

題名	作/譯者	卷期號	頁碼	出版年
伴隨雷雨天氣之高層冷心低壓研究	陳泰然 陳來發 周蘭芬	36/01	1	1990.03
相當正壓颱風路徑預報模式之改進研究	蔡清彥 陳得松	36/01	22	1990.03
中央氣象局長期天氣預報之綜合評介	劉復誠	36/01	35	1990.03
民國七十六年颱風調查報告——台灣東部近海北上侵台颱風(8705號)賽洛瑪	科技中心	36/01	53	1990.03
民國七十六年北太平洋西部颱風總報告	科技中心	36/01	68	1990.03
民國七十六年颱風調查報告——侵台颱風(8802號)蘇珊	科技中心	36/01	93	1990.03
-----	-----	-----	-----	-----
東吉島海面實例波浪場於氣象場分析	林雨我	36/02	107	1990.06
華南海雨季中尺度對流系統地預報研究	丘台光 許皓淳 林宏聖	36/02	117	1990.06
台灣地區地震發生潛能的探討	辛在勤 呂佩玲	36/02	129	1990.06
民國七十七年颱風調查報告——(8805號)華倫	科技中心	36/02	137	1990.06
民國七十七年颱風調查報告——(8866號)克蒂	科技中心	36/02	152	1990.06
民國七十七年颱風調查報告——超級強烈颱風(1988)厄爾森	科技中心	36/02	165	1990.06
-----	-----	-----	-----	-----
高度場對西北太平洋颱風路徑之影響	馬子玉 方力脩	36/03	181	1990.09
瑞穗地區的地震定位探討研究	王錦華 謝昭輝 詹軍威 李白華	36/03	197	1990.09
中央氣象局中尺度預報系統介紹及初步校驗	李尚武 陳慧貞 陳雯美	36/03	209	1990.09
台灣地區氣象因子與甘蔗產蔗量和產糖關係之研究_I.產蔗糖模式	張佑芳 朱鈞 彭雲明	36/03	221	1990.09
民國七十七年北太平洋西部颱風概述	科技中心	36/03	238	1990.09
民國七十八年颱風調查報告——侵台颱風(8919)莎拉	科技中心	36/03	256	1990.09
-----	-----	-----	-----	-----
侵台颱風分佈預測專家系統之研究與建置	陳熙揚 潘大龍	36/04	281	1990.12
中央氣象局地震網地震儀器響應曲線之探討	辛在勤 劉玉龍	36/04	297	1990.12
以HYPO71定位程式重定1969年1月至1972年5月瑞穗地區之地震定位誤差範圍及P波 慳	詹軍威 王錦華	36/04	305	1990.12
暖月高空冷心低壓對台灣天氣之影響	陳泰然 紀水上	36/04	315	1990.12
台灣地區氣象因子與甘蔗產蔗量和產糖關係之研究_II.產蔗糖模式	張佑芳 朱鈞 彭雲明	36/04	327	1990.12
民國七十八年北太平洋西部颱風概述	科技中心	36/04	346	1990.12

氣象學報

季刊

第三十六卷 第一期

目次

研究論文

- 伴隨雷雨天氣之高層冷心低壓研究……………陳泰然、陳來發、周蘭芬 (1)
相當正壓颱風路徑預報模式之改進研究……………蔡清彥、陳得松 (22)

綜評

- 中央氣象局長期天氣預報之綜合評介……………劉復誠 (35)

報告

- 民國七十六年颱風調查報告——臺灣東部近海北上
侵臺颱風 (8705) 賽洛瑪……………科技中心 (53)
民國七十六年北太平洋西部颱風總報告……………科技中心 (68)
民國七十七年颱風調查報告——侵臺颱風 (8802) 蘇珊……………科技中心 (93)

*****										*****									
出版者										臺北市公園路六十四號									
發行人										電話：3713181									
編輯委員																			
主任委員																			
委																			
幹事																			
售價																			
新台幣 150 元																			
*****										*****									

(按姓氏筆劃排列)

威張楊廖鄭謝葉
啓隆之學邦信永
勳男遠鑑傑良田
劉安平

中華民國七十六年六月
三十一日出版

伴隨雷雨天氣之高層冷心低壓研究

陳泰然

國立台灣大學大氣科學系

陳來發·周蘭芬

中央氣象局預報中心

摘 要

本文選取暖季冷渦環流影響台灣地區之三個個案，利用探空、飛機與衛星風場資料，分析冷渦之生成、移動、消散、結構及其與台灣地區雷雨天氣之關連。其中 1985 年 9 月個案與 1986 年 8 月個案，冷渦中心皆登陸台灣，兩者中心最接近板橋探空站時，分別為 100 km 與 300 km。1987 年 7 月個案，中心通過巴士海峽，板橋距中心約 500 km，在其環流邊緣，此冷渦為一濕冷渦，且具濕低對流層與中低對流層潛在不穩度。

9 月個案之冷渦，為一乾冷渦具濕低對流層，8 月個案為一濕冷渦具乾低對流層。9 月個案冷渦比 8 月個案冷渦具較大之中低對流層潛在不穩度與較潮濕低對流層，因此有較大之降水量與較普遍發生之較強對流（包括冰雹）。冷渦過境時可因中高對流層溫度降低與低對流層水氣增加，而增加中低對流層之潛在不穩度。此種潛在不穩度，則可透過冷渦引發之低層東風波槽與暖平流所伴隨之上升運動而釋放，以產生對流降水與劇烈天氣。東風波槽可能係由冷渦所伴隨之噴流條動力強迫作用而來，發生在噴流條出區左側高層輻散區。

關鍵詞：冷渦，乾冷渦，濕冷渦，潛在不穩度，東風波槽，劇烈天氣

一、前 言

在暖季月份裏，不論太平洋或大西洋之高對流層氣流形式均非單純地僅為副熱帶高壓脊線之向上伸展，而是經常包含一些瞬變氣旋中心 (transient cyclonic center)。這些氣旋中心常可由所經測站探空資料分析出冷心結構，其強度自 200–300 mb 向上及向下減弱，此種具有冷心結構的高層氣旋式低壓環流，一般稱為高層冷心低壓 (cold core low) 或冷渦 (cold vortex)。此種環流系統，因其發生區及移經區域大都在海上，資料上之限制使得其形成、發展及消散等過程方面之診斷分析研究常感困難。但對暖季月份之區域性對流活動而言，此種環流系統之溫度結構及伴隨的垂直運動場，可能為提供產生對流之有利條件或提供引發對流之有利機制，故仔細分析以辨認冷渦為在暖季月份區域性天氣預報上之重要課題。

Erickson (1971) 分析 1966 年發生在 Bahama 島附近之高層冷渦個案，認為低平流層

的暖距平與對流層的冷距平是發生天氣的有利條件。林 (1972) 分析 1971 年 7 月 31 日高層冷渦移經台灣上空前後之綜觀條件與雷雨發生之關連，發現雷雨於 300 mb 冷渦外圍發生，而於中心附近則無。他認為冷渦前緣伴隨北風之冷平流及冷渦環流所伴隨之高層輻散，均有利於雷雨之發生與維持。吳 (1976) 以其多年分析與預報經驗，認為台灣地區之暖月雷雨若係由此種高層冷渦誘發，則可在 2–3 天前預測，唯其必須移經日本南方諸島及琉球 (300mb 高度降至 9,660 公尺，溫度 $< -30^{\circ}\text{C}$) 且沿北方暖高壓南側規則西移。他詳細分析 1975 年 8 月 10–14 日發生於大陸之冷渦結構外，亦分析 1974–1975 年 6–10 月發生於 140°E 以西之高層冷渦，發現生命期在一天以上之冷渦，最大環流強度在 300mb，其源區主要在 $25-35^{\circ}\text{N}$ 。這些冷渦在東亞地區平均約以每日四個緯度 ($\sim 5 \text{ ms}^{-1}$) 緩慢移動。王等 (1979) 分析 1963–1977 年 6–9 月東亞及西太平洋 300mb 之高層冷渦氣候特徵，發現在 $100-155^{\circ}\text{E}$ 及 $15-40^{\circ}\text{N}$

範圍內生命史在一天以上之 163 個高層冷渦各月均有，8 月最多，7 月次之。他們對冷渦過境之天氣與成因作了兩個個案分析，認為高層冷平流可助長大氣之不穩定度，加上午後地面增溫，極易造成雷雨，且冷渦東南象限伴隨之暖平流，亦可產生上升運動引發雷雨。

Kelley and Mock (1982) 為求得具有代表性之西太平洋高層冷渦之結構並了解其動力，以威克島、中途島、莊斯頓島及關島等島嶼探空站資料及 ESSA 人造衛星觀測之雲量，合成分析於 1967-1971 年 6-10 月發生於西太平洋 10° - 30° N 及 130° E- 150° W 間的 117 個高層冷渦，結果發現最大環流強度出現在 200mb，最大冷距平則出現在冷渦北部之 300mb，最大暖距平位於冷渦之上的 125mb。冷渦西北象限為下沉區，雲量最少；東南象限為上升區，雲量最多，最大上升運動則出現在 300mb。溫度結構與垂直運動場分佈顯示 200mb 以下為熱力直接環流，以上則為間接環流。他們的合成雲量分佈與 Sadler (1967) 之太平洋副熱帶高層冷渦個案分析結果一致，Sadler 觀測到高層冷渦東側有逗點狀形式之雲，而西側則為雲量最少區。

陳等 (1988) 利用中央氣象局之 300mb 天氣圖及日本氣象廳 GMS 衛星雲圖與分析資料，分析 1985-1986 年 6-10 月西太平洋高層冷渦之氣候特徵、綜觀形勢及伴隨天氣。結果發現其移動方向，一般西進至 145° - 160° E 間後轉向西北西至西北移行。冷渦環流平均半徑 800 公里，相當於平均波長 3,200 公里，其平均生命期約 6 天，發生於 150° E 以東者之生命期為以西者之 1.8 倍。天氣現象顯示，冷渦環流內以東南象限之上升運動最強最不穩定，雲量最多，深淺對流亦最多；西北反是。此外，高低雲分佈亦顯示高層冷渦似可引發低層輻合及上升運動，使生對流。陳與紀等 (1989) 分別以傳統探空與飛機觀測資料 (T 法)、GMS 高層衛星風場 (S 法) 及結合上述三種資料 (C 法) 等三種方法，對 1985 及 1986 年發生於太平洋地區之八個高層冷心低壓個案進行定位與分析比較。結果顯示，T 法定位及 S 法定位結果具有軌跡的一致性，但位置均較 C 法者偏西，而 S 法定位稍優於 T 法定位。他們並利用 GMS 高層衛星風場分析

1981-1987 年發生於太平洋高空冷渦形成與消散之地理與季節分佈、生命期及移動過程等氣候特徵。結果顯示，高空冷渦之源地主要分佈於 15° - 25° N； 145° - 180° E，佔 54.3%；消散地區主要分佈於 20° - 30° N； 120° - 180° E，佔 61.7%。不論形成及消散，其最多頻率區在經度之變化均由 6 月向西偏移，8 月達最西後東退，而緯度則自 6 月起向北偏移，10 月分成南北兩支。向西至西南西移動者生命期最長 (~ 6 天)，且移速最快 (~ 4.2 緯度/天)。周 (1989) 利用 GMS 衛星風場、探空資料及飛機報告，研究 1982-1987 年 (1984 年缺)，6-10 月在 100° E- 170° W， 5° - 40° N 範圍內之 60 個冷渦，結果與陳等 (1988, 1989) 者相似，冷渦發生在 15° - 25° N， 160° - 180° E 之機率最大，在 30° N 以南 130° E 以東消散機率最大。發生之月份以 6 月最多，10 月最少，平均生命期 6.3 天。路徑走向多半偏西進行後轉向西北西或西北進行，平均速率 $4-5\text{ms}^{-1}$ 。此外並發現冷渦環流經常具有南北兩支強風軸，強風軸伴隨之輻散場引發之垂直運動在東南象限最強，該區對流發生機率亦最大。

上述有關西太平洋之高層冷渦研究，已使我們對冷渦之合成結構及動力 (Kelley and Mock, 1982; 陳等, 1988)、個案之結構 (林, 1972; 吳, 1976; 王與羅, 1979; 周, 1989)、綜觀氣候 (吳, 1976; 王等, 1979; 陳與紀等, 1989) 及其與劇烈天氣 (雷雨) 之關係 (林, 1972; 吳, 1976; 王與羅, 1979) 增加許多了解。鑑於暖季高層冷心低壓在局部天氣預報上之可能重要性，且冷心低壓與劇烈天氣現象間預報問題之掌握，目前仍困惑著預報員，同時因近年來海洋上高層民用飛機報告之增多及日本 GMS 衛星觀測次數之增多，使我們對於高層冷渦之辨認與定位增加信心 (陳與紀等, 1988)，因此，本文嘗試利用三個經過台灣地區之冷渦個案，分析冷渦結構、演變及其與天氣現象 (例如：對流性降水) 間之關連，希望結果對於改進暖季冷渦與伴隨天氣之預報有所幫助。

二、個案選取

本文目的在探討冷渦與台灣地區天氣之關連，

故先由近年來發生於西太平洋之冷渦資料檔案，辨認其環流影響台灣地區之個案，再選取其中資料較為完整之個案，做為分析研究之對象。在陳等（1988）所分析 1985—1986 年之 22 個個案裏，1985 年僅 9 月有兩個冷渦其中心通過台灣，本文選取之一個個案為路徑經過台灣中北部者，其環流在 9 月 9—12 日影響台灣地區。1986 年僅 8 月有一個冷渦中心通過台灣中南部地區，其環流在 8 月 13—14 日影響台灣地區。在周（1989）所分析 1982—1987 年之 60 個個案裏，1987 年雖無中心通過台灣之冷渦，但 7 月有一個案其中心經巴士海峽，環流於 7 月 3—5 日影響台灣地區。本文選取之這三個個案，7、8、9 月各有一個，其生命期、源地與消散地如表一所示。9 月之個案生命期最長為 12 天，7 月者最短僅 4.5 天，8 月者與平均生命期相近（陳等，1988；周，1989）為 6 天。9 月個案產生地 19°N ， 160°E 與消散地 30°N ， 117°E 皆與陳等（1988）之位置 20°N ， 160°E 與 30°N ， 118°E 稍有不同，此乃因陳等當時分析未使用衛星 cloud wind vector 資料所致。其餘兩個案之產生地與消散地，則與陳等（1988）及周（1989）之分析相同。此外，9 月之個案發生在氣候上主要發生區內，而在氣候上主要消散區以西消散（陳與紀等，1989；周，1989）。8 月與 7 月之個案，則皆在主要發生區以西發生，且在主要消散區以西消散。就冷渦發生時之綜觀環境而言，9 月個案發生於熱帶高對流層槽內（TUTT；Tropical Upper Tropospheric Trough），當時 TUTT 約與氣候平均之 TUTT 位置相近（Sadler, 1975）；8 月個案為中緯西風帶槽上之割離低壓；7 月個案則發生在高壓環流南側之東風槽內。

三、資料與分析

本文使用資料包括衛星風場、衛星雲圖、綜觀天氣圖、飛機報告與探空資料，每 12 小時觀測之探空測站如表二所示，其餘資料內容及使用情形如下：

1. GMS 衛星風場：使用每 12 小時一次之衛星風場，主要高度為 200mb。
2. GMS 衛星雲圖（包括紅外線與可見光）：每 3

小時一次觀測，用來輔助辨認冷渦之存在。

3. 綜觀天氣圖：分別為 0000UTC 及 1200 UTC 之各層天氣圖，提供冷渦之辨別定位與發展厚度之研判。
4. 飛機報告（AIREP）：資料包括溫度、風向風速、飛行時間及飛行高度，由於冷渦一天內之中心位置變化不大，因此選用 0000UTC 及 1200 UTC 前後 6 小時內之資料，作為較接近之綜觀時間資料。

首先利用 GMS 衛星雲圖及 300mb 高空天氣圖，確認個案並粗略定位。辨認標準如下：在 300 mb 天氣圖上有封閉氣旋式環流，且溫度分布可辨認係為冷心者（中心接近或靠近測站時溫度差為負值），其存在具有空間及時間上之連續性，生命期達 2.5 天以上者。其次將距離中心 15 緯度內之 cloud wind vector（200mb）、探空資料（200mb）及前後 6 小時之飛機資料（飛行高度自 37,000 至 41,000 英尺靠近 200mb 附近），在麥卡托投影圖內繪出低壓環流，求其空間結構。最後配合衛星雲圖，考慮空間及時間之連續性，分析氣流線，定出各時間較精確之中心位置。

四、1985 年 9 月 9 日-12 日個案

本個案之冷渦於 9 月 3 日 0000UTC 在 19°N ， 160°E 之 TUTT 上形成（圖 1 a），12 小時後環流範圍擴大並在副熱帶高壓脊南側向西北移動（圖 1 b）。副熱帶高壓脊於 4 日 0000UTC—5 日 0000UTC（圖 1 c—1 e），由日本九州附近之高壓中心向東南伸展並向南偏移，此段期間冷渦則在高壓脊南側轉向西南移動，高壓中心則向東移動。5 日 1200UTC 之後的 24 小時期間（圖 1 f—1 h），高壓中心繼續東移，冷渦則轉向西北移動。6 日 1200UTC 後，原在日本附近之西風槽，快速東移減弱，冷渦則向西緩慢移動（圖 1 i—1 k）。8 日 1200UTC 之後，冷渦繼續西移，向台灣地區移動，冷渦環流亦開始影響台灣地區，板橋探空由原東北風 35 kt（圖 1 k）轉為東北東風 25 kt（圖 1 l）。9 日 0000UTC（圖 1 m）板橋仍維持東北東風 25 kt，12 小時後（圖 1 n）轉為北風 15 kt，10 日 0000UTC（圖 1 o）冷渦加速西移，板橋則轉為東北風並增強為 35 kt，1200

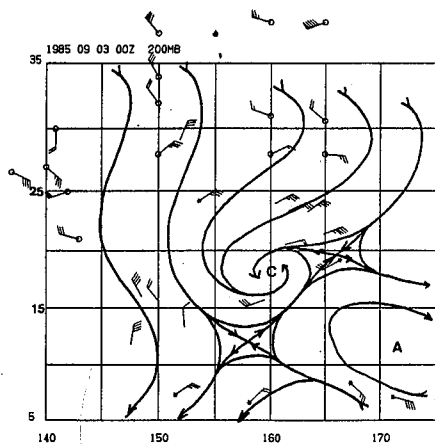
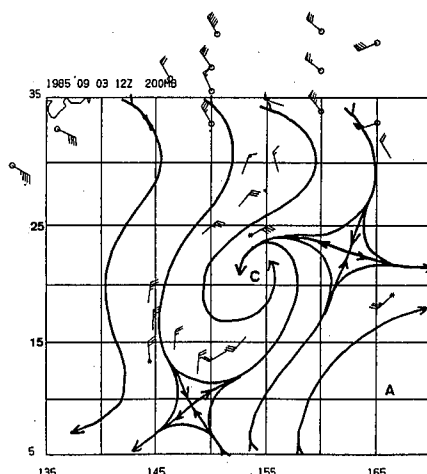
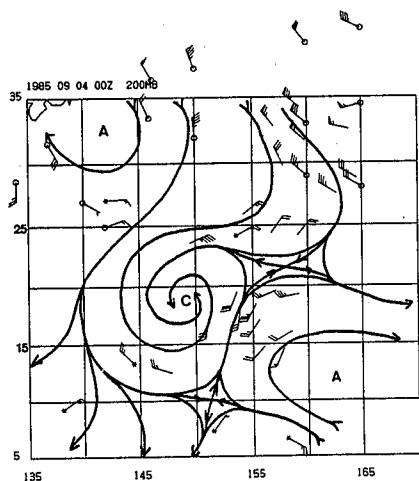


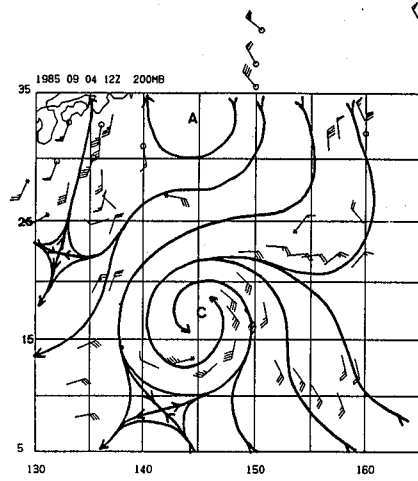
圖 1 a



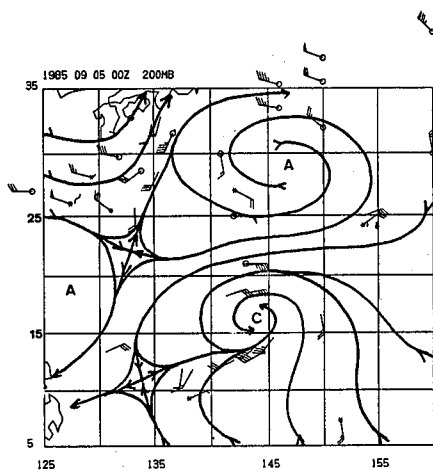
1 b



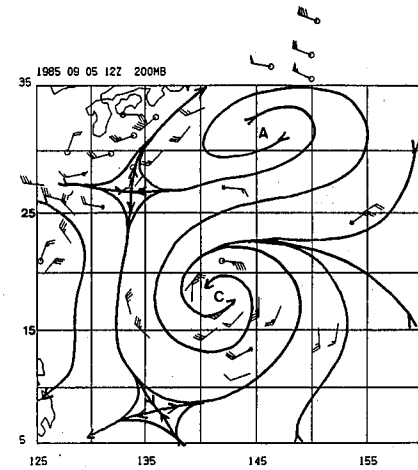
1 c



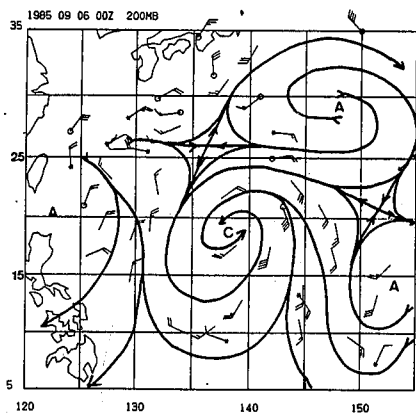
1 d



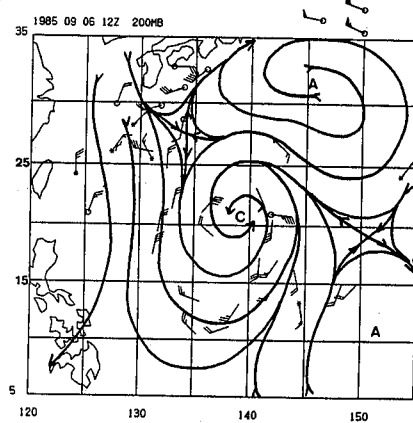
1 e



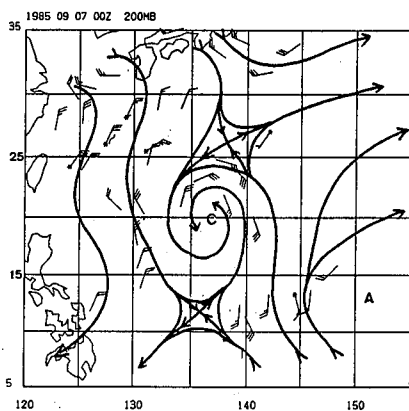
1 f



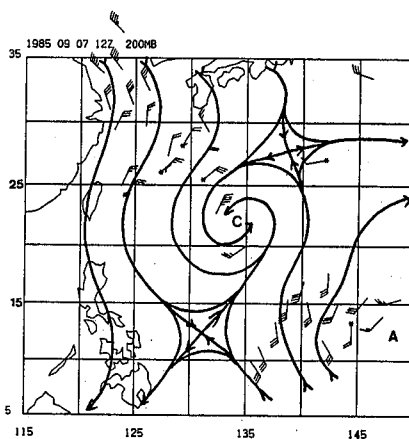
l g



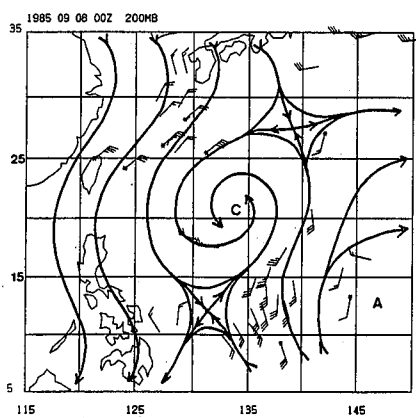
l h



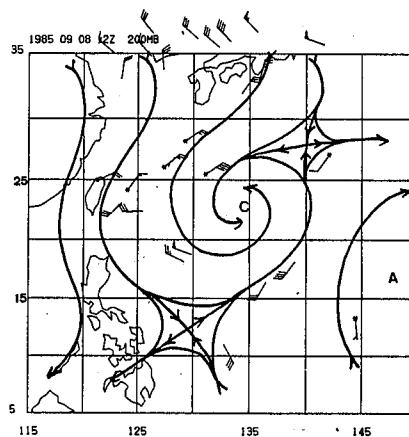
l i



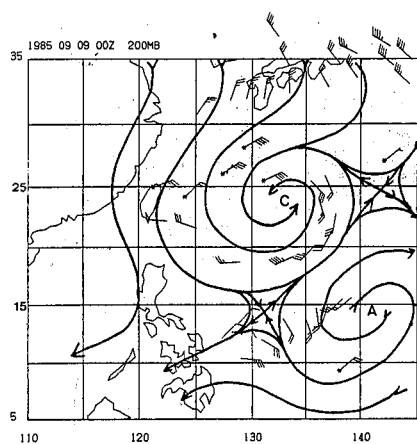
l j



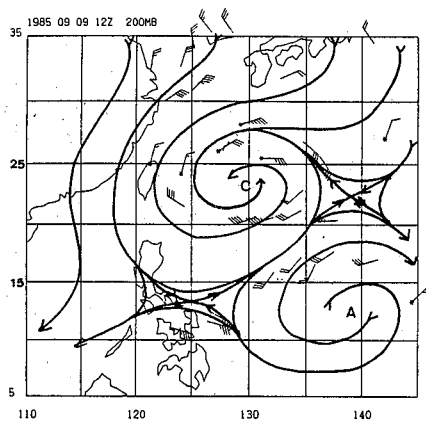
l k



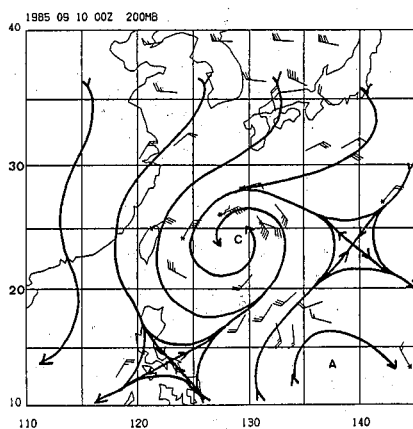
l l



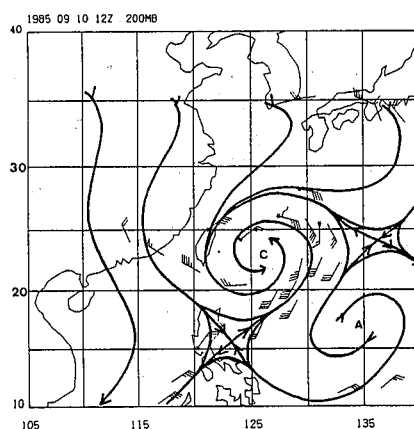
l m



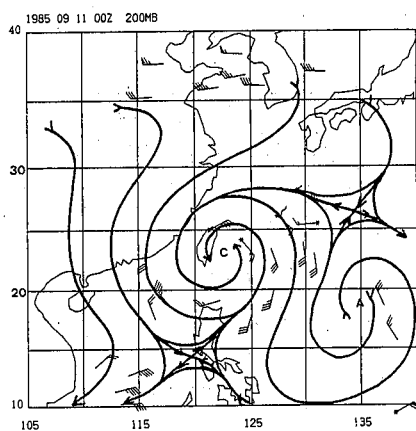
l n



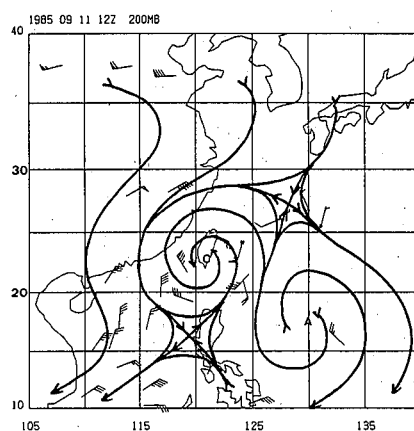
l o



l p



l q



l r

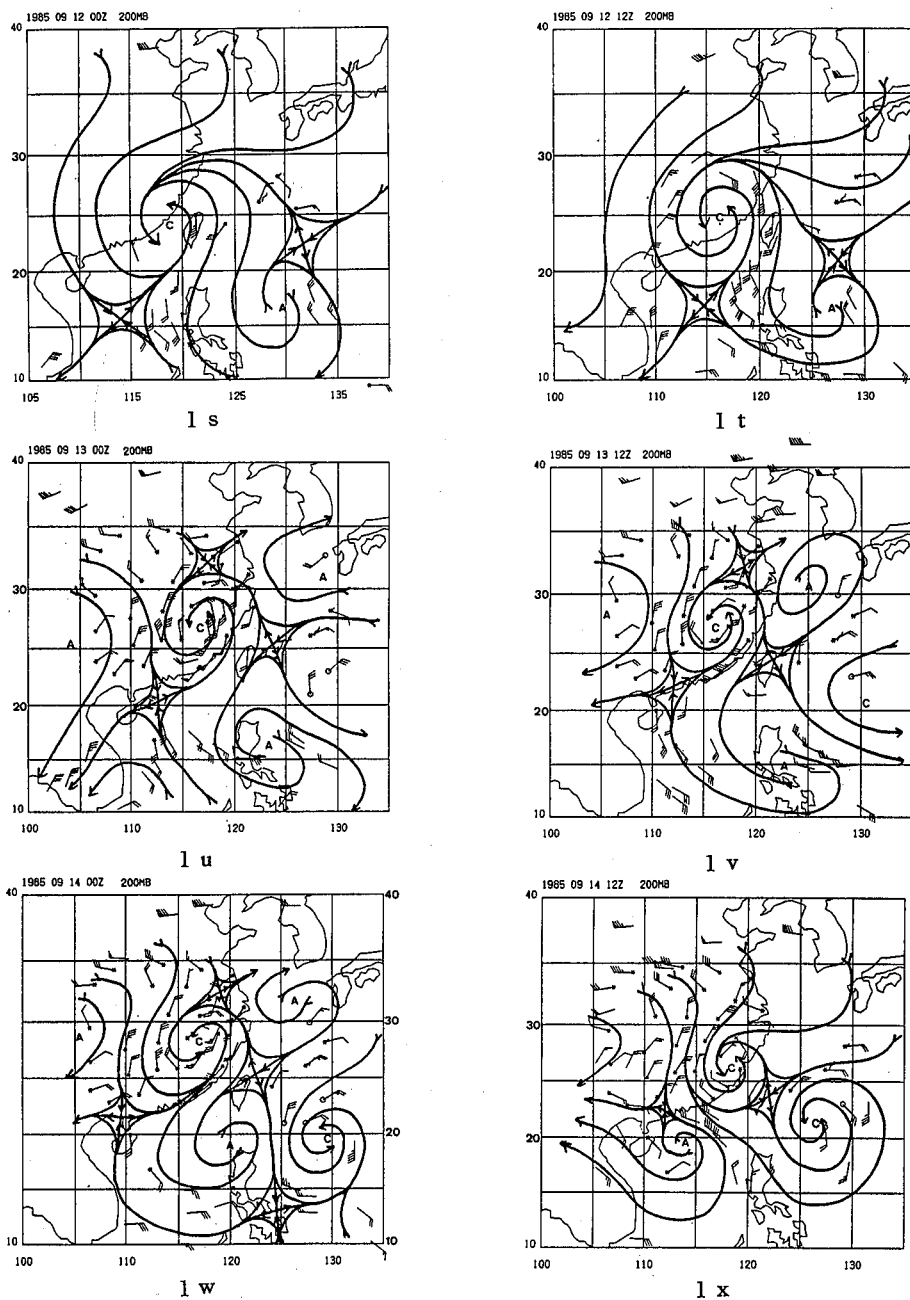


圖 1：1985 年 9 月 3 日 0000 UTC - 14 日 1200 UTC 200mb 氣流線分析。圖內風向風速資料，圓圈者為飛機報告，星號者為探空資料，其餘為衛星求得之風場。長桿為 10 kt，短桿 5 kt，三角旗 50 kt。

Fig. 1. Streamline analysis at 200mb for the period of September 3-14, 1985. The airport and rawinsonde data are indicated by circles and stars, respectively. And the winds without any symbols are GMS cloud winds. A full bar, a half bar, and a pennant represents the wind speed of 10 kt, 5 kt, and 50 kt, respectively.

UTC (1 p) 更增強為 45 kt。冷渦並於 11 日 0000–1200 UTC 間登陸台灣 (圖 1 q , 1 r) , 11 日 1200 UTC Ishigakijima (47918) 測得南南西風 55 kt (為該系統探空所測最大風速

) 。冷渦於 12 日 0000 UTC 移入台灣海峽 (圖 1 s) , 此時板橋轉為南風 45 kt , 之後移入大陸後 , 板橋風速亦隨之轉弱 (圖 1 t – 1 x) , 冷渦於 14 日 1200 UTC 後進入西風帶內消散。

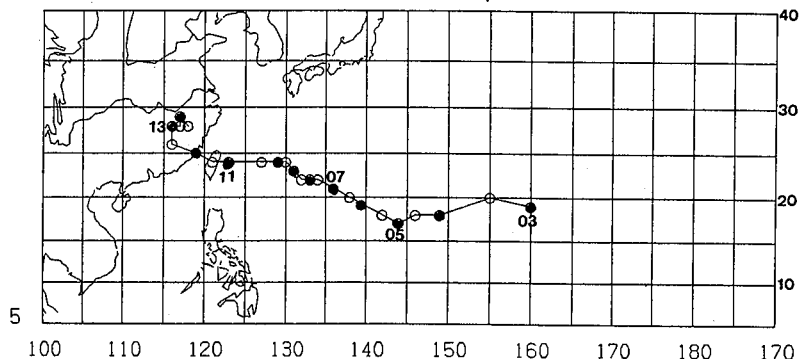


圖 2：1985 年 9 月 3 日 0000 UTC – 14 日 1200 UTC 200mb 冷渦中心路徑，圓圈為每隔 12 小時之中心位置，實心為 0000 UTC 位置，空心為 1200 UTC 位置。

Fig. 2. The track of the cold vortex center for the period of September 3– 14, 1985. The solid circles and open circles indicate 0000 and 1200 UTC, respectively.

START TIME = 05090900 STATION = 16692

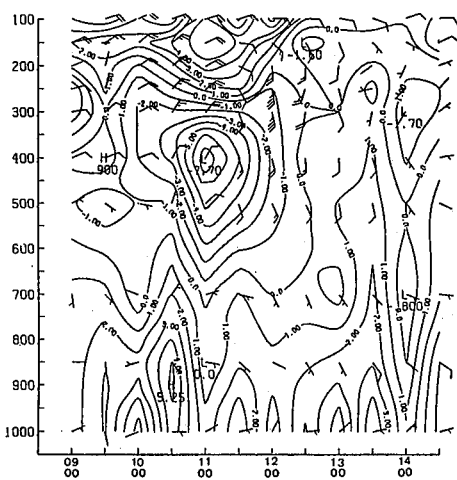
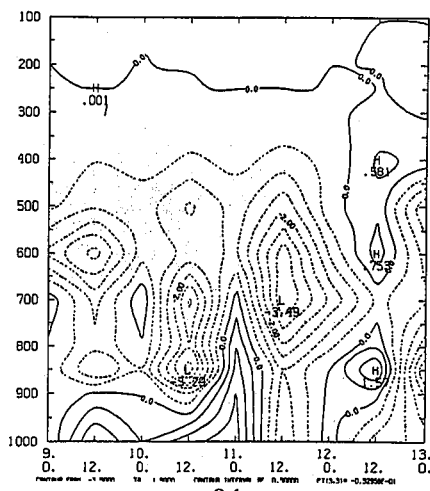


圖 3 a



3 b

圖 3：1985 年 9 月個案板橋探空資料之時間剖面分佈。(a)為 9 日 0000 UTC – 14 日 1200 UTC 之風向、風速與溫度距平，風速長桿為 10 m/s，短桿為 5 m/s，實線為溫度距平 (°C)，為當時溫度與該年 9 月平均之差。(b)為 9 日 0000 UTC – 13 日 0000 UTC 混合比 (g/kg) 距平 (實線為正，虛線為負)，為當時混合比與該年 9 月平均之差。

Fig. 3. Time cross section of the Panchiao rawinsondes for the case of September 1985. (a) The winds and temperature anomalies (isolids °C) in the period of 0000 UTC September 9 – 1200 UTC September 14. A full bar and a half bar represents 10 ms^{-1} and 5 ms^{-1} , respectively. (b) Mixing ratio anomalies (g kg^{-1} , solid is positive, dashed is negative) for the period of 0000 UTC September 9 – 0000 UTC September 13. Anomaly is the deviation of the observed value from the mean of September 1985.

圖2為此個案冷渦中心所經路徑，此冷渦在氣候上主要發生區內發生，而在主要消散區以西消散。生命期為12天，平均移速 5.3 ms^{-1} ，環流範圍東西向大於南北向，東西向平均半徑約950 km，南北向約700 km，於9月9—12日期間影響台灣地區。此外，13日之後在台灣東方海面有另一冷渦環流向西移動（圖1u—1x），影響台灣地區，此冷渦中心西移亦經台灣，整個中心路徑較本文分析之個案偏南（參見陳等1988）。圖3a為9日0000UTC—14日1200UTC板橋風場與溫度距平之時間剖面分布，顯見此冷渦最大溫度負距平於11日0000UTC（此時中心距板橋僅約100 km）出現在400mb，約為 -7.7°C ，最大正距平在150mb，約為 5°C ，均較Kelley and Mock（1982）之合成冷渦者為低（300mb與125mb），環流最強出現在250mb，亦較Kelley and Mock者稍低（200mb）。冷渦過境前後風向轉變，在500mb以上極為顯著，低對流層亦有顯著反應，且在時間上似較中高對流層為先。1000mb與850mb在10日0000—1200UTC由西南西風轉變為東/東南風，此種風向之順轉與低對流層冷渦前之顯著暖平流同時發生11日0000—1200UTC冷渦過境時，中高對流層風向轉變亦反應在低對流層之風向順轉，恰如東風波槽過境之情況，此時亦伴隨有較冷渦前稍弱之暖平流。圖3b為混合比距平，冷渦於11日0000UTC最接近板橋時（ $\sim 100\text{ km}$ ），700mb以下水氣含量大增，至較平均值為高，700mb以上雖較前後時間潮濕，但仍為負距平。700mb以下之正距平與東風波槽過境及暖平流發生之時間一致。

圖4為冷渦過境期間（10日1200UTC—11日1200UTC）與前後一天之平均相當位溫剖面分布，顯見冷渦過境期間850—300mb因溫度降低使相當位溫降低，1000mb因水汽含量大增，使相當位溫增加，故中低對流層潛在不穩定度增加，600—400mb之穩定度亦大為減弱而成近乎中性穩定度，300mb以上則因溫度正距平而使相當位溫略增。冷渦過境後，潛在不穩定層僅局限於700mb以下，且不穩定度減小。圖5為冷渦環流影響期間（9日—12日）有降水測站之累積雨量與該地出現之最顯著天氣。中部與南部降水量較大，9日

1700LST至12日0200LST期間各地普遍發生雷雨，玉山、荖楓、水南並在11日1400LST發生冰雹。

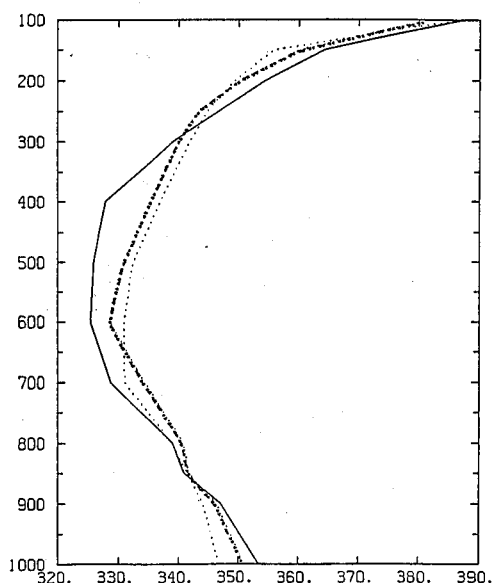


圖4：1985年9月個案，冷渦過境前（9日0000UTC—10日0000UTC；星號）、過境時（10日1200UTC—11日1200UTC；實線）與過境後（12日0000UTC—13日0000UTC；點線）之平均相當位溫分佈（X軸，K），Y軸為氣壓（mb）。

Fig. 4. Vertical profiles of the mean equivalent potential temperature (X axis, K) before (0000 UTC September 9–0000 UTC September 10, star), during (1200 UTC September 10–1200 UTC September 11, solid), and after (0000 UTC September 12–0000 UTC September 13, dotted) the cold vortex passage. Y axis is pressure in mb.

五、1986年8月13日-14日個案

本個案之冷渦於8月12日0000UTC在 29°N ， 128°E ，即在日本九州西南方海面上，由中緯度西風槽割離而成（圖6a），之後24小時向西南移動，於13日0000UTC移至台灣東方海面（圖6b，6c）。13日0000UTC後，青藏高原增強，並於1200UTC東伸經華中至日本地區（圖6d），14日0000UTC在華中形成割離高壓（圖6e），此高壓環流隨後向東移動（圖6f，

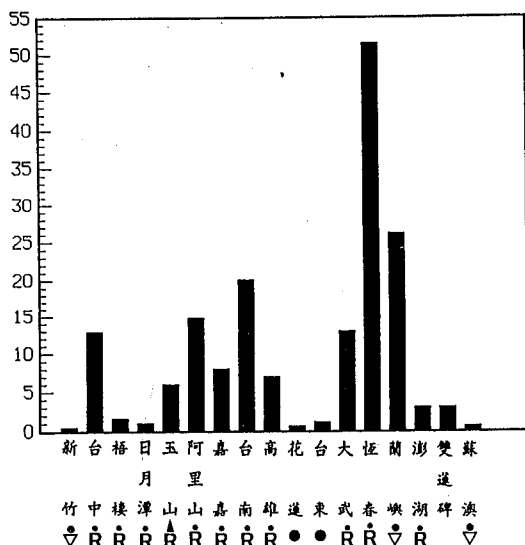


圖 5：1985 年 9 月 9－12 日冷渦環流影響台灣地區期間，各地累積雨量（Y 軸，公厘）及該地出現之最顯著天氣。

Fig. 5. The total rainfall (Y axis, mm) and the significant weather at each station for the period of September 9–12, 1985 when the circulation of cold vortex affected Taiwan area.

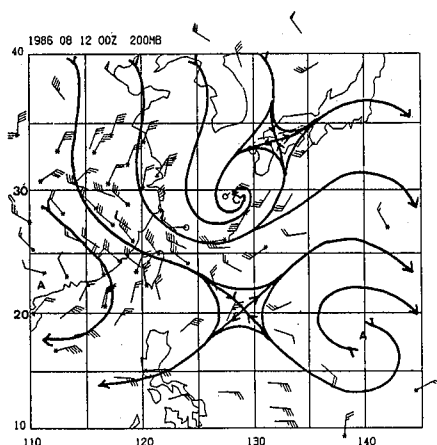
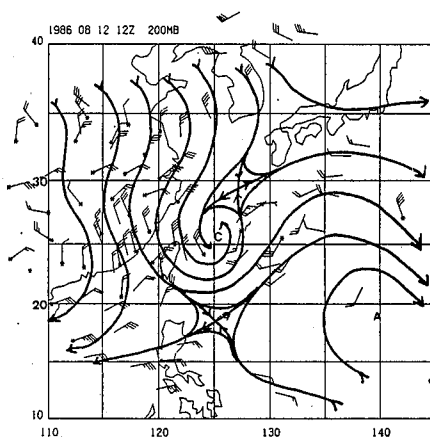
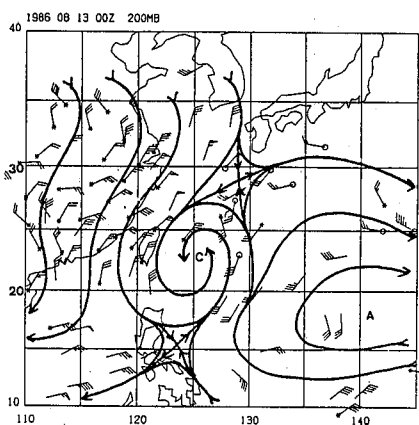


圖 6 a

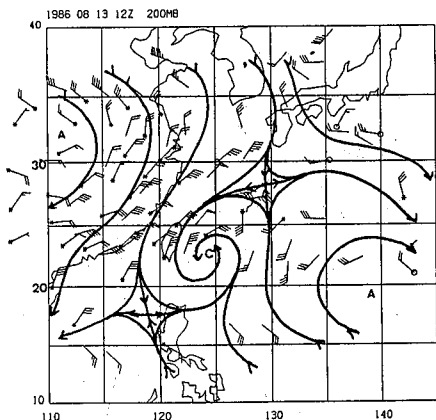


6 b

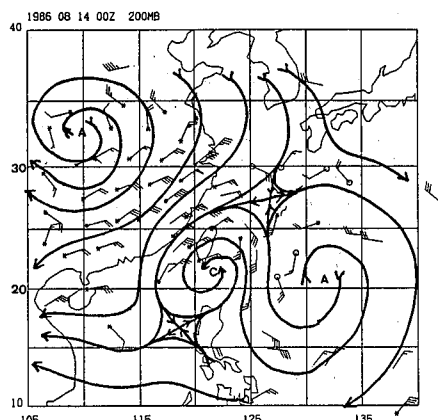


6 c

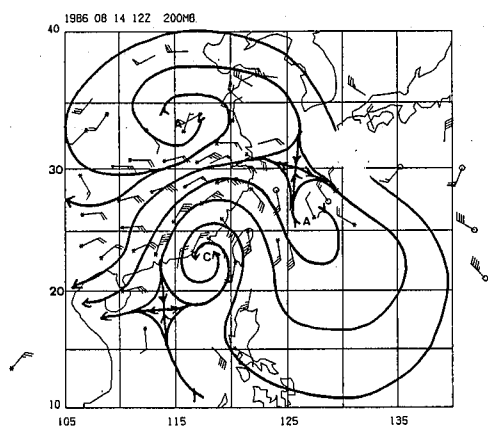
6 g)，於 15 日 1200 UTC 移至東海（圖 6 h）。在 13 日 0000 UTC – 15 日 0000 UTC 青藏高原增強東伸及割離高壓東移期間，此冷渦在高壓環流南側穩定西移，於 14 日 0000 – 1200 UTC 經過台灣南部進入台灣海峽，15 日 0000 UTC 華中割離高壓東移至約 115°E，冷渦亦西移至約同一經度（圖 6 g），之後，高壓東移至冷渦以東，冷渦在高壓環流西南象限轉向西北移動，高壓則向西南移動（圖 6 h – 6 l）。冷渦於 17 日 1200 UTC 後併入西風槽內，喪失封閉環流特徵。12 日 1200 UTC – 13 日 0000 UTC 冷渦由台灣東北方海面移至東方海面，板橋探空由北北西風 40 kt 轉為東北風 60 kt，板橋東北風於 13 日 1200 UTC 達最強，為 70 kt（為該系統探空所測最大風速），14 日 1200 UTC 冷渦進入台灣海峽時轉為南南東風 45 kt，冷渦進入大陸後，板橋風速減弱。



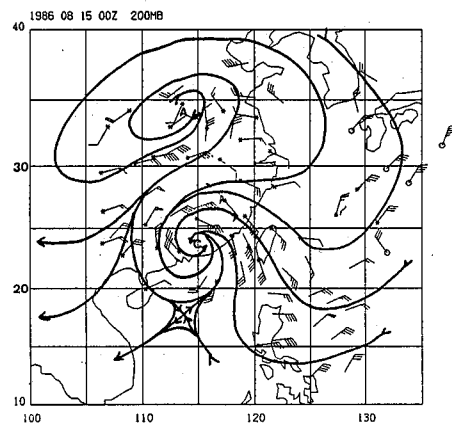
6 d



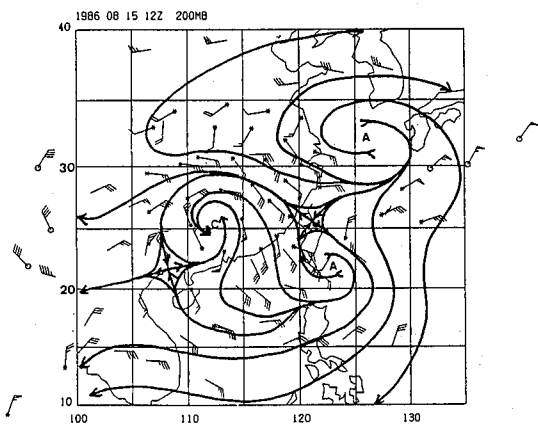
6 e



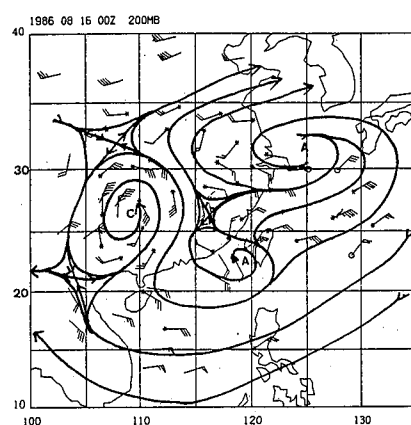
6 f



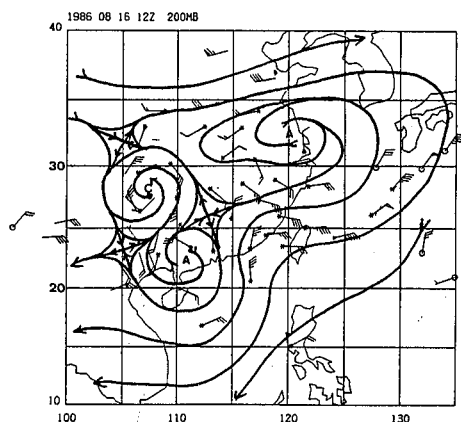
6 g



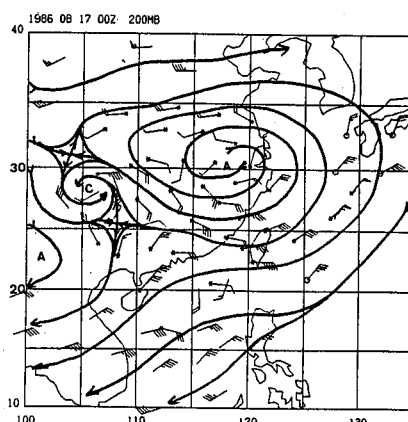
6 h



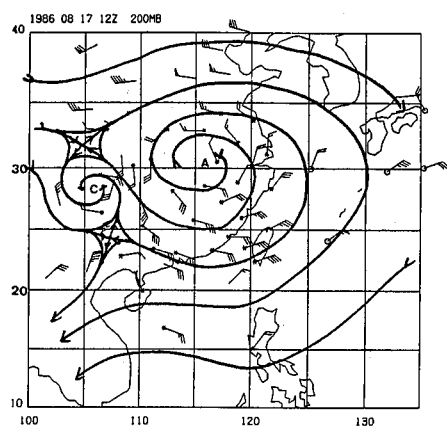
6 i



6 j



6 k



6 l

圖 6：1986 年 8 月 12 日 0000 UTC - 17 日 1200 UTC 200mb 氣流線分析，餘同圖 1。

Fig. 6. Same as Fig. 1, except for the period of August 12 - 17, 1986.

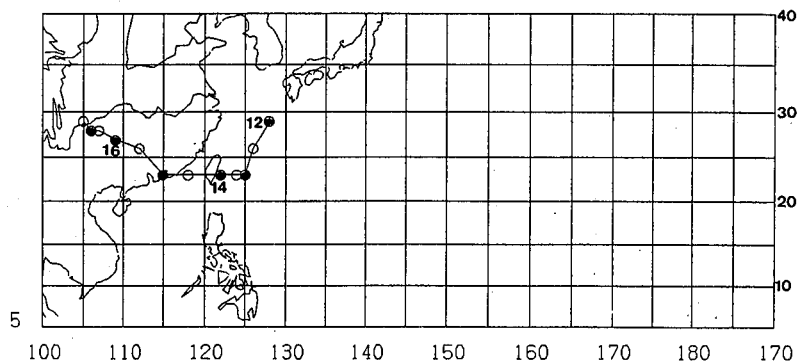


圖 7：1986 年 8 月 12 日 0000 UTC - 17 日 1200 UTC 200mb 冷渦中心路徑，圓圈為每隔 12 小時之中心位置，實心為 0000 UTC 位置，空心為 1200 UTC 位置。

Fig. 7. Same as Fig. 2, except for the period of August 12 - 17, 1986.

圖7為此個案冷渦中心所經路徑，在氣候上主要發生區及消散區以西發生與消散。生命期6天，平均移速 5.8ms^{-1} ，環流範圍東西向大於南北向，東西向平均半徑約700 km，南北向約650 km，於8月13-14日期間影響台灣地區。圖8 a為12日0000 UTC-16日1200 UTC板橋風場與溫度距平之時間剖面分佈，顯見此冷渦最大溫度負距平於14日0000 UTC（此時中心距板橋約300 km）出現在350 mb附近，約為 -4.1°C ，最大正距平在125 mb附近，與Kelley and Mock（1982）之合成結構者相近，環流最強出現在200 mb，亦與Kelley and Mock者相近。冷渦過境前後（14日0000-1200 UTC）中高對流層之顯著風向轉變，在24小時前之低對流層（1000-700 mb）即已反應，風向由原北北東/東北風轉變為東/東南風，恰如東風波槽之過境，此時亦伴隨低對流層暖平流。圖8 b為混合比距平

分佈，冷渦於14日0000 UTC最接近板橋時（ $\sim 300\text{km}$ ），300-400 mb較為潮濕為正距平，850-1000 mb 雖水氣含量增加，但仍為負距平，中低對流層於12小時前最為乾燥為最大負距平。此種水氣垂直結構變化恰與9月個案相反，該個案為下層潮濕上層乾燥，本個案則為下層乾燥上層潮濕。圖9為冷渦過境期間（13日1200 UTC-14日1200 UTC）及前後一天之平均相當位溫分佈，過境期間700 mb以下因水氣含量減少，故相當位溫減小，使潛在不穩度減小；過境之後各層之溫度與濕度均見增加，使相當位溫增加，700 mb以下潛在不穩定度亦見增加。圖10為此冷渦環流影響期間（13-14日）有降水各測站累積雨量及此段期間最顯著天氣。對流現象主要發生在中北部及東部地區之14日0800-2000 LST期間，發生地點不若9月個案普遍，雨量亦較9月個案為少。

START TIME= 860812 STATION= 16692

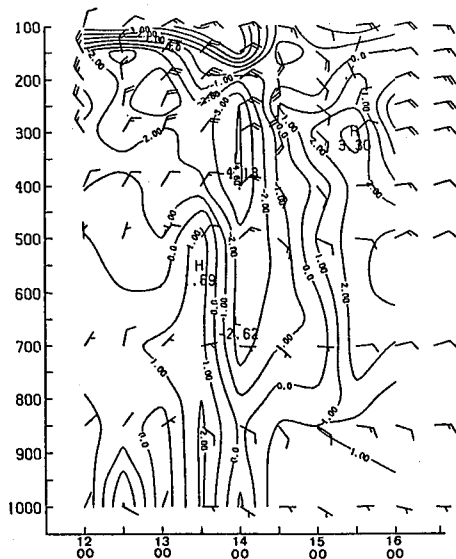
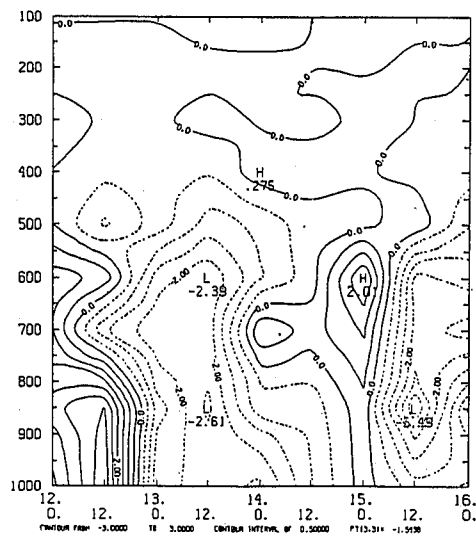


圖8 a



8 b

圖8：1986年8月個案板橋探空資料之時間剖面分佈，(a)為12日0000 UTC-16日1200 UTC之風向、風速與溫度距平，(b)為12日0000 UTC-16日0000 UTC之混合比距平，餘同圖3。

Fig. 8. Same as Fig. 3, except for the period of August 12-16, 1986.

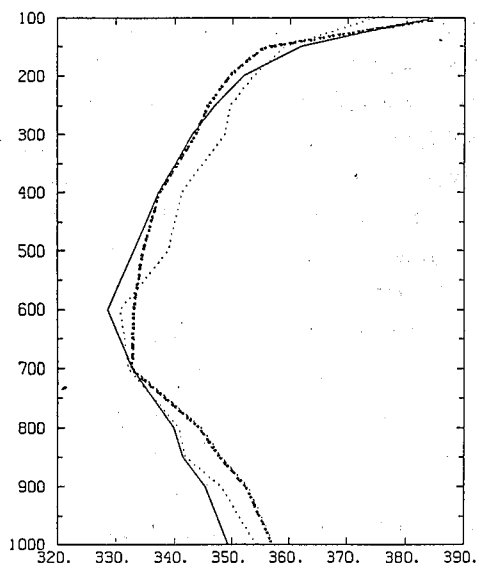


圖 9：1986 年 8 月個案，冷渦過境前（12 日 0000 UTC—13 日 0000 UTC；星號）、過境時（13 日 1200 UTC—14 日 1200 UTC；實線）與過境後（15 日 0000 UTC—16 日 0000 UTC；點線）之平均相當位溫分佈（X 軸，K），Y 軸為氣壓（mb）。

Fig. 9. Same as Fig. 4, except for the case of August 1986 before (0000 UTC August 12 – 0000 UTC August 13, star), during (1200 UTC August 13 – 1200 UTC August 14, solid), and after (0000 UTC August 15 – 0000 UTC August 16, dotted) the cold vortex passage.

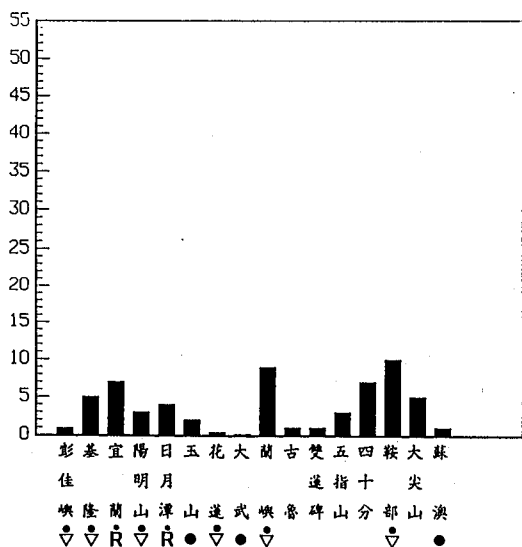


圖 10：1986 年 8 月 13–14 日冷渦環流影響台灣地區期間，各地累積雨量（Y 軸，公厘）及該地出現之最顯著天氣。

Fig. 10. Same as Fig. 5, except for the period of August 13 – 14, 1986.

六、1987 年 7 月 3 日–5 日個案

本個案之冷渦於 1 日 1200 UTC 在 16°N ， 137°E 之東風槽內形成（圖 11 a），此時東海及日本南方海面分別出現分裂高壓環流。2 日 0000 UTC – 3 日 0000 UTC（圖 11 b – 11 d）分裂高壓合併為一顯著高壓脊並稍向北退，冷渦則在高壓脊南側向西北西移動。3 日 1200 UTC 後（圖 11 e）中心繼續西移但環流範圍縮小，於 4 日 0000 – 1200 UTC 經巴士海峽（圖 11 f, 11 g）。5 日 0000 UTC（圖 11 h）移至南海北部，於 1200 UTC（圖 11 i）移至海南島附近時範圍及強度均減小，隨後移向強烈高壓區而消散。4 日 0000 – 1200 UTC 冷渦通過巴士海峽時，東港由東北東風 60 kt（為該系統探空所測最大風速）轉為東南東風 45 kt，綠島由東風 45 kt 轉為東南風 30 kt，板橋距離冷渦中心約 500 km，由東北風 35 kt 稍順轉為東北東風 40 kt。

圖 12 為此個案冷渦中心所經路徑，在氣候上

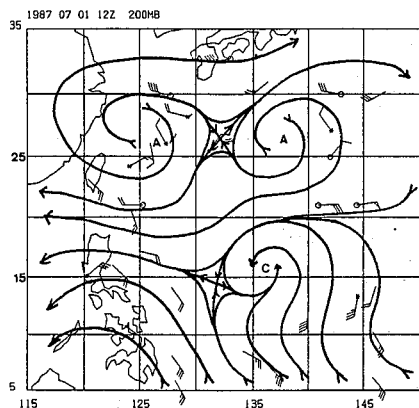
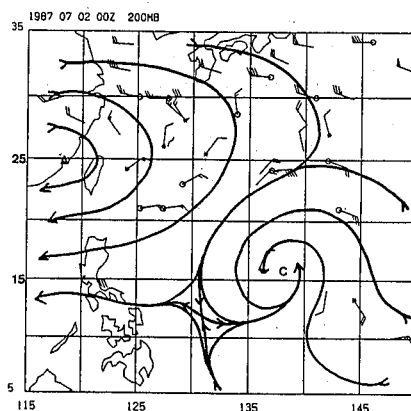
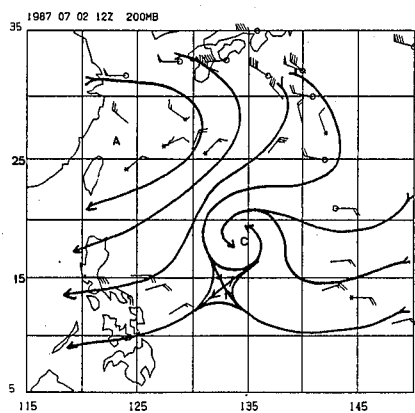


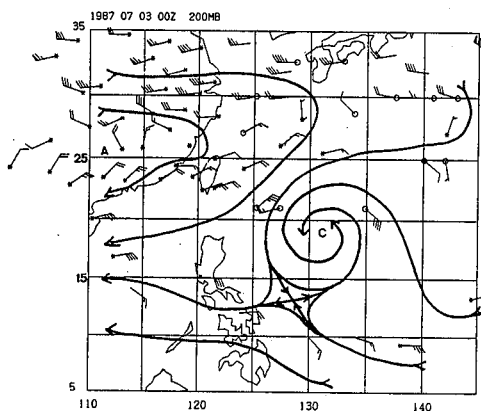
圖 11 a



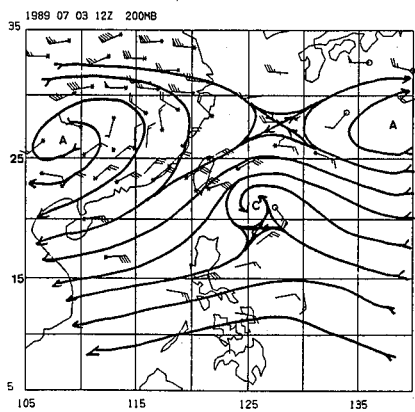
11 b



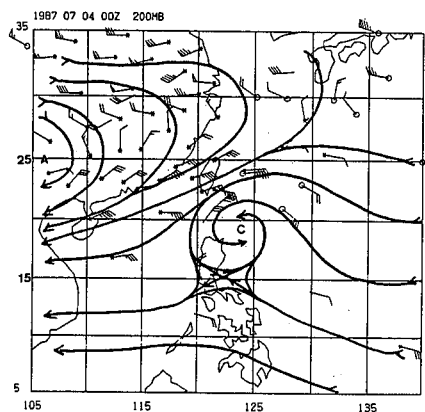
11 c



11 d



11 e



11 f

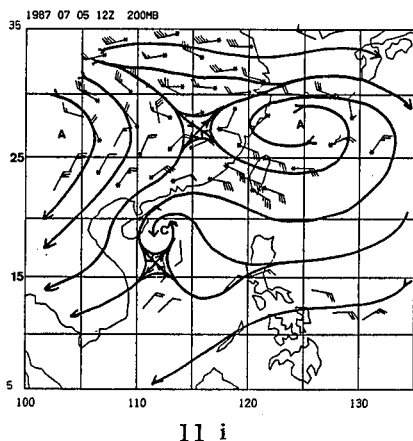
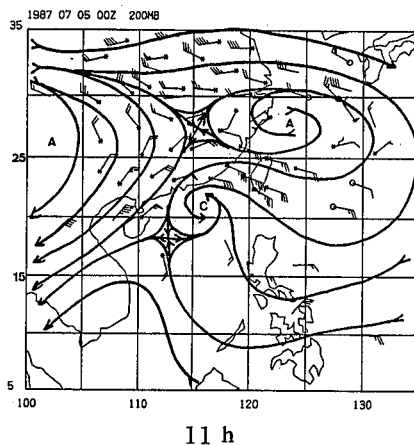
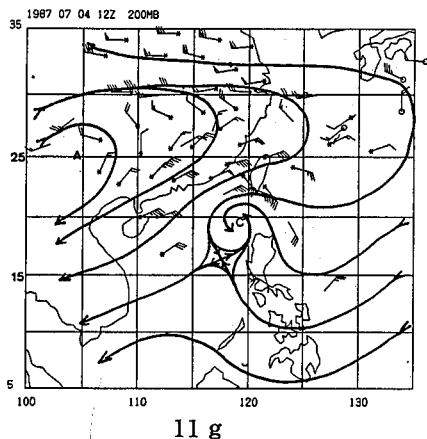


圖 11: 1987 年 7 月 1 日 1200UTC-5 日 1200UTC
200mb 氣流線分析，餘同圖 1。

Fig. 11. Same as Fig. 1, except for the period
of July 1 - 5, 1987.

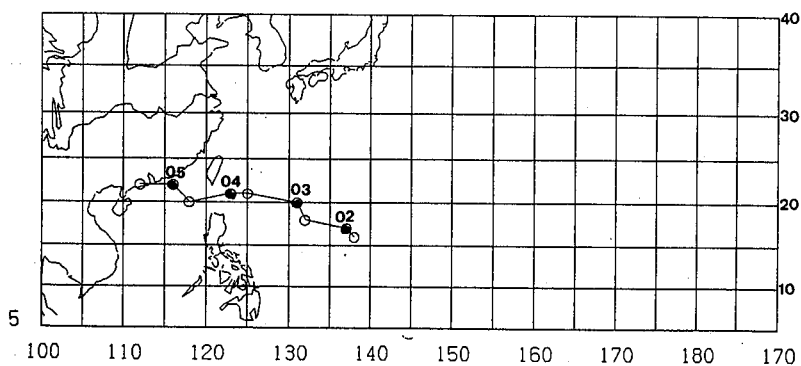


圖 12: 1987 年 7 月 1 日 1200UTC-5 日 1200UTC 200mb 冷渦中心路徑，圓圈為每隔 12 小時之中心位置，實心為 0000UTC 位置，空心為 1200UTC 位置。

Fig. 12. Same as Fig. 2, except for the period of July 1 - 5, 1987.

START TIME= 07070200 STAT10N= 16692

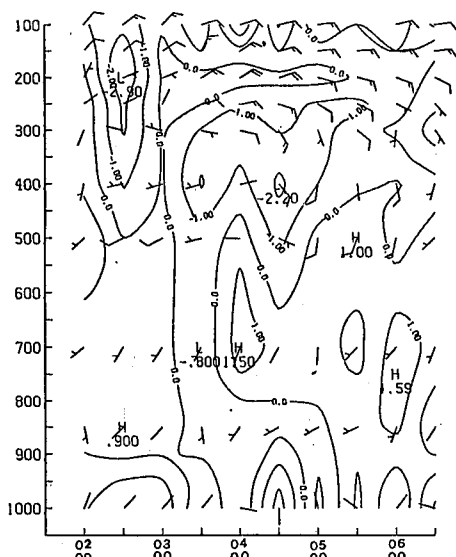
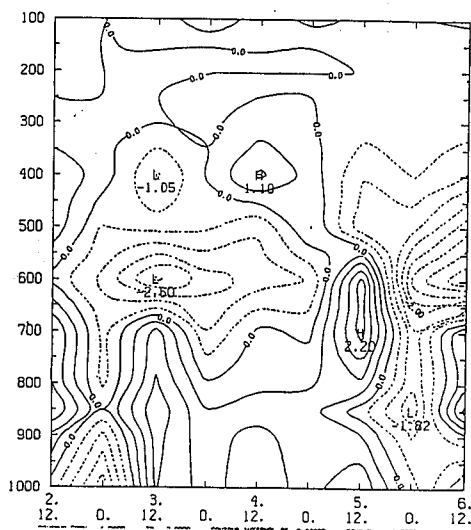


圖 13 a



13 b

圖 13: 1987 年 7 月個案板橋探空資料之時間剖面分佈, (a)為 2 日 0000 UTC – 6 日 0000 UTC 風向、風速與溫度距平, (b)為 2 日 1200 UTC – 6 日 1200 UTC 混合比距平, 餘同圖 3。

Fig. 13. Same as Fig. 3, except for the period of July 2 – 6, 1987.

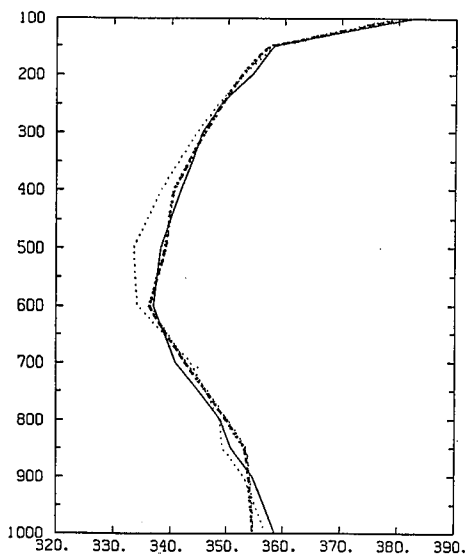


圖 14: 1987 年 7 月個案, 冷渦過境前 (2 日 1200 UTC – 3 日 1200 UTC; 星號)、過境時 (4 日 0000 UTC – 5 日 0000 UTC; 實線) 與過境後 (5 日 1200 UTC – 6 日 1200 UTC; 點線) 之平均相當位溫分佈 (X 軸, K), Y 軸為氣壓 (mb)。

Fig. 14. Same as Fig. 4, except for the case of July 1987 before (1200 UTC July 2 – 1200 UTC July 3, star), during (0000 UTC July 4 – 0000 UTC July 5, solid), and after (1200 UTC July 5 – 1200 July 6, dotted) cold vortex passage.

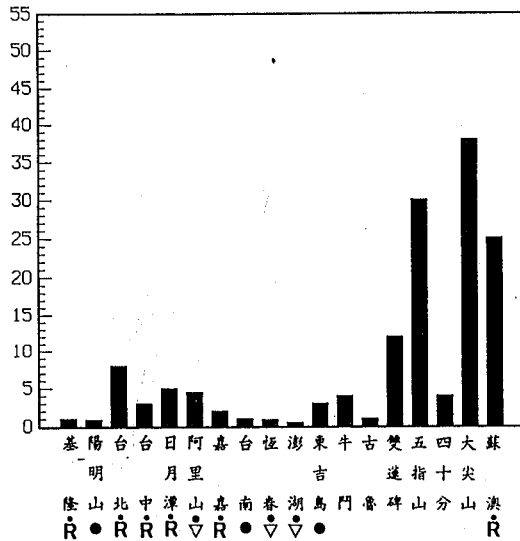


圖 15: 1987 年 7 月 3 - 5 日冷渦環流影響台灣地區期間，各地累積雨量 (Y 軸，公厘) 及該地出現之最顯著天氣。

Fig. 15. Same as Fig. 5, except for the period of July 3 - 5, 1987.

主要發生區及消散區以西發生及消散。生命期為 4.5 天，平均移速 7.3 ms^{-1} ，環流範圍東西向略

大於南北向，平均半徑分別為 450 km 與 400 km，於 7 月 3 - 5 日期間影響台灣地區。圖 13 a 為 2 日 0000 UTC - 6 日 1200 UTC 板橋風場與溫度距平之時間剖面分佈，顯見此冷渦最大溫度距平於 4 日 1200 UTC (此時中心距板橋約 500 km) 出現在 400 mb，約為 -2.4°C ，其上未出現顯著正距平，最強環流出現在 200 mb。4 日 0000 - 1200 UTC 冷渦過境之風場改變，僅發生在中高對流層，低對流層無明顯改變。2 日 0000 UTC 在 200 mb 之負距平中心，因無顯著風場伴隨，顯非本文探討之冷渦現象。圖 13 b 為混合比距平，冷渦於 4 日 1200 UTC 最接近板橋時 ($\sim 500 \text{ km}$)，濕度垂直變化與 9 月與 8 月個案不同，為中對流層較乾為負距平，高低對流層皆較濕為正距平。圖 14 為冷渦過境期間 (4 日 0000 UTC - 5 日 0000 UTC) 及前後一天之平均相當位溫分佈，因冷渦距離較遠，變化不若前兩個案明顯，唯過境時因低對流層較暖較濕且中對流層較乾較冷，故中低對流層之潛在不穩度較過境前後為大。圖 15 為冷渦環流影響期間 (3 - 5 日) 有降水測站之累積雨量及該段期間之最顯著天氣，對流現象普遍發生在 3 日 1700 LST 至 5 日 2000 LST 期間，降水量以北部地區較大。

表一：本文選取三個個案之時間、生命期、源地與消散地。

Table 1. Date, life period, formation and dissipation areas for the 3 cases of cold vortices selected.

個案	存在時間	生命期 (天)	產生地點	消失地點	環流影響台灣地區
1	1985 年 9 月 3 日 0000 UTC - 14 日 1200 UTC	12	$19^\circ\text{N}, 160^\circ\text{E}$	$30^\circ\text{N}, 117^\circ\text{E}$	9 月 9 - 12 日
2	1986 年 8 月 12 日 0000 UTC - 17 日 1200 UTC	6	$29^\circ\text{N}, 128^\circ\text{E}$	$30^\circ\text{N}, 105^\circ\text{E}$	8 月 13 - 14 日
3	1987 年 7 月 1 日 1200 UTC - 5 日 1200 UTC	4.5	$16^\circ\text{N}, 137^\circ\text{E}$	$22^\circ\text{N}, 112^\circ\text{E}$	7 月 3 - 5 日

表二：本文所使用 5 – 30°N, 105 – 180°E 區域之探空測站位置

Table 2. Locations of rawinsonde stations used in the analysis over the area of 5–30°N, 105–180°E.

站 號	站 名	緯 度 (°N)	經 度 (°E)
46692	板橋	25.03	121.52
47909	Naze	28.23	129.30
47918	Ishigakijima	24.20	124.10
47936	Naha	26.14	127.41
47945	Minamidaitojima	25.50	131.14
47971	Chichijima	27.05	142.11
47991	Minamitorishima	24.18	153.58
91217	Guam	13.33	144.50
91245	Wake	19.17	166.39
91334	Truk	7.28	151.51
91348	Ponape	6.58	158.13
91366	Kwajalein	8.44	167.44
91376	Majuro	7.05	171.23
91413	Yap	9.29	138.05
98327	Clark	15.10	120.34

七、討論與總結

本文所選三個冷渦環流影響台灣地區個案，均伴隨有對流及雷雨天氣，9月與8月個案之冷渦中心均登陸台灣，板橋探空觀測可反應中心附近之結構變化。7月個案中心經巴士海峽，與板橋探空站相距最近時亦達 500 km，探空資料僅能反應其外圍環流（此個案平均半徑約 400 – 450 km），故本文對此個案不做進一步探討。唯板橋資料亦顯示此冷渦為一潮濕冷渦並具濕低對流層，1000–600 mb 具潛在不穩度，其大小約與 8 月個案相近，但較 8 月個案更為暖濕（ θ_e 較大）。

9 月個案冷渦中心在板橋南方 100 km 內通過（圖 1，2），屬於乾冷渦，但具有濕低對流層（圖 3 a，b），中低對流層（1000 – 600 mb）潛在不穩度較 8 月個案為大（圖 4，9），具有較大量降水及較強對流（伴有冰雹）（圖 5，10）。此冷渦之冷心深厚，過境時在 850 – 300 mb 產生溫度負距平，使該層相當位溫下降，低對流層則因水氣增加而使相當位溫增加，故冷渦過境時中低對流

層潛在不穩度增大（圖 3，4）。冷渦過境前低對流層盛行暖平流，此時導引上升運動，過境時引發之低對流層東風波槽（圖 3 a），亦將伴隨低層之輻合與上升運動，此種舉升作用可能為冷渦環流影響下，引發對流以釋放大氣不穩度之可能機制。冷渦所引發之低對流層東風波槽，在本個案裡可能乃因冷渦東南象限所伴隨之噴流條而來。板橋在 9 月 11 日 1200 UTC（圖 1 r）時，位於噴流條出區左側，應為輻散及上升區，上升絕熱冷卻以維持冷心結構，高層輻散伴隨之低層輻合則產生東風波槽。

8 月個案冷渦中心雖在板橋以南約 300 km 處通過（圖 6，7），但板橋探空資料仍可反應此冷渦之結構特徵（環流半徑 650 – 700 km）。本個案冷渦屬濕冷渦，但具有乾低對流層（圖 8 a，b），中低對流層潛在不穩度較 9 月個案為小，且因低對流層較乾，故降水量與對流強度亦不若 9 月個案強烈（圖 8，9，10）。溫度平流則恰似 9 月個案情況，在冷渦過境前之低對流層盛行暖平流，但與 9 月個案有一顯著差異，即冷渦伴隨之低對流層

東風波槽在冷渦過境前即已抵達(圖8a)。此個案之東風波槽,可能類似9月個案亦由冷渦伴隨之噴流條(本個案為西北象限之東北噴流)所引發。板橋在8月13日0000-1200UTC期間位於噴流條出區左側(圖6c,d),故高層輻散伴隨低層輻合所產生之東風波槽,在冷渦過境前抵達。

由8月個案與9月個案之分析,顯示冷渦過境之潛在不穩度增加,可能由冷渦伴隨之噴流條所引發之東風波槽及低對流層暖平流,透過其所產生之上升運動加以釋放,導致普遍之對流降水。顯然,暖季高對流層之冷渦環流結構分析,在劇烈天氣現象之預報上實為不可或缺之工作。

致 謝

感謝台大大氣系吳連育先生、宋偉國先生與氣象局預報中心李育祺先生協助資料收集,計算與繪圖以及初稿整理,本研究在氣象局專案計畫CWB 77-01-02支援下完成。

參考文獻

- 王時鼎與羅季康, 1979: 東亞及西太平洋夏季高空冷心低壓之氣候與天氣特徵分析。空軍氣象中心研究報告016號, 48頁。
- 王時鼎、羅季康與梁瑞禎等, 1979: 東亞及西太平洋夏季高空冷心低壓之氣候學。氣象預報與分析, 81, 12-32。
- 吳宗堯, 1976: 夏季高層冷心低壓之分析。大氣科學, 3, 1-11。
- 林鞠情, 1972: 由特例看高層輻散對雷雨的觸發作用。氣象學報, 18, 2, 27-39。
- 周蘭芬, 1989: 西太平洋高層冷心低壓之研究。台大大氣所碩士論文(陳泰然教授指導), 77頁。
- 陳泰然、紀水上、吳樹旺與苟潔予, 1988: 高層冷心低壓之定位與分析。氣象學報, 34, 3, 175-187。
- 陳泰然、紀水上、苟潔予、吳樹旺與鄭中惠, 1989: 高層冷心低壓之綜觀氣候研究。氣象學報, 35, 1, 31-42。
- 陳泰然、陳來發、周蘭芬與李育祺, 1988: 1985年與1986年暖季西太平洋高層冷心低壓之初步分析。氣象學報, 34, 4, 275-284。
- Erickson, C.O., 1971: Diagnostic study of a tropical disturbances. Mon. Wea. Rev., 99, 67
- Kelley, W.E., and D.R. Mock, 1982: A diagnostic study of upper tropospheric cold lows over the Western North Pacific. Mon. Wea. Rev., 110, 471-480。
- Sadler, J.C., 1967: The tropical upper tropospheric trough as a secondary source of typhoons and a primary source of trade wind disturbances. Rep. No. 67-12, Hawaii Institute of Geophysics, Univ. of Hawaii, Honolulu, 44pp.
- Sadler, J.C., 1975: The upper tropospheric circulation over the global tropics. UHMET-75-05, Dept. of Meteor., Univ. of Hawaii, 35 pp.

相當正壓颱風路徑預報模式之改進研究

蔡清彥

中央氣象局局長

陳得松

中央氣象局資訊中心

摘 要

針對中央氣象局所使用相當正壓颱風路徑預報模式的系統性誤差，本文嘗試由初始場的處理來改進。共分爲兩個步驟；第一步爲了獲得軸對稱之虛擬颱風，我們先對虛擬颱風渦度場的加入做改良，也就是在加入虛擬颱風渦度場後，求流線場時，分兩次來解苞桑方程，即先由模式範圍的渦度場求解流線場，再取颱風影響範圍（ 11×11 ）另外再解一次苞桑方程，以求得颱風影響範圍的流線場。經過如此處理初始場的預報結果，在向量誤差、直角誤差、方向誤差、速度誤差等方面的表現均較原模式改進很多。第二步我們再對已加入虛擬颱風渦度場的初始場，再加進虛擬的 β -gyre 渦度場於颱風範圍中，此項渦度場的加入乃爲了模擬因南北緯度變化而引起的次環流；而如此的模式預報結果，又比在初始場只加入虛擬颱風渦度場的模式表現得更爲良好；尤其以颱風移速方面改進最多。就所取的十個個案平均而言，原模式所預報的颱風移速在 12 小時後慢了 14.5 公里/小時；而改進虛擬颱風渦度場的加入法後，12 小時預報慢了 10.8 公里/小時；最後再加入虛擬 β -gyre 渦度場的預報結果，12 小時之後只慢 3.8 公里/小時，並且在 24 小時後，預報之颱風移速就非常接近真正移速了。另外在向量誤差方面也明顯改善了預報結果，先後三種模式在 12 小時之後的預報誤差各爲 192 公里、143 公里、80 公里。

關鍵字：正壓、貝它渦旋

一、前 言

台灣地區位於西北太平洋及南海颱風行徑的要衝，每年因颱風所造成的損失爲各類天然災害之首，所以有效提高颱風路徑預報的準確度，以減少因颱風所造風的損失，是我們應努力研究的課題。颱風路徑的預報方法，概分爲兩大類，即數值預報模式和氣候統計法。就準確性而言，中期的預報（48—72 小時）以數值模式預報較佳（Anthes, 1982），而短期間的預報結果（24—36 小時）則以氣候統計法表現較好。

近年來中央氣象局積極研究改進颱風預報作業技術，尤其注重路徑預報之改良，從民國 75 年起，將正壓颱風路徑預報模式（蔡，1978，1980；Tsay, 1978）納入正式颱風預報作業，此模式作業以來，其系統性誤差與其它統計方法相當且

優於 CLIPPER，並在 24 小時之後有較好表現（蔡等，1988）。此模式因使用一階空間差分，故有計算消弱的現象，此外在模式範圍中僅能涵蓋太平洋高壓的西側，常不能正確建立太平洋高壓的位置及強度，故其後蔡和程（1989）乃將模式範圍向右移動 10° 經度，並改變數值方法爲三次的 bi-Bessel 內差法，結果新模式約能改進 15% 左右的預報誤差。

前面我們曾提到，數值模式預報結果在短時間（24—36 小時）不如氣候統計法，這可能是因爲颱風中心附近資料取得不易，以致無法建立正確的初始場，而且在預報初期，數值模式內部之動力過程尚未調整至平衡狀態之故；有鑑於此，本文將嘗試由初始場的改進來改進短時間（24—36 小時）的預報結果。

二、模式改進

本文主要以蔡和程(1989)修改後之正壓颱風路徑預報模式為架構；並針對初始資料之建立作改進研究，希望能有效減少預報初期的誤差。

原模式的範圍東西大約為 80°E 至 180°E ，南北約為 15°N 至 65°N ，在藍伯特(Lambert)投影圖上網格點(20, 12)所對應的地理位置為(130°E , 30°N)，網格間距約為240公里，總網格數為 39×29 個，數值方法則採用三次的bi-Bessel，內差法，以增加精確度並避免計算消弱的現象，積分時距是30分鐘，而邊界條件為

$$\frac{\partial \phi}{\partial s} = -V_n + \frac{\partial x}{\partial n}$$

$$\frac{\partial \phi}{\partial n} = V_s - \frac{\partial x}{\partial s}$$

s：切線單位向量，反時針為正

n：法線單位向量，向外為正

Vs：平行邊界的切線風速

Vn：垂直邊界的流線風速

ϕ ：流線函數

x：速度位

我們對初始場的改進主要分成兩大部分。

(1) 虛擬颱風初始流線場求取方法之改進：

在加入虛擬颱風渦度場求解初始流線場時，我們做了一些改進。由於虛擬颱風渦度場是以對稱的形式加入，故所得颱風流線場也應該是對稱的。但原模式卻在加入虛擬颱風渦度場後對整個模式範圍求解苞桑方程，而因颱風渦度中心大部分位於模式下方，由於邊界條件的關係，故所解得之颱風範圍(11×11)流線便非對稱形式。所以我們改以在加入虛擬颱風渦度場後，分兩次解苞桑方程以求得軸對稱的初始流線場。我們先由整個模式範圍之大尺度渦度場求解而得大尺度流線場。再以大尺度流線場為邊界條件，由虛擬颱風渦度場求取颱風影響範圍(颱風中心上、下、左、右各5個網格點之範圍)之流線函數。

(2) 處擬 β -gyre 之加入：

對已加入虛擬對稱颱風的初始場再加進虛擬的 β -gyre 渦度場於颱風影響範圍中。此項虛擬渦度場的加入主要乃是為了模擬因南北緯度變化而引

起的次環流。此種次環流之形成原因如下：對一颱風渦旋而言，其北邊有相對較大行星渦度，南邊有相對較小行星渦度，當對稱性環流平流行星渦度時，在颱風渦旋中心西邊將有正渦度次中心，東邊有負渦度次中心產生；再由颱風對稱性環流的平流作用及 β 項的不對稱部分抵消而造成西北向傾斜的流場於是 β -gyre 次環流形成。

蔡及程(1989)發現在未加進此項虛擬 β -gyre 渦度場的模式中，約於預報36-48小時後，才會因內部動力調整而形成此種次環流。換言之，在颱風生成初期，此種次環流應已存在，但因颱風範圍觀測不易，所得資料常無法代表實際風場；故我們乃在初始場再加入虛擬的 β -gyre 渦度場以求更接近颱風初始場。

關於 β -gyre 之加入法，我們主要以颱風前6小時移動方向為方向，前6小時移速為中心風速，而波長則採所取10個個案在未加入此項虛擬渦度場之模式中，預報48小時之颱風範圍不對稱部分之平均波長為值，其形式則是一個波數1的流場。

三、個案討論

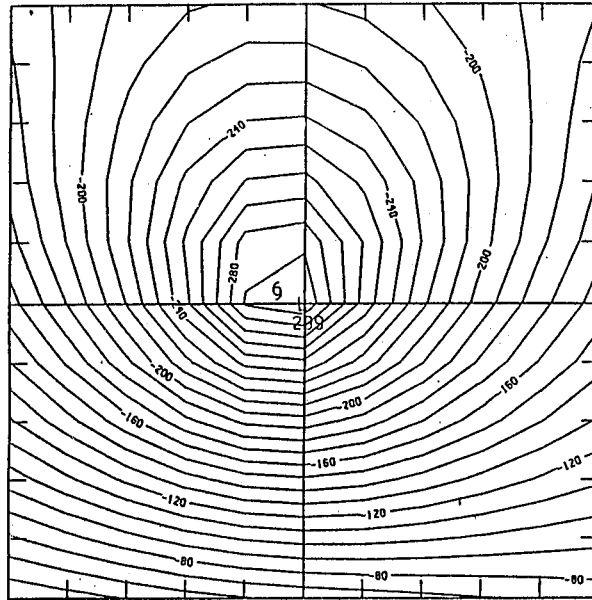
我們對蔡和程(1989)的論文中，所選取的1987年十個個案(如下表)加以測試。所有風場網格點資料均採用中央氣象局作業客觀分析資料。限於篇幅，在此只選擇幾個典型個案加以討論。

表一 本文所採用之十個颱風個案

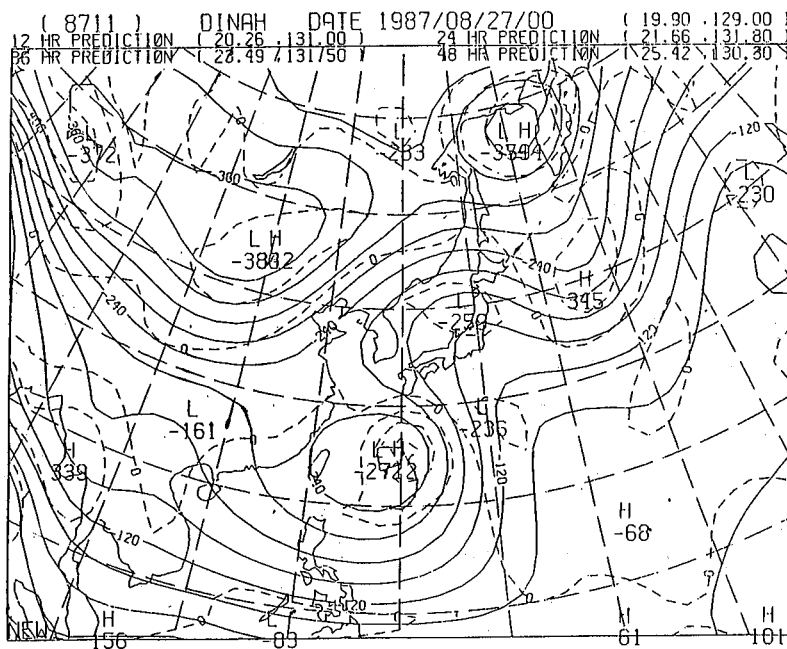
Table 1 The ten cases adopted by the report.

颱風名稱	時間	強度
賽洛瑪	THELMA 1987/77/11/00z	中
賽洛瑪	THELMA 1987/07/12/00z	中
費南	VERNON 1987/07/20/00z	中
亞力士	ALEX 1987/07/25/12z	中
凱瑞	CARY 1987/08/16/00z	中
凱瑞	CARY 1987/08/17/00z	中
黛娜	DINAH 1987/08/27/00z	強
傑魯得	GERALD 1987/09/07/00z	中
琳恩	LYNN 1987/10/21/00z	強
琳恩	LYNN 1987/10/23/00z	中

(8711) DINAH DATE 1987/08/27/00 0HR



(A)

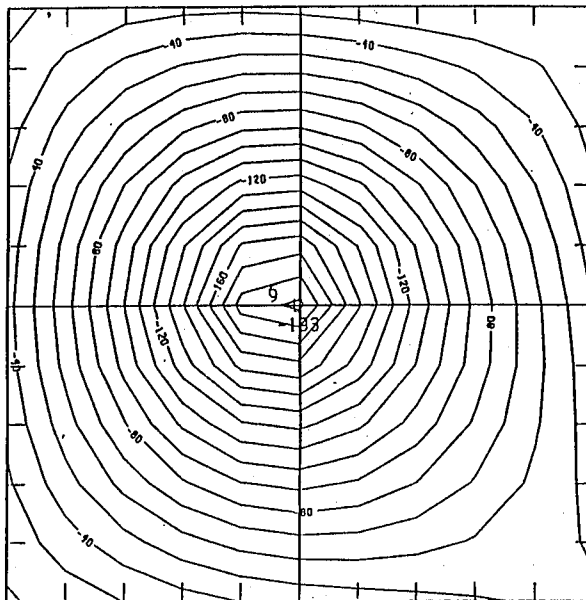


(B)

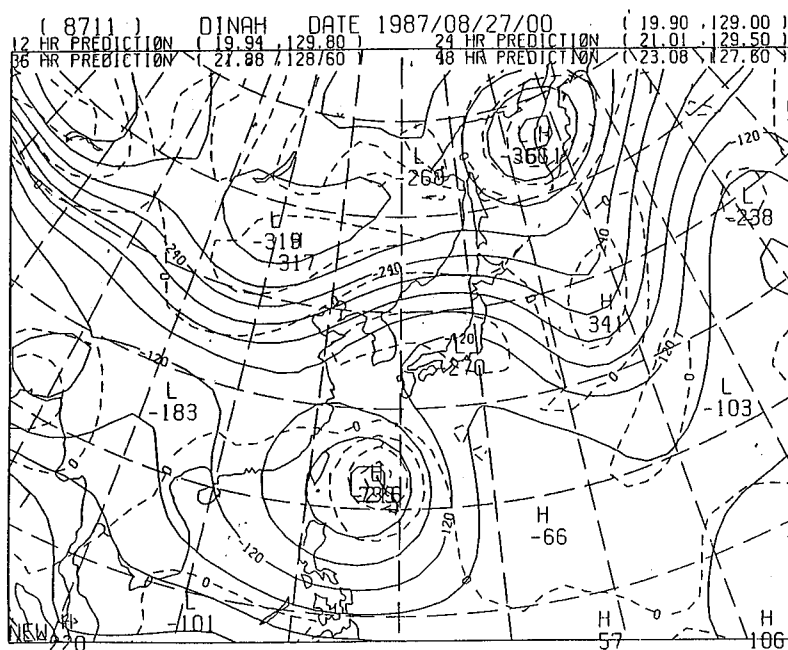
圖1 黛娜颱風，A模式初始場及48小時預報場和軌跡

figure 1 typhoon, DINAH initial field, 48hr forecast field and track for model A

(8711) DINAH DATE 1987/08/27/00 OHR



(A)

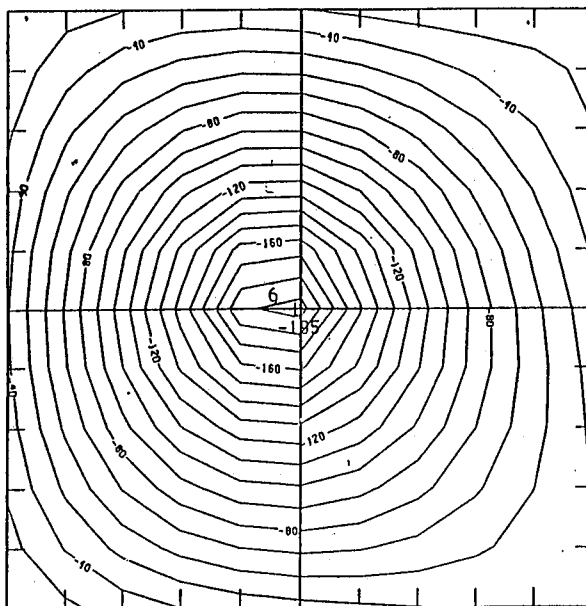


(B)

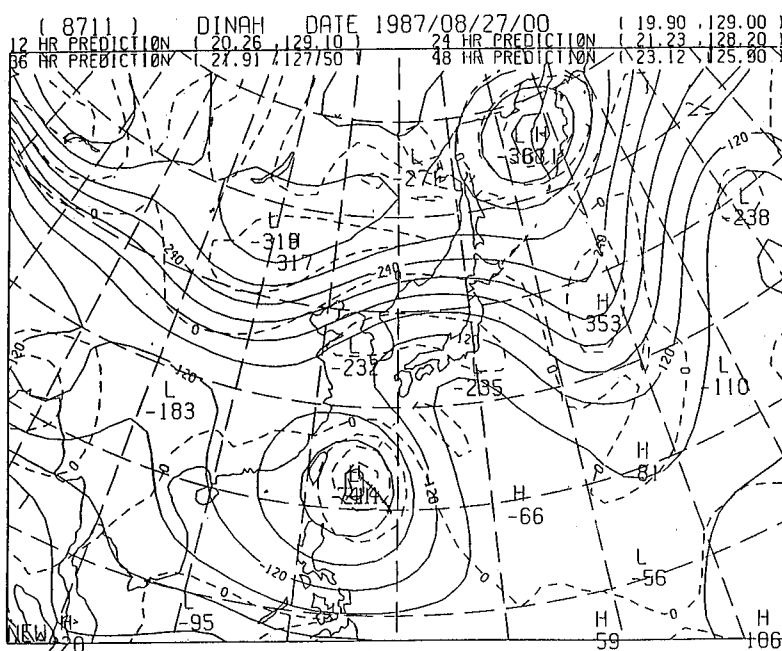
圖2 同圖1但為B模式

figure 2 The same as figure 1 , but for model B

(8711) DINAH DATE 1987/08/27/00 0HR



(A)



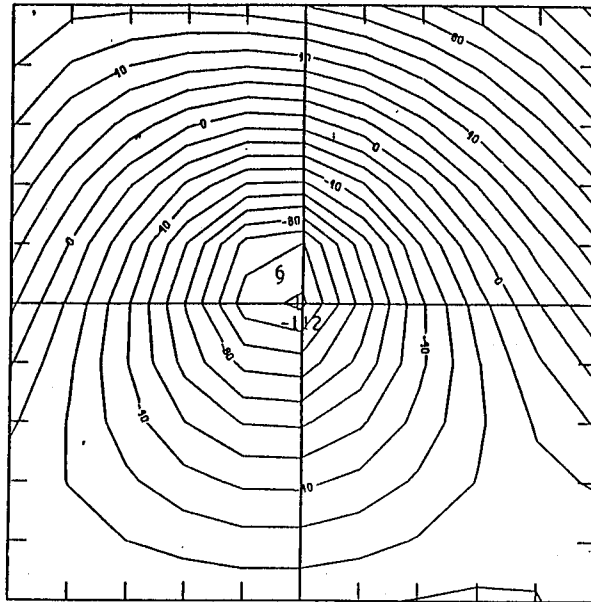
(B)

圖3 同圖1，但為C模式

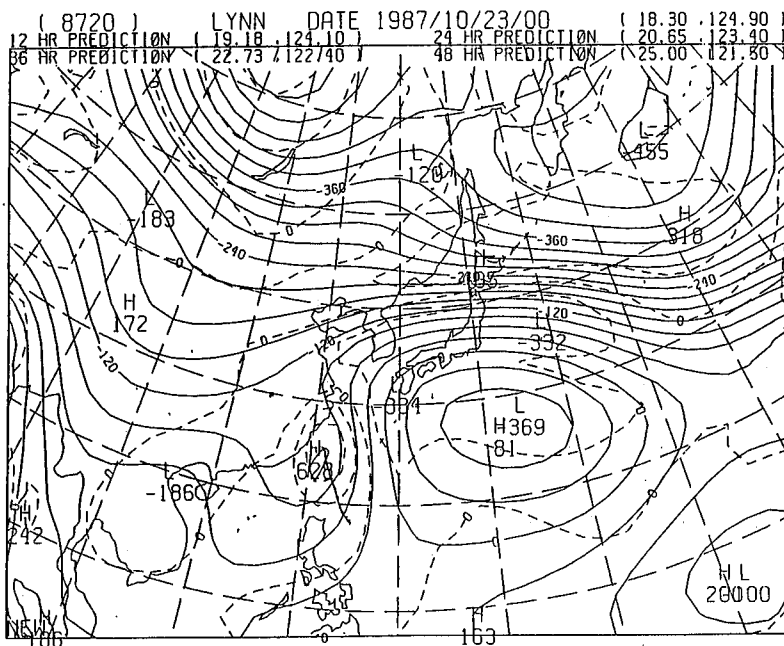
figure 3 The same as figure 1 , but for model C

figure 4 typhoon LYNN/initirl field, 48hr forecast field and track
for model A

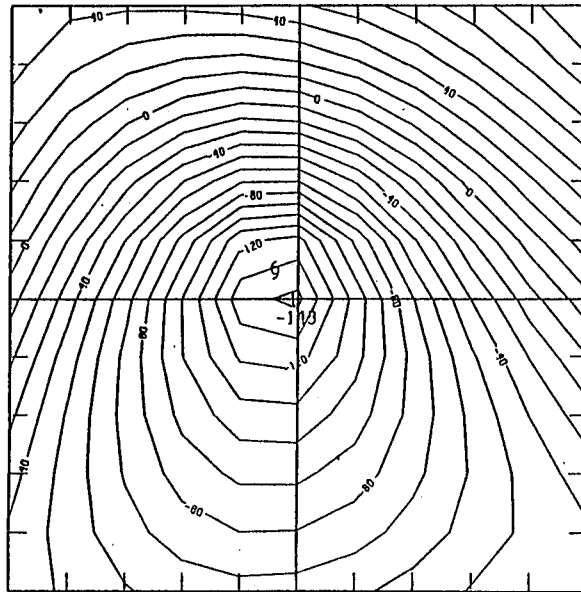
(8720) LYNN DATE 1987/10/23/00 0HR



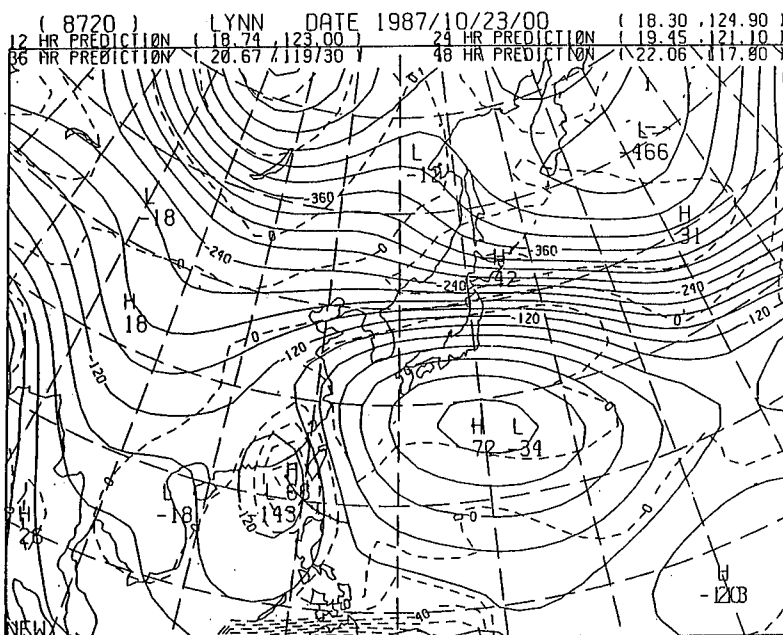
(A)



(8720) LYNN DATE 1987/10/23/00 0HR



(A)



(B)

圖6 同圖4但為C模式

figure 6 The same as figure 4 , but for model C

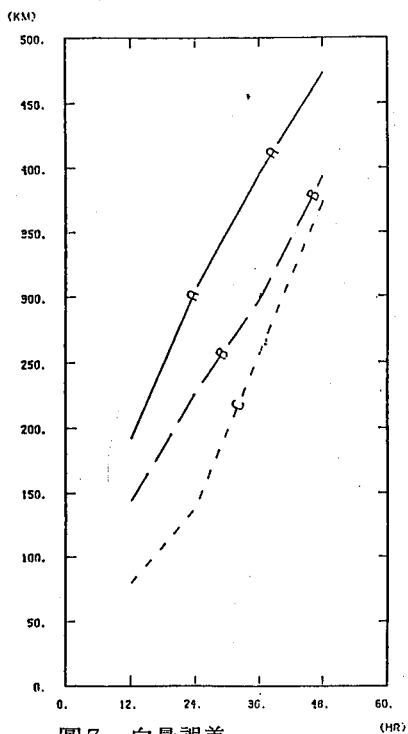


圖7 向量誤差

figure 7 vector error

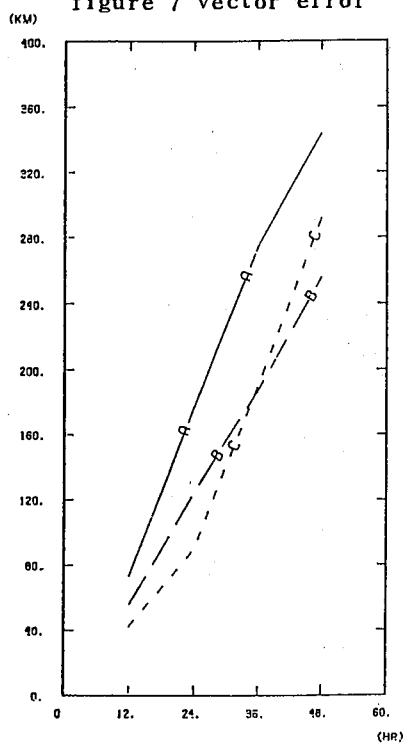
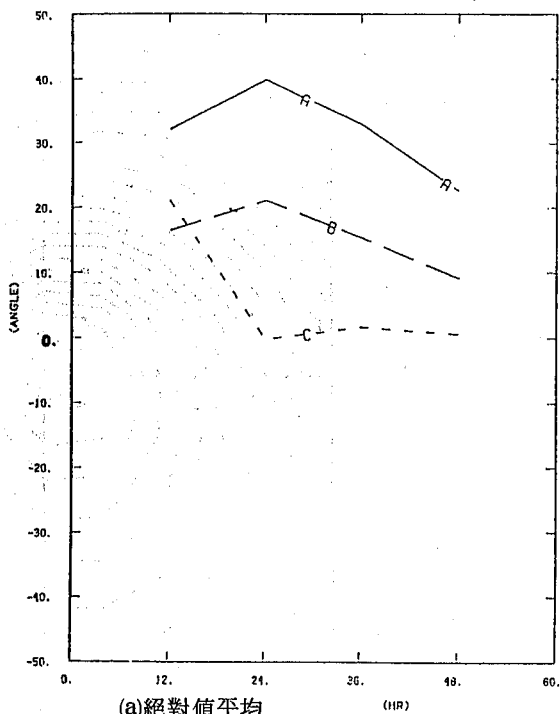


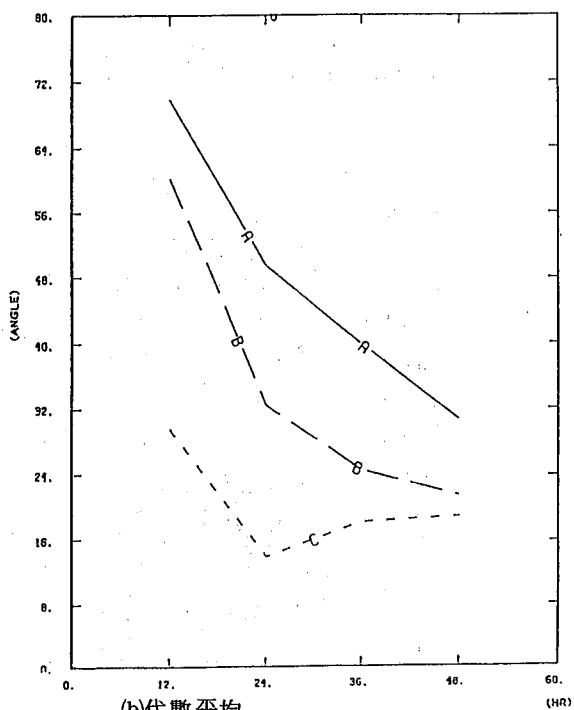
圖8 直角誤差

figure 8 rectangular vector error



(a)絕對值平均

(a) the mean of absolute value

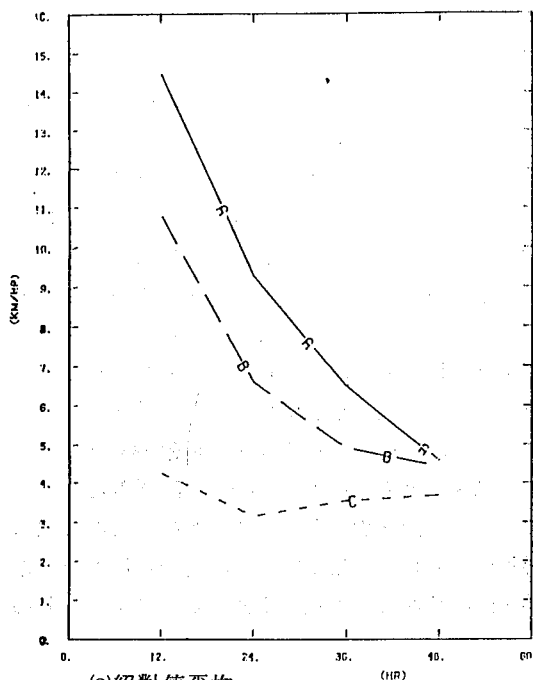


(b)代數平均

(b) the mean of algebraic value

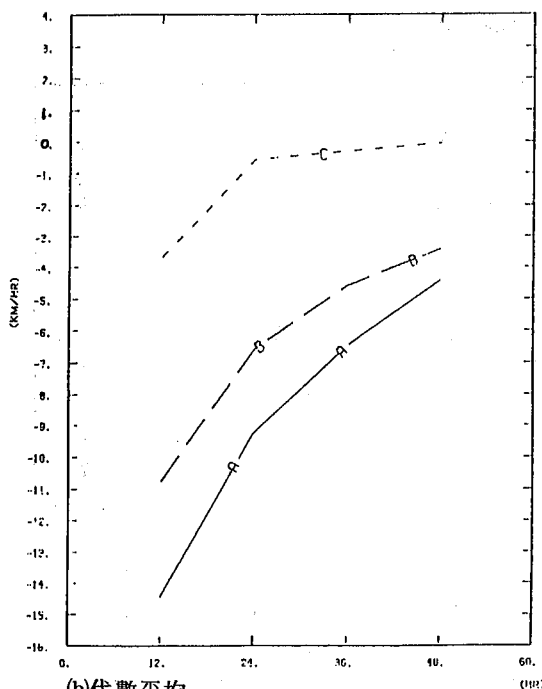
圖9 方向角誤差

figure 9 direction error



(a) 絕對值平均

(a) the mean of absolut value



(b) 代數平均

(b) the mean of algebraic value

圖 10 速度誤差

figure 10 speed error

為了方便討論，我們稱蔡和程（1989）之原模式為 A 模式，修改虛擬颱風加入法的模式稱 B 模式，而再加入虛擬 β -gyre 的最新模式稱 C 模式。圖 1 至圖 3 為黛娜（DINAH）颱風分別以 A、B、C 三種模式所作的預報，其中(a)為颱風範圍內之初始流線場，(b)為 48 小時預報圖，其中實線為流線函數，等值線間距為 3×10^6 m/s，虛線為等渦度線，等值線間距為 2×10^{-5} s⁻¹，預報颱風中心位置每 6 小時以一颱風符號及連線標於圖上。初始時間為 8 月 27 日 00z，由圖 1a 可見，由於颱風中心大部位於模式範圍下方，以 A 模式之方法解苞桑方程所得之颱風流線場必呈不合理之下密上疏之情形，而不是軸對稱的形式，此不合理之初始流線場將會造成颱風往東移動的額外分量或往西移速不合理減小的現象。

在圖 2 a 中，因修改了虛擬颱風渦度場加入的方法，颱風影響範圍之流線場則是軸對稱的形式，不再是下密上疏之情形。

圖 3 a 為加入虛擬 β -gyre 後之流線場，由於 β -gyre 渦度場的數量級較颱風渦度場小一級，所以對初始流線場的形式並不致有太大影響，但在積分後仍可產生重大影響，可見颱風初始場的處理對預報結果非常重要。黛娜颱風在 24 小時後之位置為 (21.0°N, 127.4°E)，由圖 1 b, 2 b, 3 b 可見各模式之預報位置，A 模式為 (21.6°N, 131.8°E)，B 模式為 (21.0°N, 129.5°E)，C 模式則是 (21.2°N, 128.2°E)，各模式在南北位置上都報得不錯，但東西方向上則以 C 模式較佳，其它兩模式都太偏東了；36 小時後颱風中心位於 (21.6°N, 126.8°E)，A 模式預報位置 (23.5°N, 131.5°E)，B 模式為 (21.9°N, 128.6°E)，C 模式為 (21.9°N, 127.5°E)，A 模式預報較實際偏東北，仍以 C 模式結果最好。

圖 4 至圖 6 為琳恩（LYNN）颱風分別以 A、B、C 三種模式所做之預報結果。初始時間為 10 月 23 日 00z，由圖 4 a 可見，A 模式之颱風初始流線場仍呈現下密上疏之型式，

圖 5 a (B 模式) 之流線函數則反而呈現上密下疏的現象。

從圖 4 b, 5 b 及 6 b 中知琳恩颱風在 24 小

時後中心位於(19.4°N , 120.9°E)，A模式預報位置為(21.93°N , 125.7°E)太偏東了，B模式預報也稍偏東為(20.65°N , 123.4°E)，C模式仍報得最好為(19.45°N , 121.1°E)；36小時後颱風中心位於(20.0°N , 119.9°E)，A模式為(25.12°N , 125.20°E)太偏東北向，B模式為(22.73°N , 122.4°E)，較A模式改進，但還是稍偏東北向，而C模式為(20.67°N , 119.3°E)，則非常接近颱風真正中心位置了。

四、模式校驗與討論

對於表一中的 10 個個案，我們分別計算三種模式的各種預報誤差包括向量誤差、直角誤差、方向角誤差和速度誤差等。各種誤差的定義如蔡等(1988)所述。圖 7 所示為各模式的向量誤差，其

中縱軸為距離，單位為公里，橫軸為預報時間，A、B、C 分別代表各個模式。由此圖可見 48 小時內的預報中、以 C 模式最佳，B 模式次之。C 模式在 24 小時及 36 小時的預報誤差分別為 140 公里及 258 公里；B 模式為 230 公里及 302 公里，而 A 模式則達到 309 公里及 405 公里。圖 8 則為各模式的直角誤差，座標軸定義同前。由此圖知，除了 B 模式在預報 36 小時後誤差略優於 C 模式外，還是 C 模式預報結果最好，A 模式較差。圖 9 所示為各模式的方向角誤差，其中圖 9 a 為絕對值平均，圖 9 b 為代數值平均，橫軸為預報時間，縱軸為角度誤差值，負值表偏左，正值偏右。由圖 9 a 可見 A、B 模式在 12 小時的預報誤差均頗大，而 C 模則明顯減少很多，但 A、B 模式的誤差遞減得很快，而 C 模式在 24 小時後則有緩慢上升的趨勢，但整體而言，仍以 C 模式表現最佳；圖 9 b 則

表二 各預報模式對最佳路徑的誤差校驗

Table 2 Error check to the best track for model A、B、C

預報方法	預報時間(時)	向量誤差(公里)	直角誤差(公里)	方向誤差(度)	平均(度) 方向誤差的絕對值	右偏個案數	左偏個案數	速度誤差(公里/時)	速度誤差的絕對值平均(公里/時)	快速個案數	慢速個案數
A 模式	12	192	72	33	70	10	0	-14.4	14.5	2	8
	24	309	181	41	50	10	0	- 9.3	9.2	3	7
	36	405	278	34	41	10	0	- 6.3	6.6	3	7
	48	474	351	25	30	10	0	- 4.8	4.7	3	7
B 模式	12	143	55	17	61	5	5	-10.8	10.9	2	8
	24	230	128	21	23	7	3	- 6.4	6.6	2	8
	36	302	186	16	26	7	3	- 4.6	4.8	2	8
	48	390	257	11	22	5	5	- 3.7	4.5	3	7
C 模式	12	80	42	22	31	4	6	- 3.7	4.2	4	6
	24	140	90	0	14	5	5	- 0.5	3.1	4	6
	36	258	191	2	19	5	5	- 0.2	3.5	4	6
	48	370	292	1	20	4	6	- 0.1	3.7	4	6

可見三種模式均較真實路徑偏右，但仍以 C 模式最好。圖 10 為各模式的速度誤差，其中圖 10a 為絕對值平均，而圖 10b 為代數值平均，圖上橫軸為時間，縱軸為速度誤差，單位為公里 / 小時，由圖 10a 可見 A、B 模式在 12 小時後的預報誤差頗大，但隨時間則遞減迅速，而仍以 C 模式最好；再看圖 10b 中，發現三種模式在預報 12 小時後都有偏慢現象，但 C 模式在預報 24 小時後則非常接近颱風真正移速了。

表二所示為各模式誤差校驗值，在 A 模式中十個個案在路徑預報上都偏右，而 B、C 模式則偏右，偏左約各佔半數，在速度方面，A、B 模式各有 7、8 個個案偏慢，C 模式則有 4 個個案偏快。

五、結 論

颱風路徑數值預報在短時間之誤差常較氣候統計法者為大，這可能是因為颱風中心附近資料取得困難，以致無法建立正確的颱風初始資料場，而數值模式常需要一段時間後，內部動力過程才能調整平衡之故；有鑑於此我們分兩部份來改進正壓模式的初始場：

(1) 虛擬颱風初始流線場求取方法之改進。

此項改進針對原模式在加入虛擬颱風渦度場後，求解流線場時，颱風範圍總得到呈現下密上疏的形態；如此隱含了此區空氣塊有往東趨勢，這是不合理的。經過我們分兩部份（模式範圍、颱風範圍）各自求取初始流線場的改良，修正了颱風範圍流線場下密上疏的分佈情形之後，在向量誤差、直角誤差、速度誤差、方向誤差等方面均有明顯進步。

(2) 虛擬 β -gyre 渦度場的加入

此虛擬渦度場的加入主要為了模擬因南北緯度變化而引起的次環流。根據 (Fiorino, 1987) 所述，在颱風渦旋中心將因對稱性環流平行行星渦度及 β 項平流的不對稱部分平衡環流場。但模式通常在 6 小時後漸漸產生此種次環流，且約在 48 小時後才能穩定。故我們就造了一個波數 1 的次環流來模擬 β -gyre，以求初始場能更接近真實颱風中心流場。

結果新模式的各項誤差校驗均較原模式改進甚多，可見模式預報之初始場的正確建立，是非常重要的。

誌 謝

我們感謝審查者之細心閱讀與建議。本文是在國科會研究計畫編號 NSC-78-0414-P-002-08 B 補助下完成的。

參考文獻

- 蔡清彥：1978：颱風路徑之數值預報。科學發展月刊，6, 378-387。
- 蔡清彥：1980：正壓颱風路徑預報之資料客觀分析，大氣科學，7, 58-72。
- 蔡清彥、謝信良、陳熙揚、鄭寶鳳、程家平、盛修慧，1988：颱風路徑相當正壓預報方法之校驗。中央氣象局科技中心技術報告彙編，第 2-2 卷，319-340。
- 蔡清彥，程家平，1989：正壓颱風路徑預報模式之改進研究。大氣科學，17, 101-120。

STUDY OF AN EQUIVALENT BAROTROPIC TYPHOON TRACK PREDICTION MODEL

Ching-Yen Tsay Der-Song Chen

Central Weather Bureau

ABSTRACT

In order to reduce systematic errors of the barotropic typhoon track prediction model, two improvements were made in the initial treatment of data. The first improvement was to modify the bogus typhoon input method. The initial bogus typhoon stream function was obtained from the vorticity field by solving the Poisson equation twice — first for the model domain, and then for the typhoon influence domain. Prediction errors were reduced significantly after this modification. The second improvement was to add a bogus β -gyre initial field in the typhoon influence domain. This modification resulted in additional improvement in the typhoon track prediction, especially for the predicted typhoon speed in first 12 hours. The speed error at 12 hrs for the original model is -14.5km/hr . After the first improvement the speed error is -10.8km/hr , and after the second improvement, it is -3.8km/hr (Mimus means the prediction speed is slower than the real typhoon speed).

Key words: Barotropic, β -gyre

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。 | 三者評審之。 |
| 二、本刊暫定每年出版四次，分別在三、六、九、十二月發行。 | 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。 |
| 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商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 | 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。 |

中央氣象局長期天氣預報之綜合評介

劉復誠

中央氣象局應用氣象組科長

摘要

本文之主要研究目的在探討長期天氣預報之發展，並調查分析及校驗中央氣象局在過去十年間（1979～1988）在長期預報上之發布成效，以發現是否有作業及研究上之缺失，進而尋求改進之道，提高長期預報準確率。

中央氣象局一個月長期天氣預報始於1978年12月30日正式對外發布，截至1988年12月31日止，共發布了十年，並廣為各界所應用，如農業、工業、商業、漁業、工程、交通、軍事、醫療及其他戶外活動（如登山、慶典、球賽）等。

從1979～1988年間中央氣象局發布之長期預報校驗及評估，可發現三點結果：

- (1) 氣溫誤差：南部及東部預報均以偏低居多，北部及中部預報偏高偏低次數很接近。準確率以中部最高，東部最低，南部排名第二，北部排名第三。
- (2) 降雨量誤差：中部、南部及東部預報多屬偏高，北部預報偏低。準確率以中部最高，北部最低，南部排名第二，東部排名第三。
- (3) 在絕對最大誤差方面，氣溫正負誤差各出現在1983年元月中旬北部的 $+6.4^{\circ}\text{C}$ ，1979年2月下旬中部的 -4.8°C 。降雨量正負誤差出現在1984年7月下旬東部的 $+200.0\text{ mm}$ 與1988年的10月下旬北部的 -539.6 mm ，由此可顯示長期預報之困難度。

關鍵詞：類比法、週期法、遙地相關法、校驗、誤差

一、前言

人類生存於地球大氣間，無論食、衣、住、行、育、樂無不與天氣息息相關，舉凡冷暖晴雨變化和常見之暴風雪、酷夏、嚴冬、濃霧、大浪、豪雨、颱風、乾旱等現象無不隨時都會遭遇到，甚或損及吾人之生命財產，因此每年均會在世界各地造成大大小小的氣象災害。1972～1973年、1982～1983年非洲的大乾旱（劉，1984），1988年美國中西部的長期乾旱（2～6月）使小麥及黃豆減產30%，並導致農產品價格大幅回升，1987～1988年歐洲持續性的嚴冬，1983年台灣地區의 持續性破記錄的春雨和其他世界各地所造成的乾旱、豪雨、酷夏、洪水等都是創下近世紀的異常天候（劉，1984，1986b），並引起了世界氣象組織（World Meteorological Organization，

WMO）及各國氣象學家倍加注意和研究興趣。

早期，1957年WMO第二次航空委員會議就組成一個叫長期（天氣）預報（long-range forecasting）方法小組，其後長期預報方法之研究與發展（R&D）觀念才開始在國際氣象界內萌芽，緊接着1964年在美國荷羅拉多州（Colorado）的Boulder由WMO與國際大地測量及地球物理聯盟（International Union Geodesy and Geophysics, IUGG）聯合召開一次研討會（Seminar）。

本次會議之主要目的為：

- (1) 關注於長期預報問題在氣象及相關大氣科學之問題。
- (2) 探尋及提振長期預報（科學）方法之興趣，並擴大長期預報作業之應用（WMO，1964）。

之後數年，在電腦科技和數值動力預報之神速

發展及各國氣象學者的努力研究開發下，長期天氣預報終於有了進步的發展，有名的海洋 GCM (General Circulation Model) 模式為一例子。WMO 對於長期預報之推展當以三 W (World Weather Watch)、GARP (Global Atmosphere Research Program)、WCRP (World Climate Research Program) 及 TOGA (Tropical Oceans and Global Atmosphere) 等計畫最著名。

事實上，天氣預報，顧名思義是對未來天氣狀況 (例如雨量、氣溫) 變化的一種預測行為。惟因大氣中之物理過程極端複雜，其所包含之空間尺度，從分子尺度到行星尺度 (planetary scale) 運動，時間尺度，從百萬分之一秒到幾年甚至十年 (圖一，Fujita, 1981; 廖, 1981)。由於世界各地測站 (尤其在海洋及高山) 分佈的不均，導致氣象資料的不足，以及對物理過程了解之不完整等，使得實際氣象預報受到限制，即大氣之可預測度 (Predictability) 問題 (蔡, 1981; 戚, 1983)。隨著科技之進步，氣象預報準確度逐漸提高且預報期限也逐漸加長。一個很重要的問題，就是日常天氣變化可預測之最長時間有沒有不克服的極限 (陳, 1981)。

短期 預報	中期 預報	長期 預報	季節 預報	氣候 變化
----------	----------	----------	----------	----------



圖一 大氣現象尺度與壽命 (取自廖, 1981)
Fig. 1. Atmosphere phenomenon scale and life-cycle

中央氣象局之天氣預報按其有效時限可分為短期、展期 (或中期) 及長期三項，目前對時限分法各國均依人力及民衆需求而定，中央氣象局以 48 小時 (美國以 36 小時) 以內者為短期預報 (short-range forecast)，3~7 天以內者為中期或展期預報 (medium or extended range forecast)，7 天以上統稱為長期預報 (long-range forecast)。

近年來，我國由於政治、經濟、社會的進步，工商農業的經營步入現代化，國民總生產毛額 (GNP) 已進入 10 % 的快速成長期，國民所得的大幅提高，民衆及政府機關對於天氣預報之需求當不再侷限於 24 小時的天氣變化，從要求 48 小時至一個月，甚至六個月或一年的天氣都常有人提出。本文之主要研究目的在探討長期天氣預報之發展，並調查校驗及評估中央氣象局在過去十年間在長期預報上之發布成效，以期發現是否有作業及研究上之缺失，進而尋求改進之道，提高長期預報準確率。其中，第二節敘述中央氣象局長期天氣預報發展沿革及目前長期預報使用之方法，第三節，以 1979~1988 年三月長期預報發布資料作校驗評估，並調查探討國內各氣象學術刊物已發表的長期預報所占比率及使用需求是什麼？第四節討論長期預報之未來發展及建議，第五節為結論。

二、中央氣象局長期預報發展簡史

(一) 發展沿革：

中央氣象局自 1974 年 10 月正式發布一週天氣預報以來，普受各界重視，紛紛要求延長預報時限至一個月，俾利農工商各業及早作營運規劃。中央氣象局有鑑於此即着手籌劃月長期天氣預報事宜，並於 1976 年 9 月底開始試辦，並於 1978 年年底正式對外發布。

月長期天氣預報與一週天氣預報，因考慮之時間尺度不同，在方法上，以及預報內容均有顯著的區別。就一週預報言之，目前吾人已能相當有效地掌握天氣變化模式，可以作逐日 (氣溫、雨量、風向、風力……等) 天氣預測，而長期預報尚在研究發展階段，在方法上多以統計及天氣類型預報為主，且僅能預測大氣環流之走勢或天

氣展望 (outlook) , 以及氣象要素 (例如氣溫及雨量) 的平均狀況。目前中央氣象局以預測未來一個月之天氣趨勢及平均氣溫和雨量為主 (劉, 1989)。至於超過一個月以上的「季節」、「半年」及「年」預報仍處在研究階段, 未來或有可能朝此方向逐年開發滿足各界需求。

此外, 目前中央氣象局發布之對象 (分定期提供及不定期提供) 有三:

(1) 社會大眾之需求或詢問。

(2) 政府機關 (如總統府、各中央部、會、局、處及省市機關等)

(3) 專業單位 (如中鋼、台電、中油等)。

(二) 目前長期預報使用之方法:

天氣預報方法, 一般可歸納為(1)綜觀天氣法 (Synoptic weather method), (2)統計或經驗法及(3)動力或數值預報法。至於長期天氣預報由於預報時間加長和空間尺度之擴大, 以及可預測度問題, 常用之方法常以(1)統計法, (2)類比法 (Analogue methods), 及(3)數值分析法為主。基本上, 短期預報與長期預報之差別在於前者可逐日預測出氣溫或雨量變化, 而長期預報僅能就未來平均狀況來加以預測, 如出現異常性狀況時, 其誤差勢必加大, 加以物理過程之不了解, 不大可能以電腦來逐日計算。

中央氣象局所使用之長期預報方法如下:

(1) 類比法: 依大氣中大 (或超大) 規模環流型態加以分類, 其中最具代表性的有寒潮型、颱風型、梅雨型及乾旱型。此方法之應用有賴於豐富的預報經驗始能達成。

(2) 週期法: 應用傅立葉級數 (Fourier Series) 理論, 用電腦對緯流指數 (zonal index)、850 hpa 或 500 hpa 之高度及距平值、地面氣壓、850 hpa 氣溫、南北向動能變動值試作調和分析 (徐, 1965), 以尋求天氣系統之變動週期, 作長期預報之參考 (劉, 1989)。

(3) 趨勢法: 應用二次方程式試作平均溫度之趨勢預報。

(4) 布魯克氏 (Brooks) 雨量半客觀預報法: 以相關係數求出的月雨量預報法, 此法對定性降雨量預測頗具參考價值 (Brooks, 1946 ;

1953)。

(5) 追蹤法: 用各種時間剖面圖、地面及高空高低氣壓中心連續位移圖, 反映大幅度天氣變化之趨勢。

(6) 遙地相關法 (Teleconnection), 利用兩氣象參數之遙地相關特性, 作長期天氣趨勢之預報 (劉, 1986 a)。

(7) ARIMA (Auto-regression Integral Moving Average), 可作氣溫及雨量之長期預測 (胡, 1977)。

上述使用之長期預報方法並非侷限於一種, 一般都以交互使用以求得結果。所採用之基本資料包括台灣地區近九十四年地面觀測紀錄, 西太平洋颱風路經統計資料, 北半球地面及高空資料, 北半球地面及高空月平均圖等, 未來將加強資料之建檔, 並配合國內副熱帶資料庫, 以發展更有效的長期預報方法。

三、調查分析

長期預報之應用及校驗 (Verification) 範圍甚廣, 舉凡個人日常生活、農、工、商、太空科技、慶典安排、軍事攻擊、環境保護等活動無不需要它, 惟在應用時, 所需之預報時間多久及項目 (如雨量、氣溫……), 仍需視個人或個案情況來決定。中央氣象局自 1978 年 12 月 30 日正式發布月長期以來, 截至 1989 年 4 月 30 日止共發行 140 期, 合計有十年四個月。就發布之次數而言, 在 1988 年以前, 以每月 (在月底發布) 發行一次為限, 惟在 1988 年元月後, 因鑑於各界需要, 仍改為每月發布二次 (一次在月中; 一次在月底), 所有有關發布業務均由氣象預報中心長期預報課負責。由於過去國內對於長期預報之研究發展, 甚為緩慢, 有關長期預報之參考文獻或應用作業報告亦極為稀少, 因此, 中央氣象局長期預報作業雖已有十年歷史, 但因囿於人力與長期預報技術之關失 (國內外均有此共同現象), 預報時限亦僅限於一個月以內。本文為了改進長期預報之缺失, 特就各界對長期預報之需求及發布狀況提出調查分析, 並進一步就過去十年之預報誤差作定量之校驗以評估其成效。

茲誌各階段調查及校驗結果如下:

(一) 1971～1978年試辦階段，對所提供單位及個人之第一次問卷調查（共發出180份問卷，收回105份，有效問卷占58.3%）。

A、認為長期預報對作業有很大幫助者佔69%。

B、認為長期預報稍有參考價值者佔31%。

C、認為長期預報無參考價值者佔0%。

(二) 1984年11月正式作業階段之第二次問卷調查：

此次調查由中央氣象局向各使用單位及個人發出問卷調查表共220份，合計回收103份，經統計並綜合各界調查意見有五點：

1. 有關收看本預報資料時間：不定。
2. 有關本預報之可信度如何？①少於60%者佔8.7%，②介於60～80%佔42.7%，③80%以上者佔29.1%，④無意見者佔19.4%。
3. 有關長期預報那一項最有效益或最有興趣方面

？①雨量佔65.0%，②氣溫佔53.4%，③其他佔30.0%（主要有颱風、冷鋒日期、風浪級數、日照、低溫等）。

4. 有關對月長期預報中所附之氣象常識看法？①有興趣者佔97.1%，②無興趣者佔1.9%，③其他0.9%。

5. 其他意見——回覆者很少，大都為更改地址。

(三) 月長期預報目前供應狀況之調查：

中央氣象局氣象預報中心目前對月長期預報之提供可分兩種，一種為以免費方式提供有關單位（如總統府、行政院、經濟部、交通部、新聞局、省政府）、高級長官及各傳播單位，此項提供由氣象預報中心直接專送；另一種之提供則需付費，由服務科提供。茲將此種供應對象分類，並比較如下（表一）：

表一 中央氣象局月長期預報供應單位分類

Table 1. Classification of long-range forecasts supply to users.

編號	分 類	份 數	所佔比率(%)
1	中央政府所屬各機關	18	6.1
2	省政府以下各機關（含台北市、高雄市）	29	9.8
3	傳播單位	43	14.6
4	交通機關	18	6.1
5	農漁業單位	77	26.1
6	警政單位	19	6.4
7	國營事業單位	13	4.4
8	學術單位（含教授）	16	5.4
9	工程應用單位（水庫、水利局、電信局等）	20	6.8
10	軍事單位	5	1.7
11	公司行號	24	8.2
12	私 人	13	4.4
合 計		295	100

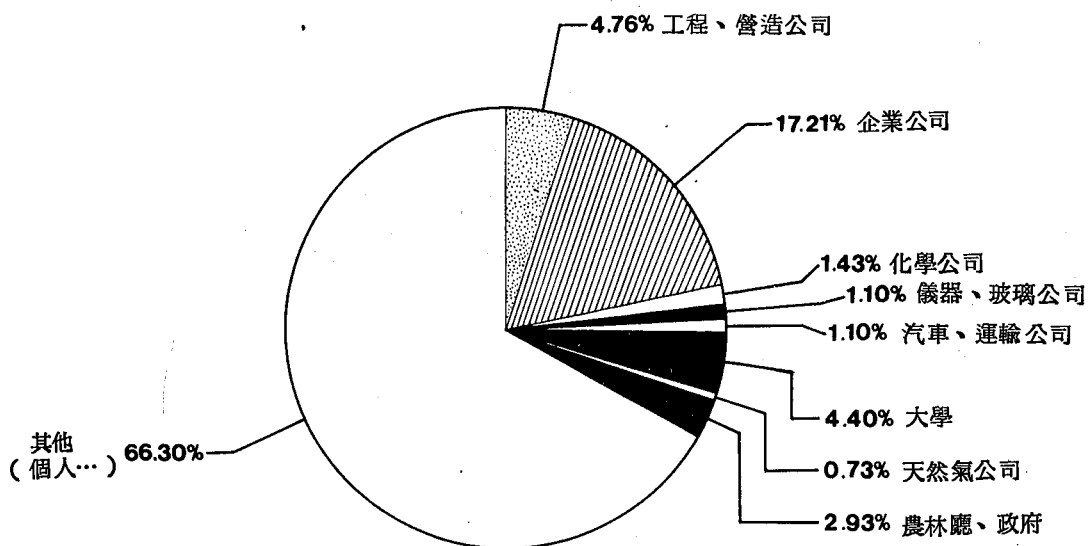


圖 二a 外界向中央氣象局申請資料統計調查—氣溫項目

Fig. 2a. Survey of user's application for CWB's data - temperature term

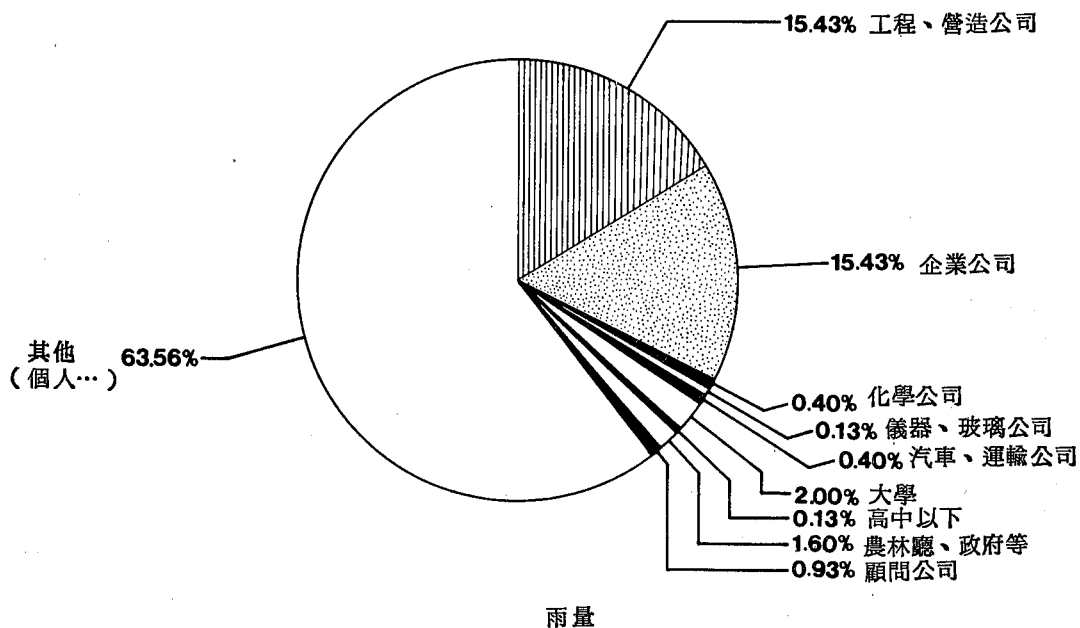


圖 二b 外界向中央氣象局申請資料統計調查—雨量項目

Fig. 2b. Survey of user's application for CWB's data - rainfall term.

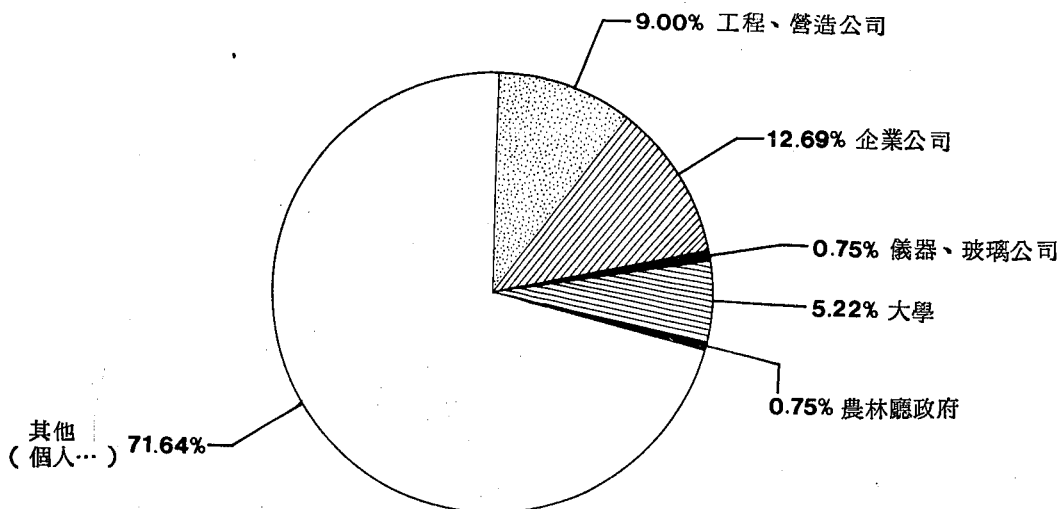


圖 二c. 外界向中央氣象局申請資料統計調查—風向風速項目

Fig. 2c. Survey of user's application for CWB's data - wind velocity and wind direction

由表一可見目前中央氣象局所供應之月長期預報 (圖二) 個人及有關單位, 共可分 12 種, 其所佔比率以農 (漁) 業單位最高, 佔 26.1 %, 次為傳播單位為 14.6 %, 省政府以下機關排名第三佔 9.8 %, 最少為軍事單位僅佔 1.7 %, 個 (私) 人部份則佔 4.4 %。由此顯示農 (漁) 單位對於長期預報需求之殷切。

(四) 氣象學術單位或機關及個人對長期預報之研究及發展狀況之調查：

此項調查之目的係作為本文評估長期預報研究發展之參考。本調查以中央氣象局及中華民國氣象學會所出版之主要刊物為主, 茲誌調查結果如下：

1. 中央氣象局出版刊物——氣象學報：

「氣象學報」乃中央氣象局唯一對外發行之學術期刊。該刊創立於 1955 年元月, 每年發行四期 (屬於季刊之一種), 截至 1988 年 12 月止, 總共發行 34 卷計 136 期, 經本文調查統計在總計 443 篇之研究報告中, 研究方向及重點 (專論) 偏向長期預報者共 77 篇, 僅佔 17.38 %, 如再將此 77 篇分類可得如

表二, 由表二可發現過去國內氣象學者對長期預報以偏重氣候居多, 所佔比率最高, 達 33.77 % (共 26 篇), 其次颱風佔 14.28 % (共 11 篇), 而對於乾旱、春雨及梅雨研究者偏少, 佔 8.7 % (共 7 篇)。再從氣象學報之出版品調查中可發現, 對長期預報提出研究者, 一般集中在 1968 年至 1975 年間, 最近十年反而逐漸減少研究活動。

2. 中華民國氣象學會出版刊物——大氣科學：

大氣科學乃由國內氣象界組成的中華民國氣象學會所出版之唯一中文刊物 (另一為英文刊物, 名叫 Papers in Meteorological Research, PMR)。本刊自 1974 年 3 月創刊, 截至 1988 年 12 月止共已出版了 21 期, 共有 183 篇研究報告, 其中偏向長期 (含中期或展期) 預報研究者計 32 篇 (表三) 佔百分比 17.49 % (約與氣象學報相同), 在此 32 篇研究報告中, 以梅雨之研究最多, 共有 10 篇, 佔 31.25 %, 其次為寒潮, 共有 6 篇, 佔 18.15 %, 研究乾旱者共有 4 篇, 佔 12.50 %。

表二 氣象學報中專論長期預報篇數(共 77 篇)之研究偏向(重點)分析
Table 2. Study trend for long-range forecasts based on based CWB's
Meteorological Bulletin publications (77 reports in total)

類 別 向	類 型 法	綜 觀 法	大 氣 環 流	統 計 預 報	氣 候	颱 風	乾 旱	春 雨	梅 雨	一 般	合 計
篇 數	3	9	9	7	26	11	1	2	4	5	77
所 佔 百分比 (%)	3.90	11.69	11.69	9.09	33.77	14.28	1.30	2.60	5.19	6.49	100
排名序	8	3	3	5	1	2	10	9	7	6	—

由氣象學報與大氣科學兩種刊物比較，顯然兩者之研究趨向有別，前者偏向氣候學之研究，後者則偏向梅雨、乾旱及寒潮之研究，而此三者是氣象學報所少出現者。

總之，隨著工商發達，國民所得提高，人們對於準確的天氣預報需求更為迫切，大家所需要的不僅是預報時效較短的 48 小時預報，較長的(中)長期預報亦為各界所需求。基於外界需求之不同，氣象學術在研究及開發(R&D)進展上亦大不相同，一般而言，在過去二、三十年間，研究人員幾乎偏向短展期(7 天以內)預報之研究開發，對於較長(≥ 7 天)預報則偏少，此可以從以上本文對國內主要學術著作之調查統計獲得佐證。

(五)中央氣象局月長期預報之校驗

中央氣象局目前對外所提供之月預報項目除依據各界之需求外，並參考世界各國所發布之月預報項目。目前中央氣象局之月預報以①天氣展望②氣溫及③雨量等三項為主要預報範疇，由於天氣展望只提供主要天氣系統(如鋒面、颱風)影響台灣地區之大約時間，在校驗上無法以「量」來判定其誤差或偏差，只有氣溫及雨量兩項因採「旬(即十日)」之預報，較適合以定量判定其誤差之大小，本研究為改進長期預報之缺失，

特從 1979 年至 1988 年(共 10 年)間所發布之月預報提出校驗。

在校驗過程上，本文以「旬」為單位，使用之校驗公式為：

$$\text{預報值} - \text{實測值} = \pm \text{誤差值}$$

上式誤差值含正(+)負(-)號，如預報值減實測值為「+」號即表示預報偏高(大)，如預測值減實測值為「-」號，即表示預報偏低(小)。此外，為了明瞭各區之預報結果，校驗係分北部、中部、南部及東部四區，各區所選擇之測站名稱如后：基隆及台北測站代表北部，台中測站代表中部、台南及高雄測站代表南部、花蓮及台東測站代表東部，各區之實測值採兩站之算術平均。茲誌校驗結果如下：

1. 氣溫誤差：

經用上述校驗過程，可得 1979 年至 1988 年在月預報氣溫項目中，台灣地區各旬氣溫誤差如表四 a 及全部 10 年之平均誤差如表四 b。

A、旬平均誤差：

由於長期預報中之氣溫預報係採平均氣溫表示(有時亦含絕對最高或最低氣溫預報)，故預報有時比實測值高，有時比實測值低，兩者間必然會出現差異，經以旬為校驗

表三 大氣科學出版品中專論長期預報篇幅及分類表

Table 3. Study trend for long-range forecasts based on MSRCA's Atmospheric Sciences publications.

期 別	總 篇 數	類 別										小 計	出 版 日 期
		綜 觀	大 氣 環 流	統 計 預 報	氣 候	颱 風	乾 旱	寒 潮	春 雨	梅 雨	其 他		
第 一 期	8				1							1	1974 年 3 月
第 二 期	10				1							1	1975 年 5 月
第 三 期	8											0	1976 年 5 月
第 四 期	8									1	1	2	1977 年 5 月
第五卷第一期	6			1			1					2	1978 年 5 月
第五卷第二期	5			1						1		2	1978 年 11 月
第六卷第一期	7		1				1			1		3	1979 年 5 月
第 七 期	11						1			1		2	1980 年 5 月
第 八 期	9						1	2		1		4	1981 年 5 月
第 九 期	13	1						1				2	1982 年 5 月
第 十 期	11							1				1	1983 年 3 月
第 十 一 期	12	1						1				2	1984 年 3 月
第 十 二 期	12							1				1	1985 年 3 月
第 十 三 期	11								1			1	1986 年 3 月
第 十 四 期	8									1		1	1986 年 9 月
第十五期第一號	9									3		2	1987 年 3 月
第十五期第二號	8								1			1	1987 年 9 月
第十六期第一號	7					1						1	1988 年 3 月
第十六期第二號	8					1						1	1988 年 6 月
第十六期第三號	7									1		1	1988 年 9 月
第十六期第四號	5									1		1	1988 年 12 月
合 計	183	2	1	2	2	2	4	6	2	10	1	32	
百分比(%)		6.25	3.12	6.25	6.25	6.25	12.5	18.75	6.25	31.25	3.13	17.49	

表 四 a 1979 ~ 1988 年氣溫旬平均誤差 (°C)

Table 4a. Mean errors of per ten days for the period of 1979-1988 -
temperature forecast term.

分區 旬別 月份	北 部			中 部			南 部			東 部		
	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬
1	-1.28	-0.46	-1.00	-0.91	-0.67	-1.15	-0.45	-0.41	-0.55	-0.80	-1.19	-1.16
2	0.53	-0.90	0.84	0.44	-0.31	-0.07	0.53	-0.37	-0.27	-0.57	-1.25	-1.61
3	0.68	0.01	0.17	1.77	-0.03	0.39	0.98	-0.44	-0.03	-0.53	-1.90	-1.24
4	-0.07	1.36	0.09	0.44	1.13	0.80	-0.42	0.51	0.35	-1.34	-0.29	0.69
5	1.95	0.62	0.12	0.53	0.89	0.33	-0.33	0.32	-0.07	-0.73	-0.05	-0.60
6	-0.09	-0.72	0.17	-0.40	-0.63	0.07	-0.61	-1.36	-0.33	-0.69	-1.16	-0.42
7	0.45	0.20	-0.20	-0.31	0.29	-0.23	-0.71	-0.42	-0.75	-0.13	-0.23	-0.37
8	0.55	0.62	0.78	-0.08	-0.24	-0.47	-1.02	-0.27	-0.90	-0.78	-0.03	-1.33
9	-0.27	0.05	-0.21	0.08	0.02	-0.70	-0.31	-0.10	-0.48	-0.32	-0.12	-0.86
10	-0.39	-1.05	-1.91	-0.35	-0.71	-1.47	-0.88	-0.59	-1.33	-0.75	-1.47	-1.79
11	-0.24	0.14	-1.71	0.26	0.68	-0.89	-0.12	0.66	-0.90	-1.28	-0.13	-1.61
12	-0.14	0.67	-0.44	0.75	1.17	-0.31	0.71	1.14	-0.16	-0.23	-0.03	-0.45
偏 高 偏 低 統 計	+5	+8	+6	+7	+6	+4	+3	+4	+1	0	0	1
	-7	-4	-6	-5	-6	-8	-9	-8	-11	-12	-12	-11
合 計 百分比 (%)	$\frac{+19}{-17}$ (52.8/47.2)			$\frac{+17}{-19}$ (47.2/52.8)			$\frac{+8}{-28}$ (22.2/77.8)			$\frac{+1}{-35}$ (2.8/97.2)		
總 比 值 $\frac{+45}{-99}$ (31.2%/68.8%)												

表 四 b 1979 ~ 1988 年 氣 溫 年 平 均 誤 差

Table 4b. Yearly mean errors for the period of 1979-1988 – temperature forecast term.

誤 差 / 分 區	北 部	中 部	南 部	東 部
平 均 值 (°C)	-0.189	-0.008	-0.274	-0.761
σ	0.509	0.502	0.466	0.473
平 均 最 大 誤 差 (°C)	-0.733	0.623	-0.120	-1.903
σ	3.297	3.238	2.623	2.525
平 均 最 小 誤 差 (°C)	-0.137	0.010	-0.097	-0.050
σ	0.652	0.154	0.962	0.228

單位，經校驗後可得如表四 a 之各月各旬各區平均誤差值。

由表四 a 可發現，台灣各地區之氣溫預報各月各區誤差均不同，其各區之偏高偏低比值，在一年 36 旬中依次為：北部 + 19 / - 17 (52.8 % / 47.2 %)、中部為 + 17 / - 19 (47.2 % / 52.8 %)、南部為 + 8 / - 28 (22.0 % / 77.8 %)、東部為 + 1 / - 35 (2.8 % / 97.2 %)。

整體而言，預報偏高偏低比值為 + 45 / - 99 (31.2 % / 68.8 %)。比較上，南部及東部預報均以偏低居多，北部及中部不相上下，即預報偏高偏低次數很接近。

B、年平均誤差：

就十年間月預報氣溫項目中，以年為單位，計算台灣四個地區的年平均氣溫預報誤差，可分三種：(1)平均誤差，(2)平均最大誤差（取各年中最大誤差之平均值），及(3)平均最小誤差（取各年中最小誤差之平均值），各區誤差值如表四 b。由表四 b 可發現：

(1)平均誤差以東部的 - 0.761 °C (σ = 0.473 °C) 最高，南部居次，誤差 - 0.274 °C (σ = 0.466 °C)，北部排名第三，誤差 - 0.189 °C (σ = 0.509 °C)，中部之誤差最小，僅 - 0.008 °C (σ = 0.502 °C)。

(2)平均最大誤差以東部的 - 1.903 °C (σ = 2.525 °C) 最高，北部居次；達 - 0.733 °C (σ = 3.279 °C)，中部排名第三，誤差 0.633 °C (σ = 3.238 °C)，南部的誤差最小，達 - 0.120 °C (σ = 2.623 °C)。

(3)平均最小誤差以中部最小，僅 0.010 °C (σ = 0.154 °C)，東部的誤差 - 0.050 °C (σ = 0.228 °C) 居次，南部排名第三，誤差 - 0.097 °C (σ = 0.962 °C)，北部誤差最大，達 - 0.137 °C (σ = 0.652 °C)。

整體比較，氣溫月預報之準確率以中部

表五a 1979 ~ 1988 年降雨量旬平均誤差 (mm)

Table 5a. Mean errors of per ten days for the period of 1979-1988 (mm)
— rainfall forecast term.

分區 旬別 月份	北 部			中 部			南 部			東 部		
	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬
1	-23.09	6.78	22.67	-4.47	5.88	4.96	6.03	2.89	1.02	6.75	20.87	18.64
2	-89.17	-48.62	-31.36	-30.11	-23.01	-14.78	-0.65	-5.59	5.94	2.39	20.97	15.22
3	-26.26	-50.54	-43.65	-6.78	-29.19	-13.02	20.62	-29.26	-15.89	4.57	-8.83	14.77
4	-8.97	-13.82	-29.31	-4.85	-24.84	15.70	9.83	0.20	-13.15	7.42	14.67	-1.14
5	-4.07	-17.69	-45.57	-15.55	-33.49	-57.00	-1.47	-18.44	-46.18	3.32	0.82	-15.50
6	-35.91	61.73	-18.43	46.47	68.87	-66.26	-11.39	48.35	-51.41	22.24	-2.63	-37.01
7	15.73	72.87	-4.23	21.31	7.70	13.28	12.56	22.58	13.93	-6.74	0.79	8.64
8	30.62	4.59	-2.01	46.25	13.67	-85.61	94.62	-53.41	-19.21	55.74	-25.85	2.92
9	25.08	-48.28	-52.99	17.70	51.99	-24.61	5.97	31.74	34.74	-31.27	0.84	5.54
10	49.75	22.5	-82.24	8.26	7.06	-22.1	31.33	23.53	0.95	65.53	45.24	-46.14
11	-18.69	-36.45	-21.23	2.88	-4.33	3.03	9.38	-10.33	6.96	20.64	-2.30	21.5
12	13.65	-33.30	11.24	4.65	5.19	-5.35	3.38	6.26	1.46	16.26	28.52	26.49
偏高 偏低 統計	+5 -7	+5 -7	+2 -10	+7 -5	+7 -5	+4 -8	+9 -3	+7 -5	+7 -5	+10 -2	+8 -4	+8 -4
合 計 百分比 (%)	$\frac{+12}{-24}$ (33.3/66.7)			$\frac{+18}{-18}$ (50.0/50.0)			$\frac{+23}{-13}$ (63.9/36.1)			$\frac{+26}{-10}$ (72.2/27.8)		
總 比 值 $\frac{+79}{-65}$ (54.9%/45.1%)												

表 五 b 1979 ~ 1988 年降雨量年平均誤差 (mm)

Table 5b. Yearly mean errors for the period of 1979-1988 (mm) – rainfall forecast term.

誤 差 \ 分 區	北 部	中 部	南 部	東 部
平 均 值 (mm)	-16.59	-2.24	3.23	7.52
σ mean (mm)	21.93	18.54	17.75	22.24
平均最大誤差 (mm)	-124.28	-55.83	75.61	-67.99
σ max (mm)	161.60	167.73	190.94	168.61
平均最小誤差 (mm)	-5.60	1.39	0.47	-3.93
σ min (mm)	8.87	2.56	2.93	23.65

最高，東部最低。

2. 降雨量誤差：

降雨量（以平地為主）之預報乃天氣預報中之重要項目（另一為氣溫預報），而定量降水預報準確度更是所有天氣預報中最低且最難預報者。

本文以中央氣象局所發布的月長期預報中之降雨量項目作為校驗依據，其結果如下（表五 a）：

A、旬平均誤差：

就每旬之預報結果，可得表五 a，由表五 a 中可發現預報有時偏高，有時偏低，各區之偏高偏低比值為：北部 + 12 / - 24（33.3% / 66.7%），中部 + 18 / - 18（50.0% / 50.0%），南部 + 23 / - 13（63.9% / 36.1%），東部 + 26 / - 10（72.2% / 27.8%）。顯然中部、南部及東部預報多屬偏高，北部多屬偏低。整體而言，預報偏高 / 偏低之總比值為 + 79 / - 65（54.9% / 45.1%），其各

區走勢（圖三 b）恰與氣溫誤差（與圖三 a 比較）相反。

B、年平均誤差：

就十年間月預報降雨量項目中，以年為單位，計算台灣四個地區的年平均降雨量預報誤差，可分三種：(1) 平均誤差，(2) 平均最大誤差（取各年中最大誤差之平均值）及 (3) 平均最小誤差（取各年中最小誤差之平均值），各區誤差值如表五 b。由表五 b 可發現：

(1) 平均誤差以中部最小，僅 - 2.24 mm（ $\sigma = 18.54$ mm），南部居次，為 3.23 mm（ $\sigma = 17.75$ mm），東部排名第三，為 7.52 mm（ $\sigma = 22.42$ mm），北部的平均誤差最大，- 16.59 mm（ $\sigma = 21.93$ mm）。

(2) 平均最大誤差以北部最大，高達 - 124.28 mm（ $\sigma = 161.60$ mm），南部居次，為 75.61 mm（ $\sigma = 190.94$ mm），東部排名第三，為 - 67.99 mm（ $\sigma = 168.61$ mm）。

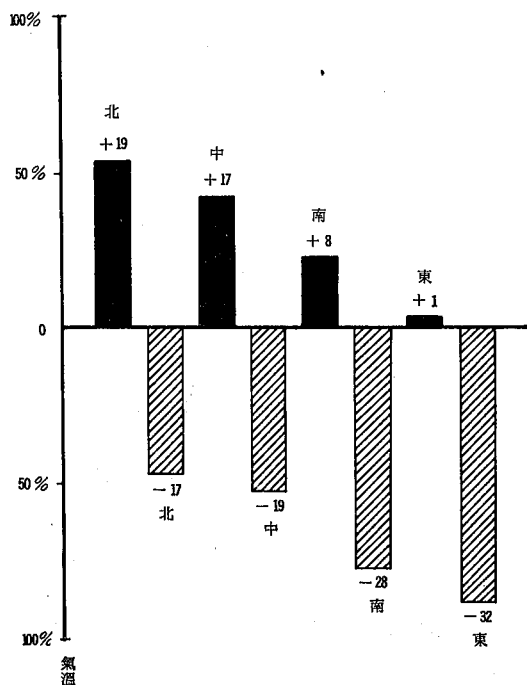


圖 三 a 各區各旬氣溫預報偏差比較走勢

Fig. 3a. Temperature forecast error trend of per ten days for Taiwan areas

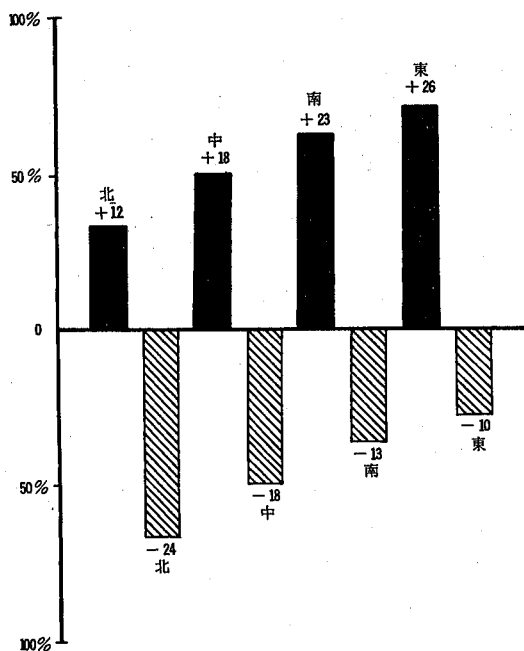


圖 三 b 各區各旬降雨量預報偏差比較走勢

Fig. 3b. Rainfall forecast error trend of per ten days for Taiwan areas.

mm)，中部最少，為 -55.83mm ($\sigma = 167.73\text{mm}$)。

(3)平均最小誤差以南部最小，僅 0.47mm ($\sigma = 2.93\text{mm}$)，中部居次，為 1.39mm ($\sigma = 2.56\text{mm}$)，東部排名第三，為 -3.93mm ($\sigma = 23.65\text{mm}$)，北部之誤差最大，平均最小誤差 -5.60mm ($\sigma = 8.87\text{mm}$)。

整體比較，降雨量預報準確率以中部最高，北部最低。

3.絕對最大誤差值(含 $+$ $-$ 號兩項)及發生時間：

為了改進月預報之缺失，除了計算以上兩種平均誤差外，另再找出在十年中各旬之絕對最大誤差值(Absolute maximum error)，其結果如表六。

由表六在四區共16種絕對最大誤差中，可發現以下三種特點：(1)絕對最大誤差大都發生在下旬，佔75%，此可能表示下旬之預報最困難。(2)氣溫預報偏高以北部在1983年1月中旬的 $+6.4^\circ\text{C}$ 為最大，預報偏低以中部在1979年2月下旬的 -4.8°C 最大，(3)降雨量預報偏高，以東部在1984年7月下旬的 $+200.0\text{mm}$ 最大，預報偏低以北部在1988年10月下旬的 -539.6mm 最大。

在前述氣溫與降雨量誤差中可發現氣溫與降雨量誤差呈相反之走勢比較圖三a，圖三b)，即當氣溫預報偏高較多時，雨量預報却偏低(如北部)，當氣溫預報偏低較多時，雨量預報却偏高(如東部)。出現這種現象之預報乃基於預報員之主觀意念，認為下雨天時，氣溫必然偏低(因為雲層阻擋太陽日射，減低地球吸收能量)，相反的，不下雨時，氣溫必然偏高，其理由與前相同。

四、長期天氣預報之未來發展及建議

中央氣象局乃執行我國氣象預報研究發展(R&D)的主要機關，而長期預報亦已列入中央氣象局「發展氣象科技以配合國家經濟建設」之中長期重點計畫中，並為1988年第三次全國科技會議所屬交通科技分組之建議事項。

表 六 月預報中氣溫及降雨量預報項目之絕對最大及絕對最小誤差
Table 6. Absolute maximum and minimum errors for temperature and rainfall forecast terms.

	北 部	中 部	南 部	東 部
(氣 溫) +	+ 6.4 °C	+ 5.4 °C	+ 5.1 °C	+ 3.1 °C
發 生 時 間	1983 年 1 月中旬 (冷 冬)	1985 年 3 月中旬	1986 年 2 月下旬	1983 年 12 月下旬
(氣 溫) -	- 4.2 °C	- 4.8 °C	- 4.4 °C	- 4.2 °C
發 生 時 間	1987 年 10 月下旬 (暖 冬)	1979 年 2 月下旬	1979 年 2 月下旬	1979 年 1 月下旬
(雨 量) +	+ 142.5 mm	+ 165.0 mm	+ 197.0 mm	+ 200.0 mm
發 生 時 間	1984 年 7 月下旬	1980 年 6 月中旬	1985 年 7 月下旬	1984 年 7 月下旬
(雨 量) -	- 539.6 mm	- 374.3 mm	- 500.4 mm	- 521.8 mm
發 生 時 間	1988 年 10 月下旬 (琳 恩 颶 風)	1988 年 9 月下旬	1988 年 8 月中旬	1988 年 10 月下旬

在過去十多年裡，從 1975 年之「台灣地區長期預報之研究」計畫開始，首先分析一個月之長期預報法則，以提供長期預報之依據。如應用平均環流法、統計法、相關係數法、天氣類型法等分析天氣形勢之長期演變，進而尋求長期預報技術之發展。中央氣象局從 1979 年正式發布月長期預報，截至 1989 年 4 月 30 日止，共已發行了 140 期，其成效已如前述（見校驗部分）。

在過去十多年間，中央氣象局在研究發展上所投入之人力與物力，除派員赴國外研究梅雨及低頻率波動能譜外，亦邀請國外專家蒞本局指導，茲誌較重要者有：① 1986 年 2 月，邀請美國密蘇里哥倫比亞大學教授兼 ECK 研究顧問公司（Columbia, Missouri USA）高級研究員孔震村博士蒞局作短期研究梅雨一個月，並完成“Long-range Forecasting of Mei-yu with the Global Upper Air Observations”報告一篇。② 1987 年 7 月，邀請美國夏威夷大學教

授朱寶信博士蒞局作統計在長期預報之應用系列專題演講，期間一個月。③ 1988 年 10 月，邀請美國大氣及環境研究公司（Cambridge, MA, USA）副總裁王維強博士蒞局作中長期預報研究一週。

事實上，長期預報在世界各國均被重視，而我國國內外學者專家亦常對中央氣象局提供長期預報發展上之意見，在此作者提出個人淺見並參酌國內外學者專家意見，提出以下發展建議：

- (1) 增強 GCM 海洋模式（1-D 或 3-D）之研究，以找出未來氣候變化趨勢（張，1981）。
- (2) 增強全球氣候模式（Global Climate Model）及數值模擬之研究。
- (3) 增強區域（地方性）氣候（Regional Climate）之研究（劉，1989）。
- (4) 增強輻射（Radiation）/ICRCCM WMO 之研究（農業需要）。
- (5) 增強統計相關迴歸（Regression）法及類比法

之研究(蔡, 1981)。

(6)增強主成分分析應用(Principal Component Analysis)及EOF之應用研究(Park and Kung, 1987)。

(7)增強ENSO(El Nino/Southern Oscillation)變動趨勢及SST(Sea Surface Temperature)之研究(劉, 1986 a, 1986 b, 1989)。

(8)增強大氣與海洋交互作用(Air-Sea Interaction)及全球能量平衡之研究(陳, 1981)。

(9)長期預報必須(A)定量化(劉, 1989)。

(B)有理論根據。

(C)有檢驗方法(Verification methods)。

(D)有資料庫(data base)。

(E)有人才培育計畫。

(10)購置一套獨立的電腦系統(劉, 1989)。

目前中央氣象局長期預報業務由氣象預報中心長期預報課負責,該課現有編制僅七人(包括課長一人),其中五人為碩士畢業,在人力配置上與他國(日本約二十五人、美國約三十人)及中國大陸(參考附錄)比較,差額甚鉅。而基本上,長期預報乃屬於尖端科技之一門,其所涉及之數學、物理、統計、氣象動力及電腦科技範圍甚廣,且甚高深,如欲達到時間更長(如一季、一年),準確率更高的長期預報,則有賴於上級人力之支援,使高級的科技人員踴躍加入,因此,作者再建議請上級提供之人力支援為:

(1)增聘碩、博士級的統計二位、應用數學二位、及氣象人員五位。

(2)聘請國外(如美、日)長期預報專家蒞臨中央氣象局指導,其留台時間以六月~一年為宜。

(3)擴大長期預報課編制至少二十人,所增加之人員且需有十年以上的預報工作經驗始得擔任,並提高各員待遇。

(4)增置一套電腦系統,以利作業化與R&D之推展。

以上之建議乃本文對長期預報發展之建議。

此外,由於歷年來「春雨」及「梅雨」之長短、降雨量多寡、「乾旱」、「颱風」侵襲頻率

及「冷冬」、「暖冬」等問題,均是各界所急待事先知悉的預報。因此,在長期預報的未來發展上亦應以此為重點或作為研究方向。本文對未來長期預報發展之策略(strategy)如下:

(A)人員及組織擴編	成立長期預報組,下設資料蒐集及處理科、氣候研究科、大氣環流研究科、動力及數值模擬科和作業科人員至少二十人以上。
(B)預報內容	氣溫、雨量。
(C)預報項目	①月預報:天氣展望、月平均氣溫、月總降雨量、月極端氣溫。 ②季節預報:雨季(特別是春雨、梅雨)早晚及總降水量。溫度趨勢(特別是冷冬/暖冬)。颱風發生次數及侵台機率。 ③年度預報:夏季滯旱,冬春季冷暖,冬季降水,年氣溫趨勢等。
(D)積極運用副熱帶資料庫之資料	積極配合中央氣象局大電腦及國科會副熱帶資料庫,以發展更有效的長期預報方法。

五、結 論

本文之目的在探討中央氣象局長期天氣預報之發展,從各界之需求和發布狀況中調查分析,進而校驗及評估過去(1979~1988)十年間長期預報之發布成效,最後提出長期預報之未來發展方向及建議。

經校驗結果,發現月預報中,氣溫預報之誤差以中部最小,東部最大,南部居次,北部第三。至於降雨量預報誤差亦以中部最小,北部最大,南部居次,東部第三。就預報偏高偏低比較,氣溫及降雨量預報,各區則呈相反走勢(圖三a,三b)。

總而言之,相信在各有關單位之配合及大力推

展長期預報下，長期預報之發展將無可限量，未來
無論在人力及組織架構上將會大大突破，預報時效
或有可能延長至一季、六個月及一年之機會，以配
合國家經濟建設之發展及各界之需求。

附錄：中國大陸長期天氣預報業務作業情況簡表

Appendix: Table of mainland China long-range forecast operation.

從事長期天氣預報業務工作人數	中央氣象台：15～17人 省（市、自治區）氣象台：4～7人 地區（市、州、盟）氣象台：1～3人 縣氣象站：1～2人（氣象人員輪流值班或轉發上級氣象台的長期天氣預報）	
預報項目及內容	月 預 報	月平均氣溫、月總降水量、月極端溫度 主要冷空氣活動過程（冬半年）、主要降水過程（夏半年）等
	汛期或季節預報	雨季早晚、強度，旱澇和溫度趨勢 逐月降水分布等
	年度預報	冬、春季冷暖，來年夏季旱澇，各季降水、溫度趨勢等
	其 它	春播天氣、秋季低溫、初冬霜凍日期及其它與生產活動有關的重大項目
主要技術方法	大氣環流和氣象要素的天氣氣候分析，如： 主要環流系統分析； 環流關鍵區分析； 環流指數和環流特徵量分析； 環流型分析； 高層環流分析； 氣象要素歷史演變分析； 地面氣象要素相關分析； 自然季節分析； 大氣韻律活動分析； 月平均物理量的分析和應用等； 天氣概率和數理統計方法分析，如： 單相關、點聚圖、列聯表等簡易相關分析； 諧波分析和球譜分析； 回歸分析； 時間序列分析； 周期分析； 判別分析； 聚類分析； 氣象要素場的正交展開分析； 模糊數學分析； 月平均動能、濕度等物理量的 統計相似分析； 統計分析等	
	天氣諺語的搜集、驗證和應用	
	大氣外部物理因子分析，如： 海水溫度；青藏高原熱狀況；太陽活動性；陰、陽曆關係； 日、月、地相對位置等天文條件；地溫等	
預報服務方式	一般以書面形式向有關黨政領導，政府有關部門，工礦企業、市場、交通、物資、商業、電力、科研等單位發送長期天氣預報。	

致 謝

本文在研究期間，承國立台灣大學大氣科學研究所所長陳泰然教授暨吳明進教授、柳中明教授提供卓見，並承中央氣象局陳嘉榮先生協助校對與洪秀菊小姐幫助繪圖及謄稿，謹此致謝。

參考文獻

- 徐晉淮，1965：波數分析在長期預報之應用，氣象學報，11, 1，14—27。
- 胡仲英，1977：應用ARIMA模式對台北市月平均溫度與總降水量的分析與預測，氣象學報，23，3，15—26。
- 張隆男，1981：近年來大氣環流研究發展概況，異常氣候研討會論文彙編，409—413，中央氣象局。
- 蔡清彥，1981：中長期天氣預報研究之評介，異常氣候研討會論文彙編，1—9，中央氣象局。
- 廖學鎰，1981：近年來日本中長期預報研究評介，異常氣候研討會論文彙編，89—110，中央氣象局。
- 陳泰然，1981：異常氣候之環流特徵與物理機制，異常氣候研討會論文彙編，385—407，中央氣象局。
- 俞家忠，1981：近年來國內中長期天氣預報研究評介，異常氣候研討會論文彙編，415—426，中央氣象局。
- 戚啓勳，1983：氣候變遷及其可能影響之探討，氣象學報，29，2，1—190。
- 劉復誠，1984：1983年台灣地區及世界天候異常之探討，交通建設，33，16—21。
- 劉復誠，1986a：全球氣候變異與長期預報，交通建設，35，17，23—34。
- 劉復誠，1986b：台灣地區春季雨量可預測度及

其相關氣候異常之研究，NSC 75-0202-M052-01 報告，中央氣象局，62 PP。

劉復誠，1989：長期天氣預報之應用與未來發展之評估，中央氣象局七十八年度研究發展專題，150，268，41 PP。

Brooks, C.E.P., 1946, Annual recurrences of weather: singularities, Weesher 1, 107—13, 130-4。

Brooks, C.E.P., and N. Carruthers, 1953, Handbook of statistical methods in meteorology. London: H.M.S.O. 412 PP。

WMO, 1964: WMO—IUGG Symposium on Research and Development Aspects of Long-Range Forecasting. 5899。

Fujita, I.T., 1981: Tornadoes and downbursts in the context of generalized planetary scales, J. Atmos. Sci., 38, 1511—1534。

Koomanoff, F.A., Ye Duzheng, Ehao Jianping, M.R. Riches, W.-C. Wang, and Tao Shiyau, 1988: The United states' Department of Energy and peoples' Republic of China's Chinese Academy of Sciences Joint Research on the Greenhouse effect, BAMS, 1—8。

Park, C.K., and E. C. Kung, 1987: Principal Components of the North American summer temperature field and the antecedent oceanic and atmospheric conditions of the Northern hemisphere. Missouri Agricultural Experiment Station Journal Series Notes。

ON THE DEVELOPMENT AND COMPOSITE EVALUATION OF LONG-RANGE FORECAST IN RECENT 10 YEARS

Henry Fu-Cheng Liu

Central Weather Bureau

ABSTRACT

The main purpose of this paper is to study the development of long-range weather forecast, and to investigate, evaluate the accuracy of long-range forecast issued by CWB in past ten years (1979–1988). We try to find whether there exists any deficiency both in routine operation and in research, then, to improve the accuracy of long-range forecast.

Monthly weather outlook of CWB was formally issued on Dec. 30, 1978. Up to Dec. 31, 1988, there were 10 years of issues. This outlook is widely utilized by various users, such as agriculture, industry, commerce, fishery, engineering, communications, military, medicine and other outside activities (mountain climbing, ceremony, ball games etc.)

There are three conclusions can be derived from the evaluation and verification on the long-range forecast issued by CWB during 1979–1988:

(1) Errors of temperature forecast:

Forecasts on southern and eastern Taiwan were, generally, lower than observation. Times of forecasts between lower and higher (than observation) on northern and Central Taiwan were about the same. The forecasts on Central Taiwan have the highest accuracy. The lowest is on eastern Taiwan, the second is on southern Taiwan. The third is on northern Taiwan.

(2) Errors of precipitation forecast:

There were higher forecast (than observation) on Central southern and eastern Taiwan, and lower on northern Taiwan. The highest accuracy is on the forecast on Central Taiwan, the lowest on northern Taiwan, the second and third ones are on southern and eastern Taiwan respectively.

(3) In maximum absolute forecast errors:

There appeared positive and negative errors of temperature forecast in middle ten-day of January, 1983 on northern Taiwan ($+6.4^{\circ}\text{C}$) and last ten-day of February, 1979 on Central Taiwan (-4.8°C) respectively. The positive and negative error of precipitation forecast happened in the last ten-days of July, 1984 on Eastern Taiwan ($+200.0\text{mm}$), and the last ten days of October, 1988 on northern Taiwan (-539.6mm) respectively. These show the difficulties of long-range forecast.

Key words: Pattern method, Periodical methods, Teleconnection correlation methods, Verification, Error

民國76年颱風調查報告——台灣東部近海北上 侵台颱風(8705)賽洛瑪

氣象科技研究中心

摘 要

賽洛瑪 (THELMA) 颱風為民國 76 年侵台的第一個颱風，也是西太平洋的第一個強烈颱風。賽洛瑪颱風形成於關島東南方遼闊之海洋面上，於七月十一日晚間八時（台灣地方時）發展成為強烈颱風。

賽洛瑪颱風之路徑十分奇特。起先穩定的向西北西進行，於抵達呂宋島東方約 550 公里處突然轉向偏北進行，此後即沿 125.5°E 之經度線向北推進，直到它納入高緯度北日本海上空之溫帶氣旋中。

賽洛瑪颱風並未直接侵襲本省，僅沿本省東方海面持續北上。故對本省並未造成嚴重之災害，僅在本省東北角造成少許道路坍方而已。

本局目前採用六種颱風路徑客觀預報法以預報颱風路徑，然此六種方法之預報結果均不甚理想，比較起來僅 Hurran 預報法在此次有最小之平均誤差。

註：文中所用之時間均為台灣地方時。

關鍵詞：客觀預報最佳路徑

一、前 言

賽洛瑪颱風 (THELMA) 編號 8705 號，是本 (76) 年度侵襲台灣的第一個颱風，也是西北太平洋所發生的第五個颱風。其原形狀是季風槽內廣大面積之對流雲，位於關島東南方遼闊之海洋面上。七月十一日前賽洛瑪之移行路徑是持續穩定地向西北西進行，然當它移至呂宋島東方約 550 公里處，時間約在七月十一日廿時，方向突然轉向偏北進行。此後，賽洛瑪颱風持續向北進行。本局於七月十一日上午十時發佈第一號第一報海上颱風警報，此時賽洛瑪已發展成為中度颱風，接著於十二小時內，由於受到海面高溫的影響，發展迅速，故於十一日晚間八時，賽洛瑪中心最大風速已達每秒 65 公尺，中心最低氣壓降為 911 毫巴，成為強烈颱風。但此強烈狀態並未維持太久，僅數小時後，其強度又復降為中度颱風。迨至七月十二日廿一時，賽洛瑪即逐漸接近本省，本局鑑於它對本省之威脅加

重，乃於第 7 報發佈海上陸上颱風警報。此後，由於太平洋高壓西側外圍環流之導引，賽洛瑪之移行方向持續北上。迨至 14 日上午 8 時，賽洛瑪之中心位置之到達本省東北方宮古島與石垣島之間，其暴風邊緣已觸及本省之東北角，但並未造成顯著災害。此後賽洛瑪仍持續北上，強度逐漸消弱，暴風圈範圍逐漸縮小。迨至 7 月 15 日凌晨 4 時，本局鑑於此颱風對本省陸上海上均已不構成威脅，乃於颱風警報第 16 報中發佈解除警報。

二、賽洛瑪颱風之發生與經過

賽洛瑪颱風形成之初，發展頗為緩慢。7 月 7 日下午 5 時 18 分，NOAA 衛星定位顯示，其中心位置約在北緯 10.8° ，東經 150.3° ，向北北西進行。由於對流量與組織均持續增加，故於 7 月 8 日凌晨 2 時，其強度已增至 15 公尺/秒。此後由於 700 毫巴之脊線快速強化，故賽洛瑪之移行路徑

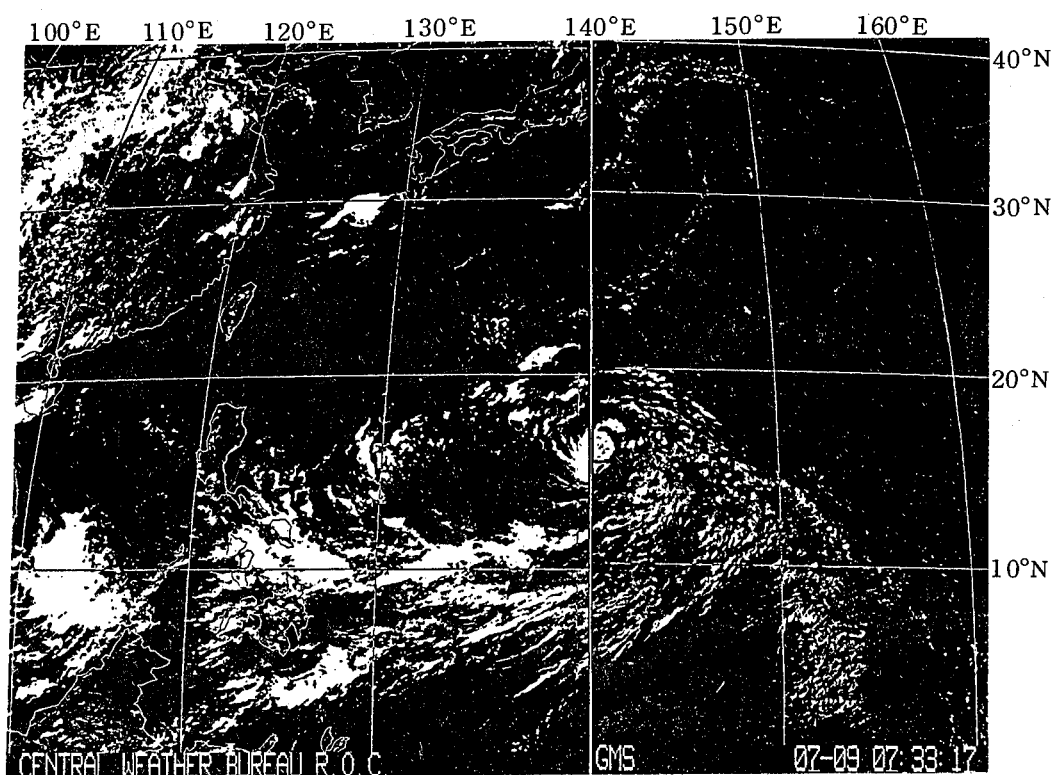


圖1：民國76年7月9日0733 UTC可見光衛星雲圖
(靠近中央之白色雲系顯示賽洛瑪颱風)

Fig 1 : CWB Sattelite VIS imagery on 0733 UTC of July 9,1987 (The White Cloud circle near Center of the picture showing the Position of typhoon THELMA)

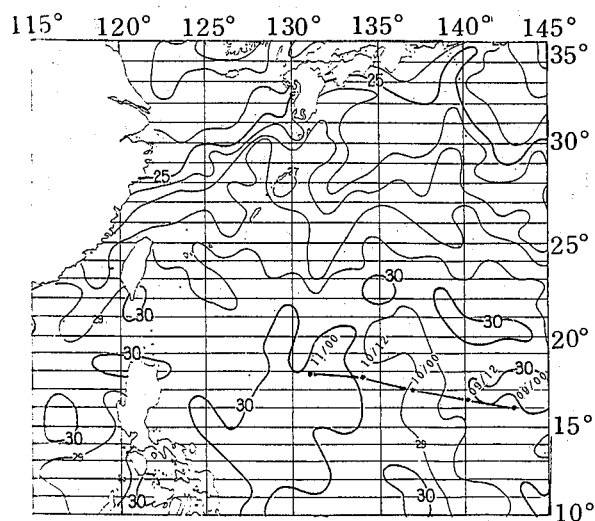


圖2：民國76年7月1日至10日，10天平均海水溫度圖，粗段點線為賽洛瑪颱風初期路徑。

Fig 2 : Mean sea surface temperature chart of ten days during the period of July 1 to July 10,1987

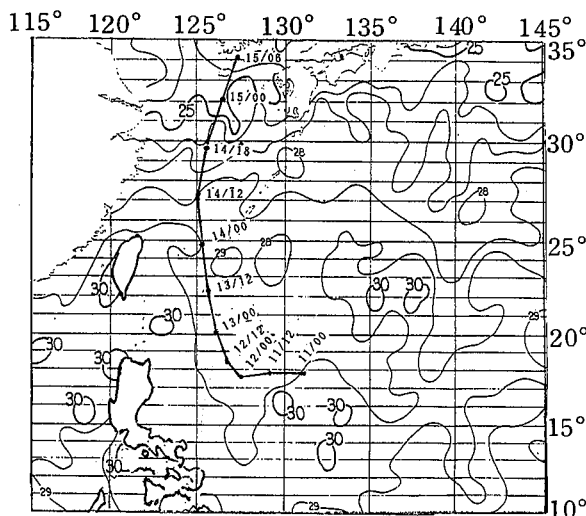


圖 3：民國 76 年 7 月 11 日至 20 日，10 天平均海水溫度圖，粗段點線為賽洛瑪颱風中期及後期路徑。

Fig 3 : Mean sea surface temperature chart of ten days during the period of July 11 to July 20, 1987.

預測將轉向西進行。果然於 8 日上午 10 時左右，其方向已向西北西進行，其移行速度亦快速增加。迨至 7 月 8 日晚間 9 時，其中心位置已移至關島北方 111 公里之海面上，此後其移行方向持續向西北西進行。迨至 7 月 9 日下午 2 時，賽洛瑪已發展成為輕度颱風。此時之中心位置約在北緯 15.5 度，東經 142.5 度，也就是在關島西北方之海面上（見圖一）。然而由於沿途海域海面水溫偏高（見圖二及圖三），因此造成賽洛瑪的強度持續增強。迨至 9 日晚間 8 時，賽洛瑪颱風已出現颱風眼，而於 10 日上午 8 時左右，地面最大持續風速已達 41 公尺／秒，中心最低氣壓降至 974 毫巴，故此時之賽洛瑪已增強至中度颱風。30 小時又 32 分後，即 11 日下午 2 時 32 分（110632 UTC），紅外光衛星雲圖（圖四）顯示雲頂有增溫現象，顯示其強度即將達於最大值，果然於 6 小時後，即 11 日晚間 8 時，賽洛瑪之強度已增為最大強度值，地面最大持續風速竟高達 65 公尺／秒，中心最低氣壓降為 911 毫巴，此時之賽洛瑪已然晉升為強烈颱風。本局鑑於此颱風已逐漸向本省東南方海面及巴士海峽方向接近中，乃於 11 日上午 10 時發佈本年度第一個海上颱風警報。迨至 12 日清晨 5 時，中心氣壓值略顯上升為 918 毫巴，地面最大持續風速稍降為每秒 60 公尺，強度已顯減弱，移行速度亦趨於緩慢，此種徵兆顯示其內部動量（momentum）已然受到某種環境因素之影響，因而其運動狀態即將改變，本局因此對其行踪加強嚴密監視。果然於 11 日

晚間 8 時起至 12 日晚間 11 時之 27 小時時間內，賽洛瑪颱風之運動方向由正西突然轉向為北北西進行。賽洛瑪颱風轉向後，對本省之威脅更形加重。本局於是在 12 日晚間 9 時 10 分發佈海上陸上颱風警報第 7 報（參見表一）。迨至 13 日下午 1 時，其中心位置到達北緯 21.0 度，東經 126.0 度，亦就是在恒春東南東方約 556 公里之海面上，強度減弱為中度颱風。此時由於北方之槽線滯留不動，高緯度帶（如 26°N 之琉球等地）之氣壓又開始下降，此雙重作用驅使賽洛瑪颱風更形加速向北推進。迨至 14 日上午 8 時，賽洛瑪颱風之中心位置已到達宮古島與石垣島之間，此時暴風圈之邊緣剛好接

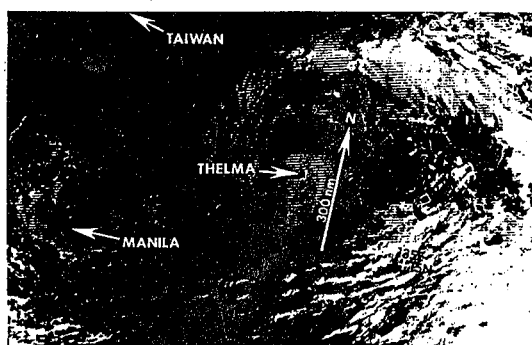


圖 4：民國 76 年 7 月 11 日 0632 UTC NOAA 衛星所攝得之賽洛瑪颱風雲圖

Fig 4 : The NOAA Visual imagery on 0632 UTC of July 11, 1987.

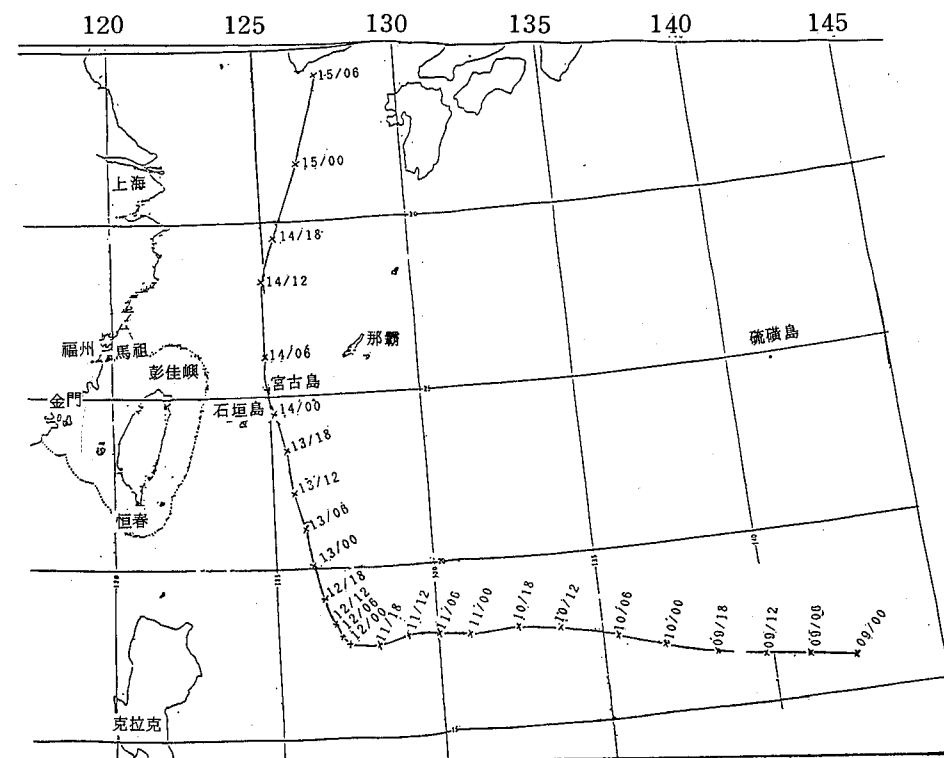


圖 5：民國 76 年 7 月 9 日 0000 UTC 至 15 日 0600 UTC，賽洛瑪颱風最佳路徑圖

Fig 5 : The best track of Typhoon THELMA (090000 UTC - 150600 UTC , July, 1987)

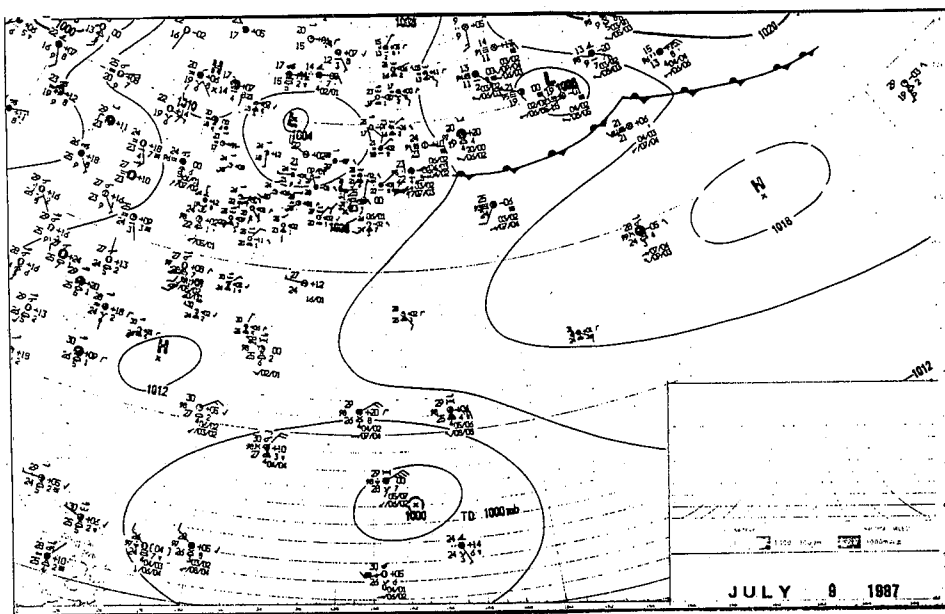


圖 6：民國 76 年 7 月 9 日 00 UTC 賽洛瑪颱風西行時之地面天氣圖

Fig 6 : Surface synoptic Chart on 0000 UTC 9, July, 1987.

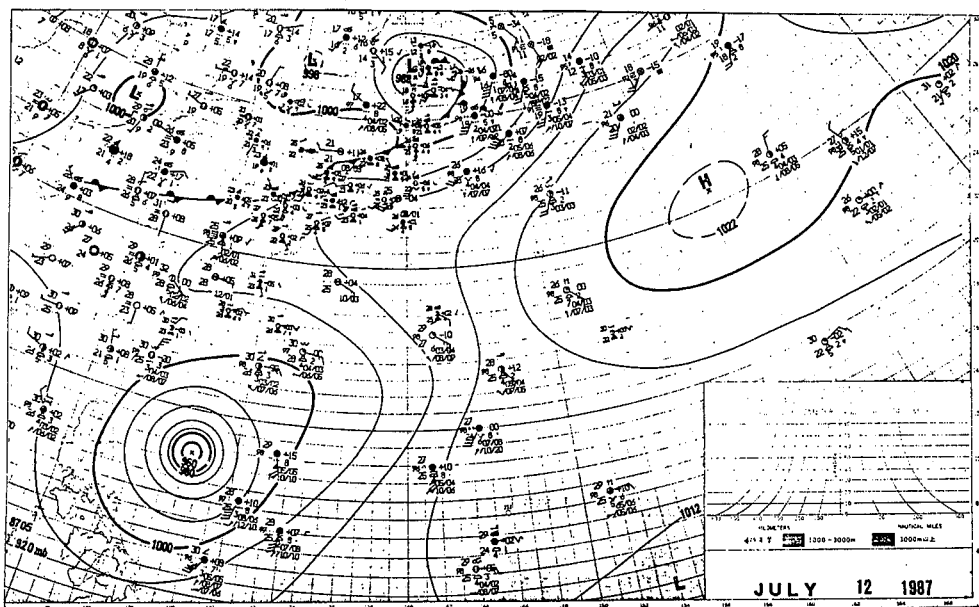


圖7：民國76年7月12日00 UTC賽洛瑪颱風向北轉向時之地面天氣圖

Fig 7 : Surface synoptic chart on 0000 UTC 12, July, 1987.

觸到本省之東北角。由於賽洛瑪強度已然消弱，故而本省大部分之陸地災情甚少，僅有少許路段因雨坍方而已。迨至15日清晨4時，本省已全部脫離其暴風圈範圍。本局乃於15日清晨4時10分發佈解除台灣地區海上陸上颱風警報。此後，賽洛瑪颱風快速衰弱，最後於16日納入時在日本海上空之變性溫帶氣旋中而消失無踪。

三、賽洛瑪颱風路徑之檢討

基本上，賽洛瑪颱風之路徑應屬於詭異型路徑。其形狀有如兩條互相垂直的直線，原本是穩定移行的西進路徑，突然在呂宋島東方約550公里的海面上作90度的北向轉折，然後近乎筆直的北上。一直抵達終點而消失無踪。

賽洛瑪颱風的路徑，大致上可分為三個階段（如圖五），現在吾人就此三個階段，分別探討其路徑與大氣環境。

在第一階段期間，7月9日地面圖（見圖六）顯示太平洋高壓脊向西延伸，故在高壓南側氣流均為偏東風，其流速約15 kts。故可得知，賽洛瑪在成為颱風前，其本身已然俱有向西移動之動量，於是，賽洛瑪即穩定且近乎直線的向西北西移動。一

直抵達呂宋島東方約550公里的海面上，這是賽洛瑪颱風在第一階段內的路徑，暨其與大氣環境間關係之描述。

賽洛瑪颱風在第二階段內做了將近90度的大幅轉向，從正西轉向為正北。奇怪的是，原來以每小時25.2公里的快速向西進行，現在速度立刻緩慢下來，然而方向却在急速的轉向之中。吾人現仍利用環境氣壓場的演變來探討其原因：7月12日00UTC的地面圖（圖7）顯示：太平洋高壓（1022 mb）脊線向西南延伸，因而迫使高壓西側之外圍環流起了變化。脊線之走向由原來之東西向，轉變為現在之東北—西南向。而此時之賽洛瑪颱風，恰在此脊線之西側，並受其南來氣流導引轉而向北進行。

賽洛瑪颱風在第三階段內幾乎是直線似地加速北行的情況。此可由最佳路徑圖（圖五）中得見。現在再從700 mb高空圖方面來窺探其向北加速的原因。7月13日1200 UTC 700 mb高空圖（圖八）清晰可見賽洛瑪颱風受廣大區域之南來氣流之推送而快速向北加速進行的。迨至15日晚間8時，其中心位置已抵達朝鮮半島南端之外海，隨後不久即登陸南韓，由於其沿途經過了黑潮之海域，

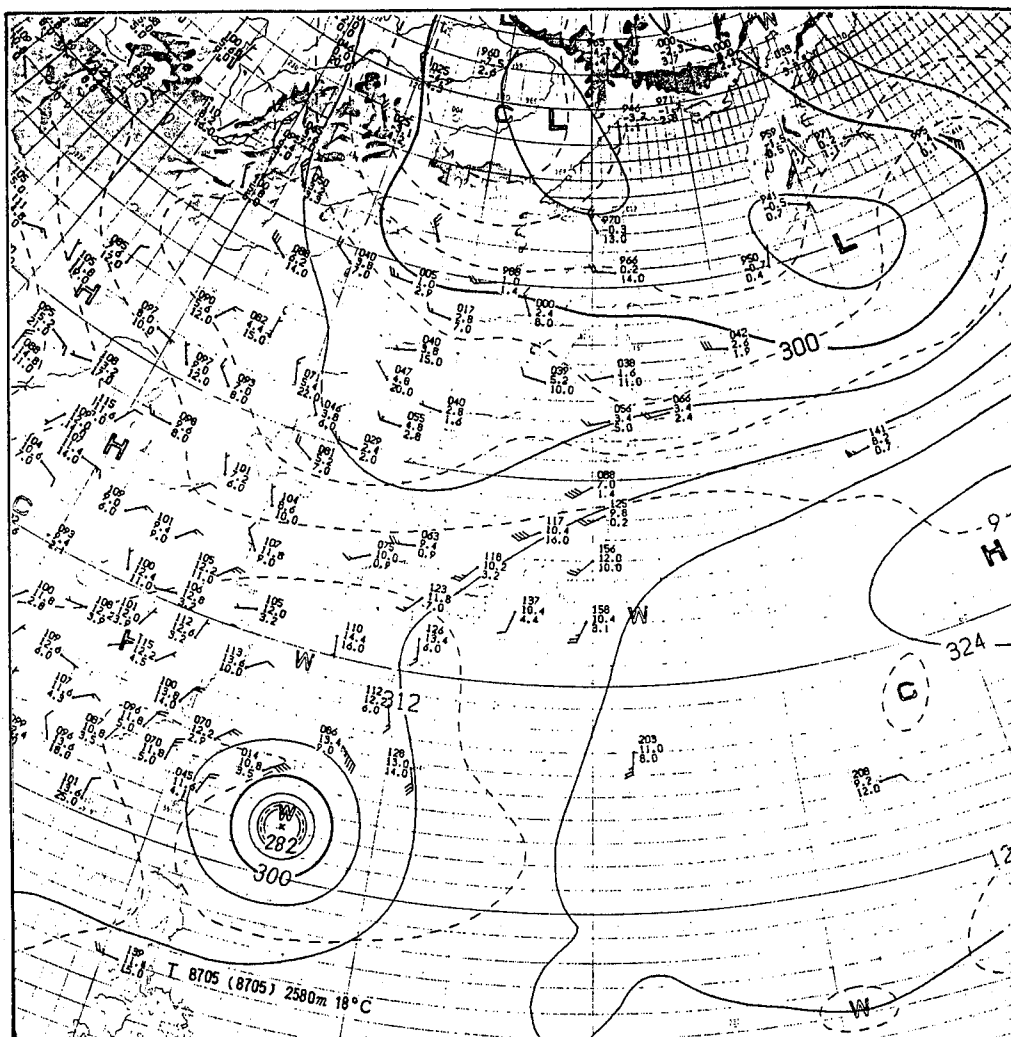


圖 8：民國 76 年 7 月 13 日 1200 UTC 700 毫巴高空圖

Fig 8 : 700 mb Chart on 1200 UTC 13, July, 1987.

故而吸收了大量之水氣，故于登陸後，其充沛之降水所造成的洪水，造成了南韓國一億二仟四佰萬美元之財物損失，123人死亡，212人失蹤。

四、賽洛瑪颱風侵台期間各地氣象狀況

1. 氣壓

本局各測站測得最低氣壓出現時刻大約集中在 13 日 14 時至 17 時與 14 日 02 時至 14 時兩個時段。台灣西部暨台灣海峽出現較早。此時颱風中心位置尚在恒春東南東方約 500 公里之海面上，受中央山脈背山地形的影響故較早出現低壓。迨至 14

日 02 時至 14 時，颱風中心已移至台灣中部至北部之東方外海。因而台灣東部及北部出現最低氣壓。本局各測站測得之最低氣壓及出現時刻請參閱表二。

2. 風

賽洛瑪颱風北上經過台灣東方海面期間，各地出現風速情形如下：平均風速以蘭嶼最大有 10 級，其次為東吉島及鞍部均為 8 級，梧棲 7 級，蘇澳、基隆及玉山均為 6 級，其他各地均在 5 級以下。瞬間最大陣風亦以蘭嶼之 12 級最大，其他如鞍部、梧棲、基隆、竹子湖、恒春、東吉島、蘇澳等各地均為 8 級。整體而言，因賽洛瑪颱風是沿台灣東方海面 125.5°E 之經度線近直線似的北上。故台

灣全島均在颱風前進方向左側外圍約 500—600 公里處。故風向均為偏北風，颱風經過本省東方海面之路徑暨本省各地出現之風速，風向情形請參見圖九及表二。

3. 降水量

賽洛瑪颱風於 7 月 13 日及 14 日內行經台灣東方海面（如圖九），本省各地雨量分布情況如圖十至圖十二。

圖十是 7 月 13 日全日本省各地日雨量 (mm) 分布情形。該日傍晚 6 時左右，賽洛瑪颱風抵達本省之最南端東方之外海。其中心位置約在北緯 22.0 度，東經 125.5 度，也就是在恒春東方約 500 公里之海面上。此時由於颱風西側外圍環流的影響，故本省東北部及北部山區，嘉南及高屏等地區均出現降水情形。東部則因中央山脈阻隔，故雨量較少。

圖十一是 7 月 14 日日本省各地日雨量 (mm) 分布情形。由於本日內賽洛瑪颱風全日經過本省東方外海。故而本日內之降水量既豐且遽。雨勢及雨量

最大地區仍分布在北部及東北部山區及嘉南平原以及高屏地區。中部則以日月潭及阿里山之間之山區地帶較多。很奇特的是東部半壁雨量極為稀少。僅宜蘭縣境內有較多之雨量。其他如花蓮、新港、台東、大武等地均在 5 公厘以下。這顯然是受中央山脈背風阻擋的影響所致。

圖十二是 7 月 15 日全省各地日雨量 (mm) 分布情形。本日因賽洛瑪颱風已向北遠離本省。因而北部地區降水稀少。但嘉南平原及高屏地區因受颱風北移後，其後緣降水帶 (rain-band) 橫掃過的影響，故仍普遍有雨。但雨量大多不超過 60 公厘。而台東地區以及中央山脈中段，如阿里山及日月潭以北等山區中，卻仍有甚多的降水。

五、最佳路徑及各種颱風路徑預報方法之校驗

賽洛瑪颱風之最佳路徑已顯示於圖五，路徑中各種氣象元素如中心位置、位移方向、及颱風強度

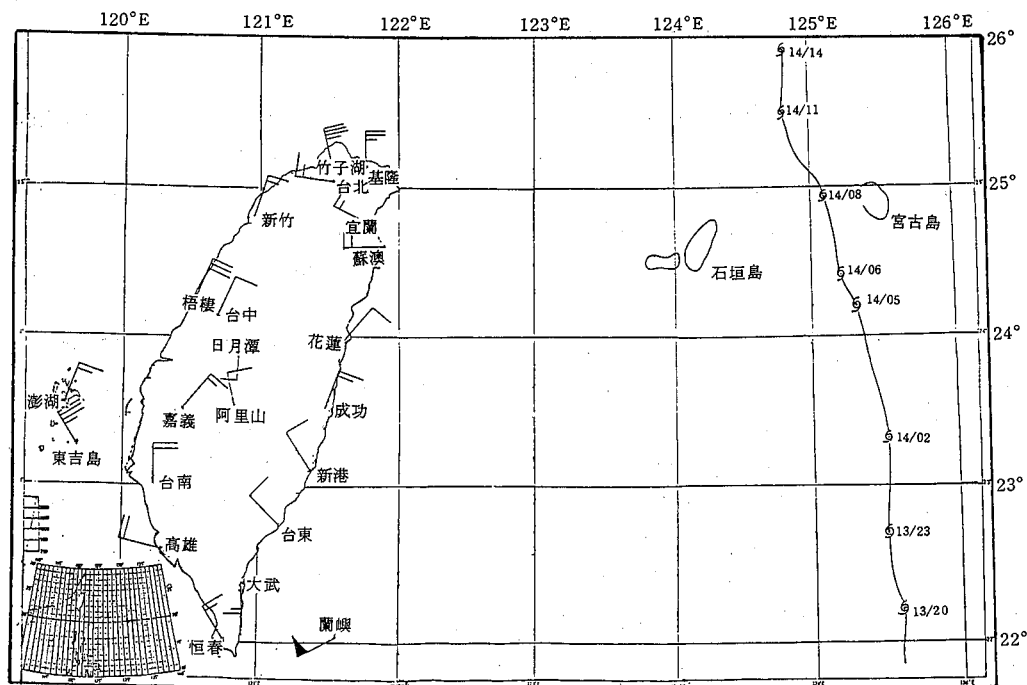


圖 9：民國 76 年 7 月 13 日至 14 日賽洛瑪颱風在台灣東方海面之最佳路徑暨台灣各測站所測得之最大風速分布圖

Fig 9 : The maximum sustain wind at Various Places of Taiwan and the best track during the Passage of Typhoon THELMA on 13th and 14th day of July, 1987.

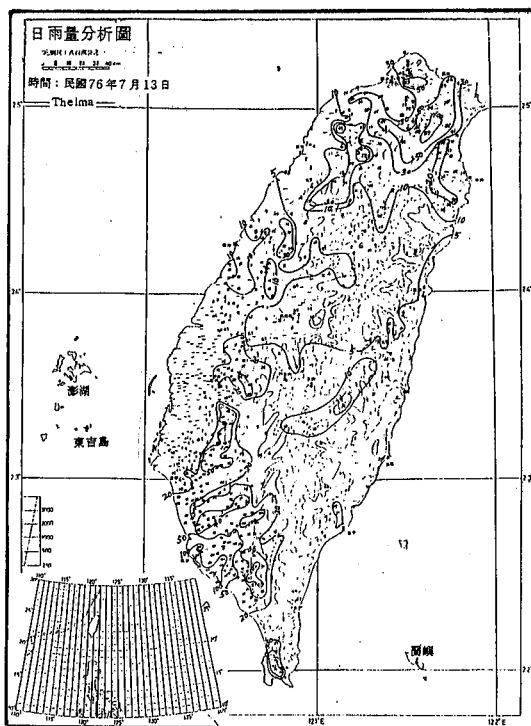


圖 10：民國 76 年 7 月 13 日 00 時至 24 時賽洛瑪
颱風侵台期間各地日雨量 (mm) 分佈圖

Fig 10 : Daily rainfall (mm) distribution
on Taiwan in July 13 (00-24L),
1987 during Typhoon THELMA'S
passage.

等均已列於表三。

本局目前所採用之颱風路徑客觀預報法有 AR-AKAWA, HURRAN, CLIPER, CWB-81, PC 及 WANG 等方法。表四是各種預報方法位置誤差之校驗。結果顯示：24 小時之預報平均誤差以 Hurran 的 179 公里為最佳，其次是 CWB-81 的 181 公里居次，繼之則為 PC 法的 193 公里，再來就是 ARAKAWA 的 213 公里，最後以 CLIPER 的 231 公里較差。

表五為賽洛瑪颱風 24 小時預報位置誤差校驗。本局以警報發佈期間 24 小時預報的向量誤差統計比較各鄰近氣象機構或國家。本局之誤差為 213 公里，較諸美軍聯合颱風警報中心之 241 公里為佳，但此次最準確者為 RJTD*¹ 之 167 公里居其冠，RPMM*² 的 202 公里居其次，BABT*³ 的 203

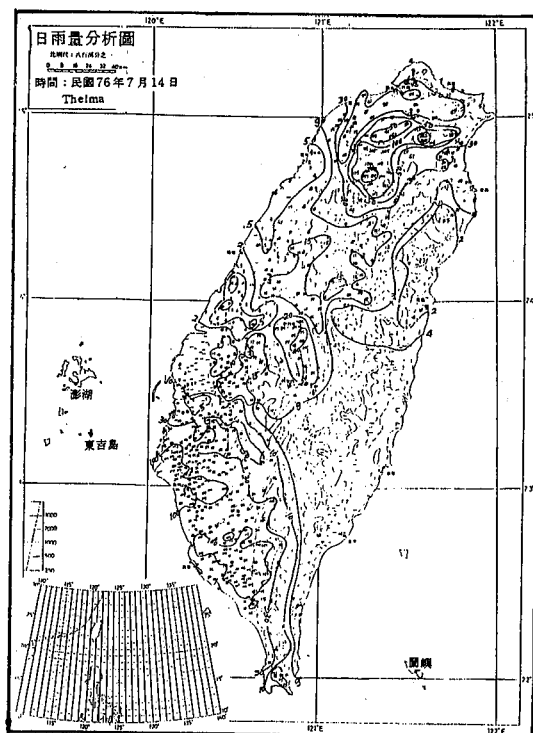


圖 11：民國 76 年 7 月 14 日 00 時至 24 時賽洛瑪
颱風侵台期間各地日雨量 (mm) 分佈圖

Fig 11 : Daily rainfall (mm) distribution
on Taiwan in July 14 (00-24L),
1987 during Typhoon THELMA'S
passage.

公里居第三，本局居第四，JTWC*⁴ 則殿後為 241 公里。

註：* 1：RJTD 是日本氣象廳。

* 2：RPMM 是菲律賓氣象局。

* 3：BABT 是中國大陸氣象局。

* 4：JTWC 是美軍聯合颱風警報中心之
縮寫。

六、結 論

1. 賽洛瑪颱風生成於關島東南方遼闊之海洋面上，起初發展並不迅速，組織亦顯鬆散，然於 7 月 6 日後，當其上層有輻散場存在，邊界層下之海水溫度偏高，對流系統組織完備後，發展即顯迅速，結構亦趨完備。因而其強度便於 7 月 10 日凌晨時轉變為輕度颱風。由於賽洛瑪途經之海域溫度偏高

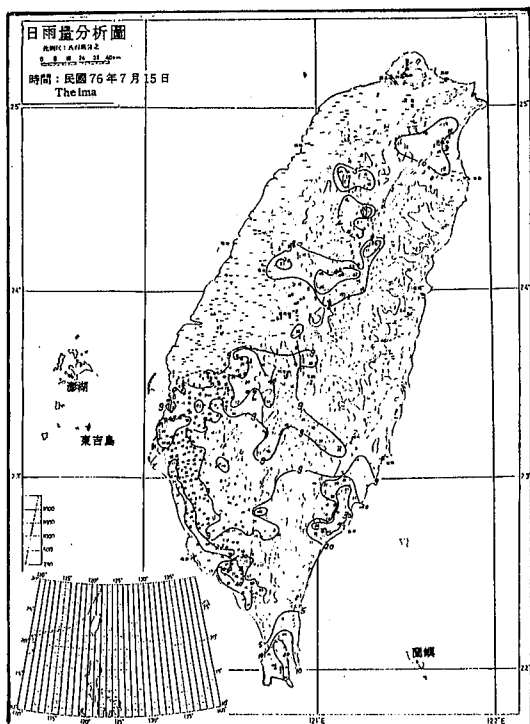


圖12：民國76年7月15日00時至24時賽洛瑪
颱風侵台期間各地日雨量（mm）分佈圖

Fig 12 : Daily rainfall (mm) distribution
on Taiwan in July 15 (00-24 L),
1987 during Typhoon THELMA'S
passage.

。故於7月11日上午晉升為中度颱風。隨後其強度於7月11日12時竟達強烈颱風。然而強烈狀態並未持續太久。僅數小時的光景，即降為中度颱風。

2.賽洛瑪颱風之路徑甚為奇特。大體上說，其路徑有如兩條互相垂直的直線。原來是西進的路徑。在呂宋島東方約550公里處突然大幅轉折為北上路徑。轉折之突然與轉幅（約90度）之大，實屬少有。造成此種奇特路徑之原因與其行進期間大環境氣壓場形勢之變遷有密切的關係。換言之，欲瞭解或預測颱風之路徑，除需瞭解大氣旋渦本身所受之各種作用力之基本原理外，更應瞭解其存在與行進期間其週圍之大環境氣壓形勢之變遷及其與之交互作用之影響。

3.賽洛瑪颱風於7月13日20時左右抵達本省恒春東方約500公里之海面上。其後仍繼續北上。直至14日14時離開本省，僅有邊緣擦過本省之東北角。因而本省之受災情況並不嚴重。僅在東北角及其他零星地區有少許路段坍方及災民圍困而已。因而本省其他各地均稱平安無事。

4.各種颱風客觀路徑預報方法之校驗結果顯示：24小時預報以Hurran為最佳，本局與各鄰近氣象機構或國家在颱風路徑預報之準確率之比較顯示：RJTD為最佳，本局居第四，JTWC則居末位。

本颱風報告由張顧問霖澤撰寫。

誌 謝

本報告蒙科技中心王主任時鼎先生指正，特申最大之謝意。

表一：賽洛瑪颱風警報發布一覽表

Table 1 : Typhoon THELMA Warnings issued by CWB 民國 76 年 7 月

警報種類	次 序		資 料 時 間			中 心 位 置	發 布 時 間			警 戒 地 區	
	號	報	月	日	時		日	時	分	海 上	陸 上
海 上	1	1	7	11	08:00	17.9/131.4	11	10	00	台灣東部海面、巴士海峽	—
"		1-1		"	11:00	18.0/130.8		12	00	"	—
"		2		"	14:00	17.9/130.2		15	15	"	—
"		2-1		"	17:00	18.0/129.6		18	00	"	—
"		3		"	20:00	18.0/129.0		20	50	"	—
"		3-1		"	23:00	18.0/128.5		23	45	"	—
"		4	7	12	02:00	17.9/128.1	12	04	20	"	—
"		4-1		"	05:00	17.9/127.4		06	00	"	—
"		5		"	08:00	17.8/127.2		09	35	"	—
"		5-1		"	11:00	17.7/127.2		12	10	"	—
"		6		"	14:00	17.8/127.0		15	35	"	—
"		6-1		"	17:00	17.9/126.8		18	05	"	—
海上陸上		7		"	20:00	18.1/126.5		21	10	"	花蓮、台東及恒春地區
"		7-1		"	23:00	18.4/126.2		23	55	"	"
"		8		13	02:00	18.8/126.1	13	04	10	"	"
"		8-1		"	05:00	19.1/126.0		05	50	"	"
"		9		"	08:00	19.9/125.9		08	55	"	花蓮、台東、恒春及 宜蘭地區
"		9-1		"	11:00	20.5/125.9		11	59	"	"
"		10		"	14:00	20.8/125.9		15	55	台灣東部海面、北部海面 及巴士海峽	"
"		10-1		"	17:00	21.6/125.9		17	40	"	"
"		11		"	20:00	22.2/125.6		21	50	台灣東部海面、北部海面、 台灣海峽北部及巴士海峽	台灣北部（苗栗以北） 東北部及東部地區
"		11-1		"	23:00	22.6/125.5		23	55	"	"
"		12		14	02:00	23.3/125.5	14	04	00	"	"
"		12-1		"	05:00	24.0/125.4		06	25	同 上	台灣北部、東北部、 東部及馬祖地區
"		13		"	08:00	24.9/125.1		09	25	台灣東部海面、北部海面、 馬祖海面及台灣海峽北部	台灣北部及東北部 （基、宜）
"		13-1		"	11:00	25.5/124.9		12	05	"	"
"		14		"	14:00	25.9/124.8		15	35	"	"
"		14-1		"	17:00	26.5/124.9		18	00	"	"
海 上		15		"	20:00	27.1/124.9		20	55	台灣北部海面及東北部 海面	—
"		15-1		"	23:00	27.8/124.9		23	45	"	—
解 除		16		15	02:00	28.3/124.9	15	04	10	—	—

表二：賽洛瑪颱風侵台期間本局所屬各測站重要氣象要素統計表

Table 2 : The weather elements from CWB'S stations during THELMA passage

76年7月

測 站	最低氣壓(mb)		瞬 間 最 大 風 速 (m/s)				最大風速 (m/s)		強風 (10m/s以上)		最 大 降 水 量 (mm)			降 水 總 量 (mm)			
	數 值	日 時 分 (L)	風 向	風 速	日 時 分	氣 壓	氣 溫	濕 度	風 向	風 速	日 時 分	一小時 內 值	日 時 分 至 日 時 分	十分 鐘 內	日 時 分 至 日 時 分	數 量	日 時 分 至 日 時 分
彭佳嶼	995.3	14.05.41	WNW	15.0	14.10.01	996.3	28.0	89	WNW	6.8	14.12.30	27.5	14.13.00-14.14.00	10.5	14.13.40-14.13.50	62.1	13.07.50-14.21.00
基 隆	995.0	14.06.30	N	20.0	14.05.47	995.1	26.4	93	N	13.2	14.05.50	45.0	14.05.00-14.06.00	15.8	14.05.11-14.06.00	15.8	14.05.11-14.05.21
鞍 部	904.8	14.14.25	NNW	24.3	14.14.35	905.1	22.2	100	NNW	18.2	14.14.32	14.9	14.18.07-14.19.07	8.1	14.06.50-14.07.00	78.7	13.07.26-14.21.38
竹子湖	996.0	14.14.22	NW	17.4	14.15.24	996.5	22.5	98	NNW	6.2	14.16.00	13.7	14.18.02-14.19.02	4.0	14.13.05-14.14.05	108.4	13.07.15-14.21.00
台 北	995.3	14.05.41	WNW	15.0	14.10.01	996.3	28.0	89	WNW	6.8	14.12.30	27.5	14.13.00-14.14.00	10.5	14.13.40-14.13.50	62.1	13.07.50-14.21.00
新 竹	996.0	13.15.50	NNE	11.6	13.14.38	996.2	31.0	75	NNE	8.0	13.12.00		／		／	6.4	14.05.06-14.20.50
台 中	995.0	13.17.39	N	10.4	13.18.13	995.2	30.7	76	NNE	4.4	13.18.20	13.2	14.07.10-14.08.01	9.0	14.07.45-14.07.55	18.7	13.15.52-14.18.10
梧 棲	995.8	13.17.00	NNE	20.8	13.15.27	995.7	31.5	77	NNE	14.5	13.14.53	17.0	14.05.40-14.06.40	6.5	14.06.00-14.06.10	26.8	13.12.25-14.06.10
日月潭	887.8	14.03.50	W	9.8	14.10.30	890.8	21.0	96	S	5.0	14.20.10	15.2	14.10.20-14.11.20	6.0	14.10.25-14.10.35	23.9	13.10.20-14.19.30
嘉 義	994.5	13.15.20	NNW	12.5	14.7.14	998.2	27.4	88	NE	7.1	14.16.10	12.3	14.15.48-14.16.48	5.0	14.16.18-14.16.28	19.3	13.15.30-14.18.10
阿里山	754.6	14.02.10	NNW	13.3	14.12.40	756.5	15.4	97	NNW	5.2	14.20.00	4.1	14.10.40-14.11.40	2.4	14.11.20-14.11.30	18.8	13.16.10-14.20.15
玉 山	302.3	14.02.00							NNW	13.3	14.13.00	8.0	14.10.00-14.11.00	2.4	14.11.00-14.11.10	35.1	13.09.30-14.21.00
台 南	995.3	13.16.30	N	15.6	14.11.40	999.1	30.7	73	N	9.9	14.11.40	2.5	14.15.15-14.15.50	1.5	14.15.25-14.15.35	8.2	13.16.03-14.15.50
高 雄	994.8	14.02.12	WNW	16.0	14.02.22	994.8	27.8	98	WNW	10.3	14.02.40	52.5	14.00.40-14.01.40	14.5	14.01.10-14.01.20	108.9	13.10.18-14.14.17
恒 春	995.8	13.17.10	NW	19.8	14.09.36	998.6	24.9	88	NW	8.6	14.09.40	73.5	14.04.07-14.04.07	18.4	14.04.26-14.04.36	97.9	13.05.50-14.05.40
澎 湖	996.2	13.14.47	NNE	11.5	13.10.36	999.1	31.2	79	NNE	7.0	13.17.10	2.5	14.06.38-14.07.30	2.3	14.00.40-14.00.50	5.5	14.00.10-14.08.35
東吉島	996.1	13.15.10	NW	20.5	14.01.50	997.8	26.7	94	NW	17.2	14.01.46	0.2	14.07.28-14.07.50	0.2	14.07.28-14.07.38	0.2	14.07.28-14.07.50
宜 蘭	994.1	14.14.26	W	11.9	14.11.27	994.5	29.0	80	WNW	6.5	14.11.30	9.0	14.6.30-14.07.30	4.3	14.07.05-14.07.15	25.4	13.12.50-14.20.40
蘇 澳	993.2	14.13.00	W	17.7	14.11.05	993.9	28.1	80	W	11.0	14.15.00	11.4	14.14.05-14.15.05	5.8	14.14.20-14.14.30	39.5	13.07.40-14.18.20
花 蓮	992.0	14.04.00	NE	13.0	13.20.15	993.1	29.2	75	NE	5.6	13.20.30	5.5	13.08.40-13.09.40		／		
成 功	991.8	14.07.00	NNE	13.8	13.14.30	994.4	30.7	73	NNE	8.5	13.14.40	3.2	13.07.54-13.08.50	2.2	13.09.27-13.09.37	5.6	13.07.54-14.20.50
台 東	992.4	14.09.00	NW	7.2	13.16.21	995.2	28.7	86	WNW	4.3	13.16.30	6.9	13.16.10-13.16.50	4.0	13.16.10-13.16.50	4.0	13.16.15-13.16.25
大 武	990.7	14.07.45	S	15.1	14.14.31	993.7	30.3	66	S	7.0	14.15.10	1.2	13.07.50-13.08.50	0.4	13.08.23-13.09.33	2.3	13.07.45-14.16.40
蘭 嶼	993.4	14.09.30	WSW	36.8	14.14.27	994.5	27.0	85	WSW	26.3	14.14.40	23.7	13.06.00-13.07.00	10.6	13.06.40-13.06.50	37.3	13.02.07-13.04.33

表三、賽洛瑪颱風最佳路徑資料紀錄表（76年7月）

Table 3 : The best track positions of typhoon THELMA

日 期		中 心 位 置		中 心 氣 壓 MB	移 動 方 向 DEG	移 動 速 度 KTS	最 大 風 速		暴風半徑 (KM)	
日	UTC	北 緯	東 經				持 續 風 KTS	陣 風 KTS	七 級 30KTS	十 級 50KTS
09	00	16.0	142.4	—	295	18	50	60	130	90
	06	16.2	141.2	990	290	17	50	65	130	90
	12	16.4	139.8	985	290	14	55	70	130	30
	18	16.6	138.4	980	275	12	55	70	130	30
10	00	17.0	136.9	975	285	14	80	100	180	50
	06	17.5	135.5	970	290	14	85	105	200	60
	12	17.8	134.0	960	285	15	90	110	210	70
	18	17.9	132.5	960	280	14	95	115	180	85
11	00	17.9	131.2	950	275	13	105	130	150	65
	06	17.9	130.1	935	280	12	110	135	150	70
	12	17.9	128.9	915	270	12	120	—	200	90
	18	17.7	128.1	915	270	9	120	145	200	90
12	00	17.7	127.4	918	260	7	120	145	160	70
	06	17.9	127.1	920	260	6	115	140	165	70
	12	18.3	126.7	920	310	6	105	130	160	70
	18	19.0	126.5	930	310	5	100	125	150	70
13	00	20.1	126.2	940	350	8	90	110	140	60
	06	21.2	126.0	955	355	10	85	105	135	55
	12	22.2	125.6	950	345	11	75	90	250	100
	18	23.4	125.5	950	360	12	75	90	250	100
14	00	24.8	125.1	950	350	13	85	105	135	55
	06	26.0	124.9	950	355	13	85	105	135	55
	12	27.3	124.9	950	360	14	85	105	270	105
	18	28.3	124.9	950	360	13	80	100	260	90
15	00	29.9	125.5	950	020	12	80	100	120	45
	06	31.9	126.3	955	025	18	75	90	130	45
	12	34.4	127.2	955	020	24	70	85	230	80
	18	36.8	128.2	980	020	24	60	75	200	55

表四：8705 號颱風 THELMA 各種客觀預報法預報 24 小時之位置誤差校驗表（76 年 7 月誤差單位（km））
 Table 4 : 24 hours forecasting error verification for different objective prediction method
 (July, 1987. Error unit : km)

日 期		BEST TRACK			ARAKAWA			HURRAN			CLIPER			CWB-81			PC		
日	時	N	E	誤差	N	E	誤差	N	E	誤差	N	E	誤差	N	E	誤差	N	E	誤差
9	00	16.0	142.4																
	06	16.2	141.2																
	12	16.4	139.8																
	18	16.6	138.4																
10	00	17.0	136.9	18.8	18.8	137.3	202	18.2	136.9	132	17.5	138.0	128	18.6	136.5	181			
	06	17.5	135.5	19.3	19.3	135.5	198	19.0	136.1	177	18.2	136.7	147	18.7	135.7	134			
	12	17.8	134.0	19.5	19.5	134.7	201	18.8	134.3	114	18.7	135.3	168	18.5	134.2	80	18.9	135.3	182
	18	17.9	132.5		19.1	133.9	197	17.6	133.2	80	18.8	134.1	194	17.3	133.9	161	18.3	134.4	204
11	00	17.9	131.2		19.1	131.8	146	18.5	130.8	78	18.4	131.9	92	18.3	130.6	77	18.3	131.5	54
	06	17.9	130.1		18.8	130.9	130	19.5	130.4	179	19.2	130.7	156	19.7	130.6	198	19.3	130.5	160
	12	17.9	128.9		19.6	129.0	187	19.1	128.7	134	19.1	129.0	132	19.3	128.3	166	19.5	129.3	181
	18	17.7	128.1		19.8	127.4	242	18.6	127.4	123	19.2	127.5	179	18.6	126.8	168	19.1	127.4	171
12	00	17.7	127.4		18.6	129.0	194	18.4	127.2	80	19.0	127.4	143	18.0	126.9	62	18.8	127.6	123
	06	17.9	127.1		19.2	124.9	270	18.3	125.7	153	18.7	126.1	137	18.1	125.7	148	18.7	125.4	198
	12	18.3	126.7		19.7	123.5	367	18.7	124.4	244	18.8	124.9	196	18.6	124.4	242	18.9	124.3	259
	18	19.0	126.5		19.5	123.6	306	17.1	124.1	327	17.7	124.4	262	17.5	124.4	275	18.5	123.8	287
13	00	20.1	126.2		18.9	124.0	264	17.0	124.2	400	17.5	124.9	316	17.1	124.7	365	18.0	124.4	297
	06	21.2	126.0		19.4	124.7	239	19.0	125.1	259	18.3	124.5	354	18.5	125.3	306	18.7	124.5	316
	12	22.2	125.6		18.9	123.9	389	19.6	124.2	308	19.3	123.6	359	19.3	124.9	324	19.4	124.4	323
	18	23.4	125.5					21.6	124.4	216	21.0	124.	280	21.4	124.7	229	20.9	124.4	288
14	00	24.8	125.1		23.3	125.1	165	23.7	126.5	158	22.7	125.7	235	24.1	121.5	271	22.9	125.0	209
	06	26.0	124.9		24.6	124.2	162	24.3	124.5	189	23.6	123.5	282	25.0	125.3	113	25.0	125.0	110
	12	27.3	124.9		27.2	124.0	89	26.1	124.4	141	30.4	122.3	423	26.8	124.5	68	26.8	124.8	60
	18	28.3	124.9		28.1	124.0	90	27.5	125.0	89	31.5	122.2	436	28.1	125.4	53	28.1	125.4	53
15	00				30.3	123.8		30.4	123.8		32.7	121.4		31.5	124.5		30.5	125.3	
	06				30.8	122.9		30.0	123.9		30.6	123.0		31.0	124.4		31.3	125.1	
平 均 誤 差					4038/19 213			3581/20 179			4619/20 231			3621/20 181			3479/18 193		

表五：8705號颱風THELMA各氣象機構24小時預報位置誤差校驗表（76年7月誤差單位（km））
Table 5：24 hours forecast error for 5 institutes（July, 1987. Error unit: km）

日 期		BEST TRACK			CWB			JTWC			RJTD			BABT			RPMM-		
日	時	N	E		N	E	誤差	N	E	誤差	N	E	誤差	N	E	誤差	N	E	誤差
9	00	16.0	142.4																
	06	16.2	141.2																
	12	16.4	139.8																
	18	16.6	138.4																
10	00	17.0	136.9		17.8	137.3	98	19.3	137.3	256									
	06	17.5	135.5		18.5	136.0	122	20.0	135.6	275	18.0	135.0	55	19.0	136.0				
	12	17.8	134.0		19.0	134.6	146	19.2	135.1	192	17.5	134.0	33	19.0	135.5	205			
	18	17.9	132.5		19.1	133.5	168	18.2	134.7	232	17.5	132.5	44	18.6	134.2	194			
11	00	17.9	131.4		19.0	131.6	123	19.6	132.2	205	18.0	131.5	15	18.6	131.4	77	18.2	134.2	
	06	17.9	130.1		19.0	130.2	121	20.2	131.5	292	19.0	130.0	121	19.1	130.6	142	18.8	130.3	101
	12	17.9	128.9		19.3	128.4	163	20.8	129.3	322	19.0	128.0	153	19.8	129.7	225			
	18	17.7	128.1		19.6	126.8	249	20.2	127.5	282	19.0	127.0	183	19.6	127.8	211			
12	00	17.7	127.4		19.0	127.0	149	20.8	127.2	342	19.0	126.0	205	19.2	127.2	166	18.2	125.6	196
	06	17.9	127.1		19.1	125.7	197	19.8	126.0	238	18.5	125.5	180				18.3	125.4	183
	12	18.3	126.7		19.1	124.3	265	19.3	124.6	245	19.0	124.0	292	19.2	125.1	194	18.8	124.8	206
	18	19.0	126.5		18.7	123.9	273	18.8	124.6	199	18.5	125.0	118	18.9	124.9	167			
13	00	20.1	126.2		18.2	124.0	310	17.7	124.5	218	18.0	125.0	262	18.0	125.0	262	18.2	124.1	302
	06	21.2	126.0		18.2	124.4	369	17.6	124.2	438	18.0	124.5	385	18.2	124.4	369			
	12	22.2	125.6		19.9	123.4	310	19.9	124.7	263	18.5	124.0	428	19.3	125.1	322			
	18	23.4	125.5		21.1	124.1	276	20.3	124.6	348	21.0	124.0	289	20.3	124.3	354	20.5	124.0	340
14	00	24.8	125.1		22.2	123.9	300	23.3	125.9	175	24.5	125.0	34	24.4	126.4	103			
	06	26.0	124.9		24.2	124.2	204	26.2	126.1	84	25.0	125.0	110	24.4	125.6	183			
	12	27.3	124.9		25.9	123.7	194	26.7	125.1	70	26.5	124.5	96	26.1	132	154	25.1	124.9	242
	18	28.3	124.9		27.4	122.9	218	28.5	126.4	147	29.0	126.5	173	28.8	126.0	120	28.0	124.6	44
15	00				29.8	122.6		30.0	126.7		32.0	129.0		30.5	126.1		—	—	
	06				30.2	125.0		31.4	127.2		32.0	127.0		30.7	124.9				
平 均 誤 差					4255/20 213			4823/20 241			3176/19 167			3448/17 203			1614/8 202		

REPORT ON TYPHOON THELMA OF 1987

Research & Development Center
Central Weather Bureau

ABSTRACT

THELMA, the first super typhoon in the western North Pacific, was also the first one to attack Taiwan in 1987. It originated over the vast southeast oceanic area of Guam, and was upgraded to typhoon at 111200Z July.

The track of THELMA was rather peculiar due to its unusual shape of route. It moved steadily west-northwestward to a position 550 km east of northern Luzon, and there made a sharp turn toward north. Afterwards it kept on moving along the 125.5°E longitude until it arrived at the high latitude area and there mixed into the extra-tropic cyclone over the north Japan sea.

THELMA didn't hit Taiwan directly during its movement by-passed east of Taiwan so that no severe damage reported, but only some minor roadway-cuts at the northeast conner of this island.

Currently CWB used six different typhoon objective predicting methods to predict the typhoon tracks. However, each of them was not very accurate. Among them, the Hurran method was the best one in this case.

Key words: Objective prediction, Best track

民國七十六年北太平洋西部颱風總報告

中央氣象局科技中心

摘 要

七十六年 (1987) 北太平洋西部一共出現了24個颱風。其中有六次超級颱風；有四次颱風，雖然範圍不大，但強度却很強，風力都在70哩以上。本年颱風期很長，從元月到十二月都出現強度可觀的颱風。本年颱風對台灣造成不小的災害，多發生在秋季。

關鍵詞：超級颱風

一、總 述

本年北太平洋西部共出現了 24 個颱風如表一所示。這些颱風發生地點的分布大部份集中在東經 130 度到 145 度，北緯 10 度到 15 度之間 (圖一)，與氣候值分布很近似。颱風發生的時間雖然縱跨一年，但仍以七到九月居多數 (圖二)。

唯一必須提出的是十一月份出現的颱風共有三

個，而竟有超級強烈颱風妮娜。

本年颱風的強度在氣候記錄上算是偏強的一年。表二為 1947 - 1986 四十年的各季級颱風統計，其中平均年值為 26.9，強烈颱風平均值為 3.2 個，而今年共出現 11 個。

圖三為近三年 (1985、1986、1987) 各季級颱風比較。三年來總數變化不大，但強烈颱風顯著超過前二年。本年颱風運動如圖四。

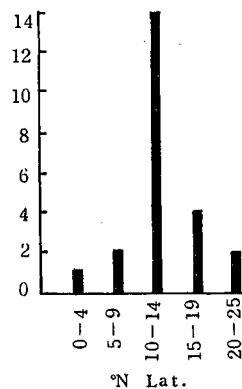
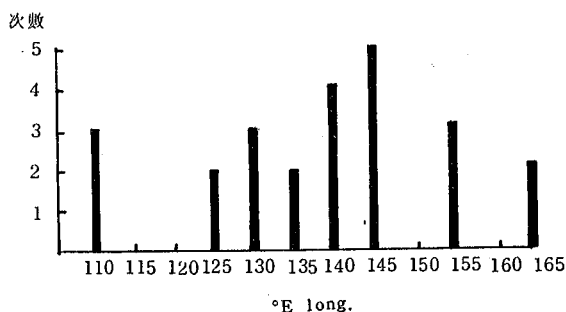


圖 1：1987 年颱風生成區域經緯度統計

Fig. 1: A distribution of Typhoon's formation location in 1987 by 5° degrees Average.

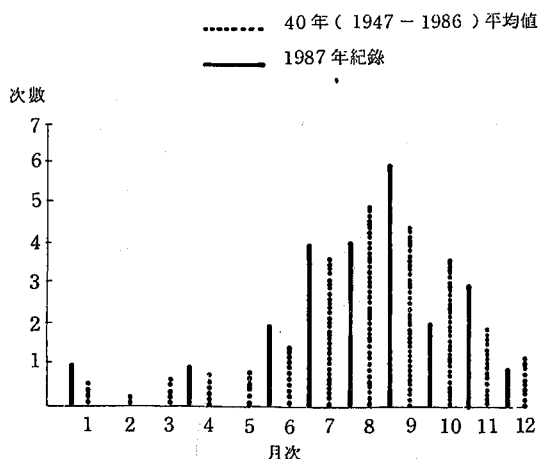


圖 2：逐月颱風次數圖

Fig. 2: Monthly frequency of 1987 Typhoons.

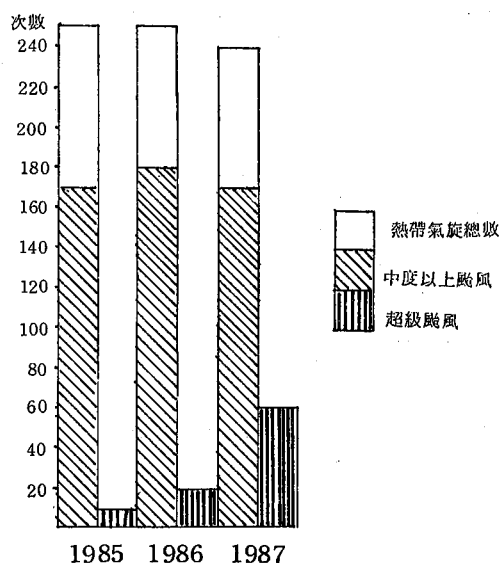


圖 3：最近三年颱風強度比較

Fig. 3: A Comparison of Intensity of 1987 Typhoons with its previous 3 years

二、本年颱風實況

1. 一月至六月

本年颱風從一月份歐凱特揭開序幕。歐凱特 (8701) 規模極小。在菲律賓東方未受制於東北季風，

而在冬季的北太平洋西部穩定西移。該颱風具有 100 kts 最大陣風，曾在一些小島上造成災害。歐凱特為本年第一個侏儒米颱風。以後四月裡的珀西颱風也是小颱風，幾經掙扎，仍到不了呂宋島。第三號颱風魯絲 (8703) 是短命颱風，在南中國海未成氣候，但其為是六月熱季的第一號颱風則不成問題。本年第四號颱風斯碧瑞是今年第二個侏儒颱風，而且也是第一個成拋物線形堂堂進入中緯度的颱風。

2. 七月裡的颱風

七月裡一開始即為超級強烈的賽洛瑪颱風 (8705)。這颱風開始穩定西向，到呂宋島東方時，幾經盤桓，轉向北方。轉向問題，頗困擾預報人員。事實上，數值預報能指示轉向跡象時，天氣圖上也觀察到了。賽洛瑪在襲擊南韓時，曾造成上億財物損失及數百人命喪亡。七月第二個颱風為費南 (8706)。因為緊跟在超強之後，既小又弱。其後為本年第三個侏儒颱風魏恩 (8707) (圖五)，發生後，即有清楚的颱風眼，而且連續四天以 294 度方向行進，魏恩在轉向風力達 125 哩/時。七月份最後一次颱風為亞力士颱風 (8708)，算是中度颱風。魏恩與亞力士兩個颱風曾同時存在成為本年西太平洋區第一次的多颱風並立形勢。

3. 八月裡的颱風

8709 號颱風貝蒂為本年第二個超級颱風，具有最低海平面氣壓 (891mb) 紀錄，而且突然降低，致使在登陸菲律賓時造成極大災害。凱瑞 (8710) 與貝蒂 (8709) 及 8711 號黛納三個颱風同時間存在為今年首次三颱風並立現象。凱瑞與貝蒂都西行向越南登陸，黛納則在台灣東方海面轉向北。黛納破壞性極強，在琉球與日本造成災害。艾德 (8712) 是不成形的輕度颱風，為本月最後一次。

4. 九月份颱風

九月裡一開始即出現三颱風並立現象，(圖六) 此即 8713 號芙瑞達，8714 傑魯得，8715 郝麗。芙瑞達路徑怪異，西進 10 個經度，却北行 25 個緯度，而且從西進改為北進，幾乎是九十度轉向。傑魯得的特別是颱風眼特別大，而且一直伴隨季風槽。超強郝麗也是季風槽內產物，路徑彎彎曲曲。以

* 侏儒 (midget)，意為具有堅實的颱風雲系結構，風力強大，而半徑很小。

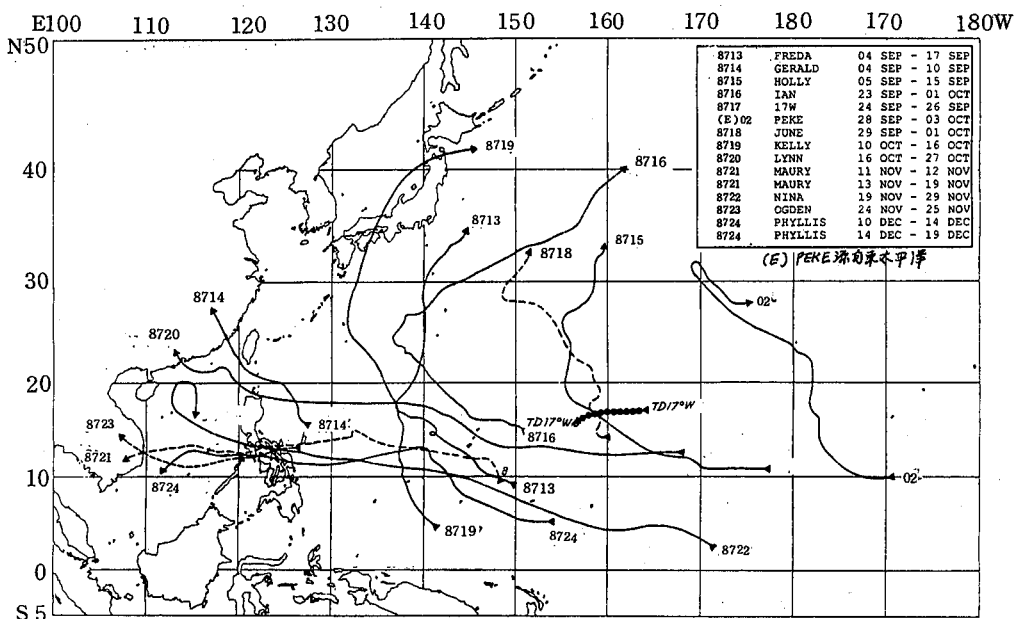
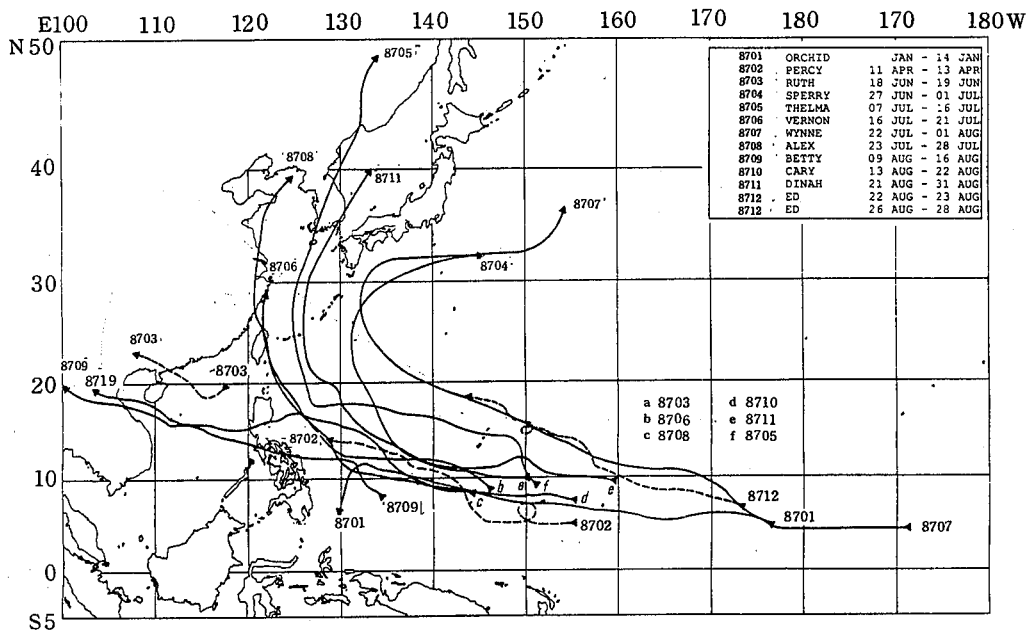


圖4：上：一月到八月颱風運動圖

下：九月到十二月颱風運動圖

Fig 4. Typhoon Tracks top (Jan-Aug)
bottom(Sept-Dec)

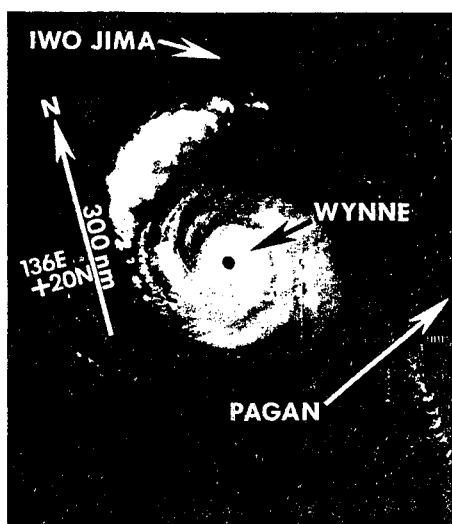


圖 5：“侏儒颱風”一例（錄自關島颱風報告）

Fig. 5 : Midget Typhoon Wynne near maximum intensity. Note the Well-defined 15 nm (28 km) eye (261815 Z July NOAA infrared imagery)

(after Guam Typhoons report 1987)

上三颱風以後，有幾天平靜，然後又來了伊恩（8716），該颱風越過 25°N 後，即循副熱帶高壓北緣東移。佩凱（8717）為東太平洋移入颱風在中太平洋掙扎不久即消失。佩凱能從東太平洋活到西太平洋，這是過去 20 年罕見之事。8718 號裘恩為九月最後一次颱風，裘恩與伊恩與佩凱造成本年第三次三颱風並立颱風。

5. 十月份颱風

凱立（8719）與琳恩（8720）為十月份兩個主要颱風。前者因季風槽在低緯度再建立而產生，走向也是偏北。琳恩極強，有 898mb 最低氣壓，也有 140kts 最大陣風。特別要提出琳恩在台灣造成 54 人死亡，並帶來豪雨，造成台北市東區水災，損失慘重。（表三）。

6. 十一月至十二月

8721 號颱風為莫瑞，為西行颱風，穿過菲律賓入南海，以後路徑都一樣，8722 號妮娜為今年最後一次超級颱風，此颱風在西進加速途中顯著加強，非常引人注意。8723 號奧克頓是迷你颱風，

而費莉絲（8724）颱風亦是最後一次所謂侏儒颱風。因為時序已入冬令，費莉絲消失後，赤道洋面又回復到季節性的平靜了。

三、本局警報概況

本年本局共發了七個颱風警報（表三）。有一個颱風僅發海上警報，其餘的都發了海陸警報。警報時間最長的為十月裡的琳恩颱風，共維持了 113 小時警報時間。最短為亞力士，計為 54 小時。今年警報日海上共 23 日，陸上 14 日，見表三。

四、本年颱風特點

- (一) 本年有一次颱風發生於東太平洋，而後在西太平洋成長成中度颱風。成為 1967 年以來的新紀錄。
- (二) 本年共出現三次三颱風並立現象，第一次為貝蒂（8709）凱瑞（8710）及黛納（8711）；第二次為美瑞達（8713），傑魯德（8714）及郝麗（8715），第三次為伊恩（8716），佩凱（8717）及裘恩（8718）。（圖六）
- (三) 有四次颱風範圍都不大，但強度很強，美海軍命名為“midget”，意為侏儒型颱風。（圖六）

五、天氣與災害

本年颱風造成災害以傑魯德與琳恩最為顯著。傑魯德穿過巴士海峽，到達恆春南方，造成迴風，使恆春地區農作大量受損。此外，並以豪雨與強風，使南端地區海堤毀損，人畜傷亡。琳恩同樣穿過巴士海峽，北部豪雨成災，造成宜蘭地區 54 人死亡，損失不貲。見表四、五。

六、結 論

民國 76 年颱風狀況大致都接近平均。但今年有四次超級颱風與許多小範圍的侏儒颱風，并且直到十一月仍有超級颱風出現，似乎表示赤道地區一直到冬初對流仍非常旺盛。圖七示 1987 年十一月赤道太平洋之海溫及長波輻射量分布圖，前者表示海溫在十一月份仍偏高，後者則表示該赤道區對流旺盛。

本颱風報告由鄭技正俠執筆

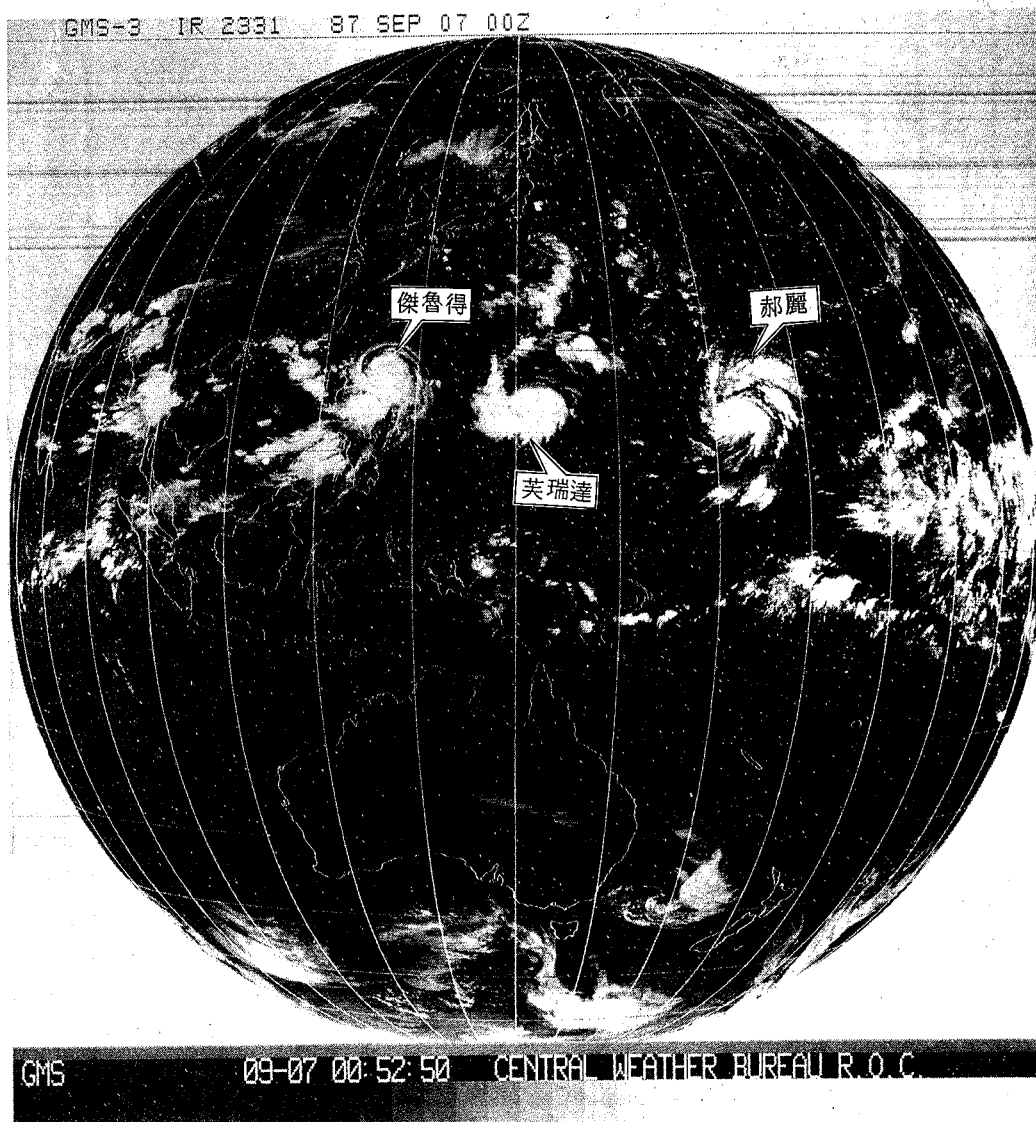
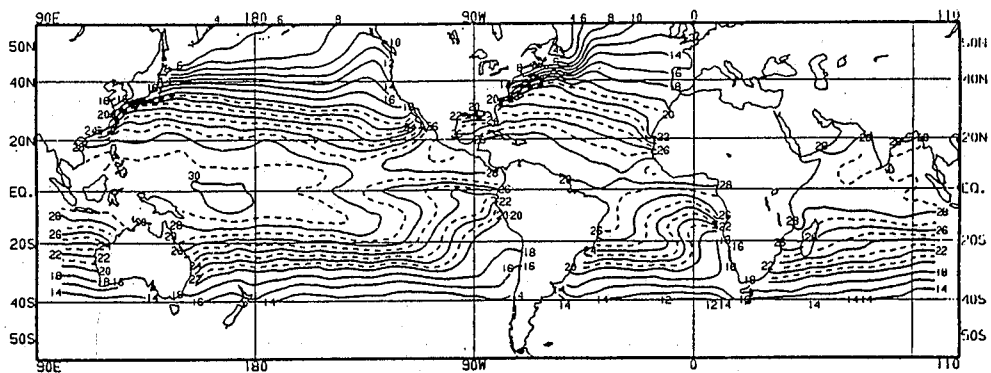
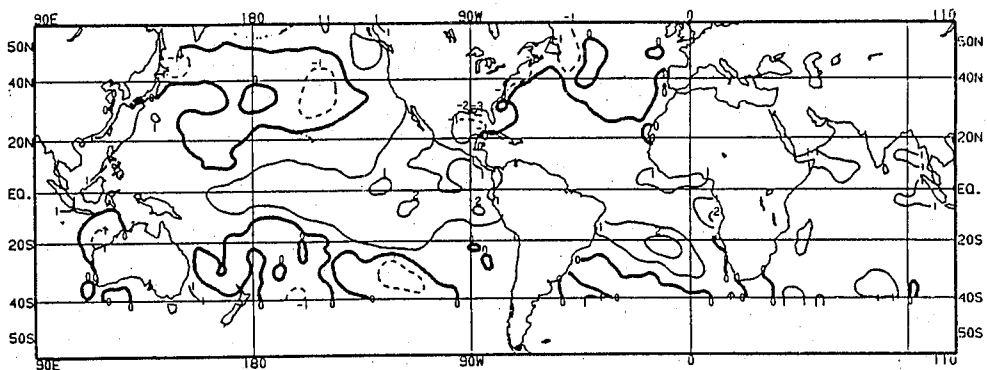


圖 6：本年三颱并立現象之一

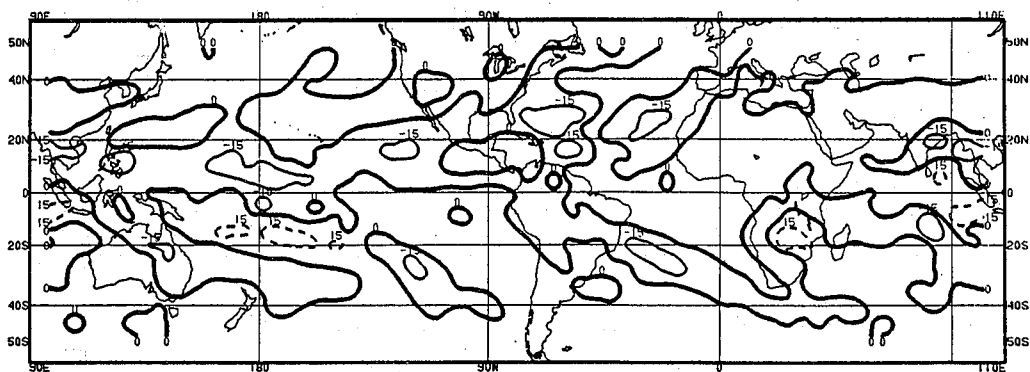
Fig. 6: One of three 3-storm situation



a- SEA SURFACE TEMPERATURE, NOV 1987 (blended analysis) on a 2.5° grid. Contour interval 2°C . Temperatures $>20^\circ\text{C}$ are contoured every degree with odd contours dashed.



b- SEA SURFACE TEMPERATURE ANOMALIES, NOV 1987. Anomalies are computed as departures from the COADS/ICE climatology (CNC Climate Diagnostics Bulletin, September 1986). Contour interval 1°C with negative anomalies dashed.



c- OUTGOING LONGWAVE RADIATION ANOMALY, NOV 1987. Anomalies are computed as departures from the 1974-1983 base period mean (1978 missing). Contour interval 15 W m^{-2} . Positive anomalies are dashed.

圖 7 : a.十一月熱帶海面海水溫度 b.海溫距平值 c.長波輻射圖

表一：民國七十六年北太平洋西部地區颱風網要表

Table 1: The summary of Typhoons information in 1989 in Western North Pacific

月 份	當 月 次 序	本 年 編 號 (公 元)	颱 風 名 稱	本局檔案中之颱風 生 命 期	JTWC檔案中之生命期(以Z時 為準,月略)			(本局 夫)生 命 期	強 度
					輕度颱風	中度以上	超強颱風		
1	1	8701	Orchid 歐凱特	010900 Z-011400 Z	0812-1318	1006-1212		4	強
4	1	8702	Percy 珀 西	041103 Z-041200 Z	1100-1112			1	輕
6	1	8703	Ruth 魯 絲	061818 Z-061900 Z	1818			1	輕
6	2	8704	Sperry 斯碧瑞	062700 Z-070200 Z	2700-0106	2800-2912		5	中
7	1	8705	Thelma 賽洛瑪	070900 Z-071600 Z	0812-1600	0918-1512	1112	6	超
7	2	8706	Vernon 費 南	071818 Z-072206 Z	1706-2112	1918-2000		4	中
7	3	8707	Wynne 魏 恩	072206 Z-080100 Z	2206-0100	2400-2918		10	強
7	4	8708	Alex 亞力士	072306 Z-072812 Z	2306-2618	2512-2618		5	中
8	1	8709	Betty 貝 蒂	080900 Z-081700 Z	0900-1612	0918-1606	1106-1200	7	超
8	2	8710	Cary 凱 瑞	081300 Z-082300 Z	1300-2212	1500-2206		10	中
8	3	8711	Dinah 黛 納	082200 Z-083118 Z	2118-	2406-	2518-2600	9	超
8	4	8712	Ed 艾 德	082703 Z-082718 Z	2618-2700			1	輕
9	1	8713	Freda 芙瑞達	090506 Z-091903 Z	0506-1618	0618-1318		14	強
9	2	8714	Gerald 傑魯得	090506 Z-091100 Z	0418-1012	0700-1000		6	強
9	3	8715	Holly 郝 麗	090521 Z-091800 Z	0512-1418	0612-1306	0900-1006	13	超
9	4	8716	Ian 伊 恩	092400 Z-100418 Z	2318	2500-2912		10	強
9	5	8717	Peke 佩 凱	092812 Z-100306 Z	2212-0312	2418-0200		5	強
9-10	6	8718	June 裘 恩	092906 Z-092918 Z	2900-3012			3	輕
10	1			093000 Z (再生) - 100206 Z					
10	2	8719	Kelly 凱 立	101018 Z-101706 Z	1006-	1118-		7	中
10	3	8720	Lynn 琳 恩	101606 Z-102700 Z	1606-2700	1800-2500	2000-2100	11	超
11	1	8721	Mauzy 莫 瑞	111612 Z-111900 Z	1612-1812			3	輕
11	2	8722	Nina 妮 娜	111921 Z-112906 Z	1918-2906	2112-2812	2500-2518	10	超
11	3	8723	Ogden 奧克頓	112418 Z-112500 Z	2406-2500			1	輕
12	1	8724	Phyllis 費莉絲	121121 Z-121306 Z	1118-1218			9	中
				121412 Z (再生) - 122006 Z	1418-1900	1506-1706			

Ocean

滋生地點	成颱風地點		平均移速 (mm/h)	大風半徑(nm)		最低氣壓 mb	中心最大風速 kts	消失地點	熱帶低壓 生成時天氣圖	關鍵點			超強出現點		本局 警報
	°N	°E		34	50					°N	°E	描 述	°N	E	
加羅林群島	7.6	147.0	10.6	170	80	956	95	非島東海面	赤道槽	12	132	折南向			
加羅林群島	10.0	142.5	7.5	85		1000	40	非島東海面	信風斷裂						
東沙島西南海面	20.8	112.9	8.6	50		997	35	廣西境內							
雅浦島北方海面	12.5	137.4	11.3	90	45	981	75	日本東方海面	季風槽西伸						
關島東南海面	15.5	142.5	12.4	120	115	911	130	日本海	季風槽	17	128	折北向	17.5	128.5	√√
雅浦島北方海面	14.3	127.8	12	100	60	981	65	長江口	赤道槽						√√
馬紹爾群島	8.9	169.0	15.2	210	100	921	125	日本東方海面	越赤道氣流	31	133	折東向			
非島東方海面	10.7	132.8	12.9	100	50	976	65	黃海面	季風槽						√√
非島東方海面	10.1	132.2	8.9	135	105/20	891	140	中越邊界	季風槽				12.5	127.5	
非島東方海面	13.8	134.4	7.1	100	50	968	85	中越邊界	季風槽	17	125	折南向			√
加羅林東北海面	11.6	146.0	9.4	200	135/100/30	910	130	日本海	赤道槽				18.0	131.0	√√
馬麗亞納群島	15.6	147.7	打轉	30		998	35	非島東方遠海							
關島東南海面	13.2	143.2	打轉	150	100/100/30	916	85	日本東方海面	季風槽	17	137	折北向			
非島東方海面	16.5	126.1	緩移	120	60	937	105	福建內陸	季風槽						√√
馬紹爾群島北方	13.4	165.6	5.9	150	45	898	140	日本東方遠洋	季風槽	18	157	折北向	18.0	157.0	
馬麗亞納群島	16.3	145.5	5.1	120	80	933	110	琉球東方海面	季風槽	25	136	折東北向			
從東太平洋移入			7.3	90		1000	100	約32°N168°E							
馬爾庫斯島	24.3	155.0	12.6	40		997	40	日本東方遠海							
	28.1	149.2													
關島西方海面	14.5	138.8	8.2	180	120	950	95	日本海	副高異位(偏南)						
加羅林群島東北海面	13.3	155.2	8.6	280	160/100/55	898	140	南海	季風槽				17.0	142.0	√√
非島東方海面	12.8	116.2	緩移	70		1000	45	越南陸地							
馬紹爾群島西南方	4.5	158.8	13.2	190	135/100/30	991	145	香港海面	熱帶擾亂				13.0	124.0	
南海	12.3	110.1	10	35		891	45	越南陸地							
加羅林群島	11.6	141.0	8.7	200	85	997	100	南海	熱帶擾亂	13	140	折西南向			
	12.4	134.1													

表二：1947 年以來北太平洋西部各月颱風次數統計表

Table. 2 : Summary of typhoon occurrence in the western North Pacific since 1947

年份	1 月			2 月			3 月			4 月			5 月			6 月			7 月			8 月			9 月			10 月			11 月			12 月			全 年			
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III				
1947	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	1	1	1	3	0	0	2	2	1	4	2	0	6	4	1	3	3	0	1	1	0	22	14	4	
1948	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	3	1	0	4	1	1	8	2	0	6	4	2	6	1	0	3	2	0	2	1	0	37	14	3	
1949	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	6	2	1	3	2	0	5	3	2	3	1	1	4	1	0	2	1	0	25	11	4	
1950	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0	2	1	1	5	1	0	18	2	0	6	4	0	3	2	1	3	1	1	4	1	0	44	13	3	
1951	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2	1	0	1	0	0	1	1	0	3	1	0	3	2	1	2	2	1	4	3	1	1	1	0	2	2	0	21	13	3	
1952	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	1	3	1	1	5	2	0	3	3	1	6	5	0	3	3	2	4	3	0	27	20	5	
1953	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	1	1	1	1	1	6	5	2	4	1	1	4	4	0	3	1	0	1	1	0	23	16	5	
1954	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	5	3	1	5	5	1	4	3	0	3	3	2	1	0	0	21	16	4	
1955	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	2	1	0	7	5	0	7	3	1	3	3	0	3	2	0	1	1	0	1	1	0	28	19	1	
1956	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	1	0	0	0	0	1	0	0	2	2	0	5	4	1	6	5	3	1	1	0	5	5	0	1	1	0	24	20	5	
1957	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	4	2	0	5	5	1	4	3	0	3	3	0	0	0	22	18	2		
1958	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	1	0	3	2	0	7	6	1	5	3	1	5	3	1	3	3	0	2	2	0	2	0	0	31	21	3	
1959	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	6	4	3	4	3	1	4	3	1	2	2	1	2	2	0	23	16	7	
1960	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	3	3	1	3	2	1	9	8	3	4	0	0	4	4	0	1	1	0	1	1	0	27	21	6	
1961	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	3	2	1	3	1	0	5	3	1	3	3	2	7	5	2	4	3	0	1	1	0	1	1	0	29	20	6	
1962	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	2	0	0	0	0	5	4	1	8	8	2	3	2	1	5	4	1	3	3	0	2	0	0	29	24	5	
1963	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	4	3	0	4	3	1	3	3	0	5	4	1	4	4	0	0	0	3	1	0	24	19	2		
1964	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	2	2	0	7	6	0	6	3	0	7	5	0	6	3	0	6	3	0	1	1	0	37	25	0	
1965	2	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	2	2	1	3	2	1	5	4	1	7	4	1	6	3	0	2	2	0	2	1	0	1	0	0	34	18	3	
1966	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	2	0	1	1	0	5	3	0	8	6	1	7	4	2	3	2	0	2	0	0	1	1	0	30	20	4	
1967	1	0	0	0	0	0	2	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	6	5	1	8	4	1	7	4	0	4	3	1	3	3	1	1	0	0	35	22	4	
1968	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	3	2	1	8	6	0	3	3	2	6	5	0	4	4	0	0	0	0	27	23	3	
1969	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3	3	1	4	3	1	3	3	1	3	3	1	2	1	0	1	0	0	19	15	4	
1970	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	3	0	0	6	4	0	5	2	1	5	4	0	4	1	0	0	0	0	26	13	1	
1971	1	0	0	0	0	0	1	0	0	3	3	0	4	1	0	2	2	0	8	6	2	4	3	0	6	5	2	4	3	0	2	1	0	0	0	0	35	24	2	
1972	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3	1	0	5	5	0	5	3	1	5	4	0	5	4	0	2	2	0	3	2	0	30	23	1	
1973	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	4	1	5	2	0	2	2	0	4	3	1	3	0	0	0	0	21	11	2		
1974	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	3	1	0	5	2	1	5	2	2	5	3	1	4	4	1	4	2	0	2	0	0	32	15	3	
1975	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	4	1	5	4	1	5	3	1	3	2	0	0	0	20	14	3		
1976	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	2	2	0	2	2	0	4	2	0	4	1	1	5	4	0	1	1	0	1	1	0	2	0	0	25	16	1	
1977	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	3	2	2	0	1	5	2	0	4	3	0	1	1	0	2	2	0	19	11	3	
1978	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	3	0	1	4	3	0	7	3	1	5	4	0	4	3	1	3	1	0	0	0	28	15	3		
1979	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	4	2	0	2	2	2	6	3	0	3	2	0	2	1	0	2	1	0	23	13	2	
1980	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	2	0	1	0	0	4	3	1	2	2	1	6	5	1	4	2	0	1	1	0	1	0	0	24	15	2	
1981	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0	2	2	2	5	2	1	7	2	1	4	4	2	2	1	0	3	2	0	2	2	0	28	16	4	
1982	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	1	1	0	3	1	0	4	2	1	5	5	2	5	3	0	3	3	0	1	1	0	1	1	0	26	19	3
1983	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	2	1	5	2	1	2	1	0	6	4	0	4	2	0	0	0	23	11	2		
1984	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	5	4	1	5	2	3	4	1	0	7	5	0	3	3	0	1	1	0	27	16	5	
1985	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	2	1	1	1	1	8	6	1	5	3	1	4	3	1	1	0	0	2	1	0	26	17	5
1986	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	2	1	0	2	1	1	3	2	1	3	3	1	2	2	1	5	3	0	4	2	0	3	2	0	26	18	4	
總數	20	8	0	9	3	0	18	8	0	30	20	2	42	30	3	67	40	11	160	101	25	221	130	39	187	128	33	162	119	13	102	67	7	58	31	0	1076			
平均	0.5	0.2	0	0.2	0.1	0	0.5	0.2	0	0.8	0.5	0.1	1.0	0.8	0.1	1.8	1	0.3	4.0	2.5	0.6	5.5	3.2	1	4.7	3.2	0.8	4.0	3	0.3	2.5	1.7	0.2	1.4	0.8	0	26.9	17	3.2	
1987	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	1	0	4	4	3	4	3	2	6	5	1	2	2	1	3	1	0	1	1	0	24	18	7	

I 發生次數

II 中度以上

III 侵台颱風

表三：中華民國七十六年（公元1987）年中央氣象局颱風警報發布概況表

Table 3 : Typhoon Warnings record (1987)

〔*：表示侵台颱風〕

次 數	名 稱	編 號	生成地點	警報 種類	發布時間		解除時間	發布 報數	警報時間 最大中心風速 (公尺/秒)	登陸 地點	紀 動		要 害
					海	陸					態	災	
1	賽洛瑪 (THELMA)	8705	關島西北 方海面	海上 陸上	海上：7月11日 10時0分 陸上：7月12日 21時10分		陸上：7月14日 20時55分 海上：7月15日 4時10分	16	強 烈		形成後以西北西方轉西之方向行進，至呂宋島東方450公里海面上，轉向北西北移動，經宮古島及石垣島間轉北進入東海遠離。		
* 2	費南 (VERNON)	8706	呂宋島東 方海面	海上 陸上	海上：7月19日 15時15分 陸上：7月20日 4時30分		陸上：7月21日 21時40分 海上：7月22日 4時25分	11	中 度	彭佳嶼 至宜蘭 間	形成後以西北西方方向行進，經台灣東部海面後於21日下午經過台灣東北角陸地後，進入東海遠離（暴風圈掠過北部及東部）	引進西南氣流造成台南與高雄地區洪水成災，並有人員傷亡。	
* 3	亞力士 (ALEX)	8708	菲島東方 海面	海上 陸上	海上：7月25日 15時10分 陸上：7月25日 21時0分		陸上：7月27日 21時35分 海上：7月27日 21時35分	10	中 度	彭佳嶼 至宜蘭 間	在呂宋島東方海面以西北西方行進，至恒春東南方海面200公里處，轉向向北西北移動，於27日6時左右，在宜蘭頭城附近登陸，由基隆附近出海，從浙江南部登陸大陸（暴風圈掠過全省）	災情輕微，有人員傷亡及失蹤。	
4	凱瑞 (CARY)	8710	關島東方 海面	海上	海上：8月15日 9時40分		海上：8月19日 3時20分	16	中 度		在呂宋島東方海面以西北西方行進，至呂宋島近海打轉後，朝西移行通過呂宋島中部後進入南海。		
5	黛納 (DINAH)	8711	關島南南 東方海面	海上 陸上	海上：8月27日 15時15分 陸上：8月28日 9時25分		陸上：8月30日 8時30分 海上：8月31日 8時30分	12	強 烈		在呂宋島東方海面，以西北西轉西北方向行進，至宮古島東南方時，漸轉北，通過那霸與宮古島間後遠離。		
* 6	傑魯得 (GERALD)	8714	呂宋島東 方海面	海上 陸上	海上：9月7日 16時10分 陸上：9月8日 9時35分		陸上：9月10日 21時20分 海上：9月11日 3時55分	15	強 烈	未登陸	在呂宋島東方海面以西北轉北西北方向行進，經台灣西南部近海後，從金門東方登陸大陸。	南部及東部均有災情，其中尤以屏東縣最為嚴重，有人員傷亡及失蹤。	
* 7	琳恩 (LYNN)	8720	關島東方 海面	海上 陸上	海上：10月22日 16時5分 陸上：10月23日 9時55分		陸上：10月27日 9時50分 海上：10月27日 9時50分	20	強 烈	未登陸	在呂宋島東方海面以西北西方方向行進，經呂宋島北部近海後，在恆春西南方轉向北方緩慢移動，不久減弱為熱帶性低氣壓（暴風圈掠過南部）	受到颱風外圍環流及東北季風雙重影響，造成北部地區近年來最嚴重之洪水，尤其松山、南港、內湖、汐止一帶最嚴重，有人員傷亡及失蹤。	

表四：兩次颱風豪雨紀錄

Table 4 : Heavy Rainfall by Gerald and Lynn.

雨 量 (mm) 測 站	颱 風 名	傑 魯 得 颱 風					琳 恩 颱 風				
		6 日	7 日	8 日	9 日	10 日	23 日	24 日	25 日	26 日	27 日
彭 佳 嶼 695		16	2	6	19	44	8	68	110	18	3
鞍 部 691		98	61	221	251	82	275	696	225	149	79
竹 子 湖 693		180	86	208	209	84	336	1136	205	157	80
淡 水 690		19	3	35	79	43	103	314	41	44	5
基 隆 694		53	7	25	112	92	31	250	301	224	41
台 北 692		127	2	15	104	32	23	222	54	31	6
新 竹 757		11			15	8	3	73	6	1	1
宜 蘭 708		20	31	31	141	49	33	129	38	17	86
蘇 澳 706		2	28	118	202	96	22	92	78	65	251
台 中 749					2	16		7	3		
梧 棲 777					3	37		6	3		
花 蓮 699		8	36	92	123	40	33	246	100	5	
日 月 潭 765		1	1		11	25	2	14	7		
澎 湖 735					1	99		7	13		
阿 里 山 753		3	26		44	27	1	53	20	1	9
嘉 義 748		12	2		2	19	1	7	11		
東 吉 島 730								10	7		
新 港 761		24	9	33	279	31	59	278	61	25	3
台 南 741		5			7	107	2	12	26		
台 東 766				7	216	47	30	193	49	51	
高 雄 744		10			45	171	1	61	32		
大 武 754				4	266	99	32	250	56	77	44
蘭 嶼 762			14	24	128	24	39	74	3	2	
恆 春 759		5		4	348	54	24	215	12	13	7

表五：七十六年全年颱風重大災情統計表

Table 5: Important losses by Typhoon's attack.

年	月	日	颱風名稱	受災人數			房屋倒塌 (間)		堤防毀損	成災天氣
				死亡	失蹤	受傷	全	半		
76	7		賽洛瑪							
76	7		費南	3	1					
76	7	25-27	亞力士	1			1	25	嘉義、彰化部份堤防沖毀	台灣中南部山區暴雨
76	8	28-30	黛納							
76	9	8-11	傑魯得	7	4		271	1054	南太麻里溪堤防沖毀1500公尺、高雄海堤1000公尺	恆春9日一天雨量達1248公厘，同日最大陣風達49m/s
76	10	23-27	琳恩	54	9		254	277		北市豪雨成災，竹子湖24日雨量1,135公厘

七、參考文獻

- 劉復誠，1987：民國七十四年北太平洋颱風概述
氣象學報 V0133, No 1。
- 陳來發，1988：民國七十五年北太平洋颱風概述
氣象學報 V0134, No 2。
- 丁文中，1988：民國七十六年西太平洋颱風總述
氣象預報與分析 114 期。
- 鄭 俠，1989：台灣地區特異之自然季節變化。
氣象學報，V0135, No 2。
- J TWC, 1987：Annual Tropical Cyclones
Report

A GENERAL REVIEW OF TYPHOONS IN THE NORTH-WEST PACIFIC OCEAN IN 1987

Research and Development Center
Central Weather Bureau

ABSTRACT

There were a total of 24 Typhoons in the North-west Pacific Ocean in 1987. General speaking, both occurrence number and movement were in normal condition. However, the intensities of 6 supper typhoons were stronger compared to those of typhoons occurred, especially in the previous years, especially in the recent 2 years. The turbulent clouds observed within most of typhoons also displayed the tropical feature. The damage caused by the winter typhoons was seemingly correspondent to the experience of overlap of different seasons.

附錄：1987 颱風之最佳路徑資料

Appendix: The best tracks of Typhoon in 1987

時 (Z)	間	次序	緯度 °N	經度 °E	最大風速 (哩)	移 速 n.m/hr
8701	歐凱特					
87010812		1	7.2 N	150.6 E	35	5
87010818		2	7.2 N	150.0 E	35	5
87010900		3	7.3 N	149.2 E	40	7
87010906		4	7.5 N	148.0 E	40	12
87010912		5	7.9 N	146.5 E	45	15
87010918		6	8.4 N	144.9 E	50	16
87011000		7	8.8 N	143.4 E	55	15
87011006		8	9.2 N	141.9 E	65	15
87011012		9	9.7 N	140.4 E	75	15
87011018		10	10.0 N	139.1 E	85	13
87011100		11	10.2 N	137.9 E	95	11
87011106		12	10.5 N	136.8 E	90	11
87011112		13	10.8 N	135.8 E	80	10
87011118		14	10.9 N	134.9 E	70	8
87011200		15	11.1 N	134.0 E	65	9
87011206		16	11.4 N	133.3 E	65	7
87011212		17	11.7 N	132.7 E	65	6
87011218		18	11.7 N	132.2 E	60	4
87011300		19	11.3 N	131.6 E	50	7
87011306		20	10.8 N	131.1 E	45	7
87011312		21	10.1 N	130.7 E	40	3
87011318		22	8.7 N	130.4 E	35	4
87011400		23	6.8 N	129.9 E	30	9
8702	珀西					
87041100		1	9.3 N	142.9 E	40	
87041106		2	9.8 N	142.4 E	40	7

時	間	次序	緯度 °N	經度 °E	最大風速 (哩)	移 速 n.m/hr
87041112		3	10.3 N	140.7 E	35	8
87041118		4	10.6 N	141.0 E	30	7
87041200		5	10.8 N	140.2 E	30	8
87041206		6	11.0 N	139.3 E	25	9
87041212		7	11.2 N	138.4 E	25	9
87041218		8	11.4 N	137.7 E	25	7
87041300		9	11.8 N	137.3 E	25	5
8703	魯絲					
87061800		1	19.2 N	114.6 E	30	
87061806		2	19.7 N	114.2 E	30	6
87061812		3	20.3 N	113.7 E	30	7
87061818		4	20.8 N	112.8 E	35	19
87061900		5	21.3 N	111.8 E	30	10
87061906		6	21.9 N	110.8 E	25	1
8704	斯碧瑞					
87062700		1	12.5 N	137.4 E	35	
87062706		2	13.0 N	136.7 E	45	8
87062712		3	13.3 N	136.2 E	45	5
87062718		4	13.8 N	135.8 E	55	6
87062800		5	14.3 N	135.3 E	65	6
87062806		6	14.9 N	135.0 E	65	6
87062812		7	15.6 N	134.6 E	70	7
87062818		8	16.4 N	134.2 E	75	8
87062900		9	17.3 N	133.9 E	75	9
87062906		0	18.3 N	133.4 E	70	11
87062912		11	19.4 N	132.8 E	65	12

時 間	次序	緯度 °N	經度 °E	最大風速 (哩)	移 速 n.m/hr
87062918	12	20.7 N	132.0E	65	15
87063000	13	22.0 N	131.1E	60	13
87063006	14	23.3 N	131.1E	55	13
87063012	15	24.9 N	131.1E	55	16
87063018	16	26.7 N	131.1E	45	18
87070100	17	28.3 N	132.2E	40	17
87070106	18	29.8 N	134.4E	35	23
8705 賽洛瑪					
87070718	1	13.0 N	149.5E	30	
87070800	2	13.9 N	148.9E	30	10
87070806	3	14.5 N	147.4E	30	15
87070812	4	14.6 N	145.5E	35	18
87070818	5	15.0 N	143.8E	40	16
87070900	6	15.6 N	142.3E	45	15
87070906	7	16.2 N	141.0E	50	13
87070912	8	16.5 N	139.7E	60	12
87070918	9	16.7 N	138.3E	70	13
87071000	10	17.0 N	136.9E	80	13
87071006	11	17.3 N	135.4E	85	14
87071012	12	17.7 N	134.0E	90	13
87071018	13	17.8 N	132.5E	100	14
87071100	14	17.9 N	131.2E	110	12
87071106	15	17.9 N	129.9E	120	12
87071112	16	17.8 N	128.8E	130	10
87071118	17	17.6 N	128.0E	125	7
87071200	18	17.6 N	127.3E	120	6
87071206	19	17.9 N	126.8E	120	5
87071212	20	18.5 N	126.6E	115	6
87071218	21	19.2 N	126.4E	105	7

時 間	次序	緯度 °N	經度 °E	最大風速 (哩)	移 速 n.m/hr
87071300	22	19.9 N	126.2E	95	7
87071306	23	20.9 N	126.0E	90	10
87071312	24	22.1 N	125.6E	90	12
87071318	25	23.4 N	125.3E	90	13
87071400	26	24.7 N	125.2E	90	13
87071406	27	25.9 N	124.9E	90	12
87071412	28	27.4 N	124.8E	90	15
87071418	29	28.6 N	125.0E	85	12
87071500	30	29.9 N	125.5E	80	13
87071506	31	31.9 N	126.3E	80	21
87071512	32	34.4 N	127.2E	70	26
87071518	33	36.8 N	128.2E	55	25
87071600	34	39.0 N	129.4E	40	23
8706 費南					
87071618	1	12.1 N	137.5E	30	
87071700	2	12.2 N	135.3E	30	21
87071706	3	12.2 N	133.1E	35	21
87071712	4	12.3 N	131.0E	35	20
87071718	5	12.7 N	129.7E	35	13
87071800	6	13.1 N	128.9E	35	8
87071806	7	13.6 N	128.5E	40	6
87071812	8	14.1 N	128.1E	45	6
87071818	9	15.0 N	127.5E	50	10
87071900	10	15.9 N	126.7E	55	11
87071906	11	16.9 N	125.9E	60	12
87071912	12	18.0 N	125.3E	65	12
87071918	13	18.7 N	124.7E	65	9
87072000	14	19.3 N	124.2E	65	7
87072006	15	20.1 N	123.5E	60	10

時 間	次序	緯度°N	經度°E	最大風速 (哩)	移 速 nm/hr
87072012	16	21.1 N	123.0 E	55	11
87072018	17	22.0 N	122.5 E	55	10
87072100	18	23.1 N	122.2 E	50	11
87072106	19	24.6 N	121.8 E	45	15
87072112	20	26.0 N	121.6 E	35	14
87072118	21	27.3 N	121.6 E	30	12
8707 魏恩					
87072206	1	10.1 N	168.8 E	45	
87072212	2	10.7 N	167.5 E	45	14
87072218	3	10.9 N	165.8 E	45	16
87072300	4	10.8 N	164.2 E	50	15
87072306	5	10.8 N	162.4 E	50	17
87072312	6	11.2 N	160.7 E	55	17
87072318	7	11.6 N	159.2 E	60	15
87072400	8	12.1 N	157.6 E	65	16
87072406	9	12.8 N	156.2 E	70	15
87072412	10	13.6 N	154.7 E	75	16
87072418	11	14.2 N	153.1 E	85	16
87072500	12	15.0 N	151.5 E	95	17
87072506	13	15.7 N	150.0 E	105	16
87072512	14	16.4 N	148.4 E	110	16
87072518	15	17.1 N	146.8 E	115	16
87072600	16	17.8 N	145.3 E	120	15
87072606	17	18.4 N	143.7 E	125	16
87072612	18	18.9 N	142.0 E	125	16
87072618	19	19.4 N	140.7 E	120	13
87072700	20	20.0 N	139.3 E	115	14
87072706	21	20.6 N	138.1 E	115	12
87072712	22	21.3 N	136.8 E	120	14

時 間	次序	緯度°N	經度°E	最大風速 (哩)	移 速 nm/hr
87072718	23	22.1 N	135.7 E	115	12
87072800	24	23.0 N	134.7 E	110	12
87072806	25	23.9 N	133.9 E	110	11
87072812	26	24.8 N	133.2 E	105	11
87072818	27	25.7 N	132.6 E	100	10
87072900	28	26.8 N	132.3 E	95	11
87072906	29	27.9 N	132.1 E	85	11
87072912	30	29.4 N	132.4 E	75	15
87072918	31	30.7 N	133.1 E	65	14
87073000	32	31.7 N	134.3 E	50	14
87073006	33	32.2 N	135.9 E	55	14
87073012	34	32.2 N	138.3 E	60	20
87073018	35	32.3 N	140.8 E	60	21
87073100	36	32.3 N	143.1 E	55	19
87073106	37	32.5 N	145.5 E	50	20
87073112	38	32.6 N	147.8 E	45	19
87073118	39	32.7 N	150.2 E	45	20
87080100	40	33.6 N	152.2 E	45	19
8708 藍力士					
87072300	1	10.3 N	134.4 E	30	
87072306	2	10.6 N	132.9 E	35	15
87072312	3	10.9 N	131.3 E	35	16
87072318	4	11.7 N	130.1 E	40	14
87072400	5	12.7 N	129.3 E	45	12
87072406	6	13.9 N	128.9 E	50	12
87072412	7	14.9 N	128.1 E	55	12
87072418	8	15.7 N	127.1 E	60	12
87072500	9	16.5 N	126.0 E	60	13
87072506	10	17.5 N	125.1 E	60	13

時 間	次序	緯度 °N	經度 °E	最大風速 (哩)	移 速 nm/hr
87072512	11	18.4N	124.4E	65	11
87072518	12	19.4N	123.7E	65	11
87072600	13	20.3N	123.0E	65	11
87072606	14	21.4N	122.6E	65	11
87072612	15	22.6N	122.3E	65	12
87072618	16	23.8N	122.1E	65	12
87072700	17	25.2N	121.7E	60	14
87072706	18	26.5N	121.0E	60	14
87072712	19	27.8N	120.7E	55	13
87072718	20	29.2N	120.7E	50	14
87072800	21	30.7N	120.8E	40	15
87072806	22	32.2N	121.1E	30	15
8709貝蒂					
87080900	1	10.2N	132.2E	35	2
87080906	2	10.4N	132.1E	40	3
87080912	3	10.7N	131.9E	45	2
87080918	4	10.9N	131.8E	45	4
87081000	5	11.3N	131.7E	55	3
87081006	6	11.6N	131.6E	65	5
87081012	7	11.9N	131.1E	85	7
87081018	8	12.1N	130.4E	95	7
87081100	9	12.2N	129.6E	110	9
87081106	10	12.2N	128.6E	125	9
87081112	11	12.2N	127.6E	140	10
87081118	12	12.3N	126.5E	140	9
87081200	13	12.4N	125.5E	135	13
87081206	14	12.7N	124.2E	125	12
87081212	15	12.9N	122.9E	115	12
87081218	16	13.3N	121.7E	110	12

時 間	次序	緯度 °N	經度 °E	最大風速 (哩)	移 速 nm/hr
87081300	17	13.7N	120.5E	110	12
87081306	18	14.1N	119.0E	95	15
87081312	19	14.4N	117.6E	100	13
87081318	20	14.8N	116.2E	105	14
87081400	21	15.3N	115.1E	105	11
87081406	22	15.7N	114.0E	115	11
87081412	23	15.8N	112.7E	115	12
87081418	24	15.8N	111.6E	115	10
87081500	25	16.3N	110.8E	115	9
87081506	26	16.7N	110.1E	105	7
87081512	27	17.0N	109.2E	95	9
87081518	28	17.3N	108.3E	90	9
87081600	29	17.5N	107.5E	80	7
87081606	30	17.7N	106.8E	85	6
87081612	31	18.0N	105.6E	45	11
87081618	32	18.1N	104.3E	30	12
8710凱瑞					
87081300	1	13.6N	134.0E	40	
87081306	2	14.3N	133.1E	45	11
87081312	3	14.9N	132.2E	50	10
87081318	4	15.3N	131.3E	55	9
87081400	5	15.5N	130.4E	55	8
87081406	6	15.8N	129.6E	55	8
87081412	7	16.0N	128.8E	60	7
87081418	8	16.1N	128.3E	60	4
87081500	9	16.2N	127.8E	65	4
87081506	10	16.3N	127.2E	65	5
87081512	11	16.5N	126.6E	65	6
87081518	12	16.7N	126.1E	70	5

時 間	次 序	緯 度°N	經 度°E	最大風速 (哩)	移 速 n.m/hr
87081600	13	16.9 N	125.2 E	65	4
87081606	14	17.0 N	125.1 E	65	4
87081612	15	16.9 N	124.9 E	70	4
87081618	16	16.8 N	124.8 E	75	4
87081700	17	16.5 N	123.7 E	80	4
87081706	18	16.4 N	123.6 E	85	3
87081712	19	16.2 N	123.1 E	80	5
87081718	20	16.1 N	122.4 E	75	4
87081800	21	16.0 N	121.6 E	70	6
87081806	22	15.7 N	120.6 E	60	9
87081812	23	15.4 N	120.6 E	50	8
87081818	24	15.2 N	118.5 E	55	12
87081900	25	15.2 N	117.5 E	55	9
87081906	26	15.4 N	117.2 E	55	7
87081912	27	15.7 N	116.9 E	55	8
87081918	28	15.8 N	115.7 E	55	10
87082000	29	15.8 N	114.5 E	55	8
87082006	30	15.8 N	113.0 E	60	7
87082012	31	15.9 N	112.6 E	60	5
87082018	32	16.2 N	112.3 E	65	5
87082100	33	16.4 N	111.7 E	65	6
87082106	34	16.8 N	111.1 E	70	7
87082112	35	17.4 N	110.3 E	70	9
87082118	36	18.1 N	109.1 E	65	13
87082200	37	18.4 N	107.8 E	65	12
87082206	38	18.5 N	106.6 E	65	11
87082212	39	18.7 N	105.6 E	60	9
8711 黛納					
87082100	1	12.2 N	149.9 E	25	

時 間	次 序	緯 度°N	經 度°E	最大風速 (哩)	移 速 n.m/hr
87082106	2	12.2 N	149.0 E	30	8
87082112	3	11.8 N	148.0 E	30	10
87082118	4	11.3 N	147.0 E	35	10
87082200	5	11.1 N	145.7 E	40	12
87082206	6	11.1 N	144.2 E	40	14
87082212	7	11.1 N	142.6 E	40	15
87082218	8	11.3 N	141.2 E	45	13
87082300	9	11.4 N	140.3 E	45	8
87082306	10	11.6 N	139.7 E	45	6
87082312	11	11.8 N	139.0 E	50	7
87082318	12	12.2 N	138.2 E	55	8
87082400	13	12.8 N	137.1 E	60	12
87082406	14	13.5 N	135.9 E	65	13
87082412	15	14.0 N	134.8 E	70	11
87082418	16	14.6 N	133.7 E	75	12
87082500	17	15.2 N	132.8 E	85	10
87082506	18	15.9 N	131.8 E	100	11
87082512	19	16.7 N	131.1 E	110	10
87082518	20	17.3 N	130.6 E	120	7
87082600	21	17.9 N	130.2 E	130	7
87082606	22	18.5 N	130.0 E	125	6
87082612	23	19.0 N	129.8 E	120	5
87082618	24	19.5 N	129.5 E	115	5
87082700	25	19.9 N	128.0 E	115	6
87082706	26	20.1 N	128.6 E	115	4
87082712	27	20.4 N	128.2 E	115	4
87082718	28	20.6 N	127.8 E	115	4
87082800	29	21.0 N	127.4 E	110	5
87082806	30	21.3 N	127.0 E	110	4
87082812	31	21.6 N	126.8 E	105	3

時 間	次 序	緯 度 °N	經 度 °E	最大風速 (哩)	移 速 n.m/hr
87082818	32	22.2 N	126.5 E	95	6
87082900	33	23.0 N	126.3 E	90	8
87082906	34	24.1 N	126.2 E	90	11
87082912	35	25.2 N	126.0 E	85	11
87082918	36	26.6 N	126.0 E	85	13
87083000	37	28.1 N	126.2 E	85	15
87083006	38	30.0 N	126.6 E	85	19
87083012	39	31.8 N	127.0 E	85	18
87083018	40	34.0 N	128.7 E	75	26
87083100	41	36.8 N	130.9 E		
87083106	42	39.6 N	133.0 E		
8712 艾德					
87082200	1	9.8 N	160.8 E	25	
87082206	2	10.3 N	159.7 E	25	11
87082212	3	10.8 N	158.7 E	30	11
87082218	4	11.3 N	157.7 E	30	11
87082300	5	12.2 N	157.1 E	30	10
87082306	6	12.9 N	156.7 E	25	8
87082318	7	16.1 N	149.1 E	35	
87082700	8	16.4 N	148.4 E	35	7
87082706	9	17.2 N	147.7 E	30	10
87082712	10	17.8 N	146.8 E	30	10
87082718	11	18.2 N	145.9 E	30	9
87082800	12	18.4 N	145.2 E	25	6
8713 美瑞達					
87090418	1	12.3 N	145.0 E	25	
87090500	2	13.0 N	144.0 E	30	12
87090506	3	13.6 N	142.8 E	35	13

時 間	次 序	緯 度 °N	經 度 °E	最大風速 (哩)	移 速 n.m/hr
87090512	4	14.3 N	141.8 E	40	11
87090518	5	14.9 N	141.0 E	45	9
87090600	6	14.7 N	140.7 E	50	3
87090606	7	14.5 N	140.9 E	55	2
87090612	8	14.6 N	141.3 E	60	3
87090618	9	15.0 N	141.4 E	65	4
87090700	10	15.2 N	141.4 E	65	1
87090706	11	15.3 N	141.3 E	70	1
87090712	12	15.5 N	141.2 E	70	2
87090718	13	15.6 N	141.0 E	75	2
87090800	14	15.7 N	140.8 E	80	2
87090806	15	15.8 N	140.7 E	85	1
87090812	16	16.1 N	140.3 E	90	4
87090818	17	16.4 N	139.7 E	95	6
87090900	18	16.4 N	139.0 E	100	6
87090906	19	16.5 N	138.5 E	110	4
87090912	20	16.7 N	138.1 E	115	4
87090918	21	16.9 N	137.8 E	120	3
87091000	22	17.0 N	137.5 E	125	3
87091006	23	17.2 N	137.2 E	125	3
87091012	24	17.3 N	137.1 E	120	1
87091018	25	17.5 N	137.0 E	115	2
87091100	26	17.7 N	137.0 E	110	2
87091106	27	17.9 N	137.1 E	105	2
87091112	28	18.3 N	137.3 E	100	4
87091118	29	18.6 N	137.6 E	95	4
87091200	30	19.0 N	137.9 E	90	4
87091206	31	19.4 N	138.3 E	85	5
87091212	32	19.8 N	138.6 E	80	5
87091218	33	20.2 N	138.9 E	75	4

時 間	次 序	緯 度 °N	經 度 °E	最大風速 (哩)	移 速 n.m/hr
87091300	34	20.8 N	139.2 E	70	6
87091306	35	21.3 N	139.4 E	65	5
87091312	36	22.0 N	139.6 E	65	7
87091318	37	22.6 N	139.8 E	60	6
87091400	38	23.3 N	139.9 E	60	7
87091406	39	24.0 N	140.1 E	55	7
87091412	40	24.8 N	140.2 E	55	8
87091418	41	25.6 N	140.2 E	55	8
87091500	42	26.6 N	140.2 E	50	10
87091506	43	27.6 N	140.1 E	50	10
87091512	44	28.6 N	139.9 E	50	10
87091518	45	29.6 N	140.0 E	50	10
87091600	46	30.4 N	140.3 E	45	8
87091606	47	31.1 N	140.7 E	45	7
87091612	48	31.9 N	141.4 E	45	9
87091618	49	32.6 N	142.3 E	40	10
87091700	50	33.4 N	143.0 E	30	9
8714 傑魯得					
87090418	1	16.3 N	126.3 E	35	3
87090500	2	16.6 N	126.6 E	35	3
87090506	3	16.9 N	126.5 E	40	3
87090512	4	17.1 N	126.5 E	45	2
87090518	5	17.3 N	126.5 E	45	1
87090600	6	17.4 N	126.5 E	50	1
87090606	7	17.5 N	126.5 E	50	1
87090612	8	17.6 N	126.4 E	60	1
87090618	9	17.8 N	126.4 E	60	1
87090700	10	18.0 N	126.3 E	65	2
87090706	11	18.4 N	126.0 E	70	4

時 間	次 序	緯 度 °N	經 度 °E	最大風速 (哩)	移 速 n.m/hr
87090712	12	19.0 N	125.6 E	75	7
87090718	13	19.5 N	125.1 E	80	6
87090800	14	20.0 N	124.7 E	85	6
87090806	15	20.2 N	124.0 E	90	6
87090812	16	20.4 N	123.2 E	100	7
87090818	17	20.6 N	122.4 E	105	7
87090900	18	20.9 N	121.9 E	105	5
87090906	19	21.3 N	121.2 E	100	7
87090912	20	21.7 N	120.5 E	90	7
87090918	21	23.5 N	120.0 E	80	9
87091000	22	23.2 N	119.5 E	70	8
87091006	23	24.1 N	119.0 E	55	10
87091012	24	25.0 N	118.5 E	40	10
8715 郝麗					
87090506	1	12.2 N	168.3 E	30	
87090512	2	12.2 N	167.8 E	35	4
87090518	3	12.3 N	167.1 E	45	6
87090600	4	12.4 N	166.2 E	45	8
87090606	5	12.6 N	165.5 E	55	7
87090612	6	12.9 N	164.6 E	65	9
87090618	7	13.3 N	163.7 E	70	9
87090700	8	13.8 N	163.0 E	80	8
87090706	9	14.3 N	162.2 E	90	9
87090712	10	14.8 N	161.4 E	100	9
87090718	11	15.3 N	160.7 E	105	8
87090800	12	15.8 N	159.9 E	110	9
87090806	13	16.3 N	159.2 E	115	8
87090812	14	16.8 N	158.4 E	115	9
87090818	15	17.3 N	157.6 E	120	9

時 間	次序	緯度 °N	經度 °E	最大風速 (哩)	移 速 n.m/hr
87090900	16	17.8 N	156.8 E	125	9
87090906	17	18.3 N	156.2 E	135	7
87090912	18	18.6 N	155.9 E	140	4
87090918	19	18.9 N	155.8 E	140	3
87091000	20	19.4 N	155.6 E	135	5
87091006	21	19.9 N	155.5 E	130	5
87091012	22	20.5 N	155.5 E	125	6
87091018	23	21.2 N	155.6 E	125	7
87091100	24	22.0 N	155.8 E	120	8
87091106	25	23.1 N	156.0 E	115	11
87091112	26	24.0 N	156.0 E	110	8
87091118	27	24.8 N	155.7 E	100	8
87091200	28	25.6 N	155.3 E	90	8
87091206	29	26.0 N	155.2 E	80	4
87091212	30	26.4 N	155.2 E	70	3
87091218	31	26.7 N	155.4 E	65	3
87091300	32	26.9 N	155.6 E	65	2
87091306	33	27.2 N	156.0 E	65	4
87091312	34	27.4 N	156.5 E	65	4
87091318	35	27.7 N	157.1 E	50	6
87091400	36	28.0 N	157.5 E	45	4
87091406	37	28.3 N	157.9 E	45	4
87091412	38	28.6 N	158.2 E	35	3
87091418	39	28.9 N	158.3 E	30	3
87091500	40	29.2 N	158.5 E	30	3
87091506	41	29.5 N	158.5 E	30	2
87091512	42	29.8 N	158.6 E	30	3
87091518	43	20.0 N	158.7 E	25	2

時 間	次序	緯度 °N	經度 °E	最大風速 (哩)	移 速 n.m/hr
8716 伊恩					
87092306	1	16.2 N	146.8 E	25	
87092312	2	16.3 N	146.4 E	30	3
87092318	3	16.2 N	146.0 E	35	3
87092400	4	16.3 N	145.5 E	45	4
87092406	5	16.7 N	144.9 E	50	7
87092412	6	17.4 N	144.4 E	55	8
87092418	7	17.8 N	143.8 E	60	6
87092500	8	18.3 N	143.3 E	70	6
87092506	9	18.7 N	142.7 E	80	6
87092512	10	19.3 N	142.1 E	90	8
87092518	11	20.0 N	141.4 E	100	9
87092600	12	20.6 N	140.8 E	110	8
87092606	13	21.3 N	140.3 E	105	8
87092612	14	22.0 N	139.7 E	100	8
87092618	15	22.6 N	139.0 E	95	8
87092700	16	23.1 N	138.6 E	90	6
87092706	17	23.2 N	138.3 E	90	2
87092712	18	23.2 N	138.1 E	85	1
87092718	19	23.3 N	138.0 E	85	1
87092800	20	23.4 N	138.0 E	80	1
87092806	21	23.5 N	138.0 E	75	1
87092812	22	23.6 N	138.0 E	70	1
87092818	23	23.7 N	138.0 E	65	1
87092900	24	23.8 N	137.8 E	65	2
87092906	25	23.9 N	137.5 E	65	2
87092912	26	23.9 N	137.3 E	65	1
87092918	27	24.0 N	137.1 E	60	2
87093000	28	24.2 N	136.9 E	60	2
87093006	29	24.5 N	136.8 E	60	3

時 間	次序	緯度 °N	經度 °E	最大風速 (浬)	移 速 n.m/hr
87093012	30	24.8 N	136.7 E	55	3
87093018	31	25.3 N	137.1 E	55	6
87100100	32	26.1 N	137.9 E	55	10
87100106	33	26.9 N	138.3 E	55	8
9717 佩凱					
87092418	1	17.0 N	161.3 E	30	
87092500	2	17.0 N	160.7 E	30	5
87092506	3	16.9 N	160.1 E	30	5
87092512	4	16.8 N	159.4 E	30	6
87092518	5	16.8 N	158.7 E	30	6
87092600	6	16.7 N	157.9 E	30	7
87092606	7	16.4 N	157.3 E	25	6
8718 裘恩					
87092900	1	23.7 N	155.8 E	35	
87092906	2	25.2 N	155.0 E	40	16
87092912	3	26.8 N	154.1 E	35	17
87092918	4	28.0 N	152.3 E	35	19
87093000	5	28.2 N	149.7 E	35	23
87093006	6	28.1 N	148.7 E	35	8
87093012	7	28.4 N	148.6 E	35	3
87093018	8	29.2 N	148.7 E	30	8
87100100	9	29.9 N	149.1 E	30	7
8719 凱立					
87101000	1	12.8 N	137.4 E	30	
87101006	2	13.3 N	137.6 E	35	5
87101012	3	14.0 N	137.7 E	40	7
87101018	4	14.7 N	137.8 E	45	7

時 間	次序	緯度 °N	經度 °E	最大風速 (浬)	移 速 n.m/hr
87101100	5	15.3 N	137.9 E	50	6
87101106	6	15.7 N	137.7 E	55	4
87101112	7	16.0 N	137.6 E	55	3
87101118	8	16.2 N	137.3 E	60	3
87101200	9	16.4 N	137.2 E	65	2
87101206	10	16.8 N	137.2 E	65	3
87101212	11	17.3 N	137.2 E	70	5
87101218	12	17.8 N	137.1 E	70	5
87101300	13	18.3 N	136.8 E	75	5
87101306	14	18.9 N	136.4 E	75	7
87101312	15	19.5 N	136.1 E	75	6
87101318	16	20.2 N	135.7 E	80	7
87101400	17	21.3 N	135.2 E	80	11
87101406	18	22.1 N	134.5 E	80	10
87101412	19	23.0 N	133.7 E	85	11
87101418	20	24.0 N	133.0 E	85	11
87101500	21	25.0 N	132.2 E	90	12
87101506	22	25.8 N	131.9 E	90	8
87101512	23	26.7 N	131.8 E	95	9
87101518	24	27.7 N	131.9 E	95	10
87101600	25	29.0 N	132.4 E	90	13
87101606	26	30.4 N	133.0 E	90	14
87101612	27	32.2 N	133.4 E	80	18
87101618	28	34.2 N	134.4 E	70	21
8720 琳恩					
87101606	1	13.0 N	155.3 E	35	
87101612	2	13.2 N	153.9 E	35	13
87101618	3	13.3 N	153.2 E	40	6
87101700	4	13.3 N	152.3 E	45	8

時 間	次序	緯度 °N	經度 °E	最大風速 (哩)	移 n.m/hr	速
87101706	5	13.3 N	151.3 E	55	9	
87101712	6	13.2 N	150.1 E	55	11	
87101718	7	13.3 N	148.9 E	60	11	
87101800	8	13.6 N	147.6 E	65	12	
87101806	9	14.0 N	146.6 E	70	10	
87101812	10	14.6 N	145.7 E	75	10	
87101818	11	15.1 N	145.0 E	80	8	
87101900	12	15.7 N	144.3 E	90	9	
87101906	13	16.2 N	143.5 E	100	9	
87101912	14	16.6 N	142.7 E	115	8	
87101918	15	16.9 N	141.8 E	125	9	
87102000	16	17.3 N	141.1 E	140	7	
87102006	17	17.6 N	140.2 E	140	9	
87102012	18	17.8 N	139.2 E	140	9	
87102018	19	18.0 N	138.0 E	140	11	
87102100	20	18.0 N	136.7 E	140	12	
87102106	21	18.0 N	135.3 E	125	13	
87102112	22	18.0 N	134.0 E	125	12	
87102118	23	18.0 N	132.5 E	115	14	
87102200	24	18.0 N	130.9 E	100	15	
87102206	25	18.0 N	129.3 E	100	15	
87102212	26	18.1 N	127.8 E	100	14	
87102218	27	18.1 N	126.3 E	95	14	
87102300	28	18.3 N	124.9 E	90	13	
87102306	29	18.5 N	123.6 E	90	12	
87102312	30	18.8 N	122.5 E	90	10	
87102318	31	19.1 N	121.6 E	90	9	
87102400	32	19.4 N	120.9 E	90	7	
87102406	33	19.7 N	120.3 E	85	6	
87102412	34	20.0 N	119.9 E	75	4	

時 間	次序	緯度 °N	經度 °E	最大風速 (哩)	移 n.m/hr	速
87102418	35	20.3 N	119.6 E	65	4	
87102500	36	20.6 N	119.3 E	65	4	
87102506	37	20.9 N	119.1 E	60	3	
87102512	38	21.1 N	119.0 E	55	2	
87102518	39	21.3 N	118.9 E	45	2	
87102600	40	21.5 N	118.7 E	45	2	
87102606	41	21.7 N	118.2 E	40	5	
87102612	42	21.6 N	117.8 E	35	3	
87102618	43	21.5 N	117.6 E	35	2	
87102700	44	21.3 N	117.3 E	35	3	
8721 莫瑞						
87111106	1	14.7 N	133.5 E	30		6
87111112	2	15.0 N	132.9 E	30		4
87111118	3	15.0 N	132.4 E	25		5
87111200	4	14.5 N	132.3 E	20		6
87111306	5	13.7 N	127.6 E	30		6
87111312	6	13.6 N	126.9 E	30		6
87111318	7	13.5 N	126.2 E	30		5
87111400	8	13.5 N	125.6 E	30		5
87111406	9	13.5 N	125.0 E	25		6
87111412	10	13.5 N	124.3 E	25		6
87111418	11	13.4 N	123.6 E	25		8
87111500	12	13.2 N	122.7 E	25		7
87111506	13	13.0 N	122.0 E	25		9
87111512	14	12.8 N	121.0 E	25		10
87111518	15	12.8 N	119.9 E	25		12
87111600	16	12.8 N	118.6 E	30		12
87111606	17	12.9 N	117.3 E	30		12
87111612	18	13.3 N	116.1 E	35		12

時 間	次序	緯度 °N	經度 °E	最大風速 (哩)	移 速 n.m./hr
87111618	19	13.5 N	115.1 E	40	9
87111700	20	13.5 N	114.2 E	40	8
87111706	21	13.4 N	113.3 E	45	8
87111712	22	13.0 N	112.8 E	40	6
87111718	23	13.0 N	112.3 E	40	4
87111800	24	13.0 N	111.9 E	35	3
87111806	25	13.0 N	111.5 E	35	3
87111812	26	12.9 N	110.9 E	35	5
87111818	27	12.8 N	110.3 E	30	5
87111900	28	12.7 N	109.6 E	30	6
87111906	29	12.3 N	108.8 E	25	8
8722 妮娜					
87111912	1	4.6 N	159.0 E	30	
87111918	2	4.8 N	157.7 E	35	13
87112000	3	5.2 N	156.2 E	40	15
87112006	4	5.8 N	1 4.6 E	45	17
87112012	5	6.5 N	152.9 E	50	18
87112018	6	7.2 N	151.3 E	60	17
87112100	7	8.0 N	149.6 E	60	18
87112106	8	8.7 N	147.8 E	60	19
87112112	9	9.5 N	146.0 E	65	19
87112118	10	10.0 N	144.3 E	65	17
87112200	11	10.3 N	142.7 E	65	16
87112206	12	10.7 N	141.0 E	70	17
87112212	13	11.0 N	139.3 E	75	16
87112218	14	11.1 N	137.8 E	80	14
87112300	15	11.2 N	136.1 E	80	16
87112306	16	11.5 N	134.6 E	90	15
87112312	17	11.8 N	133.4 E	90	12

時 間	次序	緯度 °N	經度 °E	最大風速 (哩)	移 速 n.m./hr
87112318	18	11.9 N	132.5 E	90	8
87112400	19	11.9 N	131.6 E	95	8
87112406	20	12.0 N	130.6 E	100	9
87112412	21	12.1 N	129.6 E	105	9
87112418	22	12.3 N	128.5 E	115	10
87112500	23	12.6 N	127.4 E	125	11
87112506	24	12.8 N	126.1 E	135	12
87112512	25	13.0 N	124.5 E	145	15
87112518	26	13.2 N	122.8 E	130	16
87112600	27	13.5 N	121.0 E	110	17
87112606	28	14.0 N	119.3 E	95	17
87112612	29	14.6 N	117.8 E	95	15
87112618	30	15.2 N	116.4 E	100	14
87112700	31	15.9 N	115.1 E	100	14
87112706	32	16.7 N	113.8 E	95	14
87112712	33	17.5 N	113.0 E	95	11
87112718	34	18.6 N	112.7 E	95	11
87112800	35	19.3 N	112.8 E	95	7
87112806	36	19.8 N	113.1 E	100	5
87112812	37	20.3 N	114.0 E	80	9
87112818	38	20.0 N	115.0 E	60	9
87112900	39	19.1 N	115.4 E	50	9
87112906	40	18.2 N	115.4 E	40	8
8723 奧克頓					
87112406	1	12.0 N	111.3 E	35	
87112412	2	12.3 N	110.4 E	40	9
87112418	3	12.7 N	109.4 E	45	10
87112500	4	13.5 N	108.5 E	35	11

時 間	次 序	緯 度 °N	經 度 °E	最大風速 (浬)	移 速 n.m/hr
8724 費莉絲					
87121018	1	7.3 N	146.1 E	30	16
87121100	2	8.1 N	144.6 E	30	13
87121106	3	8.9 N	143.5 E	30	12
87121112	4	10.0 N	142.9 E	30	
佩凱 (在東太平洋部份)					
87092800	1	23.5 N	179.7°W	75	5
87092806	2	23.9 N	180.0	75	4
87092812	3	24.4 N	179.4 E	75	7
87092818	4	24.7 N	178.4 E	90	9
87092900	5	25.2 N	177.2 E	100	11
87092906	6	25.7 N	176.0 E	100	11
87092912	7	26.4 N	174.7 E	100	13
87092918	8	27.2 N	173.2 E	100	15
87093000	9	28.4 N	171.9 E	100	16
87093006	10	29.4 N	170.7 E	100	14
87093012	11	30.2 N	169.9 E	100	10
87093018	12	30.9 N	169.2 E	95	9
87100100	13	31.4 N	169.0 E	90	5
87100106	14	31.8 N	169.1 E	80	4
87100112	15	31.9 N	169.5 E	75	3
87100118	16	31.7 N	170.0 E	65	4
87100200	17	31.0 N	170.4 E	65	7
87100206	18	30.4 N	170.8 E	60	6
87100212	19	29.8 N	171.5 E	55	8
87100218	20	29.4 N	172.1 E	50	6
87100300	21	28.9 N	172.6 E	45	6
87100306	22	28.0 N	173.4 E	35	11
87100312	23	27.9 N	174.6 E	35	10

民國七十七年颱風調查報告—侵台颱風(8802)蘇珊

中央氣象局科技中心

摘 要

今年第一個侵襲台灣的颱風——蘇珊，也是西太平洋區南中國海區域發生的第二個颱風，此颱風生命期（五月底至六月初）適逢台灣梅雨季節，故其橫越過南台灣時，威力減弱，併入中緯度鋒面系統。

蘇珊颱風對台灣產生二個大雨中心，雨量所含蓋區域，主要是由颱風外圍及鋒面影響（東北部）及地形因素（東南部）所造成。

一、前 言

蘇珊（SUSAN）颱風係今（77）年發生於西太平洋地區的第二個颱風（編號8802），也是今年侵襲台灣的第一個颱風。此颱風從形成到結束歷時五天，在整個生命期間，約在六月二日七時後在恆春半島登陸，隨後在大武南面附近出海進入台灣東部海面，其路徑主要受低層鋒面與850 hPa槽線之導引。

本文主要在描述蘇珊颱風發展過程、蒐集颱風資料、侵台期間本省風雨情形、並報導各氣象機構之預報誤差等。

二、蘇珊颱風發生與處理經過

今年（77）5月29日下午位於東沙島東南方海面的熱帶性低氣壓，在醞釀24小時後增強為輕度颱風，即30日14時（地方時）中心氣壓降為994 mb，其位置在北緯18.4度，東經119.7度，中心附近最大風速每秒18公尺，瞬間最大風速每秒23公尺，七級風暴風半徑80公里，命名為蘇珊颱風，由於此颱風仍在發展階段中，因此呈現在原地附近海面徘徊或近似停留的現象。

31日上午綜觀分析其未來動向，雖然當時已開始向西北西移動，但中央氣象局研判12小時後將受華南沿海低層鋒面系統（圖一）的導引而有偏北再轉向東北進行，並且有侵襲台灣地區之可能。

另一方面蘇珊颱風當時所在位置之海水溫度（圖二）約在29°C左右，有利於蘇珊颱風的發展，因而預估其強度將繼續增強而達到中度颱風之威力。此點可從蘇珊颱風中心最大風速、最低氣壓、移動速率隨時間之變化（圖三）得到證實。因此中央氣象局特於5月31日上午8時與下午4時（地方時）分別發布兩次颱風消息，促請各界注意，並且特別指出台灣地區未來1—2天內在蘇珊颱風外圍環流及梅雨鋒面雲系（圖四）雙重影響下，北部地區（基隆河上游）、宜蘭、花蓮、台東及恆春半島，有局部性豪雨出現的機會，並請東沙島海面、巴士海峽、台灣海峽南部航行船隻密切注意颱風動態。

中央氣象局鑑於蘇珊颱風於31日傍晚起已開始受到鋒面與850 hPa槽線（下節將討論）雙重影響而呈現偏北進行的跡象，故於31日21時15分對巴士海峽、東沙島海面、台灣海峽南部發布海上颱風警報。6月1日4時25分對台灣南部（嘉義及以南地區）、澎湖地區發布陸上警報，並促請台南以南沿海低窪地區嚴防水害倒灌。為加強對社會大眾服務，6月1日8時至6月2日11時止，每三小時加強報導一次最新颱風動態。

根據6月2日20時天氣資料顯示，花蓮、台東地區及台灣東北部、東部海面已脫離暴風範圍，於是在當晚20時55分解除海上、陸上颱風警報。

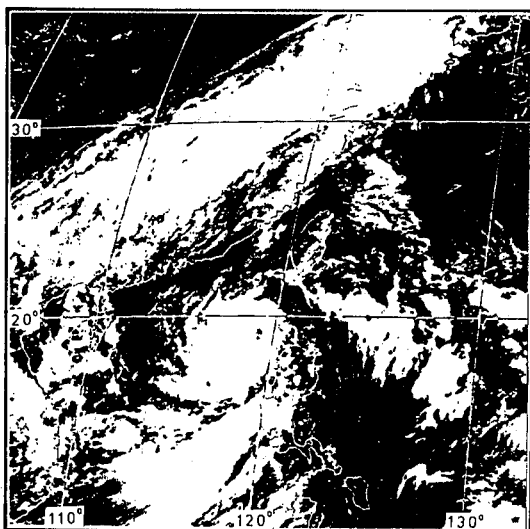


圖 1：民國 77 年 5 月 31 日 0000 UTC 雲圖

Fig.2：The satellite image at 0000 UTC 31 May, 1988

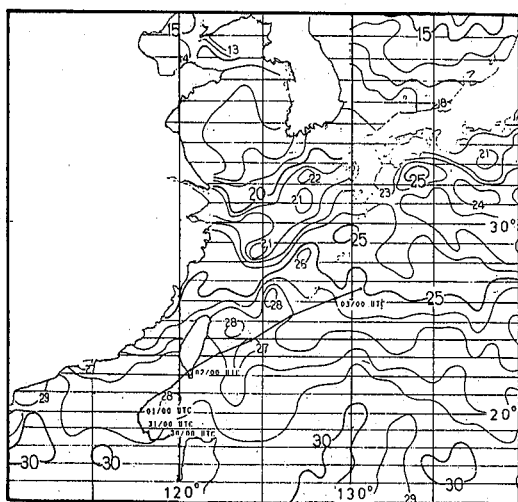


圖 2：民國 77 年 6 月上旬平均海溫圖與颱風最佳路徑

Fig.2：The mean sea temperature chart filled with the best track.

有關中央氣象局發布蘇珊颱風警報經過及颱風資料紀錄，詳見表一及表二。

三、蘇珊颱風之路徑探討

蘇珊颱風為民國 77 年第一個侵襲本省之颱風

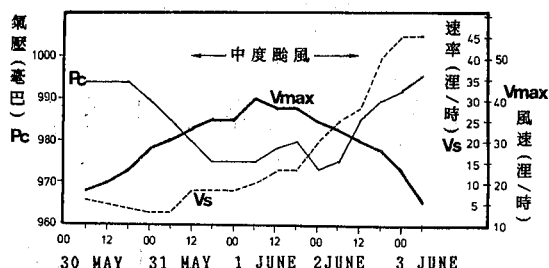


圖 3：蘇珊颱風中心最大風速、最低氣壓及移動速率之六小時變化趨勢圖

Fig.3：The 6 hours variation trend of the maximum wind speed and minimum pressure near typhoon center and the moving speed of typhoon SUSAN.

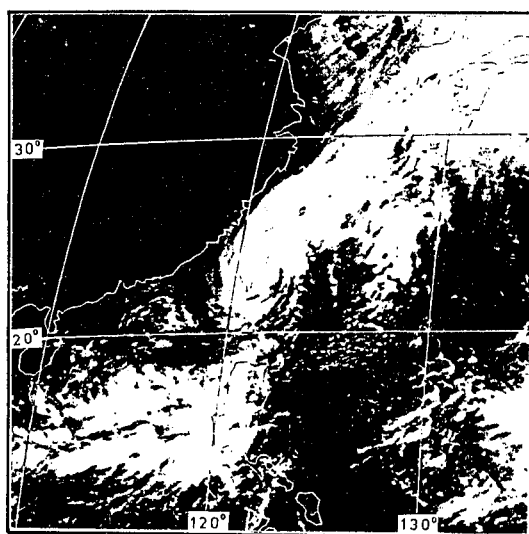


圖 4：民國 77 年 6 月 2 日 0000 UTC 雲圖

Fig.4：The satellite image at 0000 UTC 2 June, 1988.

，其成長過程（5 月 29 日－6 月 2 日）期間，適有一梅雨鋒面於華東生成，且 850hPa 圖上亦有槽線與低層配合東移，故兩者乃扮演影響蘇珊轉向之主角。

圖五為 5 月 29 日 12 UTC 850hPa 高空圖，

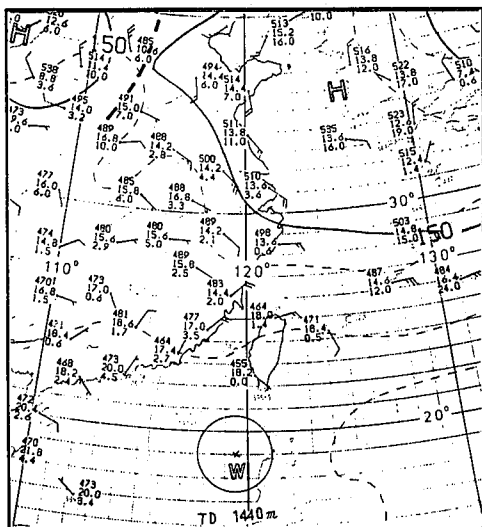


圖 5：民國 77 年 5 月 29 日 12 UTC 850 Hpa
高空天氣圖

Fig. 5 : 850 Hpa chart at 1200 UTC
29 May, 1988.

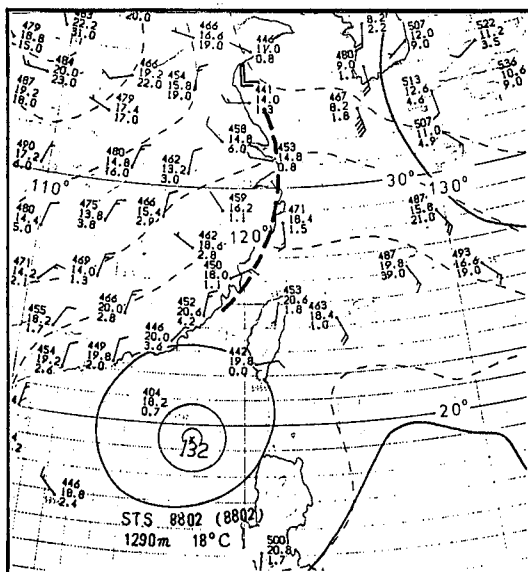


圖 7：民國 77 年 5 月 31 日 12 UTC 850 Hpa
高空圖

Fig. 7 : 850 Hpa chart at 1200 UTC
31 May, 1988.

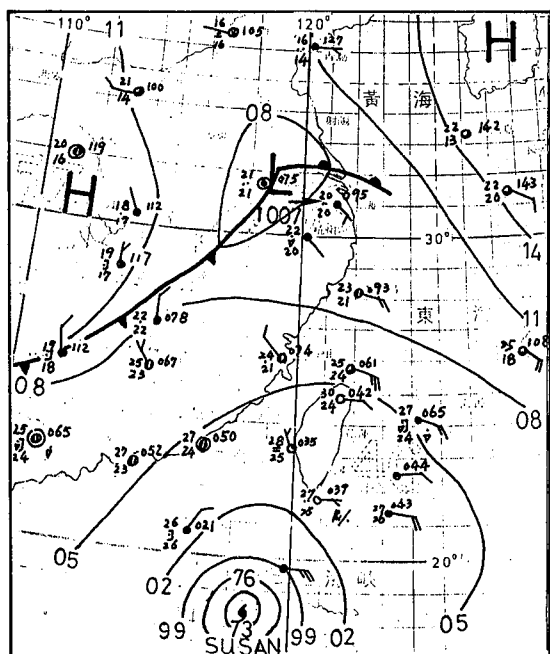


圖 6：民國 77 年 5 月 31 日 00 UTC 地面天氣圖

Fig. 6 : Surface synoptic chart at
0000 UTC 31 May, 1988.

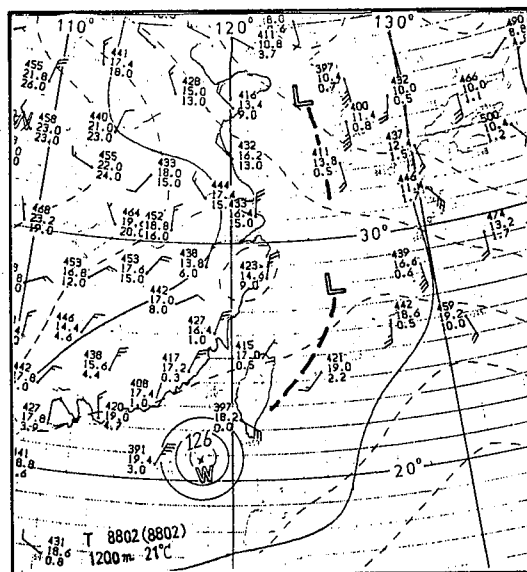


圖 8：民國 77 年 6 月 1 日 12 UTC 850 Hpa
高空圖

Fig. 8 : 850 Hpa chart at 1200 UTC
1 June, 1988.

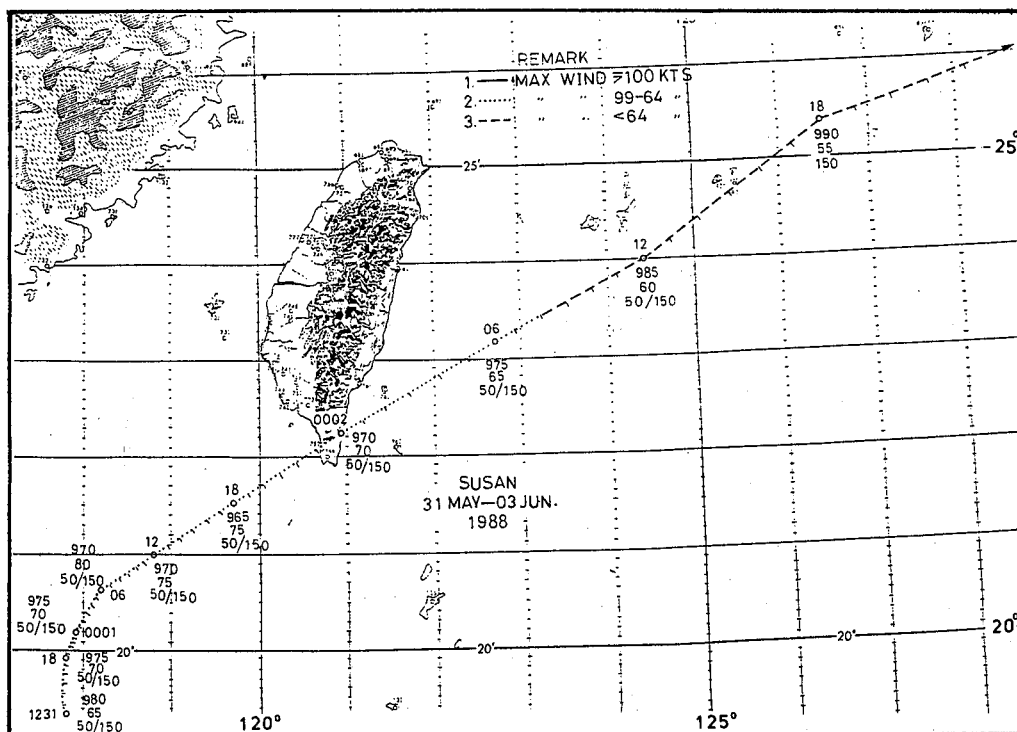


圖 11: 蘇珊颱風最佳路徑圖

Fig.11: The best track for typhoon SUSAN.

由圖可見，當時因槽線尚在 115°E 以西，且未伸達低緯度，故熱帶性低氣壓受東風帶之影響緩慢西進或近似滯留。圖六為 5 月 31 日 00 UTC 地面天氣圖，此時熱帶性低壓已發展為輕度颱風，於長江下游已有低壓形成，此一態勢，頗有引導蘇珊趨北行進之勢。圖七為 5 月 31 日 12 UTC 850 hPa 高空圖，由圖可見，原位於 115°E 以西之槽線已移至 121°E 附近，且伸達福建沿海，故蘇珊之行進方向已呈由北漸趨東北之態勢。由於該槽線東移緩慢，極利於引導蘇珊穩定向東北方向前進。圖八為 6 月 1 日 12 UTC 850 hPa 高空圖，由圖可見，蘇珊繼續向東北前進，並直襲恆春半島。圖九為 6 月 1 日 23 UTC 地面天氣圖，此時空軍恆春基地之海平面氣壓為 968.1 mb，東南風 45 KTS，瞬間最大陣風 52 KTS，而中央氣象局恆春站之氣壓為 969.3 mb，西南風 10 KTS，顯然蘇珊之中心係在 6 月 1 日 23 TUC 之後於空軍恆春基地附近登陸。圖十為 6 月 2 日 00 UTC 地面圖，此時蘇珊之中心位置在大武南方海岸附近，中心氣壓較登陸前

明顯上升。爾後持續向東北方向前進，直到減弱為溫帶氣旋為止。其最佳路徑見圖十一。

四、各氣象機構路徑預報之校驗

根據表二蘇珊颱風資料紀錄顯示此颱風本省不強，同時所函蓋範圍不是很大，而低層鋒面與 850 hPa 槽線導引相當明顯，各種客觀法對蘇珊颱風在東沙島東方海面轉向前之結果不甚理想，理由之一可能是中心滯留不穩定所致，因此不予討論。

關於蘇珊颱風定位方面，各機構均患同樣的誤失，就是在開始轉向的階段及登陸以後結構遭到破壞致雷達觀測難以掌握，其誤差均擴大。

檢驗蘇珊颱風路徑預報準確率方面，由於香港、菲律賓、北京等氣象機構資料不全不予討論，僅比較此次颱風警報發布期間，中央氣象局 (CWB)，日本 (RJTD)，美軍 (JTWC) 等氣象單位對蘇珊颱風路徑 24 小時平均向量誤差 (表三) 分別為中央氣象局誤差 174 公里，日本 267 公里，美軍 177 公里，由此顯示中央氣象局的預報誤差最

表一：蘇珊颱風最佳路徑資料記錄表（77年5－6月）

Table 1 : The best track positions of typhoon SUSAN

日 期		中 心 位 置		中 心 氣 壓 MB	移 動 方 向 DEC	移 動 速 度 km/hr	最 大 風 速		暴 風 半 徑 (KM)	
日	UTC	北 緯	東 經				持 續 風 m/s	陣 風 m/s	七 級 30KTS	十 級 50KTS
30	06	18.4	119.7	994	ENE	6	18	23	80	
	12	18.4	119.2	994	滯留	—	20	25	80	
	18	18.3	119.0	994	近似滯留		23	28	80	
31	00	18.4	118.5	990	近似滯留 → NE	3	28	33	120	
	06	18.8	118.1	985	NW→N → NE	3→5	30	38	120	
	12	19.1	118.0	980	N→NE	8→12	33	40	150	50
	18	20.0	117.8	975	N→NE	8→14	35	43	150	50
1	00	20.2	117.8	975	N→NE	8→14	35	43	150	50
	06	20.6	118.1	970	NE	10	40	48	150	50
	09	20.8	118.5	970						
	12	21.0	118.8	970	NE→ ENE	13	38	48	150	50
	15	21.2	119.2	968						
	18	21.5	119.7	965	NE	13→17	38	48	150	50
	21	21.6	120.4	965						
2	00	22.3	120.9	970	NE	20→30	35	48	150	50
	03	22.7	121.6	975	NE	25→30	33	45	150	50
	06	23.3	122.5	975	NE	25→30	33	45	150	50
	09									
	12	24.0	124.4	985	NE	28→38	30	38	150	50
	18	25.4	126.5	990	NE	40	28	35	150	
3	00	26.2	129.1	992	NE	45	23	28	150	
	06	26.7	130.7	996	ENE	45	15			

表二：蘇珊颶風警報發佈經過表（77年5－6月）

Table 2 : Warning procedures issued by CWB for typhoon SUSAN

警報種類	次 序	資料時間			中心位置	發佈時間			警戒地區			備註
		報 號	月	日	時	日	時	分	海	上	陸	
海上陸上	1	1	5	31	20	31	21	15	巴士海峽、東沙島海面、台灣海峽南部		-----	-----
海上陸上	1	2	6	1	2	1	4	25	"		台灣南部地區、澎湖地區	-----
海上陸上	1	3	6	1	8	1	9	35	台灣海峽南部、巴士海峽、東沙島海面、台灣東南部海面		台灣南部、澎湖地區、台東地區	-----
海上陸上	1	3-1	6	1	11	1	11	5	"		"	-----
海上陸上	1	4	6	1	14	1	15	25	"		"	西南部沿海應防海倒灌
海上陸上	1	4-1	6	1	17	1	17	10	"		"	"
海上陸上	1	5	6	1	20	1	21	30	台灣海峽南部、巴士海峽、東沙島海面、台灣東南部海面		台灣南部、澎湖地區、花蓮、台東地區	"
海上陸上	1	5-1	6	1	23	1	23	30	"		"	"
海上陸上	1	6	6	2	2	2	4	15	"		"	"
海上陸上	1	6-1	6	2	5	2	6	5	"		"	"
海上陸上	1	7	6	2	8	2	9	45	台灣東部海面、巴士海峽、台灣海峽南部		台灣西南（台南及以南）澎湖、台東、花蓮地區	-----
海上陸上	1	7-1	6	2	11	2	11	55	"		"	-----
海上陸上	1	8	6	2	14	2	15	30	台灣東部海面、台灣北部海面		台東及花蓮地區	-----
解除	1	9	6	2	20	2	20	55	-----		-----	-----

表三：8802 號颱風蘇珊各氣象機構 24 小時預報位置誤差校驗

Table 3 : Evaluation of 24 hour forecasting errors issued by different units.

77 年 5 - 6 月

誤差單位 (km)

日 期		BEST TRACK		CWB			JTWC			R JTD		
日	時	N	E	N	E	誤 差	N	E	誤 差	N	E	誤 差
30	06	16.8	119.2									
	12	18.4	119.0									
	18	18.4	118.5									
31	00	18.8	118.3									
	06	18.8	118.1	18.9	121.1	312.5	18.9	121.2	322.9	19.0	120.0	199.0
	12	19.3	117.8	18.4	119.2	122.8	19.2	119.8	182.2	18.5	119.5	149.6
	18	19.9	117.8	18.3	119.0	215.7	19.4	118.9	126.5	18.5	118.5	170.3
1	00	20.2	117.9	18.7	118.8	189.6	18.6	116.5	228.2	18.5	118.0	187.3
	06	20.6	118.2	19.8	118.4	90.4	20.2	117.3	102.7	19.0	117.0	215.4
	12	21.0	118.8	20.1	118.9	99.5	21.2	117.0	186.1	20.5	118.5	63.1
	18	21.5	119.7	22.3	118.9	120.1	21.7	117.0	277.0	21.5	120.0	30.7
2	00	22.3	120.9	22.0	119.8	116.8	21.8	116.8	421.7	21.0	118.5	284.0
	06	23.2	122.7	22.2	120.0	295.3	21.7	117.5	553.9	21.5	120.5	291.7
平 均 誤 差				174			267			177		
備 註												

表四：8802 號颱風蘇珊各氣象機構實際位置誤差校驗

Table 4 : Evaluation of errors between issued by different units and best track.

77 年 5 - 6 月
誤差單位 (km)

日 期		BEST TRACK		CWB			J TWC			R J T D		
日	時	N	E	N	E	誤 差	N	E	誤 差	N	E	誤 差
30	06	18.6	119.2	18.4	119.7	56.6	18.4	119.7	56.6	18.5	119.5	33.2
	12	18.4	119.0	18.4	119.2	20.9	18.4	119.1	10.4	18.5	119.0	1.1
	18	18.4	118.5	18.3	119.0	53.4	18.3	118.9	43.2	18.5	118.7	23.6
31	00	18.8	118.3	18.4	118.5	48.7	18.2	118.2	66.8			
	06	18.8	118.1	18.8	118.1	0	18.8	118.1	0	18.7	119.0	94.4
	12	19.3	117.8	19.1	118.0	30.3	19.3	117.8	0	19.3	117.8	0
	18	19.9	117.8	20.0	117.8	1.1	19.9	117.6	20.7	19.9	117.6	20.7
1	00	20.2	117.9	20.2	117.8	10.3	20.3	117.5	42.7	20.2	117.5	41.3
	06	20.6	118.2	20.6	118.1	10.3	20.5	117.8	42.6	20.5	118.1	15.1
	12	21.0	118.8	21.0	118.8	0	21.2	118.9	24.3	21.0	118.7	10.3
	18	21.5	119.7	21.5	119.7	0	21.2	119.1	0.5	21.5	119.8	10.2
2	00	22.3	120.9	22.3	120.9	0	22.5	121.2	0.4	22.2	120.9	1.1
	06	23.2	122.7	23.3	122.5	2.5	23.5	121.9	9.4	23.2	122.7	0
平 均 誤 差				18			24			21		
備 註												

表五: SUSAN 期間本局 測站重要氣象統計表 (77年6月LST)

測 站	最低氣壓 (mb)		瞬 間		最 大		風 速 (m/s)		最大風速 (m/s)		強風 (10m/s)以上		最 大		降 水		水 量 (mm)		
	數 值	日 時 分	風 向	風 速	日 時 分	氣 壓	氣 溫	濕 度	風 向	風 速	日 時 分	日 時 分	日 時 分	日 時 分	日 時 分	日 時 分	日 時 分	日 時 分	
彭佳嶼	987.0	02.15.40	ENE	24.4	02.14.50	999.6	18.7	85	ENE	18.8	02.15.47	02.06.36	02.20.57	5.1	02.14.00	02.15.00	1.6	02.14.20	02.14.30
基隆	995.9	02.05.44	NNE	15.7	01.14.54	998.9	23.7	92	NNW	8.9	01.14.50	01.12.20	02.16.20	16.0	01.13.30	01.14.30	4.0	01.13.55	01.14.05
鞍 部	907.9	02.12.30	NNW	22.2	02.17.20	908.9	15.5	76	NNW	11.2	02.14.35	02.07.25	02.18.20	23.3	01.12.17	01.13.17	5.2	01.12.20	01.12.20
竹子湖	1000.1	02.07.25	NE	21.1	12.07.19	1000.3	16.8	95	NE	11.3	02.07.30	02.07.10	02.07.40	31.3	01.12.30	01.13.30	9.7	01.12.40	01.12.50
臺北	998.3	01.13.11	ENE	12.5	02.08.40	1000.7	22.7	69	ENE	7.0	02.07.10			7.5	01.16.00	01.17.00	2.0	01.13.20	01.16.50
新竹	997.1	02.05.00	NE	15.0	02.05.46	997.2	22.0	83	NE	6.7	02.09.00	02.02.20	02.12.00	10.1	01.16.00	01.17.00	2.7	01.16.40	01.16.50
臺 中	992.1	02.05.30	N	12.8	02.07.03	992.9	22.3	84	N	4.6	02.07.10			13.4	01.19.50	01.20.50	4.0	01.20.20	01.20.30
梧 棲	992.0	02.05.00	NNE	33.1	02.05.43	992.1	23.6	79	NE	22.2	02.08.58	01.15.25	02.21.28	3.4	01.18.27	01.19.27	1.1	01.22.12	01.22.22
日月潭	883.9	02.05.30	N	53.0	02.05.20	884.0	21.2	82	SSE	45	02.12.20			7.9	01.14.00	01.15.00	3.5	01.14.00	01.14.10
澎湖	993.4	02.05.15	NNE	27.0	02.05.15	998.1	24.0	73	NNE	12.3	02.09.10	01.20.10	02.14.20	1.4	01.18.20	01.19.20	0.7	01.18.50	01.19.00
嘉義	791.2	02.06.13	N	15.0	02.08.17	991.9	20.5	93	N	9.3	02.08.20			22.5	01.17.06	01.18.06	8.0	01.17.39	01.17.49
阿里山	750.3	02.08.00	ESE	18.5	02.08.42	751.1	13.5	98	ESE	4.7	02.09.10			7.9	02.10.00	02.11.00	2.1	02.10.10	02.10.20
玉山	298.1	02.07.00							ESE	18.3	02.02.10	01.17.50	02.02.30	15.0	02.10.00	02.11.00	4.0	02.10.50	02.11.00
臺南	989.7	02.06.10	N	24.0	02.06.35	990.3	20.8	99	NNE	14.2	02.07.40	02.03.30	02.09.20	5.5	01.15.00	01.16.00	1.8	01.15.15	01.15.25
高雄	982.1	02.06.43	NW	27.1	02.07.32	983.0	20.9	96	NW	15.9	02.07.40	02.05.10	02.09.50	15.9	02.12.09	02.03.09	5.0	02.02.45	02.02.55
東吉島	990.8	02.04.45	NNE	40.6	02.04.44	990.8	22.8	94	NNE	30.7	02.07.20	01.14.36		2.6	02.06.04	02.02.04	1.2	02.06.02	02.06.12
恆 春	966.8	02.06.40	NNW	37.6	02.07.54	982.0	22.6	100	SE	15.8	02.05.40	02.04.00	02.09.00	22.6	02.07.10	02.08.10	8.0	02.07.15	02.07.25
蘭 嶼	982.1	02.09.09	SW	59.0	02.09.21	982.2	23.4	100	SW	40.2	02.08.51	02.01.50	02.15.05	23.9	02.21.00	01.22.00	14.5	01.21.00	01.21.10
大 武	972.5	02.08.21	NNE	31.1	02.08.20	972.6	24.7	98	NNE	17.0	02.08.20	02.05.44	02.08.36	40.2	01.08.40	02.09.40	14.3	02.08.34	02.08.44
臺 東	985.0	02.09.45	NNE	27.9	02.09.03	985.8	18.6	100	NE	11.6	02.09.00	02.08.10	02.09.10	70.0	02.05.00	02.06.00	15.0	02.04.30	02.04.40
新 港	988.2	02.10.10	NNE	31.7	02.10.10	988.6	23.2	94	NNE	16.2	02.10.15	02.05.10	02.11.50	39.2	02.06.20	02.07.20	12.5	02.08.25	02.08.35
花 蓮	994.5	02.10.34	NE	15.9	02.09.54	995.3	23.6	92	NE	8.0	02.09.10			15.8	02.11.25	02.12.25	3.5	02.12.10	02.12.20
宜 蘭	998.2	01.14.00	ENE	6.4	02.12.12	998.3	25.9	94	ESE	3.8	01.12.10			41.6	01.14.20	01.15.20	10.0	01.14.53	01.15.53
蘇 澳	997.7	01.14.40	NNW	17.4	02.11.17	999.5	20.2	91	WNW	7.9	01.15.10			10.4	02.10.50	02.11.50	2.5	02.08.15	02.08.25

表六：蘇珊颱風期間各地風雨情形（6月1日0時至2日20時止）

Table 6 : Observed gust wind and accumulated rainfall over Taiwan from 060100 LST to 060220 LST

站 名	累積雨量 (公釐)	最大風速 (級) (Kts)	站 名	累積雨量 (公厘)
彭 佳 嶼	26	49 (10)	牛 門	103
基 隆	73	31 (7)	古 魯	172
宜 蘭	129	—	雙 蓮 碑	118
蘇 澳	82	33 (7)	五 指 山	97
鞍 部	69	40 (8)	四 十 分	112
陽 明 山	68	42 (9)	大 尖 山	98
台 北	34	25 (6)	大 屯 山	51
新 竹	52	30 (7)	火 燒 寮	134.5
中	24	24 (6)	木 柵	114.0
梧 棲	9	66 (12)	石 碇	112.0
日 月 潭	36	106 (16)	桶 後	119.0
玉 山	92	—	瑞 芳	121.5
阿 里 山	62	25 (6)	屈 尺	91.0
嘉 義	51	32 (7)		
台 南	47	49 (10)		
高 雄	120	54 (10)		
花 蓮	89	32 (7)		
新 港	208	62 (11)		
台 東	333	56 (11)		
大 武	208	53 (10)		
恆 春	125	75 (13)		
蘭 嶼	75	118 (17)		
澎 湖	2.8	48 (10)		
東 吉 島	11	80 (13)		

表七：蘇珊颱風災害統計一覽表

Table 7 : Statistical tables of damage caused by typhoon SUSAN

項 目	損失金額 (百萬元)	說 明
1. 農田損失	38	流失 71 公頃、埋沒 9 公頃。
2. 農作物損失	369	被害面積 13,333 公頃，換算損失 3,339 公頃。
(1) 水 稻	20	被害面積 2,090 公頃，換算損失 300 公頃。
(2) 其他農作物	349	被害面積 11,243 公頃，換算損失 3,039 公頃。
3. 畜牧損失 ※	0	
(1) 畜禽損失	0	家禽死亡 55 隻。
(2) 畜禽舍損失	0	半倒 2 棟，損壞 1 棟。
4. 漁業損失	8	
(1) 漁港及公共設施		漁船及魚筏計 71 艘，漁具 2 件。
(2) 漁船漁具	8	損害面積 1.3 公頃。
(3) 漁 塭 ※	0	
(4) 淺海養殖		
5. 產業道路及野溪工程	—	
(1) 產業道路		
(2) 農 路		
(3) 野溪治理		
6. 林業損失	2	包括林木損失、運材設備損失、員工廳舍損失及其他損失。
總 計	417	

資料來源：1. 農田損失、農作物損失、畜牧損失由各縣市政府查報。

2. 漁業損失由漁業局查報。

3. 林業損失由林務局查報。

註：畜牧損失（4.7 萬元）及魚塭損失（40 萬元）經四捨五入以“○”代表。

小，而實際位置校驗（表四）亦有相同的結果。

五、蘇珊颱風侵台期間各地氣象情況及災害

表五是蘇珊颱風侵台期間中央氣象局各測站氣象要素統計表，顯示大部分要素相對極值均在6月2日出現，以下分幾方面來討論：

(一)氣壓

從最低氣壓之數值及發生時間來看，恆春在6月2日6時40分氣壓為966.8毫巴為最低，約二個小時後出現在大武972.5毫巴。再二個小時後，新港測到988.2毫巴。

(二)風速

瞬間最大風速，除了島嶼及高山測站外，最大風速均出現在東南部地區，如恆春37.6m/s，大武31.1m/s，新港31.7m/s，台東27.8m/s。相同的結果也出現在平均最大風速之觀測值上。

(三)氣溫與濕度

氣溫較高的地方在南部地區，有東吉島22.8°C、恆春22.6°C，東南部地區有大武24.7°C、新港23.2°C、花蓮23.6°C，而這些測站之濕度也相當飽和。

(四)降水量

每小時及十分鐘最大值均出現東南部及高屏一帶，例如新港39.2mm及12.5mm，台東70.0mm及15.0mm，大武40.2mm及14.3mm，蘭嶼23.9mm及14.5mm，恆春22.6mm及8.0mm，而總雨量也顯示這些地區亦是最多降水區。

綜合表五各個氣象要素極值情形及前面路徑之討論，可以知道蘇珊颱風是在6月2日從恆春半島登陸，穿過該半島經由大武附近出海。

(五)各地風雨情形及災害

由於在此段期間，除了蘇珊颱風影響台灣地區外，尚有梅雨鋒面，因此本文收集6月1日到2日止本局測站及合作測站之風雨情形，如表六所示。在最大陣風方面，蘭嶼十七級，日月潭十六級，恆春、東吉島十三級，梧棲十二級，台東、新港十一級，高雄、台南、澎湖、大武十級。

降雨情形有二個大雨中心：(一)北部、東北部地區（平均120公厘）發生於6月1日即颱風登陸前，此乃颱風外圍環流與鋒面影響所造成的。(二)東南部地區，主要是位於颱風東北象限之環流及山脈地形作用所造成，以致台東、大武、新港一帶降雨量平均達250公厘，其中以台東333公厘為最多。

由於蘇珊颱風在恆春附近登陸，而於大武附近出海，強風豪雨使屏東、台東兩縣大部分地區造成嚴重災害，其次為高雄、花蓮地區。總計農、林、漁、牧損失金額約新台幣4億1千7百萬（表七）。

六、結 論

蘇珊颱風在東沙島東方海面轉向而前屬醞釀階段，但由於發生緯度偏高及沒有高空良好支持，而北方又有梅雨鋒面，因此發展強度有限。轉向後與鋒面系統合而為一，迅速以穩定速率向東北移動。對台灣之影響以雨量為主，計有二個大雨中心：一為東北部是受颱風外圍及鋒面影響，二為東南部是位於颱風東北象限及地形影響所致。

蘇珊颱風生命期較短，轉向以後路徑很穩定，中央氣象局完全掌握其動向，同時適時發布警報以及各界配合加強防範，已降低颱風不可抗拒之災害。

本颱風報告由李技正許軍執筆。

REPORT ON TYPHOON SUSAN OF 1988

Research and Development Center
Central Weather Bureau

ABSTRACT

Susan, the second typhoon occurred over the South China Sea in the western North Pacific regions, was the first one to landfall Taiwan in 1988. During its life cycle (late May to early June), Mei-Yu front was approaching Taiwan area. This is one of the possible reasons which caused Susan passing over the southern tip of Taiwan and rapidly weakening.

There are two heavy rainfall centers. One was in northeast Taiwan which was produced by the typhoon circulation interacting with a frontal system. The other one was enhanced by the topographic lifting effect over SE Taiwan.

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。

統一編號：
09089790050

ISSN 0225-57785

Volume 36, Number 1

March, 1990

METEOROLOGICAL BULLETIN

(Quarterly)

CONTENTS

Articles

- A Study on the Upper-Tropospheric Cold Vortices—Cases
Accompanying Thunderstorms
.....*George Tai-Jen Chen, Lai-Fan Chen and Lan-Fan Chou* (1)

- Study of an Equivalent Barotropic Typhoon Track Prediction
Model.....*Ching-Yen Tsay and Der-Song Chen* (22)

Review

- On the Development and Composite Evaluation of Long-Range
Forecast in Recent 10 Years.....*Henry Fu-Cheng Liu* (35)

Reports

- Report on Typhoon Thelma of 1987 (53)
- A General Review of Typhoons in the North-west Pacific
Ocean in 1987 (68)
- Report on Typhoon Susan of 1988..... (93)

CENTRAL WEATHER BUREAU

64 Kung-Yuan Road, Taipei, Taiwan

Republic of China

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

報學象氣

季刊

第三十六卷 第二期

目 次

研究論文

- 東吉島海面實例波浪場與氣象場之分析.....林雨我 (107)
- 華南梅雨季中尺度對流系統的預報研究.....丘台光、許皓淳、林宏聖 (119)
- 臺灣地區地震發生潛能的探討.....辛在勤、呂佩玲 (129)

報告

- 民國七十七年颱風調查報告——(8805)華倫……………科技中心(137)
- 民國七十七年颱風調查報告——(8866)克蒂……………科技中心(152)
- 民國七十七年颱風調查報告——超級強烈颱風
- (1938)尼爾森……………科技中心(165)

臺北市公園路六十四號 電話：3713181		勳男遠鑑傑良田 平		啓隆之學邦信永 安		戚張楊廖鄭謝葉 劉	
社報學象局氣象 彥彥生 鼎脩恭光宗軍英然軍		中央氣象局 蔡清清 時力克曙世汴仲泰汴		蔡蔡林 王方曲朱呂李胡陳李新		者人長會員員 事價	
出版發行 編輯委員委 社編主委		幹售		幹售		幹售	

東吉島海面實測波浪場與氣象場之分析

林 雨 我

中央氣象局科技研究中心

摘 要

本文係利用近年來本局所屬東吉島站在冬季（12、1、2月）期間，實測所得之波浪資料與氣象資料，應用統計的方法，分析在該測站附近海面之波浪特性（波高、週期）與各氣象參數間的相關性。

分析結果顯示，氣壓場、風場與實測之浪場間有很好的相關，並因此而求得由風速推算波高的迴歸方程式，據此似可使預報作業得以進一步量化。

關鍵詞：複迴歸方程式，多項式迴歸方程式。

一、前 言

早期根據Sverdrup-Munk(1947)的研究，認為完全成熟的波浪其波高與風速的平方有正比的關係；Pierson-Neumann-James(1955)則認為波高與風速直接成正比。此外Phillips(1957)認為由於大氣壓力變動與波浪間之共振機制會引起波浪的產生，而提出他的共振模式(resonance model)；Miles(1957)則認為大氣與海洋間邊界面的不穩定會引起波浪，而提出他的切流模式(Shear-flow-model)。以上所述的，都僅是在於理論上的探討與研究，然而却互有長處與短處，說法莫衷一是。但是無可否認的，就現象而言，浪係因風而生，當風吹拂海面時會立即產生波浪。由過去的觀測經驗知道，海面受風吹襲，海水受到風力的作用而堆積成浪，風速愈強，風吹時間愈久，吹風距離愈長，所形成的波浪也愈高。因此若是直接由這三項因素著手研究，應該可以得到較為具體的結果。

目前可以用來推算預測波浪的方法很多，也有許多的圖表及計算公式可資利用，較為有名的有SMB¹法、美國海軍預測法、PNJ²法、日本氣象

廳法、Darbyshire及Wilson等法（徐和劉，1978）。基本上這些預報方法可以分成波譜法及代表波法兩大類，前者的理論架構較為完美，後者則較為簡單實用。波譜法如WAMDI GROUP法是必須求得波浪的波譜，由於計算量較大，而且在氣象預報上並不需要詳細的波譜資料與分析，因此波譜法似乎不適合在日常作業上使用，代表波法如SMB法，一般而言較適合於季風波浪的推算，但是在使用SMB法時，不易決定吹風域長度，且有人為主觀因素，另外對受限制的海域（如台灣海峽而言，預報波高偏大（梁，1985），似乎也不適用於本省附近的海域。Liang(1973)及Liang et al(1975)提出之面積風域法(FAM⁴)在研究之後，認為在台灣附近海域使用效果良好，尤其適合於邊際海域形狀不規則的地區。然而由於波浪的生成過程十分複雜，海面風的資料又很難獲得，同時這兩類方法事實上都需以經驗常數來參數化，而推算的結果却又無以定論出何者為優，因此基於快速便捷的考量下，以一種經驗公式來做波浪的預報，似乎也不失為一種良方，如郭(1976)等的研究。

由前述中知道風對於浪的形成很重要，而對波高大小更有重要的因果關係。從另一個角度來看，在中緯度地區，風係受氣壓系統的支配，由此似乎可以推論氣壓場與波高間也應該存在某種相關性，故本文乃根據定點實測之風場、氣壓場及波浪場資料，以統計的方法建立彼此的相關並推導出計算公式，以便在得到預報風場或氣壓場後，可以再經由此客觀關係，定量預報出浪場，提供氣象預報上之參考。

1. S M B法：Sverdrup-Munk-Bretchnider, Bretchnider (1970).
2. P N J法：Pierson-Neumann-James(1955).
3. W A M D I G R O U P法：Wave Modeling Development & Implementation GROUP, (1988) J.P.O., 18, 1776-1810.
4. F A M法：Fetch-Area-Method (1973).

二、研究方法與資料來源

在講求時效的實際預報作業上，如何應用最簡單、最方便的方法，得到足夠的參考資訊，應該較理論上的研究更為具體而實際，因此本研究乃著重在實測資料的分析。為求得一簡單且客觀的風浪關係，本計畫初步選擇中央氣象局所屬的東吉島測站近年來的實測波浪資料，應用統計的方法分析該測站附近海域之波浪特性（包括波高與週期）與該測站實測氣象參數間的相關性。

通常在東北季風期裏，本省附近的海域內會出現較為強勁的風浪，造成測波儀器極大的損害，以致無法收集到長時間的連續資料，形成在這方面研究上的困難。然而在這個季節裏，風與浪間的關係對於人類的各項活動而言却更形重要，因此實有必要儘可能以有限的資料來分析這個季節中的風浪，做為預報上的參考。所收集之資料時間如表1所示，由於東吉島為一氣象觀測站，其觀測項目較多，在考量本研究的目的後，共計選擇了二十二個變數，詳如表2。

三、分析結果

圖1為十六方位風向出現頻率分佈情形，顯示在冬季東北季風期內，東吉島所觀測到之風向十分穩定，基本上這三個月份內均是以北北東風(01)為最常出現之風向，其次為北風(16)與東北風(02)，因此我們可以很容易地界定出東吉島站在12、1、2月份內的特徵風向。因法若藉著計算包括氣壓場、風場及浪場資料間的相關係數，將可幫助了解這些物理場間之相關性在統計上所代表的意義。

表3所示為在同一時間下，風場及浪場間之相關係數值大於0.5的變數對，表4所列則為各量在計算相關係數時之標準偏差。考量表3所顯示的情形，可以看出在這些月份中，風場與各特徵波的波高及週期均有極高的相關性，尤其是風場與各特徵波高間的關係更是顯著。若在表3中不去考量冬季各月份平均波數(WNOA)及最大波週期(TM AX)與其他各量間的相關，則可以發現無論是平均風速(VAVG)，最大風速(VMAX)，最大陣風(VGUT)及平均風程(WDIS)都與最大波高(HMAX)，1/10波的最大波高(H10M)，1/10波的平均波高(H10A)， $\frac{1}{3}$ 波的最大波高(H3MX)， $\frac{1}{3}$ 波的平均波高(H3AV)以及全波波高(HTOT)有著很好的相關(如表中黑綫下標的係數值)。郭等(1984)指出東吉島測站在冬季期間， $\frac{1}{3}$ 有義波高與風速的相關係數為0.86，但本文中計算所得之係數則高達0.96，這可能與本文係分月來加以研究，而彼等則以冬季綜合討論所致，但基本上藉著這些高相關性，使得吾人可以進一步的求取風場與浪場間更為具體定量的關係。雖然在表3中看不出氣壓場與各特徵波波高有很高的相關性，但是由於氣壓場與風場間的關係極為密切，因此仍試著尋求這些物理量間的關係。

各特徵波波高以PAVG(平均氣壓)，PMAX(最高氣壓)，PMIN(最低氣壓)，VAVG，VGUT，VMAX為參數所構成之複迴歸方程式(

Multiple Regression Equation, MRE) 如表 5, 說明如下:

CONS: 複迴歸方程式或多項迴歸方程式之常數項。

EXP N: 複迴歸方程式或多項迴歸方程式可解釋資料量的百分比(可信度)。

X 、 X^2 、 X^3 : 多項迴歸方程式之各冪次項。

	方程式中各項名稱	
特 徵 波 高	A A A A	?
	B B B B	
	C C C C	

○: 方程式簡化時需保留項
 ? < X: 方程式簡化時可省略項

AAA.A: 係數上界值

BBB.B: 係數恰當值

CCC.C: 係數恰界值

此處所謂之係數上界值, 下界值是該MRE模型所得之係數信賴區間(confidence interval)(曾等, 1986), 也就是說對此信賴區間而言, 有某種程度百分比的資料(EXPN), 可以滿足此一MRE模型, 而係數恰當值則是MRE模型所建議的最佳係數值。同時藉著這些上下界的正負號, 尚可以看出某些係數恰當值可以被省略者, 其原因在於該恰當係數既然在正負號相反的信賴區上下界值間, 則可以為其間的任何實數值, 只不過以該MRE計算所得之係數值較為恰當而已。因此基於簡化方程式的目的, 應可選擇零做為該參數項之係數。由表 5(a)中知道在12月時, 各特徵波高的MRE均可解釋80%以上的資料。尤其代表平均狀態的H10A與H3AV較代表極端狀態的H10M與H3MX解釋的更好。此外尚得知VAVG在整個MRE中具有絕對的重要性, 而VGUT則次之。表 5(b)顯示在1月份中, HMAX、H10M、H3MX、H3AV的MRE亦可解釋80%以上的資料, 獨有HTOT的MRE解釋程度較差, 但仍有60%以上的可信度, 同時1月份的VAVG也仍

具有絕對之重要性, 這與12月的情形完全相同。表 5(c)顯示在2月份時, 各特徵波高的MRE對資料的解釋能力, 較前二者有更佳的表現, 除了HMAX外, 其餘各MRE均有85%以上的可信度。尤其像H10A、H3AV二種特徵波高的MRE甚至有90%以上的可信度, 其中VAVG這個參數又再度顯示在MRE中之重要性。由表 5所顯示的整體結果得知基本上以PAVG, PMAX, PMIN, VAVG, VMAX, VGUT等參數所構成之MRE可以解釋東吉島測站在12、1、2月所觀測到各特徵波高的大部分資料, 同時也顯示出VAVG這一項參數對於估算各特徵波高時之重要性。為求使得各特徵波高與氣象場間有更簡化的關係, 吾人似可以根據以上所得之初步結論, 利用VAVG做為單一參數來計算各特徵波高的多項式迴歸關係(Polynomial Regression Equation, PRE), 使其更具有預報作業上之應用價值。表 6所列之數值是以VAVG為單一變數所得之多項式迴歸係數及其上下限。各特徵波高的PRE, 均由三次式起遞減計算至一次, 其目的是為了求得在盡可能解釋大部分資料的情形下, 又可以極度簡化MRE。由於計算各特徵波PRE的目的, 係提供預報作業上之參考, 因而在此不擬多做現象上的解釋, 只將表中所顯示的訊息指出, 以供預報員應用, 至於如何選擇恰當的冪次及如何的簡化, 則端視預報員的經驗來決定。表 6(a)顯示, 12月份的各特徵波高之各冪次多項式, 其可信度的差異均不大。同時三次以下的多項式都有被簡化的可能, 其可信度也不差, 因此似說明了各特徵波高與VAVG之間可以被簡化成三次以下的曲線關係。表 6(b)為1月份的情形, 除HMAX的可信度極度偏低而不知其原因外, 其餘的特徵波高的可信度基本上也與表 6(a)的情形類似, 因此各特徵波高的PRE似亦均可簡化成三次以下的方程式。表 6(c)為2月份的情形, 顯示出與12及1月份完全相同的性質。此外, 綜觀表 6中H3AV及H3MX的一次式係數欄, 可以發現其係數值平均約為22.5及26.4, 與郭等(1984)所得之26.6相差不多, 又常數項係數為-66.0及-46.2, 也與郭等

(1984) 所得之 - 57.0 相差不多，其間的差異可能來自於彼等之研究中並未加以分月考慮。

至此可以知道 V A V G 不僅在複迴歸分析中，具有絕對之重要性，同時其所構成的多項迴歸方程式也極具代表性，加上由於 V A V G 係一般觀測時極易獲得之資料，使得在以風場估算浪高的實際預報作業中更具應用價值，因此本文中更進一步採用平均風速的資料來代表風場，以建立與浪場間的對應關係。圖 2 表示在 12 月份，V A V G 與 H M A X , H 10 M , H 10 A , H 3 M X , H 3 A V , H T O T 間的對應關係。由各圖中黑點所示的分佈情形看來，平均風速與這些特徵波高間存在著一種非線性多項式關係，基本上也就是前面表 6 (a) 所計算出之多項式。其代表曲線的傾斜角度，依 H M A X , H 10 M , H 10 A , H 3 M X , H 3 A V , H T O T 的順序遞減，顯示各特徵波高對風速變化的敏感度逐漸降低。同時亦可以發現，平均風速與各特徵波最大波高的對應關係較為分散，如圖 2 (a)(b)(d)；反之，平均風速與各特徵波平均波高的對應關係則較為集中，如圖 2 (c)(e)(f)。1、2 月份的情形，如圖 3 及圖 4 所示，所表現的特徵與 12 月份的分佈型態十分近似，若仔細比較這三個月份的代表曲線或分佈型態，可以發現其曲線傾斜角度大致相同，平均風速與各特徵波平均波高的關係也均較集中，似乎顯示東吉島測站的實際資料分析較有利於平均狀態的解釋。

四、結 論

由以上的資料分析，大致可以獲得到下列幾點初步結論：

1. 東吉島測站在冬季 12、1、2 月份均以北北東風為最主要的特徵風向。
2. 東吉島測站在冬季期間，風場和浪場間有很好的相關，可以據此求取推算浪場的複迴歸方程式，使得預報作業得以初步量化。
3. 平均風速在複迴歸分析中係一重要因子，同時其所構成的多項迴歸方程式也極具代表性。
4. 一般而言，各特徵波高的多項迴歸方程式，可以簡化成三次以下的多項迴歸關係，並具有不錯的

可信度。

5. 東吉島測站資料顯示，各特徵波高對平均風速變化的敏感度，隨最大波波高， $1/10$ 波最大波高， $1/10$ 波平均波高， $1/3$ 波最大波高， $1/3$ 波平均波高，全波平均波高的順序遞減。
6. 平均風速與各特徵波最大波高的對應關係較為分散，而與平均波高間的對應關係則較為集中。

參考文獻

- Bretschneider, C.L., 1970: Forecasting Velocity for wave generation. Univ. of Hawaii, Dept. Ocean Eng., JKK LOOK Lab. Quart., 1(3): 31-34.
- Liang, N.K., 1973: "Elementary Wave model and the Definition of "Fetch Area" in Wave Prediction", Acta Oceanographica Taiwanica., Science reports of the National Taiwan University, No. 3.
- Liang, N.K., S.T. Tang and B.J. Lee, 1975: The wave prediction model of monsoon for Taichung harbour. Acta Oceanographica Taiwanica., Science reports of the National Taiwan University No. 5, 106-123.
- Miles, J.W., 1957: On the generation of surface waves by shear flows., J. Fluid Mech., 3, 185-204.
- Phillips, O.M., 1957: On the generation of waves by turbulent wind., J. Fluid Mech., 2, 417-445.
- Pierson, W.J., G. Neumann, and R.W. James, 1955: Practical Methods for Observing and Forecasting Ocean Waves by Means of Wave Spectra and Statistics. U.S. Navy Hydrographic office Pub. No. 603, 284pp.
- Sverdrup, H.U., and W.H. Munk, 1947:

Wind, sea and swell; theory of relations for forecasting. U.S. Navy Hydrographic office Pub.No. 601, 44pp.

林雨我，1989：台灣海峽之實測波浪初步分析研究——小琉球、東吉島。颱風景潮、湧浪、波浪研究計畫報告（第四年），印刷中。

徐明同、劉玉龍，1978：琉球嶼海面波高預測之研究——Acta Oceanographica Taiwanica., Science Reports of the National Taiwan University No.8, 178-194.

梁乃匡等，1985：台灣附近海域波浪預報模式研究(一)——波浪部份。中央氣象局研究報告第148號，96頁。

郭金棟，1976：臺中港區波浪預測方法之研究，中興大學土木工程系，86頁。

郭金棟、吳明宗、陳冠銘，1984：台灣沿海波浪分析與預測方法之研究(一)——鼻頭角、小琉球、東吉島、新港波浪記錄之統計特性分析，國立成功大學水利及海洋工程學系暨研究所，研究試驗報告No.73-5，49頁。

曾國雄、鄧振源，1986：多變量分析(一)——理論應用篇，松崗電腦圖表資料有限公司，491頁。

表1：東吉島測站風浪資料取樣時間

Table 1: Time of selected wind and wave data for Tungchitao station.

取樣月份	十二月	一月	二月
取樣年份	1985 1986 1987	1983 1986 1987 1988	1983 1985 1986 1987

表2：東吉島測站觀測資料的考量項目

Table 2: Items of observed wind and wave data for Tungchitao station.

	風場資料						波 浪 資 料										
變數名稱	平均氣壓	最低氣壓	最高氣壓	平均風速	陣風風速	平均風向	平均波高	最大波高	最大波數	十分之一波高	十分之二波高	十分之三波高	三分之一波高	三分之二波高	全波平均波高	全波平均波期	海平面平均風速
	PPPP	VVVV	VVVV	VVVV	VVVV	VVVV	WHTH	THTH	THTH	THTH	THTH	THTH	THTH	THTH	THTH	THTH	WSFC
英文代號	PAVG	PMIN	PMAX	VAVG	VMAX	VDIR	WMAH	THMA	THMA	THMA	THMA	THMA	THMA	THMA	THMA	THMA	

表3：東吉島測站風場及浪場之相關係數
(僅列出相關係數>0.5者)

Table 3: Correlation coefficients between wind and wave field for Tungchitao station. (only for correlation coefficients larger than 0.5)

	十二月				一月				二月			
	VAVG	VGUT	VMAX	WDIS	VAVG	VGUT	VMAX	WDIS	VAVG	VGUT	VMAX	WDIS
WNOA	.88	.90	.88	.89	.88	.87	.87	.89	-.78	-.70	-.70	-.78
HMAX	.88	.90	.88	.89	.88	.87	.87	.89	.87	.85	.86	.87
TMAX	.56	.59	.57	.56								
H10M	.88	.90	.88	.89	.87	.89	.88	.87	.91	.91	.92	.91
T10M	.83	.83	.83	.83	.78	.79	.79	.79	.72	.68	.68	.72
H10A	.94	.90	.89	.94	.95	.88	.90	.95	.96	.89	.90	.96
T10A	.85	.83	.82	.86	.76	.70	.73	.77	.81	.73	.73	.81
H3MX	.88	.90	.88	.89	.90	.89	.90	.90	.92	.92	.92	.92
T3MX	.84	.86	.85	.85	.74	.73	.75	.74	.82	.78	.78	.82
H3AV	.94	.90	.89	.94	.94	.85	.87	.94	.96	.89	.89	.96
T3AV	.73	.74	.74	.74	.77	.70	.74	.78	.82	.73	.73	.82
HTOT	.92	.88	.88	.92	.75	.61	.66	.75	.92	.83	.81	.92
TTOT	.89	.87	.85	.89	.79	.74	.77	.80	.83	.74	.74	.83

表4：各參考變數之標準偏差

Table 4: Standard deviations for observation items for Tungchitao station.

	十二月	一月	二月
PAVG	2.12	2.94	3.74
PMAX	2.15	2.93	3.59
PMIN	2.28	3.10	3.90
VAVG	4.26	3.69	3.73
VGUT	7.35	5.96	6.33
VMAX	4.99	4.28	4.55
WDIS	4.28	3.63	3.70
WNOA	36.50	44.46	26.89
HMAX	233.28	184.17	204.11
TMAX	18.68	22.22	33.61
H10M	165.85	124.76	140.24
T10M	11.03	9.89	13.60
H10A	128.16	99.00	106.52
T10A	7.79	7.79	8.37
H3MX	127.94	97.37	110.63
T3MX	10.62	9.13	12.63
H3AV	100.43	77.64	84.53
T3AV	8.34	7.50	8.63
HTOT	61.82	61.22	56.36
TTOT	6.95	6.77	6.86
WSFC	4.28	3.73	3.78

表 5：東吉島測站所測得各特徵波高之複迴歸式的係數表。

(係數值均經四捨五入，以小數點後一位表式) (a)12月 (b)1月 (c)2月

Table 5 : Coefficients of multiple correlation equation of each significant wave height for Tungchitao station. (all values with one decimal have been rounded up/down)

(a) December

(b) January

(c) February

(a)	PAVG		PMAX		PMIN		VAVG		VGUT		VMAX		CONS		EXPN%
HMAX	50.2 -22.2 -94.5	X	69.3 17.8 -33.8	X	53.7 6.5 -40.6	X	34.1 20.1 6.0	0	39.2 24.0 8.9	0	13.6 -9.1 -31.8	X	8070.6 -2301.8 -12674.2	X	83.3
H10M	57.5 5.0 -47.6	X	43.5 6.1 -31.4	X	25.3 -8.9 -43.1	X	24.8 14.6 4.4	0	28.9 17.9 6.9	0	8.0 -8.5 -24.9	X	5281.0 -2250.9 -9782.9	X	82.6
H10A	23.1 +8.0 -39.1	X	35.8 13.6 -8.6	X	15.8 -4.5 -24.8	X	31.3 25.2 19.2	0	14.1 7.6 1.1	0	1.5 -8.3 -18.1	X	3224.7 -1240.0 -5704.7	X	89.7
H3MX	47.9 7.6 -32.6	X	32.0 3.3 -25.4	X	16.8 -9.4 -35.7	X	18.9 11.0 3.2	0	20.7 12.3 3.8	0	8.5 -4.1 -16.7	X	4163.9 -1612.5 -7388.8	X	82.8
H3AV	24.4 -0.4 -25.3	X	27.2 9.5 -8.3	X	8.2 -8.1 -24.3	X	24.4 19.5 14.7	0	9.8 4.6 -0.6	X	3.4 -4.4 -12.2	X	2492.3 -1076.0 -4644.4	X	89.3
HTOT	28.9 11.1 -6.7	X	14.6 1.9 -10.8	X	-0.6 -12.2 -23.8	0	14.8 11.3 7.9	0	4.3 0.5 -3.2	X	6.4 0.8 -4.8	X	1753.8 -800.3 -3354.4	X	85.6

(b)	PAVG		PMAX		PMIN		VAVG		VGUT		VMAX		CONS		EXPN%
HMAX	93.6 24.2 -44.8	X	20.3 -19.5 -59.2	X	33.8 -6.4 -46.7	X	38.9 26.7 14.4	0	16.5 5.9 -4.7	X	24.4 8.4 -7.6	X	7535.2 1392.0 -4751.4	X	80.2
H10M	-63.2 -17.6 27.9	X	-20.0 6.1 32.3	X	-14.3 12.2 38.7	X	1.5 9.6 17.6	0	2.4 9.4 16.4	0	-5.3 5.3 15.8	X	-4871.6 -827.4 3216.8	X	81.3
H10A	43.9 17.5 -8.9	X	8.3 -6.9 -22.1	X	6.1 -9.2 -24.5	X	26.5 21.9 17.2	0	4.1 0.1 -4.0	X	8.9 2.8 -3.4	X	843.2 -1500.6 -3844.4	X	90.0
H3MX	37.2 4.2 -28.8	X	14.7 -4.3 -23.3	X	21.3 2.1 -17.1	X	16.1 10.2 4.4	0	7.6 2.6 -2.5	X	16.0 8.4 0.8	0	922.6 -2010.0 -4942.5	X	83.9
H3AV	40.0 17.8 -4.4	X	5.2 -7.5 -20.3	X	5.3 -7.6 -20.5	X	22.8 18.9 14.9	0	2.6 -0.8 -4.2	X	6.3 1.1 -4.0	X	765.0 -2140.0 -4714.0	X	88.5
HTOT	54.8 24.0 -6.8	X	10.7 -7.0 -24.7	X	6.0 -11.9 -29.8	X	20.4 14.9 9.5	0	-2.7 -7.4 -12.1	0	13.5 6.4 -0.7	X	2534.0 -5267.4 -8000.7	X	64.6

(c)	PAVG		PMAX		PMIN		VAVG		VGUT		VMAX		CONS		EXPN%
HMAX	76.4 3.1 -70.1	X	42.9 2.3 -38.2	X	42.5 -3.5 -49.5	X	44.1 30.0 15.9	0	10.8 -6.2 -23.2	X	47.2 23.8 0.5	0	3908.8 -2168.5 -8245.8	X	78.1
H10M	59.1 21.3 -16.5	X	20.0 -0.9 -21.8	X	6.1 -17.7 -41.4	X	21.7 14.4 7.2	0	10.0 1.2 -7.5	X	27.0 15.0 3.0	0	225.6 -2909.0 -6043.4	X	87.7
H10A	29.8 7.6 -14.7	X	13.5 1.2 -11.2	X	6.6 -7.4 -21.4	X	29.0 24.7 20.5	0	2.5 -2.7 -7.8	X	12.7 5.6 -1.5	X	396.8 -1452.0 -3300.7	X	92.6
H3MX	43.3 14.1 -15.1	X	16.4 0.2 -16.0	X	6.1 -12.2 -30.6	X	17.1 11.5 5.9	0	8.1 1.3 -5.5	X	20.7 11.4 2.1	0	205.3 -2219.0 -4643.1	X	88.2
H3AV	22.2 4.4 -13.4	X	11.8 1.9 -8.0	X	5.9 -5.2 -16.4	X	23.2 19.8 16.4	0	1.6 -2.6 -6.7	X	10.6 5.0 -0.7	X	321.1 -1154.5 -2630.0	X	92.5
HTOT	27.2 10.6 -6.1	X	9.0 -0.2 -9.4	X	0.9 -9.6 -20.0	X	18.8 15.6 12.4	0	3.9 0.0 -3.8	0	3.4 -1.9 -7.2	X	602.3 -777.7 -2157.6	X	85.2

表 6：東吉島測站所測得各特徵波高的多項迴歸式的係數表。(四捨五入 小數點後一位)

(a) 12月 (b) 1月 (c) 2月

Table 6 : Coefficients of polynomial correlation equation of each significant wave height for Tungchitao station. (all values with one decimal have been rounded up/down)

(a) December

(b) January

(c) February

(a)	X	X ₂	X ₃	CONS	%	(b)	X	X ₂	X ₃	CONS	%	(c)	X	X ₂	X ₃	CONS	%		
HMAX	37.9 -41.8 -121.5	15.7 8.5 1.2	-0.0 -0.2 -0.4	471.7 207.0 -57.6	X	79.4	HMAX	-67.4 24.9 -17.7	1.3 -2.5 -6.3	0.2 0.1 -0.0	282.4 132.6 -17.3	X	9.5	101.2 11.1 -79.1	11.0 2.5 -6.0	0.2 -0.0 -0.3	374.2 81.6 -210.9	X	76.7
	72.0 45.2 18.4	1.3 0.1 -1.0		100.1 -48.7 -197.5	X	78.2		9.4 -1.9 -13.3	0.4 -0.1 -0.5		286.5 220.7 154.8	0	8.2	52.1 26.3 0.4	2.2 1.0 -0.2		171.0 36.1 -98.8	X	76.7
	53.8 48.5 43.1			6.0 -64.8 -135.6	X	78.2		-1.3 -3.4 -5.5			254.8 228.7 202.7	0	8.2	52.9 47.8 42.6			-7.0 -66.7 -126.4	0	76.1
HIOM	33.5 -24.4 -82.2	10.2 4.9 -0.4	0.0 -0.1 -0.3	347.9 155.8 -36.3	X	78.6	HIOM	83.7 -2.0 -87.7	10.8 3.2 -4.4	0.1 -0.0 -0.3	447.9 146.1 -155.8	X	78.6	68.6 16.9 -34.7	5.9 1.0 -3.9	0.1 -0.0 -0.2	185.9 18.4 -149.1	X	83.8
	39.4 20.3 1.1	1.4 0.6 -0.2		131.2 24.7 -81.8	X	78.0		45.6 22.8 -0.0	1.8 0.9 -0.0		196.5 64.6 -67.3	X	78.5	35.6 20.8 6.0	1.3 0.6 -0.0		84.1 6.9 -70.3	X	83.8
	38.1 34.3 30.4			6.2 -45.0 -96.3	X	77.4		48.3 44.0 39.7			2.9 -50.0 -103.0	X	77.9	37.3 34.4 31.4			-23.7 -58.0 -92.2	0	83.3
HIOA	0.7 -28.8 -58.2	7.3 4.6 1.9	-0.0 -0.1 -0.2	225.5 127.8 30.1	0	90.7	HIOA	52.2 -8.8 -69.8	8.8 3.4 -2.0	0.1 -0.1 -0.2	327.7 112.8 -102.1	X	76.4	-2.7 -27.0 -51.3	7.0 4.7 2.4	-0.1 -0.1 -0.2	192.1 113.3 34.5	0	93.8
	21.3 11.3 1.2	1.2 0.7 0.3		66.0 10.2 -45.5	X	89.9		43.3 27.0 10.7	0.8 0.1 -0.6		89.5 -4.8 -99.1	X	76.1	22.0 14.6 7.2	0.9 0.6 0.3		26.6 -11.8 -50.3	X	93.0
	30.4 28.3 26.2			-46.4 -71.6 -102.8	0	88.5		32.5 29.5 26.5			19.4 -17.9 -55.2	X	76.1	29.0 27.5 25.9			-55.3 -73.1 -90.8	0	92.2
H3MX	24.0 -20.2 -64.4	8.0 4.0 -0.0	0.0 -0.1 -0.2	271.8 125.0 -21.8	X	79.0	H3MX	11.1 -19.0 -49.2	6.1 3.4 0.7	-0.0 -0.1 -0.2	217.0 110.8 4.6	0	90.8	52.5 12.6 -27.4	4.6 0.8 -2.9	0.1 -0.0 -0.1	147.8 18.2 -111.4	X	84.5
	32.2 17.5 2.8	1.0 0.4 -0.2		96.0 14.3 -67.3	X	78.2		20.6 12.5 4.3	0.9 0.5 0.2		54.6 7.4 -40.0	X	90.5	27.4 15.9 4.5	1.0 0.5 -0.0		67.8 8.0 -51.7	X	84.4
	29.5 26.5 23.6			8.5 -30.7 -69.8	X	77.9		26.9 25.4 23.8			-43.0 -62.4 -81.8	0	89.7	29.5 27.2 24.9			-19.1 -45.6 -72.2	0	83.9
H3AV	2.6 -20.9 -44.3	5.6 3.4 1.3	-0.0 -0.1 -0.1	174.6 96.8 19.0	0	90.4	H3AV	36.5 -6.5 -49.5	6.3 2.5 -1.3	0.0 -0.1 -0.2	238.8 87.4 -64.0	X	80.7	-1.8 -21.1 -40.5	5.5 3.6 1.8	-0.0 -0.1 -0.1	153.6 90.7 27.9	0	93.7
	16.7 8.7 0.8	0.9 0.6 0.2		54.0 9.9 -34.3	X	89.7		30.6 19.1 7.6	0.7 0.2 -0.3		70.0 3.5 -63.0	X	80.5	17.0 11.1 5.2	0.8 0.5 0.2		24.4 -6.1 -36.7	X	93.0
	23.8 22.2 20.5			-34.6 -56.9 -79.3	0	88.3		25.8 23.6 21.5			5.1 -21.2 -47.5	X	80.4	23.0 21.8 20.5			-42.9 -57.0 -71.2	0	92.1
HTOT	5.6 -11.6 -28.8	3.5 2.0 0.4	-0.0 -0.0 -0.1	116.4 59.3 2.1	0	86.4	HTOT	11.9 -14.2 -40.2	4.9 2.6 0.2	0.0 -0.0 -0.1	178.6 86.8 -5.0	X	88.9	14.7 -5.6 -25.8	3.7 1.8 -0.1	0.0 -0.1 -0.1	99.7 34.0 -31.7	X	84.6
	11.2 5.4 -0.3	0.6 0.3 0.1		41.3 9.3 -22.7	X	85.7		15.8 8.8 1.7	0.7 0.5 0.2		52.1 11.5 -29.1	X	88.5	18.2 12.3 6.4	0.3 0.1 -0.2		10.9 -19.8 -50.6	X	84.1
	14.5 13.3 12.1			-14.3 -30.1 -46.0	0	84.5		21.0 19.7 18.3			-30.7 -47.4 -64.1	0	87.6	15.0 13.9 12.7			-13.7 -27.2 -40.6	0	84.0

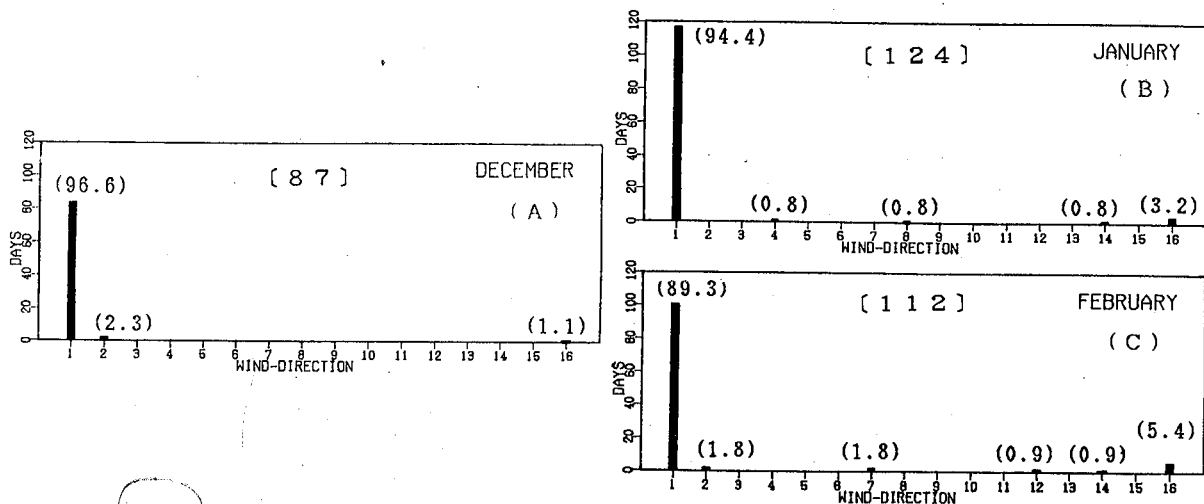


圖 1：東吉島測站各月份風向出現頻率分佈 ()：樣本資料總天數 []：百分比

(A) 12月

(B) 1月

(C) 2月

Figure 1 : Frequence distribution of wind direction for Tungchitao station in

(a) December

(b) January

(c) February

(Wind direction shown in sixteen segments)

() total days of sample date, [] percentage %

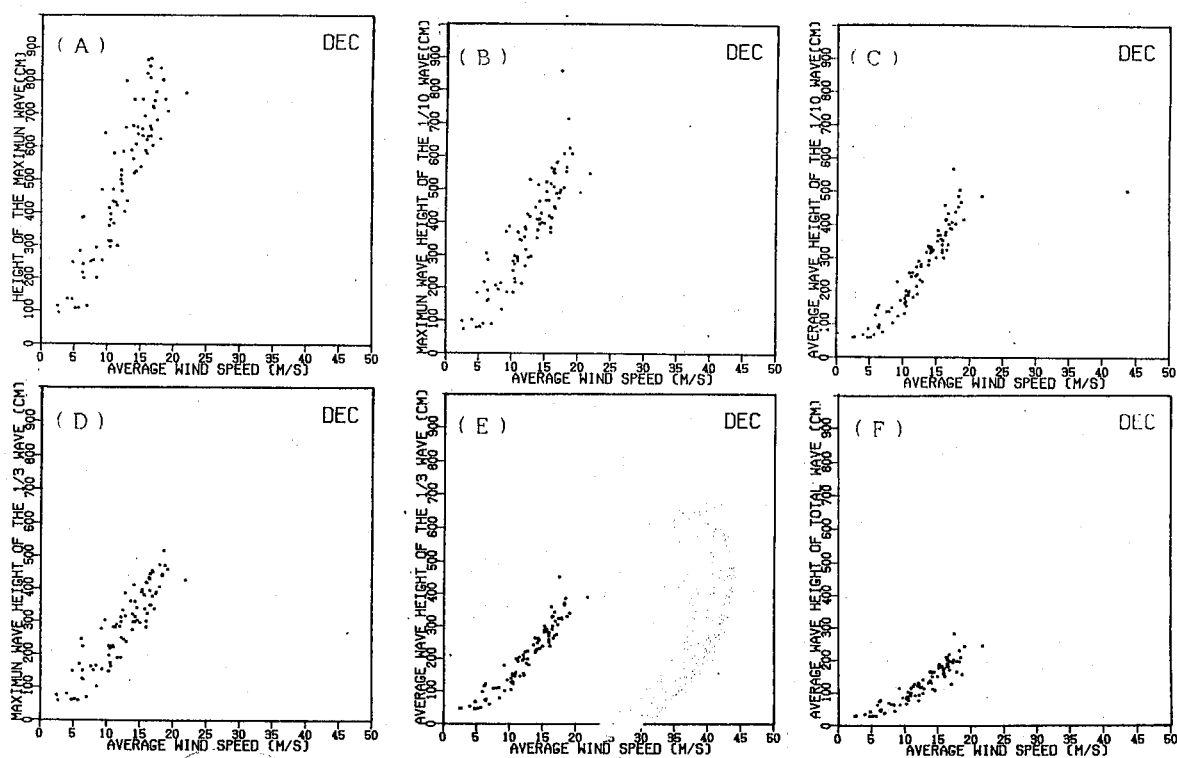


圖 2：12月份各特徵波波高與平均風速的對應關係

(A) HMAX (B) H10M (C) H10A (D) H3MX (E) H3AV (F) HTOT

Figure 2 : Scatter diagrams of each significant wave height and average wind speed in December.

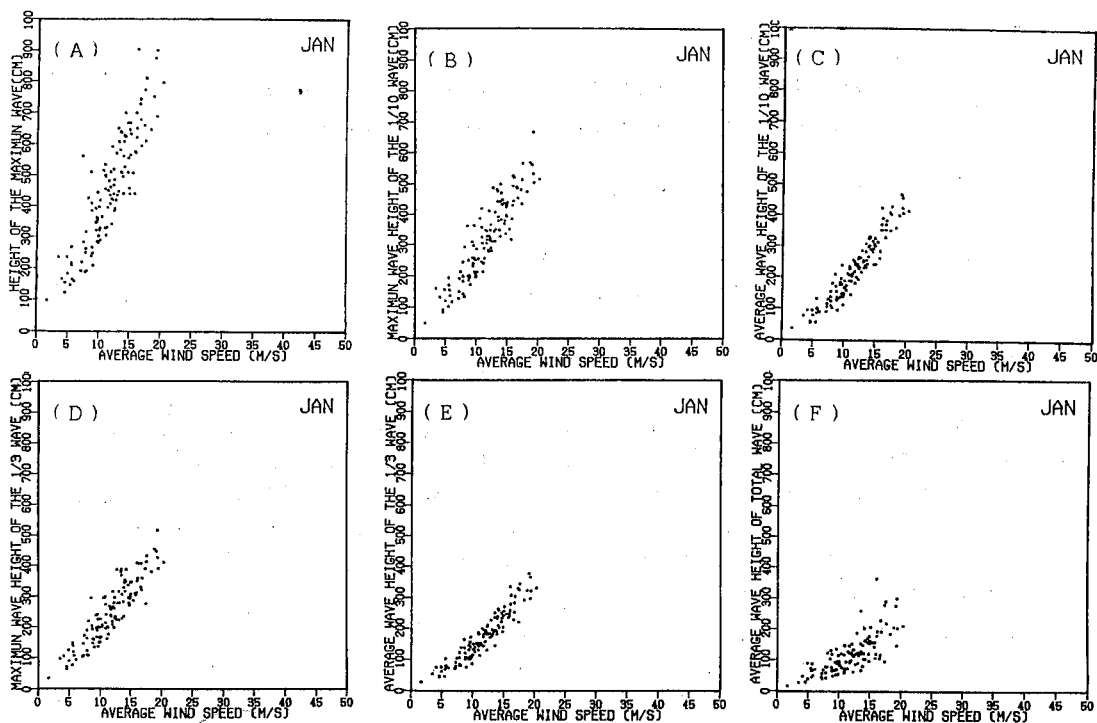


圖 3：1 月份各特徵波波高與平均風速的對應關係

(A)HMAX (B)H10M (C)H10A (D)H3MX (E)H3AV (F)HTOT

Figure 3 : Scatter diagrams of each significant wave height and average wind speed in January.

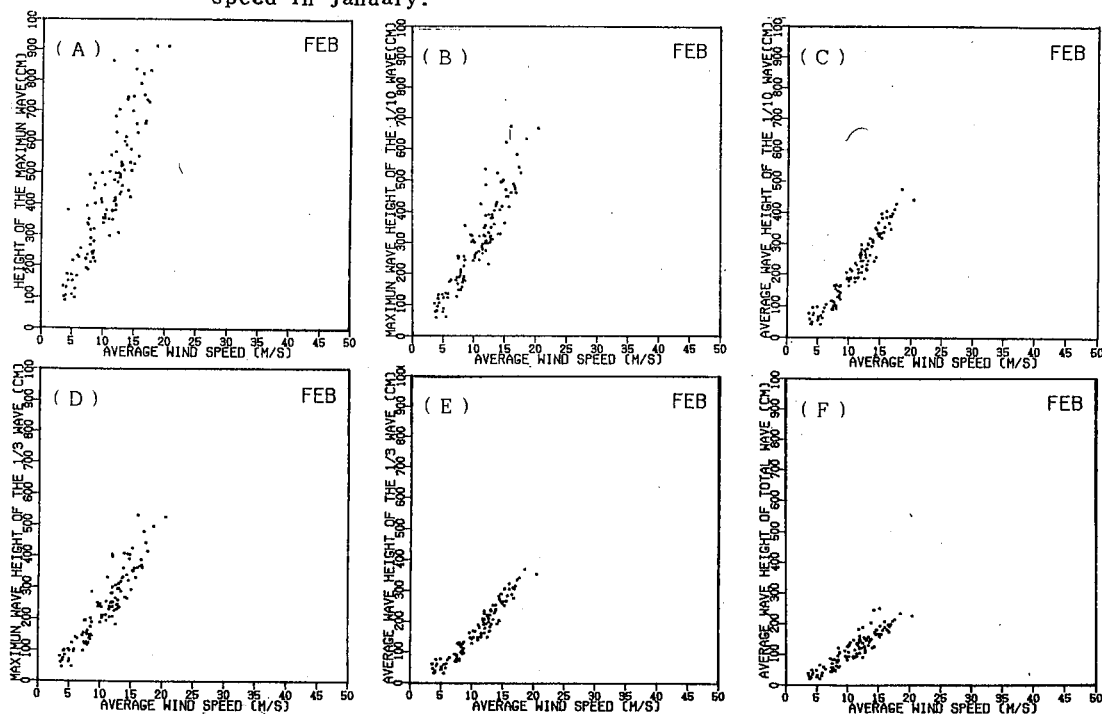


圖 4：2 月份各特徵波波高與平均風速的對應關係

(A)HMAX (B)H10M (C)H10A (D)H3MX (E)H3AV (F)HTOT

Figure 4 : Scatter diagrams of each significant wave height and average wind speed in February.

STATISTICAL ANALYSIS OF WAVES AND WINDS FROM REAL DATA OBSERVED AT TUNCHIDAO

Yeu-Woo, Lin

**R&D Center
Central Weather Bureau**

ABSTRACT

Using statistics, this paper surveys the relationship between wave and meteorological data observed at Tunchidao during the winter season. The results show that the mean wind speed on the surface highly correlates with the significant wave height/period; furthermore, there is a series of simple regression equations for computing significant wave height from wind speed only, so that we can make the quantitative forecast of wave characteristics.

Key word: Multiple Regression Equation (MRE),
Polynomial Regression Equation (PRE)

華南梅雨季中尺度對流系統的預報研究

丘台光 許皓淳 林宏聖

中央氣象局科技研究中心

摘 要

每年 5 ~ 6 月梅雨季期間，造成華南與台灣地區豪雨的主要降水系統，就是中尺度對流系統 (簡稱 MCS)，因此 MCS 的預報就變得非常重要。本文利用衛星及傳統資料，採用主觀及客觀分析方法，分析 1981 ~ 1987 年發生在華南及台灣附近的 MCS，其目的希望找出 MCS 形成的綜觀天氣類型，MCS 的生成、維持的氣象條件及影響 MCS 的發展及移動的因子，經由上述了解建立 MCS 的預報指引。

研究結果指出，MCS 的發展及移動與 850 毫巴正 θ 、平流及暖平流相對極大區有密切關係，利用衛星及傳統資料，分析鋒面、噴流條、短槽或中尺度低壓的位置移動，配合低對流層暖平流區、 θ 、平流區、正渦度平流區 (PVA) 等所造成不穩定度的趨勢分析，具有對 MCS 進行 0 ~ 12 小時的預報潛勢。

關鍵詞：中尺度對流系統、相當位溫平流，不穩定度爆發。

一、前 言

所謂中尺度對流系統 (Mesoscale Convective System，簡稱 MCS) 依據 Watson et. al. (1988) 定義是指一群有組織性雷雨胞組合體，水平大約 100 至 1000 公里尺度範圍持續時間 3 小時以上，並且包括層狀及對流性雲系特徵。根據上述 MCS 之定義可知 MCS 的範圍較廣，包含 Maddox (1980) 所定義的 MCC (Mesoscale Convective Complex) 在內，亦較大 MCS 的系統則大致滿足 MCC 的定義大小。每年 5 ~ 6 月梅雨季期間，造成華南及台灣地區豪雨的最主要的降水系統，就是中尺度對流系統，例如 1981 年 5 月 27 ~ 28 日 (丘等，1982；紀與陳，1984；Chen and Chi，1985；丘與廖，1984) 及 1985 年 5 月 27 ~ 28 日豪雨個案 (Chen et. al.，1986；1987) 等。

在東亞地區梅雨季節裏，中尺度對流系統常出現在梅雨鋒附近，對於這種系統有很多人研究，如 (Matumoto et. al. 1970；Ninomiya and Akiyama，1971，1972，1973；Yoshizumi 1977；Akiyama，1978，1979，1984a，

1984b 等)。由這些研究指出在梅雨季，中尺度對流系統經常挾帶豪雨。這現象在台灣地區亦常出現 (王等 1985；丘與林，1985；丘與廖，1984；丘與劉，1985；紀與陳，1984；Chen and Chi，1985 等)。

豪雨的預報，是一個非常困難的題目，因為它牽涉到大尺度、中尺度到小尺度以及彼此相互間的關係，而導致豪雨之中尺度對流系統的預報又是區域性豪雨預報最重要的一環。首先可能最早在作業上預報 MCS (MCC)，乃經由對流組織發生類型 (採用衛星及雷達資料) 的辨識 (Recognition)，如 Zipser (1982) 在極短期預報的討論方法，主要應用在即時預報上，而準確對 MCS 中期 (6 ~ 12h) 的預報仍存在非常困難的問題，主要由於資料時間和空間的分布太粗，以及對其中尺度過程了解的缺乏，除非利用主觀方法及仔細再分析現有可用資料 (Doswell，1982)，對 MCSs 發展的預報或許有一部分成功的個例 (Rodgers et al.，1984)，要立即改進 MCS 6 ~ 12 小時的預報，中尺度研究模式具有很大潛力在數值預報中尺度對流大氣系統上，但從研究用中尺度模式研究改進到即時作業上應用，恐怕還須要等幾年。

MCS 的預報包括未來的發展、移動以及劇烈程度，如 Scofield (1988) 以及 Juying and Scofield (1989) 提出利用衛星資料配合傳統資料的分析相當位溫 (θ_e)、 θ_e 梯度、厚度線 (850 ~ 300 mb) 以及不穩定度爆發 (Instability Burst) 的位置，可定性預報 MCS 未來 0 ~ 12 小時發展及移動位置，其中特別指出往後 (Backward) 移動的 MCS 與豪雨的產生有很密切的關係，國內方面對 MCS 的環境條件以及激發機制有一些學者專家在進行，但對 MCS 預報的研究很少，故本文乃利用類似 Scofield (1988) 的方法，針對華南至台灣附近所產生的 MCS 加以預報，試圖建立 MCS 一些預報指引及步驟，以提升作業單位對豪雨 (MCS) 的預報能力。

二、資料處理及研究方法

(一) 資料處理

為了進行對 MCS 的預報研究，乃就蒐集 1981 ~ 1987 年 5 ~ 6 月發生在華南及台灣附近之 30 ~ 40 個 MCS 中，選取四組個案加以分析，資料自原始磁帶解碼，除錯整理後，就進行客觀分析，將測站資料內插到網格點，本文採用 Barnes (1965, 1973) 客觀分析方法，該方法為逐次修正法之一種，為了彌補海上資料的缺乏，初始場採用 NMC 的 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 網格資料內插到 80×80 公里的直角網格點上，分析區域網格點數為 61×46 點，資料經客觀分析內插到 P 面上再加以診斷分析，採用計算方法如下節所述。

(二) 研究方法

本文採用類似 Scofield (1988) 分析方法，但經由客觀分析定量分析此 θ_e 類型， θ_e 梯度，尤其在不穩定隨時間變化的計算 ($\frac{\partial}{\partial t} (\frac{\partial \theta_e}{\partial p})$) 上，本文特別著重採用該項大小來預報 MCS 未來 (0 ~ 12 小時) 可能發展及移動的位置。

對流不穩定度的產生，為強烈對流降水發生最有利條件之一，而相當位溫 (θ_e) 的產生就平流而言，主要是由水平和垂直平流所貢獻如(1)式

$$\frac{\partial \theta_e}{\partial t} \text{ AD} = - \vec{\nabla} \cdot \nabla \theta_e - \omega \frac{\partial \theta_e}{\partial p} \dots\dots\dots(1)$$

而對流不穩定度的時間變化又如(2)式所示，

其中(2)式左邊又可寫成(3)式：

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(- \frac{\partial \theta_e}{\partial p} \right) = \frac{\partial}{\partial p} \left(\vec{\nabla} \cdot \nabla \theta_e + \omega \frac{\partial \theta_e}{\partial p} \right) \dots\dots\dots(2)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(- \frac{\partial \theta_e}{\partial p} \right) \approx \left(- \frac{\partial \theta_e}{\partial p} \right)_{t_0 + \Delta t} - \left(- \frac{\partial \theta_e}{\partial p} \right)_{t_0} \dots\dots\dots(3)$$

(3)式中 Δt 依據資料間隔時間而定，在此採用一般高空觀測資料，故 Δt 為 12 小時，而(2)式右邊可簡化如下列(4)式。

$$\left(\vec{\nabla} \cdot \nabla \theta_e + \omega \frac{\partial \theta_e}{\partial p} \right)_{850} - \left(\vec{\nabla} \cdot \nabla \theta_e + \omega \frac{\partial \theta_e}{\partial p} \right)_{500 \text{ or } 300} \dots\dots\dots(4)$$

地面因風較小，且不如 850 mb 較具保守性，故低層採用 850 mb 代表，一般在中高層 θ_e 平流比其低層要少，可忽略，故整式可簡化如下式：

$$\begin{aligned} \left(- \frac{\partial \theta_e}{\partial p} \right)_{t_0 + \Delta t} \approx & \underbrace{\left(- \frac{\partial \theta_e}{\partial p} \right)_{t_0}}_{(A)} + \underbrace{\left(\vec{\nabla} \cdot \nabla \theta_e \right)_{t_0}}_{(B)} + \underbrace{\left(\omega \frac{\partial \theta_e}{\partial p} \right)_{850}}_{(C)} + \underbrace{\left(\omega \frac{\partial \theta_e}{\partial p} \right)_{850}}_{(D)} \dots\dots\dots(5) \end{aligned}$$

由(5)式中可看出(A)項表示未來 (12 小時內) 對流不穩定大小，與 MCS 未來發展及移動有密切關係。而與右邊三項大小有關，其中(B)項表當時對流不穩定度大小，(C)項表 850 mb θ_e 水平平流，(D)項表 θ_e 垂直平流項大小，此外 850 毫巴暖平流量除了與(C)項有關外，與(D)項垂直速度大小亦有關，其他如正渦度平流量 (PVA) 與垂直速度大小亦有關，又水平平流項一般比垂直平流來得大，故以水平平流，溫度平流量分析為主，配合 PVA 的區域以及鋒面、短槽、LLJ 的位置來推斷那些區域為最不穩定發生的區域，即 MCS 最易發展移動的潛在位置。

三、MCS 實例分析與預報

(一) 民國七十年五月二十八日個案

從氣象衛星紅外線雲圖分析 (圖一) 5 月 26 日 12 UTC (即 Z) 鋒面雲系不明顯，對流零散且範圍小，18 UTC 雲系對流發展且向西南延伸，此時雲系開始往東移，5 月 27 日 00 UTC 雲系組織成一對流雲帶，06 UTC 雲系繼續往東移動且往南偏，12 UTC 時雲系又重新組織發展成三個 MCS 系統 (如圖中 I、II、III 所指)，到了 28 日 00

UTC, MCS - I 緩慢往東南東移,在其西北方有一些強對流雲系發展, MCS - II 分裂又發展新的兩個 MCS 雲區(如圖中Ⅵ、Ⅴ),本節將應用前述分析方法進行 MCS 之 0~12 小時的發展及移動的預報。

圖(二)(a)、(b)、(c)為民國 70 年 5 月 26 日 12 UTC 的 850 毫巴 θ_e 平流及溫度平流分布圖,圖中可發現 5 月 26 日 12 UTC 在華南長江流域一帶正 θ_e 平流及暖平流的貢獻已顯示一狹長不穩定區發展,配合鋒面的激發使得對流雲系在 12 小時內組織發展。27 日 00 UTC 在台灣西北邊及廣東、福建沿海附近亦有明顯正 θ_e 平流及暖平流區,顯示這些地區存在不穩定度將隨時間增加,此與雲系未來發展變化(5 月 27 日 00 UTC 至 12 UTC)移動位置近乎一致(與圖一比較),可見 θ_e 平流及溫度平流具有對 MCS 發展及移動之預報潛勢。5 月 27 日 12 UTC θ_e 及溫度平流亦顯示在本省西邊及東邊以及華南福建、廣東南部附近。存在不穩定度增加的趨勢有利在該區持續或發展一些新的 MCS 系統,如 MCS - I 及 MCS - V 的發展。圖三為 5 月 27 日 00 UTC 至 12 UTC 之 θ_e 平流及當時 θ_e 合成的結果與前述水平 θ_e 分布類似,但對 5 月 27 日 00 UTC 之 MCS - II 以及 5 月 27 日 12 UTC 中 MCS - V 的預報要比僅考慮 850 毫巴 θ_e 平流項大小更與雲系發展範圍一致。

(二)民國七十四年五月二十八日個案

由氣象衛星 5 月 26 日 12 UTC 至 28 日 00 UTC 一系列照片顯示(如圖四),5 月 26 日 12 UTC 在華南地區對流雲系小且零散,到了 18 UTC 雲系開始組織一長對流雲帶,27 日 00 UTC 發展成三大塊對流系統(如圖中 I、II、III 所指)到了 06 UTC 雲系 I、III 減弱,12 UTC 時又再度發展且形成新的 MCS 如 MCS - IV 及 V,一直到 28 日 00 UTC, MCS - I 移至本省, MCS - VI 產生發展, MCS - V 發展後減弱往東南移。本個例與個例(一)發展環境類似,著重在 MCS 的發展及移動趨勢上預報。

由圖四雲系分析可看出 5 月 27 日 00 UTC 在北緯 27° 呈東西向排列對流雲帶,12 小時後往南移且呈東南~西北走向。強對流且發生在後半段(福建至廣東西北方),此在 5 月 27 日 00 UTC

850mb 正 θ_e 分布及暖平流的分布已呈現出來(如圖五),其中在台灣西邊海上有一相對極大值,但雲系並沒有發展,可能資料有問題或其他不利因素待進一步檢視。從 5 月 27 日 12 UTC 至 28 日 00 UTC 雲帶往南移至北緯 24°N 左右,此亦與 θ_e 平流及暖流的相對極大軸線及相對極大區域分布有密切關係,足見鋒面發展型的 MCS 的發展及移動與 850 毫巴 θ_e 平流及暖平流的分布有密切關係。

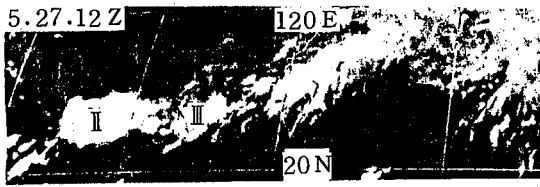
(三)民國七十六年五月十六~十七日個案(IOP-2)

圖六為氣象衛星連續 3 小時雲系分析追蹤圖,由圖中可發現從 5 月 16 日 00 UTC 起至 17 日 00 UTC 止,在華南至本省附近共出現三組較明顯中尺度對流系統,分別如圖中 I、II、III 所指,本節乃就 MCS - I、II、III 的發展及移動來探討其預報問題。

由 5 月 16 日 00 UTC 850 毫巴 θ_e 平流及暖平流分布再配合當時 500mb 短槽及 850 毫巴 LLJ 之位置(圖七),可推斷在本省與福建之間存在一相對極大不穩定度增加區域,配合 LLJ 及短槽的移近,將使得此區域發展,極有利 MCS 的發展及移動,此結果與雲系分析位置一致,由主觀分析地面及 850 毫巴面 θ_e 的分布及氣流亦顯示台灣—福建之間具有明顯 θ_e 及溫度平流。又 5 月 16 日 12 UTC, 850mb θ_e 及溫度平流顯示, MCS - I 的移動前方較為穩定區,相對不穩定區在 MCS - I 西南方存在,此亦顯示未來(0~12 小時), MCS 有利在本省西南方南海附近發展及移動,此結查亦與雲系分析一致(MCS - II)。同樣亦用主觀分析驗證在南海附近相對極大區分布的合理性。

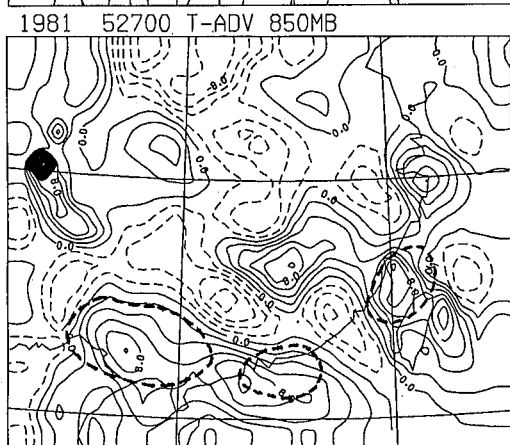
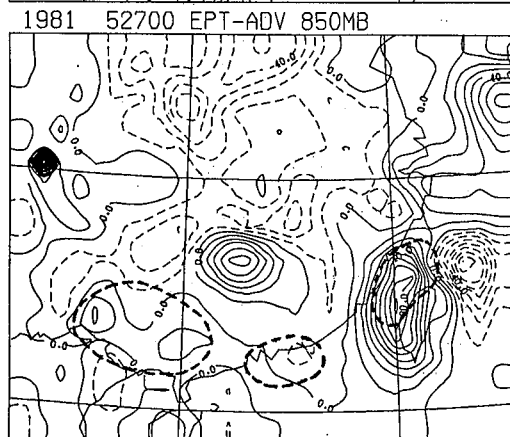
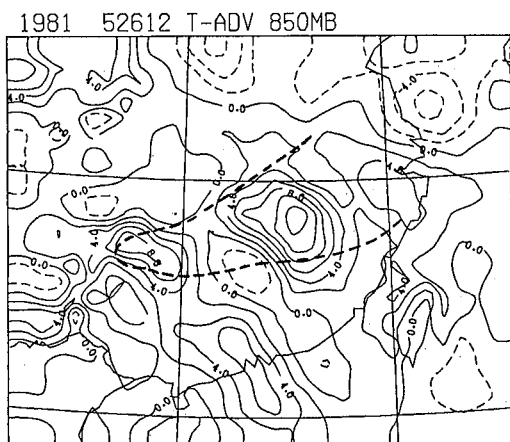
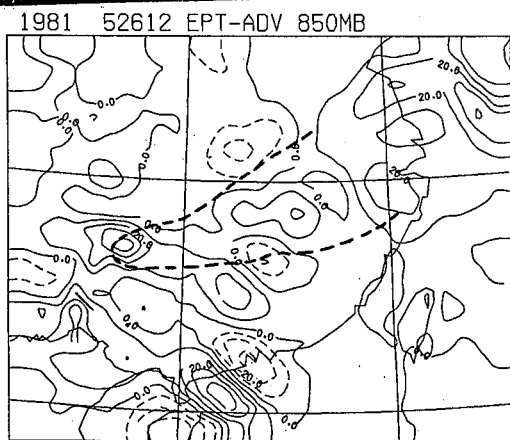
(四)民國七十六年六月二十五日個案(IOP-13)

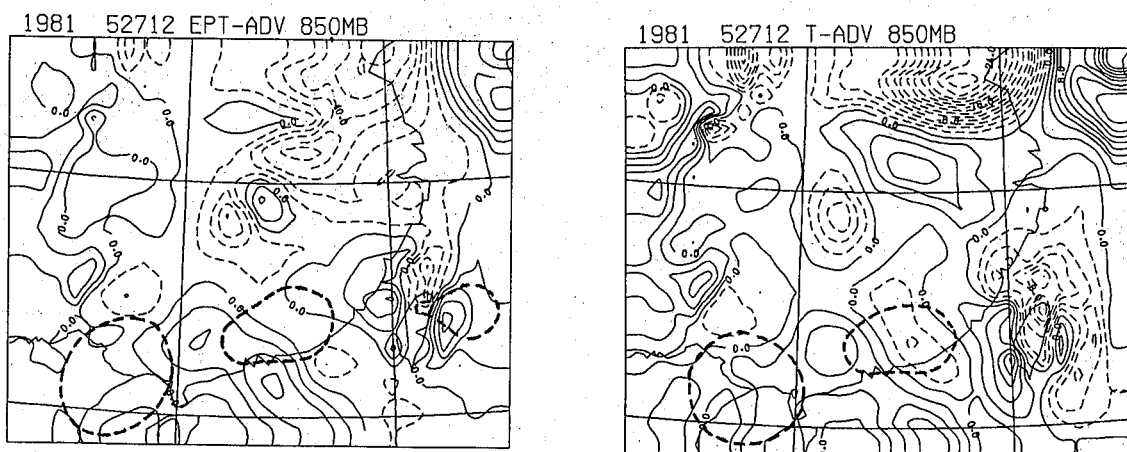
從雲系分析(如圖八),6 月 24 日 12 UTC 在華南北緯 26°N 左右有一些小對流雲區發展,18 UTC 至 25 日 00 UTC 其中有一 MCS 發展組織往南南東移至本省造成強烈降水,由 850 mb θ_e 及溫度平流顯示(如圖九)在台灣至華南有不穩定帶存在,比較強的在本省西北邊附近,配合地面鋒面輻合的激發,極有利 MCS 的發展,另外 300mb 在本省附近高空 300 mb 冷平流亦非常明顯有利不穩定度的增加,此個案 MCS 比前面三個個例所提發生 MCS 要少,且就發生在本省西北邊附近,而不是由華南移至本省,需再分析更多個案加以驗證。



圖一：民國70年5月26日12UTC (Z) 至28日00UTC之氣象衛星紅外線雲圖。

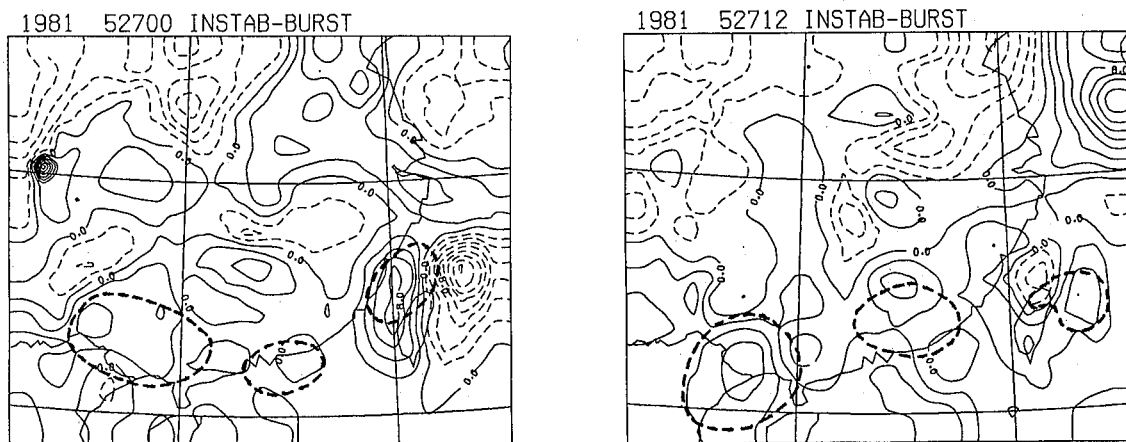
Fig. 1 : Satellite IR images from from 12 UTC May 26 to 00 UTC May 28, 1981.





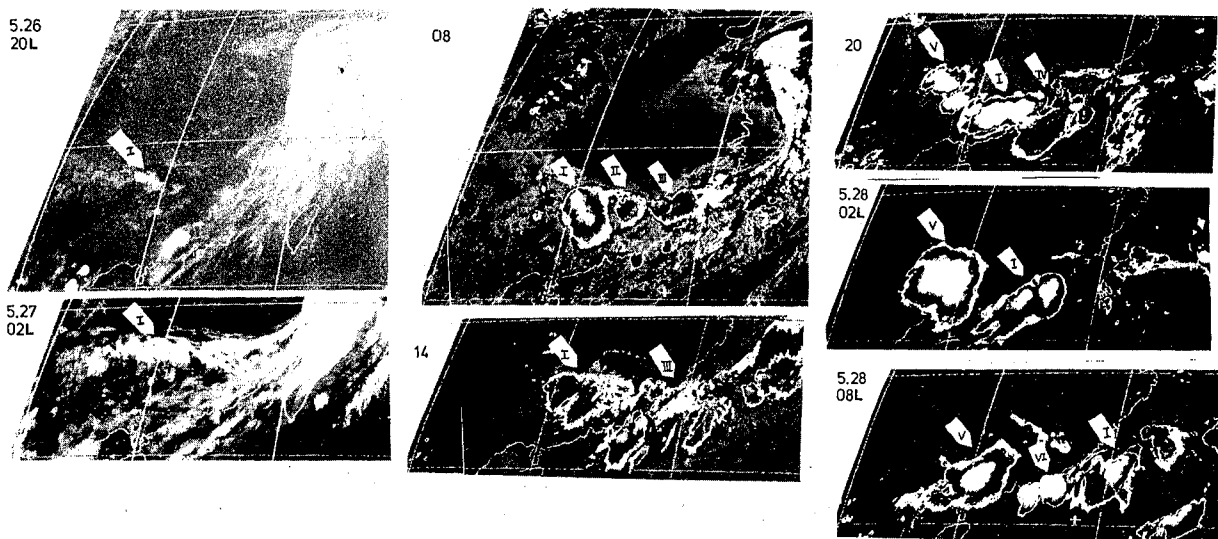
圖二：850毫巴相當位溫平流 (θ_e , $2^\circ\text{K}/\text{DAY}$) 左邊三個圖及溫度平流 ($2^\circ\text{C}/\text{DAY}$) 右邊三個圖，時間為民國70年5月26日12UTC至28日00UTC，實線表正值或暖平流，虛線表負值或冷平流，粗虛線表示圖上未來12小時主要雲系分布。

Fig. 2 : The advection of equivalent potential temperature (θ_e , $2^\circ\text{K}/\text{DAY}$) and temperature advection(right-hand side) at 850mb level. The solid line indicate positive value or warm advection, but the dashed line indicate negative value or cold advection. The heavy dashed line represent the distribution of cloud area in 12h.



圖三：民國70年5月27日00UTC至12UTC之潛在不穩定度 ($\frac{\partial\theta_e}{\partial p}$) 與 θ_e 平流的差異 (850~500 mb) 之和 (單位為 $^\circ\text{K}/\text{DAY}$)，正值表不穩定度增加區，負值表不穩定度減少。

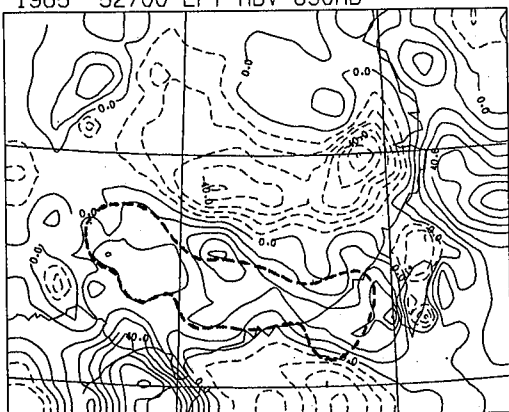
Fig. 3 : The sum of potential instability and the difference of θ_e advection between 850 and 500mb level for (a) 00UTC 27 May 1981 and (b) 12UTC 27 May 1981. The positive area indicate instability increase, but the negative area indicate instability decrease.



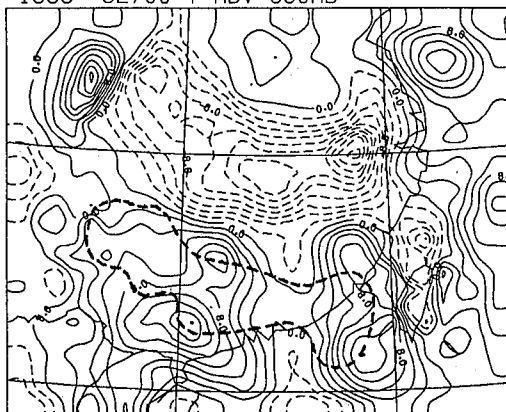
圖四：民國74年5月26日12UTC至28日00UTC之氣象衛星雲圖。

Fig. 4 : Satellite IR images from 12 UTC May 26 to 00 UTC May 28, 1985.

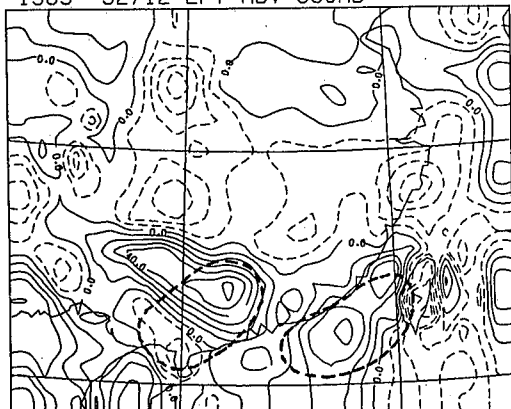
1985 52700 EPT-ADV 850MB



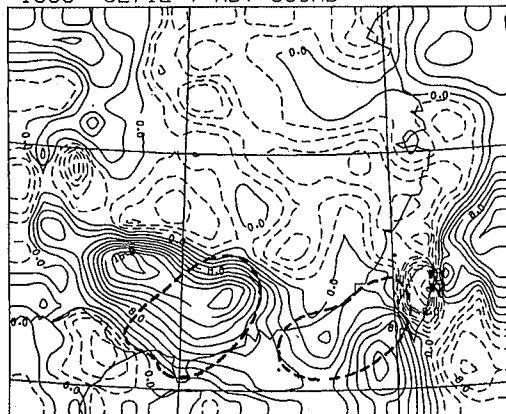
1985 52700 T-ADV 850MB



1985 52712 EPT-ADV 850MB

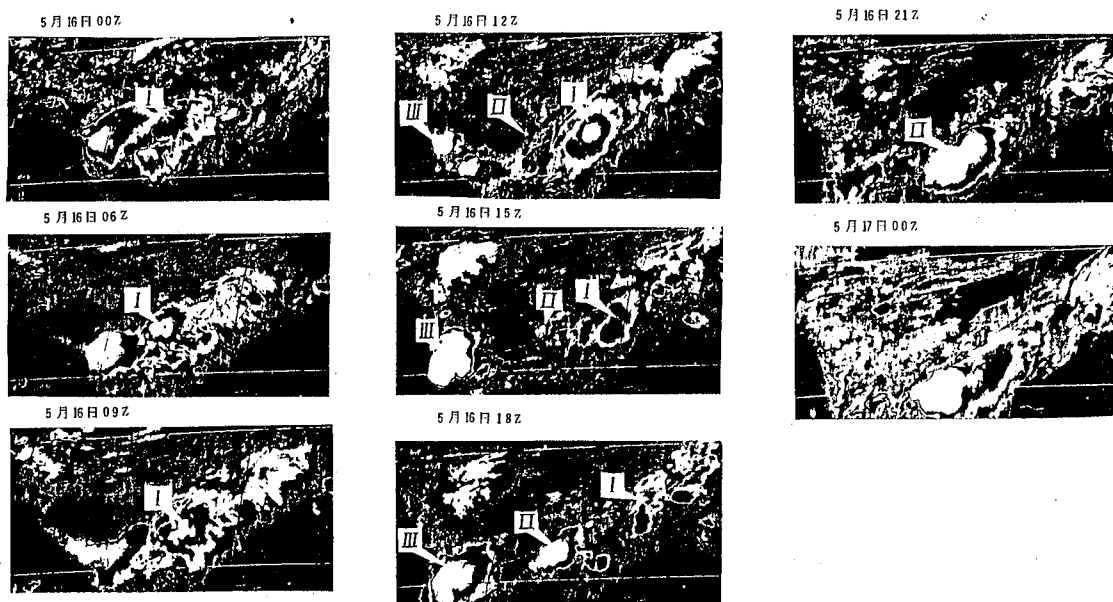


1985 52712 T-ADV 850MB



圖五：與圖二同，但時間為民國74年5月27日00UTC至12UTC。

Fig. 5 : Same as Fig. 2, but for 00 UTC and 12 UTC 27 May 1985.



圖六：民國 76 年 5 月 16 日 00 UTC 至 17 日 00 UTC 之氣象衛星雲圖。

Fig. 6 : Satellite IR images from 00 UTC 16 to 00 UTC 17 May 1987.

四、結 論

MCS 的預報本身是一個非常複雜的問題，本文採用類似 Scofield (1988) 分析方法，但經由客觀分析 θ_e 類型、 θ_e 梯度，尤其在不穩定度隨時間變化的計算 ($\frac{\partial}{\partial t} (\frac{\partial \theta_e}{\partial p})$)，分析 θ_e 平流量及暖平流量的大小，預報 MCS 未來 (0~12 小時) 可能發展及移動的位置，由以上個例分析綜合結果，最重要的結論如下：

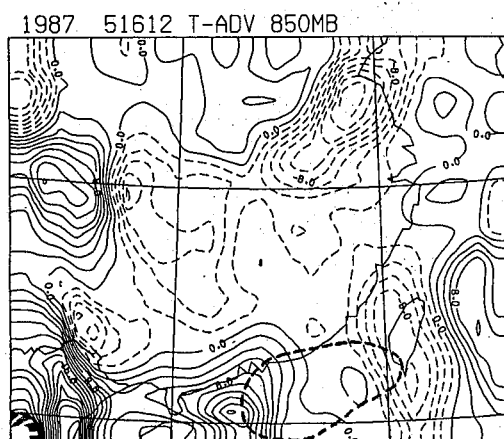
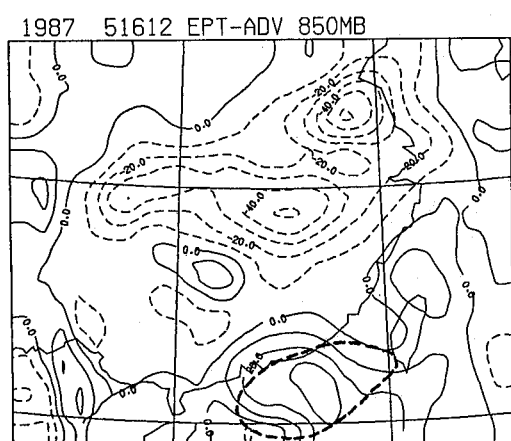
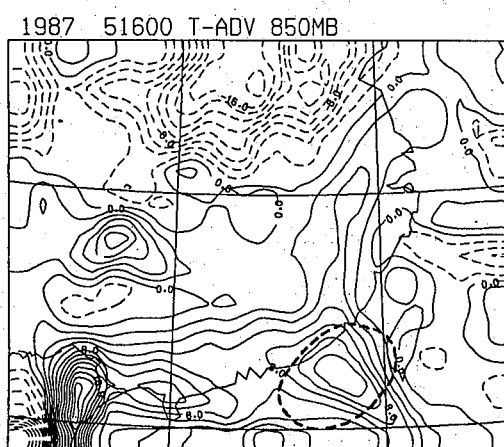
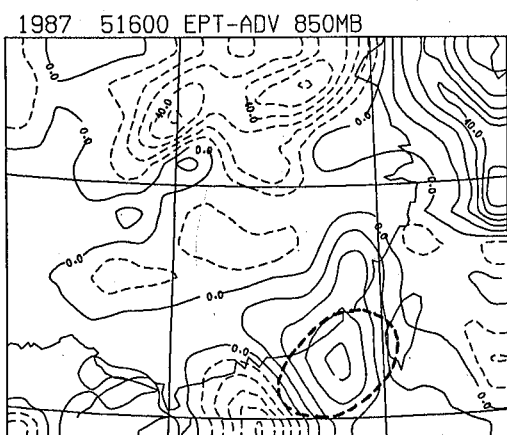
1. 華南移至台灣附近較大 MCS 系統，其發展及移動位置與前 12 小時 850 毫巴正 θ_e 平流及暖平流區分布一致。

2. 較小及在台灣附近形成的 MCS 其發展仍與 850 mb θ_e 平流及暖平流相對極大區分布有關，

但移動與 850 mb 及 300 mb 的風切線較為配合，因個案少待進一步加以驗證。

3. 利用衛星及傳統資料，分析鋒面、噴流條、短槽或中尺度低壓的位置及移動，配合低對流層暖平流、 θ_e 平流、正渦度平流等所造成不穩定度的趨勢分析，具有對 MCS 進行 0~12 小時的預報潛勢。

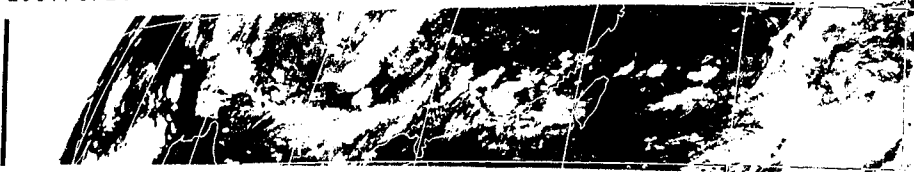
由於華南至本省附近海洋上缺乏足夠的測站，因此研究時僅利用探空資料來分析是不夠的，但是可用主觀分析加以修正，或採用 NMC $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 網格資料作成初始場。而對於未來作業，則可利用本局全球或區域模式所分析或預報資料作為初始場。



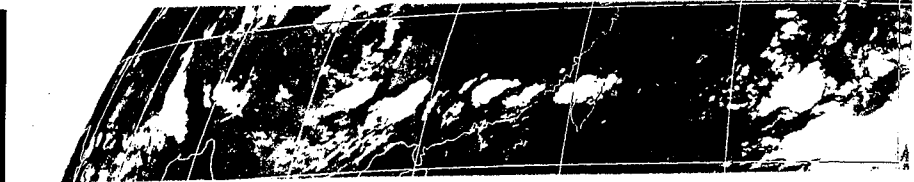
圖七：與圖二同，但時間為民國76年5月16日00UTC至12UTC。

Fig. 7 : Same as Fig.2, but for 00 UTC and 12 UTC 16 May 1987.

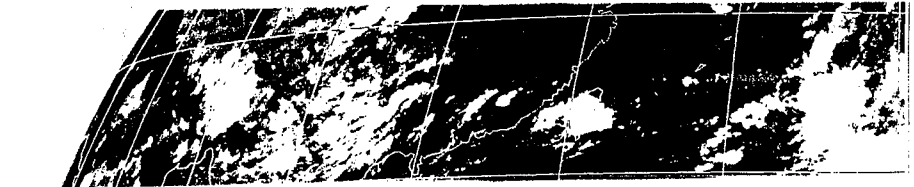
1987/6/24 12UTC



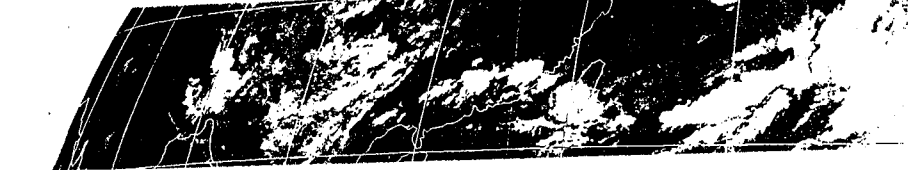
1987/6/24 18UTC



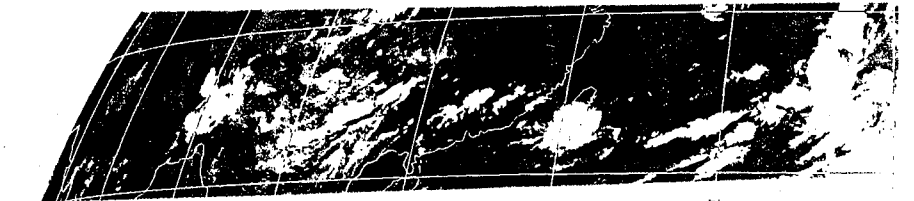
1987/6/25 00UTC



1987/6/25 03UTC



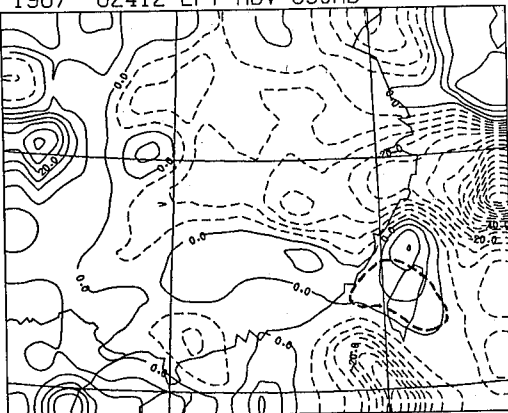
1987/6/25 06UTC



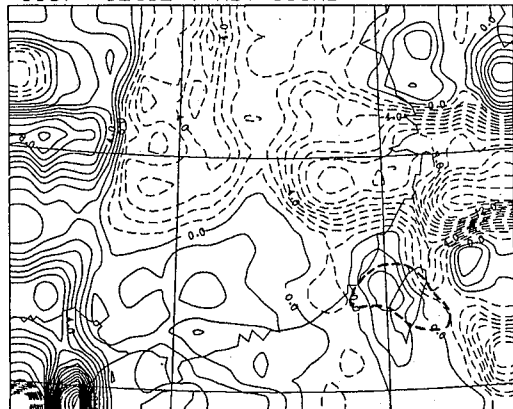
圖八：民國 76 年 6 月 24 日 12UTC 至 25 日 06 UTC 之氣象衛星紅外線雲圖。

Fig. 8 : Satellite IR images from 12 UTC June 24 to 060 UTC June 25, 1987.

1987 62412 EPT-ADV 850MB



1987 62412 T-ADV 850MB



圖九：與圖二同，但時間為民國 76 年 6 月 24 日 12UTC。

Fig. 9 : Same as Fig.2, but for 12 UTC 24 June 1987.

參考文獻

- 丘台光、廖學鎰，1984：華南及鄰近地區中尺度對流系統之研究。大氣科學，11，85～100。
- 丘台光、廖學鎰、洪理強，1982：民國70年5月28日之豪雨個案研究。中範圍天氣系統研討會論文彙編。中央氣象局，233～247。
- 丘台光、林雨我，1985：利用衛星、雷達資料作臺灣地區豪雨預報之初步研究。天氣分析與預報研討會論文彙編，中央氣象局，107～129。
- 丘台光、劉復誠，1985a：民國73年6月3日臺灣北部地區豪雨之個案研究。大氣科學，12，93～102。
- 紀水上、陳泰然，1984：1981年5月27～28日華南及台灣地區中尺度對流複合系統之初步分析。天氣分析與預報研討會論文彙編，中央氣象局，95～114。
- Akiyama, T., 1973a: The large-scale aspects of the characteristic features of the Baiu front. Paper Meteor. Geophy., 24, 157-188.
- , 1978: Mesoscale Pulsation of convective rain in medium-scale. J. Met. Soc. Japan, 267-283.
- , 1979: Thermal stratification in Baiu frontal medium-scale disturbance with heavy rainfalls. J. Met. Soc. Japan, 57, 587-598.
- , 1984a: A medium-scale cloud cluster in a Baiu front. Part I: Evolution process and fine structure. J. Met. Soc. Japan, 62, 485-504.
- , 1984b: A medium-scale cloud cluster in a Baiu front. Part II: Thermal and kinematic fields and heat budget. J. Met. Soc. Japan, 62, 505-512.
- Chen, G. T. J. and S. S. Chi, 1985: Case study of disastrous heavy rainfall in Mei-Yu season over northern Taiwan 28 May 1981 case. Proceedings of the Roc-Japan Joint Seminar on Multiple Hazards Mitigation, Taiwan, ROC, 815-839.
- Chen, C. S., T. K. Chiou and S. T. Wang, 1986: An investigation of mesoscale convective system associated with Mei-Yu front in SE China May 26 to 28 1985. Papers Meteor. Res., Vol. 9, No. 2, 137-161.
- , T. K. Chiou, S. T. Wang, S. M. Lin and C. K. Wang, 1987: Heavy rainfall in Taiwan area on May 28 and 29, 1985. Bull. of Geoph., 27-28, 177-188.
- Doswell, C. A., 1982: The operational Meteorology of Convective Weather. Vol 1: Operational mesoanalysis. NOAA Tech. Memo. NWS NSSFC 5, National Weather Service, 131 pp.
- Juying, X. and R. A. Scofield, 1989: Satellite-derived rainfall estimates and propagation Characteristics associated with mesoscale convective systems (MCSs). NOAA Technical memorandum NESDIS 25, 49 pp.
- Matsumoto, S., S. Yoshizumi and M. Takeuchi, 1970: On the structure of the "Baiu" front and the associated intermediate-scale disturbance in the lower atmosphere. J. Met. Soc., 1, 25-36.
- , S. K. Ninomiya and S. Yoshizumi, 1971: Characteristic features of "Baiu" front associated with heavy rainfall. J. Met. Soc. Japan, 49, 267-281.
- , 1972: Medium-scale cloud clusters in the Baiu front as

- revealed by multiradar composite echo maps. Part I. J. Met. Soc. Japan, 50 558-569.
- , 1973 : Medium-scale echo clusters in the Baiu front as revealed by multiradar composite echo maps. Part II. J. Met. Soc. Japan, 51, 108-118.
- Rodgers, D. M. et, al., 1984: Experiments in forecasting mesoscale convective weather systems. Preprints 10th Conference on weather Forecasting and Analysis, AMS, Boston, 486-491.
- Scofield, R. A., 1988 : Using the VAS Data Utilization Center (VDUC) for the analysis and forecasting of heavy rainfall producing MCSs. Proc. of the 3rd Conf. On Satellite Meteorology and Oceanography, February 1-5, Anaheim, CA, Amer. Meteor. Soc., 215-221.
- Watson, A. I., J. G. Meitin and J. B. Cunning, 1988 : Evolution of the kinematic structure and precipitation characteristics of a mesoscale convective system on 20 May 1979. Mon. Wea. Rev., 116, 1555-1567.
- Yoshizumi, S., 1977 : On the structure of intermediate-scale disturbance on the Baiu front. J. Met. Soc. Japan, 55, 107-120.
- Zipser, E. J., 1982 : Use of a conceptual model of life-cycle of mesoscale convective systems to improve Very-Short-range forecasts in Nowcasting. K. Browning, Academic Press, New York, 191-204.

A STUDY OF THE MESOSCALE CONVECTIVE SYSTEM FORECASTING OVER SOUTHEASTERN CHINA DURING THE MEI-YU PERIOD

Tai-Kuang Chiou

R&D Center
Central Weather Bureau

ABSTRACT

The major heavy rainfall producers during the Mei-Yu season over southern China and the Taiwan area are mesoscale convective systems (MCSs); therefore the study on forecasting problem of the MCSs becomes now very important. Conventional sounding data and satellite images are used to analyze the equivalent potential temperature (θ_e), θ_e advection and temperature advection for those MCSs from 1981-1987 over southern China and the Taiwan area. The subjective and objective methods will be conducted. The objects of this paper are to find out the affecting factors of the development and movement of MCSs and then to establish a few predicting rules of thumb.

The results show that the relative maximum areas of the advection of θ_e and warm advection on 850 mb level directly relate to the development and movement of MCSs. The trace of the local change of the potential instability has a potential ability to predict MCSs in 12 hours.

Key Words : Mesoscale Convective System, Equivalent Potential Temperature Advection, Instability Burst.

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。

台灣地區地震發生潛能的探討

辛在勤 呂佩玲

中央氣象局地震中心

摘 要

地下岩石無法承受外來應力的累積後，即破裂、錯動而發生地震，隨即又開始累積下一次地震的能量，如此循環性的動作，說明地震一再發生的原因，也因此地震學者計算某特定區域其歷史上地震釋放能量的趨勢，將有助於瞭解該地區所囤積地震能量的狀態。本研究將台灣地區依各種不同地質特性及歷史上地震分布情形分成九個小區域分別探討自1935年至1988年間地震能量釋放的趨勢，發現在台灣地區從嘉南地區向東到台東縱谷區已累積相當大的地震能量，屬於地震發生機率較高之區域，而中西部即新竹—台中烈震區，屬於遠變型區域，且地震再發生的週期較長，以現有之資料雖無法得到較確定之結論，但因該地區從1935年新竹—台中烈震後並無明顯的能量釋放，因而也將其列入高危險區，另外，花蓮地區是兩板塊碰撞處，地震發生頻繁是正常現象，亦不可掉以輕心。從本研究分析中發現台灣南端、高雄、屏東至蘭嶼是短期內較穩定的地區。

由於地下岩石並非完全均勻的物質，因此在能量累積的過程中區域內較脆弱地區會有局部且較小的能量釋放，所以針對地震規模計算其地震的發生次數即b值的研究，可瞭解地區的地震發生特性。本研究以現有55年的地震資料分區探討b值，發現台灣地區平均b值為1.18，按b值分數屬地質的幼年期，在分區研究裏中央山脈和嘉南地區的b值最大，約為1.3~1.4，蘭嶼地區b值最小約為1.05，台灣地區等b值曲線的分布與王(1989)之結果大致吻合。

關鍵詞：臺灣地區地震潛能。

一、緒 言

地震的發生是地下岩層承受不了累積的應力，發生破裂或錯動，並隨即將累積的能量以地震波的形式向四面八方傳遞，地震波到達地表，地震儀器偵測接收紀錄後，即為地震紀錄圖。根據紀錄圖可計算地震規模等地震參數，地震規模是一個相對的數值，用以描述地震的大小，因此地震規模通常與地震所釋放的能量有直接的關係。

假設地震發生的地方以一個點震源形式釋放能量，則規模與能量之關係可表為(bath, 1971):

$$\log E = 5.8 + 2.4 m_b \quad m_b: \text{體波規模} \quad (1)$$

$$\log E = 11.8 + 1.5 M_L \quad M_L: \text{芮氏規模} \quad (2)$$

由公式(2)可知每增加一個 M_L 單位，所釋放之能量

增大約30倍。

依據上述地震能量累積，釋放的觀念，如某一地區的應力系統是封閉時，亦即該地區的應力來源是固定，且其能量只在該地區釋放，則該地區以岩層變形累積能量，到達相當程度後發生地震而釋放能量之後，又開始累積下一次地震的能量。如此則形成一個週而復始的週期性動作，因此由過去的地震計算其能量釋放隨時間的變化時，必形成一梯狀增加的曲線稱為能量曲線。此曲線亦侷限於兩條與時間成線性增加的直線內，一條在上是為上限曲線，另一條在下則為下限曲線。簡單地說，大地震發生後，能量曲線必在上限曲線附近，隨即會有一段時間無較大能量釋放，即能量曲線走平一直到快觸及下限曲線時(地區能量累積快達上限)則暗示可

能發生另一大地震。根據能量累積作地震預測的統計方式，即依此方法進行分析。

地震釋放所累積能量的現象，依各地區地質條件，及地體活動情形而異，但基本上不同規模地震發生的次數與地震規模極略成反比的現象，亦即大規模地震發生的次數遠比小規模地震發生的次數少，Gutenberg 和 Richter (1958) 綜合分析全世界歷史上的地震（地震規模在 3.0 至 3.9）得一地震次數與規模的經驗式：

$$\log N = a - bM \quad (3)$$

N：在一時間區段（T）內，地震規模在 $M \pm \Delta M$ 內之累積次數。

M：地震規模。

a 和 b 為兩個常數，a 依觀測年數和所考慮之面積大小而定，b 則為大規模地震次數和小規模次數之比率，與地體活動度有關，反映該地區地震活動特性，亦與地質年代有關。在地質幼年期者，b 值較大，1.8~1.0，例如在海洋中的裂線沿海溝地帶及島孤地帶。在地質壯年期者，b 值次之，1.0~0.7，例如在部分環太平洋，阿爾卑斯及喜馬拉雅山脈。在地質老年期者，b 值最小，0.7~0.4，例如在大陸內，較穩定台地週圍的地震地區，及舊褶曲山地。

由公式(3)利用線性迴歸方式求取各地區的 a，b 值，可提供該地區地震活動特性。例如用 10 年的地震資料所求得 a 和 b 分別為 7.0 和 1.0 則可推算出該地區 10 年區間內發生規模約為 6.0 的地震次數為 10 次，亦即平均每年可能發生一次規模為 6 的地震，此方法是另一種地震預測的物理統計模式。

針對台灣地區能量累積及釋放特性，大小地震發生比率與地震活動度之特性，本研究以上述兩種物理統計模式分別探討，期能對台灣地區地震活動特性作較深入之瞭解。

二、資料分析與分區討論

1. 資料分析

台灣位於環太平洋地震帶上，地震活動頻繁，因此地震資料亦相當豐富，唯歷史地震資料欠缺儀器觀測的準確性，僅依零星片段的文字敘述，無法作定量的統計分析。西元 1898 年中央氣象局始有

倍率低，且測站分布稀疏的地震資料，至 1935 年新竹一台中烈震後，為了加強地震觀測，陸續增加地震測站，地震紀錄品質相對提高。1973 年中央研究院地球科學研究所建立環島遙記式地震觀測網（TTSN），由於使用較新式地震儀器，地震偵測能力提高，地震資料亦趨完整。中央氣象局於 1982 年亦完成遙記式地震觀測網（CWBSN），地震資料的蒐集進入了新的紀元。

綜合而論，1935 年至 1973 年間的地震資料以中央氣象局地震網之資料為主，但由於所使用地震儀大部分為傳統機械式且倍率不大，僅規模較大的地震資料較為完整。在該段時間內，地震規模以下列方式計算：

(1) 利用最大水平振幅(A)（單位 Micron）：

$$M_H = \log A + 1.09 \log \Delta + 0.50$$

Δ ：為震央距離以公里為單位。

(2) 利用有感半徑 r （單位公里）：

$$M_H = -3.0 + 3.8 \log r$$

(3) 利用中央氣象局震度分布，由震度—震央距離曲線求震央距離 100 公里處的震度（ M_K ）：

$$M_H = 4.85 + 0.5 M_K$$

由以上三種方法求得之規模，一般以徐氏規模稱呼。

在 1973 年以後，TTSN 利用類比記錄所量算的地震總振動歷時（D 秒），計算振動歷時規模 M_D ，

$$M_D = 0.87 + 2.00 \log D + 0.0035 \Delta$$

歐與葉（1983），葉與徐（1985）利用數值模擬與台北伍德安德森地震記錄比對求得 M_L （芮氏規模）與 M_D 之關係如下：

$$M_L = 1.04 + 0.94 M_D \pm 0.28$$

鄭與葉（1989）為統一台灣地區不同年段內因使用儀器不同所得規模之差異，利用最小平方法求出 M_H 和 M_L 之轉換公式如下：

$$M_L = 1.42 + 0.80 M_H \pm 0.27$$

並彙編台灣地區的地震目錄。

本研究為進行台灣地區地震活動之物理統計模式分析，採用鄭與葉（1989）之地震目錄，僅截取 1935 年至 1988 年地震規模（ M_L ）大於 4，區域範圍在北緯 21° 至 26°，東經 119° 至 123°，並以分區來探討各區地震活動特性。

2.地體特性分析

台灣東部地區位處歐亞大陸板塊與菲律賓海洋板塊之碰撞處，該地區地震活動度高，實乃意料中事，但在台灣西部時有大地震的發生，如果仔細檢視地震的分布，配合地震發生的頻率與地質特性，可知台灣可分成數區，在各區內地震活動度皆不同，因此分區探討在台灣地區有其必要性。

王（1988）針對台灣地區b值作詳細的剖析，他將台灣地區以20'×20'劃分成不同的小區，並分別求出b值，並以b值作等值圖發現：

- (1)b值基本上以NNE—SSW走向，陸上b值大於海上。
- (2)在穩沒區前端b值較小。
- (3)在大屯與基隆兩火山群地區b值較大。
- (4)b值與布蓋重力異常值有密切關連。

在該文的分析中可能會因分區的方法不同而有不同的結果，況且分區太小時，某些小區的地震次數會很少則公式(3)的迴歸分析結果變得較不可靠，將影響結果的解釋。基於此因素，本研究配合地質，地體特性將台灣分成九個區域，其解釋如下（圖一）：

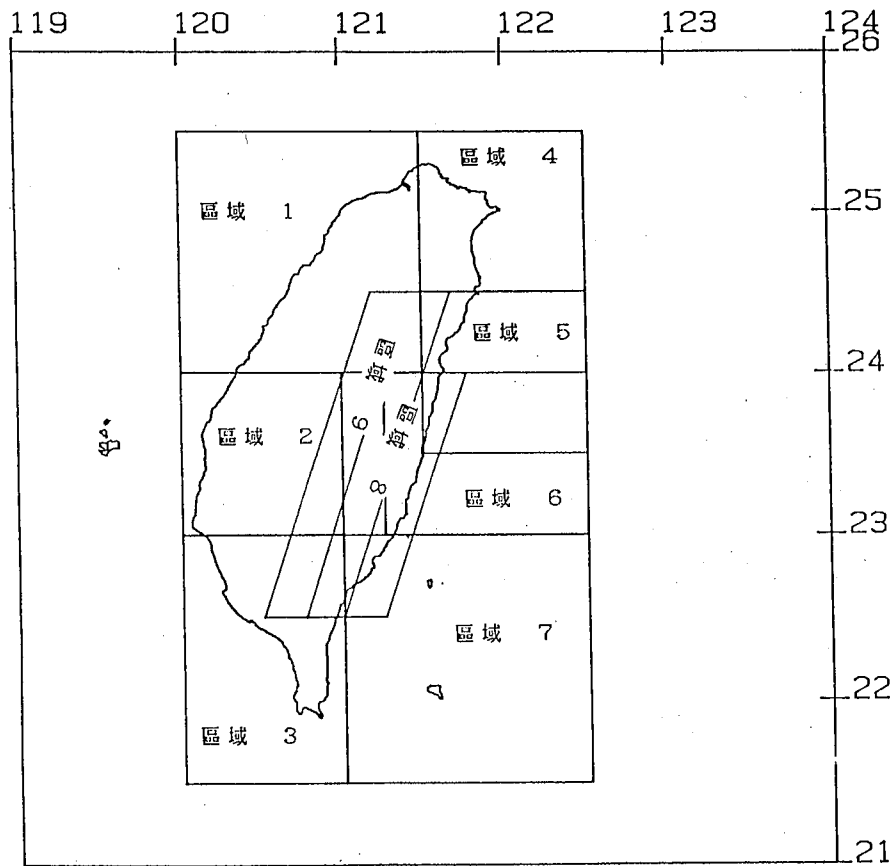


圖 1：分區圖

	北 緯	東 經	特 性
區域 1	24-25.5	120-121	新竹—台中烈震區
區域 2	23-24	120-121	嘉南地區含梅山，觸口斷層
區域 3	21.5-23	120-121	台灣南端，有潮州斷層，包含南端向東的隱沒區。
區域 4	24.5-25.5	121.5-122.5	東部隱沒帶的前端，含沖繩海溝。
區域 5	23.5-24.5	121.5-122.5	板塊碰撞區。
區域 6	23-24	121.26-122.5	菲律賓海板塊碰撞末端
區域 7	21.5-23	121-122.5	南部隱沒區
區域 8	22.5-24	120.77-121.26	台東縱谷區
區域 9	22.5-24.5	120.5-121.19	中央山脈區
		-121.68-121	

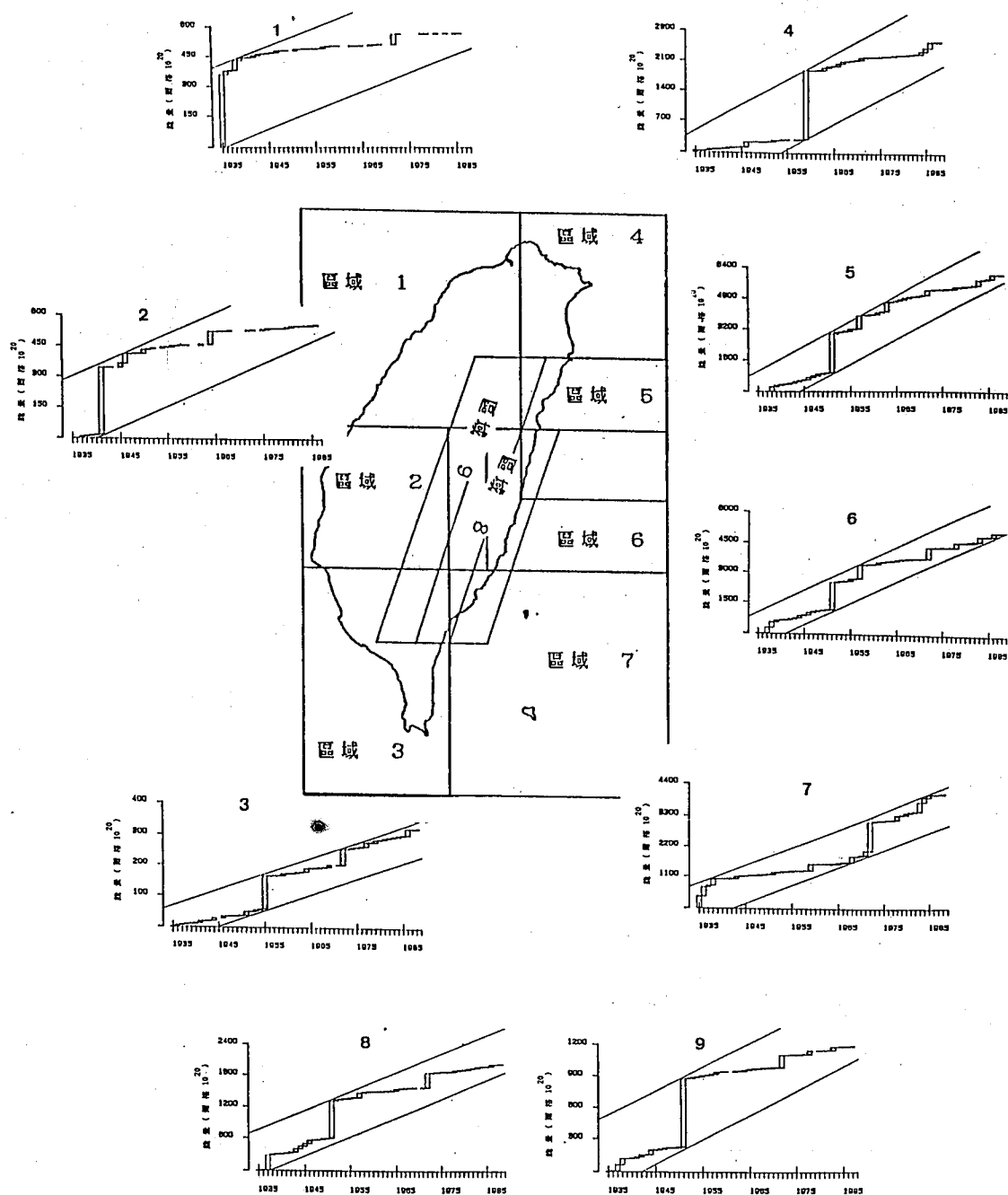


圖 2：分區地震能量釋放趨勢

三、結果與討論

1. 地震能量累積與釋放分析

本分析係以公式(2)為主，採用鄭與葉(1989)地震目錄中各分區在1935-1988年間地震規模(M_L)大於5者為主要資料來源，地震規模5者所釋放能量為地震規模4者之32倍，亦即一個規模5者可抵32個規模4者。一個規模6者可抵約1000個規模4者，因此欲檢視地震釋放能量的趨勢，採用規模大於5者，應足為代表。

地震能量之釋放以年為單位，各分區之走勢繪製於圖二，在各走勢圖中，依各地區過去釋放能量之上界與下界，劃出兩條平行的線性曲線，當為上限曲線與下限曲線，地震能量釋放走勢則在此兩平行線內進行，茲就各分區之地震能量釋放趨勢。討論其地震發生潛能如下：

區域1：此區域主要在1935年有新竹-台中烈震($M_L=7.1$)及其餘震，之後僅有零星數個地震規模在5~6的地震發生，因此能量曲線在1935

年有遽升後即緩步走平至1972年始有稍明顯的能量釋放，依此能量曲線，上限與下限曲線的繪製非常困難，明顯的上、下界只有一個，可靠的上、下限曲線須有較長的時間才具可信度，但如假設1972年之地震屬過渡(中間期)的能量釋放則上下曲線見圖二，則預計在1995年之前，皆屬高能量釋放時段。

區域2：此區域主要能量釋放在1941年之白河地震($M=7.1$)及1964年楠西地震($M_L=6.5$)，其能量釋放趨勢屬較長週期性(預估約25年)，從此圖可見其能量累積情形幾達最低點，較大地震($M_L > 6$)之發生率頗高。

區域3：本區域能量釋放曲線很明顯的成階段式，每一階段約在15~20年，而距今最近一次的明顯能量釋放在1985~1986年間，如依所給上、下限之能量曲線，該區域似乎仍在能量累積的狀態。

區域4：本區域於1959年在宜蘭東方之地震($M_L=7.6$)是能量曲線中最明顯的能量釋放，

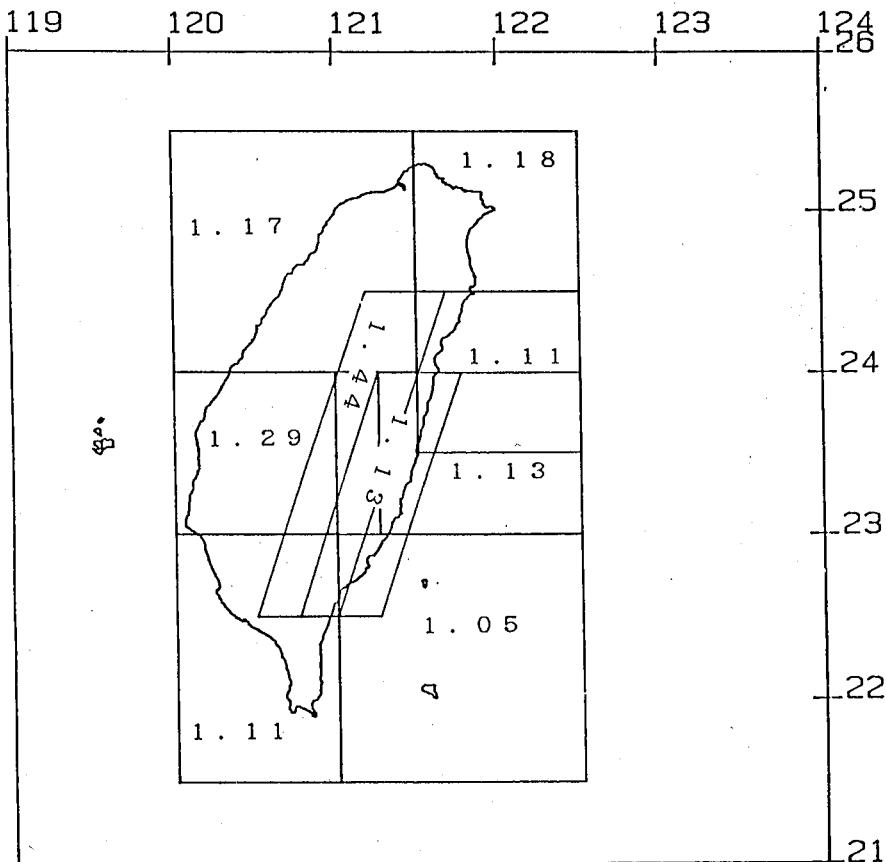


圖3：b值分佈圖

在此之前與之後則屬逐漸累加之趨勢，因此如依上、下限之曲線來判斷，本區屬於能量累積之中後期。

區域5：此區域是兩板塊碰撞處，能量累積釋放最為頻繁，如果根據曲線發現能量曲線已趨近下限曲線，但在1986年兩次花蓮地震後，雖然使能量曲線稍偏離下限曲線，但基本上並未遠離下限曲線，可見縱然經1986年兩次地震，該地區仍屬高可能區。

區域6：顯而易見，此區域能量累積已幾近飽和，尤其能量曲線在數次觸及下限曲線，皆有稍顯著的能量釋放，但總體而言仍在下限曲線附近游走，預期應會有較大量的反彈（大能量釋放）。

區域7：分析此區域能量曲線，可見其剛離上限曲線，應會有一段平靜的地震發生期。

區域8：此區域之能量曲線走勢與區域4者甚為雷同，在1951年大能量釋放前後皆有稍顯著能量釋放，形成中期的能量釋放，但能量累積已漸漸接近下限曲線了。

區域9：此區域之能量曲線則與區域1與2之曲線雷同，雖然資料之時段稍顯不夠長，但經1972年能量釋放後亦已平靜一段時間（約15年），能量曲線已漸趨近下限了。

2. 地震累積次數分析

本分析主要依公式(3)進行，地震規模從4.5開始，以0.5單位往上累進，即 $\Delta M = 0.25$ ，因此本分析中地震規模範圍為4.25至7.75。由於資料從1935至1988年包含兩種不同儀器資料，鄭與葉（1989）發現1939至1972年間， M_L 小於5.3之地震可能有所缺失，因此公式(3)之a和b值分兩個不同資料來源分別計算，第一組為1935年至1988年，另一組為1973年至1988年。

兩組資料分別迴歸分析之結果（a和b）列於圖三，綜合圖三可知在區域2及區域9有較大之b值，而區域7則有相對應較小之b值，其餘各區之b值則落在1.1~1.2之間，如以整個地區而言，其平均值為1.18，依地區分區，可見台灣地區屬地質年代的幼年期。

四、結 論

本研究利用1935年至1988年地震規模大於4.5之資料，將台灣地區依地震分布及地質特性，分別探討地震能量累積與釋放趨勢，期能瞭解至目前為止，台灣各地區能量累積狀態，並計算出各地區的b值，瞭解各地區地震活動的特性。

綜合1935—1988台灣各地區之地震能量釋放趨勢（圖二）可知區域2、區域5和區域6等三個地區能量累積已趨飽和，亦即有較高的地震發生率（圖四），區域4，區域8和區域9則屬中機率地震發生區，而區域3和區域7在台灣之南端，能量釋放曲線甫離上限曲線，意味著暫時進入穩定狀態，而區域1，以其能量釋放趨勢而言，所使用的資料似嫌不夠長，但如以圖中之上下限曲線為準，該區可歸為會機率地震發生區。至於本文所採用地震發生機率，問題的定量討論，則有待數學模式的建立，再作深入探討。

在地震次數累積分析中，b值在各地區的分布見表一，區域2和區域9皆俱較大b值，顯示大規模地震次數與小規模地震次數之比例較大，而區域7之b值最小，暗示次數比率較小，其餘地區之b

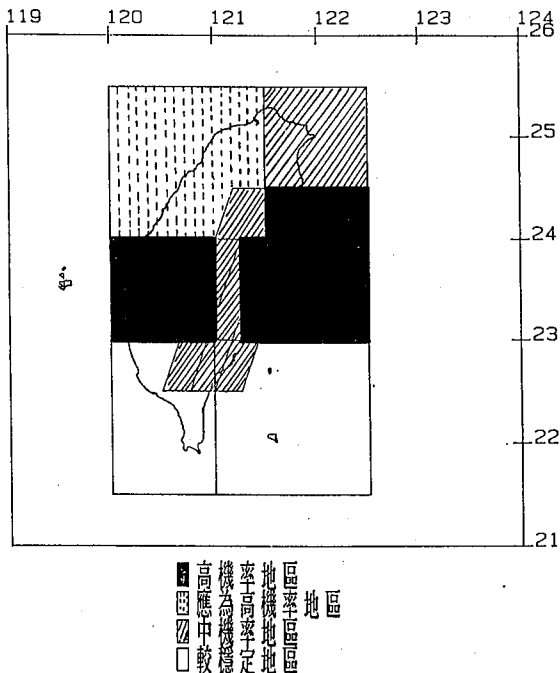


圖4：臺灣地震發生潛能圖

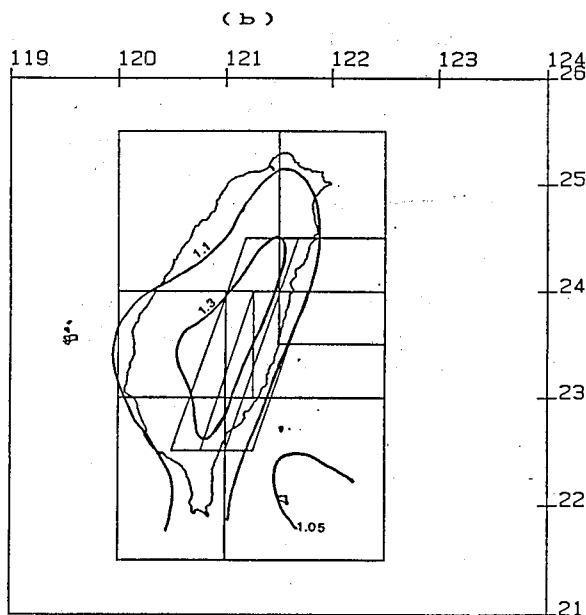
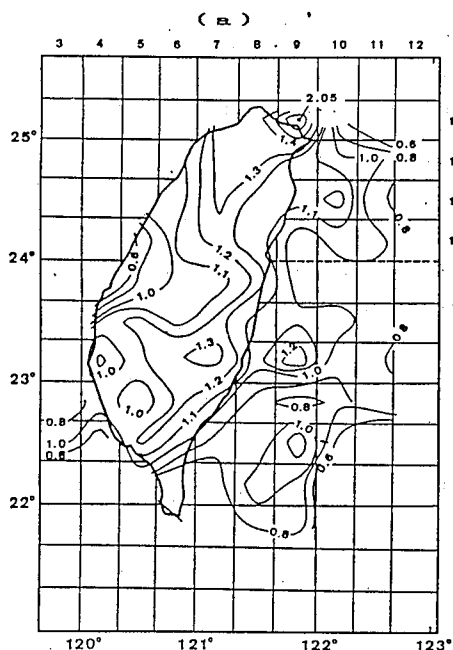


圖5：等b值分佈圖

(a)WANG (1988)

(b)本文

值則平均在1.1左右。

以王 (1988) (圖五(a)) 與本研究等b值分佈圖 (圖五(b)) 作比較發現，最低值地區皆在蘭嶼附近，最高區在中央山脈地區並有延伸向嘉南地區之趨勢，此兩結果甚為吻合，且等b值為1.1之曲線亦大致雷同，唯王 (1988) 仍有兩低區一在高雄外海，另一在北港外海，此現象是可理解的，因本研究分區並未如此細，且高雄外海有兩次發生群

震的歷史，因此b值會較小，而北港外海由於地震發生頻率甚低，迴歸結果應不會理想，另一在台灣北部火山地質區有一超高b值區，由於該地區地震頻率低，且發生大地震之次數甚稀，因此本研究認為該區的高b值，應與地下熱水活動有關。但綜觀而言，台灣地區之b值在1.18左右應屬地質的幼年期。

STUDY ON THE EARTHQUAKE POTENTIAL IN THE TAIWAN AREA

Tzay-Chyn Shin

Peih-Lin Leu

Seismological Observation Center
C.W.B.

ABSTRACT

The most common type of earthquake is due to the sudden rock break in response to geological force within the earth. Right after an earthquake, the geological force starts to accumulate for the next earthquake. This fact indicates the periodical occur-

rence of earthquakes. Based on the cumulative energy released from historical earthquakes, seismologists can realize the situation of earthquake potential. In this study, the Taiwan area is divided into nine different tectonic provinces. Using earthquake data collected from 1935 to 1988, the cumulative energy released trend is analyzed. The areas with high occurrence possibility of earthquake are Chai-Nan, Taitung, Taichung-Hsinchu, and Hualien. On the other hand, Kaoshiung and Lanyu are temporarily stable areas.

In the analysis of the earthquake frequency, the b values of earthquakes are calculated regionally. The mean b -value of 1.18 is categorized as young state of geological processes. The high b values of 1.3 and 1.4 are in the Central Mountain Range and the Chai-Nan area respectively. The smallest b value of 1.05 is at Lanyu.

Key word: Earthquake potential.

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商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。

民國七十七年颱風調查報告—(8805) 華倫

中央氣象局科技中心

摘 要

華倫 (WARREN) 颱風編號 8805，是民國七十七年第二個侵襲本省的颱風。其是由原位於關島南南西方之熱帶低壓發展而成，於 7 月 13 日 00 UTC 形成輕度颱風。行進路線大多是以西北西或西北方向前進，並於 18 日至 19 日間通過本省南部海域。

在累積雨量方面以蘭嶼之 87 公厘最多 (從 18 日零時至 19 日 20 時)，風速最強的地區是東吉島，每秒二十七公尺。而各種客觀預報法之平均誤差以 CWB-81 之 130.5 公里最小。由於此次颱風中心是由本省南部海域通過，故除為南部及東南部地區帶來一些雨量外，並未對本省造成顯著之影響及損失。

關鍵詞：最佳路徑，颱風路徑客觀預報法

一、前 言

華倫颱風形成至結束其生命期共約八天左右，其移行方向大都朝著西北西或西北方向移動。此颱風並未直接侵襲臺灣，而只是在通過本省南部海域時，其外圍環流影響本省南部地區，最後在汕頭與香港間登陸大陸並消失。本文主要根據所蒐集到之颱風發展及消散期間之各氣象要素，敘述颱風整個生命期間之路徑，強度及各氣象要素間之變化情況，並比較各種客觀預報法之預報誤差和氣象機構間預報之比較。

二、華倫颱風之發生及經過

華倫颱風自從 7 月 13 日 00 UTC 在關島南南西方約 170 公里之海面上形成後，即以西北西或西北之方向移動 (見圖一)。至 7 月 17 日 00 UTC 近中心最大風速達每秒 51 公尺，成為強烈颱風，七級暴風半徑達 250 公里，十級暴風半徑 120 公里，當時位置在北緯 16.3 度，東經 127.3 度，由於其七級暴風半徑將可能於未來 24 小時侵襲台灣地區 100 公里內之海域，於是本局於 17 日 8 時 45 分對巴士海峽及台灣東南部海域發出海上颱風警報 (見表一)。此後華倫颱風強度更於 17 日 06

UTC 達到最大，近中心最大風速每秒 65 公尺，相當於 17 級風。至 17 日 12 UTC 其在北緯 17.6 度，東經 124.4 度，預測其行徑將於 18 小時內侵襲台灣地區陸地，故本局於 17 日 21 時 15 分對台灣南部 (花蓮以南) 及南部 (台南以南) 發佈海上颱風警報。隨後，其行進路線仍朝西北西方向以每小時 25 公里的速度行進。

到了 7 月 18 日 00 UTC 其強度及移行速度開始減慢，移行方向也由西北西轉為西北，並將影響台灣海峽南部及東沙島海面。

18 日 09 UTC 移行方向由西北轉為北北西，強度繼續減弱。18 日 21 時 10 分，本局對台東，台南，高屏，澎湖，金門等陸地發出警報，金門海面也進入警報區域。

7 月 19 日 12 UTC 華倫颱風於香港和汕頭間登陸大陸，本局於 7 月 19 日 15 時 15 分解除台灣南部陸上警報，並於 19 日 21 時解除海上颱風警報。

三、華倫颱風之強度與路徑探討

七月中旬前期在關島南南西方海面有一熱帶性低壓存在 (見圖三)，其當時所在之平均海面水溫是 29℃ (見圖二)，在這種高水溫的情況下如果

再配合其他利於颱風形成的氣象條件，颱風便能很快形成且迅速發展的。7月13日00 UTC此熱帶性低壓果然增為輕度颱風，當時在其北北西方向即在台灣太平洋上，有一近滯高壓存在，直到7月17日00 UTC才見消失（見圖四至圖七），且太平洋高壓之亦一直延伸到東經140度，緯度範圍最低亦到20度以南，華倫颱風便在此二系統之影響下一路難有機會北上。圖九至圖十一分別是7月18日12 UTC之地面，850毫巴及700毫巴天氣圖，在7月17日00 UTC消失之近似滯留高壓，又於7月18日12 UTC出現，而在大陸廣東一帶又有一低壓形成，而從850毫巴及700毫巴之天氣圖看高壓之範圍又延伸到東經115度以西，且無明顯的條件促使颱風北上，因此，華倫颱風便繼續以西北西方向進行。圖八是華倫颱風近中心最大風速、最低氣壓及移速隨時間之變化圖，由圖中可看出颱風強度於17日06 UTC達最大，而當時所在位置為北緯16.9度，東經127.2度，而其附近之平均海面水溫仍為29度，此可能是颱風內部水氣逸入及上升速度配合到達最旺盛之時刻故使颱風強度達到最強。若依颱風之強度隨時間的變化來劃分可將颱風之生命期分為生長期，成熟期，衰退期。由圖八可看出華倫颱風之成熟期延續了約9小時到了17日15 UTC以後其強度開始減弱而進入衰退期。

四、最佳路徑及各種颱風路徑預報方法之校驗

圖十二、十三為本局所採用各種客觀預報法之24小時路徑預報及最佳路徑之比較，時間是由7月16日12 UTC到7月20日00 UTC，每六小時一次，其中各種客觀預報法缺7月18日18 UTC之預報結果。由表中可看出ARAKAWA法，所預報之路徑在7月16日12 UTC至7月17日18 UTC之路徑偏向最佳路徑右側（即北方）位置落後，但在7月18日00 UTC以後所預報之位置卻偏向最佳路徑之左側（即南方）。HURRAN法所預報之結果偏右及偏左之趨勢並非很明顯，但偏左之次數較多且位置大多落後。CLIPER法所預報之結果偏右及偏左之趨勢相當，但在剛開始位突然往回，以後位置便偏左或是在知悉預報位置超前後所作調整結果。CWB-81方法所預報之結果偏右

及偏左之趨勢也非很明顯，在速度上剛開始落後，到了17日06 UTC開始超前直到20日00 UTC。PC法預報結果偏右偏左趨勢也不是非常明顯，在速度上有時落後有時超前。從以上之比較可知客觀預報之結果雖可提供預報之參考，但必先瞭解預報誤差之特性才能有效的利用預報結果而作正確之判斷。

表二為此次颱風期間所採用之客觀預報法之校驗，其中以CWB-81平均誤差最小為130.5公里，CLIPER平均誤差204.0公里最大，次佳者為HURRAN平均誤差在133.3公里，其次為PC法平均誤差為162.6公里，再其次是ARAKAWA平均誤差為175.6公里。

1. 氣壓

表四為華倫颱風侵台期間各地之氣象統計資料。由表中可看出南部測站，台南，嘉義，澎湖，恆春，蘭嶼最低氣壓大都集中在18日16時至19日16時，這段期間正值颱風經過台灣南方巴士海峽與台灣西南方台灣海峽之間海域，所以氣壓因受颱風影響降至最低。值得注意的是各測站間氣壓最低是出現在日月潭，時間是18日19時，此時颱風中心位置在台灣南部之巴士海峽。其原因是否是由台灣南部海域經過之西行颱風可能因地形關係所致在台中附近一帶產生副中心或低壓槽，仍須利用詳細資料作進一步分析才能真正瞭解。

2. 風

最大風速在20 m/s以上之地區為東吉島27.0 m/s，蘭嶼23.7 m/s，玉山22.7 m/s，其餘大都在20 m/s以下，此乃是受颱風外圍環流影響所致，而玉山風速較其他兩測站為小，其原因可能是因地形阻擋所致。

3. 降水量

從表五中可發現累積雨量較多的地區大多在台灣東南部，這多半是因所在位置之地形及颱風外圍環流所引進之南來氣流所致。累積雨量在60公厘以上的有台東，大武，恆春，蘭嶼，其中又以蘭嶼87公厘為最多。但綜合而言，此次颱風所帶來之雨量並不大。這可從衛星雲圖（圖十四、十五）中颱風所在位置及颱風強度隨時間之變化可得到瞭解。從衛星雲圖中可看出從7月18日00 UTC至7月19日00 UTC，台灣南部受颱風影響的地區都

是在颱風外圍，且這段期間是颱風之衰減期，所以風力，及水汽不如在颱風較裡面範圍為大，且颱風移行之速度亦不是非常緩慢，所以並未給南部帶來大雨量。

五、結 論

此次華倫颱風在路徑上的變化並不大，在強度的變化雖然曾達到強烈颱風的標準，但因其所在位

置的關係對台灣本島並未產生太大的影響。而當其經過台灣南部附近海域時，台灣各地之風力及雨量並未見明顯，所以無任何災害調查報告。

在各種客觀預報法中，以CWB-81之平均誤差最小，CLIPER之平均誤差最大，在各氣象機構之24小時預報位置之誤差本局最小而以RPMM之誤差最大。

本颱風報告由王惠民助理研究員執筆。

REPORT ON TYPHOON WARREN OF 1988

Research and Development Center
Central Weather Bureau

ABSTRACT

Typhoon WARREN, labeled No. 8805, was the second one to attack Taiwan in 1988. It initiated over south-southwest sea of Guam and became a typhoon at 13/00Z July. Because of influenced by subhigh, WARREN moved mostly toward the west-northwest direction and passed through the south sea area of Taiwan during 18 to 19 July.

For the accumulated rainfall (from 18/00Z to 19/12Z), station Lan-Yeu had the most amount of 87m.m. and station island Dong-Jyi with the strongest wind speed of 27m/s. Objective typhoon track forecast methods appeared that CWB-81 had the smallest mean error of 130.5 km. Since typhoon WARREN passed through the south sea area of Taiwan, it did not cause serious damage but brought some rainfall for the south area of Taiwan.

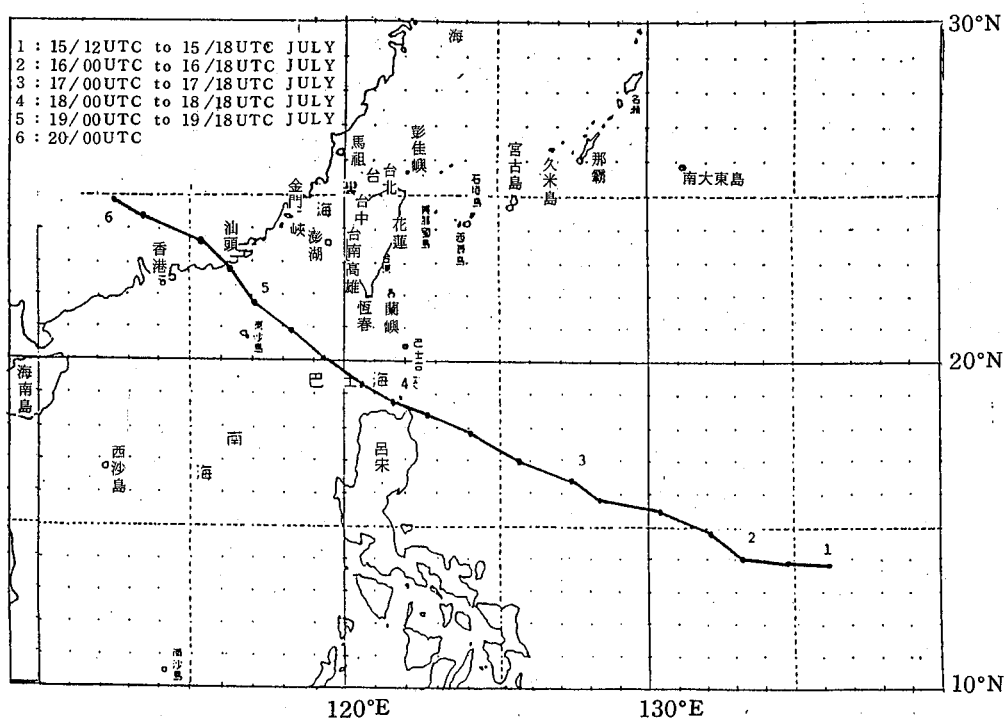


圖1：華倫颱風最佳路徑圖

Fig.1 : The best track for typhoon WARREN.

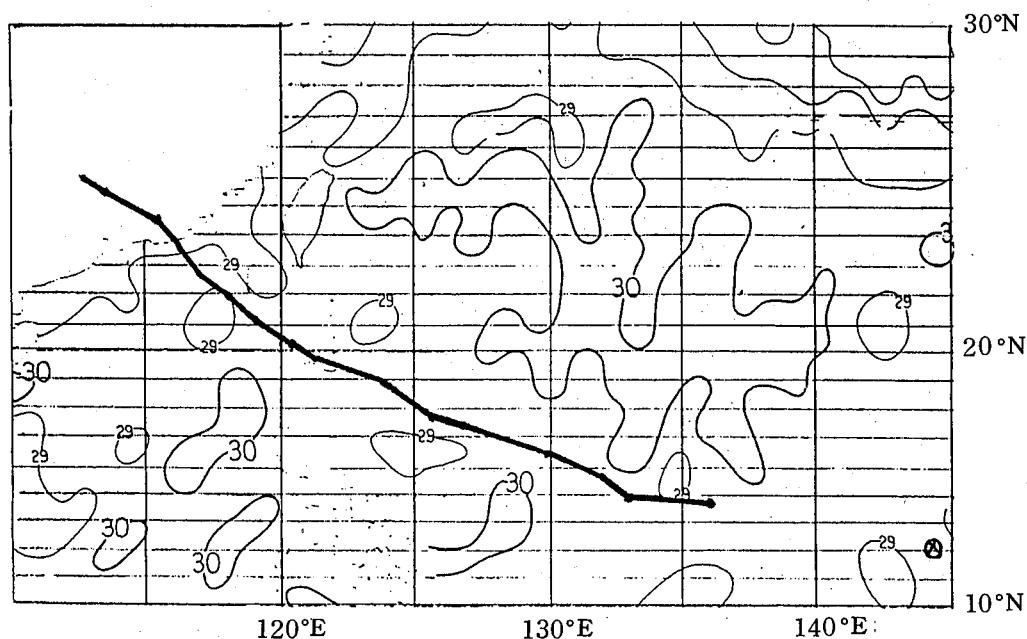


圖2：民國77年7月11日77年7月20日平均海面水溫圖與颱風最佳路徑，⊗代表颱風形成時之位置

Fig.2 : 10-day mean sea surface temperature chart during the period from 11 to 20 July 1988 and the best track of typhoon. ⊗ represent the location of typhoon initiation.

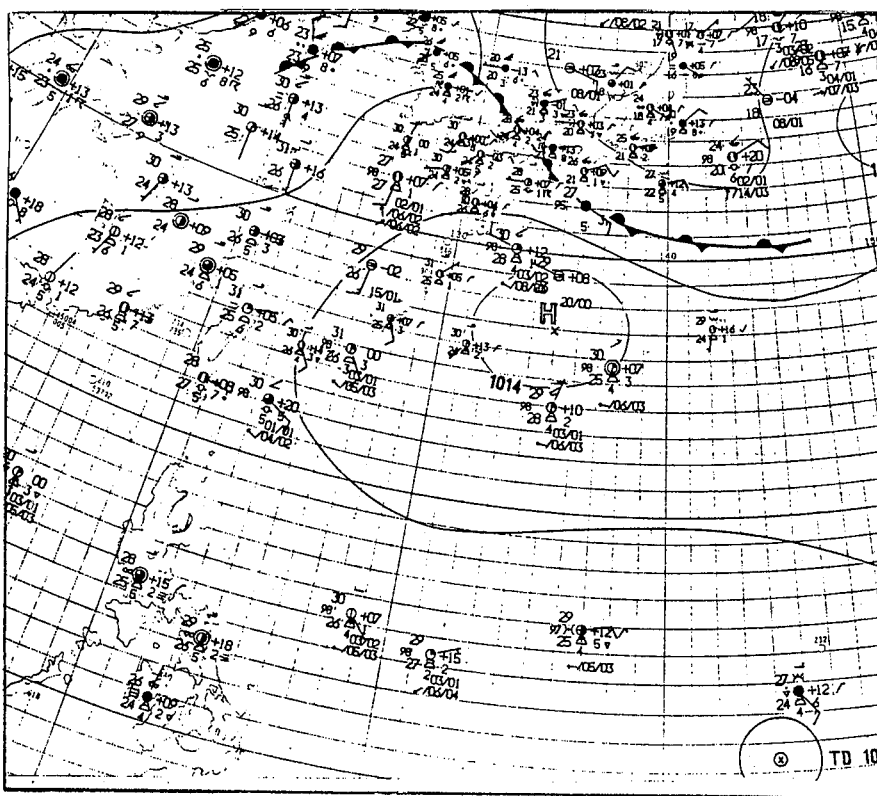


圖 3：民國 77 年 7 月 13 日 00 UTC 地面天氣圖

Fig.3 : Surface synoptic chart at 13/00 UTC, July, 1988.

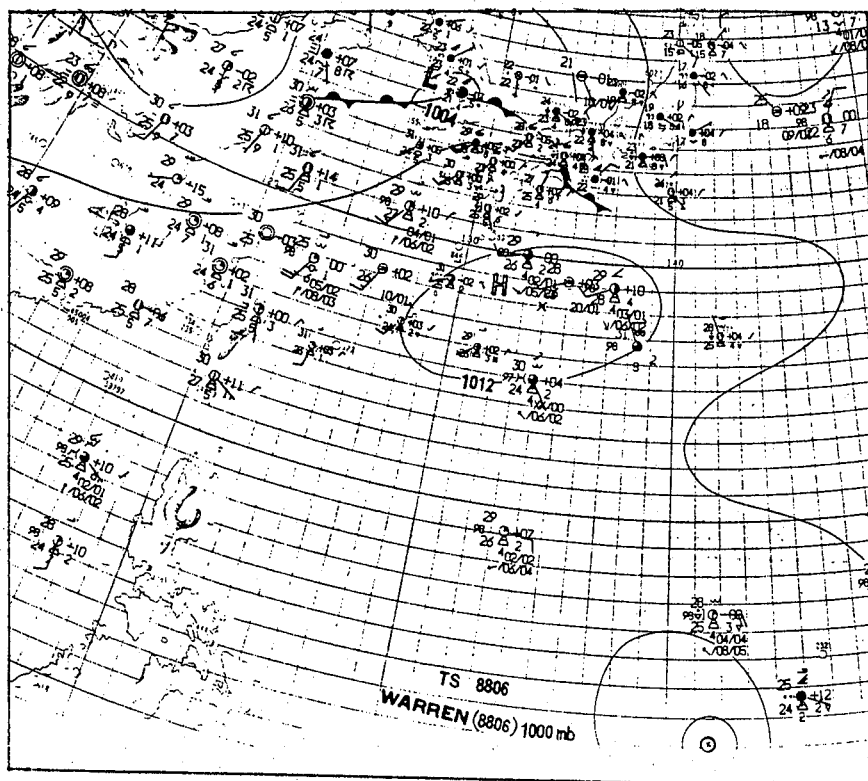


圖 4：民國 77 年 7 月 14 日 00 UTC 地面天氣圖

Fig.4 : Surface synoptic chart at 14/00 UTC, July, 1988.

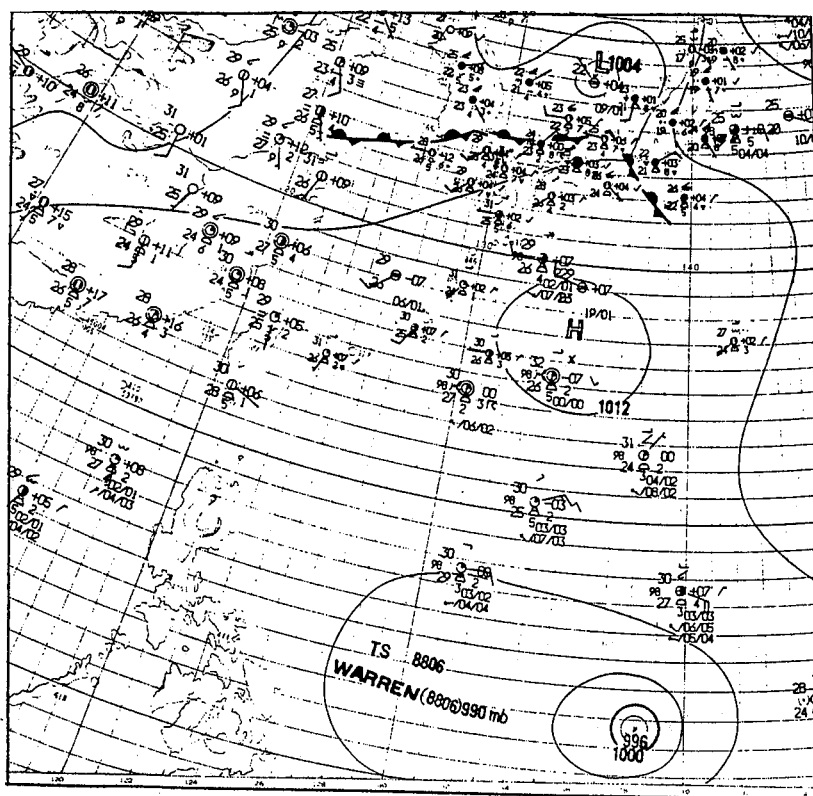


圖 5：民國 77 年 7 月 15 日 00 UTC 地面天氣圖

Fig.5 : Surface synoptic chart at 15/00 UTC, July, 1988.

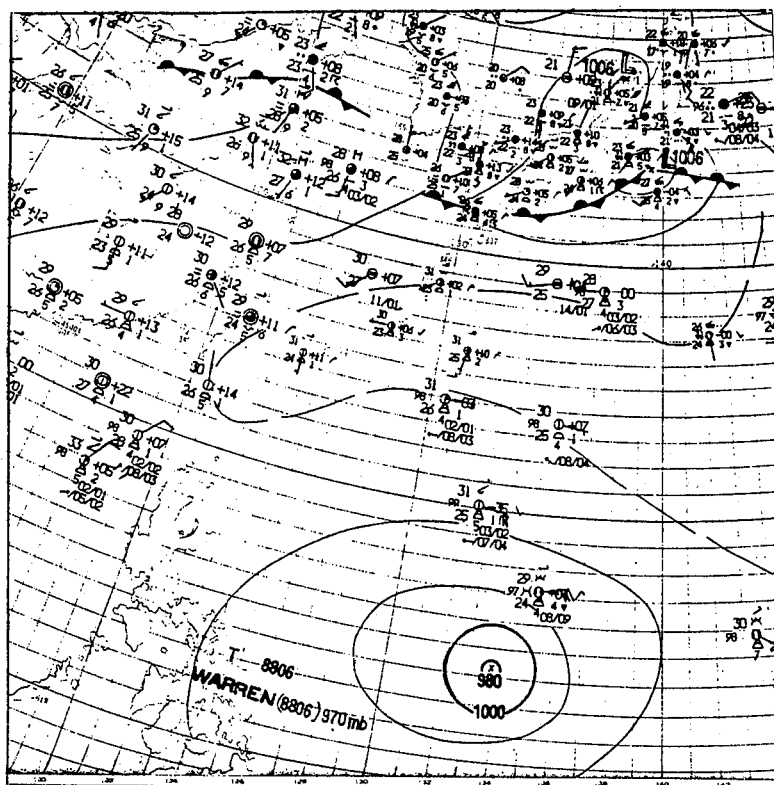


圖 6：民國 77 年 7 月 16 日 00 UTC 地面天氣圖

Fig.6 : Surface synoptic chart at 16/00 UTC, July, 1988.

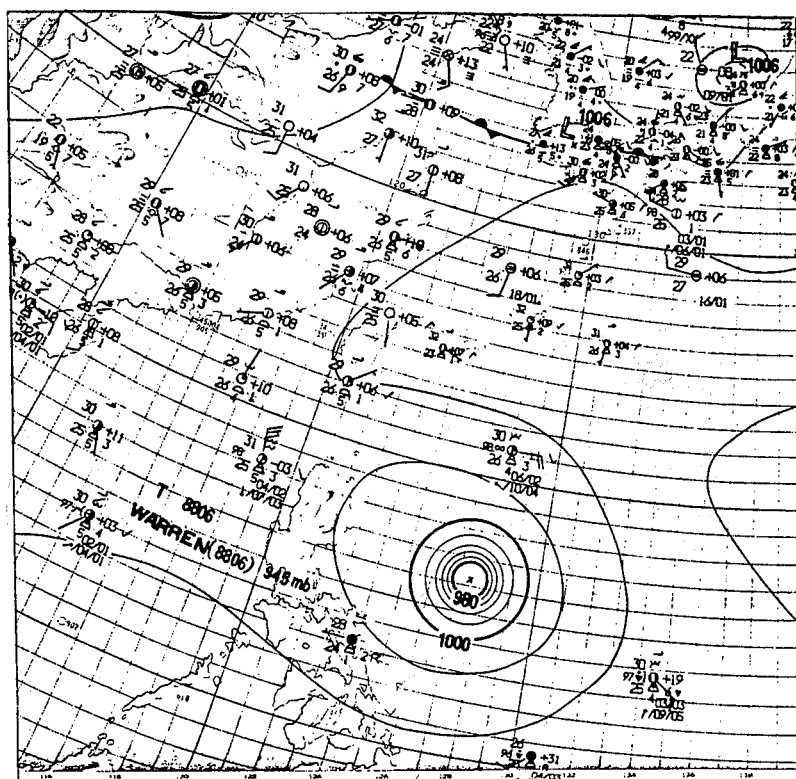


圖 7：民國 77 年 7 月 17 日 00 UTC 地面天氣圖
Fig.7 : Surface synoptic chart at 17/00 UTC, July, 1988.

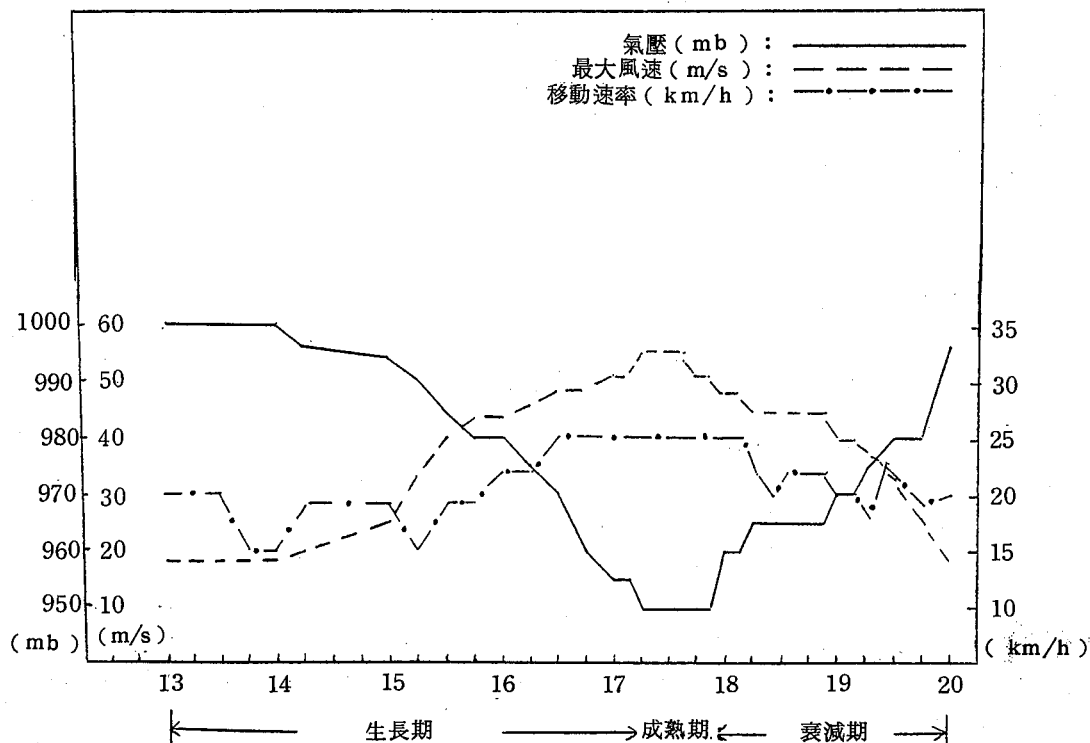


圖 8：華倫颱風近中心最大風速，最低氣壓及移速隨時間變化圖
Fig.8 : The variation with time of maximum wind speed, lowest pressure and moving speed of typhoon WARREN.

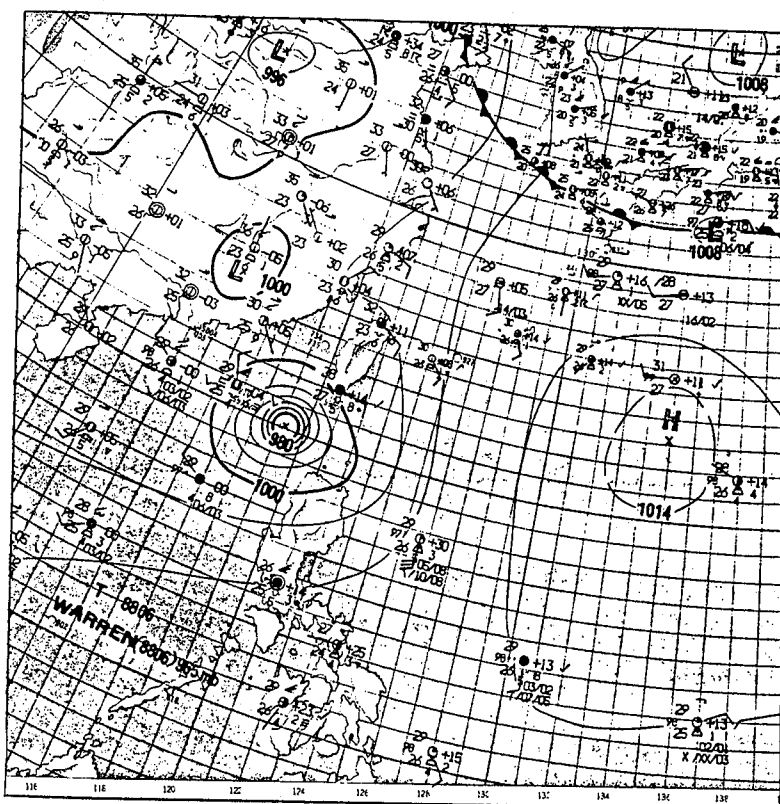


圖 9：民國 77 年 7 月 18 日 12 UTC 地面天氣圖
Fig.9：Surface synoptic chart at 18/12 UTC, July, 1988.

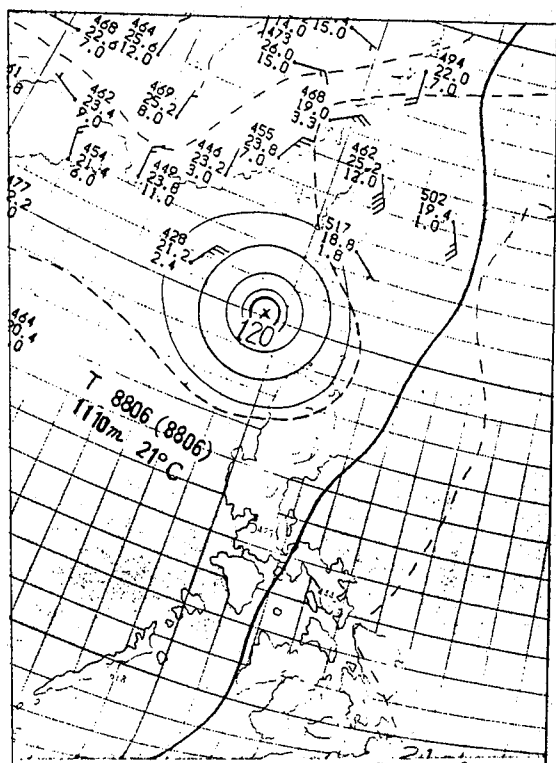


圖 10：民國 77 年 7 月 18 日 12 UTC 850 毫巴
高空圖
Fig.10：850mb chart at 18/12 UTC,
July, 1988.

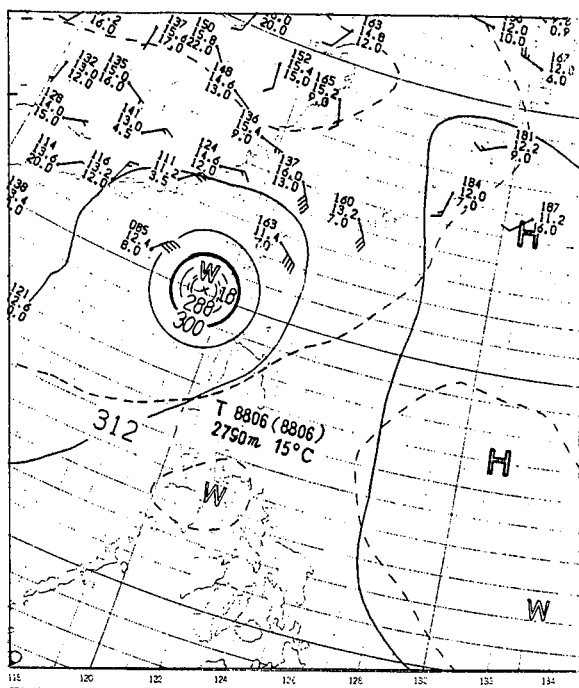


圖 11：民國 77 年 7 月 18 日 12 UTC 700 毫巴
高空圖

Fig.11 : 700mb chart at 18/12 UTC,
July,1988.

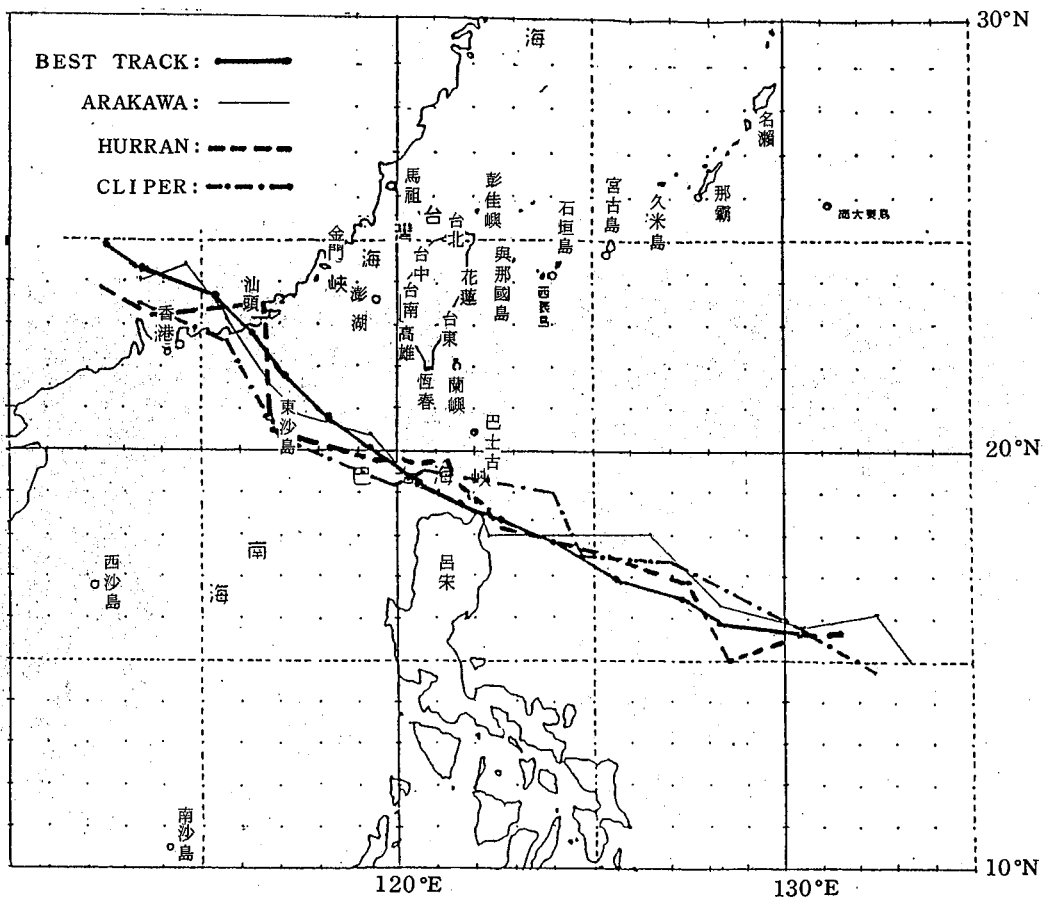


圖 12：各種颱風路徑客觀預報法之預報路徑及最佳路徑

Fig.12 : 24 hours forecast track of objective forecast methods and the best track.

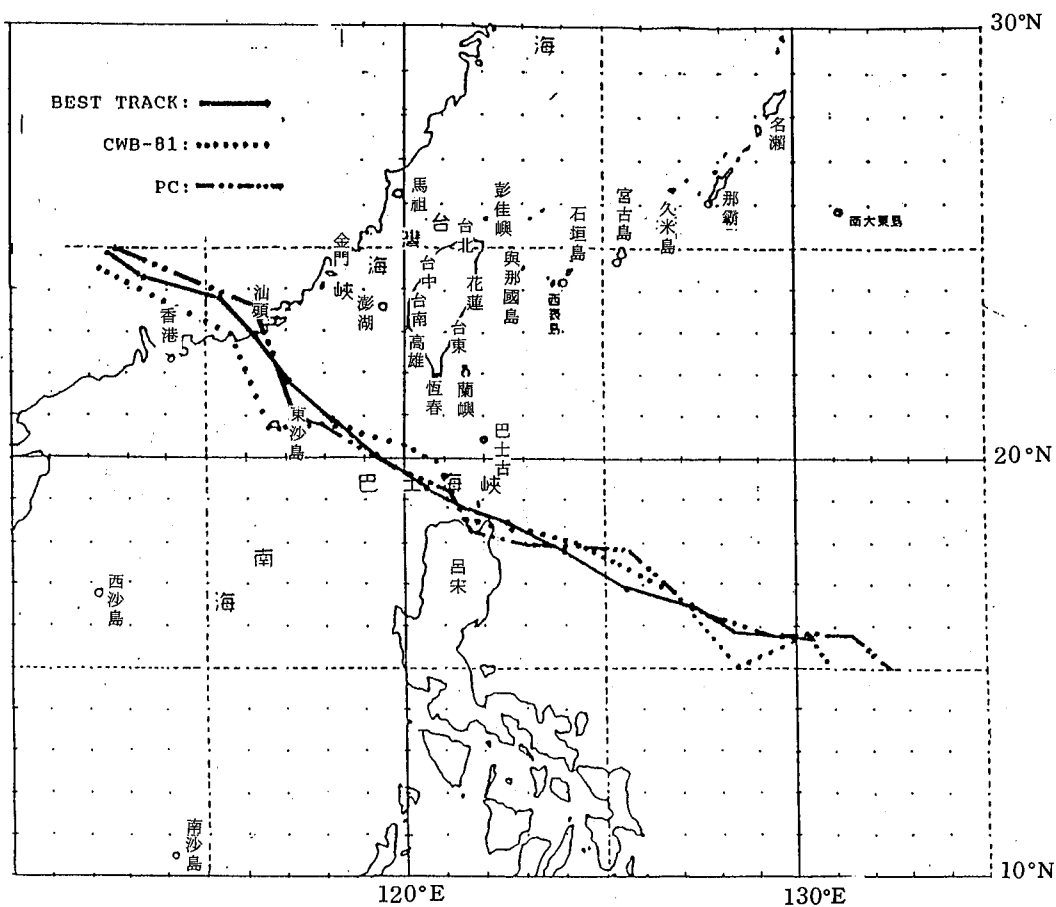


圖 13 : 同圖 12

Fig.13 : Same as Fig. 12

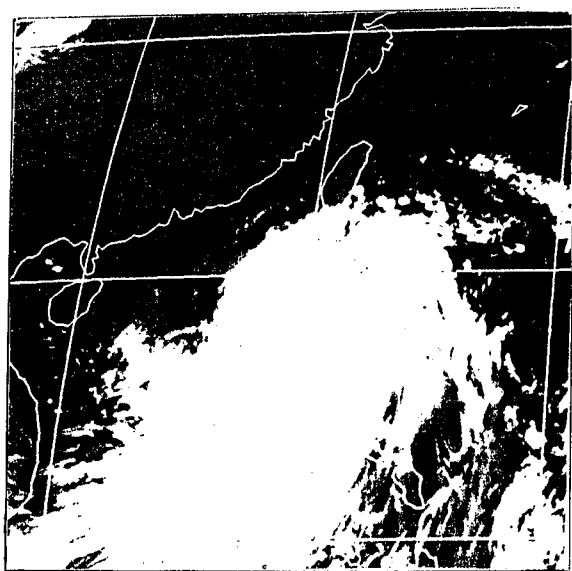


圖 14：民國 77 年 7 月 18 日 00 UTC
GMS 紅外線之圖

Fig.14 : GMS IR picture imapery
Typhoon WARREN at
18/00 UTC , July,1988.

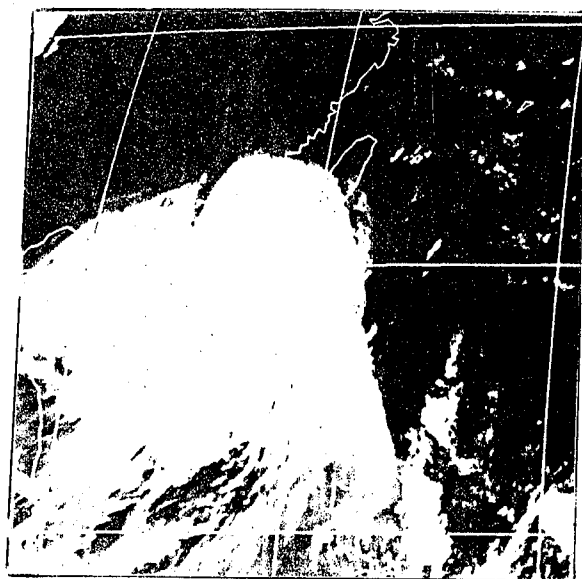


圖 15：民國 77 年 7 月 19 日 00 UTC
GMS 紅外線之圖

Fig.15 : GMS IR picture imagery
Typhoon WARREN at
19/00 UTC, July, 1988.

表一：華倫颱風警報發佈經過一覽表

Table 1 : Warning procedure issued by CWB for typhoon WARREN.

種 類	次 序		發 布 時 間			警 報 區 域		備 註
	號	報	日	時	分	海 上	陸 上	
海 上	2	1	17	8	45	巴士海峽，臺灣東南部海面	——	強 烈
海 上	2	2	17	14	55	同 上	——	
海 陸	2	3	17	21	15	巴士海峽，臺灣東南部海面 及東沙島海面	臺灣東南部 (花蓮以南) 及南部(臺南 以南)	
海 陸	2	4	18	4	25	巴士海峽，臺灣東南部海面 ，臺灣海峽南部	同 上	
海 陸	2	5	18	9	35	巴士海峽，臺灣東南部海面 ，臺灣海峽南部，東沙島海 面	同 上	中 度
海 陸	2	6	18	15	45	同 上	同 上	
海 陸	2	7	18	21	10	巴士海峽，臺灣海峽南部， 東沙島海面，金門海面及臺 灣東南部海面	臺東地區，臺 南，高屏地區 及澎湖，金門 地區	
海 陸	2	8	19	4	10	巴士海峽，東沙島海面，臺 灣海峽南部及金門海面	臺南，高屏地 區及澎湖，金 門地區	
海 陸	2	9	19	9	30	同 上	同 上	
海 陸	2	10	19	15	15	東沙島面，臺灣海峽及金門 海面	澎湖及金門地 區	
海 陸	2	11	19	21	00	東沙島海面，臺灣海峽及金 門海面	澎湖及金門地 區	解除警報

表二：各種颱風路徑客觀預報法 24 小時預報位置誤差校驗統計表

Table 2 : 24 hours forecast error for objective forecast methods.

誤差單位 (kin)

日 期		BEST TRAOK			ARAKAWA			HURRAN			CLIPER			CWB-BI			FO		
日	時(Z)	N	E	誤 差	N	E	誤 差	N	E	誤 差	N	E	誤 差	N	E	誤 差	N	E	誤 差
15	12	13.8	136.0																
	18	13.9	134.8																
16	00	14.0	133.4																
	06	14.8	123.0																
	12	15.3	130.4		15.1	133.4	319.2	15.3	131.2	84.9	14.8	132.3	209.2	15.1	131.7	139.7	15.0	132.5	225.4
	18	15.8	128.3		16.1	132.3	424.4	15.4	130.7	258.1	17.1	127.0	198.1	15.4	130.6	247.6	15.6	131.5	339.6
17	00	16.3	127.2		15.4	130.3	342.7	15.0	128.6	206.0	17.6	124.7	299.1	15.0	128.4	191.3	15.4	129.5	262.8
	06	16.9	125.6		16.2	128.0	364.5	16.9	127.3	178.9	18.9	124.0	276.5	16.9	126.7	136.8	16.3	127.2	181.1
	12	17.8	124.0		18.0	126.4	252.2	17.6	125.6	148.4	19.7	121.6	342.1	17.9	124.6	63.8	17.5	125.7	181.2
	18	18.3	123.7		18.1	122.5	127.3	18.3	123.8	10.4	20.2	119.5	453.7	18.6	121.7	511.3	18.0	123.2	61.8
18	00	18.6	122.6		18.6	122.4	229.4	18.4	122.6	209.8	18.7	122.8	187.9	18.7	121.8	292.1	18.4	121.1	303.3
	06	19.4	120.7		19.5	120.7	11.0	19.8	121.5	93.9	19.0	121.2	68.1	19.9	120.9	58.8	19.1	121.2	61.5
	12	20.1	119.4		20.3	119.4	22.0	19.8	119.2	38.9	19.6	119.7	63.2	20.3	119.0	46.8	19.5	119.1	61.3
	18	20.7	118.2																
17	00	21.8	117.0		21.0	117.3	93.2	20.5	116.9	143.8	20.7	116.8	122.7	20.1	116.7	135.5	20.7	118.0	158.6
	06	22.6	116.3		21.7	116.5	101.1	21.1	116.3	166.3	21.1	116.4	165.3	21.1	116.5	166.3	20.7	117.1	204.1
	12	23.5	115.3		23.2	115.6	44.8	23.5	116.3	100.9	22.6	113.5	111.2	23.6	115.6	32.7	23.6	116.1	81.4
	18	24.3	113.5		24.4	114.5	100.8	23.2	113.8	128.7	23.0	114.3	164.2	24.0	113.2	44.7	24.2	111.5	100.9
20	00	24.8	112.6		24.0	113.5	126.5	23.9	112.4	101.0	23.5	113.6	164.0	24.4	112.2	59.5	24.0	112.9	53.3
平 均 誤 差					175.6			133.3			204.0			130.5			162.6		

表三：各氣象機構 24 小時預報位置誤差校驗統計

Table 3 : 24 hours forecast error for 6 instit des.

誤差單位 (km)

日	時 (Z)	Best Track		CWB			JTWC			RPMM			VHHR			BABJ			RJTD		
				N	E	誤差	N	E	誤差	N	E	誤差	N	E	誤差	N	E	誤差	N	E	誤差
13	00																				
13	06																				
13	12																				
13	18																				
14	00			14.1	140.8		14.5	137.7													
14	06			14.2	139.2		14.0	139.6													
14	12	13.8	136.0	14.3	138.7		13.5	140.1													
14	18	13.9	134.8				12.9	140.4										13.5	139.0		
15	00	14.0	133.4	13.5	137.8		13.3	136.8													
15	06	14.8	132.0	13.6	136.1		13.9	136.8							12.5	137.5		14.0	137.5		
15	12	15.3	130.4	13.8	135.2	85.5	13.5	136.0	33						13.5	136.5	62.8				
15	18	15.8	128.3	13.9	134.3	53.4	14.0	135.1	33.7									14.5	135.0	69.4	
16	00	16.3	127.2	13.9	134.3	96.1	12.8	135.2	233.5						14.4	134.0	77.1	14.5	135.0	179.2	
16	06	16.9	125.6	14.0	134.0	230.1	13.2	135.2	384.1						14.4	134.0	217.4	14.5	133.0	111.4	
16	12	17.8	124.0	15.0	131.5	121.4	14.5	131.4	138						16.0	130.2	79.9	15.0	132.0	173.1	
17	18	18.3	123.7	15.3	130.3	219	15.5	130.3	214.4	14.2	131.0	336.6			15.6	130.7	255.1	17.0	131.0	314	
17	00	18.6	122.6	15.8	123.9	353.2												16.5	129.5	243.1	
17	06	19.4	120.7	17.0	127.7	221.3	16.5	127.8	235.9	16.4	127.2	177.4			16.7	127.7	222	18.0	127.0	190.1	
17	12	20.1	119.4	18.0	125.4	148.2	17.8	125.4	146.6						17.6	128.8	189.9	19.0	125.0	168.3	
18	18	20.7	118.2	18.8	123.6	56	19.2	122.5	157.5	17.8	122.6	127.5			18.0	124.0	45.5	20.0	123.0	266.9	
18	00	21.8	117.0	19.1	122.7	205.3	19.4	121.5	334.2						21.4	119.4	619.5	20.0	121.5	366.8	
18	06	22.6	116.3	19.8	121.1	60.5	19.8	120.8	45.2						20.2	120.2	102.1	21.0	120.5	177.2	
18	12	23.5	115.3	20.7	119.8	77.8	21.3	118.8	145.1	19.2	118.6	129.1	20.0	117.8	165.7	21.3	119.0	138.3	21.5	119.5	154.3
19	18	24.3	113.5	20.9	117.5	75.3	21.2	117.7	75.3	19.5	117.0	181.1	20.6	117.0	124	21.8	117.6	135.1	22.5	119.0	214.2
19	00	24.8	112.6	21.2	116.8	67.1	21.1	116.5	72.5	20.5	117.3	186.3	20.6	117.1	132.4	21.3	116.7	63	23.0	118.0	166.1
19	06			22.0	116.3	66	21.8	116.2	88.6	21.5	116.8	131.3	51.1	116.0	167.8	21.6	115.4	143.2	23.0	117.0	83.5
19	12			23.9	116.5	128.6	23.0	114.9	68.3	22.9	115.4	66.8	22.1	114.4	179	23.5	115.2	10.1	23.0	116.0	99.8
20	18			24.6	115.5	20.3	23.2	114.9	185.8				22.8	112.9	175.1	23.4	114.3	127.6	23.0	115.0	200.1
20	00			24.2	113.8	137.1	24.6	113.2	63.9				24.0	112.0	106.1				25.0	116.5	289.3
20	06			26.3	115.7		25.5	115.7											27.0	114.0	
20	12						25.5	115.1													
平均誤差				137.2			148.8			162.0			150.2			155.6			193.9		

表四：華倫颱風侵台期間本局所屬各測站氣象要素統計表

Table 4 : The weather element from CWB's stations during WARREN passage.

站名	說明 站號	最風向大速		發現			瞬間最大風向大速		發現			最低氣壓及發現時之氣溫		發現			累積雨量 (m.m.)	降雨開始			降雨停止		
		風向	風速 (m/s)	日	時	分	風向	風速 (m/s)	日	時	分	氣壓(mb)	氣溫(℃)	日	時	分		日	時	分	日	時	分
宜蘭	708	ESE	8.0	18	13	40	FNE	18.1	18	13	32	1002.9	31	18	15	00							
蘇澳	706	SSE	10.9	18	15	00	WSW	19.9	19	12	43	1025.28	28	19	1	53	11	18	19	1	19	9	35
鞍部	691	SSW	18.9	18	22	58	SSW	28.1	18	22	58	1014.24	24	19	2	10	67	19	12	45	19	19	40
陽明山	693	SSW	3.8	18	23	10	N	5.3	19	13	10	1023.25		19	2	4	2	19	18	1	19	19	40
淡水	690	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	34	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
台北	692	ESE	9.7	18	23	50	ESE	1.1	19	00	40	999.8	31	18	15	20	10	19	17	36	19	20	00
新竹	757	W	3.7	18	14	30	W	7.0	18	13	50	999.7	31	18	20	00	47	19	14	50	19	17	15
台中	749	SSW	7.0	19	15	20	SSW	4.9	19	15	13	999.0	30	18	17	00	1	19	14	24	19	14	50
梧棲	777	ESE	17.0	19	16	00	SSW	7.3	19	16	08	996.1	28	18	17	18	—	—	—	—	—	—	—
日月潭	765	SSE	9.0	18	20	50	ESE	5.0	18	20	45	993.2	6	18	18	00	0	18	11	45	18	11	55
玉山	755	SSE	22.7	19	05	50	—	—	—	—	—	1006.7	17	18	17	00	28	18	8	30	19	5	30
阿里山	753	SSE	5.2	19	08	02	SSE	1.8	19	07	59	1008.0	30	18	17	3	0	—	—	—	—	—	—
嘉義	748	SSE	13.8	19	14	30	SSW	6.6	19	14	19	998.7	31	18	17	48	0	17	31		19	20	00
台南	741	—	5.1	19	11	00	SSW	8.3	19	13	28	998.7		18	16	22	25	17	13		19	20	40
高雄	744	S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
花蓮	699	SSW	2.2	19	12	10	SSW	3.8	19	10	44	1004.7	30	19	2	30	16	18	11	8	19	2	5
新港	761	SSW	12.4	19	15	10	SSW	6.6	19	15	00	1004.2	32	18	17	05	48	18	9	14	19	1	18
台東	766	ESW	4.9	19	15	50	SSW	1.0	19	15	47	1003.2	28	18	16	17	37	18	6	00	19	10	15
大武	754	ENE	11.8	18	16	15	NNE	0.0	18	16	10	1004.2	30	18	16	13	94	18	5	1	19	15	40
恆春	759	ENE	9.4	18	14	30	NNE	1.5	18	14	17	999.5	26	18	14	24	68	18	5	12	19	6	36
蘭嶼	702	ENE	23.7	18	04	50	ENE	5.4	18	04	50	1005.2	30	18	14	39	88	18	00	3	19	9	48
澎湖	735	SSW	12.6	19	08	00	SSE	3.0	19	06	58	997.9	29	19	16	38	16	19	11	20	19	19	42
東吉島	730	SSE	27.0	19	02	50	SSW	0.0	19	17	22	987.2		18	16	50	38	19	11	15	19	18	15

表五：各測站自7月18日00UTC至7月19日12UTC之累積雨量統計表

Table 5 : Accumulated rainfall from 18/00 UTC to 19/12

UTC July from CWB's stations.

站 名	累 積 雨 量 (公 釐)	站 名	累 積 雨 量 (公 釐)
澎佳嶼	0.5	牛 門	——
基 籠	2	古 魯	4
宜 蘭	0.2	雙連碑	——
蘇 澳	11	五指山	1
鞍 部	6	四十分	3
陽明山	2	大尖山	——
台 北	10	大屯山	——
新 竹	47		
台 中	1		
梧 棲	——		
日月潭	0.3		
玉 山	15		
阿里山	——		
嘉 義	——		
台 南	23		
高 雄	30		
花 蓮	16		
新 港	48		
台 東	84		
大 武	73		
恆 春	68		
蘭 嶼	87		
澎 湖	18		
東吉島	38		

民國七十七年颱風調查報告—颱風(8816)克蒂

中央氣象局科技中心

摘要

克蒂颱風的初期擾動(incipient disturbance)於民國七十七年九月十八日出現後,非常穩定地通過巴士海峽向西北移動,最後在中國大陸的南方海岸附近登陸並造成若干的損失。在其近四日的生命週期中,中心氣壓最低曾達到980毫巴,最大持續風速及最大陣風速的極端值分別為28公尺/秒及35公尺/秒。在誤差校驗方面,本局官方定位的平均向量誤差為47.8公里,本局二十四小時中心位置預報誤差為148公里,基本上由於克蒂颱風並未直接侵襲本省,僅在宜蘭、蘇澳、成功、台東等地出現較大的降水量,因此並未造成甚大的災害。

關鍵詞:曲度,初期擾動

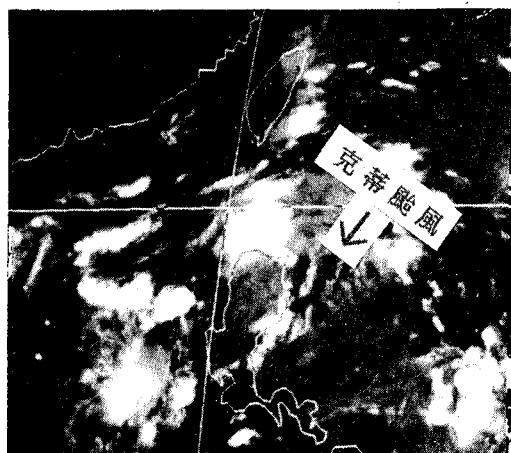
一、前言

輕度颱風克蒂(KIT, 8816)的初期擾動於民國七十七年九月十八日在馬尼拉東方556公里附近出現後,穩定地向西北方向移動,在通過呂宋羣島後進入巴士海峽,仍朝著西北方向移動,因其外圍環流逐漸接近本省南部陸地,本局遂於九月二十一日上午十時十五分發佈第一次的海上颱風警報。截至九月二十二日上午九時五分的解除警報止的警報期間,本局共計發佈八次警報,其中尚包括加發三次的警報,詳如表一。在此警報期間,克蒂颱風的強度一直均是維持在輕度的階段,然而由於其通過巴士海峽時,恐其將携入大量的水汽,因此本局曾連續數次強調本省北部、東北部及東南部地區可能有豪雨的出現。事實上在宜蘭、蘇澳及台東、成功等地果真發生較大的雨量,雖然它未在本省造成太大的災害,但是在它登陸中國大陸後,却給大陸的東南沿海地區帶來生命及相當可觀財產的損失。

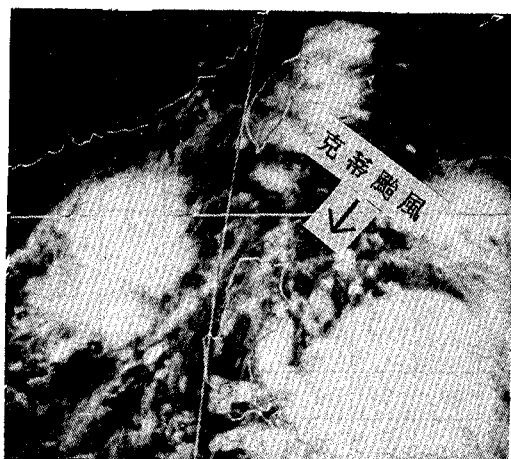
二、克蒂颱風之發生及經過

克蒂颱風是一九八八年九月間,八個較為明顯熱帶氣旋中的第六個。它的初期擾動是在九月十八日於馬尼拉東方約556公里處被觀測到,隨後即迅

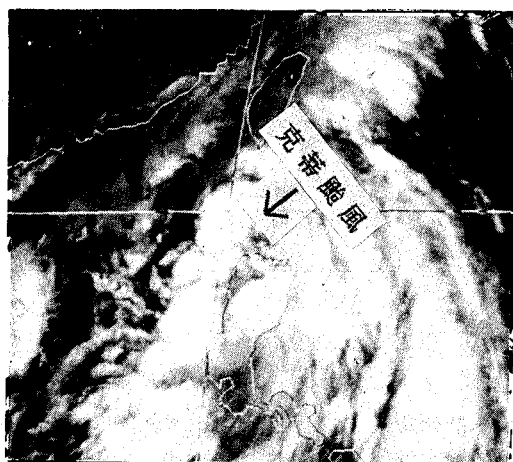
速地在間熱帶輻合區中發展起來,因此關島方面於182230UTC發出了熱帶氣旋形成警報(Tropical Cyclone Formation Alert)。十九日起更由於其在衛星雲圖(圖1)上,逐漸呈現帶狀的雲貌及更為顯著的高層外流雲系,配合地面天氣圖(圖2)的型態,說明其強度約已達15公尺/秒(地面持續風速),於是關島方面便於十九日再度發佈了熱帶性低氣壓(Tropical Depression)克蒂的第一次警報(Warning)。克蒂颱風於其所行經的路徑中曾一度登陸呂宋島的北端,但是其強度卻沒有因此而明顯地減弱,反而仍繼續朝西北方向前進,本局遂正式發佈第三號第一報海上颱風警報。在克蒂颱風影響前後期間內,有關本局所屬各測站所測得之氣象資料統計如表二所示,而有關克蒂颱風自191800UTC起至220000UTC止的相關資料,均詳列於表三中。在表三中除了中心位置欄係採用關島JTWC的最佳路徑資料外,其他如中心氣壓、近中心最大風速、移動方向速度、七級風暴風半徑等欄的資料均係採用本局的資料。上述各項資料及由衛星雲圖估計所得之T-No.(強度)值隨時間的變化趨勢,可以由圖3來表示。圖中顯示最大持續風速,瞬間最大陣風速的時間變化趨勢相當一致;二者極端值出現的時間略在最低中心氣壓值出現的時



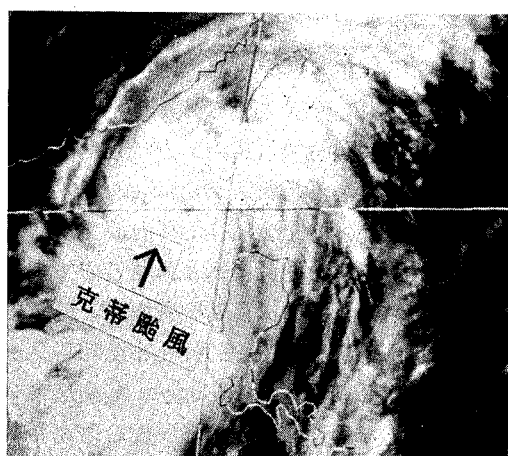
(a) 09180000UTC



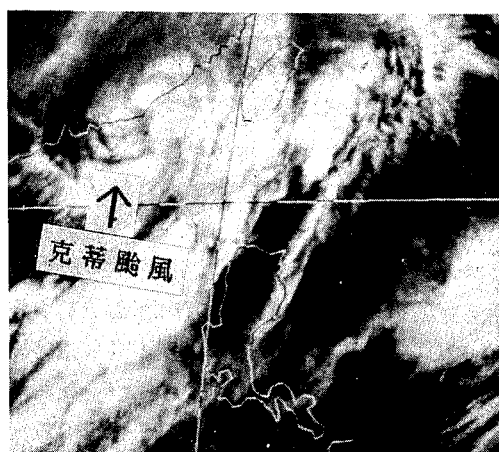
(b) 09190000UTC



(c) 09200000UTC



(d) 09210000UTC



(e) 09220000UTC

圖1：民國七十七年九月十八日至二十二日格林威治時間零時的紅外線雲圖。

Fig1: The IR images on 0000 UTC from 18 to 22, SEP., 1988.

表一：本局發佈克蒂颱風（編號：8816）的警報情形

Table 1: Warning issued by C.W.B. for Typhoon KIT.

類別	強度	順序		發佈時間				警戒地區		附註
		號	報	月	日	時	分	海上警報	陸上警報	
海	輕	3	1	9	21	10	15	臺灣海峽南部、金門海面及東沙島海面		北部、東北部、東南部及高屏地區將有局部豪雨，台南以南沿海地區嚴防海水倒灌
"	"	3	2	9	21	15	20	"		"
"	"	3	加	9	21	17	50	"		"
"	"	3	3	9	21	21	20	"		"
"	"	3	加	9	21	23	30	"		"
"	"	3	4	9	22	4	20	"		"
"	"	3	加	9	22	5	55	"		"
解	"	3	5	9	22	9	5	臺灣海峽南部、金門海面及東沙島海面海上警報解除		北部、東北部、東南部及高屏地區仍將有局部豪雨出現

間之前，而克蒂的強度則在 21200UTC 至 211800 UTC 間達到最強的階段。克蒂颱風在 220000UTC 登陸中國大陸的東南沿海地區，強度減弱，對本省的威脅解除，因此關島方面與本局同時發佈解除颱風警報，總計其生命期為 3 天又 18 小時。

三、克蒂颱風的強度與路徑探討

由於克蒂颱風的形成地點不是位在一個開闊海面，又極為接近菲律賓的呂宋島，同時其發生的緯度也略為偏北，因此其強度及暴風範圍於形成至登陸中國大陸東南沿岸的期間中，均一直沒有顯著的增強與擴大的跡象，而是一直維持著熱帶性低氣壓的強度，並朝著西北轉北北西的方向移動。於 9 月 19 日 1800UTC，克蒂首先接觸到菲律賓呂宋島的地形，然而由觀測資料顯示其強度不但沒有減弱，反而增強為輕度颱風，中心氣壓為 999 毫巴，最大持續風速為 18 公尺／秒，瞬間最大陣風速為 23 公尺／秒。此後克蒂的中心氣壓持續遞降，惟幅度不大（圖 3），終於在 211200UTC 至 211800UTC 間達到最強的階段，中心氣壓為 980 毫巴，近中心最大持續風速為 28 公尺／秒，瞬間最大陣風速為 35 公

尺／秒，不久之後便於 220000UTC 登陸中國大陸，強度明顯減弱。圖 4 顯示出克蒂所行經的路徑皆是位在約 30℃ 左右的高海溫海域裏，當地的海溫約較旬平均高出 1℃ 左右，這一點可能對登陸呂宋島後再度移行於海面上之克蒂颱風的強度，有著重要的維持作用。

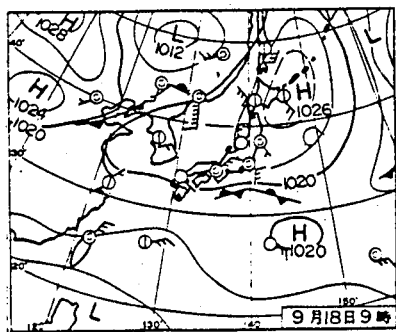
克蒂颱風在其生命期中，保持了頗為穩定平滑的移動方向，這可以由圖 4 中看出。此外由表三的資料更可以明顯地知道其移動方向先是西北西，後轉為西北，再轉為北北西；而移動的速度則是由開始時的 18 公里／時配合路徑的轉向於 210000 UTC 至 210600UTC 之間減慢為 8 公里／時，再加速至 13 公里／時。探究造成克蒂颱風轉向的原因為何，或許可以由綜觀天氣系統的變化中得到答案。圖 5 為 500 毫巴等壓面上，5880gpm 等高綫自 9 月 18 日至 9 月 22 日的空間變化情形，配合著克蒂颱風 00 及 12UTC 的路徑位置來看，吾人可以很清楚地看到其路徑與 5880gpm 等高綫有著明顯的相關性。基本上在 18、19 兩日，5880 綫的走勢呈偏西方向，克蒂的實際移動方向為西北西；20 日至 21 日間 5880 綫顯著地呈偏北趨勢，克蒂亦有明顯地轉北

表二：克蒂颱風影響期間，本局測站的氣象資料統計表（****：資料缺失）

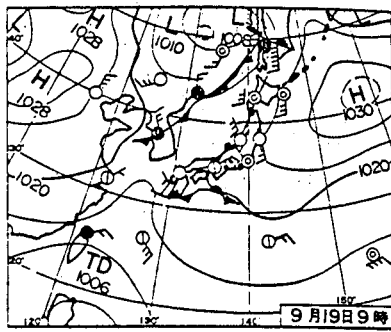
Table 2: Summary of meteorological data of C.W.B. stations during Typhoon KIT passage.

（****:missing data）

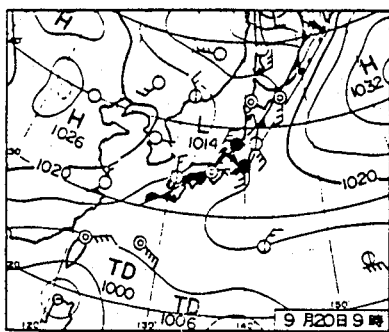
測站名稱	氣 壓 (mb)				氣 溫 (mb)				極 大 風			最 大 風			一小時最大降水量		十分鐘最大降水量	
	最 高	日 時 分	最 低	日 時 分	最 高	日 時 分	最 低	日 時 分	風 速	方 向	日 時 分	風 速	方 向	日 時 分	數 值 (mm)	開始時刻	數 值 (mm)	開始時刻
彭佳嶼	1003.8	18 21:30	994.9	23 15:15	29.4	23 11:05	23.6	21 22:30	24.0	ESE	22 05:43	17.8	ESE	21 22:06	31.2	21 21:40	10.0	21 22:00
陽明山	947.2	18 11:00	937.7	22 04:00	29.4	23 13:48	21.1	20 06:30	16.4	NW	19 17:20	4.2	SW	20 21:00	50.4	20 21:10	13.6	19 22:10
鞍 部	923.2	18 21:00	913.7	22 04:35	25.0	23 14:10	19.7	20 05:55	****	***	*****	12.3	S	22 05:25	41.5	19 22:30	10.7	19 23:10
淡 水	1012.0	18 09:27	1002.0	22 04:00	32.5	18 12:52	22.9	20 05:00	13.7	SE	21 22:42	6.2	SE	21 22:40	36.4	19 22:00	9.6	19 22:20
基 隆	1011.4	18 21:03	1002.0	22 03:57	30.3	23 11:36	23.8	18 06:24	17.5	ENE	20 21:00	11.6	N	19 19:24	43.5	20 20:05	15.1	20 20:23
台 北	1013.5	18 21:00	1003.4	22 04:00	33.0	23 14:04	24.5	19 20:22	17.0	ENE	18 16:30	8.7	ENE	21 22:30	32.5	19 19:50	9.5	19 19:00
新 竹	1008.9	18 21:00	998.4	21 02:00	35.0	18 13:35	24.4	22 06:30	14.1	NE	20 21:03	6.3	NNE	19 12:10	1.7	23 16:45	0.8	23 16:50
宜 蘭	1015.3	18 21:11	1005.4	22 04:06	31.4	23 10:34	23.2	18 04:35	13.0	NNE	19 18:26	7.1	NNE	19 18:30	57.1	21 08:00	16.5	21 08:30
蘇 澳	1012.7	18 20:09	1002.7	22 15:52	29.8	23 09:57	23.3	19 05:45	18.8	ESE	21 08:39	8.1	SSE	21 08:50	45.3	19 06:54	18.7	21 09:10
梧 棲	1009.9	18 08:22	998.8	21 01:55	32.8	18 13:56	25.0	18 05:32	16.9	NE	19 15:38	12.4	NNE	20 13:56	4.3	23 16:20	3.8	23 16:25
台 中	1002.9	18 08:15	992.3	20 16:16	33.3	18 14:22	23.7	23 05:39	16.6	WSW	23 14:37	4.6	WSW	23 14:50	3.2	23 14:00	3.1	23 14:05
花 蓮	1013.1	18 07:56	1003.9	21 15:05	31.8	18 12:18	23.9	21 07:06	11.8	NE	19 18:53	5.3	NNE	20 23:40	42.0	21 06:22	12.3	21 06:14
日月潭	903.6	18 21:00	893.7	21 02:00	27.4	20 14:03	19.5	22 01:10	7.0	SSW	23 23:49	5.0	SSW	23 23:50	4.8	21 15:00	1.3	21 15:30
澎 湖	1011.4	18 08:10	1001.4	21 01:41	31.5	23 12:28	24.8	21 23:04	19.6	NE	20 21:40	10.7	NE	20 22:20	20.8	22 13:10	9.2	22 13:50
阿里山	767.4	18 22:00	759.9	21 05:00	19.4	20 11:30	9.7	18 06:00	6.8	E	22 22:36	3.5	E	22 22:40	13.0	23 14:20	4.5	23 14:40
嘉 義	1009.0	18 08:22	999.0	21 00:58	33.2	18 13:33	23.4	22 07:06	13.2	S	23 12:38	8.4	SSW	23 12:50	7.0	22 18:25	3.0	22 19:13
玉 山	645.8	18 11:00	638.6	21 02:00	14.8	18 14:00	2.8	18 06:00	****	***	*****	18.3	SE	22 04:30	8.0	21 09:00	2.0	21 09:10
東吉島	1007.0	18 09:00	997.4	21 02:00	30.4	19 13:28	23.8	22 04:06	24.0	SW	22 13:58	18.3	SW	22 13:42	8.7	23 05:20	6.0	23 05:20
成 功	1010.2	18 23:00	1001.0	21 15:25	31.6	18 09:48	23.3	20 05:00	14.9	NE	19 19:23	8.0	NE	19 19:30	44.0	21 07:40	16.1	21 08:00
台 南	1010.2	18 08:06	1001.2	21 14:34	32.2	18 11:49	22.4	22 22:00	15.8	S	23 14:34	8.9	S	23 14:40	30.0	22 16:55	10.4	22 17:27
台 東	1012.6	18 22:00	1003.6	21 03:21	32.8	18 13:30	24.4	21 04:51	12.3	SE	21 03:30	4.5	NE	18 11:10	67.0	21 03:30	18.0	21 03:50
高 雄	1012.1	18 20:44	1002.3	21 14:31	32.2	18 11:02	24.7	23 01:58	16.0	S	22 01:21	8.2	S	22 01:30	29.3	22 03:20	12.5	22 03:40
大 武	1012.6	18 22:14	1002.1	21 00:17	33.9	18 12:35	24.3	21 09:53	19.6	N	21 00:16	10.6	N	21 00:20	57.1	21 08:00	20.0	21 08:05
蘭 嶼	976.7	18 21:28	966.8	21 03:53	29.3	23 11:30	22.0	19 20:15	29.2	NE	20 08:38	22.2	NE	20 08:28	32.2	18 12:20	23.0	18 12:32
恆 春	1009.9	18 22:00	1000.0	21 03:23	33.0	18 11:50	22.2	21 09:35	19.7	ENE	20 10:22	9.6	ENE	20 10:20	51.9	22 05:11	18.5	22 05:14



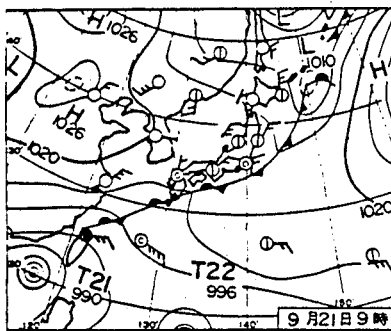
(a) 09180000 UTC



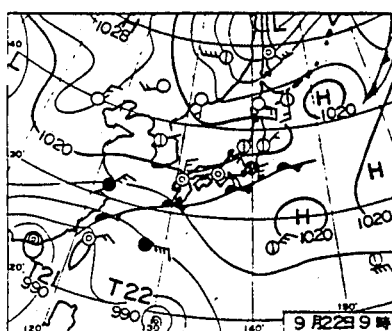
(b) 09190000 UTC



(c) 09200000 UTC



(d) 09210000 UTC



(e) 09220000 UTC

圖 2：民國七十七年九月十八日至二十二日格林威治時間零時的地面天氣圖。

Fig2: The surface charts on 000 UTC from 18 to 22, SPE., 1988.

情形出現，至22日時，其移動路徑幾乎與5880 綫的曲度 (curvature) 相同，這個現象似乎再次說明500 毫巴等壓面上，5880 等高綫的分佈走勢與颱風的移動間有很大的相關性，也似乎說明了駛流場的可能存在。表四為於克蒂颱風的警報期間，各氣象機構颱風定位資料的比較及誤差校驗表。由表中顯示的情形知道，各機構定位的向量平均誤差由小而大的排列順序為CWB¹ (衛星)、PGTW²、CWB(官方)、RJTD³、RPMM⁴，此外該表也

顯示基本上在經度方面的誤差要較緯度方面來得略大些。表五為於克蒂颱風的警報期間，各氣象機構颱風中心位置二十四小時預報誤差校驗表。由表中顯示的情形知道，各機構二十四小時颱風中心預報的方向量平均誤差由小而大的排列順序為RPMM、RJTD、CWB、PGTW，但是由於受到資料量的限制像RPMM 的統計樣本數僅2次，即使如RJTD、CWB、PGTW也僅5~6次，基本上此種平均誤差大小的比較是否具有意義，值得商榷。

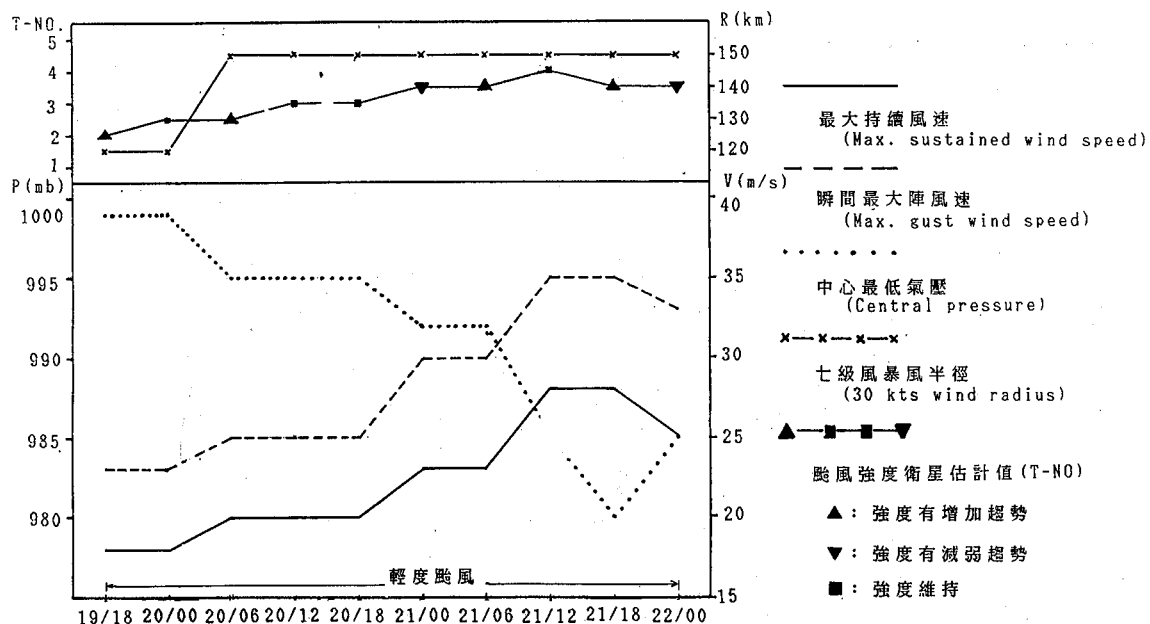


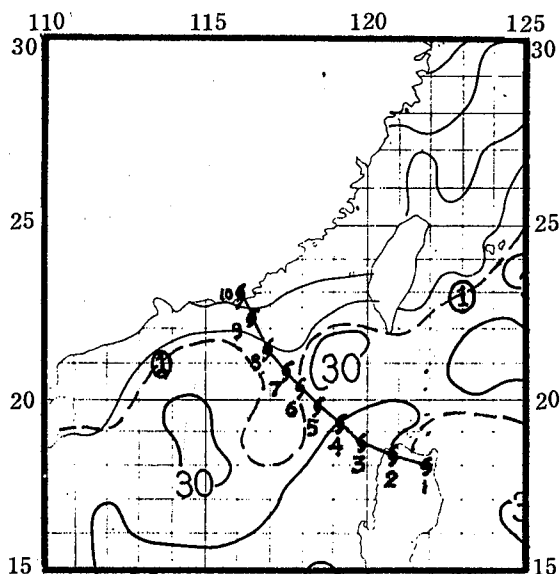
圖3：民國七十七年九月十八日0000 UTC 至二十二日0000 UTC 期間，克蒂颱風的最大持續風速、瞬間最大陣風速、中心最低氣壓、七級風暴風半徑、衛星影像之颱風強度估計值（T-No）每六小時的變化趨勢圖。

Fig3: The 6-hour variations of maximun sustained wind speed, maximun gust wind speed, Central pressure, 30kts wind radius, T-No. value for Typhoon KIT, from 09191800 UTC to 09220000 UTC.

表三：克蒂颱風影響期間各氣象相關資料一覽表

Table 3: Summary of meterological data of Typhoon KIT.

時 間 (UTC)			中 心 位 置 (JTWC)		中 心 氣 壓 mb	近中心最大風速		移 動		七 級 風 暴 風 半 徑 KM
月	日	時	緯 度	經 度		持續風 (M/S)	陣 風 (M/S)	方 向	時 速 KM/HR	
9	19	18	18.0	121.8	999	18	23	WNW	18	120
		20	18.3	120.8	999	18	23	WNW	18	120
		06	18.7	119.8	995	20	25	NW	18	150
		12	19.3	119.1	995	20	25	NW	18	150
		18	19.8	118.5	995	20	25	NW	18	150
	21	00	20.4	118.0	992	23	30	NW/NNW	8	150
		06	20.8	117.5	992	23	30	NW/NNW	8	150
		12	21.4	117.0	985	28	35	NNW	11	150
		18	22.3	116.5	980	28	35	NNW	13	150
	22	00	23.1	116.1	985	25	33	NNW	13	150



- 1 : 09191800 UTC
- 2 : 09200000 UTC
- 3 : 09200600 UTC
- 4 : 09201200 UTC
- 5 : 09201800 UTC
- 6 : 09210000 UTC
- 7 : 09210600 UTC
- 8 : 09211200 UTC
- 9 : 09211800 UTC
- 10 : 09220000 UTC

圖4：民國七十七年九月中旬的旬平均海水溫度及克蒂颱風最佳路徑圖。

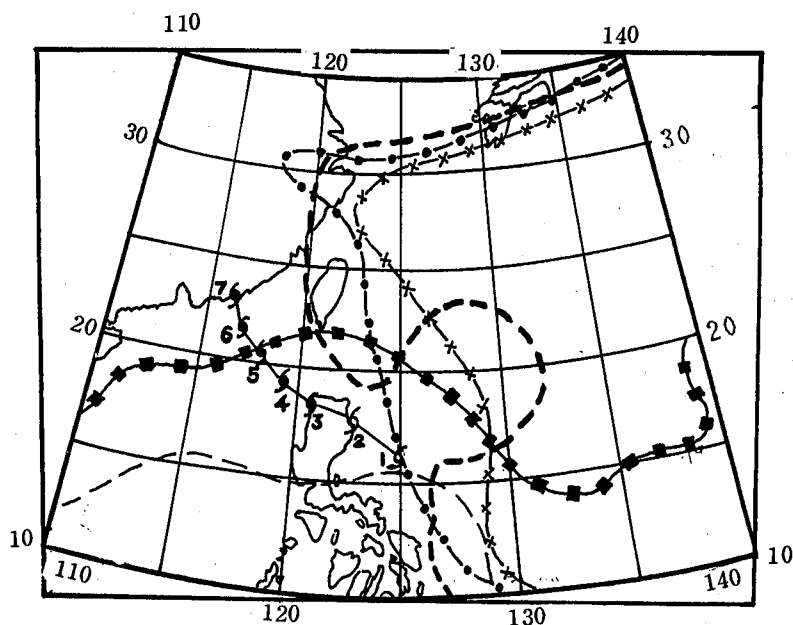
(細實線：最佳路徑，粗實線：海水溫度等溫線，虛線：海溫旬較差)

Fig4: The 10-day mean sea surface temperature chart with corresponding positions of KIT's best track on September, 1988.

(Light solid line : The best track,

Heavy solid line : The SST contour line,

Dashed line : SST deviation contour from 10-day mean)



- 9/18
- 9/19
- × 9/20
- 9/21
- 9/22

- 1 : 09190000 UTC
- 2 : 09191200 UTC
- 3 : 09200000 UTC
- 4 : 09201200 UTC
- 5 : 09210000 UTC
- 6 : 09211200 UTC
- 7 : 09220000 UTC

圖5：民國七十七年九月十八日至二十二日 1200 UTC，500 毫巴天氣圖上 5880gpm 等高線的逐日變化及克蒂颱風最佳路徑圖。

Fig5: The daily variation of 5880gpm contour of 1200 UTC on 500mb charts, and the corresponding positions of KIT's best track from 18 to 22, SEP., 1988.

- 1: CWB, 中央氣象局, 台北。
- 2: PGTW, 颱風聯合警報中心, 關島。
- 3: RJTD, 日本氣象廳, 東京。
- 4: RPMM, 菲律賓國家氣象局, 馬尼拉。

四、克蒂颱風的雨量分析

輕度颱風克蒂自9月19日0600UTC正式命名後不久, 即接觸到菲律賓呂宋島的陸地, 但是其強度未因此減弱, 並繼續向西北方向移動而再度進入開闊海面。然而由於其環流並非很強, 同時其生存在海面上的時間也不長, 相對地其本身所吸收之水汽亦不豐富, 因此即便是配合自日本延伸至華南的鋒面系統(如圖2)來說, 也未在克蒂通過巴士海峽時為本省帶來極為豐沛的雨量。表六所列為本局所屬各測站在克蒂颱風影響期間逐日二十四小時累積降雨量的資料。以單日雨量來看, 各地均不是很大, 大致上說來是集中在9月19、20、21三日內

, 而統計自9月18日至9月22日的五日累積總雨量, 則以蘇澳測站所得之663公厘為最高。此外若根據本局所屬各測站的地理位置, 依由北而南, 由東而西的規則排列, 並繪製總雨量的直方圖, 如圖6, 可以清楚地看出降雨分佈的區域, 主要是集中在東北部宜蘭、蘇澳及東部成功、台東地區。仔細分析克蒂颱風的日雨量及總雨量分佈, 如圖7-12所示。圖7顯示18日時, 本省受克蒂颱風影響, 造成日降雨量超過150公厘的降雨中心位在宜蘭與蘇澳兩地; 圖8顯示在19日, 降雨量超過150公厘的中心除了維持18日的型態外又增加了竹子湖地區的一處, 且日降雨量已增加至200公厘左右。配合圖2a 2b來看, 此時北方鋒面系統尚未影響本省地區, 因此18、19日的降雨基本上應是肇因於颱風環流受中央山脈地形抬升的結果。圖9顯示原先在宜蘭、蘇澳、竹子湖三處的降雨中心降雨量減少了許多, 而在9月20日時降雨中心南移至東部及東南部地

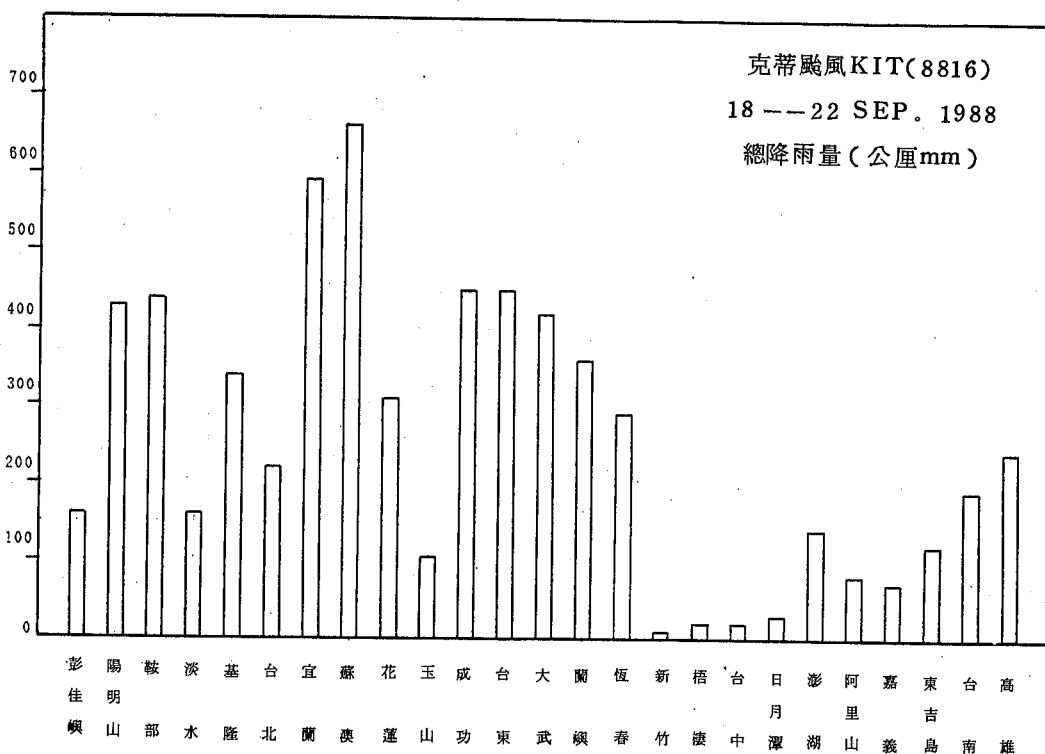


圖6: 民國七十七年九月十八日至二十二日, 本局所屬各測站在克蒂颱風影響期間的五日總雨量直方圖。
Fig6: Histogram of 5-day total precipitation amount for C.W.B. stations from 18 to 22 SEP., 1988.

表四：克蒂颱風影響期間，各氣象機構颱風定位資料比較及誤差校驗表（***：資料缺失）
Table 4: Typhoon centers determined by different authorities and their errors for Typhoon KIT. (***:missing data)

單位 時間(UTC)			關島颱風 聯合警報中心		日本 氣象廳		中央氣象局 (官方定位)		中央氣象局 (衛星定位)		菲律賓 國家氣象局		最佳路徑 (關島)	
月	日	時	LAT.	LONG.	LAT.	LONG.	LAT.	LONG.	LAT.	LONG.	LAT.	LONG.	LAT.	LONG.
9	19	18	18.7	121.7	18.0	122.0	18.0	122.0	17.3	121.5	17.5	122.5	18.0	121.8
9	20	00	17.5	120.6	19.0	121.0	17.9	120.6	18.2	120.8	****	*****	18.3	120.8
		06	18.9	119.3	19.5	120.2	19.8	118.5	18.5	119.8	18.8	119.8	18.7	119.8
		12	19.4	118.2	19.8	119.5	19.3	118.6	19.3	118.7	****	*****	19.3	119.1
		18	19.7	117.9	20.2	118.9	19.8	118.5	19.9	117.8	****	*****	19.8	118.5
9	21	00	20.3	118.1	20.2	117.8	20.3	118.3	20.3	118.0	****	*****	20.4	118.0
		06	20.6	117.8	20.5	118.0	20.5	118.0	20.8	117.8	****	*****	20.8	117.5
		12	21.4	117.2	21.8	117.1	21.4	117.3	21.7	117.2	****	*****	21.4	117.0
		18	22.1	116.5	22.5	116.5	22.3	116.8	22.2	117.0	****	*****	22.3	116.5
9	22	00	23.2	115.9	23.4	116.2	23.0	116.3	23.2	116.5	****	*****	23.1	116.1
個案數			10	10	10	10	10	10	10	10	2	2	10	10
平均 誤差			$\Delta X, \Delta Y$	0.25 0.31	0.38 0.25	0.20 0.38	0.17 0.28	0.30 0.35						
(度)			$\sqrt{(\Delta X)^2 + (\Delta Y)^2}$	0.40	0.45	0.43	0.33	0.46						
平均誤差KM				44.5	50.0	47.8	36.7	51.2						

表五：克蒂颱風影響期間，各氣象機構二十四小時颱風中心位置預報誤差校驗表（***：資料缺失）
Table 5: 24-hour center forecasting error verification for different authorities for Typhoon KIT. (***:missing data)

單位 時間(UTC)			關島颱風 聯合警報中心		日本 氣象廳		中央氣象局 (官方定位)		菲律賓 國家氣象局		24小時後之實際 位置(JTWC)	
月	日	時	LAT.	LONG.	LAT.	LONG.	LAT.	LONG.	LAT.	LONG.	LAT.	LONG.
9	19	18	21.1	117.5	****	*****	19.7	118.5	19.7	119.2	19.8	118.5
9	20	00	18.6	119.2	22.0	117.0	19.8	117.1	****	*****	20.4	118.0
		06	21.0	115.6	21.5	116.5	23.2	115.9	20.5	116.2	20.8	117.5
		12	21.5	114.4	22.0	116.0	22.4	115.8	****	*****	21.4	117.0
		18	21.3	114.8	22.0	116.0	23.2	115.9	****	*****	22.3	116.5
9	21	00	22.1	116.7	22.0	115.0	22.2	117.2	****	*****	23.1	116.1
		06	22.3	116.4	22.5	116.0	22.3	117.1	****	*****	****	*****
		12	23.4	115.2	24.0	116.0	23.8	115.8	****	*****	****	*****
		18	24.2	114.5	24.5	115.0	24.7	115.3	****	*****	****	*****
9	22	00	24.8	114.1	27.5	118.0	25.4	114.8	****	*****	****	*****
個案數			6	6	5	5	6	6	2	2	6	6
平均 誤差			$\Delta X, \Delta Y$	0.90 1.50	0.86 0.92	0.98 0.90	0.20 1.00					
(度)			$\sqrt{(\Delta X)^2 + (\Delta Y)^2}$	1.75	1.26	1.33	1.02					
平均誤差KM				195	140	148	114					

表六：克蒂颱風影響期間，本局所屬各測站逐日二十四小時累積降雨量（公厘）一覽表

（T:TRACE, ---:NONE, 四捨五入至個位）

Table 6: Daily total precipitation amount(mm) for C.W.B. stations for Typhoon KIT during 18-22, SEP., 1987.

（T:Trace, --:None）

測站	日期	9/18	9/19	9/20	9/21	9/22	合計
彭佳嶼		--	98	28	32	2	160
陽明山		36	217	110	63	5	431
鞍部		64	171	129	69	5	438
大屯山		61	168	109	53	7	398
淡水		--	98	28	32	2	160
基隆		21	104	89	113	10	337
五指山		11	300	36	53	5	405
大尖山		21	223	60	84	10	398
台北		14	120	29	56	5	224
四份		21	88	62	71	8	250
新竹		--	--	--	7	5	12
宜蘭		178	145	81	174	12	590
雙連埤		99	225	76	134	30	564
牛門澳		36	128	36	67	11	278
蘇魯		105	219	107	217	15	663
古樓		42	170	38	140	11	401
梧棲		--	--	--	5	16	21
台中		--	--	T	9	12	21
花蓮		4	35	53	175	43	310
日月潭		T	T	1	29	3	33
澎湖		--	T	T	29	110	139
阿里山		12	T	6	36	23	77
嘉義		--	--	T	34	37	71
玉山		--	2	6	75	22	105
東吉島		--	--	--	33	90	123
成功		8	44	89	252	56	449
台南		19	--	1	54	120	194
高雄		5	25	79	284	57	450
高雄		--	T	5	99	138	242
大武壠		9	60	69	182	103	423
蘭嶼		53	49	174	72	9	357
恆春		3	12	59	139	75	288

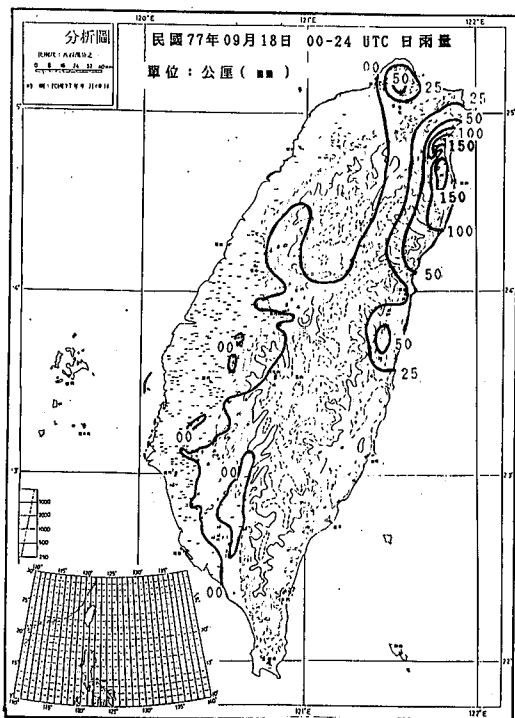


圖7：民國七十七年九月十八日本省受克蒂颱風影響之日雨量分析圖
Fig7:Daily precipitation distribution on 18 SEP.,1988.

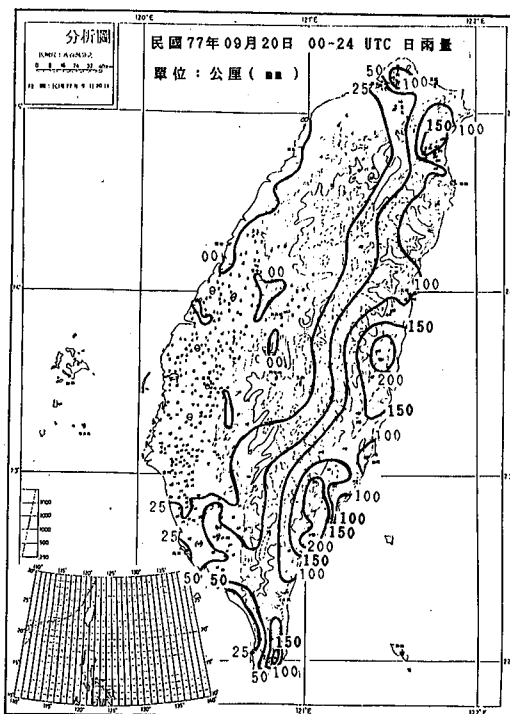


圖9：民國七十七年九月二十日本省受克蒂颱風影響之日雨量分析圖
Fig9:Daily precipitation distribution on 20 SEP.,1988.

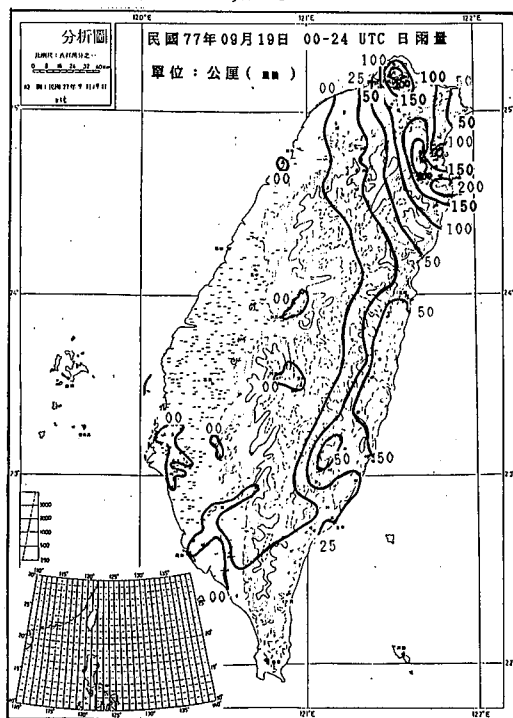


圖8：民國七十七年九月十九日本省受克蒂颱風影響之日雨量分析圖
Fig8:Daily precipitation distribution on 19 SEP.,1988.

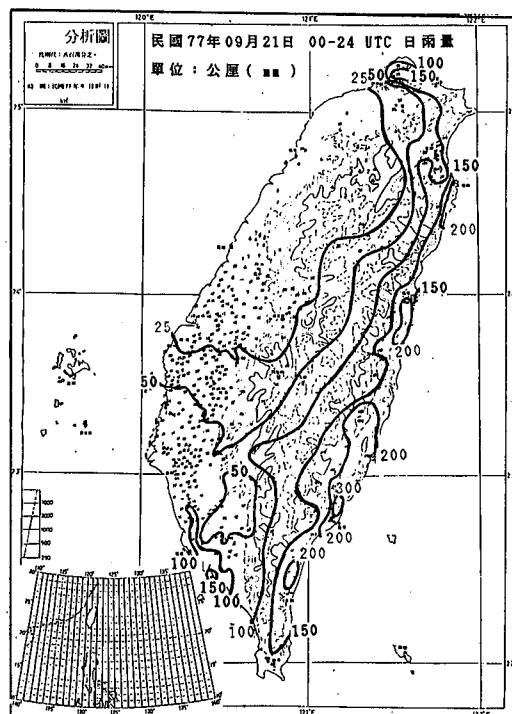


圖10：民國七十七年九月二十一日本省受克蒂颱風影響之日雨量分析圖
Fig10:Daily precipitation distribution on 21 SEP.,1988.

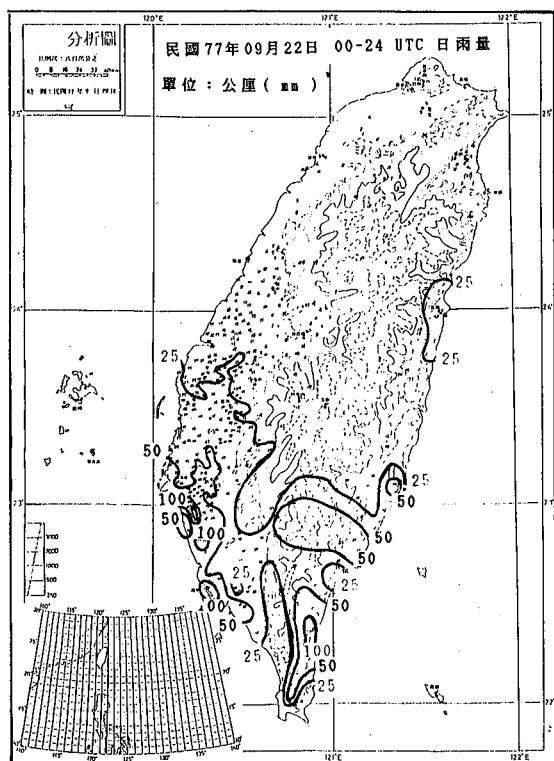


圖 11：民國七十七年九月二十二日本省受克蒂颱風影響之日雨量分析圖

Fig11: Daily precipitation distribution on 22 SEP., 1988.

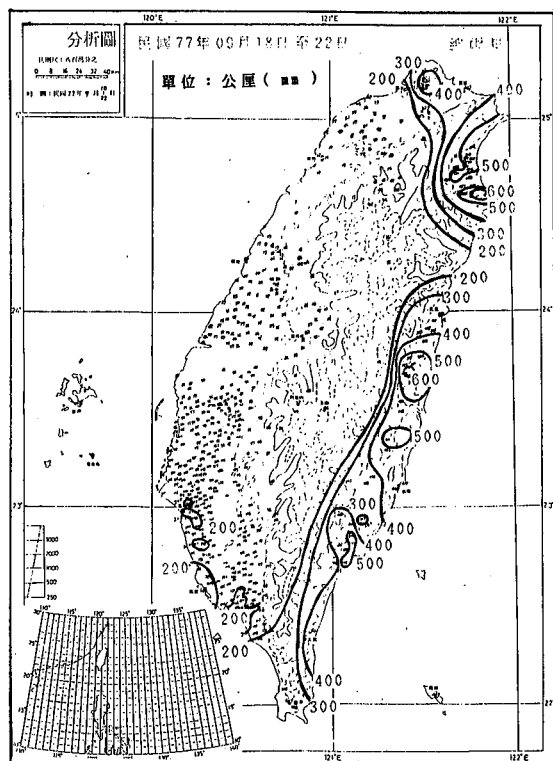


圖 12：民國七十七年九月十八日至二十二日本省受克蒂颱風影響之總雨量分析圖

Fig12: Total precipitation distribution from 18 to 22 SEP., 1988.

區。配合圖2c來看，此時鋒面系統雖已接近本省北部陸地，但是其影響程度可能不至於大過中心位置位在菲律賓呂宋島西北方的克蒂颱風環流，因此僅出現降雨中心南移的現象。圖10顯示9月21日時，150公厘以上的降雨範圍擴大，除了竹子湖附近仍維持有一個降雨中心外，沿著中央山脈東麓，自蘇澳南伸至恆春地區的東部海岸均出現150公厘以上的降雨，尤其在台東附近甚至出現300公厘左右的強度。配合圖2d來看，可以知道北方鋒面的接觸本省北部陸地，並與克蒂颱風環流共伴的雙重影響應是造成降雨範圍擴大的主因。圖11顯示9月22日的降雨量明顯減少，同時雨區範圍也顯著縮小，而偏重在本省東南部陸地，此外並出現台南一處的新降雨中心。配合圖2e的天氣圖可以知道雖然此時的鋒面系統仍是滯留在本省的北部，但是由於克蒂已然登陸大陸，強度上減弱了許多，因此降雨的型態才會出現顯著的變化。圖12為自9月18日至9月

22日的五日總雨量分析，圖中顯示總雨量超過200公厘以上的降雨區，除了在本省西南部地區的台南、高雄一帶有部分區域外，其他主要降雨區幾乎完全是位在本省東部地區，大致上說來，應算是位在中央山脈的東麓，同時降雨量超過500公厘的中心共有五處，由此似可說明對於像克蒂這樣的西（或西北）進的颱風而言，山脈地形抬升作用對於降雨量多寡的貢獻是相當重要的。

五、結 論

輕度颱風克蒂（KIT, 8816）的初期擾動於民國七十七年九月十八日形成後，其強度一直沒有明顯的增強現象，同時其路徑基本上也保持相當穩定平滑的方向，由前面數節的分析與討論，大致可獲得以下的結論：

(一)此次克蒂颱風的定位誤差以CWB（衛星）的36.7公里為最低，PGTW為44.5公里，CWB

(官方)爲47.8公里, RJTD爲50.0公里, RPMM爲51.2公里。

(二)克蒂颱風中心位置的二十四小時預報誤差, 以由小而大的順序爲PRMM(114公里), RJTD(140公里), CWB(148公里), PGTW(195公里), 但是由於受到資料量的限制, 此項的結果具有爭議性。

(三)克蒂颱風的路徑與500毫巴上的5880gpm等高綫的分佈走勢(曲度)有著很顯著的相關性。

(四)克蒂颱風影響期間, 降雨時間集中在9月19、20、21三日內, 而主要的降雨地區, 則是偏在本省東北部地區的宜蘭、蘇澳、東部的成功、台東地

區。

(五)由於降雨量較大地區的分佈, 基本上是以位在中央山脈的東麓爲主, 配合颱風的運動路徑來看, 似乎說明了地形抬升作用對降雨量的多寡有很大的貢獻。本颱風報告由林技士雨我執筆。

六、誌 謝

本颱風報告承蒙科技中心王主任時鼎之督導, 及預報中心、資料處理科、衛星中心惠予提供寶貴資料, 使本報告得以順利完成, 特表感謝。

REPORT ON TYPHOON KIT OF 1988

Research & Development Center
Central Weather Bureau

ABSTRACT

Tropical storm KIT (8816), which formed on 18 Sep., 1988, and later moved northwest steadily and passed the Ba-Shi Channel, made a landfall around the southern coast of mainland China, and caused some damages. During its 4 days life cycle, the lowest central pressure was 980 mb, peak values of the maximum sustain wind speed and the maximum gust wind speed were 28 M/S and 35 M/S respectively. The average vector error for eye fixes and 24-hrs position forecasting are 47.8 km and 148 km respectively. Since KIT did not strike Taiwan directly, there were no large damage happen; eventhough, the heavy precipitation did appear at I-lan, Su-O, Chen-kung, and Tai-tung.

Key words : Curvature, Incipient disturbance.

民國七十七年颱風調查報告—超級強烈颱風 (8819) 尼爾森

中央氣象局科技中心

摘 要

尼爾森 (NELSON) 颱風，為西北太平洋今 (77) 年第 1 個超級強烈颱風，亦為過去十月裡發生最強烈的颱風。熱帶低壓於 10 月 1 日 06 UTC 形成輕度颱風，2 日 12 UTC 增強為中度颱風，3 日 12 UTC 增強為強烈颱風，4 日 06 UTC 增強至超級強烈颱風，4 日 12 UTC 強度達到最強 (140 哩 / 時)，持續 12 小時後就逐漸減弱為強烈颱風。尼爾森在形成颱風以後先向西北西走，再轉西北，然後向北北西前進，6 小時後颱風中心移至恆春東南東方 380 公里附近向北移，持續 6 小時後轉為北北東，最後朝東北方向移動，進入日本海。由於尼爾森沒有直接侵襲本省，僅對北部山區造成局部豪雨以及東部 10 級以上陣風外，並沒有給本省帶來災情。

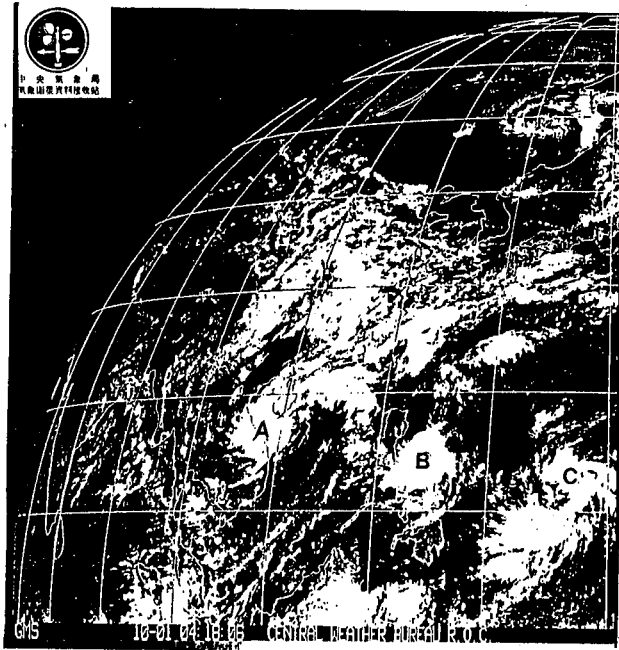
尼爾森颱風的移動主要仍受太平洋高壓進退及北方的槽線所控制。尼爾森颱風在接近本省附近，因颱風發展結實，定位誤差降低，平均定位誤差以 BAB J 的 12 公里最低，尼爾森颱風在本省東方 380 公里左右轉向，在 24 小時客觀預報法中結果以 P - C 方法的 191 公里最好，其次為 CWB - 81 的 195 公里。颱風轉向改變方向時，現有的客觀預報方法誤差均大。比較各種客觀預報方法平均誤差就尼爾森颱風個案，以 P - C 方法的 191 公里最好，其次 CWB - 81 為 195 公里。尼爾森颱風對本省北部山區，所造成的降水分布，可能由颱風北上外圍東北環流及地形抬升所引起。

一、前 言

尼爾森 (NELSON) 颱風編號 8819 號，為今 (77) 年第 4 個影響台灣的颱風。熱帶低壓於 10 月 1 日 06 UTC 形成輕度颱風，72 小時內增強為超級強烈颱風，持續 36 小時後漸弱為強烈颱風，在最強時刻 (4 日 12 UTC)，中心氣壓為 915 毫巴，最大風速為 140 哩，最大陣風曾高達 165 哩。尼爾森在形成颱風以後先向西北西走，再轉西北，然後北北西前進，在恆春西南西方 380 KM 附近轉北移動，最後朝東北方向移動，進入日本海。由於尼爾森沒有直接侵襲本省，僅對北部山區造成局部豪雨以及東部強陣風外，並沒有給本省帶來災情。本文除描述及調查尼爾森颱風之路徑與發展過程外，並蒐集及分析颱風近台期間各地風雨情況，另針對各種客觀預報法的結果加以校驗。

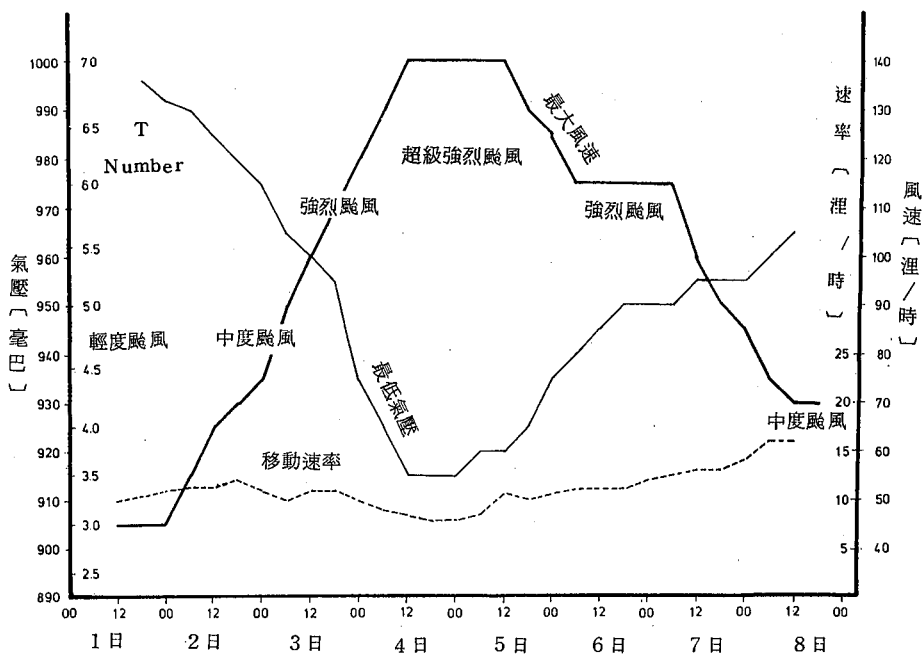
二、尼爾森颱風之發生與經過

位於關島西南方之熱帶性低氣壓如圖一所示 (圖中 c 所指)，於 1 日 12 UTC 增強為輕度颱風，命名為尼爾森 (NELSON)，編號 8819 中心氣壓 998 毫巴，中心位置在北緯 12.2 度，東經 136.1 度，以時速約 10 哩向西北西進行 (如表一)，根據颱風中心最大風速、最低氣壓及移動速率隨時間的變化 (圖二) 可以發現，此颱風中心最大風速於 4 日 12 UTC 達最大，為 140 哩 / 時，中心氣壓達最低，約 915 毫巴，同時參考最佳路徑圖 (圖三)，可以發現，於 2 日 12 UTC 以後移動速度約為 13 哩 / 時，並開始由西北西轉西北進行，強度增強為中度颱風，到了 3 日 12 UTC 繼續往西北方向移動，速度約 12 哩 / 時，強度增強為強烈颱風，由於其暴風範圍已明顯擴大，對台灣東部海面及巴士海峽



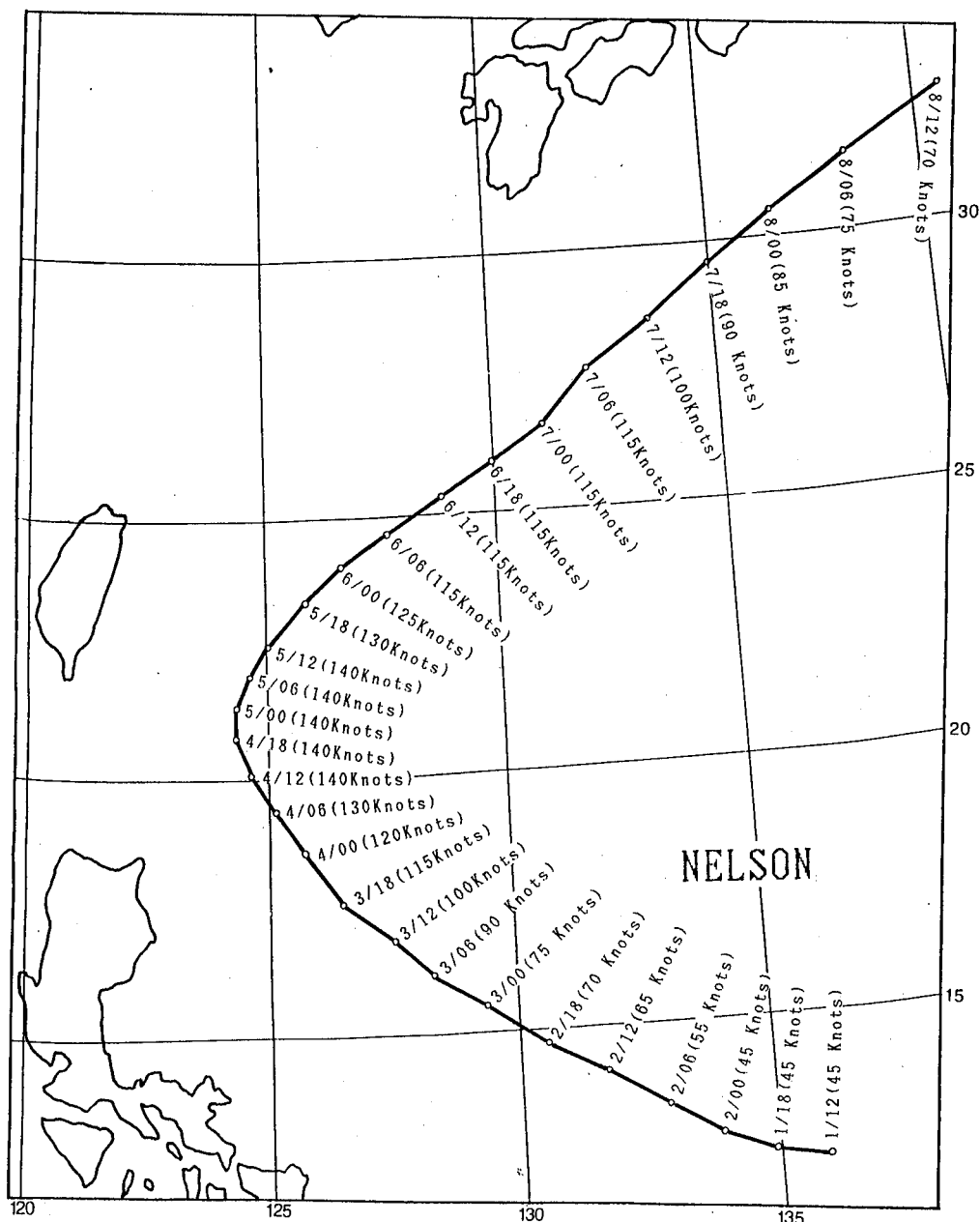
圖一：民國 77 年 10 月 1 日 00UTC 氣象衛星雲圖

Fig. 1 : The satellite image for 00UTC 1 October 1988.



圖二：尼爾森颱風中心最大風速、最低氣壓及移動速率之六小時變化圖

Fig. 2 : Six-hourly maximum wind speed and lowest centre pressure of typhoon NELSON with its speed of movement.



圖三：尼爾森颱風之最佳路徑圖

Fig. 3 : Best track of typhoon NELSON.

將構成威脅，因此中央氣象局於3日21時15分（1315UTC）發布尼爾森颱風之第5號第1報海上颱風警報（表二），12小時尼爾森強度繼續增強且往本省接近，預計對花蓮、台東、屏東及宜蘭地區將構成威脅，因此中央氣象局於4日8時50分（0050UTC）對上述地區發布陸上颱風警報（表二

），此後6小時內，尼爾森繼續向西北前進，根據4日0709UTC的衛星照片（圖四）顯示，此時尼爾森颱風的環流相當結實且出現大約37公里大小的颱風眼，強度130哩/時，已達超級強烈颱風的標準。尼爾森於4日12UTC達到最強，中心氣壓915毫巴，最大持續風速140哩/時，最大陣風達

表一：尼爾森颱風最佳路徑之中心資料紀錄表（77年10月）

Table 1: Centre positions of typhoon NELSON according to its best track.

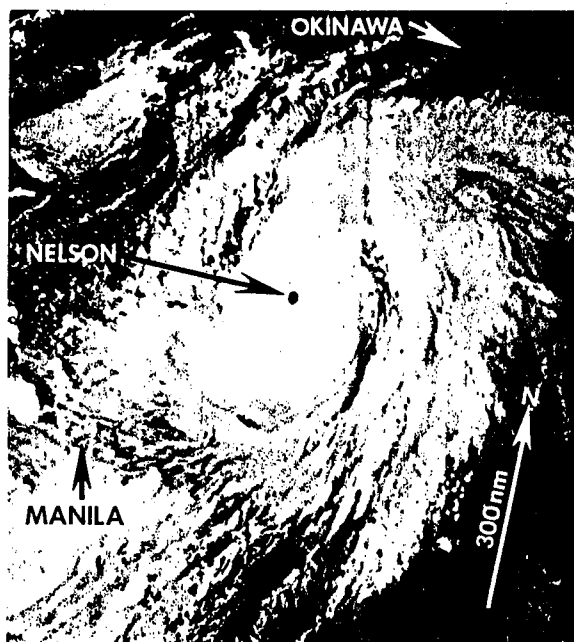
日 期		中 心 位 置		中心氣壓	移動方向	移動速度	最 大 風 速		暴 風 半 徑	
日	時 UTC	北 緯	東 經	MB	DEC	KTS	持續風 KTS	陣 風 KTS	七 級	十 級
1	12	12.2	136.1	998	280	10	45	55		
	18	12.4	135.0	996	290	11	45	55	60	
2	00	12.8	134.0	992	300	12	45	55	100	
	06	13.4	133.0	990	300	13	55	60	125	
	12	14.1	131.8	985	300	13	65	70	130	30
	18	14.7	130.6	980	300	14	70	80	150	60
3	00	15.5	129.4	975	300	12	75	90	190	65
	06	16.1	128.4	965	310	10	90	100	200	75
	12	16.8	127.5	960	310	12	100	110	210	85
	18	17.5	126.6	955	320	12	115	125	220	95
4	00	18.5	125.8	935	320	10	120	140	280	120
	06	19.3	125.2	925	330	8	130	150	230	90
	12	20.0	124.7	915	335	7	140	165	230	100
	18	20.7	124.4	915	360	6	140	165	230	100
5	00	21.3	124.4	915	20	6	140	165	210	100
	06	21.9	124.7	920	20	7	140	165	210	100
	12	22.5	125.1	920	40	11	140	155	200	100
	18	23.3	125.9	925	45	10	130	145	250	125
6	00	24.0	126.7	935	55	11	125	140	230	105
	06	24.6	127.7	940	55	12	115	135	225	105
	12	25.3	128.9	945	55	12	115	130	225	120
	18	25.9	130.0	950	55	12	115	125	230	100
7	00	26.6	131.1	950	45	14	115	125	225	95
	06	27.6	132.2	950	55	15	115	125	225	90
	12	28.5	133.6	955	55	16	100	110	220	90
	18	29.5	135.0	955	55	16	90	110	220	90
8	00	30.4	136.5	955	55	18	85	100	225	100
	06	31.4	138.3	960	60	22	75	85	225	100
	12	32.5	140.6	965	60	20	70	80	225	90

表二：尼爾森颱風警報發布經過表

77 年 10 月

Table 2 : Warning procedures issued by CWB for typhoon NELSON

種 類	次 序		發 布 時 間			警 戒 地 區		備 註
	號	報	日	時 LST	分	海 上	陸 上	
海 上	5	1	3	21	15	東部海面、巴士海峽	— — —	中度颱風
海 上		1-1	4	0	40	東部海面、巴士海峽	— — —	
海 上		2	4	4	15	東部海面、巴士海峽	— — —	強烈颱風
海 上		2-1	4	5	45	東部海面、巴士海峽	— — —	
海 陸		3	4	8	50	東部海面、巴士海峽	花蓮、台東、屏東、宜蘭	
海 陸		3-1	4	11	40	東部海面、北部海面、巴士海峽	花蓮、台東、屏東、宜蘭	
海 陸		4	4	15	20	東部海面、北部海面、巴士海峽	基隆、台北、宜蘭、花蓮、台東、屏東	
海 陸		4-1	4	17	35	東部海面、北部海面、巴士海峽	基隆、台北、宜蘭、花蓮、台東、屏東	
海 陸		5	4	21	10	東部海面、北部海面、巴士海峽	台灣東北部、北部地區	
海 陸		5-1	5	0	45	東部海面、北部海面、巴士海峽	台灣東北部、北部地區	
海 陸		6	5	4	20	東部海面、北部海面、巴士海峽、台灣海峽	基隆、台北、宜蘭、花蓮、台東、恆春及台中以北	
海 陸		6-1	5	5	30	東部海面、北部海面、巴士海峽、台灣海峽	基隆、台北、宜蘭、花蓮、台東、恆春及台中以北	
海 陸		7	5	9	40	東部海面、北部海面、巴士海峽、台灣海峽	基隆、台北、宜蘭、花蓮、台東、恆春及台中以北	
海 陸		7-1	5	11	40	東部海面、北部海面、巴士海峽、台灣海峽	基隆、台北、宜蘭、花蓮、台東、恆春及台中以北	
海 陸		8	5	14	55	東部海面、北部海面、巴士海峽、台灣海峽	基隆、台北、宜蘭、台東及新竹以北	
海 陸		8-1	5	17	40	東部海面、北部海面、巴士海峽	基隆、台北、宜蘭、台東及新竹以北	
海 上		9	5	21	10	東部海面、北部海面、巴士海峽	— — —	
海 上		9-1	5	23	40	東部海面、北部海面、巴士海峽	— — —	
海 上		10	6	3	40	東部海面、北部海面、巴士海峽	— — —	解除警報



圖四：超級強烈颱風尼爾森在菲律賓外海接近最強時的衛星照片

Fig. 4 : The satellite picture of super typhoon NELSON centred in the Philippine Sea near peak intensity on 0709UTC 20 October (040709UTC October NOAA visual imagery).

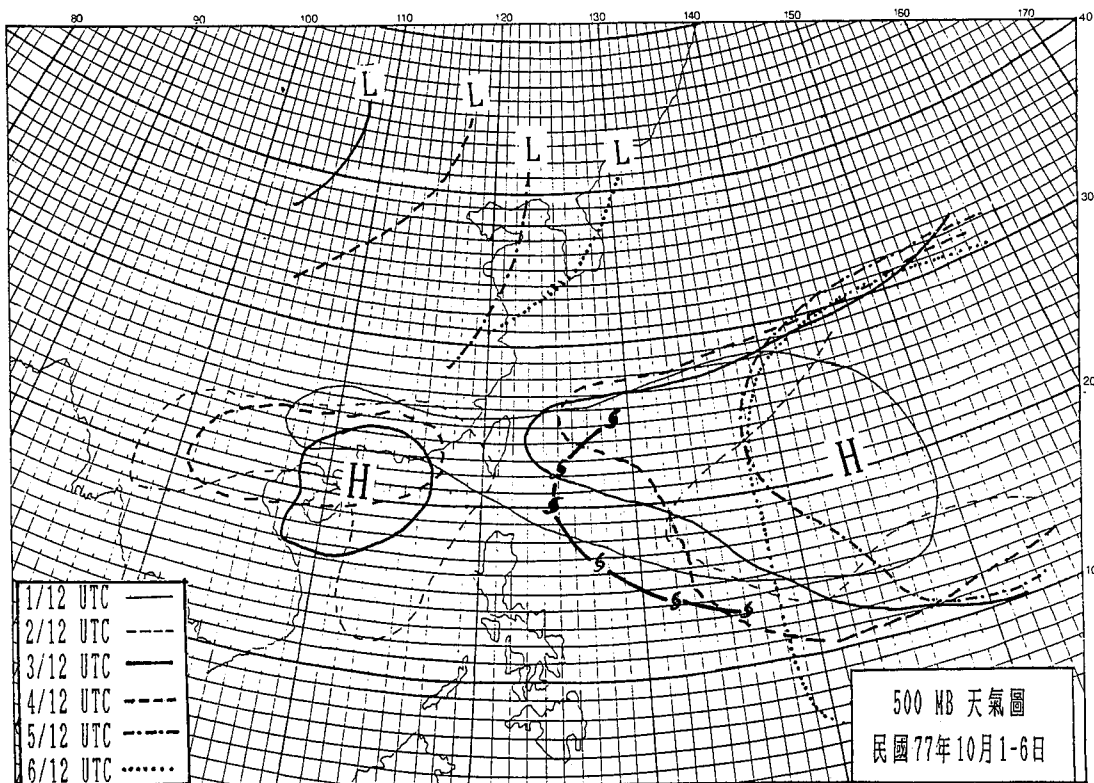
165 哩 / 時，七級風暴風半徑約 230 公里，十級風暴風半徑 100 公里，此時中心位置在北緯 20.0，東經 124.7，約在恆春東南方 400 公里，移動速度減為 7 哩 / 時，由西北轉北北西方向移動（請參考表一），6 小時後颱風中心移至恆春東南東方 380 公里附近向北移，持續 6 小時後轉為北北東，最後朝東北方向移動，進入日本海，此時颱風逐漸遠離本省，對台灣本島及附近海域的威脅逐漸解除，因此中央氣象局於 5 日 17 時 40 分（0940 UTC）解除陸上及 6 日 3 時 40 分（5 日 1940 UTC）解除海上的颱風警報（表二），有關尼爾森颱風最佳路徑資料紀錄及中央氣象局對尼爾森颱風的整個警報發布過程，請參考表一及表二。

三、尼爾森颱風路徑與強度探討

尼爾森颱風從 1 日 12 UTC 之輕度颱風，至 3 日發展為強烈颱風，在這段期間由於太平洋上 500 毫巴的副熱帶高壓脊向西伸展由福建退至台灣附近（圖五），因此發展初期的尼爾森沿著副熱帶高壓

南線向西北西至西北移動。到了 4 日 12 UTC，因尼爾森北面之副熱帶高壓勢力減弱，高壓脊逐漸北上東退，所以其移動路徑轉向北北西方向移動，由於副熱帶高壓脊繼續東退（如圖五），再加上北面槽線靠進、尼爾森由原來北北西方向逐漸轉向北至東北之趨勢，且使得尼爾森東北移的速度加快，於 5 日 12 UTC 以後明顯轉向東北方向快速前進。由衛星雲圖雲系的分布（如圖六）亦可看出，當主外圍螺旋雲帶在颱風中心西北方時（強對流雲），颱風往西北移動，而當主外圍螺旋雲帶移至颱風中心北方至東北方時，颱風亦由往北至東北方移動之特徵。

在尼爾森颱風發展初期，由於熱帶擾動發生在 ITCZ 帶上，水氣供應充足，再加上海水溫度偏高，高低環流上下的一致，致使得尼爾森發展迅速，60—72 小時內由輕度颱風發展成超級強烈颱風，此可由雲系發展過程中看出如圖六所示，可發現尼爾森颱風在整個發展過程中，螺旋雲帶非常明顯，供給大量水汽能量使得颱風發展迅速，又尼爾森



圖五：民國77年10月1日至6日500毫巴高空天氣圖中5880等高線及槽線之變化圖。

Fig. 5 : Displacement of 5880 contour and main trough in 500MB chart during 12UTC 1 October to 12 UTC, 6 October 1988.

路徑與過去颱風迅速發展發生的區域（圖七）重疊可看出尼爾森在形成超級颱風之前的迅速發展路徑與氣候上一致，另外與過去發生超級颱風的氣候區域（圖八）重疊亦可看出尼爾森迅速發展成超級強烈颱風的位置與統計上比較容易發生的區域大致符合。由十天平均海水溫度距平圖（圖九）分析，尼爾森颱風路徑大致沿著暖水溫區（正區）附近移動，可說明超級颱風尼爾森在今年10月發生有利因素之一。

各氣象機構對尼爾森颱風定位誤差（如表三）因颱風本身環流結實且有眼存在，一般颱風定位誤差均小於20公里，由表三可看出颱風在接近本省附近，以BABJ定位誤差最小平均12公里，其次是RJTD、RPMM的14公里，PGTW的16公里，以本局最差約18公里。

四、各種颱風路徑預報結果之校驗

圖十為目前本局於颱風期間所採用的各種客觀路徑預報法的24小時預報路徑圖，由圖中可以發現各種客觀預報方法均偏在左邊（偏西），其中以P-C方法預報較接近，可見在颱風逐漸轉向時，現有的客觀預報方法誤差均大。其原因可能一為由於各種預報方法所依據的資料都是24小時以前的路徑，來不及參考轉向之後的資料，所以很難有效掌握颱風轉向之後路徑。因此，當颱風轉向原方向的右邊，則預報位置即可能偏向實際路徑的左邊，另外由於中層短槽快速南移（如圖五），使得颱風轉向的速度、角度都比過去氣候值平均要大。比較各種客觀預報方法平均誤差（如表四），以P-C方法的191公里最好，其次CWB-81為195公里

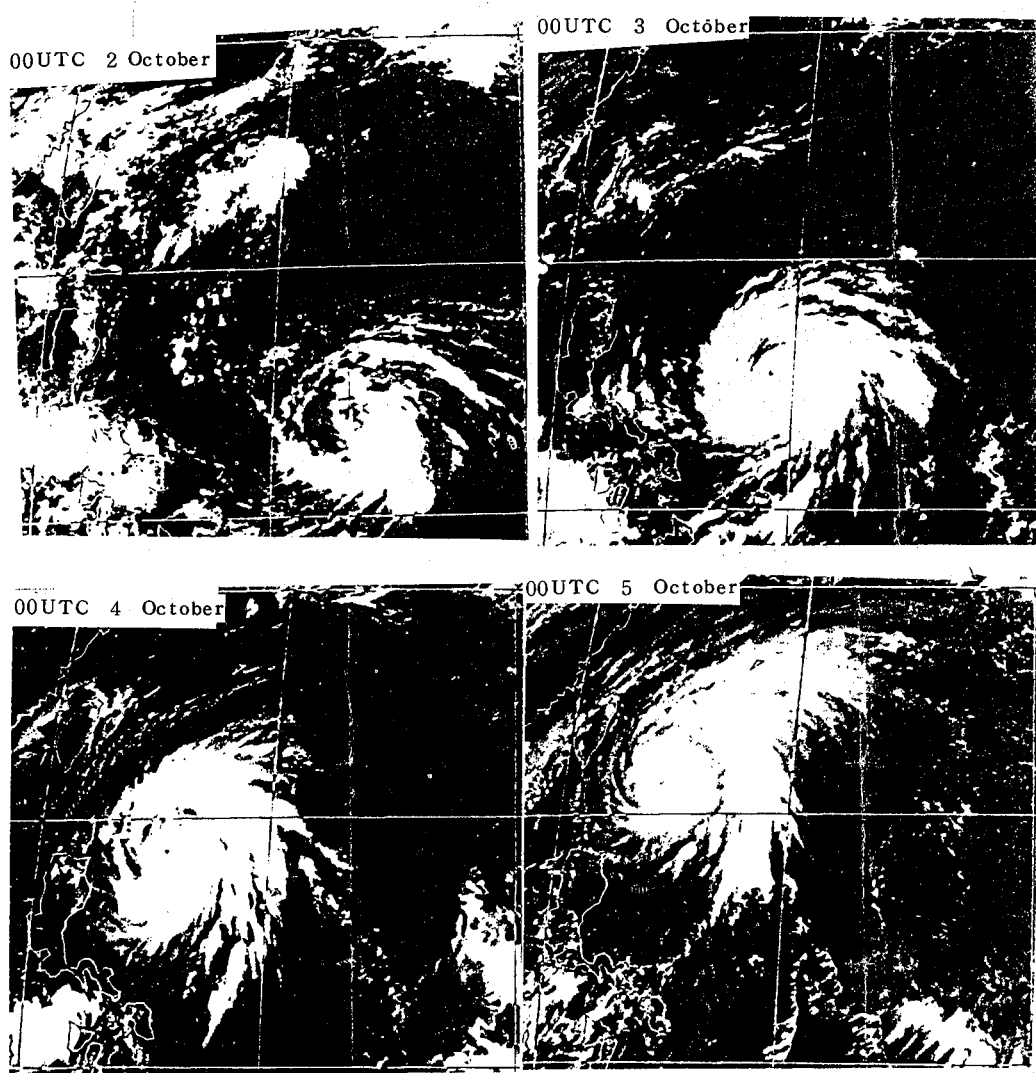
，HURRAN的212公里左右，CLIPER爲240公里，ARAKAWA 1爲272公里最差，詳細資料請參考表四。

表五爲尼爾森颱風期間各氣象機構24小時預報位置誤差校驗表，由各氣象機構在颱風轉向期間所作的預報與客觀預報的結果比較有非常類似的誤差趨勢，其中以RJTD的平均誤差最小爲121公里，其次爲JTCW 129公里，BABJ的149公里排第三，本局的177公里排第四，RPMM的平均誤差197公里居最後。

五、尼爾森颱風侵台期間各地風雨情況

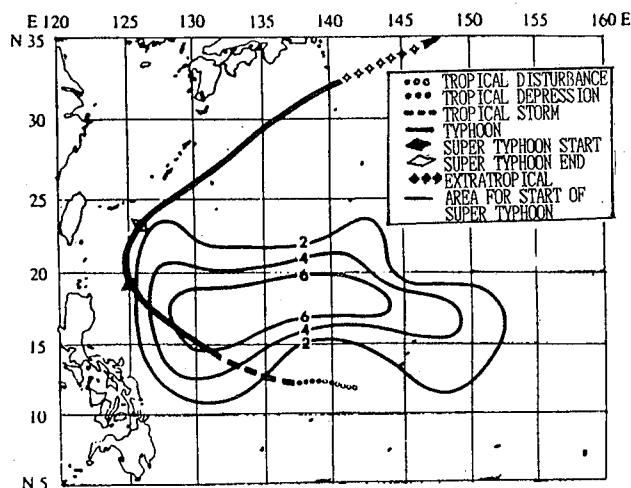
1. 風

表六爲尼爾森颱風侵台期間各地風雨統計表，由於尼爾森颱風雖未直接登陸台灣本島，僅從台灣東方380公里轉向，但因颱風本身強度已達超級強烈颱風，所以全省部份地區瞬間最大風速出現在10級以上，其中以蘭嶼98哩/時(15級)最大，其次爲梧棲的60哩/時(11級)，東吉島的51



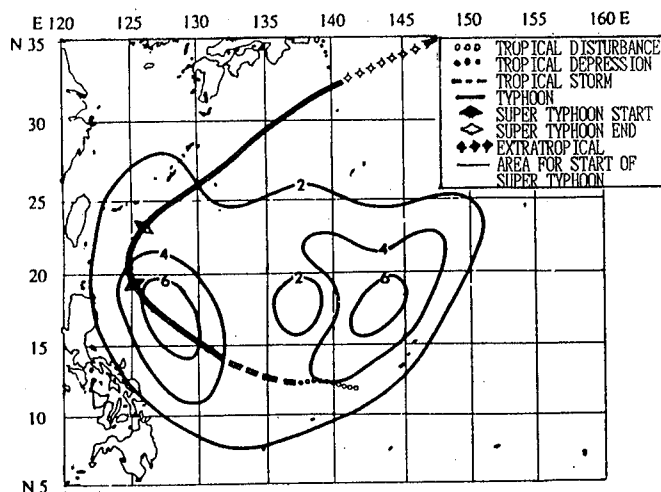
圖六：民國77年10月2日至5日超級颱風尼爾森演化之氣象衛星雲圖

Fig. 6 : The satellite images of the evolution of super typhoon NELSON from Oct. 2 to Oct. 5, 1988.



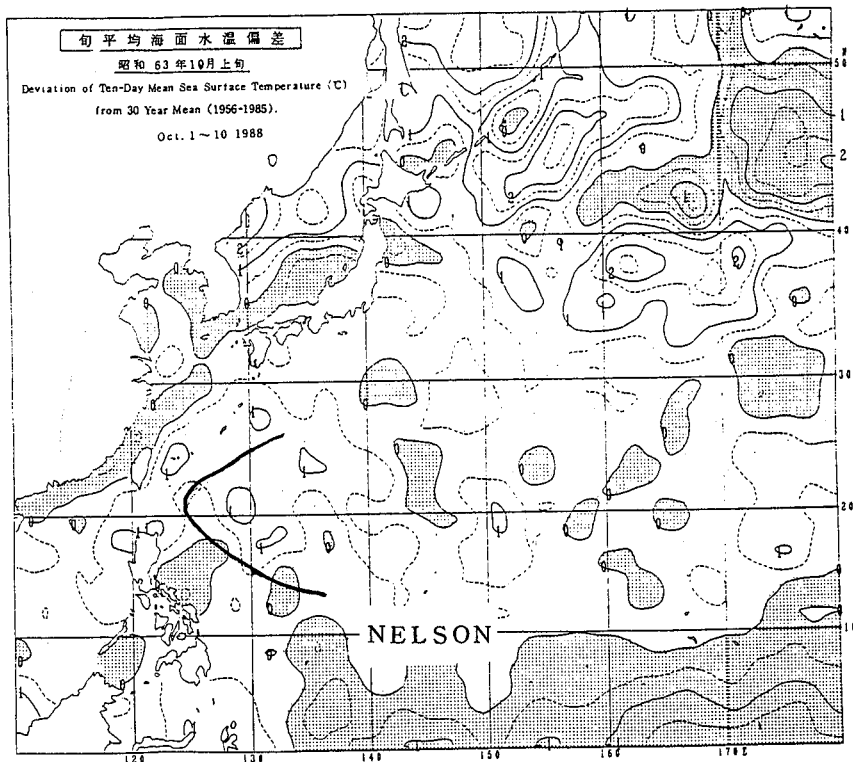
圖七：尼爾森颱風最佳路徑重疊在過去颱風迅速發展區域（1956—1976年夏秋季）之分布圖（採自 Holliday and Thompson, 1979），其中數字表示發生的頻率大小。

Fig. 7 : NELSON's best track is superimposed upon the areas where tropical cyclones rapidly intensified during summer and early fall (20 June—16 October) for the years 1956 to 1976 (Holliday and Thompson, 1979)



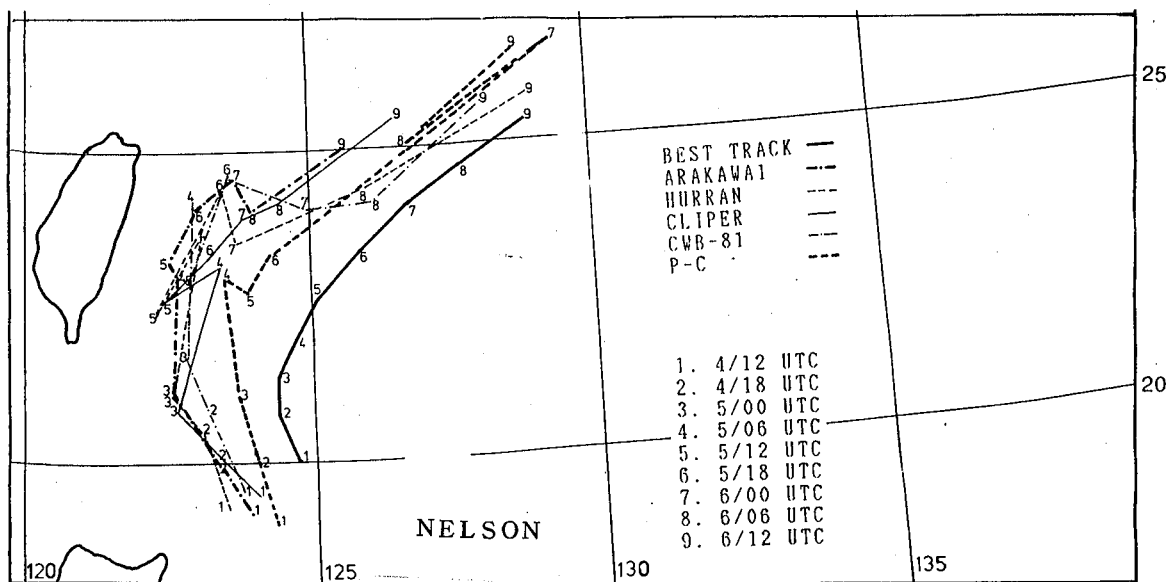
圖八、尼爾森颱風最佳路徑重疊在過去氣候上發生超級強烈颱風的區域（1959—1970）之分布圖（採自 1970年關島颱風年報），其中數字表發生的頻率大小。

Fig. 8 : NELSON's best track superimposed upon climatic areas of super typhoon occurrence. Areas of first supper typhoon intensity include number of occurrence from the period 1959 to 1970 (Annual Typhoon Report, 1970)



圖九、尼爾森颱風最佳路徑重疊在過去 30 年（1956-1985）10 天平均海水溫度的距平圖陰影區表示負距平

Fig. 9 : NELSON's best track is superimposed upon the deviation of ten-day mean sea surface temperature from 30 year mean (1956-1985).
The shade area indicate negative anomaly



圖十：對尼爾森颱風之六種颱風路徑客觀預報法所得中心定位之比較。

Fig. 10: Comparison of centre determination of typhoon NELSON by six objective methods.

表三：各氣象機構對尼爾森颱風中心定位誤差校驗表（77年10月）（單位：公里）（X：表示資料缺失）

Table 3 : Forecast errors of centre determination of typhoon NELSON by different units as compared with best track. (X : no data)

日期		BEST TRACK		1. CWB			2. PCTW			3. RJTD			4. BABJ			5. RPMM		
日	時 UTC	北緯	東經	北緯	東經	誤差	北緯	東經	誤差	北緯	東經	誤差	北緯	東經	誤差	北緯	東經	誤差
3	06	16.1	128.4	15.9	128.5	25	16.0	128.5	16	16.1	128.5	11	X	X		16.2	128.5	16
	12	16.8	127.5	16.6	127.5	22	16.7	127.6	16	16.7	127.5	11	16.8	127.5	0	16.7	127.4	16
	18	17.5	126.6	17.4	126.6	25	17.6	126.5	16	17.5	126.5	11	17.5	126.5	11	17.5	126.5	11
4	00	18.5	125.8	18.2	125.8	33	18.3	125.9	25	18.4	125.9	16	18.4	125.9	16	18.5	125.9	11
	06	19.3	125.2	19.4	125.2	11	19.3	125.3	11	19.5	125.2	22	19.5	125.2	22	19.5	125.1	25
	12	20.0	124.7	19.9	124.6	16	20.0	124.8	11	20.0	124.7	0	20.1	124.7	11	19.9	124.7	11
	18	20.7	124.4	20.8	124.3	16	20.6	124.5	16	20.8	124.4	11	20.7	124.4	0	20.7	124.2	22
5	00	21.3	124.4	21.3	124.3	11	21.3	124.4	0	21.4	124.3	16	X	X		21.4	124.3	16
	06	21.9	124.7	21.8	124.5	25	22.0	124.6	16	21.9	124.4	33	21.9	124.5	22	21.9	124.7	0
	12	22.5	125.1	22.5	125.1	0	22.5	125.3	22	22.5	125.2	11	22.6	125.2	16	22.5	125.2	11
	18	23.3	125.9	23.4	125.9	11	23.5	125.9	22	23.4	125.9	11	X	X		23.4	125.9	11
平均誤差				195/11 18			171/11 16			153/11 14			98/8 12			150/11 14		

表四：各種颱風路徑客觀預報法之 24 小時中心位置預報誤差校驗表（77 年 10 月）

（單位：公里）（X：表示資料缺）

Table 4 : Verification of 24 hours forecast errors by different objective methods for typhoon NELSON. (X: no data)

日 期		1. BEST TRACK			2. ARAKAWA1			3. HURRAN			4. CLIPER			5. CWB-81			6. P-C		
日	時 UTC	北緯	東經	誤差	北緯	東經	誤差	北緯	東經	誤差	北緯	東經	誤差	北緯	東經	誤差	北緯	東經	誤差
4	12	20.0	124.7		19.1	123.9	132	19.2	123.5	195	19.4	124.0	101	19.5	123.7	123	18.9	124.3	129
	18	20.7	124.4		19.9	123.4	141	20.4	123.1	147	20.0	123.4	134	20.7	123.2	132	20.0	124.0	89
5	00	21.3	124.4		21.1	122.6	199	21.0	122.6	201	20.8	122.6	206	21.6	122.8	179	21.0	123.7	84
	06	21.9	124.7		22.9	122.7	246	23.6	123.1	257	23.1	123.4	195	24.1	123.0	306	22.7	123.9	124
	12	22.5	125.1		23.2	122.6	286	22.2	122.3	310	22.5	122.4	297	22.8	122.8	255	22.9	123.5	181
	18	23.3	125.9		24.0	123.0	328	24.3	123.5	286	23.3	123.4	275	24.5	123.6	285	24.7	124.3	226
6	00	24.0	126.7		24.5	123.7	335	23.5	124.7	227	23.9	123.8	319	24.0	124.9	198	27.6	129.4	495
	06	24.6	127.7		24.0	124.0	412	24.3	125.9	201	24.1	124.4	367	24.1	126.1	184	25.0	125.8	214
	12	25.3	128.9		24.9	125.6	366	25.7	127.9	118	25.4	126.5	264	25.6	128.1	94	26.4	127.7	179
平 均 誤 差					2245/9 272			1906/9 212			2158/9 240			1756/9 195			1721/9 191		

表五：各氣象機構對颱風尼爾森作 24 小時預報中心位置之誤差校驗表（77 年 10 月）（單位：公里）（X：表示資料缺）

Table 5 : Verification of 24 hours forecast errors by different units for typhoon NELSON. (X: no data)

日 期		BEST TRACK		1. CWB			2. JTWC			3. RJTD			4. BABJ			5. RPMM		
日	時 UTC	北 緯	東 經	北 緯	東 經	誤 差	北 緯	東 經	誤 差	北 緯	東 經	誤 差	北 緯	東 經	誤 差	北 緯	東 經	誤 差
2	12	14.1	131.8	X	X	X	13.1	133.4	208	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	18	14.7	130.6	13.3	131.6	189	12.8	131.8	247	13.0	133.0	198	X	X	X	X	X	X
3	00	15.5	129.4	15.0	130.6	143	13.9	130.1	192	15.0	130.0	86	X	X	X	14.1	130.7	210
	06	16.1	128.4	15.7	129.6	139	15.3	129.7	168	16.0	128.0	45	X	X	X	14.8	128.5	143
	12	16.8	127.5	17.7	128.4	140	17.2	128.0	70	17.0	127.0	59	X	X	X	X	X	X
	18	17.5	126.6	18.2	127.1	95	18.5	126.9	115	18.5	126.5	111	17.3	127.3	80	16.6	126.8	101
4	00	18.5	125.8	18.0	125.8	55	19.1	125.8	66	19.0	125.5	55	17.7	126.2	98	17.3	125.5	136
	06	19.3	125.2	19.0	124.7	64	18.9	126.2	118	20.0	125.0	80	X	X	X	18.3	124.6	128
	12	20.0	124.7	19.5	124.0	95	20.2	125.4	80	20.5	124.5	59	19.6	125.0	55	18.8	123.7	172
	18	20.7	124.4	20.6	123.3	122	20.8	124.7	35	20.5	124.0	49	21.0	124.3	35	19.7	123.0	189
5	00	21.3	124.4	21.8	122.8	184	21.3	124.8	44	22.0	124.5	359	22.6	124.5	143	21.6	123.4	115
	06	21.9	124.7	23.2	123.4	202	23.5	125.7	208	24.0	124.0	78	23.8	124.2	216	22.7	122.6	247
	12	22.5	125.1	23.0	123.6	216	23.0	125.1	55	24.5	124.5	230	24.4	124.2	231	22.8	122.5	288
	18	23.3	125.9	23.5	123.3	286	23.7	124.6	150	24.0	124.5	172	24.5	124.5	203	23.1	122.5	375
6	00	24.0	126.7	23.9	123.8	319	24.3	125.5	136	24.5	125.0	195	24.9	125.0	212	23.0	124.7	246
	06	24.6	127.7	24.0	124.5	358	25.1	126.5	143	24.5	125.5	242	25.1	125.1	291	24.9	126.2	168
	12	25.3	128.9	24.9	126.9	224	25.0	127.5	157	25.5	128.5	49	25.6	128.4	64	24.9	126.7	246
平 均 誤 差				2831/16 177			2192/17 129			1951/16 121			1637/11 149			2764/14 197		

表六：尼爾森颱風近台期間本局所屬各測站地面風雨統計表

77年4日20時(12UTC)－5日21時(13UTC)

(X：表資料缺，－：表無降水或強風)

Table 6：The accumulated rainfall and maximum gust wind records by CWB during NELSON passage

(X：no data，－：no rain or no gust wind)

站名	累積雨量 (公厘)	最大陣風 (級)	站名	累積雨量 (公厘)	最大陣風 (級)
彭佳嶼	5	50 (10)	嘉義	—	—
基隆	8	43 (9)	台南	—	28 (7)
宜蘭	19	22 (6)	高雄	T	—
蘇澳	38	35 (8)	花蓮	9	34 (8)
鞍部	77	45 (9)	新港	10	40 (8)
陽明山	58	33 (7)	台東	11	30 (7)
台北	12	—	大武	0.6	25 (6)
新竹	T	30 (7)	恆春		37 (7)
台中	—	27 (7)	蘭嶼	10	98 (15)
梧棲	—	60 (11)	澎湖		40 (8)
阿里山	—	—	東吉島	0.5	51 (10)
日月潭	—	—	五指山	26	X
牛門	128	X	四十分	40	X
古魯	207	X	大尖山	108	X

哩/時(10級)、澎湖及新港40哩/時(8級)、其他各測站的瞬間最大風速均小於40哩/時(8級)，其他資料請參考表六。

2.降水量

根據本局測站的觀測資料(表六)顯示，尼爾森颱風近台期間各地的總降水量分布不均，其中以古魯的總降水量207公厘最大，其次為牛門、大尖山等均超過100公厘。鞍部77公厘、陽明山58公

厘、四十分40公厘、蘇澳38公厘，其它測站雨量均小，由以上分析大致可看出尼爾森颱風僅對北部山區造成很大的降水，初步判斷主要受颱風北上外圍東北環流及地形抬升所引起。

六、結 論

尼爾森 (NELSON, 8819) 爲今 (77) 年第一個也是唯一超級強烈颱風，僅對北部山區造成局部豪雨以及東部強陣風外，並沒有給本省帶來災情，由以上各項的氣象資料的分析與比較，初步可獲得下列幾點結論：

- (一) 尼爾森颱風在發展初期，高低層中心一致，且海水溫度偏高，不但使得強度發展迅速，72小時內由輕度颱風發展至超級強烈颱風。
- (二) 尼爾森颱風的移動主要仍受太平洋高壓進退及北方的槽線所控制。
- (三) 尼爾森颱風在接近本省附近，因颱風發展結實，定位誤差降低，平均定位誤差以BABJ的12公里最低，其次是RJTD、RPMM、PCTW，以

本局的18公里最差。

- (四) 尼爾森颱風在本省東方380公里左右轉向，在24小時客觀預報法中結果以P-C方法的191公里最好，其次爲CWB-81的195公里。
- (五) 尼爾森颱風對本省北部山區，所造成的降水分布，可能由颱風北上外圍東北環流及地形抬升所引起。

本颱風報告由丘技正台光執筆。

七、參考文獻

Plante, R. J. et al., 1988 : 1988 annual tropical cyclone report. Joint Typhoon Waring Center. GUAM. MARJANA ISLANDS, 216pp.

八、誌 謝

本報告蒙預報中心與資料處理科提供寶貴資料，以及游芬雅小姐幫忙繪圖及繕稿。

REPORT ON SUPER TYPHOON NELSON OF 1988

Research and Development Center
Central Weather Bureau

ABSTRACT

Nelson, the 19th typhoon in the western north Pacific, was the first significant tropical cyclone of October and the only super typhoon of 1988. It initiated over the southwest sea of Guam at 06 UTC 1 October and upgraded to a middle intensity with 65 knots at 12UTC 2 October. It continued to intensify rapidly and reached the super typhoon intensity at 06UTC 4 October 1988. The typhoon's intensity peaked at 140 Kts at 12UTC 4 October. Nelson weakened and was downgraded to typhoon intensity at 00UTC 6 October 1988.

Nelson first moved west-northwestward and then northwestward toward the Taiwan area. It turns to move north-northwestward and then recurved into northeastward near the eastern part of Taiwan. Finally it passed over the Japan Sea. Nelson only induced the local heavy rainfall in the northern Taiwan mountain area and created intense gust winds on some areas of Taiwan during the period.

The results show that the track of typhoon Nelson was controlled by subtropical high steering flow and the middle-level major trough. The P-C method of six object forecast methods is the best one (191 km) of track forecast for this case.

統一編號：

09089790080

ISSN 0225-57785

Volume 36, Number 2

June, 1990

METEOROLOGICAL BULLETIN

(Quarterly)



CONTENTS

Articles

- Statistical Analysis of Wave and Winds from Real Data Observed
at TunchidaoYeu-woo Lin (107)
- A Study of the Mesoscale Convective System Forecasting over
Southeastern China during the Mei-Yu Period
Tai-Kuang Chiou, Haw-chwen Hsu, Hang-sheng Lin (117)
- Study on the Earthquake Potential in the Taiwan Area.....
Tzay-Chyn Shin, Peih-Lin Leu (129)

Reports

- Report on Typhoon Warren of 1988R & D Center, CWB (137)
- Report on Typhoon Kit of 1988R & D Center, CWB (152)
- Report on Super Typhoon Nelson of 1988.....R & D Center, CWB (165)

CENTRAL WEATHER BUREAU

64 Kung-Yuan Road, Taipei, Taiwan

Republic of China

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

出版者 發行長 發社員 社編委 主任委 委		中央氣象局氣象學報社 蔡清彥 蔡清生 林氏鼎脩 王方曲恭 朱呂宗 李胡英 陳泰煎 李泰煎 新台幣 150 元		臺北市公園路六十四號 電話：3713181 勳男遠鑑傑良田 啓隆之學邦信永 咸張楊廖鄭謝葉 劉	
幹售 事價				平	

高度場對西北太平洋颱風路徑之影響

馬子玉

中國文化大學地學研究所

方力脩

中央氣象局氣象資訊中心主任

摘要

本文先將預測颱風路徑之相當正壓模式（蔡，1976）的風場資料輸入利用地轉風方程轉換成高度場輸入，並以1987年四個颱風個案來探討，測試以700毫巴高度場作模式之輸入資料之可行性。結果顯示在相當正壓模式裏，以高度場當輸入資料大致要比以風場輸入資料所得之結果為佳。

再由20年颱風期間不受藤原效應影響之700毫巴高度場中選取46個個案，依副熱帶高壓與東亞西風槽的分佈型態，將其粗略分成五大類型高度場，來模擬各類型高度場影響下之颱風路徑，並用各個颱風之最佳路徑來校驗其預測結果。另外選擇1979年全球大氣研究第一次全球試驗（FGGE）資料中7個颱風個案進行驗證及比較，由向量誤差及直角誤差得知，中央氣象局現今作業之相當正壓颱風模式改以高度場為輸入資料來模擬颱風路徑，頗為可行，尤其以36至48小時之模擬路徑比中央氣象局目前作業的颱風路徑預測方法為佳。

關鍵詞：高度場，相當正壓模式，藤原效應，最佳路徑。

一、前言

西北太平洋地區熱帶氣旋活動為全球之冠，且全年各月都有熱帶氣旋發生。此地區所孕育發展的颱風時常對台灣地區造成威脅及損害，更因其路徑呈多樣化，有向西行進者，有向東北行進者，有轉向者，甚而有行進間打轉者，甚難準確地預測其芳踪，如能瞭解控制颱風移行路徑之主要因子，進而掌握其行徑，並早做預防工作，將可使颱風所致的災害程度減小。

從過去的研究與經驗得知，可能影響颱風路徑的因子很多。Pike(1985)曾指出環境質量場對颱風運動有很深厚的影響，截至目前以重力位高度場來預報颱風運動的客觀統計預報已有了很好的基礎；Gray(1982)指出各種預測颱風路徑之方法雖然使用不盡相同的駛流層，但一般來說，皆同意中對流層為最好的颱風移動駛流層；Dong(1976)發現西北太平洋區域中低層之颱風駛流要較中高層為優；張(1978)曾在四層斜壓非絕熱準地轉模式

中，以駛引法來做實驗，發現以700毫巴作駛流層對颱風位移之預測較佳；由李(1982)之統計得知；自1944至1982年間之各類駛流層方法中，以700毫巴當作駛流層者居多（見表1）。故本研究決定採用700毫巴高度場因子做為模式之輸入，利用颱風數值模式（蔡，1976），來測試700毫巴高度場因子對西北太平洋颱風路徑的影響，以期能對中低對流層之高度場在颱風行進間所扮演之角色作一探討，進而提供以700毫巴高度場為指標之颱風路徑預報參考。

二、資料處理及研究方法

本研究所採用的資料包括：美國國家大氣研究中心（NCAR）的八角網格資料，取由1945年1月至1978年12月，每天含00Z及12Z兩次的北半球700毫巴高度網格值，美國海軍所蒐集的1945年至1985年西北太平洋颱風之最佳路徑，全球大

氣研究第一次全球試驗的 FGGE LEVEL III b 資料，及中央氣象局所有的颱風資料。

由於八角網格資料的網格間距為 5° ，而相當正壓模式的網格間距為 2.5° ，所以先以 16 點內插法，把前者資料內插成適合後者的輸入格式。

本研究主要分三部份，第一部分先修改相當正壓模式（蔡，1976）的資料輸入部分，利用地轉風方程，將模式的風場輸入方式改為高度場的輸入。並拿 1987 年的四個颱風個案來比較用風場及高度場為模式輸入資料的預測結果，以確認相當正壓模式用高度場來模擬的可行性。第二部分則將颱風期間北半球 700 毫巴高度場繪出，並與日本東亞印刷天氣圖比對，區分求得颱風期間西北太平洋地區的各類高度場。再以相當正壓模式模擬各類高度場中颱風的移行路徑，並配合颱風最佳路徑來校驗高度場對颱風移行路徑的影響程度。第三部分用 1979 年全球試驗的 FGGE 資料，進行如第二部分的研究分析。

三、模式之介紹與比較

(一) 模式內容

蔡（1977）曾指出颱風在大氣中是屬於中尺度（meso-scale）的擾動，故颱風路徑的預報可以說是綜觀尺度（SYNOPTIC Scale）天氣系統變化的預測。Sander and Burpee (1968) 及 Sanders et. al. (1975) 以相當正壓模式預報七層平均流線函數的方法來預報颱風中心的位移，此即為有名的 SANBAR 模式。蔡（1976, 1977）將此方法引進國內，經幾度修改，於 1986 年正式納入中央氣象局颱風預報作業中。

由渦度及輻散方程式的尺度分析得知，適用於低緯度與中緯度的最精簡渦度方程式完全相同（蔡，1976）。由渦度方程式在垂直氣壓座標之形式如下：

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \vec{V}_\phi \cdot \nabla (\zeta + f) - f_0 \frac{\partial \omega}{\partial p} = 0 \dots\dots\dots (1)$$

其中 ζ 為相對渦旋度， \vec{V}_ϕ 為風之旋轉部分（rotational part）， f 為科氏參數， f_0 為其區域平均科

氏參數值， ω 為壓力坐標之垂直速度。模式中只考慮風速之大小隨高度變化，而風之方向不隨高度而變，故等溫線平行等高線，因此沒有溫度平流，這種模式雖沒有溫度平流，但包含了輻散項，所以稱為相當正壓模式。若將(1)式取垂直平均經化簡可得

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + (1+e) \vec{V}_\phi \cdot \vec{\nabla} \zeta + \vec{V}_\phi \cdot \vec{\nabla} f - f_0 \frac{w_0}{p_0} = 0 \dots\dots\dots (2)$$

又由流體靜力近似（hydrostatic approximation）可得

$$w_0 = g \rho_0 \left(\frac{\partial Z_0}{\partial t} + \vec{V}_0 \cdot \nabla Z_0 - \vec{V}_0 \cdot \nabla Z_g \right) \dots\dots\dots (3)$$

其中 g 為重力加速度， ρ_0 為 1000 毫巴之空氣密度， Z_0 為 1000 毫巴之高度值， Z_g 為地形高度， \vec{V}_0 為 1000 毫巴之風速，方程式(3)右邊第一項， $g \rho_0 \frac{\partial Z_0}{\partial t}$ ，一般稱之為黑母荷之項（Helmholtz term），第二項 $g \rho_0 \vec{V}_0 \cdot \nabla Z_g$ 為偏地轉風（ageostrophic wind），第三項 $-g \rho_0 \vec{V}_0 \cdot \nabla Z_0$ 為地形斜坡所造成之加速度。我們不考慮第二、三項的影響，且將第一項簡化後代入(3)式，則方程式(3)可寫成

$$(\nabla^2 - H) \frac{\partial \psi}{\partial t} = -J(\psi, \nabla^2 \psi) - J(\psi, f) \dots\dots\dots (4)$$

其中 H 為經驗常數， ψ 為垂直平均流線函數， $J(A, B) = \frac{\partial A}{\partial x} \frac{\partial B}{\partial y} - \frac{\partial B}{\partial x} \frac{\partial A}{\partial y}$ 一般稱之為傑克比恩項（Jacobian term），(4)式即為模式中預報颱風位移的基本方程。蔡（1977）曾針對太平洋副熱帶高壓系統的位移，以嘗試錯誤（trial and error）的方法，找出最恰當的黑母荷之項（helmholtz term）的經驗數值 H 為 $3 \sim 6 \times 10^{-13} m^{-12}$ 。至於颱風的切線風速 V 及渦旋度，我們使用 Sander et. al. (1975) 的經驗公式，由觀測資料來推算，其公式如下

$$V = 0.72 V_{max} (\sin \theta)^{1.5} \dots\dots\dots (5)$$

$$\zeta = 0.72 V_{max} \left[\frac{1}{R} (\sin \theta)^{1.5} + 1.5 \frac{\theta}{\pi R \text{Log}(R_{eye}/R_{max})} (\sin \theta)^{0.5} (\cos \theta) \right] \dots\dots\dots (6)$$

$$\theta = \pi \left(\frac{R}{R_{max}} \right) [\text{Log } 0.5 / \text{Log}(R_{eye}/R_{max})]$$

其中 V_{max} 為觀測之颱風最大風速， R 為颱風中心至網格點的距離， R_{max} 為颱風的最大影響半徑， R_{eye} 為颱風中心至最大風速圈的距離。 V_{max} 及 R_{eye} 均為觀測值， R_{max} 可利用觀測之 30 Kts 暴風半徑及 V_{max} 求得。另由於颱風的尺度太小，空間差分法容易在平流方程式中產生計算分散 (computational dispersion) 的問題，因而嚴重影響颱風路徑的預報，所以數值方法的選擇仍沿用準拉格朗基平流四點內插法 (quasi-lagrangian advection with 4-point interpolation)，其不僅可消除計算分散的問題，並且沒有非線性計算不穩定的問題 (蔡，1977)。

(二) 模式之修正與比較

由地轉調節觀念可知，緯度較低或尺度較小的運動，乃調整質量場以配合風場來達成地轉平衡，亦即風場較質量變化小，故一般颱風初始資料分析步驟是從風場計算質量場。中央氣象局現在作業的模式是以平均氣流當作輸入資料。而本研究則希望測試是否可以用高度場當作颱風相當正壓預測模式的輸入場，故大膽而簡單地透過地轉風公式做高度場與風場之間的轉換，使模式變成高度場的輸入方式，來看看這種轉換的模式預測結果，首先以 1987 年之四個颱風個案來比較，探討分別以高度場作為輸入場及以風場為輸入場之模式預測結果。我們所選擇四個個案的初始資料時間，包括 7 月 13 日 12 Z 的賽洛瑪 (THELMA) 颱風，7 月 20 日 12 Z 的費南 (VENON) 颱風，8 月 28 日 00 Z 的黛納 (DINAH) 颱風及 9 月 9 日 00 Z 的傑魯得 (GERALD) 颱風。分別以風場與高度場當作初始資料輸入模式，得到四個颱風之各兩組預測位置。圖 1 (a) 至 4 (a) 分別為以風場輸入之賽洛瑪、費南、黛納、傑魯得等四個颱風之颱風路徑預測圖，圖 1 (b) 至 4 (b) 則為高度場輸入之預測圖。另外圖 1 (c) 至 4 (c) 則分別是四個颱風之最佳路徑圖，可用來與預測位置相比較。表 2 (a)，2 (b) 分別表示此四個颱風個案預測位置之向量誤差及直角誤差，以黛納 (DINAH) 颱風為例，風場當作初始場之 24 小時向量誤差為 246.5 公里，48 小時為 744.6 公里，直角誤差 24 小時為 216.6 公里，48 小

時為 520.4 公里，而以高度場當作初始場之 24 小時向量誤差為 82.0 公里，48 小時為 323.3 公里，直角誤差 24 小時為 82.0 公里，48 小時為 73.7 公里。由此四個颱風個案我們可以初步得知，利用高度場輸入模式所得之結果要比以風場輸入者好得很多。在四個颱風個案中，僅傑魯得颱風之高度場預測結果要較用風場預測者不理想，向量及直角誤差均較差。查驗當時之天氣圖，高層有一顯著鞍形場，使傑魯得颱風偏北走，導致以高度場輸入之模式預測結果較差，此乃因以高度場作預測時，只考慮由地轉方程轉換而來的 700 毫巴單層高度場。所以高度場對颱風路徑可說是重要因子，如能考慮平均之高度層時，則結果必將更佳。換句話說在高層及低層，如果没有與 700 毫巴高度場不同之特殊高度場時，則以 700 毫巴高度場當作相當正壓模式輸入資料來預測颱風之行徑為一可行之預測方法。

四、結果與討論

(一) 高度場之分類

Xu and Gray (1982) 曾指出副熱帶高壓脊與高層之西風槽為颱風時期控制颱風活動之大尺度環流系統。羅 (1969) 指出北太平洋中部之高空槽及北太平洋之高壓脊與颱風之行徑有密切之關聯，有鑑於此，我們以上述控制西太平洋颱風活動之主要系統，即副熱帶高壓脊與高空槽，為分類之依據。首先利用日本印刷天氣圖選擇颱風個案，自 1959 年至 1978 年共 20 年選取了 46 個颱風個案，並將此 46 個個案從颱風生成至消滅期間的 700 毫巴高度場逐一繪出，我們發現颱風自經過 130°E 後一直到颱風影響台灣地區時，高度場沒有太大的變化，Elsberry (1987) 曾指出颱風本身與週遭環境會有交互作用，本研究暫不考慮這個問題。故從繪出之 700 毫巴天氣圖中選取每個颱風未達且最接近 130°E 時之最真實高度場 (即颱風未影響台灣前之高度場)，再由 46 個個案中加以分類。

於分類中，由於副熱帶高壓之範圍不好定義，故擬以 3180 重力位公尺等高線為標準來代表高壓。綜合各類高度場，歸納而得颱風期間各種主要之

基本高度場配置圖如下：

第Ⅰ類：太平洋高壓脊西伸至 120°E 左右者。

第Ⅰ類(a)是脊線位於 25°N 者，此類高度場共有三個個案。

第Ⅰ類(b)是脊線位於 30°N 者，此類高度場共有九個個案。

第Ⅱ類：太平洋高壓中心位於 30°N ，且 3180 重力位公尺等值線西伸至 125°E 左右者，此類高度場共有八個個案。

第Ⅲ類：西北太平洋高壓中心位於 25°N ， 140°E ，且 3180 重力位公尺等值線西伸至 135°E 者，此類高度場共有六個個案。

第Ⅳ類：西北太平洋高壓中心位於 145°E 者，此類又可因中心緯度之不同而分為兩類。

第Ⅳ類(a)為高壓中心位於 145°E 者， 35°N ，且 3180 重力位公尺等值線西伸至 130°E 者，此類高度場共有四個個案。

第Ⅳ類(b)為高壓中心位於 145°E ， 25°N 且 3180 重力位公尺等值線西伸至 135°E 者，此類高度場共有兩個個案。

第Ⅴ類：700 毫巴東西主槽明顯時，此類型又可分為四類。

第Ⅴ類(a)為槽位於 125°E 附近，低壓中心位於 35°N ，且 3180 重力位公尺等值線東退至 155°E 者，此類高度場共有三個個案。

第Ⅴ類(b)為槽位於 130°E 附近，低壓中心位於 45°N ，且 3180 重力位公尺等值線西伸至 140°E ，此類高度場共有四個個案。

第Ⅴ類(c)為槽位於 130°E ，深潛之低壓中心位於 55°N ，且 3180 重力位公尺等值線西伸至 140°E 者，此類高度場共有四個個案。

第Ⅴ類(d)為低壓中心位於 50°N ， 140°E ，且 3180 重力位公尺等值線東退至 155°E ，此類高度場共有三個個案。（以上各類高度場詳見圖 5～14 與表三）。

(二)各類高度場之模擬與個案結果分析

在此擬使用相當正壓模式來模擬 700 毫巴各類高度場控制下的颱風路徑。以下就各類型高度場加以模擬之結果予以討論：

第Ⅰ類(a) 3180 重力位公尺等值線西伸到 120°E ，而脊線位於 25°N ，將此類之三個個案高度場輸入模式，得到此類高度場控制下的颱風路徑均有朝北北西移動之趨勢。為節省篇幅，在所有模擬之個案中僅以 1964 年的都麗絲 (Doris) 颱風作為代表來說明，24 小時都麗絲颱風之預測位置為 20.2°N ， 128.3°E ，而實際之最佳路徑相對之位置為 20.0°N ， 128.3°E （見圖 15(a)，15(b)），其向量誤差為 287.4 公里（見表 4(a)），直角誤差為 47.3 公里（見表 4(b)；而 48 小時之預測位置為 26.0°N ， 126°E ，最佳路徑相對之位置在 25.0°N ， 124.1°E ，故向量誤差為 213 公里，直角誤差亦為 213 公里。此類高度場其 24 小時，48 小時向量誤差很小，尤其 48 小時向量誤差僅為 213 公里。

第Ⅰ類(b) 3180 重力位公尺等值線西伸至 120°E ，而脊線位於 30°N 者，將此類型 9 個個案之高度場輸入模式，此類高度場控制下之颱風路徑大部分有朝西北西移動的趨勢。在此僅以 1966 年的妮娜 (NINA) 颱風作為代表來說明，妮娜颱風之 24 小時預測位置在 22.1°N ， 126.7°E ，而實際之最佳路徑相對應之位置為 22.6°N ， 124.7°E （見圖 16(a)，16(b)）向量誤差為 210.8 公里，直角誤差為 49.9 公里。而 48 小時預測位置為 23.0°N ， 123.1°E ，最佳路徑相對應之位置為 24.6°N ， 123.2°E ，向量誤差為 167.3 公里，直角誤差為 136.3 公里。此類高度場其比第一類型第一種高度場誤差更小，48 小時向量誤差僅為 173.6 公里，直角誤差更小。

第Ⅱ類：太平洋高壓中心位於 30°N 且 3180 重力位公尺等值線西伸至 125°E 左右者。將此類之八個個案輸入模式，模擬出此類高度場影響下之颱風路徑大部分均有朝西北西方向移動的趨勢。在此僅以 1965 年的瑪麗 (MARY) 颱風作為代表來說明，其 24 小時之預報位置為 19.7°N ， 130.4°E ，而最佳路徑上位置為 20.8°N ， 129.5°E （見圖 17(a)、(b)），向量誤差為 152.5 公里，直角誤差為 56.5 公里。而 48 小時預測位置為 21.2°N ， 125.9°E ，而最佳路徑之相對位置為 23.5°N ，

124.6°E，向量誤差為290.3公里，直角誤差為173.0公里。此類高度場其24、48小時向量誤差均小，直角誤差亦然。

第Ⅲ類：西北太平洋高壓中心位於25°N，140°E且3180重力位公尺等值線西伸至135°E者。將此類六個個案之高度場輸入模式，模擬出此類高度場影響下之颱風路徑均有朝北北西偏北方向移動之趨勢。此類型僅以1963年的雪莉(Shirley)颱風作為代表來說明，其24小時之預測位置為25.0°N，128.3°E，而最佳路徑之相對應位置則為22.8°N，120.7°E(見圖18(a)，18(b))，向量誤差為371.7公里，直角誤差為332.0公里。而48小時的預測位置為31.6°N，125.6°E，最佳路徑之相對應位置為26.9°N，124.4°E，向量誤差為529.7公里，直角誤差為529.7公里，此類高度場其向量誤差均偏大。

第Ⅳ類(a)西北太平洋高壓中心位於145°E，35°N，且3180重力位公尺等值線西伸至130°E者。此類型有四個個案以高度場輸入模式，我們知道在此類高度場導引下的颱風路徑有朝西北方向移動的趨勢。1975年的妮娜(Nina)颱風即是這類型的代表，其24小時的預測位置為22.9°N，128.5°E，最佳路徑之相對位置為23.0°N，125.0°E(見圖19(a)，19(b))，向量誤差為359.3公里，直角誤差為128.4公里，而48小時預測位置為24.5°N，123.7°E，最佳路徑之相對位置為24.6°N，119.6°E，向量誤差為410.4公里，直角誤差為202.0公里。此類高度場其向量與直角誤差均過大。

第Ⅳ類(b)為高壓中心位於145°E，25°N，且3180重力位公尺等值線西伸至135°E者。將此類型之二個個案高度場輸入模式，模擬出在此類高度場影響下的颱風路徑有朝西北方向移動的趨勢。1959年的莎拉(Sarah)颱風即為代表，其24小時的預測位置為19.5°N，130.0°E，而最佳路徑之相對應位置為19.7°N，129.8°E(見圖20(a)、20(b))，向量誤差為56.3公里，直角誤差為12.6公里。而48小時預測位置為22.1°N

，125.0°E，最佳路徑之相對位置為22.8°N，126.3°E，向量誤差為126.4公里，直角誤差為93.5公里。此類高度場其24、48小時向量誤差及直角誤差均極小。

第Ⅴ類(a)為槽位於125°E附近，低壓中心位於35°N且3180重力位公尺等值線東退至155°E左右者。將此類型之三個個案高度場輸入模式，模擬出此高度場所影響下的颱風路徑均有朝偏北方向移動的趨勢。1967年的畢莉(Billie)颱風，其24小時預測位置為24.0°N，127.2°E，最佳路徑之相對位置為22.5°N，126.1°E(見圖21(a)，21(b))，向量誤差為190.6公里，直角誤差為80.2公里。而48小時預測位置為27.2°N，126.7°E，最佳路徑相對位置為26.1°N，105.2°E，向量誤差為120.5公里，直角誤差為120.5公里。此類之高度場，48小時向量誤差僅120.5公里，直角誤差均小。

第Ⅴ類(b)型為槽位於130°E附近，低壓中心位於45°N且3180重力位公尺等值線西伸至140°E者。將此類型之三個個案之高度場輸入模式，模擬出此類高度場影響下的颱風路徑均有朝北北西方向移動的趨勢。1962年的艾美(Amy)颱風即為代表，其24小時預測位置為22.0°N，125.9°E，最佳路徑之相對位置為22.0°N，124.3°E(見圖22(a)，22(b))，向量誤差為163.2公里，直角誤差為78.7公里。而48小時預測位置為25.5°N，123.4°E，最佳路徑之相對位置為24.9°N，120.2°E，向量誤差為325.4公里，直角誤差為272.3公里。

第Ⅴ類(c)為槽位於130°E，深槽低壓中心位於55°N且3180重力位公尺等值線西伸至140°E者。將此類之四個個案之高度場輸入模式，模擬出此類高度場影響下的颱風路徑均有偏西方向移動的趨勢。1978年的阿娜(Ana)颱風即為代表，其24小時之預測位置為19.9°N，125.3°E，最佳路徑之相對位置為21.6°N，124.5°E(見圖23(a)、23(b))，向量誤差為204.3公里，直角誤差為56.3公里。而48小時預測位置為20.5°N，121.2°E，

最佳路徑之相對位置為 23.1°N , 122.7°E , 向量誤差為 324.4 公里, 直角誤差為 233.7 公里。此類高度場, 其向量誤差與直角誤差均小。

第 V 類(d)型低壓中心位於 50°N , 140°E , 且 3180 重力位公尺等值線東退至 155°E 者。將此類之三個個案高度場置入模式, 模擬出此類高度場影響下颱風路徑有朝西北方向移動的趨勢。

1971 年的娜定 (NADINE) 颱風即為一個例子, 其 24 小時之預測位置為 19.3°N , 133.2°E , 最佳路徑之相對位置為 17.6°N , 132.8°E (見圖 24(a)、24(b)), 向量誤差為 191.6 公里, 直角誤差為 191.6 公里。而 48 小時之預測位置為 23.4°N , 128.3°E , 最佳路徑之相對位置為 19.1°N , 128.9°E , 向量誤差為 494.3 公里, 直角誤差為 289.9 公里。此類高度場, 向量及直角誤差均偏大。

(b) 個案驗證

我們將進一步用全球大氣研究第一次全球試驗 (FGGE) 資料, 來驗證上述之結果。利用副熱帶氣象資料庫提供之資料, 我們選擇 1979 年全球試驗 (FGGE) 資料中六個颱風個案來驗證及比較, 探討分別以高度場與風場當作正壓模式之輸入資料, 與以 HURRAN 預報法來預測颱風路徑的結果。選取初始時間為 1979 年 7 月 27 日 00Z 的戈登 (GORDON) 颱風, 1979 年 7 月 31 日 12Z 的賀璞 (HOPE) 颱風, 1979 年 8 月 12 日 12Z 的歐敏 (IRVING) 颱風, 1979 年 8 月 20 日 12Z 的茱迪 (JUDY), 1979 年 9 月 25 日 00Z 的歐文 (OWEN) 颱風, 1979 年 10 月 16 日 00Z 的狄普 (TIP) 颱風等六個個案, 此處只選擇三個個案加以討論如下:

1. 歐文 (OWEN) 颱風, 初始時間為 1979 年 9 月 25 日 00Z

由 700 毫巴高度場可看出其 3180 重力位公尺等值線西伸至 135°E , 即屬於我們所分類之第 IV 類(b)型高度場, 根據其實際颱風之行徑可看出其有朝西北西方向移動之趨勢, 與我們先前所模擬出之結果頗相符合 (見圖 25), 以三種不同預報方

法得出三組預測路徑, 其中 HURRAN 預報法, ref (蔡, 1978) 其 24 小時向量誤差為 346.2 公里, 48 小時為 726.2 公里, 而直角誤差 24 小時為 314.7 公里, 48 小時為 308 公里。以風場當作初始場之 24 小時向量誤差為 55.0 公里, 48 小時為 529.1 公里, 而直角誤差 24 小時為 55.0 公里, 48 小時為 150.4 公里。而以 700 毫巴高度場當作初始場之 24 小時向量誤差為 239.8 公里, 48 小時為 342.7 公里, 而直角誤差 24 小時為 82.7 公里, 48 小時為 122.6 公里。

2. 茱迪 (JUDY) 颱風, 初始資料時間為 1979 年 8 月 20 日 12Z

由 700 毫巴高度場可知槽位於 130°E 附近, 低壓中心位於 45°N , 3180 重力位公尺等值線西伸至 140°E , 屬於我們所分類的第 V 類 b 型, 根據其實際颱風所走的路徑可看出其有朝北北西移動之趨勢, 與先前模擬出之結果相一致 (圖 26)。其中三種不同預報方法誤差如下, HURRAN 預報法其 24 小時向量誤差為 246.0 公里, 48 小時為 573.6 公里, 而 24 小時直角誤差為 246.0 公里, 48 小時為 260.4 公里。以風場當作初始場之 24 小時向量誤差為 131.7 公里, 48 小時為 189.3 公里, 而以高度場當作初始場之 24 小時向量誤差為 156.6 公里, 48 小時為 112.8 公里。

3. 賀璞 (HOPE) 颱風, 初始資料時間為 1979 年 7 月 31 日 12Z

由 700 毫巴高度場可看出其 3180 重力位公尺等值線位於 30°N 且西伸至 125°E 左右, 屬於我們所分類之第 II 類型高度場, 根據其實測颱風之行進路徑知其有向西北西方向移動的趨勢, 與先前模擬出之路徑結果相當一致 (圖 27)。再由三種不同預報法得出之預報結果來看, 以 HURRAN 預報法得出其 24 小時向量誤差為 55.7 公里, 48 小時為 477.9 公里, 而直角誤差為 55.7 公里, 48 小時為 172.5 公里, 而以風場當作初始場其 24 小時向量誤差為 331.5 公里, 48 小時為 715.5 公里, 以高度場當作初始場其 24 小時向量誤差為 286.6 公里, 48 小時為 488.3 公里, 直角誤差 24 小時為 240.8 公里, 48 小時為 28.0 公里。

由表五(a)及表五(b)可看出, 以高度場輸入相當正壓模式來預測颱風行徑之平均向量誤差 24 小時為 202.4

公里，48小時為356.8公里，而平均直角誤差24小時為145.2公里，48小時為166.6公里。以風場當作初始場所模擬出之颱風路徑其平均向量誤差24小時為199.8公里，48小時為444.2公里，平均直角誤差24小時為83.1公里，48小時為219.9公里。而現中央氣象局所用之誤差最小之HURRAN客觀預報法，其24小時向量誤差為248.4公里，48小時為470.8公里，平均直角誤差24小時為152.3公里，48小時為231.3公里。由以上之結果可知，以高度場為輸入資料之前24小時預報結果誤差比以風場為輸入資料者及HURRAN方法差一點，但所差很小，然而48小時後之預測無論是向量或直角誤差，均較風場及HURRAN方法預測者為佳，尤以48小時之平均向量誤差最小。

同時，本研究中亦對轉向颱風作一探討，選擇四個具大角度轉向之颱風個案，以高度場輸入模式，其中包括1965年8月3日00Z的琴恩(JEAN)颱風，1965年9月3日之崔絲(TRIX)颱風，1974年7月2日12E的吉達(GILDA)颱風及1977年7月24日00Z的賽洛瑪(HELMA)颱風，將模擬結果與最佳路徑比較，可明顯看出，其對轉向點之掌握不很理想(見圖28(a)、(b)，29(a)、(b)，30(a)、(b)，31(a)、(b))。換句話說，使用高度場輸入模式，對轉向颱風之行徑，無法確實掌握，必另有其他物理因子在控制颱風之轉向。

五、結論與建議

本文以颱風期間 $20^{\circ}\text{N} \sim 30^{\circ}\text{N}$ ， $120^{\circ}\text{E} \sim 140^{\circ}\text{E}$ 為中心的高度場加以分類，得知颱風期間之各類型高度場影響下的颱風路徑，並計算各類高度場之向量誤差及直角誤差，以測試高度場在影響颱風路徑所扮演之控制角色。由誤差校驗結果顯示，使用700毫巴高度場當作輸入資料之預測結果，要比以風場當作輸入資料表及中央氣象局現行使用之誤差最小的HURRAN颱風客觀預報法的預測結果，其48小時預報之向量誤為最小，故知700毫巴高度場為一影響36小時以上颱風路徑之最佳因子。

綜合各類型高度場，第I類(a)型高度場，由誤

差顯示其導引颱風朝北北西方向移動，可信度極大，不過應用時颱風行進方向需往左修正。第I類(b)型高度場情形要比第一種高度場誤差更小，故此類高度場影響下之颱風朝西北西方向移動的機會很大，應用時方向應向右修正。第II類型之高度場其誤差均比其他兩種方法小，故此類高度場影響下之颱風路徑朝西北西方向移動，應用時可略往右修正。第IV類(b)型高度場其各類誤差均極小，此類高度場影響下之颱風路徑朝西北西方向移動之機率極大。第V類(a)型高度場影響下之颱風路徑有朝偏北方向移動的趨勢，不過速度偏快。第V類(b)型高度場影響下之颱風路徑朝北北西方向移動，方向需往左調整。第V類(c)型高度場影響下之颱風路徑會偏西方向移動，其直角誤差偏大，不過向量誤差仍低，應用時只要往右修正即可。另外第III類型高度場，第IV類(a)型高度場，第V類(d)型高度場，此三類由於誤差過大，故不宜以700毫巴高度場作為駛流層，同時，轉向颱風亦無法以高度場輸入之方式加以掌握，雖然以高度場輸入相當正壓模式的颱風預測方法，有上述的限制，但從上述的結論，我們可看出以700毫巴高度場當作輸入資料，與一般動力預報模式之特性無太大之不同，短時間內有偏左及速度偏慢之現象Holland(1983)。然而36小時以後，無論方向及速度均勝過其他方法，實可利用於颱風路徑36小時至48小時之預測，希望能提供預報人員作為預報颱風之參考，以增加對颱風移動路徑的預報能力，進而提高颱風預報效率。

參考文獻

- 李富城，1982：颱風主要駛流層之選定與分析，第三屆全國大氣科學研討會論文集編，133～142。
- 陳毓雷、鮑學禮，1974：西太平洋高壓消長及西太平洋高壓消長及其颱風行徑關係之研究。氣象學報，第二十卷，第二期31～46。
- 曾振發、蔡清彥，1980：北太平洋西部颱風路徑之綜觀天氣研究。國立台灣大學大氣科學系研究報告，TYPN-01，30頁。

- 蔣志才，1973：西北太平洋中高壓脊線與西進颱風之實例分析。氣象學報，第19卷，第一期，28～33。
- 張鳳嬌，1978：颱風行徑數值預報實驗。氣象學報，第五卷，第二期，33～42。
- 蔡清彥，1976：颱風路徑之數值預報。國立台灣大學科學系，研究報告NWP-2號，12頁。
- 蔡清彥，1977：颱風路徑之數值預報實驗。國立台灣大學大氣科學系，研究報告，NWP-4號，20頁。
- 蔡清彥，1978：正壓颱風路徑預報之數值方法比較，國立台灣大學大氣科學系研究報告，NWP-8號，14頁。
- 蔡清彥，1979：正壓颱風路徑之資料客觀分析，國立台灣大學大氣科學系，研究報告，NWP-10號，26頁。
- 蔡清彥，1980：颱風路徑客觀預報方法之評介，紀念馮融華博士氣象評論文集，64～73。
- 蔡清彥、謝信良，1987：颱風路徑相當正壓預報方法之檢驗，中央氣象局氣象科技中心技術報告彙編，付印中。
- 謝信良、劉復誠，1985：颱風路徑客觀預報方法在台灣地區應用之研究。氣象學報，第三十二期卷，第二期，1-25。
- 羅宇振，1969：500毫巴面上北太平洋中部高空槽及高壓與颱風路徑之關係。氣象學報第十五卷，第二期，33～46。
- Anthes. R.A, 1982: Tropical Cyclones: Theirs Evolution, Structure and Effects. Amer, Met. Boston, 208頁。
- Brand, S, 1972: Very large and very small typhoons of the Western North Pacific Ocean. J. Meteor. Soc, Jap, 50, 332-341.
- Brand, S.C.A. Buenafe and H. D. Hamilton, 1981: Comparison of tropical Cyclone motion and environmental Steering, Mon, Wea, Rev, 109, 908-909.
- Chan. J. C. L and W. M. Gary, 1982: Tropical cyclone movement and surrounding flow relationships, Mon Wea. Rev 110, 1354-1374.
- C. Pike, 1985: Geopotential Height, and Thickness as prediction of Atlantic Tropical Cyclone Motion and Intensity, Mon, Wea, Rev, 113. 931-959.
- Dong. K. and C. J. Neamunn. 1983: The relationship between tropical Cyclone motion and environment geostrophic flows Mon. Wea. Rev 114, 115-122.
- Elsberry. R. L. 1987: Tropical Cyclone Motion in Barotropic Models, Nwp Short Course 1988-2, 97頁。
- Holland. G. J. 1983: Tropical cyclone motion: Environment interaction plus a beta effect. J. Appl. Sci. 40, 328-342.
- Jarrel. J. D. S. Brand and D. S Nicklin, 1978: An analysis of western north Pacific tropical cyclone forecast errors, Mon. Wea. Rev, 106, 925-937.
- Jianmin Xa and W. M. Gray, 1982: Environment circulation, associated with tropical cyclones experiencing fast, slow and looping motion Dept. of Atmosp, Sci. PaPer, colo, state, ni. Ft. collins. Co. 109
- Sander s.F and R. W. Burpee, 1968: Experiments in barotropic hurricane track forecasting. J. Appl. Meteo. 7. 313-323.
- Sander S. F. A. C. pike and J. P Gaertner, 1975: A barotropic model for operational prediction of track of tropical storm. J. Appl, Meteo 14, 265-280.

表 1 1944-1982年被引用做駛流層的統計表 (李富城1982)

Table 1: The statistic of applied steering flow levels from 1944 to 1982.

層次 年次	地面	850	700	500	300	200	距風環流層解	700 500	850 700
1944-1978	2	2	10	9	4	1	2		
1980 台、澳			✓	✓	✓			✓	
1982 菲、馬、張		✓	✓	✓	✓				

表 2 (a) 1987年四個颱風個案，分別以風場、高度場當作輸入初始場之模式預測位置向量誤差

Table 2A: The vector errors of forecasting position of model for four typhoons in 1987, by using the initial fields of wind and geopotential field respectively.

表 2 (b) 同 2 (a) 但為直角誤差

Table 2B: Same as Table 2A but the cross-track errors are calculated.

2A

資料 時間	風場	高度場
THELMA 1987	12 182.8 24 386.0 36 671.2 48 955.9	12 77.0 24 70.8 36 127.5 48 359.8
VENUS 1987	12 179.9 24 404.1 36 743.8 48 1199.8	12 302.7 24 305.0 36 191.9 48 102.0
DINAH 1987	12 75.0 24 246.5 36 383.0 48 744.6	12 32.6 24 82.0 36 155.8 48 332.3
GERALD 1987	12 60.7 24 132.4 36 286.2 48 504.6	12 120.8 24 216.5 36 343.1 48 485.0
平均	12 126.0 24 292.3 36 521.1 48 801.2	12 133.4 24 179.2 36 202.1 48 320.9

2B

資料 時間	風場	高度場
THELMA 1987	12 182.8 24 385.4 36 648.5 48 911.5	12 77.0 24 44.8 36 97.5 48 78.9
VENUS 1987	12 179.9 24 382.8 36 520.5 48 734.3	12 204.8 24 247.8 36 121.9 48 78.0
DINAH 1987	12 75.0 24 216.6 36 278.2 48 520.4	12 32.6 24 82.0 36 99.5 48 73.7
GERALD 1987	12 68.9 24 90.0 36 126.8 48 287.3	12 115.4 24 216.5 36 258.0 48 485.0
平均	12 127.0 24 268.7 36 393.5 48 613.4	12 130.1 24 147.7 36 144.2 48 178.9

表 3 以槽脊為主要系統所歸納之各類高度場之一覽表

Table 3: Table of essential geopotential fields resolved by trough and ridge systems.

類別	敘述	個案數	佔百分比
I	A 高壓脊伸至 120 E; 脊位於 25 N 左右者 B 高壓脊伸至 120 E; 脊位於 30 N 左右者	3 9	6.5 19.6
II	A 高壓中心位於 30 N, 130 E 左右者 B 高壓中心位於 25 N, 140 E 左右者	8 6	17.4 13.0
III	A 高壓中心位於 35 N, 145 E 左右者 B 高壓中心位於 25 N, 145 E 左右者	4 2	8.7 4.4
IV	A 槽位於 125 E, 槽底至 155 E 者 B 槽位於 130 E, 槽底至 145 E 者	3 4	6.5 8.7
V	A 槽位於 130 E, 且底至中心位於 55 N 左右者 B 槽位於 130 E, 且底至中心位於 55 N 左右者 C 槽位於 130 E, 且底至中心位於 55 N 左右者 D 低壓中心位於 50 N, 140 E 左右者	3 4 4 3	6.5 8.7 8.7 6.5

表 4 (a) 各類高度場以 700 毫巴高度場當輸入資料之模式預測位置向量誤差

Table 4A: Vector errors of model forecasting positions by using 700mb geopotential fields as initial data.

表 4 (b) 同 4 (a), 但為直角誤差

Table 4B: Same as Table 4A, but the cross-track errors are calculated.

4A

資料 時間	高度場
DORIS 1964	12 237.7 24 287.4 36 270.1 48 213.0
7-13-12Z	
NINA 1966	12 153.4 24 218.8 36 204.1 48 170.3
7-17-12Z	
HARY 1965	12 152.4 24 152.5 36 384.3 48 290.3
8-16-00Z	
SHIRLEY 1963	12 203.8 24 371.7 36 423.8 48 529.7
6-16-12Z	
NINA 1975	12 432.0 24 358.3 36 405.3 48 410.4
8-1-12Z	
SARAH 1959	12 159.3 24 56.3 36 90.4 48 126.1
9-13-00Z	
BILLIE 1967	12 34.6 24 190.0 36 118.1 48 120.5
7-5-00Z	
AMY 1962	12 108.3 24 103.2 36 260.0 48 325.3
9-3-12Z	
ORA 1978	12 107.0 24 204.3 36 257.1 48 324.4
10-11-00Z	
HADINE 1971	12 60.9 24 191.0 36 321.7 48 494.3
7-22-00Z	
平均	12 171.1 24 216.7 36 282.0 48 301.1

4B

資料 時間	高度場
DORIS 1964	12 54.4 24 47.3 36 107.8 48 213.0
7-13-12Z	
NINA 1966	12 12.0 24 40.0 36 102.2 48 130.3
7-17-12Z	
HARY 1965	12 22.0 24 56.5 36 82.0 48 173.0
8-16-00Z	
SHIRLEY 1963	12 139.0 24 332.0 36 321.0 48 529.7
6-16-12Z	
NINA 1975	12 160.8 24 128.4 36 86.3 48 202.0
8-1-12Z	
SARAH 1959	12 159.3 24 12.6 36 59.5 48 93.5
9-13-00Z	
BILLIE 1967	12 34.6 24 89.2 36 42.2 48 120.5
7-5-00Z	
AMY 1962	12 40.7 24 78.7 36 177.3 48 273.2
9-3-12Z	
ORA 1978	12 89.4 24 50.3 36 189.2 48 233.7
10-11-00Z	
HADINE 1971	12 60.9 24 191.6 36 321.7 48 259.9
7-22-00Z	
平均	12 79.5 24 103.4 36 155.1 48 226.5

表 5 (a) 三種不同方法之平均向量誤差

Table 5A: Average vector errors of three different method.

預報 時間	風場輸入	HURRAN	高度場輸入
24	190.9	157.7	218.7
48	400.4	460.0	301.1

表 5 (b) 同 5 (a), 但為平均直角誤差

Table 5B: Average cross-track errors of three different method.

預報 時間	風場輸入	HURRAN	高度場輸入
24	105.0	90.1	103.4
48	277.5	294.3	226.5

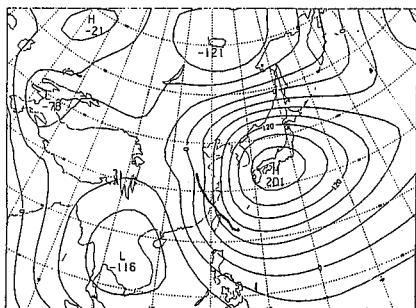


圖 1 (a) 颱風賽格瑪THELMA以風場輸入之1987年7月13日12Z為初始時間之48小時模式預報場和軌跡

Fig 1A: 48hr forecasting field and track of the typhoon Thelma by using 700mb wind field of 13/1200 UTL, July, 1987 as initial data.

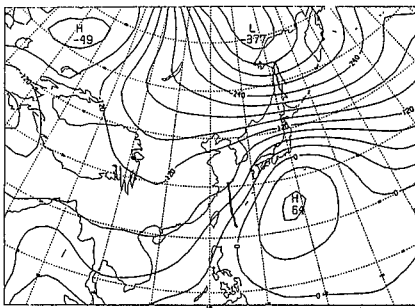


圖 1 (b) 同 1 (a), 但其以700毫巴高度場為輸入資料

Fig 1B: 48hr forecasting field and track of the typhoon Thelma by using 700mb geopotential height of 13/1200 UTL, July, 1987 as initial data.

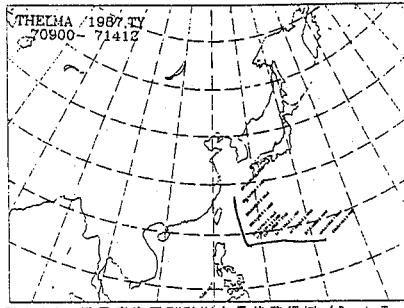


圖 1 (c) 颱風賽格瑪THELMA之最佳路徑圖 (Best Track)

Fig 1C: The best track of typhoon Thelma.

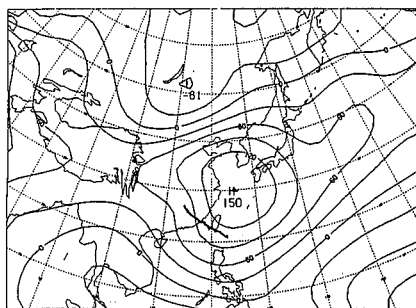


圖 2 (a) 颱風賽南VENON以風場輸入之1987年7月20日12Z為初始時間之48小時模式預報場和軌跡

Fig 2A: 48hr forecasting field and track of the typhoon Venon by using 700mb wind field of 20/1200 UTL, July, 1987 as initial data.

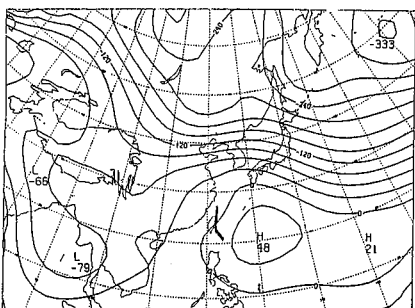


圖 2 (b) 同 2 (a), 但其以700毫巴高度場為輸入資料

Fig 2B: 48hr forecasting field and track of the typhoon Venon by using 700mb geopotential height of 20/1200 UTL, July, 1987 as initial data.

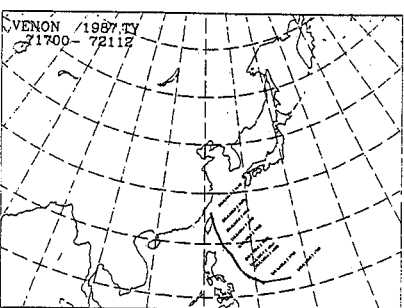


圖 2 (c) 颱風賽南VENON之最佳路徑圖 (Best Track)

Fig 2C: The best track of typhoon Venon.

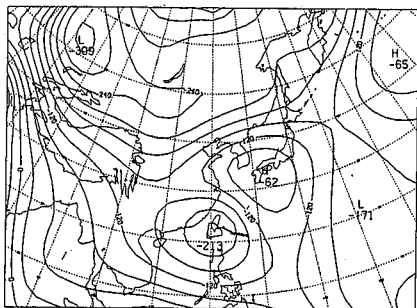


圖 3 (a) 颱風黛納DINAH以風場輸入之1987年8月28日00Z為初始時間之48小時模式預報場和軌跡

Fig 3A: 48hr forecasting field and track of the typhoon Dinah by using 700mb wind field of 28/0000 UTL, August, 1987 as initial data.

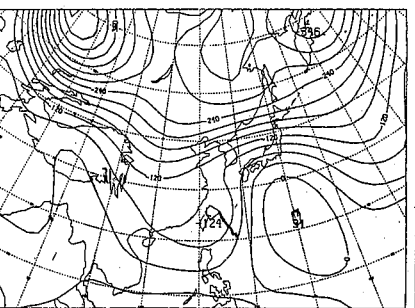


圖 3 (b) 同 3 (a), 但其以700毫巴高度場為輸入資料

Fig 3B: 48hr forecasting field and track of the typhoon Dinah by using 700mb geopotential height of 28/0000 UTL, August, 1987 as initial data.

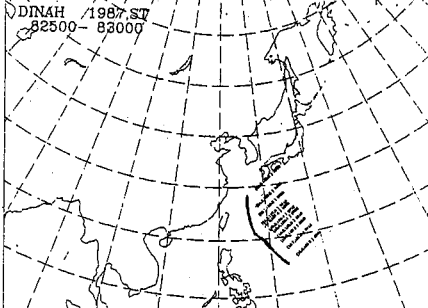


圖 3 (c) 颱風黛納DINAH之最佳路徑圖 (Best Track)

Fig 3C: The best track of typhoon Dinah.

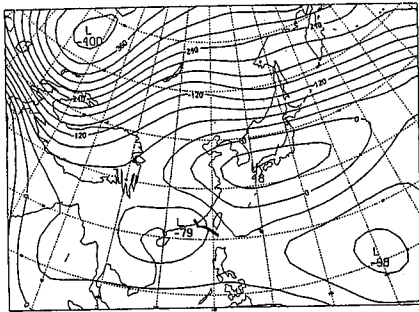


圖 4 (a) 颱風傑魯得 GERALD 以風場輸入之 1987 年 9 月 9 日 00Z 為初始時間之 48 小時模式預報場和軌跡

Fig 4A: 48hr forecasting field and track of the typhoon Gerald by using 700mb wind field of 9/0000 UTL, September, 1987 as initial data.

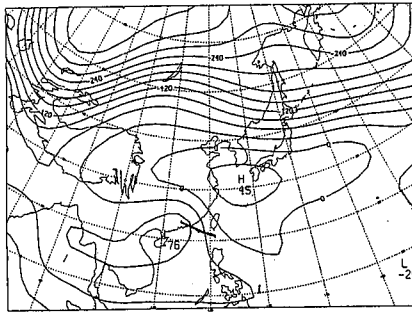


圖 4 (b) 同 4 (a), 但其以 700 毫巴高度場為輸入資料

Fig 4B: 48hr forecasting field and track of the typhoon Gerald by using 700mb geopotential height of 9/0000 UTL, September, 1987 as initial data.

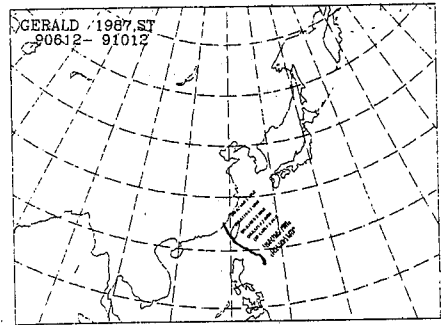


圖 4 (c) 颱風傑魯得 GERALD 之最佳路徑圖 (Best Track)

Fig 4C: The best track of typhoon Gerald.

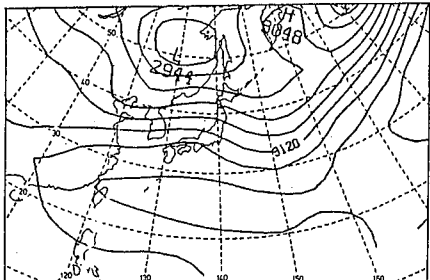


圖 5 第一類, 3180 重力位公尺等值線西伸至 120° E 左右者, 且脊位於 25° N 之高度場配置圖

Fig 5: Pattern I. The pattern of extending westward to 120° E of 3180 G.P.M. isoline and ridge is located along 25° N.

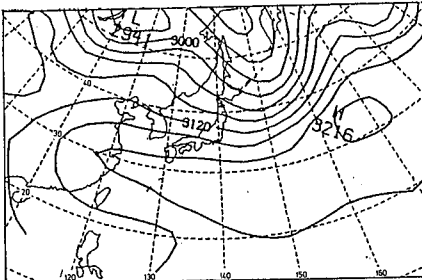


圖 6 第一類, 3180 重力位公尺等值線西伸至 120° E 左右者, 且脊位於 30° N 之高度場配置圖

Fig 6: Pattern I. The pattern of extending westward to 120° E of 3180 G.P.M. isoline and ridge is located along 30° N.

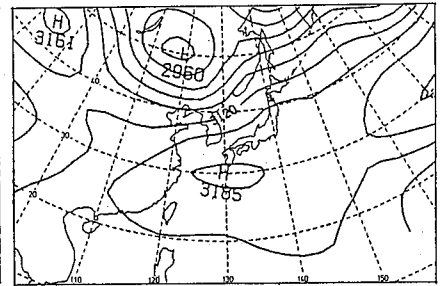


圖 7 第二類, 高壓中心位於 30° N, 且西伸至 130° E 左右者之高度場配置圖

Fig 7: Pattern II. The pattern of extending westward to 130° E of 3180 G.P.M. isoline and high pressure center is located along 30° N.

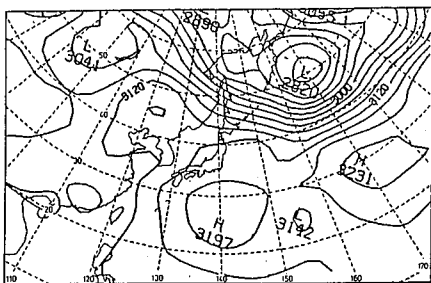


圖 8 第三類, 高壓中心在 140° E, 且有 3180 重力位公尺等值線西伸至 135° E 左右者之高度場配置圖

Fig 8: Pattern III. The pattern of extending westward to 135° E of 3180 G.P.M. isoline and high pressure center is located along 30° N.

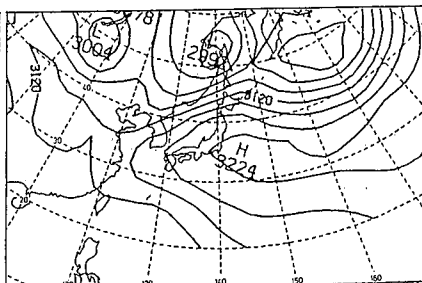


圖 9 第四類, 高壓中心位於 35° N, 145° E 者之高度場配置圖

Fig 9: Pattern IV. The pattern of high pressure center is located at 30° N, 145° E.

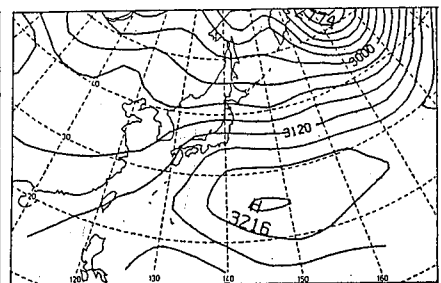


圖 10 第四類, 高壓中心位於 145° E, 25° N 者之高度場配置圖

Fig 10: Pattern IV. The pattern of high pressure center is located at 25° N, 145° E.

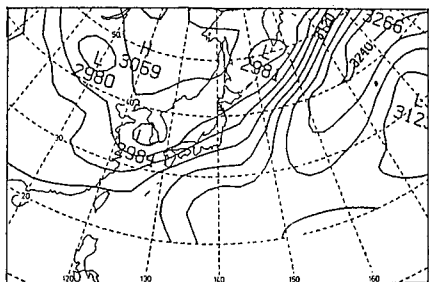


圖 11 第五類，槽位於125° E附近且低壓中心位於35° N 左右者之高度場配置圖

Fig 11: Pattern V. The pattern of trough is located at 125° E. and low pressure center is located at 35° N.

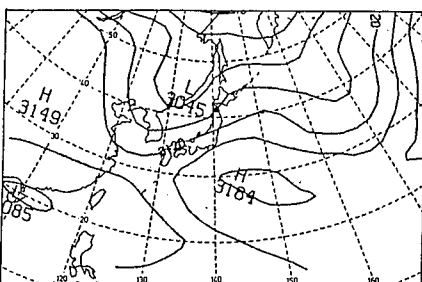


圖 12 第五類，槽位於130° E附近，且低壓中心位於45° N 左右者之高度場配置圖

Fig 12: Pattern V. The pattern of trough is located at 130° E. and low pressure center is located at 45° N.

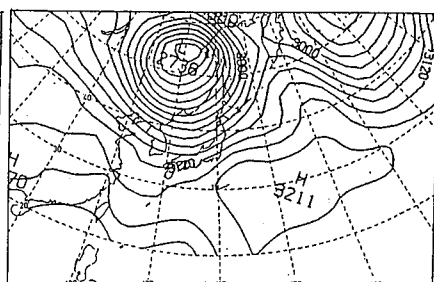


圖 13 第五類，槽位於130° E附近，且低壓中心位於55° N 左右者之高度場配置圖

Fig 13: Pattern V. The pattern of trough is located at 130° E. and low pressure center is located at 55° N.

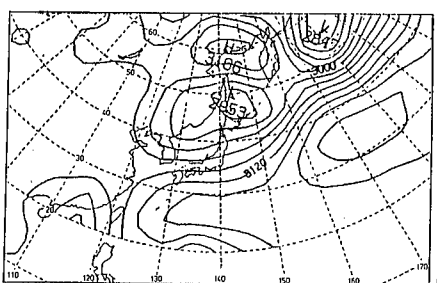


圖 14 第五類，低壓中心位於50° N, 140° E左右者之高度場配置圖

Fig 14: Pattern V. The pattern of low pressure center is located at 50° N, 140° E.

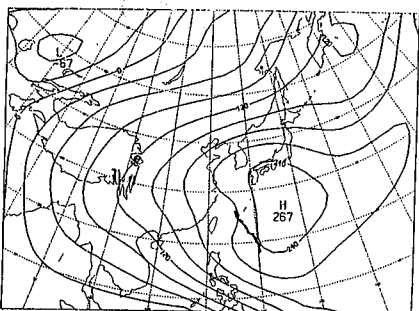


圖 15 (a) 颱風都麗絲DORIS以700毫巴高度場輸入之1964年7月13日12Z為初始時間的48小時模式預報場和軌跡

Fig 15A: 48hr forecasting field and track of the typhoon Doris by using 700mb geopotential height of 7/1200 UTL, July, 1964 as initial data.

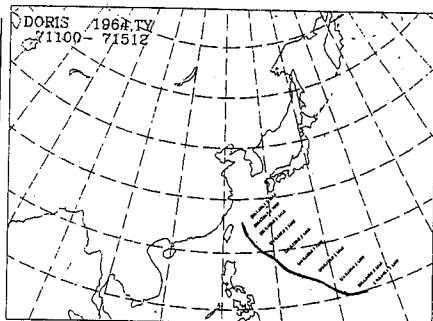


圖 15 (b) 颱風都麗絲DORIS之最佳路徑圖 (Best Track)

Fig 15B: The best track of typhoon Doris.

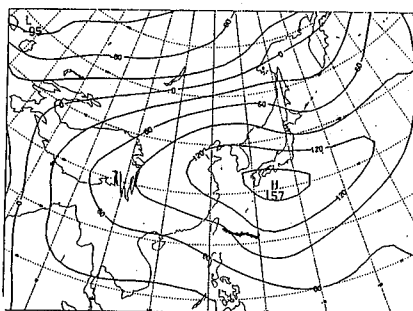


圖 16 (a) 颱風妮娜NINA以700毫巴高度場輸入之1966年7月17日12Z為初始時間的48小時模式預報場和軌跡

Fig 16A: 48hr forecasting field and track of the typhoon Nina by using 700mb geopotential height of 17/1200 UTL, July, 1966 as initial data.

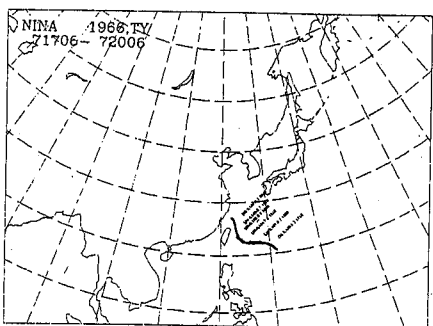


圖 16 (b) 颱風妮娜NINA之最佳路徑圖 (Best Track)

Fig 16B: The best track of typhoon Nina.

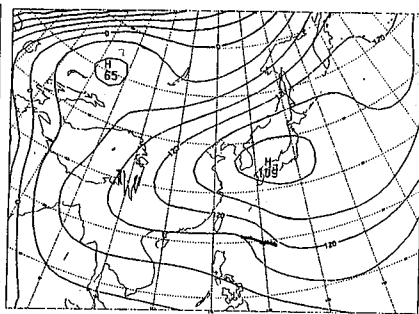


圖 17 (a) 颱風瑪麗MARY以700毫巴高度場輸入之1965年8月16日00Z為初始時間的48小時模式預報場和軌跡

Fig 17A: 48hr forecasting field and track of the typhoon Mary by using 700mb geopotential height of 16/0000 UTL, August, 1965 as initial data.

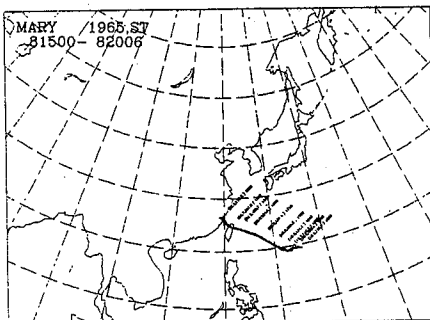


圖 17 (b) 颱風瑪麗MARY之最佳路徑圖 (Best Track)

Fig 17B: The best track of typhoon Mary.

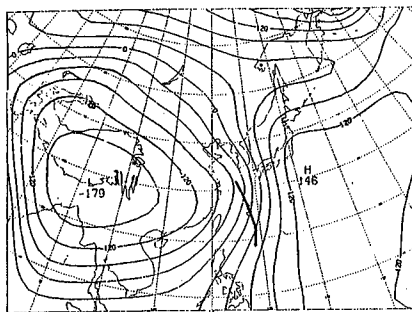


圖 18 (a) 颱風雪莉SHIRLEY以700毫巴高度場輸入1963年6月16日12Z為初始時間的48小時模式預報場和軌跡

Fig 18A: 48hr forecasting field and track of the typhoon Shirley by using 700mb geopotential height of 16/1200 UTL, June, 1963 as initial data.

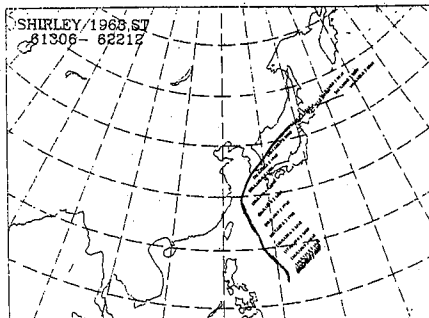


圖 18 (b) 颱風雪莉SHIRLEY之最佳路徑圖 (Best Track)

Fig 18B: The best track of typhoon Shirley.

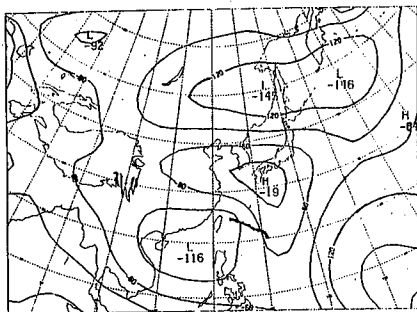


圖 19 (a) 颱風妮娜NINA以700毫巴高度場輸入1975年8月1日12Z為初始時間的48小時模式預報場和軌跡

Fig 19A: 48hr forecasting field and track of the typhoon Nina by using 700mb geopotential height of 1/1200 UTL, August, 1975 as initial data.

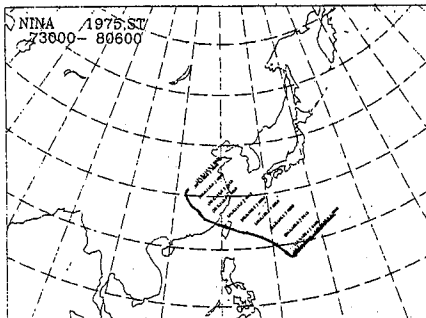


圖 19 (b) 颱風妮娜NINA之最佳路徑圖 (Best Track)

Fig 19B: The best track of typhoon Nina.

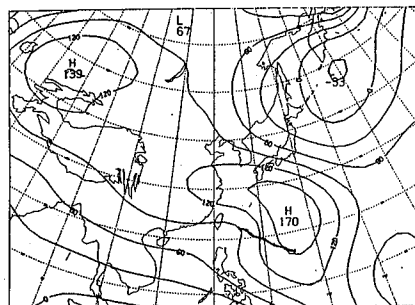


圖 20 (a) 颱風莎拉SARAH以700毫巴高度場輸入之1959年9月13日00Z為初始時間的48小時模式預報場和軌跡

Fig 20A: 48hr forecasting field and track of the typhoon Sarah by using 700mb geopotential height of 13/0000 UTL, September, 1959 as initial data.

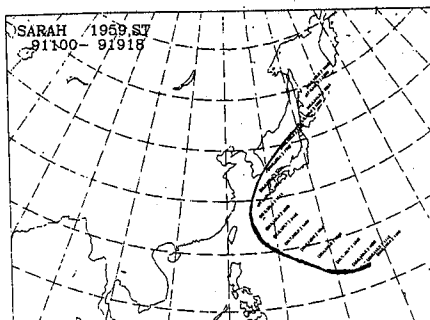


圖 20 (b) 颱風莎拉SARAH之最佳路徑圖 (Best Track)

Fig 20B: The best track of typhoon Sarah.

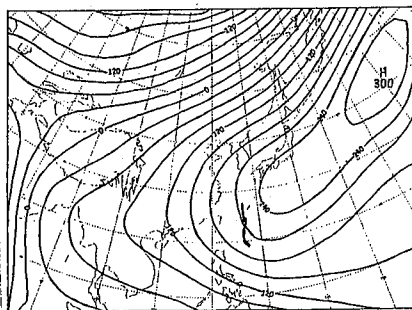


圖 21 (a) 颱風畢莉BILLIE以700毫巴高度場輸入之1967年7月5日12Z為初始時間的48小時模式預報場和軌跡

Fig 21A: 48hr forecasting field and track of the typhoon Billie by using 700mb geopotential height of 5/1200 UTL, July, 1967 as initial data.

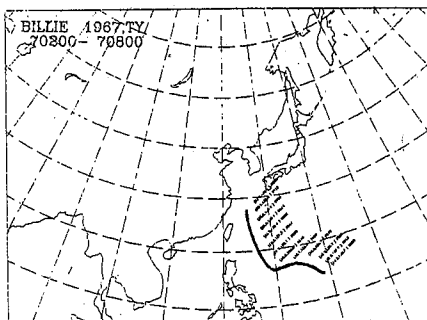


圖 21 (b) 颱風畢莉BILLIE之最佳路徑圖 (Best Track)

Fig 21B: The best track of typhoon Billie.

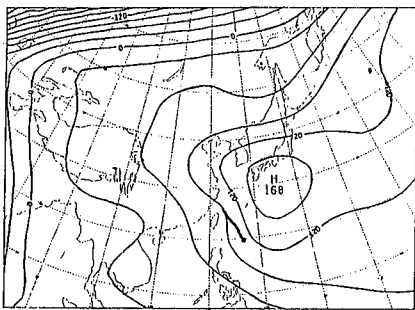


圖 22 (a)
颱風艾美AMY以700毫巴高度場輸入之1962年9月3日
12Z為初始時間的48小時模式預報場和軌跡

Fig 22A: 48hr forecasting field and track of the typhoon Amy by using 700mb geopotential height of 3/1200 UTL, September, 1962 as initial data.

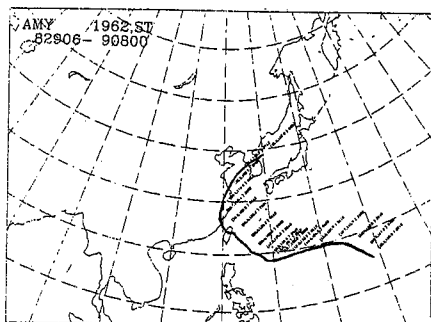


圖 22 (b) 颱風艾美AMY之最佳路徑圖 (Best Track)

Fig 22B: The best track of typhoon Amy.

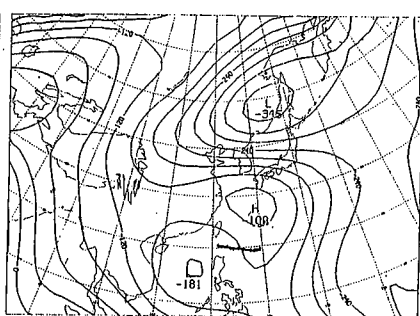


圖 23 (a)
颱風阿拉ORA以700毫巴高度場輸入之1978年10月
11日00Z為初始時間的48小時模式預報場和軌跡

Fig 23A: 48hr forecasting field and track of the typhoon Ora by using 700mb geopotential height of 11/0000 UTL, October, 1978 as initial data.

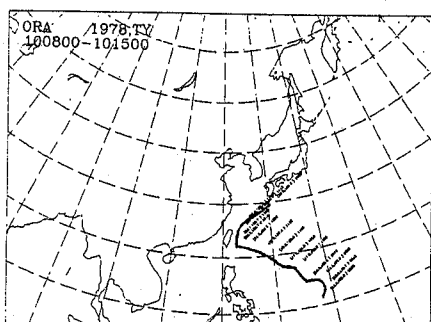


圖 23 (b) 颱風阿拉ORA之最佳路徑圖 (Best Track)

Fig 23B: The best track of typhoon Ora.

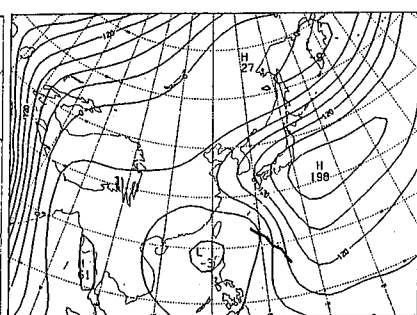


圖 24 (a)
颱風娜定NADINE以700毫巴高度場輸入之1971年7月
22日00Z為初始時間的48小時模式預報場和軌跡

Fig 24A: 48hr forecasting field and track of the typhoon Nadine by using 700mb geopotential height of 22/0000 UTL, July, 1971 as initial data.

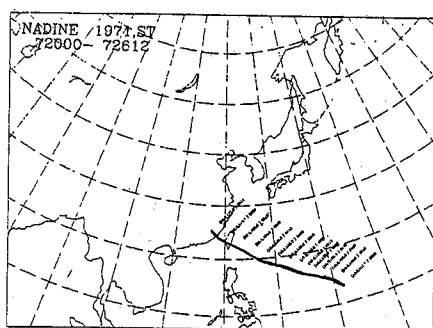


圖 24 (b) 颱風娜定NADINE之最佳路徑圖 (Best Track)

Fig 24B: The best track of typhoon Nadine.

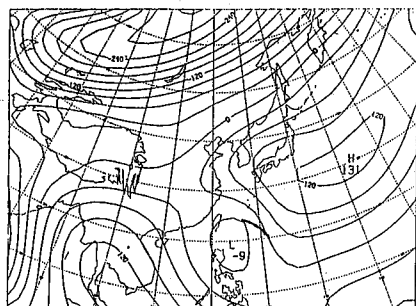


圖 25 颱風歐文OWEN以700毫巴高度場輸入1979年9月
25日00Z為初始時間的48小時模式預報場和軌跡

Fig 25: 48hr forecasting field and track of the typhoon Owen by using 700mb geopotential height of 25/0000 UTL, September, 1979 as initial data.

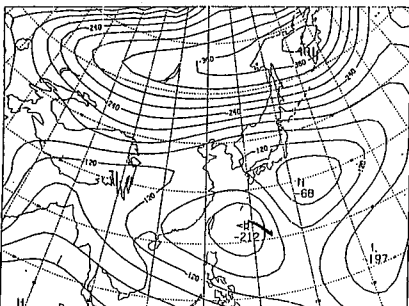


圖 26 颱風朱迪JUDY以700毫巴高度場輸入1979年8月
20日12Z為初始時間的48小時模式預報場和軌跡

Fig 26: 48hr forecasting field and track of the typhoon Judy by using 700mb geopotential height of 20/1200 UTL, August, 1979 as initial data.

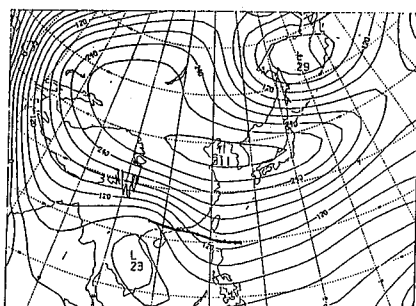


圖 27 颱風賀璞HOPE以700毫巴高度場輸入1979年7月
31日12Z為初始時間的48小時模式預報場和軌跡

Fig 27: 48hr forecasting field and track of the typhoon Hope by using 700mb geopotential height of 31/1200 UTL, July, 1979 as initial data.

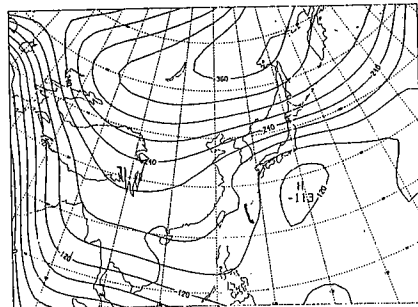


圖 28 (a) 1965年8月3日00Z琴恩JEAN颱風48小時預測圖
Fig 28A: 48hr forecasting chart of typhoon Jean at 03/0000 UTL, August, 1965.

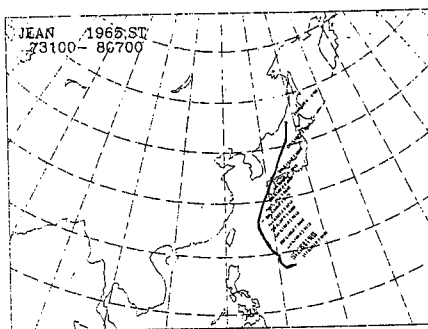


圖 28 (b) 琴恩颱風JEAN之最佳路徑圖 (Best Track)

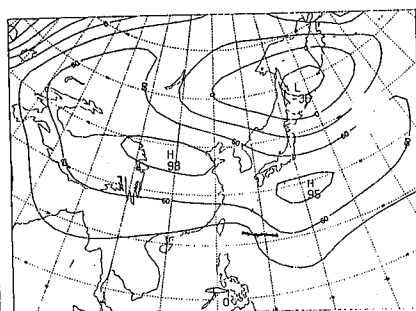


圖 29 (a) 1965年9月13日12Z崔絲TRIX颱風48小時預測圖
Fig 29A: 48hr forecasting chart of typhoon Trix at 13/1200 UTL, September, 1965.

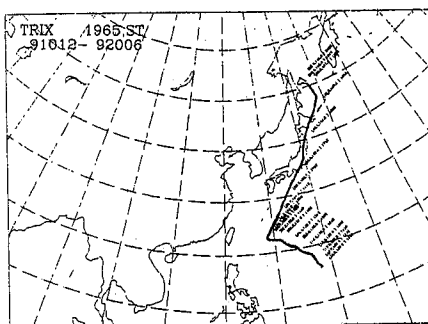


圖 29 (b) 崔絲颱風TRIX之最佳路徑圖 (Best Track)

Fig 29B: The best track of typhoon Trix.

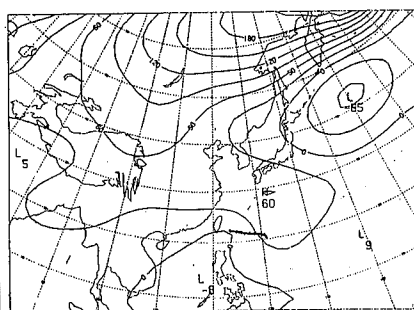


圖 30 (a) 1974年7月2日12Z吉達GILDA颱風48小時預測圖
Fig 30A: 48hr forecasting chart of typhoon Gilda at 02/1200 UTL, July, 1974.

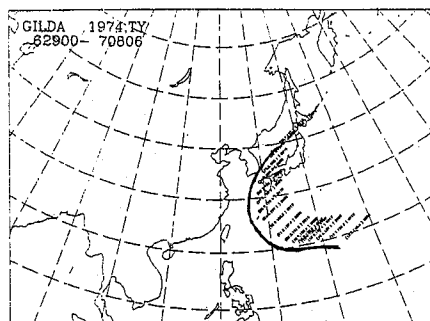


圖 30 (b) 吉達颱風GILDA之最佳路徑圖 (Best Track)

Fig 30B: The best track of typhoon Gilda.

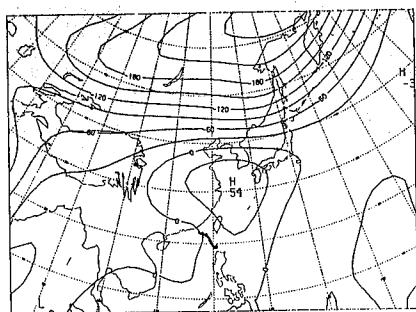


圖 31 (a) 1977年7月24日00Z賽格瑪THELMA颱風48小時預測圖
Fig 31A: 48hr forecasting chart of typhoon Thelma at 24/0000 UTL, July, 1977.

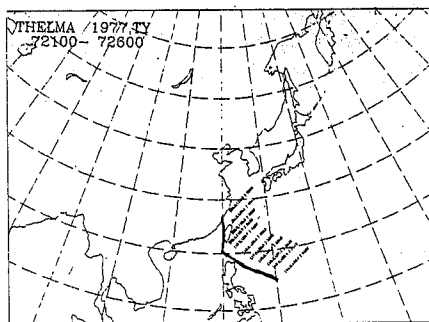


圖 31 (b) 賽格瑪颱風THELMA之最佳路徑圖 (Best Track)

Fig 31B: The best track of typhoon Thelma.

THE INFLUENCES OF 700-mb GEOPOTENTIAL FIELD ON THE TRACK OF TYPHOON IN THE NORTHWESTERN PACIFIC OCEAN

Tzyy-Yuh Maa
Graduate Institute of Geography
Chinese Culture University
Lie-Shieu Fang
Director of Computer Center
Central Weather Bureau

ABSTRACT

In this research we use the geostrophic equation to transfer wind field into geopotential field and to put these geopotential data into the equivalent barotropic model (Tsay, 1976). First of all, we try to identify the possibility by using the geopotential data of 700-mb as initial data in this model for the cases of 1987. Then we select 46 cases without the influences of Fujiwara effect from 1945 to 1978 and divide them into five categories according to the combined patterns of subtropical high and Eastern Asia trough. Each of these categories is tested by using geopotential data and evaluated by the best track of every typhoon to see how the tracks are influenced by the 700-mb geopotential field.

We also choose 7 typhoon cases of 1979 of FGGE level III data to verify the conclusions that we got from the above tests. By vector error and cross-track error, we find that using geopotential field as initial data is better than using wind field as initial data in the equivalent barotropic model, especially for the 36 hours to 48 hours forecast.

Key words: Geopotential field, the equivalent barotropic model, Fujiwara effect, Best track

瑞穗地區之地震定位探討研究

王錦華

中央研究院地球科學研究所及中央大學地球物理研究所

謝昭輝

詹軍威

李白華

中央大學地球物理研究所 中央氣象局地震測報中心 中央氣象局地震測報中心

摘 要

本文利用一九七三年到一九八九年的地震資料，研究台灣東部中段瑞穗地區之地震活動。結果顯示本地區之地震活動比它的北和南邊地區低。本地區之地震活動最深可達一百廿公里，台東縱谷以東海岸山脈以下四公里內的地層沒有顯著的地震活動。出現地震最大個數之深度在西邊（陸地）約為十一公里，而以東部份（主要為海域）又可分為兩種：淺部約為十五公里，而深部約為廿三公里。在本研究的時期內，地震活動在時間上可分為若干個時段，而 b 值的大小約為 1.23 ± 0.09 。

關鍵詞：地震活動， b 值。

一、前 言

一般認為台灣介於菲律賓海板塊和歐亞板塊之交衝地帶上，而台東縱谷可能為其縫合帶 (e.g. Seno, 1977; Tsai et al., 1977; Wu, 1978; Lin and Tsai, 1981; Tsai, 1986; Suppe, 1981)。此二板塊間劇烈之碰撞造成台灣地區頻繁之地震活動，而且以東部地區為甚 (Hsu, 1971; Wang et al., 1983; Wang, 1988)。瑞穗地區（約在北緯 23.10° 到 23.70° 間；本文中將稱之為本地區）為台東縱谷之中段，且在菲律賓海板塊開始隱沒的後方，在地震構造上有其特別意義。

過去本地區曾發生幾個規模較大的地震。民國四十年十一月廿五日發生在本區而靠近玉里之規模 7.3 的大地震曾造成四十公里長的地表斷層痕跡 (Hsu, 1962)。沿著這些地震斷層，海岸山脈相對於中央山脈左移逆衝滑動，最大水平位移為 163 公分，最大垂直位移為 130 公分，都落在瑞穗東北方。

民國六十一年四月廿四日在瑞穗發生了一規模 7.2 的地震，震央的位置為北緯 $23^\circ 30'$ 東經

$121^\circ 24'$ ，震源深度約為三公里。呂等人 (1976) 曾調查過此地震，主震伴隨著一系列的餘震，造成了五人死亡，十七人輕重傷，及房屋全倒 28 間，半倒 62 間，許多建築物損壞並發生山崩地裂。Chiang et al. (1986) 利用世界測震網之資料，根據聯合震源定位法，以主震為基準重定十二個較大餘震之震源，並求其等之初動解。重定位後之餘震的空間分佈成顯著的南北排列，並與台東縱谷之走向相同；主震和餘震之初動解顯示西北—東南走向之應力作用。

除了上述的地震個案分析外，本地區也有許多前人的研究成果。Yu and Tsai (1982) 利用五十二天微震調查的資料研究本地區之微震活動。結果顯示地震活動之不均勻性，主要的斷層面解為逆衝斷層型態。根據這些資料，Wang and Chin (1984a, b) 計算 b 值、地震個數與深度之分佈及帕依森值。詹 (1985) 利用中央氣象局的地震資料重定一九七二年四月廿四日瑞穗地震之前震、主震和餘震之位置，並求取幾個主要地震之初動解，並分析地震活動之時空分佈。余 (1986) 及 Yu and Lee (1986) 的大地測量結果顯示，本區之南端靠近玉里處的沿著西北—東南走向的水平地殼應變率

比花蓮（北方）和台東（南方）之應變率大。大地測量之垂直分量（Liu and Yu, 1990）顯示瑞穗地區之北和南的地區的地殼上升率比本區之上升率大。Chang and Hu (1981) 的布蓋重力異常圖顯示整個東部海岸山脈的重力梯度大，而且在本區有一區域性的高區。Lee and Chang (1986) 編制的地熱流量圖顯示，在瑞穗附近有一地熱流量大於 3 HFU 的高區。顏(1983)表示在瑞穗地區，已知的主要斷層有三條：台東縱谷斷層在始新世後之某時期，主要以正斷層形態活動；紅葉逆斷層隨後跟著活動；而瑞穗逆斷層可能在更新世才活動。

自從一九七二年瑞穗地震發生以來，本地區的地震活動似乎偏低，而且尚未發生規模大於 6 之地

震（Wang et al., 1986）。不論是爲了研究地體構造或探討未來發生大地震之可能性，本地區之地震活動都是值得分析。本研究著重在地震之空間分佈、地震次數之深度分佈、每月地震個數和累積個數、每月地震累積能量、及 b 值等項目上。主要的時間是在 1973 年到 1989 年，所考慮的地區爲圖一的虛線範圍內。

二、資 料

本研究所用的資料之主要來源有二：其一爲中央研究院地球科學研究所台灣遙記式地震觀測網（英文代號爲 TTSN）；其二爲中央氣象局地震觀測網（英文代號爲 CWBSN）。有關前者之描述可見 Wang (1989) 和 Yeh et al. (1989)；而有關後

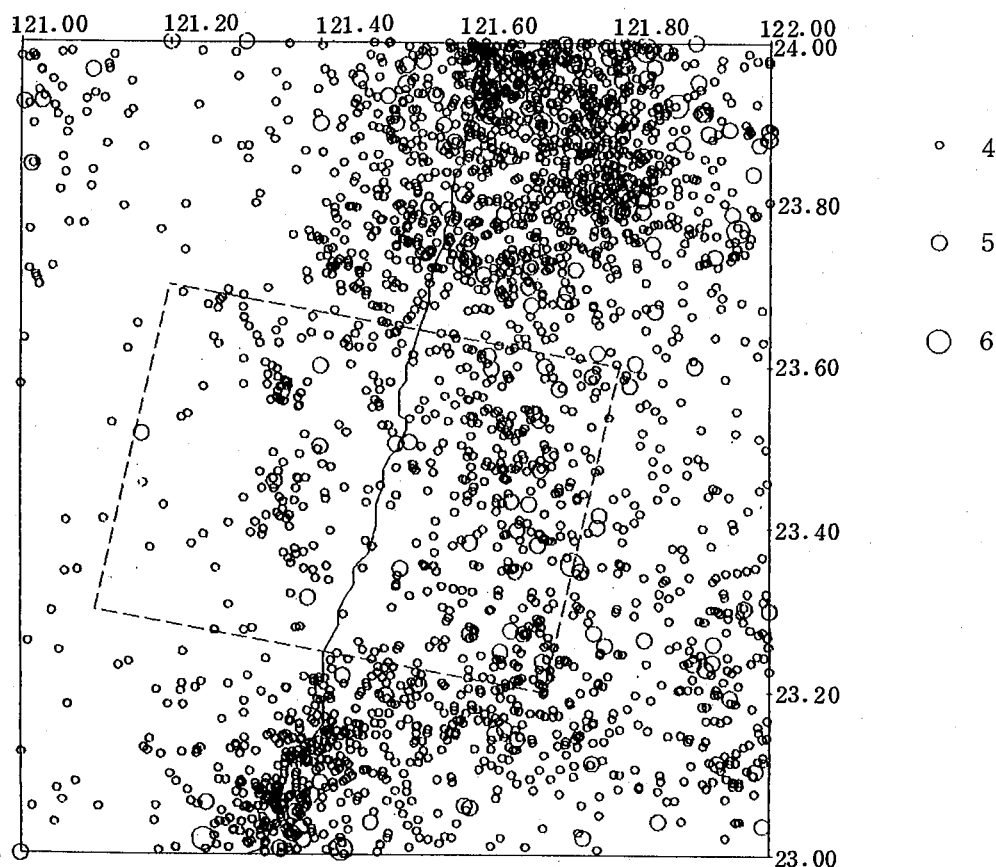


圖 1. 一九七三年到一九八九年期間發生於北緯 23° 到 24° 與東經 121° 之範圍內規模大於 4 之地震的震央分佈圖（規模的大小以不同尺寸之圓表示）。虛線的四方形爲本研究之區域。

Figure 1: Epicentral distribution of earthquakes ($M \geq 4$) in the area of latitude from 23°N to 24°N and longitude from 121°E to 122°E during 1973-1989. Events of different size are denoted by different circles. The rectangular area shown by dashed line is the studied area.

者之描述可見李 (1979,1988) 和 Yeh et al. (1989)。

三、結果與討論

以下將依地震之空間分佈、地震次數之深度分佈、每月地震個數及累積個數、每月累積地震能量、b 值等項目，分別敘述之。

1. 地震之空間分佈

圖一表示東部介於東經 121° 到 122° ，北緯 23° 到 24° 間，規模大於 4 之震央分佈圖。在圖的西部，相當於中央山脈部份，地震活動比較低，Wang et al, (1990) 認為是由於熱作用造成。在圖一之海岸線以外的東北部份，即花蓮附近，地震活動

度最高而且密集；本圖南邊的地區之地震活動度居次；而中段之地震活動度最低。此中段的部份在圖一中以虛線表示之，為本研究之主要區域。

圖一顯示，在研究區域內，海域比陸地之地震活動略高。為了探討震源在深度的分佈，我們繪製了兩張震源投影的剖面圖：一個剖面（見圖二）是沿著東偏南 20° 的方向，即約與台東縱谷垂直；另一個剖面（見圖三）則在北偏東 20° 度方向，約與台東縱谷平行。

圖二顯示大部份的地震發生在四十公里以內，最深的地震可達一百廿公里，但地震個數似乎隨深度增加而減少。圖中箭頭所指的部位大致就是台東縱谷及海岸線所在的位置。很明顯的，在縱谷以東，

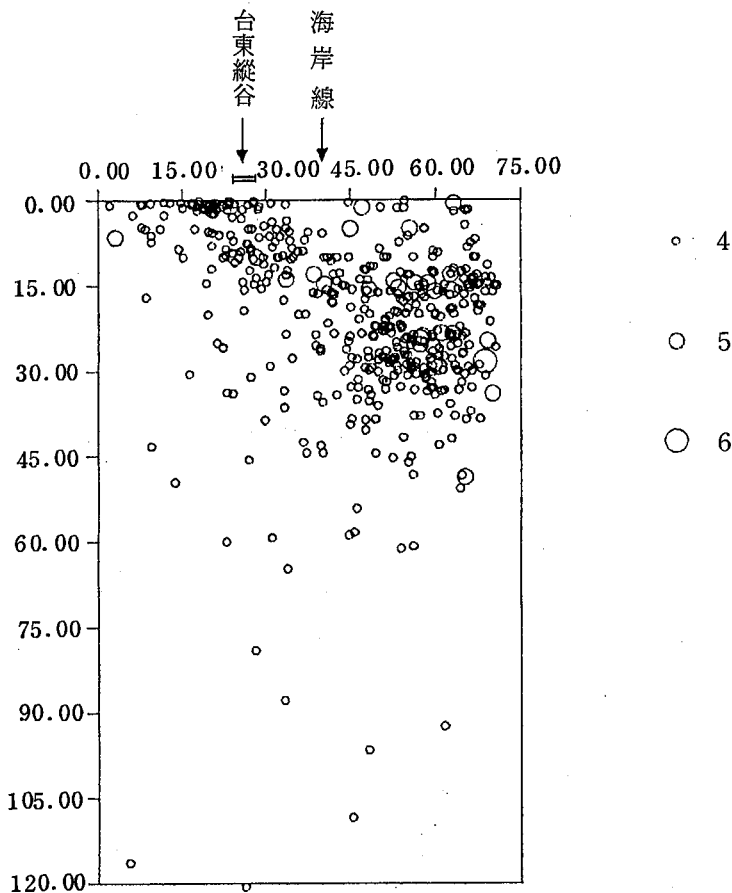


圖 2：圖 1 之虛線四方形範圍內之地震沿著台東縱谷約北偏東 20° 之剖面的投影圖（箭頭顯示台東縱谷及海岸線之位置）

Figure 2: The hypocentral profile of events in the studied area (denoted by dashed line in Figure 1) along the Taitung Longitudinal Valley (TLV) (about $N20^{\circ}E$). (Arrows show the position of the T.L.V. and the coast line separately)

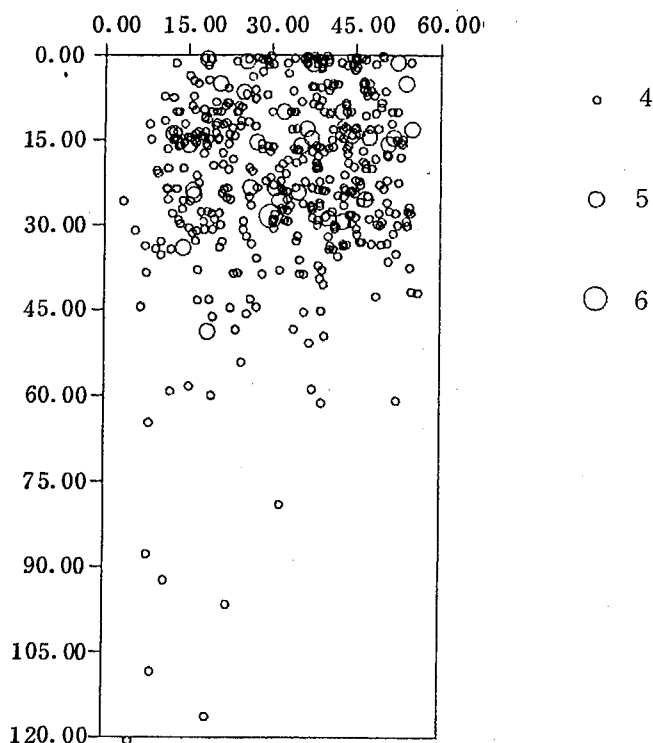


圖3：圖1之虛線四方形範圍內之地震垂直台東縱谷約東偏南 20° 之剖面投影圖。

Figure 3.: The hypocentral profile of events in the studied area (denoted by dashed line in Figure 1) along the direction perpendicular to the Taitung Longitudinal Valley (about $S70^{\circ}E$).

海岸山脈以下五公里內的地層內，幾乎沒有偵查到地震活動。東邊海域部份和西邊陸地部份，出現兩個地震活動密集帶；東帶的平均震源深度（約達三十公里）較西帶的震源深度（約達十五公里）大。這點與 Yu and Tsai (1982) 和 Wang and Chin (1984) 由微震活動所得的結論相似。由圖二亦可看到，規模大於 5 的地震主要是落在三十公里的深度內。

由圖三顯示主要的地震活動是在四十公里的深度內。在此深度的範圍內，北邊（即圖中之右邊）的震源分佈較均勻；而南邊（即圖中之左邊）的震源則主要落在廿公里內。此外，北邊的地震活動在深度六十公里以下幾乎不存在，而南邊則達一百廿公里。

2. 地震個數之深度分佈

圖四為研究區域內每二公里內規模大於 4 之地震個數。在淺部的二公里內地震個數大於四十個；

在二到四公里的深度內，地震個數下降到十個。當深度加深後，地震個數又增加，而在十四到十六公里的深度達到第二高點，而後又急促下降，然後再上升，在廿二到廿四公里的深度達到第三高點之後，地震個數就隨著深度減少。與圖二比較可知，零到十二公里內的地震主要發生在陸地，而十二到三十二公里的地震則主要在海域。前述之淺部兩公里內的地震主要發生在陸地上，而極少在海域。海域所定的在二公里內之地震可能有問題。在地震定位時，我們將海洋水層當作陸層。台灣東部外海之水深約二公里，而且 P 波速很小，因此海域淺於二公里的地震，可能是較外海而深度小的地震由於被換以較高速的 P 波而拉的近陸地。這個問題對外海較深的地震可能不嚴重，因為波的路徑大部份在岩石圈內。

前面提到發生於陸上而深度小於二公里的地震成因尚不清楚，可能是由於定位不當所造成。這些

地震的規模較小，能記錄到這些地震的站數通常較少，而且主要是位在震央附近，因此會有定位上的問題，因此，在本節而後的討論中暫時不加以考慮。

由圖二與圖四，在十八到廿二公里內之地震活動主要是發生在海域。由圖二可知在此深度範圍內，海域的地震密集帶約可分為兩群；上群的地震之最大地震個數的深度約在十四到十六公里間，而下群則在廿二到廿四公里間。這具有雙頂點的現象與陸地部份不相同，陸地的最大地震個數之深度約在十到十二公里間，然後個數隨深度減小，而不出現第二個峰值。Wang et al.(1990) 也有相同的觀測結果。

對於震源深度介於二公里到五十公里的地震，地震個數隨深度的變化，似乎可由 Sibson(1986) 的 FR/QP 轉變模型來解釋。該模型可由圖五表示，並簡述如下。圖五之橫軸表示岩石的抗切應

力之強度，而縱軸表示深度。岩石的強度隨深度增加，到了某一深度時則達一最大值，大於此深度後岩石強度隨深度減小。這種岩石強度隨深度變化與溫度、壓力、岩石種類、組成、上地涵的應變率等因素有關係。上述之最大強度的深度會隨這些因素改變。從地表到這特別深度，岩石是以碎性且受制於摩擦定律的方式破裂，因此稱為摩擦破裂 (Frictional Rupture, 簡稱 FR)；而在此深度以下，則以展延性或準塑性方式變形 (Quasi-plastic Deformation, 簡稱 QP)。由 FR 轉變到 QP 深度，或為最大強度的深度，Sibson(1986) 稱之為 FR/QP 轉變深度，並認為它相當於最大地震個數的深度。

如果利用此模型，我們對於圖四似乎可以有如下的看法。在本研究地區之陸地部份，FR/QP 轉變深度大約在十一公里，而海域部份則在十五公里。他們之間有一約三公里的差異，這可能與地殼

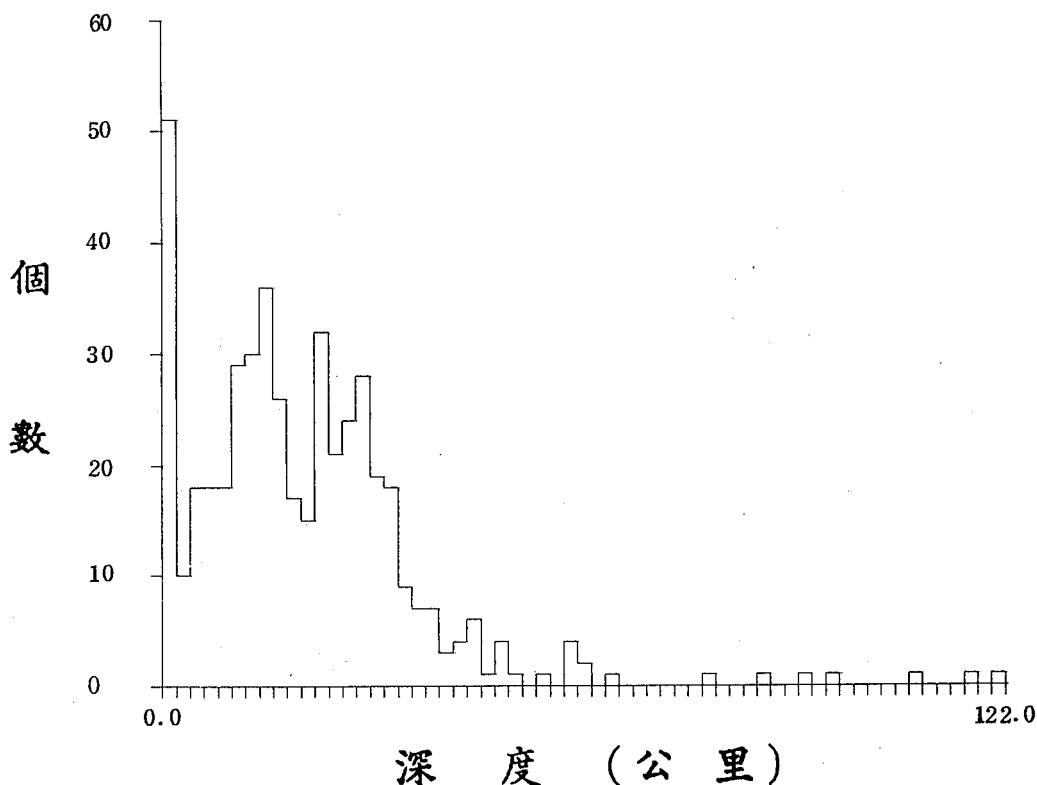


圖 4：研究區域內之地震個數之深度分佈圖（深度之單位為 2 公里）。

Figure 4: The depth distribution of earthquakes in the studied area. The unit of depth is 2 km.

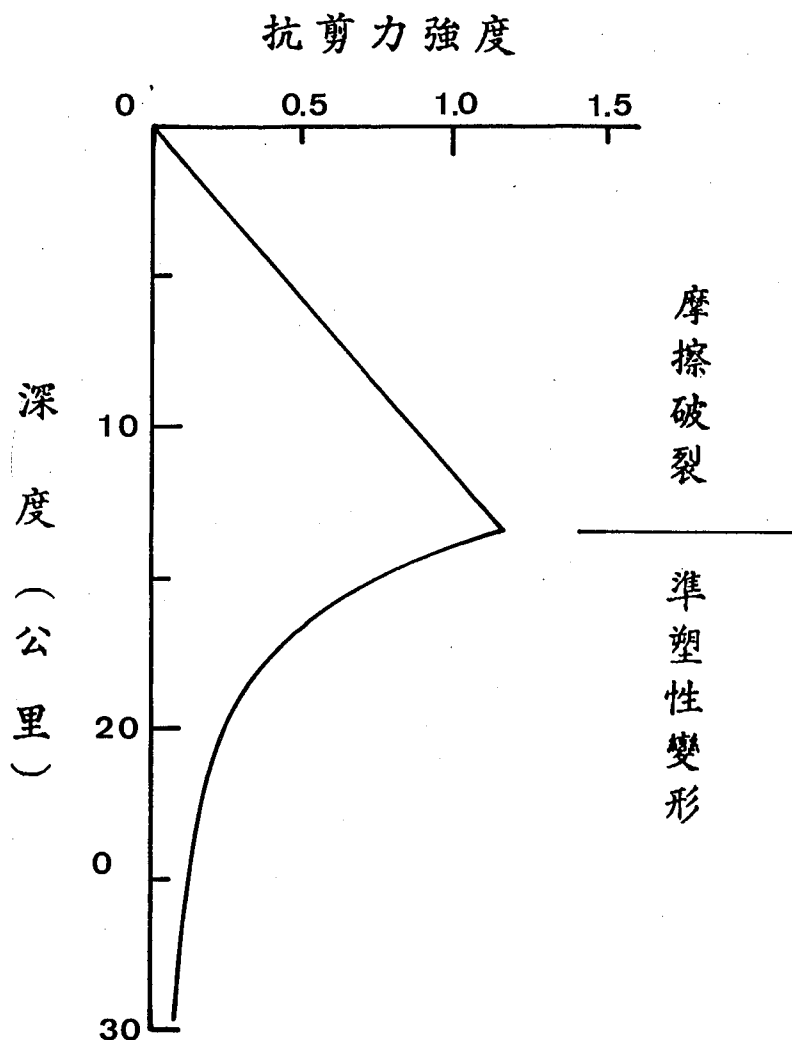


圖 5：岩石抗剪力強度（橫軸）隨深度（縱軸）變化之示意圖。

Figure 5: A schematic diagram to show the depth distribution of rock shear strength.

本身的性質之不同或定位誤差所造成，確實的原因目前不確定。不論如何，在本地區的地殼部份，岩石之強度隨深度增加，到了十一至十五公里的深度範圍達到最高值，然後就下降，這種變化是台灣大部份地區之共同現象，Wang et al. (1990)，認為可能主要是由於溫度效應造成。然而在深度約廿一公里左右的海域地區也出現地震個數多的情形，就不容易由本模型解釋。定位之不準確性當然是一個可能原因，但有一個因素是不能忽視的。為了解釋發生於上部地函中之地震，Chen and Molnar (1983)認為橄欖岩扮演了重要角色。橄欖岩

在達攝氏五百度以上的高溫狀態，仍然有大的強度，可以產生摩擦性破裂。根據Wang and Chen (1988)的研究，本區外海的地殼厚度可能在二十公里以內，因此這多地震個數的深度會在地函內之上部。一個可能的猜測是在本區外海的地函之上部存在有大量的橄欖岩或其他在高溫仍有高強度的物質。

3.每月地震個數和累積個數

一九七三到一九八九的十七年間的每月地震個數繪於圖六中。由這張圖，我們似乎可以將這十七年分成三個時期：第一期由一九七三到一九七五，

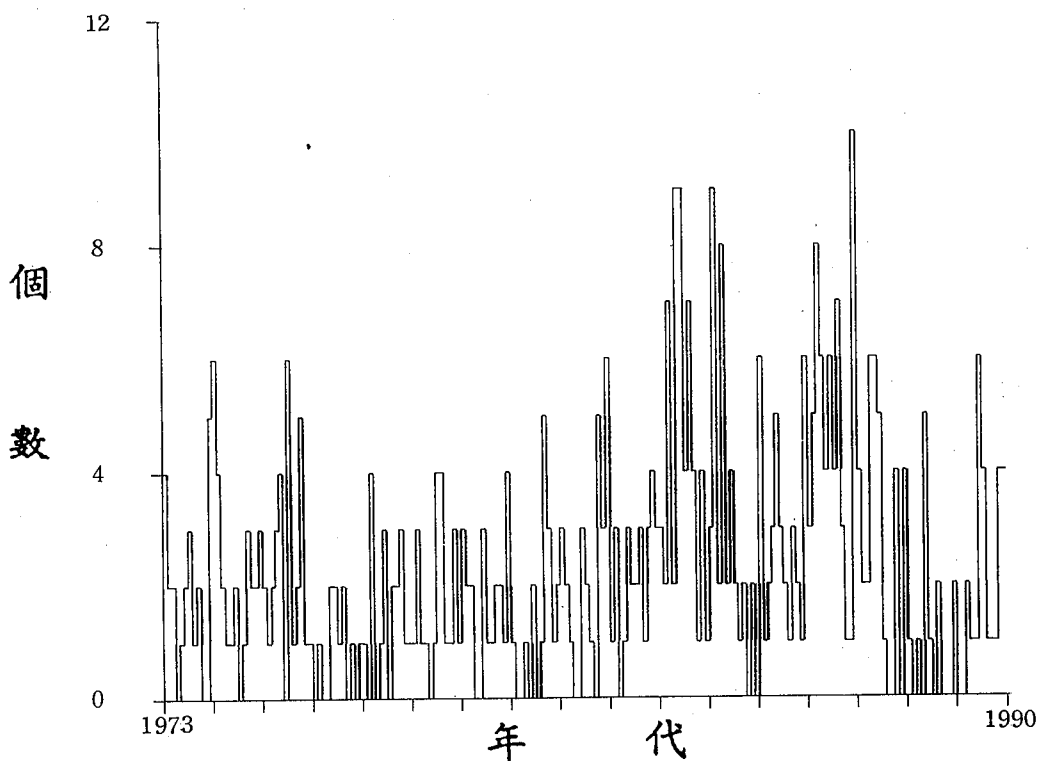


圖 6：研究區域內自一九七三到一九八九年每月地震個數之時間序列。

Figure 6: Temporal sequence of monthly frequency of events during 1973 to 1989.

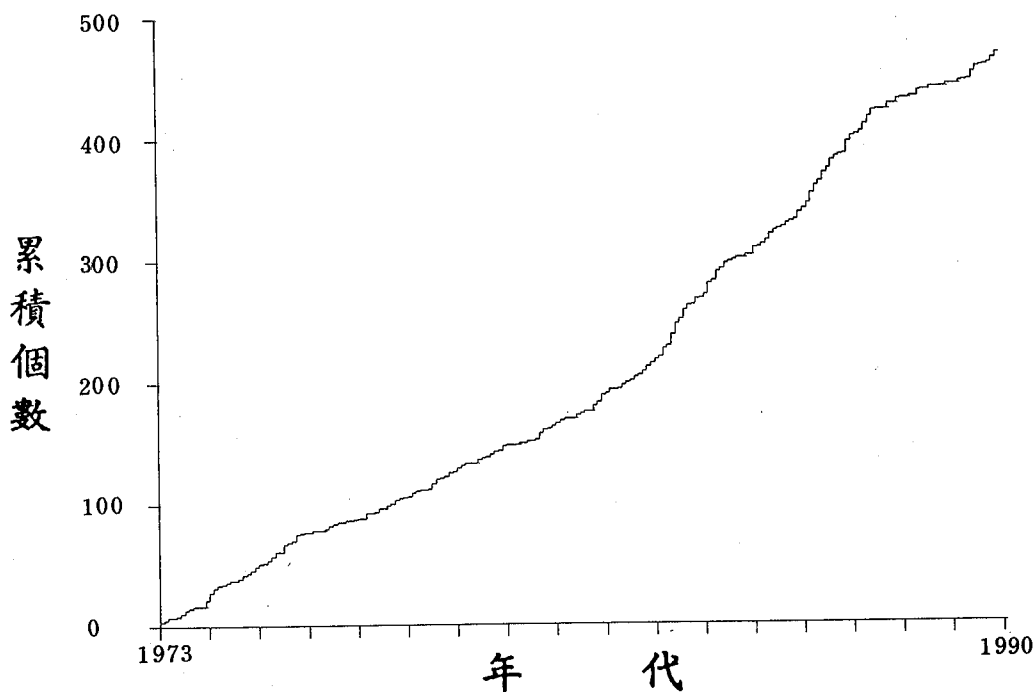


圖 7：研究區域內自一九七三到一九八九年每月累積地震個數之時間序列。

Figure 7: Temporal sequence of monthly cumulative frequency of events during 1973 to 1989.

第二期由一九七六到一九七九，第三期由一九八〇到一九八九。第一期的每月平均地震個數約 3 個。在一九七二年四月二日發生了一個 $M_s=7.2$ 的大地震，第一期的地震活動可能仍保有該大地震之些許的餘震活動。因為 T T S N 於一九七三年才開始運作，而一九七二年以前僅有 CWBSN 之舊系統，該系統主要能偵測規模大於 4.5 的地震，使我們無法完全判定上述的猜測。第二期的地震活動的每月個數約 2 個，這可能是該地區之正常狀態。在第三期地震活動變得活躍起來，而在一九八七年初達到最高峰，然後又衰減下去。

圖七表示每月之地震累積個數。略不同於圖六，圖七顯示了四個不同累積率的時段：一九七三到一九七五為第一段，一九七六到一九八〇為第二段，一九八一到一九八六為第三段，一九八七之後為第四段。在這四段中以第三段的累積率為最高，第一段居次，第二和第四段大致相同。圖七似乎暗示較活躍期與較不活躍期交替出現，這對長期的地震活動可提供一項有意義的指標。

4. 每月累積地震能量

地震波能量之時間變化亦顯示地震活動之力學意義。對本研究地區，我們將 M_D (總振動規模)依

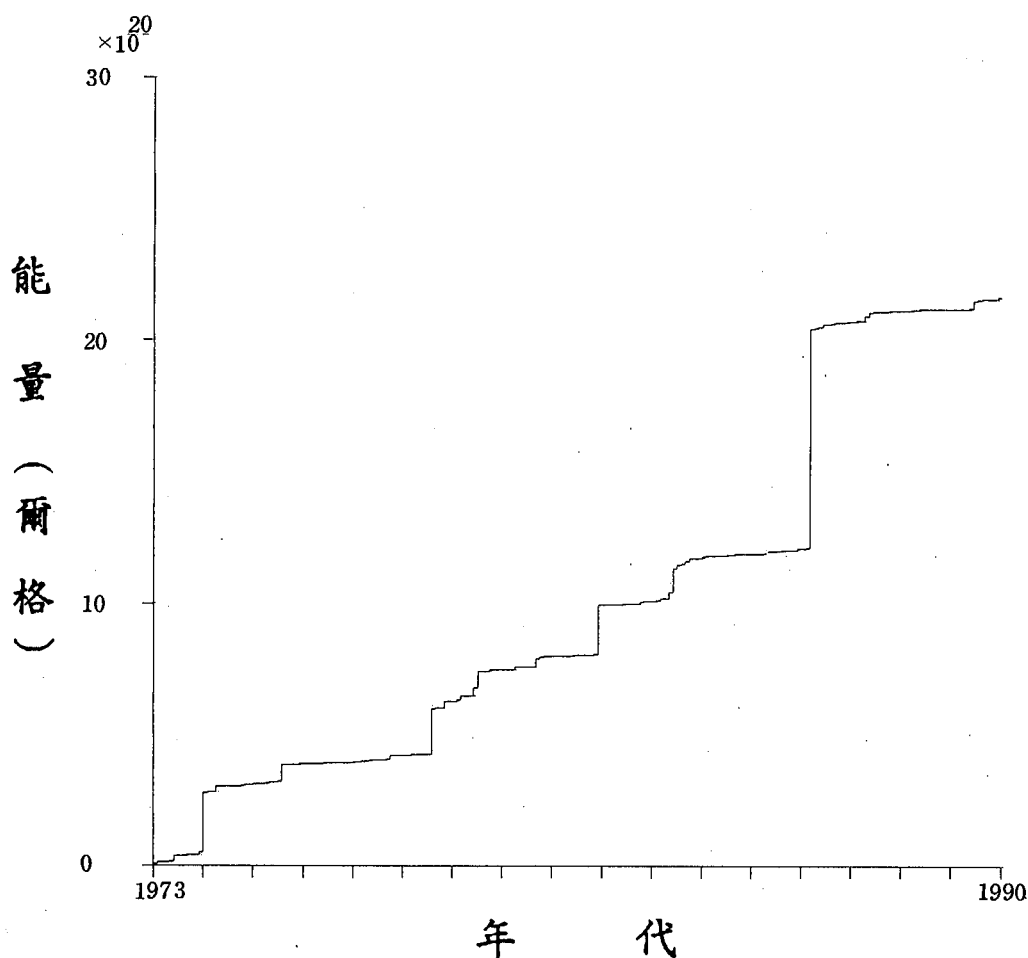


圖 8：研究區域內自一九七三到一九八九年每月累積地震波能量之時間序列。

Figure 8.: Temporal variation of cumulative seismic-wave energy during 1973 to 1989.

據葉與徐 (1985) 的關係式：

$$M_L = 1.04 + 0.94M_D \pm 0.28, \quad (1)$$

轉變成 M_L 。再利用 Richter (1958) 書中之公式

$$\log E = 9.9 + 1.9M_L - 0.024M_L^2 \quad (2)$$

計算出地震能量。然後再將每月地震能量加成果積能量。

圖八表示一九七三年到一九八九年間之累積地震能量。因為每個地區的地震均有其釋放能量的特性，依據(2)式來計算本地區的地震能量，僅能顯示相對而非絕對的特性。在一九七四、一九七八、一九八一和一九八六等四年有較大的變化值，而以一九八六年的值為最大。與圖七比較，雖然每月累積

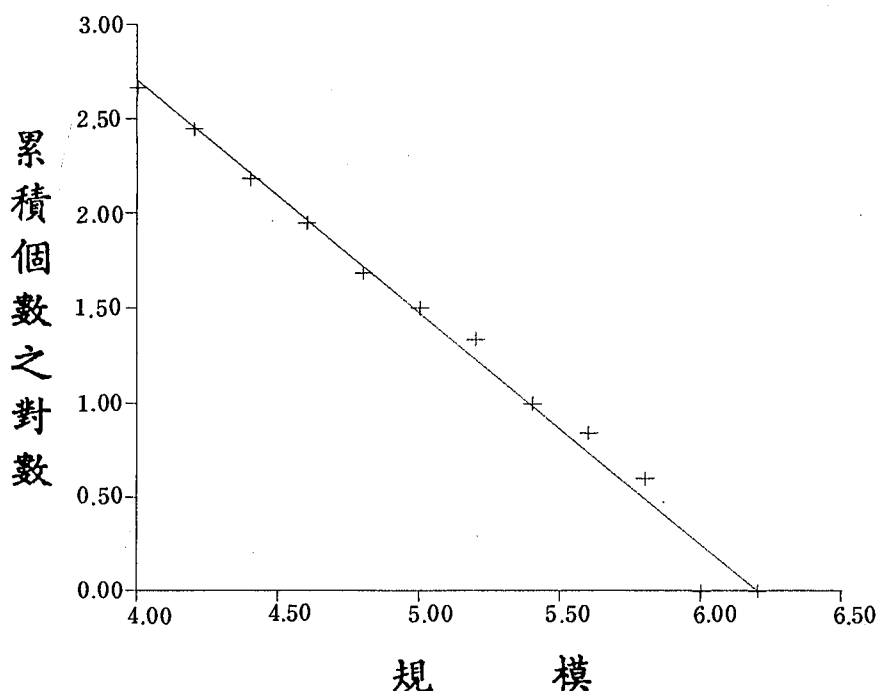


圖 9：累積地震個數 N 之對數值（縱軸）與地震規模之分佈圖（以“+”字表示）。直線為最小平方乘迴歸線（其斜率為 1.23 ± 0.09 ）。

Figure 9: Data points of $\log N$ vs. M (denoted by symbol “+”) and the related linear regression line with slope of 1.23 ± 0.09 .

地震個數的成長率可分為四個時段，但能量的釋放則略有不同；在一九七四年到一九八六年間，地震能量的釋放似乎相當穩定。在這十七年間規模大於 4 的地震所釋放的能量總和約為 2.0×10^{21} 爾格，約略相當於一個 $M_s = 6.3$ 或 $m_b = 6.5$ 的中規模地震。換言之，自從一九七二年四月廿四日發生 $M_s = 7.2$ 的地震以來，本地區一直十分安靜，然而這安靜期將持續多少時間，則無法確定。

5. b 值

圖九表示地震個數之對數與規模之關係，也就是 Gutenberg Richter 的關係： $\log N = a -$

bM (Gutenberg and Richter, 1935)。 M 表示地震之規模，而 $N(M)$ 為規模大於 M 之所有地震的累積個數。將規模大於 4 之 $\log N$ 對 M 的值繪於圖九，而以“+”字表示之。由圖九可知這些點近似於一線性分佈。利用線性迴歸法，可求得 b 值之大小為 1.23 ± 0.09 。

四、結 論

根據前面的說明，我們可以得到幾項結論：

1. 在台灣東部，瑞穗地區比它的北部和南部有較小的地震活動。

2. 瑞穗地區的地震活動最深可達一百二十公里。
3. 在台東縱谷以東，海岸山脈以下約四公里範圍內的地層地震活動十分低。
4. 海岸線以東海域的最大地震個數的深度與以西陸地者不同，陸地約為十一公里，而海域有二：一為十五公里，而另一為廿三公里。陸地和海域淺於廿公里之地震個數與深度分佈可由 Sibson 的 FR/QP 轉變模型 (Sibson, 1986) 說明之。但是海域在廿公里以下的地震活動已在地涵之上部，可能是大量橄欖岩之存在而造成。然而深度大於五十公里以上的地震之成因，則有待進一步的探討。
5. 每月地震個數的時間序列圖顯示有三時期的地震活動：(1)一九七三到一九七五、(2)一九七六到一九七九、(3)一九八〇到一九八九。這三期中以第三期的地震活動最高，第一期次之，而第二期最低。每月累積地震個數之時間序列則顯示四個不同累積率之時段：(1)一九七三到一九七五、(2)一九七六到一九八〇、(3)一九八一到一九八六、(4)一九八七到一九八九。這四時段中，以第三段的累積率最大，第一段次之，第二和第四段大致相同且最小。
6. 每月累積地震能量時間序列圖顯示在一九七四、一九七八、一九八一和一九八六等四年，本地區地震活動釋放的能量較多，且以一九八六年為最大。
7. 本地區在一九七三到一九八九年間地震活動之 b 值為 1.23 ± 0.09 。

五、誌 謝

本研究是中央氣象局提供經費（編號 CWB-G7904），於此表示謝意。中央研究院地球科學研究所及中央氣象局的兩個測震網的工作人員長期辛苦收集資料，本研究才能進行，萬分感激。

六、參考文獻

- 余水倍，1986：台東縱谷南段之快速地殼變動，台灣地區第一屆地球物理研討會論文彙論，429-440 頁。
- 余水倍和蔡義平，1981：台灣東部瑞穗安通地區微震之研究，中央研究院地球科學研究所報告

，共67頁。

- 呂新民、徐友鎔、施南，1976：花蓮縣瑞穗強震調查報告，中央氣象局研究報告，共82頁。
- 李白華，1979：地震測報手冊，中央氣象局，共191頁。
- 李白華，1988：中央氣象局地震觀測業務之現況與展望，第二屆台灣地區地球物理研討會論文集，196-202。
- 徐明同，1980：台灣地震目錄（自公元1644年至1979年），台灣大學地震工程研究中心報告，共77頁。
- 葉永田、徐碧霞，1985：西元1644年至1984年台灣地區強震目錄，中央研究院地球科學研究所未發表報告。
- 詹軍威，1985：1972年4月24日花蓮瑞穗地震系列之研究，台灣大學海洋研究所碩士論文，共92頁。
- Chang, S.S.L. and C.C.Hu, 1981: Gravity and magnetic anomalies of Taiwan and their tectonic implication, Mem. Geol. Soc. China, 4, 121-142.
- Chen, W.P. and P. Molnar, 1983: Focal depths of intracontinental and intraplate earthquakes and their implications for the thermal and mechanical properties of the lithosphere, J. Geophys. Res., 88, 4183-4214.
- Chiang, S.T., Y.B. Tsai, and J.H. Wang, 1986: Relocation of main aftershocks of April 24, 1972 Juisui earthquake, Proc. Taiwan Symp. Geophys., 61-74.
- Hsu, M.T., 1971: Seismicity of Taiwan and some related problems, Bull. Inter. Inst. Seism. Earthq. Eng., 8, 41-160.
- Hsu, T.L., 1962: Recent faulting in the Longitudinal Valley of eastern Taiwan, Mem. Geol. Soc. Chian, 1, 95-102.
- Lin, M.T. and Y. B. Tsai, 1981: Seis-

- motectonics in Taiwan Luzon area, Bull. Inst. Earth Sci., Acad. Sin., 1, 51-81.
- Liu, C.C. and S.B. Yu, 1990: Vertical crustal movements in eastern Taiwan and its tectonic implications, Tectonophys. (accepted).
- Richter, C.F., 1958: Elementary Seismology, 768pp.
- Seno, T., 1977: The instantaneous rotation vector of the Philippine Sea plate relative to the Eurasian plate, Tectonophys., 42, 209-226.
- Sibson, R.H., 1982: Fault zone models, heat flow, and the depth distribution of earthquakes in the continental crust of the United States, Bull. Seism. Soc. Am., 72, 15-163.
- Sibson, R.H., 1986: Earthquakes and rock deformation in crustal faulting zones, Ann. Rev. Earth Planet. Sci., 14, 149-175.
- Supper, J., 1981: Mechanics of mountain building and metamorphism in Taiwan, Mem. Geol. Soc. China, 4, 67-90.
- Tsai, Y.B., 1986: Seismotectonics of Taiwan, Tectonophys., 17-37.
- Tsai, Y.B., Z.S. Liaw, T.Q. Lee, M.T. Lee and Y.H. Yeh, 1977: Seismological evidence of an active plate boundary in the Taiwan area, Mem. Geol. Soc. China, 4, 143-154.
- Wang, J.H., 1988: b values of shallow earthquakes in Taiwan, Bull. Seism. Soc. Am., 78, 1243-1254.
- Wang, J.H., 1989: The Taiwan Telemetered Seismographic Network, Phys. Earth Planet. Inter., 58, 9-18.
- Wang, J.H. and K.C. Chen, 1986: Seismicity in the Juisui area, eastern Taiwan Since 1973. (Abst.), Handbook Ann. Meeting Geol. Soc. China, 28.
- Wang, J.H. and B.H. Chin, 1984a: Some aspects of microseismicity in the middle part of Taitung Longitudinal Valley and its vicinity, Bull. Geophys., NCU, 25, 1-11.
- Wang, J.H. and B.H. Chin, 1984b: Note on Poisson ratios of subsurface rocks in the middle part of the Taitung Longitudinal Valley, Taiwan, Petrol. Geol. Taiwan, 20, 173-179.
- Wang, J.H. and K.C. Chen, F.T. Wu, S.T. Chiang and T.Q. Lee, 1990: Depth of seismicity of the orogenic belt in Taiwan, Pure Appl. Geophys. (submitted).
- Wang, J.H., Y.B. Tsai and K.C. Chen, 1983: Some aspects of seismicity in Taiwan region, Bull. Inst. Earth Sci., Acad. Sin., ROC, 3, 87-104.
- Wang, C.Y. and C.H. Chen, 1988: A study of the crustal structure in the eastern Taiwan using ray tracing method, Proc. Second. Taiwan Symp. Geophys., 165-175.
- Wu, F.T., 1978: Recent tectonics of Taiwan, Jour. Phys. Earth, 26, Suppl. S265-S299.
- Yeh, Y.T., C.C. Liu and J.H. Wang, 1989: Seismic networks in Taiwan, Proc. Natl. Sci. Council, Part A: Phys. Sci., 13, 23-31.
- Yu, S.B. and C. Lee, 1986: Geodetic measurement of horizontal crustal deformation in eastern Taiwan, Tectonophys. 125, 73-85.
- Yu, S.B. and Y.B. Tsai, 1982: A Study

of microseismicity and crustal deformation of the Kuang Fu-Fuli area in eastern Taiwan, Bull. Inst, Earth Sci., Acad. Sin., ROC, 2, 1-17.

Seismicity in the Juisui area of eastern Taiwan

Wang, J.H. Institute of Earth Sciences,

Academia Sinica and Institute of Geophysics, National Central University.

Hsieh, C.H. Institute of Geophysics, National Central University.

Chan, C.W. Central Weather Bureau.

Lee, P.H. Central Weather Bureau.

Abstract

In this work, some aspects of seismicity of the Juisui area in the middle

part of eastern Taiwan are studied. Results show that seismicity is lower in this area than its northern and southern neighbours. The maximum depth of events located in this area is about 120 km. Seismicity in the depth range down to 4 km underneath the Coastal Range which lies in the eastern side of the Taitung Longitudinal Valley is very low, the depth of the peak number of events in its western side (i.e. on the land) is about 11 km; while those in its eastern side (mainly below the ocean) are 15 km for shallow events and 23 km for the deeper ones. During the studied period, temporal variation of seismicity can be divided into several intervals. The b value is about 1.23 ± 0.09 .

Keywords: Seismicity, b value

SEISMICITY IN THE JUISUI AREA OF EASTERN TAIWAN

Wang, J. H.

Institute of Earth Sciences,
Academia Sinica and Institute of Geophysics,
National Central University.

Hsieh, C. H.

Institute of Geophysics,
National Central University

Chan, C. W.

Central Weather Bureau.

Lee, P. H.

Central Weather Bureau.

ABSTRACT

In this paper some aspects of seismicity of the Juisui area in the middle part of eastern Taiwan are studied. Results show that seismicity is lower in this area than in its northern and southern neighbours. The maximum depth of events located in this area is about 120 km. Seismicity in the depth range down to 4 km underneath the Taitung Longitudinal Valley is very low. The depth of the peak number of events in its western side (i.e. on the land) is about 11 km, while those in its eastern side (mainly below the ocean) are 15 km for shallow events and 23 km for the deeper ones. During the study period, temporal variation of seismicity can be divided into several intervals. The b value is about 1.23 ± 0.09 .

中央氣象局中尺度預報系統介紹及初步校驗

李尚武 陳慧貞 陳雯美

中央氣象局資訊中心

摘 要

中央氣象局中尺度預報系統(CWBMFS)為一個12層流體靜力原始方程模式。網格點之水平配置採用ARAKAWA-C網格。網格大小在x、y方向均為45公里。模式以台灣為中心涵蓋4500km×3600km範圍。模式之物理過程包括輻射、積雲及邊界層等物理參數化。

初步校驗採用模式正式作業後三個月(1990年1至3月)之每日作業資料。個案比較則於此資料期間選擇有代表性之天氣各一個。個案比較之結果顯示模式對台灣地區之中尺度現象有掌握能力。地面氣壓及850mb高度誤差有隨時間增加的情形。850mb溫度誤差則有海陸之差異。

關鍵詞：數值天氣預報、中尺度模式

一、前 言

中央氣象局發展中尺度預報系統具有2個目的：一為預測台灣附近地區由大尺度環流與地形交互作用所產生的中尺度現象；另一則為做為未來研究發展用之中尺度模式的基礎。本系統於民國七十九年元月一日正式上線作業，目前每天2次提供本局預報中心36小時的預測圖，做為該中心從事短期預報的參考指引。

二、系統內容

(一)範圍與網格

本預報系統所涵蓋範圍如圖一，包括華中、華南、台灣及部分西太平洋(亦即約為東經100度至145度、北緯10度至40度)。網格座標採直角網格，網格間距為45公里。

(二)輸入

本系統首先輸入分析場及側邊界條件。因為目前觀測資料密度過疏，不適於中尺度預報系統進行客觀分析，故本系統並不做客觀分析；而是直接讀進其他

較大範圍之模式(全球預報系統或區域預報系統)的分析場經內插後做為本系統的分析場。經過許多個案測試的結果顯示中尺度預報系統若由區域預報系統提供側邊界條件將可獲得比由全球預報系統提供側邊界條件更好的預報結果，因此本系統目前的側邊界條件是由區域預報系統提供，每2小時經由 σ 座標進入；當區域預報系統無法正常供應時，本系統亦可由全球預報系統取得側邊界條件，唯其更換頻率為每12小時一次，且由P座標進入。

除分析場與側邊界條件外，本系統尚需讀入一些氣候值例如：海溫、地表溼度、地表粗糙度、深土溫度、反照率等

(三)初始化

中尺度預報系統的初始化方法有數種選擇：

1. 去除分析場的輻散風。
2. 去除外重力波。
3. 滿足非線性平衡方程式。

(四)地形處理

以美國海軍之每10分一個地形高度值的資料為基底用包絡法(envelope)求取(Wallace *et. al.*, 1983)本系統所用之標準差為0.5倍。

(五)預報模式

本系統之預報模式採通量形式的原始方程組，網格配置為Arakawa-C 網格，垂直座標則為 σ 座標。模式詳細內容如下：

1. 控制方程

$$\sigma = \frac{p}{p_s} \quad (\pi : \text{地面氣壓})$$

(1)動量方程

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\pi u)}{\partial t} = & - \frac{\partial(\pi uu)}{\partial x} - \frac{\partial(\pi uv)}{\partial y} - \frac{\partial(\pi u \dot{\sigma})}{\partial \sigma} \\ & + f \pi v - RT \frac{\partial \pi}{\partial x} - \pi \frac{\partial \phi}{\partial x} + \pi F_u \\ & + \pi K_H \nabla_\sigma^2 (\nabla_\sigma^2 u) \\ \frac{\partial(\pi v)}{\partial t} = & - \frac{\partial(\pi uv)}{\partial x} - \frac{\partial(\pi vv)}{\partial y} - \frac{\partial(\pi v \dot{\sigma})}{\partial \sigma} \\ & - f \pi u - RT \frac{\partial \pi}{\partial y} - \pi \frac{\partial \phi}{\partial y} + \pi F_v \\ & + \pi K_H \nabla_\sigma^2 (\nabla_\sigma^2 v) \end{aligned}$$

(2)靜力方程

$$\phi - \phi_s = -RT \ln \sigma \quad (\phi_s : \text{地形之重力位})$$

(3)連續方程

$$\frac{\partial(\pi \dot{\sigma})}{\partial \sigma} = \int_0^1 \nabla_\sigma (\pi v^2) d\sigma - \nabla_\sigma (\pi v)$$

(4)熱力方程

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\pi T)}{\partial t} = & - \frac{\partial(\pi uT)}{\partial x} - \frac{\partial(\pi vT)}{\partial y} - \frac{\partial(\pi \sigma T)}{\partial \sigma} + \frac{RT \pi \sigma}{C_p} \\ & + \frac{RT}{C_p} (\nabla \cdot \nabla \pi) - \frac{RT}{C_p} \int_0^1 \nabla \cdot \pi \nabla d\sigma + \\ & \pi K_H \nabla_\sigma^2 [\nabla_\sigma^2 (T - T_{\text{stand}})] + \frac{\pi Q}{C_p} \end{aligned}$$

(5)地面氣壓變化方程

$$-\frac{\partial \pi}{\partial t} = - \int_0^1 \nabla_\sigma \cdot (\pi v) d\sigma$$

(6)水汽方程

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\pi q)}{\partial t} = & - \frac{\partial(\pi uq)}{\partial x} - \frac{\partial(\pi vq)}{\partial y} - \frac{\partial(\pi \dot{\sigma} q)}{\partial \sigma} \\ & + \pi Q_m + \pi K_H \nabla_\sigma^2 [\nabla_\sigma^2 (q - q_{\text{stand}}^*)] \end{aligned}$$

2. 時間積分

時間積分採Madala(1981)的分離式顯積分方法(split-explicit)其基本精神為速度較慢之波動以較大的時間間距積分，速度較快的波動則採用較小的時間間距；其方法則是先以較大之時間間距積分各項，再對與重力波有關之輻散項及氣壓梯度項用較小的時間間距計算修正項，併進行修正，如此可節省許多計算時間。本系統所用之時間間距為120秒，對最快之3個重力波計算修正項所用之時間間距分別為120/8 秒、120/8秒、120/4秒。

時間差分法採跳蛙式(leap-frog scheme)。

3. 空間差分

空間差分採中差法，且用4階之水平平流項積分。

4. 水平擴散

採用4階的水平擴散。由於擴散處理是在 σ 座標上進行，為避免在地形陡峭處，垂直梯度會影響水平梯度，故溫度及溼度分別是對 $T' = T - T_{\text{stand}}$ ，及 $Q' = Q - Q_{\text{stand}}$ 進行擴散處理，其中 T_{stand} 為當點之標準大氣的溫度， Q_{stand} 則為 T_{stand} 的飽和混合比。

5. 側邊界處理

採用Perkey和Krietzberg(1976)的趨勢法(tendency)，用模式最外5層的資料以算術遞減的權重和區域預報系統或全球預報系統所提供的側邊條件混合。

6. 行星邊界層之參數化(PBL parameterization)用deardorff(1972)的Bulk方法處理之。

7. 降水

模式降水包括大尺度降水及積雲降水。積雲參數化法是採修改過的郭氏參數化法(1965)。

8. 輻射參數化

分別採用Sasamori(1969)的長波輻射及Katayama(1974)的短波輻射參數化法。

由於輻射參數化計算極為耗時，故目前本系統是每8個時間間距才計算一次由輻射所造成氣溫變化率及地表溫度變化率，而在這8次積分中則採相同的變化率來計算氣溫及地表溫度。

9. 地表溫度

地表溫度是用Blackadar (1977)的能量平衡法來預報。

10. 輸出

本系統可輸出海平面之氣壓、溫度、風場及各標準層之高度、溫度、風場、水汽壓、相對溼度、相對渦度、垂直速度、輻散場及降水等。為配合本局預報中心之需求，本系統目前每日固定提供之預報場分別為：海平面氣壓及氣流場，850 毫巴之高度、溫度、風場及相對渦度，700 毫巴之相對溼度及垂直速度以及500毫巴之高度、相對渦度場。

11. 資源需求

中尺度預報系統在CDC CYBER 205 上預報36小時需耗之CPU大約為20分鐘。

整個模式內容之概述列表一。

三、模式校驗及統計

(一) 資料期間

CWBMFS自1990年1月正式上線作業，每天0000Z及1200Z分別做12、24及36 小時預報。為了瞭解模式的特性並提供預報人員參考，我們選取今年(1990年) 1月至3月每日作業之地面氣壓及850毫巴之高度與溫度場做為初步校驗的期間。校驗所使用的分析場則採取現行作業中的初始場，亦即地面氣壓由全球模式的分析場而850 毫巴之氣壓及溫度由區域模式之分析場內插而得。

(二) 客觀計分法及結果

校驗所使用的客觀計分法有平均誤差 (Mean Error)，標準偏差(Standard Deviation)及S1得分(Teweles and Wobus, 1954; 方與陳, 1989; 陳等 1989)。

1. 平均誤差：平均誤差為預報值與分析值間的差

異，

$$ME = \frac{\sum_{i=1}^N M_i (F_i - A_i)}{\sum_{i=1}^N M_i}$$

Mi：地圖因數，Fi：預報值，Ai：分析值

表二顯示地面氣壓的平均誤差約為0.5mb，而850mb之高度場則比分析場低10m 左右。這兩個場之誤差隨預報時間沒有明顯的變化。850 mb之溫度場於12小時預報比分析場平均高出0.21℃，但48小時預報則低於分析場0.25℃，而36小時預報則為-0.41℃。此種誤差變化顯示溫度的預報隨時間有愈來愈冷的現象。

誤差之水平分佈(圖2)顯示地面氣壓或850 mb高度場在海陸交界處(日本，韓國及中國大陸沿岸一帶)有預報過高且隨時間增加的現象。850 mb溫度場則明顯的有陸上過高而海上過低的情形(圖三)。

2. 標準偏差：標準偏差的計算如下：

$$SDE = \sqrt{\frac{N}{N-1} \left[(RMSE)^2 - (ME)^2 \right]}$$

RMSE：均方根誤差，ME：平均誤差

為偏離平均誤差的指標，可以判斷誤差的變化。表三為1990年1月至3月海平面氣壓，850 mb高度及溫度誤差之標準偏差。各預報場之標準偏差顯示在36小時預報有明顯增加的情形，因此36小時預報誤差的變化量有明顯的增加。地面氣壓及850 mb高度場之標準偏差有隨月份增加而減小的情形，顯示季節變化將影響模式預報的誤差。

3. S1得分(Teweles and Wobus, 1954)

$$S1 = \frac{\sum_{i=1}^N M_i \left[\left| \left(\frac{\Delta P}{\Delta x} \right)_f - \left(\frac{\Delta P}{\Delta x} \right)_a \right| + \left| \left(\frac{\Delta P}{\Delta y} \right)_f - \left(\frac{\Delta P}{\Delta y} \right)_a \right| \right]}{\sum_{i=1}^N M_i \left[\text{Max} \left(\left| \frac{\Delta P}{\Delta x} \right|_f, \left| \frac{\Delta P}{\Delta x} \right|_a \right) + \text{Max} \left(\left| \frac{\Delta P}{\Delta y} \right|_f, \left| \frac{\Delta P}{\Delta y} \right|_a \right) \right]} \times 100$$

S1值一般介於20~80之間，為模式對氣壓梯度預報能力之評估。S1值愈小表示模式對氣壓梯度之預報能力愈高。由於中尺度模式中有較多的非地轉現象，因此S1值不容易代表中尺度模式的特性。圖四及表四所顯示的海平面氣壓場之S1值僅作為參考，12小時及24小時預報之平均值為61，36小時之S1值則增至67。

四、影響台灣天氣之個案

(一) 台灣低壓旋生

1990年1月1日，台灣地區發生低壓旋生現象。從地面風場之分析可以看出氣旋式環流中心位於台灣北

方之大陸沿岸。12小時以後(1月2日00Z)，環流中心移至台灣東北方海面。

模式之地面風場對於各氣流中心都能夠掌握，但在強度及移動速度上略有差異(圖五)850 mb之高度場亦能顯示出台灣東側之低壓(圖六)。降水區亦與低壓中心相配合。區域模式則未能在台灣東側顯現低壓中心。

(二)鋒面系統

圖七(a)及圖八(a)為冬季鋒面南下之地面及850 mb風場之分析圖。風切及合流帶自日本西方及南方向西南延伸至台灣海峽西部，另一合流帶則出現在廣東省境內向西延伸。北風氣流很明顯的抵達台灣地區。24小時預報場顯示南下氣流在台灣附近較實際觀測強(圖七(b))，而850mb之預測風場(圖八(b))也比實際觀測強。氣壓場及高度場之預報也比實際分析場強。(圖九、十)，雨區的分佈和降水的位置大致上相符合(圖十一)。

五、結論與討論

由個案比較的結果，中央氣象局作業中的中尺度模式對於鋒面系統及台灣及其附近地區發生的一些中尺度現象似乎有能力掌握，但仍需要更多的個案及統計資料。

客觀計分法中顯示模式存在一些系統性誤差：

1. 850 mb溫度場預報誤差之海陸差異及平均溫度隨時間降低。
2. 36小時預報之標準偏差顯示預報誤差之變化在36小時明顯增大。

這些誤差可能來自一些物理參數化，其中36小時的偏差變化可能來模式自中地形強迫的短波與大尺度模式之分析場不一致造成。

現階段的作業模式仍有相當大的改進空間：

1. 動力初始化的改進，目前採用的初始化只是避免輻散場造成之重力波。未來改進方向是採用正模(Normal Mode)初始化法。
2. 降水預測在中尺度模式中是一個比較重要且實際的問題，目前模式中影響降水的幾個要素中，包括邊界層與積雲參數化及水汽的初始場仍

有可以改進的地方。

3. 側邊界的處理限制了模式的預報時距。中尺度模式的西側邊界恰在青康藏高原的西側，因此地形及側邊界處理會直接影響預報的品質。

參考文獻

- Blackadar, A. K., 1977: High resolution models of the planetary boundary layer. *Advances in Environmental Science and Engineering*, Vol. 1, Gordon and Breach, 50-85.
- Deardorff, J. W., 1972: Parameterization of the planetary boundary layer for use in general circulation models. *Mon. Wea. Rev.*, 100, 93-106.
- Katayama, A., 1974: A simplified scheme for computing radiative transfer in the atmosphere. Tech. Rep. No. 6, Dept. Met., UCLA, 77 pp.
- Kuo, H. L., 1965: On formation and intensification of tropical cyclones through latent heat release by cumulus convection. *J. Atmos. Sci.*, 22, 40-63.
- Madala, R. 1981: Finite Difference Techniques for Vectorizing Fluid Dynamic Calculations. pp. 56-57 Springer-Verlag, Berlin.
- Perkey, D. J., and Kreitzberg, C. W. 1976: A time-dependent Cateral boundary scheme for limited-area primitive equation models. *Mon. Weather Rev.* 104, 744-755.
- Sasamori, T., 1969: The radiative cooling calculation for application to general circulation experiments. *J. Atmos. Sci.*, 7, 721-729.
- Teweles, S. and H. Wobus, 1954: Verification of prognostic charts. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 35, 455-463.
- Wallace, J. M., S. Tibaldi and A. J. Simmons, 1983: Reduction of systematic forecast errors in the ECMWF model through the introduction of an envelope orography. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 109, 683-717.
- 方力脩及陳慧貞, 1989: 數值天氣預測之校驗方法綜評。 *氣象學報*, 35, 1, 48-63.
- 陳雯美、林松錦及蔡清彥, 1989: 中央氣象局全球數值天氣預報系統1989-1989 預報校驗評估。 *氣象學報*, 35, 4, 263-280.

OVERVIEW OF THE MESOSCALE FORECAST SYSTEM AT THE CENTRAL WEATHER BUREAU

Shang-Wu Li, Hway-Jen Chen and Wen-Mei Chen
Central Weather Bureau

ABSTRACT

The forecast model of the Central Weather Bureau Mesoscale Forecast System (CWBMS) is a 12 layers, hydrostatic primitive equations model. The horizontal grid system uses the Arakawa C-grid scheme. The grid size is 45km in both x and y components. The model centers at Taiwan and covers an area of 4500km x 3600km. The physical processes of this model include radiation, cumulus and PBL parameterizations. Time integration uses the efficient split-explicit method.

A primary evaluation is carried out on the first three months operational data. Some objective methods are used in this evaluation. Cases analysis includes a frontal system and a Taiwan cyclongensis. Cases examination shows that the model has an ability to predict these phenomena in the Taiwan area. The objective scores indicate that the error of geopotential height increases with time integration. The 850mb temperature field error presents a significant land/sea distinction.

Key words: NWP, Mesoscale model.

表一 中尺度預報系統內容

Table 1: Configuration of CWB's Mesoscale Model.

MFS 模 式 特 徵

1. 水平網格間距	4 5 公里
2. 垂直層數	1 2
3. 時間間距	1 2 0 秒
4. 客觀分析初次猜測場	無
5. 客觀分析	無
6. 初始化	去除輻散風
7. 地形處理	ENVELOP(S.D.=0.5)
8. 側邊界條件	RFS提供每 2 小時更換一次 SPONGE BLENDING
9. 空間變數配置	ARAKAWA C 網格
10. 空間有限差分法	四階保守差分法
11. 時間有限差分法／積分法	跳蛙式／SPLIT-EXPLICIT法
12. 水平擴散	四階擴散
13. 積雲參數化	郭氏（修正過）(1965)
14. 輻射參數化 長波／短波	SASAMORI(1969)/KATAYAMA(1974)
15. 邊界層參數化	DEARDORFF(1972)
16. 大尺度降水	有

表二 1990年1~3月之(A)海平面氣壓(毫巴)(B) 850mb 高度(公尺)(C)850mb 溫度之平均誤差(℃)

Table 2: Mean error from Jan. to Mar. of 1990 (A) SLP, (B) 850mb geopotential height, and (C) 850mb temperature.

(A)	YYMM	012	024	036
	9001	-.73	-1.68	-1.12
	9002	.03	-.50	.15
	9003	-.14	-.43	-.46
(B)	YYMM	012	024	036
	9001	-9.05	-17.12	-12.37
	9002	-4.79	-9.91	-5.47
	9003	-4.33	-8.07	-9.69
	平均	-6.05	-11.7	-9.3
(C)	YYMM	012	024	036
	9001	.18	-.23	-.19
	9002	.35	-.13	-.32
	9003	.10	-.40	-.73
	平均	0.21	-0.25	-0.41

表三 1990年1~3月之(A)海平面氣壓(毫巴)(B) 850mb 高度(公尺)(C)850mb 溫度(℃)之標準偏差

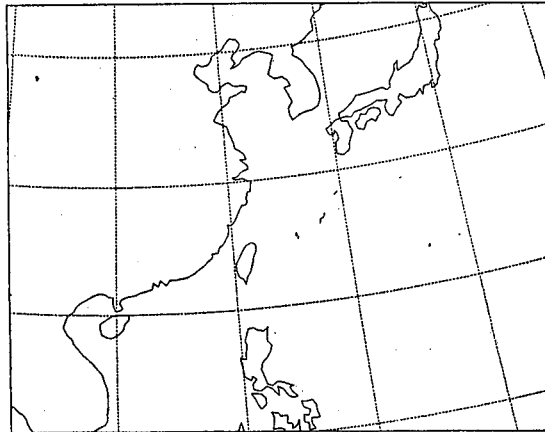
Table 3: Same as the Table 2 but for Standard deviation.

(A)	YYMM	012	024	036
	9001	2.53	2.09	3.11
	9002	2.51	2.03	2.77
	9003	1.80	1.94	2.48
(B)	YYMM	012	024	036
	9001	15.54	13.36	18.41
	9002	15.15	15.00	16.33
	9003	11.30	13.03	14.05
(C)	YYMM	012	024	036
	9001	1.41	1.61	1.75
	9002	1.34	1.78	2.06
	9003	1.15	1.56	1.86

表四 1990年1~3月海平面氣壓之S1得分

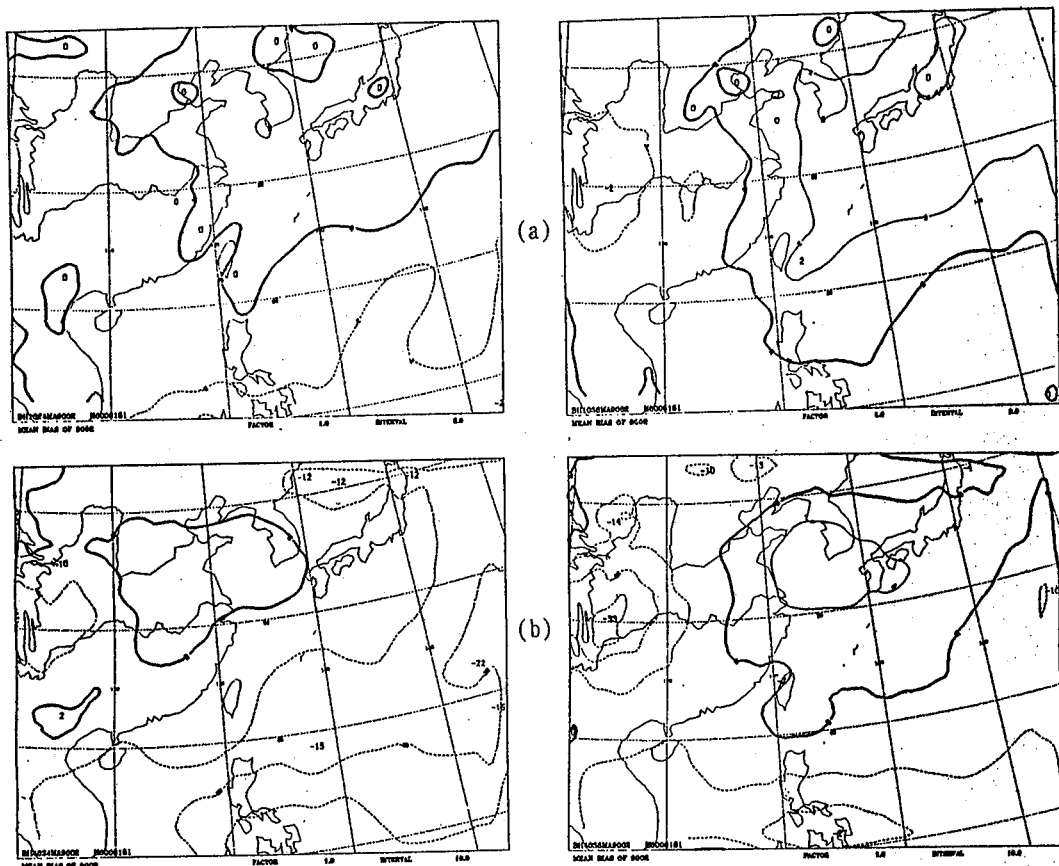
Table 4: Same period as the Table 2 but for S1 score of the SLP.

YYMM	012	024	036
9001	60.54	59.69	66.08
9002	61.37	60.53	67.64
9003	60.99	60.72	66.54



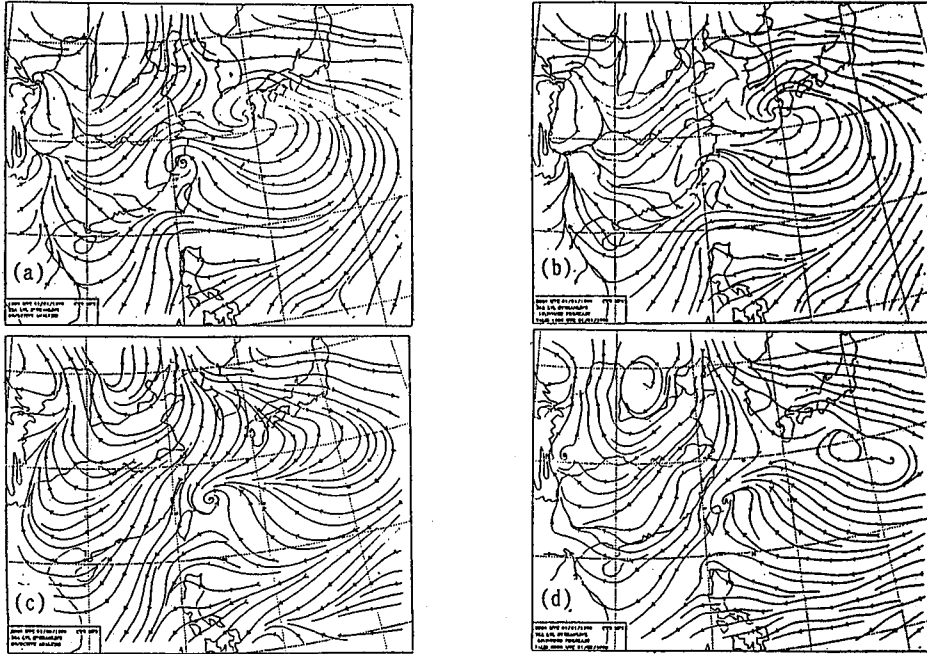
圖一 中尺度預報系統之涵蓋範圍

Fig.1: The domain of the Mesoscale Forecast System.



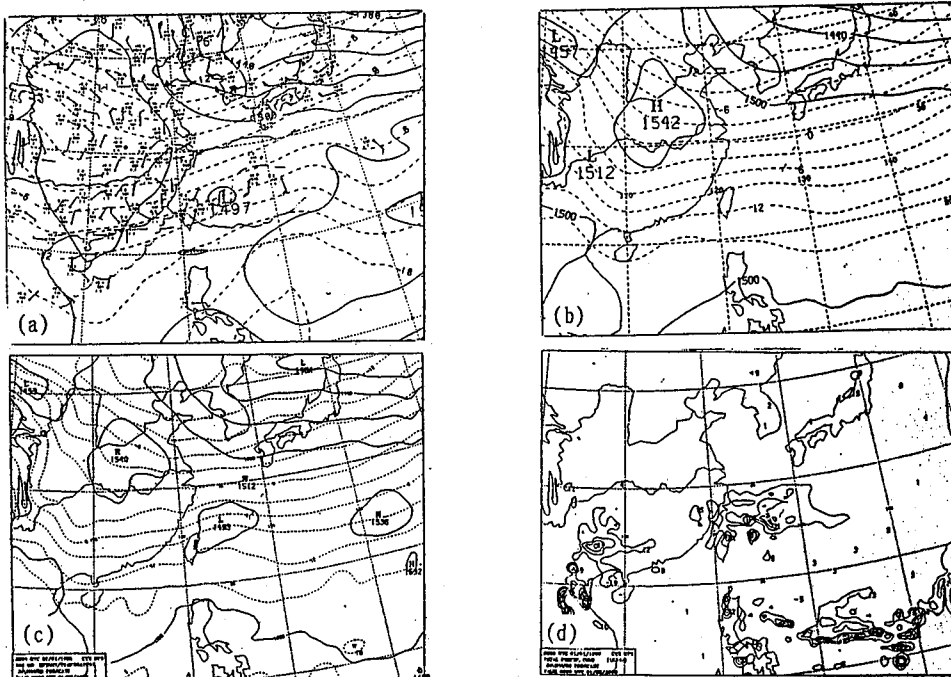
圖二 1990年2月(a)海平面氣壓(等值線間隔2mb)(b)850mb高度之24及36小時預報之水平誤差分佈(等值線間隔10m)

Fig.2: Horizontal error distribution of (a) SLP and (b) 850mb geopotential height at 24hr and 36 hr prediction during Feb. 1990.



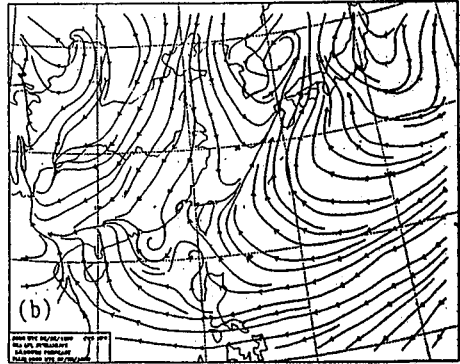
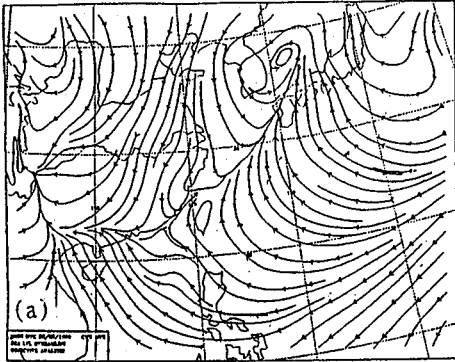
圖五 1990年(a)1月1日12Z之分析場(b)1月1日00Z之12小時預報(c)1月2日00Z之分析場
(d)1月1日00Z之24小時預報場

Fig.5: Sea surface streamline: (a) Objective analysis at 12Z on Jan. 1 1990, (b) 12hr prediction of 00Z on Jan. 1 1990, (c) Objective analysis at 00Z on Jan. 2 1990, and (d) 24hr prediction of 00Z on Jan. 1 1990.



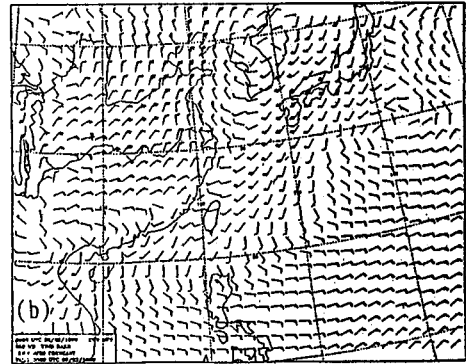
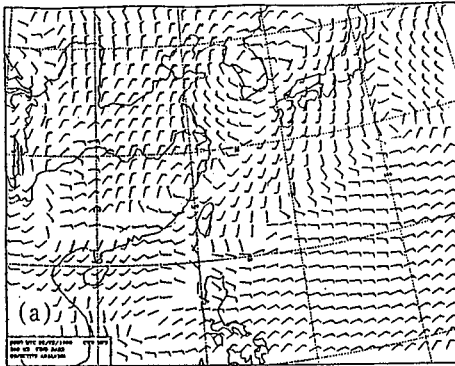
圖六 1990年1月2日00Z之個案 (a)850mb分析場 (b)區域預報系統對此個案之24小時預報
(c)中尺度預報系統對此個案之24小時預報 (d)中尺度預報系統之12小時累計雨量

Fig.6: Case of Taiwan area cyclongenesis at 00Z on Jan 2 1990, (a) Analysis field of 850mb, (b) 24hr prediction of Regional Forecast Model, (c) 24hr prediction of Mesoscale Forecast Model, (d) 12hr rainfall accumulation of Mesoscale Forecast Model.



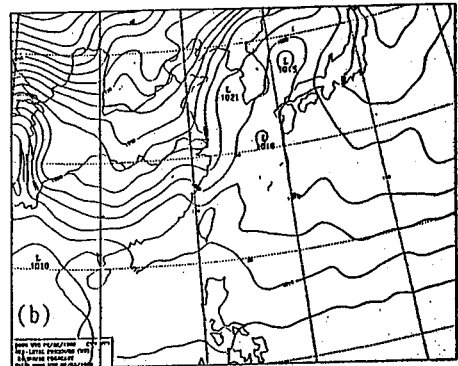
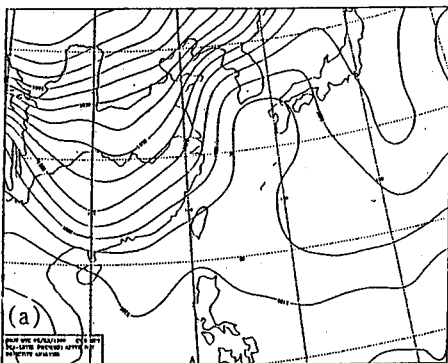
圖七 (a)1990年2月23日00Z地面氣流線 (b)1990年2月22日00Z 24小時預報之地面氣流線

Fig.7: Surface streamline for frontal case, (a) 00Z Feb 23 1990 and (b) 24hr prediction corresponds the same time of (a)



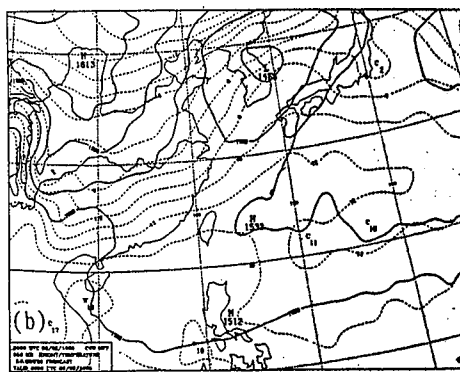
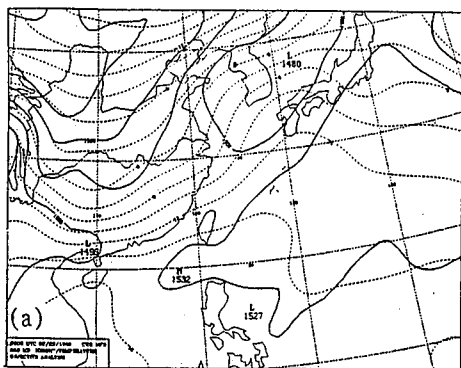
圖八 (a)同圖七(a)，但為850mb風場 (b)同圖七(b)，但為850mb風場

Fig.8: 850mb wind field, (a) same as Fig.7(a), (b) same as Fig.7(b).



圖九 (a)同圖七(a)，但為海平面氣壓 (b)同圖七(b)，但為海平面氣壓

Fig.9: SLP, (a) same as Fig.7(a), (b) same as Fig.7(b)

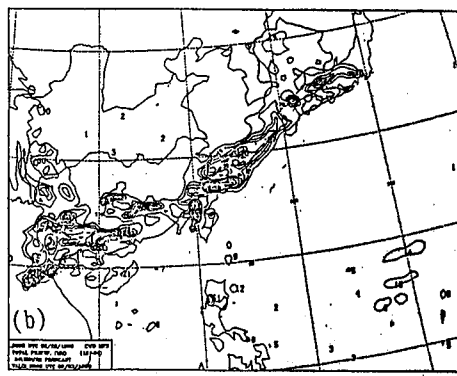
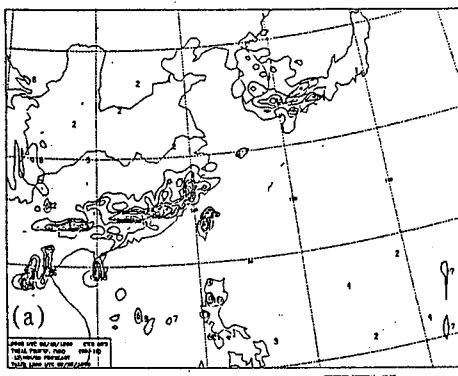


圖十 (a)同圖七(a)但為850mb高度場(實線)及溫度場(虛線)

(b)同圖七(b)但為850mb高度場(實線)及溫度場(虛線)

Fig.10: 850mb geopotential height (solid) and temperature (dash). (a) Same as

Fig.7(a), (b) Same as Fig.7(b).



圖十一 (a)2月22日00Z至2月22日12Z之12小時預報累計雨量

(b)2月22日12Z至2月23日00Z之12小時預報累計雨量

Fig.11: (a) Predicted 12hr rainfall accumulation. (b) Predicted 24hr rainfall accumulation.

台灣地區氣象因子與甘蔗產蔗量和產糖量 關係之研究 I. 產蔗量模式

張佑芳

中央氣象局農業氣象科

朱 鈞

台大農藝學研究所教授

彭雲明

台大農藝學研究所副教授

摘 要

本研究之目的係利用複迴歸統計法，探討台灣地區氣象因子與甘蔗產蔗量之關係。並發展以時間虛擬變數、氣象變數和災害指數為預測因子之較佳數學模式。期望藉由該些模式的建立，能做為農業保險於勘災、鑑定理賠之參考依據，以及農作物產量資訊來源之一主要工具。

以逐步迴歸篩選各模式所須之氣象變數，災害指數則有下列二種：(1)以災害受害面積百分率定義者(2)以颱風強度、登陸地點和災情定義者。本文所建立之各模式的決定係數 (R^2)，彰化地區約在 0.72 至 0.87，花蓮地區約在 0.69 至 0.83，台東地區約在 0.48 至 0.60。其估算產蔗量之誤差百分率，彰化地區約在 0.05 % 至 19.69 %，花蓮地區約在 0.04 % 至 10.55 %，台東地區約在 0.11 % 至 33.7 %。

各入選之較佳模式所包括之時間虛擬變數、氣象變數和災害指數等自變數，計有六至十三個不等，且各模式之自變數亦不盡相同；同地區不同類別之模式，亦如此。而各地區之各產蔗量模式均具有一次項之時間虛擬變數，然其淨迴歸係數均未達顯著水準。

災害指數方面，除台東地區之契約產蔗量模式外，其他之產蔗量模式均具有之。惟該災害指數之淨迴歸係數顯著性測驗，普遍未達顯著水準；以致無法顯著地將台灣地區最主要之氣象災害—颱風對甘蔗產蔗量的影響表現出來。

關鍵詞：複迴歸、時間虛擬變數、氣象因子、災害指數、逐步迴歸、決定係數、矯正決定係數、產蔗量模式。

一、前 言

台灣因受地理位置、地形及季風影響，各地氣候迥異。另因位處西太平洋颱風路徑之要衝，導致颱風發生頻繁。其他之自然災害（如乾旱、霜害、寒害等）及病蟲害的發生亦頻仍。因此，常造成農業災害損失嚴重。故消極而言，倘若可藉由氣象與作物產量關係之研究，於作物收穫前，即利用統計方法預測產量；以期能及時獲知作物產量之變動，此對農業之發展不僅甚有裨益且深具應用價值。

首先，以國家整體而言，政府可根據作物產量預測結果，釐定相關之農糧政策，亦可做為農業氣候資源規劃與利用及農業保險理賠之依據。其次，

就生產者而論，其可依該產量預測，事先籌備有關之農機具之維護與調度及其人力之調配、倉儲之準備、產銷供需策略之擬定，以及栽培制度之調整等。而畜牧業者亦可依作物產量預測，調整或規劃家畜飼養之數目，以避免因飼料的短缺，而賤賣家畜；導致對整體經濟產生不利之影響（Thompson 1975）⁽²⁹⁾。

作物產量變異的來源，McQuigg (1975)⁽²²⁾認為以長期而言，主要為下列三者：(1)技術變遷 (technological change) (2)氣象變異性 (meteorological variability) (3)隨機干擾 (random noise)。技術變遷主要包括品種改良、肥料的利用、農機具的使用、農藥的施用及栽培技術等，通

常以“時間”(time)做為全部技術因子之代表變數，以免產生多重共線性之困擾。而作物產量與氣象之關係為非線性，例如：過多或過少的雨水對產量均不利。

Thompson (1969)⁽²⁸⁾採用複迴歸分析1920至1968年間氣象變數和技術趨勢對美國小麥產量之影響，其以時間趨勢(time trend)代替技術趨勢，並以虛擬變數(dummy variable)表示之。其所得之預測模式列於下：

$$\hat{Y} = A + \sum_{i=1}^2 \beta_i f_i(\text{year}) + \sum_{i=1}^2 C_i (X_i - \bar{X}_i) + \sum_{i=1}^2 D_i (X_i - \bar{X}_i)^2$$

$$R^2 = 0.80 \sim 0.92$$

$f_i(\text{year})$: 時間趨勢

X_{1-7} : 氣象變數，包括前季總雨量(八月至翌年三月)及四月至六月各月份之總雨量和均溫。

\bar{X}_{1-7} : 氣象變數之氣候平均值

Das & Madnani (1971)⁽¹⁹⁾ 利用1906至1966年之資料，以複迴歸建立印度水稻產量模式如下：

$$\hat{Y} = 430 + 33.7X_1 - 49.7X_2 + 9.65X_3$$

$$R^2 = 0.90$$

X_1 : 七月份降雨日數

X_2 : 八月份乾旱程度

X_3 : 九月下半月降雨日數

其中 X_2 係以連續日雨量少於2.5mm之日數而分級，即

乾 旱 日 數	乾 旱 指 數
7 天	1
8 ~ 14 天	3
15 ~ 21 天	6
22 天 或 以 上	10

Das (1932)⁽¹⁷⁾認為甘蔗生育初期極為重要，依此而發展出之產蔗量模式為

$$\hat{Y}_c = 33.76 + 1.44Y + 0.781t - 0.107r_w + 0.437r_s$$

$$R^2 = 0.94$$

Y_c : 單位產蔗量(噸/英畝)

Y : 時間虛擬變數

t : 第一季十月平均最高氣溫之偏差

r_w : 第一季冬天一月至三月降雨量平均值之偏差

r_s : 第二季夏天八月降雨量平均值之偏差

另Chang et al. (1963)⁽¹⁵⁾僅考慮水分與甘蔗產蔗量之關係，而建立一方程式為

$$Y_a/Y_p = -0.61 + 2.70A - 1.09A^2$$

Y_a : 實際產蔗量

Y_p : 潛在產蔗量(Potential Yield)

A : 實際蒸發散/潛在蒸發散(該比值須大於0.73)

Singh & Bapat (1988)⁽²⁷⁾利用印度Kalhapur地區生育期為12至13個月之“CO740”品種，以複迴歸建立四種模式，該四種模式其自變數的型式分別為 X 、 $\log X$ 、 \sqrt{x} 和 $1/X$ 。此些自變數包括每試區之蔗莖數目(X_1)、蔗莖高度(X_2)、蔗莖直徑(X_3)，第三葉之葉長和葉寬(X_4, X_5)。上述四種模式的變異不大，因此，選用簡單之多變數模式，探討早期預測產蔗量之可行性。該模式為

$$\hat{Y} = a_1 + b_1X_1 + c_1X_2 + d_1X_3$$

$$R^2 = 0.51 \sim 0.73$$

模式中之自變數係以逐步迴歸(stepwise regression)篩選之。由分析結果顯示，收穫前四個月至前二個月，各月份預測產量的變異約在51%至73%，且均達極顯著水準。

前述幾位學者所建立之模式，並未將災變天氣納入模式中，加以探討。而目前國內作物產量預測之研究，雖成果豐碩(林等1989，唐1981，黃等1972，陳1979，郭等1980，童等1979，鄔等1980，謝1972，1973)^(1,2,3,4,5,7,8,11,12)，惟仍甚少有災變天氣對產量影響之研究^(4,5)。有鑑於此，本文的研究方針，即是配合台灣地區特殊之氣候條件—高溫、多雨且季風盛行，以及異常天氣的發生，擬發展出以技術趨勢、氣象變數與災害指數為預測因子(predictor)之複迴歸模式。冀望藉此統計方法，能將氣象與作物之關係，得以數量化的方式表示之；並找出適於模式之關鍵氣象變數。

為拓展本省產量預測模式之應用範圍，本文選用特用作物中之甘蔗(*Saccharum officinarum* L.)為研究對象。因其生育期較長，故氣象因子對其之影響益發重要。

二、材料與方法

台灣糖業研究所於民國54年依據台灣各地氣候與土地等條件，將台灣劃分為七個自然蔗區，其主要分布於中南部及花東地區。為減少不必要之誤差，本文僅選取彰化、花蓮和台東等三處原料蔗區之資料進行分析。因該三處原料蔗區其製糖方法歷年來均採用石灰法。

(一)氣候

本文所利用之氣候資料來源為交通部中央氣象局所屬氣象站，台中、花蓮和台東等三站1958至1988年間之氣象觀測資料。

(二)產量

本文所採用之1959至1988年歷年期原料蔗實際單位產蔗量紀錄，係摘錄於台糖出版之“台灣糖業公司統計資料輯錄”第12號至41號（1960—1989年）⁽¹⁰⁾。其中之自作產量係指台糖所屬自營農場之收穫實績，契約產量則指與台糖訂有契約之蔗農之收穫所得，總計產量為自作產量與契約產量之和，除以二者之收穫總面積而得。

(三)模式的建立

1. 氣象變數的計算

本省甘蔗的栽植主要包括秋植、春植和宿根三種，其中以秋植所占比例稍多。因此，為了簡化產蔗量模式的建立，採用秋植甘蔗九月至翌年十月之生育期（未包括成熟期在內，文中以全期簡稱之）、分蘗期（十月至翌年四月）及伸長期（五月至十月）為時間間距，配合雨量、梅雨量、豪雨日數、氣溫和土溫有效積溫、氣溫日較差、日照時數、蒸發量、平均風速、日最大瞬間風速大於17.1m/s之日數和濕度因子等十一項氣象變數，計算各期之氣象變數，共得二十二個組合，如表1所列。

其中氣溫有效積溫為日最高氣溫大於70°F（約21.1°C）之差值累積值（Das 1933）⁽¹⁸⁾，土溫有效積溫則是日平均土溫大於70°F之差值累積。並以濕度因子（Lyal 1980）⁽²¹⁾表示大氣中水分之逆境（stress），其算式為

$$\text{Humidity Factor} = (100 - RH) * \log T$$

RH：日相對濕度（%）

T：日均溫（°C）

2. 氣象變數的篩選

以SAS PROC REG, SELECTION=STEPWISE, SLENTRY and SLSTAY 均為0.15、0.2、0.3和0.4之四種水準，分別篩選各地區產蔗量模式的氣象變數，所獲得之入選氣象變數參見表2。

3. 災害指數（DI, Disaster Index）

因台灣地區農業災害繁多，為評估其對產蔗量的影響，而設立災害指數。

(1) 定義1

由農業年報摘錄彰化、花蓮和台東三處原料蔗區，各年度受災估計無法收穫之面積⁽⁹⁾，依災害種類，分別除以各年度之收穫面積，即得災害受害面積百分率。其中颱風災害受害面積百分率，係為各次颱風災害受害面積百分率之和，其他災害受害面積百分率則為水害、旱害和霜害受害面積百分率之總計。當各年度災害受害面積百分率累積值大於10%時，其災害指數（DI）為1，小於10%者為0。

(2) 定義2

依侵台颱風地點、強度和災情而設定，如侵襲地點在彰化、花蓮和台東範圍內，且為強烈颱風者，其災害指數為2；中度颱風而未造成災害者，其災害指數為1，反之為0；輕度颱風如有災害發生時，其災害指數為1，否則為0。

4. 模式類型的評估

本文均採用複迴歸（multiple regression）之統計方法，建立模式。而各年期所使用之品種、施肥量、栽培技術、農機具的利用、採收作業方式等之技術趨勢，均以時間虛擬變數代表之。另為探討農業災害與產蔗量的關係，特將災害指數納入模式中。氣象變數方面，以表2所標記之各選拔水準，依其所包括之變數分別輸入模式中。

所欲探討的模式類型計有下列四種：

(1) 對照模式（CK model）：一次方程式，不包括災害指數。

$$Y = a + bX_1 + \sum c_i X_i + e$$

(2) 模式I（model I）：一次方程式

$$Y = a + bX_1 + \sum c_i X_i + d DI_j + e$$

(3) 模式II（model II）：二次方程式

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_1^2 + \sum c_i X_i + \sum d_i X_i^2 + e DI_j + e$$

(4) 模式III（model III）：與模式II類同，惟剔

表 1 台灣地區甘蔗產蔗量模式之參選氣象自變數

Table 1 The weather predictors in selection for cane yield model of sugarcane in Taiwan area.

氣 象 自 變 數	WEATHER PREDICTORS
X ₂ 分藥期總雨量 (mm)	Total Rainfall from Oct. to Apr.* (mm)
X ₃ 梅雨量 (mm)	Meiyu Rainfall (mm)
X ₄ 七月至十月總雨量 (mm)	Total Rainfall from Jul. to Oct.†(mm)
X ₅ 全期總雨量 (mm)	Total Rainfall from Sep. to Oct.† (mm)
X ₆ 分藥期豪雨日數	No. of Days of Daily Rain ≥ 100 mm from Oct. to Apr.*
X ₇ 伸長期豪雨日數	No. of Days of Daily Rain ≥ 100 mm from May to Oct.‡
X ₈ 分藥期氣溫有效積溫 (°C)	Total Day-Degree of Air Temperature from Oct. to Apr.* (°C)
X ₉ 伸長期氣溫有效積溫 (°C)	Total Day-Degree of Air Temperature from May to Oct.‡(°C)
X ₁₀ 全期氣溫有效積溫 (°C)	Total Day-Degree of Air Temperature from Sep. to Oct.† (°C)
X ₁₁ 分藥期氣溫日較差均值 (°C)	Mean of Daily Range of Temperature from Oct. to Apr.* (°C)
X ₁₂ 伸長期氣溫日較差均值 (°C)	Mean of Daily Range of Temperature from May to Oct.‡(°C)
X ₁₃ 分藥期最低氣溫 $\leq 10^{\circ}\text{C}$ 日數	No. of Days of Daily Min. Temperature $\leq 10^{\circ}\text{C}$ from Oct. to Apr.*
X ₁₄ 分藥期總日照時數 (小時)	Total Sunshine from Oct. to Apr.* (hr)
X ₁₅ 全期總日照時數 (小時)	Total Sunshine from Sep. to Oct.† (hr)
X ₁₆ 全期總蒸發量 (mm)	Total Evaporation from Sep. to Oct.†(mm)
X ₁₇ 全期日平均風速均值 (m/s)	Mean of Daily Windspeed from Sep. to Oct.†
X ₁₈ 全期日最大瞬間風速 $> 17.1\text{ m/s}$ 之日數	No. of Days of Daily Max. Instant Windspeed $> 17.1\text{ m/s}$ from Sep. to Oct.†
X ₁₉ 分藥期濕度因子	Mean of Daily Humidity Factor from Oct. to Apr.*
X ₂₀ 伸長期濕度因子	Mean of Daily Humidity Factor from May to Oct.‡
X ₂₁ 全期濕度因子	Mean of Daily Humidity Factor from Sep. to Oct.†
# X ₂₂ 全期 30 cm土溫有效積溫 (°C)	Total Day-Degree of 30cm Soil Temperature from Jan. to Oct.‡(°C)
X ₂₃ 全期 50 cm土溫有效積溫 (°C)	Total Day-Degree of 50 cm Soil Temperature from Sep. to Oct.†(°C)

#因資料不全，故該全期僅包括一月至十月。

* from Oct., 1958 to Apr., 1959, and so on.

+ from Sep., 1958 to Oct., 1959, and so on.

‡ in 1959, and so on.

表 2 產蔗量模式於不同逐步迴歸選拔水準下之入選氣象自變數

Table 2 The selected weather predictors for cane yield models in different stepwise selection level.

地 區 Region	產量類別 Kind	選 拔 水 準 # Selectin	入 選 氣 象 自 變 數 Selected weather predictors
彰 化 Changhua	總 計 Total	+ 0.15	X ₁₅ X ₁₆ X ₄
		0.20	X ₁₅ X ₁₆ X ₄
		0.30	X ₁₅ X ₁₆ X ₄ X ₁₃
		+ 0.40	X ₁₅ X ₁₆ X ₄ X ₂₀ X ₉ X ₂₂ X ₁₉ X ₂₁ X ₁₄
	自 作 M. F.	+ 0.15	X ₂₀
		0.20	X ₂₀ X ₇ X ₂₂
		0.30	X ₂₀ X ₇ X ₂₂ X ₁₃
		+ 0.40	X ₇ X ₂₂ X ₁₃ X ₂ X ₁₄ X ₁₂ X ₂₁ X ₁₀
	契 約 C. F.	+ 0.15	X ₁₂ X ₁₁
		0.20	X ₁₂ X ₁₁ X ₂
		0.30	X ₁₂ X ₁₁ X ₂
		+ 0.40	X ₁₅ X ₁₆ X ₁₉ X ₉ X ₂₁ X ₁₄ X ₄ X ₂₀ X ₁₀ X ₂₂ X ₃
花 蓮 Hualien	總 計 Total	+ 0.15	X ₁₇ X ₁₃ X ₁₉ X ₂₀
		0.20	X ₁₇ X ₁₃ X ₁₉ X ₂₀
		0.30	X ₁₇ X ₁₃ X ₁₉ X ₂₀
		0.40	X ₁₇ X ₁₃ X ₁₉ X ₂₀
	自 作 M. F.	+ 0.15	X ₂₂
		0.20	X ₂ X ₁₃
		+ 0.30	X ₂ X ₁₃ X ₁₉
		0.40	X ₂ X ₁₃ X ₁₉
	契 約 C. F.	+ 0.15	X ₁₇ X ₁₃ X ₁₂
		+ 0.20	X ₁₇ X ₁₃ X ₁₅ X ₁₈ X ₃ X ₁₁
		+ 0.30	X ₁₇ X ₁₃ X ₁₂ X ₁₅ X ₁₈ X ₃ X ₁₁ X ₉
		0.40	X ₁₇ X ₁₃ X ₁₂ X ₁₅ X ₁₈ X ₃ X ₁₁ X ₉ X ₁₄
台 東 Taitung	總 計 Total	+ 0.15	X ₂₀ X ₁₁ X ₈
		0.20	X ₂₀ X ₁₁ X ₈
		0.30	X ₂₀ X ₁₁ X ₈ X ₁₆
		+ 0.40	X ₂₀ X ₁₁ X ₈ X ₁₆ X ₁₇ X ₂₂
	自 作 M. F.	+ 0.15	X ₁₂
		0.20	X ₁₂ X ₆ X ₅
		+ 0.30	X ₁₂ X ₆ X ₅ X ₁₁ X ₁₅ X ₈ X ₁₉ X ₁₇
		0.40	X ₁₂ X ₆ X ₅ X ₁₁ X ₁₅ X ₈ X ₂₂ X ₁₉ X ₁₇
	契 約 C. F.	+ 0.15	X ₂₃ X ₂ X ₆ X ₃
		+ 0.20	X ₂₃ X ₂ X ₆ X ₃ X ₁₁ X ₁₄ X ₂₂
		0.30	X ₂₃ X ₂ X ₆ X ₃ X ₁₁ X ₁₄ X ₂₂ X ₁₆
		0.40	X ₂₃ X ₂ X ₆ X ₃ X ₁₁ X ₁₄ X ₂₂ X ₁₆ X ₁₅ X ₁₆

They include the SLENTY and SLSTAY.

+ 建立產蔗量模式之選拔水準

The selection level for building cane yield model

除時間虛擬變數的平方項

$$Y = a + b_1 X_1 + \sum c_i X_i + \sum d_i X_i^2 + e DI_j + \varepsilon$$

上述四種模式中， X_1 均代表時間虛擬變數，即以起始年期1959年為1，1960年為2，依此類推至終止年期1988年為30。

X_i ：入選氣象變數

DI_j ：災害指數， $j=1$ 或2。

所有模式的計算均利用SAS PROC REG運算之。

5. 較佳模式的選擇

於F檢定(F test)，達5%或1%顯著水準之前提下，主要以誤差均方根(Root MSE)及自變數的多寡為選擇較佳產蔗量模式之根據；另參考決定係數(R^2)、矯正決定係數(R^2_{adj})之值。

三、結 果

(一)以災害受害面積百分率定義之災害指數統計結果

於F檢定達5%或1%顯著水準之前提下，選擇具有較小誤差均方根，且自變數較少之模式，並參考決定係數(R^2)之值；而決定入選產蔗量模式(表3~表5)。

彰化地區選出之總計產蔗量模式包括時間虛擬變數、七月至十月總雨量、伸長期氣溫有效積溫、分藥期總日照時數、全期總日照時數、全期總蒸發量、分藥期濕度因子、伸長期濕度因子、全期濕度因子與30cm土溫有效積溫等十項自變數。自作產蔗量模式則包括時間虛擬變數、分藥期總雨量、伸長期豪雨日數、全期氣溫有效積溫、伸長期氣溫日較差均值、分藥期最低氣溫小於等於10℃日數、分藥期總日照時數、全期濕度因子、全期30cm土溫有效積溫與災害指數等十項自變數。契約產蔗量模式則計有十二項自變數，其中十項與總計產蔗量模式相同，另二項為全期氣溫有效積溫和梅雨量。

花蓮地區選出之總計產蔗量模式計有時間虛擬變數、分藥期最低氣溫小於等於10℃日數、全期日平均風速均值、分藥期濕度因子與伸長期濕度因子等五項自變數。契約產蔗量模式則包括時間處擬變數、梅雨量、伸長期氣溫有效積溫、分藥期氣溫日較差均值、伸長期氣溫日較差均值、分藥期最低氣溫小於等於10℃之日數、全期總日照時數、全期日平均風速均值、全期日最大瞬間風速大於17.1

m/s之日數與災害指數等十項自變數。自作產蔗量模式由於未達顯著水準，而未能選到較佳之模式。

台東地區選出之總計產蔗量模式所包括之自變數計有時間虛擬變數、分藥期氣溫有效積溫、分藥期氣溫日較差均值、全期總蒸發量、全期日平均風速均值、伸長期濕度因子與全期30cm土溫有效積溫等七項自變數。自作產蔗量模式則包括時間虛擬變數、全期總雨量、分藥期豪雨日數、分藥期氣溫有效積溫、分藥期氣溫日較差均值、伸長期氣溫日較差均值、全期總日照時數、全期日平均風速均值、分藥期濕度因子與災害指數等十項自變數。契約產蔗量模式則包括時間虛擬變數、分藥期總雨量、梅雨量、分藥期豪雨日數、分藥期氣溫日較差均值、分藥期總日照時數、全期30cm土溫有效積溫與50cm土溫有效積溫等八項氣象變數。

上述各入選產蔗量模式之自變數均為一次項，各模式之決定係數，彰化地區約在0.68至0.84，花蓮地區約在0.57至0.58，台東地區約在0.45至0.60。其估算產蔗量的誤差百分率，彰化地區總計、自作和契約產蔗量模式分別為0.10%至16.82%、0.10%至18.87%和0.18%至13.93%。花蓮地區總計和契約產蔗量模式分別為0.16%至11.44%和0.98%至11.46%。台東地區總計、自作和契約產蔗量模式分別為0.53%至21.74%、0.11%至18.47%和0.13%至17.78%。

(二)以颱風強度、登陸地點和災情定義之災害指數統計結果

各地區各模式之選擇依據與定義1災害指數者相同。彰化地區選出之總計和契約產蔗量模式所包括之自變數，除與定義1指數所選出之模式相同外，尚具有災害指數。自作產蔗量模式所包括之自變數亦與定義1災害指數所選出之模式相同(表3和表6)。

花蓮地區總計產蔗量模式所包括之自變數，除與定義1指數所選出之模式相同外，尚具有災害指數。契約產蔗量模式所包括之自變數則與定義1災害指數所選出之模式相同，自作產蔗量模式亦由於其各模式均未達顯著水準而未能獲得入選模式(表4和表7)。

台東地區選出之總計產蔗量模式所包括之自變

表3 彰化地區定義1災害指數產蔗量模式統計結果

Table 3 The statistical analysis of cane yield model with disaster index defined by disaster area in Changhua region.

產量類別 Kind of yield	模 式 Model	選 拔 水 準 stepwise level	自變數個數 No. of Indep. Var	決定係數 R^2	矯正決定係數 R^2_{adj}	誤差均方根 Root MSE	F Value
總 計 Total	CK	0.15	4	0.57	0.50	6.775	8.342**
	I		5	0.58	0.49	6.837	6.664**
	II		9	0.63	0.46	7.033	3.796**
	III		8	0.63	0.49	6.897	4.415**
	& CK	0.4	10	0.74	0.61	6.001	5.539**
	I		11	0.76	0.61	6.030	5.062**
	# II		19	0.81	0.45	7.153	2.229
	# III		18	0.81	0.49	6.836	2.574
	CK	0.15	2	0.46	0.42	7.900	11.546**
自 作 M. F.	I		3	0.47	0.41	8.006	7.592**
	II		5	0.49	0.39	8.141	4.635**
	III		4	0.48	0.40	8.032	5.866**
	CK	0.4	9	0.66	0.51	7.269	4.352**
	& I		10	0.68	0.52	7.210	4.114**
	# II		17	0.82	0.56	6.852	3.211*
	# III		16	0.82	0.59	6.649	3.608*
	CK	0.15	3	0.54	0.48	9.676	10.076**
	I		4	0.55	0.48	9.698	7.744**
契 約 C. F.	# II		6	0.56	0.44	10.070	4.819**
	# III		5	0.56	0.46	9.866	6.016**
	& CK	0.4	12	0.84	0.73	6.974	7.602**
	I		13	0.84	0.72	7.188	6.606**
	# II		22	0.88	0.50	9.484	2.342
	# III		21	0.88	0.55	9.019	2.701

& Selected model

Model is not full rank

* and ** significant at 5% and 1% level, respectively.

表 4 花蓮地區定義 1 災害指數產蔗量模式統計結果

Table 4 The statistical analysis of cane yield model with disaster index defined by disaster area in Hualien region.

產量類別 Kind of yield	模 式 Model	選拔水準 stepwise level	自變數個數 No. of Indep.Var.	決定係數 R^2	矯正決定係數 R^2_{adj}	誤差均方根 Root MSE	F Value
總 計 Total	& CK	0.15	5	0.64	0.56	4.153	8.518**
	I		6	0.64	0.55	4.224	6.893**
	II		11	0.68	0.48	4.516	3.482**
	III		10	0.66	0.47	4.562	3.619**
自 作 M. F.	CK	0.15	2	0.15	0.09	5.653	2.456
	I		3	0.16	0.06	5.755	1.597
	II		5	0.19	0.03	5.849	1.162
	III		4	0.16	0.02	5.858	1.179
契 約 C. F.	CK	0.3	4	0.29	0.18	5.381	2.554
	I		5	0.29	0.14	5.491	1.963
	II		9	0.38	0.10	5.618	1.367
	III		8	0.32	0.06	5.762	1.214
	CK	0.15	4	0.61	0.55	5.276	9.698**
	I		5	0.63	0.55	5.234	8.160**
	II		9	0.65	0.49	5.567	4.140**
	III		8	0.65	0.15	5.436	4.884**
	CK	0.2	7	0.71	0.61	4.861	7.586**
	I		8	0.71	0.60	4.942	6.459**
	II		15	0.79	0.56	5.214	3.419*
	III		14	0.78	0.58	5.067	3.867**
	CK	0.3	9	0.72	0.66	4.567	7.233**
	& I		10	0.79	0.68	4.443	7.090**
	# II		18	0.81	0.50	5.530	2.613
	# III		17	0.81	0.53	5.365	2.921*

& Selected model

Model is not full rank

* and ** significant at 5 % and 1 % level, respectively.

表 5 台東地區定義 1 災害指數產蔗量模式統計結果

Table 5 The statistical analysis of cane yield model with disaster index defined by disaster area in Taitung region.

產量類別 Kind of yield	模 式 Model	選 拔 水 準 stepwise level	自 變 數 個 數 No. of Indep. Var.	決 定 係 數 R^2	矯 正 決 定 係 數 R^2_{adj}	誤 差 均 方 根 Root MSE	F Value
總 計 Total	CK	0.15	4	0.35	0.25	8.440	3.360*
	I		5	0.39	0.26	8.376	3.006*
	II		9	0.45	0.20	8.699	1.799
	III	0.4	8	0.42	0.20	8.715	1.882
	& CK		7	0.45	0.27	8.284	2.557*
	I		8	0.48	0.28	8.254	2.400
	II		15	0.64	0.26	8.350	1.685
自 作 M. F.	III	0.15	14	0.64	0.30	8.131	1.887
	CK		2	0.21	0.15	8.004	3.487*
	I		3	0.23	0.14	8.020	2.612
	II	0.3	5	0.26	0.10	8.211	1.658
	III		4	0.24	0.12	8.110	2.023
	CK		9	0.58	0.39	6.790	3.024*
	& I		10	0.60	0.39	6.758	2.866*
契 約 C. F.	# II	0.15	17	0.86	0.67	4.966	4.486**
	# III		16	0.82	0.60	5.478	3.721*
	CK		5	0.52	0.42	8.812	5.134**
	I	0.2	6	0.52	0.39	8.996	4.109**
	# II		9	0.61	0.43	8.702	3.437*
	# III		8	0.59	0.44	8.635	3.841**
	& CK		8	0.60	0.45	8.557	3.958**
	I	0.2	9	0.60	0.42	8.754	3.370*
	# II		14	0.71	0.44	8.661	2.601*
	# III		13	0.67	0.40	8.946	2.477*

& Selected model

Model is not full rank

* and ** significant at 5% and 1% level, respectively.

表 6 彰化地區定義 2 災害指數產蔗量模式統計結果

Table 6 The statistical analysis of cane yield model with disaster index defined by the strength, landing and disaster of typhoon attacking Taiwan in Changhua region.

產量類別 Kind of yield	模 式 Model	選 拔 水 準 stepwise level	自變數個數 No. of Indep.Var.	決定係數 R^2	矯正決定係數 R^2_{adj}	誤差均方根 Root MSE	F Value
總 計 Total	CK	0.15	4	0.57	0.50	6.775	8.342**
	I		5	0.64	0.57	6.319	8.620**
	II		9	0.67	0.53	6.605	4.601**
	III		8	0.67	0.55	6.449	5.428**
	CK	0.4	10	0.74	0.61	6.001	5.539**
自 作 M. F.	& I		11	0.83	0.73	5.039	7.955**
	# II		19	0.86	0.59	6.188	3.156*
	# III		18	0.85	0.61	5.991	3.536*
	CK	0.15	2	0.46	0.42	7.900	11.546**
	I		3	0.54	0.48	7.461	10.053**
	II		5	0.58	0.49	7.417	6.565**
	III		4	0.57	0.50	7.351	8.214**
	CK	0.4	9	0.66	0.51	7.269	4.352**
	& I		10	0.72	0.57	6.827	4.809**
	# II		17	0.87	0.69	5.796	4.786**
	# III		16	0.87	0.71	5.634	5.343**
契 約 C. F.	CK	0.15	3	0.54	0.48	9.676	10.076**
	I		4	0.61	0.55	9.070	9.749**
	# II		6	0.61	0.51	9.451	5.989**
	# III		5	0.61	0.53	9.254	7.493**
	CK	0.4	12	0.84	0.73	6.974	7.602**
	& I		13	0.87	0.76	6.579	8.125**
	# II		22	0.91	0.63	8.200	3.240
	# III		21	0.91	0.68	7.671	3.879*

& Selected model.

Model is not full rank

* and ** significant at 5% and 1% level, respectively.

表 7 花蓮地區定義 2 災害指數產蔗量模式統計結果

Table 7 The statistical analysis of cane yield model with disaster index defined by the strength, landing and disaster of typhoon attacking Taiwan in Hualien region.

產量類別 Kind of yield	模 式 Model	選 拔 水 準 stepwise level	自變數個數 No. of Indep.Var.	決定係數 R ²	矯正決定係數 R ² _{adj}	誤差均方根 Root MSE	F Value
總 計 Total	CK	0.15	5	0.64	0.56	4.153	8.518**
	I		6	0.69	0.60	3.966	8.337**
	II		11	0.76	0.61	3.915	5.177**
	III		10	0.69	0.53	4.309	4.286**
自 作 M. F.	CK	0.15	2	0.15	0.09	5.653	2.456
	I		3	0.18	0.08	5.678	1.875
	II		5	0.22	0.06	5.763	1.341
	III		4	0.18	0.05	5.784	1.370
	CK	0.3	4	0.29	0.18	5.381	2.554
	I		5	0.29	0.14	5.492	1.962
	II		9	0.38	0.10	5.615	1.371
	III		8	0.32	0.06	5.752	1.227
契 約 C. F.	CK	0.15	4	0.61	0.55	5.276	9.689**
	I		5	0.70	0.64	4.701	11.263**
	II		9	0.72	0.60	4.977	5.738**
	III		8	0.71	0.59	4.985	6.301**
	CK	0.2	7	0.71	0.61	4.861	7.586**
	I		8	0.80	0.72	4.152	10.244**
	II		15	0.84	0.68	4.444	5.058**
	III		14	0.83	0.67	4.505	5.176**
	CK	0.3	9	0.77	0.66	4.567	7.233**
	& I		10	0.83	0.74	3.974	9.338**
	# II		18	0.85	0.61	4.898	3.498*
	# III		17	0.84	0.61	4.868	3.699*

& Selected model

Model is not full rank

* and ** significant at 5% and 1% level, respectively.

數計有時間虛擬變數及其平方項、分藥期氣溫有效積溫、分藥期氣溫日較差均值及其平方項、伸長期濕度因子與災害指數等七項；其中因其分藥期氣溫有效積溫及伸長期濕度因子之平方項的淨迴歸係數太小且未達顯著水準，故將其剔除之。自作產蔗量模式所包括之自變數均與定義 1 災害指數所選出之模式相同，惟其不具有災害指數。契約產蔗量模式於 0.15 選拔水準之模式 II 與 III，因有共線性之現象，故捨棄之；改以 0.2 選拔水準之對照模式代替，其所包括之自變數與定義 1 災害指數所選出之模式相同（表 5 和表 8）。

上述各入選產蔗量模式，僅台東地區總計產蔗量模式具有平方項之自變數。各模式之決定係數，彰化地區約在 0.72 至 0.87，花蓮地區約在 0.69 至 0.83，台東地區約在 0.48 至 0.60。其估算產蔗量的誤差百分率，彰化地區總計、自作和契約產蔗量模式分別為 0.44% 至 9.61%、0.05% 至 19.69% 和 0.42% 至 14.92%。花蓮地區總計和契約產蔗量模式分別為 0.53% 至 9.96% 和 0.04% 至 10.55%。台東地區總計、自作和契約產蔗量模式分別為 0.42% 至 33.7%、0.55% 至 22.39% 和 0.14% 至 19.78%。

四、討論與結論

各模式之矯正決定係數（ R^2_{adj} ），普遍以定義 2 災害指數者為大（表 3～表 8）。本研究決定採用之較佳產蔗量模式。係選擇 R^2_{adj} 值較大者。彰化及花蓮地區各產蔗量模式均選自定義 2 災害指數者（表 6 和表 7），台東地區之總計產蔗量模式選於定義 2 災害指數者（表 8）；自作產蔗量模式選於定義 1 災害指數者（表 5），契約產蔗量模式於二種模式下均相同。該些入選之較佳產蔗量模式，所包括之氣象變數則不盡相同。同地區不同類別之模式，亦如此。

彰化地區：各較佳模式於淨迴歸係數 t 檢定達顯著水準之前提下，僅七月至十月總雨量（ X_4 ）和伸長期氣溫有效積溫（ X_9 ）二項氣象變數為總計和契約產蔗量模式所共有。各模式之數學方程式列於下：

總計模式： $R^2 = 0.83$ ， $R^2_{adj} = 0.73$

$$Y = 101.209 + 0.396X_1 - 0.04X_{15} - 0.015X_{16} \\ + 0.011X_4^* - 1.664X_{20} - 0.051X_9^* \\ + 0.033X_{22}^* - 7.005X_{19}^* + 9.788X_{21} \\ + 0.046X_{14} - 5.449DI_2^{**} + \epsilon$$

自作模式： $R^2 = 0.72$ ， $R^2_{adj} = 0.57$

$$Y = -7.18 + 0.29X_1 + 0.611X_7 + 0.017X_{22} \\ - 0.363X_{13} - 0.014X_2 - 0.019X_{14} + 9.6X_{12} \\ + 1.965X_{21}^* - 0.014X_{10} - 4.316DI_2 + \epsilon$$

契約模式： $R^2 = 0.87$ ， $R^2_{adj} = 0.76$

$$Y = 202.234 + 0.428X_1 - 0.09X_{15} + 0.05X_{16} \\ - 13.741X_{19} - 0.065X_9^* + 19.417X_{21} \\ + 0.111X_{14}^* + 0.013X_4^* - 5.744X_{20} \\ + 0.031X_{22} - 0.015X_{10} - 0.007X_3 - 5.215DI_2 \\ + \epsilon$$

花蓮地區：各較佳模式於淨迴歸係數 t 檢定達顯著水準之前提下，均未具有相同之氣象變數。各模式之數學方程式列於下：

總計模式： $R^2 = 0.69$ ， $R^2_{adj} = 0.60$

$$Y = 73.971 - 0.012X_1 - 6.445X_{17} - 0.942X_{13}^* \\ + 0.88X_{19}^* - 0.579X_{20} - 1.599DI_2 + \epsilon$$

契約模式： $R^2 = 0.83$ ， $R^2_{adj} = 0.74$

$$Y = 96.048 - 0.334X_1 - 6.963X_{17} - 0.482X_{13} \\ - 4.894X_{12} + 0.02X_{15} - 0.203X_{18} + 0.019X_3^{**} \\ - 8.83X_{11}^* + 0.029X_9^* - 2.696DI_2^* + \epsilon$$

台東地區：各較佳模式於淨迴歸係數 t 檢定達顯著水準之前提下，僅分藥期豪雨日數（ X_6 ）一項氣象變數為自作和契約產蔗量模式所共有。各模式之數學方程式列於下：

總計模式： $R^2 = 0.48$ ， $R^2_{adj} = 0.31$

$$Y = 184.71 - 0.996X_1 - 0.028X_{12} - 1.443X_{20} \\ - 15.115X_{11}^* + 0.12X_{11}^2 + 0.038X_9^* \\ - 2.558DI_2^* + \epsilon$$

自作模式： $R^2 = 0.60$ ， $R^2_{adj} = 0.39$

$$Y = -44.901 - 0.303X_1 + 11.505X_{12}^* - 4.707X_6^* \\ + 0.012X_5^{**} - 24.090X_{11}^{**} + 0.031X_{15} \\ + 0.029X_8 + 1.582X_{19} + 8.126X_{17} - 4.893DI_1 \\ + \epsilon$$

契約模式： $R^2 = 0.60$ ， $R^2_{adj} = 0.45$

$$Y = -18.138 + 0.15X_1 + 0.057X_{23}^* + 0.031X_2^{**} \\ - 8.475X_6^{**} + 0.031X_3^* - 7.549X_{11} \\ + 0.044X_{14} - 0.027X_{22} + \epsilon$$

表 8 台東地區定義 2 災害指數產蔗量模式統計結果

Table 8 The statistical analysis of cane yield model with disaster index defined by the strength, landing and disaster of typhoon attacking Taiwan in Taitung region.

產量類別 Kind of yield	模 式 Model	選拔水準 stepwise level	自變數個數 No. of Indep. Var.	決定係數 R^2	矯正決定係數 R^2_{adj}	誤差均方根 Root MSE	F Value
總 計 Total	CK	0.15	4	0.35	0.25	8.440	3.360*
	& I		5	0.45	0.34	7.910	3.953**
	II		9	0.52	0.31	8.083	2.453*
	III		8	0.47	0.26	8.336	2.301
自 作 M. F.	CK	0.4	7	0.45	0.27	8.284	2.557*
	I		8	0.48	0.29	8.202	2.464*
	II		15	0.61	0.18	8.775	1.438
	III		14	0.61	0.24	8.478	1.650
	CK	0.15	2	0.21	0.15	8.004	3.487*
	I		3	0.22	0.13	8.074	2.462
	II		5	0.24	0.09	8.280	1.550
	III		4	0.24	0.12	8.139	1.965
	& CK	0.3	9	0.58	0.39	6.790	3.024*
	I		10	0.59	0.37	6.865	2.719*
契 約 C. F.	# II		17	0.69	0.26	7.452	1.600
	# III		16	0.69	0.30	7.225	1.793
	CK	0.15	5	0.52	0.42	8.812	5.134**
	I		6	0.54	0.41	8.823	4.423**
	# II		9	0.63	0.47	8.424	3.816**
	# III		8	0.61	0.46	8.494	4.057**
	& CK	0.2	8	0.60	0.45	8.557	3.958**
	I		9	0.62	0.44	8.604	3.567**
	# II		14	0.73	0.48	8.324	2.905*
	# III		13	0.68	0.42	8.768	2.628*

& Selected model

Model is not full rank

* and ** significant at 5% and 1% level, respectively.

其中氣溫有效積溫對甘蔗產蔗量，具有正的影響 (Das 1933)⁽¹⁸⁾; Gascho et al. (1973)⁽²⁰⁾ 亦提出當氣溫小於 20℃ 或大於 35℃ 時，對其有不利之影響。而當根溫小於 15.5℃ 時，因呼吸作用大於光合作用，使其對乾重呈現負的影響；於 15.5℃ ~ 33.5℃ 時，則為正的影響，且呈直線增加的趨勢 (Mongelard & Mimura 1972)⁽²³⁾。惟由本文所建立之各地區較佳產蔗量模式發現；以氣溫有效積溫而言，彰化地區總計和契約產蔗量模式達顯著水準且為負的影響；花蓮地區之契約產蔗量模式雖具有該項自變數，惟未達顯著水準。台東地區僅總計產蔗量模式達顯著水準且為正的影響。土溫有效積溫方面，彰化地區各模式均具有 30cm 土溫有效積溫之自變數，然僅總計模式者達顯著水準且為正的影響；花蓮地區各模式均未包括該項自變數；台東地區僅契約產蔗量模式具有 30cm 和 50cm 土溫有效積溫之自變數，惟只有後者達顯著水準且為正的影響。

該些模式之實際產蔗量與估算產蔗量的變化趨勢，參見圖 1 ~ 圖 3。其最大誤差百分率出現之年期，各地區各模式亦有所差異。以彰化地區而言，總計、自作和契約模式分別出現於 50-51 年期、64-65 年期和 71-72 年期，花蓮地區總計和契約模式分別出現 58-59 年期和 70-71 年期，台東地區總計、自作和契約模式分別出現於 51-52 年期、64-65 年期和 63-64 年期。

由前述之分析顯示，本研究所建立之各模式所包括之時間虛擬變數、氣象變數和災害指數等自變數，計有六至十三個不等。其氣象變數之計算雖捨棄以月或旬為時間間距，而依據甘蔗之全生育期（九月至翌年十月）、分蘖期和伸長期為時間單位；但所建立之各模式的估算產蔗量誤差百分率變異大。尤以台東地區最為明顯，約在 0.03% 至 34% 之間。

二種颱風災害指數之淨迴歸係數顯著性測驗，除彰化地區之總計模式、花蓮地區之契約模式和台東地區之總計模式外，其他模式普遍未達顯著水準；以致無法顯著地將台灣地區最主之氣象災害—颱風對甘蔗產蔗量的影響表現出來。究其原因，可能是技術趨勢的表示不完備、氣象資料的代表性問題與災害指數的定義欠缺作物生理上之具體意義所形

成。

首先，就技術趨勢的表示而言，其包括品種改良、種植方法、灌溉和肥料利用等栽培管理、以及採收作業、農機具的利用、病蟲害或其他災害的發生等。因此，僅是利用時間虛擬變數代表技術趨勢，雖可減少共線性的問題，然恐有甚多不足之處。

其次，就氣象因子而言，儘管本研究之氣象變數考慮周全，除一般氣象要素外，尚包括有效積溫和濕度因子。時間單位以作物生育期劃分，而不是以月或旬為單位，然彰化和台東地區部份模式之估算產蔗量的誤差百分率變異仍大。究其原因，可能是氣象資料代表性的問題所致。由於台灣地區受地形的影響，局部地區的氣候常有所不同，尤以台東

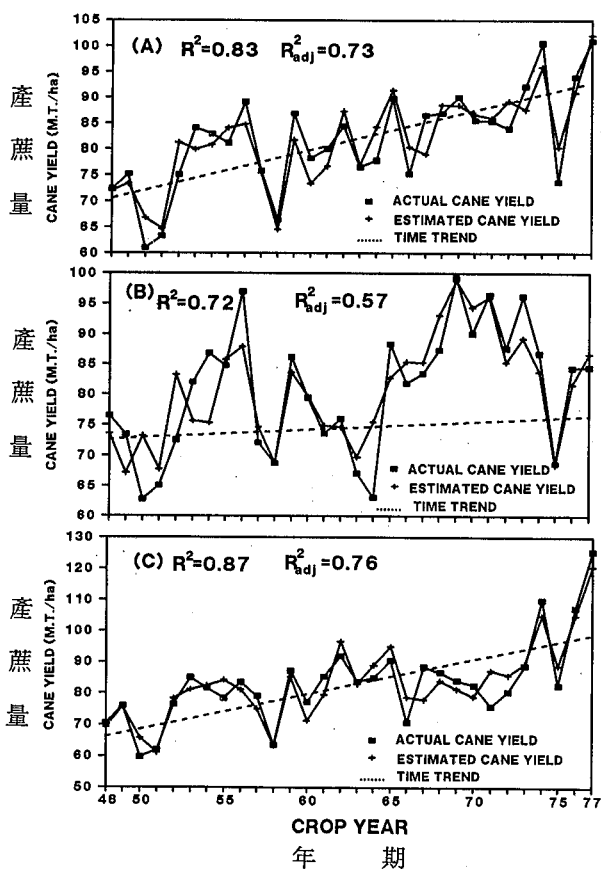


圖 1 彰化地區(A)總計(B)自作(C)契約產蔗量模式之估算產蔗量

Fig. 1 The estimated cane yield by (A)Total (B)M. F. (C)C. F. cane yield model in Changhua region

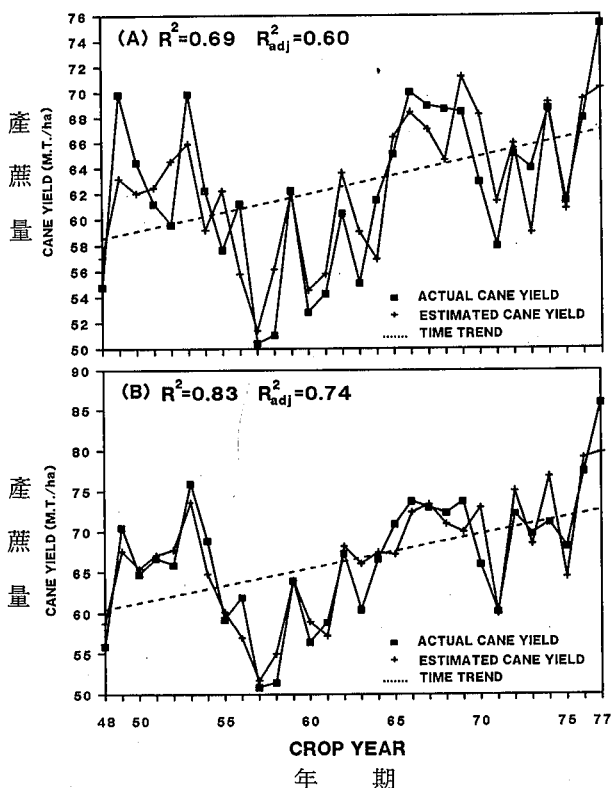


圖 2 花蓮地區(A)總計(B)契約產蔗量模式之估算產蔗量

Fig. 2 The estimated cane yield by (A)Total (B)C. F. cane yield model in Hualien region

地區最為明顯。因此，利用氣象局台中、花蓮和台東測站之氣象資料，實難以具體地探討其對彰化、花蓮和台東三處原料蔗區產蔗量之影響。同時，甘蔗為一高莖作物，其蔗田微氣象與綜觀天氣亦有所不同，而其彼此間之差異亟須繼續研究（童等1970, Chang 1961）^(6,14)。

此外，更應進一步地找出適於模式之氣象指數，以簡化氣象變數，並使其具有完備之代表性。Sakamoto (1976,1978)^(25,26)即採用水分異常指數 (moisture anomaly index) Z 與入選月份之月均溫偏差值，發展出可有效估算澳洲南部小麥產量之預測模式。其認為以氣象指數估算作物產量遠勝於直接利用月均溫和雨量資料，因該指數係由多個氣象變數衍算而來。

最後，以本研究所定義之颱風災害指數而言，

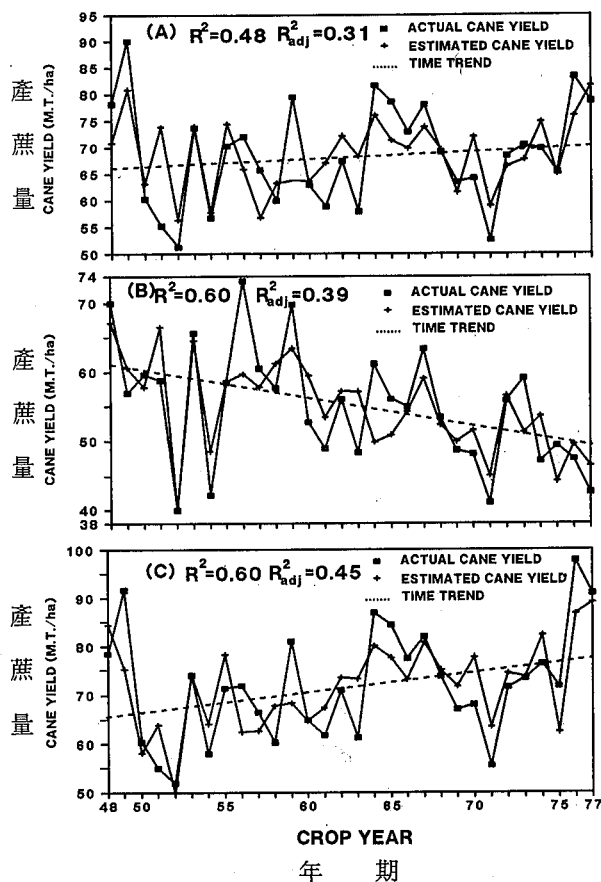


圖 3 台東地區(A)總計(B)自作(C)契約產蔗量模式之估算產蔗量

Fig. 3 The estimated cane yield by (A)Total (B)M. F. (C)C. F. cane yield model in Taitung region

由於欠缺作物生理上之災害調查資料及其相關之生理研究 (Arceneaux et al. 1952, Das 1931)^(13,16)，而改以受災面積百分率及颱風強度、登陸地點和災情等定義之。由所得結果發現，雖未能普遍地表現出其對產蔗量之影響，然該些模式對農業保險理賠之鑑定，仍不失為一簡易且迅速之方法。

誌 謝

本文為第一作者碩士論文之一部份。於進修期間，承蒙服務單位各位長官的支持與提拔、同事慧玉和仁有的任勞分擔業務，以及南文先生和介圭小姐協助統計氣象資料；聖顯同學和王裕文講師支援電腦繪圖，謹此一併獻上第一作者最誠摯的謝意。

參考文獻

1. 林燦隆、謝邦昌、唐榮澤 1989 利用氣象因子建立甘蔗糖份含量之預測模式 台灣糖業研究所研究彙報 124 : 1-12。
2. 唐榮澤 1981 台南及花蓮之氣候與甘蔗生長之比較 台灣糖業研究所研究彙報 94 : 11-18。
3. 黃承澤、朱振華、夏輔禹、孟智遠、夏雨人、楊柏椿、何逢偉 1972 長期生育甘蔗與不同植期及收穫期對產量關係之研究 台灣糖業研究所研究彙報 57 : 13-28。
4. 陳文雄 1979 台灣稻米供需模型之研究 台灣省政府糧食局編印。
5. 郭文鑠、曾文柄、楊之遠、鄭淑賢 1980 台灣地區氣象因子與水稻產量預測模式之初步研究 氣象學報 36 : 71-76。
6. 童文海、鄭鼎鐘 1970 蔗田微氣候之比較分析 台灣糖業研究所研究彙報 52 : 99-136。
7. 童文海、唐榮澤 1979 台灣氣候與蔗作民國67年氣候與67-68年期蔗作 台灣糖業研究所研究彙報 84 : 11-24。
8. 鄒宏潘、何惠 1980 水稻產量預測之研究 台灣省政府糧食局編印，85pp。
9. 農業年報民國49年版-民國78年版 台灣省政府農林廳編印。
10. 台灣糖業公司統計資料輯錄 1960-1989 第12號-41號 台灣糖業公司編印。
11. 謝俊雄 1972 氣象因素與蔗產量及產糖率之關係分析 I 砂土部份 (計量分析) 台灣糖業研究所研究彙報 56 : 1-12。
12. 謝俊雄 1973 台灣氣象因素與蔗產量及產糖率之關係分析 台灣銀行季刊 24(4) : 252-263。
13. Arceneaux, G., Hebert, L. P., and Mayeux, L. C. 1952. Effects of breakage on plant development and field production with sugarcane. USDA Tech. Bull. No. 1059. 15pp.
14. Chang, Jen-hu, 1961, Microclimate of sugar cane. Hawn Planters' Rec, 56(3) : 195-225.
15. Chang Jen-hu, R. B. Campell and Robinson, F. E. 1963. On the relationship between water and sugar cane yield in Hawaii. Agron. J. 55 : 450-453.
16. Das, U. K. 1931. Weather and quality of juice at Ewa. Hawn Planters' Rec. 35 : 135-162.
17. Das, U. K. 1932. A further study of the influence of weather on yield. Hawn Planters' Rec., 36 : 40-59.
18. Das, U. K. 1933. Measuring production in terms of temperature. Hawn. Planters' Rec., 37 : 32-53.
19. Das, J. C. and Madnani, L. M. 1971. Forecasting the yield of principal crops in India on the basis of weather : paddy rice (Konkan and Madhya Maharashtra). Agrimet No. 1, Part I, India Meteorol. Dept. pp. 1-15.
20. Gascho, G. J., D. C. Ruelke and West, S. H. 1973. Residual effects of germination temperature in sugarcane. Crop Sci. 13 : 274-276.
21. Lyall, L. T. 1980. The growth of barley and the effect of climate. Weather 35 : 271-276.
22. McQuigg, J. D. 1975. Economic impacts of weather variability. UMC Dept. Atmos. Sci. Press.
23. Mongelard, J. C. and Mimura, L. 1972. Growth studies on the sugarcane plant I. effects of temperature. Crop Sci. 11 : 795-800.
24. SAS Institute. 1985. SAS user's guide : statistics. Version 5 ed. SAS Institute Inc., Cary, NC.
25. Sakamoto, C. M. 1976. An index for estimating wheat yield in Australia Tech. Note 76-3, pp31, CCEA, Mo.
26. Sakamoto, C. M. 1978. The Z-index as a variable for crop yield estimation. Agric. Meteorol. 19 : 305-313.
27. Sigh, B. H. and Bapat S. R. 1988. Pre-

民國七十七年北太平洋西部颱風總述

中央氣象局科技中心

一、前言

民國 77(1988) 年，在北太平洋西部共有 26 個颱風（請見表 1）。包含颱風 ULEKI 係過去 30 年來第 3 個（前 2 個分別為 1967 年之 Sarah 及 1987 年之 Peke）發生於北太平洋東部之颶風而西進越過國際換日綫活動於西部者。就發生頻度而言，略多於 1884 年至 1988 年共 105 年間之颱風次數之年平均値（23.7 次），而接近自 1947 年至 1987 年最近 41 年來之氣候平均値（26.8 次）。

這一年中在北太平洋西部有颱風出現之日數共有 114 天，其中有 15 天為 2 個颱風同時存在，有 4 天同時有 3 個颱風活躍於此區域內。3 個颱風同時存在的均出現於 9 月中，分別為 9 月 12~13 日之颱風海爾（Hal）、伊瑪（Irma）和 Uleki（係北太平洋東部之颶風西進者），及 14~15 日之颱風

海爾（Hal）、伊瑪（Irma）和傑夫（Jeff）。

一般說來，這一年之颱風與往年有些不同，即超強颱風少，平均颱風生命期較短，大部分颱風生命在 4 天或以下，而北太平洋西部之颱風之平均生命期通常超過 4 天。除此之外，季風槽之偏北推移及活潑之 TUTT (Tropical Upper-Tropospheric Trough)。夏季季風槽之向北推移並提早來臨，及活潑之 TUTT，可能帶給大部分颱風路徑之異常，並增加在較高緯度（20°N 以北）發生之可能性。

另一方面，7~9 月份北太平洋西部海面水溫偏高，尤其是 9 月份至 30°N 附近有廣大範圍均在 26°C~27°C（被認為颱風發生之臨界溫度）以上，且顯示正距平，可以說為颱風發生之有利條件之一（請見圖 1 及 2）。

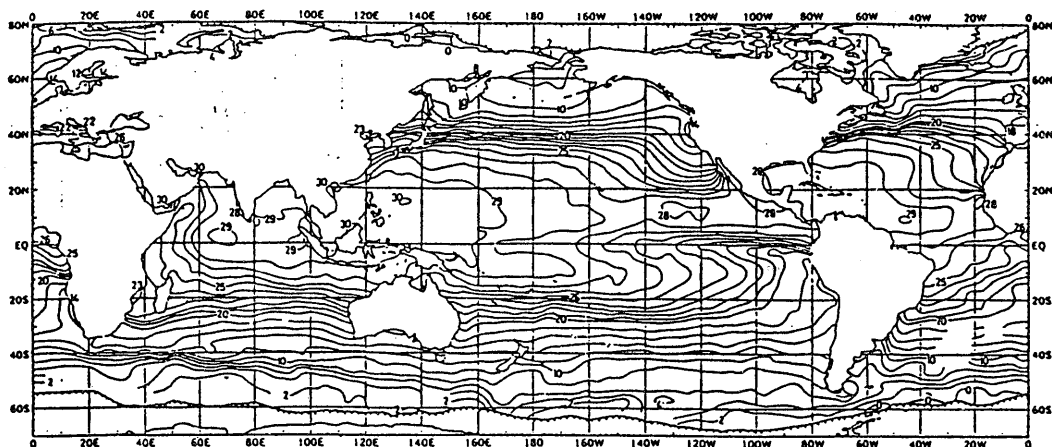


圖 1.: 民國 77 年 9 月平均海面水溫（取自日本氣象廳：氣候系監視報告）

Fig 1. MONTHLY MEAN SEA SURFACE TEMPERATURE (SEP. 1988)

Ship and Buoy SST Data is analyzed on 2°×2° box at Oceanographical Division, JMA.

Sea Ice areas (~~~~~) are also indicated. Contour interval is 1°C for the values greater than 20°C and 2°C for those below 20°C, respectively.

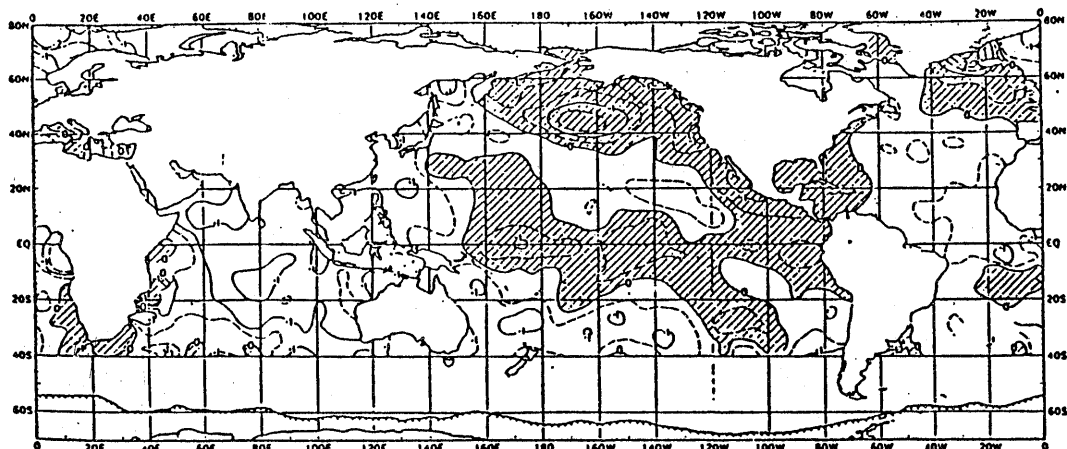


圖 2：民國 77 年 9 月平均海面水溫距平（取自日本氣象廳：氣候系監視報告）

Fig 2. MONTHLY MEAN SST ANOMALY (SEP. 1988)

Reynolds Normal (1982) is used for monthly SST climatology.

Contour interval is 1°C , dashed line shows additional contour of $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, with area below normal shaded. Sea Ice.

二、概 述

(一) 颱風強度分類及其分佈

依據颱風中心附近最大風速來分類，有 1 個超強颱風佔 3.8%，係 10 月之第一個颱風尼爾森 (Nelson)，所觀測到之中心最低氣壓為 898mb，中心附近最大風速達 72m/s。有 6 個強烈颱風佔 23.1%，分別為羅依 (Roy)、華倫 (Warren)、杜爾 (Doyle)、海爾 (Hal)、魯碧 (Ruby) 及斯凱普 (Skip)。此外有 7 個中度颱風佔 26.9% 及 12 個輕度颱風佔 46.2%。

本 (77) 年中所發生之 26 個颱風在各月份之分佈情況如表 2 及圖 3 所示，以 9 月份最多有 8 個佔 30.8%，8 月次之有 5 個佔 19.2%，10 月再次之有 4 個佔 15.4%，6、7 及 11 月各有 2 個各佔 7.7%，1、5 及 12 月各有 1 個各佔 3.8%，而 2 至 4 月都沒有颱風發生。

至於各月發生次數與最近 41 年之氣候平均值比較，則如表 2 及圖 4 所顯示，9 月份比歷年平均數多出 3.3 次，1 月多出 0.5 次及 6 月多出 0.3 次，5 月及 10 月相等之外，其他各月都比歷年較少，尤其是 7 月份少 2 次之多，實為比較少見之現象。

此 26 個颱風之生成地點分佈情形如表 3 所示，

由經緯度而言，生成於 10°N 以南者有 5 個佔 19.2%，其中在 120°E 以西生成者有 1 個佔 3.8%，在 $120^{\circ}\sim 140^{\circ}\text{E}$ 之間生成者有 3 個佔 11.5%，在 160°E 以東生成者有 1 個佔 3.8%。生成於 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$ 之間者最多有 14 個佔 53.8%，其中生成於 120°E 以西、 $140^{\circ}\sim 160^{\circ}\text{E}$ 之間及 160°E 以東者各有 2 個各佔 7.7%，在 $120^{\circ}\sim 140^{\circ}\text{E}$ 之間生成者有 8 個佔 30.8%。生成於 20°N 以北者有 7 個佔 26.9%，其中生成於 $120^{\circ}\sim 140^{\circ}\text{E}$ 之間者有 2 個佔 7.7%，在 $140^{\circ}\sim 160^{\circ}\text{E}$ 之間生成者有 4 個佔 15.4%，在 160°E 以東生成者有 1 個佔 3.8%。

總之，在 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$ 及 $120^{\circ}\sim 140^{\circ}\text{E}$ 之間之區域生成者最多，亦即為各年中颱風生成最頻繁之區域。

在此值的一提的是， 20°N 以北生成的次數有 7 次，都在 7~9 月份生成，由圖 5 颱風發生地點歷年分佈情形所示者而言，發生月份是正常，但就發生頻率而言，這一年的發生比率比歷年高出很多。本 (77) 年 7~9 月份共生成 15 個颱風，其中在 20°N 以北生成者有 7 次佔 46.7%，且幾乎連續發生。而由圖 5 可看出在 7~9 月份生成於 20°N 以北者約祇佔 20% 左右，可以說高出一倍以上。或

表 1 民國 77 年北太平洋西部颱風綱要表

Table 1 Summary of typhoon information for the western North Pacific Ocean in 1988

月 份	當 月 次 序	年 度 編 號	颱 風 名 稱	本局本檔案中 之颱風生命期 (全部起訖)	時 數	JTWC 檔 案 中 之			強 度	最 低 氣 壓 mb
						歷 經 時 日	輕度以上颱風 生 命 期	中度以上颱風 生 命 期		
1	1	8801	ROY 羅依	010806Z~011818Z	252	0606Z~1818Z	0806Z~1712Z	0912Z~1606Z	強烈	927
5	1	8802	SUSAN 蘇珊	053006Z~060300Z	90	2902Z~0306Z	3006Z~0300Z	3112Z~0206Z	中度	963
6	1	8803	THAD 賽德	062003Z~062506Z	123	1806Z~2506Z	2000Z~2500Z	2206Z~2400Z	中度	972
6	2	8804	VANESSA 范妮莎	062700Z~062912Z	60	2412Z~2918Z	2618Z~2906Z	—	輕度	991
7	1	8805	WARREN 華倫	071300Z~072006Z	174	1106Z~2006Z	1218Z~2000Z	1418Z~1912Z	強烈	927
7	2	8806	AGNES 艾妮絲	073000Z~073118Z	42	2800Z~3118Z	2912Z~3018Z	—	輕度	994
8	1	8807	BILL 比爾	080700Z~080800Z	24	0504Z~0812Z	0700Z~0800Z	—	輕度	991
8	2	8808	CLARA 葛萊拉	081021Z~081418Z	93	0706Z~1600Z	1018Z~1200Z	—	輕度	991
8	3	8809	DOYLE 杜爾	081512Z~082300Z	180	1306Z~2400Z	1512Z~2106Z	1600Z~2006Z	強烈	927
8	4	8810	ELSIE 艾爾西	082818Z~	84	2412Z~	2812Z~2918Z	—	輕度	997
8		8810	ELSIE 艾爾西	090106Z		0106Z	3100Z~3118Z	—	輕度	991
8	5	8811	FABIAN 費賓	083000Z~090318Z	114	2714Z~0318Z	3000Z~0306Z	0106Z~0306Z	中度	968
9	1	8812	GAY 蓋依	090303Z~090400Z	21	0206Z~0400Z	0218Z~0400Z	—	輕度	991
9	2	8813	HAL 海爾	090812Z~091712Z	216	0506Z~1712Z	0800Z~1700Z	1012Z~1600Z	強烈	938
9	3		ULEKI		342	2818Z~1400Z	2918Z~1306Z	3100Z~1218Z	中度	954
9	4	8814	IRMA 伊瑪	091206Z~091612Z	102	1100Z~1612Z	1200Z~1518Z	—	輕度	984
9	5	8815	JEFF 傑夫	091406Z~091612Z	54	1200Z~1612Z	1400Z~1600Z	—	輕度	991
9	6	8816	KIT 克蒂	091918Z~092206Z	60	1822Z~2206Z	1918Z~2200Z	—	輕度	984
9	7	8817	LEE 李尹	092100Z~092500Z	96	1606Z~2500Z	2100Z~2412Z	—	輕度	984
9	8	8818	MAMIE 瑪美	092206Z~092312Z	30	1906Z~2312Z	2206Z~2300Z	—	輕度	991
10	1	8819	NELSON 尼爾森	100115Z~100906Z	183	3014Z~0906Z	0112Z~0818Z	0212Z~0812Z	超強	898
10	2	8820	ODESSA 歐黛莎	101112Z~101709Z	141	0806Z~1800Z	1112Z~1618Z	1306Z~1612Z	中度	954
10	3	8821	PAT 派特	101818Z~102306Z	108	1606Z~2306Z	1818Z~2218Z	2000Z~2200Z	中度	968
10	4	8822	RUBY 魯碧	102112Z~102900Z	180	2018Z~2900Z	2118Z~2818Z	2218Z~2618Z	強烈	916
11	1	8823	SKIP 斯凱普	110321Z~111212Z	207	0306Z~1300Z	0318Z~1200Z	0412Z~1012Z	強烈	916
11	2	8824	TESS 蒂絲	110406Z~110700Z	66	0106Z~0700Z	0400Z~0606Z	0512Z~0600Z	中度	976
12	1	8825	VAL 衛奧	122300Z~122600Z	72	2106Z~2700Z	2218Z~2600Z	—	輕度	984

中最大 心附風 近速 m/s	平 移 均 速 nm/ h	暴風半徑 nm		生 成 地 點			消 失 或 衰 減 成 T D 地 點	本警 局報 發階 佈級	路 徑 型 式	備 註
		7 級	10 級	描 述	°N	°E				
59	14.6	280	70	關島東南東方 2800km	8.2	169.8	南 海	—	西向直綫	關島、菲律賓受災嚴重
41	9.2	100	40	恒春南南西方 410km	18.4	119.2	琉球東方海面	海陸	近似拋物綫	呂宋島受嚴重水災死 6 人
36	13.2	120	60	菲律賓東方	8.3	132.8	日本南方海面	—	拋物綫	
23	19.7	60	—	呂宋島東南方	9.0	128.0	登陸大陸後消失	—	西北向直綫	菲律賓中部受災
59	11.5	150	110	關島南南西方 170km	12.1	144.3	登陸大陸一天後 消失	海陸	西向直綫	呂宋島受災損失 1000 萬美元，大 陸死 17 人傷 153 人房屋倒 13,000 間
21	15.9	70	—	硫磺島東北東方	25.5	142.5	日本東方海面	—	北向直綫	
23	15.3	75	—	琉球西北方 270km	27.4	125.4	登陸大陸後消失	—	西北向直綫	大陸受災嚴重死 110 人，橋樑水 庫多處被毀
23	3.0	65	—	威克島西北方 1400km	29.0	159.0	日本東方海面	—	半“8”字形後 西北向直綫	
59	8.6	230	100	威克島 東北方 200km	19.8	166.2	北太平洋中部	—	拋物綫	
18	11.6	50	—	威克島西北西方 920km	21.6	158.8	日本東方海面	—	近似直綫	
23	20.3	50	—		32.0	159.0	日本東方海面	—	近似直綫	再度發展
39	9.7	220	90	硫磺島北北東方 780km	31.1	144.7	日本東方海面	—	近似直綫	
23	16.0	65	—	硫磺島北北西方 650km	30.2	139.0	日本東方海面	—	東北向直綫	
54	8.7	160	100	關島東北方 1300km	18.3	155.9	日本東方海面	—	拋物綫	
46	9.2	175	90	由北太平洋東部越 過換日綫進入西部	13.0	148°w	日本東方海面	—	西北向直綫	
28	5.4	130	30	威克島西北方 850km	23.1	160.1	日本東方海面	—	近“S”形直綫	
23	12.3	50	—	菲律賓東方海面	16.6	137.2	琉球東方海面	—	近似直綫	
28	8.8	80	40	呂宋島北方	18.0	122.0	登陸大陸後消失	海	西北向直綫	大陸受災有人命及財物損失
28	10.6	100	40	台北東南方 1540km	18.6	134.7	琉球東方海面	海	拋物綫	
23	10.0	80	—	南海	16.5	112.5	南 海	—	半“8”字形	
72	12.0	140	90	馬尼拉東方 1550km	12.3	135.1	日本東方海面	海陸	拋物綫	
46	6.5	70	50	恒春東南東方 1250km	19.1	132.5	琉球東方海面	海	拋物綫	
39	15.4	90	50	馬尼拉東方 1330km	15.6	133.4	登陸越南後消失	海	近似直綫	
64	9.4	150	100	雅浦島西北西方 300km	10.2	135.5	進入南海消失於 越南外海	海	近似直綫	菲律賓受災嚴重死 300 人，無家 可歸超過 47 萬人
64	9.3	140	100	雅浦島東南方 130km	8.8	139.0	越南沿海	—	近似直綫	菲律賓農作物受損嚴重，死 100 人以上，無家可歸超過 60 萬人。
33	10.9	90	40	南沙島東南東方 510km	9.0	118.9	登陸越南後消失	—	近似直綫	
28	14.0	80	50	馬尼拉東南東方 760km	12.2	127.6	菲律賓沿海	—	西北向直綫	

表二 1947 年以來北太平洋西部各月颱風次數統計表
Table 2 Summary of typhoon occurrence in the western North Pacific since 1947

月 年 度	1 月			2 月			3 月			4 月			5 月			6 月			7 月			8 月			9 月			10 月			11 月			12 月			全 年		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III			
1947	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	1	1	1	3	4	6	2	2	4	6	2	4	1	0	3	3	2	1	0	0	22	14	4	
1948	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	1	1	1	1	0	2	2	2	4	2	2	0	0	2	1	1	1	36	14	3			
1949	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	1	0	0	3	3	3	2	1	1	1	1	1	1	24	11	4			
1950	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0	2	1	1	1	6	5	18	2	2	6	4	1	1	4	3	1	1	0	44	13	3			
1951	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2	1	0	1	0	0	1	3	0	3	1	0	3	2	2	2	3	5	1	1	0	2	2	2	21	13	3			
1952	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1	1	1	1	5	6	4	6	5	1	0	3	3	1	3	1	27	20	5			
1953	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	5	3	0	0	0	3	1	3	1	23	16	4			
1954	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	3	4	4	3	0	0	0	0	2	2	21	16	4			
1955	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	2	1	0	2	2	0	0	0	6	3	3	1	1	0	0	0	0	0	24	20	2			
1956	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	5	3	3	1	1	1	0	0	0	0	22	18	3			
1957	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	2	0	7	2	0	0	5	5	3	1	1	0	0	0	0	0	31	21	7			
1958	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0	0	1	1	1	5	3	3	0	0	0	0	0	0	23	16	6			
1959	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	3	0	3	1	1	1	1	4	4	4	1	1	0	1	0	1	1	27	21	6			
1960	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	3	3	1	2	3	1	1	6	9	3	0	0	0	0	0	0	0	27	21	6			
1961	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	3	2	1	3	0	0	5	4	3	3	3	2	7	5	2	1	0	0	1	2	0	29	20	6			
1962	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	4	3	0	4	1	1	1	0	3	8	3	4	1	0	0	0	0	0	25	24	5			
1963	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	2	0	7	6	4	0	0	0	6	5	4	1	0	0	0	0	0	24	19	2			
1964	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	4	3	3	3	3	0	6	4	6	2	2	2	1	1	37	25	0				
1965	2	0	0	2	0	0	1	0	0	1	1	0	2	2	1	3	2	1	5	5	1	1	0	1	7	6	2	2	2	2	1	0	34	18	3				
1966	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	2	0	1	1	0	6	4	4	6	4	1	8	4	2	0	0	0	0	0	30	20	4				
1967	1	0	0	0	0	0	0	2	1	1	1	1	1	0	0	3	5	6	3	5	2	1	1	1	8	4	4	3	1	0	0	0	35	22	3				
1968	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	8	4	6	4	3	3	3	3	2	1	1	0	0	0	27	23	4				
1969	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	3	3	0	1	1	0	4	3	3	1	0	0	0	0	19	15	3				
1970	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	3	0	0	6	4	5	2	1	1	5	3	4	1	0	26	13	1				
1971	1	0	0	0	0	0	1	0	0	3	3	0	4	1	0	2	2	0	8	6	2	4	3	0	6	5	2	4	3	0	2	0	35	24	2				
1972	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	5	5	4	1	1	1	4	2	2	4	3	1	0	0	30	23	1				
1973	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	5	2	2	5	3	1	1	1	2	2	0	21	11	2				
1974	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	3	0	0	5	5	2	2	2	2	5	4	4	1	1	4	3	0	32	15	3				
1975	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	5	4	4	5	4	1	1	3	2	0	20	14	3					
1976	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	2	2	0	2	2	0	4	3	0	4	1	1	5	5	1	1	1	1	0	25	16	1					
1977	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3	3	2	2	3	3	4	2	0	4	3	0	0	19	11	3					
1978	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	3	0	1	4	4	0	2	3	3	5	4	2	1	1	0	0	0	28	15	3				
1979	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	2	2	0	2	2	2	6	3	0	4	2	1	0	0	23	13	2				
1980	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	2	0	1	0	0	4	3	1	2	2	1	6	5	1	4	2	0	0	0	24	15	2				
1981	0	0	0	0	0	0	1	2	0	2	0	0	0	0	0	2	2	0	5	2	1	7	2	1	4	4	2	2	1	0	0	2	28	16	4				
1982	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	1	0	3	1	0	4	2	2	5	2	2	5	3	3	0	4	0	0	1	26	19	3				
1983	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	3	1	5	2	1	5	2	1	1	0	0	2	0	23	11	2				
1984	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	5	4	1	5	2	2	3	1	1	7	5	0	0	27	16	5					
1985	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	2	1	4	1	1	8	6	3	5	3	1	4	3	1	0	26	17	4					
1986	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	2	1	0	2	1	0	3	2	3	3	3	2	2	6	5	1	1	0	0	0	24	18	7				
1987	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	1	3	3	2	2	2	1	1	1	0	0	1	24	18	7				
總數	21	9	0	9	3	0	18	8	0	31	20	0	42	30	3	69	41	13	164	105	30	225	133	43	193	133	34	164	121	14	105	69	7	59	32	1100	704	144	
平均	0.5	0.2	0.0	0.2	0.1	0.0	0.4	0.2	0.0	0.8	0.5	0.0	1.0	0.7	0.1	1.7	1.0	0.3	4.0	2.6	0.7	5.5	3.2	1.0	4.7	3.2	0.8	4.0	3.0	0.3	2.6	1.7	0.2	1.4	0.8	0.0	26.8	17.2	3.5
1988	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	1	0	2	1	0	5	2	0	8	2	0	4	4	0	2	1	0	26	14	1			

註：I 為輕度級及以上之颱風次數。

II 為中度級及以上之颱風次數。

III 為颱風（包括輕度）侵襲之次數。

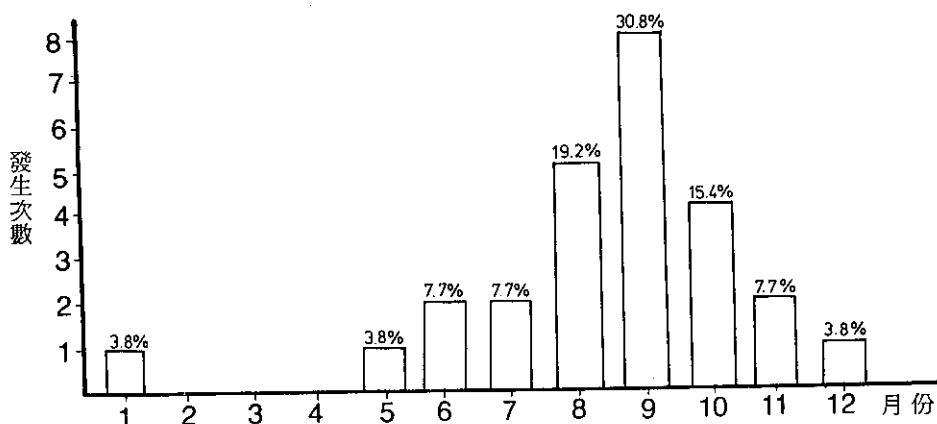


圖 3.: 民國 77 年各月颱風發生次數及比率 (%)

Fig 3. Occurrence frequency and percentage of typhoons for the western North Pacific Ocean in 1988.

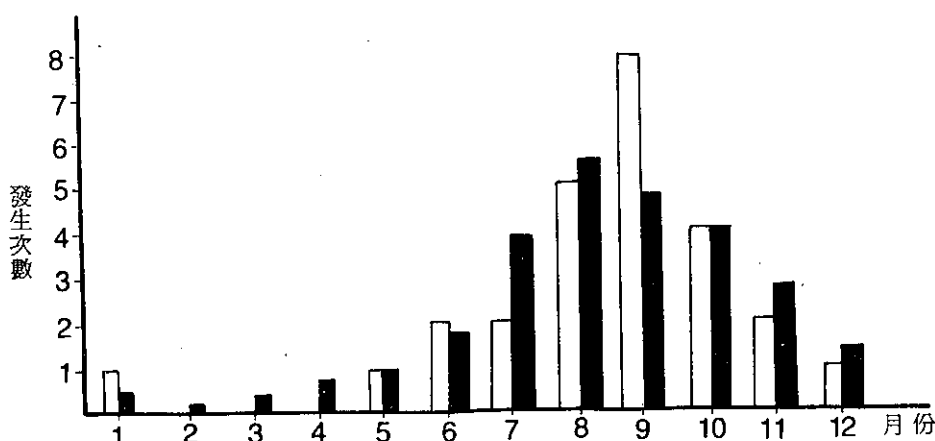


圖 4.: 民國 77 年各月颱風次數與最近 41 年之平均次數 (黑色) 之比較

Fig 4. The monthly comparison between the numbers of typhoons in 1988 with the averages of the last 41 years.

許受季風槽之向北推移，活潑之 TUTT 及海面水溫偏高之影響所致。

(二) 颱風路徑

本 (77) 年在北太平洋西部共有 26 個颱風，其路徑分別表示於圖 6 及圖 7。其形態為拋物線型、近似直綫型及不規則曲綫等變化多端，可見颱風路徑之預報實不容易。其中除 5 月之中度颱風蘇珊 (Susan) 中心曾通過台灣南端恒春半島之外，其餘多遠離台灣，或雖經本局發佈颱風警報亦都未曾太接近，或能適時地轉向，故對台灣影響不大。

(三) 本局發佈警報概況

本 (77) 年在太平洋西部所發生的 26 個颱風中，依其移動方向、路徑及暴風範圍等資料，研判颱風可能侵襲台灣陸地或附近海域，依規定由本局發佈颱風警報者共有 8 個佔 30.8 % (請見表 4)。其中發佈海上陸上警報的有五月之中度颱風蘇珊 (Susan)、七月之強烈颱風華倫 (Warren) 及十月之超強颱風尼爾森 (Nelson) 等 3 個佔 11.5 %。但除蘇珊颱風侵襲台灣陸地之外，華倫颱風係直撲大陸，尼爾森颱風則以西北西轉西北方向行進，

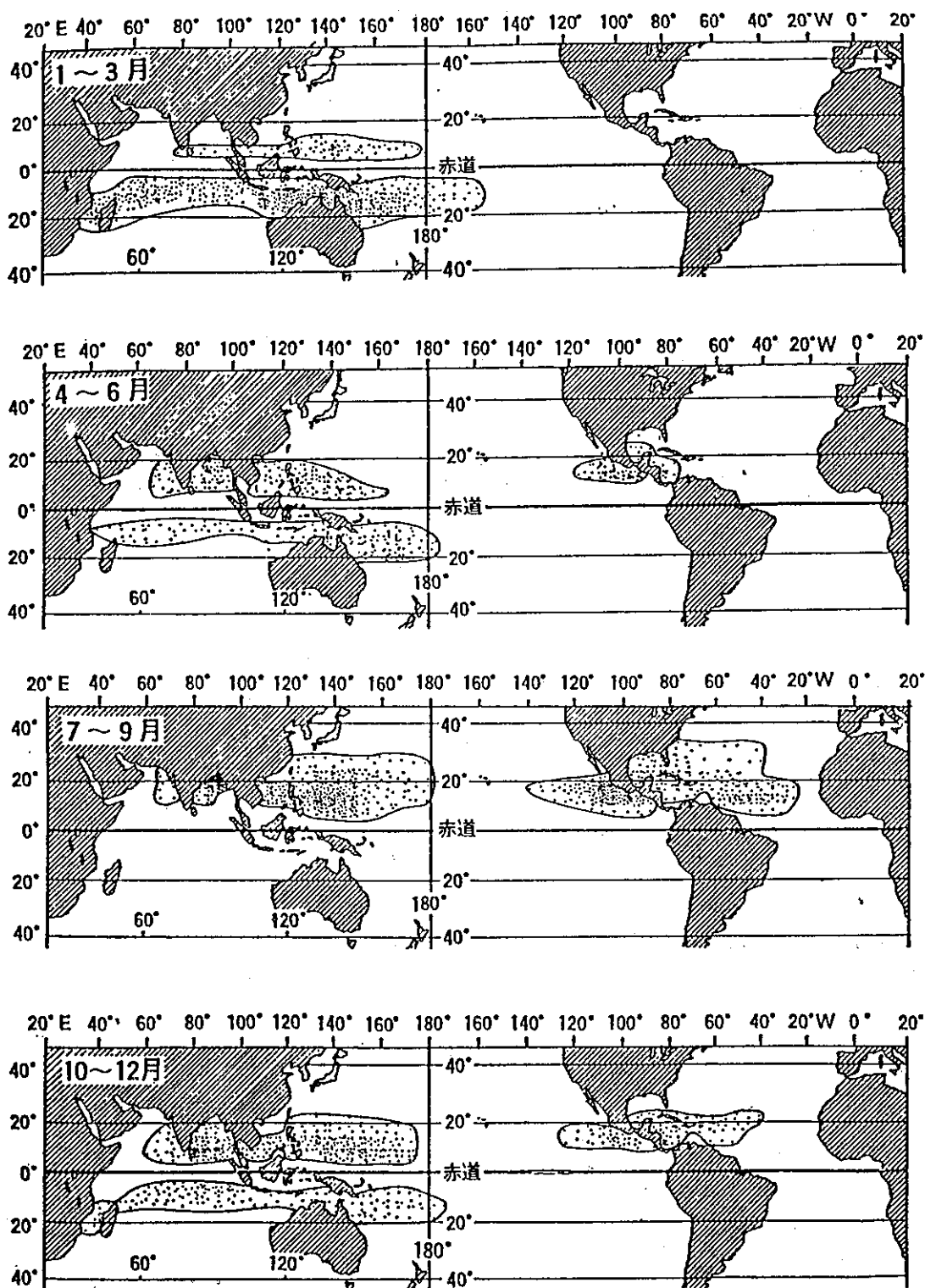


圖 5：1952～1971 颱風發生地點分佈就 1～3 月、4～6 月、7～9 月及 10～12 月分別表示者
(W. M Gray, 1975)

Fig 5. The position of typhoons generated in 1952 to 1971.

表三 民國 77 年北太平洋西部颱風生成地點分佈 () 內數字係颱風編號

Table 3 :

次 經 緯 度 數 度	10°N 以南	10°~ 20°N	20°N 以北	合 計
120° E 以 西	(8824)	(8802) (8818)		3
120°~ 140° E	(8803) (8823) (8804)	(8815) (8820) (8816) (8821) (8817) (8822) (8819) (8825)	(8807) (8812)	13
140°~ 160° E		(8805) (8813)	(8806) (8810) (8808) (8811)	6
160° E 以 東	(8801)	(8809) (Uleki)	(8814)	4
合 計	5	14	7	26

至恒春東南方海面上，適時轉向東北遠離，對台灣陸地均未構成威脅。

只發佈海上警報的有九月之輕度颱風克蒂 (Kit) 及李尹 (Lee)、十月之中度颱風歐黛莎 (Odessa)、派特 (Pat) 及強烈颱風魯碧 (Ruby) 等 5 個颱風佔 19.2 %。

全年中由本局發佈颱風警報天數共有 23 天，其中發佈海上陸上颱風警報天數有 7 天，只發佈海上颱風警報天數有 16 天。

由月別來看，十月份之颱風警報天數最多，共有 13 天，九月份次之有 4 天，七月份有 3 天，六月份有 2 天，而五月份則只有 1 天。

四生命期

本 (77) 年內 26 個颱風生命期之長短依其發生至消滅 (變成熱帶低壓或溫帶氣旋) 為止，由表 1 中可看出最長者為 Uleki 颱風共 342 小時，但其為

發生於北太平洋東部而侵入西部者，若就其餘 25 個發生於北太平洋西部者來說，最長者為本年第一個颱風，發生於一月份之羅依颱風，共 252 小時，最長者為九月份發生的蓋依颱風，只有 21 小時。全部生命期總時數為 3115 小時，平均生命期為 119.8 小時，約為 5 天。如不列入 Uleki 颱風，則平均生命期為 110.9 小時，約為 4.6 天，比民國 75 年的 6.3 天及 76 年的 6.4 天少很多。本年颱風生命期在 4 天或不足 4 天者佔一半共有 13 個，乃為本年颱風之特徵之一。(請見表 5)

(四) 災 情

民國 77 年中央氣象局曾對 3 個颱風發佈海上陸上颱風警報，其中中度颱風蘇珊為唯一通過台灣，係由東沙島東南方近海由北轉向東北，穿過恒春半島。它襲境期間帶來災情計有：失蹤 1 人，房屋全倒 2 間、半倒 2 間、花東鐵路因落石掩埋鐵路或路

表四 中華民國七十七(公元1988)年中央氣象局颱風警報發佈概況表

Table 4: Summary of typhoon warnings issued by the C.W.B. in 1988.

〔#:表示侵台颱風〕

次 序	名 稱	編 號	生成地點	警報 種類	發 布 時 間	解 除 時 間	發 布 報 數	警 報 內 容		動 態
								最大 強度	近中心最大風速 (公尺/秒)	
1#	蘇 珊 (SUSAN)	8802	呂宋島西 北方海面	海上 陸上	海上: 5月31日 21時15分 陸上: 6月1日 4時25分	陸上: 6月2日 20時55分 海上: 6月2日 20時55分	9	中 度	40 (13級)	形成後以西北轉 北之方向行進, 在東沙島東南方 海上轉向東北方 向移動, 於6月 2日6時40分在 恆春半島登陸, 由台東大武附近 出海後, 經琉球 石垣島近海向東 北方遠離。
2	華 倫 (WARREN)	8805	關島南方 海 面	海上 陸上	海上: 7月17日 8時45分 陸上: 7月17日 21時15分	陸上: 7月19日 21時0分 海上: 7月19日 21時0分	11	強 烈	55 (16級)	形成後以西北西 方向行進, 經呂 宋島北方近海後 , 轉向西北方向 , 於7月19日下 午4時30分左右 , 在汕頭西方登 陸後減弱。
3	克 蒂 (KIT)	8816	呂宋島東 北方近海	海上	海上: 9月21日 10時15分	海上: 9月22日 9時5分	5	輕 度	28 (10級)	形成後穿越呂宋 島北端, 以西北 轉北北西之方向 , 於9月22日上 午8點左右, 在 汕頭西南方約80 公里處登陸後減 弱。
4	李 尹 (LEE)	8817	關島西北 方 海 面	海上	海上: 9月23日 9時50分	海上: 9月24日 9時45分	5	輕 度	28 (10級)	形成後以西北西 方向行進, 至宮 古島東南方近海 附近時, 由北轉 向東北遠離。
5	尼 爾 森 (NELSON)	8819	呂宋島東 方 海 面	海上 陸上	海上: 10月3日 21時15分 陸上: 10月4日 8時50分	陸上: 10月5日 21時10分 海上: 10月6日 3時40分	10	強 烈	63 (17級)	形成後以西北西 轉西北方向行進 , 至恆春東南方 海面上, 逐漸轉 向東北遠離。
6	歐 黛 莎 (ODESSA)	8820	呂宋島東 方 海 面	海上	海上: 10月12日 15時50分	海上: 10月14日 3時40分	7	輕 度	25 (10級)	形成後向西之方 向行進, 至恆春 東南東方約800 公里之海面, 逐 漸轉向東北東方 向遠離。
7	派 特 (PAT)	8821	呂宋島東 方 海 面	海上	海上: 10月19日 15時50分	海上: 10月21日 9時0分	8	中 度	38 (13級)	在呂宋島東方海 面向西北西轉西 移動, 穿越呂宋 島進入南海後遠 離。
8	魯 碧 (RUBY)	8822	菲島東方 海 面	海上	海上: 10月25日 16時0分	海上: 10月27日 9時15分	8	中 度	48 (15級)	形成以西北西方 向穿過呂宋島後 , 進入南海遠離

表五 民國 77 年颱風生命期統計表

Table 5: Statistics of typhoon life period in 1988.

時 數(天)	次 數	百分比(%)
1 ~ 24 (1)	2	7.7
25 ~ 48 (2)	2	7.7
49 ~ 72 (3)	5	19.3
73 ~ 96 (4)	4	15.4
97 ~ 120 (5)	3	11.5
121 ~ 144 (6)	2	7.7
145 ~ 168 (7)	0	0.0
169 ~ 192 (8)	4	15.4
193 ~ 216 (9)	2	7.7
217 ~ 240 (10)	0	0.0
241 ~ 264 (11)	1	3.8
265 ~ 288 (12)	0	0.0
289 ~ 312 (13)	0	0.0
313 ~ 336 (14)	0	0.0
337 ~ 360 (15)	1	3.8
合 計	26	100.0

表六 台灣地區 77 年颱風災害損失統計表

資料來源：警政署

Table 6: Total damages related to typhoons in Taiwan area in 1988.

發 生 月 日	颱 風 名 稱	受 災 人 數 房 屋 倒 塌					交 通 災 情	魚 業 災 害	堤 防 災 害	電 力 受 損	電 信 受 損	農 田 災 害
		死 亡	失 蹤	受 傷	全 倒	半 倒						
6 1	蘇 珊	0	1	0	2	2	花東鐵路交通中斷、蘇花、中橫、南橫公路交通中斷	魚船沉沒 3 艘 漁筏沉沒 8 艘 漁筏破損 58 艘 魚塭流失 1.3 公頃	被沖毀 20 公尺	用戶停電 77,945 戶	用戶停電 31,243 戶	流失 100 公頃
7 17	華 倫	0	0	0	0	0	—	魚船破損 1 艘 漁筏全毀 10 艘	—	—	—	—
10 4	尼爾森	0	0	0	0	0	—	魚船沉沒 1 艘 漁筏破損 3 艘	—	—	—	—
10 25	魯 碧	5	4	1	3	0	北迴鐵路蘇花段交通中斷，北橫、中橫、南橫、蘇花、花東公路交通中斷	魚船沉沒 2 艘 漁筏破損 4 艘	被沖毀 40 公尺	—	—	—
合 計		5	5	1	5	2			被沖毀 60 公尺			

基流失、交通中斷，蘇花、中橫、南橫公路因多處坍方、交通中斷、魚船沉沒3艘，竹筏沉沒或損壞66艘、堤防被沖毀20公尺、電力用戶停電有77,945戶、電話用戶停話有31,243戶及農田流失100公頃。

強烈颱風華倫通過菲律賓呂宋島北端後繼續向西北移動，最後在大陸沿海登陸後消失。另一個超強颱風尼爾森，則雖最初向西北移動逐漸接近台灣，但到台灣東南方海面時，轉向東北沿琉球群島東方而遠離台灣，故災情均極輕微。

強烈颱風魯碧雖由菲律賓東方海面向西北西繼續推進，橫過菲律賓群島、南海及海南島南端後消失於越南沿海，中央氣象局祇發佈魯碧颱風海上警報，然而台灣地區因受魯碧強烈颱風外圍環流及東北季風雙重影響，自10月25日起至27日止，宜蘭、花蓮及台東等縣連日豪雨多處積水造成災害計有：死亡5人，失踪4人，受重傷1人，房屋全倒3間，北迴鐵路蘇澳至花蓮交通中斷，北橫、中橫、南橫公路、蘇花公路及花東海岸公路亦均交通中斷，堤防被沖毀40公尺，請參考表6。

民國77年我國大陸沿海地區前後有4個颱風登陸。輕度颱風范妮莎登陸大陸後即消失，並無災情之報導。強烈颱風華倫則帶給大陸東南沿海地區嚴重水災計有死亡17人，受傷153人，房屋倒塌13,000間。輕度颱風比爾，由於登陸後繼續推進一段距離後才消失，亦帶來沿海地區更嚴重水災，計死亡110人，橋樑及水庫多處被毀，有廣大面積之農田被淹沒。另一個為輕度颱風克蒂，由於登陸後不久即消失，災情輕微。

由整個東亞地區而言，颱風災情最嚴重的是菲律賓。1988年26個颱風中有8個（羅依、范妮莎、華倫、克蒂、派特、魯碧、斯凱普、及蒂絲）前後橫過菲律賓群島，有1個（蘇珊）在菲律賓北端海面形成，故共有9個颱風佔34.6%，直接帶給菲律賓災害。根據祇有統計數字報告的加起來，總共死亡423人，無家可歸的超過107萬人。

此外，強烈颱風羅依（Roy）帶給關島自1976年來最嚴重之損失。

總而言之，民國77年颱風對東亞地區已造成相當嚴重之災害。不過對台灣來說，災情尚屬輕微。

三、逐月颱風簡述

(一)一月

只有一個颱風，為編號8801的強烈颱風羅依（Roy），係過去12年來在一月份內發生於北太平洋西部之第二個颱風，同時亦為本（77）年的第一個颱風。於元月六日06Z生成為熱帶低壓，2天後即八日06Z形成輕度颱風，向西移動並繼續增強，於九日12Z成為中度颱風，十二日12Z再增強為強烈颱風，始終維持向西行進，於十六日登陸菲律賓群島時，強度減弱，至十七日進入南海。並減弱為熱帶氣壓後消失。羅依在11天中共行進4,000海哩，帶給關島自1976年之超強颱風Pamela以來最嚴重之災情，同時對菲律賓亦構成嚴重災害。

(二)五月

只有一個颱風，為編號8802的中度颱風蘇珊（Susan），係本（77）年第一個，亦是全年唯一侵襲台灣的颱風。自一月十八日羅依消失後至五月下旬止，經過一長時期之平靜後，在五月最後一星期綜觀天氣型態顯示異常，低層西南氣流發展越過菲律賓北部海面到達馬麗安納群島，季風槽內地面氣壓較正常低4~5mb。槽內渦旋加深，至三十日06Z，終於呂宋島西北方，即恒春南南西方410km海面，形成蘇珊颱風，由輕度漸漸增強為中度颱風。其行徑近似拋物綫最初向西推進，不久就轉向西北、北、最後再轉向東北直撲台灣，無橫過台灣南端恒春半島後，迅速減弱成輕度颱風，並繼續向東北移動，最後消失於琉球東方海面。本局曾對蘇珊颱風發佈海上陸上颱風警報，有關詳情請閱蘇珊颱風報告。

(三)六月

共有2個颱風，一為編號8803的中度颱風賽德（Thad），另一為編號8804的輕度颱風范妮莎（Vanessa）。

1. 賽德（Thad）颱風

賽德颱風為六月份第一個颱風，於六月十八日在菲律賓群島東方海面發生熱帶低壓，於二十日00Z發展成輕度颱風。最初向西北而繼續發展，於二十二日06Z其威力已增強為中度，然因受東海附近有一低壓之導引，使賽德於二十三日開始轉向北

，再轉向東北，呈一拋物綫型路徑，至二十五日減弱消失於日本南方海面。

2. 范妮莎 (Vanessa) 颱風

當賽德颱風減弱並移動到琉球東方海面時，於二十四日 12Z 在呂宋島東南方海面又發生另一熱帶低壓，向西北移動，於二十六日 18Z 發展成輕度颱風范妮莎，繼續向西北直綫行進，於二十八日通過菲律賓中部並帶給災害後，仍向西北移動進入南海，至六月二十九日登陸大陸後減弱並消失，大陸方面並無重大災情之報導。

四七月

共有 2 個颱風發生，一為編號 8805 的強烈颱風華倫 (Warren)，另一為編號 8806 的輕度颱風艾妮絲 (Agnes)。

1. 華倫 (Warren) 颱風

華倫颱風係范妮莎颱風消失約 2 週後，發生於加羅林群島東方海面，於七月十二日 18Z 發展成輕度颱風，至十四日 18Z 增強為中度颱風。於十七日乃增強為強烈颱風後，又於當日 18Z 減弱為中度颱風。

華倫颱風為一直綫跑者，始終保持西北西方向行進，越過呂宋島北端，帶給嚴重災害後直撲大陸，並在大陸登陸繼續行進一天後消失。同時帶給大陸東南沿海一帶嚴重災害，據報告死 17 人，傷 153 人，房屋倒 13,000 棟。本局對華倫颱風亦曾發佈海上陸上颱風警報，詳情請閱該颱風報告。

2. 艾妮絲 (Agnes) 颱風

艾妮絲颱風係華倫颱風消失一週後，發生於日本南方海面，於七月三十日 00Z 在硫磺島東北東方發展成為輕度颱風，沿槽軸向北北東迅速移行一天後勢力即開始減弱，然後消失於日本東方海面。在此值得一題的是這一年 7 月份所發生的颱風次數特別少，祇有 2 個，而 7 月份氣候平均值為 4 個。

(五)八月

共有 5 個颱風，依次為編號 8807 的輕度颱風比爾 (Bill)、8808 的輕度颱風葛萊拉 (Clara)、8809 的強烈颱風杜爾 (Doyle)、8810 的輕度颱風艾爾西 (Elsie) 及 8811 的中度颱風費賓 (Fabian)。

1. 比爾 (Bill) 颱風

比爾颱風為八月份第一個颱風，發生於菲律賓

東北方海面為一熱帶低壓，於八月七日在琉球西北方形成輕度颱風，因太平洋高壓西伸之故，向西北直綫行進，而在上海附近登陸後尚能保持相當完整，繼續推進約 6 小時後始減弱，並帶給大陸沿海一帶之嚴重災害，據報告有 110 人死亡，橋樑及水庫多處被沖毀，損失慘重。但比爾的生命期極短只有 1 天。

2. 葛萊拉 (Clare) 颱風

葛萊拉颱風係於八月十日 18Z 生成於威克島西北方，因位於其東北方有一低壓槽牽引著，由西北經打轉成半 "8" 字形後轉向北北東最後再轉向西北行進，僅經 1 天又 6 小時之生命期即消失於日本東方海面，對葛萊拉颱風並無任何災情報告。

3. 杜爾 (Doyle) 颱風

杜爾颱風係於八月十五日 12Z 在威克島東北方發展成輕度颱風，向西移動並逐漸加強，於十六日 00Z 發展成中度颱風，慢慢轉向西北、北，最後轉向東北成拋物綫形行進，在 6 天之生命期中並一度增強為強烈颱風後，逐漸減弱消失於北太平洋中部。

4. 艾爾西 (Elsie) 颱風

艾爾西颱風係於八月二十八日 18Z 生成於威克島西北西方海面，其路徑受高壓影響，向北北東方然後轉向北以近似直綫行進，於二十九日 18Z 一度減弱成熱帶低壓，於三十一日 00Z 再度發展成輕度颱風，當天 18Z 很快地又減弱消失於日本東方海面。

5. 費賓 (Fabian) 颱風

費賓颱風為八月份最後一個颱風，於三十日 00Z 生成於硫磺島北北東方海面，最初向東行進，於九月一日 06Z 增強為中度颱風，因受其北方低壓之牽引，使其轉向北偏東北移動，於九月三日 06Z 減弱並消失於日本東方海面。八月份出現之 5 個颱風，都發生在北緯 20° 以北，由於發生及活動之緯度偏高，對台灣均無影響。

(六)九月

共有 8 個颱風出現於北太平洋西部，依次為編號 8812 的輕度颱風蓋依 (Gay)、8813 的強烈颱風海爾 (Hal)、無編號的中度颱風 Uleki (係發生於北太平洋東部之颶風越過換日綫侵入西部者)、8814 的輕度颱風伊瑪 (Irma)、8815 的輕度颱風傑夫 (Jeff)、8816 的輕度颱風克蒂 (Kit)、8817 的輕度颱風李尹 (Lee)、及

8818 的輕度颱風瑪美 (Mamie)。

1. 蓋依 (Gay) 颱風

蓋依颱風係於九月三日 03Z 生成於硫磺島北北西方海面，為一標準的直綫跑者，始終保持東北方向推進，僅維持不到 1 天之極短生命期，於四日 00Z 減弱消失於日本東方海面。

2. 海爾 (Hal) 颱風

海爾颱風係於九月八日 12Z 生成於關島東北方，於十日 12Z 發展為中度颱風，而在十一日 06Z 至十二日 06Z 曾有 1 天的近似滯留狀態，並再發展成強烈颱風，其路徑由西北西轉向北北西，然後再轉

向東北成一拋物綫移動，於十六日 00Z 減弱為輕度颱風，繼續向東北行進至十七日 00Z 再減弱為熱帶低壓後消失於日本東方海面。

3. Uleki 颱風

Uleki 颱風係早在八月二十九日 18Z 已在太平洋東部北緯 13 度、西經 148 度之海面上生成為輕度颱風，向西北西移動，於九月八日越過換日綫進入太平洋西部，同時一經進入西部早已成為中度颱風且已在北緯 26 度。由於受太平洋高壓之導引，一直朝西北西方行進，至九月十三日 06Z 始減弱為熱帶低壓。該颱風由於為太平洋東部發生之颶風，故

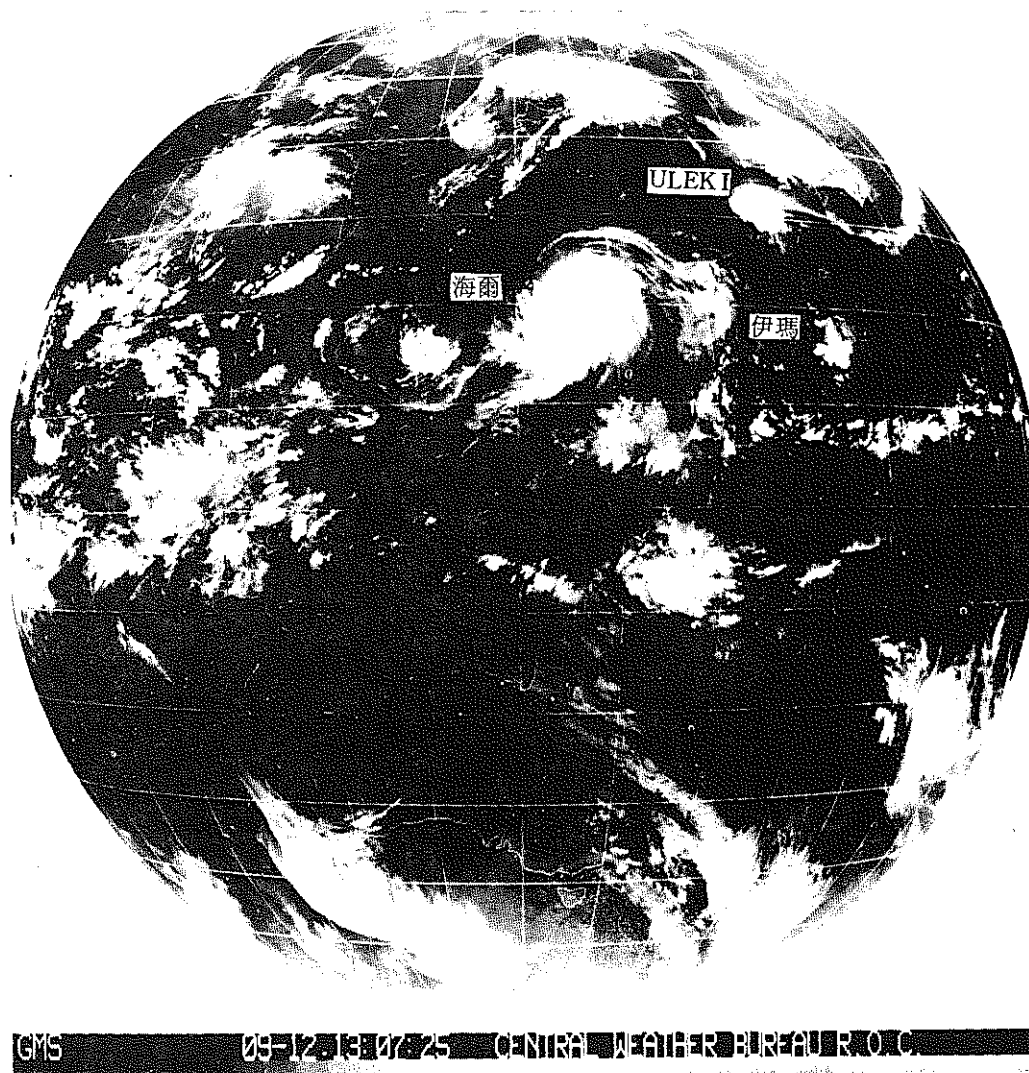


圖 8：民國 77 年 9 月 12 日 13Z 紅外線衛星雲圖

Fig 8. MS-3 IR imagery at 13Z September 12, 1988.

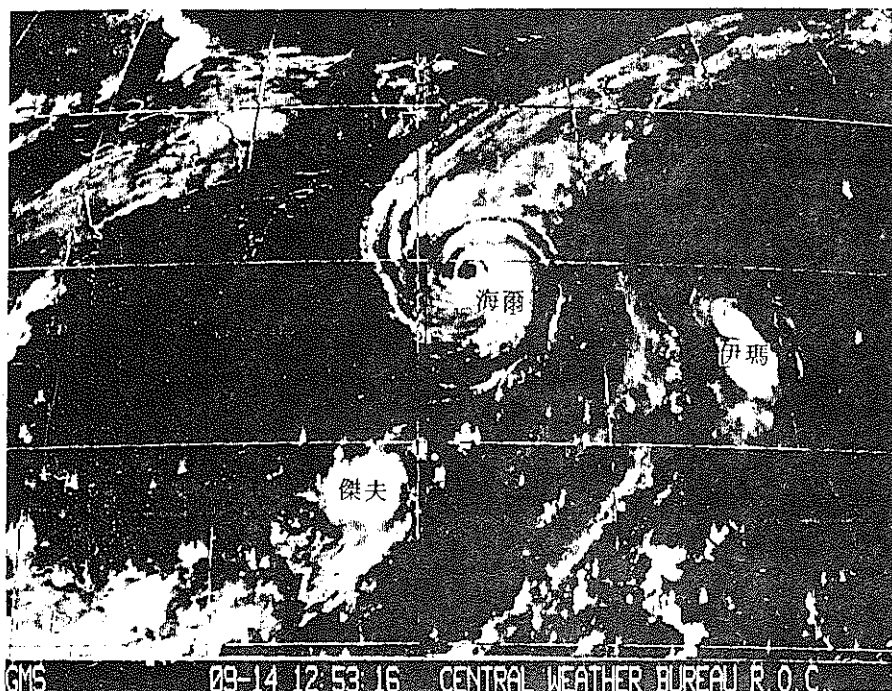


圖 9：民國 77 年 9 月 14 日 12Z 紅外線衛星雲圖

Fig 9. GMS-3 IR imagery at 12Z September 14, 1988.

無西部之編號亦無中文譯名。

4. 伊瑪 (Irma) 颱風

伊瑪颱風係於九月十二日 00Z 生成於威克島西北方，受強烈颱風海爾 (Hal) 之牽引向北北西移動，後更偏北成近“S”形直綫繼續移動，至十五日 18Z 始減弱為熱帶低壓後消失於日本東方海面。

九月十二日至十三日，北太平洋西部就出現強烈颱風海爾與 Uleki 和伊瑪 3 個颱風同時存在之局面 (請見圖 8)。

5. 傑夫 (Jeff) 颱風

傑夫颱風係於九月十四日 00Z 在菲律賓東方海面形成，為一小型輕度颱風，同時與伊瑪颱風一樣，均發展於強烈颱風海爾之強大低層西南氣流內，且受海爾之牽引，因其緯度低於海爾約 9 個緯度，故向北北東移動，於十六日 00Z 減弱並消失於琉球東方海面。

由於 Uleki 颱風於十三日減弱消失後，於十四日傑夫颱風適時趕上，又於九月十四日至十五日形成本年第二次 3 個颱風 (海爾、伊瑪及傑夫) 同時出現之局面 (請見圖 9)。

6. 克蒂 (Kit) 颱風

克蒂颱風為九月份第六個颱風，於十九日 06Z，仍為熱帶低壓，其位置在菲律賓群島北北東方海面上，於十九日 18Z 移至呂宋島北部始增強為輕度颱風，並橫過呂宋島北端，始終保持西北方向進入南海繼續行進，最後登陸大陸，於二十二日 00 時減弱消失，並給大陸帶來人命及財物之損失。本局對克蒂颱風，曾發佈海上警報。

7. 李尹 (Lee) 颱風

李尹颱風係早在克蒂颱風之前，於十六日在菲律賓東方遙遠的海面已發生為熱帶低壓，經 4 天內向西移動 1,300 海哩後，於二十一日 00Z 始在台北東南方 1,540 km 之海面形成輕度颱風，後轉向西北西、西北移動至沖繩島東南方 45 海哩，再轉向東北沿琉球東方海面移動至日本南方海面，於二十四日 12Z 減弱消失。

本局對李尹颱風亦曾發佈海上警報。由於李尹之適時轉向，對台灣無影響。

8. 瑪美 (Mamce) 颱風

瑪美颱風為九月份最後一個颱風。於十九日

06Z 在南海生成一熱帶低壓，最初向西南移動，後轉向東再轉向北北東，於二十二日 06Z 形成輕度颱風，成半“8”字形路徑，於二十三日 12Z 消失於南海，僅維持 1 天 6 小時生命期。

(七)十月

共有 4 個颱風，依次為編號 8819 的超強颱風尼爾森 (Nelson)、8820 的中度颱風歐黛莎 (Odessa)、8821 的中度颱風派特 (Pat) 及 8822 的強烈颱風魯碧 (Ruby)。

1. 尼爾森 (Nelson) 颱風

尼爾森颱風為十月份第一個颱風，同時亦為本 (77) 年唯一的超強颱風，該颱風於十月一日在雅浦島附近生成為輕度颱風，向西北方移動，於二日 12Z 增強為中度並繼續朝西北方向行進，又逐漸增強為強烈颱風，最後於四日 06Z 增強為超強颱風，當時位置為恒春東南方仍有直撲台灣而來之勢。至四日 12Z 至五日 06Z 移動速度緩慢下來，由於太平洋高壓適時地東退，使直撲台灣向來的尼爾森颱風，也適時地轉向北北東，最後轉向東北遠離台灣，沿琉球東方海面成拋物線路徑行進。於五日 18Z 減弱為強烈颱風繼續向東北推進，其最低氣壓曾在 60 小時內由 991mb 降低至 898mb，中心附近最大風速高達 72m/s。

本局對尼爾森颱風，曾發布海上陸上颱風警報，有關詳情請看尼爾森颱風報告。

2. 歐黛莎 (Odessa) 颱風

當尼爾森颱風減弱並加速向東北遠離時，十月份第二個颱風歐黛莎於十一日 12Z 生成於呂宋島東方海面，最初向西後逐漸轉向西北移動，至十三日 06Z 增強為中度颱風，此時天氣圖的型態為大陸冷高壓南下且太平洋高壓明顯東退，因此歐黛莎則再由西北轉向東北，成拋物線路徑移東至十六日 12Z 開始減弱為輕度颱風，再繼續減弱消失於琉球東方海面。

本局對歐黛莎颱風，曾發布海上颱風警報。

3. 派特 (Pat) 颱風

派特颱風係於十月十八日 18Z 形成於馬尼刺東方海面，向西行進，至二十日 00Z 增強為中度颱風，由於大陸變性氣團出海，使其行徑始終保持不變繼續向西推動，當天橫掃菲律賓，進入南海，於二十二日 00Z 減弱為輕度颱風並繼續朝西稍偏北移動

，橫過海南島登陸越南後消失。

本局對派特颱風亦曾發布海上颱風警報。

4. 魯碧 (Ruby) 颱風

十月份最後發生的颱風—魯碧，於十月二十一日生成於雅浦島西北西方海面上，當時天氣圖形態與派特相同，故其路徑亦差不多，始終保持向西北西方移動，於二十二日 18Z 增強為中度颱風，後再增強為強烈颱風，於二十四日橫掃菲律賓進入南海，至二十六日 18Z 減弱為輕度颱風，並於二十八日又橫過海南島，最後消失於越南外海。

魯碧颱風行徑當中，曾帶給菲律賓嚴重災害，據報告至少有 300 人死亡，470,000 人無家可歸。當移動至馬尼刺北北東 65 海哩處時，克拉克空軍基地觀測到自從 1978 年以來之最強風，行進至越南外海時，給越南沿海地區帶來大洪水，據報告死亡超過 100 人，無家可歸亦有幾十萬人，且有廣大面積之農作物無法收成。

本局對魯碧颱風亦發布海上颱風警報。其行徑路綫始終保持西北西方向，未曾太接近台灣，然而因受魯碧颱風外圍環流及東北季風雙重影響，使台灣東北部及東部引起水災。

(八)十一月

共有 2 個颱風，一為編號 8823 的強烈颱風斯凱普 (Skip)，另一為 8824 的中度颱風蒂絲 (Tess)。

1. 斯凱普 (Skip) 颱風

斯凱普颱風於十一月三日 18Z 生成於雅浦島東南方，為一直綫跑者，始終保持西北西方向移動，於四日 12Z 增強為中度颱風，最後發展至強烈颱風，於七日橫過菲律賓，勢力仍維持強烈，帶給菲律賓嚴重災害，有 100 人以上死亡，600,000 人無家可歸，且有廣大面積的農作物受損。進入南海後仍保持西北西方向行進，至十日 12Z 始減弱為輕度颱風，並繼續減弱消失於越南外海，生命期長達 8 天又 15 小時。

2. 蒂絲 (Tess) 颱風

十一月份最後一個颱風為蒂絲，於十一月四日形成於南沙島東南方海面，始終保持朝西方向在南海移動，於五日 12Z 增強為中度颱風，經 12 小時又減弱為輕度，於六日 12Z 登陸越南並減弱消失，生命期僅 2 天又 18 小時。蒂絲為 1988 年唯一橫掃越

南南部之颱風，但無人命或財物損失之報告。

(九)十二月

只有 1 個颱風，為編號 8825 的輕度颱風衛奧 (Val)，同時也是本 (77) 年最後一個颱風。於十二月二十二日 18Z 生成於馬尼刺東南東方海面，向西北緩慢移動，始終維持輕度颱風，至二十六日 00Z 減弱消失於菲律賓東方沿海。

四、結 語

民國 77 年，北太平洋西部共出現 26 個颱風，略少於最近 41 年來之氣候平均值 (26.8 次)。中央氣象局在這一年中共發佈了 3 次海上陸上颱風警報 (依次為蘇珊、華倫及尼爾森)，5 次海上颱風警報 (依次為克蒂、李尹、歐黛莎、派特及魯碧)。其中，蘇珊及魯碧颱風對台灣地區所造成之災害較大，這一年之颱風具有下列幾個特點：

(1) 大部分發生在 $5^{\circ} \sim 25^{\circ}N$ 、 $120^{\circ} \sim 160^{\circ}E$ 之範圍之內，共有 17 個颱風，佔 65.3 %。

(2) 7 ~ 9 月份發生在 $20^{\circ}N$ 以北較高緯度的頻率比歷年高出很多，共有 7 個颱風，佔 15 個颱風之 46.7 %。

(3) 就強度而言，有 1 個超強颱風佔 3.8 %，6 個強烈颱風佔 23.1 %，7 個中度颱風佔 26.9 % 及 12 個輕度颱風佔 46.2 %。

(4) 就各月份發生頻率而言，9 月份最多有 8 個佔 30.8 %，比氣候平均值高出很多 (3.3 次)，而 7 月份祇有 2 個佔 7.7 %，比氣候平均值少得很多，只有一半。

(5) 就颱風壽命期而言，大部分都在 4 天或不是，比氣候平均值較短。

(6) 就路徑分析而言，出現路徑怪異的颱風不少，例如艾尼絲、葛萊拉、杜爾、艾爾西、費賓及瑪美等為特別。

(7) 直接登陸台灣的祇有一個中度颱風蘇珊，由西南方海面橫過恒春半島繼續向東北往琉球移動。

(8) 一般說來，這一年颱風帶來之災情輕微。

五、致 謝

本颱風報告由蔡技正其銘執筆，承中央氣象局衛星中心提供衛星雲圖及預報中心提供有關資料，謹致十二萬分謝意。

六、參考文獻

JTWC, 1988 Annual Tropical Cyclone Report

山岬正紀, 1985: 颱風

日本氣象廳, 氣候系監視報告 1988 年 9 月。

A GENERAL REPORT ON THE TYPHOONS IN THE WESTERN NORTH PACIFIC IN 1988

R&D Center
CWB

ABSTRACT

During the year 1988, there were twenty six tropical cyclones occurred in the western North Pacific, including Typhoon Uleki which became the third hurricane in the past thirty years to form in the eastern North Pacific and cross the international dateline while in a warning status. The total number of western North Pacific tropical cyclones is nearly equal to the climatological mean of 26.8 since 1947.

For the year, there were 114 "warning days" in the western North Pacific, including 15 two-cyclone days and 4 three-cyclone days.

Distinguishing features of the 1988 western North Pacific tropical cyclone season were the low number of super typhoons (1), the short average lifespan of the tropical cyclones, the aclimatic location of the monsoon trough and an active Tropical Upper-Tropospheric Trough (TUTT). The northward displacement of the monsoon trough during the summer and early fall and the active TUTT may have accounted for the relatively large number of tropical cyclones that had anomalous tracks. The normal lifespan of a tropical cyclone in the western North Pacific usually exceeds four warning days. This year a large number of tropical cyclones (13) were in warning status for four days or less.

Key words: Typhoon Uleki, short average lifespan, aclimatic location of the monsoon trough, active TUTT.

民國七十八年颱風調查報告

——侵台颱風(8919) 莎拉

中央氣象局科技研究中心

摘 要

編號 8919 號之莎拉 (SARAH) 颱風，為民國七十八年第一個颱風，也是唯一登陸並侵襲臺灣的颱風，係由 6 日 18UTC 之熱帶低壓形成輕度颱風，8 日 18UTC 增強為中度颱風，至 11 日 03UTC 為展為強烈颱風，11 日 15UTC 在花蓮南方登陸。當莎拉侵襲臺灣時，臺灣東南部產生一副低壓中心，最後取代主颱風中心而繼續北移，自生成至結束共歷時七天。

莎拉颱風侵襲本省，各地山區均有豪雨發生，造成災害，其中以花蓮縣、雲林縣、嘉義縣、臺南縣之災情最為嚴重。

關鍵字：副低壓中心

一、前 言

莎拉颱風是民國七十八年侵襲影響臺灣地區的第一個颱風，9 月 6 日 1800UTC 自熱帶低壓發展為輕度颱風，9 月 8 日 1800UTC 增強為中度颱風，9 月 11 日 0300UTC 增強為強烈颱風，其環流受到中央山脈的影響，於 11 日 1400UTC 在臺灣東南部產生一副低壓中心。莎拉颱風於 11 日 1500UTC 左右在花蓮南方靜浦附近登陸，橫掃臺灣本島。該颱風登陸後強度迅速減弱，並由臺灣東南部副低壓中心於 12 日 0000UTC 完全取代主颱風中心而繼續北移。24 小時後，此颱風逐漸遠離臺灣本島。莎拉颱風自生成至 9 月 13 日 1800UTC 減弱為普通低壓，共歷時 7 天。在此期間，臺灣地區受到莎拉颱風環流影響，各地山區均有豪雨發生，致所有河川水位驟然暴漲，造成嚴重災害，以花蓮縣、雲林縣、嘉義縣、臺南縣災情最為嚴重。本文主要在描述莎拉颱風之發展過程與路徑，蒐集颱風中心最大風速、最低氣壓、颱風侵台期間各地氣象要素等基本資料，並針對各種颱風路徑預報法之結果作校驗。

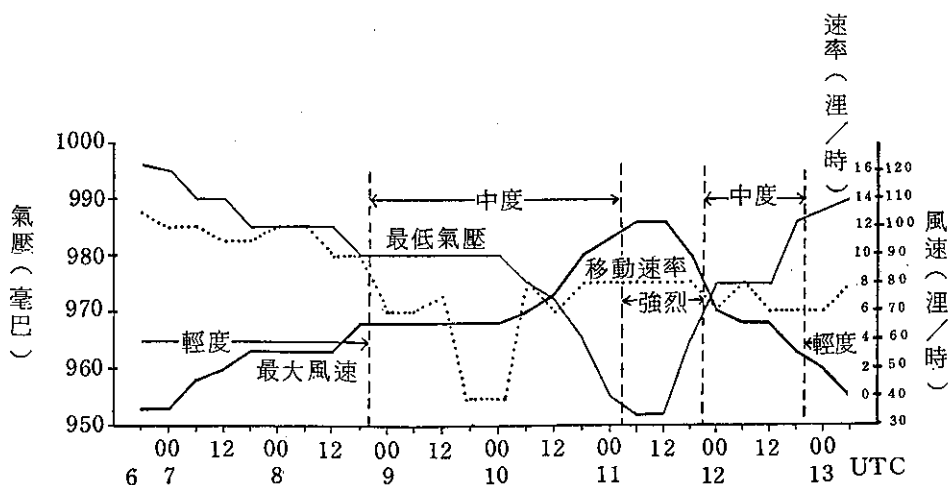
二、莎拉颱風之發生經過

9 月 6 日 00UTC 在琉璜島南方約 240 浬海面上 (北緯 21.1 度、東經 141 度) 產生之熱帶性低氣壓，於 6 日 1800UTC 增強為輕度颱風，命名為莎拉 (SARAH)，編號 8919，中心氣壓 996 毫巴，中心位置在北緯 20.4 度、東經 136.5 度，以時速約 13 浬向西進行 (參考表一)。根據颱風中心最大風速、最低氣壓及移動速率隨時間的變化 (圖一) 及參考最佳路徑圖 (圖二) 可以發現，莎拉颱風自生成後向西北西移行，強度漸增，本局於 8 日 9 時 50 分發佈第五號第一報海上颱風警報。莎拉颱風於 8 日 0300UTC 轉向西南，其移動速率漸次減緩並且持續轉向，於 8 日 1500UTC 轉向東南，此後至 10 日 0300UTC 間滯留於菲律賓東方海面，在 8 日 1800UTC 增強為中度颱風 (中心氣壓 980 毫巴、最大風速 66 浬/時)，其間有二次較為明顯且特殊的轉向：其一為 8 日 1800UTC 時，移動方向由東南轉向西；其二為 9 日 1200UTC 由西轉向東北東，再於 9 日 1800UTC 轉向北。本局於 10 日 15

表一 莎拉颱風最佳路徑資料紀錄表 (78 年 9 月)

Table 1 Center positions of the best track of typhoon SARAH

日 期		中 心 位 置		中 心 氣 壓	移 動 方 向	移 動 速 度	最 大 風 速		暴 風 半 徑 (KM)	
日	UTC	北 緯	東 經	MB	DEG	KTS	持 續 風	陣 風	七 級	十 級
							KTS	KTS	30KTS	50KTS
06	18	20.4	136.5	996	270	13	36	46	80	—
07	00	20.2	135.4	995	270	12	36	46	100	—
	06	20.1	134.2	990	270	12	46	56	200	—
	12	20.2	133.7	990	270	11	50	60	200	—
	18	20.6	131.9	985	292	11	56	70	250	50
08	00	21.8	129.7	985	292	12	56	70	250	50
	06	21.8	127.5	985	292	12	56	70	250	50
	12	19.8	124.8	985	292	10	56	70	250	50
	18	18.3	125.3	980	292	10	66	80	250	50
09	00	18.4	125.1	980	292	6	66	80	250	50
	06	18.3	124.1	980	292	6	66	80	250	50
	12	18.2	123.2	980	280	7	66	80	250	50
	18	18.4	123.8	980	0	0	66	80	250	50
10	00	18.8	123.8	980	0	0	66	80	250	50
	06	19.9	123.9	975	337	8	70	86	300	100
	12	20.6	123.8	972	337	6	76	90	300	100
	18	21.2	123.1	965	337	8	90	110	300	120
11	00	21.7	123.1	955	337	8	96	116	300	120
	06	22.8	122.8	952	337	8	102	120	300	150
	12	23.3	122.0	952	315	8	102	120	300	150
	18	23.7	121.2	965	337	8	90	110	200	80
12	00	23.5	121.7	975	0	6	70	96	200	80
	06	24.2	121.7	975	0	8	66	96	200	80
	12	24.4	121.8	975	0	6	66	90	200	80
	18	25.3	121.7	986	0	6	56	70	200	80
13	00	25.9	121.5	988	0	6	50	66	150	—
	06	26.8	121.2	990	0	8	40	50	150	—



圖一 莎拉颱風中心最大風速、最低氣壓及移動速率之六小時變化趨勢圖。(民國78年9月6日1800UTC ~ 9月13日0600UTC)

Fig 1 Variation of the maximum wind speed and lowest pressure near typhoon center of typhoon SARAH with its speed for every 6 hours.

時40分對臺灣各地區發佈陸上颱風警報(參考表二)，此時莎拉颱風仍為中度颱風，但其強烈繼續增強中，而後繼續北移並迅速發展。莎拉颱風於11日0300UTC發展為強烈颱風，根據11日0600UTC的衛星照片(圖三a)顯示，此時莎拉颱風的環流特徵相當明顯，其中心氣壓952毫巴達最低點，最大持續風速102哩/時達最高點，最大陣風達120哩/時，七級風暴風半徑約300公里，十級風暴風半徑150公里，中心位置在北緯22.8度，東經122.8度，在台北東南方約270公里海面上，移動速度稍有減緩趨勢，此後逐漸轉向西北西，預計對臺灣各地區將構成威脅。莎拉颱風之環流受到中央山脈的影響，於11日1400UTC在臺灣東南部產生一副低壓中心，並於11日1500UTC左右在花蓮南方靜浦附近登陸橫掃臺灣本島，但登陸後因其主環流受中央山脈地形的破壞而強度迅速減弱，在臺灣東南部的副低壓中心則有迅速增強的趨勢，遂於12日0000UTC完全取代莎拉颱風主環流中心而繼續北移。此後莎拉颱風於12日1800UTC掠過臺灣東北角進入北部海面，強度減弱為輕度颱風，其中心位置為北緯25.3度，東經121.7度。13日0600UTC，臺灣北部及東北部陸地已脫離莎拉颱風的暴風圈，本局於13日20時30分發佈第五號第二十三報解除颱風警報(參考表二)，而莎拉颱風於13日

1800UTC減弱為熱帶性低氣壓。有關莎拉颱風最佳路徑資料記錄及中央氣象局對莎拉颱風的整個警報發布過程，請參考表一及表二。

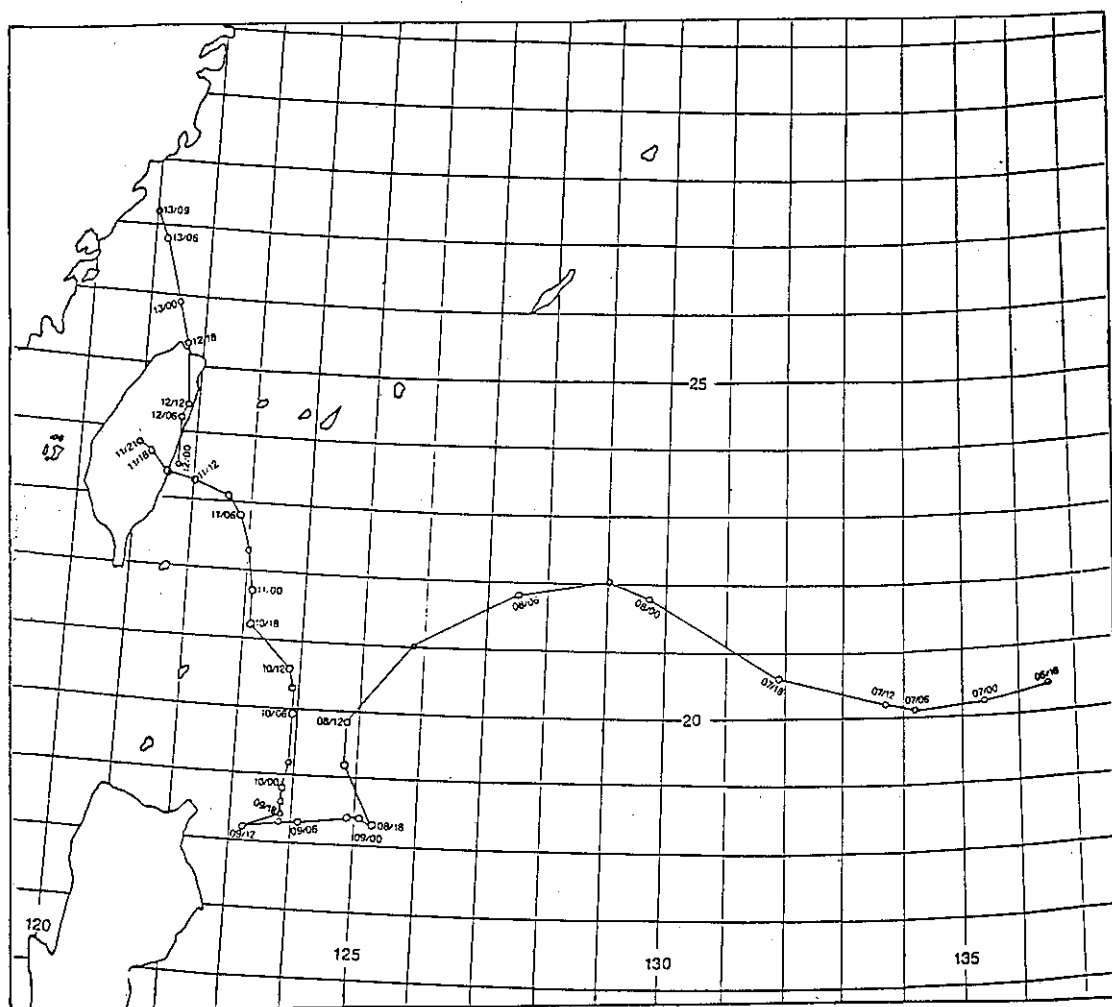
三、莎拉颱風路徑與強度之探討

位於琉璜島南方之熱帶性低氣壓於6日1800UTC發展為輕度颱風，此時太平洋上500毫巴的副熱帶高壓脊向西伸展到中國大陸，台灣在其涵蓋範圍內(圖六a)，因此莎拉颱風發展初期是在副熱帶高壓駛流場導引下，沿著副熱帶高壓南緣向西移行。到了7日0600UTC，副熱帶高壓南緣開始向北突出(圖五a)，而在副熱帶高壓低層南緣則漸呈西北—東南走向，導致莎拉轉向西北，此種情況持續到8日0300UTC。8日0000UTC時，在莎拉颱風的南南西方已有一熱帶低壓生成(圖三c)，此時副熱帶高壓南緣則呈由西北轉向西南(圖六b)，致使莎拉在副熱帶高壓駛流場的導引下，於8日0300UTC開始轉向西南方。根據8日1200UTC之500毫巴高空圖(圖五b)可以發現副熱帶高壓已分裂為二，莎拉因受到滯留於大陸上空的高壓與持續發展中的熱帶低壓影響而轉向南方(圖三d)。此後，莎拉與此熱帶低壓逐漸合而為一，使得颱風中心位置重新調整，致發生向東南移動之情況(圖三e、圖四b)，最後滯流於菲律賓東方

表二 莎拉颱風警報發布經過表(78年9月)

Table 2 Warning procedures issued by CWB for typhoon SARAH

種類	次 序		發布時間LST			警 戒 地 區		備 註
	號	報	日	時	分	海 上	陸 上	
海上	5	1	08	09	50	東部海面、北部海面及巴士海峽	--	輕度颱風
海陸	5	2	08	15	00	東部海面、北部海面及巴士海峽	台灣東部及台中以北	
海陸	5	3	08	21	30	東部海面、北部海面及巴士海峽	台灣東部及台中以北	
海陸	5	4	09	04	30	東部海面、北部海面及巴士海峽	台灣東部	中度颱風
海陸	5	5	09	09	25	東部海面、北部海面及巴士海峽	台灣東部	
海陸	5	6	09	15	35	東部海面、北部海面及巴士海峽	台灣東部	
海陸	5	7	09	21	15	東部海面、北部海面及巴士海峽	台灣東部及恆春半島	
海陸	5	8	10	04	15	東部海面、北部海面及巴士海峽	台灣東部及恆春半島	
海陸	5	9	10	09	35	東部海面、北部海面及巴士海峽	台灣東部及恆春半島	
海陸	5	10	10	15	40	台灣附近各海面及巴士海峽	台灣各地	
海陸	5	11	10	21	40	台灣附近各海面及巴士海峽	台灣各地	
海陸	5	12	11	04	50	台灣附近各海面及巴士海峽	台灣各地	
海陸	5	13	11	08	30	台灣附近各海面及巴士海峽	台灣各地	
海陸	5	14	11	14	30	台灣附近各海面及巴士海峽	台灣各地	強烈颱風
海陸	5	15	11	21	55	台灣附近各海面及金門、馬祖海面	台灣各地，金門及馬祖	
海陸	5	16	12	05	00	台灣附近各海面及金門、馬祖海面	台灣各地，金門及馬祖	中度颱風
海陸	5	17	12	10	00	台灣附近各海面及金門、馬祖海面	台灣各地，馬祖地區	
海陸	5	18	12	15	55	台灣附近各海面及金門、馬祖海面	台灣各地，馬祖地區	
海陸	5	19	12	21	20	台灣附近各海面及金門、馬祖海面	台灣各地，馬祖地區	
海陸	5	20	13	04	40	東部海面、北部海面、台灣海峽及金門、馬祖海面	基隆、宜蘭、花蓮及嘉義以北，馬祖地區	輕度颱風
海上	5	22	13	15	20	北部海面及馬祖海面	--	
海上	5	23	13	20	30	--	--	解除警報

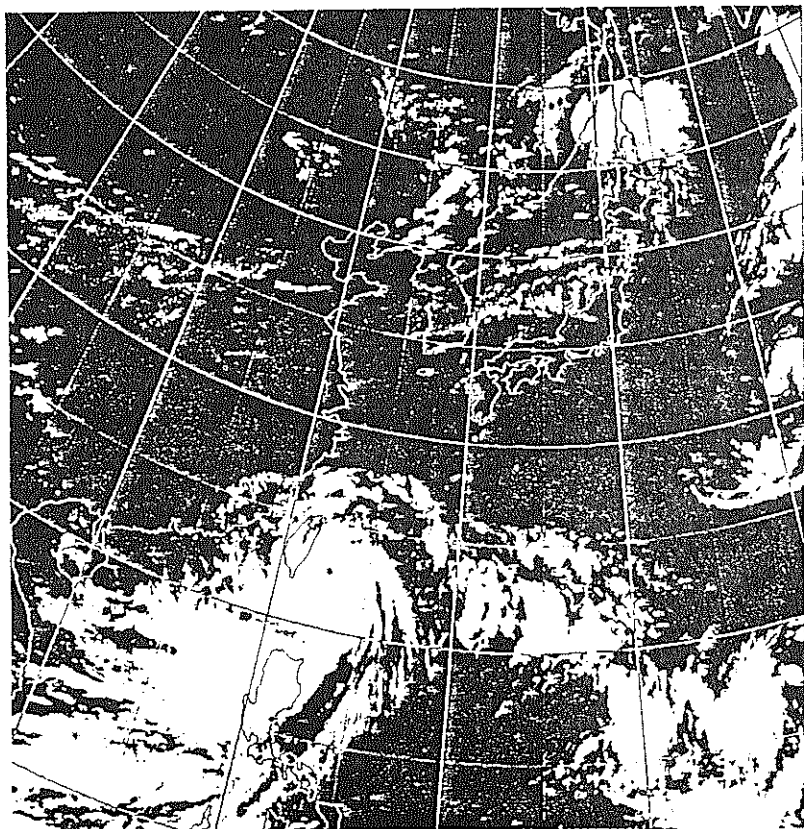


圖二 莎拉颱風的最佳路徑圖。(民國78年9月6日1800UTC~9月13日0600UTC)

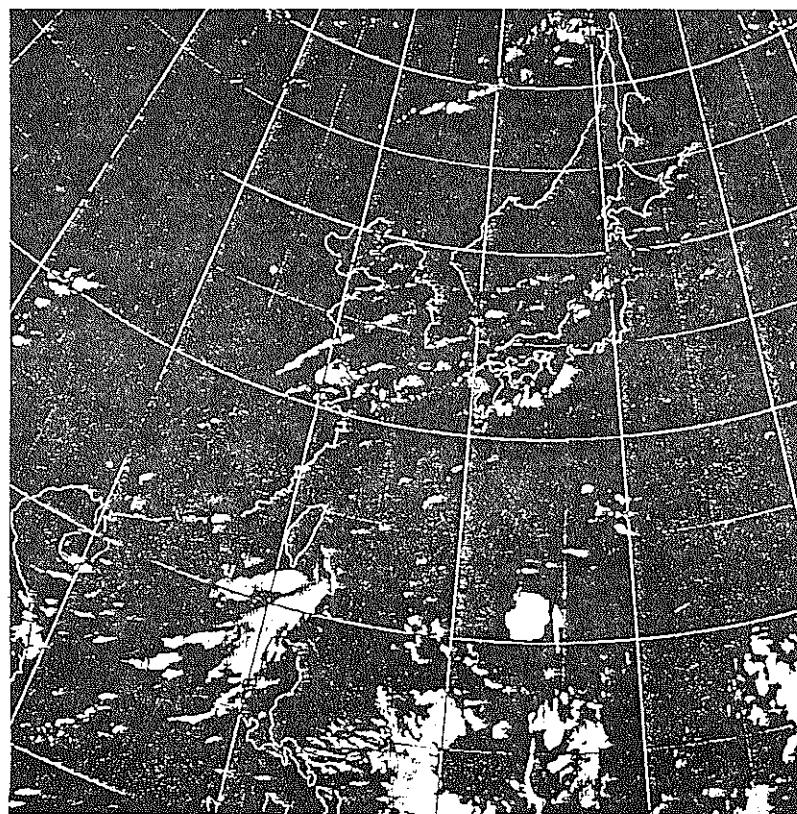
Fig 2 The best track for typhoon SARAH.

海面上。從圖五 c 可發現在 9 日 0300UTC 後，500 毫巴大陸南方的高壓減弱並呈東西向，副熱帶高壓東退，颱風遂緩慢向西移動，且穩定發展。到了 9 日 1200UTC 時，大陸上 700 毫巴以下已為低壓系統所籠罩，導致莎拉朝向北移行（圖四 c）。10 日 1200UTC 時，日本南方的高壓脊增強（即向西南伸展），莎拉受其影響而開始轉向西北（圖四 d、圖五 d）。10 日 1800UTC 後，由於大陸上的低壓系統增強，導致莎拉又向北行。11 日 1200UTC 時，發現在日本南方已有一分裂高壓生成，並持續發展，呈東南—西北走向，迫使颱風向西北移行，而大陸高壓亦漸向東南移至山西省，進而取代原來

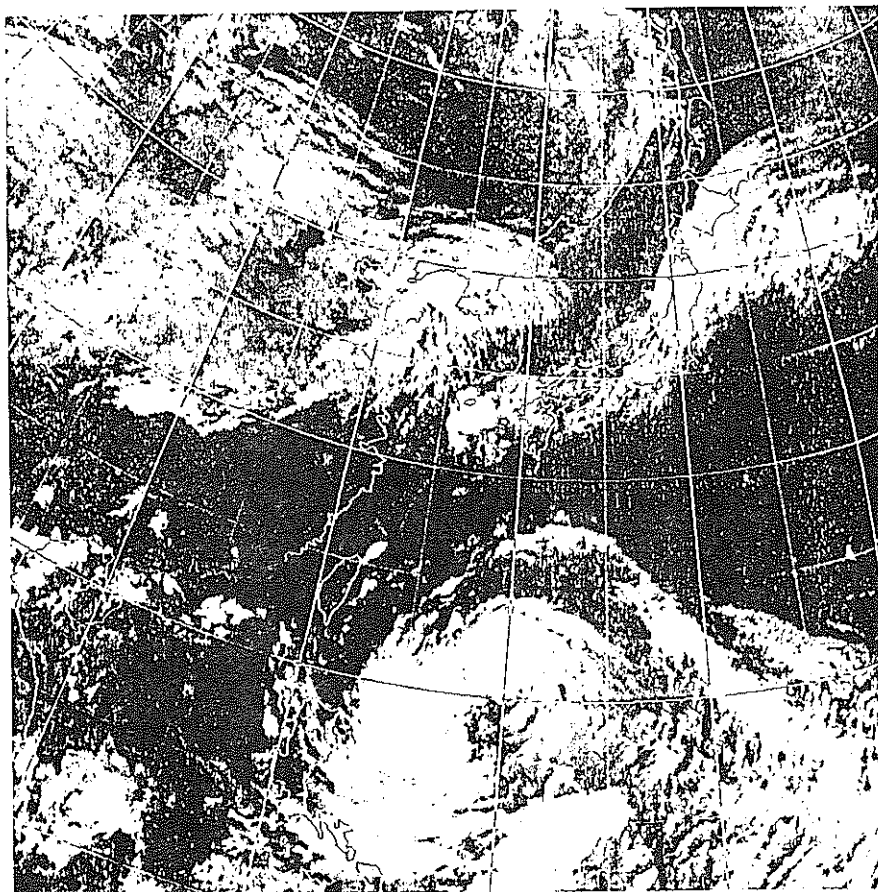
的低壓，迫使莎拉於 11 日 0900UTC 轉向西北西直撲臺灣（圖四 e），從圖五 e 可以發現在 10 日 1200UTC 以後，西南方輻合氣流提供大量水汽，而高層有外流，如此之配合有利於颱風的增強，莎拉遂於 11 日 0300UTC 增強為強烈颱風，並於 11 日 1500UTC 登陸臺灣花蓮南方，此時，颱風正處於兩個高壓中心鞍型場之間，當莎拉颱風登陸之後，其主環流受到中央山脈破壞而減弱，同時氣流因地形作用而在臺灣東南部形成渦旋，增強後取代颱風主環流中心，並減弱為中度颱風，繼續向北移行（圖七 a、七 b）。12 日 0600UTC 日本南方分裂高壓開始減弱並東退，而大陸高壓亦在減弱之中，莎拉颱



圖三 a. 民國78年 9 月11日 0600UTC 之日本 GMS-3 紅外線衛星雲圖
Fig 3a. The GMS-3 IR image on 0600UTC 11 Sep. 1989.



圖三 b. 民國78年 9 月13日 1800UTC 之日本 GMS-3 紅外線衛星雲圖
Fig 3b. The GMS-3 IR image on 1800UTC 13 Sep. 1989.



圖三 c. 民國78年 9 月 8 日 0000UTC 之日本GMS-3 紅外線衛星雲圖

Fig 3c. The GMS-3 IR image 0000UTC on 8 Sep. 1989.

風遂於12日 1800UTC 掠過臺灣東北部地區進入北部海面，向西北前進且逐漸減弱中，至13日 1800 UTC 減弱為普通低壓（圖三 b）。

四、各種颱風路徑預報結果之校驗

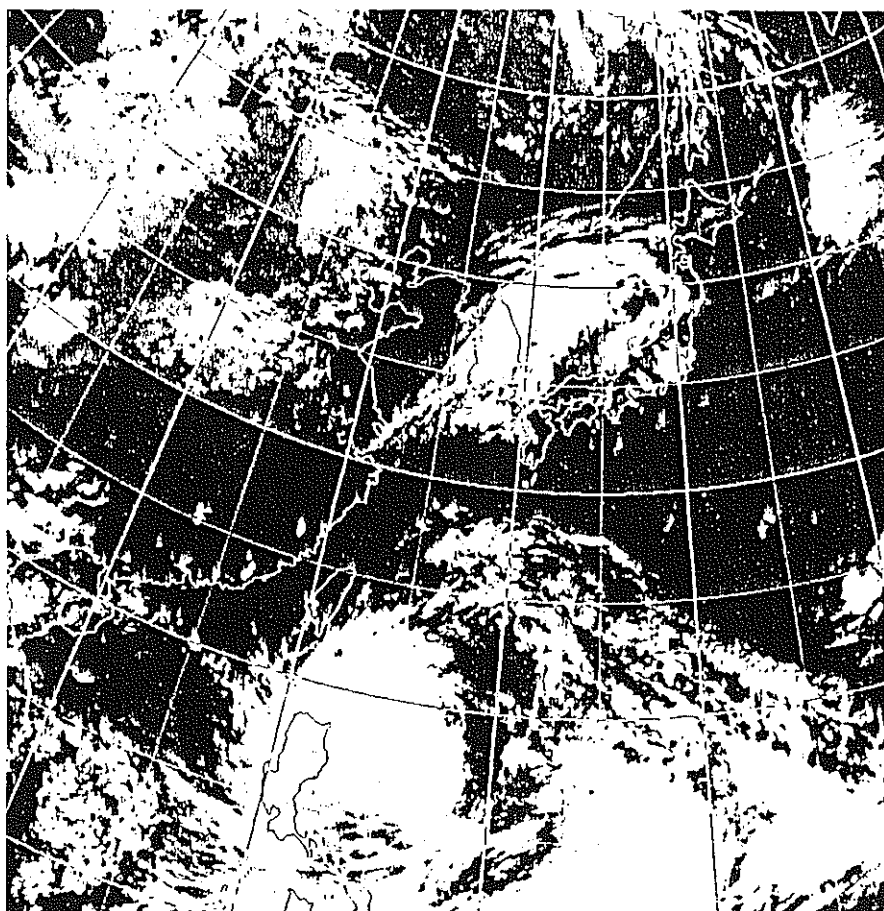
圖八為目前本局於颱風期間所採用的各種客觀預報法的24小時預報路徑圖，本文取 7 日1200UTC 到13日 0600UTC 的24小時預報位置來校驗每一種客觀預報方法的結果，由圖八(a)及(b)可以發現，在 8 日 0300UTC 由西北轉向西南西前的預報位置除 CLIPER 偏上再偏下外，其於都明顯偏南，即偏向最佳路徑的下邊，P-C 預報結果則較亂。此後莎拉颱風逐漸偏向西南而至向南前進時，所有預報法均預報偏向西北進行，且預報位置均偏在上邊（

偏北），誤差極嚴重；尤其在菲律賓東方海面上的二次明顯轉向亦無法掌握。在 8 日 0600UTC 至 8 日 1800UTC，莎拉颱風由西南轉向東南，到了 9 日 0000UTC 卻又轉向西進行，但預報位置卻大多偏西（偏左），位置的修正深受24小時以前的路徑影響；直到莎拉颱風行徑朝北時，各預報法才能有較好掌握的預報結果，以 CLIPER 較佳，ARAKAWA-1 次之，HURRAN 則有時偏左，有時又偏右，而 ARAKAWA、ARAKAWA-1、CWB-81、P-C 等四種客觀預報法均偏右（偏東），而莎拉颱風實際路徑則於10日 1200UTC 由北轉向西北，又於10日 1800UTC 之後再轉向北；可見在颱風逐漸轉向及受到地形影響而改變方向時，現有的客觀預報方法誤差均較大。因此從分析每個預報

位置與24小時以前的最佳路徑的移動方向之間的關係可以發現，由於各種預報方法所依據的資料都是24小時以前的路徑，來不及參考轉向之後的資料，所以很難有效掌握颱風轉向之後路徑。因此，當颱風轉向原方向的右邊，則預報位置即可能偏向實際路徑的左邊，反之，當颱風轉向原方向的左邊，則預報位置即可能偏向實際路徑的右邊；亦即，各種客觀預報方法，在颱風轉向的時候，都無法作即時的調整，所以幾乎都有相同的誤差趨勢，即偏向同一邊，待其調整過來之後，如果颱風又轉向，則預報位置可能又會偏向另一邊，因此，利用前一個預報位置與實際位置之間的誤差來修正下一個客觀預報的結果時，必須特別注意，當颱風在轉向時，可能使修正後的誤差變得更大。比較各種客觀預報方

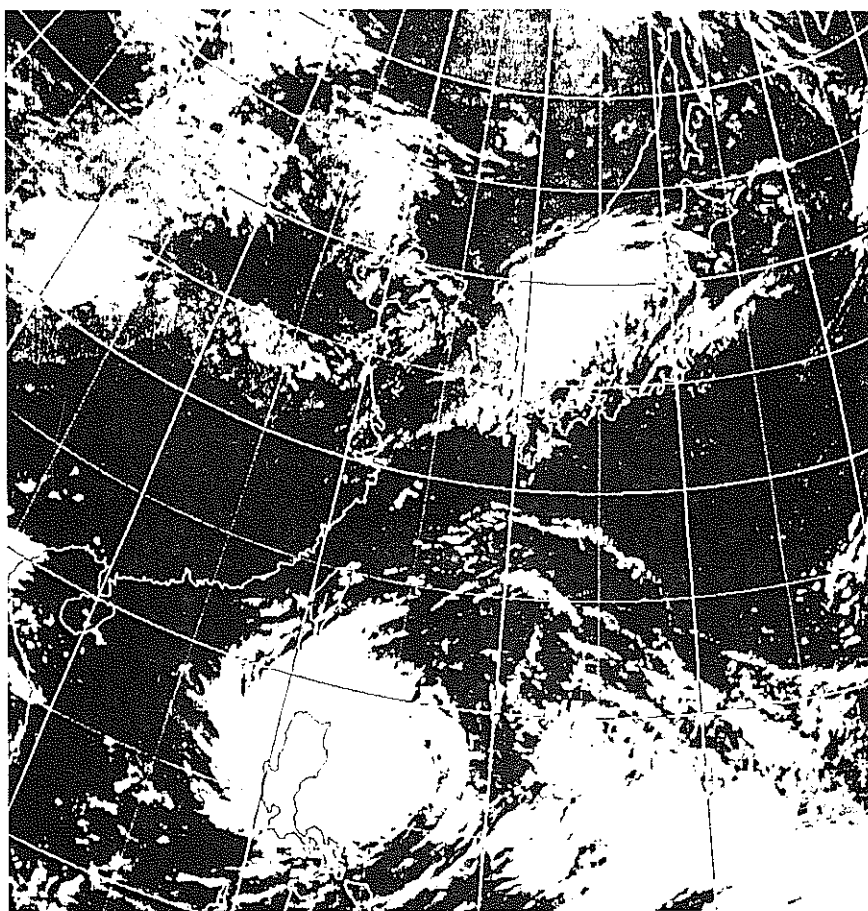
法的平均誤差（如表三），以CLIPER的平均誤差最小為231公里，其次為ARAKAWA-1 317公里，ARAKAWA 321公里，P-C 327公里，HURRAN 332公里，CWB-81為392公里最差，詳細資料請參考（表三）。

圖九為莎拉颱風期間本局所參考的各氣象機構24小時預報路徑圖。比較圖八與圖九我們發現，由各氣象機構所作的預報與客觀預報的結果有非常類似的誤差趨勢，在8日1800UTC前的持續轉向，各氣象機構似乎都掌握到，但其預報位置卻是嚴重的偏西，導致平均誤差都超過340公里，甚至達460公里，因此颱風轉向時的路徑預報是很難掌握的。表四為莎拉颱風期間各氣象機構24小時預報位置誤差校驗表，其中以CWB（中央氣象局，台北



圖三 d. 民國78年9月8日1200UTC之日本GMS-3紅外線衛星雲圖

Fig 3d. The GMS-3 IR image 1200UTC on 8 Sep. 1989.



圖三 e. 民國78年9月8日1800UTC之日本GMS-3紅外線衛星雲圖

Fig 3e. The GMS-3 IR image 1800UTC on 8 Sep. 1989.

的平均誤差最小為341公里，其次為RJTD(日本氣象廳，東京)的381公里，第三為JTCW(美軍聯合颱風警報中心，關島)的399公里，RPMM(菲律賓氣象局，馬尼拉)的411公里排第四，BABJ(中國大陸)的平均誤差為464公里最差。

五、莎拉颱風侵台期間各地氣象情況

1. 氣壓

表五為莎拉颱風侵台期間各地氣象要素統計表。莎拉颱風於11日1500UTC左右在花蓮南方靜浦附近登陸，本局玉山、新港測站在11日23時出現最低氣壓，其他測站則大都集中在12日00時~06時(16UTC~22UTC)與08時~10時(00UTC~02UTC)與13時~15時(05UTC~07UTC)三個

時段。東南部各測站，如恒春、蘭嶼、大武、台東、花蓮及中部地區的梧棲、台中、日月潭及南部地區的嘉義、臺南、高雄等大多在12日00時~06時出現最低氣壓，此時颱風中心位置正由登陸處往南投山區移動，且颱風主環流中心有逐漸被11日1400UTC在臺灣東南部副低壓中心所取代的趨勢；蘇澳、宜蘭兩測站在12日08時及09時出現最低氣壓，此時颱風中心已逐漸往北移，因此，此二站是在颱風環流涵蓋範圍；北部地區如基隆、台北、新竹、鞍部、竹子湖等測站的最低氣壓大都出現在12日13~15時，此時颱風中心位置約在蘇澳附近。根據各測站出現最低氣壓的時間與颱風中心的相對位置，可以發現，東南部各測站出現最低氣壓時，主要是副低壓中心強度增強之故；南部地區各測站(嘉義

表三 各種客觀颱風路徑預報法 24 小時預報位置誤差校驗表 (78 年 9 月 單位：公里)

Table 3 24 hours forecast error for different objective forecast methods.

日期		1.ARAKAWA			2.ARAKAWA1			3.HURRAN			4.CLIPER			5. CWB-81			6. P -		
日	UTC	北緯	東經	誤差	北緯	東經	誤差	北緯	東經	誤差	北緯	東經	誤差	北緯	東經	誤差	北緯	東經	
06	18																		
07	00																		
	06																		
	12	19.6	131.6	243	20.4	131.9	201	20.4	133.4	40	21.0	133.5	92	19.7	133.3	71	20.1	132.4	145
	18	19.8	130.6	170	20.3	131.0	105	20.4	130.9	113	20.9	131.6	47	20.0	131.1	111	20.7	129.0	323
08	00	20.4	130.9	205	20.0	130.5	219	20.1	131.0	238	20.4	130.9	205	19.7	130.9	269	20.0	130.2	208
	06	20.4	129.5	271	19.3	129.5	356	20.2	129.6	294	20.9	129.7	264	20.0	129.7	316	19.9	130.3	376
	12	20.9	129.5	537	20.6	129.5	574	20.9	131.2	722	21.0	129.8	572	20.8	131.5	753	21.0	130.4	637
	18	22.1	127.9	512	21.1	127.8	417	22.1	125.9	428	21.7	127.9	476	22.1	126.0	430	22.0	127.4	473
09	00	24.6	124.9	690	23.3	124.6	548	25.7	122.9	848	23.3	125.4	546	26.2	121.7	946	24.1	122.6	692
	06	23.8	121.3	686	22.6	121.7	548	22.0	120.1	606	22.9	123.1	523	23.1	118.7	803	23.5	120.0	736
	12	18.1	116.5	745	18.2	117.4	645				18.9	121.3	225	13.6	114.5	1094	17.2	117.8	611
	18	15.3	119.6	580	15.5	120.2	514				19.7	121.8	265	12.1	124.9	711	15.3	122.5	374
10	00	18.1	121.5	267	16.6	122.5	284	19.6	123.9	90	19.6	123.3	105	17.6	125.1	197	19.0	125.6	201
	06	20.0	121.5	267	16.2	121.5	490	18.3	119.7	500	19.5	122.3	183	18.2	120.9	383	19.6	121.6	258
	12	18.9	121.7	300	17.5	121.3	443	18.3	119.6	532	18.5	120.7	416	18.0	119.7	540	18.8	119.5	518
	18	20.1	122.7	130	19.3	122.8	214	19.4	125.9	370	19.5	123.7	200	19.1	125.2	330	19.8	121.9	205
11	00	21.4	123.3	40	19.3	123.5	271	21.5	121.7	157	20.5	123.6	145	20.4	124.5	212	20.7	123.8	136
	06	23.7	123.7	142	21.4	123.6	179	24.2	124.8	271	23.1	123.3	65	23.7	124.5	214	22.7	123.5	79
	12	24.4	124.6	314	22.7	123.8	211	23.5	123.6	179	22.7	123.0	130	23.9	124.0	232	24.4	124.7	324
	18	23.7	122.7	167	23.8	122.4	134	24.0	120.5	85	23.9	121.4	31	23.8	121.1	16	23.7	122.0	89
12	00	24.4	122.4	127	23.4	122.6	101	23.2	123.2	170	24.8	122.2	155	24.0	122.8	134	24.0	122.1	71
	06	26.2	122.0	225	25.5	122.0	148	27.1	121.7	322	25.8	121.7	178	27.1	123.0	353	26.6	123.1	369
	12	26.5	120.3	287	25.9	120.2	244	25.4	118.9	341	26.1	120.4	245	26.2	120.5	247	26.5	120.9	254
	18																		
13	00	24.9	120.6	150	25.0	120.8	127				25.8	121.6	16	23.6	121.8	258	24.5	122.1	169
	06																		
平均		7055/22			6973/22			6306/19			5084/22			8620/22			7188/22		
誤差		321			317			332			231			392			327		

表四 各氣象機構 24小時預報位置誤差校驗表 (78年 9月 單位: 公里)

Table 4 24 hours forecast error for 5 different typhoon forecasting units.

日 期		BEST TRACK		1. CWB			2. JTWC			3. RJTD			4. BABJ			5. RPMM		
日	UTC	北緯	東 經	北緯	東經	誤差	北緯	東經	誤差	北緯	東經	誤差	北緯	東經	誤差	北緯	東經	誤差
06	18	20.4	136.5	20.8	130.9	624	20.0	130.7	646	22.0	130.5	691	—	—		—	—	
07	00	20.2	135.4	20.2	130.2	578	19.4	131.2	475	20.0	130.0	601	20.0	130.2	579	19.8	131.1	480
	06	20.1	134.2	20.2	129.1	567	19.0	130.3	451	20.5	129.0	580	20.2	129.1	567	19.9	128.9	590
	12	20.2	133.7	20.8	129.2	505	20.6	129.3	491	21.0	128.0	640	—	—		20.1	129.5	467
	18	20.6	131.9	21.7	127.3	526	22.2	128.0	469	21.0	127.0	547	22.0	127.0	567	—	—	
08	00	21.8	129.7	23.1	124.1	639	22.3	123.8	658	21.5	125.0	524	23.0	124.3	615	22.8	124.0	644
	06	21.8	127.5	22.9	122.4	580	20.9	119.9	851	21.0	120.5	783	21.0	120.2	817	20.5	122.9	532
	12	19.8	124.8	20.0	122.2	290	19.1	118.1	749	17.0	124.0	324	19.6	119.0	645	20.0	120.4	490
	18	18.3	125.3	19.8	123.0	305	19.5	122.5	339	21.0	124.0	333	18.6	120.0	590	19.0	121.0	484
09	00	18.4	125.1	19.0	124.0	139	17.8	121.3	428	20.0	126.0	204	19.6	120.4	539	18.8	120.7	491
	06	18.3	124.1	19.5	122.1	259	17.8	121.9	251	20.5	125.5	290	17.9	119.7	491	18.5	121.5	290
	12	18.2	123.2	18.6	120.4	315	17.3	122.1	158	19.5	124.0	170	17.5	119.0	473	17.5	121.0	257
	18	18.4	123.8	18.7	123.9	35	17.3	121.5	284	21.5	122.5	374	19.0	122.2	190	20.0	121.7	294
10	00	18.8	123.8	19.2	123.7	46	21.5	121.5	394	22.5	123.5	413	20.9	122.0	308	20.9	120.6	426
	06	19.9	123.9	22.9	122.9	352	21.7	123.0	224	23.0	124.0	345	22.4	122.9	299	22.4	120.4	478
	12	20.6	123.8	23.0	123.0	281	22.6	123.6	224	24.0	124.0	379	23.5	122.4	358	22.6	121.5	339
	18	21.2	123.1	24.4	122.2	370	23.7	122.3	292	23.5	121.5	312	24.0	122.0	335	22.8	121.0	294
11	00	21.7	123.1	24.9	122.3	367	25.8	123.4	457	24.5	123.0	312	24.5	121.9	339	24.3	122.5	297
	06	22.8	122.8	25.1	122.0	271	26.8	122.9	445	25.5	123.5	310	26.6	122.4	425	—	—	
	12	23.3	122.0	26.1	120.2	370	27.8	123.4	524	25.5	122.0	245	27.2	121.6	436	26.6	120.3	413
	18	23.7	121.2	24.5	120.7	105	25.6	122.1	234	25.0	120.0	197	27.2	120.8	392	—	—	
12	00	23.5	121.7	24.9	122.0	159	26.0	123.0	313	26.0	122.0	280	23.0	120.6	515	26.2	120.7	320
	06	24.2	121.7	27.9	122.5	421	26.8	123.3	339	25.5	120.0	238	26.8	121.0	299	26.2	121.2	229
	12	24.4	121.8	26.6	122.3	251	26.0	122.2	183	25.5	118.5	387	27.5	120.8	362	—	—	
	18	25.3	121.7	27.5	121.3	249	26.7	122.0	159	27.0	121.0	204	28.0	118.0	509	—	—	
13	00	25.9	121.5	28.0	121.1	238	29.0	119.6	404	27.0	118.0	408	28.4	117.8	497	—	—	
	06	26.8	121.2	30.0	120.6	362	29.7	120.5	332	28.0	120.0	189	—	—		—	—	
平 均				9204/27			10774/27			10280/27			11147/24			7815/19		
誤 差				341			399			381			464			411		

、臺南、高雄)最低氣壓值在982~985毫巴間,主要是莎拉颱風自登陸後迅速減弱,所以氣壓值並非很低;北部地區各測站發生最低氣壓時恰被颱風主環流所涵蓋,所以台北測站最低氣壓達978.8毫巴。

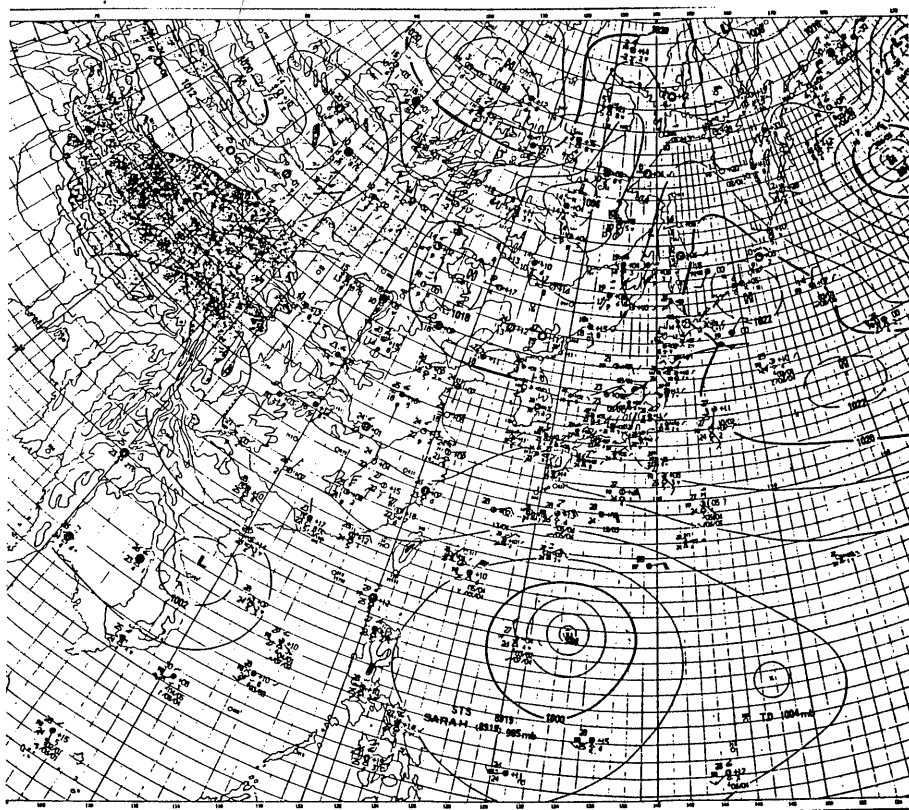
2. 風

由於莎拉颱風直接侵襲台灣本島,台灣地區自11日1200UTC起完全在莎拉颱風主環流範圍內,於12日1800UTC才逐漸脫離,以新竹、台中地區的風速較弱,全省最大風速出現在蘭嶼38.6米/秒(13級),其次為東吉島的30.5米/秒、梧棲的30.4米/秒、新港的20.5米/秒、高雄的17.9米/秒、日月潭與玉山的16.7米/秒、嘉義的16.2米/秒,其他各測站的最大風速均小於

16米/秒。瞬間最大陣風也是出現在蘭嶼,為59.0米/秒(17級),其次為東吉島的42.8米/秒、梧棲的42.7米/秒、日月潭的34.5米/秒、新港的34.4米/秒、鞍部的31.8米/秒、花蓮的31.4米/秒,大體而言,除新竹的18.6米/秒外,其他地區都曾出現較強的陣風(21.0米/秒以上)。南部地區則由於地形的阻擋,所以風速較弱。其他資料請參考表五。

3. 降水量

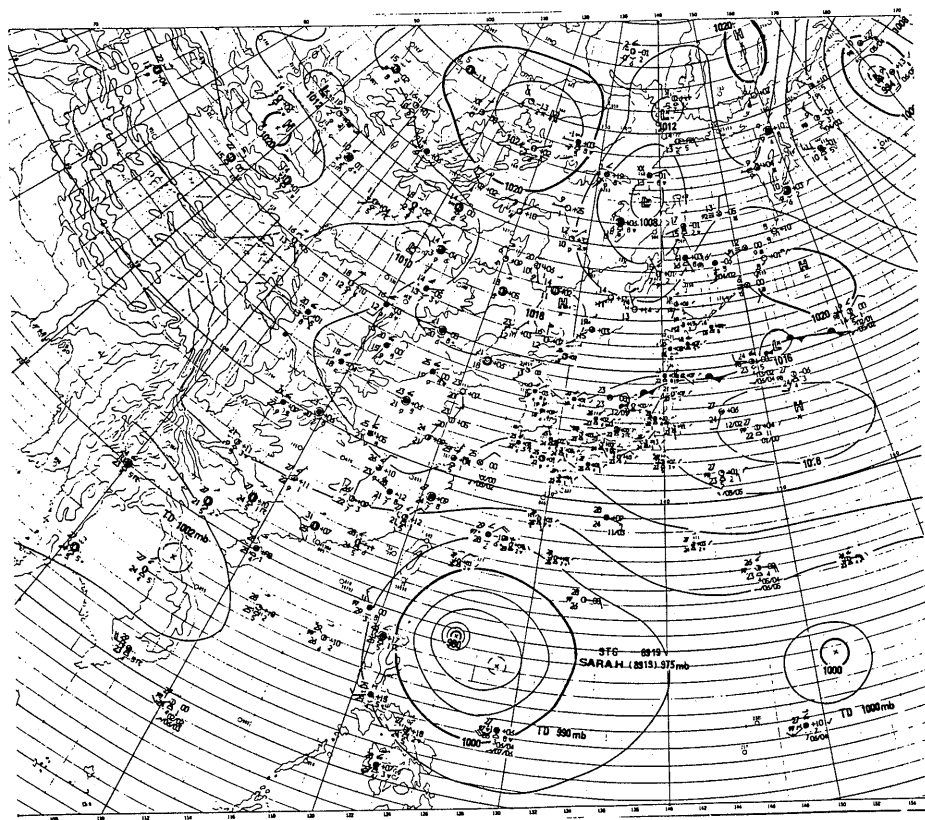
根據本局測站的觀察資料(表五)顯示,莎拉颱風侵台期間各地的總降水量均相當高,其中以阿里山的總降水量最大,從11日00時00分到13日16時00分降了921公厘;玉山從10日04時00分到13日16時00分降了587.4公厘;兩者的最大時雨量分別



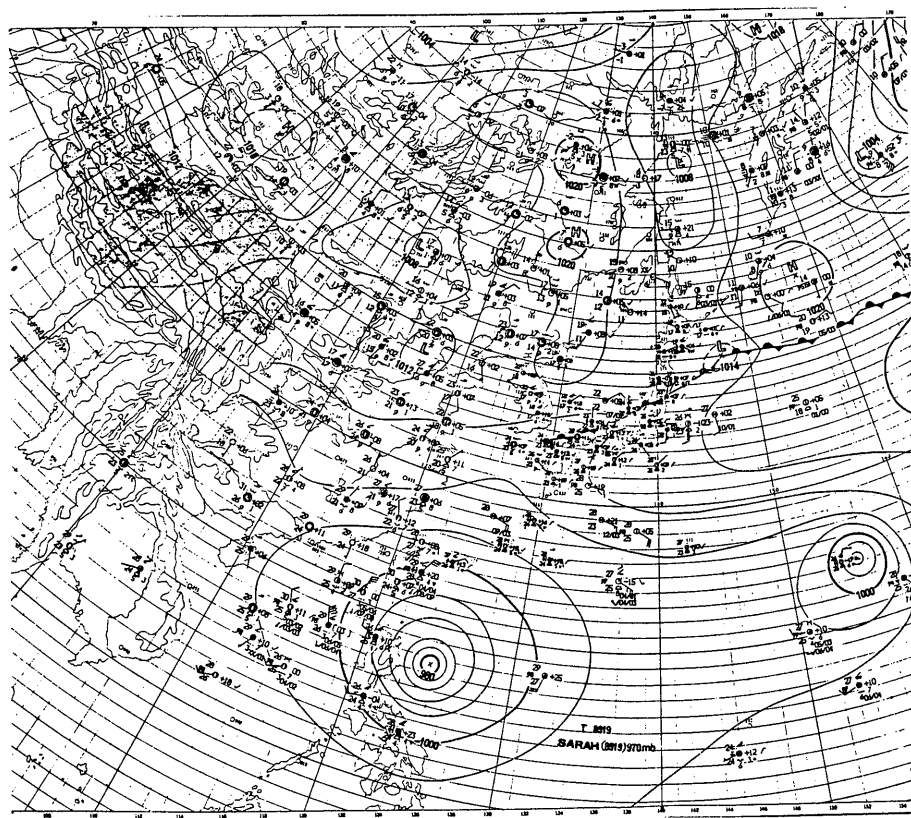
圖四(a)

圖四 民國78年9月7日12UTC~11日12UTC地面天氣圖(a)7日12UTC(b)8日12UTC(c)9日12UTC(d)10日12UTC(e)11日12UTC

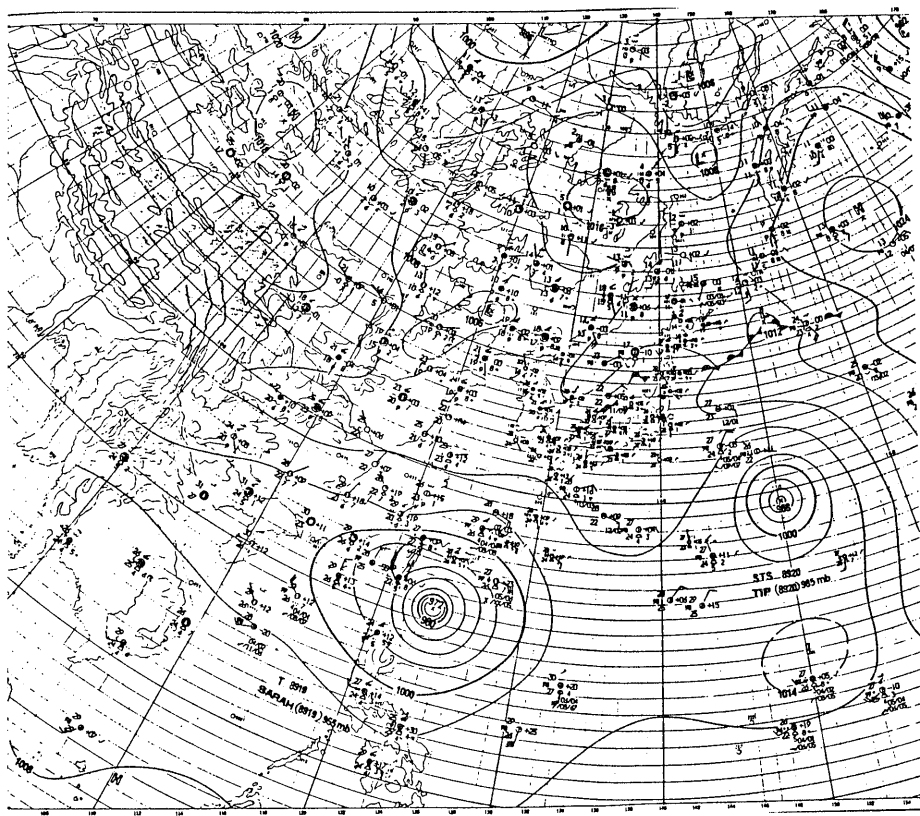
Fig 4 Surface synoptic chart from 7/12UTC to 11/12UTC, Sep., 1989. (a)7/12UTC (b)8/12UTC (c)9/12UTC (d)10/12UTC (e)11/12UTC.



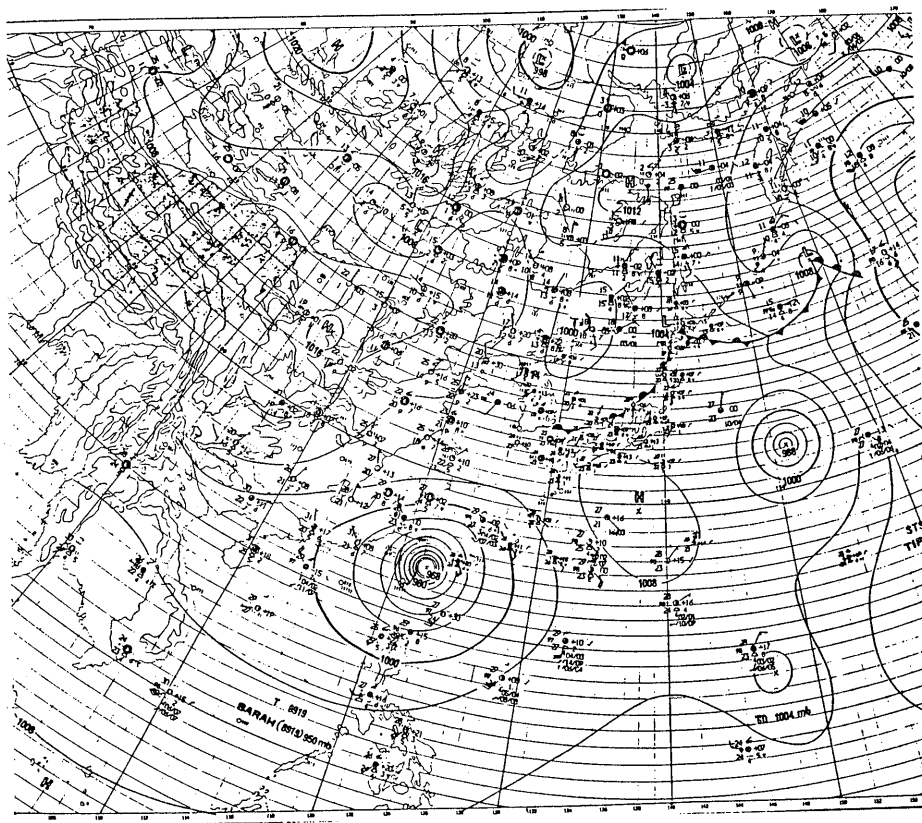
圖四(b)



圖四(c)



圖四(d)

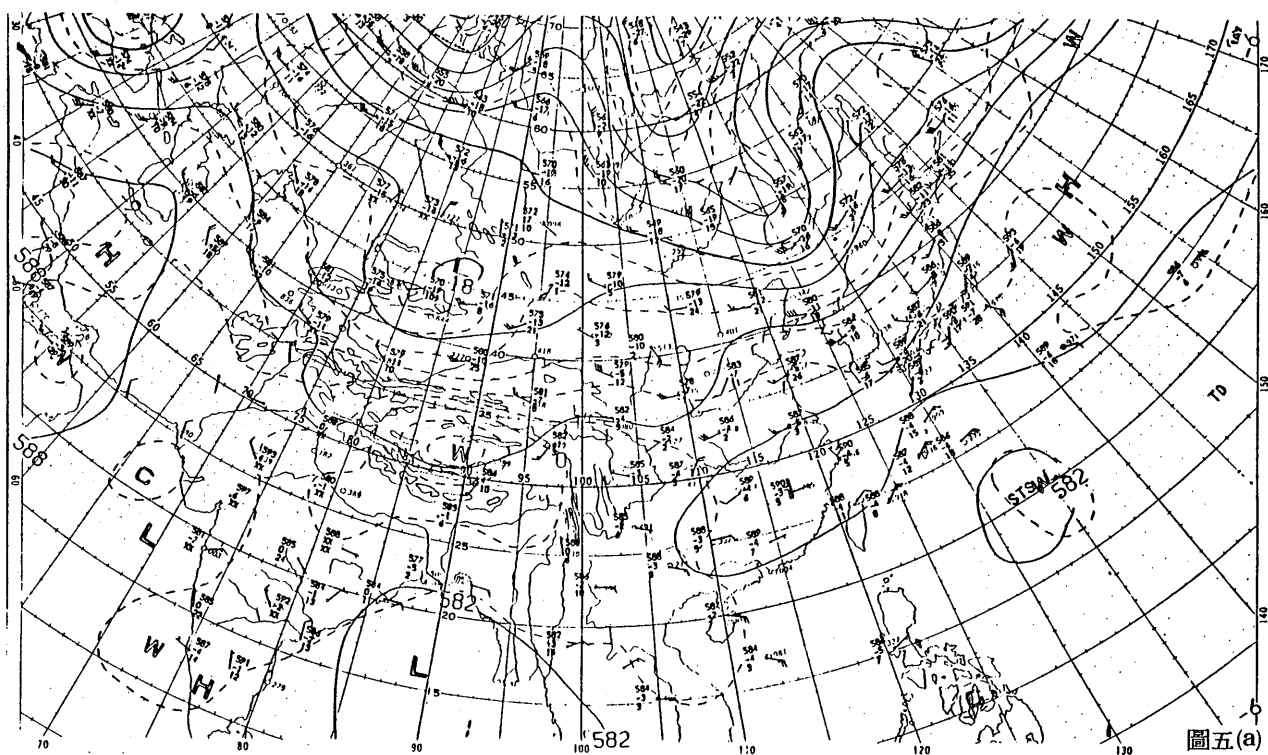


圖四(e)

表五 莎拉颱風侵台期間本局所屬各測站重要氣象要素統計表 (78年9月LST)

Table 5 The weather elements from CWB's stations during SARAH'S passage.

測站	最低氣壓(mb)		瞬間最大風速(m/s)						最大風速(m/s)		強風(10m/s)以上		最大降水量(mm)				降水總量(mm)	
	數值	日時分	風向	風速	日時分	氣壓	氣溫	濕度	風向	風速	日時分	日時分至日時分	一小時內值	日時分至日時分	十分鐘內值	日時分至日時分	數量	日時分至日時分
基隆	979.4	12.14.15	SSW	25.0	13.05.26	990.7	25.8	80	SSW	14.9	13.04.42	-	23.5	11.19.10-11.20.10	11.2	11.23.45-11.23.55	280	08.13.30-13.03.01
鞍部	892.5	12.14.40	WNW	31.8	11.19.50	900.6	22.2	100	NNW	9.7	10.15.15	-	31.6	11.07.30-11.08.30	12.2	11.08.00-11.08.10	480.7	08.17.11-13.15.10
竹子湖	981.1	12.14.00	SW	23.4	12.03.10	981.1	24.2	94	SW	7.0	12.03.40	10.01.10-13.03.45	29.0	12.00.00-12.01.00	12.7	11.02.50-11.03.00	527.7	08.00.00-13.20.00
臺北	978.8	12.13.51	SW	23.2	13.03.43	988.8	25.4	84	ENE	10.9	11.19.36	-	26.0	11.00.00-11.01.00	15.5	11.00.20-11.00.30	284	08.20.04-13.05.20
新竹	980.6	12.13.00	NE	18.6	12.07.23	982.7	25.8	95	NE	9.5	12.07.30	-	14.7	09.01.40-09.20.40	7.8	11.04.40-11.04.50	180	08.16.08-13.11.30
臺中	979.9	12.05.35	NNE	24.9	11.20.44	982.7	27.3	82	NNE	9.6	11.22.03	-	25.4	12.19.00-12.20.00	6.6	12.19.10-12.19.20	240.1	09.21.05-繼續中
梧棲	979.4	12.05.05	NNE	42.7	11.21.40	982.6	26.4	93	N	30.4	11.23.11	08.16.00-13.00.30	35.0	12.20.05-12.21.05	9.0	12.20.55-12.21.05	213.5	10.12.10-13.20.05
日月潭	871.6	12.01.00	WSW	34.5	12.18.35	880.4	20.0	98	WSW	16.7	12.19.20	12.13.10-12.23.40	32.5	12.15.00-12.16.00	7.8	12.14.10-12.14.20	406	09.16.10-13.15.40
澎湖	986.5	12.03.56	NNW	28.8	11.22.47	989.2	26.8	89	WNW	13.9	12.08.14	09.12.10-12.14.30	18.5	12.05.40-12.06.40	5.8	12.05.40-12.05.50	223.9	11.07.20-13.15.00
嘉義	977.4	12.01.09	NNW	28.0	12.00.38	977.7	25.9	91	NNW	16.2	12.00.10	-	42.0	12.11.34-12.12.34	14.5	12.11.34-12.11.44	376	11.04.35-13.16.00
阿里山	851.0	12.00.00	NW	21.3	12.00.35	852.3	13.0	97	SW	8.6	12.14.00	11.20.08-13.14.30	60.5	12.15.00-12.16.00	12.5	12.15.10-12.15.20	921	11.00.00-13.16.00
玉山 2823 GPM	11.23.00	-	-	-	-	-	-	-	NNW	16.7	11.23.30	11.21.30-11.24.00	42.0	12.11.00-12.12.00	11.0	12.11.20-12.11.30	587.4	10.04.00-13.16.00
臺南	982.1	12.04.41	NW	26.9	11.18.21	985.8	26.3	100	NW	15.2	11.20.44	11.17.35-12.12.05	36.5	12.04.03-12.05.03	13.0	12.04.03-12.04.13	278.2	11.07.05-13.19.50
高雄	983.3	12.02.11	WNW	28.6	12.02.12	983.3	27.1	100	NW	17.9	12.02.14	11.20.20-12.19.00	33.0	12.05.09-12.06.09	10.0	12.05.09-12.05.19	346.3	08.17.40-13.18.30
東吉島	985.4	12.03.00	NNW	42.8	12.02.01	985.9	25.6	94	NNW	30.5	12.02.05	06.23.26-繼續中	17.3	12.06.40-12.07.40	6.1	12.07.20-12.07.30	198.7	11.13.35-13.17.00
恒春	982.6	12.00.26	NNW	27.1	11.21.13	983.1	27.3	94	NW	12.0	11.21.00	11.20.00-12.09.00	27.0	12.03.49-12.04.49	6.5	12.03.50-12.04.00	131.4	10.03.42-13.11.35
蘭嶼	974.6	12.00.22	NE	59.0	11.02.57	984.6	24.8	99	NE	38.6	11.02.55	08.00.20-繼續中	16.2	11.11.00-11.12.00	11.2	10.01.57-10.02.07	146	09.01.57-13.11.45
大武	969.0	12.00.23	NNE	21.8	10.09.36	995.7	28.3	76	NNE	10.7	12.09.40	09.10.45-13.14.54	20.0	12.05.51-12.06.51	7.1	12.05.51-12.06.51	98.4	10.02.21-13.14.15
臺東	968.8	12.00.03	NNE	21.5	09.15.43	997.8	32.1	66	SW	9.2	12.15.00	-	33.0	12.02.00-12.03.00	10.0	12.02.00-12.02.10	116.4	09.21.10-13.07.55
新港	963.3	11.23.17	NE	34.4	12.01.05	971.1	26.7	93	NE	20.5	12.01.10	10.01.00-13.06.40	35.0	12.00.30-12.01.30	13.5	11.02.03-11.02.13	325.3	09.19.30-12.18.45
花蓮	977.6	12.06.00	NNE	31.4	11.18.20	982.4	26.4	94	NE	15.7	11.18.31	11.15.00-11.21.00	46.0	11.20.00-11.21.00	19.6	11.20.15-11.21.25	464	09.00.40-12.22.35
宜蘭	977.2	12.09.45	NE	26.5	11.18.42	988.5	26.2	90	NE	15.5	11.18.44	10.12.45-12.09.30	45.3	10.13.42-10.14.42	10.7	10.13.50-10.14.00	381.4	08.20.56-13.05.30
蘇澳	976.3	12.08.54	ESE	25.6	11.20.40	988.5	27.2	89	E	14.9	11.20.47	11.20.07-11.22.05	23.5	10.12.27-10.13.27	12.0	10.12.27-10.12.37	306	08.20.01-13.00.20



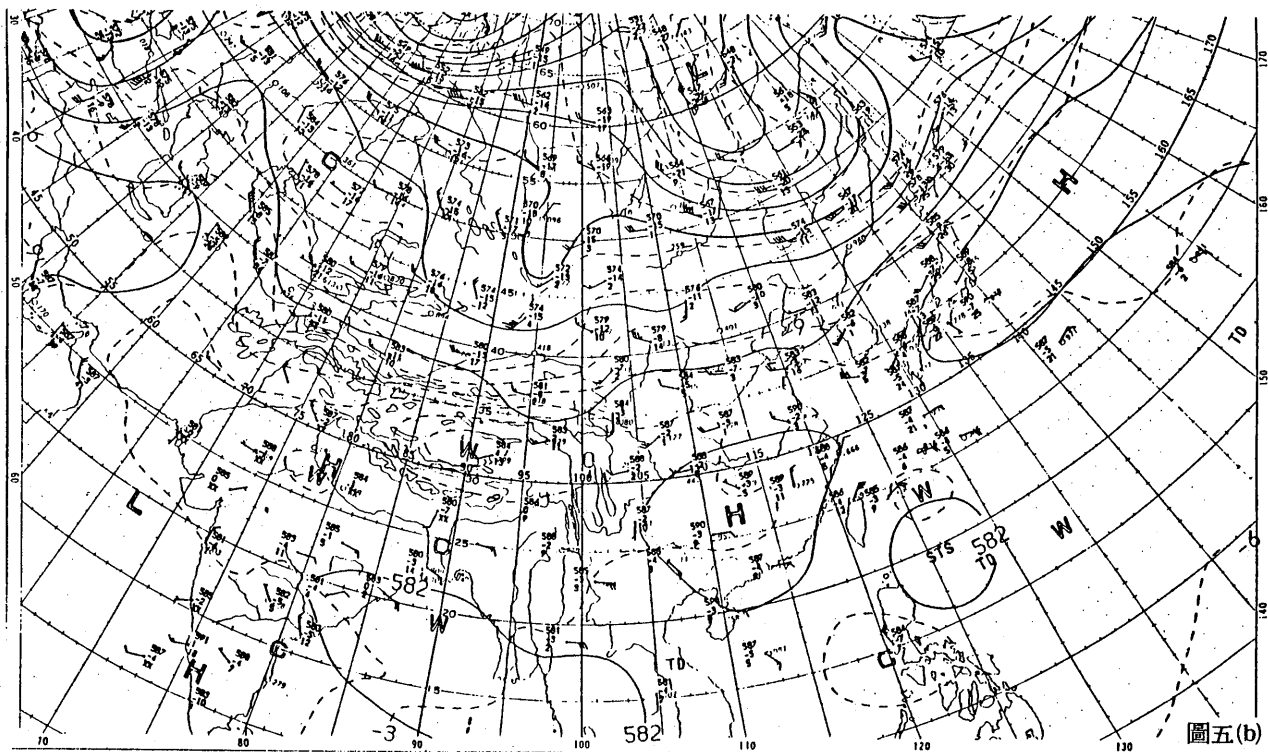
圖五(a)

圖五 民國78年9月7日12UTC~11日12UTC之500毫巴高空圖(a)7/12UTC(b)8/12UTC

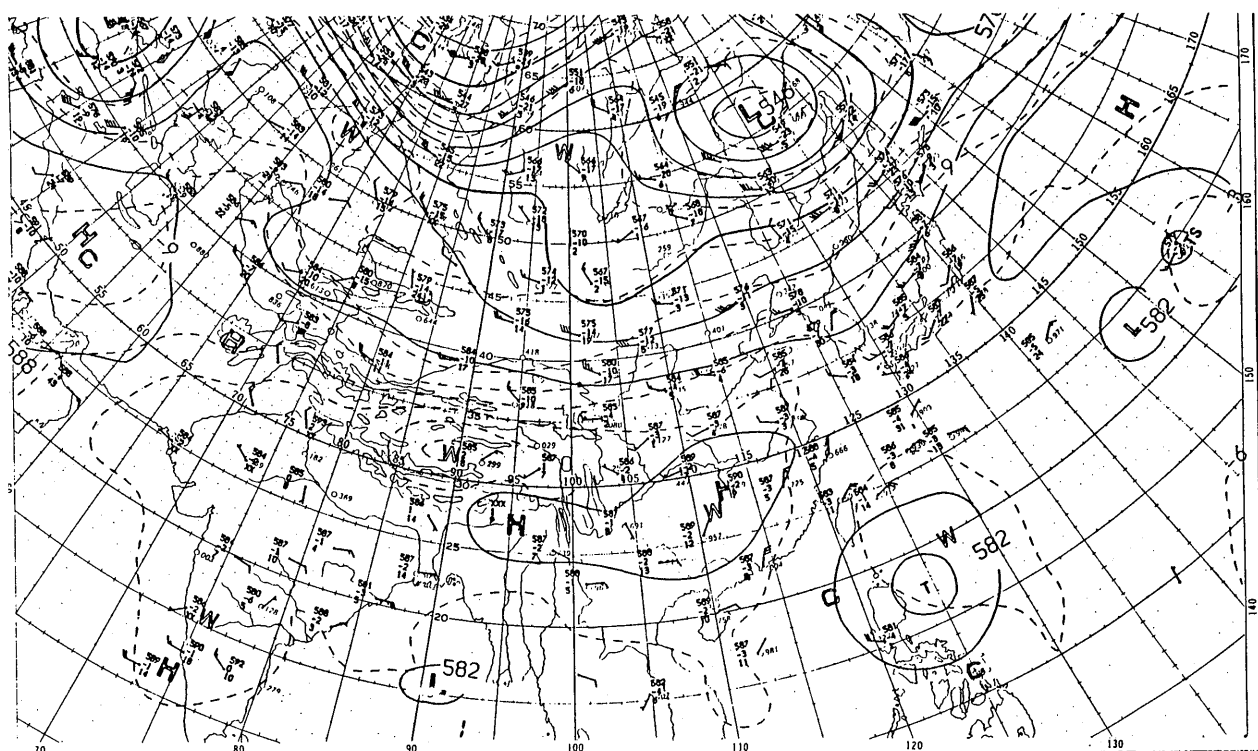
(c)9/12UTC(d)10/12UTC(e)11/12UTC

Fig 5 500MB chart from 7/12UTC to 11/12UTC, Sep., 1989. (a) 7/12UTC (b) 8/12UTC

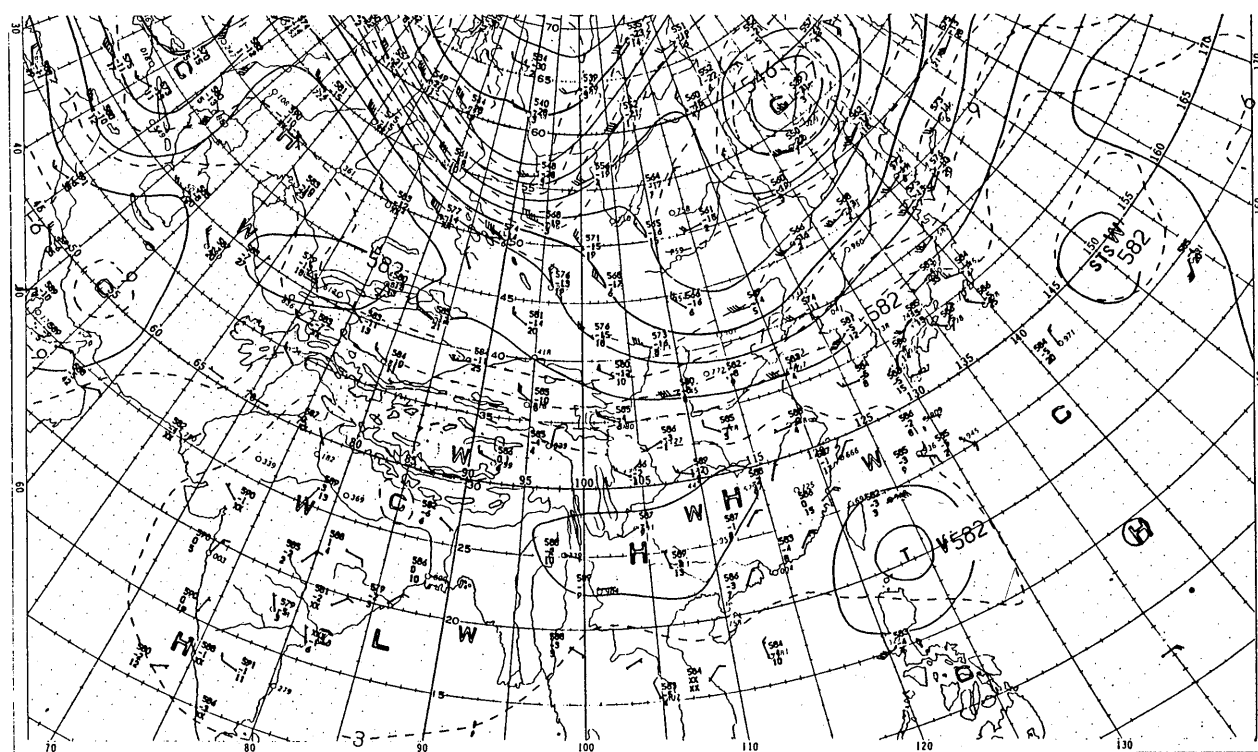
(c) 9/12UTC (d) 10/12UTC (e) 11/12UTC



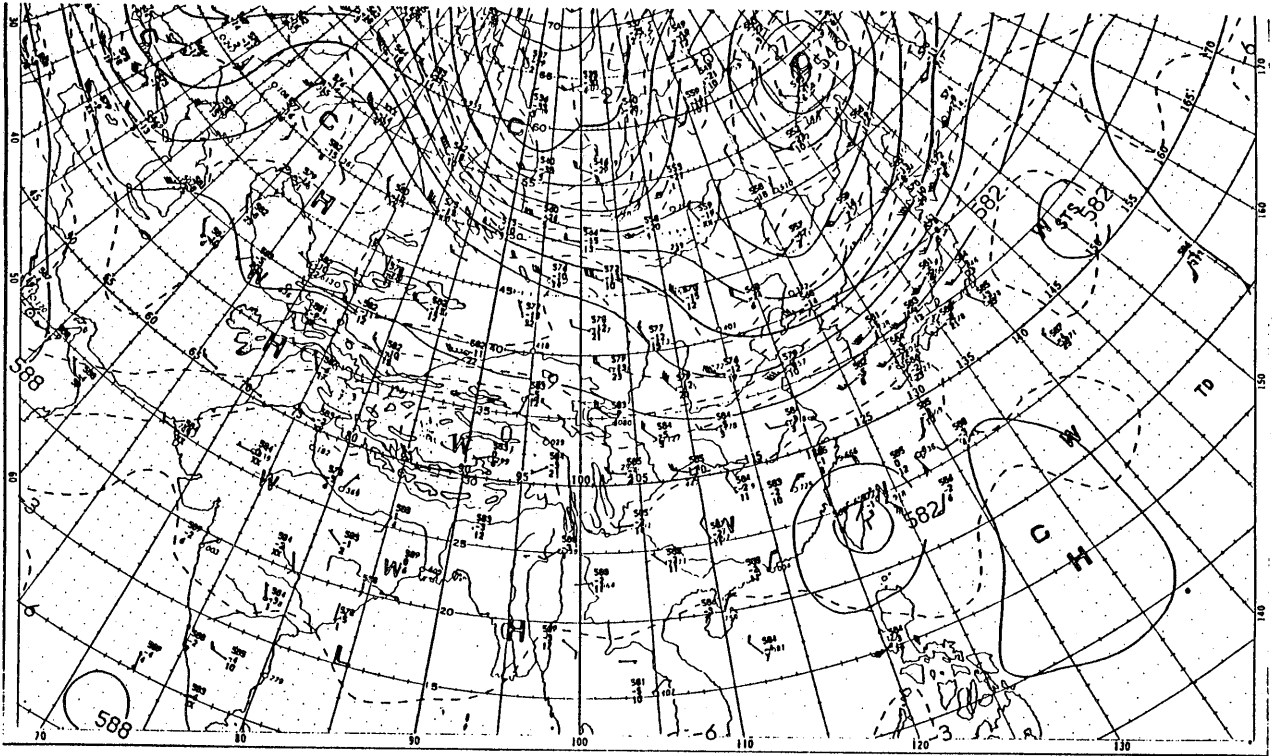
圖五(b)



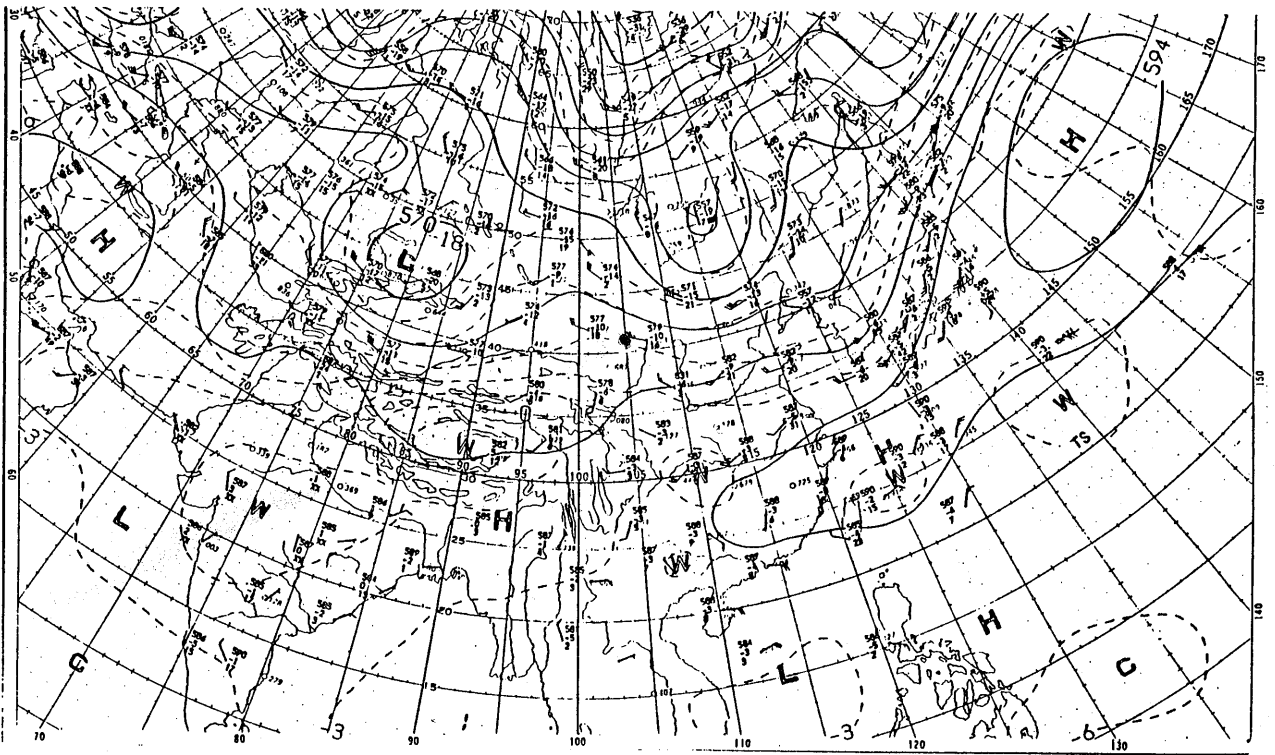
圖五(c)



圖五(d)

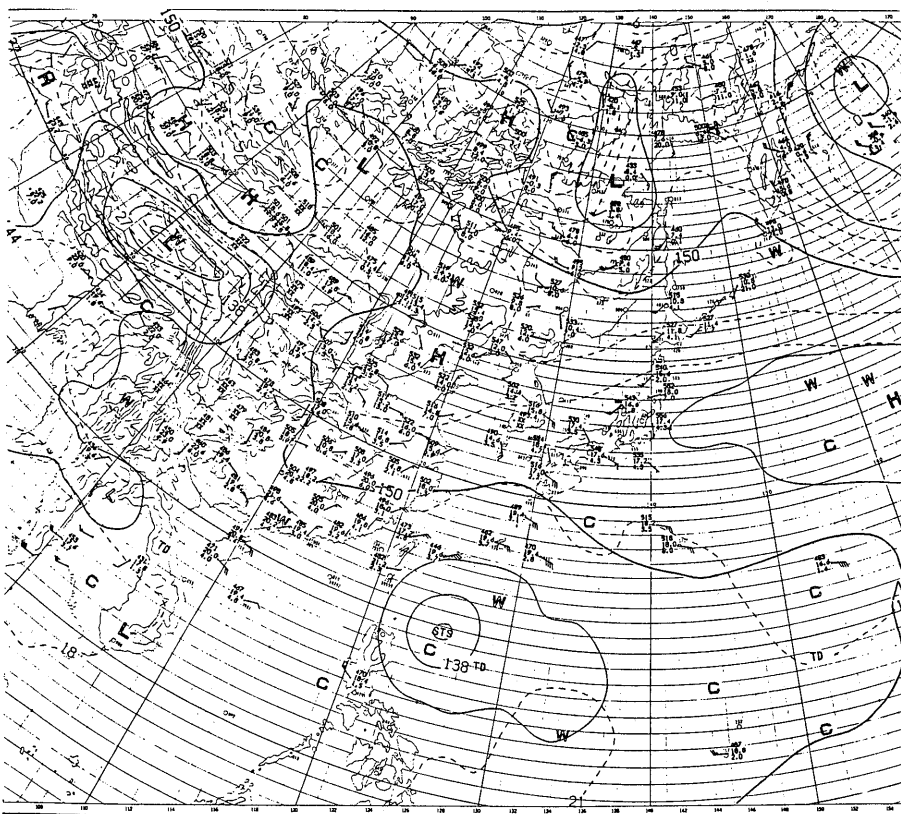


圖五(e)



圖六 a. 民國78年 9月 6日 12UTC 之 500 毫巴高空圖

Fig 6a. 500MB chart at 6/12UTC, Sep., 1989.



圖六 b. 民國78年 9 月 8 日 12UTC 之 850 毫巴高空圖

Fig 6b. 850mb chart at 8/12UTC, Sep., 1989.

發生在12日15時及12日11時，此時颱風位於東部陸地，所以此兩測站的降水可能是由於被颱風主環流所涵蓋所致。至於北部地區的降雨主要發生在竹子湖 527.7 公厘、鞍部 480.7 公厘，台北則是 284 公厘、基隆為 280 公厘，降雨最大的時刻大多發生在 11 日以後，此時颱風位於台東東南方約 210 公里海面上，因此北部地區的降水可能是由於颱風外圍環流受北部地形的抬升作用所引起。南部地區各測站則是先受到颱風外圍環流在南部地區受到地形的影響，而後在颱風環流籠罩下所致，最大時雨量大都發生在 12 日 04 時，總降水量則以高雄 346.3 公厘為最多，臺南 278.2 公厘次之。蘇澳、宜蘭最大時雨量是發生在 10 日 12 時及 10 日 13 時，總降水量為 306 公厘、381.4 公厘。花蓮最大時雨量則發生在颱風登陸前三小時（11 日 20 時），其總降水量達 464 公厘。

六、莎拉颱風災情

由於莎拉颱風在花蓮南方靜浦附近登陸，且其外圍環流在各地山區引發豪雨，致所有河川水位驟然暴漲，尤以雲林縣境濁水溪、嘉義縣、臺南縣境八掌溪河水暴漲，使沿河兩岸多處積水，故此災情以花蓮縣、雲林縣、嘉義縣、臺南縣最為嚴重。茲將莎拉颱風之災情略述如下：

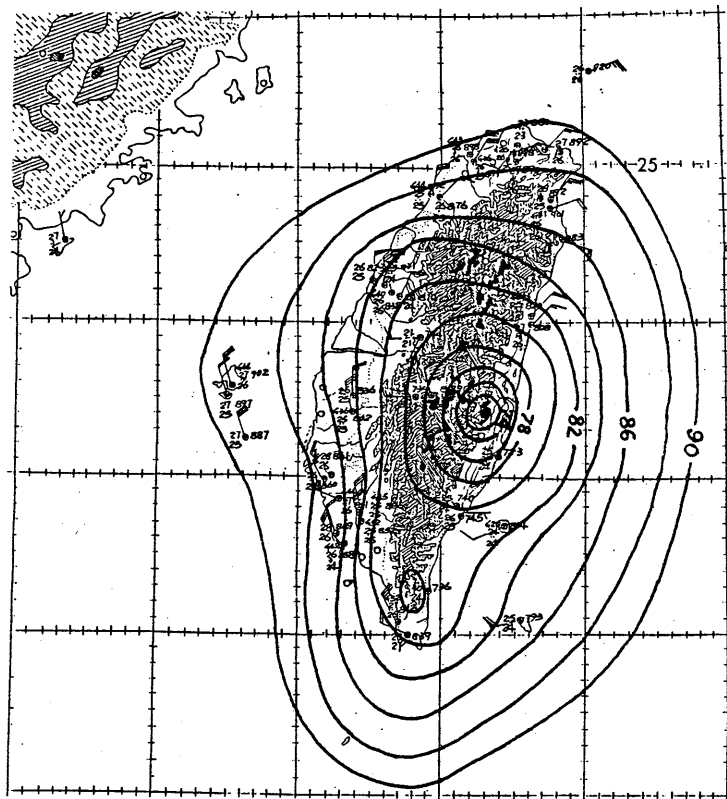
1. 交通災情：

(1) 鐵路方面：

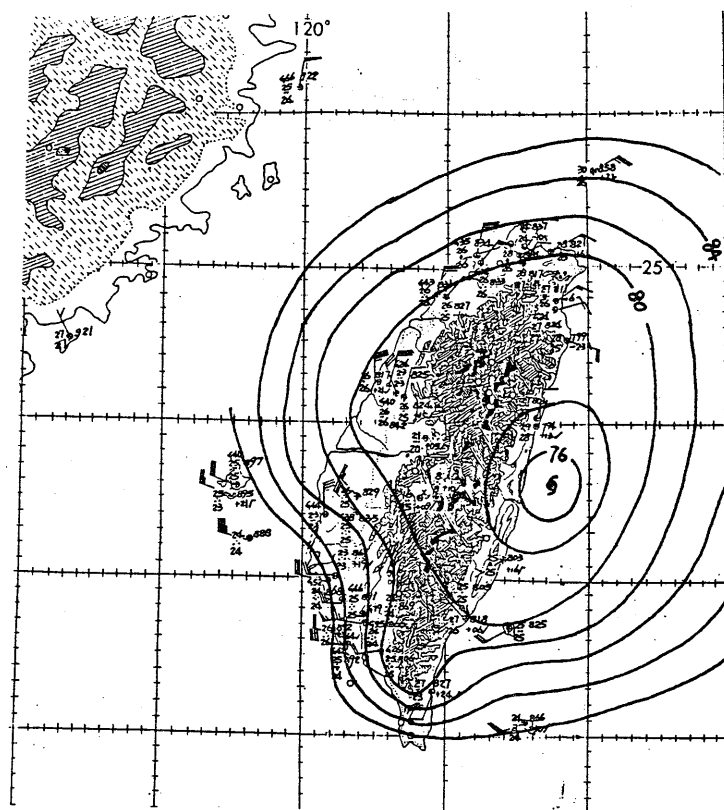
縱貫線因八掌溪及牛稠溪河水暴漲淹沒鐵橋、花東鐵路因路基流失，造成交通一度中斷。

(2) 公路方面：

北橫、中橫、南橫、蘇花、阿里山公路因道路坍方交通中斷。高速公路 276.18 公里處路基下陷該路段封閉。



圖七(a)

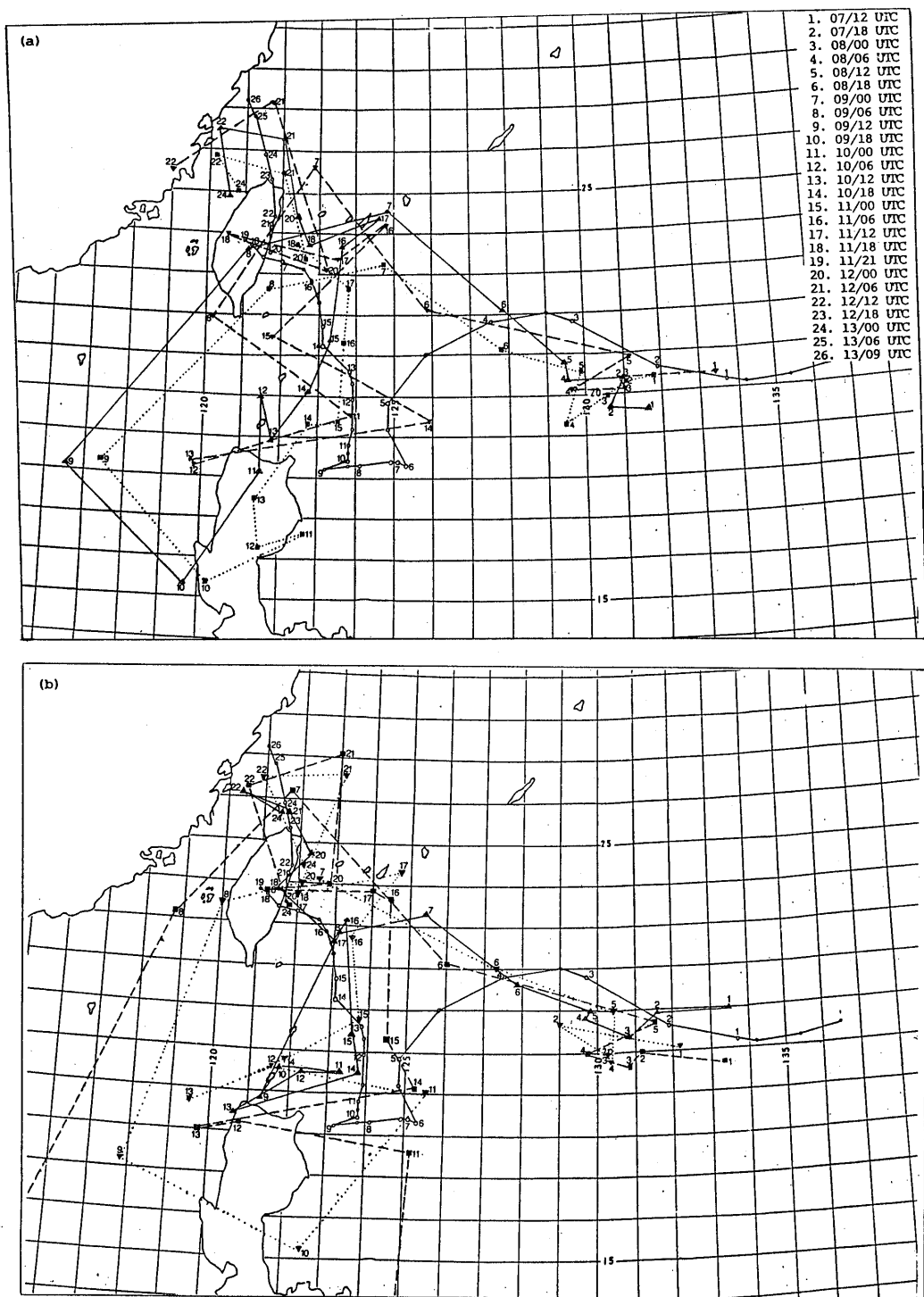


圖七(b)

圖七 民國78年9月11日14UTC(b)9月12日00UTC地面詳圖

(a)副低壓中心生成。(b)副低壓中心已取代颱風主環流中心。

Fig 7 Surface charts of Sarah at (a)111400UTC(b)120000UTC.

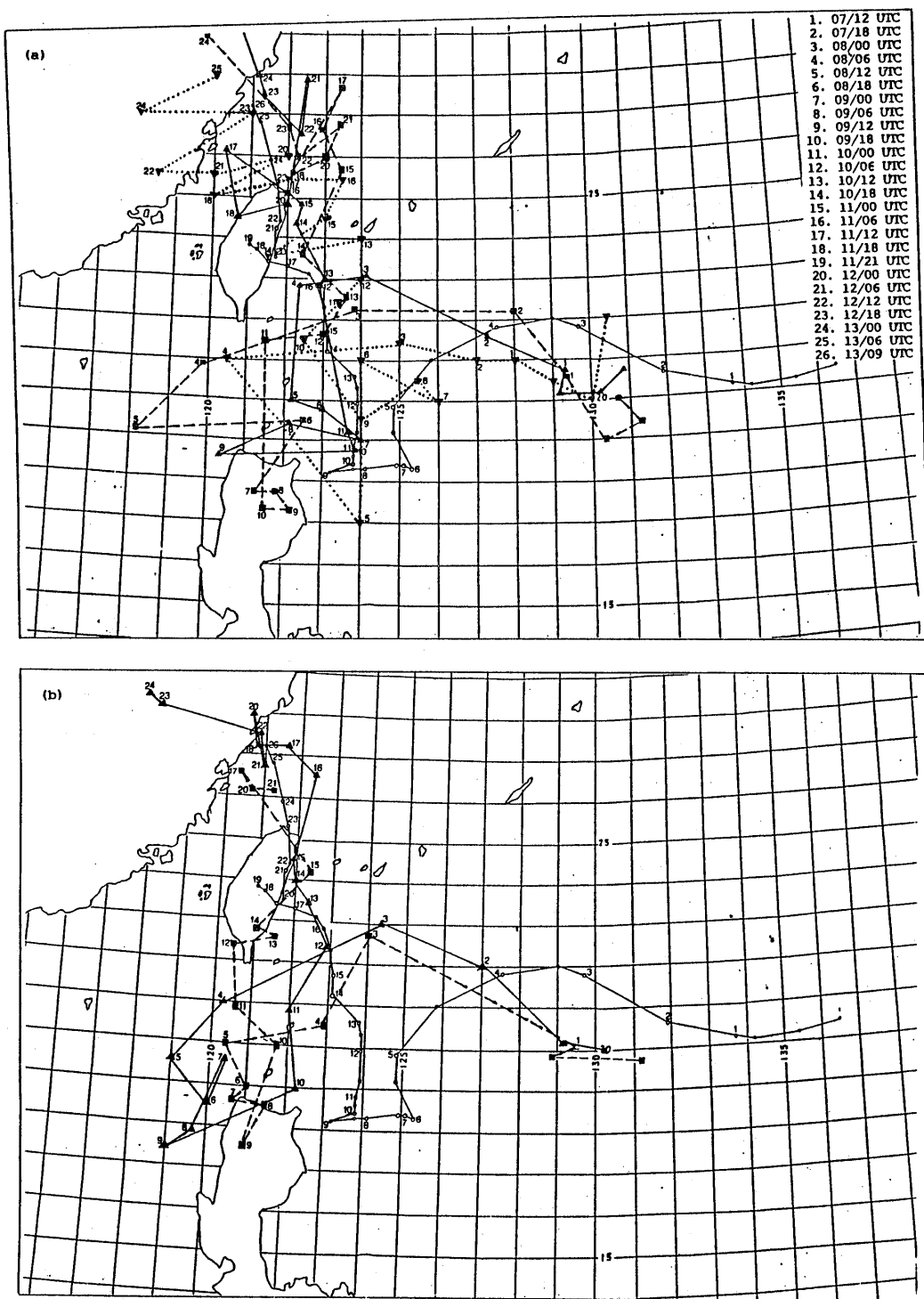


圖八 六種客觀預報法的24小時預報路徑圖。

(a) BEST TRACK○、ARAKAWA▲、ARAKAWA-1■、HURRAN▼

(b) BEST TRACK○、CLIPER▲、CWB-81■、P-C▼

Fig 8 24 hours track forecast of 6 objective methods.



圖九 各氣象機構24小時預報路徑圖。

(a) BEST TRACK○、CWB▲、JTWC■、RJTD▼

(b) BEST TRACK○、BABJ▲、RPMM■

Fig 9 24 hours track forecast of different typhoon warning Units.

2. 船舶災情：

花蓮港一艘貨輪斷纜擱淺、一艘貨輪斷纜漂流。動力漁船破損及沉沒十三艘，漁船流失四艘、竹筏沉沒二艘、漁船撞壞四艘。

3. 河海堤損壞情形：

- (1)宜蘭縣境，堤防半毀 330 公尺，堤防導流堤沖毀 200 公尺，堤防丁堤沖毀二座，海堤消能塊流失 150 塊。
- (2)花蓮縣境，堤防半毀 1315 公尺，堤防沖毀 620 公尺。
- (3)臺東縣境，堤岸沖毀 100 公尺。
- (4)嘉義縣境，護岸沖失毀 150 公尺。
- (5)雲林縣境，堤防流失 450 公尺。
- (6)南投縣境，堤防流失。
- (7)彰化縣境，堤防漏水 550 公尺，受損 100 公尺。

4. 人員傷亡及房屋倒塌：

各地房屋全倒 430 間、半倒 760 間，主要均集中於花蓮縣，佔四分之三以上。死亡及失蹤人數共 51 人，輕重傷共 64 人。

5. 各縣市淹水狀況：

花蓮縣、雲林縣、嘉義縣、臺南縣部分地區積水達 1 至 3 公尺不等。

七、結 論

莎拉颱風發展初期是在副熱帶高壓駛流場導引下，沿著副熱帶高壓南緣向西移行。當駛流場呈現向南轉向時，莎拉的行徑則受其影響而轉向南方，最後莎拉與其南南西方之熱帶低壓合而為一，導致偏向東南，而滯流於菲律賓東方海面上。當大陸高壓西退，副熱帶高壓東退，大陸低壓又成為莎拉再度北上之原因。又因東移的大陸高壓取代大陸低壓系統，而日本南方又有一分裂高壓，終於導致莎拉颱風轉向西北西直撲臺灣。由於莎拉在方向的變化頗大，所以路徑上的預報較難掌握，使得氣象單位所作的預報不甚理想，亦即當颱風轉向的時候，客觀預報法及各氣象單位預報的結果，無法即時調整過來，而待其調整過來之後，如果颱風又轉向，則預報結果又會有很大的誤差。因此，如果要利用前一個預報位置與實際位置之間的誤差來修正下一個客觀預報結果時，可能會使修正後的誤差變得更大

，今後必須特別注意。在各種客觀預報方法中，以 CLIPER 平均誤差最小，ARAKAWA1 次之，以 CWB-81 平均誤差最大。各氣象機構 24 小時的預報位置則以本局的平均誤差最小，其次為 RJTD，以 BABJ 最差。都是在颱風轉向時作的預報產生的誤差最大。由於莎拉颱風直接登陸台灣，雖迅速減弱，但其環流在台灣東南部產生一迅速發展之副低壓中心，而由副低壓在中心取代主環流中心而繼續北移，致使台灣地區的災情以花蓮縣、嘉義縣、雲林縣、台南縣最為嚴重。

八、誌 謝

本報告由林技士宏聖執筆，以及科技中心同仁提供寶貴意見，預報中心與資料處理科、衛星中心提供資料，得以順利完成，深表感謝。

REPORT ON TYPHOON SARAH OF 1989

R&D Center
CWB

ABSTRACT

Typhoon Sarah (8919), was the first and the only one attacked Taiwan in 1989. It was a tropical depression initiated over the southeastern sea of Guam at 061800UTC. Sarah intensified at 081800UTC Sep. as a tropical storm and then became a typhoon on 110300UTC. It made a landfall over the south part of Hwa-Lien at 1115UTC.

When Sarah approaching Taiwan, there was a secondary low pressure center developed over the southeast part of Taiwan. After landfall, the original center of Sarah's circulation was replaced by the center of the secondary low, and kept on moving to the north. Sarah's lifespan was 7 days.

Due to the influence of Sarah, heavy rainfall took place all over the island, and serious damage was caused, especially in the areas of Hwa-lien, Yun-lin, Chia-yi and Tai-nan.

Key word: The secondary low pressure center.

西北太平洋地區颱風名稱及中譯名

第一組		第二組		第三組		第四組	
Angela	安琪拉	Abe	亞 伯	Amy	艾 美	Axel	艾克索
Brian	布萊恩	Becky	蓓 琪	Brendan	布籃登	Bobbie	芭 比
Colleen	柯 琳	Cecil	西 索	Caitlin	凱特琳	Chuck	恰 克
Dan	丹 恩	Dot	黛 特	Doug	道 格	Deanna	荻安娜
Elsie	艾爾西	Ed	艾 德	Ellie	愛 麗	Eli	奕 來
Forrest	福萊斯	Flo	芙 蘿	Fred	弗雷特	Faye	費 依
Gay	蓋 伊	Gene	傑 恩	Gladys	葛拉絲	Gary	蓋 瑞
Hunt	漢 特	Hattie	海 蒂	Harry	哈 雷	Helen	海 倫
Irma	阿 瑪	Ira	埃 洛	Ivy	艾 薇	Irving	歐 文
Jack	傑 克	Jeana	珍 納	Joel	喬 爾	Janis	珍妮絲
Koryn	珂 茵	Kyle	凱 爾	kinna	琴 納	Kent	肯 特
Lewis	劉易士	Lola	羅 拉	Luke	魯 克	Lois	洛依絲
Marian	瑪麗安	Mike	麥 克	Mireille	密瑞兒	Mark	馬 克
Nathan	那 森	Nell	妮 歐	Nat	耐 特	Nina	妮 娜
Ofelia	歐菲莉	Owen	奧 文	Orchid	歐凱特	Omar	歐 馬
Percy	波 西	Page	珮 姬	Pat	派 特	Polly	寶 莉
Robyn	蘿 賓	Russ	魯 斯	Ruth	露 絲	Ryan	賴 恩
Steve	史迪夫	Sharon	雪 倫	Seth	席 斯	Sibyl	雪貝兒
Tasha	塔 莎	Tim	提 姆	Thelma	賽洛瑪	Ted	泰 德
Vernon	費 南	Vanessa	范妮莎	Verne	弗 恩	Val	薇 奧
Winona	溫諾娜	Walt	華 特	Wilda	薇爾達	Ward	華 德
Yancy	楊 希	Yunya	詠妮亞	Yuri	尤 瑞	Yvette	伊凡德
Zola	柔 拉	Zeke	季 克	Zelda	瑞爾姪	Zack	薩 克

統一編號：

09089790130

ISSN 0225-57785

Volume 36, Number 3

September, 1990

METEOROLOGICAL BULLETIN

(Quarterly)

CONTENTS

Articles

- The Influences of 700-mb Geopotential Field on the Track
of Typhoon in the Northwestern Pacific Ocean
Tzyy-Yuh Maa, Lie-Shieu Fang (181)
- Seismicity in the Juisui Area of Eastern Taiwan
Wang, J. H., Hsieh, C. H., Chan, C. W., Lee, P. H. (197)
- Overview of the Mesoscale Forecast System at the Central
Weather Bureau
Shang-Wu Li, Hway-Jen Chen, Wen-Mei Chen (209)
- Study on the Relationships of Weather Factors and Cane and
Sugar Yield of Sugar Cane in Taiwan
I. Cane Yield Model.....Yu-Fang Chang, Chun Chu, Yu-Ming Pong (221)

Reports

- A General Report on the Typhoons in the Western North
Pacific in 1988.....R & D Center, CWB (238)
- Report on Typhoon Sarah of 1989R & D Center, CWB (256)

CENTRAL WEATHER BUREAU

64 Kung-Yuan Road, Taipei, Taiwan

Republic of China

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1893號登記為第一類新聞紙類

氣象學報

季刊

第三十六卷 第四期

目次

研究論文

- 侵臺颱風風速分佈預測專家系統之研究與建置.....陳熙揚、潘大龍 (281)
- 中央氣象局地震網地震儀器響應曲線之探討.....辛在勤、劉玉龍 (297)
- 以HYPO 71 定位程式重定1969年1月至1972年5月瑞穗地區
之地震的定位誤差範圍及P波剩餘值.....詹軍威、王錦華 (305)
- 暖月高空冷心低壓對臺灣天氣之影響.....陳泰然、紀水土 (315)
- 臺灣地區氣象因子與甘蔗產蔗量和產糖量關係之研究
II產糖量模式.....張佑芳、朱鈞、彭雲明 (327)

報 告

- 民國七十八年北太平洋西部颱風總報告科技中心 (346)
- 氣象學報總目錄索引 (367)

中央氣象局氣象學報社					臺北市公園路六十四號				
蔡清彥					電話：3 7 1 3 1 8 1				
蔡清彥									
林民生									
王方曲									
朱呂李胡陳李									
時力克曙世汴仲泰汴									
鼎脩恭光宗軍英然軍									
新台幣 150 元									

侵台颱風風速分佈預測專家系統之研究與建置

陳熙揚

中央氣象局氣象資訊中心

潘大龍

中山科學研究院

摘 要

專家系統(Expert System)發展至今,已成功地應用於各個領域。如XCON為一組合VAX計算機系統的專家系統,早已為DEC公司使用中;其它著名的系統有用於醫療診斷的MYCIN,用於鑽探礦物的DRILLING ADVISOR……等等。

反觀氣象專家系統的研究仍在啓蒙時期,因此,本研究以1985年美國McGraw-Hill圖書公司出版的Micro Expert系統為工具,改善其人機介面功能,並根據1981年8月台大大氣科學系蔡清彥、周根泉與陳正改三位先生撰寫之『台灣地區之颱風風速分佈』研究報告建立知識庫,完成『侵台颱風風速分佈預測專家系統』的建置。本系統旨根據過去颱風侵襲台灣地區的經驗,預測各地區風速分佈情形。作者希望本研究能為國內氣象預報專家系統的研究奠定良好基礎。

關鍵字:專家系統 決策樹、堆疊

一、前 言

知識就是力量,當日本人敏銳地覺察到知識的神奇,而於1982年宣佈震撼性的『第五代電腦』計畫後,人工智慧的研究普遍受到重視,電腦變為不再只是計算和處理資料的工具,它已進而能運用人類知識,幫助人類解決問題。

專家系統是第五代電腦的重要課題之一。它是一套複雜的電腦程式,運用知識有效率且有效地解決特定問題領域中的問題。它也和人類專家一樣,會使用符號邏輯和經驗法則來找尋答案;當然無可避免地,它也會和人類一樣犯錯,但它卻可很輕易地被教導改正,並吸收新的知識;此外,由於人工專業知識具永久性、一致性、容易移轉和形成文件,且價格便宜等優點,故專家系統的研究與應用方興未艾,已是潮流所趨,如DEC公司早已使用XCON組合VAX計算機如用於醫療診斷的MYCIN,用於鑽探礦物的DRILLING AD-

VISOR等,而針對不同領域之專家系統的研究也正如火如荼的展開,相信結合電腦的能力和人類豐富的經驗知識,專家系統將會大大增強專家知識的價值。

以氣象科技而言,一切研究發展的最終目的是要落實到實際預報,以積極地促進氣象資源的開發與應用。時至今日雖然數值天氣預報蓬勃發展,而且也結合模式輸出統計(Model Output Statistics, MOS)技術,但天氣預報仍然在在需要依靠具有良好經驗的預報員加以判斷,然而有經驗的預報員愈來愈少,而且培養不易,常需數十年方能為功;更有甚者,個人的預報經驗往往難以傳授,而且其判斷過程又常受情緒、壓力等人為因素影響。所幸由於專家系統的問世正可彌補前述人類專家的缺點,方便情況有所改觀,故氣象專家系統的開發也漸受國內外重視,以國外的狀況而言,美國氣象學會於今1990年在加州Anaheim舉行的會議中,學者即對現行氣象專家系統加以評估,並建議持續發

展；而國內在這方面雖尚屬起步階段，但國科會工程處及 1992 年 TAMEX 預報實驗工作小組在環境工程應用及梅雨期豪雨預報方面均將專家系統的研究發展列為一個重要的工作項目。

作者有感於氣象預報專家系統研究的重要性與迫切性，故對『侵台颱風風速分佈預測專家系統』加以研究，期望能為國內這方面的研究奠定良好基礎。

本文第二章將對專家系統及其特性作簡單的介紹；第三章則討論『侵台颱風風速分佈預測專家系統』專業知識之蒐集及結構化與知識庫之建立及推論方式，最後並舉一應用實例。

二、專家系統簡介

(一)何謂專家系統

專家系統是一個強化知識 (Knowledge-intensive) 的程式，它所解決的問題通常是由具專門知識的人類專家來做的。它模仿人類專家，利用專

家解決問題的技巧以及其所貯存的衆多知識來解答問題。專家系統需要兩方面的配合，第一要有卓越的專家參與，提供知識、推理過程、思考方式……等，第二要有知識工程師與專家溝通以建立知識庫，二者缺一不可。茲將涉及的角色及彼此間的關係示之如圖 1。

專家系統結構如圖 2 所示，問題經由人機界面進入系統，再經由推論機進入工作區，工作區是記憶體的一部份，用以儲存問題的說明，經由此問題的敘述瞭解此問題的狀況，再根據問題狀況由知識庫內找尋推理規則及相關事實，找到後送到推論機作推理的工作，以求取問題的答案，然後經由人機界面告訴使用者，使用者若對答案有疑問，可經由解釋次系統顯示其推理過程，並答覆相關問題。

(二)專家系統特性

雖然某些方面人類專家技術的確優於人為專家技術 (表 1)，但以人工專家技術 (Artificial Expertise) 擴增人類推理除易於維護與擴充外，尚具有一些優越的理由如表 2 所示。

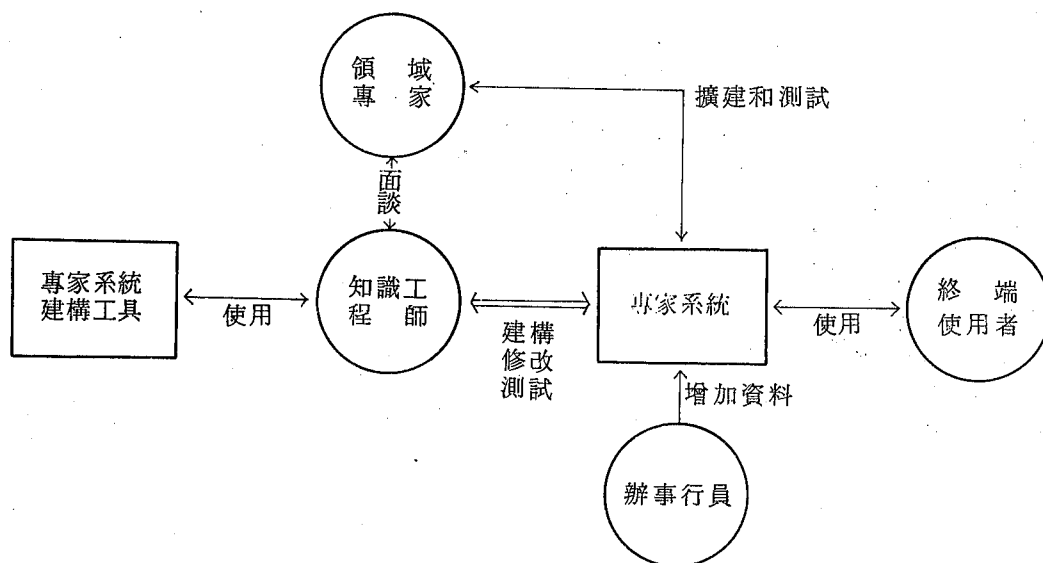


圖 1 專家系統中涉及的角色及其間的關係

Figure 1: Roles and their relationship in an expert system

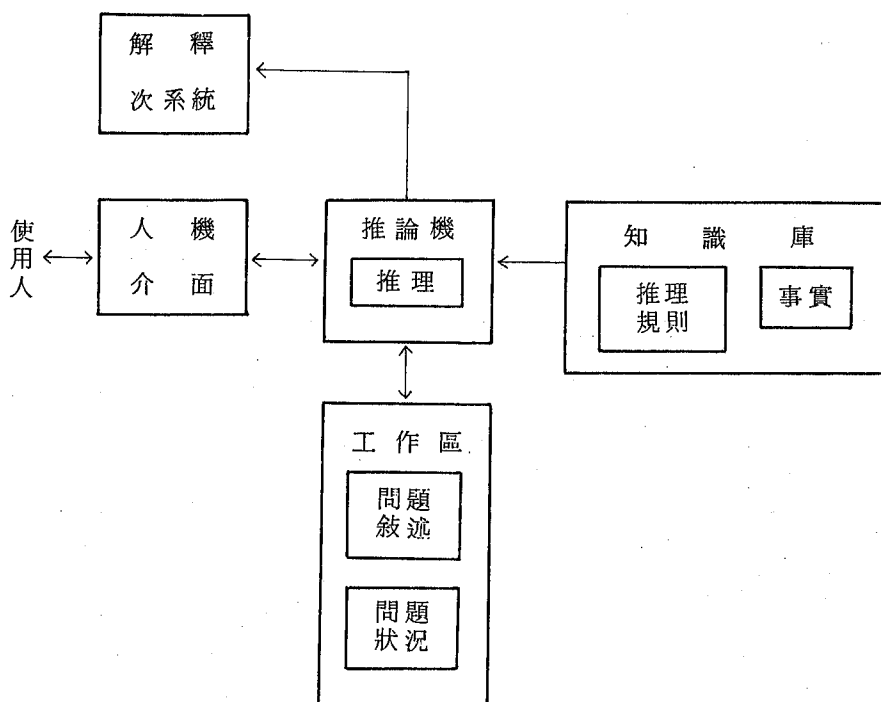


圖 2 專家系統結構

Figure 2: The archetecture of an expert system

表 1. 人類專家技術優於人工專家技術之點

Table 1: Points of human expertise superior to artificial expertise

人類專家技術	人工專家技術
有創意	沒有靈感
能適應	需教導
知覺經驗	符號輸入
焦點廣	焦點窄
常識性知識	技術性知識

表 2. 人工專家技術優於人類專家技術之點

Table 2: Points of human expertise inferior to artificial expertise

人類專家技術	人工專家技術
會腐朽凋萎	持久性的
難以轉移	易於轉移
難以製造成文件	易於製造成文件
不可預知	一致性的
昂貴的	負擔得起的

三、侵台颱風風速分佈預測專家系統

颱風預報是台灣地區氣象預報上極具挑戰性的工作之一。侵台颱風因盛行氣流受中央山脈地形影響產生爬山與繞山效應，因此風速分佈甚為複雜，難以準確預報，深值研究並建立專家系統協助預報。

本章第(一)節將敘述颱風風速分佈之預報知識，而第(二)節則利用決策樹將其結構化以便於第(三)節中建立知識庫。而關於此專家系統如何推論以預測風速之分佈則在第四節中予以說明，最後於第(五)節舉一應用實例。

(一)知識的蒐集

在與專家溝通蒐集知識的過程中最大的困難在於他們對相似的問題，常因時地不同而有不同的解決方法。而這些抉擇端賴他們多年累積的經驗，此正是難以將之有系統正規化 (formal) 描述的部份，也是計算機化的瓶頸之一。

非常幸運地，作者取得蔡清彥教授等之『台灣

地區颱風風速分佈』研究報告（蔡清彥，1981）。由於該研究以統計方式將1947—1980年98個侵台颱風個案予以綜整，並加以分析，使風速分佈預測的經驗法則有脈絡可循，解決了與專家溝通的最大困難。在該研究中以風速分佈特性將侵台颱風路徑歸納成五類（見圖3），並分析各類颱風路徑之合成平均風速及其分佈情形。茲將該報告重要結果節錄於下：

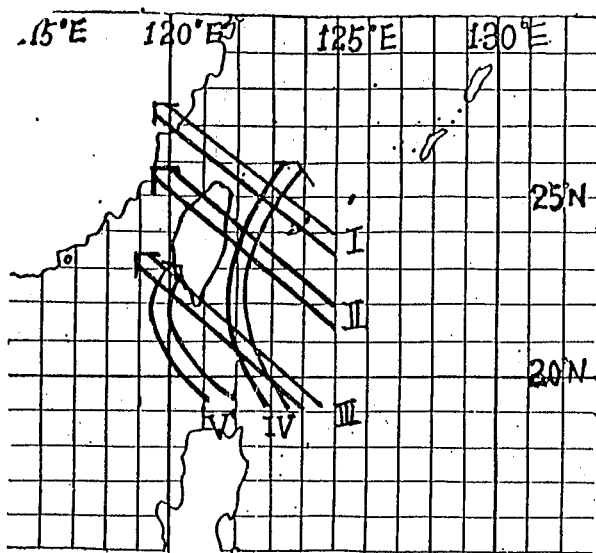


圖 3. 颱風路徑分類圖

Figure 3: The classification of typhoon track

颱風侵襲期間，影響各地風力之因素相當複雜，除颱風本身的位置和環流結構外，還包括地形和大範圍環流等。本文擬就颱風路徑來分析各地風力分佈之特徵。

第1類路徑乃指颱風中心由台灣北端及北部海域通過者，俗稱西北颱。風速最大之地區為颱風中心最近的北部濱海地區，包括基隆、鞍部及淡水等測站，其十分鐘的平均最大風速均在 20ms^{-1} 以上，而瞬間最大陣風，則可高達 30ms^{-1} 以上。台北測站由於受到淡水河之影響，而吹西北風，其最大平均風速亦達 17ms^{-1} ，而瞬間最大陣風則達 27.0ms^{-1} 。至於東部地區的台東、花蓮一帶，因受到中央山脈之阻擋，於是未能直接受到颱風環流之影響，風速較弱。而西南部的嘉南平原一帶，由於台灣海峽南端較為開闊，以致其平均風速亦弱均在 10ms^{-1} 以下，瞬間最大陣風則在 15ms^{-1} 以下

，為第1類路徑中風速較小之地區。但高屏一帶，此時由於受到颱風所誘導之西南氣流之直接影響，其最大平均風速約為 13ms^{-1} ，而瞬間最大陣風則達 20ms^{-1} 以上。

第2類路徑乃指颱風中心由宜蘭至台東間登陸，而自台中港中海者，此類颱風常於嘉義沿海一帶誘生副低壓中心，風速最大的地區有二，一為颱風中心登陸之東部地區，其最大平均風速均在 20ms^{-1} 以上，而瞬間最大陣風可達 30ms^{-1} 以上；另一強風區為台北盆地及北部濱海地區包括淡水至基隆一帶，其最大平均風在 20ms^{-1} 以上，而瞬間最大陣風亦高達 27ms^{-1} 以上。此路徑之颱風，自東部登陸後，其環流及結構因受到中央山脈之阻擋而迅速破壞，以致西海岸的台中盆地一帶為風速較小之地區，其最大平均風約在 10 至 15ms^{-1} 之間，瞬間最大陣風則在 20ms^{-1} 以內。至於嘉義及澎湖一帶則為風速相對較大的區域，其最大平均風速約為 18ms^{-1} ，而瞬間最大風速約為 $23-24\text{ms}^{-1}$ 。

第3類路徑乃指颱風中心自台東及其以南之陸地登陸，或通過巴士海峽者。風力最強勁之地區為颱風中心登陸之東南部及澎湖地區。東南部地區乃是受到颱風直接環流之影響，其最大平均風可達 $15-20\text{ms}^{-1}$ 。瞬間最大陣風則高達 $24-30\text{ms}^{-1}$ 。此時，颱風中心雖然登陸，但由於受到中央山脈破壞之程度不如2類，以致高屏一帶，其平均風亦可達 17ms^{-1} 以上，最大陣風則達 28ms^{-1} 。當颱風中心進入澎湖海域，由於不再受到地形之阻擋，以致此海域之平均風可達 18ms^{-1} 以上，陣風亦高達 27ms^{-1} ，此路徑之颱風，對高屏地區具有嚴重的破壞力。另一風速較大的地區為北部濱海地區及台北盆地一帶，其最大平均風速亦在 $13.0-20\text{ms}^{-1}$ 之間，瞬間最大陣風可達 $23-29\text{ms}^{-1}$ 。至於西部地區的台中盆地及嘉南平原一帶，因受到中央山脈之阻擋，其平均風稍小均在 15ms^{-1} 以下，最大陣風則在 20ms^{-1} 以下。為此路徑中，風力較小之地區。

第4類路徑乃指颱風中心由台灣東部海域北上者，東部沿海一帶，尤其東南部地區，由於直接受到颱風環流之影響，其平均風力在 15ms^{-1} 以上，

最大陣風在 20ms^{-1} 以上，而北部濱海地區由於直接受到颱風外圍環流的東北風系之影響，其平均風亦在 15ms^{-1} 以上，最大陣風可達 20ms^{-1} 以上，而西部的台中盆地、嘉南平原及高屏平原由於位於背風面，最大平均風在 $10-15\text{ms}^{-1}$ 之間，最大陣風為 $14-17\text{ms}^{-1}$ 之間，為此路徑中風速較小之地區。

第 5 類颱風路徑乃指颱風中心由台灣海峽北上者。高屏一帶及澎湖地區為颱風中心經過之地，其最大平均風速高達 20ms^{-1} 以上，最大陣風則可達 25ms^{-1} 至 34ms^{-1} 之間，為此路徑中風力最強勁之地區。北部濱海地區一帶，由於山角效應，其最大平均風速亦可達 15ms^{-1} 以上，最大陣風可達 20ms^{-1} 以上。而東部一帶及新竹、台中一帶，其最大平均風速均在 10ms^{-1} 以下，最大陣風在 15ms^{-1} 以下，為此路徑中風速較小之區域。

(二)知識之結構化

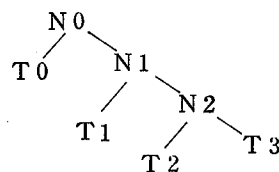
當我們得知專家如何預測侵台颱風風速分佈情形後，必須將這些預測依據予以結構化。經由知識之結構化，不僅使我們可以更有系統地瞭解專家對問題的思路；而且更有助於將這些專家知識有效率且正確地輸入系統。如此，電腦即可根據專家知識來解決此專業領域的問題。

決策樹 (Decision Tree) 為結構化專家知識之最佳工具之一。首先，我們先介紹決策樹：

〔定義一〕：決策樹為一有限集合，集合中每一元素若非空集合，即是為含有一根 (Root) 及兩不相交集之決策樹。

〔定義二〕：當某一根點，其兩決策樹皆是空集合，則稱此一根點為“結論點”；否則 (即至少有一決策樹非空集合)，則稱此一根點為“決策點”。

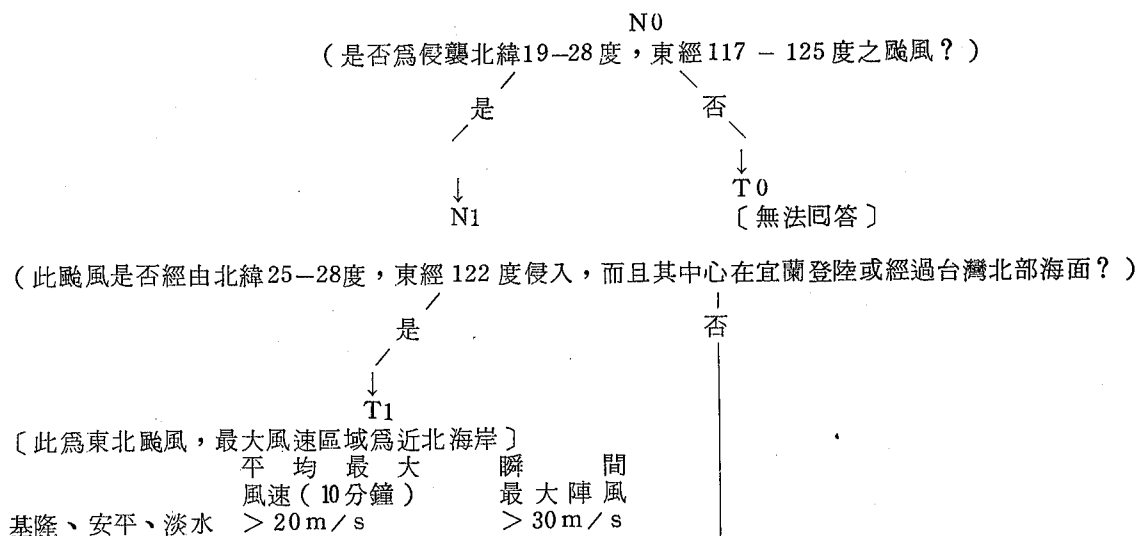
〔例〕：{N0, {T0}, {N1, {T1}, {N2, {T2}, {T3}}}} 為一決策樹；其中 N_i 為決策點， T_j 為結論點；茲圖示於下：



是以，當專家對某一問題思索時，可將其欲求證的現象設為一決策點。很有可能在其得到某一決策點的答案時，可立即獲得某一結論，但亦有可能會導致對另一現象的質疑，如此反覆假設求證每個關鍵問題後，所下之結論才有條理根據，也較易為人所接受。

作者將上節所蒐集到之專家知識化成決策如后所示。

侵台颱風風速分佈知識之決策樹



台北	西北風，	17 m/s	27 m/s
西南平原		< 10 m/s	< 15 m/s
高屏區		13 m/s	> 20 m/s

N2

(此颱風中心是否在北緯23-25度亦即在宜蘭和台東之間登陸)

是

否

T2

	平均最大 風速 (10分鐘)	瞬間 最大陣風
東部區域	> 20 m/s	> 30 m/s
台北、北海岸 (淡水到基隆)	> 20 m/s	> 27 m/s
西海岸 (台中)	10-15 m/s	< 20 m/s
嘉義、澎湖	18 m/s	23-24 m/s

N3

(此颱風是否經由北緯20-23度，東經121度入侵，而且在台東以南登陸或經過巴士海峽?)

是

否

T3

	平均最大 風速 (10分鐘)	瞬間 最大陣風
東南部區域	15-20 m/s	24-30 m/s
高屏區	> 17 m/s	28 m/s
澎湖	> 18 m/s	27 m/s
台北、北海岸 (淡水到基隆)	13-20 m/s	23-29 m/s
西南平原、台中	< 15 m/s	< 20 m/s

N4

(此颱風中心是否從台灣東部海面向北移動?)

是

否

T4

	平均最大 風速 (10分鐘)	瞬間 最大陣風
東南部區域	> 15 m/s	> 20 m/s
北海岸 (淡水到基隆)	> 15 m/s	> 20 m/s
西南平原、台中		
高屏區	10-15 m/s	14-17 m/s

N5

(此颱風之中心是否從台灣海峽向北移動，且具有東北分量?)

是

否

	↓ T5		
	平 均 最 大 風速 (10 分鐘)	瞬 間 最 大 陣 風	
澎 湖			
高 屏 區	> 20 m/s	25-34 m/s	
北海岸 (淡水到基隆)	> 15 m/s	> 20 m/s	
東部區域、台中、新竹	< 10 m/s	< 15 m/s	
			↓ T0 〔 無法回答 〕

(三)知識庫之建立

在上節中，我們將專家知識結構化成一決策樹；但因系統並不認得決策樹這種知識表示法故無法瞭解結果。因此我們必須再將此決策樹轉換成系統可識別之知識表示法。『規則 (rule)』是這些表示法中之一種，茲將其轉換程序列之如下：

1. 將決策樹之最頂根點至結論點所形成之路徑寫成一規則。路徑所經過的決策點為一促成此結論成立的條件子句 (Condition Clause)，而且僅當這些條件子句皆同時成立時，此一結論點所對應之結論方成立。

2. 給予上述規則一個規則號碼。

3. 以 “ IF ” 作為規則的開始。

4. 以 “ AND ” 將兩個以上的條件子句連接。

5. 結論部份以 “ THEN ” 為開始。

6. 當某項結論會導致多個處理動作時，每個處理動作之間以 “ AND ” 來連接。

7. 最後以 “ . ” 表示此規則的結束。

表 3 將規則之撰寫文法以 BNF (Backus Normal Form) 表示，其中以 < > 號括者為非終端詞 (nonterminal)，否則為終端詞 (terminal)，{ } 中則敘述當此一文法被選用時應採取之動作，據此，我們可將上節之決策樹輕易的寫成預測侵台颱風風速分佈的規則。(見表 4)

表 3. 以 BNF 表示規則之撰寫文法

Table 3: The grammar of rule presented in BNF form

```

<Function Attribute>
    ::= <FunctionHead> ( <ParameterList> )
<FunctionHead>
    ::= Function <FunctionName>
<FunctionHead>
    ::= Function_<FunctionName> {
        No separator is allowed in this token }
<FunctionName>
    ::= <Literals>
<RegularAttribute>
    ::= <Literals>
<RegularAttribute>
    ::= <RegularAttribute> <Literals>
<Predicate>
    ::= IS
<Value>
    ::= <SeveralWords>
<Value>
    ::= <ProcedureAttribute> { Valid if conclusion mark on }

<ProcedureAttribute>
    ::= <ProcedureHead> ( <ParameterList> )
<ProcedureHead>
    ::= Procedure <ProcedureName>
<ProcedureHead>
    ::= Procedure_<ProcedureName> {
        No separator is allowed in this token }
<ProcedureName>
    ::= <Literals>

<ParameterList>
    ::= <Parameter>
<ParameterList>
    ::= <ParameterList> , <Parameter>
<Parameter>
    ::= <RegularAttribute>
<Parameter>
    ::= ' <SeveralWords> '

```



```

<SeveralWords> ::= <Literals>
<SeveralWords> ::= <SeveralWords> <Literals>

<EndMark>      ::= .
<EndMark>      ::= 'EOF'           { End of File }

<NewLine>      ::= /n

<Digitals>     ::= <Digital>
<Digitals>     ::= <Digitals> <Digital>
<Digital>      ::= 0 .. 9

<Literals>     ::= <Literal>
<Literals>     ::= <Literals> <Literal>
<Literal>      ::= a..z A..Z

<Statement>    ::= <PromptStatement>
<Statement>    ::= <TranslationStatement>
<Statement>    ::= <RuleStatement>

<PromptStatement>
    ::= <PromptHead> <RegularAttribute> <NewLine>
       <SeveralWords> <EndMark> { Add into attribute list }

<PromptHead>   ::= PROMPT
<PromptHead>   ::= NUMERIC PROMPT { Set on numeric flag }

<TranslationStatement>
    ::= <TranslationHead> <RegularAttribute> <NewLine>
       <SeveralWords> <EndMark> { Add into attribute list }

<TranslationHead>
    ::= TRANS

<RuleStatement> ::= <RuleNumber>
                   <IfHead> <ConditionPart>
                   <ThenHead> <ConclusionPart>
                   <EndMark>

<RuleNumber>    ::= <Digitals>      { Set off both condition and conclusion
                                     marks }
<IfHead>        ::= IF              { Set on the condition mark;
                                     Set off the conclusion mark }
<ConditionPart> ::= <Clause>
<ConditionPart> ::= <ConditionPart> AND <Clause>
<ThenHead>      ::= THEN           { Set on the conclusion mark;
                                     Set off the condition mark }
<ConclusionPart> ::= <Clause>
<ConclusionPart> ::= <ConclusionPart> AND <Clause>

<Clause>        ::= <Function Attribute> { Valid if condition mark on;
                                     Add this clause into rule table }
<Clause>        ::= <Regular Attribute> <Predicate> <Value> {
                                     Add this clause into rule table }

```

表 4. 侵台颱風風速分佈規則

Table 4: Rules of the wind distribution during typhoon intrude Taiwan area.

prompt intrusion

This is an expert system for the wind distribution
during typhoon intrude TAIWAN area

Please answer the following questions:

Is it an intrusive typhoon (intrude 19-28N, 117-125E)?

trans first kind
first kind track

(Track pass TAIWAN area from 25-28N, 122E ; Center of typhoon
landed at north of YI-Lan or passing northern ocean area of TAIWAN)

prompt first kind
Does the track belong to first kind
(Track pass TAIWAN area from 25-28N,122E)?

trans second kind
second kind track
(Center of typhoon landed at 23-25N,between YI-LAN and TAI-TUNG)

prompt second kind
Does the track belong to second kind
(Center landed at 23-25N between YI-LAN and TAI-TUNG)?

trans third kind
third kind track
(Track passing TAIWAN area from 20-23N,121E,landed at land or south of TAI-TUNG or passing through BAISHIH CHANNEL)

prompt third kind
Does the track belong to third kind
(Track passing TAIWAN area from 20-23N,121E,landed at land or south of TAI-TUNG or passing through BAISHIH CHANNEL)?

trans fourth kind
fourth kind track
(Center of typhoon move northward from ocean of eastern TAIWAN)

prompt fourth kind
Does the track belong to fourth kind
(Center move northward from ocean of eastern TAIWAN)?

trans fifth kind
Fifth kind track
(Center move northward from TAIWAN STRAIT and have northeastern component)

prompt fifth kind
Does the track belong to fifth kind(center move
(Center move northward from Taiwan STRAIT and have northeastern component)?

1
if intrusion is no
then wind distribution is unknown

2
if intrusion is yes
and first kind is yes
then wind distribution is D001

3
if intrusion is yes
and first kind is no
and second kind is yes
then wind distribution is D002

4
if intrusion is yes

```

and first kind is no
and second kind is no
and third kind is yes
then wind distribution is D003
.

```

```

5
if intrusion is yes
and first kind is no
and second kind is no
and third kind is no
and fourth kind is yes
then wind distribution is D004
.

```

```

6
if intrusion is yes
and first kind is no
and second kind is no
and third kind is no
and fourth kind is no
and fifth kind is yes
then wind distribution is D005

```

值得注意的是由於系統在推理過程中，對知識的陳述有一定長度的限制。因此，我們常以簡短而有意義的變數名稱來代表知識的陳述。然而，系統在推論過程中，必須經常與使用者交談俾取得更多資訊以利於其決策，故我們必須將其內部處理時的變數附予詳細之解說，使其可透由此解說取得有關此變數的資訊，例如，

```

PROMPT      first kind
Track Pass Taiwan area from
25 - 28 N, 122 E?

```

系統會藉由詢問“Track pass Taiwan area from 25 - 28N, 122E?”來取得

first Kind 的資訊。

此外在建立知識庫時，須注意知識庫的完整性。例如對某地區風力分佈的預測是否成功與路徑有關而與颱風類別無關；因此，必須蒐集五類颱風路徑在各地區風力分佈的完整資料。

四推論原理

當系統接受使用者問題後，何以要知道要詢問那些相關問題俾得到更多有用的資訊供作決策，而不是漫無目的的詢問？又當系統獲取足夠資訊後，其又如何得到結論？凡此種種，均有賴於系統的推論工作，茲說明如下：

本系統的推論方式是採用逆向式（Backward）推論法。即在以“若條件則結論”的規則形式來

表達專家知識時，系統首先假設使用者的問題為一欲確定的“結論”。而欲成立此結論，其相對的“條件”亦必須成立（其值為真），因此系統轉而欲求證此“條件”是否成立，它可藉由詢問或推論方式得知。由於此一“條件”可能是另一規則的“結論”部份，因此藉由推論其它規則的“條件”來得知原來欲求證“條件”是否成立為一求證之途徑；但當無法藉由推論方式得知時，則必需由使用者提供更多的資訊。此種過程，環環相扣，因此可使系統所詢問的問題個個切要。而當含有使用者問題之結論成立時，則系統即可回答使用者的疑惑。茲將系統推論流程描述如下：

1. 假設知識庫中所有規則皆是可用的（available），且系統求證堆疊為一空堆疊（stack），而系統已求知事實為空集合。

2. 詢問使用者問題，並將其回答加入求證堆疊之頂。

3. 重覆 4. 5. 直到求證堆疊為空為止。

4. 從知識庫中，找出一可用規則，而且求證堆疊頂端之問題出現在此規則的結論部份。若找不到，則表示系統無法藉由推論來解答；必須由詢問使用者來得知目前欲求證問題答案。

5. 評估 4. 所選出規則條件部份的真假值。若其值為真，則將此規則的結論部份加入已知事實中，並刪除求證堆疊頂端之問題（因系統已對該問題推

導出結論)，而且將此規則設為不可用 (unavailable)。若其值為假，則將此規則設為不可用，並回到 3 選出另一條規則。若無法決定選出規則條件部份之值，則將條件部份中不可評估之子句加入求證堆疊之頂，此即為系統目前所欲求證之問題。

(五)系統應用實例

在本節中將舉一實例來詢問本“侵台颱風風力分佈專家系統”，以顯示其功能。本系統的解釋次系統提供 WHY, WHAT, HOW, RULE NUMBER What if 等交談式詢問功能，可讓使用者對系統推論的過程有所瞭解。茲說明如下：

WHY：問專家系統為何問此問題，系統會回答因何條規則的緣故，並將該規則加以顯示，Why可做不同層次的覆。

WHAT：問專家系統已有什麼結論，它會將已獲致的事實印出。

HOW：詢問某些事實如何得出結論，系統會顯示前面已得結論得出的過程，HOW後可加上代表某子句數字詢問該子句結論如何得出。

RULE NUMBER：詢問某規則內容。

WHAT IF：假如回答某個答案，則結論如何？

假設我們現在想知道當颱風在宜蘭與台東之間登陸時，其對台北的影響（即其在台北平均最大風速及最大陣風）如何？

進入系統後出現本畫面：

```

      METEOROLOGICAL EXPERT SYSTEM
      CENTRAL WEATHER BUREAU
      R. O. C.

      Press any key to continue.
  
```

按任意鍵後，變為下一畫面。

Ask Expert	INITIALIZE	Bye-Bye
------------	------------	---------

EAT knowledgebase	Bye-Bye
-------------------	---------

0: TYFNGEN
 1: TYFWIND
 2: APPLE
 3: SAMPLE
 4: CONIFERS

Please Enter Your Choice: 1

系統顯示有 0 至 4 共 5 個知識庫，其中編號 1 者即為本「侵台颱風風速分佈」知識庫，系統詢問我們要選擇那一個？當回答 1 後，畫面變為：

Knowledge	INITIALIZE	Bye-Bye
-----------	------------	---------

Let me think!	Forget!
---------------	---------

0: WIND DISTRIBUTION

What is your trouble? 0

在本專家系統知識庫中我們僅提供侵台颱風風速分佈知識，故此地僅顯示一個問題，當系統詢問我們要問何種問題並獲得答覆後，可按十號，將亮區移至 Let me think！，如下一畫面所示：

```

*****
This is an expert system for the wind distribution
during typhoon intrude TAIWAN area

Please answer the following questions:
*****

Is it an intrusive typhoon (intrude 19-20N, 117-125E)?

How  Why  WhatIf  What  Rule  Forget!

I just can recognize the following answers:
0: NO
1: YES

What is your answer? 1
  
```

答案已列出，我們選擇 1 輸入，進入下一畫面：

Does the track belong to first kind
(Track pass TAIWAN area from 25-28N,122E)?

Answer	How	Why	WhatIf	What	Rule	Forget!
--------	-----	-----	--------	------	------	---------

I just can recognize the following answers:
0: NO
1: YES

What is your answer?0

選擇「零」即不是輸入，得到下一畫面：

Does the track belong to second kind
(Center landed at 23-25N between YI-LAN and TAI-TUNG)?

Answer	How	Why	WhatIf	What	Rule	Forget!
--------	-----	-----	--------	------	------	---------

The system is trying to find a value for WIND DISTRIBUTION using rule n: 3.
Rule 3:
IF
INTRUSION IS YES
first kind track
(Track pass TAIWAN area from 25-28N,122E ; Center of typhoon
landed at north of YI-Lan or passing northern ocean area of TAIWAN) is NO
second kind track
(Center of typhoon landed at 23-25N,between YI-LAN and TAI-TUNG) is YES
THEN
WIND DISTRIBUTION IS D002
-- END OF WHY QUESTION --
Press (Space Bar) to continue.

專家系統回答：因為要使用某一條規則決定風速分佈值，所以才問此問題，然後將該條規則內容印出，使用者按 Space Bar 鍵後專家系統回答部份會消失，亮區仍停留在 Why 上。

Does the track belong to second kind
(Center landed at 23-25N between YI-LAN and TAI-TUNG)?

Answer	How	Why	WhatIf	What	Rule	Forget!
--------	-----	-----	--------	------	------	---------

The following facts have been determined :
first kind track
(Track pass TAIWAN area from 25-28N,122E ; Center of typhoon
landed at north of YI-Lan or passing northern ocean area of TAIWAN) is NO
INTRUSION IS YES
-- END OF WHAT QUESTION --
Press (Space Bar) to continue.

此時專家系統將所獲得的結論以回溯式的方式列出，按 Space Bar 鍵後，列出的消息將消失，亮區停留於 What，此時可按一號，將亮區移至 How，顯示下頁之畫面。

Does the track belong to second kind
(Center landed at 23-25N between YI-LAN and TAI-TUNG)?

Answer	How	Why	WhatIf	What	Rule	Forget!
--------	-----	-----	--------	------	------	---------

What is your interesting topic?1

按下 ENTER 鍵後，專家系統問我們對那個結論有興趣，回答第一個後，按 ENTER 鍵，專家系統會將如何得到第一個結論告訴我們，在下一畫面所示。

Does the track belong to second kind
(Center landed at 23-25N between YI-LAN and TAI-TUNG)?

Answer	How	Why	WhatIf	What	Rule	Forget!
--------	-----	-----	--------	------	------	---------

first kind track
(Track pass TAIWAN area from 25-28N,122E ; Center of typhoon
landed at north of YI-Lan or passing northern ocean area of TAIWAN) is NO
was shown to be true by user entry.
-- END OF HOW QUESTION --
Press (Space Bar) to continue.

按 Space Bar 鍵，再按 ENTER 鍵，出現下一畫面。

Does the track belong to second kind
(Center landed at 23-25N between YI-LAN and TAI-TUNG)?

Answer	How	Why	WhatIf	What	Rule	Forget!
--------	-----	-----	--------	------	------	---------

What is your assumption for SECOND KIND ? No

此時專家系統問我們對問題的假設答案是什麼？回答 No，按下 ENTER 後，系統會將如答案是 No 所有可能會得到的結論全部列出，如下頁畫面所示。

Does the track belong to second kind (Center landed at 23-25N between YI-LAN and TAI-TUNG)?						
Answer	How	Why	What	Rule	Forget!	
<p>The following conclusions are possible :</p> <p>Rule 4 WIND DISTRIBUTION IS D003</p> <p>The following conclusions are possible :</p> <p>Rule 5 WIND DISTRIBUTION IS D004</p> <p>The following conclusions are possible :</p> <p>Rule 6 WIND DISTRIBUTION IS D005</p> <p>-- END OF WHAT IF QUESTION -- Press (Space Bar) to continue.</p>						

按下 Space Bar 鍵及 ENTER 鍵後，變為下一畫面。

Does the track belong to second kind (Center landed at 23-25N between YI-LAN and TAI-TUNG)?						
Answer	How	Why	What	Rule	Forget!	
<p>What is your assumption for SECOND KIND? Yes</p>						

我們來看看回答 Yes 會有何結果，按下 ENTER 鍵後看下一頁便見分曉。

Does the track belong to second kind (Center landed at 23-25N between YI-LAN and TAI-TUNG)?						
Answer	How	Why	What	Rule	Forget!	
<p>The following conclusions are possible :</p> <p>Rule 3 WIND DISTRIBUTION IS D002</p> <p>-- END OF WHAT IF QUESTION -- Press (Space Bar) to continue.</p>						

當然，專家系統也將答案是 Yes 時所有的可能結果印出。現在，讓我們來看看 Rule 做什麼用，按 Space Bar 鍵後，再按十號鍵將亮區移至 Rule，如下一畫面所示。

Does the track belong to second kind (Center landed at 23-25N between YI-LAN and TAI-TUNG)?						
How	Why	Whatif	What	Rule	Forget!	
<p>I just can recognize the following answers: 0: NO 1: YES</p> <p>What is your answer? 1</p>						

回答答案是 1，也就是 Yes，系統顯示下頁的結果。

Does the track belong to second kind (Center landed at 23-25N between YI-LAN and TAI-TUNG)?						
How	Why	Whatif	What	Rule	Forget!	
<p>Conclusion : WIND DISTRIBUTION IS D002</p> <p>Press (Space Bar) to continue.</p>						

系統告訴我們結論：風速分佈是 D002 檔，按下 Space Bar 鍵，連按十號將亮區移至 Forget! 再按 ENTER，則出現下一畫面。

The following facts have been determined :
WIND DISTRIBUTION IS D002
second kind track
(Center of typhoon landed at 23-25N, between YI-LAN and TAI-TUNG) is YES
first kind track
(Track pass TAIWAN area from 25-25N, 122E ; Center of typhoon
landed at north of YI-Lan or passing northern ocean area of TAIWAN) is NO
INTRUSION IS YES

-- END OF THINKING --
Press (Space Bar) to continue.

專家系統將結論及其推理過程以回溯的方式印出，下頁印出風速分佈情形，本例的 D002 很容易可以找到，使用者就可知道颱風將會帶來怎樣的風速。

Wind distribution for typhoon intrusive TAIWAN area

***** D001 *****
called northwestern typhoon

max. wind area : nearby northern coast

	mean max. wind (10min)	Instantaneous max. gust
Keel-Lung, Am-Fu, Tan-Sui :	>20m/s	>30m/s
Taipei	NW 17m/s	27m/s
southwestern plain	<10m/s	<15m/s
Kauo-Ping area	13m/s	>20m/s

***** D002 *****

	mean max. wind (10min)	Instantaneous max gust
eastern area	>20m/s	>30m/s
taipei, northern coast (Tan-sui to Keel lung)	>20m/s	>27m/s
western coast (Tai-chung)	10-15m/s	<20m/s
Chia-Yi, Pan-Hu	18m/s	23-24m/s

***** D003 *****

	mean max. wind (10 min.)	Instantaneous max. gust
southeastern area	15-20m/s	24-30m/s
Kao-Ping area	>17m/s	28m/s
Pan-Hu	>18m/s	27m/s
Taipei, northern coast	13-20m/s	23-29m/s
Tai-Chung, southwestern plain	<15m/s	<20m/s

***** D004 *****

	mean max. wind (10min)	Instantaneous max. gust
southeastern area	>15m/s	>20m/s
northern coast	>15m/s	>20m/s
Tai-Chung, southwestern plain	10-15m/s	14-17m/s
kao-Ping plain		

***** D005 *****

	mean max wind (10min)	Instantaneous max gust
Kao-Ping, Pan-Hu	>20m/s	25-34m/s
northern coast	>15m/s	>20m/s
eastern area, Sin-Chu, Tai-Chung	<10m/s	<15m/s

四、結 論

專家系統是第五代電腦的核心，它結合了電腦的能力和人類豐富的經驗知識，大大增強專家知識的價值，目前已是人工智慧研究應用趨勢所趨。

由於目前天氣預報仍然在在需要依靠具備良好經驗的預報員加以判斷，而有經驗的預報員愈來愈難網羅，而且培養不易，故作者利用Microexpert此一專家系統建構工具，經大幅改善其人機介面後以蔡清彥教授等1981年8月之「台灣地區颱風風速分佈」研究報告為專業知識基礎，建置「侵台颱風風速預測專家系統」，希望促進國內氣象預報專家系統的發展，並為未來的研究奠定良好基礎。

本文中除了說明如何將專業知識結構化外，也介紹了系統的推論原理，但誠如史坦福大學Feigenbaum教授於1977年國際人工智慧聯合會議(IJCAI)中所說的：「一個專家系統的能力是由它所擁有的知識所導出，而並非由它所包含的特定形式及推論方式所發揮」。是以，進一步研究氣象專業學識經驗的系統化，並結合計算機科學建立氣象預報專家系統是刻不容緩的課題，也是作者今後努力的目標。

參考文獻

- Susan J. Scown, 1985: The Artificial Intelligence Experience: An Introduction. DEC
- Winston, P.H. 1987: Artificial Intelligence,
- 范庭育、曹延傑合譯，康德人工智能公司印行
- 資策會，1987年專家系統建構工具研析報告，科技研究發展研究報告，TR-76R R-10號
- 陳熙揚，1990：專家系統的初步研究，中央氣象局研究報告第331號
- 蔡清彥、周根泉、陳正改，1981：台灣地區之颱風風速分佈，台大大氣科學系研究報告LO-CIR-04號。

AN EXPERT SYSTEM FOR FORECASTING WIND SPEEDS OF TYPHOON IN THE TAIWAN AREA

Chen Shi-yang

Deputy Director

Computer Center, Central Weather Bureau

Pan Dah-lung

Scientist

Chung Shan Institute Science and Technology

ABSTRACT

An expert system for forecasting wind speeds of typhoon in the Taiwan area was presented by using the Microexpert as a construction tool.

Under the interaction with users, the system will predict the wind speed distribution of typhoon by inferring from the rules in knowledge base which was constructed by adopting the report written by Dr. Ching-Yen Tsay et al.

It is hoped that the presented system will serve as a good foundation for the future development of expert system in weather prediction.

Key word: Expert System , Decision Tree , Stack

中央氣象局地震網地震儀器響應曲線之探討

辛在勤

劉玉龍

中央氣象局地震測報中心

摘 要

地震儀器的主要功用在於偵測地震，並記錄地動情形。地震儀一般具放大、濾波功能，能偵測不為人察覺的地動，但其為記錄適合地震網作業的地震信號，却也相對的使地動信號變形，地震學家除了需要地動開始的時間外，亦盼能知道真實的地動情形，地震儀器的反應曲線即提供了將地震記錄反推估算地動的資料。

本研究主要目的在於求得中央氣象局地震網十四個地震站地震儀器的反應曲線。利用不同頻率的固定電流驅動感應器的重錘，經由輸出入信號之比較，即可獲得地震儀的反應曲線。由於地震網使用相同規格的地震儀器，但因測站的放大倍率不同，故振幅反應曲線走勢大致相同，僅數值不同。本研究將各測站的振幅反應曲線歸一化後，求得共同曲線，並提供各測站的相對放大倍率，以利各站地震儀器振幅反應曲線之計算。

至於相位反應曲線關係各種不同頻率地震波紀錄的相對時間，本研究以台北、台中和阿里山站地震儀為對象進行分析，發現台北之相位反應曲線和台中、阿里山站之相位反應曲線有 180° 的差異，可見由於感應器輸出入線路的接法不同，會造成地震儀器記錄地動有上、下動相反的現象，建議逐站進行檢驗，列表供使用者使用，本研究亦提供各種不同頻率的相位角度。

關鍵字：儀器響應

一、前 言

地震儀器的功用在於利用其放大與濾波的功能，並依其精確的時間系統偵測地震的發生，且將所有的地震訊息記錄下來，因此，地震記錄包含了很多地震波在不同介質中傳遞的消息，地震學者藉著地震紀錄探討地球內部組成、地震活動及其他有關地球的物理特性。雖然地震儀器的放大功能提高了偵測地震的能力，但也往往使地動訊息扭曲或變形，而地震學者最有興趣的還是真實地動的情形，為了達此目的，需先瞭解地震儀器的特性，然後將地震紀錄以解迴旋的方式將加諸於地動訊息的儀器效應除去，還原地動。地震儀器檢定工作的重點之一即是求取地震儀器的反應曲線。一般而言，儀器的反應曲線從頻率域觀點視之，可分為兩部份，一為振幅反應曲線（亦稱放大倍率曲線），此曲線關係

地震記錄之振幅大小；另一為相位反應曲線，頻率域相位的差異在時間域內將引起不同波相的時間差異。

中央氣象局地震網目前使用的數位化地震儀器，主要為感應器（S-13）和微處理機（MCR-600，具放大、濾波、數位化及儲存的功能）。雖然以往皆定期作檢定，但多偏重於儀器參數如線圈常數、阻尼比值等之檢定，本研究則針對儀器反應曲線進行分析。由於地震網各測站都使用相同儀器，各儀器參數（取樣數、截切頻率……等）亦都一樣，唯因各測站外在環境不同而有不同的放大倍率，因此，其振幅反應曲線之形狀應皆雷同，僅數值不同。本研究即欲藉各測站之檢定工作求取此一共同曲線，並表列各測站之相對放大情形，以供地震資料之轉換和學術界使用本局地震資料時之參考。至於相位反應曲線，理論上各測站所得之結果亦應

相同，故本研究利用放大倍率最高的兩站（台中站和阿里山站）之相位反應曲線與台北站之相位反應曲線比較，期能瞭解儀器相位反應狀態。

二、地震儀器

地震發生是一種自然界特有的現象，爲了研究地震現象，觀測地面振動的儀器即所謂的地震儀。隨著科技的進步，各種類型的地震儀器應運而生。最早在公元 132 年張衡的候風地動儀可算是地震儀器的鼻祖，而在張衡之後的一千多年才開始在歐洲和日本有較突破的發展，地震儀亦從定性設計發展到機械記錄，以至現代之電子、電磁應用，其功能及精確度可說是日新月異。

基本上地震儀是利用慣性原理，由相對運動顯示出地動的情形。一套地震儀器應包含四個組成要件——感應器、信號處理器、時間系統和記錄器，透過這些組合適當的放大地動信號，並依時間系統精確的記錄下來，地震工作人員可依此偵測地震並推算相關的地震資料。

中央氣象局地震網目前所使用的地震偵測作業系統爲美商 Teledyne Geotech 公司之產品，主要部份包括短週期地震儀及信號放大、處理與記錄系統。地震信號由短週期地震儀輸出後進入微處理機，利用放大器把信號放大，進行濾波數位化及偵判處理，經研判爲地震的數位化地震紀錄則儲存於卡式磁帶上。茲就其主要組成特性分述如下：

(一)短週期地震儀

本儀器型號爲 S-13，其自然週期在 0.91 秒至 1.33 秒之間，本局觀測網之 S-13 均設定爲 1 秒，儀器之阻尼爲 0.65。儀器內部有兩組感應線圈，一爲主線圈，阻抗爲 3600 歐姆，線圈常數爲 $629 \pm 2\% \text{ V} \cdot \text{sec} / \text{m}$ ；另一組爲檢定線圈，阻抗爲 23 ± 3 歐姆，線圈常數爲 0.1975 ± 0.002 Nts / Amp。

(二)微處理機

型號爲 MCR-600 主要功用爲信號放大、濾波、數位化及儲存，其各部份組合分述如下：

(1)信號放大器

主要增益範圍在 20db 至 80db 間，每階調升 6db。

(2)濾波器

主要有低截濾波器 (low-cut-filter) 和高截濾波器 (high-cut filter)。低截濾波器可依信號之需求來選取角隅頻率，分別爲 0.2 Hz、5Hz 及 10Hz；高截濾波器可選擇之角隅頻率則有 5Hz、12.5Hz、25Hz、50Hz 及 100Hz。

(3)數位化器

將信號從類比型態 (analog) 轉換成數位型態 (digital)，主要以 11 數元 (bit) 爲數位化空間，取樣數則依測站位置或地震網其他環境因素可選定爲 25cps、50cps 或 100cps。爲了防止在數位化過程中發生映頻混擾，數位化資料必須通過一反映頻混擾濾波器 (antialias filter)，其角隅頻率依取樣數而定，一般定在尼基斯特頻率 (Nyquist frequency) 的三分之一處。

(4)數位化資料儲存器

地震信號經數位化處理後，儲存於卡式磁帶。

上述四項組件中之 (1) 信號放大器與 (2) 濾波器經組合後，其型號爲 42.50。

(三)類比信號記錄器

型號爲 RV-320 或 RV-320B，此記錄器包含放大器、濾波器、記錄筆及記錄筒。其中放大器與濾波器的特性和微處理機相同；記錄筆部份係使用墨水記錄，筆座的平移速度即紀錄線的間距可依實際需要而調整爲 1mm、2mm、4mm 及 8mm；記錄筒的轉速有三種選擇，分別爲每分鐘 30mm、60mm 及 120mm。

(四)時間系統

在記錄器中均附有時間系統，每天於早上八時及下午八時接收世界標準報時台的時間信號校正時間，接收的頻率爲 10MHz 及 15MHz。

目前中央氣象局地震儀器其各項設定參數分別爲：

自然週期：1Hz

低截頻率：0.2Hz

高截頻率：12.5Hz

採樣數：50cps

三、檢定原理

地震儀器由於具有將信號放大，濾波之功能，因此能記錄很多人類感官無法查覺的地動，但地震學家對地震資料的研究，不僅在知道地震訊息而已

，最主要的還是希望能從所得的地震記錄中逆推出地動的情形，例如地震規模的計算就須從紀錄上讀取振幅，再換算出地動的大小，才能代入公式求取。因此，地震儀器的反應狀態即為必需的資料，也就是地震儀器必須定期作檢定的原因。

一套地震儀從感應到記錄可視為一定常系統 (stationary system)，亦可將其當作一個濾波器，因此從信號處理觀點視之則為：



$i(t)$ 為輸入信號，亦即為地動信號； $s(t)$ 為儀器時間序列； $o(t)$ 為輸出信號，在此則為地震紀錄。三者的關係可表示為：

$$i(t) * s(t) = o(t) \dots\dots\dots (2)$$

式中 * 代表迴旋運算。由於 $i(t)$ 、 $s(t)$ 和 $o(t)$ 皆為暫態信號 (transient signal)，從頻率域觀點來看，公式(2)可表為：

$$I(f) \cdot S(f) = O(f) \dots\dots\dots (3)$$

式中 $I(f)$ 為 $i(t)$ 之傅氏轉換，
 $S(f)$ 為 $s(t)$ 之傅氏轉換，
 $O(f)$ 為 $o(t)$ 之傅氏轉換，
 f 為頻率

式中 $o(t)$ [$O(f)$] 代表地震紀錄，為已知序

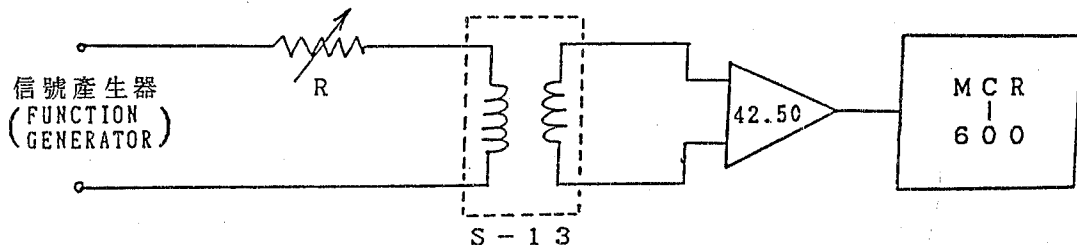
列，而 $i(t)$ [$I(f)$] 是地震學家有興趣的序列，因此，只要能知道 $s(t)$ [$S(f)$]，則可由公式(3)求得 $i(t)$ [$I(f)$]，而 $s(t)$ [$S(f)$] 就是從檢定過程中求取的儀器反應序列。一般而言， $S(f) = A(f) e^{i\theta(f)}$ ， $A(f)$ 即為振幅反應譜 (amplitude response)， $\theta(f)$ 為相位反應譜 (phase response)，此二反應譜皆為頻率之函數。

為了要檢定儀器的 $S(f)$ ，本研究採用固定頻率輸入法，亦即選定頻率 (f_1) 後，利用信號產生器輸入固定頻率之電流的信號至感應器，當輸入之信號驅動感應器後，感應器即將反應後的信號輸出到微處理機，經處理後儲存 [$O(f_1)$]。從輸入的信號，根據上一章之感應器原理可算出感應器中重錘所產生的相對應位移，因此只要計算輸出信號和重錘位移之比例值，即為該頻率的儀器反應值。改變頻率重複上述程序可求得各頻率的反應值，根據各頻率的反應值即可連成儀器的反應曲線。

本研究即針對目前地震網所使用之地震儀器，分別求出各測站地震儀器的反應曲線，在檢定過程中分別求取振幅與相位反應譜，其程序分述如下：

(一) 振幅反應曲線之檢定

(1) 將信號產生器接上 S-13 檢定線圈的輸入端，而 S-13 之輸出端接於放大器，再轉接至記錄器 (如圖一)。



圖一 振幅反應曲線檢定線路圖

Fig 1. Circuit configuration for amplitude response

(2) 信號產生器輸出固定電流，頻率則由 0.3Hz 逐漸遞增至 10Hz 左右，輸出之電流大小及最高頻率視各站的背景雜動而定。

(3) 連續記錄檢定資料，經回錄分析，量取檢定紀錄之頻率與振幅 (A)，單位為 counts。

(4) 根據信號產生器輸出之電流值計算出對等之地動振幅，計算公式如下：

$$y = \frac{G \times i \times 10^6}{4\pi^2 \times f^2 \times Ma}$$

$$= 1.0005 \frac{i}{f^2}$$

y ：對等之地動振幅 (mm)

G ：檢定線圈常數 (0.1975 Newtons / Amp)

i ：檢定電流 (milliamperes)

f : 頻率 (Hz)

M_a : S -13 內部重錘之重量 (Kg)

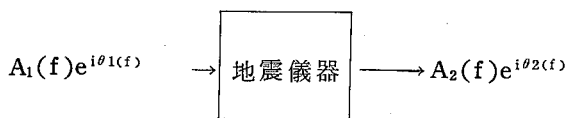
(5) 根據上列 y 、 A 、 f 等資料，求得各頻率之放大倍率， M ：

$$M = \frac{A}{y}$$

(6) 以 M 、 f 為對數座標繪製振幅反應曲線。

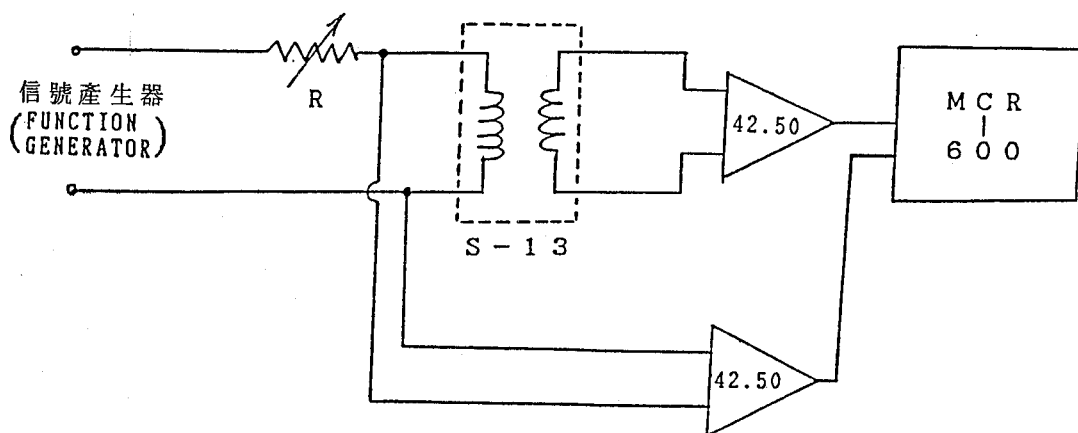
(二) 相位反應曲線之檢定

此項檢定目的在瞭解地震信號經處理後，其相位產生的差異，假設：



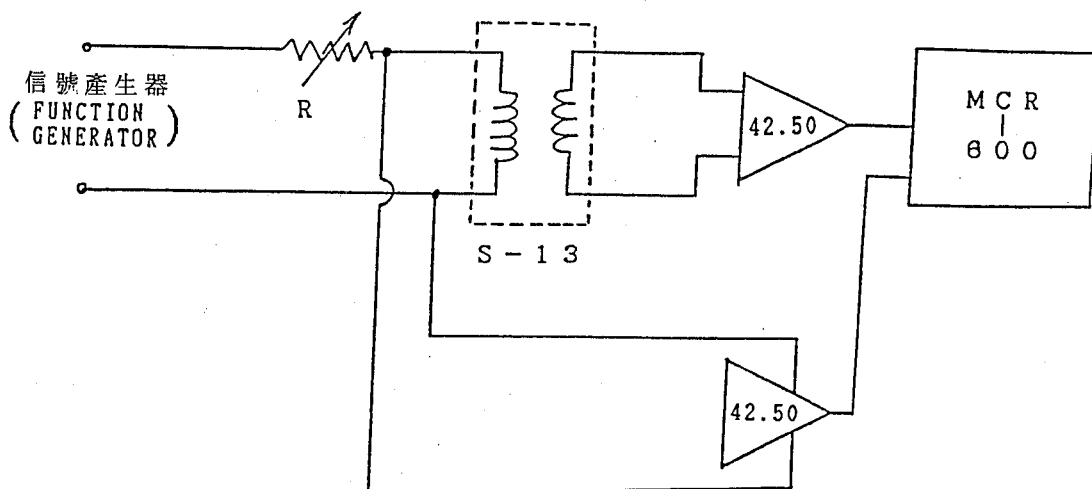
則相位反應曲線可由 $\theta_2(f)$ 和 $\theta_1(f)$ 之差異求得。相位檢定可分為感應器 (S -13) 之相位檢定及整套系統 (包含感應器 (S -13)、濾波器、放大器 (42.50)) 之相位檢定，其步驟如下：

(1)(a) 感應器 (S -13) 相位檢定線路接法，如圖二。



圖二 感應器相位檢定線路圖

Fig 2. Circuit configuration for sensor phase response



圖三 系統相位檢定線路圖

Fig 3. Circuit configuration for system phase response

信號產生器輸出固定電流及各種頻率之信號， 個記錄頻道。

串接 S -13、42.50 至記錄器的第一個記錄頻道。

另從信號產生器併接輸出，直接輸入 42.50 至第二

(b) 整套系統之相位檢定，其線路接法如圖三。

信號產生器之信號仍串接 S -13、42.50 至第

一記錄頻道；另從信號產生器併接輸出，利用42.50之輸出端記錄於第二記錄頻道，即不經42.50放大處理。

(2) 選取各頻率之檢定資料，進行傅氏轉換 (Fourier Transform)。

(3) 讀取各頻率之 θ_1 、 θ_2 ，並計算其差異 $\theta_2 - \theta_1$ ，即得儀器之相位。

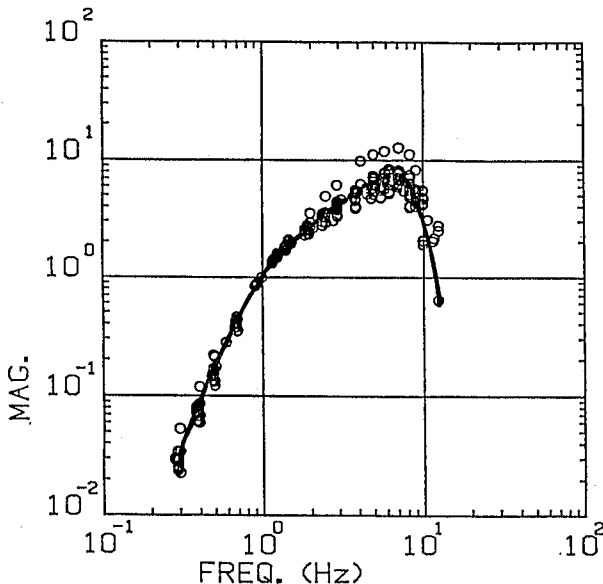
(4) 繪製相位反應曲線。

四、分析與討論

根據上述之連線方式，針對各測站的放大倍率，以不同的固定電流驅動感應器，同時以微處理機 (MCR-600) 進行數位化處理，並將資料儲存於卡式磁帶，攜回台北中心站回錄分析，並計算各測站之反應曲線。

(一) 振幅反應曲線

本研究主要目標之一在於求得此一共同曲線，因此，首先將各測站的振幅反應曲線歸一化。歸一方式為將各測站的反應曲線以頻率1Hz為基準。將各頻率放大值歸一化，亦即令各測站1Hz之放大倍率定為1，分別將各頻率放大值歸一。歸一化後之各測站曲線繪製於同一圖內，如圖四所示。由此圖



圖四 歸一化振幅曲線，圓圈表各測站值，實線為結論曲線

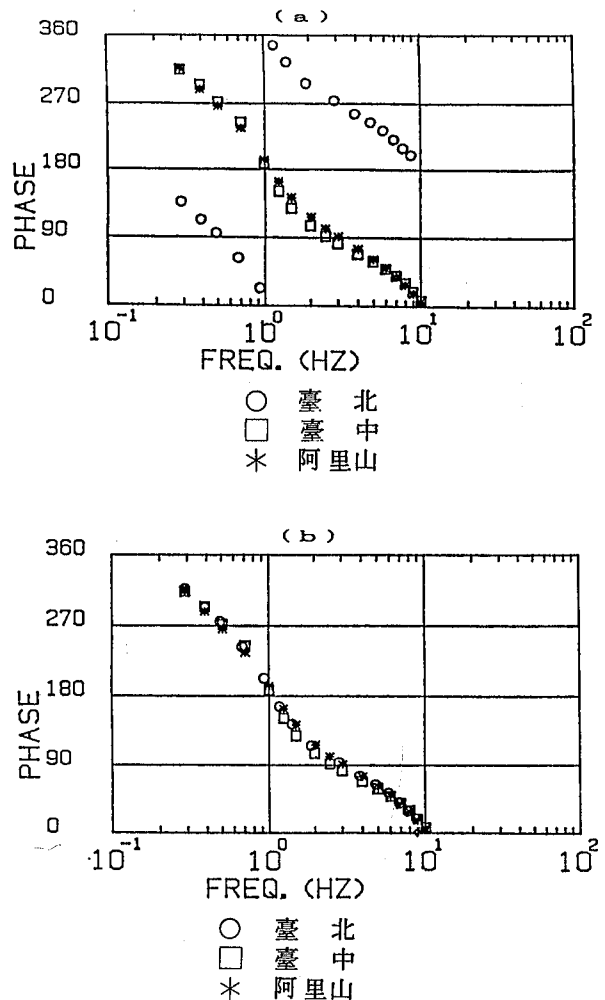
Fig 4. Normalized instrument response curve (solid line), circles represent magnification values.

可見其曲線走勢相同，依此可將其共同曲線繪出 (圖中實線部份)，其中蘭嶼站地震儀之反應曲線差異較大，此問題之癥結尚須深入討論。

仔細檢視圖四中之各曲線皆有雷同之趨勢。曲線以較緩方式增加；尖端值在6~7Hz之間，0.3 Hz至1.0 Hz，曲線走勢較陡；1.0 Hz以下及7 Hz以上，曲線其急遽下降。

(二) 相位反應曲線

分別以台北、台中和阿里山站進行系統相位分析，將輸出信號之相位角度減去輸入信號之相位角度，是為系統相位，圖五為此項檢定之分析結果。

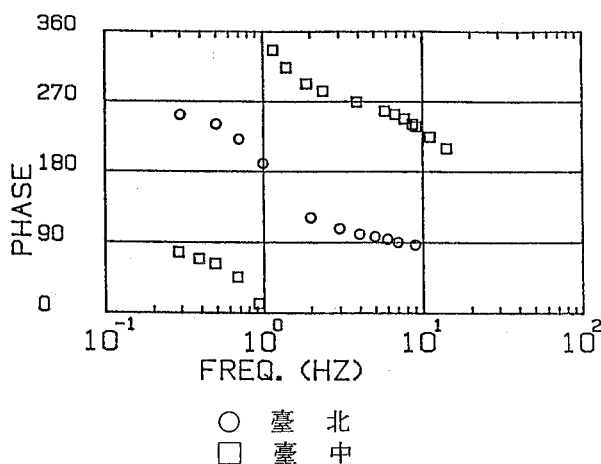


圖五 (a) 臺北、臺中、和阿里山地震儀系統相位反應曲線。

(b) 同(a)，但臺北測站地震儀相位旋轉180度

Fig 5. (a) System phase response of TAP, TCU and ALS
(b) System phase response of TAP (180° phase shifted), TCU and ALS

圖中圖形符號代表台北站之結果，方形和星形符號則分別為台中站和阿里山站之結果。由此圖之結果發現圓形符號與其他兩種符號的差異最大，但如將圖形符號（台北站系統相位）調整 180° 後，重新繪製，如圖五(b)，則三站之系統相位非常吻合。由此可知台北站之儀器系統與台中、阿里山站之系統在相位上有 180° 的差異，亦即兩系統有上下動相反之現象。為進一步探討此問題，另行檢定台北站及台中站之感應器（S-13）的相位反應，其結果如圖六。圖中之圓形符號為台北站 S-13 之相位，



圖六 臺北、臺中感應器相位反應曲線，兩者差異 180° ，顯見系統相位相差 180° 是由感應器輸出入引起。

Fig 6. Sensor phase responses of TAP (circles) and TCU (squares)

方形符號則為台中站 S-13 之相位。根據圖形顯示，顯然亦有 180° 之差異，由此可知，相位的差異源自於感應器的輸出、輸入信號之接線問題。

五、結 論

地震儀器之反應曲線（含振幅反應曲線和相位反應曲線）是地震網不可或缺之參數，依據此參數可將地震紀錄以解迴旋方式求得地動情形，進而提供地震信號分析的依據。本研究是以固定電流輸入感應器驅動重錘的方式，檢定中央氣象局地震網各地震站之地震儀，以求取振幅反應曲線和相位反應曲線。

由於地震網所使用之儀器及配件均屬同一廠牌，因此，反應曲線應相同，唯因各測站外在環境因素不同而有不同的放大倍率，可知各站振幅反應曲

線的走勢應相同而數值不同。此次針對台北等十四站進行檢定後，其歸一化振幅反應曲線如圖四中之實線，其各頻率之數值則列於表一之第二行，而各站之相對放大倍率可見表二。

根據圖五之相位反應曲線檢定結果，發現台北站之儀器系統與台中、阿里山站之儀器系統有 180° 的差異，此說明台北站與台中、阿里山站之地動偵測結果，由於相位差異會造成上下相反之情形。另由感應器之相位檢定結果（圖六）可知，此相位之差異是由於感應器的輸出入線接法不同所造成。若以台中、阿里山站的接線方式為準，則系統各頻率相對應的相位角度列表一之第三行。

根據表一和表二，可計算各測站的反應值。以頻率 f Hz 為例，欲求得台中站的反應值時，可先從表一查出對應的歸一化倍率值(A)、相位值 (θ)；再從表二找出相對應的放大倍率 (M)，則該頻率的反應值為 $MAe^{i\theta}$ 。如果所選取的頻率不在表內，則可以用內插法求得反應值。

表一 儀器反應值

Table 1 : Normalized Instrument Response

頻	率	倍	率	值	相	位	角	度
0.3		0.035			314.0			
0.4		0.083			272.0			
0.5		0.189			270.0			
0.6		0.289			252.0			
0.7		0.455			235.0			
0.8		0.635			219.0			
0.9		0.834			203.0			
1.0		1.000			187.0			
1.25		1.528			168.0			
1.5		1.947			150.0			
2.0		2.637			113.0			
2.5		3.360			101.0			
3.0		3.910			88.0			
4.0		5.135			72.0			
5.0		6.233			59.0			
6.0		6.952			47.0			
6.6		7.165			42.0			
7.0		6.952			37.0			
8.0		5.903			26.0			
9.0		4.494			18.0			
10.0		3.162			10.0			
12.5		0.635			0.0			

表二 相對倍率

Table 2 : Relative Magnification

測	站	相	對	倍	率
臺	北	16.0			
新	竹	30.0			
臺	中	14.5			
嘉	義	16.0			
阿	山	63.5			
高	雄	17.5			
恆	春	7.0			
宜	蘭	18.5			
花	蓮	15.5			
新	港	26.0			
臺	東	12.5			
大	武	21.0			
蘭	嶼	14.0			
日	潭	35.5			

INSTRUMENT RESPONSE OF MCR+S13 SEISMIC SYSTEM

Tzay-Chyn Shin, Yue-Long Liu
Seismological Observation Center,
Central Weather Bureau

This study obtains the instrument response curves of MCR600+S13 used by the Central Weather Bureau Seismic Network (CWBSN). Applying current-feed method the magnification at frequency is simply estimated by dividing digital output amplitude (MCR600) to the displacement of mass in sensor (S13). The instrument response curves at each station show similar trend due to the same parameters set, except the gain values. Therefore, a normalized instrument response curve is united by letting magnification at 1 Hz frequency. The normalized factor of station is then the true amplified factor relatively to the normalized curve.

Key word: Instrument response

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商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。

以HYPO 71定位程式重定1969年1月至1972年5月 瑞穗地區之地震的定位誤差範圍及P波剩餘值

詹軍威
中央氣象局

王錦華
中央研究院地球科學研究所

摘 要

本研究主要是利用HYPO 71定位程式及葉和蔡（Yeh and Tsai, 1981）所得台灣地層速度模型；根據中央氣象局之地震資料，重定1969年1月至1972年5月發生於北緯 23° 至 24° 、東經 121° 至 122° （簡稱瑞穗地區）之地震來計算重定位後之定位誤差範圍及各測站之P波剩餘值。結果為①大約有百分之七十之地震的RMS值（發震時誤差範圍）小於3秒，ERH值（震央位置誤差範圍）小於20公里及ERZ值（震源深度誤差範圍）小於20公里；②規模（ M_b ）大於4.4之地震的RMS值小於3秒；③阿里山、花蓮、新港、玉山、台中等站之地震個數和P波剩餘值之分佈近似常態分佈；④震央附近之測站（花蓮、新港、玉山、阿里山）之平均P波剩餘值為負，而瑞穗地區以外除了鞍部之測站，大都為正值。

關鍵詞：震央、震源

一、前 言

準確的震源位置是研究地震活動、地體構造、地震預測和分析地震危險度等不可缺少的資料，震源位置之準確度受地震觀測資料及定位方法之影響極大。

台灣地區在1973年以前，僅中央氣象局測震網（以機械式地震儀為主，並有少數電磁式地震儀）從事地震觀測。自1936年以來，該系統即能完整地記錄規模大於5之地震（Hsu, 1971），這將近四十年之資料對台灣地震研究十分重要。早期之地震定位是利用圖解法定位，不很嚴謹。若能利用新的定位技術，重新決定1973年以前台灣之地震的震源位置及發震時，則將很有意義。近20年來中央氣象局除了換新儀器外，1982年以後更採用例如HYPO 71（Lee et al., 1972）的定位程式及Yeh和Tsai（1981）之地殼模型，以執行例行定位工作。1973年中央研究院地球科學研究所設立台灣遙記式地震觀測網，並利用上述程式從事例行定位（Wang, 1989），對1973年以前之地震以新技術重

新定位並分析其誤差範圍及P波剩餘值便成吾人感興趣之問題。吾人必須強調分析定位誤差是重要的工作（俞和王，1988）。本研究擬利用HYPO 71程式及Yeh和Tsai（1981）之地殼模型，並依據氣象局之地震資料，重新對1969年1月至1972年5月發生於瑞穗地區（北緯 23° 至 24° ，東經 121° 至 122° ）之地震定位，藉以求其定位誤差範圍及P波剩餘值。本研究將可對1973年以前台灣地震之重新定位提供參考。

二、定位原理

HYPO 71 程式主要是利用蓋格氏（Geiger, 1912）之方法來定位。設 (X_i, Y_i, Z_i) 為第 i 個測震站之座標，P波到達第 i 站之時間為 τ_i （此為觀測值）。首先假設一個發震時間 t 及震源 (X, Y, Z) ，再根據地殼模型求P波到達第 i 測震站之時間 t_i （此為理論值），則觀測值和理論值之殘差為

$$R_i = \tau_i - t_i \quad (1)$$

$i = 1, 2, 3, \dots, n$ ，而 n 為所用測震站之個數

。若 R_i 很小時則利用泰勒級數可展開如下：

$$R_i = dt + \frac{\partial t_i}{\partial x} dx + \frac{\partial t_i}{\partial y} dy + \frac{\partial t_i}{\partial z} dz + e_i \quad (2)$$

因上式 P 波到達第 i 站所需之時間 t_i 及偏導數 ($\frac{\partial t_i}{\partial x}, \frac{\partial t_i}{\partial y}, \frac{\partial t_i}{\partial z}$) 皆可由假設之地殼模型求出，故可用最小平方方法求得一組調整量 (dt, dx, dy, dz)，使得誤差的平方和為最小，即

$$\Sigma e_i^2 = \text{極小} \quad (3)$$

將(2)式代入(3)式中並考慮極小之條件，則可得如次的聯立方程組：

$$\begin{aligned} n dt + \Sigma a_i dx + \Sigma b_i dy + \Sigma c_i dz &= \Sigma R_i \\ \Sigma a_i dt + \Sigma a_i^2 dx + \Sigma a_i b_i dy + \Sigma a_i c_i dz &= \Sigma a_i R_i \\ \Sigma b_i dt + \Sigma a_i b_i dx + \Sigma b_i^2 dy + \Sigma b_i c_i dz &= \Sigma b_i R_i \\ \Sigma c_i dt + \Sigma a_i c_i dx + \Sigma b_i c_i dy + \Sigma c_i^2 dz &= \Sigma c_i R_i \end{aligned} \quad (4)$$

其中 $a_i = \frac{\partial t_i}{\partial x}$, $b_i = \frac{\partial t_i}{\partial y}$, $c_i = \frac{\partial t_i}{\partial z}$ ，從這聯立方程

組可以解得調整量 (dt, dx, dy, dz) 下一次估計之發震時間與震源位置即為 ($t + dt, x + dx, y + dy, z + dz$)。如此，一直替代，到 RMS 低於一小量的設定範圍為止。

由於 P 波和 S 波在某些站記錄明顯，而在某些站則否，故用權因子以顯示 P 波和 S 波之清晰程度：0 表示極顯著；1 表示次顯著；2 和 3 表示不顯著；4 表示無法判定，而在實際計算中捨去不用。

定位時所用的地殼模型為 Yeh 和 Tsai (1981) 所推定者，有關之參數如表一所示。各層 S 波的速度取為 P 波速度之 $\frac{1}{\sqrt{3}}$ 。

地震規模利用 Lee et al. (1972)，對加州地震之經驗公式：

$$M_D = -0.87 + 2.00 \log \tau + 0.0035 \Delta \quad (5)$$

其中 M_D 為總振動時間規模 (Signrl duration magnitnde)， τ 為總振動時間 (單位為秒)， Δ 為測站至震央之距離 (單位為公里)。

本研究所用之中央氣象局測震站之位置及高度之數值列於表二中，而圖一表示其地理分佈。

表一 葉和蔡 (Yeh & Tsai, 1981) 所推得之台灣地下 P 波速度模型

Table 1: Taiwan's crustal model of P-wave velocities determineel by Yeh & Tsai, 1981.

地層	厚度 (公里)	P 波速度 (公里 / 秒)
1	0 - 9	5.8
2	9 - 17	6.1
3	17 - 36	6.7
4	> 36	7.8

三、地震資料

本文定位所用之 P 波和 S 波到達之觀測資料來自於氣象局 1969 年 1 月至 1972 年 5 月之每月地震調查圖表 (共 41 本)。首先將此期間資料足夠定位者重定震源位置，再挑出落於北緯 23° 至 24° ，東經 121° 至 122° 間之地震。結果共挑出 269 個地震以

為更進一步的分析，此次定位未做高度修正。

四、結果與討論

1. 定位誤差

1969 年 1 月至 1972 年 5 月發生於瑞穗地區之地震經重新定位後，RMS (發震時誤差)、ERH (震央位置誤差) 和 ERZ (震源深度誤差) 隨地

表二 1972年氣象局地震觀測站之地理座標、高程及本研所得之平均 P 波剩餘值及標準誤差

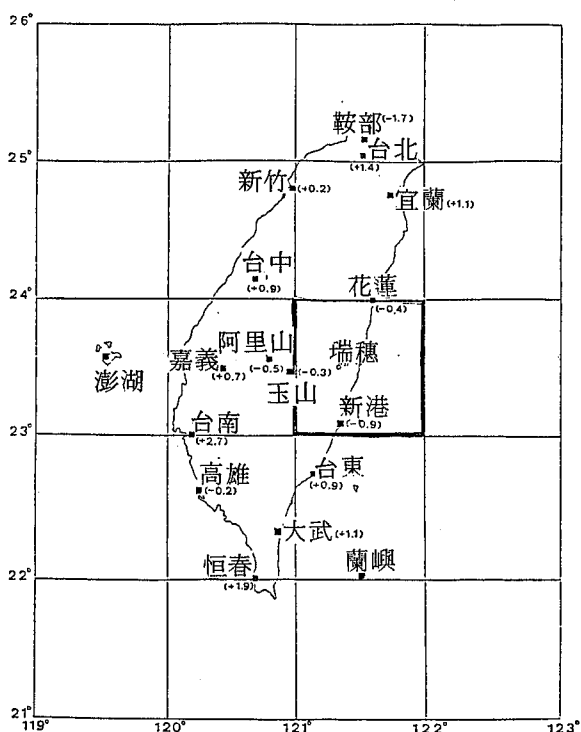
Table 2 : Coordinates and altitudes of earthquake stations, CWB, 1972, and mean P-wave's residuals with their standard error for each station.

站 名	緯 度 (° ')	經 度 (° ')	高 度 (公 尺)	平 均 P 波 剩餘值 (秒)
鞍 部	25 11	121 31	827.0	- 1.7 ± 2.0
阿 里 山	23 31	120 48	2406.1	- 0.5 ± 1.2
嘉 義	23 30	120 25	26.8	+ 0.7 ± 2.4
恒 春	22 00	120 45	22.3	+ 1.9 ± 1.9
新 港	23 06	121 22	36.5	- 0.9 ± 1.6
新 竹	24 48	120 58	32.8	+ 0.2 ± 3.0
花 蓮	23 58	121 37	17.6	- 0.4 ± 1.6
宜 蘭	24 46	121 45	7.4	+ 1.1 ± 1.9
高 雄	22 37	120 16	29.1	- 0.2 ± 2.7
蘭 嶼	22 02	121 33	322.3	
澎 湖	23 32	119 33	9.4	
台 北	25 02	121 31	8.0	+ 1.4 ± 1.6
大 武	22 21	120 54	7.6	+ 1.1 ± 2.8
台 東	22 45	121 09	8.9	+ 0.9 ± 2.0
台 南	23 00	120 13	12.7	+ 2.7 ± 2.1
台 中	24 09	120 41	83.8	+ 0.9 ± 1.4
玉 山	23 29	120 57	3850.0	- 0.3 ± 1.4

震個數之分佈繪於圖二、三、四。圖二顯示 RMS 在 1.5 秒至 2.5 秒間出現最高峯值，佔總數之 36.5 %，RMS ≤ 3 秒之地震個數佔總數之 70.6 %，而 RMS > 4 秒時個數遽降。圖三顯示 ERH 在 5 至 10 公里間出現最高峯值，佔總數 32.3 %；ERH ≤ 20 公里之地震個數佔總數之 70.1 %；而 ERH > 20 公里後個數遽降。圖四顯示 ERZ 在 5 至 10 公里間出現最高峯值，佔總數之 25.9 %；ERZ ≤ 20 公里之地震個數佔總數之 64.5 %；而 ERZ > 20 公里後

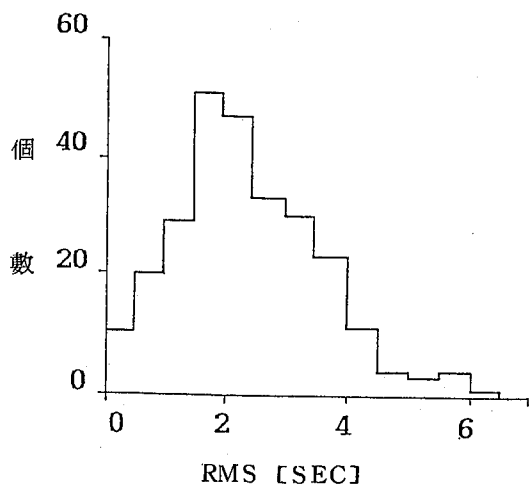
個數遽降。以上的數據顯示發震時的誤差約為 3 秒，位置之誤差約為 20 公里。產生誤差之可能原因為：①各測站之時鐘系統不同步；②薰烟式地震儀滾筒可能空轉，產生誤差；③ P 波和 S 波資料讀取不夠準確；④本區是介於海洋性和大陸性板塊之交衝位置上，地殼模型之不一致而產生部份誤差；⑤測站分佈不均勻等。

吾人亦考慮 RMS ≤ 3 秒及 RMS > 3 秒之各地震規模相關之地震個數及其百分比，如圖五所示



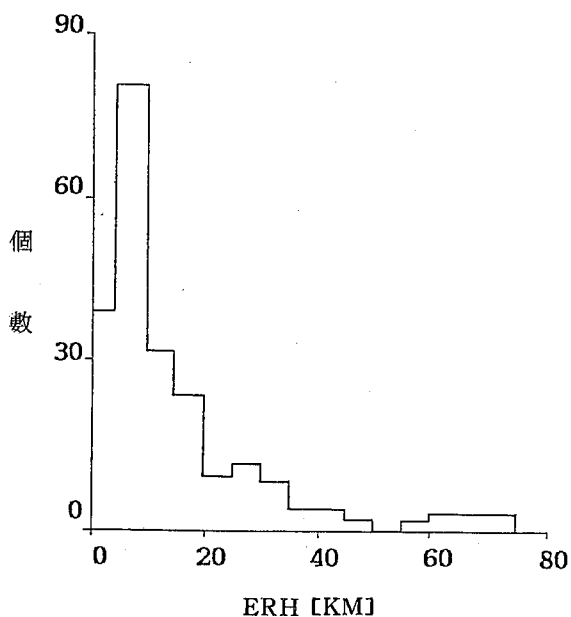
圖一：測震站的位置（以實心正方形表示）及瑞穗所在的位置（以空心圓表示）。相關測站之 P 波剩餘值寫在小括弧內。

Figure 1 : Earthquake stations (solid square) and the Position of Jui-sui (blank circle).



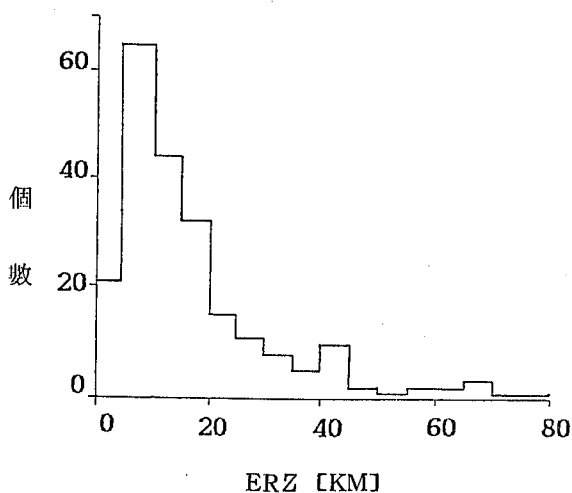
圖二 定位後之均方根誤差 (RMS) 與地震個數之分佈圖

Figure 2 : Distribution of earthquake numbers against RMS.



圖三 地震個數與 ERH 之分佈圖

Figure 3 : Distribution of earthquake numbers against ERH.



圖四 定位後之地震個數與 ERZ 之分佈圖

Figure 4 : Distribution of earthquake numbers against ERZ.

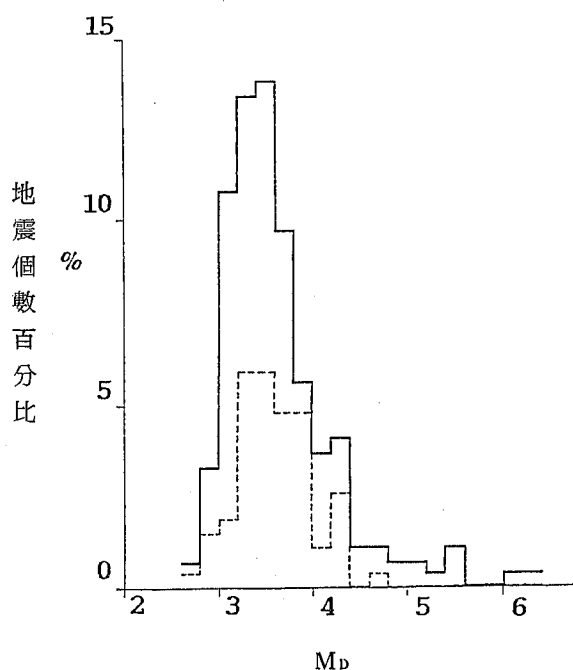
。注意百分比是以所用的全部地震為基礎。RMS ≤ 3 秒的地震佔總數的70.6%；而 RMS > 3 秒者佔29.4%。RMS ≤ 3 秒者之規模範圍涵蓋 2.6 至 6.4，而 RMS > 3 秒之規模範圍涵蓋 2.6 至 4.8

，故 $M_D > 4.8$ 者， RMS 全在3秒以內；而 $M_D > 4.4$ 者， RMS 幾乎都小於3秒。這可能顯示在規模較大地震記錄圖上， P 波相較為清楚，易於正確讀取。

2 測站之 P 波剩餘值 (residual)

P 波剩餘值是測站 P 波到達時間之觀測值減理論值的差值。爲了探討各測站之 P 波剩餘值，吾人選取 $RMS \leq 3$ 秒、 $ERH \leq 20$ 公里、 $ERZ \leq 20$ 公里之地震，並捨去權因子爲3及4之測站觀測值。其中澎湖、蘭嶼可用數據在2個以下，無法做剩餘值之估計，圖六爲以1秒爲單位，在一4秒到+4秒間之地震個數的百分比。阿里山、花蓮、新港、玉山、台中有70%以上之剩餘值的絕對值小於2秒，且花蓮和阿里山站在一1秒有高峯值。其他站

之剩餘值之絕對值大致小於4秒。阿里山、花蓮、新港、玉山、台中、台北等站之分佈圖近似常態分佈 (Normal Distribution)，而在某一剩餘值呈現高峯。宜蘭、嘉義和台東站之分佈圖略為近似常態分佈。恒春、新竹、大武、高雄、鞍部、台南等站之分佈圖則不為常態分佈，其中新竹、高雄、台南、恒春等站之地震個數偏少。吾人計算各站之平均剩餘值及其標準偏差，結果列於表二，而其平均值則繪於圖一中，以供參考。和圖六比較，當分佈近似常態分佈時，標準偏差小於2.0秒。所有測站之平均值分於-1.7秒到+2.7秒之間。高雄站之小負值可能沒有意義，因爲由圖六可知其所記錄之地震少，又非常態分佈，且標準差達2.73秒 (表二)。同理，新竹之標準偏差高達3.05秒，其平均



圖五： $RMS \leq 3.0$ 及 $RMS > 3.0$ 之各規模範圍之地震個數百分比，共 100 %。

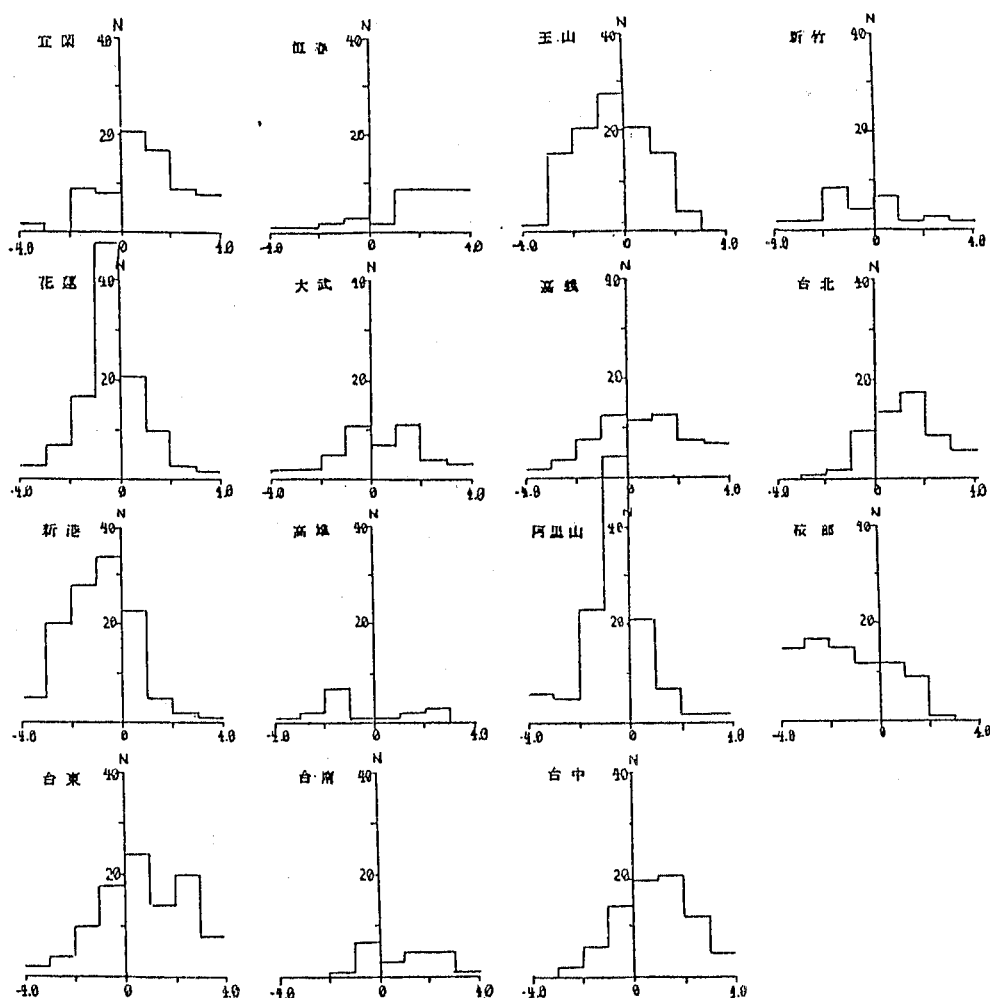
實線表 $RMS \leq 3.0$ 之地震

虛線表 $RMS > 3.0$ 之地震

Figure 5 : Distribution of percentge for earthquake number against M_D range for earthquakes with $RMS \leq 3.0$ and $RMS > 3.0$ seperately, totaled 100 % .

solid line for earthquakes with $RMS \leq 3.0$;

dash line for earthquakes with $RMS > 3.0$.



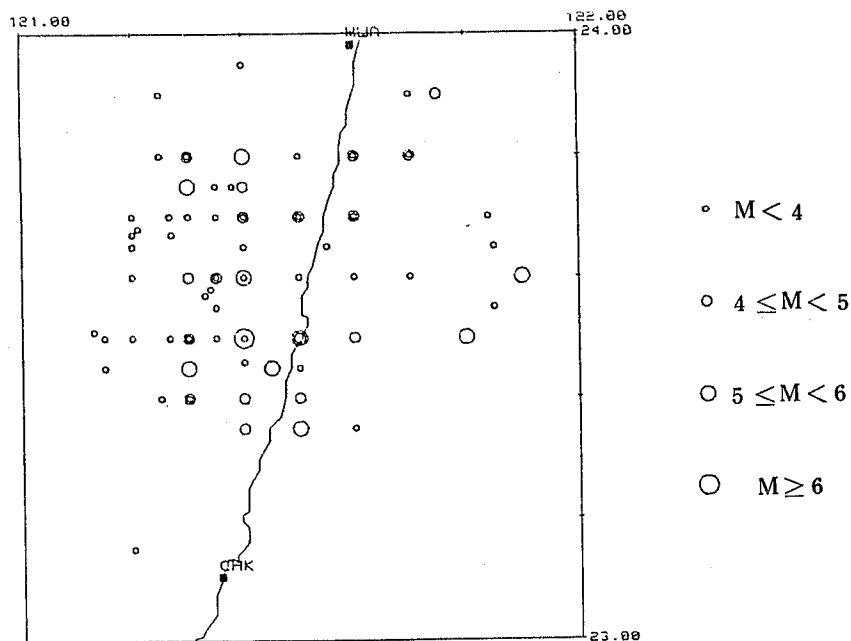
圖六 $RMS \leq 3$ 秒、 $ERH \leq 20$ 公里、 $ERZ \leq 20$ 公里之地震資料所得的各測站之地震個數與剩餘值分佈圖；橫座標為剩餘值而縱座標為地震個數。

Figure 6 :Distribution of earthquake number against residuals for each station, only the event data with $RMS \leq 3$ sec, $ERH \leq 20$ km, $ERZ \leq 20$ km, was used.

剩餘值亦不具有代表性。阿里山、玉山、台中等站之標準偏差皆小於 1.5 秒。必須強調的事是本研究的定位過程，並不包含高度修正，除了鞍部、阿里山和玉山外，其他各站的標高均小於 100 公尺。若以 5.8 公里/每秒為山脈之 P 波波速，則在此三高山站的修正量：鞍部為 -0.14 秒、阿里山為 -0.41 秒、玉山為 -0.66 秒，其他島上的站則均小於 -0.002 秒；這些修正量並不會影響圖一剩餘值的分佈特性。阿里山、玉山、花蓮、新港、台中有較佳

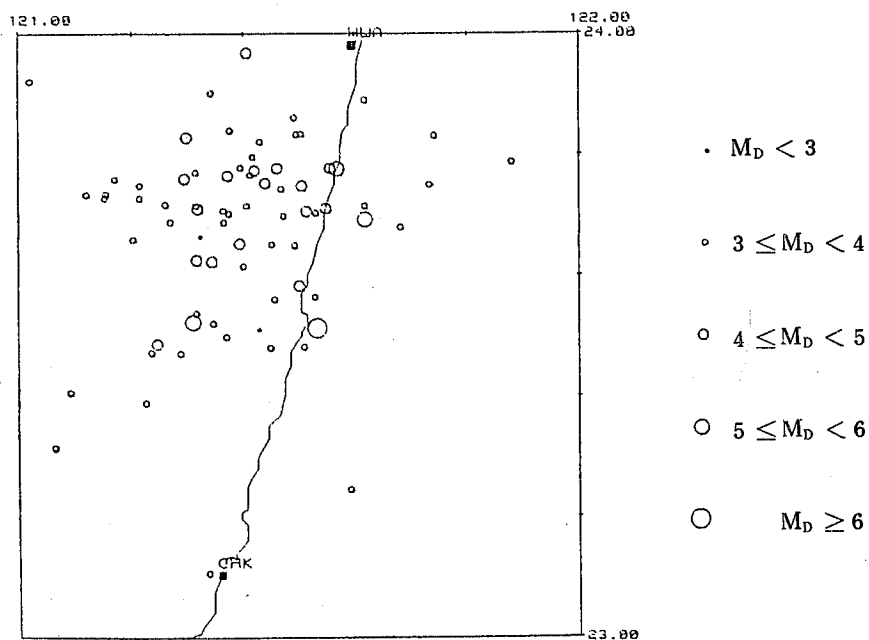
之定位的可能原因為：① Yeh 和 Tsai (1981) 所逆推之地層速度模型主要是在這五個測震站所涵蓋之範圍內，因此這五站之地層速度比其他站者更佳，但此論點無法解釋嘉義、台南兩站之正值；② 瑞穗地區近站之 P 波相較為明顯，讀取值較為正確；③ 台中、玉山、阿里山或許雜波較少，P 波易於讀取。

花蓮、新港、玉山、阿里山等靠近震央之測站的平均剩餘值為負值，而以外者大皆為正值，只高



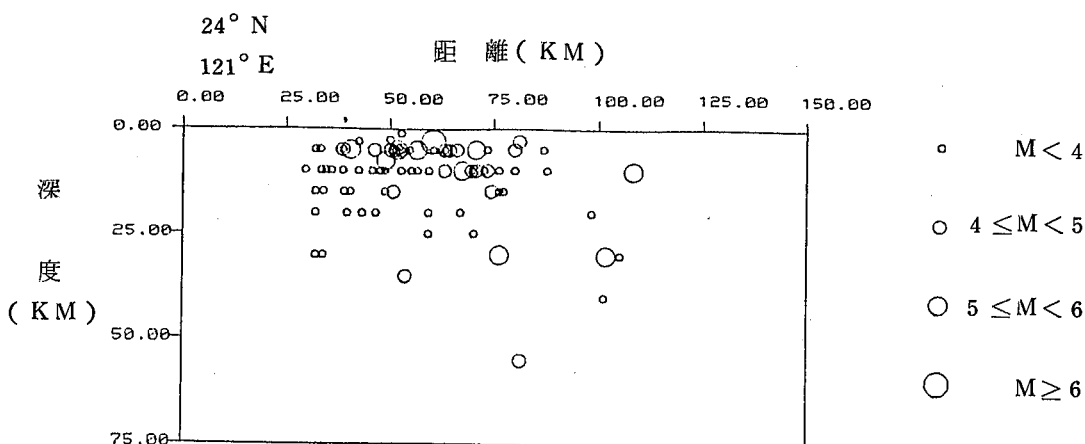
圖七 氣象局原定位之1972年4月24日花蓮瑞穗地震及其5月31日以前之餘震的震央分佈圖。規模為氣象局原定位之規模

Figure 7 : Distribution of Jui-Sui earthquake, occurred in Apr. 24, 1972, and it's aftershocks before May. 31, magnitudes and epicenters were determined by C.W.B.



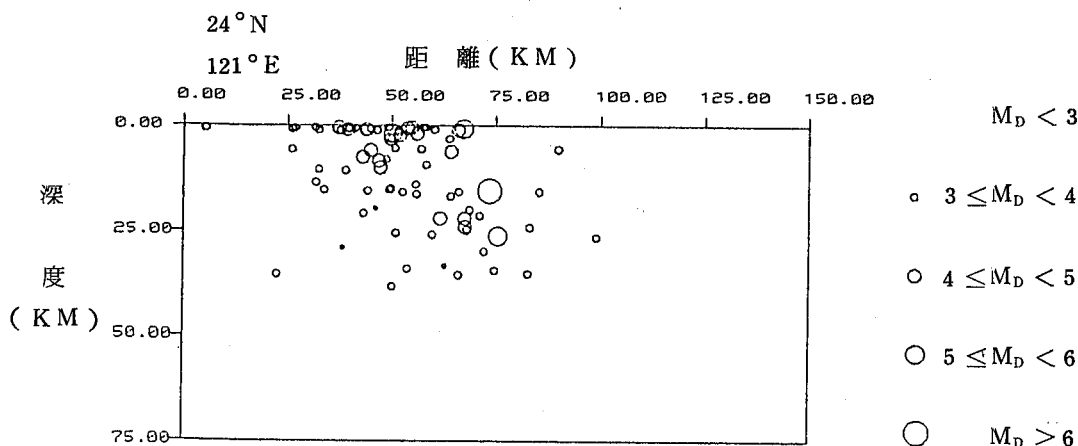
圖八 利用HYPO 71程式重定位之震央分佈圖，資料與圖七同，但規模值是 M_D 。

Figure 8 : Distribution of epicenters. Epicenters were redetermined by HYPO 71 program using the same data as that in Fig 7. magnitudes are M_D scale



圖九 氣象局原定位之震源深度剖面圖，資料與圖七同。

Fig 9 : Focal depth profile. Magnitudes and hypocenters were determined by C.W.B. using the same data as that in Fig 7..



圖十 利用HYPO 71 重定位之震源深度剖面圖，資料與圖八同

Fig 10 : Focal depth profile. Magnitudes and hypocenter were redetermined by HYPO 71 program. Data are the same as that in Fig 8.

雄有小的負值（-0.16秒）及鞍部有大的負值（-1.68秒）。近站負值之可能原因是：①遠站P波相較不清楚，使觀測值較實際之P波到達時間為晚，而使逆推之發震時後延，造成近站之理論走時增加，而使近站呈現負剩餘值；②台灣東部之地層速度可能較地殼模型之速度大。當然也可能有其他未知之原因。而遠站鞍部呈現負值可能原因是①該站短週期地震儀倍率是6,250，可如同近站清楚地判讀P波，相對於其他距震央等距離之遠站，本站之P波觀測值會小，而有負修正值出現；②局部速度

異常所致，鞍部位於安山岩質之上，地層速度可能較大。

3. 與原有震源位置之比較

圖七與圖九乃是1972年4月24日花蓮瑞穗地震及其5月31日以前之餘震氣象局原先以圖解法定位之震央分佈圖（規模為原定之規模）及震源深度剖面圖（以24° N，121° E為原點而垂直台東縱谷之剖面）；圖八及圖十是相同期間相同之地震經過HYPO 71定位程式重定之震央分佈及深度剖面（規模為 M_D ）。由於原定位發震時以分為單位故無P

波剩餘值之估算，以圖解法定位，故也未估算定位誤差值，而震央解析度是到 0.1° ，致使震央分佈在圖七呈現網路狀分佈；而圖八因震央解析度到 0.002° 以內故無此現象，圖八之震央分佈亦顯然比圖七收斂。圖十之深度剖面亦較圖九收斂，且圖十已呈現向東南傾斜之帶狀分佈，和多數學者對台灣東部板塊構造之說法一致。

五、結 論

根據前面之探討，吾人可得幾點結論：

1. RMS 值主要是在 1.5 到 2.5 秒間，而 RMS 值小於 3 秒之地震個數佔總數之 70%。
2. ERH 值主要是在 5 到 10 公里間，而 ERH 值小於 20 公里之地震個數佔總數之 70%。
3. ERZ 值主要是在 5 到 10 公里間，而 ERZ 值小於 20 公里之地震個數佔總數之 65%。
4. 規模 (M_D) 大於 4.4 之地震，其 RMS 幾乎全在 3 秒以內。
5. 阿里山、花蓮、新港、玉山、台中、台北等站之地震個數與 P 波剩餘值在 -4 秒到 +4 秒間之分佈接近常態分佈，且前四站之峯值在 -1 秒處。
6. 震源附近之測站，即花蓮、玉山、阿里山、新港等站之平均 P 波剩餘值為負；除了鞍部和記錄地震個數較少之高雄及沒有資料之澎湖、蘭嶼之外，其他各站之平均 P 波剩餘值均為正值。
7. 此次定位誤差及 P 波剩餘值之原因可能和時鐘系統、儀器精密度、資料讀取、地殼模型、測站分佈、測站距震央遠近、地形地質條件、地體構造及其他因素有關，至於 HYPO 71 定位程式本身之優劣則未在本文之討論範圍。以上有幾項，氣象局已改進。
8. 本研究只是一項初步的工作，吾人建議將中央氣象局測震網 1973 年以前所記錄之地震，利用新的定位技術及地殼模型重新定位，以提供更可靠之地震目錄。

誌 謝

首先感謝中央氣象局地震測報中心李白華主任同意本文之出版。並感謝徐明同和蔡義本兩位教授提供寶貴之意見。

參考文獻

中文部份：

李白華 (1988)：中央氣象局地震觀測業務之現況與展望，第二屆台灣地區地球物理研討會，196—202。

俞錚嶠、王錦華 (1988)：台灣遙記式地震觀測網地震資料之統計分析，中央研究院地球科學研究所報告，共 41 頁。

英文部份：

Geiger, L. (1912)：Probability method for the determination of earthquake epicenters from the arrival time only, (translated from Geiger's 1910 German article) Bull. St. Louis Univ., 8, 56—71。

Hsu, M.T. (1971)：Seismicity of Taiwan and some related problems, Bull. Intl. Inst. Seism. Earthq. Eng., 8, 41—160。

Lee, W.H.K. and J.C. Lahr (1972), HYPO 71: A computer program for determining hypocenter, magnitude, and first motions pattern of local earthquake, USGS OPEN FILE REPORT. 100 pp。

Wang, J.H. (1989)：The Taiwan Teleme-tered Seismographic Network, Phys. Earth Planet Inter., 58, 9—18。

Yeh, Y.H. and Y.B. Tsai (1981)：Crustal structure of central Taiwan from inversion of P-wave arrival times, Bull. Inst. Earth. Sci., Academia Sinica, 1, 83—101。

**THE ERROR RANGE AND P-WAVE'S RESIDUAL TO THE
RELOCATION OF EARTHQUAKES IN THE JUI-SUI AREA DURING
JANUARY 1969 TO MAY 1972 BY HYPO 71 PROGRAM**

Chun-Wei Chan

Central Weather Bureau

Jeen-Hwa Wang

Institute of Earth Science Academia Sinica

ABSTRACT

This study redetermined the earthquake's hypocenter and origin time which occurred in the Jui-Sui area of 23°N - 24°N , 121°E - 122°E , during January 1969 to May 1972 by using HYPO 71 program with Taiwan's crustal model of P-wave velocities inferred by Yeh & Tsai (1981). Results are used to calculate the error of location and P-wave residual for each station. The key results are: (1) About 70% of earthquakes have RMS (error of origin time) less than 3 sec, ERH (error of epicenter) less than 20 km, and ERZ (error of focal depth) less than 20 km; (2) Earthquakes with $M_D \geq 4.4$ have RMS less than 3 sec; (3) The distribution of number of earthquakes vs P-wave residual almost fits normal distribution for stations Alishan, Hualien, Hsinkong, Yushan, Taichung; (4) At stations Hualien, Hsinkong, Yushan, Alishan, which are near the epicenters, the P-wave residual values are negative; and except at Anpu, the P-wave residual values at the stations outside the Jui-Sui area are positive. The possible causes which lead to the error of location and the P-wave residual are also discussed.

Key words: Epicenter, Hypocenter

暖月高空冷心低壓對台灣天氣之影響

陳泰然

國立台灣大學大氣科學研究所

紀水上

中央氣象局氣象衛星中心

摘 要

本文利用紅外線衛星資料分析1982~1987年暖月(6~10月)60個高空冷渦個案,探討伴隨此等冷渦雲系之發生頻率、大小、日夜變化及不同生命階段之雲系氣候特徵,以及此種環流系統對台灣天氣之影響。結果顯示,伴隨高空冷渦之雲系發生在東南象限最多,範圍最大,而西北象限則反是。顯示東南象限為主要上升運動區,而西北象限為上升運動最弱或較少出現區。不論在任何象限,所有雲類平均出現面積總和俱有午後(1400~1700LST)最大,深夜至清晨(2300~0500LST)次之之明顯日變化,此似與氣壓半日波有所關聯。

結果又顯示,對流雲之範圍自加強期迅速擴大,至成熟期達最大後縮小,非對流雲則由加強期逐漸擴大至減弱期,而卷雲變化不大。此種變化顯係反應冷渦在各生命階段伴隨之垂直運動分布與大小。冷渦影響之台灣天氣,端視相對於冷渦之象限、冷渦影響時刻及某生命階段而定,例如台灣某地區未來將處於冷渦之東南象限及在成熟階段,且在午後或夜間,則該地區劇烈天氣將可預期。

關鍵詞:冷心低壓、冷渦、日夜變化、氣壓半日波。

一、前 言

暖季熱帶海洋上之高對流層環流系統,除副熱帶高壓脊線區外,經常發生俱有冷心結構之低壓,其強度自200~300mb向上及向下減弱,此種伴隨高層冷心結構的低壓環流系統稱為高空冷(心)低(壓)(cold core low)或冷渦(cold vortex)。這種高對流層系統與雷雨之形成(龔與劉等,1980)、颱風發展(Sadler, 1976; 1978)與移動(羅等, 1983)均有密切關係。因此種環流之形成及移經地區大都在傳統資料稀少之海上,故對其形成、發展及消散過程方面之診斷分析研究倍感困難。

自地球同步氣象衛星作業後,不僅提供時空解析度均高的衛星影像,也提供衛星風場資料。因此,辨認高空冷心低壓存在之可行性大為提高。此外

,近年來因海洋上高層民用飛機氣象觀測報告增多,使得我們對此種天氣系統之辨認增加信心。

Shimamura (1981, 1982)分析1978年1979年發生於西太平洋四個高空冷心低壓個案,陳與陳等(1988)分析1985~1986年6~10月同一地區之22個高空冷渦個案。他們均發現在冷渦環流內之東南象限可能因上升運動最強,最不穩定,故雲量及深淺對流均最多;西北象限則反是。

陳和紀等(1989)利用陳和紀等(1988)之定位方法,進行1981~1987年(1984年缺)暖月(6~10月)發生於西太平洋81個高空冷渦個案之定位與分析,並探討其綜觀氣候特徵。他們發現高空冷渦之源地主要分布於 $15^{\circ}\sim 25^{\circ}\text{N}$; $145^{\circ}\sim 180^{\circ}\text{E}$,佔54.3%;消散地區主要分布於 $20^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{N}$; $120^{\circ}\sim 180^{\circ}\text{E}$,佔61.7%。不論形成或消散,其最大頻率出現區之經度變化均由6月向

西偏移，8月達最西後東退，而緯度則自6月起向北偏移，10月分成南北兩支。在各不同移動方向之冷渦，以向西至西南西移動者生命期最長（ ~ 6 天），且移速最快（ ~ 4.2 緯度/天）。高空冷渦發生在 150°E 以東之生命期（ ~ 6.2 天）為在以西者（ ~ 4.2 天）之 1.5 倍。

本文就上述 1981～1987 年之 81 個高空冷渦個案中，選取生命期 2.5 天以上之 60 個（1981 年未列入，因該年為中央氣象局衛星站作業初期，資料較不完整），進行相對於冷渦中心不同象限之對流雲、非對流雲及卷雲等發生頻率、平均大小、日夜變化以及不同生命階段之雲系氣候特徵分析，並探討此種環流系統對台灣天氣之影響。

二、資料分析過程

周（1989）曾利用傳統探空及飛機報告之風場並考慮高空溫度分布，重新分析陳和紀等（1988）僅以衛星風場所確定之 1982～1987 年（1984 年缺）之 60 個高空冷渦個案。此等個案位於 $105^{\circ}\text{E} \sim 170^{\circ}\text{W}$ ；其中在 $105^{\circ} \sim 130^{\circ}\text{E}$ 佔 12.8%， $131^{\circ} \sim 145^{\circ}\text{E}$ 佔 22.1%， $146^{\circ} \sim 160^{\circ}\text{E}$ 佔 30.0%

， $161^{\circ} \sim 175^{\circ}\text{E}$ 佔 29.4%， $176^{\circ}\text{E} \sim 170^{\circ}\text{W}$ 佔 5.7%，各個案之路徑如圖 1 所示。本文除利用每日 0000UTC 及 1200UTC 之紅外線衛星雲圖探討上述個案之天氣與氣候特徵外，並就上述個案中選取生命期較長且環流較明顯的 10 個個案，分析個案生命期間每三小時之紅外線衛星雲圖，以了解伴隨高空冷渦雲系之日夜變化。此外，以伴隨高空冷渦之對流雲面積大小為準，分別確定上述 10 個冷渦個案之生命階段，以分析不同生命階段之雲系特徵。當對流雲範圍達個案平均以上且呈穩定狀態時訂為成熟期，之前為加強期，之後為減弱期，圖 2 為此 10 個個案路徑。

本文以高空冷渦中心為準，取其東一西及南一北各 5 個經緯度（即 10 個經度 \times 10 個緯度）範圍，且將此範圍劃分為四個象限，即：象限 I：東北，象限 II：西北，象限 III：西南，象限 IV：東南。以 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 經緯度網格方塊分析，並統計上述範圍內各象限之對流雲、非對流雲及卷雲等三種雲類之發生次數及面積。本文所指對流雲係含積雲和積雨雲之積狀雲，卷雲為不包括積雨雲上層之雲砧（anvil），除積狀雲和卷狀雲外，其他雲類則歸為非對流雲。

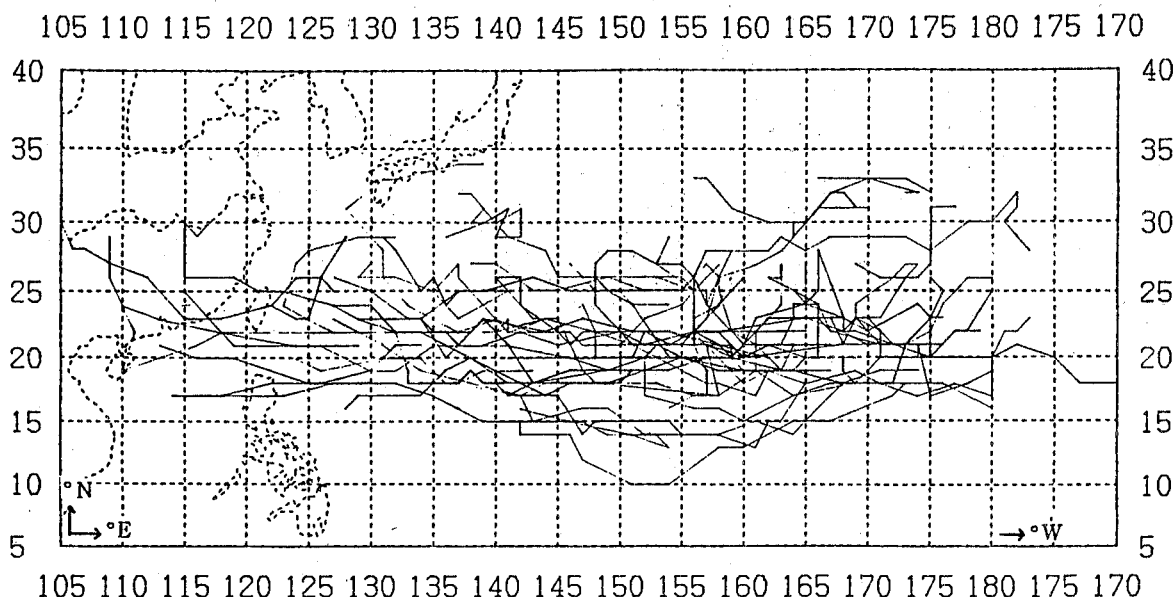


圖 1 1982～1987 年（1984 年缺）60 個冷渦個案之路徑分布。

Fig. 1. Tracks of the 60 upper-tropospheric cold vortices in the period of 1982-1987 (1984 missing).

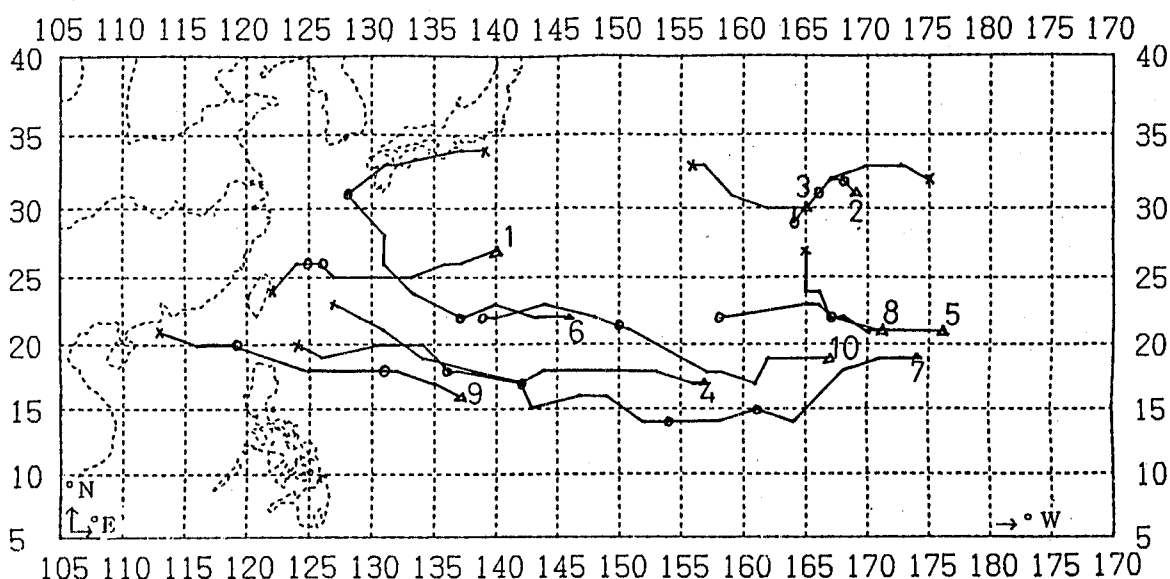


圖2 1982~1987年(1984年缺)中10個環流較明顯且生命期較長之冷渦個案之路徑分布。圖中△—○：加強期，○—○：成熟期，○—×：減弱期。

Fig. 2. Tracks of the 10 upper-tropospheric cold vortices which had more pronounced circulation and longer life time in the period of 1982-1987 (1984 missing).
△—○, ○—○, ○—× represent the intensifying, maturing and weakening stages respectively.

三、結果與討論

(一) 頻率：

表一為對流雲、非對流雲及卷雲等三種雲類在各象限內發生次數與所占百分比及相關之統計。就環繞高空冷渦(包含四個象限)環流範圍而言，不論0000UTC或是1200UTC，對流雲發生頻率(0000UTC：38.3%；1200UTC：36.5%)均最多，卷雲(0000UTC：34.7%；1200UTC：33.2%)次多，非對流雲(0000UTC：27.0%；1200UTC：30.3%)最少。此種現象亦存在於0000UTC及1200UTC之各象限內，除在0000UTC之西北象限及1200UTC東北象限之卷雲發生頻率稍多於對流雲外，其餘則均以對流雲之發生次數最多，卷雲次之，非對流雲最少。同時，不論在何象限，對流雲或卷雲，發生於0000UTC者幾皆較發生於1200UTC者為多，但非對流雲則反是。就三種雲類總和而言，不論何時，雲系出現次數均以在東南象限最多，在西北象限最少，而在東北象限及在西南象限者相當。

各象限內不同雲類發生次數佔總資料數(0000UTC為381，1200UTC為374)之百分比如表

二。一般而言，各雲類出現頻率亦以東南象限最高(0000UTC佔55.5%，1200UTC佔56.2%)，西北象限最低(0000UTC佔36.8%，1200UTC佔35.7%)。除西北象限0000UTC及東北象限1200UTC時卷雲發生頻率稍高於對流雲外，其餘對流雲發生頻率均高於卷雲，非對流雲發生頻率最低。同時，在0000UTC之對流雲及卷雲發生頻率高於在1200UTC者，而非對流雲則反是。

由以上分析顯示，伴隨高空冷渦之雲系，以發生在東南象限頻率最高，西北象限最低，此與Kelly and Mack (1982)和陳與陳等(1988)之結果相似，顯示東南象限為冷渦環流內主要上升運動區，西北象限則為上升運動最弱區或上升運動較少出現區。此外，伴隨此種天氣系統以對流雲為主，且發生在午前(0000UTC；在分析區內為0800~1200LST)者較發生於入夜(1200UTC；2000~2400LST)者稍多。

(二) 大小：

表三為各象限內各雲類所佔面積除以該象限內三種雲類總出現次數之平均出現面積(或平均雲量)。不論任何象限或整個冷渦環流內，卷雲平均涵蓋範圍均大於其他雲類，對流雲和非對流雲之大小

表一 各雲類在各象限內發生次數及所佔該象限內三種雲類總發生次數之百分比、冷渦環流範圍內（四個象限）各雲類總發生次數與所佔百分比及各象限內所有雲類總發生次數與所佔百分比。

Table 1. The occurring frequencies and percentages of the various cloud types in four quadrants.

象 限	雲 類	I			II			III			IV			合計及平均百 分			各雲類出現次數 總和及%			
		對 流 雲	非 對 流	卷 雲	對 流 雲	非 對 流	卷 雲	對 流 雲	非 對 流	卷 雲	對 流 雲	非 對 流	卷 雲	對 流 雲	非 對 流	卷 雲	象 限 I	象 限 II	象 限 III	象 限 IV
0000 UTC	次 數	204	136	188	151	114	156	210	158	164	245	164	226	810	572	734	528	421	532	635
	%	38.6	25.8	35.6	35.9	27.1	37.1	39.5	29.7	30.8	38.6	25.8	35.6	38.3	27.0	34.7	24.9	19.9	25.1	30.1
	總次數	528			421			532			635			2116			2116			
1200 UTC	次 數	175	152	177	145	121	135	195	157	151	229	188	214	744	618	677	504	401	503	631
	%	34.7	30.2	35.1	36.1	30.2	33.7	38.8	31.2	30.0	36.3	29.8	33.9	36.5	30.3	33.2	24.7	19.7	24.7	30.9
	總次數	504			401			503			631			2039			2039			
次數 (00+12)		379	288	365	296	235	291	405	315	315	474	352	440	1554	1190	1411	1032	822	1035	1266
平均百分比		36.7	27.9	35.4	36.0	28.6	35.4	39.1	30.4	30.4	37.4	27.8	34.8	37.4	28.6	34.0	24.8	19.8	24.9	30.4
次數 (00+12)		1032			822			1035			1266			4155			4155			

表二 各象限內各雲類發生次數佔總資料數（0000UTC為381，1200UTC為374）之百分比。

Table 2. The percentage of the number occurrence for the various cloud types in four quadrants to the total number of the data (0000 UTC: 381, 1200 UTC: 374).

象 限	雲 類	I			II			III			IV			(I + II + III + IV) / 4			各雲類出現次數 平均%			
		對 流 雲	非 對 流	卷 雲	對 流 雲	非 對 流	卷 雲	對 流 雲	非 對 流	卷 雲	對 流 雲	非 對 流	卷 雲	對 流 雲	非 對 流	卷 雲	象 限 I	象 限 II	象 限 III	象 限 IV
時 間	0000	53.5	35.7	49.3	39.6	29.9	40.9	55.1	41.5	43.0	64.3	43.0	59.3	53.1	37.5	48.1	46.2	36.8	46.5	55.5
	1200	46.8	40.6	47.3	38.8	32.3	36.1	52.1	42.0	40.4	61.2	50.3	57.2	49.7	41.3	45.3	44.9	35.7	44.8	56.2
平 均		50.2	38.1	48.3	39.2	31.1	38.5	53.6	41.7	41.7	62.8	46.6	58.3	51.5	39.4	46.7	45.5	36.3	45.7	55.9

相當。不論何種雲類在各象限或在整個環流內，均以出現在東南象限所佔之面積最大，其餘者相當。對流雲在0000UTC（0800～1200LST）之涵蓋範圍大於在1200UTC（2000～2400LST）者，而非對流雲則反是，卷雲在兩時間之涵蓋面積相當。同時，對流雲和卷雲除在西北象限0000UTC之涵蓋面積小於1200UTC者外，其他象限則均為0000UTC大於1200UTC，而非對流雲則為1200UTC大於在0000UTC（西北象限除外）。

由上分析顯示，伴隨高空冷渦之平均雲量在東南象限者最大，在其他象限者相當。三種雲類之平均雲量以卷雲最大，非對流雲次之，對流雲最小。

對流雲除在西北象限外，其他象限發生於0000UTC（0800～1200LST）之平均雲量均大於發生在1200UTC（2000～2400LST）者。

(三) 日夜變化：

伴隨所選10個高空冷渦之三種雲類在各象限發生次數之日夜變化如圖3所示。此等個案位於113°～176°E；其中在113°～130°E佔15.3%，131°～145°E佔29.7%，146°～160°E佔19.5%，161°～176°E佔35.2%。不論何時及何種雲類，其出現頻率均以東南象限最多，西北象限最少，而東北及西南象限則相當接近。不論何時，出現頻率以卷雲最多，對流雲次之，非對流雲

最少。比較日間 (2100 ~ 0600 UTC ; 該區地方時為 0500 ~ 0800 ~ 1400 ~ 1700 LST) 及夜間 (0900 ~ 1800 UTC ; 1700 ~ 2000 ~ 0200 ~ 0500 LST) 各象限差異，非對流雲之發生次數均為夜間多於日間，而對流雲與卷雲則無此明顯差異。就所有雲類總和 (圖中粗黑線) 而言，各象限均為夜間多於日間。就環繞高空冷渦 (圖未示) 而言，除卷雲出現頻率日間 (665 次) 稍多於夜間 (657 次) 外，對流雲及非對流雲均為夜間 (對流雲 452 次，非對流雲 341 次) 多於日間 (對流雲 446 次，非對流雲 295 次)。

在各雲類出現頻率隨時間變化方面，就對流雲而言，東北及西北象限之變化一致，均具有明顯的日變化，最多在深夜至清晨 (1800 UTC ; 0200 ~ 0500 LST)，次多在午後 (0600 UTC ; 1400 ~ 1700 LST)，相對最低在 0300 UTC (1100 ~ 1400 LST) 及 0900 UTC (1700 ~ 2000 LST) 為一雙峯型，其發生次數自傍晚後增加至清晨達最多。東南象限亦呈雙峯型，最多在清晨至午前 (2100 ~ 0000 UTC ; 0500 ~ 1100 LST)，次高在入夜至午夜前 (1200 UTC ; 2000 ~ 2300 UTC)。最低在深夜 (1500 UTC ; 2300 ~ 0200 LST)。西南象限變化較不明顯，但亦有自午後增加並持續至早晨之特性。Albright et. al. (1985) 整合太平洋三個不同地區降雨之日變化，顯示俱有在深夜至日出前最高值之通性，與在午後或傍晚的次高值，上述之冷渦內對流分析亦有類似的結果。導致海面上夜間最大有幾個可能原因，如輻射效應，氣海交互作用之日夜變化和氣壓半日波效應 (

Atkinson, 1971)。而 Brier and Simpson (1969) 認為氣壓半日波為導致熱帶雲量和降雨日變化之主要因素。

就非對流雲而言，東北及西北象限變化類似，均自午後 (0600 UTC ; 1400 ~ 1700 LST) 或傍晚 (0900 UTC ; 1700 ~ 2000 LST) 增加至深夜 (1500 UTC ; 2300 ~ 0200 LST) 達最多。西南及東南象限之變化亦相近，自傍晚 (0900 UTC ; 1700 ~ 2000 LST) 增加至午夜 (1200 UTC ; 2000 ~ 2300 LST) 達最多 (東南象限) 或深夜 (1500 UTC ; 2300 ~ 0200 LST) (西南象限) 達最多，且在此兩象限均是深夜最多，上午 (0000 UTC ; 0800 ~ 1100 LST) 次多之雙峯型。然而，卷雲之變化則大異其極，但各象限之變化十分接近，均自傍晚 (0900 UTC ; 1700 ~ 2000 LST) 開始減少至午夜 (1200 UTC ; 2000 ~ 2300 LST) 前達最少後增加，至早晨 (2100 UTC ; 0500 ~ 0800 LST) 達最多後減少，呈明顯的雙峯型，即早晨 (0000 UTC ; 0800 ~ 1100 LST) 及午後 (0600 ~ 0900 UTC ; 1400 ~ 2000 LST) 相對最多，上午 (0000 UTC ; 0800 ~ 1100 LST) 及午夜 (1200 UTC ; 2000 ~ 2300 LST) 前為相對減少。就三種雲類平均發生次數 (圖 3 中粗黑線) 而言，除在東南象限沒有明顯的日變化外，其餘三個象限均有顯著的變化，均在 1200 UTC (2000 ~ 2300 LST) 出現頻率最少，深夜至日出前 (1800 ~ 2100 UTC ; 0200 ~ 0800 LST) 達最多，此與 Gray and Jacobson (1977) 所分析 Johnston Island, Majuro,

表三 各雲類在各象限所佔面積除以該象限內三種雲類總出現次數之平均出現面積 (或平均雲量)
(單位：1 緯度 × 1 經度； $12.3 \times 10^3 \text{ km}^2$)。

Table 3. The area for each cloud types in each quadrant divided by the total number of occurrence of that cloud type in the same quadrant (average cloud amount)
(unit: $1^\circ \text{ lat} \times 1^\circ \text{ long}$; $12.3 \times 10^3 \text{ KM}^2$).

象 限		I			II			III			IV			I+II+III+IV			各類雲系大小總和			
雲	類	對流雲	非對流雲	卷雲	對流雲	非對流雲	卷雲	對流雲	非對流雲	卷雲	對流雲	非對流雲	卷雲	對流雲	非對流雲	卷雲	象限 I	象限 II	象限 III	象限 IV
時	0000	1.20	1.23	1.97	0.65	1.30	1.98	0.98	1.33	2.13	1.76	1.62	2.69	4.59	5.48	8.77	3.83	3.68	3.64	5.62
間	1200	0.83	1.42	1.78	0.72	1.15	2.28	0.88	1.43	2.07	1.13	1.87	2.65	3.56	5.87	8.78	3.86	3.80	3.63	5.14
平	均	1.03	1.33	1.87	0.69	1.22	2.11	0.93	1.38	2.10	1.45	1.75	2.67	4.10	5.68	8.75	3.84	3.74	3.64	5.23

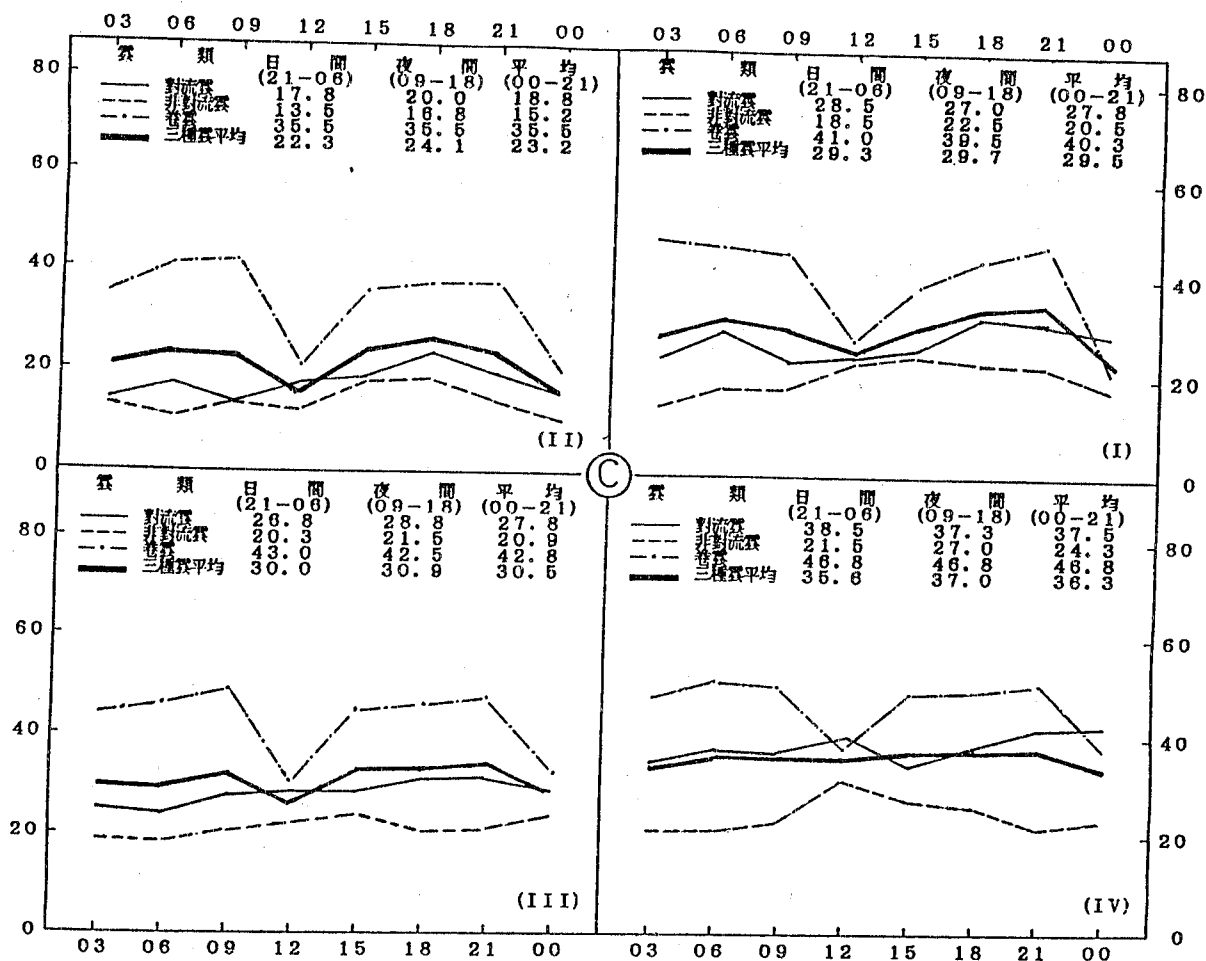


圖3 各雲類在不同象限發生次數之日夜變化，橫座標為觀測時間（UTC），縱座標為各雲類在各時間間距發生次數百分比。圖中I、II、III及IV表冷渦象限。圖中央字母C表冷渦中心。

Fig. 3. The diurnal variations of the frequencies for the various cloud types in four quadrants. X axis is observational time in UTC, and Y axis is the percentage of the occurrence for the four various cloud types at 3-h intervals. I, II, III and IV represent the four quadrants and the letter C at the central part of the figure indicates the center of cold vortices.

Wake Island及Truk 3~5月降雨日變化的結果一致。

圖4為各象限內各雲類所佔總面積除以該象限三種雲類總出現次數之平均出現面積（或平均雲量）。就對流雲（圖4a）而言，面積最大在東南象限，最小在西北象限，東北及西南象限大小相當。面積大小隨時間之變化以東南象限者最大，該象限面積最大發生在中午（0300UTC；1100~1400LST），次大在深夜至清晨（1800UTC；0200~0500LST），相對最小則在傍晚至午夜（0900~1500UTC；1700~0200LST）；其餘三個象限之變化雖不大，但均俱有最大在深夜至上午（1800~2100UTC；0200~0800LST），而

最小在下午至入夜（0600~0900UTC；1400~2000LST）。非對流雲之日夜變化（見圖4b）與對流雲者（見圖4a）大異其趣，不論任何象限，面積最大者發生在入夜（1200UTC；2000~2300LST），次大在上午（0000UTC；0800~1100LST）（西北象限除外），中午至傍晚（0300~0900UTC；1100~2000LST）及深夜至日出（1500~2100UTC；2300~0800LST）為相對最小。卷雲在各時間雲面積最大在東南象限，最小在西北象限。東北及西南象限者大小相當，唯除在1200UTC（2000~2300LST）前者稍小於後者外，其他時間為在東北象限之雲面積大於西南象限。不論那一象限卷雲面積隨時間之

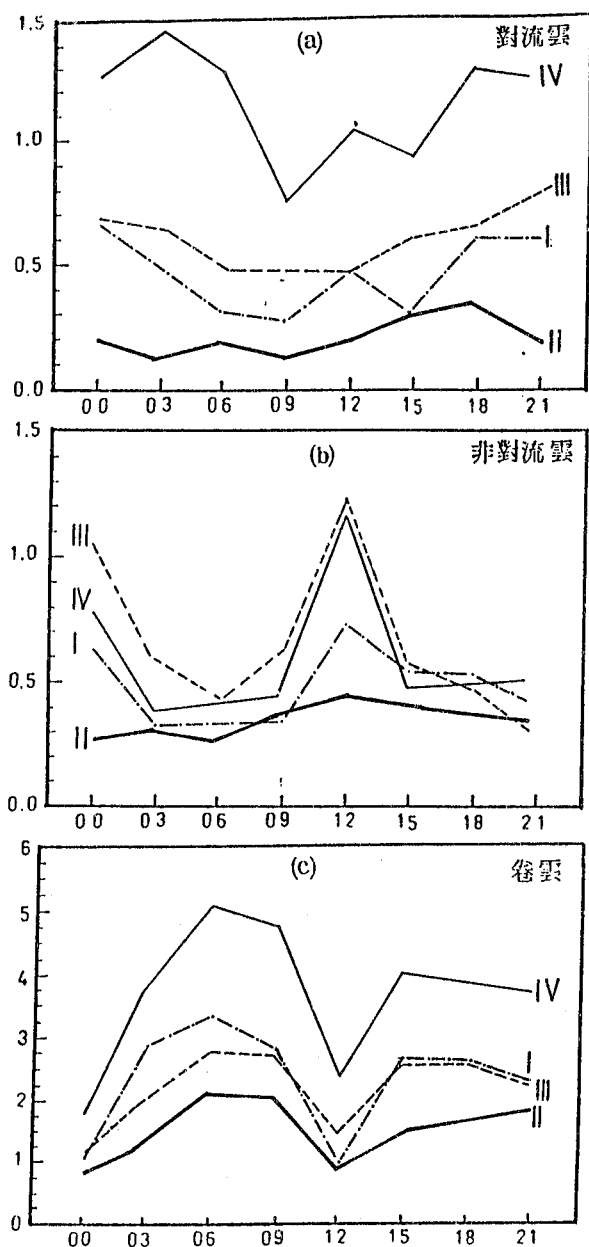


圖 4 各象限內各雲類之平均出現面積/雲量 (即總出現面積和除以總出現次數) 之日夜變化。Y 軸為面積 (單位: 1 緯度×1 經度; $12.3 \times 10^3 \text{ km}^2$), X 軸為觀測時間 (UTC)。(a) 對流雲, (b) 非對流雲, (c) 卷雲。

Fig. 4. The diurnal variations of cloud-covered area for the various clouds in four quadrants/cloud amount (that is, the total area of cloud divided by the total number of occurrence). Y axis is area (unit: $1^\circ \text{ lat} \times 1^\circ \text{ long}$; $12.3 \times 10^3 \text{ km}^2$), X axis is observational time in UTC. (a) convective cloud, (b) non-convective cloud and (c) cirrus cloud.

變化均十分一致, 均在午後 (0600UTC; 1400 ~ 1700LST) 達最大, 深夜至日出 (1500 ~ 2100UTC; 2300 ~ 0800LST) 達次大, 入夜 (1200UTC; 2000 ~ 2300LST) 為最小。

各象限內三種雲類之面積平均之和 (即圖 4 a ~ c 三種雲面積之和) 之日夜變化如圖 5。最大面積發生在東南象限, 最小在西北象限, 東北及西南象限者相近。同時, 不論在何象限, 雲面積自日出後增加, 至午後 (0600UTC; 1400 ~ 1700LST) 達最大並持續至傍晚 (0900UTC; 1700 ~ 2000LST) 後加速縮小, 至入夜 (1200UTC; 2000 ~ 2300LST) 為最小, 深夜至清晨 (1500 UTC; 2300 ~ 0200LST) 達次大並持續至太陽上升前 (2100UTC; 0500 ~ 0800LST)。

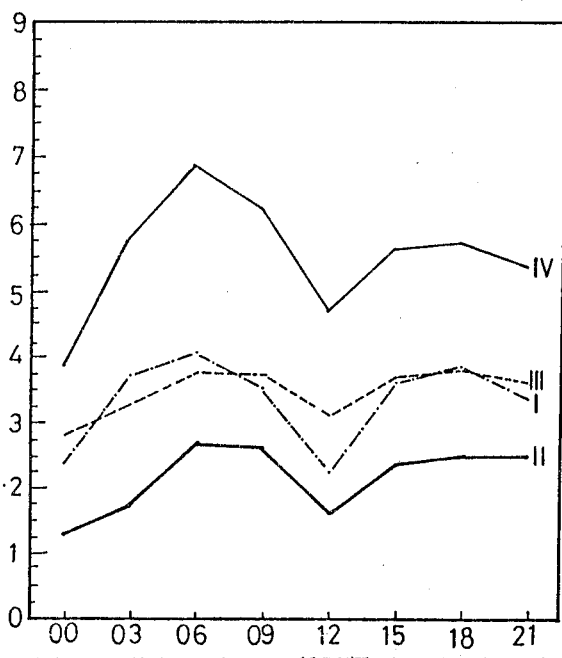


圖 5 同圖 4, 但為三種雲類面積平均之和 (即圖 4 a ~ c 三種雲之和)。

Fig. 5. Same as Fig. 4, but for the sum of the three types of clouds (that is, the sum of Fig. 4a-c).

由以上分析顯示, 各雲類發生次數在東南象限最多, 在西北象限最少, 且夜間多於日間 (卷雲為日間多於夜間除外)。且不論何時, 發生次數均為卷雲最多, 對流雲次之, 非對流雲最少。就對流雲之日變化而言, 在東北及西北象限之變化一致, 西南和東南象限之變化則接近。前者發生次數自傍晚

增加至清晨達最多；後者自午後增加並持續至早晨。非對流雲亦有類似的特性。卷雲則大異其趣，均自傍晚開始減少至午夜前達最少後增加，至清晨達最多後減少，呈明顯的雙峯型，唯在各象限變化十分接近。

除非對流雲外，其他兩種雲類之面積均以在東南象限最大，西北象限最小。對流雲面積之日夜變化亦以在東南象限最大，該區其最大範圍發生在中午，次大在深夜至早晨，相對最小在傍晚至午夜。東南象限之卷雲面積在午後達最大，深夜至日出次大，入夜為最小。該區非對流雲面積在傍晚至午夜前及上午為相對最大，中午至傍晚及深夜至日出為相對最小。三種雲類平均面積總和以在東南象限最

大，西北象限最小。不論在何象限均俱有午後（0600UTC；1400~1700LST）最大，深夜至清晨（1500UTC；2300~0500LST）次大之明顯日夜變化；此種變化可能與氣壓半日波有所關聯（Brier and Simpson, 1969）。

四生命階段：

表四為10個高空冷渦在各生命階段之各象限內各雲類出現次數及其占各生命階段總資料數（加強期：177期，成熟期：105，減弱期：193）之百分比（即發生頻率）及相關統計，就冷渦環流範圍內而言，不論在任何生命階段，發生機率以卷雲最高，對流雲次之，非對流雲最少。同時，除非對流雲在減弱期稍大於成熟期外，其餘均以成熟期最大

表四 各生命階段不同雲類在各象限內出現次數與其佔該階段總資料數百分比（加強期：177，成熟期：105，減弱期：193）及冷渦環流內不同雲類出現次數總和及平均百分比與各象限內三種雲類總出現次數平均之百分比。

Table 4. The frequencies for the various cloud types in four quadrants at different stages and percentage occurrence at each stage (intensifying: 177, maturing: 105, weakening: 193).

象 限		I			II			III			IV			I+II+III+IV			各 雲 類 總 和				總 和
生 命 期	雲 類 頻 率	對 流 雲	非 對 流	卷 雲	對 流 雲	非 對 流	卷 雲	對 流 雲	非 對 流	卷 雲	對 流 雲	非 對 流	卷 雲	對 流 雲	非 對 流	卷 雲	象 限 I	象 限 II	象 限 III	象 限 IV	I + II + III + IV
	次 數	71	46	112	55	27	96	55	52	116	103	71	135	284	196	459	229	178	223	309	939
加 強 期	%	40.1	26.0	63.3	31.1	15.3	54.2	31.1	29.4	65.5	58.2	40.1	76.3	40.1	27.7	64.8	43.1	33.5	42.0	58.2	44.2
成 熟 期	次 數	68	50	92	40	28	64	79	43	88	99	58	99	286	179	343	210	132	210	256	808
	%	64.8	47.6	87.6	38.1	26.7	61.0	75.2	41.0	83.8	94.3	55.2	94.3	68.1	42.6	81.7	66.7	41.9	66.7	81.3	64.1
減 弱 期	次 數	99	105	135	74	83	131	122	100	159	149	81	168	444	369	593	339	280	381	398	1406
	%	51.3	54.4	69.9	38.3	43.0	67.9	63.2	51.8	82.4	77.2	42.0	87.0	57.5	47.8	76.8	58.5	49.7	65.8	68.7	60.7

表五 冷渦不同生命階段之各雲類在各象限內發生次數佔冷渦環流範圍內之各雲類資料數百分比（見表四），佔所有雲類總出現次數（見表四）百分比與各象限內三種雲類平均百分比。

Table 5. The percentage of the number occurrence for each cloud types in each quadrant to the total number of that cloud type over the vortex domain at different stage (see Table 4).

象限	I			II			III			IV			佔總數出 現 次 數 %			各類雲類平均百分比			
雲 類	對 流 雲	非 對 流 雲	卷 雲	對 流 雲	非 對 流 雲	卷 雲	對 流 雲	非 對 流 雲	卷 雲	對 流 雲	非 對 流 雲	卷 雲	對 流 雲	非 對 流 雲	卷 雲	象 限 I	象 限 II	象 限 III	象 限 IV
加強期	25.0	23.5	24.4	19.4	13.8	20.9	19.4	26.5	25.3	36.3	36.2	29.4	30.2	20.9	48.9	24.3	18.0	23.7	34.0
成熟期	23.8	27.9	26.8	14.0	15.6	18.7	27.6	24.0	25.7	34.6	32.4	28.9	35.4	22.2	42.5	26.2	16.1	25.8	32.0
減弱期	22.3	28.5	22.8	16.7	22.5	22.1	27.5	27.1	26.8	33.6	22.0	28.3	31.6	26.3	42.2	24.5	20.4	27.1	28.0

(尤其對流雲增加比率最大約50%)，減弱期次之，加強期最少。在各象限內所有雲類之平均發生機率(即各象限內三種雲類發生機率平均)顯示，除西北象限外，均以成熟期最大，減弱期次之，加強期最少；不論任何生命階段，發生機率均以在東南象限最多，西北象限最少，東北及西南象限相近。各生命階段各雲類在各象限發生機率，除在減弱階段之非對流雲為東北象限最大，東南象限最小外，其餘均以東南象限最大，西北象限最小。一般而言，對流雲及卷雲之發生機率均以成熟期最大，減弱期次之。周(1989)以環繞高空冷渦之南支強風軸 $\geq 50\text{kt}$ 且持續一天以上之條件，選取高空冷渦生命期在4.5天以上之24個個案亦顯示卷雲和對流雲在成熟期出現比率最多，消散期次之，及非對流雲在消散期比率最多，成熟期次之之類似結果。

表五為高空冷渦在各生命階段各象限內不同雲類出現次數佔冷渦環流內各雲類資料數百分比，占所有雲類總出現次數(參見表四)之百分比，與各象限內三種雲類總出現次數及平均百分比。除非對流雲外，不論在任何生命階段，出現次數均以在東南象限最多，西北象限最少，而東北及西南象限則相近。就高空冷渦環流內，不論在任何生命階段均以卷雲出現機率最大，對流雲次之，非對流雲最少。然而，此種關係在各象限則不明顯。但若以各象限各雲類發生次數佔各象限三種雲類總發生次數之百分比(見表六)而言，對流雲發生機率，除在西北象限為加強期較成熟期稍多外，其餘象限均以在成熟期最多。非對流雲除在東南象限外，均以減弱期最多。各象限之卷雲則均以加強期最多。顯見在成熟期有較多的深對流，而減弱期則多為較穩定的

表六 各象限內各雲類發生次數佔各象限內三種雲類總發生次數(加強期；I：229，II：278，III：223，IV：309；成熟期；I：210，II：132，III：210，IV：256；減弱期；I：339，II：288，III：381，IV：398)之百分比。

Table 6. The percentage of number occurrence for each cloud type to that all cloud types in each quadrant (intensifying, I: 209, II: 278, III: 223, IV: 309; maturing, I: 210, II: 132, III: 210, IV: 256; weakening, I: 339, II: 288, III: 381, IV: 398).

象 限	I			II			III			IV			(I+II+III+IV)/4		
雲 類	對 流 雲	非 對 流	卷 雲	對 流 雲	非 對 流	卷 雲	對 流 雲	非 對 流	卷 雲	對 流 雲	非 對 流	卷 雲	對 流 雲	非 對 流	卷 雲
加 強 期	31.0	20.1	48.9	30.9	15.2	53.9	24.7	23.3	52.0	33.3	23.0	43.7	30.0	20.4	49.6
成 熟 期	32.4	23.8	43.8	30.3	21.2	48.5	37.6	20.5	41.9	38.7	22.7	38.7	34.8	22.1	43.2
減 弱 期	29.2	31.0	39.8	25.7	28.8	45.5	32.0	26.2	41.7	37.4	20.4	42.2	31.1	26.6	42.3

層狀雲。

表七為冷渦不同生命階段不同雲類在各象限內之平均出現面積，在冷渦環流範圍內的平均出現面積及各象限內三種雲類平均出現面積總和。在冷渦環流內，對流雲之面積由加強期至成熟期顯著擴大(增加167.3%)，至減弱期又迅速縮小(減少52.4%)，卷雲亦與對流雲相似由加強期至成熟期擴大後減小，唯變化不大，非對流雲則由加強期向減弱期增加。對流雲在成熟期之顯著增加顯然與該期俱有最大上升運動有關，而非對流雲在減弱期

之迅速擴大，可能因此期上升運動較弱，甚或為下降運動抑制對流雲發展的結果。就雲面積在不同象限之變化而言，對流雲除在西南象限(減弱期大於成熟期)及東北象限(加強期大於減弱期)外，均以成熟期最大，減弱期次之，加強期最小。非對流雲在東北象限除成熟期稍大於減弱期外，均以減弱期最大，成熟期次之，加強期最小，卷雲之變化則較不規則，但一般而言以成熟期最大，加強期次之，減弱期最小。三種雲類在各象限總和，不論任何生命階段，雲面積均以東南象限最大，西北象限最

表七 冷渦不同生命階段之各雲類在各象限內平均出現面積（即總面積除以資料數）、在冷渦環流範圍內不同雲類平均出現面積與各象限內三種雲類平均出現面積總和（單位：1 經度×1 緯度； $12.3 \times 10^3 \text{ km}^2$ ）。

Table 7. The averaged area of each cloud type in each quadrant at different stage (that is, total area divided by the data numbers) (unit: $1^\circ \text{ lat} \times 1^\circ \text{ long}$; $12.3 \times 10^3 \text{ KM}^2$).

象 限	I			II			III			IV			(I+II+III+IV)			各雲類範圍平均和				平 均 總 和
雲 類	對 流 雲	非 對 流	卷 雲	對 流 雲	非 對 流	卷 雲	對 流 雲	非 對 流	卷 雲	對 流 雲	非 對 流	卷 雲	對 流 雲	非 對 流	卷 雲	象 限 I	象 限 II	象 限 III	象 限 IV	
加強期	0.71	0.50	2.22	0.61	0.34	2.14	0.71	0.57	3.37	0.91	1.05	4.94	2.94	2.46	12.67	6.07	3.09	4.65	6.90	20.71
成熟期	1.38	1.26	3.39	0.71	0.63	2.39	1.27	1.64	2.80	3.12	1.55	4.47	7.86	5.08	13.05	6.03	3.73	5.71	9.14	24.61
減弱期	0.46	1.12	2.77	0.63	1.79	2.08	1.53	2.82	2.97	1.12	1.57	3.61	3.74	7.30	11.43	4.35	4.50	7.32	6.30	22.47

小。

由上分析顯示，冷渦環流內之雲類分布，不論在任何生命階段均以卷雲最多，對流雲次之，非對流雲最少。各雲類及其總和在冷渦生命階段之變化，不論在那一生命階段均以在東南象限發生最多，且範圍最大，西北象限最少範圍亦最小（非對流雲除外）。對流雲及卷雲在各象限出現次數均在成熟期最多（西北象限除外）。對流雲範圍自加強期迅速擴大至成熟期達最大後迅速縮小，非對流雲由加強期至減弱期增大，卷雲則變化不大。此種變化似在反應各生命階段伴隨垂直運動之變化。

(五)對台灣天氣之影響：

陳等（1990）分析1985年9月及1986年8月兩個高空冷渦中心登陸台灣個案。1985年9月之高空冷渦於9～12日影響台灣，其中心位於11日通過台灣中部，導致台灣地區普遍雷陣雨並夾帶冰雹，唯最大雨量發生在台灣南／東南部，即在冷渦之東南象限。1986年8月之高空冷渦於13～14日影響台灣，冷渦中心於14日通過台灣南部，雖然本省大部份測站均有降雨記錄，唯最大對流性降雨發生在大武至蘭嶼一帶，亦顯示在冷渦之東南象限有最大對流。

由上述兩個個案分析及本文研究結果顯示，當冷渦移至台灣上空或附近時，降雨強度端視被影響地區在冷渦之象限，影響時刻及冷渦之生命階段而定，若台灣某一地區在冷渦東南象限及成熟時刻再配合中午或夜間，則該地區劇烈天氣似可預期。

四、總 結

本文利用紅外線衛星資料，分析1982～1987年暖月（6～10月）60個高空冷渦，並分析伴隨此等冷渦雲系之發生頻率、大小、日夜變化、不同生命階段之氣候特徵，及此種天氣系統對台灣天氣之影響，初步結果如下：

1. 伴隨高空冷渦之雲系以發生在東南象限之機率最大，雲面積（雲量）亦最大，在西北象限之機率最小面積亦最小，此應與高空冷渦東南象限為主要上升運動區，西北象限為上升運動最弱或較少出現區有關。
2. 伴隨高空冷渦雲系日夜變化顯示，不論何時，卷雲發生次數最多，對流雲次之，非對流雲最少。然而對流雲與非對流雲之變化特性類似；即東北和西北象限變化一致，及西南和東南象限變化相近。在東北及西北象限者為發生次數自傍晚增加至清晨達最多，在西南及東南象限者為自午後增加並持續至清晨。卷雲之變化則與前兩雲類大異其趣，但在各象限之變化十分接近，均自傍晚開始減少至午夜前達最小後增加至清晨為最多後減少，呈明顯的雙峯型。
3. 卷雲和對流雲範圍之日夜變化均以在東南象限最大，西北象限最小。對流雲面積隨時間變化亦以東南象限最大，最大範圍發生在中午，次大在深夜至清晨，相對最小在傍晚至午夜。卷雲面積在午後達最大，深夜至日出次之，而入夜為最小。非對流雲面積最大發生在傍晚至午夜前及上午為

相對最大，中午至傍晚及深夜至日出為相對最小。三種雲類面積和顯示，不論任何象限均俱有午後最大，深夜次大之明顯日夜變化，此似與半日潮有密切關係。

4.就冷渦生命階段而言，不論在何生命階段各雲類及其總和以東南象限發生機率最大，雲面積最大，西北象限機率最小，且雲面積最小。對流雲之範圍自加強期迅速擴大，至成熟期達最大後迅速縮小，非對流雲由加強期至減弱期增大，卷雲變化則不大。

5.高空冷渦在台灣或附近時，台灣地區之天氣端視影響地區所在冷渦現象限、冷渦所處時間以及生命階段而定，例如在東南象限及成熟階段再配合中午或深夜至日出，則該地區劇烈天氣似可預期。

致 謝

本研究承中央氣象局氣象衛星中心何景輝、吳倩雯、苟潔予及行政院環保署周蘭芬諸位之協助，中央氣象局提供資料及使用設備之方便，於此敬表謝忱。本文在中央氣象局七十八年度委託計畫 CW B 78-01-06 補助下完成。

參考文獻

周蘭芬，1989：西太平洋高層冷心低壓之研究。國立台灣大學大氣科學研究所碩士論文。77頁。

俞家忠與劉廣英，1980：1979年5月～1980年4月份間台灣地區重要天氣之檢討分析。大氣科學，7，94-102。

陳泰然、紀水上、吳樹旺與苟潔予，1988：高層冷心低壓之定位分析。氣象學報，34，3，175-187。

陳泰然、紀水上、苟潔予、吳樹旺與鄒中惠，1989：高層冷心低壓之綜觀氣候研究。氣象學報，35，1，31-41。

陳泰然、陳來發、周蘭芬與李育棋，1988：1985與1986年暖季西太平洋高層冷心低壓之初步分析。氣象學報，34，1，275-284。

陳泰然、陳來發與周蘭芬等，1990：伴隨雷雨天氣之高層冷心低壓研究。氣象學報，36，1，1-21。

Albright, M.D., E.E. Recker, R.J. Reed and R. Dang, 1985: The diurnal variation of deep convection and inferred precipitation in the central tropical Pacific during January-February 1979. Mon. Wea. Rev., 113, 1663-1680.

Atkinson, G.D., 1971: Forecasters' Guide to tropical meteorology. Tech. Report 240, Air Weather Service, U.S. Air Force.

Brier, G.W. and J. Simpson, 1969: Tropical cloudiness and rainfall related to pressure and tidal variations. Quart. J. Roy. Met Soc., 95, 120-147.

Gray, W. M. and R. W. Jacobson Jr., 1977: Diurnal variation of deep cumulus convection. Mon. Wea. Rev., 105, 1171-1188.

Kelly, W.E., and D.R. Mack, 1982: A diagnostic study of upper tropospheric cold lows over the Western North Pacific. Mon. Wea. Rev. 110, 471-480.

Sadler, J.C., 1976: A role of the Tropical Upper Tropospheric Trough in early season typhoon development. Mon. Wea. Rev., 104, 1266-1278.

———, 1978: Mid-season typhoon development and intensity change and the Tropical Upper Tropospheric Trough. Mon. Wea. Rev., 106, 1137-1152.

Shimamura, M., 1981: The Upper Tropospheric cold lows in the Northwestern Pacific as revealed in the GMS satellite data. Geophysic mag., 39, 119-156.

———, 1982: An application of GMS satellite data in the analysis of the upper cold low in the Western North Pacific. Geophysic mag., 49, 113-151.

THE EFFECTS OF COLD CORE LOWS ON TAIWAN WEATHER IN WARM MONTHS

George Tai-Jen Chen

Department of Atmospheric Sciences
National Taiwan University

Shui-Shang Chi

Meteorological Satellite Center
Central Weather Bureau

ABSTRACT

Sixty cases of the upper-level cold core lows in the warm months (June-October) of 1982-1987 were selected to study the frequency, size and diurnal variations of the associated cloud systems. The climatological characteristics of the clouds during the life cycle of the vortex and the effects of vortex on Taiwan weather were also investigated using infrared satellite imageries. Results showed that the frequency and area coverage of the clouds reached a maximum in the southeastern quadrant of the vortex and a minimum in the northwestern quadrant. This tended to indicate the distribution of the vertical motions within the vortex. The averaged 'total area coverage of all kinds of clouds in each quadrant possessed an obvious diurnal variation with a primary maximum in the afternoon (1400-1700 LST) and a secondary maximum in the early morning (2300-0200 LST). This variation correlated quite well with the semi-diurnal pressure wave.

Results also showed that the area of convective cloud increased rapidly from its intensifying stage to the mature stage, then decreased. Area of non-convective clouds increased gradually from intensifying to weakening stages. The area of cirrus clouds only changed slightly throughout the life span of vortex. The variation of cloud area again indicated the distribution and intensity of vertical motion at different stages within the vortex. The effects of cold vortex on Taiwan weather depends on the relative location with respect to the vortex, affecting time of the day and the life stage of the vortex. For example, in case of a cold vortex located over the northwest of Taiwan at its mature stage in the afternoon or mid-night hours, the severe weather would be expected over the area to the SE quadrant of the vortex

Key words: cold core low, cold vortex, diurnal variation, semi-diurnal pressure wave

台灣地區氣象因子與甘蔗產蔗量和產糖量關係之研究

II 產糖量模式

張佑芳

中央氣象局農業氣象科

朱 鈞

台大農藝學研究所

教 授

彭雲明

台大農藝學研究所

副教授

摘 要

本研究之目的係利用複迴歸統計方法，探討台灣地區氣象因子與颱風對甘蔗產糖量之影響。期望藉由該些模式的建立，能做為農業保險於勘災、鑑定理賠之參考依據，以及農作物產量資訊來源之一主要方法。各模式所包括之氣象變數，以逐步迴歸篩選之，並加入二種災害指數探討颱風對甘蔗產糖量之影響。

本文所建立之各模式，其包括之時間虛擬變數、氣象變數和災害指數等自變數，計有四至十四個不等。各模式之自變數不盡相同，同地區不同類別之模式，亦如此。而各地區產糖量模式之時間虛擬變數的淨迴歸係數顯著性測驗，除花蓮地區之總計模式和自作模式及台東地區之自作模式外，其他模式均未達顯著水準。災害指數之淨迴歸係數顯著性測驗，除台東地區外，彰化地區之總計模式和自作模式與花蓮地區之總計模式和契約模式均達顯著水準。

各入選模式的決定係數（ R^2 ），彰化地區約在 0.33 至 0.82，花蓮地區約在 0.50 至 0.78，台東地區約在 0.47 至 0.57。其估算產糖量之誤差百分率，彰化地區約在 0.20 % 至 24.70 %，花蓮地區約在 0.46 % 至 20.96 %，台東地區約在 0.06 % 至 41.62 %。

關鍵詞：複迴歸、時間虛擬變數、氣象因子、災害指數、逐步迴歸、決定係數、矯正決定係數、產糖量模式。

一、前 言

甘蔗產糖量的多寡與甘蔗產蔗量之豐歉，彼此間雖非絕對地呈正的關係，但其仍有著密切的關連。而由於採收、處理作業和製糖過程極為繁雜且費時，以致常無法迅速取得產糖量之資料。因此，有些學者（Das 1932, Singh & Bapat 1988）^(10,20)則進行產蔗量之預測，以便能早期獲知產糖量的變異。作者先前所發表之產蔗量模式（張等 1990）⁽²⁾，其目的即在此。惟為能確實掌握產糖量之變化，亟須以統計方法建立其預測模式。

溫度和雨量對甘蔗產量有極大的影響，不同時期之雨水對蔗糖的影響亦各異⁽⁸⁾。Das (1929)⁽⁹⁾以夏威夷典型灌溉區 Ewa 十四年之資料，建立一產

糖量模式

$$Y = 7.18 + 0.158X + \epsilon$$

Y：單位產糖量（噸／英畝）

X：栽植年期（crop year）前二年十月氣溫較差

林等人（1989）⁽¹⁾採用二段迴歸（two-step regression）方法，建立 F146 及 F156 二品種春植、秋植和宿根之糖份含量預測模式。其利用氣象因子在甘蔗不同生長期之比重，進行迴歸分析。由分析結果顯示，只選用均溫、溫差、雨量和日射量等四項氣象自變數之模式的決定係數（ R^2 ），與選用十二項氣象自變數之模式者差異不大；其預測值之相對誤差約在 0 % 至 11 % 之間。

一般而言，多數之異常天氣對產量有不利的影

響。Nickell (1977)⁽¹⁷⁾ 提出當甘蔗葉片的中脈 (midrib) 因風害而受損彎曲時，其由葉片之運轉作用 (translocation) 約減少34%至38%。如中脈和葉身同時受損彎曲時，其運轉作用則會完全被抑制之。另一種常見之風害形式是葉片尾端呈破裂的現象，然其運轉作用受抑制之程度，約在50%以下。Moore & Osgood (1985, 1987)^(15, 16) 亦提出當甘蔗受大風 (gale) 或颶風 (hurricane) 影響時，其蔗莖會破裂或折斷、葉冠毀損、生長點折損或葉片破裂，亦會受鹽風害與水害影響。這些逆境常使其分蘖和側芽增多，且易受病菌感染等，而使其乾重減少、蔗汁品質變劣及產糖率降低。

因此，Moore et al. (1985, 1987)^(15, 16) 針對颶風對產糖量之影響，發展 H S P A 模式以估算蔗糖損失量。該模式須輸入之調查資料為蔗莖和葉片之毀損百分率及其蔗齡，再依下述三者：(1) 蔗莖生長的受阻 (stalk growth termination)⁽⁶⁾ (2) 代謝的耗損 (metabolic depletion)⁽¹³⁾ (3) 同化作用的減少 (reduced assimilation)⁽¹¹⁾，分別估算出蔗糖損失量，由此而獲得蔗糖損失總量估值。另以颶風來襲前五年之產糖量資料，建立一直線迴歸方程式為

$$Y = a + bX + e$$

Y：單位產糖量 (公噸/公頃)

X：時間虛擬變數

利用以上方程式估算出颶風侵襲後第一年度之“潛在產糖量”，再以該預測值扣除“蔗糖損失總量估值”，即得模式化產糖量估值。此一模式之準確性受年度和地區所影響，即第一年度預測值的準確性大於第二年度者，非灌溉區者又大於灌溉區者。

台灣地區每年遭受颶風侵襲的時期，多集中於七月至九月，此時正值甘蔗伸長期；一旦有颶風來襲，常會對其造成不同程度的傷害。重者可能使蔗莖毀損或發生水害或蔗田土壤流失，輕者可能使蔗莖發生倒伏或是蔗葉破裂等。

有鑑於此，本文的研究方針，即以復迴歸方法探討氣象因子及颶風災害對甘蔗產糖量之影響。期望藉由這些數學模式的建立，能做為農業保險於勘災、鑑定理賠之參考依據，以及建立作物產量資訊之一重要工具。

二、材料與方法

為減少不必要之誤差，本文僅選取彰化、花蓮和台東等三處原料蔗區之資料進行分析。因該三處原料蔗區其製糖方法歷年來均採用石灰法。

(一) 氣候

本文所利用之氣候資料來源為交通部中央氣象局所屬氣象站，台中、花蓮和台東等三站，自1958至1989年間之氣象觀測資料。

(二) 產量

本文所採用之1959至1989年歷年期原料蔗實際單位產糖量紀錄，係摘錄於台糖出版之“台灣糖業公司統計資料輯錄”第12號至42號 (1960 - 1990年)⁽³⁾。其中之自作產量係指台糖所屬自營農場之產糖量，契約產量則指與台糖訂有契約之蔗農的收穫所得，總計產量為自作產量與契約產量之和，除以二者之收穫總面積而得。

(三) 氣象變數的篩選

以 SAS PROC REG, SELECTION = STEPWISE, SLENTRY and SLSTAY 均為 0.15、0.2、0.3 和 0.4 之四種水準，分別篩選各地區產糖量模式的氣象變數 (表 1)，所獲得之入選氣象變數參見表 2。

(四) 模式的建立 (省略)

請參見已發表之產蔗量模式 (張等 1990)⁽²⁾。

$$\text{估算產糖量之誤差百分率} = \frac{|\text{估算產糖量} - \text{實際產糖量}|}{\text{實際產糖量}} \times 100\%$$

三、結 果

(一) 以颶風受害面積百分率定義之災害指數統計結果

於 F 檢定達 5% 或 1% 顯著水準之前提下，選擇具有較小誤差均方根，且自變數較少之模式，並參考決定係數 (R²) 之值；而決定入選產糖量模式。

彰化地區：總計、自作和契約之各類型產糖量模式之顯著性測驗，僅只有總計產糖量模式之 0.4 選拔水準、契約產糖量模式之 0.15 和 0.3 選拔水準下之對照模式和模式 I 達 1% 或 5% 顯著水準；

表1 台灣地區甘蔗產糖量模式之參選氣象自變數

Table 1 The weather predictors in selection for sugar yield model of sugarcane in Taiwan area.

氣 象 自 變 數	WEATHER PREDICTORS
X ₂ 分藥期總雨量 (mm)	Total Rainfall from Oct. to Apr.* (mm)
X ₃ 梅雨量 (mm)	Meiyu Rainfall (mm)
X ₄ 七月至十月總雨量 (mm)	Total Rainfall from Jul. to Oct. ≠ (mm)
X ₅ 全期總雨量 (mm)	Total Rainfall from Sept. to Oct.+(mm)
X ₆ 分藥期豪雨日數	No. of Days of Daily Rain ≥ 100 mm from Oct. to Apr.*
X ₇ 伸長期豪雨日數	No. of Days of Daily Rain ≥ 100 mm from May to Oct.≠
X ₈ 分藥期氣溫有效積溫 (°C)	Total Day-Degree of Air Temperature from Oct. to Apr.* (°C)
X ₉ 伸長期氣溫有效積溫 (°C)	Total Day-Degree of Air Temperature from May to Oct. ≠ (°C)
X ₁₀ 全期氣溫有效積溫 (°C)	Total Day-Degree of Air Temperature from Sept. to Oct.+(°C)
X ₁₁ 分藥期氣溫日較差均值 (°C)	Mean of Daily Range of Air Temperature from Oct. to Apr.* (°C)
X ₁₂ 伸長期氣溫日較差均值 (°C)	Mean of Daily Range of Air Temperature from May to Oct. ≠ (°C)
X ₁₃ 分藥期最低氣溫 ≤ 10 °C 日數	No. of Days of Daily Min. Air Temperature ≤ 10 °C from Oct. to Apr.*
X ₁₄ 分藥期總日照時數 (小時)	Total Sunshine from Oct. to Apr.* (hr)
X ₁₅ 全期總日照時數 (小時)	Total Sunshine from Sept. to Oct.+(hr)
X ₁₆ 全期總蒸發量 (mm)	Total Evaporation from Sept. to Oct.+(mm)
X ₁₇ 全期日平均風速均值 (m/s)	Mean of Daily Windspeed from Sept. to Oct.+
X ₁₈ 全期日最大瞬間風速 > 17.1 m/s 之日數	No. of Days of Daily Max. Instant Windspeed > 17.1 m/s from Sept. to Oct.+
X ₁₉ 分藥期濕度因子	Mean of Daily Humidity Factor from Oct. to Apr.*
X ₂₀ 伸長期濕度因子	Mean of Daily Humidity Factor from May to Oct. ≠
X ₂₁ 全期濕度因子	Mean of Daily Humidity Factor from Sept. to Oct.+
#X ₂₂ 全期 30 cm 土溫有效積溫 (°C)	Total Day-Degree of 30 cm Soil Temperature from Jan. to Oct. ≠ (°C)
X ₂₃ 全期 50 cm 土溫有效積溫 (°C)	Total Day-Degree of 50 cm Soil Temperature from Sept. to Oct.+(°C)

因資料不全，故該全期僅包括一月至十月。

* from Oct., 1958 to Apr., 1959, and so on.

+ from Sept., 1958 to Oct., 1959, and so on.

≠ in 1959, and so on.

表2 產糖量模式於不同逐步迴歸選拔水準下之入選氣象自變數

Table 2 The selected weather predictors for sugar yield model in different stepwise selection levels.

地 區 Region	類 別 Kind of yield	選拔水準# Selectin level	入 選 氣 象 自 變 數 Selected weather predictors
彰 化 Changhua	總 計 Total	+ 0.15	X ₁₆
		0.20	X ₁₆ X ₁₉ X ₉ X ₂₀
		0.30	X ₁₆ X ₁₉ X ₉ X ₂₀
		+ 0.40	X ₁₆ X ₁₉ X ₁₅ X ₉ X ₄ X ₂₂ X ₂₁
	自 作 M. F.	+ 0.15	X ₁₆ X ₁₂
		0.20	X ₁₆ X ₁₂ X ₉ X ₁₄
		0.30	X ₁₆ X ₁₂ X ₉ X ₁₄
		+ 0.40	X ₁₆ X ₁₂ X ₉ X ₁₄ X ₁₉ X ₄ X ₃ X ₁₈
	契 約 C. F.	+ 0.15	X ₁₀ X ₂₃
		0.20	X ₁₀ X ₂₃
		+ 0.30	X ₁₀ X ₁₆ X ₁₉ X ₈ X ₁₅ X ₂₁ X ₁₄ X ₄ X ₂₀ X ₇ X ₁₂ X ₂₂
		0.40	X ₁₀ X ₁₆ X ₁₉ X ₈ X ₁₅ X ₂₁ X ₁₄ X ₄ X ₂₀ X ₇ X ₁₂ X ₂₂ X ₂
花 蓮 Hualien	總 計 Total	+ 0.15	X ₁₆ X ₁₂ X ₄
		+ 0.20	X ₁₆ X ₄ X ₁₇ X ₂₃ X ₁₈
		+ 0.30	X ₁₆ X ₄ X ₁₇ X ₂₃ X ₁₈ X ₂₀
		0.40	X ₁₆ X ₄ X ₁₇ X ₂₃ X ₁₈ X ₂₀ X ₂ X ₁₄ X ₁₃
	自 作 M. F.	+ 0.15	X ₁₆ X ₁₄
		+ 0.20	X ₁₆ X ₄ X ₁₂ X ₆ X ₂₃ X ₁₅
		0.30	X ₁₆ X ₄ X ₁₂ X ₆ X ₂₃ X ₁₅
		0.40	X ₁₆ X ₄ X ₁₂ X ₆ X ₂₃ X ₁₅
	契 約 C. F.	+ 0.15	X ₁₇ X ₁₆ X ₂₃ X ₂₀ X ₁₈
		0.20	X ₁₇ X ₁₆ X ₂₃ X ₂₀ X ₁₈
		+ 0.30	X ₁₇ X ₁₆ X ₂₃ X ₂₀ X ₁₈ X ₄
		0.40	X ₁₇ X ₁₆ X ₂₃ X ₂₀ X ₁₈ X ₄
台 東 Taitung	總 計 Total	+ 0.15	X ₂₀ X ₈ X ₁₇
		0.20	X ₂₀ X ₈ X ₁₇
		+ 0.30	X ₂₀ X ₈ X ₁₇ X ₁₂ X ₁₁ X ₂₁ X ₂₂
		0.40	X ₂₀ X ₈ X ₁₇ X ₁₂ X ₁₁ X ₂₁ X ₂₂ X ₁₈
	自 作 M. F.	+ 0.15	X ₁₂ X ₄
		0.20	X ₁₂ X ₄
		+ 0.30	X ₁₂ X ₄ X ₁₉ X ₉ X ₂₀ X ₁₆
		0.40	X ₁₂ X ₄ X ₁₉ X ₉ X ₂₀ X ₁₆ X ₁₃
	契 約 C. F.	+ 0.15	X ₈ X ₂₀ X ₁₇
		+ 0.20	X ₈ X ₂₀ X ₁₇ X ₁₁ X ₁₂ X ₂₁
		+ 0.30	X ₈ X ₂₀ X ₁₇ X ₁₁ X ₁₂ X ₂₁ X ₂₂
		0.40	X ₈ X ₂₀ X ₁₇ X ₁₁ X ₁₂ X ₂₁ X ₂₂ X ₁₈ X ₁₉ X ₄

They include the SLENTRY and SLSTAY.

+ 建立產糖量模式之選拔水準

Selection level for building sugar yield model

其決定係數 (R^2) 約在 0.28 至 0.79 (表 3)。

花蓮地區：總計、自作和契約之各類型產糖量模式經 F 檢定顯示，總計和契約產糖量模式普遍達 1 % 或 5 % 顯著水準，自作產糖量模式只有 0.15 選拔水準之對照模式與模式 II 達 5 % 顯著水準；其決定係數 (R^2) 約在 0.30 至 0.73 (表 4)。

台東地區：總計、自作和契約各類型產糖量模式之顯著性測驗，僅有自作產糖量之各模式達 1 % 或 5 % 顯著水準，而總計和契約產糖量模式則普遍未達顯著水準；其決定係數 (R^2) 約在 0.31 至 0.71 (表 5)。

各地區之入選產糖量模式所包括之自變數分述於下：

彰化地區之入選總計產糖量模式計有九項自變數，包括時間虛擬變數、七月至十月總雨量、伸長期氣溫有效積溫、全期總日照時數、全期總蒸發量、分藥期濕度因子、全期濕度因子、全期 30 cm 土溫有效積溫與災害指數等。自作產糖量模式，則因其各評估模式均未達顯著水準，以致無法獲得可採用之模式。契約產糖量模式計有十三項自變數，其中七項與總計模式相同，另六項為伸長期豪雨日數、分藥期氣溫有效積溫、全期氣溫有效積溫、伸長期氣溫日較差均值、分藥期總日照時數與伸長期濕度因子。

花蓮地區選出之總計產糖量模式計有八項自變數，包括時間虛擬變數及其平方項、七月至十月總雨量、伸長期氣溫日較差均值及其平方項、全期蒸發量及其平方項和災害指數等；其中七月至十月總雨量之平方項的淨迴歸係數太小且未達顯著水準，故將其剔除之。自作產糖量模式計有七項自變數，包括時間虛擬變數及其平方項、分藥期總日照時數及其平方項、全期總蒸發量及其平方項與災害指數等。契約產糖量模式亦有七項自變數，包括時間虛擬變數、全期總蒸發量、全期日平均風速均值、全期日最大瞬間風速大於 17.1 m/s 之日數、伸長期濕度因子、全期 50 cm 土溫有效積溫與災害指數等。

台東地區選出之總計產糖量模式計有七項自變數，包括時間虛擬變數、分藥期氣溫有效積溫及其平方項、全期日平均風速均值及其平方項、伸長期濕度因子和災害指數等。自作產糖量模式計有六項

自變數，包括時間虛擬變數、七月至十月總雨量及其平方項、伸長期氣溫日較差均值及其平方項和災害指數等。契約產糖量模式所具有之自變數與總計產糖量模式相同，其中總計與契約產糖量模式中伸長期濕度因子之平方項的淨迴歸係數太小且未達顯著水準，故將其剔除。

上述各入選產糖量模式，除彰化地區外，其他地區普遍具有平方項之自變數。各模式之估算產糖量誤差百分率，彰化地區總計和契約產糖量模式分別為 0.68 % 至 25.48 % 和 0.22 % 至 18.5 %。花蓮地區總計、自作和契約產糖量模式分別為 0.92 % 至 18.23 %、0.38 % 至 20.23 % 和 0.20 % 至 23.56 %。台東地區總計、自作和契約產糖量模式分別為 0.61 % 至 18.91 %、0.02 % 至 41.62 % 和 0.06 % 至 19.98 %。

(二)以颱風強度、颱風登陸地點和災情定義之災害指數統計結果

各地區各模式之選擇依據與定義 1 颱風災害指數者相同。

彰化地區：各模式以 F 檢定顯示，除總計和自作產糖量 0.15 選拔水準之模式 I，總計產糖量 0.4 選拔水準之對照模式及模式 I 與 III，以及契約產糖量模式各選拔水準之對照模式和模式 I 達 1 % 或 5 % 顯著水準外，其他模式普遍未達 1 % 或 5 % 顯著水準；其決定係數 (R^2) 約在 0.27 至 0.82 (表 6)。

花蓮地區：各模式經 F 檢定顯示，總計和契約產糖量模式普遍達 1 % 或 5 % 顯著水準，自作產糖量模式只有 0.15 選拔水準之對照模式及模式 I 與模式 II 達 5 % 顯著水準；其決定係數 (R^2) 約在 0.30 至 0.79 (表 7)。

台東地區：各模式之 F 檢定與定義 1 颱風災害指數之結果大致相同，其決定係數 (R^2) 約在 0.31 至 0.76 (表 8)。

各地區之入選產糖量模式所包括之自變數分述於下：

彰化地區之入選總計產糖量模式所包括之自變數與定義 1 颱風災害指數之模式相同，惟其全期總日照時數之淨迴歸係數太小且未達顯著水準，故將其剔除。自作產糖量模式計有時間虛擬變數、伸長期氣溫日較差均值、全期總蒸發量與災害指數等四

表3 彰化地區定義1 颱風災害指數產糖量模式統計結果

Table 3 The statistical analysis of sugar yield model with typhoon disaster index defined by disaster area in Changhua region.

產量類別 Kind of yield	模 式 Model	選拔水準 Selection level	自變數個數 No. of Indep. Var.	決定系數 R^2	矯正決定系數 R^2_{adj}	誤差均方根 Root MSE	F Value
總 計 Total	CK	0.15	2	0.10	0.04	0.938	1.548
	I		3	0.15	0.06	0.928	1.586
	II		5	0.22	0.06	0.926	1.381
	III		4	0.18	0.05	0.930	1.400
	CK	0.40	8	0.50	0.31	0.793	2.630 *
	& I		9	0.58	0.39	0.747	3.051 *
	# II		15	0.66	0.29	0.803	1.803
	# III		14	0.63	0.28	0.808	1.823
自 作 M. F.	CK	0.15	3	0.19	0.10	0.936	2.087
	I		4	0.24	0.12	0.928	1.948
	II		7	0.28	0.06	0.959	1.247
	III		6	0.27	0.08	0.945	1.440
	CK	0.40	9	0.45	0.20	0.883	1.805
	I		10	0.51	0.25	0.855	1.965
	# II		17	0.73	0.34	0.802	1.875
	# III		16	0.73	0.39	0.771	1.158
契 約 C. F.	CK	0.15	3	0.28	0.19	1.191	3.308 *
	I		4	0.31	0.20	1.187	2.792 *
	II		7	0.34	0.13	1.234	1.635
	III		6	0.31	0.13	1.236	1.726
	& CK	0.30	13	0.79	0.61	0.826	4.505 **
	I		14	0.79	0.59	0.853	3.933 **
	# II		24	0.93	0.60	0.838	2.813
	# III		23	0.83	0.16	1.217	1.234

& Selected model

Model is not full rank.

* and ** Significant at 5% and 1% level, respectively.

CK model $Y = a + bX_1 + \sum c_i X_i + e$

Model I $Y = a + bX_1 + \sum c_i X_i + dDI_1 + e$

Model II $Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_1^2 + \sum c_i X_i + \sum d_i X_i^2 + eDI_1 + e$

Model III $Y = a + b_1 X_1 + \sum c_i X_i + \sum d_i X_i^2 + eDI_1 + e$

表 4 花蓮地區定義 1 颱風災害指數產糖量模式統計結果

Table 4 The statistical analysis of sugar yield model with typhoon disaster index defined by disaster area in Hualien region.

產量類別 Kind of yield	模 式 Model	選拔水準 Selection level	自變數個數 No. of Indep. Var.	決定系數 R^2	矯正決定系數 R^2_{adj}	誤差均方根 Root MSE	F Value
總 計 Total	CK	0.15	4	0.23	0.11	0.764	1.909
	I		5	0.28	0.13	0.757	1.852
	& II		9	0.58	0.39	0.635	3.024 *
	III	0.20	8	0.32	0.06	0.787	1.220
	CK		6	0.49	0.36	0.650	3.682 *
	I		7	0.52	0.37	0.644	3.431 *
	II	0.30	13	0.68	0.42	0.615	2.646 *
	III		12	0.58	0.29	0.685	1.969
	CK		7	0.51	0.36	0.650	3.305 *
	I	0.30	8	0.52	0.34	0.657	2.896 *
	II		15	0.72	0.43	0.614	2.439
	III		14	0.61	0.25	0.702	1.692
自 作 M. F.	CK	0.15	3	0.30	0.22	0.717	3.754 *
	I		4	0.30	0.19	0.730	2.740
	& II		7	0.49	0.32	0.669	2.963 *
	III	0.20	6	0.32	0.15	0.750	1.838
	CK		7	0.37	0.17	0.739	1.861
	I		8	0.37	0.13	0.756	1.558
	# II	0.30	14	0.63	0.28	0.691	1.794
	# III		13	0.48	0.06	0.788	1.137
契 約 C. F.	CK	0.15	6	0.55	0.43	0.682	4.621 **
	& I		7	0.57	0.43	0.683	4.083 **
	II		13	0.71	0.47	0.655	3.062 *
	III	0.30	12	0.65	0.40	0.698	2.619 *
	CK		7	0.56	0.41	0.690	3.937 **
	I		8	0.57	0.40	0.697	3.434 *
	II	0.30	15	0.73	0.44	0.676	2.510 *
	III		14	0.67	0.36	0.723	2.148

& Selected model

Model is not full rank.

*and** Significant at 5% and 1% level, respectively.

CK model $Y = a + bX_1 + \sum c_i X_i + \epsilon$

Model I $Y = a + bX_1 + \sum c_i X_i + dDI_1 + \epsilon$

Model II $Y = a + bX_1 + b_2 X_1^2 + \sum c_i X_i + \sum d_i X_i^2 + eDI_1 + \epsilon$

Model III $Y = a + b_1 X_1 + \sum c_i X_i + \sum d_i X_i^2 + eDI_1 + \epsilon$

表 5 台東地區定義 1 颱風災害指數產糖量模式統計結果

Table 5 The statistical analysis of sugar yield model with typhoon disaster index defined by disaster area in Taitung region.

產量類別 Kind of yield	模 式 Model	選拔水準 Selection level	自變數個數 No. of Indep. Var.	決定係數 R ²	矯正決定係數 R ² _{adj}	誤差均方根 Root MSE	F Value
總 計 Total	CK	0.15	4	0.30	0.18	1.068	2.635
	I		5	0.31	0.17	1.077	2.196
	II		9	0.51	0.29	0.996	2.322
	& III	0.30	8	0.50	0.32	0.978	2.676 *
	CK		8	0.46	0.25	1.022	2.227
	I		9	0.49	0.26	1.020	2.111
	# II		16	0.68	0.29	0.998	1.734
	# III		15	0.68	0.34	0.963	1.983
自 作 M. F.	CK	0.15	3	0.45	0.39	0.939	7.053 **
	I		4	0.47	0.39	0.936	5.625 **
	II		7	0.57	0.44	0.899	4.212 **
	& III	0.30	6	0.57	0.46	0.882	5.070 **
	CK		7	0.51	0.36	0.960	3.308 *
	I		8	0.53	0.35	0.963	2.987 *
	# II		14	0.71	0.43	0.904	2.568 *
	# III		13	0.70	0.46	0.880	2.906 *
契 約 C. F.	CK	0.15	4	0.31	0.20	1.131	2.862 *
	I		5	0.32	0.18	1.146	2.303
	II		9	0.54	0.33	1.040	2.568 *
	& III	0.20	8	0.53	0.35	1.020	2.978 *
	CK		7	0.43	0.25	1.096	2.406
	I		8	0.45	0.24	1.105	2.153
	II		15	0.67	0.31	1.053	1.874
	III		14	0.66	0.35	1.022	2.120
	CK	0.30	8	0.45	0.24	1.103	2.167
	I		9	0.47	0.23	1.110	1.980
	# II		16	0.68	0.28	1.077	1.699
	# III		15	0.68	0.33	1.039	1.950

& Selected model

Model is not full rank.

* and ** Significant at 5% and 1% level, respectively.

CK model $Y = a + bX_1 + \sum c_i X_i + \epsilon$

Model I $Y = a + bX_1 + \sum c_i X_i + dDI_1 + \epsilon$

Model II $Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_1^2 + \sum c_i X_i + \sum d_i X_i^2 + eDI_1 + \epsilon$

Model III $Y = a + b_1 X_1 + \sum c_i X_i + \sum d_i X_i^2 + eDI_1 + \epsilon$

表 6 彰化地區定義 2 颱風災害指數產糖量模式統計結果

Table 6 The statistical analysis of sugar yield model with typhoon disaster index defined by strength, landing and disaster of typhoon attacking Taiwan in Changhua region.

產量類別 Kind of yield	模 式 Model	選拔水準 Selection level	自變數個數 No. of Indep. Var.	決定系數 R ²	矯正決定系數 R ² _{adj}	誤差均方根 Root MSE	F Value
總 計 Total	CK	0.15	2	0.10	0.04	0.938	1.548
	I		3	0.27	0.19	0.860	3.263 *
	II		5	0.31	0.17	0.870	2.199
	III		4	0.29	0.17	0.870	2.493
	CK	0.40	8	0.50	0.31	0.793	2.630 *
	& I		9	0.68	0.54	0.648	4.780 **
	# II		15	0.72	0.43	0.721	2.458
	# III		14	0.72	0.46	0.704	2.748 *
自 作 M. F.	CK	0.15	3	0.19	0.10	0.936	2.087
	& I		4	0.33	0.23	0.869	3.111 *
	II		7	0.34	0.13	0.919	1.637
	III		6	0.34	0.17	0.901	1.960
	CK	0.40	9	0.45	0.20	0.883	1.805
	I		10	0.53	0.28	0.839	2.117
	# II		17	0.75	0.39	0.774	2.070
	# III		16	0.74	0.43	0.745	2.365
契 約 C. F.	CK	0.15	3	0.28	0.19	1.191	3.308 *
	I		4	0.39	0.29	1.113	4.025 *
	II		7	0.41	0.22	1.168	2.194
	III		6	0.40	0.24	1.157	2.510
	CK	0.30	13	0.79	0.61	0.826	4.505 **
	& I		14	0.82	0.65	0.788	4.787 **
	# II		24	0.92	0.51	0.923	2.282
	# III		23	0.87	0.35	1.069	1.675

& Selected model

Model is not full rank.

* and ** Significant at 5% 1% level, respectively.

CK model $Y = a + bX_1 + \sum c_i X_i + e$

Model I $Y = a + bX_1 + \sum c_i X_i + dDI_2 + e$

Model II $Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_1^2 + \sum c_i X_i + \sum d_i X_i^2 + eDI_2 + e$

Model III $Y = a + b_1 X_1 + \sum c_i X_i + \sum d_i X_i^2 + eDI_2 + e$

表7 花蓮地區定義2 颱風災害指數產糖量模式統計結果

Table 7 The of statistical analysis of sugar yield model with typhoon disaster index defined by strength, landing and disaster of typhoon attacking Taiwan in Hualien region.

產量類別 Kind of yield	模 式 Model	選拔水準 Selection level	自變數個數 No. of Indep. Var.	決定系數 R ²	矯正決定系數 R ² _{adj}	誤差均方根 Root MSE	F Value
總 計 Total	CK	0.15	4	0.23	0.11	0.764	1.909
	I		5	0.48	0.37	0.643	4.416 **
	& II		9	0.79	0.70	0.445	8.477 **
	III		8	0.51	0.33	0.664	2.785 *
	CK	0.20	6	0.49	0.36	0.650	3.682 *
	I		7	0.60	0.47	0.589	4.721 **
	II		13	0.78	0.60	0.512	4.359 **
	III		12	0.62	0.35	0.654	2.296
	CK	0.30	7	0.51	0.36	0.650	3.305 *
	I		8	0.61	0.46	0.598	4.033 **
	II		15	0.79	0.57	0.531	3.581 *
	III		14	0.63	0.29	0.683	1.851
自 作 M. F.	CK	0.15	3	0.30	0.22	0.717	3.754 *
	I		4	0.31	0.20	0.725	2.850 *
	& II		7	0.50	0.34	0.658	3.175 *
	III		6	0.33	0.16	0.747	1.888
	CK	0.20	7	0.37	0.17	0.739	1.861
	I		8	0.38	0.14	0.752	1.602
	# II		14	0.60	0.22	0.716	1.594
	# III		13	0.47	0.04	0.797	1.089
契 約 C. F.	CK	0.15	6	0.55	0.43	0.682	4.621 **
	& I		7	0.65	0.54	0.613	5.809 **
	II		13	0.76	0.57	0.589	4.001 **
	III		12	0.67	0.44	0.677	2.866 *
	CK	0.30	7	0.56	0.41	0.690	3.937 **
	I		8	0.65	0.52	0.623	4.960 **
	II		15	0.78	0.55	0.603	3.394 *
	III		14	0.69	0.40	0.700	2.363

& Selected model

Model is not full rank.

* and ** Significant at 5% and 1% level, respectively.

CK model $Y = a + bX_1 + \sum c_i X_i + \epsilon$

Model I $Y = a + bX_1 + \sum c_i X_i + dDI_2 + \epsilon$

Model II $Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_1^2 + \sum c_i X_i + \sum d_i X_i^2 + eDI_2 + \epsilon$

Model III $Y = a + b_1 X_1 + \sum c_i X_i + \sum d_i X_i^2 + eDI_2 + \epsilon$

表 8 台東地區定義 2 颱風災害指數產糖量模式統計結果

Table 8 The statistical analysis of sugar yield model with typhoon disaster index defined by strength, landing and disaster of typhoon attacking Taiwan in Taitung region.

產量類別 Kind of yield	模 式 Model	選拔水準 Selection level	自變數個數 No. of Indep. Var.	決定系數 R ²	矯正決定系數 R ² _{adj}	誤差均方根 Root MSE	F Value
總 計 Total	CK	0.15	4	0.30	0.18	1.068	2.635
	I		5	0.32	0.18	1.071	2.270
	& II		9	0.53	0.33	0.972	2.552 *
	III	0.30	8	0.50	0.31	0.982	2.629 *
	CK		8	0.46	0.25	1.022	2.227
	I		9	0.51	0.29	0.995	2.333
	# II		16	0.69	0.30	0.991	1.770
	# III		15	0.68	0.33	0.970	1.940
自 作 M. F.	CK	0.15	3	0.45	0.39	0.939	7.053 **
	I		4	0.45	0.37	0.954	5.184 **
	II		7	0.55	0.41	0.923	3.834 **
	& III	0.30	6	0.54	0.42	0.911	4.518 **
	CK		7	0.51	0.36	0.960	3.308 *
	I		8	0.55	0.38	0.941	3.243 *
	# II		14	0.76	0.53	0.820	3.349 *
	# III		13	0.76	0.56	0.798	3.801 **
契 約 C. F.	CK	0.15	4	0.31	0.20	1.131	2.862 *
	I		5	0.34	0.20	1.135	2.441
	& II		9	0.57	0.38	0.996	2.997 *
	III	0.20	8	0.55	0.37	1.005	3.144 *
	CK		7	0.43	0.25	1.096	2.406
	I		8	0.48	0.28	1.073	2.438 *
	II		15	0.69	0.36	1.018	2.067
	III		14	0.68	0.39	0.994	2.303
	CK	0.30	8	0.45	0.24	1.103	2.167
	I		9	0.50	0.27	1.081	2.212
	# II		16	0.70	0.33	1.041	1.876
	# III		15	0.69	0.35	1.023	2.034

& Selected model

Model is not full rank.

* and ** Significant at 5% and 1% level, respectively.

CK model $Y = a + bX_1 + \sum c_i X_i + e$

Model I $Y = a + bX_1 + \sum c_i X_i + dDI_2 + e$

Model II $Y = a + b_1X_1 + b_2X_1^2 + \sum c_i X_i + \sum d_i X_i^2 + eDI_2 + e$

Model III $Y = a + b_1X_1 + \sum c_i X_i + \sum d_i X_i^2 + eDI_2 + e$

項自變數。契約產糖量模式所包括之自變數除與定義 1 颱風災害指數之模式相同外，尚具有災害指數，合計有十四項自變數。

花蓮地區選出之總計、自作與契約產糖量模式，具有之氣象自變數均與定義 1 颱風災害指數之模式相同。

台東地區選出之總計產糖量模式，因其分蘗期氣溫有效積溫與伸長期濕度因子之平方項的迴歸係數值太小且未達顯著水準，經剔除重新計算後，未達顯著水準。改用模式 III，亦如此，以致無法選得可採用之模式。自作產糖量模式所含之氣象自變數均與定義 1 颱風災害指數之模式相同，惟其平方項的迴歸係數值太小且未達顯著水準，故將其剔除。契約產糖量模式所含之自變數大致與定義 1 颱風災害指數之模式相同，惟其尚具有時間虛擬變數之平方項。同時，其分蘗期氣溫有效積溫與伸長期濕度因子之平方項的迴歸係數值太小且未達顯著水準，故將其剔除。

各入選之總計、自作和契約產糖量模式所估算之產糖量誤差百分率，彰化地區分別為 0.23 % 至 20.79 %、0.71 % 至 24.70 % 和 0.20 % 至 15.33 %。花蓮地區分別為 0.46 % 至 13.77 %、0.96 % 至 18.60 % 和 0.68 % 至 20.96 %。台東地區自作與契約產糖量模式之誤差百分率則分別為 1.21 % 至 39.56 % 和 0.14 % 至 31.98 %。

(三) 各地區所建立之較佳產糖量模式

本研究各產糖量模式之矯正決定係數 (R^2_{adj}) 值，與產蔗量模式相似 (張等, 1990)⁽²⁾，均普遍以定義 2 颱風災害指數者為大 (表 3~表 8)。而較佳產糖量模式之建立亦係選擇 R^2_{adj} 值較大者，這些模式，除台東地區均採用定義 1 颱風災害指數者外，彰化 and 花蓮地區各產糖量模式均採用定義 2 颱風災害指數者。其中台東地區之契約產糖量模式原擬採用定義 2 颱風災害指數者，然因其淨迴歸係數顯著性測驗均未達顯著水準，而改採用定義 1 颱風災害指數者。

各較佳產糖量模式所包括之時間虛擬變數、氣象變數和災害指數等自變數，計有四至十四個不等。其數學方程式列於下：

彰化地區：

總計模式：

$$Y = 10.608 + 0.043X_1 + 0.005X_{16}^* - 0.485X_{19}^{**} - 0.008X_9^{**} + 0.001X_4 + 0.002X_{22} + 0.398X_{21}^* - 0.756DI_2^{**} + \epsilon$$

$$R^2 = 0.68, R^2_{adj} = 0.56$$

估算值誤差百分率：0.23 % 至 20.79 %
自作模式：

$$Y = -4.378 + 0.008X_1 + 0.004X_{16} + 0.553X_{12} - 0.603DI_2^* + \epsilon$$

$$R^2 = 0.33, R^2_{adj} = 0.23$$

估算值誤差百分率：0.71 % 至 24.70 %
契約模式：

$$Y = 27.058 - 0.066X_1 - 0.012X_{10}^{**} + 0.009X_{16}^* - 2.143X_{19}^* + 0.009X_8^* - 0.01X_{15} + 3.241X_{21} + 0.013X_{14}^* + 0.002X_4^* - 1.101X_{20} - 0.281X_7 + 0.303X_{12} + 0.003X_{22} - 0.548DI_2 + \epsilon$$

$$R^2 = 0.82, R^2_{adj} = 0.65$$

估算值誤差百分率：0.20 % 至 15.33 %
花蓮地區：

總計模式：

$$Y = 3.023 - 0.264X_1^{**} + 0.009X_{11}^{2**} + 0.001X_{16} - 0.003X_{16}^2 + 0.426X_{12} - 0.024X_{12}^{2*} + 0.001X_4 - 0.443DI_2^{**} + \epsilon$$

$$R^2 = 0.78, R^2_{adj} = 0.69$$

估算值誤差百分率：0.46 % 至 13.77 %

自作模式：

$$Y = 2.058 - 0.171X_1^* + 0.005X_{11}^{2*} + 0.002X_{16} + 0.001X_{16}^2 + 0.002X_{14} - 0.004X_{14}^2 - 0.128DI_2 + \epsilon$$

$$R^2 = 0.50, R^2_{adj} = 0.34$$

估算值誤差百分率：0.96 % 至 18.60 %

契約模式：

$$Y = 14.089 - 0.033X_1 - 2.516X_{17}^{**} + 0.003X_{16} - 0.002X_{23} - 0.042X_{20} - 0.006X_{18} - 0.322DI_2^* + \epsilon$$

$$R^2 = 0.65, R^2_{adj} = 0.54$$

估算值誤差百分率：0.68 % 至 20.96 %

台東地區：

總計模式：

$$Y = 21.123 - 0.039X_1 - 0.148X_{20} + 0.004X_8^* - 0.00001X_8^2 - 8.45X_{17}^* + 1.471X_{17}^2 - 0.925DI_1 + \epsilon$$

$$R^2 = 0.47, R^2_{adj} = 0.31$$

估算值誤差百分率：0.61%至18.91%

自作模式：

$$Y = 4.99 - 0.071X_1^* + 0.318X_{12} - 0.006X_{12}^2 + 0.001X_4 - 0.00001X_4^2 - 0.694DI_1 + \epsilon$$

$$R^2 = 0.57, R^2_{adj} = 0.46$$

估算值誤差百分率：0.02%至41.62%

契約模式：

$$Y = 25.314 - 0.011X_1 + 0.005X_8^* - 0.00001X_8^2 - 0.192X_{20} - 10.723X_{17}^* + 1.842X_{17}^2 -$$

$$0.93DI_1 + \epsilon$$

$$R^2 = 0.51, R^2_{adj} = 0.35$$

估算值誤差百分率：0.06%至19.98%

四、討 論

各地區之各較佳產糖量模式所包括之氣象變數，除與產蔗量模式（張等，1990）⁽²⁾不盡相同外，各模式間亦如此。同時，於淨迴歸係數達 *t* 檢定顯著水準之前提下，其所包括之氣象變數亦有所差異。彰化地區僅有全期總蒸發量（ X_{16} ）、分蘗期濕度因子（ X_{19} ）二項氣象變數為總計和契約產糖量模式所共有，花蓮地區則僅有時間虛擬變數及其平方項為總計和自作產糖量模式所共有，台東地區各模式均未具有相同之氣象變數。

各氣象變數對產糖量之影響，有所不同。以氣溫有效積溫而言，其對產糖量為正的影響（Das, 1933）⁽¹¹⁾。由彰化地區之總計和契約產糖量模式發現，除伸長期和全期氣溫有效積溫外，分蘗期氣溫有效積溫對產糖量為正的影響且達顯著水準。花蓮地區之各模式則均未包括該項自變數。台東地區之總計和契約產糖量模式，雖具有該項自變數，然僅有一次項對產量呈現正的影響且達顯著水準。土溫有效積溫方面，彰化地區之總計和契約產糖量模式呈現正的影響，花蓮地區之契約模式為負的影響，惟其均未達顯著水準。台東地區之各模式則均未包括該項自變數。另就伸長期氣溫日較差均值而言，彰化地區之自作模式、花蓮地區之總計模式及台東地區之自作模式始具有該變數。惟僅有花蓮地區之平方項達顯著水準且對產糖量均為負的影響。

以七月至十月總雨量而言，彰化地區之總計和契約模式、花蓮地區之總計模式及台東地區之自作

模式具有該變數。其對產糖量均為正的影響，然只有彰化地區之契約模式達顯著水準。在全期日平均風速方面，僅有花蓮地區之契約模式與台東地區之總計和契約模式具有該變數。除平方項外，一次項對產糖量均為負的影響且均達顯著水準。

颱風災害指數之淨迴歸係數顯著性測驗，彰化 and 花蓮地區普遍達顯著水準，且均呈負的影響。台東地區雖亦呈負的影響，惟均未達顯著水準，其原因尚待進一步地探討。

這些模式之估算產糖量誤差百分率變異與產蔗量模式相同（張等，1990）⁽²⁾，仍以台東地區最為明顯，約在0.02%至41.62%（圖1—圖3）。其最大誤差百分率出現之年期，除彰化地區外，其他地區各模式均有所差異。以彰化地區而言，總計、自作和契約模式均出現於64~65年期，花蓮地區總計、自作和契約模式分別出現48~49年期、54~55年期，63~64年期，台東地區總計、自作和契約模式分別出現於71~72年期、52~53年期和50~51年期。究其原因，可能是由於各地技術趨勢之差異及氣象代表性之緣故。譬如以品種別而言，不同品種各有其最適生長之氣溫和土溫，當根溫大於15.6℃時，品種間之差異則不明顯（Brodie et al. 1969）⁽⁷⁾。

惟目前因欠缺詳實之技術趨勢紀錄資料（例如：土壤質地、灌溉量與次數等）、品種別之產蔗量和產糖量資料，以及具有生理意義之甘蔗災害調查資料與甘蔗生理研究，故無法具體地探討本研究建立之各模式。此外，並非所有之異常天氣均會對甘蔗產蔗量和產糖量造成負的影響；譬如低溫常使病蟲害的發生減少，致使產量增加。因此，於探討異常天氣對作物產量之影響時，所釐定之災害指數與氣象指數應確實。

五、結 論

本研究建立之各地區較佳產糖量模式，所包括之氣象變數不盡相同，計有四至十四個不等；與產蔗量模式亦有所差異（張等，1990）⁽²⁾。於颱風災害指數方面，僅台東地區之契約產蔗量模式未包括此變數，其他各模式均具有之。其中除台東地區之自作產蔗量模式和各產糖量模式外，其他模式均為定義2颱風災害指數。同時，除產蔗量模式外，產

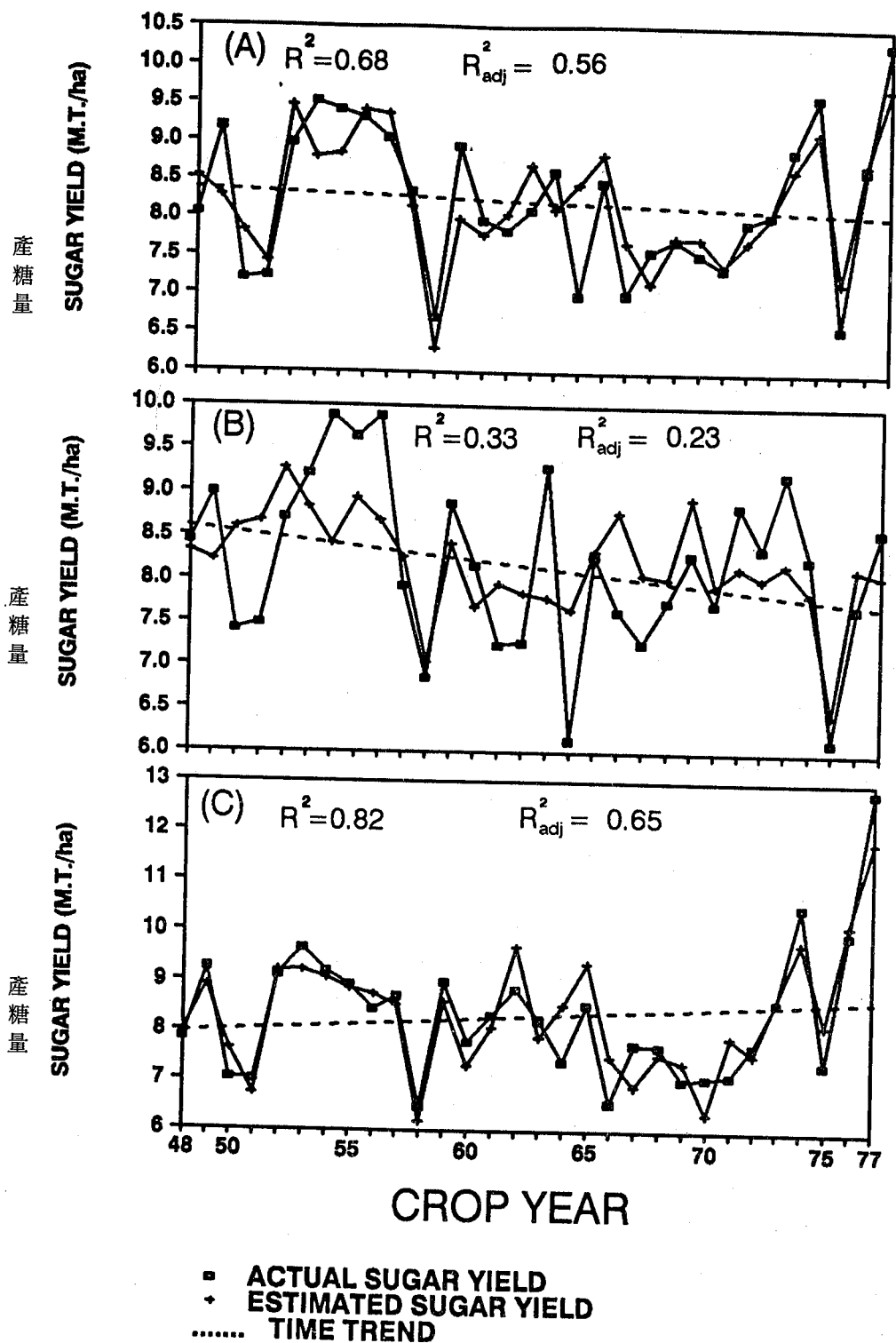


圖 1 彰化地區(A)總計(B)自作(C)契約產糖量模式之估算產糖量

Fig. 1 The estimated sugar yield by (A) Total (B) M. F. (C) C. F. sugar yield model in Changhua region

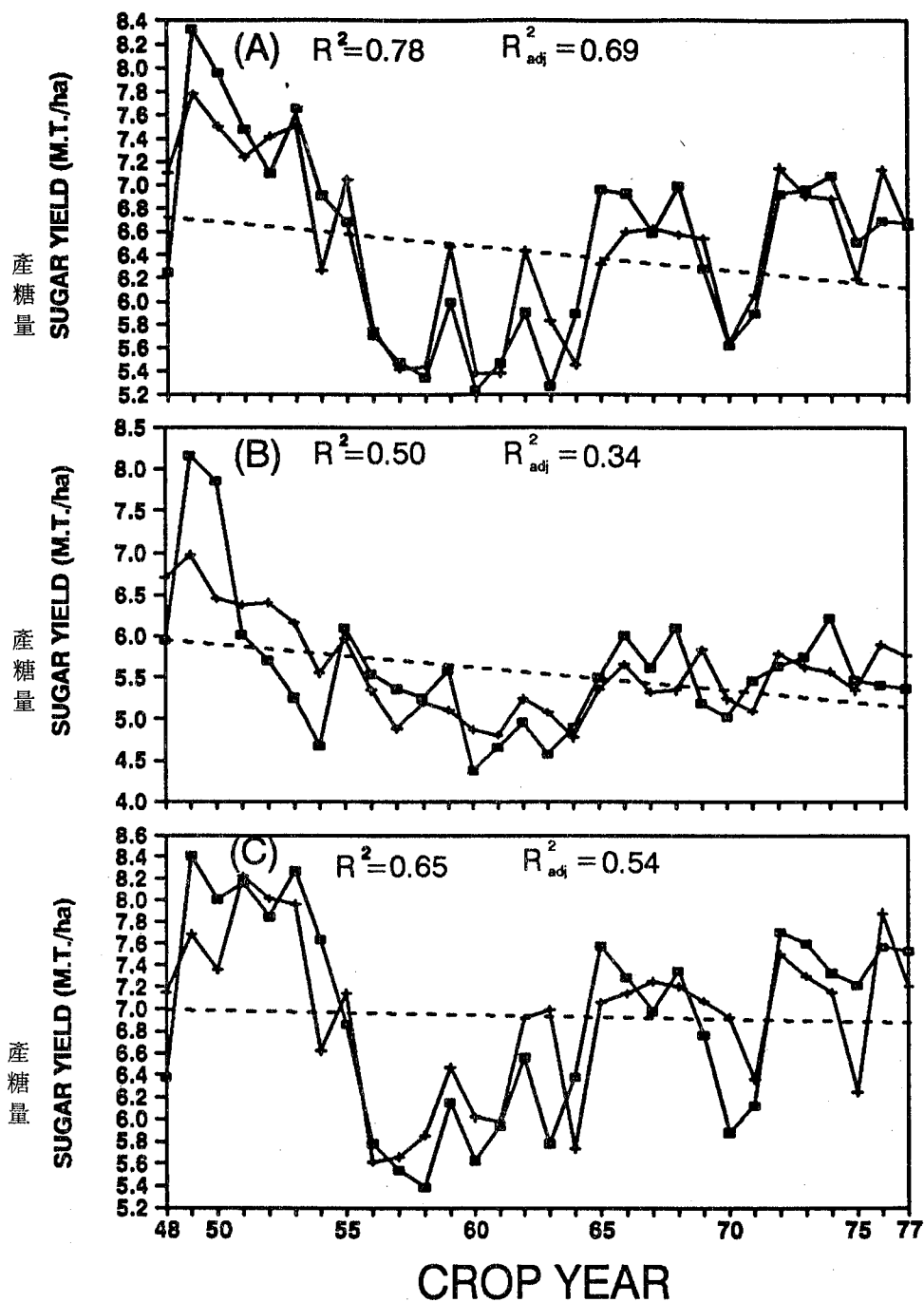


圖 2 花蓮地區(A)總計(B)自作(C)契約產糖量模式之估算產糖量

Fig. 2 The estimated sugar yield by (A) Total (B) M. F. (C) C. F. sugar yield model in Hualien region

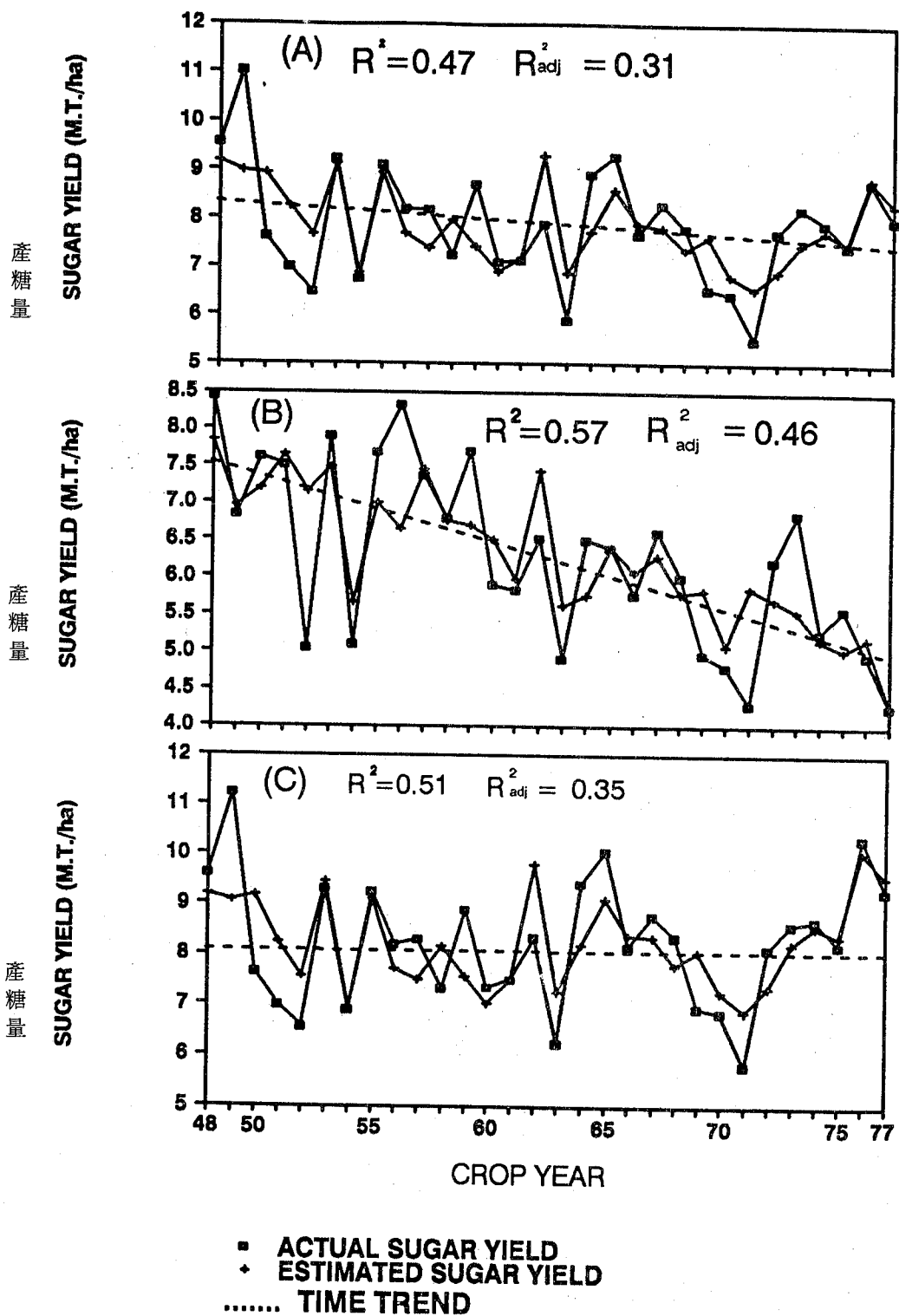


圖 3 台東地區(A)總計(B)自作(C)契約產糖量模式之估算產糖量

Fig. 3 The estimated sugar yield by (A) Total (B) M. F. (C) C. F. sugar yield model in Taitung region

糖量模式則普遍達顯著水準。由此可知，颱風對甘蔗產糖量實有不利之影響。

各地區之較佳產蔗量和產糖量模式的誤差百分率變異，均以後者為大，尤以台東地區最為顯著，約在 0.02 % 至 41.62 %，而其前者約在 0.14 % 至 17.78 %。彰化地區前者約在 0.05 % 至 19.69 %，後者約在 0.05 % 至 24.70 %。花蓮地區前者約在 0.04 % 至 10.55 %，後者約在 0.46 % 至 20.96 %。

各地區之決定係數 (R^2) 和矯正決定係數 (R^2_{adj})，除花蓮地區之總計產糖量模式外，均以產蔗量模式較大。以決定係數而言，彰化地區之產蔗量模式，約在 0.72 至 0.87；產糖量模式，約在 0.33 至 0.82。花蓮地區分別約在 0.69 至 0.83、0.50 至 0.78。台東地區分別約在 0.48 至 0.60、0.47 至 0.57。

整體而言，技術趨勢和氣象因子與作物產量之關係極為密切^(4,5,11)。由彰化、花蓮和台東三地區的產蔗量和產糖量顯示，同一地區不同類別之產蔗量和產糖量，以總平均值而言，大致上以台糖公司所屬自營農場為低，惟各年度之變異則無一致性。

因此，為利於日後作物產量與氣象因子關係之研究，首要之務是建立一完整之主要作物技術趨勢的資料庫，並充實氣象觀測項目及提高氣象資料之準確性；其次是建立一具有生理意義之農業災害調查方法。俾使能有具體且詳實之作物生長資料，諸如土壤性質、栽培管理方法、作物生長指數和氣象因子等，以建立較佳之作物產量數學模式^(14,19)。

致 謝

感謝服務單位前局長吳宗堯先生、蔡局長清彥博士、楊組長之遠博士、林組長民生博士、曾前科長文柄先生和劉科長復誠先生等各位長官的支持與提拔，更感激同事楊慧玉和梁仁有小姐的任勞分擔業務，以及李南文先生和賀介圭小姐協助統計氣象資料；謹此一併獻上第一作者最誠摯的謝意。

參考文獻

1. 林燦隆、謝邦昌、唐榮澤 1989 利用氣象因子建立甘蔗糖份含量之預測模式 台灣糖業研究所研究彙報 124 : 1 - 12

2. 張佑芳、朱鈞、彭雲明 1990 台灣地區氣象因子與甘蔗產蔗量和產糖量關係之研究 I. 產蔗量模式 中央氣象局氣象學報 36(3):221-237
3. 台灣糖業公司統計資料輯錄 1960 - 1989 第 12 - 41 號 台灣糖業公司編印。
4. 謝俊雄 1972 氣象因素與蔗產量及產糖率之關係分析 I 砂土部份 (計量分析) 台灣糖業研究所研究彙報 56:1-12
5. 謝俊雄 1973 台灣氣象因素與蔗產量及產糖率之關係分析 台灣銀行季刊 24(4):252-263
6. Ayres, A. 1930. Cane growth studies at Waipio substation. Hawn. Planters' Rec., 34:445-460.
7. Brodie, H. W., R. Yoshida, Nickell, L. G. 1969. Effect of air and root temperatures on growth of four sugarcane clones. Hawn Planters' Rec. 58(3):21-52
8. Das, U. K. 1928. The influence of weather on the production of sugar in a typical unirrigated plantation of Hawaii. Hawn Planters' Rec. 32 : 79-107.
9. Das, U. K. 1929. The sugar yields in a typical irrigated plantation of Hawaii-the Eaw plantation company. Hawn Planters' Rec. 33:225-266.
10. Das, U. K. 1932. A further study of the influence of weather on yield. Hawn Planters' Rec., 36:40-59.
11. Das, U. K. 1933. Measuring production in terms of temperature. Hawn. Planters' Rec., 37:32-53.
12. Garica, P., S. E. Offutt, M. Piner and Changnon, S. A. 1987. Corn yield behavior : effects of technological advance and weather conditions. J. Cli. Appl. Meteor. 26:1092-1102.
13. Glover, J. 1973. The dark respiration of sugar-cane and the loss of photosynthate during the growth of a crop. Ann. Bot. 37:845-852.
14. Haun, J. R. 1974. Prediction of spring

- wheat yields from temperature and precipitation data. *Agron. J.* 66:405-409.
15. Moore, P. H. and Osgood, R. V. 1985. Assessment of sugarcane crop damage and yield loss caused by high wind of hurricanes. *Agric. For. Meteorol.*, 35: 267-280.
16. Moore, P. H. and Osgood, R. V. 1987. Evaluation of a model for predicting sucrose yields following hurricane damage to sugarcane in Hawaii. *Agric. For. Meteorol.*, 40:191-197.
17. Nickell, L. G. 1977. Sugarcane. In *Ecophysiology of tropical crops*. Alvin, P. de T. and Kozlowski, T. T. (eds). Academic Press.
18. SAS Institute. 1985. SAS user's guide : statistics. Version 5 ed. SAS Institute Inc., Cary, NC.
19. Shawcroft, R. W., E. R. Lemon, L. H. Allen, D. W. Steward and Jenson, S. E. 1974. The soil-plant-atmosphere model and some of its predictions. *Agric. Meteorol.* 14:287-307.
20. Singh, B. H. and Bapat S. R. 1988. Pre-harvest forecast models for prediction of sugarcane. *Indian J. Agric. Sci.* 58 (6):465-469.

STUDY ON THE RELATIONSHIPS OF WEATHER FACTORS AND CANE AND SUGAR YIELD OF SUGARCANE IN TAIWAN

II. SUGAR YIELD MODEL

Yu-Fang Chang

Central Weather Bureau

Chun Chu

Professor

Yu-Ming Pong

Associate professor

Graduate Institute of Agronomy

National Taiwan University

ABSTRACT

The purpose of this research is to study the effects of weather factors and typhoon on sugar production in Taiwan by multiple regression. Our goal is to develop a better mathematic model in order to benefit the settling of crop insurance claims. Additionally, it is a valuable tool for predicting crop yield. We got the desired weather variables of each model by stepwise regression, and including two kinds of disaster indices (DI).

The number of independent variables of those built models was from 4 to 14. However, their weather factors were not the same in the three regions. The different kinds of models in the same region also varied. The t test of partial regression coefficients of time dummy variable in each sugar yield model, except the total and M. F. model in Hualien region and the M. F. model in Taitung region, was nonsignificant. The t test of partial regression coefficients of disaster index in each sugar yield model, except that each model in Taitung region, was generally significant.

The coefficients of determinant (R^2) of sugar yield models built in Changhua, Hualien and Taitung regions were about between 0.33 and 0.82, 0.50 and 0.78, 0.47 and 0.57 respectively. The error percentage of estimated yield of such models were about between 0.20% and 24.70%, 0.46% and 20.96%, 0.02% and 41.62%.

Key words: Multiple regression, Time dummy variable, Weather factors, Disaster index, Stepwise regression, Coefficient of determinant, Adjusted R^2 (R^2_{adj}), Sugar yield model.

民國七十八年北太平洋西部颱風總報告

中央氣象局科技中心

摘 要

民國七十八年（1989）北太平洋西部一共出現了32個颱風，其強度分別為一個超級颱風，六個強烈颱風，十三個中度颱風，以及十二個輕度颱風。本年度颱風發生時間偏向於季節後期，但仍以七到九月為最。颱風個數偏多，但侵襲台灣者僅有九月初莎拉一次。颱風行徑多為偏北向或者直接西進。本年季風低壓顯著，影響所及，使若干路徑類多怪異。

關鍵詞：季風低壓

一、總 述

本年北太平洋西部發生了三十二個颱風如表一所示。這些颱風發生地點的分布範圍在東經125度到145度，北緯15度到25度（圖一a，b）較平均發生區域稍向北偏。發生時間如圖一c，後期每月發生數都偏高，但仍以七到九月颱風季內次數最高。

有關颱風強度見表五，由表可見中度颱風十三個佔40%。中度加輕度佔78%，中度如加強烈颱風及超級颱風則佔60%。由此來看，本年度颱風強度並不特殊。但本年值得注意的是：到了十一、二月初冬時分仍出現強烈颱風。

本年颱風運行狀況，在七月之前，大都經南海西行；七月到九月間，行徑呈拋物線狀，在台灣東方遠海折向北，九月到十一月則又為西進，其中僅九月莎拉颱風侵襲台灣，詳情已於本刊前一期內詳述（見氣象學報36卷3期pp256-278）。

二、本年颱風實況

（一）一月至六月

今年北太平洋西部首次颱風溫諾娜（Winona）發生在一月，在夏威夷東南方海面發軔。此一熱帶系統生命期為期兩週，路徑貫穿5500海里（10.185KM）海面，最後在菲律賓消滅。溫諾娜後

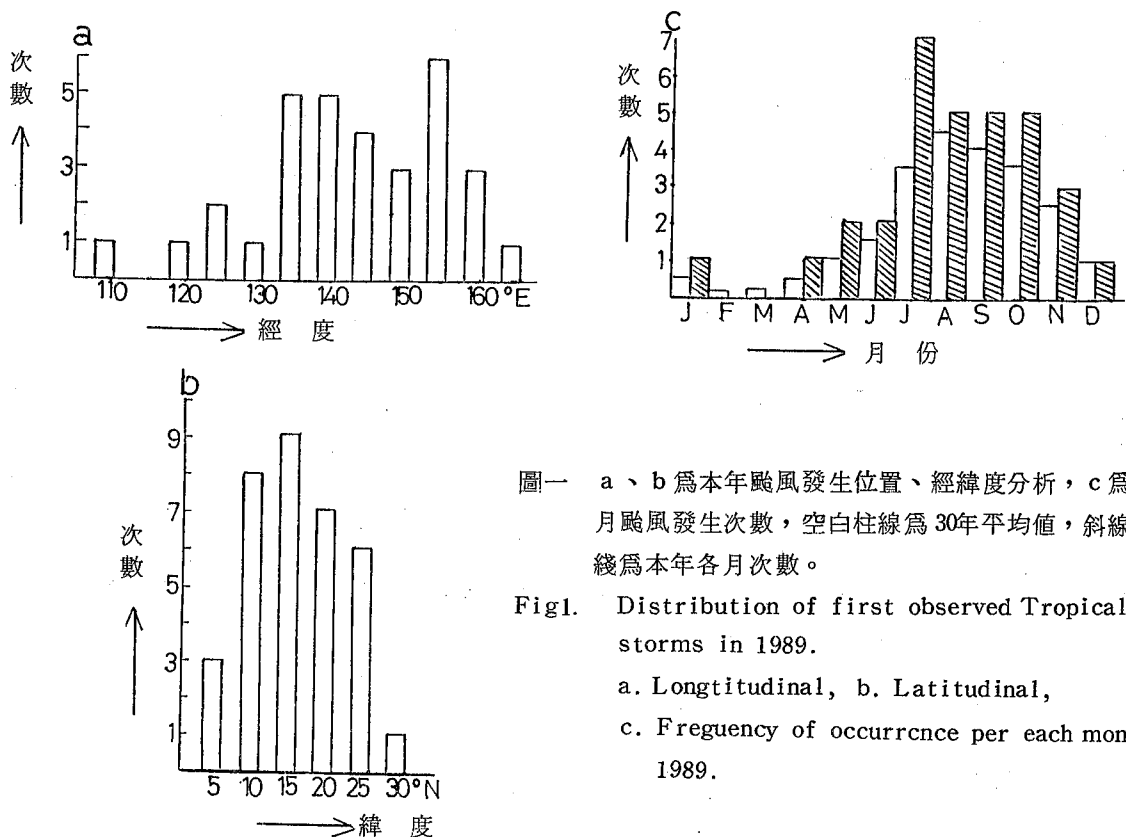
，熱帶海面有長期平靜，直到四月中旬安迪（Andy）颱風出現為止。安迪為超級強烈颱風，為過去九年來，四月裡出現的第二次超強颱風。安迪曾嚴重威脅關島。安迪後，五月裡出現首次颱風為白蘭黛（Brenda）。該颱風發生於加羅林群島，西北行經菲律賓中部入南海，最後在廣東西部海岸登陸消失。白蘭黛通過菲律賓後，因為路徑適與由孟加拉東伸之季風槽交疊，曳進不少西南氣流，因而引發另一颱風西仕（Cecil）。西仕後來在越南登陸。（以上均見圖二a）

西仕之後，轉入六月，海面有兩週沉寂。黛特（Dot）為六月第一號颱風，發生地在白蘭黛東方海面，行徑類似白蘭黛。此颱風在南海海面一度臻至強烈程度，以後在登陸北越後消滅。六月第二號颱風為艾勒士（Ellis）。在眾多整齊西行颱風群中，此颱風殊以扭擺向北，甚為醒目。艾勒士以熱帶低壓，僅有6小時輕度颱風紀錄強度而能持續三天而不衰，亦為異常。更有甚者，唯其扭擺路徑寬廣，所到之處，均陣風不絕，令預報員頭痛不止。

（二）七月

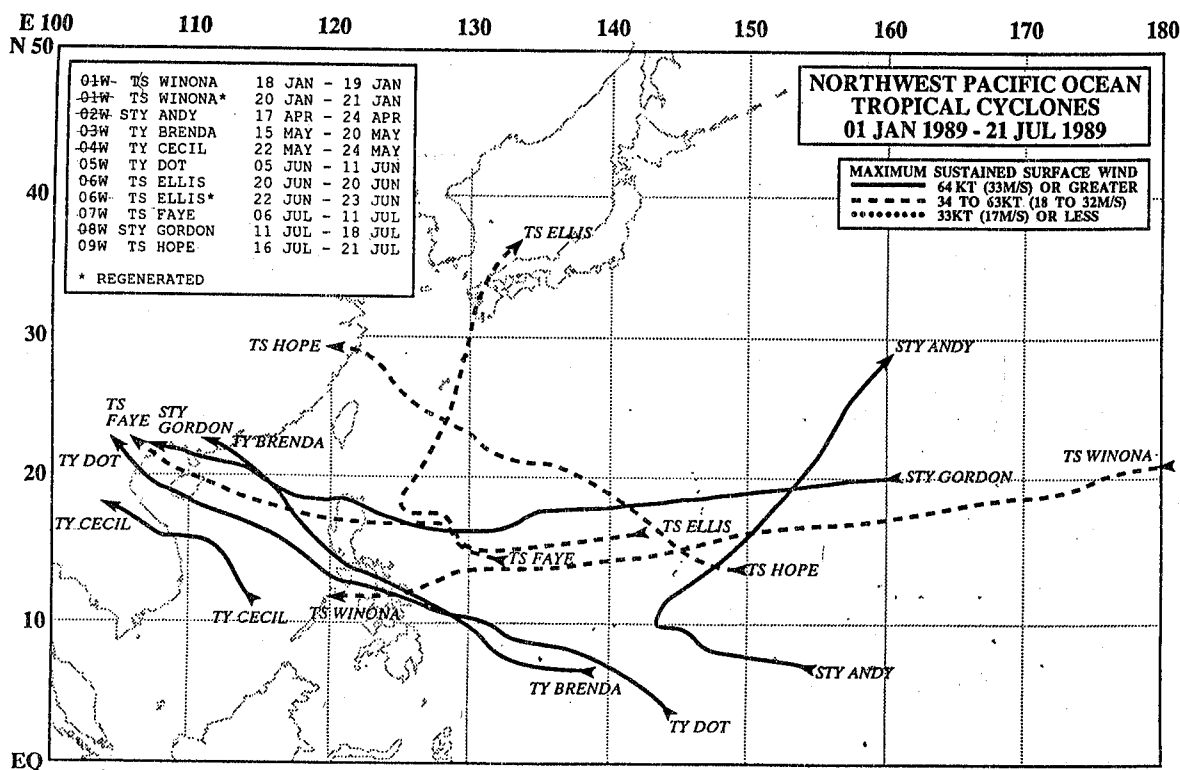
又是兩週沉寂，馬里亞納群島海面因受西南季風的衝擊，形成廣泛的對流區，其中一小塊變成後來的費依（Faye）颱風。

費依為西進颱風，強度一路增強，唯有通過



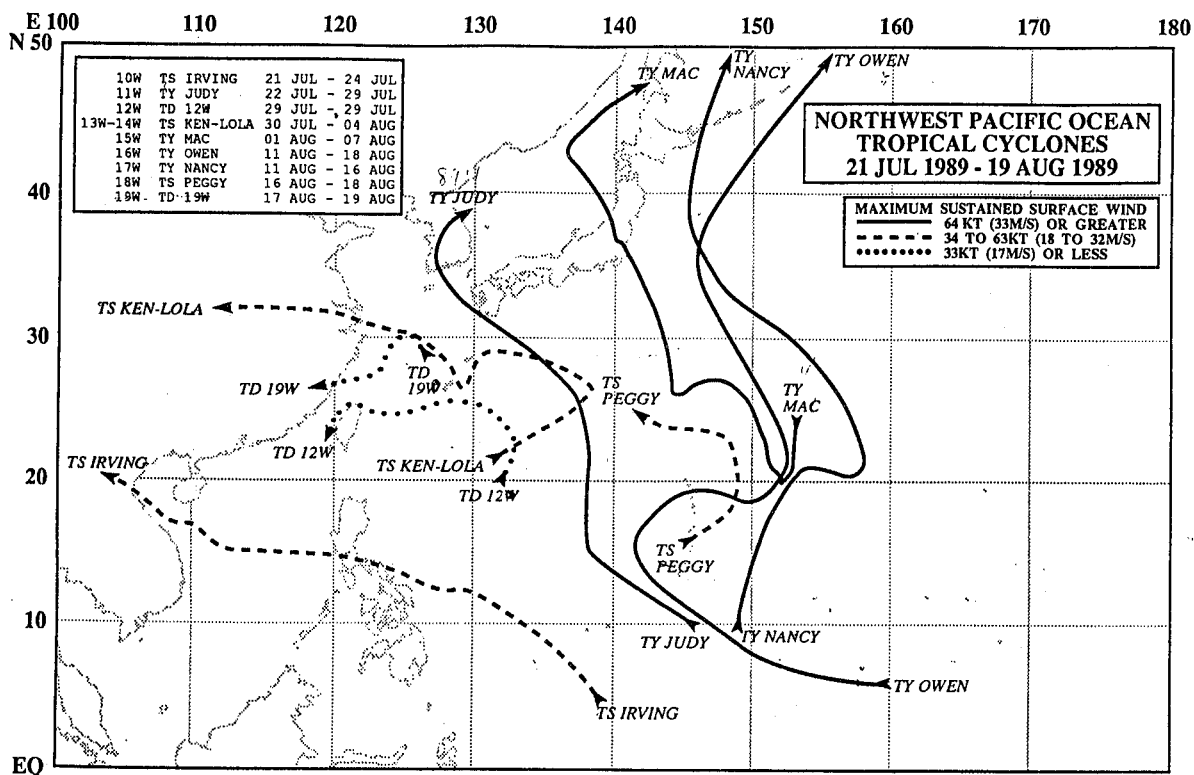
圖一 a、b 為本年颱風發生位置、經緯度分析，c 為各月颱風發生次數，空白柱線為 30 年平均値，斜線柱綫為本年各月次數。

Fig1. Distribution of first observed Tropical storms in 1989.
a. Longitudinal, b. Latitudinal, c. Frequency of occurrence per each month 1989.



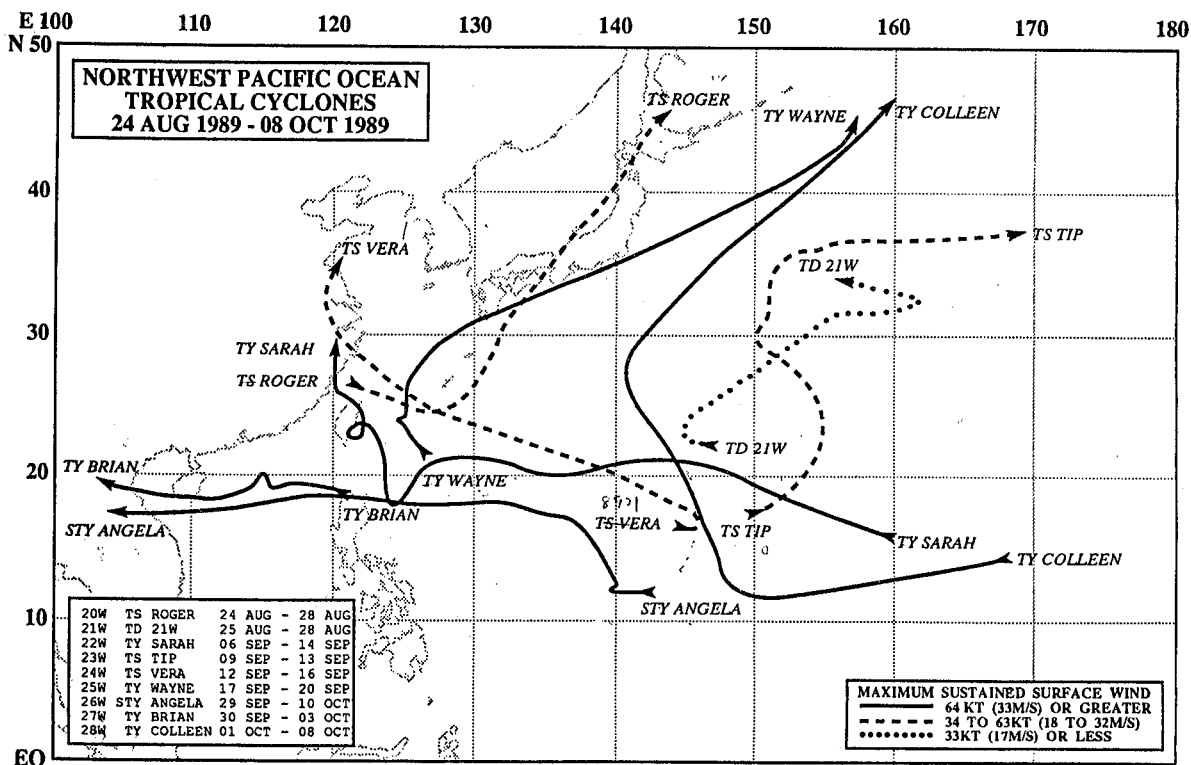
圖二 a. 1989 年一月至七月颱風路徑圖（錄自 J TWC 颱風報告）

Fig2.a The best tracks for western North Pacific typhoons in Jan to Jul. 1989.
(from J TWC. Annual Tropical Report)



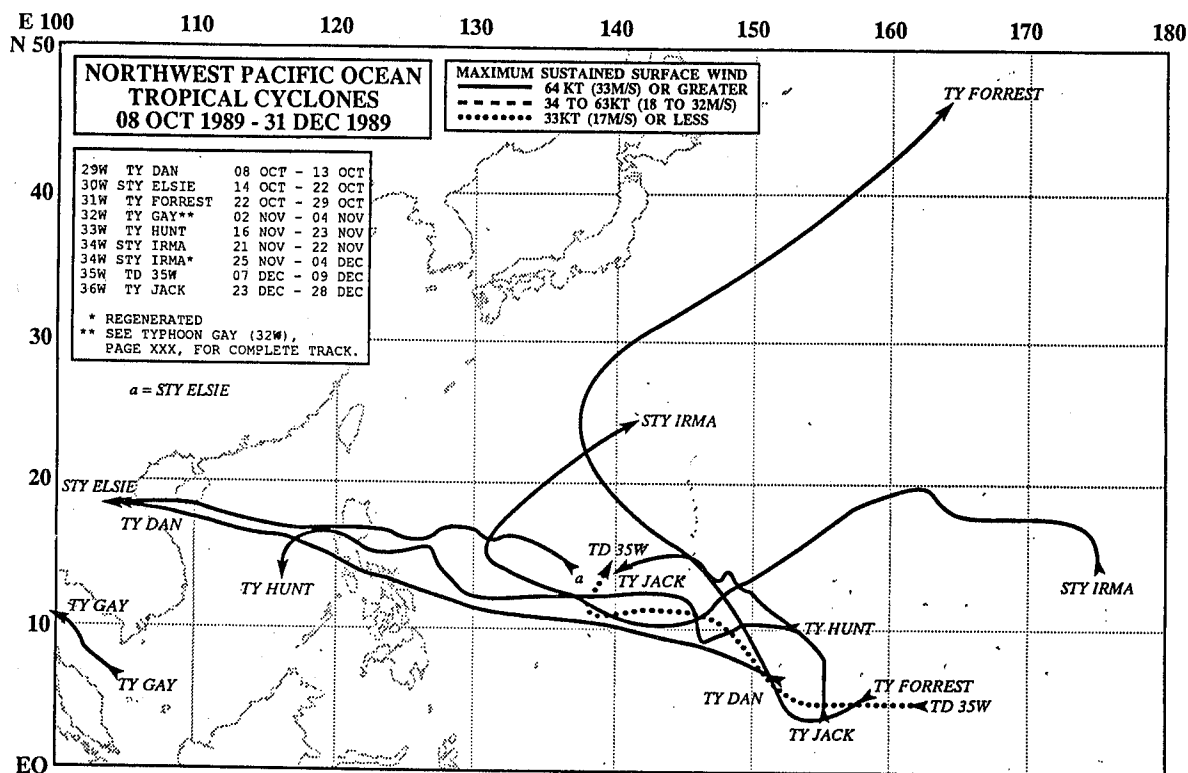
圖二 b. 同前，時間爲七—八月。

Fig 2.b Jul. to Aug.



圖二 c. 同前，時間爲八—十月。

Fig 2c Aug. to Oct.



圖二 d. 同前，時間為十一月至十二月。
Fig 2.d Nov. to Dec.

呂宋島時因受地形影響，一度減弱，費依亦在北越陸地消失。

高登 (Gordon) 為七月裡第二個颱風。根據關島的分析，七月上旬，西北太平洋低緯地區的槽脊分配為菲律賓的費依，與威克島的低壓槽并列，後者因受到熱帶對流高層槽錢的支持 (Tropical Upper Troposphere Trough，簡稱 T U T T，為 200mb 圖面氣流型態之一)，細微的振動，均易快速發展成大量積雲，而凝聚為熱帶低壓及颱風。在高登颱風的同時，由於其尾流 (Wake) 區在廣寬洋面上獲取上空 T U T T 輻散氣流的支持，又發展出另一颱風賀僕 (Hope)。賀僕自始至終不得充份發展。其原因是高登的高空外流反制力太強而遭受抑制。高登西行登陸廣東西部，賀僕西北行在華東遇北方短槽而急速變弱。賀僕未與高登發生藤原效應，但繞強烈颱風高登旋轉則非常明顯。

七月裡第四個颱風為歐敏 (Irving)，生命期很短，而且僅在越南北部登陸時始勉強達到輕度颱風。第五個颱風為茱迪 (Judy)。茱迪屬北向颱風，侵襲南韓後消滅。

七月份特別值得記載者為關島報告中之 12W 熱帶低壓，該低壓在七月二十七日發生後，到三十一日消失前，曾在台灣地區造成水災 (圖三)。

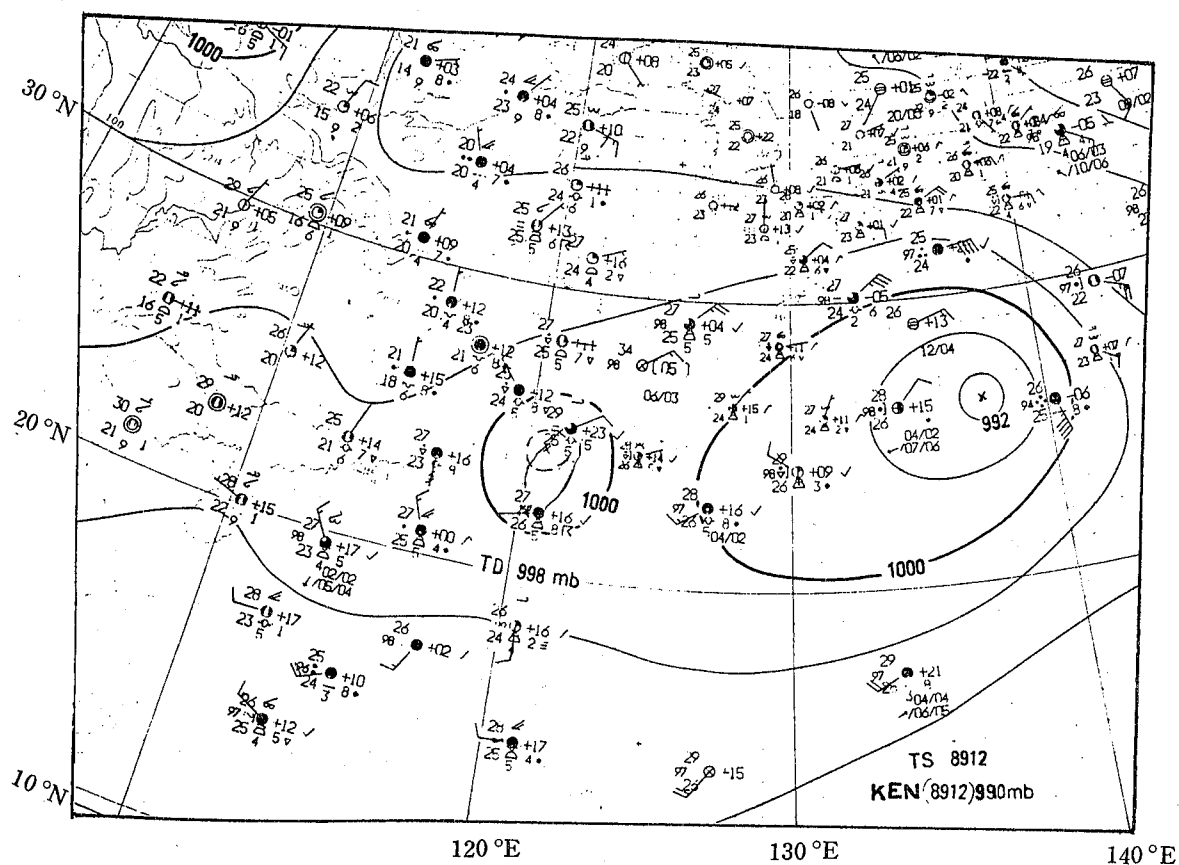
七月前後發生颱風為肯恩 (Ken)。關島在處理肯恩與羅拉 (Lola) 兩颱風警報時是將此分別處理，但在事後重行分析時是合併兩颱風為一條路徑，稱為 Ken-lola 颱風，由圖二 b 可見該二颱風路徑詭異。

圖四為該二颱風部份路徑，由此圖可見幾個特點：

1. 從七月三十日到八月一日 700mb，3060 GPM 等高綫連續追蹤圖，這二颱風都在一個季風低壓內游動。由該圖中 A29 點到 B31 點連綫看，更可見 T D 或颱風的行徑與季風低壓環流非常吻合。
2. 不論 A (Ken) 與 B (Lola) 在生命期中已出現各自的成長與衰滅，但兩者路徑有連續性，唯沒有藤原效應。

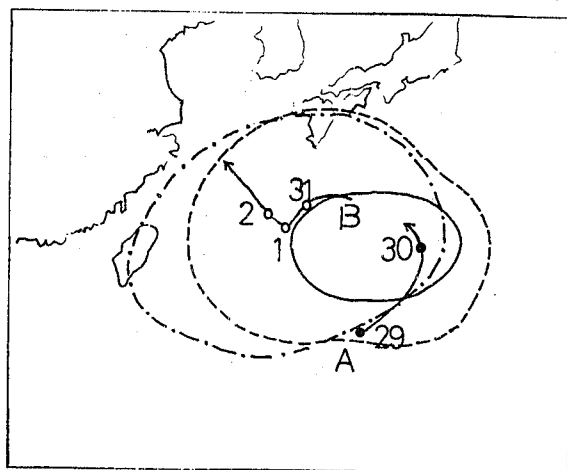
(三)八月

肯恩與羅拉在八月初的天氣圖上消失之後，接着為第十四號颱風麥克 (Mac) 在塞班島北北東方海



圖三 1989年7月30日1200Z地面圖，示-TD正盤據台灣北部。

Fig3. Surface chart on 1200 Z July 30 1989, showing a low right upon northern Taiwan.



圖四 1989年肯恩 (Ken) A, 羅拉 (Lola) B, 兩颱風環繞季風低壓運動圖。等值綫為700mb 3060GPM等高綫，實綫為7月30日12Z，虛綫為31日12Z，點斷綫為8月1日12Z。

Fig4. Composite chart of 3 successive days' 700mb contour lines (3060 GPM) and the tracks of two Typhoons (A. Ken, B. Lola). The contour on the chart is expressed by solid line, July 30, 12Z; broken, 31, 12Z, and dot-hyphen, August 1, 12Z. Numerals appended showing the days the typhoons center located.

面登場。由於其在較高緯度生成，所以終其全程受中緯度氣流操縱，十分明顯。麥克在登陸東京，穿越日本後，迅速減弱，最後在樺太島南站消失。麥克之後，奧文（Owen）颱風以麥克同型路徑北進，南施（Nancy）亦如是。

值得一提的，自八月十二日以後，奧文是受了南施吸引而向南移，造成以後幾日的藤原效應。

八月份第三個颱風為佩姬（Peggy），壽命極短。其後接着為熱帶低壓。以後在八月下旬發生羅杰（Roger），為本年第十八號颱風。羅杰形成於台灣北部，東南向移至琉球東南方後，突轉東北，在本洲登陸。

羅杰同樣是季風槽內擾動產物，而且初期行徑亦受制於西南氣流。

八月份最後一次擾動為熱帶低壓。（見圖二 b）

（四）九月

莎拉（Sarah）為九月第一個颱風，並且為唯一侵襲台灣之颱風。莎拉在最初形成時，即受雙颱風影響，以後又與呂宋島背風面槽互動，以致於路徑折曲多變，對預報員構成挑戰性。尤其為登陸台灣東部後，行徑更形撲朔迷離。莎拉經過，本刊另有專文敘述。莎拉後為狄普（Tip），其行徑亦怪異。再繼續為薇拉（Vera），以後侵襲上海，造成災害。一般言，今年颱風之怪異路徑多受制於季風低壓環流與藤原效應。

九月份最後一次颱風為韋恩（Wayne），曾給日本帶來災害。

（五）十月

九月下旬之活躍季風槽，再次在低緯地區製造熱帶擾亂，十月上旬登場之安吉拉（Angela）為本年第二十三號颱風，警報期十二天，關島發了四十六次警報。該颱風通過菲律賓時，風速高達130Kts，並且造成災害。安吉拉在南海二度強化，再施暴於越南。布來恩（Brian）為南海區之中度颱風與西仕同為今年長於南海，減於南海之颱風。柯琳（Colleen）為換日綫附近產生之颱風，在中太平洋面即轉向北行。柯琳威力兇猛，曾嚴重威脅在韓國演習之美海軍活動。丹恩（Dan）在安吉拉猛擊菲律賓後，再次肆虐，真正印證雪上加霜，使菲國損失不貲。艾爾西（Elsie）強度可觀，在

到達菲律賓時，風速急速增加至140海里／時，在襲擊菲律賓後，撲向越南消失。十月最後一次颱風為福萊斯（Forrest）。福萊斯被形容為鬆弛而遲緩，在通過關島後，轉變為今年最強的氣旋。

（六）十一月到十二月

本年初冬之蓋依（Gay）為三十五年首次侵襲馬來半島的強烈颱風。在半島海面肆虐，沉了不少船隻，之後轉入印度洋。十一月中旬，洋面在沉寂一段時間之後，復出現漢特（Hunt），再次襲擊菲律賓。阿瑪（Irma）為十一月最後一次颱風，唯路徑全受季風操縱。阿瑪生命史長達十七天，僅次於安吉拉。

今年最後一個颱風為傑克（Jack），在謝幕時出現，強度從30Kts突增至125Kts，又突降至30Kts，動作誇張，為謝幕留下深刻印象。

三、本局警報概況

本局本年度共發了六次海上颱風警報，一次陸上颱風警報，警報期最長為莎拉颱風，計為三天二十六小時，其餘海上警報不超過二天。（見表二）

四、本年颱風狀況與環流間明顯關係

（一）西北太平低緯環流型態與颱風動態

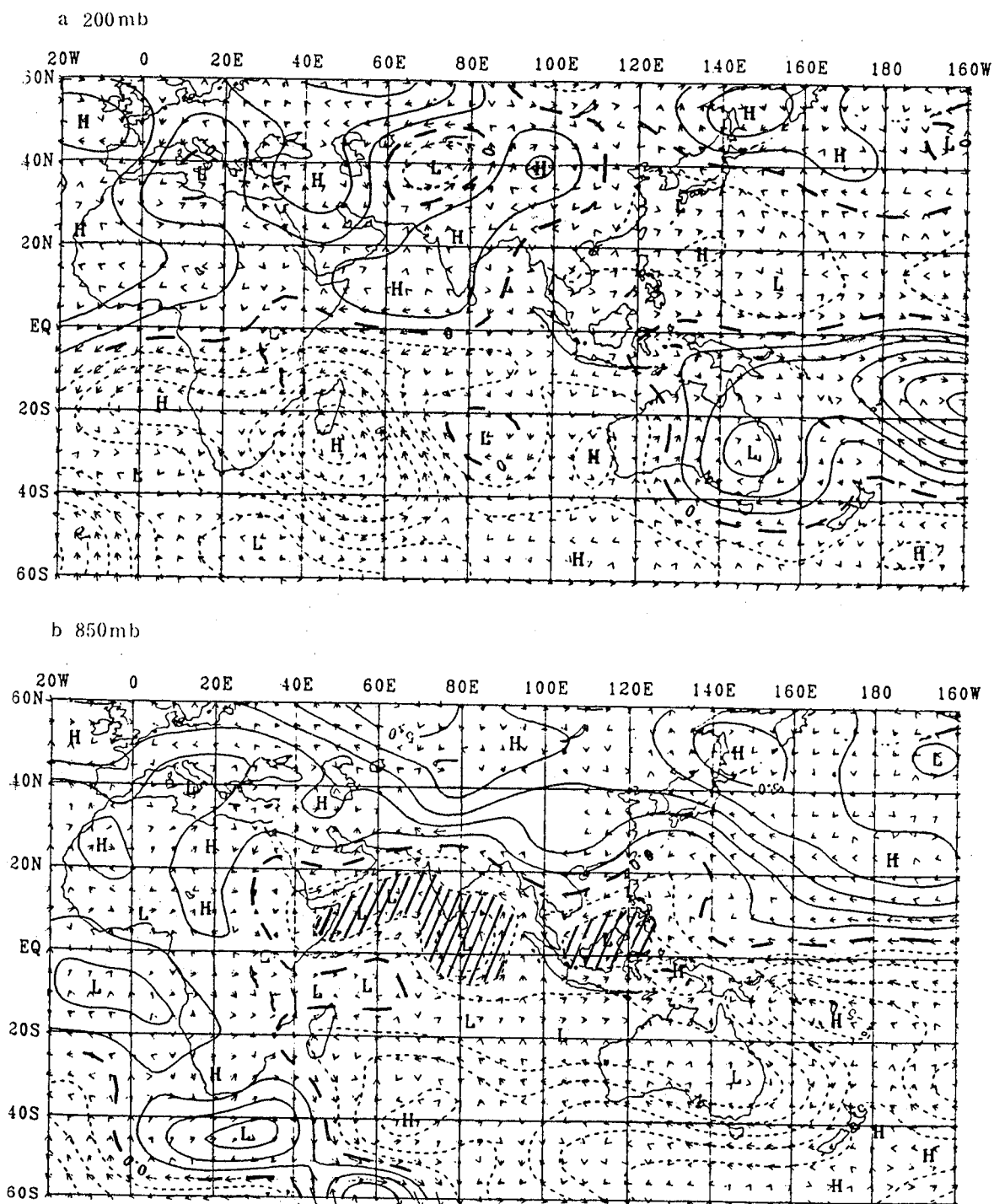
圖五 a，b 為 850mb 與 200mb 夏季（6—8 月）平均流線函數距平值分布圖與風向量分布圖。對照 a 圖與 b 圖，可以看到在印度有極好的季風低壓，這點可以為該年新德里降雨量突破平均值獲得證明。此一季風低壓與伴生季風槽，在 b 圖上橫互於低緯 40°E—140°E，逼使太平洋高壓東退。由此不難想像在 b 圖中赤道與 40°N，及 140°E 到 180° 之間海面上，在強烈的東南風導流下，颱風路徑偏離台灣，自屬可理解之事。

（二）兩種顯著效應，使颱風路徑詭異

本年颱風在初期熱帶低壓期內，大多搖擺多變，深入分析後，都受了兩種效應控制。

1. 如奧文與南施受藤原效應及季風低壓兩者影響而出現行徑如圖六。

2. 如肯恩與羅拉受季風低壓環流牽引而出現行徑如前圖四。



圖五 1989年夏季(6-8)90天平均流線函數距平值,及風向量。a為200mb, b為850mb, 圖中斜線為季風槽。(引自日本氣象所氣象學監視報告1989九月號)

Fig5. Seasonal mean of stream function anomals in 1989 Summer (June-Aug) a. 200mb, b. 850mb. (after JMA)

表一 民國 78 年北太平洋西部颱風活動資料總表

Table 1. Summary of Typhoon information for the western North Pacific Ocean 1989.

月 份	常 年 次 序 號	風 暴 名 稱	本局檔案中之生命期 (颱風期·時間為地方時)	JTWC檔案中之生命期(以Z為準,月略)					強 度	發生地點(地理稱謂)	成 熟 地 點 (°N, °E)	平 均 移 速 (n.m./h)	大風半徑 (KM)	中 心 最 速 (m/s)	最 低 氣 壓 (mb)	消 失 地 點
				輕	中	強	烈	超								
1	1	溫諾娜 Winona	011814 - 012008	1800-1918					1	輕	夏威夷東方海面	16.5 151.5	37.6	120	23	菲律賓東方海面
4	1	安迪 Andy	041808 - 042408	1718-2318	1912-2306	2006-2218	2018-2118	6	超	加洛林群島	8.4 146.5	18.4	250	100	70	馬紹爾群島
5	1	白蘭黛 Brenda	051614 - 052108	2218-2500	2400-2418			4	中	加洛林群島	9.4 129.6	19.4	200	80	35	廣東境內
5	2	西西 Cecil	052308 - 052514	1606-2012	1912-2012			2	中	南沙群島	14.3 112.6	13.0	200	80	33	越南境內
6	1	黛特 Dot	060602 - 061202	0512-1100	0806-1006	0900-0912		6	中	加洛林群島	11.2 126.7	18.0	250	150	48	越南境內
6	2	艾勃士 Ellis	062308 - 062314	2300-2318				3	輕	呂宋島東北角海面	20.3 126.7	18.0	150	—	20	996 琉球東方
7	1	費依 Faye	070714 - 071102	0706-1012				6	輕	菲律賓海面	16.6 127.6	19.9	150	50	30	980 越南境內
7	2	高登 Gordon	071214 - 071902	1200-1812	1312-1718	1412-1612	1506-1518	4	超	馬里亞納群島	18.2 141.4	22.6	300	150	65	920 越南境內
7	3	賀瑛 Hope	071708 - 072114	1618-2012				2	輕	巴士海峽東方海面	21.5 131.1	14.4	150	—	25	990 長江口
7	4	歐敏 Irving	072114 - 072320	2106-2406				5	輕	南海區	15.3 115.1	20.1	150	—	25	985 越南境內
7	5	朱迪 Judy	072308 - 072902	2300-2818	2418-2800			1	中	關島海面	16.7 137.5	18.0	250	150	48	945 黃海區
7	6	肯恩 Ken	073020 - 073108	3006-0400				3	輕	琉球海面	26.0 138.0	22.3	200	—	23	990 日本南方海面
7	7	羅拉 Lola	073120 - 080408	—				6	輕	小笠原群島	28.3 130.6	17.7	250	—	28	980 長江下游區
8	1	麥克 Mac	080108 - 080714	0106-0612	0306-0600			4	中	塞班島海面	20.9 130.8	18.3	400	200	40	955 日本海北部
8	2	奧文 Owen	081214 - 081702	1212-1800	1400-1612			5	中	"	21.3 158.1	22.4	250	150	28	965 北海道東海面
8	3	南希 Nancy	081302 - 081808	1206-1612	1306-1518			2	中	"	19.0 138.0	21.5	250	150	38	960 日本東方海面
8	4	佩姬 Peggy	081702 - 081902	1612-1800				2	輕	關島海面	22.2 148.7	16.4	200	—	40	990 馬里亞納群島北方
8	5	羅傑 Roger	082614 - 082814	2418-2800				6	輕	琉球海面	27.5 131.4	35.0	150	—	23	980 輕津海峽
9	1	莎拉 Sarah	090702 - 091320	0618-1306	1006-1206	1100-1112		1	強	巴士海峽東方海面	20.4 136.5	15.5	300	150	28	952 浙江境內
9	2	狄普 Tip	091102 - 091214	1000-1318				3	輕	小笠原群島	30.1 149.0	16.6	200	50	51	980 日本東方海面
9	3	薇拉 Vera	091220 - 091520	1212-1512				2	輕	關島海面	8.5 143.0	23.8	200	50	25	985 浙江境內
9	4	韋恩 Wayne	091808 - 092014	1800-2006	1900-1912			11	輕	台灣東方海面	25.1 124.8	38.5	150	—	28	985 日本東方海面
9	5	安吉拉 Anela	093002 - 101102	2918-1012	3012-1006	0100-0606	0506-0512	2	超	關島海面	15.0 139.1	15.0	250	100	65	930 東沙島海面
10	1	布萊恩 Brian	100102 - 100314	3018-0312	0118-0306			6	超	東沙島海面	20.4 115.2	13.0	200	80	67	975 南沙島
10	2	柯利恩 Colleen	100208 - 100814	0212-0806	0406-0406			4	中	加洛林群島	11.7 149.3	25.8	250	100	38	955 本洲東方海面
10	3	丹恩 Dan	100914 - 101402	0900-1306	1006-1306	1618-1900	1806-1900	7	中	呂宋島東方海面	10.9 134.1	25.0	200	100	43	975 日本東方海面
10	4	艾麗斯 Elsie	101420 - 102208	1412-2206	1606-1906			5	超	關島海面	16.2 131.4	13.9	250	150	70	940 越南境內
10	5	福萊斯 Forrest	102302 - 102802	2206-2906	2412-2818			2	中	馬里亞納群島	10.9 148.5	17.5	250	100	48	955 越南境內
11	1	蓋依 Gay	110220 - 110420	0200-0912	0300-0900	0400-0406	0806-0818	5	超	暹羅灣	8.5 101.8	9.0	200	60	70	965 小笠原群島
11	2	亨特 Hunt	111802 - 112302	1718-2218	1818-2200			7	中	菲律賓海面	12.2 129.4	11.1	200	80	38	960 泰國南部
11	3	伊爾瑪 Irma	112702 - 120420	2612-0412	2806-0400	2900-0200	3000-3018	4	超	加洛林群島	10.3 144.8	14.1	300	150	70	920 馬里亞納群島
12	1	傑克 Jack	122314 - 122802	2306-2718	2400-2712	2500-2700		4	強	馬紹爾群島	10.8 130.0	8.5	250	120	60	940 馬里亞納群島

表二 中華民國七十八年（公元1989）年中央氣象局颱風警報發布概況
Table 2. Summary of typhoon warning issued by CWB, 1989.

〔*：表示侵台颱風〕

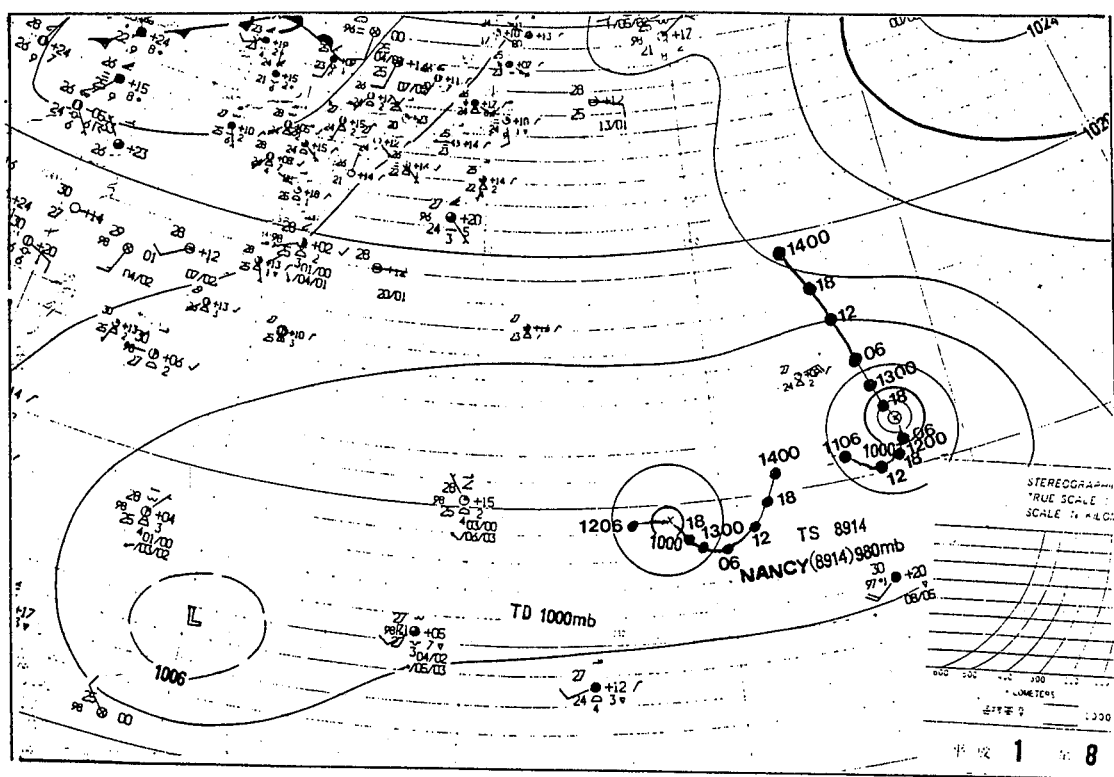
號次	名稱	編號	生成地點	警報種類	發布時間	解除時間	發布報數	警報內容		侵台路徑分類	登陸地段	紀要	
								最大強度	近中心最大風速 (公尺/秒)			動態	災害
1	白蘭黛 (BRENDA)	8903	非島東方海面	海上	海上：5月18日 15時0分	海上：5月20日 14時35分	9	中度	35 (12級)	—	—	形成後向西北西轉西北方向行進，穿過呂宋島南端後，轉北北西方向經東沙島南方海上，而進入大陸地區。	—
2	戈登 (GORDON)	8908	硫磺島南方海面	海上	海上：7月15日 9時35分	海上：7月17日 21時20分	11	強烈	65 (17級) 以上	—	—	形成後向西轉西南西方向行進，至呂宋島東方海面轉向西北西方向，掠過呂宋島北端後，向西北方向進入大陸地區。	—
3	賀璦 (HOPE)	8909	琉球東南方海面	海上	海上：7月18日 9時20分	海上：7月19日 15時0分	6	輕度	25 (10級)	—	—	形成後向西北方向行進，經宮古島東北方近海，由浙江沿海進入大陸。	—
4	羅拉 (ROLA)	8913	那霸島東北方海面	海上	海上：7月31日 21時30分	海上：8月3日 9時10分	11	輕度	28 (10級)	—	—	形成後向西南西方向行進，經那霸島東北方近海，呈打轉現象，經過24小時後向西北前進，逐漸遠離本省。	—
* 5	莎拉 (SARAH)	8919	硫磺島西方海面	海上 陸上	海上：9月8日 9時50分 陸上：9月8日 15時0分	陸上：9月13日 15時20分 9月13日 20時30分	23	強烈	51 (16級)	—	4 花蓮至新港間	形成後向西北西轉西南方向行進，在呂宋島東北方海面打轉後，朝向北北西轉西北方向移動。於9月11日23時左右在花蓮南方靜浦附近登陸後減弱消失，由台東近海形成副低壓所取代，繼續向北行進，於13日凌晨掠過台灣東北角後，由馬祖北方進入大陸。	(1)全省均有災情。 (2)中南部水災嚴重； 中山高速公路水上，新營路段間坍塌，造成通車以來最大災害。
6	薇拉 (VERA)	8921	關島西北方海面	海上	海上：9月14日 15時40分	海上：9月15日 20時30分	6	輕度	25 (10級)	—	—	形成後向西北西轉西北方向行進，經宮古島東北方近海後，由浙江沿海進入大陸。	—
7	安吉拉 (ANGELA)	8923	關島西方海面	海上	海上：10月5日 9時30分	海上：10月7日 9時40分	9	超級強烈	67 (17級) 以上	—	—	形成後向西北轉西方向行進，經呂宋島東北方近海，轉向西北西方向，掠過呂宋島東北角後，進入南海。	—

Table 3.a Damages Summarized after Sarah attacking

[illegible]

Table 3b Damages Summarized after flood on July 26-31, 1989.

澎湖縣	部		部		南					部		中					部					北		總計	區		地		情					
	臺東縣	花蓮縣	嘉義縣	嘉義市	臺南縣	臺南市	屏東縣	高雄縣	高雄市	雲林縣	彰化縣	南投縣	臺中縣	臺中市	苗栗縣	新竹縣	新竹市	基隆市	宜蘭縣	桃園縣	臺北縣	臺北市	市		縣	況	目	項						
																													死亡	失蹤	不明	重傷	輕傷	全
			4			1						1	7	1		1				1	1			17	亡	死	人							
																									踪	失	員(人)							
												1											1	傷	重	傷	輕	房屋(間)						
												1			1								2	傷	輕	倒	半							
											14	33	8	8		2							65	倒	全	倒	半							
											8	15	4	14		8							49	倒	半									
																							死亡名單：17人。 嘉義縣：四人羅靜惠女18歲、方景傑男13歲、陳怡伶女6歲以上三人被水溺斃，羅佳惠女7歲被水沖失。 台中縣：李文和男27歲、黃美稻女23歲、李坤益男5歲、李義俊男7歲、以上四人被山崩掩埋。陳朗男47歲、林榮長男19歲、張阿棋男年齡待查，以上三人被水溺斃，共七人。 新竹縣：彭萬水男45歲被水溺斃。屏東縣：林明川男48歲被水溺斃。台中市：呂欣蓉男3歲被水溺斃。桃園縣：曾阿葉男63歲被水溺斃。南投縣：張仲修男45歲被水溺斃。宜蘭縣：林明坑男52歲被雷電擊斃。 重傷名單：一人 南投縣：陳淑珍女19歲，被落石壓傷。輕傷名單：二人。 台中市：王法益男40歲，被落石壓傷。南投縣：張文杰男32歲，被落石壓傷。 房屋全倒：65間。 台中縣：8間。 新竹縣：2間。 台中市：8間。 南投縣：33間。 彰化縣：14間。 房屋半倒：49間。 台中縣：4間。 台中市：14間。 南投縣：15間。 彰化縣：8間。 新竹縣：8間。											



圖六 1989年8月12日1200Z地面圖示，以該圖為中心，前後二日兩個颱風運動狀況。

Fig.6. Surface chart on 1200 Z August 12, 1989, showing 2 typhoons Owen and Nancy moved around the monsoon low, and also twisted because of Fujiwara effect.

五、天氣與災害

本年莎拉颱風侵台期間，造成很大災害已如表三a所列，損害不貲。但實際上，本年熱帶擾動所造成之災害，除此颱風外，在七月底出現之一次熱帶低壓過境，甚至造成比颱風更兇猛之水災。如報紙所描述，七月底中部豪雨過後，農田頓成澤國，積水數日不退，農作損失無數。據警政署報告，中部南投等地區水深三公尺，因落水而喪命者高達十七人，房屋及建築倒塌一百間以上，茲列損失調查表如表三b，雨量統計表如表三c。

六、結 論

(一) 本年共發生了32個颱風，屬於多颱風年。以1948年以來颱風頻率順位計，排在第七位。(表四)

(二) 以每月發生頻率計，以七月份高出平均值75%為最多，本年七月後每月頻數都偏高。

(三) 以發生地區言，發生在10-25°N, 135-155°E

表三c 78年7月26-30日TD通過台灣時各地豪雨記錄

地 點	降 水 量 (mm)
竹 仔 湖	460.7
台 中	405.5
阿 里 山	562.5
玉 山	232.9
屏 東	326.2
恆 春	230.8
日 月 潭	364.3

佔總數43%為最多。

(四) 颱風強度在強烈級以上者計7個，佔21%，壽命最長者為安吉拉計11天，最短者為艾力士，僅6小時，平均壽命4½天。

(五) 莎拉為唯一登陸颱風，在東部地區造成怪異路

徑。

(六)本年出現之搖擺颱風路徑，大多起因於藤原效應及季風低壓兩種影響。

(七)本年低緯環流支持多颱風及偏北行徑。

七、誌 謝

本報告經科技中心王主任修正。

(本報告由鄭俠技正執筆)。

參考文獻

中央氣象局科技中心：民國七十六年北太平洋西部

颱風總述 氣象學報35卷3期。PP69—92

中央氣象局科技中心：民國七十七年北太平洋西部

颱風總述 氣象學報36卷3期。PP238—254

JTWC, 1989 : Annual Tropical Cyclone Report.

表四 1948 年以來北太平洋西部各月颱風次數統計表
 Tabl 4. Summary of typhoon occurrence in the western North Pacific since 1948.

年份	1 月			2 月			3 月			4 月			5 月			6 月			7 月			8 月			9 月			10 月			11 月			12 月			全年			
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III				
1948	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	3	1	1	4	6	1	1	3	2	2	4	6	1	1	0	3	2	0	2	1	0	35	14	4
1949	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	11	3		
1950	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	1	1	1	5	2	0	18	0	4	3	3	3	3	1	1	1	4	1	0	44	13	0		
1951	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	3	3	3	1	0	3	2	2	3	4	4	0	1	1	0	2	0	21	13	3			
1952	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	5	1	1	1	3	5	1	3	3	6	6	1	1	3	2	0	27	20	5				
1953	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	6	5	3	1	5	5	3	1	5	5	5	1	1	1	0	3	0	23	16	4			
1954	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	7	5	1	1	4	5	3	2	4	4	4	1	1	1	0	24	19	2					
1955	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	2	2	0	5	4	2	3	3	5	3	1	1	1	0	22	18	2					
1956	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	4	7	1	1	1	6	5	3	1	5	5	3	1	1	1	0	22	18	2					
1957	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	5	4	1	1	1	6	4	3	1	5	5	3	1	1	1	0	31	21	3					
1958	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	3	6	2	3	2	9	6	4	3	3	4	4	0	1	1	0	23	16	7					
1959	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	8	3	3	2	9	8	3	3	4	4	4	0	1	1	0	23	16	7					
1960	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	9	1	2	3	9	8	3	3	0	4	4	0	1	0	1	0	27	21	6				
1961	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	3	8	3	5	5	3	8	3	2	7	3	3	5	2	1	0	0	29	20	6				
1962	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	4	8	3	4	3	8	3	0	6	5	2	4	4	1	1	0	0	1	0	29	24	5		
1963	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	4	4	3	3	0	6	5	5	3	1	1	0	0	3	1	0	24	19	2		
1964	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	8	4	4	3	8	4	4	7	6	6	3	2	1	1	0	0	1	0	37	25	0		
1965	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	8	4	4	3	8	4	4	4	4	4	3	2	1	1	0	0	30	20	4				
1966	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	8	3	5	3	8	3	3	2	4	4	3	2	1	1	0	0	35	22	4				
1967	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	8	3	3	3	4	6	3	3	2	4	4	3	1	4	1	0	0	34	18	3			
1968	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	4	6	3	3	4	6	3	3	5	5	3	4	1	2	1	0	19	15	4				
1969	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	3	3	4	6	3	3	2	3	5	3	2	0	0	0	26	13	1				
1970	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	4	4	4	5	4	3	2	7	3	5	3	2	0	2	0	0	35	24	2			
1971	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	2	3	8	5	6	2	4	3	5	5	4	3	2	0	2	0	0	0	21	23	1			
1972	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	5	4	4	4	5	4	3	2	4	4	3	2	0	2	0	0	0	32	15	3			
1973	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	4	1	1	5	2	3	1	0	0	6	5	0	1	1	0	0	21	11	3			
1974	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	5	4	1	5	4	5	4	4	4	4	4	3	1	1	3	2	0	20	14	3			
1975	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	5	4	1	1	5	4	4	4	4	4	4	3	1	1	1	0	0	25	16	1			
1976	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	2	3	3	2	2	2	4	4	4	3	1	1	1	0	0	19	11	3				
1977	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	0	1	1	0	0	28	15	3			
1978	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	3	7	3	1	1	3	3	3	3	3	3	3	2	0	1	1	0	0	23	13	2			
1979	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	4	4	4	2	2	2	2	5	5	3	2	1	1	0	0	24	15	2				
1980	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	1	0	0	28	16	4				
1981	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	2	1	1	5	2	3	3	3	3	3	1	0	2	0	0	2	26	19	3			
1982	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	2	1	1	5	2	3	1	0	0	6	5	0	1	0	0	23	11	2				
1983	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	3	1	1	5	2	3	1	0	0	6	5	0	1	0	0	27	16	5				
1984	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	4	1	1	5	6	3	1	1	1	3	1	1	1	0	0	26	17	4				
1985	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	8	6	1	1	8	6	3	5	5	5	5	1	1	1	0	0	26	18	4				
1986	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	0	2	0	0	24	14	7				
1987	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	0	1	1	0	26	18	1				
1988	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	5	4	1	1	5	2	3	3	3	3	3	3	0	2	1	0	26	14	1				
總數	22	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	30	4	70	41	141	163	106	30	228	133	42	197	133	34	162	121	13	104	68	8	59	31	1104	704	141		
平均	0.5	0.2	0.0	0.2	0.1	0.0	0.4	0.2	0.0	0.8	0.5	0.0	1.1	0.7	0.1	1.7	1.0	3.4	2.6	0.7	2.5	6.3	3.2	4.8	3.3	3.0	4.0	3.0	0.5	0.3	0.2	0.6	1.7	0.2	1.4	0.8	0.1	0.1	0.0	
1989	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	0	0	2	0	7	2	2	2	5	5	3	2	2	2	2	1	1	0	0	1	0	32	18	1			

註：I 為輕度級以上之颱風次數。

II 為中度級及以上之颱風次數。

III 為颱風（包括輕度）侵襲之次數。

表五 中華民國七十八年（1989）颱風資料表

Table 5. Typhoons' Calendar, 1989.

編號	警報種類	名稱	生命期	生成地點	強度	生成點
8901		溫諾娜WINONA			輕度	
8902		安迪ANDY			強度	
8903	海	白蘭黛BRENDA			中度	
海上警報時間		05/18/15:00L 05/20/14:35L				
8904		西仕CECIL			中度	
8905		黛特DOT			中度	
8906		艾勒士ELLIS			輕度	
8907		費依FAYE			輕度	
8908	海	戈登GORDON			超強	
海上警報時間		07/15/09:35L 07/17/21:20L				
8909		資璞HOPE			輕度	
海上警報時間		07/18/09:20L 07/19/15:00L				
8910		歐敏IRVING			輕度	
8911		茱迪JUDY			中度	
89T1		低壓警報(1)				
8912		肯恩KEN			輕度	
8913	海	羅拉LOLA			輕度	
海上警報時間		07/31/21:30L 08/03/09:10L				
8914		麥克MAC			中度	
8915		南施NANCY			中度	
8916		奧文OWEN			中度	
8917		佩姬PEGGY			輕度	
89T2		低壓警報(2)				
8918		羅杰ROGER			輕度	
8919	海，陸	莎拉SARAH			強烈	
海上警報時間		09/08/09:50L 09/13/20:30L				
陸上警報時間		09/08/15:00L 09/13/14:00L				
8920		狄普TIP			輕度	
8921		薇拉VERA			輕度	
海上警報時間		09/14/15:40L 09/15/20:30L				
8922		韋恩WAYNE			輕度	
8923	海	安吉拉ANGELA			強烈	
海上警報時間		10/05/09:30L 10/07/09:40L				
8924		布萊恩BRIAN			中度	
8925		柯琳COLLEEN			中度	
8926		丹恩DAN			中度	
8927		艾爾西ELSIE			強烈	
8928		福萊斯FORREST			中度	
8929		蓋依GAY			中度	
8930		漢特HUNT			中度	
8931		阿瑪IRMA			強烈	
8932		傑克JACK			強烈	

表六 附錄 JTWC 1989年颱風報告中之最佳路徑
Appendix Table 6. The best tracks after JTWC Annual Typhoons report 1989

時 間	次 序	緯度° N	經度° E	最大風速 (kts)	移 速 n m/h r
Tropical Storm Winona (01W)					
DTG	W.	BT LAT	BT LON		
89011800	1	16.5N	153.8E	40	19
89011806	2	16.4N	151.8E	45	17
89011812	3	16.2N	150.0E	50	20
89011818	4	15.8N	148.0E	50	23
89011900	5	15.2N	145.7E	55	28
89011906	6	14.6N	142.9E	55	29
89011912	7	14.0N	140.0E	55	27
89011918	8	13.8N	137.2E	45	-
89012006*	9	13.5N	132.3E	30	18
89012012	10	13.5N	130.5E	30	16
89012018	11	13.3N	128.9E	30	12
89012100	12	13.1N	127.7E	30	16
89012106	13	12.3N	126.3E	25	
* Regenerated					
Super Typhoon Andy (02W)					
DTG	K	BT LAT	BT LON		
89041718	1	8.1N	147.0E	35	8
89041800	2	8.7N	146.4E	40	7
89041806	3	9.2N	145.9E	45	7
89041812	4	9.6N	145.3E	45	8
89041818	5	9.7N	144.5E	50	6
89041900	6	9.7N	143.9E	55	4
89041906	7	9.7N	143.5E	60	3
89041912	8	9.9N	143.3E	70	2
89041918	9	10.1N	143.3E	75	5
89042000	10	10.5N	143.5E	85	5
89042006	11	10.9N	143.8E	100	7
89042012	12	11.5N	144.1E	120	10
89042018	13	12.0N	145.0E	135	11
89042100	14	12.6N	145.9E	140	13
89042106	15	13.4N	146.9E	140	15
89042112	16	14.2N	148.2E	140	17
89042118	17	15.4N	149.4E	135	15
89042200	18	16.4N	150.5E	130	14
89042206	19	17.4N	151.5E	120	15
89042212	20	18.5N	152.5E	110	14
89042218	21	19.6N	153.4E	100	15
89042300	22	20.8N	154.3E	85	11
89042306	23	21.6N	155.1E	65	10
89042312	24	22.5N	155.6E	45	10
89042318	25	23.4N	156.1E	35	11
89042400	26	24.4N	156.7E	30	
Typhoon Brenda (03W)					
DTG	W.	BT LAT	BT LON		
89051518	1	9.8N	130.2E	30	12
89051600	2	10.4N	129.1E	30	12
89051606	3	11.0N	128.0E	35	15
89051612	4	11.7N	126.6E	40	15
89051618	5	12.3N	125.2E	45	15
89051700	6	12.8N	123.8E	50	13
89051706	7	13.4N	122.6E	50	13
89051712	8	13.9N	121.4E	45	11
89051718	9	14.5N	120.5E	35	11
89051800	10	15.2N	119.6E	35	10
89051806	11	15.8N	118.8E	45	9
89051812	12	16.5N	118.2E	45	8
89051818	13	17.1N	117.7E	50	8
89051900	14	17.7N	117.2E	55	8
89051906	15	18.4N	116.7E	55	10
89051912	16	19.1N	116.0E	65	10
89051918	17	19.8N	115.2E	75	10
89052000	18	20.5N	114.4E	75	8
89052006	19	21.1N	113.8E	70	8
89052012	20	21.6N	113.1E	70	

時 間	次 序	緯度° N	經度° E	最大風速 (kts)	移 速 n m/h r
Typhoon Cecil (04W)					
DTG	W.	BT LAT	BT LON		
89052218	1	13.6N	113.0E	45	8
89052300	2	14.3N	112.6E	50	7
89052306	3	14.8N	112.1E	55	7
89052312	4	15.2N	111.5E	55	6
89052318	5	15.5N	111.0E	60	6
89052400	6	15.7N	110.4E	65	7
89052406	7	15.7N	109.7E	70	5
89052412	8	15.8N	109.2E	75	6
89052418	9	15.8N	108.6E	70	
Typhoon Dot (05W)					
DTG	W.	BT LAT	BT LON		
89060500	1	9.8N	130.7E	30	14
89060506	2	10.2N	129.3E	30	14
89060512	3	10.5N	127.9E	35	13
89060518	4	11.0N	126.7E	35	11
89060600	5	11.4N	125.7E	40	12
89060606	6	11.8N	124.5E	40	14
89060612	7	12.2N	123.1E	45	16
89060618	8	12.6N	121.5E	50	15
89060700	9	13.1N	120.1E	50	11
89060706	10	13.6N	119.1E	55	10
89060712	11	14.3N	118.4E	55	10
89060718	12	14.9N	117.6E	55	10
89060800	13	15.3N	116.7E	60	9
89060806	14	15.7N	115.9E	65	9
89060812	15	16.1N	115.1E	85	7
89060818	16	16.4N	114.4E	95	8
89060900	17	16.6N	113.6E	100	8
89060906	18	16.9N	112.8E	100	9
89060912	19	17.2N	111.9E	95	9
89060918	20	17.6N	111.1E	95	10
89061000	21	18.1N	110.2E	95	11
89061006	22	18.6N	109.2E	80	10
89061012	23	19.0N	108.2E	60	9
89061018	24	19.4N	107.3E	55	11
89061100	25	20.2N	106.5E	55	
Tropical Storm Ellis (06W)					
DTG	W.	BT LAT	BT LON		
89062006†	1	16.4N	128.9E	25	10
89062018†	2	17.3N	127.4E	25	-
89062218*	3	20.0N	126.1E	30	12
89062300	4	21.0N	126.8E	35	24
89062306	5	23.2N	127.9E	35	23
89062312	6	25.4N	128.8E	35	-
† Tropical Depression Warning * Regenerated					
Tropical Storm Faye (07W)					
DTG	W.	BT LAT	BT LON		
89070606	1	15.4N	129.6E	25	6
89070612	2	15.9N	129.2E	25	6
89070618	3	16.3N	128.7E	25	7
89070700	4	16.7N	128.1E	30	7
89070706	5	16.9N	127.4E	35	9
89070712	6	17.0N	126.5E	35	8
89070718	7	17.0N	125.7E	40	11
89070800	8	16.7N	124.6E	45	11
89070806	9	16.7N	123.5E	55	11
89070812	10	16.9N	122.4E	60	16
89070818	11	17.2N	120.8E	40	16
89070900	12	17.3N	119.1E	45	14
89070906	13	17.5N	117.6E	45	11
89070912	14	17.7N	116.5E	45	12
89070918	15	18.2N	115.4E	40	14

時 間	次 序	緯度° N	經度° E	最大風速 (kts)	移 速 n m/h r
89071000	16	18.7N	114.0E	40	13
89071006	17	19.1N	112.7E	35	13
89071012	18	19.5N	111.4E	35	11
89071018	19	20.0N	110.3E	30	12
89071100	20	20.5N	109.1E	30	15
89071106	21	21.2N	107.7E	30	

Super Typhoon Gordon (08W)

DTG	H	BT LAT	BT LON		
89071106	1	18.6N	147.3E	30	19
89071112	2	18.5N	145.3E	30	12
89071118	3	18.3N	144.0E	30	13
89071200	4	18.1N	142.6E	35	12
89071206	5	18.0N	141.3E	40	13
89071212	6	17.9N	139.9E	45	15
89071218	7	17.9N	138.3E	50	15
89071300	8	17.8N	136.7E	55	15
89071306	9	17.6N	135.1E	60	14
89071312	10	17.0N	133.8E	65	13
89071318	11	16.5N	132.6E	70	12
89071400	12	16.4N	131.4E	75	12
89071406	13	16.3N	130.2E	90	13
89071412	14	16.3N	128.8E	100	13
89071418	15	16.4N	127.4E	115	12
89071500	16	16.6N	126.2E	125	11
89071506	17	17.0N	125.1E	140	12
89071512	18	17.5N	124.0E	140	14
89071518	19	17.9N	122.6E	140	13
89071600	20	18.2N	121.3E	120	11
89071606	21	18.3N	120.1E	110	12
89071612	22	18.5N	118.8E	100	11
89071618	23	18.6N	117.6E	90	11
89071700	24	19.1N	116.6E	80	11
89071706	25	19.7N	115.6E	75	11
89071712	26	20.4N	114.7E	70	11
89071718	27	20.8N	113.6E	65	11
89071800	28	21.1N	112.5E	60	12
89071806	29	21.4N	111.3E	55	12
89071812	30	21.7N	110.0E	50	

Tropical Storm Hope (09W)

DTG	H	BT LAT	BT LON		
89071600	1	20.8N	134.8E	30	8
89071606	2	21.0N	134.0E	30	9
89071612	3	21.1N	133.0E	30	12
89071618	4	21.5N	131.8E	35	12
89071700	5	22.2N	130.8E	35	11
89071706	6	23.0N	130.0E	40	13
89071712	7	23.6N	128.8E	40	10
89071718	8	24.2N	127.9E	45	9
89071800	9	24.5N	127.0E	45	7
89071806	10	24.9N	126.4E	50	7
89071812	11	25.3N	125.8E	50	7
89071818	12	25.8N	125.2E	55	10
89071900	13	26.6N	124.6E	55	7
89071906	14	27.2N	124.1E	55	7
89071912	15	27.8N	123.7E	55	7
89071918	16	28.4N	123.3E	55	4
89072000	17	28.6N	122.9E	55	4
89072006	18	28.7N	122.5E	45	4
89072012	19	28.8N	122.0E	35	4
89072018	20	28.9N	121.5E	30	4
89072100	21	29.0N	121.1E	30	

Tropical Storm Irving (10W)

DTG	H	BT LAT	BT LON		
89072100	1	15.0N	116.7E	30	16
89072106	2	15.1N	115.0E	35	15
89072112	3	15.0N	113.4E	40	12
89072118	4	15.0N	112.2E	40	10
89072200	5	15.5N	111.3E	40	11
89072206	6	16.4N	110.7E	40	6
89072212	7	16.7N	110.2E	40	7
89072218	8	16.8N	109.5E	40	9
89072300	9	17.1N	108.6E	45	9
89072306	10	17.5N	107.7E	45	9

時 間	次 序	緯度° N	經度° E	最大風速 (kts)	移 速 n m/h r
89072312	11	18.1N	107.0E	45	8
89072318	12	18.6N	106.3E	55	8
89072400	13	19.2N	105.7E	55	9
89072406	14	19.7N	104.9E	40	

Typhoon Judy (11W)

DTG	H	BT LAT	BT LON		
89072206	1	14.8N	138.8E	25	8
89072212	2	15.4N	138.3E	25	8
89072218	3	16.1N	138.0E	30	4
89072300	4	16.5N	138.0E	35	5
89072306	5	17.0N	138.0E	35	5
89072312	6	17.5N	138.0E	35	7
89072318	7	18.2N	138.1E	35	7
89072400	8	18.9N	138.2E	50	7
89072406	9	19.6N	138.3E	55	6
89072412	10	20.2N	138.4E	55	7
89072418	11	20.9N	138.4E	65	9
89072500	12	21.8N	138.4E	80	10
89072506	13	22.8N	138.3E	90	11
89072512	14	23.9N	138.0E	95	10
89072518	15	24.9N	137.9E	95	12
89072600	16	26.0N	137.5E	90	10
89072606	17	26.8N	136.9E	90	10
89072612	18	27.6N	136.3E	85	13
89072618	19	28.4N	135.2E	85	13
89072700	20	29.2N	134.1E	85	14
89072706	21	30.1N	132.8E	90	15
89072712	22	30.8N	131.2E	90	14
89072718	23	31.8N	130.0E	90	11
89072800	24	32.7N	129.2E	65	10
89072806	25	33.5N	128.4E	60	13
89072812	26	34.6N	127.6E	50	18
89072818	27	36.4N	127.3E	40	17
89072900	28	38.0N	128.0E	30	

Tropical Depression 12W

DTG	H	BT LAT	BT LON		
89072912	1	24.8N	124.0E	30	11
89072918	2	25.0N	122.8E	30	8
89073000	3	25.2N	122.0E	30	

Tropical Storm Ken-Lola (13W-14W)

DTG	H	BT LAT	BT LON		
89073000	1	24.3N	136.0E	30	14
89073006	2	25.1N	137.3E	45	18
89073012	3	26.5N	138.5E	45	20
89073018	4	27.7N	136.7E	45	17
89073100	5	28.5N	135.0E	45	-
89073112*	6	29.1N	130.9E	50	13
89073118	7	28.2N	129.9E	50	8
89080100	8	27.5N	129.5E	50	5
89080106	9	27.0N	129.3E	50	2
89080112	10	26.8N	129.2E	45	2
89080118	11	26.8N	129.0E	40	2
89080200	12	27.0N	128.9E	40	8
89080206	13	27.7N	128.4E	45	10
89080212	14	28.5N	127.7E	45	12
89080218	15	29.5N	126.9E	45	9
89080300	16	30.0N	126.0E	50	10
89080306	17	30.4N	125.0E	50	11
89080312	18	30.7N	123.8E	50	11
89080318	19	31.1N	122.6E	45	11
89080400	20	31.3N	121.3E	40	12
89080406	21	31.8N	120.0E	30	9
89080412	22	32.0N	119.0E	30	9
89080418	23	32.1N	118.0E	25	

* Post analysis indicates 13W
and 14W were the same storm.

Typhoon Mac (15W)

時 間	次 序	緯度° N	經度° E	最大風速 (kts)	移 速 n m/h r
DTG	W	BT LAT	BT LON		
89080100	1	21.2N	151.0E	30	6
89080106	2	21.8N	151.0E	30	7
89080112	3	22.5N	150.9E	35	7
89080118	4	23.2N	150.7E	40	9
89080200	5	24.0N	150.2E	45	11
89080206	6	25.0N	149.8E	45	12
89080212	7	26.1N	149.2E	45	11
89080218	8	26.8N	148.2E	50	10
89080300	9	27.0N	147.1E	60	9
89080306	10	26.9N	146.1E	70	7
89080312	11	26.7N	145.4E	75	4
89080318	12	26.5N	145.0E	80	4
89080400	13	26.3N	144.6E	75	3
89080406	14	26.3N	144.3E	75	3
89080412	15	26.6N	144.1E	75	5
89080418	16	27.1N	144.0E	75	8
89080500	17	27.9N	143.9E	75	13
89080506	18	29.2N	143.7E	75	17
89080512	19	30.8N	143.2E	75	19
89080518	20	32.6N	142.6E	70	17
89080600	21	34.2N	141.8E	65	18
89080606	22	35.8N	140.9E	50	18
89080612	23	37.4N	140.0E	40	18
89080618	24	39.1N	139.3E	30	14
89080700	25	40.4N	138.6E	30	11
89080706	26	41.2N	137.7E	30	17
89080712	27	42.7N	136.6E	30	9
89080718	28	43.6N	137.0E	25	-
Typhoon Owen (16W)					
DTG	W	BT LAT	BT LON		
89081100†	1	17.8N	143.4E	30	10
89081106†	2	18.6N	144.1E	30	9
89081112†	3	19.2N	144.8E	30	12
89081200	4	19.4N	147.1E	30	5
89081206	5	19.3N	147.6E	30	5
89081212	6	19.2N	148.1E	35	6
89081218	7	18.8N	148.5E	35	7
89081300	8	18.6N	149.2E	45	9
89081306	9	18.3N	150.1E	45	11
89081312	10	18.9N	151.1E	55	10
89081318	11	19.7N	151.7E	60	12
89081400	12	20.8N	152.3E	65	14
89081406	13	22.2N	152.2E	70	15
89081412	14	23.7N	151.8E	75	16
89081418	15	25.2N	151.2E	75	11
89081500	16	26.2N	150.6E	75	11
89081506	17	27.2N	150.1E	75	13
89081512	18	28.4N	149.5E	75	11
89081518	19	29.3N	148.7E	70	13
89081600	20	30.4N	148.0E	70	12
89081606	21	31.5N	147.4E	65	10
89081612	22	32.4N	146.8E	65	10
89081618	23	33.3N	146.4E	55	15
89081700	24	34.7N	145.7E	55	12
89081706	25	35.9N	145.8E	55	12
89081712	26	37.0N	146.3E	55	18
89081718	27	38.7N	147.1E	45	16
89081800	28	40.2N	147.9E	40	
† Tropical Depression Warning					
Typhoon Nancy (17W)					
DTG	W	BT LAT	BT LON		
89081106	1	20.9N	155.1E	25	9
89081112	2	20.6N	156.0E	25	8
89081118	3	20.3N	156.8E	30	8
89081200	4	20.5N	157.6E	30	7
89081206	5	21.1N	157.9E	35	6
89081212	6	21.7N	157.9E	45	8
89081218	7	22.5N	157.8E	50	9
89081300	8	23.4N	157.5E	55	13
89081306	9	24.6N	157.0E	65	16
89081312	10	26.1N	156.4E	70	18
89081318	11	27.6N	155.2E	75	19
89081400	12	29.2N	154.0E	75	24

時 間	次 序	緯度° N	經度° E	最大風速 (kts)	移 速 n m/h r
89081406	13	30.5N	151.7E	75	20
89081412	14	31.7N	149.9E	75	17
89081418	15	32.9N	148.4E	75	17
89081500	16	34.2N	147.0E	70	16
89081506	17	35.7N	146.2E	65	16
89081512	18	37.3N	145.7E	65	16
89081518	19	38.9N	145.2E	65	14
89081600	20	40.3N	145.2E	55	12
89081606	21	41.5N	145.4E	45	10
89081612	22	42.5N	145.6E	35	
Tropical Storm Peggy (18W)					
DTG	W	BT LAT	BT LON		
89081600	1	19.3N	148.8E	25	11
89081606	2	20.4N	148.8E	30	11
89081612	3	21.5N	148.7E	35	9
89081618	4	22.4N	148.4E	35	7
89081700	5	23.0N	148.1E	35	5
89081706	6	23.3N	147.6E	35	5
89081712	7	23.6N	147.1E	35	8
89081718	8	23.7N	146.2E	35	8
89081800	9	23.7N	145.3E	35	
Tropical Depression 19W					
DTG	W	BT LAT	BT LON		
89081700†	1	29.3N	124.2E	25	7
89081712†	2	28.1N	123.7E	25	5
89081800†	3	27.3N	123.2E	30	4
89081812†	4	27.2N	122.5E	30	3
89081900†	5	27.0N	121.8E	30	6
89081912†	6	26.8N	120.4E	30	
† Tropical Depression Warning					
Tropical Storm Roger (20W)					
DTG	W	BT LAT	BT LON		
89082412†	1	25.3N	124.0E	30	3
89082500	2	25.1N	124.7E	35	9
89082506	3	24.8N	125.6E	35	11
89082512	4	24.5N	126.8E	35	11
89082518	5	24.4N	128.0E	35	25
89082600	6	26.1N	130.0E	40	24
89082606	7	28.2N	131.2E	40	21
89082612	8	30.2N	131.9E	40	18
89082618	9	31.7N	133.0E	45	18
89082700	10	33.3N	134.1E	50	23
89082706	11	35.2N	135.7E	40	22
89082712	12	37.0N	137.3E	40	27
89082718	13	39.2N	139.3E	40	27
89082800	14	41.6N	140.9E	40	
† Tropical Depression Warning					
Tropical Depression 21W					
DTG	W	BT LAT	BT LON		
89082506†	1	28.5N	151.6E	25	18
89082518†	2	30.1N	153.9E	30	7
89082606†	3	31.4N	155.7E	30	12
89082618†	4	31.4N	158.8E	30	14
89082706†	5	32.0N	161.0E	30	4
89082718†	6	32.2N	161.7E	30	3
89082806†	7	32.7N	161.0E	25	
† Tropical Depression Warning					
Typhoon Sarah (22W)					
DTG	W	BT LAT	BT LON		
89090600	1	20.9N	140.8E	30	15
89090606	2	20.6N	139.2E	30	14

時 間	次 序	緯度° N	經度° E	最大風速 (kts)	移 速 n m/h r
89090612	3	20.2N	137.8E	30	11
89090618	4	20.0N	136.6E	35	9
89090700	5	20.0N	135.6E	40	9
89090706	6	20.1N	134.6E	45	14
89090712	7	20.5N	133.2E	50	18
89090718	8	21.1N	131.4E	55	22
89090800	9	21.4N	129.1E	55	21
89090806	10	20.8N	126.9E	55	19
89090812	11	19.7N	125.3E	60	14
89090818	12	18.5N	124.6E	65	7
89090900	13	17.9N	124.3E	65	4
89090906	14	17.7N	123.9E	65	3
89090912	15	17.9N	123.6E	60	5
89090918	16	18.4N	123.6E	55	7
89091000	17	19.1N	123.8E	55	8
89091006	18	19.9N	123.8E	55	7
89091012	19	20.6N	123.6E	65	6
89091018	20	21.1N	123.2E	75	7
89091100	21	21.8N	123.1E	115	11
89091106	22	22.8N	122.7E	120	8
89091112	23	23.3N	122.0E	125	8
89091118	24	23.0N	121.2E	90	4
89091200	25	23.0N	121.6E	80	12
89091206	26	24.1N	122.0E	65	8
89091212	27	24.5N	121.3E	60	7
89091218	28	25.1N	120.9E	45	8
89091300	29	25.7N	120.3E	40	7
89091306	30	26.3N	119.8E	35	8
89091312	31	27.1N	119.6E	30	8
89091318	32	27.9N	119.8E	25	8
89091400	33	28.7N	120.0E	20	
Tropical Storm Tip (23W)					
DTG	W	BT LAT	BT LON		
89090900	1	20.3N	153.9E	25	20
89090906	2	22.1N	154.9E	30	24
89090912	3	24.5N	155.0E	30	24
89090918	4	26.7N	154.0E	30	21
89091000	5	28.2N	152.3E	35	13
89091006	6	28.9N	151.0E	35	8
89091012	7	29.3N	150.2E	35	5
89091018	8	29.8N	150.0E	35	7
89091100	9	30.4N	150.4E	35	13
89091106	10	31.6N	151.0E	35	14
89091112	11	33.0N	151.1E	35	10
89091118	12	34.0N	151.1E	35	12
89091200	13	35.0N	151.8E	35	9
89091206	14	35.6N	152.7E	40	15
89091212	15	36.0N	154.5E	45	18
89091218	16	36.6N	156.6E	45	19
89091300	17	36.6N	159.0E	50	17
89091306	18	36.5N	161.1E	50	16
89091312	19	36.6N	163.1E	45	16
89091318	20	36.6N	165.1E	40	
Tropical Storm Vera (24W)					
DTG	W	BT LAT	BT LON		
89091206	1	18.0N	144.2E	30	16
89091212	2	18.7N	142.7E	35	19
89091218	3	19.6N	140.9E	40	17
89091300	4	20.3N	139.2E	45	17
89091306	5	20.8N	137.5E	50	18
89091312	6	21.3N	135.7E	50	18
89091318	7	21.9N	133.9E	45	20
89091400	8	22.7N	131.9E	45	20
89091406	9	23.4N	129.9E	45	19
89091412	10	24.2N	128.0E	45	18
89091418	11	24.9N	126.2E	40	20
89091500	12	26.2N	124.5E	40	18
89091506	13	27.3N	122.9E	40	16
89091512	14	28.4N	121.6E	40	12
89091518	15	29.3N	120.7E	30	11
89091600	16	30.2N	119.9E	30	
Typhoon Wayne (25W)					

時 間	次 序	緯度° N	經度° E	最大風速 (kts)	移 速 n m/h r
DTG	W	BT LAT	BT LON		
89091706†	1	23.7N	124.9E	25	7
89091718	2	24.1N	125.1E	30	12
89091800	3	25.3N	125.2E	35	13
89091806	4	26.6N	125.3E	40	12
89091812	5	27.7N	125.8E	45	17
89091818	6	29.0N	127.1E	55	18
89091900	7	30.3N	128.6E	65	27
89091906	8	31.5N	131.4E	65	30
89091912	9	32.9N	134.6E	65	37
89091918	10	34.4N	138.6E	60	41
89092000	11	36.3N	143.0E	55	44
89092006	12	38.4N	147.8E	50	
† Tropical Depression Warning					
Super Typhoon Angela (26W)					
DTG	W	BT LAT	BT LON		
89092906	1	13.5N	139.7E	30	9
89092912	2	14.3N	139.3E	30	9
89092918	3	15.1N	139.0E	35	6
89093000	4	15.5N	138.6E	40	4
89093006	5	15.8N	138.4E	40	2
89093012	6	16.0N	138.3E	45	4
89093018	7	16.4N	138.1E	65	4
89100100	8	16.5N	137.7E	90	4
89100106	9	16.7N	137.3E	90	6
89100112	10	16.8N	136.7E	100	6
89100118	11	17.1N	136.1E	105	9
89100200	12	17.3N	135.2E	115	10
89100206	13	17.5N	134.2E	115	8
89100212	14	17.8N	133.4E	120	7
89100218	15	18.0N	132.7E	120	8
89100300	16	18.1N	131.9E	120	7
89100306	17	18.2N	131.2E	120	5
89100312	18	18.2N	130.7E	120	6
89100318	19	18.2N	130.1E	115	7
89100400	20	18.2N	129.4E	115	9
89100406	21	18.2N	128.5E	115	11
89100412	22	18.2N	127.3E	115	12
89100418	23	18.2N	126.0E	125	10
89100500	24	18.1N	125.0E	125	10
89100506	25	18.1N	123.9E	130	10
89100512	26	18.2N	122.9E	130	9
89100518	27	18.4N	122.0E	130	9
89100600	28	18.6N	121.1E	125	10
89100606	29	18.7N	120.1E	115	8
89100612	30	18.7N	119.3E	75	7
89100618	31	18.6N	118.6E	75	7
89100700	32	18.5N	117.9E	75	7
89100706	33	18.3N	117.2E	70	7
89100712	34	18.2N	116.5E	65	7
89100718	35	18.2N	115.8E	65	7
89100800	36	18.2N	115.1E	70	7
89100806	37	18.1N	114.4E	85	9
89100812	38	17.9N	113.5E	90	10
89100818	39	17.7N	112.5E	90	9
89100900	40	17.6N	111.6E	90	9
89100906	41	17.5N	110.7E	95	10
89100912	42	17.5N	109.6E	90	10
89100918	43	17.4N	108.6E	85	8
89101000	44	17.4N	107.8E	85	9
89101006	45	17.4N	106.9E	80	9
89101012	46	17.4N	106.0E	60	
Typhoon Brian (27W)					
DTG	W	BT LAT	BT LON		
89093006†	1	20.0N	115.5E	25	1
89093018	2	19.9N	115.2E	35	5
89100100	3	19.5N	114.8E	45	6
89100106	4	19.2N	114.3E	55	6
89100112	5	18.9N	113.7E	55	6
89100118	6	18.6N	113.1E	65	7
89100200	7	18.4N	112.4E	65	9
89100206	8	18.4N	111.5E	70	9
89100212	9	18.4N	110.5E	80	11

時 間	次 序	緯度° N	經度° E	最大風速 (kts)	移 速 n m/h r
89100218	10	18.4N	109.3E	75	14
89100300	11	18.5N	107.8E	75	13
89100306	12	18.7N	106.4E	75	13
89100312	13	19.1N	105.1E	45	
† Tropical Depression Warning					
Typhoon Colleen (28W)					
DTG	M	BT LAT	BT LON		
89100118	1	11.6N	150.3E	30	10
89100200	2	11.7N	149.3E	35	9
89100206	3	12.0N	148.4E	35	7
89100212	4	12.5N	147.9E	35	7
89100218	5	13.1N	147.5E	40	9
89100300	6	14.0N	147.3E	45	11
89100306	7	15.1N	147.1E	45	12
89100312	8	16.1N	146.5E	50	12
89100318	9	17.2N	145.9E	55	10
89100400	10	18.1N	145.5E	60	9
89100406	11	18.9N	145.1E	65	8
89100412	12	19.6N	144.8E	70	6
89100418	13	20.2N	144.6E	75	5
89100500	14	20.7N	144.5E	75	6
89100506	15	21.2N	144.2E	75	8
89100512	16	21.9N	143.8E	80	10
89100518	17	22.7N	143.2E	75	11
89100600	18	23.6N	142.6E	75	12
89100606	19	24.6N	141.8E	75	10
89100612	20	25.4N	141.1E	75	11
89100618	21	26.4N	140.5E	75	13
89100700	22	27.7N	140.7E	70	17
89100706	23	29.3N	141.5E	70	21
89100712	24	31.0N	143.0E	70	31
89100718	25	33.4N	145.4E	70	40
89100800	26	36.5N	148.5E	70	54
89100806	27	40.4N	153.3E	70	
Typhoon Dan (29W)					
DTG	M	BT LAT	BT LON		
89100812	1	10.3N	138.4E	25	15
89100818	2	10.5N	136.9E	30	15
89100900	3	10.7N	135.4E	40	17
89100906	4	10.9N	133.7E	50	18
89100912	5	11.1N	131.9E	55	19
89100918	6	11.4N	130.0E	55	19
89101000	7	11.8N	128.1E	60	20
89101006	8	12.4N	126.2E	65	19
89101012	9	12.9N	124.3E	65	18
89101018	10	13.5N	122.6E	65	20
89101100	11	14.2N	120.7E	65	21
89101106	12	15.2N	118.8E	60	21
89101112	13	16.0N	116.8E	60	17
89101118	14	16.4N	115.1E	60	15
89101200	15	16.5N	113.5E	65	12
89101206	16	16.7N	112.3E	70	12
89101212	17	17.0N	111.1E	70	13
89101218	18	17.4N	109.8E	65	12
89101300	19	17.8N	108.6E	65	13
89101306	20	18.1N	107.3E	65	13
89101312	21	18.3N	106.0E	55	
Super Typhoon Elsie (30W)					
DTG	M	BT LAT	BT LON		
89101400	1	16.4N	132.2E	30	15
89101406	2	16.3N	131.8E	30	4
89101412	3	16.2N	131.6E	35	2
89101418	4	16.2N	131.4E	35	2
89101500	5	16.1N	131.2E	40	2
89101506	6	16.1N	130.9E	45	
89101512	7	16.1N	130.8E	50	
89101518	8	16.1N	130.7E	55	
89101600	9	16.2N	130.6E	60	
89101606	10	16.5N	130.3E	70	
89101612	11	16.7N	130.0E	90	
89101618	12	16.9N	129.4E	100	

時 間	次 序	緯度° N	經度° E	最大風速 (kts)	移 速 n m/h r
89101700	13	16.9N	128.8E	110	
89101706	14	16.9N	128.1E	115	
89101712	15	16.7N	127.5E	125	
89101718	16	16.4N	126.9E	125	
89101800	17	16.1N	126.4E	125	
89101806	18	16.1N	125.7E	130	
89101812	19	16.2N	124.9E	130	
89101818	20	16.4N	124.1E	140	
89101900	21	16.6N	122.9E	140	
89101906	22	16.7N	121.5E	80	
89101912	23	16.8N	119.9E	60	
89101918	24	16.8N	118.4E	55	
89102000	25	16.9N	117.1E	55	
89102006	26	16.9N	116.0E	55	
89102012	27	17.0N	114.8E	55	
89102018	28	17.2N	113.7E	55	
89102100	29	17.5N	112.5E	55	
89102106	30	17.8N	111.4E	50	
89102112	31	18.2N	109.9E	45	
89102118	32	18.3N	108.5E	35	
89102200	33	18.3N	107.2E	35	
89102206	34	18.3N	105.9E	35	
Typhoon Forrest (31W)					
DTG	M	BT LAT	BT LON		
89102200	1	8.9N	150.2E	30	11
89102206	2	9.8N	149.5E	30	10
89102212	3	10.7N	149.0E	35	9
89102218	4	11.5N	148.5E	40	8
89102300	5	12.2N	148.1E	45	9
89102306	6	12.9N	147.6E	50	8
89102312	7	13.4N	147.0E	55	7
89102318	8	13.8N	146.4E	60	8
89102400	9	14.3N	145.8E	60	10
89102406	10	15.0N	145.1E	60	9
89102412	11	15.6N	144.4E	65	8
89102418	12	16.1N	143.7E	70	10
89102500	13	16.6N	142.8E	75	10
89102506	14	17.2N	141.9E	80	11
89102512	15	17.9N	141.0E	85	10
89102518	16	18.6N	140.3E	90	10
89102600	17	19.4N	139.6E	90	11
89102606	18	20.4N	139.1E	90	9
89102612	19	21.1N	138.5E	90	9
89102618	20	21.9N	138.1E	90	9
89102700	21	22.7N	137.7E	95	9
89102706	22	23.6N	137.5E	95	10
89102712	23	24.6N	137.4E	95	12
89102718	24	25.8N	137.5E	90	14
89102800	25	27.1N	138.1E	90	17
89102806	26	28.4N	139.4E	80	23
89102812	27	29.9N	141.4E	75	31
89102818	28	31.7N	144.3E	70	40
89102900	29	33.9N	148.3E	60	48
89102906	30	36.8N	153.0E	60	
Typhoon Gay (32W)					
DTG	M	BT LAT	BT LON		
89110200	1	8.2N	102.2E	35	2
89110206	2	8.3N	102.0E	35	4
89110212	3	8.7N	101.9E	35	4
89110218	4	9.1N	101.8E	45	4
89110300	5	9.3N	101.5E	65	6
89110306	6	9.8N	101.2E	75	6
89110312	7	10.2N	100.8E	90	5
89110318	8	10.4N	100.3E	95	4
89110400	9	10.5N	99.9E	100	7
89110406	10	10.7N	99.2E	100	10
89110412	11	11.2N	98.3E	65	8
89110418	12	11.3N	97.5E	75	7
89110500	13	11.4N	96.8E	85	9
89110506	14	11.7N	95.9E	90	11
89110512	15	12.0N	94.8E	95	10
89110518	16	12.2N	93.8E	95	12
89110600	17	12.4N	92.6E	95	13
89110606	18	13.0N	91.4E	95	12

時 間	次 序	緯度° N	經度° E	最大風速 (kts)	移 速 n m/h r
89110612	19	13.4N	90.2E	95	11
89110618	20	13.7N	89.1E	95	10
89110700	21	13.9N	88.1E	100	10
89110706	22	14.2N	87.1E	105	10
89110712	23	14.5N	86.1E	110	11
89110718	24	14.6N	85.0E	115	12
89110800	25	14.6N	83.8E	120	12
89110806	26	14.6N	82.6E	130	11
89110812	27	14.7N	81.5E	135	11
89110818	28	14.8N	80.4E	140	13
89110900	29	15.1N	79.1E	90	14
89110906	30	15.4N	77.7E	45	12
89110912	31	15.8N	76.5E	35	12
89110918	32	16.6N	75.5E	25	13
89111000	33	17.6N	74.6E	20	8
89111006	34	18.1N	74.0E	15	

Typhoon Hunt (33W)

DTG	W	BT LAT	BT LON		
89111612	1	12.0N	132.7E	25	10
89111618	2	12.0N	131.7E	25	7
89111700	3	11.9N	131.0E	25	4
89111706	4	11.8N	130.6E	30	6
89111712	5	11.8N	130.0E	30	7
89111718	6	12.1N	129.4E	35	6
89111800	7	12.5N	128.9E	40	7
89111806	8	13.0N	128.4E	50	7
89111812	9	13.5N	127.9E	60	6
89111818	10	14.0N	127.5E	65	4
89111900	11	14.3N	127.2E	75	4
89111906	12	14.6N	127.0E	90	4
89111912	13	15.0N	127.0E	90	4
89111918	14	15.4N	126.9E	90	4
89112000	15	15.4N	126.5E	90	4
89112006	16	15.4N	126.1E	90	4
89112012	17	15.3N	125.7E	90	6
89112018	18	15.2N	125.1E	90	9
89112100	19	15.0N	124.2E	90	9
89112106	20	15.1N	123.3E	90	8
89112112	21	15.2N	122.5E	90	8
89112118	22	15.5N	121.7E	90	7
89112200	23	15.9N	121.1E	75	8
89112206	24	16.1N	120.3E	55	7
89112212	25	16.3N	119.6E	40	4
89112218	26	16.4N	119.2E	35	5
89112300	27	16.5N	118.7E	30	

Super Typhoon Irma (34W)

DTG	W	BT LAT	BT LON		
89112106†	1	17.7N	164.8E	25	10
89112118†	2	19.2N	163.0E	25	5
89112206†	3	19.7N	162.3E	25	—
89112500*	4	13.7N	150.6E	30	11
89112512†	5	12.8N	148.4E	30	10
89112600†	6	11.7N	147.0E	30	6
89112612	7	10.7N	145.9E	30	8
89112618	8	10.4N	145.2E	35	8
89112700	9	10.1N	144.5E	45	5
89112706	10	10.0N	144.0E	45	6
89112712	11	10.0N	143.4E	50	7
89112718	12	10.1N	142.7E	55	8
89112800	13	10.2N	141.9E	60	9
89112806	14	10.4N	141.0E	65	11
89112812	15	10.8N	140.0E	70	12
89112818	16	11.3N	138.9E	75	12
89112900	17	11.8N	137.8E	100	12
89112906	18	12.3N	136.7E	105	10
89112912	19	12.6N	135.7E	105	7
89112918	20	12.9N	135.0E	125	8
89113000	21	13.2N	134.2E	140	8
89113006	22	13.5N	133.4E	140	9
89113012	23	13.8N	132.5E	140	6
89113018	24	14.1N	132.0E	135	4
89120100	25	14.3N	131.6E	120	4
89120106	26	14.5N	131.2E	115	3
89120112	27	14.7N	131.0E	110	4
89120118	28	14.9N	130.7E	105	3

時 間	次 序	緯度° N	經度° E	最大風速 (kts)	移 速 n m/h r
89120200	29	15.2N	130.6E	100	4
89120206	30	15.6N	130.7E	95	5
89120212	31	16.1N	130.9E	90	7
89120218	32	16.7N	131.3E	90	8
89120300	33	17.2N	131.9E	85	12
89120306	34	18.1N	132.8E	80	13
89120312	35	19.1N	133.7E	75	13
89120318	36	20.1N	134.5E	75	17
89120400	37	21.0N	136.1E	65	14
89120406	38	21.7N	137.4E	55	15
89120412	39	22.5N	138.8E	45	

† Tropical Depression Warning
* Regenerated

Tropical Depression 35W

DTG	W	BT LAT	BT LON		
89120700	1	11.0N	139.1E	30	4
89120706	2	10.9N	138.7E	30	3
89120712	3	10.9N	138.4E	30	2
89120718	4	11.0N	138.2E	30	2
89120800	5	11.1N	138.0E	30	4
89120806	6	11.5N	138.0E	30	8
89120812	7	12.2N	138.3E	30	7
89120818	8	12.8N	138.7E	30	8
89120900	9	13.5N	139.0E	25	

Typhoon Jack (36W)

DTG	W	BT LAT	BT LON		
89122300	1	10.2N	152.7E	30	11
89122306	2	10.9N	151.9E	35	9
89122312	3	11.5N	151.2E	45	5
89122318	4	11.9N	150.9E	55	5
89122400	5	12.2N	150.5E	65	5
89122406	6	12.5N	150.1E	70	5
89122412	7	12.7N	149.6E	80	4
89122418	8	12.8N	149.2E	90	4
89122500	9	12.9N	148.8E	100	6
89122506	10	13.4N	148.5E	110	3
89122512	11	13.6N	148.3E	120	1
89122518	12	13.7N	148.2E	125	1
89122600	13	13.8N	148.1E	125	1
89122606	14	13.8N	148.0E	125	0
89122612	15	13.8N	148.0E	125	1
89122618	16	13.7N	147.9E	120	3
89122700	17	13.5N	147.7E	105	3
89122706	18	13.4N	147.4E	90	4
89122712	19	13.5N	147.0E	65	7
89122718	20	14.0N	146.5E	40	11
89122800	21	14.8N	145.7E	30	

A GENERAL REPORT ON THE TYPHOONS IN THE WESTERN NORTH PACIFIC OCEAN IN 1989

Research & Development Center, CWB

ABSTRACT

In this report, all of the Typhoons in western North Pacific in 1989 has been summarized in a descriptive form. The data concerned also be reserved. After survey, it is found that the monthly frequency distribution biased to early winter; the movement of most Typhoons was very correlated to the monsoon low or trough; also some twisted tracks were easily seen to be influenced by both monsoon low and Fujiwara effect.

Key words: Monsoon low

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。

(附 錄)

氣象學報總目錄索引

(自第一卷一期至第三十六卷四期)

Index to Vol. 1 No. 1 to Vol. 36 No.4
of the Meteorological Bulletin
(Published Quarterly by Central Weather Bureau)

卷期 (出版年月) Vol. and No. (Date of publication)	目 次 Title	作 者 Author	頁 次 Page
第 一 卷 一 期 Vol. 1 No. 1 (Mar, '55)	①「中國天氣類型」之應用報告	徐 應 璟	1 ~ 2
	②臺灣冬夏雨量偏差與東西環流之關係	戚 啓 勳	13 ~ 16
	③臺灣冬季季風天氣及其預報	王 時 鼎	17 ~ 23
	④颱風預報問題之研究	殷 來 朝	24 ~ 26
	⑤噴射氣流的性質	沈 傳 節	27 ~ 35
	⑥圖解天氣預報法之介紹	徐 應 璟	36 ~ 38
	⑦東南亞及西太平洋之大氣環流	子 猷 譯	39 ~ 44
	⑧天氣預報規則彙編及其評價	一 凡 節 譯	45 ~ 52
	⑨中國海非界面性的濡濛天氣和冷季雲	楊 則 久 節 譯	53 ~ 55
	⑩降雨預報的研究	之 杰 譯	56 ~ 58
	⑪實測之大氣緯流	一 凡 節 譯	59 ~ 61
	⑫熱帶氣旋之平均溫度結構	季 瑜 節 譯	62 ~ 65
	⑬熱帶天氣的特徵	穆 雍 若 譯	66 ~ 67
	⑭日本氣象研究所概況	嚴 之 永 譯	68 ~ 69
第 一 卷 二 期 Vol. 1 No. 2 (June '55)	①關於挪威學說與法國學說在天氣預報應用上的觀感	蔣 丙 然	1 ~ 6
	②絕對旋率平流在天氣預報方面之應用及原理	湯 彥 彰	7 ~ 14
	③龍捲風伴生之現象及其預兆	亢 玉 瑾	15 ~ 23
	④簡介 500mb 五日平均圖及 500mb 五日平均傾向圖	曲 克 恭	24 ~ 26
	⑤西太平洋颱風運動長大預報問題之初步研究	王 時 鼎	27 ~ 34
	⑥東南亞及西太平洋之大氣環流 (續)	子 猷 譯	35 ~ 40
	⑦應用較差求平均值	殷 來 朝 譯	41 ~ 43
	⑧熱帶風暴之高空現象	沈 傳 節 譯	44 ~ 50
	⑨襲日災害颱風結構之研究	徐 應 璟 譯	51 ~ 58
	⑩高空氣象的研究	耿 秀 雲 譯	59 ~ 61

卷期 (出版年月) Vol. and No. (Date of publication)	題 Title	目 作 者 Author	頁 次 Page
第一卷三期 Vol. 1 No. 3 (Sept. '55)	①近年氣象業務發展的動向與儀器的進步	鄭子政	1 ~ 3
	②臺灣氣象業務簡況	史華博	4
	③客觀預報法之原理與應用	萬寶康	5 ~ 24
	④大氣穩定性之水平分佈	徐寶箴	25 ~ 32
	⑤新疆之地面氣流	戚啓勳	33 ~ 38
	⑥怎樣預報噴射機凝結雲	殷來朝	39 ~ 41
	⑦熱帶地區風之分析	湯 玘	42 ~ 46
	⑧五百毫巴高度距平圖與厚度距平圖	曲克恭	47 ~ 48
	⑨7月18日新竹地區龍捲風之研討	許玉燦	49 ~ 52
	⑩畢徹生 (Petterssen) 波動方程式	徐應璟譯	53 ~ 59
	⑪熱帶環流型式	黃光表譯	60 ~ 63
第一卷四期 Vol. 1 No. 4 (Dec. '55)	①氣象與交通進步	鄭子政	1 ~ 4
	②臺灣高空氣流	魏元恒	5 ~ 10
	③中國近海的海流與水溫分佈	朱祖佑	11 ~ 15
	④圖解天氣預報法之理論及其得失	廖學鎰	56 ~ 28
	⑤關於天氣圖的幾件小事	林紹豪	29
	⑥介紹一種簡易風向速計算工具	徐應璟	30 ~ 32
	⑦美國天氣分析中心簡介	林紹豪	33
	⑧熱帶氣旋問題之研討	亢玉瑾譯	34 ~ 42
	⑨飛機結冰之研究	劉鴻喜譯	43 ~ 46
	⑩一、二、三月份東亞噴射氣流之研究	曲克恭節譯	47 ~ 51
第二卷一期 Vol. 2 No. 1 (Mar. '56)	①西伯利亞寒潮爆發與東亞對流層中部噴射氣流之形成	徐應璟	1 ~ 10
	②水文氣象觀測與水文氣象預報	王時鼎	
	③大氣放射能之測定及其對人體之影響	劉衍淮	11 ~ 17
	④論飛行員天氣報告的重要性的和測報方法	呂世宗	18 ~ 25
	⑤南極的新地理	戚啓勳	26 ~ 28
	⑥寒季中的東南亞熱帶擾動	鄭子政	29 ~ 33
	⑦熱帶氣旋問題之研討 (續)	殷來朝譯	34 ~ 42
	①再論臺灣高空氣流	亢玉瑾譯	43 ~ 52
第二卷二期 Vol. 2 No. 2 (June '56)	②天氣預報之考核問題	魏元恒	1 ~ 7
	③渦度方程式之介紹	萬寶康	8 ~ 12
	④數值預報之基礎理論	徐明同	13 ~ 20
	⑤傳真機在氣象上之應用	廖學鎰	21 ~ 37
	⑥天氣與戰爭	劉鴻喜	38 ~ 41
	⑦海洋和大氣的關係	葉雲喬譯	42 ~ 47
	⑧噴射氣流雲	戚啓勳譯	48 ~ 49
	⑨50mb與25mb高度上氣流之研究	一凡譯	50 ~ 54
		張瑞翔譯	55 ~ 58

第 二 卷 三 期 Vol. 2 No. 3 (Sept. '56)	⑩民國45年颱風報告第一號：颱風賽洛瑪 Report on Typhoon "Thelma"	氣象預報中心	59 ~ 63
	①氣象與漁業	鄭 子 政	1 ~ 4
	②近代長期天期預報	魏 元 恒	5 ~ 14
	③臺灣的幾種氣團霧	戚 啓 勳	15 ~ 24
	④客觀預報技術之最近發展	萬 寶 康	25 ~ 31
	⑤臺灣之雷雨	黃 光 表	32 ~ 34
	⑥美國颱風研究計劃之目標與設計	一 凡 譯	35 ~ 39
	⑦各國研究數值預報現況	林 紹 豪 譯	40 ~ 42
	⑧第一屆國際極年之創世紀 (1882~83)	徐 學 洛 譯	43 ~ 45
	⑨民國 45年颱風報告第二號：颱風萬達 Report on Typhoon "Wanda"	氣象預報中心	46 ~ 54
第 二 卷 四 期 Vol. 2 No. 4 (Dec. '56)	⑩民國45年颱風報告第三號：颱風黛納 Report on Typhoon "Dinh"	氣象預報中心	55 ~ 61
	①悼念岡田武松博士 (1874~1956)	鄭 子 政	1 ~ 2
	②降水與農業的關係	姚 懿 明	3 ~ 11
	③雷與天氣偵測	周 根 泉	12 ~ 16
	④臺灣之霜雪	黃 光 表	17 ~ 18
	⑤英國氣象局人造雨之試驗	殷 來 朝 譯	19 ~ 21
	⑥ 200mb 上空噴射氣流與龍捲風發生的關係	劉 鴻 喜 譯	22 ~ 25
	⑦定壓面飄流氣球軌跡在氣象上之應用	王 時 鼎 節 譯	26 ~ 37
	⑧對流層頂分析與天氣預報	高 錫 川 譯	38 ~ 42
	⑨馬紹爾羣島氫彈爆發所引起的微壓振動	呂 世 宗 譯	43 ~ 44
第 三 卷 一 期 Vol. 3 No. 1 (Mar. '57)	⑩民國45年颱風報告第四號：颱風芙瑞達 Report on Typhoon "Freda"	徐 應 璟	45 ~ 51
	⑪民國45年颱風報告第五號：颱風吉達 Report on Typhoon "Gilda"	劉 鴻 喜	52 ~ 59
	①國際地球物理年觀測計劃述略	鄭 子 政	1 ~ 11
	②雷雨預測法	曲 克 恭	12 ~ 14
	③臺北國際機場航空氣象之研究	劉 鴻 喜	15 ~ 19
	④民國四十五年颱風特殊問題研究	王 時 鼎	20 ~ 24
	⑤二十四小時颱風移動之預報	亢 玉 瑾 譯	25 ~ 29
	⑥距平在天氣預報中之應用	徐 應 璟 譯	30 ~ 33
	⑦橫渡兩洋之氣球探空	林 則 銘 譯	34 ~ 38
	⑧冷鋒降雨之變率	永 若 譯	39 ~ 42
第 三 卷 二 期 Vol. 3 No. 2 (June '56)	⑨世界氣候要素之極端值(-)	一 飛 譯	43 ~ 44
	①臺灣氣候之分類	陳 正 祥	1 ~ 9
	②單經緯儀測風氣球觀測之誤差	林 紹 豪	10 ~ 16
	③試釋三月廿日臺灣及閩粵沿海之陣雨	林 鞠 情	17 ~ 18
	④美國各種傳真天氣圖之判讀與應用	萬 寶 康	19 ~ 24
	⑤泛論氣象學之應用	戚 啓 勳	25 ~ 32

第 三 卷 三 期 Vol. 3 No. 3 (Sept. '57)	⑥天氣預報的定則及方法(上)	徐 應 璟 譯	33 ~ 43
	⑦碧空與陰天時太陽能之研究	喬 鳳 倫 譯	44 ~ 50
	⑧火星上之氣象問題	秦 仁 義 譯	51 ~ 60
	⑨火星上的氣象狀況	徐 學 洛 譯	61 ~ 67
	①中國之氣候區域	陳 正 祥	3 ~ 9
	②美國各種傳真天氣圖之判讀與應用(續)	萬 寶 康	10 ~ 17
	③另擬熱帶陸地測站地面天氣報告電碼格式問題 之商榷	黃 光 表	18 ~ 19
	④民國46年颱風報告第一號：颱風佛琴尼 Report on Typhoon "Virginia"	徐 應 璟	20 ~ 27
	⑤夏半年臺灣降水之形成及預報	林 鞠 情 譯	28 ~ 34
	⑥天氣預報的定則及方法(下)	徐 應 璟 譯	35 ~ 45
第 三 卷 四 期 Vol. 3 No. 4 (Dec. '57)	⑦世界氣候要素之極端值(二)	一 飛 譯	46 ~ 47
	①氣象與水土保持	蔣 丙 然	1 ~ 4
	②原子塵降落地區之預測	徐 寶 箴	5 ~ 8
	③西伯利亞寒潮對颱風影響之研究	王 時 鼎	9 ~ 15
	④對流層上部「晴空亂流」之研究	魏 元 恒	16 ~ 19
	⑤民國46年颱風報告第二號：颱風卡門 Report on Typhoon "Carmen"	氣象預報中心	20 ~ 26
	⑥民國46年颱風報告第三號：颱風費姨與葛樂麗 Report on Typhoon "Faye" and Typhoon "Gloria"	氣象預報中心	27 ~ 29
	⑦由風圖求飛行之風助係數	殷 來 朝 譯	30 ~ 36
	⑧應用長波原理預測寒潮爆發	曲 克 恭 譯	37 ~ 40
	⑨積雲性之降水過程	陶 樹 人 譯	41 ~ 44
第 四 卷 一 期 Vol. 4 No. 1 (Mar. '58)	⑩因地勢發生之大氣擾動與飛行之關係(上)	曹 淦 生 譯	45 ~ 55
	①日本的氣象學界	陳 正 祥	1 ~ 5
	②放射能與原子塵	王 榮 舫	6 ~ 10
	③渦率觀念及其在天氣學上之推廣應用	嚴 夢 輝	11 ~ 23
	④飛機凝結雲之分析與研究	禾 雨	29 ~ 34
	⑤氣旋生成在東海之預測	曲 克 恭	35 ~ 38
	⑥美國對於射性微塵預報之概況	殷 來 朝 譯	39 ~ 42
	⑦臭氧層季節的與緯度的溫度變化	革 心 節 譯	43 ~ 44
	⑧噴射機凝結雲預報之經驗修正	徐 應 璟 譯	45 ~ 49
	⑨因地勢發生之大氣擾動與飛行之關係(下)	曹 淦 生 譯	50 ~ 56
第 四 卷 二 期 Vol. 4 No. 2 (June '58)	①中國氣象學術事業發達史略	鄭 子 政	1 ~ 5
	②圖解法24小時500毫巴預測圖	耿 秀 雲	6 ~ 10
	③氣象對水稻生育之影響	張 月 娥	12 ~ 19
	④臺灣地形影響冷鋒之初步檢討	林 鞠 情	20 ~ 23
	⑤雷雨之研究	劉 鴻 喜	24 ~ 29
	⑥航空氣象勤務之展望	徐 應 璟	30 ~ 33

第 四 卷 三 期 Vol. 4 No. 3 (Sept '58)	⑦旋率原理	戈 文 力 譯	34 ~ 39
	⑧颱風進路的預報	西村傳三著	40 ~ 43
	⑨北美區極地反氣旋移動之客觀預報	周 明 德 譯	
	⑩羅士培先生傳 (1898~1957)	陳 良 曜 譯	44 ~ 50
	①雨港基隆之雨	鄭 子 政	51
	②寒潮預報有關問題討論	陳 正 祥	1 ~ 5
	③厚度圖之性質及其應用	徐 應 璟	6 ~ 14
	④臺北淡水河之水位與氣壓雨量之相關	王 時 鼎	
	⑤民國47年颱風報告第一號：颱風溫妮	徐 寶 箴	15 ~ 23
	Report on Typhoon "Winnie"	黃 鏞 身	24 ~ 28
第 四 卷 四 期 Vol. 4 No. 4 (Dec. '58)	⑥利用人造衛星預測天氣	氣象預報中心	29 ~ 38
	⑦赤道區之氣團與界面現象	戚 啓 勳 節 譯	39 ~ 45
	⑧美空軍天氣偵察介紹	夏 蔚 羣 節 譯	46 ~ 47
	⑨裴德生新著卷二讀後記	曲 克 恭 譯	48 ~ 49
	⑩憶前藍山氣象臺臺長白魯克先生	劉 鴻 喜	50 ~ 52
	①農業氣象研究與發展之大勢	鄭 子 政	53
	②臺灣物候報告	鄭 子 政	1 ~ 5
	③建立防洪預報工作刍議	張 月 娥	6 ~ 9
	④中國區域強烈寒潮分析	劉 鴻 喜	10 ~ 14
	⑤臺灣氣象與雷達電波之選擇	王 時 鼎	15 ~ 22
第 五 卷 一 期 Vol. 5 No. 1 (Mar. '59)	⑥民國47年颱風報告第二號：八月下旬侵襲臺灣之小型颱風	湯 捷 喜	23 ~ 29
	⑦民國47年颱風報告第三號：颱風葛瑞絲	氣象預報中心	30 ~ 32
	Report on Typhoon "Grace"	氣象預報中心	33 ~ 38
	⑧冬季北極平流層噴射氣流 (1955~1956)	曲 克 恭 譯	39 ~ 45
	①國際地球物理年的貢獻摘要	鄭 子 政	1 ~ 10
	②降水量的預報技術之評價及其展望	劉 鴻 喜	11 ~ 14
	③大氣放射性降落物測驗報告	呂 世 宗	15 ~ 21
	④D值之性質及其在航空氣象之應用	施 清 溪	
	⑤上對流層及下平流層之分析	郭 文 鏞	22 ~ 25
	⑥鋒前線颱風之客觀預報法	徐 寶 箴	26 ~ 34
第 五 卷 二、三 期 Vol. 5 No. 2,3 (Sept. '59)	⑦龍捲風及其有關現象	陳 良 曜 譯	35 ~ 38
	①從本省中南部雨災談到地球物理學研究	革 心 摘 譯	39 ~ 44
	②葛瑞絲颱風行徑預報對操縱觀念之研討	鄭 子 政	1 ~ 5
	③臺北雨水錫90含量之累積推定值	廖 學 鎰	6 ~ 12
	④種菸與氣候	呂 世 宗	43 ~ 14
	⑤建築工程與氣象	方 冠 英	15 ~ 19
	⑥熱帶東風噴射氣流	徐 寶 箴 節 譯	20 ~ 24
	⑦亞洲南部與東部大規模夏季季風情況	鄒 新 助 譯	25 ~ 32
		簡 以 明 譯	33 ~ 36

第五卷四期 Vol. 5 No. 4 (Dec. '59)	⑧氣旋發展之預報	嚴夢輝譯	37 ~ 44
	⑨出席區際水文系統暨方法討論會議報告	劉鴻喜	45 ~ 27
	①厚度圖對於天氣分析和預報之應用	廖學鎰	1 ~ 11
	②人類征服沙漠氣候的成就	鄭子政	12 ~ 17
	③民國48年颱風報告第一號：颱風畢莉 Report on Typhoon "Billie"	研究室	18 ~ 29
第六卷一期 Vol. 6 No. 1 (Mar. '60)	④民國48年颱風報告第二號：颱風艾瑞斯 Report on Typhoon "Iris"	研究室	30 ~ 34
	⑤西北太平洋熱帶氣旋之定位與預報	陳以明譯	35 ~ 51
	①臺灣之氣象災害	廖學鎰	1 ~ 20
	②民國48年颱風報告第三號：颱風瓊安 Report on Typhoon "Joan"	研究室	30 ~ 37
	③民國48年颱風報告第四號：颱風魯依絲 Report on Typhoon "Louise"	研究室	38 ~ 42
第六卷二期 Vol. 6 No. 2 (June '60)	④民國48年颱風報告第五號：颱風芙瑞達 Report on Typhoon "Freda"	研究室	43 ~ 46
	⑤敬悼費克爾亨利 (Heinrich Ficker) 先生	劉衍淮譯	47 ~ 50
	①動力學的不穩定	楊建雄	1 ~ 5
	②對流上限之分析與預報	郭文鏞	6 ~ 10
	③臺灣小麥與氣象	張月娥	11 ~ 15
第六卷三期 Vol. 6 No. 3 (Sept. '60)	④民國48年颱風總報告：北太平洋西部颱風概述 Typhoons in Northwestern Pacific During 1959.	研究室	16 ~ 25
	⑤民國48年颱風報告：八七水災 Report on Flood of 7th August 1959	研究室	26 ~ 42
	⑥飛越北極	周明德	43 ~ 45
	①臺灣氣候概述	鄭子政	1 ~ 10
	②氣象預報：非絕熱過程下一千毫巴面之數字或繪圖預報	王業鈞	11 ~ 18
第六卷四期 Vol. 6 No. 4 (Dec. '60)	③民國48年冬季遠東氣候異常現象與北半球大氣環流特性之研究	廖學鎰	20 ~ 34
	④大氣熱力圖解的分析及評價	劉鴻喜	35 ~ 39
	⑤遠東持續性寒潮特有之平均氣壓場	陳良曜譯	40 ~ 43
	①論我國東南地區各月平均總雲量及有雨日數之分佈	戚啓勳	1 ~ 5
	②民國49年颱風報告第一號：颱風瑪麗 Report on Typhoon "Mary"	研究室	6 ~ 10
	③民國49年颱風報告第二號：颱風雪莉 Report on Typhoon "Shirley"	研究室	12 ~ 25
	④民國49年颱風報告第三號：颱風崔絲 Report on Typhoon "Trix"	研究室	26 ~ 35

第七卷一期 Vol. 7 No. 1 (Mar. '61)	⑤民國49年颱風報告第四號：颱風艾琳 Report on Typhoon "Elaine"	研 究 室	36 ~ 40
	⑥空氣之動力	徐 寶 箴 譯	41 ~ 43
	①溫熱單位對於植物反應研究的商榷	方 冠 英 譯	1 ~ 6
第七卷二期 Vol. 7 No. 2 (June '61)	②民國49年颱風調查報告：北太平洋西部颱風概述	研 究 室	7 ~ 27
	③高層大氣物理性質之一斑	革 心 摘 譯	28 ~ 34
	④平流氣圈之輻射推算	嚴 夢 輝 譯	35 ~ 43
第七卷三期 Vol. 7 No. 3 (Sept. '61)	①淡水河流域氣候概況	徐 晉 淮	1 ~ 6
	②水平輻散及其與等壓線型式的關係	廖 學 鎰	
	③東亞噴射氣流的特性	韋 蕪 禱	7 ~ 16
第七卷四期 Vol. 7 No. 4 (Dec. '61)	④臺灣之寒害	戚 啓 勳	17 ~ 22
	⑤亞洲大陸夏季之大氣環流結構	顏 俊 士	23 ~ 34
	①從空氣污染說到臺灣降落物輻射性測量結果	陳 以 明 譯	35 ~ 44
第七卷五期 Vol. 7 No. 5 (Jan. '62)	②淡水河流域最大暴雨量之估計	鄭 子 政	2 ~ 5
	③臺北市氣候	廖 學 鎰	6 ~ 14
	④旋率簡介	徐 晉 淮	
第八卷一期 Vol. 8 No. 1 (Mar. '62)	⑤中緯度地方農業季節的區分	張 月 娥	15 ~ 24
	①臺灣氣團之性質	韋 蕪 禱	25 ~ 41
	②中國東海及臺灣附近海流之研究	方 冠 英 譯	42 ~ 45
第八卷二期 Vol. 8 No. 2 (Apr. '62)	③氣象要素對於河流洪水水位之影響	劉 衍 淮	1 ~ 6
	④1961年蘇俄核子試爆對臺灣之污染	朱 祖 佑	7 ~ 17
	⑤圖解雲雨預報法	劉 鴻 喜	18 ~ 20
第八卷三期 Vol. 8 No. 3 (May '62)	⑥龍相齊司鐸傳 Sketch of Father E. Gnerzi S. J. (1886-)	呂 世 宗	21 ~ 24
	①作物環境反應之方法論	陳 福 來	
	②研究碳十四 (Carbon-14) 之放射性測定法及其重要應用	徐 寶 箴 譯	25 ~ 30
第八卷四期 Vol. 8 No. 4 (Jun. '62)	③太空時代之氣象學	鄭 子 政	31 ~ 33
	④雷電定位探測及其效果	王 仁 煜	1 ~ 8
	⑤由近代氣象學之進展談到電子計算機及氣象衛星	戴 運 軌	9 ~ 11
第八卷五期 Vol. 8 No. 5 (Jul. '62)	⑥民國50年颱風報告：第一號颱風貝蒂	呂 世 宗	
	⑦民國50年颱風報告：第二號颱風裘恩	魏 元 恒	12 ~ 15
	⑧壽蔣右滄先生八秩大慶	周 根 泉	16 ~ 20
第八卷六期 Vol. 8 No. 6 (Aug. '62)	①帶流運動之穩定度與大氣環流之變遷	殷 來 朝	21 ~ 26
	②論宇宙輻射	研 究 室	27 ~ 36
		研 究 室	37 ~ 41
第八卷七期 Vol. 8 No. 7 (Sep. '62)		鄭 子 政	42
		楊 建 雄	1 ~ 9
		沈 傳 節	10 ~ 13

Vol. 8 No. 2 (June. '62)	③颱風眼與風的偏向角	薛 鍾 彝	14 ~ 17
	④太陽黑子之研究	林 榮 安	18 ~ 31
	⑤民國50年颱風報告：第三號颱風勞娜	研 究 室	32 ~ 38
	⑥氣候變遷的新發現	戚 啓 勳	39
第 八 卷 三 期 Vol. 8 No. 3 (Sept. '62)	①圖解數值預報法應用於24小時颱風進路的預報	湯 捷 喜	1 ~ 10
	②颱風中心結構及其實例檢討	徐 明 同	11 ~ 20
	③民國50年颱風報告：第四號颱風波密拉	研 究 室	21 ~ 28
	④民國50年颱風報告：第五號颱風沙莉	研 究 室	29 ~ 36
	⑤民國50年調查颱風總報告	研 究 室	37
第 八 卷 四 期 Vol. 8 No. 4 (Dec. '62)	①工業噪音與職業性失聰之防範	王 榮 舫	1 ~ 7
	②颱風之發生及行徑與北半球大氣環流特性	廖 學 鎰	8 ~ 25
	③原子塵在臺灣大量降落之時期與其分佈情形	呂 世 宗	26 ~ 29
	④民國51年颱風報告調查：第一號颱風凱蒂	陳 福 來	30 ~ 43
第 九 卷 一 期 Vol. 9 No. 1 (March '63)	①工廠空氣工人健康之影響	研 究 室	30 ~ 43
	②大屯山區氣候	王 榮 舫	1 ~ 3
	③六十六年來的颱風	張 月 娥	4 ~ 18
	④民國51年颱風報告：第二號颱風歐珀	劉 卓 峯	19 ~ 35
第 九 卷 二 期 Vol. 9 No. 2 (July '63)	①臺北之氣壓波動與天氣	研 究 室	36
	②大規模凝結潛熱之釋放對於大氣運動之影響	劉 衍 淮	1 ~ 3
	③冰雹預測法	彭 立	4 ~ 10
	④西進颱風之客觀預報法	蔣 志 才	11 ~ 14
	⑤民國51年颱風報告：第三號颱風愛美	廖 學 鎰	15 ~ 31
	⑥民國51年颱風報告：第四號颱風黛納	研 究 室	32 ~ 39
第 九 卷 三、四 期 Vol. 9. No. 3,4 (December '63)	①葛樂禮颱風侵襲期間臺灣之雨量分析	研 究 室	40
	②臺灣的乾旱	戚 啓 勳	1 ~ 7
	③民國五十一年北太平洋西部颱風概述	劉 卓 峯	8 ~ 15
	④民國52年颱風報告：第一號颱風范迪	研 究 室	16 ~ 25
	⑤民國52年颱風報告：第二號颱風葛樂禮	研 究 室	26 ~ 30
第 十 卷 一 期 Vol. 10 No. 1 (March '64)	①颱風預報上應用雷達資料之研究	研 究 室	31
	②溫度平流	廖 學 鎰	1 ~ 9
	③論太陽大氣	蔣 志 才	10 ~ 12
	④近代低氣壓發生理論之批判	魏 元 恒	13 ~ 15
	⑤民國五十二年北太平洋西部颱風概述	林 瑞 山	16 ~ 26
	⑥氣象要素之極端值及其量度	研 究 室	27 ~ 37
第 十 卷 二 期 Vol. 10 No. 2 (June '64)	①臺灣之梅雨期	戚 啓 勳 譚	38
	②臺北國際機場能見度之研究	戚 啓 勳	1 ~ 12
	③天氣預報考核上應用情報理論之研究	周 明 德	13 ~ 23
	④輻散與渦旋	廖 學 鎰	24 ~ 33
第 十 卷 三 期	①關於北半球低層大氣動態消散之氣候學	蔣 志 才	34
	②臺灣氣候變化之趨勢與週期	孔 震 村	1 ~ 30
		劉 衍 淮	31 ~ 51

Vol. 10 No. 3 (September '64)	③臺灣地區暴雨特性之研究	周 根 泉	52
第十卷四期 Vol. 10 No. 4 (December '64)	①國際合作年	鄭 子 政	1 ~ 7
	②論臺北盆地之大水災	周 明 德	8 ~ 18
	③太陽黑子對天氣及氣候之影響	魏 元 恒	19 ~ 28
	④宏而博教授傳略	鄭 子 政	29 ~ 30
	⑤微氣象學	林 鞠 情 譚	31
第十一卷一期 Vol. 11 No. 1 (Mar. '65)	①近十年(1951~1960)臺灣氣候分析及其 與農業之適應	薛 鍾 彝	1 ~ 6
	②颱風客觀預報法的試驗和檢討	戚 啓 勳	7 ~ 13
	③波動分析在長期預報上之應用	徐 晉 淮	14 ~ 27
	④民國五十三年北太平洋西部颱風概述	研 究 室	28
第十一卷二期 Vol. 11 No. 2 (July '65)	①黛納颱風侵襲東臺經過	鄭 子 政	1 ~ 6
	②依據飛行觀測研究地面反射及北美大陸之地皮 構造	孔 震 村	7 ~ 24
	③阿拉伯半島天氣研究	郭 文 鏢	25 ~ 35
	④臺灣地區颱風或然率預報法之研究	戚 啓 勳	30
第十一卷三期 Vol. 11 No. 8 (Sept. '65)	①民國52年冬季世界氣候異常現象與北半球大氣 環流特性之研究	廖 學 鎰	1 ~ 41
	②臺灣對流層頂及平流層風系之研究	魏 元 恒	15 ~ 21
	③大屯山區氣候之研究	崔 尙 斌	22 ~ 48
	④民國54年颱風報告：第二號颱風哈莉		46
第十一卷四期 Vol. 11 No. 4 (Dec. '65)	①臺灣氣候紀錄中天氣極端之研究	劉 衍 淮	1 ~ 26
	②斜壓大氣中渦度平流對於低氣壓發展之影響	廖 學 鎰	27 ~ 36
	③民國54年颱風報告：第三號颱風瑪麗	李 錦 郎	
第十二卷一期 Vol. 12 No. 1 (Mar. '66)	①近年氣象研究發展的新動態	臺灣省氣象局	37 ~ 42
	②內部重力波與豪雨數值預報模式	鄭 子 政	1 ~ 4
	③暖心之生成與低氣壓起源之關係	廖 學 鎰	5 ~ 19
	④臺北臭氧觀測報告	廖 學 鎰	20 ~ 26
	⑤民國五十四年北太平洋西部颱風概述	李 泰 豪	
第十二卷二期 Vol. 12 No. 3 (July '66)	①荒川氏颱風統計預報新法之試驗	呂世宗施清溪	27 ~ 36
	②颱風經路展期預報	謝 霖陳福來	
	③大氣臭氧與天氣之研究	臺灣省氣象局	37
	④北太平洋西部颱風之長期預報	戚 啓 勳	1 ~ 13
	⑤民國55年颱風報告：第一號颱風裘迪	徐 晉 淮	14 ~ 25
第十二卷三期 Vol. 12 No. 3 (Sept. '66)	①強大之西南氣流及其伴來之氣團與八七水災之 降水	魏 元 恒	29 ~ 33
	②臺北國際機場跑道風之研究	鄭 邦 傑	34 ~ 48
		臺灣省氣象局	49
		徐 寶 箴	1 ~ 8
		周 明 德	9 ~ 19

第十二卷四期 Vol. 12 No. 4 (Dec. '66)	③民國55年颱風報告：第二號颱風蒂絲	臺灣省氣象局	20 ~ 27
	④民國55年颱風報告：第三號颱風寇拉	臺灣省氣象局	28 ~ 35
	⑤民國55年颱風報告：第四號颱風艾爾西	臺灣省氣象局	36
	①民國55年2月下旬遠東地區寒潮爆發之分析	徐 晉 淮	1 ~ 10
第十三卷一期 Vol. 13 No. 4 (Mar. '69)	②新竹氣候之研究(一)	唐 奇 祥	11 ~ 18
	③民國五十五年北太平洋西部颱風概述	臺灣省氣象局	19 ~ 32
	④臺灣地區地震活動研究報告	徐 明 同	33 ~ 51
	①驗證哈定檢查表預測轉向颱風之能力	戚 啓 勳	1 ~ 19
第十三卷二、三期 Vol. 13 No. 2,3 (Sept. '67)	②切斷低壓生成之動力結構(一)	廖 學 鎰	20 ~ 29
	③新竹氣候之研究(二續)	鮑 威 中	
	④民國五十五年九月宜蘭豪雨之調查	唐 奇 祥	30 ~ 44
	①葛萊拉颱風之雷達分析與研究	鄭 邦 傑	45
第十三卷四期 Vol. 13 No. 1 (Dec. '67)	②統計氣象預報之發展	H. Bogin	1 ~ 12
	③新竹氣候之研究(三續)	陳 毓 雷	13 ~ 18
	④民國56年颱風報告：第一號颱風葛萊拉	唐 奇 祥	19 ~ 26
	⑤大規模大氣環流之動能產生與消散	臺灣省氣象局	27 ~ 34
第十四卷一期 Vol. 14 No. 1 (March '68)	①臺灣自由大氣之研究	呂 世 宗 譯	35
	②應用調和解析預報每月之氣溫與降水量	劉 衍 淮	1 ~ 22
	③民國56年颱風報告：第二號颱風娜拉	徐 晉 淮	23 ~ 47
	①太陽黑子影響臺灣氣象變化之研究	臺灣省氣象局	48
第十四卷二期 Vol. 14 No. 2 (June '68)	②水稻之微氣象	魏 元 恒	1 ~ 22
	③東海冬季之氣團變性	顏 俊 士	13 ~ 38
	④民國56年颱風報告：第三號颱風解拉	廖 學 鎰	39 ~ 48
	①利用氣象雷達從事中規模範圍天氣分析及預報之研究	臺灣省氣象局	46
第十四卷三期 Vol. 14 No. 3 (September '68)	②新竹海陸風之研究	湯 捷 喜	1 ~ 15
	③水稻之微氣象(續完)	朱 學 良	16 ~ 29
	④民國56年颱風報告：第四號颱風吉達	顏 俊 士	30 ~ 51
	①臺北盆地的地候	臺灣省氣象局	41
第十四卷四期 Vol. 15 No. 4 (December '68)	②地震波初動分佈與發震結構	鄭 子 政	1 ~ 13
	③依據判別解析法預報颱風侵襲或接近本省時之降雨量	徐 明 同	14 ~ 24
	④民國五十六年北太平洋西部颱風概述	林 瑞 山	25 ~ 40
	①臺灣冬季雨量與極地寒流爆發關係之研究	臺灣省氣象局	
第十五卷一期 Vol. 15 No. 1	②臺灣春季與常氣候之環流型研究	魏 元 恒	1 ~ 19
	③颱風經過臺灣北方海面與臺北及其附近地區之降水	戚 啓 勳	20 ~ 42
	④解拉颱風農業災害之檢討	徐 寶 箴	43 ~ 51
	①應用厚度圖預報臺灣低氣壓之發生及鋒面動向之研究	張 月 娥	52
		徐 晉 淮	1 ~ 16

(March '69)	②臺北臭氧全量之垂直分佈研究	呂世宗	17 ~ 21
	③臺灣地區地震波速度及莫和層	徐明同	22 ~ 32
		楊景標	
	④物理與經驗觀點談降水量預報	蔣志才	33 ~ 41
	⑤民國57年颱風報告：第一號颱風娜定	臺灣省氣象局	42 ~ 59
	⑥近年來美國颶風預報研究成果暨檢討	陳毓雷	51
第十五卷二期 Vol. 15 No. 2 (June '69)	①鹽寮下寮二地放射性背景計數與氣象因素之關係研究	呂世宗	1 ~ 8
		陳福來	
		謝霖	
	②示波槽化現象之理論解析	林瑞山	9 ~ 18
	③臺中市氣候	張月娥	19 ~ 32
	④500毫巴面上北太平洋中部高空槽及高壓與颶風路徑之關係	羅字振	33 ~ 46
第十五卷三期 Vol. 15 No. 3 (September '69)	⑤民國57年颱風報告：第二號颱風范迪	臺灣省氣象局	47
	①臺北都市氣候與空氣污染關係	鄭子政	1 ~ 7
	②臺灣雨量與高空氣流型關係之研究	魏元恒	8 ~ 25
	③臺灣之雨量分布	戚啓勳	26 ~ 47
	④氣候與文化	鄭子政	48 ~ 54
	⑤民國57年颱風報告：第三號颱風艾琳	臺灣省氣象局	55 ~ 65
第十五卷四期 Vol. 14 No. 4 (December '69)	⑥民國五十七年北太平洋西部颱風概述	臺灣省氣象局	66
	①崙坪觀測臺測太陽黑子相對數及K因素之分析	謝德郎	1 ~ 5
	②阻塞高壓對臺灣天氣影響之研究	黃胤年	
	③研究臺北臭氧全量與噴射氣流位移之關係	徐晉淮	6 ~ 19
	④論熱帶風暴孕育發展之氣象條件	呂世宗	20 ~ 28
	⑤民國58年颱風報告：第一號颱風衛歐拉	陳毓雷	29 ~ 43
第十六卷一期 Vol. 16 No. 1 (March '70)	⑥民國58年颱風報告：第二號颱風貝蒂	臺灣省氣象局	44 ~ 51
	①冬季臺北盆地低層大氣結構與天氣現象之研究	臺灣省氣象局	52
	②臺灣定量降水預報之簡單統計法	萬寶康	1 ~ 20
		H. Bogin 著	21 ~ 30
		洪理強 譯	
	③天氣預報使用價值之檢討與改進刍議	陳毓雷	31 ~ 39
第十六卷二期 Vol. 16 No. 2 (June '70)	④民國58年颱風報告：第三號颱風艾爾西	研究室	40 ~ 53
	⑤民國58年颱風報告：第四號颱風芙勞西	研究室	54
	①艾爾西及芙勞西颱風農業災害之研究	張月娥	1 ~ 17
	②臺灣區域冬半年連續三至六天惡劣天氣研究	王時鼎	18 ~ 31
	③熱帶氣象學現況簡介	徐明同	32 ~ 38
	④民國五十八年北太平洋西部颱風概述	研究室	39 ~ 51
第十六卷三期 Vol. 16 No. 3 (September '70)	①臺灣夏季雨量與颱風關係之研究	魏元恒	1 ~ 12
	②臺灣山地氣溫之特徵	戚啓勳	13 ~ 22
	③臺灣地區有感地震次數與震度之關係	徐明同	24 ~ 28
	④臺灣地區低溫預報之研究	徐晉淮	29 ~ 35
	⑤廈門市氣候	張月娥	36 ~ 45

	⑥淡水港高潮之研究	周 玉 璋	46 ~ 52
	⑦應用雷達測定雨量之近似預估	S.J. Bock 著	53 ~ 58
		王 英 世 譯	
第十六卷四期 Vol. 16 No. 4 (December '70)	①亞洲區域噴射氣流之特性及其對於臺灣天氣變化之影響	萬 寶 康	1 ~ 21
	②天氣幅度擾亂與高空風之分析	林 民 生	22 ~ 47
	③民國五十九年颱風調查報告第一號颱風芙安	研 究 室	48 ~ 58
第十七卷一期 Vol. 17 No. 1 (March '71)	①臺灣大氣中對流層頂之研究	劉 衍 淮	1 ~ 33
	②臺灣地區雷雨預報之研究	鄭 邦 傑	34 ~ 48
	③民國五十九年臺灣颱風農業災害之研究	張 月 娥	49 ~ 61
第十七卷二期 Vol. 17 No. 2 (June '71)	①最近颱風研究之發展	汪 羣 從	1 ~ 2
	②對於工業化都市維持環境平衡的幾項建議	鄭 子 政	3 ~ 8
	③音爆與氣象因子之關係	蔣 志 才	9 ~ 15
	④海水含鹽量之研究	陳 英 茂	16 ~ 23
	⑤氣象雷達在天氣預報上利用法	林 瑞 山	24 ~ 36
	⑥民國五十九年北太平洋西部颱風概述	研 究 室	37 ~ 48
第十七卷三期 Vol. 13 No. 3 (September '71)	①颱風特性與臺灣雨量之研究	魏 元 恒	1 ~ 17
	②臺灣春雨期內東亞環流型特徵之分析	戚 啓 勳	18 ~ 31
	③臺北盆地颱風降雨量之計算及預測研究	曲 克 恭	32 ~ 48
	④臺北地區豪雨之研究	徐 晉 淮	49 ~ 71
第十七卷四期 Vol. 17 No. 4 (December '71)	①亞洲南部與西太平洋之冬夏季風及其交替	萬 寶 康	1 ~ 17
	②臺灣冬季持續性惡劣天候之研究	鄭 邦 傑	18 ~ 54
第十八卷一期 Vol. 8 No. 1 (March '72)	①研究高空放射塵及大氣污染長期變化對氣象因素之關係	戴 運 軌	1 ~ 7
	②空氣污染氣體成分之分析及其對於氣候上之影響	呂 世 宗	
		鄭 子 政	8 ~ 14
	③衛星照片在分析與預報華南及東海氣旋生長之應用	徐 寶 箴	15 ~ 22
	④論斜壓不穩定性模式和東海氣旋波之生成	趙 友 安	23 ~ 30
	⑤民國六十年颱風調查報告第一號颱風露西	研 究 室	31 ~ 37
	⑥民國六十年颱風調查報告第二號颱風娜定	研 究 室	38 ~ 44
	⑦民國六十年颱風調查報告第三號颱風艾妮絲	研 究 室	45 ~ 50
	⑧民國六十年颱風調查報告第四號颱風貝絲	研 究 室	51
第十八卷二期 Vol. 13 No. 2 (June '72)	①民國六十年臺灣農業災害之研究	張 月 娥	1 ~ 26
	②由特例看高層輻散對雷雨之觸發作用	林 鞠 情	27 ~ 39
	③臺灣地區雷雨發生頻率之研究	王 吉 森	40 ~ 45
	④氣象雷達雨量觀測器簡介	張 擇 仕	46 ~ 48
	⑤民國六十年北太平洋西部颱風概述	研 究 室	49
第十八卷三期 Vol. 18 No. 3	①臺灣颱風降雨預報之研究	謝 信 良	1 ~ 21
	②臺灣地區地震與地震規模之關係	徐 明 同	22 ~ 31

(Sept. '72)	③用比擬法預估颱風侵臺期內降水量	戚 啓 勳	33 ~ 50
	④1971年11月18日羅布泊核彈試爆臺灣放射落塵之氣象分析	蔣 志 才	51 ~ 61
	⑤從動力觀點剖析颱風	徐 明 同	62
第 十 八 卷 四 期	①臺灣高空風與地面天氣之研究	劉 衍 淮	1 ~ 13
Vol. 18 No. 4	②以氣象衛星照片預報寒潮之爆發	徐 寶 箴	14 ~ 20
(Dec. '72)	③侵襲臺灣颱風之分析研究	徐 晉 淮	21 ~ 38
	④侵臺颱風路徑預報之研究	鄭 邦 傑	39 ~ 61
	⑤冬季平流層增溫效果與臺灣持續性天氣之研究	洪 理 強	62
第 十 九 卷 一 期	①亞洲南部與太平洋之夏季風及其天氣特徵	萬 寶 康	1 ~ 16
Vol. 19 No. 1	②民國六十一年臺灣颱風農業災害之研究	張 月 娥	17 ~ 27
(Mar. '73)	③西北太平洋中高壓脊線與西進颱風之實例分析	蔣 志 才	28 ~ 33
	④臺灣各地農業氣象環境條件之研究	顏 俊 士	34 ~ 41
	⑤可能最大降水量之估計及對洪水預報和水利工程之重要性	劉 復 誠	42 ~ 52
	⑥臺灣氣溫週期變動之分析	蕭 長 庚	53
第 十 九 卷 二 期	①近年對於大氣結構的認識	鄭 子 政	1 ~ 6
Vol. 19 No. 2	②民國61年6月12日豪雨之分析	陳 正 政	7 ~ 26
(June '73)	③美國中央氣象局數值預報模式	劉 廣 英	27 ~ 36
	④民國61年颱風調查報告第一號	研 究 室	37 ~ 48
	⑤民國61年北太平洋西部颱風概述	研 究 室	49 ~ 66
	⑥氣象學報總目錄索引	研 究 室	67 ~ 78
第 十 九 卷 三 期	①釋雷雨	鄭 子 政	1 ~ 9
Vol. 19 No. 3	②用比擬法預估颱風侵臺期內之降水量	吳 宗 堯	10 ~ 19
(Sept. '73)	③臺灣雨量長期預報之研究	魏 元 恒	20 ~ 38
	④臺灣之地震能量	徐 明 同	39 ~ 52
	⑤臺北市大氣污染之現況	呂 世 宗	53 ~ 68
	⑥民國61年臺灣地區的地震活動和蘇俄科學家預測發生大海嘯的可靠性	中央氣象局 氣象學報社	61 ~ 68
第 十 九 卷 四 期	①臺灣分區氣候與天氣之研究	萬 寶 康	1 ~ 19
Vol. 19 No. 4	②颱風路徑之經驗預報法及其實例	徐 晉 淮	20 ~ 26
(Dec. '73)	③颱風路徑客觀預報法之驗證	鄭 邦 傑	27 ~ 57
	④颱風預報之進步與困難問題	陳 毓 雷	58 ~ 67
第 二 十 卷 一 期	①氣象與消防	鄭 子 政	1 ~ 4
Vol. 20 No. 1	②衛星所見東亞地區之螺旋雲系	徐 寶 箴	5 ~ 14
(March '74)	③臺灣分區氣候與天氣之研究	萬 寶 康	15 ~ 32
	④北太平洋西部轉向颱風之分析研究	徐 晉 淮	23 ~ 44
	⑤臺北雨的研究	李 瑞 靄	45 ~ 56
	⑥民國62年颱風調查報告第一號魏達	研 究 室	57 ~ 61
	⑦民國62年颱風調查報告第二號娜拉	研 究 室	62 ~ 78
第 二 十 卷 二 期	①空氣來源之探索	鄭 子 政	1 ~ 6

Vol. 20 No. 2 (June '74)	②臺灣五地之溫度分析與降水量統計	徐 晉 淮	7 ~ 18
	③臺北市大氣污染預測模型之研究	呂 世 宗	19 ~ 30
	④西太平洋高壓消政及其颱風行徑關係之研究	陳 毓 雷	31 ~ 46
	⑤民國62年北太平洋西部颱風概述	研 究 室	47 ~ 60
第二十卷三期 Vol. 14 No. 3 (September '74)	①臺灣雨量極端變化之分析及預測	魏 元 恒	1 ~ 18
	②平均環流模式與臺灣地區各地展期預報之研究	徐 晉 淮	19 ~ 36
	③颱風過境宜蘭降水量之調查分析	蔣 志 才	37 ~ 45
	④水田之熱平衡及其應用之研究	顏 俊 士	46 ~ 52
	⑤我國東南沿海地區冷鋒移動速度之研究	陳 正 改	53 ~ 60
第二十卷四期 Vol. 20 No. 4 (Dec. '74)	①人為衝擊對於平流層環境之影響	氣象學報社	1 ~ 5
	②臺灣地區颱風雨量客觀預報之研究	吳 宗 堯	6 ~ 25
	③臺灣梅雨之分析	徐 明 同	26 ~ 44
	④臺灣地區長期天氣預報之研究	徐 晉 淮	45 ~ 63
第二一卷一期 Vol. 21 No. 1 (March '75)	①臺灣分區雨量之頻率分佈及其變率	萬 寶 康	1 ~ 14
	②高空等壓面之高度場與衛星雲系之幾何形象關係研究	徐 寶 箴	15 ~ 28
	③臺灣東部海底地震與斷層之關係	彭 志 濱	29 ~ 45
	④颱風經過臺灣之性質演變	劉 子 敬	46 ~ 52
第二一卷二期 Vol. 21 No. 2 (June '75)	①臺灣分區雨量之頻率分佈及其變率	萬 寶 康	1 ~ 13
	②1964年荒川氏颱風預測法之再修正	王 崇 岳	14 ~ 17
	③預報電腦化之研究與設計	郭 文 鏢	18 ~ 24
	④颱風頻率長期變化之例證研究	魏 元 恒	25 ~ 27
	⑤東亞地區地面背線上之衛星雲系	徐 寶 箴	28 ~ 32
	⑥臺灣地區地震危險度之研究	徐 明 同	33 ~ 40
	⑦民國63年颱風調查報告	應 用 組	41 ~ 56
	第1號颱風琴恩	應 用 組	
	第2號颱風范迪	應 用 組	
	第3號颱風貝絲	應 用 組	
第二一卷三期 Vol. 21 No. 3 (Sep '75)	①臺灣極端雨量與氣溫之分析及預測	魏 元 恒	1 ~ 12
	②颱風經過臺灣及其鄰近地區時之衛星雲	徐 寶 箴	13 ~ 25
	③颱風路徑客觀預報方法之進一步研究	陳 毓 雷	26 ~ 35
	④苗栗豐原地區地震之研究	熊 雲 嶠	36 ~ 44
	⑤作物氣象	曾 文 柄	45 ~ 49
	⑥民國63年北太平洋西部颱風概述	應 用 組	50 ~ 63
第二一卷四期 Vol. 21 No. 4 (Dec. '75)	①大氣科學與氣象學名詞辨誼及其研究發展之大勢	鄭 子 政	1 ~ 6
	②中期預報之冬季高空大天氣型	吳 宗 堯	7 ~ 18
	③寒潮侵入臺灣及鄰近地區前後之衛星雲系	徐 寶 箴	19 ~ 25
	④臺灣地區長期天氣預報之研究(二)	徐 晉 淮	26 ~ 41
	⑤天氣類型法之電子計算機上客觀比擬選擇	胡 仲 英	42 ~ 49
	⑥冬季寒潮對臺灣地區水稻栽培之影響	楊 之 遠	50 ~ 60

第二二卷一、二期 Vol. 22 No. 1,2 (June '76)	①妮娜颱風侵襲臺灣期間之大氣結構變化 ②利用客觀模擬法預報颱風路徑之研究 ③風城新竹風之研究 ④民國64年颱風調查報告 第1號颱風妮娜 第2號颱風貝蒂 第3號颱風艾爾西	江 火 明 胡 仲 英 朱 學 良 應用氣象組 應用氣象組 應用氣象組 應用氣象組	1 ~ 7 8 ~ 16 17 ~ 36 37 ~ 56
第二二卷三期 Vol. 22 No. 3 (Sept. '76)	①地震活動度定量化之研究 ②雷達回波與降雨量之相關研究 ③風徑圖之實例分析 ④風城新竹風之研究(續) ⑤民國64年西北太平洋颱風概述	徐 明 同 林 瑞 山 王 崇 岳 朱 學 良 應用氣象組	1 ~ 6 7 ~ 20 21 ~ 28 29 ~ 43 44 ~ 54
第二二卷四期 Vol. 22 No. 4 (Dec. '76)	①中期預報之天氣類型法及其在電子計算機上之 模擬選擇 ②衛星圖照對臺灣及鄰近地區氣象系統之分析與 預報之應用 ③用電腦繪製天氣圖之研究 ④民國65年颱風調查報告侵臺颱風(7613號) 畢莉	吳 宗 堯 徐 寶 箴 徐 月 娟 應用氣象組	1 ~ 22 23 ~ 31 32 ~ 38 39 ~ 59
第二三卷一期 Vol. 23 No. 1 (March '77)	①新店溪流域降水量與流量之研究 ②臺灣平流層氣溫及風雨年週期變化之研究 ③民國65年北太平洋西部颱風概述	郭 文 鏞 魏 元 恒 應 用 組	1 ~ 17 18 ~ 25 26 ~ 44
第二三卷二期 Vol. 23 No. 2 (June '77)	①颱風暴風圈內陣風與豪雨之預測法 ②應用垂直風切圖與李查遜數目對晴空亂流之個 案研究 ③颱風之路徑與其預報 ④區域蒸散量估算問題一以臺灣西南區為例	王 崇 岳 郭 文 鏞 徐 明 同 邱 永 和	1 ~ 15 16 ~ 23 24 ~ 34 35 ~ 40
第二三卷三期 Vol. 23 No. 3 (Sept. '77)	①閃電計次器之研製 ②應用ARIMA模式對臺北市月平均溫度與總降 水量的分析與預測 ③臺灣地區高空風及溫度之日變化	黃 胤 年 胡 仲 英 徐 行	1 ~ 14 15 ~ 26 27 ~ 46
第二三卷四期 Vol. 23 No. 4 (Dec. '77)	①臺灣北部地區暖鋒型豪雨之分析與預報 ②賽洛瑪颱風與龍捲風 ③新店溪流域降水量與流量之研究 ④研究臺灣地區氣懸膠體之特性	王 崇 岳 徐 寶 箴 郭 文 鏞 呂 世 宗	1 ~ 8 9 ~ 16 17 ~ 42 43 ~ 53
第二四卷一期 Vol. 24 No. 1 (March '78)	①中期預報之天氣類型法及其在電子計算機上之 模擬選擇 ②運用數值預報統計法預測臺灣西南部夏季雨量 之研究 ③7704號賽洛瑪颱風分析檢討	吳 宗 堯 陳 熙 揚 羅 字 振	1 ~ 24 25 ~ 38 39 ~ 68
第二四卷二期	①臺灣寒潮分析與預報	王 崇 岳	1 ~ 18

Vol. 24 No. 2 (June '78)	②新店溪流域降水量與流量之研究 ③民國66年颱風調查報告 (侵臺颱風7705號薇拉)	郭 文 鑠	19 ~ 28 29 ~ 56
第二四卷三期 Vol. 24 No. 3 (Sept. '78)	①臺灣地區地震活動之定量研究 ②考慮積雲對流潛熱釋放的熱帶氣旋發展數值模擬 ③民國66年颱風調查報告(第三號侵臺颱風7707號愛美) ④民國66年北太平洋西部颱風概述	徐 明 同 陳 世 旺	1 ~ 6 7 ~ 22 23 ~ 34 35 ~ 55
第二四卷四期 Vol. 24 No. 4 (Dec. '78)	①氣旋系統之動能收支研究 ②近地震震央距離之計算 ③民國67年颱風調查報告：第一號侵臺颱風(7708號)羅絲。第二號侵臺颱風(7812)號黛拉	邱 爾 文 徐 明 同	1 ~ 15 16 ~ 18 19 ~ 35
第二五卷一期 Vol. 25 No. 1 (March '79)	①多元紀錄器及雨量計之設計 ②ADAPS系統之研究與設計 ③臺灣地區降霜之分析研究 ④雷雨內帶電過程與閃電發生之研究成果	亢 玉 瑾 胡 仲 英 徐 晉 淮	1 8 9 24 25 34 35 ~ 38
第二五卷二期 Vol. 25 No. 2 (June. '79)	①雲林縣草嶺附近之微小地震活動 ②臺南地區日射量之分析 ③民國67年颱風調查報告：第三號侵臺颱風(7823)號炯拉	徐 明 同 唐 榮 澤	1 ~ 14 15 ~ 20 21 ~ 40
第二五卷三期 Vol. 25 No. 3 (Sept. '79)	①臺灣地區水稻之農業氣候區域 ②臺灣地區霜日頻率與霜期分析及其在農作物霜害預防之應用 ③民國67年北太平洋西部颱風概述	郭 文 鑠 楊 之 遠	1 ~ 10 11 ~ 23 24 ~ 50
第二五卷四期 Vol. 25 No. 4 (Dec. '79)	①臺灣地區土壤溫度特性之初步分析 ②淡水河流域颱風降水量分析 ③臺灣地區溫度變化與水稻安全栽培期之關係 ④日射計之研製 ⑤氣候變遷的數值模式研究	劉 文 俊 朱 曙 光 楊 之 遠 李 兆 民 戚 啓 勳 譯	1 ~ 8 9 ~ 20 21 ~ 28 29 ~ 34 35 ~ 38
第二六卷一、二期 Vol. 26 No. 1,2 (June. '80)	①亞洲地區氣象資料之蒐集檢定與分析及程式處理系統之研究(一) ②臺灣地區氣象因子與水稻產量預測模式之初步研究 ③多元記錄器使用之濕度及氣壓感應器之研製	吳 宗 堯 曾 忠 一 郭 文 鑠 曾 文 柄 蔡 木 金	1 ~ 70 ~ 71 ~ 80 81 ~ 86
第二六卷三期 Vol. 26 No. 3 (Sept. '80)	①亞洲地區氣象資料之蒐集檢定與分析及程式處理系統之研究(二) ②臺灣之大地震 ③梅雨期間本省農業氣象災害之檢討	吳 宗 堯 曾 忠 一 徐 明 同 楊 之 遠	1 ~ 31 32 ~ 48 49 ~ 53
第二六卷四期	①利用類比法預測颱風路徑之研究	陳 熙 揚	1 ~ 13

Vol. 26 No. 4 (Dec. '80)	②臺灣地震歷史資料的建立	彭志濱	14 ~ 23
第二七卷一期	③民國六十八年北太平洋西部颱風概述	喬鳳倫	24 ~ 64
Vol. 27 No. 1 (March '81)	①海嘯及所引起之災害	徐明同	1 ~ 15
第二七卷二期	②臺灣地區農業氣候區域之劃分	楊之遠	16 ~ 28
Vol. 27 No. 2 (June '81)	③以電子計算機研討氣象地圖之繪製	徐月娟	29 ~ 37
	①臺灣地區空梅之環流特徵	陳正政	1 ~ 14
	②臺灣不同地區降雨持續性與農業機械設備使用效率之相關研究	邱永和	15 ~ 26
	③1980年諾瑞斯颱風之分析報告	李南文	
第二七卷三、四期	①頻譜風浪預報模式	任立濤	27 ~ 37
Vol. 27 No. 3,4 (Dec. '81)	②氣流線自動分析之研究	李汴軍	1 ~ 7
	③工程上應考慮的地震問題	胡仲英	8 ~ 16
	④臺北盆地二氧化碳濃度之評估	徐明同	17 ~ 40
第二八卷一期	①利用Nimbus 6微波掃描分光計斜向探測大氣垂直溫度結構之研究	張哲明	41 ~ 62
Vol. 28 No.1 (March '82)	②臺灣地區日射與日照關係之初步探討	徐月娟	1 ~ 21
	③乾日機率在水稻聯合收穫機作業計劃中之應用	黃國禎	22 ~ 29
	④冬季風暴雲型分析	徐森雄	
第二八卷二期	①初冬中尺度氣壓系統及其對臺灣北部天氣之影響	李南文	30 ~ 35
Vol. 28 No. 2 (June '82)	②短時大雨預報	方力脩	36 ~ 39
	③民國六十九年北太平洋西部颱風概述	許廣南	1 ~ 30
第二八卷三、四期	①颱風誘發焚風現象及其對農作物之影響	徐晉淮	31 ~ 38
Vol. 28 No. 3,4 (Dec. '82)	②民國七十年颱風調查報告—侵臺颱風(8104號)艾克	趙世騰	39 ~ 62
	③民國七十年颱風調查報告—侵臺颱風(8105號)裘恩	楊之遠	1 ~ 12
	④民國七十年颱風調查報告—侵臺颱風(8108號)莫瑞	陳清得	13 ~ 34
第二九卷一期	①CWB-80 颱風類比模式中不同路徑合成法之探討	胡亞棟	35 ~ 48
Vol. 29 No. 1 (March '83)	②電腦控制多波道雨量記錄器	吳德榮	49 ~ 57
	③民國七十年颱風調查報告—侵臺颱風(8117號)艾妮絲	陳熙揚	1 ~ 11
	④民國七十年颱風調查報告—侵臺颱風(8119號)葛萊拉	蔡木金	12 ~ 15
第二九卷二期	①氣候變遷及其可能影響之探討	辛江霖	16 ~ 24
Vol. 29 No. 2 (June '83)	②民國七十年北太平洋西部颱風概述	徐辛欽	25 ~ 32
	③民國七十一年颱風調查報告—侵臺颱風(8210號)安迪	戚啓勳	1 ~ 19
		劉復誠	20 ~ 51
		姚慶鈞	52 ~ 56

第二十九卷三期 Vol. 29 No. 3 (Sept. '83)	①從水文預報地點探討雨量資料之蒐集與解析 ②民國七十一年颱風調查報告—侵臺颱風(8212號)西仕 ③民國七十一年颱風調查報告—侵臺颱風(8213號)黛特	劉復誠 姚慶鈞 姚慶鈞	1 ~ 18 19 ~ 28 29 ~ 39
第二十九卷四期 Vol. 29 No. 4 (Dec. '83)	①明清時代破壞性大地震規模及震度之評估 ②民國七十一年北太平洋西部颱風概述	徐明同 姚慶鈞	1 ~ 18 19 ~ 63
第三十卷一期 Vol. 30 No.1 (March '84)	①颱風路徑之氣候統計預報研究 ②副熱帶高壓	謝信良 喬鳳倫 徐晉淮 劉明揚	1 ~ 22 23 ~ 54
第三十卷二期 Vol. 30 No. 2 (June '84)	①地形強制作用對中緯度大尺度波動的效應 ②日本氣象廳 8 L - NHM 及 10 L - FLM 數值預報模式之初步校驗 ③民國七十二年颱風調查報告—侵臺颱風(8304號)韋恩	劉明禮 劉復誠 趙世騰	1 ~ 7 8 ~ 47 48 ~ 60
第三十卷三期 Vol. 30 No. 3 (Sept. '84)	①工業廢棄物處理之空氣品質評估 ②臺灣冬季反常大雨個例研究—1983年2月 ③繞極衛星之軌道預報及應用	沈鐸 戚啓勳 陳來發 劉文俊	1 ~ 10 11 ~ 30 31 ~ 39
第三十卷四期 Vol. 30 No. 4 (Dec. '84)	①衛星遙測海面溫度之評介 ②EI Nion 與異常氣象 ③民國七十二年颱風調查報告—侵臺颱風(8309艾倫 ④民國七十二年北太平洋西部颱風概述	邱爾文 徐晉淮 徐辛欽 陳清得 張修武	1 ~ 11 12 ~ 21 22 ~ 38 39 ~ 65 1 ~ 15
第三十一卷一期 Vol. 31 No.1 (March '85)	①大氣變化實驗—劇烈環境風暴和中尺度實驗之第五案(1979年5月20日—21日)水汽通量的診斷研究 ②西藏山區與臺灣山脈對平均緯流地形作用的參數化 ③衛生掩埋場的設計和空氣污染的防範 ④都卜勒氣雷達之評介	劉明禮 沈鐸 劉復誠	16 ~ 24 25 ~ 31 32 ~ 50
第三十一卷二期 Vol. 31 No.2 (June '85)	①六三豪雨之中尺度分析暨近年來北部水患之探討 ②變換函數橫式之鑑定估計及診斷 ③臺灣東部及東南部豪雨之研究 ④民國七十三年颱風調查報告—侵臺颱風(8402號)魏恩 ⑤一九三四及一九三五年地震規模之推算	丘台光 陳熙揚 劉明禮 廖志翔 徐明同	1 ~ 14 15 ~ 23 24 ~ 33 34 ~ 52 53 ~ 56
第三十一卷三期	①利用正壓模式研究東亞寒潮爆發與行星尺度波	王忠山	1 ~ 9

Vol. 31 No. 3 (Sept. '85)	動之關係	蔡 清 彥	
	②颱風類比模式之路徑預測誤差的統計比較	陳 熙 揚	10 ~ 40
		Davis K.	
	③民國七十三年颱風調查報告—侵臺颱風(8409號)傑魯特	許 翠 玲	41 ~ 48
	④民國七十三年颱風調查報告—侵臺颱風(8412號)裘恩	趙 世 騰	49 ~ 62
第三十一卷四期 Vol. 31 No. 4 (Dec. '85)	①微氣象之特性及其在農業上之應用	楊 之 遠	1 ~ 13
	②松山及桃園地區成霧之分析與預報研究	劉 復 誠	14 ~ 31
	③民國七十三年颱風調查報告—侵臺(海上)颱風(8425)比爾	蔣 爲 民	32 ~ 38
	④民國七十三年北太平洋西部颱風概述	陳 來 發	39 ~ 61
第三十二卷一期 Vol. 32 No. 1 (March '86)	①變易季節臺灣北部地形加劇鋒面性質降雨機制及結構之初步分析	吳 宗 堯	1 ~ 16
	②衛星遙測海面溫度和海況儀實測值的比較	王 時 鼎	
	③民國七十四年颱風調查報告—侵臺颱風(8504號)海爾	劉 瑞 貞	17 ~ 23
	④民國七十四年颱風調查報告—侵臺颱風(8506號)傑夫	林 燕 璋	24 ~ 40
		江 緣 貴	41 ~ 58
第三十二卷二期 Vol. 32 No. 2 (June '86)	①颱風路徑客觀預報方法在臺灣及鄰近地區應用之初步研究	謝 信 良	1 ~ 25
	②中東地區劇烈天氣之個案研究	劉 復 誠	
	③氣象因素對臺灣地區農作安全栽培期限影響之研究	李 培 君	26 ~ 43
	④民國七十四年颱風調查報告—侵臺颱風(8510)尼爾森	曾 文 柄	44 ~ 61
		朱 鈞 巖	62 ~ 88
第三十二卷三期 Vol. 32 No. 3 (Sept. '86)	①探討臺北盆地對季風之修正效應	郭 俊 巖	
	②臺灣地區月平均日射量分布之研究	戚 啓 勳	89 ~ 98
	③美國中西部密西西比地震網的Lg規模修正	林 憲 德	99 ~ 108
	④資料壓縮在IDMS上的研究	呂 佩 玲	109 ~ 118
	⑤民國七十四年颱風調查報告—侵臺颱風(8519號)白蘭黛	李 南 文	119 ~ 126
		王 世 堅	127 ~ 146
第三十二卷四期 Vol. 32 No. 4 (Dec. '86)	①臺北近百年來氣候變遷之初步探討	戚 啓 勳	147 ~ 157
	②全球緯向平均能量平衡之研究	劉 文 俊	159 ~ 174
	③民國七十三年臺灣北部地區「六三豪雨」之診斷分析	陳 來 發	175 ~ 206
	④阻塞高壓之診斷分析	廖 志 翔	207 ~ 230
第三十三卷一期 Vol. 33 No. 1 (March '87)	①預報梅雨鋒豪雨之南針	戚 啓 勳	1 ~ 14
	②國際單位系統與氣象常數	徐 明 同	15 ~ 20
	③民國七十四年北太平洋西部颱風概述	劉 復 誠	21 ~ 72
第三十三卷二期	①利用半球淺水方程式模式研究東亞寒潮爆發與	廖 述 宏	1 ~ 18

Vol. 33 No. 2 (June '87)	行星波之關係	蔡清彥	
	②臺灣之季風及其對作物栽培影響之研究	黃大宏	19~ 31
	③民國七十五年颱風調查報告—侵臺颱風(8605號)南施	蔣爲民	32~ 65
	④民國七十五年颱風調查報告—侵臺颱風(8607號)佩姬	鄭月娥	66~ 88
第三十三卷三期 Vol. 33 No. 3 (Sept. '87)	①臺灣地區春雨反常年之500毫巴環流及海溫距平分佈特徵及其可預測性之初步探討	劉復誠鄭月娥 蔣爲民李樹華	1~ 26
	②颱風侵襲路徑與臺灣區民航機場地面強風之關係	林燕淑	27~ 38
	③西藏山區對亞洲冬季平均緯流地形效應的研究	劉明禮	39~ 49
	④氣象觀測自動化之評介與展望	林憲男	50~ 55
第三十三卷四期 Vol. 33 No. 4 (Dec. '87)	①南極臭氧洞—現象與成因	柳中明	217~ 236
	②玉米風害機制及風害預防方法之研究	楊之遠	237~ 247
	③觀測到之熱帶30—50天週期振動簡介	李汴軍	248~ 252
	④梅雨期間臺灣北部豪雨天氣系統合成分析	黃中成	253~ 268
第三十四卷一期 Vol. 34 No. 1 (March '88)	①華南中尺度對流系統的次綜觀環之分析與模擬	丘台光	1~ 22
	②雲頂相當黑體溫度和熱帶氣旋強度關係之初步分析	李清勝	23~ 34
	③民國七十五年颱風調查報告—侵臺颱風(8612號)韋恩	吳鳳娥 陳清得	35~ 86
第三十四卷二期 Vol. 34 No. 2 (June '88)	①斜壓和正壓不穩定的介紹	林國金	
	②東加拿大地區尾波衰減分析	李永安	87~ 102
	③臺灣地區顯梅空梅年500mb高度及海面溫度距平特徵之研究	辛在勤	103~ 124
	④臺灣地區冬季低溫客觀預報之研究	劉復誠	125~ 141
	⑤民國七十五年北太平洋西部颱風概述	李定國	142~ 154
第三十四卷三期 Vol. 34 No. 3 (Sept. '88)	①高層冷心低壓之定位分析	陳清得	155~ 174
	②應用濾雲法在裂雲區求取臺灣附近之海面溫度	陳泰然	175~ 187
	③侵襲臺灣颱風之降雨分析研究	顏泰崇	188~ 195
	④利用單—都卜勒氣象雷達觀測亞力士颱風之初步分析研究	林雨我	196~ 215
	⑤現行豪雨預報技術之評估研究	李金萬	216~ 226
	⑥民國七十五年北太平洋西部颱風概述(二)	楊健生	227~ 242
第三十四卷四期 Vol. 34 No. 4 (Dec. '88)	①數值天氣預報研究—觀測資料缺乏地區之客觀分析	劉復誠	243~ 260
	②1985年與1986年暖季西太平洋高層冷心低壓之初步分析	陳來發	261~ 274
	③梅雨季華南低壓噴流與中尺度對流系統之初步分析	陳泰然	275~ 284
	④發展性與非發展性中尺度對流系統環境條件之	蒲金標	285~ 297
		陳泰然	
		林民生	298~ 307

	比較	王 時 鼎	
	⑤初步探討臺灣之霧	陳 孟 青	308 ~ 318
	⑥民國75年颱風調查報告 (8613) 艾貝	李 育 棋	319 ~ 342
第三十五卷一期	①中尺度對流系統之分析與應用	紀 水 上	1 ~ 11
Vol. 35 No. 1	②大雨預報的判別方程	吳 明 進	12 ~ 18
(March '89)	③中緯度地區積雲參數化法降水預報的研究	曹 立 德	19 ~ 30
	④高層冷心低壓之綜觀氣候研究	紀 水 上	31 ~ 42
	⑤臺灣海峽中部海域連續異常波之個案分析	李 汴 軍	43 ~ 47
	⑥數值天氣預報之校驗方法綜評	方 力 脩	48 ~ 64
第三十五卷二期	①臺灣地區降水頻率日變化之研究	胡 仲 英	65 ~ 88
Vol. 35 No. 2	②西藏高壓發展過程與臺灣梅雨關係之研究	劉 復 誠	89 ~ 104
(June '89)	③臺灣地區特異之自然季節演變	鄭 俠	105 ~ 110
	④臺灣地區春季降雨之年際變化與成雨系統特性分析	許 皓 淳	111 ~ 122
	⑤1984年11月1日臺灣東北部劇烈降水之研究	林 民 生	
	⑥1979年梅雨鋒面系統平均環流及熱帶低層氣流演化研究	劉 明 禮	123 ~ 130
		周 仲 島	131 ~ 145
		陳 泰 然	
第三十五卷三期	①瞬變渦流之低頻反應	洪 志 誠	147 ~ 162
Vol. 35 No. 3	②中央氣象局現階段之颱風預報作業	謝 信 良	163 ~ 170
(Sept. '89)	③臺灣地區Lg波的特性分析	辛 在 勤	171 ~ 184
	④梅雨季華南中尺度對流系統數值模擬研究一九八一年五月二十七日至二十八日個案	丘 台 光	185 ~ 202
	⑤象位渾天儀之研製	陳 景 森	
	⑥民國七十六年颱風調查報告—侵臺颱風 (8711 號) 黛納	汪 仁 虎	203 ~ 210
	⑦民國七十六年颱風調查報告—侵臺颱風 (8720 號) 琳恩	林 燿 閔	211 ~ 222
		林 雨 我	223 ~ 240
第三十五卷四期	①臺灣北部地區夏季雷雨預報指數分析與應用	陳 來 發	241 ~ 262
Vol. 35 No. 4	②中央氣象局全球數值天氣預報系統 1988 - 1989 預報校驗評估	陳 雯 美	263 ~ 280
(Dec. '89)	③ECMWF 模式對臺灣地區展期天氣預報成之初步校驗	林 松 錦	
	④民國七十六年颱風調查報告—侵臺颱風 (8706 號) 費南	劉 復 誠	281 ~ 310
	⑤民國七十六年颱風調查報告—侵臺颱風 (8708 號) 亞力士	丘 台 光	311 ~ 326
	⑥民國七十六年颱風調查報告—侵臺颱風 (8714 號) 傑魯得	王 時 鼎	327 ~ 342
		許 皓 淳	343 ~ 358
第三十六卷一期	①伴隨雷雨天氣之高層冷心低壓研究	陳 泰 然	1 ~ 21
Vol. 36 No. 1	②相當正壓颱風路徑預報模式之改進研究	陳 得 松	22 ~ 34

(March '90)	③中央氣象局長期天氣預報之綜合評介	劉復誠	35 ~ 52
	④民國七十六年颱風調查報告—臺灣東部近海北上侵臺颱風(8705)賽洛瑪	張澤	53 ~ 67
	⑤民國七十六年北太平洋西部颱風總報告	鄭俠	68 ~ 92
	⑥民國七十七年颱風調查報告—侵臺颱風(8802號)蘇珊	李汧軍	93 ~ 106
	①東吉島海面實例波浪場與氣象場之分析	林雨我	107 ~ 118
	②華南梅雨季中尺度對流系統的預報研究	丘台光	119 ~ 128
第三十六卷二期 Vol. 36 No. 2 (June '90)	③臺灣地區地震發生潛能的探討	辛在勤	129 ~ 136
	④民國七十七年颱風調查報告—(8805號)華倫	王惠民	137 ~ 151
	⑤民國七十七年颱風調查報告—(8816號)克蒂	林雨我	152 ~ 164
	⑥民國七十七年颱風調查報告—超級強烈颱風(8819)尼爾森	丘台光	165 ~ 180
	①高度場對西北太平洋颱風路徑之影響	馬子玉	181 ~ 196
	②瑞穗地區的地震定位探討研究	詹軍威	197 ~ 208
第三十六卷三期 Vol. 36 No. 3 (Sept. '90)	③中央氣象局中尺度預報系統介紹及初步校驗	李尚武	209 ~ 220
	④臺灣地區氣象因子與甘蔗產蔗量和產糖量關係之研究 I.產蔗量模式	張佑芳 朱鈞	221 ~ 237
	⑤民國七十七年北太平洋西部颱風總述	蔡其銘	238 ~ 255
	⑥民國七十七年颱風調查報告—侵臺颱風(8919號)莎拉	林宏聖	256 ~ 279
	①侵台颱風風速分佈預測專家系統之研究與建置	陳熙揚	281 ~ 296
	②中央氣象局地震網地震儀器響應曲線之探討	辛在勤	297 ~ 304
第三十六卷四期 Vol. 36 No. 4 (Dec. '90)	③以HYP 71定位程式重定1969年1月至1972年5月瑞穗地區之地震的定位誤差範圍及P波剩餘值	詹軍威	305 ~ 314
	④暖月高空冷心低壓對台灣之影響	紀水上	315 ~ 326
	⑤台灣地區氣象因子與甘蔗產蔗量和產糖量關係之研究 II.產糖量模式	張佑芳	327 ~ 345
	⑥民國七十八年北太平洋西部颱風總報告	鄭俠	346 ~ 366

統一編號：

09085790049

ISSN 0225-57785

Volume 36, Number 4

December, 1990

METEOROLOGICAL BULLETIN

(Quarterly)

CONTENTS

Articles

- An Expert System for Forecasting Wind Speeds of
Typhoon in the Taiwan Area.....Chen Shi-Yang, Pan Dah-Lung (281)
- Instrument Response of MCR+S13 Seismic System
..... Tzay-Chyn Shin, Yue-Lung Liu (297)
- The Error Range and P-Wave's Residual to the Relocation of
Earthquakes in the Jui-Sui Area during January 1969 to
May 1972 by Hypo 71 Program...Chun-Wei Chen, Jeen-Hwa Wang (305)
- The Effects of Cold Core Lows on Taiwan Weather in Warm
Months.....George Tai-Jen Chen, Shui-Shang Chi (315)
- Study on the Relationships of Weather Factors and Cane and
Sugar Yield of Sugar Yield of Sugarcane in Taiwan II Sugar
Yield Model.....Yu-Fang Chang, Chun Chu, Yu-Ming Pong (327)

Reports

- A General Report on the Typhoons in the Western North
Pacific Ocean in 1989R & D Center, CWB (346)
- Index of the Meteorological BulletinR & D Center, CWB (367)

CENTRAL WEATHER BUREAU

64 Kung-Yuan Road, Taipei, Taiwan

Republic of China

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