士海峽		
		2	9	23	23	30	巴士海峽		
		3	9	24	2	15	巴士海峽		
		4	9	24	5	30	巴士海峽		
		5	9	24	8	40	巴士海峽		
		6	9	24	11	30	巴士海峽		
海陸	19	7	9	24	14	30	巴士海峽、台灣東南部海面、台灣海峽南部	恆春半島	
		8	9	24	17	35	巴士海峽、台灣東南部海面、台灣海峽南部	恆春半島	
		9	9	24	20	10	巴士海峽、台灣東南部海面、台灣海峽南部	恆春半島、台東、蘭嶼、綠島	
		10	9	24	23	15	巴士海峽、台灣東南部海面、台灣海峽南部	恆春半島、台東、蘭嶼、綠島	
		11	9	25	2	30	巴士海峽、台灣東南部海面、台灣海峽南部	恆春半島、台東、蘭嶼、綠島	
		12	9	25	5	25	巴士海峽、台灣東南部海面、台灣海峽南部	恆春半島、台東、蘭嶼、綠島	
		13	9	25	8	30	巴士海峽、台灣東南部海面、台灣海峽南部	恆春半島、屏東、台東、蘭嶼、綠島	
		14	9	25	11	25	巴士海峽、台灣東南部海面、台灣海峽南部	恆春半島、屏東、台東、蘭嶼、綠島	
		15	9	25	14	15	巴士海峽、台灣東南部海面、台灣海峽南部	恆春半島、屏東、台東、蘭嶼、綠島、高雄 台南	
		16	9	25	17	25	巴士海峽、台灣東南部海面、台灣海峽南部	恆春半島、屏東、台東、蘭嶼、綠島、高雄 台南	
		17	9	25	20	30	巴士海峽、台灣東南部海面、台灣東北部海面、台灣海峽	恆春半島、台東、蘭嶼、綠島、花蓮、屏東 高雄、台南、嘉義	
		18	9	25	23	30	巴士海峽、台灣東南部海面、台灣東北部海面、台灣海峽	恆春半島、台東、蘭嶼、綠島、花蓮、屏東 高雄、台南、嘉義	
		19	9	26	2	15	巴士海峽、台灣東南部海面、台灣東北部海面、台灣海峽	恆春半島、台東、蘭嶼、綠島、花蓮、屏東 高雄、台南、嘉義	
		20	9	26	5	40	巴士海峽、台灣東南部海面、台灣東北部海面、台灣海峽	恆春半島、台東、蘭嶼、綠島、花蓮、屏東 高雄、台南、嘉義、雲林、南投、澎湖	
		21	9	26	8	20	巴士海峽、台灣東南部海面、台灣東北部海面、台灣海峽	恆春半島、台東、蘭嶼、綠島、花蓮、屏東 高雄、台南、嘉義、雲林、南投、澎湖	
		22	9	26	11	40	巴士海峽、台灣東南部海面、台灣東北部海面、台灣海峽	花蓮以南、台中以南、澎湖	
		23	9	26	14	10	巴士海峽、台灣東南部海面、台灣東北部海面、台灣海峽	花蓮以南、苗栗以南、澎湖	
		24	9	26	17	35	巴士海峽、台灣東南部海面、台灣東北部海面、台灣北部海面、台灣海峽、金門海面	花蓮以南、新竹以南、澎湖、金門	
		25	9	26	20	35	巴士海峽、台灣東南部海面、台灣東北部海面、台灣北部海面、台灣海峽、金門海面	花蓮以南、新竹以南、澎湖、金門	
		26	9	26	23	25	巴士海峽、台灣東南部海面、台灣東北部海面、台灣北部海面、台灣海峽、金門海面	花蓮以南、新竹以南、澎湖、金門	
		27	9	27	2	40	巴士海峽、台灣東南部海面、台灣東北部海面、台灣北部海面、台灣海峽、金門海面	花蓮以南、新竹以南、澎湖、金門	
		28	9	27	5	25	巴士海峽、台灣東南部海面、台灣東北部海面、台灣北部海面、台灣海峽、金門海面	花蓮以南、新竹以南、澎湖、金門	
		29	9	27	8	50	巴士海峽、台灣東南部海面、台灣東北部海面、台灣北部海面、台灣海峽、金門海面	花蓮以南、新竹以南、澎湖、金門	
		30	9	27	11	40	巴士海峽、台灣東南部海面、台灣東北部海面、台灣北部海面、台灣海峽、金門海面	花蓮以南、新竹以南、澎湖、金門	
		31	9	27	14	30	巴士海峽、台灣東南部海面、台灣東北部海面、台灣北部海面、台灣海峽、金門海面	花蓮以南、新竹以南、澎湖、金門	
		32	9	27	17	35	巴士海峽、台灣東南部海面、台灣東北部海面、台灣北部海面、台灣海峽、金門海面	花蓮以南、新竹以南、澎湖、金門	
		33	9	27	20	15	台灣北部海面、台灣海峽、金門海面、馬祖海面、台灣東南部海面、台灣東北部海面	花蓮以南、新竹以南、澎湖、金門	
		34	9	27	23	25	台灣北部海面、台灣海峽、金門海面、馬祖海面、台灣東南部海面、台灣東北部海面	花蓮以南、新竹以南、澎湖、金門	
		35	9	28	2	40	台灣北部海面、台灣海峽、金門海面、馬祖海面	新竹至高雄、澎湖	
		36	9	28	5	40	台灣北部海面、台灣海峽、金門海面、馬祖海面	新竹至高雄、澎湖	
解除	37	9	28	9	10				

表 3、中央氣象局氣象衛星中心利奇馬颱風(0119)中心定位及強度估計資料表

Table 3. Center location and intensities of typhoon LEKIMA (0119)

颱風編號	中文名稱	英文名稱	年	月	日	時	雲圖種類	颱風雲型	中心緯度	中心經度	定位準確度	T 值	CI 值	強度變化	強度間隔時間
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	22	00	IR/EIR/VIS	CB	19.70	123.40	Poor	2.50	2.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	22	03	IR/EIR/VIS	CB	19.30	122.50	Poor	2.50	2.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	22	06	IR/EIR/VIS	CB	19.10	122.40	Poor	3.00	3.00	發展	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	22	09	IR/EIR/VIS	CB	19.30	122.20	Poor	3.00	3.00	發展	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	22	12	EIR/IR	CB	19.10	123.90	Poor	2.50	2.50	發展	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	22	18	EIR/IR	CB	19.30	123.40	Poor	2.50	2.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	22	21	EIR/IR	CB	19.50	123.00	Poor	2.50	2.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	23	11	EIR/IR	CB	19.30	122.00	Fair	3.00	2.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	23	12	EIR/IR	CB	19.30	122.00	Fair	3.50	3.50	發展	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	23	13	EIR/IR	EYE	19.30	122.00	Fair	3.50	3.50	發展	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	23	16	EIR/IR	CB	19.60	121.90	Fair	3.50	3.50	發展	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	23	17	EIR/IR	CB	19.60	121.90	Poor	3.50	3.50	發展	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	23	18	EIR/IR	CB	19.60	121.90	Poor	3.50	3.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	23	19	EIR/IR	CB	19.60	121.90	Poor	3.50	3.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	23	20	EIR/IR	CB	19.70	121.90	Poor	3.50	3.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	23	21	EIR/IR	CB	19.70	121.90	Poor	3.50	3.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	23	22	EIR/IR	CB	19.70	121.90	Poor	3.50	3.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	23	23	IR/EIR/VIS	CB	19.70	121.80	Poor	3.50	3.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	24	00	IR/EIR/VIS	CB	19.80	121.70	Fair	3.50	3.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	24	01	IR/EIR/VIS	CB	19.80	121.60	Fair	3.50	3.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	24	02	IR/EIR/VIS	CB	19.80	121.50	Fair	3.50	3.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	24	03	IR/EIR/VIS	CB	19.80	121.50	Fair	3.50	3.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	24	04	IR/EIR/VIS	CB	19.80	121.50	Fair	3.50	3.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	24	05	IR/EIR/VIS	CB	19.80	121.50	Fair	3.50	3.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	24	06	IR/EIR/VIS	CB	19.80	121.40	Good	4.00	4.00	發展	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	24	07	IR/EIR/VIS	CB	19.80	121.40	Good	4.00	4.00	發展	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	24	08	IR/EIR/VIS	CB	19.80	121.40	Good	4.00	4.00	發展	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	24	09	IR/EIR/VIS	CB	19.70	121.50	Good	4.00	4.00	發展	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	24	10	IR/EIR/VIS	CB	19.70	121.50	Good	4.00	4.00	發展	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	24	11	IR/EIR/VIS	CB	19.80	121.60	Good	4.00	4.00	發展	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	24	12	EIR/IR	CB	19.90	121.70	Fair	4.00	4.00	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	24	13	EIR/IR	CB	20.10	121.80	Fair	4.00	4.00	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	24	16	EIR/IR	CB	20.30	121.80	Fair	4.00	4.00	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	24	17	EIR/IR	CB	20.30	121.80	Fair	4.00	4.00	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	24	18	EIR/IR	CB	20.30	121.80	Fair	4.00	4.00	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	24	19	EIR/IR	CB	20.30	121.80	Fair	4.00	4.00	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	24	20	EIR/IR	CB	20.30	121.90	Fair	4.00	4.00	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	24	21	EIR/IR	CB	20.40	121.90	Fair	4.00	4.00	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	24	22	EIR/IR	CB	20.40	121.90	Fair	4.00	4.00	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	24	23	EIR/IR	CB	20.50	121.90	Fair	4.50	4.50	發展	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	25	00	IR/EIR/VIS	CB	20.50	121.90	Fair	4.50	4.50	發展	6



表 3、續

Table 3、Continued

0119	利奇馬	Lekima	2001	09	25	02	IR/EIR/VIS	CB	20.50	121.90	Fair	4.50	4.50	發展	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	25	03	IR/EIR/VIS	CB	20.60	121.90	Fair	4.50	4.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	25	04	IR/EIR/VIS	CB	20.60	121.90	Fair	4.50	4.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	25	05	IR/EIR/VIS	CB	20.70	121.90	Fair	4.50	4.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	25	06	IR/EIR/VIS	CB	20.70	121.90	Fair	4.50	4.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	25	07	IR/EIR/VIS	CB	20.90	121.90	Fair	4.50	4.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	25	08	IR/EIR/VIS	CB	20.90	121.90	Fair	4.50	4.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	25	09	IR/EIR/VIS	CB	21.00	121.90	Fair	4.50	4.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	25	10	IR/EIR/VIS	CB	21.00	121.90	Fair	4.50	4.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	25	11	IR/EIR/VIS	CB	21.10	121.70	Fair	4.50	4.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	25	12	EIR/IR	CB	21.10	121.60	Fair	4.50	4.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	25	13	EIR/IR	CB	21.10	121.60	Fair	4.50	4.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	25	16	EIR/IR	CB	21.30	121.60	Fair	4.50	4.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	25	17	EIR/IR	CB	21.30	121.60	Fair	4.50	4.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	25	18	EIR/IR	CB	21.30	121.60	Fair	4.50	4.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	25	19	EIR/IR	CB	21.40	121.50	Fair	4.50	4.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	25	20	EIR/IR	CB	21.40	121.50	Fair	4.50	4.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	25	21	EIR/IR	CB	21.50	121.40	Fair	4.50	4.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	25	22	EIR/IR	CB	21.60	121.30	Fair	4.50	4.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	25	23	IR/EIR/VIS	CB	21.60	121.20	Fair	4.50	4.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	26	00	IR/EIR/VIS	CB	21.60	121.20	Fair	4.50	4.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	26	01	IR/EIR/VIS	CB	21.60	121.20	Fair	4.50	4.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	26	02	IR/EIR/VIS	CB	21.70	121.20	Fair	4.50	4.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	26	03	IR/EIR/VIS	CB	21.80	121.20	Fair	4.50	4.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	26	04	IR/EIR/VIS	CB	21.90	121.20	Fair	4.50	4.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	26	05	IR/EIR/VIS	CB	22.10	121.20	Fair	4.50	4.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	26	06	IR/EIR/VIS	CB	22.20	121.00	Fair	4.50	4.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	26	07	IR/EIR/VIS	CB	22.30	120.90	Fair	4.50	4.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	26	08	IR/EIR/VIS	CB	22.40	120.90	Fair	4.50	4.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	26	09	IR/EIR/VIS	CB	22.60	121.00	Fair	4.50	4.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	26	10	IR/EIR/VIS	CB	22.60	121.00	Fair	4.00	4.50	減弱	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	26	11	EIR/IR	CB	22.70	121.00	Fair	4.00	4.50	減弱	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	26	12	EIR/IR	CB	22.80	120.90	Fair	4.00	4.50	減弱	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	26	13	EIR/IR	CB	22.90	120.80	Fair	4.00	4.50	減弱	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	26	16	EIR/IR	CB	23.00	120.60	Poor	3.50	4.00	減弱	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	26	17	EIR/IR	CB	23.10	120.50	Poor	3.00	3.50	減弱	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	26	18	EIR/IR	CB	23.20	120.30	Poor	3.00	3.50	減弱	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	26	19	EIR/IR	CB	23.30	120.30	Poor	3.00	3.50	減弱	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	26	20	EIR/IR	CB	23.40	120.30	Poor	3.00	3.50	減弱	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	26	21	EIR/IR	CB	23.40	120.30	Poor	3.00	3.50	減弱	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	26	22	EIR/IR	CB	23.40	120.30	Poor	3.00	3.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	26	23	EIR/IR	CB	23.50	120.30	Poor	3.00	3.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	27	00	IR/EIR/VIS	CB	23.50	120.20	Poor	3.00	3.50	持續	6

表 3、續

Table 3、Continued

0119	利奇馬	Lekima	2001	09	27	01	IR/EIR/VIS	CB	23.50	120.20	Poor	3.00	3.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	27	02	IR/EIR/VIS	CB	23.50	120.20	Poor	3.00	3.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	27	03	IR/EIR/VIS	CB	23.60	120.20	Poor	3.00	3.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	27	04	IR/EIR/VIS	CB	23.60	120.20	Poor	3.00	3.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	27	05	IR/EIR/VIS	CB	23.70	120.20	Poor	3.00	3.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	27	06	IR/EIR/VIS	CB	23.70	120.20	Poor	2.50	3.00	減弱	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	27	07	IR/EIR/VIS	CB	23.70	120.20	Poor	2.50	3.00	減弱	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	27	08	IR/EIR/VIS	CB	23.70	120.20	Poor	2.50	3.00	減弱	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	27	09	IR/EIR/VIS	CB	23.80	120.20	Poor	2.50	3.00	減弱	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	27	10	IR/EIR/VIS	CB	23.80	120.20	Poor	2.50	3.00	減弱	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	27	11	IR/EIR/VIS	CB	23.80	120.20	Poor	2.50	3.00	減弱	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	27	12	EIR/IR	CB	23.80	120.20	Poor	2.50	3.00	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	27	13	EIR/IR	CB	23.80	120.20	Poor	2.50	3.00	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	27	16	EIR/IR	CB	23.80	120.20	Poor	2.50	3.00	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	27	17	EIR/IR	CB	23.70	120.30	Poor	2.50	3.00	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	27	18	EIR/IR	CB	23.70	120.30	Poor	2.00	2.50	減弱	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	27	20	EIR/IR	CB	23.70	120.30	Poor	2.00	2.50	減弱	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	27	21	EIR/IR	CB	23.70	120.50	Poor	2.00	2.50	減弱	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	27	22	EIR/IR	CB	23.80	120.60	Poor	2.00	2.50	減弱	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	27	23	IR/EIR/VIS	CB	24.00	120.80	Poor	2.00	2.50	減弱	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	28	00	IR/EIR/VIS	CB	24.10	120.80	Fair	2.00	2.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	28	03	IR/EIR/VIS	CB	23.90	120.50	Poor	2.00	2.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	28	06	IR/EIR/VIS	CB	23.90	120.50	Poor	2.00	2.50	持續	6
0119	利奇馬	Lekima	2001	09	28	09	EIR/IR	CB	23.90	120.40	Poor	2.00	2.50	持續	6

表 4、利奇馬颱風中心雷達定位表

Table 4、Eye-fixes of Typhoon LEKIMA by different RADAR stations

時間			RCKT		RCKS		RCHL	
月	日	時(Z)	北緯	東經	北緯	東經	北緯	東經
9	24	06	19.76	121.49				
		07	19.69	121.58				
		08	19.61	121.64				
		09	19.65	121.85				
		10	19.71	121.96				
		11	19.78	122.04				
		12	19.87	122.15				
		13	19.94	122.16				
		14	19.94	122.16				
		15	20.00	121.99				
		16	20.04	122.03				
		17	20.04	122.12				
		18	20.08	122.15				
		19	20.25	122.20				
		20	20.25	122.18				
		21	20.25	122.10				
		22	20.25	122.10				
		23	20.25	122.10				
09	25	00	20.38	122.17				
		01	20.45	122.13				
		02	20.50	122.07				
		03	20.53	122.13				
		04	20.59	122.17	20.6	122.0		
		05	20.73	122.15	20.8	122.1		
		06	20.79	122.15	20.8	122.2		
		07	20.85	122.10	21.1	122.0		
		08	20.92	122.09	20.8	122.0		
		09	20.95	122.05	21.0	122.1		
		10	21.02	121.98	21.0	122.1		
		11	21.00	121.84	21.0	122.0		
		12	21.04	121.83	21.0	122.0		
		13	21.08	121.78	21.1	121.9		
		14	21.01	121.72	21.1	121.8		
		15	21.05	121.69	21.1	121.7		
		16	21.14	121.66	21.1	121.7		
		17	21.18	121.64	21.2	121.6		
		18	21.21	121.64	21.2	121.6		
		19	21.20	121.63	21.2	121.6		
		20	21.32	121.65	21.3	121.6		
		21	21.33	121.61	21.4	121.5		
		22	21.34	121.56	21.4	121.5		
9	26	23	21.40	121.54	21.4	121.5		
		00	21.40	121.45	21.5	121.5	21.51	121.39
		01	21.51	121.44	21.6	121.4	21.66	121.32
		02	21.70	121.43	21.7	121.2	21.80	121.28
		03	21.92	121.40	21.9	121.4	21.98	121.23
		04	22.02	121.31			22.12	121.24
		05	22.11	121.31			22.21	121.22
		06	22.23	121.27			22.30	121.20
		07	22.28	121.18			22.37	121.21
		08	22.33	121.20			22.46	121.20
		09	22.48	121.18			22.54	121.19
		10	22.60	121.12				
		11	22.73	121.08				
		12	22.72	120.96				
		13	22.73	120.94				
		14	22.73	120.85				
		15	—	—				
		16	22.93	120.74				

表 5、利奇馬颱風侵台期間氣象要素統計表

Table 5、The meteorological elements summary of CWB's stations during the passage of typhoon Lekima (0119)

測站 站名	最低氣壓(hPa)		瞬間最大風速(m/s)			最大風速(m/s)			最大降水量(mm)				降水總量(m/s)	
	數值	時間	風速	風向	時間	風速	風向	時間	一小時	時間始迄	十分鐘	時間始迄	數量	時間始迄
彭佳嶼	997.9	270318	31.3	ESE	260132	21.8	ESE	271040	43.4	280440-280540	14.6	280458-280508	334.5	241430-280910
基隆	995.9	270314	21.0	SE	260851	11.1	ENE	260851	22.0	261357-261457	13.5	250947-250957	211.5	241430-280943
鞍部	1363.3	270338	29.8	W	260605	10.2	S	261438	33.0	260836-260936	13.0	262006-262016	532.0	241430-280910
竹子湖	996.1	270337	19.6	WSW	252230	6.0	SSW	252112	31.0	252047-252147	10.0	262001-262011	486.5	241430-280910
台北	994.3	270347	20.1	SSE	252222	8.1	E	260336	11.0	252042-252142	6.5	261348-261358	131.3	241520-280910
新竹	991.8	270244	22.0	ENE	261422	12.6	NE	261426	4.5	252054-252154	1.5	250909-250919	40.5	241430-280910
梧棲	989.9	261337	27.8	ENE	251914	16.9	N	261405	2.0	271836-271936	1.0	271854-271904	12.5	251210-280650
台中	989.8	261426	10.8	E	252217	5.3	NNE	260004	1.5	270347-270447	1.0	280157-280207	12.4	241430-280910
日月潭	883.0	261553	7.9	WSW	270159	4.8	N	251650	13.0	271300-271400	4.0	271309-271319	45.1	250030-280900
澎湖	992.9	261545	29.0	E	260840	13.8	NNE	261306	23.5	280411-280511	7.0	280416-280426	120.8	261720-280900
東吉島	990.5	261459	36.3	NNE	261500	25.1	N	261915	9.5	280452-280552	3.0	280455-280505	81.0	261000-280856
阿里山	749.9	261417	12.6	SE	261245	5.0	E	261250	18.5	271604-271704	6.5	271615-271625	123.2	250820-280900
玉山	3007.5	261617	29.3	NE	261212	13.6	NE	262133	11.9	271201-271301	3.0	271220-271230	172.2	241500-281000
嘉義	985.9	261613	12.7	SSW	271345	5.5	SSE	271352	3.0	271441-271541	1.0	271452-271502	17.0	250530-280910
台南	989.1	261722	16.2	WNW	271035	9.1	W	271003	6.0	271917-272017	3.0	271350-271400	45.8	240805-282400
高雄	988.7	261451	18.9	W	270943	11.4	W	270753	12.5	270927-271027	5.0	271009-271019	106.0	241505-281000
恆春	989.5	261335	24.6	ENE	260316	10.8	N	260325	38.5	261140-261240	10.0	261230-261240	348.5	240105-280900
宜蘭	995.2	271417	21.9	E	252239	12.3	ENE	252030	35.5	240146-240246	16.0	240152-240202	375.7	241402-280910
蘇澳	995.3	270346	22.3	ESE	260013	14.7	E	261749	17.5	251912-252012	7.5	242015-242025	261.4	241720-280910
花蓮	994.9	270334	16.1	ENE	252019	10.4	E	261302	66.5	270650-270750	17.0	250806-250816	697.0	241900-280825
成功	991.5	261544	22.1	E	261139	11.6	NE	261146	27.5	261702-261802	12.5	261726-261736	379.0	241430-280910
台東	979.4	261818	35.2	ENE	261719	14.0	NNE	261741	47.5	261030-271130	13.5	261047-261057	390.5	240105-282330
蘭嶼	968.4	261142	61.5	W	261259	42.0	SW	261239	20.0	260711-260811	5.5	252145-252155	225.5	241406-280848
大武	983.8	261517	25.6	ENE	261054	10.9	NNE	261113	31.5	261543-261643	8.0	261609-261619	252.7	241430-280910

表 6、第十九號颱風(Lekima)警報期間中央氣象局(CWB)24 小時預報位置誤差

Table 6. 24-hour mean forecast error (km) for typhoon LEKIMA (0119)

	CLIP	CWB	TFSS	EBM	HURA	PGTW	RJTD	BCGZ	VHHH
CLIP	18 125								
	128 0								
CWB	18 125	20 85							
	83 -42	85 0							
TFSS	6 98	7 81	7 114						
	127 29	114 33	114 0						
EBM	9 120	10 85	7 114	10 198					
	194 74	198 112	196 81	198 0					
HURA	18 125	18 83	6 127	9 194	18 448				
	448 322	448 364	137 9	151 -42	448 0				
PGTW	18 125	20 85	7 114	10 198	18 448	20 83			
	87 -38	83 -1	46 -68	79 -118	87 -361	83 0			
RJTD	18 125	20 85	7 114	10 198	18 448	20 83	20 105		
	96 -29	105 20	79 -35	96 -101	96 -351	105 22	105 0		
BCGZ	18 125	20 85	7 114	10 198	18 448	20 83	20 105	20 72	
	75 -50	72 -12	59 -55	68 -129	75 -372	72 -11	72 -33	72 0	
VHHH	14 122	16 90	5 125	7 188	14 527	16 83	16 107	16 75	16 114
	124 1	114 24	81 -44	103 -85	124 -403	114 31	114 7	114 38	114 0
RPM	15 133	16 87	4 148	7 185	15 503	16 90	16 107	16 74	14 122
	98 -35	96 9	48 -100	85 -100	98 -405	96 5	96 -11	96 22	94 -27
									96 0

A	B
C	D

A 表示 X 和 Y 預報時間相同的次數  
 B 表示 X 軸上預報方法之 24 小誤差(KM)  
 C 表示 Y 軸上預報方法之 24 小誤差(KM)  
 D 表示 Y 軸預報方法比 X 軸預報方法好的程度

表 7、第十九號颱風(Lekima)警報期間中央氣象局(CWB)48 小時預報位置誤差

Table 7. 48-hour mean forecast error (km) for typhoon LEKIMA (0119)

	CLIP	CWB	TFSS	EBM	HURA	PGTW	RJTD	BCGZ	VHHH
CLIP	14 227								
	227 0								
CWB	14 227	16 131							
	138 -88	131 0							
TFSS	4 142	5 118	5 257						
	279 137	257 138	257 0						
EBM	7 203	8 127	5 257	8 440					
	431 227	440 312	450 192	440 0					
HURA	14 227	14 138	4 279	7 431	14 783				
	783 555	783 644	322 42	333 -98	783 0				
PGTW	14 227	16 131	5 257	8 440	14 783	16 144			
	148 -79	144 12	111 -146	164 -275	148 -635	144 0			
RJTD	14 227	16 131	5 257	8 440	14 783	16 144	16 159		
	155 -72	159 27	144 -112	164 -275	155 -627	159 14	159 0		
BCGZ	14 227	16 131	5 257	8 440	14 783	16 144	16 159	16 133	
	118 -109	133 1	120 -137	133 -307	118 -664	133 -11	133 -25	133 0	
VHHH	10 212	12 127	3 298	5 400	10 903	12 153	12 151	12 142	12 237
	238 25	237 109	187 -111	216 -183	238 -664	237 83	237 85	237 94	237 0
RPM	2 179	2 120	0 0	0 0	2 211	2 222	2 140	2 157	2 266
	224 44	224 103	0 0	0 0	224 12	224 1	224 83	224 66	224 -42
									224 0

A	B
C	D

A 表示 X 和 Y 預報時間相同的次數  
 B 表示 X 軸上預報方法之 48 小誤差(KM)  
 C 表示 Y 軸上預報方法之 48 小誤差(KM)  
 D 表示 Y 軸預報方法比 X 軸預報方法好的程度

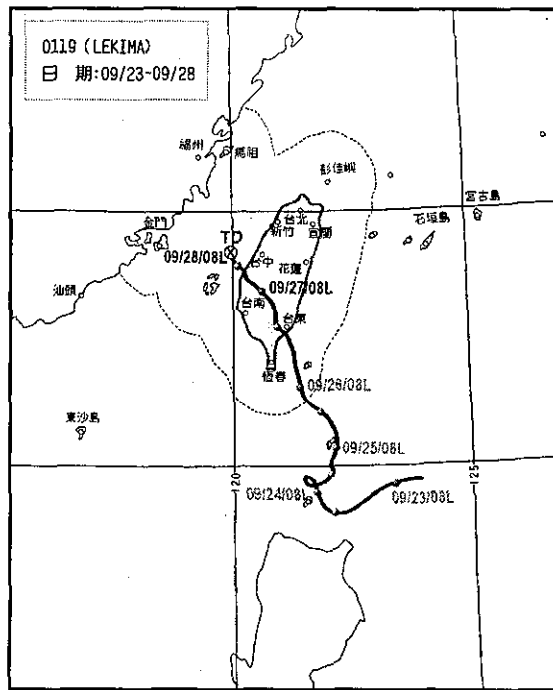


圖 1、2001 年第 19 號颱風利奇馬之最佳路徑  
Fig.1. The best track of typhoon LEKIMA (0119)

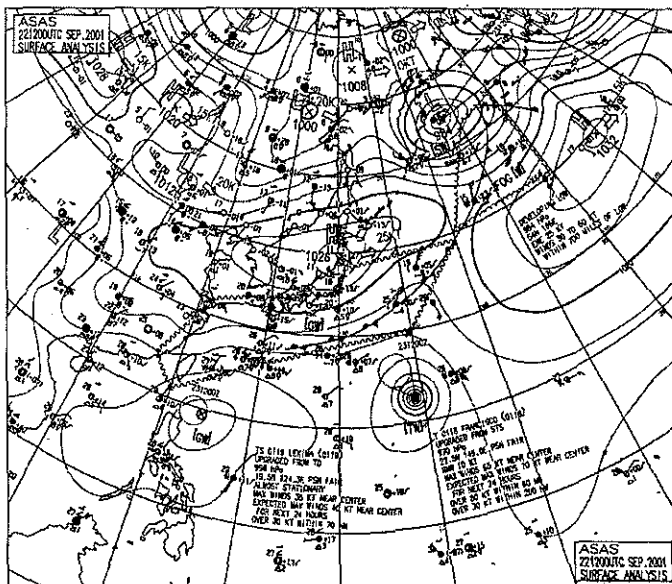


圖 2、2001 年 9 月 22 日 1200UTC 亞洲地面天氣分析圖  
Fig.2. The surface analysis at 1200UTC 22 Sep. 2001

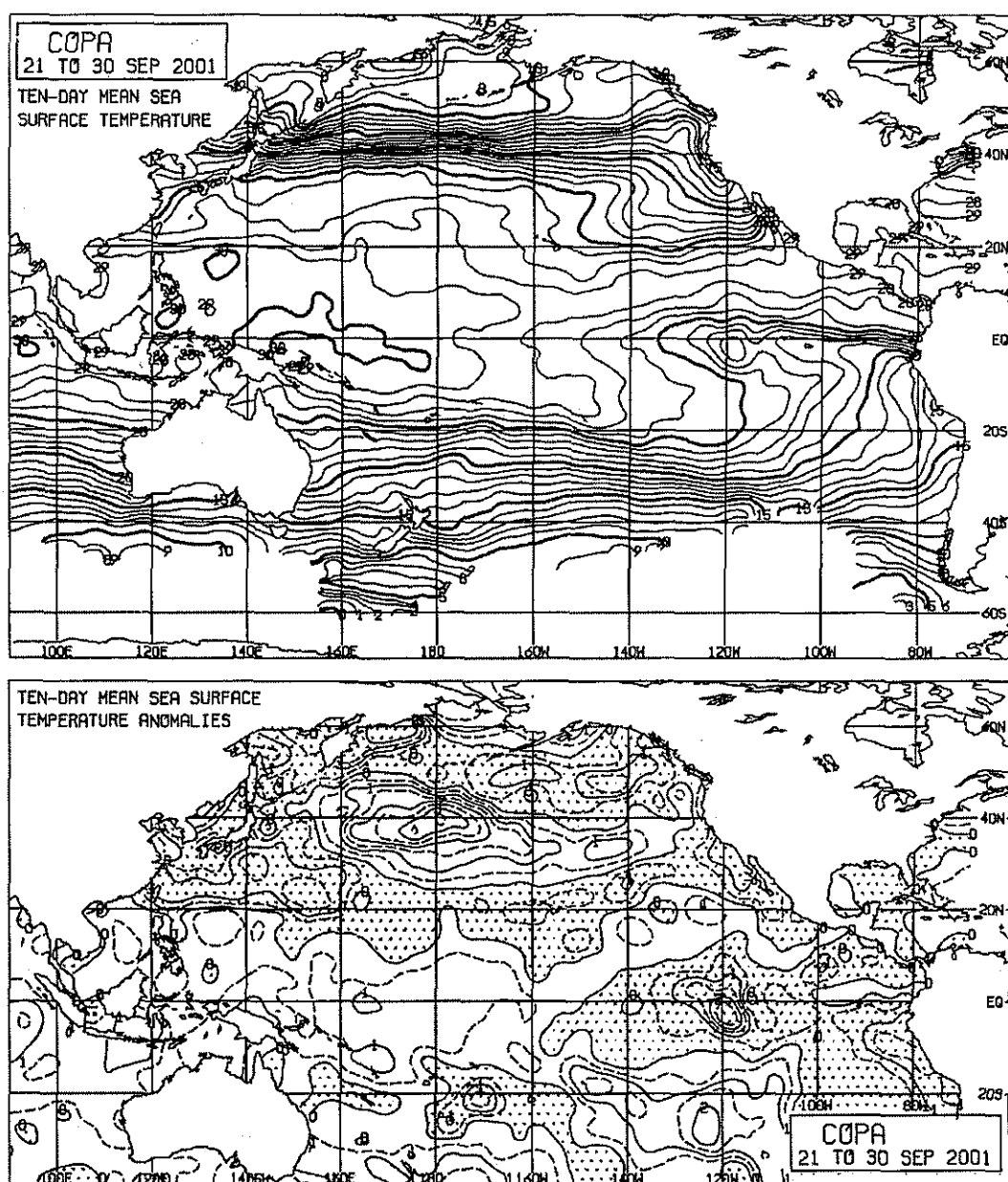


圖3、2001年9月21日至30日太平洋區域平均海面溫度(上)與海溫距平(下)圖  
 Fig.3. The ten-day(21-30 Sep. 2001) mean sea surface temperature (top) and anomalies (bottom) over the Pacific area.

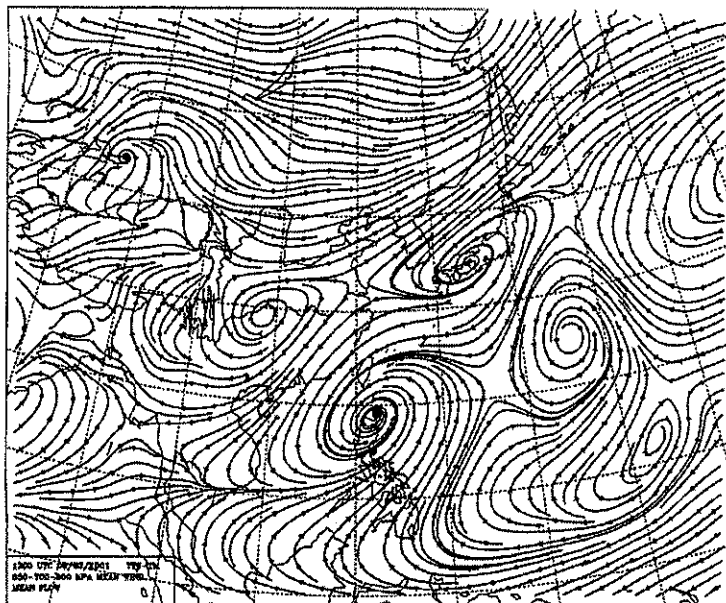


圖 4a、2001 年 9 月 23 日 1200UTC850/700/500 百帕平均氣流圖

Fig.4a. The 850/700/500 hPa mean flow streamline at 12UTC 23 Sep. 2001

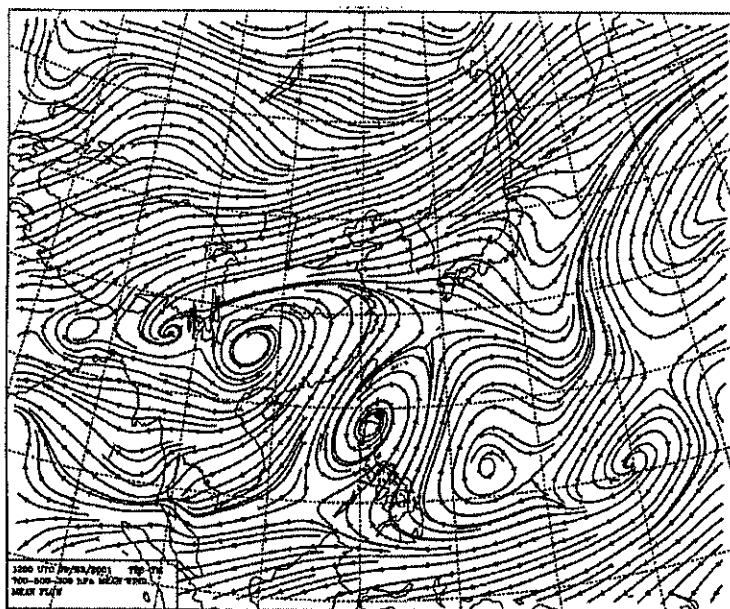
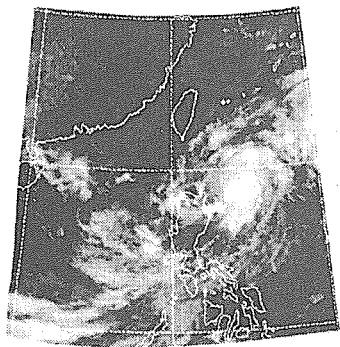


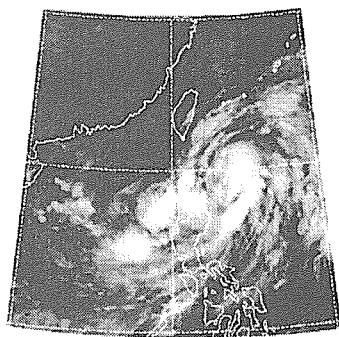
圖 4b、同 4a、但為 700/500/300 百帕平均氣流圖

Fig.4b. Same as Fig. 4a , but for 700/500/300 mean flow streamline

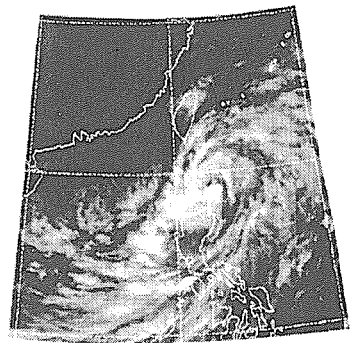




2212Z Sep. 2001



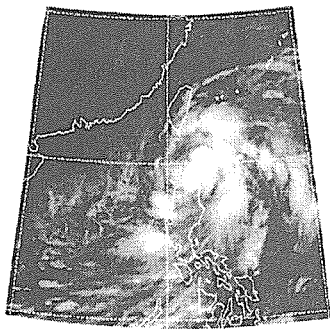
2300Z Sep. 2001



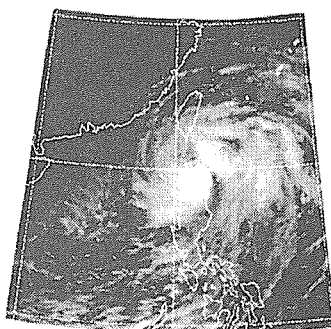
2312Z Sep. 2001

圖 5、利奇馬颱風紅外線衛星雲圖(2212Z-2800Z, Sep. 2001)

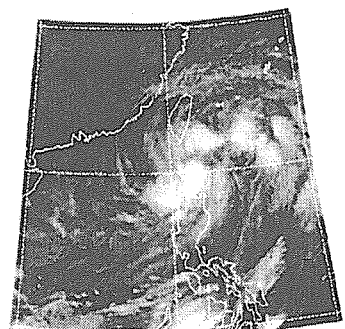
Fig.5. The infrared imagery from 2212Z to 2800Z Sep. 2001



2400Z Sep. 2001



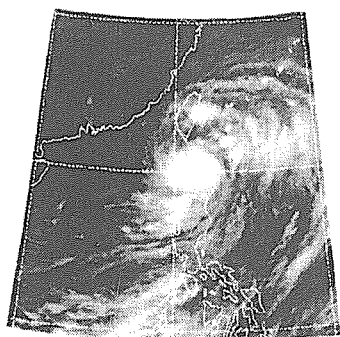
2412Z Sep. 2001



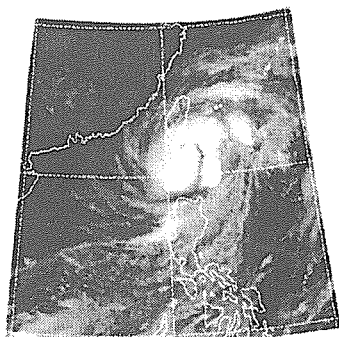
2500Z Sep. 2001

圖 5、續(1)

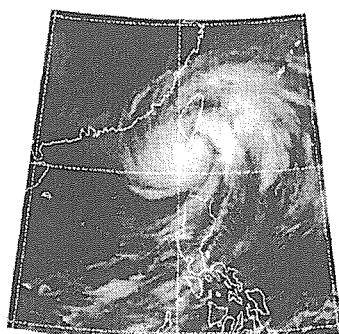
Fig.5. Continued



2512Z Sep. 2001



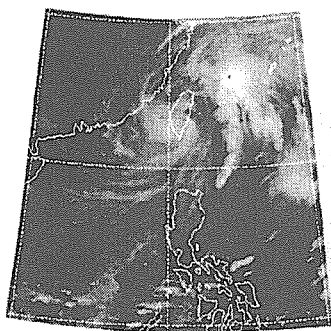
2600Z Sep. 2001



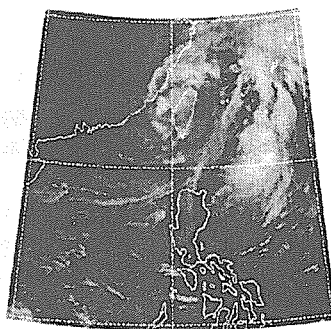
2612Z Sep. 2001

圖 5、續(2)

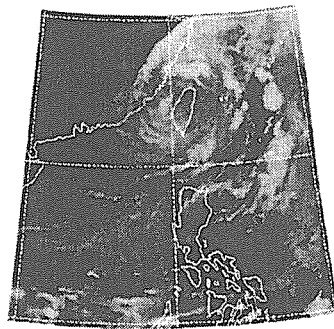
Fig.5. Continued



2700Z Sep. 2001



2712Z Sep. 2001



2800Z Sep. 2001

圖 5、續(3)

Fig.5. Continued

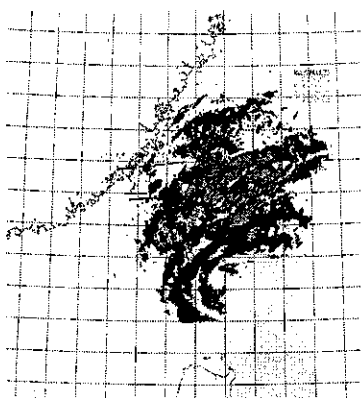


圖 6a、2001 年 9 月 25 日 09Z 中正、花蓮、高雄、五分山雷達站回波合成圖

Fig.6a. Composite chart of echoes from RCTP, RCHL, RCKS AND RCWF at 0900Z 25<sup>th</sup> Sep. 2001

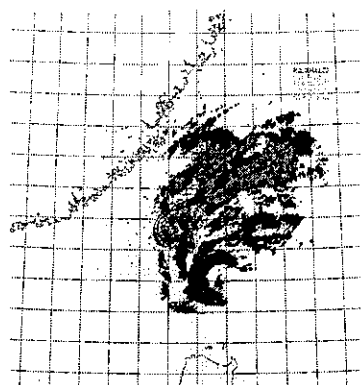


圖 6b、同圖 6a, 但為 2001 年 9 月 25 日 12Z

Fig.6b. Same as 6a, but for 12Z 25th Sep. 2001

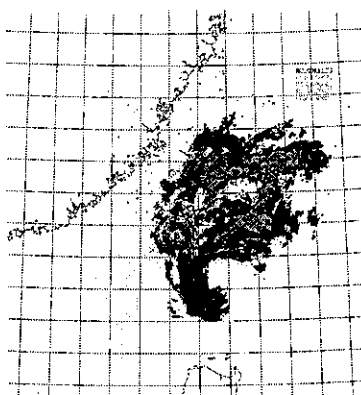


圖 6c、同圖 6a, 但為 2001 年 9 月 25 日 15Z

Fig.6c. Same as 6a, but for 15Z 25th Sep. 2001

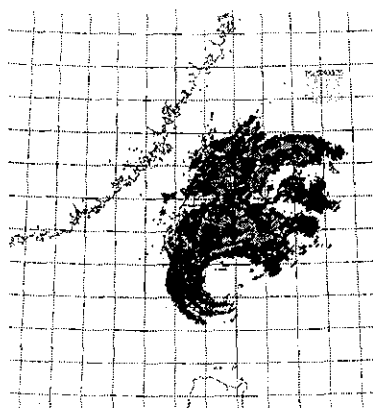


圖 6d、同圖 6a, 但為 2001 年 9 月 25 日 18Z  
Fig.6d. Same as 6a, but for 18Z 25th Sep. 2001

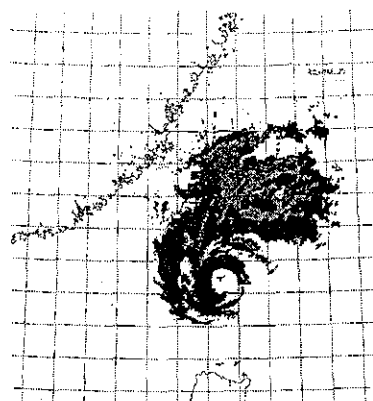


圖 6e、同圖 6a, 但為 2001 年 9 月 25 日 21Z  
Fig.6e. Same as 6a, but for 21Z 25th Sep. 2001

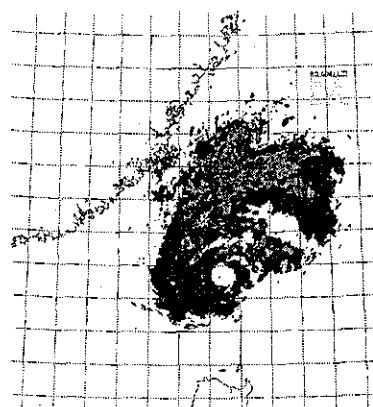


圖 6f、同圖 6a, 但為 2001 年 9 月 26 日 00Z  
Fig.6f. Same as 6a, but for 00Z 26th Sep. 2001

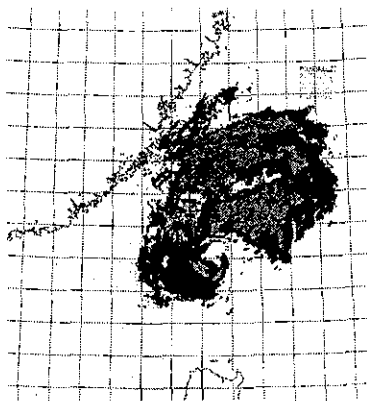


圖 6g、同圖 6a, 但為 2001 年 9 月 26 日 03Z  
Fig.6g. Same as 6a, but for 03Z 26th Sep. 2001

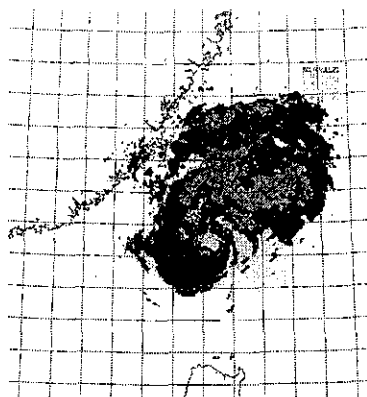


圖 6h、同圖 6a, 但為 2001 年 9 月 26 日 06Z  
Fig.6h. Same as 6a, but for 06Z 26th Sep. 2001

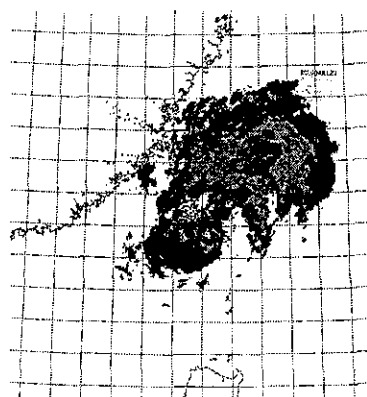


圖 6i、同圖 6a, 但為 2001 年 9 月 26 日 09Z  
Fig.6i. Same as 6a, but for 09Z 26th Sep. 2001

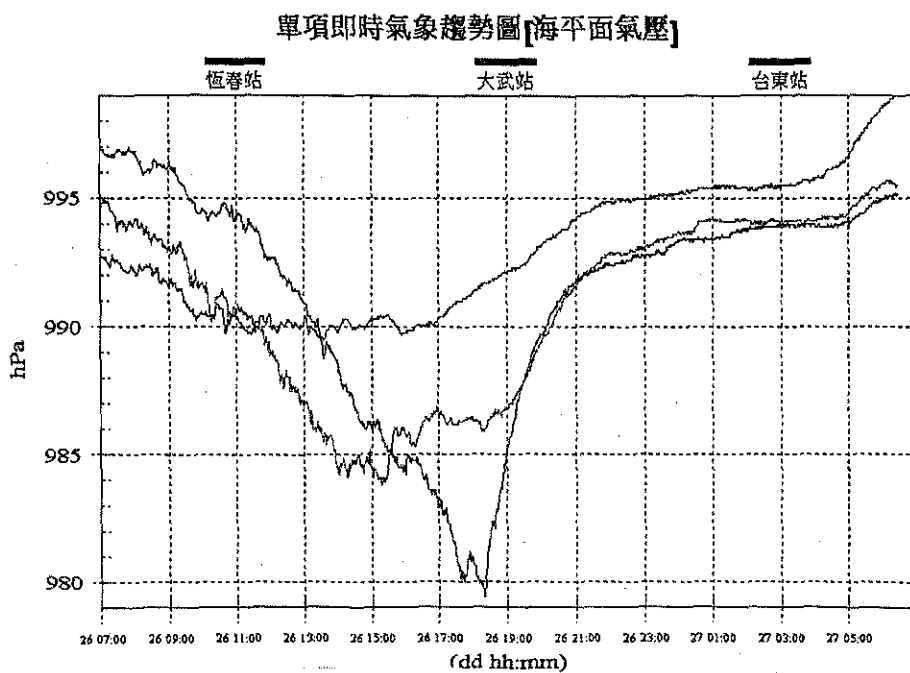


圖 7、恆春(46759)、大武(46754)、台東(46766)氣象站即時海平面氣壓趨勢圖  
Fig.7. The hourly sea level pressure of stations 46759, 46754, 46766

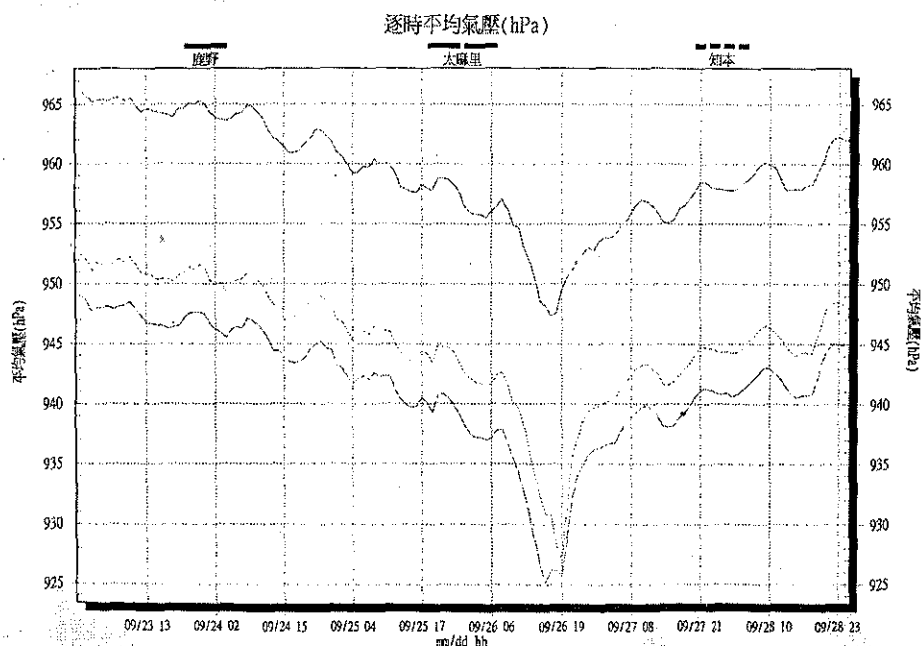


圖 8、鹿野、太麻里、知本自動觀測站逐時平均測站氣壓圖  
Fig.8. The hourly pressure of stations Luye, Taimali, chiban

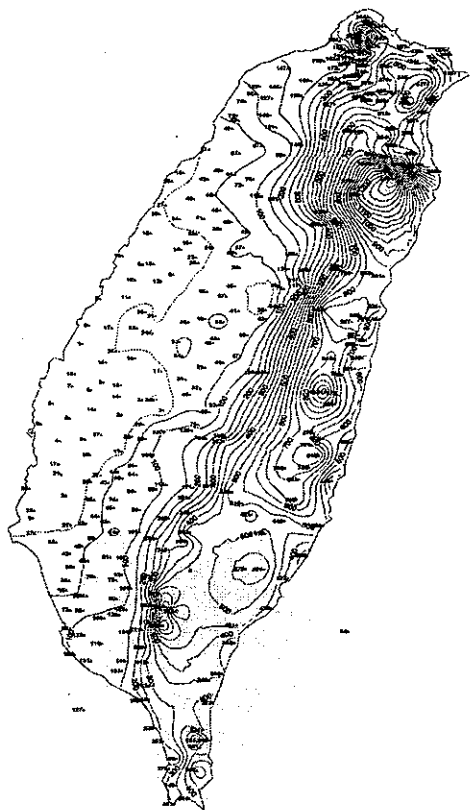


圖 9、利奇馬颱風總雨量線分布圖(90 年 9 月 23 日零時至 9 月 28 日 8 時)

Fig10. The accumulated rainfall over Taiwan area for the period of 00:00 23 Sep. to 08:00 28 Sep. 2001

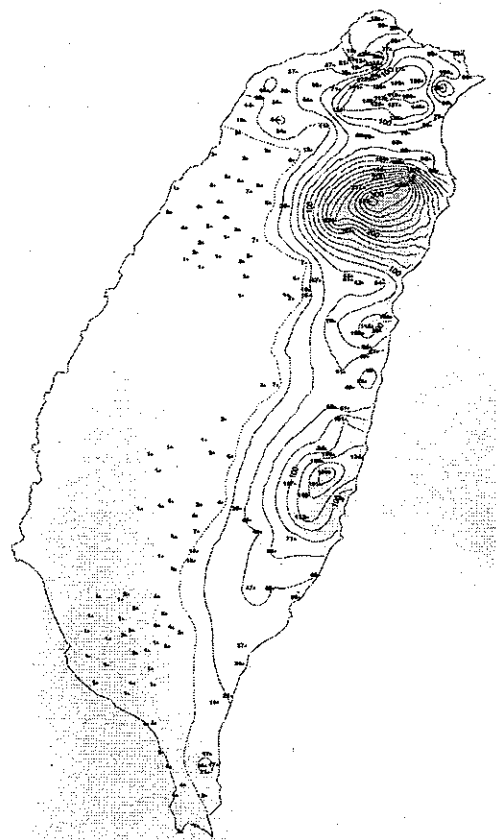


圖 10a、利奇馬颱風雨量分布圖(90 年 9 月 23 日零時至 24 時)

Fig10a. The 24hour accumulated rainfall over Taiwan area for 23th Sep. 2001

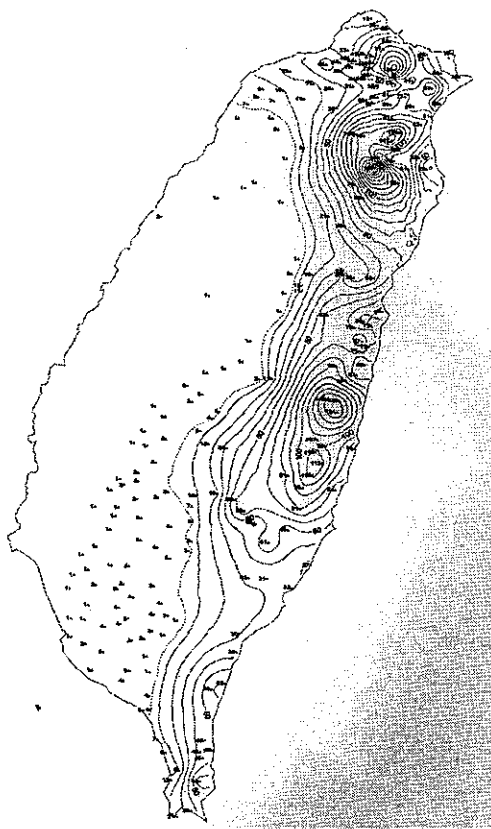


圖 10b、利奇馬颱風雨量分布圖(90 年 9 月 24 日零時至 24 時)  
Fig10b. Same as Fig. 10a, but for 24th Sep. 2001

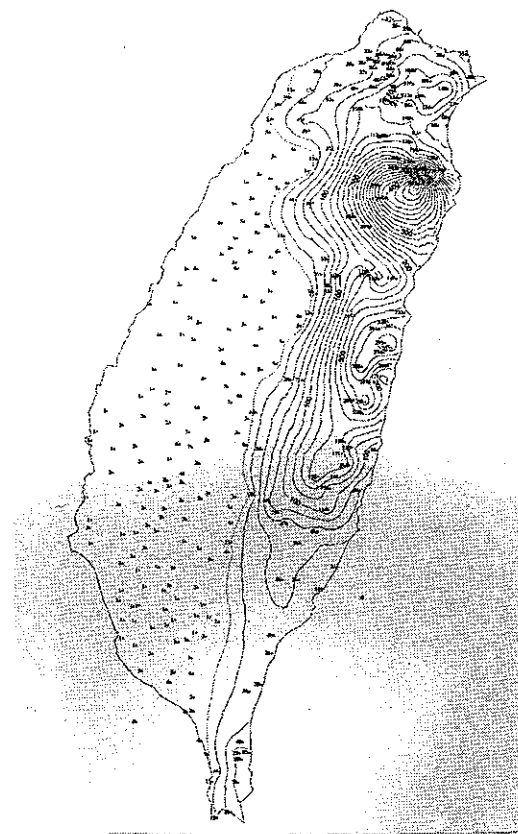


圖 10c、利奇馬颱風雨量分布圖(90 年 9 月 25 日零時至 24 時)  
Fig10c. Same as Fig. 10a, but for 25th Sep. 2001



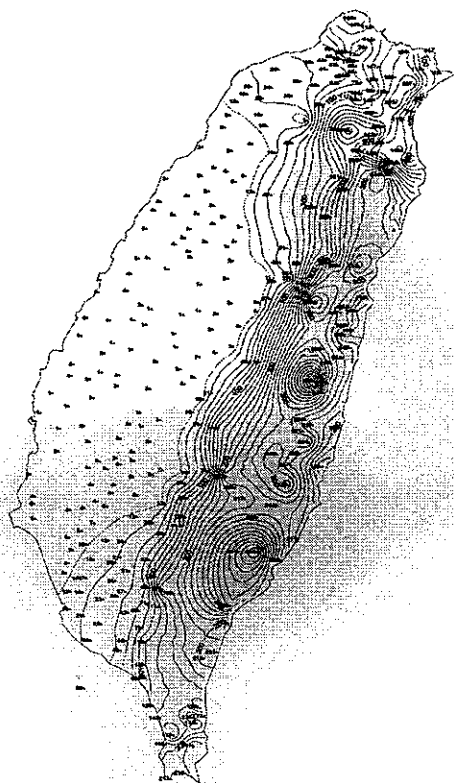


圖 10d、利奇馬颱風雨量分布圖(90 年 9 月 26 日零時至 24 時)  
Fig10d. Same as Fig. 10a, but for 26th Sep. 2001

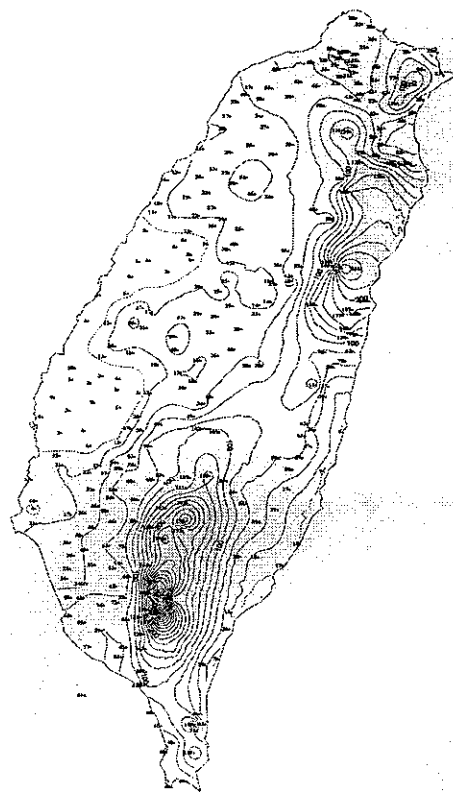


圖 10e、利奇馬颱風雨量分布圖(90 年 9 月 27 日零時至 24 時)  
Fig10e. Same as Fig. 10a, but for 27th Sep. 2001

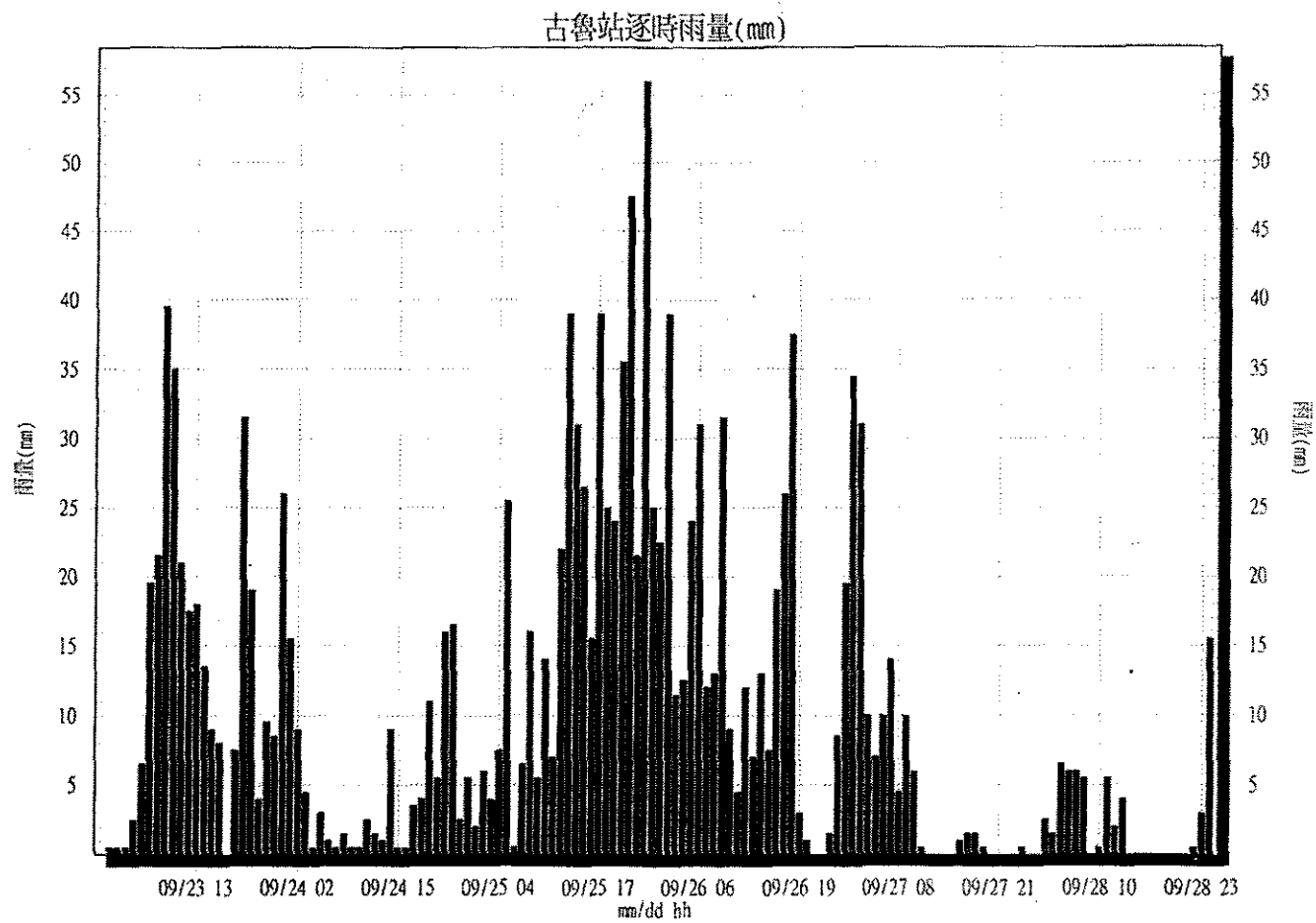


圖 11、古魯站逐時雨量圖(90 年 9 月 23 日至 9 月 28 日)

Fig11. The hourly rainfall of Kulu during 23-28 Sep. 2001



## 民國九十年颱風調查報告 — 第二十一號海燕(Haiyan)颱風(0121)

陳得松 黃康寧

中央氣象局 氣象科技研究中心

### 摘要

本文針對民國 90 年第二十一號颱風(國際命名: Haiyan; 中文譯名: 海燕)的發生經過、強度、路徑、侵台時各氣象要素和主、客觀路徑預報模式的校驗及災情做分析報告與檢討。

第二十一號颱風是民國 90 年西太平洋地區發生的第 21 個颱風(編號為 0121)，也是當年中央氣象局發布警報且侵襲台灣的第 9 個颱風。此颱風係於 10 月 12 日 18UTC 在菲律賓東方約 750 公里海面上形成，在為期 5 天 18 小時的生命期間，曾發展至中度颱風強度，近中心最大風速曾達 35m/s，七級風暴風半徑最大達 250 公里，十級風暴風半徑最大達 100 公里。此颱風於生成後，太平洋高壓北方脊線勢力漸漸加強，第二十一號颱風便由原偏北移動轉向朝西北方向行進靠近台灣。10 月 16 日 00UTC 時此颱風中心位於北緯 24.4 度、東經 124.4 度，由於太平洋高壓勢力範圍東退且北方高空槽線接近，其移速開始變慢，路徑也有轉北趨勢。其後受高空槽線導引，第二十一號颱風移動加速並轉向北北東前進，此颱風在侵台期間，中心並未登陸。最後因北方槽線接近已進入西風帶，在 10 月 18 日 12UTC 減弱並變性成溫帶氣旋。

第二十一號颱風接近台灣時，已是一結構良好且七級風暴風半徑達 250 公里的中度颱風。所幸最後颱風中心未登陸台灣，唯造成 2 人受傷及部分鐵路航空班次停駛停航。由第二十一號颱風侵台時的風雨資料分析顯示，台灣北部及東北部山區受到此颱風環流與東北季風雙重影響，有豪雨發生，沿海地區也出現較強陣風，而中部以南及東南部地區受到中央山脈阻擋，降雨情形不顯著。颱風路徑預報誤差方面，中央氣象局(CWB)之 24 小時及 48 小時官方主觀預報誤差分別為 200 公里與 461 公里；中央氣象局原始方程颱風路徑模式(TFS)及氣候持續法(CLIPER)統計模式之 24 小時誤差各為 275 公里與 229 公里，48 小時預報誤差各為 564 公里與 535 公里。

### 一、前言

民國 90 年第二十一號颱風(國際命名: Haiyan; 中文譯名: 海燕)是該年西太平洋地區發生的第 21 個颱風(編號為 0021)，也是當年中央氣象局發布警報而侵襲台灣的第 9 個颱風。第二十一號颱風(海燕)係於 10 月 12 日 18UTC 在菲律賓東方約 750 公里海面上形成，颱風自形成初期順著太平洋高壓駛流，以較緩慢的速

度朝偏北方向前進，惟自 10 月 14 日 06UTC 左右越過北緯 20 度後，移動方向轉向西北且慢慢加速朝向台灣而來。當颱風穿越東經 125 度後，由於太平洋高壓勢力範圍東退且受槽線影響，移速開始減慢，亦逐漸轉向偏北移動，最後未登陸台灣而由台灣東北部海面掠過，朝日本方向離去。此颱風為中度颱風，結構良好、七級風暴風半徑達 250 公里，因其暴風範圍足以涵蓋台灣中部以北地區，若颱風移近對台灣

地區將造成重大影響，台中、南投以北及花蓮以北地區將有發生強風豪雨機會，所以中央氣象局曾對第二十一號颱風發布海上陸上颱風警報。第二十一號颱風的移動路徑一直與中央氣象局的預測相近，且由於此颱風未登陸台灣，對台灣地區並未造成嚴重災害。

本文主要目的在描述第二十一號颱風(海燕)的生命過程，以及其對台灣地區及附近海面的影響。以下第二節先說明其發生及經過，第三節主要探討其強度及路徑變化，第四節則描述第二十一號颱風的最佳路徑(best track)並對各種預報方法做校驗分析，第五節主要分析颱風影響期間各氣象站之氣象狀況(包括風雨狀況)，災情列於第六節，最後則對此颱風做綜合討論。

## 二、第二十一號颱風(海燕)之發生及經過

民國 90 年第二十一號颱風(海燕)係於 10 月 12 日 18UTC 在菲律賓東方約 750 公里海面上(北緯 17.7 度、東經 129.7 度處)形成。表 1 為第二十一號颱風於 10 月 12 日 18UTC 至 10 月 18 日 12UTC 的最佳路徑、中心定位、強度變化及動向資料表。第二十一號颱風形成後，開始以偏北方向移動，該期間速率相當穩定，大致介於 9 至 11km/hr 間，而其強度及暴風範圍則逐漸增大。10 月 14 日 06UTC 左右，第二十一號颱風越過北緯 20 度後，由於太平洋高壓勢力加強，範圍西伸，故移動方向開始轉向西北且慢慢加速朝向台灣而來，在此期間，颱風強度漸增，範圍亦不斷擴大。10 月 15 日 00UTC 第二十一號颱風中心位於北緯 22.1 度、東經 127.7 度，強度已增為中度颱風，中心氣壓達 970 百帕，近中心最大風速達 33m/s，其七級風暴風半徑擴大為 200 公里，十級風半徑為 80 公里，移動方向開始轉向西北西，移速亦有加速朝向台灣而來之趨勢。中央氣象局預測此颱風未來仍將持續朝西北西移動，對台灣東部海面、北部海面及巴士海峽將構成威脅，因此在

10 月 15 日 08 時 15 分(地方時)對台灣東北部海面、東南部海面、北部海面及巴士海峽發布海上颱風警報，並將此一訊息透過各媒體及中央氣象局各種資訊傳輸管道迅速傳送，提醒民眾、各有關防災單位注意。

10 月 15 日 14 時(地方時)第二十一號颱風中心位於北緯 22.6 度、東經 126.6 度，中心氣壓已達 965 百帕，近中心最大風速達 35m/s，其七級風暴風半徑擴大為 250 公里，十級風半徑為 100 公里，且持續加速朝向台灣而來。中央氣象局接著在 15 日 14 時 25 分(地方時)發布海上陸上颱風警報，籲請基隆、宜蘭、花蓮、台北、桃園、新竹及苗栗地區嚴防強風豪雨，海上警戒區域除原有區域外，再增加台灣海峽北部。15 日至 16 日適逢大潮，中央氣象局亦於警報中提醒北部及東北部民眾慎防颱風引起潮位暴漲。10 月 15 日 17 時(地方時)第二十一號颱風中心位於北緯 22.9 度、東經 126.1 度，仍以穩定速度朝西北西方向前進，陸上警戒區域增加台中及南投地區。10 月 15 日 20 時(地方時)第二十一號颱風中心位於北緯 23.1 度、東經 125.8 度，即在宜蘭的東南東方約 460 公里海面上，由於太平洋高壓勢力範圍有減弱趨勢且北方槽線接近，導引此颱風之移動方向開始由西北西轉向西北，速度上亦稍減慢，中央氣象局於 15 日 20 時 20 分(地方時)第 5 報警報單中說明第二十一號颱風將有轉向西北移動之趨勢。10 月 15 日 23 時(地方時)第二十一號颱風中心位於北緯 23.4 度、東經 125.4 度，即在宜蘭的東南東方約 410 公里海面上，移動方向逐漸轉向西北向，且速度亦稍減慢為 15km/hr。10 月 16 日 02 時(地方時)第二十一號颱風中心位於宮古島南方近海(北緯 23.8 度、東經 125.1 度)，即在宜蘭的東南東方約 370 公里海面上，暴風圈已進入台灣東北部海面，故 16 日 02 時 40 分(地方時)發布第二十一號颱風海上陸上颱風警報，警戒區域包括花蓮以北及台中、南投以北地區和台灣附近海面。

10 月 16 日 08 時(地方時)第二十一號颱風

中心位於石垣島附近(北緯 24.4 度、東經 124.4 度)，即在宜蘭東方約 280 公里海面上，北部及東北部山區已發生豪雨且風雨逐漸加大，此時預測颱風有轉向偏北移動的趨勢，因此中央氣象局於 16 日 08 時 20 分(地方時)發布之第二十一號颱風第 9 報警報中先行解除台中及南投地區之陸上颱風警報。16 日 8 時至 14 時颱風中心逐漸由北北西移動轉為向北北東行進，但是移動速度仍為每小時 15 公里，此時暴風圈已籠罩台灣北部及東北部海面。10 月 16 日 14 時(地方時)第二十一號颱風中心位於石垣島北北東方海面附近(北緯 25.3 度、東經 124.5 度)，即在宜蘭的東北東方約 290 公里海面上，颱風移動方向有再轉向東北的趨勢，對台灣陸地的威脅已逐漸減輕。10 月 16 日 17 時(地方時)第二十一號颱風中心位於石垣島北北東方海面附近(北緯 25.9 度、東經 124.6 度)，即在宜蘭的東北東方約 320 公里海面上，移動方向已轉向北北東，移動速度亦加速至 19km/hr，對台灣陸地的威脅已解除，中央氣象局遂解除第二十一號颱風之陸上警報，但仍持續針對台灣北部、東北部及東南部海面發布海上颱風警報，且由於颱風外圍環流及東北季風雙重影響，中央氣象局特別提醒沿海地區民眾防範八至九級的強陣風。10 月 16 日 23 時(地方時)第二十一號颱風中心位於石垣島東北方海面附近(北緯 26.6 度、東經 125.4 度)，即在宜蘭的東北東方約 430 公里海面上，颱風中心逐漸由北北東移動轉為向東北行進，移動速度已加速至 23km/hr，中央氣象局研判此颱風對台灣附近海面的威脅已解除，遂解除第二十一號颱風之海上颱風警報。總計中央氣象局針對第二十一號颱風(海燕)共發布海上陸上颱風警報 9 報，海上颱風警報 4 報，詳細警報發布情形如表 2 所示。

### 三、第二十一號颱風(海燕)颱風強度及路徑變化

第二十一號颱風(海燕)於民國 90 年 10 月

12 日 18UTC 在菲律賓東方約 750 公里海面上形成之後，即以穩定之速率(約 9km/hr)沿著太平洋高壓西緣朝偏北方向前進。由 10 月 13 日 00UTC 之 500 百帕高空圖(圖 1)顯示，太平洋高壓 5880gpm 等高線自太平洋向西延伸至東經 137 度，北方槽線已通過韓國到達日本向西南延伸至北緯 30 度、東經 130 度附近，大陸華南地區亦有一高壓存在。第二十一號颱風中心位於北緯 18.5 度、東經 129.7 度，基本上處於鞍形場內，颱風受附近駛流(見圖 2)南風分量稍大影響向偏北方向移動，由此時之紅外線衛星雲圖(圖 3)顯示，其強度尚在增強階段，中心氣壓達 995 百帕，中心最大風速為每秒 20 公尺，七級風暴風半徑為 120 公里；其後一天半，由於綜觀天氣系統變化不大，故其行進方向一直維持朝向偏北前進。10 月 14 日 12UTC(圖 4)，颱風中心位於北緯 21.0 度、東經 129.5 度，由圖 5 的紅外線衛星雲圖與圖 3 比較可看出，颱風強度逐漸增加，估計此時中心氣壓達 975 百帕，中心最大風速為每秒 30 公尺，七級風暴風半徑為 200 公里，十級風暴風半徑為 50 公里。至 10 月 15 日 00UTC，第二十一號颱風之中心位於北緯 22.1 度、東經 127.7 度，由圖 6 的 500 百帕高空圖中可見，太平洋高壓的勢力開始增強，向西延伸與大陸高壓形成橫互於颱風北側之脊線場，如當時 700-500-300hPa 三層平均流線場(圖 7)所示，第二十一號颱風所在區域之駛流為東南東風，故移動方向有由北轉向西北西趨勢，速度漸漸加快，而紅外線衛星雲圖(圖 8)亦顯示其強度持續增強，估計中心氣壓達 970 百帕，中心最大風速為每秒 33 公尺，已成為中度颱風，七級風暴風半徑為 200 公里，十級風暴風半徑為 80 公里。

10 月 15 日 12UTC 之 500 百帕高空圖(圖 9)中，太平洋高壓的脊線場繼續橫互於颱風北側，而北方槽線持續向東移向大陸華北地區，約到達東經 115 度，但強度並不強，對第二十一號颱風之路徑並無影響，颱風之中心位於北緯 23.1 度、東經 115.8 度，由當時 700-500-300

hPa 三層平均流線場(圖 10)可看出,第二十一號颱風所在區域之駛流均為東南風,故移動方向朝向西北前進,速度亦加快至 18km/hr,圖 11 為當時紅外線衛星雲圖,由圖顯示颱風之颱風眼已隱約可見,近中心最大風速已達 35m/s,七級風暴風半徑為 250 公里,十級風暴風半徑為 100 公里。圖 12 為 10 月 16 日 00UTC 之 500 百帕高空圖,圖中太平洋高壓的勢力開始減弱,而北方槽線持續向東移至韓國西北方,約到達東經 122 度,並向南延伸至北緯 35 度,第二十一號颱風之中心位於北緯 24.4 度、東經 124.4 度,即在宜蘭東方約 280 公里之海面上,此時 700-500-300hPa 三層平均流線場(圖 13)顯示,第二十一號颱風所在區域之駛流已轉為南南東風,故移動方向開始轉為向偏北前進,速度亦開始減慢,而紅外線衛星雲圖(圖 14)中,第二十一號颱風之颱風眼仍很清楚,近中心最大風速維持 35m/s,七級風暴風半徑為 250 公里,十級風暴風半徑為 100 公里。

在 10 月 16 日 12UTC 之 500 百帕高空圖(圖 15)顯示,太平洋高壓的勢力範圍持續減弱,而北方槽線繼續向東通過韓國,約到達東經 132 度,並向南延伸至北緯 35 度,第二十一號颱風之中心位於北緯 26.2 度、東經 124.9 度,即在宜蘭東北東方約 360 公里之海面上。如當時 700-500-300hPa 三層平均流線場(圖 16)所示,第二十一號颱風所在區域之駛流已轉為西南風,故移動方向開始轉為向東北行進,速度亦開始加速。圖 17 為當時紅外線衛星雲圖,圖中可見第二十一號颱風之北方雲系已和鋒面系統結合,近中心最大風速仍維持 35m/s,七級風暴風半徑為 250 公里,十級風暴風半徑為 100 公里。圖 18 為 10 月 17 日 00UTC 之 500 百帕高空圖,太平洋高壓勢力持續減弱,而北方槽線繼續向東移至日本北方,約到達東經 140 度,並向南延伸至北緯 35 度,第二十一號颱風之中心位於北緯 27.5 度、東經 127.4 度,而當時 700-500-300hPa 三層平均流線場(圖 19)顯示,第二十一號颱風所在區域之駛流仍為西南

風,故移動方向持續向東北行進,且由於北方槽線更加接近,速度已加快至 29km/hr,颱風強度亦開始減弱,近中心最大風速降為 33m/s。第二十一號颱風中心並未登陸台灣,10 月 18 日 06UTC 颱風中心已移至北緯 32.4 度、東經 139.6 度,近中心最大風速也已降為 23m/s,即將轉為溫帶氣旋,此颱風總計其生命史共 5 天又 18 小時。

有關第二十一號颱風(海燕)強度之變化可由圖 20 看出,自 10 月 12 日 18UTC 生成於菲律賓東方海面後,中心氣壓逐漸由 998 百帕加強至 980 百帕(14 日 06UTC),此後第二十一號颱風移動方向轉向西北,強度也持續加強,10 月 15 日 00UTC,近中心最大風速為 33m/s,中心氣壓降至 970 百帕,成為中度颱風。6 小時後,第二十一號颱風近中心最大風速為 35m/s,中心氣壓降至 965 百帕,七級風暴風半徑達 250 公里,十級風暴風半徑則達 100 公里。如此之強度持續 36 小時,而後由於槽線接近,結構受垂直風切破壞,且因進入西風帶,強度開始減弱,到 10 月 17 日 00UTC 轉為輕度颱風,中心最大風速達 30m/s,但七級風暴風半徑仍達 200 公里。而後此颱風中心快速往東北進行,於 10 月 18 日 12UTC 變性為溫帶氣旋。由 10 天平均海水溫度(圖 21)分析,第二十一號颱風在 10 月 16 日 00UTC 以前皆在海水溫度大於 27°C 之海面上移動,很適合颱風或熱帶性低氣壓發展,致使此颱風得以加強至中度強度。之後由於北方槽線接近,且因進入西風帶,強度漸減弱。

#### 四、第二十一號颱風(海燕)之最佳路徑及路徑預報誤差校驗

中央氣象局氣象衛星中心提供颱風逐時定位資料,表 3 列出其每六小時間距之定位結果。在颱風警報發布期間,其他作業單位之衛星定位資料亦為中央氣象局颱風定位作業之參考,以及決定最佳路徑之依據。表 1 及圖 22 為第二十一號颱風(海燕)最佳路徑相關資料,

由於第二十一號颱風在其 5 天又 18 小時生命史內，結構良好、強度甚強，故各種定位均頗為一致。

在第二十一號颱風路徑預報誤差方面，將以表一所定最佳路徑，就中央氣象局官方發布(CWB)、日本(RJTD)、廣州(BCGZ)、菲律賓(RPMM)、關島(PGTW)、香港(VHHH)等 6 種主觀預報、CLIPER 與 HURRAN 兩種統計預報方法、以及中央氣象局原始方程颱風路徑預報模式(TFS)與相當正壓颱風模式(EBM)兩種動力預報模式之 24 小時與 48 小時預報位置誤差分別加以探討。

#### (一)24 小時之平均路徑預報誤差

如表 4 所示，由於第二十一號颱風自形成至消散，其移動方向、速度變化甚大，故各種主、客觀預報方法(統計、動力)皆顯示存在一定之誤差。在各種主觀預報方法中以 RJTD 表現最好，24 小時之平均路徑預報誤差只有 153 公里，其次為 BCGZ 之 174 公里，PGTW、RPMM 及 CWB 三者 24 小時之平均路徑預報誤差則分別為 175、185、200 公里，至於 VHHH 之 24 小時平均路徑預報誤差到達 348 公里。在颱風路徑兩種統計預報法中，CLIPER 法稍優於 HURRAN 法，24 小時之平均路徑預報誤差分別為 229 與 316 公里。而對 TFS 與 EBM 兩種動力颱風路徑預報模式而言，TFS 之預報結果如圖 23 所示，其 24 小時平均路徑預報誤差為 275 公里，EBM 之預報結果如圖 24，其預測方向則有明顯偏右誤差出現，導至其 24 小時平均路徑預報誤差到達 318 公里。

#### (二)48 小時之平均路徑預報誤差

如表 4 所示，在各種主觀預報方法中以 RJTD 表現最好，48 小時之平均路徑預報誤差只有 355 公里，其次為 PGTW 誤差 390 公里，BCGZ 與 CWB 二者 48 小時之平均路徑預報誤差則分別為 437 與 461 公里，至於 VHHH 之 48 小時平均路徑預報誤差到達 985 公里。在兩種統計預報法中，CLIPER 法優於 HURRAN 法，48 小時之平均路徑預報誤差分別為 535 與

722 公里。至於 TFS 又較 EBM 佳，48 小時平均路徑預報誤差分別為 564 與 687 公里。

## 五、第二十一號颱風(海燕)影響期間台灣地區各地氣象狀況

第二十一號颱風(海燕)越過北緯 20 度後，由於太平洋高壓勢力範圍西伸，移動方向開始轉向西北且慢慢加速朝向台灣而來，在此期間，強度漸增至中度颱風，七級風暴風半徑亦擴大為 250 公里。其後，由於太平洋高壓勢力東退，以及北方槽線伴隨西風帶南下，導引第二十一號颱風逐漸轉向東北行進，而未登陸台灣。但受到此結構良好的中度颱風之外圍環流及東北季風雙重影響，仍為台灣部分地區帶來豪雨，幸未造成嚴重災害。以下就第二十一號颱風影響期間台灣各地的地面氣壓、雨量分布及風力狀況做扼要分析(其中所述及時間皆指地方時)。

#### (一)氣壓分析

表 5 為第二十一號颱風影響台灣期間中央氣象局所屬各氣象站出現之極端氣象要素統計表。在最低氣壓方面，因颱風中心並未登陸台灣，所以各氣象測站的氣壓最低值皆在 996 百帕以上，以花蓮氣象站的 996.6 百帕為最低，離島的彭佳嶼及蘭嶼氣象站的 997.2 及 997.4 百帕次之。至於最低氣壓的時間分布，依著颱風移行路線，台灣從南到北陸續出現氣壓下降，此外，台灣東半部氣壓下降則較西半部為早。

#### (二)降雨分析

第二十一號颱風的暴風邊緣經過台灣東北角區域，其中心於石垣島附近轉向東北行進，中心並未登陸台灣陸地。但受到颱風環流與東北季風雙重影響，台灣北部及東北部山區仍發生豪雨(圖 25、26)，但中部以南及東南部區域受到中央山脈阻擋，降雨情形不明顯。在累積雨量方面，颱風警報發布期間，中央氣象局各氣象站累積雨量分布(表 5、圖 26)的豪雨中心位於北部山區，以鞍部的 199 公釐及竹子湖的



182.5 公釐為最多，其餘各氣象站累積雨量皆少於 55 公釐。自 10 月 15 日 0 時至 16 日 24 時止，自動雨量站中出現較大累積雨量地區(圖 25)如下：新竹縣鳥嘴山 322 公釐、陽明山鞍部 234 公釐、台北縣桶後 223 公釐、桃園縣大溪 214 公釐、苗栗縣關霧 185 公釐、宜蘭縣大礁溪 160 公釐，雨量較大區域集中在雪山山脈附近，此外，北部山區及東北部山區亦有可觀的雨量。在日雨量方面(表 6)，10 月 15 日至 16 日，當第二十一號颱風往西北方向接近台灣及其後逐漸轉向北北東時，於颱風環流與東北季風的交互作用下，在迎風面的北部山區引發明顯降水，其餘地區因地形屏障，並無豪雨出現。

在各氣象站時雨量方面(表 5)，以竹子湖的 31 公釐最多，鞍部的 29 公釐次之。至於十分鐘降水強度，則以鞍部的 8.5 公釐為最大。在降水強度的時間分布方面(圖 27、28)，北部、東北部及北部山區降水強度出現兩次高峰，發生在第二十一號颱風往西北方向接近台灣及開始轉向北移的期間。

### (三)風力分析

第二十一號颱風掠過台灣東北角海域，而在颱風環流與東北季風雙重作用下，於台灣沿海地區出現強陣風(見表 7 與圖 29)。在最大風力方面，台灣本島地區以鞍部出現的 11 級(28.9m/s)陣風及 8 級(17.7m/s)平均風最強，至於離島地區，則以彭佳嶼出現的陣風 12 級(36.9m/s)及 10 級平均風(27.1m/s)為最強，蘭嶼出現的陣風 10 級(27.5m/s)及平均風 9 級(22m/s)、東吉島出現的陣風 10 級(26.4m/s)及平均風 8 級(19m/s)次之。

在風力的時間分布方面(圖 30、31)，颱風警報發布期間，台灣本島測站的風力普遍比離島風力小，因所處位置關係，可明顯看出，鞍部及彭佳嶼皆是在 10 月 16 日於颱風開始轉向北北東後風力逐漸增大，此可參考圖 32。

## 六、第二十一號颱風(海燕)災情報告

第二十一號颱風(海燕)在接近台灣東北角陸地後即轉向東北方向行進，接觸台灣時間較短，僅造成人員兩人受傷。但為防範颱風影響交通安全，10 月 16 日部分的鐵路及航空班次停駛或停航。

## 七、結論

綜合以上對第二十一號颱風(海燕)分析結果可歸納為以下幾點：

(一)民國 90 年第二十一號颱風在為期 5 天 18 小時的生命期間，曾發展至中度颱風強度，近中心風速最強時達 35m/s，七級風暴風半徑最大達 250 公里，十級風暴風半徑最大達 100 公里。第二十一號颱風生成後，太平洋高壓脊線勢力漸漸加強，使其由偏北移動，轉向朝西北方向行進靠近台灣。10 月 16 日 00UTC 第二十一號颱風中心位於北緯 24.4 度、東經 124.4 度時，由於太平洋高壓勢力範圍東退且北方槽線接近，第二十一號颱風移速開始變慢，路徑也有轉北趨勢。其後受槽線導引，第二十一號颱風加速移動並轉向北北東前進，此颱風在侵台期間，中心並未登陸。最後受北方槽線接近影而進入西風帶，在 10 月 18 日 12 時 UTC 減弱並變性成溫帶氣旋。

(二)第二十一號颱風為民國 90 年西太平洋地區第 21 個颱風，也是當年中央氣象局發布颱風警報的第 9 個颱風，其中海上警報開始發布於 10 月 15 日 08 時 15 分，海上陸上颱風警報則於 10 月 15 日 14 時 25 分開始發布、10 月 16 日 17 時 30 分解除，最後於 10 月 16 日 23 時 15 分解除颱風警報。

(三)第二十一號颱風之暴風邊緣掠過台灣東北角區域，中心並未登陸台灣陸地。而受到颱風環流與東北季風雙重影響，台灣北部及東北部山區有豪雨發生，且沿海地區出現較強陣風，但中部以南及東南部區域受到中央山脈阻擋，降雨情形不明顯。在累積雨量方面，以新竹縣鳥嘴山自動雨量站的 322 公釐最多，較大雨量區域集中在雪山山脈附近。風力方面，則

以彭佳嶼出現的 12 級陣風為最大。

(四)對第二十一號颱風路徑之預測，由於此颱風自形成至消散，其移動方向、速度變化甚大，故各種主、客觀預報方法皆有一定之誤差。在各種主觀預報方法中，以 RJTD 表現最好，對 24 小時之路徑預報平均誤差只有 153 公里，其次為 BCGZ 之 174 公里，PGTW、RPM 及 CWB 三者分別為 175、185 及 200 公里，至於 VHHH 之誤差則達到 348 公里。在兩種統計預報法中，CLIPER 法稍優於 HURRAN 法，24 小時之平均路徑預報誤差分別為 229 與 316 公里。而對 TFS 與 EBM 兩種動力預報模式而言，24 小時平均路徑預報誤差各為 275 與 318 公里。至於 48 小時之平均路徑預報誤差，在各種主觀預報方法中仍以 RJTD 表現最好，平均路

徑預報誤差只有 355 公里。其次為 PGTW 之 390 公里，BCGZ 及 CWB 分別為 437 與 461 公里，至於 VHHH 之 48 小時平均路徑預報誤差則達到 985 公里。在兩種統計預報法中，CLIPER 法優於 HURRAN 法，48 小時之平均路徑預報誤差分別為 535 與 722 公里；至於兩動力方法比較，48 小時平均路徑預報誤差分別為 564 與 687 公里，TFS 較 EBM 佳。

(五)第二十一號颱風在接近台灣東北角陸地後即轉向東北方向行進，接近台灣時間較短，僅造成人員兩人受傷，以及部分鐵路航空班次停駛停航。

# **Report on Typhoon 0021 (Haiyan) of 2001**

Der-Song Chen Kang-Ning Huang

Meteorological Research and Development Center

Central Weather Bureau

## **ABSTRACT**

Typhoon Haiyan (0021) was the twenty-first typhoon over the northwestern Pacific Ocean in 2001. It was also the ninth one on which that the Central Weather Bureau (CWB) had issued typhoon warnings in the same year. Typhoon Haiyan formed near  $17.7^{\circ}\text{N}, 129.7^{\circ}\text{E}$  at 12UTC 12 October, and then moved northward. The western Pacific Ocean subtropical high enhanced after the tropical storm passed through  $21.0^{\circ}\text{N}$  at 12UTC 14 October, therefore induced Haiyan move northwestward toward Taiwan Islands. At 00UTC 16 October, owing to the influence of the middle-latitude trough, typhoon Haiyan turned to northward when it was near  $125^{\circ}\text{E}$ . Six hours later, the trough moved eastward toward  $135^{\circ}\text{E}$ , and typhoon Haiyan changed its moving direction from northward to north-north-eastward under this effect, and further to north-eastward finally. Due to the influences of both the circulation of typhoon Haiyan and the northeasterly monsoon, heavy rainfalls occurred in the mountain areas in the north and northeast parts of Taiwan in the invaded period.

The 24-hour and 48-hour official forecast errors by CWB were 200km and 461km, respectively. The 24/48 hour forecast errors by TFS and CLIPER were 275km/229km and 564km/535km, respectively.

表 1、第二十一號颱風(海燕)最佳路徑中心定位、強度變化及動向資料表

Table1、The best track, intensity, and movement of typhoon 0121 (HAIYAN).

時間 (UTC)			中心位置 (度)		中心 氣壓 (hPa)	強度	移動 方向	移動 速度 (km/hr)	近中心最大風 速 (m/s)		暴風半徑 (km)	
月	日	時	北緯	東經					平均	瞬間	七級風	十級風
10	12	18	17.7	129.7	998	輕度	NW	slowly	18	25	120	---
	13	00	18.5	129.7	995	輕度	NW	slowly	20	28	120	---
		06	18.7	129.7	995	輕度	NW	9	20	28	120	---
		12	18.7	129.7	990	輕度	NW	9	23	30	150	---
		18	18.7	129.7	985	輕度	NW	9	25	33	180	---
	14	00	19.2	129.7	985	輕度	NW	9	25	33	180	---
		06	20.3	129.7	980	輕度	NW	11	28	35	200	---
		12	21.0	129.5	975	輕度	NW	13	30	38	200	50
		18	21.8	128.6	975	輕度	NW	16	30	38	200	50
	15	00	22.1	127.7	970	中度	WNW	16	33	43	200	80
		06	22.6	126.6	965	中度	WNW	18	35	45	250	100
		12	23.1	125.8	965	中度	WNW	18	35	45	250	100
		18	23.8	125.1	965	中度	NW	15	35	45	250	100
	16	00	24.4	124.4	965	中度	NW	15	35	45	250	100
		06	25.3	124.5	965	中度	N	15	35	45	250	100
		12	26.2	124.9	965	中度	NNE	19	35	45	250	100
		18	27.0	125.8	965	中度	ENE	22	35	45	250	100
	17	00	27.5	127.4	975	輕度	ENE	29	30	38	200	---
		06	28.2	128.6	975	輕度	ENE	30	28	35	200	---
		12	29.0	130.8	980	輕度	ENE	38	25	33	180	---
		18	29.6	133.0	985	輕度	ENE	41	25	33	180	---
	18	00	30.7	136.3	990	輕度	ENE	55	23	30	180	---
		06	32.4	139.6	990	輕度	ENE	55	23	30	180	---
		12	33.5	143.5	994	溫帶氣旋	ENE	55	---	---	---	---

表 2、第二十一號颱風(海燕)侵台期間中央氣象局警報發布一覽表

Table 2、Warnings issued by CWB for typhoon 0121 (HAIYAN).

種類	次序		發布時間(LST)				警戒地區		備註
	號	報	月	日	時	分	海上	陸上	
海上	21	1	10	15	8	15	巴士海峽及台灣北部、東北部及東南部海面		中度
海上	21	2			11	35	巴士海峽及台灣北部、東北部及東南部海面		中度
海陸	21	3			14	25	台灣海峽北部、巴士海峽及台灣北部、東北部及東南部海面	台灣北部、東北部及東部地區	中度
海陸	21	4			17	40	台灣海峽北部、巴士海峽及台灣北部、東北部及東南部海面	花蓮以北及台中、南投以北地區	中度
海陸	21	5			20	20	台灣海峽北部、巴士海峽及台灣北部、東北部及東南部海面	花蓮以北及台中、南投以北地區	中度
海陸	21	6			23	30	台灣海峽北部、巴士海峽及台灣北部、東北部及東南部海面	花蓮以北及台中、南投以北地區	中度
海陸	21	7	16	2	40		台灣海峽北部、巴士海峽及台灣北部、東北部及東南部海面	花蓮以北及台中、南投以北地區	中度
海陸	21	8			5	20	台灣海峽北部、巴士海峽及台灣北部、東北部及東南部海面	花蓮以北及台中、南投以北地區	中度
海陸	21	9			8	20	台灣海峽北部、台灣北部、東北部及東南部海面	花蓮以北及苗栗以北地區	中度
海陸	21	10			11	30	台灣海峽北部、台灣北部、東北部及東南部海面	基隆、宜蘭及苗栗以北地區	中度
海陸	21	11			14	20	台灣北部、東北部及東南部海面	基隆、宜蘭、台北及桃園地區	中度
海上	21	12			17	30	台灣北部、東北部及東南部海面		中度
海上	21	13			20	15	台灣北部及東北部海面		中度
解除	21	14			23	15	颱風中心已至琉球東北方海面，轉向東北移動		中度

表 3、中央氣象局氣象衛星中心對第二十一號颱風(海燕)之定位及強度估計資料表

Table 3、Center locations and intensities of typhoon 0121 (HAIYAN) observed by the Satellite Center of CWB.

時間(UTC)			中心位置		定位 準確度	強度估計 T/CI/hr
月	日	時	北緯	東經		
10	13	00	18.3	129.6	P	2.5/2.5/6
		06	18.8	129.5	P	2.5/2.5/6
		12	18.9	129.5	P	2.5/2.5/6
		18	18.9	129.5	P	3.0/3.0/6
	14	00	19.1	129.5	P	3.5/3.5/6
		06	20.3	129.8	F	3.5/3.5/6
		12	20.9	129.6	F	4.0/4.0/6
		18	21.8	128.6	F	4.0/4.0/6
	15	00	22.1	127.6	F	4.0/4.0/6
		06	22.6	126.7	F	4.0/4.0/6
		12	23.0	125.8	F	4.5/4.5/6
		18	23.8	125.1	F	5.0/5.0/6
	16	00	24.6	124.4	G	5.0/5.0/6
		06	25.2	124.5	G	5.0/5.0/6
		12	26.2	125.0	F	5.0/5.0/6
		18	27.0	125.9	F	4.5/5.0/6
	17	00	27.5	127.5	F	3.5/4.5/6
		06	27.9	128.6	P	3.0/4.0/6
		12	28.9	130.5	P	3.0/3.5/6
		18	29.6	133.2	P	3.0/3.5/6
	18	00	30.8	136.4	F	3.0/3.5/6
		06	32.3	139.7	F	2.5/3.0/6
		12	33.5	143.5	P	2.0/2.5/6

附註：P 代表定位誤差大於 60 公里，F 代表定位誤差在 30 公里至 60 公里之間，G 代表定位誤差在 10 公里至 30 公里之間。

表 4、不同主觀預報方法、統計預報方法及動力模式對第二十一號颱風(海燕)之預報誤差校驗表

Table 4. Error statistics of different forecast methods for typhoon 0121 (HAIYAN).

預報方法		24 小時預報誤差(km)	48 小時預報誤差(km)
主觀預報方法	CWB 官方預報	200	461
	BCGZ(廣州)	174	437
	VHHH(香港)	348	985
	PGTW(關島)	175	390
	RJTD(日本)	153	355
	RPMM(菲律賓)	185	----
統計預報方法	CLIPPER	229	535
	HURRAN	316	722
動力模式	TFS	275	564
	EBM	318	687

表 5、第二十一號颱風(海燕)侵台期間氣象要素統計表(時間為地方時)

Table 5、The meteorological elements summary of CWB stations during the passage of typhoon 0121 (HAIYAN).

測站 站名	最低地面氣壓		最高氣溫		最低濕度		極大瞬間風			最大平均風			最大降水量(mm)				總降水量(mm)	
	數值 (hPa)	時間 (LST)	數值 (°C)	時間 (LST)	數值 (%RH)	時間 (LST)	風速 (m/s)	風向 (度)	時間 (LST)	風速 (m/s)	風向 (度)	時間 (LST)	一小時	起始時間 (LST)	十分鐘	起始時間 (LST)	數量	起迄時間 (LST)
彭佳嶼	997.2	10/16/14:07	25.0	10/16/07:18	81	10/15/14:25	36.9	350	10/16/17:06	27.1	330	10/16/16:09	7.6	10/16/10:50	1.6	10/16/10:48	19.7	10/15/14:25-10/16/18:00
基隆	1001.4	10/16/13:48	24.6	10/16/04:37	81	10/16/17:23	23.8	10	10/16/13:40	12.4	20	10/15/18:58	4.0	10/16/09:43	1.5	10/15/16:25	13.5	10/15/14:00-10/16/17:30
鞍部*	1403.8	10/16/14:21	20.2	10/16/04:33	96	10/15/14:40	28.9	90	10/16/07:56	17.7	350	10/16/14:28	29.0	10/16/05:22	8.5	10/16/05:47	199.0	10/15/14:25-10/16/17:30
竹子湖*	1003.0	10/16/13:13	21.1	10/16/04:27	95	10/15/14:30	20.1	20	10/16/11:41	7.2	360	10/16/13:47	31.0	10/16/10:02	7.0	10/16/10:12	182.5	10/15/14:25-10/16/17:30
台北	1002.5	10/16/13:27	24.3	10/16/09:00	84	10/16/16:06	18.9	20	10/16/15:56	6.8	330	10/16/14:33	7.0	10/15/16:39	2.5	10/15/17:00	52.3	10/15/08:45-10/16/18:00
新竹	1004.1	10/16/13:27	24.4	10/16/17:37	77	10/16/17:51	17.4	90	10/15/22:34	9.3	10	10/16/11:04	5.0	10/15/17:36	2.0	10/16/00:49	28.0	10/15/10:10-10/16/12:30
梧棲	1002.6	10/16/14:08	26.8	10/15/14:45	69	10/15/14:42	21.1	50	10/15/20:25	14.4	20	10/15/20:48	1.5	10/16/03:28	0.5	10/16/03:33	2.5	10/16/02:30-10/16/10:05
台中	1002.9	10/16/13:17	29.5	10/15/14:25	57	10/15/14:25	17.1	80	10/16/17:22	6.7	20	10/16/15:22	1.0	10/16/11:35	0.4	10/16/12:05	1.5	10/16/07:25-10/16/12:45
日月潭*	893.0	10/16/13:58	24.0	10/15/14:10	74	10/15/10:32	3.8	250	10/16/09:45	2.5	90	10/15/04:07	0.2	10/16/13:14	0.2	10/16/13:20	0.2	10/16/13:14-10/16/14:06
澎湖	1004.7	10/16/14:54	27.9	10/16/13:55	68	10/16/11:45	17.8	70	10/16/02:57	8.8	40	10/16/05:24	----	----	----	----	----	----
東吉島	1003.2	10/16/14:38	26.1	10/16/13:12	84	10/16/21:47	26.4	40	10/15/18:59	19.0	20	10/15/19:06	----	----	----	----	----	----
阿里山*	757.5	10/16/14:30	19.1	10/15/15:00	63	10/16/01:00	10.8	70	10/16/00:10	4.3	20	10/16/00:12	----	----	----	----	----	----
玉山*	3097.8	10/16/12:03	12.2	10/16/12:01	55	10/16/05:24	15.6	90	10/16/04:19	7.8	290	10/16/04:14	0.1	10/15/18:10	0.1	10/15/18:10	0.1	10/15/18:10-10/15/18:20
嘉義	1001.9	10/16/14:47	25.3	10/16/14:54	78	10/16/15:17	18.7	20	10/16/15:56	8.6	360	10/16/15:05	0.2	10/16/08:00	0.1	10/16/08:10	0.2	10/16/07:30-10/16/09:10
台灣南區氣象中心	1001.3	10/16/14:24	30.2	10/15/14:43	62	10/15/14:35	21.5	10	10/16/16:17	13.6	360	10/16/19:04	----	----	----	----	----	----
高雄	1000.1	10/16/14:18	29.7	10/15/13:40	57	10/15/16:50	18.4	120	10/16/12:50	9.3	350	10/16/12:52	----	----	----	----	----	----
恆春	999.1	10/16/13:08	28.9	10/16/13:50	66	10/15/15:00	16.9	20	10/16/13:23	7.0	330	10/16/13:13	----	----	----	----	----	----
蘭嶼	997.4	10/16/13:12	27.5	10/16/15:01	66	10/15/09:33	27.5	50	10/15/00:34	22.0	260	10/16/09:44	2.0	10/15/17:20	1.0	10/15/17:20	2.0	10/15/17:20-10/15/17:44
大武	998.4	10/16/12:49	31.4	10/16/11:52	56	10/16/11:55	12.2	90	10/16/14:51	6.6	30	10/16/15:08	----	----	----	----	----	----
台東	998.3	10/16/13:06	31.9	10/16/10:42	42	10/15/09:42	10.4	90	10/16/12:58	5.1	30	10/16/11:43	----	----	----	----	----	----
成功	998.9	10/16/12:52	31.7	10/16/11:15	36	10/16/12:25	13.9	40	10/15/15:03	7.9	30	10/15/15:06	0.1	10/15/17:48	0.1	10/15/17:48	0.1	10/15/17:48-10/15/17:55
花蓮	996.6	10/16/13:49	31.0	10/15/11:27	46	10/15/08:58	14.9	50	10/15/14:15	9.4	20	10/15/14:18	T	10/15/16:20	T	10/15/16:20	T	10/15/16:20-10/15/17:00
宜蘭	1000.0	10/16/12:25	26.1	10/16/04:11	67	10/15/01:17	18.6	360	10/16/11:39	10.8	330	10/16/12:29	4.5	10/15/16:11	1.5	10/15/16:31	31.6	10/15/14:25-10/16/22:20
蘇澳	999.0	10/16/12:20	26.8	10/16/04:14	69	10/16/17:28	23.3	330	10/16/10:45	9.3	260	10/16/09:16	8.5	10/15/15:42	2.5	10/15/17:44	37.0	10/15/14:25-10/16/14:50

註：「\*」表該測站屬高山測站，其氣壓值以重力位高度表示。T 代表雨跡

表 6、第二十一號颱風(海燕)影響期間各氣象站日雨量及總雨量

Table 6、The daily and total accumulated rainfalls (mm) at each CWB station during the passage of typhoon 0121 (HAIYAN).

測站 \ 雨量	逐日雨量(公釐)		總計
	10 月 15 日	10 月 16 日	
彭佳嶼	2.4	17.3	19.7
基隆	4.5	9.3	13.8
鞍部	136.5	97.6	234.1
竹子湖	79.0	124.0	203.0
台北	16.7	42.8	59.5
新竹	18.8	10.5	29.3
梧棲	0.0	2.5	2.5
台中	0.0	1.5	1.5
日月潭	0.0	0.2	0.2
澎湖	0.0	0.0	0.0
東吉島	0.0	0.0	0.0
阿里山	0.0	0.0	0.0
玉山	0.1	0.0	0.1
嘉義	0.0	0.2	0.2
台灣南區氣象中心	0.0	0.0	0.0
高雄	0.0	0.0	0.0
恆春	0.0	0.0	0.0
蘭嶼	2.0	0.0	2.0
大武	0.0	0.0	0.0
台東	0.0	0.0	0.0
成功	0.1	0.0	0.1
花蓮	T	T	T
蘇澳	26.0	12.5	38.5
宜蘭	8.0	23.6	31.6

附註：T 代表雨跡



表 7、第二十一號颱風(海燕)影響期間各地出現之最大平均風速、陣風及對應級數表

Table 7、The maximum wind and the gust wind at each CWB station during the passage of typhoon 0121 (HAIYAN).

測站	最大平均風速			最大陣風		
	風速(m/s)	對應級數	出現時間 (LST)	風速(m/s)	對應級數	出現時間 (LST)
彭佳嶼	27.1	10	10/16/16:09	36.9	12	10/16/17:06
基隆	12.4	6	10/15/18:58	23.8	9	10/16/13:40
鞍部	17.7	8	10/16/14:28	28.9	11	10/16/07:56
竹子湖	7.2	4	10/16/13:47	20.1	8	10/16/11:41
台北	6.8	4	10/16/14:33	18.9	8	10/16/15:56
新竹	9.3	5	10/16/11:04	17.4	8	10/15/22:34
梧棲	14.4	7	10/15/20:48	21.1	9	10/15/20:25
台中	6.7	4	10/16/15:22	17.1	7	10/16/17:22
日月潭	2.5	2	10/15/04:07	3.8	3	10/16/09:45
澎湖	8.8	5	10/16/05:24	17.8	8	10/16/02:57
東吉島	19.0	8	10/15/19:06	26.4	10	10/15/18:59
阿里山	4.3	3	10/16/00:12	10.8	6	10/16/00:10
玉山	7.8	4	10/16/04:14	15.6	7	10/16/04:19
嘉義	8.6	5	10/16/15:05	18.7	8	10/16/15:56
台灣南區氣象中心	13.6	6	10/16/19:04	21.5	9	10/16/16:17
高雄	9.3	5	10/16/12:52	18.4	8	10/16/12:50
恆春	7.0	4	10/16/13:13	16.9	8	10/16/13:23
蘭嶼	22.0	9	10/16/09:44	27.5	10	10/15/00:34
大武	6.6	4	10/16/15:08	12.2	6	10/16/14:51
台東	5.1	3	10/16/11:43	10.4	5	10/16/12:58
成功	7.9	4	10/15/15:06	13.9	7	10/15/15:03
花蓮	9.4	5	10/15/14:18	14.9	7	10/15/14:15
宜蘭	10.8	6	10/16/12:29	18.6	8	10/16/11:39
蘇澳	9.3	5	10/16/09:16	23.3	9	10/16/10:45

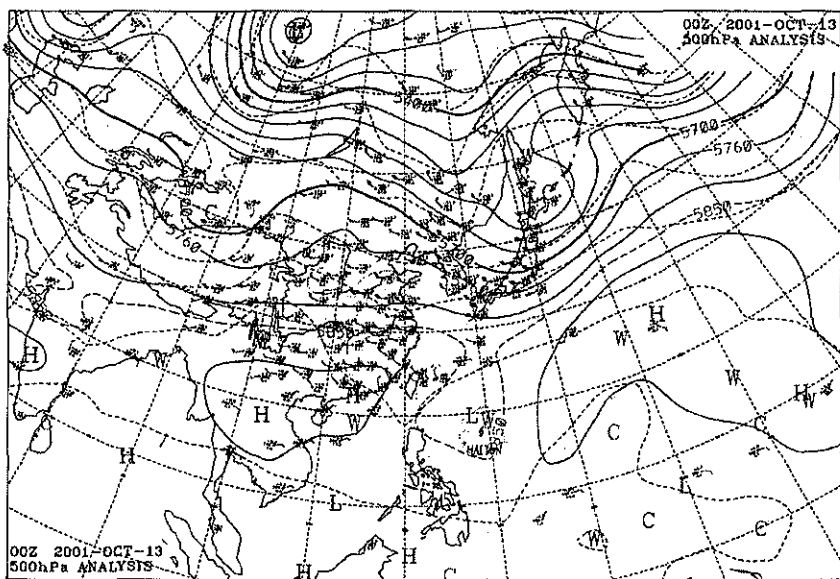


圖 1、2001 年 10 月 13 日 00UTC 之 500 百帕高度場天氣圖(等高線間距 60gpm)

Fig.1. The 500 hPa geopotential height and wind vectors at 00UTC October 13 of 2001 (contour interval is 60gpm).

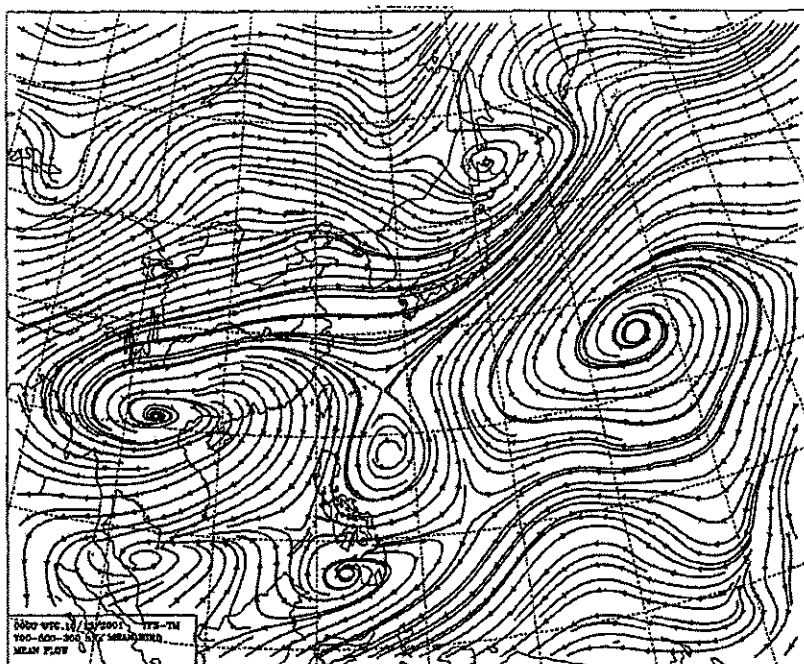
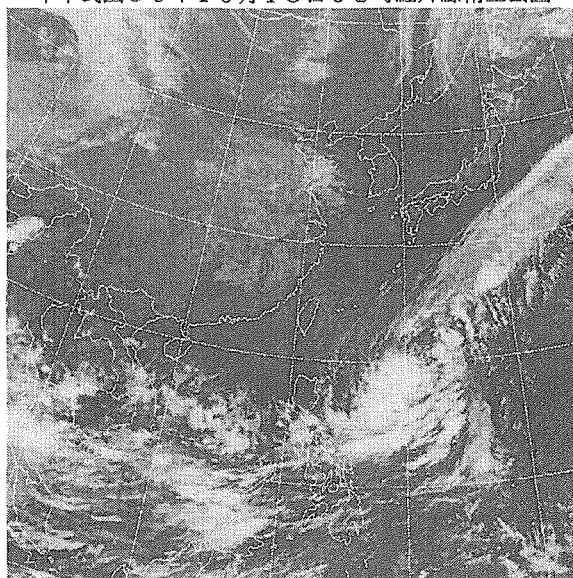


圖 2、2001 年 10 月 13 日 00UTC 之 500/700/850 百帕平均氣流圖

Fig.2. The 500/700/850 hPa mean flow streamlines at 00UTC October 13 of 2001.

中華民國90年10月13日08時紅外線衛星雲圖



中央氣象局氣象衛星中心

圖3、2001年10月13日08LST之紅外線衛星雲圖

Fig.3. The GMS IR image at 08LST October 13 of 2001.

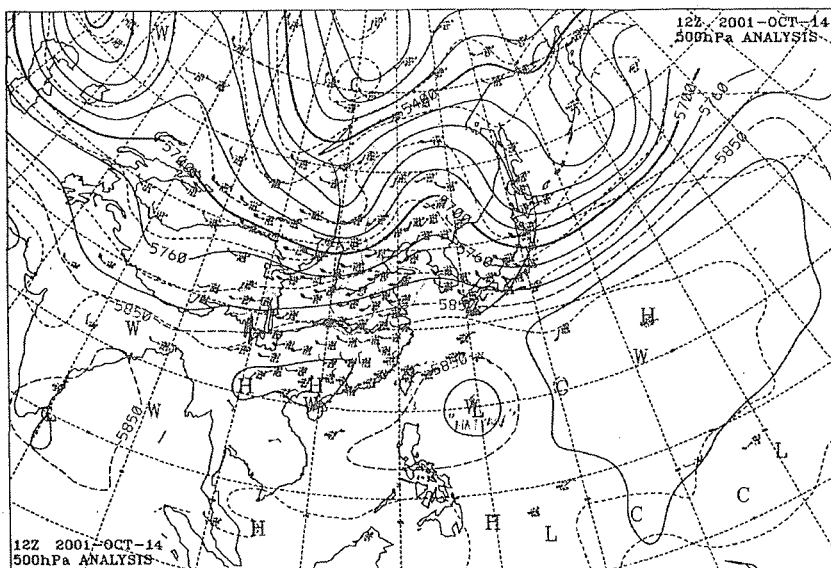
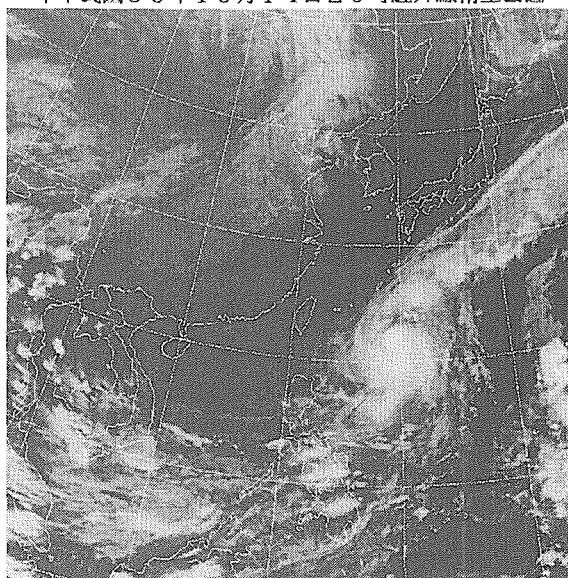


圖4、2001年10月14日12UTC之500百帕高度場天氣圖(等高線間距60gpm)

Fig.4. The 500 hPa geopotential height and wind vectors at 12UTC October 14 of 2001 (contour interval is 60gpm).

中華民國90年10月14日20時紅外線衛星雲圖



中央氣象局氣象衛星中心

圖 5、2001 年 10 月 14 日 20LST 之紅外線衛星雲圖

Fig.5. The GMS IR image at 20LST October 14 of 2001.

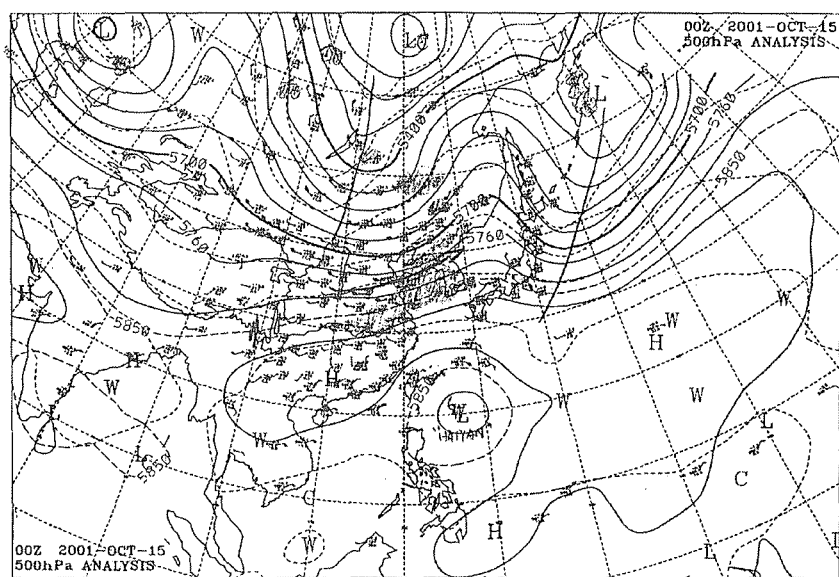


圖 6、2001 年 10 月 15 日 00UTC 之 500 百帕高度場天氣圖(等高線間距 60gpm)

Fig.6. The 500 hPa geopotential height and wind vectors at 00UTC October 15 of 2001 (contour interval is 60gpm).

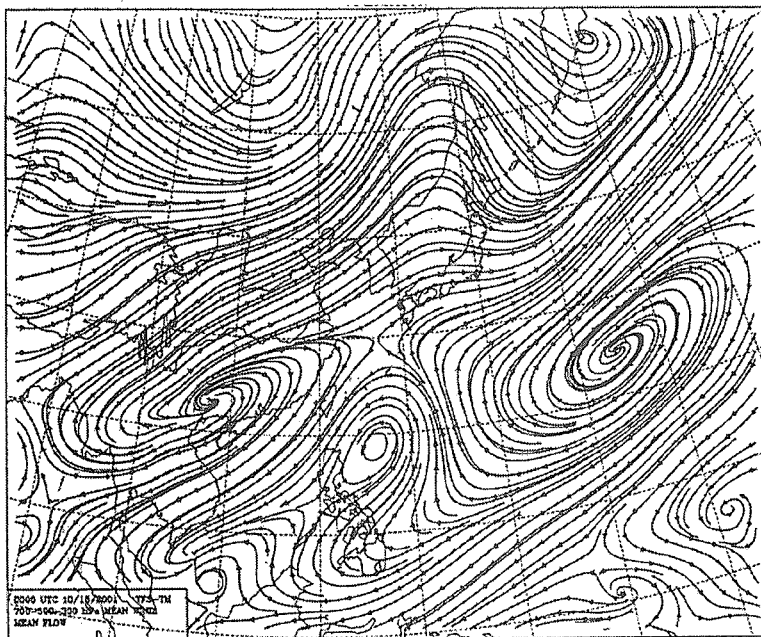
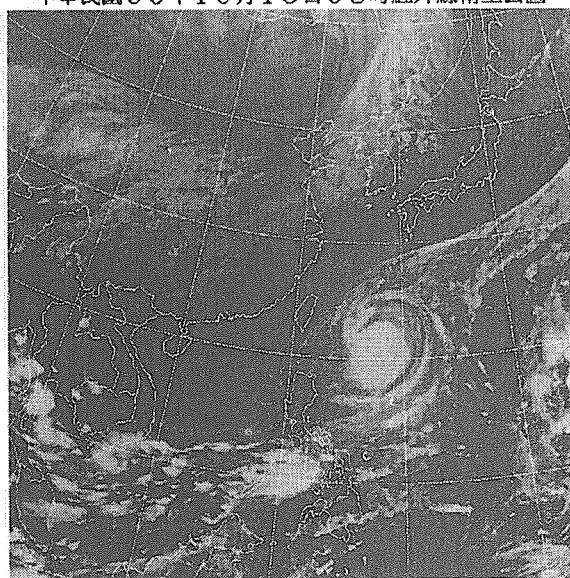


圖 7、2001 年 10 月 15 日 00UTC 之 500/700/850 百帕平均氣流圖

Fig.7: The 500/700/850 hPa mean flow streamlines at 00UTC October 15 of 2001.

中華民國90年10月15日08時紅外線衛星雲圖



中央氣象局氣象衛星中心

圖 8、2001 年 10 月 15 日 08LST 之紅外線衛星雲圖

Fig.8. The GMS IR image at 08LST October 15 of 2001.

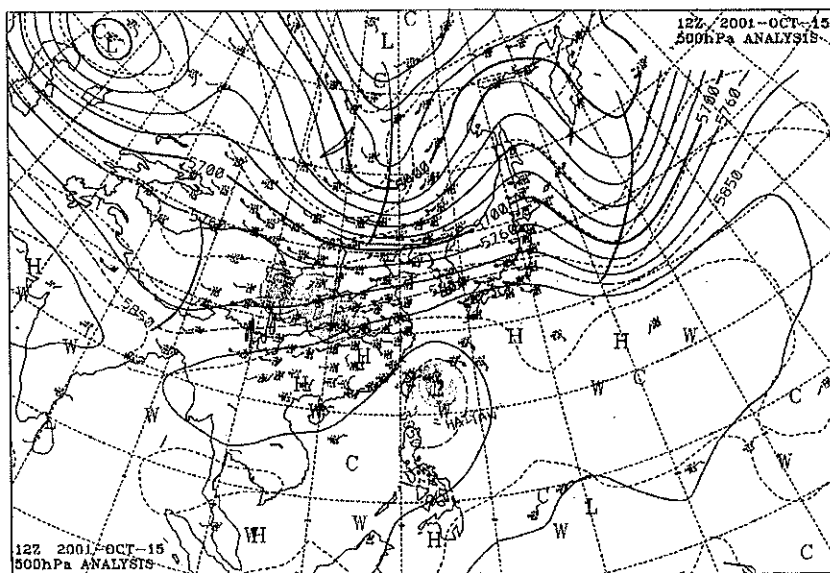


圖 9、2001 年 10 月 15 日 12UTC 之 500 百帕高度場天氣圖(等高線間距 60gpm)  
 Fig.9. The 500 hPa geopotential height and wind vectors at 12UTC October 15 of 2001  
 (contour interval is 60gpm).

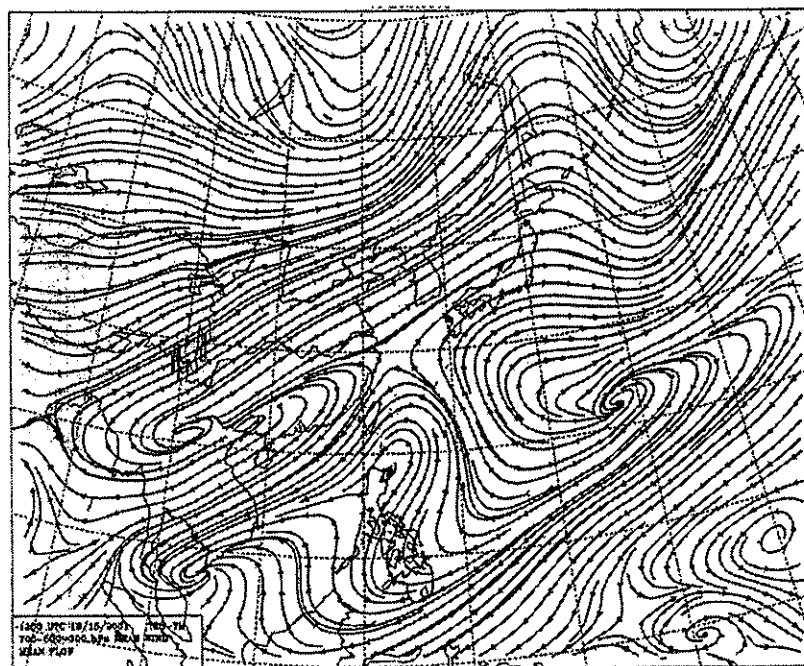
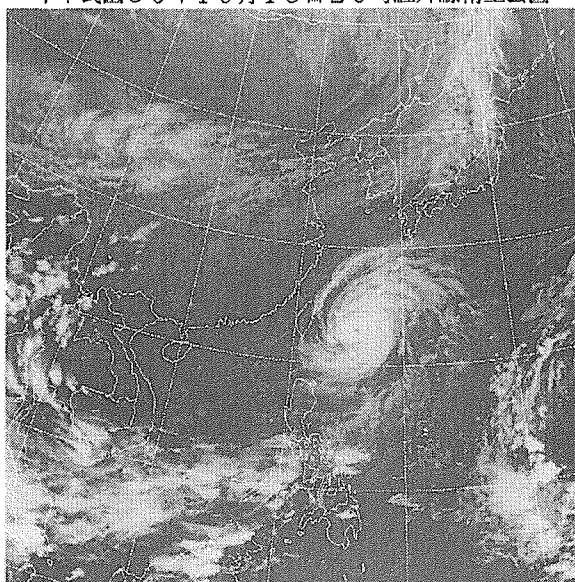


圖 10、2001 年 10 月 15 日 12UTC 之 500/700/850 百帕平均氣流圖  
 Fig.10. The 500/700/850 hPa mean flow streamlines at 12UTC October 15 of 2001.

中華民國90年10月15日20時紅外線衛星雲圖



中央氣象局氣象衛星中心

圖 11、2001 年 10 月 15 日 20LST 之紅外線衛星雲圖

Fig.11. The GMS IR image at 20LST October 15 of 2001.

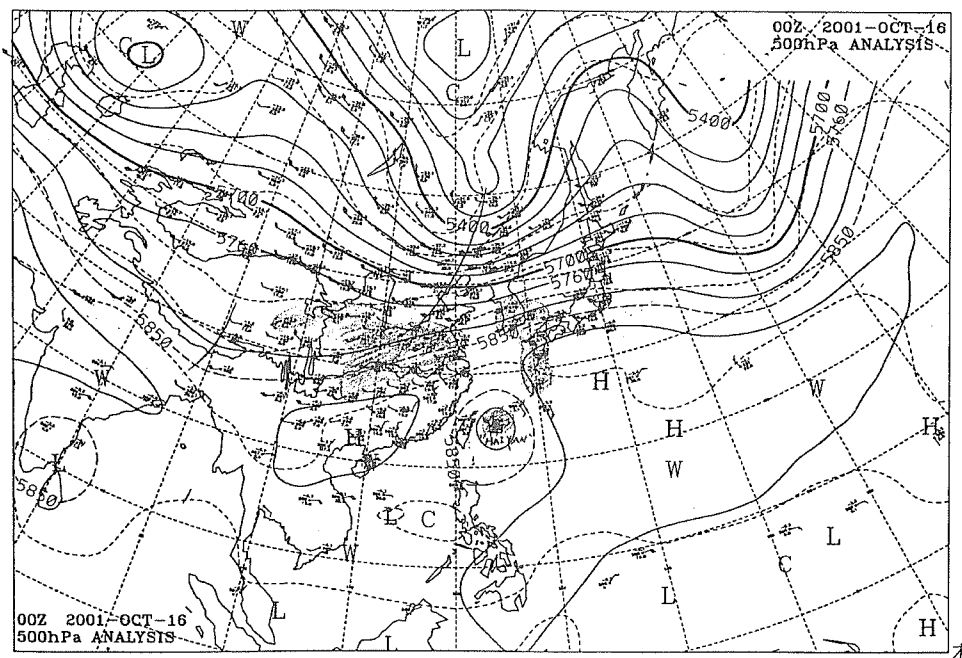


圖 12、2001 年 10 月 16 日 00UTC 之 500 百帕高度場天氣圖(等高線間距 60gpm)

Fig.12. The 500 hPa geopotential height and wind vectors at 00UTC October 16 of 2001 (contour interval is 60gpm).

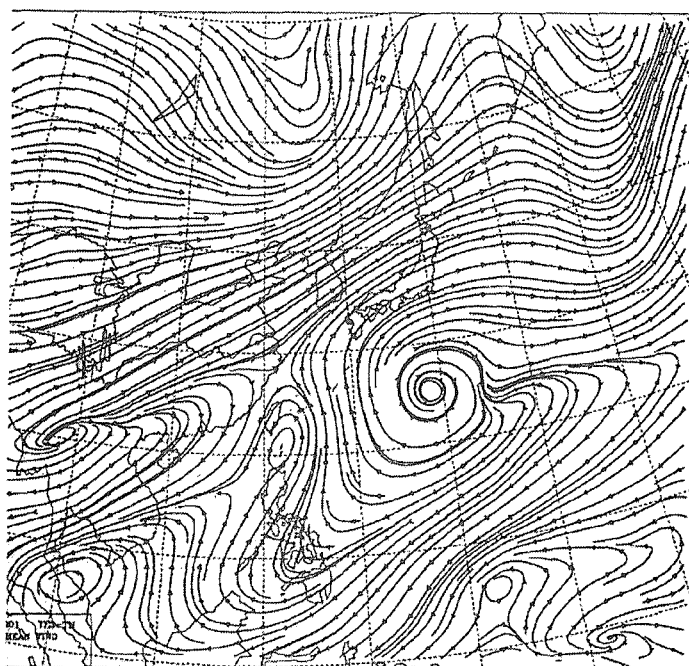
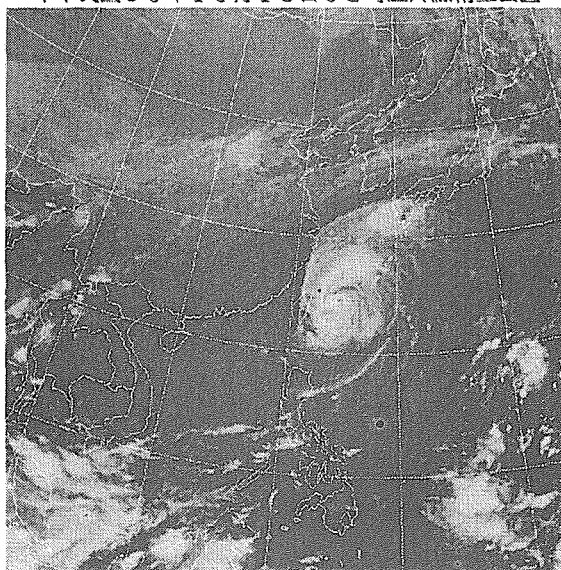


圖 13、2001 年 10 月 16 日 00UTC 之 500/700/850 百帕平均氣流圖

Fig.13. The 500/700/850 hPa mean flow streamlines at 00UTC October 16 of 2001.

中華民國90年10月16日08時紅外線衛星雲圖



中央氣象局氣象衛星中心

圖 14、2001 年 10 月 16 日 08LST 之紅外線衛星雲圖

Fig.14. The GMS IR image at 08LST October 16 of 2001.



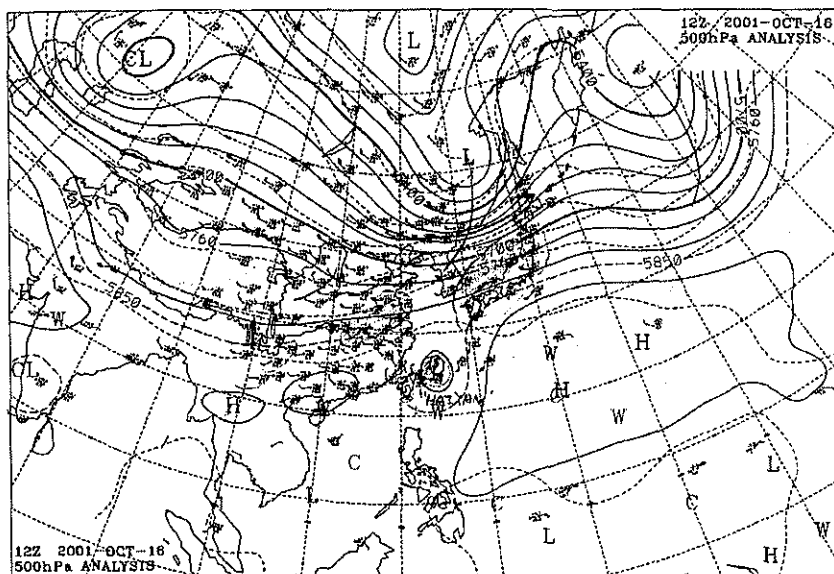


圖 15、2001 年 10 月 16 日 12UTC 之 500 百帕高度場天氣圖(等高線間距 60gpm)

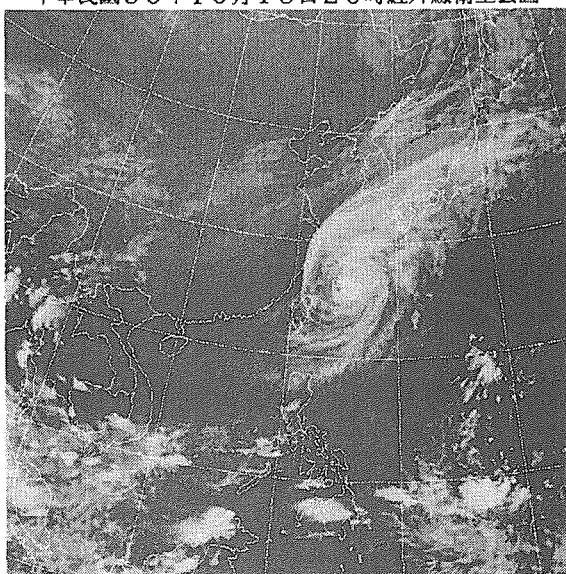
Fig.15. The 500 hPa geopotential height and wind vectors at 12UTC October 16 of 2001  
(contour interval is 60gpm).



圖 16、2001 年 10 月 16 日 12UTC 之 500/700/850 百帕平均氣流圖

Fig.16. The 500/700/850 hPa mean flow streamlines at 12UTC October 16 of 2001.

中華民國90年10月16日20時紅外線衛星雲圖



中央氣象局氣象衛星中心

圖 17、2001 年 10 月 16 日 20LST 之紅外線衛星雲圖

Fig.17. The GMS IR image at 20LST October 16 of 2001.

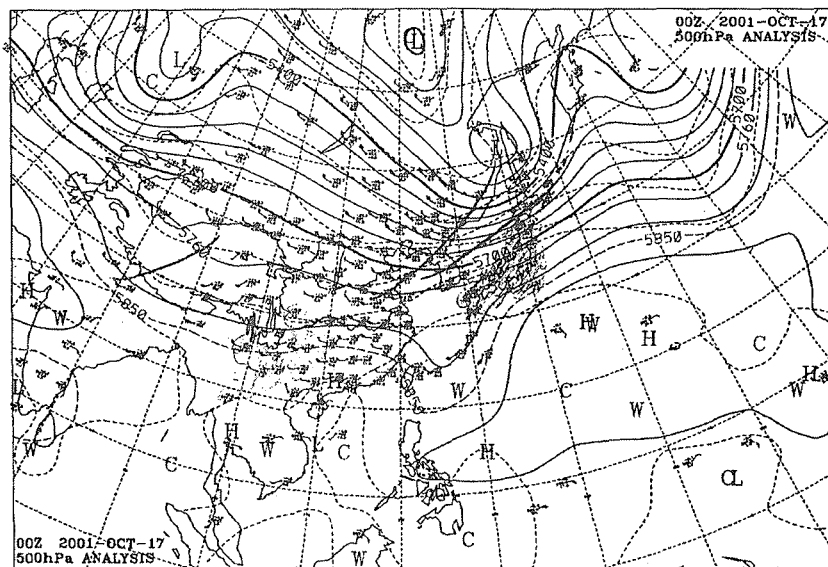


圖 18、2001 年 10 月 17 日 00UTC 之 500 百帕高度場天氣圖(等高線間距 60gpm)

Fig.18. The 500 hPa geopotential height and wind vectors at 00UTC October 17 of 2001  
(contour interval is 60gpm).

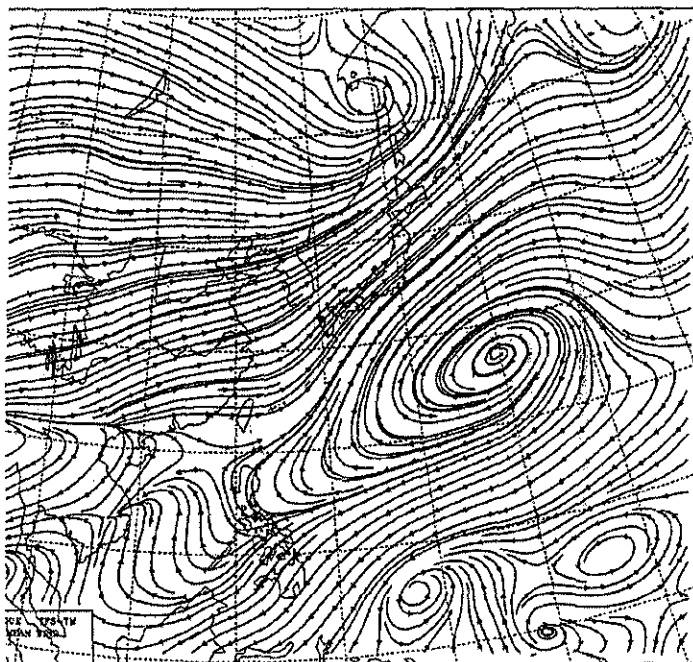


圖 19、2001 年 10 月 17 日 00UTC 之 500/700/850 百帕平均氣流圖

Fig.19. The 500/700/850 hPa mean flow streamlines at 00UTC October 17 of 2001

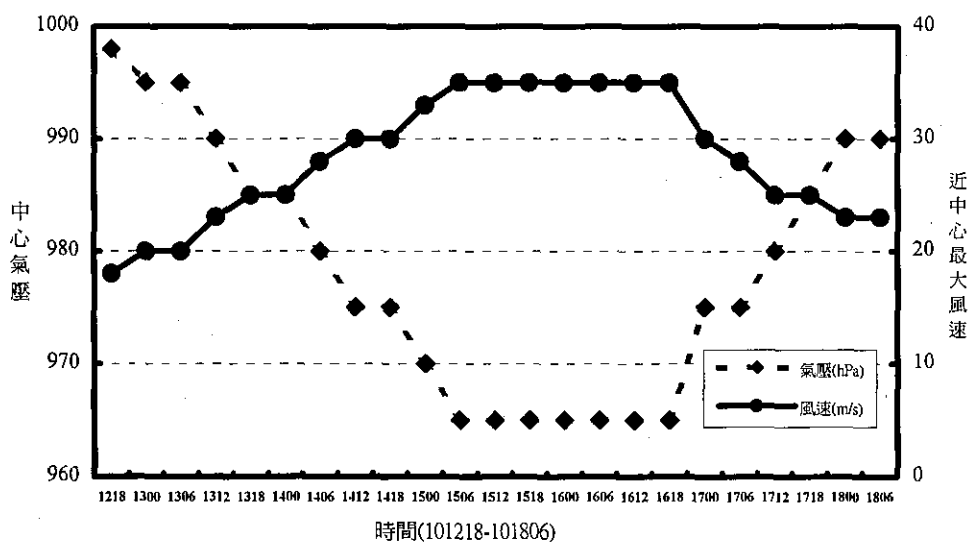


圖20. 海燕颱風之中心氣壓及中心附近最大風速變化圖

Fig. 20. Time sequences of the minimum pressure and the maximum wind speed of typhoon HAIYAN.

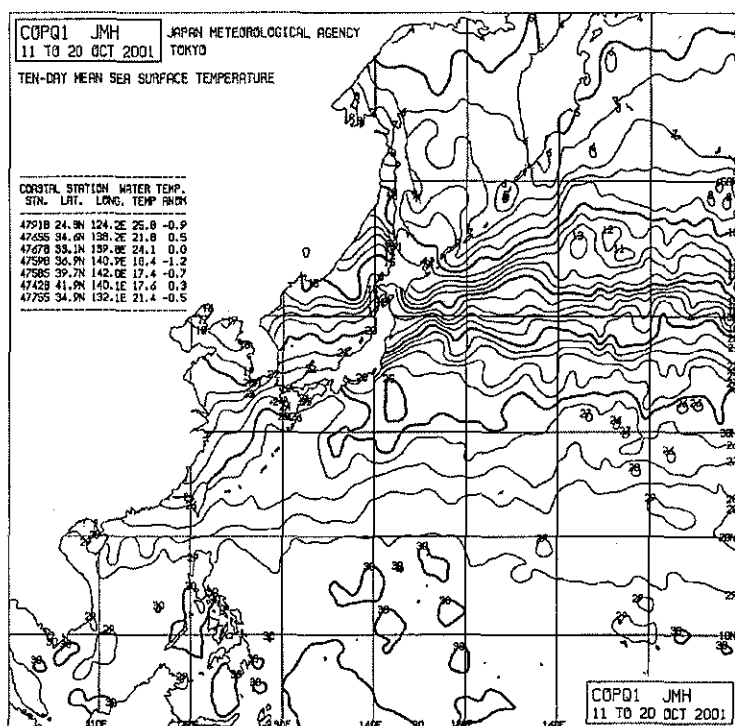


圖 21、2001 年 10 月 11 日至 20 日之 10 天平均海水溫度圖(單位：°C，圖來自日本氣象廳)

Fig.21. Ten-day mean sea surface temperature (°C) from 11 to 20 October, 2001.

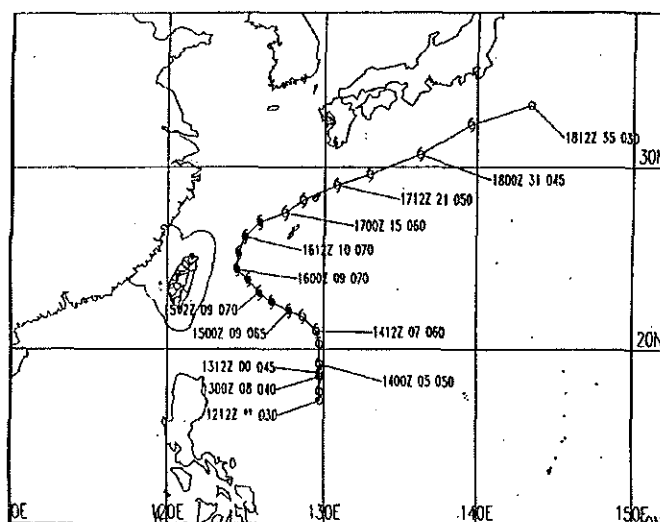


圖 22、海燕颱風最佳路徑圖(10 月 12 日 12UTC - 10 月 18 日 12UTC)，空心代表強度為輕度颱風，實心代表中度颱風以上，指標表示時間、移速(kts)及近中心最大風速(kts)

Fig.22. The best track of typhoon HAIYAN.

TFS TYPHOON TRACK FORECAST DATE (01/10/13/00Z-01/10/18/00Z)

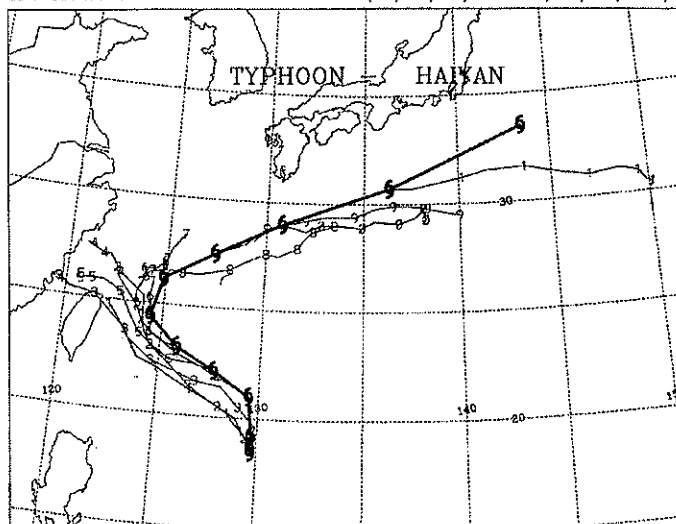


圖 23、TFS 模式之預報路徑與海燕颱風最佳路徑之比較圖(101300UTC 至 101800UTC)

Fig.23. The forecasts of TFS model and the best track of typhoon HAIYAN (101300UTC to 101800UTC).

EBM TYPHOON TRACK FORECAST DATE (01/10/13/00Z-01/10/18/00Z)

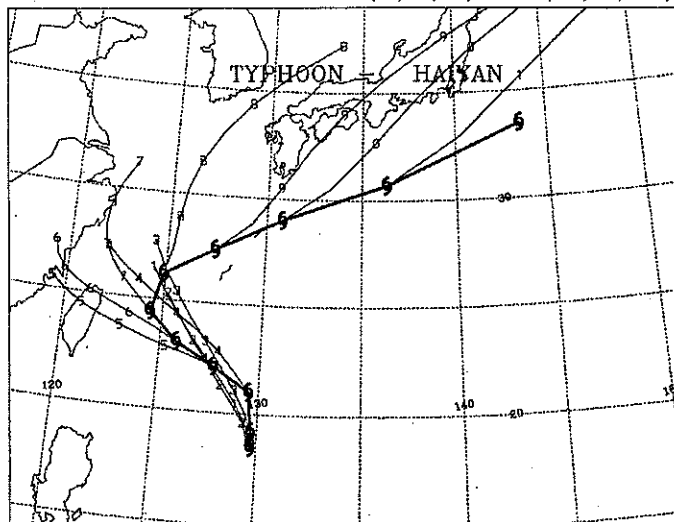


圖 24、EBM 模式之預報路徑與海燕颱風最佳路徑之比較圖(101300UTC 至 101800UTC)

Fig.24. The forecasts of EBM model and the best track of typhoon HAIYAN (101300UTC to 101800UTC).



海燕颱風總雨量分布圖

圖 25、海燕颱風侵台期間(10 月 15 日至 10 月 16 日)自動雨量站測得之總雨量分布圖

Fig.25. The distribution of accumulated rainfall in the Taiwan area during typhoon Haiyan's passage (2001).

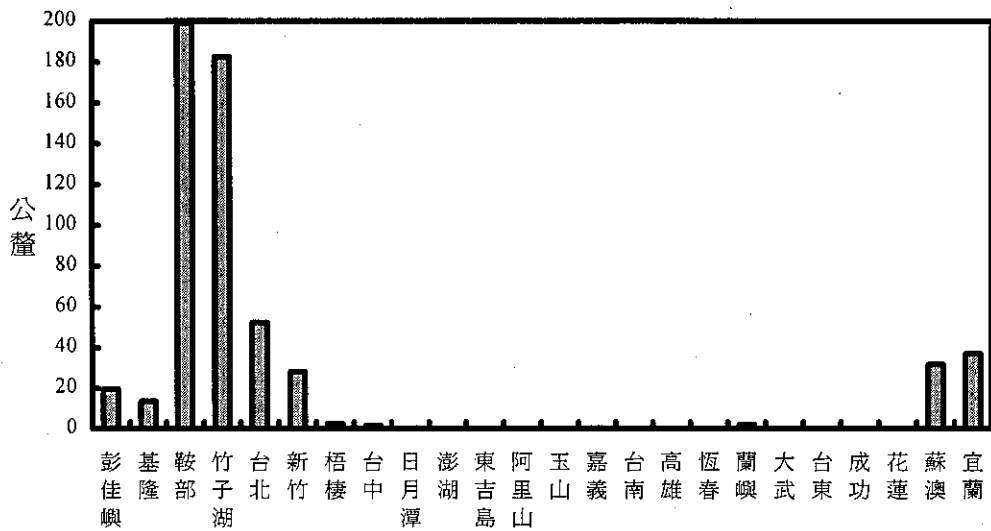


圖 26. 海燕颱風侵台期間台灣各測站累積雨量分布圖

Fig 26. The accumulated precipitation (mm) at selected stations during typhoon HAIYAN's passage.

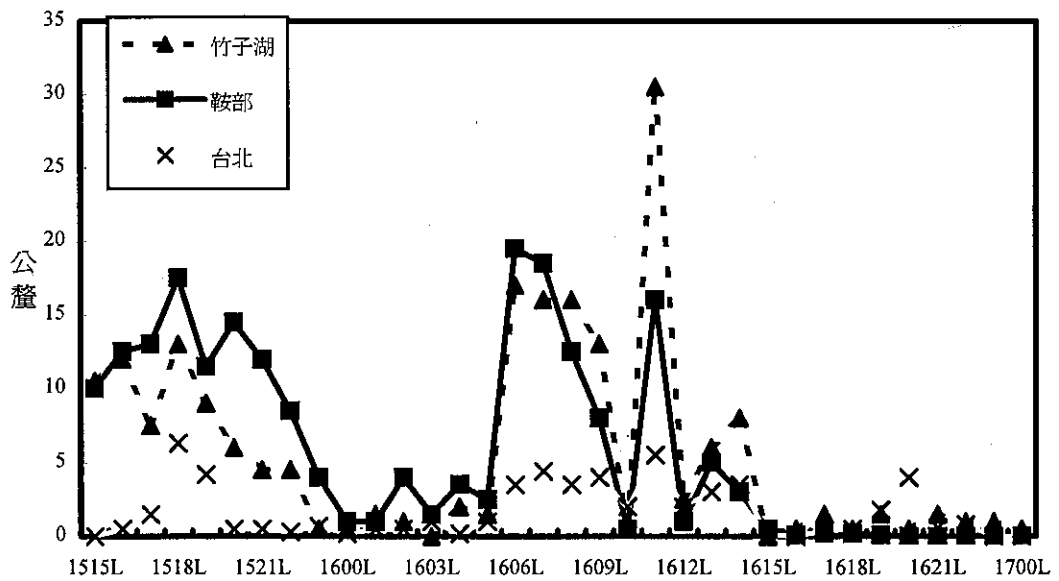


圖 27. 海燕颱風影響期間竹子湖、鞍部與台北測站時雨量分布圖

Fig.27. The hourly precipitation (mm) at Chutsehu, Anpu, and Taipei stations during typhoon HAIYAN's passage

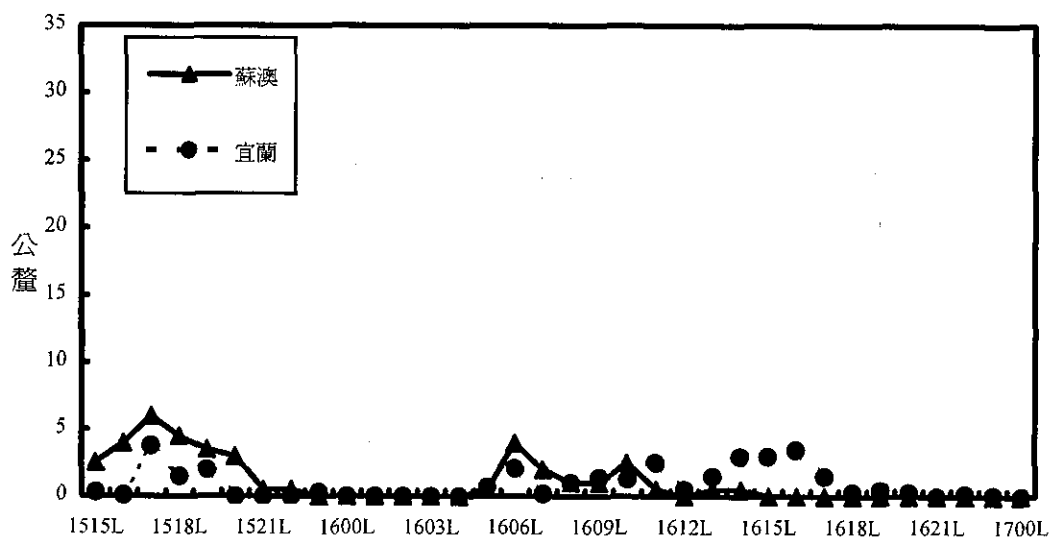


圖 28. 海燕颱風影響期間宜蘭與蘇澳地區時雨量分布圖

Fig. 28. The hourly precipitation (mm) at Ilan and Suao stations during typhoon HAIYAN's passage

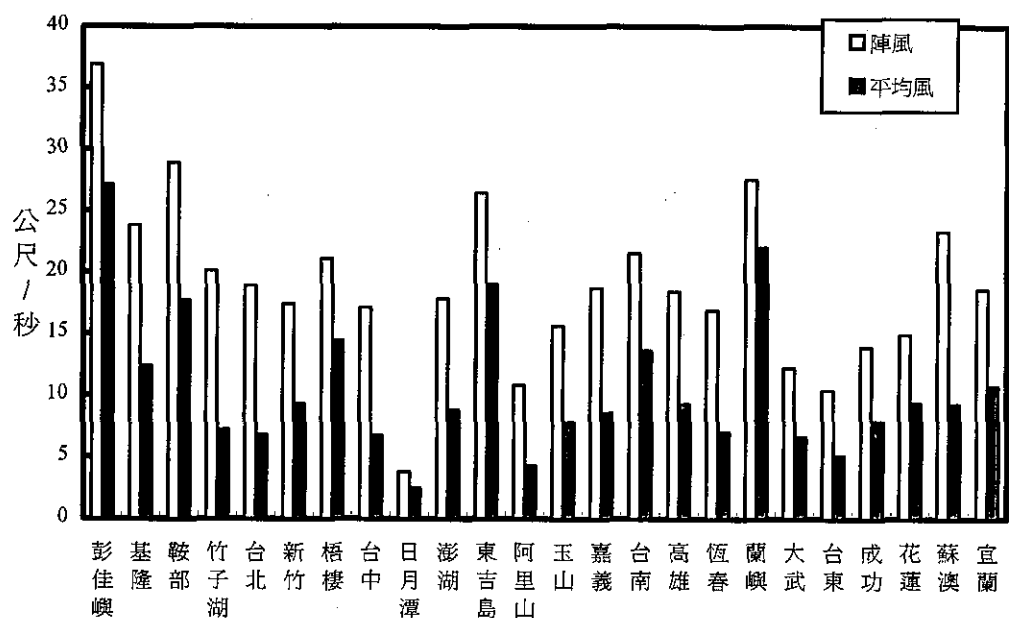


圖 29. 海燕颱風影響期間各地出現之最大平均風速及陣風風力分布圖

Fig.29. The maximum wind and gust wind at selected CWB stations during typhoon HAIYAN's passage.



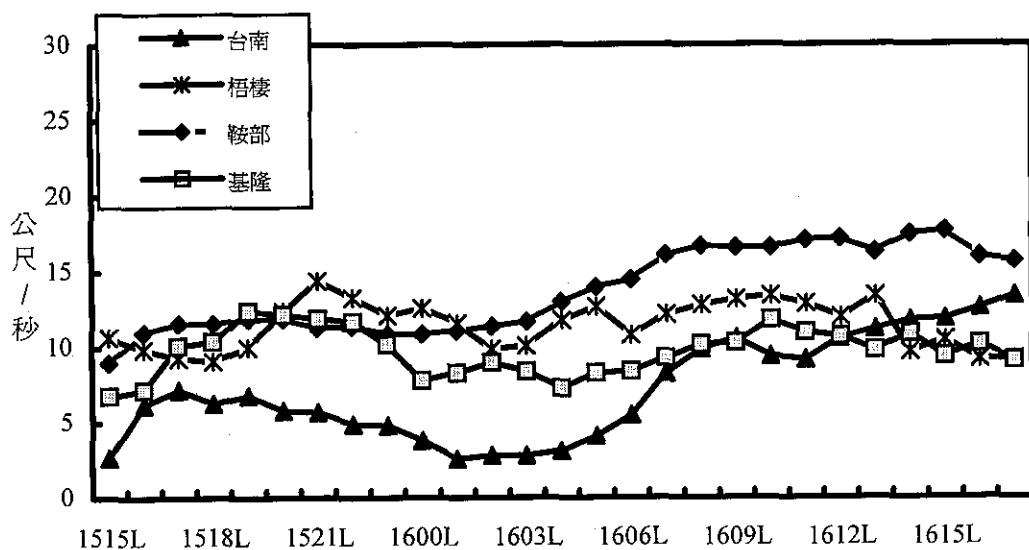


圖 30. 海燕颱風影響期間台南、梧棲、鞍部與基隆測站風力之逐時分布圖

Fig. 30. Time sequences of wind speed (m/s) observed at Tainan, Wuchi, Anpu, and Keelung stations during typhoon HAIYAN's passage

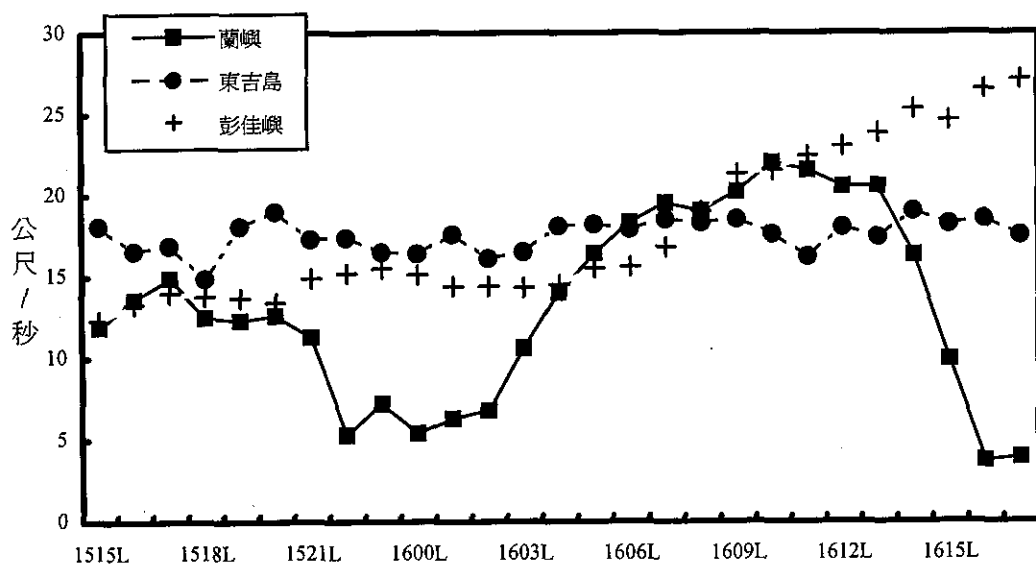


圖 31. 海燕颱風影響期間彭佳嶼、東吉島與蘭嶼測站風力之逐時分布圖

Fig. 31. Time sequences of wind speed (m/s) observed at Pengchiayu, Tungchitao, and Lanyu stations during typhoon HAIYAN's passage

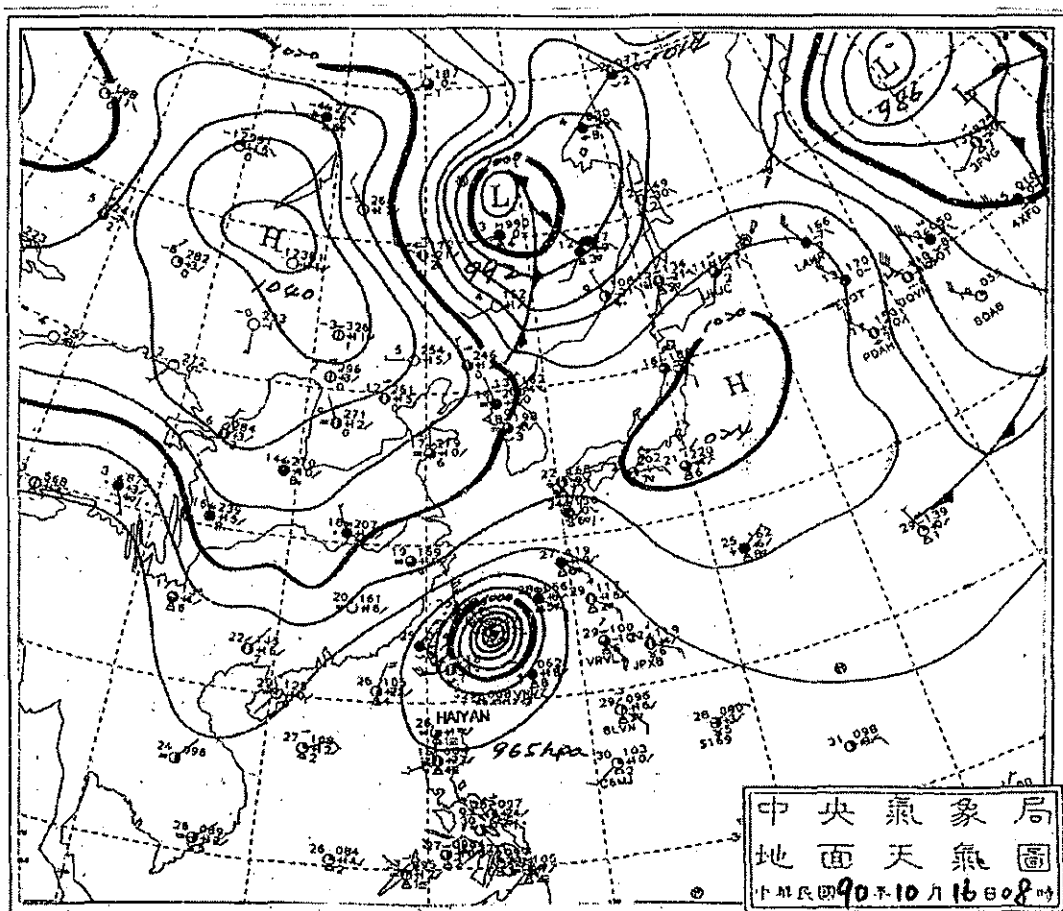


圖 32、2001 年 10 月 16 日 08LST 之地面天氣圖

Fig.32. The surface chart at 08LST October 16 of 2001.

# Meteorological Bulletin

(Quarterly)



## CONTENTS

### Articles

- |   |  |      |
|---|--|------|
| Wind Speed Forecasts over the Taiwan Area during the Invasion of Typhoon by Using the Simple Statistical Method | ...Tien-Chiang Yen<br>Shinn-Liang Shieh<br>Shih-Chi Wu | (1)  |
| Report on Typhoon 0104 (UTOR) of 2001.....  | Chiang, wei-min  | (17) |
| Report on Typhoon 0105 (TRAMI) of 2001.....   | Der-Song Chen  | (35) |
| Report on Typhoon 0119 (LEKIMA) of 2001.....  | Chiang, wei-min  | (59) |
| Report on Typhoon 0021 (Haiyan) of 2001.....  | Der-Song Chen<br>Kang-Ning Huang                       | (85) |

行政院新聞局出版事業登記證局版台誌字 第〇九七六號  
中華郵政臺字第一八九三號登記為第一類新聞紙類

二〇〇四〇〇〇一  
統一編號

ISSN 0255-5778



**CENTRAL WEATHER BUREAU**  
64 Kung-Yuan Road, Taipei, Taiwan  
Republic of China

# 氣象學報

季刊

第四十四卷 第三期

目次

## 研究論文

- 中央氣象局降水機率統計預報指引的改進測試-----王惠民 (1)  
與校驗分析
- 瘋狗浪成因、定義及防災宣導-----李賢文 (13)
- 中央氣象局颱風路徑預報模式之預報檢討及改進-----葉天降 陳得松 (31)  
黃康寧 謝信良
- 民國九十年颱風調查報告一-----徐辛欽 (77)  
第二號奇比颱風(CHEBI, 0102)

出版者 中央氣象局氣象學報社

發行人 謝信良

社長 謝信良

編輯委員會 鄭明典

主任委員 王乾盈張隆男

委員 李清勝莊文思

李賢文劉廣英

林松文錦雄

柯文琦

陳台然

陳泰絲

黃玉

幹事

台北市公園路六十四號

電話：(02)23491091

(按姓氏筆劃排列)

# 中央氣象局降水機率統計預報指引的改進測試與校驗分析

王惠民

中央氣象局氣象科技研究中心

## 摘要

本文對利用歐洲中期天氣預報中心(European Center for Medium - Range Weather Forecasts;以下簡稱 EC)模式之客觀分析(Objective analysis)資料所發展之完全預報(Perfect Prog;以下簡稱 EC PP)、本局有限區域預報系統(Limited Areal Forecast System;簡稱 LAFS)區域細網格模式之模式輸出統計(Model Output Statistics;以下簡稱 LAFS MOS),及 LAFS 模式之完全預報(簡稱 LAFS PP)等三組不同降水機率統計預報指引在 2001 年所作之降水機率預報結果作校驗,發現 EC PP 在各季節中均表現良好;其預報技術得分(skill score)在冬、春、梅雨、夏、秋各季分別為 3.78、10.72、2.76、10.27、13.93,而 LAFS PP 則表現不佳,其技術得分除夏季外,均較氣候持續法差。在各季技術得分方面,LAFS MOS 和 EC PP 在梅雨季與冬季表現均不如春季、夏季和秋季,而 EC PP 在這三季其預報技術得分均高過氣候持續法 10% 以上。另外,雖然 LAFS MOS 可改善 LAFS 模式因系統性誤差所導致之預報誤差,但其預報結果仍不如我們的預期,此可能是因本局 LAFS 模式預報產品網格點資料品質在台灣四周海上四點優於台灣本島所致。

經過換用 EC PP 所使用的網格點資料後,重新發展 LAFS MOS。我們發現新版 LAFS MOS(簡稱 New LAFS MOS)平均之多元判定係數(Reduction of variance) $R^2$ 在任選之十個地面觀測站各季均較舊版 LAFS MOS 高,這說明了 LAFS 模式預報產品網格點資料品質在台灣四周海上四點的確優於台灣本島。但從 New LAFS MOS 及新版 LAFS PP(簡稱 New LAFS PP)之一年預報測試結果的校驗分析顯示,與上述結果不符,這是否因預報測試資料時間過短或有其它原因,仍需累積較長之預報資料作分析後才能有可靠的結論。

關鍵詞:完全預報、模式輸出統計。

## 一、前言

根據針對去年(民國九十年)五、六月梅雨期間,本局三組不同降水機率統計預報指引模式之預報結果作校驗分析,初步發現可能是因本局 LAFS 模式預報產品在海上網格點資料品質優於台灣陸上,導致 LAFS MOS 在去年五、六月梅雨期間之降水機率預報結果不如 EC PP 之表現(王等,2001)。為了深入探討其真正之主要原因,本文進一步對去年一整年此三組不同

降水機率統計預報指引模式作校驗分析,除了想瞭解三組統計預報指引模式在其餘季節之表現特性是否與去年五、六月梅雨期間相同,即不如 EC PP 之表現外,我們更利用與 LAFS MOS 相同條件之預報因子,但不同網格點之預報資料(如圖一,台灣四周海上四個網格點),重新發展 LAFS MOS 及 LAFS PP(簡稱 New LAFS MOS 及 New LAFS PP)並對去年一整年之降水機率預報結果校驗分析,將所得結果與舊版 LAFS MOS 及 LAFS PP 作比較分析,以驗證先

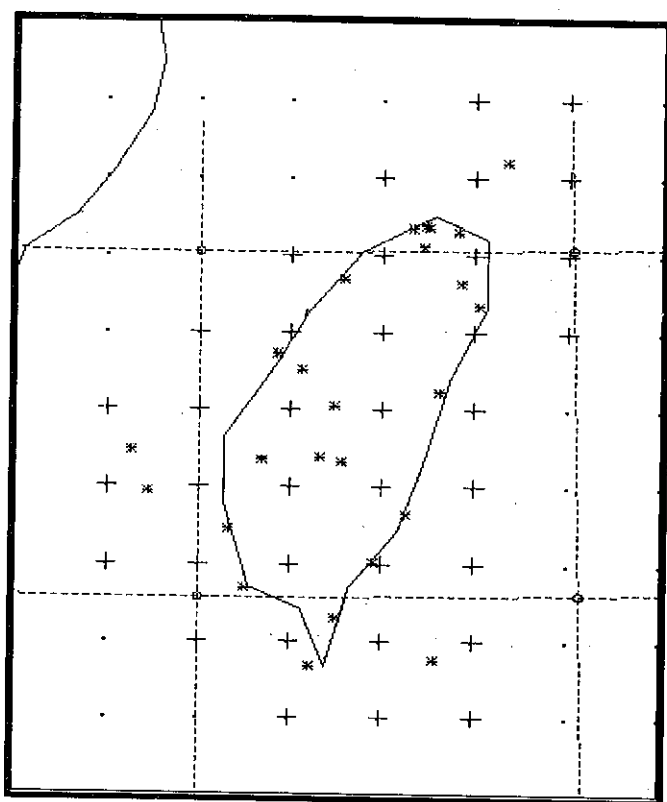
前對去年五、六月梅雨期間之降水機率預報校驗分析之推論是否正確?同時也希望一併改善舊版之 LAFS MOS 及 LAFS PP 之預報結果進而取代之。故本文重點一在比較去年一整年本局舊有三組不同降水機率統計預報指引模式在不同季節,其預報技術得分及白氏得分(Brier Score)變化特性,藉由瞭解降水機率統計預報指引模式預報誤差之特徵,進而尋求改善之方向與方法以提高預報準確度;另一在比較分析新、舊版 LAFS MOS 及 LAFS PP 在去年一整年不同季節之表現差異,以確認改善之方向與方法是否正確。

統計線性迴歸應用在客觀天氣預報方面常用者有兩種方法,一種稱為完全預報,另一種稱為模式輸出統計。兩者主要差異在前者是用數值天氣預報模式之客觀分析場作為預報因子基本資料求統計線性迴歸方程,而模式輸出統計則是用數值天氣預報模式之預報場作為預報因子基本資料求統計線性迴歸方程。模式輸出統計由於是用數值天氣預報模式預報產品作為預報因子基本資料,所以其所隱藏之預報系統性誤差也包含其中。因此,發展模式輸出統計在求線性迴歸方程的過程中之亦將此誤差之訊息包括在內,故當其作降水機率預報時之其結果已不包含此誤差所導致統計預報模式之預報誤差,而完全預報則是仍包含著這方面的誤差。對於一個預報產品之系統性誤差不顯著的數值天氣預報模式而言,模式輸出統計的預報結果應該優於完全預報,因其已將數值天氣預報模式之系統性誤差所導致統計預報模式誤差的部分剔除。但是,發展模式輸出統計首先需建立一足夠之數值天氣預報模式預報產品,而且在這段時間內,數值天氣預報模式之物理特性必須一致,否則數值天氣預報模式預報產品之系統性誤差將隨著其模式物理性質之改變而改變。如此,發展模式輸出統計時,將無法有效地將預報模式預報產品之系統性誤差所造成統計預報模式誤差的部分剔除,模式輸出統計的預報表現也

將大打折扣,這一點倒是發展完全預報所不用顧慮的。本局發展統計指引預報模式之初,也因受 LAFS 模式預報產品儲存時間不足的限制,先利用 EC 模式 1985-1995 年之客觀分析資料發展完全預報,一方面建立發展統計指引預報之技術,另一方面也以 EC PP 作為往後發展以 LAFS 模式資料為基礎之統計預報指引模式之比較基準。

## 二、統計預報指引模式簡介

本局現有三種統計指引預報模式,一種是以 EC 模式之客觀分析資料所發展之完全預報,另一種是以 LAFS 模式之客觀分析資料所發展之完全預報,第三種是以 LAFS 模式預報產品所發展之模式輸出統計。由於 EC 模式與 LAFS 模式之解析度不同,所以發展及作降水機率預報時所使用的網格點不同;前者所用之預報因子基本資料網格點為在台灣本島四周海上四點網格點(如圖一之圓圈部分),後者所使用之預報因子基本資料網格點大都在有地形的本島上(如圖一之十字部分)。EC PP 所使用之資料從 1985 - 1995 年, LAFS PP 所使用之資料從 1994 - 1999 年。LAFS MOS 發展所使用之資料與 LAFS PP 不同;前者為 LAFS 模式的預報產品,後者為 LAFS 模式的客觀分析資料所發展。三者發展所使用之預報因子基本資料,除了 LAFS MOS 多了 LAFS 模式預報之 12 小時累積降水外,其它場量全部相同。



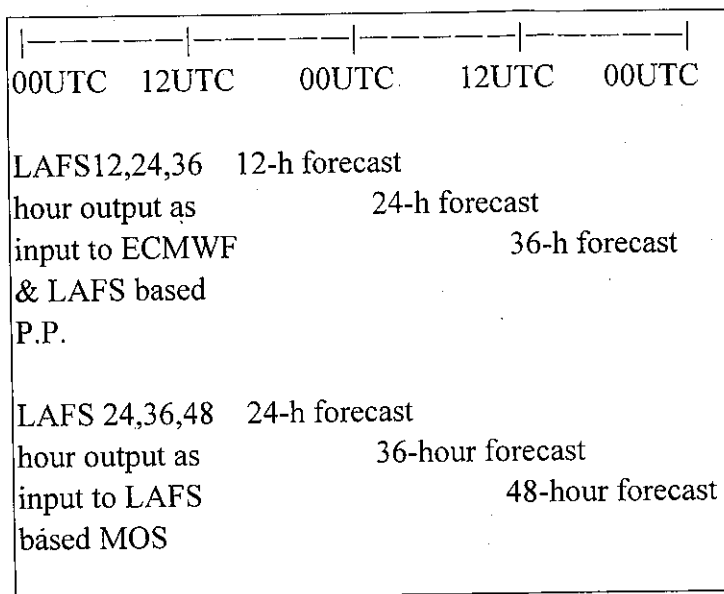
圖一 ECMWF PP 與 LAFS PP 及 LAFS MOS 基本資料網格點示意圖：'+' 為 LAFS PP 及 LAFS MOS 所用網格點位置，'°' 為 ECMWF PP 所用網格點位置，'\*' 為測站位置。

Fig1. The grid data used by ECMWF PP、LAFS PP and LAFS MOS; '+' is the location of grid data used by LAFS PP and LAFS MOS, '°' is the location of grid data used by ECMWF PP, '\*' is the location of surface station.

EC PP、LAFS MOS 和 LAFS PP 在發展時之另一不同處在分季上略有不同，EC PP 之冬季為十、十一、十二、一月；春季為二、三、四月；梅雨季為五、六月；七、八、九月為夏季，共四季；而 LAFS MOS 及 LAFS PP 之冬季為十二、一、二月；三、四月為春季；梅雨季為五、六月；夏季為七、八、九月；秋季為十、十一月。其分季不同之主要原因為當初在發展 EC PP 時，我們曾針對 1980 至 1995 年中十六年本局二十五個地面測站之日雨量資料，計算月累積雨量之分析結果所作之分季，經一年之上線預報作業及預報員之建議後，才在發展 LAFS MOS 時作改變，以期有更好的預報表現，而本文此次分季校驗是採用發展 LAFS MOS 時所作之分

季。

圖二是三個模式作降水機率預報之示意圖。EC PP 及 LAFS PP 都用 LAFS 模式 00 UTC 及 12 UTC 之 12,24,36 小時預報產品作預報因子基本資料代入線性迴歸方程對其預報之有效時間(Valid Time)之未來 12 小時作降水機率預報，預報間隔 12 小時。LAFS MOS 則是用 LAFS 模式 00 UTC 及 12 UTC 之 24,36,48 小時預報產品作預報因子基本資料代入線性迴歸方程對其預報之有效時間內作降水機率預報，間隔 12 小時。



圖二 ECMWF PP、LAFS PP 及 LAFS MOS 作 PoP 預報之時間示意圖。  
Fig2. The initial time of PoP forecast and LAFS model projection  
used by ECMWF PP, LAFS PP, and LAFS MOS。

發展統計線性迴歸方程有一重要的多元判定係數(Reduction of variance) $R^2$ ，其定義如下：

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}$$

其中  $\hat{Y}_i$  代表迴歸方程所預報之預報元 (Predictand),  $Y_i$  代表實際觀測之預報元,  $\bar{Y}$  代表實際觀測之預報元之平均, 當  $R^2$  愈高時, 表示所得之統計線性迴歸方程對降水機率預報之解釋 (Explained) 愈高 (王, 1995)。

### 三、資料及校驗方法

本文所使用之資料為二〇〇〇年十二月至二〇〇一年十一月本局局屬 25 個測站逐時雨量及同時間本局 LAFS 模式預報場資料。校驗指標採用技術得分及白氏得分, 其定義如下：

$$\overline{BS} \text{ (Brier Score)} = (P - E)^2$$

P: 降水機率預測值 E: 實際觀測值

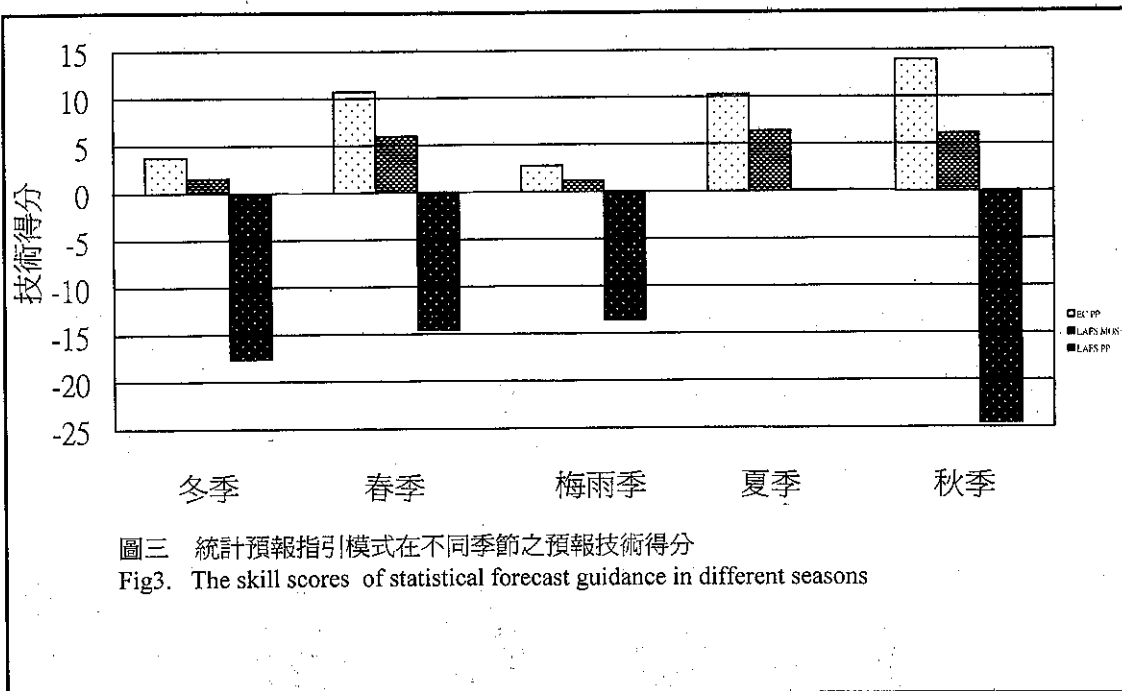
$$\text{Skill Score} = \frac{100(BS_c - BS_f)}{BS_c}$$

Brier Score 愈低, 表示預報之結果愈好, 而 Skill Score 愈高時, 表示其相較於本局預報校驗所參考之氣候持續法所預報之結果愈好。本文計算 EC PP 及 LAFS PP 所用 LAFS 模式 12、24、36 小時預報產品所作降水機率預報之技術得分及白氏得分, 以及 LAFS MOS 所用 LAFS 模式 24、36、48 小時預報產

品所作降水機率預報之技術得分及白氏得分作為校驗分析之參考指標 (詳細方法請參考氣象局編印之八十二年氣象預報業務輔導教材)。

### 四、舊版統計預報指引模式預報校驗結果與分析





圖三是本局三組統計降水機率預報指引模式在不同季節之預報技術得分。從圖中可發現 EC PP 在各季中其表現都是最好的;其預報技術得分在各季分別為 3.78、10.72、2.76、10.27、13.93,而 LAFS PP 是表現最差的,其技術得分除夏季外,均比氣候持續法差 10%以上;其預報技術得分在各季分別為-17.6、-14.54、-13.56、0.12、-24.53。雖然 LAFS MOS 已將 LAFS 模式預報產品之系統性誤差所導致之預報誤差改善,但其結果仍較 EC PP 差;其預報技術得分在各季分別為 1.56、5.96、1.17、6.39、6.10。最讓我們感到困惑的是同樣是用完全預報方法,用本局 LAFS 模式客觀分析場所發展的統計預報指引模式與用 EC 模式客觀分析場所發展的統計預報指引模式,其間之預報表現會是如此之大,在預報之參考性上可說是無參考價值,因其預報結果相較氣候持續法除夏季外,均差

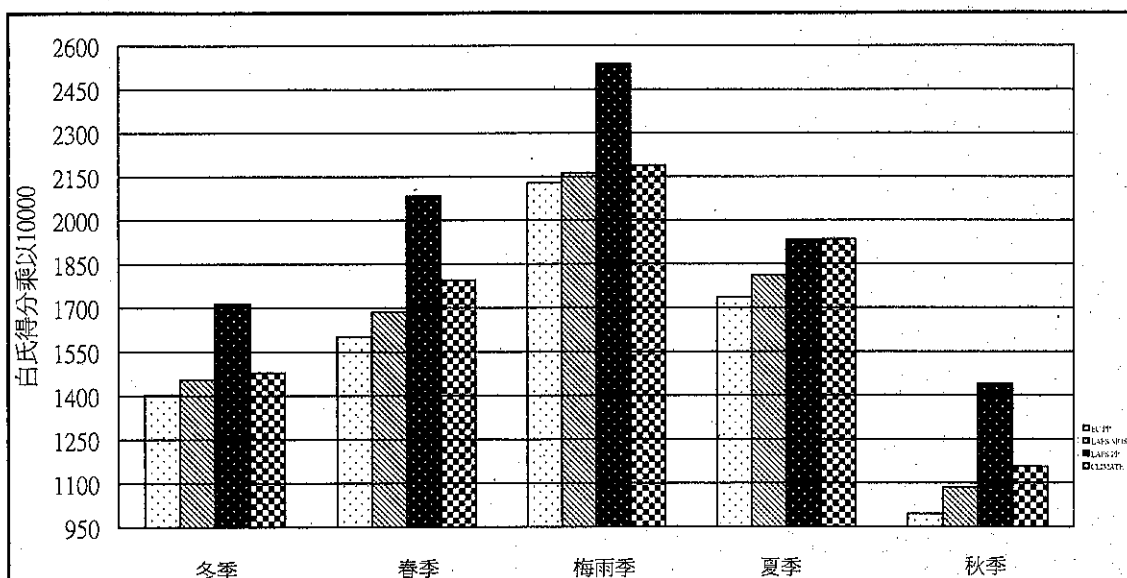
10%以上。由於 EC PP 與 LAFS MOS 之預報技術得分均較氣候持續法佳,以此觀點比較, EC PP 又較 LAFS MOS 更具預報之參考性。

從 LAFS MOS 和 LAFS PP 之預報技術得分之比較,可發現 LAFS 模式預報產品似乎存在著明顯的系統性誤差。因為發展完全預報的方法所用的基本資料是 LAFS 模式之客觀分析場資料,而其並無包括預報產品之預報誤差在內,當把預報產品作為預報因子代入 LAFS PP 之統計線性迴歸方程中, LAFS 模式預報產品之系統性誤差所導致之預報誤差便突顯出來,而從 LAFS MOS 之預報技術得分中可發現已被改善了許多。

預報技術得分在季節上之差異方面,LAFS MOS 和 EC PP 在梅雨季與冬季表現不如在春季、夏季和秋季表現的好,而 EC PP 在這三季其預報技術得分均高過氣候持續法 10%以上。由

於,在梅雨期間常有中尺度天氣系統發生,LAFS 模式預報缺乏良好的掌握能力是可以理解的。因此,統計預報指引模式表現不佳是可預期的;但對於冬季由綜觀尺度斜壓系統所掌控的降雨

情形,預報之技術得分不高卻是值得深入討論,為了瞭解其原因,我們進一步分析各季白氏得分之分布情形。



圖四 統計預報指引模式在不同季節預報之白氏得分

Fig4. The brier scores of statistical forecast guidance in different seasons

從圖四之三組降水機率統計預報指引模式之白氏得分在各季之表現情形,可發現除秋季外就屬冬季最低,也就是說其預報之準確度除了秋季外就屬冬季最高。再進一步比較氣候持續法之白氏得分也發現同樣情形;而預報之技術得分的算法是將預報之白氏得分跟氣候持續法之白氏得分作比較後所得到的相對值,在氣候持續法之白氏得分也相對低的情況下預報之技術得分自然就不高,並非 LAFS 模式在冬季預

報能力較低,這也說明了氣候持續法在冬季是有其參考性。從氣候持續法之白氏得分也可發現,由春季一直到夏季,由於季節的轉變,降水的天氣型態已漸漸進入由中小尺度的天氣型態所主宰,降水機率之持續性在氣候上也漸漸降低,而降水的不確定性因子在這三個季節中也相對的增加,欲提高降水機率預報準確度的,加強此三季降水之物理機制研究,以提高數值天氣預報模式預報之準確度,應是根本的努力方向。

從以上的校驗結果中讓我們無法瞭解的是，為什麼 LAFS MOS 之表現在各季均不如 EC PP？要探討這個問題，我們得重新回顧 EC PP 與 LAFS MOS 之發展過程，試圖從其中找出真正的原因。

在發展 EC PP 時，是利用 EC 模式 1985-1995 年之客觀分析資料發展，在求出統計迴歸線性方程後，再用 LAFS 模式 00 UTC 和 12 UTC 之 12、24、36 小時預報產品，計算 EC PP 統計迴歸線性方程所需之預報因子後，再內插到 EC 模式所用的網格點上作預報；而 LAFS MOS 是用 LAFS 模式 1994 - 1999 年間 00 UTC 和 12 UTC 之 24、36、48 小時預報產品，分別求出六個統計迴歸線性方程，然後再利用 LAFS 模式 00 UTC 和 12 UTC 之 24、36、48 小時預報產品，計算 LAFS MOS 統計迴歸線性方程所需之預報因子後作預報。兩者在發展過程中所使用之資料有以下幾點不同：1、資料長度；2、季節劃分；3、網格點不同；4、發展時所使用資料的數值天氣預報模式不同；5、使用預報產品之預報時段不盡相同。綜合上述五點分析後，最後選擇從季節劃分相同的梅雨季作校驗分析，初步發現可能是 EC PP 所使用台灣四周海上四個網格資料品質優於 LAFS MOS 所使用台灣島上三十六個網格點所致（王，2001）。因此，我們便利用 LAFS 模式在海上靠近 EC PP 所使用網格點的資料內插到其網格點上，即與 EC PP 用相同網格點資料重新發展新版的 LAFS MOS 及 LAFS PP，再對去年一整年重新作降水機率預報，再與舊版的 LAFS MOS 和 LAFS PP 的預報結果作校驗比較，以期能改善目前 LAFS MOS 和 LAFS PP 之預報表現。

## 五、新、舊版統計預報指引模式 預報校驗結果與分析

表一是我們分別將新、舊版 LAFS MOS 用 LAFS 模式 00UTC 及 12UTC 的 24、36、48 小時預報產品所發展出六個統計線性迴歸方程所得的多元判定係數  $R^2$  加以平均的結果，按季我

們任挑北、中、南、東北、東南各兩個地面觀測站作比較，代表新、舊版 LAFS MOS 統計線性迴歸方程在台灣島上預報降水機率的解釋能力，藉以檢視新版 LAFS MOS 之預報表現是否提升。在本文第二節我們曾談到若多元判定係數  $R^2$  愈高，則統計線性迴歸方程預報降水機率的解釋能力就愈好。表一中斜線上方是新版 LAFS MOS 之多元判定係數之平均值；斜線下方是舊版 LAFS MOS 之多元判定係數之平均值。從表一中發現除了夏季之台北、淡水及秋季的基隆、宜蘭、梧棲、台南外，其餘各季新版  $R^2$  均比舊版高，這使我們預期新版 LAFS MOS 整體預報表現應會比舊版好，而新、舊版 LAFS MOS 唯一不同點在所使用的網格點不同而已，這也說明了 LAFS 模式網格點資料在台灣四周海上四點可能優於台灣本島資料。

表二是我們分別將新、舊版 LAFS PP 用 LAFS 模式 00UTC 及 12UTC 的客觀分析資料所發展出兩個統計線性迴歸方程所得的多元判定係數  $R^2$  加以平均的結果，在表二中我們發現除秋季及夏季之台北、淡水、基隆、宜蘭和梅雨季之台南外，其餘各季新版  $R^2$  均比舊版高，這顯示新版 LAFS PP 所使用之 LAFS 模式客觀分析資料品質大致上也較舊版好，同時預期其預報結果將比舊版好。

從以上的結果分析，我們大致上可推論 LAFS 模式預報產品網格點資料在台灣四周海上四點優於台灣本島資料，以致用其資料所發展之統計迴歸線性方程之多元判定係數  $R^2$  之平均結果較高。為了進一步瞭解新版 LAFS MOS 及 LAFS PP 在 2001 年之降水機率預報結果之表現，我們將 LAFS 模式預報產品代入新版 LAFS MOS 及 LAFS PP，計算其降水機率預報之技術得分。

表一 新版與舊版 LAFS MOS 平均多元判定係數  $R^2$

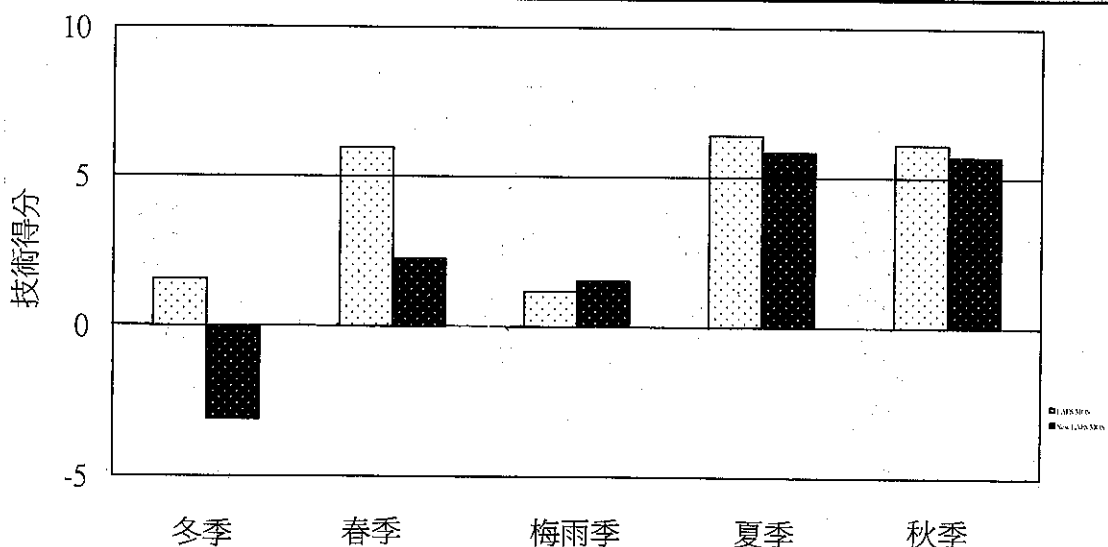
Table1. The averaged reduction of variance  $R^2$  of the new/old LAFS MOS

季節 $R^2$ 測站	冬季	春季	梅雨季	夏季	秋季
淡 水	0.44 / 0.38	0.42 / 0.40	0.38 / 0.34	0.24 / 0.25	0.42 / 0.41
台 北	0.41 / 0.34	0.42 / 0.39	0.37 / 0.33	0.22 / 0.22	0.35 / 0.34
台 中	0.35 / 0.27	0.39 / 0.34	0.38 / 0.33	0.24 / 0.22	0.34 / 0.32
梧 棲	0.38 / 0.24	0.37 / 0.34	0.40 / 0.36	0.26 / 0.23	0.36 / 0.39
台 南	0.32 / 0.20	0.33 / 0.30	0.42 / 0.38	0.29 / 0.26	0.43 / 0.45
高 雄	0.29 / 0.17	0.33 / 0.27	0.44 / 0.40	0.30 / 0.26	0.42 / 0.39
基 隆	0.43 / 0.38	0.49 / 0.47	0.38 / 0.32	0.28 / 0.26	0.39 / 0.42
宜 蘭	0.29 / 0.26	0.37 / 0.36	0.37 / 0.34	0.30 / 0.27	0.36 / 0.38
台 東	0.24 / 0.13	0.24 / 0.17	0.33 / 0.29	0.28 / 0.27	0.38 / 0.33
大 武	0.18 / 0.12	0.24 / 0.21	0.34 / 0.30	0.29 / 0.26	0.29 / 0.25

表二 新版與舊版 LAFS PP 平均多元判定係數  $R^2$

Table2. The averaged reduction of variance  $R^2$  of the new/old LAFS PP

季節 $R^2$ 測站	冬季	春季	梅雨季	夏季	秋季
淡 水	0.48 / 0.43	0.45 / 0.39	0.44 / 0.41	0.29 / 0.33	0.41 / 0.40
台 北	0.42 / 0.38	0.46 / 0.42	0.43 / 0.40	0.30 / 0.33	0.34 / 0.40
台 中	0.40 / 0.37	0.37 / 0.35	0.44 / 0.43	0.33 / 0.27	0.44 / 0.43
梧 棲	0.37 / 0.34	0.39 / 0.37	0.47 / 0.42	0.33 / 0.30	0.40 / 0.45
台 南	0.34 / 0.25	0.31 / 0.31	0.43 / 0.45	0.32 / 0.30	0.51 / 0.55
高 雄	0.27 / 0.23	0.36 / 0.30	0.48 / 0.44	0.30 / 0.30	0.47 / 0.45
基 隆	0.41 / 0.43	0.49 / 0.46	0.44 / 0.40	0.33 / 0.36	0.43 / 0.44
宜 蘭	0.35 / 0.33	0.38 / 0.32	0.42 / 0.38	0.35 / 0.37	0.42 / 0.44
台 東	0.22 / 0.19	0.21 / 0.19	0.37 / 0.30	0.37 / 0.33	0.38 / 0.32
大 武	0.23 / 0.14	0.25 / 0.23	0.39 / 0.41	0.34 / 0.27	0.31 / 0.32



圖五 2001年舊版與新版LAFS MOS在不同季節預報之技術得分

Fig5. The skill scores of the old and the new LAFS MOS in 2001 in different seasons

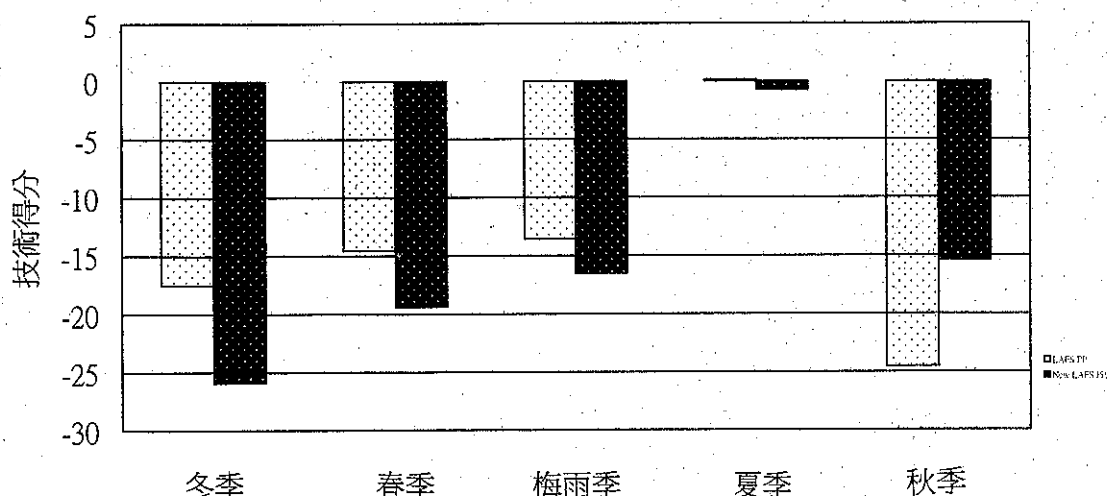
從圖五中發現新版 LAFS MOS 預報之技術得分只有在梅雨季表現比舊版 LAFS MOS 稍好,其它季節均不如舊版 LAFS MOS;尤其在冬季還較氣候持續法差,且冬季與春季之預報技術得分相差較明顯,其它季節則相差較小。這使我們特別感到疑惑,為何在冬季與春季之預報技術得分比其它季差異會較明顯?顯然,新、舊版 LAFS MOS 之降水機率預報在季節上的表現是有差異的。而新版 LAFS MOS 預報表現並未如預期比舊版 LAFS MOS 好,這個結果也使我們不禁懷疑先前對去年梅雨季之降水機率預報之校驗分析所作之結論是否僅為單一季節個案之巧合呢?但從表一之新、舊版 LAFS MOS 之多元判定係數之平均值比較,又讓我們相信在理論上新版 LAFS MOS 之預報表現應會較舊版 LAFS MOS 好,但用一年資料作預報測試之校驗結果卻無法與理論配合,這將對我們日後發展統計線性迴歸方程時產生困惑,因為多

元判定係數  $R^2$  愈高其實際之預報結果未必會愈好,必須經過至少兩年資料之預報測試之校驗驗證後才能確定。

我們再檢視新、舊版 LAFS PP 預報之技術得分。從圖六中我們發現新版 LAFS PP 預報之技術得分除了在秋季外,其餘各季均比舊版 LAFS PP 預報之技術得分低,這表示新版 LAFS PP 所用網格點預報資料之系統性誤差較舊版 LAFS PP 大,以致其所導致之預報誤差也相對較舊版 LAFS PP 大。相同的是,兩者之預報之技術得分均較氣候持續法低,這顯示用 LAFS 模式之客觀資料場所發展之完全預報較無預報之參考價值。至此,讓我們產生疑問的是,這個測試校驗結果到底是單一年的特殊個案,抑或是理論與實際預報表現之間無法一致?因為從表一和表二之新、舊版 LAFS MOS 及 LAFS PP 之多元判定係數之平均值比較結果,我們無法預期到會有如此的預報校驗結果。所以,要想對此

一問題得到一個可靠的結論,恐仍需一至兩年

的上線預報測試結果作校驗分析後確認才行。



圖六 2001年舊版與新版LAFS PP 在各季之預報技術得分

Fig 6. The skill scores of the old and the new LAFS PP in 2001 in different seasons

## 六、結論與討論

從本次校驗結果分析,我們可歸納出下列幾點結論:

- 1、本局舊版三組不同降水機率統計預報指引模式所作之降水機率預報,整年之表現以 EC PP 最好,而 LAFS PP 最差。
- 2、由於上線預報測試資料時間不夠長,使我們無法判定我們所發展之新版 LAFS MOS 是否能對舊版 LAFS MOS 之預報表現作改善。
- 3、EC PP 與 LAFS MOS 所作之降水機率預報表現在季節上,僅以冬季和梅雨季較差而已,相較之下新、舊 LAFS PP 之降水機率預報則缺乏預報之參考價值。
- 4、新、舊版 LAFS MOS 整年之預報技術得分均比新、舊版 LAFS PP 高出許多,

這顯示 LAFS 模式預報產品存在著明顯的系統性誤差。

就發展統計預報指引的觀點而言,如何提高統計預報指引模式預報之準確度是發展時的首要考量,而提高統計預報指引模式預報之準確度的方法除了透過預報結果校驗分析,瞭解其預報誤差之特性,進而找到改善之方向與方法外,另外一個方向就是透過對降水機制特性的瞭解,找到有參考價值的降水預報因子。美國國家氣象局(National Weather Service)在經歷了近四十年的降水機率統計發展預報與校驗,發現長期資料統計所得到觀測的降水相對頻率(observed relative frequency of rainfall)是一個重要的降水機率預報因子。另外,數值天氣預報模式也常在預報降水量(precipitation amount)、相對濕度(relative humidity)、垂直速度(vertical velocity)這三種預報場,發生異常梯度(sharp

gradient)的特徵,如果將這些預報因子在作統計線性迴歸前,先在某個臨界值(cut off value)作"0"與"1"化(binanzed) ;即在某臨界值之上將其值設定為"1"而在某臨界值之下將其值令為"0",如此便可解決在空間上產生區域極大或極小值(bull's eyes)的影響。此外,數值天氣預報模式預報產品,如果對天氣系統移動速度產生稍微的預報誤差,則作"0"與"1"化也將可改善此誤差情形(M.S. Antolik,2000)。另外,利用現有的 LAFS MOS 按月分別找出每個地面觀測站之統計線性迴歸方程,再將每個地面觀測站之統計線性迴歸方程前二、三個預報因子,按相同預報因子與相同月份作區分,便可找出以預報因子作分類的季節出來。找出各測站適合的季節劃分將可增加統計預報指引模式預報之穩定性,進而提高其預報之準確度。諸如此類,皆是我們未來發展的方向與作法。

## 七、誌謝

在此感謝賀介圭小姐所準備之各統計預報模式之預報指引產品,並感謝羅存文小姐在 LAFS 模式預報產品歷史資料之整理及統計預報模式的維護上,提供必要的協助使本文能順利完成。

## 八、參考文獻

- 王惠民,陳重功,羅存文與賀介圭,2001 :中央氣象局降水機率統計預報模式預報校驗之比較分析:90年5月1日至6月30日期間。天氣分析與預報研討會論文彙編(90)氣象,261-266。
- 王惠民,1995 :赴美接受模式統計預報訓練報告書。
- 中央氣象局,1993 :八十二年度氣象預報業務輔導教材。
- Mark S. Antolik, 2000:An overview of the National Weather Service's centralized statistical quantitative precipitation forecasts. Journal of Hydrology 239(2000), pp. 306-337.
- Glanh,H,R., 1991:The evolution and use of statistical guidance forecasts in the United States. WMO training workshop on the interpretation of NWP products in terms of local phenomena and their verification.

# **An Examination on the Probability of Precipitation of Statistical Forecast Guidance and Some Improvement Testing at the Central Weather Bureau in Taiwan**

Huei Min Wang

Meteorological Research & Development Center

Central Weather Bureau

## **ABSTRACT**

In this study, we verified the probability of precipitation(PoP)forecasts in 2001 of three statistical forecast guidance models: ECMWF(European Center Medium - Range Weather Forecasts) model based Perfect Prog; LAFS(Limited Areal Forecast System) model based MOS(Model Output Statistics);and LAFS model based Perfect Prog. We found that the performance of the ECMWF model based Perfect Prog was the best for all seasons of the year, whose skill scores in the different seasons were 3.78、10.72、2.76、10.27、13.93,respectively; but the LAFS model based Perfect Prog was not good, whose skill scores were lower than climate persistence's in all seasons except for the summer. In view of different seasons, the performance of both the LAFS model based MOS and the ECMWF model based Perfect Prog in Mei-Yu and winter seasons were not as good as in other seasons. In addition, the performance of the ECMWF model based Perfect Prog was superior to climate persistence by over ten percentage in the rest of the seasons. Though, the LAFS model based MOS can improve the forecast errors caused by the systematic errors of LAFS model output, the PoP forecast results were still not as our expectation. The major factor resulting from seemed to be that the data quality of LAFS model outputs at four grid points located over the sea surrounding Taiwan were better than those grid points located within Taiwan island.

Through changing the grid point data as the ECMWF model based Perfect Prog used, we redeveloped the LAFS model based MOS. We found that the averaged reduction of variance  $R^2$  of the new LAFS model based MOS is higher than the old one at ten random selected surface stations in all seasons of the year. This helped explain that the data quality of LAFS model output at grid points where surrounding Taiwan was indeed superior to those grid points located within Taiwan island. But the verification results of the new LAFS model based MOS and Perfect Prog did not match the results mentioned above. It is necessary to collect more forecast verification data so that we can make further conclusion.

Keywords: Perfect Prog, Model Output Statistics.



## 瘋狗浪成因、定義及防災宣導

李賢文

明新科技大學土木工程系

### 摘要

瘋狗浪可分為兩種類型。第一種類型就是強烈的海浪，不斷的侵襲海岸，這是由於「振幅」很大的波浪所造成的。而第二種類型的瘋狗浪，是海上平靜無風，突然在岸邊出現一道大浪，衝擊海岸，這是由於「波長」很長的波浪所造成。而且波長與振幅合成的效應是非線性的，因此只要兩者都大時，即此二種類型瘋狗浪的機制同時發生，則此種波浪所含的能量是相當巨大的。瘋狗浪防範之宣導事項，需要注意它發生的時間與地點。

瘋狗浪侵襲之危險時間：(一) 颱風季節：台灣周圍海域已有颱風時，雖然颱風尚離台灣甚遠。氣象局尚未發布陸上颱風警報。(1) 颱風侵台前，即使颱風只經過台灣的周圍海域，海上颱風警報尚未發布。(2) 颱風侵台後，海上颱風警報解除後。(二) 冬季季風：黃海或東海已有冷鋒產生，海面風浪甚強時。瘋狗浪侵襲之危險地點：(一) 直立海岸的礁石。(二) 直立壁上近海面的平台。(三) 海堤邊面海的消波塊。(四) 燈塔附近防波堤。(五) 海底礁石甚多的海灘。上述的危險地點，各地方政府應該豎立禁止釣魚的標誌，並於颱風季節時加強警戒。

關鍵詞：瘋狗浪，機制，防災。

Key words: mad-dog wave, mechanism, disaster prevention

### 一、前言

台灣的報紙或其它的媒體，常將釣客被浪衝入海中的情形，稱為「瘋狗浪」狂吼，捲走釣客。實際上海浪捲人的情形，常有發生，而為何有俗稱的「瘋狗浪」發生。過去許明光等人(1993)曾對台灣地區「瘋狗浪」做過調查並探討其成因，但對機制並未詳細地討論。蔡政翰(1996)也曾經提出「瘋狗浪」的報告，他認為「瘋狗浪」應該直接了當的稱為大湧浪，而他對其機制也未討論。李賢文(1998)嘗試將「瘋狗浪」機制初步討論。

為了研究需要，我們首先要嘗試將「瘋狗浪」加以定義。「瘋狗浪」既然是一種俗稱；而且以「瘋狗」來形容此種害人的波浪，也多少透露一點「傳神」之意。一般人所謂的「瘋狗」，

就有兩種說法。第一種說法，就是指稱真正的瘋狗，隨時隨地見到都會咬，它是在一種瘋狂的狀態。第二種說法是，此種狗平常是正常的，毫無異狀，但在某一種特別的情形下，會如瘋狂般的咬人，此時有人也會稱它為「瘋狗」。

「瘋狗浪」以「瘋狗」為形容詞，同樣地也有上述二種相對應的說法。

(一)兇猛強烈的海浪，不斷地侵襲海岸，岸邊只要有人垂釣或游泳，則很容易被海浪捲入，這是「第一類型瘋狗浪」一如同真正的瘋狗，見到人就攻擊，避免災害的方式，就是遠離它。(二)天氣良好，海上平靜無風，突然在岸邊出現一道大浪，衝擊海岸，此時如岸上有人，則很容易被捲入海中，這是「第二類型瘋狗浪」一如同正常的狗，突然張口咬人，很難預防。

對於第一類型瘋狗浪，我們已經可以在岸邊很明顯地看到它不斷地拍打海岸。也就是說岸邊已經是風大浪高，而居然尚有人勇敢地在海岸垂釣或戲水，如發生海浪捲人的意外，往往是遊客個人奮不顧身所造成的。

而第二類型瘋狗浪，往往海邊沒有大風浪的徵兆，很難走避，比較容易傷害到岸邊釣客或遊客。這一類型的瘋狗浪，比較難預防，正是我們需要研究的對象。

## 二、民國八十二年(1993)至八十八年(1999)間收集到瘋狗浪事故之時間與地點如下：

- (一) 花蓮縣秀林鄉仁和隧道附近海灘，一死一失蹤。(聯合報，1993.11.30)
- (二) 線西鄉濱海肉粽角，二死二獲救。(自由時報，1994.4.9)
- (三) 淡水鎮沙崙海水浴場，一死一失蹤。(自由時報，1994.4.9)
- (四) 台南市南區鯤鯓里舊小美軍海水浴場，二死一獲救。(聯合報，1995.8.28)
- (五) 屏東縣滿洲鄉港仔海邊，一人死亡。(聯合報，1995.8.28)
- (六) 高雄市西子灣防波堤，一死一失蹤。(聯合報，1995.8.28)
- (七) 基隆外海富貴角，船身傾斜。(聯合報，1995.9.13)
- (八) 基隆市八斗子長潭里垃圾場海堤，兩人失蹤。(中國時報，1995.10.20)
- (九) 蘇澳港南堤，一人死亡。(中國時報，1995.10.20)
- (十) 基隆港東岸防波堤，二死一失蹤。(自由時報，1995.12.20)
- (十一) 台北縣貢寮鄉龍洞海濱，三人落海，其中一人獲救兩人失蹤。(自由時報，1995.12.25)
- (十二) 台北縣萬里鄉野柳漁港東防波堤，四人失蹤。(聯合報，1996.10.3)

- (十三) 台北縣貢寮鄉龍洞灣，一人失蹤。(聯合報，1996.10.3)
- (十四) 台東縣成功鎮都歷垃圾收集場旁之海灘，二死一失蹤。(聯合報，1997.5.29)
- (十五) 高雄西子灣海水浴場，二死二失蹤。(聯合報，1997.2.9)
- (十六) 高雄旗津海岸公園停車場下方海灘，一人失蹤。(中國時報，1997.6.10)
- (十七) 澎湖七美嶼外海，二人獲救一人失蹤。(中國時報，1997.6.10)
- (十八) 台北縣金山鄉水尾漁港，四人獲救一人失蹤。(中國時報，1997.6.10)
- (十九) 基隆市八斗子漁港東防波堤，四人落海，其中一人獲救。(聯合報，1997.9.17)
- (二十) 基隆市外木山油庫旁礁石，一人死亡。(聯合報，1997.9.17)
- (二十一) 花蓮市七星潭海灘，一死一失蹤。(聯合報，1997.10.12)
- (二十二) 基隆市八斗子漁港防波堤，一人失蹤。(中國時報，1998.1.17)
- (二十三) 桃園縣竹圍漁港南堤，三人失蹤。(自由時報，1999.8.9)

## 三、民國八十九(2000)年度瘋狗浪事故統計

民國八十九(2000)年瘋狗浪事故，似乎比往年多。目前收集到瘋狗浪事故之時間與地點如下。下列時間係報紙登載日期，實際事故日期發生在報載前一天。

- (一) 八十九年五月二十四日(聯合報)，花蓮縣新城鄉七星潭海邊。
- (二) 八十九年七月八日(自由時報)，高雄市中山大學海水浴場，及高雄市紅毛港，各一起。
- (三) 八十九年七月二十九日(中國時報)，台北縣三芝海邊。
- (四) 八十九年八月七日(中國時報)，台北縣貢寮鄉澳底漁港岸邊，及貢寮鄉真理村海

邊，各一起。

- (五) 八十九年八月二十七日（中國時報、自由時報），高雄市旗津海岸公園海域。
- (六) 八十九年九月十三日（自由時報），基隆市八斗子漁港外廓防波堤。
- (七) 八十九年九月十五日（自由時報），台北縣石門鄉十八王公廟核一廠阿里磅溪出水口防波堤。
- (八) 八十九年九月二十五日（中國時報、聯合報），台北縣嘉寶村林口發電廠海邊。
- (九) 八十九年十月十一日（中國時報），台北縣林口發電廠附近的中福海域。
- (十) 八十九年十月二十七日（聯合報、自由時報、中國時報），基隆市北寧路旁海洋大學外面港務局貯水池防波堤。
- (十一) 八十九年十月三十日（中國時報、民生報、聯合報、自由時報），基隆市八斗子油庫綠燈塔堤防，及宜蘭縣頭城鎮北邊石城漁港防波堤外的礁岩，各一起。
- (十二) 八十九年十一月十五日（民生報、中國時報、聯合報、自由時報），基隆港西岸紅燈塔防波堤外側消波塊平台。

#### 四、民國八十九（2000）年瘋狗浪事故前後之氣象狀況：

根據上節報紙記載及中央氣象局提供的天氣圖、颱風路徑與警報，我們可以瞭解瘋狗浪大都與海上颱風（或熱帶性低氣壓）有關，並

可據此探討其機制。

- (一) 五月八日（圖1）2000年1號颱風「丹瑞」出現在菲律賓東方海面，而此颱風往後數日朝北緩慢移動，由五月二十二日八時（220000Z MAY 2000）之天氣圖（圖2），可見巴士海峽東面（台灣東南海面）上，此颱風已轉為熱帶性低氣壓。因此氣象局並沒有發布颱風警報，但由於此颱風在巴士海峽東方海域停留時間相當長，亦即其吹風時間（wind duration）甚久，風浪相當成熟，因此會包含波長甚長之風浪。而二十三日下午二時，花蓮新城鄉七星潭海邊，即發生瘋狗浪。
- (二) 七月七日八時（070000Z JUL 2000）天氣圖（圖3），巴士海峽西邊（台灣西南海面），顯示2000年4號颱風啟德（KAITAK）。七月八日自由時報雖然報導氣象局發布的啟德颱風情形，但尚未發布海上颱風警報。而七月八日，高雄市海邊發生二起瘋狗浪，如上節所述。
- (三) 七月二十七日八時，當年編號6之颱風布拉萬（BOLAVEN）在琉球海面。二十八日八時（280000Z JUL 2000）天氣圖（圖4）上，可見此颱風仍在琉球海面滯留。因此在琉球海面上吹風時間甚長，風浪成長相當完整。二十八日下午台北縣三芝海面發生瘋狗浪。

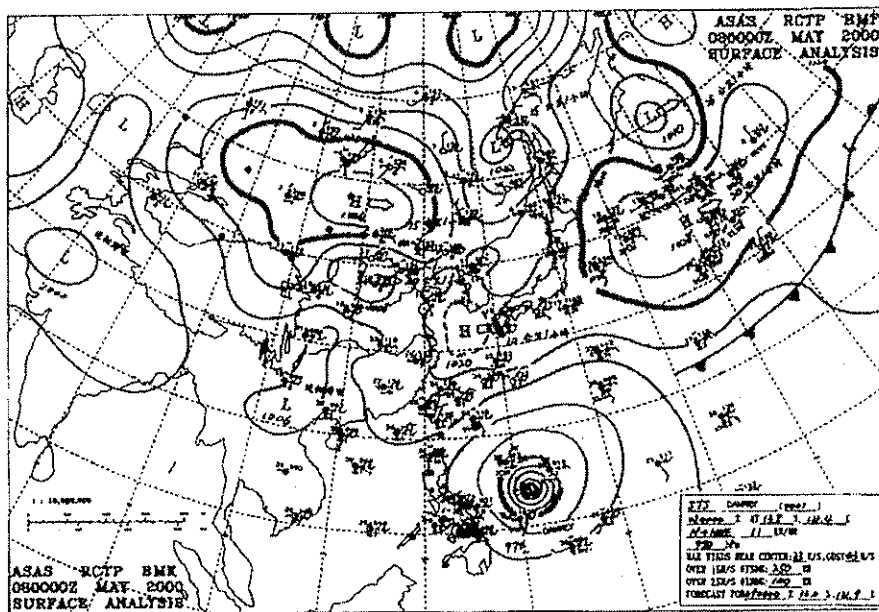


圖 1. 民國八十九年五月八日 8 時天氣圖，001 號颱風丹瑞在菲律賓東方海面。

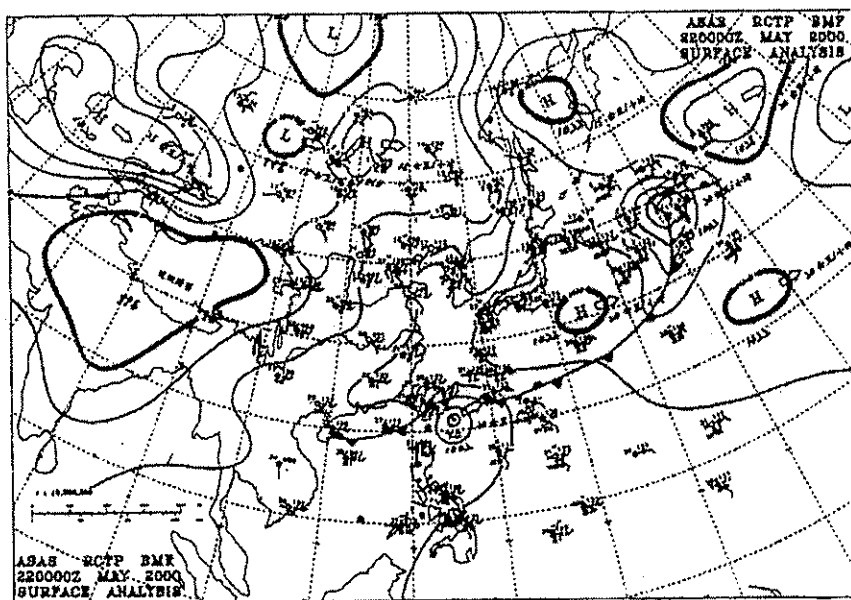


圖 2. 民國八十九年五月二十二日 8 時天氣圖，巴士海峽東面熱帶性低氣壓，由丹瑞颱風弱化而成。

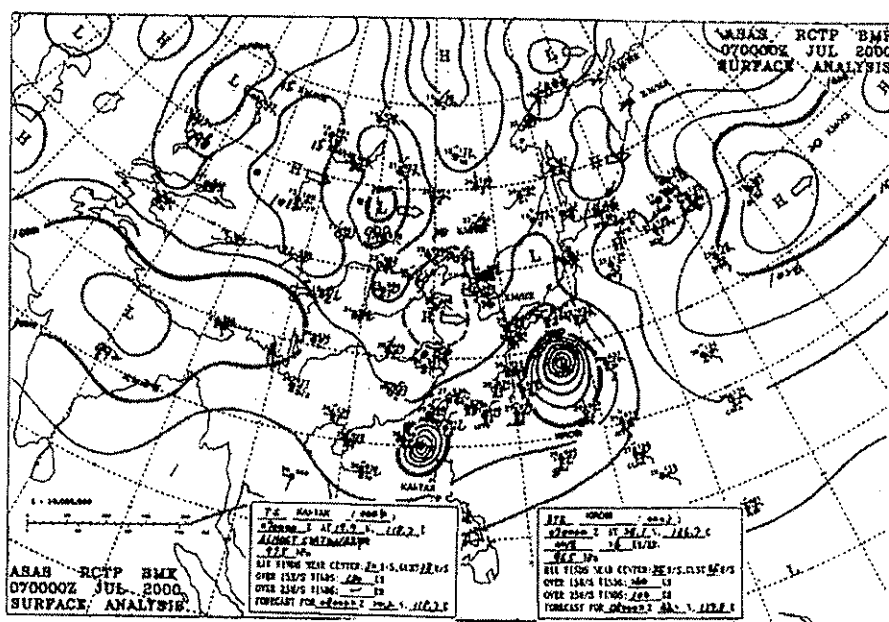


圖 3. 民國八十九年七月七日 8 時天氣圖，004 號颱風啟德在巴士海峽西邊。

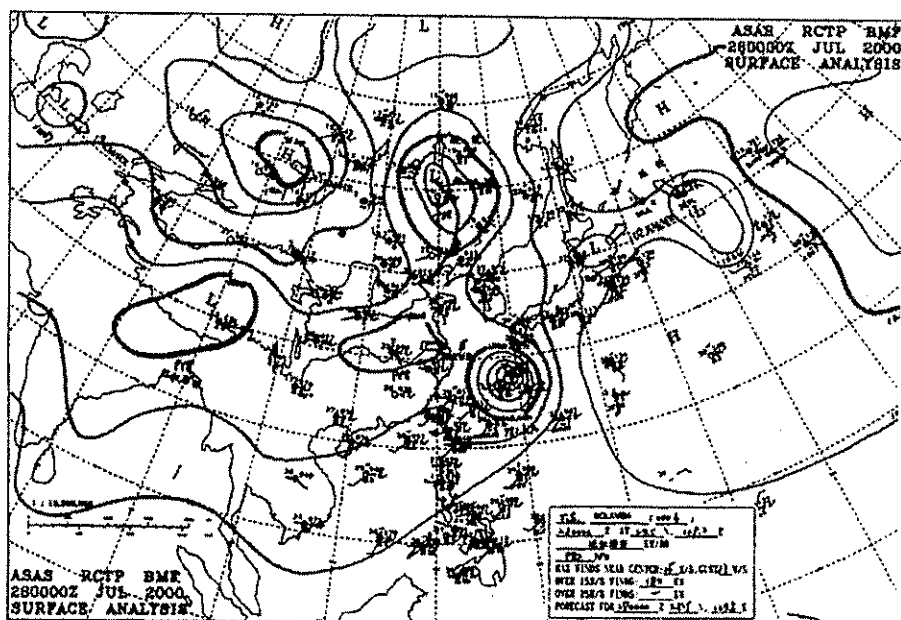


圖 4. 民國八十九年七月二十八日 8 時天氣圖，編號 006 之颱風布拉萬在琉球海面滯留。

(四) 八月六日八時(060000Z AUG 2000)天氣圖  
(圖 5)，琉球東方海面顯示編號 8 之颱風杰拉華(JALAWAT)。而八月六日中午貢寮發生瘋狗浪，但之前氣象局尚未發布颱風警報。八月七日中國時報報導氣象局清晨以後發布海上颱風警報。

(五) 八月二十三日編號 10 的碧利斯(BILIS)颱風侵台(圖 6)，而到了八月二十三日二十時五分颱風警報已解除(表 1)。但二十六日上午十時左右，高雄市旗津出現瘋狗浪。

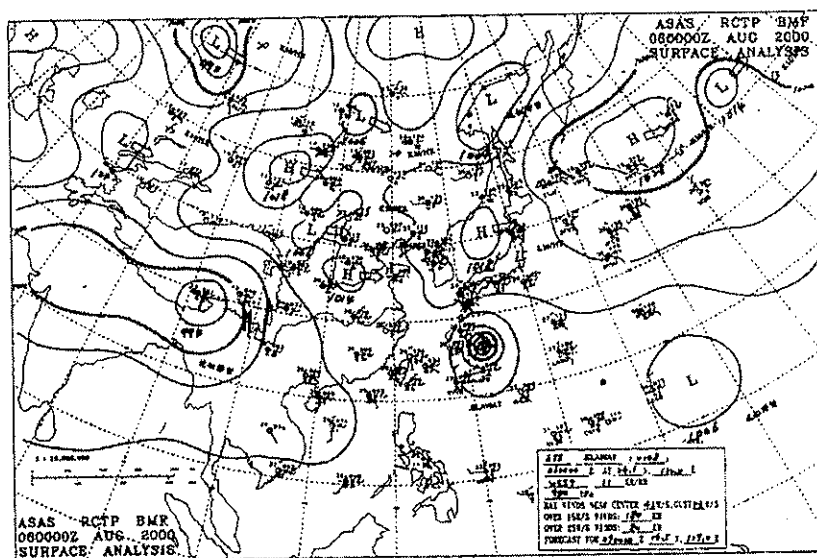


圖 5. 民國八十九年八月六日 8 時天氣圖，琉球東方海面顯示編號 008 之颱風杰拉華。

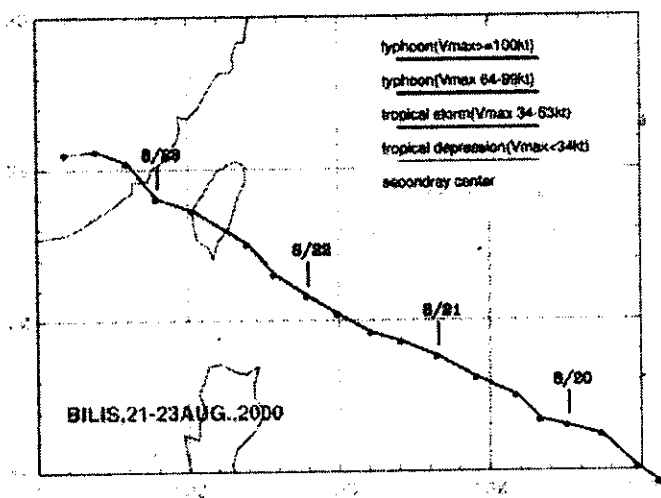


圖 6. 中央氣象局公告民國八十九年八月二十一日至二十三日，編號 0010 的碧利斯颱風侵台路徑圖。

中央氣象局颱風警報發布撤除表	
號次	2*
名稱	碧利斯(BILIS)
編號	0010
生成地點	菲律賓東方海面
侵(近)台日期	8月22日
發布時間	海上：8月21日8時25分，陸上：8月21日14時45分。
解除時間	陸上：8月23日20時5分，海上：8月23日20時5分。
發布報數	21
最大強度	強烈
近中心最大風速(公尺/秒)	53(16級)
侵台路徑分類	3
登陸地段	台東縣成功鎮
動態	形成後以穩定速度朝西北西至西北方向直撲台灣，22日22時30分左右登陸台東縣成功鎮附近，隨後於隔日中午由金門北方近海進入大陸。
災害	11人死亡，4人失蹤，110人受傷，房屋全倒434戶，半倒1725戶。

表 1. 碧利斯颱風警報解除公告

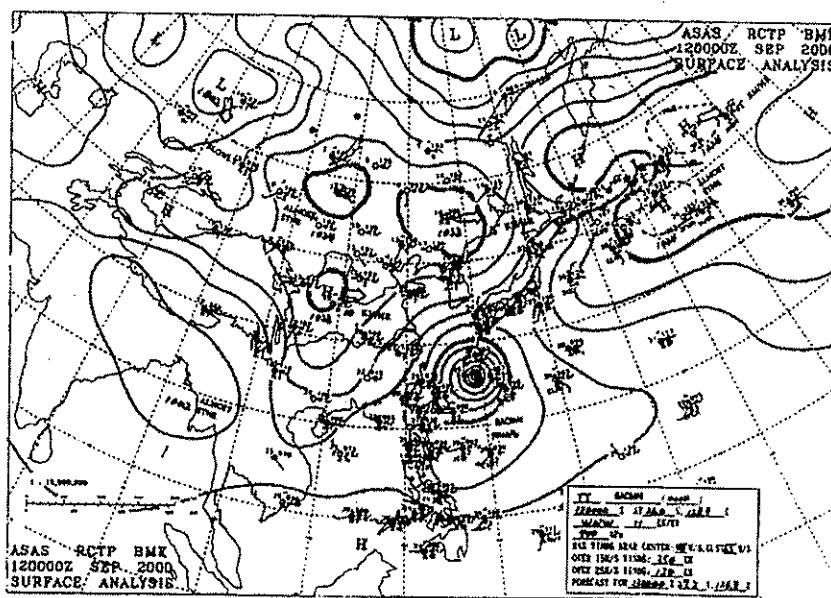


圖 7. 民國八十九年九月十二日 8 時天氣圖，編號 0014 的桑美颱風在琉球附近海面。

(六) 九月十二日八時(120000Z SEP 2000)天氣圖(圖 7)，編號 14 的桑美颱風(SAOMAI)在琉球附近海面。當日下午七時三十分許，八斗子防波堤出現瘋狗浪，釣客落海失蹤，經十二小時後獲救(中國時報，八十九年九月十四日)。

(七) 九月十四日八時(140000Z SEP 2000)天氣圖(圖 8)，桑美颱風仍在台灣東北海面，十八王公廟前防波堤出現瘋狗浪。

(八) 九月二十四日下午四時許，林口發電廠附近海邊之大浪，四人被海浪捲走，事件前後的三日內，台灣附近均無颱風或熱帶性低氣壓。但九月二十四日八時天氣圖(圖 9)，卻可見到在  $32.6^{\circ}\text{N}$   $171.6^{\circ}\text{E}$ ，編號 0018 的 SHANSHAN 颱風。

(九) 十月十日下午四時許，同樣與上述(8)之地點，出現瘋狗浪。台灣附近均無颱風或熱帶性低氣壓。但十月十日八時天氣圖(圖 10)，越南東邊南海上有一個熱帶性低氣壓。





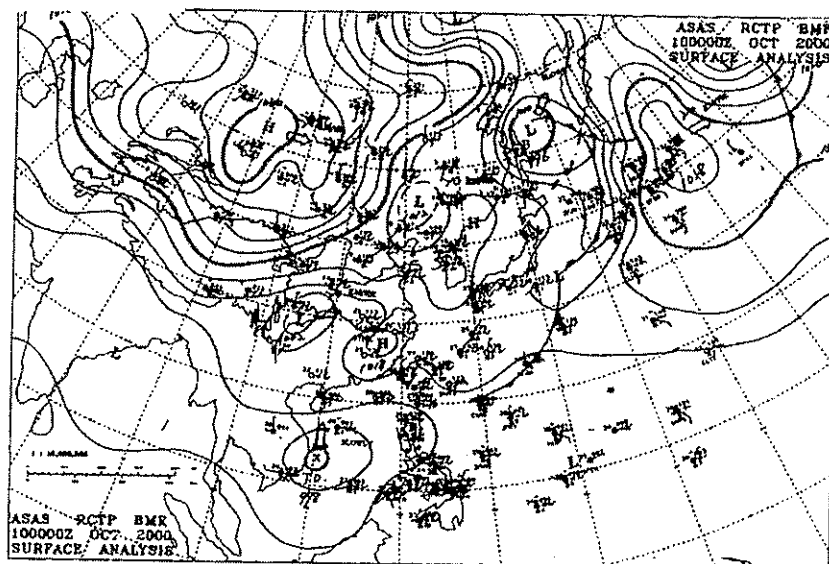


圖 10. 民國八十九年十月十日 8 時天氣圖，南海有一個熱帶性低氣壓。

(十) 十月二十六日八時(260000Z OCT 2000)天氣圖(圖 11)，編號 19 雅吉颱風(YAGI)在台灣東北海面，當日晚間六時，海洋大學外面貯木池海堤出現瘋狗浪。

(十一) 十月二十九日八時(290000Z OCT 2000)天氣圖(圖 12)，編號 20 象神颱風(XANGSANE)在南海東邊接近菲律賓，颱風警報尚未發布，但八斗子及頭城石城漁港外分別出現瘋狗浪。

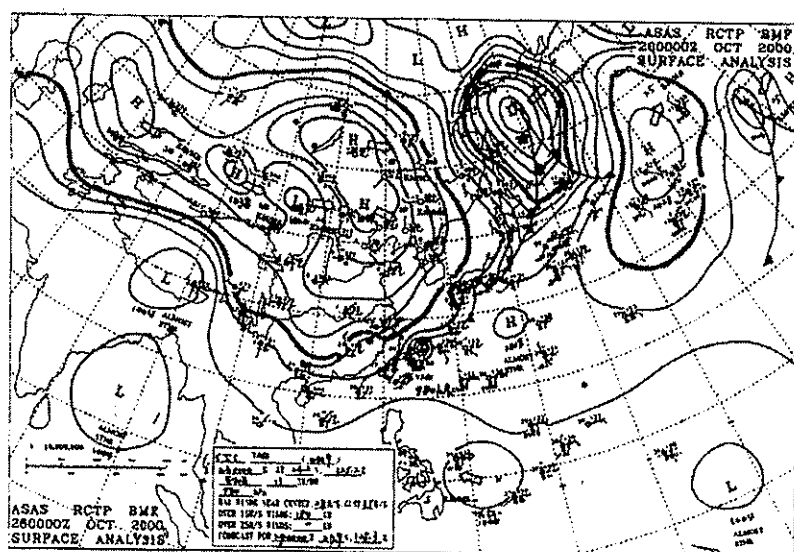


圖 11. 民國八十九年十月二十六日 8 時天氣圖，編號 0019 雅吉颱風在台灣東北海面。

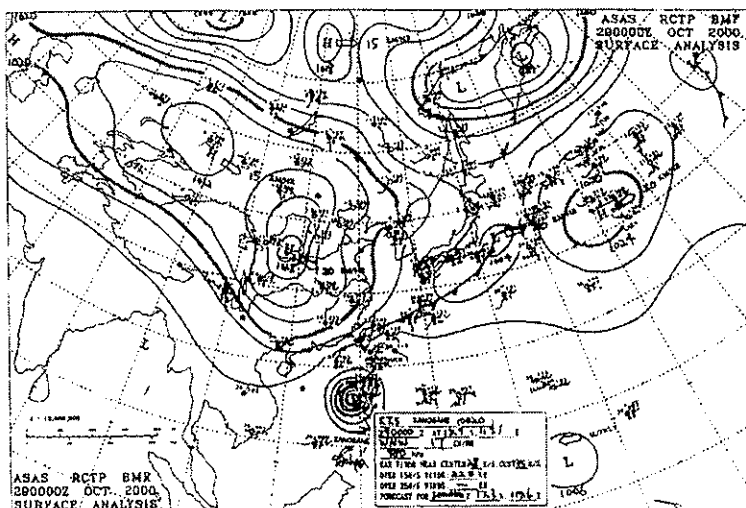


圖 12. 民國八十九年十月二十九日 8 時天氣圖，編號 0020 象神颱風在南海東邊接近菲律賓。

(十二)十一月十四日，基隆西岸紅燈塔堤外出現瘋狗浪。事件前後三日內，無颱風或熱帶性低氣壓，但當日八時(140000Z NOV 2000)天氣圖(圖 13)顯示冬季的東北季風已盛行。

前述十二例中，僅(十二)係由東北季風的

風浪，所造成的瘋狗浪。即屬於第一種類型的瘋狗浪。而其餘十一種例子，皆與颱風(或熱帶性低氣壓)有關，即屬於第二種類型的瘋狗浪。雖然有些颱風(或熱帶性低氣壓)離台灣甚遠，如(八)、(九)二例。

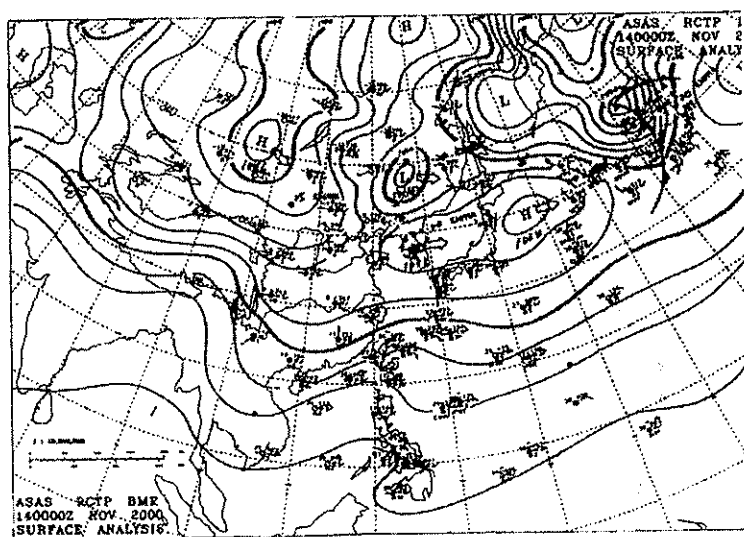


圖 13. 民國八十九年十一月十四日 8 時天氣圖。

## 五、瘋狗浪的機制

海浪是海面起伏的狀態，如果我們不考慮天文引潮力及地層的變動，當海面完全沒有受到外力的作用時，海面是平滑的表面。海面上所受的外力，最常見的風剪力，當風在海面上吹拂時，就會引起海面起伏，造成風浪。基本上海面起伏是一種位能與動能互相轉換的現象；而當風浪在出生地向外擴散時，就是藉著位能與動能互相轉換的機制，將能量向四周傳遞。一般而言能量藉著波浪形式傳遞時，在傳遞過程中，其損耗率很低，因此風浪往往可從出生地傳達到遙遠的地方。當然其傳達的距離依原始產生時的能量而定；也就是說原生地其能量很大，則此波浪傳達的距離就很遠。依據波浪理論，在任何時間與地點，前進波每單位寬度的能量為

$$E = E_{\text{pot}} + E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \rho g \lambda \zeta_0^2 \quad (1)$$

其中  $E_{\text{pot}}$  與  $E_{\text{kin}}$  分別代表單位寬度波浪的位能與動能，而

$$E_{\text{pot}} = E_{\text{kin}} = \frac{1}{4} \rho g \lambda \zeta_0^2 \quad (2)$$

上式中， $\rho$  為海水平均密度， $g$  為重力加速度， $\lambda$  為波長， $\zeta_0$  為波浪的振幅。因此我們知道波浪的振幅愈大且波長愈長，其單位寬度的能量也愈大。

當波浪破碎時，也就是說，當它不再具有傳遞能量的機制；則波浪所含的能量就被釋放出去。這些釋放出來的能量，就會衝擊碎波前頭的環境，如消波塊、礁岩、防波堤。而在沙灘外海，碎波的能量，部分可能產生海流，而另一部分再產生新的波浪，此波浪的能量當然比原來的波浪小。此波浪更接近沙灘時，會因淺化作用，繼續破碎，而重複上述過程，直到波浪完全消失，其能量完全轉化為近岸海流的動能。

由(1)式我們知道單位寬度波浪的能量，不僅是振幅之函數，也是波長之函數；且正比於(波長)×(振幅)<sup>2</sup>。因此波長與振幅只要其中一項很大時，這道波浪就含有大量的能量。

本人在過去瘋狗浪之初步研究(李賢文，1998)中，就提出瘋狗浪可分為兩種類型。第一種類型就是強烈的海浪，不斷的侵襲海岸，此即由於上述「振幅」很大所造成的。而第二種類型的瘋狗浪，是海上平靜無風，突然在岸邊出現一道大浪，衝擊海岸，這是由於「波長」很長的波浪所造成。而且波長與振幅合成的效應是非線性的，因此只要兩者都大時，即此二種類型瘋狗浪的機制同時發生，則此種波浪所含的能量是相當巨大的。

對於第二種類型瘋狗浪，也就是「波長」很長的波浪，當其將近破碎時的波高之變化，本人過去之研究(李賢文，1998)有詳細之說明。本文再引用其中要旨，以說明此類瘋狗浪之特徵。

首先我們需要了解此類型瘋狗浪是在天氣良好，海面無浪的情形下發生的，為何在這樣良好的天氣下，海岸地帶居然會有瘋狗浪產生，而將人捲入海中，這是許多人無法理解的事實。

當我們在海岸地帶，雖然天氣良好，當地無風，附近海域也看不到風浪。但是所有的海域都是相通的，其他海域的波浪，就有能傳送到我們所在的海域。尤其台灣四周環海，東邊太平洋的波浪常常傳到台灣海岸。這種遠處海域傳來的波浪，已經脫離其發源地(即遠處的風暴)，而到無風暴的所在，就是海洋學上所稱「湧浪(swell)」。這種湧浪傳送速度很快，比風暴的移動還快，所以才能脫離風暴的影響，而傳送到其他海域。這類湧浪在深海中的前進速度

$C = \sqrt{g\lambda_0/2\pi}$  是跟波長的平方根成正比關係( $\lambda_0$  為湧浪在深海中的波長，尚未受到海底深度淺化之影響)。也就是說，跑在風暴

外圍最外圍的湧浪，速度最快，波長也最長。由於它的波長很長，因此相對之下它的坡度就相當和緩。所以我們在岸邊朝外海觀望時，往往不容易感覺到它的存在。但是所有的風浪(當地海域有風在吹襲，所產生的波浪)及湧浪，當它們趨近海岸時，感受到地形變淺的效應，它們就會破碎，而將能量釋放出來。我們在海岸時常看到波浪破碎的情形。夏威夷最有名的衝浪(surf)，就是衝浪者看準波浪傳進來時，趁波浪將破碎之前，迎上浪頭(波峰)，而以衝浪板順著波浪破碎時所釋放出來的能量滑行。

如此我們可以了解，即使在風平浪靜的海域，如果遠處海域有風暴(如颱風)，那麼它的湧浪仍會到達平靜的淺海上破碎而釋放出它的能量；萬一它破碎的地方是在岸壁附近，而恰巧當時也有釣客或遊客，就有可能產生瘋狗浪的災害。這就是第二類瘋狗浪的特徵，在出事的地方，往往事前沒有預兆。

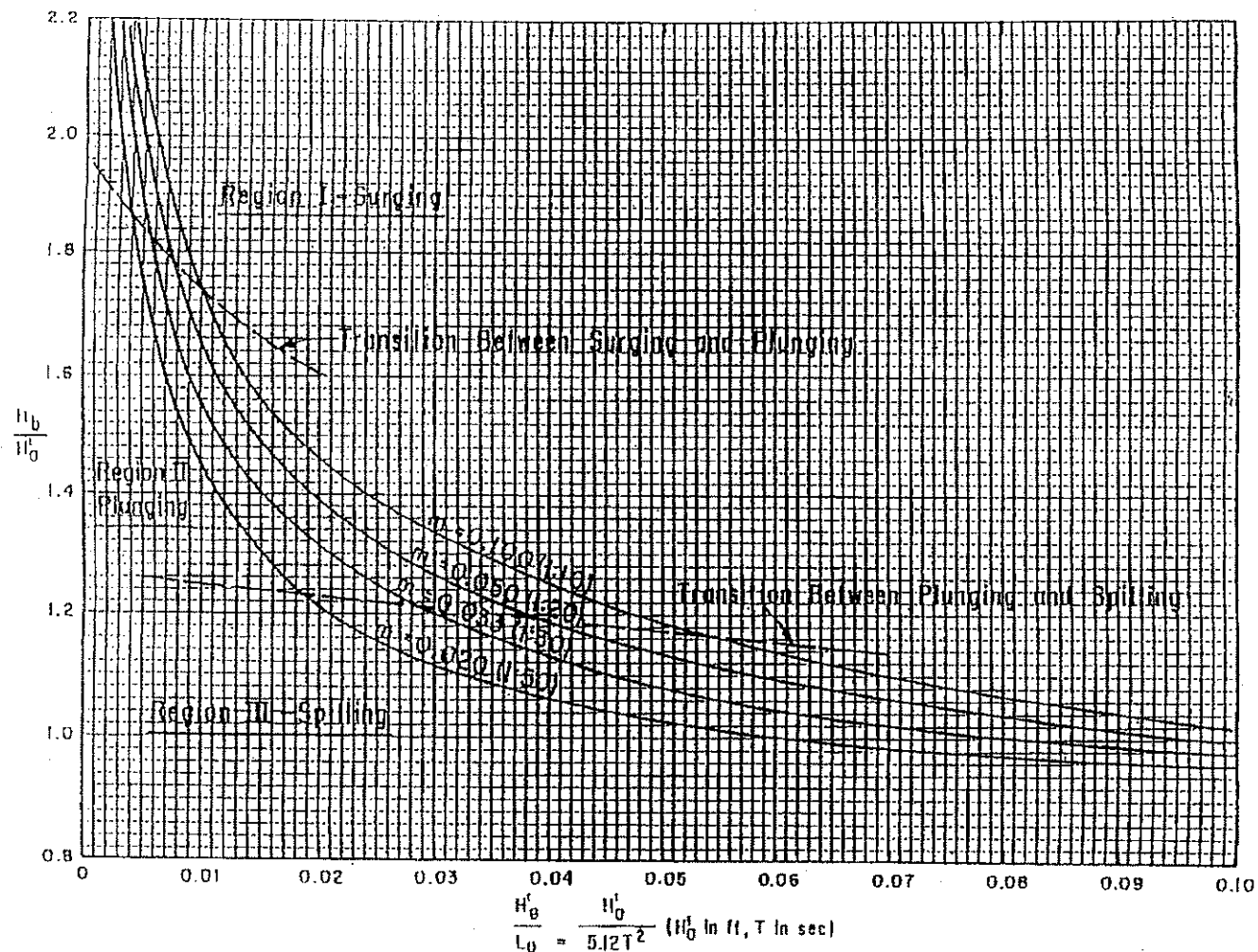
Munk(1949)，Iveren(1952,1953)，Galvin(1969)和 Goda(1970)等，都曾研究波浪破碎的現象，而發展出一些經驗公式，以計算海底坡度不同情況下波浪破碎時的波高(Hb)及水深(db)。美國陸軍海岸工程研究中心(Coastal Engineering Research Center)所印行的 Shore Protection Manual(1977)其中第2-122 頁之2-65 圖(Breaker Height Index Versus Deep Water Wave Steepness，碎波高度指數對深水波尖銳度關係圖，圖 14)及第2-123 頁之2-66 圖(Dimensionless Depth at Breaking Versus Breaker Steepness，波浪破碎處深度對碎波尖銳度關係圖，圖 15)，是依據 Goda 的經驗公式繪製的碎波關係圖。波浪尖銳度(wave steepness)的定義為(波高/波長= $H/\lambda$ )。令  $H_0'$  代表尚無淺化效應而未經折射的深水波高， $T$  為波浪周期。利用上述二圖，我們可以推導一些結論如下：

(一)當海底坡度愈大時，則  $H_b/H_0'$  的值也愈大。也就是說，碎波高度的增加，隨著海床

坡度變陡，還會加大。

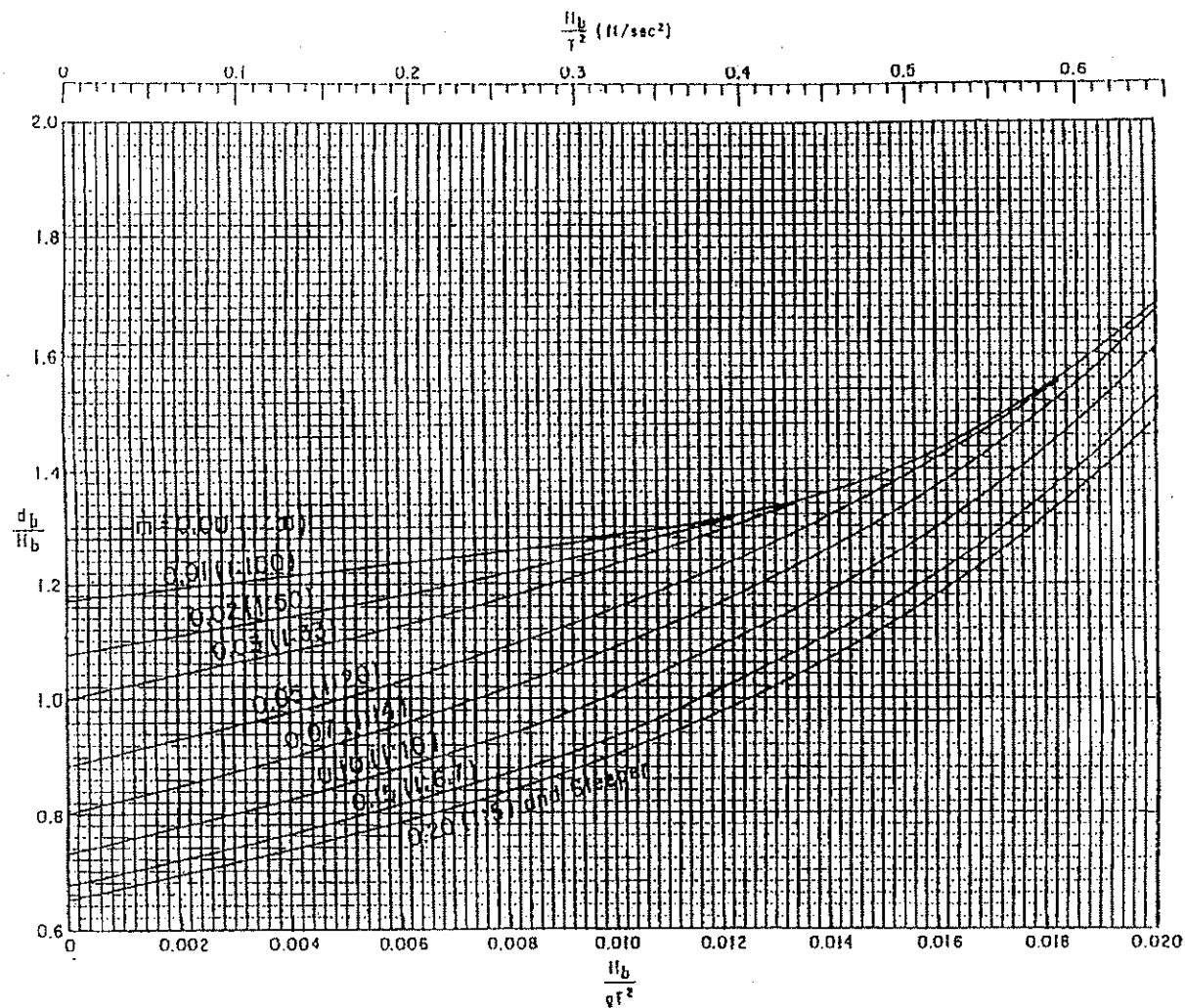
(二)當深水波尖銳度( $H_0'/\lambda_0$ )愈小時，則  $H_b/H_0'$  的值也愈大。取海床坡度=0.1，當深水波尖銳度( $H_0'/\lambda_0$ )<0.005 時， $H_b/H_0'>2.1$ ，這時波浪破碎時的波高已超過它在深海時波高的2 倍。由此可見，當海底坡度一定時，深海中愈平緩的湧浪(即  $H_0'/\lambda_0$  愈小時)，當其趨近海岸而破碎時，則  $H_b/H_0'$  愈大。所以遠處平緩的湧浪，到了岸壁將破碎時，就會形成大浪。這就是第二類型瘋狗浪的機制。

底下我們舉一個計算實例，深入了解第二類型瘋狗浪產生的機制。假定有一個湧浪(由遠處風暴產生)，其在深海中尖銳度=0.005(這時由岸邊望海，幾乎不會覺察波浪的存在)，假定海底坡度=0.2，則由碎波高度指數對深水波尖銳度關係圖，可推知  $H_b/H_0'=2.11$ 。假設這個湧浪的周期( $T$ )=12 秒，則由深水波關係式： $\lambda_0=gT^2/2\pi$ ，可以求出此湧浪在深海中的波長， $\lambda_0=224.6$  公尺。故深海未經折射的波高  $H_0'=0.005\times\lambda_0=0.005\times224.6=1.123$  公尺。而碎波的波高， $H_b=2.11\times1.123=2.37$  公尺，因此  $H_b/gT^2=0.00168$ ，再由波浪破碎處深度對碎波尖銳度關係圖，可得知  $db/H_b=0.682$ ，即波浪破碎時的水深( $db$ )= $0.682\times H_b=1.62$  公尺。因海底坡度( $m$ )=0.2，故碎波位置距離海岸為  $db/m=1.62/0.2\approx8$  公尺，也就是說，離岸大約 8 公尺處，湧浪會變成一道 2.37 公尺的水牆向前衝而破碎。如果海底坡度更陡，則此道水牆會更高，且離岸愈近。假設在防波堤或海堤附近，海底坡度( $m$ )=1，則由上述例子，波浪破碎的地方，離岸不過是 1.62 公尺，就有一道高度超過 2.37 公尺的水牆衝向防波堤，如堤防高度離水面不到 1 公尺，則有超過 1.37 公尺的水牆會衝向堤防上，此道水牆的力量足夠將人衝出防波堤(堤的兩邊都是海)而落海。或是碎波回流時，將人帶入海中。



Breaker Height Index Versus Deep Water Wave Sleepness  
 摘自 Shore Protection Manual (1977)

圖 14. 碎波高度指數對深水波尖銳度關係圖。



Dimensionless Depth of Breaking Versus Breaker Steepness

摘自 Shore Protection Manual (1977)

圖 15. 波浪破碎深度對碎波尖銳度關係圖。

## 六、瘋狗浪防範宣導

本文針對上述瘋狗浪發生情況與其機制，提出下列防範之宣導事項。

瘋狗浪侵襲之危險時間：

(一)颱風季節：台灣周圍海域已有颱風時，雖然颱風尚離台灣甚遠。氣象局儘可能發布瘋狗浪之警報。

1. 颱風侵台前，即使颱風只經過台灣的周圍海域，海上颱風警報尚未發布。
2. 颱風侵台後，海上颱風警報解除後。

以上兩種情形，台灣本島處於颱風暴風圈之外，因此台灣本島各地往往天氣晴朗，容易讓人誤以為海岸已無波浪侵襲之危險。但颱風所吹襲海面所造成的長波，可能侵襲海岸造成第二種類型的瘋狗浪。

(二)冬季季風：黃海或東海已有冷鋒產生，海面風浪甚強時。

瘋狗浪侵襲之危險地點：

- (一)直立海岸的礁石。
- (二)直立壁上近海面的平台。
- (三)海堤邊面海的消波塊。
- (四)燈塔附近防波堤。

依據 1992-1998 刊行之釣魚人雜誌，統計臺灣地區海釣地點如下。這些沿海地帶海釣地點，大都是屬於上述的危險地點，各地方政府應該豎立禁止釣魚的標誌，並於颱風季節時加強警戒。

## 誌謝

本研究由交通部中央氣象局支助，計畫編號：CWB 89-2M-06。研究助理李芸德小姐收集及整理資料，打字編排，在此一併致謝。

## 參考文獻

- 許明光，曾俊超，高家俊 (1993) 台灣地區「瘋狗浪」之調查及原因初探，中華民國第十五屆海洋工程研討會論文集，525-534 頁。
- 蔡政翰 (1996) 何謂瘋狗浪及如何避其害？台灣釣魚 11 月號，33-35 頁。
- 李賢文 (1998) 「瘋狗浪」之初步研究，交通部中央氣象局天氣分析與預報研討會，471-474 頁。
- Galvin, C. J., JR., (1969) Breaker Travel and Choice of Design Wave Height, Journal of the Water Ways and Harbors Division, ASCE, WW2. N0. 6569, pp. 175-200.
- Goda, Y, (1970) A Synthesis of Breaker Indices, Transaction of the Japanese Society of Civil Engineers, Vol. 2, Part 2.
- Iversen, H. W. (1952) Laboratory Study of Breakers, Gravity Waves, Circ. No. 521, National Bureau of Standards, Washington, D. C.
- Inversen, H. W. (1953) Waves and Breakers in Shoaling Water, Proceedings of the 3<sup>rd</sup> Confereuce on Coastal Engineering, Cavrbridge, Mass.
- Munk, W. H. (1949) The Solitary Wave theory and It's Application to Surf Problems, Annals of the New York Academy of Sciences, Vol. 51, pp. 376-462.
- U.S. Army Coastal Engineering Research Center (1977) Shore Protection Manual, 3 volumes.

地區	釣點	地理位置
基隆	棉花嶼	基隆市外礁
	基隆嶼	基隆市東北方外礁
	大乞礁	基隆嶼北偏西方外礁
	小乞礁	基隆嶼西側外海
台北	雞心礁	基隆嶼西側外海
	下罾尾釣場	台北縣八里鄉甘厝站
	挖子尾釣場	台北縣八里鄉挖子尾紅海灘
	核二廠對面、電廠冷卻水出口	金山核二廠及冷卻水出口
宜蘭	金山岬（獅頭山）及其附近釣點	台北縣萬里鄉頂寮村
	粉鳥林漁港	
	龜山島	宜蘭縣龜山島
	蘇澳南堤	宜蘭蘇澳港南堤
新竹	蘇澳三仙台	宜蘭蘇澳三仙台
	朝陽釣場	南澳鄉朝陽社區
	田心子	新竹縣田心子沿海
	南寮漁港港口及堤外消波樁	新竹南寮漁港
苗栗	苑裡鎮之五南里、苑裡港、出水里、海口	苗栗縣苑裡鎮沿海
	通宵海灘	苗栗通宵海灘
	龍港海岸線	苗栗縣龍港海岸線
	白沙屯	苗栗白沙屯
台中	火力發電廠出水口兩側堤防	台中港火力發電廠出水口兩側堤防
	船頭埔	台中縣大甲鎮船頭埔
	松柏港南堤	台中縣大甲鎮松柏港之南堤
	線西	彰化線西寓埔村魚塢及防波堤
台南	馬沙溝海水浴場	台南縣將軍鄉
屏東	南仁鼻（佳洛水往北至出風鼻間各釣點）	屏東縣佳洛水至出風鼻間
	東港大鵬灣	屏東縣東港鎮南端大鵬灣港口南方防波堤
	墾丁	屏東墾丁
	灣島漁村，九棚村，港仔村之海灘	屏東縣牡丹鄉九棚村與港仔村之海灘
台東	台東三仙台	成功新港北方 5km
	太麻里橋頭河口	台東縣太麻里橋頭河口

	大竹沿岸	台東大竹沿岸
	綠島狗仔坡坎	綠島南方海岸，距南寮港 6km
	蘭嶼四條溝	蘭嶼正南方
澎湖	桶盤嶼	澎湖桶盤嶼
	鯉魚山，馬鞍嶼	澎湖望安鄉天台山下
	大蚶嶼（毛司嶼）	澎湖白沙島歧頭村東北外海 8km
	東吉鋤頭嶼	澎湖南海東吉鋤頭嶼
	西吉北礁	澎湖南海西吉北面礁石
	花嶼與其南方外礁	澎湖南海花嶼
	將軍澳，帆船嶼	澎湖南海將軍澳
	大灣釣場與七美眾釣場	澎湖南方七美島
	東嶼坪及其外海南堤	澎湖南海
	女人島	澎湖本島東南方女人島
馬祖	四維釣場	
	北竿海岸凸岬與海流急湍處	馬祖南竿四維釣場北竿海岸各凸岬與海流急湍處
	塘歧海灘	北竿塘歧海灘
	芙蓉澳	馬祖南竿西北角四維村外
東引	羅漢坪外礁—L 礁	東引北面羅漢坪外礁
	西沙外礁	東引西沙外礁
	亮島之兩外礁	東引與北竿間之亮島南北處兩外礁
	東引島，南引島，中柱島，西引島	東引群島



# **Mechanism of Mad-Dog Wave and Prevention of Its Disaster**

Hsien-Wen Li

Department of Civil Engineering, Minghsin University of Science & Technology

## **ABSTRACT**

A mad-dog wave is a slang for the wave which hurts people standing or sitting on the coast. The mad-dog waves can be categorized into two types according to the character. The type-I mad-dog wave is a strong wind wave attacking the coast continuously during the winter monsoon. The type-II mad-dog wave is a freak wave which occurs frequently in the clear sky before or after typhoon approaching. Basically the type-II mad-dog is a swell resulted from a distant typhoon. The mechanism of mad-dog waves is due to the energy released by wave breaking. To prevent the disaster of mad-dog waves, one must not go fishing at seawalls, bulkheads, and revetments during the strong monsoon in winter and the typhoon period in summer. The jetties and breakwaters are dangerous places for touring and fishing during the strong monsoon and the typhoon period.



## 中央氣象局颱風路徑預報模式之預報檢討及改進

葉天降 陳得松 黃康寧 謝信良

中央氣象局

### 摘要

中央氣象局颱風路徑預報模式(TFS)自 1997 年改進虛擬颱風渦旋結構初始化處理後，預報路徑之準確度有相當明顯改善。本文主要包括整理與校驗颱風路徑預報模式 2000 與 2001 年颱風季之預測結果、分析高解析度颱風路徑預報模式之預測表現、並進行降水預測模擬、同時測試輻射值(radiance data)觀測資料應用於模式之情況等四大項工作。

校驗分析結果，中央氣象局颱風路徑預報模式在 2000 與 2001 年颱風季之 24/48/72 小時距離預測誤差各為 148/306/520、155/312/518 公里，相對於 CLIPER 而言有預測「技術」，唯第三天的預測誤差增幅有比第二天的誤差增幅增大的現象。

在高解析度颱風預報模式測試方面，以 2000 年之象神(Xangsane)颱風、貝碧佳(Bebinca)颱風，2001 年納莉(Nari)颱風等三颱風共 21 個案做平行測試。結果顯示，巢狀網格颱風路徑預報模式細網格模式之 24/48/72 小時平均預測誤差為 106/219/311 公里，較粗網格及當時作業颱風路徑預報模式之預測誤差 130/234/353 及 149/285/475 公里小。顯示提高模式解析度及改進虛擬渦旋結構初始化處理程序可有效減低颱風路徑預報模式之預測誤差。

在降雨預測模擬測試方面，以更新地形資料後，15 公里解析度颱風預報模式對納莉颱風降水之模擬雖降水量偏少，但降水分型態頗類似，顯示颱風預報模式在使用較高解析度與正確地形資料後，已有預測累積降水分之能力。

在增加輻射觀測資料對預報影響之模擬測試方面，結果顯示，TFS 之預測路徑對初始場相當敏感，使用 NCEP 觀測資料組及 SSI 分析法可降低 TFS 路徑預測誤差，模式引進輻射值資料對路徑預測有正面效應。

關鍵詞：颱風路徑預報模式、高解析度颱風路徑預報模式、輻射觀測資料

### 一、前言

要做好防颱工作，首在於能提供準確之颱風現況與預報資訊，使各界能儘早做好防範措施，以降低生命財產損失。以中央氣象局主觀預報而言，其 24 小時之平均預報誤差約為 178 公里(葉等，1998)，和颱風路徑統計預報法如 CLIPER 與 HURRAN 之預報誤差相近，也和國際間其他先進國家颱風路徑預報誤差相近。但對較長時間之颱風移動路徑預報，統計方法所

得結果之誤差逐漸增加，因此動力預報模式就成為颱風預報作業中很重要的客觀參考指引，如 Kurihara et al.(1995)所發展之模式以及中央氣象局颱風路徑預報模式 (Chen et al. 1997)等都展現動力數值模式之路徑預報參考價值。

造成颱風移動之因素很多(參見 Elsberry, 1995)，包括導引氣流、地球自轉 $\beta$ 效應、斜壓性、水平風切、非絕熱效應、垂直風切、地形影響等等，因此準確的預報除了模式本身要能完整的包含各項動力與物理機制外，初始的狀

況也是關鍵因素。而由於觀測資料大多集中於陸地，在颱風所在之洋面上，傳統之觀測資料十分缺乏，因此初始之分析場有許多的不確定性，尤其是颱風之內部與附近結構，目前尚沒有有效的觀測分析技術可供作業應用，往往需要以虛擬資料 (Goerss et al., 1995) 或透過濾波和人工加入渦旋之方法 (如 Kurihara et al., 1993) 以得到較完整之結構。而不完整的觀測，所得不完整之颱風結構，若不能有效避免，將會經四維資料同化過程 (update cycle) 累積誤差，因此有些全球預報系統如美國海軍之 NOGAPS (Goerss and Petko 1995) 與中央氣象局之全球預報模式(GFS) (Terng et al., 1998)，是透過虛擬觀測資料之方式改進初始場，以提高模式預報之準確率。而各颱風路徑預報模式也大都 (見 Elsberry, 1995) 透過人為設定的方式，在初始場中植入颱風之渦旋 (vortex bogussing)，由此可見觀測資料不足所導致之颱風初始場之不確定性，顯然很明顯且難避免。

本文主要是鑑於國內颱風數值模式已有相當之準確度(Chen et al., 1997)，其預測結果已是作業參考之主要依據之一，然而從現今作業之情形也仍見此作業模式有幾項缺點：一為以往受限於電腦資源不足，中央氣象局颱風路徑預報模式(Typhoon track Forecast System, 簡稱 TFS)之水平解析度僅為 45 公里，以如此程度之網格間距，在路徑預測外若欲進一步研究颱風結構、風雨分及颱風環流與地形交互作用，似不可行。此外目前中央氣象局颱風路徑預報模式植入虛擬渦旋之做法，雖可獲致不錯之路徑預測結果，然而在預測過程中卻一直無法維持颱風環流結構，故在模式中常須加入人工加熱機制。

由於模式改進及電腦資源擴充，在兼顧作業時效及預報正確性的前提下，我們嘗試將中央氣象局颱風路徑預報模式之預報時程由 2 天延長至 3 天、以及處理多颱風同時植入的問題。經模擬、分析及評估後，於 1999 年將同時

植入多颱風的處理技術與延長預報時程至 72 小時的功能正式擴充到中央氣象局之颱風路徑預報系統中，落實於作業應用。

Bender(2000)指出不同全球模式之初始分析場，對區域模式之颱風路徑預報常產生極大差異；Aberson & Franklin(1998)也提到非傳統觀測資料如投落送(dropsondes)資料對模式之颱風路徑預報常有正面助益。因此改變中央氣象局颱風路徑預報模式之初始分析場對 TFS 預報結果之影響，也是我們的研究重點。

本文之目的主要包括整理、校驗 2000 年颱風季及 2001 年 5 月至 10 月間發生於西北太平洋上的颱風 TFS 模式作業預測之結果，與發展測試高解析度颱風路徑預報模式對颱風運動、颱風降水型態之預測能力及應用輻射觀測資料 (radiance data) 對預報影響之模擬測試等四部分。於後第二節說明使用之模式與個案之選取，第三節是結果與討論，最後一節則是結論。

## 二、預報模式與研究方法

### (一)預報模式

本文所用之中央氣象局颱風路徑預報模式是於 1994 年發展完成，並經由其後數年之逐步改進之作業模式 (Chen et al., 1997)，此模式是建構在原始方程組之有限差分模式，垂直共 20 層，水平解析度 45 公里，涵蓋東亞與西北太平洋廣大地區。在模式之物理方面包含高解析之地表邊界層 TKE  $E-\epsilon$  參數處理，Kuo 氏積雲參數化、大尺度飽和降水、以及簡單只考慮地表溫度變化之輻射作用。另外，由於水平解析度較粗，為使較小較弱颱風不致於在模式預報過程消失，所以加入人工加熱之方法 (Chang, 1983)。預報模式在中央氣象局氣象預報中心認為有必要執行時，於觀測時間 00UTC 或 12UTC 啟動，各進行 48 小時預報。以 1998 年為例，當年共有 17 個颱風在西北太平洋生成，此颱風路徑預報模式共對其中 14 個颱風進行 106 次預測，平均 24 小時預報誤差為 183 公里，48 小

時預報誤差為 369 公里。在葉(1999)的研究顯示，將預測時程自 48 小時延長至 72 小時的 54 個個案中，其預測誤差呈現合理成長，此外，同時植入多個颱風的 36 個個案測試亦得到不錯的結果，因此經 1998 年的平行測試，自 1999 年颱風季開始，將颱風路徑預測時程從兩天延長至三天，同時也將在資料初始處理裡植入多颱風之項目正式納入颱風路徑預報作業系統。1999 年共對 15 個颱風進行 96 次預報，全部個案平均之 24/48/72 小時路徑預報誤差為 158/276/516 公里。

模式預測之側邊界值是由中央氣象局全球預報模式提供，其初始場是經過分析與非線性正模初始化處理後之結果，而分析則是以全球預報模式之分析場，經人為修正渦旋結構後之結果為分析之初始猜測值 (first guess)，透過含探空等 GTS 內所得之觀測資料進行最佳內插 (Optimal Interpolation) 分析。在人為修正渦旋結構之作法方面，則是首先以類似 Kurihara et al. (1993) 之方法濾除不完整之颱風渦旋，而後於觀測之颱風中心所在處 1000hPa 至 300hPa 間加入可控制七級風 (15m/s) 暴風半徑( $r_7$ )、最大暴風半徑( $r_d$ )、及中心最大風速( $V_{max}$ )之對稱渦旋，此渦旋之速度分為：

$$V = V_{max} \left( \frac{r}{r_d} \right), \quad r < r_d$$

$$V = V_{max} \left( \frac{r_d}{r} \right)^a, \quad r \geq r_d$$

其中  $a$  為水平風場分函數：

$$a = \frac{\log\left(\frac{V_7}{V_{max}}\right)}{\log\left(\frac{r_d}{r_7}\right)}$$

在作業時，這些參數值是由中央氣象局預報人員，依各種觀測資料對颱風強度與結構做完整研判後提供。另外，對加入之渦旋也考慮其非對稱結構，此非對稱結構之加入，是經由相當正壓模式以前述之相同渦旋水平結構，經

48 小時模擬所得因  $\beta$  效應所造成之  $\beta$ -gyres。

黃等(2000)曾進一步報告此模式過去之作業概況與預測誤差，從 1997 至 1999 年之作業預測結果顯示，此模式之預測誤差和主觀預報結果相似，而較 CLIPER 統計法預測之誤差小，如 1997、1998 與 1999 三年間 24/48 小時預測平均誤差分別為 157/250、190/388 與 158/276 公里，其中 1998 年 48 小時預測有較大誤差之原因主要是對 Rex 颱風移動路徑掌握不佳所致，該颱風之移動路徑怪異，幾乎所有作業模式之預測誤差都很大，若去除對此颱風之預報，1998 年 24/48 小時預測誤差將降為 170/302 公里。從黃等(2000)之分析也顯示，此模式在颱風個數少、颱風生命期短、且颱風強度較弱之年份，其預測誤差較大。

## (二)研究方法

本文主要包括整理、校驗颱風路徑預報模式延長預測時程後於 2000 年與 2001 年颱風季之預測結果、分析應用改進初始場處理後之巢狀網格高解析度颱風路徑預報模式之平行測試結果、進行降水預測模擬、與進行輻射值觀測資料應用測試等四大項工作。中央氣象局颱風路徑預報模式，以往由於模式預測準確度與電腦資源之限制，颱風路徑預報只進行 48 小時之預測。由於模式預測誤差近年已有所改善(葉, 1999)，並初步認為延長預測有其效益，因此在過去研究裡，我們曾進行模式 72 小時預測之測試，以探討將中央氣象局颱風路徑預報模式由 48 小時預測延長至 72 小時預測之可行性。結果顯示，中央氣象局颱風預報模式對此 54 個個案平均之 72 小時路徑預測誤差為 332 公里，較 48 小時平均誤差 255 公里成長 77 公里。整體而言，延長至 72 小時之預測能提供具參考價值之資訊(陳等, 2000)。為此，並由於中央氣象局數值預報電腦已擴充，有足夠資源執行 72 小時預測，因此我們建議中央氣象局颱風路徑預報模式可由 48 小時預測延長至 72 小時預測，並獲採納。本文主要在正式建立作業流程供中央

氣象局作業應用，同時分析與校驗 2000 與 2001 年颱風季預測結果，做為將來繼續改進之參考。

在分析應用改進初始場處理後之巢狀網格高解析度颱風路徑預報模式平行測試結果並進行降水預報模擬研究方面，在大部分情形下，提高模式空間解析度可改進數值模式預測結果，並可得到較完整之颱風環流結構。以往受限於電腦資源，中央氣象局颱風路徑預報模式之水平網格間距設為 45 公里，1999 年中央氣象局引進富士通 (Fijitsu) VPP5000 型超級電腦，其運算速度及記憶體容量皆優於原有數值預報使用之電腦。因此我們決定發展與測試較高解析度颱風路徑預報模式，以了解模式解析度改變對颱風路徑預測之影響，從而提供中央氣象局在作業應用之參考。過去我們曾同時發展測試水平網格解析度為 20 公里之颱風路徑預報模式，及含粗/細網格間距分別為 45/15 公里之巢狀網格颱風路徑預報模式，並由此對歷史個案做模擬預報，比較兩種版本颱風路徑預報模式所需運算時間、記憶體空間及預測結果，建議中央氣象局應發展巢狀網格高解析度颱風路徑預報模式。此外，我們也曾進行模式初始場處理測試，以颱風模式而言，良好的颱風渦旋結構初始化對預報有極大之助益，因此我們嘗試在虛擬颱風渦旋初始化過程中加入動力初始化(dynamic initialization)及納進(nudging)法，以得到結構較佳且與環境場達成動力與物理平衡之虛擬颱風渦旋。在與未採用此初始化過程之巢狀網格颱風模式比較，除前 24 小時預測稍差外(或因個案數不夠)，36 至 72 小時預測則明顯改進。而在颱風強度維持方面，採用新初始化過程之巢狀網格颱風模式對颱風強度維持有較佳之能力。在最近研究中，我們在富士通 VPP5000 型超級電腦上建立高解析度颱風路徑預報模式之系統控制、資料傳輸、繪圖等流程，並將模式垂直解析層數由 20 層提高至 30 層，及配合改進後之模式初始處理對颱風個案進行平行作業測試，並選取了 2000 年象神

(Xangsane)颱風、貝碧佳(Bebinca)颱風、2001 年納莉(Nari)颱風等三颱風共 21 個案做平行測試，我們將針對預報結果，分析應用改進初始場處理後之巢狀網格高解析度颱風路徑預報模式之預測特性，做為中央氣象局繼續發展改進高解析度颱風模式之參考。此外，在本文中，我們也以此高解析度颱風模式進行降水預測模擬，以評估提高模式地形解析度對模式降水型態預測之影響。

在引用輻射值觀測資料於預報模擬測試方面，對 1999 年 8 月山姆(Sam)颱風之路徑，TFS 之預測有明顯之偏北誤差，此模式在 8 月 19 日 12UTC、20 日 00UTC 之 48/72 小時路徑誤差分別達到 431/1024 及 615/1174 公里，我們針對 Sam 颱風進行增加輻射觀測資料對預測影響之模擬測試。在正式作業中，TFS 擁有自己的客觀分析流程，其初始場乃內差自  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$  解析之中央氣象局全球預報模式，並在此初始場中颱風所在區域植入虛擬渦旋，GFS 與 TFS 之客觀分析皆屬最佳內差客觀分析法(Optimal Interpolation; OI)，一些已證明對模式預報有正面助益(Derber and Wu, 1998)之非傳統觀測資料如輻射觀測資料皆未引進於 GFS 與 TFS 兩模式中。為研究不同初始場對 TFS 路徑預測之影響，我們在中央氣象局 GFS 中採用 NCEP 之觀測資料及 Spectral Statistical-interpolation Analysis System (簡稱 SSI, Parrish and Derber, 1992)，為進行此模擬，GFS 由中央氣象局儲存之 8 月 16 日 06UTC 初始場，開始 6 小時 update cycle 預測至 19 日 12UTC，其間並以 NCEP SSI 取代 OI 分析法。NCEP 與氣象局所儲存觀測資料，在傳統觀測資料方面是相似的，但 NCEP 資料組包含了更多非傳統觀測資料，如衛星觀測資料 SATOB、SSM/I 及輻射觀測資料；舉例來說，19 日 12UTC SSI 分析中所使用之輻射觀測資料於東亞及西北太平洋之分情形，雖然陸地上之輻射觀測資料垂直層數不多，但在無傳統觀測站分之洋面上，輻射觀測資料數量可觀

且垂直層數頗多(待後說明)。表一為本文所進行之三組模擬測試之詳細情形，CWBO 與 TFS 作業版相同，NCEPO 及 NOR 皆採用 NCEP 觀

測資料組及 SSI 分析法，但 NOR 中未含輻射觀測資料。

表一、中央氣象局颱風路徑預報模式引用輻射值觀測資料(radiance data)進行預測模擬之三個實驗組別。

Code	Observations	GFS Analysis	Forecast
CWBO	CWB data set	OI with vortex bogussing	GFS provides the first guess and boundary conditions for TFS.
NCEPO	NCEP data set	SSI with vortex bogussing	
NOR	NCEP data set, except radiances were excluded	SSI with vortex bogussing	TFS OI analysis (radiances not be used) and 72h track forecast

### 三、結果分析與討論

#### (一)中央氣象局颱風路徑預報模式路徑預測校驗

針對颱風路徑預報模式預測時程之延長，我們需要在作業環境中建立下列配套措施：

1. 由於邊界條件來自全球模式，為提供 72 小時之側邊界資料，全球模式在 00UTC 之預報需由原 48 小時延至 72 小時 (12UTC 之預報原已包含 72 小時)，並輸出側邊界資料。
2. 颱風路徑預報模式預測時程需由原 48 小時延至 72 小時。
3. 模式結果繪圖輸出由原 48 小時延至 72 小時。
4. 資料儲存系統與校驗由原 48 小時延至 72 小時。

該措施已研究完成，並自 1999 年颱風季開始作業。在本文中主要為錄存作業時之相關資料，並做預測校驗，校驗個案是選取 2000 年颱風季至 2001 年第 18 號颱風的正式作業預測結果，計算與分析路徑預測誤差，於後進一步分 2000 與 2001 兩年個別分析其預測情形。

##### 1. 2000 年颱風路徑預測

在 2000 年，西北太平洋共計有 23 個颱風

發生，中央氣象局颱風路徑預報模式對實際發生於範圍約在東經 105 度至 175 度，北緯 10 度至 40 度間、且生命期超過一天的 21 個颱風分別進行 2 次至 24 次、且預報時程為 72 小時之颱風路徑預測(見表二)。全部個案之平均 24/48/72 小時路徑預測誤差為 148/306/520 公里，而模式與中央氣象局官方預報(CWB)及統計預報方法 CLIPER 之全年相同個案預測誤差比較於圖 1a。TFS 對 2000 年颱風之 24/48 小時路徑預測誤差與 CWB(158/305 公里)相近，且較 CLIPER(189/408 公里)誤差少，而 TFS 對 72 小時路徑預測誤差亦較 CLIPER(597 公里)預報誤差為小(CWB 未發 72 小時路徑預測)，但 TFS 第三天預測誤差增幅卻有較第二天預測誤差增幅增加的情形，如同 1999 年 TFS 的表現(葉 2000)。若進一步與 CLIPER 預測誤差做比較，定義預測方法之相對優勢為其預測誤差減 CLIPER 預測誤差除以 CLIPER 預測誤差，則結果如圖 1b。由圖可見 TFS 24/48 小時路徑預測較 CLIPER 預測約優 22/25%，72 小時路徑預測則較 CLIPER 預測約優 13%，對 2000 年颱風預測，TFS 相對於 CLIPER 預測之優勢隨預測時間增加而減少，亦比 TFS 對 1999 年颱風預測相對於 CLIPER 預測之優勢(葉 2000)稍減。

表二、2000 年中央氣象局颱風路徑預報模式對西北太平洋發生之颱風所做之作業預報之颱風名稱、時間、以及預報次數。

颱風名稱	起訖時間	預報次數
丹瑞(Damrey)	00/05/07/00 — 00/05/12/00	11
龍王(Longwang)	00/05/19/00 — 00/05/19/12	2
奇洛基(Kirogi)	00/07/03/12 — 00/07/08/00	8
**啟德(Kai-Tak)	00/07/06/00 — 00/07/10/00	9
天秤(Tembin)	00/07/19/00 — 00/07/21/00	5
布拉萬(Bolaven)	00/07/26/00 — 00/07/30/12	10
杰拉華(Jelawat)	00/08/02/00 — 00/08/10/00	17
艾維尼(Ewinar)	00/08/10/00 — 00/08/18/12	18
**碧利斯(Bilis)	00/08/19/00 — 00/08/23/00	9
**巴比倫(Prapiroon)	00/08/27/00 — 00/08/31/12	10
瑪莉亞(Maria)	00/08/28/12 — 00/08/31/12	7
桑美(Saomai)	00/09/03/12 — 00/09/15/00	24
**寶發(Bopha)	00/09/06/00 — 00/09/10/12	10
悟空(Wukong)	00/09/06/00 — 00/09/09/12	8
蘇納姆(Sonamu)	00/09/15/12 — 00/09/17/12	5
珊珊(Shanshan)	00/09/20/12 — 00/09/23/12	7
**雅吉(Yagi)	00/10/23/00 — 00/10/26/00	7
**象神(Xangsane)	00/10/26/12 — 00/11/01/00	12
**貝碧佳(Bebinca)	00/11/01/00 — 00/11/06/00	11
倫比亞(Rumbia)	00/11/28/12 — 00/12/01/00	6
蘇力(Soulik)	00/12/30/00 — 01/01/04/00	11
合計	21 個颱風	207

註：\*\*\*表示中央氣象局發布警報之颱風



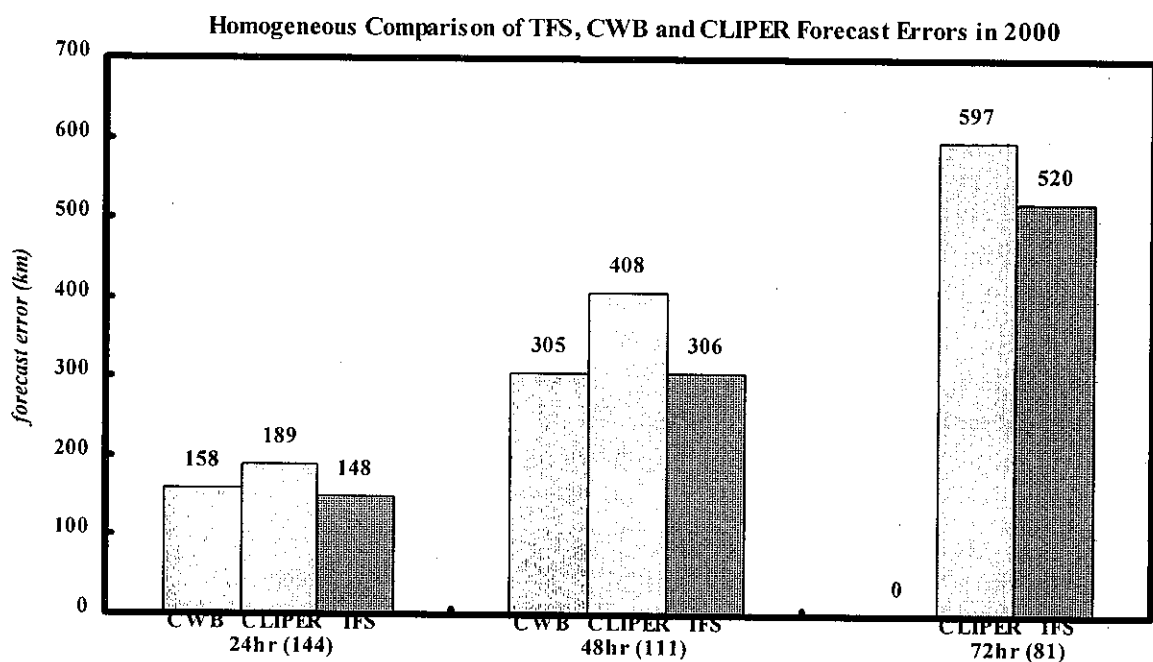


圖 1a. TFS、CWB 及 CLIPER 對 2000 年相同個案之 24、48 及 72 小時颱風預測路徑平均距離誤差  
橫軸括弧內為颱風個案數。

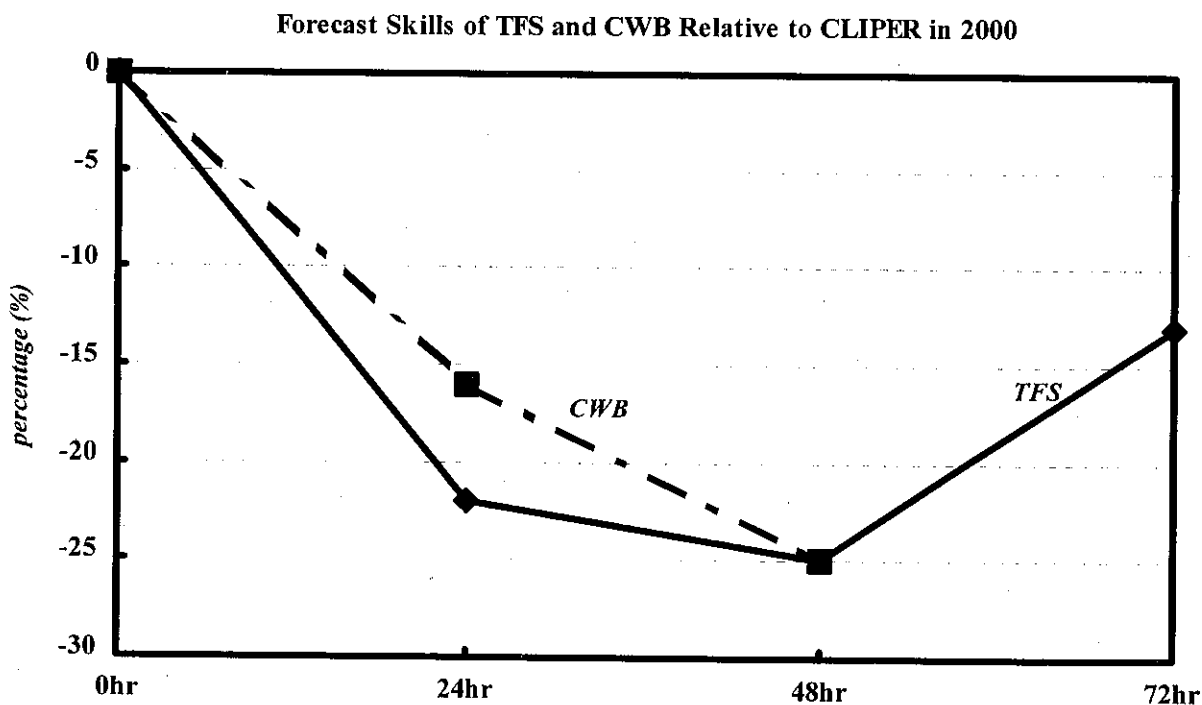


圖 1b. TFS、CWB 的 2000 年相同個案之 24、48 及 72 小時颱風預測路徑平均距離誤差相對於 CLIPER  
之預報誤差做正規化後之比較。

在 2000 年，西北太平洋共發生 23 個颱風，低於平均值的 27.4 個颱風(參見中央氣象局，颱風百問)，但中央氣象局曾針對其中七個因路徑更接近台灣而發颱風警報，包括啟德(Kai-Tak)、碧利斯(Bilis)、巴比侖(Prapiroon)、寶發(Bopha)、雅吉(Yagi)、象神(Xangsane)及貝碧佳(Bebinca)(見表二)，此數值已超出侵台颱風的平均值三至四個，並超過當年颱風發生頻率的 30%。TFS 對此七個發警報的颱風的 24/48 小時平均路徑誤差為 144/298 公里(圖 2a)，較 2000 年全數颱風平均路徑誤差稍小，也仍較

CWB(170/367 公里)及 CLIPER(192/430 公里)預測誤差為佳，尤其在 48 小時的預測上，更優於此二種預測許多。相對於 CLIPER，圖 2b 顯示對此七個颱風，TFS 24/48 小時路徑預測較 CLIPER 預測仍約優 25/31%，第三天預測誤差雖將近 500 公里，但其較 CLIPER 預測則約優 27%。雖然 TFS 對於發警報的颱風預測表現上，於 2000 年的 24/48/72 小時平均誤差優勢與 1999 年(23%/35%/29%)相近(葉 2000)，但前 48 小時預測誤差有稍增的情形。

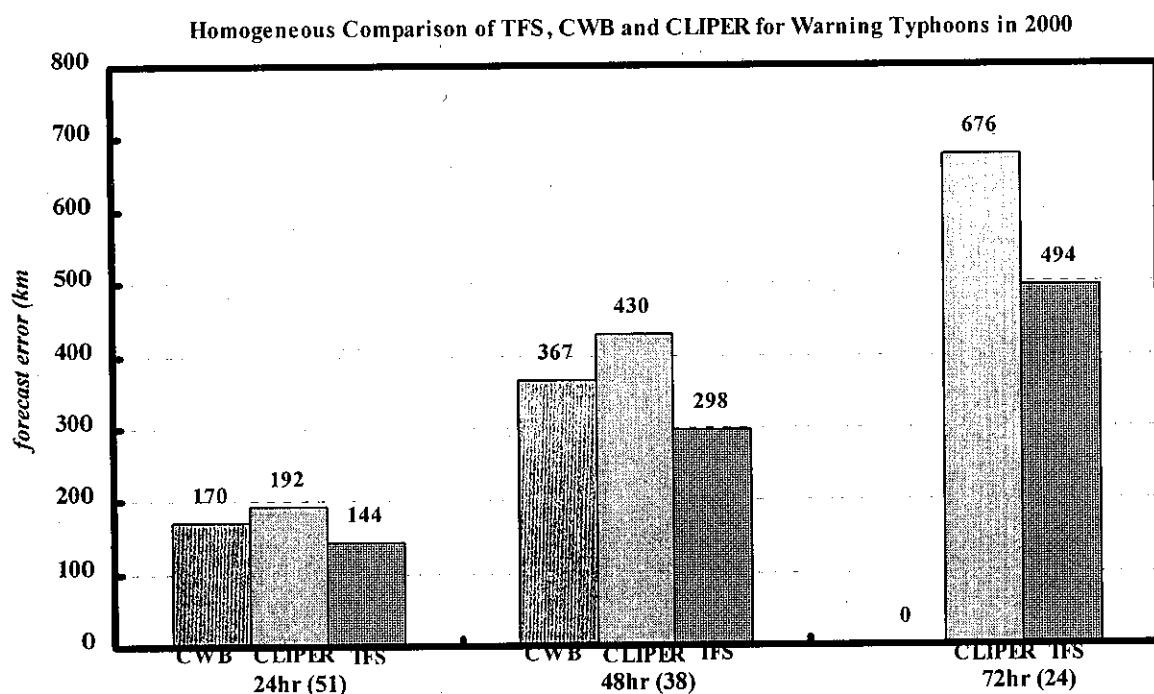


圖 2a. TFS、CWB 及 CLIPER 對 2000 年中央氣象局發布警報的颱風均勻個案之 24、48 及 72 小時風預測路徑平均距離誤差。橫軸括弧內為颱風個案數。

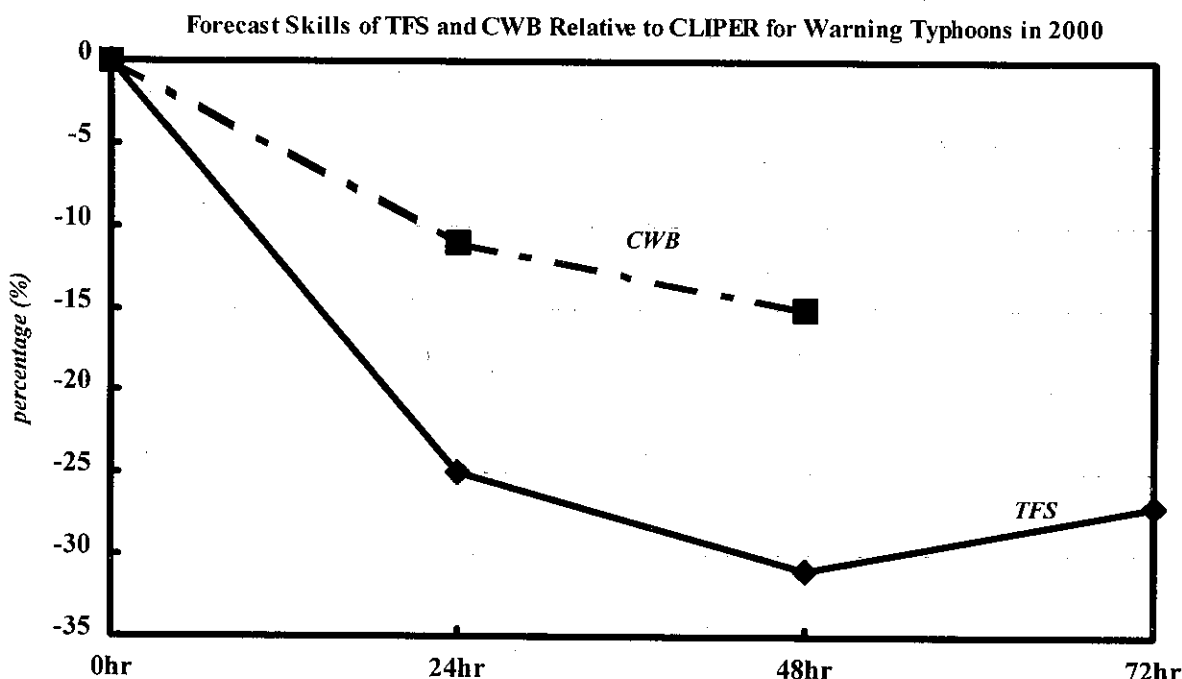
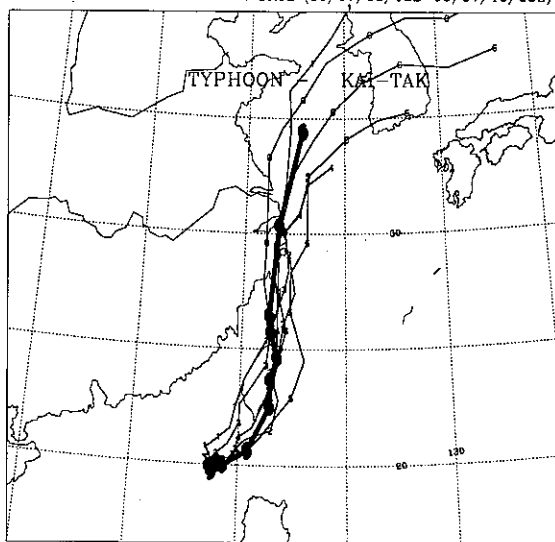


圖 2b. TFS、CWB 的 2000 年中央氣象局發布警報的颱風相同個案之 24、48 及 72 小時颱風預測路平均距離誤差相對於 CLIPER 之預報誤差做正規化後之比較。

圖 3 繪示此七個颱風之觀測路徑與 TFS 於各時間之預測路徑，由圖可見此七個颱風的實際移行除碧利斯(Bilis)颱風(圖 3b)之移動較規律外，啟德颱風(圖 3a)之移動在速度和方向上隨時間有很大變化；巴比倫颱風(圖 3c)在初期移動方向有很大變化，而後期之移動速度明顯增加；寶發颱風(圖 3d)受桑美(Saomai)颱風(圖略)影響，發生藤原效應，而出現少見的向南移動；雅吉颱風(圖 3e)後期呈現打轉現象；象神颱風(圖 3f)在路徑轉變時減速；貝碧佳颱風(圖 3g)的後期速度大幅減緩。TFS 對此七個颱風除對巴比倫掌握較差之外，對寶發颱風預測誤差雖大，仍預測出與桑美颱風間的藤原效應；對其餘 5 個颱風，TFS 的 48 小時平均路徑預測誤差都低於 270 公里，而對詭異路徑的颱風，TFS 均可掌握到，如啟德颱風侵台的路徑、移速，雅吉颱風的打轉，象神颱風路徑轉變時機，貝碧佳颱風的後期減速，此皆提供給預報人員相

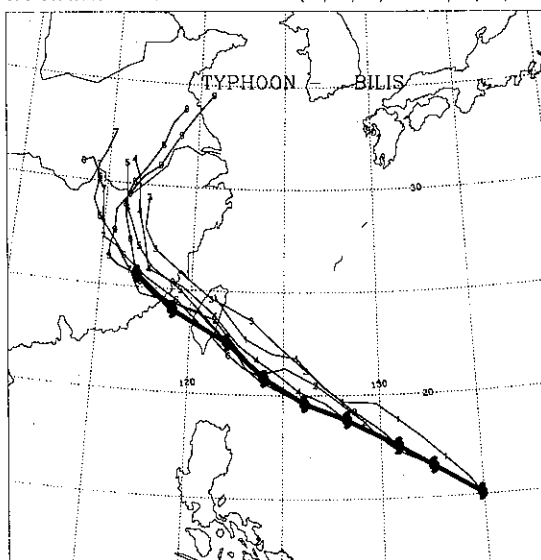
當好的參考資訊。

TFS TYPHOON TRACK FORECAST DATE (00/07/06/12Z-00/07/10/00Z)



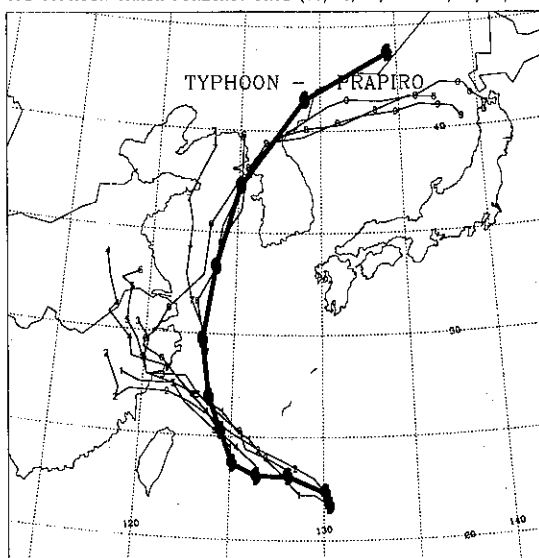
(a)

TFS TYPHOON TRACK FORECAST DATE (00/08/19/12Z-00/08/23/12Z)



(b)

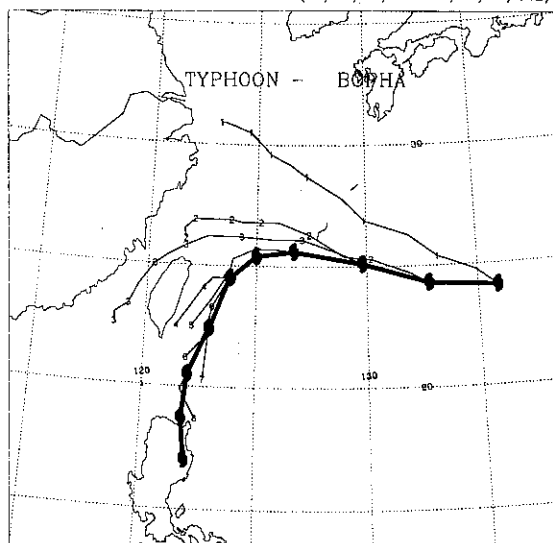
TFS TYPHOON TRACK FORECAST DATE (00/08/27/00Z-00/08/31/12Z)



(c)

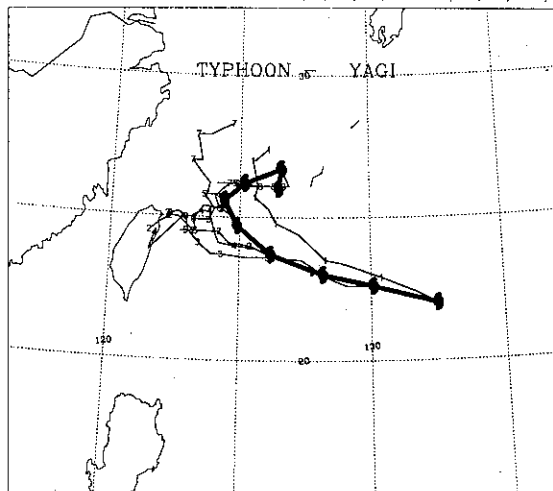
圖 3. TFS 對 1999 年中央氣象局發布警報的啟德(Kai-Tak)、碧利斯(Bilis)、巴比侖(Prapiroon)、寶發(Bopha)、雅吉(Yagi)、象神(Xangsane)及貝碧佳(Bebinca)等七個颱風所做之預測(細線)與實際行進(粗線)路徑，時間間隔為 12 小時。

TFS TYPHOON TRACK FORECAST DATE (00/09/07/00Z-00/09/10/12Z)



(d)

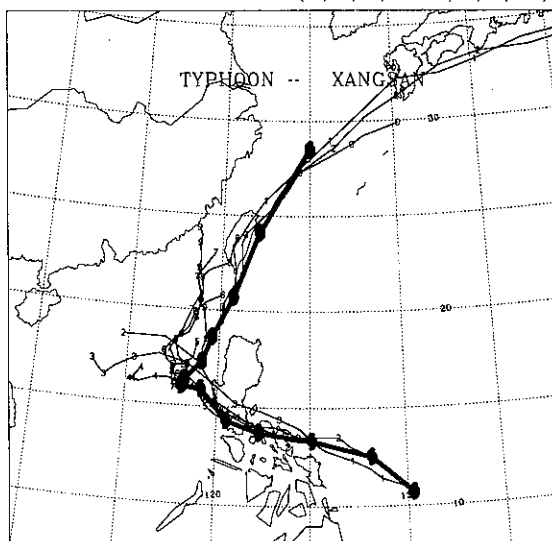
TFS TYPHOON TRACK FORECAST DATE (00/10/23/00Z-00/10/26/12Z)



(e)

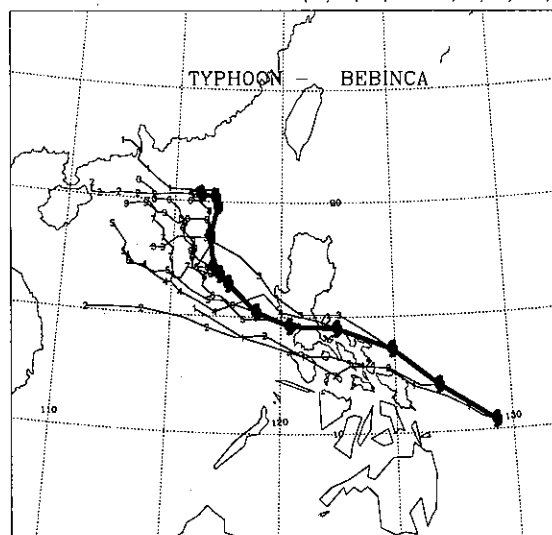
圖 3. (續)

TFS TYPHOON TRACK FORECAST DATE (00/10/26/12Z-00/11/01/00Z)



(f)

TFS TYPHOON TRACK FORECAST DATE (00/11/01/00Z-00/11/06/12Z)



(g)

圖 3. (續)

圖 4 顯示 TFS 於 1994 年正式上線以來，至 1999 年的誤差比較，圖 4a 中可看出自 1997 年改進颱風初始流場處理技術之後，TFS 48 小時預測的誤差有所改進。至於 1998 年平均誤差增大之主要因素，是因 TFS 對當年雷克斯(Rex)颱風掌握不佳所致，若去除雷克斯颱風，則 1998 年 24/48/72 小時之平均誤差降至 170/302/459 公里，仍較 1997 年之前的誤差小。在 1994 年至 2000 年這七年當中，1995 年(25 個)、1998 年(17 個)、1999 年(23 個)、2000 年(23 個)發生於西北太平洋之颱風個數皆低於平均值(27.4 個)，並且多屬於較弱颱風。圖 4a 亦顯示，不論在改進颱風初始流場處理技術之

前或之後，TFS 在此四年的表現皆較差，亦即 TFS 較不易掌握弱颱風之行進。至於 TFS 對 1999 及 2000 年之誤差較 1998 年為小的另一可能原因是，中央氣象局全球預報模式從 1999 年起提高了解析度、並加入衛星風與人為修正颱風渦旋，因此提供給 TFS 之初始場及預報時之側邊界條件可能較 1998 年為優。圖 4b 則顯示 TFS 於 1998 年平行測試延長颱風路徑預測至三天，以及自 1999 年開始將此項目正式放入作業中的表現。由圖中可看出，若去除 1998 年掌握不佳的 Rex 颱風，則 2000 年 TFS 的表現與前兩年相近，對第三天預測誤差的增幅，2000 年甚至還小於前兩年。

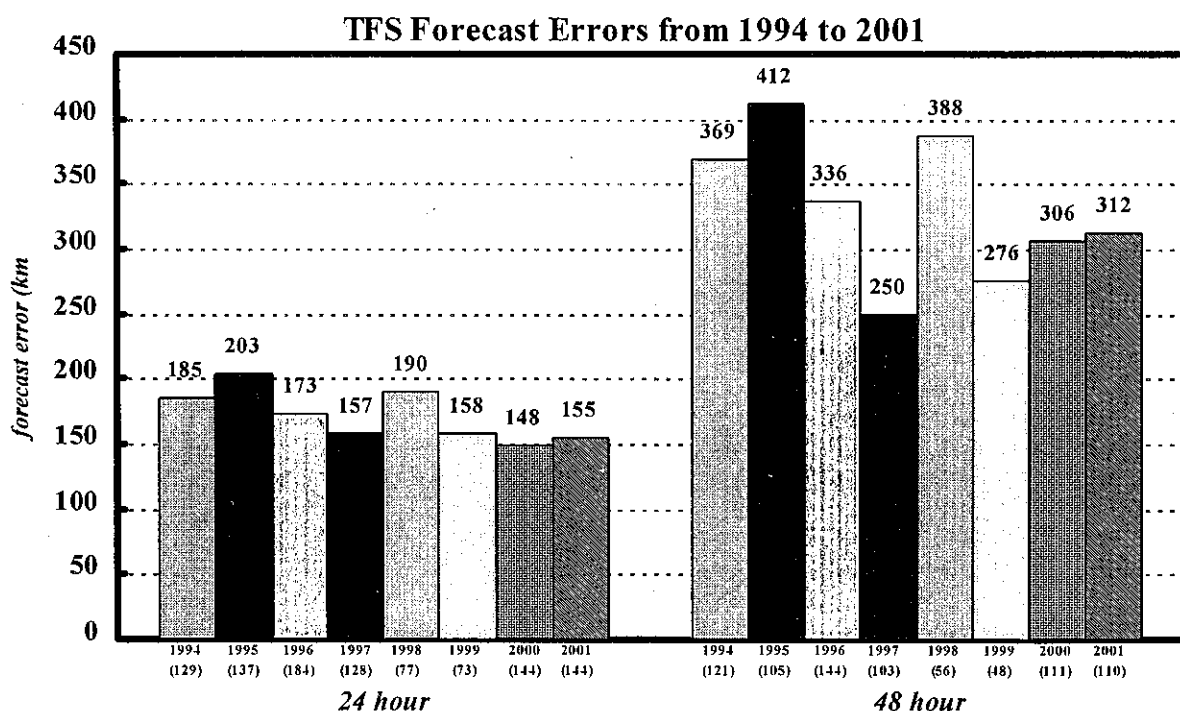


圖 4a. 1994 年至 2001 年 TFS 之 24/48 小時颱風預測路徑平均距離誤差。橫軸括弧內為颱風個案數

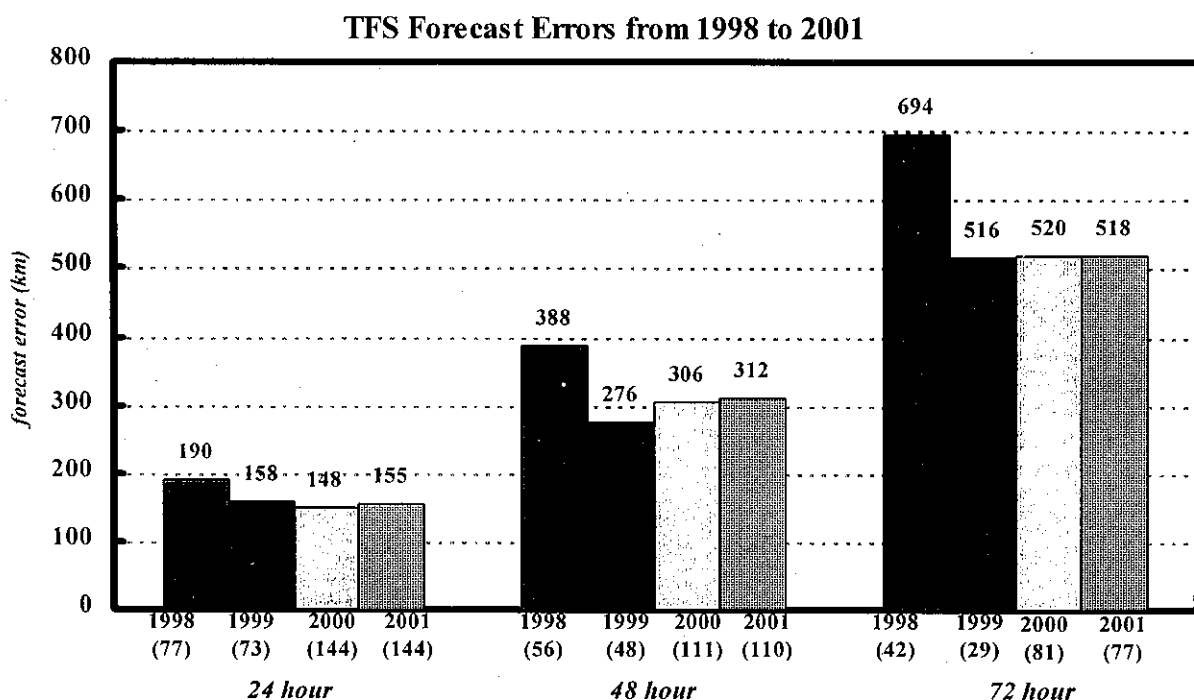


圖 4b. 1998 年至 2001 年 TFS 之 24/48/72 颱風預測路徑平均距離誤差。橫軸括弧內為颱風個案數

有關全數個案路徑預測偏差之分析，圖 5 顯示 TFS 有明顯偏北誤差，且偏差值隨預測時間增長而加大(圖未示)。在隨區域之分上，由圖 6 可看出，颱風在較低緯度往西或西北行進時，TFS 對其路徑預報有提早北偏之情形，而當颱風移入南海往西或西北進入中國大陸時，TFS 的預測路徑仍過早偏北。至於轉向匯入西

風帶的颱風，TFS 則有轉彎過慢及轉向後移速偏慢的情形。

以上討論可知，初始場資料的正確與否確實對 TFS 的預測誤差有很大的影響，但第三天預測誤差增大，除上述原因之外，預報模式以及較大尺度環境場預測之改進都值得進一步研究。



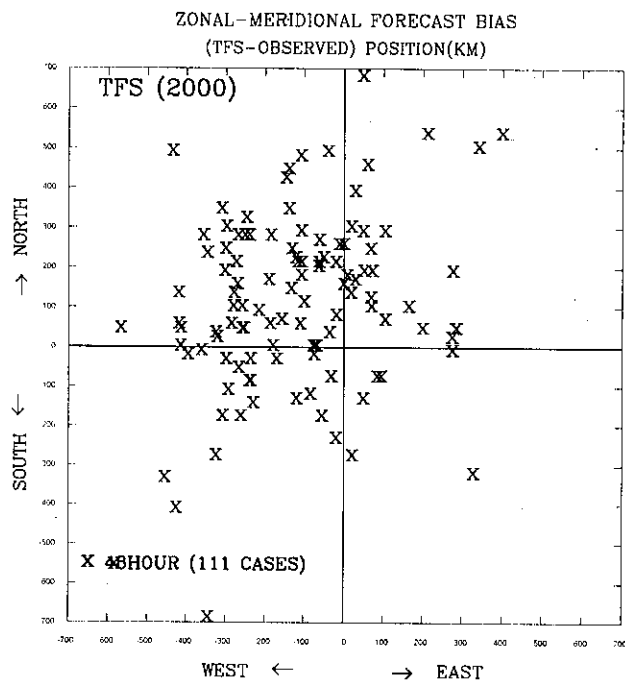


圖 5. 2000 年 TFS 的 48 小時颱風路徑預測誤差(單位為公里)  
東、西、南、北分量上之分布圖。

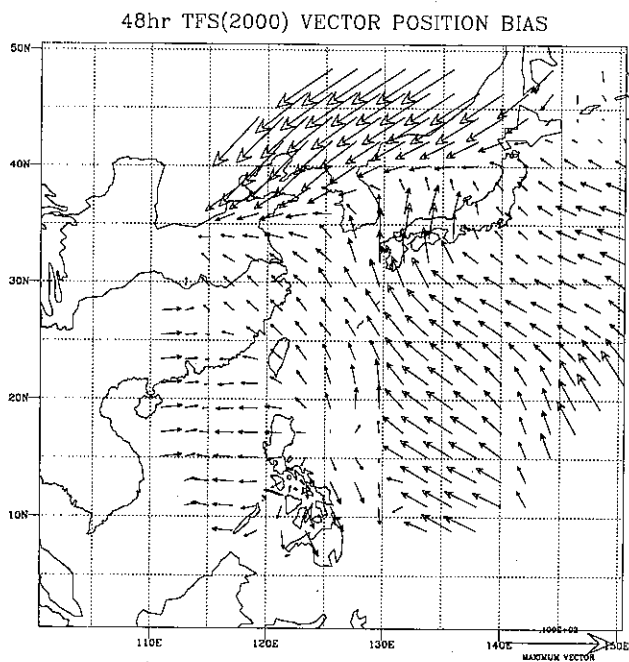


圖 6. 2000 年 TFS 的 48 小時預測位置之偏差分量。

## 2. 2001 年颱風路徑預測

2001 年 5 月至 10 月中旬，西北太平洋上共計發生 21 個颱風，強度皆屬於輕度或中度。中央氣象局颱風路徑預報模式對其中 19 個生命期超過一天，發生範圍約在東經 105 度至 165 度、北緯 10 度至 45 度的颱風，分別做 3 次至 28 次的 72 小時預測(見表三)。TFS 與中央氣象局官方預報及 CLIPER 統計預報方法對此 19 個颱風做相同個案之平均路徑預測誤差比較情形顯示於圖 7a，由圖可見 TFS 對 2001 年颱風路徑預測之 24/48/72 小時平均誤差分別為 155/312/518 公里，兩天內的預測誤差皆較 CLIPER(160/357 公里) 預測誤差為小，但較 CWB(139/264 公里)大。至於第三天的預測

(CWB 未發布第三天的預報)，TFS 雖仍較 CLIPER(567 公里)好，顯現預測技術，但預測誤差增幅(206 公里)比第二天的誤差增幅(157 公里)有明顯增大的現象。從圖 7b 也可見 TFS 相對於 CLIPER 預測之優勢隨預測時間增加而減少，並較 TFS 對 2000 年颱風預測相對於 CLIPER 預測之優勢(圖 7b)為小。圖 4a 顯示，自 1997 年後五年的中(1998 年去除 Rex 颱風)，隨預測時程增加，TFS 對 2001 年 5 月至 10 月中旬的颱風預測誤差，為五年中最大者。至於從圖 4b 中可看出，對第三天的預測，TFS 對 2001 年 21 個颱風的預測平均表現與前三年類似。

表三、2001 年中央氣象局颱風路徑預報模式對西北太平洋發生之颱風所做之作業預報之颱風名稱、時間、以及預報次數。

颱風名稱	起訖時間	預報次數
**西馬隆(Cimaron)	01/05/11/00 — 01/05/14/00	7
**奇比(Chebi)	01/06/20/12 — 01/06/23/12	7
榴槤(Durian)	01/06/30/12 — 01/07/02/00	4
**尤特(Utor)	01/07/02/00 — 01/07/05/00	7
**潭美(Trami)	01/07/10/00 — 01/07/11/00	3
康瑞(Kong-rey)	01/07/22/00 — 01/07/28/12	14
**玉兔(Yutu)	01/07/23/12 — 01/07/25/12	5
**桃芝(Toraji)	01/07/27/00 — 01/07/30/12	8
萬宜(Man-yi)	01/08/02/12 — 01/08/08/12	13
帕布(Pabuk)	01/08/14/12 — 01/08/21/12	15
梧提(Wutip)	01/08/27/12 — 01/09/02/00	12
聖帕(Sepat)	01/08/28/12 — 01/08/29/12	3
丹娜絲(Danas)	01/09/04/00 — 01/09/11/00	15
**納莉(Nari)	01/09/06/12 — 01/09/20/00	28
韋帕(Vipa)	01/09/18/00 — 01/09/20/12	6
范斯高(Francisco)	01/09/21/00 — 01/09/24/12	8
**利奇馬(Lekima)	01/09/22/12 — 01/09/27/00	10
柯羅莎(Krosa)	01/10/04/12 — 01/10/08/12	9
**海燕(Haiyan)	01/10/13/00 — 01/10/17/12	10
合計	19 個颱風	184

註：「\*\*」表示中央氣象局發布警報之颱風

Homogeneous Comparison of TFS, CWB and CLIPER Forecast Errors in 2001

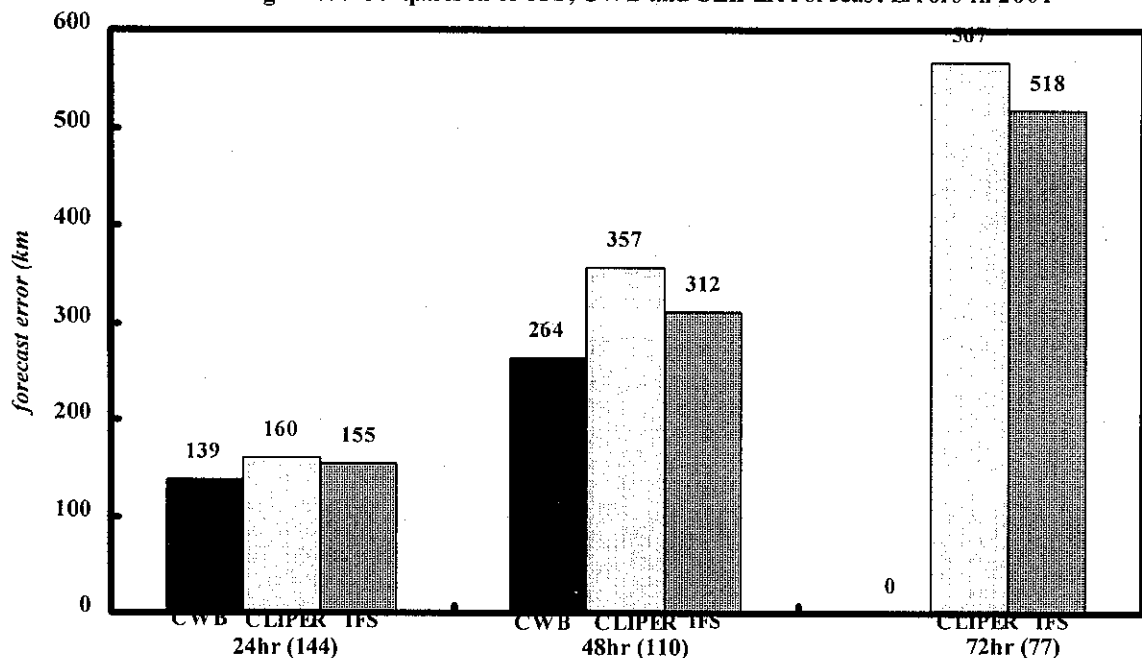


圖 7a. TFS、CWB 及 CLIPER 對 2001 年 5 月至 10 月中旬中央氣象局發布警報的颱風相同個案之 24、48 及 72 小時颱風預測路徑平均距離誤差。橫軸括弧內為颱風個案數。

Forecast Skills of TFS and CWB Relative to CLIPER in 2001

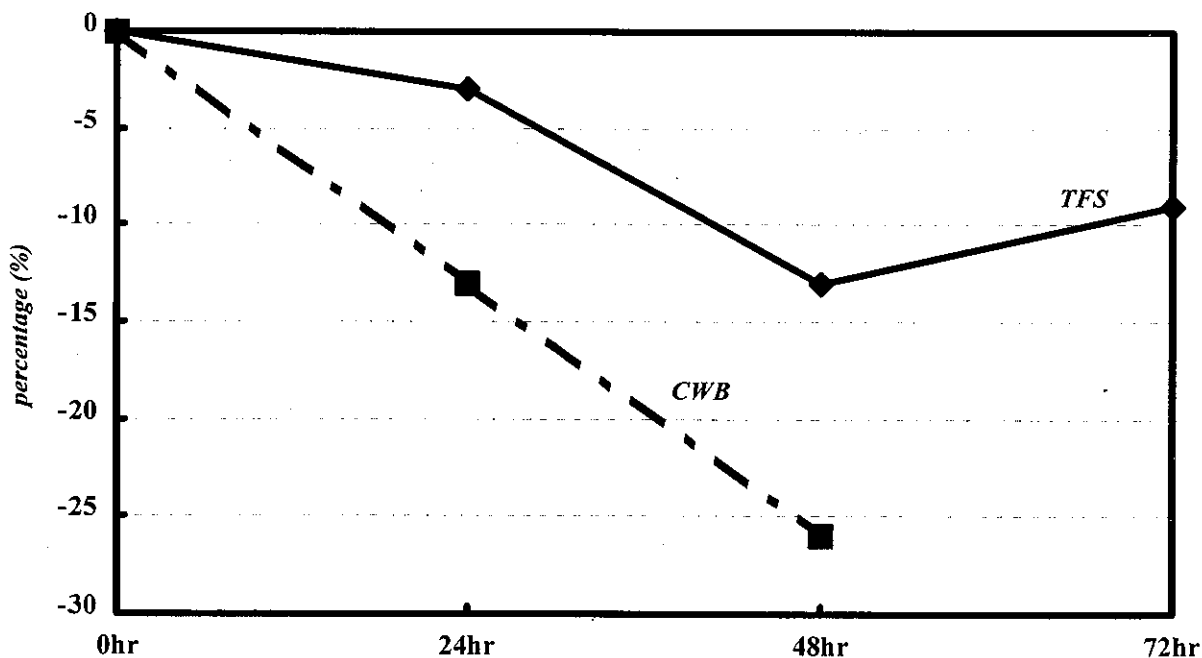


圖 7b. TFS、CWB 的 2001 年 5 月至 10 月中旬中央氣象局發布警報的颱風相同個案之 24、48 及 72 小時颱風預測路徑平均距離誤差相對於 CLIPER 之預報誤差做正規化後之比較。

有關 2001 年 TFS 颱風路徑預測偏差的分析(圖 8、圖 9)，類似 2000 年的預測(圖 5、圖 6)，即對低緯西行颱風預測有提早轉彎、轉彎

過慢、匯入西風帶時移速過慢以及偏北誤差等問題，可能是 TFS 對颱風的結構與強度，以及其跟大尺度間的交互作用掌握不足所致。

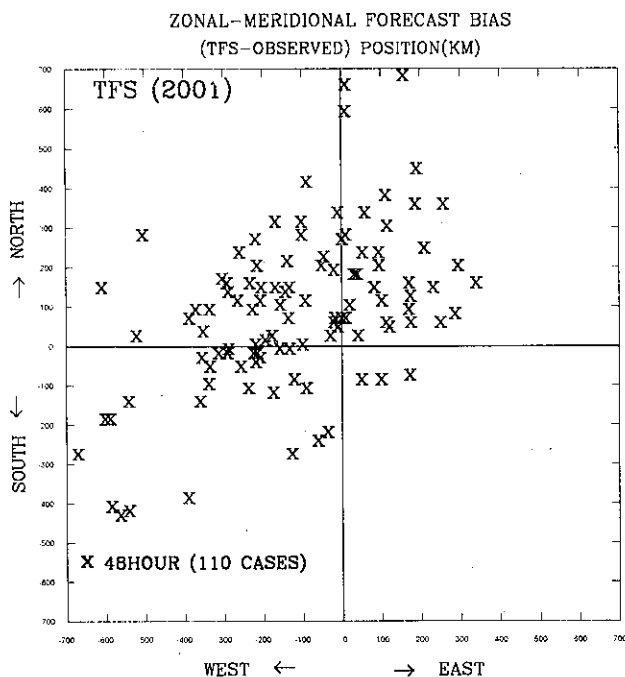


圖 8. 2001 年 5 月至 10 月中旬 TFS 的 48 小時颱風路徑預測誤差(單為公里)在東、西、南、北分量上之分布圖。

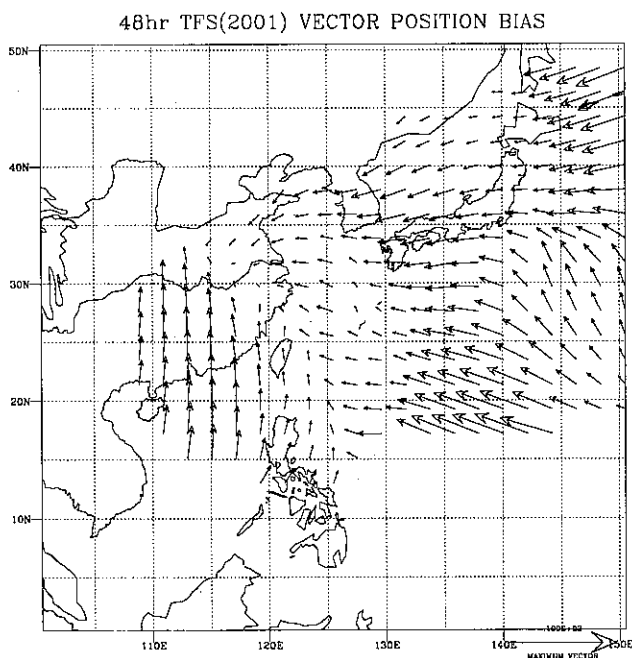


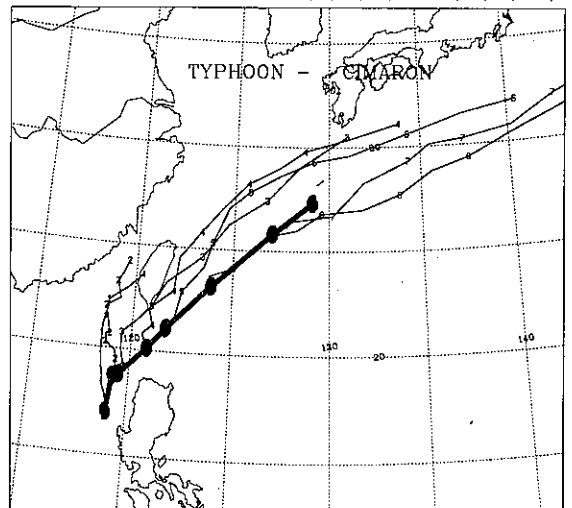
圖 9. 2001 年 5 月至 10 月中旬 TFS 的 48 小時預測位置之偏差分量。

在 2001 年的 5 月至 10 月中旬，西北太平洋共發生 21 個颱風，雖低於 27.4 個颱風的平均值，但中央氣象局曾針對其中 9 個因路徑更接近台灣而發布颱風警報，包括西馬隆(Cimaron)、奇比(Chebi)、尤特(Utor)、潭美(Trami)、玉兔(Yutu)、桃芝(Toraji)、納莉(Nari)、利奇馬(Lekima)、海燕(Haiyan)等(見表三)，此數值已超出侵台颱風的平均值(三至四個)，約達颱風發生頻率的 43%，與 2000 年皆屬颱風警報發布頻率高的年份，甚至超過 2000 年(約 30%)。而且，前 6 個發布警報的颱風都集中在七月之前，單是七月份發生的 6 個颱風，就對其中四個發布警報，已創新侵台颱風的紀錄。除此之外，潭美颱風使南部地區、桃芝颱風使中南部地區豪雨成災，而發生在九月上旬的納莉颱風，不僅路徑詭異，更在台灣地區停留超過兩天，雖只是個輕度至中度颱風，但帶來驚人的降水量，除創下許多地區單日降雨量的新高，亦重創台灣，造成嚴重的生命財產損失。

至於 TFS 對發布警報的 9 個颱風的預測表現(觀測與預測路徑如圖 10)，若僅由誤差值而言，TFS24/48/72 小時的平均路徑誤差為 135/257/482 公里(圖 11a)，較 2001 年全數颱風平均路徑誤差小，尤其是 48 小時平均路徑誤差不及 260 公里。其表現較官方主觀預測 CWB (133/232 公里)稍差，但比 CLIPER (158/350/576 公里)為優。相對於 CLIPER，圖 11b 顯示對此 9 個颱風，TFS 24/48 小時路徑預測較 CLIPER 預測仍約優 15/27%，第三天預測誤差雖有將近 490 公里，但其較 CLIPER 預測則約優 16%。雖然 TFS 對這些發布警報的颱風的兩天內預測路徑表現不錯，但仍然存在第三天預測誤差增幅加大的問題，即第二天的平均預測誤差增幅為 122 公里，第三天增為 225 公里，增加了 103 公里。與前二年比較，TFS 對於發布警報的颱風表現上，平均的預測誤差值較 1999 年 (133/269/500 公里)及 2000 年(144/298/494 公里)相近或稍好，但就平均誤差優勢(相對於

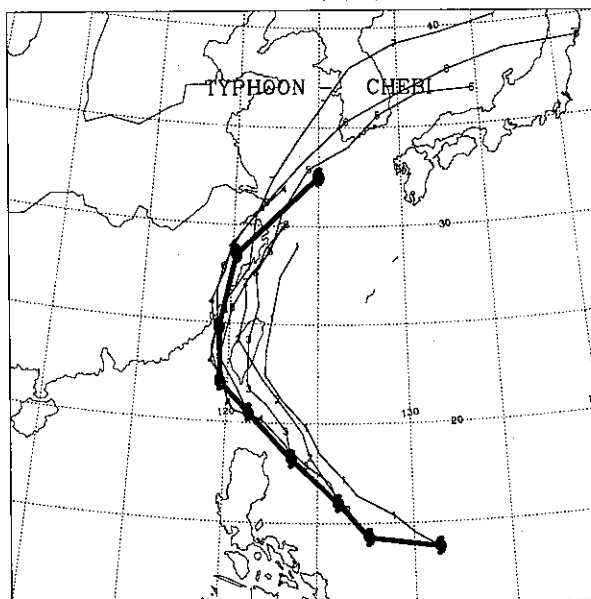
CLIPER)而言，則比 1999 年(23/35/29%)及 2000 年(25/31/27%)稍差。推測可能原因是：此 9 個颱風中，除了圖 10g 納莉及圖 10h 利奇馬屬於行進路徑較詭異外，其餘 7 個颱風移行皆較規律，而統計預報方法 CLIPER 對此類颱風較容易預測其路徑，預測誤差減小，TFS 相對於 CLIPER 之預測優勢因此降低。TFS 對移動較規律的 7 個颱風，多可預測出其移動趨勢，但隨預測時程增加，TFS 的系統性誤差亦顯現，即移動方向轉變太慢、移動方向轉變後速度過慢等等。行徑怪異的納莉颱風發生地已超過北緯 25 度，初期緩慢向東呈現滯留打轉現象，而後轉向西南非常緩慢移向台灣，並從台灣東北部登陸、緩緩移向西南部出海。另一怪異的利奇馬颱風生成時已相當接近台灣，之後以緩慢的速度接近並登陸台灣。對此二怪異的颱風，TFS 掌握到納莉初期滯留打轉、轉向西南往台灣而來時緩慢移動的情形，以及利奇馬的移速緩慢的行徑，因此對納莉與利奇馬颱風的 48 小時平均預測路徑誤差分別只有 238 公里與 196 公里，有很不錯的表現，但 72 小時的平均誤差則明顯增加至 463 公里與 445 公里。

TFS TYPHOON TRACK FORECAST DATE (01/05/11/00Z-01/05/14/00Z)



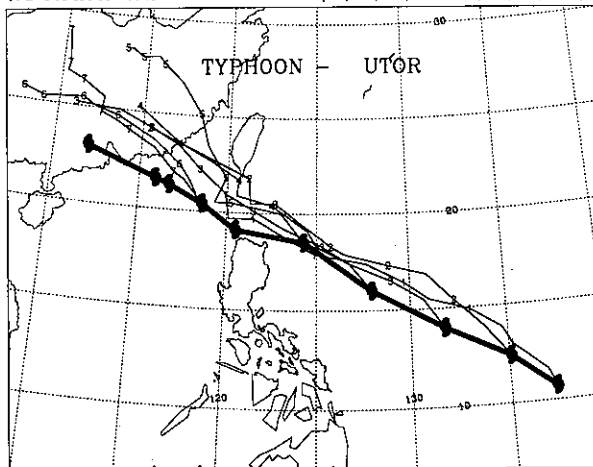
(a)

TFS TYPHOON TRACK FORECAST DATE (01/06/20/12Z-01/06/23/12Z)



(b)

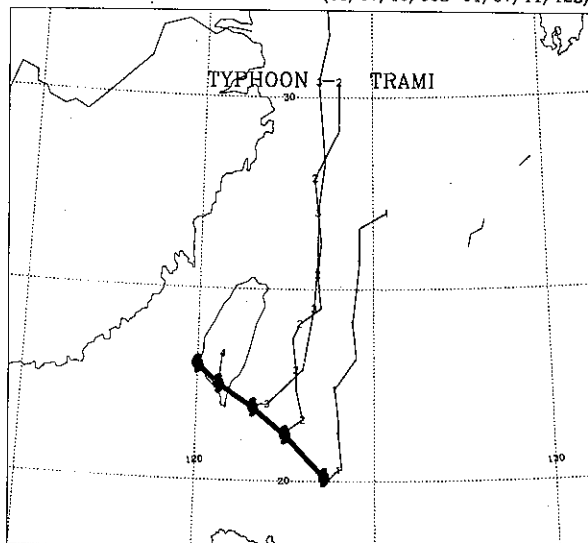
TFS TYPHOON TRACK FORECAST DATE (01/07/02/00Z-01/07/05/00Z)



(c)

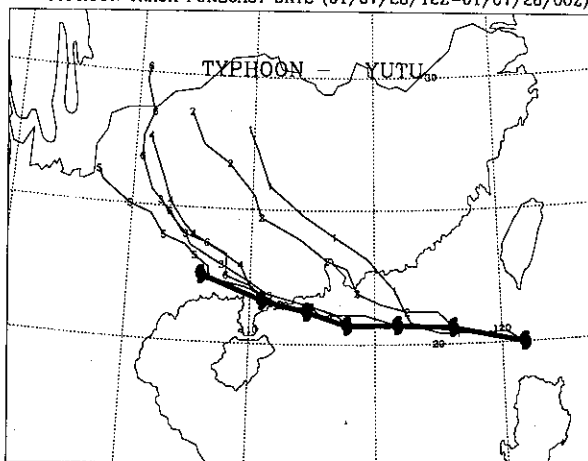
圖 10. TFS 對 2001 年中央氣象局發布警報的西馬隆(Cimaron)、奇比(Chebi)、尤特(Utor)、潭(Trami)、玉兔(Yutu)、桃芝(Toraji)、納莉(Nari)、利奇馬(Lekima)、海燕(Haiyan)等九個風所做之預測(細線)與實際行進(粗線)路徑，時間間隔為 12 小時。

TFS TYPHOON TRACK FORECAST DATE (01/07/10/00Z-01/07/11/12Z)



(d)

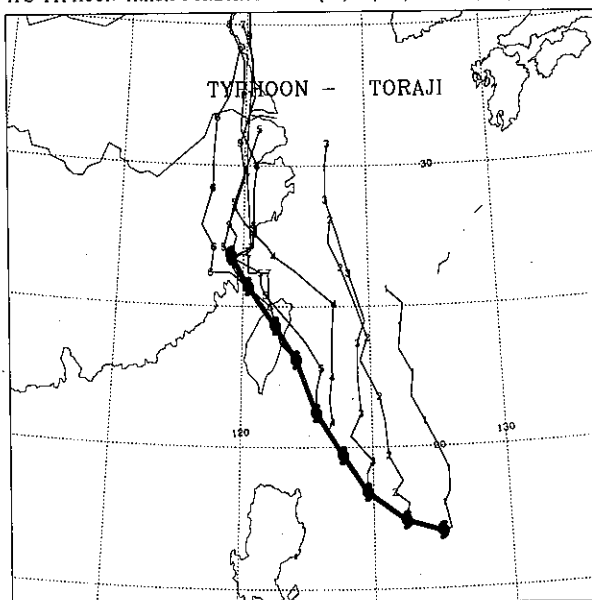
TFS TYPHOON TRACK FORECAST DATE (01/07/23/12Z-01/07/26/00Z)



(e)

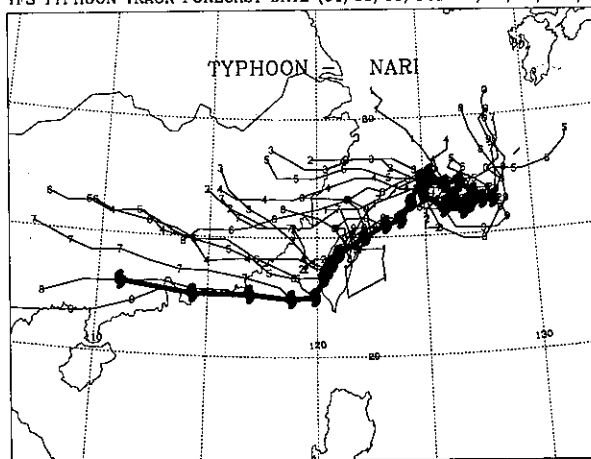
圖 10. (續)

TFS TYPHOON TRACK FORECAST DATE (01/07/27/00Z-01/07/31/00Z)



(f)

TFS TYPHOON TRACK FORECAST DATE (01/09/06/12Z-01/09/20/12Z)

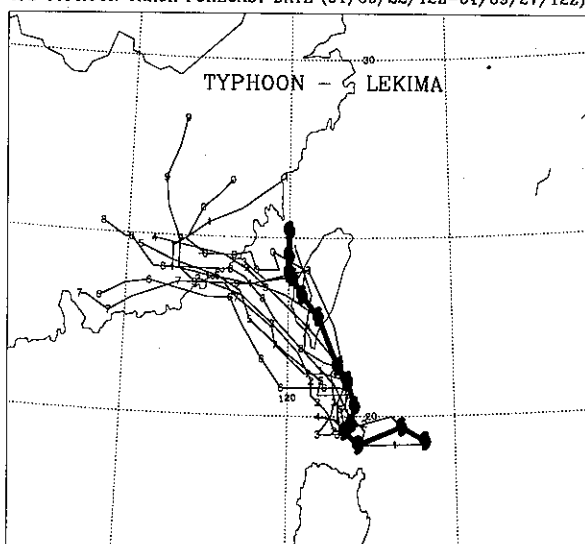


(g)

圖 10. (續)

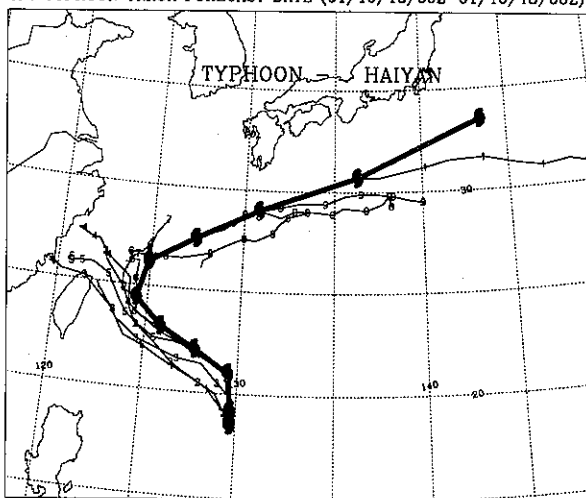


TFS TYPHOON TRACK FORECAST DATE (01/09/22/12Z-01/09/27/12Z)



(h)

TFS TYPHOON TRACK FORECAST DATE (01/10/13/00Z-01/10/18/00Z)



(i)

圖 10. (續)

Homogeneous Comparison of TFS, CWB and CLIPER for Warning Typhoons in 2001

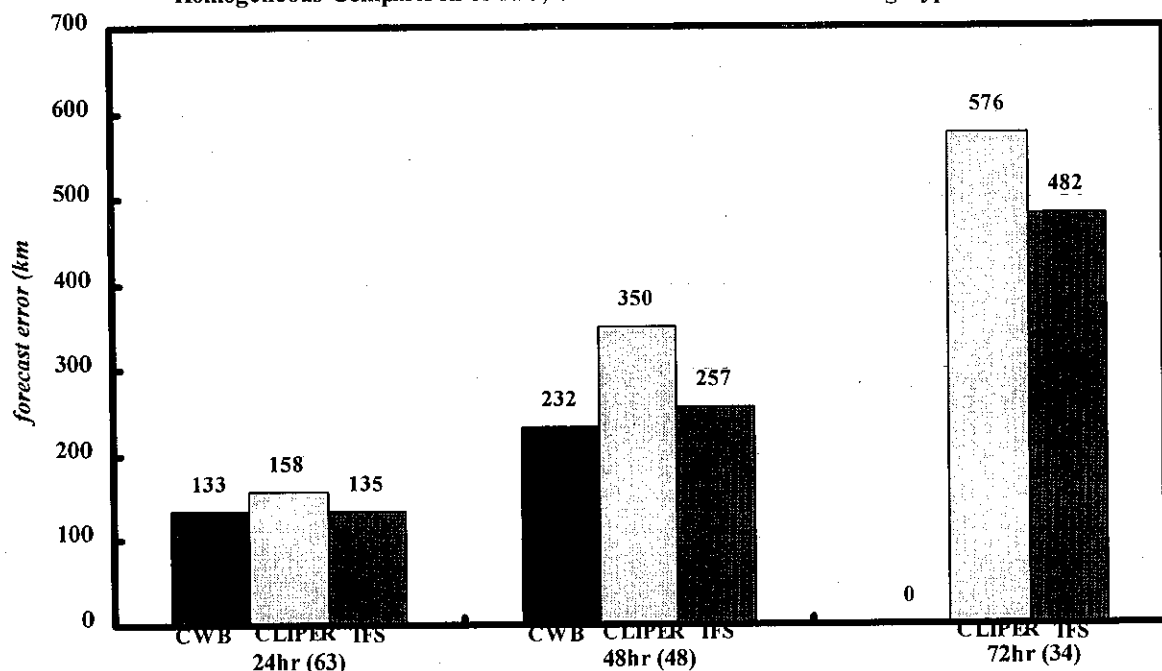


圖 11a. TFS、CWB 及 CLIPER 對 2001 年中央氣象局發布警報的颱風相同個案之 24、48 及 72 時颱風預測路徑平均距離誤差。橫軸括弧內為颱風個案數。

Forecast Skills of TFS and CWB Relative to CLIPER for Warning Typhoons in 2001

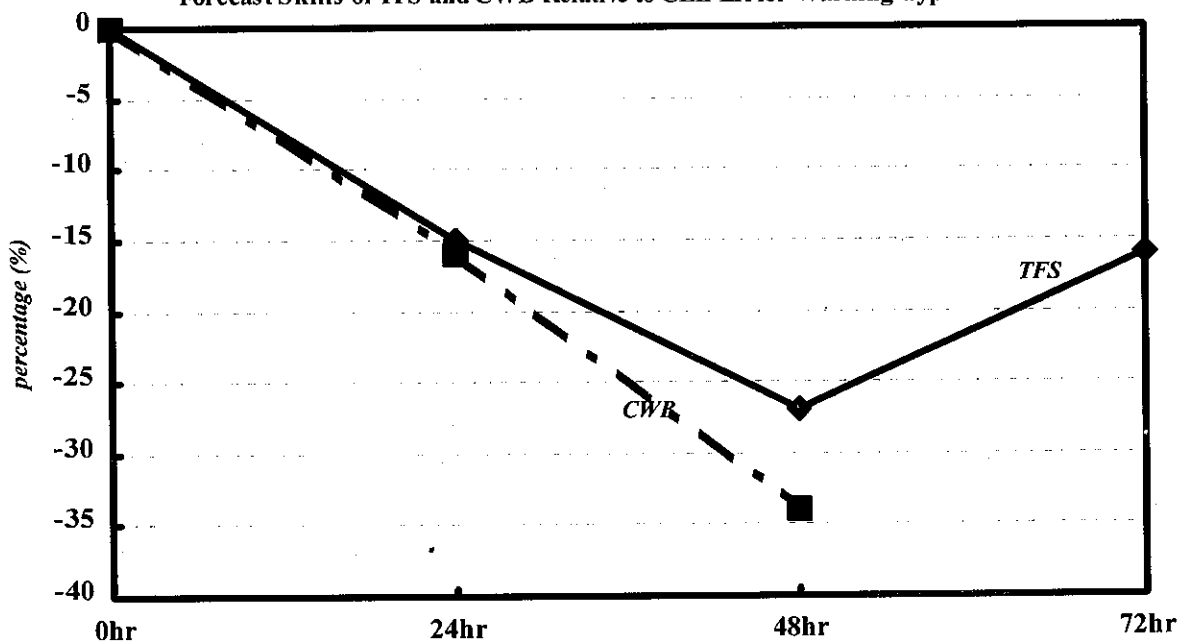
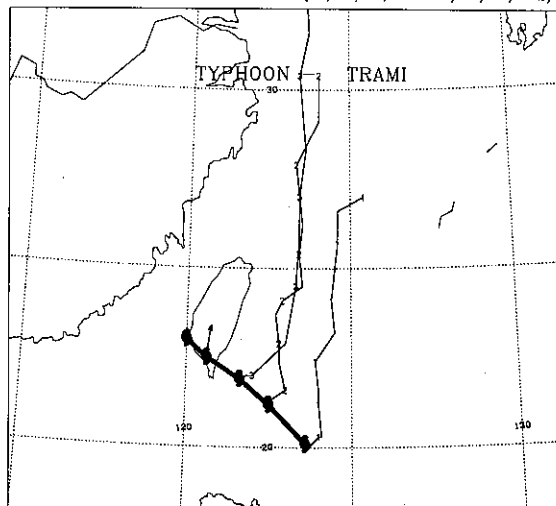


圖 11b. TFS、CWB 的 2001 年中央氣象局發布警報的颱風相同個案之 24、48 及 72 小時颱風預測路徑平均距離誤差相對於 CLIPER 之預報誤差做正規化後之比較。

圖 12 顯示發布警報的潭美(圖 10d)與桃芝(圖 10f)颱風分別在 850hPa 及 500hPa 的颱風路徑預測圖。圖中可明顯看出颱風路徑有高、低層分離的現象，而以 500hPa 的颱風路徑預測較接近實際颱風行徑，850hPa 的颱風預測路徑則有提早北轉的情形。在當時，實際的大尺度環

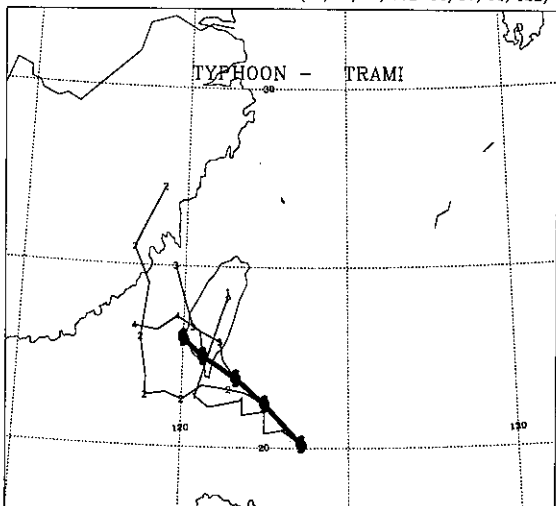
境場亦有高、低層駛流分離的現象(圖略)。嘗試啟動渦旋植入時的加重渦旋中層結構的選項，亦即使渦旋與中高層的駛流交互作用較明顯，則 850hPa 的颱風預測路徑會接近 500hPa 的預測路徑(圖略)，預測誤差因而減少。

TFS TYPHOON TRACK FORECAST DATE (01/07/10/00Z-01/07/11/12Z)



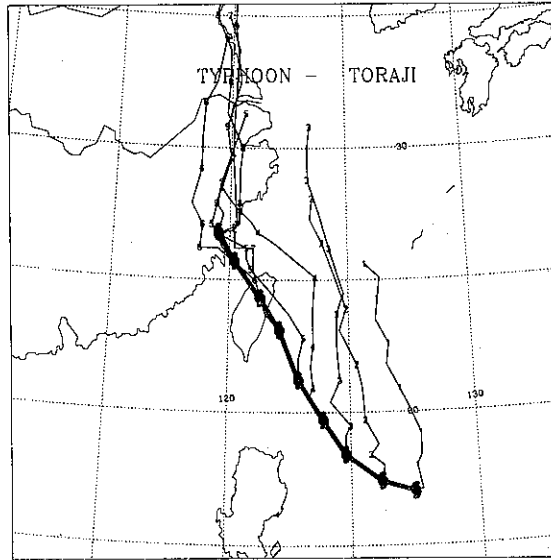
(a)

TFS TYPHOON TRACK FORECAST DATE (01/07/10/00Z-01/07/11/12Z)



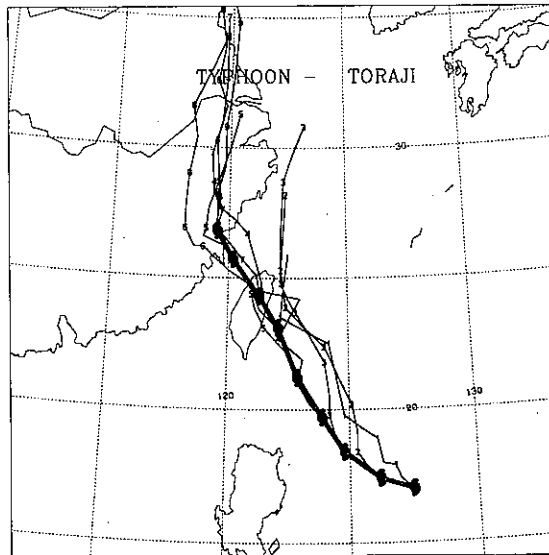
(b)

TFS TYPHOON TRACK FORECAST DATE (01/07/27/00Z-01/07/31/00Z)



(c)

TFS TYPHOON TRACK FORECAST DATE (01/07/27/00Z-01/07/31/00Z)



(d)

圖 12. TFS 對 2001 年潭美(Trami, 圖 a、b)及桃芝(Toraji, 圖 c、d)二個颱風所做之預測(細線)與實  
行進(粗線)路徑，時間間隔為 12 小時。圖 a、c 為 850hPa 颱風中心定位圖，圖 c、d 為 500hPa  
颱風中心定位圖。

## (二)高解析度颱風預報模式測試

在本文中，我們在富士通 VPP5000 型超級電腦上建立高解析度颱風路徑預報模式之系統控制、資料傳輸、繪圖等流程，並將模式垂直解析層數由 20 層提高至 30 層，及配合改進後之模式初始處理對颱風個案進行平行作業，共選取了 2000 年象神颱風、貝碧佳颱風，2001 年納莉颱風等三颱風共 21 個案做平行測試，個案之詳細日期及個別誤差如表四。圖 13 為 2000 年 10 月 28 日 00UTC 象神颱風之實際路徑及不同版 TFS 預測路徑，由圖可見，象神颱風於 10 月 29 日 00UTC 移至菲律賓西側後速度減慢，並於 10 月 29 日 12UTC 開始轉向東北方移動，當時作業 TFS 之預測路徑顯示象神颱風將於 10 月 30 日 00UTC 速度減慢，較實際延遲 24 小時且位置偏西，而轉向時間則更延至 10 月 30 日 12UTC，其 24、48、與 72 小時誤差為 55、299 與 449 公里，巢狀網格颱風路徑預報模式中粗網格模式對此個案則顯示象神颱風將於 10 月 29 日 12UTC 速度減慢，較實際延遲 12 小時，位置雖仍偏西但較作業 TFS 改進，而預

測轉向時間為 10 月 29 日 18UTC，其 24、48、與 72 小時誤差為 46、202 與 251 公里，至於細網格(15 公里)模式 TFS 則預測象神颱風將於 10 月 29 日 12UTC 速度減慢，也較實際延遲 12 小時，位置與粗網格模式相近，仍較作業 TFS 改進，而預測轉向時間為 10 月 30 日 00UTC，由於轉向後速度預測較佳，其 24、48、與 72 小時誤差僅為 34、155 與 182 公里。而綜合對上述 21 個案測試結果顯示，巢狀網格颱風路徑預測模式中粗及細網格模式之 24、48 與 72 小時平均預測誤差各為 130、234 與 353 公里及 106、219 與 311 公里，而當時作業颱風路徑預報模式之 24、48 與 72 小時平均預測誤差則為 149、285 與 475 公里，詳細情形如圖 14。由圖可見，在 21 個個案測試中，巢狀細網格(15km)颱風路徑預報模式之誤差不論在 24、48 與 72 小時預報皆最小，其次為巢狀粗網格(45km)颱風路徑預報模式，而兩者之表現皆較正式作業之颱風路徑預報模式為佳，顯示提高模式解析度及改進虛擬渦旋結構初始化處理程序可有效減低颱風路徑預報模式之預測誤差。

TFS TYPHOON TRACK FORECAST DATE (00/10/28/00Z-00/10/28/00Z)

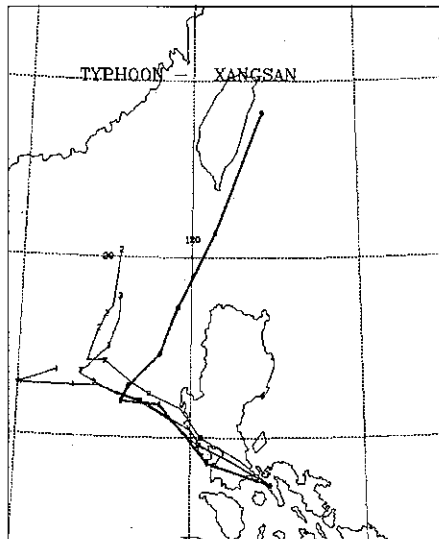


圖 13. 作業 TFS(註標'1')及粗(註標'2')、細(註標'3')網格颱風路徑預報模式對 2000 年 10 月 28 日 00UTC 象神(Xangsane)颱風所做之預測與實際行進(粗線)路徑，時間間隔為 12 小時。

表四 a、測試巢狀網格中央氣象局颱風路徑預報模式(粗網格)所選取 21 個個案一覽表及其 24/48/72 小時路徑預測誤差(公里)

TYPHOON	DATA	24hr	48hr	72hr	TYPHOON	DATA	24hr	48hr	72hr
<b>Xangsane</b>	00102700	173	132	237	<b>Bebinca</b>	00110300	92	231	239
	00102712	112	204	392		00110312	85	62	108
	00102800	46	202	251		00110400	149	167	
	00102812	31	212	190		00110412	79	123	
	00102900	176	257	272	<b>Nari</b>	01091512	78	122	418
	00102912	129	322	547		01091600	92	210	602
	00103000	99	201			01091612	117	204	445
	00103012	146	369			01091700	63	344	543
	00103100	195				01091712	97	322	414
<b>Bebinca</b>	00110200	224	285	417		01091800	214	353	404
	00110212	274	277	238					

表四 b、測試巢狀網格中央氣象局颱風路徑預報模式(細網格)所選取 21 個個案一覽表及其 24/48/72 小時路徑預測誤差(公里)

TYPHOON	DATA	24hr	48hr	72hr	TYPHOON	DATA	24hr	48hr	72hr
<b>Xangsane</b>	00102700	173	208	147	<b>Bebinca</b>	00110300	35	207	221
	00102712	102	227	363		00110312	44	32	167
	00102800	65	155	182		00110400	111	98	
	00102812	34	223	156		00110412	44	265	
	00102900	169	274	362	<b>Nari</b>	01091512	39	75	436
	00102912	119	311	480		01091600	92	129	229
	00103000	95	266			01091612	55	195	482
	00103012	145	441			01091700	61	220	476
	00103100	248				01091712	23	226	334
<b>Bebinca</b>	00110200	144	168	345		01091800	138	264	391
	00110212	222	245	240					

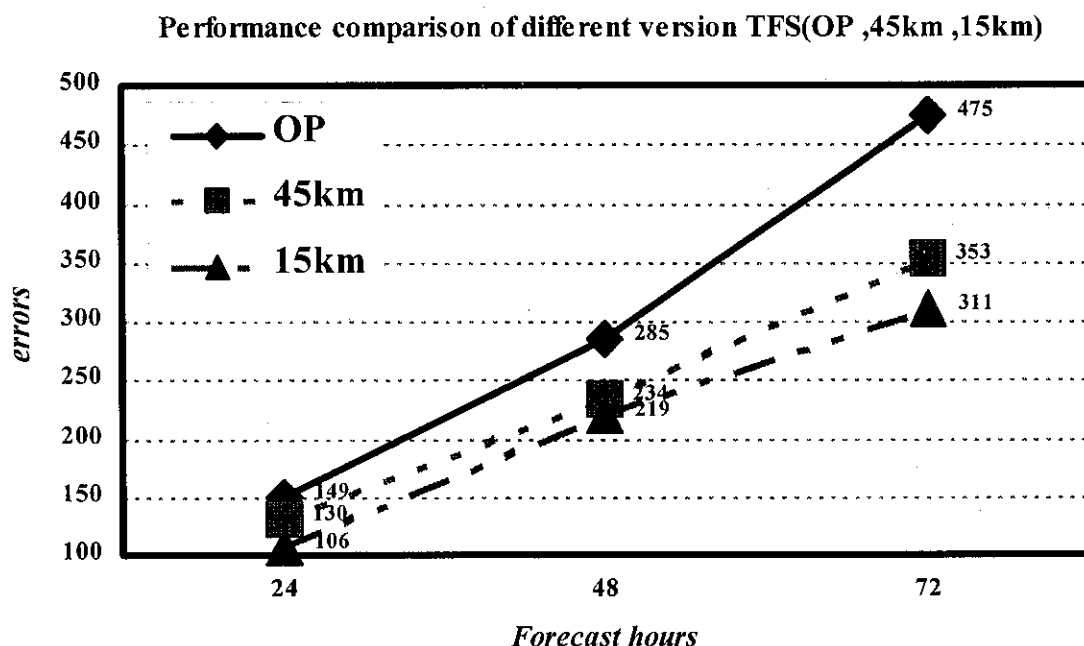
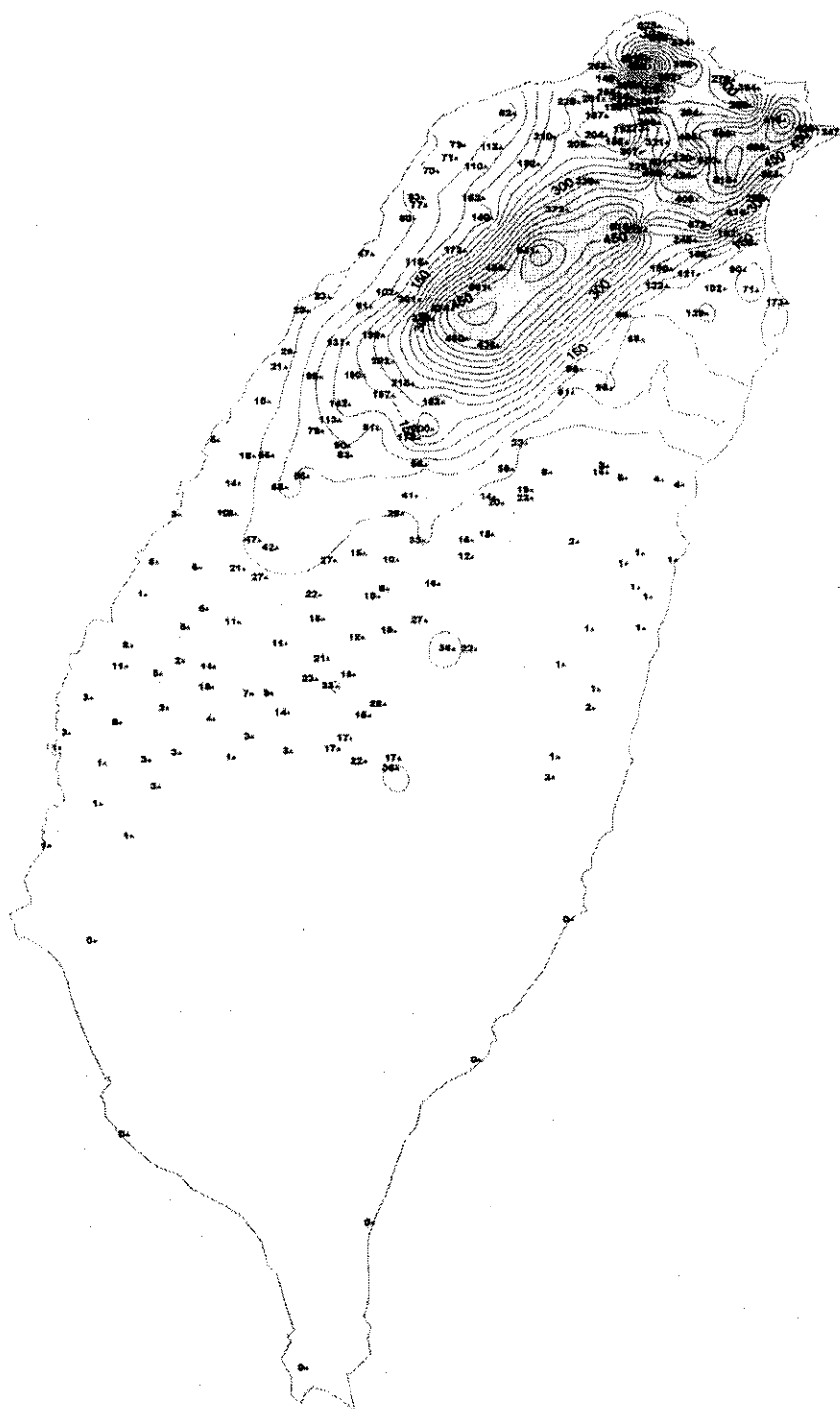


圖 14. TFS 及巢狀網格颱風路徑預報模式對表四中所選取之 21 個颱風個案之 24、48 及 72 小時颱風預測路徑平均距離誤差。

### (三)降雨預測模擬測試

如上一節所述，提高模式解析度及改進虛擬渦旋結構初始化處理程序可有效減低颱風路徑預報模式之預測誤差，本節將繼續探討高解析度颱風路徑預報模式對降雨之模擬預測能力。2001 年 9 月納莉颱風侵襲台灣，由於其速度緩慢，影響台灣地區時間相對延長，期間在台灣本島產生極大降水，圖 15、16 分別為 9 月 16 日及 17 日之 24 小時觀測累積雨量，由圖 15 可見，16 日當天納莉颱風降雨集中於台灣北部，最大累積雨量超過 600 公釐，而圖 16 顯示，17 日納莉颱風降雨則集中於台灣北部及東北

部，宜蘭山區最大累積雨量超過 1000 公釐，其次為嘉義地區，最大累積雨量也超過 600 公釐。圖 17 為 9 月 15 日 12UTC 納莉颱風之實際路徑與 15 公里解析度颱風路徑模式預測路徑，由圖可見模式能顯示納莉颱風在之後 2 天往西南侵台之趨勢，其 24/48 小時路徑誤差分別為 11/163 公里，圖 18、19 分別為 15 公里解析度颱風預報模式對 9 月 16 日、17 日之預測累積雨量，圖中顯示，其預報降水分布及累積量，皆與觀測不甚符合，僅有 17 日之預報場顯示在台灣北部有 50 公釐以上降水。

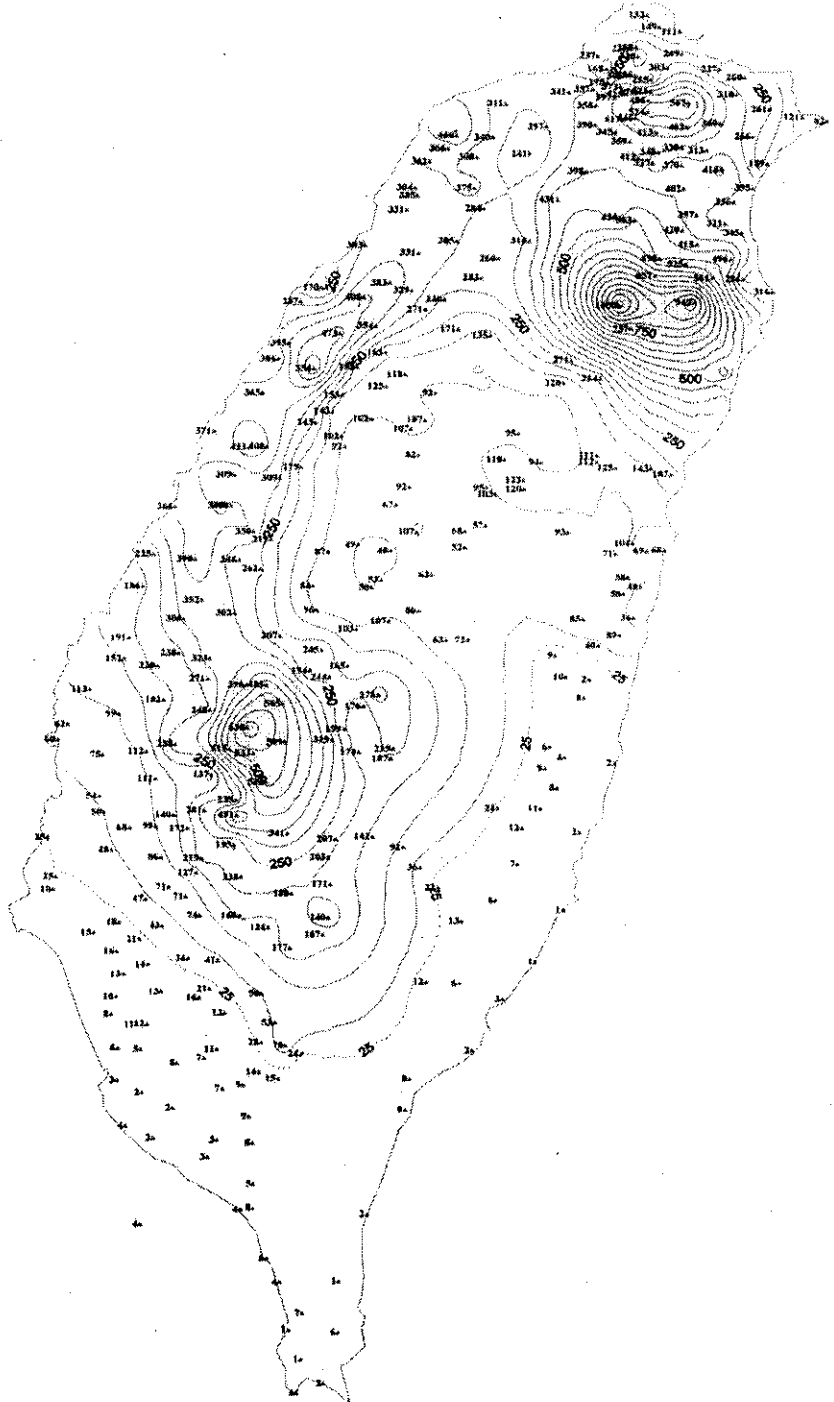


納莉颱風雨量分布圖（一）

（民國九十年九月十六日零時至廿四時）

圖 15. 2001 年 9 月 16 日之 24 小時觀測累積雨量。





納莉颱風雨量分布圖（二）

（民國九十年九月十七日零時至廿四時）

圖 16. 2001 年 9 月 17 日之 24 小時觀測累積雨量。

TFS TYPHOON TRACK FORECAST DATE (01/09/15/12Z-01/09/15/12Z)

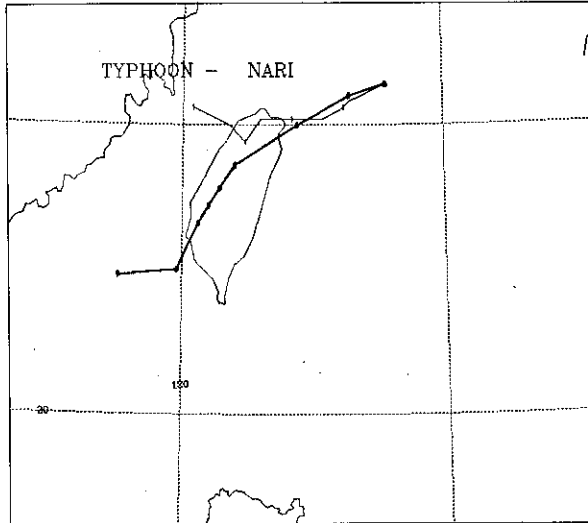


圖 17. 使用舊地形之 15 公里解析度颱風路徑預報模式對 2001 年 9 月 15 12UTC 納莉(Nari)颱風所做之預測(細線)與實際行進(粗線)路徑。

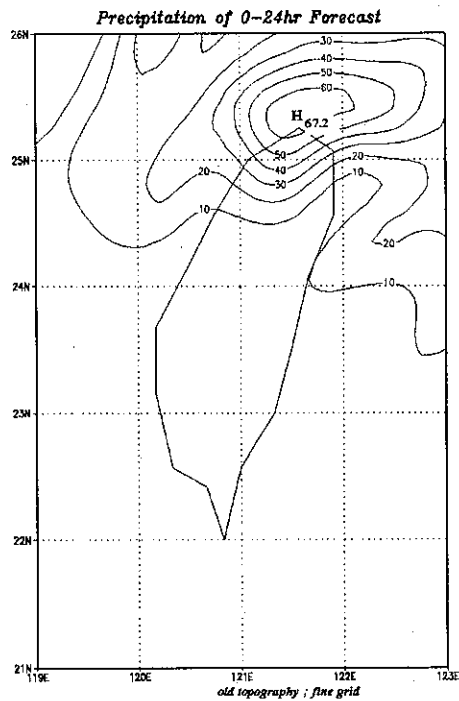


圖 18. 使用舊地形之 15 公里解析度颱風路徑預報模式對 2001 年 9 月 15 12UTC 納莉(Nari)颱風所做預測之 00 至 24 小時累積雨量。

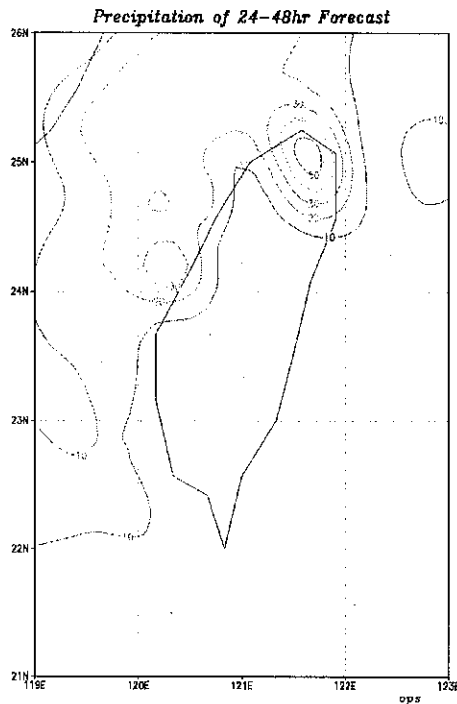


圖 19. 使用舊地形之 15 公里解析度颱風路徑預報模式對 2001 年 9 月 15 12UTC 納莉(Nari)颱風所做預測之 24 至 48 小時累積雨量。

由於地形分布與颱風交互作用對降水有很大影響，而原颱風預報模式中所使用之地形解析度為每 10 分(約 18 公里)一點資料，其中台灣地區地形過於寬大，且最高只達 2000 公尺(如圖 20)，顯然無法正確反應地形分布與颱風間之交互作用，因此我們進行模式地形資料庫更新測試，使地形解析度提高為每 5 公里一點資料，如此台灣地區地形較符合實際觀測，由於內差，粗網格模式台灣地區地形最高只達 1600 公尺(如圖 21)，但細網格模式最高可達 2800 公尺(如圖 22)。更新地形資料後，巢狀網格颱風路徑預報模式於 9 月 15 日 12UTC 對納莉(Nari)颱風之預測路徑如圖 23，與原預測路徑差異不大，粗、細網格之 24/48 小時路徑誤差分別為 78/122 公里及 39/75 公里，圖 24、25 分別為改變地形後粗網格颱風預報模式對 9 月 16 日、17 日之預測累積雨量，由於粗網格颱風預報模式在預測過程中，使用人工加熱技術維持颱風結構，颱風附近降水將因而增多，由圖 24 可見，粗網格模式預測 16 日降水涵蓋範圍

嘉義以北，與實際觀測所得現象頗接近，最大降雨位於台灣東北部超過 130 公釐，仍比實際觀測少；粗網格模式預測 17 日降水涵蓋範圍也頗大(圖 25)，但型態則與觀測有別，最大降雨量超過 200 公釐亦不足。而圖 26、27 則分別為改變地形後 15 公里解析度颱風預報模式對 9 月 16 日、17 日之預測累積雨量。圖 26 中，細網格模式預測 16 日降水集中於台灣本島北部，與實際觀測所得現象(圖 15)頗接近，但累積雨量仍過少，最大僅有 80 公釐，而圖 27 顯示，細網格模式預測 17 日降水集中於台灣本島東北部及中西部，與圖 16 的實際觀測雨量比較，降水型態也頗類似，模式預測累積雨量在台灣東北部最高可達 229 公釐，雖仍偏少，但此個案之模擬結果顯示颱風預報模式在使用較高解析度與正確地形資料後，似有預測累積降水分布之能力。而模式之降水低估，可能因目前此模式之積雲參數化為較簡化之 Kuo 積雲參數化法，測試模式之積雲參數化處理將是我們下一階段要進行之工作。

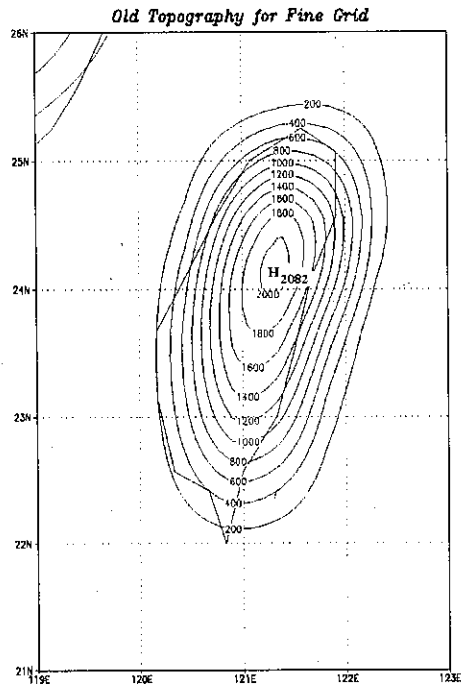


圖 20.巢狀網格颱風路徑預報模式中細網格模式所使用之舊地形分布圖。

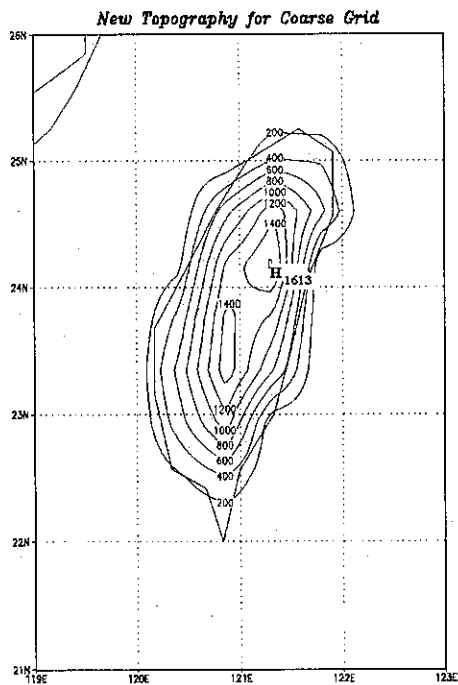


圖 21.巢狀網格颱風路徑預報模式中粗網格模式所使用之新地形分布圖。

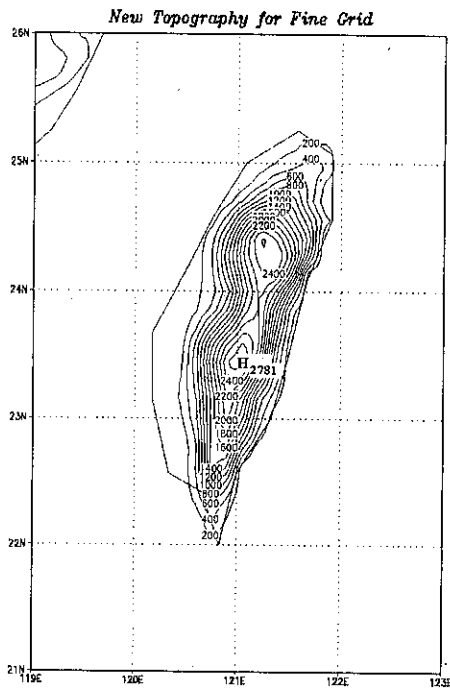


圖 22.巢狀網格颱風路徑預報模式中細網格模式所使用之新地形分布圖。

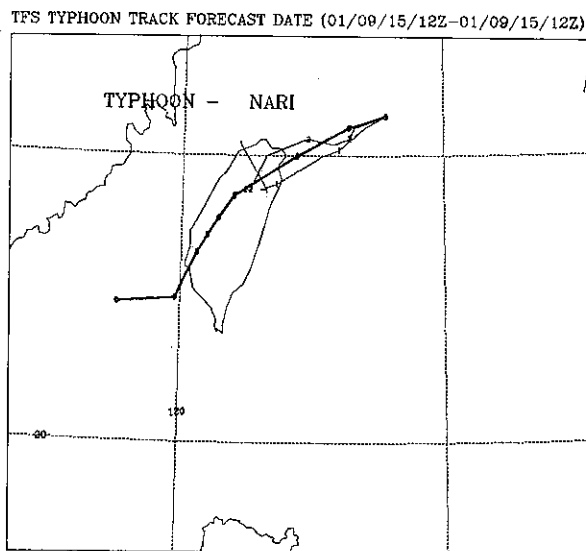


圖 23.使用新地形之巢狀網格颱風路徑預報模式中之粗、細網格模式對 2001 年 9 月 15 日 12UT 納莉(Nari)颱風所做之預測(細線)與實際行進(粗線)路徑。

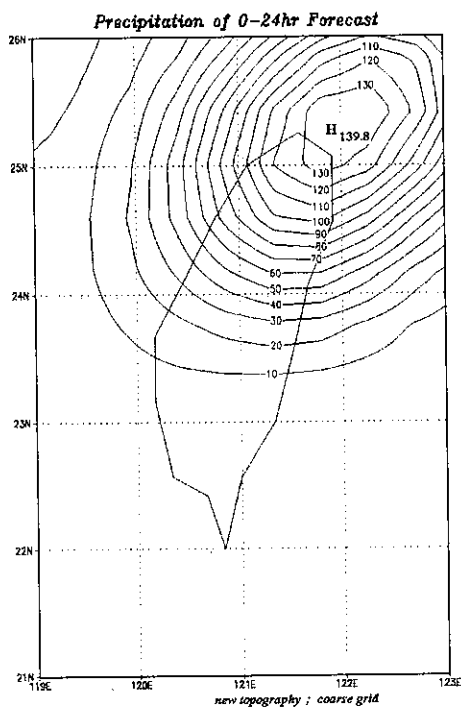


圖 24.使用新地形之巢狀網格颱風路徑預報模式中之粗網格模式對 2001 年 9 月 15 日 12UTC 納莉(Nari)颱風所做預測之 00 至 24 小時累積雨量。

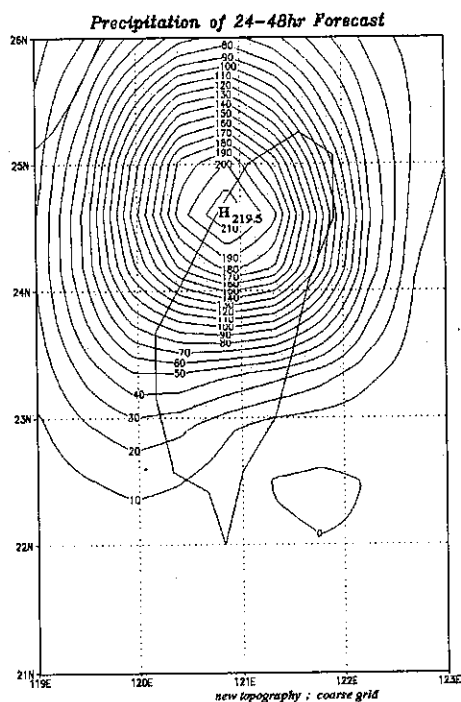


圖 25.使用新地形之巢狀網格颱風路徑預報模式中之粗網格模式對 2001 年 9 月 15 日 12UTC 納莉(Nari)颱風所做預測之 24 至 48 小時累積雨量。

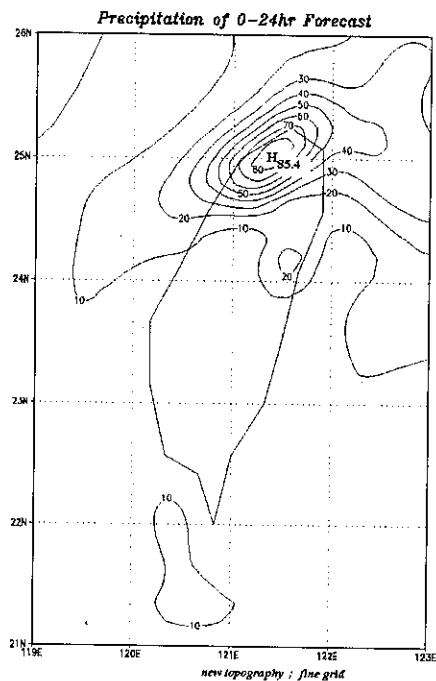


圖 26.使用新地形之巢狀網格颱風路徑預報模式中之細網格模式對 2001 年 9 月 15 日 12UTC 莉(Nari)颱風所做預測之 00 至 24 小時累積雨量。

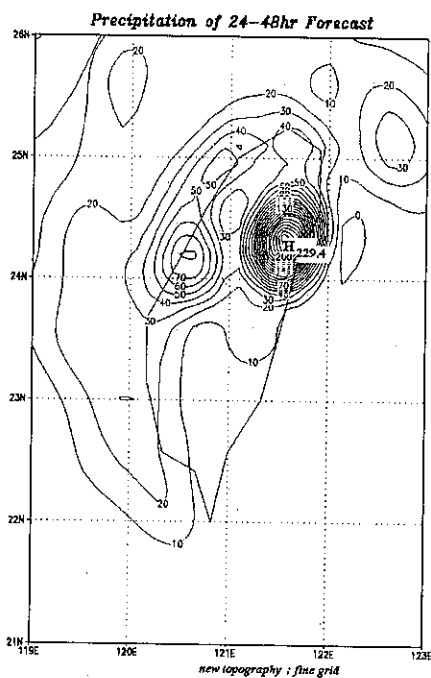


圖 27.使用新地形之巢狀網格颱風路徑預報模式中之細網格模式對 2001 年 9 月 15 日 12UTC 莉(Nari)颱風所做預測之 24 至 48 小時累積雨量。

#### (四)增加輻射值觀測資料之模擬測試

增加輻射觀測資料對預測影響之模擬測試(表一),我們選取 1999 年 8 月山姆(Sam)颱風期間 19 日 12UTC、20 日 00UTC 及 21 日 00UTC(圖 28)等三個個案做路徑模擬,如圖 28a 所示,19 日 12UTC 之模擬結果,TFS 路徑預測對不同觀測資料組頗敏感,以中央氣象局資料組所建 CWBO 之 TFS 路徑預測在 24 時後有明顯偏北誤差,模擬之颱風由台灣西邊沿東經 120 度北上,48/72 小時距離誤差為 431/1024 公里,對以 NCEP 資料組所建 NCEPO 模擬結果,雖然模式仍無法正確預測颱風將於香港附近登陸,但 48/72 小時距離誤差減為 349/744 公里。對此個案,NOGAPS、GFDL 及 JWA 區域模式也同樣呈現出偏北預測誤差現象(圖略)。為釐清輻射值資料對模式預測之效應,NOR 模擬除了不含輻射值資料外,其餘條件皆與 NCEPO 相同。由圖 28a 顯示,NOR 組模擬之預測路徑與 CWBO 組之 TFS 路徑預測相似,皆在 24 小時後預測路徑偏北,圖 29、30 為 19 日 12UTC NOR 組與 NCEPO 組模擬初始分析場差異,圖 29 為 850hpa 風場差值,由圖可見未加入輻射值資料之風場分析,在南海地區呈現較明顯南風分量,這可能導致當山姆颱風移至此區時,有偏北移動趨勢,圖 30 則為 850hPa 高度場差值,由圖可見未加入輻射值資料之高度場分析,在颱風北邊之相對高度場較低,颱風也可能因此有偏北移之趨勢。對應 19 日 12UTC 輻射值資料分布情形(圖 31),可發現此時在南海地區的確存有數量可觀且垂直層數較多之輻射值資料,NCEPO 組模擬引進這些輻射值資料後,24 小時後預測路徑較 CWBO、NOR 組模擬好,此結果表示,引進輻射值資料對 TFS 就 19 日 12UTC 山姆颱風之路徑預測非常重要。

對 20 日 00UTC 之個案,圖 28b 顯示 CWBO 組之 TFS 路徑預測與圖 28a 相似,同樣於 12 小時後沿東經 120 度北上,其 48/72 小時距離

誤差為 615/1174 公里,在使用 NCEP 觀測資料組及 SSI 分析法後,NCEPO 組模擬之 TFS 路徑預測誤差明顯減少,雖然模式仍無法避免 36 小時極大偏北預測誤差,但在 36 小時前之預測路徑則掌握得不錯,NCEPO 組之 TFS 路徑預測誤差為 300/675 公里。另一方面,不含輻射值資料之 NOR 組模擬,TFS 之路徑預測與 NCEPO 組模擬相近,但引進輻射值資料之 NCEPO 組模擬 TFS 路徑預測仍較 NOR 組模擬稍好。對 21 日 00UTC 之個案,圖 28c 顯示使用 CWB 或 NCEP 觀測資料組對 TFS 路徑預測所造成之差異不大,CWBO 組模擬中,TFS 由於預測轉北過快而產生極大偏北誤差之現象已改進許多,其 48 小時距離誤差為 534 公里,NCEPO 組之 TFS 路徑預測仍較 CWBO 組稍好,其 48 小時距離誤差為 371 公里。而不含輻射值資料之 NOR 組模擬,TFS 之路徑預測又與 NCEPO 組模擬相近,此結果再次証明,TFS 之預測路徑對初始場相當敏感,使用 NCEP 觀測資料組及 SSI 分析法可降低 TFS 路徑預測誤差,模式引進輻射值資料對路徑預測有正面效應。在實際作業上,目前中央氣象局尚未能即時取得輻射值資料供作業使用,值得進一步尋求資料之獲取方式。



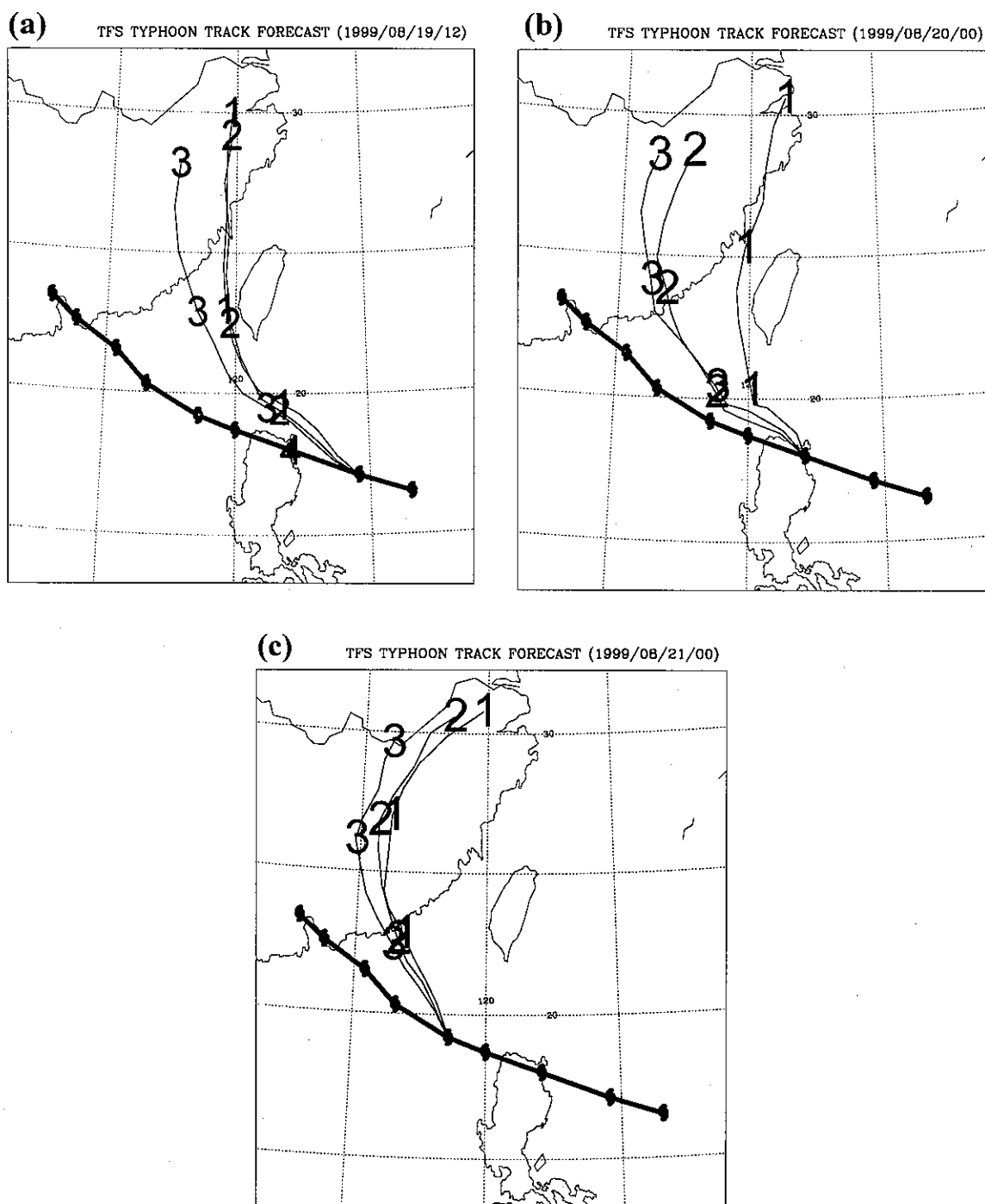


圖 28. TFS 對山姆(Sam)颱風於 1999 年 19 日 12UTC(a)、20 日 00UTC(b)及 21 日 00UTC(c) 做之預測(細線)與實際行進(粗線)路徑，時間間隔為 12 小時。註標'1'、'2'與'3'分別 示表一中之 CWBO、NOR 及 NCEPO。

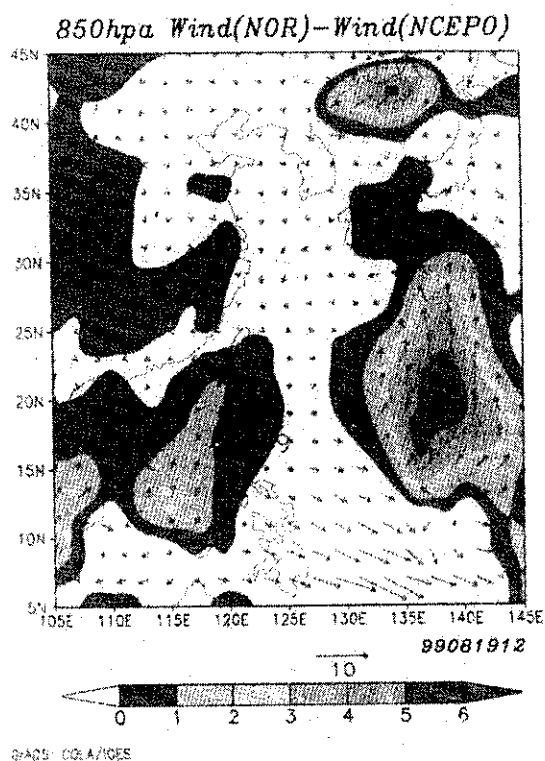


圖 29. 1999 年 8 月 19 日 12UTC NOR 組與 NCEPO 組模擬初始分析場 850hPa 風場差值

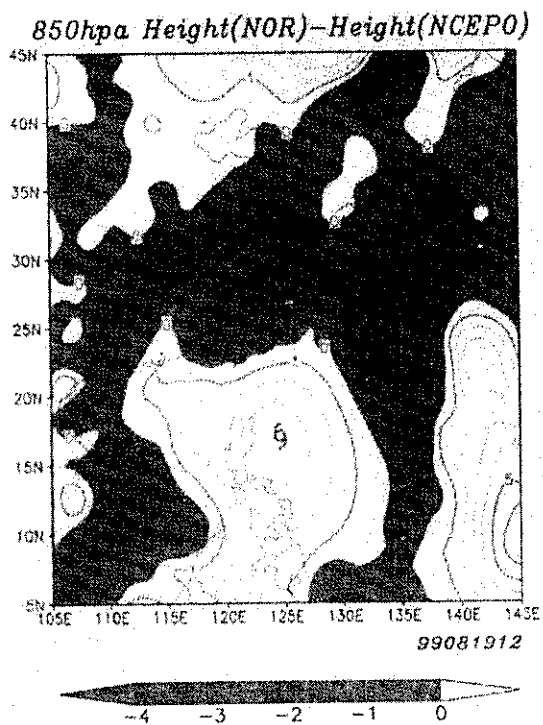


圖 30. 1999 年 8 月 19 日 12UTC NOR 組與 NCEPO 組模擬初始分析場 850hPa 高度場差值

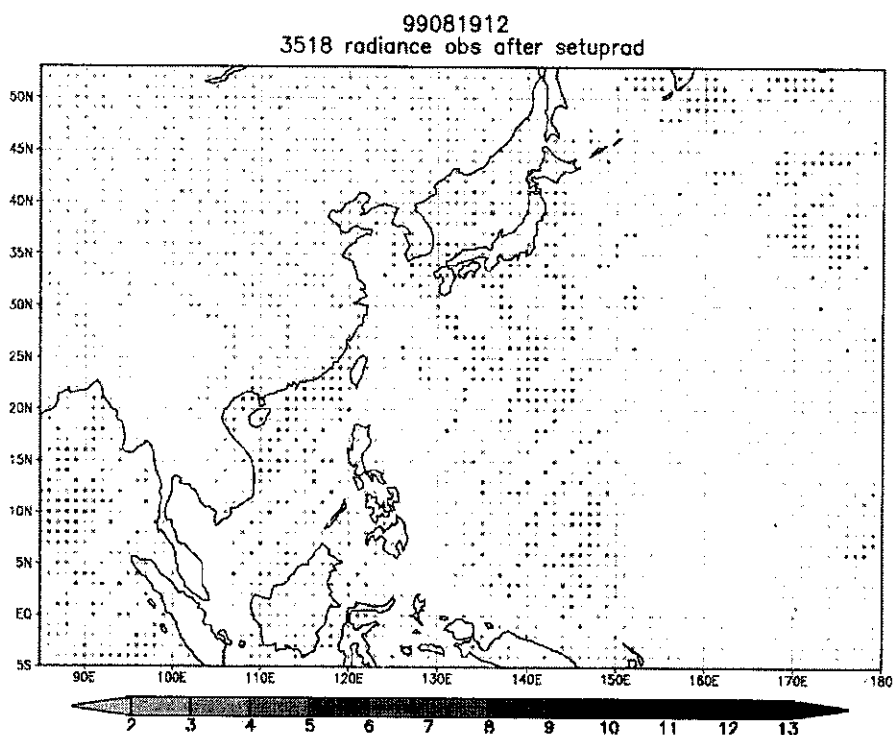


圖 31. 1999 年 8 月 19 日 12UTC 之輻射值觀測資料(radiance data)分布圖。

#### 四、結語

配合國家防災整合研究工作之推動，本文之宗旨在進一步了解中央氣象局颱風路徑預報模式之誤差情形並研究改善措施，主要包括整理與校驗颱風路徑預報模式 2000 年與 2001 年 5 月至 10 月中旬颱風季之預報結果、分析高解析度颱風路徑預報模式之預報表現、並進行降水預報模擬、同時測試輻射值觀測資料應用於模式之情況等四大項工作。

在延長預測時程的校驗分析方面，其宗旨在進一步了解中央氣象局颱風路徑預報模式之誤差情形並研究改善措施，由校驗 2000 年與

2001 年模式預測之結果顯示，中央氣象局颱風路徑預報模式在 2000 年颱風季之 24/48/72 小時路徑預測誤差為 148/306/520 公里，其中 24/48 小時預測誤差與 CWB(158/305 公里)表現相當，較 CLIPER(189/408 公里)為優，TFS 之 72 小時預測誤差也仍較 CLIPER(597 公里)小。由 2001 年 5 月至 10 月中旬的正式作業預測結果可得知，TFS 之 24/48/72 小時誤差分別為 155/312/518 公里，預測誤差皆較 CLIPER(160/357/567 公里)為小，但 TFS 之 48 小時預測誤差則較 CWB(264 公里)預測誤差稍大。綜合而言，TFS 颱風路徑預測相對於 CLIPER 而言有預測「技術」，惟第三天的預測，其預測誤

差增幅有比第二天的誤差增幅增大的現象，值得針對模式中影響較大尺度環境運動方面做改進，而由預測誤差之分析，可得到颱風路徑預報模式仍有預測颱風轉彎過慢、匯入西風帶時移速過慢與偏北誤差及對發生於南海地區與強度較弱之颱風預測誤差較大等問題。

在高解析度颱風預報模式測試方面，我們共選取了 2000 年象神颱風、貝碧佳颱風，2001 年納莉颱風等三颱風共 21 個案做平行測試。測試結果顯示，巢狀網格颱風路徑預測模式中粗及細網格模式之 24、48 與 72 小時平均預測誤差各為 130、234 與 353 公里及 106、219 與 311 公里，而當時作業颱風路徑預測模式之 24、48 與 72 小時平均預測誤差則為 149、285 與 475 公里。巢狀細網格(15km)颱風路徑預報模式之誤差不論在 24、48 與 72 小時預報皆最小，其次為巢狀粗網格(45km)颱風路徑預報模式，而兩者之表現皆較正式作業之颱風路徑預測模式為佳，顯示提高模式解析度及改進虛擬渦旋結構初始化處理程序可有效減低颱風路徑預報模式之預測誤差。

在降雨預報模擬測試方面，未更新地形資料庫之 15 公里解析度颱風路徑預測模式對 2001 年 9 月 16 日、17 日之預報降水分布及累積量，皆與觀測不甚符合。由於地形分布與颱風交互作用對降水有很大影響，因此我們進行模式地形資料庫更新測試。更新地形資料後，台灣地區地形較符合實際觀測，巢狀網格颱風路徑預報模式於 9 月 15 日 12UTC 對納莉颱風之預測路徑與原預測路徑差異不大，但改變地形後粗網格颱風預報模式預測 16 日降水涵蓋範圍與實際觀測所得現象頗接近，而降水量仍比實際觀測少；模式預測 17 日降水涵蓋範圍型態則與觀測有別，最大降雨量亦不足。改變地形後之 15 公里解析度颱風預報模式預測 16 日降水與實際觀測所得現象亦頗接近，但累積雨量仍過少，而模式預報 17 日降水與實際觀測比較，降水型態也頗類似，模式預測累積雨量雖

仍偏少，但此個案之模擬結果顯示颱風預報模式在使用較高解析度與正確地形資料後，似有預測累積降水分布之能力。對模式之降水低估，測試模式之積雲參數化處理(目前為 KUO)將是我們下一階段要進行之工作。

在增加輻射觀測資料對預報影響之模擬測試方面，我們對 1999 年 8 月山姆(Sam)颱風期間 19 日 12UTC、20 日 00UTC 及 21 日 00UTC 做路徑模擬，19 日 12UTC 之模擬結果，TFS 路徑預報對不同觀測資料組頗敏感，以中央氣象局資料組所建 CWBO 之 TFS 路徑預測在 24 時後有明顯偏北誤差，NOR 組模擬之預測路徑與 CWBO 組之 TFS 路徑預測相似。而對以 NCEP 資料組所建 NCEPO 模擬結果，其 48/72 小時預測路徑誤差明顯減少。對應 19 日 12UTC 輻射值資料分布情形，結果表示引進輻射值資料對 TFS 就 19 日 12UTC 山姆颱風之預報路徑非常重要。對 20 日 00UTC 之個案，NCEPO 組模擬之 TFS 路徑前 36 小時預測誤差明顯減少。另一方面，不含輻射值資料之 NOR 組模擬，TFS 之路徑預報與 NCEPO 組模擬相近，但引進輻射值資料之 NCEPO 組模擬 TFS 路徑預報仍較 NOR 組模擬稍好。對 21 日 00UTC 之個案，使用 CWB 或 NCEP 觀測資料組對 TFS 路徑預測所造成之差異不大，但 NCEPO 組之 TFS 路徑預測仍較 CWBO 組稍好，而不含輻射值資料之 NOR 組模擬，TFS 之路徑預測又與 NCEPO 組模擬相近，此結果再次証明，TFS 之預測路徑對初始場相當敏感，使用 NCEP 觀測資料組及 SSI 分析法可降低 TFS 路徑預報誤差。在實際作業上，目前中央氣象局尚未能即時取得輻射值資料供作業使用，值得進一步尋求資料之獲取方式。

## 致謝

本文是在行政院國家科學委員會 NSC89-2625-Z-052-019 資助及中央氣象局支持下完成。

## 參考文獻：

- 交通部中央氣象局，2000：颱風百問。83 頁。
- 葉天降，1998：初始不確定性對颱風預報之影響（I）。國科會研究報告 NSC87-2621-P-052-005，37 頁。
- 葉天降，1999：中央氣象局颱風數值預報模式誤差分析與其改善之研究（I）。國科會研究報告 NSC88-2625-Z-052-010，27 頁。
- 葉天降，2000：中央氣象局颱風數值預報模式誤差分析與其改善之研究（II）。國科會研究報告 NSC89-2625-Z-052-005，38 頁。
- 葉天降，吳石吉與謝信良，1998：台灣附近颱風路徑預報校驗與統計方法之應用。大氣科學，26，227-248。
- 葉天降、陳得松、黃康寧、彭順台與謝信良，1999：颱風路徑數值預報模式初始場處理：兩種方法對模式預測誤差之比較。大氣科學，27，171-189。
- 陳得松、葉天降、黃康寧、彭順台與謝信良，2000：中央氣象局颱風路徑數值預報模式三天預測之初步結果。氣象學報，43-2，34-45。
- 黃康寧、陳得松、葉天降與謝信良，2000：1999 年中央氣象局颱風路徑數值預報模式作業概況。氣象學報，43-2，46-60。
- Aberson, S. D., and J. L. Franklin, 1998: Impact on hurricane track and intensity forecasts of GPS dropwindsonde observations from the first-season flights of the NOAA Gulfstream-IV jet aircraft. Bull. Amer. Meteor. Soc., 80, 421-427..
- Bender, M.A., J. Heming, R. Stocker, 2000: Comparison of the performance of the GFDL hurricane model, using the AVN, UKMET and NOGAPS analysis. Preprints of the 24th Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology, Amer. Meteor. Soc., Fort Lauderdale, 392-393
- Chen, D.-S., M.S. Peng, T.-C. Yeh, S.W. Chang, and K.-N. Huang, 1997: Performance of the Typhoon-Track Forecast System in the Central Weather Bureau in Taiwan. Preprints, 22nd Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology, A.M.S., Ft. Collins, Colorado, USA, May 19-23, 1997, 248-249.
- Chang, Simon W.J, 1983: A numerical study of the interactions between two tropical cyclones. Mon. Wea. Rev., 111, 1806-1817.
- Derber, J. C., and W.-S. Wu, 1998: The use of TOES cloud-cleared radiances in the NCEP's SSI analysis system. Mon. Wea. Rev., 126, 2287-2299.
- DeMaria, M., 1987: Tropical cyclone track prediction with a barotropical spectral model. Mon. Wea. Rev., 115, 2346-2357.
- Elsberry, R.L., 1995: Tropical Cyclone Motion. Chapter 4, Global Perspectives on Tropical Cyclones. WMO Report No. TCP-38, 106-197.
- Goerss, J.S., and S.A. Petko, 1995: The impact of synthetic tropical cyclones observations on a global forecast model. Preprints, 21st Conference on Hurricanes and Tropical meteorology, A.M.S., Miami, FL, USA, April 24-28, 1995, 149-151.
- Kurihara, Y., M.A. Bender, and R.J. Ross, 1993: An initialization scheme of hurricane models by vortex specification. Mon. Wea. Rev., 121, 2030-2045.
- Kurihara Y., M.A. Bender, R.E. Tuleya, and R.J. Ross, 1995: Improvements in the GFDL Hurricane Prediction System. Mon. Wea. Rev., 123, 2791-2801.
- Parrish, D. F., and J. C. Derber, 1992: The National Meteorological Center's Spectral Statistical-interpolation Analysis System.

Mon. Wea. Rev., 120, 1747-1763.

Terng, C.-C., C.-S. Liou, and C.-T. Feng, 1998 :  
Global typhoon forecast system at Central  
Weather Bureau. Proceedings, Conference  
on Weather and Forecasting, Central  
Weather Bureau, Nov. 16-19, 1998, Taipei,  
210-214.

Wu, C.-C., M.-A. Bender, and Y. Kurihara, 2000:  
Typhoon Forecast with the GFDL Hurricane  
Model: Forecast Skill and Comparison of  
Predictions using AVN and NOGAPS  
Global Analyses. J. Meteor. Soc. Japan., 78,  
777-788

# **A study of the Evaluation and Improvement of the Central Weather Bureau Typhoon Forecast Model**

Tien-Chiang Yeh Der-Song Chen Kang-Ning Huang Shinn-Liang Shieh  
Central Weather Bureau

## **ABSTRACT**

This study explores and tries to improve the performance of the Typhoon track Forecast Model (TFS), which is one of the key elements in typhoon forecast operation at the Central Weather Bureau. In this year, four primary tasks were accomplished: the evaluation of the performance of TFS for typhoon track forecast in 2000 and 2001, the evaluation of the performance for typhoon track forecast by high resolution models, the study of models' typhoon rainfall simulations, and the study of the impact of radiance data on TFS forecast.

From the evaluation of the TFS performance for typhoon track forecasts in 2000 and 2001, we found that the average track errors of the 24/48/78 hours forecast are 148/306/520 and 155/312/518 km, respectively. The results showed TFS is skillful as the errors are all smaller than those of CLIPER forecast for homogeneous cases.

The results of the evaluation of the performance of track forecast by the high resolution models showed that increasing the model resolutions and improving the initial vortex structure may reduce the track error. For the 21 cases from three selected typhoons, the average 24/48/72 hours track errors of the 15 km fine grid simulation were 106/219/311 km, which were 14/15/42 km, respectively smaller than those of the 45 km coarse grid simulation and were 43/66/164 km smaller than that of the operational forecast.

Our result of the rainfall simulation study showed that the high resolution model with fine grid over topography was capable of displaying the spatial distribution of precipitation for typhoon Nari, although the amount of the rainfall was smaller than that of observations.

In addition, the result of the impact study of the usage of the radiance data showed the TFS forecast was sensitive to its initial conditions. The track forecast error was smaller when the NCEP observations and the SSI analysis method were applied. To include the radiance data in the analysis had positive impact on the model forecast.

Key words: typhoon track forecast model, high resolution model, radiance data





# 民國九十年颱風調查報告—第二號奇比颱風(CHEBI, 0102)

徐辛欽

中央氣象局

## 摘要

奇比颱風為 2001 年第二個侵台颱風，其於 6 月 20 日 06UTC 在菲島東方海面形成後，先以西北方向前進，至巴士海峽轉為偏北方向移動，經台灣海峽南部、在馬祖北方登陸福建，後轉向東北移動，從浙江出海，於東海轉弱為熱帶性低氣壓。

奇比颱風中心未登陸台灣陸地，其帶來的雨量集中在台灣東部及南部，其中以台南 204.0mm 為最多，澎湖有 192.0mm 為其次。強風方面，東吉島有 62.3m/s 最大，其次為澎湖 54.8m/s。在路徑預報方面，中央氣象局的 24 和 48 小時平均誤差分別為 216 公里和 457 公里，而動力模式的 TFSS 所作的預測表現優異，分別為 157 公里和 214 公里。

## 一、前言

奇比颱風是今(2001)年西北太平洋發生的第二個颱風，也是中央氣象局在今年發布颱風警報的第二個颱風，奇比颱風在 6 月 20 日 14 時於菲律賓東方海面形成，其向西北移動，至 22 日 20 時進入巴士海峽並增強為中度颱風，當移至台灣海峽南部時轉為向偏北進行，穿過台灣海峽，沿著福建沿海北上，24 日 2 時在馬祖北方進入中國大陸，進入陸地後，環流受地形破壞，威力迅速減弱為輕度颱風，24 日 13 時在錢塘江再出海，於 20 時在黃海中部減弱為溫帶氣旋，此颱風生命期共四日(見表 1)。

奇比颱風中心並未登陸台灣本島，其掠過台灣海峽北部海面，夾帶的強風豪雨造成人民傷亡、財物損失、交通中斷及漁船沈沒等損失重大。

奇比颱風影響台灣期間，在降雨方面，以東部及南部較多，其中台南共有 204mm 為最多；在陣風方面，在台灣本島一般不大，但離島的澎湖有 11 級，東吉島有 14 級。

本文將針對奇比颱風發生經過、強度變化、颱風影響台灣期間中央氣象局各氣象站之

各氣象要素變化、颱風造成的災害及各主客觀預報與中央氣象局官方預報的校驗作比較分析。

## 二、颱風的發生經過及處理情形

在菲律賓東方約 1000 公里海面的低壓，在 6 月 20 日 00UTC 發展為熱帶性低氣壓，六小時後(06UTC)增強為輕度颱風，是為今(2001)年西北太平洋上形成的第二個颱風，命名為奇比(CHEBI, 0102)，其中心位置在  $13.0^{\circ}\text{N}$ ,  $133.0^{\circ}\text{E}$ (見圖 1)，中心氣壓 998hPa，以西北西的方向前進，時速 19 公里，暴風半徑 150 公里。本局在 6 月 21 日根據氣象資料研判，奇比颱風將向西北移動，朝巴士海峽海域接近，由於 23 日、24 日為國家考試日期，上午乃主動與考選部聯繫，告知颱風訊息，並於下午透過媒體呼籲民眾注意，更於次(22)日清晨 3 時對巴士海峽及台灣東南部海面發布海上颱風警報。

由於奇比颱風移動方向和速度不變，其暴風圈預測將影響台灣東南陸地及離島地區，本局接著在 22 日早上 8 時 10 分對恆春半島、屏東、台東、綠島及蘭嶼發布陸上颱風警報，本

表 1. 奇比颱風最佳路徑、強度變化及動向資料表

Table 1. The best-track positions, intensities and movements of typhoon CHEBI

時間 (UTC)	緯度	經度	中心氣壓 (hPa)	移動方向 degree	移動速度 Km/hr	最大風速		暴風半徑		備註
						持續風 m/s	陣風 m/s	30kts km	50kts km	
062006	13.0	133.0	998	305	19	18	25	150		輕度颱風
062012	13.8	131.3	998	305	19	18	25	150		輕度颱風
062018	14.0	129.2	998	305	19	18	25	180		輕度颱風
062100	14.3	127.7	995	305	19	20	28	200		輕度颱風
062106	15.3	127.2	990	305	19	23	30	200		輕度颱風
062112	16.0	126.1	990	305	19	23	30	200		輕度颱風
062118	17.0	124.7	985	315	21	25	33	200		輕度颱風
062200	18.2	123.6	985	315	21	25	33	200		輕度颱風
062206	19.3	122.4	975	315	23	30	38	200		輕度颱風
062212	20.5	121.2	970	310	25	33	43	200	80	中度颱風
062218	21.0	120.0	970	310	25	33	43	200	80	中度颱風
062300	22.0	119.6	970	315	25	33	43	200	80	中度颱風
062306	23.2	119.2	965	330	25	35	45	200	80	中度颱風
062312	24.8	119.4	970	360	29	33	43	200	80	中度颱風
062318	26.4	119.7	980	020	29	28	35	150		輕度颱風
062400	28.5	120.2	995	020	37	20	28	120		輕度颱風
062406	30.2	122.3	995	040	42	20	25	120		輕度颱風
062412	32.5	125.0	1000	040	45					

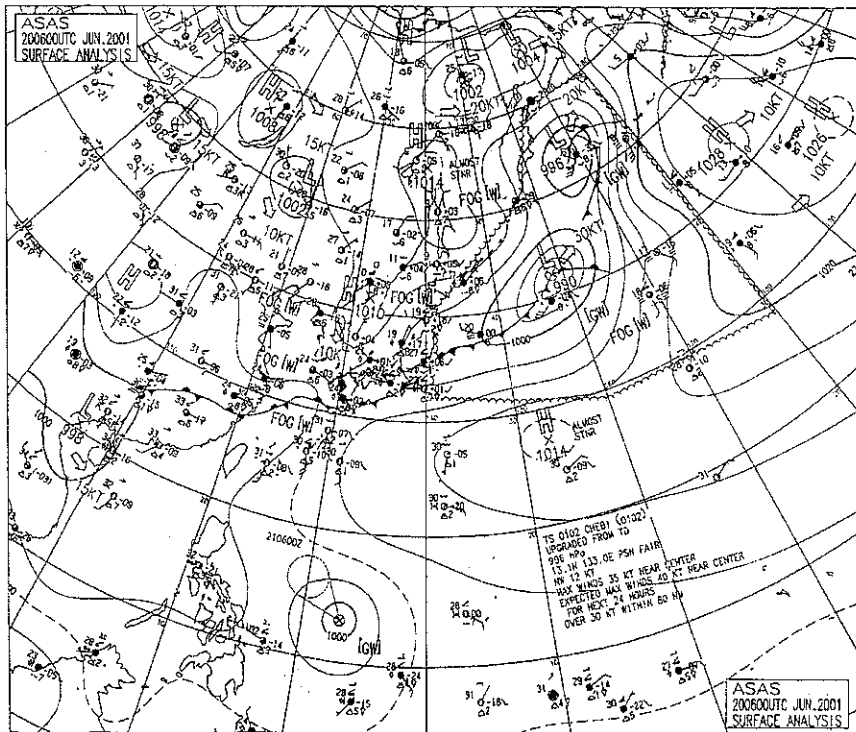


圖 1. 2001 年 6 月 20 日 0600UTC 地面天氣圖

Fig 1. The surface analysis chart at 0600UTC JUNE 20 of 2001

局並研判此颱風強度將繼續增強，且進入巴士海峽後，有偏向北北西移動的趨勢，進而對台灣本島及離島構成更大威脅，此一訊息隨即透過各媒體及本局各種資訊傳播管道，提醒防災單位及民眾注意，隨著奇比颱風持續往西北移動逐漸進入巴士海峽，暴風圈亦再擴大，本局在上午至下午間將南部、中部、東部、澎湖及馬祖陸地納入陸地警戒區域，並再度透過媒體呼籲警戒區域內應嚴防強風豪雨，並與相關單位之防災中心及縣政府災害應變中心加強聯絡。

奇比颱風於 22 日晚上進入巴士海峽且增強為中度颱風，23 日凌晨起奇比颱風開始轉向北北西移動，逐漸進入台灣海峽南部，朝澎湖海域移動，台灣南部地區風雨正逐漸加大，本局上午 7 時至 9 時間聯絡高雄、台南、嘉義及

澎湖氣象站與當地防救單位，請嚴防即將出現的強風豪雨。上午 11 時左右並再主動與金門縣政府及澎湖縣政府應變中心聯繫，並告知颱風中心已在澎湖近海，澎湖地區風雨將持續加大，需嚴加戒備，金門地區隨著颱風接近，亦需做好防颱措施。

23 日下午奇比颱風移進澎湖海域，本局預測有轉為偏北移動的趨勢，對馬祖地區威脅增大，遂於 23 日晚上與連江縣應變中心聯繫，告知颱風朝馬祖接近，提醒注意。23 日晚上颱風進入金門附近海域後，開始轉向北北東且加速移動，其暴風圈並逐漸脫離台灣本島，強度亦有減弱的趨勢，本局於 23 日 30 分解除本島陸上颱風警報，次(24)日清晨 5 時 30 分馬祖脫離暴風圈後亦解除該地陸上警報，早上 8 時 30 分解除海上颱風警報。總計中央氣象局對奇比颱

表 2. 奇比颱風警報發布經過一覽表

Table 2. Warnings issued by CWB for typhoon CHEBI.

種類	次序		發布時間			警戒區域		備註
	號	報	日	時	分	海上	陸上	
海上	2	1	22	3	0	巴士海峽、東南部海面		輕度
海上	2	2	22	5	50	巴士海峽、東南部海面		輕度
海陸	2	3	22	8	10	巴士海峽、東南部海面、海峽南部及東沙	恆春半島、屏東、台東、綠島蘭嶼	輕度
海陸	2	4	22	11	40	巴士海峽、東南部海面、海峽南部及東沙	恆春半島、屏東、台東及台南以南、綠島、蘭嶼	輕度
海陸	2	5	22	14	30	巴士海峽、東南部海面、台灣海峽、金門及東沙	恆春半島、花蓮以南、台中以南、綠島、蘭嶼、澎湖、金門	輕度
海陸	2	6	22	17	30	巴士海峽、東南部海面、台灣海峽、金門及東沙	恆春半島、花蓮以南、台中以南、綠島、蘭嶼、澎湖、金門	輕度
海陸	2	7	22	20	10	巴士海峽、東南部海面、台灣海峽、金門馬祖及東沙	恆春半島、花蓮以南、台中以南、綠島、蘭嶼、澎湖、金門	中度
海陸	2	8	22	23	30	巴士海峽、東南部海面、台灣海峽、金門馬祖及東沙	恆春半島、花蓮以南、台中以南、綠島、蘭嶼、澎湖、金門	中度
海陸	2	9	23	02	45	巴士海峽、東南部海面、台灣海峽、金門馬祖及東沙	恆春半島、花蓮以南、台中以南、綠島、蘭嶼、澎湖、金門	中度
海陸	2	10	23	05	25	巴士海峽、東南部海面、台灣海峽、金門馬祖及東沙	恆春半島、花蓮以南、台中以南、綠島、蘭嶼、澎湖、金門	中度
海陸	2	11	23	08	30	巴士海峽、東南部海面、台灣海峽、金門馬祖及東沙	恆春半島、花蓮以南、台中以南、綠島、蘭嶼、澎湖、金門及馬祖	中度
海陸	2	12	23	11	40	巴士海峽、東南部海面、台灣海峽、金門馬祖及東沙	恆春半島、花蓮以南、台中以南、綠島、蘭嶼、澎湖、金門及馬祖	中度
海陸	2	13	23	14	05	巴士海峽、東南部海面、台灣海峽、金門馬祖及東沙	恆春半島、花蓮以南、台中以南、綠島、蘭嶼、澎湖、金門及馬祖	中度
海陸	2	14	23	17	35	台灣海峽、金門馬祖、東沙、巴士海峽、台灣北部海面、	澎湖、金門、馬祖台中以南	中度
海陸	2	15	23	20	15	台灣海峽、金門、馬祖、台灣北部海面、	澎湖、金門、馬祖、台中、彰化、南投、雲林、嘉義	中度
海陸	2	16	23	23	30	台灣海峽北部、金門、馬祖、台灣北部海面、	馬祖	輕度
海陸	2	17	24	02	20	台灣海峽北部、馬祖、台灣北部海面、	馬祖	輕度
海上	2	18	24	05	35	馬祖海面、台灣北部海面		輕度
解除	2	19	24	08	20			輕度

註：本表時間均用地方時

風共發布陸上海上警報十五次，海上颱風警報三次(見表2)。

### 三、颱風的路徑與強度變化

奇比颱風於6月20日06UTC形成後，由於太平洋高壓偏東又遠(高壓中心距颱風達2500公里以上)，鋒面系統亦遠(在颱風北方1500公里)，颱風的走向是以西北西移動，時速為19公里，暴風半徑150公里。21日00UTC，颱風威力稍增強，中心附近最大風速有20m/s，暴風半徑擴至200公里；至06UTC再增強至23m/s，此時太平洋高壓漸向東緩慢移動；18UTC時，威力雖增至25m/s，太平洋高壓中心已東移至東半球，其對颱風的影響力再度減弱，而此時的鋒面系統乃滯留在台灣北部海面，颱風乃朝西北進行。

22日00UTC(圖2)，滯留鋒依舊在台灣北

方海面，南海之低氣壓亦無影響下，颱風已移至呂宋島東北端海面，此時颱風環流內之偏南風頗強(圖3)，西南氣流旺盛，顯示其威力仍在增強。從500hPa高空圖(圖4)上可知，太平洋高壓偏弱且又偏東(30°N, 160°E)，北方之槽線偏北且呈東北與西南走向，對颱風未有直接影響，而颱風的北方只有微弱的脊線場，脊場之軸線在270N附近，橫跨在台灣北方海面，06UTC時，颱風已進入巴士海峽，至12UTC颱風威力已增強至中度颱風(中心附近最大風速達33m/s)，中心之氣壓亦降至970hPa，同時移動速度增至25km/hr，移動方向仍朝西北，此時颱風中心位置已接近台灣鵝鑾鼻南端海面，而500hPa的高空圖則顯示橫跨在北方的脊線場減弱，此有利颱風的北上，18UTC後颱風走向由西北轉為偏北，慢慢進入台灣海峽南部。

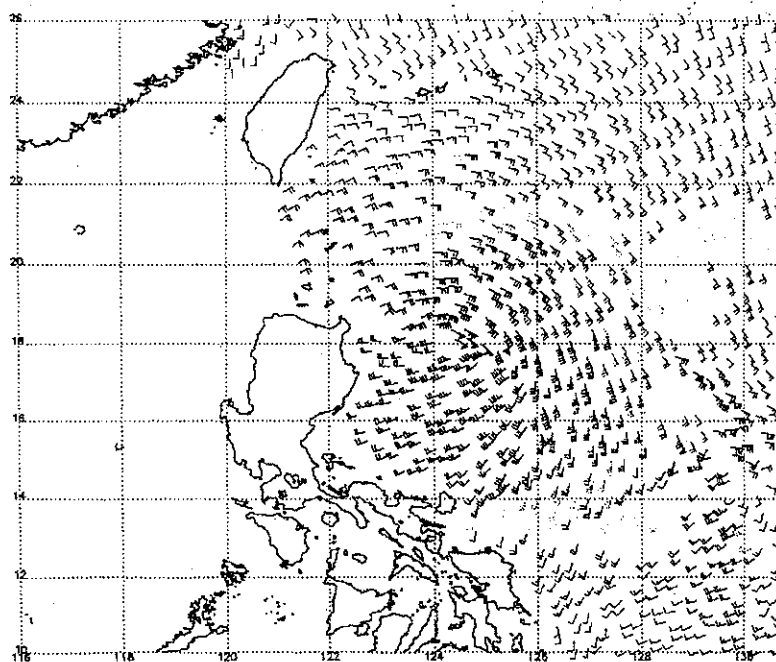


圖 2. 2001 年 6 月 21 日 1700UTC 海平面風向風速圖

Fig 2. The sea-level winds chart at 1700UTC JUNE 21 of 2001

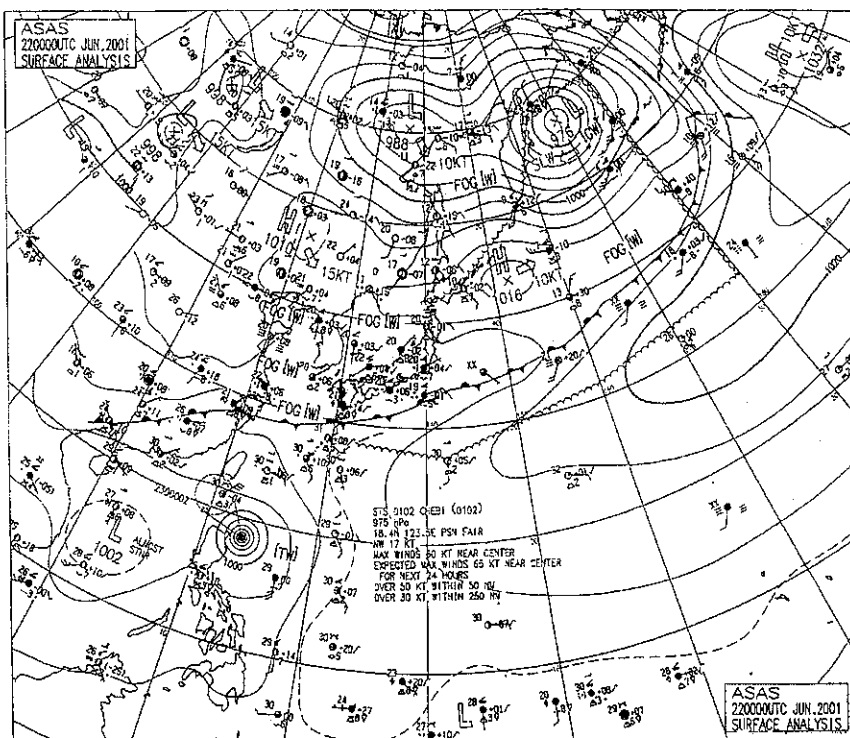


圖 3. 2001 年 6 月 22 日 0000UTC 地面天氣圖

Fig 3. The surface analysis chart at 0000UTC JUNE 22 of 2001

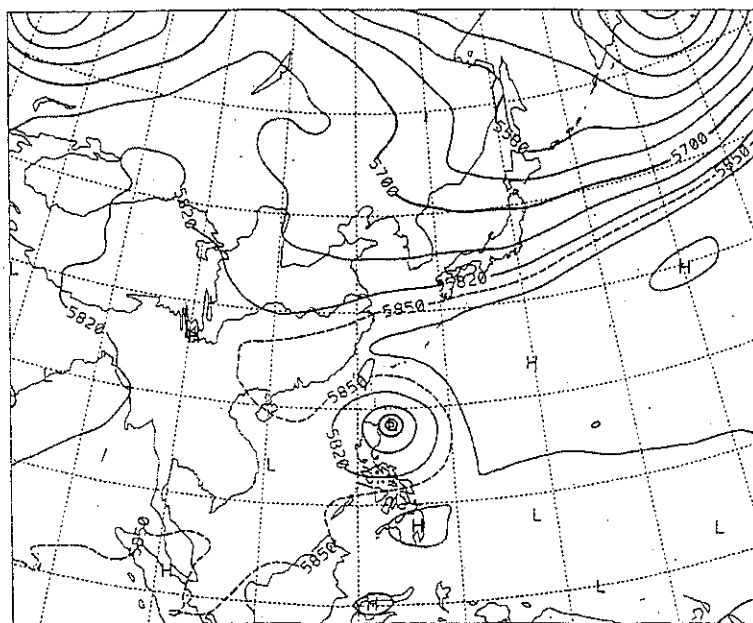


圖 4a. 2001 年 6 月 22 日 0000UTC 500 百帕高度場圖

Fig 4a. The 500 hPa height chart at 0000UTC JUNE 22 of 2001

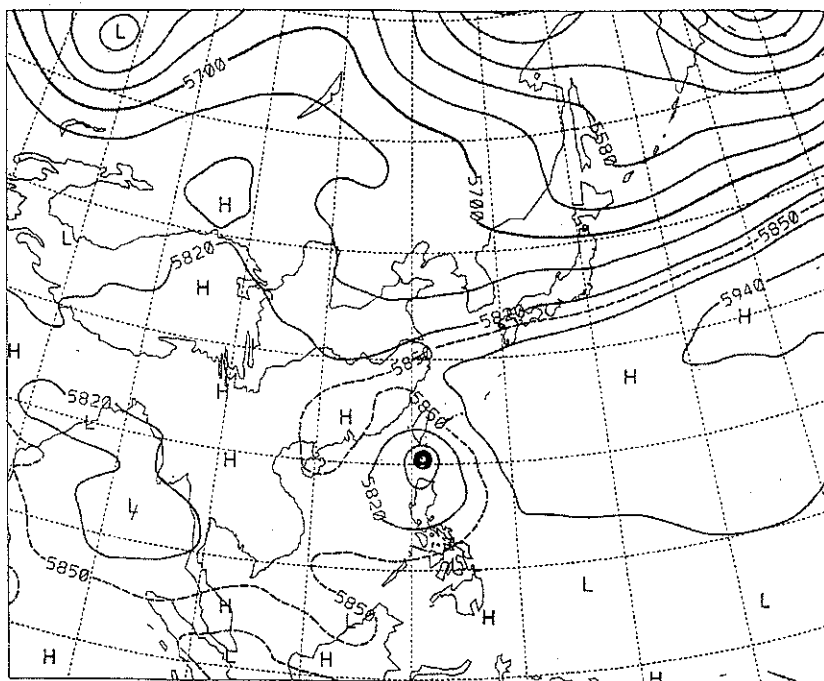


圖 4b. 2001 年 6 月 22 日 1200UTC 500 百帕高度場圖

Fig 4b. The 500 hPa height chart at 1200UTC JUNE 22 of 2001

23 日 00UTC，雖太平洋高壓有稍增強跡象但仍偏東(圖 5)，對颱風影響仍不大，而北方的鋒面系統卻產生導引作用，促使颱風北移。衛星雲圖(圖 6)亦顯示，颱風的雲系已漸漸和北方鋒面雲系連接，顯見北方系統對颱風走向已發揮作用，另在颱風中心南邊的環流對流旺盛，可知南方來的水汽供應充沛。再看駛流場(圖 7)，主要輻散中心(高壓)在日本東南方海面，在廣東另有一輻散中心，二輻散中心間的鞍形場(coe)位於台灣海峽中部，颱風正位於鞍形場的南方，此有利颱風向北移動。此時台灣附近海面上的波浪洶湧(圖 8)，除台灣北部海面外，其他海面波高皆超過 4 公尺，台灣南端及海峽南

部之海面甚至超過 7 公尺高的波浪，這些湧浪隨著颱風北上而在 06UTC 開始影響澎湖地區，造成澎湖海域創紀錄的百餘艘船沈沒的嚴重損失。

颱風繼續北上，於 23 日 06UTC 經澎湖西方近海，再經金門海域，沿著福建沿海往馬祖前進。24 日清晨(23 日 18UTC)颱風已在馬祖西方 30 公里處，由於接近陸地，颱風強度減弱為輕度颱風，在 3 時(地方時)於馬祖北方進入福建陸地，奇比颱風登陸後環流雖被破壞，但並未消散，隨著弱槽線移動，路徑由北轉為東北，在浙江再度出海，於 24 日 12UTC 才在東海減弱為溫帶氣旋，結束其四天多的生命。





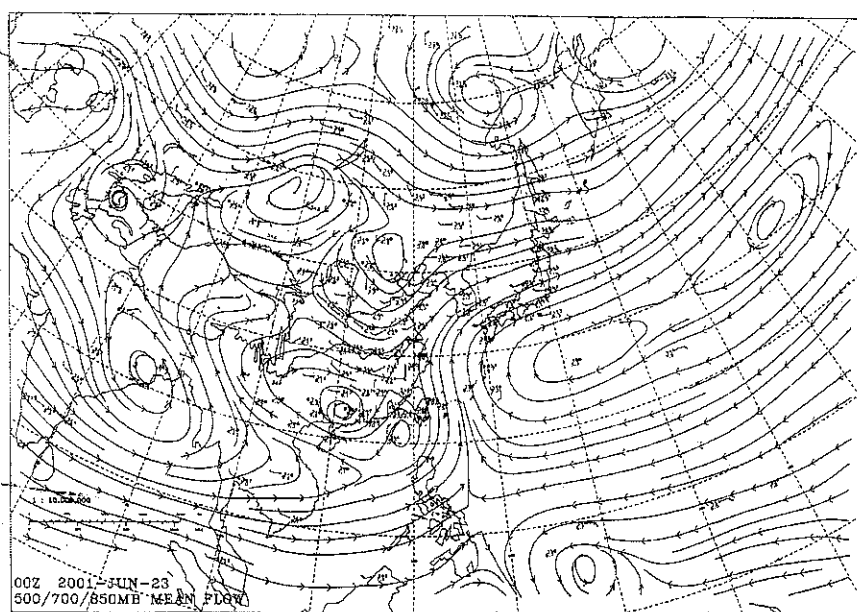


圖 7. 2001 年 6 月 23 日 0000UTC 駛流圖

Fig 7. The 500/700/850 mean flow streamline analysis at 0000UTC JUNE 23 of 2001

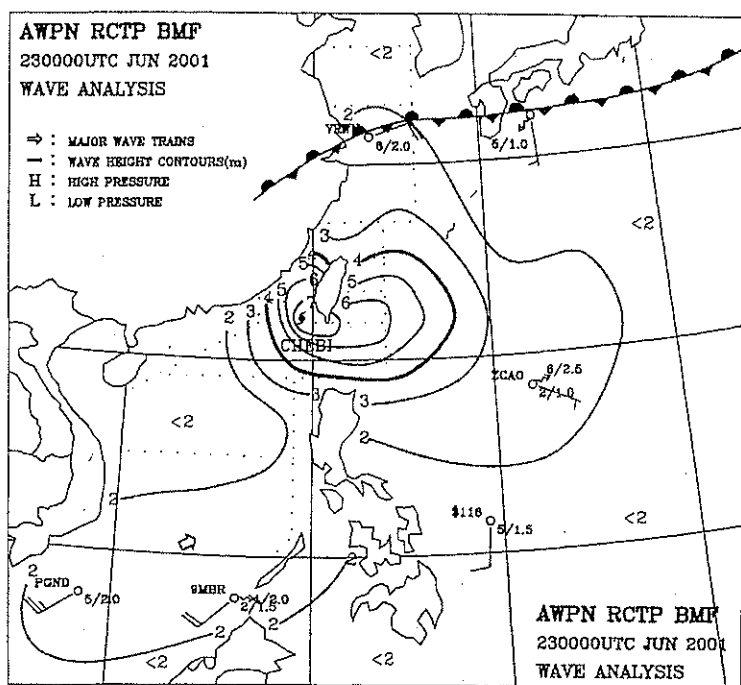


圖 8. 2001 年 6 月 23 日 0000UTC 波浪分析圖

Fig 8. The wave analysis chart at 0000UTC JUNE 23 of 2001

## 四、奇比颱風侵台期間氣象要素分析

### (一)氣壓分析(見表 3)

奇比颱風自形成後，以西北方向前進，至巴士海峽後轉為向偏北移動，在登陸後再轉為向東北前進(圖 9)，其中心氣壓於 23 日 06UTC 達到最低的 965hPa(圖 10)，以台灣地區而言，最低氣壓最先出現在成功與大武，其分別於 23 日 2 時 12 分與 2 時 29 分，其次是恆春、高雄、台南等地，均在 23 日清晨出現，隨著颱風北移而各測站的最低氣壓陸續出現，其順序由南向北，北部在中午以前才出現。在這些最低氣壓中，以東吉島的氣壓最低，只有 977.3hPa，其出現在 23 日 13 時 21 分，其次是澎湖的 979.3hPa，二者出現時間間隔一小時。從圖 11 可知，澎湖 23 日 13 時氣壓為 990.3hPa，14 時急速下降至 980.8hPa，15 時再降至最低的 979.3hPa，16 時以後則迅速回升，颱風在 15 時左右最接近該地。

### (二)降雨分析

在累積雨量方面(表 3 和圖 12)，降雨量主要集中在花東地區和嘉義以南地區，包括台南、高雄、屏東等地，台中以北地區如新竹、台北、基隆地區之雨量很少，均在 25mm 以下。降雨量最多的測站為台南達 204.0mm，其次是澎湖有 192.0mm，花東地區雨量不少，多超過 100mm，以大武 144.0mm 和成功的 137.6mm，此二地最多。

在自動雨量站觀測方面(圖 13)，以中央山脈以東的地區較多，中央山脈以西分南北二區，南部多，北部少，在這些測站中，以台東縣延平鄉的紅葉山最多，有 266.5mm，其次是高雄縣桃源鄉的南天池有 241.0mm 和台東縣卑南鄉的知本有 203.5mm，其他地方均未超過 200mm，另在高雄與台南的平原地區有超過 100mm 的廣大雨帶，顯示平原雨量不小。

### (三)風力分析

奇比颱風進入巴士海峽時，即增強為中度颱風，雖然颱風中心只穿過台灣海峽南部，但各地所出現的風力(圖 3 及圖 14)仍大，最早出現瞬間最大風速為大武，在 23 日 0 時 37 分的 21.3m/s，接著在 5 時 55 分恆春亦出現 25.1m/s 的瞬間最大風速。而台灣地區出現最大的瞬間風速是東吉島的 62.3m/s(17 級，南風)，澎湖的 54.8m/s(16 級，南風)和玉山的 43.1m/s(14 級，南風)等。在平地則基隆 27.6m/s(10 級，南南西風)，台南的 26.4m/s(10 級，南南西風)，恆春 25.1m/s(10 級，南南西風)，最大瞬間風速的風向大都偏南風，顯示颱風在台灣西方經過。

## 五、最佳路徑及各種預報方法的校驗

由於奇比颱風進入巴士海峽時已增強為中度颱風，其路徑以較穩定的偏西北進行，衛星定位(表 4)和雷達定位(表 5a 和表 5b)準確度亦較佳，以下針對中央氣象局之統計預報模式(HURRAN, CLIPER)和動力預報模式(EBM, TFSS)之預報與日本(RJTD)、廣州(BCGZ)、菲律賓(RCMM)、關島(PGTW)、中央氣象局(CWB)所發布的主觀預測，分別做 24 小時及 48 小時預報位置之校驗，加以比較討論。

### (一)24 小時的預報平均誤差

如表 6 所示，中央氣象局(CWB)官方發布的 24 小時預報位置之平均誤差為 216 公里(14 次個案)，比統計預報模式的 CLIP 和 HURRAN 好，後二者之平均誤差皆超過 250 公里，在動力預報模式方面，TFSS 表現甚佳，其平均誤差只有 157 公里，比 EBM 模式的預報誤差(348 公里)少很多，亦比其他主觀預報的誤差小，但其個案較少，只有 7 個。在主觀預測方面，以關島(PGTW)所預報的誤差最小，平均誤差只有 188 公里(14 個個案)，日本(RJTD)的平均預報誤差亦只有 209 公里，均比中央氣象局的主觀預報稍佳，而 BCGZ、VHHH 與 RPMM 的平均預報誤差則遜於 CWB 的預報。

表 3. 奇比 颱風侵台期間氣象要素統計表

Table 3. The meteorological summary of CWB's stations during typhoon CHEBI's passage.

測站	最低氣壓(hPa)		瞬間最大風速(m/s)			最大風速(m/s)			最大降水量(mm)				降水總量(mm)	
站名	數值	時間	風速	風向	時間	風速	風向	時間	一小時	時間始迄	十分鐘	時間始迄	數量	時間始迄
基隆	997.2	23/13:43	27.6	SSW	23/13:30	12.9	SSE	22/12:20	1.0	23/00:10	0.5	22/22:14	1.5	22/08:00~24/05:00
台北	996.5	23/12:13	19.5	S	22/16:58	9.6	ESE	22/16:41	0.2	23/18:10	0.1	23/18:20	0.3	23/03:00~23/19:00
竹子湖	998.1	23/11:53	12.3	W	22/16:39	3.2	S	23/10:18	0.5	23/09:40	0.5	23/10:30	0.5	23/10:30~23/11:12
鞍部※	1347.8	23/11:50	30.0	SSW	22/19:44	16.8	S	23/00:21	0.5	23/07:30	0.5	23/07:30	1.0	22/05:40~23/20:30
新竹	996.5	23/11:12	10.4	W	23/14:28	5.5	NNE	22/13:46	2.1	23/06:50	1.0	23/07:07	3.3	23/01:05~23/30:10
台中	996.9	23/09:29	9.9	ENE	22/12:49	4.6	NNW	22/13:38	3.0	23/16:30	1.2	23/15:43	17.3	22/20:45~23/23:40
梧棲	997.8	23/09:06	20.7	SW	23/19:26	12.1	S	23/22:35	6.0	23/17:20	2.5	23/18:04	24.0	22/23:45~24/00:20
日月潭	889.7	23/09:14	14.3	NW	22/18:42	7.7	SE	22/18:52	2.0	23/03:22	1.0	23/03:56	8.4	22/23:17~23/20:05
嘉義	996.7	23/08:36	15.5	W	23/18:11	6.9	S	23/17:10	30.5	23/18:10	11.0	23/19:01	110.0	22/20:05~24/03:10
阿里山※	3066.1	23/08:32	20.1	S	23/19:07	7.6	SE	23/09:44	7.0	23/02:53	2.0	23/12:42	41.5	22/08:10~24/05:35
玉山※	3070.2	23/06:33	43.1	S	23/19:45	28.2	S	23/20:48	5.9	23/17:01	2.1	23/07:40	75.4	22/13:32~24/04:30
台南	996.6	23/07:07	26.4	SSW	23/15:55	15.2	S	23/15:06	36.0	23/17:44	12.5	23/17:17	204.0	22/22:10~24/04:05
高雄	995.7	23/05:35	24.4	SSW	23/10:15	12.7	SSE	23/10:23	23.5	23/10:37	10.5	23/10:38	114.0	22/23:03~23/23:10
恆春	993.8	23/04:53	25.1	SSW	23/05:55	11.3	SE	23/05:57	21.0	22/17:18	8.0	22/18:13	71.0	22/13:20~24/05:28
大武	1000.5	23/02:29	21.3	ENE	23/00:37	9.1	S	23/10:41	31.5	22/21:50	19.0	22/22:30	144.0	22/08:10~24/08:20
台東	1001.7	23/05:15	16.6	W	23/12:46	7.2	SSW	23/12:23	31.5	22/20:50	17.5	22/21:02	136.0	22/18:25~23/17:05
成功	997.9	23/02:12	23.9	W	23/12:49	15.6	SW	23/12:58	32.5	23/01:43	9.5	23/02:14	137.6	22/16:48~23/18:06
花蓮	1000.0	23/12:12	20.0	S	23/08:54	11.9	S	23/13:36	36.5	23/05:05	13.0	23/08:42	124.0	22/19:10~23/20:30
蘇澳	999.9	23/15:01	27.1	S	23/12:23	14.7	SSE	23/11:34	7.0	23/05:10	5.5	22/23:48	40.0	22/13:35~23/18:10
宜蘭	998.9	23/15:03	16.2	SW	23/12:55	8.1	S	23/13:24	1.9	23/06:50	1.0	23/06:50	5.5	22/14:08~23/14:25
彭佳嶼	1000.0	23/14:30	37.3	S	23/16:26	27.9	SE	23/16:32	2.0	22/22:57	1.4	22/22:57	4.5	22/08:10~24/05:35
澎湖	979.3	23/14:22	54.8	S	23/14:34	29.4	SSE	23/14:52	35.5	23/12:10	12.8	23/13:00	192.0	23/03:25~24/05:30
東吉島	977.3	23/13:21	62.3	S	23/13:34	43.8	SE	23/13:43	27.5	23/15:05	9.5	23/15:21	121.5	23/02:50~24/01:40
蘭嶼	998.5	22/16:18	32.7	W	23/17:00	20.5	SE	23/17:46	15.5	22/16:05	11.5	22/16:10	73.0	22/09:42~24/09:00

註：※ - 表該站屬高山測站

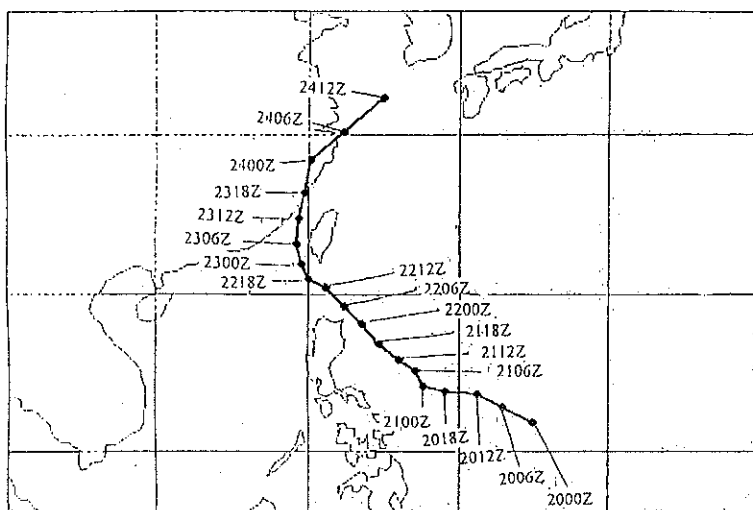


圖 9. 2001 年第二號(奇比)颱風之路徑圖

Fig 9. The best track of typhoon CHEBI(0102)

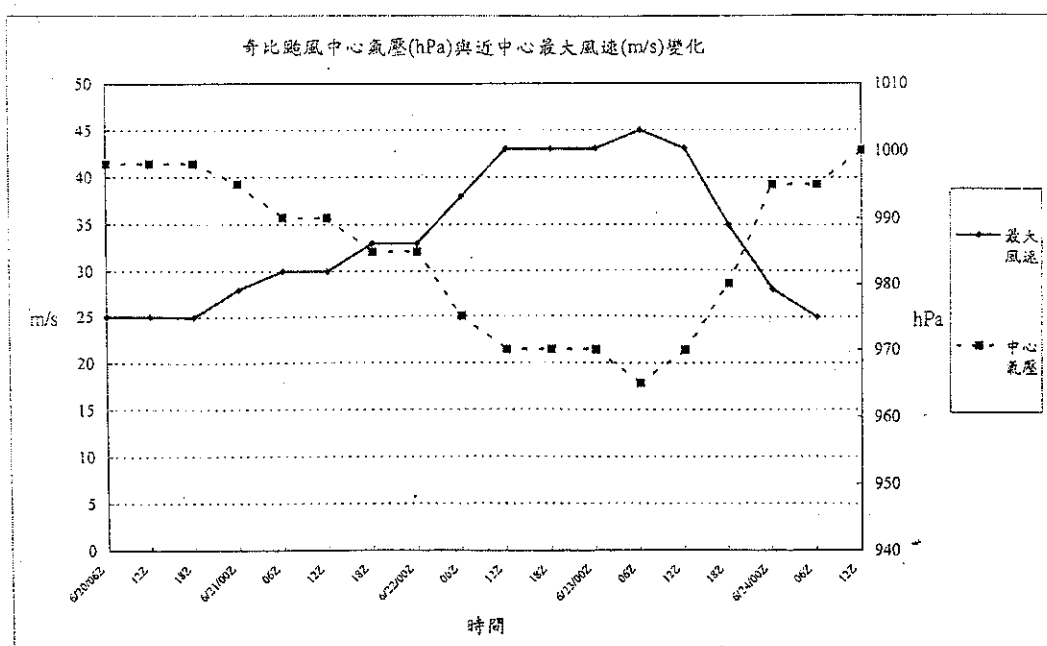


圖 10. 2001 年第二號(奇比)颱風生命期內之中心氣壓與近中心最大風速變化圖

Fig 10. The Time sequence of minimum pressure and wind speed for typhoon CHEBI (0102)

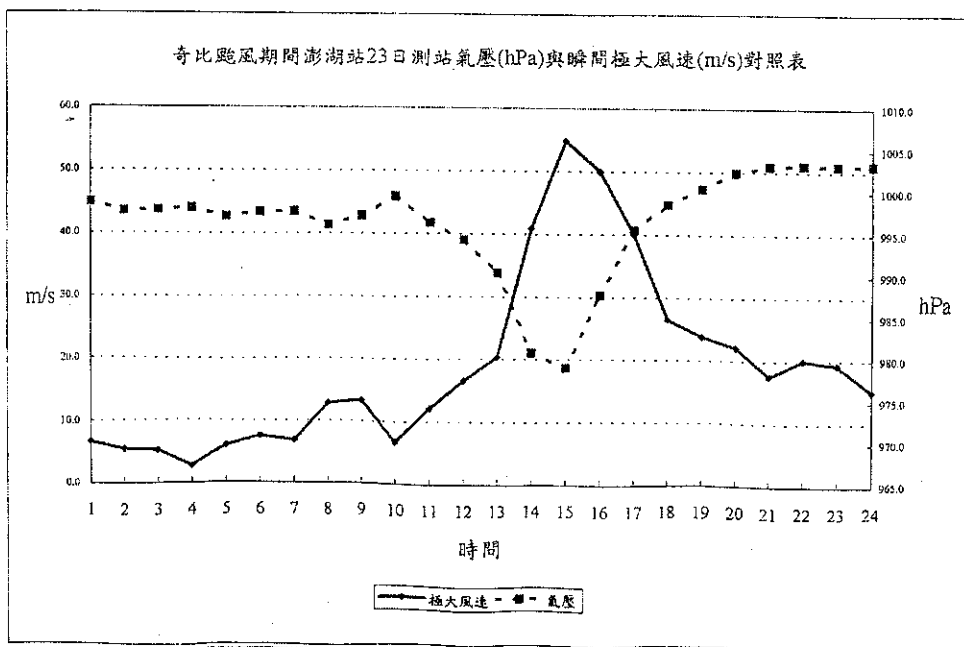


圖 11. 2001 年 6 月 23 日第二號(奇比)颱風期間澎湖站測站氣壓與瞬間極大風速對照表圖  
Fig 11. The time sequence of station pressure and maximum wind speed on JUNE 23 of 2001 at Penghu station

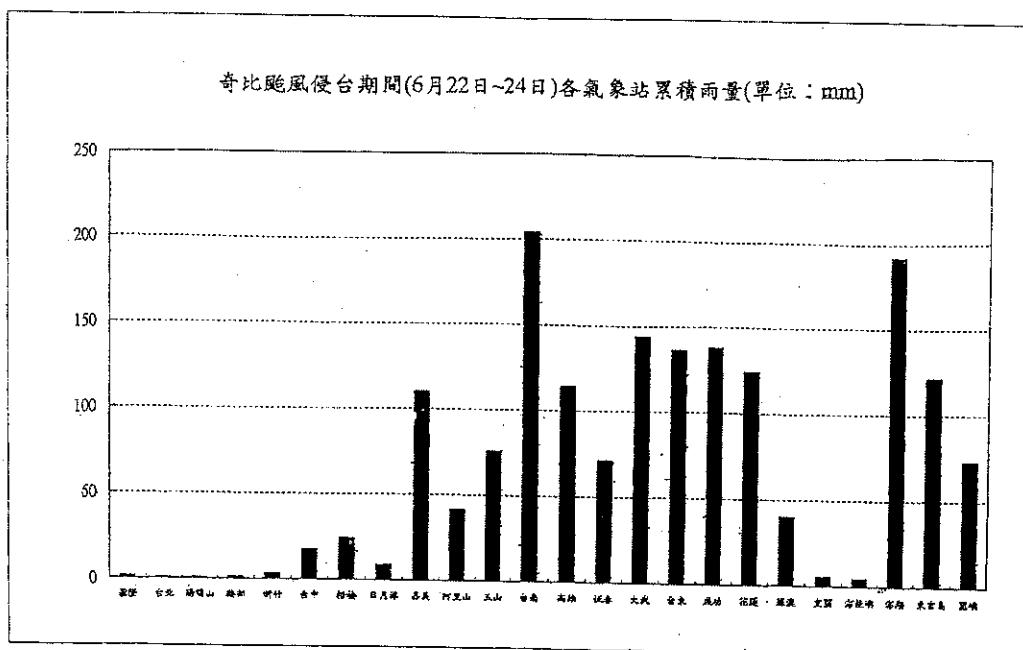


圖 12. 2001 年第二號(奇比)颱風侵台期間(6 月 22 日~24 日)各氣象站累計雨量圖  
Fig 12. The accumulated precipitation at CWB stations during typhoon CHEBI's passage

# 奇比颱風等雨量線圖

(民國九十年六月廿二日零時至六月廿四日八時)

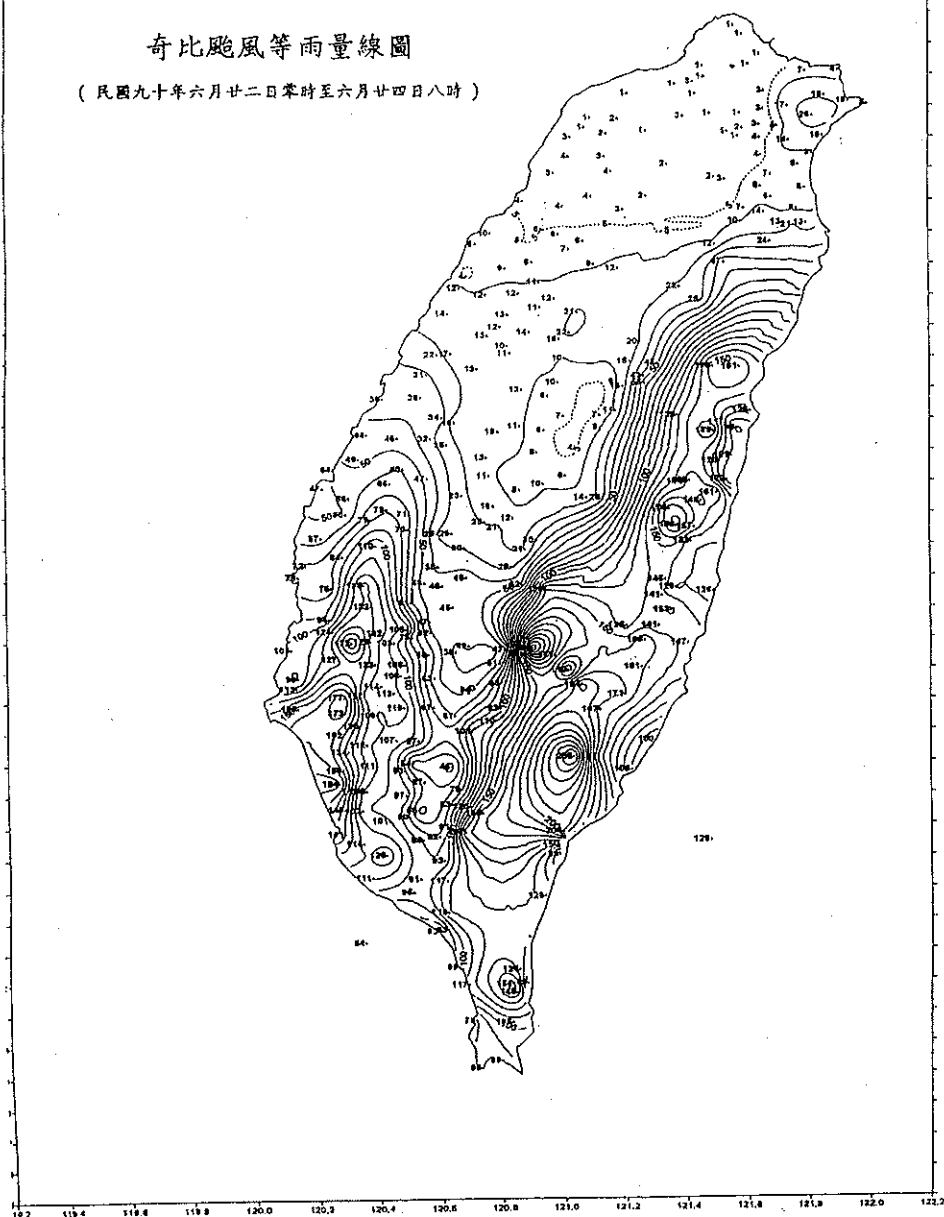


圖 13. 2001 年第二號(奇比)颱風侵台期間(6 月 22 日 0 時~24 日 8 時)台灣地區等雨量線圖

Fig 13. The distribution of accumulated rainfall in the Taiwan area during typhoon CHEBI's passage

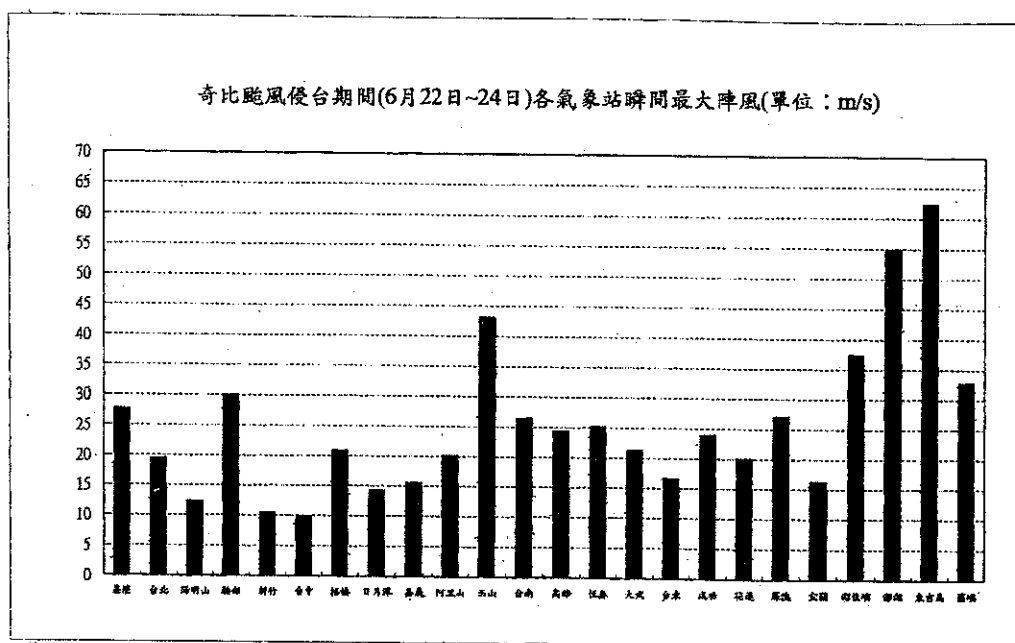


圖 14. 2001 年第二號(奇比)颱風侵台期間(6 月 22 日~24 日)台灣地區各氣象站瞬間最大陣風圖  
 Fig 14. The gust wind at CWB stations during typhoon CHEBI's passage

表 4、中央氣象局衛星中心對奇比颱風定位及強度估計資料表

Table 4. Center locations and intensities of Typhoon CHEBI estimated by the Meteorological Satellite

Center of CWB

颱風 編號	中文 名稱	英文名稱	年	月	日	時	雲圖種類	颱風 雲型	中心 緯度	中心經度	定位準 確度	T 值	CI 值	Zr 值	強度 變化	強度間 隔時間
0102	奇比	Chebi	2000	06	20	09	IR/EIR/VIS	CB	13.30	132.10	Poor	2.50	2.50	0.00	發展	6
0102	奇比	Chebi	2000	06	20	12	EIR/IR	CB	13.40	130.20	Poor	2.50	2.50	3.50	發展	6
0102	奇比	Chebi	2000	06	20	15	EIR/IR	NNN	13.70	129.80	Poor	2.50	3.00	0.00	發展	6
0102	奇比	Chebi	2000	06	20	18	EIR/IR	CB	14.00	129.10	Poor	3.00	3.00	0.00	發展	6
0102	奇比	Chebi	2000	06	20	21	EIR/IR	CB	14.20	128.40	Poor	3.00	3.00	0.00	發展	6
0102	奇比	Chebi	2000	06	21	00	IR/EIR/VIS	CB	14.30	127.70	Poor	3.00	3.00	4.50	持續	6
0102	奇比	Chebi	2000	06	21	03	IR/EIR/VIS	CB	15.00	127.50	Poor	3.00	3.00	4.10	持續	6
0102	奇比	Chebi	2000	06	21	06	IR/EIR/VIS	CB	15.30	127.20	Fair	3.00	3.00	3.50	持續	6
0102	奇比	Chebi	2000	06	21	09	IR/EIR/VIS	CB	15.60	126.50	Fair	3.00	3.00	3.50	持續	6
0102	奇比	Chebi	2000	06	21	12	EIR/IR	CB	15.80	126.20	Poor	3.00	3.00	3.50	持續	6
0102	奇比	Chebi	2000	06	21	18	EIR/IR	CB	16.90	124.50	Poor	3.50	3.50	0.00	持續	6
0102	奇比	Chebi	2000	06	21	21	EIR/IR	CB	17.40	124.30	Poor	3.50	3.50	0.00	持續	6
0102	奇比	Chebi	2000	06	22	00	IR/EIR/VIS	CB	18.20	123.70	Poor	3.50	3.50	4.50	持續	5
0102	奇比	Chebi	2000	06	22	04	IR/EIR/VIS	CB	19.00	122.90	Poor	4.00	4.00	4.50	發展	6
0102	奇比	Chebi	2000	06	22	06	IR/EIR/VIS	CB	19.40	122.40	Poor	4.00	4.00	4.50	發展	6
0102	奇比	Chebi	2000	06	22	09	IR/EIR/VIS	CB	19.90	121.80	Poor	4.00	4.00	4.50	發展	6
0102	奇比	Chebi	2000	06	22	12	EIR/IR	CB	20.50	121.00	Poor	4.00	4.00	4.50	發展	6
0102	奇比	Chebi	2000	06	22	15	EIR/IR	CB	20.80	120.40	Fair	4.50	4.50	6.50	持續	6
0102	奇比	Chebi	2000	06	22	18	EIR/IR	CB	21.00	119.80	Fair	5.00	5.00	5.50	發展	6
0102	奇比	Chebi	2000	06	22	21	EIR/IR	CB	21.50	119.70	Good	5.00	5.00	6.70	持續	6
0102	奇比	Chebi	2000	06	23	00	IR/EIR/VIS	EYE	22.10	119.40	Good	5.00	5.00	6.30	發展	6
0102	奇比	Chebi	2000	06	23	03	IR/EIR/VIS	EYE	22.70	119.20	Good	5.00	5.00	5.50	持續	6
0102	奇比	Chebi	2000	06	23	06	IR/EIR/VIS	EYE	23.40	119.20	Good	4.50	4.50	4.40	持續	6
0102	奇比	Chebi	2000	06	23	09	IR/EIR/VIS	EYE	24.00	119.20	Good	4.50	5.00	4.50	減弱	6
0102	奇比	Chebi	2000	06	23	12	EIR/IR	EYE	24.70	119.40	Good	4.00	4.50	3.90	減弱	6
0102	奇比	Chebi	2000	06	23	15	EIR/IR	CB	25.70	119.60	Fair	3.50	4.00	3.70	減弱	6
0102	奇比	Chebi	2000	06	23	18	EIR/IR	CB	26.50	119.80	Poor	3.50	4.00	4.50	減弱	6
0102	奇比	Chebi	2000	06	23	21	EIR/IR	CB	27.50	119.90	Poor	3.00	3.50	3.50	減弱	6
0102	奇比	Chebi	2000	06	24	00	IR/EIR/VIS	CB	28.30	120.40	Poor	2.50	3.00	3.90	減弱	6
0102	奇比	Chebi	2000	06	24	03	IR/EIR/VIS	CB	28.90	120.90	Poor	2.50	3.00	3.80	減弱	6
0102	奇比	Chebi	2000	06	24	06	IR/EIR/VIS	CB	30.30	122.80	Poor	2.50	3.00	3.80	減弱	6

T：颱風雲貌強度值

CI：氣流強度值

Zr：自動強度估計值

IR：紅外線雲圖

EIR：紅外線色調強化雲圖

VIS：可見光雲圖

CB：彎曲形雲帶

EYE：眼型

Poor：誤差大於 60km

Fair：誤差在 30-60km

Good：誤差在 10-30km



(二)48 小時的預報平均誤差

如表 7 所示，中央氣象局官方 48 小時平均預報誤差為 457 公里(10 個個案)，比統計預報的 HURRAN 和 CLIP 佳，而比動力模式的 TFSS 差，TFSS 模式的平均誤差只有 214 公里(5 個個案)，可說精準，但 EBM 模式的平均誤差卻有 666 公里。其他的主觀預報亦是 PGTW、

RJTD 和 VHHH 表現較佳，其平均誤差分別為 396 公里、425 公里和 427 公里，只有 BCGZ 表現較差。

另本局的 TFS 模式預報有偏東(圖 15)跡象，而 EMB 模式的預報卻均偏西(圖 16)，二者恰相反。

表 5a. 五分山雷達觀測颱風資料報告

Table 5a. Center location of Typhoon CHEBI observed by WU Fen San Radar station

時間 月日時(UTC)	中心位置		移動方向 degree	移動速度 Km/hr	備註
	北緯	東經			
06230600	23.3	119.2			
06230700	23.6	119.2	357	30	
06230800	23.8	119.2	006	24	
06230900	24.1	119.2	001	24	
06231000	24.2	119.3	003	20	
06231100	24.5	119.4	026	35	
06231200	24.7	119.4	357	18	
06231300	25.0	119.5	016	38	
06231400	25.3	119.6	014	35	
06231500	25.6	119.4	330	32	
06231600	25.8	119.2	321	33	
06231700	25.9	119.6	069	40	
06231800	26.5	120.0	032	68	
06231900	26.9	120.1	023	48	
06232000	27.1	120.0	331	24	
06232100	27.2	120.3	077	26	

表 5b. 墾丁雷達觀測颱風資料報告

Table 5b. Center location of Typhoon CHEBI observed by Ken-tin Radar station

時間 月日時(UTC)	中心位置		移動方向 degree	移動速度 Km/hr	備註
	北緯	東經			
0622600	19.4	122.4	330	22	
06220700	219.5	122.2	298	23	
06220800	19.7	122.1	335	25	
06220900	19.9	121.9	317	30	
06221000	20.2	121.6	318	40	
06221100	20.3	121.4	298	23	
06221200	20.4	121.2	298	23	
06221300	20.6	120.9	306	38	
06221400	20.7	120.6	290	35	
06221500	20.8	120.4	299	22	
06221600	20.8	120.2	270	22	
06221700	20.9	120.1	318	14	
06221800	21.0	120.0	318	16	
06221900	21.1	119.9	318	14	
06222000	21.3	119.9	000	24	
06222100	21.5	119.8	336	23	
06222200	21.7	119.9	336	26	
06222300	21.9	119.7	000	17	
06222400	22.1	119.6	336	26	
06230100	22.3	119.4	318	28	
06230200	22.5	119.4	000	24	
06230300	22.7	119.4	000	21	
06230400	23.0	119.3	344	31	
06230500	23.2	119.3	001	28	

表 6、奇比颱風各主觀預測及模式等之 24 小時颱風路徑預報平均誤差比較表

Table 6. 24-hour mean errors(km) of selective track-forecast techniques for Typhoon CHEBI

	CLIP	CWB	TFSS	EBM	HURA	PGTW	RJTD	BCGZ	VHHH	RPM
CLIP	13 268 268 0									
CWB	13 268 214 -53	14 216 216 0								
TFSS	7 288 157 -131	7 244 157 -66	7 157 157 0							
EBM	7 288 348 59	7 224 348 124	7 157 348 190	7 348 348 0						
HURA	13 268 270 1	13 214 270 55	7 157 246 88	7 348 246 -101	13 270 270 0					
PGTW	13 268 181 -87	14 216 188 -27	7 157 185 27	7 348 185 -162	13 270 181 -88	14 188 188 0				
RJTD	13 268 201 -66	14 216 209 -7	7 157 190 33	7 348 190 -157	13 270 201 -68	14 188 209 20	14 209 209 0			
BCGZ	11 275 231 -44	11 218 231 12	5 162 242 79	5 366 242 -124	11 285 231 -53	11 188 231 42	11 190 231 40	11 231 231 0		
VHHH	7 290 277 -12	7 229 277 48	3 161 329 168	3 411 329 -81	7 298 277 -20	7 207 277 70	7 177 277 100	7 253 277 24	7 277 277 0	
RPM	5 227 225 -1	6 164 235 70	2 122 87 -35	2 346 87 -259	5 257 225 -31	6 155 235 79	6 192 235 42	5 192 225 33	3 188 248 59	6 235 235 0

A	B
C	D

A 表示 X 和 Y 預報時間相同的次數  
B 表示 X 軸上預報方法之 24 小時誤差(KM)  
C 表示 Y 軸上預報方法之 24 小時誤差(KM)  
D 表示 Y 軸預報方法比 X 軸預報方法好的程度

表 7、奇比颱風各主觀預測及模式等之 48 小時颱風路徑預報平均誤差比較表

Table 7. 48-hour mean errors(km) of selective track-forecast techniques for Typhoon CHEBI

	CLIP	CWB	TFSS	EBM	HURA	PGTW	RJTD	BCGZ	VHHH
CLIP	9 609 609 0								
CWB	9 609 461 -148	10 457 457 0							
TFSS	5 659 214 -444	5 505 214 -290	5 214 214 0						
EBM	5 659 666 7	5 505 666 161	5 214 666 451	5 666 666 0					
HURA	9 609 520 -88	9 461 520 59	5 214 487 272	5 666 487 -179	9 520 520 0				
PGTW	9 609 398 -211	10 457 396 -61	5 214 414 200	5 666 414 -251	9 520 398 -122	10 396 396 0			
RJTD	9 609 427 -181	10 457 425 -31	5 214 409 194	5 666 409 -257	9 520 427 -92	10 396 425 29	10 425 425 0		
BCGZ	7 633 509 -124	7 481 509 27	3 188 537 348	3 781 537 -244	7 574 509 -64	7 437 509 72	7 407 509 101	7 509 509 0	
VHHH	3 638 427 -211	3 472 427 -44	1 316 412 96	1 692 412 -279	3 574 427 -146	3 444 427 -16	3 333 427 94	3 533 427 -105	3 427 427 0

A	B
C	D

A 表示 X 和 Y 預報時間相同的次數  
B 表示 X 軸上預報方法之 48 小時誤差(KM)  
C 表示 Y 軸上預報方法之 48 小時誤差(KM)  
D 表示 Y 軸預報方法比 X 軸預報方法好的程度

CLIP：中央氣象局統計預報模式

TFSS：中央氣象局原始方程式模式預報

EBM：中央氣象局相當正壓模式預報

RJTD：日本之主觀預報

CWB：中央氣象局官方預報

HURRN：中央氣象局統計預報模式

PGTW：美軍之主觀預報

VHHH：香港之主觀預報

TFS TYPHOON TRACK FORECAST DATE (01/06/20/12Z-01/06/23/12Z)

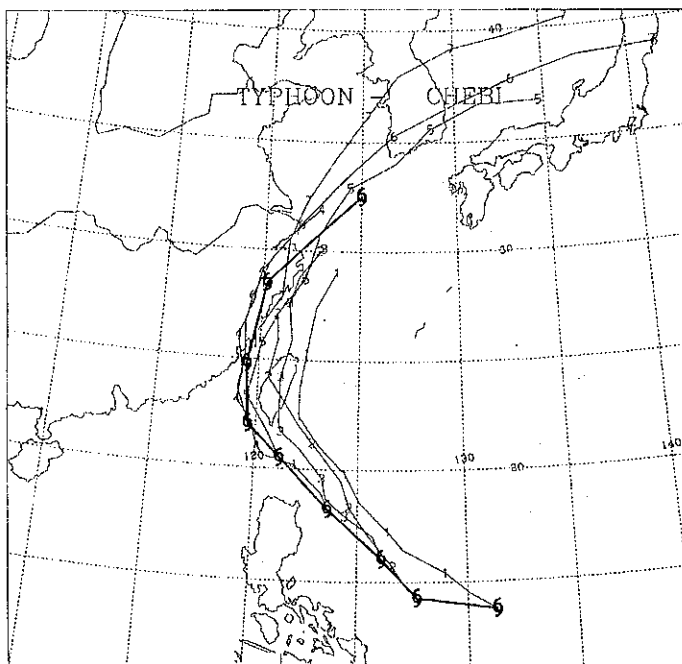


圖 15. TFS 模式之預測路徑與奇比颱風最佳路徑比較圖

Fig 15. The forecast of TFS model and the best track of typhoon CHEBI

EBM TYPHOON TRACK FORECAST DATE (01/06/20/12Z-01/06/23/12Z)

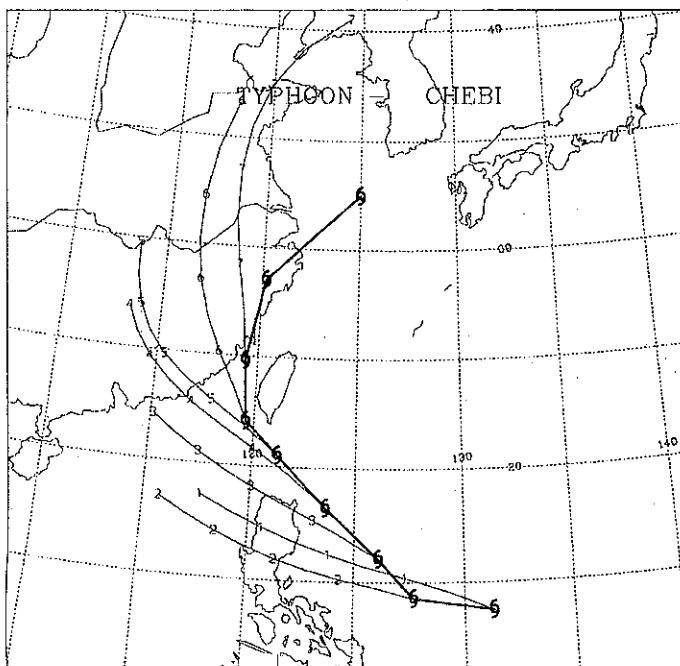


圖 16. EBM 模式之預測路徑與奇比颱風最佳路徑比較圖

Fig 16. The forecast of EBM model and the best track of typhoon CHEBI

## 六、災情

奇比颱風中心只掠過巴士海峽及台灣海峽南部，其挾帶的強風豪雨仍造成台灣南部及澎湖地區不少災害，尤其澎湖距颱風中心甚近，損失慘重，根據內政部消防署資料，其主要災害如下：

- (一) 人員：死亡 5 人、受傷 115 人。
- (二) 交通及財物：漁船沈沒 109 艘及遊艇 4 艘（均在澎湖海域），另外籍（貝里斯）貨輪在安平外海沈沒，有 23 人失蹤。台南縣新化及龍崎、左鎮等山區部分道路出現崩塌，橋基遭雨水掏空。
- (三) 農漁業：根據農委會估計，農作物損失達一億三千萬元，農田損失一百萬元，畜舍九十萬元。

## 七、結論

奇比颱風為 2001 年第二個侵台颱風，其特性和對台灣的影響可歸納如下：

- (一) 奇比颱風自發展成為颱風後，即以西北方向前進，至巴士海峽轉為偏北方向移動，經澎湖、金門、馬祖海域，登陸福建後又轉向東北移動，從浙江出海，而在東海消散，其生命期總共有四天又十二小時，其在巴士海峽發展為中度颱風，但終其一生最大平均風速只有 33m/s。
- (二) 由於太平洋高壓偏弱又偏東，鋒面系統又偏北，奇比颱風並未有強大的天氣系統影響，只有在末期移至較高緯度時，才受北方弱槽影響而使其轉向。
- (三) 奇比颱風中心未登陸台灣，所帶來的雨量主要集中在東部和南部，其中以台南 204.0mm 最多，其次是澎湖的 192.0mm。風力則以東吉島的 62.3m/s(17 級)瞬間風速最大，其次是澎湖的 54.8m/s(14 級)。
- (四) 預報誤差方面，中央氣象局 24 小時有 216 公里，雖比統計預報(CLIP 和 HURRAN)好，但比動力模式的 TFSS 差，TFSS 的平均誤差只有 157 公里，是所有預報方法中(包括主客觀預報)表現最好的。

# **REPORT ON TYPHOON CHEBI IN 2001**

Hsin-Chin Hsu

Weather Forecast Center, Central Weather Bureau

## **ABSTRACT**

Typhoon CHEBI(0102) originated as the second typhoon of 2001 in the Pacific Ocean, it developed into tropical storm over the eastern sea of the Philippines, and moved northwestward to the Bashi Channel then shifted northward to the Taiwan Strait. After passing through the seas of Penghu and Kimen, CHEBI landed at mainland China and turned northeastward to the East China Sea, then decreased as a tropical depression soon.

The observation showed that there was a peak gust of 62.3m/s at the Tunggi island. Owing to the topography of Taiwan, the precipitation accumulated at eastern and southern parts of Taiwan and the maximum accumulated rainfall was 204.0mm in Tainan.

The 24 hr and 48 hr official forecast errors of the Central Weather Bureau were 216km and 457km respectively, the TFSS model made less error predictions during this typhoon period.

## 中央氣象局氣象學報出版辦法

(七十七年九月十五日氣象學報編輯委員會議通過)

- 一、中央氣象局氣象學報社為推動氣象學術之應用研究及技術發展特出版「氣象學報」期刊一種。
- 二、本刊暫定每年出版四次，分別在三、六、九、十二月發行。
- 三、本刊之收稿、交審、複審、退稿、修正、交排、送校等，均由編輯人員備專冊登記，審查人及審查意見不對外公開。審查委員由主編視稿件性質函請各該學科之學者專家擔任。倘兩位委員之審查意見有較大之出入，主編得另請第三者評審之。
- 四、審查通過之稿件、編輯人員應與原作者取得連繫，商討有關付印等事宜。
- 五、論文一經由本刊發表、贈送作者該期氣象學報五本及抽印本五十本，如需增加抽印本，應另付工本費。
- 六、本刊之出版費暫由中央氣象局編列預算支付之。
- 七、本辦法經氣象學報編輯委員會通過後實施，其修改亦同。

## 氣象學報徵稿簡則

- 一、本刊以推動氣象學術之應用研究及技術發展為目的，凡有關(一)氣象業務之技術發展(二)氣象作業方法之改進(三)天氣分析，預報及氣象理論之應用研究論文，均所歡迎。
- 二、本刊稿件分為三大類：(一)研究論文(二)綜評(三)報告。
- 三、本刊文字務求簡明，文體以中文為主，每篇以不超過十五印刷頁為原則。
- 四、稿件須以中英文註明作者之真實姓名、服務機關及職稱。
- 五、稿件在參考文獻之後，應附英文五百字以內之摘要。
- 六、稿件之圖表名稱，須以中英文對照說明。
- 七、稿件內容過長或內容、文字、圖表有修改之必要時，得商請投稿人修正之。本刊亦得予以必要之刪改，若作者不願刪改時，請先聲明。
- 八、來稿如不刊登，則退還原著者。來稿一經刊登，則概不退還。
- 九、稿件經刊印後，非經本刊同意，不得在他處刊印或轉載。
- 十、來稿請逕寄中華民國臺北市公園路六十四號，中央氣象局學報社收。

(Quarterly)

---

CONTENTS

**Articles**

- An Examination on the Probability of Precipitation of Statistical Forecast Guidance and Some Improvement Testing at the Central Weather Bureau in Taiwan ...Huei-Min Wang (1)
- Mechanism of Mad-Dog Wave and Prevention of Its Disaster .....Hsien-Wen Li (13)
- A study of the Evaluation and Improvement of the Central Weather Bureau Typhoon Forecast Model .....Tien-Chiang Yeh (31)  
Der-Song Chen  
Kang-Ning Huang  
Shinn-Liang Shieh
- Report on Typhoon CHEBI in 2001 .....Hsin-Chin Hsu (77)

行政院新聞局出版事業登記證局版台誌字第○九七六號  
中華郵政臺字第一八九三號登記為第一類新聞紙類

二〇〇四〇〇〇一  
統一編號

ISSN 0255-5778



**CENTRAL WEATHER BUREAU**  
64 Kung-Yuan Road, Taipei, Taiwan  
Republic of China

# 氣象學報

季刊

第四十四卷 第四期

目次

## 研究論文

- 中央氣象局全球模式之淺積雲參數法的改進----- 汪鳳如 李瑞麟 (1)
- 聖嬰／反聖嬰 (El Niño／La Niña) 統計預報之發展 ---- 陳孟詩 盧孟明 (25)
- 民國90年NFS模式之颱風路徑與定量降水預報校驗----- 洪景山 (41)
- 民國九十年颱風調查報告一----- 丘台光 (55)  
第八號桃芝颱風(TORAJI, 0108)
- 民國九十一年颱風調查報告一----- 蔣為民 (83)  
第八號娜克莉(NAKRI)颱風(0208)

出 版 者	中央氣象局氣象學報社	台 北 市 公 園 路 六 十 四 號
發 行 人	謝 信 良	電 話：(02)23491091
社 長	謝 信 良	
編輯委員會	鄭 明 典	
主任委員	王 乾 盈 張 隆 男	
委 員	李 清 勝 莊 文 思	
	李 賢 文 廣 英	
	林 松 永 田 雄	
	柯 文 義 典	
	陳 台 明	
	陳 泰 然	
	黃 玉 絲	
幹 事	韓 素 蘭	

(按姓氏筆劃排列)



## 中央氣象局全球模式之淺積雲參數法的改進

汪鳳如

李瑞麟

中央氣象局氣象科技研究中心 美國航空暨太空總署

### 摘要

中央氣象局的全球作業模式經氣候模擬 (Chen et al. 1999) 診斷發現低層水氣傳輸不足, 同時降水的分布有幾個明顯不合理處, 例如夏季在西太平洋的副熱帶區有過多的大尺度降水, 但在東太平洋的赤道區則是明顯低估深積雲降水。

淺積雲參數法是造成偏差的可能原因之一。本研究以此為研究方向, 從一維測試著手, 以 BOMEX 實驗資料測試作業版之淺積雲參數化, 發現作業版之方法無法適當模擬淺積雲層。於是本研究引進 Li (1994) 所提出的方法, 此方法不僅考慮了淺積雲內擴散混合係數的垂直變化, 同時考慮了非局部的對流混合效應, 因此新版之淺積雲參數方法在一維測試中, 維持了與觀測較為接近的淺積雲層。

在進一步的三維模擬測試中, 新版方法更考慮了環境的逸入對流可用位能 (ECAPE) 及雲層厚度等環境相關資訊來決定淺積雲混合係數; 模擬結果顯示, 無論是降水的分布、地面氣壓及地面通量, 均有非常顯著的改進。

關鍵字: 淺積雲, 非局部混合

### 一、前言

淺積雲屬於不降水之雲層, 所以不會因降水過程對大氣溫度、濕度造成影響, 但淺積雲在全球的水文循環系統內卻扮演了舉足輕重的角色。例如在大尺度下沉的信風 (trade wind) 區, 穩定存在的淺積雲能平衡下沉氣流對海洋邊界層的壓抑, 因此淺積雲可以維持邊界層的發展並持續海洋至大氣邊界層的水氣傳送, 再藉由哈得里環流 (Hadley circulation) 低層的輸送, 可將較豐沛的水氣帶往赤道降雨區 (Riehl et al. 1951)。所以在模式大氣裡, 適當的淺積雲參數化方法對 ITCZ 的模擬是相當重要的。另外, 在中緯度區冷空氣流過溫暖洋面時, 大量的水氣與可感熱由洋面往上傳, 若有適當的淺積雲參數化配合將邊界層內的水氣往上傳, 不僅可加強海氣交互作用以加深邊界層發展, 同時上傳的水氣在淺積雲底可先凝結釋放出潛熱, 對雲底產生增溫作用, 凝結的雲滴繼續往上

傳, 靠近雲頂再蒸發則產生冷卻的效應; 經由此種雲內的凝結蒸發之水相位變化的考慮, 對雲的影響是上冷下熱, 有助於維持雲內正浮力通量, 保持條件不穩定狀態的雲層發展。如此不僅可累積較多的水氣, 同時對大氣有不穩定的作用, 因此增加了之後深積雲發展的機會。另外一個類似的情形是在白天陸地上, 當空氣中有充足水氣及日照, 淺積雲的考慮會使得邊界層的發展更為旺盛, 對稍晚之深積雲的發展時機也有較為適當的掌握, 因此有研究指稱淺積雲為深積雲的雲根 (root) (LeMone and Pennel 1976; Stull 1988)。

目前各類簡化的淺積雲參數化方法已被廣泛使用於大尺度環流模式, 這些方法包含了 Betts-Miller 調整方案 (adjust scheme) (Betts and Miller 1984; Betts 1986), 質量通量方案 (mass flux scheme) (Betts 1975; Tiedtke 1989), 及簡單的渦流擴散方法 (Tiedtke 1984), 這些方法各有其優缺點存在。本局作業模式目前採用的

是 Tiedtke (1984) 的簡單渦流擴散方法，只考慮了局部 (local) 且在垂直方向固定的渦流傳送。本研究則引進一個考慮較為周詳的淺積雲參數化方法 (Li and Young 1994; Li 1994)，此方法將非局部 (nonlocal) 對流傳送的部分納入，以表現整個淺積雲尺度的熱力上衝 (updraft) 作用。另外還考慮了雲根 (cloud root) 的影響，加強邊界層至淺積雲的傳送，並使用兩個涉及水的相位變化時依然保守的溫度及濕度變數 (liquid water potential temperature and total water content)，如此將能正確反應出雲滴之凝結及再蒸發的過程。

在本局全球預報系統模式 (Global Forecast System Model; GFSM) 的校驗論文 (Chen et al. 1999) 中提到，本局 GFSM 的低層水氣傳輸不足，導致的因素不明，但是淺積雲參數化方法是可能的原因之一。所以本研究以淺積雲參數化方法為研究重點，首先將以 BOMEX 實驗資料進行一維測試，評估本局淺積雲參數化方法及引進方案之表現，最後再放入三維模式進行氣候模擬。有關現行模式與新引進之淺積雲參數化方案將於本文第二節作介紹，一維測試的設計及結果於第三節有詳細描述，第四節則是三維測試的結果，第五節是討論與分析，最後一節將談到未來尚可著力的方向。

## 二、淺積雲參數化模式描述

### (一) GFSM 現行作業版

目前 GFSM 採用的 Tiedtke 淺積雲參數化方法 (1984)，是以三個條件來判斷淺積雲是否發生：

1. 地表溫度必須高於地面上的空氣溫度。
2. 模式最底層大氣的相對濕度必須大於 80%。
3. 地表空氣塊的舉升凝結層 (LCL) 離地表不能超過 200hPa 的厚度。

在模式裡大氣滿足以上三個條件，淺積雲才有可能發生，至於實際雲層的決定是以條件不穩定 (飽和濕靜能垂直梯度小於零) 存在的最高

模式層為雲頂，而模式最底層至雲頂均為淺積雲作用的範圍。淺積雲對模式大氣的影響乃是透過對流混和 (mixing) 的方式調整位溫 ( $\bar{\theta}$ , potential temperature) 及比濕 ( $\bar{q}$ , specific humidity):

$$\left(\frac{\partial \bar{\theta}}{\partial t}\right)_{cv} = -\frac{\partial}{\partial z}(\overline{w'\theta'}) = -\frac{\partial}{\partial z}(-K_c \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial z}) \quad (1)$$

$$\left(\frac{\partial \bar{q}}{\partial t}\right)_{cv} = -\frac{\partial}{\partial z}(\overline{w'q'}) = -\frac{\partial}{\partial z}(-K_c \frac{\partial \bar{q}}{\partial z}) \quad (2)$$

(1) 及 (2) 式中的  $K_c$  為淺積雲內擴散混和係數，配合局部 (local) 環境變數 ( $\bar{\theta}, \bar{q}$ ) 的下梯度 (down gradient) 即可決定淺積雲內的混合通量 (flux) 及變數的時間變量 (tendency)。模式 GFSM 中定義雲頂的混合係數 ( $K_c$ ) 為  $2 \text{ m}^2/\text{s}$ ，雲頂以下的雲層內其混合係數則為固定的常數值  $10 \text{ m}^2/\text{s}$ 。

### (二) 更新版

更新版對雲層的決定方法參考 Li (1994) 作了大幅修改，首先找到地面空氣塊的舉升凝結層 (LCL)，此層定義為淺積雲雲底 (cloud base)，氣塊繼續往上升，在上升過程其特性的決定則參考一個簡單的拉格朗日 (Lagrangian) 模式 (Betts 1975; Betts and Albrecht 1987)，此模式考慮了環境逸入 (entrainment) 對上升空氣塊的熱力影響，因此在上升過程空氣塊的熱力特性由以下式子決定：

$$\begin{aligned} \frac{d\theta_i^c}{dz} &= \lambda(\theta_i^c - \bar{\theta}_i) \\ \frac{dq_i^c}{dz} &= \lambda(q_i^c - \bar{q}_i) \end{aligned} \quad (3)$$

其中  $\lambda$  為逸入常數，在此設定為  $0.5 \text{ km}^{-1}$  (Albrecht 1981)。當空氣塊浮力由正值轉為負值時，定義此層下方層為淺積雲雲頂 (cloud top)。另外對雲頂高度有一最高值 (4000 公尺)

的過濾，因為超過此高度的雲應屬於深積雲的範疇。另外此版尚考慮了雲根(cloud root)的作用，淺積雲實際作用的範圍會從雲底向下延伸至雲根，雲根為加強邊界層至淺積雲輸送的管道，而雲根在此版被定義為地表至雲底的中間位置。

為了考慮空氣塊上升過程中的凝結及再蒸發等相位變化，因此以兩個保守變數的通量，計算對大氣的實際加熱率(heating rate)及加濕率(moistening rate):

$$\left(\frac{\partial \theta_i}{\partial t}\right)_{cu} = -\frac{\partial}{\partial z}(\overline{w'\theta_i'})$$

$$\theta_i = \theta - \frac{L}{c_p} q_i \quad (4)$$

$$\left(\frac{\partial q_i}{\partial t}\right)_{cu} = -\frac{\partial}{\partial z}(\overline{w'q_i'})$$

$$q_i = q + q_i \quad (5)$$

其中  $\theta_i$  為含液態水位溫 (liquid water potential temperature)， $q_i$  為總含水量 (total water content)。

若將以上二熱力變數通量的收支方程 (budget equation) 作準平衡 (quasi-equilibrium) 假設，可以推得淺積雲內的熱力通量包含局部變數下梯度 (downgradient) 及非局部 (nonlocal) 兩個部分的貢獻，詳細推導過程可參考 (Li and Young 1994; Li 1994)：

$$\overline{w'\varphi'}_{cu} = -K_c \frac{\partial \varphi}{\partial z} + K_c \alpha \frac{\partial \varphi}{\partial z} \quad (6)$$

(6)式中的  $\varphi$  代表含液態水位溫 (liquid water potential temperature) 及總含水量 (total water content)，等號右邊第一項為局部 (local) 擴散混合，考慮雲內垂直速度實際分布，其為中間最大靠近雲頂及雲底逐漸變小的特性 (Pennel and LeMone 1974)，因此更新版對混合係數 ( $K_c$ ) 的定義在垂直方向為一拋物線函數，最大值在中間，靠近雲頂及雲根則漸趨於零，將

雲根的效果同時考慮。至於中間最大值則應該和當時環境有關，詳細格式將在三維測試使用時說明；BOMEX 實驗一維測試則以當時環境估算出的值(6.5)給定：

$$k_c = 6.5 F(Z)$$

$$F(Z) = -\frac{(Z_m - Z)(Z_t - Z)}{(Z - Z_m)(Z - Z_t)} \quad (7)$$

$Z_m$ ：雲根  $Z_t$ ：雲頂  $\bar{Z} = (Z_m + Z_t)/2$

(6)式等號右邊第二項為非局部 (nonlocal) 對流傳送，其中的  $\alpha$  是參考 Bougeault (1981) 的一維高階模擬及 Sommeria and LeMone (1978) 三維大尺度渦流 (large-scale eddy) 模擬結果：

$$\alpha = \frac{1}{a + bF(Z)} \quad (8)$$

其中  $a$  值為 1， $b$  值為 1.5， $F(Z)$  為 (7) 式中的拋物線函數。

### 三、單維實驗

#### (一)實驗資料

一維測試是以 BOMEX 實驗的觀測資料為模擬比對依據，選取之實驗期間 (June 22-23, 1969) 大氣屬非擾動 (undisturbed) 狀態；觀測點因處於信風區的海洋上，大氣受大尺度下沉氣流的影響，靠近海面為一偏淺的海洋邊界層 (約 600 公尺)，邊界層之上覆蓋一層條件不穩定的淺積雲，淺積雲雲頂 (約 1650 公尺) 則是一明顯的逆溫層 (Soong and Ogura 1980)。從觀測變數場計算的大尺度外力可以得知，大尺度作用對淺積雲的上半部分有增溫及變乾的效應；對雲的下半部分則有冷卻及變乾的影響 (圖 1 及圖 2)，所以大尺度對整層雲的影響是使之趨向暖乾及穩定的方向 (Soong and Ogura 1980)。

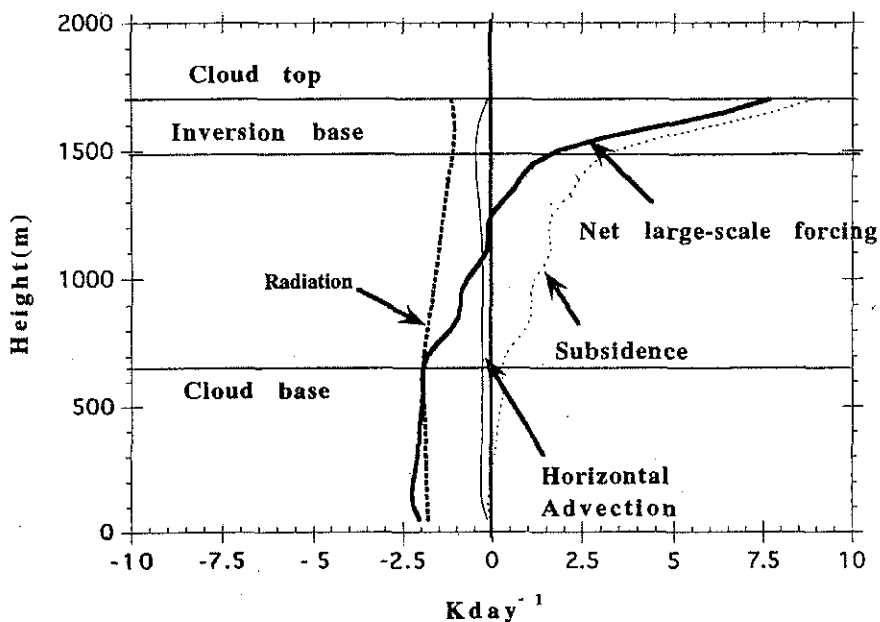


圖 1 BOMEX 實驗平均大尺度加熱率。單位為  $\text{K day}^{-1}$ 。

(摘自 Li and Young 1994 圖 1)

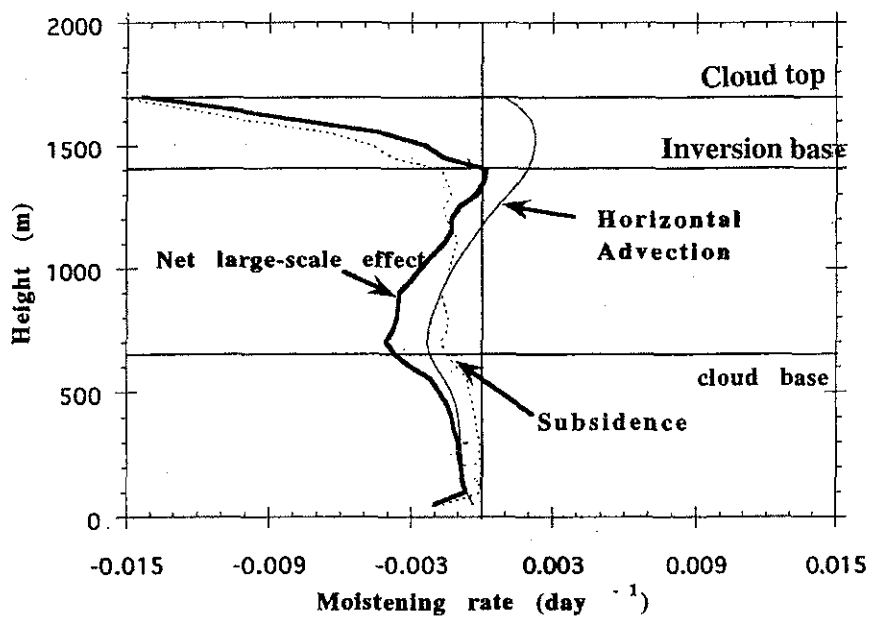


圖 2 BOMEX 實驗平均大尺度加熱率。單位為  $\text{K day}^{-1}$ 。

(摘自 Li and Young 1994 圖 2)

淺積雲能持續穩定存在，勢必有其他過程擾動大氣，配合提供水氣及冷卻的機制，以對抗大尺度的穩定作用，邊界層及淺積雲等次網格尺度的傳送過程在這就扮演了重要角色。因此本研究的一維測試以實驗期間的平均探空資料為初始場，並以此段時間合成之環境條件給定模式大尺度外力(forcing)，包括淨輻射作用(net radiation)，溫度和濕度的水平平流(advection)及垂直平流作用。模式為避免內差造成額外誤差，設定垂直解析度與資料之垂直解析度同為 50 公尺，物理部分則僅考慮邊界層(汪 1992)及淺積雲參數化作用，模擬重點是檢視積分過程模式大氣是否能如實際大氣保持穩定存在的淺積雲層。

## (二) 實驗結果

為了解更新方案各部分的影響，所以在一維測試是以漸進的方式進行，逐步加入；瞭解的重點包括雲高的決定，擴散混合係數的大小和垂直分布，以及非局部對流混合係數的重要性。

### 1. 混合係數在垂直方向為常數分布

實驗 CO 首先以作業版本的方法判斷淺積雲雲高，同時雲內混合係數以常數值  $10\text{m}^2/\text{s}$  (作業版之值) 給定，模擬結果顯示實驗 CO 一開始對雲高的判斷便超過模式上限 3000 公尺，表示作業版對雲高的決定不恰當。

實驗 CL 則以更新版的方法決定雲高，混合係數仍是垂直以常數分布，當常數值仍給定  $10\text{m}^2/\text{s}$ ，淺積雲只能維持一至二小時；若給以當時環境推算出的實驗值  $6.5\text{m}^2/\text{s}$ ，淺積雲可維持較長時間，但從混合係數垂直分布之發展可

以看到，積分五小時後淺積雲發展超過 2000 公尺(圖 3a)已比觀測值(1650 公尺)高出 350 公尺，從五小時平均加熱率(heating rate)的垂直分布(圖 4)可以看到，靠近雲頂的位置，淺積雲過程產生了比大尺度加熱要大很多的冷卻，同時冷卻最大值的位置比大尺度加熱的位置稍高且集中，如此分布對雲頂提供一上冷下熱不穩定環境，使得雲頂不斷往上發展。

其中關鍵應和混合係數垂直分布有關，因為係數值在雲頂突然變為零，呈現跳躍(jump)的變化，使得負通量在雲頂有很大的輻合，造成過大冷卻。模擬結果也顯示出，此種方法的一個隱憂是對雲頂位置的敏感度較大，因為雲頂對其冷卻最大值的位置有決定性的影響，若與大尺度外力稍有配置不當便可能加速雲頂不正常發展。

### 2. 混合係數是高度的函數

實驗 KL 與實驗 CL 類似，仍然只考慮局部擴散混合係數，不同的是實驗 KL 以拋物線函數考慮混合係數在垂直方向的變化，最大值在雲根至雲頂中間，靠近雲根及雲頂則漸趨於零[數學式子請參考(7)式]。

結果顯示積分至 5 小時淺積雲頂(圖 3b)依然比觀測值(1650 公尺)高了 250 公尺，但比 CL 版本減緩一些。圖 5 為積分前 5 小時平均加熱率，淺積雲下半部分及雲層以下次網格尺度(邊界層及淺積雲)(黑實線)的加熱和大尺度(黑虛線)冷卻作用幾乎相平衡，但在雲層上半部分淺積雲的冷卻( $-12\text{ K/day}$ )比大尺度增溫( $9\text{ K/day}$ )效果要強，導致雲層上半過冷，沒有達到完全平衡的狀態，因此我們會看到雲頂緩慢的增高。

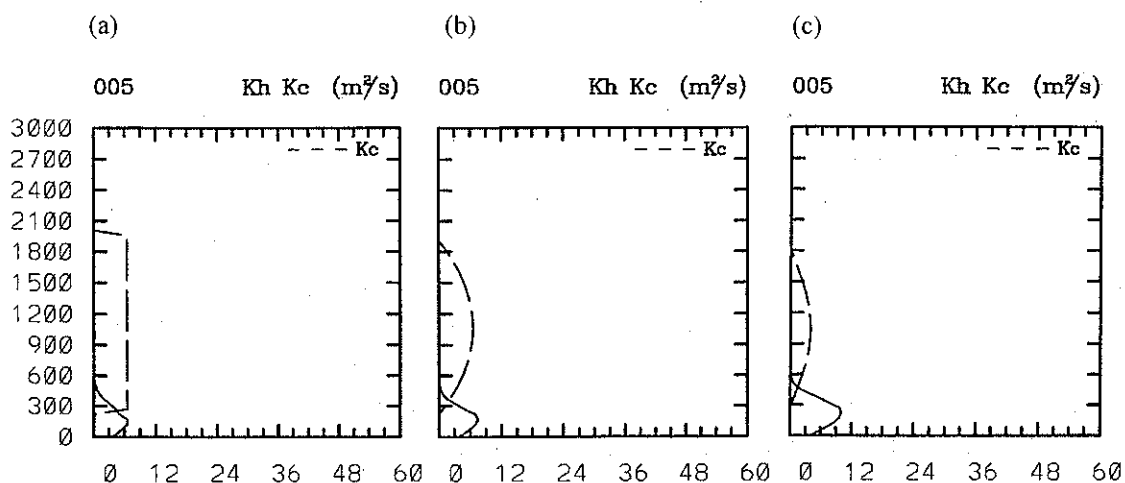


圖 3 單維測試(a)CL 版(b)KL 版(c)KNL 版積分五小時混合對流係數垂直分布。

虛線代表淺積雲，實線為邊界層作用，單位為  $\text{m}^2\text{s}^{-1}$ 。

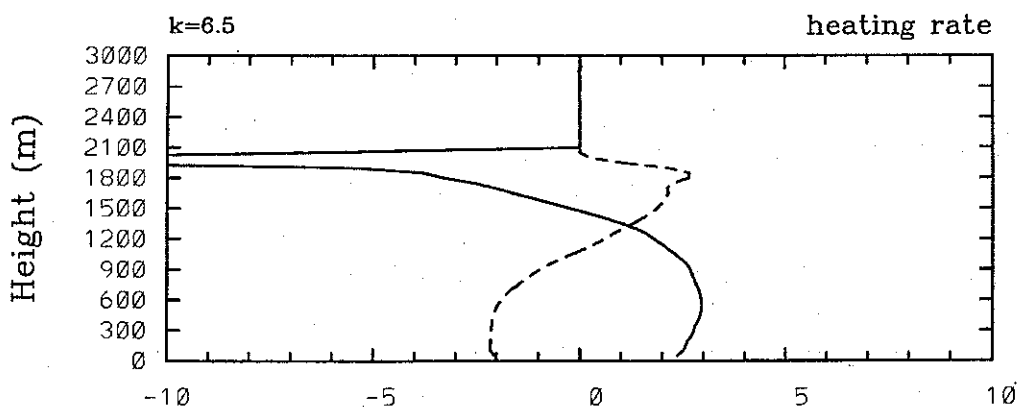


圖 4 單維測試 CL 版之積分前五小時平均加熱率。單位為  $\text{K day}^{-1}$ 。

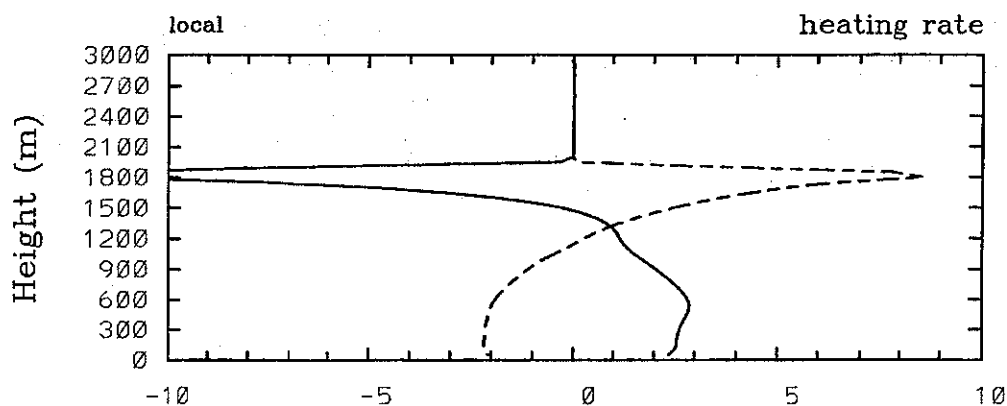


圖 5 單維測試 KL 版之積分前五小時平均加熱率。單位為  $\text{K day}^{-1}$ 。

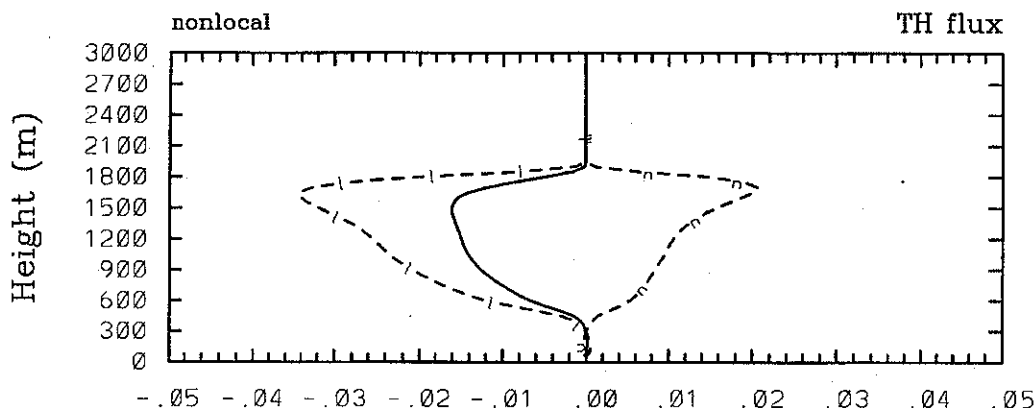


圖 6 單維測試 KNL 版之積分前五小時平均局部及非局部熱通量。虛線 l 為局部，虛線 n 為非局部，實線為總和，單位為  $K\ ms^{-1}$ 。

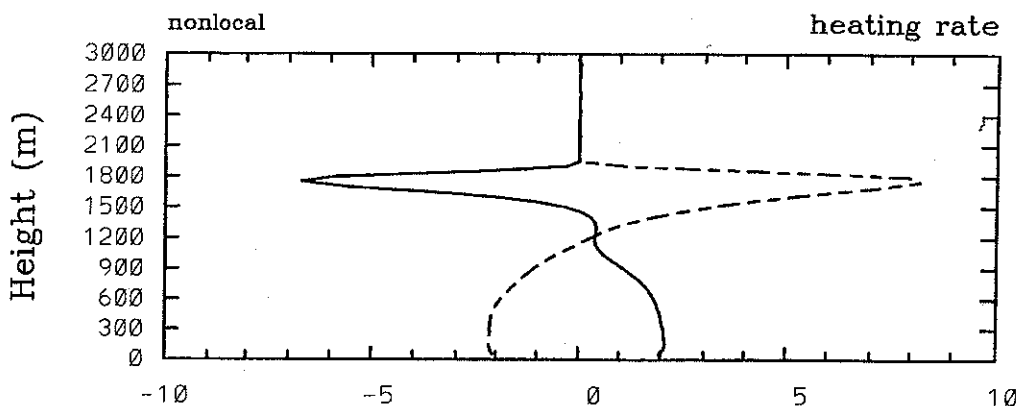


圖 7 單維測試 KNL 版之積分前五小時平均加熱率。單位為  $K\ day^{-1}$ 。

### 3. 考慮非局部對流混合

實驗 KNL 為進一步將整個積雲尺度的熱力上衝作用涵蓋，在熱力通量傳送過程加入非局部 (nonlocal) 對流傳送部分[詳細數學式參考(6)式及(8)式]。

圖 6 顯示非局部 (虛線 n) 熱量通量大約是局部 (虛線 l) 熱量通量的一半，同時原來靠近雲頂的局部通量剖面變化也在非局部通量加入後平滑了許多，原來靠近雲頂的冷卻減小 (圖 7)，使得大尺度外力和淺積雲作用更趨平衡。若比較實驗 KNL (圖 3c) 與實驗 KL 積分 5 小時的淺積雲頂，便可清楚看到考慮了非局部傳

送後，雲頂高度 (約 1800 公尺) 與觀測值更為接近。

## 四、三維模擬實驗

### (一)實驗設計

三維測試選取一維測試中的 CO 作業版本為控制組，測試版則以一維測試中最完整的版本 KNL 為對照組，不過在單維測試中為配合當時實驗環境設定混合係數最大值為  $6.5\ m^2/s$ ，實際上混合係數應該隨環境的對流不穩定度而調整，譬如在冬季寒潮爆發 (Cold Air Outbreaking) 冷空氣至暖海所引發的淺積雲就

比信風帶的淺積雲活躍，所以在三維實驗中參考 Li and Young (1994)，採取：

$$K_c(Z) = W_{cu}(Z_t - Z_b) \cdot F(Z) / 23.76. \quad (9)$$

式中  $Z_t$  為雲頂， $Z_b$  為雲底， $F(Z)$  為 (7) 式中的拋物線函數。 $W_{cu}$  是由逸入對流可用位能 (ECAPE) (Li and Young 1993) 決定。逸入對流可用位能的計算和傳統可用位能的計算方式相同，不同的是如前面 (3) 式所提，在改進方案中空氣塊上升過程其特性受到了逸入的影響，因此稱為逸入對流可用位能：

$$W_{cu} = \sigma \sqrt{2 \cdot ECAPE} \quad (10)$$

其中  $\sigma$  為一個網格中可作用之雲的覆蓋率，這是一個可調整的係數，在本實驗設定為 0.01。另外值得一提的是，(9) 式的混合係數不僅考慮了環境的可用位能，也同時將雲層厚度 (cloud depth) 的影響加入。

模擬實驗的設計是分別以 CO 版本及 KNL 版本淺積雲參數化方法，放入本局全球預報系統 (GFSM) (Liou et al. 1997) 進行氣候模擬，進行方式以 1995 年 7 月 15 日 12Z 的分析場為初始場，連續積分 750 天至第三年的七月，積分過程下邊界條件隨時間改變以每月的氣候場內插至當日，不過沒有年際變化。下邊界條件包含地表粗糙度，地表反射率，深層土壤溫度，土壤濕度及海溫。積分完成之後，分別將第二年及第三年的一月作平均，當作模式一月氣候模擬場，並以同樣的作法得到七月氣候模擬場。

## (二) 實驗結果

### 1. 三維實驗 CO 版

圖 8 為七月份 CO 版本之淺積雲加熱率及加濕率 ( $Q1$  and  $Q2$ , Yanai et al. 1973) 的緯向平均 (zonal mean) 垂直剖面圖，其影響的垂直範圍可達 300hPa，顯然已經超過淺積雲作用的範圍。圖 9 為七月份 CO 版的積雲降水 (圖 9a) 及大尺度降水 (圖 9b)，可以看到西太平洋副熱帶區 (15-30N) 及東太平洋靠近中美洲

(10-20N) 一帶均有過大不正常的大尺度降水，而靠近東太平洋的間熱帶輻合帶 (ITCZ) 則有低估積雲降水的現象。七月份平均海平面氣壓場在南中國海 (South China Sea) 附近也配合高估的大尺度降水反應出低壓帶往此區延伸 (圖 10a)，間接的影響副熱帶高壓之西伸，與美國國家環境預報中心 (NCEP) 之再分析場 (reanalysis) (圖 10b) 相對照，則可清楚看到此偏差。另外從地表潛熱通量的分布也可看到，不論是一月 (圖 11a) 或七月 (圖 11c) 的平均氣候值均比 NCEP 的再分析場 (圖 11b, 11d) 要大，尤其是副熱帶區特別明顯。以上 CO 版模擬之氣候場所顯示的偏差，均和 Chen et al. (1999) 發表之論文所指相似。

### 2. 三維實驗 KNL 版

圖 12 為七月份 KNL 版本之淺積雲加熱率 ( $Q1$ ) 及加濕率 ( $Q2$ ) 的緯向平均 (zonal mean) 垂直剖面圖，若與 CO 版本 (圖 8) 相對照即可看到明顯的改進。首先在垂直方向的影響已降至 1500-2000 公尺，這與觀測實驗 (BOMEX, ATEX and ASTEX) 所觀測到的 40% 淺積雲頂高度接近。另外可以看到  $Q1$  和  $Q2$  極大值的南北分布主要集中在副熱帶區，不再如 CO 版本所顯現的是廣泛分布於整個熱帶及副熱帶區。以 ISCCP-D2 (1986-1993) 觀測的淺積雲平均發生率 (圖 13) 為比對參考，其在南北半球的主要的分布區均在 30 度的副熱帶範圍，因此 KNL 的模擬顯然與觀測較為接近。

降水的模擬在 KNL 版本也有很大的改善，原來七月份積雲降水在靠近東太平洋赤道區有明顯低估，造成此區的間熱帶輻合帶 (ITCZ) 降水中斷。圖 14a 的 KNL 版七月平均積雲降水分布顯示此問題已得到舒緩，2mm/day 的等值線將原來中斷區連接，所以現在可以看到很完整的間熱帶輻合帶積雲降水。另外七月份大尺度降水 (圖 14b) 原來在西太平洋靠近中國大陸東南外海的不正常降水已完全去除。



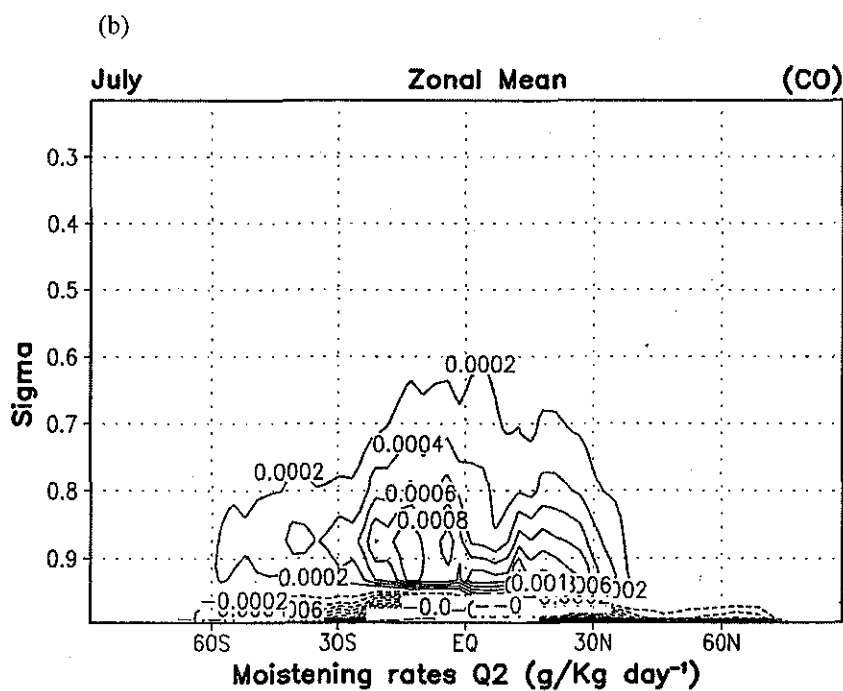
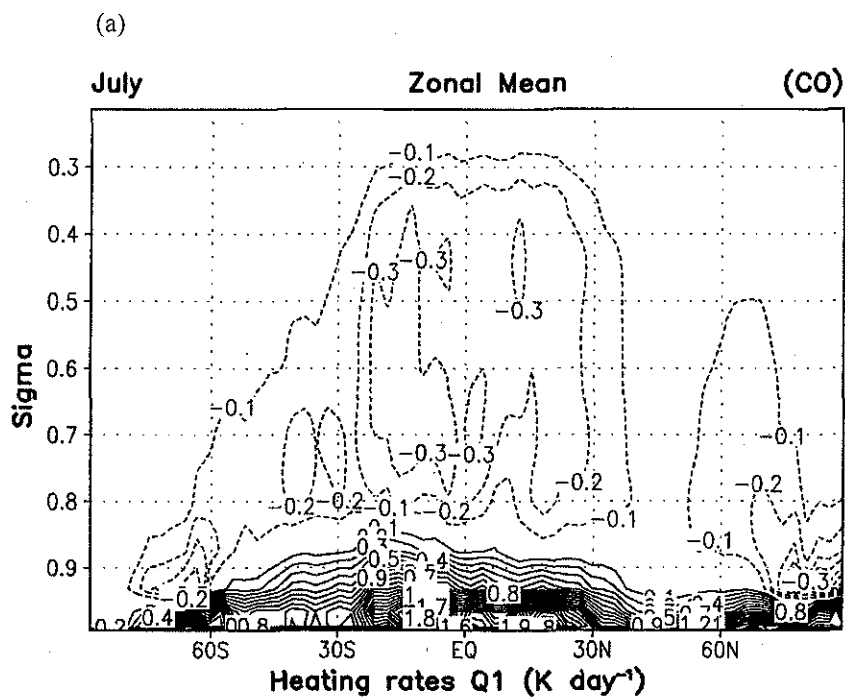


圖 8 三維測試 CO 版七月份之(a)加熱率的緯向平均剖面。(b)同(a)但為加濕率。等值線間距分別為  $0.1 K day^{-1}$  及  $0.0002 g/kg/day$ 。

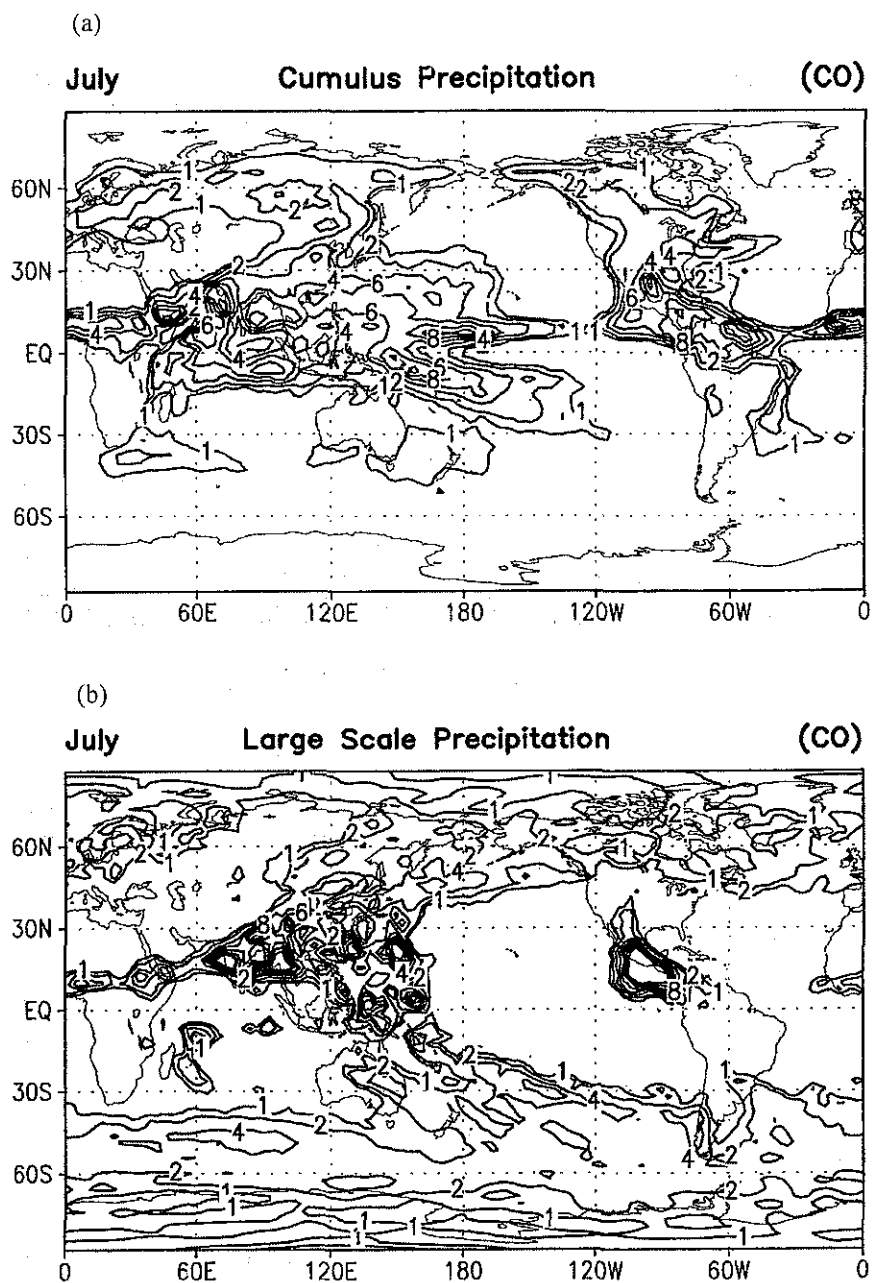


圖 9 三維測試 CO 版七月份之(a)積雲降水(b)大尺度降水。等值線間距為 1,2,4 mm/day。

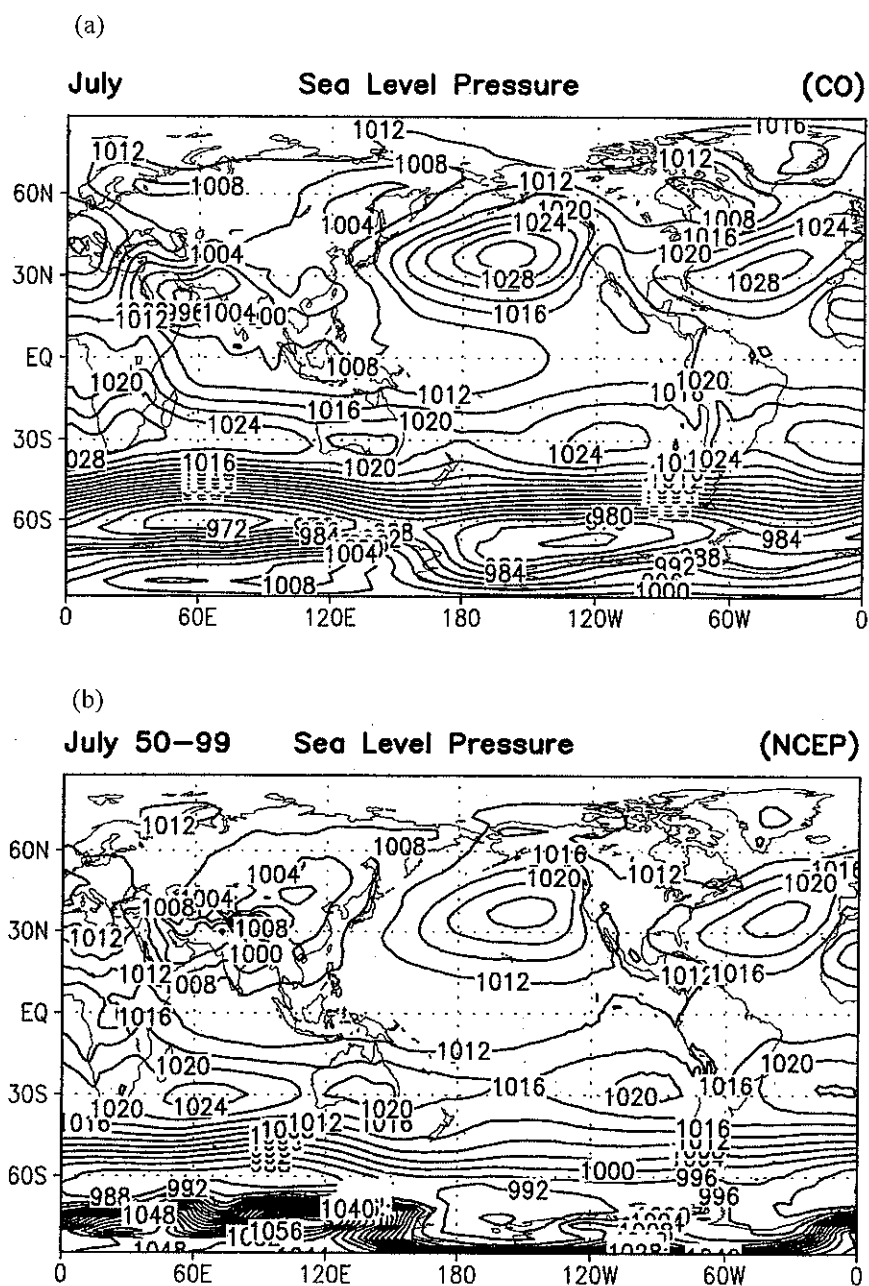


圖 10 (a)三維測試 CO 版七月份之海平面氣壓。(b)同(a)但為 NCEP 的再分析場。等值線間距為 4hPa。

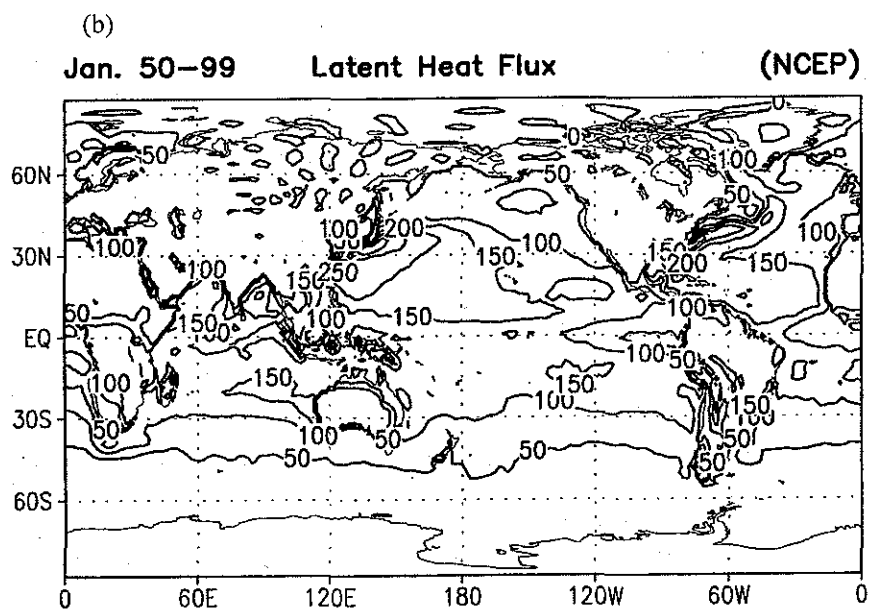
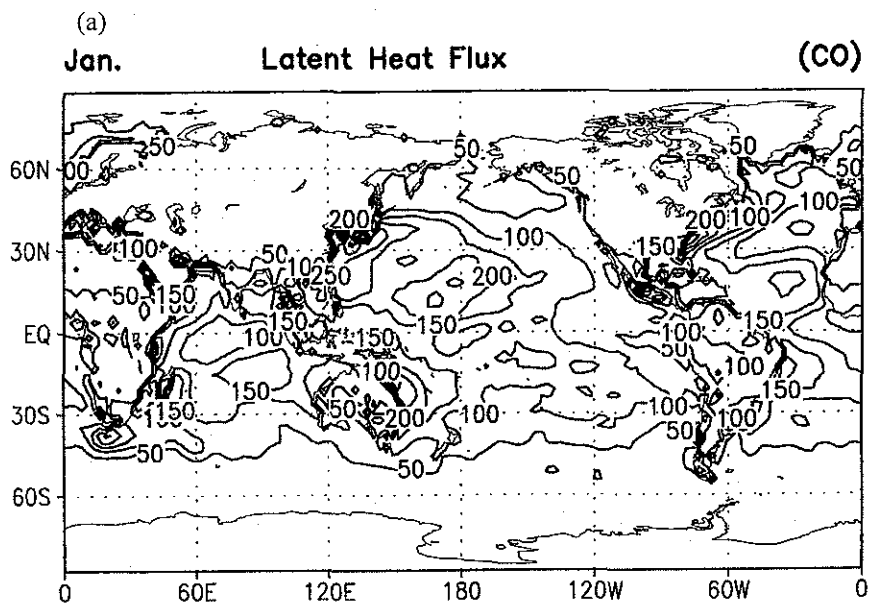


圖 11 (a)三維測試 CO 版一月份之地面潛熱通量。(b)同(a)但為 NCEP 的再分析場。  
等值線間距為  $50 \text{ W/m}^2$ 。

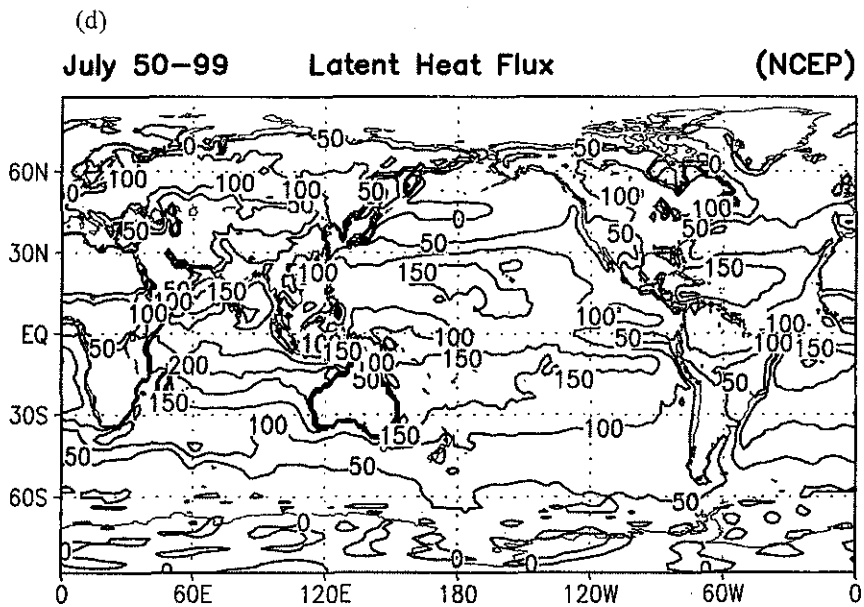
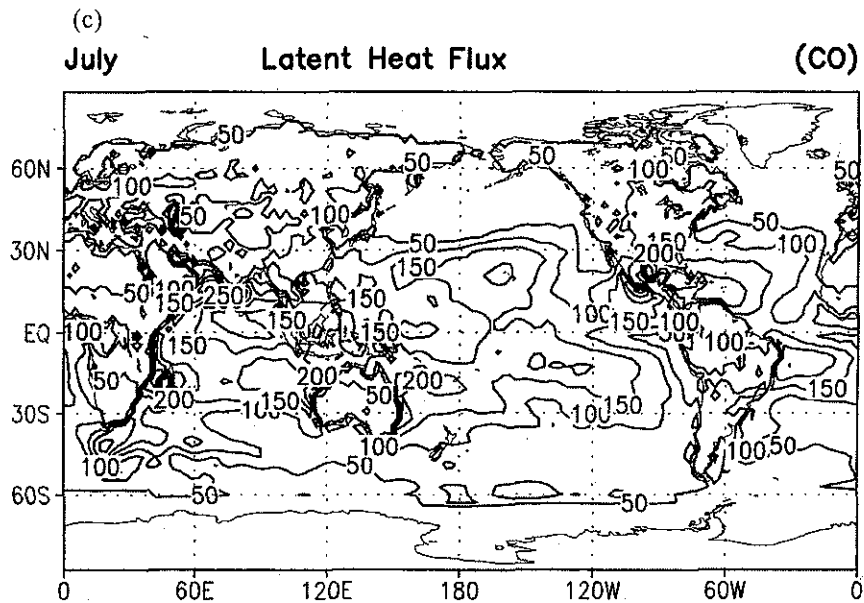


圖 11 (c)同(a)但為七月份之平均場。(d)同(b)但為七月份之再分析場。等值線間距為  $50 \text{ W/m}^2$ 。

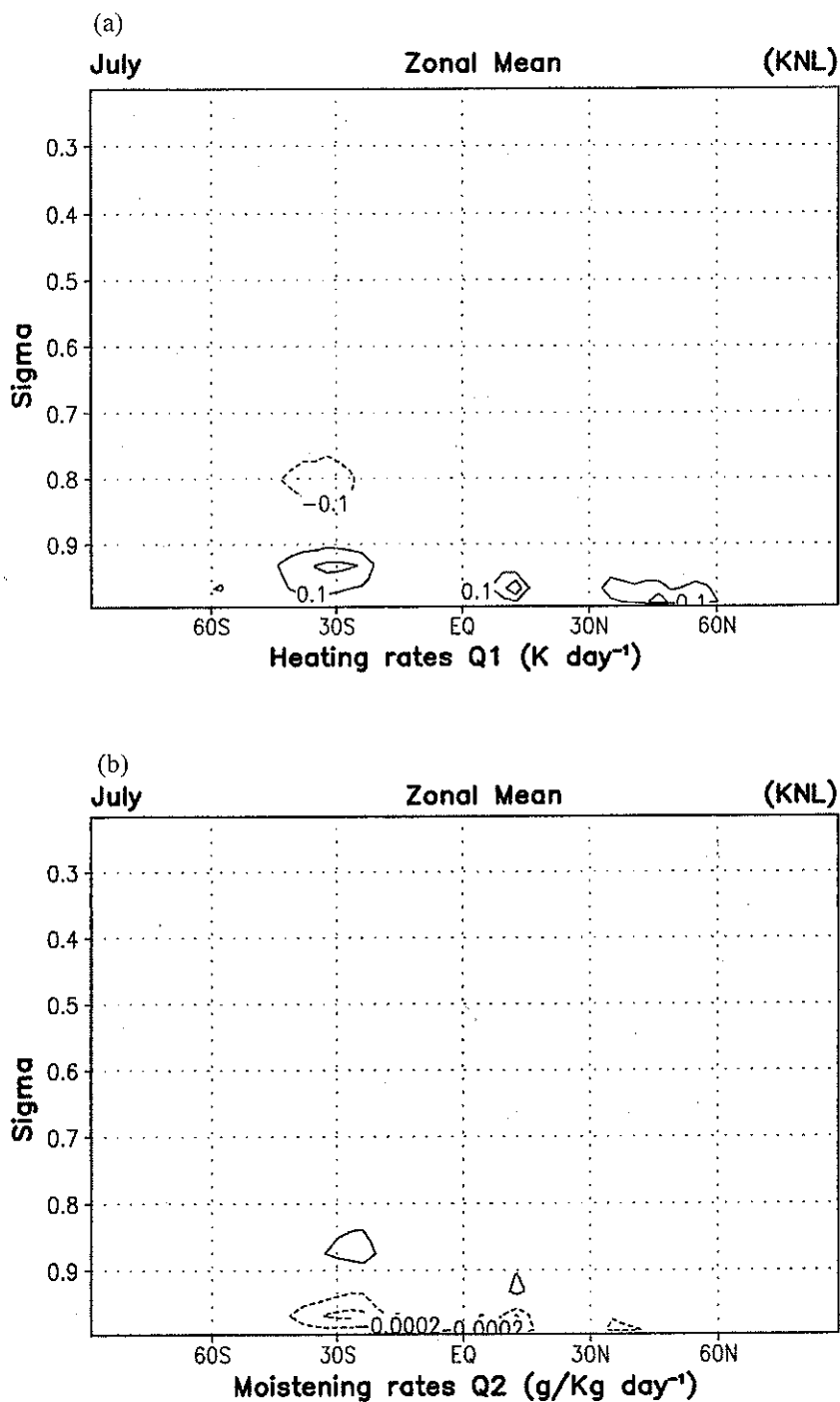


圖 12 三維測試 KNL 版七月份之(a)加熱率的緯向平均剖面。(b)同(a)但為加濕率。

等值線間距分別為  $0.1 \text{ K day}^{-1}$  和  $0.0002 \text{ g/kg/day}$ 。

# ISCCP-D2 (1986-1993) PBL Shallow Cumulus Clouds Incidence

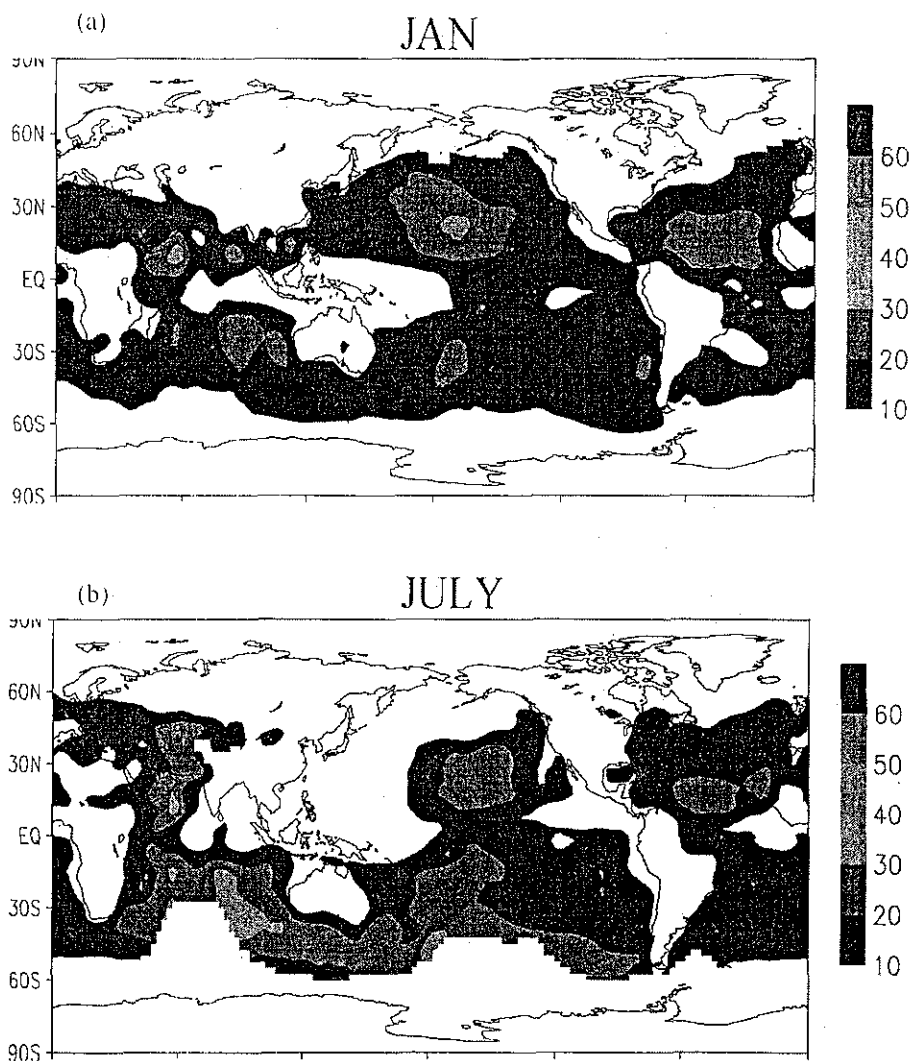


圖 13 ISCCP-D2(1986-1993 年)(a)一月及(b)七月之淺積雲平均發生率(%)。

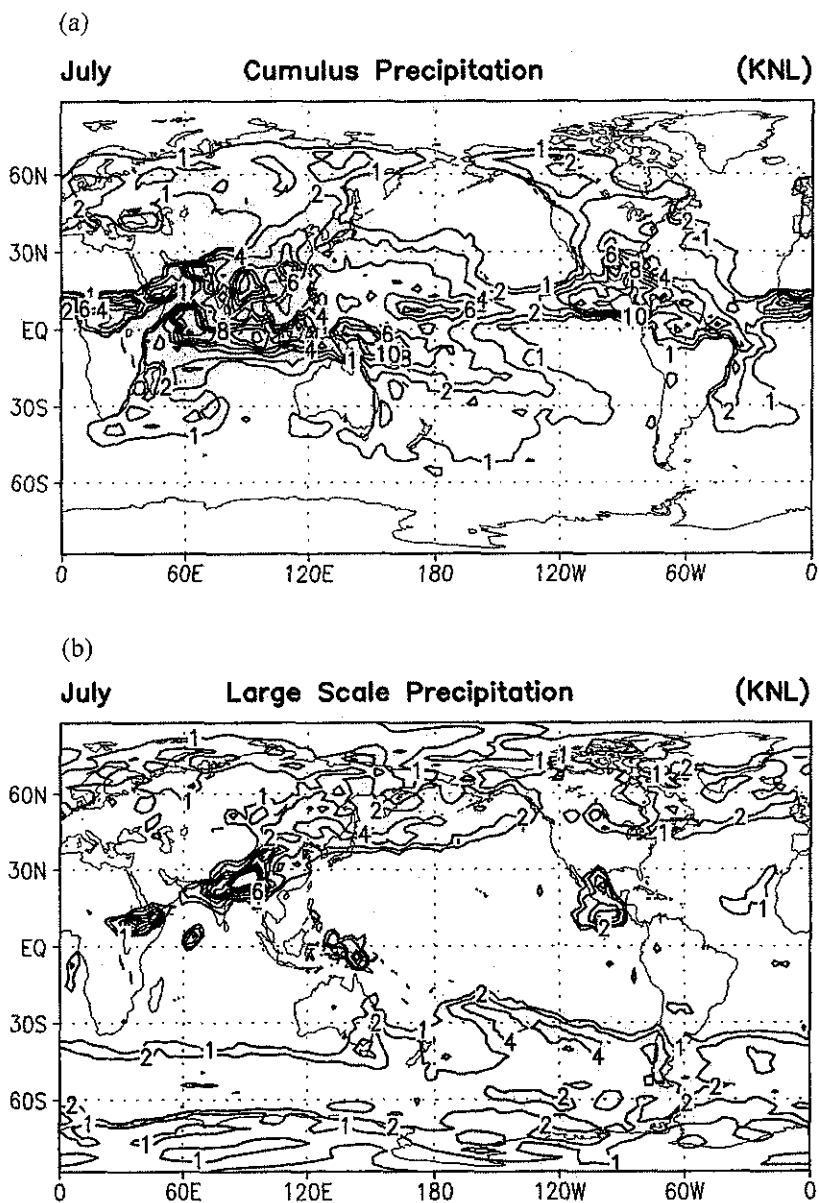


圖 14 三維測試 KNL 版七月份之(a)積雲降水(b)大尺度降水。等值線間距為 1,2,4 mm/day。



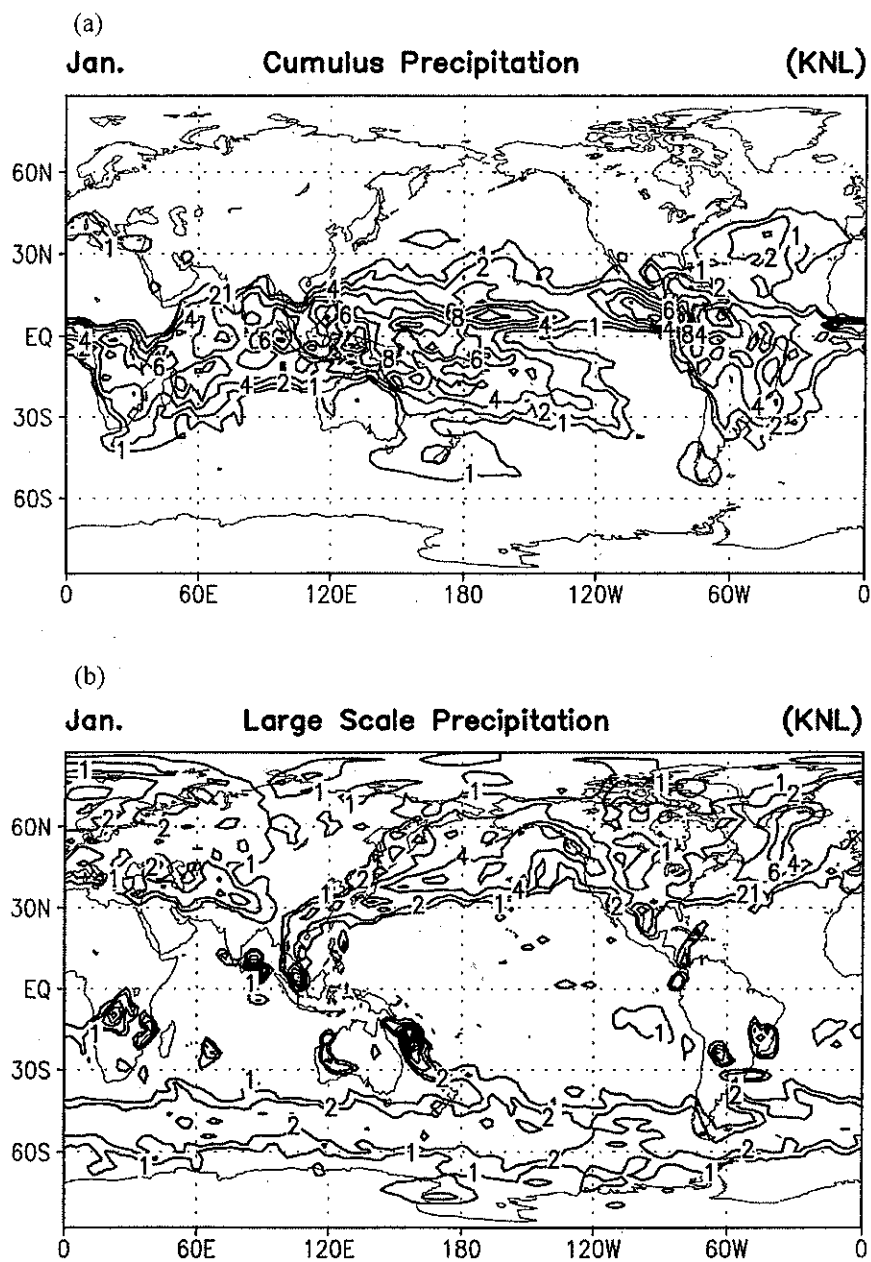


圖 15 三維測試 KNL 版一月份之(a)積雲降水(b)大尺度降水。等值線間距為 1,2,4  
mm/day。

圖 16 為七月份海平面氣壓場，其表現明顯的較接近 NCEP（圖 10b），副熱帶高壓脊不再往北傾斜，而是向大陸東南外海延伸，大陸上的低壓勢力也停止往東南外海擴張，這些改善均和此區降雨的修正有很好的呼應。

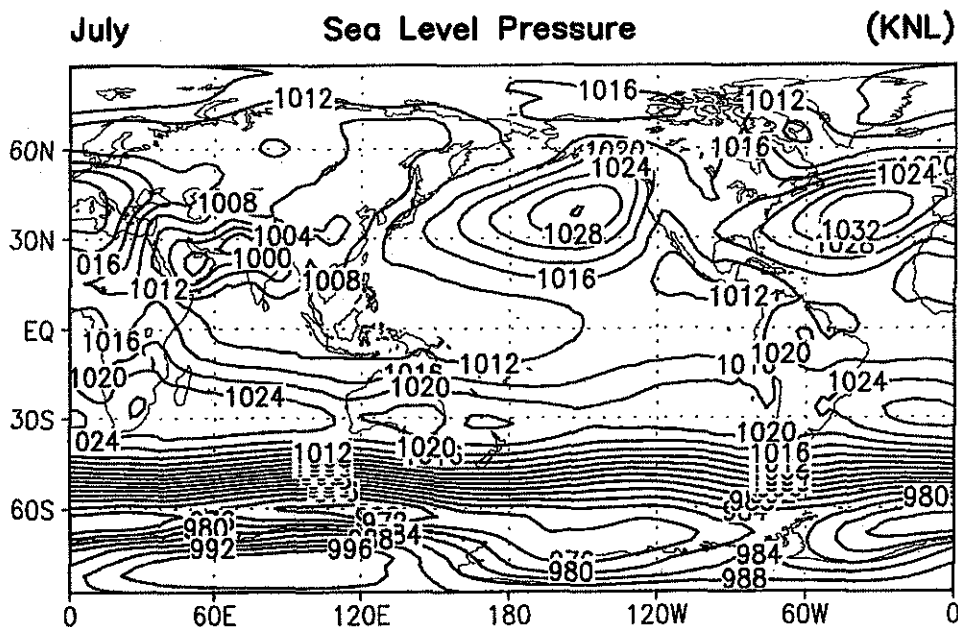


圖 16 三維測試 KNL 版七月份之海平面氣壓。等值線間距為 4hPa。

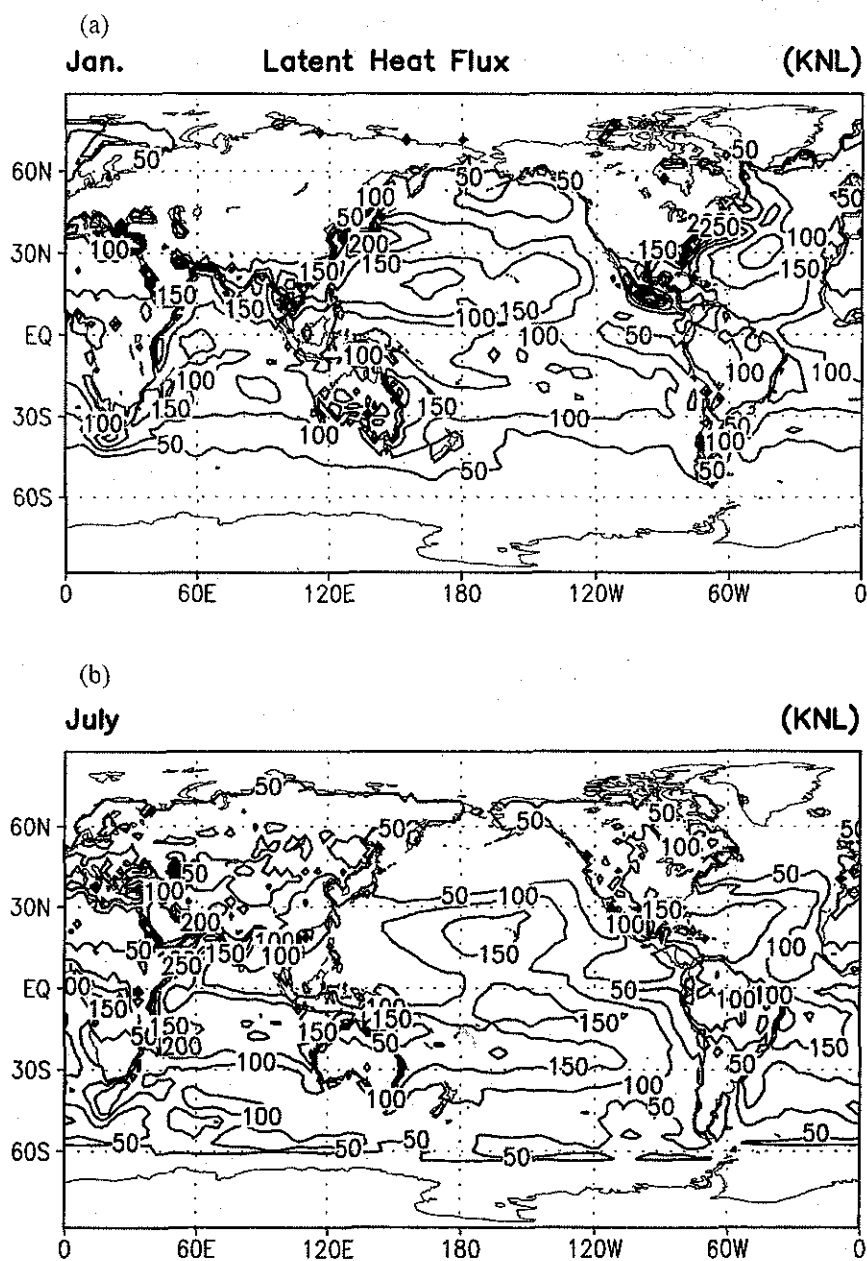


圖 17 三維測試 KNL 版(a)一月份之地面潛熱通量。(b)同(a)但為七月。等值線間距為  $50 \text{ W/m}^2$ 。

## 五、分析與討論

經過一系列漸進的一維測試後，我們瞭解到，在模式大氣裡淺積雲參數化有幾個基本關鍵必須掌握，最基本的是雲層高度的決定，一維測試清楚的顯示 CWB 的 GFSM 對淺積雲頂的決定方法有明顯高估，從三維測試加熱剖面（Q1, Q2）的不正常分布，更進一步呈現淺積雲頂高估對實際大氣的直接影響。當淺積雲層高度決定後，雲內的混合係數則是決定雲層是否能與大尺度作用相抗衡，而保持穩定存在之淺積雲的重要因素，所以混合係數的大小必須依當時環境決定，另外一維測試結果提供我們幾個趨近實際大氣運作的方向，其中一個重點是混合係數的垂直分布應和對流雲內垂直速度的分布相似，即最大值位於中間，靠近雲頂及雲底則漸趨於零；另一個應該考慮的重點則是雲內的熱量及水氣之混合，除了局部的擴散混合因素外，同時還必須考慮整個淺積雲尺度的熱力對流影響，也就是所謂的非局部作用（nonlocal effect）。一維測試的經驗也透露，如果沒有處理好這一部分，淺積雲層無法和大尺度作用相平衡，會加速淺積雲的不正常增高。

在三維大氣的模擬測試中，為考慮實際大氣的三維變化，淺積雲混合對流係數除了有垂直方向變化外，同時因應每點大氣的不穩定度以逸入對流可用位能及雲層厚度等因子（參考 (9), (10) 式）計算水平方向各點混合對流係數的最大值。測試結果顯示，淺積雲參數化雖只是大氣模式的一個小配角，但是不當使用造成的影響卻相當可觀，以本研究為例，過高過旺盛的淺積雲對流將過多的水氣往高層傳送，進而刺激下邊界水氣蒸發，增加潛熱通量的上傳，使得我們看到在 CO 版三維模擬結果中，不論是一月或七月在淺積雲主要發生區域（副熱帶）均有過強的潛熱通量。同時水氣不當往上帶，也破壞了信風帶低層水氣往赤道的傳送，所以信風帶以南的 ITCZ 之所以中斷，和

此密切相關。另外因為淺積雲對大氣的影響是高層冷卻低層加熱，高層增濕低層變乾，而 CO 版淺積雲影響的範圍高達 300hPa，造成 500hPa 以上又冷又濕，極容易產生過飽和，猜測這和不正常大尺度降水的出現有很大的相關性。

模擬結果顯示，當淺積雲參數化作了修正後，KNL 版本的模擬果然有了相當大的改進：潛熱通量在副熱帶區域減弱不少，幾個不正常的大尺度降水區域都有顯著修正，夏季的 ITCZ 東邊也連接成一完整帶狀。

## 六、未來工作

本研究雖已將原淺積雲參數化方法作了很大的調整，也看到很明顯的改進，但是在實際應用時還有很多地方需加強，才能完整地處理不同大氣狀況。

首先是前面提到的兩個保守熱力變數的考慮，因為 BOMEX 實驗環境為相當穩定的大氣，地表水氣的交換也非常微弱，在雲內水氣相位變化影響不大，所以保守熱力變數（液態水位溫，總含水量）的重要性就無法看出；三維模擬中如何將此兩變數與模式原變數作轉換，也是待為解決的問題，因此在本研究中並沒有探討其影響。

其次，三維測試中的淺積雲非局部對流效應是暫時以 BOMEX 實驗環境所推導的實驗式計算，這僅適合 BOMEX 實驗環境。因此未來應引進包含非局部效應之邊界層參數方法 (Hong and Pan 1996) 以取代目前使用之局部混合邊界層，由實際地面熱力條件決定淺積雲尺度渦流產生的非局部對流作用。

最後，在三維測試曾提到，淺積雲對流係數最大值以逸入對流可用位能等環境相關條件決定，此方案實際應用時曾發生幾個問題，其一是有可能得到過大之對流係數，推測其原因是因為環境的逸入可用位能太大，此時應該由深積雲對流釋放不穩定度，而不是淺積雲應該作用的範圍，所以淺積雲作用點之篩選更需要

求精確。因為考慮淺積雲應該作用於大尺度為下沉穩定的環境，目前對此問題處理的方式是以雲頂以下各層的垂直速度作進一步判別，只要有任一層的垂直速度是往上，即將此點去除。但此法是否會過度篩選，是否有其他更好方式，都尚有進一步研究的空間。另外在計算式（10式）中還有一個可調整的雲覆蓋率，此值的大小在實際模擬時有其相當的敏感度，該如何決定是值得進一步思考的。最後，當計算方案之自由度增加時，我們要處理的問題就更加複雜，卻也更向實際大氣邁進。

## 致謝

本局淺積雲參數化之改進研究過程，感謝馮欽賜博士、胡志文博士提供的參與及討論。鄭明典主任的全力支持使研究得以順利進行，在此衷心感謝。

## 參考文獻

- 汪鳳如，1992：E- $\epsilon$  紊流閉合的多層邊界層參數化之數值研究。大氣科學，20，217-232。
- Albrecht, B., 1981: Parameterization of trade-cumulus amounts. *J. Atmos. Sci.*, 38, 97-105.
- Betts, A. K., 1975: Parametric interpretation of trade-wind cumulus budget studies. *J. Atmos. Sci.*, 32, 1934-1945.
- Betts, A. K., 1986: A new convective adjustment scheme I: Observational and theoretical basis. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 112, 677-691.
- Betts, A. K., and B.A. Albrecht, 1987: Conserved Variable Analysis of the Convective Boundary Layer Thermodynamic Structure over the Tropical Oceans, *J. Atmos. Sci.*, 44, 83-99.
- Betts, A. K., and M. J. Miller, 1984: A new convective adjustment scheme. ECMWF Technical Report, No. 43, 65pp.
- Bougeault, P., 1981a: Modeling the trade-wind cumulus boundary layer. Part I: Testing the ensemble cloud relations against numerical data. *J. Atmos. Sci.*, 38, 2414-2428.
- Bougeault, P., 1981b: Modeling the trade-wind cumulus boundary layer. Part II: A high-order one-dimensional model. *J. Atmos. Sci.*, 38, 2429-2439.
- Chen, J.-M., C.-T. Fong, F.-J. Wang, C.-H. Shiao, J.-H. Chen, and M.-D. Cheng, 1999: Climate Characteristics of the CWB Global Forecast System: Hydrological Processes and Atmospheric Circulation. *TAO*, 10, No. 4, 737-762.
- Hong, S.-Y., and H.-L. Pan, 1996: Nonlocal Boundary Layer Vertical Diffusion in a Medium-Range Forecast Model. *Mon. Wea. Rev.*, 124, 2322-2339.
- LeMone, M. A., and W. T. Pennel, 1976: The relationship of trade wind cumulus distribution to subcloud layer fluxes and structure. *Mon. Wea. Rev.*, 104, 524-539.
- Li, J.-L., 1994: On shallow cumulus parameterization scheme for large-scale planetary boundary layers, Ph.D. thesis, University of Wisconsin-Madison, pp203.
- Li, J.-L. F., and F.-J. Wang, 2000: Improved shallow nonprecipitating cumulus process in the Central Weather Bureau global forecast system. Atmospheric science conference, Taipei, Taiwan, 2000, 288-293.
- Li, J.-L. F., and J. A. Young, 1994: Modeling the interactions of shallow cumulus clouds with large-scale boundary layer fields. 6th Conference on Climate Variations, 23-28 January 1994, 240-243.
- Liou, C.-S., J.-H. Chen, C.-T. Terng, F.-J. Wang,

- C.-T. Fong, T. E. Rosmond, H.-C. Kuo, C.-H. Shiao, and M.-D. Cheng, 1997: The second-generation global forecast system at the Central Weather Bureau in Taiwan. *Wea. Forecasting*, 12, 653-663.
- Pennell, W. T., and M. A. LeMone, 1974: An experimental study of turbulence structure in the fair-weather trade wind boundary layer. *J. Atmos. Sci.*, 31, 1308-1323.
- Riehl, H., T. C. Yeh, J. S. Maikus, and N. E. La Seur, 1951: The North-East trade of the Pacific Ocean. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 77, 598-626.
- Sommeria, G., and A. M. LeMone, 1978: Direct testing of three-dimensional model of the planetary boundary layer against experimental data. *J. Atmos. Sci.*, 35, 25-39.
- Soong, S.-T., and Y. Ogura, 1980: Response of tradewind cumuli to large-scale processes. *J. Atmos. Sci.*, 37, 2035-2050.
- Stull, R. B., 1988: An introduction to Boundary Layer Meteorology, Kluwer Academic Publishers, 666pp.
- Tiedtke, M., 1984: The sensitivity of the time-mean large-scale flow to cumulus convection in the ECMWF model. ECMWF Workshop on Convection in large-scale Numerical Models, 28 Nov.-1 Dec., 1983, 297-316.
- Tiedtke, M., 1989: A comprehensive mass flux scheme for cumulus parameterization in large-scale models. *Mon. Wea. Rev.*, 117, 1779-1800.
- Yanai, M., S. Esbensen, and J.-H. Chu, 1973: Determination of bulk properties of tropical cloud clusters from large-scale heat and moisture budgets. *J. Atmos. Sci.*, 30, 611-627.

# **Improved Shallow Cumulus Processes In The Central Weather Bureau Global Forecast System**

<sup>1</sup>Feng-Ju Wang and <sup>2</sup>Jui-Lin F. Li

<sup>1</sup>Research and Development Center, Central Weather Bureau

<sup>2</sup>National Aeronautics and Space Administration

## **ABSTRACT**

It has been reported that the low-level horizontal water vapor transports were not sufficient in the CWB Global Forecast System (GFS) and the geographical patterns of precipitation rate were not well simulated by the GFS.

These could be because the shallow cumulus processes are not well formulated in the model. Results from tests with a single-column version of the GFS indicate that the scheme fails to maintain observed shallow cumulus clouds in the planetary boundary layers during BOMEX. The scheme only considers local cumulus diffusion and ignores its vertical variations.

In this study, we adopt a new scheme which is a simple eddy diffusive scheme with a nonlocal transfer inclusion. This scheme, developed by Li and Young(1994), represents the cumulus fluxes of liquid water potential temperature and total water as the sum of local diffusion plus nonlocal convection. The shallow cumulus cloud layer is well maintained for the BOMEX condition by the new scheme in the single-column tests. The 3-D results simulated using the new scheme but with a fully coupled version are very encouraging; the geographical distributions of July precipitation rates, sea level pressure and surface latent heat flux show more realistic patterns and values than those simulated by the current operational scheme of the GFS.

Key words: shallow cumulus cloud , nonlocal turbulent transfer





# 聖嬰／反聖嬰 (El Niño／La Niña) 統計預報之發展

陳孟詩<sup>1</sup> 盧孟明<sup>2</sup>

<sup>1</sup>中央氣象局氣象預報中心

<sup>2</sup>中央氣象局氣象科技研究中心

## 摘要

本研究利用正準相關分析法發展聖嬰／反聖嬰統計預報模式，預報因子為前四季之季平均海平面氣壓場，預報對象則為赤道地區季平均海溫。

研究結果顯示，模式發展期之冬半年預報表現較夏半年好，就短期氣候預報而言，雖然持續法較正準相關模式佳，但中長期氣候預報則是正準相關模式優於持續法。正準相關模式亦有能力預報海溫之年際變化及季節變化，但有較冷誤差，預報聖嬰比反聖嬰要來得好，雖然模式對主要的聖嬰／反聖嬰事件開始時間預報落後，但對其結束時間則掌握地相當不錯。由相關係數及均方根誤差評估模式之預報技術顯示，不同海溫指標之預報以 Niño3.4 最好，而 Niño3.4 冬季之領先 1 季預報優於其他領先預報，若考慮應用至實際預報作業之時效需求，則 Niño3.4 領先 2 季預報之表現於冬半年較佳。

本研究亦針對正準相關模式進行敏感度測試，結果發現改變預報因子區域及解析度、預報對象選取 8 個海溫指標、預報對象扣除表現較差的 2 個海溫指標及資料前置處理未含去趨勢化，並未改善模式表現，預報因子加入預報對象本身只在領先 3 季預報略有改進，而模式發展期改為 1960-1999 年對模式預報改進幫助較大，因此實際預報作業建議採用最近 40 年為模式發展期。

檢視模式於預報實驗期之表現，正準相關模式對於聖嬰／反聖嬰事件之強度預報不足，而轉變時間之掌握稍為落後，雖然表現不及 ENSO-CLIPER (Landsea and Knaff, 2000)，但較持續法佳。

關鍵詞：聖嬰、正準相關分析、統計預報模式

## 一、前言

聖嬰／反聖嬰 (El Niño／La Niña) 是指赤道中到東太平洋海溫每 2~7 年異常增暖／變冷的現象。聖嬰發生時，伴隨著赤道東風減弱，深對流區並由西太平洋東移至中及東太平洋，由於祕魯沿岸湧升流減弱，漁獲減少，同時透過海氣交互作用及大氣遙相關型態，使得遙地氣候改變，例如美國加州降水增加，而印尼降水減少，影響人類生活至鉅。因此若能準確預報聖嬰的發展，必能減少經濟活動損失。

上一世紀末發生了有紀錄以來最強的聖嬰事件，也為氣象學家提供了一次檢視聖嬰預報模式表現的機會。Barnston et al. (1999) 針對 1997-98 聖嬰事件之模式預報做評比，參與評比的模式包括 8 個動力模式及 7 個統計模式，所使用的方法為均方根誤差及相關係數。研究結果發現，就此事件而言，大部分的模式在 1996 年 12 月即預報赤道太平洋海溫有增暖的趨勢，但直到 1997 年 3 月才預報聖嬰事件的發生，1997 年 6 月才意識到此次為超強的聖嬰事件，一旦聖嬰開始發展之後，大部分的模式均

能預報在 1997 年底達到巔峰，之後於 1998 年晚春初夏時減弱，甚至逆轉為反聖嬰。換句話說，雖然大部分的模式在聖嬰開始前 1 至 2 季能預報某種程度的海溫增暖，但沒有一個模式能預報到此事件的強度。綜合來看，動力與統計模式並無孰優孰劣。表現較好的動力模式有 NCEP ( National Centers for Environmental Prediction ) 及 COLA ( Center for Ocean-Land-Atmosphere Studies ) 所發展的包含海洋及大氣的完整方程，而表現較好的統計模式如 ENSO-CLIPER ( El Niño Southern Oscillation CLImatology and PERsistence )、CA ( Constructed Analog ) 及 CCA ( Canonical Correlation Analysis )，則是使用線性迴歸方法。對動力模式而言，其預報能力之限制在於同化初始資料不足，對統計模式而言則是線性之假設及對實際觀測之反應遲緩。

Landsea and Knaff (2000)認為預報模式之技術不能以氣候法 (climatology) 或持續法 (persistence) 為基準，而應採用結合氣候法、持續法及海溫變化趨勢的 ENSO-CLIPER。他們發現此 12 個預報模式中，有些模式預報 1997-98 聖嬰事件之開始及減弱的表現的確比 ENSO-CLIPER 好，但沒有一個模式能在 6 至 8 個月前成功地預報聖嬰開始或減弱的訊號，包括 ENSO-CLIPER 在內，也沒有一個模式能在 6 至 11 個月前能夠預報到聖嬰成熟期強度之一半。就此事件而言，短期預報 (0 至 5 個月前) 表現較好的模式為 ENSO-CLIPER，中長期預報 (6 至 23 個月前) 表現較好的模式則是 CA、CCA 及 COLA 海氣耦合模式。

由上述學者的研究可知，正準相關 (CCA) 不失為一個好的聖嬰統計預報模式。能夠正確預報聖嬰現象的發展，不僅可以提升超越兩星期之預報能力，同時也可藉由聖嬰資訊應用於台灣地區長期氣候預報之研究。本研究即依據 Barnston and Ropelewski (1992) 發展正準相關模式，第二節敘述發展模式所需之資料及方

法，第三節檢視模式預報之表現，包括敏感度測試 ( sensitivity test )、交叉驗證 ( cross-validation )、模式校驗 ( verification ) 及預報實驗，第四節為結論。

## 二、資料及研究方法

本研究所使用的資料為 1949 年迄今之美國國家環境預報中心重分析 ( NCEP/NCAR Reanalysis, Kalnay et al., 1996 ) 海平面氣壓場 ( SLP; Sea Level Pressure ) 及 1950 年迄今之重建海溫資料 ( NCEP Reconstructed SST, Reynolds and Smith, 1994 )。

模式發展所使用的方法為正準相關分析，此為現行統計模式中最高階的預報技術。最簡單的統計模式為尋找兩單一變數之迴歸關係 ( regression )，複迴歸 ( multiple regression ) 進一步地尋找多個預報因子與單一預報對象之相關，而逐步複迴歸 ( stepwise multiple regression ) 嘗試從大量的預報因子中找出最重要的數個預報因子來解釋單一預報對象，正準相關分析則是尋求多個預報因子與多個預報對象之最佳線性組合 ( linear combination )，也就是兩組向量場間之最大相關 ( correlation )。它與經驗正交函數 ( Empirical Orthogonal Function, EOF )、奇異值分解 ( Singular Value Decomposition, SVD ) 的差別在於經驗正交函數分析單一向量場內之最大變異數 ( variance )，奇異值分解則是計算兩組向量場間之最大互變異數 ( covariance )。

無論是預報因子或預報對象在進行正準相關分析前，資料均先去趨勢化 ( detrend )，也就是以線性單一迴歸方程代表資料之時間序列，計算每一點相對於迴歸方程之殘差 ( residual )，並加上此時間序列之平均值來代替原始資料，目的在於去除超低頻變化對相關分析的影響。去趨勢化後之資料再經標準化 ( standardization )，也就是減去平均值 ( mean ) 後再除以標準差 ( standard deviation )，以去除因地理位置而造成之差異。進行正準相關分析

之前的最後一個步驟為經驗正交函數分析，為的是先找出較重要之空間型態分布，希望減少相關矩陣的維度及計算時間，也就是以兩組向量場較顯著之個別空間分布來進行正準相關分析。至於要保留多少個模（mode），此處的做法是仿造 Preisendorfer (1988)，由蒙地卡羅（Monte Carlo）實驗所得固有值（eigenvalue）之統計分散性決定，也就是若第  $k$  個固有值之標準誤差範圍與第  $k+1$  個重疊甚多，則保留  $k$  個模。值得注意的是，去趨勢化和經驗正交函數分析雖可事先過濾不需要的資訊，但也有可能將有用的資訊一併過濾掉。

經過上述之資料前置處理步驟後，接下來就要進入正準相關分析。若  $Y$ 、 $T$  分別表示經驗資料前置處理步驟後之預報因子和預報對象：

$$Y(x, t) = \sum_{j=1}^p a(t) e_j(x) = \sum_{j=1}^p \kappa_j^{-1/2} \alpha_j(t) e_j(x) \quad x=1, \dots, p$$

$$T(x', t) = \sum_{j=1}^q b(t) f_j(x') = \sum_{j=1}^q \lambda_j^{-1/2} \beta_j(t) f_j(x') \quad x'=1, \dots, q$$

其中  $\kappa_j$ 、 $\lambda_j$  為經驗正交函數分析之固有值， $e_j$ 、 $f_j$  為固有向量（eigenvector）， $p$ 、 $q$  為保留之模，主成分（principal component）為

$$a(t) = \sum_{x=1}^p Y(x, t) e_j(x) \quad j=1, \dots, p$$

$$b(t) = \sum_{x'=1}^q T(x', t) f_j(x') \quad j=1, \dots, q$$

再將主成分標準化：

$$\alpha_j(t) = \kappa^{-1/2} a_j(t) \quad t=1, \dots, n$$

$$\beta_j(t) = \lambda^{-1/2} b_j(t)$$

由  $\alpha_j(t)$ 、 $\beta_j(t)$  可組成  $p \times q$  之矩陣  $C$ ：

$$c_{jk} = \langle \alpha_j(t) \beta_k(t) \rangle_t \quad \langle \rangle_t \text{ 表示相關}$$

因此

$$[CC^T]_{r_j} = \mu_j^{-2} r_j \quad j=1, \dots, p$$

$$[C^TC]_{s_k} = \mu_k^{-2} s_k \quad k=1, \dots, q$$

其中  $^T$  表示轉置矩陣， $\mu_j^{-2}$  為固有值， $r_j$ 、 $s_k$  為固有向量。 $\mu_j$  為正準相關係數（canonical correlation coefficient），而正準成分（canonical component）為

$$u_j = \sum_{i=1}^p \alpha_i r_{ij} \quad , \quad v_k = \sum_{i=1}^q \beta_i s_{ik}$$

正準向量（canonical vector）為

$$g_j(x) = \langle Y(x, t) u_j(t) \rangle_t \quad , \quad h_k(x') = \langle T(x', t) v_k(t) \rangle_t$$

吾人希望能以預報因子之正準成分  $u_j$  的線性組合來表示預報對象  $T(x', t)$ ，也就是將  $T$  向量投影於  $u_j$  所組成的向量空間，利用下列二式之性質：

$$\langle u_j(t) v_k(t) \rangle_t = \begin{cases} \mu_k \delta_{jk} & j, k=1, \dots, q \\ 0 & j=q+1, \dots, p; \quad k=1, \dots, q \end{cases}$$

$$\langle T(x', t) u_j(t) \rangle_t = \begin{cases} h_j(x') \mu_j & j=1, \dots, q \\ 0 & j=q+1, \dots, p \end{cases}$$

以預報因子  $Y$  來估計預報對象  $T$  之最小平方估計式為：

$$\hat{T}(x', t) = \sum_{j=1}^q \mu_j u_j(t) h_j(x') \quad x'=1, \dots, q \quad t=1, \dots, n$$

關於正準相關分析方法更進一步地詳細說明與意義，可參閱 Barnett and Preisendorfer (1987)。

此外，Chu (1998) 也是利用最小平方方法求估計式，但略有不同，其方法簡述如下：

$$u = r^T \alpha \quad , \quad v = s^T \beta$$

$$v = \omega_0 + \omega_1 u + \varepsilon \Rightarrow \hat{v} = w_0 + w_1 u \Rightarrow \hat{\beta} = (s^T)^{-1} \Lambda (r^T \alpha - r^T \bar{\alpha}) + \bar{\beta}$$

$$\Lambda = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \lambda_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \lambda_q \end{bmatrix}$$

其中  $( )^{-1}$  表示反矩陣， $\bar{\phantom{x}}$  表示平均值， $\Lambda$  則是正準相關係數矩陣。求得  $\hat{\beta}$  後，再利用  $\beta$  與  $T$  之經驗正交函數關係求  $\hat{T}$ 。

至於校驗模式的方法則採用相關係數及均方根誤差 (Wilks, 1995)。

### 三、模式發展及結果

#### (一) 模式架構

模式發展期 (training period) 為 1956-1995 年, 1996-2000 年為模式預報實驗期。預報因子 (predictor) 為前四季  $40^{\circ}\text{S}$ - $70^{\circ}\text{N}$ ,  $0^{\circ}$ - $360^{\circ}$  之季平均海平面氣壓場, 受限於現有電腦資源, 解析度為  $20^{\circ}\times 20^{\circ}$ , 預報對象 (predictand) 則為赤道地區 ( $5^{\circ}\text{S}$ - $5^{\circ}\text{N}$ ,  $0^{\circ}$ - $360^{\circ}$ ) 季平均海溫, 解析度為  $2^{\circ}\times 10^{\circ}$ 。經由經驗正交函數分析, 海平面氣壓場選取前 6 個模, 海溫選取前 2 個模進行正準相關分析, 累積解釋變異數分別可達 40% 及 65% 以上, 之後再依據 Chu (1998) 之迴歸預報估計式。

圖 1 為領先 2 季 (lead2, 如表 1) 之冬季 (DJF; 12~2 月) 預報的正準相關分析第一個模, 也就是以前一年秋、冬季及今年春、夏季之海平面氣壓來預報今年冬季之海溫。由圖中可看出, 57/58、65/66、68/69、72/73、82/83、87/88 年之海溫正準成分距平大於一個標準差, 而 70/71、73/74、75/76、88/89、95/96 年之海溫正準成分距平小於一個標準差, 與 Trenberth (1997) 定義之聖嬰/反聖嬰一致, 因此第一個模為 ENSO 型態。由海溫之正準向量

可看出, 冬季當赤道中至東太平洋出現正距平時, 西太平洋為負距平, 印度洋為正距平, 而大西洋為微弱正距平。由於正準相關係數為 -0.89, 相對應的海平面氣壓之正準向量於前一年秋季在印尼及澳洲為負距平, 赤道東太平洋及中國大陸為正距平, 前一年冬季雖然赤道東太平洋還是正距平, 但副熱帶中及東太平洋已開始轉為負距平, 與澳洲同相位, 同年春季換日線以東已全部轉為負距平, 換日線以西為正距平, 初具聖嬰成熟時海平面氣壓於赤道東、西太平洋反相位之雛型, 並於同年夏季繼續增強, 此時南方振盪指數 (SOI) 為負, 與聖嬰發展相互吻合。第二個模之正準相關係數則為 0.56 (圖略)。

#### (二) 敏感度測試

本研究與 Barnston and Ropelewski (1992) 之差異除了使用資料之不同外, 還包括預報因子、預報對象、模式發展期、資料前置處理及迴歸預報估計式 (表 2)。為了解這些差異對模式的影響, 因此進行敏感度測試, 包括預報因子加入預報對象本身、改變預報因子區域及解析度、預報對象選取 8 個海溫指標 (表 3)、預報對象扣除表 3 中表現較差的 2 個海溫指標 P2、B (Barnston and Ropelewski, 1992)、模式發展期改為 1960-1999 年及資料前置處理未含去趨勢化, 詳細之說明及代號請參閱表 4。

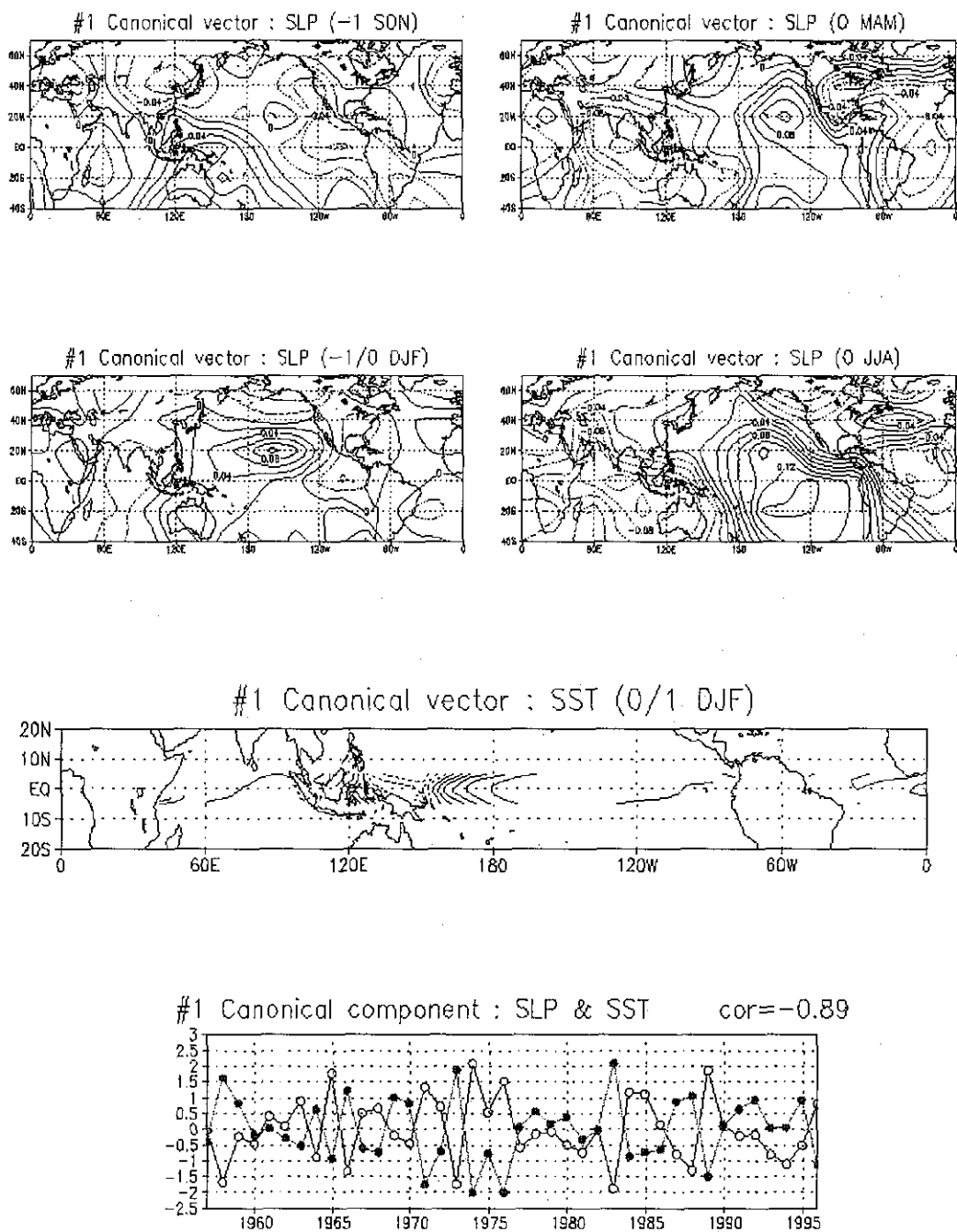


圖 1、冬季 lead2 預報第一個模的正準向量、正準成分及正準相關係數。正準向量等值線間隔為 0.02，負值以虛線表示，-1 SON 表示前一年 9~11 月，-1/0 DJF 表示前年 12 月~今年 2 月……以此類推。正準成分空心圓為海平面氣壓，實心圓為海溫，1960 表示 DJF 1959/60。

表 1、預報 DJF 96/97 海溫所使用的領先 1~5 季海平面氣壓之代表期間

Lead5	Lead4	Lead3	Lead2	Lead1	Target
DJF94/95~SON95	MAM95~DJF95/96	JJA95~MAM96	SON95~JJA96	DJF95/96~SON96	DJF96/97

表 2、本研究與 Barnston and Ropelewski (1992) 之差異

	本研究	Barnston and Ropelewski (1992)
預報因子	NCEP Reanalysis SLP (20°×20°)	SOI+NMC SLP (5°×10°) COADS+Reynolds SST (如表 3)
預報對象	Reconstructed SST (赤道區域)	COADS+Reynolds SST (如表 3)
模式發展期	1956-1995 年	1956-1990 年
資料前置處理	EOF 6×2 mode	EOF 3×3 mode 預報因子權重 SLP:SST=1:0.06
迴歸預報估計式	Chu (1998)	Barnett and Preisendorfer (1987)

表 3、8 個海溫指標

P2	P4	P5	B	N1+2	N3	N4	N3.4
10°S-10°N	5°S-5°N	0°-10°N	10°S-0°	10°S-0°	5°S-5°N	5°S-5°N	15°-5°S
140°E-180°	120°-170°W	80°-100°W	80°-100°W	80°-90°W	90°-150°W	150°W-160°E	90°-110°E

表 4、模式敏感度測試之代號及說明

代號	說明
CTL	Control run
+SST	預報因子為 SLP (40°S-70°N, 0°-360°, 20°×30°):SST (5°S-5°N, 0°-360°, 10°×20°)=1:1
2SLP	預報因子為 SLP (30°S-30°N, 0°-360°, 10°×20°)
8IDX	預報對象為 8 個海溫指標 (如表 3)
-P2、B	預報對象為不含 P2 及 B (表 3) 之 6 個海溫指標
1960-1999	模式發展期為 1960-1999 年
No-detrend	資料前置處理未含去趨勢化

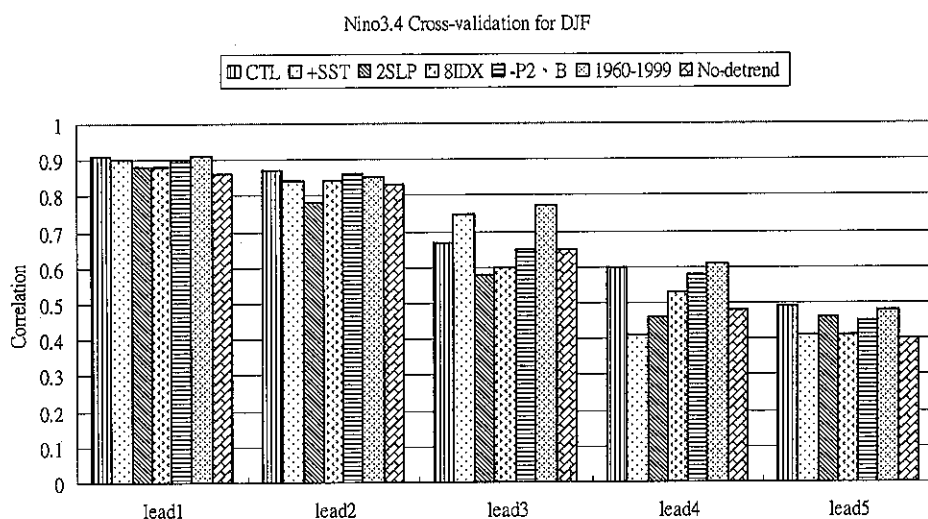


圖 2、冬季 Niño3.4 敏感度測試之交叉驗證，各代號之說明請參閱表 4。

圖 2 為冬季 Niño3.4 敏感度測試之交叉驗證，由圖中可發現+SST 除了 lead3 預報外，其他領先預報均未優於 CTL，而 2SLP、8IDX、-P2、B 及 No-detrend 之各領先預報亦不如 CTL，只有 1960-1999 於 lead3、lead4 預報表現比 CTL 佳，lead1 預報則是旗鼓相當。換句話說，改變預報因子區域及解析度、預報對象選取 8 個海溫指標、預報對象扣除表現較差的 2 個海溫指標 (P2、B) 及資料前置處理未含去趨勢化，並未改善模式表現，預報因子加入預報對象本身只在 lead3 預報略有改進，而模式發展期改為 1960-1999 年對模式預報改進幫助較大。

由此可知，CTL 於 lead2、lead5 預報表現最好，lead3、lead4 預報表現最佳的為 1960-1999，兩者於 lead1 預報平分秋色，因此實際預報作業採用最近 40 年為模式發展期。此外，受限於截至發布未來一季之預報時間所能得到的海溫資料為前一個月，lead1 預報並不可行，以下討論將以 Niño3.4 之 lead2 預報為主。

### (三) 交叉驗證

圖 3 是 Niño3.4 模式預報及持續法之交叉驗證，由圖中可看出模式 lead1 預報之交叉驗證相關係數超過 0.6，即使是 lead3 預報，相關係數也達到 0.4 以上。無論是領先多少季預報，相關係數在冬半年較高，夏半年較低，lead1 之 OND~DJF 預報甚至超過 0.9，用於實際預報作業的 lead2 之 NDF、DJF 預報也有 0.88，顯示模式冬半年預報之表現較夏半年好。持續法之 lead1~3 預報也有相同的結果，值得注意的是，冬半年 lead1 預報之交叉驗證相關係數，持續法超越模式，兩者於冬季 lead2 預報則相差不大，表示就短期 (6 個月之內) 氣候預報而言，尤其是冬季，持續法仍有相當應用價值，換句話說，Niño3.4 海溫在冬季較具持續性，但是中長期 (6 個月以上) 氣候預報，仍以使用正準相關模式較為適當。

Niño3 及 Niño4 的結果與 Niño3.4 類似 (圖略)，但 Niño4 lead1 預報之相關係數，持續法全年均高於模式，顯示 Niño4 較 Niño3.4 海溫更具持續性。

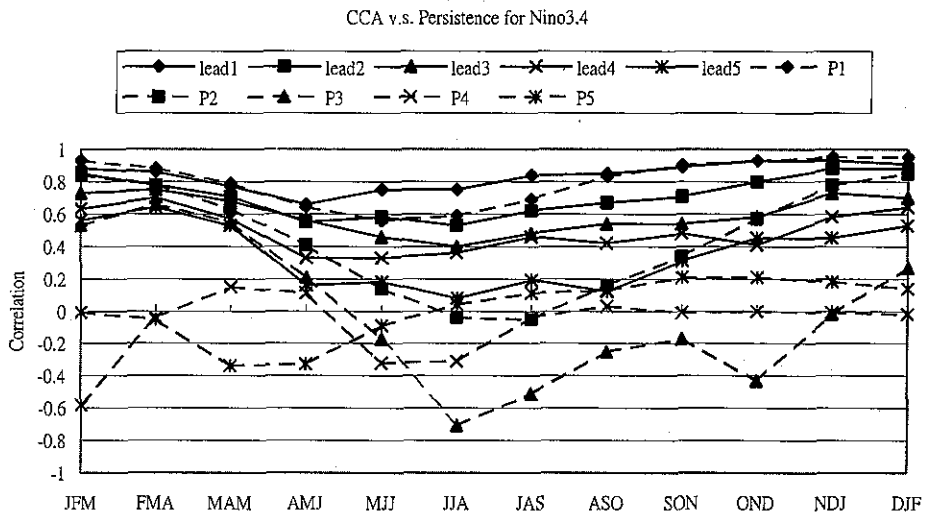


圖 3、Niño3.4 模式預報及持續法之交叉驗證，其中 lead1 表示領先 1 季之正準相關分析法，P1 表示領先 1 季之持續法……以此類推。

#### (四) 模式校驗

為探究模式是否有能力預報聖嬰現象，圖 4 為 Niño3.4 冬季 lead2 預報之年際變化，若定義海溫距平超過一個正／負標準差為主要的聖嬰／反聖嬰事件，則可發現模式事後預報 (hindcast) 聖嬰為 57/58、65/66、72/73、82/83、87/88、92/93、93/94，實際上為 57/58、65/66、72/73、82/83、86/87、91/92，命中率為 57%，且多集中於模式發展前期。模式事後預報反聖嬰為 62/63、64/65、70/71、71/72、73/74、75/76、83/84、84/85、88/89、95/96，實際上為 70/71、73/74、75/76、88/89，命中率為 40%，可見模式事後預報聖嬰比反聖嬰來得好，同時也顯示出模式事後預報有較冷誤差。事後預報和實際的 Niño3.4 相關係數可達 0.88。圖 5 為 80 年代 Niño3.4 lead2 預報之季節變化，由圖中可看出模式對主要的聖嬰／反聖嬰事件開始時間預報落後，但對其結束時間則掌握地相當不錯，其相關係數為 0.84，由此可知模式有能力預報海溫之年際變化及季節內變化。

進一步由相關係數及均方根誤差來評估模

式之預報技術，發現冬季 Niño3.4 lead2 預報之相關係數較 Niño3、Niño4 高 (圖 6)，即使是相關係數較低之 Niño4 預報亦超過 0.8，但 Niño4 預報之均方根誤差是三者當中最小的，與其他二者相差不多，綜合來看，Niño3.4 不失為一個可預報之海溫指標。圖 7 比較冬季 Niño3.4 各不同領先預報之表現，正如原先所預期的，lead1 預報之相關係數最高，其次為 lead2 預報，相關係數最低的是 lead5 預報，而均方根誤差最小的是 lead1 預報，最大的是 lead5 預報，顯示模式表現隨預報時效增長，其預報能力降低。Niño3.4 不同季節 lead2 預報之比較如圖 8 所示，冬半年之相關係數高於夏半年，同時冬半年之均方根誤差也較小，均方根誤差最大為 AMJ，顯示模式仍無法突破春季之預報障礙。

就模式發展期而言，檢視事後預報的結果顯示，不同海溫指標之預報以 Niño3.4 最好，而 Niño3.4 冬季之 lead1 預報優於其他領先預報，若考慮應用至實際預報作業，則 Niño3.4 lead2 預報之表現於冬半年較佳。

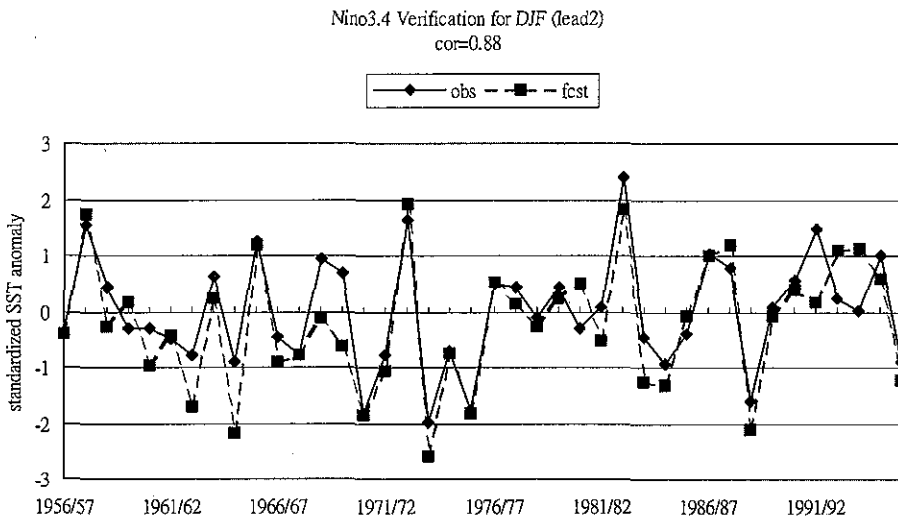


圖 4、Niño3.4 冬季 lead2 預報之年際變化。實線為觀測值，虛線為預報值。



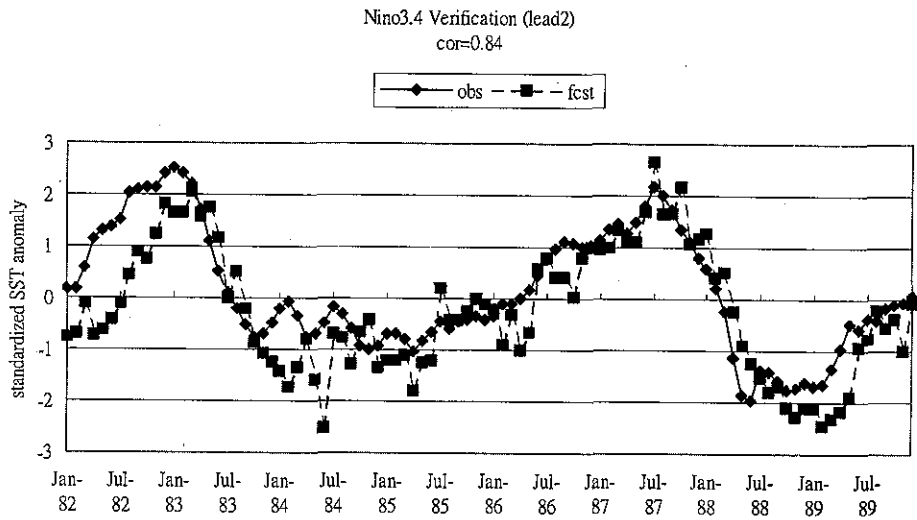


圖 5、Niño3.4 lead2 預報之季節變化。實線為觀測值，虛線為預報值。

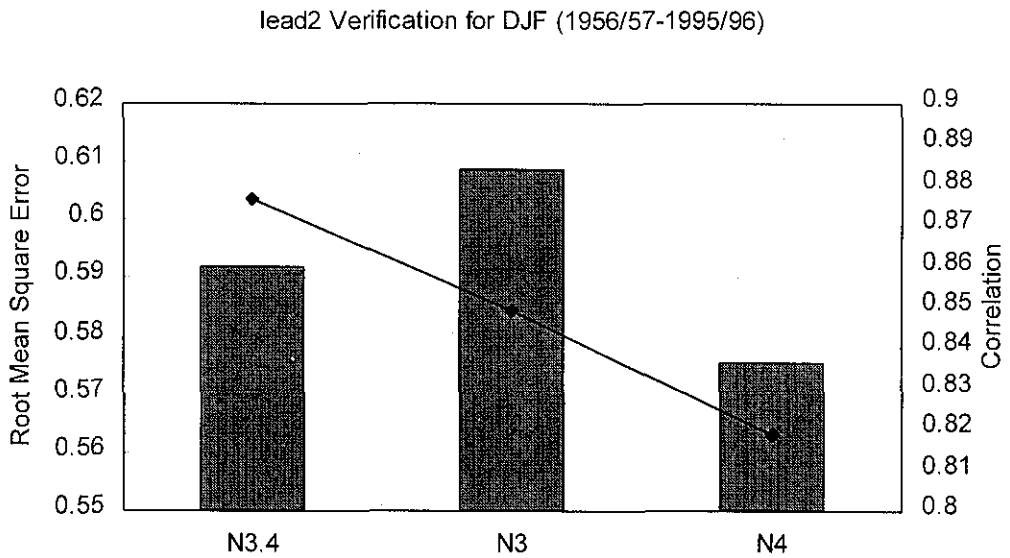


圖 6、Niño3.4、Niño3 及 Niño4 冬季 lead2 預報之均方根誤差（長條圖）及相關係數（折線圖）。

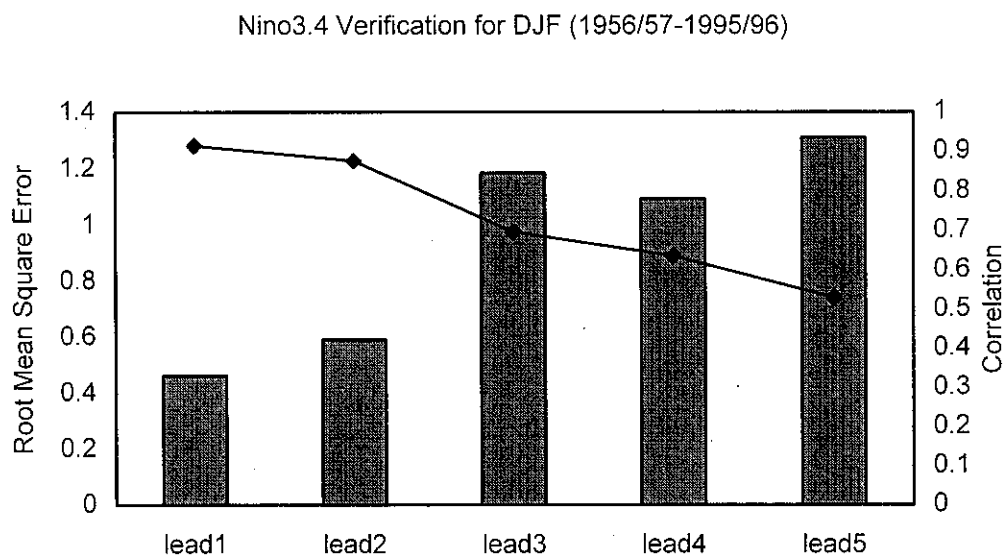


圖 7、Niño3.4 冬季 lead1~5 預報之均方根誤差（長條圖）及相關係數（折線圖）。

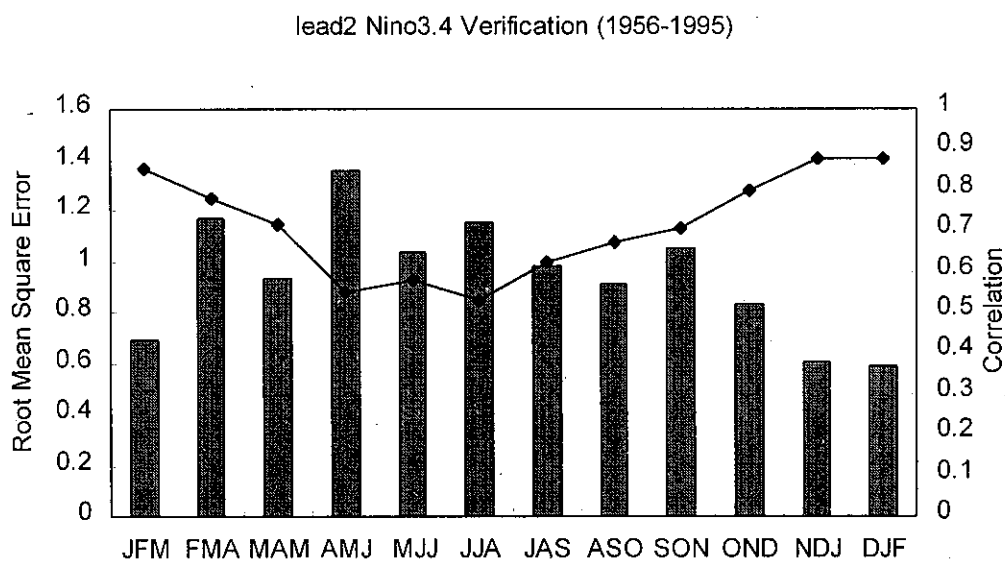


圖 8、Niño3.4 lead2 預報之均方根誤差（長條圖）及相關係數（折線圖）。

### (五) 預報實驗

由以上討論可知，模式於發展期之事後預報還算不錯，但若與實際預報期間比較，往往高估其預報技術，因此應用模式於 1996-2000 年，以探討模式真實的預報能力。

圖 9 為 1996 年至今 (AMJ 2002) Niño3.4 各領先預報及實際觀測值，lead1~5 預報與觀測值之相關係數分別為 0.9、0.74、0.5、0.15、-0.1 (相關係數之計算時間為 1996-2000 年)。圖中顯示 1997 年春季快速發展出聖嬰事件，而 1998 年春季快速發展出反聖嬰事件。以相關最好的 lead1 預報而言，對於兩次聖嬰及反聖嬰事件之預報強度不夠，預報聖嬰開始及結束時間延遲一個月，預報反聖嬰開始時間亦延遲，但預報其結束時間則提早。lead2 預報也有類似的結果，但預報聖嬰開始及結束時間則延遲一季，lead3 以上之預報則延遲一季至半年以上，同時在相位的掌握上也不盡理想，尤其是 lead4、lead5 預報。預報實驗期之交叉驗證如圖 10 所示，與模式發展期相同，各領先預報之交叉驗證相關係數仍以冬半年較高，夏半年較低，lead1 及 lead2 預報之相關係數大部分均超過

0.5，冬季甚至可達 0.9 左右，因此 lead1、lead2 預報仍具相當程度之參考性。

由於 Landsea and Knaff (2000)認為預報模式之技術應以 ENSO-CLIPER 為基準，本研究亦比較正準相關模式 (CCA) 與 ENSO-CLIPER 及持續法 (PERSIST) 於預報實驗期之相關係數及均方根誤差 (圖 11)。由圖中可看出無論是領先多少季預報，相關係數均以 ENSO-CLIPER 最高，其次為 CCA，均方根誤差則以 ENSO-CLIPER 最小，CCA 次之，換句話說，預報實驗期間正準相關模式表現雖不及 ENSO-CLIPER，但較持續法要好。依據此正準相關模式所開發出來的預報產品如圖 12 所示，此為最新之 Niño3.4 海溫預報 (實際觀測值至 2002 年 6 月)，若定義海溫距平超過一個正/負標準差為主要的聖嬰/反聖嬰事件，則可發現模式預報聖嬰將於未來一季開始發展，圖 10 則提供模式於發展期之預報技術做參考，模式真實之預報能力則可由圖 9 得知。綜合以上資訊，預報人員可判斷模式之預報可信度，進一步應用聖嬰資訊於台灣地區，以改善台灣地區短期氣候預報。

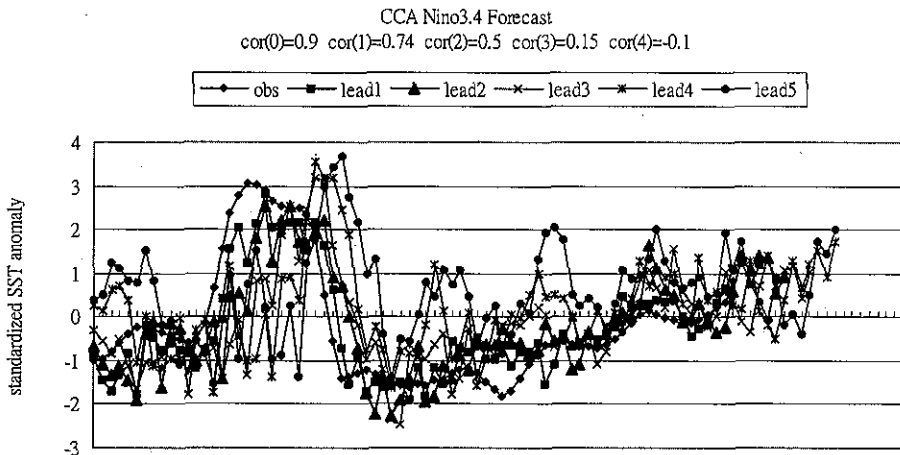


圖 9、1996 JFM-2002 AMJ 之 Niño3.4 各 lead 預報及實際觀測值，相關係數之計算時間為 1996-2000 年，其中●表示觀測值、●表示領先 1 季之預報、▲表示領先 2 季之預報、×表示領先 3 季之預報、\*表示領先 4 季之預報、●表示領先 5 季之預報。

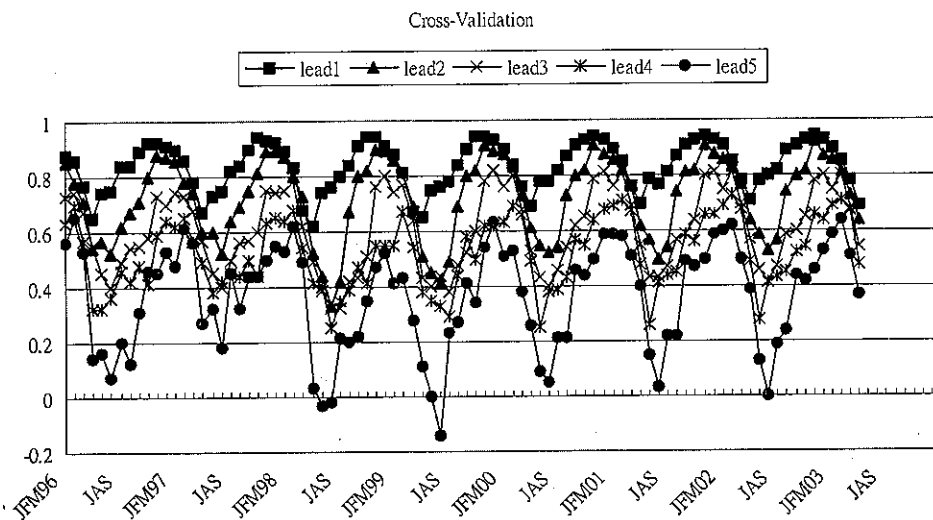


圖 10、1996 JFM~2003 AMJ Niño3.4 各 lead 預報之交叉驗證，其中●表示領先 1 季之預報、▲表示領先 2 季之預報、×表示領先 3 季之預報、\*表示領先 4 季之預報、●表示領先 5 季之預報。

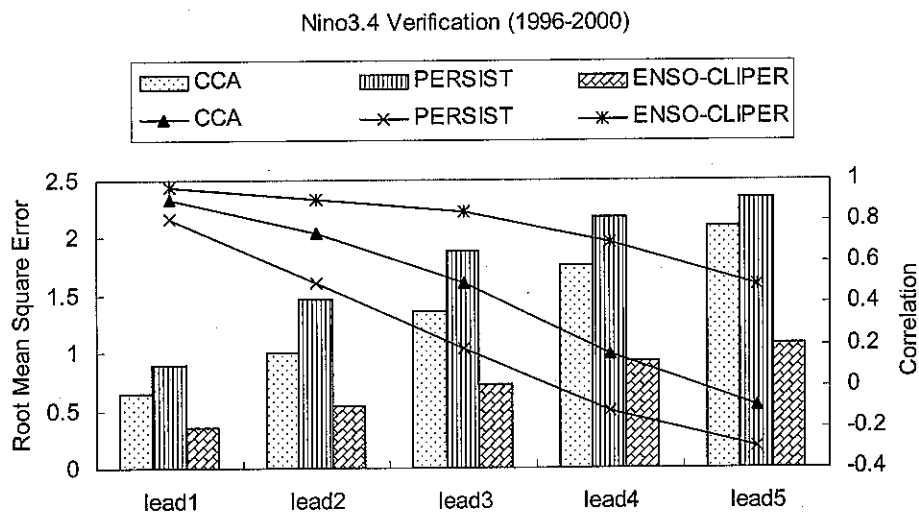


圖 11、Niño3.4 各 lead 預報之均方根誤差（長條圖）及相關係數（折線圖）。

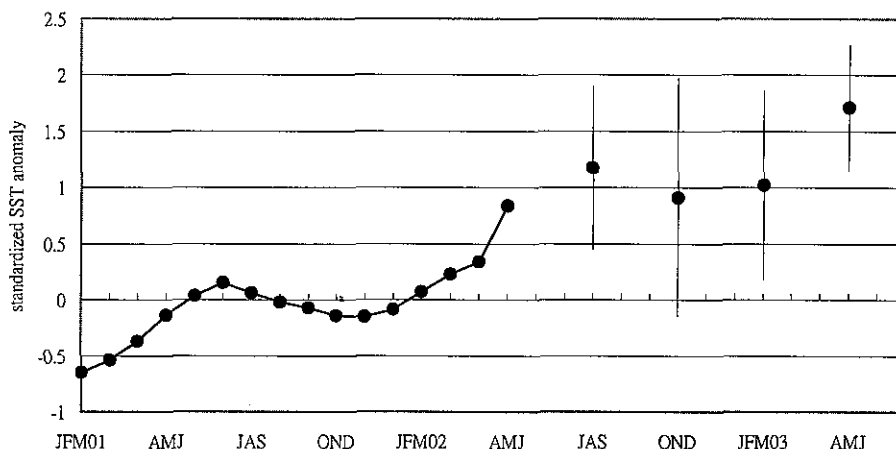


圖 12、Niño3.4 於 2001 JFM~2002 AMJ 之實際觀測值及 2002 JAS~2003 AMJ 之預報，垂直線為正負一個標準差連線。

## 四、結論

本研究依據 Barnston and Ropelewski (1992)，利用正準相關分析法發展聖嬰統計預報模式，模式發展期為 1956-1995 年，1996-2000 年為模式預報實驗期。預報因子為前四季  $40^{\circ}\text{S}$ - $70^{\circ}\text{N}$ ， $0^{\circ}$ - $360^{\circ}$  之季平均海平面氣壓場，受限於現有電腦資源，解析度為  $20^{\circ}\times 20^{\circ}$ ，預報對象則為赤道地區 ( $5^{\circ}\text{S}$ - $5^{\circ}\text{N}$ ， $0^{\circ}$ - $360^{\circ}$ ) 季平均海溫，解析度為  $2^{\circ}\times 10^{\circ}$ 。經由經驗正交函數分析，海平面氣壓場選取前 6 個模，海溫選取前 2 個模進行正準相關分析，累積解釋變異數分別可達 40% 及 65% 以上，之後再依據 Chu (1998) 之迴歸預報估計式。

研究結果顯示，模式發展期之冬半年預報表現較夏半年好，就短期氣候預報而言，雖然持續法較正準相關模式佳，但中長期氣候預報則是正準相關模式優於持續法。正準相關模式

亦有能力預報海溫之年際變化及季節變化，但有較冷誤差，預報聖嬰比反聖嬰要來得好，雖然模式對主要的聖嬰／反聖嬰事件開始時間預報落後，但對其結束時間則掌握地相當不錯。由相關係數及均方根誤差評估模式之預報技術顯示，不同海溫指標之預報以 Niño3.4 最好，而 Niño3.4 冬季之 lead1 預報優於其他領先預報，若考慮應用至實際預報作業，則 Niño3.4 lead2 預報之表現於冬半年較佳。

本研究亦針對正準相關模式進行敏感度測試，結果發現改變預報因子區域及解析度、預報對象選取 8 個海溫指標、預報對象扣除表現較差的 2 個海溫指標 (P2、B) 及資料前置處理未含去趨勢化，並未改善模式表現，預報因子加入預報對象本身只在 lead3 預報略有改進，而模式發展期改為 1960-1999 年對模式預報改進幫助較大，因此實際預報作業採用最近 40 年為模式發展期。

檢視模式於預報實驗期之表現，正準相關模式對於聖嬰／反聖嬰事件之強度預報不足，而轉變時間之掌握稍為落後，雖然表現不及 ENSO-CLIPER，但較持續法佳。陳（2001）指出，採用 Barnett and Preisendorfer (1987) 之迴歸預報估計式比 Chu (1998) 來得好，因此模式未來之改進將朝此方向努力。此外，若 ENSO 訊號與台灣氣候有某種程度之相關，預報人員即可根據此正準相關模式預報聖嬰之資訊，進一步應用於台灣地區，以改善台灣地區短期氣候預報。

## 致謝

本研究在國科會計畫 NSC89-2621-Z-052-002 之資助下完成。感謝審查者細心審閱並提供寶貴建議。

## 參考文獻

- 陳孟詩，2001：台灣地區短期氣候統計預報模式改進之研究。中央氣象局研究發展專題，九十年年度研究報告第 CWB90-1A-04 號。
- Barnett, T. P. and R. Preisendorfer, 1987: Origins and levels of monthly and seasonal forecast skill for United States surface air temperatures determined by canonical correlation analysis. *Mon. Wea. Rev.*, **115**, 1825-1850.
- Barnston, A. G., and C. F. Ropelewski, 1992: Prediction of ENSO episodes using canonical correlation analysis. *J. Climate*, **5**, 1316-1345.
- , M. H. Glantz, and Y. He, 1999: Predictive skill of statistical and dynamical climate models in SST forecasts during the 1997-98 El Niño episode and the 1998 La Niña onset. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **80**, 217-243.
- Chu, P. S., 1988: Short-term climate prediction of Mei-yu rainfall for Taiwan using canonical correlation analysis. *Int. J. Climate*, **18**, 215-224.
- Kalnay, E., M. Kanamitsu, R. Kistler, W. Collins, D. Deaven, L. Gandin, M. Iredell, S. Saha, G. White, J. Woollen, Y. Zhu, A. Leetmaa, B. Reynolds, M. Chelliah, W. Ebisuzaki, W. Higgins, J. Janowiak, K. C. Mo, C. Ropelewski, J. Wang, Roy Jenne, and Dennis Joseph, 1996: The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **77**, 437-472.
- Landsea, C. W. and J. A. Knaff, 2000: How much skill was there in forecasting the very strong 1997-98 El Niño? *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **81**, 2107-2120.
- Preisendorfer, R. W., 1988: Principal components analysis in meteorology and oceanography. *Developments in Atmospheric Sciences*. Curtis Mobley, Ed., Elsevier, 425pp.
- Reynolds, R. W. and T. M. Smith, 1994: Improved global sea surface temperature analyses using optimum interpolation. *J. Climate*, **7**, 929-948.
- Trenberth, K. E., 1997: The Definition of El Niño. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **78**, 2771-2777.
- Wilks, D. S., 1995: Statistical Methods in the Atmospheric Sciences. Academic Press, 467pp.

# A CCA Model for El Niño/La Niña Prediction

Meng-Shih Chen<sup>1</sup>      Mong-Ming Lu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Weather Forecast Center, Central Weather Bureau

<sup>2</sup>Meteorological Research and Development Center, Central Weather Bureau

## ABSTRACT

The El Niño/La Niña prediction model using Canonical Correlation Analysis (CCA) is established. Seasonal mean sea level pressure (SLP) of prior four seasons is used to predict seasonal mean tropical sea surface temperature (SST).

During the training period (1956-1995), the model has better performance in winter than in summer. The cross-validation results show that persistence method is better than CCA within 6-month forecast, but CCA is more skillful in longer lead-time forecast. CCA model is also capable of predicting the interannual and seasonal variations of SSTs, though with cold error. In general, El Niño prediction is better than La Niña. Although the forecast of El Niño/La Niña beginning falls behind the observation, the forecast of ending does not.

Based on correlation and root mean square error (RMSE) evaluation, Niño3.4 is an ENSO index being best predicted. For one season lead forecast, the correlation of the predicted and the observed Niño3.4 in winter is higher than 0.9. For two seasons lead forecast, the correlation can be as high as 0.89.

Several sensitivity tests have also been studied, namely, the sensitivity of the spatial coverage in the predictor and predictand, the effects of detrend and the selection of training period. We find that the prediction results are most sensitive to the selection of training period. It is suggested that it is better to use the latest 40 years as the training period in real forecasts.

The model hindcast results during 1996-2000 show that the predicted intensity of ENSO is weaker, and the phase transition time is delayed compared with the observation. Although we do not find that CCA is better than ENSO-CLIPER, we find it outperforms the persistence method.

Key words: ENSO, Canonical Correlation Analysis, Statistical model





# 民國 90 年 NFS 模式之颱風路徑與定量降水預報校驗

洪景山

中央氣象局氣象資訊中心

## 摘要

本文以民國 90 年中央氣象局發布颱風警報的 9 個颱風中的 8 個颱風（不含潭美颱風），針就中央氣象局非靜力預報系統（Nonhydrostatic Forecast System, NFS）45 公里網格解析度進行路徑預報和定量降水預報校驗。NFS 颱風路徑預報 24 小時平均誤差約 175（174）公里，48 小時約 271（232）公里，72 小時則為 523（410）公里（括號內為不含海燕和潭美颱風）。分析顯示當模擬的颱風進入高緯度後均產生較大的速度誤差，顯示模式無法正確模擬出颱風和中緯度系統之交互作用過程。此外，NFS 初始颱風定位誤差達 76 公里，這主要是因為 NFS 初始猜測場來自較粗解析度的全球模式分析場所致。因此，如果在 NFS 中植入颱風渦旋，不僅可以掌握較理想的颱風結構，也可以改善初始定位誤差，這對提高路徑預報能力應可有顯著的助益。定量降水預報方面，除了 0-12 小時的降水預報外，模式所預測的降水次數均比實際發生的降水次數多；這可能和模式的降水過程以及較粗模式解析度有關，因此改進模式的降水參數法應可以有效地改善颱風的定量降水預報。公正預兆得分顯示，0-12 小時預報的降水技術得分最高，而隨著預報時間增加，技術得分也隨之減少。當雨量閾值在 20~50 mm/12 hr 之間時有較好的得分，但對於大於 50 mm/12 hr 的大雨預報能力則相當有限。

關鍵詞：颱風路徑預報，颱風定量降水預報，NFS

## 一、前言

民國 90 年中央氣象局共計發布 9 次颱風警報，依序為第 1 號颱風西馬隆（Cimaron）、第 2 號颱風奇比（Chebi）、第 4 號颱風尤特（Utor）、第 5 號颱風潭美（Trami）、第 7 號颱風玉兔（Yutu）、第 8 號颱風桃芝（Toraji）、第 16 號颱風納莉（Nari）、第 19 號颱風利奇馬（Lekima）及第 21 號颱風海燕（Haiyan）。其中除玉兔及海燕影響較小外，其餘 7 個皆為侵台颱風。與每年侵台颱風數目的統計比較，過去 30 年（民國 60 年至 89 年）之平均值為 3.1 個，民國 90 年侵台颱風有明顯偏多現象。

民國 90 年在北太平洋西部及南海海域共有 26 個颱風生成，與過去 30 年（民國 60 年至

89 年）之平均值 26.6 個相近，其中在 1 月至 4 月皆無颱風生成，8 月最多有 6 個，7 月及 9 月各有 5 個颱風生成。

民國 90 年 7 個侵台颱風具有以下特徵：1. 颱風形成的位置多發生在南海或台灣鄰近海域，例如：西馬隆、潭美、玉兔、桃芝、利奇馬颱風等，颱風形成之後即快速影響台灣附近海域，甚至本島地區，因此在颱風預報作業方面往往相當急迫。2. 納莉與利奇馬颱風均屬「秋颱」，此時綜觀環境為太平洋副高減弱並向東退縮，而高空極地西風帶又未移入本區，因此台灣區位於「鞍型場」處，所以基本上颱風移速均極緩慢，路徑捉摸不定，故而增加預報上的困難度（王等，2001）。3. 強度多為中度颱風；其中西馬隆、潭美、玉兔為輕度颱風，

颱風範圍較小，強度較弱，其中心定位不易，預報也較困難。而颱風強度雖弱，但登陸後卻造成相當大的災害，其中潭美、桃芝及納莉颱風更為台灣地區帶來相當嚴重災情，而以納莉颱風之路徑最為特別，除創下在台灣陸地停留約 49 小時之紀錄外，台北市單日降雨量達 425.2 公釐，更創下設站以來的日雨量紀錄，嘉義日雨量 774.5 公釐及新竹 397 公釐亦刷新歷史紀錄。

中央氣象局對於侵台颱風之路徑以及風雨預報作業需要許多參考依據（林和吳，2001），特別是路徑預報方面，颱風路徑數值預報模式也是一個重要的參考指引。中央氣象局颱風路徑預報模式（TFS）自民國 86 年改進虛擬颱風渦旋結構初始化處理後，預報路徑之準確度有相當明顯改善。在預測校驗分析方面，中央氣象局颱風路徑預報模式對民國 89、90 年颱風季之 24/48/72 小時預測，其距離預測誤差為 148/306/520 公里和 152/301/501 公里。民國 90 年各颱風個案誤差分析顯示，模式預測誤差主要為模式預測颱風之路徑有轉彎過慢、颱風匯入西風帶時移速過慢與偏北誤差、以及對發生於南海地區與強度較弱之颱風預測誤差較大等問題（陳等，2001；Yeh et al. 2002）。目前中央氣象局颱風路徑預報模式仍持續發展改進中，例如提高解析度以及使用衛星觀測資料等，但對颱風路徑乃至於風雨預報作業而言，更多的預報指引仍是需要的。葉等（2001）指出目前有關颱風之風雨預報技術仍未完全成熟，還有很大的發展空間。除了利用統計法或以雷達、衛星資料進行降水估計外，數值模式的定量降水預報仍是一個值得期待的預報參考。然而，數值模式的颱風定量降水預報有賴於正確的路徑預報以及模式中正確的降水過程，凡此種種仍是科學研究上亟待突破的瓶頸。

中央氣象局另一個中尺度預報模式：非靜力預報系統（Nonhydrostatic Forecast System，NFS）自民國 89 年上線作業以來，其預報水準

較上一代預報模式已有明顯的進展，同時 NFS 也有能力模擬颱風的發展與和預報颱風的路徑，也因此 NFS 應有潛力提供預報中心另一個有效的預報指引。本文即是針對民國 90 年中央氣象局發布警報的 9 個颱風，就 NFS 45 公里解析度模式的路徑預報和定量降水預報進行校驗，本文的校驗結果可以提供爾後 NFS 颱風預報的參考依據，也可以作為模式改進的參考。第二節是模式簡介，第三節說明所使用的資料和校驗的方法，第四節是路徑預報校驗和定量降水預報校驗，最後是結論。

## 二、模式簡介

中央氣象局 NFS 預報模式包含三個巢狀網格系統，其網格間距分別為 45、15 及 5 公里（如圖 1），格點數目分別為（191×127）、（145×139）及（61×91），水平範圍達 8550 km×5670 km。垂直方向採用追隨地形的靜力壓坐標（ $\pi$ ）：

$$\eta = \frac{\pi - \pi_T}{\pi_s - \pi_T}, \text{ 其中}$$

$$\pi(x, y, z, t) = \pi_T + \int_z^{\pi_T} \rho(x, y, z', t) g dz'$$

$$\pi_T = \pi(x, y, z_T, t)$$

$\pi_s$  是地面壓力， $\rho$  是密度。當  $Z_T$ （模式頂壓力）趨於無窮大時，壓力趨於零，此時  $\pi$  即為靜力壓（Laprise，1992）。使用  $\pi$  作為垂直坐標的好處是，若只考慮靜力過程時，其動力方程組和傳統以壓力為垂直坐標軸（ $\sigma$ -P）的方程組完全一樣；而當考慮非靜力過程時，非靜力項相對於靜力方程組只是一個額外的修正項，在此用一個參數即可在靜力和非靜力之間切換。因此非靜力模式可以直接在靜力模式的基礎上求解該修正項，如此一方面可大幅減少模式開發的成本，另一方面可以承續原先處理靜力模式所累積的經驗。模式垂直方向總共分為 31 層。水平差分引用 Arakawa's C 交錯網格系統，時間積分採用顯示分離格式，它的好處是可以針對不同的物理過程給予不同的積分間距，而得到較

經濟的計算時間。在物理參數化方面則考慮到郭氏積雲參數化 (Kuo 1974)、TKE- $\epsilon$  紊流閉合的多層邊界層參數化 (Detering and Etling 1985) 和 Harshvardhan 輻射參數化 (Harshvardhan et al. 1987) 等。NFS 客觀分析為最佳化客觀內插法 (Optimal Interpolation, Daley 1991)，其中包含水平速度場 ( $u, v$ ) 和重力位 ( $\Phi$ ) 在等壓面的多變數分析，相對濕度 (在等壓面上) 和海面溫度的單變數分析等，溫度場則由重力位高度透過靜力方程計算而得。

本研究目前所校驗的是 NFS 45 公里解析度靜力模式的預報，NFS 的初始場並沒有植入颱風渦旋的程序，但客觀分析的初始猜測場來自全球模式的分析場，而全球模式分析場中有植入颱風渦旋 ( $1^\circ$  解析度)，因此 NFS 的初始場中有來自全球模式中較粗解析度、較弱的颱風結構。然而即便如此，模式透過自己的動力過程，初始場中的颱風仍可以有發展的機會，也因此 NFS 中有關颱風路徑預報以及颱風靠近台灣時的定量降水預報可以有相當程度的參考價值。

表 1：9 個校驗颱風個案的起、止時間和校驗的預報個數。

Table 1: The evaluation time intervals and numbers for 9 typhoon cases in 2001.

颱風名稱	西馬隆 Cimaron	奇比 Chebi	尤特 Utor	潭美 Trami	玉兔 Yutu	桃芝 Toraji	納莉 Nari	利奇馬 Lekima	海燕 Haiyan
模式	051200	062100	070300	071000	072312	072800	091412	092412	101500
校驗	§	§	§	§	§	§	§	§	§
時間	051312	062300	070500	071100	072412	072912	091612	092600	101612
預報 個數	4	5	5	3	3	4	5	4	4

颱風路徑預報校驗的依據是中央氣象局發布的最佳路徑 (best track)，而模式颱風中心定義為最低海平面氣壓中心所在位置，並經過人為主觀的修正。本文主要是在網格點上搜尋最低海平面氣壓的格點所在，並據以定義颱風中心的位置，這個作法和目前 CWB TFS 的作法不同，CWB TFS 是用 bi-cubic 內差方式來求得

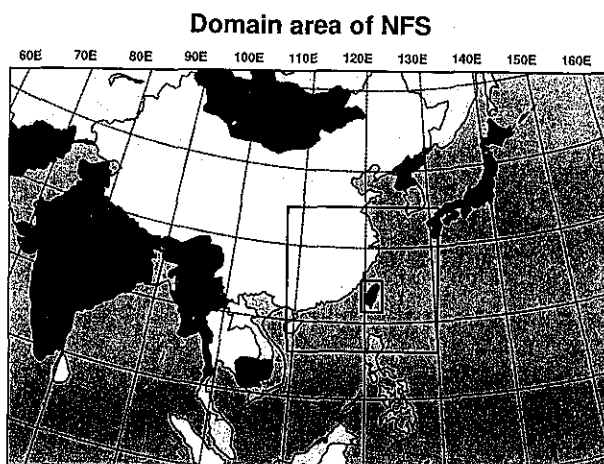


圖 1：NFS 三個巢狀網格的積分範圍。

Fig. 1: The model domain of NFS.

### 三、資料來源和校驗方法

由於熱帶低壓和登陸以後的颱風環流強度都相當弱，而 NFS 沒有額外植入颱風的程序，因此往往在初始場即存在顯著的定位誤差，所以本研究主要是校驗民國 90 年中央氣象局發布警報之 9 個颱風在台灣附近的 37 個預報個案，校驗的個案如表 1：

颱風中心的位置，因此內差所得之颱風中心的位置不一定是在格點上，這兩個計算方式有可能會有些微的差異。由於本文所校驗的是 45 公里解析度的預報，這個解析度比台灣地區自動雨量站分佈的密度來的粗，因此定量降水預報的校驗在模式格點上進行，台灣地區校驗的總格點數為 30 點；格點上的觀測雨量則是將格

點周圍 0.707 格點距離內 ( $0.707 \times 45 = 31.815$  km) 所有的自動雨量站資料的平均求得。雨量站和所校驗之格點的關係如圖 2，每個格點所涵蓋的雨量站數目必須超過 4 個以上才被列入統計，因此總共有 28 個格點的資料來進行定量降水預報校驗。定量降水校驗的項目是偏倚得分 (Bias score) 和公正預兆得分 (equivalent threat score, ETS, 葉, 1998)。

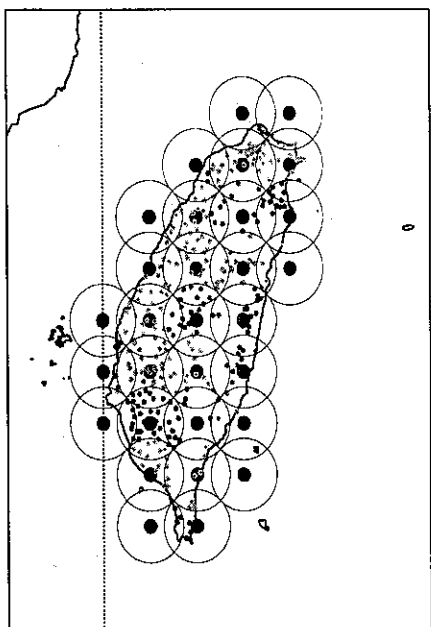
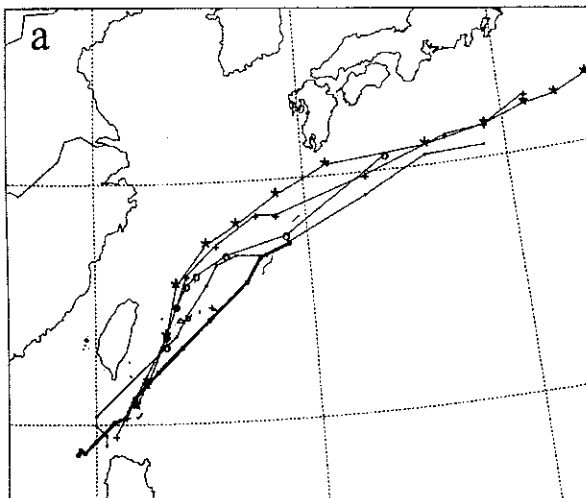


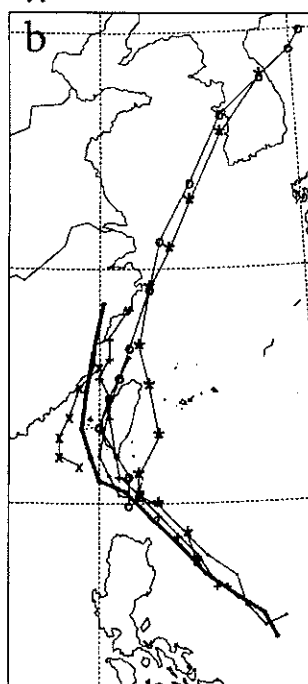
圖 2：模式格點和自動雨量站之相關，其中圓圈是以格點為中心，0.707 網格半徑的範圍。

Fig. 2: The relationship between the model grids and rain gauges around Taiwan area. The circle represents the coverage of rain gauges for each grid with radius of 0.707 grid distance.

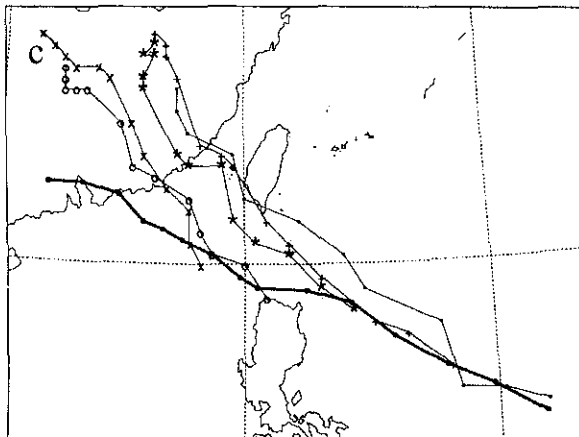
#### Typhoon Cimaron



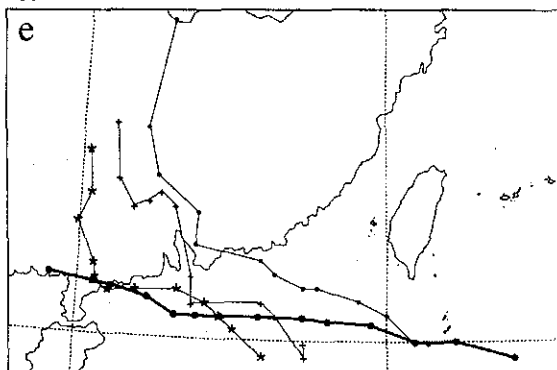
#### Typhoon Chebi



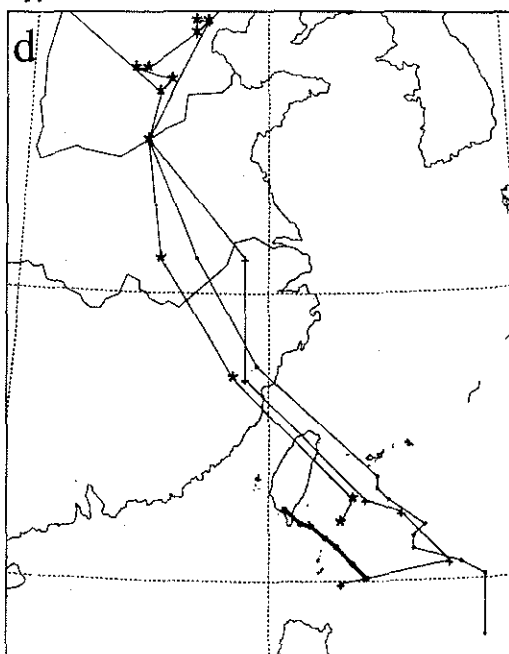
**Typhoon Utor**



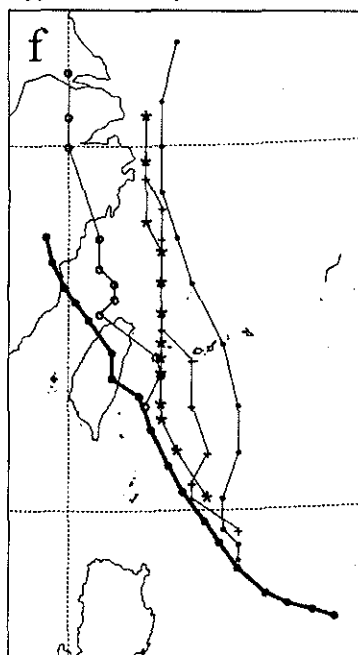
**Typhoon Yutu**



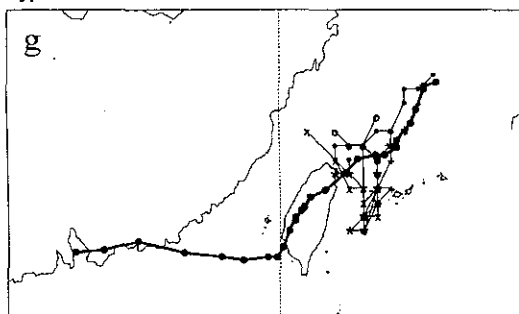
**Typhoon Trami**



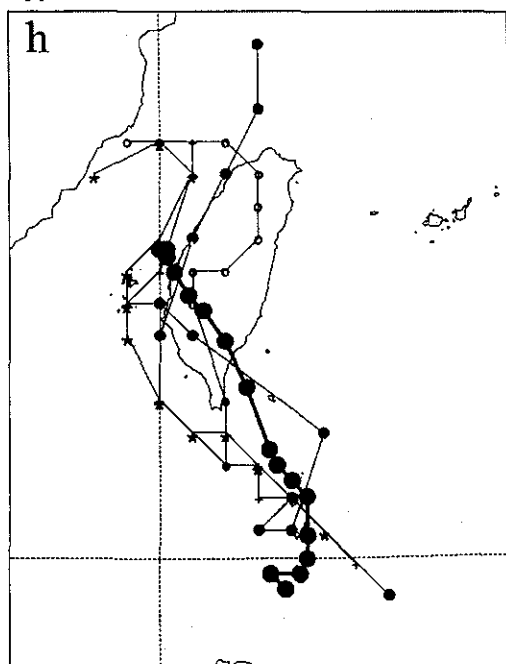
**Typhoon Toraji**



Typhoon Nari



Typhoon Lekima



Typhoon Haiyan

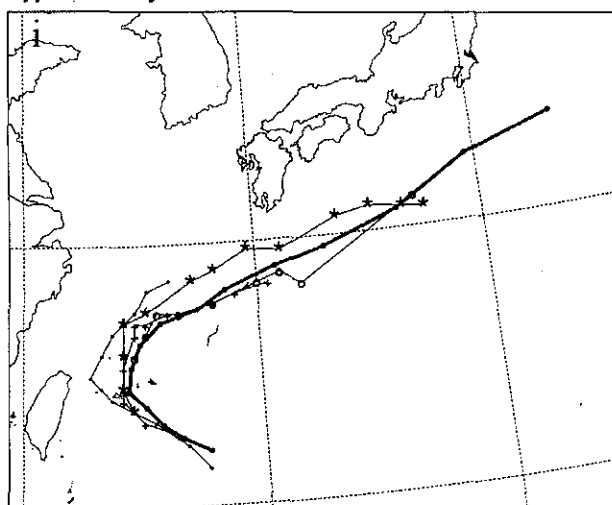


圖 3：模式每小時預報路徑（細線，分別以小圓點、+、\*、O 和 X 代表不同時間的預報路徑）和每 6 小時的實際颱風路徑（粗線）。其中 a：西馬隆颱風、b：奇比颱風、c：尤特颱風、d：潭美颱風、e：玉兔颱風、f：桃芝颱風、g：納莉颱風、h：利奇馬颱風和 i：海燕颱風，每個颱風校驗的起、止時間請參考表 1。

Fig. 3: The forecast tracks (thin lines with symbols of small dots, +, \*, O, and X represent the forecasts in different initial time) and the best track (thick line with heavy dots) in every 6-hr intervals for typhoon a) Cimaron, b) Chebi, c) Utor, d) Trami, e) Yutu, f) Toraji, g) Nari, h) Lekima, and i) Haiyan. The initial and end of the evaluation time for each case are list in Table 1.

#### 四、校驗結果

##### （一）、路徑預報校驗

圖 3 是 9 個颱風的預報路徑和實際路徑。整體來說，西馬隆、奇比和海燕颱風的方向誤差較小，但模擬之西馬隆和奇比颱風進入高緯度後移動速度比觀測快很多，顯示模式無法正確模擬出颱風和中緯度系統之交互作用的過程；而海燕颱風則在轉彎過程中移動太慢，因

此這三者反倒產生較大的速度誤差。特別值得注意的是，海燕颱風雖然有較大的速度誤差，但是靠近台灣時的方向轉折卻掌握得相當好。相對地，玉兔、桃芝和尤特颱風則有較顯著的方向誤差，並且都是偏向颱風前進方向之右側。納莉颱風路徑預報雖然呈現移動緩慢的現象，但路徑預報並沒有登陸台灣而偏向台灣東部外海一帶。利奇馬颱風則不管是速度或方向誤差均相當小，是所有颱風個案中路徑誤差最小的一個。潭美颱風是路徑預報誤差較大的個案，由於潭美颱風範圍相當小，強度也不大，而 NFS 模式並沒有進一步做颱風渦旋植入，因此在 NFS 初始颱風環流的結構相當弱，不僅一

開始就產生明顯的定位誤差，隨著模式積分時間加長，模式會在錯誤的位置發展出自己的環流系統，因此使得模式爾後的路徑預報產生很大的誤差。

圖 4 是各個颱風在不同預報時間的路徑預報誤差，由於校驗的個案數有限，再加上颱風登陸後即快速減弱或甚至消散，因此許多颱風個案並沒有 72 小時的預報誤差。此外潭美颱風

因為預報誤差太大，因此不含在統計的範圍內。圖 4 顯示，利奇馬颱風是路徑預報誤差最小的颱風，西馬隆、尤特和海燕颱風隨著預報時間的增加，預報誤差也隨之快速增加，這其中又以海燕颱風為甚，此反應模式無法正確掌握颱風進入中緯度後和中緯度西風系統結合的大氣過程。

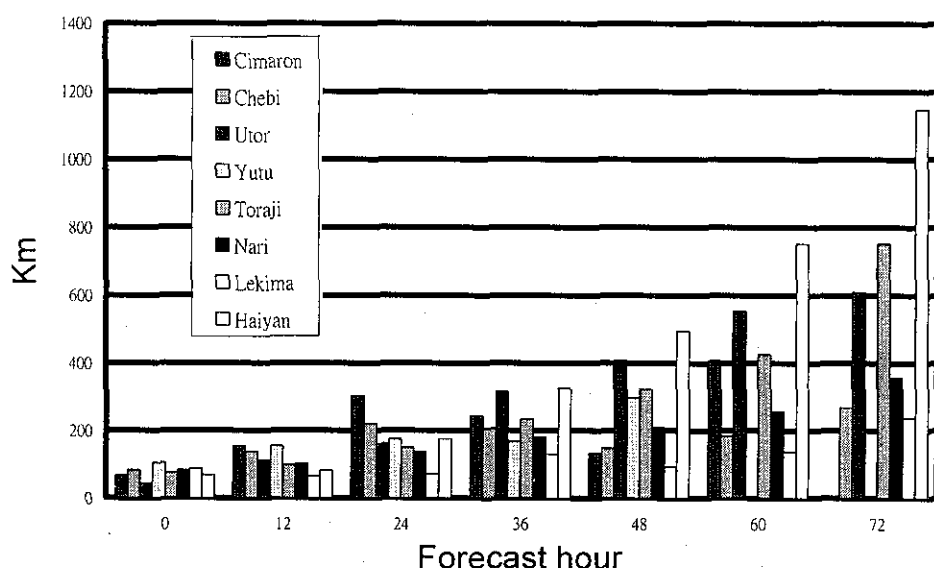


圖 4：各個颱風不同預報時間的平均路徑預報誤差，其中不含潭美颱風。

Fig. 4: The mean forecast track errors in different forecast periods for each case (exclude typhoon Trami).

圖 5 是 8 個颱風的平均路徑預報誤差（不含潭美颱風，總共 34 個個案），其中 24 小時誤差約 175 (174) 公里，48 小時約 271 (232) 公里，72 小時則為 523 (410) 公里（括號內為不含潭美和海燕颱風，總共 30 個個案），由於海燕颱風 60 和 72 小時的路徑預報均產生過大的誤差，因此在扣掉海燕颱風後，72 小時預報誤差可減少約 110 公里。有一點特別值得注意的是，NFS 初始颱風定位誤差達 76 公里，除了 NFS 的客觀分析可能改變模式的初始颱風中心位置以外（海上區域的觀測主要來自衛星

風場和衛星反演探空），此一初始颱風定位誤差主要是因為全球模式較粗解析度所導致的。如圖 6，粗實線是全球模式的格點，虛線是 NFS 的格點。正方形是實際颱風的位置（例如由海平面氣壓定的中心），結果在全球模式格點上的颱風中心將會在圖中圓圈的位置（最靠近實際颱風中心的格點），所以全球模式的颱風中心和實際的颱風中心會有一個誤差，就幾何而言，此一誤差最大可達  $\frac{\sqrt{2}}{2} \Delta X$ ， $\Delta X$  是全球模式格點間距（大約 100 公里），則誤差可達 70 公里。

如果 NFS 和全球模式格點安排如圖 6，則當全球模式的格點內差至 NFS 上時，NFS 格點上的颱風中心將會出現在如圖三角形的位置（最靠近全球模式網格之颱風中心的 NFS 格點），就幾何而言，此一誤差最大可達  $\frac{\sqrt{2}}{2} \Delta Y$ ， $\Delta Y$  是 NFS 格點間距（大約 45 公里），則誤差

可達 30 公里。所以單是從全球模式內差至 NFS，其初始定位誤差就可以達 100 公里。因此如果在 NFS 中植入颱風渦旋，不僅可以掌握較理想的颱風結構，也可以改善初始定位誤差，這對提高路徑預報能力應可以有顯著的助益。

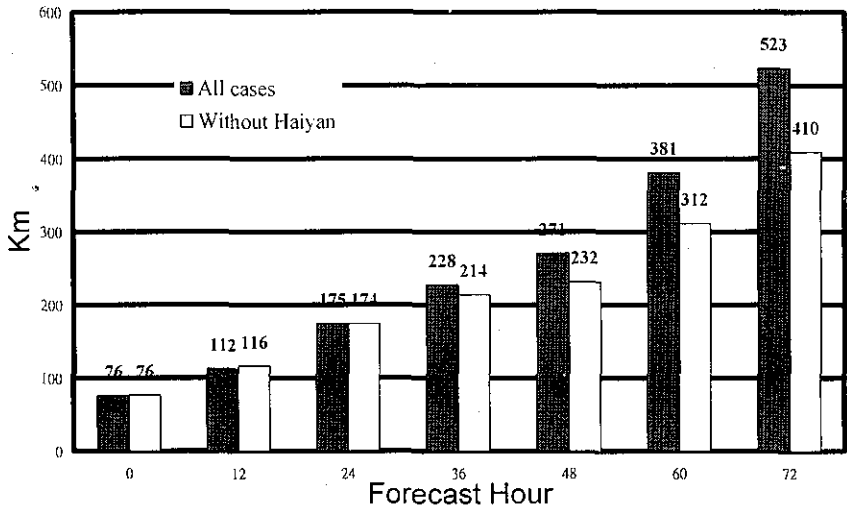


圖 5：表 1 中所有颱風個案的平均路徑預報誤差（不含潭美颱風，總共 34 個個案），其中淺陰影者不包含海燕和潭美颱風（總共 30 個個案）。

Fig. 5: The mean forecast track errors for all cases in Table 1. There are total of 34 cases without typhoon Trami and 30 cases without typhoon Trami and Haiyan (light shading).

圖 7 是中央氣象局各個客觀模式和官方預報之路徑預報誤差的比較，需注意此處 NFS 的統計個案數比起其他模式來的少，由於統計的樣本數目不同，因此圖 7 僅作為定性上的探討。圖中顯示 24 和 48 小時氣象局官方預報的誤差最小，NFS 則比 TFS 大一些，但在 72 小時時，NFS 和 TFS 並沒有太大的差別，扣掉海燕颱風（Haiyan (NH) 個案），NFS 的預報誤差更小。因此 NFS 的路徑預報的確具有參考價值，而對 NFS 而言，適當地改善初始定位誤差以及颱風結構，應該是能最有效提升預報參考價值的方向。

## （二）、定量降水校驗

圖 8 和圖 9 是定量降水預報的校驗，圖 8 是 Bias 得分，圖 9 是 ETS 得分。Bias 得分顯示，除了 0-12 小時的值小於 1 以外其餘均偏高，這意味模式所預測的降水次數比實際發生的降水次數多。此外，隨預報時間的增加，Bias 的得分有愈高的趨勢，這個結果可能和模式的降水過程有關。NFS 所使用的是的 Kuo 積雲參數法，Kuo 積雲參數法主要是經由垂直積分的水汽輻含量來決定對流降水；在颱風的環境中，颱風內流可提供對流所需的輻合和水汽，對流潛熱釋放則加深低壓，低壓加深又增加內流的量，如此循環不已，這個物理過程和 Kuo 積雲參數法運作的原理幾乎完全一致。結果是



模式中雖然初始的颱風強度不足，但是透過 Kuo 積雲參數法的作用，颱風很容易隨著預報時間增加而快速發展、加深，也因此而導致過多的降水。另外一個可能的原因是模式解析度的關係，在此校驗的模式解析度較粗（45 公里），因此模式一個格點的降水量即涵蓋了相當大的範圍，而本文在格點的觀測值是一定範圍內所有自動雨量站的平均，因此觀測值容易因平均而偏低，而使得降水校驗的 Bias 得分容易偏高。0~12 小時累積雨量在大雨閾值（大於 45 mm/12 hr）的 Bias 得分迅速降低，這反應 NFS 模式無法在前 12 小時累積大雨量，這和初始颱風較弱是相關的。

ETS 得分顯示 0-12 小時預報的降水技術得分最高，特別是降雨量小於 20 mm/12 hr 時。

所有的降水閾值皆顯示隨著預報時間增加，技術得分也隨之減少，由於預報時間增加路徑預報誤差也隨之增加，因此定量降水預報能力也就隨之減小。雨量閾值在 20~50 mm/12 hr 之間時有較好的得分，這是因為颱風所導致的較大降雨量多半和地形有關，因此只要颱風路徑的預報誤差在一個合理的範圍內，大雨的分佈就是地形的函數，因此針對較大雨勢可以有較穩定的 ETS 得分表現。雨量閾值在大於 50 mm/12 hr 後得分即快速變小，意味著 NFS 對於颱風的大雨預報能力相當有限。以上之分析顯示，NFS 的颱風定量降水預報深受模式降水物理過程的影響，因此改進模式的降水參數法應是改善颱風定量降水預報的一個重要方向。

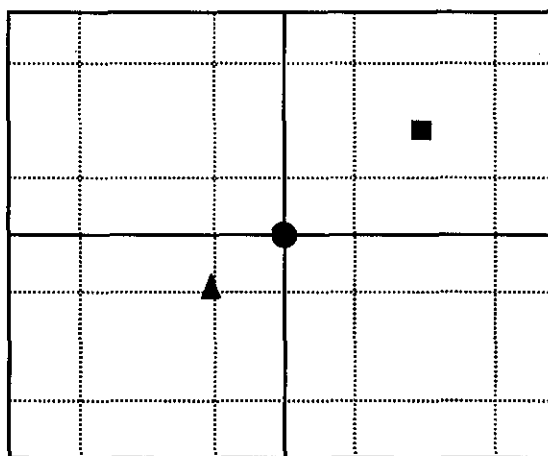


圖 6：由全球模式內差至 NFS 過程所產生之颱風中心定位誤差示意圖，其中粗實線是 GFS 的格點，虛線是 NFS 的格點。正方形是實際颱風的位置，圓形是全球模式颱風中心的位置，三角形則是 NFS 颱風中心的位置。

Fig. 6: The concept for the errors due to the interpolation from the grids in different resolution. Here the heavy line, dashed line represent the GFS and NFS grid system, respectively. The square, circle, and triangle stand for the position of the observed typhoon, the typhoon center in GFS, and in NFS, respectively.

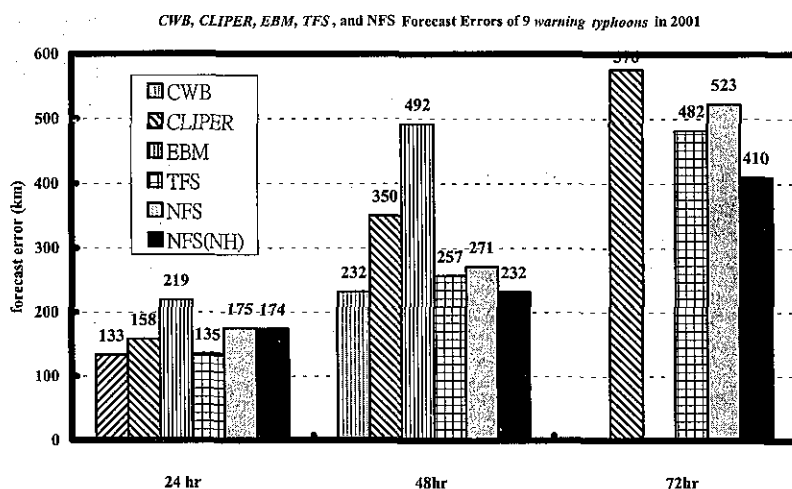


圖 7: 氣象局針對 2001 年 9 個發布颱風警報之官方預報(CWB)、CLIPER、正壓模式(EBM)、TFS 和 NFS (不包括潭美颱風, 而 NFS (NH) 為再扣除海燕颱風) 路徑預報誤差之比較, 需注意 NFS 的校驗數目和其他模式和官方預報的校驗數目是不同的。

Fig. 7: The inhomogeneous comparison of the forecast error for CWB official forecast (CWB), CLIPPER, barotropic model (EBM), TFS, and NFS model in 2001. Notice that the NFS stands for NFS forecasts excluding typhoon Trami and NFS(NH) for cases without Haiyan and Trami).

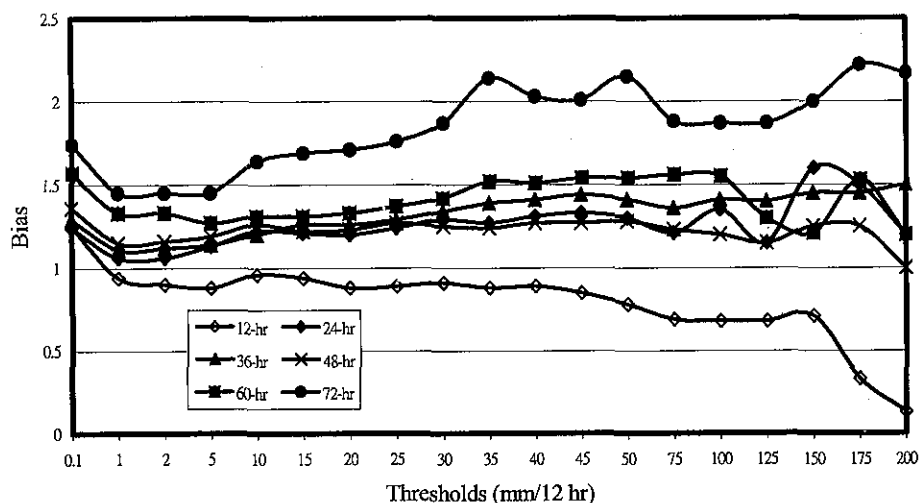


圖 8: 所有颱風個案 (不包含潭美颱風) 的 Bias 得分。

Fig. 8: The Bias score for all typhoon cases (excluding typhoon Trami).

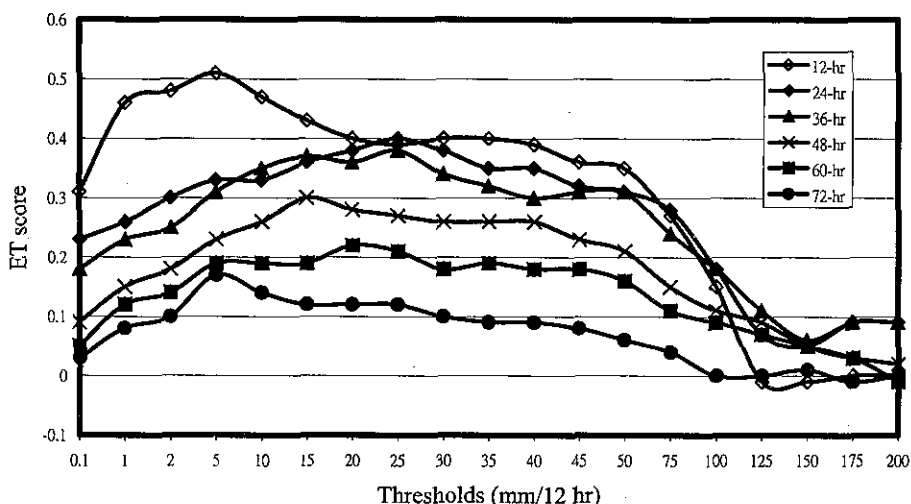


圖 9：同圖 7，但為 ETS 得分。

Fig. 9: The same with Fig. 8 but for equitable threat score.

## 五、結論

本文以民國 90 年中央氣象局發布警報的 9 個颱風中的 8 個颱風（不含潭美颱風），針對 NFS45 公里網格解析度模式進行路徑預報和定量降水預報校驗。NFS 的初始場的颱風渦旋有來自全球模式中較粗解析度、較弱的颱風結構。然而即便如此，初始場中的颱風仍可以透過模式自己的動力過程而得以發展。本文的校驗結果可以提供爾後 NFS 颱風預報的參考依據，也可以作為模式改進的參考。

NFS 颱風路徑預報 24 小時平均誤差約 175（不含海燕颱風時為 174，以下同）公里，48 小時約 271（232）公里，72 小時則為 523（410）公里。分析顯示模擬之西馬隆和奇比颱風進入高緯度後均產生較大的速度誤差，顯示模式無法正確模擬出颱風和中緯度系統之交互作用的過程。另外有一點值得注意的是，NFS 初始颱風定位誤差達 76 公里，這主要是因為全球模式

較粗解析度所導致的，因此如果在 NFS 中植入颱風渦旋，不僅可以掌握較理想的颱風結構，也可以改善初始定位誤差，這對提高路徑預報能力應可以有顯著的助益。

颱風定量降水預報方面，Bias 得分顯示，除了 0-12 小時的降水預報小於 1 以外其餘均偏高，這意味模式所預測的降水次數比實際發生的降水次數多；這可能和模式的降水過程以及較粗模式解析度有關，因此改進模式的降水參數法應可以有效地改善颱風的定量降水預報。ETS 得分顯示 0-12 小時預報的降水技術得分最高，而隨著預報時間增加，技術得分也隨之減少。當雨量閾值在 20~50 mm/12 hr 之間時有較好的得分，這可能是因為颱風所導致的降雨量多半和地形有關，因此只要颱風路徑的預報誤差在一個合理的範圍內，大雨的分布就是地形的函數，因此針對較大雨勢可以有較穩定的 ETS 得分。NFS 對於大於 50 mm/12 hr 的大雨預報能力則相當有限。

## 致謝

本研究在中央氣象局氣象資訊中心提供的計算資源以及國科會研究計畫編號 NSC 90-2111-M-052-002-AP4 和 NSC 91-2111-M-052-002 支持下完成。

## 參考文獻

- 王時鼎、謝信良、鄭明典、鄧仁星、簡國基，  
2001：台灣地形對侵台之中度以下颱風影響新例一對 2001 年潭美、桃芝、納莉、利奇馬四次颱風實例分析。天氣分析與預報研討會，中央氣象局，51 - 70。
- 林秀雯、吳德榮，2001：台灣地區颱風預報作業現況與展望。天氣分析與預報研討會，中央氣象局，127 - 132。
- 陳得松、黃康寧、葉天降、彭順台，2001：中央氣象局颱風路徑預報模式之預報檢討及近況。天氣分析與預報研討會，中央氣象局，103 - 110。
- 葉天降、謝信良、吳石吉，2001：颱風降水統計預報之回顧與展望。天氣分析與預報研討會，中央氣象局，83 - 86。
- 葉天降，1998：嘉南地區 1997 年梅雨期降水之特性與作業模式預測校驗。大氣科學，26，41 - 63。
- Daley, R., 1991: *Atmospheric data analysis*. Cambridge University Press, 457 pp.
- Detering, H. W., and D. Etling, 1985: Application of the E -  $\epsilon$  turbulence model to the atmosphere boundary layer. *Bound. Layer Meteor.*, **33**, 113 - 133.
- Harshvardhan, R. Davies, D. A. Randall, and T. G. Corsetti, 1987: A fast radiative parameterization for atmospheric circulation models. *J. Geophys. Res.*, **92**, 1009 - 1016.
- Kuo, H. L., 1974: Further studies of the parameterization of the effect of cumulus convection on large scale flow. *J. Atmos. Sci.*, **31**, 2132 - 1240.
- Laprise, R., 1992: The Euler equation of motion with hydrostatic pressure as an independent variable. *Mon. Wea. Rev.*, **120**, 197 - 207.
- Yeh, T. C., K. N. Huang, D. S. Chen, and J. S. Hong, 2002: Typhoon Track and Rainfall Predictions of CWB-NWP Models in 2001. *2nd Workshop on Landfalling Typhoons in the Taiwan Area*, 25 Apr - 26 Apr 2002, Taipei, Taiwan.

# **The Evaluation of Typhoon Track and Quantitative Precipitation Forecasts of CWB's NFS in 2001**

Jing-Shan Hong

Meteorological Computer Center, Central Weather Bureau

## **ABSTRACT**

This paper evaluated the performance for the typhoon track and quantitative precipitation forecast (QPF) of the 45-km mesh of the Non-hydrostatic Forecast System (NFS) of the Central Weather Bureau (CWB) in 2001. A total of 9 typhoon cases were evaluated. The averaged forecast track error for 8 cases (excluding typhoon Trami) was 175 (174) km for 24-hr, 271 (232) km for 48-hr, and 523 (410) km for 72-hr forecast (numbers in the parentheses indicated excluding typhoon Haiyen). The NFS model had large track error as the typhoon interacted with the mid-latitude systems. Because of the initial typhoon circulation was interpolated from the coarse grid of the global model, the position of the modeling typhoon center had an error of 76 km. Thus, improving the bogus process in NFS will greatly improve the track forecast. In addition, the model over-predicted precipitations as increasing the forecast time. That might be related to the inappropriate cumulus parameterization scheme used in NFS (Kuo scheme). The ETS score showed that the forecast skill decreased as increasing the forecast time. The rain rate threshold between 20~50 mm/12 hr had the most skillful QPF; however, there were little skill when larger than 50 mm/12 hr.

Key words: typhoon track forecast, typhoon QPF, NFS



# 民國九十年颱風調查報告-第八號桃芝颱風(TORAJI, 0108)

丘台光

中央氣象局氣象衛星中心

## 摘要

桃芝(TORAJI)颱風是民國九十年北太平洋西部生成的第八個颱風(0108)，也是中央氣象局在九十年發布颱風警報的第六個颱風。桃芝颱風於7月27日8時在菲律賓呂宋島東方海面發展形成，形成後迅速增強，並以西北西轉西北的方向行進，朝台灣東部陸地接近，當颱風暴風圈接近台灣東部陸地時，颱風轉為偏西移動，於30日0時10分左右在花蓮秀姑巒溪口附近登陸，在登陸後以緩慢的速度及北北西的方向經過中央山脈，於30日早上10時20分左右在新竹附近出海，並於31日04時20分左右在馬祖附近進入大陸。桃芝颱風之中央氣象局24小時預測位置之誤差為70公里，48小時預測誤差則為140公里。桃芝颱風為中度颱風，在其中心登陸台灣期間，造成台灣全省地區出現豪雨，尤其東部及中南部山區累積降雨量超過600公釐以上最為明顯，警報期間出現最大陣風地區為成功及蘭嶼，出現10級的平均風及13級的強陣風。桃芝颱風總共造成鐵公路多處受損，花蓮及南投土石流嚴重，並且造成103人死亡，111人失蹤，農林漁牧損失逾77億元。

## 一、前言

民國90年7月27日8時(地方時，下同)桃芝(TORAJI)颱風在菲律賓呂宋島東方海面發展形成，是當年北太平洋西部生成的第八個颱風(0108)，也是中央氣象局於90年發布颱風警報的第六個颱風。桃芝颱風形成後迅速增強，並以西北西轉西北再轉北北西的方向行進，朝台灣東部陸地接近，當颱風暴風圈接近台灣東部陸地時，颱風轉為偏西移動，於30日0時10分左右在花蓮秀姑巒溪口附近登陸，在登陸後以緩慢的速度及北北西的方向經過中央山脈，於30日早上10時20分左右在新竹附近出海。在颱風出海之後，持續朝北北西移動，並於31日04時20分左右在馬祖附近進入大陸，隨後其強度持續減弱，於31日14時左右

減弱為熱帶性低氣壓。桃芝颱風之中央氣象局24小時預測位置之誤差為70公里，48小時預測誤差則為140公里。桃芝颱風為中度颱風，且其中心登陸台灣，造成台灣全省地區出現豪雨，尤其東部及中南部山區累積降雨量超過600公釐以上最為明顯，警報期間出現最大陣風地區為成功及蘭嶼，出現10級的平均風及13級的強陣風，彭佳嶼、蘇澳、鞍部及日月潭的測站有出現11級強陣風；而基隆、梧棲、阿里山及花蓮則出現10級強陣風；桃芝颱風並且造成103人死亡，111人失蹤，鐵公路多處受損，農林漁牧損失逾77億元以上。本文就桃芝颱風之特性、發展的經過、強度及路徑做一分析，以作為參考及研究之用，其最佳路徑如圖1及表1。

表 1. 桃芝颱風最佳路徑、強度變化及動向資料表

Table1. The best-track positions, intensity and movement of typhoon Toraji(0108).

時間 (UTC)			中心位置 (度)		中心氣壓 (百帕)	移動方向 (DEG)	移動速度 (km/hr)	近中心最大風速 (m/s)		暴風半徑 (km)	
月	日	時	北緯	東經				平均	瞬間	七級風	十級風
7	27	0	17	127.4	998	NW	11	18	25	150	-
7	27	6	17.1	126.8	990	NW	11	23	30	200	-
7	27	12	17.4	126.1	980	NW	15	28	35	200	-
7	27	18	17.8	125.5	975	NW	15	30	38	200	50
7	28	0	18.4	124.8	965	NW	17	35	45	250	100
7	28	6	19.1	124.3	962	NW	17	38	48	250	100
7	28	12	19.8	123.8	962	NNW	17	38	48	250	100
7	28	18	20.6	123.3	962	NNW	17	38	48	250	100
7	29	0	21.2	122.9	962	NNW	17	38	51	250	100
7	29	6	22.1	122.5	962	NNW	17	38	51	250	100
7	29	12	23.1	122.0	962	NNW	17	38	51	250	100
7	29	18	23.6	121.4	970	NNW	17	33	43	200	80
7	30	0	24.4	121.0	975	NNW	17	30	43	200	80
7	30	6	25.2	120.6	975	NNW	17	30	40	200	80
7	30	12	25.8	120.1	975	NNW	13	30	40	200	80
7	30	18	26.2	119.8	975	NNW	9	30	40	200	80
7	31	0	26.9	119.8	990	NNW	9	23	30	180	-
7	31	6	27.7	119.6	998	NNW-N	11	15	23		

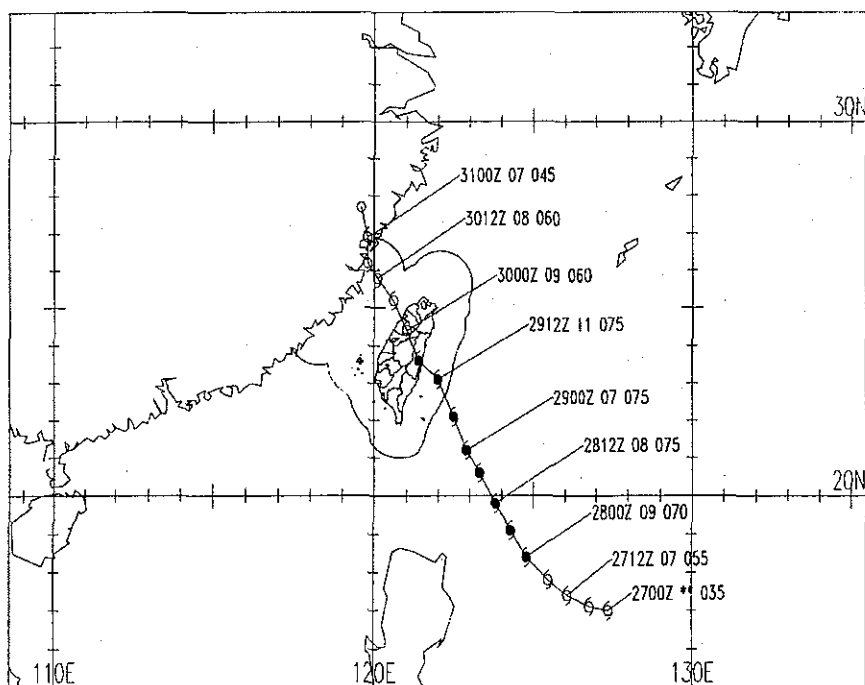


圖 1. 90 年度第 8 號颱風(桃芝)之最佳路徑

Fig. 1. The best track of typhoon Toraji (0108).



## 二、桃芝颱風之發生經過與警報處理情形

桃芝颱風於7月27日早上8時在菲律賓呂宋島東方海面形成(圖 2a、2b)，是當年西北太平洋形成的第8個颱風，圖3中可看到颱風所在海面平均溫度高於 $29^{\circ}\text{C}$ ，提供了充分的能量，桃芝形成後於7月28日早上8時強度迅速增強為中度颱風(圖 4a、4b)，並且受中低層850-700-500hPa三層平均流場(圖5)影響，由原先西北西轉西北的角度行進；由於桃芝生成時即只距離台灣約900公里，生成後又持續朝台灣附近移動，並且強度及暴風半徑仍在不斷地增強擴大中，對台灣地區及附近海域造成嚴重威脅，於是中央氣象局於7月28日清晨5時25分針對巴士海峽及台灣東南部海面發布海上颱風警報，同時將此訊息透過媒體及中央氣象局各種傳輸管道向外發布，提醒民眾及各防災單位注意，並預先做好防颱準備。而海上颱風警報發布後，桃芝號颱風仍然維持穩定的西北行徑，中央氣象局隨後在近中午11時10分針對蘭嶼、綠島、花蓮、台東及恆春半島發布陸上颱風警報，同時在警報單上特別提醒此颱風仍在不斷增強中，大家應嚴加戒備。7月28日晚上8時桃芝颱風強度持續增強，此時受中高層700-500-300hPa三層平均流場(圖6)影響，由原先西北轉北北西的角度行進；7月29日早上8時桃芝颱風強度持續不變，仍受中高層700-500-300hPa三層平均流場(圖7)影響，持續北北西的角度行進，而隨著桃芝颱風不斷接近台灣本島；中央氣象局陸續續對針對全台灣地區及所有台灣周圍海域發布警報，同時在警報單上也提醒民眾，因受地形影響各地出現風雨的情形及時間會因而不不同，並在中央氣象局所發布的風雨預測中，也特別提醒中南部山區可能有700至900公釐左右的豪雨出現，呼籲民眾千萬不可掉以輕心。

7月29日晚上8時桃芝颱風已移動至花蓮

的南南東方110公里之海面上(圖8a、8b)，而在颱風中心逐漸移近陸地時，因受地形及颱風本身非線性作用的影響，颱風路徑突然有不連續的偏西跡象，此現象由雷達的每小時颱風觀測資料(圖9)可以很清楚得知，中央氣象局一發現此一情形，立即於22時30分左右通知花蓮地區防災單位，告知颱風可能從花蓮南方登陸的狀況，並於23時30分發布的警報單位上特別提醒(尤其花蓮地區居民)注意。30日0時10分左右，桃芝颱風在花蓮秀姑巒溪口附近登陸，在登陸後以緩慢的速度及北北西的方向經過中央山脈，強度稍為減弱於30日早上10時20分左右在新竹附近出海，主要仍受中高層700-500-300hPa三層平均流場(圖10)影響，仍然持續向北北西的方向行進。而在颱風中心位於陸上的期間，中央氣象局除不斷和西半部新竹以南的各氣象站保持密切聯繫外，並請各測站通知該地區之防災單位嚴加戒備，同時不斷對中南部山區可能出現九二一地震以來最大豪雨提出預警，並隨時將最新雨量狀況告知九二一震災災區重建推動委員會。而颱風受到地形破壞影響，強度稍有減弱。在颱風出海之後，持續朝北北西移動，並於31日04時20分左右在馬祖附近進入大陸。隨後隨其強度持續減弱，於31日14時左右減弱為熱帶性低氣壓，中央氣象局遂於14時35分解除所有海上陸上颱風警報，整個颱風的行徑如圖1所示。總計，中央氣象局對桃芝颱風共發布了海上警報2報，陸上警報25報，前後歷時81小時。中央氣象局對桃芝颱風發布警報之經過情形請參見表2。由於桃芝颱風發展迅速及登陸台灣強度減弱的影響，颱風的定位準確度亦隨颱風強度改變如表3所示，表4為中央氣象局各氣象雷達站所作颱風定位資料，由表中顯示颱風離氣象雷達觀測站越近時，定位準確度相對提高。綜觀桃芝颱風的路徑在呂宋島東方海面發展形成，形成後迅速增強，並以西北西轉西北再轉北北西方向行進，朝台灣東部陸地接近，當颱

風暴風圈靠近臺灣陸地時，由於受到地形及颱風本身非線性作用的影響，颱風路徑突然有不連續的偏西移動，於 30 日 0 時 10 分左右在花蓮秀姑巒溪口附近登陸，在登陸後又以緩慢的速度及北北西的方向經過中央山脈，於 30 日早上 10 時 20 分左右在新竹附近出海，並於 31 日 04 時 20 分左右在馬祖附近進入大陸。隨後其強度持續減弱，於 31 日 14 時左右減弱為熱帶性低氣壓，在警報期間對台灣東部及中南部

山區造成嚴重災情，單是自 29 日 0 時至 31 日 0 時兩天的累積雨量，最多的阿里山就多達 757 公釐，其次如高雄縣小關山 749 公釐、南投縣神木村 634 公釐、花蓮縣鳳林 571 公釐等。成功及蘭嶼出現 10 級的平均風及 13 級的強陣風，出現 11 級強陣風的測站有彭佳嶼、蘇澳、鞍部及日月潭等，使得桃芝颱風在台灣地區造成重大災情。

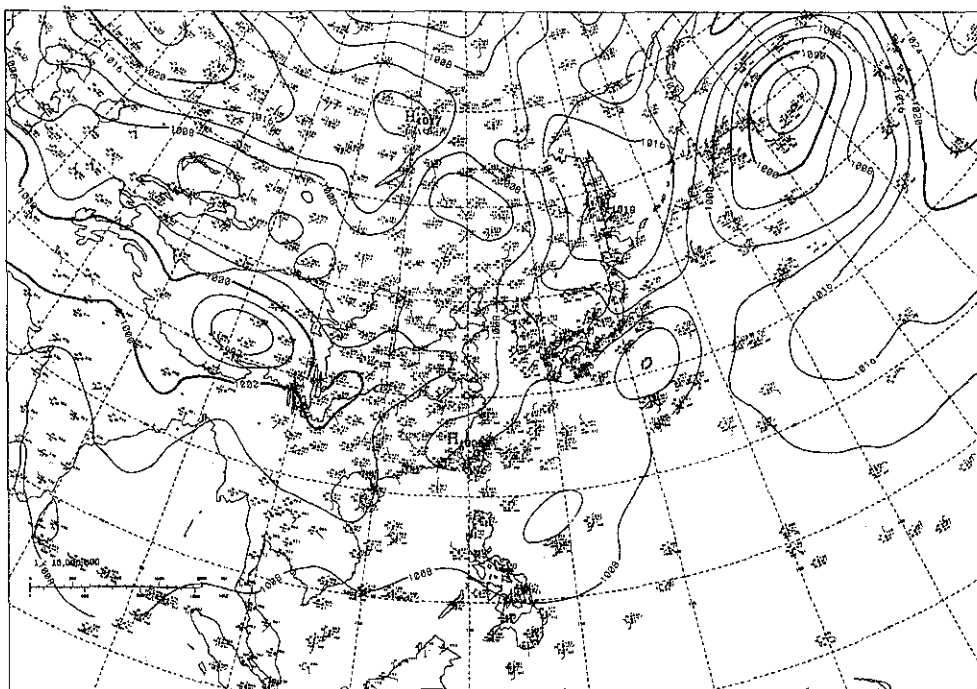
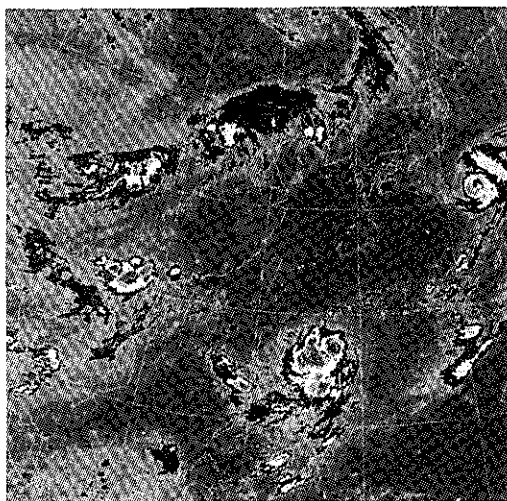


圖 2a. 2001 年 7 月 27 日 0000UTC 亞洲地面天氣分析圖

Fig. 2a. The surface analysis at 0000UTC 27 July 2001.

中華民國90年07月27日08時BD色調強化雲圖



中央氣象局氣象衛星中心

圖 2b. 2001 年 7 月 27 日 0000UTC 紅外線衛星雲圖

Fig. 2b. The infrared image at 0000UTC 27 July 2001.

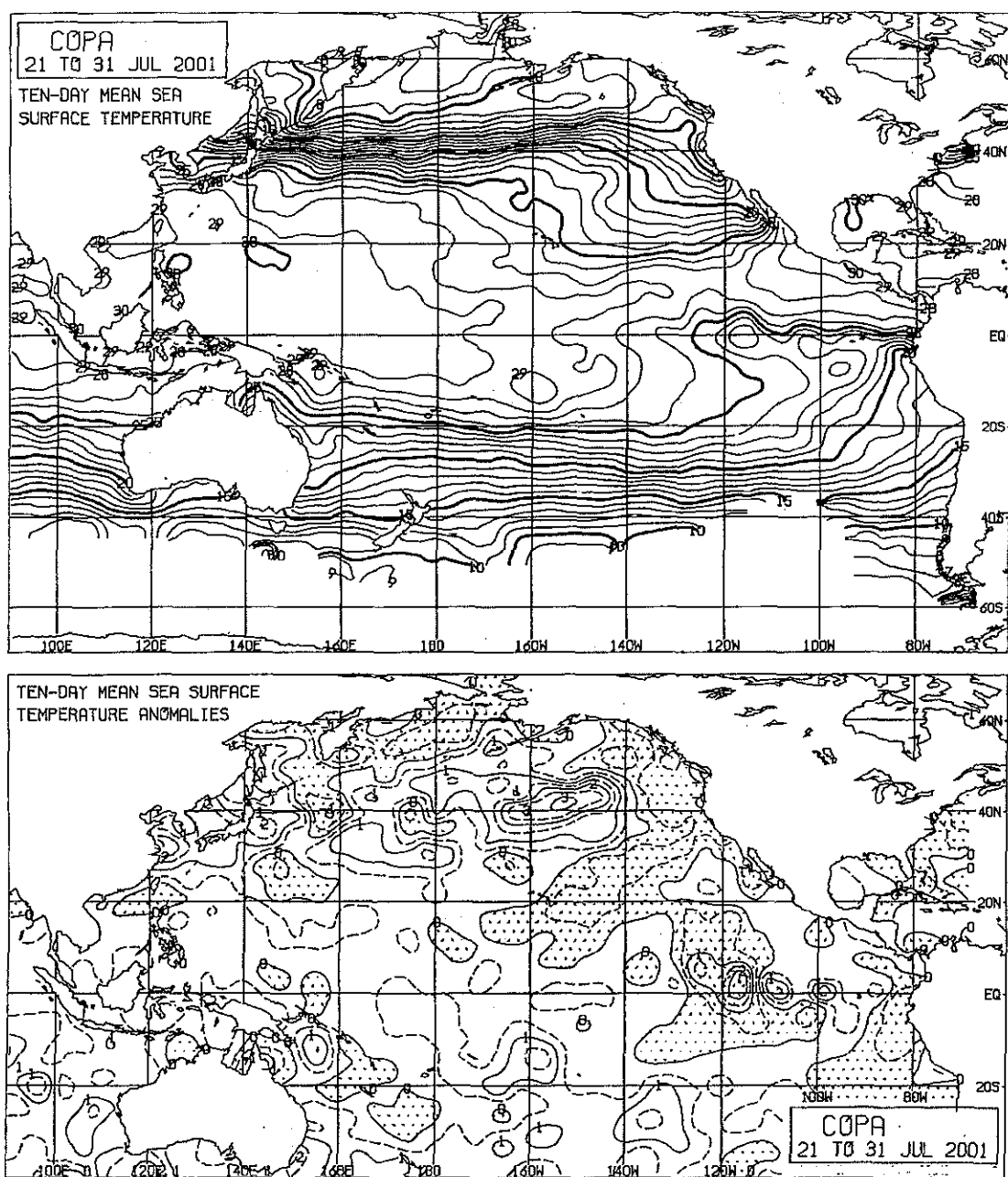


圖 3. 2001 年 7 月 21 日至 31 日太平洋區域平均海面溫度(上)與海溫距平(下)圖

Fig. 3. The ten-day (21-31, July, 2001) mean sea surface temperature(top) and anomalies(bottom) over the Pacific area.

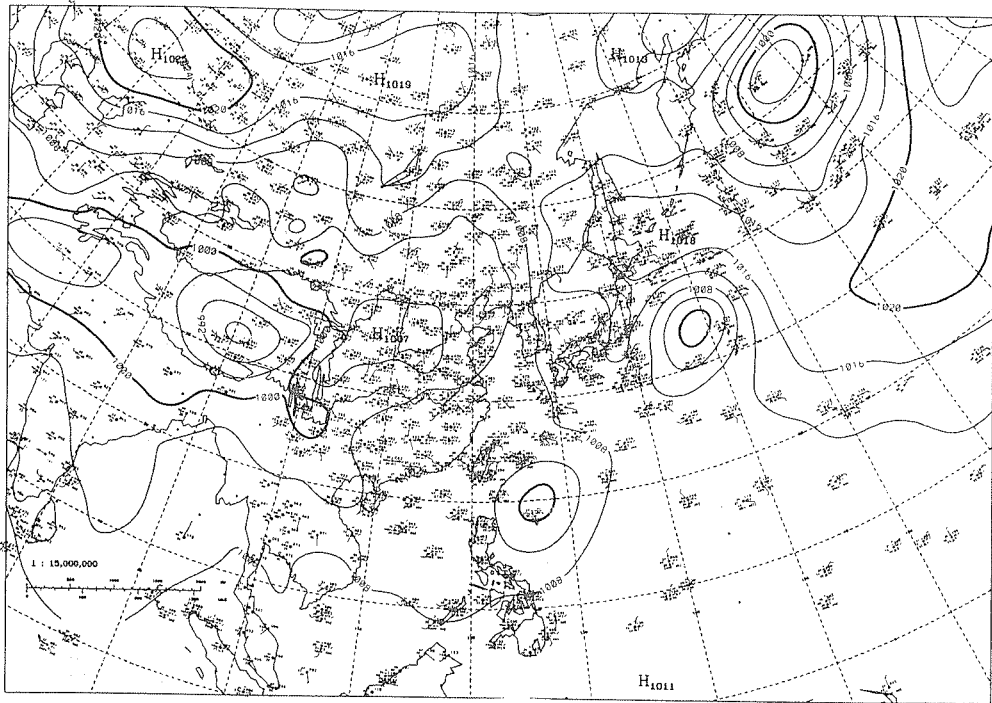
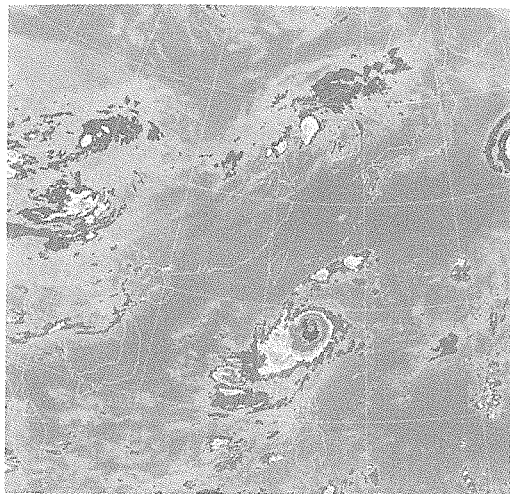


圖 4a. 2001 年 7 月 28 日 0000UTC 亞洲地面天氣分析圖

Fig. 4a. The surface analysis at 0000UTC 28 July 2001.

中華民國90年07月28日08時BD色調強化雲圖



中央氣象局氣象衛星中心

圖 4b. 2001 年 7 月 28 日 0000UTC 紅外線衛星雲圖

Fig. 4b. The infrared image at 0000UTC 28 July 2001.

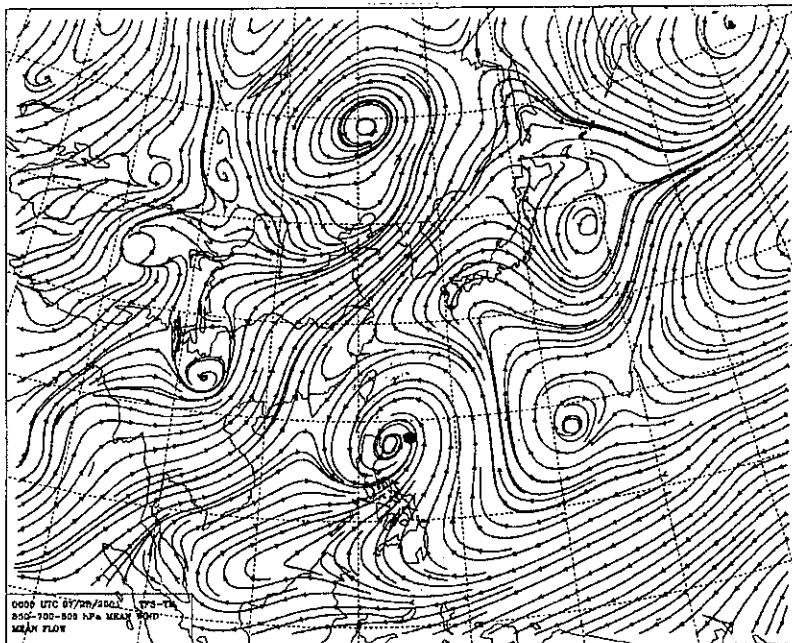


圖 5. 2001 年 7 月 28 日 0000UTC 850/700/500 百帕平均氣流圖

Fig. 5. The 850/700/500 hPa mean flow streamline at 0000UTC 28 July 2001.

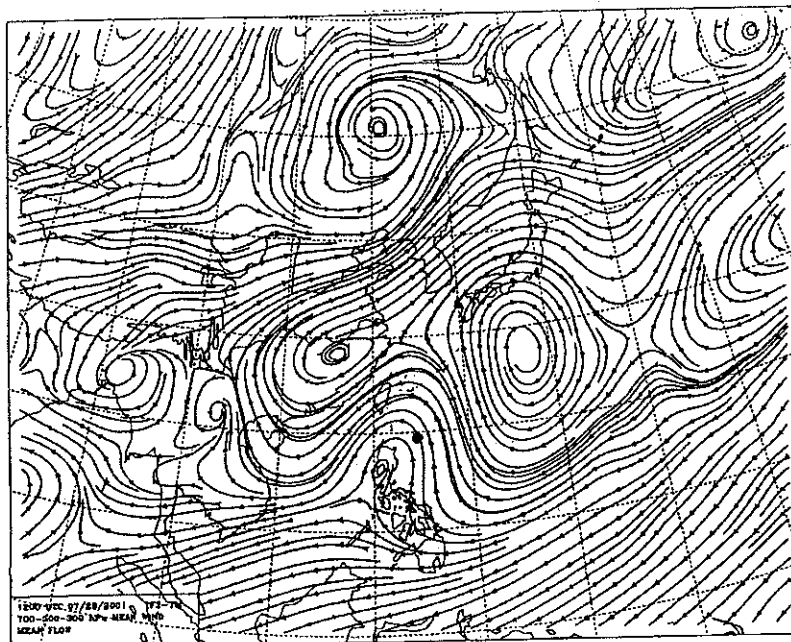


圖 6. 2001 年 7 月 28 日 1200UTC 700/500/300 百帕平均氣流圖

Fig. 6. The 700/500/300 hPa mean flow streamline at 1200UTC 28 July 2001.

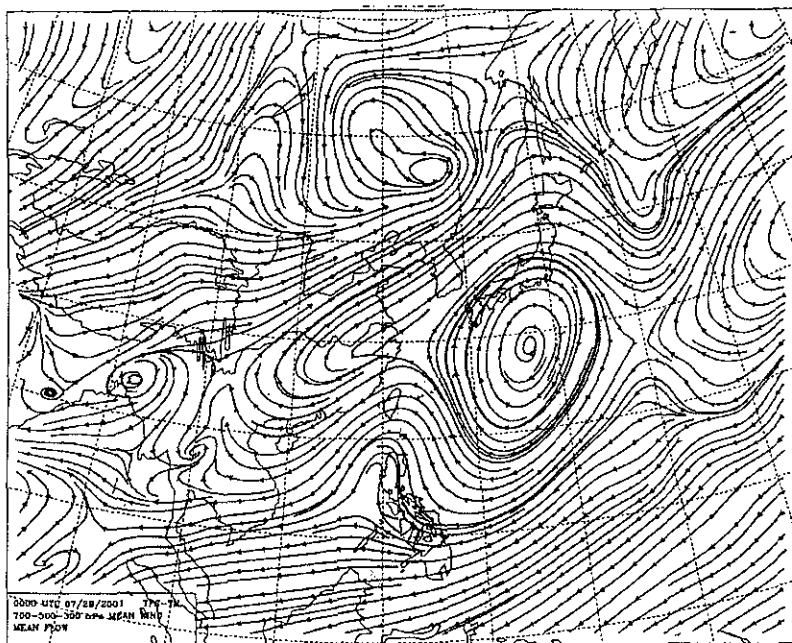


圖 7. 2001 年 7 月 29 日 0000UTC 700/500/300 百帕平均氣流圖

Fig. 7. The 700/500/300 hPa mean flow streamline at 0000UTC 29 July 2001.

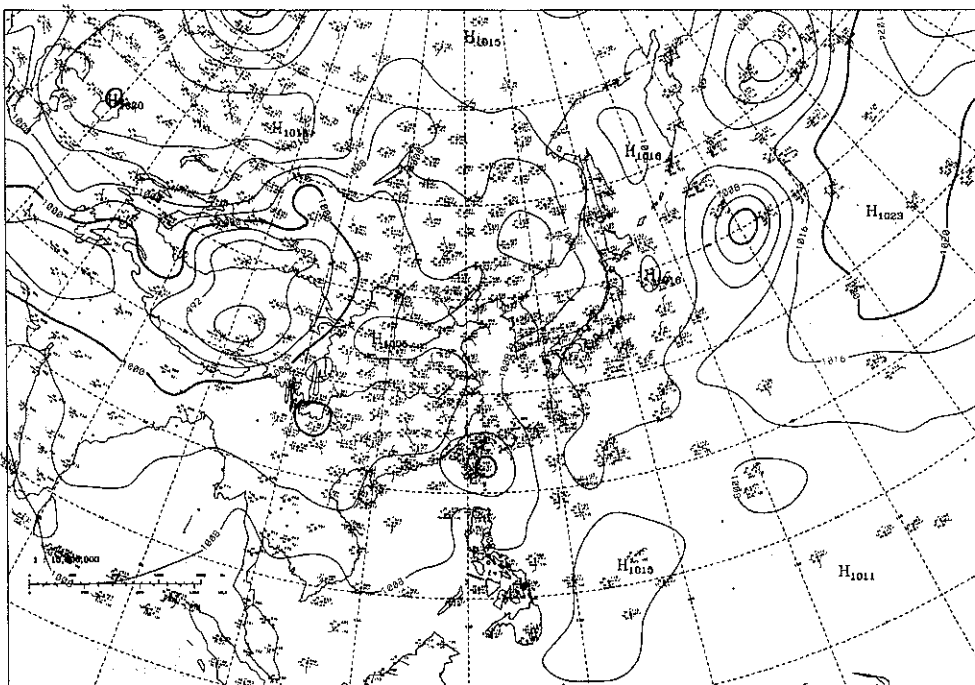


圖 8a. 2001 年 7 月 29 日 1200UTC 亞洲區地面天氣分析圖

Fig. 8a. The surface analysis at 1200UTC 29 July 2001.

中華民國90年07月29日20時BD色調強化雲圖



中央氣象局氣象衛星中心

圖 8b. 2001 年 7 月 29 日 1200UTC 紅外線衛星雲圖

Fig. 8b. The infrared image at 1200UTC 29 July 2001.



表 2. 桃芝颱風警報發布經過一覽表

Table 2. Warnings issued by CWB for typhoon Toraji.

種類	次序 號	發佈時間		警戒區域	備註	
		日	時分			
				海上	陸上	
海上	8	1	28 5 25	巴士海峽及台灣東南部海面		中度
海上	8	2	28 8 25	巴士海峽、台灣東南部海面及台灣東北部海面		中度
海陸	8	3	28 11 10	巴士海峽、台灣東南部海面及台灣東北部海面	蘭嶼、綠島、花蓮、台東及恆春半島	中度
海陸	8	3-1	28 12 15	巴士海峽、台灣東南部海面及台灣東北部海面	蘭嶼、綠島、花蓮、台東及恆春半島	中度
海陸	8	3-2	28 13 10	巴士海峽、台灣東南部海面及台灣東北部海面	蘭嶼、綠島、花蓮、台東及恆春半島	中度
海陸	8	4	28 14 35	巴士海峽、台灣東南部海面及台灣東北部海面	蘭嶼、綠島、花蓮、台東、恆春半島 及屏東地區	中度
海陸	8	4-1	28 15 20	巴士海峽、台灣東南部海面及台灣東北部海面	蘭嶼、綠島、花蓮、台東、恆春半島 及屏東地區	中度
海陸	8	4-2	28 16 10	巴士海峽、台灣東南部海面及台灣東北部海面	蘭嶼、綠島、花蓮、台東、恆春半島 及屏東地區	中度
海陸	8	5	28 17 40	巴士海峽、台灣東南部海面及台灣東北部海面	蘭嶼、綠島、宜蘭、花蓮、台東、恆春半島、屏東地區、台中以南地區	中度
海陸	8	5-1	28 18 20	巴士海峽、台灣東南部海面及台灣東北部海面	蘭嶼、綠島、宜蘭、花蓮、台東、恆春半島、屏東地區、台中以南地區	中度
海陸	8	5-2	28 19 10	巴士海峽、台灣東南部海面及台灣東北部海面	蘭嶼、綠島、宜蘭、花蓮、台東、恆春半島、屏東地區、台中以南地區	中度
海陸	8	6	28 20 25	台灣附近各海面	蘭嶼、綠島、台灣各地區及澎湖地區	中度
海陸	8	6-1	28 21 20	台灣附近各海面	蘭嶼、綠島、台灣各地區及澎湖地區	中度
海陸	8	6-2	28 22 10	台灣附近各海面	蘭嶼、綠島、台灣各地區及澎湖地區	中度
海陸	8	7	28 23 15	台灣附近各海面	蘭嶼、綠島、台灣各地區及澎湖地區	中度
海陸	8	7-1	29 0 10	台灣附近各海面	蘭嶼、綠島、台灣各地區及澎湖地區	中度
海陸	8	7-2	29 1 10	台灣附近各海面	蘭嶼、綠島、台灣各地區及澎湖地區	中度
海陸	8	8	29 2 50	台灣附近各海面、金門及馬祖海面	蘭嶼、綠島、澎湖及台灣各地區	中度
海陸	8	8-1	29 3 15	台灣附近各海面、金門及馬祖海面	蘭嶼、綠島、澎湖及台灣各地區	中度
海陸	8	8-2	29 4 10	台灣附近各海面、金門及馬祖海面	蘭嶼、綠島、澎湖及台灣各地區	中度
海陸	8	9	29 5 15	台灣附近各海面、金門及馬祖海面	蘭嶼、綠島、澎湖及台灣各地區	中度
海陸	8	9-1	29 6 10	台灣附近各海面、金門及馬祖海面	蘭嶼、綠島、澎湖及台灣各地區	中度
海陸	8	9-2	29 7 10	台灣附近各海面、金門及馬祖海面	蘭嶼、綠島、澎湖及台灣各地區	中度
海陸	8	10	29 8 40	台灣附近各海面、金門及馬祖海面	蘭嶼、綠島、澎湖及台灣各地區	中度
海陸	8	10-1	29 9 30	台灣附近各海面、金門及馬祖海面	蘭嶼、綠島、澎湖及台灣各地區	中度
海陸	8	10-2	29 10 10	台灣附近各海面、金門及馬祖海面	蘭嶼、綠島、澎湖及台灣各地區	中度
海陸	8	11	29 11 10	台灣附近各海面、金門及馬祖海面	台灣各地區及蘭嶼、綠島、澎湖、馬祖地區	中度
海陸	8	11-1	29 12 10	台灣附近各海面、金門及馬祖海面	台灣各地區及蘭嶼、綠島、澎湖、馬祖地區	中度
海陸	8	11-2	29 13 20	台灣附近各海面、金門及馬祖海面	台灣各地區及蘭嶼、綠島、澎湖、馬祖地區	中度
海陸	8	12	29 14 45	台灣附近各海面、金門及馬祖海面	台灣各地區及蘭嶼、綠島、澎湖、馬祖地區	中度
海陸	8	12-1	29 15 20	台灣附近各海面、金門及馬祖海面	台灣各地區及蘭嶼、綠島、澎湖、馬祖地區	中度
海陸	8	12-2	29 16 10	台灣附近各海面、金門及馬祖海面	台灣各地區及蘭嶼、綠島、澎湖、馬祖地區	中度
海陸	8	13	29 17 20	台灣附近各海面、金門及馬祖海面	台灣各地區及蘭嶼、綠島、澎湖、馬祖地區	中度
海陸	8	13-1	29 18 5	台灣附近各海面、金門及馬祖海面	台灣各地區及蘭嶼、綠島、澎湖、馬祖地區	中度
海陸	8	13-2	29 19 10	台灣附近各海面、金門及馬祖海面	台灣各地區及蘭嶼、綠島、澎湖、馬祖地區	中度
海陸	8	14	29 20 10	台灣附近各海面、金門及馬祖海面	台灣各地區及蘭嶼、綠島、澎湖、馬祖地區	中度
海陸	8	14-1	29 21 5	台灣附近各海面、金門及馬祖海面	台灣各地區及蘭嶼、綠島、澎湖、馬祖地區	中度
海陸	8	14-2	29 22 15	台灣附近各海面、金門及馬祖海面	台灣各地區及蘭嶼、綠島、澎湖、馬祖地區	中度
海陸	8	15	29 23 30	台灣附近各海面、金門及馬祖海面	台灣各地區及蘭嶼、綠島、澎湖、馬祖地區	中度

海陸	8	15-1	30	0	30	台灣附近各海面、金門及馬祖海面	台灣各地區及蘭嶼、綠島、澎湖、馬祖地區	中度
海陸	8	15-2	30	1	10	台灣附近各海面、金門及馬祖海面	台灣各地區及蘭嶼、綠島、澎湖、馬祖地區	中度
海陸	8	16	30	2	20	台灣附近各海面、金門及馬祖海面	台灣各地區及蘭嶼、綠島、澎湖、馬祖地區	中度
海陸	8	16-1	30	3	10	台灣附近各海面、金門及馬祖海面	台灣各地區及蘭嶼、綠島、澎湖、馬祖地區	中度
海陸	8	16-2	30	4	15	台灣附近各海面、金門及馬祖海面	台灣各地區及蘭嶼、綠島、澎湖、馬祖地區	中度
海陸	8	17	30	5	40	台灣附近各海面、金門及馬祖海面	台灣各地區及蘭嶼、綠島、澎湖、馬祖地區	中度
海陸	8	17-1	30	6	20	台灣附近各海面、金門及馬祖海面	台灣各地區及蘭嶼、綠島、澎湖、馬祖地區	中度
海陸	8	17-2	30	7	5	台灣附近各海面、金門及馬祖海面	台灣各地區及蘭嶼、綠島、澎湖、馬祖地區	中度
海陸	8	18	30	8	20	台灣附近各海面、金門及馬祖海面	台灣各地區及蘭嶼、綠島、澎湖、馬祖地區	輕度
海陸	8	18-1	30	9	20	台灣附近各海面、金門及馬祖海面	台灣各地區及蘭嶼、綠島、澎湖、馬祖地區	輕度
海陸	8	18-2	30	10	10	台灣附近各海面、金門及馬祖海面	台灣各地區及蘭嶼、綠島、澎湖、馬祖地區	輕度
海陸	8	19	30	11	25	台灣附近各海面、金門及馬祖海面	台灣各地區及蘭嶼、綠島、澎湖、馬祖地區	輕度
海陸	8	19-1	30	12	5	台灣附近各海面、金門及馬祖海面	台灣各地區及蘭嶼、綠島、澎湖、馬祖地區	輕度
海陸	8	19-2	30	13	15	台灣附近各海面、金門及馬祖海面	台灣各地區及蘭嶼、綠島、澎湖、馬祖地區	輕度
海陸	8	20	30	14	45	台灣北部、東北部、東南部海面、台灣海峽、金門及馬祖海面	嘉義以北、澎湖及馬祖地區、基隆、宜蘭及花蓮地區	輕度
海陸	8	20-1	30	15	30	台灣北部、東北部、東南部海面、台灣海峽、金門及馬祖海面	嘉義以北、澎湖及馬祖地區、基隆、宜蘭及花蓮地區	輕度
海陸	8	20-2	30	16	10	台灣北部、東北部、東南部海面、台灣海峽、金門及馬祖海面	嘉義以北、澎湖及馬祖地區、基隆、宜蘭及花蓮地區	輕度
海陸	8	21	30	17	30	台灣北部、東北部、東南部海面、台灣海峽、金門及馬祖海面	嘉義以北、澎湖及馬祖地區、基隆、宜蘭及花蓮地區	輕度
海陸	8	21-1	30	18	15	台灣北部、東北部、東南部海面、台灣海峽、金門及馬祖海面	嘉義以北、澎湖及馬祖地區、基隆、宜蘭及花蓮地區	輕度
海陸	8	21-2	30	19	15	台灣北部、東北部、東南部海面、台灣海峽、金門及馬祖海面	嘉義以北、澎湖及馬祖地區、基隆、宜蘭及花蓮地區	輕度
海陸	8	22	30	20	20	馬祖海面、台灣北部海面、台灣海峽北部、台灣東北部海面及金門海面	馬祖地區、台中以北、基隆及宜蘭地區	輕度
海陸	8	22-1	30	21	25	馬祖海面、台灣北部海面、台灣海峽北部、台灣東北部海面及金門海面	馬祖地區、台中以北、基隆及宜蘭地區	輕度
海陸	8	22-2	30	22	10	馬祖海面、台灣北部海面、台灣海峽北部、台灣東北部海面及金門海面	馬祖地區、台中以北、基隆及宜蘭地區	輕度
海陸	8	23	30	23	35	馬祖海面、台灣北部海面、台灣海峽北部及金門海面	馬祖地區、台中以北及基隆地區	輕度
海陸	8	23-1	31	0	20	馬祖海面、台灣北部海面、台灣海峽北部及金門海面	馬祖地區、台中以北及基隆地區	輕度
海陸	8	23-2	31	1	10	馬祖海面、台灣北部海面、台灣海峽北部及金門海面	馬祖地區、台中以北及基隆地區	輕度
海陸	8	24	31	2	35	馬祖海面、台灣北部海面、台灣海峽北部及金門海面	馬祖地區、台中以北及基隆地區	輕度
海陸	8	24-1	31	3	20	馬祖海面、台灣北部海面、台灣海峽北部及金門海面	馬祖地區、台中以北及基隆地區	輕度
海陸	8	24-2	31	4	10	馬祖海面、台灣北部海面、台灣海峽北部及金門海面	馬祖地區、台中以北及基隆地區	輕度
海陸	8	25	31	5	25	馬祖海面、台灣北部海面、台灣海峽北部及金門海面	馬祖地區	輕度
海陸	8	25-1	31	6	10	馬祖海面、台灣北部海面、台灣海峽北部及金門海面	馬祖地區	輕度
海陸	8	25-2	31	7	10	馬祖海面、台灣北部海面、台灣海峽北部及金門海面	馬祖地區	輕度
海陸	8	26	31	8	35	馬祖海面及台灣北部海面	馬祖地區	輕度
海陸	8	26-1	31	9	20	馬祖海面及台灣北部海面	馬祖地區	輕度
海陸	8	26-2	31	10	15	馬祖海面及台灣北部海面	馬祖地區	輕度
海陸	8	27	31	11	31	馬祖海面及台灣北部海面	馬祖地區	輕度
海陸	8	27-1	31	12	17	馬祖海面及台灣北部海面	馬祖地區	輕度
海陸	8	27-2	31	13	40	馬祖海面及台灣北部海面	馬祖地區	輕度
解除	8	28	31	14	35	對馬祖地區及台灣北部海面的威脅解除		熱帶性低氣壓

表 3. 中央氣象局衛星中心對第八號颱風桃芝(Toraji) 颱風之定位及強度資料表  
Table3. Center location and intensity of typhoon Toraji (0108) analyzed by Meteorological Satellite  
Center of CWB.

颱風 編號	中文 名稱	英文名稱	年	月	日	Z	雲圖種類	颱風 雲型	中心 緯度	中心經度	定位準 確度	T 值	CI 值	強度 變化	強度間 隔時間
0108	桃芝	Toraji	2001	07	27	00	IR/EIR/VIS	ShP	17.00	127.40	Fair	2.00	2.00	發展	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	27	03	IR/EIR/VIS	CB	17.00	127.10	Fair	2.50	2.50	發展	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	27	06	IR/EIR/VIS	CB	17.30	127.10	Fair	3.00	3.00	發展	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	27	09	IR/EIR/VIS	CB	17.30	126.60	Fair	3.00	3.00	發展	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	27	12	EIR/ IR	CB	17.30	126.20	Fair	3.00	3.00	持續	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	27	18	EIR/ IR	CB	17.70	125.60	Fair	3.50	3.50	發展	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	27	21	EIR/ IR	CB	17.90	125.20	Fair	4.00	4.00	發展	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	28	00	IR/EIR/VIS	CB	18.40	124.70	Good	4.50	4.50	發展	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	28	03	IR/EIR/VIS	CB	18.80	124.60	Good	4.50	4.50	發展	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	28	06	IR/EIR/VIS	CB	19.20	124.30	Good	4.50	4.50	持續	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	28	09	IR/EIR/VIS	CB	19.40	124.20	Good	5.00	5.00	發展	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	28	12	IR/EIR/VIS	CB	19.70	123.90	Good	5.00	5.00	發展	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	28	14	EIR/ IR	CB	20.00	123.60	Good	5.00	5.00	發展	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	28	15	EIR/ IR	CB	20.00	123.60	Good	5.00	5.00	持續	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	28	16	EIR/ IR	CB	20.10	123.50	Fair	5.00	5.00	持續	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	28	17	EIR/ IR	CB	20.30	123.40	Fair	5.00	5.00	持續	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	28	18	EIR/ IR	CB	20.40	123.20	Fair	5.00	5.00	持續	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	28	21	EIR/ IR	CB	21.00	122.90	Fair	5.00	5.00	持續	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	29	00	IR/EIR/VIS	CB	21.20	122.80	Fair	4.50	5.00	減弱	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	29	03	IR/EIR/VIS	CB	21.90	122.60	Good	4.50	5.00	減弱	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	29	06	IR/EIR/VIS	EYE	22.20	122.40	Good	5.00	5.00	發展	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	29	07	IR/EIR/VIS	EYE	22.30	122.40	Good	5.00	5.00	發展	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	29	08	IR/EIR/VIS	EYE	22.50	122.30	Good	5.00	5.00	發展	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	29	09	IR/EIR/VIS	ECP	22.70	122.30	Good	5.00	5.00	發展	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	29	09	IR/EIR/VIS	ECP	22.70	122.30	Good	5.00	5.00	發展	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	29	10	IR/EIR/VIS	ECP	22.90	122.20	Fair	5.00	5.00	發展	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	29	11	IR/EIR/VIS	ECP	23.00	122.10	Fair	5.00	5.00	發展	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	29	12	EIR/ IR	ECP	23.10	122.00	Fair	5.00	5.00	發展	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	29	15	EIR/ IR	ECP	23.50	121.60	Fair	5.00	5.00	發展	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	29	18	EIR/ IR	ECP	23.70	121.30	Fair	4.50	5.00	減弱	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	29	21	EIR/ IR	ECP	23.90	121.30	Fair	4.00	4.50	減弱	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	30	00	EIR/ IR	ECP	24.10	121.10	Fair	4.00	4.50	減弱	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	30	03	EIR/ IR	ECP	24.80	121.10	Fair	4.00	4.50	減弱	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	30	06	EIR/ IR	ECP	25.10	120.70	Fair	4.00	4.50	減弱	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	30	09	IR/EIR/VIS	CB	25.50	120.50	Fair	4.00	4.50	持續	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	30	12	EIR/ IR	CB	25.60	120.30	Fair	4.00	4.50	持續	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	30	15	EIR/ IR	CB	25.60	120.20	Fair	4.00	4.50	持續	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	30	18	EIR/ IR	CB	26.10	119.80	Fair	4.00	4.50	持續	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	30	21	EIR/ IR	CB	26.50	119.70	Fair	3.50	4.00	減弱	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	31	00	IR/EIR/VIS	CB	26.60	119.40	Fair	3.00	3.50	減弱	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	31	03	IR/EIR/VIS	CB	27.10	119.30	Fair	2.00	2.50	減弱	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	31	06	IR/EIR/VIS	CB	27.80	119.30	Poor	1.50	2.00	減弱	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	31	09	IR/EIR/VIS	CB	28.00	119.30	Poor	1.50	2.00	減弱	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	31	12	EIR/ IR	CB	28.30	119.50	Poor	1.50	2.00	持續	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	31	15	EIR/ IR	CB	28.60	119.50	Poor	1.50	2.00	持續	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	31	18	EIR/ IR	CB	28.90	119.60	Poor	1.50	2.00	持續	6
0108	桃芝	Toraji	2001	07	31	21	EIR/ IR	CB	29.80	119.80	Poor	1.00	2.00	減弱	6

表 4. 中央氣象局雷達站對第八號颱風桃芝(Toraji) 颱風之定位資料表

Table4. Center location of typhoon Toraji (0108) analyzed by radar stations of CWB.

桃芝颱風中心之雷達定位表						
站名	日期(L)	時間	緯度-北緯	經度-東經	Ac	
墾丁	1990 年 7 月 28 日	16:00	19.4	124.1	6	
墾丁	1990 年 7 月 28 日	17:00	19.4	124.1	6	
墾丁	1990 年 7 月 28 日	18:00	19.5	124.1	5	
墾丁	1990 年 7 月 28 日	19:00	19.7	124	5	
墾丁	1990 年 7 月 28 日	20:00	19.8	123.9	3	
墾丁	1990 年 7 月 28 日	21:00	19.9	123.8	3	
墾丁	1990 年 7 月 28 日	22:00	20.05	123.64	2	
墾丁	1990 年 7 月 28 日	23:00	20.12	123.55	2	
墾丁	1990 年 7 月 29 日	0:00	20.29	123.44	2	
墾丁	1990 年 7 月 29 日	1:00	20.43	123.34	2	
墾丁	1990 年 7 月 29 日	2:00	20.57	123.27	2	
墾丁	1990 年 7 月 29 日	3:00	20.72	123.13	2	
墾丁	1990 年 7 月 29 日	4:00	20.82	123.12	2	
墾丁	1990 年 7 月 29 日	5:00	20.82	123.02	5	
墾丁	1990 年 7 月 29 日	6:00	20.84	123	5	
墾丁	1990 年 7 月 29 日	7:00	21.04	122.94	5	
墾丁	1990 年 7 月 29 日	8:00	21.25	122.93	5	
花蓮/墾丁	1990 年 7 月 29 日	9:00	21.3/21.42	123.01/122.88	3/5	
花蓮/墾丁	1990 年 7 月 29 日	10:00	21.43/21.56	122.94/122.79	2/5	
花蓮/墾丁	1990 年 7 月 29 日	11:00	21.59/21.74	122.73/122.71	2/3	
花蓮/墾丁	1990 年 7 月 29 日	12:00	22.77/21.86	122.62/12.64	2/2	
花蓮	1990 年 7 月 29 日	13:00	22.01	122.61	2	
花蓮/墾丁	1990 年 7 月 29 日	14:00	22.1/22.19	122.46/122.53	2/2	
花蓮/墾丁	1990 年 7 月 29 日	15:00	22.25/22.31	122.38/122.5	2/2	
花蓮/墾丁	1990 年 7 月 29 日	16:00	22.39/22.51	122.3/122.47	1/2	
花蓮/墾丁	1990 年 7 月 29 日	17:00	22.62/22.71	122.34/122.36	1/2	
花蓮/墾丁	1990 年 7 月 29 日	18:00	22.77/22.8	122.27/122.32	1/2	
花蓮/墾丁	1990 年 7 月 29 日	19:00	22.95/23	122.21/122.23	1/2	
花蓮/墾丁	1990 年 7 月 29 日	20:00	23.08/23.2	122.1/122.09	1/3	
花蓮	1990 年 7 月 29 日	21:00	23.23	122.02	1	
花蓮	1990 年 7 月 29 日	22:00	23.34	121.79	1	
五分山/花蓮	1990 年 7 月 29 日	23:00	23.5/23.41	121.68/121.72	5/1	
五分山	1990 年 7 月 29 日	23:30	23.5	121.6	5	
五分山	1990 年 7 月 30 日	00:00	23.6	121.5	5	
五分山	1990 年 7 月 30 日	00:30	23.6	121.5	5	
五分山	1990 年 7 月 30 日	1:00	23.6	121.5	5	
五分山	1990 年 7 月 30 日	1:30	23.6	121.4	5	
五分山	1990 年 7 月 30 日	2:00	23.6	121.3	5	
五分山	1990 年 7 月 30 日	2:30	23.6	121.3	5	
五分山	1990 年 7 月 30 日	3:00	23.6	121.3	5	
五分山	1990 年 7 月 30 日	3:30	23.7	121.3	6	

五分山	1990年7月30日	4:00	23.8	121.3	6		
五分山	1990年7月30日	4:30	23.9	121.2	6		
五分山	1990年7月30日	5:00	24	121.2	6		
五分山	1990年7月30日	5:30	24	21.2	6		
五分山	1990年7月30日	6:00	24.2	121.2	6		
五分山	1990年7月30日	6:30	24.3	121.3	6		
五分山	1990年7月30日	7:00	24.4	121.3	6		
五分山	1990年7月30日	7:30	24.4	121.2	6		
五分山	1990年7月30日	8:00	24.4	120.9	6		
五分山	1990年7月30日	8:30	24.4	120.8	6		
五分山	1990年7月30日	9:00	24.5	120.9	6		
五分山	1990年7月30日	9:30	24.6	120.8	6		
五分山	1990年7月30日	10:00	24.7	120.9	6		
五分山	1990年7月30日	10:30	24.8	120.7	6		
五分山	1990年7月30日	11:00	24.9	120.7	5		
五分山	1990年7月30日	11:30	25	120.6	6		
五分山	1990年7月30日	12:00	25	120.6	6		
五分山	1990年7月30日	12:30	25.2	120.6	6		
五分山	1990年7月30日	13:00	25	120.5	6		
五分山	1990年7月30日	13:30	25.1	120.5	6		
五分山	1990年7月30日	14:00	25.2	120.5	6		
五分山	1990年7月30日	14:30	25.2	120.4	6		
五分山	1990年7月30日	15:00	25.2	120.4	6		
五分山	1990年7月30日	15:30	25.3	120.4	6		
五分山	1990年7月30日	16:00	25.4	120.5	6		
五分山	1990年7月30日	16:30	25.4	120.4	6		
五分山	1990年7月30日	17:00	25.5	120.5	6		
五分山	1990年7月30日	18:00	25.6	120.3	6		
五分山	1990年7月30日	19:00	25.7	120.1	6		
五分山	1990年7月30日	20:00	25.8	120	6		
五分山	1990年7月30日	21:00	25.7	120	6		
五分山	1990年7月30日	22:00	25.8	120	2		
五分山	1990年7月30日	23:00	25.9	119.9	2		
五分山	1990年7月31日	0:00	26	119.9	2		
五分山	1990年7月31日	1:00	26	119.9	2		
五分山	1990年7月31日	2:00	26.2	119.8	2		
五分山	1990年7月31日	3:00	26.3	119.8	2		
五分山	1990年7月31日	4:00	26.4	119.7	2		
五分山	1990年7月31日	5:00	26.5	119.6	2		
五分山	1990年7月31日	6:00	26.5	119.4	2		
五分山	1990年7月31日	7:00	26.7	119.8	2		
五分山	1990年7月31日	8:00	26.9	119.7	2		
五分山	1990年7月31日	9:00	27	119.9	3		
五分山	1990年7月31日	10:00	27.2	119.7	6		
五分山	1990年7月31日	11:00	27.3	119.5	6		

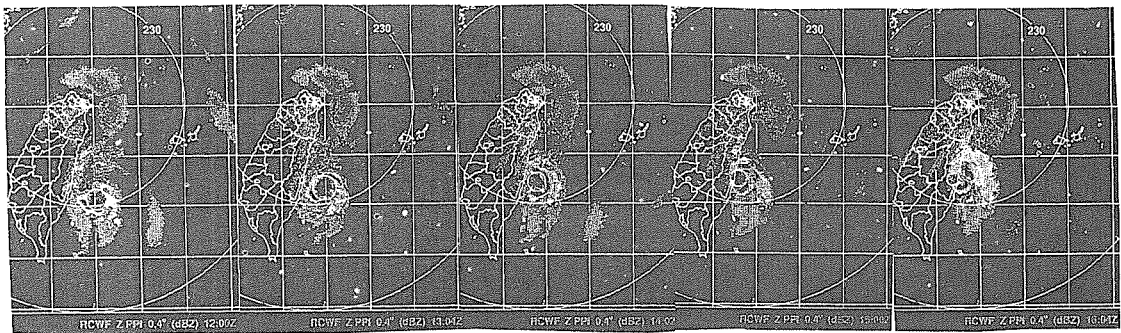


圖 9. 2001 年 7 月 29 日 12Z 至 16Z 每小時五分山雷達站回波圖  
Fig. 9. The hourly echo chart at RCWF from 1200UTC to 1600UTC 29 July 2001.

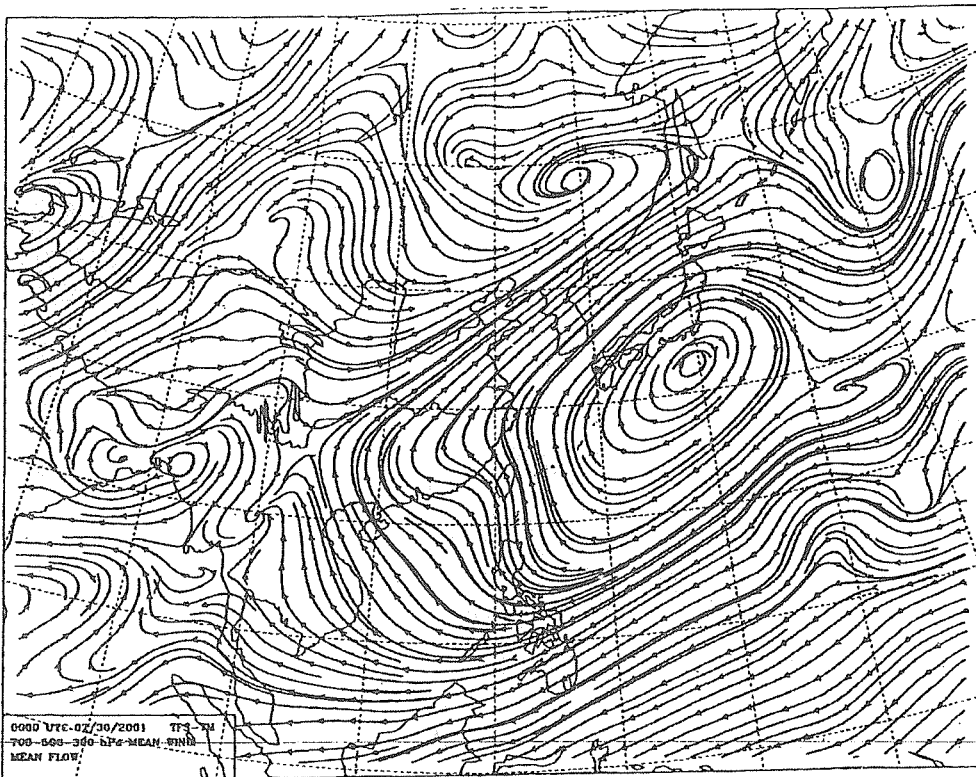


圖 10. 2001 年 7 月 30 日 0000UTC 700/500/300 百帕平均氣流圖  
Fig. 10. The 700/500/300 hPa mean flow streamline at 0000UTC 30 July 2001.

### 三、桃芝颱風登陸前後路徑變化分析

7月29日晚上8時桃芝颱風已移動至花蓮的南南東方110公里之海面上，而在颱風中心逐漸移近陸地時，因受地形及颱風本身非線性作用的影響，颱風路徑突然有不連續的偏西跡象，由中央氣象局全台地面測站逐時氣壓及三小時地面氣壓變差分析如圖11及圖12所示，更清楚看出當颱風範圍靠近台灣陸地時由於受到地形阻擋，在其颱風中心北邊出現一高壓環流，使得原先持續往北北西移動之路徑轉為偏西移動，當颱風登陸後，颱風環流本身又受到原先中高層駛流影響往北北西移動，接著由於颱風環流受到地形的破壞及地形所造成副低壓的生成發展的影響，颱風環流中心移到台灣中北部山區減弱消失，由台灣西北部新竹附近所生成發展之副中心取代出海，最後登陸大陸。

### 四、桃芝颱風警報期間各地氣象要素分析

#### (一)氣壓

桃芝颱風於7月27日8時在菲律賓呂宋島東方海面發展形成，桃芝颱風形成後迅速增強，並以西北西轉西北再轉北北西行進，朝台灣東部陸地接近，於30日0時10分左右在花蓮秀姑巒溪口附近登陸，在登陸後以緩慢的速度及北北西的角度經過中央山脈，於30日早上10時20分左右在新竹附近出海。在這段期間桃芝登陸前以成功7月30日0時05分出現985.9百帕之最低氣壓為最低，其次為台東7月29日22時56分出現991.5百帕之最低氣壓(如表5及圖13)，而在中央山脈西邊的新竹、梧棲及台中則在7月30日01時34分至03時19分出現993.6、995.2及995百帕之最低氣壓，可能為颱風移至台灣東部陸地，上述測站位於背風面區所產生副低壓所造成的現象。綜觀雷達觀測、衛星及中央氣象局測站及自動觀測氣象站逐時氣壓分析顯示，颱風中心應在花蓮南方靜浦附近登陸或經過(圖14)。

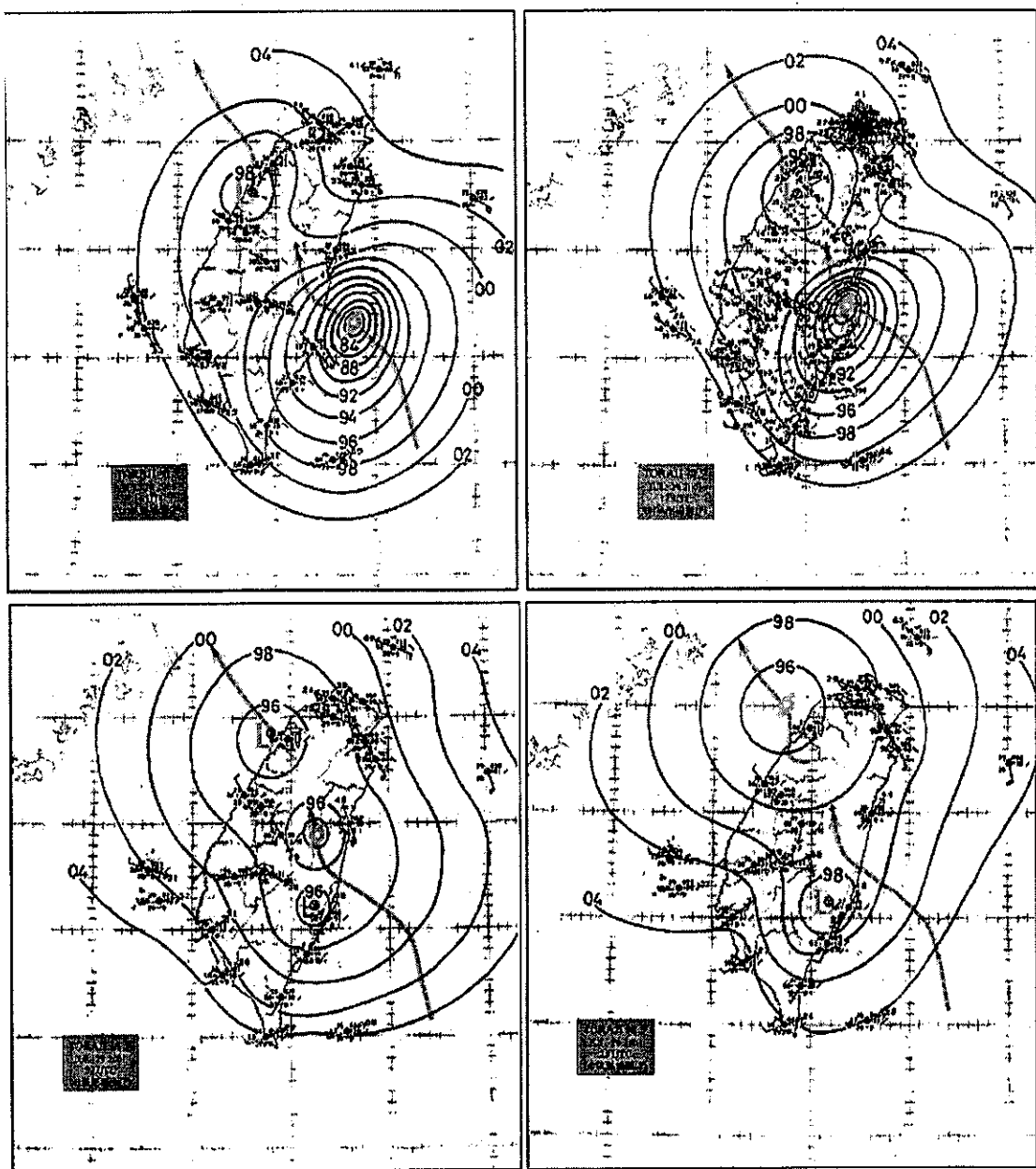


圖 11. 2001 年 7 月 29 日 1400UTC、1700UTC、2200UTC 及 2300UTC 之中央氣象局地面氣象測站逐時氣壓分析圖

Fig. 11. The hourly pressure analysis from surface stations of CWB at 1400UTC, 1700UTC, 2200UTC and 2300UTC 29 July 2001.



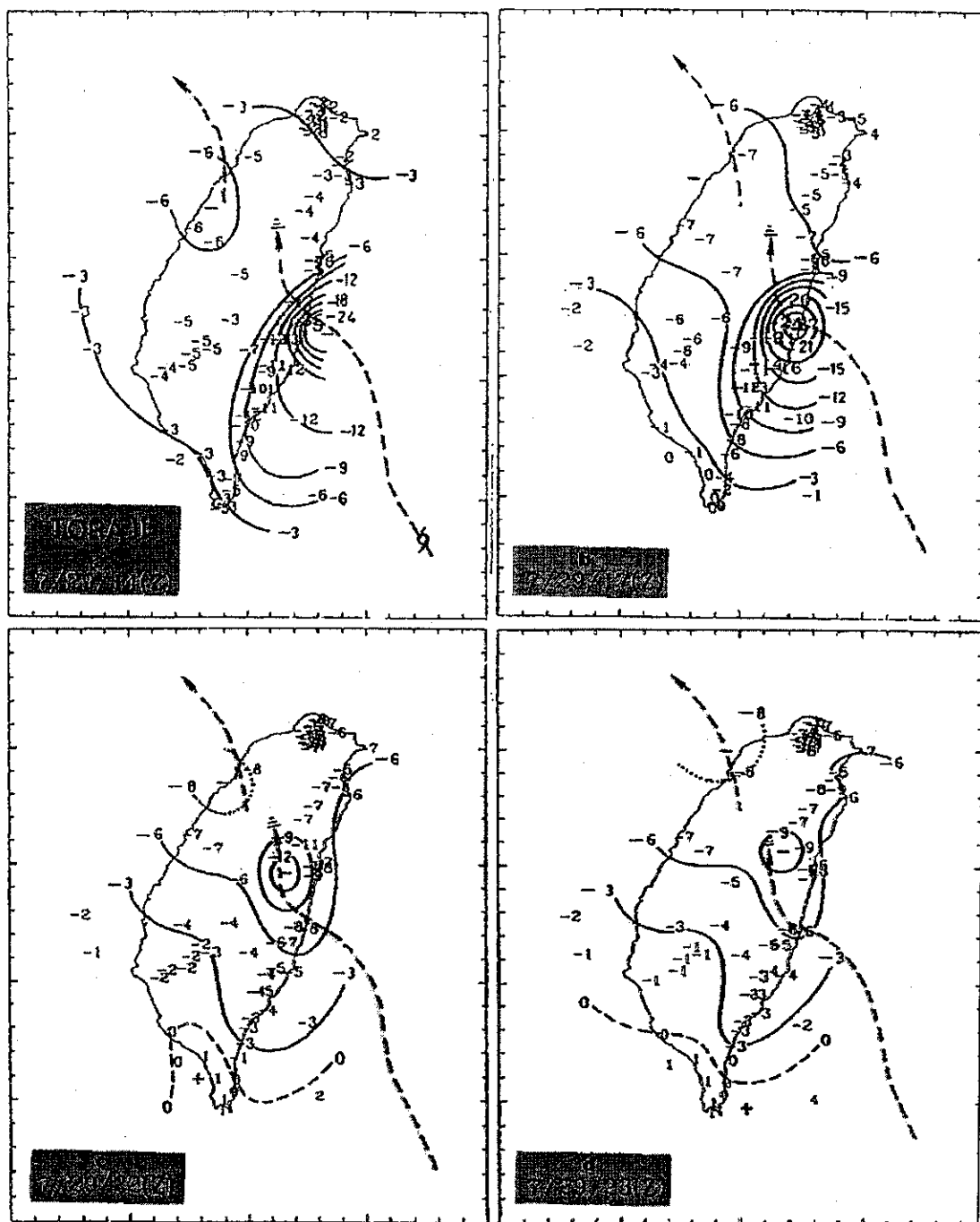


圖 12. 2001 年 7 月 29 日 1400UTC、1700UTC、2200UTC 及 2300UTC 之中央氣象局地面測站 3 小時地面氣壓變差分布圖

Fig. 12. The 3-h pressure change from surface stations of CWB at 1400UTC, 1700UTC, 2200UTC and 2300UTC 29 July 2001.

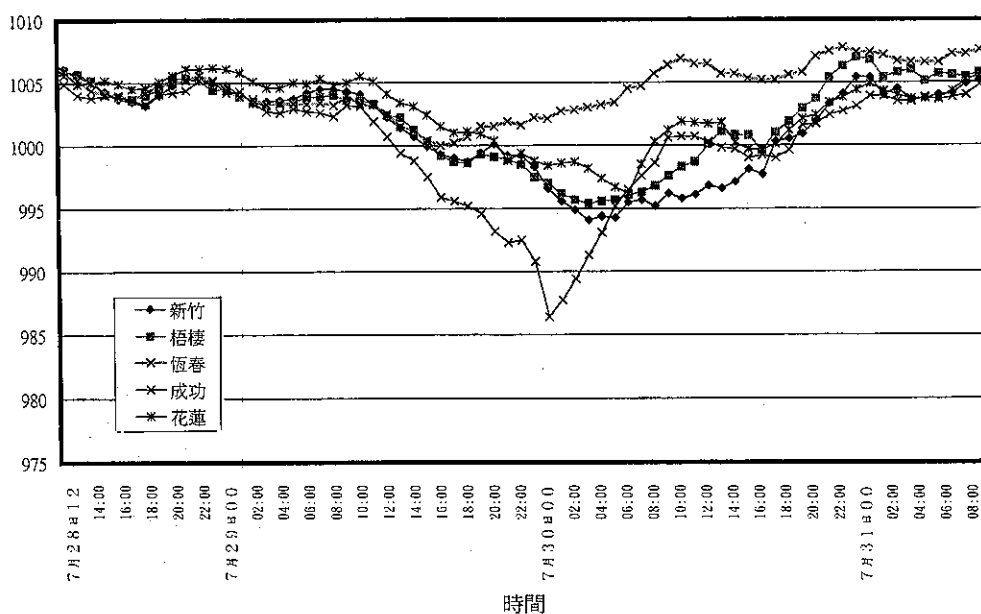


圖 13. 花蓮(46699)、成功(46761)、恆春(46759)、梧棲(46777)、新竹(46757) 氣象站逐時氣壓值

Fig. 13. The hourly pressure of stations 46699, 46761, 46759, 46777, and 46757.

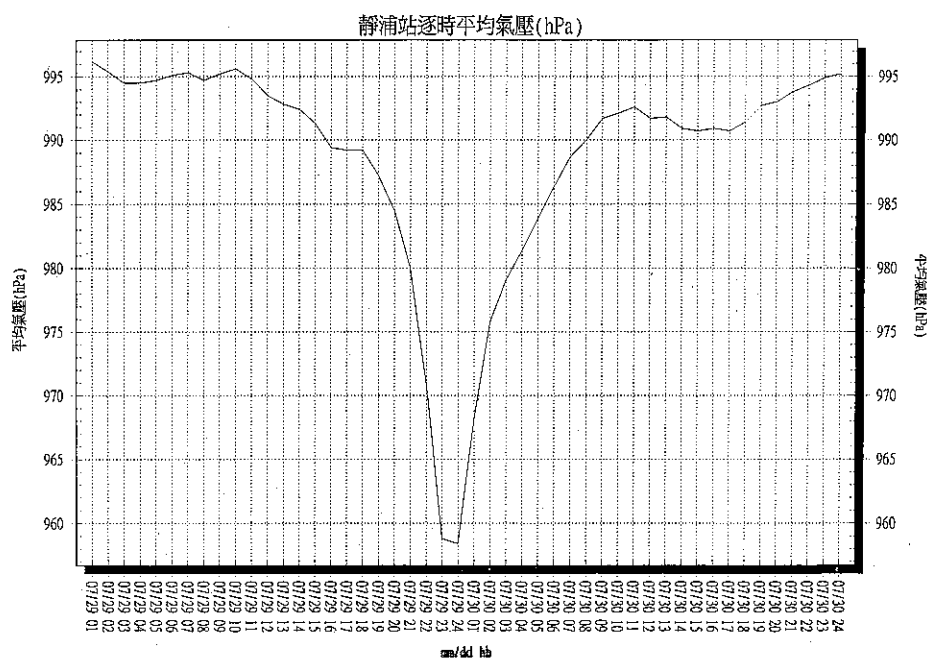


圖 14. 靜浦自動氣象站逐時平均氣壓圖

Fig. 14. The hourly pressure of station Gipo

表 5. 桃芝颱風侵台期間氣象要素統計表

Table 5. The meteorological summary of CWB's station during typhoon Toraji's passage.

測站 站名	最低氣壓 (hpa)		瞬間最大風速(m/s)			最大風速(m/s)			最大降水量(mm)				降水總量(mm)	
	數值	時間(L)	風速	風向	時間(L)	風速	風向	時間(L)	一小時	時間起始(L)	十分鐘	時間起始(L)	數量	時間始迄(L)
彭佳嶼	999.5	30/13:47	32.3	170	30/06:04	21.6	110	30/04:40	0.0	-	-	-	-	-
基隆	995.7	30/11:06	24.9	160	30/08:19	11.8	130	30/08:25	4.0	30/09:22	2.0	30/10:09	23.0	28/11:10~31/14:35
鞍部*	1366.8	30/09:05	28.9	280	30/09:12	15.2	180	30/09:18	5.6	30/18:37	2.2	30/23:22	54.7	29/13:30~31/00:42
竹子湖*	996.7	30/08:15	15.9	40	30/07:35	4.5	340	28/17:56	5.5	30/18:13	3.0	29/13:31	49.5	29/13:35~30/22:20
台北	995.1	30/08:30	18.6	250	30/08:45	9.4	130	30/08:53	5.0	30/18:46	1.0	30/15:00	34.5	29/16:25~30/23:10
新竹	993.6	30/03:19	23.5	240	30/13:34	10.9	30	30/02:49	62.0	30/13:04	15.0	30/13:28	207.2	30/02:43~31/04:47
梧棲	995.2	30/01:34	27.8	300	30/11:40	17.2	240	30/12:16	111.5	30/11:32	27.5	30/11:34	462.5	30/00:20~31/06:30
台中	995.0	30/02:40	18.8	260	30/10:27	7.3	220	30/10:23	58.0	30/10:03	14.0	30/10:20	229.5	30/00:47~31/01:50
日月潭*	887.0	30/02:09	31.5	310	30/10:43	12.8	230	30/10:01	125.5	30/07:40	29.5	30/07:55	338.9	29/22:49~30/18:22
澎湖	1001.5	29/17:14	16.2	280	30/08:22	10.7	270	30/08:22	0.5	30/05:55	0.3	30/06:40	2.1	30/05:30~31/00:30
東吉島	1000.8	29/17:08	21.4	240	30/09:56	17.3	240	30/09:58	4.0	30/09:56	1.5	30/10:02	4.0	30/09:56~30/10:30
阿里山*	752.9	30/02:38	25.8	280	30/07:02	8.9	300	30/03:27	128.0	30/07:14	27.5	30/07:32	757.0	29/22:10~30/18:40
嘉義	997.2	30/00:39	23.2	280	30/06:04	12.5	260	30/05:56	101.0	30/06:51	29.5	30/07:19	299.2	28/15:20~31/13:30
南區氣象中心	999.4	29/17:25	18.4	240	30/06:20	10.4	260	30/02:55	7.5	30/09:16	3.5	30/09:19	24.8	29/08:30~31/15:03
高雄	999.8	29/16:58	16.5	29	30/01:29	9.7	270	30/01:42	1.5	30/00:30	1.0	30/00:35	3.5	29/14:49~30/03:05
恆春	999.7	29/15:31	17.4	280	30/00:21	8.7	260	29/21:59	5.5	29/20:20	2.5	29/20:20	13.5	28/16:10~30/02:20
大武	995.2	29/22:09	13.5	270	30/15:05	6.2	200	29/23:41	6.0	30/04:08	3.5	30/01:38	33.7	28/11:10~31/14:35
台東	991.5	29/22:56	19.6	250	30/02:11	8.9	200	30/00:38	9.5	29/17:00	3.5	29/17:44	20.0	29/15:40~30/10:10
成功	985.9	30/00:05	38.0	240	30/00:25	26.6	210	30/00:55	7.5	29/21:55	2.5	29/22:44	37.6	29/00:30~30/13:12
花蓮	995.6	30/05:30	24.7	40	29/21:31	18.7	160	30/05:58	46.0	30/04:50	13.0	30/05:22	210.0	29/10:45~30/15:40
蘭嶼	996.7	29/13:10	37.4	80	29/05:03	26.7	250	29/22:14	27.0	29/14:23	9.5	29/15:35	91.5	28/21:06~30/02:48
蘇澳	997.8	30/07:25	29.6	220	30/08:09	17.0	160	30/08:51	10.5	29/17:21	9.0	29/02:17	75.0	29/02:15~30/02:10
宜蘭	998.0	30/12:56	23.5	220	30/07:02	9.6	140	30/07:56	10.5	29/14:30	4.0	29/15:20	32.2	29/02:48~30/20:10

註：\*表該站屬高山測站，其氣壓以重力位高度表示

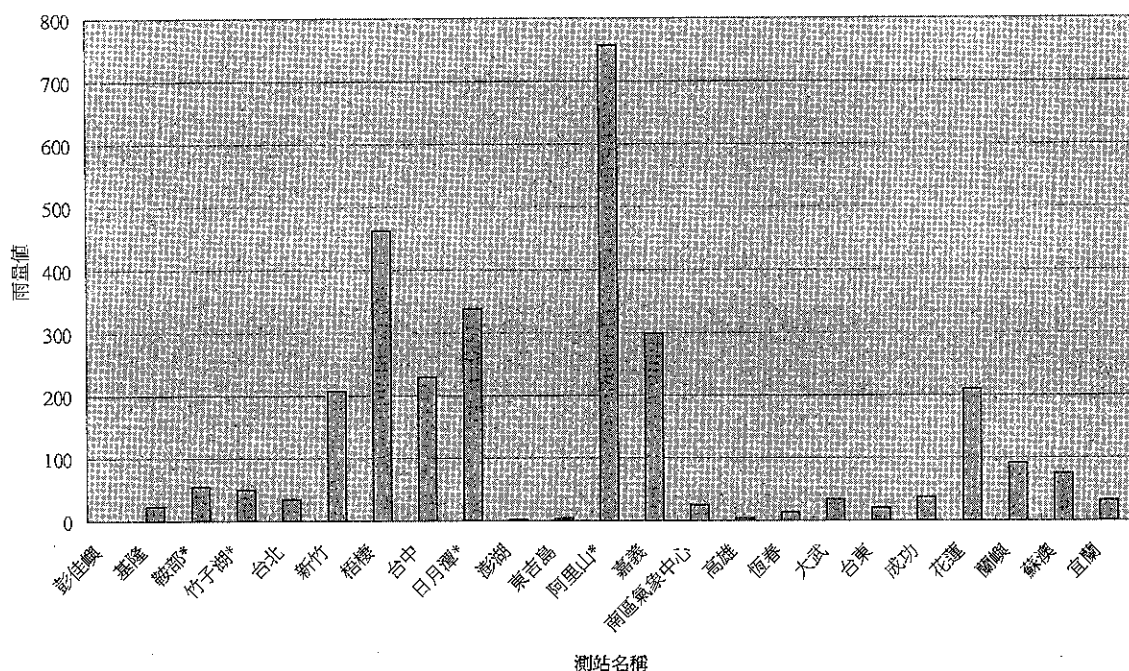


圖 15. 桃芝颱風侵台期間中央氣象局各站總雨量

Fig. 15. The total rainfalls of all CWB's weather stations during typhoon Toraji's passage(29-30, July, 2001).

## (二)雨量

桃芝颱風在 7 月 28 日至 31 日的警報期間，颱風中心由台灣東方外海登陸經中北部山區，由台灣西北部出海，颱風暴風圈掠過台灣東部及中北部，由於颱風環流、地形及颱風外圍環流等各種因素，幾乎造成在全台灣地區災害性的降水(圖 15)。單是自 29 日 0 時至 31 日 0 時兩天的累積雨量，阿里山就多達 757 公釐，除此之外各地累積較大的雨量如下：高雄縣小關山 749 公釐、南投縣神木村 634 公釐、花蓮縣鳳林 571 公釐、苗栗縣新開 444 公釐、台東縣向陽 418 公釐、台中縣阿眉 427 公釐、雲林縣草嶺 399 公釐、彰化縣芬園 375 公釐及宜蘭縣思源 303 公釐等。自 29 日 0 時至 31 日 0 時的各地累積雨量分布詳如圖 16 所示。

## (三)風

桃芝颱風 7 月 28 日至 31 日的警報期間，由於暴風圈掠過台灣東部及中北部地區，幾乎在全台灣地區均有造成顯著的影響(表 5)。各地出現之風速情況，平均風速以蘭嶼每秒 26.7m/s(10 級)及成功每秒 26.6m/s(10 級)最大，次為彭佳嶼 21.6m/s(9 級)、花蓮 18.7m/s(8 級)、東吉島 17.3m/s(8 級)、梧棲 17.2m/s(8 級)、蘇澳 17.0m/s(7 級)及鞍部 15.2m/s(7 級)，其他地區出現最大平均風速均小於 7 級。出現瞬間最大風速為成功每秒 38.0m/s(13 級)及蘭嶼每秒 37.4m/s(13 級)最大，次為彭佳嶼 32.3m/s(11 級)、日月潭 31.5m/s(11 級)、蘇澳 29.6m/s(11 級)、鞍部 28.9m/s(11 級)、梧棲 27.8m/s(10 級)、阿里山 25.8m/s(10 級)、基隆 24.9m/s(10 級)、

花蓮 24.7m/s(10 級)、宜蘭 23.5m/s(9 級)、新竹 23.5m/s(9 級)、嘉義 23.2m/s(9 級)和東吉島 21.4m/s(9 級)，其他地區出現瞬間最大風速均小於 9 級以下。28 日至 31 日警報期間花蓮、成功、恆春、梧棲及新竹出現最大平均風速之時間變化詳圖可參見圖 17。

## 五、桃芝颱風的災情報告

桃芝颱風中心直接侵襲台灣本島，其環流為台灣東半部及中南部山區帶來豐沛的降雨量，颱風在台灣地區造成重大災情。根據行政院農業委員會災害統計報告，農業損失災區已擴及全台 15 縣市，總計農林漁牧及農業設施損失以逾 77 億元，其中南投縣及花蓮縣的農業損失分別超過 12 億元及 5 億 6000 萬元；在電力方面，累積全台有 34 萬 9013 戶曾遭停電；而國內鐵路竹南彰化間山、海線及花東中斷，花東線路基流失或遭土石流淹沒 22 處；公路至少有 109 處遭損毀待修復，市話也有近 4 萬 3 千戶不通，而根據消防署網路上所提供之資料至 8 月 8 日 6 時為止有 103 人死亡，111 人失蹤。

## 六、桃芝颱風的路徑預報校驗與檢討

中央氣象局對此颱風的預報雖由於災情慘重而引來各界對於誤差過大的質疑，但由實際的 24 小時平均誤差 70 公里(13 個個案平均誤差為 67 公里)如表 6，及 48 小時預測誤差為 140 公里數據(表 7)來看，遠較過去統計 24 小時平

均預測誤差 177 公里左右為低，其實中央氣象局對桃芝颱風的預測已頗為優異。以 7 月 29 日晚上 8 時當桃芝颱風已移動至花蓮的南南東方 110 公里之海面上，各國所做 24 小時颱風路徑預報與實際颱風路徑比較(圖 18)，顯示美國及日本亦未預報出颱風的偏西移動，並且預報的位置比中央氣象局更偏北。由於此颱風駛流較為單純，故不論是角度或是速度的預報誤差相對都較小，惟因為颱風接近地形時受到地形及非線性作用的影響而有較明顯而不規則的偏折，這是預報上仍需解決的科學問題。

表 6 中可知，桃芝颱風 24 小時預報位置以美軍聯合颱風警報中心(PGTW)的 53 公里(14 個案)最小，次為大陸廣州(BCGZ)為 68 公里(13 個案)，中央氣象局為 70 公里(14 個案)居第三，日本(RJTD)為 77 公里(14 個案)，持續法(CLIP)為 96 公里(12 個案)及類比法(HURA)為 131 公里(12 個案)，而其他各種模式之誤差介於 155 公里至 209 公里之間。

表 7 中可知，桃芝颱風 48 小時預報位置以大陸廣州(BCGZ)的 114 公里(9 個案)最小，次為美軍聯合颱風警報中心(PGTW)的 116 公里(10 個案)，中央氣象局為 140 公里(10 個案)居第三，香港(VHHH)為 150 公里(3 個案)，日本(RJTD)為 166 公里(9 個案)，氣候持續法(CLIP)為 181 公里(8 個案)及類比法(HURA)為 214 公里(8 個案)，而其他各種模式之誤差介於 250 公里至 311 公里之間。

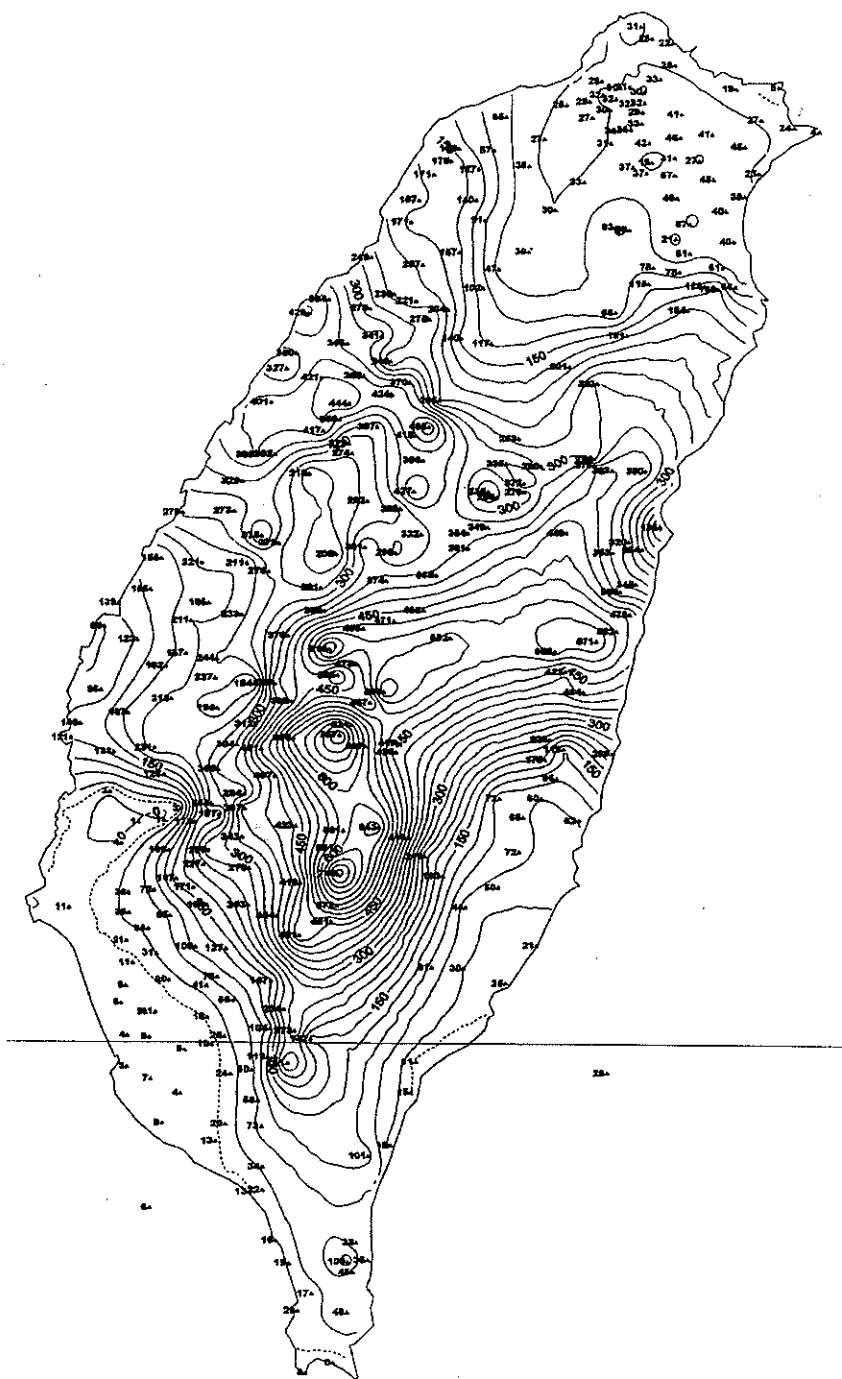


圖 16. 90 年 7 月 29 日 0 時至 31 日 0 時台灣地區等雨量線圖

Fig. 16. The accumulated rainfalls over Taiwan area for the period from 00LST 29, July to 00LST 31, July 2001.

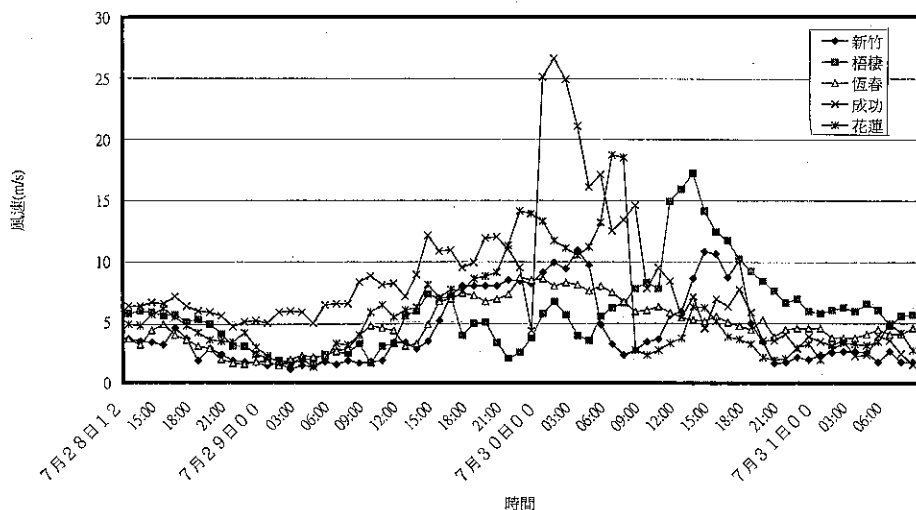


圖 17. 花蓮(46699)、成功(46761)、恆春(46759)、梧棲(46777)、新竹(46757)氣象站逐時平均風速表

Fig. 17. The hourly mean wind speed of stations 46699, 46761, 46759, 46777, and 46757.

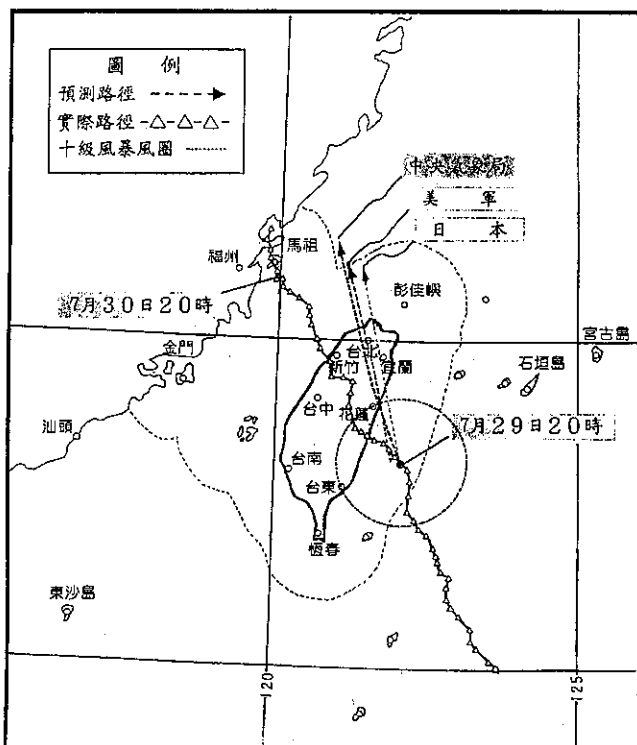


圖 18. 美國、日本及中央氣象局在 7 月 29 日晚上 8 時，作 24 小時桃芝颱風預報路徑與實際颱風路徑比較圖

Fig. 18. The true track and 24-h forecast tracks for typhoon Toraji by PGTW, RJTD and CWB at 1200GMT 29 July 2001.

表 6. 桃芝颱風各種主觀預測及模式等 24 小時颱風路徑預報平均誤差比較表

Table 6. Error of selective track-forecast techniques for typhoon Toraji 24-HOUR MEAN FORECAST ERROR(KM).

	CLIP	CWB	TFSS	EBM	HURA	PGTW	RJTD	BCGZ	VHHH	RPMM
CLIP	12 96									
	96 0									
CWB	12 96	14 70								
	68 -27	70 0								
TFSS	6 96	7 66	7 209							
	192 96	209 142	209 0							
EBM	5 107	6 70	6 231	6 155						
	172 64	155 85	155 -75	155 0						
HURA	12 96	12 68	6 192	5 172	12 131					
	131 35	131 62	138 -53	148 -24	131 0					
PGTW	12 96	14 70	7 209	6 155	12 131	14 53				
	57 -38	53 -16	55 -153	53 -101	57 -74	53 0				
RJTD	12 96	14 70	7 209	6 155	12 131	14 53	14 77			
	72 -24	77 7	70 -138	72 -83	72 -59	77 24	77 0			
BCGZ	11 101	13 72	7 209	6 155	11 138	13 55	13 79	13 68		
	64 -37	68 -3	70 -138	81 -72	64 -74	68 12	68 -11	68 0		
VHHH	6 92	6 72	2 112	1 238	6 129	6 57	6 83	6 66	6 200	
	200 107	200 127	64 -48	79 -159	200 70	200 142	200 116	200 133	200 0	
RPMM	7 83	8 57	2 112	1 114	7 114	8 59	8 64	7 53	4 255	8 10
	94 11	100 42	83 -29	125 11	94 -20	100 40	100 35	101 48	75 -179	100 0

A 表示 X 和 Y 預報時間相同的次數  
 B 表示 X 軸上預報方法之 24 小時平均誤差(KM)  
 C 表示 Y 軸上預報方法之 24 小時平均誤差(KM)  
 D 表示 Y 軸之預報方法比 X 軸之預報方法好的程度(KM)

表 7. 桃芝颱風各種主觀預測及模式等 48 小時颱風路徑預報平均誤差比較表

Table 7. Error of selective track-forecast techniques for typhoon Toraji 48-HOUR MEAN FORECAST ERROR(KM)

	CLIP	CWB	TFSS	EBM	HURA	PGTW	RJTD	BCGZ	VHHH
CLIP	8 181								
	181 0								
CWB	8 181	10 140							
	135 -46	140 0							
TFSS	4 187	5 135	5 250						
	214 27	250 114	250 0						
EBM	3 225	4 137	4 294	4 311					
	357 131	311 174	311 16	311 0					
HURA	8 181	8 135	4 214	3 357	8 214				
	214 33	214 79	238 24	277 -79	214 0				
PGTW	8 181	10 140	5 250	4 311	8 214	10 116			
	122 -59	116 -24	127 -122	124 -187	122 -92	116 0			
RJTD	7 177	9 140	5 250	4 311	7 209	9 112	9 166		
	153 -24	166 25	174 -75	172 -138	153 -55	166 53	166 0		
BCGZ	7 192	9 140	5 250	4 311	7 235	9 116	8 166	9 114	
	111 -81	114 -25	88 -161	98 -212	111 -124	114 -1	107 -59	114 0	
VHHH	3 137	3 122	2 211	1 435	3 179	3 118	3 161	3 87	3 150
	150 12	150 27	164 -46	144 -290	150 -29	150 31	150 -11	150 62	150 0

A 表示 X 和 Y 預報時間相同的次數  
 B 表示 X 軸上預報方法之 48 小時平均誤差(KM)  
 C 表示 Y 軸上預報方法之 48 小時平均誤差(KM)  
 D 表示 Y 軸之預報方法比 X 軸之預報方法好的程度(KM)

CLIP：中央氣象局統計預報模式

TFSS：中央氣象局原始方程模式預報

HURA：中央氣象局統計模式預報

RJTD：日本之主觀預報

VHHH：香港之主觀預報

CWB：中央氣象局官方預報

EBM：中央氣象局相當正壓模式預報

PGTW：美軍之主觀預報

BCGZ：廣州之主觀預報

RPMM：菲律賓之主觀預報



## 七、結論

綜合以上對桃芝颱風分析結果可歸納為以下幾點：

- (一) 桃芝颱風於 7 月 27 日 8 時在菲律賓呂宋島東方海面發展形成，形成後迅速增強，並以西北西轉西北的方向行進，7 月 28 日晚上 8 時桃芝颱風強度持續增強，移動方向由西北轉北北西的角度行進，朝台灣東部陸地接近；於 7 月 29 日晚上 8 時桃芝颱風逐漸移近陸地時，因受地形及颱風本身非線性作用的影響，颱風路徑突然有不連續的偏西移動，於 30 日 0 時 10 分左右在花蓮秀姑巒溪口附近登陸，在登陸後以緩慢的速度及北北西的角度經過中央山脈，於 30 日早上 10 時 20 分左右在新竹附近出海。在颱風再度出海之後，持續朝北北西移動，並於 31 日 04 時 20 分左右在馬祖附近進入大陸。隨後其強度持續減弱，於 31 日 14 時左右減弱為熱帶性低氣壓。
- (二) 桃芝颱風強度為中度颱風，颱風暴風圈穿過台灣東部及中北部，由於颱風環流、地形及颱風外圍環流等各種因素，幾乎造成

在全台灣地區災害性的降水，中南部及花蓮山區累積降雨量超過 500 公釐以上，警報期間平均風速以蘭嶼及成功出現 10 級最大，最大陣風地區為成功及蘭嶼 13 級最大；總計桃芝颱風造成鐵公路多處受損，花蓮南投土石流嚴重，並且造成 103 人死亡，111 人失蹤，農林漁牧損失逾 77 億元。

- (三) 桃芝颱風之中央氣象局 24 小時預測位置之誤差為 70 公里，遠較過去統計 24 小時平均預測誤差 177 公里左右的表現要好，48 小時預測誤差則為 140 公里，但由於災情慘重而引來各界對於中央氣象局所做預測誤差過大的質疑。另外，因為颱風接近地形時受到地形及非線性作用的影響而有較明顯而不規則的偏折，這是預報上仍需解決的科學問題。

## 參考文獻

- 陳怡良：90 年第 8 號颱風桃芝颱風警報處理報告，中央氣象局，10 頁。
- 謝信良、王時鼎、鄭明典、鄧仁星、葉天降、丘台光：台灣地區颱風預報輔助系統，中央氣象局。

# **Report on Typhoon TORAJI ( 0108 ) in 2001**

Paul Tai-Kuang Chiou  
Meteorological Satellite Center  
Central Weather Bureau

## **ABSTRACT**

Typhoon TORAJI (0108) was the eighth typhoon in 2001 over the northwestern Pacific Ocean, also the sixth one that the Center Weather Bureau(CWB) issued warnings in the same year. TORAJI formed over the sea east of the Philippine islands at 0000UTC 27 July 2001 with intensity growing rapidly and then moved westnorthwestward turning to northwestward toward eastern Taiwan. When it got more close to Taiwan, it turned to westward and the center landed on the south of Hualien. After passing through the Central Mountain area and moving away from Hsinchu toward the Taiwan Strait, it made a second landfall on Mainland China, and finally dissipated as a tropical depression over land.

The observations showed that there were two peak gusts of 38.0m/s and 37.4m/s appeared at Chengkung and Lanyu, respectively. Owing to the effects of cloudbands of Toraji's circulation and the topography of Taiwan, two maximum accumulated rainfalls over 600mm occurred at the eastern and central mountains part of Taiwan during Toraji's passage. Reports indicated that 103 people were killed and 111people were wounded. Damage to agriculture was about NT\$ 7.7 billion. The 24hr and 48hr official mean forecast errors of the CWB were 70km and 140km, respectively.

## 民國九十一年颱風調查報告一 第八號娜克莉(NAKRI)颱風(0208)

蔣為民

中央氣象局氣象預報中心

### 摘要

娜克莉颱風(NAKRI)是民國91年北太平洋西部生成的第8個颱風，也是中央氣象局在當年發布警報的第2個颱風。娜克莉颱風形成後，中央氣象局立即對台灣地區發布了海上陸上颱風警報。由於娜克莉颱風強度不強，範圍不大，故雖由台中北方附近登陸，並經9小時陸上行程，而由宜蘭出海，惟未造成太大災情；且其帶來的降雨，使全省水庫均大大受惠，更一舉解除了北部地區缺水、限水的困境。娜克莉颱風之中央氣象局24小時預報位置誤差為107公里，48小時預報位置誤差為146公里。

### 一、前言

91年7月9日5時(地方時，以下同)，娜克莉颱風(NAKRI)在澎湖西南方120公里的台灣海峽南部形成，是當年北太平洋西部生成的第8個颱風，也是中央氣象局於當年發布警報的第二個颱風。由於娜克莉形成後對台灣地區及附近海域構成立即威脅，故中央氣象局於9日5時50分發布海上陸上颱風警報，陸上警戒區域包括澎湖、台南、嘉義、雲林、彰化、台中及南投地區，海上警戒區域包括台灣海峽、台灣東部海面及台灣北部海面。9日20時後娜克莉颱風在接近台灣中部陸地時，移動速度變慢，並呈現滯留打轉的現象。10日5時娜克莉颱風已進入台中北北東方50公里之陸地，而於10日14時從宜蘭東北方30公里處出海。由於娜克莉颱風強度不強，範圍亦小，且因接近陸地受地形影響發展不易，故雖曾登陸，整體而言，雖有局部豪雨發生，但災情並不大；而其帶來的降雨，使全台水庫之平均蓄水量由45%增至80%，除對南部水庫有相當助益外，並更進而解除了北部地區缺水、限水的困境。娜克莉颱風之中央氣象局24小時預報位

置誤差為107公里，48小時預報位置誤差為146公里。本文就娜克莉颱風之特性、發展經過、強度及路徑作一分析，以為參考及研究之用，其路徑如圖1及表1。

### 二、娜克莉颱風的發生及經過與警報處理情形

娜克莉颱風是民國91年7月9日清晨5時在台灣海峽南部形成(圖2)，是當年形成的第8個颱風，在圖3中可看到颱風生成所在海面平均海面溫度高於 $28^{\circ}\text{C}$ ，接近 $29^{\circ}\text{C}$ ，提供了良好發展環境。由於娜克莉颱風生成地點就在澎湖的西南方約120公里的海面上，且以每小時15公里的速度，向東北方向，朝台灣附近接近，對澎湖及台灣地區已構成威脅，故而中央氣象局在9日清晨5時50分發布海上陸上颱風警報，陸上警戒區域包括澎湖、台南、嘉義、雲林、彰化、台中及南投地區，海上警戒區域包括台灣海峽、台灣東部海面及台灣北部海面。9日8時娜克莉颱風位在澎湖西南方約60公里海面上，中心氣壓990百帕，近中心最大風速每秒18公尺，暴風半徑80公里，即其暴風圈已籠罩澎湖地區，當地風雨漸增，至9日

11 時，娜克莉颱風位在澎湖北方約 10 公里的海面上，澎湖地區已有豪雨發生，累積雨量達 135 公釐。而此時，娜克莉颱風的暴風圈邊緣接觸到台灣中南部陸地。9 日下午起，娜克莉颱風繼續接近台灣陸地，惟因高低層導引氣流不同（圖 4），使得颱風發生高低層分離現象，低層中心移動速度變慢並有滯留打轉情形，而高層主要對流區在颱風中心的北方偏北移動（圖 5）。直到 10 日 5 時，娜克莉颱風已在台中北北東方 50 公里之台灣陸地上（圖 6），仍維持輕度颱風的強度，向東北方移動，颱風中心於 10 日 14 時在宜蘭東北方約 30 公里的地方

出海，總計颱風中心在陸上的時間大約有 9 小時。10 日 18 時以後，颱風暴風圈漸漸脫離陸地，並繼續向東移動，中央氣象局於 10 日 20 時 15 分解除了台灣地區的陸上颱風警報，10 日 23 時 5 分也解除了海上颱風警報，總計中央氣象局對娜克莉颱風共發布了海上警報 15 報、陸上警報 13 報，前後共歷時 42 小時。中央氣象局對娜克莉颱風發布警報之經過情形請參見表 2。警報期間衛星及雷達觀測資料分別列如表 3 及表 4。圖 7 則為娜克莉颱風警報期間之衛星雲圖。

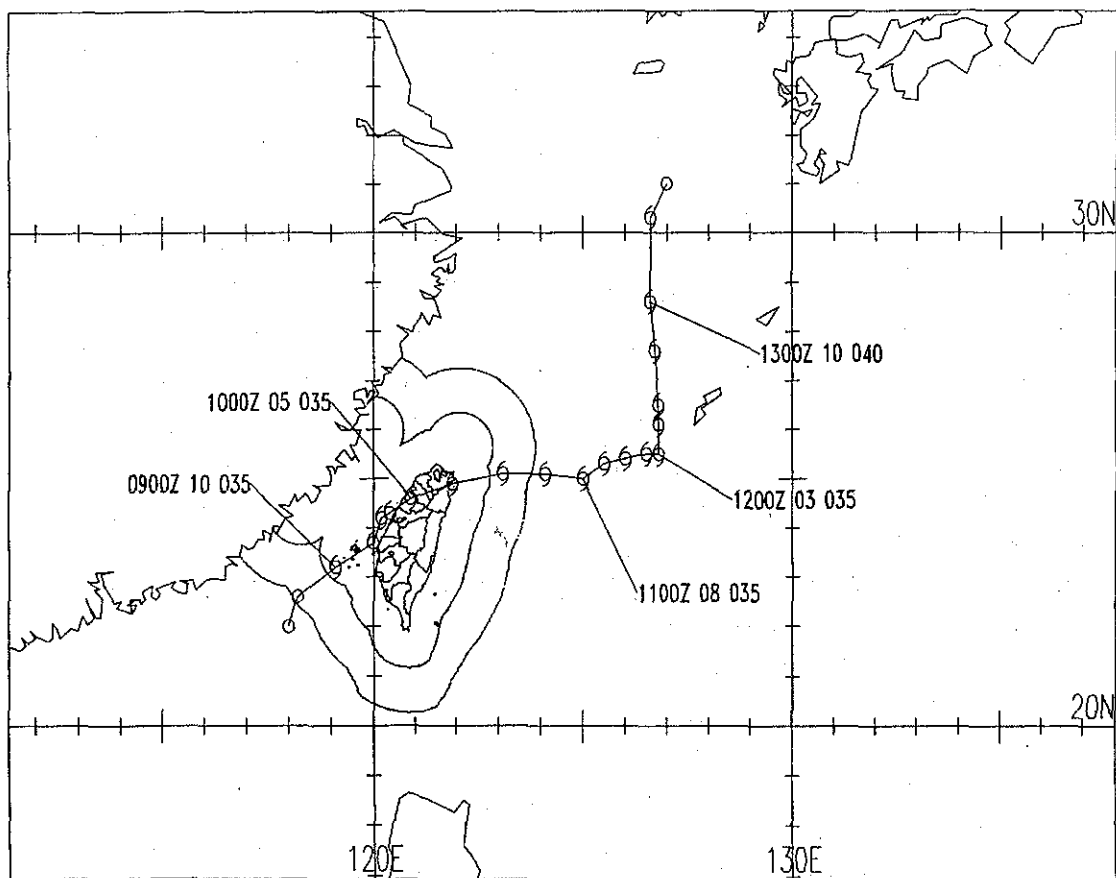


圖 1：2002 年第 8 號颱風娜克莉之路徑。

Fig. 1 : The track of TS Nakri (0208).

表 1. 娜克莉颱風路徑、強度變化及動向資料表

Table 1. The track positions, intensity and movement of TS NAKRI (0208).

時間 (UTC)			中心位置 (度)		中心氣壓 (百帕)	移動方向	移動速度 (km/hr)	近中心最大風 速(m/s)		暴風半徑 (km)	
月	日	時	北緯	東經				平均	瞬間	七級風	十級風
7	8	21	22.8	118.7	990	NE	15	18	25	80	
7	9	00	23.2	119.1	990	NE	15	18	25	80	
7	9	06	23.7	120.0	987	NE	15	18	25	80	
7	9	12	24.2	120.2	987	NE	13	18	25	80	
7	9	18	24.3	120.4	987	NE	13	18	25	80	
7	10	00	24.6	120.9	987	NE	13	18	25	80	
7	10	06	24.9	121.9	987	NE	13	18	25	80	
7	10	12	25.1	123.1	987	E	13	18	25	80	
7	10	18	25.1	124.1	987	E	8	18	25	80	
7	11	00	25.0	125.0	987	E	6	18	25	80	
7	11	06	25.3	125.5	987	ENE→NE	6	18	25	80	
7	11	12	25.4	126.0	990	ENE→NE	6	18	25	80	
7	11	18	25.5	126.5	990	ENE→NE	6	18	25	80	
7	12	00	25.5	126.8	990	NE	10	18	23	80	
7	12	06	26.1	126.8	990	N	15	20	28	80	
7	12	12	26.5	126.8	990	N	12	20	25	80	
7	12	18	27.6	126.7	990	N	21	20	28	80	
7	13	00	28.6	126.6	990	N	21	20	28	80	
7	13	06	30.3	126.6	995	N	21	18	25	80	
7	13	12	31.0	127.0	998	NNE	20	TD			

表 2. 娜克莉颱風警報發布經過一覽表

Table 2. Warnings issued by CWB for TS NAKRI(0208).

種類	次序	發布時間(L)	警戒地區		備註
號	報	月 日 時 分	海上	陸上	
海陸	8 1	7 9 5 50	台灣海峽、台灣東部、北部海面	澎湖、台南、嘉義、雲林、彰化、台中、南投	
海陸	8 2	7 9 8 50	台灣海峽、台灣東部、北部海面	澎湖、台南、嘉義、雲林、彰化、台中、南投	
海陸	8 3	7 9 11 45	台灣海峽、台灣東部、北部海面	澎湖、台南、嘉義、雲林、彰化、台中、南投	
海陸	8 4	7 9 14 50	台灣海峽、台灣東部、北部海面	澎湖、台南、嘉義、雲林、彰化、台中、南投	
海陸	8 5	7 9 17 45	台灣海峽、台灣東部、北部海面	澎湖、台南、嘉義、雲林、彰化、台中、南投	
海陸	8 6	7 9 20 30	台灣海峽、台灣東部、北部海面	嘉義以北及東北部地區	
海陸	8 7	7 9 23 30	台灣海峽、台灣東部、北部海面	嘉義以北及東北部地區	
海陸	8 8	7 10 02 40	台灣海峽、台灣東部、北部海面	嘉義以北及東北部地區	
海陸	8 9	7 10 05 40	台灣海峽、台灣東部、北部海面	嘉義以北及東北部地區	
海陸	8 10	7 10 08 20	台灣海峽、台灣東部、北部海面	彰化以北及東北部地區	
海陸	8 11	7 10 11 50	台灣海峽北部、台灣東北部、北部海面	苗栗以北及東北部地區	
海陸	8 12	7 10 14 30	台灣海峽北部、台灣東北部、北部海面	苗栗以北及東北部地區	
海陸	8 13	7 10 17 35	台灣東北部、北部海面	台北、基隆、宜蘭	
海上	8 14	7 10 20 15	台灣東北部、北部海面	—	
解除	8 15	7 10 23 5	—	—	

表 3. 中央氣象局氣象衛星中心娜克莉颱風(0208)中心定位及強度估計資料表  
Table3. 3-hourly center location and the related intensity of TS NAKRI(0208).

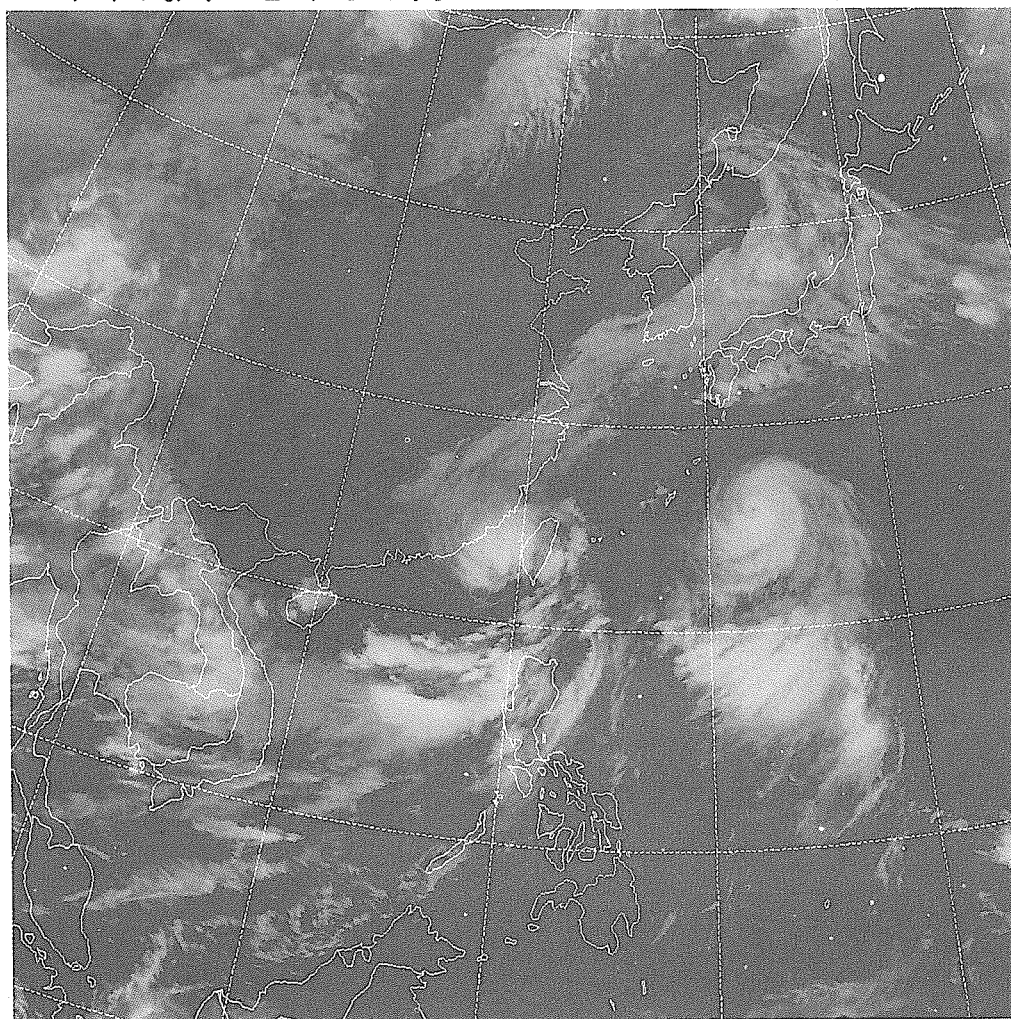
颱風 編號	中文 名稱	英文 名稱	年	月	日	時 (Z)	雲圖 種類	颱風 雲型	中心 緯度	中心經度	定位準 確度	T 值	CI 值	Zr 值	強度變化	強度間 隔時間
0208	娜克莉	NAKRI	2002	07	08	21	EIR/IR	CB	22.80	118.60	Poor	2.00	2.00	0.00	發展	6
0208	娜克莉	NAKRI	2002	07	09	00	IR/EIR/VIS	CB	23.80	118.70	Poor	2.00	2.00	4.50	持續	6
0208	娜克莉	NAKRI	2002	07	09	03	IR/EIR/VIS	CB	24.00	119.10	Poor	2.00	2.00	3.70	持續	6
0208	娜克莉	NAKRI	2002	07	09	06	IR/EIR/VIS	CB	24.70	119.50	Poor	2.00	2.00	5.40	持續	6
0208	娜克莉	NAKRI	2002	07	09	09	IR/EIR/VIS	CB	25.60	119.60	Poor	2.00	2.00	4.40	持續	6
0208	娜克莉	NAKRI	2002	07	09	12	EIR/IR	CB	26.10	120.20	Poor	1.50	1.50	3.60	發展	6
0208	娜克莉	NAKRI	2002	07	09	15	EIR/IR	CB	26.20	120.60	Poor	1.50	1.50	3.80	發展	6
0208	娜克莉	NAKRI	2002	07	09	18	EIR/IR	CB	25.90	121.10	Poor	1.50	1.50	4.10	持續	6
0208	娜克莉	NAKRI	2002	07	09	21	EIR/IR	CB	26.10	121.20	Poor	1.50	1.50	3.50	持續	6
0208	娜克莉	NAKRI	2002	07	10	00	IR/EIR/VIS	CB	26.10	121.20	Poor	1.50	1.50	3.50	持續	6
0208	娜克莉	NAKRI	2002	07	10	03	IR/EIR/VIS	CB	26.00	121.20	Poor	1.50	1.50	3.90	持續	6
0208	娜克莉	NAKRI	2002	07	10	06	IR/EIR/VIS	CB	25.70	121.60	Poor	1.50	1.50	5.70	持續	6
0208	娜克莉	NAKRI	2002	07	10	09	IR/EIR/VIS	CB	25.60	122.20	Poor	1.50	1.50	4.50	持續	6
0208	娜克莉	NAKRI	2002	07	10	12	EIR/IR	CB	25.60	122.80	Poor	1.50	1.50	3.80	持續	6
0208	娜克莉	NAKRI	2002	07	10	15	EIR/IR	CB	25.60	123.20	Poor	1.50	1.50	3.80	持續	6
0208	娜克莉	NAKRI	2002	07	10	18	EIR/IR	CB	25.50	123.50	Poor	1.50	1.50	4.50	持續	6
0208	娜克莉	NAKRI	2002	07	10	21	EIR/IR	CB	25.40	123.90	Poor	1.50	1.50	3.50	持續	6
0208	娜克莉	NAKRI	2002	07	11	00	IR/EIR/VIS	CB	25.10	124.70	Poor	1.50	1.50	3.50	持續	6
0208	娜克莉	NAKRI	2002	07	11	03	IR/EIR/VIS	CB	25.10	125.20	Poor	1.50	1.50	3.50	持續	6
0208	娜克莉	NAKRI	2002	07	11	06	IR/EIR/VIS	CB	25.30	125.40	Poor	1.50	1.50	3.50	持續	6
0208	娜克莉	NAKRI	2002	07	11	09	IR/EIR/VIS	CB	25.30	125.80	Poor	1.50	1.50	3.50	持續	6
0208	娜克莉	NAKRI	2002	07	11	12	EIR/IR	CB	25.30	126.00	Poor	1.50	1.50	3.50	持續	6
0208	娜克莉	NAKRI	2002	07	11	15	EIR/IR	CB	25.10	126.50	Poor	1.50	1.50	3.50	持續	6
0208	娜克莉	NAKRI	2002	07	11	18	EIR/IR	CB	25.10	126.50	Poor	1.50	1.50	3.70	持續	6
0208	娜克莉	NAKRI	2002	07	11	21	EIR/IR	CB	25.10	126.70	Poor	1.50	1.50	4.50	持續	6
0208	娜克莉	NAKRI	2002	07	12	00	IR/EIR/VIS	CB	25.40	126.70	Fair	1.50	1.50	0.00	持續	6
0208	娜克莉	NAKRI	2002	07	12	03	IR/EIR/VIS	CB	25.60	126.80	Fair	2.00	2.00	0.00	持續	6
0208	娜克莉	NAKRI	2002	07	12	06	IR/EIR/VIS	CB	26.10	126.80	Fair	2.00	2.00	4.30	發展	6
0208	娜克莉	NAKRI	2002	07	12	09	IR/EIR/VIS	CB	26.30	126.70	Fair	2.00	2.00	3.50	發展	6
0208	娜克莉	NAKRI	2002	07	12	12	EIR/IR	CB	26.40	126.70	Fair	2.00	2.00	3.50	持續	6
0208	娜克莉	NAKRI	2002	07	12	15	EIR/IR	CB	26.70	126.70	Fair	2.00	2.00	3.50	持續	6
0208	娜克莉	NAKRI	2002	07	12	18	EIR/IR	CB	27.90	126.60	Fair	2.00	2.00	3.50	持續	6
0208	娜克莉	NAKRI	2002	07	12	21	EIR/IR	CB	28.30	126.60	Fair	2.00	2.00	3.50	持續	6
0208	娜克莉	NAKRI	2002	07	13	00	IR/EIR/VIS	CB	28.60	126.60	Fair	2.00	2.00	3.50	持續	6
0208	娜克莉	NAKRI	2002	07	13	03	IR/EIR/VIS	CB	29.70	126.60	Fair	2.00	2.00	3.50	減弱	6
0208	娜克莉	NAKRI	2002	07	13	06	IR/EIR/VIS	ECP	30.30	126.70	Fair	1.50	2.00	3.70	減弱	6
0208	娜克莉	NAKRI	2002	07	13	09	IR/EIR/VIS	ECP	30.70	126.80	Fair	1.50	2.00	3.90	減弱	6

表 4. 娜克莉颱風中心五分山雷達站(RCWF)及七股雷達站(RCCG)雷達定位表

Table 4. Eye-fixes of TS NAKRI(0208) by RCWF and RCCG.

時間 (Z)			RCWF		RCCG	
月	日	時	北緯	東經	北緯	東經
07	08	23	22.99	119.10		
07	09	00	23.11	119.27		
07	09	01	23.23	119.47		
07	09	02	23.46	119.60		
07	09	03	23.59	119.77	23.83	119.93
07	09	04	23.66	119.79	23.83	119.95
07	09	05	23.68	119.97	23.92	120.15
07	09	06	24.96	119.74	23.95	120.05
07	09	07	25.10	119.71	23.93	120.05
07	09	08	24.00	120.02	23.97	120.05
07	09	09	24.22	120.03	23.98	120.02
07	09	10	24.39	120.19	24.00	120.08
07	09	11	24.42	120.29	24.15	120.28
07	09	12	24.56	120.40	24.15	120.30
07	09	13	24.55	120.27	24.18	120.30
07	09	14	24.58	120.27	24.27	120.30
07	09	15	24.58	120.27	24.33	120.30
07	09	16	24.58	120.27	24.33	120.30
07	09	17	24.60	120.28	24.33	120.30
07	09	18	24.62	120.30	24.33	120.40
07	09	19	24.60	120.35	24.33	120.40
07	09	20	24.60	120.47	—	—
07	09	21	24.60	120.53	—	—
07	09	22	24.70	120.60	24.42	120.50
07	09	23	24.79	120.66	24.50	120.80
07	10	00	24.85	120.77	—	—
07	10	01	24.91	120.93	24.53	121.07
07	10	02	24.99	121.11	24.83	121.18
07	10	03	24.94	121.23	24.95	121.47
07	10	04	25.03	121.36	25.02	121.58
07	10	05	25.05	121.57	25.12	121.70
07	10	06	25.13	121.81	25.28	122.00
07	10	07	25.20	122.04		
07	10	08	25.26	122.18		
07	10	09	25.20	122.44		
07	10	10	25.02	122.68		
07	10	11	25.08	122.86		
07	10	12	25.04	123.14		
07	10	13	25.09	123.36		
07	10	14	25.11	123.60		
07	10	15	25.20	123.90		

中華民國91年07月09日05時紅外線衛星雲圖



中央氣象局氣象衛星中心

圖2：91年7月9日5時紅外線衛星雲圖（娜克莉颱風位在台灣海峽南部，其右方為查特安颱風）。

Fig. 2 : The satellite infrared imagery at 05L 09 Jul. 2002.



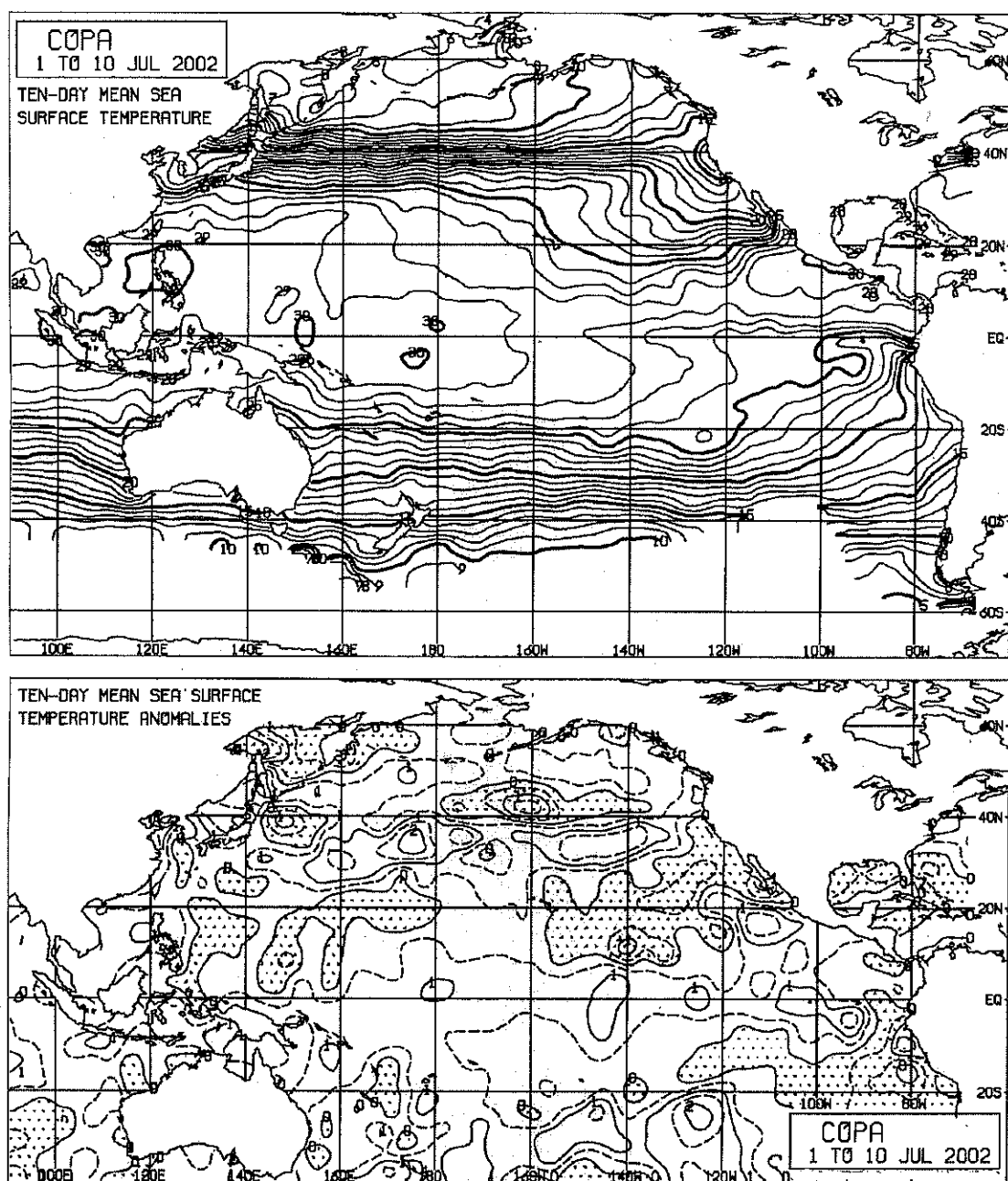


圖 3：2002 年 7 月 1 日至 10 日太平洋區域平均海面溫度（上）及海溫距平圖（下）。  
 Fig. 3: The ten-day (1-10 Jul. 2002) mean sea surface temperature (top) and anomalies  
 (bottom) over the Pacific area.

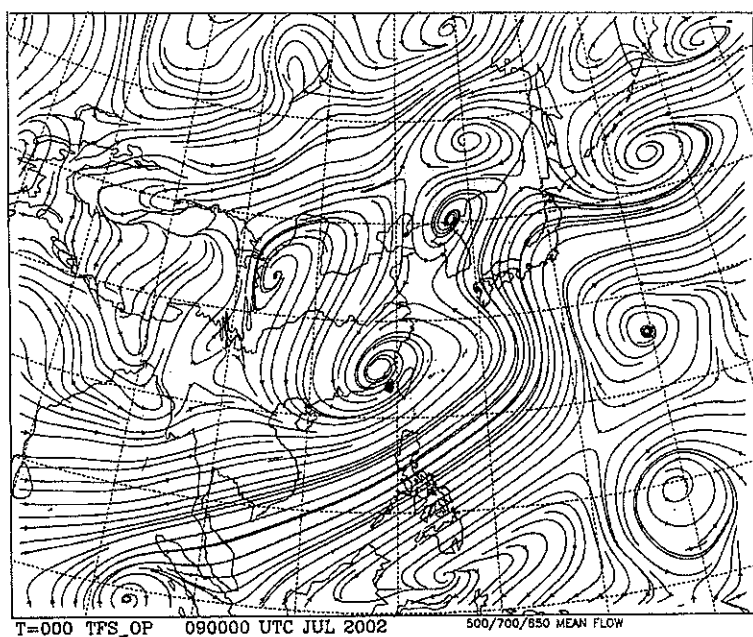


圖 4a：2002 年 7 月 9 日 0000UTC 500/700/850 百帕平均氣流圖。

Fig. 4a：The 500/700/850 hPa mean flow streamline at 0000UTC 09 Jul. 2002.

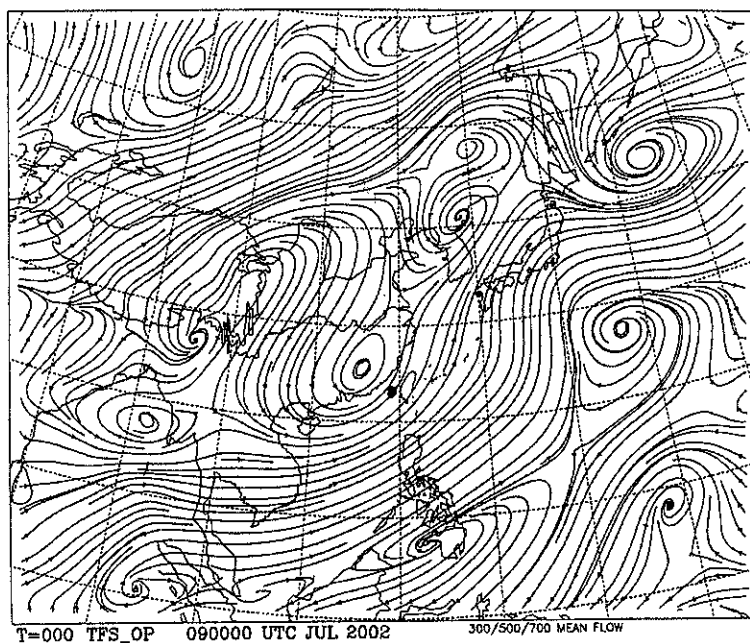
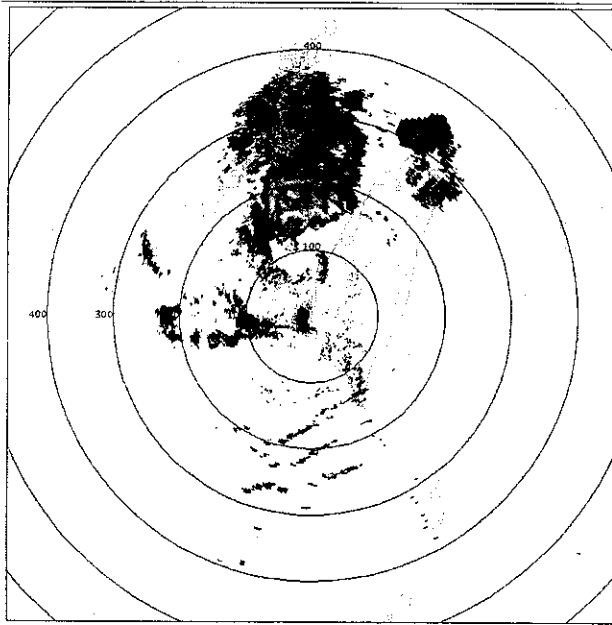


圖 4b：2002 年 7 月 9 日 0000UTC 300/500/7

File : 2002070917073475.ppt  
 Type : PPI (Z)  
 Range: 460.0 km



09.07.2002  
 17:07:34

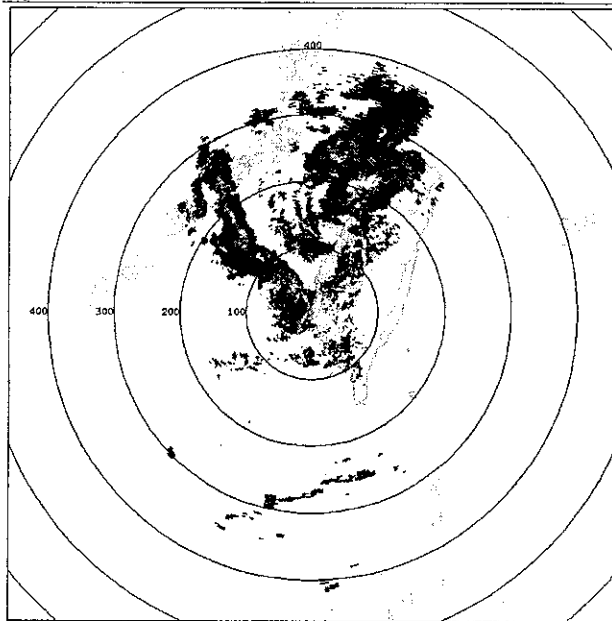
dBZ  
 65.7- 70.0+  
 61.3- 65.7  
 57.0- 61.3  
 52.7- 57.0  
 48.3- 52.7  
 44.0- 48.3  
 39.7- 44.0  
 35.3- 39.7  
 31.0- 35.3  
 26.7- 31.0  
 22.3- 26.7  
 18.0- 22.3  
 13.7- 18.0  
 9.3- 13.7  
 5.0- 9.3

Taiwan/Chiku  
 PRF: 319 / 0  
 RS: 1  
 TS: 28  
 CC: Doppler 10  
 R: 460km, RES: 1.150  
 AZ: 0.0-359.0  
 EL: 0.5 deg  
 Rainbow (C)  
 by GEHATRONIK

圖 5：2002 年 7 月 9 日 1707L 七股雷達站回波圖。

Fig. 5 : Radar echo from RCCG at 1707L 9<sup>th</sup> Jul. 2002.

File : 2002071005073464.ppt  
 Type : PPI (Z)  
 Range: 460.0 km



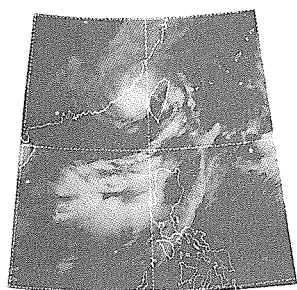
10.07.2002  
 05:07:34

dBZ  
 65.7- 70.0+  
 61.3- 65.7  
 57.0- 61.3  
 52.7- 57.0  
 48.3- 52.7  
 44.0- 48.3  
 39.7- 44.0  
 35.3- 39.7  
 31.0- 35.3  
 26.7- 31.0  
 22.3- 26.7  
 18.0- 22.3  
 13.7- 18.0  
 9.3- 13.7  
 5.0- 9.3

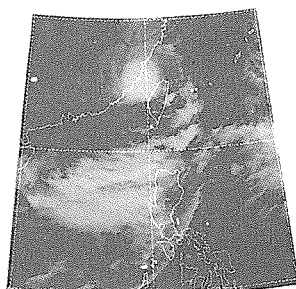
Taiwan/Chiku  
 PRF: 319 / 0  
 RS: 1  
 TS: 28  
 CC: Doppler 10  
 R: 460km, RES: 1.150  
 AZ: 0.0-359.0  
 EL: 0.5 deg  
 Rainbow (C)  
 by GEHATRONIK

圖 6：2002 年 7 月 10 日 0507L 七股雷達站回波圖。

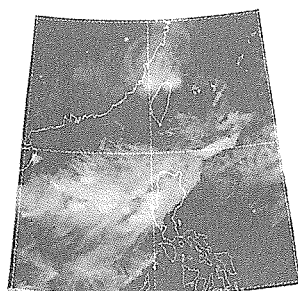
Fig. 6 : Radar echo from RCCG at 0507L 10<sup>th</sup> Jul. 2002.



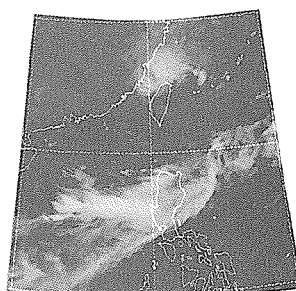
0900Z Jul. 2002



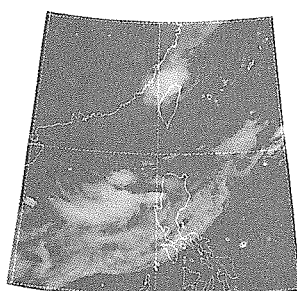
0906Z Jul. 2002



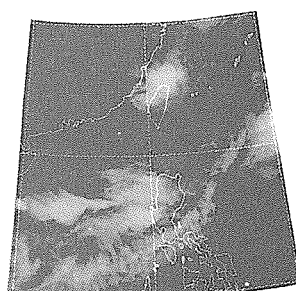
0912Z Jul. 2002



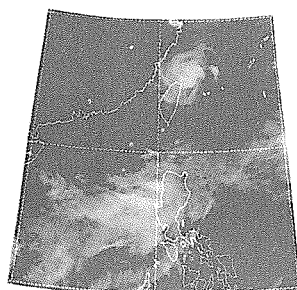
0918Z Jul. 2002



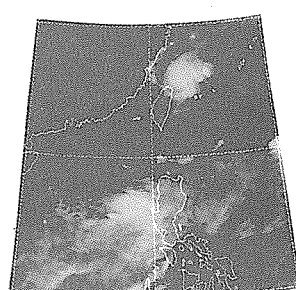
1000Z Jul. 2002



1006Z Jul. 2002



1012Z Jul. 2002



1015Z Jul. 2002

圖 7：娜克莉颱風紅外線衛星雲圖(0900Z-1015Z, Jul. 2002)。  
Fig. 7：The infrared imagery from 0900Z to 1015Z Jul. 2002.

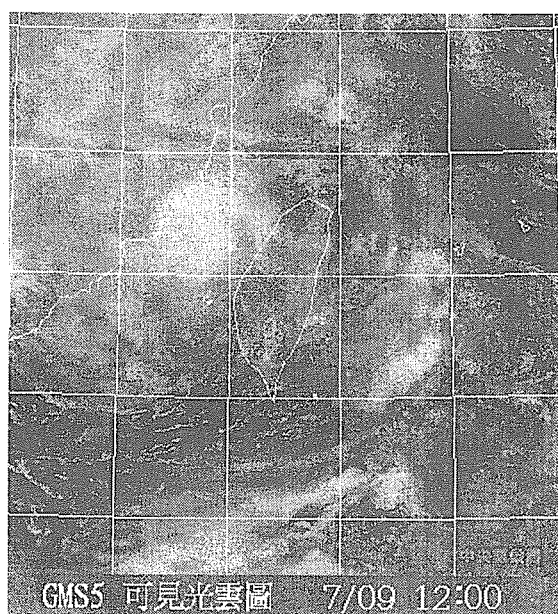


圖 7a：娜克莉颱風可見光衛星雲圖(1200L, Jul. 9, 2002)，藉示上、下層環流之分離。  
Fig.7a：The visible imagery at 1200L Jul.9, 2002.

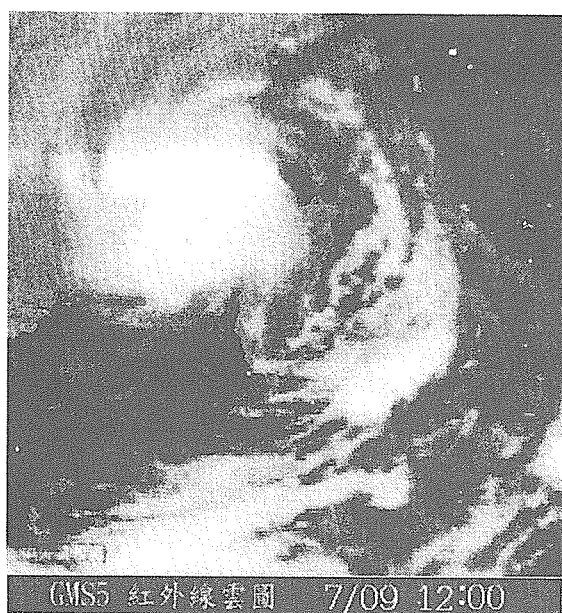


圖 7b：娜克莉颱風紅外線衛星雲圖(1200L, Jul. 9, 2002)，所見僅為上層之環流部分。  
Fig.7b：The infrared imagery at 1200L Jul.9, 2002.

### 三、娜克莉颱風侵台期間環流變化分析

本次娜克莉颱風有一極有趣之現象，即為上、下層環流之分離，此可參見圖 7a-b 之 7 月 9 日 1200 地方時之可見光雲圖(圖 a)與紅外線雲圖(圖 b)。由可見光雲圖顯見低層環流中心在澎湖地區，但上層中心係在該低層環流中心之西北約距 60 公里之處。此高層環流中心可在圖 7b 紅外線雲圖中明顯見到，該中心外圍並可見螺旋狀雲帶。該上層中心之發生為一極有趣之現象，值得進一步研究。圖 8a-d 為娜克莉颱風過台期間之各階段之地面等壓線分析圖，顯見所反映者為可見光雲圖中下層環流中心。另外，娜克莉颱風過境時之馬公 7 月 9 日 00Z 及台北 10 日 00Z 與 06Z 之探空圖如圖 9a-c，藉各圖均可見該低層環流尚不及 3000 公尺之高度。該下層中心於登陸台灣階段亦可藉圖 6 雷達圖明顯看出，係反映下層之環流中心。此並可參見圖 8b 與 c 之地面氣壓場中尺度分析圖。由圖 8b-d 地面氣壓場之中尺度分析，該輕度颱風登陸台灣後，因遇台灣中央山脈而生成三個副中心。主要副中心為在蘇澳東方海上，並由該副中心取代已登陸之原輕度颱風中心，此在圖 9b、c 之台北探空圖中亦可明顯看出。由圖 9b 可見下層為反映在台北一帶之副中心，但於 6 小時後(圖 9c)，已明顯反映在蘇澳東方海上之副中心環流。由圖 8 之詳圖分析，該副中心即為台灣東方由氣流過山動力效應生成者，而非為原中心東移出海者。

### 四、娜克莉颱風警報期間各地氣象要素分析

#### (一)氣壓

根據各項氣象觀測研判，娜克莉颱風暴風圈在 9 日 8 時進入東吉島及澎湖。9 日 11 時暴

風圈邊緣接觸到台灣中南部陸地，到 10 日 5 時左右娜克莉在台中之北進入台灣陸地，而在 10 日 14 時於宜蘭東北方約 30 公里處出海。此期間，東吉島在 9 日 7 時 7 分出現 987.1 百帕的最低氣壓，次為於 10 日 2 時 35 分在梧棲出現的 987.6 百帕，澎湖及台中則分別於 9 日 13 時 24 分及 9 日 14 時 21 分出現 988.0 百帕的最低氣壓。(見圖 10 及表 5)

#### (二)風

娜克莉颱風侵台期間，各地出現風速情形，最大平均風速以蘭嶼每秒 23.9 公尺(9 級)最大，玉山每秒 18.0 公尺(8 級)次之、彭佳嶼每秒 16.8 公尺(7 級)、東吉島每秒 15.5 公尺(7 級)再次之。其它各站在每秒 4.6 公尺(3 級)到每秒 13.2 公尺(6 級)之間。瞬間最大風速出現在彭佳嶼之每秒 46.3 公尺(15 級)，次為蘭嶼之每秒 32.6 公尺(11 級)及玉山的每秒 29.2 公尺(11 級)，其他各站在每秒 6.7 公尺(4 級)至每秒 22.2 公尺(9 級)之間。(見表 5)

#### (三)雨量

娜克莉颱風侵台，中心自台中北方附近登陸，經九小時陸上行程，由宜蘭東北方出海，為台灣地區帶來了局部性的豪雨。中央氣象局各氣象站累積雨量最多的是彭佳嶼的 649 公釐，宜蘭有 253.5 公釐，澎湖也有 141.5 公釐，山區的鞍部有 356 公釐、陽明山有 271 公釐(見表 5 及圖 11)。而在自動雨量站方面，四堵(台北縣坪林鄉)有 297 公釐、上德文(屏東縣山地門鄉)有 287 公釐、御油山(高雄縣桃源鄉)有 257 公釐、大礁溪(宜蘭縣宜蘭)有 294 公釐。(圖 10)其中彭佳嶼在 10 日 12 時至 13 時間之雨量有 186 公釐，創該站時雨量最大紀錄，而 10 日之單日累積雨量有 638 公釐，亦創了該站紀錄。

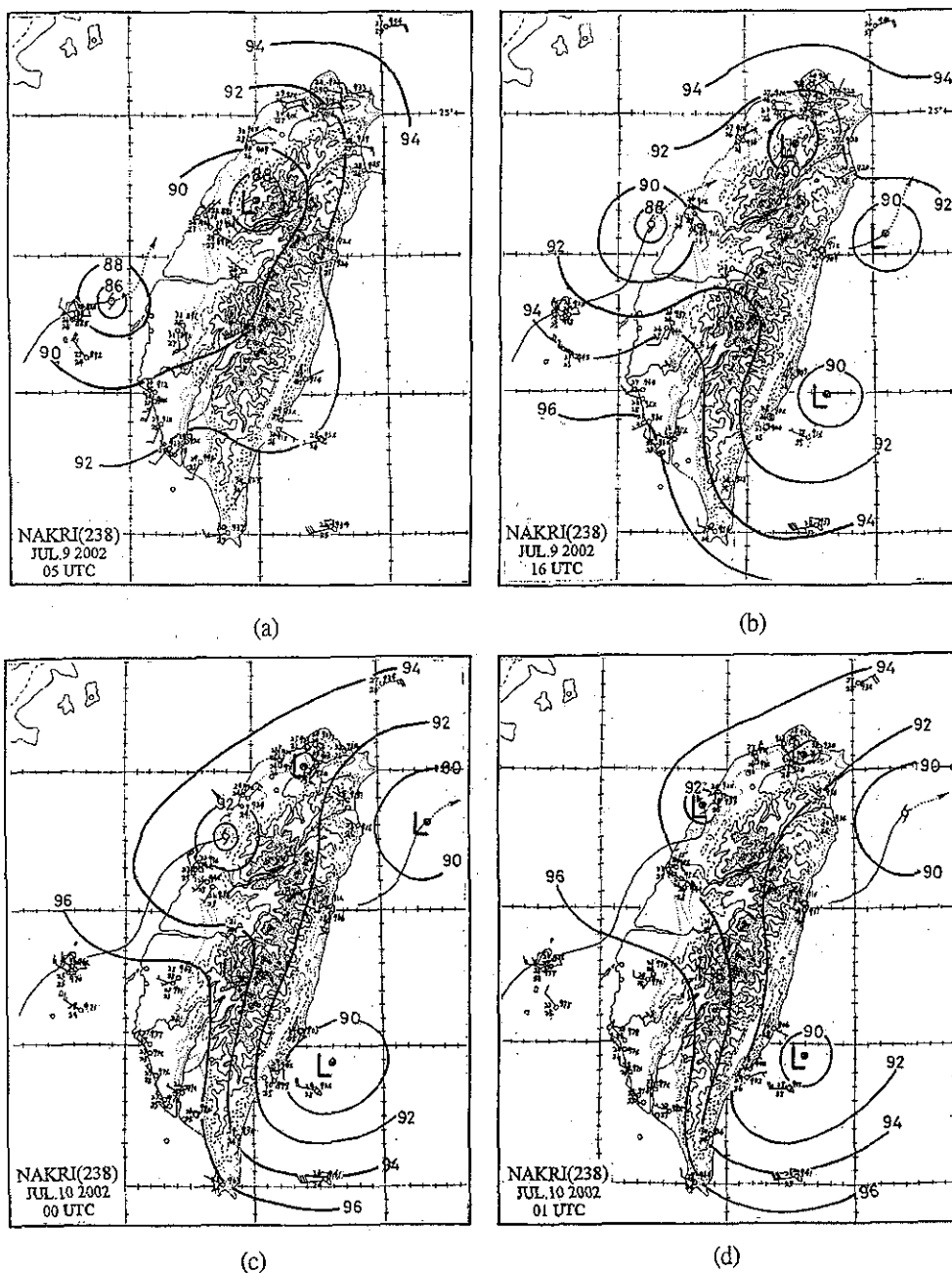
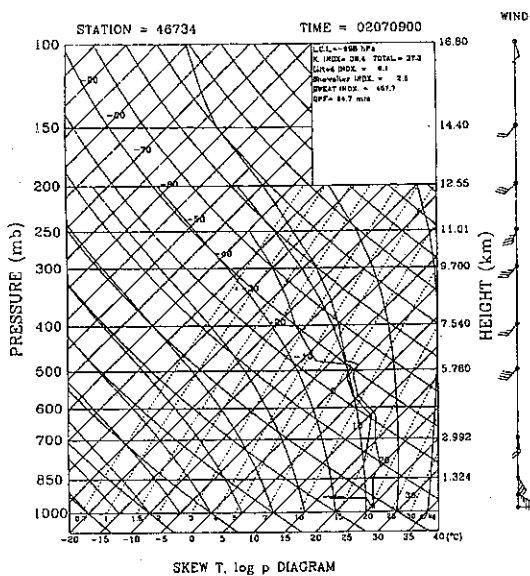


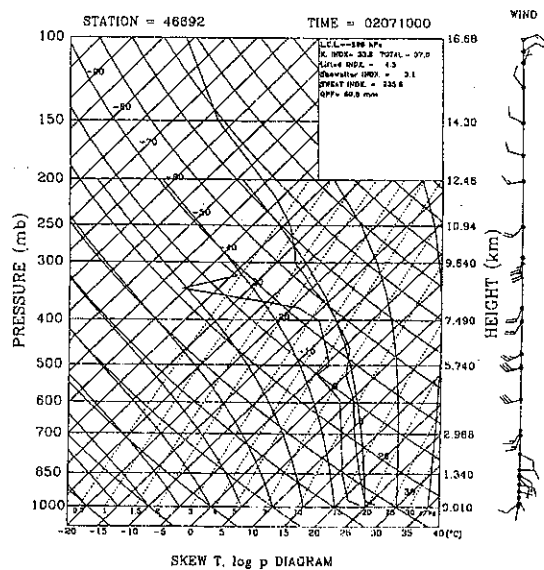
圖 8：娜克莉颱風侵台期間之各階段地面等壓線圖分析。

(a) 2002 年 7 月 09 日 05 UTC·(b) 9 日 16 UTC·(c) 10 日 00 UTC·(d) 10 日 01 UTC·

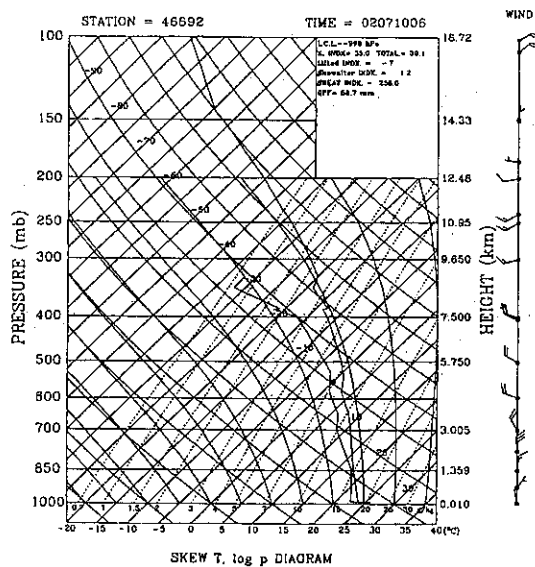
Fig. 8 : Surface mesoscale analysis for TS Nakri at different stages.



(a)



(b)



(c)

圖 9：娜克莉颱風過境期間各地探空屬性分布，藉示本次輕度颱風厚度尚不及 3000 公尺：(a) 馬公 00Z, Jul. 9, 2002，(b) 台北 00Z, Jul. 9，(c) 台北 06Z, Jul. 9。

Fig. 9：Makung(46734) and Taipei(46692) soundings showing the vertical structures of TS Nakri.



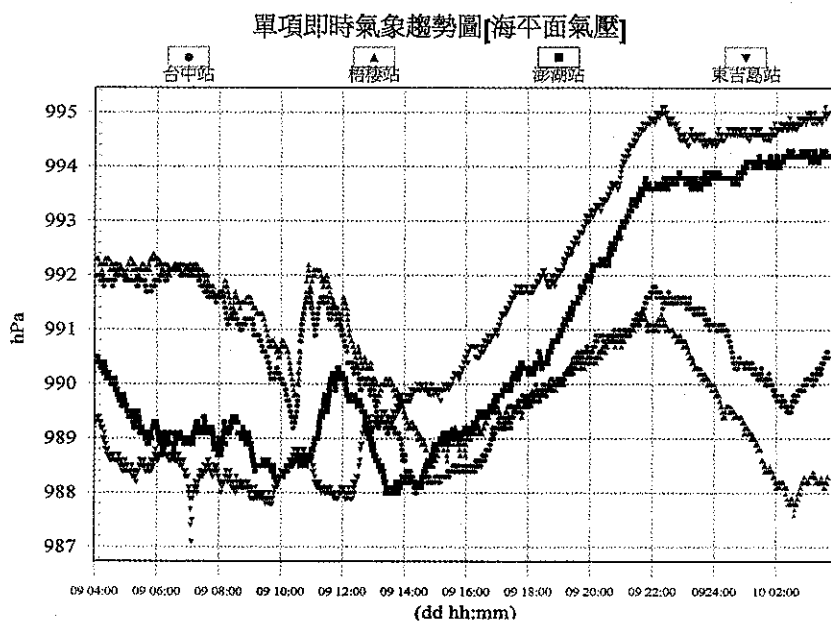


圖 10：台中(46749)、梧棲(46777)、澎湖(46735)、東吉島(46730)氣象站即時海平面氣壓趨勢圖。

Fig.10：The instantaneous sea level pressure of stations 46749, 46777, 46735, and 46730.

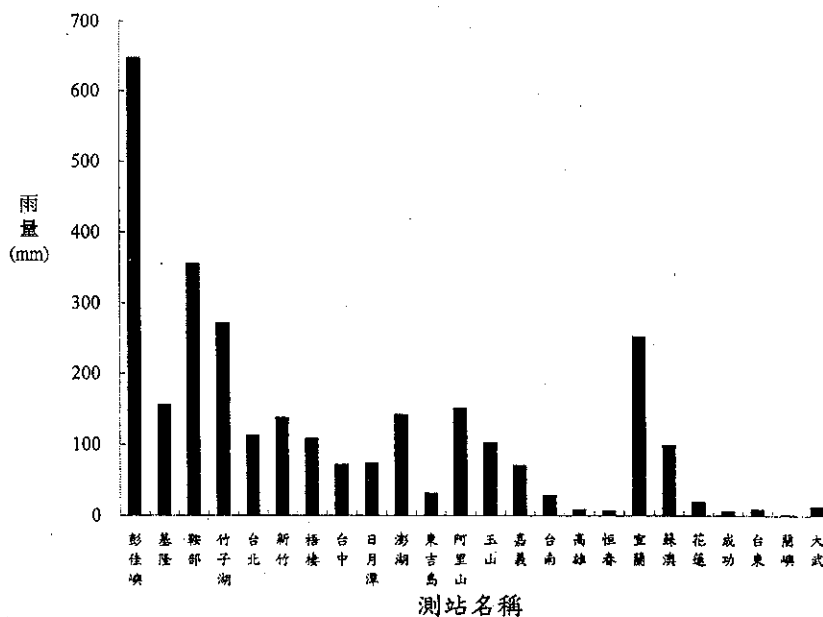
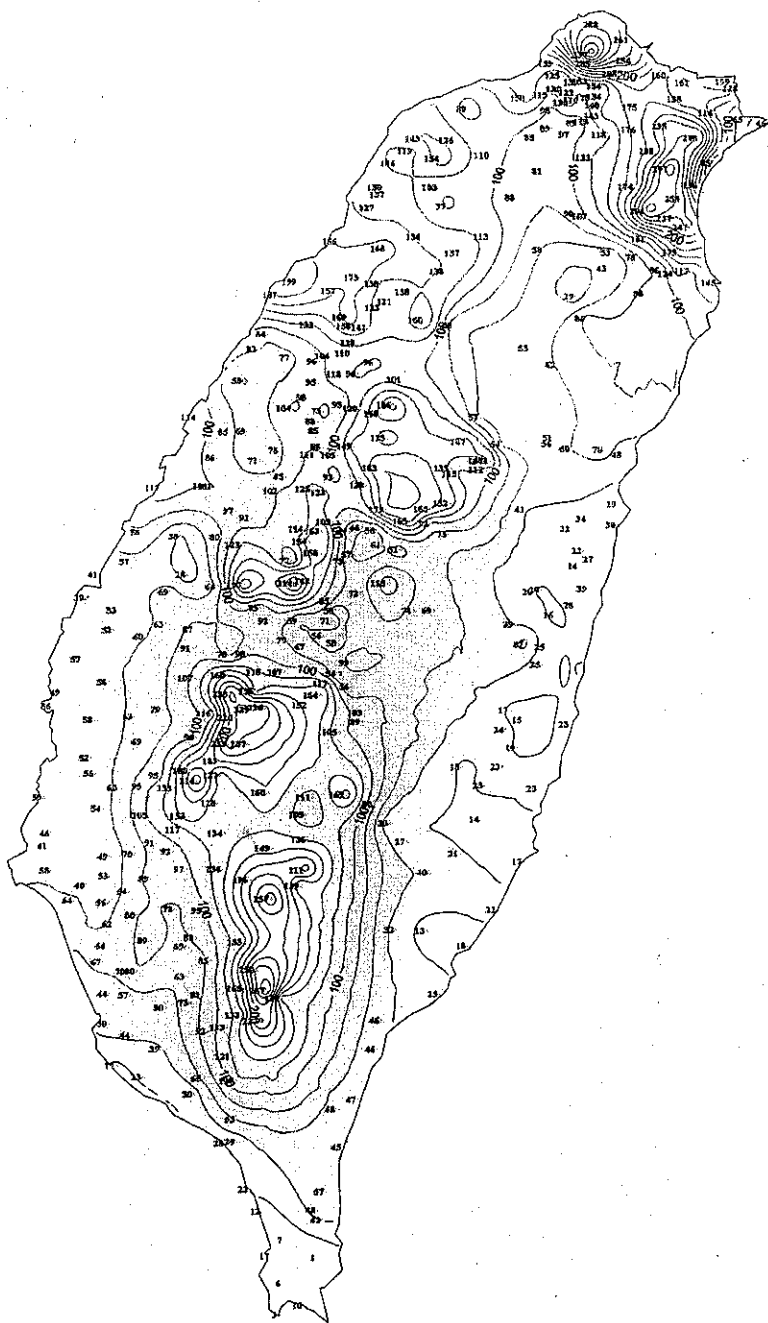


圖 11：娜克莉颱風侵台期間中央氣象局各氣象站總雨量(9-10 July 2002)。

Fig.11：The total rainfall of all CWB's weather stations during TS NAKRI (9-10 July 2002).



### 娜克莉颱風雨量分布圖

(民國九十一年七月九日零時至七月十日廿四時)

圖 12：娜克莉颱風雨量分布圖(民國九十一年七月九日零時至七月十日二十四時)。

Fig. 12: The accumulated rainfall over Taiwan area for the period of 9-10 July 2002.

表 5. 娜克莉颱風侵台期間氣象要素統計表

Table 5. The meteorological summary of CWB's stations during the passage of TS NAKRI (0208).

測站 站名	最低氣壓(hPa)		瞬間最大風速(m/s)			最大風速(m/s)			最大降水量(mm)				降水總量(mm)	
	數值	時間(L)	風速	風向 (DEG)	時間(L)	風速	風向 (DEG)	時間(L)	十分鐘	開始時間 (L)	一小時	開始時間 (L)	數量	始迄時間(L)
基隆	990.1	100406	19.7	50	101223	12.4	20	101230	13.5	091923	33.5	091840	155.0	090500-101900
台北	989.6	100340	16.1	140	091156	8.0	110	091202	10.0	101140	24.5	101050	111.5	090642-102100
竹子湖 <sup>x</sup>	989.8	100401	13.8	190	090534	4.6	20	091919	21.5	101046	66.5	101020	271.0	090500-102100
鞍部 <sup>x</sup>	1334.3	100403	21.4	250	091701	11.4	350	101512	18.5	101044	83.0	101011	356.0	090550-102015
新竹	988.7	091633	14.4	90	091141	7.7	10	100737	7.5	100542	34.5	100511	137.2	090550-102015
台中	988.0	091421	16.6	260	100205	6.5	170	100135	7.0	100941	15.0	100741	70.9	090550-101750
梧棲	987.6	100235	21.7	190	100150	13.2	340	101357	15.0	100914	28.5	100905	107.5	090550-102015
日月潭 <sup>x</sup>	1329.7	091504	20.7	230	100947	8.7	230	100740	10.2	101437	18.5	101437	73.2	090655-101805
嘉義	988.6	091337	18.6	200	091427	8.5	160	091434	4.0	090634	13.0	100601	70.0	090550-101830
阿里山 <sup>x</sup>	3003.2	091510	15.6	190	092339	5.1	90	091240	7.0	100308	17.0	100308	151.0	090510-101800
玉山 <sup>x</sup>	3022.2	100328	29.2	250	091015	20.0	240	091021	3.5	101722	7.9	100301	98.0	090550-102015
台南	990.2	090811	19.0	210	091014	11.1	180	091045	2.0	100536	8.5	100536	28.0	090500-102100
高雄	990.6	090733	13.3	180	090730	8.0	260	091838	1.5	092105	2.0	092105	8.0	090550-102015
恆春	992.9	091500	13.7	330	101430	6.3	250	091508	1.5	090832	1.5	090832	6.0	090550-100255
大武	990.9	091513	15.9	230	101241	7.1	180	101242	2.1	090902	2.8	091000	12.4	090510-092140
台東	988.6	100359	9.1	90	101249	4.6	40	101526	2.5	090647	4.0	090855	8.5	090550-101915
成功	988.9	100412	9.0	40	101541	5.4	40	101246	1.0	091024	2.0	091013	5.6	090550-100854
花蓮	989.3	100459	6.7	360	091135	4.7	360	091146	2.0	091135	6.8	091120	19.0	090600-101855
蘇澳	989.8	100433	15.0	130	091227	11.3	110	091224	13.0	091612	42.5	091546	99.4	090550-101950
宜蘭	990.0	100312	15.6	100	091706	9.9	70	091740	17.5	091722	68.0	091641	253.5	090550-102010
彭佳嶼	992.0	100450	46.3	10	101414	20.6	350	101339	34.5	101302	186.0	101200	649.1	090505-102015
澎湖	988.0	091324	19.2	340	091921	11.9	300	092400	13.0	090600	26.0	090600	141.5	090500-101740
東吉島	987.1	090707	22.2	350	091231	15.5	160	090603	2.5	090654	10.5	100325	30.5	090550-102015
蘭嶼	991.6	101610	32.6	250	101358	23.9	260	101406	0.5	091807	0.5	091807	0.5	090550-102015

註：X-表該站屬高山測站，其氣壓值以重力值高度表示。

## 五、娜克莉颱風的災情報告

根據內政部消防署防災應變中心的災害統計，綜列如下：

(一)民眾傷亡情形：2人死亡、1人失蹤、10人受傷。

(二)土石流：台北縣金山鄉同和村附近發生山坡地泥土崩潰滑落，造成民眾受困。

(三)交通損失：台北縣石碇鄉線道 106 乙縣道路坍方，金山鄉陽金公路、南投縣新中橫、桃園縣復興鄉台七線、嘉義阿里山嘉 169 線、番路鄉嘉 159 甲線土石掉落，交通受阻。

(四)農業損失：娜克莉颱風造成農作物被害面積 338 公頃，損失金額 651 萬元新台幣。

(五)電力及自來水方面：北縣石門等地計有 14000 餘戶停水，另三芝鄉有 15000 戶停電。

(六)漁業損失：澎湖縣白沙鄉漁船一艘沈沒，高雄港漁船一艘翻覆。

## 六、娜克莉颱風的路徑預報校驗

表 6 及表 7 分別顯示娜克莉颱風 24 小時與 48 小時預報位置誤差之統計。表 6 中可知，娜克莉颱風主觀 24 小時預報位置誤差最小者為香港 (VHHH) 之 72 公里 (6 個個案)，次為廣州 (BCGZ) 之 75 公里 (5 個個案)，北京 (BABJ) 為 96 公里 (14 個個案)、中央氣象局 (CWB) 為 107 公里 (15 個個案)、日本 (RJTD) 為 120 公里 (16 個個案)、美軍 (PGTW) 則為 135 公里 (16 個個案)。客觀 24 小時預報位置誤差中以中央氣象局颱風路徑預報模式 (TFSS) 之 170 公里 (8 個個案) 最優，其它各模式之誤差值則在 190 公里到 275 公里之間。

表 7 中可知，娜克莉颱風主觀 48 小時預報位置誤差最小者為香港 (VHHH) 之 105 公里 (6 個個案)，中央氣象局 (CWB) 為 146 公里 (4 個個案) 次之，其它各家則在 190 到 253 公里之間，客觀 48 小時預報位置誤差則在 403 到 720 公里之間。

## 七、結論

由上述分析發現：

娜克莉颱風生成於台灣海峽南部，由於非常接近台灣地區，同時朝台灣地區移動，故而中央氣象局在其生成後即刻發布了陸上及海上颱風警報。

由衛星雲圖及馬公與台北探空，均可見娜克莉颱風侵台期間有明顯之上、下層環流分離現象。下層環流之厚度尚不及 3000 公尺，而地面詳圖分析乃係明顯反映大氣下層中心者。

娜克莉因生成時已接近陸地，受到地形影響，強度不容易增強，一直維持輕度颱風的下限，且範圍也不大。故雖由台中北方登陸，並經 9 小時後由宜蘭出海，帶來局部豪雨，但整體而言，災情並不算大。它所帶來的降雨更一舉解除了北部地區缺水、限水的困境。

中央氣象局官方預報的 24 小時颱風預測位置平均誤差為 107 公里，48 小時預測位置平均誤差為 146 公里。

## 致謝

本文之完成，感謝中央氣象局各單位提供相關資料。第三節颱風侵台期間環流變化分析部分係由中央氣象局王時鼎顧問協助增補，特此致謝。

表 6. 各預報方法對娜克莉颱風(0208) 24 小時預測誤差之比較

Table 6. 24-hour mean forecast error (km) for TS NAKRI(0208).

	CLIP	CWB	TFSS	EBM	HURA	PGTW	RJTD	BABJ	BCGZ	VHHH
CLIP	15 209									
	209 0									
CWB	15 209	15 107								
	107 -101	107 0								
TFSS	8 201	8 116	8 170							
	170 -31	170 53	170 0							
EBM	8 201	8 116	8 170	8 275						
	275 74	275 159	275 105	275 0						
HURA	14 201	14 105	8 170	8 275	14 190					
	190 -11	190 85	203 33	203 -72	190 0					
PGTW	15 209	15 107	8 170	8 275	14 190	16 135				
	135 -74	135 27	131 -38	131 -144	131 -59	135 0				
RJTD	15 209	15 107	8 170	8 275	14 190	16 135	16 120			
	124 -85	124 16	120 -50	120 -155	125 -64	120 -14	120 0			
BABJ	13 209	13 109	7 159	7 275	13 198	14 129	14 116	14 96		
	98 -111	98 -11	96 -62	96 -179	98 -100	96 -33	96 -20	96 0		
BCGZ	4 224	4 109	2 127	2 350	3 246	5 100	5 85	4 79	5 75	
	81 -142	81 -27	66 -61	66 -283	51 -194	75 -24	75 -9	51 -27	75 0	
VHHH	5 218	5 101	2 127	2 350	4 222	6 101	6 98	5 66	5 75	6 72
	68 -150	68 -33	48 -79	48 -301	44 -177	72 -29	72 -25	53 -12	81 5	72 0

A	B
C	D

A 表示 X 和 Y 預報時間相同的次數

B 表示 X 軸上預報方法之 24 小時平均誤差(KM)

C 表示 Y 軸上預報方法之 24 小時平均誤差(KM)

D 表示 Y 軸之預報方法比 X 軸之預報方法好的程度(KM)

表 7. 各預報方法對娜克莉颱風(0208) 48 小時預測誤差之比較

Table 7. 48-hour mean forecast error (km) for TS NAKRI(0208).

	CLIP	CWB	TFSS	EBM	HURA	PGTW	RJTD	BABJ	BCGZ	VHHH
CLIP	11 403									
	403 0									
CWB	4 438	4 146								
	146 -292	146 0								
TFSS	6 390	2 142	6 409							
	409 18	201 59	409 0							
EBM	6 390	2 142	6 409	6 720						
	720 329	801 659	720 311	720 0						
HURA	10 390	3 127	6 409	6 720	10 427					
	427 37	537 409	392 -16	392 -327	427 0					
PGTW	11 403	4 146	6 409	6 720	10 427	12 231				
	220 -183	201 55	224 -185	224 -496	216 -211	231 0				
RJTD	8 396	4 146	4 435	4 664	7 390	9 225	9 229			
	225 -170	242 96	244 -190	244 -420	240 -150	229 3	229 0			
BABJ	9 403	3 127	5 353	5 763	9 442	10 240	7 244	10 253		
	246 -157	162 35	209 -144	209 -553	246 -196	253 12	292 48	253 0		
BCGZ	4 438	4 146	2 201	2 801	3 537	5 235	5 246	4 200	5 190	
	175 -262	175 29	188 -12	188 -613	168 -368	190 -44	190 -55	190 -9	190 0	
VHHH	5 438	4 146	2 201	2 801	4 464	6 229	6 240	5 229	5 190	6 105
	107 -331	103 -42	101 -100	101 -700	100 -364	105 -124	105 -135	100 -129	103 -87	105 0

A	B
C	D

A 表示 X 和 Y 預報時間相同的次數

B 表示 X 軸上預報方法之 48 小時平均誤差(KM)

C 表示 Y 軸上預報方法之 48 小時平均誤差(KM)

D 表示 Y 軸之預報方法比 X 軸之預報方法好的程度(KM)

CLIP—中央氣象局統計預報模式

CWB—中央氣象局官方預報

TFSS—中央氣象局原始方程模式預報

EBM—中央氣象局相當正壓模式預報

HURA—中央氣象局統計模式預報

PGTW—美軍之主觀預報

RJTD—日本之主觀預報

BABJ—北京之主觀預報

BCGZ—廣州之主觀預報

VHHH—香港之主觀預報

# **Report on TS NAKRI ( 0208 ) of 2002**

Chiang, Wei-min

Weather Forecast Center, Central Weather Bureau

## **ABSTRACT**

TS Nakri, the 8<sup>th</sup> TS over the northwest Pacific Ocean, was the first one that affected Taiwan in 2002. Since Nakri formed over the sea south of the Taiwan Strait, quite close to Taiwan, and moved toward the Taiwan area, CWB issued sea and land warnings soon after its formation. Nakri remained the maximum wind speed of 18 m/s while it showed quasi-stationary and looping and then its center touched down the west coast of Taiwan around 0500L, 10 July. Nakri brought torrential rains in north and northeast Taiwan, plus central and southern mountain areas. Reports indicated 2 people killed, 1 missed and 10 wounded. But northern Taiwan was benefited from Nakri since 2-day heavy rainfall released water shortages. The 24-hour mean forecast error of CWB for this typhoon was 107km, while 48-hour mean forecast error was 146km.

# Meteorological Bulletin

(Quarterly)



## CONTENTS

### Articles

- |  |                                |      |
|--|--------------------------------|------|
| Improved Shallow Cumulus Processes In The Central<br>Weather Bureau Global Forecast System       | Feng-Ju Wang<br>Jui-Lin F. Li  | (1)  |
| A CCA Model for El Niño/La Niña Prediction   | Meng-Shih Chen<br>Mong-Ming Lu | (25) |
| The Evaluation of Typhoon Track and Quantitative<br>Precipitation Forecasts of CWB's NFS in 2001 | Jing-Shan Hong                 | (41) |
| Report on Typhoon TORAJI (0108) in 2001  | Paul Tai-Kuang Chiou           | (55) |
| Report on TS NAKRI (0208) of 2002  | Chiang, Wei-min                | (83) |

行政院新聞局出版事業登記證局版台誌字 第〇九七六號  
中華郵政臺字第一八九三號登記為第一類新聞紙類

二〇〇四〇〇〇一  
統 一 編 號

ISSN 0255-5778



**CENTRAL WEATHER BUREAU**  
64 Kung-Yuan Road, Taipei, Taiwan  
Republic of China