

題名	作／譯者	卷期號	頁碼		出版年
中期預報之天氣類型法及其在電子計算機上之比擬選擇	吳宗堯 戚啓勳 胡仲英 鄭俠	24/01	1		1978.03
運用數值預報統計法預測台灣西南部夏季雨量之研究	陳熙揚	24/01	25		1978.03
7704號賽洛瑪颱風分析檢討	羅宇振	24/01	39		1978.03
-----	-----	-----	-----	-----	-----
台灣寒潮分析與預報	王崇岳	24/02	1		1978.06
新店溪流域降水量與流量之研究	郭文鑑 蔣志才 朱曜	24/02	19		1978.06
民國六十六年颱風調查報告（侵台颱風7705號薇拉）	氣象局	24/02	29		1978.06
-----	-----	-----	-----	-----	-----
台灣地區地震活動之定量研究	徐明同	24/03	1		1978.09
考慮積雲對流潛熱釋放的熱帶氣旋發展數值模擬	陳世旺	24/03	7		1978.09
民國六十六年颱風調查報告第三號（侵台颱風愛美）	氣象局	24/03	23		1978.09
民國六十六年北太平洋西部颱風概述	氣象局	24/03	35		1978.09
-----	-----	-----	-----	-----	-----
氣旋系統之動能收支研究	邱爾文	24/04	1		1978.12
近地地震震央距離之計算	徐明同	24/04	16		1978.12
民國六十七年颱風調查報告第一號侵台颱風（7708號）羅	氣象局	24/04	19		1978.12
民國六十七年颱風調查報告第一號侵台颱風（7812號）黛	氣象局	24/04	27		1978.12

氣象學報

季刊

第二十四卷 第一期

目次

論著

- 中期預報之天氣類型法及其在電子計算機上之比擬選擇.....
.....吳宗堯、戚啓勳、胡仲英、鄭俠 (1)
運用數值預報統計法預測臺灣西南部夏季雨量之研究.....陳熙揚 (25)

報告

- 7704 號賽洛瑪颱風分析檢討.....羅宇振 (39)

氣象學報

季刊

第二十四卷 第一期

主編者 中央氣象局氣象學報社
地址 臺北市公園路六十四號
電話：三七一三一八一（十線）
發行人 劉大年
社長 劉大年
電話：三一一〇八四〇
印刷者 文英印書公司
地址 臺北市三水街七號
電話：三三一四七二四

中華民國六十七年三月出版

中期預報之天氣類型法及其在 電子計算機上之比擬選擇

*Research on Medium Range Weather Forecasting in
Taiwan by Weather Types and Its Analog
Selection with Computer*

(第三階段：春秋季型)

(Third Phase: Spring & Autumn Types)

吳宗堯 戚啓勳 胡仲英 鄭 俠

Tsung-Yao Wu, Ke-Hsun Chi, Chung-Ying Hu, Hsia Cheng

ABSTRACT

The research project, sponsored by National Science Council, is mainly concerned with the general and comprehensive surface weather charts of the Eurasia area to classify into several main types and sub-types which especially emphasize their changes of alternate types, calculate their frequencies, analyze their transformation tendencies, and grasp their characteristics of the weather over Taiwan. Then these combine the classifications of Grosswetter types of upper air and the objective analogue selection with a computer to serve as a base for the medium range weather forecasting over Taiwan.

This report is the last part of the research project. It deals with the spring and fall types. The initial classifications between the surface and 500mb charts are distinct-winter or summer types may appear during the spring or fall season. Hence, there are still some difficulties in the calculation and analysis. For this reason, we oblige to stress the singular weather types, such as spring rain types, plum rain types, Yellow Sea hightypes, Indian Summer types and the types of the first outbreak of cold waves.

From the research, it is found that each period of singular weather and the subjective classification for the Yellow Sea high, spring rain, plum rain, and Indian Summer were in good combination with the grosswetter types except the cold waves outbreak type. To take up the frequency, persistence, and transformation of the main types during both the spring and fall seasons is useful and valuable in reference to the medium range weather forecasting.

The types of cold waves arriving in Taiwan, Indian Summer types, the spring rain types all get adequately good credit by the objective analogue selection with computer according to the random selected samples comparing to the weather similarity of the following seven successive days in Taiwan. Only the credit of plum rain is poor because of the lack of selected samples.

一、前　　言

本研究計劃接受國家科學委員會之補助，其目的在於針對較大範圍之歐亞地區地面綜觀天氣圖形勢，分成若干基本類型，各該基本型另分數種副型，特別着重在轉變之時機，統計其出現頻率，分析其轉變趨勢，掌握各該型之臺灣天氣特性，然後再配合高空大天氣型之分類，以及電子計算機上之客觀分類，進行比擬選擇，作為臺灣地區今後製作中期預報之基礎。

全部計劃分三年完成，第一年之研究對象為冬季天氣類型，地面分為：超極軸高壓、穩定緯向高壓、高壓出海、低槽、移動低壓、準滯留鋒等型。各主型另分若干副型（戚 1975）。高空則以中緯度波作為主型，分為：中緯小槽、西方深波、橫槽、兩槽一脊、割離低壓、三波、歐洲阻塞、南方小槽等型。另以極區之流型作為副型，相互加以配合（吳、鄭 1975）。

夏季之型式，地面以副熱帶高壓及印度低壓為主要着眼點，視其進退及消長而分成若干副型；高空則以副熱帶高壓之軸線位置為主，再以西藏高原上之流型為副，相互配合（吳、戚、胡、鄭 1976）。

客觀法則將分析範圍用網格表出高低壓中心位置及其強度，加上鋒系走向等資料，打成卡片，臺灣天氣及主觀類型均用數字號碼，設計程式，命令計算機作客觀選擇，並進行實例試驗，計算其相似率，初步結果尚切實用（胡 1975）。

二、春季天氣型之重要特徵

春秋為交替季，既可能出現冬季型，也可能出現夏季型，可見想要協調冬季分型與夏季分型，得出一種適於春秋季之分型方法並非易事。更何況春季與秋季之天氣圖形勢並不相同。我在分析冬季及夏季時，已曾考慮及此，故將一般以十二、一、二月為冬季，前後各延長一個月；以六、七、八月為夏季，也延長為五月起九月止。

表面上看，四月應為典型之春季，十月應為典型之秋季，但實際上却未必如此。因此，我人分析春秋季之天氣類型，必須把握各該交替季節內東亞天氣之

特性。找出幾種特徵性之天氣型作為研究對象，似遠較普遍性研究為富有意義。

一般而論，四、五月為冬季風轉變為夏季風之交替季。在此交替季內，南支西風與北支西風彼此對抗，自南至北或自北至南出現鋒帶，氣旋連續發生。故而春季之天氣最為變幻無常。四月內經常出現之鞍式氣壓場，河套為其中心點，伸張軸自此向東延伸至黑龍江口，向西循河西走廊至新疆。氣流圖上可見一輻合線，西北為極地大陸氣圖，東南為變性極地大陸氣圖（出海之迴流東南風）。

四月份之等溫線顯然與冬季不同，主要之特徵在於內陸增暖迅速，東部平原上等溫線轉向海岸線，愈近海岸，等溫線越近南北向。此種改變，中國北部比南部更為明顯，等溫線變疏顯然為太陽輻射梯度減弱之結果。

配合此種溫度分佈，陸地上氣壓降低，海上氣壓升高，黃海上經常有一高壓，形成一輻散中心，山東、河北一帶有旺盛之東南風，過去有人認為夏季風之發軔，實際上仍為變性極地氣團。此種轉變實為春季初見於北方。我人研究春季天氣類型不失為重點之一。蓋在春季，移動性高壓常尾隨西北或東北低槽蒞臨，冷性高壓入海機會較多。由於春季海面溫度較低，而且槽前強烈暖平流可引起反氣旋形環流，可見只要此種高壓能以入海，定必趨於穩定而增強。我人稱之為「黃海高壓型」。

再以鋒帶之位置而論，入春後，冷性高壓勢力減弱，極鋒徘徊在南嶺附近，出現連續幾天之東西向雨帶，偶而常有雷暴，此一鋒帶如果向東延伸，臺灣地區也會形成春雨。

當降水開始前，華南為變性冷高壓所控制，並無低壓或鋒系存在。高壓區內漸隨降水之發展而形成弱低槽及鋒系。在高空，則南支西風帶上有低壓槽東移，鋒系之結構與一般中緯度鋒不同，兩邊氣象要素之不連續並不顯著，分析較困難，然而鋒面上降水之變化常甚劇烈，可由小雨突然變成強烈陣性暴雨。臺灣之春雨，逐年偏差甚大（戚 1971）。但如春雨顯著，應與此冷空氣上面南支西風內之低壓槽東移有

關。因此春雨型亦為我人春季大天氣型之着眼點。

春季另一重要天氣型當然為梅雨型，此種型式實際上為春末夏初之特徵。根據近世學者之研究，從春到夏，影響我國東南沿海地區之副熱帶高壓脊逐漸北移。副熱帶高壓之活動為構成江南雨季和長江流域梅雨之一重要因素。副熱帶高壓之脊線在梅雨開始和結束時，都有一次明顯之跳躍，地面鋒也同時向北跳動。一般而論，梅雨開始前，副熱帶高壓脊線在 20°N 以南，地面鋒在南嶺附近及其以南地區；梅雨期內，副熱帶高壓脊線平均在 $20^{\circ}\text{--}25^{\circ}\text{N}$ 之間，地面鋒在長江流域。梅雨結束後七天，副熱帶高壓脊線平均位置在 $26^{\circ}\text{--}31^{\circ}\text{N}$ ，地面鋒移至淮河以北。 125°E 以東，副熱帶高壓脊線與地面鋒相應北移。

以臺灣之緯度而言，梅雨期應較真正之長江流域梅雨期為早，臺灣之梅雨期年偏差甚大，實際上為春雨型與夏雨型之過渡型，有些現象限於中部以北，不包括東部（徐、紀 1974,）。（戚 1964）。近幾年來已為此間學者所重視。以今年（1977）來說，且曾導致相當大之災害。可見此種特徵之天氣類型亦為我人研究之重要對象。

三、秋季天氣型之重要特徵

秋季，冬季風以一種迅速而徹底之過程南侵，從地面向上置換夏季風，與春季之夏季風自上向下逐漸代替正好相反。夏季環流之轉變為冬季環流可在九月份十天至半個月內完成。冬季風一經穩定，很少再後撤。故在東亞地區，秋季歷時殊暫，天氣多晴朗。

以氣壓場而言，印度低壓顯見低降，並逐漸退至東南。此時，阿留申低壓開始在阿留申羣島之北方出現，進逼阿拉斯加半島。低槽伸至黑龍江出口處，表示有一連串氣旋經過此處。故自中期預報之觀點，夏季風何時轉變為冬季風，亦即寒潮在何種天氣圖形勢下，開始大舉南侵，關係最為重要。

九月間，當一相當強大之高壓南下時，整個中國從低壓活動變為被高壓控制。此後高壓間歇南下，此種環流形勢即可假想為秋季型。

九、十月間，黃河下游之南方及長江流域之中下游有一種特異性天氣（singularity）。即極地大陸性氣團經常來自北方，且已趨穩定，形成一分裂之小型高壓時，高空之副熱帶高壓向南緩移，使南方之地面冬季風到達較遲。此時可能因為西藏高原為一熱源，對高空之高壓（或暖脊）具有增強之功能，故而

東亞高空之高壓脊線停在地面東西風分界線以北。長江中下游及其南方，地面均有自冷高壓吹出之東風，高空則為暖高壓吹出之東風，垂直結構非常穩定，雲雨特別稀少，天氣溫暖逾常，我人習稱「秋老虎天氣」。此種天氣型何時開始？何時終止？如何獲得先兆？當亦為我人感到興趣之問題。

四、春季特異性天氣之類型分析

本研究之目的在於找出各該特異性天氣出現時期之地面及高空圖類型，包括出現以前及出現以後，從而統計其持續性與轉變，作為中期預報之重要參考資料。茲先就春季之特異性天氣分析如下：

(一) 春雨型

臺灣之春雨型天氣，與位置在臺灣北海岸附近之準滯留鋒具有密切之關聯。從 1960 至 1967 之八年內，發現有 19 次較為明顯之春雨型天氣。有幾年在一個春季內，先後發生四次之多。平均持續 4.7 天，以北部及東部較為顯著。

與本型天氣相配合之地面天氣圖上，以 3b+6c 型為最多（在 $30^{\circ}\text{--}40^{\circ}\text{N}$ 出海之高壓加上冷暖鋒交替之準滯留鋒型），約佔百分之五十。1962（民國 51）年 4 月 28-30 日可為範例。4 月 29 日 20 時之地面圖如圖一，500 毫巴圖如圖二。

圖一內可以看岀高壓已至黃海上，由於此時海面較冷，乃加強其穩定度，移動極為緩慢。準滯留鋒從日本南方向西伸出，經臺灣北海岸外，直至南嶺山脈。印度北部至西藏高原西部之季風低壓已增強，顯示高原熱源發生作用。另自臺灣東方之等壓線形勢也可看出，北太平洋上之副熱帶高壓初見端倪。冷暖氣流之旗鼓相當，有利於滯留鋒之發展已昭然若揭。高空圖上，臺灣位於弱槽之前方，亦有利於惡劣天氣之持續。

本型天氣之另一範例為 1961（民國 50）年 4 月 11-14 日，地面圖（圖三）之形勢與圖一甚為相似，僅黃海上以高壓楔代替封閉高壓。但高空圖（圖四）却有相當大之差別。統計全部八年內出現臺灣春雨之高空類型，以配合 G 型為最多，佔百分之 42，即歐洲阻塞型。其次為 D、E、F 型，蓋以此等型式均表示南支西風加強，或西藏高原開始增暖，脊線移至東經 90 度附近。主槽則在東經 120 度附近，從 90°E 至 120°E，偏北之西風源源輸入冷空氣。我人在圖二及圖四中均可看出此種形勢。

表一 春雨型天氣出現之日期及其配對之天氣類型 (1960~1967, 3~5 月份)

Table 1. The occurrence of spring raining in Taiwan and its weather types (Mar-May, 1960-1967)

出 現 日 期	地 面 天 氣 類 型			高 空 天 氣 類 型			持 續 天 數
	出 現 前	出 現 期	出 現 後	出 現 前	出 現 期	出 現 後	
1960, 3.11~3.14	5d	1b+3b+4c	1b+6c	B15	B18	B21	4
1960, 3.19~3.25	1c+4a+6a	1b+4b+6c	3c+6c	B21	D21	D17	7
1960, 4.15~4.19	4f	2a+6c	3c+6c	F10	E12	F18	5
1960, 4.27~4.30	2b+4c+7b	3c+6c	8b+6b	G12	G18	B15	4
1961, 3.11~3.15	4f	3b+6c	4f	E12	G18	A21	5
1961, 3.21~3.26	4f	6b+7a	3b+5b	G18	A21	D21	6
1961, 4.11~4.14	2c+4c	3b+6c	5d	B14	E21	G21	4
1961, 4.18~4.23	5f	3b+6c	2c+4c	G21	B18	D14	6
1962, 3.6~3.11	3b	1b+4a+6c	1b+4b	C01	F15	F21	6
1962, 4.28~4.30	3c+6c	3b+6c	6a	F10	F12	B10	3
1963, 3.21~3.23	4f	3b+6c	3b+4c	G10	G18	B18	3
1963, 4.18~4.21	2a+4b	2a+6c	2a+6c	C13	C19	G21	4
1964, 4.9~4.14	1a+4c	3b+6c	4f+9b	D21	D19	G19	6
1964, 4.24~4.26	4c	2a+6c	3b+6c	D19	G19	G20	3
1965, 4.24~4.27	3b+4c	4b+6a	3c+6b	G19	G20	B21	4
1967, 4.1~4.5	2b+4d	3b+6c	6c+7b	C12	E18	B18	5
1961, 4.14~4.17	5f	3b+6c	5d	E21	G21	B18	4
1963, 5.1~5.3	5d+7a	3b+6c	8d+9b	C19	G21	C21	3
1964, 4.27~4.29	2a+6c	3b+6c	5c+6a	G19	G20	F20	3

1960-1967 之八年內，所有出現春雨型各次之地面天氣類型、高空天氣類型，以及持續天數，列出如表一。表內可以看出一種對中期預報極有參考價值之跡象，即在春雨型天氣發生之前，地面圖上 4c(近海槽)或 4f(華南槽)，蓋以無論為近海槽抑或華南槽，後方均有弱高壓，鋒系抵達臺灣附近，只要南來氣流有足夠強度，即可轉變為準滯留鋒，替臺灣北部及東北部帶來春雨型之天氣。

(二) 黃海高壓型

黃海高壓型對華北之天氣具有重大之控制作用。此種天氣圖形勢，既可與春雨型同時發生，亦可不必配合。前者地面圖可以圖一作為代表；後者如圖五及圖七。此兩圖內可以看出：低壓區從東北地區（或西伯利亞東部）一直向西南延伸至西藏高原，後方為一强大之高壓。

地面類型顯而易見，以 3b 為主體（高壓中心在 $30^{\circ}\text{--}40^{\circ}\text{N}$ 出海），但大都配合中亞槽 (4a)，而且偶而尚會有東海低壓。可見臺灣地區之天氣雖以陰、

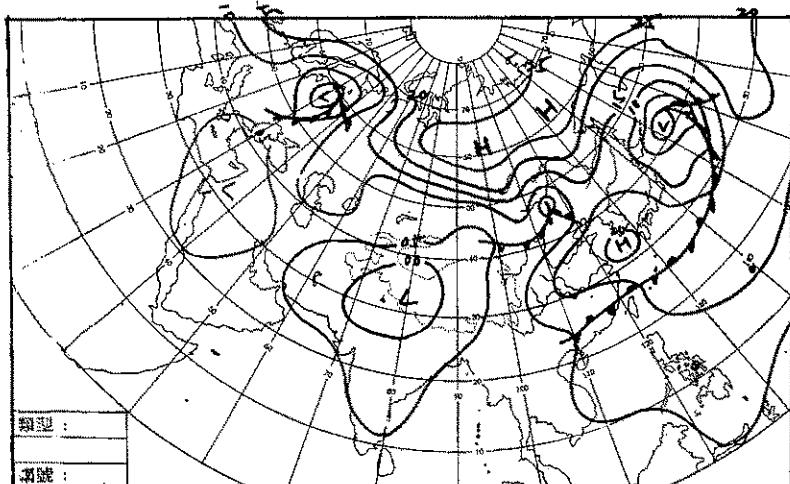
偶小雨居多，但也可能為多雲天氣，須視黃海高壓向南伸展之範圍與是否配備有東海低壓而定。

本型之地面綜觀形勢顯示東亞有旺盛之暖空氣發展，高壓則退至中亞及東歐。高空圖之型式並不明確，亞洲中緯度大多為平直之等壓線，即西風盛行。過去八年內，本型發生過七次，持續大都為三天。此型出現前後之型式並不明顯，見表二。

(三) 梅雨型

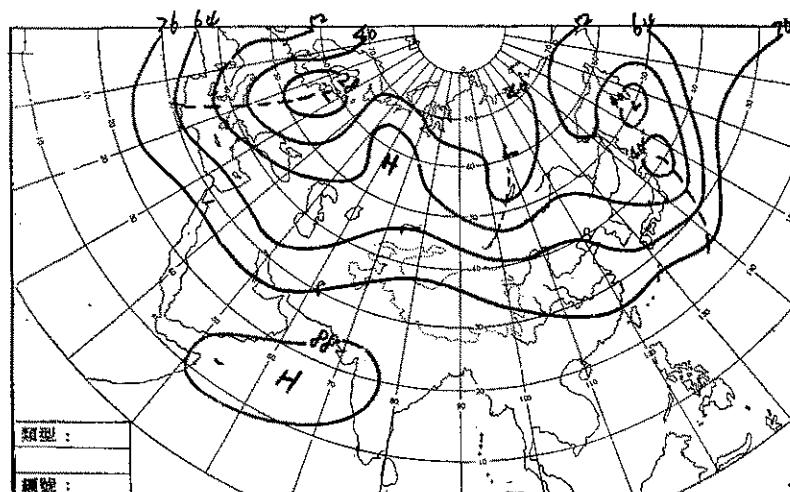
有關梅雨期及其前後之東亞環流形勢，中日學者多有研究，蓋以江淮流域之洪水或乾旱，大都由於梅雨之提前或落後，延長或縮短（甚至並無乾雨期，俗稱乾梅）所導致。前人研究梅雨，大致獲得三條結論（戚，1960）：

(1) 梅雨期 500 毫巴之共同特徵為： $50^{\circ}\text{--}70^{\circ}\text{N}$ 有穩定之阻塞高壓或高壓脊，造成東亞上空 $35^{\circ}\text{--}45^{\circ}\text{N}$ 不斷有短波槽向東傳播。東南沿海副熱帶脊線穩定在 $20^{\circ}\text{--}25^{\circ}\text{N}$ 之間。



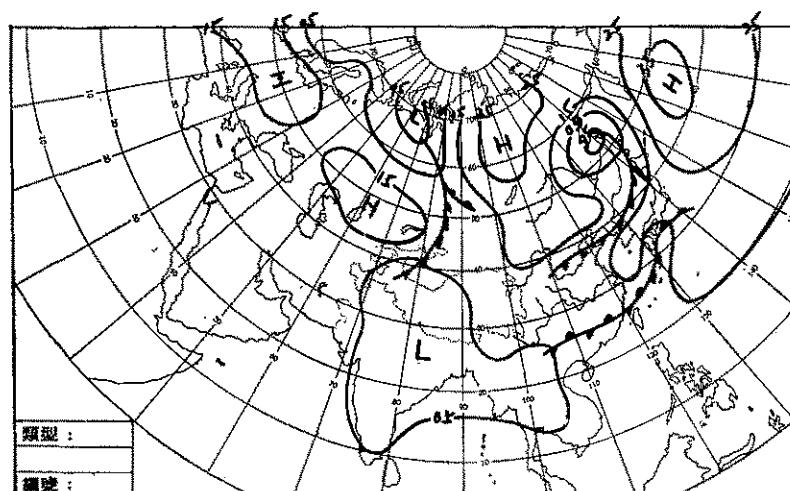
圖一 春雨型地面天氣圖之範式 3b+6c
(1962年4月29日20時)

Fig. 1 Typical surface synoptic pattern of spring raining. 3b+6c (1200GMT, 29 Apr. 1962)



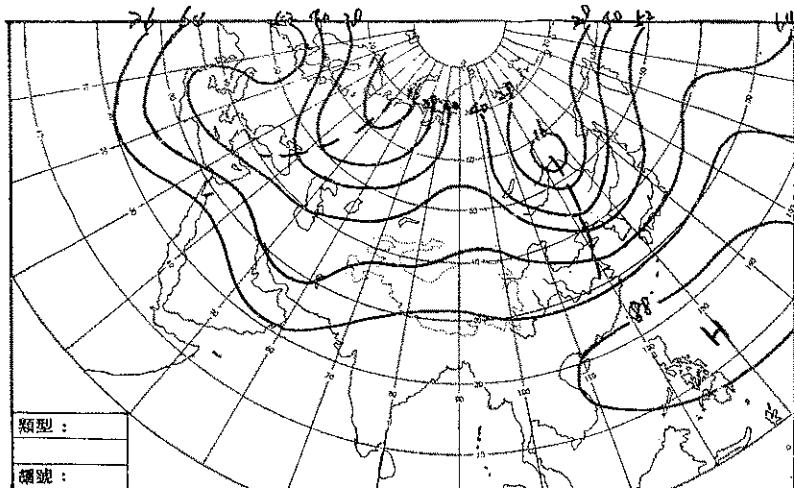
圖二 春雨型高空 500 mb 圖之範式 F12
(1962年4月29日20時)

Fig. 2 Typical 500mb pattern of spring raining F12 (1200 GMT, 29, Apr. 1962)



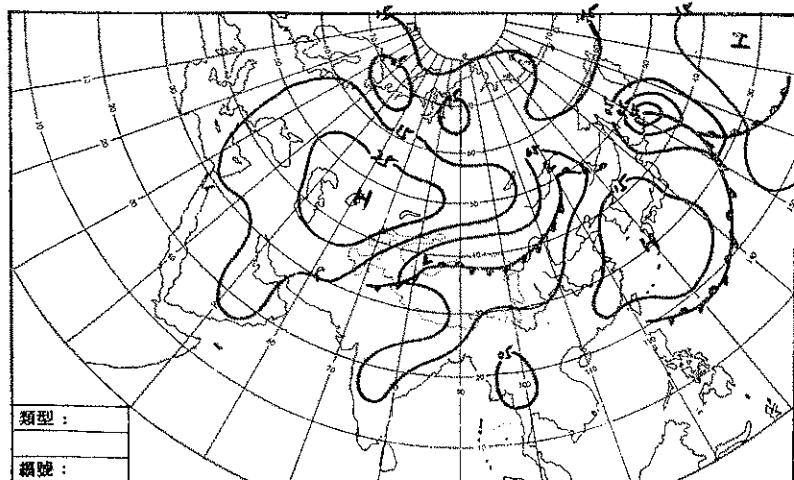
圖三 春雨型天氣另一範例之地面圖類型
3b+6c(1961年4月12日20時)

Fig. 3 Another typical example of spring raining surface chart 3b+6c (1200GMT, 12 Apr. 1961)



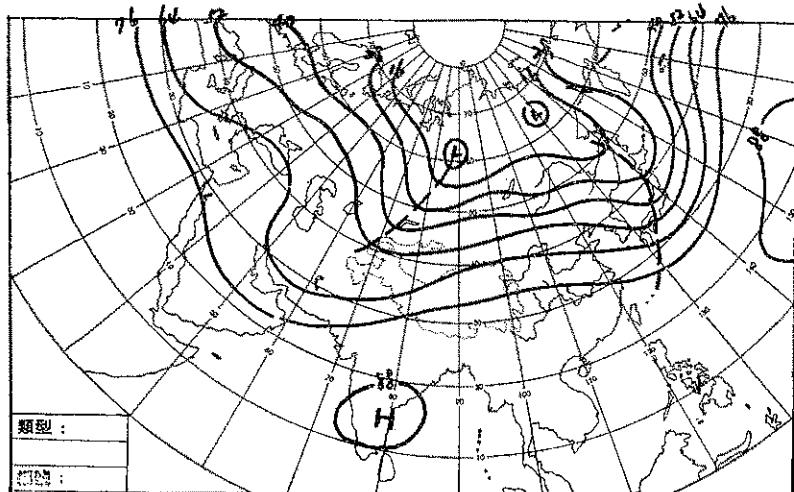
圖四 春雨型另一範例之 500mb 圖 E21
(1961年 4月 12日 20時)

Fig. 4 Another typical example of 500mb chart during spring raining E21 (1200GMT 12 Apr. 1961)



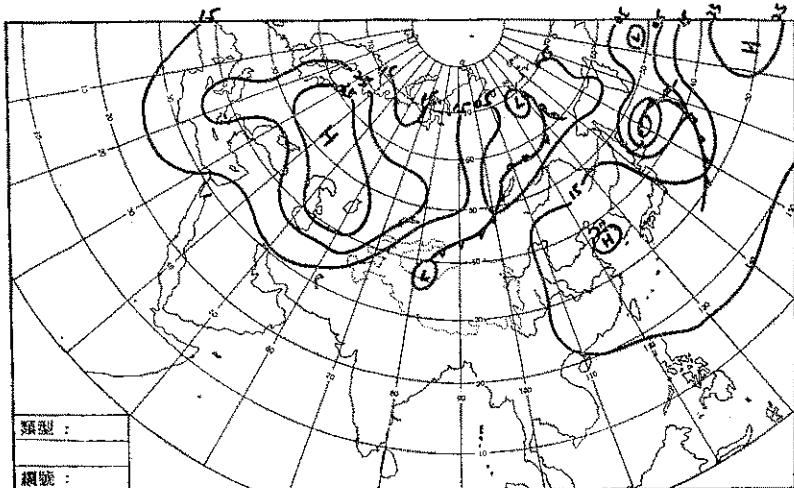
圖五 黃海高壓型地面天氣圖之範式3b+4d
(1960年 3月 27日 20時)

Fig. 5 The surface weather type during the yellow sea high period 3b+4d (1200GMT 27 Mar. 1960)



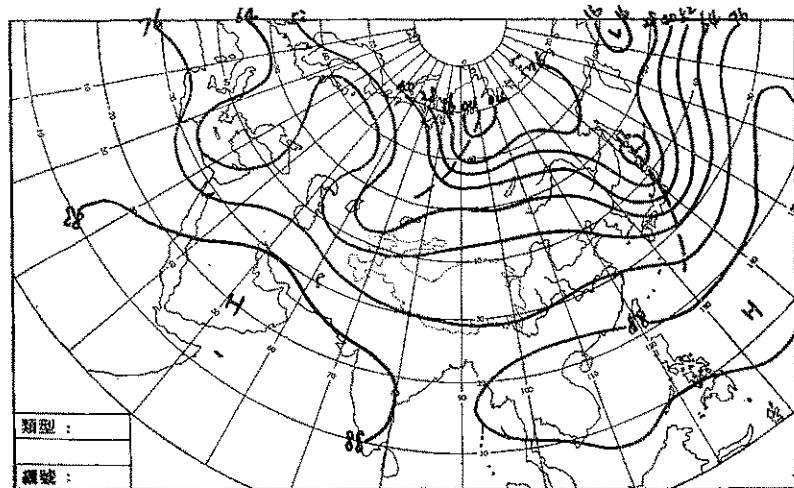
圖六 黃海高壓型 500mb 圖之範式 (1960 年 3月 27日 20時)

Fig. 6 The 500mb weather type during the yellow sea period (1200GMT 27 Mar. 1960)



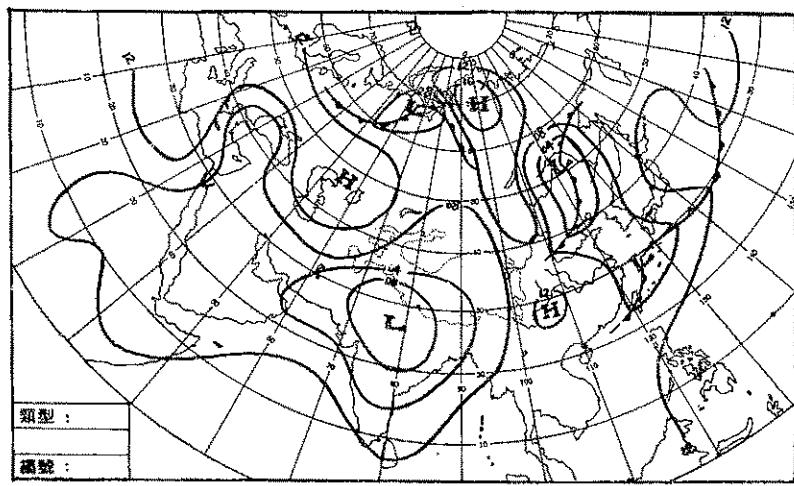
圖七 黃海高壓型地面圖之另一範式 3b
(1963年4月10日20時)

Fig. 7 Another example of Yellow Sea high surface weather type 3b (1200GMT 10 Apr. 1963)



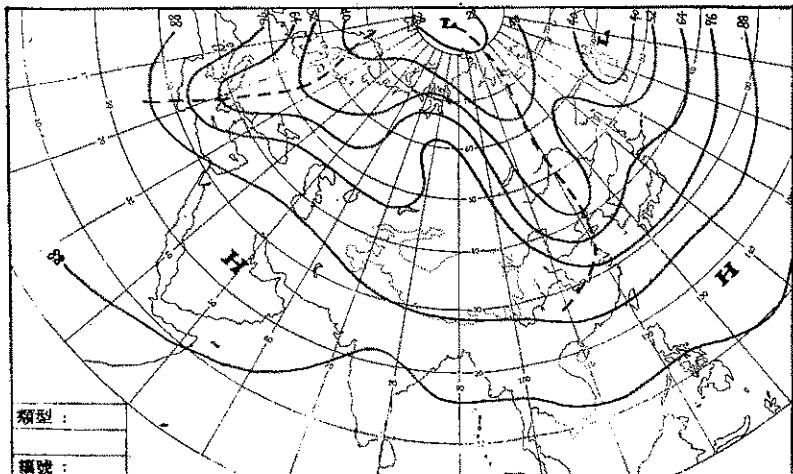
圖八 黃海高壓型 500 mb 圖之另一範式
G13 (1963年4月10日20時)

Fig. 8 Another example of Yellow Sea high 500mb weather type G13 (1200GMT 10 Apr. 1963)



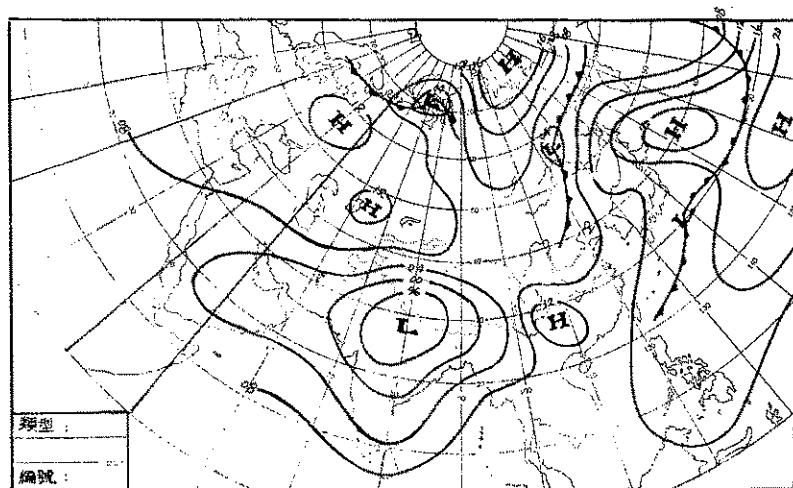
圖九 梅雨初期之地面圖範式 8a+9b+7c
(1966年6月3日20時)

Fig. 9 Surface weather type of plum rain beginning 8a+9c +7c (1200GMT, 3 June 1966)



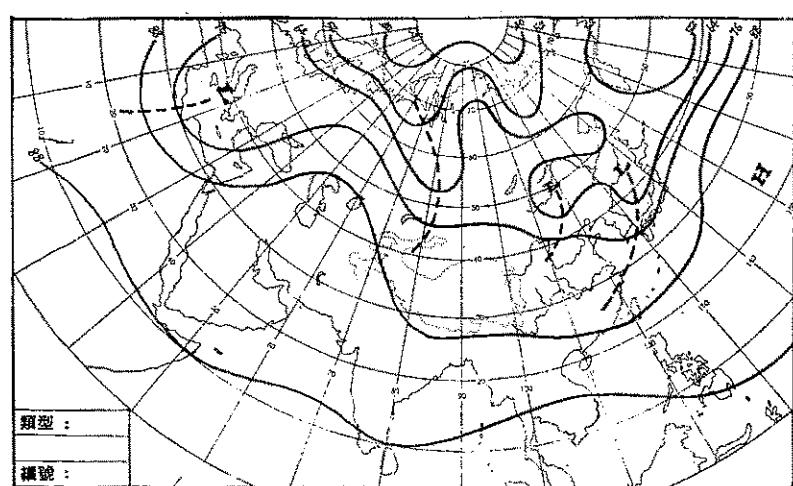
圖十 梅雨初期之 500mb 圖範式 A12
(1966年6月3日20時)

Fig. 10 500mb weather type of
plum rain beginning A12
(1200GMT, 3 June 1966)



圖十一 梅雨中期之地面圖範式 8c+9e+6c
(1966年6月6日20時)

Fig. 11 Surface weather type of
plum rain middle stage
8c+9e+6c (1200GMT 6 June
1966)



圖十二 梅雨中期之 500mb 圖範式 A12
(1966年6月6日20時)

Fig. 12 500mb weather type of
plum rain middle stage A12
(1200GMT 6 June 1966)

表二 春季黃海高壓型天氣出現日期及其相配合之天氣類型 (1960~1967, 3~5 月份)
 Table 2. The occurrence of Yellow Sea High and its weather types
 (Mar-May, 1960-1967)

出現日期	地面天氣類型			高空天氣類型			持續天數
	出現前	出現期	出現後	出現前	出現期	出現後	
1960. 4. 6~4. 8	2b+4b	3b	5d	G18	A12	F10	3
1962. 3. 29~3. 31	1b+4c	1b+3b+4a	1b+5b	E15	E15	B14	3
1963. 4. 9~4. 12	1b+4c	3b	4a+6c	G21	G13	C13	4
1963. 4. 25~4. 27	2a+6c	3b+6a	5d+7a	G19	C19	G21	3
1965. 4. 13~4. 15	3b+4f	3b+4a	3b+4b	F02	G21	G20	3
1966. 4. 16~4. 18	5b+6a	3b+4a	4b+6c	B03	D15	B18	3
1967. 4. 23~4. 25	6c	3b+6a	6c	G19	G16	G12	3

表三 春季臺灣梅雨型天氣出現日期及其相配合之天氣類型 (1960~1967)
 Table 3. The occurrence of Plum Rain in Taiwan and its weather types (1960-1967)

出現日期	地面類型			高空類型			持續天數
	出現前	出現時	出現後	出現前	出現時	出現後	
1960. 5. 17~6. 2	8d+9b+5b	8a+9f+7a	8e+9a+7c	G12	A10	B13	17
1961. 5. 29~6. 11	8d+9f+7a	8a+9a+6c	8a+9f+4d	G12	G10	B12	13
1962. 6. 5~6. 16	8b+9a	8a+9f	8a+9a	A11	A12	B12	11
1963. 5. 31~6. 6	8a+9b	8a+9f+7a	8d+9a+7a	G14	G19	G10	6
1964. 5. 29~6. 17	8b+9c+7c	8b+9a+5c	8a+9a+5a	B19	B19	G21	19
1965. 6. 4~6. 23	8c+9a+7c	8e+9b+6c	8a+9a+6c	G10	B19	A10	19
1966. 6. 1~6. 13	8a+9c+7c	8c+9e+6c	8b+8d+5b	A12	A12	B10	12
1967. 5. 13~6. 14	8a+9b+3b	8e+9f+6a	8a+9a+6a	C19	F19	G12	32

(2) 梅雨開始及結束時，東海岸上空之大槽與副熱帶高壓脊之位置有一次明顯的重新調整。梅雨開始時，原先在 130°E 之主槽移向大陸，西太平洋副熱帶高脊顯見北跳。當梅雨結束時，我國東部低槽西移，槽底向北縮，副熱帶高壓再次北跳。

(3) 梅雨期內有不很強之冷空氣間歇南下至長江流域，主要路徑有二：一沿新疆經河西走廊南下；另一則自貝加爾湖南下。

話雖如此，關於梅雨期之定義，諸學者並未能統一。一般而論，梅雨係指自春季轉變為夏季，雨帶自南而北之位置過程中，停滯在長江流域。在氣候上之特點為：雨量大、高濕多雲、日照時間最少、地面風力也小。至於連續多少天才算梅雨，須視預報目標而定。有人以七天以上之連綿雨作為梅雨期，範圍為 115°E 以東之長江中下游，自 $28^{\circ}\text{-}33^{\circ}\text{N}$ 。臺灣之緯度為 $25^{\circ}38'$ 至 $21^{\circ}45'$ ，較此區域至少偏南緯度兩度

半。自難相提並論。故本研究中之所謂梅雨，無非指初夏時臺灣偶而出現之連續降雨期，年變差較長江中下游為大，彼此也未必配合。

檢查 1960-1968 年之資料，臺灣梅雨一共出現八次。見表三。

表中可見：臺灣梅雨期以 $8a+9f$ 之型式最多，即副熱帶高壓之位置近似正常，印度低壓則擴張。另一較顯著之地面型式為 $6c$ 或 $6a$ ，即冷暖鋒交替或東海低壓之準滯留鋒型。其理由顯而易見。高空 500 mb 屬夏季型以 19 型最多，即無副熱帶高壓或華南有獨立之高壓，高原為低壓。可見臺灣上空為主槽所在。中緯度則以 A、B、G 三種型式占優勢，即中緯小槽、西方深波或歐洲阻塞型，凡此均有利於冷空氣之源源輸入，暖空氣也相當旺盛。

臺灣梅雨型之持續時期，最久曾達 32 天，最少則僅 6 天。

根據我人所劃分之大天氣型，當梅雨初期，中緯度東亞地區有深槽，南支西風增強，大陸有冷性弱高壓，高原南方之低壓發展。及至梅雨中期，南支及北支西風均顯著減弱，中緯度有強脊及短槽，東亞海岸之主槽成為橫槽，原先在大陸上冷性弱高壓消失，副熱帶高壓增強。到了臺灣梅雨之後期，西風退至 50°N (初期為 20°N)，90°E 附近之槽線甚為顯著，東亞主槽再度轉向為東北至西南。圖九至十四為一次臺灣梅雨期及其前後之典型天氣圖形勢範例，1966 年 6 月 3 日 (圖九，十) 代表梅雨前期，6 月 6 日 (圖十一，十二) 代表中期，6 月 14 日 (圖十三，十四) 代表後期。

五、秋季特異性天氣之類型分析

秋季中最明顯之特異性天氣為「秋老虎」，雖以長江下游最明顯，但附近地區也不免受到影響。寒潮初下，嚴格說來，並非為氣候上之特異性。但以展期預報之觀點，寒潮初次南下前及南下時之環流形勢特別顯得重要，本研究第三階段之秋季，以秋老虎及寒潮初下為着眼點，即由於二者對本區預報極為重要。

〔秋老虎〕

秋老虎並無嚴格之定義，氣候上之特性為：入秋以後，氣溫同升，天氣連續晴朗。臺灣也有此種現象，一般在 9 月 18-22 日及 11 月 7-11 日 (戚，1977)。但秋老虎在綜觀天氣圖上之特徵必須為地面有冷高壓吹出之東風，高空有暖高壓吹出之東風，如此方有穩定而晴朗之天氣。配合此種形勢，1960-1968 年內共有 17 次。如表四所示。

表內可以看出：當臺灣地區出現秋老虎天氣時，地面天氣圖上之類型相當紛亂，由於緯度關係，遠不及長江下游之秋老虎為明顯。雖然如此，我人仍可看出，副熱帶高壓以位置近似正常或偏向西北者較多，印度低壓則以較正常擴張者居多。表示暖高壓之東風轉強，並擴佔臺灣地區，故而天氣穩定。高空則以 12 及 21 型較多，即副高偏南偏西，高原為緯流；或無副高 (或華南有獨立高壓)、高原為緯流。高原為緯流，表示一時無槽或脊移出，實為氣流穩定之徵兆。

圖十五，十六為臺灣出現秋老虎天氣之範例。時間為 1961 年 10 月 17 日。當時地面天氣圖上，

表四 秋老虎天氣之出現時及其相配合之天氣類型 (1960~1968)

Table 4. The occurrence of Indian Summer in Taiwan
and its weather types (1960~1968)

出現日期	地面天氣類型			高空天氣類型			持續天數
	出現前	出現期	出現後	出現前	出現期	出現後	
1960. 9. 1~9. 9	8c+9e+7b	8d+9f+5b	8b+9f+6c	A04	A01	B12	9
1960. 9. 25~9. 30	8d+9f	8b+9f+5b	8b+9d+5b	B03	A01	A03	6
1961. 9. 21~9. 26	8d+9f+4b	8b+9f+4b	8d+9f+7a	G01	G02	F02	6
1961. 10. 14~10. 19	3b+4c	2b+4b+8a	2b+4c+8a	BC03VII	B21II	C03II	6
1961. 11. 5~11. 12	2b+4b	3b+4b	3b+6c	F4VI	B4VI	G4VI	8
1962. 10. 7~10. 13	3b+6c+7a	4a+5d+7a	3b+6c+8a	E01V	G12II	F08VI	7
1963. 10. 7~10. 15	6c+7a+8a	4a+7a+8d	2b+7a+8a	C11I	G21V	F20VII	9
1963. 11. 3~11. 8	3a+4c	1c+4a+5d	1b+6c	FVII	FVII	EVII	6
1964. 9. 30~10. 4	8b+9a+3a	1b+4b	4c+7c+8a	A21I	A01VI	A03VI	5
1965. 9. 30~10. 4	4a+7a+8b	4b+8a	4f+8a	B19II	F19V	B19VII	5
1965. 10. 10~10. 13	1b+8a	4a+8a	2a+4c+8a	B19V	G11III	F20VI	4
1965. 11. 4~11. 7	2a+8a	3a	1b+5b	AVII	AIX	BVI	4
1966. 10. 5~10. 11	1a+4a+8a	3a+4b	4a+5b	F10VII	C12IV	B12VII	7
1967. 10. 7~10. 13	3b+8a+9c	4b+8a+9f	1a+7b+8a	A14VII	F15I	D12I	7
1967. 10. 27~11. 2	2a+7a	3c+4c+8b	2a+7b	D12I	A12I	G12I	7
1968. 9. 6~9. 16	8e+9f+7a+7c	8b+9f+7a+7c	8a+7a	B05	B21	G03	11
1968. 10. 4~10. 9	3b+6a+8a	2b+4b+8a	1a				6

表五 寒潮初下型及其前後之天氣類型 (1960~1967)

Table 5 The first cold wave arrived Taiwan in each year during 1960-1967 and its weather types

出現日期	地面天氣類型			高空天氣類型			持續天數
	出現前	出現期	出現後	出現前	出現期	出現後	
1960. 12. 12~14	3b+4f	2b	3b+4a	C4	C5	C2	3
1961. 10. 21~24	2b+4c	1a+4b	3a+6a+7a	C2	C1	C6	4
1962. 11. 2~4	3b+5b	3a+4e	3b+7b	D8	E1	F5	3
1963. 11. 8~9	1b+5d	1a+6c	2b+6c	F1	E8	E2	2
1964. 10. 24~25	1a+4c	3b+6c	1b+4b	G7	C7	B7	2
1965. 11. 8~10	3c+6a	3a	1b+5b	A7	A4	B6	10
1966. 11. 14~16	4c	3b+4c	3b+4e+7c	B5	E2	F5	3
1967. 12. 5~8	2a+4c	1a	2a+4b				4

南中國氣壓梯度極弱，但 500mb 面上則顯示為副熱帶高壓所控制，且有分裂中心位於華南，臺灣一帶東南風深厚，實為天氣穩定之主要原因。110°E 之脊線與副熱帶高壓合併（脊線 30°N~25°N）。

此次秋老虎型之天氣，從 1961 年 10 月 14 日至 19 日，延續 6 天，臺灣之氣溫最高達 35°C，平均最高也在 33°C 以上（10 月份之平均最高溫度為 28.0°C），直到 19 日大陸冷高壓逼近，20 日鋒面過境，天氣形勢始趨改變。

(二) 寒潮初下

秋季寒潮初下，似應以十月至十二月初間出現者作為代表，十二月中旬及以後實已進入冬季型。以此為準，則自 1960~1967 年內找到秋季寒潮初經臺灣之八次，列如表五。

表內可以看出：秋季寒潮南下，臺灣溫度亟降及其前後，無論地面圖抑或高空圖，型式均甚紛亂，無法找出其模式。以地面圖而論，臺灣天氣轉冷前，高壓 1、2、3 類均可出現，但低槽則以近海槽居多，八次中占四次。出現期間，軸線偏東之超極軸高壓占 3 次，出海高壓占 4 次。至於寒潮南下以後之型式，各類高壓幾占相等之機會，低壓或低槽更亂。高空型之能稍有預報助益者，只有出現時期主型（中緯度）大都為橫槽（C）型或割離低壓（E）型。由此可見秋季寒潮初次南下，地面圖及高空圖均無一定之模式可循，使天氣預報非常困難。圖十七至二十二為一次寒潮初下之地面及高空形勢，分示南下前、南下時及南下後。

六、春秋季高空大天氣型出現頻率、持續性及其轉變

春秋季因屬交替季，冬季型及夏季型均可能出現，有時以冬季型居優勢，有時以夏季型居優勢，故在統計上感到困難。以下僅就高空之主型加以分析。

甲、春季

春季高空大天氣型（1960~1967 年 3~5 月）之主型出現頻率見表六。

表六 春季高空大天氣型主型出現之總天數
(1960~1967 3~5 月)

Table 6. The frequency of 500mb main types in spring (1960~1967 Mar~May)

型式	A	B	C	D	E	F	G	H
天數	44	159	116	65	61	91	200	0
百分率	6.0	21.6	15.8	8.8	8.3	12.4	27.1	0

表中可見，高空主型春季以歐洲阻塞最多，佔 27.1%；其次為西方深波型，占 21.6%；再次為橫槽型，占 15.8%，南方小槽則從未出現過。

春季各高空主型之持續性見表七。表中可以看出：春季以西方深波（B）型及歐洲阻塞（G）型最能持久，持續十天以上分別有七次及八次，三天以上分別為 21 次及 27 次。各該主型之轉變見圖二十三。E 型有一半轉為 G 型，D 型有一半轉為 B 型。G 型轉為 B 型者占 37.5%。

乙、秋季

秋季高空大天氣型（1960~1967 年 9~11 月）之主型出現頻率見表八。

表內可看出秋季之高空主型以三波型(F)最多，占 19.2%，稍次為橫槽型(C)，占 17.7%，再次為西方深波型(B)，占 17.1%。南方小槽(H)仍為最少。

秋季各高空主型之持續性見表九。表內可以看出：以秋季來說，高空主型之持續以四天為最多，超過四天則逐漸減少。個別類型而言，似以兩槽一脊(B)、割離低壓(E)及橫槽型(C)較能持久，此種統計結果在預報實作上不無助益。

秋季各高空主型之轉變見圖二十四。圖內可以看出：C 型以轉為 D 型最多，占 63%；A 型中有 50% 轉為 B 型；其中以 F 型之轉變最亂。B 型大約有三分之二轉為 C 型。

如與圖二十三相比較，型式之出現頻率與彼此之轉變相當近似。

七、電子計算機上之客觀比擬選擇

近幾年來，利用高速電子計算機製作數值預報，

使短期預報之準確率得以有顯著之提高。照說以同樣方法用於中期預報，亦應有明顯之績效。然以數值模式所作之若干假設及數值方法可以產生不容忽視之累積誤差，歷史資料亦感欠缺與不確，再加上臺灣鄰近地區測站稀少，故本區發展客觀中期預報，事實上確有很多困難。

另一方面，大氣行為涉及之因素過於複雜，完全依據動力及熱力定律製作中期預報，其模式起點之初值很難準確。此外，我人對維持主環流之機制尚未澈底了解，可見以比擬客觀分析作為中期預報之依據，具有獨特之優點，可惜我人據以比擬分析之因子是否為影響天氣之主要因素，尚待繼續探討。足見主觀法與客觀法相互配合，目前似為中期預報可循之途徑。前面幾節既已闡明春秋冬季天氣型之環流形勢，並着眼在若干特異性氣候與關鍵性預報時機，以下客觀比擬天氣型選擇亦以此為示例。比擬選擇之流程圖，見圖二十五。

表七 春季高空主型之持續性（不同天數之次數）(1960~1967, 3~5月)

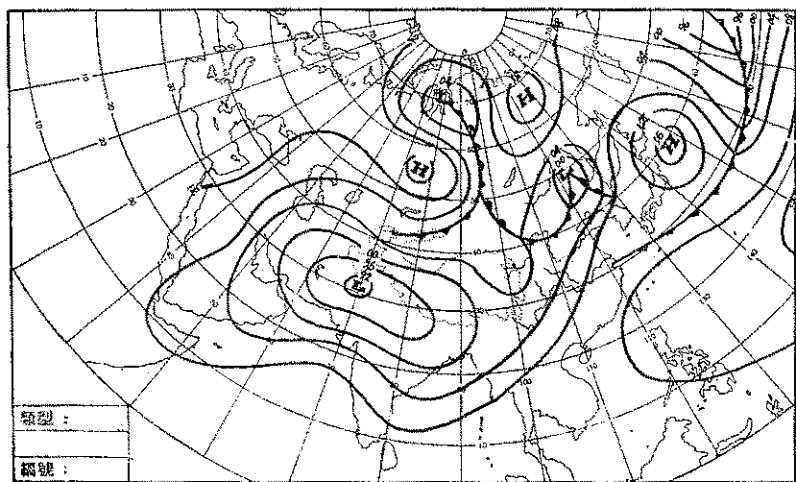
Table 7. The persistence of characteristics of 500mb main types in spring (1960-1967)

類型	一天	二天	三天	四天	五天	六天	七天	八天	九天	十天以上	總次數	三天以上出現次數	三天以上出現百分率
A	2	1	0	2	0	2	0	0	1	1	9	6	66.7
B	1	2	4	3	2	1	2	2	0	7	24	21	87.5
C	0	1	3	3	0	2	0	3	2	3	17	16	94.1
D	0	1	0	1	2	0	1	1	0	3	9	8	88.9
E	2	2	3	2	4	1	1	2	0	0	17	13	76.5
F	0	1	2	2	1	1	3	2	1	3	16	15	93.8
G	1	2	3	1	5	3	5	1	1	8	30	27	90.0
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—
合計	6	10	15	14	14	10	12	11	5	25	122	106	—

表八 秋季高空大天氣型主型出現之總天數

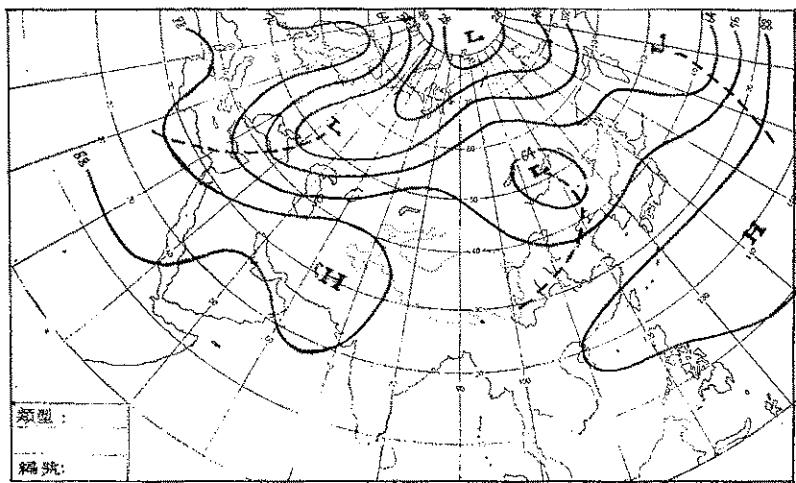
Table 8. The frequency of 500mb main types in fall (1960-1967, Sep-Nov)

型式	A	B	C	D	E	F	G	H
天數	89	106	110	57	67	119	58	12
百分率	14.4	17.1	17.7	9.2	10.8	19.2	9.3	1.9



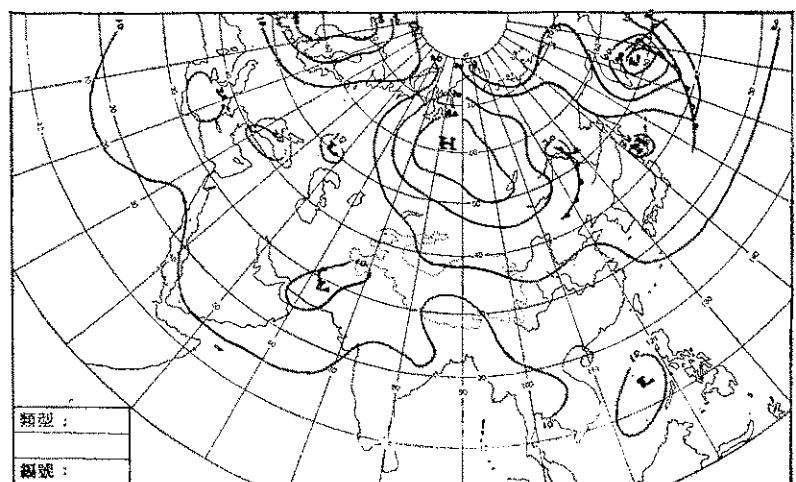
圖十三 梅雨終期之地面天氣圖範式 8d+8b+5b (1966年6月14日20時)

Fig. 13 Surface weather type of plum rain final stage 8d+8b+5b (1200GMT 14 June 1966)



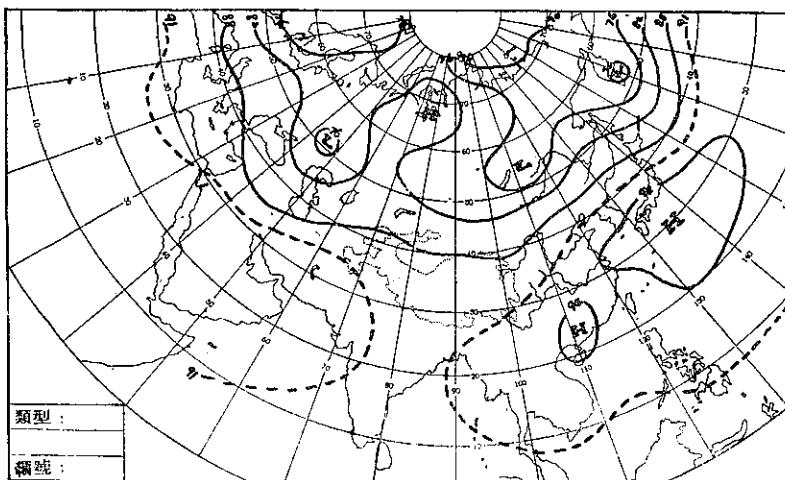
圖十四 梅雨終期之 500 mb 圖範式 B10 (1966年6月14日20時)

Fig. 14 500mb weather type of plum rain final stage B10 (1200GMT 14 June 1966)



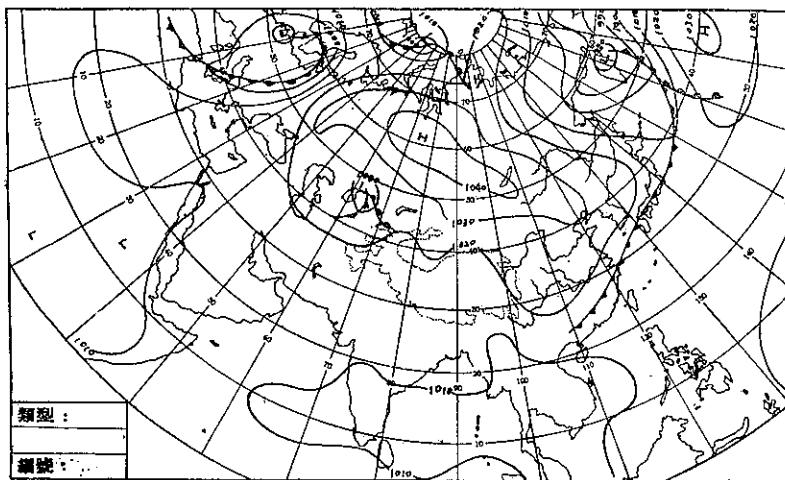
圖十五 塔羽秋老虎天氣之地面天氣圖範例 2b+4b+8a (1961年10月17日20時)

Fig. 15 Surface weather type of Taiwan Indian summer 2b+4b+8a (1200GMT 17 Oct. 1961)



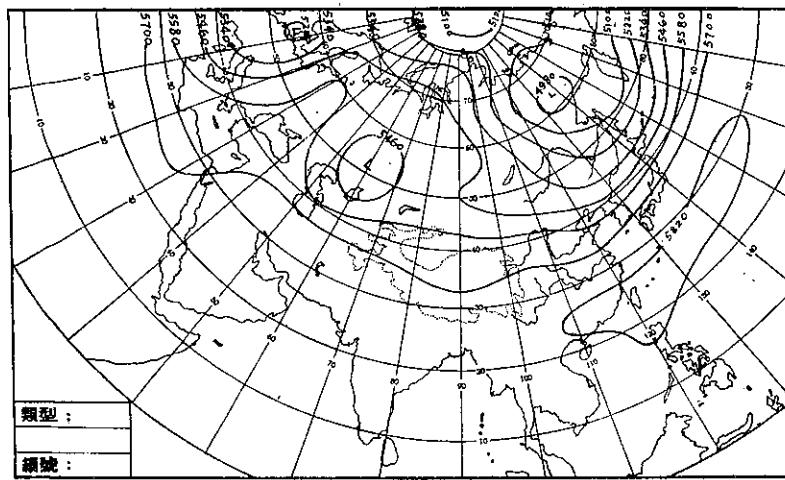
圖十六 華南秋老虎天氣之 500mb 圖範例
B21 II (1961年10月17日20時)

Fig. 16 500mb weather type of
Taiwan Indian Summer B21
II (1200GMT, 17 Oct. 1961)



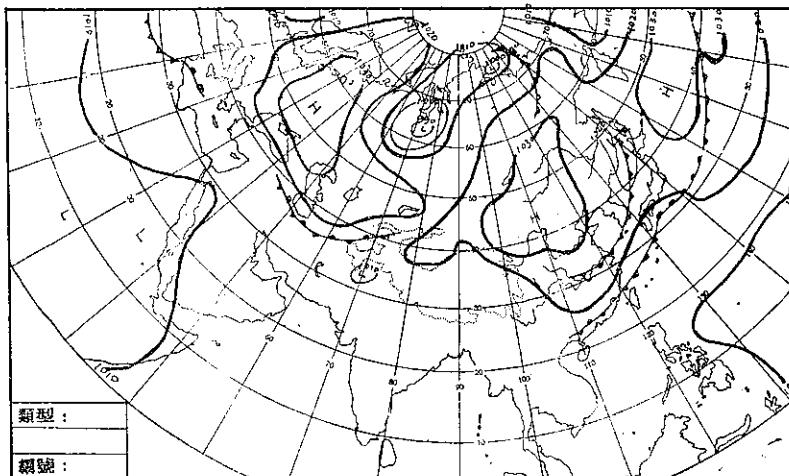
圖十七 寒潮初經臺灣前之地面圖類型示例
2b+4c (1961年10月19日20時)

Fig. 17 The surface weather type
before the first cold wave
arrived Taiwan, 2b+4c (1200
GMT, 19 Oct. 1961)



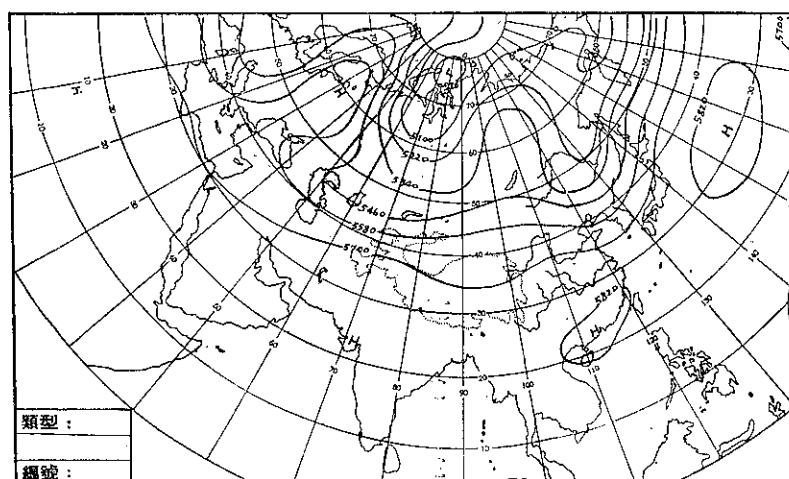
圖十八 寒潮初經臺灣前之 500mb 圖類型
示例C2 (1961年10月19日20時)

Fig. 18 The 500mb weather type
before the first cold wave
arrived Taiwan C2 (1200
GMT, 19 Oct. 1961)



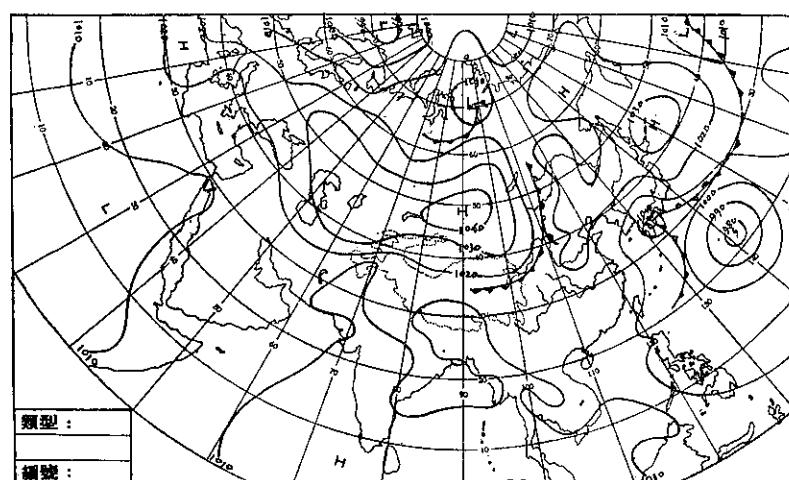
圖十九 寒潮初經臺灣時之地面圖類型示例
1a+4b (1961年10月22日20時)

Fig. 19 The surface weather type during the first cold wave arrived Taiwan, 1a+4b (1200 GMT, 22 Oct. 1961)



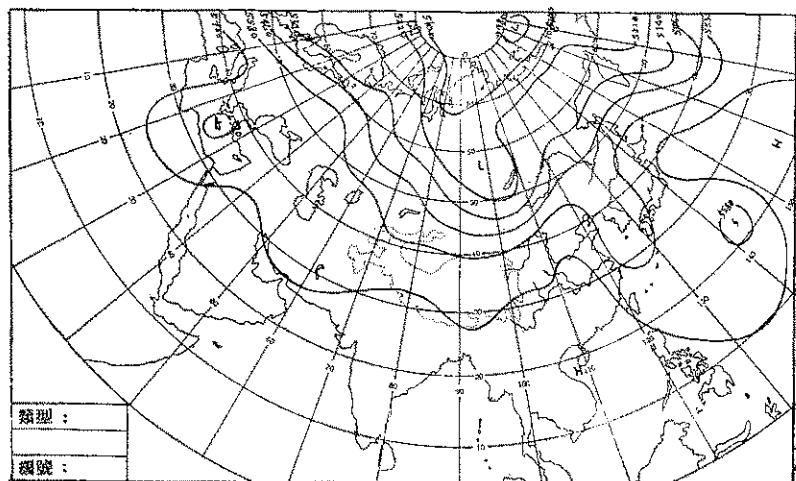
圖二十 寒潮初經臺灣時之 500mb 圖類型
示例 C1 (1961年10月22日20時)

Fig. 20 The 500mb weather type during the first cold wave arrived Taiwan C1 (1200GMT 22 Oct. 1971)



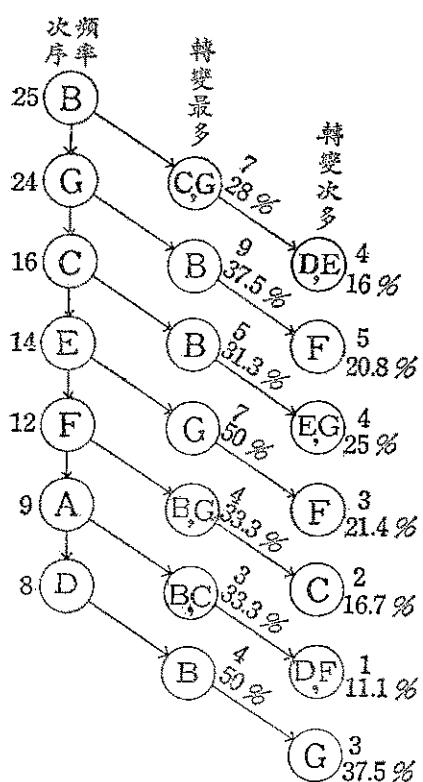
圖二十一 寒潮初次南下以後之地面圖類型
示例 3a+6a+7a
(1961年10月26日20時)

Fig. 21 The surface weather type after the first cold wave's passage, 3a+6a+7a (1200GMT, 26 Oct. 1961)



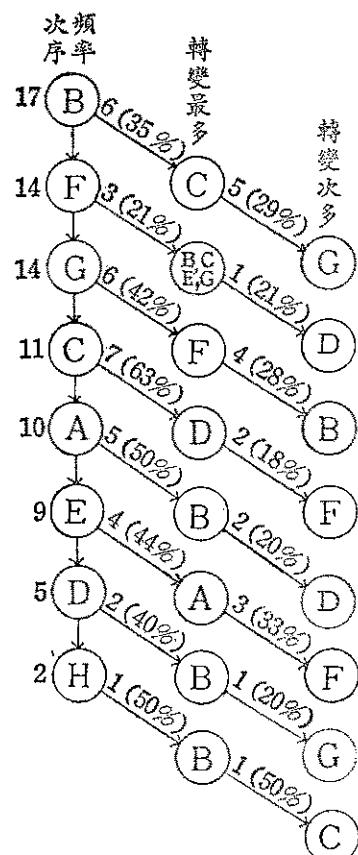
圖二十二 寒潮初次南下以後之 500mb 圖
類型示例 C6 (1961年10月26日20時)

Fig. 22 The 500mb weather type after the first cold wave's passage C6 (1200GMT, 26 Oct. 1961)



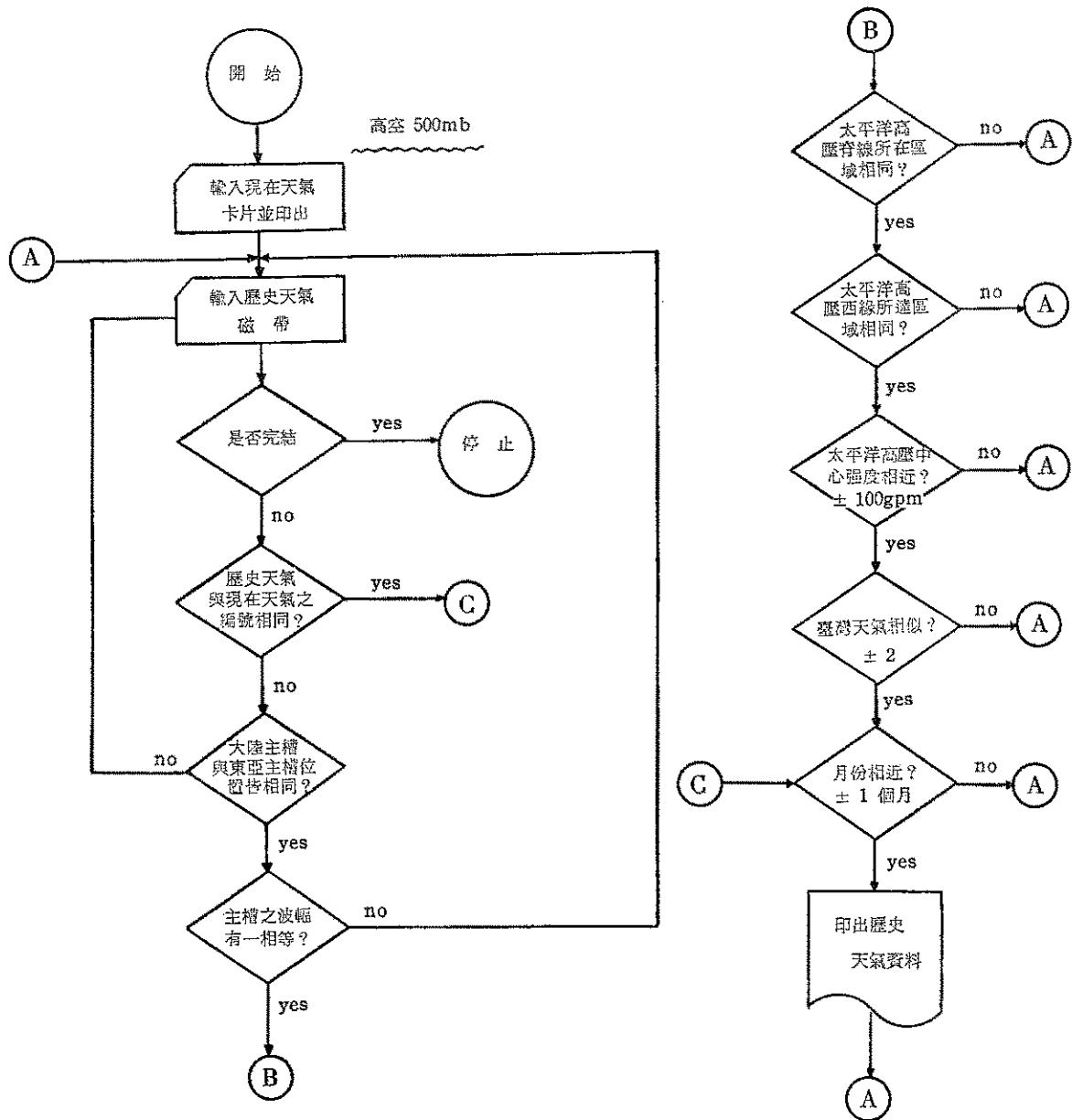
圖二十三 春季高空 (500mb) 主型之出現頻率及轉變

Fig. 23 The frequency of upper air main patterns and its transfer in spring (Mar-May, 1960-1967)



圖二十四 秋季高空 (500mb) 主型之出現頻率及轉變

Fig. 24. The frequency of upper air main patterns and its transfer in fall (Sep-Nov 1960-1967)



圖二十五 春秋季天氣型客觀比擬選擇之流程圖

Fig 25 The flowing chart of objective
analogue selection for spring and fall period

表九 秋季高空主型之持續性（不同天數之次數）（1960~1967, 9~11月）

Table 9. The persistence of 500mb main types in fall
(Sep-Nov 1960-1967)

類型	一天	二天	三天	四天	五天	六天	七天	八天	九天	十天以上	總次數	三天以上出現總次數	三天以上現百分率
A	3	0	1	6	1	0	1	0	1	0	13	10	76.9
B	5	0	2	7	3	2	1	1	0	2	24	19	79.2
C	1	1	1	2	2	1	2	1	1	0	14	13	92.9
D	2	0	1	1	1	1	1	0	0	1	9	9	100.0
E	0	1	2	1	1	1	1	0	1	1	10	10	100.0
F	3	0	4	2	4	1	0	1	1	1	18	15	83.3
G	2	0	3	3	1	2	1	0	0	0	13	11	84.6
H	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	100.0
合計	15	2	15	22	13	8	7	3	4	5	102	88	

(一) 春雨型

實例抽樣：1960 年 3 月 11 日，臺灣天氣屬春雨型。

在電子計算機中按流程圖之程序抽出類似型為 1963 年 3 月 20 日。彼此之地面天氣圖形勢雖有出入，但高空 500 毫巴之形勢則極為相似。東亞主槽位置相同，波幅僅略有相差，太平洋高壓脊線位置及其西緣到達地區均相同，高壓中心之強度只差 10gpm。

比較彼此隨後七天臺灣天氣之相似率如表十：

天氣代碼及相似率之算法見本研究第二階段夏季型之報告。

以上所作之春雨型抽樣比擬選擇，得到令人相當滿意之結果。南部之成績更好，相似率竟高達 89.2%。

(二) 梅雨型

實例抽樣：1966 年 6 月 1 日臺灣為梅雨型天氣。

在地面歷史資料中，雖能找到有天氣類型編號相同者，但其高低壓位置、強度、鋒面走向等，幾無相似者。在高空資料檔案中找到 1960 年 6 月 15 日，東亞大陸上槽脊之位置及波幅雖然都不相同，但太平洋高壓之脊線位置及其西緣所達地區相同。該高壓中心之強度彼此只差 20gpm。1960 年 6 月 15 日中緯度有短波槽，副熱帶高壓偏南（軸線在 25°N 以南，5880 線西緣在 100°E~120°E），西藏高原為滯流。

此項比擬選擇，由於找不出更為相似者，故而相

似率較差。另一方面可能因臺灣之梅雨，在定義上本身有問題。

話雖如此，第四天以前，彼此天氣仍甚相似。

(三) 第一次寒潮南下

實例抽樣：1963 年 11 月 8 日

電子計算機在歷史檔案中找到 1961 年 11 月 28 日地面圖上有兩個高壓和兩個高壓位置相同，兩個高壓強度相等，有一鋒面位置相同。高空資料則東亞主槽之位置相同，僅波幅稍有差別。太平洋高壓脊線所在區相同，西緣到達位置亦同，中心強度只相差 20 gpm。

比較臺灣各部隨後七天之天氣，彼此之相似率甚高。

足見寒潮初次南下之客觀抽樣比擬，成績非常優異。

(四) 秋老虎

實例抽樣：1963 年 10 月 7 日

電子計算機照流程圖在歷史檔案中找到 1960 年 10 月 3 日，地面天氣圖雖然彼此並不相似，但高空圖上，東亞主槽彼此之位置相同，波幅相近，季風低壓之位置相同，中心強度相差 60gpm。太平洋高壓脊線位置相同，西緣到達之區域相同，中心強度只相差 10gpm。

比較當天及隨後七天之臺灣天氣，彼此之相似率如表十三：

表十 春雨型抽樣比擬之臺灣天氣相似率
Table 10. Objective analogue selection for spring raining type

當 天					第 二 天				
臺灣分區	東	北	中	南	臺灣分區	東	北	中	南
1960. 3. 11	3	3	3	1	1960. 3. 12	4	4	2	2
1963. 3. 20	3	3	3	2	1963. 3. 21	3	6	4	2
分區相似率	100	100	100	75	分區相似率	75	50	50	100
平均相似率	93.75 %				平均相似率	68.75 %			
第 三 天					第 四 天				
臺灣分區	東	北	中	南	臺灣分區	東	北	中	南
1960. 3. 13	4	3	2	2	1960. 3. 14	3	4	3	2
1963. 3. 22	3	3	3	3	1963. 3. 23	4	3	3	3
分區相似率	75	100	75	75	分區相似率	75	75	100	75
平均相似率	81.25 %				平均相似率	81.25 %			
第 五 天					第 六 天				
臺灣分區	東	北	中	南	臺灣分區	東	北	中	南
1960. 3. 15	3	3	3	2	1960. 3. 16	2	4	2	2
1963. 3. 24	3	2	2	2	1963. 3. 25	3	2	2	2
分區相似率	100	75	75	100	分區相似率	75	50	100	100
平均相似率	87.5 %				平均相似率	81.25 %			
第 七 天					第 八 天				
臺灣分區	東	北	中	南	臺灣分區	東	北	中	南
1960. 3. 17	3	4	4	2	1960. 3. 18	3	2	2	1
1963. 3. 26	2	2	1	2	1963. 3. 27	2	2	2	2
分區相似率	75	50	0	100	分區相似率	75	100	100	75
平均相似率	56.25 %				平均相似率	87.5 %			

當天除外之七天分區平均相似率為：

臺灣東部 78.57 % 臺灣北部 71.43 % 臺灣中部 71.43 % 臺灣南部 89.29 %

總平均相似率 77.68 %

表十一 梅雨型（入梅）抽樣比擬之臺灣天氣相似率

Table 11. Objective analogue selection for Plum Rain (beginning) type

當 天					第 二 天				
臺灣分區	東	北	中	南	臺灣分區	東	北	中	南
1966. 6. 1	3	3	4	5	1966. 6. 2	3	5	6	3
1960. 6. 15	3	3	3	6	1960. 6. 16	5	6	5	6
分區相似率	100	100	75	75	分區相似率	50	75	75	0
平均相似率	87.5 %				平均相似率	50 %			
第 三 天					第 四 天				
臺灣分區	東	北	中	南	臺灣分區	東	北	中	南
1966. 6. 3	5	5	6	4	1966. 6. 4	5	5	6	5
1960. 6. 17	4	5	5	6	1960. 6. 18	4	6	6	3
分區相似率	75	100	75	50	分區相似率	75	75	100	50
平均相似率	75 %				平均相似率	75 %			
第 五 天					第 六 天				
臺灣分區	東	北	中	南	臺灣分區	東	北	中	南
1966. 6. 5	4	5	5	5	1966. 6. 6	4	5	5	5
1960. 6. 19	4	2	6	2	1960. 6. 20	2	1	2	2
分區相似率	100	0	75	0	分區相似率	50	0	0	0
平均相似率	43.75 %				平均相似率	12.5 %			
第 七 天					第 八 天				
臺灣分區	東	北	中	南	臺灣分區	東	北	中	南
1966. 6. 7	4	5	5	5	1966. 6. 8	5	5	5	5
1960. 6. 21	2	3	2	2	1960. 6. 22	3	2	2	2
分區相似率	50	50	0	0	分區相似率	50	0	0	0
平均相似率	25 %				平均相似率	12.5 %			

當天除外之七天分區平均相似率為：

臺灣東部 64.28 % 臺灣北部 42.86 % 臺灣中部 46.42 % 臺湾南部 14.29 %

總平均相似率 41.96 %

表十二 寒潮初次南下抽樣比擬之臺灣天氣相似率

Table 12. Objective analogue selection for first cold wave arrived Taiwan

當 天					第 二 天				
臺灣分區	東	北	中	南	臺灣分區	東	北	中	南
1963. 11. 8	3	2	2	2	1963. 11. 9	4	4	2	2
1961. 11. 28	2	2	2	2	1961. 11. 29	3	2	2	2
分區相似率	75	100	100	100	分區相似率	75	50	100	100
平均相似率	93.75 %				平均相似率	81.25 %			
第 三 天					第 四 天				
臺灣分區	東	北	中	南	臺灣分區	東	北	中	南
1963. 11. 10	4	3	2	2	1963. 11. 11	5	2	2	2
1961. 11. 30	5	3	2	2	1961. 12. 1	4	4	2	2
分區相似率	75	100	100	100	分區相似率	75	50	100	100
平均相似率	93.75 %				平均相似率	81.25 %			
第 五 天					第 六 天				
臺灣分區	東	北	中	南	臺灣分區	東	北	中	南
1963. 11. 12	4	3	2	2	1963. 11. 13	1	4	2	1
1961. 12. 2	3	4	2	1	1961. 12. 3	3	3	1	1
分區相似率	75	75	100	75	分區相似率	50	75	75	100
平均相似率	81.25 %				平均相似率	75 %			
第 七 天					第 八 天				
臺灣分區	東	北	中	南	臺灣分區	東	北	中	南
1963. 11. 14	4	2	2	1	1963. 11. 15	3	5	3	2
1961. 12. 4	3	3	2	2	1961. 12. 5	3	4	3	2
分區相似率	75	75	100	75	分區相似率	100	75	100	100
平均相似率	81.25 %				平均相似率	93.75 %			

當天除外之七天分區平均相似率

臺灣東部 75 % 臺灣北部 71.43 % 臺灣中部 96.43 % 臺灣南部 92.86 %

總平均相似率 83.93 %

表十三 秋老虎型抽樣比擬之臺灣天氣相似率

Table 13. Objective analogue selection for Indian Summer in Taiwan

當 天					第二 天				
臺灣分區	東	北	中	南	臺灣分區	東	北	中	南
1963. 10. 7	3	3	2	1	1963. 10. 8	3	2	2	1
1960. 10. 3	2	2	2	2	1960. 10. 4	2	2	2	2
分區相似率	75	75	100	45	分區相似率	75	100	100	75
平均相似率	81.25 %				平均相似率	87.5 %			
第三 天					第四 天				
臺灣分區	東	北	中	南	臺灣分區	東	北	中	南
1963. 10. 9	3	2	1	1	1963. 10. 10	2	2	1	2
1960. 10. 5	3	3	2	2	1960. 10. 6	2	4	1	2
分區相似率	100	75	75	75	分區相似率	100	50	100	100
平均相似率	81.25 %				平均相似率	87.5 %			
第五 天					第六 天				
臺灣分區	東	北	中	南	臺灣分區	東	北	中	南
1963. 10. 11	2	2	2	1	1963. 10. 12	4	2	2	1
1960. 10. 7	1	4	1	1	1960. 10. 8	5	4	2	2
分區相似率	75	50	75	100	分區相似率	75	50	100	75
平均相似率	75 %				平均相似率	75 %			
第七 天					第八 天				
臺灣分區	東	北	中	南	臺灣分區	東	北	中	南
1963. 10. 13	4	2	2	1	1963. 10. 14	4	1	2	2
1960. 10. 9	5	4	2	2	1960. 10. 10	4	3	2	2
分區相似率	75	50	100	75	分區相似率	100	50	100	100
平均相似率	75 %				平均相似率	87.5 %			

當天除外之各區平均相似率如下：

臺灣東部 85.7 % 臺灣北部 60.7 % 臺灣中部 92.9 % 臺灣南部 85.7 %

總平均相似率為 81.25 %

由此可見秋老虎之特異性天氣，用電子計算機所作之比擬客觀選擇，效果亦甚優越。

八、結論

本年為本研究計劃最後之一年，分析之對象為春季、多季型與夏季型無論地面抑或高空，分類之着眼點並不一致，而春秋季既可出現冬季型亦可出現夏季型，故在統計分析上感到困難。為此不得不着重在幾種特異性天氣以及天氣預報上最感困難之課題，即：春雨型、梅雨型、黃海高壓型、秋老虎型及寒潮初次南下型。

分析結果，各該時期及其前後之主觀分型，黃海高壓、春雨、梅雨及秋老虎均大致能與大天氣形勢相配合，唯獨寒潮初次南下較不明顯。春秋兩季各該天氣類型之出現頻率、持續性及其轉變，對中期天氣預報深具參考價值。

客觀比擬選擇，藉隨意抽樣比較臺灣隨後七天之各部分天氣相似率，寒潮初下、秋老虎、春雨型；均得到相當好之成績，僅梅雨型較差，因抽樣次數太少，未可作為定論。

綜觀本計劃全般研究，主要缺點在於資料年代太少（尚不足十年），但仍可看出主觀之比擬選擇與客

觀之比擬選擇配合應用，可以獲得良好之預報效果。

後記：本研究助理人員計有：任立渝、陳文恭、陳正改、紀水上、黃培霖。

參考文獻

1. 戚啓勳 1975. 中期預報之冬季地面大天氣型，研究發展，3卷 10期 64年 10月，p. 46-62.
2. 吳宗堯，鄭俠，1975. 中期預報之冬季高空大天氣型，氣象學報 21 卷 4 期 p. 7-18.
3. 吳宗堯、戚啓勳、胡仲英、鄭俠，1976. 中期預報之天氣類型法及其在電子計算機上之比擬選擇，氣象學報 22 卷 4 期，65年 12 月 p. 1-22
4. 胡仲英，1975. 天氣類型法之電子計算機上客觀比擬選擇，氣象學報 21 卷 4 期 p. 42-49.
5. 戚啓勳，1971. 臺灣春雨期內東亞環流型特徵之分析，氣象學報 17 卷 3 期，60 年 9 月 p. 18-31.
6. 徐明同、紀水上，1974. 臺灣梅雨之分析，氣象學報 20 卷 4 期 63 年 12 月，p. 26-44.
7. 戚啓勳，1964. 臺灣之梅雨期，氣象學報 10 卷 2 期，53 年 6 月 p. 1-12
8. 戚啓勳編，1960. 東亞大氣環流研究，颱風預報研習會教材。
9. 戚啓勳，1977. 臺灣溫度特異性之初步分析，地學論集，中華學術院 p. 605-621.

氣象學報徵稿簡則

- 一、本刊以促進氣象學術之研究為目的，凡有關氣象理論之分析，應用問題之探討，不論創作或譯述均所歡迎。
- 二、本刊文字務求簡明，文體以白話或淺近文言為主體，每篇以五千字為佳，如長篇巨著內容特佳者亦所歡迎。
- 三、稿件請註明作者真實姓名、住址及服務機關，但發表時得用筆名。
- 四、譯稿請附原文，如確有困難亦請註明作者姓名暨原文出版年月及地點。
- 五、稿中引用文獻請註明作者姓名、書名、頁數及出版年月。
- 六、惠稿請用稿紙繪寫清楚，並加標點。如屬創作論著稿，請附撰英文或法、德、西文摘要。
- 七、本刊對來稿有刪改權，如作者不願刪改時請聲明。
- 八、惠稿如有附圖請用墨筆描繪，以便製版。
- 九、來稿無論刊登與否概不退還，如須退還者請預先聲明，並附足額退稿郵資。
- 十、來稿一經刊登、當致薄酬，並贈送本刊及抽印本各若干冊。
- 十一、惠稿文責自負，詳細規定請據本學報補充稿約辦理。
- 十二、惠稿請寄臺北市公園路六十四號中央氣象局氣象學報社收。

(請參閱補充稿約)

保 密 防 諜 ·

人 人 有 責 ·

匪 諜 自 首 ·

既 往 不 究 ·

運用數值預報統計法預測臺灣西南部 夏季雨量之研究

Forecasting the Precipitation Amount of South-western Area of Taiwan by Means of Model Output Statistics

陳 煦 揚 S. Y. Chen

ABSTRACT

The Model Output Statistics (MOS) method was developed by the Techniques Development Laboratory (TDL) of National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), U.S.A. and has successfully been in operating.

The method which involves matching observations of local precipitation with raw output and derived data from 6-level fine mesh limited area primitive equation model (6L-FLM) of Japan Meteorological Agency is applied to the south-western Taiwan in predicting summer precipitation. The derivation of forecasting models are discussed, and the forecast equations are derived by stepwise multiple regression. Two models are obtained, model I suits data of 1200Z and model II suits data of 0000Z.

Data in model I include 850 MB dew point, vertical total index, P-velocity of 700 MB, and vorticity of 500 MB; model II are composed of 850 MB dew point, P-velocity of 700 MB and the thickness between 850 MB and 500 MB. All of the above mentioned predictors of two models are of significant physical meaning.

Verification shows that when 1974-1975 dependent data are used, the percentage of accuracy of model I are 55.79% for light rain and 44.44% for moderate rain, and those of model II are 60.0% and 66.67% respectively. When 1976 independent data are adopted, the percentage of accuracy of model I are 36.36% for light rain and 50.0% for moderate rain, and those of model II are 72.73% and 62.50% accordingly. It is concluded that MOS is a useful technique in objective precipitation forecasting in south-western Taiwan area and is worthy to engage in further development.

符 號 及 單 位 表

本研究中，各符號的意義及單位如下：

P : 氣 壓 (MB)

q : 比 濕

ω : 垂直速度 (10^{-6} sec^{-1})

V : 風 速 (KTS/S)

ξ : 緩 旋 度 (20m 0.1 MB/HR)

Z : 高 度 (m)

T : 溫 度 ($^{\circ}\text{C}$)
TD : 露點溫度 ($^{\circ}\text{C}$)
RH : 相對濕度 (%)
K : K 指 數

TT : 全 指 數
VT : 垂直指 數
CT : 交互指 數
SI : 蕭氏指 數

一、前 言

統計預報的基本原則是從大量的觀測數據中，運用統計方法，尋求天氣變化的規律和關係。晚近由於動力氣象，天氣學、數值預報等領域的進展，使吾人對天氣演變的基本物理過程有了更深一層的了解，因而統計預報更具有物理意義。另一方面，因為統計預報對測站密度及高空資料的要求較低，故在廣大的熱帶區域、海洋、沙漠等地方有非常高的應用價值，加上電子計算機及統計理論本身的進步，因此，在今天統計預報已成為與數值預報並駕齊驅的一種客觀預報方法。

Klein (1970) 將統計預報法歸納為三類：

1. 古典統計法：

由觀測的當天及過去的資料，代入統計預報公式預報未來天氣。

2. 完全預報法：

根據歷史資料將環流與天氣作成統計預報的關係，利用數值預報作出的環流代入方程，預報天氣。

3. 不完全預報法：

即數值預報統計法(Model Output Statistics)，簡稱為 MOS，與完全預報法不同的是歷史資料也是採用數值預報的資料，而不是觀測到的資料，如此一來，可包含一些完全預報法無法包含的預測因子，如垂直速度、邊界層的溫度等。

完全預報法與數值預報統計法都應用到數值預報的結果，其基本觀念在於天氣現象與環流的同時相關性遠比時間先後的相關性更有代表性。目前，由於數值預報發展迅速，此兩種方法正方興未艾。

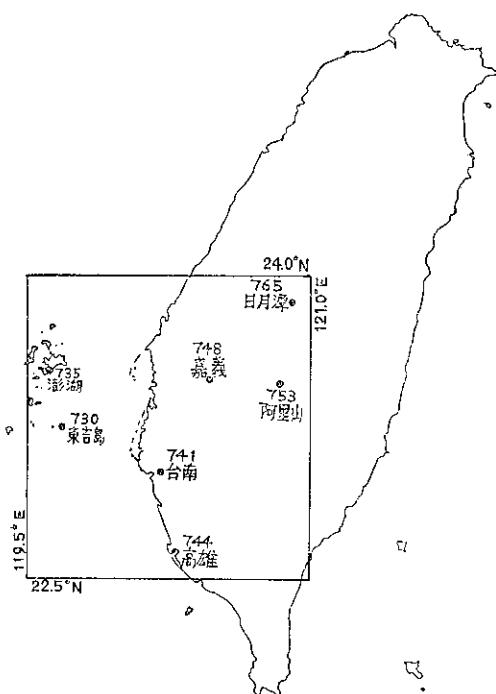
因為數值預報受到諸多條件的限制，尚未充分應用到中、小幅度的天氣預報，而數值預報統計法恰可彌補此一缺憾，此法綜合動力與統計為一體，根據大幅度天氣系統的數值預報統計，來推測中、小幅度的天氣現象，在國外是較新的方法，已在實作上獲致成效，在國內則已由林永哲博士引進，在國科會 NSC-66M-6202-61(03) 計劃支援下，由亢玉瑾先生與林永哲先生共同主持從事於雷雨客觀預報法的研究，作者鑒於臺灣西南部地區夏季的降水每由西南季風所引起，常會對農業、水利、發電及其他各行各業等造成很

大的影響，而目前降水的預測大多流於主觀，且往往偏重於定性方面，無法達到各行各業的需求。又中央氣象局傳真機每日接收日本氣象廳發佈的數值預報圖，臺灣雖位於邊界附近，然而該方所採用的數值預報模式有能力預報此種大幅度西南季風環流的強弱及進退情形，故再嘗試以數值預報統計法求出迴歸方程來預測夏季西南平原 24 小時的降水量，期能達到客觀定量的要求，俾有益於國計民生。

二、模 式 的 建 立

(一) 研究範圍

選取北緯 22.5° 至 24.0° ，東經 119.5° 至 121.0° 的方塊為本文研究範圍，此方塊涵蓋整個西南平原及澎湖羣島，如圖一所示，方塊每邊約長 165 公里，大約與日本氣象廳六層細網格亞洲區初始模式 (6L-FLM) 的水平網格距離相若。方塊內有中央氣象局的澎湖、東吉島、日月潭、阿里山、嘉義、臺南、高雄等測站。



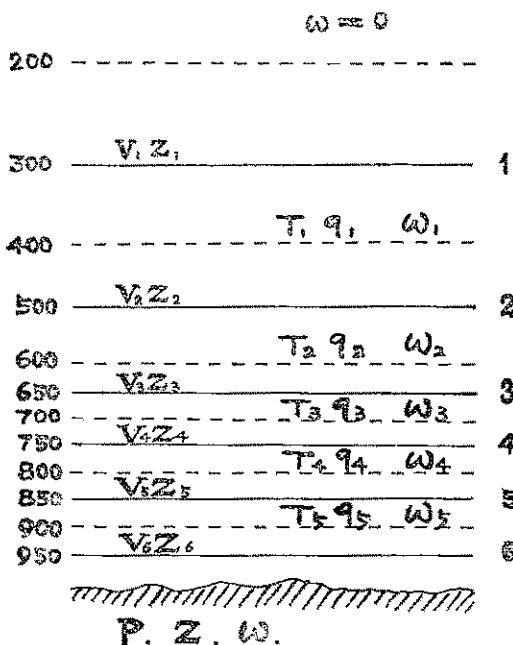
圖一 研究範圍圖，方塊內為本文研究範圍

(二)因子選擇

由於國內數值預報模式仍在起步之階段，故預報因子 (Predictors) 由日本氣象廳每日發佈的0000Z 及 1200Z 六層網格亞洲區模式 24 小時預報圖中選取，以 63 年 7、8 月，64 年 6、7、8 月的資料做分析，經由逐步復迴歸法 (Stepwise multiple regression method) 的統計數學模式得出預報夏季西南平原 24 小時降水量的迴歸方程，再以 65 年 6、7、8 月的資料校驗迴歸方程的可行性和可靠性，茲述如下：

1. 日本氣象廳六層網格亞洲區模式 (E. C. C. of J. M. A., 1974) :

此模式中心點位於日本本州，預報範圍約為 5600×5000 平方公里的亞洲區域；在一網格距離為 304.8 公里的北半球六層準地轉模式預報範圍內，由該模式每小時提供所需的周圍邊界條件，而垂直邊界條件為：
 $P=0$ 時， $\omega=0$ ， $P=P_{sfc}$ 時， $\omega=\omega_{sfc}$ 。
 其中， P_{sfc} 為地面氣壓， ω_{sfc} 為地面垂直速度。本模式網格水平距離為 152.4 公里，垂直間隔不一致，愈往下愈小，在對流層下部平均為 50MB，在上對流層平均為 100MB；（見圖二）在各層上求



圖二 6L-FLM 模式的垂直結構

各符號意義，參見符號表

風速與高度，在每兩層中間則求溫度、比濕及 ω 值；P 坐標系統的頂層在 200MB。本模式考慮了海水表

面可感熱的交換、水汽的蒸發、摩擦和地形效應，以及由於大幅度對流運動所產生的凝結，所以除可預測大幅度擾動的運動情形外，亦能同時描述水平波長約為一千公里，週期一天左右的中幅度擾動。

數值模式中，已對溫度、高度、地面氣壓、比濕等資料加以平滑處理，以消除由於計算誤差所產生的雜波，此點很重要，因為平滑處理會增進數值預報因子的可用性，尤其對小幅度的因子，如垂直速度和相對濕度等 (Klein and Glahn, 1974)。由於模式中已作過平滑處理，故在建立預報因子時，就省略此種過程了。

2. 原始預報因子的選入：

由於預報值 (predictand) 是夏季的日降水量，而欲產生降水，大氣需不穩定，通常產生不穩定的原因是由下列各過程個別或合併造成：(Miller, 1972)

- (1) 不同高度的溫度平流。
- (2) 不同高度的水汽平流。
- (3) 日射。
- (4) 大幅度的垂直運動。

而夏季西南平原的降水，雷雨所佔的比例很大，所以選擇因子時，除應將產生不穩定的因子儘量選入外，對形成雷雨的其他有利因子及各種雷雨指數亦予選入，故首先由前述日本氣象廳發佈的24小時預報圖中，讀取方塊範圍四端點的下列因子，作為原始預報因子，再取四點平均值，做為方塊範圍內之值，計有：

- (1) 地面氣壓。
- (2) 24 小時預報降水量 (QPF)
- (3) 850MB 溫度及高度
- (4) 700MB 垂直速度及溫度露點差
- (5) 500MB 溫度、高度及相對濕度

3. 導出預報因子的建立：

由於 850MB 的露點溫度可代表低層空氣的含水量，不但與降水的生成有很大的關係 (Reap and Foster, 1975) 而且為了導出其他的預報因子，也須要用到，但日本氣象廳的預報圖上只有 700MB 上之溫度露點差，沒有 850MB 露點值，故須另想方法求得。由於馬公處於海上，受地形影響較小，其探空資料對從西南方移來的空氣較有代表性，(林則銘，1976) 且馬公亦位於研究範圍內，故作者首先根據林永哲博士建議，由 60、61、62 年 6、7、8、9 月馬公的 850MB 和 700MB 溫度與相對濕度，根據公式① (Saucier, 1955) 先求出歷史資料 850MB 和 700MB 的露點，再求 850MB 露點和 700MB 溫度

露點差的迴歸方程，將預測 700MB 溫度露點差代入此式，即可得 850MB 的預測露點。

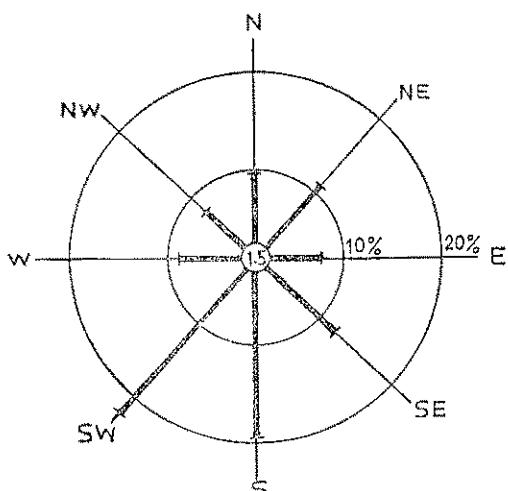
$$\begin{aligned} TD = & [(103.05806 \times T + 24455.677) \times \ln(RH) \\ & + 1779.75 \times T] / [1779.75 - (0.43429 \times T \\ & + 103.05806) \times \ln(RH)] \dots \dots \dots \textcircled{1} \end{aligned}$$

然而因為夏季期間，本省上空經常有沉降逆溫，導致溫度低落，故兩者並沒有很好的線性相關，後雖會依風向劃分選擇，並改求 850MB 溫度露點差與 700MB 溫度露點差的線性相關，但距理想仍甚遠，故作者改以地面氣壓、850MB 溫度、700MB 溫度露點差為自變數，（其所以選擇這些變數的理由，乃因這些變數都能從預報圖中讀取），再分別以 850MB 露點及 850MB 溫度露點差為因變數，根據 850MB 盛行風向的篩選，以逐步複迴歸法，求出複相關係數及迴歸方程，茲將馬公 0000Z 與 1200Z 的風向頻率列於圖三。迴歸方程型式為：

$$\hat{Y} = A_0 + A_1 X_1 + A_2 X_2 + A_3 X_3 \dots \dots \dots \textcircled{2}$$

其中：
 X_1 表地面氣壓
 X_2 表 850MB 溫度
 X_3 表 700MB 溫度露點差

\hat{Y} 為 850MB 溫度露點差或 850MB 露點
 A_0 為常數項， A_1 、 A_2 、 A_3 表相當於各自變數的迴歸係數。此等係數的決定原則在於使所有的 \hat{Y} 與由 X_1 、 X_2 、 X_3 ，估計出來的 \hat{Y} 之差的平方和為最少。（Least-Square method）



圖三 1971 至 1973 年 6 月至 9 月，0000Z 與 1200Z 馬公 850MB 風向頻率，靜風頻率為 1.5%，由圖中可知南南東至南南西為盛行風向。

茲將求出結果列於表一，由表一中可看出 700MB 的溫度露點差無論對 850MB 的露點或溫度露點差均有最大的相關。由於在迴歸分析中，欲使預測方程更有效，須使殘差平方和 (Sum of square about regression) 愈小愈好，故迴歸方程的好壞由變異數被解釋百分比（即複相關係數的平方乘以 100）、殘差的標準差及估計值標準誤差決定。殘差乃為實際觀測值與對應預測值之差異，亦即為迴歸方程不能解釋之量；而估計值標準誤差表示估計值可靠性的大小，故如複相關係數愈接近於一，而殘差的標準差及標準誤差佔 Y 值的百分比愈小，則迴歸方程愈好。因為以 850MB 溫度露點差為因變數者所求得的結果複相關係數較高，達 0.7 以上，屬高度相關，而其標準誤差佔 Y 值的百分比較大乃因 Y 值平均較小的關係，故採用之可得③④兩迴歸方程：

$$(T - TD)_{850(00)} = -156.38 + 0.31 \times (T - TD)_{700} + 0.94 \times T_{850} + 0.14 \times P_{850} \dots \dots \dots \textcircled{3}$$

$$(T - TD)_{850(12)} = -177.16 + 0.37 \times (T - TD)_{700} + 0.71 \times T_{850} + 0.17 \times P_{850} \dots \dots \dots \textcircled{4}$$

式中符號意義，參見符號表，其中③式適用於 00Z 的自變數，而④式適用於 12Z 的自變數。求出的 850MB 溫度露點差代表低層空氣的含水量，可作為預報因子，並以之推導 850MB 的露點，然後再算出下述各導出預報因子：

① K 指數 (George et al, 1960)

K 指數不但考慮了 850MB 到 500MB 空氣柱內溫度差值及低層空氣中的水汽含量（以 TD_{850} 代表），尚注意到濕汽是否已發展至 700MB 面

$$K = T_{850} + TD_{850} - (T_{700} - TD_{700}) - T_{500}$$

② 全指數 (Total totals index)：

全指數乃垂直指數與交互指數之和。

$$TT = VT + CT = T_{850} + TD_{850} - 2T_{500}$$

③ 蕭氏指數：

蕭氏指數主要根據 850MB 溫度和露點與 500MB 溫度的關係。

$$SI = T_{500} - T^*$$

T^* 為氣塊從 850MB 露點的飽和混合比線，與 850MB 溫度的乾絕熱線交點，沿濕絕熱線上升至 500MB 的溫度。求 SI 時用計算機以數值法求解，其基本原理為：已知 850MB 的溫度與露點，可求得代表經過 850MB 露點的飽和混和比線與經過 850MB 溫度的乾絕熱線的方程式，以半區間法 (Half-interval

表一 以 850MB 溫度露點差及露點分別作因變數所求出的結果，迴歸係數乃依逐步複迴歸方程所選入的順序排列。

站名	馬公	馬公	馬公	馬公
時間	0000Z	1200Z	2000Z	1200Z
因變數	850MB 溫度露點差	850MB 溫度露點差	850MB 露點	850MB 露點
850MB 風向選擇角度	160°~260°	110°~250°	160°~260°	110°~250°
篩選後資料個數	175	176	175	176
複相關係數	0.72	0.74	0.60	0.62
迴歸係數	$A_0 = -156.28$	$A_0 = -177.16$	$A_0 = 160.11$	$A_0 = 177.06$
	$A_3 = 0.31$	$A_3 = 0.37$	$A_3 = -0.30$	$A_3 = -0.37$
	$A_2 = 0.94$	$A_2 = 0.71$	$A_1 = -0.14$	$A_1 = -0.17$
	$A_1 = 0.14$	$A_1 = 0.17$		$A_2 = 0.29$
變異數被解釋百分比	52.17	54.66	36.55	38.63
殘差的標準差	2.74	2.30	2.73	2.30
Y 值平均	6.23	5.02	12.76	14.51
標準誤差佔 Y 值的百分比	43.91	45.75	21.40	15.84

method) 求此兩線的交點，由交點的氣壓及溫度，可求通過此溫度的濕絕熱線方程，將氣壓 500MB 代入，即可求出 T^x ，可用之求出 SI。

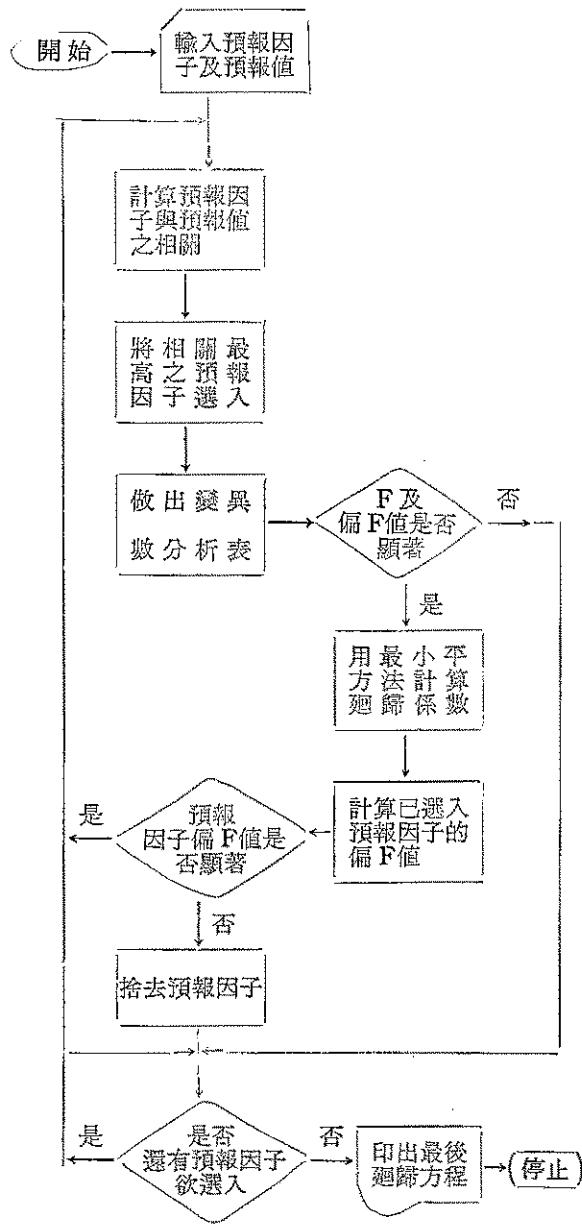
由於氣柱的穩定度主要依賴低層的水汽和溫度分佈，所以導出的雷雨指數都用到低層(850MB)的資料。蕭氏指數和全指數最主要的缺點在於依賴 850MB 面的可用水汽，因為即使有足够的低層水汽可以使用，但也未必會到 850MB 高度，故在此種情況下，兩者均會產生無代表性的值。(Miller, 1972) 以本省情況而言，對雷雨的形成，關係最為密切的為 K 指數、全指數(林則銘, 1976)。

4. 預報值的建立：

由研究範圍內，中央氣象局日月潭、阿里山、嘉義、澎湖、東吉島、臺南、高雄各測站觀測記錄上，讀取與預報因子同時的逐時雨量計算 24 小時降水量，並取算數平均後，作為預報值。

(三)統計數學模式的建立

本研究的數學模式採用逐步複迴歸法 (Draper and Smith, 1968)，係首先從所建立的預報因子中，選出與預報值最高單相關者，並作 F 值檢驗，如最高相關因子為不顯著，則無法建立統計模式，如為顯著，則繼續逐步選擇其他與預報值最高偏相關的預報因子，每次選入一預報因子時，均需作偏 F 值檢驗，並需檢驗前一步驟已被選入的預報因子，某預報因子在前一步驟可能為最好的因子，但由於受選入其他預報因子的影響，而在後一步驟成為多餘，為檢驗這些情況，所以在選入一新的預報因子時，需同時計算所有已選入因子的偏 F 值，一一作顯著檢定，若偏 F 值不顯著，則將此因子捨去，這種程序繼續下去，一直到無預報因子被選入及無預報因子被捨去為止，在每一步驟中均用最小平方法 (Least square method) 計算迴歸係數，茲以圖四的流程圖表示，



圖四 逐步複迴歸模式的流程圖

迴歸方程的型式為：

$$\hat{Y} = A_0 + \sum_{i=1}^n A_i X_i$$

其中 X_i 為選出之預報因子， A_i 為對應於 X_i 之迴歸係數， n 為選出預報因子之數目。

\hat{Y} 為預報值，即為 24 小時地面降水量。

X_1 為 K 指數。

X_2 為 850MB 的露點。

X_3 為蕭氏指數。

X_4 為全指數。

X_5 為 24 小時預報降水量 (QPF)

X_6 為地面氣壓。

X_7 為 850MB 的溫度。

X_8 為 850MB 的高度。

X_9 為 700MB 的溫度露點差。

X_{10} 為 700MB 的垂直速度。

X_{11} 為 500MB 的渦旋度。

X_{12} 為 500MB 的溫度。

X_{13} 為 500MB 的高度。

X_{14} 為 850MB 的溫度露點差。

表二 根據 0000Z 與 1200Z 資料逐步迴歸模式的計算結果

時 間	0000Z	1200Z
資料個數	152	152
複相關係數	0.47	0.56
迴歸係數	$A_0 = -72.76$ $A_5 = 9.69$ $A_2 = 6.20$	$A_0 = 1400.82$ $A_2 = -11.36$ $A_4 = -30.31$ $A_{10} = -0.7$ $A_{11} = 0.48$ $A_8 = 0.10$ $A_3 = -55.45$ $A_7 = 1.16$
變異數被解釋百分比	21.62	30.88
殘差的標準差	24.34	21.52
Y 值平均	15.02	15.05
標準誤差佔 Y 值的百分比	162.09	142.97

茲將 00Z 與 12Z 地面降水預報模式建立結果列於表二，由表二中可看出預報值一降水量，與預報因子的複相關係數分別為 0.47 與 0.56，屬中度相關，而 00Z 的預報因子中，第一個被選入的為 24 小時預報降水量，此表示 00Z 日本的數值模式所預報的降水可信度較高，但是林永哲博士建議此一因子最好不作預報因子，作者在稍後加以討論。如不考慮此一因子

的話，則 00Z 與 12Z 各預報因子與降水相關最高的都是 850MB 的露點，此可證實低層的水汽對地面降水量有最重要的影響。其次對 12Z 的因子而言，全指數為次重要者，而 700MB 的垂直速度與 500MB 的渦旋度及 850MB 的高度與降水也有關係，此亦頗為合理。此外，不論 00Z 或 12Z，K 指數都未被選入，與前述林則銘先生的結果稍有不同。

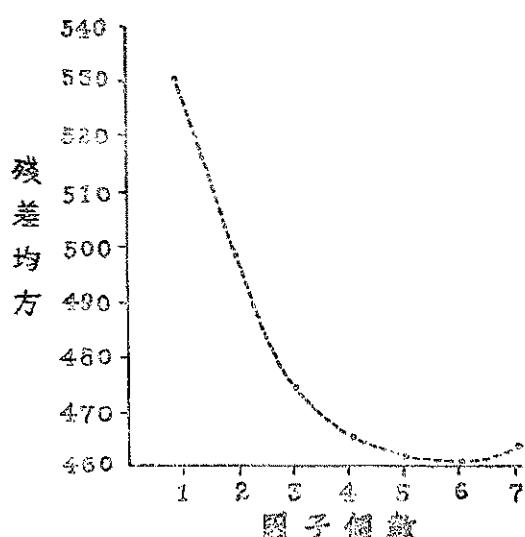
對於選擇迴歸模式中因子的個數，通常有兩個完全相反的判斷原則：

(1) 為使模式有預測作用，預報因子選入愈多愈具可靠性。

(2) 為符合精簡原則，希望預報因子愈少愈好。

作者有鑑於此，故先讓模式儘量選入因子，再於不影響統計意義上的顯著性原則下，根據殘差均方 (Residual mean squares) 與因子個數對應圖，決定應選入的因子數目，俾得到最佳迴歸方程 (The best regression equation)。

由於 12Z 的迴歸方程有七個預報因子，圖五為殘差均方與因子個數對應圖，吾人可看出因子個數二與三之間差異頗大，但三與四之間驟然減小，故祇須選入四個預報因子即可，表三為選入四個預報因子的計算結果。



圖五 根據表二 12Z 資料所作的殘差均方與選入因子個數對應圖

由表二及表三可得到⑤⑥兩式：

$$R_{00} = -72.76 + 9.69 \times QPF + 6.20 \times TD_{850} \dots\dots \text{⑤}$$

$$R_{12} = -150.59 + 9.52 \times TD_{850} - 2.52 \times TT - 0.73$$

$$\times w_{700} + 0.50 \times \xi_{500} + 0.10 \times Z_{850} \dots\dots \text{⑥}$$

表三 在精簡原則下，由 12Z 的資料，模式的計算結果。

時 間		1200Z
資 料 個 數		152
複 相 關 係 數		0.54
迴 彌 數		$A_0 = -6.46$
歸 數		$A_2 = 7.86$
		$A_4 = -2.06$
係 數		$A_{10} = -0.76$
		$A_{11} = 0.50$
變 异 數	解 百 分 比	28.96
殘 差 的 標 準 差		21.59
Y 值 平 均		15.05
標 準 誤 差 佔 Y 值 的 百 分 比		143.45

其中⑤式為 00Z 的 24 小時降水量預報公式，而⑥式為 12Z 預報公式。

三、統計模式的討論

作者認為氣柱的平均溫度與降水亦有關係，並且將全指數分成垂直指數與交互指數，在模式內加入下列因子：

① X_{15} : 850MB 至 500MB 空氣柱的厚度。

$$TH = Z_{500} - Z_{850}$$

可代表此厚層空氣內的平均溫度。

② X_{16} : 垂直指數 (Vertical Totals) (Miller, 1972)

$$VT = T_{850} - T_{500}$$

垂直指數與穩定有關

③ X_{17} : 交互指數 (Cross Totals): (Miller, 1972)

$$CT = TD_{850} - T_{500}$$

其中垂直指數沒有考慮水汽，所以除在島嶼氣候及沿海岸山脈的向風面或大水域 (Large bodies of water) 之外，單獨使用效率不高。作者鑑於本省為一海島，中央山脈橫亘於中，而本研究範圍亦正好位於從赤道附近海洋遠道跋涉而來的西南風之要衝，充分合於垂直指數的特性，故將其增列為預報因子。

表四列出加入此三個預報因子後，模式的計算結果，從其中可看出除 00Z 的預報降水量外，850MB 的露點仍有最高的相關；其次對 00Z 的因子而言，850MB 至 500MB 的厚度為次重要者；但對 12Z 的因子，垂直指數較重要，餘依次為 700MB 的垂直速度及 500MB 的渦旋度。由此可見增列之預報因子確與預報值——降水，有較高之相關。

表四 加入 850MB 至 500MB 空氣柱厚度、垂直指數及交互指數，模式的計算結果。

時 間	0000Z	1200Z
資 料 個 數	152	152
複 相 關 係 數	0.48	0.54
迴歸係數	$A_0 = -795.54$	$A_0 = 7.37$
	$A_5 = 9.77$	$A_9 = 6.57$
	$A_{10} = 5.19$	$A_{10} = -3.40$
	$A_{15} = 0.17$	$A_{10} = -0.75$
		$A_{11} = 0.48$
變異數被解釋百分比	23.50	28.79
殘差的標準差	24.13	21.62
Y 值 平 均	15.02	15.05
標準誤差佔 Y 值的百分比	160.67	143.62

就 00Z 的結果而言，表四的複相關係數及變異數被解釋百分比均較表二為大，而殘差的標準差及標準誤差佔 Y 值百分比則較表二為小，雖然差異並不大，但此乃因表四中選入 850MB 至 500MB 厚度，此一預報因子的結果，而此因子被選入是具有統計意義的。至於 12Z，表四的結果乍看之下，似比表三略差，但如僅選兩個預報因子，則表三複相關係數為 0.476，而表四則為 0.478，垂直指數仍較全指數略勝一籌，當然，我們加入垂直指數的主因並非是此種微小的差異，而是鑑於前述其具有的物理意義。

在上述的比較下，作者採用表四的結果，得到⑦、⑧兩式：

$$R_{00} = -795.54 + 9.77 \times QPF + 5.19 \times TD_{850} + 0.17 \times TH \quad \text{⑦}$$

$$R_{12} = 7.37 + 6.57 \times TD_{850} - 3.4 \times VT - 0.75 \times \omega_{700} + 0.48 \times \xi_{500} \quad \text{⑧}$$

R_{00} R_{12} 的意義同前。

表五 預報因子中不含 QPF，模式的計算結果

時 間	0000Z
資 料 個 數	152
複 相 關 係 數	0.43
迴歸係數	$A_0 = -754.03$ $A_5 = 7.59$ $A_{10} = -0.65$ $A_{15} = 0.15$
變異數被解釋百分比	18.91
殘差的標準差	24.84
Y 值 平 均	15.02
標準誤差佔 Y 值的百分比	165.42

在原始預報因子中，林永哲博士建議 QPF 最好不作預報因子，00Z 資料中，如果去掉 QPF，計算結果，見表五，其複相關數為 0.43，顯然比表四的 0.48 差。令我們感興趣的是去掉 QPF 後，700MB 的垂直速度反而較 850MB 至 500MB 的厚度重要。

由於資料的好壞會影響計算結果，再者由實際經驗中發覺數值模式預報結果常會落後或超前，根據 Klein and Glahn (1974)，在某些狀況下，預報值前後 24 小時的預測因子都屬有用，故作者亦嘗試將預報值延後 6、12、18、24 小時，茲將結果列於表六。

表六 (a) 00Z 預報值延後 12 小時，模式計算出的結果不但較表四 00Z 的結果好，而且預報時效較長，故可採用。至於 12Z 的結果比表四 12Z 的結果差，故仍採用⑧式。由表六(a)可得出⑨式，將與⑧式用來校驗模式的可行性和可靠性。

$$R_L = -954.63 + 5.40 \times TD_{850} - 0.61 \times \omega_{700} + 0.20 \times TH + 5.83 \times QPF \quad \text{⑨}$$

其中 R_L 為延後 12 小時的 00Z 24 小時降水量預報公式。

表六(a) COZ 資料，將預報值分別延後 6, 12, 18, 及 24 小時，模式的計算結果。

預 報 值 時 間	6 小 時	12 小 時	18 小 時	24 小 時
資 料 個 數	152	152	150	150
複 相 關 係 數	0.52	0.54	0.53	0.49
迴 歸 係 數	$A_0 = -941.93$ $A_5 = 9.37$ $A_2 = 5.13$ $A_{15} = 0.20$	$A_0 = -954.63$ $A_2 = 5.40$ $A_{10} = -0.61$ $A_{15} = 0.20$	$A_0 = -1025.45$ $A_2 = 5.88$ $A_{10} = -0.65$ $A_5 = 5.83$	$A_0 = -945.38$ $A_2 = 6.13$ $A_{10} = -0.59$ $A_5 = 5.39$
變 异 數 被 解 釋 百 分 比	27.06	29.16	28.56	24.14
殘 差 的 標 準 差	22.06	21.56	22.82	24.22
Y 值 平 均	14.95	15.05	15.05	15.21
標 準 誤 差 佔 Y 值 的 百 分 比	147.51	143.25	151.62	159.27

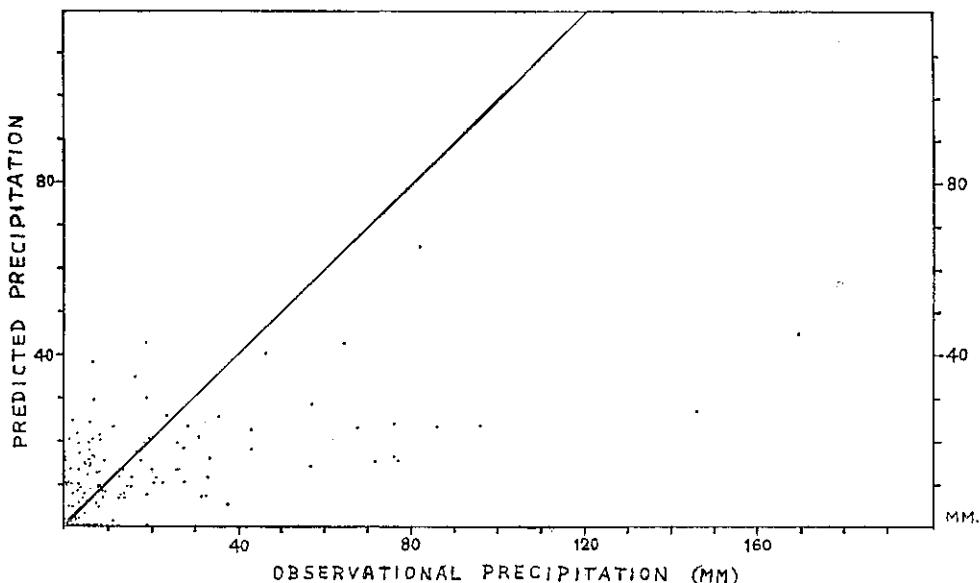
表六(b) 12Z 資料，將預報值分別延後 6, 12, 18, 及 24小時，模式的計算結果。

預 報 值 時 間	6 小 時	12 小 時	18 小 時	24 小 時
資 料 個 數	150	150	150	150
複 相 關 係 數	0.52	0.49	0.48	0.38
迴 歸 係 數	$A_0 = 2034.87$ $A_2 = -19.06$ $A_{10} = -0.68$ $A_4 = -37.74$ $A_{11} = 0.48$ $A_3 = -72.31$	$A_0 = -13.15$ $A_2 = 6.75$ $A_{10} = -0.75$ $A_{16} = -2.74$ $A_{11} = 0.48$ $A_5 = -7.44$	$A_0 = 7.51$ $A_2 = 7.02$ $A_{10} = -0.80$ $A_{16} = -3.64$ $A_5 = -7.44$ $A_3 = -7.44$	$A_0 = 45.56$ $A_2 = -2.88$ $A_{12} = 3.40$ $A_{10} = -0.44$ $A_5 = -6.46$ $A_3 = -6.46$
變 异 數 被 解 釋 百 分 比	26.98	23.53	22.87	14.53
殘 差 的 標 準 差	23.12	24.26	22.90	24.90
Y 值 平 均	15.14	15.14	15.06	15.19
標 準 誤 差 佔 Y 值 的 百 分 比	152.72	160.23	152.07	163.93

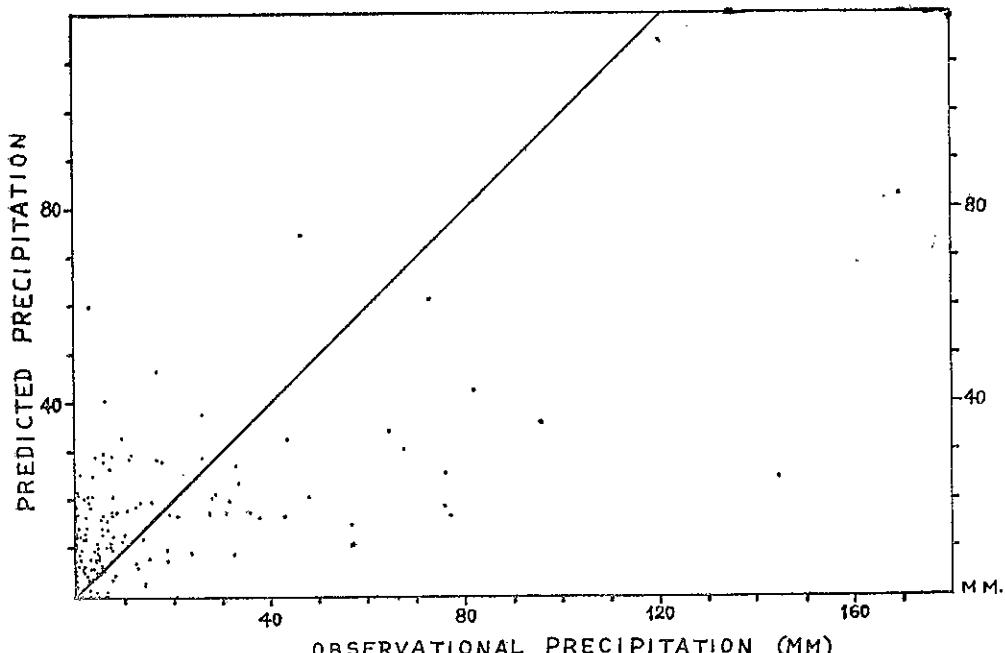
四、模 式 的 校 驗

在前節裏得出了⑧、⑨兩迴歸方程式，⑧式是 12Z 的 24 小時降水量預報方程式，我們稱它為模式一，⑨式是 00Z 延後 12 小時的 24 小時降水量預報方程式，我們稱它為模式二。為了校驗所建立的模

式，先將建立模式的數據，即 63 年 7、8 月，64 年 6、7、8 月的資料分別代入模式一及模式二，以了解此兩模式的可預報性，茲將實際降水量與模式計算的降水量以圖六(a) 及圖六(b) 的散佈圖表示，圖六(a) 是模式一的計算結果，圖六(b) 是模式二的計算結果。



圖六 (a) 由 63 年 7, 8 月, 64 年 6, 7, 8 月數據，模式一預報結果的散佈圖



圖六 (b) 利用與圖六 (a) 同時的資料，模式二預報結果散佈圖

從圖六 (a)、(b) 可看出實際雨量小於 10MM 時，模式的預報雨量大多偏高，而大於 20MM 後，大多偏低，大於 80MM 後偏差尤甚，由此可見，模式基本上對於大於 80MM 的雨量預測效果不理想。

表七 (a) 由 63 年 7.8. 月，64 年 6.7.8. 月
模式一的定性預報結果

天氣	實際發生次數	預測成功次數	預準確率
無雨	18	10	55.56%
有雨	134	110	82.09%

表七 (b) 利用與 (a) 同時的數據，模式二的定性預報結果

天氣	實際發生次數	預測成功次數	預準確率
無雨	18	6	33.33%
有雨	134	128	95.52%

由於降水量是不連續的變數，逐日變化很大，故作者首先作定性方面校驗，結果列於表七，其中實際 134 天有雨，模式一預報準確者有 110 天，準確率為 82.09%，而模式二預報準確者有 128 天，準確率為 95.52%，結果甚佳，故進一步對降水作定量分析，首先將降水量分成四個等級，即無雨、小雨、中雨、大雨。依照日本技報堂氣象學手冊（氣象手冊編輯委員會，1959）上的定義，其分級標準如下：

- | | |
|----|--|
| 無雨 | 降水量 $\leq 0.1\text{MM}$ |
| 小雨 | $0.1\text{MM} < \text{降水量} \leq 16\text{MM}$ |
| 中雨 | $16\text{MM} < \text{降水量} \leq 32\text{MM}$ |
| 大雨 | $\text{降水量} > 32\text{MM}$ |

在上述分級標準下，當預報降水量與實際降水量屬於同一級時，視之為預報成功，茲將模式一及模式二的校驗結果列於表八。

由表八 (a) 模式一的預報結果中可看出大雨的預報準確率最低，平均殘差 (Mean Residual) 亦甚大；而無雨的準確率雖達 55.56%，但其平均殘差大於 0.1，故在量上可信度較低；而小雨及中雨的準確率分別為 55.79% 及 44.44%，平均殘差均小於該級的中間量，可信度很高，至於表八 (b) 模式二的預報結果中，無雨與大雨可信度較低，而小雨與中雨的準確率分別為 60.0% 及 66.67%，較模式一的結果好，平均殘差亦小，故可信度甚高。

表八 (a) 由 63 年 7.8 月，64 年 6.7.8 月
的數據，模式一的預報結果

級別	實際發生次數	預測成功次數	預準確率	平均殘差
無雨	18	10	55.56%	2.8
小雨	95	53	55.79%	7.4
中雨	18	8	44.44%	9.9
大雨	21	4	19.05%	41.7

表八 (b) 利用與 (a) 同時的數據，模式二的預報結果

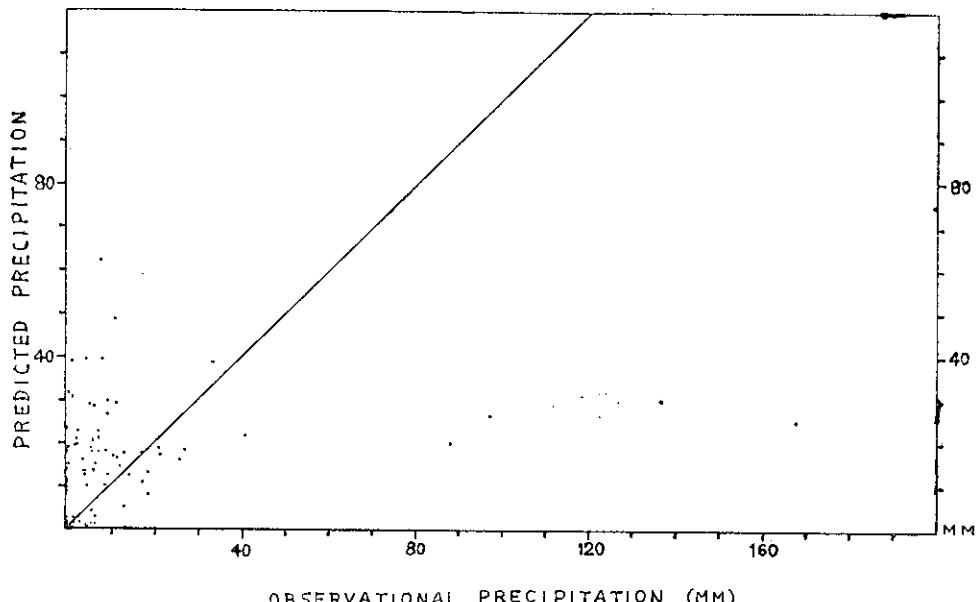
級別	實際發生次數	預測成功次數	預準確率	平均殘差
無雨	18	6	33.33%	6.4
小雨	95	57	60.0%	9.5
中雨	18	12	66.67%	10.1
大雨	21	7	33.33%	38.4

除作上述的校驗外，作者並進一步以 65 年 6、7、8 月的獨立資料作校驗，實際降水量與預報降水量的散佈圖見圖七 (a) 及圖七 (b)，分級校驗結果見表九 (a) 與表九 (b)。

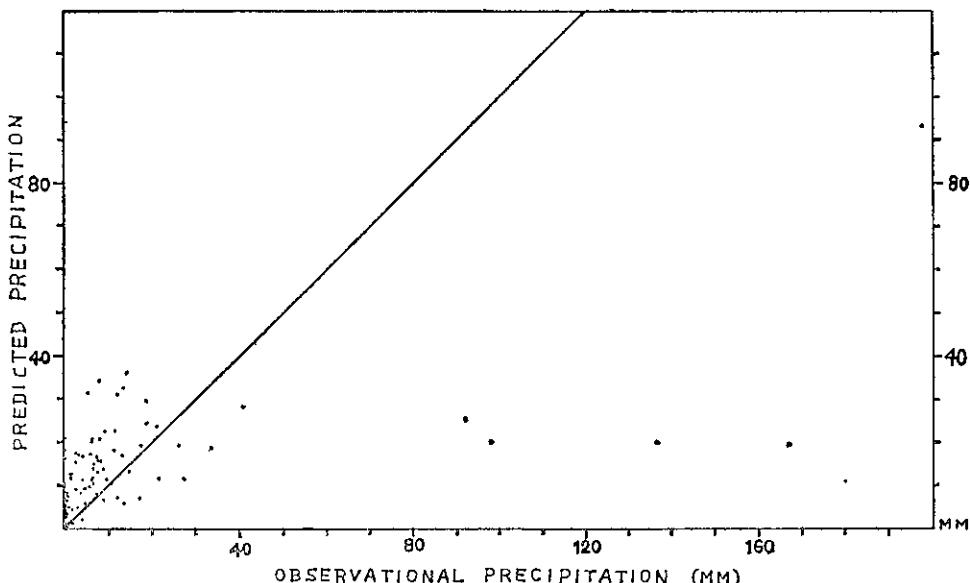
由表九 (a) 模式一的預報結果中可看出大雨的準確率仍低，而無雨的準確率雖達 42.86%，但其平均殘差過大，在量上可信度仍不太高；小雨與中雨的

準確率分別為 36.36% 與 50.00%，而中雨的平均誤差遠小於其中間值，故效果最好，至於表九(b)中，模式二的預報結果，小雨準確率為 72.73%，遠高於

模式一，而其平均殘差則小於模式一，結果相當理想，模式二中雨的校驗結果與模式一相近似，至於無雨與大雨的校驗結果仍不理想。



圖七 (a) 由 65 年 6.7.8 月獨立資料，模式一的預報結果散佈圖



圖七 (b) 利用與圖六 (a) 同時的資料，模式二預報結果的散佈圖

表九 (a) 由65年 6, 7, 8 月的獨立資料，模式一的預報結果

級 別	實 際 發 生 次 數	預 測 成 功 次 數	預 準 確 率	平均殘差
無 雨	21	9	42.86%	4.3
小 雨	55	20	36.36%	13.3
中 雨	8	4	50.00%	6.4
大 雨	7	2	28.57%	75.7

表九 (b) 利用與 (a) 同時的資料，模式二的預報結果

級 別	實 際 發 生 次 數	預 測 成 功 次 數	預 準 確 率	平均殘差
無 雨	21	7	33.33%	6.8
小 雨	55	40	72.73%	7.6
中 雨	8	5	62.50%	8.1
大 雨	7	1	14.29%	75.9

五、結 論 與 建 議

大幅度與中、小幅度環流間交互作用之存在，乃一確切的事實，目前數值動力模式雖然蓬勃發展，甚或已進入實作階段，但由於中、小幅度天氣現象的時間幅度很短，且測站距離太大，無法作有效觀測，故很難引用動力模式作診斷與預報 (LIN, 1976)，目前，許多國家對於局地中小幅度的天氣現象，諸如雷雨、地面降水、最高溫度、最低溫度、雲量、雲幕高等的預測皆採用數值預報統計法。本研究初步將數值預報統計法引用到臺灣西南平原夏季降水量預報，由日本氣象廳數值預報圖讀取原始預報因子，再考慮對流等效應，導出若干指數，經由逐步迴歸計算，得到 00Z 與 12Z 的夏季降水量預報模式，模式一是 12Z 的 24 小時降水量預測，而模式二則為 00Z 延後 12 小時的 24 小時降水量預測，模式一含有 850MB 的露點、垂直指數、700MB 的垂直速度及 500MB 的渦旋度等因子，而模式二則包括 850MB 的露點、700MB 的垂直速度、850MB 至 500MB 空氣柱的厚度及 QPF 等因子，這些因子均具有良好的物理意義。

經過非獨立與獨立資料的校驗，可知在定量上，預報模式對小雨及中雨的預報相當理想，而模式二的預報時效較模式一長 12 小時，且效果較好，具有應用價值。至於無雨及大雨，模式預報效果不顯。

作者認為數值模式的結果嚴重影響本研究預報模式成效，然而，臺灣位於日本氣象廳數值模式計算範圍的邊界附近，故預報精確度偏低，再者，降水與低層水汽及風場的輻合有很大的關係，而日本的數值預報缺乏近地層模式，大大地影響本模式的計算結果。作者建議國內積極發展適用於本地區的數值預報模式，果能如此，再引用此法將會得到令人更滿意的預報結果。

誌謝

本文研究承蒙吾師吳宗堯、胡仲英及徐聖謨三位先生悉心指導，始克完成，並承臺大大氣科學系主任亢玉瑾先生，及蔡清彥先生提供寶貴意見，作者謹致誠摯謝意。在研究過程中，林永哲先生提供許多有價值的建議，文化學院地學研究所主任孫宏越先生及所有師長們的鼓勵，亢玉瑾先生及林永哲先生主持下的 NSC-66M-6202-61(03) 計劃提供部份資料，作者亦衷心的感激。此外，中央氣象局電子計算機中心全力支援，研究發展科同仁多方協助，陳富裕先生協助繪圖，在此一併致謝。

參 考 文 獻

1. Draper, N.R. and Smith, H., 1966: Applied Regression Analysis, 178-195.
2. E.C.C. of J. M. A., 1974: Outline of operational N.W.P. at J. M. A., Appendix to Periodic Rept. on N.W.P., 13, 7-19.
3. Efroymson, M.A., 1962: Multiple regression analysis, Article 17 of Mathematical Methods for Digital Computers, John Wiley and Sons, New York, 191-203.
4. Glahn, H. R. and Lowry, D.A., 1972: The use of Model Output Statistics (MOS) in Objective Weather Forecasting., J. Appl. Meteor., 11, 1203-1211.

5. George, J.J., et al. 1960: Weather Forecasting for Aeronautics. Academic Press, New York, 673 pp.
6. Klein, W. H. 1970: The forecast research program of the Techniques Development Laboratory. Bull. Amer. Meteor. Soc., 51, 133-142.
7. Klein, W.H. and Glahn, H.R., 1974: Forecasting local weather by means of model output statistics., Bull. Amer. Meteor. Soc., 55, 1217-1227.
8. Lin, Yeong-Jer, 1976: Interrelation between the synoptic and convective scale processes in the atmosphere. (unpublished).
9. Miller, R.C., 1972: Notes on analysis and severe-storm forecasting procedures of the Air Force Global Weather Central, Air Weather Service Tech. Rept. 200 (Rev), 2-1 pp, 5-1 pp, 8-1---8-2.
10. Reap, R.M., and D.S. Foster, 1975: New operative thunderstorm and severe storm probability forecasts based on MOS. A.M.S. 58-63.
11. Saucier, W.J., 1955: Principles of meteor. analysis, University of Chicago Press, IV., 9pp.
12. 林則銘, 1976 : 危害飛行氣象因素客觀預報之研究——雷雨部份——，氣象預報與分析 66 期，第 7 頁，第 16 頁。
13. 氣象手冊編輯委員會, 1959 : 氣象手冊, 技報堂, 第 711 頁。

實踐三民主義。
光復大陸國土。
復興民族文化。
堅守民主陣容。

7704 號賽洛瑪颱風分析檢討

Investigation on the Typhoon Thelma

No.(7704) in 1977.

羅　　宇　　振

Tzu-Chen Lo

ABSTRACT

Typhoon Thelma was the fourth one originated in the Northorn Pacific Ocean in 1077 and the first one invaded Taiwan in the same year.

Occuring over the seas east of Philippines at 8a.m. on July 21, Thelma took a course moving WNW. Its intensity increased with a center pressure of 965 mb and a max. wind speed of 33m/sec near the center, when it approached the ocean east of Luzon on July 23.

Continuously moving WNW, at 8 p.m., the same date, it further strengthened with center pressure dipped to 950 mb and max. wind speed near the center increased to 40 m/sec, when it landed at the northeast tip of Luzon. Then Typhoon Thelma changed moving direction from WNW to NW. At 9 a.m. on the 24th, it became stationary when located at 20.5°N, 119.6°E, southern Taiwan Strait. One hour later, it picked up a Northward course and cosequently landee in the vicinity of Kaohsuing at 09:10 on the 25th. After skirting the west wing of the Taiwan Central Mountain Range with its violence reduced significantly, it swooped into Taiwan Strait from Taichung at about 2 p.m. on the 25th. Upon its arrival on Mainland China from Fu-Kien at 8 p.m. on the 25th, Thelma greatly dissipated into a tropical depression and ended its 5-day lifespand.

Due to the devastating wind force, Thelma caused the heaviest disaster in the southern half of Taiwan in the past ten years. Fortunately, the remainder of Taiwan remained unharmed.

一、前　　言

中度颱風賽洛瑪 (Thelma) 為本年內發生於北太平洋區的第 4 個颱風，同時也是本年第一次登陸侵襲臺灣的颱風。

賽洛瑪颱風中心，根據高雄氣象雷達報告於 7 月 25 日上午 9 時 10 分左右以雷霆萬鈞之勢登陸高雄附近，造成了南部地區近數十年來最嚴重的災害。其特殊的運行路徑亦是前所未見。此颱風發生

之初，係向西北西運行，進入巴士海峽時，轉為北北西。此時其中心氣壓為 960 毫巴，近中心最大風速達每秒 40 公尺。當她再度轉向北方進行時，其速率未減慢，於接近臺灣南部時並有加速的現象。在前後不到兩小時的肆虐高屏地區後，即匆匆沿着中央山脈西側北上，於 25 日下午兩點左右由臺中港附近出海進入臺灣海峽，復轉向北北西移動，於當晚 8 時左右經由福建平潭附近進入大陸。此種行踪怪異的颱風實屬罕見，因此它給予預報作業上相

* 本文所用時間均為中原時。

當的困擾。茲針對上述問題以及運用各種颱風路徑預報方法加以事後檢討，俾提供日後預報作業上之參考。

此外，並將此次颱風所造成之各種災害詳列於後。

二、賽洛瑪颱風之發生及經過

7月21日晚8時，當7703號颱風莎拉(Sarah)由東京灣進入北越時，另在菲島東方之熱帶性低氣壓，即發展為中心氣壓998毫巴，最大風速每秒23公尺的輕度颱風，經命名為賽洛瑪(Thelma)，並向西北西緩慢進行，於23日上午8時抵達呂宋島東方海面，即在北緯17.5度，東經124.0度時，其威力增強為中度颱風，中心氣壓已降至965毫巴，最大風速每秒33公尺，繼續以時速17公里速率向西北西進行。當晚8時此颱風中心抵達呂宋島東北角，即北緯18.7度，東經122.2度時，其威力再度增強，中心氣壓竟降至950毫巴，中心附近最大風速再增為每秒40公尺，並

由西北西轉西北進行，仍以時速17公里的速率進入巴士海峽。

此颱風中心於24日上午7時首次在高雄氣象雷達幕上發現，此後其路徑雖極為不穩定，但中心始終在高雄雷達掌握之中。

賽洛瑪颱風中心於24日晚21時在北緯20.5度，東經119.6度，即在臺灣海峽南部，稍呈滯留(約1小時)後，於22時即轉向北，25日清晨6時再轉向北北東進行，於25日上午9時10分由高雄附近登陸，隨後沿着中央山脈西側北上，威力減弱為輕度颱風，於當日下午兩點左右由臺中港附近出海，進入臺灣海峽轉向北北西進行，並於當晚20時由福建省平潭附近進入大陸後，威力再度減弱成為熱帶性低氣壓，結束了她五天的生命史。

賽洛瑪颱風之路徑圖如圖1。

賽洛瑪颱風期間由高雄氣象雷達站所拍攝颱風照片如圖2a, b, c, d, e, f, g, h。由照片上可以看出賽洛瑪颱風之眼甚小，但極為完整。

賽洛瑪颱風中心最佳位置表如表1。

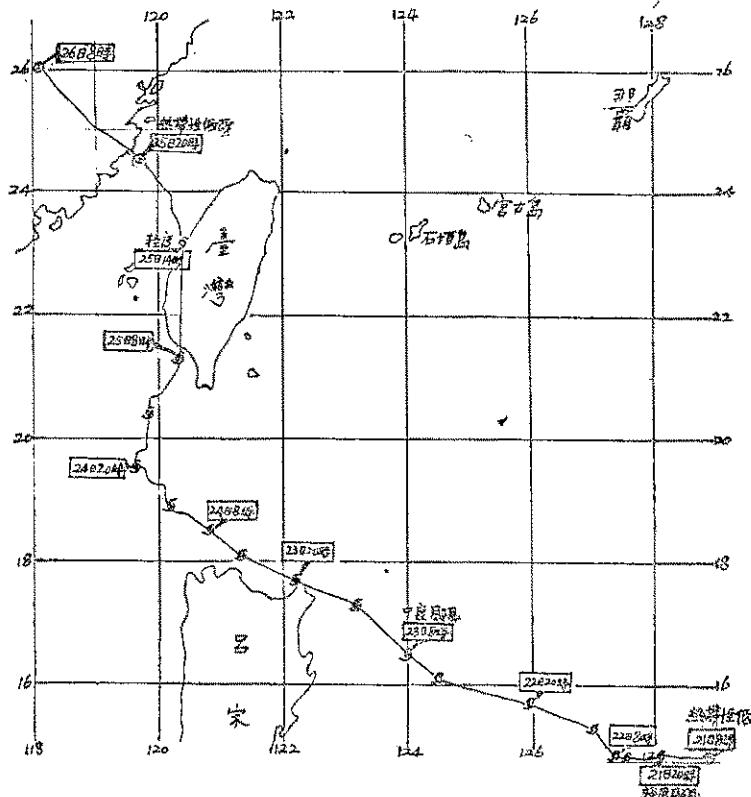


圖 1. 賽洛瑪颱風路徑圖

Fig. 1. The best track of Typhoon Thelma (21~26, Jul, 1977)

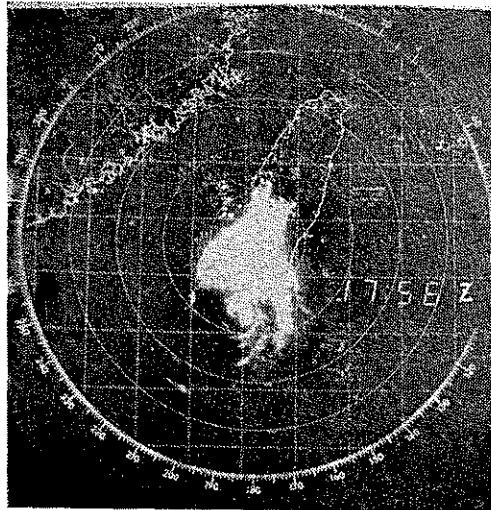


圖 2a. 66 年 7 月 25 日 2 時
高雄雷達所拍攝

Fig. 2a. View of Kaohsiung ppl radar scope on 241800Z, Jul, 1977

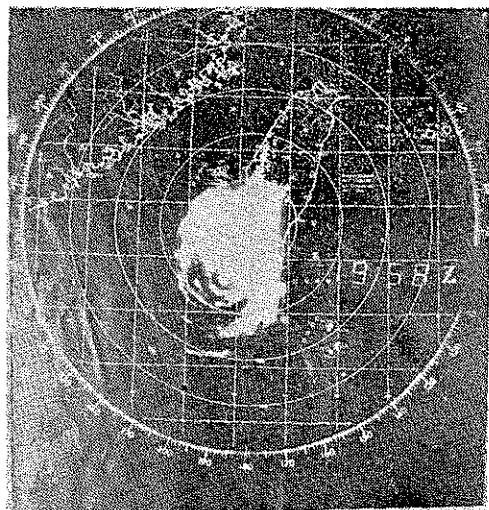


圖 2c. 66 年 7 月 25 日 4 時

Fig. 2c. View of Kohsiung ppl radar scope on 242000Z Jul, 1977.

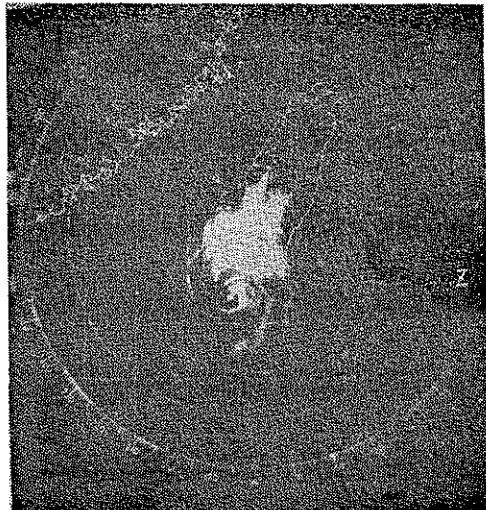


圖 2b. 66 年 7 月 25 日 3 時

Fig. 2b. View of Kaohsiung ppl radar scope on 241900Z Jul, 1977

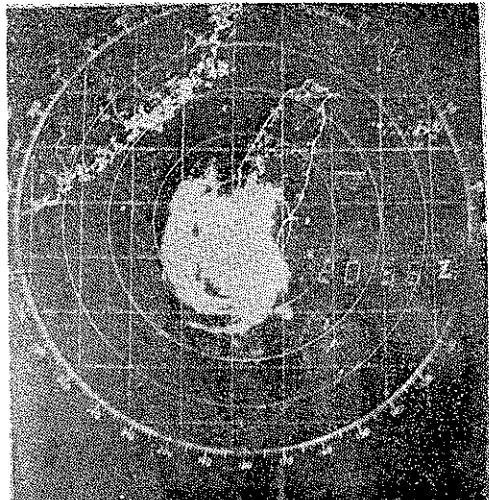


圖 2d. 66 年 7 月 25 日 5 時

Fig. 2d. on 024210Z Jul, 1977.

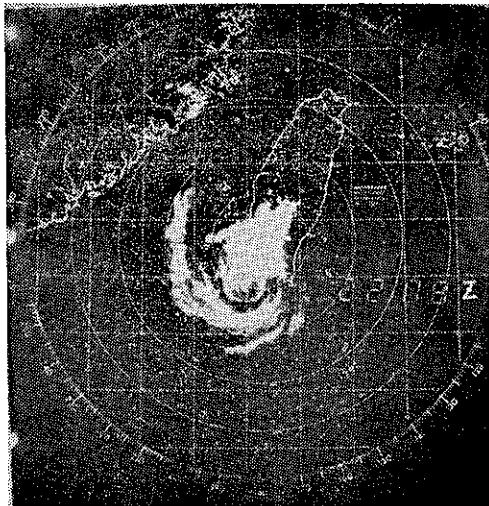


圖 2e. 66 年 7 月 25 日 6 時

Fig 2e, on 242200Z Jul, 1977

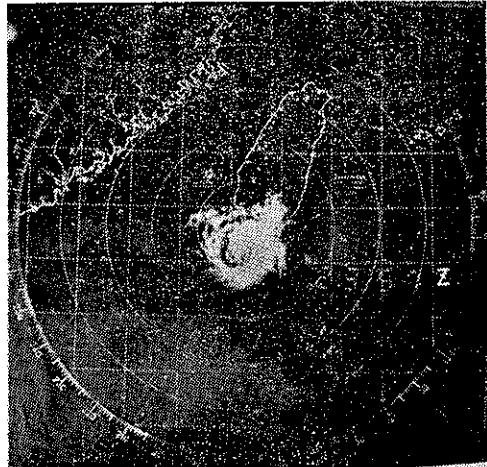


圖 2g. 66 年 7 月 25 日 8 時

Fig 2g. on 250000Z Jul. 1977.

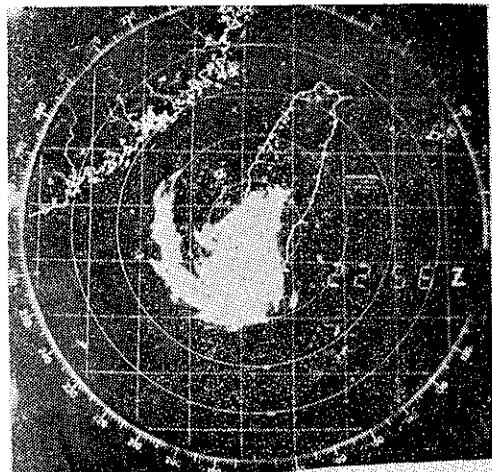


圖 2f. 66 年 7 月 25 日 7 時

Fig. 2f on 242300Z, Jul, 1977.

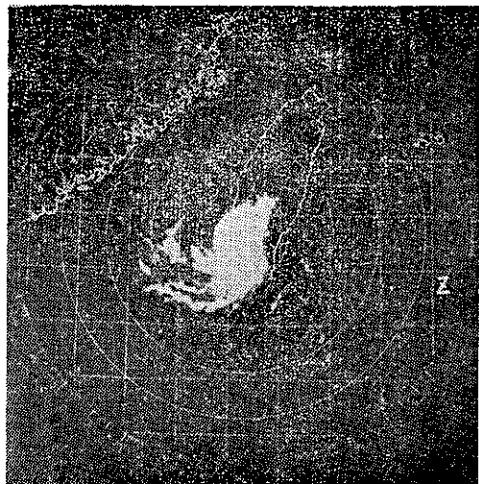


圖 2h. 66 年 7 月 25 日 9 時

Fig. 2h. on 250100Z Jul. 1977

表 1. 賽洛瑪颱風中心標準位置表

Table 1. The fixed positions of Typhoon
Thelma (21~26, Jul, 1977)(mb) m/s

時 間 月 日 時	中 心 位 置		中 心 氣 壓 (mb)	最 大 風 速 (m/s)
	北 緯	東 經		
7 21 08	15.0	130.0	1004	15
14	15.3	129.4	1004	15
20	15.8	128.1	998	23
22 02	15.8	127.6	995	25
08	15.8	127.4	995	25
14	16.3	127.1	980	25
20	16.7	126.0	980	30
23 02	17.1	124.5	975	30
08	17.5	124.0	965	33
14	18.3	123.2	960	38
20	18.7	122.2	950	40
24 02	19.1	121.3	950	40
08	19.5	120.8	960	40
14	19.9	120.1	960	40
20	20.5	119.6	960	40
25 02	21.4	119.8	960	40
08	22.3	120.3	960	40
14	24.2	120.4	980	30
20	25.5	119.7	990	20
26 02	26.0	119.0	995	15
08	27.0	118.0	998	10

表 2. 賽洛瑪颱風高雄雷達站中心定位表

Table 2. The Comparision of Typhoon
Thelma's Eye-fixed by Kaohsiung
Radar Staions.

日期 時間 △	中 心 位 置 (N)	北 緯 (N)	東 經 (E)	移動方向 (O)	速 度 (K+S)
7月24日07時		19.6	120.7	不明	不明

08時	19.5	120.8	300	09
09	19.6	120.7	310	20
10	19.7	120.5	300	20
11	19.8	120.4	310	09
12	19.8	120.3	290	05
13	19.8	120.2	290	06
14	19.9	120.2	350	08
15	20.0	120.1	310	12
16	20.2	120.1	350	12
17	20.3	119.8	280	09
18	20.4	119.8	330	09
19	20.5	119.7	310	05
20	20.5	119.6	300	05
21	20.5	119.6	Stationary	
22	20.6	119.6	360	04
23	20.8	119.8	040	16
24	21.0	110.8	360	08
25日01時	21.2	119.8	360	08
02	21.4	119.8	360	14
03	21.5	119.8	350	07
04	21.6	119.8	360	07
05	21.7	119.8	030	08
06	21.7	120.0	050	06
07	21.9	120.2	020	16
08	22.3	120.3	020	16
09	22.5	120.3	010	18
14:30	24.3	120.3	不明	不明
15	24.5	120.3	360	08
16	24.7	120.2	350	14
17	24.9	120.2	340	15

表 3. 賽洛瑪颱風眼飛機偵察報告及衛星觀測資料表
 Table 3. Eye-fixed positions of Typhoon Theloma Observed by aircraft
 reconnaissances and weather satellite (NOAA-5)

觀測時間 日時分 (Z)	中心位置		定位方法			地面最 大風速 (浬/時)	海平面氣壓 (mb)	備 考
	北緯	東經	飛機	衛星	精確度 (NM)			
20 日 11 時 25 分	15.0	131.5		✓				(T2.0/D1.5/24HRS)
20 23 57	14.6	130.2	✓	✓	<60			
21 02 11	14.8	129.7		✓	<60			
21 10 54	15.6	128.2	✓		<10			
21 15 11	15.5	128.0	✓		<25		981	
22 01 03	16.2	128.0		✓				(T3.5/D1.5/24HRS)
22 03 31	16.4	126.7	✓		<10	50	985	
22 11 55	16.5	124.0		✓				(T4/4/D0.5/24HRS)
22 10 11	17.0	125.7		✓				
22 15 46	17.0	124.8	✓		<25		969	
22 20 50	17.3	124.3	✓		<20		964	
23 03 22	18.1	123.5	✓				945	
23 11 06	18.3	122.2		✓				
23 11 12	19.5	121.5		✓				(T5/5/D1.0/24HRS)
23 15 58	19.0	121.5		✓	<20		961	
23 21 35	19.6	120.9	✓					
24 01 31	18.8	120.5		✓				(T5/5/D0.5/24HRS)
24 03 00	19.9	120.2		✓				
24 09 42	20.5	119.8	✓					
24 12 24	20.3	119.2		✓				
24 15 42	20.8	119.6		✓				
24 22 53	22.0	120.1		✓				
25 02 43	22.9	120.3		✓				
25 11 01	24.1	120.1		✓				
25 15 25	25.3	120.0		✓				
25 22 02	27.1	119.5		✓				

三、賽洛瑪颱風路徑與天氣 圖形勢之分析及討論

賽洛瑪颱風於 21 日晚 8 時發展成爲輕度颱風後，即緩慢向西北西進行，自翌(22)日 8 時以後至 24 日晚 8 時通過呂宋北方進入巴士海峽中部期間，其進行方向始終甚爲穩定，即向西北西，以平均每小時 16 公里的速率進行，迨至 24 日晚 22 時起即突然轉向偏北進行，且其速率不但不減，反而加速，於 25 日上午 9 時 10 分左右在高雄附近登陸。

茲將颱風期間各種天氣圖形勢與路徑預測法檢討如下：

(一) 地面天氣圖形勢

賽洛瑪颱風發生之初至發展階段期間，即 7 月 21 日晚間至 23 日白天，副熱帶高壓中心在日本本州一帶，而其邊緣即向西南延伸，籠罩琉球，臺灣至華南一帶。故賽洛瑪颱風運行方向乃順着此副熱帶高壓向西北西以每小時平均 16 公里左右之速度進行。至 7 月 23 日 20 時以後，由於副熱帶高壓東移至日本東方海面，而其邊緣仍向西南伸展到琉球南方海面，當時賽洛瑪颱風中心已進入巴士海峽，故其進行方向稍有向西北進行之趨勢。自 7 月 24 日上午 8 時起，處於臺灣及琉球一帶的等壓線均呈南北走向，而有一低壓槽自我國東北向南南西延伸至華中，即北緯 30 度，東經 110 度附近。就

24 日下午兩點之小區域地面天氣圖上顯示，在臺灣北部及西部，即新竹，臺中與馬公一帶之地形性低壓趨於明顯化，賽洛瑪颱風之北上可能與此副低壓有關係實際上賽洛瑪之進行方向至 24 日 20 時仍呈西北西偏西北進行。

其變化情形請參閱圖 3a, b, c, d, e。

自 24 日 23 時起經本局高雄氣象雷達測得，賽洛瑪中心始向北運行，而其平均速率一直保持每小時 16 公里，至 25 日 5 時高雄氣象雷達之颱風中心定位為北緯 21.7 度，東經 119.8 度，而 6 時中心位置仍為北緯 21.7 度，東經則東移 0.2 度，為 120.0 度，此後則向北北東以每小時 30 公里加速移動，至 9 時 10 分左右由高雄附近登陸。

(二) 地面 24 小時氣壓變差圖

圖 3F 為 7 月 24 日 8 時之 24 小時氣壓變差圖（即 23 日 8 時與 24 日 8 時之氣壓差），該圖顯示，最大氣壓降區中心在颱風中心的西北方，即臺灣南南方，北緯 21 度，東經 120 度，而臺灣海峽北部亦有降區中心存在此降壓區中心當屬動作用所致，另北方即我國東北有很深的降區中心出現，此種降壓分布可能有利於誘導颱風進入臺灣海峽。

(三) 高空圖形勢：

從高空圖 850, 700, 500, 300 毫巴各層顯示，賽洛瑪路徑之發生到發展階段形勢，即 7 月 21 日至 23 日上午之間，位於颱風北側，即日本南方海面向西伸展至華南一帶有東西走向的副熱帶高壓盤踞，導引賽洛瑪穩定地向西北西運行。至最盛期，即 7 月 23 日下午以後到登陸期間之 700 毫巴及 850 毫巴的副熱帶高壓逐漸東移，其邊緣退至琉球及臺灣一帶，因此賽洛瑪之進行方向由西北西有轉向西北進行趨勢，但 500 毫巴以上各層之副熱帶高壓中心仍在日本一帶，僅於 7 月 24 日 20 時之 500 毫巴面高空圖上顯示在西伯利亞東部，即北緯 65 度，東經 125 度有一低壓槽向南南西延伸至華北之北方槽，將原來籠罩日本一帶向西伸展至華南的副熱帶高壓切斷，分為兩個高壓中心，（一在日本本州，另一中心在華南）。但按其導引情況仍無法看出有向北進行之趨勢。請參閱圖 4a-i 各圖。

(四) 700 毫巴溫度，露點差（註一）

颱風有移向高溫高濕區域之特性，因此，對賽洛瑪颱風之動向，再試以溫度之變化進行事後分析。就 7 月 24 日 8 時之 700 毫巴溫度，露點差分布圖上顯示，在北緯 21 度，東經 116 度，即東沙島附近海面一帶有 18°C 的乾中心呈南北走向，另

有 ±00°C 的濕中心在臺灣東北方海面，而巴士海峽至臺灣南部則為 3°C 的較濕區。當時颱風中心在乾區的右方，至 24 日 20 時，原在東沙島一帶之 18°C 乾區西移至香港及華南一帶，仍呈南北走向，而原在臺灣東北方海面的濕中心則南移至琉球海面，臺灣一帶仍處 3°C 的較濕區內，由此兩張分布圖上顯示，當時颱風中心在乾區的右方（東方），且此乾區又呈南北走向，就颱風有指向溫度大的地方進行之特性而言，此颱風無法偏向乾區，即向西方運行之可能。請參閱圖 5a, b，由此兩圖顯示賽洛瑪颱風雖有向北偏之趨勢，但將移向臺灣東南方海面。

(五) 1000 毫巴～500 毫巴厚度圖，（註二）

就 7 月 24 日 8 時之 1000 毫巴～500 毫巴厚度圖大勢顯示，如圖 6a，由韓國向西南延伸有一冷槽至華東一帶，而臺灣一帶則為暖區，其暖軸略呈南北走向，當時颱風中心的位置在此暖軸之右側。至當晚 20 時，如圖 6b，原在我國東北向南南西延伸至華中一帶之暖軸迅速東移至東北各省沿海經韓國與臺灣一帶之暖區連結，其軸線則呈北北東～南南西走向，而颱風中心在此暖軸右側，颱風有偏北進行之趨勢，因為颱風有沿着暖軸運行之特性。

(六) 500 毫巴二次空間平均圖（註三）

賽洛瑪颱風侵臺之前，即 7 月 24 日 8 時及 20 時之 500 毫巴二次空間平均圖，如圖 7a, b。由圖 7a 顯示，有 5910gpm 之高壓中心在北緯 30 度，東經 140 度附近而低壓槽沿着東經 110 度線向南延伸，槽線南端伸展到北緯 35 度附近，當時颱風之相對位置即為 5820 gpm 高度線所包圍，至圖 7b，高壓中心則西進至北緯 30 度，東經 135 度附近，低壓槽雖有東移至東經 120 度，但其槽線南端則北退至北緯 40 度附近，由這二張圖顯示，500 mb 氣流將導引賽洛瑪颱風向西北移動，指向汕頭附近登陸。

(七) 荒川法（註四）

荒川法預測颱風中心位置與實際位置之比較表見表 4。

由表 4 顯示，12 小時預測平均位置，56% 偏左 15 度，33% 為 ±00 度，11% 為偏右 5 度的方向偏差，而平均向量誤差為 54.6 公里，最大方向偏差為偏左 30 度，向量誤差為 122 公里，最小方向偏差為 ±00 度，向量誤差僅為 20 公里。

24 小時預測位置，平均方向偏差為 78% 偏左 21.4 度，±00 度佔 11%，偏右 25 度為 11%。而

平均向量誤差為 121.4 公里。方向最大偏差為偏左 50 度，向量誤差為 360 公里，最小方向偏差為 ±00 度，最小向量誤差為 10 公里。

因為荒川法所應用資料均為地面資料，賽洛瑪之進行方向，受低層影響較大，故此次引用荒川法，於賽洛瑪尚未轉向前，效果極佳，但俟賽洛瑪轉向後其效果則不太理想。

(iv) CLIPER 法（註五）

Neumann 於 1972 年改良 HURRAN 法，而同時考慮颱風之氣候學的 (CLI matological) 性質及持續性 (PER sistance) 係取兩者前面三個英文字，叫做 CLIPER 法。

本方法經試驗結果，其準確率相當高，因此本(66)年度起本局正式將此法納入颱風預報作業中。表 5 為賽洛瑪颱風應用 CLIPER 法預測颱風中心與實際位置之比較表。由表 5 顯示，24 小時方向平均偏差，有 22 % 偏右 7.5 度，±00 度有 22 %，偏左有 56 %，45 度，平均向量誤差為 147.6 公里。最大方向偏差為偏左 65 度，420 公里。而最小方向偏差為 ±00 度，10 公里。48 小時預測平均方向偏差有 57 % 偏右 10 度，而 63 % 偏左 45 度，平均向量誤差為 325.6 公里之多。最大誤差為偏左 55 度，距離達 570 公里，最小誤差即僅為偏右 5 度，55 公里。由此可見應用 CLIPER 法時，需視此颱風，是否為轉向颱風，如係轉向颱風，其效果即不理想，但颱風尚未轉向以前，其準確率極高。

(v) 颱風類比法 (HURRAN 法) (註六) (註七)

類比法預測 12 小時，24 小時，36 小時，48 小時，60 小時及 72 小時颱風中心位置與實際颱風中心位置比較表如表 6。由此表亦可看出，於颱風尚未轉向前，而預測有效時間愈短，其效果愈好，與前述荒川法及 CLIPER 法相同。本方法之準確性在颱風轉向前較佳，而颱風一旦開始轉向則無預報價值。

綜上所述，應用各種預報法，預測賽洛瑪颱風路徑過程中，前半段效果甚佳，而後半段，即颱風一開始轉向北進行後，所有客觀預報方法均失去參考價值。因客觀方法均預測不出颱風轉向。

(vi) 水工模型試驗 (註八)

賽洛瑪颱風過後，經中央研究院物理研究所，作模擬颱風路徑的水工模型試驗，發現當渦旋自東向西接近臺灣地形的南端時，有突然轉向北，且於登陸前並有加速現象（見圖 14），與賽洛瑪颱風的

實際情況十分相似，故可初步推斷，賽洛瑪颱風突然轉向登陸高雄的原因是受地形影響非常之大。

四、賽洛瑪颱風侵臺期間各地氣象情況

賽洛瑪，雖為一中度颱風，但其結構非常結實，幸而範圍不大，在她登陸地點數十公里半徑內，不到兩小時之短短時間裡造成嚴重災害之後，其威力急速減弱，匆匆離去，不然其災害將不堪設想。賽洛瑪颱風侵襲期間本局所屬各測站颱風紀錄綱要如表 7

茲將侵襲期間之各種氣象要素演變之情形分述於下：

(i) 氣 壓

賽洛瑪發生初期，即 7 月 21 日之中心氣壓為 1004 毫巴，於當晚 20 時中心氣壓降為 998 毫巴成為輕度颱風。此後逐漸發展，至 23 日 8 時，其中心最低氣壓降低至 965 毫巴成為中度颱風後，中心氣壓繼續下降，於當天 20 時曾降 950 至毫巴，並維持到 24 日 2 時。自 24 日 8 時起稍回升為 960 毫巴，於 7 月 25 日 9 時 10 分左右登陸高雄附近後，其威力急速減弱，其中心氣壓亦升高到 980 毫巴，於當晚 20 時自福建省平潭島附近進入大陸，中心氣壓之填塞，致減弱為熱帶性低氣壓。

其中心氣壓演變情況請參見圖 8。

當賽洛瑪颱風於 7 月 24 日 23 時由臺灣海峽南部轉向北進行期間，距離最接近的高雄測站（約 200 公里）之氣壓傾向並無顯示下降，俟賽洛瑪於 25 日 5 時轉向北北東後（即離高雄測站約 110 公里海面上），高雄測站之氣壓始急劇下降，並於 25 日 9 時 24 分出現 954.8 毫巴之最低氣壓後，即急速回升。圖 9 為高雄測站之自記氣壓記錄圖。圖 10a 為賽洛瑪颱風侵臺期間的高雄之氣壓與風變化曲線圖。

高雄小港機場，即於 25 日 9 時 30 分測得最低氣壓為 956.7 毫巴，其變化曲線圖如圖 10b。

屏東機場最低氣壓為 965.4 毫巴於 25 日 10 時 01 分出現。離颱風登陸地點距離北方僅僅 40 公里之臺南測站於 25 日 10 時 20 分所測最低氣壓為 983.6 毫巴。再往北之嘉義於 25 日 11 時 30 分出現最低氣壓為 986.8 毫巴，臺中則於 25 日 12 時正出現 988.5 毫巴之最低氣壓。可見賽洛瑪颱風中心區範圍狹小，登陸後氣壓急速填塞，威力亦隨即減弱。極具來得快去得快的特性。圖 11 為賽洛瑪颱風登陸臺灣前，即 7 月 25 日 09 時所分析之地面圖。

表 4. 荒川法預測與實際位置比較表
 Table 4. Comparison between Typhoon Thelma's forecasted positions based on Arkwamethod and actual positions.

+ 爲偏右
- 爲偏左

使用資料時 間	12 小 時						24 小 時							
	預 測		實 際		方 向	向 量	氣 壓	預 測		實 際		方 向		
	位 置	氣 壓	位 置	氣 壓	偏 差 (度)	誤 差 (公里)	差 (mb)	位 置	氣 壓	位 置	氣 壓 (mb)	偏 差 (度)	誤 差 (公里)	差 (mb)
7月22日 8時	17.0N 125.9E	992	16.7N 126.0E	980	- 10°	40	+ 12	17.4N 124.8E	988	17.5N 124.0E	965	- 10°	80	+ 23
14時	17.3N 125.0E	972	17.1N 124.5E	975	- 10°	55	- 3	18.3N 123.3E	967	18.3N 123.2E	960	- 10°	10	+ 7
20時	17.5N 124.4E	974	17.5N 124.0E	965	- 5°	42	+ 9	18.2N 122.8E	970	18.7N 122.2E	950	± 0	88	+ 20
23日 2時	17.6N 123.1E	969	18.3N 123.2E	960	- 20°	77	+ 9	18.8N 121.6E	966	19.1N 121.3E	950	- 5°	50	+ 16
8時	18.4N 122.5E	960	18.7N 122.2E	950	± 0°	55	+ 10	19.1N 121.0E	959	19.5N 120.8E	960	- 5°	55	- 1
14時	19.1N 121.8E	953	19.1N 121.3E	950	+ 5°	50	+ 3	20.6N 120.5E	952	19.9N 120.8E	960	+ 25°	90	- 8
24日 2時	20.1N 120.0E	947	19.9N 120.1E	960	± 0°	30	- 13	21.2N 118.4E	949	21.4N 119.8E	960	- 30°	160	- 11
8時	20.6N 119.5E	964	20.5N 119.6E	960	± 0°	20	+ 4	21.6N 118.5E	967	22.3N 120.3E	960	- 40°	200	+ 7
14時	20.6N 118.6E	963	21.4N 119.8E	960	- 30°	122	+ 3	22.1N 117.8E	962	24.2N 120.4E	980	- 50°	360	- 18
平 均					56% 偏右 15°							78% 偏左 21.4°		
					33% (+0.0)		54.6					11% ± 00	121.4	
					11% 偏左 5°							11% 25°		

表 5. CLIPER 法預測與實際位置比較表
 Table 5. Comparison between Typhoon Thelma's forecasted on CLIPER method and actual positions

使用資料時間	24小時				48小時			
	預測位置	實際位置	方向 偏差 (度)	向量 誤差 (公里)	預測位置	實際位置	方向 偏差 (度)	向量 誤差 (公里)
7月22日	8時 17.0N 125.3E	17.5N 124.0E	右10°	145km	19.2N 123.5E	19.5N 120.8E	右20°	290km
	14時 17.6N 123.7E	18.3N 123.2E	右5°	85km	19.5N 121.3E	19.9N 120.1E	右5°	130km
	20時 18.2N 122.8E	18.7N 122.2E	0°	88km	20.1N 119.8E	20.5N 119.6E	右5°	55km
	23日 2時 18.4N 121.2E	19.1N 121.3E	左10°	70km	20.1N 117.9E	21.4N 119.8E	左45°	240km
	8時 19.1N 120.8E	19.5N 120.8E	左5°	50km	20.9N 117.7E	22.3N 120.3E	左55°	320km
	14時 19.9N 120.0E	19.9N 120.1E	0°	10km	21.7N 117.0E	24.2N 120.4E	左45°	450km
	24日 2時 20.7N 118.1E	21.4N 119.8E	左30°	190km	22.5N 115.2E	26.0N 119.0E	左45°	570km
	8時 21.3N 117.7E	22.3N 120.3E	左40°	270km	23.2N 115.0E	27.0N 118.0E	左35°	520km
	14時 21.7N 117.0E	24.2N 120.4E	左65°	420km	23.6N 114.3E			
平均			22%右 7.5°	km 147.6			37%右 10°	公里 325.6
			22%± 00				63%左 45°	
			56%左 45°					

表 6. 類比法與實際位置比較表
Table 6. Comparison between Typhoon Thelma's forecasted positions based on HURNRA and actual positions.

使用時間	12 小時				24 小時				36 小時				48 小時				60 小時				72 小時			
	預測位置	實際位置	方向(度)	向量誤差(公里)	預測位置	實際位置	方向(度)	向量誤差(公里)	預測位置	實際位置	方向(度)	向量誤差(公里)	預測位置	實際位置	方向(度)	向量誤差(公里)	預測位置	實際位置	方向(度)	向量誤差(公里)	預測位置	實際位置	方向(度)	向量誤差(公里)
7月22日 8時	17.0N 26.2E	16.7N 126.0E	偏右 5° 45'	45	18.0N 125.3E	17.5N 124.0E	偏右 20° 150'	150	19.0N 124.2E	18.3N 123.2E	偏右 20° 130'	130	20.1N 123.2E	19.5N 120.8E	偏右 40° 270'	270	21.3N 122.3E	20.5N 119.6E	偏右 20° 290'	290	21.5N 120.9E	22.3N 120.3E	偏左 90° 100'	
	17.3N 126.4E	17.1N 124.5E	右 40° 85'	85	18.4N 125.6E	18.3N 123.2E	右 35° 190'	190	19.3N 124.5E	18.7N 122.2E	右 30° 180'	180	20.4N 123.6E	19.9N 120.1E	右 50° 300'	300	21.6N 123.0E	21.4N 119.8E	右 60° 380'	380	22.4N 122.4E	24.2N 120.4E	左 20° 290'	
	17.5N 124.2E	17.5N 124.0E	右 5° 22'	22	18.3N 122.7E	18.7N 122.2E	± 0° 77'	77	19.3N 121.3E	19.5N 120.8E	+ 5° 70'	70	20.4N 120.2E	20.5N 119.6E	± 0° 75'	75	21.6N 119.3E	22.3N 120.3E	- 60° 125'	125	22.1N 118.3E	25.5N 119.7E	- 40° 410'	
	17.8N 122.3E	18.3N 123.2E	左 25° 120'	120	18.6N 119.9E	19.1N 121.3E	左 5° 150'	150	19.6N 117.9E	19.9N 120.0E	左 10° 240'	240	20.7N 116.2E	21.4N 119.8E	左 55° 395'	395	21.3N 114.7E	24.2N 120.4E	左 50° 690'	690	21.6N 114.3E	26.0N 119.0E	左 35° 700'	
	18.4N 122.9E	18.7N 122.2E	右 5° 85'	85	19.4N 121.6E	19.5N 120.8E	右 5° 90'	90	20.6N 120.3E	20.5N 119.6E	右 10° 80'	80	21.7N 119.1E	22.3N 120.3E	右 50° 150'	150	22.1N 118.3E	25.5 119.7E	右 85° 400'	400	23.7N 119.1E	27.0N 118.0E	右 90° 390'	
	19.7N 121.8E	19.1N 121.3E	右 18° 80'	80	21.0N 120.3E	19.9N 120.1E	右 18° 125'	125	22.1N 118.9E	22.3N 120.3E	左 40° 150'	150	22.6N 118.0E	24.2N 120.4E	左 40° 310'	310	23.4N 117.6E	26.0N 119.0E	左 15° 340'	340	24.2N 118.4E			
	19.9N 119.4E	19.9N 120.1E	左 10° 80'	80	20.8N 117.7E	21.4N 119.8E	左 30° 230'	230	21.5N 116.3E	24.2N 120.4E	左 90° 510'	510	22.4N 115.1E	26.0N 119.0E	左 40° 570'	570	22.8N 115.0E				23.3N 116.5E			
	20.4N 119.7E	20.5N 119.6E	± 0° 30'	30	21.6N 118.6E	22.3N 120.3E	左 42° 190'	190	22.4N 117.7E	25.5N 119.7E	左 40° 390'	390	23.5N 116.1E	27.0N 118.0E	左 45° 410'	410	25.6N 115.9E				28.1N 114.8E			
	20.9N 118.6E	21.4N 119.8E	左 45° 130'	130	21.9N 117.0E	24.2N 120.4E	左 55° 440'	440	22.5N 115.5E	26.0N 119.0E	左 60° 530'	530	23.2N 114.9E				23.0N 115.7E			23.2N 116.2E				

表 7. 施洛瑪颱風期間本局所屬各測站颱風紀錄摘要
Table 7. The Meteorological Summaries of C. W. B. stations during Typhoon Thelma's Passage.

測站	最低氣壓		瞬間最大風 (m/s)				最大風速		強風 (10 m/s)			最大降水量 (mm)			降水總量			
	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	小時雨量	日時分至日時分	小時雨量	日時分至日時分	數量	日時分至日時分
彭佳嶼	997.6	25. 14. 00	SE	32.0	25. 13. 30	997.6	27.4	87	SSE	24.7	25. 20. 40	25. 23. 00~26. 17. 00	5.4	25. 05. 50~25. 06. 50	2.5	25. 06. 30~25. 06. 40	53.2	24. 17. 02~25. 24. 00
基隆	995.2	25. 16. 50	SSE	29.6	25. 16. 01	995.7	27.8	75	SSE	14.0	25. 16. 10	25. 11. 10~25. 22. 00	1.5	24. 05. 50~24. 06. 50	0.8	25. 12. 50~25. 13. 00	5.4	24. 01. 50~25. 01. 50
新竹	999.8	25. 11. 55							S	23.2	25. 12. 00	24. 08. 00~25. 15. 00	1.3	24. 20. 50~24. 21. 50	0.3	24. 21. 00~24. 21. 10	7.7	24. 20. 00~25. 20. 15
淡水	991.6	25. 14. 00	SE	26.6	25. 12. 03	998.9	31.4	59	SE	19.7	25. 12. 30	24. 11. 40~25. 17. 10	1.6	24. 21. 10~24. 22. 10	0.7	24. 21. 55~24. 22. 05	5.8	24. 19. 55~25. 20. 05
竹子湖	994.2	25. 15. 13							SE	11.0	25. 11. 40		1.8	24. 21. 00~24. 22. 00	0.6	24. 21. 10~24. 21. 20	9.1	24. 19. 40~25. 20. 00
臺北	993.6	25. 14. 59	ESE	26.9	25. 14. 57	993.7	29.8	68	ESE	12.3	25. 15. 10	25. 14. 50~25. 15. 30	0.7	25. 16. 50~25. 19. 50	0.4	25. 16. 25~25. 16. 35	1.5	24. 18. 55~25. 20. 05
新竹	988.2	25. 13. 00	SSW	12.1	25. 15. 30	992.4	28.2	79	SSW	7.0	25. 16. 00		2.2	25. 18. 00~25. 19. 00	0.8	25. 18. 10~25. 18. 20	4.0	24. 20. 40~25. 22. 30
板橋	989.3	25. 11. 45	S	16.6	25. 18. 00	998.0	24.1	96	S	12.7	25. 17. 50	25. 14. 40~25. 18. 30	15.5	25. 17. 00~25. 18. 00	8.0	25. 13. 50~25. 14. 00	58.6	25. 11. 40~25. 22. 20
臺中	988.5	25. 12. 00	S	12.1	25. 18. 03	998.5	23.9	91	SSW	5.5	25. 18. 50		15.0	25. 16. 20~25. 17. 20	6.5	25. 17. 00~25. 27. 10	37.6	24. 09. 02~25. 21. 50
日月潭	881.8	25. 12. 00	SSE	22.5	25. 12. 20	881.8	26.4	50	SW	13.2	25. 13. 40	25. 12. 10~25. 14. 20	16.0	25. 14. 10~25. 15. 10	6.3	25. 13. 50~25. 14. 00	70.9	24. 06. 10~25. 19. 20
澎湖	990.8	25. 10. 50	NNE	20.0	25. 10. 35	990.9	27.6	90	NNW	14.5	25. 10. 40	25. 09. 30~25. 18. 00	17.7	25. 16. 00~25. 17. 20	5.4	25. 16. 15~25. 16. 25	34.8	25. 10. 00~25. 18. 30
嘉義	986.8	25. 11. 30	W	26.5	25. 12. 30	1001.8	25.9	97	W	13.0	25. 12. 30	25. 10. 50~25. 13. 00	33.5	25. 12. 00~25. 13. 00	8.6	25. 12. 20~25. 12. 30	106.2	24. 10. 00~25. 19. 20
阿里山		25. 11. 40	SSE	14.0	25. 12. 27		13.3	98	SSE	13.2	25. 12. 50	25. 11. 10~25. 15. 00	55.1	25. 12. 18~25. 13. 18	25.0	25. 12. 18~25. 12. 28	205.8	24. 05. 40~25. 22. 00
玉山	628.4	25. 11. 07							SSE	(日制) 16級	25. 12. 30	24. 16. 00~25. 13. 40	16.6	25. 16. 40~25. 15. 40	3.3	25. 15. 10~25. 15. 20	135.0	24. 10. 00~25. 22. 00
臺南	983.6	25. 10. 20	NW	32.8	25. 10. 37	985.1	25.7	97	WNW	16.0	25. 11. 00	25. 09. 20~25. 11. 40	47.1	26. 22. 00~26. 23. 00	16.5	25. 02. 41~26. 22. 51	307.2	24. 08. 10~25. 06. 20
高雄	954.8	25. 9. 24	W	53.0	25. 09. 40	965.9	23.5	97	W	29.0	25. 09. 40	25. 08. 30~25. 14. 00	50.5	25. 21. 20~25. 22. 20	14.8	25. 21. 50~25. 22. 00	608.4	24. 02. 02~25. 16. 25
臺東	998.1	25. 14. 00	S	25.0	25. 11. 25	997.6	25.1	96	S	13.7	25. 11. 30	25. 07. 00~25. 12. 40	35.5	24. 11. 00~24. 12. 00	14.0	24. 11. 10~24. 11. 20	308.4	24. 00. 00~25. 24. 00
恒春	991.0	25. 05. 30	SSE	30.0	25. 07. 16	991.5	24.7	99	S	17.0	25. 08. 20	25. 03. 00~25. 11. 00	59.7	25. 07. 50~25. 08. 50	14.4	25. 08. 00~25. 08. 10	384.8	23. 13. 51~25. 22. 10
蘭嶼	999.1	25. 05. 15	WSW	35.2	25. 11. 58	999.4	24.7	98	SW	30.3	25. 09. 00	24. 23. 30~繼續中	38.5	25. 17. 00~25. 18. 00	12.5	25. 17. 40~25. 17. 50	127.9	24. 11. 50~25. 19. 50
大武	996.3	25. 10. 00	S	21.2	25. 08. 35	997.0	25.2	97	S	16.7	25. 08. 40	25. 03. 10~25. 10. 22	42.1	24. 13. 00~24. 14. 00	14.0	24. 13. 40~24. 13. 50	360.7	24. 01. 20~25. 22. 00
東吉	990.8	25. 10. 05	N	27.1	25. 10. 01	991.0	26.6	91	N	19.2	25. 10. 10	25. 05. 05~繼續中	24.5	25. 14. 00~25. 15. 00	8.0	25. 14. 45~25. 14. 55	60.2	24. 15. 40~25. 18. 20
新港	997.1	25. 13. 45	S	30.2	25. 11. 40	999.7	25.0	98	S	22.0	25. 11. 30	25. 08. 30~25. 11. 20	62.9	25. 23. 00~25. 24. 00	17.2	25. 23. 30~25. 23. 00	682.8	23. 20. 40~25. 10. 20
花蓮	997.8	25. 16. 00	S	20.5	25. 15. 10	998.2	27.4	85	S	11.8	25. 15. 10	25. 13. 00~25. 16. 00	20.5	25. 11. 00~25. 12. 00	8.0	25. 11. 10~25. 11. 20	197.2	24. 01. 50~25. 20. 00
宜蘭	996.8	25. 14. 07	SR	17.0	25. 13. 50	996.0	26.6	88	SE	11.7	25. 12. 50		8.3	25. 03. 10~25. 04. 10	1.8	25. 12. 10~25. 12. 20	19.8	24. 09. 10~25. 22. 27

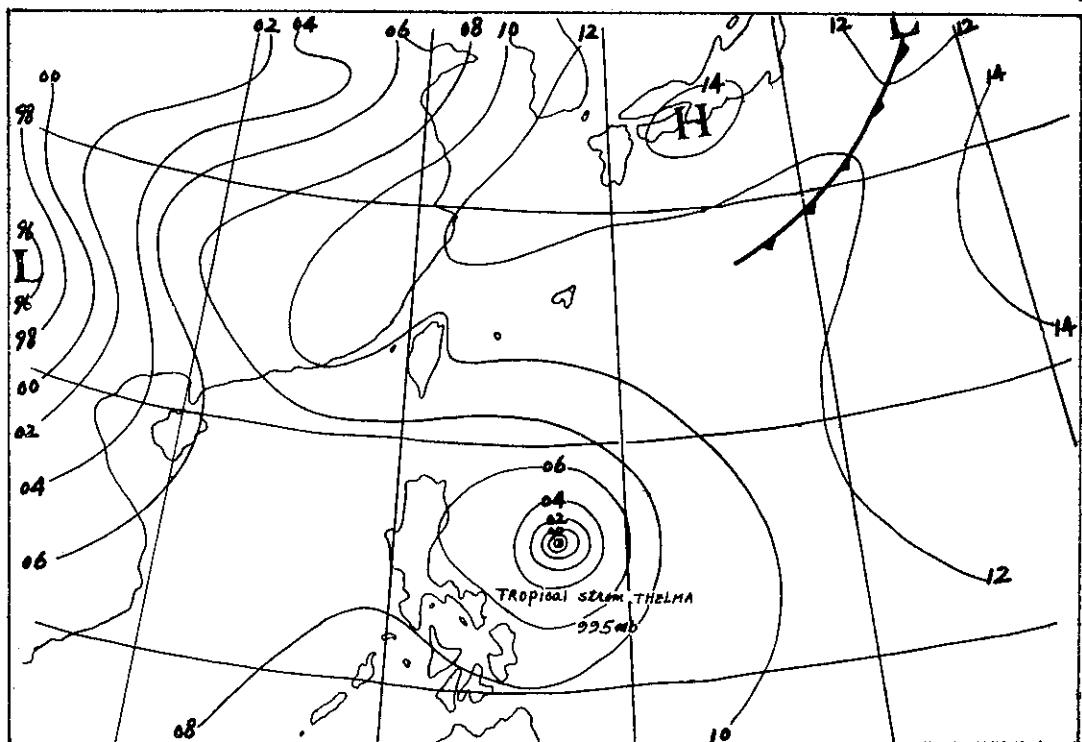


圖 3a 66年 7月22日20時地面天氣圖

Fig 3a Sea level synopitic chart 221200Z Jul. 1977

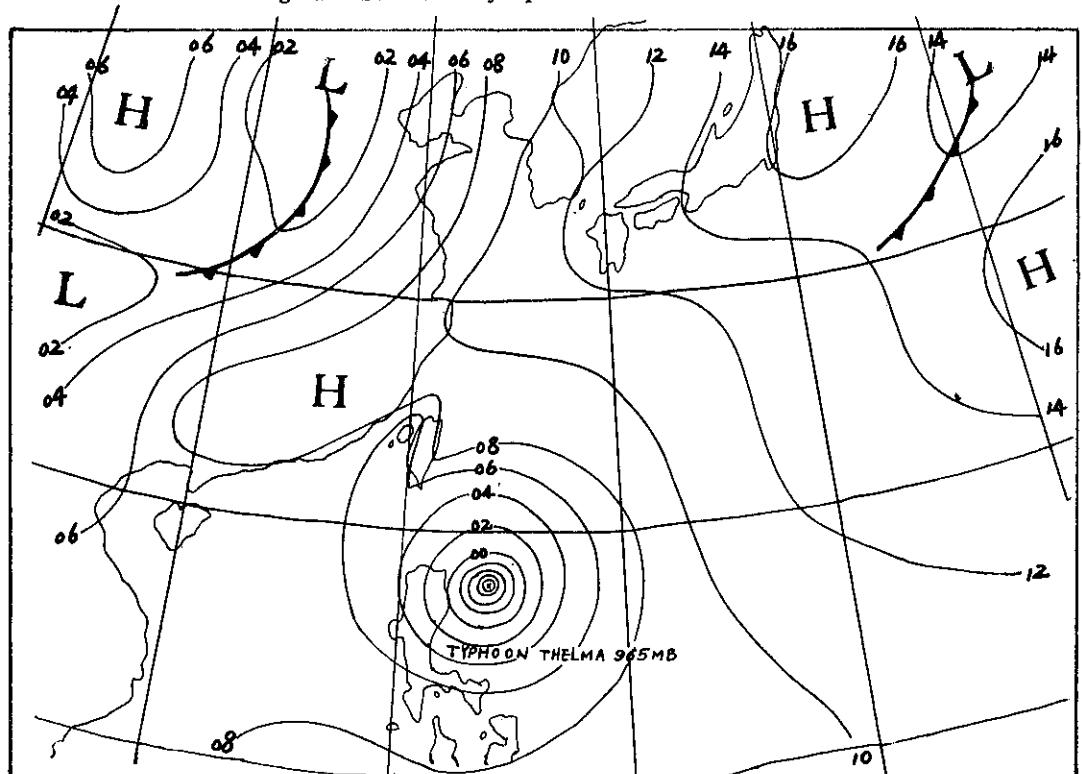


圖3b 66年 7月23日08時地面圖

Fig 3b Sea level synopitic chart 230000Z Jul. 1977

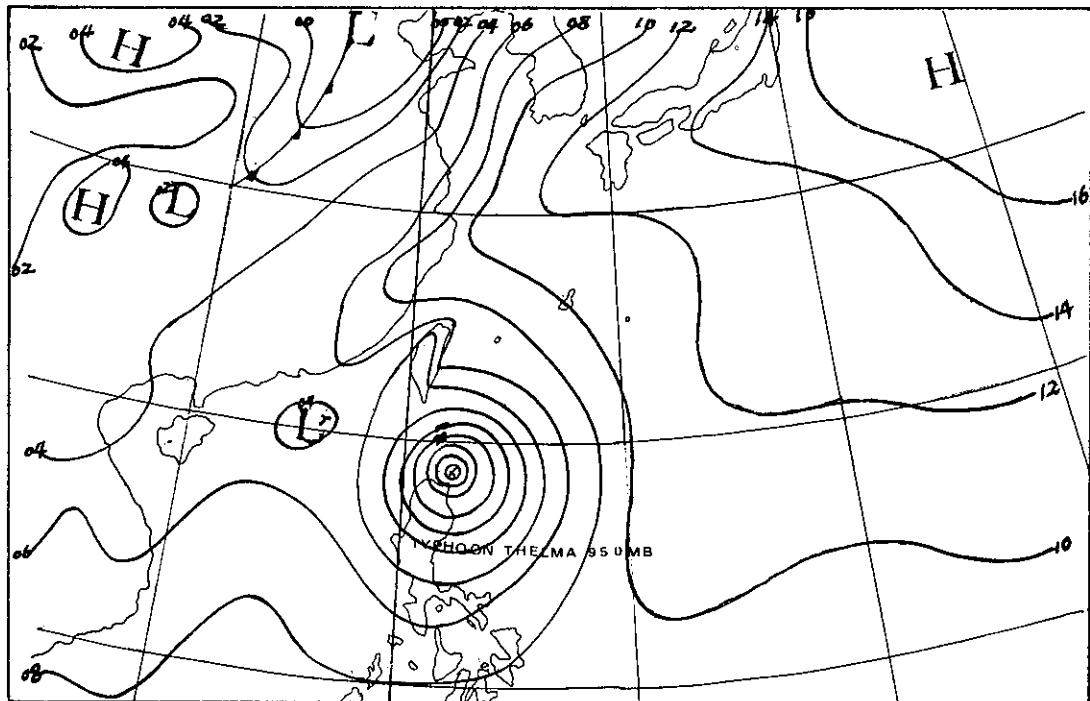


圖3c 66年7月23日20時地面圖

Fig. 3c Sea level synopitic chart 231200Z Jul. 1977

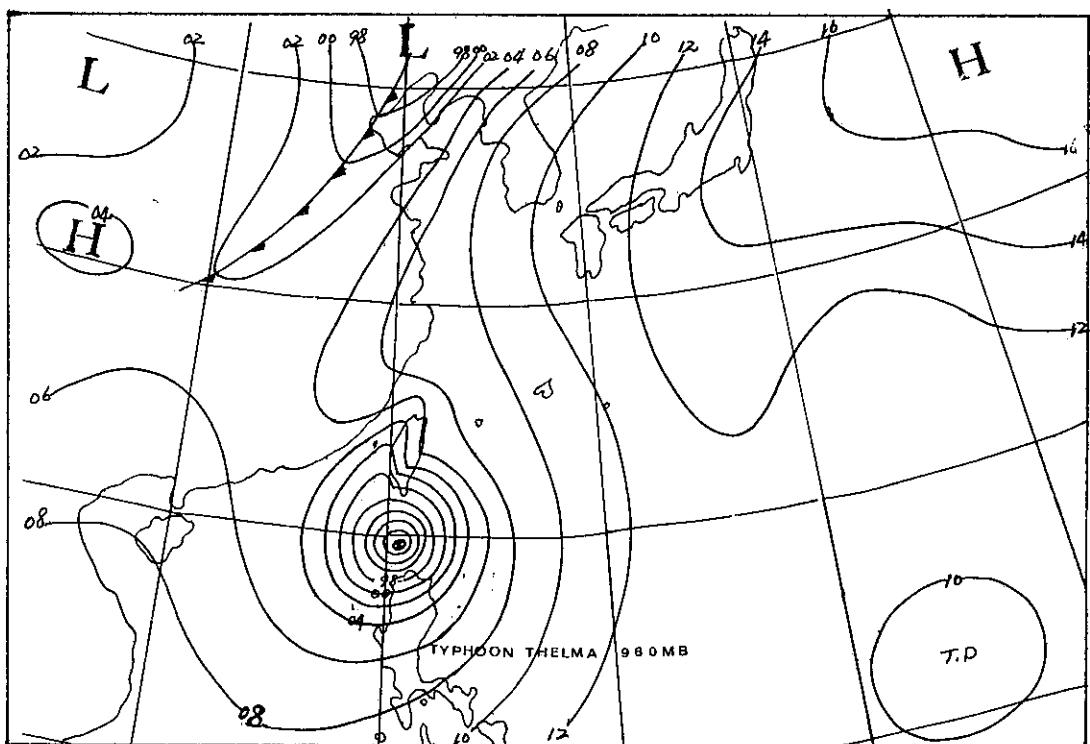
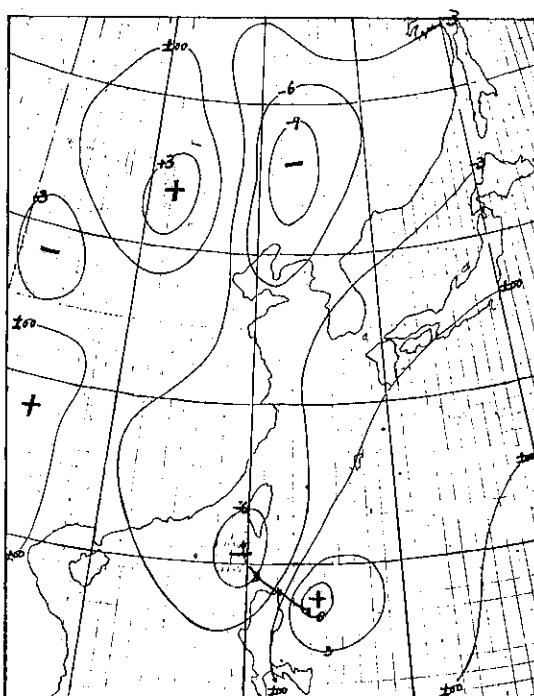
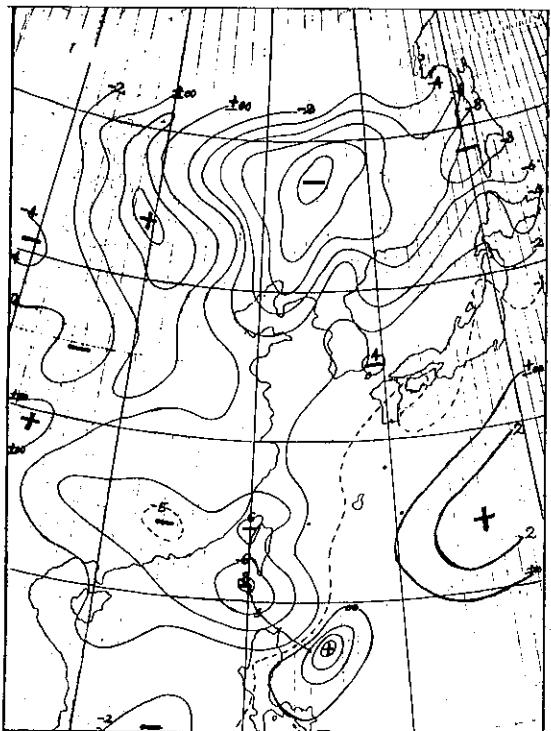
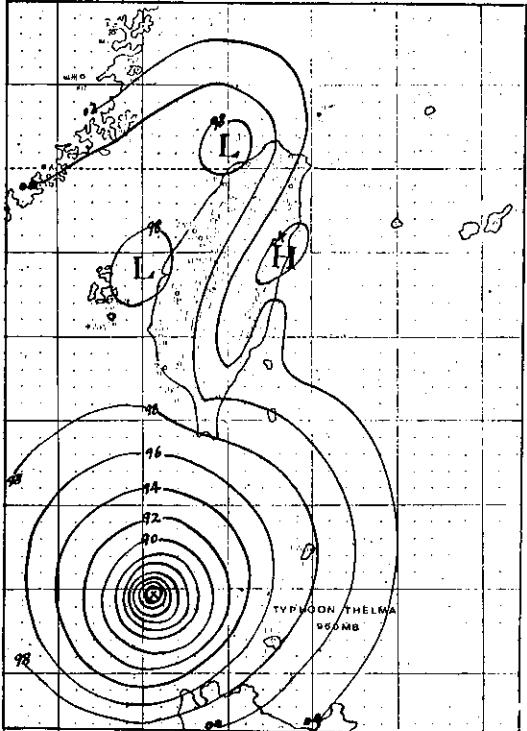


圖 3d 66年7月24日08時地面圖

Fig. 3d Sea level synopitic chart 240000Z Jul. 1977



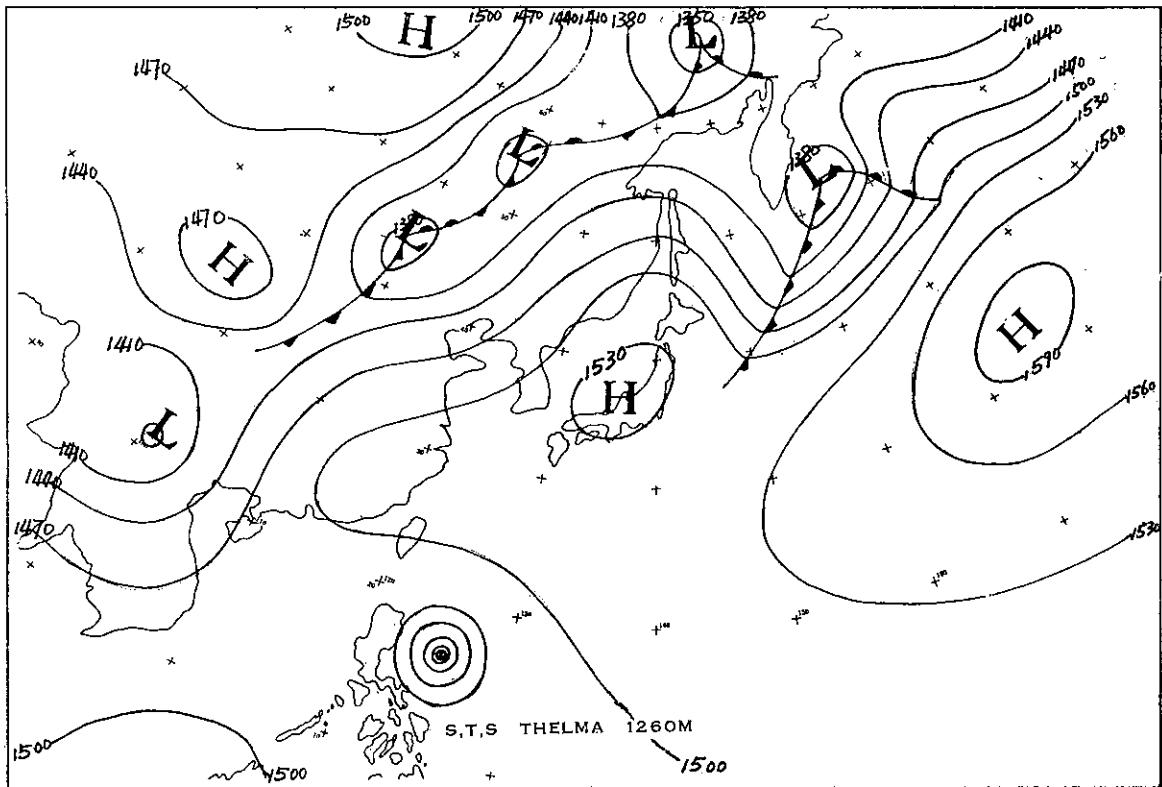


圖4a 66年7月22日20時 850mb面圖
Fig. 4a 850mb Chart 221200Z Jul. 1977

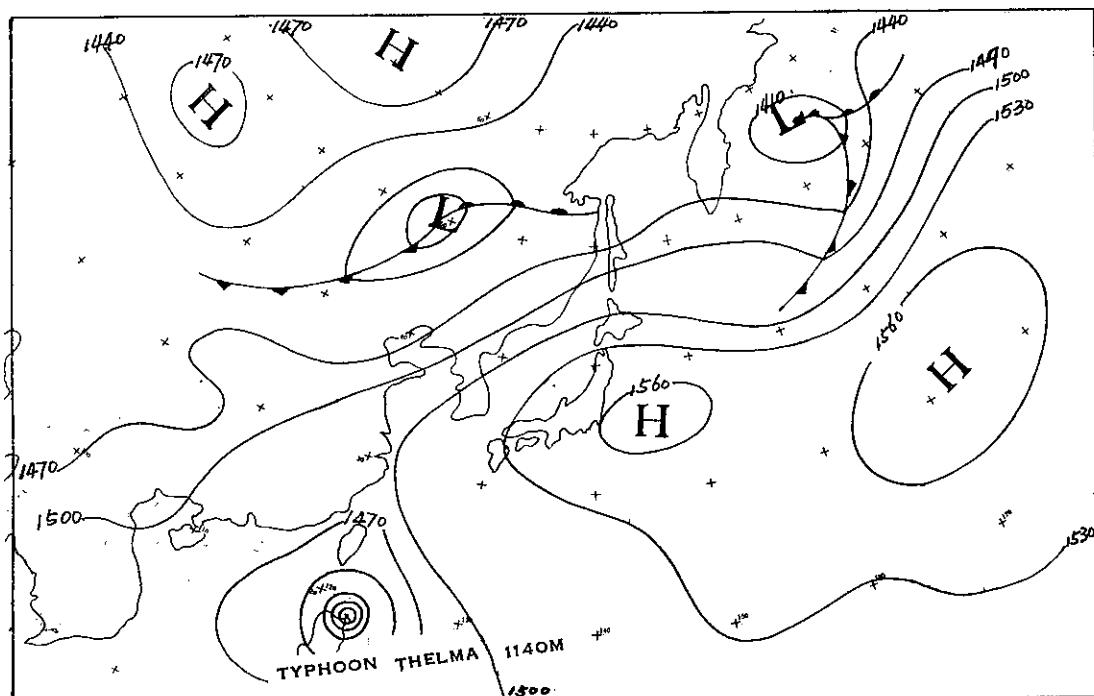


圖4b 66年7月23日20時 850mb面圖
Fig. 4b 850mb chart 231200Z Jul. 1977

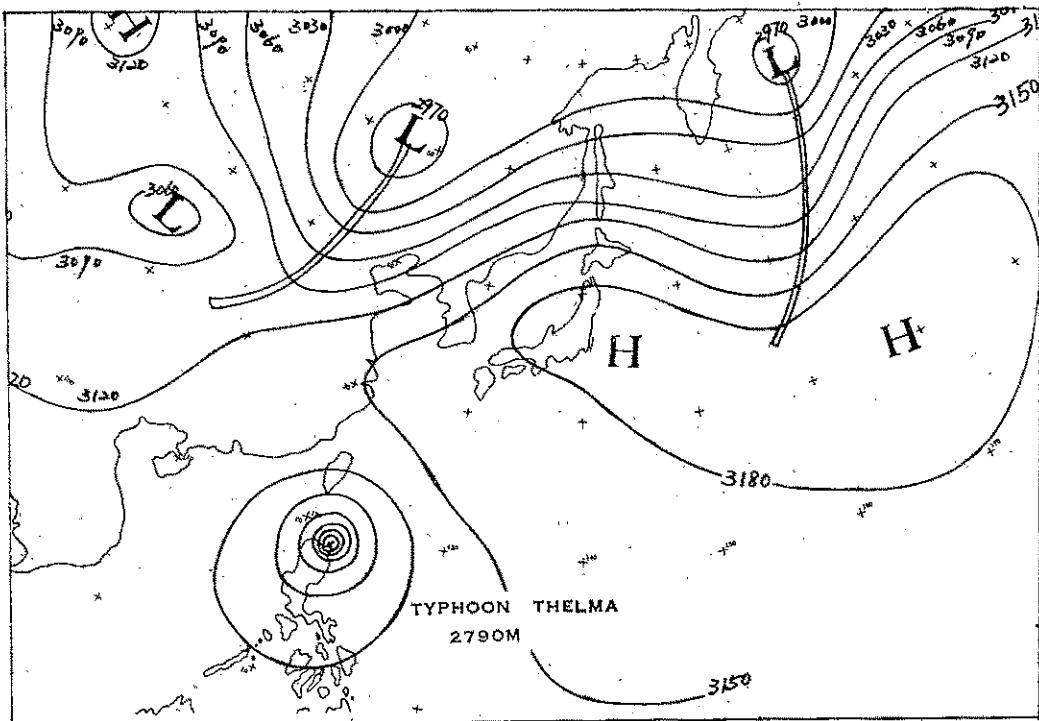


圖4e 66年7月23日20時 700mb面圖

Fig 4e 700mb chart Jul. 1977

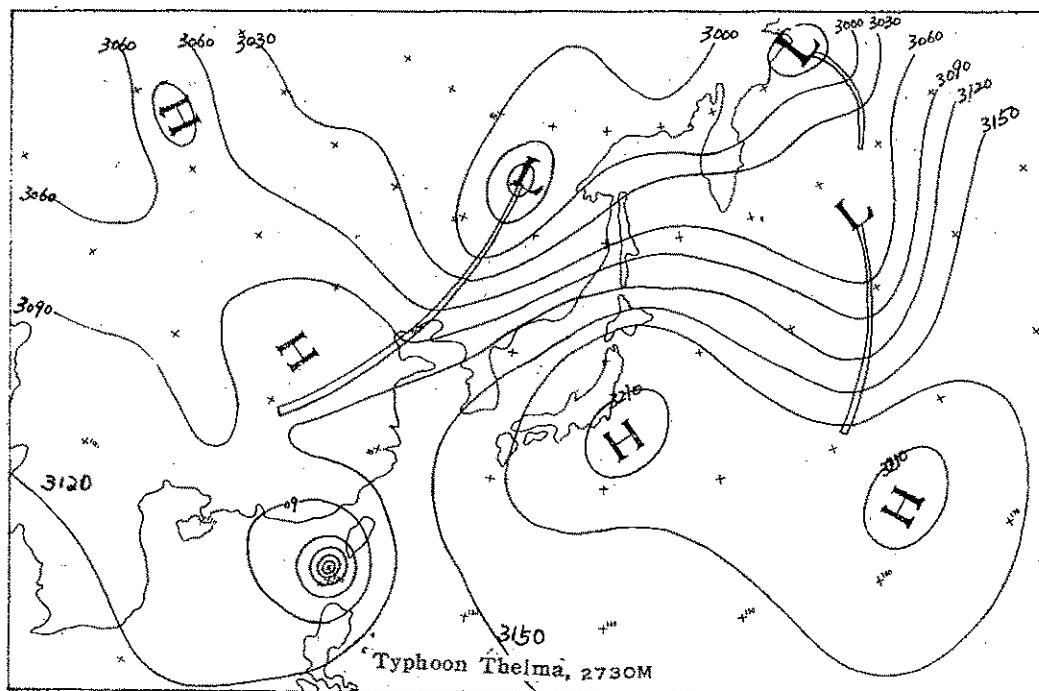


圖4f 66年7月24日20時 700mb高空圖

Fig 4f 700mb chart 241200Z Jul. 1977

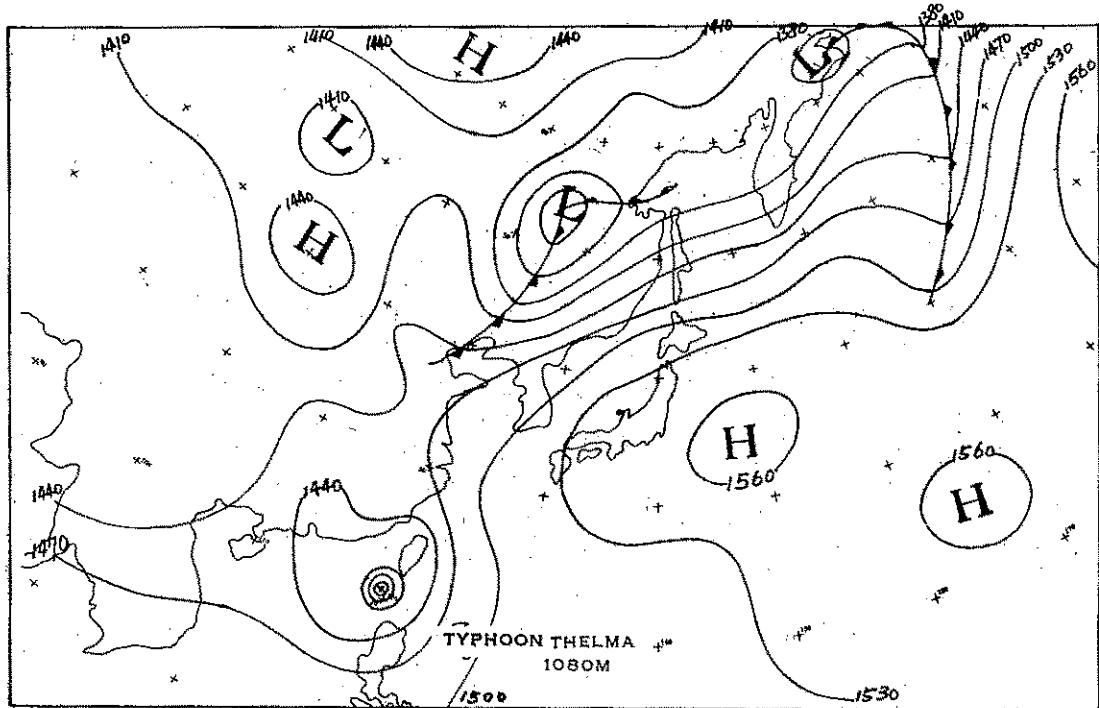


圖4c 66年7月24日20時 850mb面圖
Fig 4c 850mb chart 241200Z Jul, 1977

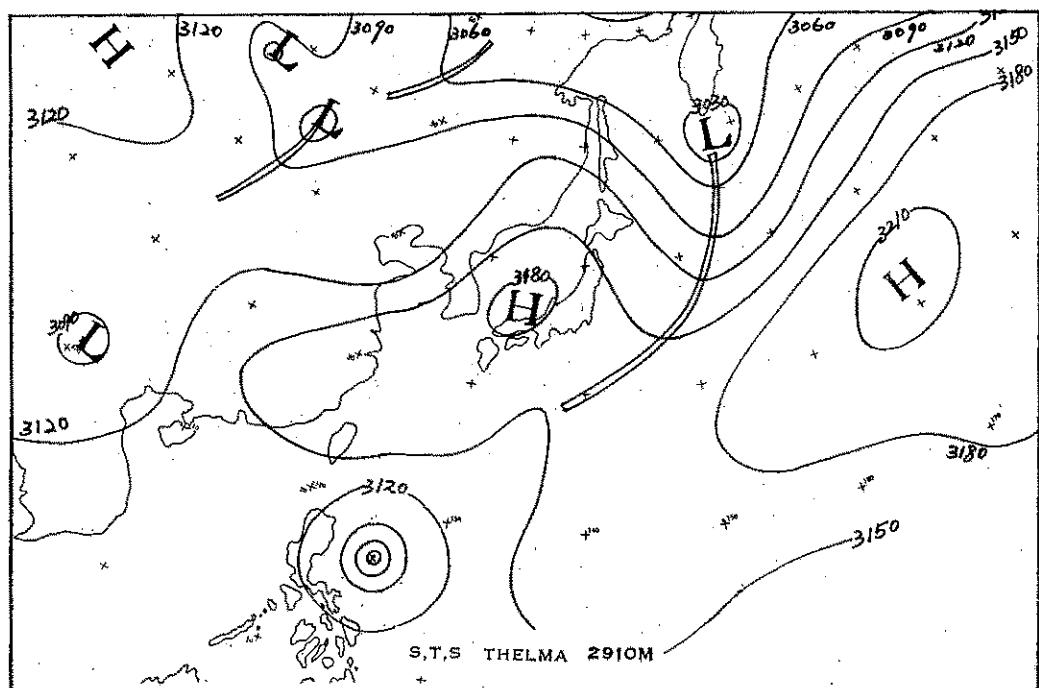
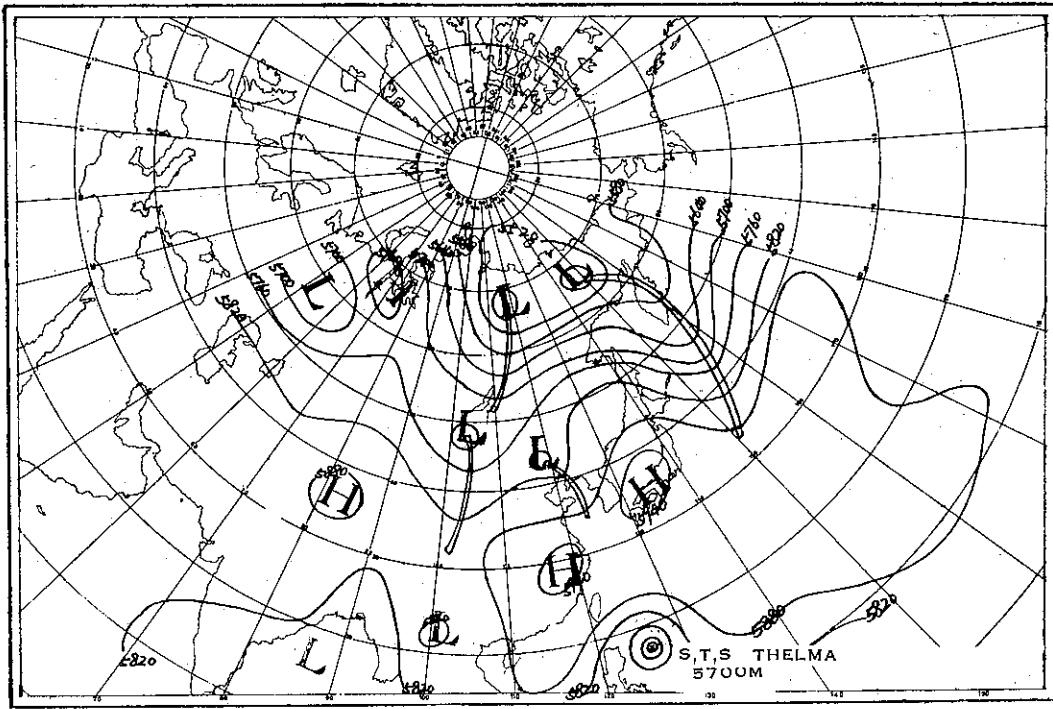


圖4d 66年7月22日20時 700mb面圖
Fig 4d 700mb chart 221200Z Jul, 1977



63, 1, 5,000

圖4g 66年7月22日20時 500mb 高空圖

Fig 4g 500mb chart 221200Z Jul. 1977

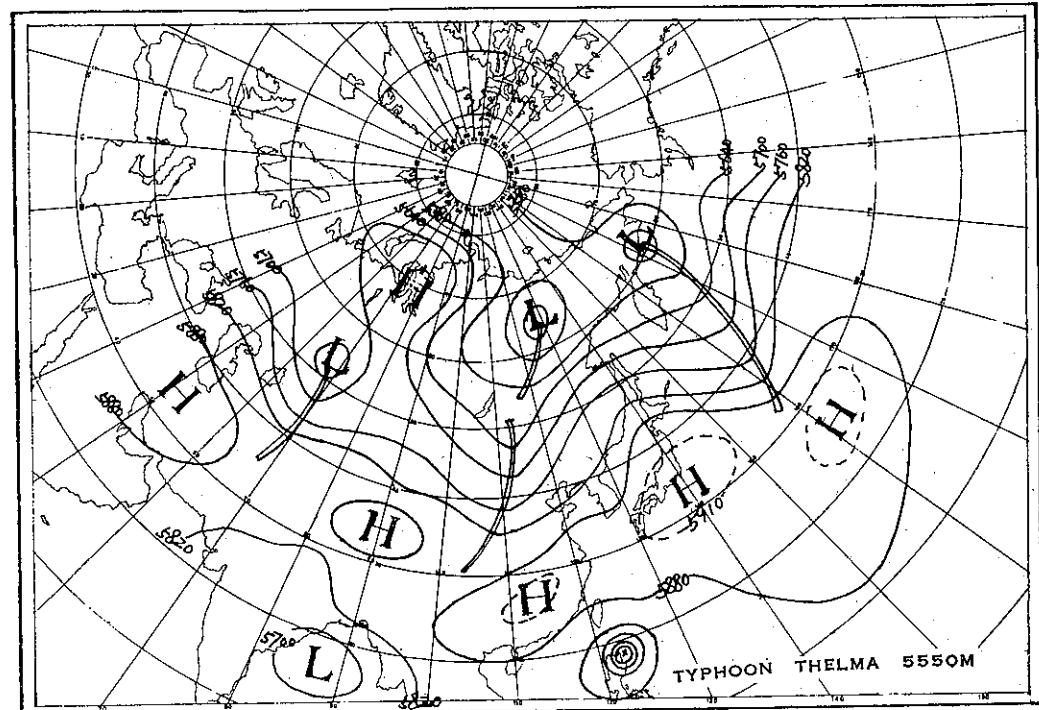


圖4h 66年7月23日20時 500mb 高空圖

Fig 4h 500mb chart 231200Z Jul. 1977

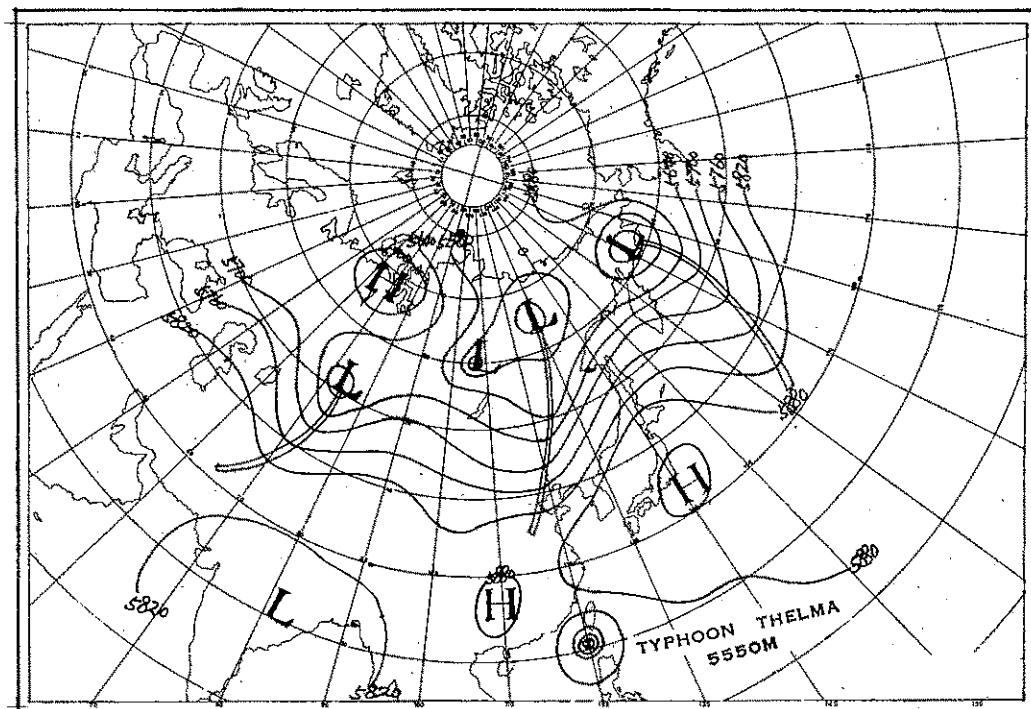


圖4i 66年7月24日20時 500mb 高空圖
Fig 4i 500mb chart 241200Z Jul. 1977

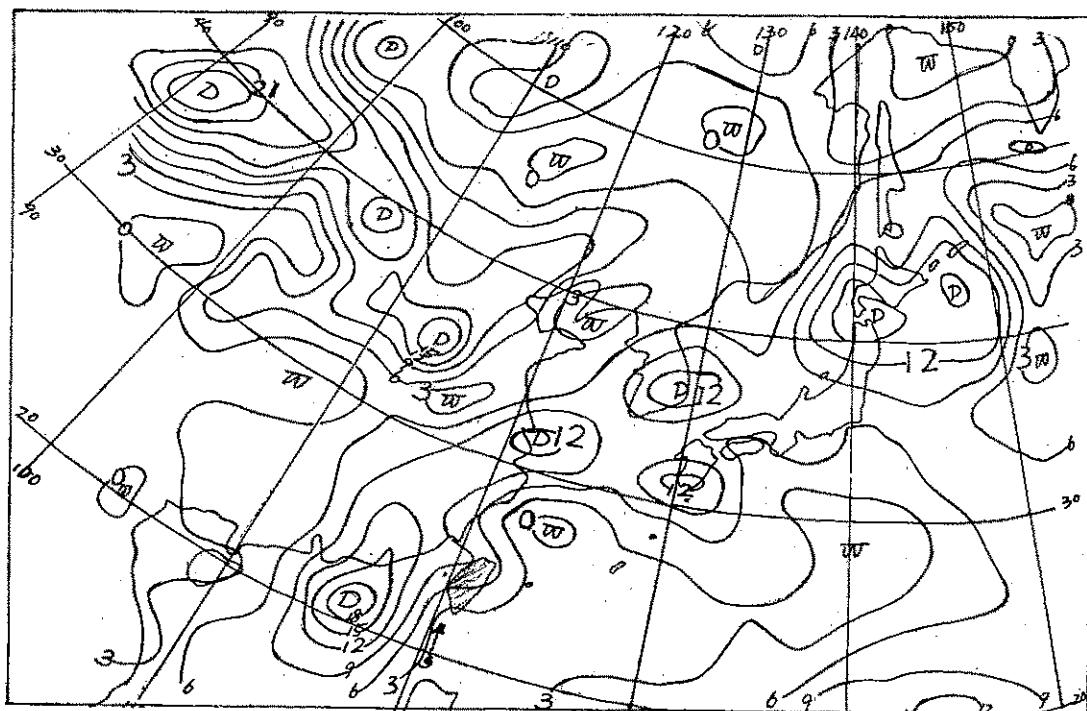


圖 5a 66年7月24日08時 700mb 溫度露點差
Fig. 5a 700mb dew point depression (3 Deg C) 240000Z Jul. 1977

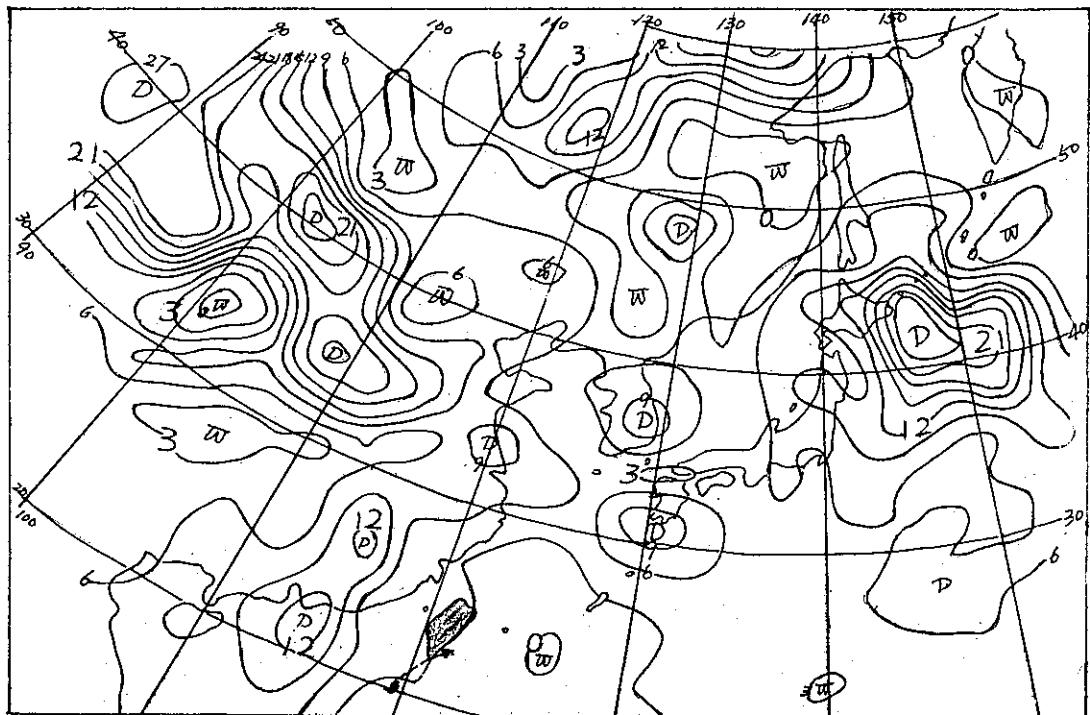


圖 5b 66年7月24日20時 700mb 溫度露點差

Fig. 5b 700mb dew point depression (3 Deg. C) 241200Z Jul. 1977

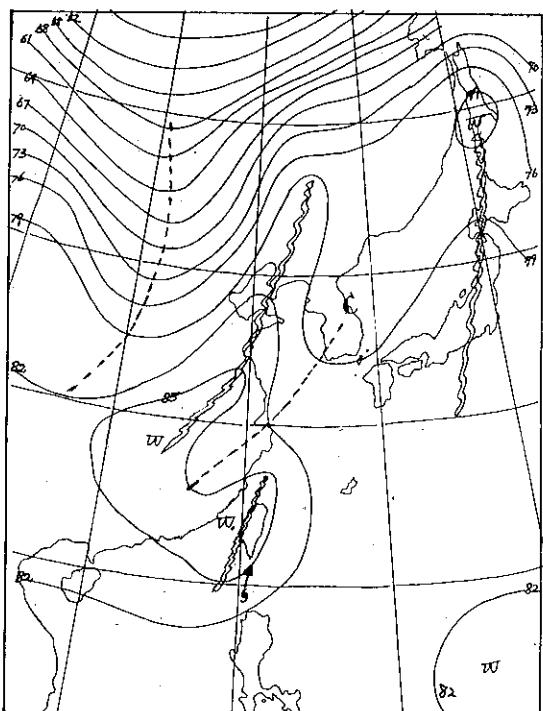


圖 6a 66年7月24日00時 500~1000 厚度圖

Fig. 6a 500~1000mb thickness chart 240000Z Jul. 1977

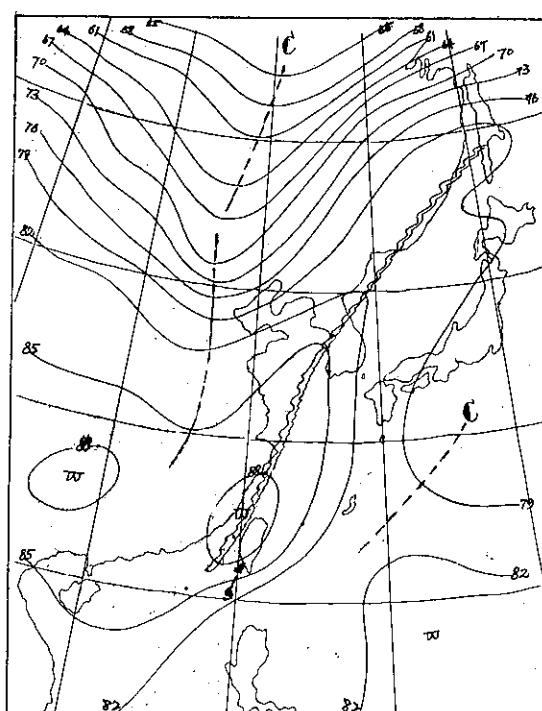


圖 6b 66年7月24日20時 500~1000 厚度圖

Fig. 6b 500~1000mb thickness chart 241200Z Jul. 1977

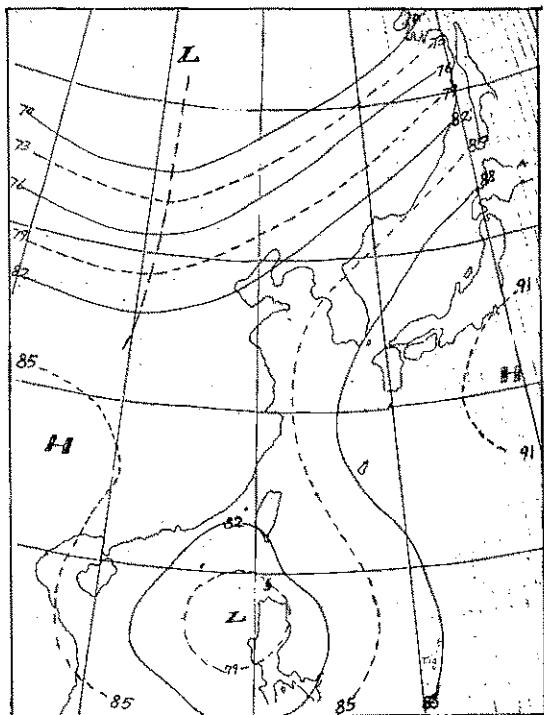


圖 7a 66年7月24日 8時 500mb 二次空間平均圖
Fig. 7a 500mb double space mean chart 24000Z Jul. 1977

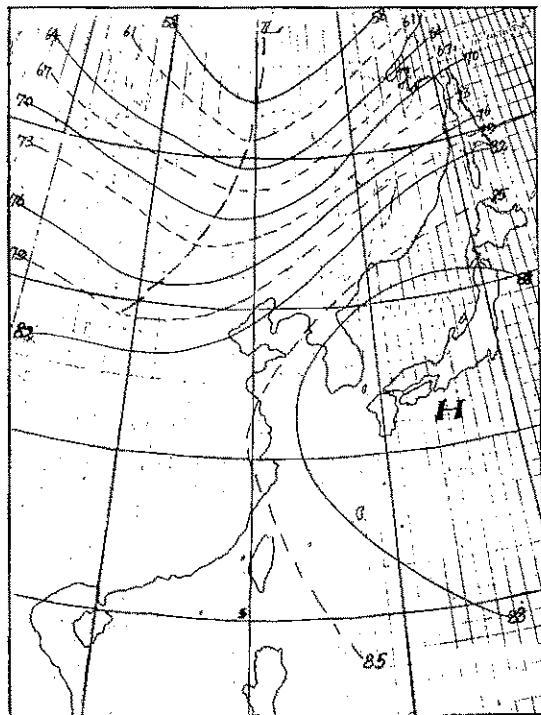


圖 7b 66年7月24日 20時 500mb 二次空間平均圖
Fig. 7b 500mb double space mean chart 241200Z Jul. 1977

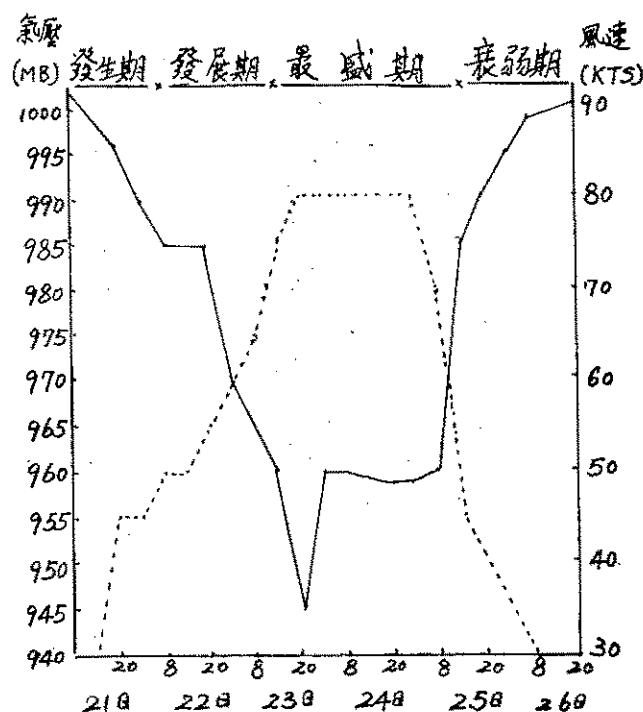


圖 8 賽洛瑪颱風中心氣壓及最大風速演變圖

Fig. 8. The Variation of the Central pressure and maximum wind velocity of the Typhoon Thelma, (Solid line-pressure, broken line-wind velocity)

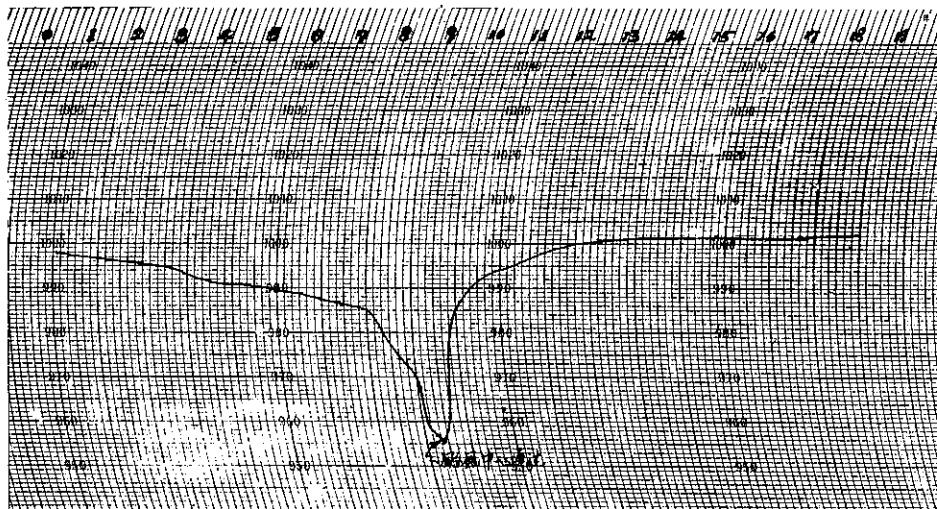


圖 9 高雄測站66年7月25日氣壓表紀錄圖於9時24分測得最低氣壓 954.8mb

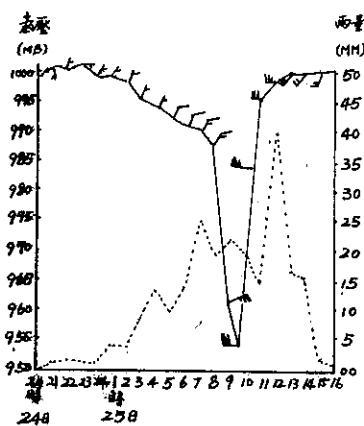


圖 10a 高雄測候站賽洛瑪侵臺期間之風與氣壓及雨量變化曲線圖

Fig 10a. The Sequence of pressure, wind and hourly rainfall which were observed at Kaohsiung during Typhoon Thelma's passage.

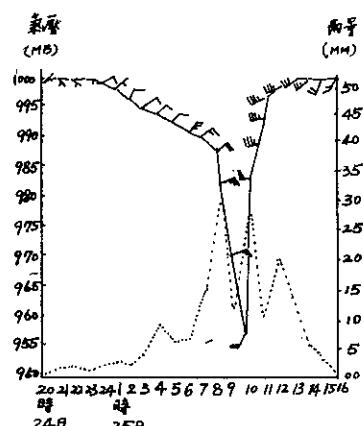


圖 10b 小港機場於賽洛瑪侵臺期間之風與氣壓及雨量變化曲線圖

Fig 10b. The sequence of pressure, wind and hourly rainfall which were observed at Kaohsiung Sao-Kong Airport during Typhoon Thelma's passage.

圖 11 66年7月25日09時賽洛瑪登陸直前地面天氣圖

Fig. 11 Surface chart at 250100Z Jul. 1977

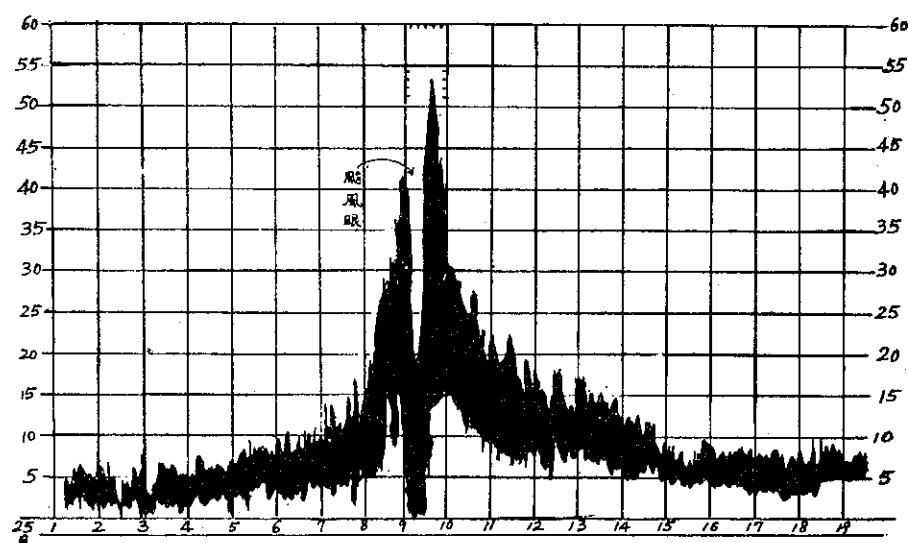
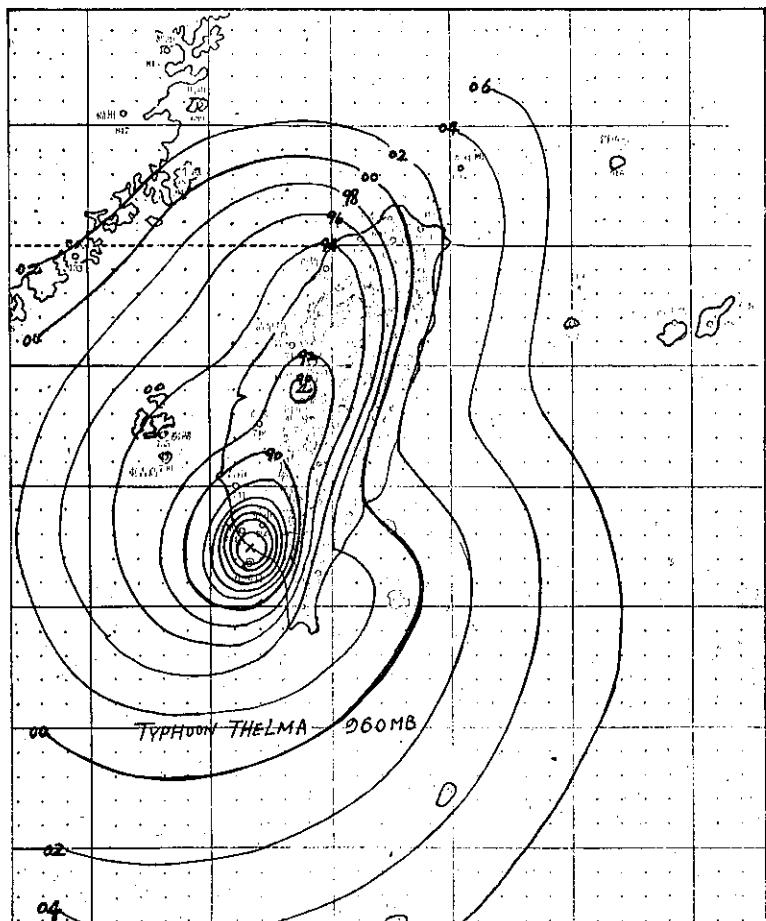
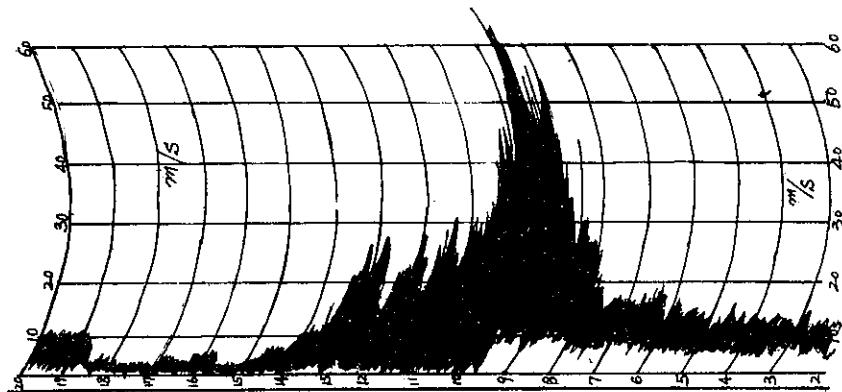


圖 12a 賽洛瑪颱風侵襲期間高雄測站所測風速自記紀錄圖（於25日9時40分測得最大 53.0m/s）

Fig. 12a The anemograph record of Kaohsiung Weather Station on 25th Jul. 1977



高雄雷達站風速紀錄

圖12b 賽洛瑪期間高雄雷達站所測風速自記紀錄紙56年7月25日9時40分跳出 60m/s 線

Fig. 12b The anemograph record of Kaohsiung Weather Radar Station on 25th Jul. 1977

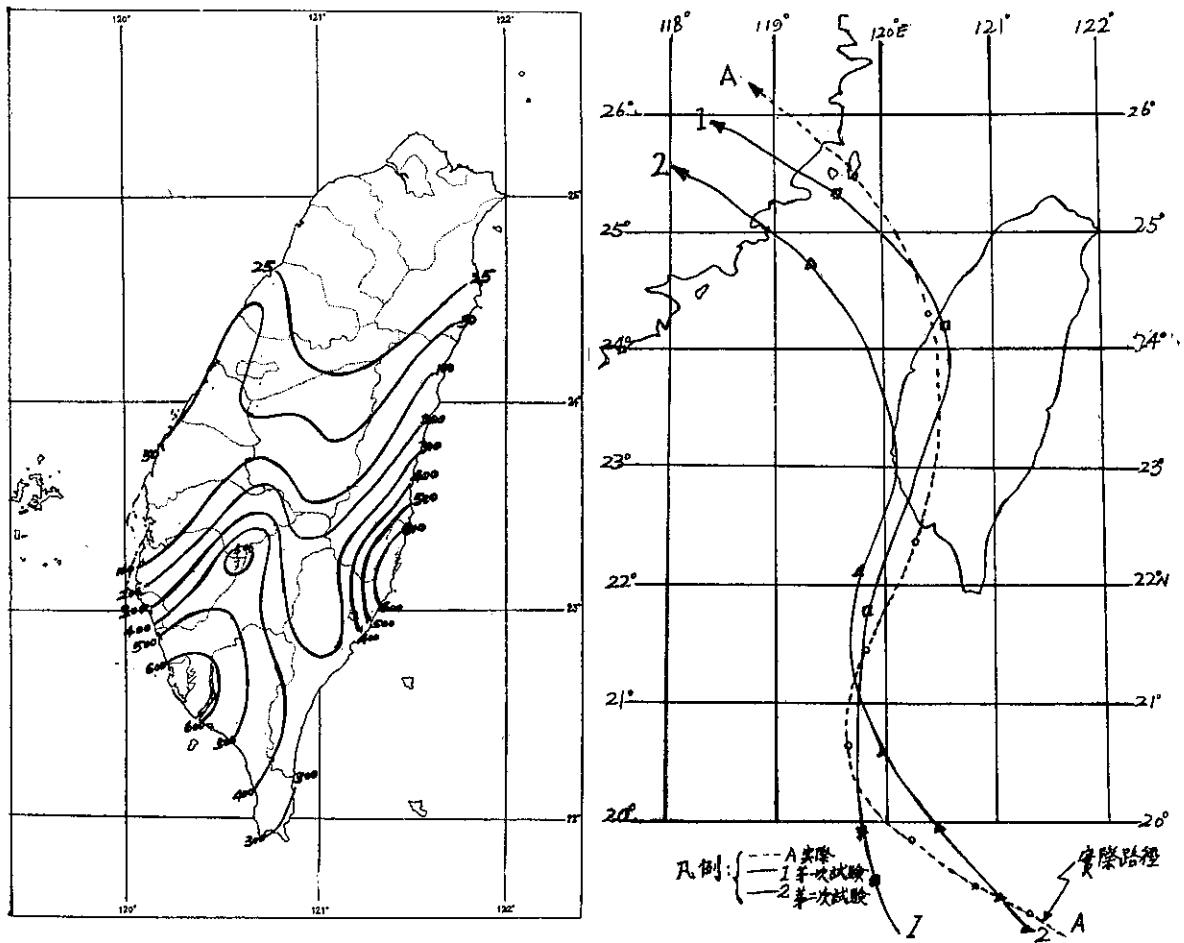


圖 13. 賽洛瑪颱風侵臺期間之雨量圖（單位公厘）

Fig. 13 The rainfall distribution of Taiwan during Typhoon Thelma's passage.

圖 14 中央研究院於賽洛瑪過後以水槽試驗結果與實際路線比較圖

(二) 風

賽洛瑪雖屬於中度颱風，登陸前 24 日 17 時 42 分之美軍經飛機觀測資料獲知，中心附近最大風速每小時達 80 號（每秒 40 公尺），但自高雄附近登陸後，在高雄測站於 7 月 25 日 9 時 40 分測得平均最大風速為每秒 29.0 公尺，瞬間最大風速達每秒 53.0 公尺，均為西風。位於高雄壽山之高雄氣象雷達站測得，瞬間最大風速達每秒 60 公尺以上（因已超出記錄範圍致無法記錄確數）。高雄小港機場平均最大風速為每秒 25.0 公尺於 25 日 9 時 38 分出現，而瞬間最大風速曾出現兩次，達每小時 123 號（即每秒 61.5 公尺）係於 25 日 9 時及 10 時所測。

屏東機場則於 7 月 25 日 10 時測得平均最大風速達每小時 65 號（每秒 32.5 公尺）瞬間最大風速曾達每小時 100 號以上（已超出讀數以外）風向均為東南風。其餘臺灣本島之風速，如離登陸地點高雄最近的臺南，平均最大風速僅為每秒 16.0 公尺於 25 日 11 時出現，瞬間最大風速每秒僅 32.8 公尺而已，可見愈往北面其風速愈減，平均最大風速均未超過每秒 20 公尺。請參閱表 5，賽洛瑪颱風侵襲期間本局所屬各測站颱風紀錄綱要表及圖 12a，為高雄測站於賽洛瑪侵襲期間之風壓計自記紀錄圖，圖 12b 為高雄雷達站所測之瞬間風速紀錄圖。

表 8 為高雄之平均最大風速及瞬間最大風速與歷史紀錄比較表。照表 6 得知，賽洛瑪期間平均最大風速僅有 29.0 每秒公尺，尚未打破歷年紀錄，但瞬間最大風速為每秒 53.0 公尺，已打破 1962 年 10 月 3 日燕納颱風所創下的每秒 50.3 公尺之紀錄。

表 8. 賽洛瑪侵襲高雄期間平均最大風速及瞬間最大風速與歷史紀錄比較表

高 雄	平均最大風速	瞬間最大風速
賽 洛 瑪	西風 29.0 m/s 南風 38.0 m/s (1947.6.22) (1932~1976)	西風 53.0 m/s 東南風 503 m/s (1962.10.3) (1962~1976)
歷史紀錄		

(三) 降 水

賽洛瑪颱風侵臺期間，臺灣各地之降水情形如圖 13。從 13 圖雨量分布，可看出，降雨量集中區有兩個 600 公厘之中心，一在颱風登陸地點之高屏地區，為颱風直接所帶來的降水最多區，另一中心即落在東部新港地區，此則為颱風在臺灣西南側，而所引起的東南氣流所造成之降水最多區。次多中心在曾文水庫流域一帶，有 500 公厘之降水中心，

此是颱風沿着中央山脈西側北上時，由於西南氣流入侵所帶來的次多降水中心。

賽洛瑪颱風侵臺期間，根據本局所屬各測站所測降水量最多者為新港 682.8 公厘及高雄之 608.4 公厘，愈往北雨量遞減，如新竹以北地區均在 10 公厘以下，可見賽洛瑪之降水範圍較狹小，但颱風過後，西南氣流入侵所引起的雨量相當多，根據曾文水庫管理局所屬測站，如里佳之 25 日~27 日三天總降水量達 732 公厘，馬頭山 730 公厘，曾文 736 公厘。

最大降水量及降水總量請見表 7。

五、災 情

賽洛瑪颱風挾雷霆萬鈞之勢，登陸高雄附近，所帶來的狂風暴雨，席捲了大半南臺灣，釀成近數十年來最嚴重的災害。

臺灣南部地區之交通，電力，電信，工業，農業，水利，房舍及人民之生命財產等均造成極嚴重的損害。受害最嚴重者為高雄縣市及屏東縣市，臺南縣市及臺東縣，嘉義縣次之。中部以北地區則未受到災害。

茲將省政府及有關單位發表之災情報告彙報如下以供參考。

(一) 人員傷亡：

1. 死亡：58 人（高雄市 11 人，高雄縣 15 人，高雄港 13 人，屏東縣 6 人，臺東縣 2 人，花蓮縣 1 人，臺南市 3 人，臺南縣 4 人，嘉義縣 3 人）。

2. 失踪：14 人（高雄港區 6 人，高雄縣 2 人，屏東縣 3 人，臺南縣 1 人，嘉義縣 1 人，雲林縣 1 人）。

3. 重傷：92 人（高雄市 15 人，高雄縣 49 人，高雄港 5 人，屏東縣 16 人，臺南縣 7 人）。

4. 輕傷：214 人，（高雄市 107 人，高雄縣 42 人，高雄港 7，屏東縣 58 人）。

(二) 房屋：

1. 全倒：4,333 間，（高雄市 879 間，高雄港區 43 間，高雄縣 1,521 間，屏東縣 1,841 間，臺東縣 8 間，臺南市 2 間，臺南縣 21 間，嘉義縣 18 間）。

2. 半倒：27,907 間（高雄市 4,078 間，高雄港區 127 間，高雄縣 9,033 間，屏東縣 14,606 間，臺東縣 12 間，臺南市 3 間，臺南縣 33 間，嘉義縣 15 間）。

(三) 交通方面

1. 港埠：

(1) 高雄港：小型船舶沉沒 14 艘，半沉 4 艘，撞損 10 艘，並有大輪船 48 艘纜繩被吹斷漂流港面，港區無線電台鐵架被吹倒，貨櫃吊架被吹毀 8 個（每個約值 4 仟萬元），港區圍牆被毀 50 公尺。

(2)、臺中港：海關工作船 1 艘沉沒。

2. 鐵路：

(1) 西線鐵路：臺南以南電訊中斷，屏東線九曲堂電纜全部倒塌，楠梓，左營間電桿百分之九〇以上倒塌，岡山中洲間，因豪雨積水。

(2) 東線鐵路：初鹿，檳榔間，嘉豐，初鹿間兩處山崩交通中斷。

(3) 阿里山鐵路：屏遮那附近及獨山立附近坍方，交通中斷。

3. 公路：

臺一西部幹線之恒春，楓港段，臺三臺北屏東線，臺南縣之竹園橋南端，嘉義竹崎梅山段，臺八線東西橫貫公路之青山，佳陽，松泉崙及文山等附

近，臺九線蘇花公路之和平及清水附近，臺九線花東公路花蓮縣之光復及鳳林附近，南迴公路臺東縣太麻里及多良附近，臺十一線花蓮卑南線臺東縣之豐濱附近，均因雨坍方或被洪水流損，交通中斷。

四、電力方面：

臺灣電力公司遭受到空前未曾有的災害，此次賽洛瑪颶風將發電系統最重要的電路，由高雄向北輸送電力的通道全部切斷。

高雄附近的大林火力發電廠為臺電系統目前最大的電廠，裝置容量二百零九萬七千六百瓩，佔全系統裝置容量的百分之三六點五，由於輸送線路造成最嚴重損壞，大林發電廠發出的電力無法輸送。大林發電廠附近的高雄港變電所，為南部地區唯一的超高壓發電所，大量電力輸送北部，必需依賴高港變電所，但被吹倒了五座超高壓鐵塔，而原來輸電能量卅萬瓩的特高壓線鐵塔也倒了四十六座，完全斷絕大林發電廠所有的輸電系統。高屏地區輸電鐵塔遭受損害情形請見圖 15。

高屏地區輸電鐵塔遭受賽洛瑪颶風災害情形示意圖

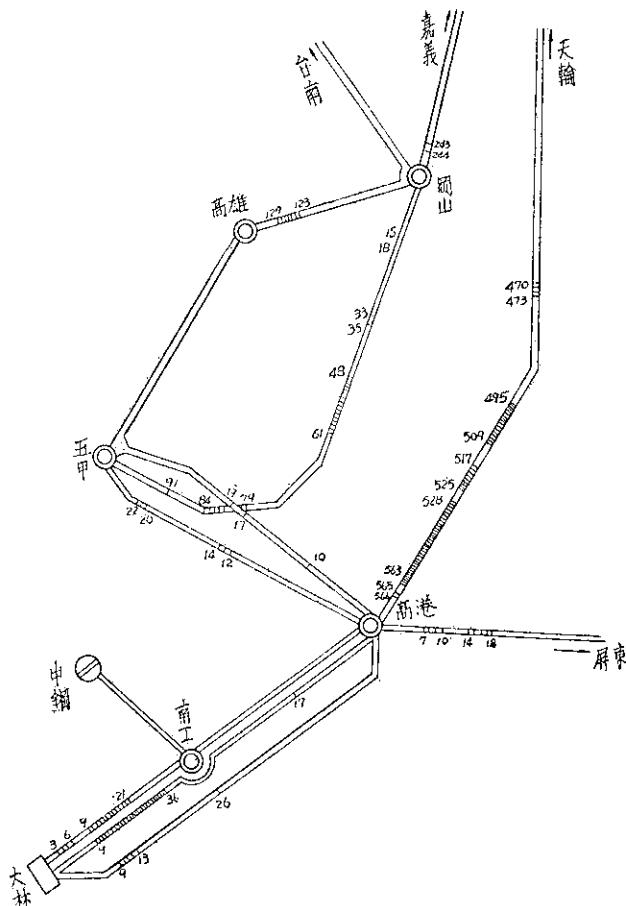


圖 15. 賽洛瑪颶風過境時臺灣電力公司・輸電系統損害情形圖

高屏地區輸電鐵塔損壞情形一覽表

電壓 線路名稱	損毀塔號	座數
345 KV 大輪～高港	470~473, 495~509 517~525, 528~533, 565~566	66
小計		66
161 KV 大林-南工二路	3~6, 9~21	17
大林-南工三四路	9~36	28
大林-高港	9~13 26	6
南互-高港三四路	17	1
高港-屏東	7~10, 14~18	9
高港-五甲	12~14, 20~22	6
高港-高雄	10, 17~19	4
岡山-五甲	15~18, 33~35, 48~61 74~84, 91	28
台南-高雄	123~129	7
嘉義-岡山	243~244	2
小計		108
69 KV 南互-小港	3~11	9
前鎮-西甲	23	1
旗津-鼓山	23	1
明義-烏龍	21~23	3
小計		14
總計		188

圖 16a 高港貨櫃吊架被吹毀

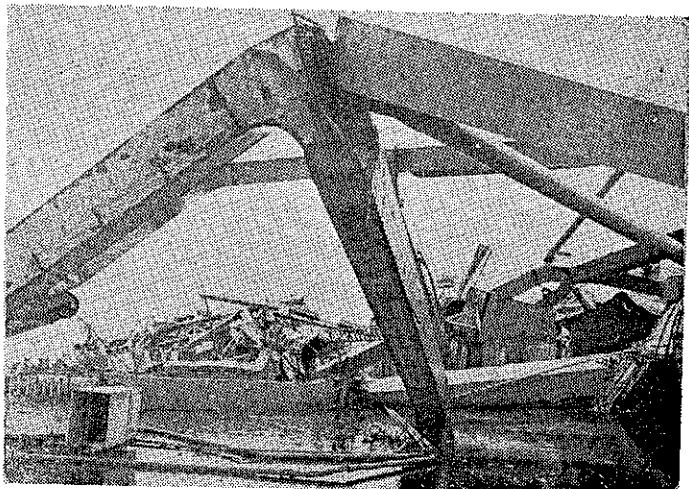


圖 16b、臺電公司輸電系統被吹倒

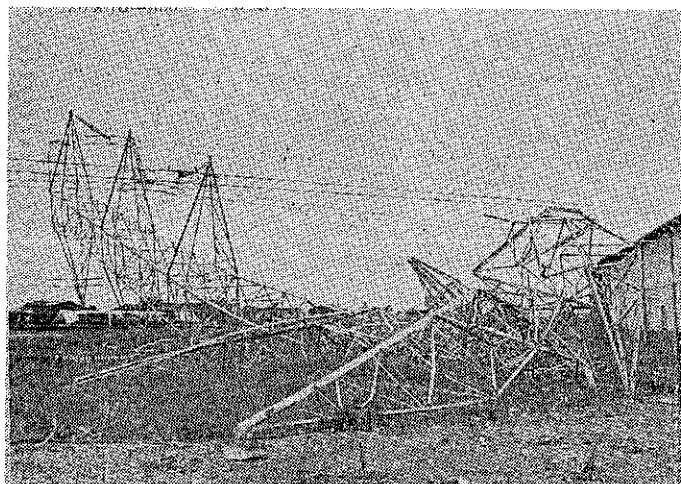


圖 16c 高雄市，工廠被吹垮了，
電線桿也折斷了看來一片
淒涼



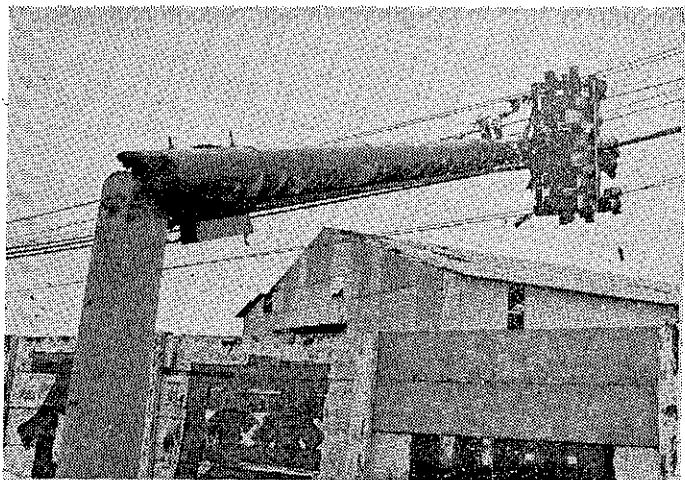


圖 16d. 高市，看！風力有多大，把電線桿拉斷



圖 16e. 屏東：枋寮，佳冬一帶
海水倒灌情形



圖 16f. 枋寮鄉蕉園遭受損害嚴重

(伍) 工業方面：由於臺電之輸電系統完全被吹毀，加上有百分之九〇以上之廠房被吹損，無論公營或私營工業損失均極嚴重，如臺鋁公司有三百座電解爐煉製原鋁，因廠房被吹垮，壓壞了所有電解爐及其他機器設備，使整個生產能力，均被摧毀，損失總額在十億元以上。

(己) 糜農方面：

1. 米谷肥料：本年第二期稻作受災面積包括流失，埋沒，浸水達 4,438.83 公頃及各地倉存公糧肥料等物資被害數量合計 72,932 公噸，估計損失金額合計四億一仟四百三拾五萬餘元。

2. 農作物：被害面積計 71,303 公頃，被害程度約佔全省百分之二五，換算無收獲面積為 17,833 公頃，被害作物以高莖作物受損較重。

3. 香蕉：平均倒伏百分之二十一，折斷百分之四十一，傾斜百分之三十八，損失接近百分之八〇，換算無收獲面積為 3,465 公頃，約值二億二仟萬元。

4. 畜禽遭大水流失，淹死及畜禽舍倒毀墮死估計損失總金額六仟一佰八拾七萬餘元。

5. 林務局及縣市公私有林損失共計九仟五佰六拾萬餘元。

6. 漁業：估計損失金額二億一仟四百六拾八萬餘元。

(庚) 水利方面：

1. 主要河川防洪工程：計堤防受損 2,325 公尺，護岸沖毀 824 公尺，受損 947 公尺，構造物沖毀 4 座，搶修費用約需四仟二佰六拾四萬元，修復用約需二仟萬元。

2. 次要河川防洪工程：計堤防沖毀 2,172 公尺，受損 3,907 公尺，護岸沖毀 2,930 公尺，受損 1,470 公尺，橫堤沖毀 30 公尺，受損 160 公尺，丁壩沖毀 11 座，受損 7 座，排水路沖段 5,720 公尺，搶修費用約需二佰萬元，修復費用約需五仟五佰二拾六萬元。

3. 灌溉排水工程：計圳路沖毀 74,673 公尺，受損 112,148 公尺，內面工沖 38,867 壓公尺，受損 48,162 公尺，暨進水口，攔水壩，構造物沖毀及受損多處，搶修費用約需二仟八佰二拾九萬，修復費用約需六仟二佰九拾六萬元。

4. 海堤工程：海壩沖毀 380 公尺，護岸沖毀 220 公尺，受損 350 公尺，搶修費用 71 萬元，修復費用約一仟三佰二拾五萬元。

(辛) 自來水方面：自來水公司澄清湖管理處損失約一仟八佰萬元。

(仇) 學校方面：各級學校損失及修復經費共為三億五仟七佰一拾三萬元。

圖 16 a, b, c, d, e, f 為賽洛瑪颱風災害照片。

六、結語

(一) 由此次賽洛瑪颱風受災情形顯示，除受災最嚴重的高屏地區，僅於短短的兩小時內造成災害外，其他地區則無顯著的災情發生，可見其暴風範圍極小，而威力極強。日本人稱類此為豆颱風 (Midget Typhoon 或 Mame Typhoon, Pin Point Typhoon) 一通常暴風範圍極小直徑在 200 公里以下，風速由每秒 20 公尺到每秒 40 公尺。

(二) 賽洛瑪颱風自發生至進入巴士海峽期間，一直保持西北西至西北，以平均速率每小時 16 公里穩定運行，於進入臺灣海峽南部後，即轉向北至北北東進行，且在轉向前 (24 日 21 時～22 時)，僅停留一小時後，即快速北上，由此可知，預測颱風之路徑，除重視參考過去颱風路徑資料之外，更應着重小區域地形的關係。以後如有類似颱風路徑接近臺灣時，筆者認為可用水槽模式試驗，(註八) 藉以提高颱風預報之準確性。此項試驗，經中央研究院於事後試驗結果相當良好。(請參考圖 14)。

參考文獻

註一：徐普淮，羅宇振，王博義 (1972)：侵襲臺灣颱風之分析研究。氣象學報 18 卷 4 期，21-38。

註二：柴山武 (1960)：利用 500mb～1000mb 層厚，圖による台風の進路予想。研究時報 12 卷 8 號，509-517

註三：Renard, R J (1968): Forecasting the Motion of Tropical Cyclones Using a Numerically Derived Steering Current and Its Baris, Mon, Wea, Rev, 96, 453-469.

註四：Arakawa, H (1964): Statistical Method to Forecast the Movement and Central Pressures of Typhoon in Western North Pacific, J. Applied Met, 3, 524-528.

註五：Neumann, C. J. (1972): An Aeternate to the HURRAN Tropical Forecasting System, NOAA Tech, Mem, NWS, SR-62, pp. 24.

註六：Hope, J.R. and C. J. Neesmann. (1970): Performance Analysis of the HURRAN tropical Cyclone forecast System, Mon, Wea. Rev. 100, 245-255.

註七：胡仲英，陳熙揚 (1976)：利用客觀比擬法預報颱風路徑之研究，氣象學報 22 卷，1-2 期，20-26。

註八：鮑咸平，黃榮鑑，左競 (1976)：山脈對颱風影響的實驗，全國大氣科學學術研討會論文集編，61-72。

氣象學報補充稿約

- 一、來稿須用稿紙（以 25×24 之稿紙為原則）。
- 二、來稿字數以不超過 15,000 字，即連同圖、表、英文摘要以不超過 10 印刷頁為原則。
- 三、圖及表之分量以不超過全文之 $1/3$ 為原則。
- 四、英文摘要之字數以不超 1,000 字為原則。
- 五、關於表格之注意點：
 - (一) 表格須另用白紙繪製。
 - (二) 表格上方須有標題，並加表 1 表 2 等冠號。
 - (三) 表格中之項目，內容應儘量簡化。表中不重要之項目或可用文字說明者應儘量避免列入表中。
 - (四) 能以文字說明之小表，請採用文字說明。
 - (五) 原始記錄應加分析簡化後始可列入表中。
 - (六) 統計分析表中顯著處，以 * 號（顯著）及 ** 號（極顯著）表之。
 - (七) 表幅應考慮適合本刊版幅為準。（寬度勿超過 18.5 cm）。
 - (八) 表之標題應能表示內容。
- 六、關於插圖之規定：
 - (一) 插圖應另貼於大張白紙上，註明作者及文題。
 - (二) 插圖下方須有標題，並加圖 1 圖 2 等冠號。
 - (三) 統計圖、模式圖及分佈圖一律採用 120—150 磅道林紙，以黑墨水繪製清楚。
 - (四) 統計圖原圖幅面應在 12—15 cm，以便縮版。
 - (五) 模式圖原圖幅面應在 15—20 cm，以便縮版。
 - (六) 分佈圖原圖幅面應在 30 cm 左右，以便縮版。
 - (七) 繪製線條粗細應能供縮小至 $1/8$ 之程度，但不能超過縮小 $1/2$ 之程度。
 - (八) 數字應正寫清楚，字之大小粗細應一律，至少能供縮至 $1/8$ 之程度。
 - (九) 已列表中之內容，勿再重複以插圖表示。
 - (十) 圖之標題應能表示內容。
- 七、關於照片之規定：
 - (一) 照片用紙一律採用黑白光面紙。

- (十一) 照片幅面應在 12—15 cm，以便縮版。
- (十二) 照片應充分沖洗清楚，須考慮縮少至 $1/2$ 時尚能清楚之程度。
- (十三) 照片如有特別指明點應加圈或箭頭表明。
- 八、文稿過長，或圖表過多過大時，投稿人得自行負擔印刷費。
- 九、關於參考文獻之規定：
 - (一) 參考文獻以經本人確曾查閱者為限，如係來自轉載之其他書刊時，須加註明。
 - (二) 作者姓名以後為發行年份，加以括號，然後為雜誌或書名、卷期數及頁數。（頁數必須註明）。
 - (三) 文字敘述中述及參考文獻時，根據文獻之號數，用斜體阿刺伯字，加以括號，如(1)(2)(3)等插入文句中。
- 十、文字敘述之號次以下列為序。
 - 中文用：一、(一) 1. (1) i. (i)
 - 英文用：I. 1. A. a.
- 十一、每頁下端之脚註以小號 1, 2, 3, 等阿拉伯字表之，註明於該段文字之右上角。
- 十二、文字敘述中之數字除十以下之數字，儘量用阿拉伯字表之。
- 十三、單位須用公制。單位記號例如以 m (公尺)、cm (公分)、mm (公厘)、m² (平方公尺)、m³ (立方公尺)、cc (立方公分)、l (立升)、g (公分)、kg (公斤)、mg (公厘)、°C (攝氏度)、% (百分之一)、ppm (百萬分之一份) 等表之，可不必另用中文。
- 十四、英文題目中重要之字第一字母大寫，介題詞、連接詞及不重要字用小寫。圖表之英文標系及各欄英文細目，除第一字之第一字母大寫外，其餘第一字母均小寫。參考文獻中作者姓名每字全部字母均大寫，論文名第一字第一字母大寫，其餘均小寫，雜誌名或書名每字第一字母均大寫。
- 十五、作者英文名以用全名為原則，名在前，姓在後。
- 十六、其他未盡善事項得隨時修正之。

行政院新聞局出版事業登記證 告白說明字號 C 九七六號
中華郵政臺字第壹八九三號登記為第一類新聞紙類

Volume 24, Number 1

March 1978

METEOROLOGICAL BULLETIN

(Quarterly)



CONTENTS

Articles

- Research on Medium Range Weather Forecasting in Taiwan by Weather Types and Its Analog Selection with Computer
..... Tsung-Yao Wu, Ke-Hsun Chi, Chung-Ying Hu, Hsia Cheng (1)

Forecasting the Precipitation Amount of South-western Area of Taiwan

- by Means of Model Output Statistics S. Y. Chen (25)

Report

- Investigation on the Typhoon Thelma No (7704) in 1977 Tzu-Chen Lo (39)

CENTRAL WEATHER BUREAU

64 Park Road, Taipei
Taiwan, Republic of China

氣象學報

季刊

第二十四卷 第二期

目次

論著

臺灣寒潮分析與預報 王崇岳 (1)

新店溪流域降水量與流量之研究 郭文鑠、蔣志才、朱曙光 (19)

報告

民國六十六年颱風調查報告

(侵臺颱風 7705 號薇拉) (29)

氣象學報

季刊

第二十四卷 第二期

主編者 中央氣象局氣象學報社

地址 臺北市公園路六十四號

電話：三七一三一八一(十線)

發行人 劉大年

社長 劉大年

電話：三一一〇八四〇

印刷者 文英印書公司

地址 臺北市三水街七號

電話：三三一四七二四

中華民國六十七年六月出版

臺灣寒潮分析與預報

Cold Wave Analysis and Forecasting in the Taiwan Area

王 崇 岳

Griffith C. Y. Wang

摘要

強烈寒潮屬大幅度氣壓系統之距平型態，本文介紹以北半球 500 mb 空間距平圖作為預報寒潮爆發之根據，當裏海與新地島間有正距平中心出現，並繼續增強且向東北或東伸展時，乃為寒潮爆發之徵兆；如該區與其東側鄰近地區為負距平中心所控制時，則臺灣地區冬季氣溫偏高。

ABSTRACT

A cold wave is defined either as the maximum temperature at Taipei drops 8°C or more for a 24-hour period or the minimum temperature lowers to 10°C or less after a cold front passage.

During the winter half year a Siberian anticyclone at times builds up its strength well above the climatological average. It becomes quasi-stationary while it moves under the direct influence of a long wave ridge. At the same time a developing cyclone occurs along the coast of China to induce the cold air mass moving southward to the area of low latitudes.

Northern hemisphere 500 mb space mean anomaly charts are used to determine the positions of both long wave ridges and troughs which are controlling factors for the formation of Siberian anticyclones with extreme intensity and deep lows over the Sea of Okhotsk. Both are conditions of the occurrence of a cold wave in Taiwan.

For short range weather forecasting valid for a 24-hour period the Petterssen method is used for computing the movement of cold fronts which are associated with cold outbreaks.

Based on thermal patterns at 850 mb the movement of Siberian anticyclones and the associated weather in Taiwan are classified into three categories, namely:

1. A southwestward moving anticyclone is located over Sinkiang Province with a migratory high splitted from the main one over Central China. In this case persistent fair weather is expected to prevail over the Taiwan area until the migratory high moves out from the East China Sea.

2. A stationary anticyclone is located over the area west of the Lake Baikal with an ill-defined split migratory high over the Yellow Sea. Cloudy condition with intermittent rain is expected over the northern part of Taiwan with a half day or so of fair weather prior to the approach of next cold wave.

3. A Siberian anticyclone becomes a migratory high moving southeastward to North China and Korea. The weather over Taiwan depends on position of the anticyclone's center.

一、前言

天氣分析與預報本為兩面一體，有準確的天氣分析方有滿意的預報成果，對於臺灣寒潮的預報亦不例外。臺灣的農漁業常因寒潮而蒙受災害，但不正常的暖冬亦可使烏魚減產，漁民因此減少一筆可觀的收入。寒潮與暖冬均為天氣之極端現象，處理寒潮預報似以應用距平法比較有效。距平現象有連續性，一經出現常可維持數星期之久，故利用距平法可延長預報之有效時間。本研究報告分為兩部分，第一部分以寒潮分析為主，對於寒潮之定義，蒙古高壓之源地、導引寒冷氣流南下之動力，及臺灣區寒潮之範例，首先予以分析；第二部分為預報，分中期與短期兩類，中期以應用 500 mb 面一次空間距平圖為主，介紹該類圖表之基本觀念，應用法則，並列舉範例，作為天氣預報時之參考。短期預報以應用皮得生鋒面公式計算鋒面移動之速度，

於二十四小時前可準確預報鋒面影響臺灣之時間。當寒潮來臨後，各地天氣均因西伯利亞高壓中心未來之動向而有別，本文以 850 mb 面溫度場與地面高壓中心之相互關係，用類型法預測其未來之動向及發展，作為天氣預報之依據。

二、寒潮之定義

寒潮之標準有二，溫度下降之速率為其一，最低溫度為其二；後者又與地區與一年中之時期有關。本文所討論之臺灣寒潮以同時兼顧上述兩條件為準，由前一日之最高溫度起，經 24 小時因冷鋒過境而氣溫下降 8°C 或以上，對於居民日常生活有顯著影響者列為第一類，屬急變寒潮，如第一表；如氣溫下降不足 8°C ，但臺北市最低氣溫 $\leq 10^{\circ}\text{C}$ 者列為第二類，屬緩變寒潮，第二表，當臺北氣溫 $\leq 10^{\circ}\text{C}$ 時，臺灣中部山坡地可能有霜，發生寒害（顏，50）。根據筆者統計，自民國四十三年至五

第一表 臺北急變寒潮

日 期	四十八年十二月 December 1959					
	DATE	23	24	25	26	27
最 高 溫 度	MAX. TT	26	16	16	16	21
最 低 溫 度	MIN. TT	15	13	12.5	14	15
00 時 氣 壓	00 PPP 10	23.4	28.4	29.5	27.8	23.7
00 時 天 氣	00 WX	GF	NIL	L-	L--	H
00 時 風	00 WINDS,KT	C	E 15	E 12	E 5	SE 12
06 時 風	06 WINDS,KT	C	E 20	E 15	E 15	E 12
天 空 狀 況	SKY COND.	BRKN	OVC	OVC	OVC	OVC
雲 (100 公尺)	CLOUD H.	150	40	40	30	40

附註：C 靜風 NIL 沒有天氣 L- 小毛毛雨 H 霾 GF 地面霧 F+ 濃霧。

第二表 臺北緩變寒潮

日 期	四十五年一月 January 1956							
	DATE	5	6	7	8	9	10	11
最 高 溫 度	MAX. TT	23	19	13	8	8	11	13
最 低 溫 度	MIN. TT	13	14	7	6	5.5	5	9
00 時 氣 壓	00 PPP 10	17.3	16.6	24.4	27.3	27.1	25.4	23.7
00 時 天 气	00 WX	GF	F+	L-	H-	H	GF	H
00 時 風	00 WINDS,KT	NW 3	C	NE 3	NNE 3	NE 5	C	SE 3
06 時 風	06 WINDS,KT	E 3	E 13	NE 6	NNE 13	NE 6	NE 3	E 15
天 空 狀 況	SKY COND.	OVC	OVC	OVC	OVC	BRKN	OVC	OVC
雲 (100 公尺)	CLOUD H.	25	25	35	40	50	40	40

十七年間，急、緩兩種寒潮之頻率如表三所示，十五年內共發生 130 次，平均一年，約有八至九次，緩、急各半。急變寒潮過境時除氣溫突變外，臺灣附近海域內之風向風速亦有突變現象，風速常由三、四級增至九、十級，可能有海難發生。急變寒潮期間之最低溫度可能 $\leq 10^{\circ}\text{C}$ ，其頻率如第四表所示，十五年內共計二十五次，平均每年約有一至二次，以發生於一月份之機率為最大；當急變寒潮發生於十二月前或二月後時，臺北市最低氣溫 $\leq 10^{\circ}\text{C}$

之機會甚小；唯緩變寒潮於十一月或三月中發生者，於十五年中前者有三次，後者有八次之最低氣溫 $\leq 10^{\circ}\text{C}$ ，四月中者僅有一次。

第三表 民國 43-57 年間急、緩變寒潮次數

月份	10	11	12	1	2	3	4	15年 總計
急變	1	9	6	18	9	20	4	67
緩變	0	3	17	19	15	8	1	63

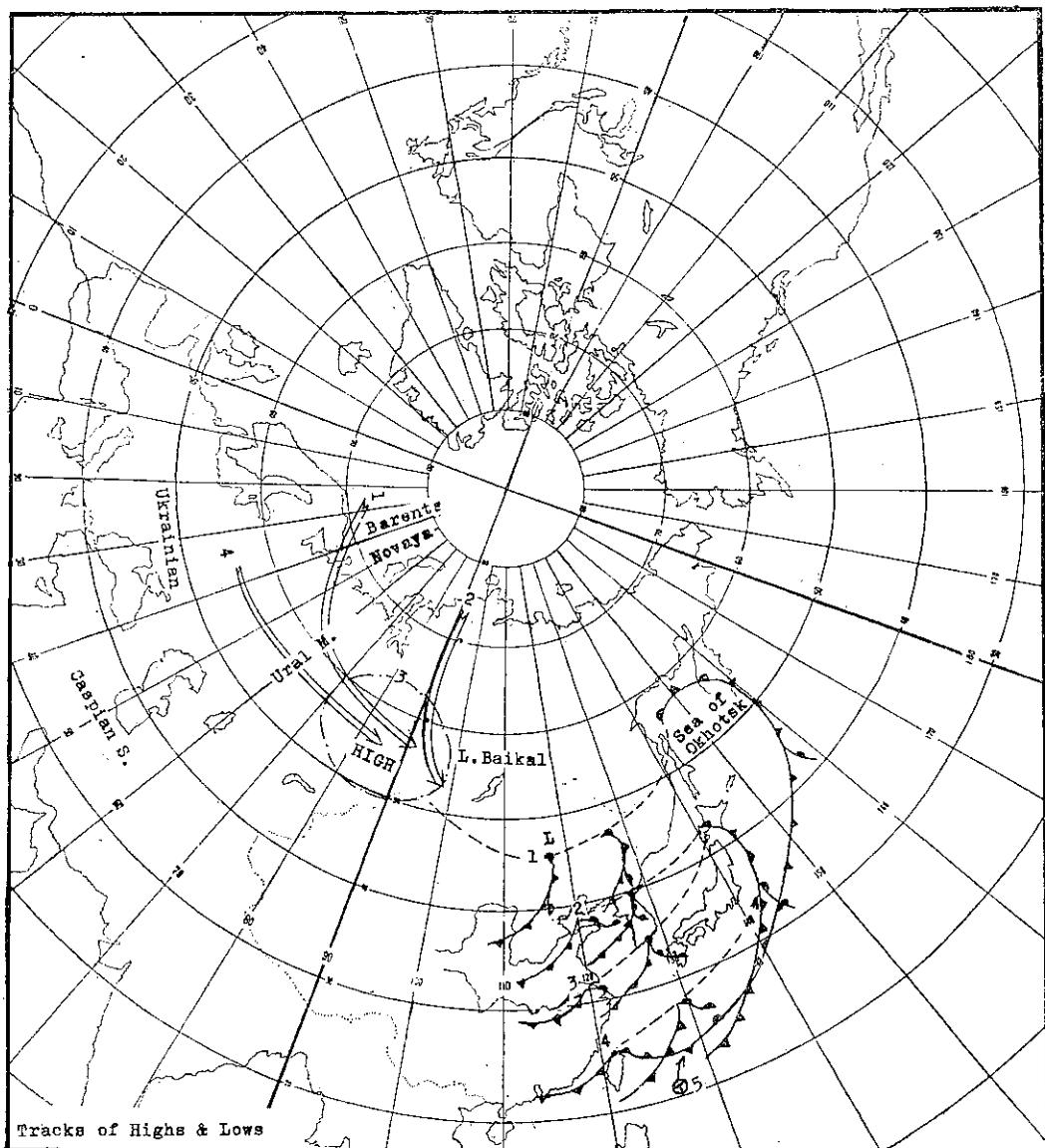


圖 1 1. 西伯利亞氣旋；2. 黃河氣旋；3. 長江氣旋；4. 臺灣氣旋與 5. 風向及蒙古反氣旋之源地示意圖。

第四表 民國 43-57 年間急變寒潮中最低
氣溫 $\leq 10^{\circ}\text{C}$ 次數

月份	10	11	12	1	2	3	4	15年 總計
≤ 10	0	0	4	13	6	2	0	25
> 10	1	9	2	5	3	18	4	42

三、導引寒潮南下之動力

根據筆者多年分析與研究，欲導引高緯區之冷氣流南下，日本北海道與鄂霍次克海區必須有一強盛之氣旋，該氣旋可能為已存在之環流，或由下列四類氣旋發展後移入本區，其中心愈接近西伯利亞濱海省愈有利於寒潮之爆發。於寒潮爆發前蒙古高壓之東南側均有一冷鋒，並伴有氣旋，該氣旋發展之型態與地域可分為下列四類，圖 1：

(一) 西伯利亞氣旋型 當高壓中心由新地島西側、亞洲北部，或西歐進入西伯利亞西部時，其東或東南側有極鋒，該鋒由一氣旋環流之中心向西南

伸展。當此氣旋遠離西伯利亞西部之長波脊而進入長波槽時，即迅速發展，至 125°E 以東，已成為一成熟之囚錮氣旋，與已存在之鄂霍次克低壓中心會合，使其西側之西北氣流直趨低緯度區。

(二) 黃河氣旋型 如上例，氣旋並未充分發展，於抵達西伯利亞濱海省時，其後曳之冷鋒因秦嶺阻隔而起波動，於黃河下游形成黃河氣旋，當此氣旋抵達日本海時迅速發展，加強鄂霍次克海低壓外圍之西北東南向環流，導引冷氣團南下。

(三) 長江氣旋型 當冷鋒抵達長江流域時，冷氣流由兩湖平原南下，但其東側為武夷山所阻，鋒面呈灣曲形成長江氣旋，由長江口出海，於日本海或日本本土漸行發展，有助於我國沿海地區西北氣流之建立。

(四) 臺灣氣旋型 當東北氣旋於抵達鄂霍次克海時，冷鋒已通過臺灣徘徊於巴士海峽內，同時 500 mb 面低壓槽由我國東北地區南南西向延伸至華南。此種天氣圖型態有利於臺灣低壓之形成，該低壓形成後，向東北向位移，進入日本東側之洋面

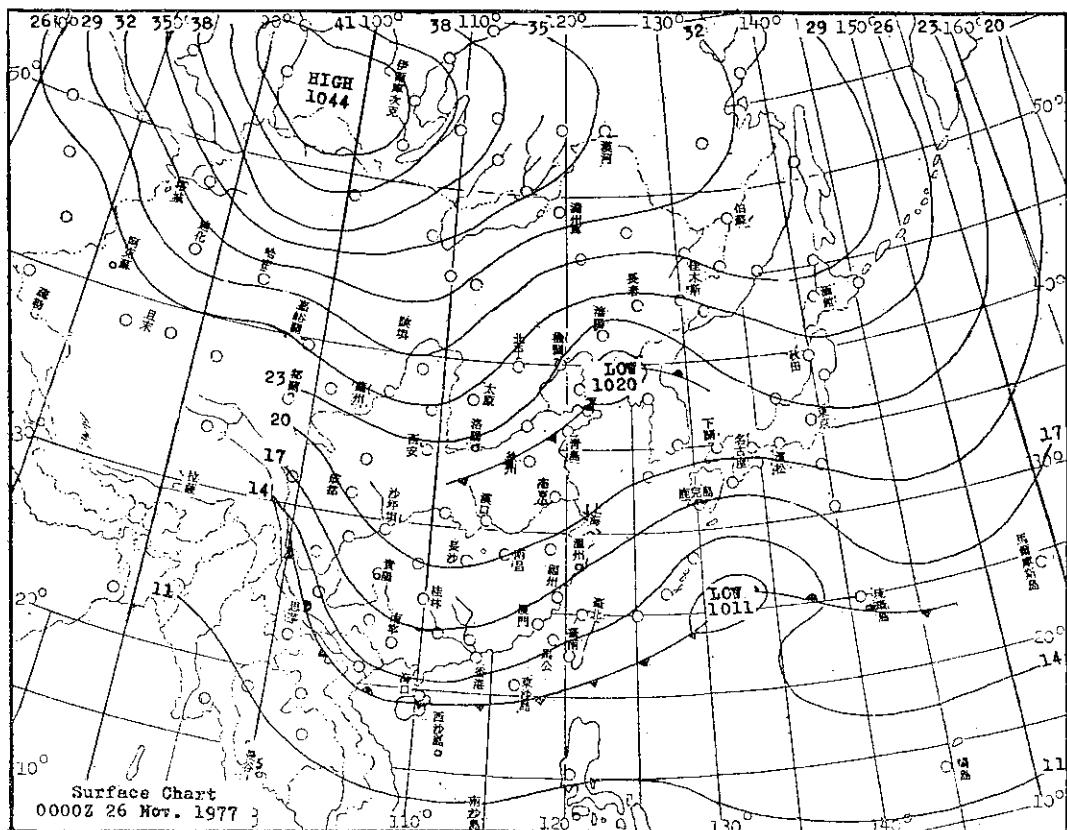


圖 2 形成寒潮之臺灣氣旋與黃河氣旋相對位置，由此逐漸發展，匯合成一鄂霍次克低壓區。

，為亞洲東側主槽所控制。

(五) 轉向颱風不屬於極鋒上之氣旋類型，但有時亦可導引寒潮南下。當菲律賓東方近海秋季颱風由原來之西北西向轉北或北北東至琉球海域時，其西側之西北氣流，可引發 10 或 11 月之早期寒潮。

上述氣旋類型（包括颱風）個別出現之次數雖多，但兩種氣旋同時存在之機會亦不少，如第 2 圖，臺灣低壓與黃河氣旋；第 3 圖，西伯利亞氣旋與長江氣旋同時出現；於此情況下計算各類氣旋出現之頻率時，第五表，僅考慮接近臺灣本島之氣旋，因該低壓系統對臺灣天氣影響較大。由第五表，可知急變寒潮以長江氣旋出現之頻率為最高，而緩變者以西伯利亞氣旋為最多，且有往南遞減之趨勢。當長江氣旋形成時，臺灣區位於海洋變性大陸氣團

之迴流或太平洋氣團內，氣溫偏高，冷鋒過境後氣溫急降，形成急變寒潮。當伴隨西伯利亞氣旋之極鋒南下時，臺灣地區可能位於冷海變性之大陸氣團內，故氣溫正常，當冷鋒過境時，氣溫變化不大，但因鋒面後冷氣團之氣溫偏低，最低氣溫可能降至 10°C ，或低於 10°C 。有時冷鋒過境後之數日內最低氣溫維持於 10°C 以上，但當由西伯利亞母高壓分裂而成之移動高壓沿長江東移入東海時，臺灣北部天氣由層積雲密佈之陰天，轉為晴朗之夜晚，因輻射冷卻作用，氣溫急降至 10°C 以下，民國五十二年一月二十八日臺北市最低氣溫降至 -0.1°C ；民國前十年二月十三日臺北市曾有 -0.2°C 之極端低溫記錄，均由此而發生。

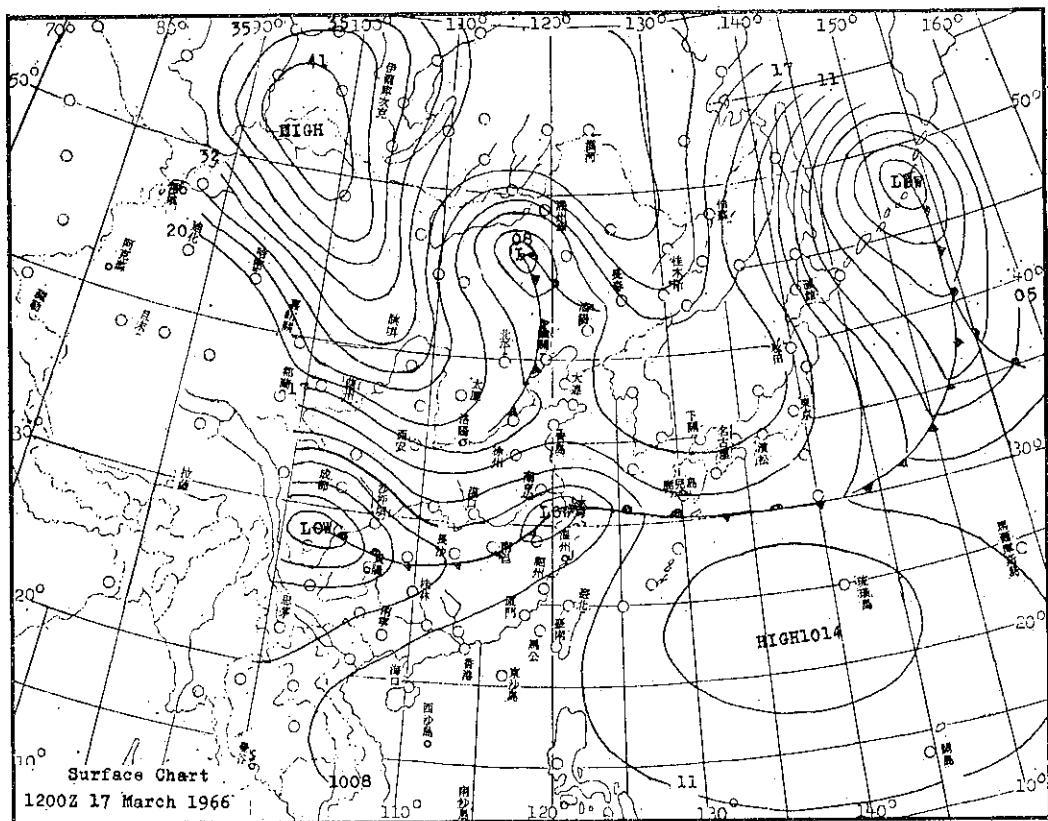


圖 3 長江氣旋與西伯利亞氣旋，其餘同上圖

第五表 民國 43-57 年間伴隨寒潮南下時氣旋之類別與次數

氣旋類別	西伯利亞	黃河	長江	臺灣	颱風	總計
急變寒潮	9	17	34	6	1	67
緩變寒潮	21	18	12	11	1	63
總計	30	35	46	17	2	130

四、蒙古高壓

形成寒潮最主要因素之一乃為特強之蒙古高壓出現，其中心氣壓較氣候參考值約高 10mb 以上，該高壓之源地有四，圖 1，茲分別介紹如下：

(一) 第一類 發源於新地島以西之海面，由斯堪的那維亞半島之北側經巴倫支海及白海進入俄國

之北歐地區，轉入西伯利亞之西部與蒙古地區，最後入侵中原，冷氣團前常伴有漸行發展之高空短波低壓槽，當此槽移至 130°E 以東時，發展最甚，成為亞洲大陸東側之長波主槽。

(二) 第二類 源自亞洲北部之北極區，南下進入西伯利亞之西部，當其抵達北緯 60°N 以南地區時，轉向東南由蒙古入侵中土，當此冷氣團南下時，烏拉山上空有一逐漸發展之高壓脊存在（長波脊），同時烏拉山以東有一短波槽向東南移動，當此低壓槽於 110°E 附近轉向東移時，發展迅速，最後成為亞洲大陸東側之長波槽。

(三) 第三類 源自西伯亞之西部 於冬季，廣大之反氣旋氣流場呈滯留狀籠罩於西伯利亞之西部與蒙古地區，因輻射冷卻作用，高壓區之氣溫逐漸下降，而氣壓則急劇上升，常達 1050 mb 以上，因其南側之極鋒上有溫帶氣旋形成，至我國沿海迅速發展，導引冷氣團南下，入侵中原。

(四) 第四類 本類反氣旋常不甚明顯，當其始也為一烏克蘭區弱冷鋒後側之高壓脊，隨冷鋒東移，漸行增強，形成一反氣旋，然後入侵西伯利亞之西部，再轉向東南，由蒙古進入中土，此類反氣旋常與蒙古東側發展中之氣旋同時存在。

由上可知各類反氣旋入侵中土前，皆道經蒙古，故又總稱之為蒙古高壓，該高壓強弱不一，僅有少數超強高壓可影響低緯度區而成寒潮，大多數高壓因範圍小，以致變性迅速，影響不顯；超強高壓之形成，有賴於長波脊之支持，換言之，當橫亘歐亞兩洲之長波脊出現時，始有寒潮發生之可能。

五、空間距平圖之基本原理

高空波動以其波之長、短可分為超長波，長波與短波三類，超長波波長可達 $30,000$ 公里，是控制天氣演變之原動力，有滯留之特性，長波波長約 $12,000$ 公里，移動緩慢；短波波長僅數千公里，移動快，為天氣急變之因子。當短波槽移入長（或超長）波槽時，其強度必增，與此並存之地面低壓系統必迅速發展，天氣急變；如前者移入長波脊時，

其強度必減，地面低壓系統呈穩定波型，天氣變化不顯。地面高壓中心移入高空長波脊區時，強度必增，超強之蒙古高壓，即由此而成。日常高空天氣圖是由超長波、長波與短波綜合而成，識別長、短波乃為天氣分析與預報之首要工作，其法雖多，唯以應用空間平均圖為最方便，茲將該法之基本觀念與其特性分別解釋如下：

設 Z 為日常 500 mb 面之高度， $\bar{N}_{11.2}$ 代表在 500 mb 氣候圖上以 $d=11.2^{\circ}$ 緯度之網格點間距，空間平均之高度。 Z' 為距平值，即

$$Z' = Z - \bar{N}_{11.2} \quad (1)$$

上式等號左右兩側各加 $\bar{Z}_{11.2}$ ，即 500 mb 面空間平均圖，得

$$Z' + \bar{Z}_{11.2} = Z + \bar{Z}_{11.2} - \bar{N}_{11.2} \quad (2)$$

$$Z' = (Z - \bar{Z}_{11.2}) + \bar{Z}_{11.2} - \bar{N}_{11.2} \quad (3)$$

$$\text{即 } Z' = (Z - \bar{Z}_{11.2}) + \bar{Z}'_{11.2} \quad (4)$$

(4)式中之 $\bar{Z}'_{11.2}$ 代表一次空間距平圖，可表示大幅度之天氣系統，移動緩慢； $Z - \bar{Z}_{11.2}$ 代表 500 mb 天氣圖上移動迅速之小波動，相當於相對渦旋度，唯符號相反。如 500 mb 天氣圖上大幅度系統與氣候值相近則

$$\bar{Z}_{11.2} - \bar{N}_{11.2} = 0 \text{ 與 } Z' \approx Z - \bar{Z}_{11.2}$$

除於空間距平圖之槽、脊線區外，距平值 Z' 與相對渦旋度 $(Z - \bar{Z}_{11.2})$ 一致。空間距平圖 $\bar{Z}'_{11.2}$ 可由 500 mb 空間平均圖 $\bar{Z}_{11.2}$ 減氣候圖之空間平均， $\bar{N}_{11.2}$ ；或以距平圖 Z' 空間平均之，得 $\bar{Z}'_{11.2}$ 。該圖在天氣分析上主要意義如下：

(一) 如用 $d=11.2^{\circ}$ 緯度之間距計算空間平均圖， $\bar{Z}_{11.2}$ ，則圖上波動常甚平坦，且振幅小，因此對於長波槽、脊線位置與其強度改變實難以目測研判；但若應用距平技術將空間平均之氣候值 $(\bar{N}_{11.2})$ 減除，則 500 mb 面圖上之長波槽、脊線將為顯著之正負距平中心所據，極易辨認。

(二) 由時間連續之空間距平中心，極易研判槽、脊強度之改變與其移動之方向。

(三) 空間距平圖上主軸呈東西向之巨型橢圓狀

正、負距平現象特別重要，正負相間之距平區可視為正弦曲線狀之波動，此時槽脊線幾呈南北向。橢圓狀正距平區表示有大幅度之高壓出現（如寒潮時之西伯利亞高壓），西風帶分裂為其特徵，高緯度之西風較正常者為強，較上述緯度較低區之西風減弱，甚至為東風。本類距平較持久，當橢圓距平中心減弱，呈石擔形時，可分裂為兩中心。

(四) 零空間距平線區有兩種意義，一種情形表示緯流盛行，與氣候平均圖相似；另一種情況表示一短波型之正、負距平相鄰，其平均值為零。

(五) 空間距平中心與長波槽、脊之關係如下：

(1) 正空間距平中心強度隨時間增加，且向較高緯度位移時，表示該中心附近之長波脊有加強之趨勢。

(2) 如負距平中心位移之速度減緩，且有加深之趨勢，表示該中心附近長波槽有加強之趨勢。

(3) 當滯留空間距平中心突然加速他移，表示北半球之長波數即將調整，原距平中心附近可能有反符號之距平中心出現。

(4) 滯留空間負距平中心之強度逐漸減弱，在同一位置可能有長波脊出現；反之，如正距平中心之強度逐漸減弱，則該處有長波槽形成。

六、十一月至翌年三月間之距平場

圖4(MARTIN, 1956)為十一月至翌年三月間北半球之距平中心頻率分布圖，中太平洋換日線附近經常出現正距平區，日本海與西伯利亞濱海省附近約有70-80%之機會出現負距平中心， 50°N 與 80°E 附近正負距平各半，亦可說控制我國東南沿海地區冬季冷暖天氣之主要源地，該區如有正距平出現時，臺灣冬季氣溫偏低；如為負距平區，則冬季氣溫偏高。正常之冬季是日本海為負，西伯利亞為正；如日本為正距平而西伯利亞為負距平，則臺灣冬季氣候反常，多行夏令，氣溫特高。茲以下列數例以明之：

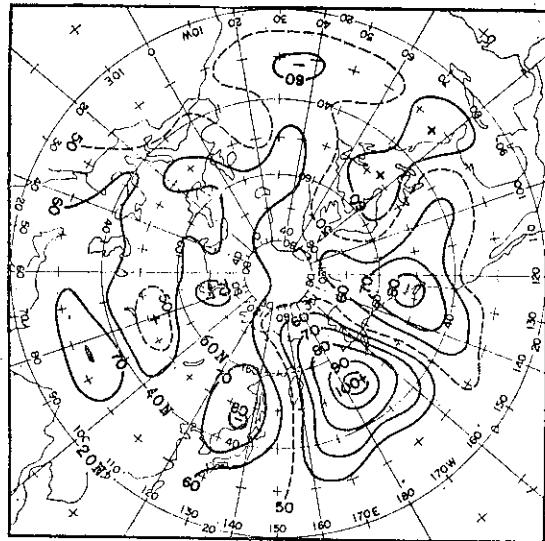


圖4 十一月至翌年三月間北半球正、負距平中心出現之頻率分佈圖。(After D. B. Martin)

圖5為六十六年十一月二十七日 1200Z 空間距平圖，我國沿海為負區，貝加爾湖至裏海間為一橢圓型正區，乃為標準寒潮型，此型自二十二日 1200Z 時已有雛型，是時日本海與黃海為負區，裏海北側已有一正 60 gpm 之正區，其東側有一短波槽（未繪入圖中），至 231200Z 該正距平區擴大且增強至 120 gpm，其前方之短波槽繼續以每日 13° 經度之速度向東南位移，由此種氣壓場之分佈，即可預測遠東區有寒潮爆發之可能，因西伯利亞西部為長波脊區，日本西部為長波槽區，正距平區之高壓將繼續增強，其前側之短波槽於抵達我國東部沿海時因移入長波槽而迅速發展，導引冷氣流南下；至 251200Z 正距平區增強至 180 gpm，且繼續東移，同時一負距平中心已退至我國黃河流域，有助於黃河下游氣旋之形成，至 260000Z，圖2，臺灣低壓形成，迅速發展向日本南方洋面位移，同時我國渤海與韓國間亦有黃河低壓出現，使其後側之冷氣團南下。至二十八日冷空氣抵達臺灣，臺北最低氣溫降至 10°C 。

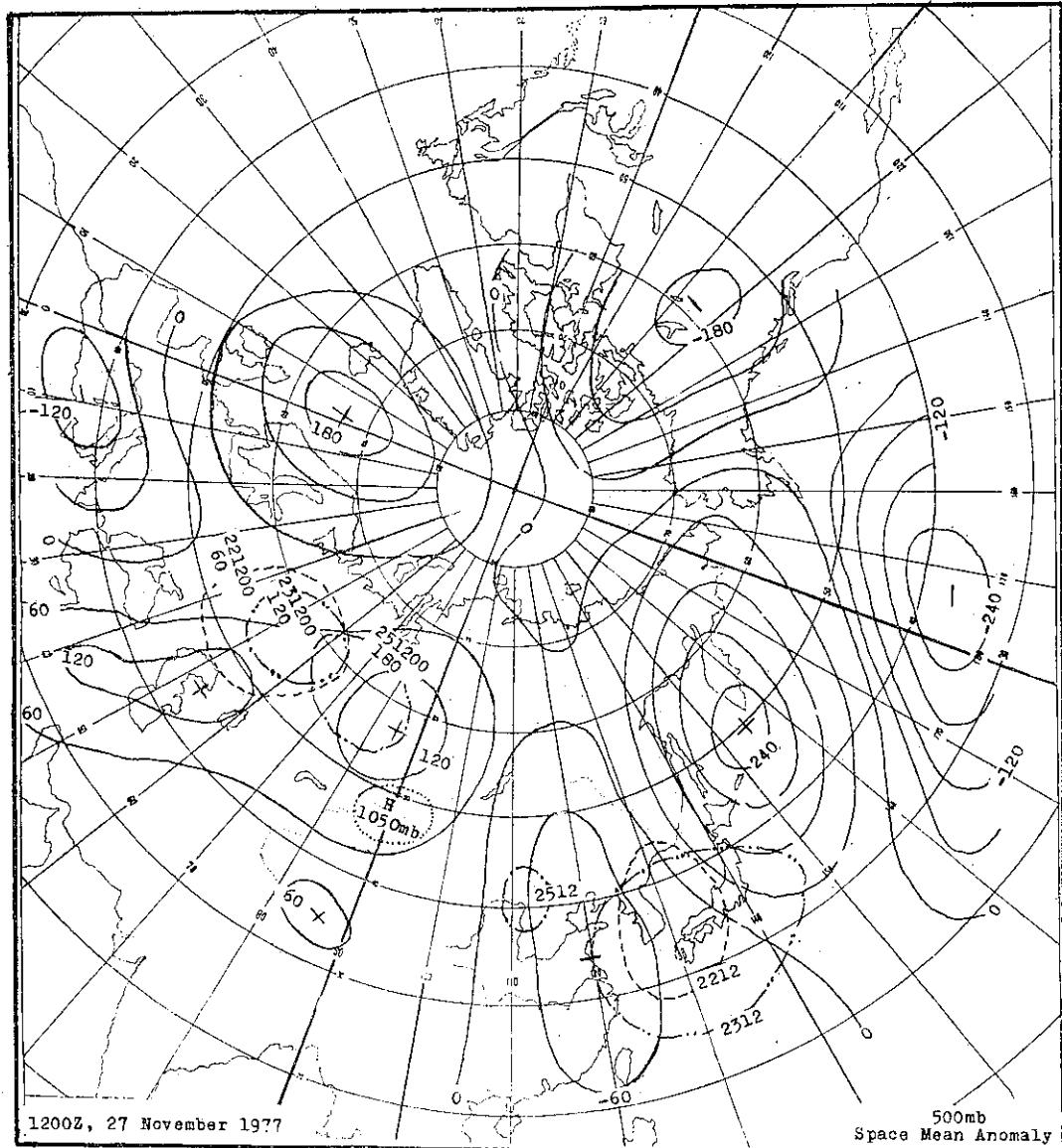


圖 5 塞潮影響臺灣前二日 500mb 空間距平圖，圖中段線為 221200Z 距平值，段雙點線為 231200Z 距平值，段點線為 251200Z 距平值，點線為 271200Z 地面高壓中心區。

圖 6 所示者為相位調整型寒潮，六十六年十二月二十八日 1200 Z 圖，正、負距平區之分佈完全與冬季正常距平圖相反，中太平洋出現負距平，日本海出現正距平，貝加爾湖與北極間為負距平中心，以致西伯利亞高壓中心偏低緯度，且強度較氣候值為低，故臺灣十二月份氣溫偏高，且少雨。唯至二十九日 1200 Z 西伯利亞北部之負距平區變型、

減弱，且向斯堪的那維亞半島伸展（段點線），此種現象為相位調整之徵兆，即原為負距平區將有正距平場出現，而正距平區則將變為負距平區。當西歐長波槽建立之同時，烏拉山區必有長波脊，西伯利亞西部高壓迅速增強，我國長江流域有氣旋生成，且迅速發展，引發亞洲東側長波槽之再建立，

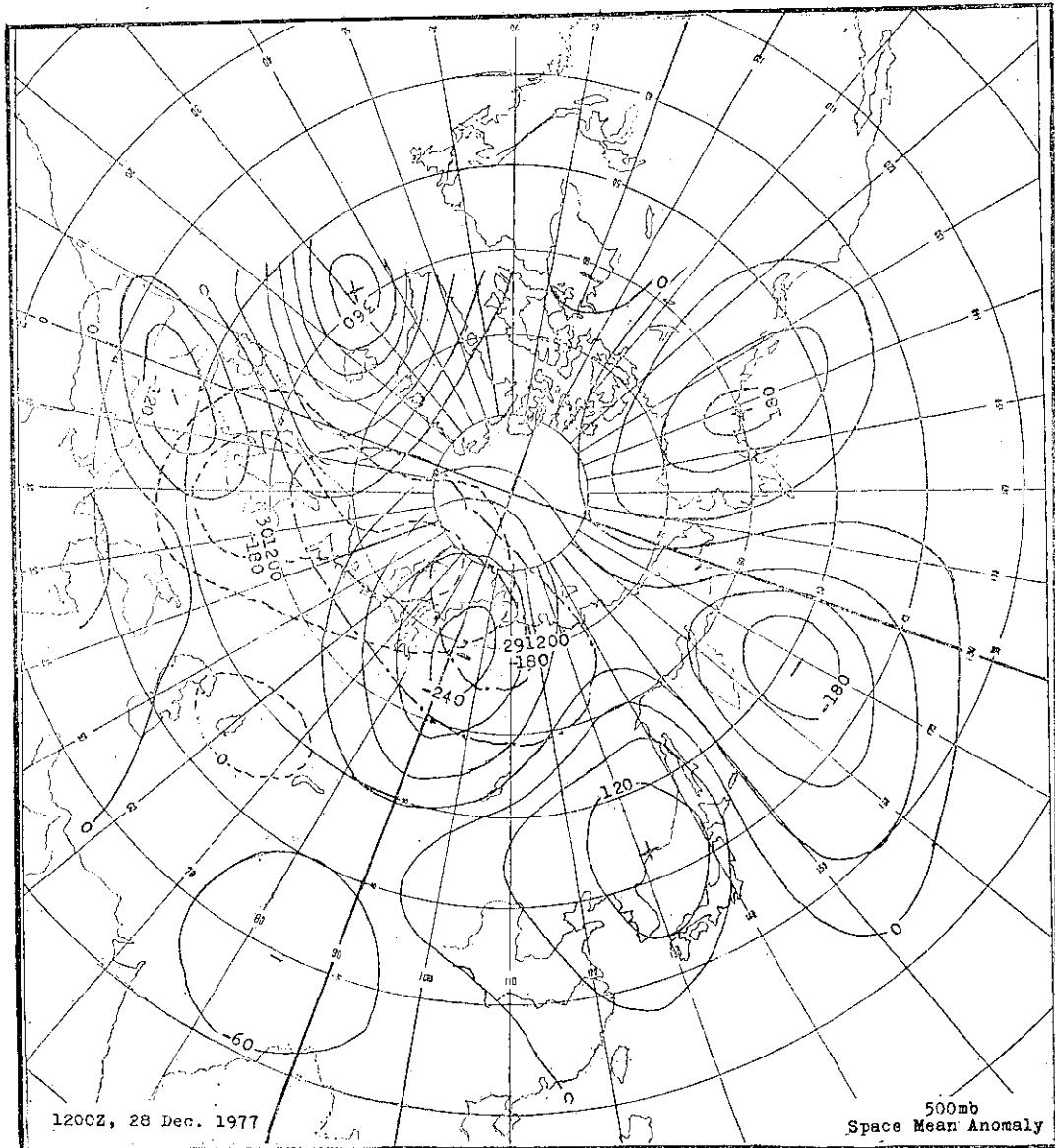


圖 6 北半球「冬行夏令」之距平型態，與相位調整前之距平圖；段點線表示 291200Z 負距平中心區變型，與段線，301200Z，表示長波槽、脊正在形成中。

導致遠東區寒潮爆發。圖 7 為標準之寒潮型態圖，亞洲陸地部分與圖 5 相似，唯本圖繞極圈僅有二超長波脊與槽，與五日前之波數分佈頗有差別，故又稱本型為「波數調整型」寒潮。

七、皮得生鋒面預測公式

冷鋒位移之速度與鋒前鋒後之氣壓場及氣壓趨勢有密切關係，氣壓趨勢可以過去三小時一次之實測值，亦可以過去二十四小時之氣壓變值，為避免

小數之累積誤差，以後者之變值較為可靠。(5)式是皮得生鋒面位移預測公式，如圖 8，X 軸與鋒面垂直， U_x 代表沿 X 軸位移之速度

$$U_x = -L [(\Delta p / \Delta t)_{L/2} - (\Delta p / \Delta t)_{-L/2}] / (p_{-L} - 2p_0 + p_L) \quad (5)$$

$L, -L$ 各代表鋒面前後兩點與鋒面間之相等距離，可以緯度數表示，於寒潮型態時 L 長度以 10° 為宜。 $\frac{1}{2}L$ 與 $-\frac{1}{2}L$ 各代表 L 之半。 p_0, p_L 與 p_{-L} 各代表 O, L 與 $-L$ 點上之海平面氣壓，

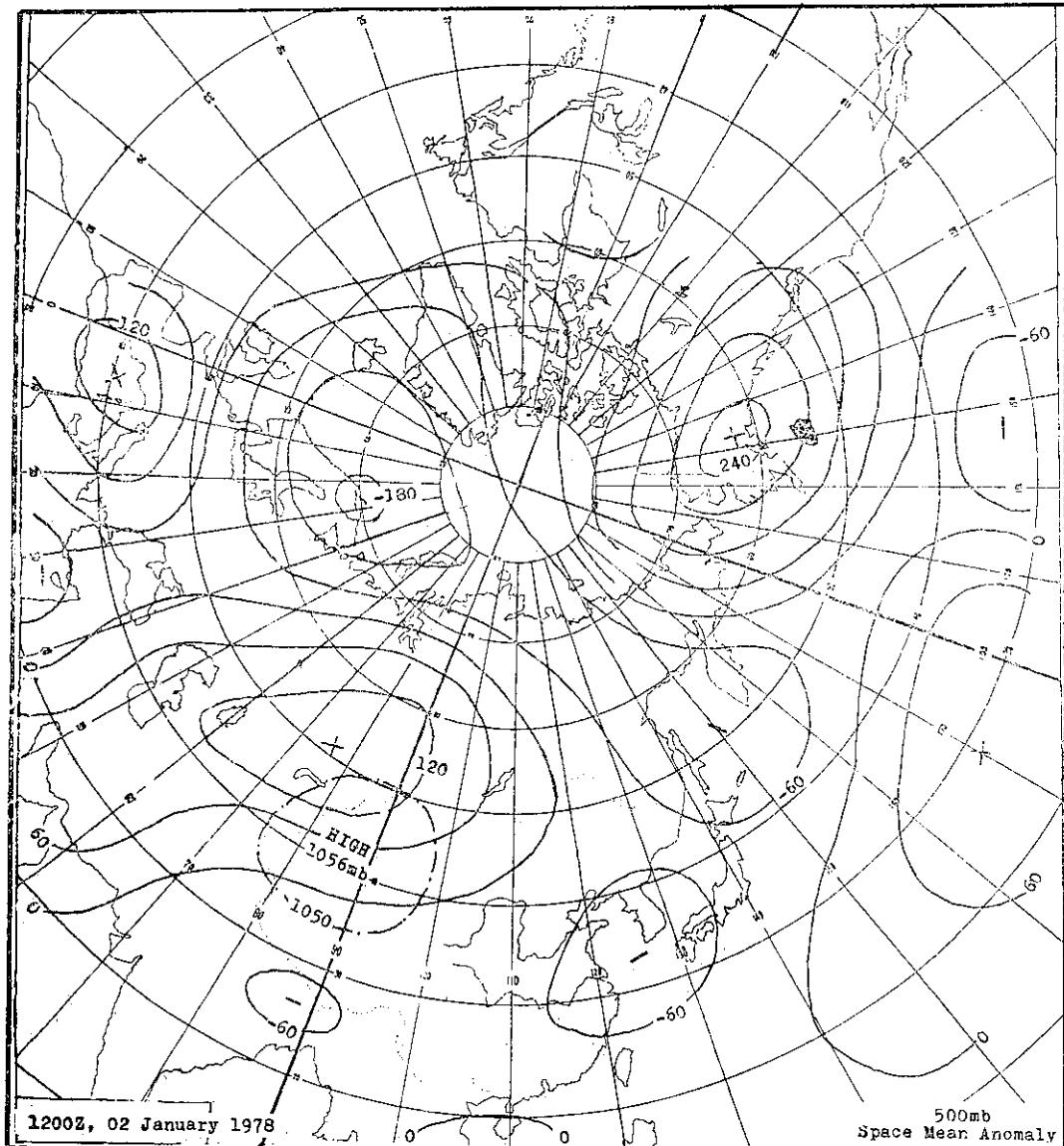


圖 7 寒潮影響臺灣前二日之蒙古與西伯利亞距平圖與圖 5 者相似，段點線表示地面高壓中心外圍之等壓線。

$(\Delta p/\Delta t)_{-L/2}$, $(\Delta p/\Delta t)_{+L/2}$ 各代表 $\frac{L}{2}$ 與 $-\frac{L}{2}$ 點上之氣壓趨勢，可以 24 小時氣壓變差計算 24 小時鋒面位移之距離。 L 之長度以不越過脊線為原則， $\frac{1}{2}L$ 與 $-\frac{1}{2}L$ 兩點以接近 24 小時等變壓中心為原則；以不同 “ L ” 之長度計算三至五次，以最大之 U_x 為預測值。以同法沿鋒面取數點計算之，可得一完整之 24 小時鋒面移動位置。如按上法計算影響臺北之冬季冷鋒，根據 43-57 年 451 次之資料，其準確率如下：(1) ± 2 小時，55 %；(2) ± 4 小時，68%；(3) ± 6 小時，95%。

八、寒潮襲臺後之天氣演變

寒潮已臨，臺灣天氣之未來演變將視蒙古高壓未來之動態而定，其路徑可分為三類（王，60）：
(1) 移動高壓；(2) 滯留型，部分分裂；(3) 西南向位移後，部分分裂。茲分別討論如下：

(1) 移動高壓 本類盛行於十一月十二月與二月下旬至三月間，參閱圖 9，地面高壓中心 H 位於 850 mb 面等溫線密集區域之北側，該面上等高線所圍之槽呈尖銳之 V 字型，冷平流區位於槽線

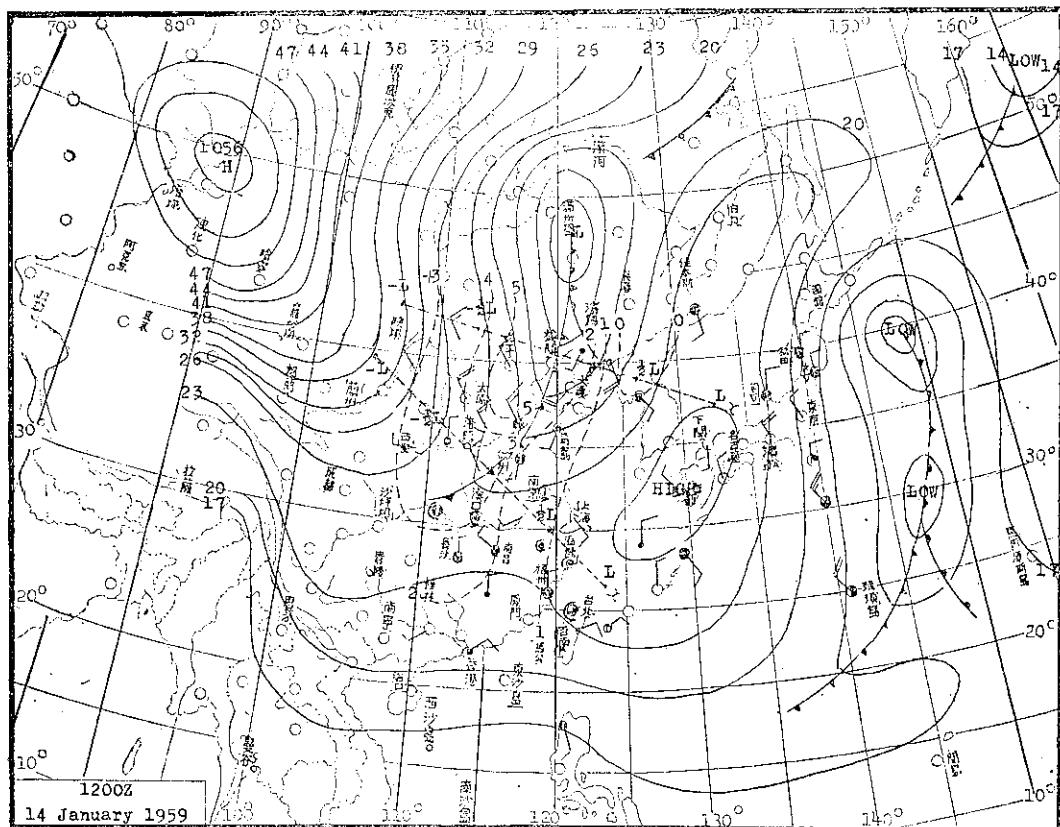


圖 8 西伯利亞氣旋型寒潮與皮得生鋒面位移計算時 L 、 $-L$ 、 $\frac{1}{2}L$ 與 $-\frac{1}{2}L$ 位置圖。

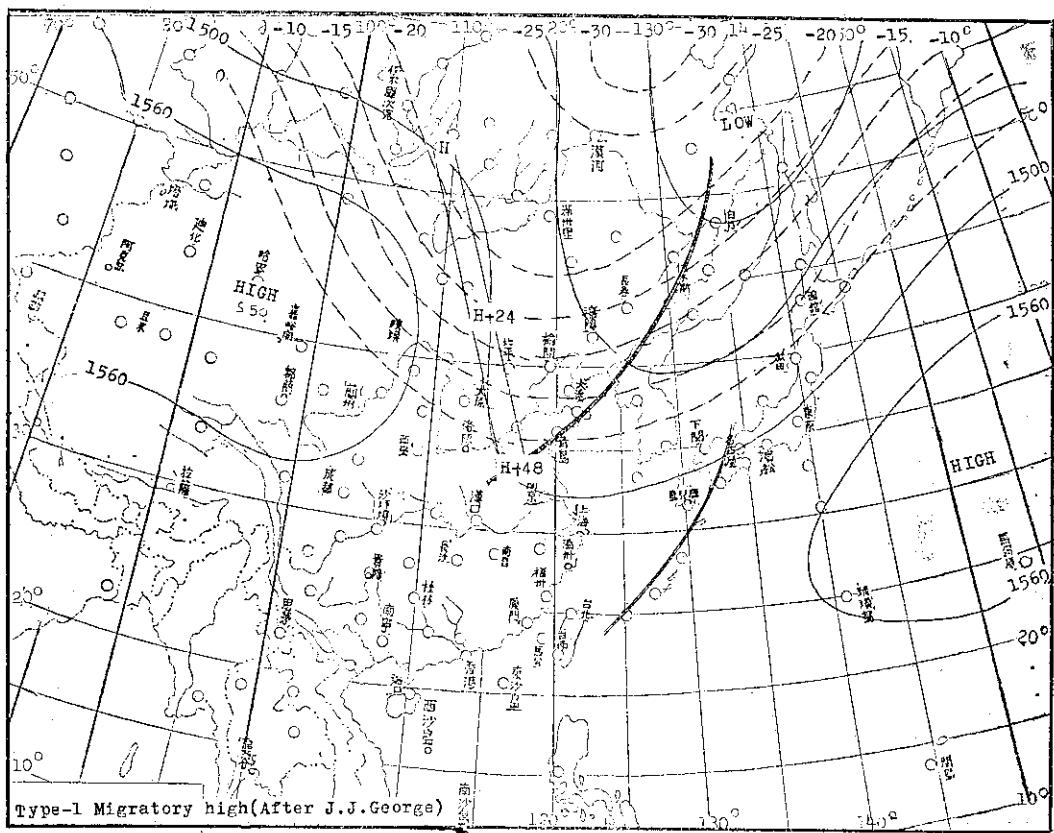


圖 9 850mb 面等溫線(段線)與等高線分佈圖一移動高壓型。

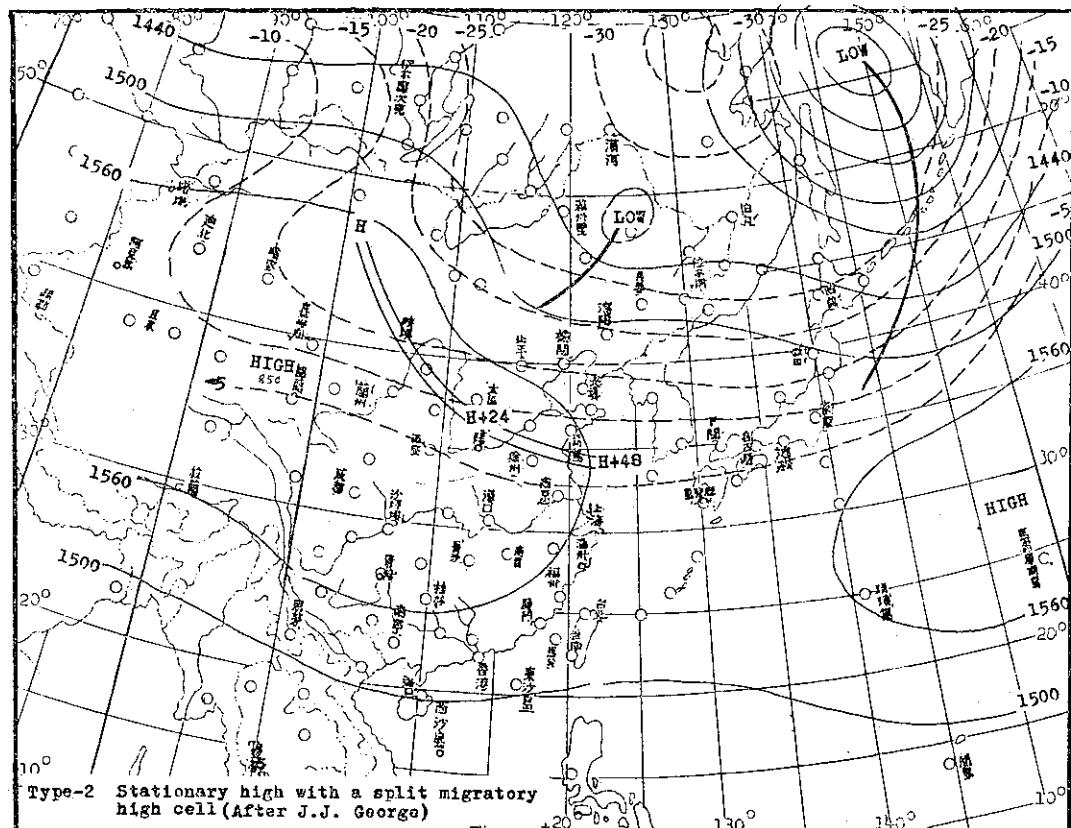


圖 10 同上——滯留高壓型

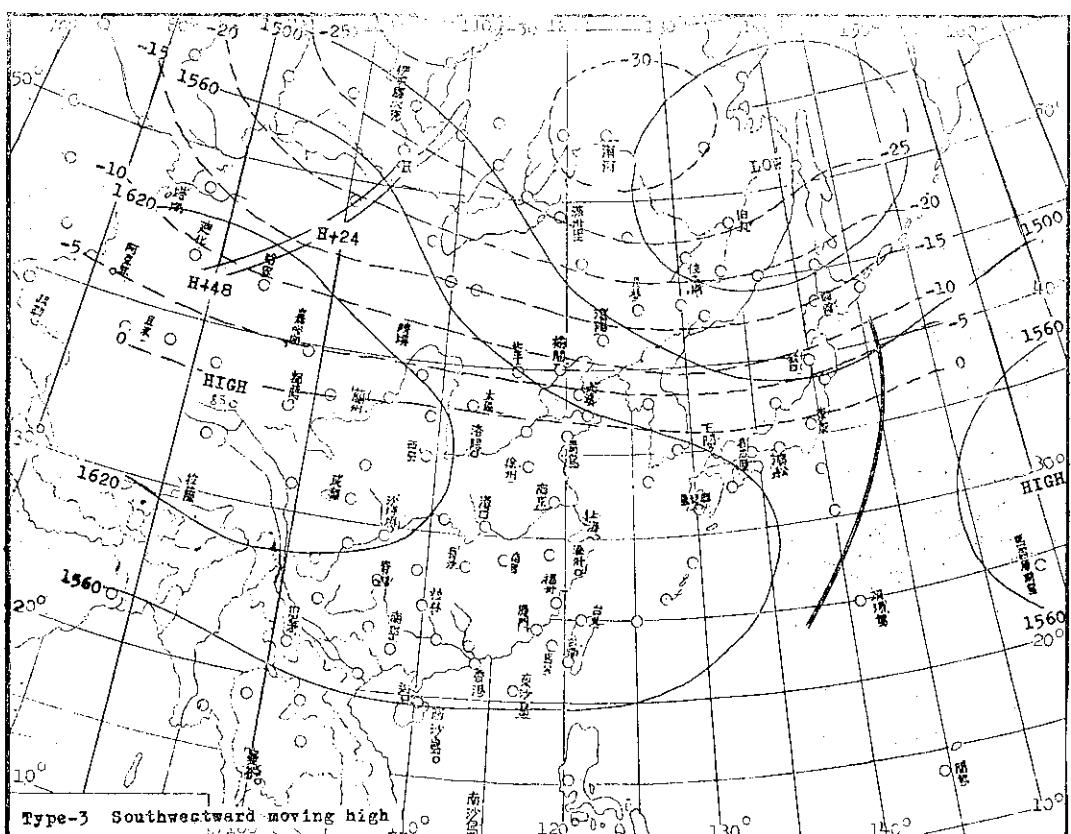


圖 11 同上——西南位移型

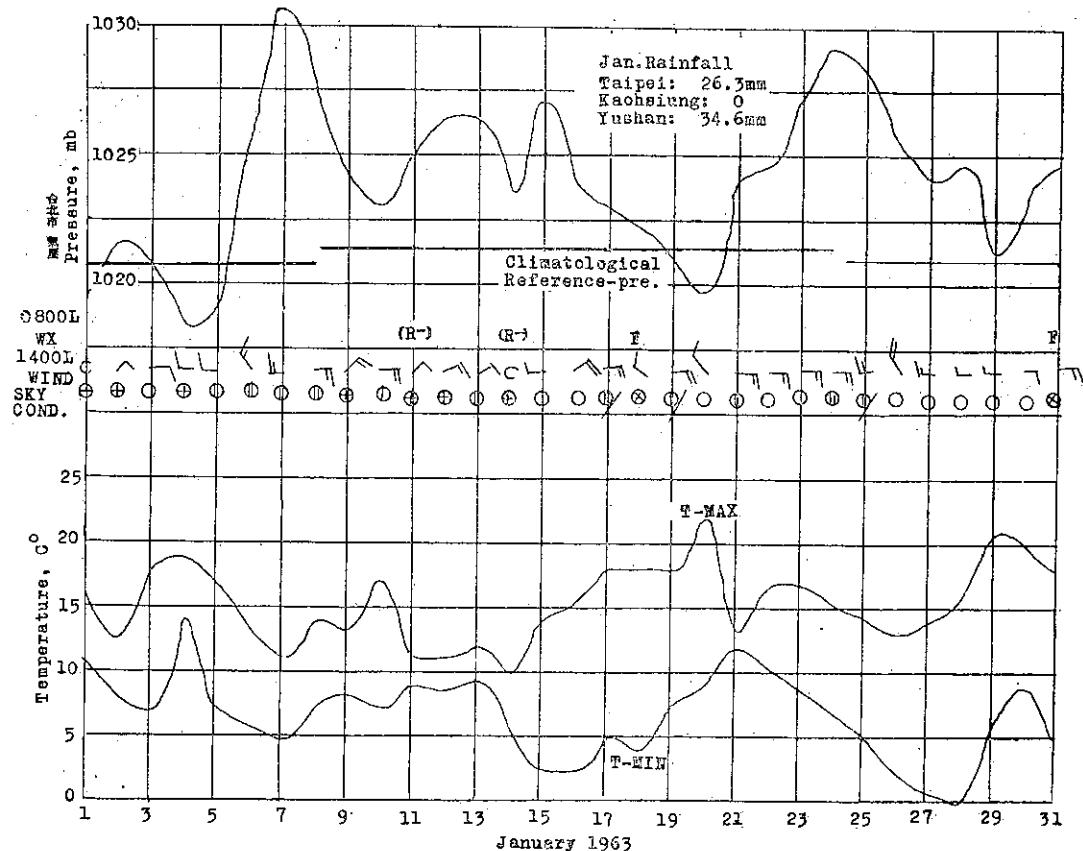


圖12 民國 52 年一月臺北松山機場海平面氣壓、最高、最低溫度，風與天氣

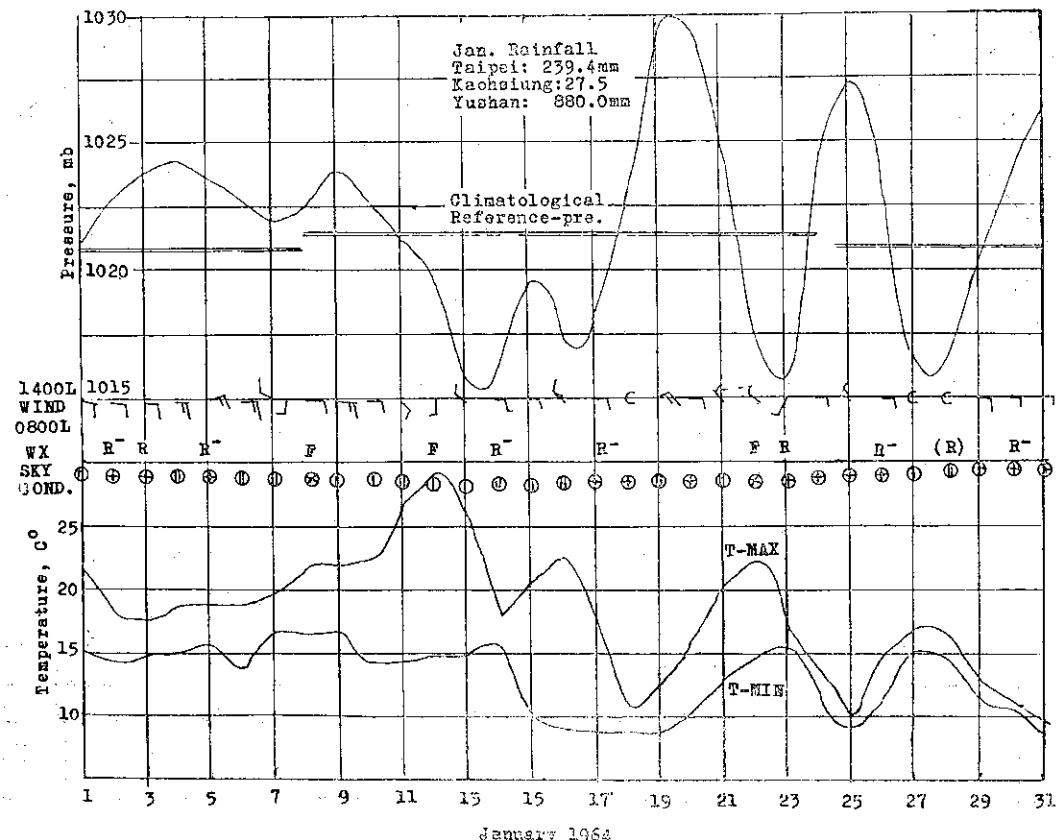


圖13 同上，但為 53 年一月觀測值。

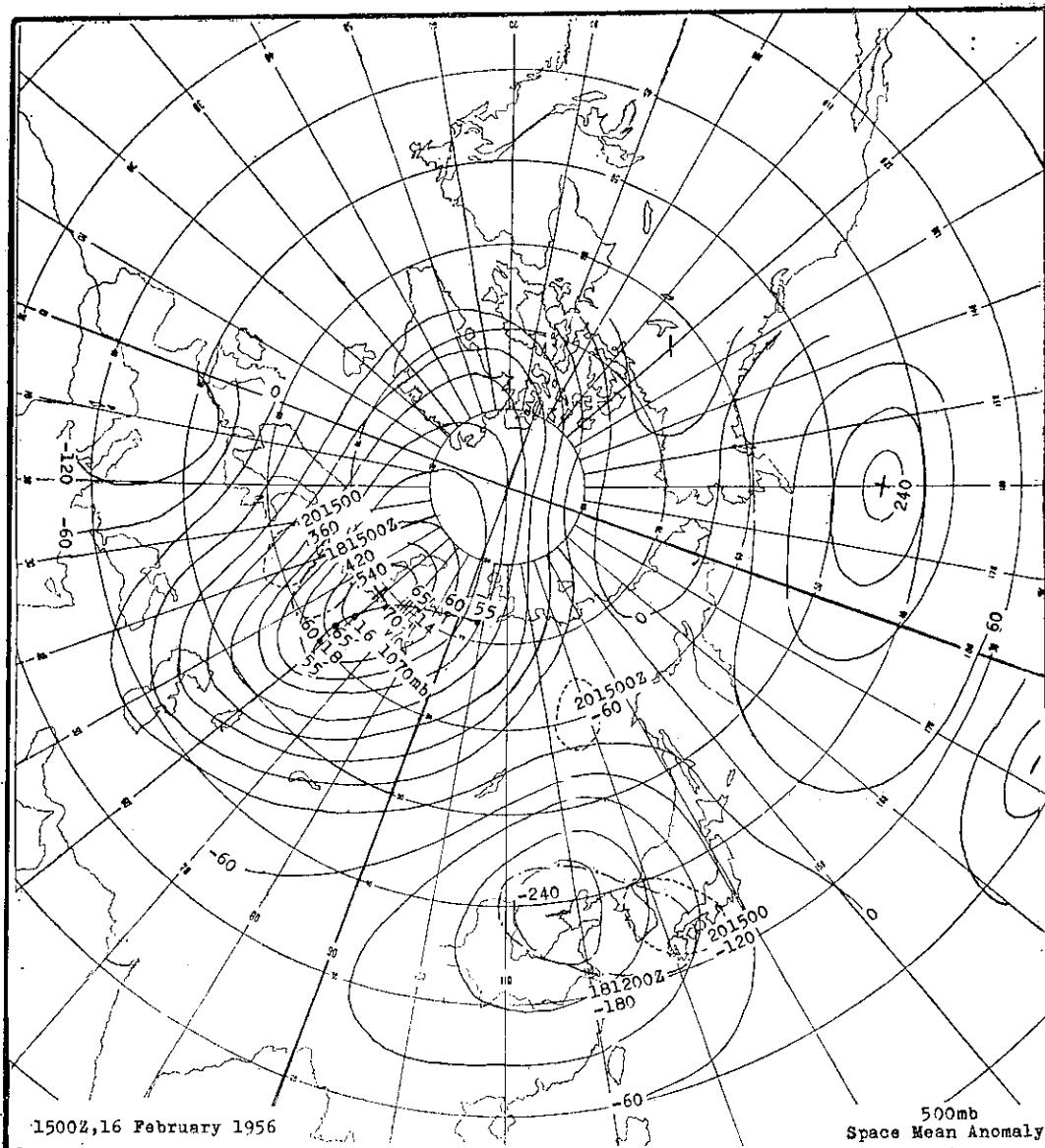


圖14 西伯利亞高壓中心西南西向位移，東北西南向細實線表示該高壓中心氣壓 ((1055, 60, 65, 70, 70, 65, 60, 55) 與其路徑。段點線 (181500Z) 與段線 ((201500Z) 表示空間正距平中心向西，與負中心向東位移。

之左側，地面高壓中心移動之方向與槽線左側之等高線平行，24小時後之高壓中心將與等溫線槽相疊，48小時後之高壓中心將越過低壓槽。

(二) 滯留型高壓，部分分裂 參閱圖10，強烈高壓中心位於等溫線密集槽線之後側，其東北方有一氣旋，因該氣旋區低壓槽之影響，使強烈高壓中心分裂，原高壓中心仍於等溫線槽附近停留，但另

一高壓中心由母高壓東南側分裂，形成一移動高壓，該高壓 24 小時 (H+24) 後之中心位置不顯，可能仍與母高壓相接，但 48 小時 (H+48) 後之中心將位於冷平流區之東側，成為一完整之高壓中心。冬季臺灣北部地區於此移動高壓影響下，常有短暫之晴朗天氣，但好景不長，移動高壓中心之西南方常伴有初生之溫帶氣旋，緊隨其後，向東北東

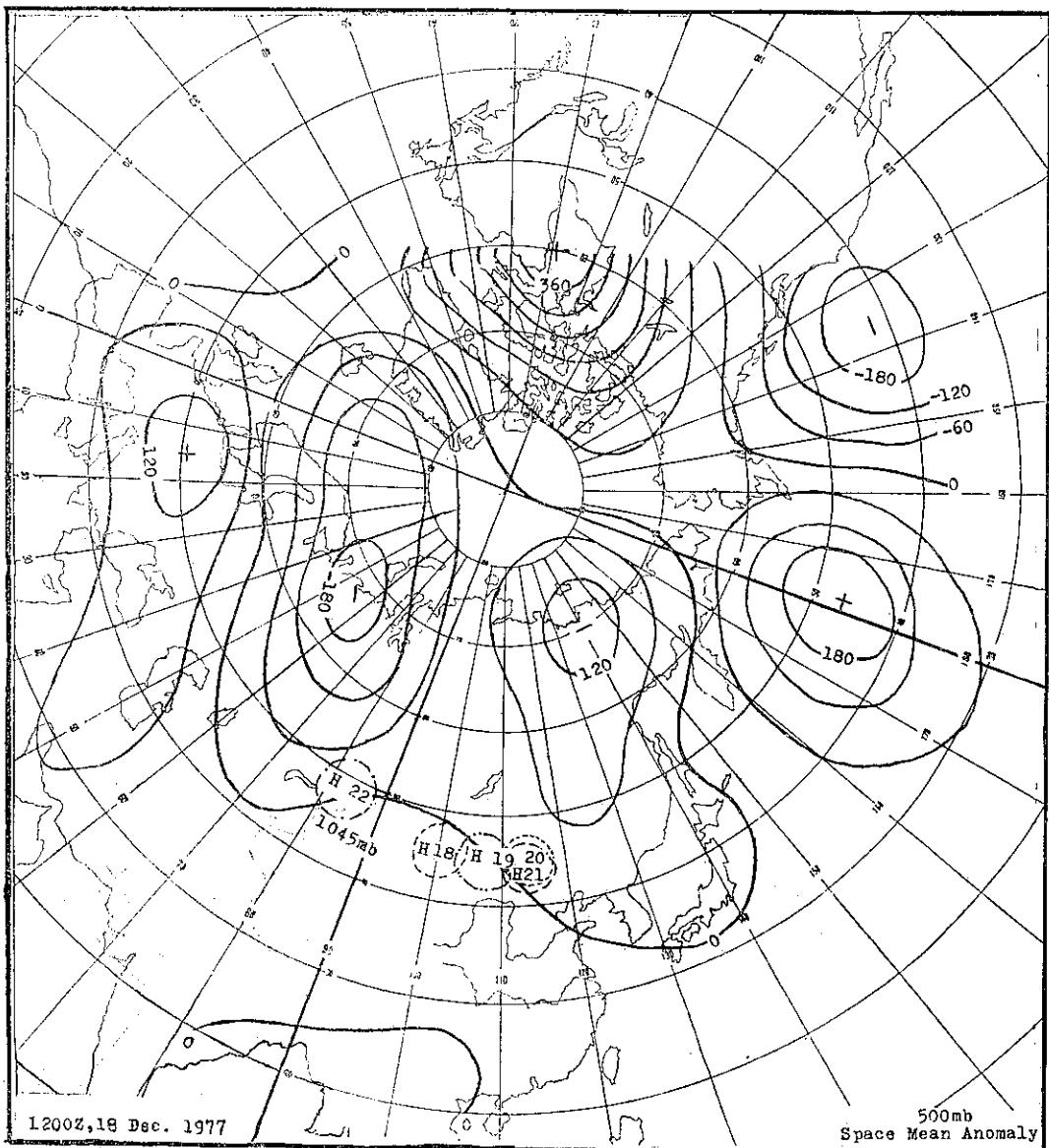


圖15 空間負距平區圍繞北極圈，1045mb 移動高壓中心於 80°E – 120°E 間徘徊，臺灣天氣良好，冬季氣溫偏高。

位移，由氣旋中心向西南西伸展之冷鋒再度影響臺灣北部之天氣。

(三) 西南位移高壓，部分分裂型參閱圖 11，850 mb 斜壓區遼闊，空間正距平區向西位移，地面高壓中心位於斜壓區之北側，該中心跨越斜壓區向西南位移，然後分裂形成一「四川高壓」，當該高壓東移時，臺灣本島常有連續數日「風和日麗」

之晴天；母高壓則在新疆省境內先呈滯留，後再北增強移，形成另一次寒潮，或東南向位移成移動高壓。

上述(二)(三)兩類型常於每年一月與二月中、上旬出現，其個別頻率雖無顯著差別，唯每一型態有連續出現之可能，此點富有預報價值，如民國 52 年一月有顯著寒潮兩次，圖 12，蒙古高壓中心均向西

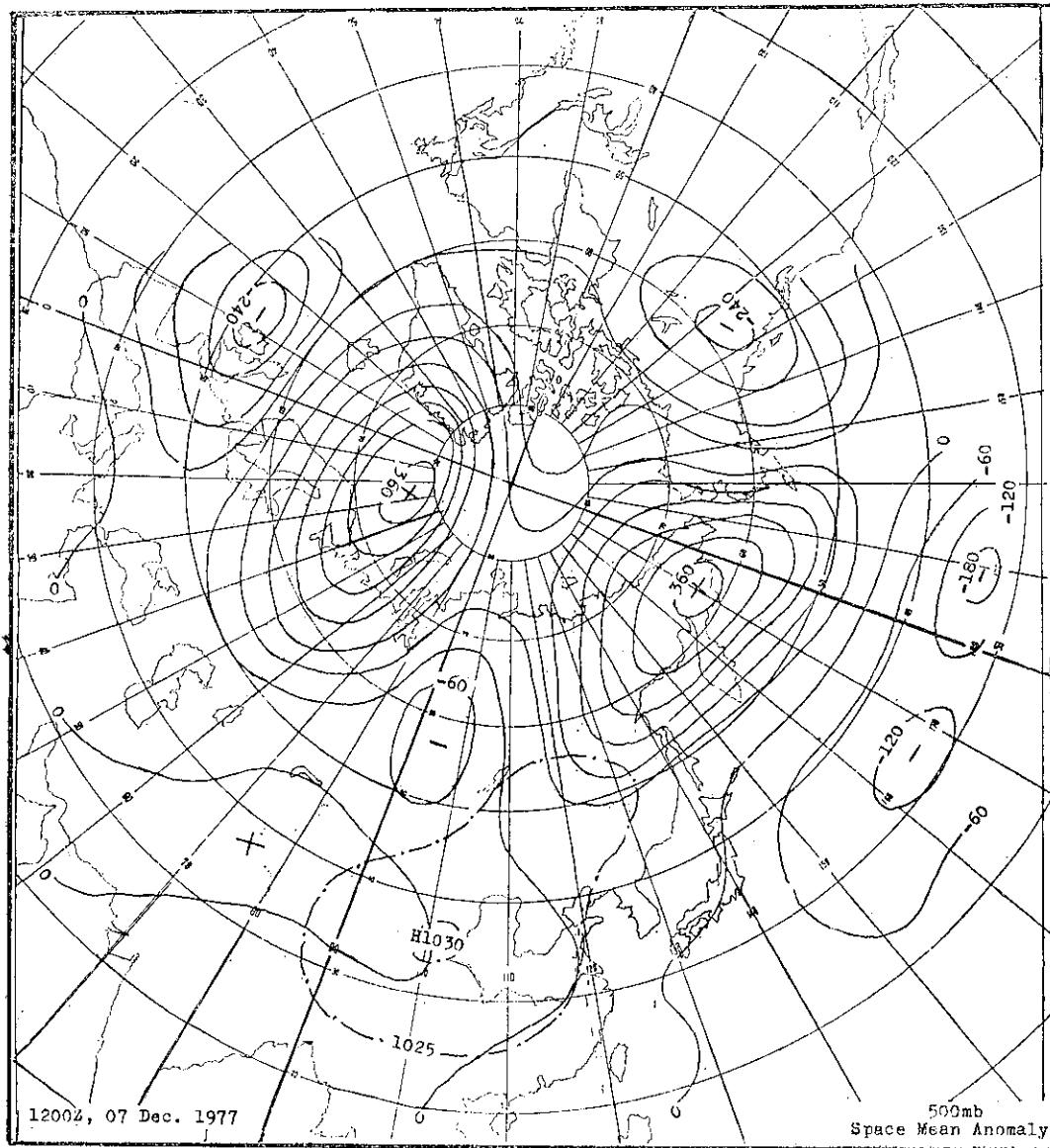


圖16 繞北極圈二波型態圖，貝加爾湖西側為空間負距平區，西伯利亞高壓中心（段點線）偏南，臺灣區天氣良好，冬季氣溫偏高。若北歐空間正距平中心與貝加爾湖西側空間負距平中心均偏東四十經度，則臺灣冬季若寒且雨量多。

南位移，臺灣一月份天氣良好，溫度偏低且雨量亦偏低，臺北月雨量僅 26.3 mm。但於 53 年一月後半月，連續有三次寒潮襲臺，屬滯留型，臺北月雨量高達 239.4mm，圖 13，破歷年元月份雨量紀錄。當第二類型寒潮出現時，西伯利亞西部上空之空間正距平區呈滯留狀；若該正區西向位移，則蒙古高壓中心將向西南移動；又若向東或漸消失，則呈

移動高壓型。空間距平圖之其他型態，請參閱圖 14 至 18。

九、結論

寒潮屬大幅度氣壓系統，分析此種幅度之天氣以應用空間距平法為宜。當裏海與浙地島間之區域內有正距平中心出現，呈橢圓型，其長軸向東北伸

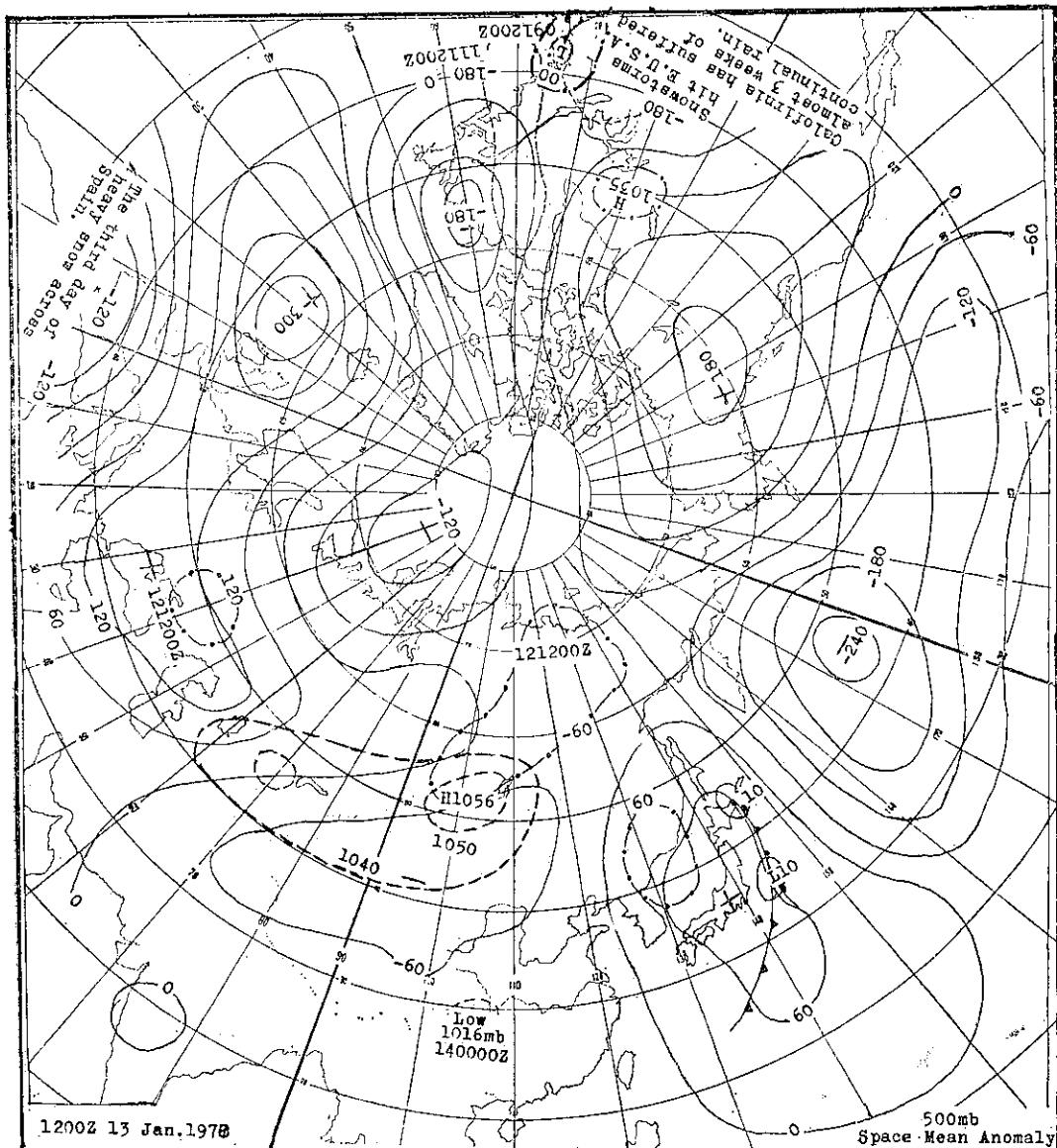


圖17 段點線 (121200Z) 正、負空間距平中心；因日本東方近海之氣旋位於空間正空間距平區，故不發展。貝加爾湖西側 1050mb 高壓中心因裏海區橢圓型正空間距平區支持故可維持其強度，華西低壓 (1016mb) 因有其西北方負空間距平中心存在，有利該氣旋生成與發展，導引寒潮南下。

展，並逐日增強，乃為寒潮爆發前最常見之天氣圖型態。同時亞洲大陸東側沿海應有一負距平區，以利氣旋之發展，導引寒潮南下；但若日本海地區目前為正距平，我國東南沿海必有一發展迅速之氣旋出現，以改變距平位相，並伴有激烈天氣。

當貝加爾湖西側之正距平區西移，並稍減弱時，蒙古高壓中心將向西南位移至新疆省境內，同時

分裂高壓沿長江東移至東海與日本南方海域，臺灣天氣良好，晚間氣溫偏低。如該距平中心呈滯留，則蒙古高壓亦呈滯留，雖有分裂高壓中心由華北東移出海至日本，但臺灣北部天氣轉晴之機會不大。當距平中心於原地消失或東移時，蒙古高壓將成為一移動高壓，由華北或長江口出海，臺灣北部天氣全視該高壓中心東移之路徑不同而有異。

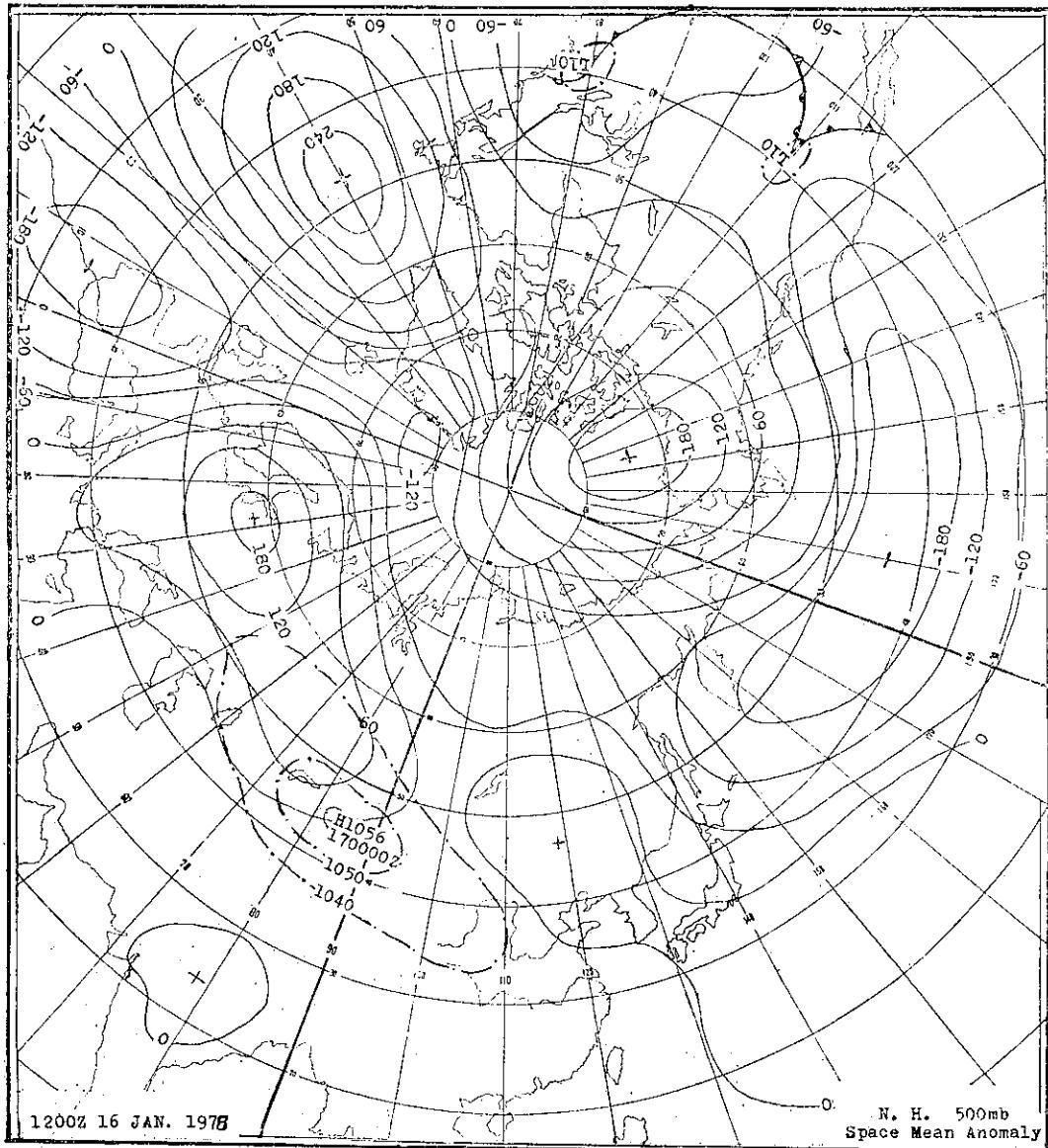


圖18 寒潮影響臺灣時空間距平圖之另一型態，段點線表示西伯利亞高壓中心與 1040mb 等壓線所圍之高壓區型態。印度區之距平中心對於臺灣天氣十分重要，如為負距平，則臺灣多雨；如為正距平，則臺灣雨量少。

十、參 考 文 獻

Martin, D. E., 1956: Forecasting Rules and Techniques Used in Tokyo WX Central, First WX Wing, Special Study 105-2.

顏俊士，民國 50 年：臺灣之寒害，氣象學報，第 7 卷，
2 期，P 24。

王崇岳，民國 60 年：西伯利亞高壓中心運行之客觀預報
法，氣象預報與分析，第 54 期，P 1-7。

新店溪流域降水量與流量之研究

(流量部分)

*A Research of Precipitation and Runoff in
Hsin-Tien Watershed (Runoff Part)*

郭文鑑 W. S. Kuo 蔣志才

C. T. Chiang 朱曙光 S. G. Chu

新店溪流域之降水部分已分颱風、鋒面與雷雨三方面詳細討論，本部分研究偏重於有關流量與蒸發量，集流時間與乾濕發生頻率，其研究的方法步驟與結果分述於後：

一、蒸發量之估計

蒸發在水文循環中 (Hydrological Cycle) 無時不在進行，對於整個流域之水量而言是一種損失 (Loss)，如果能够有效的估計蒸發量的多寡，對於整個流域的水文經營 (water management) 作業上有很大的助益，本節研究是以每日蒸發量為基礎，以最小平方法 (method of least squares) 求得

新店溪上游與下游蒸發量之二次相關方程式，由此方程式可以用臺北當日的蒸發量推算出上游之蒸發量，提供有關單位作業參考。

1. 資料統計與分析

蒸發量每日資料，以測站分佈情況，紀錄時間與連續性而言，僅有臺北，福山與乾溝三個測站比較完整，計有1966年至1976年間最近11年之每日紀錄，故選用該三地1966至1975年資料作分析並以1976年資料作校驗，以臺北測站代表新店溪下游之蒸發情形，福山代表南勢溪，而乾溝代表北勢溪。上述測站每月歷年統計如下表 (附表1)：

表 1. 新店溪流域月蒸發量紀錄

測站	標高	紀錄年限	月平均蒸發量 mm												年蒸發量	最高月	最低月
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
臺北	8 m	1897 1976	62.5	61.5	82.1	101.1	125.4	139.1	173.1	172.6	146.7	114.7	83.9	65.0	1327.7	7	2
		1954 1976	27.8	32.7	49.5	74.2	87.0	97.8	141.3	132.8	99.6	56.8	38.3	29.6	867.3	7	1
乾溝	120 m	1954 1976	28.9	30.9	46.5	70.5	72.5	85.1	128.2	107.8	79.6	50.2	36.1	29.2	765.5	7	1
		1954 1976	28.9	30.9	46.5	70.5	72.5	85.1	128.2	107.8	79.6	50.2	36.1	29.2	765.5	7	1

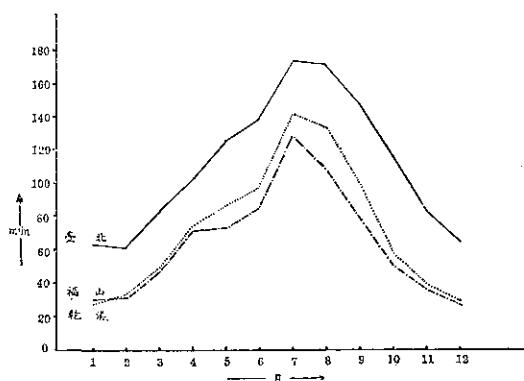


圖 1. 月平均蒸發量

表列臺北測站標高8公尺，平均年蒸發量為1327.7 mm，乾溝標高120公尺，年蒸發量為867.3 mm，福山標高420公尺，年蒸發量為765.5 mm。蒸發量隨高度而遞減。

至於每月平均蒸發量圖1顯示各月分佈的情形，三個測站蒸發量最高的月份都集中在7月份，最低集中於1或2月份。因為造成蒸發物理現象的要素是水汽壓，而水汽壓 ($e = \rho_v R_v T$) 與溫度關係最為密切，而溫度則與季節及高度有關，氣溫通常在7、8月份最高，最低在1或2月，與月蒸發量之多寡相合，同時氣溫隨著高度而降低，亦與測站高度之增加

而造成蒸發量之減少相一致。

2. 研究方法與結果

臺北測站係每日 24 小時觀測，山區觀測站既稀而觀測次數亦較少，所以研究的方法是將臺北，乾溝與福山最近 10 年每日之蒸發量資料作統計求得二次相關方程式，用以估計新店溪上游北勢溪與南勢溪每日之蒸發量，再以 1976 年之資料校驗其結果。所應用之二次曲線相關方程式為：

$$Y = a + bX + cX^2$$

以最小平方法之原理，上述二次曲線之標準方程式為：

$$\begin{cases} na + b\sum X + c\sum X^2 = \sum Y \\ a\sum X + b\sum X^2 + c\sum X^3 = \sum XY \\ a\sum X^2 + b\sum X^3 + c\sum X^4 = \sum X^2 Y \end{cases}$$

解上列聯立方程式，可求得 a, b, c 三未知數，再將 a, b, c 之數值代入二次曲線相關方程式，即為所求之蒸發估計量。由於三個測站之 10 年期間蒸發量資料繁多，計算步驟首先將每日資料打成卡片，經過程式設計後利用行政院主計處之 IBM 370 電子計算機求得方程式如下：

(1) 以臺北測站估計乾溝蒸發量之二次方程式為：

$$Y_A = -0.60 + 0.95X - 0.02X^2$$

(2) 以臺北測站估計福山蒸發量之二次方程式為：

$$Y_B = 1.19 + 0.22X + 0.01X^2$$

根據上述二方程式，將臺北測站 1976 年每日之蒸發量資料代入，可以求得乾溝測站蒸發量之估計值 Y_A ，亦可求得福山測站蒸發量之估計值 Y_B ， Y_A 與 Y_B 兩估計值與 1976 年乾溝與福山兩地每日實測之蒸發量比較如圖 2 與 3。圖中之縱座標為二次方程式計算所得之估計蒸發量，橫坐標為實測之蒸發量，單位為 mm，45 度線表示估計值與實測值相等時之軌跡，根據圖 2 福山測站 366 個點分佈情形顯示，以二次方程式估計福山每日之蒸發量在 2 mm 以下時，估計值稍偏高，而在 4 mm 以上時偏低，其平均誤差約在 1 mm 左右，根據圖 3 乾溝測站 1976 年每日蒸發量與估計蒸發量各點分佈情形顯示，其分佈狀況較分散，估計值平均起來偏高，其平均誤差約在 2 mm 左右。

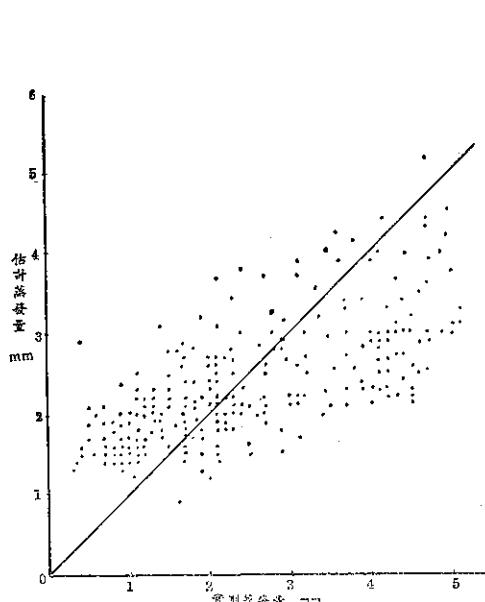


圖 2. 福山蒸發量檢驗圖

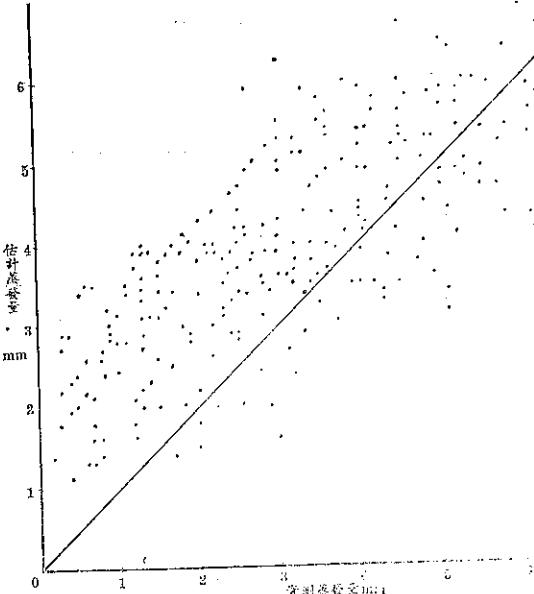


圖 3. 乾溝蒸發量檢驗圖

二、集 流 時 間

流量 (runoff volume) 對發電、灌溉、防洪與供水等，均有密切的關係，一個流域的流量由上游流動至下游所需要的時間，稱為延遲時間 (time lag)，其影響延遲時間的因素有氣象與河川特性兩大部分，如需估計延遲時間可從流量歷線 (Hydrograph) 或水位歷線著手，因為流量或水位歷線也由氣象因素（如降水、蒸發等）與河川性質（積水面積、深度、入滲、吸收、坡度……等）計稱的河床形狀與粗糙係數支流密度結果，互相關連。

1.統計結果與分析

新店溪主流係由北勢溪與南勢溪兩支流在龜山匯合，再下游至江子翠入淡水河全長約 30 公里，平均坡度為 $1/600$ ，由於河川坡陡流急，上游山區降雨在短暫數小時內可以迅速流達下游地區，所以計算延遲時間所使用的資料也應以每小時之記錄為妥。為之，筆者曾赴臺灣電力公司與水利局翻閱新店溪流域各水文站之紀錄情形，選用福山，乾溝與中正橋三個水文測站洪水期之每小時水位高度，並繪歷線圖求取延遲時間，由於中正橋水文站在颱風期間河水氾濫時方有紀錄，所以使用的紀錄，雖自 1968 年開始至 1977 年共 10 年期間，可是只有 8 個颱風之每小時記錄。例如：1977 年 7 月 31 日 9 時起薇拉颱風雨量所造成福山，乾溝與中正橋三個水文站每時之水位高度歷線圖如附圖 4。圖示福山最高水位時間發生在 7 月 31 日

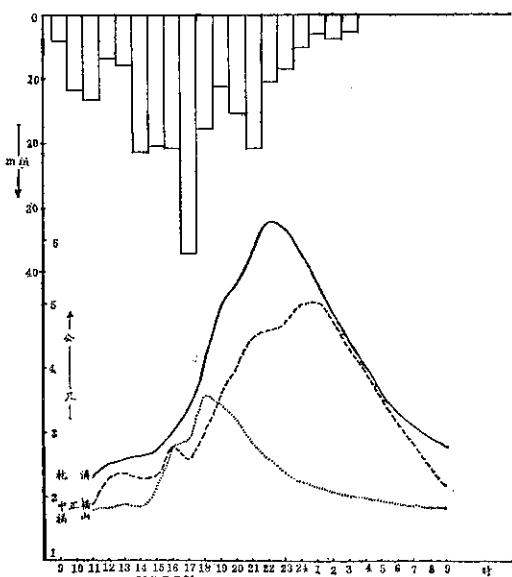


圖 4. 薇拉颱風水位歷線圖

18 時，乾溝發生在 7 月 31 日 22 時，而中正橋發生時間在 8 月 1 日 1 時。換言之此次颱風所造成新店溪水位的上升，由福山至中正橋歷時 7 小時，由乾溝至中正橋歷時 3 小時。圖 4 上面的坐標表示、每小時平均降雨量之分佈，亦可以代表平均降雨強度，其計算的方法是將福山，乾溝與中正橋三測站每小時之雨量加以平均，求得每小時平均雨量標示之，平均降雨強度最大時間發生在 7 月 31 日 17 時，降雨量為 37.4 mm，它與福山最高水位發生時間相差僅 1 小時，與乾溝最高水位時間相差 5 小時，與中正橋最高水位時間相差 8 小時。雨量與流量延遲時間有異，其原因流域面積的大小為其一。其他如降雨移動的方向，風向風速等氣象因素，還有河川物理特性等亦不可忽視。

自 1968 年起至 1977 年止 10 年中 8 個颱風每小時雨量分佈與水位高度之歷線圖如本篇後面之附錄，其上游與下游水文測站所求得之延遲時間如表 2。

由表 2 察知由福山至中正橋最高水位延遲時間平均為 3 小時，由乾溝至中正橋平均為 2 小時 15 分，每小時平均最大降雨量發生時至福山最高水位之延遲時間平均為 2 小時 30 分，至乾溝最高水位時間平均為 4 小時 37 分，至中正橋最高水位時間平均為 7 小時。由此可見最大降雨發生新店流域上游至下游之洪水流量速度迅速，洪水預報之時間分秒必爭。

2.檢 討

新店溪上游至下游最高水位平均延遲時間，每小時平均最大降雨量發生時間，各水文測站最高水位間之平均延遲時間，在洪水預報作業上，為一項重要的考慮因素，本篇研究受資料之限制，僅有 8 個颱風每小時之記錄作精確之仔細研究分析，有無米炊之感。

臺灣省水利局已於民國 66 年建立淡水河洪水預報中心，在預報系統內設立雨量站與水文站八站，每小時資料均有紀錄，希望以後能有更多的資料計算統計，修正目前之估計數字，可以提供更有效之洪水預報參考資料。

三、乾濕發生頻率

新店溪河水流量受颱風降雨影響多集中於夏秋兩季，乾旱大多發生於冬春之際。此等水文事件可假設彼等符合和機率原理，並且以統計推估方法，分析過去水文資料以推定未來可能之趨向，為達到實用的目的，以極端值理論作為分析方法，本節研究河川的年最大日流量與最小日流量將分別討論之。

表 2. 新店溪雨量與水位延遲時間

颱風名稱	起止時間	平均一小時最大降雨		最高水位時間			水位延遲時間		最大降雨與最高水位延遲時間		
		時間	量	福山	乾溝	中正橋	福山一中正橋	乾溝一中正橋	福山	乾溝	中正橋
艾琳	1968 9. 30. 1300 10. 1. 1500	30日 1000	37.8 mm	缺	30日 2400	1日 0100		1 hr		14:00	15:00
艾爾西	1969 9. 26. 2100 9. 28. 0800	26日 2400	43.7 mm	27日 0200	27日 0100	27日 0330	1:30	2:30	2:00	1:00	3:30
美勞西	1968 10. 2. 1700 10. 5. 1600	4日 0300	23.3 mm	4日 0600	4日 0500	4日 0630	0:30	1:30	3:00	2:00	3:30
美安	1969 9. 6. 2200 9. 7. 2000	6日 1900	30.6 mm	6日 2400	6日 2200	6日 2430	0:30	2:30	5:00	3:00	5:30
艾妮絲	1971 9. 17. 2400 9. 19. 0500	18日 1800	29.1 mm	18日 1900	18日 2000	18日 2200	3:00	2:00	1:00	2:00	5:00
貝蒂	1972 8. 16. 1500 8. 18. 0900	26日 2400	30.3 mm	缺	17日 0400	17日 0700		3:00		4:00	7:00
畢莉	1976 8. 9. 2200 8. 10. 1200	9日 2100	37.0 mm	9日 2400	10日 0300	10日 0530	5:30	2:30	3:00	6:00	8:30
薇拉	1977 7. 31. 1100 8. 1. 0900	31日 1700	37.4 mm	31日 1800	31日 2200	1日 0100	7:00	3:00	1:00	5:00	8:00
平均							3:00	2:15	2:30	4:37	7:00

表 3. 新店溪流域水文測站月流量統計

測站 名稱	流域 面積 Km ²	紀錄 年限	月平均流量 CMS												年 平均	最高 月	最低 月
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
福山	160.40	1938-1976	13.23	11.84	10.72	8.70	10.32	17.57	17.87	23.83	36.09	32.51	23.11	16.74	18.57	9	4
		百分比%	6.0	5.3	4.8	3.9	4.7	7.9	8.0	10.7	16.2	14.6	10.4	7.5			
乾溝	258.00	1942-1976	20.47	20.49	15.19	12.05	18.67	25.45	20.73	23.92	45.88	41.17	33.41	26.26	25.30	9	4
		百分比%	6.7	6.8	5.0	4.0	6.0	8.4	6.8	7.9	15.1	13.6	11.0	8.7			
秀朗橋	750.76	1970-1976	70.88	49.23	65.51	48.88	53.81	102.35	58.12	59.93	183.32	194.48	103.69	79.52	89.23	10	4
		百分比%	6.6	4.6	6.1	4.5	5.0	9.6	5.4	5.6	17.1	18.2	9.9	7.4			
平均百分比(%)			6.4	5.6	5.3	4.1	5.2	8.6	6.7	8.1	16.1	15.5	10.4	7.9		9	4

1. 資料統計與分析

由於新店溪流域內水文測站每日流量觀測記錄時間的限制，本節分析選用福山，乾溝與秀朗橋三個測站的記錄為基礎。

該三站每月流量歷年統計如附表 3。

由表 3 可以看出流量最高的月份都集中在 9 或 10 月份，而流量最低的月份都在 4 月份，根據民國 66 年 10 月份，經濟部水資源統一規劃委員會編制的「臺灣水文圖」中說明，臺灣地區的河川在每年 5 月至 10 月份之間水量充沛，稱之為豐水期，而 11 月至次年 4 月水量較少，稱之為枯水季，其中最高流量在 9 月份佔全流量之 16.1%，最低流量在 4 月份全流量之 4.1% 每月平均最大流量為最小流量之四倍。福山地區豐水期流量佔全年的百分之 62.1%，乾溝佔百分之 57.9%，秀朗橋佔百分之 60.9%，其分配情形如圖 5，豐水期主要由於颱風、雷雨而造成，尤其是颱風影響更大，而在枯水期間，北部地區冬季東北季風盛行，雖雨量不大，可是雨日較多，再加上早期梅雨和地形的因素，新店溪流量佔全年流量百分比 4.1 至 10.4 之間，此期間遠不若臺灣西南部各河流旱象嚴重，原因在此。

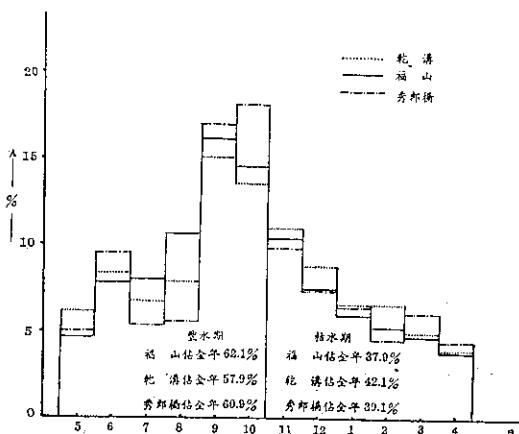


圖 5. 新店溪流域流量分配圖

為了求取新店溪上游與下游流量的關係，將 1970 至 1976 年乾溝，福山與秀朗橋三地每月平均流量加以統計，所求得之直線相關方程式如下：

$$\text{秀朗橋月平均流量 } Q_s = 30.8 + 3.1 Q_F$$

$$Q_F \text{ 福山月平均流量}$$

$$\text{秀朗橋與福山月平均流量相關係數}$$

$$r_{sf} = 0.785$$

$$\text{乾溝月平均流量 } Q_s = 35.6 + 1.9 Q_k$$

$$Q_k \text{ 乾溝月平均流量}$$

秀朗橋與乾溝月平均流量相關係數

$$r_{sk} = 0.675$$

由上列方程式可以得知由南勢溪的福山水文測站到新店溪下游之秀朗橋測站每月平均流量相關達 0.785，另外由北勢溪的乾溝測站到秀朗橋之相關達 0.675，雖然統計的年份只有 7 年，但可以看出新店溪上游與下游之月平均流量相關很大。

2. 研究方法與步驟

本研究主要利用極端值分佈之理論，分析新店溪流域福山與乾溝兩水文站之洪水流量頻率及乾涸流量頻率。水文資料由臺灣電力公司所整理之流量年表中選取，選取時間由 1958 至 1976 年共計 19 年，水文頻率分析包括最大流量與最小流量兩項，最大流量頻率實屬洪水頻率之分析，資料選用測站年第 1、2、3 日最大流量數為樣本，19 年共有 57 個；最小流量亦即乾涸頻率，由於每年最小與次小之日流量相差極微，如採用同上測站之年最小日流量為基礎，19 年中只有 19 個數值。

極端值的分析，係以統計量由最大（或最小）值排列順序之極限分佈而言，其方法乃將其統計量假設為一適當分佈函數，再由此分佈函數及參數之平均值，標準差，及差異量等關係外推某種計量可能發生的頻率，甘保 (E. J. Gumbel) 氏用極端值第一類分佈 (Extremal type I distribution) 做洪水頻率分析極為成功，其理論步驟分述如下：

第一類指數型式之極端值分佈可由下列方程式表示：

$$P(X) = \text{EXP}\{-\text{EXP}[-\alpha(X-\beta)]\} \dots (1)$$

α ：尺度參數 (Scale parameter)

β ：位置或中央值參數 (Location or Central Parameter)

設 $\alpha(X-\beta)=Y$ ， Y 為改化變量 (Reduced Variate) 或稱轉變參數 (Transformed Parameter)，式(1)可寫為

$$P(X) = \text{EXP}\{-\text{EXP}(-Y)\} \dots (2)$$

甘保氏利用統計動差原理 (Moments Theorem)，導出分析樣本之平均值 μ ，標準差 σ 及中位數 M 分別為

$$\left. \begin{aligned} \mu &= \beta + \frac{0.5772}{\alpha} \\ \sigma &= \sqrt{\frac{\pi}{6\alpha}} = \frac{1.2826}{\alpha} \\ M &= \beta + \frac{0.3665}{\alpha} \end{aligned} \right\} \dots (3)$$

$$\text{由(3)式可得: } \begin{cases} \beta = \mu - 0.45005 \sigma \\ \alpha = 1.2826 \cdot \frac{1}{\sigma} \end{cases} \quad \text{..... (4)}$$

因假設改變量 $Y = \alpha(X - \beta)$, 故將(4)的值代入得

$$Y = \frac{1.2826}{\sigma}(X - \mu + 0.45005 \sigma) \quad \text{..... (5)}$$

$$\text{即 } Y = \frac{\sigma X}{1.2826} + \mu - 0.45005 \sigma$$

$$\text{或 } X = \frac{1}{\alpha} Y + \beta \quad \text{..... (6)}$$

由(6)式可知, 極端值第一類分佈結果可將某水文事件 X 與其相應之改化變量 Y 做成一線性方程式, $\frac{1}{\alpha}$ 為此方程式之迴歸係數斜率, β 為當 $Y=0$ 時 X 之截距。(6)式為甘保氏第一類極端值分佈之基本解, 實際應用上, 可由水文資料計算各最大極端值之平均

表 4. 年 第一 第二 及 第三 最大 日 流 量

年 份	福 山 (CMS)			乾 溝 (CMS)		
	最 大	第 二	第 三	最 大	第 二	第 三
1976	286.95	226.45	115.85	371.87	271.42	130.11
1975	316.02	123.04	121.84	394.73	267.80	196.33
1974	262.00	228.00	221.00	1006.00	401.40	265.90
1973	430.60	372.00	205.00	619.00	423.80	267.00
1972	730.00	201.00	137.50	611.46	478.90	360.00
1971	392.42	372.43	327.02	781.41	673.40	501.21
1970	239.15	168.89	129.42	424.33	387.50	275.50
1969	635.00	430.00	252.00	1165.00	1065.00	715.00
1968	447.00	350.00	241.00	960.00	335.00	330.00
1967	280.00	217.00	205.00	635.00	510.00	505.00
1966	150.00	113.00	109.00	675.00	372.00	350.00
1965	188.00	114.00	73.50	425.00	177.00	165.00
1964	138.00	122.00	122.00	283.00	136.00	99.00
1963	1360.00	534.00	265.00	1175.00	405.00	174.00
1962	480.00	191.00	189.00	1020.00	381.00	380.00
1961	843.00	108.00	88.00	480.00	376.00	347.00
1960	223.00	118.00	110.00	580.00	475.00	270.00
1959	118.00	88.50	86.00	530.00	460.00	410.00
1958	140.00	123.00	98.00	650.00	300.00	285.00

表 5. 乾 溝 1958-1976 年 最 大 日 流 量 頻 率

分 組	分 組 下 限	由公式(5)求得 Y 值	由 公 式 (2) 求 得 $57 \exp[-\exp(-Y)]$	頻 率		
				計 算 值	實 際 值	100 年 內 可 能 值
100 CMS以下				1.8	1	3.2
100-199	100	- 1.2386	1.81	5.2	6	9.2
200-299	200	- 0.7364	7.06	9.1	9	16.1
300-399	300	- 0.2343	16.01	10.4	12	18.4
400-499	400	0.2679	26.52	9.4	10	16.6
500-599	500	0.7701	35.88	7.2	5	12.7
600-699	600	1.2723	43.07	5.0	6	8.3
700-799	700	1.7744	48.11	3.3	2	5.8
800 以 上	800	2.2760	51.44	5.1	6	9.0
合 計				56.5	57	

數 μ 及標準差 σ 代入(4)式求得 α , β , 再代入(6)式即可求出理論之頻率方程式。或由(5)式求得之Y值代入(2)式求得 $P(X)$, 再乘以資料選用個數 N, 可得頻率分佈之面積, 將此面積數值減去前項面積值, 就可以得到出現頻率之次數。

3. 洪水流量頻率分析

首先統計乾溝 19 年內每年第一、第二與第三最大日流量合計 57 個資料, 如表 4, 求得其平均值為 $\mu = 461.55$, 標準差為 $\sigma = 255.49$ 。其次將 57 個資料分為 9 組, 利用此 9 組之下限值代入公式(2)(5)中, 即可求得理論頻率分配值。其計算結果與實際頻率之比較如表 5。由於乾溝流量自 800 CMS 至最高 1175 CMS 之組距中分配情形非常不均勻, 所以將超過 800 CMS 之流量均列入一個組距, 頻率實際值共計 6 次, 計算頻率係將超過 800 CMS 之流量, 以間距 100 CMS 逐項計算, 至計算頻率值小於 1, 其總和列入 800 CMS 以上之組距內, 共計 5.1 次。由表 5 得知乾溝年最大日流量實際頻率分配情形與理論所示。結果常符合, 並由表 5 求得之估計頻率值可以推算 50 年, 100 年 500 年或更長年限 所出現之頻率次數。例如: 100 年內可能出現 700~779 CMS 流量之頻率次數依表(5)中之比例計算為 $\frac{3.3}{56.5} = \frac{X}{100}$, 得 $X = 5.8$ (次)。表 5 之計算值對於水利規劃與水文經營上之

助益良多。

洪水頻率方程式計算方法是以公式(4)與(6)為基礎, 將乾溝 57 個資料求得之平均值與標準差代入公式(4)中可求得 α 與 β 值, 再將其代入公式(6)中, 即可得出乾溝之洪水頻率方程式為:

$$Q_{K_F} = 199.20Y + 346.57 \dots \dots \dots (7)$$

在水文計算中, 改變變量 Y 值與重現週期 (return period) 之關係一定, 可以從下列公式中計算。

$$Y = -\log[-\log(1 - \frac{1}{T})] \dots \dots \dots (8)$$

如果想要得到 100 年重現週期 水文事件之 Y 值, 將 $T=100$ 代入上式可得 $y = 4.61$ 。同樣的方法可求得 500 年及 1000 年之重現週期 Y 值為 6.20 及 6.89, Y 值由公式(8)求得後再代入公式(7), 即可求得某一特定之重現週期與乾溝的洪水量。

依照同樣的方法逐步計算如表(4)中所列福山 19 年內每年第一、第二與第三最大日流量 57 個資料之洪水頻率。首先求得其平均值為 $\mu = 262.40$, 標準差 $\sigma = 225.05$, 其次將 57 個資料分為 15 組, 以各組之下限值代入公式(2)(5)中, 即可求得理論頻率分配值, 為求取與理論頻率相近似分配, 曾將福山 57 個資料做多次的分組實驗, 最後求得以 50CMS 為間隔之組距最為恰當, 其計算之結果與實際頻率比較如表 6,

表 6. 福山 1958~1976 年最大日流量頻率

分組	分組 下限	由公式(5)求得 Y值	由公式(2)求得 $57 \exp[-\exp(-Y)]$	頻率		
				計算值	實際值	100 年內可能值
125 以下				16.5	18	29.5
125~174	125	-0.2063	16.5	6.3	6	11.3
175~224	175	0.0787	22.8	5.7	9	10.2
225~274	225	0.3638	28.5	5.1	7	9.1
275~324	275	0.6488	33.6	5.2	3	9.3
325~374	325	0.9339	38.8	3.4	4	6.1
375~424	375	1.2189	42.2	3.4	1	6.1
425~474	425	1.5040	45.6	2.9	3	5.2
475~524	475	1.7890	48.5	1.7	2	3.0
525~574	525	2.0741	50.2	1.7	1	3.0
575~624	575	2.3591	51.9	1.4	0	2.5
625~674	625	2.6442	53.1	0.9	1	1.6
675~724	675	2.9292	54.0	0.8	0	1.4
725~774	725	3.2143	54.8	0.5	1	0.9
775 以上	775	3.4993	55.3	0.5	1	0.9
合計				56.0		

表 7. 年極端最小日流量

站名 \ 年次	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
福山 (CMS)	3.40	3.85	6.60	4.50	5.90	2.59	3.50	5.35	4.85	4.05
乾溝 (CMS)	2.00	0.10	2.70	2.15	2.60	1.00	0.33	2.25	0.33	1.85
站名 \ 年次	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	
福山 (CMS)	3.30	3.05	4.48	4.05	2.55	3.25	1.45	3.75	3.20	
乾溝 (CMS)	2.00	2.28	1.97	1.27	1.80	2.02	1.80	2.40	2.00	

由表 6 可以看出流量愈大時，所計算之最大頻率出現值與實際之頻率值愈接近，在表中最後一項為 100 年內出現每組流量之頻率，其計算方法亦依上述比例法所求得。

根據公式(4)(6)及 57 個水文資料之平均值與標準差求得福山測站之洪水頻率方程式為

$$Q_{FP} = 175.46Y + 161.12 \quad \dots \dots \dots \quad (9)$$

由表(6)可以求得福山每一組距，重現週期與洪水頻率次數，同時依據公式(9)可以求得任何重現週期洪水量之多寡。

4. 乾涸流量頻率分析

福山與乾溝兩地乾涸流量分析所使用之資料係用 1958 至 1976 計 19 年，以每年極小日流量為主，所用之數值如表(7)所示。

由表 7 得知年極端最小日流量數值之差距，福山由 2.55 至 6.60 CMS，乾溝為 0.10 到 2.70 CMS，由於河川乾涸期水量變化之幅度很小，不易分組計算，故統計分析時僅求乾涸頻率之方程式；首先求得福山年極端最小日流量之平均值 $\mu = 4.02$ ，標準差為 $\sigma = 1.076$ ，乾溝之平均值為 $\mu = 1.73$ ，標準差為 $\sigma = 0.768$ 。

再將所求得之數值代入公式(4)(6)中，即可求得兩地流量之乾涸頻率方程式如下：

$$Q_{KN} = 0.60Y + 1.38 \quad \dots \dots \dots \quad (10)$$

$$Q_{FN} = 0.84Y + 3.54 \quad \dots \dots \dots \quad (11)$$

公式(10)為乾溝之乾涸頻率方程式，而公式(11)為福山之乾涸頻率方程式，依此兩個方程式可以大約估計在某一個重現週期中河水乾涸之程度，這些研究之結果對於水壩之設計及供水經營，均有很大之助益。

結論

本部分研究之蒸發方面是以臺北，乾溝與福山三個測站 1966 至 1975 年最近 10 年每日之資料作統計分析，求得之二次相關方程式為：

$$Y_A = -0.60 + 0.95X - 0.02X^2$$

$$Y_B = 1.19 + 0.22X + 0.01X^2$$

根據上列方程式，將臺北測站 1976 年每日之蒸發資料代入，可求得乾溝站蒸發量估計值 Y_A 與福山站蒸發量估計值 Y_B ，其平均誤差乾溝站為每日 2mm 左右，福山站為每日 1 mm 上下。

集流時間方面，由每小時流量及雨量資料統計結果，求得福山至中正橋最高水位時間延遲平均為 3 小時，乾溝至中正橋平均為 2 小時 15 分，最大降雨量發生時間至福山最高水位之延遲時間平均為 2 小時 30 分，至乾溝最高水位時間平均為 4 小時 37 分，至中正橋最高水位時間為 7 小時。

洪水頻率方面，由乾溝與福山最近 19 年內每年第一，第二與第三最大日流量合計 57 個資料推算其頻率方程式為：

$$Q_{KF} = 199.20Y + 346.57$$

$$Q_{FP} = 175.46Y + 161.12$$

另外在乾涸發生頻率方面，由於河川乾涸期水量變化幅度很小，資料係採用最近 19 年中每年極小日流量為主，其推算之方程式為：

$$Q_{KN} = 0.60Y + 1.38$$

$$Q_{FN} = 0.84Y + 3.54$$

此次研究流量部分之資料為數太少，將後如能增加資料，各項推算結果之精確度。可以相對的稍微提高。

致謝

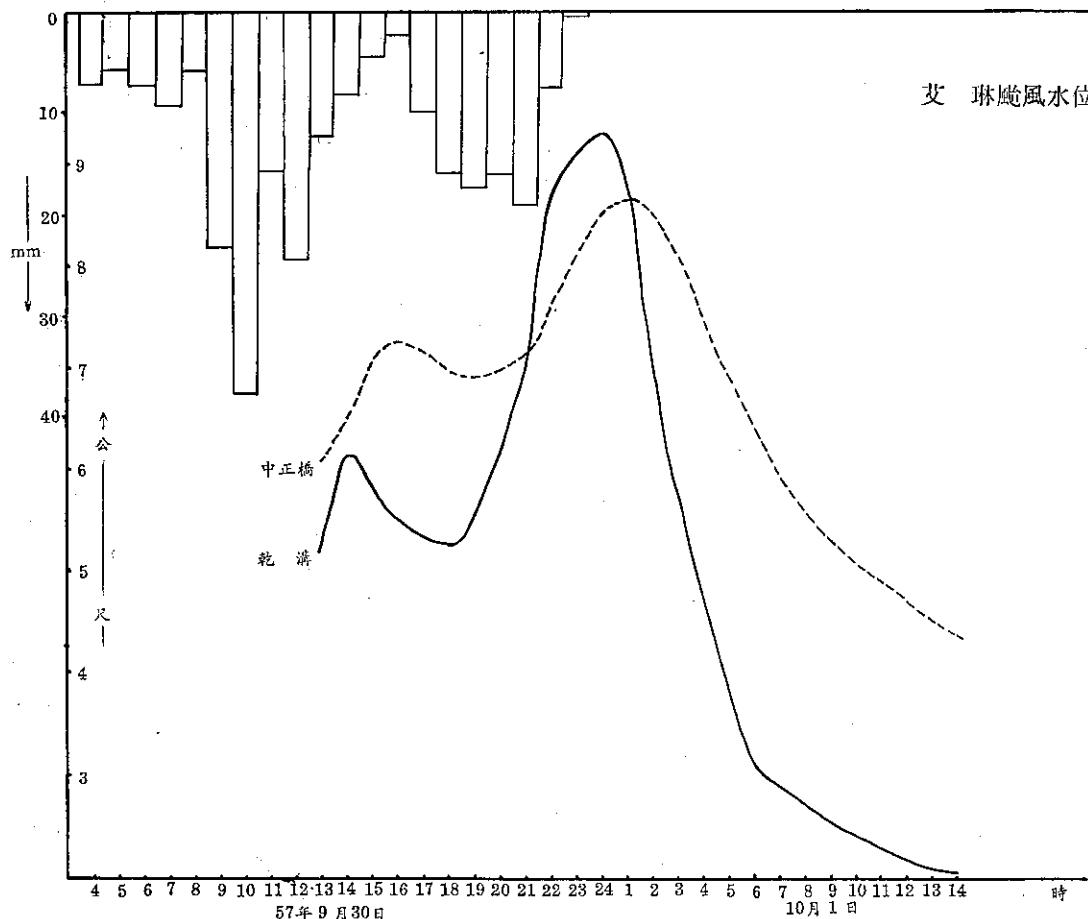
本研究計劃承蒙陳泰然博士賜予寶貴之意見，指導研究方向，有關資料之蒐集，蒙臺灣電力公司電源勘察隊與臺灣省水利局之協助，電子計算機之程式設計蒙蕭長庚先生之指導，資料處理利用行政院主計處資料處理中心之 IBM 370 機器作業，並且本研究計劃獲行政院國家科學委員會之補助始得完成。特此申謝。

參考文獻

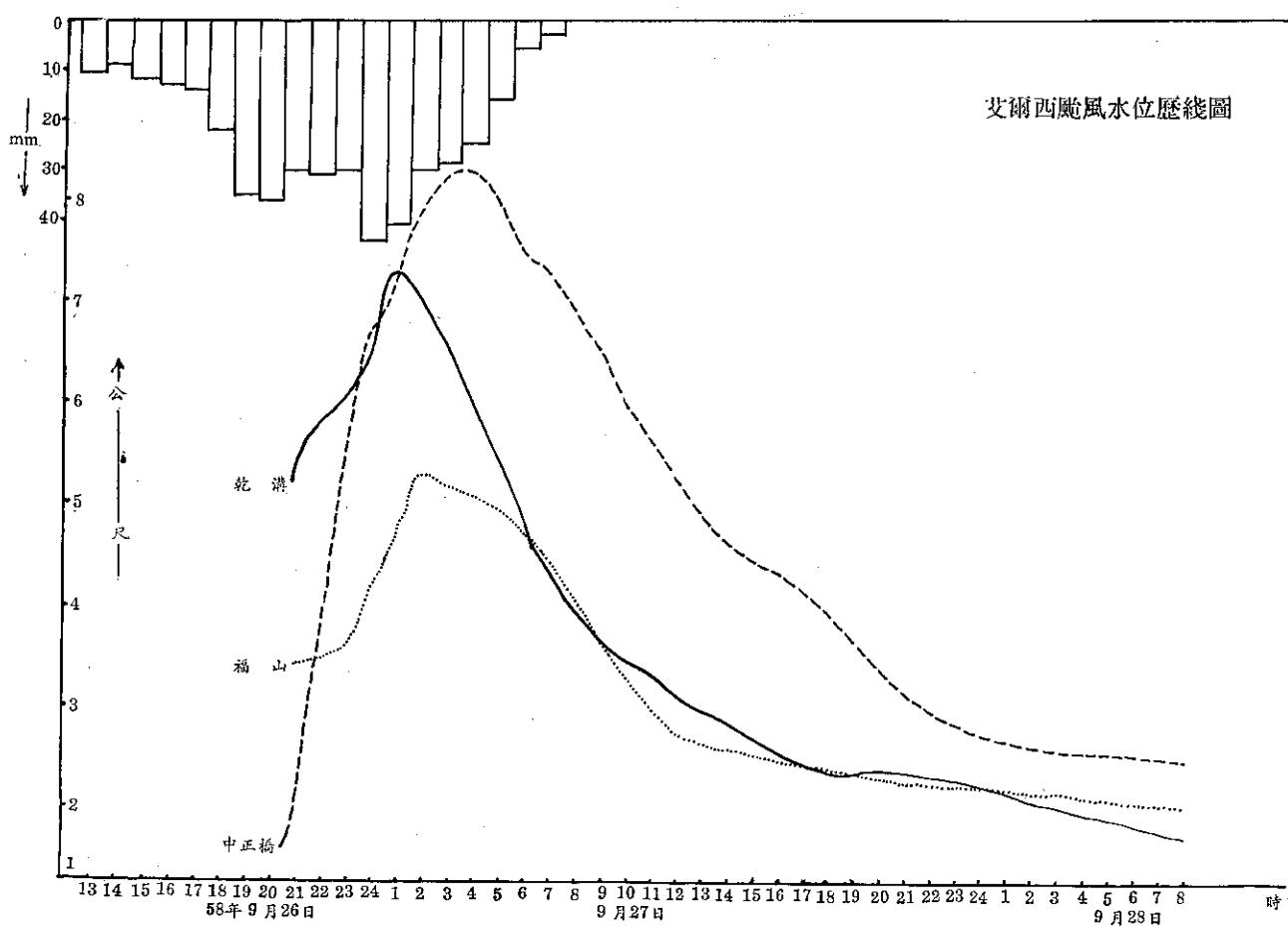
1. Chiang S. L. (1971), "Calibration of watershed Wetness and Prediction of Flood Volume from Small Watershed in Humid Regions" PH. D. Dissertation, The Pennsylvania State University, p78-103.
2. Chow V. T. (1964), "Handbook of Applied Hydrology" McGraw Hill Book Company Inc. New York p8-23 p8-26.
3. Ferraris C. C. (1971), "An Analysis of Rainfall and Floods in the Pampanga River Basin" WMO/UNDP Project Technical Series No. 8 P40-72.
4. Palmer O. Johnson (1961), "Statistical Methods in Research" Prentice-Hill Inc. Englewood Cliffs N. J. p327-357.
5. Wiesner C. J. (1970), "Hydrometeorology" Chapman and Hall Ltd. London p190-243.
6. WMO Technical Note No. 98, (1969) "Estimate of Maximum Floods"
7. 曲克恭 (1971) 「臺北盆地颱風降雨量之計算與預報方法」氣象學報第 17 卷第三期 P32-49。
8. 林則銘 (1976) 「危害飛行氣象因素客觀預報之研究～雷雨部分」氣象預報與分析第 69 期 P1-20。
9. 吳宗堯、戚啓勳 (1973) 「用比擬法預估颱風侵台期內之降水量」氣象學報第 19 卷第三期 P10-19。
10. 美國國際工程顧問公司等 (1974) 「臺北區自來水第四期建設計畫可行性規劃報告」 Appendix G & L.
11. 郭文鑑、蔣志才等 (1977) 「新店溪流域降水量與流量之研究」氣象學報第 23 卷第一期 P1-17。
12. 王如意 (1972) 「臺灣集水區暴雨與乾旱頻率分析之研究」臺灣水利第 20 卷第 4 期 P1-34.
13. 魏元恆、蕭長庚等 (1974) 「臺灣雨量極端變化之分析及預測」氣象學報 第 20 卷第 3 期 P1-18.
14. 李瑞靄 (1975) 「淡水河流域降水之研究」中國文化學院博士論文 P93-99.

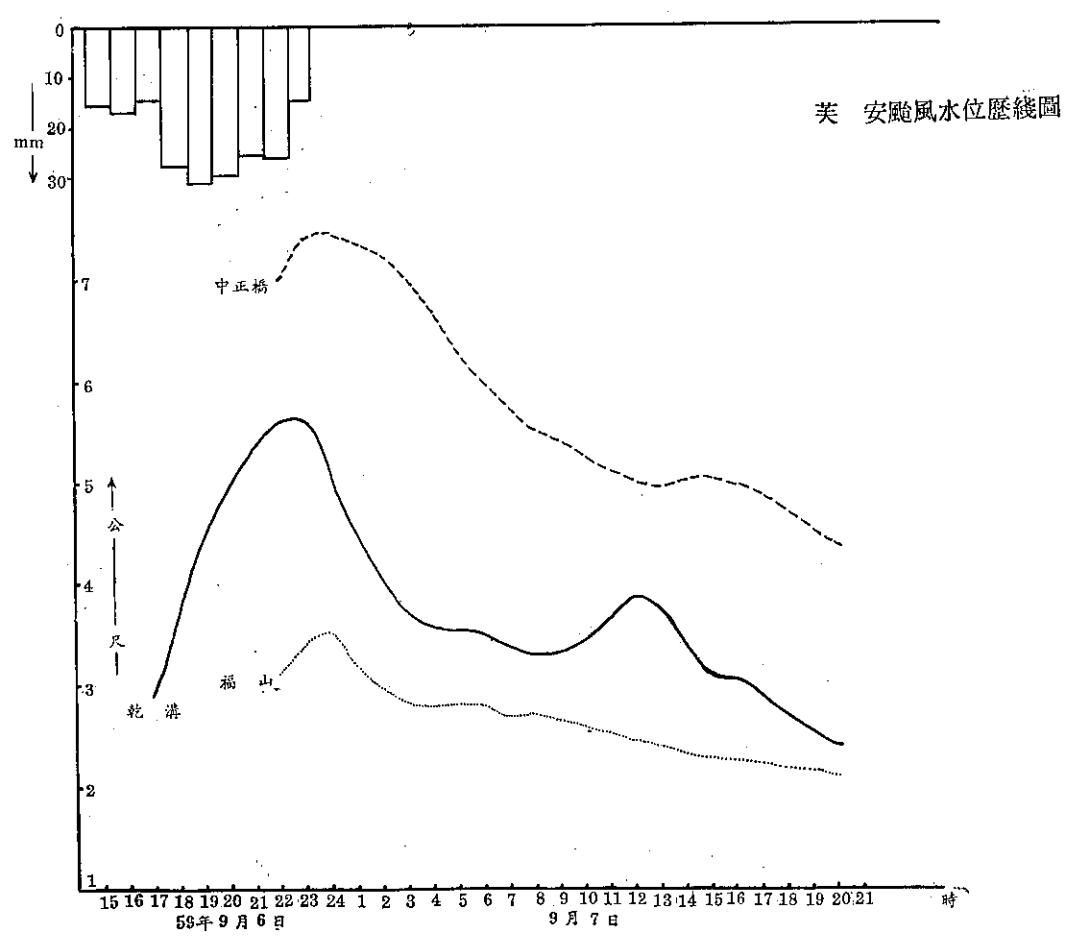
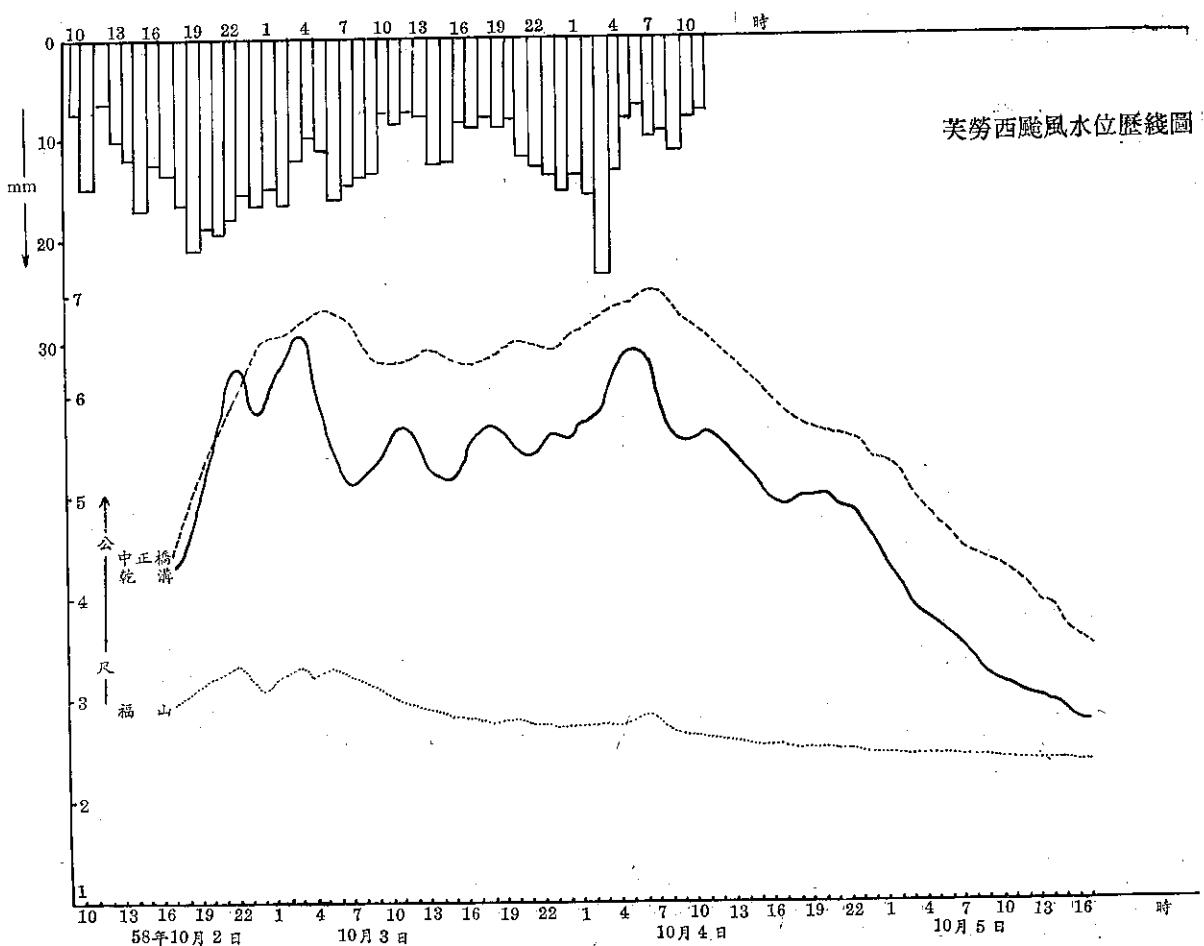
附錄 (見附圖)

艾琳颱風水位歷線圖

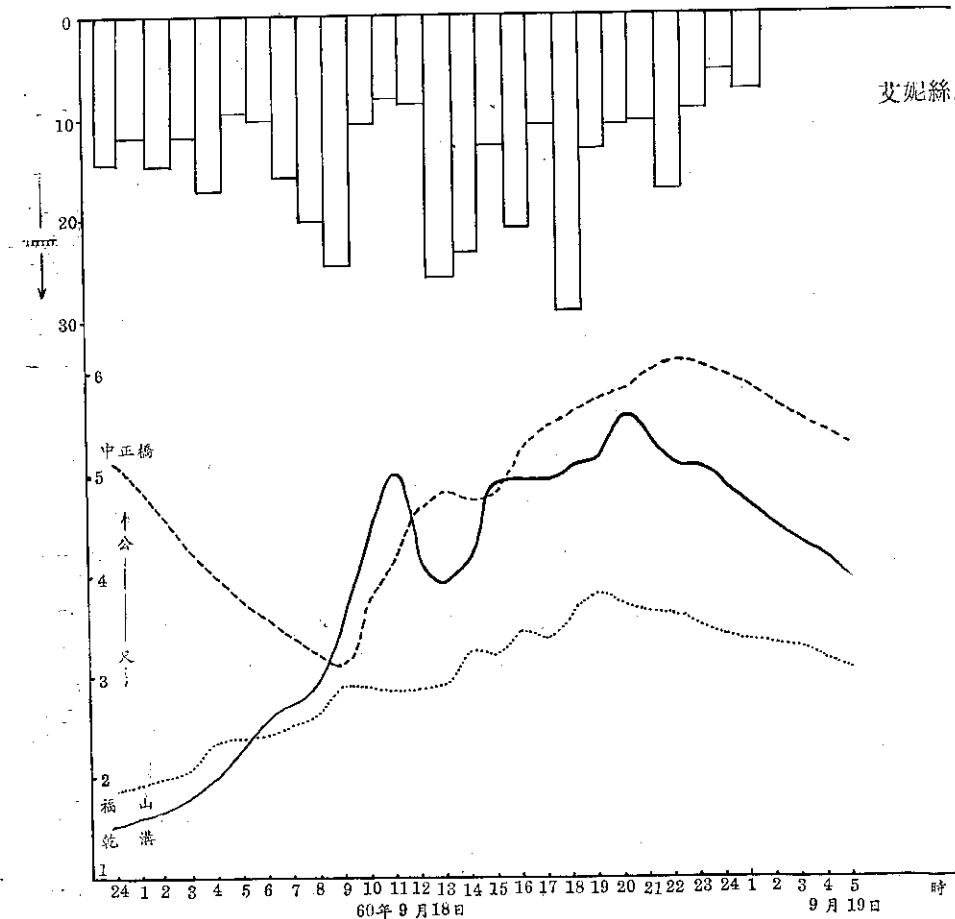


艾爾西颱風水位歷線圖

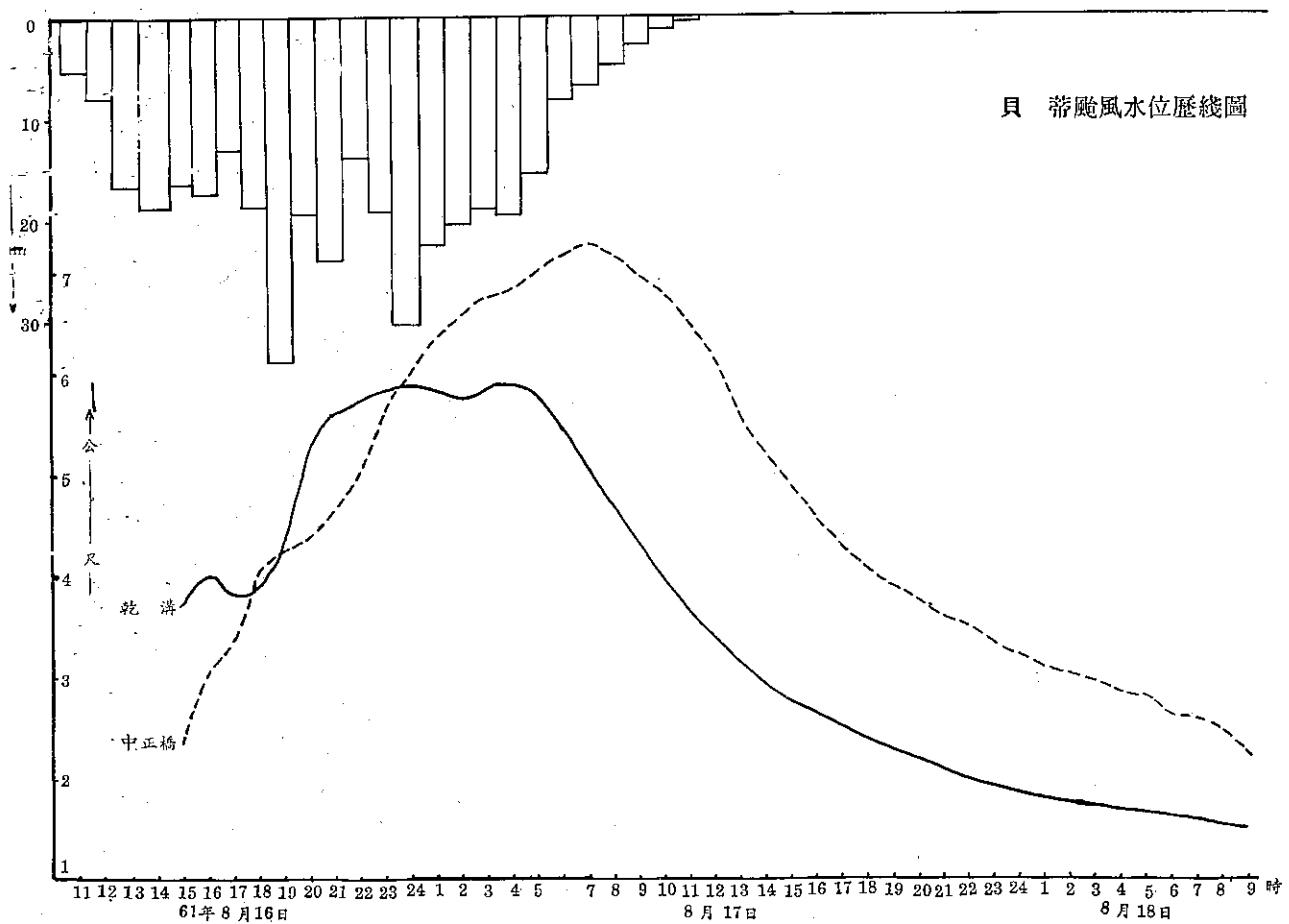




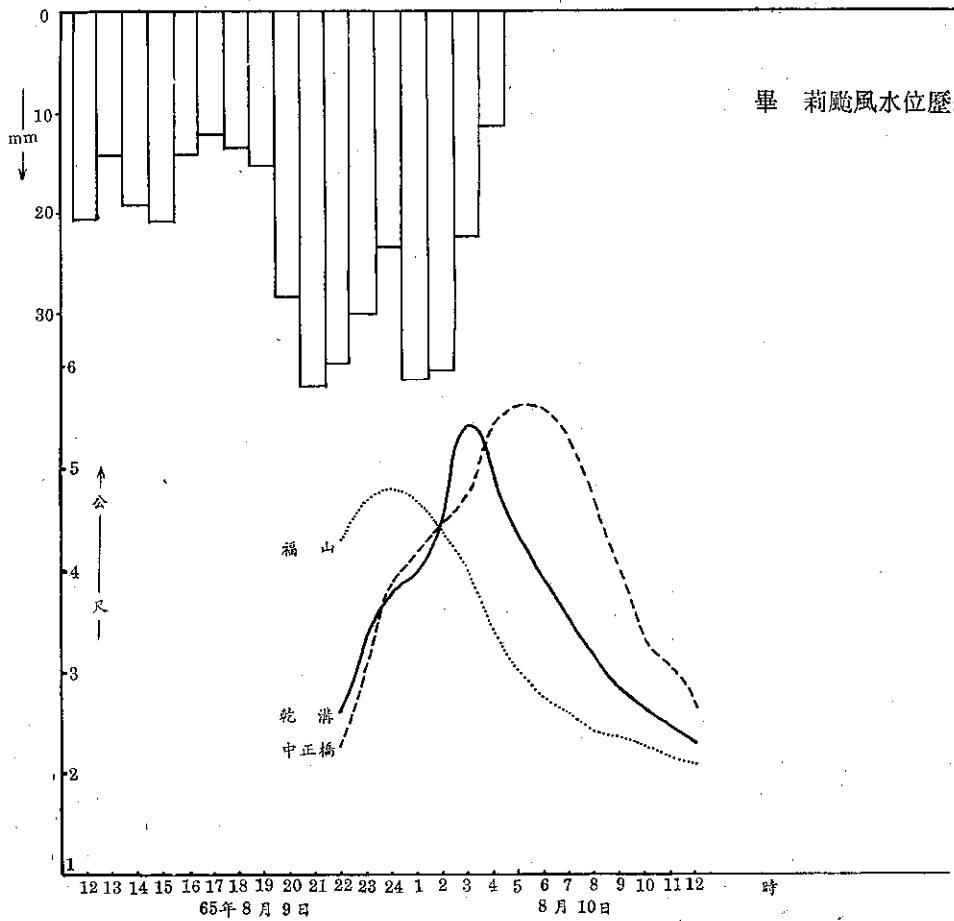
艾妃絲颱風水位歷線圖



貝蒂颱風水位歷線圖



畢 莉颱風水位歷線圖



民國六十六年颱風調查報告

侵台颱風(7705)號薇拉

Report on Typhoon "Vela"

ABSTRACT

Typhoon Vera, the fifth typhoon developed in northern Pacific area in 1977, was the second one that swept through Taiwan.

Having been spotted on July 27th over the sea east of Okinawa, the vicinity of Minamidaitojima, it moved slowly toward WSW and arrived consequently at southeastern Naha in the afternoon of July 28th with center pressure of 988 mb and a maximum wind speed near center of 20 m/s.

It drastically intensified and upgraded to a severe typhoon in the afternoon of July 30th with a center pressure of 930 mb and a max. wind speed near center of 51 m/s. Maintaining a NW course, it landed in Keelung vicinity shortly after dark on July 31st, causing miseral damages in transportation, communications, industry, etc. in northern Taiwan.

The same night, typhoon Vera departed Taiwan from somewhere between Taoyuan and Hsinchu, and then passed through northeastern Kingmen Island on the morning of Aug. 1st on route to China mainland where it ended its 5-day lifespan.

It was an interesting case that typhoon Vera, which derived from a tropical depression in an area of rather high latitude of 25° N, could strengthen itself to a severe typhoon with a center pressure of 930 mb. Futhermore, its V-shape moving course was also rare in recent history.

一、前　　言

強烈颱風薇拉(VERA)係本年內發生於北太平洋區之第5個颱風，同時亦是本年第二次登陸侵襲臺灣的颱風。

本年第4個颱風(7704號)賽洛瑪(Theirma)於7月25日上午侵襲臺灣，釀成臺灣南部地區近數十年來最嚴重災害後，不到二天，即7月27日8時在琉球東方，南大東島附近，(北緯26度，東經131度)又醞釀了一熱帶性低氣壓，向西南西緩慢移動。此熱帶性低氣壓於7月28日下午，抵達北緯

25.4度，東經129.9度，即在那霸島東南方海面時，發展為輕度颱風，中心氣壓988毫巴，中心附近最大風速每秒20公尺，且其威力繼續增強，於7月30日下午竟發展為強烈颱風，其中心氣壓為930毫巴，最大風速為每秒51公尺，31日傍晚登陸基隆附近，並沿基隆河向西南移動，經臺北，於當晚由桃園，新竹之間出海，並於8月1日上午由金門東北方進入大陸消失。

此颱風令人感興趣的是發生於北緯25度以北海面上的熱帶性低壓，竟能在48小時內發展為中心氣

壓 930 毫巴，中心附近最大風速達每秒 55 公尺之強烈颱風，及其路徑呈 V 字型逕行等等情形乃近年來甚為少見的現象，在短短不到一星期內，兩個颱風一南（賽洛瑪）一北（本次颱風）登陸臺灣，後者在北部造成相當嚴重災害，其受災範圍之狹及受災時間之短促，與第 4 號颱風極相似。

此次薇拉颱風期間，雷達觀測曾發揮了最大的功能，自 7 月 28 日上午 8 時起，薇拉中心首先被名瀨及那霸的氣象雷達觀測到，隨後相繼進入宮古，石垣島及花蓮氣象雷達觀測範圍，（只有颱風中心通過臺灣北部期間，因受地形阻擋屬例外）及至薇拉中心進入臺灣海峽再度由高雄氣象雷達觀測至 8 月 1 日進入大陸止。可見薇拉中心幾乎始終在我們的雷達及琉球羣島的氣象雷達網監視掌握之中。

圖 1 a, b, c, d, e, f, g, h, i, j 為薇拉颱風期間由花蓮氣象雷達站所拍攝颱風照片。

二、薇拉颱風之發生及經過

7 月 26 日 8 時，當 7704 號颱風賽洛瑪 (Theima) 侵襲臺灣進入大陸後，赤道輻合帶 (L. T. C. Z) 隨着北移至北緯 25 度以北，呈東西走向，由當時之氣象衛星雲圖上顯示，在此赤道輻合帶之東側，即琉球東方海面及琉球附近海面一帶有很濃厚的雲團出現，至翌 (27) 日 8 時，原在琉球附近之雲團已告消散，但琉球東方海面南大東島附近，即北緯 26 度，東經 131 度附近之雲團，則呈孤立圓形，範圍雖稍縮小，但濃度仍甚厚，如圖 2 a, b, 所示。而在地面圖上，已可繪出 1004 毫巴之熱帶性低氣壓在醞釀中。如圖 3。

此熱帶性低氣壓於 7 月 28 日 14 時，抵達北緯 25.4 度，東經 129.9 度時，其中心氣壓降至 988 毫巴，中心附近最大風速增強為每秒 20 公尺，已達輕度颱風強度，經命名為薇拉 (VERA)，因受日本本州東方之副熱帶高氣壓之壓迫，導使以時速 18 公里速度向西南西進行。

此颱風於 7 月 29 日 14 時進抵琉球那霸島南方海面，即北緯 24.7 度，東經 127.4 度時，威力又增強為中度颱風，中心氣壓降為 965 毫巴，中心附近最大風速亦增為每秒 33 公尺，繼續向西南西至西南進行，時速仍為 18 公里，至 7 月 30 日 14 時，薇拉之威力再度增強，中心附近最大風速已達每秒 51 公尺，中心最低氣壓亦降至 930 毫巴，已成為強烈

颱風，其中心位置在北緯 23.3 度，東經 125.5 度，即在宮古島南方海面，進行方向始由西南轉向西北進行，時速由 9 公里加速至 13 公里。此颱風中心於 7 月 31 日 8 時到北緯 24.4 度，東經 123.6 度，即在石垣島西方海面時，其中心附近最大風速已達每秒 55 公尺。7 月 31 日 14 時薇拉中心抵臺灣東北東方海面，即北緯 25.0 度，東經 122.8 度，其進行方向又轉向偏西，加速為每小時 18 公里進行。薇拉中心終於 7 月 31 日 17 時 30 分由基隆附近登陸，此後即沿着基隆河折向西南移動，於當天 18 時 30 分左右經過臺北市，並於當晚 21 時 30 分由桃園，新竹之間出海進入臺灣海峽。8 月 1 日 2 時，威力減弱為中度颱風繼續向西進行，於 8 時威力再減變為輕度颱風後，在 10 時左右由金門東北方進入大陸，當晚 20 時轉弱為熱帶性低氣壓，結束了她五天的生命史。

圖 2 c, d, e, f 為薇拉颱風之氣象衛星所攝雲圖。薇拉颱風全部生命之最佳路徑如圖 4。表 1 為薇拉颱風中心最佳位置表。

表 1 薇拉颱風中心最佳位置表

時 間 月 日 時	中 心 位 置		中心氣壓 (mb)	最大風速 (m/s)
	北 緯	東 經		
7 月 28 日 08 時	25.4	130.1	996	15
	25.4	129.9	988	20
	25.1	129.3	985	23
	25.0	128.6	985	23
	24.8	128.2	975	28
	24.7	127.4	965	33
29 日 02 時	24.0	126.6	945	40
	23.5	126.0	940	48
	23.3	125.7	940	48
	23.3	125.5	930	51
	23.7	125.0	930	51
	24.1	124.2	930	51
30 日 02 時	24.4	123.6	930	55
	25.0	122.8	930	55
	25.0	121.1	950	51
	24.8	120.1	950	48
	24.9	119.2	960	40
	25.2	118.0	970	35
8 月 01 日 02 時	25.4	116.0	990	15
	25.5	115.0	994	10

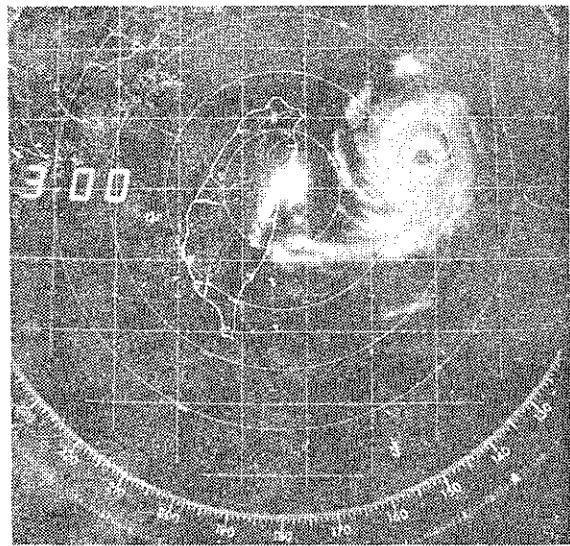


圖 1 a. 66 年 7 月 31 日 07 時

Fig. 1 a View of Hwalien PP1 radar scope
on 30z300Z, Jul. 1977

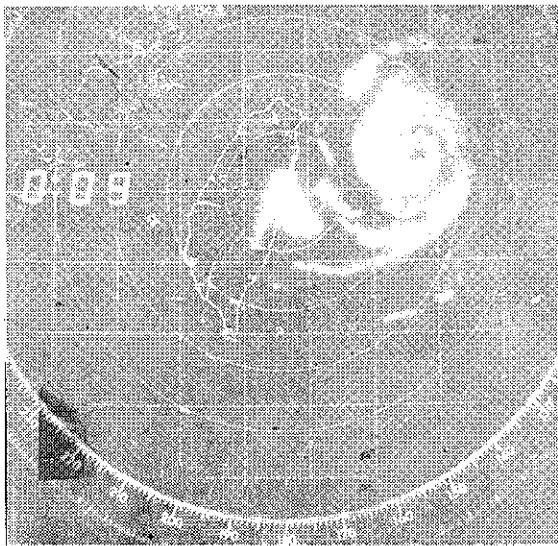


圖 1 b 66 年 7 月 31 日 08 時

Fig. 1 b View of Hwalien PP1 radar scope
on 31000Z Jul. 1977

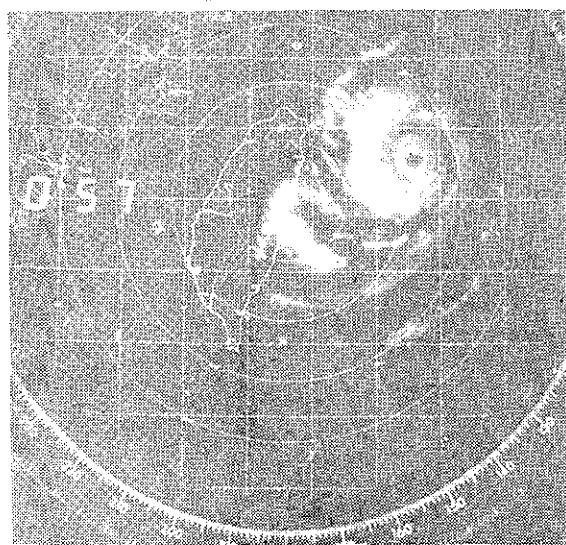


圖 1 c 66 年 7 月 31 日 09 時

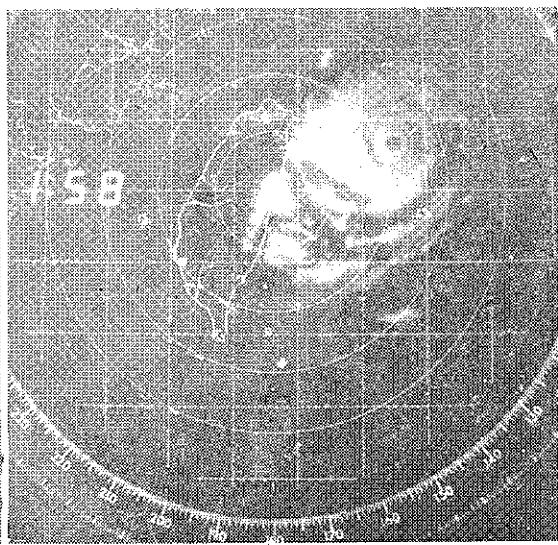


圖 1 d 66 年 7 月 31 日 10 時

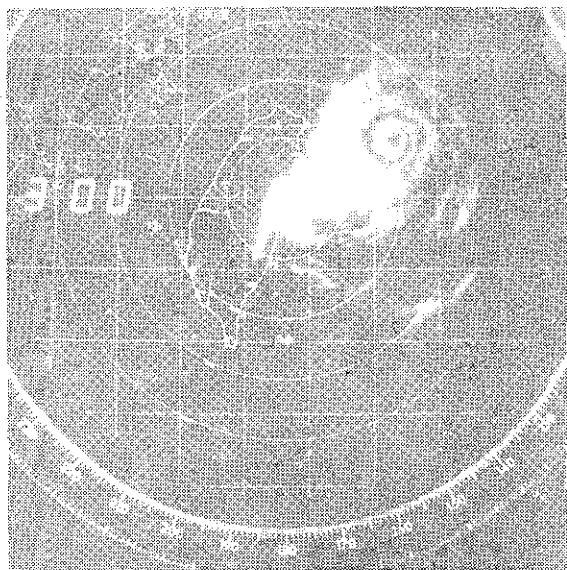


圖 1 e 66 年 7 月 31 日 11 時

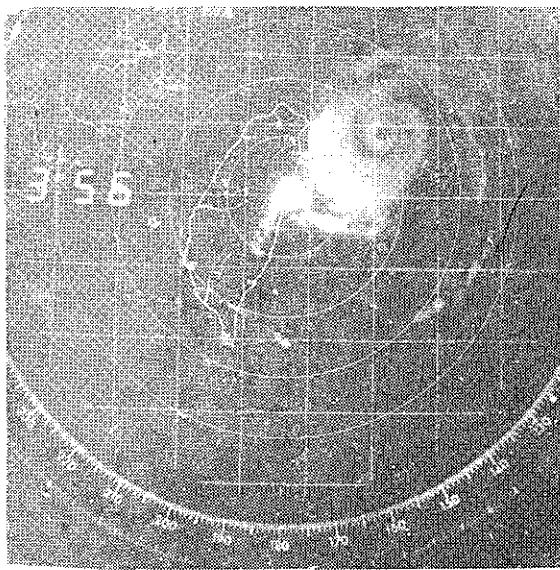


圖 1 f 66 年 7 月 31 日 12 時

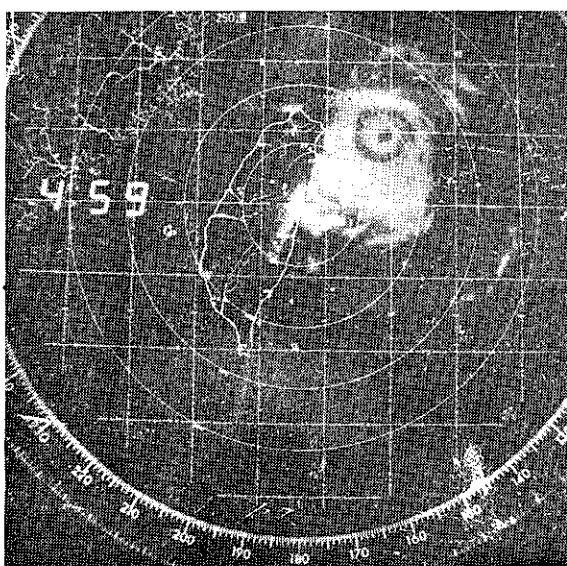


圖 1 g 66 年 7 月 31 日 13 時

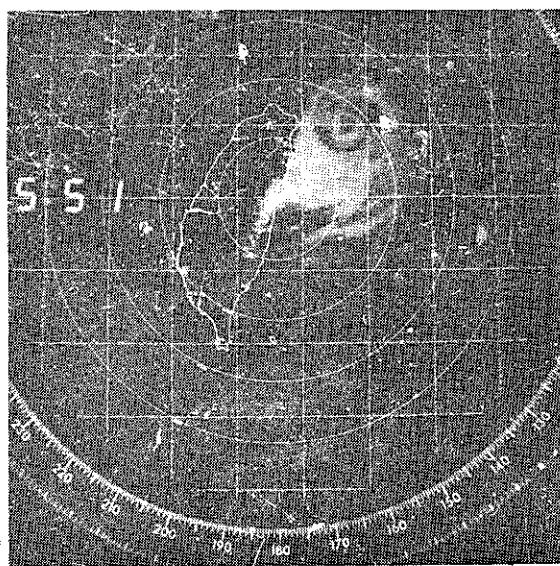


圖 1 h 66 年 7 月 31 日 14 時

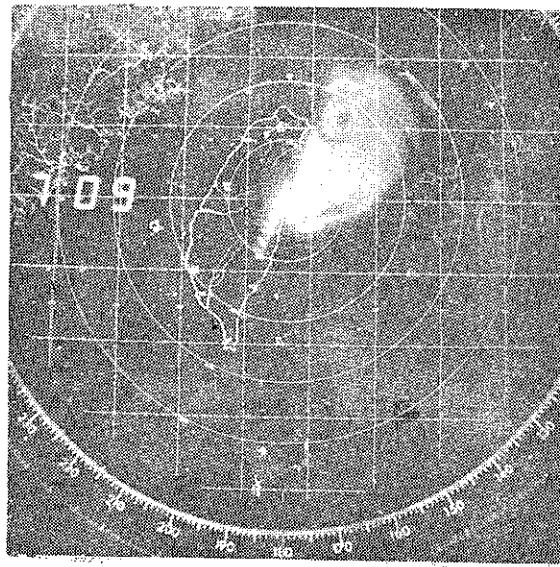


圖 1 i 66 年 7 月 31 日 15 時

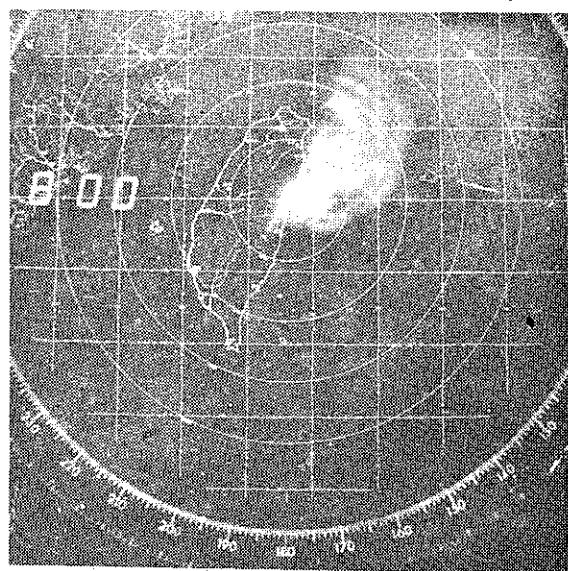


圖 1 j 66 年 7 月 31 日 16 時

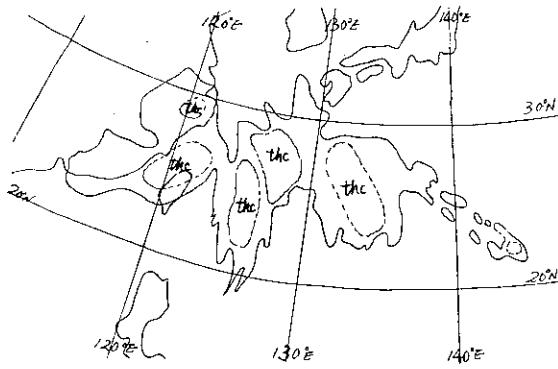


圖 2 a 260000 Z. Jul. 1977 NOAA-5
註：圖中 the 為很濃厚的雲團

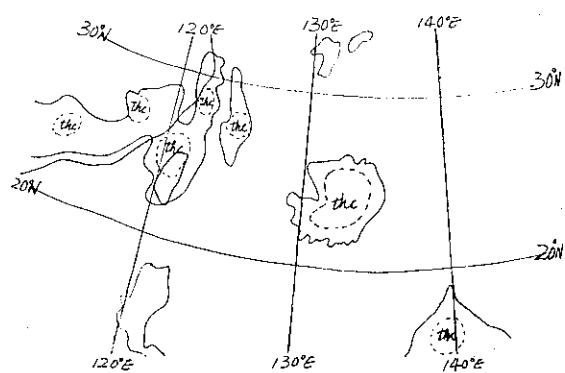


圖 2 b 270000 Z. Jul. 1977 NOAA-5

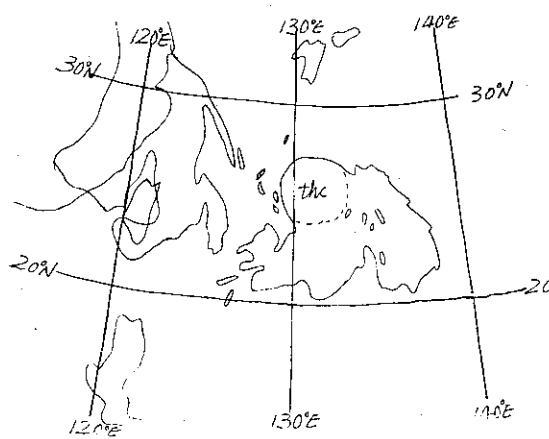


圖 2 c 280000 Z. Jul. 1977 NOAA-5

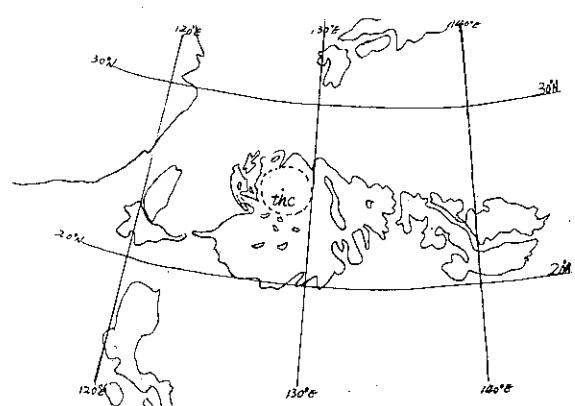


圖 2 d 290000 Z. Jul. 1977 NOAA-5

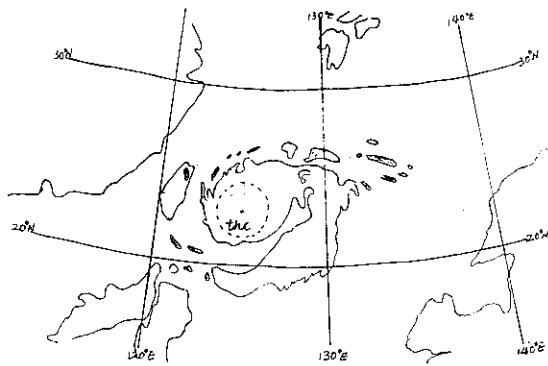


圖 2 e 300000 Z. Jul. 1977 NOAA-5

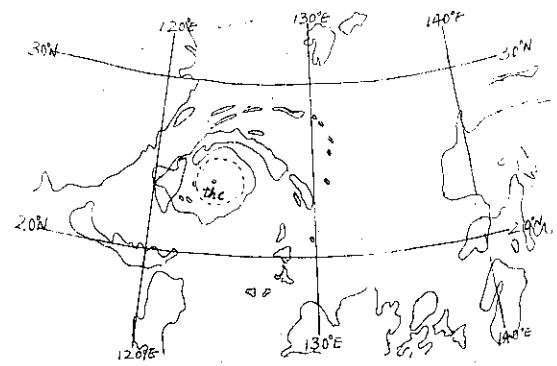


圖 2 f 310000 Z. Jul. 1977 NOAA-5

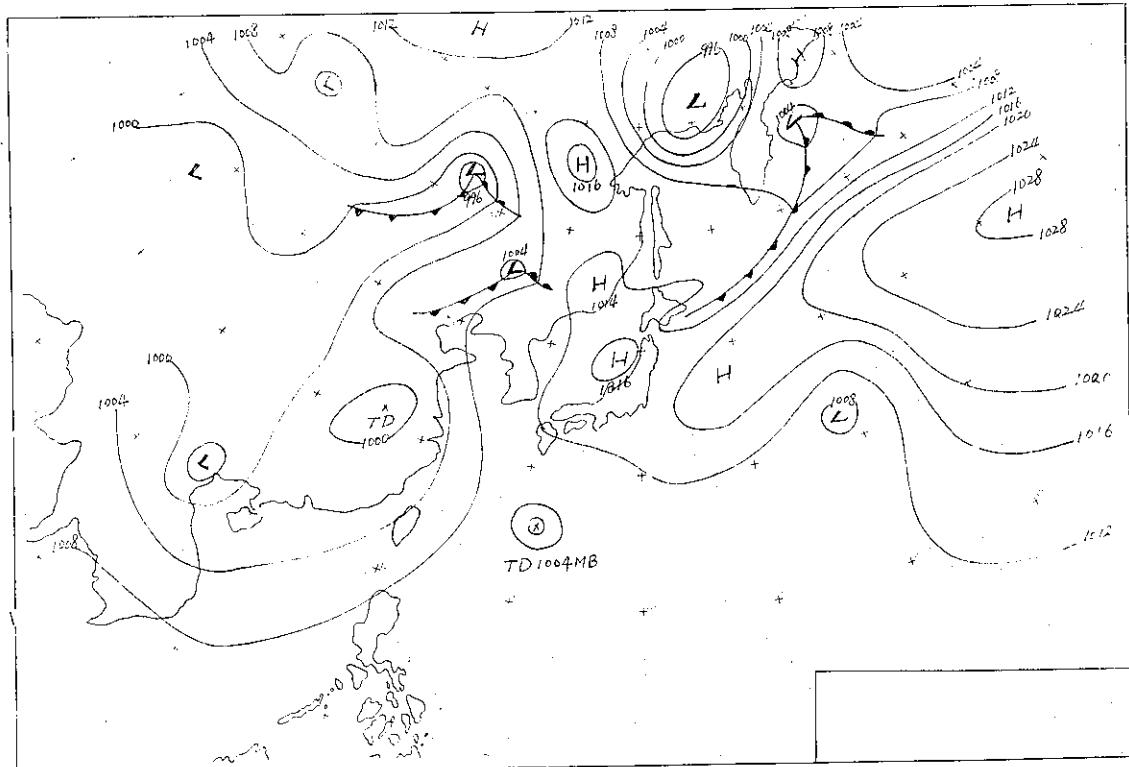


圖 3. 66 年 7 月 27 日 08 時地面圖
Fig 3. Sea level chart 270000Z Jul. 1977

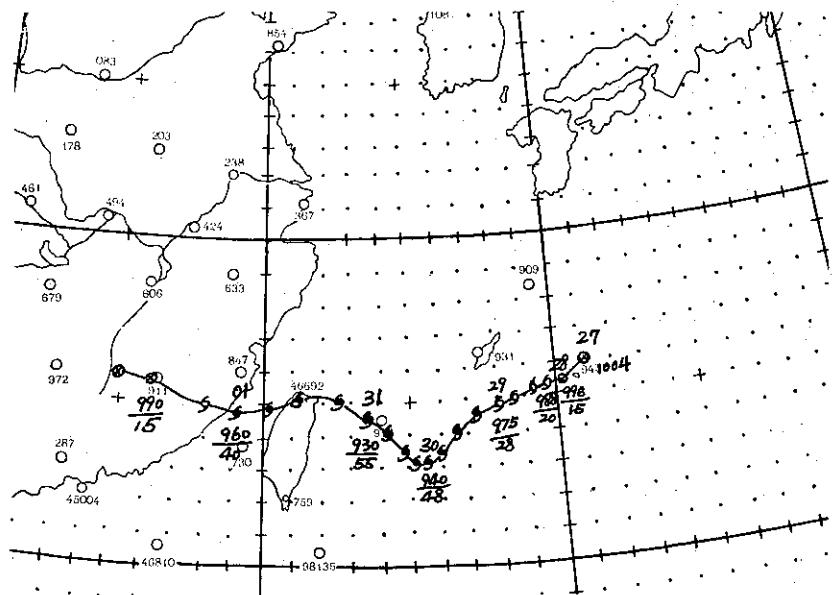
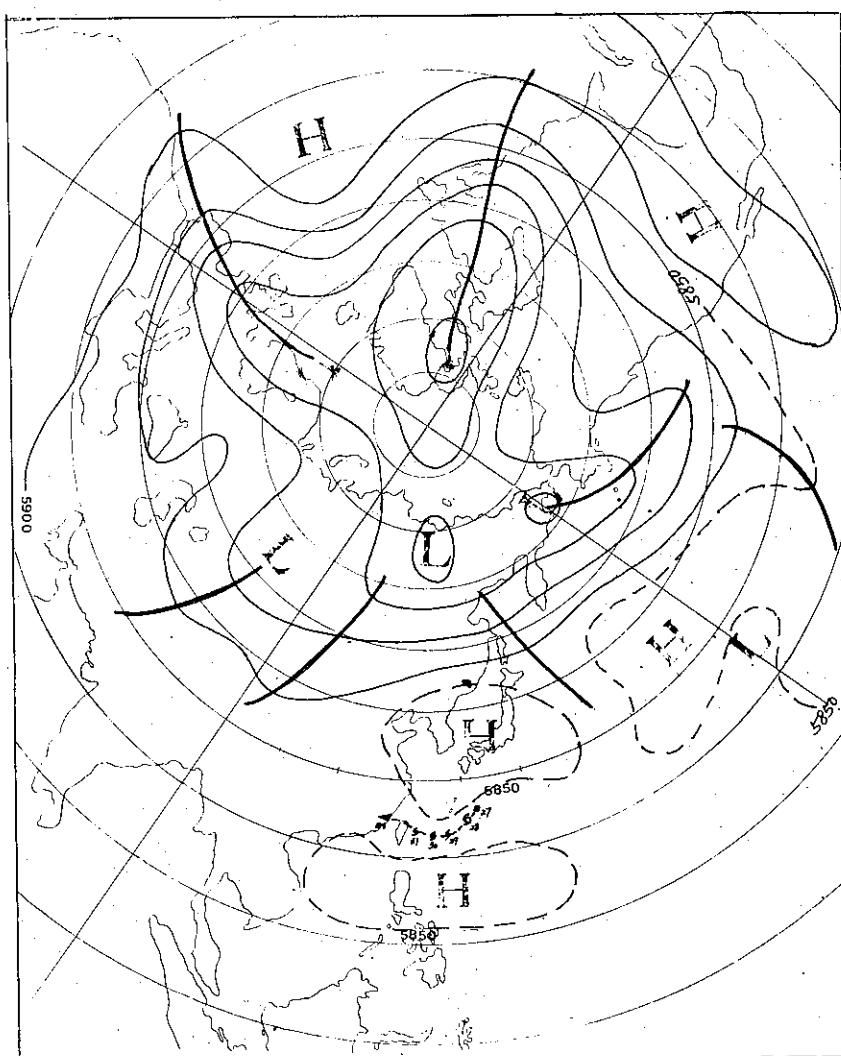


圖 4. 薇拉颶風之最佳路徑 (66 年 7 月 27 日 ~ 8 月 1 日)

Fig. 4. The Best track of Typhoon Vera (27th July~1th August 1977)



三、薇拉颱風路徑及強度與天氣圖形勢之討論

根據過去紀錄統計，發生於緯度較高，即北緯 25 度以北之颱風，極少發展成強烈颱風（即中心附近最大風速每秒 51 公尺以上），其威力均在中度（每秒 50 公尺）以下。但薇拉於，7 月 27 日至 28 日間在北緯 25 度以北之海域上醞釀成輕度颱風之後，即向西南推進，其威力逐漸加強，至 29 日成為中度颱風，繼續向西南進行，其威力且急速增強，於 30 日下午竟形成強烈颱風（中心附近最大風速每秒達 51 公尺）並轉向西北進行。其強度保持強烈颱風時間達 36 小時之久。而她的運行方向由當初之西南轉向為西北，呈 V 字型運行。此颱風路徑及強度極為罕見。（據本局於 1973 年 6 月編印之八十年來颱風路徑圖及 1973 年日本氣象協會出版之 1940~1970 年颱風徑路圖 30 年集上尚無此類型颱風）。吾人知曉，大氣環流為大幅度天氣變化之主要原因。颱風之發生與發展及其行徑，亦受大氣環流所控制。

茲為探求這次薇拉颱風之發生與行徑之特徵，應用 500 毫巴北半球 5 日平均圖及 5 日平均距平圖檢討之。

圖 5 a, b 為薇拉颱風由醞釀至發展期間向西南運行，即 7 月 25 日至 29 日之北半球 500 毫巴高度 5 日平均圖及其距平圖。此段時期內，北半球之大氣環流大致由四個長波而組成。

從圖 5 a 中顯示，北太平洋西北部，即亞洲地區，日本本州，韓國一帶有 5850 gpm 之高壓中心，另一 5850 gpm 之高壓中心是在北緯 10 度至北緯 20 度，東經 110 度至 140 度之間，即在呂宋島附近，而此兩個高壓中間成為一低壓槽，略呈東北東～西南西走向。

圖 5 b 顯示，韓國至日本海一帶有十 50gpm 之正距平中心存在，另一正 50 gpm，正距平中心在阿拉斯加南方海面。而零距平線則圍此兩個正距平中心而呈東西走向，另一零距平線在東經 135 度，沿着北緯 20 度之緯度線呈東西走向，且此兩條零距線中間，即北緯 20 度至北緯 30 度之間，形成東西走向的負距平，即形成了一低壓走廊。

7 月 27 日薇拉颱風在低壓走廊（圖 5 b, 6a,）內醞釀，於 7 月 28 日下午發展成輕度颱風後，沿着零距平線向西南運行，遂於 7 月 29 日再增強成

為中度颱風。

圖 6 a, b 為薇拉颱風，最盛期至衰弱期，即由西南轉向西北推進期間（7 月 30 日至 8 月 3 日間）之北半球 500 毫巴高度 5 日平均圖及其距平圖。即該期間之北半球環流為五波型所組成。圖 6 a 顯示，東亞地區，中緯度仍為 5850 gpm 之高壓帶籠罩下，呈東西流的高指標環流，僅有由極地向南伸展之加深槽，經鄂霍次克海，俄屬濱海省，槽底到達日本海西部，韓國一帶。低緯度原在呂宋島一帶之 5850 gpm 的高壓稍南移，但仍盤踞在菲律賓一帶，而此兩個高壓中間仍為低壓槽。

圖 6 b 顯示，華中，華北至日本西部均為在零距平線所包圍的正距平區內，雖略呈東西走向，但在臺灣北方之零距平線稍有向北凹，故薇拉颱風於 7 月 30 日南下至北緯 23.3 度的最低緯度之後，即轉向西北沿着零值線移行。其威力亦再度增強為強烈颱風。

總之這次薇拉颱風的異常行徑，是發生於北大西洋及亞洲地區之高指標環流狀態期間中，而北大西洋西部副熱帶高壓，以北緯 20 度為界分成南北兩個，而此兩個高壓中間形成一低壓槽，即呈所謂颱風走廊為其主要因素。

薇拉颱風在緯度較高海面上發生後威力繼續增強形成強烈颱風的主要原因，筆者認為，與其所經過琉球南方一帶海面之溫度有密切關係，根據日本氣象廳 1977 年 7 月下旬平均海面水溫圖（如附圖 7）顯示，該海域於薇拉颱風經過期間的平均水溫，均在 29°C 以上，且那霸島之平均水溫為 29.1°C，較往年旬平均水溫增加 0.8°C，於名瀨之平均水溫為 28.9°C，較常年旬平均高出 0.9°C 之多，因此有充分的能量供應促使它發展至強烈颱風。

有關薇拉颱風自 7 月 28 日形成颱風後向西南進行，至 30 日轉向西北之各層天氣形勢圖如附圖 8a~h，及圖 9a~h，提供參閱。

四、薇拉颱風侵臺期間各地氣象情況

薇拉颱風為有紀錄以來行徑最怪異的強烈颱風，其中心於 7 月 31 日傍晚挾著狂風暴雨登陸基隆附近，即沿著基隆河谷，經臺北，而自桃園與新竹之間出海，造成臺灣北部地區相當嚴重的災害。薇拉颱風侵襲臺灣期間之主要氣象紀錄綱要列如表 2。

表 2. 蔽拉颱風侵襲期間本局所屬各測站颱風紀錄綱要
Table 2. The Meteorological Summaries of C. W. B. stations during Typhoon Vela's Passage.

測 站	最 低 氣 壓		瞬 間 最 大 風 (m/s)					最 大 風 速			強 風 (10 m/s)			最 大 降 水 量 (mm)					降 水 總 量	
	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		
彭佳嶼	977.4	31. 16. 22	E	62.0	31. 16. 46	979.2	25.1	99	E	45.0	31. 17. 00	30. 13. 00~02. 05, 00	29.0	31. 16. 00~31. 17. 00	7.0	31. 16. 10~31. 16. 20	152.0	30. 02. 40~01. 05. 40		
基 隆	989.9	31. 17. 30	E	56.5	31. 18. 30	973.0	26.8	96	NW	33.3	31. 17. 10	31. 04. 50~31. 23. 50	55.0	31. 19. 00~31. 20. 00	30.0	31. 19. 00~31. 19. 10	212.6	30. 07. 15~01. 08. 50		
鞍 部	865.4	31. 17. 35							N	41.7	31. 17. 30	31. 03. 50~01. 08. 40	65.0	31. 17. 00~31. 18. 00	12.5	31. 16. 20~31. 16. 30	478.3	30. 08. 20~01. 07. 20		
淡 水	958.9	31. 18. 33	N	41.7	31. 17. 43	972.4	24.7	99	ENE	28.7	31. 18. 50	31. 15. 30~01. 02. 20	24.3	31. 18. 00~31. 19. 00	6.8	30. 21. 35~30. 21. 45	217.8	30. 10. 05~01. 05. 20		
竹 子 湖	951.1	31. 18. 20							NNW	21.0	31. 17. 40	31. 17. 40~31. 19. 40	67.5	31. 18. 00~31. 19. 00	8.6	31. 19. 00~31. 19. 10	461.6	30. 09. 32~01. 09. 23		
臺 北	951.7	31. 18. 24	ESE	47.7	31. 19. 16	970.9	24.1	89	E	25.5	31. 19. 30	31. 17. 00~31. 22. 10	27.0	31. 16. 10~31. 17. 10	8.7	31. 16. 40~31. 16. 50	197.5	30. 09. 31~01. 09. 10		
新 竹	968.7	31. 20. 55	SSE	26.2	31. 21. 25	971.3	25.2	96	SSE	16.0	31. 21. 30	31. 18. 30~31. 22. 40	30.7	31. 12. 20~31. 13. 20	16.3	31. 12. 20~31. 12. 30	253.7	29. 17. 34~01. 09. 00		
梧 樓	988.4	01. 00. 55	S	28.8	01. 02. 52	991.5	24.7	97	S	15.7	01. 02. 40	30. 14. 00~01. 11. 40	19.0	31. 04. 00~31. 05. 00	7.0	31. 04. 00~31. 04. 10	154.8	31. 00. 05~01. 12. 10		
臺 中	990.1	01. 00. 25	SSW	18.4	01. 02. 00	991.3	24.5	98	NNW	8.5	31. 16. 25		23.1	31. 20. 02~31. 21. 02	7.2	31. 11. 40~31. 11. 50	178.8	29. 18. 01~01. 10. 50		
日 月 潭	883.0	01. 00. 50	SW	25.9	01. 00. 20	883.5	20.6	100	SW	15.7	01. 00. 25	31. 20. 10~01. 05. 45	32.1	31. 23. 30~01. 00. 30	9.3	31. 23. 10~31. 23. 20	271.9	29. 15. 40~01. 10. 55		
澎 湖	993.4	01. 03. 25	NNW	20.3	31. 21. 03	997.1	27.1	90	W	12.3	01. 02. 50	31. 20. 35~01. 03. 40	4.4	01. 07. 30~01. 08. 30	2.3	31. 23. 20~31. 23. 30	23.4	31. 06. 45~01. 09. 15		
嘉 義	995.1	01. 04. 00	WSW	15.0	01. 00. 20	996.1	25.5	95	WSW	10.0	01. 00. 50	01. 00. 50~01. 01. 00	5.4	31. 10. 40~31. 11. 40	2.0	31. 22. 10~31. 22. 20	24.5	29. 16. 20~01. 10. 00		
阿 里 山		31. 24. 00	W	11.4	01. 01. 40		14.3	99	NW	7.2	31. 09. 40		34.5	01. 09. 00~01. 10. 00	9.5	01. 09. 35~01. 09. 45	463.5	29. 12. 30~01. 14. 00		
玉 山	632.2	31. 18. 46							SW	14.3	01. 09. 00	31. 10. 00~01. 11. 40	23.6	31. 18. 40~31. 19. 40	8.3	31. 18. 00~31. 18. 10	292.1	29. 16. 45~01. 09. 00		
臺 南	995.4	31. 18. 00	W	21.3	01. 01. 00	996.8	27.4	85	W	10.3	01. 01. 00	01. 00. 50~01. 01. 15	6.3	01. 00. 52~01. 01. 52	6.1	01. 00. 58~01. 01. 08	15.6	29. 15. 53~01. 07. 53		
高 雄	995.6	31. 17. 45	WSW	16.3	01. 03. 17	996.3	28.3	84	NNW	12.2	31. 15. 10	30. 12. 30~01. 05. 20	2.0	31. 22. 00~31. 23. 00	1.3	31. 22. 30~31. 22. 40	3.7	31. 02. 02~01. 05. 12		
東 吉 島	995.0	01. 04. 00	NNW	27.7	31. 21. 18	997.6	26.6	93	W	17.2	01. 04. 00	31. 07. 00~繼 繢 中	1.5	01. 00. 00~01. 01. 00	0.7	01. 00. 20~01. 00. 30	3.2	31. 05. 42~01. 08. 00		
恒 春	994.4	31. 17. 00	NW	19.1	31. 16. 33	994.6	28.5	82	NW	11.7	31. 15. 00	31. 14. 00~31. 18. 00	19.0	29. 12. 07~29. 13. 07	7.4	30. 16. 30~30. 16. 40	43.2	28. 12. 00~01. 00. 30		
蘭 嶼	989.4	31. 17. 22	WSW	36.8	31. 19. 35	990.8	25.8	94	W	28.5	31. 17. 22	31. 01. 50~繼 繢 中	—	—	—	—				
大 武	989.0	31. 18. 00	SSW	13.0	31. 23. 55	991.7	30.6	64	SSW	11.0	31. 23. 50	31. 23. 50~01. 01. 00	0.6	01. 07. 00~01. 08. 00	0.2	01. 07. 20~01. 07. 30	1.1	01. 06. 33~01. 10. 50		
臺 東	989.3	31. 19. 00	SW	10.2	01. 10. 59	998.9	29.8	75	SW	4.8	01. 11. 00		1.0	31. 21. 05~31. 22. 05	0.6	31. 21. 20~31. 21. 30	2.3	30. 17. 24~01. 01. 20		
新 港	989.3	31. 17. 00	NE	6.3	29. 13. 30	1003.6	30.8	77	NE	5.0	29. 13. 30		0.7	01. 01. 00~01. 01. 50	0.5	01. 01. 28~01. 01. 38	2.5	31. 07. 10~01. 01. 50		
花 莲	985.3	31. 18. 15	ENE	8.5	30. 14. 50	1000.7	32.1	66	ENE	4.7	30. 14. 50		6.0	31. 10. 00~31. 11. 00	2.0	31. 10. 38~31. 10. 48	35.7	31. 04. 30~01. 05. 25		
宜 蘭	975.3	31. 18. 00	SSE	22.0	31. 18. 25	975.4	26.4	81	SE	18.4	31. 19. 00	31. 16. 00~31. 19. 00	19.4	31. 16. 10~31. 17. 10	10.3	31. 06. 44~31. 06. 54	122.4	30. 11. 07~01. 04. 35		

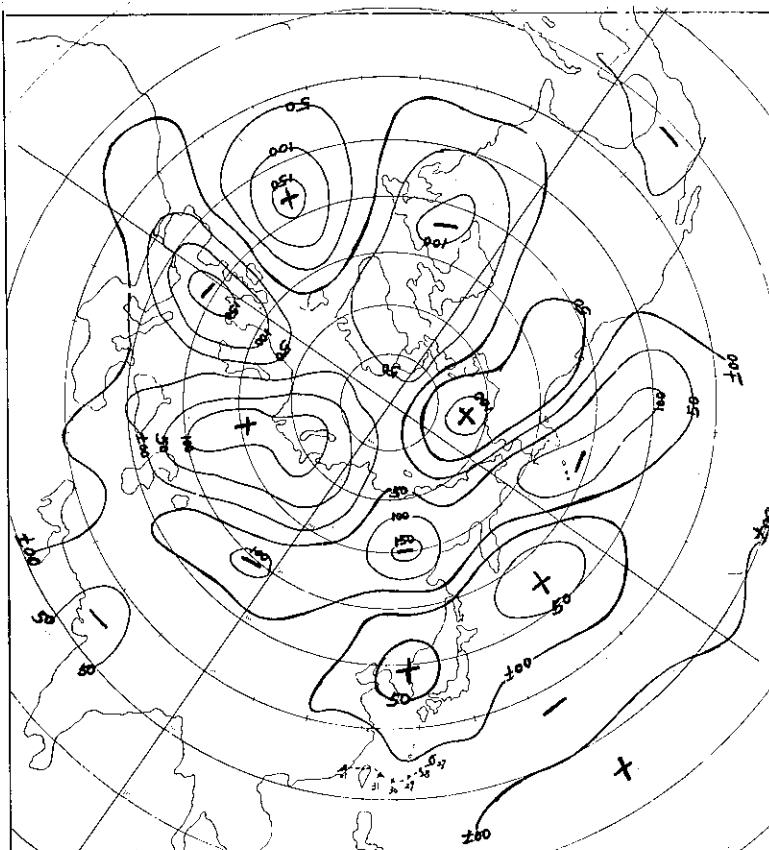


圖 5 b 25th~29th Jul. 1977
500mb 5 日平均距平圖

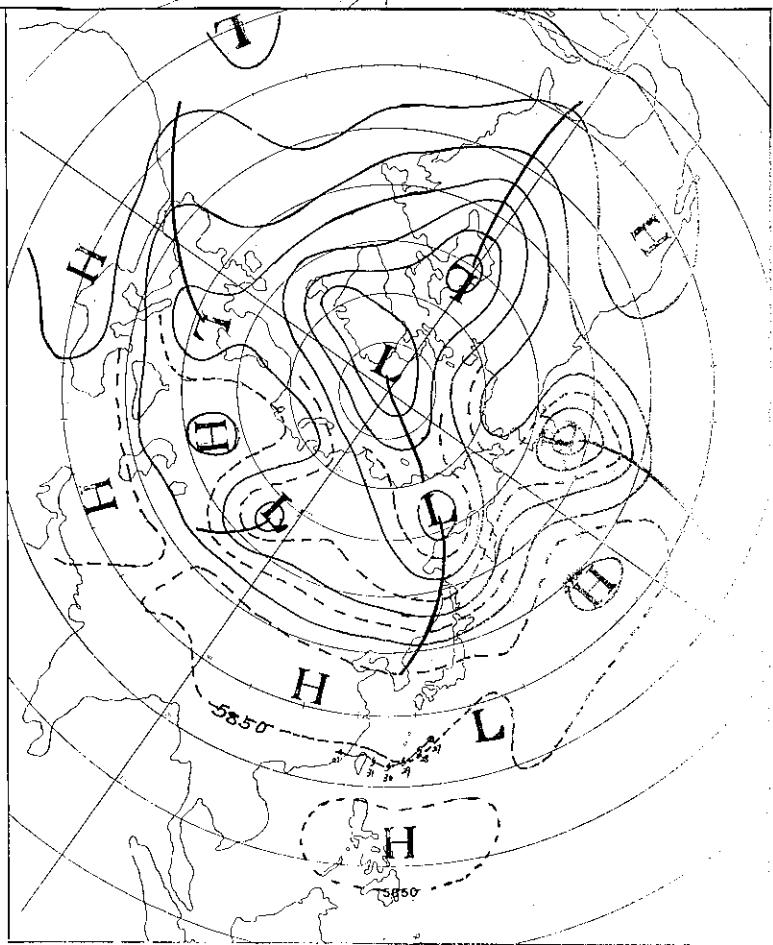


圖 5 a 30th Jul. ~3th Aug. 1977
500mb 5 日平均圖

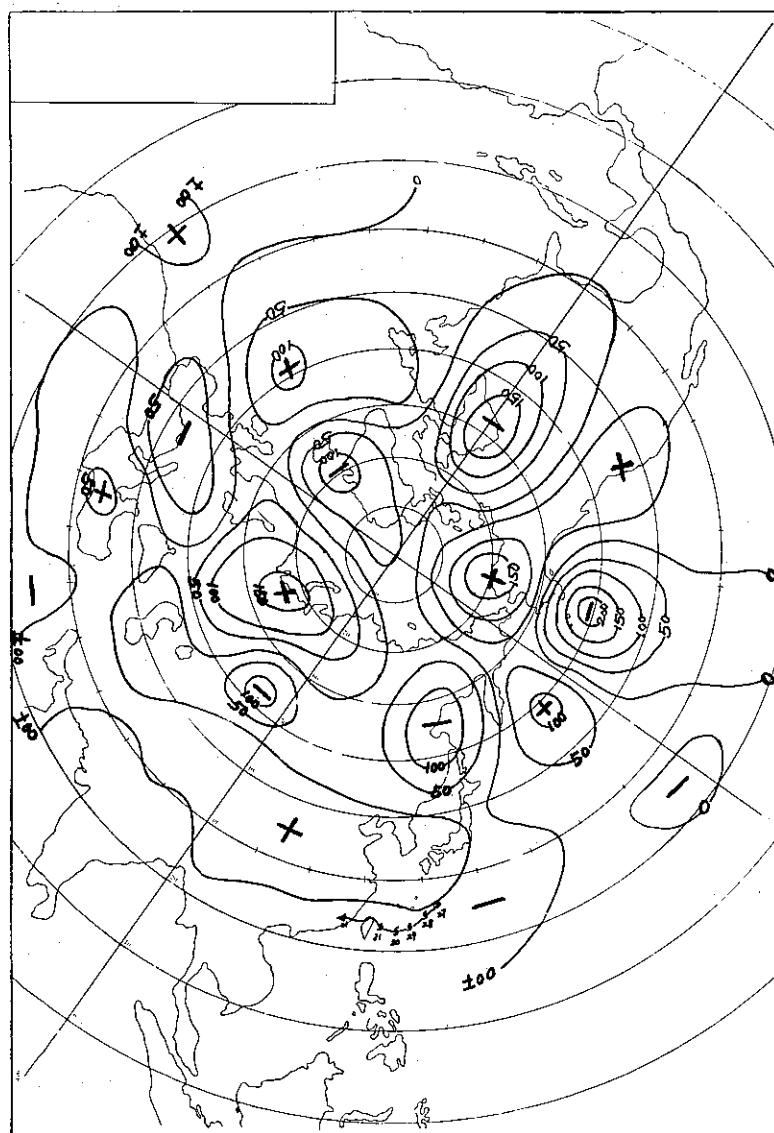
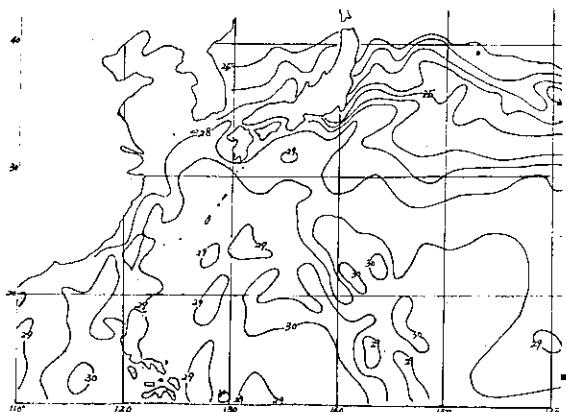


圖 6 b 30th Jul.~3th Aug. 1977
5 日平均距平圖

圖 7 1977 年 7 月下旬平均海面水溫
July 21~23 1977. mean Sea
Surface Temperature (°C)



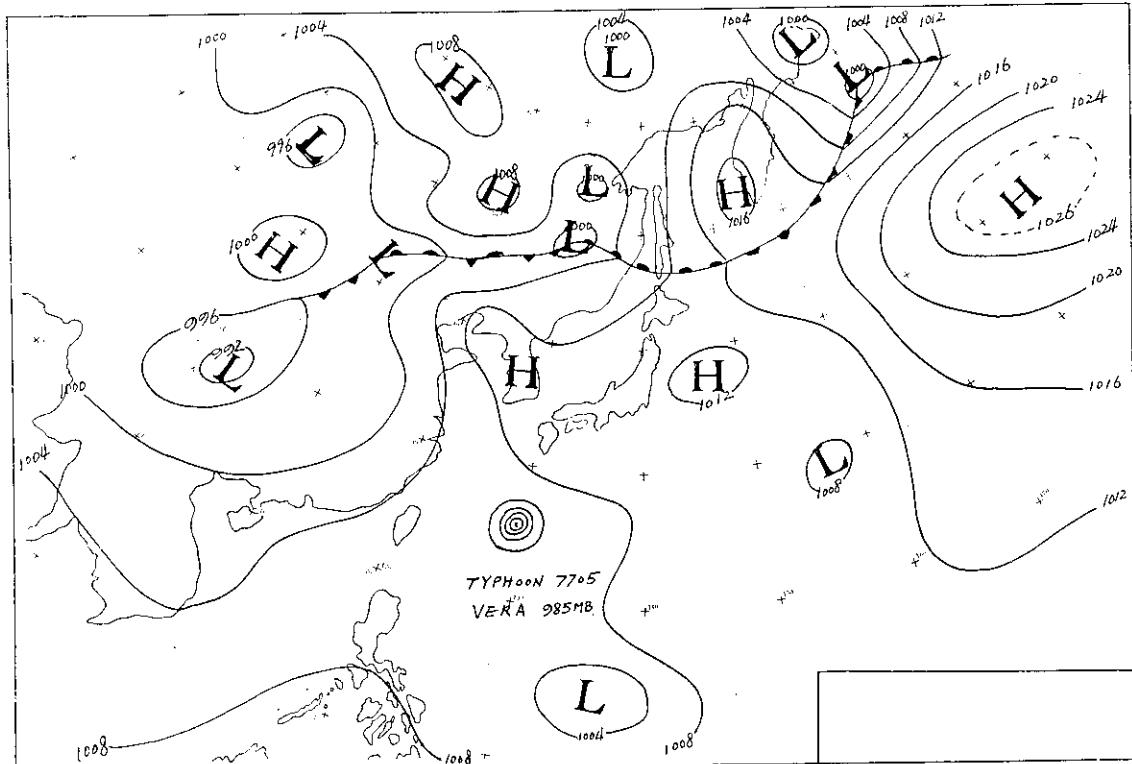


圖 8 a 66 年 7 月 28 日 20 時地面圖
Fig. 8 a Sea level chart 281200Z Jul. 1977

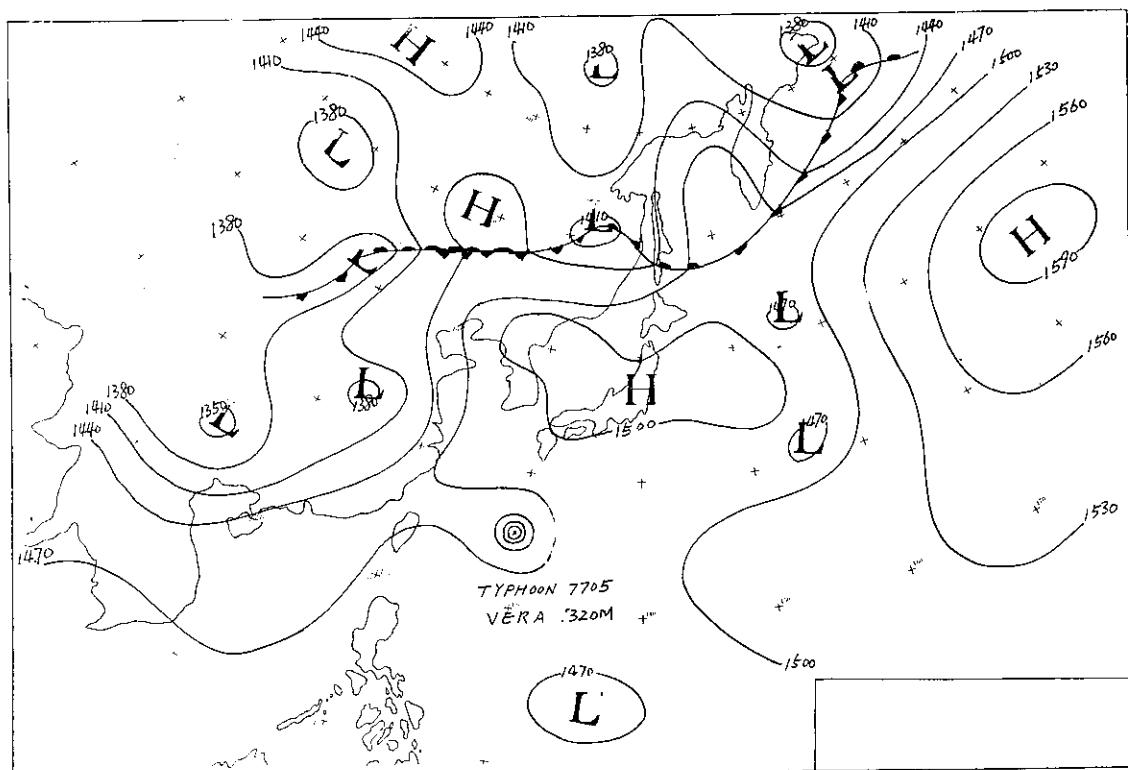


圖 8 b 66 年 7 月 28 日 20 時 850 毫巴圖
Fig. 8 b 850mb chart 281200Z Jul. 1977

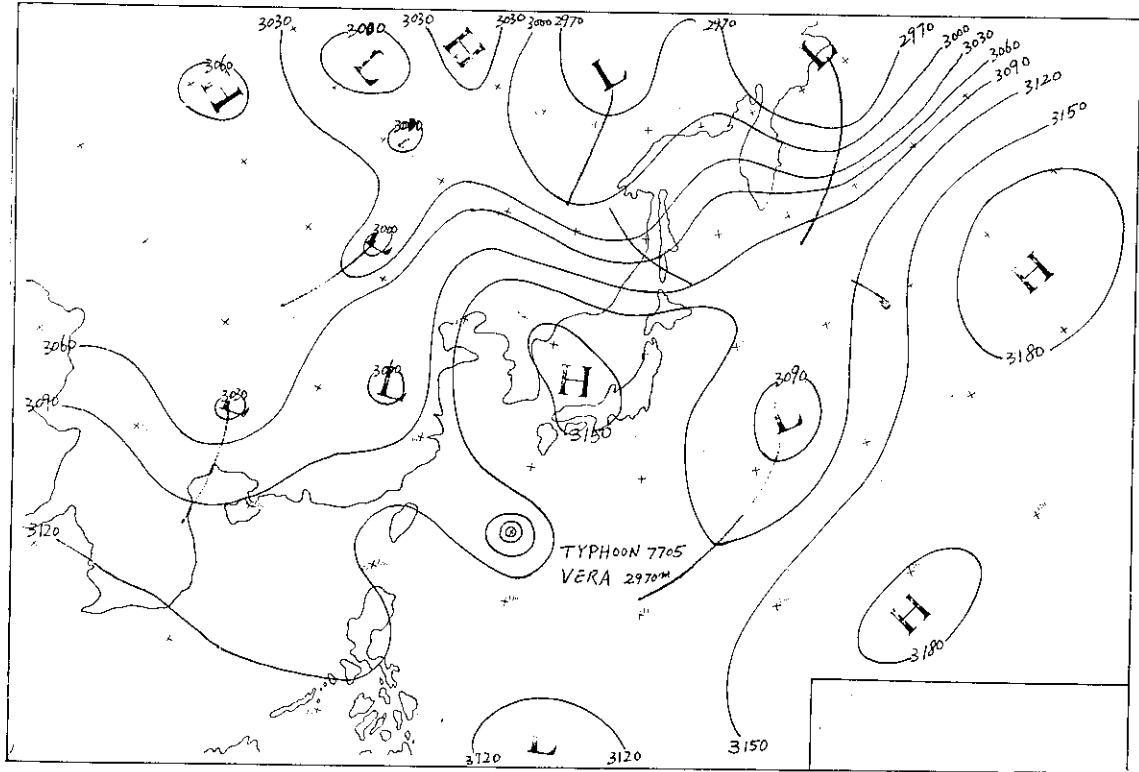


圖 8 c 66 年 7 月 28 日 20 時 700 毫巴圖
Fig. 8 c 700mb chart 281200Z Jul. 1977

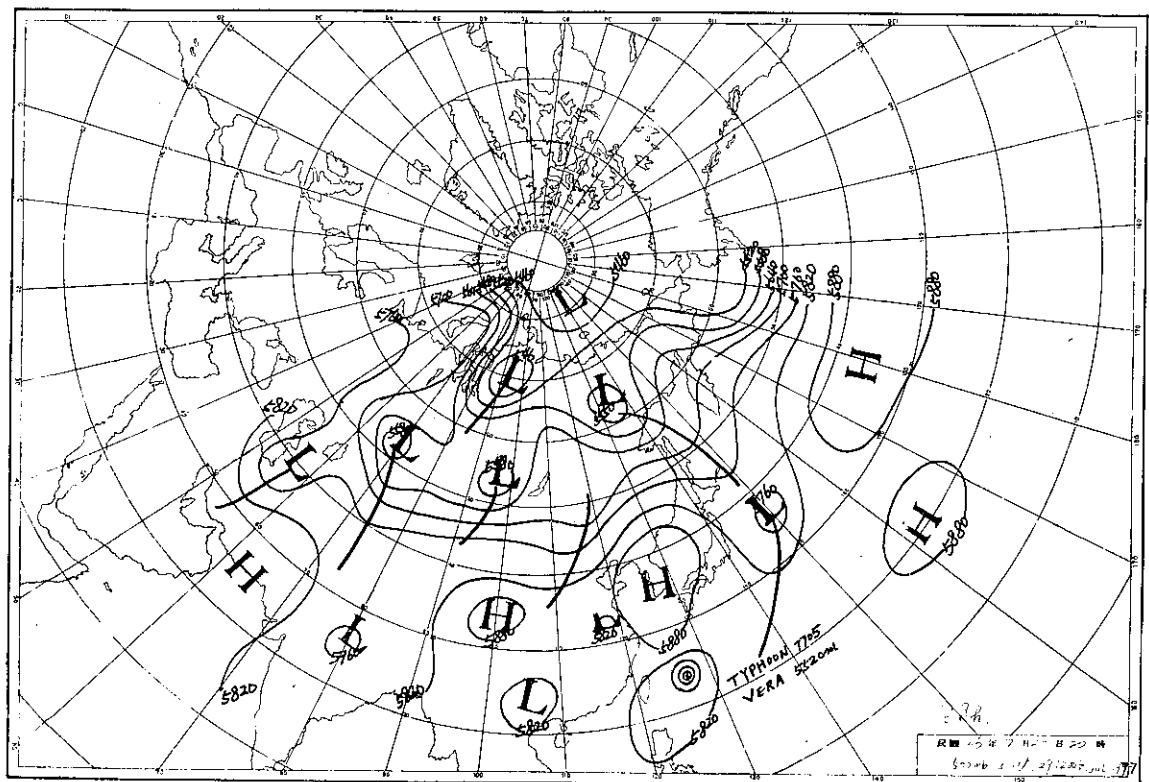


圖 8 d 66 年 7 月 28 日 20 時 500mb chart 281200Z Jul. 1977

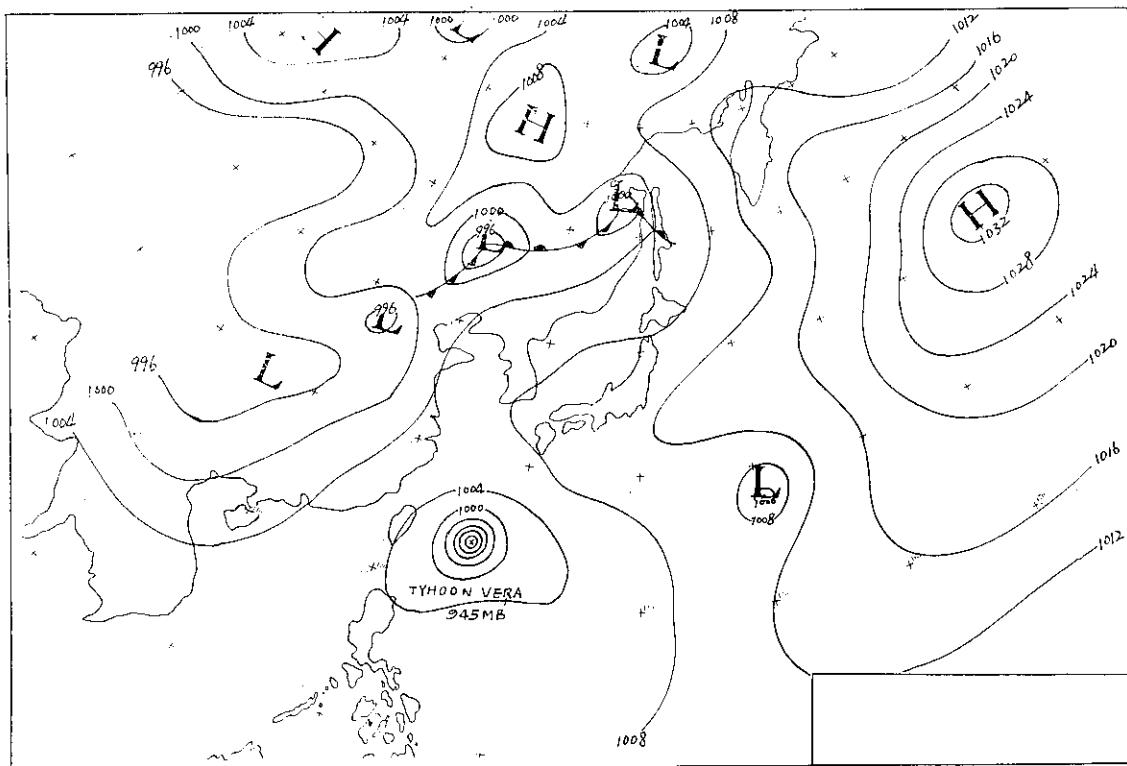


圖 8 e 66 年 7 月 29 日 20 時地面圖

Fig. 8 e Sea level synoptic chart 291200Z Jul. 1977

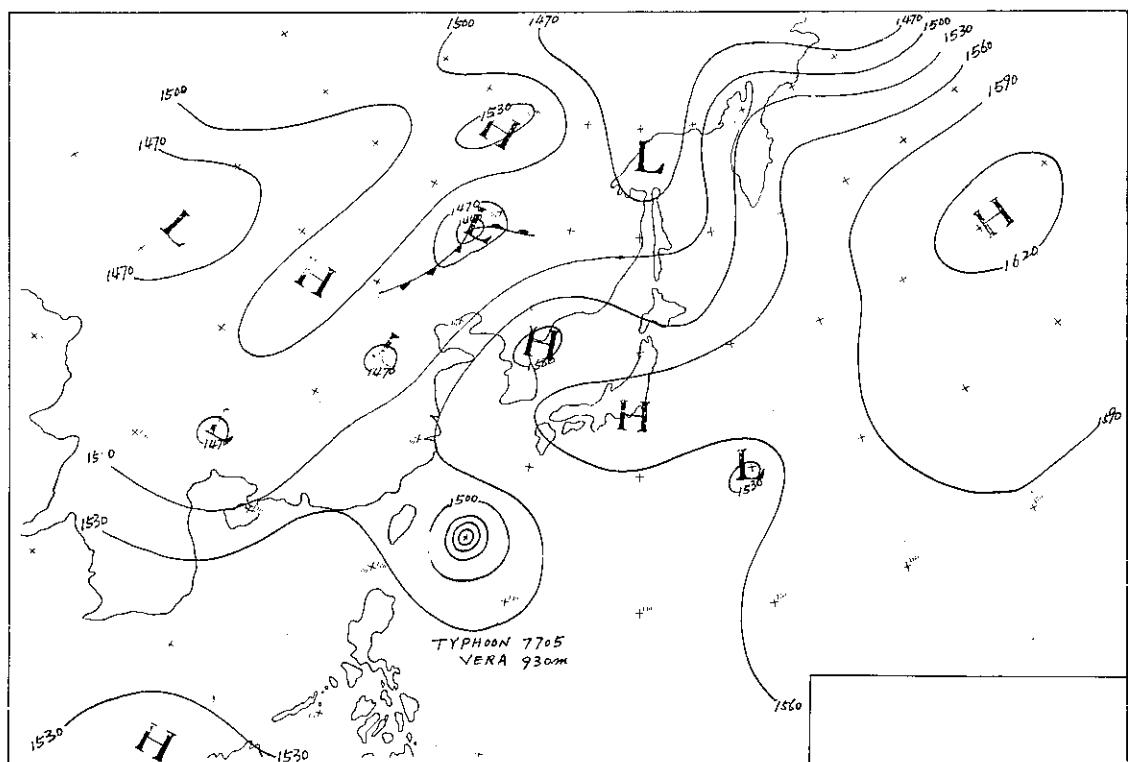


圖 8 f 66 年 7 月 29 日 20 時 850 豪巴

Fig. 8 f 850mb chart 291200Z Jul. 1977

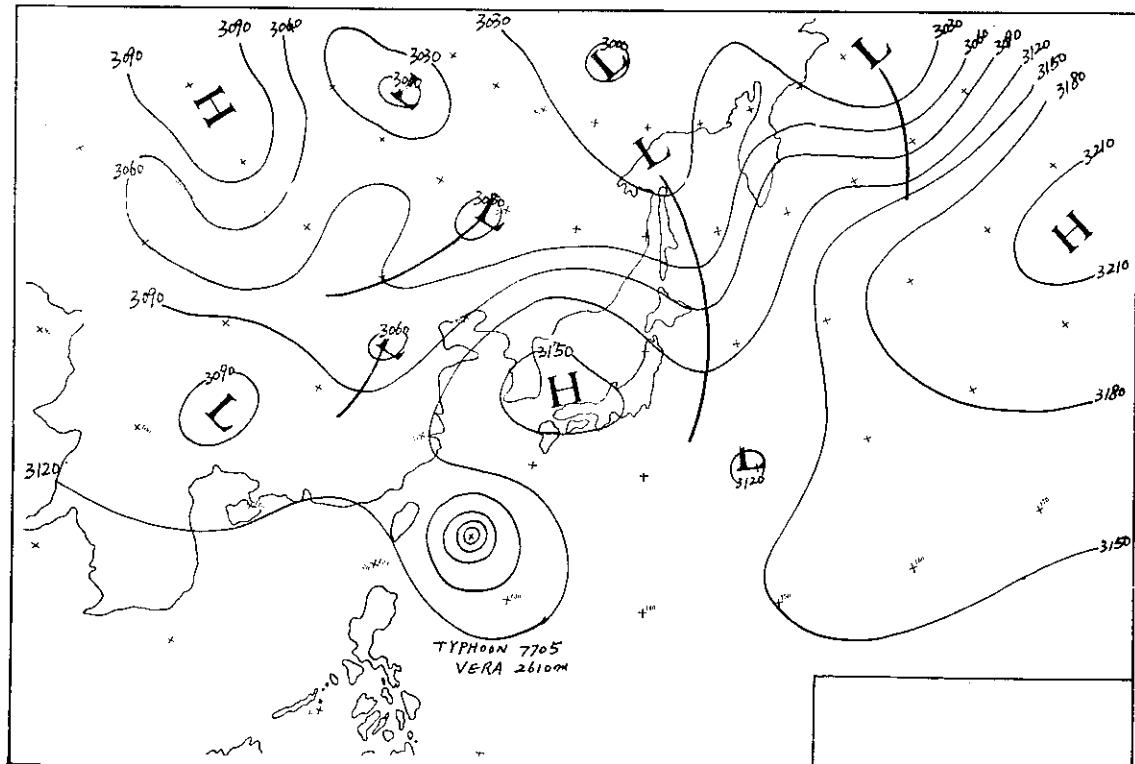


圖 8 g 66 年 7 月 29 日 20 時 700 毫巴圖

Fig. 8 g 700mb chart 291200Z Jul. 1977

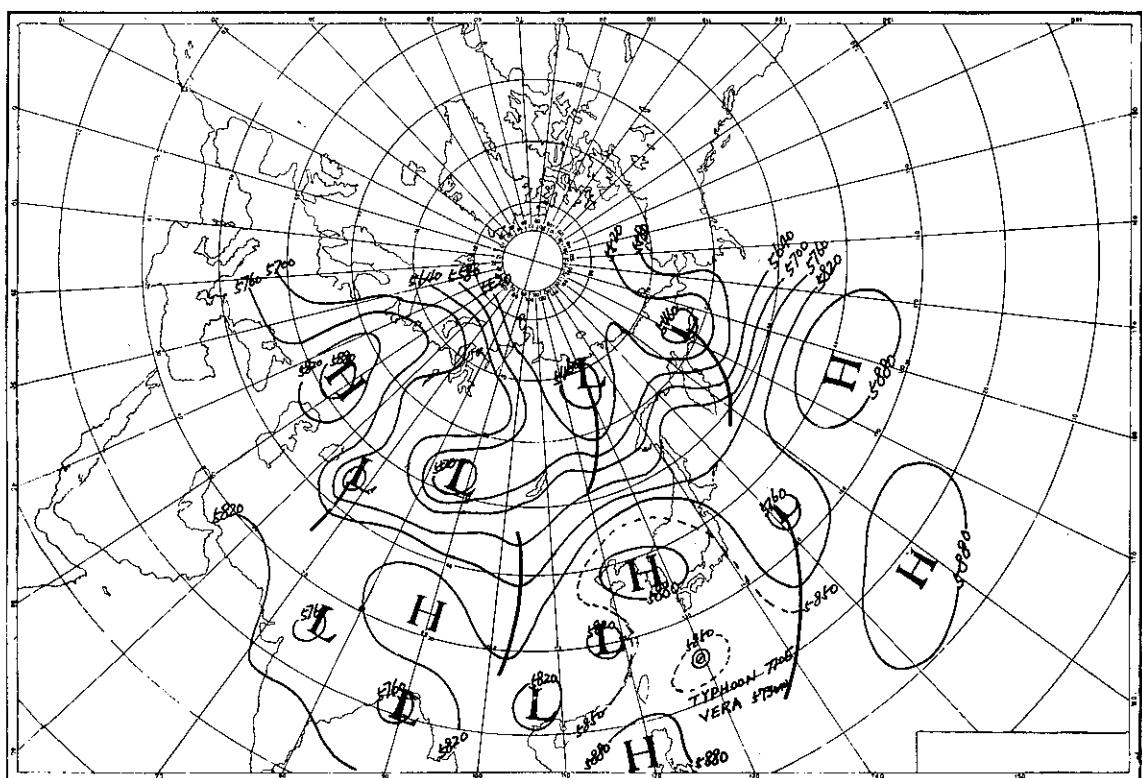


圖 8 h 66 年 7 月 29 日 20 時

Fig. 8 h 500mb chart 291200Z Jul. 1977

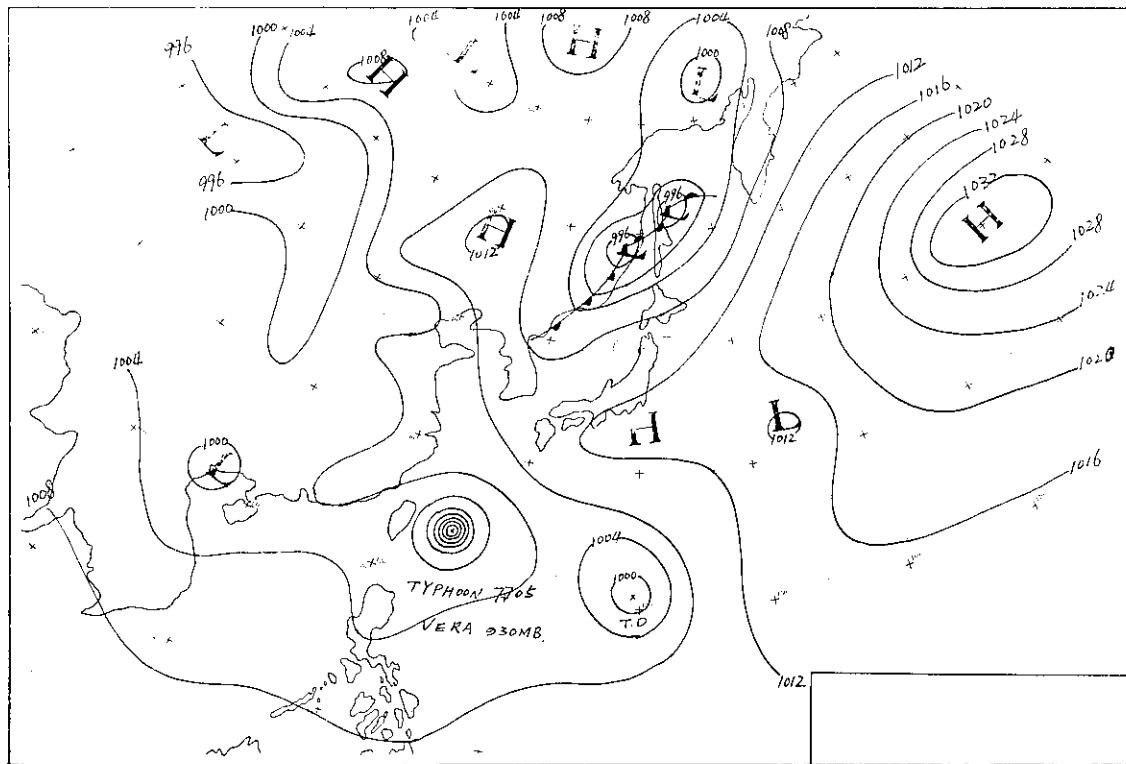


圖 9 a 66 年 7 月 30 日 20 時地面圖
Fig. 9 a Sea level chart 301200Z Jul. 1977

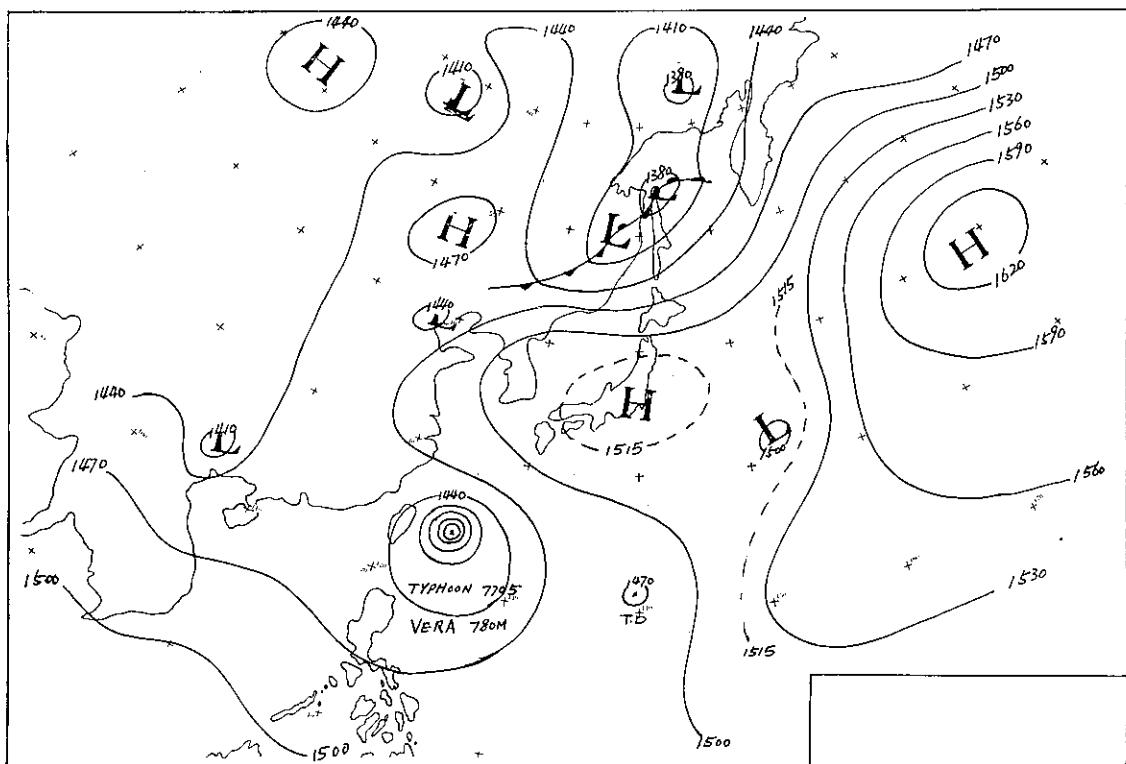


圖 9 b 66 年 7 月 30 日 29 時 850 毫巴圖
Fig. 9 b 850mb chart 301200Z Jul. 1977

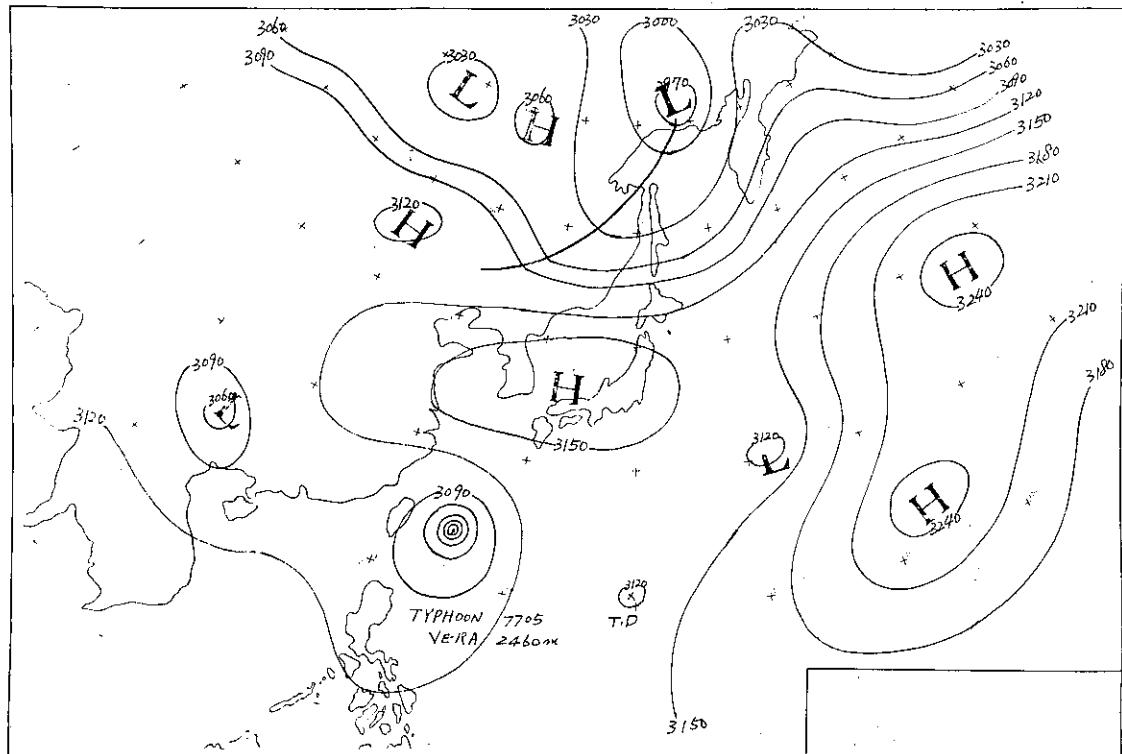


圖 9 c 66 年 7 月 30 日 20 時 700 毫巴圖

Fig. 9 c 700mb chart 301200E Jul. 1977

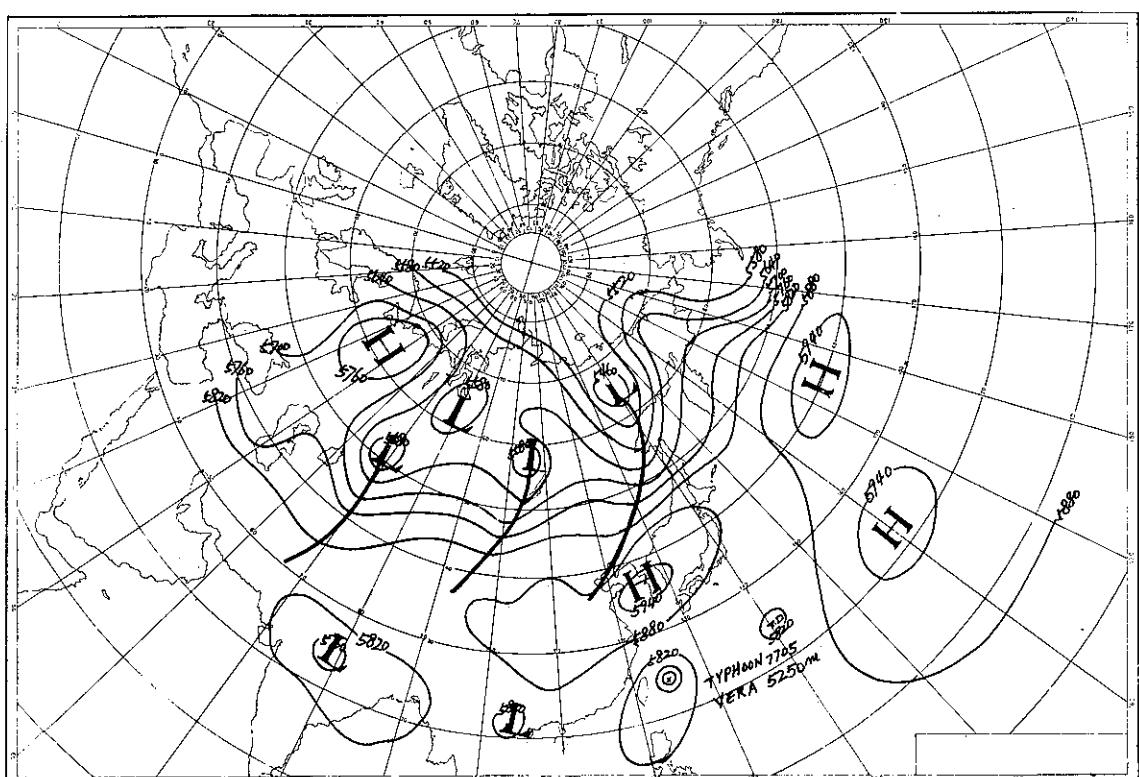


圖 9 d 66 年 7 月 30 日 20 時

Fig. 9d 500mb chart 301200Z Jul. 1977

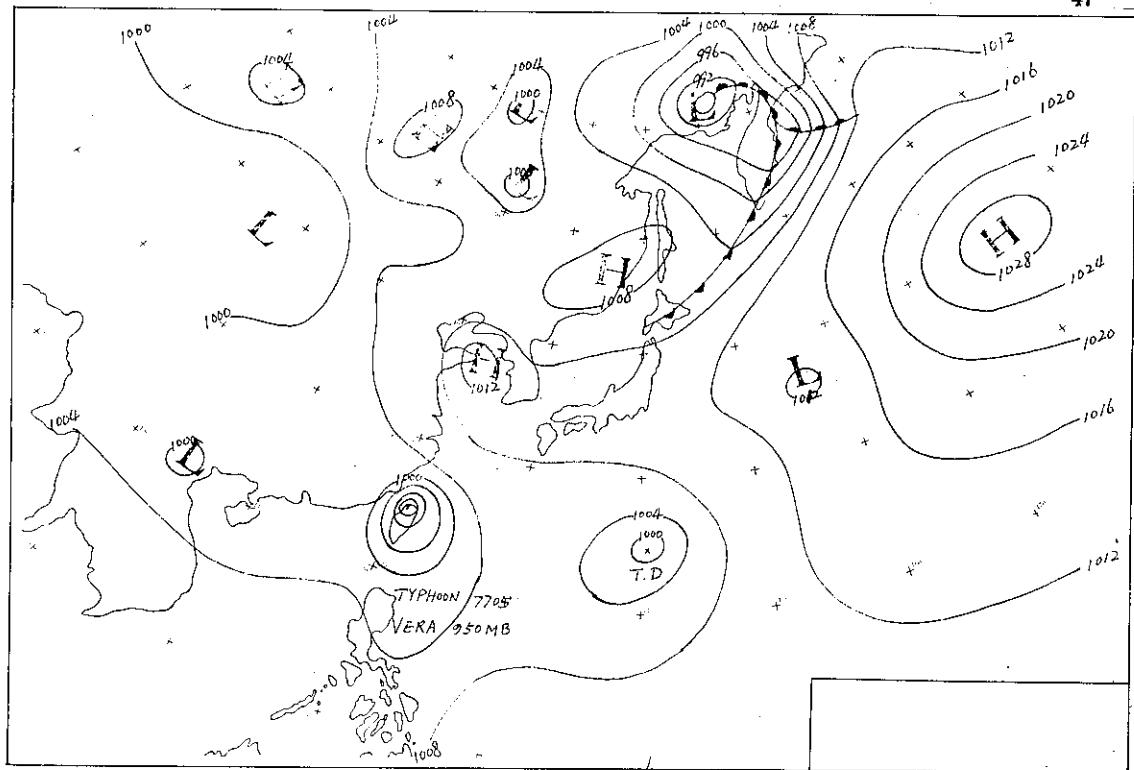


圖 9 e 66 年 7 月 31 日 20 時地面圖

Fig. 9 e Sea level chart 311200Z Jul. 1977

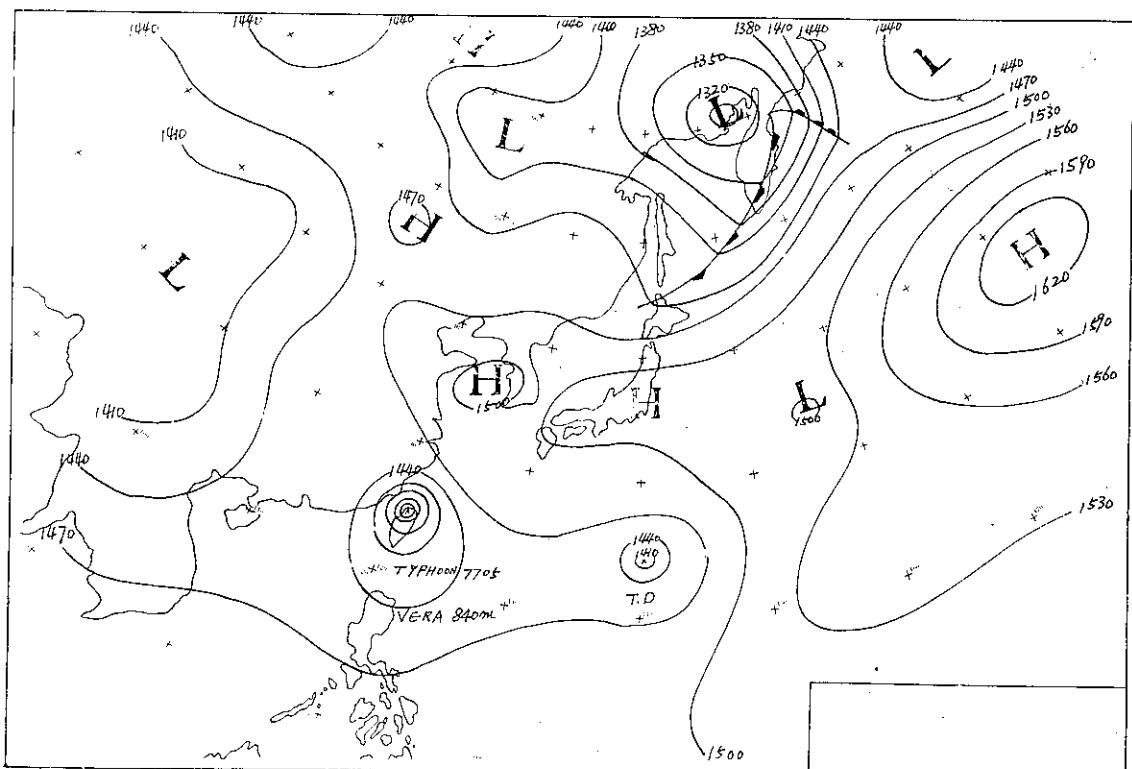


圖 9 f 66 年 7 月 31 日 20 時 850 壓巴圖

Fig. 9 f 850mb chart 311200Z Jul. 1977

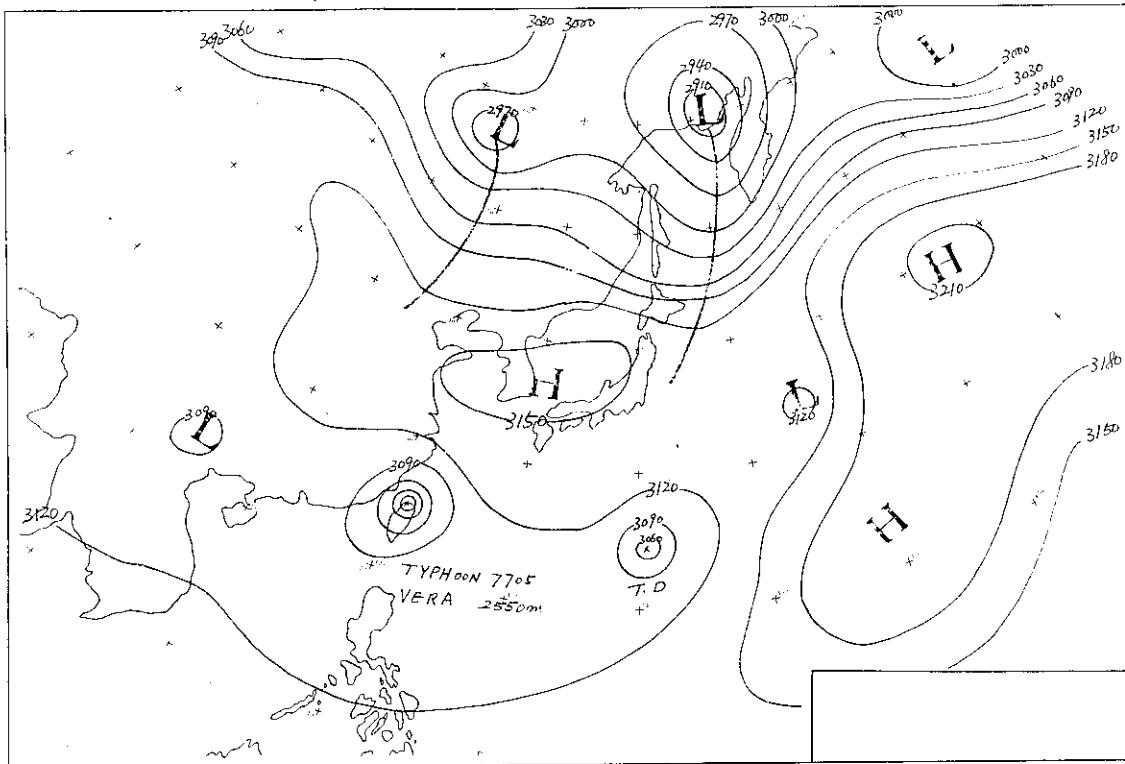


圖 9 g 66 年 7 月 31 日 20 時 700 壓巴圖

Fig. 9 g 700mb chart 301200Z Jul. 1977

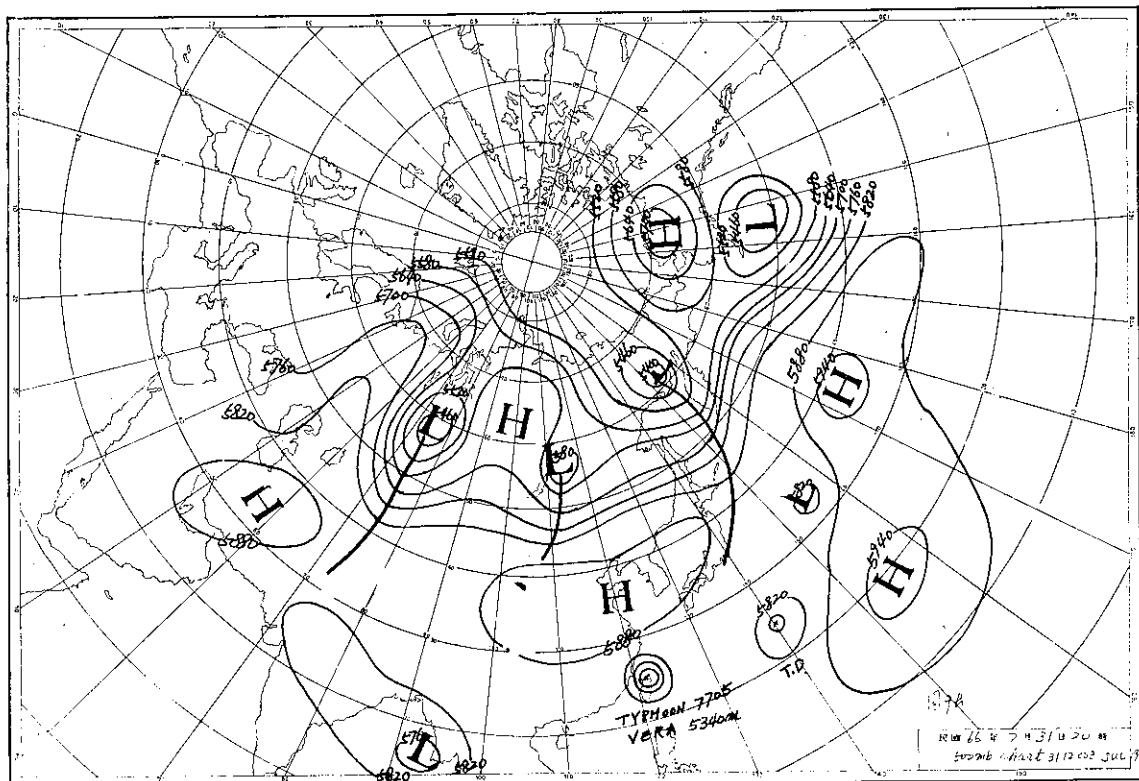


圖 9 h 66 年 7 月 31 日 20 時

Fig. 9h 500mb chart 311200Z Jul. 1977

茲將臺灣各地之氣象要素分述如下：

(一) 氣壓

薇拉發生初期，即 7 月 27 日上午，中心氣壓為 1004 毫巴，於 28 日 14 時，中心氣壓則降為 988 毫巴，成為輕度颱風。此後其中心氣壓即逐漸加深，至 29 日 14 時，中心氣壓降低至 965 毫巴，成為中度颱風後，急劇下降，於當晚 20 時竟降為 945 毫巴，並於 30 日 14 時曾降到 930 毫巴，且維持至 31 日 17 時登陸基隆之前，前後達 30 小時左右。自中心登陸後，即 31 日 20 時，其中心低氣壓即回升為 950 毫巴，於 8 月 1 日 8 時自金門東北方進入大陸，中心氣壓隨之填塞，致減弱為熱帶性低氣壓。中心氣壓演變情況請見圖 10。

於薇拉颱風侵襲期間，臺灣地區最低氣壓出現在中心登陸地點之基隆 939.9 毫巴，其次為臺北之 951.7 毫巴，淡水為 958.9 毫巴及新竹之 968.7 毫巴，其他地區的最低氣壓如表 2。

圖 11 為薇拉颱風過境期間，基隆與臺北之風與氣壓變化曲線圖。

臺灣地區出現最低氣壓的時刻，最早為北部外島之彭佳嶼於 7 月 31 日 16 時 22 分，而登陸地點之基隆即於 7 月 31 日 17 時 30 分，其次為臺北之 18 時 24 分，一般而論在薇拉颱風過境期間，臺灣地區最低氣壓之出現時刻自東北東向西南西延遲，因颱風係登陸基隆後沿着基隆河谷向西南西運行。各地最低氣壓及出現時刻分布如圖 12。圖 13 a, b 為薇拉颱風過境時之基隆及臺北的氣壓曲線圖。

(二) 風

薇拉颱風侵襲期間，風速以北部外島之彭佳嶼為最大，於 7 月 31 日 17 時正，測得每秒 45.0 公尺之十分鐘內平均最大風速，瞬間最大風速達每秒 62.0 公尺，於 31 日 16 時 46 分出現，均為東風，該測站因在海面上，無地形影響所致。

本島之風速則以颱風中心登陸地點之基隆為最大，自 31 日清晨起，即吹偏北風，平均風速為每秒 10 公尺左右，至下午以後，風力逐漸加強，16 時 30 分即轉為北北西～西北風，此時風速急劇增強，達每秒 20 公尺以上，於 17 時 10 分測得十分鐘平均最大風速為西北風之每秒 33.3 公尺。自 17 時 24 分至 17 時 55 分之 30 分鐘內，為颱風眼過境之期，風力即突然減弱，呈無風狀態，18 時起風向轉為偏東風，風力再度增強，於 18 時 30 分出現瞬間最大風速達每秒 56.5 公尺，19 時 30 分以後風

力即逐漸減弱至每秒 10 公尺左右。請參閱圖 14 a, 基隆測站所測之風向風速圖。

臺北於 7 月 31 日 17 時起，風力始增強至每秒 10 公尺以上之西北風，自 18 時 22 分至 18 時 36 分之 14 分鐘內，由於颱風眼通過，亦呈短暫靜風狀態，隨後風向轉變為偏東風，風力再度增強，於 19 時 16 分測得，東南東風，每秒 47.7 公尺之最大瞬間風速，並於 19 時 20 分出現十分鐘平均最大風速為東風，每秒 25.5 公尺，自 31 日 23 時以後，隨颱風中心之遠離風速亦減弱。

圖 14 b 為臺北之風向風速之變化圖。

位於大屯山之鞍部測站（海拔 840 公尺）於 7 月 31 日 5 時起，即吹北風，每秒 10 公尺以上的強風，中午以後風速即增強達每秒 20 公尺以上，於 17 時 30 分出現十分鐘平均最大風速每秒 41.7 公尺，18 時以後，風向即轉為南風，強風一直繼續至 8 月 1 日 9 時始逐漸減弱。其他北部地區，淡水測站即於 31 日 17 時 43 分測得瞬間最大風速為每秒 41.7 公尺，並於 31 日 18 時 50 分出現十分鐘平均最大風速為每秒 28.7 公尺之東北東風。

其餘各站十分鐘平均最大風速均在每秒 20 公尺以下，請參閱表 2。

(三) 降水

薇拉颱風過境期間各地總雨量所繪成之等雨量線形態如圖 15，圖中顯示，雨量集中區，大致可分為：北部山區（即大屯山一帶），石門水庫流域，中南部山區（即阿里山一帶）。

當薇拉過境時，挾著狂風暴雨，北部山區及石門水庫流域，因地形影響雨量特別充沛，而中南部山區之迎風面亦有充沛雨量。

根據本局所屬各測站及其他民用測站所得之結果，最多為石門之 515.3 公厘，鞍部之 478.3 公厘，阿里山有 463.5 公厘，竹子湖有 461.6 公厘，中央山脈東側則為背風區，故雨量為最少區。

十分鐘內最大雨量即在登陸地點之基隆為 30.0 公厘，於 31 日 19 時～19 時 10 分測得，其他各測站所測得一小時內最大之雨量，以竹子湖之 67.5 公厘（31 日 18 時～19 時）為最大，其次為鞍部的 31 日 17 時～18 時之 65.0 公厘。其餘各測站十分鐘內降水量及一小時內降水量。

薇拉颱風侵襲期間，北投地區，因大屯山區降雨極急，以致山洪爆發引起多處山崩事件發生。

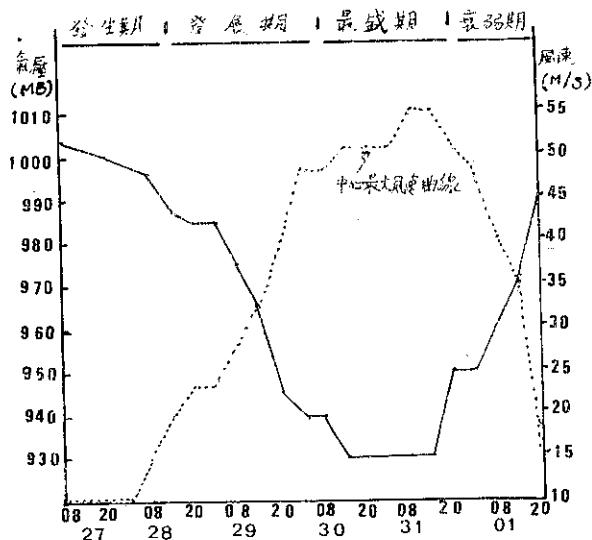


圖 10 薔拉颱風中心氣壓及中心最大風速演變圖

Fig. 10 The variation of the central Pressure and maximum wind velocity of the Typhoon Vera (Solid line-pressure broken line wind velocity)

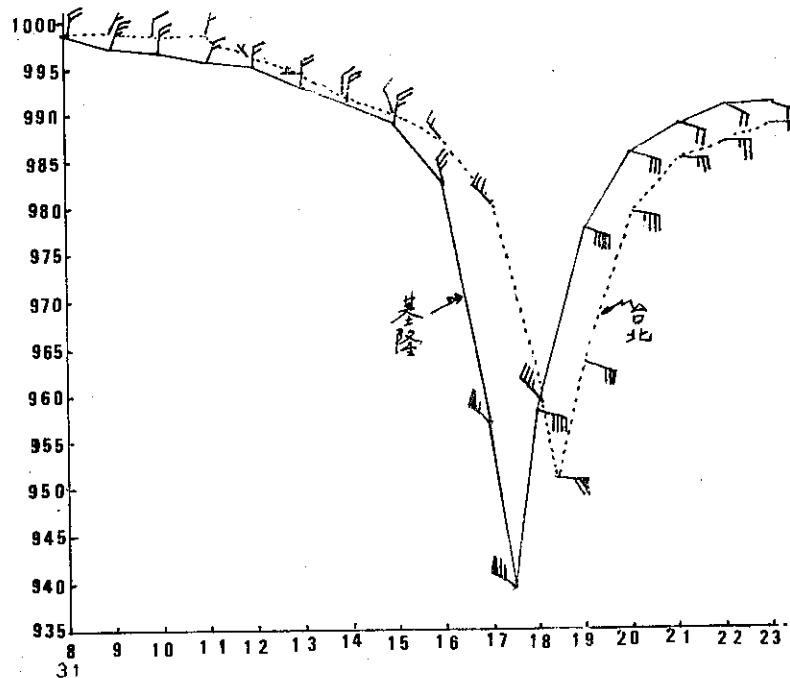


圖 11 基隆與臺北於薇拉颱風侵臺期間之風與氣壓變化曲線圖

Fig. 11 The variation of the pressure and wind at Keelung and Taipei during Typhoon Vera's passage.

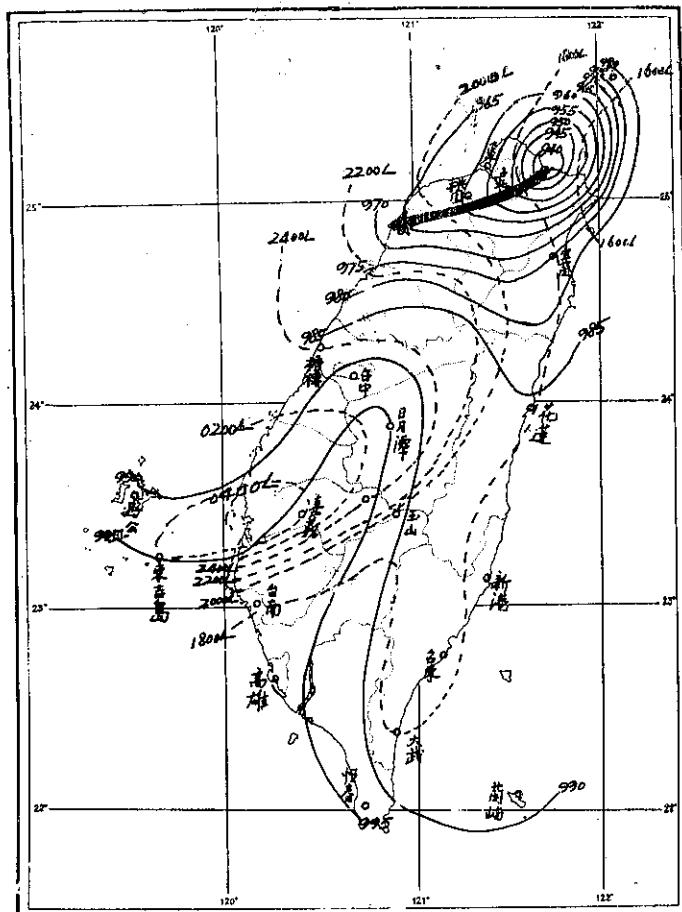


圖 12 薇拉颱風侵臺期間各地出現之最低氣壓及其時刻

Fig. 12 The distribution of the lowest pressure and its isotimic analysis of Taiwan during Vera's passage

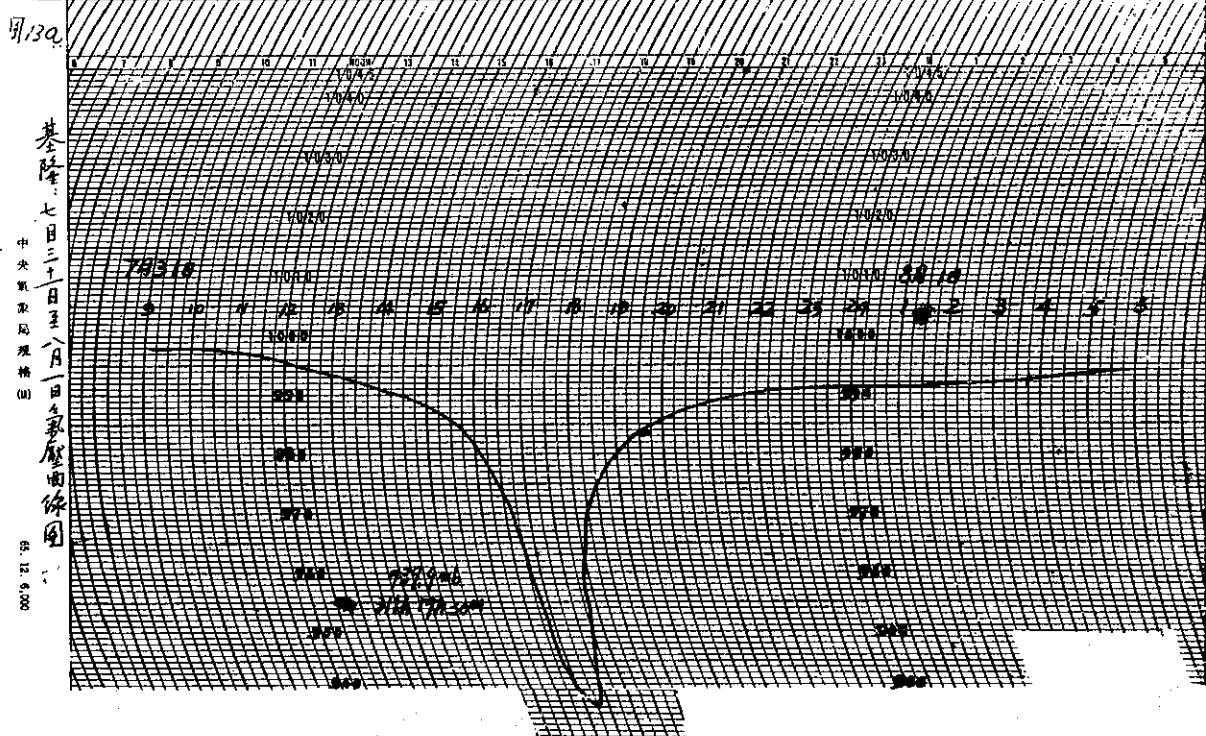


圖 13 a 基隆：七月三十一日至八月一日氣壓曲線圖

基隆：七月三十一日至八月一日氣壓曲線圖
中央氣象局編印
65. 12. 6. 000

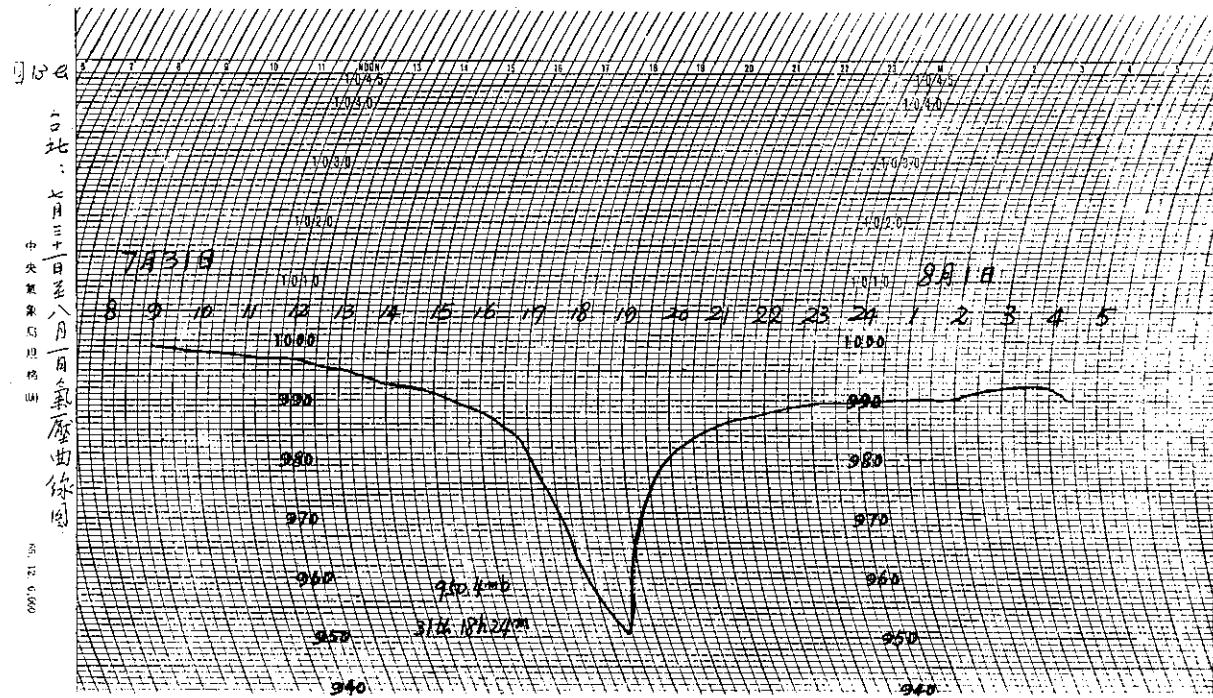


圖 13 b 臺北：七月三十一日至八月一日氣壓曲線圖

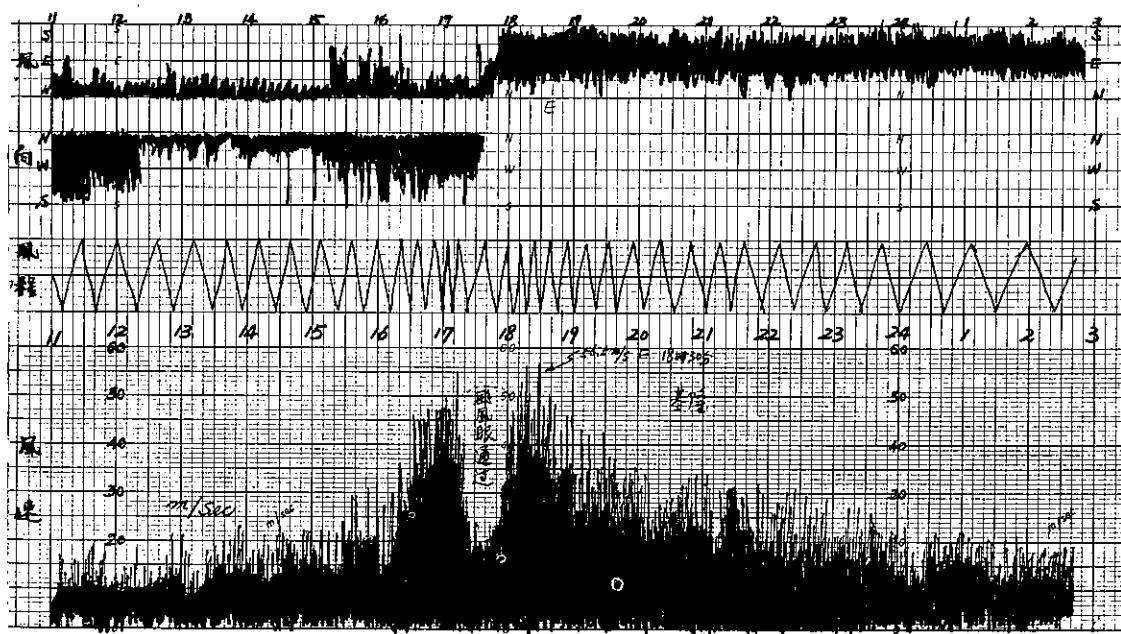


圖 14 a 基隆：七月三十一日至八月一日風向，風程，風速變化圖

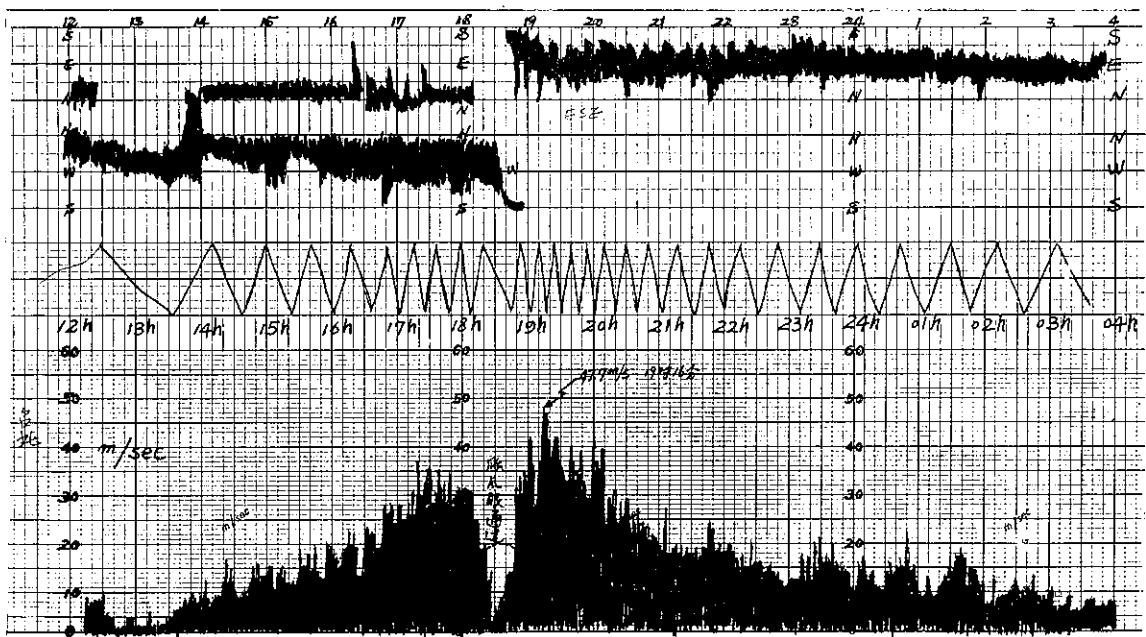


圖 14 b 臺北：七月三十一日至八月一日風向，風速變化圖

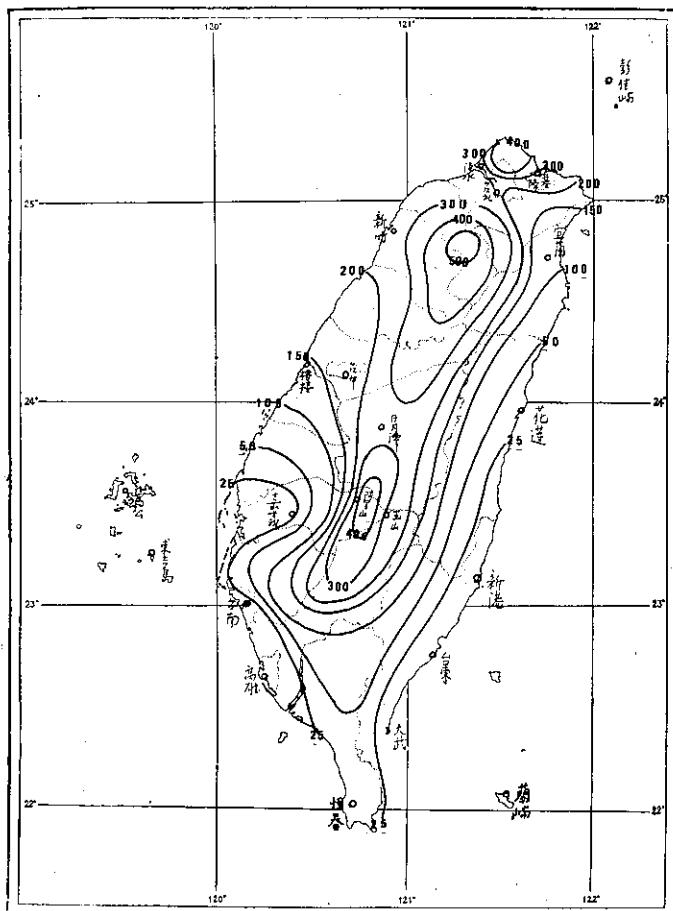


圖 15 薇拉颱風經過期間臺灣之雨量分佈圖

Fig. 15 The rainfall distribution of Taiwan during Typhoon Vera's passage.



圖 16 a 臺北市北門高架道路工程的鋼架被風吹落壓沒車輛

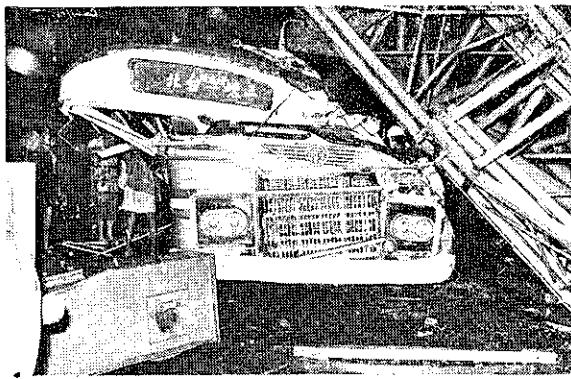


圖 16 b 與圖 16a 同

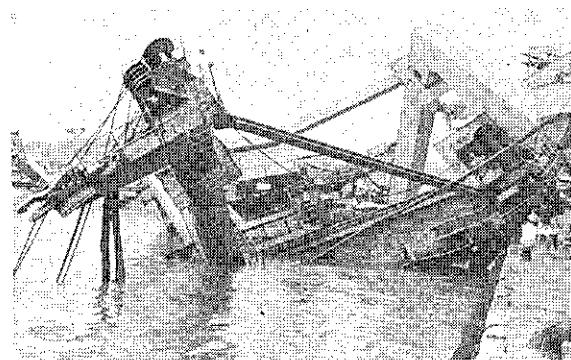


圖 16 c 基隆貨櫃起重機被風吹毀入海

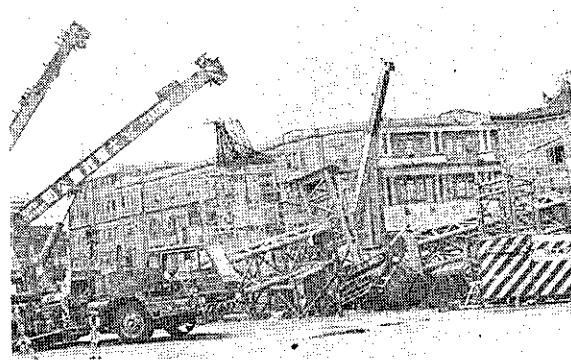


圖 16 d 臺北市北門口高架道路工程被吹毀



圖 16 e 臺北市交通信號燈被吹毀

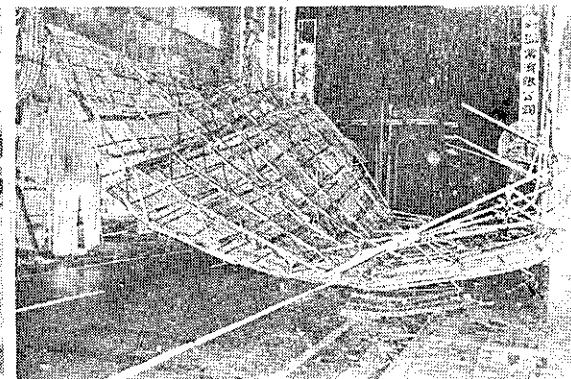


圖 16 f 臺北市建高樓大廈框架被吹毀



圖 16 g 北投區發生山崩



圖 16 h 北投區山崩房屋被埋沒

五、災 情

薇拉颱風在基隆附近登陸後，旋經臺北，於桃園，新竹間出海，挾帶狂風暴雨，繼賽洛瑪颱風侵襲南部地區之後，復在北部地區造成嚴重災害。

茲根據臺灣省政府及臺北市政府之災情報告彙報如下以供參考。

(一) 災民與房屋方面：

1.死亡：39人（臺北市21人，臺北縣6人，桃園縣8人，基隆市2人，新竹縣1人，南投縣1人）。

失蹤：5人（臺北市，臺北縣，桃園縣，新竹縣，基隆市各1人）。

重傷：85人（臺北市64人，臺北縣12人，桃園縣3人，基隆市6人）。

搶救災民：3,859人（臺北市557人，基隆市1,917人，臺北縣1,325人，桃園縣60人）。

2.房屋倒塌：

全倒：736間（臺北市95間，臺北縣543間，桃園縣19間，基隆市72間，宜蘭縣7間）。

半倒：3,321間（臺北市250間，臺北縣2,802間，桃園縣40間，基隆市227間，宜蘭縣2間）。

(二) 交通方面：

1.鐵路：薇拉颱風過境時，因風力過強，電訊中斷，或路基被水沖毀，各線班車全部暫時停駛。

2.公路：北、東、南等三條橫貫公路，因前受賽洛瑪颱風及本次薇拉颱風影響，塌方多處。

3.港埠：

(1) 基隆港：①貨櫃起重機三台被風吹斷入海。（每台約值新台幣4仟萬元）。②巴籍全益輪，隆盛輪，科籍伊班查東輪及協發商輪，工作船大真輪等均斷繩。

臺中港：榮寧號拖船一艘沉沒。

(三) 糧食方面：

1.米谷肥料：(1)米谷：浸水 11,734 公噸，損失約新台幣 472 萬元。(2)肥料：各種化學肥料受損 213 噸，損失約 40 萬元。(3)鹽類：受損 59,632 公斤，損失約 32 萬元。

2.其他農作物：臺北、桃園、新竹、苗栗等縣耕地被害面積約 378 公頃。

3.漁業：宜蘭、基隆、桃園，臺北縣市漁船 26 隻及漁港設施受損約新台幣 300 萬元以上。

(四) 水利方面：

1.水利設施：鳳山溪、後龍溪、頭前溪、大甲溪、油羅溪、大安溪等堤防均有損壞。

2.自來水：臺北市、基隆市自來水設備損失嚴重。

(五) 電力方面：

1.北部地區輸電鐵塔計有 7 座損毀倒塌。

2.北部地區被吹倒電桿計有 1,004 支。

其餘於臺北市北門高架道路工程的鋼樑和鐵架被狂風吹落，壓毀九輛駛經該處的大小車輛及薇拉颱風正在過境時，臺北市有八處發生火災，燒毀了房屋 11 家，損失約新台幣 720 萬元等悲慘事件發生。

圖 16 a~h 各圖薇拉颱風侵襲所造成之災害照片。

羅字振執筆

氣象學報徵稿簡則

- 一、本刊以促進氣象學術之研究為目的，凡有關氣象理論之分析，應用問題之探討，不論創作或譯述均所歡迎。
- 二、本刊文字務求簡明，文體以白話或淺近文言為主體，每篇以五千字為佳，如長篇巨著內容特佳者亦所歡迎。
- 三、稿件請註明作者真實姓名、住址及服務機關，但發表時得用筆名。
- 四、譯稿請附原文，如確有困難亦請註明作者姓名暨原文出版年月及地點。
- 五、稿中引用文献請註明作者姓名、書名、頁數及出版年月。
- 六、惠稿請用稿紙繕寫清楚，並加標點。如屬創作論著稿，請附撰英文或法、德、西文摘要。
- 七、本刊對來稿有刪改權，如作者不願刪改時請聲明。
- 八、惠稿如有附圖請用墨筆描繪，以便製版。
- 九、來稿無論刊登與否概不退還，如須退還者請預先聲明，並附足額退稿郵資。
- 十、來稿一經刊登，當致薄酬，並贈送本刊及抽印本各若干冊。
- 十一、惠稿文責自負，詳細規定請據本學報補充稿約辦理。
- 十二、惠稿請寄臺北市公園路六十四號中央氣象局氣象學報社收。

(請參閱補充稿約)

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爲第一類新聞紙類

Volume 24, Number 2

June 1978

METEOROLOGICAL BULLETIN

(Quarterly)



CONTENTS

Articles

Cold Wave Analysis and Forecasting in Taiwan Area

..... Griffith C. Y. Wang (1)

A Research of Precipitation and Runoff in Hsin-Tien Watershed

(Runoff Part) W. S. Kuo, C. T. Chiang, S. G. Chu (17)

Report

Report on Typhoon "Velar" (29)

CENTRAL WEATHER BUREAU

64 Park Road, Taipei
Taiwan, Republic of China

氣象學報

季刊

第二十四卷 第三期

目次

論著

- 臺灣地區地震活動之定量研究 徐明同 (1)
考慮積雲對流潛熱釋放的熱帶氣旋發展數值模擬 陳世旺 (7)

報告

民國六十六年颱風調查報告

- 第三號（侵臺颱風 7707 號愛美） (23)
民國六十六年北太平洋西部颱風概述 (35)

氣象學報

季刊

第二十四卷 第三期

主編者 中央氣象局氣象學報社
地址 臺北市公園路六十四號
電話：三七一三一八一(十線)

發行人 劉大年
社長 劉大年
電話：三一一〇八四〇

印刷者 文英印書公司
地址 臺北市三水街七號
電話：三三一四七二四

中華民國六十七年九月出版

臺灣地區地震活動之定量研究

On the Quantification of Seismicity of Taiwan

徐 明 同

Ming-Tung Hsu

ABSTRACT

Seismicity at the 13 areas of Taiwan was qualitatively studied by using of 2,886 earthquakes whose magnitudes are larger than 4.0, obtained by the Central Weather Bureau from 1936 to 1973. The seismicity is expressed by the new codes as follows:

Location/T/DDDD/EEEE/MMM/III/aaaa/bbbb/Remarks
where T denotes type of earthquakes; D, depth of earthquake; E, mean energy release; M, maximum earthquake magnitude; I, maximum intensity with its acceleration; and a, b, constants of the Gutenberg-Richter's magnitude frequency relation.

By using these new codes, a general grasp of the seismicity of Taiwan can be realized not only qualitatively but also quantitatively, as well as certain relations between seismicity and geotectonics. Moreeover, the seismicity at different places and in different time intervals could be able to compare with each other without any difficulties. This method is very useful both in the field of seismicity and earthquake engineering.

一、前 言

地震活動（度）(Seismicity)一詞，在地震學及地震工程(Earthquake Engineering)方面，被廣泛採用已有三十多年歷史，但迄今並無明確的定義。僅模糊地表示地震活動旺盛程度之定性概念。至於如何表示某地區之地震活動情況，大約八十年前起就有各種表示方法。例如 1900 年法國人 Montessus [1] 根據地震之發生次數和強度(Intensity)，把地震活動度，大略分為三類，即穩定(Stable or aseismic)地區，準地震(Peneiseismic)地區及地震(Seismic)地區。屬於穩定地區如俄國和巴西等國家，幾乎沒有發生地震，屬於準地震區如瑞士，只有發生少數不強烈地震，而屬於地震地區如日本，經常發地震，包括許多強烈地震在內。此外他並定義地震線(Seismic lines)為每邊長度和 $\sqrt{PA/n}$ 成比例之正方形，n 為地震次數，P 為觀測年數，A 為面積以 Km^2 為

單位，想尋找這些線與區域地質構造之關係。

其後有許多學者例如 Sieberg (1904), Knott (1908), Byerly (1942), Gutenberg 和 Richter (1949), Benioff (1955), Amand (1956), Bath (1956), Ullmann 和 Maaz (1967), Riznichenko (1969), Terashima (1972) 等人，則研究地震活動度之表示方法。關於這些人之研究，著者 (1976) [2] 已撰文詳細介紹。綜合其結果，地震活動度有時係指某地區，某一段時間內之地震次數，或這些地震所釋放出來之能量，甚至於地震次數或能量之時間或空間變化以及地震規模(Earthquake magnitude)之分布。總而言之，大家都想以地震活動來表示地震活動之生態，並盼望亦能定量地表示地震活動情況，特性，以及其旺盛程度。因為大部分都以一種參數表示，故無法成功地表示複雜的地震活動度。

著者 [2] 已創造一種新的地震活動綜合表示法，可以定性地且定量地表示地震活動之生態，旺盛

之程度，並言及地震活動與地體構造 (Geotectonics) 之關係，藉使各地以及同一地點不同時期之地震活動度能互相比較，且便於繪製地震分區圖 (Seismic zoning map)，配合地震活動之研究和耐震工程設計之需要。

二、地震活動度之新表現法

地震活動之研究，在實用上與地震預測和耐震工程之研究互相有密切關係；就學術言，在地震學及地震工程方面亦佔很重要地位。目前臺灣國民經濟建設正在迅速發展中，除十大工程建設積極進行，即將完成，繼之企劃十二大建設外，民間各種大型工程建設亦正陸續展開中。然臺灣位於環太平洋地震帶上，過去常蒙受強烈地震之災害，故地震活動之研究為目前迫切需要的問題。

前已述及著者 [2] 已創造一種新的地震活動度表現法，可以表示地震活動之各種參數，以及與地體構造有關之因子。其型式如下：

地名 / T/DDDD/EEEE/MMM/IIII/aaaa/bbbb/記事

地名表示某地點，以半徑 50 公里範圍代表此點。T 表示該地區之地震型式，採用 Sant⁵ [3] 之分類法。即 I 型為海嶺型 (Ocean ridge type)，表示發生沿海嶺之正斷層 (Normal fault) 淺層地震，以英文字母 R 表示；II 型為轉移型 (Transform type)，發生在海嶺錯開 (dislocate) 之地帶，也就是破碎帶 (Fracture zone) 或者轉移

斷層 (Transform fault) 上的淺層地震，以 F 字表示。III 型為下衝型 (Underthrusting type)，為發生在沿海溝的淺層地震，因海洋板塊 (Oceanic plate) 向大陸板塊 (Continental plate) 下，下衝而後者被前者拖曳而發生之逆斷層型 (Reversal fault type) 地震，以 U 字表示。IV 型為島弧型 (Arc-island type) 發生在海洋板塊向大陸板塊下衝部分，即沿海溝但靠大陸或邊海 (Marginal sea) 方面，也就是震源面 (Benioff zone) 內深度較深的地震，而最大應力或張力之方向和板塊平行，以 A 字表示。V 型為邊海型 (Marginal sea type) 發生的地方和 IV 型相同，但深度較淺，係因蓄積在大陸板塊內應力所引起，而應力方向和島弧或海溝 (Trench) 成垂直，以 M 字表示。VI 型為孤立大陸型 (Isolated continental type)，孤立地發生在大陸內部，震源深度大約 100 至 200 公里。最大應力軸都為水平，發生機制 (mechanism) 尚不太明瞭以 I 字表示。VII 型為分散型或塊狀形 (Dispersed or block type)，分散地發生在大陸地殼內的地震，可能是大陸板塊本身橫方向不均勻而引起，或者許多較小地塊間的互相作用所引起之地震，以 D 字表示。VIII 型為衝突型 (Collision type)，因兩個板塊衝突而引起之地震，以 C 字表示。IX 型為其他型式，不屬於上述八種型式之地震，以 E 字表示。表一表示，地震型式及其記號。

表一：地震型式

型 式	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	XI
名 称	海嶺型	轉移型	下衝型	島弧型	邊海型	孤立大陸型	分散型	衝突型	其他型
記 號	R	F	U	A	M	I	D	C	E

表二：地震深度

	極淺層地震	淺層地震	中深度地震	深層地震
深 度 (km)	0~33	34~70	71~300	300 以上
英 文 字 母	N	S	I	D

DDDD 計四格表示該地區之地震深度，而四個英文字表示如表示。

該地區地震僅為極淺層地震時，第一格填 N 字，其餘即填「一」字。該地區地震為極淺層及淺層而沒有中深度及深層地震時，只填 N 及 S，餘類推。

EEEE計四格表示該地區單位面積，單位時間地震所釋放之能量，以每年每平方公分爾格 (erg) 為單位，即 $\text{erg}/\text{cm}^2 \cdot \text{yr}$ 。前三格小數一位數值而第四格填 10 之方數，例如該地區平均地震能量為 $1.5 \times 10^7 \text{ erg}/\text{cm}^2 \cdot \text{yr}$ ，即填 1.57。

MMM表示該地規定期間內發生之最大地震規模，填小數一位。

IIII 計五格表示該地區規定期間內發生之最大震度 (Intensity)。震度階級 (Scale of seismic intensity) 採用聯教組織於 1964 年所建議之 MSK (Medvedev, Sponheur and Karnik) 震度階級 [4]，共有 I 至 XII 級。第一格以羅馬數字表示震度，如知道加速度值，不管實際記錄或推測值，均以 g (重力加速度) 為單位，填至小數二位數字，使用第二至第五格。

aaaa 及 bbbb 各以四格表示地震規模與地震次數關係式之係數。據 Gutenberg 和 Richter [5]，地震規模在 M 與 M+dM 間之次數為 n(M) 時，有下列關係存在，即，

$$\log n(M)dM = (\alpha - bM)dM \dots \dots \dots \dots \quad (1)$$

又據 Utsu [6]，積分(1)式可得，

$$\log N(M) = a - bM \dots \dots \dots \dots \quad (2)$$

$$\text{而 } a = \alpha - b \ln 10 \dots \dots \dots \dots \quad (3)$$

上式中 N(M) 為累積地震次數，也就是規模 M 以上之總地震次數。 \ln 表示自然對數。(2) 式與 (1) 式型式相同，係數 b 亦相同。a (或 α) 表示規模零以上 (零) 之地震次數，與統計年數及所考慮地區之面積大小有關，而 b 表示較大地震與較小地震次數之比率。據 Miyamura [7] 和 Mogi [8] 之研究，此值與當地地體構造 (geotectonics) 有密切關係。以上 a 及 b 兩個常數係表示地震活動特性的重要參數。a 及 b 均使用四格，填小數兩位數字。此外據 Hsu [9]，使用最小二乘法決定 a 及 b 所需要地震之次數，至少要 400 次，故使用地震次數較少時所決定之 a 及 b 數值，即用括弧以便區別。

最後記事欄可填所使用資料之期間以及其他事項。

三、臺灣地區地震活動度之定量化

有關臺灣地區地震活動，著者 [10, 11, 12, 9, 13] 已有許多詳細報告。在這些報告中，曾經詳細地討論過臺灣地區地震之空間及時間分佈，並使用圖表表示之，同時也提及地震活動與地體構造之關係。

根據著者 [13] 所編自 1936 年至 1973 年臺灣地震目錄，地震規模 M 大於 4.0 之地震共有 2,886 次。下面將以此數據作為各種推算之依據。關於每次地震都有發生時間，震央位置經度及緯度表示，深度及地震規模。此外再參考 Hsu and collaborators [14] 所編之各地震度統計表，決定各地之最大震度並由中央氣象局震度階級換算為 MSK 震度階級。然後根據實際測定結果或估計，決定加速度值。

所計算之各地區如表三共有十三點，以某地點半徑 50 公里範圍內代表該地區，所包含的地區如圖一。顯然有些地區有重疊，小部分範圍尚未能包括在內。首先由總數 2,886 次地震選出該地區範圍內之地震，然後由所選出之地震計算各種參數。

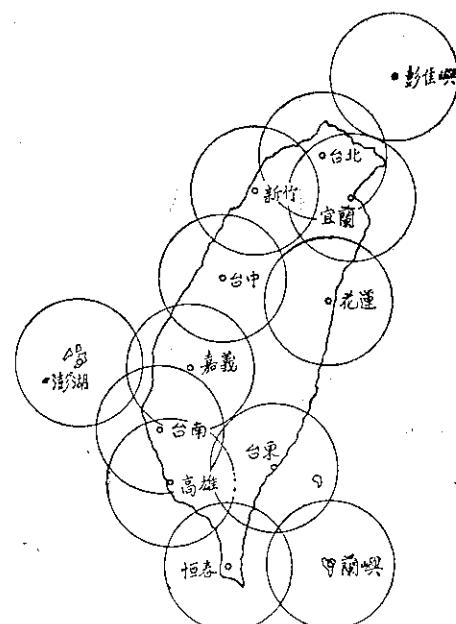


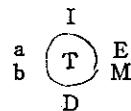
圖 1 臺灣地區各地點所代表之範圍

經過上述煩雜且費時計算後所獲得的結果却十分簡便，如表四，由此表可以一目瞭然地，定性地且定量地了解各地區之地震活動度，並便於各地區互相比較。

表三：各地點之位置

地名	緯度(N)	經度(E)
臺北	25° 02'	121° 31'
新竹	24° 48'	120° 58'
臺中	24° 09'	120° 41'
嘉義	23° 30'	120° 25'
臺南	23° 00'	120° 13'
高雄	22° 37'	120° 16'
恆春	22° 00'	120° 45'
臺東	22° 45'	121° 09'
花蓮	23° 58'	121° 37'
宜蘭	24° 46'	121° 45'
蘭嶼	22° 02'	131° 33'
澎湖	23° 32'	119° ; "
彭佳嶼	25° 38'	122° 04'

表四亦可用圖來表示。著者〔2〕已提案用圓圈表示地點，圓圈內表示地震型式T，圓圈上面I表示最大震度階級，旁邊寫加速度值。下面D字處表示震源深度，右邊E表示平均地震能量而M表示最大地震規模，左邊a及b依次表示常數a及b之數值，即如圖二。



圖二 地震活動度之表示

表四所示結果，如依照上述方法用圖表示即可得圖三。在此圖上亦可繪等震度線及等能量線。

表四：臺灣地區各地之地震活動度

地名	T	DDDD	EEEE	MMM	IIII	aaaa	bbbb	記事
臺北	A	NSI-	2.95	5.8	VII0.08	(6.22)	(1.05)	1936-1973
新竹	C	N---	2.95	5.8	VII0.06	(5.54)	(0.93)	同 上
臺中	C	NS--	1.56	6.2	VII0.08	(6.39)	(1.00)	同 上
嘉義	C	NS--	2.07	7.1	IX0.30	5.47	0.77	同 上
臺南	C	NS--	2.26	6.4	XI0.20	(6.32)	(0.98)	同 上
高雄	M	NS--	1.75	5.6	VII0.06	(9.03)	(1.61)	同 上
恆春	M	NS--	1.27	7.1	IX0.25	(3.70)	(0.53)	同 上
臺東	C	NS--	4.27	7.3	IX0.25	2.54	0.90	同 上
花蓮	C	NS--	8.87	7.3	IX0.28	7.29	0.96	同 上
彭佳嶼	A	NSI-	3.55	5.8	VII0.08	(3.77)	(0.63)	同 上
澎湖	C	N---	1.15	5.6	VI0.04	----	----	同 上
蘭嶼	A	NSI-	2.17	7.1	IX0.25	5.62	0.78	同 上
宜蘭	A	NSI-	6.86	6.5	VII0.18	8.20	1.22	同 上

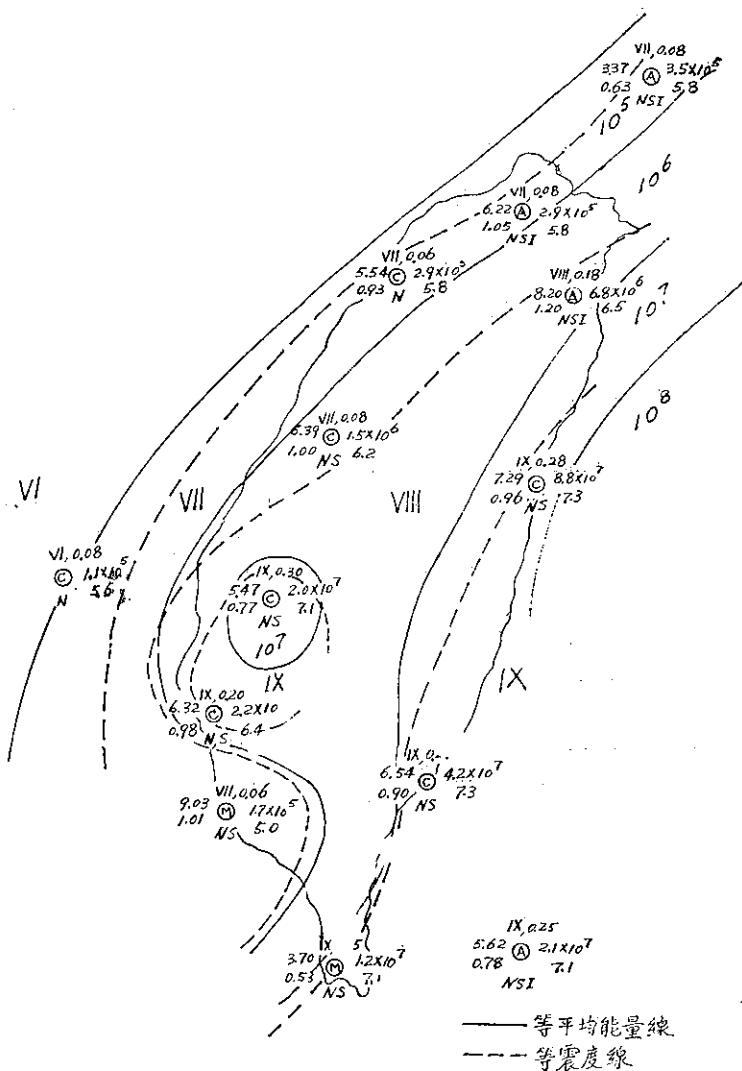


圖 3 臺灣地區各地之地震活動度

四、結語

本文試用著者所創造的公式及圖表示，臺灣島及附屬島嶼計十三地區，自 1936 年至 1973 年間之地震活動度，希望能定性地且定量地，甚至於表示地震活動與地體構造之關係。這種新的表示方式包括許多有關地震活動之重要參數，諸如地震型式，震源深度，地震平均能量，最大地震規模，最大震度及其加速度值，以及與地體構造有密切關係之 a 及 b 值。然而其方法簡單明瞭且很容易記憶。

過去描寫某地區之地震活動度，大都僅用上述參數中之一部分而已，不够詳細，不能窺見其全貌，且無法互相比較其活動之旺盛程度。本文所採用

的方法，已網羅所有有關地震活動之參數，已獲莫大改善。由這種方法表示之結果，不但便於互相比較各地區間以及不同期間的地震活動情況，而且亦容易繪製地震分區圖，對地震活動之研究以及耐震工程設計上有很大參考價值。

這種表示法，希望能推廣至世界各地，盼望將來世界各地地震活動度都用這種方式表示，恰如和氣象學之氣候表類似性質之資料，便於地震學及地震工程研究人員以及實際工作人員廣泛應用。

最後在這種表示法裏，唯一值得再檢討者為地震型式之分類方法。本文中暫時採取 Santo 之方法，但將來有較恰當的方法出現時，當隨時參考修改。

本文曾受行政院國家科學委員會獎助，特誌致謝。

參 考 文 獻

1. Montesus de Ballore (1900): Introduction à une description séismique du globe et mesure de la séismicité, *Beitr. zur Geophys.*, 4, 381-382.
2. 徐明同 (1976)：地震活動度定量化之研究，*氣象學報*，第22卷，第3期，1-6。
3. Santō, T. (1972): Classification of earthquakes into seven types from the view of plate tectonics, *Bull. Intern. Inst. Seis. Earthq. Eng.*, vol. 9, 1-10.
4. Willmore, P. L. (1970): Manual of seismological observatory practice, *Intern. Scis. Centre*.
5. Gutenberg, B. and C. F. Richter (1954): *Seismicity of the earth*, 303 pp.
6. Utsu, T. (1961): A statistical study on the occurrence of aftershocks, *Geophy. mag.*, vol. 30, No. 4, 521-605.
7. Miyamura, S. (1962): Magnitude frequency relation of earthquakes and its bearing on geotectonics, *Proc. Japan Acad.*, 38, 27-30.
8. Mogi, K. (1963): the fracture of a semi-infinite body caused by an inner stress origin and its relation to the earthquake phenomena, *Bull. Earthq. Res. Inst., Tokyo Univ.*, Vol. 41, 585-614.
9. Hsu, M. T. (1971): Seismicity of Taiwan and some related problems, *Bull. Intern. Inst. Seis. Earthq. Eng.*, Vol. 8, 41-160.
10. Hsu, M. T. (1961): Seismicity of Taiwan (Formosa), *Bull. Earthq. Res. Inst., Tokyo Univ.*, Vol. 39, 831-847.
11. Hsu, M. T. (1965): Seismicity of Taiwan, *Proc. 3rd World Conf. Earthq. Eng.*, New Zealand, 111/H/8, 1-8.
12. 徐明同 (1966): 臺灣地區地震活動研究報告，*氣象學報*，第12卷第4期，33-51。
13. Hsu, M. T. (1975) Report on regional seismicity of Taiwan, *Inst. Earth Sci., Academia Sinica*, 131pp.
14. Hsu, M. T. and collaborators (1974): Report of regional seismicity of Taiwan, *Special Rep. for Taipower*.

考慮積雲對流潛熱釋放的 熱帶氣旋發展數值模擬

Numerical Simulation of the Development of Tropical Cyclon through Releasing Latent Heat of Convective Cumulus

陳 世 旺

Si-Wang Cheng

摘要

Ogura (1964) 曾經使用 Charney 和 Eliassen (1963) 的颶風發展模式來作天氣的數值預測；主要考慮大氣底層摩擦的影響，藉著圓形渦漩 (Circular vortex) 的效應供給熱帶氣旋發展的一種模擬。本文在此即根據 Charney 和 Eliassen (1963) 的模式，而依照 Ogura (1964) 所提供的方法作成颶風發展的數值模擬。

考慮熱帶氣旋基本上的結構，乃是由準梯度圓形渦漩 (quasi-gradient circular vortex) 和緩慢的經向環流 (meridional circulation) 所結合而成的體系。其能量的來源，主要歸因於積雲中對流上升的水蒸汽凝結所釋放出來的潛熱，作為供應整個氣旋發展所須要的動力。這個動力帶動底層水平氣流的旋轉，輻合，上升；彼此相因相成，這便是本文所顯示的動力結構和其過程。

這種結構我們可以發現它的特點乃是將小尺度的對流運動和大尺度的氣旋同時考慮進來。並且不是互相的排斥，而是互相的輔助。然而在數值的預測方面，我們無法從大規模的運動當中，精確的獲得小尺度的資料；因此在計算處理的技術上，須要有所講究。目前最有名的就是利用參數化的方法，把積雲對流內的物理量，在格點與格點之間的範圍內；平均起來；而以大尺度的物理量來表示之。本文即以此方法參數熱量那一項，而達成計算的目的和預測的效果。

此外我們還使用兩層的模式；從起初假設切線速度分佈的初始條件開始，利用一組控制方程，計算各種水平和垂直的速度分佈，以了解颶風的發展情形。此種模式的主要缺點，就是發展中的氣旋無法逐漸的達到靜態平衡；而只能模擬颶風的發展情形。其他有關的細節將在本文中詳細的說明。

ABSTRACT

Ogura has utilized Charney and Eliassen's hurricane developing model for numerical weather prediction; in considering the influence of friction of the boundary layer, with the effect of circular vortex, it furnishes a simulation for the development of tropical cyclone. My article is based upon the model of Charney and Eliassen, and the method furnished by Ogura for completing the numerical simulation of typhoon development.

The fundamental struture of tropical cyclone is a combined system of a quasi-gradient circular vortex and a slow meridional circulation. The source of the energy comes from the latent heat released by the condensation of ascendiig moisture in cumulus cloud convection and it supplies the necessary energy activates the circulation, convergence, and ascension of the boundury layer horizontal flow; that is a cooperative reaction. This is the driving mechanism and process described in my article.

The characteristic of this mechanism is that the small scale convection and the cyclone scale motions are regarded as cooperating rather than as competing. Yet in numerical prediction, we can't accurately obtain the small scale informations out of the large scale motion. We must pay attention to the technique in the numerical integration. So far, the most famous method is parameterization. I average the physical quantities in cumulus convection between the grid points by parameterization; then express them in large scale physical quantities. I parameterized the thermal term by the former method in my article in order to furnish the numerical integrating and predicting purpose.

I also use the two-level model; in order to understand the typhoon development, I start out with the hypothesis of the initial condition of the tangential velocity distributions and then by a set of controlling equations, I calculate the various horizontal and vertical velocity distributions. The major disadvantage of this model is that the developing cyclone can't gradually reach the static state that model can simulate the development of typhoon. The other details of this model are discussed.

一、緒 言

根據歷年來的觀察，颶風在發展的過程中；若是它的路徑從海平面進入陸地時，幾乎所有的颶風，在它們的總能量上都會削減；除了少數的例子，如 Gommel 和 Chang (1973) 對颶風 Celia, 1970 的動能研究裏面，也只是在某一層，它的動能，反而在颶風進入陸地以後，不但沒有減少，反有增加的現象；但這還不是它的總能量增加。因此我們可以知道一般颶風在進入陸地以後將會削減它的強度和速度，如果它們的路徑不再引它們從陸地進入海洋的話，則會慢慢的散失掉。由此種觀測我們可以假想海洋是供給颶風發展所須要能量的主要來源。海洋雖然蘊藏著極大的能源；可是颶風的能量是如何從海洋中將它攝取呢？！這個問題可以從海洋供應大量水汽的事實，而獲得解決。一般的氣象學

家都已接受了這個觀念；就是海平面上的水蒸氣，在合適的環境條件下，被抬舉上升冷卻以後，凝結將熱能釋放出來，供給颶風的發展。因此以前 Kasahara (1961), Yanai (1961), Ooyama (1964, 1969), Ogura (1963, 1964), Kuo (1961, 1965) 等，都曾經應用這種潛熱釋放的模式，來模擬熱帶氣旋的發展情形。他們在這裏所作的和以往不同點，就在於具有兩種不同大小的尺度。根據他們的看法，認為熱帶氣旋發展的物理過程，在最先開始的時候，就已經存在一個非常微弱的水平，沒有任何輻散，而呈地轉風或準梯度風近似的大規模迴流運動。由於它與地球表面接觸，而受到表面摩擦的影響，使它原來的速度變小；因此原先壓力梯度與柯氏力的平衡不復存在；使得運動中的氣流跨過等壓線，而偏向低壓中心的方向，造成氣流的

輻合。當這輻合的空氣被集中在一起的時候，便會產生向上傳移的氣流，它通過邊界層頂，直到對流層頂。這是須要當時的低層大氣是在條件不穩定 (Conditional instability) 下，才能够使這上升的氣流具有積雨雲（或稱為熱塔）的作用一般，使潛熱釋放出來，而氣流作垂直面上的環形流動；即由低空部分流進，上升以後在頂層流出。又由於流進的空氣質量，具有原先絕對角動量的大小，因此一旦它往上升的時候，便會強化整個系統；而且這種程序可以不斷的發展下去。

以上我們所討論的，可以簡單的歸納成下面四個主要的步驟：

- (1), 首先由邊界層的摩擦作用，水汽得以集中，使熱帶低氣壓的熱能增加。
- (2), 由於從邊界層輻合而上升的氣流，有助長對流積雲之發展，故積雲內部潛熱的釋放，加深了低氣壓的形成。
- (3), 這種對流積雲胞，擴展在整個大規模運動中，造成羣體的影響。
- (4), 最後由這種積雲羣和地球表面的摩擦與氣旋之間的相互作用，使颱風繼續的發展。

本文在此首先組合成一組基本方程式；並分別在自由大氣和邊界層內作數值分析，以便預先了解在這種圓形的渦漩內，受熱力和摩擦力驅動的環形氣流，是如何的隨時間進展。且為了使問題能够簡化起見，將自由大氣分成上下兩層；雖然我們如此分層，仍然可以保持所要討論的重點，將在下節中詳細的說明。另外還將一些物理量分成平均值與擾動值，代入方程組中，得一組線性方程式，再作線性分析；顯示這種小型振幅擾動的生長率，呈指數形式。其大小範圍約在 10^{-5} 到 10^{-6} 每秒之間。對於其他的物理量，如位溫梯度的分佈，切線速度及垂直上升速度隨時間的變化，留待以下各節和結論中。

二、基本方程式：

在一般颱風的觀測中，它們的發展須要從一個已經存在的熱帶低氣壓開始；並且還須具有某種程度的圓形對稱及溫暖的核心。然而具備有這些條件的擾動非常的稀少，實際上的低氣壓大都不是對稱型，且為冷心。雖然目前我們對於如何由冷心轉變成暖心的過程，仍然不是很清楚，但是一旦低氣壓中心變成了暖心，氣旋便可以很順利的發展下去。因

此我們首先得將方程式建立在這種基礎上面，同時為了使數學上的處理方便起見，假設低氣壓是呈軸對稱。用圓柱坐標表示其控制方程式如下：

切線方程和半徑方向的運動方程式如下：

$$\frac{\partial U}{\partial t} + V \frac{\partial U}{\partial r} + W \frac{\partial U}{\partial p} + fV + \frac{VU}{r} = \frac{\partial \tau_\theta}{\partial p} \quad (2.1)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + V \frac{\partial V}{\partial r} + W \frac{\partial V}{\partial p} - fU - \frac{U^2}{r} = -\frac{\partial \phi}{\partial r} + \frac{\partial \tau_r}{\partial p} \quad (2.2)$$

靜力方程式爲：

$$\frac{\partial \phi}{\partial p} = -\alpha \quad (2.3)$$

熱力方程式爲：

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + V \frac{\partial \theta}{\partial r} + W \frac{\partial \theta}{\partial p} = \left(\frac{\theta}{C_p T} \right) Q \quad (2.5)$$

連續方程式爲：

$$\frac{\partial r V}{r \partial r} + \frac{\partial w}{\partial p} = 0 \quad (2.4)$$

上組方程式中，所使用的變數符號，意義如下：

U ：水平速度的切線分量

V ：水平速度的徑向分量

W ：垂直壓力場的上升速度 ($= \frac{dp}{dt}$)

f ：柯氏參數（取爲 5.0×10^{-5} 秒 $^{-1}$ ）

ϕ ：重力位能

θ ：位溫 [$= T \left(\frac{P_0}{P} \right)^{R/C_p}$] T 是絕對溫度，

$$R = C_p - C_v$$

α ：空氣比容

P ：氣壓

τ_θ ：垂直應力之切線分量

τ_r ：垂直應力之徑向分量

Q ：非絕熱過程中單位質量的空氣所受之熱量。

在上組方程式中，我們只考慮垂直應力，而沒有考慮水平應力和擾亂混合的影響。主要是因為我們沒有對這些物理量有著明確的估計，因此我們在處理的時候，儘量不使這些物理量對整個運動產生影響。再者，當我們討論自由大氣的時候，乃是假設這個空間內的氣流，不受地球表面摩擦作用的影響；因此在這個區域裏面，我們可以將垂直應力項忽略不考慮。可是在討論邊界層的時候，就不能夠

忽略不計。

三、大氣運動的尺度分析：

對於颱風的尺度分析，在水平的長度尺度方面須要三種不同的長度值；一個是相關於颱風內的積雲大小，約為（1~10 公里）；另外一個是颱風中心大小相關的尺度，約為（100 公里），最後一個則藉著靜態穩定度（static stability）和柯氏參數，表為 $L = [R(\Delta\theta)]^{1/2}/f$ ，稱為形變半徑（radius of deformation），約為（100 公里 ~ 2600 公里）；其中的 $\Delta\theta$ 為平均大氣的位溫變化範圍。而

切線速度的特性值 U ，為（1 公尺秒⁻¹~50 公尺秒⁻¹）。垂直的長度尺度，則用均勻大氣的高度值 H 表示，為（8 公里），標準的表面壓力 P 為（1000 毫巴）；還界層的高度 $h = \left(\frac{2u}{f}\right)^{1/2}$ ，（為 730 公尺）。以上所述變數的標準值，除了 V, L, H, P, f ；還有 Φ, Θ, T 者。它們分別在兩種不同的情況下，列在表 1 中。

根據上面所決定的尺度，首先來考慮自由大氣。我們可以先將基本方程式變成不具單位的方程式；則颱風生成過程中的兩種不同階段分別為：

表 1

		初 始 時	發 展 時
切 線 速 度	U	5 米秒 ⁻¹	50 米秒 ⁻¹
水 平 長 度	L	$[R(\Delta\theta)]^{1/2}/f \sim 2,600$ 公里	100 公里
羅斯比值 (Rossby No.)	R_o	$\frac{U}{fL} \sim 4 \times 10^{-2}$	10
福勞德值 (Froude No.)	F_r	$\frac{U^2}{gH} \sim 3 \times 10^{-4}$	3×10^{-2}
氣 壓 垂 直 速 度	Ω	$\frac{PUh}{HL} \sim 2 \times 10^{-4}$ 毫巴秒 ⁻¹	$\frac{PC_D U^2}{HLf} \sim 2 \times 10^{-1}$ 毫巴秒 ⁻¹
徑 向 速 度	V	$(\frac{h}{H})U \sim 0.5$ 米秒 ⁻¹	$\frac{C_D U^2}{Hf} \sim 20$ 米秒 ⁻¹
時 間	T	$\frac{H}{fh} \sim 10^6$ 秒	$\frac{LfH}{C_D U^2} \sim 10^4$ 秒
重 力 位 能	Φ	$fUL \sim 2 \times 10^8$ 米 ² 秒 ²	$U^2 \sim 2 \times 10^8$ 米 ² 秒 ⁻²
位 溫	Θ	$\frac{\theta_o F_r}{R_o} \sim 2^\circ C$	$\theta_o F_r \sim 5^\circ C$

A. 氣壓發展時：

$$\frac{\partial U'}{\partial t'} + V' + R_o \left(V' \frac{\partial U'}{\partial r} + W' \frac{\partial U'}{\partial p'} + \frac{U' V'}{r'} \right) = 0 \quad (3.1)$$

$$\left(\frac{h}{H} \right)^2 \left[\frac{\partial V'}{\partial t'} + R_o \left(V' \frac{\partial V'}{\partial r'} + W' \frac{\partial V'}{\partial p'} \right) \right] - U' - R_o \frac{U'^2}{r'} = - \frac{\partial \phi'}{\partial r'} \quad (3.2)$$

$$\frac{\partial \theta'}{\partial t'} + R_o \left(V' \frac{\partial \theta'}{\partial r'} + W' \frac{\partial \theta'}{\partial p'} \right) + W' \left(\frac{\partial \bar{\theta}'}{\partial p'} \right) = Q \frac{HL\theta}{(\Delta\theta)UH C_p T} \quad (3.3)$$

B. 颱風發展時：

$$\frac{\partial U'}{\partial t'} + V' \frac{\partial U'}{\partial r'} + W' \frac{\partial U'}{\partial p'} + \frac{U' V'}{r'} + \frac{1}{R_o} V' = 0 \quad (3.4)$$

$$\left(\frac{C_D U}{Hf} \right)^2 \left[\frac{\partial V'}{\partial t'} + V' \frac{\partial V'}{\partial r'} + W' \frac{\partial V'}{\partial p'} \right] - \frac{U'^2}{r'} = \frac{U'}{R_o} = - \frac{\partial \phi'}{\partial r'} \quad (3.5)$$

$$\frac{\partial \theta'}{\partial t'} + V' \frac{\partial \theta'}{\partial r'} + W' \frac{\partial \theta'}{\partial p'} + R_i W \left(\frac{\partial \bar{\theta}'}{\partial p'} \right)' = Q \frac{HLf\theta}{F_r \theta_o C_D U^2 C_p T} \quad (3.6)$$

式中的 R_i （理查遜值，Richardson No.）= $[g\Delta\theta / \theta_o H] \times \left(-\frac{U}{H} \right)^2$ 以上的變數符號，在它們的右上方有一撇的，是為沒有單位的變數。其中位溫再分成變數部分和平均值部分。在（3.2）式中，若是忽略了右邊第一項時，則方程式變為

$$-U' - R_o \frac{U'^2}{r'} = -\frac{\partial \phi'}{\partial r'}$$

即為梯度風平衡。因此允許誤差範圍在 $(\frac{h}{H})^2 \sim 10^{-2} - 10^{-3}$ 以內的時候，大氣可視為梯度風平衡近似。同樣的對於發展中的颱風，若允許有 $(\frac{C_D U}{H f})^2 \sim 10^{-1} - 10^{-2}$ 之間的誤差範圍，則也可以如此的近似。在(3.3)和(3.6)中的熱能項，都非常的重要的；因為我們的模式要能順利的發展，完全是依靠這種潛熱的供應；所以無論是在低氣壓剛開始發展，或者是颱風已經發展，此項都不可省略不計。此外(3.3)中的 R_o 項可以省略；因為在起始發展時， R_o 的階次為 10^{-2} 。但在(3.6)中的 R_o 值，約在 5 左右，所以此時 R_o 項不可省略。

其次我們再考慮邊界層大氣。除了將上述的垂直尺度 H ，改為邊界層的高度 h 外；其餘處理的過程都一樣。又因為在低氣壓剛要開始發展的那時刻，和一般平常對流層內的大氣運動沒有兩樣，因此在這裏就不再討論；而對於發展中的颱風，則其方程式成為：

$$\left(\frac{h}{H}\right) \frac{\partial u'}{\partial t'} + V' \frac{\partial U'}{\partial r'} + W' \frac{\partial U'}{\partial p'} + \frac{V'}{R_o} + \frac{U' V'}{r'} = -\frac{\tau_{e\theta}}{\partial p'} \quad (3.7)$$

$$\left(\frac{C_D U}{H f}\right)^2 \left[\left(\frac{h}{H}\right) \frac{\partial V'}{\partial t'} + V' \frac{\partial V'}{\partial r'} + W' \frac{\partial V'}{\partial p'} + \frac{\partial \tau_r}{\partial p'} \right] - \frac{U'^2}{r'} - \frac{U'}{R_o} = -\frac{\partial \phi'}{\partial r'} \quad (3.8)$$

其中 $\tau_e \sim \rho_s g C_D U^2$, $\tau_r \sim \rho_s g C_D U V$

而 τ_e ：海平面上空氣的密度

C_D ：拉力係數

根據 Stommel (1958) 對 C_D 所得的範圍在 2×10^{-4} 到 10^{-3} 。Ogura (1964) 則取為 $C_D = 3 \times 10^{-3}$ 。

由於 $(\frac{h}{H}) \sim 10^{-1}$ ，所以(3.7)式中的時間微分項可以省略不計。一般在討論邊界層的時候，都認為 ϕ' 不為 P' 的函數；所以由前面 $-\frac{U'^2}{r'} - \frac{U'}{R_o} = -\frac{\partial \phi'}{\partial r'}$ 式中可以得知 U' 亦不為 P' 的函數，因此在(3.7)式中，可以將 $W' \left(\frac{\partial U'}{\partial p'} \right)$ 項除去不計。以上我們所省略不計的，雖然在處理下可以得到不少便利，當然同時也得受相當誤差的影響。

四、兩層模式：

對於單位容積的雲內空氣，所釋放出來的潛熱；並不一定能完全符合我們將在下面所給予的式子；因為還有許多外在的因素，都須要被考慮進來；例如環境空氣的侵入，運動形態的不同。都不是可以單由一個死板的公式所能合理的表示出來。因此對於潛熱隨高度的變化情形，不能在我們的計算當中，用微觀來加以處理。幾個物理量只能在特定的層內加以描述而已。雖然這在我們的數學處理上顯得較為簡化；但有一點須要注意的，就是仍要能保持其物理過程的特性和輪廓。這就是我們在本文中取兩層模式的原因。

現在我們將大氣分成上下兩層；而將物理量分別表示在 $P = n P_4 / 4$ ($n=0,1,2,3,4$) 的各層中，並在符號的右下方加上指標 n 。這裏所表示的 P_4 ，為邊界層頂處的氣壓，設其為 1000 毫巴，所以其餘各層為 750 毫巴，500 毫巴，250 毫巴和 0 毫巴，見圖 1 所示。對於上層的徑向速度和切線速度，

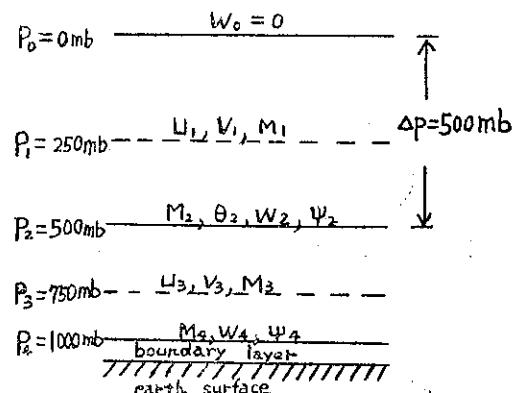


圖 1. 兩層大氣和邊界層

則分別以此層內的中間層 ($n=1$) 描述之。同樣的對於下層的徑向速度和切線速度也只以其中間層 ($n=3$) 來描述之。而關於位溫則只以 ($n=2$) 這一層來描述整個大氣。另外我們還要介紹兩個新的變數 M (為單位質量的絕對角動量之平方) 和 X ，其定義如下：

$$M = (rU + \frac{fr^2}{2})^2 \quad (4.1)$$

$$X = \phi - \bar{\phi} + \frac{f^2 r^3}{8} \quad (4.2)$$

並假設 $M_2 = (M_1 + M_3)/2$, $W_0 = 0$ ，和 $M_3 = M_4$ 等的關係式成立；則 U 和 V [在第一層和第三層的方程式，可寫成：

$$\frac{\partial M_1}{\partial t} + \frac{\partial(rV_1M_1)}{r\partial r} + \frac{1}{2\Delta p}W_2(M_1+M_3) = 0 \quad (4.3)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial M_3}{\partial t} + \frac{\partial(rV_3M_3)}{r\partial r} + \frac{1}{2\Delta p}[2W_4M_3 - W_2(M_1+M_3)] \\ = 0 \end{aligned} \quad (4.4)$$

此兩式為速度的預測方程式。又

$$\frac{M_1}{r^3} = \frac{\partial X_1}{\partial r}, \quad \frac{M_3}{r^3} = \frac{\partial X_3}{\partial r} \quad (4.5)$$

$$\text{因為 } X_1 - X_3 = (\phi_1 - \bar{\phi}_1 + \frac{f^2 r^2}{8}) - (\phi_3 - \bar{\phi}_3 + \frac{r^2 f^2}{8})$$

$$= \phi_1 - \phi_3 = \frac{P_1}{\rho_1} + \frac{P_3}{\rho_3} = \frac{1}{\rho_2}(P_1 - P_3)$$

$$= \Delta P \cdot \left(\frac{RT_2}{P_2} \right) = \Delta P \cdot \frac{R}{P_2} \left(\frac{P_2}{P_4} \right)^K \theta_2$$

$$\text{所以 } \frac{X_1 - X_3}{\Delta P} = \frac{R}{P_2} \left(\frac{P_2}{P_4} \right)^K \theta_2 \quad (4.6)$$

$$\text{其中 } K = \frac{R}{C_p}, \quad R = C_p - C_v$$

流線函數和速度間的關係式，可表如下：

$$rV_1 = -\frac{\psi_2}{\Delta p}, \quad rV_3 = -\frac{(\psi_4 - \psi_2)}{\Delta p} \quad (4.7)$$

$$rW_2 = \frac{\partial \psi_2}{\partial r}, \quad rW_4 = \frac{\partial \psi_4}{\partial r} \quad (4.8)$$

當邊界層內的水平質量輻合後，產生垂直運動；根據這種推想，Charney 和 Eliassen (1949) 和 Syōno (1950, 1951)；均曾用數學式子來表示 W_4 。但彼此之間稍有不同，我們則以下式表示：

$$W_4 = -\frac{\rho_s g}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left[\frac{r\tau_s}{f + \frac{\partial rU_4}{r\partial r}} \right] \quad (4.9)$$

其中 τ_s ：地球表面的應力

U_4 ：邊界層頂的切線速度

而地球表面的應力又可以下式表示爲：

$$\tau_s = C_D U_s |U_s| \quad (4.10)$$

其中 U_s ：地球表面的切線速度

將 (4.10) 代入 (4.9)，則得

$$W_4 = -\frac{\rho_s g}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left[\frac{rC_D U_s |U_s|}{f + \frac{\partial rU_4}{r\partial r}} \right]$$

將上式的兩邊乘以 r 後，對 r 積分

$$\int rW_4 dr = -\rho_s g C_D \left(|rU_4 + \frac{fr^2}{2}| - \frac{fr^2}{2} \right)$$

$$/ \frac{\partial}{\partial r} \left(|rU_4 + \frac{fr^2}{2}| \right)$$

由 (4.8) 及 (4.1)，所以

$$\phi_4 = -\rho_s g C_D \left(\sqrt{M_4} - \frac{fr^2}{2} \right) + \frac{\partial \sqrt{M_4}}{\partial r} \quad (4.11)$$

此爲一診斷方程式。

由於我們的位溫只有在第二層上有描述，因此我們的模式在此沒有辦法討論大氣對時間和空間的穩定度變化。將 (2.5) 式寫成，

$$\frac{\partial \theta_2}{\partial t} + W_2 \frac{\partial \bar{\theta}_2}{\partial p} = \left(\frac{\bar{\theta}_2}{C_p T_2} \right) Q_2 \quad (4.12)$$

爲位溫的預測方程式。在此方程式中，最重要的項，就是右邊的熱量項。有許多的氣象學家曾經專題的討論這種對流潛熱的參數化；如：Arakawa (1969, 1971, 1972), Fraedrich (1973), Lsrachi 和 Sarachik (1973), Kuo (1965, 1974), Ooyama (1971) 等。都是爲了要參數熱量這一項。而我們所考慮的是上升氣流內，單位體積釋放出來的熱量與其輻合的濕氣成正比。所以在上升氣流中 (W_4 小於零)；其釋放的熱量便與 W_4 成比率。因此，

$$\left(\frac{\bar{\theta}}{C_p T} \right) Q_2 = \eta \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial p} W_4 = 0 \quad (4.13)$$

$$\text{當 } W_4 < 0 \text{ 時} \quad \text{爲 } \eta \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial p}$$

$$\text{當 } W_4 > 0 \text{ 時} \quad \text{爲 } 0$$

其中 η 為比率常數，大約在 3~4 之間。

隨後我們將 (4.3) 減 (4.4)，則

$$\begin{aligned} \left(\frac{\partial M_1}{\partial t} - \frac{\partial M_3}{\partial t} \right) + \left[\frac{\partial(rV_1M_1)}{r\partial r} - \frac{\partial(rV_3M_3)}{r\partial r} \right] \\ + \left\{ \frac{1}{2\Delta P} W_2(M_1+M_3) - \frac{1}{2\Delta P} [2W_4M_3 - W_2(M_1+M_3)] \right\} = 0 \end{aligned}$$

所以

$$\begin{aligned} \frac{\partial(M_1+M_3)}{\partial t} + \left[\frac{\partial(rV_1M_1)}{r\partial r} - \frac{\partial(rV_3M_3)}{r\partial r} \right] \\ + \left[\frac{1}{\Delta p} W_2(M_1+M_3) - \frac{1}{\Delta p} W_4M_3 \right] = 0 \end{aligned} \quad (A)$$

由 (4.5) 所以

$$\frac{M_1-M_3}{r_3} = \frac{\partial(X_1-X_3)}{\partial r} \text{ 代入(A)第二項}$$

$$\text{又 } W_2 = \frac{1}{r} \frac{\partial \psi_2}{\partial r}, \quad W_4 = \frac{1}{r} \frac{\partial \psi_4}{\partial r}; \quad (4.8) \text{ 代入(A)第三項}$$

$$\text{又由 (4.7), } V_1 = -\frac{1}{r} \frac{\partial \psi_2}{\Delta P}, \quad V_3 = -\frac{1}{r} \frac{\partial \psi_4 - \psi_2}{\Delta P} \text{ 代入(A)第二項得}$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} \left[\frac{r^3 \partial (X_1 - X_3)}{\partial r} \right] + \left[\frac{\partial (-r \frac{1}{r} \frac{\psi_2}{\Delta P} M_1)}{r \partial r} \right. \\ & \left. - \frac{\partial (-r \frac{1}{r} M_3)}{r \partial r} \frac{\psi_4 - \psi_2}{\Delta P} \right] + \left[\frac{1}{\Delta P} \frac{1}{r} \frac{\partial \psi_2}{\partial r} \right. \\ & \left. (M_1 + M_3) - \frac{1}{\Delta P} \frac{1}{r} \frac{\partial \psi_4}{\partial r} \times M_3 \right] = 0, \end{aligned}$$

整理之得，

$$\begin{aligned} & \frac{r^3 \partial}{\partial r} \left[\frac{\partial}{\partial t} (X_1 - X_3) \right] + \left[\frac{1}{\Delta P} \frac{\partial (\psi_4 - \psi_2) M_3}{r \partial r} - \frac{1}{\Delta P} \right. \\ & \left. \frac{\partial \psi_2 M_1}{r \partial r} \right] + \left[\frac{1}{\Delta P} \frac{1}{r} \frac{\partial \psi_2}{\partial r} (M_1 + M_3) - \frac{1}{\Delta P} \frac{1}{r} \right. \\ & \left. \frac{\partial \psi_4 M_3}{\partial r} \right] = 0 \quad (B) \end{aligned}$$

由(4.6)，所以，

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} (X_1 - X_3) = \Delta P \frac{R}{P_2} \left(\frac{P_2}{P_4} \right)^k \frac{\partial \theta_2}{\partial t} \text{代入(B)第一項} \\ & 得 \frac{r^3 \partial}{\partial r} \left[\Delta P \frac{R}{P_2} \left(\frac{P_2}{P_4} \right)^k \frac{\partial \theta_2}{\partial t} \right] + \frac{1}{\Delta P} \left[\frac{\partial M_3}{r \partial r} \right. \\ & \left. (\psi_4 - \psi_2) + \frac{\partial (\psi_4 - \psi_2)}{r \partial r} M_3 - \frac{\partial M_1}{r \partial r} \psi_2 - \frac{\partial \psi_2}{r \partial r} M_1 \right] \\ & + \left[\frac{1}{\Delta P} \frac{\partial \psi_2}{r \partial r} \times (M_1 + M_3) - \frac{1}{\Delta P} \frac{\partial \psi_4}{r \partial r} M_3 \right] \\ & = 0, \text{ 所以，} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \Delta P \frac{R}{P_2} \left(\frac{P_2}{P_4} \right)^k \frac{r^3 \partial}{\partial r} \left(\frac{\partial \theta_2}{\partial t} \right) + \frac{1}{\Delta P} \left[\frac{\partial M_3}{r \partial r} \right. \\ & \left. (\psi_4 - \psi_2) - \frac{\partial M_1}{r \partial r} \psi_2 \right] = 0 \quad (C) \end{aligned}$$

由(4.12)，所以

$$\begin{aligned} & \frac{\partial \theta_2}{\partial t} = \left(\frac{\bar{\theta}_2}{C_P T_2} \right) Q_2 - W_2 \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial P} \\ & = \left(\frac{\bar{\theta}_2}{C_P T_2} \right) Q_2 - \frac{1}{r} \frac{\partial \psi_2}{\partial r} \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial P} \text{代入(C)第一項得} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \Delta P \frac{R}{P_2} \left(\frac{P_2}{P_4} \right)^k \frac{r^3 \partial}{\partial r} \left[\left(\frac{\bar{\theta}_2}{C_P T_2} \right) Q_2 - \frac{1}{r} \frac{\partial \psi_2}{\partial r} \right. \\ & \left. \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial P} \right] + \frac{1}{\Delta P} \left[\frac{\partial M_3}{r \partial r} (\psi_4 - \psi_2) - \frac{\partial M_1}{r \partial r} \psi_2 \right] = 0, \end{aligned}$$

整理之得，

$$\begin{aligned} & \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial P} \Delta P \frac{R}{P_2} \left(\frac{P_2}{P_4} \right)^k \frac{r^3 \partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial \psi_2}{\partial r} \right) + \frac{1}{\Delta P} \\ & \frac{\partial (M_1 + M_3)}{r \partial r} \times \psi_2 = \Delta P \frac{R}{P_2} \left(\frac{P_2}{P_4} \right)^k \left(\frac{\bar{\theta}_2}{C_P T_2} \right) \\ & \frac{r^3 \partial Q_2}{\partial r} + \frac{1}{\Delta P} \frac{\partial M_3}{r \partial r} \psi_4 \text{兩邊除以 } \frac{R}{P_2} \left(\frac{P_2}{P_4} \right)^k r^3 \\ & , \text{ 得，} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial P} \Delta P \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial \psi_2}{\partial r} \right) + \frac{P_2}{r^4 R \Delta P} \left(\frac{P_4}{P_2} \right)^k \psi_2 \\ & \frac{\partial (M_1 + M_3)}{\partial r} = \frac{P_2}{r^4 R \Delta P} \left(\frac{P_4}{P_2} \right)^k \psi_4 \frac{\partial M_3}{\partial r} + \Delta P \\ & \left(\frac{\bar{\theta}_2}{C_P T_2} \right) \frac{\partial \theta_2}{\partial r} \quad (4.14) \end{aligned}$$

此即為 ψ_2 的診斷方程式。

若是我們能够取適當的邊界條件，則(4.1)到(4.8)，(4.11)到(4.14)，組成我們的方程式系。

五、線性分析：

為了探討模式的動力結構，對一組線性方程式作擾動分析 (perturbation analysis) 是必須的。絕對角動量方程式：

$$\frac{\partial U_1}{\partial t} + f V_1 = 0 \quad (5.1)$$

$$\frac{\partial U_3}{\partial t} + f V_3 = 0 \quad (5.2)$$

由(4.5)中的兩式相減，得

$$\frac{M_1 - M_3}{r^3} = \frac{\partial (X_1 - X_3)}{\partial r}$$

而將(4.6)代入上式，所以得，

$$\begin{aligned} \frac{M_1 - M_3}{r^3} &= \frac{\partial}{\partial r} \left[\Delta P \frac{R}{P_2} \left(\frac{P_2}{P_4} \right)^k \theta_2 \right] \\ &= \Delta P \frac{R}{P_2} \left(\frac{P_2}{P_4} \right)^k \frac{\partial \theta_2}{\partial r} \\ \text{即 } \frac{U_1^2}{r} - \frac{U_3^2}{r} + f(U_1 - U_3) &= r \frac{\partial \theta_2}{\partial r} \end{aligned}$$

$$\text{其中 } r = \Delta P \frac{R}{P_2} \left(\frac{P_2}{P_4} \right)^k$$

則其線性部分為熱力風方程式，

$$f(U_1 - U_3) = r \frac{\partial \theta_2}{\partial r} \quad (5.3)$$

以上三式都是將第三節中的方程組，忽略了 R 項所得的。而其他的方程式，連續方程式為，

$$\frac{\partial r V_1}{\partial r} = - \frac{W_2}{\Delta P} \quad (5.4)$$

$$\frac{\partial r V_3}{\partial r} = \frac{1}{\Delta P} (W_2 - W_4) \quad (5.5)$$

熱力方程式為，

$$\frac{\partial \theta_2}{\partial t} + W_2 \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial P} = \left(\frac{\bar{\theta}_2}{C_P T_2} \right) Q_2 \quad (4.12)$$

$$\text{而 } \left(\frac{\bar{\theta}_2}{C_P T_2} \right) Q_2 = \eta \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial P} W_4 = 0 \quad (4.13)$$

$$\text{當 } W_4 < 0 \quad \text{為 } \eta \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial P}$$

$$\text{當 } W_4 > 0 \quad \text{為 } 0$$

和 Charney-Eliassen (1949, 1964) 所得的垂直

速度，

$$W_4 = -\frac{\rho_s gh}{2} \frac{\partial(rU_4)}{r\partial r} \sin 2\alpha \quad \dots\dots\dots(5.6)$$

其中 α ：地球表面風向和邊界層上方風向之交角。

ν ：動渦旋黏滯係數。

我們可以從上述的方程式解中，得到不穩定的必要條件和其指數成長率的上限。將上組方程式整理後，可得 V_3 的振幅方程式。

首先由 (4.14)

$$\begin{aligned} & \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial P} \Delta P \left[\frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial \psi_2}{\partial r} \right) \right] + \frac{P_2}{r^4 R \Delta P} \left(\frac{P_4}{P_2} \right)^k \psi_2 \\ & \frac{\partial(M_1 + M_3)}{\partial r} = \frac{P_2}{r^4 R \Delta P} \left(\frac{P_4}{P_2} \right)^k \psi_4 \frac{\partial M_3}{\partial r} + \Delta P \\ & \left(\frac{\bar{\theta}_2}{C_P T_2} \right) \frac{\partial Q_2}{\partial r}, \text{ 而得,} \\ & \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial P} \Delta P \left[\frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial(\psi_2 - \psi_4)}{\partial r} \right) \right] + \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial P} \Delta P \left[\frac{\partial}{\partial r} \right. \\ & \left(\frac{1}{r} \frac{\partial \psi_4}{\partial r} \right) \left. \right] + \frac{P_2}{r^4 R \Delta P} \left(\frac{P_4}{P_2} \right)^k \frac{\partial M_3}{\partial r} (\psi_2 - \psi_4) \\ & + \frac{P_2}{r^4 R \Delta P} \left(\frac{P_4}{P_2} \right)^k \psi_2 \frac{\partial M_1}{\partial r} = \Delta P \times \eta \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial P} - \frac{\partial}{\partial r} \\ & \left(\frac{1}{r} \frac{\partial \psi_4}{\partial r} \right), \text{ 所以,} \\ & \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial P} (\Delta P)^2 \left[\frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial r V_3}{\partial r} \right) \right] + (1-\eta) \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial P} \\ & \Delta P \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial \psi_4}{\partial r} \right) + \frac{P_2}{r^3 R} \left(\frac{P_4}{P_2} \right)^k \frac{\partial M_3}{\partial r} V_3 + \\ & \frac{P_2}{r^3 R} \left(\frac{P_4}{P_2} \right)^k \frac{\partial M_1}{\partial r} V_3 + \frac{P_2}{r^4 R \Delta P} \left(\frac{P_4}{P_2} \right)^k \psi_4 \frac{\partial M_1}{\partial r} \\ & = 0, \text{ 整理之得,} \\ & \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial P} (\Delta P)^2 \left[\frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial r V_3}{\partial r} \right) \right] + \frac{P_2}{r^3 R} \left(\frac{P_4}{P_2} \right)^k \\ & \frac{\partial(M_1 + M_3)}{\partial r} \times V_3 + (1-\eta) \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial P} \Delta P \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial \psi_4}{\partial r} \right) \\ & + \frac{P_2}{r^4 R \Delta P} \left(\frac{P_4}{P_2} \right)^k \psi_4 \frac{\partial M_1}{\partial r} = 0 \dots\dots\dots(D) \end{aligned}$$

由 (5.6) 式，

$$W_4 = -\frac{\rho_s gh}{2} \frac{\partial(rU_4)}{r\partial r} \sin 2\alpha \quad (U_4 = U_3)$$

所以

$$\frac{1}{r} \frac{\partial \psi_4}{\partial r} = -\frac{\rho_s gh}{2} \frac{\partial(rU_3)}{r\partial r} \sin 2\alpha \quad \text{將其對 } r$$

積分再對 t 微分，得

$$\int \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{\partial \psi_4}{\partial t} \right) dr = -\frac{\rho_s gh}{2} \int \frac{\partial r}{r\partial r} \left(\frac{\partial U_3}{\partial t} \right) dr$$

將 (5.2) 式代入上式右邊，所以

$$\int \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{\partial \psi_4}{\partial t} \right) dr = \frac{f \rho_s gh}{2} \int \frac{\partial r}{r\partial r} V_3 \text{ 代入 (D)}$$

並設 (D) 式的解為 $v_3 = V_3 e^{\sigma t}$

整理可得

$$\begin{aligned} & \left[\frac{K}{\sigma} (\eta-1) - 1 \right] \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{\partial r V_3}{r\partial r} \right) + \lambda^2 \left(\frac{K}{2\sigma} + 1 \right) V_3 \\ & = 0 \dots\dots\dots(5.7) \end{aligned}$$

$$\text{其中 } K = f \left(\frac{h}{H} \right) \sin 2\alpha \dots\dots\dots(5.8)$$

$$\lambda^2 = 4f^2 \bar{\theta}_2 / T_2 R (\Delta \bar{\theta}) \dots\dots\dots(5.9)$$

將 (5.7) 乘以 rV_3^* (V_3^* 為 V_3 的共軛複數)，然後從 0 積到 a (此處 $V_3=0$)；則其實數部分為，

$$\frac{\sigma K}{|\sigma|^2} [(\eta-1)I_1 - \frac{\lambda^2}{2} I_2] = \lambda^2 I_2 + I_1 \dots\dots\dots(5.10)$$

$$\text{其中 } I_1 = \int_0^a \left| \frac{\partial r V_3}{r\partial r} \right|^2 r dr$$

$$I_2 = \int_0^a |V_3|^2 r dr$$

從 (5.10)，因為 $\lambda^2 > 0$ 所以， $(\lambda^2 I_2 + I_1) > 0$ ，因此左邊只有在 $n > 1$ 時 σ_r 才為正值。而 σ_r 為正值時，表示攝動隨時間呈指數成長，且氣流在不穩定的狀態中。所以知 $n > 1$ 是不穩定的必要條件。

將 (5.10) 從新整理成，

$$I_2 \left[\frac{K \sigma_r}{|\sigma|^2} (\eta-1) - 1 \right] = \lambda^2 I_2 \left[\frac{K \sigma_r}{2|\sigma|^2} + 1 \right] \dots\dots\dots(5.12)$$

當 $\sigma_r > 0$ 時，右邊為正，所以

$$\frac{K \sigma_r}{|\sigma|^2} (\eta-1) > 1 \dots\dots\dots(5.13)$$

又因為 $|\sigma|^2 \geq \sigma^2$ ，

$$\text{所以 } \frac{K(\eta-1)}{\sigma_r} > 1$$

$$\text{則 } \sigma_r < (\eta-1) = (\eta-1) f \left(\frac{h}{H} \right) \sin 2\alpha < (\eta-1) f \left(\frac{h}{H} \right)$$

由此知生長率的上限為，

$$(\eta-1) f \left(\frac{h}{H} \right)$$

設 $f = 5.0 \times 10^{-5}$ 秒 $^{-1}$ ， $h = 730$ 米， $H = 8$ 公里，

$$\alpha = 15^\circ, \Delta \bar{\theta} = 60^\circ C,$$

$$\text{所以 } K = 2.28 \times 10^{-6} \text{ 秒}^{-1}.$$

當取 $\eta = 2, 3, 4$ 時，

其 σ 的範圍在 $10^{-5} \sim 10^{-6}$ 秒 $^{-1}$ 。

如圖 2 所示。

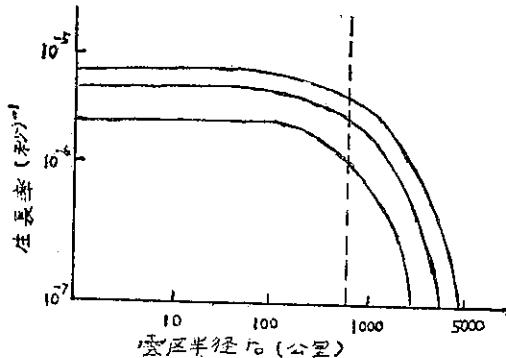
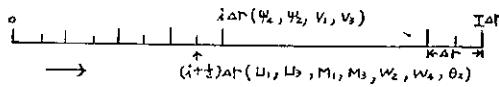


圖 2. 热帶低氣壓的生長率和雲區半徑的關係函數圖

六、數值計算的步驟與處理：

在有限差值計算中，我們將 ψ_4 , ψ_2 , V_1 和 V_3 等物理量表示在節點 $r = i(\Delta r)$ 處；而將 U_1 , U_3 , M_1 , M_3 , W_2 , W_4 , θ_2 等物理量表示在節點 $r = (i + \frac{1}{2})\Delta r$ 處；如圖 3 所示：

圖 3. 節點 $i=0, 1, 2, \dots, I$, $I=200$

其中 $i=0, 1, 2, \dots, I$ ，而 $I=200$, $\Delta r=5$ 公里。並假設在半徑等於 1000 公里處的徑向速度 V 為 0；且將上下兩層的切線速度之初始分佈同時取為，

$$U_1 = U_3 = (rU_0/b)\exp[-(r/b)^2] \quad (6.1)$$

其中 $U_0=11.7$ 米/秒， $b=141$ 公里。由此可知最初切線速度的分佈，在半徑 100 公里的地方，有最大風速 5 米/秒，然後由這裏向中心和邊緣逐漸的遞減。其數值計算的方法為，

$$r = (i - \frac{1}{2})\Delta r \quad (i=1, 2, \dots, 201)$$

單位是公里。所以由 (6.1)

$$U_1 = U_3 = (rV_0/b)\exp[-(r/b)^2]$$

$$\begin{aligned} U_1 &= [5(i-0.5)\frac{11.7 \times 10^{-3}}{141}] \exp[-(\frac{5(i-0.5)}{141})^2] \\ &= 0.414893 (i-0.5) \exp[-0.00125748 (i-0.5)^2] \end{aligned} \quad (6.2)$$

單位是 (米秒⁻¹)。利用這種初始條件而由 (4.1) 可求絕對角動量的平方值 M_1 和 M_3 ；

$$M_1 = (rU_1 + \frac{fr^2}{2})^2, \text{ 所以}$$

$$\begin{aligned} M_{1,1} &= \left[5(i-0.5) \times U_1 \times 10^{-3} \right. \\ &\quad \left. + \frac{5.0 \times 10^{-5} \times 25(i-0.5)^2}{2} \right]^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= [5 \times 10^{-3} \times (i-0.5)U_1 + 6.25 \times 10^{-4} \\ &\quad \times (i-0.5)^2]^2 \end{aligned} \quad (6.3)$$

同理 $M_{3,1} = [5 \times 10^{-3} \times (i-0.5)U_3 + 6.25$

$$\times 10^{-4} \times (i-0.5)^2]^2 \dots \dots \dots (6.4)$$

又由前假設，所以 $M_4=M_3$, $M_2=\frac{1}{2}(M_1+M_3)$ ，單位是 (公里² 秒⁻²)。將 (6.4) 代入 (4.11) 中，可以求得 ψ 值；

$$\psi_4 = -\rho_s g C_D \left(\sqrt{M_4} - \frac{fr^2}{2} \right)^2 / \frac{\partial \sqrt{M_5}}{\partial r}, \text{ 所以}$$

$$\psi_{4,1} = -1.1601 \times 10^9 \frac{\text{公斤}}{\text{公里}^3} \times 9.81 \times 10^{-3} \frac{\text{公里}}{\text{秒}^2} \times$$

$$3 \times 10^{-3} \times \frac{\left(\sqrt{M_{4,1}} + \sqrt{M_{4,1+1}} \right)}{2}$$

$$\frac{5.0 \times 10^{-5} \times 25 \times i^2}{2} / \left(\frac{\sqrt{M_{4,1+1}} - \sqrt{M_{4,1}}}{5} \right)$$

$$= -3.414173 \times 10^4 \left(\frac{\sqrt{M_{4,1}} + \sqrt{M_{4,1+1}}}{2} - 6.25 \right)$$

$$\times 10^{-4} \times i^2 / \left(\frac{\sqrt{M_{4,1+1}} - \sqrt{M_{4,1}}}{5} \right) \dots \dots (6.5)$$

而 $i=1, 2, \dots, 200$ ；單位是 (公斤·公里秒⁻³)

將此 (6.5) 代入 (4.8) 可得垂直上升速度 W_4 ；

$$rW_4 = \frac{\partial \psi_4}{\partial r} \text{, 所以 } W_4 = \frac{1}{r} \frac{\partial \psi_4}{\partial r};$$

$$W_{4,1} = \frac{10^{-5}}{5 \times (i - \frac{1}{2})} \frac{\psi_{4,1+1} - \psi_{4,1}}{5}$$

$$= (4.0 \times 10^{-7})(\psi_{4,1+1} - \psi_{4,1})/(i-0.5) \dots \dots (6.6)$$

而 $i=1, 2, \dots, 200$ ，單位是毫巴秒⁻¹。再由 (6.3),

(6.4), (6.5), (6.6) 代入 (4.14) 可解 ψ_2 值；

$$\frac{\partial \bar{P}}{\partial r} \Delta P \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial \psi_2}{\partial r} \right) + \frac{P_s}{r^4 R \Delta P} \left(\frac{P_4}{P_2} \right)^M \psi_2$$

$$\frac{\partial(M_1+M_3)}{\partial r} = \frac{P_2}{r^4 R \Delta P} \left(\frac{P_4}{P_2} \right)^K \psi_4 \frac{\partial M_3}{\partial r} + \Delta P$$

$$\left(\frac{\theta_2}{C_p T_2} \right) \frac{\partial \theta_2}{\partial r}, \text{ 以所, } \frac{-60 \text{ deg}}{1000 \text{ 毫巴}} \times 500 \text{ 毫巴} \times \frac{\partial}{\partial r}$$

$$\left(\frac{1}{r} \frac{\partial \psi_2}{\partial r} \right) + \frac{500 \text{ 毫巴}}{r^4 \times 2.87 \times 10^{-4} \frac{\text{公里}^2}{\text{秒}^2} \times 500 \text{ 毫巴}}$$

$$\times \left(\frac{1000 \text{ 毫巴}}{500 \text{ 毫巴}} \right)^{0.288} \psi_2 \frac{\partial(M_1+M_3)}{\partial r} =$$

$$\frac{500 \text{ 毫巴}}{r^4 \times 2.87 \times 10^{-4} \frac{\text{公里}^2}{\text{秒}^2} \times 500 \text{ 毫巴}} \times \left(\frac{1000 \text{ 毫巴}}{500 \text{ 毫巴}} \right)^{0.288}$$

$$\psi_4 \frac{\partial M_3}{\partial r} + 500 \text{ 毫巴} \times 3 \times \frac{-60 \text{ 度}}{1000 \text{ 毫巴}} \times \frac{\partial W_4}{\partial r} \text{ 所以}$$

$$\frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial \psi_2}{\partial r} \right) - (1.4181 \times 10^3) \times \frac{\partial(M_1+M_3)}{r^4 \partial r}$$

$$\times \psi_2 = -(1.4181 \times 10^3) \times \frac{\partial M_3}{r^4 \partial r} \times \psi_4 + 3 \times 10^{-5} \times$$

$$\frac{\partial W_4}{\partial r} \dots \dots \dots (E)$$

$$\text{設 } A = -(1.4181 \times 10^3) \times \frac{\partial(M_1 + M_3)}{\partial r}$$

$$B = -(1.4181 \times 10^3) \times \frac{\partial M_3}{\partial r} \times \psi_4$$

$$C = -(3.0 \times 10^5) \times \frac{\partial w_4}{\partial r}$$

A, B, C, 三個係數的數值處理如下：

$$A_i = -(1.4181 \times 10^3) \times$$

$$\left(\frac{M_{1,i+1} + M_{3,i+1} - M_{1,i} - M_{3,i}}{5} \right)$$

$$= -(2.8362 \times 10^1) \times$$

$$(M_{1,i+1} + M_{3,i+1} - M_{1,i} - M_{3,i})$$

$$B_i = -(2.8362 \times 10^1) \times (M_{3,i+1} - M_{3,i}) \times \psi_{4,i+1}$$

$$C_i = (3.0 \times 10^5) \times \left(\frac{W_{4,i+1} - W_{4,i}}{5} \right)$$

$$= (6.0 \times 10^4) \times (W_{4,i+1} - W_{4,i}) \quad \text{當 } W_4 < 0$$

$$= 0 \quad \text{當 } W_4 \geq 0$$

所以 (E) 變成，

$$\frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial \psi_2}{\partial r} \right) + A_i \frac{\psi_2}{r^4} = \frac{B_i}{r^4} + C_i, \text{ 即}$$

$$\frac{1}{r} \frac{\partial^2 \psi_2}{\partial r^2} - \frac{1}{r^2} \frac{\partial \psi_2}{\partial r} + A_i \frac{\psi_2}{r^4} = \frac{B_i}{r^4} + C_i.$$

$$\text{乘以 } r, \frac{\partial^2 \psi_2}{\partial r^2} - \frac{1}{r} \frac{\partial \psi_2}{\partial r} + A_i \frac{\psi_2}{r^3} = \frac{B_i}{r^3} + C_i r$$

$$\text{所以 } \frac{\psi_{i+1} - 2\psi_i + \psi_{i-1}}{\Delta r} - \frac{1}{i\Delta r} \frac{\psi_{i+1} - \psi_{i-1}}{2\Delta r} + A_i$$

$$\frac{\psi_i}{i^3 \Delta r^3} = \frac{B_i}{r^3 \Delta r^3} + C_i \times i \times \Delta r, \text{ 整理之，可得，}$$

$$\Delta r (\psi_{i+1} - 2\psi_i + \psi_{i-1}) - \frac{\Delta r}{2i} (\psi_{i+1} - \psi_{i-1})$$

$$+ \frac{A_i}{i^3} \psi_i = \frac{B_i}{i^3} + C_i \times i \times \Delta r^4$$

因為 $\Delta r = 5$ 公里，所以上式可寫成，

$$\left(5 + \frac{5}{2i} \right) \psi_{i-1} + \left(\frac{A_i}{i^3} - 10 \right) \psi_i + \left(5 - \frac{5}{2i} \right) \psi_{i+1}$$

$$= \frac{B_i}{i^3} + 625 \times i \times C_i$$

而 $i = 1, 2, \dots, 200$ ，將其代入上式，則

$$\text{當 } i=1, 7.5\psi_0 + (A_1 - 10\psi_1 + 2.5\psi_2) = B_1 + 625C_1$$

$$\text{即 } (A_1 - 10)\psi_1 + 2.5\psi_2 = B_1 + 625C_1 - 7.5\psi_0$$

$$\text{當 } i=2, 6.25\psi_1 + \left(\frac{A_2}{8} - 10 \right) \psi_2 + 3.75\psi_4 = \frac{B_2}{8} + 125C_2$$

$$\vdots \dots \dots$$

$$\text{當 } i=i-1, \left(5 + \frac{5}{2(i-1)} \right) \psi_{i-2} + \left(\frac{A_{i-1}}{(i-1)^3} - 10 \right) \psi_{i-1}$$

$$+ \left(5 - \frac{5}{2(i-1)} \right) \times \psi_i = \frac{B_{i-1}}{(i-1)^3} + 625 \times (i-1) \times C_{i-1}$$

$$\text{當 } i=i, \left(5 + \frac{5}{2i} \right) \psi_{i-1} + \left(\frac{A_i}{i^3} - 10 \right) \psi_i + \left(5 - \frac{5}{2i} \right) \psi_{i+1}$$

$$= \frac{B_i}{i^3} + 625 \times i \times C_i$$

$$\vdots \dots \dots$$

$$\text{當 } i=198, \left(5 + \frac{5}{2 \times 198} \right) \psi_{197} + \left(\frac{A_{198}}{198^3} - 10 \right) \psi_{198} +$$

$$\left(5 - \frac{5}{2 \times 198} \right) \psi_{199} = \frac{B_{198}}{198^3} + 625 \times 198 \times C_{198}$$

$$\text{當 } i=199, \left(5 + \frac{5}{2 \times 199} \right) \psi_{198} + \left(\frac{A_{199}}{199^3} - 10 \right) \psi_{199} +$$

$$\left(5 - \frac{5}{2 \times 199} \right) \psi_{200} = \frac{B_{199}}{199^3} + 625 \times 199 \times C_{199}$$

由上知其最後的通式組為

$$\alpha_{i-1} \psi_{i-1} + 5 \left(1 - \frac{1}{2(i-1)} \right) \psi_i = S_{i-1}, \dots \dots \quad (F)$$

$$\text{和 } 5 \left(1 + \frac{1}{2i} \right) \psi_{i-1} + \left(\frac{A_i}{i^3} - 10 \right) \psi_i + 5 \left(1 - \frac{1}{2i} \right)$$

$$\psi_{i+1} = \frac{B_i}{i^3} + 625iC_i \dots \dots \dots \quad (G)$$

而 $i=2, 3, \dots, 200$

由 (F)，所以 $\alpha = A_1 - 10, S_1 = B_1 + 625C_1 - 75\psi_0$ ；

由 (F)，則

$$\psi_{i-1} = \frac{1}{\alpha_{i-1}} \left[S_{i-1} - 5 \left(1 - \frac{1}{2(i-1)} \right) \psi_i \right]$$

代入 (G)

$$5 \left(1 + \frac{1}{2i} \right) \left\{ \frac{1}{\alpha_{i-1}} \left[S_{i-1} - 5 \left(1 - \frac{1}{2(i-1)} \right) \psi_i \right] \right\}$$

$$+ \left(\frac{A_i}{i^3} - 10 \right) \times \psi_i + 5 \left(1 - \frac{1}{2i} \right) \psi_{i+1} = \frac{B_i}{i^3} + 625$$

$\times i \times C_i$ 整理之，則，

$$\frac{5 \left(1 + \frac{1}{2i} \right)}{\alpha_{i-1}} S_{i-1} - \frac{25 \left(1 + \frac{1}{2i} \right) \left(1 - \frac{1}{2(i-1)} \right)}{\alpha_{i-1}} \psi_i +$$

$$\left(\frac{A_i}{i^3} - 10 \right) \psi_i + 5 \left(1 - \frac{1}{2i} \right) \psi_{i+1} = \frac{B_i}{i^3} + 625iC_i,$$

則，

$$\left\{ \left(\frac{A_i}{i^3} - 10 \right) - \frac{25 \left(1 + \frac{1}{2i} \right) \left[1 - \frac{1}{2(i-1)} \right]}{\alpha_{i-1}} \right\} \psi_i +$$

$$5 \left(1 - \frac{1}{2i} \right) \psi_{i+1} = \frac{B_i}{i^3} + 625iC_i - \frac{5 \left(1 + \frac{1}{2i} \right)}{\alpha_{i-1}} S_{i-1}$$

此式即為

$$\alpha_i \psi_i + 5 \left(1 - \frac{1}{2i} \right) \psi_{i+1} = S_i, \text{ 兩式比較，所以}$$

$$\alpha_i = \left(\frac{A_i}{i^3} - 10 \right) - \frac{25 \left(1 + \frac{1}{2i} \right) \left[1 - \frac{1}{2(i-1)} \right]}{\alpha_{i-1}}$$

$$S_1 = \frac{B_1}{i^3} + 625iC_1 - \frac{5(1 + \frac{1}{2i})}{\alpha_{i-1}} S_{i-1}$$

而 $\psi_i = \frac{1}{\alpha_i} \left[S_i - 5\left(1 - \frac{1}{2i}\right) \psi_{i+1} \right]$

$i = 2, 3, \dots, 200$

再由上組方程式的最後兩式，

$$\alpha_{198}\psi_{198} + \left(5 - \frac{5}{2 \times 198}\right)\psi_{199} = S_{199} \quad \dots\dots\dots (H)$$

$$\left(5 + \frac{5}{2 \times 199}\right)\psi_{198} + \left(\frac{A_{199}}{199^3} - 10\right)\psi_{199} + \left(5 - \frac{5}{2 \times 199}\right)\psi_{200} = \frac{B_{199}}{199^3} + 625 \times 199 \times C_{199} \quad \dots\dots\dots (I)$$

由 (H)，所以，

$$\begin{aligned} \psi_{198} &= \frac{1}{\alpha_{198}} [S_{199} - \left(5 - \frac{5}{2 \times 198}\right)\psi_{199}] \text{ 代入 (I)，則} \\ &\left(5 + \frac{5}{2 \times 199}\right) \left\{ \frac{1}{\alpha_{198}} \left[S_{199} - \left(5 - \frac{5}{2 \times 198}\right)\psi_{199} \right] \right. \\ &+ \left. \left(\frac{A_{199}}{199^3} - 10 \right) \psi_{199} + \left(5 - \frac{5}{2 \times 199}\right)\psi_{200} \right\} = \frac{B_{199}}{199^3} \\ &+ 625 \times 199 \times C_{199} \text{，整理之得，} \\ &\left[\left(\frac{A_{199}}{199^3} - 10 \right) - \frac{\left(5 + \frac{5}{2 \times 199}\right) \left(5 - \frac{5}{2 \times 198}\right)}{\alpha_{198}} \right] \psi_{199} \\ &= \frac{B_{199}}{199^3} + 625 \times 199 \times C_{199} - \left(5 - \frac{6}{2 \times 199}\right)\psi_{200} - \\ &\left(5 + \frac{5}{2 \times 199}\right) \frac{S_{199}}{\alpha_{199}} \text{，所以，} \\ \psi_{199} &= \frac{S_{199} - \left(5 - \frac{5}{2 \times 199}\right)\psi_{200}}{\alpha_{199}} \end{aligned}$$

綜合以上的結果，整理如下：

$$\begin{aligned} A_1 &= -(1.4181 \times 10^1) \\ &\times (M_{1,i+1} + M_{3,i+1} - M_{1,i} - M_{3,i}) \\ B_1 &= -(1.4181 \times 10^1) \times (M_{3,i+1} - M_{3,i}) \times \psi_{4,i+1} \\ C_1 &= (6.0 \times 10^1) \times (W_{4,i+1} - W_{4,i}) \quad \text{當 } W_4 < 0 \\ &= 0 \quad \text{當 } W_4 \leq 0 \end{aligned}$$

而 $\alpha_1 = A_1 - 10$ ， $S_1 = B_1 + 625C_1 - 7.5\psi_0$

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \left(\frac{A_1}{i^3} - 10 \right) - \frac{25\left(1 + \frac{1}{2i}\right)\left[1 - \frac{1}{2(i-1)}\right]}{\alpha_{i-1}} \\ S_1 &= \frac{B_1}{i^3} + 625iC_1 - \frac{5\left(1 + \frac{1}{2i}\right)}{\alpha_{i-1}} S_{i-1} \\ i &= 2, 3, \dots, 200 \end{aligned}$$

$$\psi_1 = \frac{1}{\alpha_1} \left[S_1 - 5\left(1 - \frac{1}{2i}\right) \psi_{i+1} \right] \dots\dots\dots (6.7)$$

$i = 1, 2, \dots, 200$

$$\psi_0 = 0,$$

$$\psi_{201} = 0,$$

由上 ψ_2 值即可求得，其單位為公里公斤/秒³。然後利用 (4.7) 求 V_1 。

$$rV_1 = -\frac{\psi_2}{\Delta P} \text{ 所以 } V_1 = -\frac{1}{r} \frac{\psi_2}{\Delta P} \text{，故}$$

$$V_{1,1} = -\frac{\psi_{2,1} \times 10^3}{5i \times 500 \times 10^{-5}} = -(4.0 \times 10^{-6})$$

$$\times \psi_{2,1}/i \dots\dots\dots (6.8)$$

而 $i = 1, 2, \dots, 200$ ，單位為米秒⁻¹。而由 (4.8) 求 W_2 ，

$$rW_2 = \frac{\partial \psi_2}{\partial r} \text{，所以 } W_2 = -\frac{1}{r} \frac{\partial \psi_2}{\partial r} \text{，故}$$

$$W_{2,1} = \frac{10^{-5}}{5(i-0.5)} \frac{\psi_{2,1+1} - \psi_{2,1}}{5}$$

$$= (4.0 \times 10^{-7})(\psi_{2,1+1} - \psi_{2,1})/(i-0.5) \dots\dots\dots (6.9)$$

而 $i = 1, 2, \dots, 200$ 單位毫巴秒⁻¹。然後由 (4.7) 求 V_3 值，

$$rV_3 = -\frac{(\psi_4 - \psi_2)}{\Delta P} \text{，所以 } V_3 = -\frac{1}{r} \frac{(\psi_4 - \psi_2)}{\Delta P}$$

$$而 V_{3,1} = -\frac{10^3}{5i} \frac{\psi_{4,1} - \psi_{2,1}}{500 \times 10^{-5}}$$

$$= -(4.0 \times 10^{-6}) \times (\psi_{4,1} - \psi_{2,1})/i \dots\dots\dots (6.10)$$

而 $i = 1, 2, \dots, 200$ ；單位是米秒⁻¹

從我們最初所給的條件中 U_1 和 U_3 具有相同的分佈情形，所以系統在開始的時候，不存在有水平的位溫梯度。並且我們將取在 500 毫巴的($n=2$) 平均位溫為 325°C ，這是根據 Byers (1959) 的資料而定的。

到目前為止，我們只解診斷方程式，所以只能獲得最初的物理量；現在須要再進一步解預測方程式，以便獲得以後的時間之物理量。在我們解這些方程式的時候，有一些地方須要注意；還有我們所使用的方法，也須要講究；否則很難達到所要計算的時間和預期的效果。在這裏我們乃是採用 quasi-Lagrangian method 作時間的計算。對於所取的時間區間，須要能滿足計算時的線性穩定標準，即 $\frac{U\Delta t}{\Delta X} \leq 1$ 之條件。Ogura (1964) 最初是取 15 分，然後視實際情形的須要而縮短區間，他最後時是取 3 分鐘；結果只算了 60 小時，以後便顯得不連續且混雜。首先我們由 (4.4) 和 (6.3) 求 M_3^1 值，以右上方的小 1 表下一個時間的物理量，而以 0 表目前時間的物理量。所以，

$$\frac{\partial M_3}{\partial t} + \frac{\partial(rU_3M_3)}{r\partial r} + \frac{1}{2\Delta P} [2w_4M_3 - w_2(M_1 + M_3)] = 0$$

$$\text{即 } \frac{\partial M_3}{\partial t} = -\frac{\partial(rU_3M_3)}{r\partial r} - \frac{1}{2\Delta P}[2w_4M_3 - w_2(M_1 + M_3)]$$

$$(M_1 + M_3) = -\left(\frac{1}{r}U_3M_3 + V_4\frac{\partial M_3}{\partial r} + M_3\frac{\partial V_3}{\partial r}\right)$$

$$-\frac{1}{2\Delta P}[2w_4M_3 - w_2(M_1 + M_3)]$$

$$\text{所以 } \frac{M_{3,1}^1 - M_{3,1}^0}{T} = -\left\{ \frac{1}{5(i-0.5)} \frac{V_{3,1+1}^0 + V_{3,1}^1}{2 \times 10^3} \right.$$

$$M_{3,1}^0 + \frac{V_{3,1+1}^0 + V_{3,1}^1}{2 \times 10^3} \left[\left(\frac{M_{3,1+1}^0 + M_{3,1}^0}{2} - \frac{M_{3,1}^0 + M_{3,1-1}^0}{2} \right) / 5.0 \right] + M_{3,1}^0 \frac{V_{3,1+1}^0 - V_{3,1}^0}{5.0 \times 10^3} \right\} -$$

$$\frac{1}{1000} [2 \times W_{4,1}^0 \times M_{3,1}^0 - W_{2,1}^0 \times (M_{1,1}^0 + M_{3,1}^0)]$$

移項可得，

$$M_{3,1}^1 = M_{3,1}^0 - \frac{T}{1000} \left\{ M_{3,1}^0 (V_{3,1+1}^0 + V_{3,1}^0) / [10 \times (i-0.5)] + (M_{3,1+1}^0 - M_{3,1-1}^0) \times (V_{3,1+1}^0 + V_{3,1}^0) / 20 + M_{3,1}^0 \times (V_{3,1+1}^0 - V_{3,1}^0) / 5.0 \right\} -$$

$$- \frac{T}{1000} [2 \times W_{4,1}^0 \times M_{3,1}^0 - W_{2,1}^0 (M_{1,1}^0 + M_{3,1}^0)] \quad \dots \dots \dots (6.11)$$

而 $i=2, 3, \dots, 200$ ，單位均與前一樣。隨後由 (4.12) 求 θ_2 的值，

$$\frac{\partial \theta_2}{\partial t} + W_2 \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial P} = \left(\frac{\bar{\theta}_2}{C_P T_2} \right) Q_2 \text{ 所以}$$

$$\frac{\partial \theta_2}{\partial t} = \left(\frac{\bar{\theta}_2}{C_P T_2} \right) Q_2 - W_2 \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial P} = \eta \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial P} W_4 - W_2 \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial P}$$

$$= 3 \times \frac{-60 \text{ deg}}{1000 \text{ 毫巴}} W_4 + \frac{60 \text{ 度}}{1000 \text{ 毫巴}} W_2$$

$$= -1.8 \times 10^{-1} W_4 + 6.0 \times 10^{-2} W_2$$

$$\text{則 } \frac{\theta_{2,1}^1 - \theta_{2,1}^0}{T} = -0.18 \times W_{4,1}^0 + 0.06 \times W_{2,1}^0 \text{ 所以}$$

$$\theta_{2,1}^1 = \theta_{2,1}^0 + T \times (0.06 \times W_{2,1}^0 - 0.18 \times W_{4,1}^0)$$

$$= 325 + T \times (0.06 \times W_{2,1}^0 - 0.18 \times W_{4,1}^0)$$

當 $W_4 < 0$

$$= 325 + T \times (0.06 \times W_{2,1}^0) \quad \dots \dots \dots (6.12)$$

當 $W_4 \geq 0$

單位為度。最後由 (4.5), (4.6) 求 M_1 ；將兩式相減

$$\text{則 } \frac{M_1 - M_3}{r^3} = \frac{\partial}{\partial r} \left[\Delta P \frac{R}{P_2} \left(\frac{P_2}{P_4} \right)^K \theta_2 \right]$$

$$= \Delta P \frac{R}{P_2} \left(\frac{P_2}{P_4} \right)^K \frac{\partial \theta_2}{\partial r}$$

$$= 500 \text{ mb} \times \frac{2.87 \times 10^{-4} \text{ 公里}^2}{500 \text{ 毫巴}} \frac{\partial \theta_2}{\partial r}$$

$$= \left(\frac{500 \text{ 毫巴}}{1000 \text{ 毫巴}} \right)^{0.288} \times \frac{\partial \theta_2}{\partial r}$$

$$= 2.350616 \times 10^{-4} \frac{\partial \theta_2}{\partial r}$$

$$= 2.350616 \times 10^{-4} \left(\frac{\theta_{2,1+1} + \theta_{2,1}}{2} - \frac{\theta_{2,1} + \theta_{2,1-1}}{2} \right) / 5$$

$$= 2.350616 \times 10^{-5} (\theta_{2,1+1} - \theta_{2,1-1})$$

所以

$$M_{1,1}^1 = M_{1,1}^0 + (i-0.5)^3 \times 2.93827 \times 10^{-3}$$

$$(\theta_{2,1+1}^1 - \theta_{2,1-1}^1) \dots \dots \dots (6.13)$$

由 (6.12), (6.13) 所得的 M_1 和 M_3 之新值，再代入診斷方程式即可得新的 V_1, V_3, U_1, U_3, w_2 和 w_4 。在前面我們處理數值的計算過程中，曾經使用的參考數量，將其整理如下：

$$\frac{\partial \bar{\theta}}{\partial P} = \frac{-60 \text{ 度}}{1000 \text{ 毫巴}}$$

$$C_D = 3 \times 10^{-3} (2 \times 10^{-4} \sim 10^{-2})$$

$$\eta = 3 (3 \sim 4)$$

$$\rho_s = 1.1601 \times 10^{-3} \frac{\text{克}}{\text{厘米}^3}$$

$$g = 9.81 \times 10^{-3} \text{ 公里/秒}^2$$

$$R = 2.87 \times 10^{-4} \text{ 公里}^2/\text{秒}^2 \cdot \text{度}$$

$$C_P = 9.96 \times 10^{-4} \text{ 公里}^2/\text{秒}^2 \cdot \text{度}$$

$$K = R/C_P = 0.288$$

$$f = 5.0 \times 10^{-5} \text{ 秒}^{-1}$$

$$\Delta P = 500 \text{ 毫巴}$$

七、計算結果

本文在此乃是使用平衡模式來計算的結果，分別表示在下面圖 4 到圖 12；這種模式所作的計算要比以往 Kasahara (1961), Syōno (1962) 和 Rosenthal (1964) 等使用不平衡的模式所作的颶風發展之預測，顯得較為緩慢。

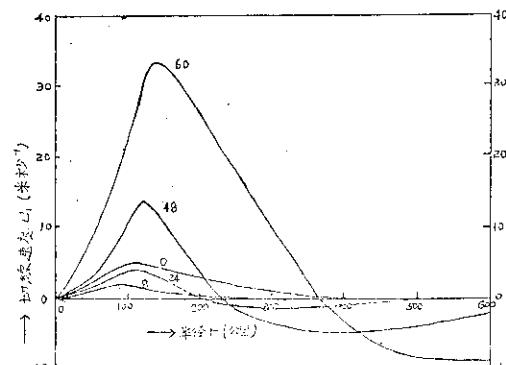


圖 4. 在各種不同的時間，上層
切線速度 U_1 之分佈

在圖 4 中所表示的，是上層切線速度的計算結果；從這裏我們可以看見在最初的 8 個小時內，速度從原先最大速度 5 米秒⁻¹，逐漸的下降至 3.4 米秒⁻¹；以後才又慢慢的回升，經 24 小時以後，仍然只有 4.7 米秒⁻¹的速度。然後隨著我們計算時間的延續，速度才繼續的增加；到了 48 小時的時候已增加了第一天的兩倍半，約為 13.07 米秒⁻¹。只是在這段時間裏面，這種上層的切線速度，顯得不甚穩定，時有增減的現象。可是到了第三天，速度增加到 35 米秒⁻¹，約為第二天的兩倍半還多一點。從這種比例上看來，在最開始颶風發展的時候，它的生長較為緩慢，但後來的發展却嫌太快。至於為什麼 U_1 會先減少？可能是由於下層的切線速度 U_3 為氣旋運動，以致造成上層的反氣旋作用，而對 U_1 產生抑制；但當下層的氣旋越來越強的時候，反氣旋的作用便爬升至 250 毫巴以上的空中，此時的 U_1 才又回復到原來的氣旋運動，速度才繼續增加。只是在離中心 200 公里以外的地方，仍受反氣旋作用，速度一直下降至負值，形成反氣旋的運動，並且隨時間向外移動。

在圖 5 中所示的，為對下層切線速度計算的結果；它一直保持速度穩定的增加，沒有像 U_1 有下降的現象，從最初的 5 米秒⁻¹，即慢慢的增加。增加的比例與 U_1 差不多，但大小比 U_1 為大。例如在 24 小時的時候 U_3 比 U_1 大了約 4.1 米秒⁻¹；約 48 小時的時候大了約 8.8 米秒⁻¹，第三天則大了有 10 米秒⁻¹左右。並且從圖中，知整個下層大氣都是氣旋的迴流運動。

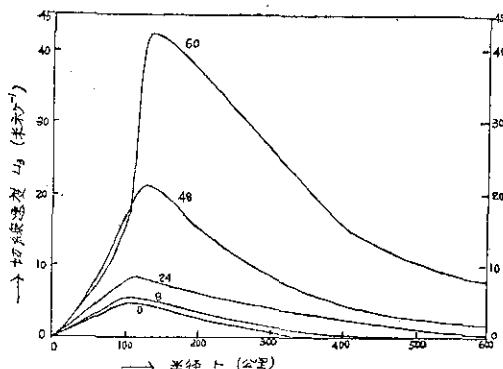


圖 5. 各種不同的時間，下層切線速度 U_3 的分佈

圖 6 所表示的是氣流的徑向速度在上層的分佈情形。由於這裏的 V_1 大部分都是正值；表示上層的氣流向外流出，呈輻散的現象；只有在中心部分有稍許微弱的輻合；這是由於 U_1 在半徑 100 公里

附近是氣旋的原故。它所呈現增加的情形和前述的情形非常的相似；先是緩慢的增加，而後急遽的加速，超過每秒 30 米以上的速度。

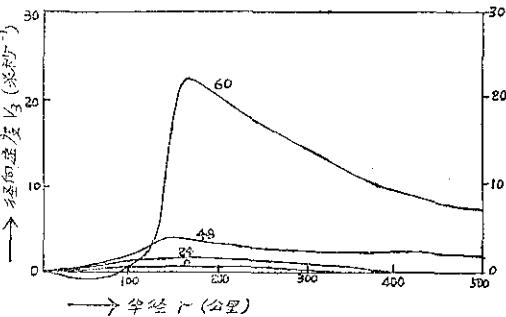


圖 6. 在各種不同的時間，上層徑向速度 V_1 的分佈

根據圖 7 所表示的下層徑向速度，方向與上層的速度相反；表示在大氣的下層均呈輻合的運動。其速度的大小，在 48 小時以前約為上層速度的一半而已；24 小時的時候最大 2.6 米秒⁻¹，48 小時候最大 4.8 米秒。可能在 500 毫巴層附近周圍空氣仍有輻合侵入。另外我們從圖中可以看見在中心無風地帶，仍有非常微弱的向外氣流，所據的範圍很小，這是由於在此還有下降氣流的原故。

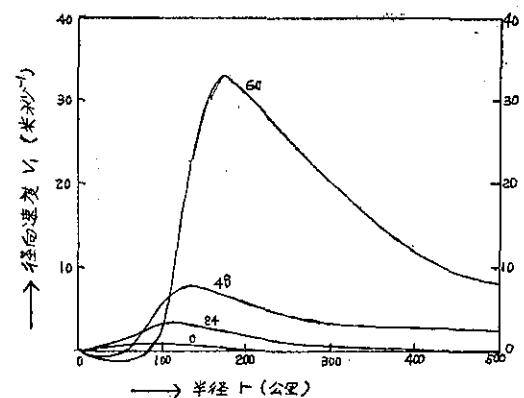


圖 7. 在各種不同的時間，下層徑向速度 V_3 的分佈

我們從切線速度和徑向速度所作比較上，可以看出上層的這兩種速度，大小比較相近；尤其第三天的時候，速度都在 30 米秒⁻¹以上，這是不太合理的；因為從一般實際的颶風中，切線速度都要比徑向速度為大。而下層的這兩種速度情形就比較好；切線速度在整個颶風發展過程中，都比徑向速度大兩倍以上。所以本文所採用的模式，在某些部分尚稱合理，但在某些部分，仍然須要改進。

圖 8 和圖 9 所表示的垂直上升速度，物理量均在 10^{-1} 毫巴秒 $^{-1}$ 以下。

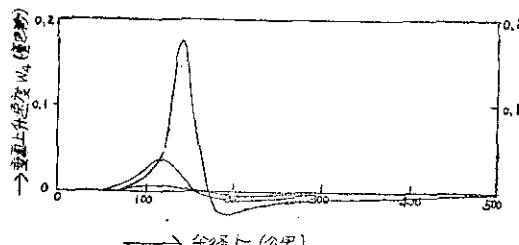


圖 8. 在各種不同時間，中間層的垂直上升速度 W_2 之分佈

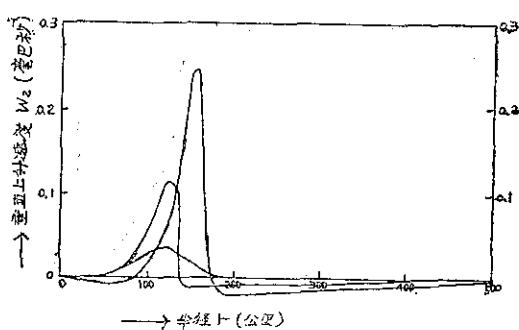


圖 9. 在各種不同時間，邊界層頂的垂直上升速度 W_4 之分佈

從上面圓形中中間層的垂直上升速度 (W_2)，在每個時間都比下層的上升速度 (W_4)，大有兩倍之多。這是因為 W_2 同時受 V_1 和 V_3 兩層切線速度的影響，使得 500 毫巴處的上升氣流較強；而邊界層頂處約 1000 毫巴，其上升速度則只受 V_3 的影響；因此 W_4 顯得較小。然而這些上升速度在離中心 100 公里到 150 公里之間，最為旺盛；有隨時間向外移動的現象，這種現象也出現在切線速度與時間的分佈圖中。與我們所盼望的不一樣，因為實際颱風越強化，速度的尖峯值，應向內移動，而不是向外移動。此外我們的模式顯示，在 150 公里以外，都呈下降氣流，和實際經線上的垂直方向運動相符合。

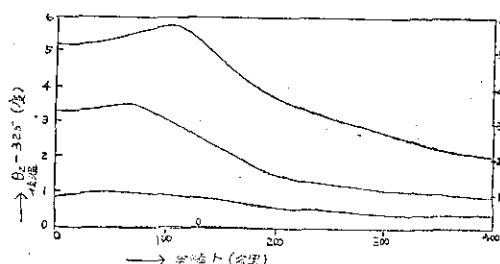


圖 10. 在各種不同的時間，中間層的位溫梯度 $\theta_2 - 325$ 的分佈

有關於位溫的分佈，顯示在圖 10 中。因為在颱風中心地區有下降氣流的壓縮作用，而使其溫度場都比外圍地區為高；而在 50 公里到 100 公里之間，溫度呈現尖峯的情形，乃是由於這一帶，存在著一股強勁的上升氣流，將水汽量攜帶上升，凝結釋放潛熱，使得周遭的空氣較之其他部分更高的原故。它們相差的最大溫度梯度約為 5.8°C ；所以在前面取 $\frac{\partial \theta}{\partial P} = -\frac{60}{1000 \text{ 毫巴}}$ 作為靜態穩定度，會有誤差 10 %；所以對於這個參數，不應只取為常數，應與颱風的發展過程有關。

為了使我們對於颱風的性質更能了解；並且對於颱風的絕對角動量和其流線函數的分佈情形有所認識；我們則以第 5 小時的時間作圖如下，以資參考。其餘的時間亦大致作如此分佈。

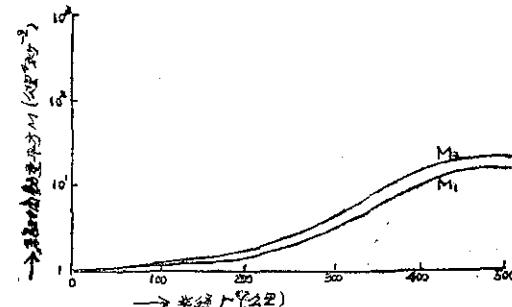


圖 11. 絶對角動量分佈，在第五小時時

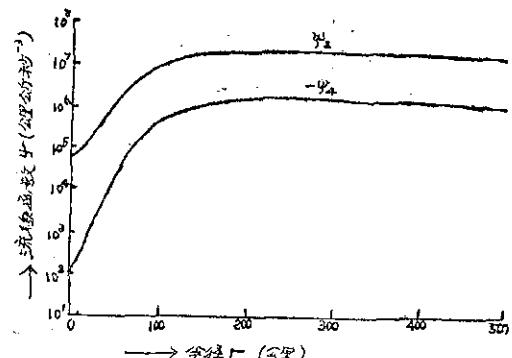


圖 12. 流線函數分佈，在第五小時時

八、討論

由於在我們熱量參數項 (4.13) 的式子中，缺乏考慮邊界層內濕空氣的供應問題，也就是缺乏一個水量的連續方程式；以致於使我們模擬系統的總能量沒有限制，所以颱風會不斷的發展。白彰雄 (1975) 曾利用 Ooyama (1964, 1969) 的模擬，所作成的颱風發展預測，有考慮到這個問題；因此

在他的模式裏，颱風會逐漸的削弱消失掉，較近似實際的情形。還有在我們的熱力方程式 (4.12)，由於尺度分析的結果，將水平對流項忽略，並且定， $\frac{\partial \theta}{\partial P}$ 及 η 值為固定，這在前節中已經說明其不合理的原因；主要乃是徑向速度在後來產生急遽的增加，無法達到靜態平衡。這在早期 Ooyama (1964) 也有這種情形。所以此處我們就須要使 θ_2 隨 W_4 的增加而增加；並且須要分別在每一層內對位溫加以描述，代替只有 500 毫巴層描述而已。

雖然經過了上面的處理以後，切線速度還是會不斷的增加，因為在上升氣流區，我們一直取 $\frac{\partial \theta}{\partial P}$ 為負值，所以潛熱釋放會不斷進行，而產生低層較強的氣流流進。所以在這裏若考慮乾空氣的流進，可以促進大氣較為穩定。這種沒有飽和的再迴流，可能使發展的速度又過於緩慢。

前節中我們曾經說過， W_4 和 U_3 的尖峯值隨時間移動向外；乃是因為 W_4 對於 U_3 及渦旋度， $\frac{\partial(rU_3)}{\partial r}$ 非常敏銳的原故；所以須要對 (4.19) 加以修正，才能在邊界層有較適合的公式來表示。

當我們在處理數值計算的時候，若將拉力係數 (C_D) 改變，則可以看見 C_D 值越大，颱風的發展就越強烈，反之，颱風的發展就越緩和。所以由上知道 C_D 值與接近地球表面的摩擦作用之間的關係很明顯，而這種摩擦力便與颱風生成很為重要。另外我們若改變 η 值的時候，發現在颱風初期的階段當中，影響不很明顯；可是當颱風稍微增強以後，強大的對流作用，使颱風迅速的生長，這時候的值顯得極為重要。在 Ogura (1964) 所取的切線速度初始條件中，若以常數 $V_0 = 1.17$ 米秒 $^{-1}$ ，則發展會較慢，應取為 11.7 米秒 $^{-1}$ 較為合適。並且在他所作的數值模擬的時候，他只能計算到 60 小時的物理時間；一方面是因為颱風已達強烈颱風的階段，一方面則是因為在這以後，有不連續的現象。這種現象據本人推測可能是由於他在最後階段所取的時間區間，為 3 分鐘作計算的原故，此尚嫌太大；因此我們若能有更合理選取時間區間的話，將可以使後來的物理量繼續為連續的情形。

文中所討論的，尚有許多的缺欠，是我們將來在這方面繼續努力時，所須要改進的地方。另外我們還可以應用各種不同的參數熱量項，放入本文的模式，以便比較那一種結果，較合乎實際情況。或者考慮的層次更多，更複雜些；但這些考慮相信可以使我們的結果接近事實，接近理想的狀況。

誌謝

本文之所以順利完成，完全在於廖學鑑教授的悉心指導，謹呈最大的謝意和感激。還有顏所長的全力支持；及張隆男教授不斷討論所供給的資料和方法，使許多微細的問題，得以解決；謹致非常的謝忱。在程式方面，有張鳳嬌講師和中山科學院計算中心全體同仁之協助，深表謝意。

REFERENCES

- Aakawa, A., 1969: Parameterization of cumulus convection. Proc. WMO/IUGG Symp. Numerical Prediction, Tokyo. IV8, 1-6.
- , 1971: A Parameterization of cumulus convection and its application to numerical simulation of the tropical general circulation. Paper presented at the 7th Tech. Conf. Hurricanes and Tropical Meteorology, Barbados, Amer. Meteor. Soc..
- , 1972: Parameterization of Cumulus convection. Design of the UCLA General Circulation Model. Numerical Simulation of Weather and Climate, Tech. Rept. No. 7, Dept. of Meteorology, University of California, Los Angeles.
- , and W. H. Schubert, 1974: Interaction of a cumulus cloud ensemble with the large-scale environment. J. Atmos. Sci..
- Byers, 1959, General Meteorology, p 385.
- Charney, J. G., and Eliassen, 1964: On the growth of the hurricane depression. J. Atmos. Sci., 21, 68-75.
- Fraedrich, K., 1973: On the Parameterization of Cumulus Convection by lateral mixing and compensating subsidence. Part 1, J. Amos. Sci., 30, 409-413.
- Commel, W., Vincent, D. G., and L. N. Chang, 1974: Kinetic energy study of hurricane Celia, 1970. Mon. Wea. Rev., Vol. 102, 35-47.
- Kasahara, A., 1961: A numerical experiment on the development of a tropical cyclone. J. Meteor., 18, 259-282.
- Israeli, M., and E. S. Sarachik, 1973: Cumulus Parameterization and CISK'. J. Atmos. Sci., 30, 582-589.

- KUO, H. L., 1961: Convection in conditionally unstable atmosphere, *Tellus*, 13, 441-459.
- _____, 1965: On formation and intensification of tropical cyclones through latent heat released by cumulus convection. *J. Atmos. Sci.*, 22, 40-63.
- _____, 1974: Further studies of the parameterization of the influence of cumulus convection on large-scale flow 31, 1232-1240.
- LILLY, D. K., 1960: On the theory of disturbances in a conditionally unstable atmosphere. *Mon. Wea. Rev.*, 88, 1-17.
- MALKUS, J. S., and H. RIEHL, 1961: Some aspects of hurricane Daisy, 1958. *Tellus*, 13, 181-213.
- OGURA, Y. 1963: The evolution of a moist convection element in a shallow, conditionally unstable atmosphere: A numerical calculation. *J. Atmos. Sci.* 20, 407-424.
- _____, Frictionally controlled, thermally driven circulation in a circular vortex with application to tropical cyclones. *J. Atmos. Sci.*, 21, 610-621.
- OYAMA, K., 1964: A dynamic model for the study of tropical cyclone development. *Proc. Third Tech. Conf. on tropical and tropical Meteorology*, Mexico City, 6-12 June 1963.
- _____, 1969: Numerical simulation of the life cycle of tropical cyclones, *J. Atmos. Sci.*, 26, 3-40.
- _____, 1971: A theory on parameterization of cumulus convection. *J. Meteor. Soc. Japan*, 49, 744-756.
- Rosenthal, S. L., 1974: Some attempts to simulate the development of tropical cyclones by numerical methods, *Mon. wea. Rew.*, 92, 1-21.
- _____, 1973: A circularly symmetric primitive equation model of tropical cyclone development containing an explicit water vapor cycle. *Mon. Wea. Rev.*, 98, 643-663.
- STOMMEL, H., 1958: The Gulf stream. Berkeley, Univ. of Calif. Press, 202pp.
- SYONO, S., 1950: On the vortical radio. *Geophys Notes*, Tokyo Univ., 3, No. 25, 3pp.
- _____, 1951: On the structure of atmospheric vortices. *J. Meteor.*, 8105-110.
- _____, 1962: A numerical experiment of the formation of tropical cyclones. *Proc. Internat. Symposium on Numerical Weather Prediction*, Meteor. Soc. Japan, Jokyo, 405-418.
- _____, and M. YAMASAKI, 1966: Stability of symmetric motions driven by latent heat released by cumulus convection under the existence of surface friction. *J. Meteor. Soc. Japan*, 44, 353-375.
- YAMASAKI, M., 1968: Numerical simulation of tropical cyclone development with the use of primitive equations. *J. Meteor. Soc. Japan*, 46, 178-214.
- YANAI, M., 1961: Dynamical aspects of typhoon formation. *J. Meteor. Soc. Japan*, Ser. II, 39, 282-309.
- 白影雄, 1975: Numerical Simulation of Tropical Cyclone development with CISK module

民國六十六年颱風調查報告

第三號侵台颱風(7707號)愛美

Report on Typhoon "Amy"

ABSTRACT

Amy was the 7th. Seventh Typhoon, which one originating in the northern Pacific Ocean in 1977. It was classified as a small-scale typhoon due to its weak intensity and was dissipated no sooner than its landing in Taiwan. A sub-center was created by this typhoon then passed over the sea around north Taiwan and finally moved away. Typhoon Amy didn't cause any disaster. Because its center had landed on Taiwan, Amy was listed as one of the invading Typhoons i. e. the third one invading Taiwan in 1977.

Typhoon Amy derived from a large depression on the sea, which may be originally a monsoon low. Though its velocity at perimeter was over 30 mile/hour, it had a large radius and didn't show any spiral clouds in its center for the most time. Therefore it couldn't develop to a medium-scale typhoon. Its center moved erratically. The different subcenters appeared four times in all its lifespan and took a very particular route. Amy turned round and round over 3 days after it came into Taiwan Strait.

一、前　　言

愛美(Amy)颱風係本(66)年內在北太平洋上發生的第7號颱風，其威力很弱，是屬於輕度颱風。此颱風中心由於威力不強，加上登陸臺灣時受地形影響，很快消失，此後即由副中心接替，進入臺灣北部海面遠離本省。愛美颱風對本省雖未構成災害，但其中心曾登陸本省，故按規定列為侵臺颱風之一，即為本年第3號侵臺之颱風。

愛美颱風初生於8月14日上午在硫磺島至硫球之間海面上，當時為數個小低壓環流所組成的廣泛低壓區，此一低壓區於8月18日8時西移至硫球羣島一帶海面時，變成了環流甚完整的一熱帶性低氣壓，當晚20時其中心抵達北緯21.2度，東經127.0時，太平洋區，除了關島美軍氣象單位認為季風低氣壓(monsoon Low)不是颱風外，其他各國氣象機構均認定此熱帶性低氣壓已增強變成輕度颱風，本局經綜合各種氣象資料研判後，於

22時對臺灣東南部海面及巴士海峽發布海上颱風警報呼籲航行船隻戒備。

8月19日14時此颱風中心已進抵北緯22.0度，東經124.7度逐漸對臺灣陸上構成威脅，本局乃於15時30分發布海上陸上颱風警報。此後其路徑，由高雄氣象雷達逐時觀測顯示，呈現極不穩定，且有副中心出現。

8月20時30分據關島美軍飛機偵察報告證實颱風的存在，故關島美軍氣象單位於當晚20時，始將其命名為愛美(Amy)颱風。此颱風於21日抵達臺灣海峽南部時，路徑又呈極不規則，一再打轉，22日15時前後，主中心在屏東枋寮附近登陸；即告消失，而澎湖附近之副中心迅速發展取代原來的主中心，並於16時20分左右由嘉義附近登陸，隨後沿着中央山脈北移至新竹附近山區減弱變成熱帶性低氣壓，本局於22日21時同時解除海上陸上颱風警報。由於此颱風路徑異常奇特，因此警報維持時間長達四天之久。圖1為愛美颱風之最佳

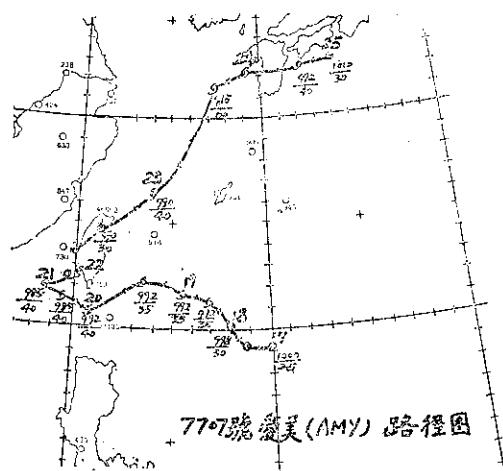


圖 1. 愛美颱風之最佳路徑圖 (66年 8月 17日~25 日)

Fig 1. The best track of Typhoon Amy,
(17~25, August, 1977.)

路徑圖。表 1 為高雄氣象雷達觀測原始資料。表 2 為愛美颱風期間飛機偵察報告及衛星觀測資料。

二、愛美颱風之發生及經過

8 月 14 日上午在硫磺島至琉球羣島之間海面上，有數個小低壓環流組成廣大範圍之低壓區，如

圖 2。此整個大低壓區於 8 月 18 日 8 時西移到琉球南方海面時，小低壓環流已不復存在，而變成環流甚完整的一熱帶性低氣壓，其中心位置是在琉球那霸島南方海面向西北西進行。如圖 3。於當天 12 時 20 分據美軍的飛機偵察報告得知，此低壓中心東南方及南方海面出現了，有 35 漉之南南東風強風，而半徑甚大，但中心亦無濃厚的雲存在，且屬於冷心的，故關島美軍氣象單位認為不是颶風，而稱為季風低氣壓 (monsoon Low)，始終不命名，至 18 日下午兩點其中心抵達北緯 20.7 度，東徑 127.2 度時，日本氣象廳首先認定此熱帶性低氣壓已增強變成輕度颶風，而發出風暴警報 (Tropical Storm Warning)。此後其進行方向仍為西北西。至 8 月 19 日 20 時其中心進抵北緯 22.1 度，東徑 123.7 度即在臺東東南東方海面時，因與東沙島附近海面的熱帶性低氣壓發生牽引作用，(如圖 4) 路徑折向西南迅速進入巴士海峽後，於 8 月 20 日 8 時其路徑又轉為西北西緩慢進行，於當天 18 時 30 分據美軍飛機偵察報告證實颶風的存在，終於 20 時首次將颶風命名為愛美 (Amy)。8 月 21 日 8 時此颶風中心進入臺灣海峽南部後，其路徑再度呈現不規則，

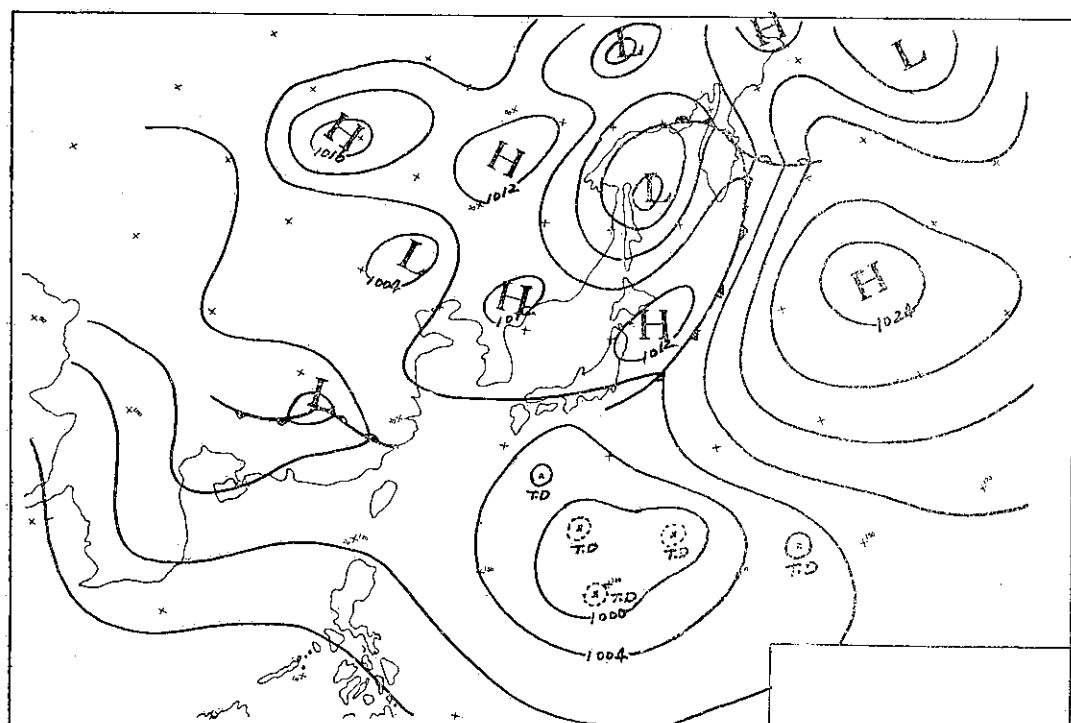


Fig 2. Sea level synoptic chart. COCOZ 14h. Aug. 1977.

圖 2. 66 年 8 月 14 日 8 時 地面圖

表 1. a 高雄雷達觀測原始資料

颶風名稱：愛美

(AMY)

編號： 7707

表 1. b 高 雄 雷 達 觀 測 原 始 資 料

表風名稱：愛 美

(AMY)

編號： 7707

資 料 來 源 (編 號)	時 間 Z			中 心 位 置		定 位 方 法 、 時 間 、 精 確 度						中 心 氣 壓 mb	移 動	
	月	日	時	°N	°E	飛 機	雷 達	地 面	外 延	衛 星	精 確 度 NM		方 向	速 度 KTS KM/H
高 雄	8	20	22	—	—		✓							
高 雄	8	20	23	20.3	118.3		✓						330	5
高 雄	8	21	00	20.4	118.3		✓						330	6
高 雄	8	21	01	20.4	118.3		✓							
高 雄	8	21	02	20.4	118.3		✓							
高 雄	8	21	03	20.9	119.0		✓							
高 雄	8	21	04	20.9	119.0		✓							
高 雄	8	21	05	21.2	119.3		✓							
高 雄	8	21	06	21.4	119.4		✓						020	40
高 雄	8	21	07	22.0	119.8		✓						040	38
高 雄	8	21	08	22.2	119.7		✓						340	16
高 雄	8	21	09	22.4	119.7		✓						350	13
高 雄	8	21	10	22.6	119.4		✓						290	8
高 雄	8	21	11	22.6	119.1		✓						270	15
高 雄	8	21	12	22.5	118.9		✓						230	10
高 雄	8	21	13	22.3	118.7		✓						230	14
高 雄	8	21	14	22.2	118.6		✓						210	11
高 雄	8	21	1430	—	—		✓							
高 雄	8	21	15	22.1	118.7		✓						(23.1°N, 119.6°E)	
高 雄	8	21	16	22.2	118.8		✓						(23.0°N, 119.3°E)	150
高 雄	8	21	17	22.2	118.8		✓						(22.7°N 118.6°E)	060
高 雄	8	21	18	21.9	118.9		✓							
高 雄	8	21	19	22.0	119.1		✓						160	13
高 雄	8	21	20	22.2	119.5		✓						070	18
高 雄	8	21	21	22.4	119.3		✓						060	22
高 雄	8	21	22	22.0	119.5		✓						340	16
高 雄	8	21	23	22.1	119.8		✓						150	27
高 雄	8	21	23	22.1	119.8		✓						100	18

表 1. C 高雄雷達觀測原始資料

颱風名稱：愛美				(AMY)					編號：7707				
資料來源	時間 Z			中心位置		定位方法、時間、精確度					中心氣壓 mb	移動	
	月	日	時	°N	*E	飛機	雷達	地面	外延	衛星	精確度 NM	方向	速度 KTS KM/H
高雄	8	22	00	22.2	120.0	✓						060	13
高雄	8	22	01	22.3	120.1	✓						030	9
高雄	8	22	02	22.4	120.3	✓						080	16
高雄	8	22	03	22.3	120.3	✓						240	15
高雄	8	22	04	22.1	120.3	✓						140	18
高雄	8	22	05	22.1	120.2	✓							
高雄	8	22	0530	22.1	120.2	✓							
高雄	8	22	06	22.1	120.3	✓						050	6
高雄	8	22	07	—	—	✓							
高雄	8	22	08	23.6	120.1	✓						060	12
高雄	8	22	09	23.6	120.4	✓						080	16
高雄	8	22	10	23.7	120.8	✓						070	18
高雄	8	22	11	24.2	121.1	✓						030	31
高雄	8	22	12	24.7	121.1	✓							

表 2 愛美颱風期間飛機偵察報告及衛星觀測資料表

觀測時間 日時分 (Z)	中心位置		定位方法			地面最大風速 (浬/時)	海平面氣壓 (NM)
	北緯	東經	飛機	衛星	精密度 (NM)		
17. 23. 00	19.9	128.4	✓			3.0	
18. 00. 50	20.2	127.7	✓			3.5	
20. 10. 30	21.2	120.1	✓			3.5	986
20. 23. 06	20.4	117.8		✓			
21. 03. 15	20.1	119.3		✓			
21. 11. 15	22.0	118.9		✓			
21. 15. 57	22.3	119.3		✓			
21. 22. 18	23.2	118.9		✓			
22. 02. 58	23.7	119.8		✓			
22. 15. 40	25.3	121.1		✓			
22. 22. 06	28.6	123.9		✓			
23. 02. 40	30.3	126.8		✓			
23. 11. 39	21.5	127.1		✓			
23. 15. 22	31.8	128.2		✓			

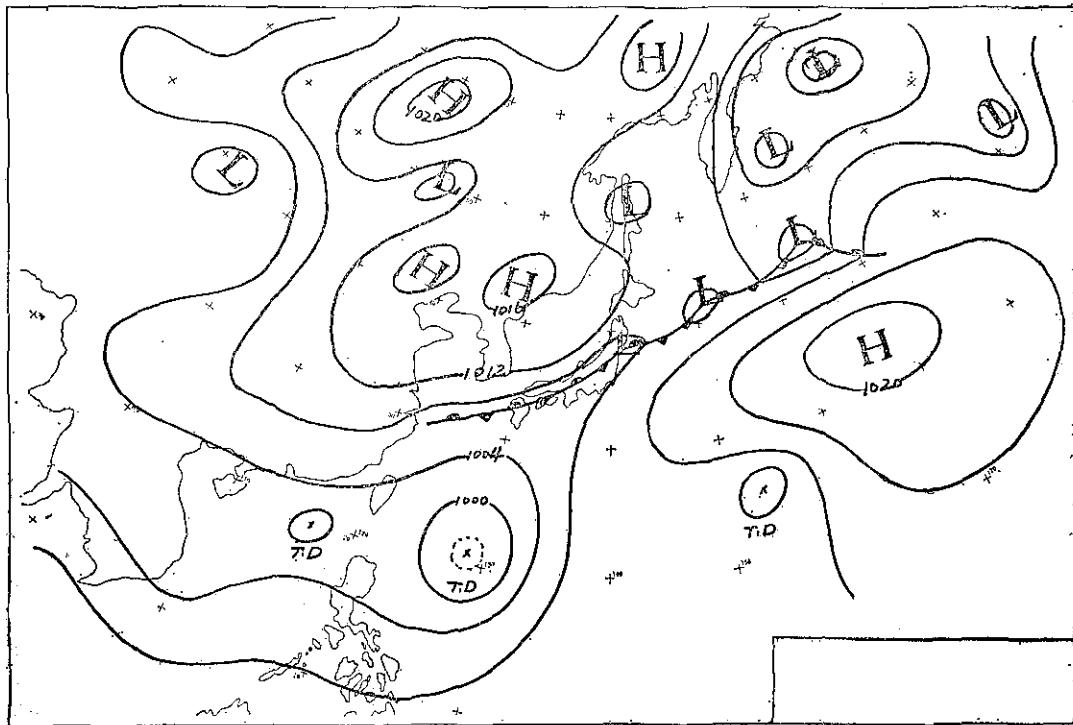


圖 3. 66 年 8 月 18 日 8 時 地面圖

Fig 3. Sea level Synoptic Chart 0000Z, 18th Aug. 1977

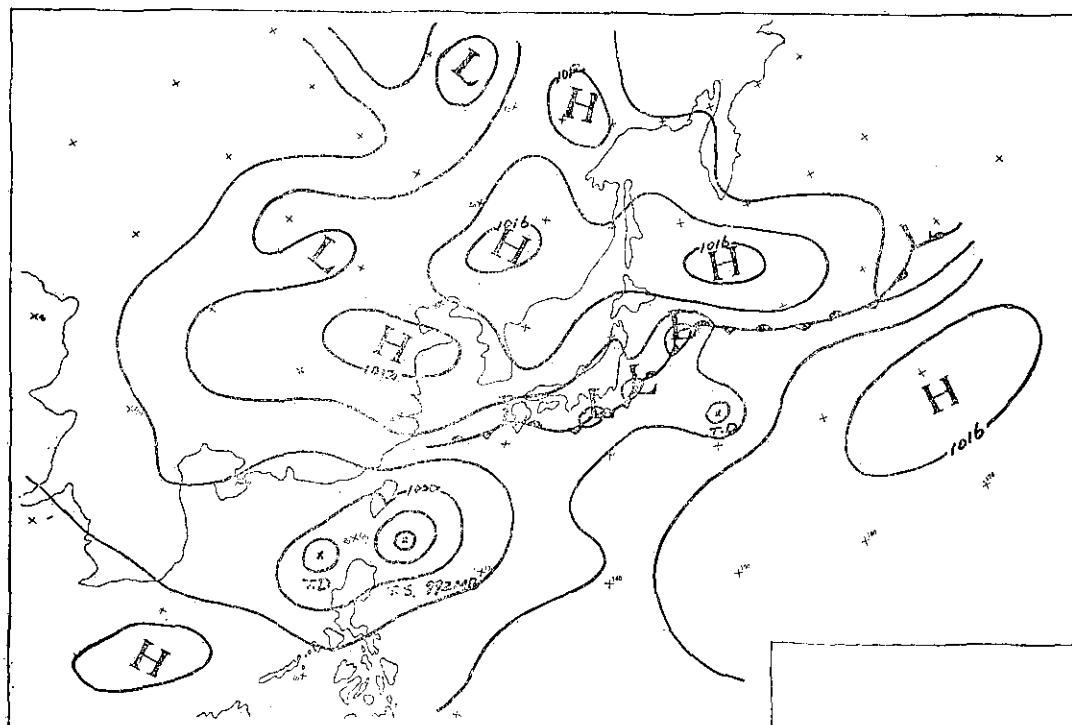


圖 4. 66 年 8 月 19 日 20 時 地面圖

Fig 4. Sea level synoptic chart, 1200Z, 19th Aug. 1977.

迴旋打轉後向東北，於 8 月 22 日 15 時左右其主中心在屏東枋寮附近登陸即告消失，而澎湖附近之副中心迅速發展取代原來的主中心後，於當天 16 時 20 分前後由嘉義附近登陸，（如圖 5 a. b. c.）隨後即沿着中央山脈北移至新竹附近山區，其威力減弱成為熱帶性低氣壓向東北推進，當晚進入臺灣東北部海面。

8 月 23 日 8 時其中心到達北緯 26.5 度，東經 124.0 度，即在東海南部時，威力再度增強為輕度颱風快速繼續向東北進行，當晚 20 時抵達日本九州西方海面，路徑又折向東北東進行，8 月 24 日橫越九州中部進入日本四國南岸後於 8 月 25 日上午威力減弱變成熱帶性低氣壓結束了她六天半的生命史。

三、愛美颱風路徑及強度之討論

(一)愛美颱風發生於一廣大的低壓區內，其生成之緯度亦偏高，以季風低氣壓 (monsoon Low) 姿態出現，外圍雖有超過 30 跡（或每秒 15 公尺）以上之強風出現，但其半徑甚大，而中心極大部份

時間均未顯示有螺旋狀雲帶出現，故始終無法發展至中度以上的強度，且其中心位置亦搖擺不定，在其生命史中曾四度出現副中心，（請參閱圖 6 高雄氣象雷達測定之颱風中心位置圖），對颱風路徑之預報亦為一大考驗，值得由中範圍天氣輒度觀點作深入的研究。

(二)導致愛美颱風在臺灣海峽南部迴旋不去達三天多之時間，此種現象的原因極為複雜，主要原因可能係其外圍之氣旋式環流導引所致。

(三)愛美颱風之特殊路徑，所有客觀報方法均無法使用。

四、愛美颱風侵臺期間各地氣象情況

輕度颱風愛美，雖其中心曾登陸臺灣，但由於威力不強，臺灣各地之風力不大，其中心在臺灣海峽南部打轉時間較長，故各地雨量相當豐富，茲將各項要素分述如下：

(一)氣壓

愛美颱風於 8 月 18 日下午生成後，中心最低氣壓即降至 992 毫巴，而其最低氣壓值維持到 20

日 8 時，從 20 日 14 時起，即開始下降，當天 20 時降至 985 毫巴以後至 22 日 14 時，其中心位置進入臺灣海峽南部打轉期間一直保持此最低氣壓值，俟其主中心登陸消失由副中心代替後，至再度出海進入臺灣北部海面期間稍回升為 990 毫巴，進入東海時再度發展降為 985 毫巴，橫越日本九州之後，即急速回升。其中心最低氣壓演變情況如圖 9。

在愛美颱風侵襲期間臺灣最低氣壓出現在東吉島之 987.6 毫巴，其次為澎湖 988.1 毫巴，嘉義為 988.8 毫巴，其他各地之最低氣壓請參閱表 3 約要表。

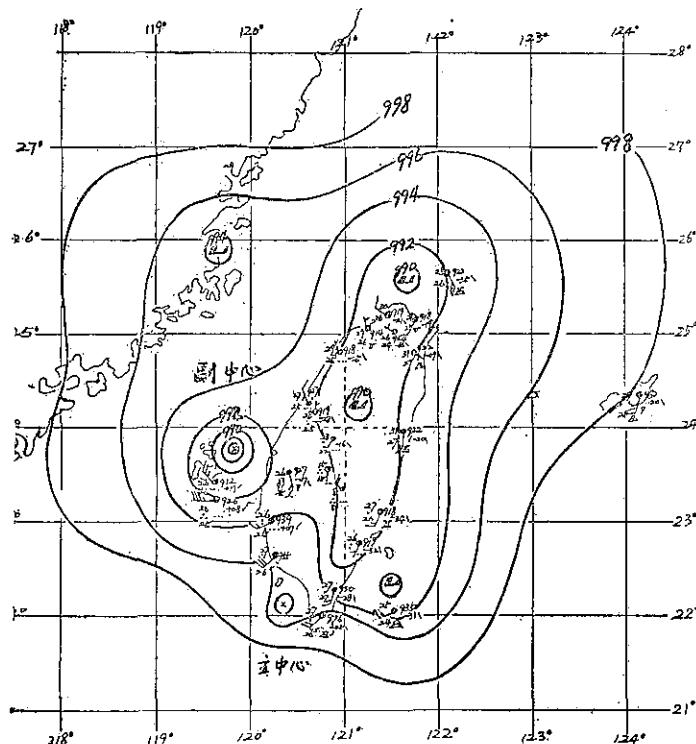


圖 5 a. 民國 66 年 8 月 22 日 14 時 颱風圖

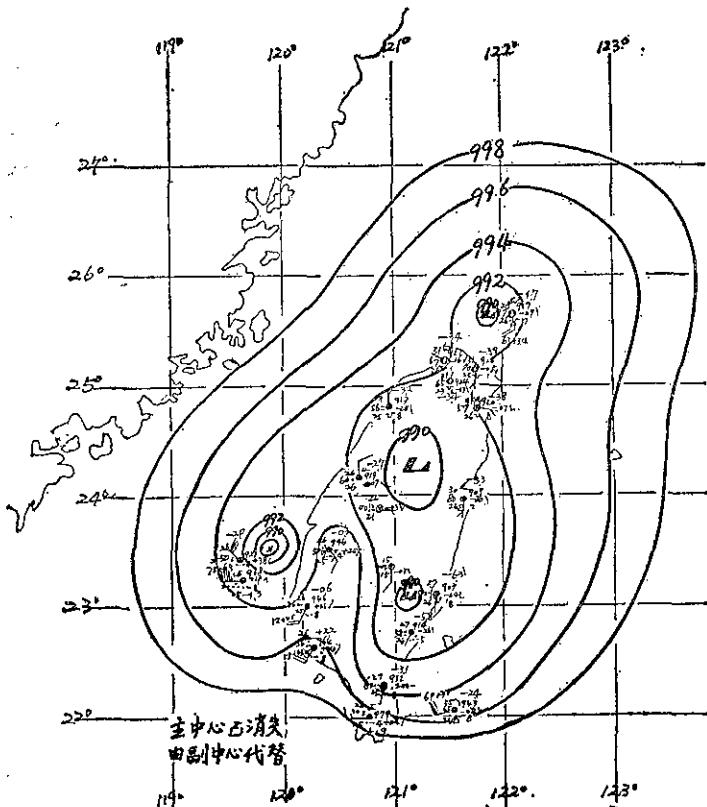


圖 5 b. 民國 66 年 8 月 22 日 15 時 颱風圖

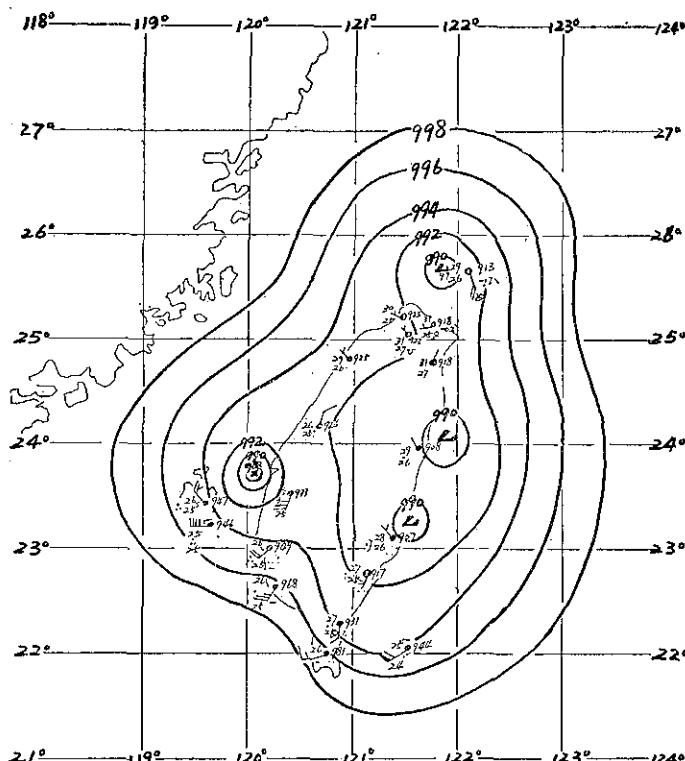


圖 5 c. 民國 66 年 8 月 22 日 16 時 颱風圖

(二)風：

愛美颱風為一輕度颱風，其中心於 23 日 20 時抵達日本九州西方海面時，雖有短暫時間中心最大風速增強為每秒 30 公尺，但其中心在侵臺期間僅有每秒 20 公尺而已，其中心附近最大風速與最低氣壓之變化配合尚佳。如圖 6。

愛美颱風侵襲期間，本局所屬各測站測得之最大風速以蘭嶼之每秒 32.3 公尺為最大，其瞬間最大風速亦達每秒 38.9 公尺，其次為東吉島之每秒 23.0 公尺，瞬間最大風速為每秒 32.0 公尺，彭佳嶼為每秒 21.0 公尺，高雄為每秒 17.5 公尺外，其他各地風速不大，請參閱表 3。

(三)降水：

由於此次颱風侵襲期間，時間上拉長，因此各地雨量亦較多。各地總雨量繪製成等雨量圖如圖 7。等雨量圖上顯示，最多降雨區是在中部山區，即阿里山一帶，次多區為東南部山區及北部山區。

愛美過境期間，本局所屬各測站測得雨量最多者為阿里山之 487.4 公厘及蘭嶼之 443.9 公厘，其次為大武之 266.4 公厘，恒春為 218.2 公厘。一小時內最大降雨量為基隆之 57.2 公厘及嘉義之 49.9 公厘。十分鐘內最大降雨量為基隆之 21.5 公厘，其次為新竹之 19.0 公厘，其餘請參閱表 3 納要表。羅字振執筆。)

表 3. 愛美颱風侵襲期間本局所屬各測站颱風紀錄網要
Table 3. The meteorologies of C. W. B. stations during Typhoon Amy Passage

測 站	最 低 氣 壓		瞬 間 最 大 風 (M/S)						最 大 風 速			強 風 (10m/s)			最 大 降 水 量 (mm)						降 水 總 量	
	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				
彭 佳 嶼	991.3	22. 16. 00	SE	22.2	22. 04. 55	995.0	26.9	90	SE	21.0	22. 05. 00	19. 21. 00~22. 18. 00	18.8	21. 08. 00~21. 09. 00	8.0	21. 00. 00~21. 08. 10	59.8	19. 17. 01~22. 12. 40				
基 隆	991.6	22. 17. 30	NNE	16.6	21. 06. 49	994.8	27.3	95	NNE	9.5	21. 06. 55		57.2	21. 09. 06~21. 10. 06	21.5	21. 09. 20~21. 09. 30	117.9	19. 00. 39~23. 04. 20				
鞍 部	902.4	22. 14. 00							SSE	11.0	22. 01. 00	21. 07. 50~22. 01. 00	18.9	21. 09. 00~21. 10. 00	7.1	21. 09. 50~21. 10. 00	156.0	19. 17. 00~21. 20. 50				
鞍 部	915.0	22. 15. 00																				
水	989.3	22. 14. 10	NE	12.0	20. 15. 32	998.0	28.3	82	WNW	6.7	22. 20. 00		17.9	21. 09. 00~21. 10. 00	7.2	21. 09. 30~21. 09. 40	156.3	19. 17. 00~22. 22. 00				
竹 子 湖	991.2	22. 17. 17							NE	9.0	21. 16. 50		29.0	22. 09. 00~22. 10. 00	7.8	22. 09. 20~22. 09. 30	184.4	19. 17. 00~22. 21. 00				
臺 北	992.3	22. 16. 00	ENE	14.4	20. 15. 54	998.1	29.0	80	ENE	7.7	20. 16. 00		28.0	21. 08. 30~21. 09. 30	9.5	21. 08. 30~21. 08. 40	89.2	19. 14. 00~22. 21. 00				
新 竹	991.6	22. 14. 20	NNE	9.5	21. 09. 20	996.2	25.5	98	NNE	5.7	20. 03. 00		37.0	21. 07. 15~21. 07. 15	19.0	21. 07. 55~21. 08. 05	98.4	19. 17. 45~23. 01. 30				
梧 樓	991.1	22. 13. 30	NNE	20.8	20. 14. 30	996.0	29.5	84	NNE	11.3	20. 20. 00	18. 11. 00~22. 22. 00	37.0	22. 19. 00~22. 20. 00	14.6	22. 19. 20~22. 19. 30	127.3	19. 09. 30~23. 01. 10				
臺 中	991.5	22. 13. 25	W	16.0	22. 19. 28	996.1	24.9	98	N W	6.7	22. 19. 40		42.8	22. 15. 40~22. 16. 40	11.7	22. 16. 00~22. 16. 10	144.2	20. 16. 22~22. 21. 00				
日 月 潭	883.6	22. 17. 53	SW	20.0	22. 21. 40	889.4	20.8	100	SW	8.3	20. 18. 20		38.9	22. 19. 00~22. 20. 00	11.5	22. 19. 25~22. 19. 35	163.2	20. 16. 10~22. 23. 00				
澎 湖	988.1	22. 08. 40	NW	20.5	22. 11. 08	989.3	25.6	92	NW	14.2	22. 15. 00	20. 07. 15~22. 16. 05	24.0	21. 16. 45~21. 17. 45	13.0	21. 17. 03~21. 17. 13	96.5	20. 04. 25~22. 23. 10				
嘉 義	988.8	22. 12. 30	WSW	22.3	22. 16. 40	994.6	25.4	98	WSW	12.7	22. 16. 20	22. 04. 20~22. 19. 50	49.9	22. 17. 10~22. 19. 10	9.0	22. 17. 30~22. 17. 40	176.3	19. 22. 40~22. 21. 00				
阿 里 山		22. 12. 22	SSE	18.3	22. 09. 55		14.0	98	SSE	11.7	22. 09. 10	22. 09. 00~22. 10. 00	56.2	22. 20. 00~22. 21. 00	11.5	22. 20. 45~22. 20. 55	487.4	18. 15. 50~23. 10. 50				
玉 山		22. 12. 30							SW	20.5	22. 10. 20	22. 10. 00~22. 12. 50	31.0	22. 19. 00~22. 20. 00	12.1	22. 19. 10~22. 19. 20	197.4	19. 16. 00~22. 21. 00				
臺 南	990.9	22. 06. 40	WSW	27.2	22. 16. 55	999.9	25.9	96	SSE	14.5	22. 06. 40	22. 03. 00~22. 18. 00	28.8	22. 07. 05~22. 08. 05	9.2	22. 07. 42~22. 07. 52	169.0	19. 16. 05~22. 24. 00				
高 雄	992.8	22. 07. 00	SW	30.0	22. 07. 35	993.4	26.6	91	WSW	17.5	22. 12. 20	21. 15. 10~23. 00. 40	40.0	22. 14. 00~22. 15. 00	13.0	22. 14. 50~22. 15. 00	179.4	19. 17. 40~23. 05. 20				
東 吉 島	987.6	22. 07. 30	WSW	32.0	22. 14. 45	994.0	25.4	97	WSW	22.0	15. 22. 00	19. 10. 50~繼 繢 中	11.0	22. 15. 40~22. 16. 40	5.5	21. 12. 50~21. 13. 00	64.7	19. 21. 40~22. 21. 05				
恒 春	993.9	21. 05. 25	W	18.6	22. 14. 52	995.3	26.2	95	W	12.2	22. 14. 10	22. 13. 00~22. 15. 00	16.7	21. 07. 06~21. 08. 06	6.3	21. 07. 06~21. 07. 16	218.2	18. 22. 48~22. 23. 00				
蘭 嶼	993.4	22. 13. 53	W	38.9	22. 16. 35	994.5	25.2	91	W	32.3	22. 16. 30	19. 19. 30~繼 繢 中	44.7	18. 21. 50~18. 22. 50	12.1	18. 22. 00~18. 22. 10	443.9	18. 20. 05~22. 12. 00				
大 武	992.4	22. 15. 55	SSW	12.8	22. 12. 31	993.1	26.5	89	SSE	10.7	21. 20. 30	20. 14. 40~22. 20. 10	29.5	21. 07. 50~21. 08. 50	11.6	21. 08. 00~21. 08. 10	266.4	19. 18. 35~22. 23. 00				
臺 東	991.4	22. 15. 00	SSW	16.5	22. 11. 15	995.2	28.0	85	SSW	8.8	22. 21. 40		25.0	21. 00. 00~21. 01. 00	9.5	21. 00. 10~21. 00. 20	178.0	19. 01. 15~23. 03. 02				
新 港	990.5	22. 16. 13	SSW	22.8	21. 23. 47	996.2	26.8	95	SSW	14.0	21. 23. 55	19. 23. 10~22. 13. 00	24.7	21. 01. 30~21. 02. 30	9.5	21. 02. 04~21. 02. 14	131.5	18. 21. 48~22. 22. 50				
花 莲	990.5	22. 16. 15	NNE	16.7	20. 15. 00	997.1	27.8	93	NNE	9.2	20. 15. 00		21.0	20. 14. 00~20. 15. 00	7.4	20. 14. 40~20. 14. 50	80.5	19. 08. 42~23. 02. 15				
宜 蘭	991.1	22. 17. 00	NE	9.7	20. 13. 59	998.7	28.3	86	NE	6.8	20. 14. 00		14.6	21. 07. 00~21. 08. 00	9.6	21. 07. 09~21. 07. 19	90.1	19. 16. 03~23. 03. 05				

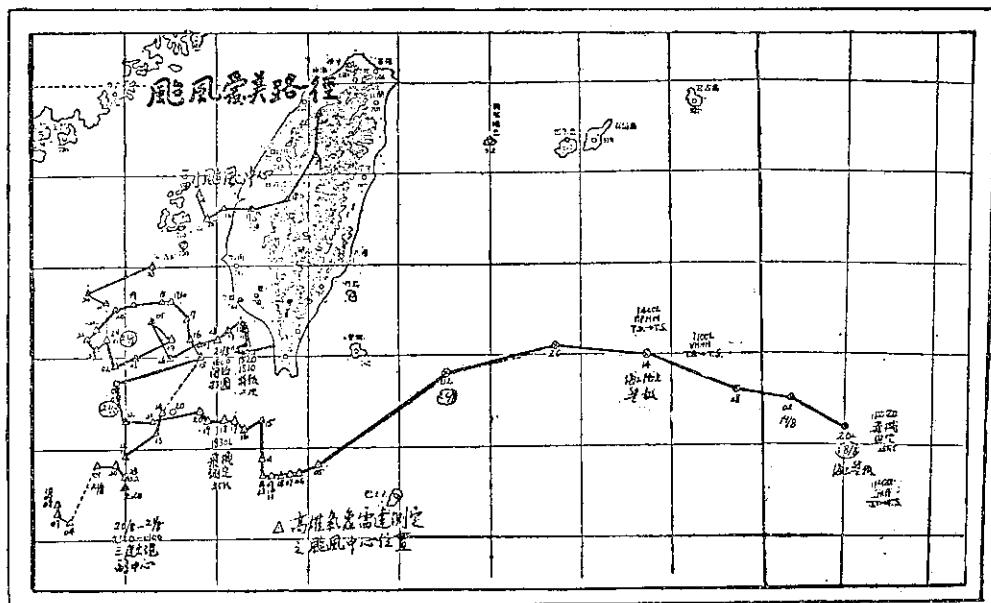


圖 6. 高雄氣象雷達測定之愛美颱風中心位置圖

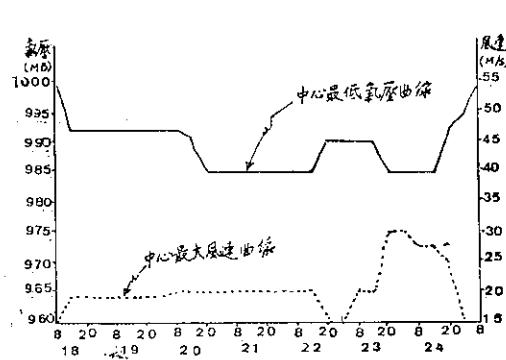


圖 7. 愛美颱風中心氣壓及中心最大風速演變圖

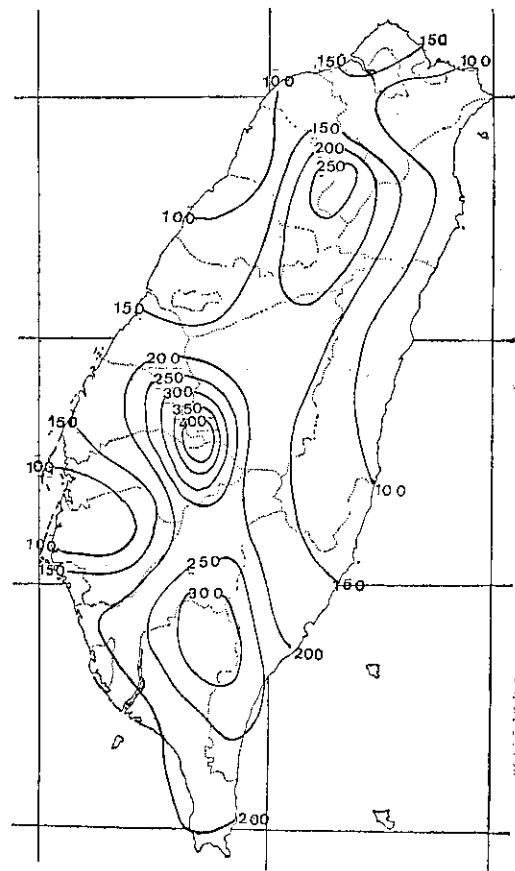


圖 8. 愛美颱風經過期間臺灣之雨量分布圖

Fig. 8. The rainfall distribution of Taiwan during Typhoon's Amy's Passage.

(19~22. August. 1977)

氣象學報徵稿簡則

- 一、本刊以促進氣象學術之研究為目的，凡有關氣象理論之分析，應用問題之探討，不論創作或譯述均所歡迎。
- 二、本刊文字務求簡明，文體以白話或淺近文言為主體，每篇以五千字為佳，如長篇巨著內容特佳者亦所歡迎。
- 三、稿件請註明作者真實姓名、住址及服務機關，但發表時得用筆名。
- 四、譯稿請附原文，如確有困難亦請註明作者姓名暨原文出版年月及地點。
- 五、稿中引用文獻請註明作者姓名、書名、頁數及出版年月。
- 六、惠稿請用稿紙繪寫清楚，並加標點。如屬創作論著稿，請附撰英文或法、德、西文摘要。
- 七、本刊對來稿有刪改權，如作者不願刪改時請聲明。
- 八、惠稿如有附圖務請用墨筆描繪，以便製版。
- 九、來稿無論刊登與否概不退還，如須退還者請預先聲明，並附足額退稿郵資。
- 十、來稿一經刊登、當致薄酬，並贈送本刊及抽印本各若干冊。
- 十一、惠稿文責自負，詳細規定請據本學報補充稿約辦理。
- 十二、惠稿請寄臺北市公園路六十四號中央氣象局氣象學報社收。

(請參閱補充稿約)

保 密 防 諜 ·

人 人 有 責 ·

匪 諜 自 首 ·

既 往 不 究 ·

民國六十六年北太平洋西部颱風概述

A Brief Report on Typhoons in the Northwest Pacific in 1977

ABSTRACT

There were 19 tropical storms occurring in the northwest Pacific in 1977, but only 11 of them reached typhoon intensity. Statistics indicate that the annual average number of tropical storms for the past 30 years is 27.5, but 17.7 of them reached typhoon intensity. In comparing the annual average with this year, we discover that the number of tropical storms in this year was lower, the difference being 8.5. The number of typhoons intensity in this year was also lower, the difference being 6.7. We conclude that the activity typhoon in this year was weaker than the normal.

The distribution of typhoon tracks in the northwest Pacific was very even in 1977, but the particular tracks were getting worse. They can be roughly classified into 4 categories; i.e., 6 westward or northward, 5 in each of the special and the northward, and 3 in parabola.

Three typhoons which are numbered as 4 (Thelma), 5 (Vera), and 7 (Amy) landed and or invaded Taiwan. Thelma and Vera causep very serious damages.

一、總論

(一)本年內颱風發生之次數與侵臺之次數：

民國六十六年（以下簡稱本年）在北太平洋發生颱風共有 19 次，其中屬輕度颱風（即中心附近最大風速在每秒 17.2 至 32.6 公尺或每小時 34 至 63 莉）者共有 8 次，佔總數之 42%，屬於中度颱風（即中心附近最大風速每秒 32.7 至 50.9 公尺或每小時 64 至 99 莉）者共有 7 次，佔總數之 37%，屬於強烈颱風（即中心附近最大風速在每秒 51 公尺以上或每小時 100 莉以上）者共有 4 次，佔總數之 21%。

此 19 次颱風中，由於逼近臺灣陸上或臺灣海面，預測有侵襲之可能而由本局發布颱風警報者有 8 次，其中 12 號颱風芙瑞達 (Frede) 颱風僅發布海上警報，其餘 7 次則發布海上陸上颱風警報，即 6 月份之 2 號颱風魯絲 (Ruth)，7 月份之 4 號颱風賽洛瑪 (Thelma)，5 號颱風薇拉 (Vera)，8 月份的 7 號颱風愛美 (Amy) 及 9 月份之 8 號颱風賓佩 (Babe) 及 10 號颱風黛納 (Dinah)。其中 2 號颱風魯絲 (Ruth) 於 6 月 14 日下午在呂宋島西方海面，即東沙島南方海面發展成颱風後即

向北進行，於 16 日進入臺灣海峽，並於 17 日由馬祖附近進入大陸後消失。及 9 月份之 8 號颱風賓佩 (Bable) 於 9 月 5 日晚間，中心抵達菲島東方海面時，轉向北北西運行。6 日上午其威力增強成為中度颱風，繼續向北北西進行，7 日晚，其威力又發展形成強烈颱風。此颱風中心 8 日晚間接近琉球海面時、轉向北至北北東進行、9 日通過琉球那霸島附近，並於 10 日清晨進入日本九州西南方海後，其進行方向折為西北西，進入東海。賓佩終於 11 日清晨進入大陸侵襲上海一帶後，威力即減弱為輕度颱風，並於 12 日消失在長江下游。及 10 號颱風黛納 (Dinah) 於 9 月 15 日上午在琉球南方海面發展成颱風後向西南西運行，並於 16 日通過呂宋北部進入南海稍呈滯留後，於 18 日轉向東北進行，至 20 日上午抵達臺灣西南方海面後，再度轉向西南遠離臺灣附近海面，故本局對此颱風曾解除警報後再次發布警報。本局對上述兩次颱風發布海上陸上颱風警報，但幸而未造成災害。實際侵襲登陸者，計有 4 號颱風賽洛瑪 (Thelma)，5 號颱風薇拉 (Vera) 及 7 號颱風愛美 (Amy) 等 3 次颱風。

本年全年颱風發生總數與 1969 年同為 19 次，為過去 30 年來，出現次數最少之一年，約平均發

表 1. 民國六十六年侵臺颱風綱要表
Table 1. The Summary of Typhoon Which invaded Taiwan in 1977.

颱 風 名 稱	賽 洛 瑪 (Thelma)	薇 拉 (Vera)	愛 美 (Amy)
侵 臺 之 日 期	7 月 25 日	7 月 31 日	8 月 22 日
本省測得之最低氣壓 (mb)	954.8 (高雄)	939.9 (基隆)	987.6 (東吉島)
本省測得之10分鐘最大風速 (m/s)	29.0 (高雄)	33.3 (基隆)	32.3 (蘭嶼)
本省測得之瞬間最大風速 (m/s)	53.0 (高雄)	56.5 (基隆)	38.9 (蘭嶼)
本省測得之最大總雨量 (mm)	682.8 (新竹)	515.3 (石門)	487.4 (阿里山)
進 行 方 向	WMW→NW→N→ NNE→N→NNW	SW→NW→ SW→WNW	SW→NW→NE
進 行 速 度 (km/har)	16~30	15	16
通 過 地 點	臺灣南部	臺灣北部	臺灣南部
登 陸 地 點	高 雄	基 隆	東 港、嘉 義

生次數的三分之二，而接近臺灣，由本局發布警報者，佔總發生次數之42%強，可說發生次數雖少，但影響臺灣次數却相當多的一年。

第一次登陸侵臺者為 4 號颱風賽洛瑪 (Thelma)，於 7 月 21 日發生在菲島東方海面後，即順着太平洋副熱帶高氣壓邊緣穩定地向西北西至西北進行，至 7 月 24 日晚間進入臺灣海峽南部後，則轉向北至北北東進行，於 25 日上午 9 時 10 分左右由高雄附近登陸，沿着中央山脈西側北上，威力減弱為輕度颱風，於當天下午兩點由臺中港附近出海，進入臺灣海峽轉向北北西移動，當晚 8 點鐘由福建省平潭附近進入大陸，造成了臺灣南部地區數十年來最嚴重的災害。

第二次侵臺者為 5 號颱風薇拉 (Vera) 於賽洛瑪颱風侵臺進入大陸之後，則在琉球東方南大東島附近海面上醞釀，於 7 月 28 日發展形成颱風之後，則向西南進行威力繼續增強，於 30 日下午威力增強為強烈颱風，隨着轉向西北進行，於 31 日 17 時 30 分由基隆附近登陸，此後即沿着基隆河谷折向西南移動，於當晚 9 時 30 分由桃園與新竹之間出海進入臺灣海峽。8 月 1 日 2 時威力減弱為中度颱風繼續向西進行，於當天 8 時威力再減弱變為輕度颱風後，於 10 時前後由金門東北方進入大陸後，變為熱帶性低氣壓。此颱風過境時，對臺灣北部地區造成了相當嚴重的災害。

第三次侵臺者為 7 號颱風愛美 (Amy)，於 8 月 18 日在琉球南方海面發生後，向西北至西北西緩慢運行，至 19 日晚間中心抵達琉球石垣島南方海面時，轉向西南進行，於 20 日上午中心進抵巴

士海峽時，進行方向又轉為西北，進抵臺灣海峽南部時，其進行方向再度呈現不規則，並打轉後，即向東北進行，中心接近臺灣南部陸地時，威力減弱消失在屏東枋寮附近，同時另一副中心在馬公附近發展取代愛美後，向東北進行，通過臺灣中部，其威力又減弱為熱帶性低氣壓由臺灣東北部出海，於 23 日上午進入東海後威力再度增強成為輕度颱風，繼續向東北進行，於 24 日通過日本九州後，並於 25 日在日本九州南岸消失。此颱風中心雖然登陸臺灣，但由於其威力甚弱，對臺灣沒有構成災害。茲將侵臺颱風作成綱要表，如表 1 所示。

(二) 本年內颱風發生之月份分配：

本年內發生 19 次颱風，其各月份分配及其佔總數之百分比。如圖 1 所示，由此圖中顯示，1、2、4、5 等 4 個月份颱風發生次數為零，3、6、11 等 3 個月份各發生 1 次，各佔總數百分之五，8 及 12 月份各發生兩次，各佔總數百分之十一，7 月份發生 3 次，佔總數百分之十六，10 月份發生 4 次，佔總數百分之二十一，9 月份發生 5 次，為本年發生次數最多的月份，佔總數百分之二十六。

圖 2 為本年內各月份颱風發生次數與過去 30 年 (1947~1976 年) 平均數之比較，由圖可看出本年 3、9、12 等 3 個月份較過去 30 年平均發生數值為多外，其他各月均未達到過去 30 年發生平均數值。

本年內所發生颱風達中度以上強度者有 7 月份之 3 號颱風莎拉，4 號颱風賽洛瑪及 5 號颱風薇拉，9 月之 8 號颱風寶佩及 10 號颱風黛納，10 月

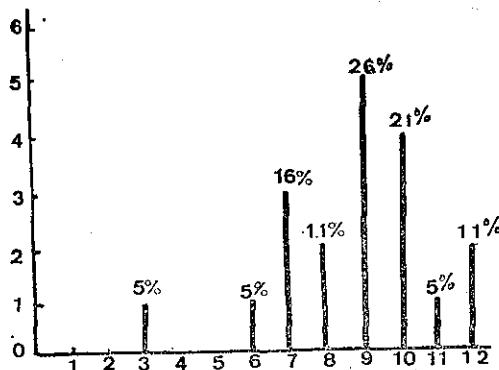


圖 1. 民國六十六年北太平洋西部及南海地區所發生颱風之逐月分配及其百分率

Fig 1. Monthly distribution of the frequency of occurrence of tropical Cyclones in the Western North Pacific and South China Sea in 1977.

之 13 號颱風吉達，15 號颱風艾蕊及 16 號颱風恩，11 月之 17 號颱風開梅，12 月之 18 號颱風露西及 19 號颱風瑪麗等共有 11 次颱風，其餘 8 次僅達輕度颱風，即 3 月之 1 號颱風白西，6 月之 2 號颱風魯絲，8 月之 6 號颱風萬達及 7 號颱風愛美，9 月有 9 號颱風卡拉，11 號颱風鶯瑪及 12 號颱風芙瑞達，10 月有 14 號颱風哈莉等颱風。

茲將本年內各月在北太平洋出現的颱風與過去 30 年的情況作一比較，如表 2 所示。

日本年內颱風發生地點及強度：

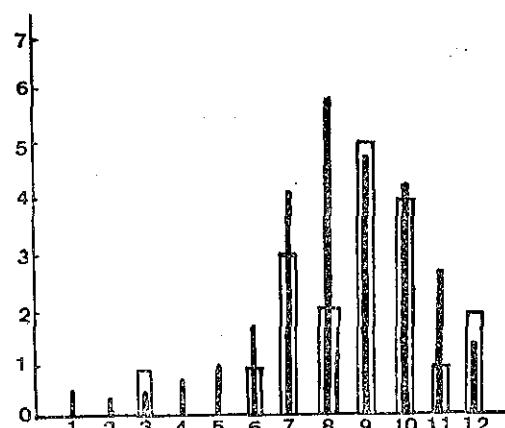


圖 2. 過去 30 年與今年各月發生颱風次數之比較

Fig 2. The Comparison of typhoon monthly occurrence Wethin Western North Pacific Ocean and South China sea in 1977, with the averages since 1977.

本年內颱風發生的地點，在菲律賓附近海面上有 6 次，佔總數之 32 %弱，較為集中外，其他地區甚為分散而平衡，即加羅林羣島 (Caroline Islands) 海面上有 3 次，馬利安納羣島 (Marianas) 海面上有 2 次，馬歇爾羣島 (Marshall Islands) 海面上有 2 次，南鳥島 (Minami Torishima) 南方海面上有 2 次，中國南海上有 2 次，硫磺島附近海面及琉球東方海面上各 1 次。其分布情形請參閱圖 3。

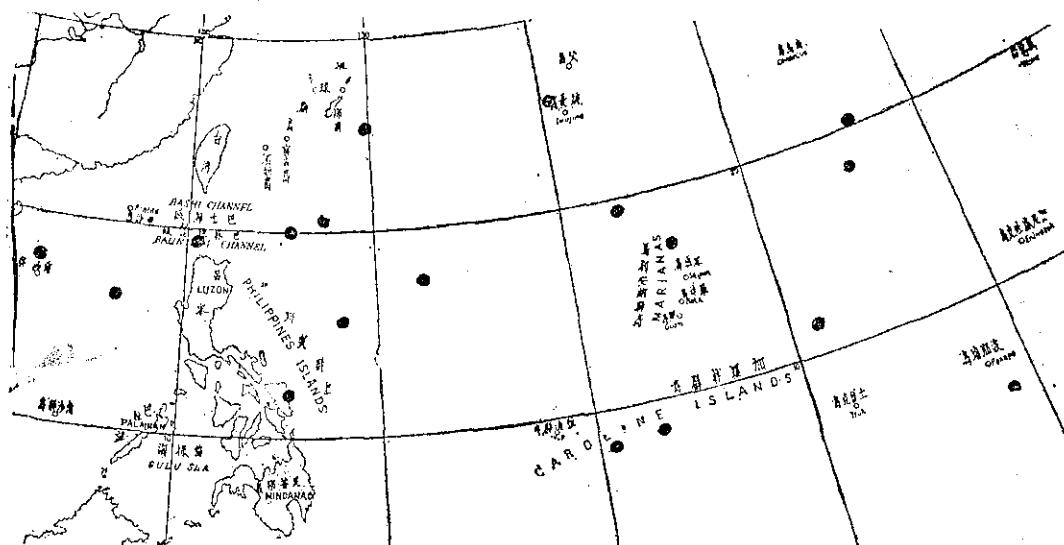


圖 3. 民國 66 年北太平洋西部及南海地區颱風初生地點之分布

Fig 3. The position of tropical storm first appeared on synoptic chart in 1977.

表 2. 1947 來北太平洋西部各月颱風次數統計表
Table 2. The Summary of typhoon occurrence in Western North Pacific since 1947.

年 份 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																																
1947	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	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	2	2	0	3	1	0	4	1	0	8	2	0	6	4	2	1	0	4	2	1	0	2	1	0	36	14	3					
1949	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0	6	2	1	3	2	1	4	1	1	0	4	2	1	0	0	2	1	0	44	11	4				
1950	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	1	1	5	1	0	0	3	2	1	3	1	0	4	1	1	0	0	2	1	0	44	13	3					
1951	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2	1	0	1	0	1	0	3	1	0	2	1	0	3	1	1	0	4	1	1	0	2	1	0	21	13	3					
1952	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	3	1	1	6	5	0	3	3	2	4	3	0	2	2	0	27	20	5					
1953	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	1	1	1	1	6	4	0	3	1	0	1	1	0	0	0	23	16	5						
1954	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	2	0	0	5	5	1	1	4	3	0	3	3	2	0	1	0	0	21	16	4					
1955	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	7	5	3	1	3	3	0	3	2	0	1	1	0	0	0	0	0	28	19	1					
1956	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	1	1	0	0	0	2	2	0	5	4	1	1	0	0	5	**	5	0	0	0	0	0	0	0	24	20	5			
1957	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	4	2	0	5	5	1	4	3	0	3	3	2	0	0	0	0	22	13	2		
1958	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	1	1	6	4	3	1	1	4	3	0	2	2	1	0	0	0	0	31	21	3				
1959	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	3	3	2	1	9	8	3	4	0	0	4	4	0	1	1	0	0	23	16	7					
1960	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	3	3	2	1	3	3	2	0	4	4	0	1	1	0	0	0	0	27	21	6					
1961	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	3	2	1	3	1	0	5	3	2	0	2	4	3	0	1	1	0	0	29	20	6						
1962	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	2	0	0	0	0	5	3	1	8	8	2	3	2	1	5	4	1	0	0	29	24	5					
1963	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	4	3	0	4	6	3	0	5	4	1	4	3	0	0	0	0	0	24	19	2					
1964	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	7	4	3	0	7	5	0	6	3	0	0	0	1	0	37	25	0					
1965	2	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	2	1	3	2	1	0	7	4	1	6	3	0	0	0	1	0	34	18	3					
1966	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2	2	0	1	1	0	5	3	0	8	6	1	7	4	2	3	0	0	0	30	20	4			
1967	1	0	0	0	0	0	0	2	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	6	2	1	8	4	1	7	4	0	4	3	1	3	0	0	0	35	22	4			
1968	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	3	5	1	0	6	2	6	5	0	4	4	1	0	0	0	0	27	23	3			
1969	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	2	1	0	3	3	0	1	3	1	3	0	1	2	1	0	0	0	0	19	15	4				
1970	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	3	0	0	6	4	0	5	2	1	5	4	1	3	0	0	0	25	13	1			
1971	1	0	0	0	0	0	1	0	0	3	3	0	4	1	0	0	2	2	0	8	6	0	4	3	0	6	5	2	4	3	0	2	1	0	0	35	24	4			
1972	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3	1	0	5	3	1	5	4	0	5	4	0	2	2	0	3	2	0	0	33	23	1
1973	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	4	2	0	2	2	0	4	3	1	3	0	0	0	0	0	21	12	2			
1974	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	5	2	1	5	2	0	5	3	1	4	4	1	2	0	0	0	32	15.0	3.0			
1975	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	5	4	1	5	3	2	0	0	0	0	0	0	0	20	14	3			
1976	1	1	0	1	0	0	0	0	0	2	2	0	2	2	0	0	2	2	0	4	0	0	4	1	1	0	1	1	0	0	2	0	0	0	0	25	16	1			
總 數	16	7	0	8	2	0	12	4	0	24	17	2	33	25	3	50	34	7	124	104	16	175	103	25	143	100	28	130	90	11	79	54	7	42	21	0	825	530	101		
平均	0.5	0.2	0	0.3	0.1	0	0.4	0.1	0	0.8	0.6	0.1	1.1	0.8	0.1	1.7	1.1	0.2	4.1	3.5	0.5	5.8	3.4	0.8	4.8	3.3	0.9	4.3	3.0	0.4	26	1.8	0.2	1.4	0.7	0	27.5	17.7	3.4		
1977	0	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		

註：I. 為輕度級及以上之颱風次數（亦即包含「熱帶風暴」在內，中心最大風速在每秒 17 公尺級以上者）。

II. 為中度級及以上之颱風次數（亦即正式達於颱風強度，中心最大風速在每秒 32 公尺級以上者）。

III. 為颱風（包括輕度）侵襲之次數（中心登陸或風暴侵襲臺灣而有災難者）。

* 此 18 次均為小型之輕度颱風，為時短暫。其中有名稱者僅 4 次，此 4 次可能抵達颱風強度。惟根據美軍之統計資料（參閱 U. S. Asian. Military weather Symposium, 1960）該月正式達颱風強度者 2 次，故此為據。詳細情形可參閱本專題報告第 85 號。

** 過去本局為 4 次，今考據美軍資料（同上）及颱風名稱英文字母次序更正為 5 次。

以範圍而言，東西向約自東經 179 度至東經 112 度，佔 67 度之寬，較去年（44 度）為寬 23 度及前年（52.5 度）為寬約 15 度。南北向即自約北緯 5 度至北緯 25.4 度，佔約 21 度之寬，較去年 17 度為寬約 4 度，較前年 29.7 度為狹窄約 9 度。

本年颱風初生地點最靠東方者為 12 月份之 19 號颱風瑪麗，即東經 179 度。最西者為 9 月份之 9 號颱風卡拉，即東經 112 度。最北者為 7 月份之 5 號颱風薇拉，即北緯 25.4 度，最南者為 1 月份之 1 號颱風白西，即在北緯 5.3 度。

本年內出現的颱風以 9 月份之 8 號颱風寶佩為最強，中心附近最大風速達每秒 65 公尺，最低氣壓即為 910 毫巴，7 級風（30 涅/時）半徑為 400 公里，10 級風（50 涅/時）半徑為 200 公里，其次為 11 月份之 17 號颱風開梅，中心最低氣壓 920 毫巴，中心最大風速為每秒 60 公尺，7 級風半徑為 400 公里，10 級風半徑為 200 公里，另於 12 月份發生之 18 號颱風露西的中心最低氣壓為 920 毫巴，中心附近最大風速為每秒 55 公尺，以上三次颱風為本年內較強的颱風。以生命史之久暫而言，

維持熱帶風暴（即輕度颱風）及以上強度最久者，以 12 月份之 19 號颱風瑪麗為最長，其生命史達 13 天之久，而最短者為 9 月份之 9 號颱風卡拉，僅維持 30 小時而已。

四、本年內颱風路徑型式及轉向點：

如表 3 顯示，本年內之颱風路徑分配得相當平均，但異常路徑亦特別多，即向西至西北進行者有 6 次，異常路徑及北上颱風各有 5 次，向西北轉向北北西再轉為北、東北，即呈拋物線型者有 3 次。

屬 5 次異常路徑者，即第一次為 7 月份之 4 號颱風寶洛瑪，於發生後則穩定地向西北西轉西北、北、北北東、北最後再轉為北北西進行，即呈倒 S 字母的型狀進行。第二次仍為 7 月份之 5 號颱風薇拉，由西南轉為西北，西南再轉為西北西進行，即呈 V 字型。第三次是 8 月份之 7 號颱風愛美，發生於一廣大的低壓區內，以季風低壓（Monsoon Low）姿態出現後，向西北西進行，接近臺灣東南東方海面時，路徑折向西南迅速進入巴士海峽，再度轉為西北西緩慢進行，進入臺灣海峽南部打轉迴旋達三天之久後始向東北進行，呈現極不規則路

表 3. 本年內颱風路徑型式及轉向點一覽表

Table 3. A list of typhoon track and recurvature point in 1977.

月份	颱風數	颱風名稱	颱風進行方向	型式及符號	轉向點 (北緯)
3	7701	白西 (PATSY)	西北西	西至西北進	
6	7702	魯絲 (RUTH)	北	北上	13°
7	7703	莎拉 (SARAH)	西北西	西至西北進	
7	7704	寶洛瑪 (THELMA)	西北西→西北→北→北北東→北→北北西	異常路徑 (倒 S 型)	21°
7	7705	薇拉 (VERA)	西南→西北→西北西	異常路徑 (V 型)	
8	7706	萬達 (WANDA)	北→東北	北上	25°
8	7707	愛美 (AMY)	西北西→西南→西北西→東北	異常路徑 (L 型)	
9	7708	寶佩 (BABE)	西北西→北北西→北→西北西	異常路徑 (倒 S 型)	12°
9	7709	卡拉 (CARLA)	西	西進	
9	7710	黛拉 (DINAH)	西南西→東北東→西南	異常路徑 (斜 N 型)	18°
9	7711	鶯瑪 (EMMA)	北→東北	北上	19°
9	7712	芙瑞達 (FREDA)	西北西	西至西北進	
10	7713	吉達 (GILDA)	西北→北→東北	拋物線	25°
10	7714	哈莉 (HARRIET)	北→北北東	北上	19°
10	7715	艾蘋 (IVY)	北北東	北上	18°
10	7716	琴恩 (JEAN)	北→西北西	西至西北西進	21°
11	7717	開梅 (KIM)	西→北→東北	拋物線	16
12	7718	露西 (LUCY)	西北→北→東北東	拋物線	14°
12	7719	瑪麗 (MARY)	西	西進	

徑。第四次是 9 月份之 8 號颱風寶佩，由西北西轉為北北西，北後再轉為西北西進行，呈倒 S 型進行。第五次為 9 月份之 10 號颱風黛納，發生當初向西南西運行，以後轉為東北東再轉向西南進行，即呈斜 N 型進行。

本年颱風轉向點與去年極相似，普遍偏南，即在北緯 20 度以南轉向者有 8 次，而在北緯 20 度至 25 度之間者僅有 4 次，其轉向點最高者為 8 月份之 6 號颱風萬達及 10 月份之 13 號颱風吉達，共約為在北緯度 25 左右。最低者為 9 月份之 8 號颱風寶佩，約在北緯 12 度左右。

二、各月颱風概述

本年內共發生 19 次颱風，其中強度達中度以上之颱風有 11 次，其餘 8 次為輕度颱風，茲將各月颱風的活動情況分述如下：

(一) 三月：本年 1 ~ 2 月份，由於太平洋副熱帶高壓的位置普遍偏南，籠罩整個北太平洋西部低緯度地區，因此未曾發生颱風，寧靜至 3 月下旬，即 27 日在加羅林羣島東部波那培島 (Ponape) 附近海面醞釀了熱帶性低氣壓，於 28 日上午 8 時中心抵達北緯 5.3 度，東經 158.9 度時，發展為中心附近最大風速每秒 25 公尺，中心最低氣壓 990 毫巴之輕度颱風，經命名為白西 (Patsy) 即為本年第 1 號颱風向西北西進行，30 日下午其中心抵達土魯克島 (Truk) 北方海面時，威力減弱為熱帶性低氣壓，結束了它整整兩天的生命史。本月份之颱風路徑圖如圖 4。

(二) 六月：從 3 月 30 日第 1 號颱風白西消失後，在北太平洋地區又寧靜了將近有兩個半月之

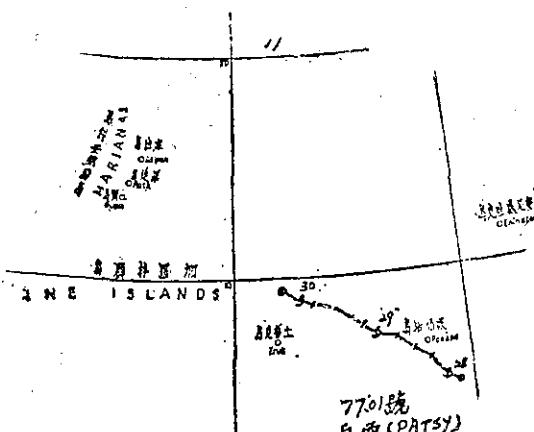


圖 4. 民國 66 年 3 月份颱風路徑圖

Fig 4. Typhoon tracks in march, 1977.

久，至 6 月 13 日在南海東南部，即呂宋島西南方海面上，始發現了熱帶性低氣壓，於 14 日下午其中心抵達北緯 16.5 度，東經 116.5 度時，威力增強為輕度颱風，即本年第 2 號颱風，命名為魯絲 (Ruth)，當時其中心氣壓為 992 毫巴，中心附近最大風速為每秒 18 公尺向北進行，15 日下午其中心進抵北緯 19.5 度，東經 117.1 度，即在東沙島南方海面時，中心氣壓加深為 980 毫巴，中心附近最大風速亦增強到每秒 30 公尺繼續向北，有轉向北北東至東北趨勢，將對臺灣構成威脅的局面，故本局於 15 日 16 時 30 分發布本年第 1 次第 1 號海上颱風警報，呼籲海上航行船隻戒備，至當晚 8 時此颱風中心到達東沙島東南東方海面，即在北緯 20.2 度，東經 117.5 度繼續向北偏北東進行，幾將影響臺灣南部地區及澎湖地區，本局則發布海上陸上颱風警報，此颱風中心自 16 日上午 7 時起即進入高雄氣象雷達涵蓋範圍內，由高雄氣象雷達逐時觀測顯示，此颱風一直向北至北北東進入臺灣海峽，於 17 日 2 時中心抵達馬祖南面西方海面時，威力稍減弱至最大風速每秒 20 公尺，暴風半徑隨之縮小，已對本省陸地無影響，本局則發布解除海上颱風警報，至當天 8 時其中心由馬祖附近進入大陸，併入鋒面系統，結束了為期兩天又 12 小時的生命史。魯絲颱風進入臺灣海峽期間，由於其暴風半徑縮小，而威力不強，除了給東南部地區帶來較多雨量外，幸好未造成災害。圖 5 為 6 月份之颱風路徑圖。

(三) 七月：自第 2 號颱風魯絲於 6 月 17 日消失後，北太平洋西部又平靜了約有 1 個月的時間，至 7 月中旬以後颱風之活動開始活躍化，即不到半個月內就有 3 次颱風誕生，並於一星期內有一南一北兩次颱風登陸侵臺，造成了甚嚴重的災害。本局曾對此兩次颱風發布海上陸上颱風警報。

茲將本月份各次颱風概述如下：

16 日在菲島東方海面上，即太平洋副熱帶高壓南側醞釀着一熱帶性低氣壓，此熱帶性低氣壓於 17 日上午 8 時，抵達菲島中部，即北緯 12.0 度，東經 125.5 度時，發展形成輕度颱風，即為本年第 3 號颱風莎拉 (Sarah)，向西北西進行，橫越掃過菲島後進入南海，此颱風於 20 日上午進抵西沙島北方海面時，威力增強為中度颱風，繼續向西北西進行，其中心於當晚由海南島東部登陸後威力減弱為輕度颱風，並於 21 日上午通過東京灣進入北

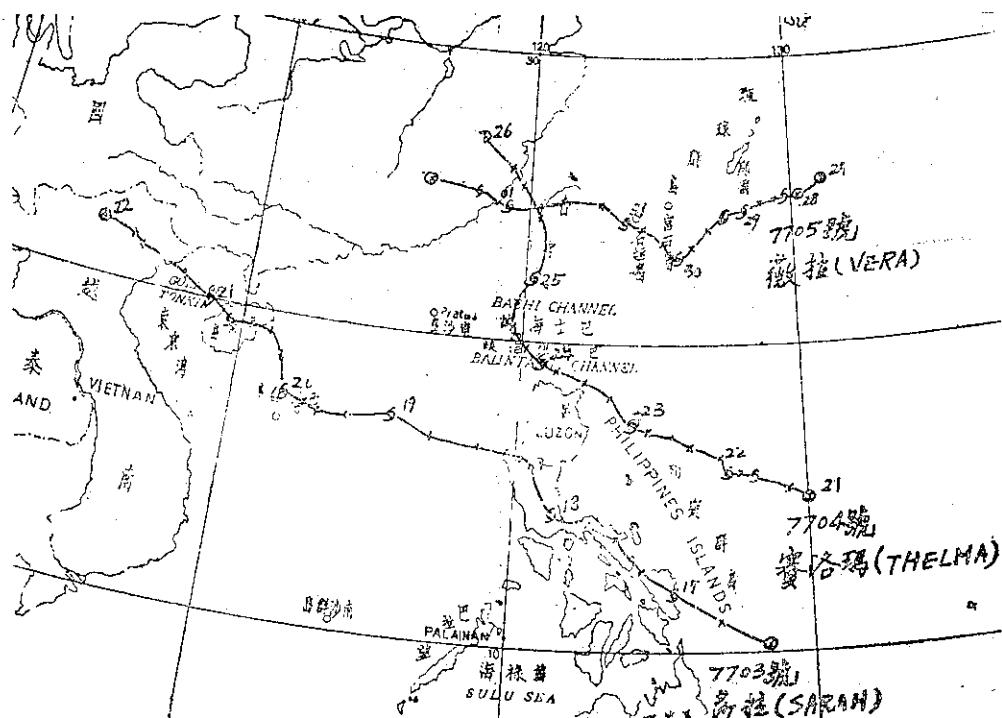


圖 6. 民國 66 年 7 月份颱風路徑圖

Fig 6. Typhoon tracks in July, 1977.

茲將本月份之颱風概述如下：

當本年第 5 號颱風薇拉侵臺後，於 1 日進入大陸減弱為熱帶性低氣壓，而在硫磺島附近海面之熱帶性低氣壓，則發展成輕度颱風萬達，即為第 6 號颱風，向北推進，於 2 日轉向東北進行，3 日抵達日本本州南方海面時再折向東北東移動，於 6 日併入鋒面帶變為溫帶低氣壓，結束了四天的生命史。

8 月 14 日上午在硫磺島至琉球羣島之間海面上，有數個小低壓環流所組成之相當廣範圍的低壓區出現，此整個大低壓區於 18 日上午西移至琉球南方海面時，小低壓環流已不復存在，而變成環流甚完整的一熱帶性低氣壓，向西北西進行，當時據美軍的飛機偵察報告得知，此低壓中心東南方海面雖出現有 35 莉之強風，但其半徑甚大，中心亦無濃厚的雲存在，關島美軍氣象單位認為不是颱風，而是季風低氣壓 (monsoon Low)，始終不予命名。至當晚 8 時其中心抵達北緯 21.2 度，東經 127.0 度時，太平洋區除了關島美軍氣象單位外，其他各國氣象機構均認定。此熱帶性低氣壓已增強變成輕度颱風，本局亦經綜合各種氣象資料研判後，發布颱風警報。至 19 日 20 時其中心進抵北

緯 22.1 度，東經 123.7 度，即在本省東南方海面時，因與東沙島附近海面的熱帶性低氣壓發生牽引作用，路徑折向西南迅速進入巴士海峽後，於 20 日 8 時其路徑又轉為西北西緩慢進行，於當天 18 時 30 分根據美軍飛機偵察報告證實颱風的存在，終於 20 時首次將颱風命名為愛美 (Amy)，即第 7 號颱風。21 日 8 時，此颱風中心進入臺灣海峽南部後，其路徑再度呈現不規則向東北打轉，並於 22 日 15 時左右主中心在屏東枋寮附近登陸即告消失，而澎湖附近之副中心迅速發展，取代原來的主中心後，於當天 16 時 20 分前後由嘉義附近登陸，隨後沿着中央山脈北移至新竹附近山區時，其威力減變為熱帶性低氣壓向東北推進，當晚進入臺灣東北部海面。23 日 8 時其中心到達東海南部後威力再度增強成為輕度颱風快速繼續向東北進行，於當晚 8 時抵達日本九州西方海面時，其路徑又折向東北東，橫越日本九州中部進入日本四國南岸，並於 25 日上午威力減弱變為熱帶性低氣壓，結束了為期六天半的生命史。

有關愛美颱風的詳細情況請參閱侵臺颱風報告。圖 7 為本月份之颱風路徑圖。

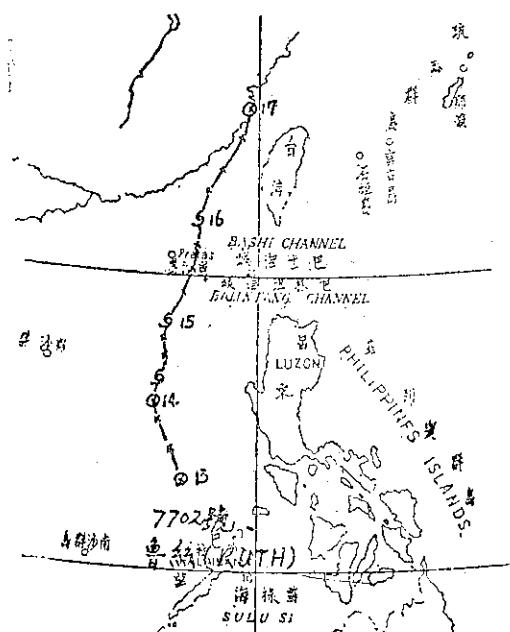


圖 5. 民國 66 年 6 月份颱風路徑圖

Fig 5. Typhoooa tracks ih Jun2, 1977.

越，22 日威力再減為熱帶性低氣壓，結束了五天的生命史。

7月 21 日晚 8 時，當第 3 號颱風莎拉由東京灣進入北越，同時在菲島東方海面上之熱帶性低氣壓，即發展為中心最低氣壓 998 毫巴，中心附近最大風速每秒 23 公尺的輕度颱風，亦是本年內第 4 號颱風，經命名為賽洛瑪 (Thelma)，向西北西緩慢進行，於 23 日上午 8 時抵達呂宋島東方海面，即北緯 17.5 度，東經 124.0 度時，其威力增強為中度颱風，當時中心氣壓為 965 毫巴，中心附近最大風速為每秒 33 公尺，繼續向西北西進行。此颱風中心於當晚 8 時抵達呂宋島東北角，即北緯 18.7 度，東經 122.2 度時，威力再度增強，其中心最低氣壓竟至 950 毫巴，中心附近最大風速亦增強為每秒 40 公尺，並由西北西轉向西北進行，仍以時速 17 公里的速度進入巴士海峽。賽洛瑪颱風中心於 24 日上午 7 時，首次進入高雄氣象雷達涵蓋內，此後其路徑極不穩定。至 24 日晚 9 時颱風中心進抵北緯 20.5 度，東經 119.6 度，即在臺灣海峽南部稍呈滯留後，自 22 時即轉向北進行，於 25 日清晨 6 時再轉向北北東推進。此颱風中心終於 25 日 9 時 10 分左右由高雄附近登陸，隨後沿着中央山脈西側北上，威力亦隨之減變為輕度颱風，於當天下午兩點鐘前後，由臺中港附近出海，進入臺灣海

峽轉向北北西進行，並於當晚 8 時左右由福建省平潭附近進入大陸，再減弱為熱帶性低氣壓，結束為期五天的生命史。此颱風侵襲期間，對臺灣南部地區造成了近數十年來最嚴重的災害。有關賽洛瑪颱風之詳細情況請參閱侵臺颱風報告。

7 月 26 日 8 時當 4 號颱風賽洛瑪侵襲臺灣進入大陸後，赤道輻合帶 (I. T. C. E) 隨着北移至北緯 25 度以北，呈東西走向，由當時之氣象衛星雲圖上顯示，在此赤道輻合帶上東側，即琉球東方海面及琉球附近海面一帶有很濃厚的雲團出現，至翌 (27) 日 8 時，原在琉球附近之雲團已告消散，但琉球東方海面南大東島附近，即北緯 26 度，東經 131 度附近之雲團，則呈單獨圓狀，範圍雖稍縮小，但濃度仍甚厚，而在地面圖上，已可繪出 1004 毫巴之熱帶性低氣壓在醞釀中。此熱帶性低氣壓於 28 日 14 時抵達北緯 25.4 度，東經 129.9 度，即在那霸島東南方海面時，威力增強為輕度颱風，即為第 5 號颱風薇拉 (Vera)，向西南西至西南進行，至 29 日 14 時其中心進抵那霸島南方海面，即北緯 24.7 度，東經 127.4 度時，其威力又增強為中度颱風繼續向西南推進，時速 18 公里，此後其威力繼續加強，至 30 日 14 時，形成中心附近最大風速達每秒 51 公尺，中心最低氣壓降至 930 毫巴之強烈颱風，當時的中心位置是在北緯 23.3 度，東經 125.5 度，即在宮古島南方海面，進行方向由西南轉向西北，時速為 9 公里加速到 13 公里進行。此颱風中心終於 31 日 17 時 30 分左右由基隆附近登陸後，即沿着基隆河谷折向西南移動，於當天 18 時 30 分左右經過臺北市，並於當晚 9 時 30 分由桃園、新竹之間出海進入臺灣海峽。8 月 1 日 2 時，威力減弱為中度颱風向西進行，於 8 時其威力再減為輕度颱風後，並於 10 時左右由金門東北方進入大陸，當晚 8 時再轉弱為熱帶性低氣壓，結束了她五天的生命史。關於薇拉颱風詳細情形請參閱侵臺颱風報告。

本月份之颱風路徑如圖 6 所示。

四 八月：從過去之颱風資料顯示，每年之八月份為颱風活動最活躍的月份，但本年之八月份僅有 2 次颱風發生，與歷年平均發生次數為 5.8 次，尚不及半數，而其強度亦均屬於輕度颱風，其中第 7 號颱風愛美 (Amy) 中心曾登陸本省，雖無構成災害，但亦特列為侵臺颱風之一，即為本年第 3 號侵臺之颱風。

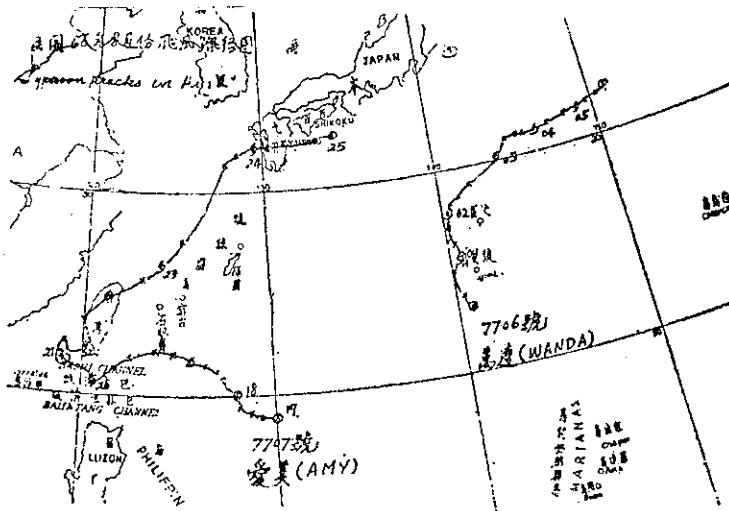


圖 7. 民每 66 年 8 月份颱風路徑圖

Fig 7. Typhoon tracks in August, 1977.

(四) 九月：本月份為本年內颱風活動最頻繁的一個月，共發生了 5 次颱風，其中第 8 號颱風寶佩 (Babe) 為強烈颱風，第 10 號颱風黛納 (Dainah) 為中度颱風，其餘第 9 號颱風卡拉 (Carla)，第 11 號颱風鶯瑪 (Emma) 及第 12 號颱風芙瑞達 (Freda) 等 3 次颱風均屬於輕度颱風。第 8 號颱風寶佩，曾接近臺灣海面，而經本局發布海上颱風警報，另一第 10 號颱風黛納因通過呂宋島北部進入南海後又回頭接近臺灣，故本局曾對此颱風發布兩次颱風警報（即解除後，又再發布警報）。

茲將本月份颱風概述如下：

第 8 號颱風寶佩生成於 2 日下午在加羅林羣島海面上向西北西偏西進行，於 5 日晚間其中心抵達菲島東方海面時，轉向北北西運行，並於 6 日上午威力增強成為中度颱風，繼續向北北西進行，至 7 日晚間其威力又增強形成強烈颱風，8 日 20 時其中心接近琉球南方海面時，日本本州一帶適有鋒面系統，而 500 毫巴高空上亦有很深的高空槽接近，導引此颱風轉向北至北北東進行，9 日晚間通過琉球那霸島附近海面後，於 10 日清晨進入日本九州西南方海面時，因受副熱帶高壓之西伸影響，折向西北西進行進入東海。此颱風於 11 日清晨進入大陸侵襲上海一帶後，威力即減弱變為輕度颱風，並於 12 日消失在長江下游，結束為期九天的生命史。第 9 號颱風卡拉於 3 日晚間在我國南海之熱帶性低氣壓發展而成之後，向西進行，此颱風於 4 日通過海南島南方海面，並於 5 日上午登陸越南北部威力

減弱變為熱帶性低氣壓，結束了短短的一天又六小時之生命史。

自進入月中旬以後赤道輻合帶 (I. T. C. Z.) 即沿着北緯 20 度線上呈東西走向，而此輻合帶上則有兩個熱帶性低氣壓在醞釀中，此兩個熱帶性低氣壓於 15 日上午同時發展成為輕度颱風，一在琉球南方海面，即為第 10 號颱風黛納，向西南西進行，另一在馬利安納羣島北方海面，即係第 11 號颱風鶯瑪。第 10 號颱風黛納於 15 日晚間抵達呂宋島東北角時，威力增強變成中度颱風，繼續向西南西推進，橫越呂宋北部，於 16 日中午進入我國南海，威力減為輕度颱風轉向西進行，17 日上午其中心進抵東沙島附近海面時，又轉向西北西緩慢移動，18 日其進行方向折為東北東，19 日下午其威力再度增強成為中度颱風。此颱風中心於 20 日上午抵達臺灣西南方海面上呈滯留打轉後，再次轉向西南進行，威力隨着減弱為輕度颱風，於 23 日晚間由越南東部登陸後，並於 24 日晨消失在越南，結束了她八天的生命史。

第 11 號颱風鶯瑪生成後，因受高空槽之導引，即向北推進，於 18 日抵達硫磺島北方海面時，轉向西北偏北北西進行，19 日上午進抵日本本州南方海面後，再轉向北北東偏東北以快速度進行，終於 21 日下午納入鋒面系統，變為溫帶低氣壓，結束為期六天之生命史。

21 日當 11 號颱風變成溫帶低氣壓同時在菲島東方海面上，即醞釀了熱帶性低氣壓向西北西移

動，此熱帶性低氣壓於 23 日晚間通過巴土海峽南部進入呂宋島西北方海面時，發展成為輕度颱風，即為第 12 號颱風美瑞達向西北西偏西以快速度進行，於 25 日清晨由雷州半島東北部進入大陸，並於當天下午消失在雷州半島北方，結束了僅有一天半之生命史。

本月份颱風路徑如圖 8。

(iv) 十月：本月份為繼九月份颱風活動次多的月份，共發生了 4 次颱風，即有第 13 號颱風吉達 (Gilda)，第 14 號颱風哈莉 (Harriet) 及第 16 號颱風琴恩 (Jean) 等 3 次均屬於中度颱風，另第 15 號颱風艾葳 ((Ivy) 為輕度颱風。

茲將本月份各次颱風概述如下：

第 13 號颱風吉達生成於 4 日晚間在南鳥島南

方海面，向西北進行，於 5 日下午威力增強成為中度颱風繼續向西北運行，6 日晨轉向北緩慢進行，當天下午威力減變為輕度颱風後，進行方向轉為西北，7 日上午在硫磺島南方海面時，進行方向再度轉北，8 日下午其威力又增強成為中度颱風，進行方向隨之轉為東北，9 日晨威力又減變為輕度颱風，以快速繼續向東北推進至 10 日上午併入鋒面帶，結束為期五天半之生命史。

第 16 號颱風琴恩生成於 29 日下午在南鳥島南方海面向北進行，於 30 日晨發展成為中度颱風，當天晚間威力又減弱變為輕度颱風後，即折向西北西進行，於 11 月 2 日下午減弱變為熱帶性低氣壓，結束為期四天的生命史。

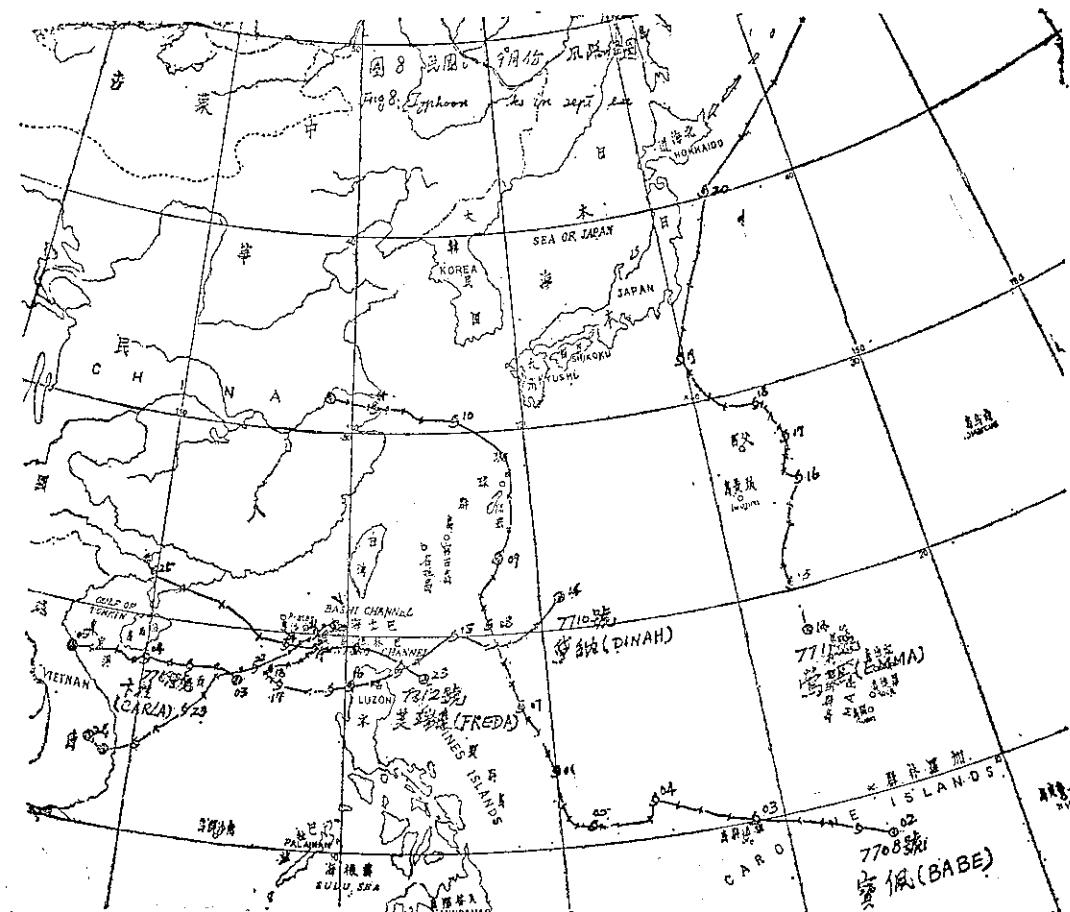


圖 8. 民國 66 年 9 月份颱風路徑圖

Fig 8. Typhoon tracks in September, 1977.

圖 9 為本月份之颱風路徑圖。

(乙) 十一月：本月份只有 1 次颱風發生，在加羅林羣島附近海面上之熱帶性低氣壓，於 7 日清晨發展為本年內第 17 號颱風開梅，生成後即很穩定地順着副熱帶高壓之南側邊緣向西至西北西進行，於 8 日晚間威力增強為中度颱風之後，繼續發展加深至翌（9）日晚間抵達關島附近海面時，其威力再度加強形成強烈颱風，此颱風中心附近最大風速

於 10 日下午至 11 日下午之間，曾達每秒 60 公尺強度的時間有整整 24 小時之久。開梅於 14 日上午橫越菲島中部進入我國南海，其威力亦隨之減弱變為中度颱風，並於 15 日晨始轉向北緩慢進行威力亦減為輕度颱風，16 日晨進行方向再轉為東北，於當天下午進入巴士海峽變成熱帶性低氣壓，結束為期四天之生命史。本月份颱風路徑如圖 10。

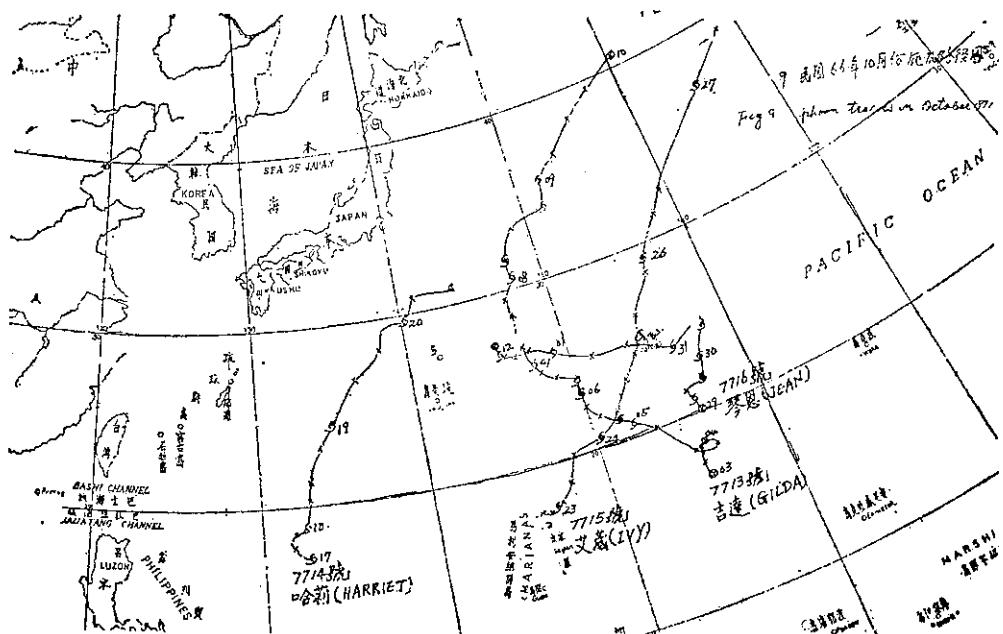


圖 9. 民國 66 年 10 月份颱風路徑圖
Fig 9. Typhoon tracks in October, 1977.

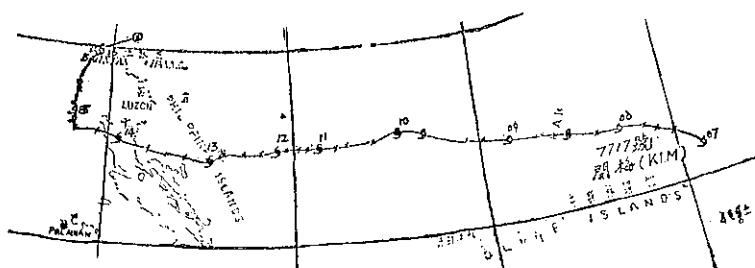


圖 10. 民國 66 年 11 月份颱風路徑圖

Fig 10. Typhoon tracks in November, 1977.

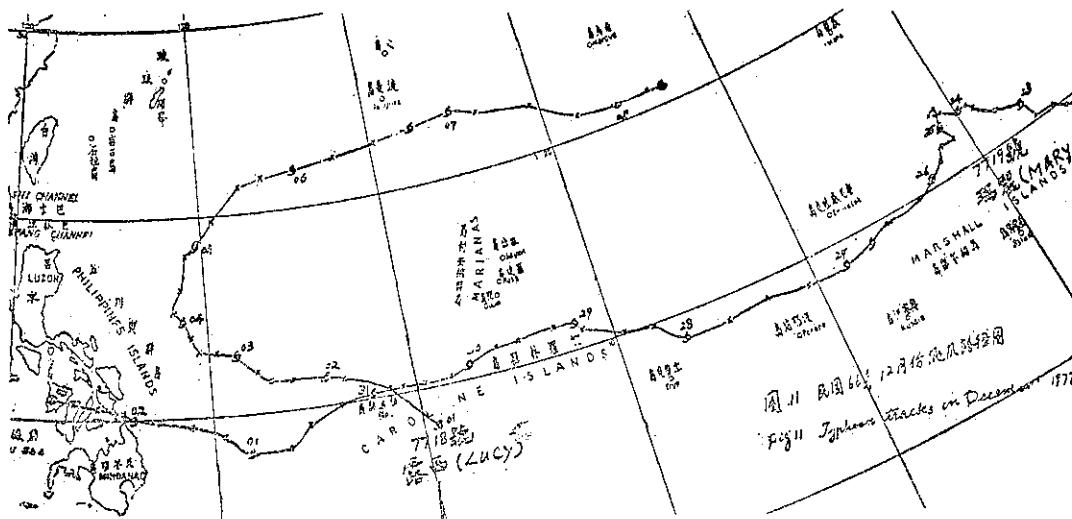


圖 11. 民國 66 年 12 月份颱風路徑圖

Fig 11. Typhoon tracks in December, 1977.

(八) 十二月：本月份共有兩次颱風發生，即第 18 號颱風露西 (Lucy) 係屬於強烈颱風，另一次為第 19 號颱風瑪麗 (Mary) 為中度颱風。

第 18 號颱風露西於 1 日下午在加羅林羣島海面上生成後，即向西北西進行，3 日上午抵達菲島東方海面時威力增強成為中度颱風，隨後即轉向西進行，當天下午其威力再度增強成為強烈颱風，當晚路徑再轉為西北，翌 (4) 日下午適有高空槽接近，此颱風因受此導引轉向北推進，於 5 日上午進行方向又轉為東北，當天下午威力減弱為中度颱風，當晚其進行方向再折向東移動，7 日晨通過硫磺島南方海面，其威力又減弱變為輕度颱風，向東至東南東進行，8 日晚間消失於南鳥島東南方海面上，結束了為期一週之生命史。

第 19 號颱風瑪麗發生於 21 日上午在北緯 9.7 度，東經 179.0 度，即在馬歇爾羣島東方海面上，向西北西進行，於 24 日上午威力增強成為中度颱風後，路徑呈不規則，並有打轉現象，自 25 日起即向西南推進，27 日晨威力減弱變為輕度颱風，隨後則向西穩定地進行，31 日通過加羅林羣島海

面，於 67 年 1 月 2 日進入菲島南部，並於 3 日消失在菲島西南部，結束了十三天漫長之生命史。此颱風為本年內最靠近東方發生的颱風，同時亦是本年內生命最長的颱風。

圖 11 為本月份之颱風路徑圖。

三、本年內發布颱風警報概況

本年內，本局共發布 8 次颱風警報，其中 6 次為海上陸上颱風警報，其餘兩次為海上颱風警報，而實際上直接登陸侵襲臺灣颱風則有 3 次，即第 4 號颱風賽洛瑪，第 5 號颱風薇拉及第 7 號颱風愛美。另第 2 號颱風魯絲及第 10 號颱風黛納則間接影響臺灣，其中黛納颱風因兩次接近臺灣，故本局曾對黛納分兩次發布警報。表 4 為本年本局發佈颱風警報綱要表。

根據本局本年內對影響臺灣地區及附近海面颱風之 24 小時中心位置預報，最大誤差為 340.5 詞，最小誤差為 13.9 詞，平均誤差為 103.9。其預報誤差綱要如表 5 所示。表 6 為本年內北太平洋西部地區颱風綱要表。

表 4. 民國 66 年 (1977) 颱風警報統計表
 Table 4. The Summary of Typhoon Warnings issued by the central Weather Bureau in 1977. 4. (1977)

次	颱風種類	警報種類	颱風名稱	發布日期	解除日期	號數	備	註
1	輕度	海上、陸上	7702 號 魯絲 (Ruth)	6 月 15 日 16 時 30 分	6 月 17 日 8 時 30 分	8	由呂宋西方海面向北進行通過東沙島東方進入臺灣海峽，由馬祖附近進入大陸消失。	
2	中度	海上、陸上	7704 號 賽洛瑪 (Thelma)	7 月 22 日 22 時 00 分	7 月 25 日 21 時 30 分	13	通過巴士海峽轉向北至北北東進行於 25 日 9 時 10 分自高雄附近登陸隨後沿着中央山脈北移至臺中港附近進入臺灣海峽轉向北北西，由平潭附近進入大陸減為熱帶性低壓造成數十年來南部地區最重大災害。	
3	強烈	海上、陸上	7705 號 薇拉 (Vera)	7 月 28 日 21 時 30 分	8 月 1 日 16 時 00 分	16	由琉球東方南大東島附近海面向西南進行抵達宮古島南方後轉向西北進行呈 V 字型，於 31 日 17 時 30 分左右登陸基隆附近後沿着基隆、河谷折向西南經臺北市桃園後進入臺灣海峽並由金門、東北方進入大陸減弱造成北部地區重大災害。	
4	輕度	海上、陸上	7707 號 愛美 (Amy)	8 月 18 日 22 時 00 分	8 月 22 日 21 時 00 分	17	在琉球南方海面發生後，呈不規則運行、通過巴士海峽進入臺灣海峽南部打轉後由屏東、枋寮附近登陸消失，另一中心在馬公附近發展後通過中部由東北部出海進入東海後威力，又增強，侵襲日本九州後消失。	
5	強烈	海上、陸上	7708 號 寶佩 (Babe)	9 月 7 日 16 時 00 分	9 月 9 日 15 時 30 分	9	由呂宋東方海面向北經過琉球海面後侵襲上海一帶。	
6	中度	海上、陸上	7710 號 黛納 (Dinah)	9 月 15 日 10 時 30 分	9 月 17 日 05 時 00 分	8	通過呂宋北部後進入南海呈滯留，於 18 日轉向東北，抵達臺灣海峽南部後又呈滯留。	
7	中度	海上、陸上	同 上	9 月 18 日 16 時 00 分	9 月 22 日 15 時 40 分	17	打轉後即西進通過東沙島南方又向西南進行進入越南東部，故本島發布兩次警報。	
8	輕度	海 上	7712 號 芙瑞達 (Freda)	9 月 24 日 04 時 10 分	9 月 24 日 15 時 00 分	3	通過巴士海峽進入南海由雷州半島東北方進入大陸消失。	

表 5. 民國 66 年本局發布 24 小時颱風中心位置預報之誤差綱要表
 Table 5. The Summary of vector errors of 24hrs forecasting of typhoon center positions issued by C. W. B. during 1977.

颱風名稱及編號	預報次數	最大誤差 (浬)	最小誤差 (浬)	平均誤差 (浬)	備 註
魯絲 (Ruth) 7702 號	8	83.0	65.0	74.3	24 小時預報
賽洛瑪 (Thelma) 7704 號	13	241.9	13.9	95.3	"
薇拉 (Vera) 7705 號	16	134.4	59.1	95.0	"
寶佩 (Babe)	9	340.5	59.5	183.2	"
第一次 黛納 (Dinah)	8	162.2	91.9	120.3	"
第二次 黛納 (Dinah)	17	81.1	24.3	56.2	"

註：7707 號颱風愛美因路徑奇突，中心位置起伏不定，無法做誤差考核，7712 號颱風芙瑞達因警報繼續時間短促未做誤差考核。

表 6. 民國 66 年北太平洋西部地區颱風綱要表

Table 6. The Summary of typhoon date within the area of North-Western pacific Ocean in 1977.

月份	當月次序 (公元)	本年編號	颱風名稱	起訖時間			發生地點	成輕度颱風以上地點		最風速 大速 m/s	暴風半徑 7級 (30 浬)	中低 心氣 壓	最大 移行 速度 (公 里/小 時)	強度分類	警報階級	附註
				全部起訖	輕度以上	中度以上		北緯	東經							
3 1	7701	白西 (PATSY)	28/3 ~30/3	28/3 ~30/3			馬歇爾群島西部海面	5.3	158.9	25	200	990	18	輕度		
6 1	7702	魯絲 (RUTH)	14/6 ~17/6	14/6 ~17/6			我國南海	16.5	116.5	30	200	40	980	20	輕度	海上陸上
7 1	7703	莎拉 (SARAH)	17/7 ~22/7	17/7 ~22/7	20/7 ~20/7		菲島東方海面	12.0	125.5	38	280	80	970	27	中度	
7 2	7704	賽洛瑪 (THELMA)	21/7 ~26/7	21/7 ~26/7	23/7 ~25/7		菲島東方海面	15.8	128.1	40	240	80	950	35	中度	海上陸上 侵臺
7 3	7705	薇拉 (VERA)	28/7 ~01/8	28/7 ~01/8	29/7 ~01/8		琉球東方海面	25.4	129.9	55	200	50	930	20	強烈	海上陸上 侵臺
8 1	7706	萬達 (WANDA)	01/8 ~05/8	01/8 ~05/8			硫磺島附近海面	25.7	140.5	20	350		985	20	輕度	
8 2	7707	愛美 (AMY)	18/8 ~24/8	18/8 ~24/8			琉球南方海面	20.7	127.2	25	240		985	36	輕度	海上陸上 侵臺
9 1	7708	寶佩 (BABE)	02/9 ~11/9	02/9 ~11/9	06/9 ~11/9		加羅林群島海面	8.7	143.0	65	400	200	910	40	強烈	海上陸上
9 2	7709	卡拉 (CARLA)	03/9 ~05/9	03/9 ~05/9			我國南海	18.0	112.2	18	150		990	22	輕度	
9 3	7710	黛納 (DINAH)	15/9 ~24/9	15/9 ~24/9	15/9 ~21/9		琉球南方海面	20.0	125.5	33	250	50	965	29	中度	海上陸上
9 4	7711	鶯瑪 (EMMA)	15/9 ~21/9	15/9 ~21/9			馬利安納群島海面	19.5	143.0	25	400	80	970	70	輕度	
9 5	7712	芙瑞達 (FREDA)	24/9 ~25/9	24/9 ~25/9			呂宋北方海面	19.5	120.5	28	300	50	980	35	輕度	海上
10 1	7713	吉達 (GILDA)	04/10~10/10	04/10~10/10	05/10~08/10		南鳥島南万海面	18.1	155.5	33	320	80	965	40	中度	
10 2	7714	哈莉 (HARRIET)	17/10~21/10	17/10~21/10			菲島東方海面	17.4	132.5	30	350		975	40	輕度	
10 3	7715	艾葳 (IVY)	22/10~27/10	22/10~27/10	24/10~27/10		馬利安納群島海面	17.3	145.3	45	400	150	940	50	中度	
10 4	7716	琴恩 (JEAN)	29/10~02/11	29/10~02/11	30/10~30/10		南鳥島南方海面	20.3	156.4	33	320	120	970	28	中度	
11 1	7717	開梅 (KIM)	07/11~16/11	07/11~16/11	08/11~14/11		加羅林群島海面	11.5	151.3	60	400	200	920	30	強烈	
12 1	7718	露薇 (LUCY)	01/12~09/11	01/12~09/12	03/12~06/12		加羅林群島海面	8.2	140.8	55	350	150	920	40	強烈	
12 1	7719	瑪麗 (MARY)	21/12~03/1	21/12~03/1	23/12~26/12		馬歇爾群島東部海面	9.7	179.0	48	320	120	945	36	中度	

表 7 本年內颱風災情綱要表
Table 7. Summary of typhoon damages in 1977.

颱風編號及名稱	人 口		房 屋		船 舶			備 註
	死 亡 (含失蹤)	受 傷	全 倒	半 倒	沉 沦	半 沉 (漁船)	損 壞 (輪船)	
7704 號 賽洛瑪 (Theilma)	72	306	4,333	27,907	15	4	10	1. 高雄港貨櫃吊架被吹毀 8 個 (每個值四仟萬元) 2. 電力公司輸電系統全被吹毀計有五座超高壓鐵塔，四十六座特高壓線鐵塔。 3. 工業方面有百分之九十以上廠房被吹損公私營工業損失數十億元以上。 4. 其他水利、糧農方面損失數十億元以上。
7705 年 薇 拉 (Vera)	44	85	736	3,321	1	26	5	1. 基隆港貨櫃吊架被吹落海三臺 (每臺值四仟萬元) 2. 電力公司輸電鐵塔有七座被吹毀，電桿有一仟零四支被吹倒。 3. 其他水利、糧農方面損失達數億元以上。

四、本年內颱風災情概述

本年內因颱風所造成之災情極為嚴重，根據各方面報告，其財物損失為近數十年來最嚴重的一年，請參閱表 7 災情綱要表。有關詳細災情，請參閱侵臺颱風各次報告。

五、本年內颱風的特性

(一) 本年內颱風發生總數為 19 次，過去 30 年之平均值為 27.5 次，即低於過去之平均值 8.5 次之多。到達中度颱風者有 11 次，亦低於過去 30 年之平均值 6.7 次，可見本年內之颱風活動較歷年為不活躍。

(二) 本年全年颱風之發生，上半年除 3 月份及 6 月份各發生一次外，其他月份均沒有颱風發生，而歷年 7、8 月份為全年颱風發生最頻繁的月份，

但本年 7 月份颱風發生次數僅有歷年的四分之三，8 月份却更少，只有歷年的三分之一而已，自 9 月份以後即恢復正常。

(三) 本年內登陸侵臺颱風有 3 次，略平過去的平均值，可見本年發生次數雖少，但影響臺灣颱風却相當的多。

(四) 本年之颱風路徑雖分配得相當平均，但與歷年比較異常路徑的颱風特別多，即向西至西北進行者有 6 次，北上颱風及異常路徑颱風各有 5 次，呈拋物線轉向者有 3 次。

(五) 本年之颱風轉向點，普遍偏南，即在北緯 20 度以南轉向者有 8 次之多，而在北緯 20 度至 25 度之間者僅有 4 次。

表 8 為民國 66 年在北太平洋西部地區所發生的各次颱風標準位置表。(羅字振執筆)

表 8. 民國 66 年各次颱風標準位置表

Table 8. The fixed positions of typhoon center in the year of 1977.

	日	時	北緯	東經	中心氣壓 (mb)	最大風速 m/s		日	時	北緯	東經	中心氣壓 (mb)	最大風速 (m/s)
7701 號 白西 (Patsy) 3 月	28	08	5.3	158.9	990	25		19	02	16.6	117.0	990	23
		14	6.1	158.3	990	25			08	17.3	115.7	990	25
		20	6.6	157.5	1000	25			14	17.0	114.0	985	30
	29	02	7.1	156.9	1002	23		20	02	17.3	113.0	985	30
		08	7.4	156.0	1002	23			08	17.5	111.9	975	35
		14	7.8	155.3	1002	23			14	18.5	111.5	970	38
		20	8.6	154.3	1002	20			20	19.3	111.0	970	38
	30	02	8.8	153.6	1004	18		21	02	19.5	109.5	975	30
		08	9.0	152.9	1004	18			08	20.2	108.5	985	30
		14	9.4	152.0	1004	15			14	20.5	107.5	980	28
									20	21.2	105.9	990	20
								22	02	21.8	105.5	990	20
7702 號 魯絲 (Ruth) 6 月	13	14	13.0	117.5	1006	15	7704 號 賽洛瑪 (Thelma)	08	22.0	104.2	998	15	
		20	14.0	117.0	1006	15			22	02	21.8	105.5	990
	14	02	15.0	116.5	1002	15			08	22.0	104.2	998	15
		08	15.6	116.3	1000	15			21	08	15.0	130.0	1004
		14	16.5	116.5	992	18				14	15.3	129.4	1004
		20	17.2	116.7	992	23				20	15.8	128.1	998
	15	02	17.8	116.5	992	23			22	02	15.8	127.6	995
		08	18.5	116.6	992	23				08	15.8	127.4	995
		14	19.5	117.1	980	30				14	16.3	127.1	980
		20	20.2	117.5	980	30				20	16.7	126.0	980
	16	02	21.1	117.7	980	30			23	02	17.1	124.5	975
		08	22.1	117.8	980	30				08	17.5	124.0	965
7703 號 莎拉 (Sarah) 7 月		14	23.1	118.0	985	28				14	18.3	123.2	960
		20	23.9	118.5	985	25				20	18.7	122.2	950
	17	02	25.1	119.3	990	20			24	02	19.1	121.3	950
		08	26.2	119.5	998	15				08	19.5	120.8	960
										14	19.9	120.1	960
										20	20.5	119.6	960
	16	20	10.4	128.4	1000	13			25	02	21.4	119.8	960
	17	02	11.0	127.0	1000	15				08	22.3	120.3	960
		08	12.0	125.5	1000	18				14	24.2	120.4	980
		14	12.8	124.4	996	18				20	25.5	119.7	990
		20	13.7	123.5	990	23			26	02	26.0	119.0	995
	18	02	14.0	122.5	990	23				08	27.0	118.0	998
7706 號 薇拉 (Vera) 7 月		08	14.4	121.3	990	20							10
		14	16.0	120.5	990	20							
		20	16.4	118.6	990	20							

		14	25.4	129.9	988	20			14	27.7	125.2	990	20	
		20	25.1	129.3	985	28			20	31.5	127.5	985	30	
	29	02	25.0	128.6	985	28		24	22	31.9	128.2	985	30	
		08	24.8	128.2	975	28			08	32.2	129.4	985	25	
		14	24.7	127.4	965	33			14	32.1	131.1	985	25	
		20	24.0	126.6	945	40			20	32.5	132.7	992	20	
	30	02	23.5	126.0	940	48		25	02	32.6	133.0	994	15	
		08	23.3	125.7	940	48			08	32.7	134.1	1000	15	
		14	23.3	125.5	930	51	7708 號							
		20	23.7	125.0	930	51	寶佩 (Babe)							
	31	02	24.1	124.2	930	51	9 月		02	08	8.0	144.5	995	15
		08	24.4	123.6	930	55				14	8.7	143.0	985	20
		14	25.0	122.8	930	55				20	9.2	141.5	985	20
		20	25.0	121.1	950	51		03	02	9.5	140.5	985	20	
8 月	01	02	24.8	120.1	950	48			08	10.0	138.7	985	20	
		08	24.9	119.2	960	40			14	10.3	137.5	985	23	
		14	25.2	118.0	970	35			20	10.8	136.3	985	23	
		20	25.4	116.0	990	15		04	02	11.3	135.2	985	23	
	02	02	25.5	115.0	994	10			08	11.7	134.4	980	25	
7707 號									14	10.7	134.0	980	30	
愛美 (Amy)									20	10.8	132.6	980	30	
8 月	17	08	19.0	130.0	1000	13		05	02	10.8	131.8	980	30	
		14	19.0	129.2	1000	13			08	10.9	131.6	985	30	
		20	19.2	128.7	998	15			14	10.9	130.7	985	30	
	18	02	19.5	128.1	998	15			20	11.2	130.3	985	30	
		08	20.0	128.0	998	15		06	02	11.8	130.1	985	30	
		14	20.7	127.2	992	18			08	13.5	130.0	980	35	
		20	21.2	127.0	992	18			14	14.2	129.7	980	38	
	19	02	21.5	126.4	592	18			20	15.1	129.3	980	38	
		08	21.6	125.4	992	18		07	02	15.9	128.9	980	40	
		14	22.0	124.7	992	18			08	16.6	128.6	957	40	
		20	22.1	123.7	992	18			14	17.6	128.2	945	45	
	20	02	21.8	122.5	992	18			20	18.6	127.9	935	51	
		08	20.7	120.7	992	20		08	02	19.5	127.6	930	53	
		14	20.9	120.5	790	20			08	20.5	127.2	910	65	
		20	21.4	119.5	985	20			14	21.3	127.0	910	65	
	21	02	21.7	118.9	985	20			20	21.9	126.9	910	65	
		08	21.7	118.9	985	20		09	02	22.8	127.5	910	65	
		14	21.4	119.4	985	20			08	23.7	128.0	925	63	
		20	22.5	118.9	985	20			14	25.0	128.6	925	63	
	22	02	21.9	118.9	985	20			20	26.8	128.8	925	63	
		08	22.3	120.1	985	20		10	02	28.8	128.8	925	63	
		14	23.5	119.9	985	20			08	30.7	126.0	935	60	
		20	24.7	121.1	990	15			14	30.7	124.1	940	55	
	23	02	25.6	123.0	990	15			20	31.2	123.0	940	51	
		08	26.5	124.0	990	20		11	02	31.3	122.0	960	43	

		08	31.4	121.3	970	25			08	20.0	118.5	975	30		
		14	31.5	121.0	985	25			14	19.8	118.2	975	30		
		20	31.7	119.7	990	20			20	19.5	117.6	975	30		
		12	02	31.8	118.5	1002	15		22	02	19.0	117.2	975	30	
7709 號 卡拉 (Carla)									08	18.2	115.6	985	28		
9 月									14	17.8	114.8	985	28		
		03	08	17.7	114.7	1000	15		20	17.6	113.7	985	28		
			14	18.0	113.6	1000	15		23	02	16.5	113.1	985	28	
			20	18.0	112.2	994	18		08	15.9	112.4	985	25		
		04	02	18.0	111.2	994	18		14	14.8	111.0	985	25		
			08	18.1	110.0	990	18		20	14.0	110.1	990	20		
			14	17.9	109.6	990	18		24	02	13.5	108.5	992	15	
			20	18.1	108.6	990	18		08	14.0	108.0	1002	10		
		05	02	18.0	107.3	990	18	7711 號 鴛鴦 (Emma)							
			08	18.0	106.3	992	13	9 月		14	14	18.0	143.0	992	15
			14	17.6	104.0	996	10			20	19.5	143.0	992	15	
7710 號 黛拉 (Dinah)										15	02	20.0	143.0	992	15
9 月		14	08	21.5	131.0	996	15			08	20.3	142.9	985	28	
			14	20.5	130.0	996	15			14	21.1	142.7	980	28	
			20	19.5	128.6	992	15			20	23.0	143.5	970	30	
		15	02	19.5	127.1	992	15			16	02	24.0	143.8	970	28
			08	20.0	125.5	990	25			08	25.3	144.8	970	28	
			14	18.8	123.6	975	30			14	25.6	144.0	975	25	
			20	18.5	122.6	965	35			20	26.4	144.2	975	25	
		16	02	17.8	121.4	965	33			17	02	26.7	144.5	975	25
			08	17.7	120.3	970	33			08	27.4	144.6	965	28	
			14	17.4	119.3	975	28			14	27.9	144.4	970	25	
			20	17.3	118.3	980	28			20	28.6	144.1	970	25	
		17	02	17.4	117.2	980	28			18	02	29.2	143.9	970	25
			08	17.6	116.9	980	28			08	29.4	143.6	970	25	
			14	17.8	116.5	980	28			14	29.5	141.7	970	25	
			20	17.9	116.2	980	28			20	30.2	141.0	970	25	
		18	02	18.0	116.0	980	28			19	02	31.5	140.2	975	25
			08	18.2	116.3	980	28			08	32.5	139.9	980	23	
			14	18.5	117.2	980	28			14	33.9	140.3	980	23	
			20	18.7	117.7	980	28			20	36.0	141.4	980	23	
		19	02	19.0	118.0	980	28			20	02	38.4	142.2	980	23
			08	19.4	118.4	975	30			08	40.7	144.0	980	23	
			14	19.8	118.6	965	33			14	42.6	147.5	980	23	
			20	20.0	118.8	965	33			20	44.7	151.0	980	23	
		20	02	20.1	119.0	965	33			21	02	47.5	155.2	980	23
			08	20.3	119.4	965	33			08	49.0	160.0	980	23	
			14	20.4	118.9	965	33			14	55.0	164.0	990	15	
		21	02	20.1	118.6	965	33								

11 月	7717 號 開梅 (Kim)	14	23.6	157.6	975	33	露西 (Lucy) 12 月	14	15.6	119.5	945	45	
		20	24.6	158.3	975	30		20	15.6	118.2	955	33	
		31	02	25.0	158.5	975		02	16.1	118.2	960	23	
		C8	24.0	156.3	980	25		08	16.3	118.1	965	23	
		14	24.5	156.3	985	23		14	16.8	113.0	970	20	
		20	25.0	153.5	990	20		20	17.6	118.2	995	20	
		01	02	25.0	151.2	992		02	18.0	118.2	998	18	
		08	26.0	149.0	992	20		08	19.8	119.4	1000	18	
		14	26.5	147.5	992	20		14	20.5	121.2	1002	15	
		20	26.2	146.5	992	20		20	21.0	122.0	1002	15	
11 月	7718 號 瑪麗 (Mary)	02	02	26.5	146.0	992	露西 (Lucy) 12 月	01	14	8.2	140.8	996	20
		08	26.6	145.9	992	20		02	02	11.1	136.6	990	25
		14	27.2	145.8	992	15		08	11.4	135.7	985	25	
		20	27.5	146.3	996	15		02	02	11.1	136.6	990	25
		07	02	11.5	151.3	992		14	11.5	134.0	975	28	
		08	11.9	151.1	990	20		20	11.5	132.9	975	28	
		14	12.5	150.0	990	20		03	02	12.0	132.3	975	30
		20	12.9	149.1	990	20		08	12.9	131.4	945	43	
		08	02	13.1	148.5	990		14	13.0	130.4	925	53	
		08	13.3	147.2	980	28		20	13.2	129.5	925	53	
11 月	7719 號 瑪麗 (Mary)	14	13.3	146.0	980	30	露西 (Lucy) 12 月	04	02	13.9	129.1	920	55
		20	13.6	144.6	975	33		08	14.8	128.8	920	55	
		09	02	13.9	143.1	965		14	15.1	128.3	935	50	
		08	14.0	141.5	965	35		20	16.3	128.7	935	50	
		14	14.2	140.2	940	48		05	02	18.0	129.0	940	50
		20	14.3	139.2	938	50		08	18.7	129.7	940	50	
		10	02	15.0	137.0	935		14	19.8	130.6	945	48	
		08	15.3	135.6	930	55		20	21.5	132.1	950	45	
		14	14.8	134.1	925	60		06	02	22.8	133.7	955	40
		20	14.8	132.9	925	60		08	22.0	135.5	960	40	
11 月	7719 號 瑪麗 (Mary)	11	02	14.7	132.2	920	露西 (Lucy) 12 月	14	22.4	137.9	980	38	
		08	14.7	131.3	920	60		20	22.8	140.2	985	35	
		14	14.7	130.8	925	60		07	02	23.1	142.8	990	30
		20	14.7	130.1	930	58		08	23.5	145.0	995	23	
		12	02	14.7	129.6	940		14	23.0	146.5	996	20	
		08	14.7	129.1	940	53		20	22.5	149.5	996	20	
		14	14.6	128.1	940	53		08	22.0	152.0	996	20	
		20	14.6	127.4	940	53		08	22.0	154.5	996	18	
		13	02	14.6	126.3	940		14	22.0	156.0	996	18	
		08	14.3	125.5	935	55		20	22.0	157.0	996	15	
14	7719 號 瑪麗 (Mary)	14	14.6	124.1	930	55	露西 (Lucy) 12 月	21	08	9.7	179.0	990	20
		20	14.6	123.1	925	55		14	9.6	178.8	990	20	
		02	14.7	122.1	935	53							
		08	15.2	120.6	940	48							

		20	9.7	178.8	990	20			08	8.9	153.2	992	23	
22	02	9.8	177.5	990	20				14	9.9	152.0	996	20	
	08	9.9	176.6	985	23				20	10.0	150.5	996	20	
	14	10.1	175.2	985	23				29	10.8	148.7	992	23	
	20	10.1	174.3	985	25				08	11.3	148.4	985	25	
23	02	10.2	173.2	985	25				14	11.3	147.1	985	25	
	08	11.2	173.0	975	33				20	11.2	145.3	980	28	
	14	11.6	171.8	970	35				30	11.1	144.1	975	28	
	20	12.4	170.9	970	35				08	10.7	142.8	975	28	
24	02	12.6	170.6	970	35				14	10.2	141.8	980	28	
	08	12.7	170.2	965	38				20	10.1	140.3	980	28	
	14	13.0	169.4	965	38				31	10.2	139.2	990	25	
	20	13.1	168.9	965	38				08	10.2	137.9	990	25	
25	02	13.1	169.1	965	38				14	9.9	136.1	990	23	
	08	12.4	169.0	965	38				20	9.1	134.5	1000	23	
	14	11.6	169.3	945	43	1978年1月		01	02	8.1	133.5	1000	20	
	20	11.6	168.5	945	43				08	8.1	131.6	1002	18	
26	02	11.0	168.2	965	40				14	9.0	130.5	1000	20	
	08	10.5	167.4	965	40				20	9.5	128.8	992	23	
	14	9.9	166.2	970	35				02	02	9.9	127.2	994	23
	20	9.7	164.4	970	33				08	10.0	126.0	996	20	
27	02	9.3	163.3	980	30				14	10.4	125.6	996	20	
	08	8.9	161.7	985	30				20	10.7	124.2	996	20	
	14	8.8	159.6	990	25				03	02	10.9	123.0	996	18
	20	9.0	157.5	990	25				08	11.0	122.0	998	15	
28	02	8.8	155.4	992	23				14	11.3	123.3	998	15	

氣象學報補充稿約

- 一、來稿須用稿紙（以 25×24 之稿紙為原則）。
- 二、來稿字數以不超過 15,000 字，即連同圖、表、英文摘要以不超過 10 印刷頁為原則。
- 三、圖及表之分量以不超過全文之 $\frac{1}{3}$ 為原則。
- 四、英文摘要之字數以不超 1,000 字為原則。
- 五、關於表格之注意點：

- (一) 表格須另用白紙繪製。
- (二) 表格上方須有標題，並加表 1 表 2 等冠號。
- (三) 表格中之項目，內容應儘量簡化。表中不重要之項目或可用文字說明者應儘量避免列入表中。
- (四) 能以文字說明之小表，請採用文字說明。
- (五) 原始記錄應加分析簡化後始可列入表中。
- (六) 統計分析表中顯著處，以 * 號（顯著）及 ** 號（極顯著）表之。
- (七) 表幅應考慮適合本刊版幅為準。（寬度勿超過 13.5 cm）。
- (八) 表之標題應能表示內容。

六、關於插圖之規定：

- (一) 插圖應另貼於大張白紙上，註明作者及文題。
- (二) 插圖下方須有標題，並加圖 1 圖 2 等冠號。
- (三) 統計圖、模式圖及分佈圖一律採用 120—150 磅道林紙，以黑墨水繪製清楚。
- (四) 統計圖原圖幅面應在 12—15 cm，以便縮版。
- (五) 模式圖原圖幅面應在 15—20 cm，以便縮版。
- (六) 分佈圖原圖幅面應在 30 cm 左右，以便縮版。
- (七) 繪製線條粗細應能供縮小至 1/8 之程度，但不能超過縮小 1/2 之程度。
- (八) 數字應正寫清楚，字之大小粗細應一律，至少能供縮至 1/8 之程度。
- (九) 已列表中之內容，勿再重複以插圖表示。
- (十) 圖之標題應能表示內容。

七、關於照片之規定：

- (一) 照片用紙一律採用黑白光面紙。

- (二) 照片幅面應在 12—15 cm，以便縮版。
- (三) 照片應充分沖洗清楚，須考慮縮少至 1/2 時尚能清楚之程度。
- (四) 照片如有特別指明點應加圈或箭頭表明。
- 八、文稿過長，或圖表過多過大時，投稿人得自行負擔印刷費。
- 九、關於參考文献之規定：
 - (一) 參考文献以經本人確曾查閱者為限，如係來自轉載之其他書刊時，須加註明。
 - (二) 作者姓名以後為發行年份，加以括號，然後為雜誌或書名、卷期數及頁數。（頁數必須註明）。
 - (三) 文字敘述中述及參考文献時，根據文献之號數，用斜體阿刺伯字，加以括號，如(1)(2)(3)等插入文句中。
- 十、文字敘述之號次以下列為序。
 - 中文用：一、(一) 1. (1) i. (i)
 - 英文用：I. 1. A. a.
- 十一、每頁下端之脚註以小號 1, 2, 3, 等阿拉伯字表之，註明於該段文字之右上角。
- 十二、文字敘述中之數字除十以下之數字，儘量用阿拉伯字表之。
- 十三、單位須用公制。單位記號例如以 m (公尺)、cm (公分)、mm (公厘)、m² (平方公尺)、m³ (立方公尺)、cc (立方公分)、l (立升)、g (公分)、kg (公斤)、mg (公厘)、°C (攝氏度)、% (百分之一)、ppm (百萬分之一份) 等表之，可不必另用中文。
- 十四、英文題目中重要之字第一字母大寫，介詞、連接詞及不重要字用小寫。圖表之英文標系及各欄英文細目，除第一字之第一字母大寫外，其餘第一字母均小寫。參考文献中作者姓名每字全部字母均大寫，論文名第一字第一字母大寫，其餘均小寫，雜誌名或書名每字第一字母均大寫。
- 十五、作者英文名以用全名為原則，名在前，姓在後。
- 十六、其他未盡善事項得隨時修正之。

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

Volume 24, Number 3

September 1978

METEOROLOGICAL BULLETIN

(Quarterly)



CONTENTS

Articles

- On the Quantification of Seismicity of Taiwan Ming-Tung Hsu (1)

- Numerical Simulation of the Development of Tropical
Cyclon through Releasing Latent Heat of Convective Cumulus Si-Wang Cheng (7)

Reports

- Report on Typhoon "Amy" (23)
A Brief Report on Typhoons in the Northwest
Pacific in 1977 (35)

CENTRAL WEATHER BUREAU

64 Park Road, Taipei
Taiwan, Republic of China

氣象學報

季刊

第二十四卷 第四期

目次

論著

- 氣旋系統之動能收支研究 邱爾文 (1)
近地地震震央距離之計算 徐明同 (16)

報告

民國六十七年颱風調查報告

- 第一號侵臺颱風 (7708號) 羅絲 (19)
第二號侵臺颱風 (7812號) 黛拉 (27)

氣象學報

季刊

第二十四卷 第四期

主編者 中央氣象局氣象學報社
地址 臺北市公園路六十四號
電話：三七一三一八一(十線)

發行人 劉大年
社長 劉大年
電話：三一一〇八四〇

印刷者 文英印書公司
地址 臺北市三水街七號
電話：三〇六四七二四

中華民國六十七年十二月出版

氣旋系統之動能收支研究 (一個溫帶氣旋及1972年貝蒂颱風之個案研究)

*Kinetic Energy Budgets of Cyclone Systems
over Continental China :
— Case studies for an extratropical cyclone
and Typhoon Betty, 1972 —*

邱 爾 文

Er-Woon Chiou

ABSTRACT

Kinetic energy budgets of an extratropical cyclone and typhoon Betty, 1972 are studied using surface and rawinsonde data from the network over Continental China.

For the case of the extratropical cyclone, kinetic energy budget is computed for the region bounded by latitudes 22°N , 42°N and longitudes 100°E , 120°E ($41.9 \times 10^{11}\text{m}^2$) for a five-day period (1200 GMT 20 December 1954 to 1200 GMT 24 December 1954) spanning the pre-storm, growth and decay stages of the intense cyclone. The case of typhoon Betty is investigated for the region bounded by latitudes 22°N , 33°N and longitudes 108°E , 126°E ($21.7 \times 10^{11}\text{m}^2$) for a four-day period (1200 GMT 16 August 1972 to 1200 GMT 19 August 1972) consisting of a 24-hour mature stage, a 24-hour dissipating stage and a subsequent 24-hour slowly decaying stage.

In addition to kinetic energy budgets of the entire region, computation has also been performed for the energetics of smaller areas which contain the storms at three different stages. Such storm vicinity budgets have been compared with the budgets of the entire region for both the extratropical cyclone and typhoon Betty.

The major results obtained in this study are: (i) Boundary fluxes of kinetic energy are important in maintaining the energy budget of the extratropical cyclone throughout its life cycle while the contribution of boundary fluxes are much smaller during Betty's life cycle except for the dissipating stage. (ii) Generation is found positive in all layers throughout the life cycle of the extratropical cyclone, but positive generation appears only in the final (slowly decaying) stage for

typhoon Betty. During the mature and dissipating stages, generation has been found positive only in the lower troposphere. (iii) Dissipation, calculated as the residual in the energy budget, represents an energy loss during all stages for both storms except in the layers above 700mb during the typhoon's mature and dissipating stages. (iv) The values of various terms in the kinetic energy budget are generally larger for the small areas. Such characteristic is clearly shown by kinetic energy content.

The results obtained in this study has been compared with earlier studies. Furthermore, a suggestion is given about the direction along which future investigation of energetics of storm systems such as tropical and extratropical storms should be carried out.

一、緒 言

大氣動能為有效位能轉換而成，最後經由摩擦過程消散之。大氣主環流之強度與維持均依靠動能之產生與消散兩者間之平衡。因此，動能之消散為大氣基本能量循環的主要過程，而動能收支之研究，對大幅度大氣動力之瞭解極為重要。

自從 Margules⁽⁶⁾ 於 1903 年計算出絕熱流動中，因質量重新分佈而產生之全位能及動能的變化以來，Lorenz⁽⁴⁾ 曾於 1955 年討論了有效位能的觀念。他所提出的有關有效位能之數學形式，可應用到大幅度運動，並且進一步探討主環流的問題。過去二十多年來，更有許多學者 (Oort⁽⁸⁾, 1964; Starr & Saltzman⁽¹³⁾, 1966; Lorenz⁽⁵⁾, 1967) 針對能源，冷源 (Source, Sink) 以及能量之轉換，進行診斷分析。其結果顯示，在大氣主環流的能量轉換中，以渦動 (eddy) 所扮演的角色為最重要。Johnson⁽³⁾ (1970) 特別指出，若就渦動能量進行全球性分析，將無法瞭解個別系統之變化與作用。因此，欲對渦動過程作一有系統完整的分析，必須研究個別的大氣環流系統。

在國外，近幾年內先後有 Petterssen & Smebye⁽⁹⁾ (1971) 以及 Smith⁽¹¹⁾ (1973) 等分別使用北美大陸之探空資料，研究中緯度氣旋發展期間的能量轉換及隨附之天氣擾動。有關類似研究的較新論文包括 Vincent, Gommel & Chiang⁽¹⁵⁾ (1974) 所發表的 1970 年 Celia 颶風之動能診斷分析。Vincent⁽¹⁶⁾ 等 (1975) 也曾採用移動座標分析一個溫帶氣旋及 1970 年 Celia 颶風的動能收支情形。

在國內，有關颱風的研究一向很受重視。可是

研究之內容多半偏重於颱風路徑之預報。近年來，也有少數學者由另一個角度來探討颱風的問題。(如江火明⁽¹⁷⁾ (1976) 與文長台⁽¹⁸⁾ (1977))。不過對此一區域的颱風或溫帶氣旋等風暴系統能量進行深入研究者仍甚少。

本研究係採用中國大陸的地面及探空資料分別計算以下兩個氣旋系統的動能收支：(I) 1954 年 12 月 20 日至 24 日發生於華南地區的溫帶氣旋以及 (II) 在西太平洋形成並在中國大陸沿海登陸的 1972 年貝蒂颱風。

本研究之主要目的包括：(I) 考察各該系統的生命史中，在不同階段內，動能之產生、輸出、輸入與消散情形。(II) 與世界其他區域研究所得之結果作一比較。(III) 對計算所得之結果，探討可能之解釋，以便藉此對這些重要的天氣系統之產生與維持，獲得更進一步的瞭解。

同時並根據本研究之結果，討論今後國內有關移動系統能量之研究趨勢與方向。

二、資料與計算方法

(I) 基本方程式

本研究所採用之基本方程式為：

$$\frac{\partial k}{\partial t} - \vec{V}_p \cdot \nabla k + \omega \frac{\partial k}{\partial p} = - \vec{V}_p \cdot \nabla \phi + \vec{V}_p \cdot \vec{F}_p \quad (1)$$

該式即為以氣壓作為垂直座標的動能方程式。

其中

$k = (u^2 + v^2)/2$ = 單位質重之水平動能

\vec{V}_p = 水平風向量

ω = 氣壓座標之垂直風速 (dp/dt)

a =地球之半徑

ϕ =重力位高度

λ =經度

ψ =緯度

F_p =單位質量之摩擦力

$$\nabla_p = i(a \cos \phi)^{-1} \frac{\partial}{\partial \lambda} + j a^{-1} \frac{\partial}{\partial \phi}$$

利用連續方程式

$$\nabla_p \cdot \vec{V}_p + \frac{\partial \omega}{\partial p} = \frac{v}{a} \tan \phi$$

(1)式可寫成以下形式

$$\frac{\partial k}{\partial t} = -\vec{V}_p \cdot \nabla \phi - \left(\nabla_p \cdot \vec{V}_p k - \frac{v k \tan \phi}{a} \right)$$

(a) (b) (c)

$$-\frac{\partial}{\partial p} (\omega k) + \vec{V}_p \cdot \vec{F}_p$$

(d) (e)

(2)式為動能收支方程式。該式表示了動能隨時間變化率 (a 項) 與各能源冷源項之間的關係。其中 (b) 項 (包含符號) 代表動能的產生，也就是由截等壓線氣流所導致的能量產生或消耗。(c) (d) 二項 (含符號) 則分別代表動能的水平與垂直輻合 (也稱為水平及垂直邊界通量)。最後一項 (e) 則為消散量。

二資料

本研究所使用之資料為中國大陸各測站 12GMT 的地面及探空資料。分析貝蒂颱風及溫帶氣旋所用到的測站分佈情形如圖1.(A) 及圖1.(B)。

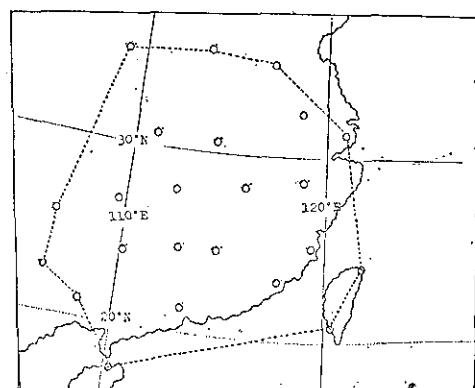


圖 1(A) 分析貝蒂颱風所採用之測站分佈情形

Fig. 1(A) Network of stations for the study of typhoon Betty

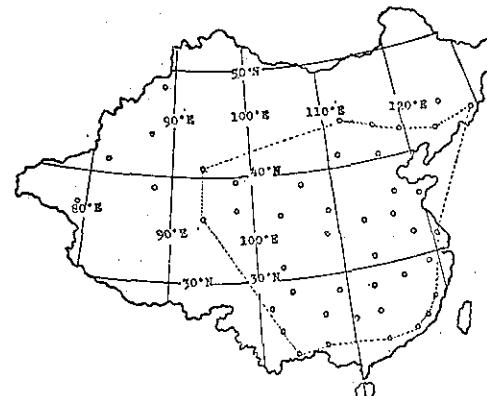


圖 1(B) 分析溫帶氣旋所採用之測站分佈情形

Fig. 1(B) Network of stations for the study of the extratropical cyclone

進行分析的時間，貝蒂颱風共計四天（1972年 8月16日至19日）而溫帶氣旋則為五天（1954年12月 20日至24日）。圖 1(A) 及 1(B) 內之點虛線表示所分析範圍之界線。對於該界線以內各測站均分別計算其動能收支，而其餘各站僅在分析邊界附近測站時，當作附屬（參考）站使用。

在垂直方面，本研究取 850mb, 700mb, 500mb, 300mb 及 200mb 五個等壓面分別計算，並將地面之氣壓值定為 1000mb。資料來源係採用空軍氣象中心所整理出來的中國大陸各測站探空資料，以及日本氣象廳出版之亞洲天氣圖。原始資料雖然高達 100mb，但高層資料欠缺太多，故本研究僅分析到 200mb 等壓面（對貝蒂颱風）（對溫帶氣旋則只分析到 300mb）。

三計算方法

(2)式右邊之 (b) (c) (d) 各項，均針對每一站及每一天分別予以計算。然後再將同一天同一站相鄰兩等壓面所得之值平均而求得各有關壓力層之值。

計算 (b) (c) 二項時，所需要的一階導數係採用 Chien & Smith⁽²⁾ 所提出的二度空間泰勒展開式模式 (Two-dimensional Taylor's Series model) 進行估計。水平風輻合量也是採用同樣方法算出，然後再以運動學方法 (Kinematic method) 求出垂直風速，並利用 Chang⁽¹⁾ (1973) 根據 O'Brien 之方法所設計之修正程序，將垂直風速予以修正。

(a) 項之動能隨時間變化率是由相鄰兩天之動

能值相減再除以間隔時間（即 24 小時）而求得。為了相互比較起見，(b)(c)(d) 各項也分別由相連兩天之值求出 24 小時內之平均值。

垂直積分係採用梯形法，就地面——850mb, 850-700mb, 700-500mb, 500-300mb, 300-200mb 及整個地面——200mb（對颱風而言）（對溫帶氣旋則為地面——300mb）各層分別計算。本研究之結果所列出的數值均為所有各有關測站之平均值。

欠缺之資料中，高度值係依線性內插法加以補齊，而風速風向資料，則根據 Chien & Smith⁽⁸⁾ (1973) 所建議之方法補齊。

(2)式的(e)項是根據平衡該方程式的剩餘項估計而得之。

三、天氣概況

(一) 1972 年貝蒂颱風之發生及經過

貝蒂颱風是 1972 年西太平洋上的第十三個颱風。8 月 8 日在關島東南方約 700 公里之海面上發現有低壓環流存在。9 日醞釀成熱帶性低氣壓，向西北進行。10 日晨 2 時發展成為輕度颱風。當天晚上 20 時發展成為中度颱風。（中心最大風速 33 m/s，最低氣壓 985mb）。此後又不斷增強，而且繼續向西北至西北西進行。至 12 日，因受太平洋副熱帶高氣壓西伸之影響，轉向西北西至西進行。13 日上午 8 時，已發展為強烈颱風，中心位置在，18.9°N., 135.4°E，以每小時 8-10 莉之速度向西進行。14 日中心氣壓降至 920mb，最大風速增至 63m/s，向西北西進行。8 月 15 日晚進行方向又由西北西轉為西北。16 日中心最大風速減為 60m/s，晚間 8 時又減為 48m/s，24 小時內的急遽變化，使她的威力減弱為中度颱風，對臺灣的威脅也減輕一些。17 日凌晨 2 時，中心掠過臺灣北部海岸約 100 公里的海面，下午 2 時本省脫離暴風圈；同時貝蒂再減弱為輕度颱風向大陸推進。17 日晚間 8 時，中心位置約在溫州西北方 100 公里處，即 28.2°N, 119.2°E，中心氣壓為 980mb 成為熱帶風暴。

18 日晚間 8 時，貝蒂颱風中心位置在 28.2°N, 116.5°E，中心氣壓已升至 994mb；至 19 日晨 8 時，形成一東北向西南延伸之伴隨鋒面低氣壓，中心氣壓為 998mb，19 日晚間 8 時中心氣壓再升至 1004mb，20 日晨 8 時之天氣圖上已無該弱化低氣壓存在。至此，貝蒂颱風已完全消失。

貝蒂颱風之最佳路徑如圖 (2) 所示。1972 年

8 月 16 日至 19 日每日 12GMT 地面天氣圖如圖 3-6 所示。

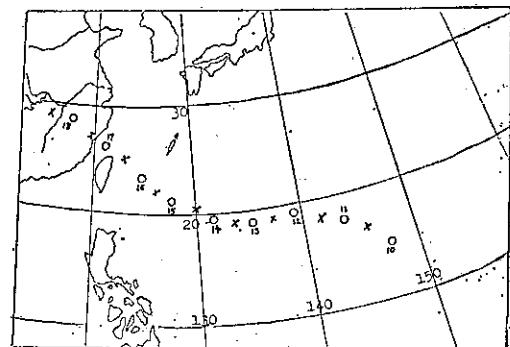


圖 2. 貝蒂颱風之最佳路徑
(1972年8月10日—18日)

Fig. 2. Path of Betty from 10 August to 18 August (small circles: position at 00 GMT, crosses: position at 12 GMT)

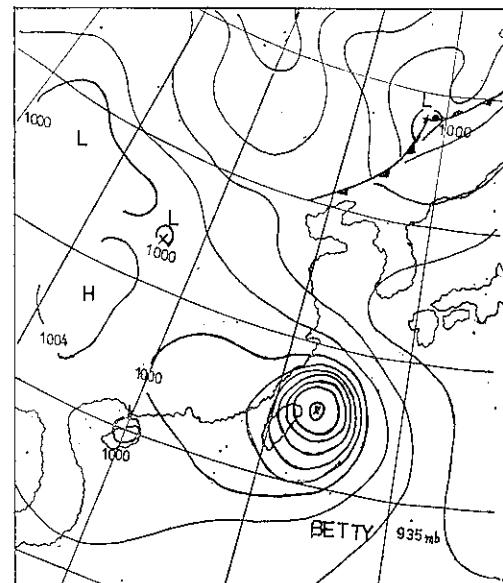


圖 3. 1972 年 8 月 16 日地面實際天氣圖

Fig. 3. Mean sea level pressure chart for 12 GMT, 16 August 1972.

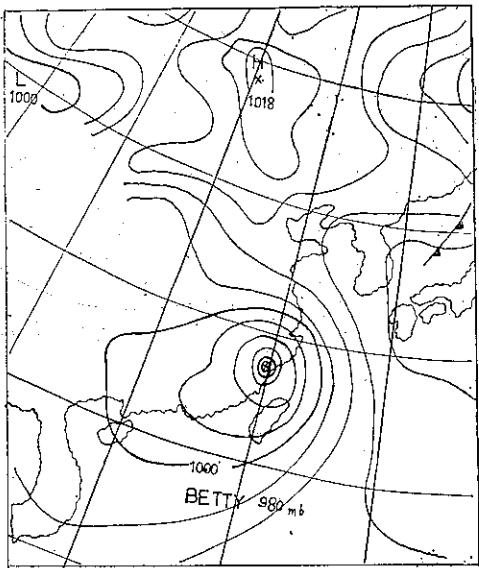


圖 4. 1972年 8月17日地面實際天氣圖

Fig. 4. Mean sea level pressure chart for 12 GMT, 17 August 1972.

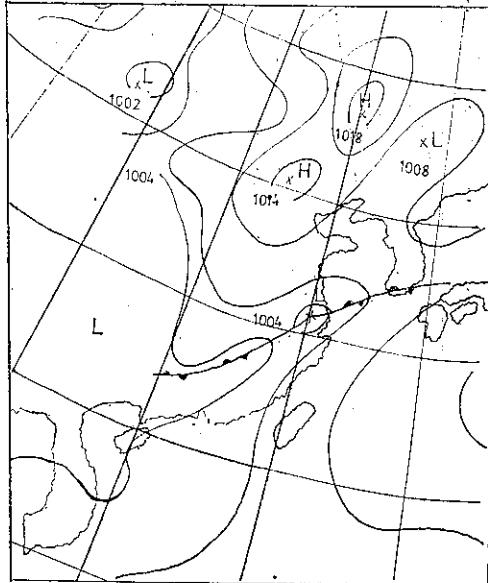


圖 6. 1972年 8月19日地面實際天氣圖

Fig. 6. Mean sea level pressure chart for 12 GMT, 19 August 1972.

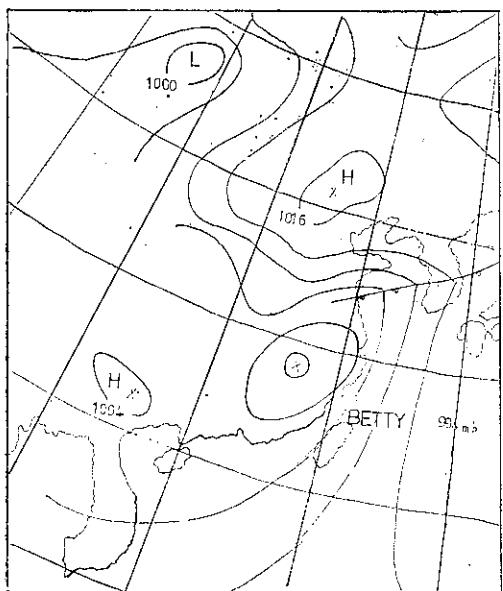


圖 5. 1972年 8月18日地面實際天氣圖

Fig. 5. Mean sea level pressure chart for 12 GMT, 18 August 1972.

(二) 溫帶氣旋之發展與移動

1954 年 12 月 20 日 00GMT 至 12 月 24 日 12GMT 之間，溫帶氣旋之發展與移動如圖(7) 所示。這 5 天期間每天 12GMT 之地面天氣圖也列於圖(8) 至圖(12)。

12 月 21 日在 $25^{\circ}\text{N}, 110^{\circ}\text{E}$ 處有兩個低氣壓，氣壓值為 1012mb。12 月 22 日 00GMT，該二低氣壓合併成單獨一個氣旋，並向東北移動至 $30^{\circ}\text{N}, 120^{\circ}\text{E}$ 處，中心氣壓也下降 2mb。12 小時後，移至 $30^{\circ}\text{N}, 128^{\circ}\text{E}$ ；而中心氣壓則降至 1002 mb。

接着該氣旋向北緩慢移動，而於 12 月 23 日 00GMT 時，抵達 $35^{\circ}\text{N}, 135^{\circ}\text{E}$ ，並形成中心氣壓為 994mb 與 1006mb 的兩個氣旋。最後到 12 月 23 日 12GMT，移至 $35^{\circ}\text{N}, 143^{\circ}\text{E}$ ；中心氣壓增強為 994mb。

根據上述天氣概況以及中心氣壓之變化，12 月 20 日 12GMT 至 12 月 21 日 12GMT 可視為該溫帶氣旋生成前期。而 12 月 21 日 12GMT 至 12 月 23 日 12GMT 以及 12 月 23 日 12GMT 至 24 日 12GMT 則分別視為成長期及衰減期。

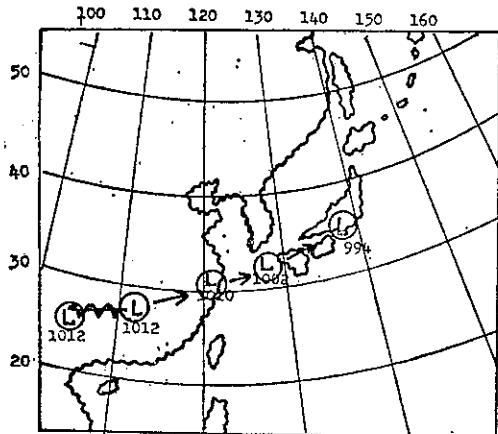


圖 7. 溫帶氣旋之發展與移動

Fig. 7. Development and movement of the extratropical cyclone

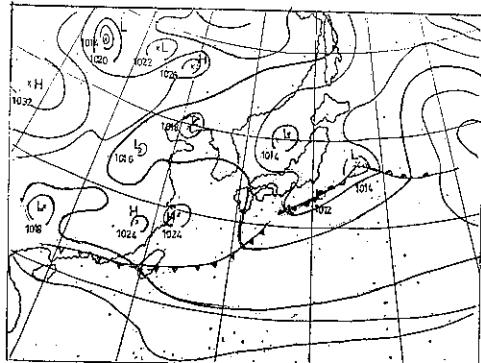


圖 8. 1954年12月20日地面實際天氣圖

Fig. 8. Mean sea level pressure chart for 12 GMT, 20 December 1954

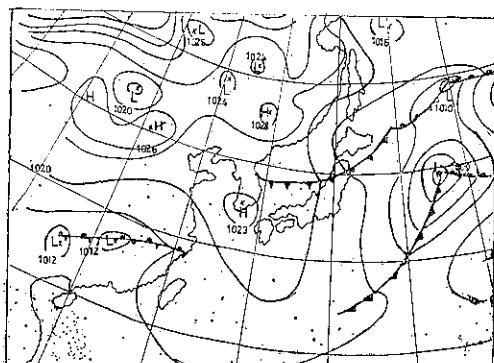


圖 9. 1954年12月21日地面實際天氣圖

Fig. 9. Mean sea level pressure chart for 12 GMT, 21 December 1954.

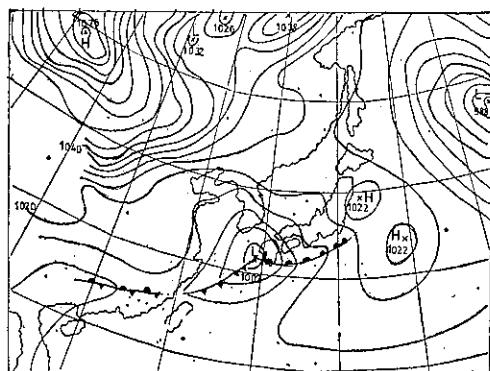


圖 10. 1954年12月22日地面實際天氣圖

Fig. 10. Mean sea level pressure chart for 12 GMT, 22 December 1954.

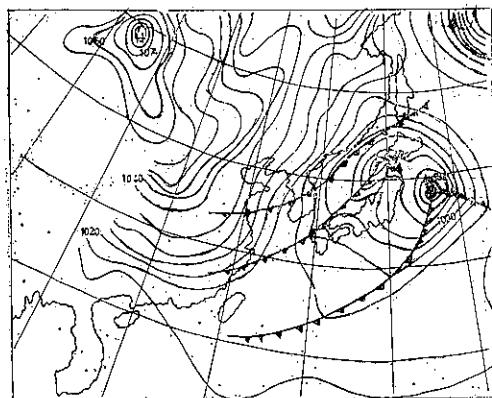


圖 11. 1954年12月23日地面實際天氣圖

Fig. 11. Mean sea level pressure chart for 12 GMT, 23 December 1954.

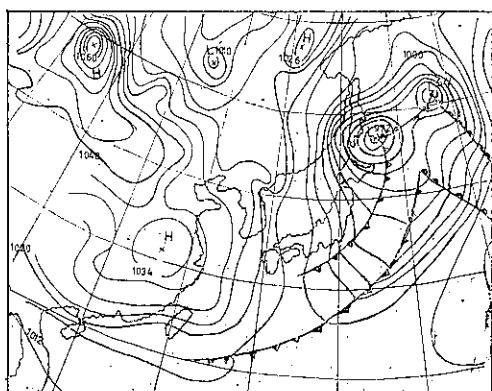


圖 12. 1954年12月24日地面實際天氣圖

Fig. 12. Mean sea level pressure chart for 12 GMT, 24 December 1954

四、選定小區域以計算風暴附近動能收支

(一)貝蒂颱風

除了探討 $22^{\circ}\text{--}33^{\circ}\text{N}$, $108^{\circ}\text{--}126^{\circ}\text{E}$ 以內，整個區域 ($21.7 \times 10^{11}\text{m}^2$) 之動能收支，還應考察颱風通過該區域時，各階段內在颱風附近區域的動能收支情形。為了此目的，必須在4天(8月16日至19日)中，每天分別選定一個包含貝蒂颱風的較小區域，

然後針對該小區域計算(2)式中各項之值。此等小區域之垂直方向之範圍與本文二、三節所述相同。至於水平界限之決定則參考地面天氣圖，原則上盡量使地面風暴中心位置與選定之區域的中心靠近。除了地面環流系統以外，動能含量之垂直分佈也列入考慮。圖13-16即為選定之小區域範圍。由圖中所示動能含量等值線可看出，與貝蒂颱風有關之能量過程主要均包含在該等小區域內。

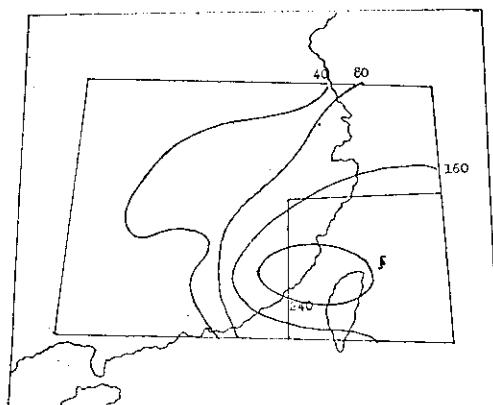


圖 13. 8月16日計算颱風動能所選用之小區域範圍及 500mb 層之動能等值線分佈圖
(動能單位： $\text{m}^2\text{sec}^{-2}$)

Fig. 13. Horizontal extent of the small region at 12 GMT 16 August together with kinetic energy content at 500mb in units of $\text{m}^2\text{ sec}^{-2}$. (Surface position of typhoon is also shown)

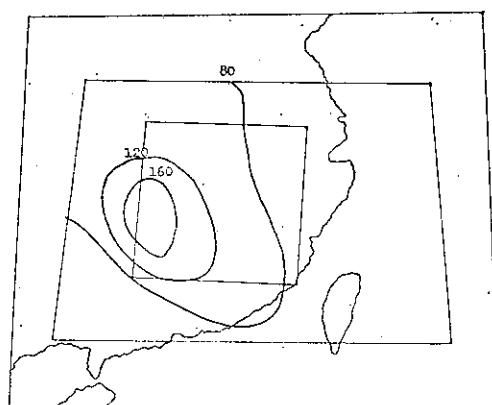


圖 15. 內容與圖13相同 (但日期為 8月18日)
Fig. 15. Same as Fig. 13 except for 18 August

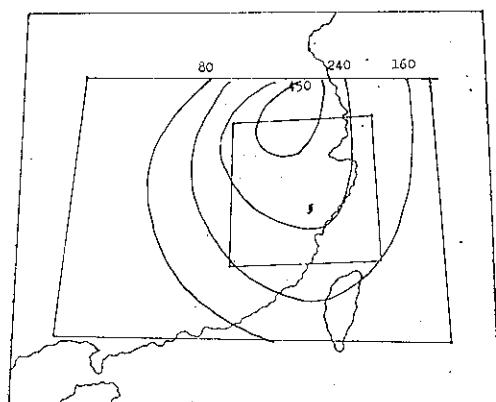


圖 14. 內容與圖13相同 (但日期為 8月17日)
Fig. 14. Same as Fig. 13 except for 17 August

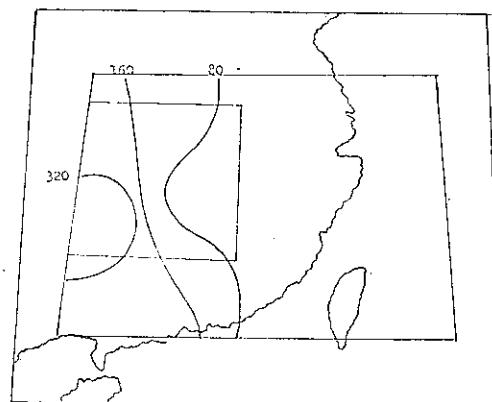


圖 16. 內容與圖13相同 (但日期為 8月19日)
Fig. 16. Same as Fig. 13 except for 19 August

二 溫帶氣旋

與貝蒂颱風一樣，對溫帶氣旋也是除了探討 $22^{\circ}\text{--}42^{\circ}\text{N}$, $100^{\circ}\text{--}120^{\circ}\text{E}$ 以內整個區域 ($41.9 \times 10^{11} \text{ m}^2$) 之動能收支外，同時也考察了風暴附近的動能收支情形。

在選定代表溫帶氣旋附近範圍的小區域時，係

根據氣旋生成前期，成長期及衰減期，分別選定一個小區域使氣旋中心在各階段均與所選區域的中心盡量相吻合。一般而言，小區域之水平界限包含地面的最後一條封閉等壓線，以及 700mb 與 500mb 之最後一條封閉等高線。因此，風暴系統的重要特徵均可表現於各階段的小區域內。

所選定之各小區域之水平範圍均詳列於表(1)。

表 1. 計算溫帶氣旋時選定之小區域範圍

Table 1. Boundary locations and areas of the small regions chosen for the extratropical cyclone

Time stage	West bdry	East bdry	North bdry	South bdry	Area
Pre-storm 生成前期	102°E	115°E	30°N	20°N	$1.44 \times 10^{12} \text{ m}^2$
Growth 成長期	104°E	118°E	30°N	20°N	$1.55 \times 10^{12} \text{ m}^2$
Decay 消散期	114°E	130°E	42°N	32°N	$1.77 \times 10^{12} \text{ m}^2$

五、結果與討論

(一) 貝蒂颱風之動能收支

1. 大區域與小區域之比較：

大小區域計算所得之動能含量，產生量以及水平與垂直邊界通量均列於表(2)。

除了極少數例外以外，小區域之值一般均大於大區域。由此可見，貝蒂颱風雖然對大區域之動能過程有很顯著的影響，但是由小區域所求得之動能收支更足以代表颱風。

由表(2)還可以看出，大區域與小區域共同具備下列各種特性：

(i) 動能含量之垂直積分在起先 24 小時內有極微小的增加，但在接下去的 24 小時期間內則表現顯著的衰減。

(ii) 在各階段中，均以產生量為最大。

(iii) 水平邊界通量雖然比產生量小很多，但是在起先 24 小時期間，水平邊界通量對動能含量之增加，有很顯著的貢獻。

2. 動能收支

貝蒂颱風通過期間，整個區域（大區域）之動能收支情形如表(3)及圖(1)所示。其中表(3)係動能方程式各項之垂直積分值，而圖(1)則顯示各項之垂直分佈。這些結果可扼要討論如下：

(i) 局地變化 (Local change): 在第一階段，局地變化在各層均為正值。此階段乃貝蒂颱風之成

熟期。到了第二階段（消散期），颱風繼續往內陸推進，此時消散量已較為重要，而局地變化在各層均出現負值。此階段內，動能隨時間遞減率之垂直積分值為 2.2 watts/m^2 。到了最後階段（緩慢衰減期），動能幾乎保持不變。在低層動能雖然隨時間遞減，但却在高層獲得補償。

(ii) 動能產生量：在第一階段，動能產生項對動能收支有顯著的貢獻。緊接着兩個階段中，動能產生量幾乎減少了一半。動能產生量之垂直分佈，在第一、二階段非常相似，即低層出現正值，而垂直積分結果顯示消耗。但在最後階段，則各層均為正作用。

(iii) 邊界通量：一般而言，與水平通量相比較之下，垂直通量幾乎可以忽略掉。在第一階段及第三階段，邊界通量對貝蒂颱風的能量收支所作之貢獻比產生量幾乎小一個數量級。

在第一、二階段內，由於整個對流層均出現正的水平通量，就整個區域而言，有淨能量輸入。但到了最後階段，低層部份出現明顯的水平通量輻散，因而導致淨能量輸出。

(iv) 消散量：本研究之消散量係由平衡動能方程式之剩餘項估計而得。若對一個大區域做長時間的積分，此剩餘量必須為負值，因為黏滯消散 (Viscous dissipation) 將遠勝於對流及網格點幅度與次網格點幅度過程之間的能量傾瀉等其他因素。但是，Smith & Adhikary⁽¹²⁾ (1974) 曾經指出，

表 2. 大區域與小區域所得各項之比較 (能量單位： 10^5Jm^{-2} 能量變化率單位： Wm^{-2})Table 2. Comparison of kinetic energy terms between large areas and smaller areas (contents: 10^5Jm^{-2} ; transformations Wm^{-2})

Pressure layer (mb)	$-\vec{\nabla}_p \phi$		$-\left[\nabla_p (\vec{\nabla} k) - \frac{v k \tan \phi}{a} \right]$		$-\partial(\omega k)/\partial p$		K	
	Large area	Small area	L	S	L	S	L	S

12 GMT 16 August

Sfc-850	2.2	2.0	0.4	1.3	-0.3	-1.3	0.4	1.2
850-700	0.8	13.0	0.8	3.0	-0.6	-3.0	0.7	2.0
700-500	-1.8	-3.0	1.2	0.8	-0.0	9.3	0.8	2.3
500-300	-7.4	-19.0	2.8	2.5	1.1	-5.5	0.6	1.6
300-200	-7.0	-11.0	1.1	3.5	-0.2	0.5	0.4	0.5
Sfc-200	-13.2	-18.0	6.3	11.1	0.0	0.0	2.9	7.6

12 GMT 17 August

Sfc-850	3.7	14.0	0.7	1.8	-0.1	-0.4	0.7	1.6
850-700	2.7	9.0	1.4	1.0	-0.1	-0.3	1.5	2.4
700-500	-5.0	-9.5	0.2	0.4	0.1	0.8	1.5	2.0
500-300	-7.5	-6.4	1.0	0.8	-0.1	-0.2	1.1	2.0
300-200	-8.5	-2.5	1.6	1.5	0.2	0.1	1.0	1.5
Sfc-200	-18.1	14.6	4.9	5.5	0.0	0.0	5.8	9.5

12 GMT 18 August

Sfc-850	2.0	1.3	1.1	2.1	0.0	-0.2	0.6	0.7
850-700	1.1	-1.9	1.5	3.0	0.0	+0.0	1.0	1.3
700-500	0.6	-3.0	1.7	-0.2	-0.1	0.2	0.9	1.3
500-300	1.5	-8.0	1.5	-1.5	+0.1	0.0	0.7	1.2
300-200	1.4	-1.7	0.0	0.7	0.1	+0.0	0.6	0.9
Sfc-200	6.6	-8.4	5.8	4.1	0.0	0.0	3.8	5.4

12 GMT 19 August

Sfc-850	4.5	11.0	-1.8	-0.7	-0.1	-0.1	0.4	0.3
850-700	1.3	2.0	-2.2	-0.3	+0.3	0.6	0.8	0.8
700-500	0.8	0.2	-1.5	-2.3	-0.1	-0.7	0.9	1.6
500-300	1.5	0.5	-1.3	-2.7	0.1	0.5	0.9	1.5
300-200	0.5	2.7	-0.0	-1.9	-0.2	-0.3	0.9	1.2
Sfc-200	8.6	16.3	-6.8	-7.9	0.0	0.0	3.9	5.4

表 3. 貝蒂颱風之動能收支 (單位: Wm^{-2})

Table 3. Kinetic energy budget summary in units of Wm^{-2}
(for Typhoon Betty, 1972)

		16 Aug.-17 Aug.	17 Aug.-18 Aug.	18 Aug.-19 Aug
<i>Surface-200mb</i>				
Local Change		3.3	-2.2	0.3
Boundary flux (external source)		5.5	5.2	-0.5
Generation		-13.9	-4.0	7.7
Dissipation		11.8	-3.5	-6.9
Generation+Dissipation (internal source)		-2.1	-7.5	0.8
<i>Surface-850mb</i>				
Generation		2.9	2.8	3.3
Dissipation		-2.9	-3.8	-3.0

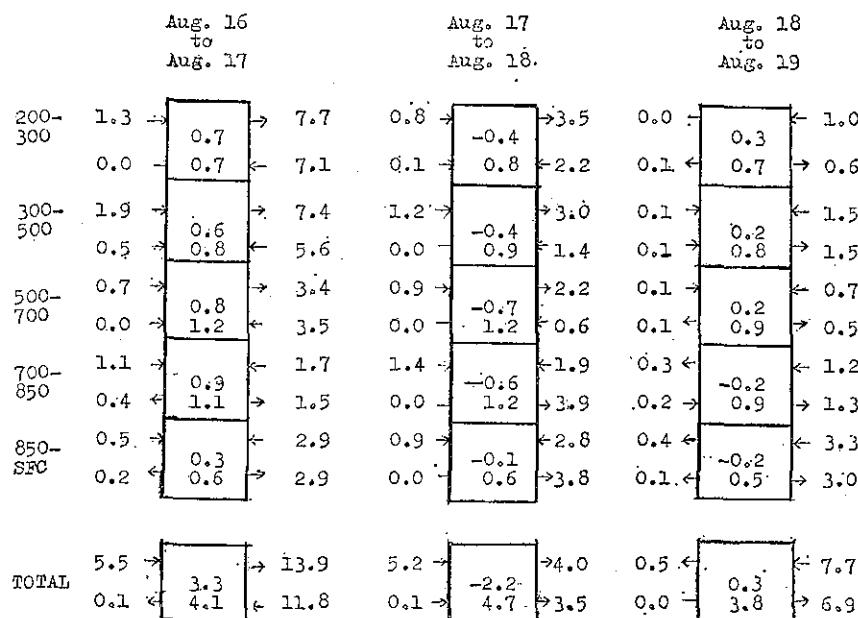


圖 17. 貝蒂颱風之動能收支 (單位: 能量為 $10^5 \text{ Joules m}^{-2}$, 其餘各項為 watts m^{-2})
(各方塊之左上角: 水平邊界通量; 左下角: 垂直邊界通量; 右上角: 產生量; 右下角: 消散量; 中間: 動能變化率; 底: 動能含量)

Fig. 17. Kinetic energy budget for typhoon Betty. (Values in upper left are net horizontal boundary flux; upper right, generation; lower left, vertical boundary flux; lower right, dissipation; in center of box, rate of change of kinetic energy; in lower part of box, kinetic energy content
(contents are in units of $10^5 \text{ joules m}^{-2}$ and all other quantities in units of watts m^{-2})

像本研究這樣對一個小區域進行一段短時間的分析時，經常會出現正值。這種現象表示黏滯消散量已經被一些未能用典型的觀察方法測得的其他因素所遮蓋掉。

本研究所得結果中，在第一階段，700mb以下兩層有消散，但較高層出現更大的能源(正消散)，以致垂直積分結果，得出淨正值。

到了第二階段，情形已經有了轉變。此階段中，低層的負值遠超過高層的正值，故垂直積分結果，顯示整個對流層表現了動能之虧損。第三階段的消散量在各層均代表動能之消耗。

(v) 動能收支概要：由圖(17)所示三階段之動能收支可以看出，動能產生量與消散量，一般而言，大於水平及垂直通量。唯有第二階段為例外。在第一階段與第三階段，消散量與產生量在每一層均近乎平衡，但在第二階段，產生量與消散量對能量收支均形成負貢獻，而水平輸送則扮演輸入動能之重要角色。

3. 與其他研究之比較：

為了將本研究結果與較早期間其他學者之研究

相互比較，表(4)中列出了 Vincent, Gommel 與 Chang⁽¹⁵⁾ (1974) 對 1970 年 Celia 颶風之動能收支分析之結果。(其面積為 $20 \times 10^{11} \text{m}^2$) 該表中之成熟期是指最大動能出現之階段，而消散階段則代表動能損失最大 ($\frac{\partial k}{\partial t}$ 出現最大負值) 之時期。最後一階段——緩慢衰減期乃緊接着消散階段之後，颶風生命史之末期。(此階段動能值比較小)

根據上述規定，本研究對 1972 年貝蒂颶風進行分析時所劃分的三個階段(8 月 16 日 12GMT 至 17 日 12GMT；8 月 17 日 12GMT 至 18 日 12GMT 以及 8 月 18 日 12GMT 至 19 日 12GMT) 也可以被視為成熟期、消散期及緩慢衰減期。

因此，表 4 與表 3 所列之結果，可以就相同之階段，互相加以比較。除了在第一、二階段中，貝蒂颶風的外在能源比較大以外，其他各項之數值均非常接近。

貝蒂颶風與 Celia 颶風的風暴附近小區域之動能收支也列在表(5)內。比較結果顯示，雖然貝蒂颶風的產生項比 Celia 颶風小得多，但成熟期及消散期的動能含量，都沒有顯著的差別。

表 4. Celia 颶風之動能收支 (單位： Wm^{-2}) (Vincent, Gommel & Chang) (1974)

Table 4. Kinetic energy budget summary in units of Wm^{-2} (for hurricane Celia, 1970)
(Vincent, Gommel & Chang, 1974)

<i>Surface at 200mb</i>	<i>mature stage</i>	<i>dissipating stage</i>	<i>slowly decaying stage</i>
Lonai change	0.0	-2.7	-0.6
external source	1.1	-0.5	-0.6
internal source	-1.1	-2.2	0.0
<i>Surface-850mb</i>			
Generation	2.2	1.4	1.4
Dissipation	-2.3	-1.5	-1.5

表 5. 貝蒂颶風與 Celia 颶風之小區域動能項比較

Table 5. Comparison of storm vicinity kinetic energy terms
for Betty, 1972 and Celia 1970

		$-\nabla \cdot \nabla \phi$	K
Mature stage	Betty	3.4	8.6
	Celia	20	8
Dissipating stage	Betty	3.1	7.4
	Celia	9.0	3.9

* Area representing storm vicinity
Betty: $5.4 \times 10^{11} \text{m}^2$ Celia: $5 \times 10^{11} \text{m}^2$

(二) 溫帶氣旋之動能收支

1. 整個區域之動能收支：表(6)中列出了三個階段內地面至 300mb 之平均動能收支。最後一欄所列之 $(-\vec{V} \cdot \nabla \phi + D)$ 代表內在淨能源或冷源，可以用來和外在能源或冷源 $(-\nabla \cdot k \vec{V} - \frac{\partial \omega k}{\partial p})$ 相互比較。

在氣旋生成前期，動能隨時間變化率為負，但其值甚小。因為此階段中，外在能源 $(-\nabla \cdot k \vec{V})$ 與內在能源 $(-\vec{V} \cdot \nabla \phi + D)$ 兩者近乎平衡。

到了成長期，動能隨時間增加。水平輸送及截等壓線氣流也比前一階段為大。消散量也隨着增大。一般而言，水平輸送及動能產生項可視為動能之能源，而消散量則被視為冷源。

在衰減期內，水平輸送比前兩期增加了近乎四

倍。動能隨時間遞減。動能產生項與消散項之作用合起來，相當於冷源而且遠超過外在之能源。

表(7)為各層之平均動能收支。表中各數值均為五天 (12月 20 日 12GMT 至 24 日 12GMT) 之平均值。由該表可發現下列幾項特性：

(i) 由最低層往上，動能逐層增加，其增加之倍數大約為相鄰較低層之二倍至三倍。

(ii) 垂直輸送在 700mb-500mb 層較為顯著。

(iii) 各層中，內在項 $(-\vec{V} \cdot \nabla \phi + D)$ 與外在項 $(-\nabla \cdot k \vec{V} - \frac{\partial \omega k}{\partial p})$ 都近乎平衡。

為考察各項對動能收支之貢獻，表(8)中列出了各項對動能收支之貢獻 (百分比)。該百分比是將各項之絕對值除以各層中所有五項之絕對值之和而求得。

表 6. 溫帶氣旋之動能收支 (地面-300mb) (單位: Watts m⁻²)

Table 6. Kinetic energy budget of the extratropical cyclone (surface-300mb)

Period	k	$\frac{\partial k}{\partial t}$	$-\nabla \cdot k \vec{V}$ (external)	$-\vec{V} \cdot \nabla \phi$	D	$-\vec{V} \cdot \nabla \phi + D$ (internal)
Pre-storm	61.96	-2.70	3.8	5.4	-11.9	-6.5
Growth	71.74	5.06	4.4	16.6	-15.9	0.7
Decay	67.65	-9.80	18.4	26.7	-54.9	-28.2

Units: $k = 10^9$ joules m⁻², energy changes = watts m⁻²

表 7. 溫帶氣旋之大區域平均動能收支 (1954年12月20日至24日) (單位: 與表 6 相同)

Table 7. Time mean Kinetic energy budget for the entire region 12 GMT, 20 Dec. - 12 GMT, 24 Dec. (Units same as Table 6)

Layers	k	$\frac{\partial k}{\partial t}$	$-\nabla \cdot k \vec{V}$ (external)	$-\frac{\partial \omega k}{\partial p}$	$-\vec{V} \cdot \nabla \phi$	D	$-\vec{V} \cdot \nabla \phi + D$ (internal)
sfc.-850mb	1.13	0.15	-1.3	-0.7	6.1	-3.95	2.15
850mb-700mb	3.71	0.26	17.1	-0.4	8.3	-24.74	-16.44
700mb-500mb	12.11	0.36	13.0	2.4	6.9	-21.94	-15.04
500mb-300mb	26.08	-0.50	26.9	-1.3	24.7	-50.8	-26.10
sfc.-300mb	43.03	0.27	55.7	0.0	46.0	-101.43	-55.43

表 8. 各項對動能收支之貢獻 (百分比)

Table 8. Percentage contribution of each term to kinetic energy budget

Layers	$\frac{\partial k}{\partial t}$	$-\nabla \cdot k \vec{V}$	$-\frac{\partial \omega k}{\partial p}$	$-\vec{V} \cdot \nabla \phi$	D
sfc-850mb	01	11	06	50	32
850-700mb	01	34	01	16	49
700-500mb	01	30	04	16	50
500-300mb	01	26	01	24	49
sfc-300mb	00	27	00	22	51

表 9. 小區域之合成動能收支 (12月20日至24日) (單位表6同)

Table. 9. Composite storm vicinity budget

12 GMT, 20 Dec.—12 GMT, 24 Dec. Units as Table 6.

Layers	$\frac{\partial k}{\partial t}$	$-\nabla \cdot \vec{k}V$	$-\frac{\partial \omega k}{\partial p}$	$-\vec{V} \cdot \nabla \phi$	D	$-\vec{V} \cdot \nabla \phi + D$
sfe.-850mb	-2.1	2.5	-2.1	10.2	-12.7	-2.5
850mb-700mb	3.6	19.1	-0.6	8.1	-23.0	-14.9
700mb-500mb	-2.4	22.0	-1.4	5.6	-28.6	-23.0
500mb-300mb	-4.4	63.2	4.1	30.8	-102.5	-71.7
sfc.-300mb	-5.3	106.8	0.0	54.7	-166.8	-112.1

表 10 各項對動能收支之貢獻 (百分比)

Table. 10. Percentage contribution of each term to kinetic energy budget

Layers	$\frac{\partial k}{\partial t}$	$-\nabla \cdot \vec{k}V$	$-\frac{\partial \omega k}{\partial p}$	$-\vec{V} \cdot \nabla \phi$	D
sfc.-850mb	07	08	07	34	43
850mb-700mb	06	35	01	15	42
700mb-500mb	04	37	02	09	48
500mb-300mb	02	31	02	15	51
sfc.-300mb	01	32	00	17	50

表 11. 溫帶氣旋之動能收支 (與其他學者研究結果之比較) (單位: 與表 6 相同)

Table 11. Comparative Results Units: same as table 6.

Study	k	$\frac{\partial k}{\partial t}$	$-\nabla \cdot \vec{k}V$	$-\frac{\partial \omega k}{\partial p}$	$-\vec{V} \cdot \nabla \phi$	D	$-\vec{V} \cdot \nabla \phi + D$
<i>Pre-storm period</i>							
P & S	27.8	-5.4	-13.1	-1.5	17.3	-8.1	9.2
S	14.5	-1.1	2.3	0.0	5.8	-9.2	-3.4
C	61.9	-2.7	3.8	0.0	5.4	-11.9	-6.4
<i>Growth Period</i>							
P & S	27.0	2.8	-9.7	-1.0	19.8	-6.3	13.5
S	19.2	6.5	12.0	0.0	10.0	-15.5	-5.5
C	71.7	5.06	4.4	0.0	16.6	-15.9	0.7
<i>Decay Period</i>							
P & S	26.3	-2.8	-9.4	-1.0	16.0	-8.4	7.6
S	19.0	-3.6	9.5	0.0	0.1	-13.4	-13.1
C	67.7	-9.8	18.4	0.0	26.7	-54.9	-28.2

S=Smith (1973)

P&S=Petterrsen and Smebye (1971)

C=Results obtained in the present study

由該表可發現，在最低層主要是產生項與消散項。但水平輸送所佔之份量在較高層比較重要。就整個對流層而言，水平輸送與產生項應該被視為同等重要的兩個能源。

2.風暴附近之動能收支：根據前面討論過之小區域計算所得之氣旋附近動能收支情形列於表(9)。表(10)則為與表(8)類似的各項對動能收支之貢獻（百分比）。地面——300mb 又顯示水平輸送的重要份量。水平輸送與產生項聯合起來正好可以和消散量保持近乎平衡。同時高層與低層部份也有明顯的區別。在最低層，動能隨時間變化率出現淨正值，而且動能收支之最主要過程為動能產生與消散。在較高層，動能輸送成為比動能產生項更為重要之能源。

比較表(9)與表(7)，可發現氣旋附近小區域之能量比整個大區域之能量較為活躍。前者幾乎為後者之兩倍。

3.與其他研究之比較：為了與較早期間其他學者研究所得比較起見，表(1)中列出了 Petterssen & Smebye⁽⁹⁾ (1971) 以及 Smith⁽¹¹⁾ (1973) 所得之結果。本研究之結果也並列在內。這些研究結果將分別以 P & S, S 及 C 代表之。P & S 係由地面至 100mb 分析一個冬季氣旋，而 Smith 則由地面至 200mb 分析一個春季氣旋。在比較之前，必須先瞭解各研究所含蓋之面積。Smith 所用之面積與本研究之面積分別為 $5.8 \times 10^{12} m^2$ 及 $4.9 \times 10^{12} m^2$ 。而 Petterssen & Smebye 之研究則含蓋美國及落磯山脈以東的大部份加拿大國境，其面積顯然要大得多。

由表(1)可看出三項研究所具有之共同點為氣旋生成前期及消散期，動能均隨時間遞減，而在成長期則發現動能隨時間逐漸增加。然而，關於內在項與外在項所產生之作用，各研究所得結果並不一致。本研究與 Smith 之研究結果顯示，在氣旋生命史中水平輸入極為明顯。但 P & S 之研究，却在所有三個階段中都出現能量之水平輸出。

4.動能收支概要：關於溫帶氣旋之動能收支，比較重要的結果是：(i) 在邊界層，平均動能收支表現出動能產生項($\vec{V} \cdot \nabla \phi$) 與消散項(D) 兩者近乎平衡。(ii) 在低層產生項大於消散項時象徵氣旋系統之增強。(iii) 在較高層，動能輸送在動能收支中，佔很重要地位。本研究結果顯示，水平輸送可被視為與產生量同等重要的能源。但在其他學者的研

究中，有些個案研究結果（如 Petterssen & Smebye⁽⁹⁾ 1971）却顯示水平輸送之作用相當於冷源 (sink)。

六、結論

若由貝蒂颶風與溫帶氣旋的動能收支，找出相同之處及相異之處，可發現以下各特性：

(一) 代表位能轉換為動能的動能產生項，在溫帶氣旋的生命中，各層均為正值。但就貝蒂颶風而言，只有在最後階段（緩慢衰減期）出現正的動能產生項，而在成熟期與消散期內，正動能產生項，僅出現於低層對流層。

(二) 與動能產生項及消散項相比，水平邊界通量在溫帶氣旋的整個生命史中，對動能收支也有同等重要的貢獻。但就貝蒂颶風而言，除了消散期以外，水平邊界通量之貢獻很小。

(三) 根據平衡動能方程式的剩餘項求出的消散量，一般而言，無論是颶風或溫帶氣旋，各層均為負值。唯一之例外為颶風的成熟期與消散期內，在 700mb 以上各層出現了正的消散。

前面已經討論過，若對一個大區域進行一段較長時間的積分，消散量必定為負。但是有些個案研究結果，當在大氣邊界層以上區域出現正消散。這種結果可以解釋如下：對流層中部的對流以及對流層上部的渦動動量輸送 (Eddy momentum transport) 等等次網格幅度之能源，在一般分析中無法求出。如果這些過程能够求出或者能夠予以參數化，很可能會導致正消散的減少，或者轉變為負消散。

(四) 計算風暴附近小區域之動能收支可獲得比整個區域的動能收支較大的數值。例如，貝蒂颶風之動能含量，小區域為大區域之 1.3 倍至 1.9 倍。溫帶氣旋的水平邊界通量垂直積分結果，小區域也比大區域增加將近兩倍。

貝蒂颶風在 8 月 18 日以後已經消失，而誘導低氣壓生成 (cyclogenesis)。因此本研究對貝蒂颶風進行分析的三個階段中，最後階段（緩慢衰減期——8 月 18 日至 19 日）或者至少在這一階段的後半段，已經是一個斜壓系統。故分析所得動能收支情形，在此階段與溫帶氣旋非常相似。

未來之研究，應該採用 Johnson⁽³⁾ (1970) 及 Vicent 與 Chang⁽¹⁴⁾ (1973) 所建議，而由 Vicent and Chang⁽¹⁶⁾ (1975) 使用過之移動座

標系統方法。此種方法係針對一個移動的風暴，進行能量之計算，而不必像固定座標那樣，考慮較小的風暴對較大範圍區域之影響。

此外，尋求如何將風與高度資料進行過濾，以便修正因為沒有考慮網格與次網格幅度間的能量交換而引起之誤差，也是應該努力克服的重要課題。

誌謝

本研究承張隆男教授與廖學鑑教授悉心指導，張教授並對初稿提供了寶貴的建議，謹致萬分謝意。

此外，中研院大氣物理組汪群從博士，簡來成博士與蕭錫璋小姐，對蒐集資料熱心提供幫助；中央大學電算中心諸位先生小姐對計算機作業惠予協助，在此一併致謝。

參考文獻

1. Chang, L. N. 1973. Kinetic energy transfer processes during an extratropical cyclone. Ph. D. thesis, Dept. of Geosciences, Purdue Univ., West Lafayette, Indiana, 110 pp.
2. Chien, H & Smith, P. J. 1973. On the estimation of kinematic parameters in the atmosphere from radiosonde wind data. Mon. Wea. Rev. 101, 252-261.
3. Johnson, D. R. 1970. The available potential energy of storms. J. Atmos. Sci. 27, 727-741.
4. Lorenz, E. N. 1955. Available potential energy and the maintenance of the general circulation. Tellus 7, 157-167.
5. Lorenz, E. N. 1967. The nature and theory of the general circulation of the atmosphere. WMO No. 218TP. 115, 161 pp.
6. Margules, M. 1903. Über die energie der sturme. Jahrb. Zentralanst Meteorol, 1-26. (Translation by C. Abbe (1910) in Smithsonian Institute Miscellaneous Collection, 51, 553-595).
7. O'Brien, J. J. 1970. Alternative solutions to the classical vertical velocity problem. J. Appl. Meteor. 9, 197-203
8. Oort, A. H. 1964. On estimates of the atmospheric energy cycle. Mon. Wea. Rev. 92, 483-493.
9. Petterssen, S. & Smebye, S. J. 1971. On the development of extratropical cyclones. Quart. J. Roy. Meteor. Soc. 97, 457-482.
10. Sechrist, F. S & Rudy, R. A. 1969. Kinetic energy changes in a developing cyclone. Final report, ESSA Grant WBG 52, Dept. of Meteor, University of Wisconsin, Madison.
11. Smith, P. J. 1973. The kinetic energy budget over North America during a period of major cyclone development. Tellus 25, 411-423.
12. Smith, P. J. & Adhikary, S. P. 1974. The dissipation of kinetic energy in large-scale atmospheric circulation. Rev. of Geophysics and Space Physics 12, 281-284.
13. Starr, V. P. & Saltzman, B. 1966. Observational studies of the atmospheric general circulation. Scientific Report No. 2, Planetary Circulations Project, M. I. T., V. P. Starr, Director, 700 pp.
14. Vincent, D. G. & Chang, L. N. 1973. Some further considerations concerning energy budgets of moving systems. Tellus 25, 224-232.
15. Vincent, D. G., Gommel, W. R. & Chang, L. N. 1974. Kinetic energy study of Hurricane Celia, 1970. Mon. Wea. Rev. 102, 35-47.
16. Vincent, D. G., Gommel, W. R. & Chang, L. N. 1975. Kinetic energy budgets of moving systems: Case studies for an extratropical cyclone and hurricane Celia, 1970. Tellus 27, 215-233.
17. 江火明，妮娜颱風侵襲臺灣期間之大氣結構變化，氣象學報 22 卷第 1, 2 期。June, 1976.
18. 文長台，1972 年芭蒂颱風登陸後之運動分析，碩士論文，國立中央大學地球物理研究所，May, 1977.

近地地震震央距離之計算

On the Calculation of Epicentral Distance of Near Earthquake

徐 明 同

Ming-Tung Hsu

ABSTRACT

Tables are presented which facilitate the calculation of epicentral distance Δ of near earthquake, i.e., Δ is smaller than 500km, for mean latitude from 18°N to 29°N. The error does not exceed one-tenth of a kilometer in 500 km.

一、前 言

根據日本氣象廳發行之地震觀測指南解析篇 [1]，計算近地地震（震央距離在 500 公里以下之地震）之震央距離 (Epicentral distance) Δ ，可應用 Richter [2] 之方法求之。即設觀測站之緯度為 ϕ ，經度為 λ ，震央之緯度為 ϕ' ，經度為 λ' ，然而此兩點間沿地球表面之距離也就是震央距離 Δ （單位為 km）可以用下式表示，

$$\Delta^2 = A x^2 + A y^2 \quad (1)$$

$$A x = A \Delta \lambda, \quad A y = B \Delta \phi \quad (2)$$

上式中 $A\lambda$, $A\phi$ 依次為兩點間之經度差及緯度差以分為單位。A 及 B 依次表示在平均緯度 $(\frac{\phi+\phi'}{2})$ 經線及子午線一分之弧長以 km 為單位。

此指南並附有係數 A 及 B 之表。而計算範圍為北緯 30°N 至 44°N，故這些表在臺灣地區無法使用。

作者因配合在臺灣地區震央距離計算之需要，已推算自北緯 18°N 至 29°N 之 A 表及 B 表，以供各界使用。

二、計 算 結 果

本計算所採用之地球模型為國際(或 Hayford)型 [3]，即地球為旋轉橢圓體 (ellipsoid of revolution)，赤道半徑 (長軸) a 為 6,378. 3880 km，極半徑 (短軸) b 為 6,356. 9119 km，橢圓率 (ellipticity) ϵ 為

$$\epsilon = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{297.96} \quad (3)$$

而離心率 (eccentricity) e^2 為

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2} = 0.08199189 \quad (4)$$

根據檀原・友田 [3]，在緯度 ϕ 之平行圈弧長 ℓ 為

$$\ell = N \cos \phi \cdot \lambda \quad (5)$$

上式中 $N \cos \phi$ 為曲率半徑， λ 為經度差 (單位為 rad)，而 N 為

$$N = \frac{a(1-e^2)}{(1-e^2 \sin^2 \phi)^{\frac{3}{2}}} \quad (6)$$

由此式可以計算在平均緯度經線一分之弧長，也就是係數 A 之表。

其次緯度 ϕ_1 至 ϕ_2 之間子午線弧長 m 為，

$$m = \int_{\phi_1}^{\phi_2} R_m d\phi = a(1-e^2) \int_{\phi_1}^{\phi_2} \frac{d\phi}{(1-e^2 \sin^2 \phi)^{\frac{3}{2}}} \quad (7)$$

而上式中 R_m 為子午線之曲率半徑即

$$R_m = \frac{a(1-e^2)}{(1-e^2 \sin^2 \phi)^{\frac{3}{2}}} \quad (8)$$

(7)式積分後變成，

$$m = a(1-e^2) \{ (1 + \frac{3}{4} e^2) (\phi_2 - \phi_1) - \frac{3}{4} e^2 \sin^2 (\phi_2 - \phi_1) \cos(\phi_2 + \phi_1) \} \quad (9)$$

上式中 sine 展開後可得，

$$m = a(1-e^2) (\phi_2 - \phi_1) \{ 1 + \frac{3}{4} e^2 - \frac{3}{4} e^2 \cos(\phi_2 + \phi_1) + \frac{1}{8} e^2 (\phi_2 - \phi_1)^2 \cos(\phi_2 - \phi_1) \} \quad (10)$$

表一 係數 A 之表 (在平均緯度之經線 $1'$ 之長度 (km))

度 分	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
0	1,7652	1,7549	1,7442	1,7329	1,7211	1,7088	1,6959	1,6826	1,6687	1,6543	1,6394	1,6241
1	50	48	40	27	09	86	57	23	85	41	92	38
2	48	46	38	25	07	84	55	21	82	38	89	35
3	47	44	36	23	05	82	53	19	80	36	87	33
4	45	42	35	21	03	79	51	17	78	33	84	30
5	43	41	33	20	01	77	48	14	75	31	82	28
6	42	39	31	18	1,7199	75	46	12	73	29	79	25
7	40	37	29	16	92	73	44	10	71	26	77	22
8	38	35	27	14	95	71	42	08	68	24	74	20
9	37	34	25	12	93	69	40	05	66	21	72	17
10	35	32	24	10	91	67	37	03	63	19	69	14
11	33	30	22	08	89	65	35	01	61	16	67	12
12	32	28	20	06	87	63	33	1,6798	59	14	64	09
13	30	27	18	05	85	60	31	96	56	11	61	07
14	28	25	16	02	83	58	29	94	54	09	59	04
15	27	23	14	1,7300	81	56	26	92	52	06	56	01
16	25	21	12	1,7298	79	54	24	89	49	04	54	1,6199
17	23	20	11	96	77	52	22	87	47	02	51	96
18	22	18	09	94	75	50	20	85	44	1,6499	49	93
19	20	16	07	92	73	48	18	82	42	97	46	91
20	18	14	05	90	71	46	15	80	40	94	44	88
21	16	12	03	88	69	43	13	78	37	92	41	86
22	15	11	01	86	67	41	11	75	35	89	39	83
23	13	09	1,7399	85	64	39	09	73	33	87	36	80
24	11	08	97	83	62	37	07	71	30	84	33	78
25	10	05	96	81	60	35	04	69	28	82	31	75
26	08	04	94	79	58	33	02	66	25	79	28	72
27	06	02	92	77	56	31	1,6900	64	23	77	26	70
28	05	1,7500	90	75	54	29	1,6698	62	21	74	23	67
29	03	1,7499	88	73	52	26	95	59	18	72	21	64
30	01	96	86	71	50	24	93	57	16	69	18	62
31	1,7599	95	84	69	48	22	91	55	13	67	16	60
32	93	93	82	67	46	20	89	52	11	64	13	56
33	95	91	81	65	44	18	87	50	09	62	10	54
34	94	89	79	63	42	16	84	48	06	59	08	51
35	93	87	77	61	40	14	82	45	04	57	05	49
36	91	86	75	59	38	11	80	43	01	55	03	46
37	89	84	73	57	36	09	78	41	1,6599	52	1,6350	43
38	88	82	71	55	34	07	75	38	97	50	1,6298	41
39	86	81	69	53	32	05	73	36	94	47	95	38
40	84	78	67	51	30	03	71	34	92	45	92	35
41	82	77	65	49	27	01	69	32	89	42	90	33
42	81	75	64	47	25	1,6998	66	29	87	40	87	30

43	79	73	62	45	23	96	64	27	84	37	85	27
44	77	71	60	43	21	94	62	25	82	35	82	25
45	75	69	58	41	19	92	60	22	80	32	79	22
46	74	67	56	39	17	90	57	20	77	30	77	19
47	72	66	54	37	15	88	55	18	75	27	74	17
48	70	64	52	35	13	85	53	15	72	25	72	14
49	69	62	50	33	11	83	51	13	70	22	69	11
50	67	60	48	31	1.7109	81	48	11	68	20	67	09
51	65	58	46	29	07	79	46	08	65	17	64	06
52	63	57	44	27	05	77	44	06	63	15	61	03
53	62	55	43	25	02	75	42	03	60	12	59	01
54	60	53	41	23	1.7100	73	39	01	58	09	56	1.6098
55	58	51	39	21	1.7098	70	37	1.6699	55	07	54	95
56	56	49	37	19	96	68	35	96	53	04	51	93
57	55	47	35	17	94	66	33	94	51	02	48	90
58	53	46	33	15	92	64	30	92	48	1.6399	46	87
59	51	44	31	13	90	62	28	89	46	97	43	84
60	49	42	29	11	88	59	26	87	43	94	41	82

表二 係數B之表 (在平均緯度子午線 l' 之長度(km))

平均緯度($\frac{\phi+\phi_1}{2}$)	B	平均緯度($\frac{\phi+\phi'}{2}$)	B
29°51'~30°11'	1.8475	12'~ 32'	58
29°30'~29°50'	74	22°51'~ 11'	57
09'~ 29'	73	30'~22°50'	56
28°48'~ 08'	72	09'~ 29'	56
27'~28°48'	71	21°48'~ 08'	55
6'~ 26'	70	27'~21°47'	54
27°45'~ 05'	70	06'~ 26'	53
24'~27°44'	69	20°45'~ 05'	52
03'~ 23'	68	24'~20°44'	52
26°42'~ 02'	67	03'~ 23'	51
21'~26°41'	66	19°42'~ 02'	50
00'~ 28'	65	21'~19°31'	50
25°39'~25°59'	64	00'~ 20'	49
18'~ 38'	63	18°39'~18°59'	48
24°57'~ 17'	62	18°3'~ 38'	47
36'~24°56'	61	17°57'~ 17'	47
15'~ 35'	61	36'~17°56'	46
23°54'~ 14'	60	15'~ 35'	45
33'~23°53'	59		

上式中已省略 e^4 以上之項，但有充分準確度。根據此式可計算在平均緯度子午線一分之長度(以 km 為單位)，即係數 B 之表。所計算結果如表一及表二。

三、使用方法

例如臺北之緯度為 25°02'N，經度為 121°31'E，而假設震央在 24°06' N, 121°49'。試求其震央距離。

此時 $\Delta\phi=56'$ ， $\Delta\lambda=18'$ ，平均緯度為 23°34'N

由 B 表可得 $B=1.8461$ km 而由 A 表可得 $A=1.6884$ ，然後計算 $\Delta x=30.4$ km， $\Delta y=103.4$ km 因此震央距離 Δ 為

$$\Delta=\sqrt{\Delta x^2+\Delta y^2}=107.7 \text{ km}$$

由此法計算結果之誤差，在震央距離 500km 以內不會超過 0.1 km，且應用特殊方法補正可以更減小誤差 [2]。

四、結語

本文計算近地地震震央距離時所需要之緯線及經線一分之弧長，不但可供臺灣地區計算震央距離之用，而且可以計算任何地表面兩點內之準確距離。

參考文獻

- [1] 日本氣象廳(1971)：地震觀測指針(解析篇)142頁。
- [2] Richter, C. F. (1935): Calculation of small distances. Bull. Seis. Soc. Am., 33, 243~250.
- [3] 楢原毅・友田好文 (1968)：測地、地球物理，286頁。

民國六十七年颱風調查報告

第一號侵台颱風(7804號)羅絲

Report on Typhoon "Rose"

ABSTRACT

Rose was 4th typhoon originating in the northern Pacific Ocean in 1978. It was classified as a small-scale typhoon due to its weak intensity. Because its center hit Taiwan, Rose was listed as one of the typhoons invading Taiwan even if it did not cause any disaster, i.e., the first typhoon to sweep through Taiwan in 1978.

Rose initially derived from the east of Luzon on the morning of June 22, and moved to the northeast at noon the next day. Having developed as a small-scale typhoon, Rose changed direction from WNW to NNW along the edge of the Pacific subtropical high due to the steering flow inspired from the surface, then landed in the east of Taiwan at 8:07 p.m. on the 23th. Rose soon dissipated into a tropical depression and finally ended its 36-hour lifespan.

Typhoon Rose did not carry much rain and severe winds during its invasion of Taiwan.

一、前　　言

7804 號颱風羅絲 (ROSE) 為本 (67) 年內等一號侵臺颱風。此颱風威力很弱，加上登陸臺灣東部時，受地形破壞其環流，致使其中心強度急速減弱，羅絲颱風雖然對臺灣沒有造成災害，但其中心曾登陸臺灣東部，故按規定列為侵臺颱風之一，即為本年第一號侵臺之颱風。

羅絲颱風係 6 月 22 日在呂宋島東方海面之熱帶性低氣壓發展而成。根據 23 日 11 時 05 分之飛機偵察報告，此熱帶性低氣壓已發展成為輕度颱風。23 日 14 時，羅絲颱風中心已抵達北緯 18.8 度，東經 124.1 度，即在恒春東南方約 500 公里之海面上，以每小時 15 公里之速度向西北西進行，逐漸接近巴士海峽南部，對臺灣南部陸上及海面將構成威脅，因此本局發布海上陸上颱風警報，呼籲臺灣東南部及南部地區注意。

此颱風於 24 日晨兩點起即轉向北北西進行，並於當晚 20 時 07 分左右登陸新港附近後，即告消失，同時在臺灣海峽北部之副低壓中心有發展趨

勢，故本局解除颱風警報延至翌 25 日 5 時始發布。本局對羅絲颱風之中心位置曾作 6 次預測，結果平均 24 小時向量誤差為 114.4 浬，最大誤差為 232.0 浬，最小誤差為 10.7 浬。

二、羅絲颱風之發生及經過

6 月 22 日上午在呂宋島東方海面上有一熱帶性低氣壓向西至西北西進行，於 23 日 11 時 05 分獲得飛機偵察報告，此熱帶性低氣壓中心最低氣壓降至 993 毫巴，中心附近最大風速增強為每秒 10 公尺，已發展成為本年內第四號颱風，並命名為羅絲 (ROSE) 繼續向西至西北西推進，24 日 05 時 42 分，據飛機偵察報告，此颱風中心位置跳到北緯 20.9 度，東經 122.6 度，即轉向北北西偏北進行，中心附近最大風速每秒 20 公尺，最低氣壓仍為 993 毫巴。此颱風至當晚 20 時 07 分登陸臺灣東部新港附近，即告減弱消失，結束了為期僅有 36 小時的輕度颱風生命史。圖一為羅絲颱風之最佳路徑圖。表一為羅絲颱風期間飛機偵察報告及氣象衛星觀測資料供為參考。

表一 7804 號羅絲颱風眼飛機偵察報告及衛星觀測資料表
 Tablie 1. Eye-fixed position of Rose Obscured by aircraft reconnaissances
 and weather satellite (NOAA-5)

觀測時間 日時分 (Z)	中心位置		定位方法			地面最速 (浬/時)	海平面氣壓 (mb)
	北緯	東經	飛機	衛星	精確度 (NM)		
6月23日03 05 Z	18.8	124.5	✓		15	35	993
23 11 52 Z	18.8	123.5		✓	25		1004
23 16 00 Z	18.7	123.4	✓		10	35	
23 21 42 Z	20.9	122.6	✓				
24 00 28 Z	21.4	122.5		✓	40		1002
24 09 59 Z	22.6	121.8	✓				

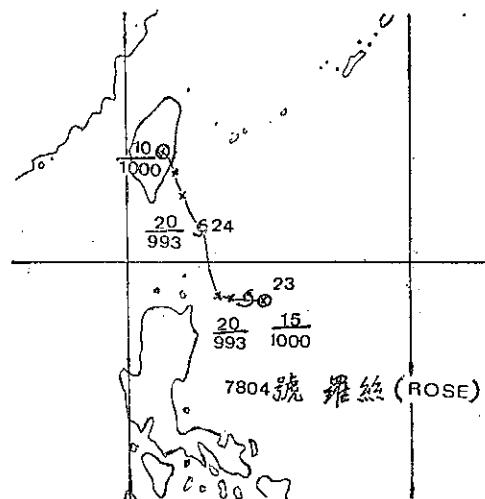


圖 1. 羅絲颱風最佳路徑圖

三、羅絲颱風路徑及強度之討論

(一) 強度：

羅絲颱風生成之初係在太平洋副熱帶高氣壓的西南邊緣，靠近陸地，6月23日中午在呂宋島東北方至巴士海峽東部發展為中心氣壓993毫巴，中心附近最大風速達為每秒20公尺之輕度颱風之後，24日上午即轉向北北西偏北進行，接近臺灣陸地，復受臺灣地形的影響，其環流即刻被破壞，因此尚無充分發展前即登陸臺灣東部。羅絲颱風由於其中結構不完整，花蓮雷達無法觀測到其中心，可見其威力之弱。

(二) 路徑：

羅絲颱風的進行方向由500毫巴等壓面各種圖

表顯示，均有利於偏西運行的趨勢，但因羅絲颱風本身威力不強，結構不完整，故其路徑乃受低層，即地面的導引偏北進行，如圖2.a, b, c, d地面顯示，太平洋副熱帶高氣壓在北緯30度，東經150度至160度之間，向西南西伸展，而滯留鋒起

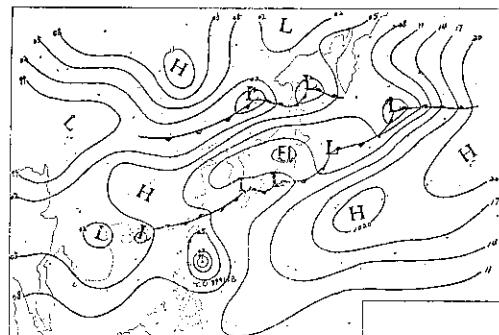


圖 2. a. 67年6月23日0時地面圖

Fig 2. a. Sea level Synoptic Chart 0000Z
 23th, Jun, 1978.

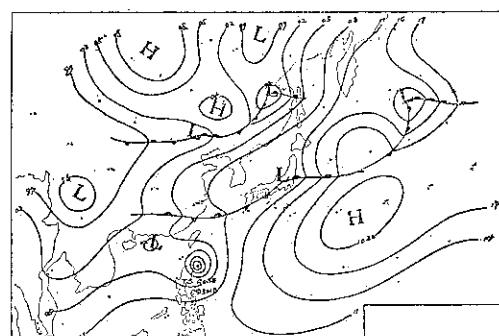


圖 2 a. 67年6月23日20時地面圖

Fig 2. b. Sea level Synoptic Chart 1200Z
 23th Jun. 1978.

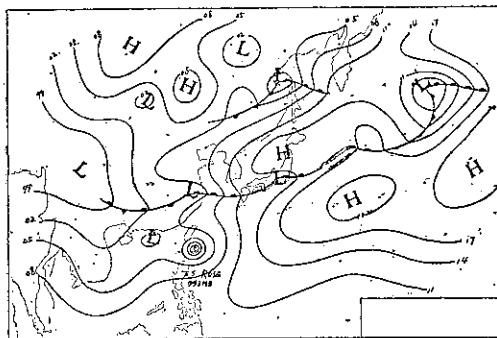


圖 2 c. 67 年 6 月 24 日 8 時地面圖

Fig. 2 c. Sea level Synopitic Chart 0000Z
24th Jun. 1978.

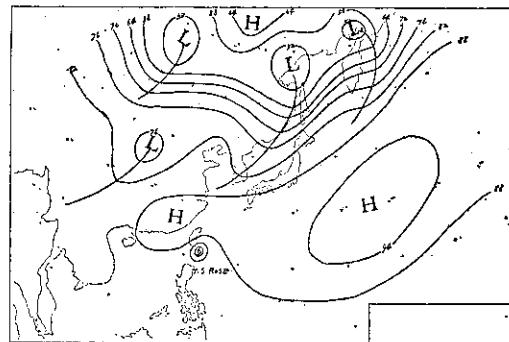


圖 3 b. 97 年 6 月 24 日 8 時 500mb 高空圖

Fig 3 b. 500mb Chart, 0000Z 24th Jun 1978.

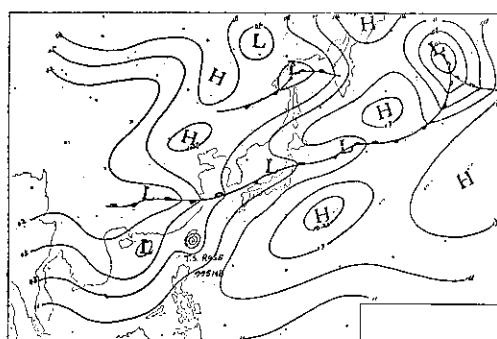


圖 2 d. 67 年 6 月 24 日 20 時地面圖

Fig 2 d. Sea level Synopitic Chart 1200Z
24th Jun. 1978.

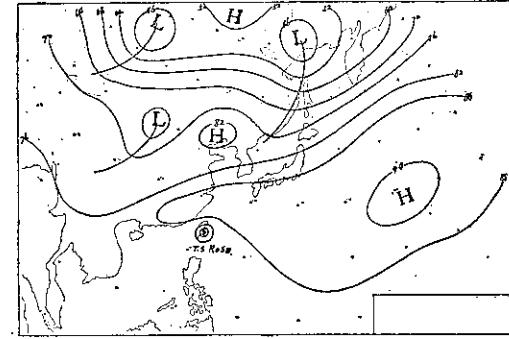


圖 3 c. 67 年 6 月 24 日 20 時 500mb 高空圖

Fig 3 c. 500mb Chart 1200Z 24th Jun, 1978.

自日本東方海面向西南西延伸，經日本本州及華東一帶至華南，羅絲颶風即沿着太平洋副熱帶高氣壓邊緣，向西北轉向北北西進行，經由臺灣東部登陸。圖 3. a, b, c 為羅絲颶風期間之 500 毫巴等壓面圖，圖 4 a, b 為 500 毫巴五日平均圖及距平圖供作參考。

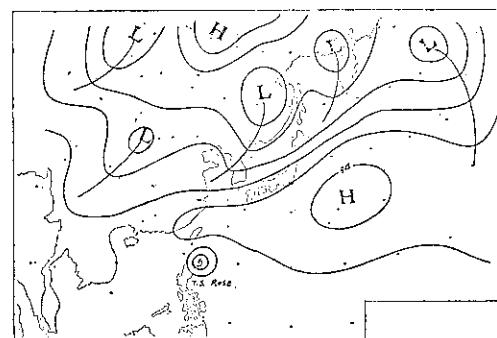


圖 3 a. 67 年 6 月 23 日 20 時 500mb 高空圖

Fig 3 a. 500mb Chart, 1200Z 23th Jun, 1978.

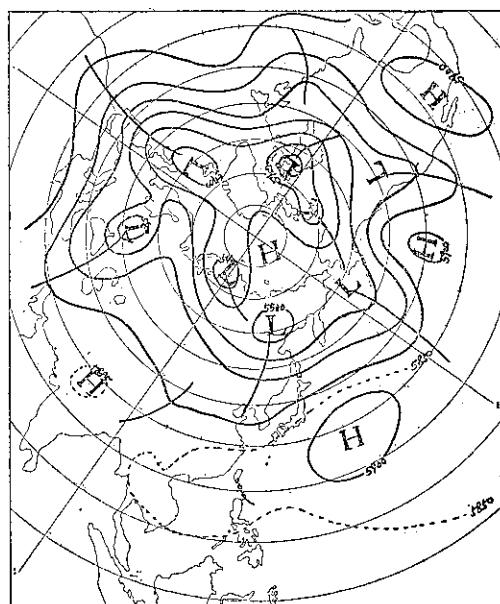


圖 4 a. 500mb 5 日平均圖

20th~24th, Jun, 1978.

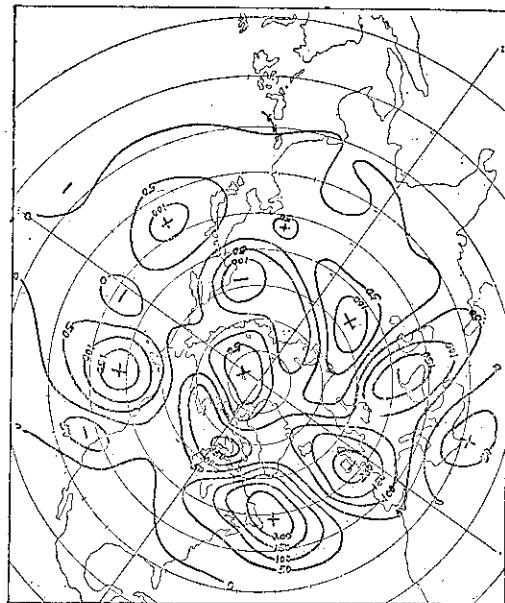


圖 4 b, 500mb 5 日平均距平圖
20th~24th, Jun, 1978.

四、羅絲颱風侵臺期間各地氣象情況

輕度颱風羅絲，雖其中心曾登陸臺灣東部，但由於威力不強，臺灣各地之風力不強，而登陸之後，即告減弱消失，因此雨量亦不多，茲將其侵臺期間各項要素分述如下：

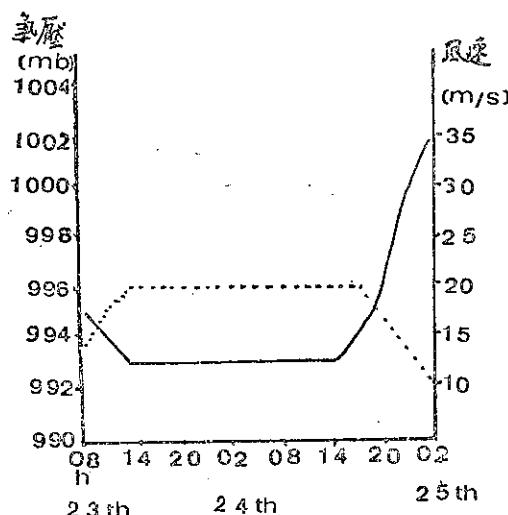


圖 5. 羅絲颱風中心氣壓及中心附近最大風速演變圖

Fig 5. The variation of the Central pressure and maximum wind Velocity of the Rose (solid line-pressure, broken line-wind velocity)

(一) 氣壓：

羅絲颱風於 6 月 23 日中午生成颱風後，其中心最低氣壓，即由 995 毫巴，降至 993 毫巴，此後一直維持其最低氣壓值到 24 日 20 時，登陸臺灣東部之前，逐漸填塞同升至 995 毫巴，登陸後，急速同升到 1000 毫巴左右。其中心最低氣壓演變情況如圖 5。

羅絲颱風侵襲期間臺灣地區最低氣壓出現在東南沿海之蘭嶼為 994.6 毫巴，而距登陸地點最近之新港為 998.9 毫巴，可見羅絲接近臺灣陸地時，其威力急速減弱。圖 6 為羅絲颱風登陸期間各地出現之最低氣壓及其同時線之分析，由此圖顯示，羅絲在臺灣東部登陸前，臺灣西北部即有副低氣壓出現。

(二) 風：

羅絲颱風為一輕度颱風，中心附近最大風速僅達每秒 20 公尺，維持到 6 月 24 日 20 時，登陸前減為每秒 18 公尺，登陸後即減弱為每秒 15 公尺以下。其中心附近最大風速與最低氣壓配合尚佳，如圖 5。

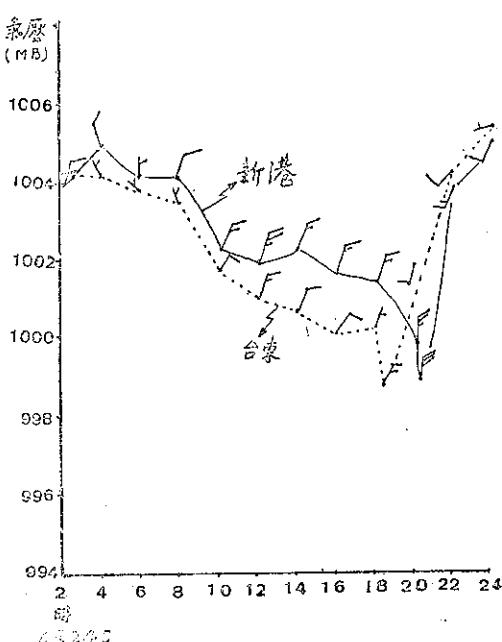


圖 7. 新港與臺東於羅絲侵臺期間之風與氣壓變化曲線圖

Fig 7. The variation of the pressure and wind at Shinkong and Taitung during Rose's passage.

羅絲颱風侵襲期間臺灣所測得之最大風速為東南沿海之蘭嶼為每秒 28.7 公尺，瞬間最大風速為每秒 37.9 公尺，其次為北部海面之彭佳嶼為每秒 23.0 公尺，瞬間最大風速為每秒 26.6 公尺，在陸上平地為登陸地點之新港為每秒 14.0 公尺，瞬間最大風速為每秒 20.0 公尺，其他各地最大風速不強，均在每秒 10 公尺以下，如表二。圖七為新港與臺東於羅

絲侵臺期間之風與氣壓變化曲線圖。

(三) 降水：

由於羅絲颱風登陸後，即告減弱消失，因此所帶來的雨量極稀少，如圖 8 顯示，僅在臺灣南部屏東山區，東部山區及竹東山區一帶僅有 100 公厘之降水量中心外，如西部及北部地區之雨量甚少。

執筆人：羅宇振

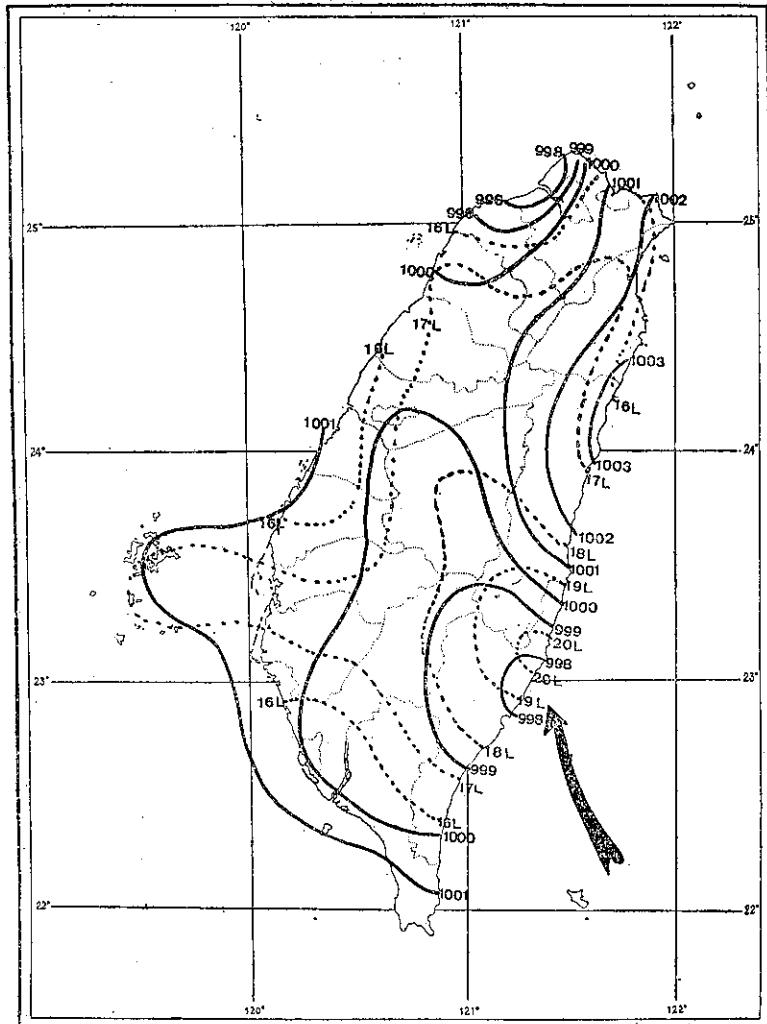


圖 6. 羅絲颱風經過期間，各地出現之最低氣壓及其同時線之分析圖

Fig 6. The distribution of the lowest pressure and its isotimic analysis of Taiwan during Rose's passage.

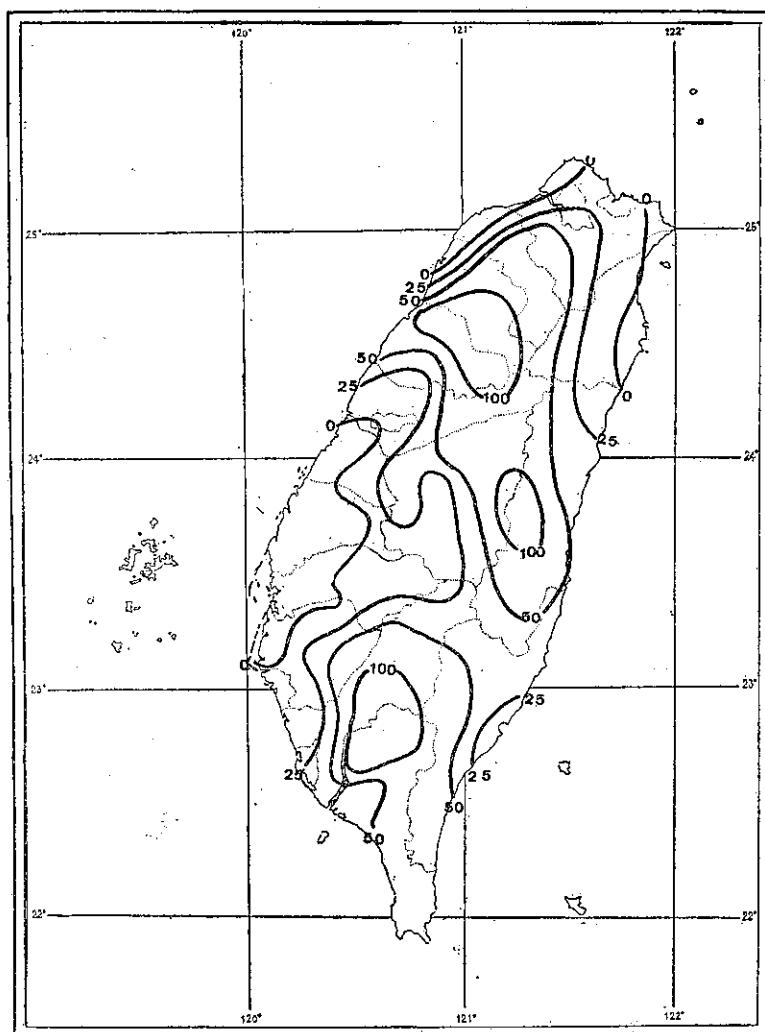


圖 8. 羅絲颱風經過期間臺灣之雨量分布圖

Fig 8. The rainfall distribution of Taiwan during Typhoon Rose Passage.

實踐三民主義、堅守民主陣容

表二 羅絲颱風侵襲期間本局所屬各測站各要素紀錄綱要
Table 2. The meteorologies of C. W. B. Stations during Typhoon Rose Passage.

測 站	最 低 氣 壓		瞬 間 最 大 風 (m/s)					最 大 風 速			強 風 (10m/s)			最 大 降 水 量 (mm)					降 水 總 量	
	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		
彭佳嶼	1002.5	24. 14. 20	SSE	26.6	25. 02. 30	1003.1	26.4	88	SSE	23.0	25. 02. 30	23. 23. 00~25. 05. 00	2.4	24. 01. 55~24. 02. 55	2.4	24. 01. 55~24. 02. 05	5.5	23. 18. 25~24. 22. 30		
基隆	1001.2	24. 16. 45	SE	20.1	24. 22. 42	1002.2	29.6	70	SE	9.2	24. 22. 55		0.2	24. 21. 00~24. 22. 00	0.2	24. 21. 17~24. 21. 27	0.5	23. 20. 15~14. 22. 05		
鞍 部	998.7	24. 14. 20							S	17.5	24. 15. 00	23. 23. 10~24. 23. 00								
淡 水	996.7	24. 14. 00	SE	18.3	24. 14. 55	997.0	84.8	63	SE	12.0	24. 15. 10	24. 14. 00~24. 23. 00								
竹子湖	1000.3	24. 15. 00							ESE	6.0	24. 14. 20									
臺 北	1000.4	24. 16. 00	ESE	16.5	24. 09. 41	1002.6	33.0	59	ESE	9.7	24. 09. 50									
新 竹	999.9	24. 17. 00	SW	6.2	24. 22. 25	1002.3	28.7	87	W	3.5	24. 15. 00									
臺 中	999.8	24. 17. 00	S	8.6	24. 21. 40	1003.2	28.1	84	S	4.0	24. 21. 50		0.2	23. 17. 43~17. 18. 43	0.2	23. 17. 50~23. 18. 00	0.2	23. 17. 43~23. 19. 30		
日 月 潭	891.7	24. 18. 00	SSE	6.0	24. 21. 00	893.8	21.8	98	S	4.7	24. 21. 30		0.8	23. 19. 40~23. 20. 00	0.8	23. 19. 45~23. 19. 55	0.8	23. 19. 40~23. 20. 00		
梧 樓	1000.2	24. 14. 00	NNW	13.7	23. 14. 20	1004.7	30.3	79	NNW	11.0	23. 12. 10	23. 12. 00~23. 13. 00								
澎 湖	1000.5	24. 17. 00	SSW	10.0	25. 01. 27	1002.8	27.5	89	NNE	6.3	23. 17. 00									
嘉 義	1000.2	24. 17. 00	S	10.2	24. 21. 15	1004.1	26.6	90	S	8.2	24. 21. 10		1.8	24. 20. 50~24. 21. 50	0.6	24. 21. 20~24. 21. 30	1.8	24. 19. 50~24. 21. 50		
阿 里 山		24. 18. 00	SSE	6.5	24. 23. 20		14.1	100	SSE	6.0	24. 23. 30		3.1	24. 20. 10~24. 21. 10	1.6	24. 20. 10~24. 20. 20	16.0	23. 14. 10~24. 23. 30		
玉 山		24. 17. 35							SE	17.5	25. 03. 50	23. 22. 40~25. 05. 00	0.7	24. 22. 00~24. 23. 00	0.3	24. 22. 45~24. 22. 55	3.5	24. 00. 10~25. 01. 30		
臺 南	1000.2	24. 16. 12	SSE	16.3	25. 04. 10	1003.4	27.2	89	SSE	6.9	25. 04. 10		0.2	24. 17. 25~24. 18. 25	0.1	24. 19. 30~24. 17. 40	0.3	23. 17. 40~24. 20. 10		
高 雄	1000.0	24. 15. 50	SSE	18.4	25. 01. 27	1003.7	26.8	89	NNW	9.7	24. 13. 20		16.5	24. 19. 00~24. 20. 00	5.5	24. 19. 20~24. 19. 30	26.0	24. 17. 05~25. 03. 40		
東 吉 島	1001.5	24. 17. 00	S	17.4	25. 05. 00	1002.7	27.8	85	S	12.3	25. 05. 00	25. 00. 15~								
恒 春	1001.4	24. 15. 10	SW	10.3	24. 14. 08	1003.0	25.3	96	SW	5.3	24. 17. 10		32.0	24. 17. 20~24. 18. 20	9.7	24. 17. 30~24. 17. 40	78.7	23. 14. 53~25. 03. 43		
蘭 嶼	994.6	24. 16. 35	WSW	37.9	24. 16. 35	994.6	25.8	100	WSW	28.7	24. 16. 40	24. 06. 31~25. 04. 10	13.2	24. 16. 30~24. 17. 30	4.0	24. 16. 50~24. 17. 00	48.5	23. 18. 42~24. 22. 10		
大 武	999.9	24. 16. 00	NNE	18.1	24. 16. 44	999.9	27.5	97	NNE	10.0	24. 16. 40	24. 16. 30~24. 16. 40	22.1	24. 18. 35~24. 19. 35	8.5	24. 19. 15~24. 19. 25	76.6	23. 18. 40~25. 05. 00		
臺 東	998.8	24. 18. 15	NE	15.0	24. 12. 45	1000.5	31.2	71	NE	7.2	24. 13. 30		7.5	25. 04. 00~25. 05. 00	3.5	25. 03. 00~25. 03. 10	20.3	24. 02. 40~25. 05. 00		
新 港	998.9	24. 20. 07	SSW	20.0	24. 20. 35	1000.6	26.7	90	N	14.0	24. 20. 10	24. 11. 00~24. 21. 45	7.3	24. 03. 00~24. 04. 00	5.0	24. 03. 50~24. 04. 00	37.4	23. 20. 02~25. 04. 50		
花 莲	1003.0	24. 17. 00	SSW	9.7	24. 20. 40	1004.9	27.7	90	ENE	5.3	24. 12. 10		5.0	24. 17. 10~24. 18. 10	2.5	24. 17. 40~24. 17. 50	28.0	23. 19. 50~24. 23. 35		
宜 蘭	1001.5	24. 17. 00	ESE	12.6	24. 11. 50	1003.1	30.5	76	ESE	7.3	24. 11. 40		0.2	24. 03. 30~24. 04. 30	0.1	24. 03. 35~24. 03. 45	0.3	24. 03. 30~24. 21. 40		

民國六十七年颱風調查報告

第二號侵台颱風 (7812號) 黛拉

Report on Typhoon "Della"

ABSTRACT

Della, the 12th typhoon originating in the Northern Pacific Ocean in 1978, was classified as a tropical storm due to its weak intensity. Although this was not recorded as a disaster, the storm center entered Taiwan and was thus marked as the second typhoon invasion of Taiwan in this year.

Della initially derived from the intertropical convergence zone to the east of Luzon on the afternoon of August 11, and located at 21.9°N, 124.6°E at 2:00 p. m. next day (120600Z). Having developed as a tropical storm, Della skirted the subtropical high in a northwest direction with a wind speed of 22 km/hr. Upon its landing south of Ilan at 10:00 a. m. on the 13th, Della gradually dissipated into a tropical depression due to the replacement of the sub-center of low pressure near the Taiwan Strait, and finally ended its eighteen hours lifespan,

Though Della, the tropical storm, did not cause severe winds, it carried a precipitation of 300 mm in the vicinity of the struck mountain area in Ilan

一、前 言

7812 號颱風黛拉 (DELLA) 為本年內第二號侵臺颱風。此颱風與六月間之 7804 號颱風羅絲 (ROSE) 極相似，威力甚弱，由於其發展成輕度颱風至登陸時間不到 20 小時，加上登陸臺灣時受地形影響，其中心強度更形減弱。雖然其中心曾登陸臺灣東北部，但對臺灣沒有構成災害。惟因中心登陸臺灣，故按規定列為侵臺颱風之一，即為本年第二號侵臺之颱風。

黛拉颱風源出於 8 月 11 日下午，在呂宋島東方海面之熱帶性低氣壓，12 日下午兩點鐘抵達北緯 21.9 度，東經 124.6 度即在花蓮東南方約 420 公里之海面上時，發展成為輕度颱風，以每小時 22 公里之速度向西北進行，逐漸接近臺灣東部海面，對臺灣東部及東北部地區將構成威脅，因此本局則於 12 日 15 時 40 分發布海上陸上颱風警報，呼籲臺灣東部及東北部地區戒備防範。此颱風於 13 日

上午 10 時左右由宜蘭南方登陸後，迅速減弱消失，而後由臺灣西北部，即桃園外海的副低壓中心取代（熱帶性低氣壓），繼續向西北移動，對臺灣陸地的威脅已解除，本局則於當天 14 時發布解除颱風警報。由於此颱風生命短促，因此警報維持時間僅為 24 小時而已。

二、黛拉颱風之發生及經過

8 月中旬北太平洋西部，即北緯 15 至 20 度間赤道輻合帶 (I. T. C. Z.) 上醞釀了一連串的熱帶性低氣壓，首先由南海之熱帶性低氣壓發展為 7810 號颱風邦妮 (BONNIE)，隨後在關島附近海面之熱帶性低氣壓亦發展為 7811 號颱風卡門 (CARMEN)，而位於此兩個颱風中間，即呂宋島東方海面上又有一熱帶性低氣壓在醞釀中，此熱帶性低氣壓中心於 12 日 14 時，抵達北緯 21.9 度，東經 124.6 度時，中心最低氣壓降為 992 毫巴，中心附近最大風速增強達每秒 20 公尺，已發

展形成本年內第 12 號颱風，並命名為黛拉 (DELLA)，繼續向西北每小時以 22 公里之速度進行。此颱風中心自 12 日晚 23 時首次在花蓮氣象雷達屏幕上出現，此後至 13 日 9 時止，始終在花蓮氣象雷達監視之下，終於 10 時左右登陸宜蘭南方，即告消失，此後由桃園外海之副低壓中心取代為熱帶性低氣壓，結束了為期僅有 18 小時的輕度颱風生命史。

圖 1 為黛拉颱風之最佳路徑圖。表 1 為黛拉颱風期間飛機偵察報告及衛星觀測資料。圖 2a-d，為黛拉颱風期間由花蓮氣象雷達站所拍攝之颱風照

片。表 2 為花蓮氣象雷達站之颱風中心定位表。

三、黛拉颱風路徑及強度之討論

(一)、路徑：黛拉颱風生成之初（如圖 3）地面天氣圖形顯示，在北太平洋西部，東經 150 度以西，北緯 15~20 度間有赤道輻合帶呈西北西至西南西走向，此赤道輻合帶西部，即海南島海面有 7810 號颱風邦妮向西進行，而東部，即關島附近海面有 7811 號颱風卡門呈近似滯留，上述兩個颱風之間，即呂宋島東方海面上又發生一熱帶性低氣壓，沿着此熱帶性低氣壓之東北方，即日本本州南

表 1. 黛拉颱風眼飛機偵察報告及衛星觀測資料表

Table 1. Eye-fixed positions of Typhoon Della Observed by aircraft reconnaissances and weather satellite

觀測時間 日、時、分 (Z)	中心位置		定位方法			地 面 最 大 風 速 (浬/時)	海平面氣壓 (mb)
	北緯	東經	飛機	衛星	精確度 (NM)		
11 日 04 時 29 分	16.9	128.1	✓		20	40	999
11. 11. 42	18.4	127.0		✓			
11. 14. 34	18.8	126.6		✓			
12. 04. 03	21.4	124.8	✓		20	50	
12. 10. 35	23.2	124.2		✓			
12. 15. 05	22.6	123.0	✓		20	40	987
12. 19. 20	23.1	122.1	✓				984
13. 02. 58	24.8	120.8		✓			
13. 11. 20	26.5	120.3		✓			

表 2. 黛拉颱風期間花蓮雷達站中心定位表

Table 2. The comparision of Typhoon Della's Eye-fixed by Hualien radar stations.

臺心位置 日期時間	北緯 (N)	東經 (E)	移動方向 (度)°	速 度 (kts)
8月12日23時	22.6	123.2	不明	—
13日00時	22.7	122.9	300	14
01時	22.9	122.8	310	14
02時	23.1	122.6	310	13
03時	23.2	122.4	330	12
04時	23.5	122.4	340	15
05時	23.4	122.2	240	12
06時	23.5	122.1	330	10
07時	23.5	122.1	滯留	—
08時	23.8	122.2	020	17
09時	24.1	122.1	350	15

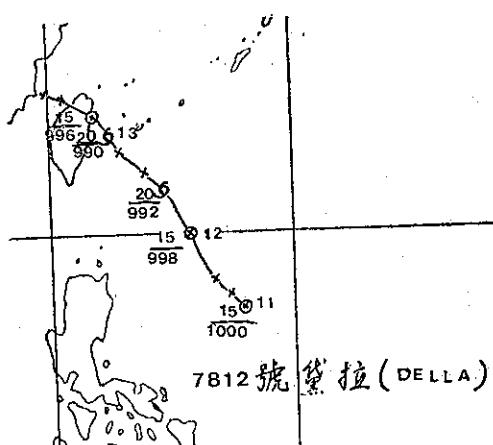


圖 1. 黛拉颱風之最佳路徑圖
(67 年 8 月 11 日～13 日)

Fig 1. The best track of Typhoon Della (11th~13th Aug 1978)

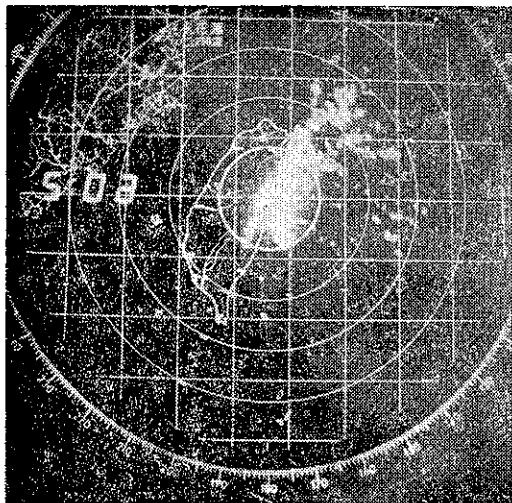


圖 2a. 67 年 8 月 13 日 05 時花蓮雷達所
拍攝之颱風照片

Fig 2a. View off Hualien ppl radar
scope on 122100Z Aug, 1978.

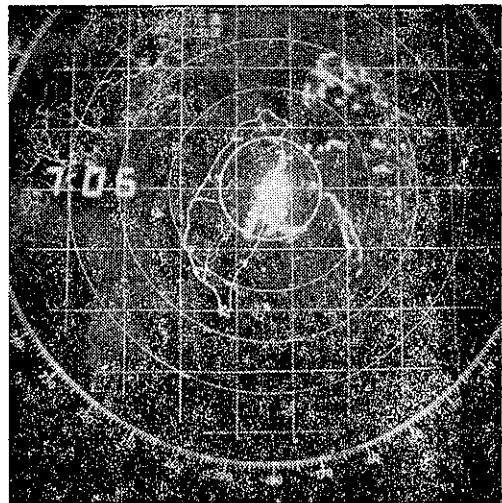


圖 2c. 67 年 8 月 13 日 07 時花蓮雷達所
拍攝之颱風照片

Fig 2c. View of Hualien ppl radar
scope on 122300Z, Aug, 1978.

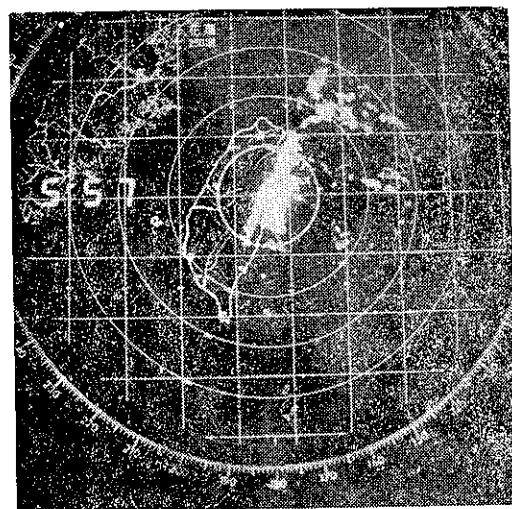


圖 2b. 67 年 8 月 13 日 06 時花蓮雷達所
拍攝之颱風照片

Fig 2b. View of Hualien ppl radar
scope on 122200Z, Aug, 1978

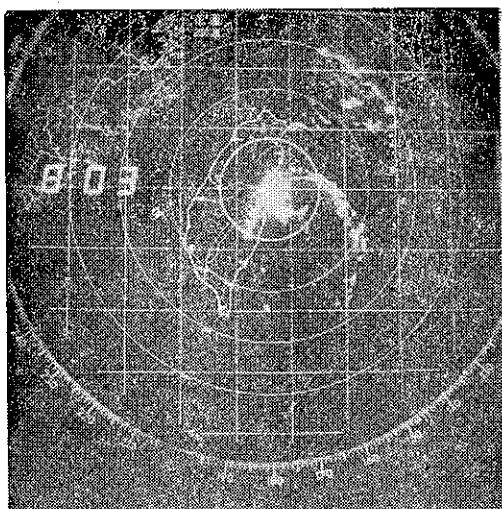


圖 2d. 67 年 8 月 13 日 08 時花蓮雷達所
拍攝之颱風照片

Fig 2d. View of Hualien ppl radar
scope on 130000Z, Aug, 1978.

方海面之副熱帶高氣壓邊緣向西北每小時 20 公里左右之速度運行，至翌（12）日 14 時，此熱帶性低氣壓，即發展形成輕度颱風 7812 號黛拉，而原在日本本州南方海面之副熱帶高氣壓已向東退至日本東南方海面，同時由山東半島向西南延伸至華南

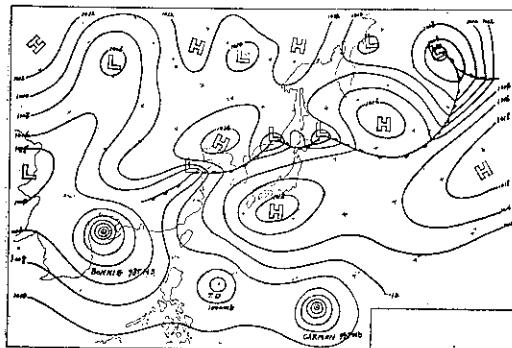


圖 3. 67 年 8 月 11 日 14 時 地面圖

Fig 3. Sea level synopitic chart
110600Z, Aug, 1978.

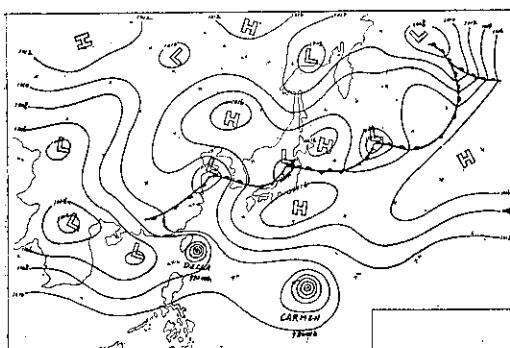


圖 4a. 67 年 8 月 12 日 20 時 地面圖

Fig Sea level synopitic chart
121200Z, Aug, 1978.

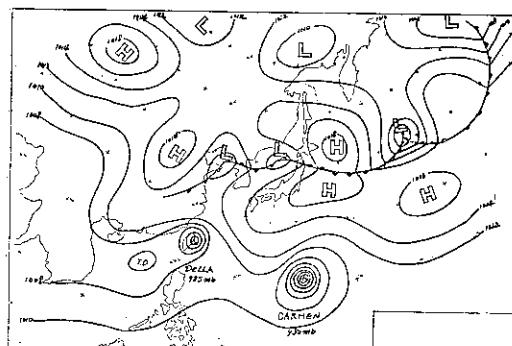


圖 4b. 67 年 8 月 13 日 08 時 地面圖

Fig 4b. Sea level synopitic chart
130300Z, Aug, 1978.

一帶適有一鋒面系統南下，黛拉颱風，即因受此導引繼續迅速地向西北進行。

由於黛拉之威力不強，伸展亦不高，故其路徑受低層之導引一直向西北進行。圖 4a. b. 為黛拉颱風期間之地面天氣圖，圖 5a. b 為 500 毫巴高空圖供作參考。

二、強度：(1)、黛拉為生成於赤道輻合帶內，此輻合帶內於 8 月 11 日 2 時及 8 時，有熱帶性低氣壓，先後發展形成輕度颱風，即海南島附近海面之邦妮及關島附近海面之卡門颱風。邦妮颱風於 12 日 14 時進入東京灣登陸北越，減弱為熱帶性低氣壓之後，介在中間，即呂宋東北方海面之熱帶性低氣壓，始發展成輕度颱風黛拉，迅速向西北進行，很快地接近臺灣陸地後威力急劇減弱消失，隨後卡門颱風之威力再度發展形成中度颱風。由此可見，在同一輻合帶內，因無法同時供應較充足的能量，故同一帶內的颱風亦無法同時有充分的發展。

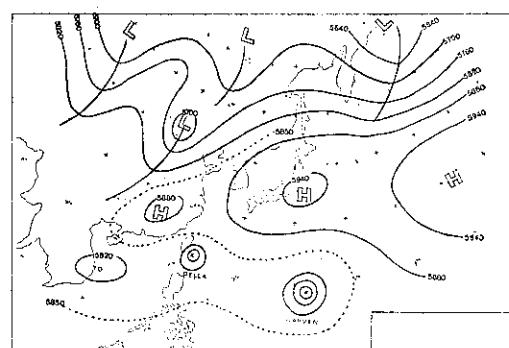


圖 5a. 67 年 8 月 12 日 20 時 500mb 高空圖

Fig 5a. 500mb chart 121200Z, Aug, 1978.

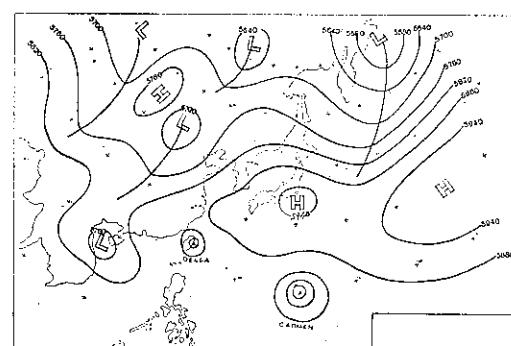


圖 5b. 67 年 8 月 13 日 08 時 500mb 高空圖

Fig 5b. 500mb chart 130000Z, Aug, 1978.

表 3. 獄拉颱風侵襲期間本局所屬各測站颱風紀錄綱要

Table 3. The Meteorological Summaries of C. W. B stations during Typhoon Della's Passage.

測 站	最 低 氣 壓		瞬 間 最 大 風 (M/S)				最 大 風 速 (M/S)		強 風 10m/s 以 上		最 大 降 水 量 (mm)				降 水 總 量			
	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
彭 佳 島	999.7	13. 10. 45	ESE	30.0	13. 11. 45	1000.5	25.4	99	ESE	21.7	13. 12. 00	12. 19. 00~14. 02. 00	26.4	13. 12. 00~13. 13. 00	18.0	13. 12. 05~13. 12. 15	98.0	13. 00. 40~13. 23. 00
基 隆	998.6	13. 12. 00	NE	18.5	13. 10. 05	999.9	27.3	89	NE	10.0	13. 08. 00	13. 07. 50~13. 08. 00	34.2	13. 05. 20~13. 06. 20	9.0	13. 06. 00~13. 06. 10	116.2	17. 02. 02~13. 23. 12
鞍 部	997.5	13. 15. 00							SSW	14.3	13. 13. 00	13. 08. 00~13. 15. 00	37.4	13. 09. 20~13. 10. 20	11.0	13. 09. 50~13. 10. 00	119.8	12. 21. 43~13. 11. 16
淡 水																		
竹 子 湖	997.8	13. 15. 00	NE	19.5	11. 09. 10	1000.8	22.7	94	NE	5.2	13. 05. 00		36.6	13. 09. 20~13. 10. 20	21.6	13. 10. 00~13. 10. 10	112.6	12. 22. 10~13. 11. 20
臺 北	997.7	13. 14. 45	E	16.6	13. 09. 05	999.1	25.8	90	ESE	7.2	13. 15. 10		26.0	13. 06. 09~13. 07. 09	7.0	13. 09. 40~13. 09. 50	84.0	12. 23. 50~13. 11. 40
新 竹	996.9	13. 10. 40	NE	11.8	13. 05. 35	999.4	25.4	89	NE	6.3	13. 05. 50		13.0	13. 08. 10~13. 09. 10	4.3	13. 08. 40~13. 08. 50	29.2	13. 08. 20~13. 10. 20
臺 中	997.4	13. 15. 00	W	3.4	13. 12. 51	998.1	27.8	78	WSW	2.0	13. 13. 00		6.6	13. 07. 34~13. 08. 34	1.7	13. 07. 40~13. 07. 50	12.4	12. 16. 17~13. 10. 00
梧 樓	998.3	13. 15. 15	SSE	6.7	12. 18. 56	1002.7	29.8	79	SE	3.5	12. 19. 10		6.5	13. 08. 00~13. 09. 00	2.2	13. 06. 45~13. 06. 55	20.1	13. 06. 30~13. 11. 35
日 月 潭	889.2	13. 13. 00	W	5.8	12. 16. 10	893.7	20.1	86	ENE	3.7	13. 08. 00		9.5	12. 16. 00~12. 16. 50	5.0	12. 16. 10~12. 16. 20	10.3	12. 16. 00~13. 08. 20
澎 湖	997.2	13. 16. 00	NNE	14.1	13. 07. 53	998.8	27.4	87	NNE	7.7	13. 08. 00		2.4	13. 03. 50~13. 04. 12	2.1	13. 04. 02~13. 04. 12	2.4	13. 03. 50~13. 04. 12
嘉 義	997.0	12. 14. 00	E	12.9	12. 16. 50	1003.5	24.2	97	E	10.7	12. 16. 20	12. 16. 20~12. 16. 20	51.6	12. 16. 16~12. 17. 16	16.0	12. 16. 30~12. 16. 40	55.5	12. 15. 08~12. 18. 00
阿 里 山		13. 05. 00	E	6.5	12. 22. 00		11.8	99	E	5.0	12. 22. 05		2.8	12. 16. 10~12. 17. 10	1.0	12. 16. 30~12. 16. 40	4.3	12. 13. 50~12. 17. 30
玉 山		13. 05. 20							S	16.7	13. 12. 10	13. 11. 50~13. 16. 30	2.8	12. 16. 20~12. 17. 20	2.3	12. 16. 20~12. 16. 30	10.9	12. 10. 50~13. 07. 50
臺 南	997.3	13. 15. 00	S	15.0	13. 16. 40	998.1	30.5	76	SSW	7.3	13. 16. 10		1.9	13. 08. 05~13. 08. 50	1.6	13. 18. 12~13. 08. 22	2.1	13. 08. 05~13. 09. 12
高 雄	998.6	13. 14. 00	NE	11.0	12. 18. 15	1002.6	29.0	83	WNW	6.3	12. 16. 00		33.7	13. 08. 25~13. 09. 25	22.5	12. 18. 10~12. 18. 20	67.6	12. 17. 05~13. 10. 10
東 吉 島	998.2	13. 16. 00	NNE	8.7	13. 16. 30	998.2	27.1	85	NNE	7.0	13. 16. 40							
恆 春	999.4	13. 04. 15	W	9.4	13. 08. 50	1000.0	28.4	81	W	6.2	13. 09. 00							
蘭 嶼	997.1	13. 09. 00	NE	24.2	12. 93. 19	998.1	23.4	96	WSW	18.2	13. 10. 00	12. 18. 54~13. 11. 10	0.5	13. 12. 18~13. 12. 52	0.2	13. 12. 46~13. 12. 52	0.5	13. 12. 18~13. 12. 52
大 武	996.1	13. 08. 00	SSW	10.6	13. 10. 33	997.9	32.9	68	SSW	7.0	13. 10. 30							
臺 東	994.9	13. 06. 50	NE	9.1	12. 18. 03	1002.9	28.8	71	NE	4.7	12. 19. 10							
新 港	995.2	13. 04. 40	NNE	15.7	12. 20. 05	1003.6	27.5	90	NNE	12.3	12. 20. 10	12. 20. 00~13. 00. 10	8.8	13. 15. 20~13. 16. 20	2.8	13. 15. 35~13. 15. 45	14.3	12. 20. 05~13. 16. 50
花 莲	995.9	13. 08. 32	N	13.6	13. 04. 20	998.3	24.1	95	NE	7.8	12. 23. 00		91.5	13. 06. 30~13. 07. 30	21.0	13. 07. 10~13. 07. 20	296.1	12. 19. 35~13. 14. 13
宜 蘭	996.2	13. 10. 40	E	12.0	13. 07. 50	999.2	25.9	94	E	8.7	13. 07. 55		43.0	13. 05. 20~13. 06. 20	16.0	13. 06. 10~13. 06. 20	174.6	12. 17. 30~13. 16. 10

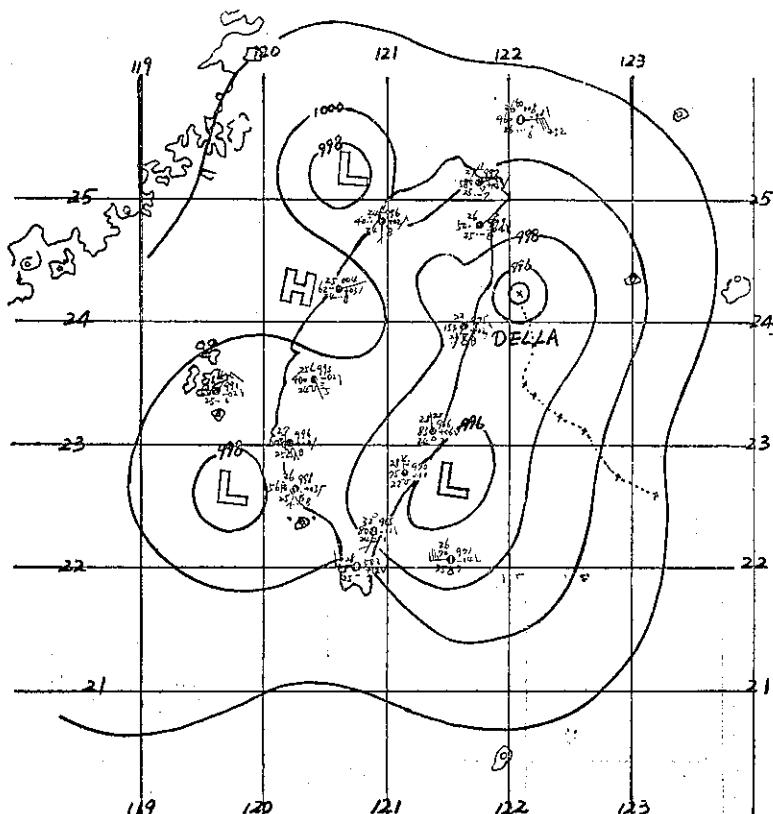


圖 6. 67 年 8 月 13 日 09 時 地面天氣圖
Fig 6. Sea level synoptic chart, 01Z 13th, Aug, 1978.

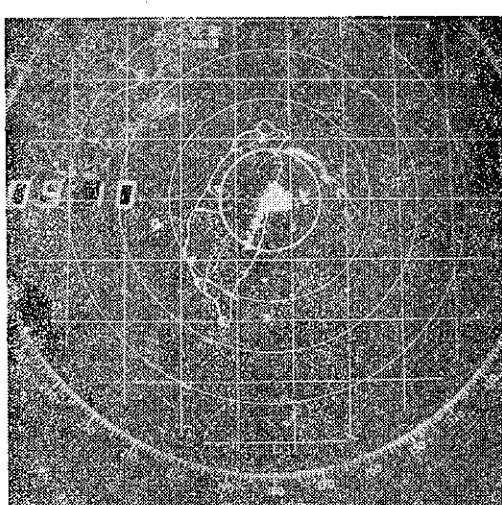


圖 7. 67 年 8 月 13 日 09 時 10 分
花蓮雷達所拍攝照片
Fig 7. View of Hualien ppl radar
scope on 130110Z, Aug, 1978

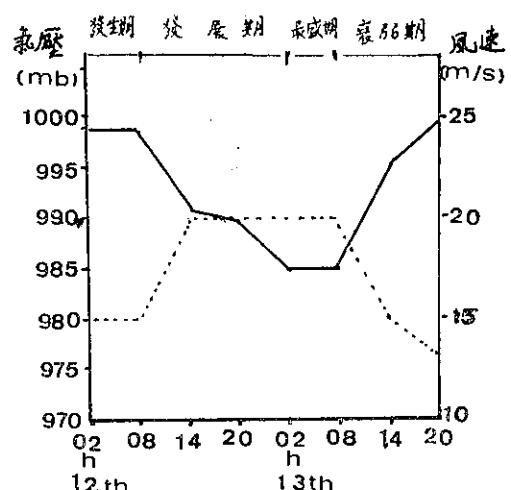


圖 8. 黛拉颱風中心氣壓及最大風速演變圖
Fig 8. The variation of the central pressure and maximum wind velocity of the Typhoon Della, (Solid line-pressure, broken line-wind velocity).

(2)此颱風雖然 8 月 13 日 2 時在北緯 23.1 度，東經 122.6 度，即在花蓮東南方約 140 公里之海面上時，一度中心最低氣壓降到 985 毫巴，但是時其中心已很靠近臺灣陸地，環流即刻被破壞，至登陸前，即 13 日 9 時之地面天氣圖（如圖 6）顯示，其中心最低氣壓已急劇上升到 995 毫巴，而臺灣西北部及東南部海面，則誘發副低壓中心。

(3)由黛拉颱風期間花蓮氣象雷達站所拍攝之颱風照片（如圖 2a-d）中，雖有明顯的螺旋狀雲帶出現，但由於其結構不完整，颱風眼亦現得較大，至登陸前之 13 日 9 時 10 分所拍攝之颱風照片顯示，颱風眼已消散不清楚。如圖 7。

四、黛拉颱風侵臺期間各地氣象情況

輕度颱風黛拉，其中心雖曾登陸臺灣東北部，

由於威力不強，侵臺期間臺灣各地之風力亦不強，但靠近登陸地點之宜蘭山區及花蓮地區的雨量相當豐富，茲將其侵臺期間各項要素分述如下：

(一) 氣壓：

黛拉颱風於 8 月 12 日下午形成輕度颱風後，中心氣壓即逐漸下降，但趨勢不大，13 日 2 時達最低值，為 985 毫巴，此值僅維持至 13 日 8 時之短短 6 小時後，於登陸前之 9 時則急劇回升至 995 毫巴。其中心氣壓演變情況如圖 8。

在黛拉侵襲期間，臺灣最低氣壓出現在臺東之 994.9 毫巴，其次為新港之 995.2 毫巴及花蓮之 995.9 毫巴，最靠近登陸地點之宜蘭反而較上述地點為高，即為 996.2 毫巴，由圖 9 黛拉颱風侵襲臺灣時，各地出現之最低氣壓及其同時線分析圖顯

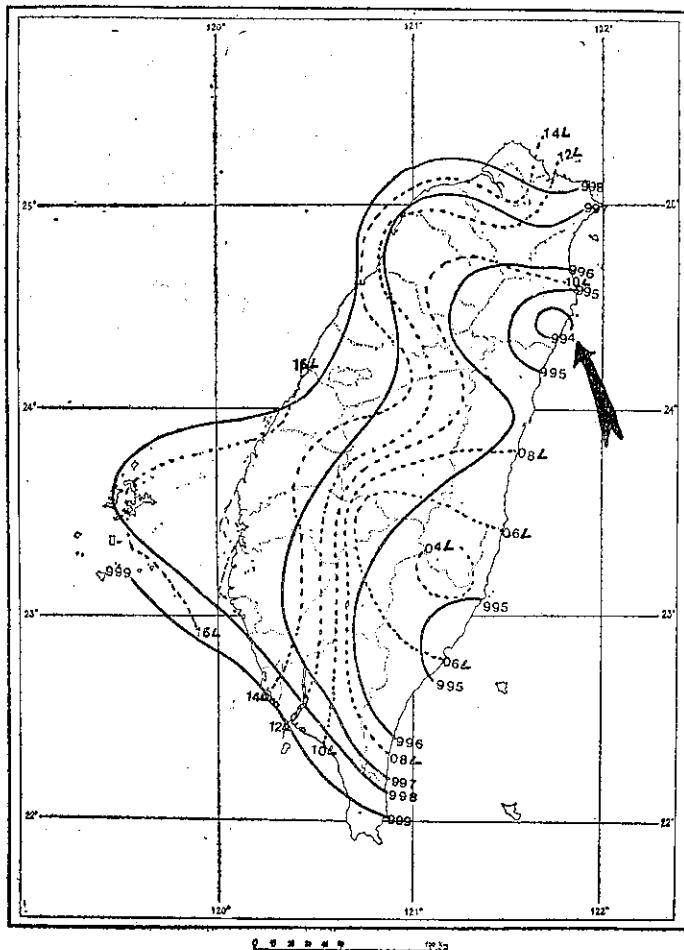


圖 9. 黛拉颱風侵臺期間各地出現之最低氣壓及其時刻

Fig 9. The distribution of the lawest pressure and its analysis of Taiwan during Della's passage.

示，黛拉雖於 13 日 10 時左右登陸宜蘭南方，但位於其南方之新港，臺東一帶早在 4 時至 6 時已出現最低氣壓值，可見臺灣東南部地區於黛拉尚未登陸之前，則已誘發副低壓中心，使主中心能量分散，故宜蘭之最低氣壓值較東南部地區為高。

(二)、風：

黛拉颱風為一輕度颱風，其中心附近最大風速僅達每秒 20 公尺而已，中心附近最大風速與最低氣壓之變化配合尚佳，請見圖 8。

在颱風過境期間，本局所屬各測站測得之最大風速以北部海面彭佳嶼之每秒 21.7 公尺為最大，而瞬間最大風速亦以彭佳嶼之每秒 30.0 公尺為最大，其次為東南部海面蘭嶼之每秒 18.2 公尺，瞬間最大風速為每秒 24.2 公尺，其他各地風速却不大，達每秒 10 公尺以上者僅有基隆之每秒 10.0 公

尺，嘉義之每秒 10.7 公尺及新港之每秒 12.3 公尺而已，其餘見表 3。

(三)、降水：

黛拉颱風侵襲期間，雖僅為一天不到的時間，但對臺灣東北部地區帶來相當豐富的降水量，由圖 10 雨量分布圖顯示，在花蓮以北至宜蘭山區一帶，呈南北走向地區有 300 公厘之集中降水中心，而新港以南，中央山脈東南側及臺灣西部沿海地區，則雨量極稀少。

此次颱風期間所測降水量最多者為宜蘭山區牛欄之 317 公厘，其次為花蓮之 296.1 公厘。一小時內最大降水量亦為花蓮之 91.5 公厘，其次為宜蘭之 43.0 公厘，十分鐘內最大降水量則為高雄之 22.5 公厘，其次為竹子湖之 21.6 公厘及花蓮之 21.0 公厘，其餘見表 3。

羅字振執筆

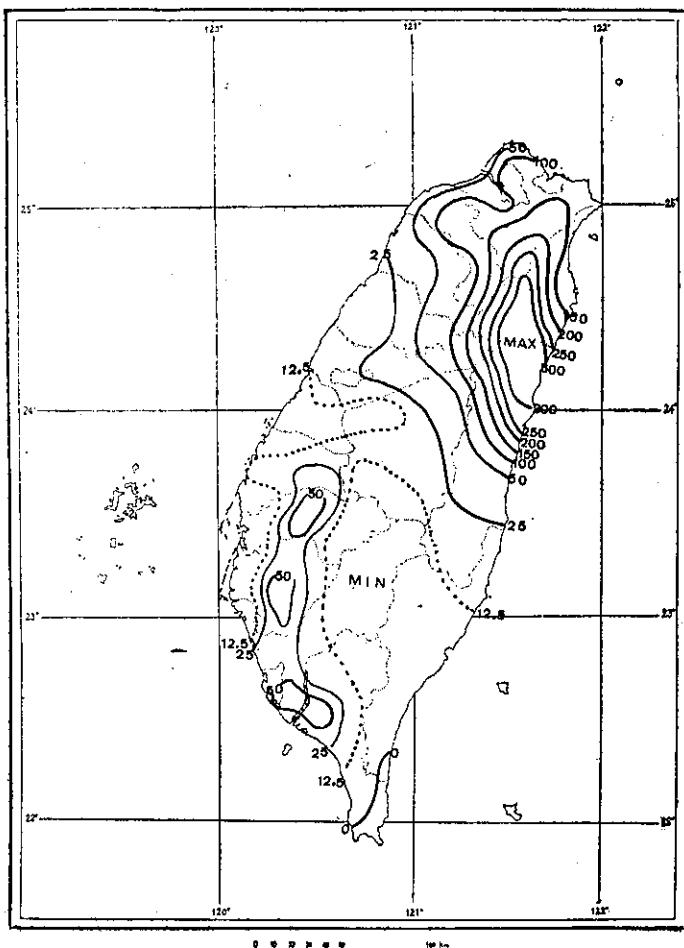


圖 10. 黛拉颱風經過期間臺灣之雨量分布圖

Fig 10. The rainfall distribution of Taiwan during Typhoon Della's passage.

氣象學報徵稿簡則

- 一、本刊以促進氣象學術之研究為目的，凡有關氣象理論之分析，應用問題之探討，不論創作或譯述均所歡迎。
- 二、本刊文字務求簡明，文體以白話或淺近文言為主體，每篇以五千字為佳，如長篇巨著內容特佳者亦所歡迎。
- 三、稿件請註明作者真實姓名、住址及服務機關，但發表時得用筆名。
- 四、譯稿請附原文，如確有困難亦請註明作者姓名暨原文出版年月及地點。
- 五、稿中引用文献請註明作者姓名、書名、頁數及出版年月。
- 六、惠稿請用稿紙繕寫清楚，並加標點。如屬創作論著稿，請附撰英文或法、德、西文摘要。
- 七、本刊對來稿有刪改權，如作者不願刪改時請聲明。
- 八、惠稿如有附圖務請用墨筆描繪，以便製版。
- 九、來稿無論刊登與否概不退還，如須退還者請預先聲明，並附足額退稿郵資。
- 十、來稿一經刊登、當致薄酬，並贈送本刊及抽印本各若干冊。
- 十一、惠稿文責自負，詳細規定請據本學報補充稿約辦理。
- 十二、惠稿請寄臺北市公園路六十四號中央氣象局氣象學報社收。

(請參閱補充稿約)

保 密 防 諜 ·

人 人 有 責 ·

匪 諜 自 首 ·

既 往 不 究 ·

氣象學報補充稿約

- 一、來稿須用稿紙（以 25×24 之稿紙為原則）。
- 二、來稿字數以不超過 15,000 字，即連同圖、表、英文摘要以不超過 10 印刷頁為原則。
- 三、圖及表之分量以不超過全文之 $1/3$ 為原則。
- 四、英文摘要之字數以不超 1,000 字為原則。
- 五、關於表格之注意點：

- (一) 表格須另用白紙繪製。
- (二) 表格上方須有標題，並加表 1 表 2 等冠號。
- (三) 表格中之項目，內容應儘量簡化。表中不重要之項目或可用文字說明者應儘量避免列入表中。
- (四) 能以文字說明之小表，請採用文字說明。
- (五) 原始記錄應加分析簡化後始可列入表中。
- (六) 統計分析表中顯著處，以 * 號（顯著）及 ** 號（極顯著）表之。
- (七) 表幅應考慮適合本刊版幅為準。（寬度勿超過 13.5 cm）。
- (八) 表之標題應能表示內容。

六、關於插圖之規定：

- (一) 插圖應另貼於大張白紙上，註明作者及文題。
- (二) 插圖下方須有標題，並加圖 1 圖 2 等冠號。
- (三) 統計圖、模式圖及分佈圖一律採用 120—150 磅道林紙，以黑墨水繪製清楚。
- (四) 統計圖原圖幅面應在 12—15 cm，以便縮版。
- (五) 模式圖原圖幅面應在 15—20 cm，以便縮版。
- (六) 分佈圖原圖幅面應在 30 cm 左右，以便縮版。
- (七) 繪製線條粗細應能供縮小至 1/8 之程度，但不能超過縮小 1/2 之程度。
- (八) 數字應正寫清楚，字之大小粗細應一律，至少能供縮至 1/8 之程度。
- (九) 已列表中之內容，勿再重複以插圖表示。
- (十) 圖之標題應能表示內容。

七、關於照片之規定：

- (一) 照片用紙一律採用黑白光面紙。

- (十一) 照片幅面應在 12—15 cm，以便縮版。
- (十二) 照片應充分沖洗清楚，須考慮縮少至 1/2 時尚能清楚之程度。
- (十三) 照片如有特別指明點應加圈或箭頭表明。
- 八、文稿過長，或圖表過多過大時，投稿人得自行負擔印刷費。
- 九、關於參考文献之規定：
- (一) 參考文献以經本人確曾查閱者為限，如係來自轉載之其他書刊時，須加註明。
- (二) 作者姓名以後為發行年份，加以括號，然後為雜誌或書名、卷期數及頁數。（頁數必須註明）。
- (三) 文字敘述中述及參考文献時，根據文献之號數，用斜體阿刺伯字，加以括號，如(1)(2)(3) 等插入文句中。
- 十、文字敘述之號次以下列為序。
 - 中文用：一、(一) 1. (1) i. (i)
 - 英文用：I. 1. A. a.
- 十一、每頁下端之脚註以小號 1, 2, 3, 等阿拉伯字表之，註明於該段文字之右上角。
- 十二、文字敘述中之數字除十以下之數字，儘量用阿拉伯字表之。
- 十三、單位須用公制。單位記號例如以 m (公尺)、cm (公分)、mm (公厘)、m² (平方公尺)、m³ (立方公尺)、cc (立方公分)、l (立升)、g (公分)、kg (公斤)、mg (公厘)、°C (攝氏度)、% (百分之一)、ppm (百萬分之一份) 等表之，可不必另用中文。
- 十四、英文題目中重要之字第一字母大寫，介詞詞、連接詞及不重要字用小寫。圖表之英文標系及各欄英文細目，除第一字之第一字母大寫外，其餘第一字母均小寫。參考文献中作者姓名每字全部字母均大寫，論文名第一字第一字母大寫，其餘均小寫，雜誌名或書名每字第一字母均大寫。
- 十五、作者英文名以用全名為原則，名在前，姓在後。
- 十六、其他未盡善事項得隨時修正之。

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爲第一類新聞紙類

Volume 24, Number 4

December 1978

METEOROLOGICAL BULLETIN

(Quarterly)



CONTENTS

Articles

- Kinetic Energy Budgets of Cyclone Systems over Continental China *Er-Woon Chion* (1)
- On the Calculation of Epicentral Distance of Near Earthquake *Ming Hsu* (16)

Reports

- Report on Typhoon "Rose" (19)
- Report on Typhoon "Della" (27)

CENTRAL WEATHER BUREAU

64 Park Road, Taipei
Taiwan, Republic of China