

颱風預報的過去現在與未來

劉 廣 英

摘 要

颱風及有關的預報問題，為我國氣象界的重點，在過去 15（1967—1983）年中，國內大氣科學研究成果約 1000 篇，其中 151 篇直接有颱風二字在題目中。第一作者達 71 位，數目可說相當龐大。本文的第一部分即以此成果為準，加上對常用預報方法及預報成效的分析，做為對國內過去颱風預報的一個整體的介紹。其次將介紹個人對國內目前在颱風預報上的一些看法。其重點包括(1)現行預報方法簡介，(2)颱風預報的特殊問題，以及(3)地形與颱風風雨分布等三方向。其中第一項將以 WMO 的歸類及順序介紹之。

就分析結果來看，我國颱風預報的成果頗佳，但距滿意的程度尚有相當距離，因而本文的第三部分將就個人的認知與觀點，提出一些對颱風預報未來狀況的一些看法，以就教於各位先進與專家。

個人從事颱風預報實際作業雖為時頗久，但對有關問題所知仍屬有限，故文中所述不但掛一漏萬，且有不少見解有待高明指正，願際此研討會拋磚引玉，以達為颱風預報略盡心力之目的。

一、前言

據（陳，1983）調查在民國 56 至 72 年的 15 年中，國內發表的大氣科學研究成果（論文及報告）有 1000 篇，第一作者有 197 位，其中題目中直接包括颱風（含少數「熱帶氣旋」及「破壞性風」）二字的有 151 篇及第一作者 71 位。如以直接與氣象作業有關的 450 篇與第一作者 118 位而言，其中有 147 篇是討論颱風的（條件同上），第一作者計有 68 位，所佔比例更大，由而可見颱風及其預報問題在我們的心目中地位有多麼重要。

關於颱風的預報主要係以路徑、風及雨的分布為主。本報告的第一大項，也就是有關颱風預報之過去的介紹，包括對過去研究成果的分析，常用的預報方法，以及預報成績等三部分。介紹完「過去」以後，緊接着將介紹颱風預報作業的現況及問題，以及一些有關的特殊問題，在這方面主要是將個人過去研究過的一些成果，如雙颱風的問題（劉，

1984），西藏高壓與颱風運動（劉，1983）及小型高壓與颱風間相互影響的問題，選定駛流層的問題（李等，1982），以及颱風渦旋內力對颱風移動的影響（劉，1979）等，均將討論之。同時，對於颱風影響下本省各地的風力分布以及地形所可能發生的影響，亦將擇要提報。個人很希望透過對上述問題的瞭解，可以提升我們對颱風的預報能力。另外，對於颱風預報的一些基本方法及預報成果文中也有簡要的評述。

本報告的第三大項，也就是有關「颱風預報的未來」部分，將就個人的認知，提出一些改進颱風預報的看法，主要的用意是要引起共鳴，即以拋磚引玉的心情來討論一些問題，以期經由研討解決這些問題，個人深信，只有如此才能達到本次研討會的預期目標。

二、颱風預報的過去

在過去 15 年中國內共有 450 篇直接與氣象預

報作業有關的大氣科學研究成果，其中約三分之一（147篇）是討論颱風的。表1是對這些大作的統計分析。表1-1為過去（民國56—72年）論文

分析方法	統計	綜觀	檢討	數值	類比	衛星雲圖	雷達	其他
篇數	57 (10)	42	20	12	9	7	2	20

表1-1 論文及報告中使用方法分析

及報告中所使用的方法，其中檢討一項指的是年度或個別颱風的檢討報告，「其他」則指表列方法以外的方法如厚度圖法、指數法等。由表可見，統計（57篇其中10篇使用各種迴歸法）及綜觀分析為過去我們使用最多的研究方法，也可以說是過去在颱風預報上以使用天氣圖配上簡單的統計方法為主。如果我們再把20篇檢討報告及「其他」兩類共40篇除去，所剩就無幾了！這無異是缺少工具所至——衛星站是近幾年的事，而沒有電腦的充分支持數值、類比方法的使用就很不方便。

研究內容	路徑	強度	風力	降水	洪水	檢討	其他
篇數	45	19	23	28	3	29	35

表1-2 論文或研究報告主要研究內容分析

表1-2為對過去研究內容的分析，表中檢討一項包括個別颱風的檢討報告，以及某一年的颱風總檢討。「其他」這一項則包括所有（如衛星雲圖的利用，颱風的發生頻率、結構，以及地形對颱風的影響等項）表列項次以外的研究內容。由表可見過去對颱

機關或學校	中研院物理所	氣象局	民航	中大	台大	文大	中正	空軍	海軍
篇數	4	39	7	6	19	4	2	65	1
第一作者人數	3	21	6	4	6	4	2	26	1

表3 論文與研究報告出處（作者所屬機關或學校）及第一作者人數分析

風的研究多以路徑為著眼，而研究颱風強度預報的論著就很少。這種分配當然是很合理的，因為正確的路徑預報是做好颱風預報的第一要務。至於颱風強度的預報，由於困難較多而迫切性較小，所以我們就比較疏忽它。附表2是最近3年來幾次重要颱風在本省及附近地區洋面上強度變化的分析，由所獲結果亦可見，平常颱風在到達本省陸地時強度都較最接近的一次飛機偵察強度來的弱，這可能是使我們對颱風強度預測比較忽視的重要心理因素。

表3是根據陳（1985）所蒐集過去15年中147篇以颱風預報為著眼的論文或研究報告的出處（作者所屬機關或學校）分布。對此表中的數據需加以補充說明(1)資料時間到民國72年為止；(2)一位作者在該年前曾服務兩個或以上單位者分段核計，因而此表中第一作者合計為73位。

根據上表可見，作業單位是研究颱風預報問題的主幹，即使扣除29篇檢討性的分析報告（實際上在類型或類比預報上而言，這些對個別颱風的或全年西北太平洋地區颱風的檢討報告，價值頗高）他們的成果仍甚可觀。

對於過去的事尚有一件需要分析，那就是預報準確性的問題。就平均狀況而言，我們對颱風路徑預報的成效頗佳，以24小時的預報平均位移誤差（displacement error）而言，WMO認定的平均值約為210哩（WMO，1979）而我們的相對值約為100哩，可見所論非虛。附圖一乃空軍預報成果與美軍預報成果的年分布情形，由而可見，我們的成效歷年來多較佳，這當然是值得欣慰的事，但100哩的平均誤差對我們而言還是太大了些！

年	月	日	颱風名稱	125°E 颱風強度	接近或登陸本省前6小時時風強度	飛機偵察距本省之最近方位與距離	最近本省飛機偵察颱風強度	登陸或接近本省時實際出現之最大風速	備考
1982	7	22—30	ANDY	120	115	恒春的SE方約400哩	(哩) 110	台東7/29 0204L 360/108	7/29 0445L 在台東登陸
"	8	5—12	CECLE	50	120	恒春的E方約100哩 宜蘭的E方約60哩	100 65	松山8/10 0600L 240/40	路徑沿本省東部外海由南向北進行
"	8	9—16	DOT	60	60	恒春的SSE方約130哩	50	松山8/15 0700L, 190/58 台東8/15 0215L, 050/60	8/15 0500L 在台東附近登陸
1983	7	22—25	WAYNE	125	120	恒春的SE方約300哩	130	高雄7/25 0800L 140/50 G60	通過巴士海峽，距本省最近約35 NM
1984	6	20—26	WYNNE	50	55	恒春的E方約100哩	55	恒春6/24 0200L 110/34 G64	未登陸在恒春外海掠過
"	7	1—5	ALEX	25	65	恒春的SSE方約60哩	65	恒春7/3 1100L 340/34 G44	7/3 1340L 在東部成功附近登陸
"	8	5—8	FREDA	45	45	宜蘭的SE方約70哩	45	基隆8/7 1200L 040/20 G55 蘭嶼2100L 250/54 G72	8/7 1000L 在基隆登陸
1977	7	21—26	THELMA	55	85	恒春的SSW方約100哩	80	屏東7/25 1000L 130/56 G100	7/25 0910L 在屏東與高雄間登陸

表二 最近3年來幾次重要颱風在本省及附近地區洋面上強度變化的分析

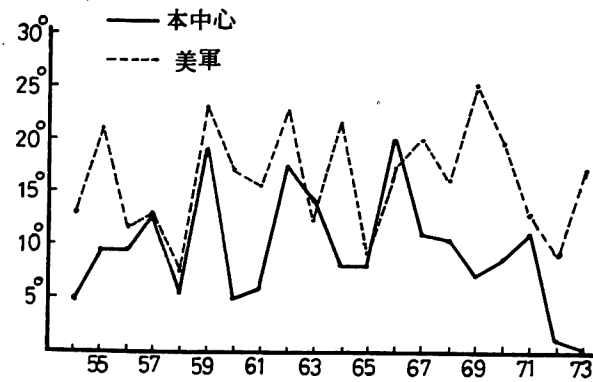


圖 1-1 中美軍方歷年颱風預報方向誤差比較

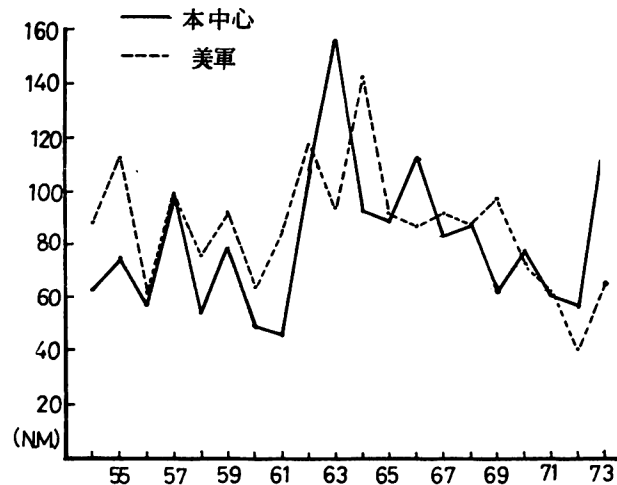


圖 1-2 中美軍方歷年颱風預報距離誤差比較

三、國外現行颱風預報所使用的方法

根據 WMO (1979) 技術報告的區分，國外風路徑預報及颱風發展與強度變化的預報方法，均可分為經驗，統計與動力三大類，其個別內容如表 4 所列。由表可見，外國的颱風預報作業也是以路徑預報為主，尤其是動力預報方面，對颱風發展及強度預報上尚難發揮良好的功效。

表 4 中所列方法絕大部分與我們常用的方法相同。在經驗類中可能只有第 4 及 5 兩種比較陌生，而在動力類中個人認為 SANBAR 正壓模式頗簡單，可用性亦高，有興趣的讀者可參閱 Sanders 及

使用 方法 分類	預報 項目	路 徑	發展及強度
經驗類	1 持續性 2 氣候 3 氣候與持續性 4 地面地轉駛流 5 控制點 6 衛星雲圖研判 7 雙颱風影響	1 氣候與持續性 2 綜觀分析 3 衛星雲圖研判	
統計類	1 類比 2 迴歸方程	1 類比 2 迴歸方程	
動力類	1 SANBAR 正壓模式 2 平衡正壓模式 3 原始方程模式 4 移動細網格模式	尚待發展	

表 4 現行颱風預報作業使用方法分析表 (WMO - No. 528)

Burpee (1968) 的原文，或 Pike (1972) 的修正。以下謹將地轉駛流法及控制點法略作介紹。

1 地面地轉駛流 (surface geostrophic steering) 法

地面資料時間間隔短而較易獲得，因而在颱風預報作業上佔有很重要的地位。本法的著眼即在此。

本法的基本假設為導引颱風行動的環境大氣是均勻的。當然實際的狀況並非如此，因而在實作中要利用計算點附近的探空資料對地面氣壓做適度的修訂——如果自地面到 400mb，颱風中心兩側的平均溫度差為 2°C 相當於地面有 3mb 的氣壓差。如果颱風周圍的溫度是均勻的，就不用做此種修訂。下面我們就以 WMO - No. 528 上原有的例子介紹一下本法的計算步驟及結果。

根據圖二上 1 至 9 點：

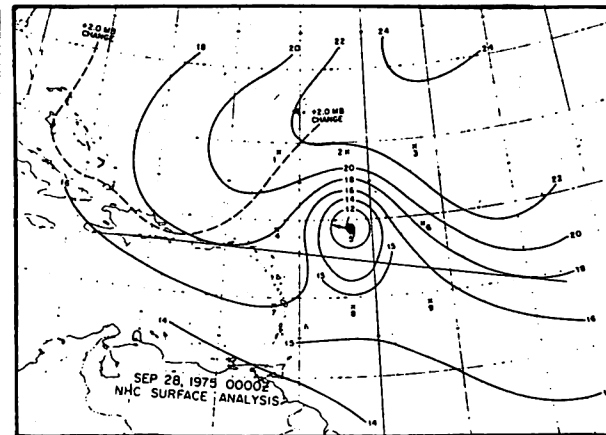
緯度	氣	壓
25°N	$P_1 = 1021.5 \text{ mb}$ $P_3 = 1022.5 \text{ mb}$	$P_2 = 1021.5 \text{ mb}$
20°N	$P_4 = 1018.0 \text{ mb}$ $P_6 = 1019.0 \text{ mb}$	P_5 為颱風中心

May, 1985

氣象預報與分析

第 103 期

15°N $P_7 = 1016.0 \text{ mb}$ $P_8 = 1015.5 \text{ mb}$
 $P_9 = 1015.5 \text{ mb}$



圖二 地面地轉駛流法預報颱風動態計算實例。

(1) 計算南北分量：

$$\overline{P_1 P_4 P_7} = 1018.5 \text{ mb}$$

$$\overline{P_3 P_6 P_9} = 1019.0 \text{ mb}$$

氣壓梯度 = $0.5 \text{ mb} / 10^\circ \text{ lat. at } 20^\circ \text{N}$

20°N 處地轉風的強度為 $30 \text{ kt} / (1 \text{ mb} / 1^\circ \text{ lat.})$

$$\therefore \text{NS 分量} = \frac{0.5 \text{ mb}}{10^\circ \text{ lat.}} \cdot \frac{30 \text{ kt}}{1 \text{ mb} / 1^\circ \text{ lat.}} = 1.5 \text{ kt (向北)}$$

(2) 計算 20°N—25°N 間的東西分量：

$$\overline{P_1 P_2 P_3} = 1021.8 \text{ mb}$$

$$\overline{P_4 P_6} = 1018.5 \text{ mb}$$

氣壓梯度 = $3.3 \text{ mb} / 5^\circ \text{ lat. at } 22.5^\circ \text{N}$

22.5°N 處地轉風的強度為 $27 \text{ kt} (1 \text{ mb} / 1^\circ \text{ lat.})$

$$\therefore \text{EW}_{22.5^\circ \text{N}} = \frac{3.3 \text{ mb}}{5^\circ \text{ lat.}} \cdot \frac{27 \text{ kt}}{1 \text{ mb} / 1^\circ \text{ lat.}} = 17.8 \text{ kt}$$

(3) 計算 15°N—20°N 間的東西分量：

$$\overline{P_7 P_8 P_9} = 1015.7 \text{ mb}$$

$$\overline{P_4 P_6} = 1018.5 \text{ mb}$$

氣壓梯度 = $2.8 \text{ mb} / 5^\circ \text{ lat. at } 17.5^\circ \text{N}$

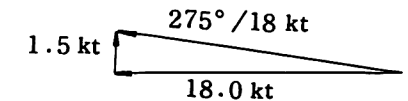
17.5°N 處地轉風的強度為 $32.5 \text{ kt} (1 \text{ mb} / 1^\circ \text{ lat.})$

$$\therefore \text{EW}_{17.5^\circ \text{N}} = \frac{2.8 \text{ mb}}{5^\circ \text{ lat.}} \cdot \frac{32.5 \text{ kt}}{1 \text{ mb} / 1^\circ \text{ lat.}} = 18.2 \text{ kt}$$

(4) 計算東西分量的平均值：

$$\text{EW 分量} = \frac{1}{2} (17.8 \text{ kt} + 18.2 \text{ kt}) = 18.0 \text{ kt (向西)}$$

(5) 計算颱風移向及移速：使用圖解法可得颱風



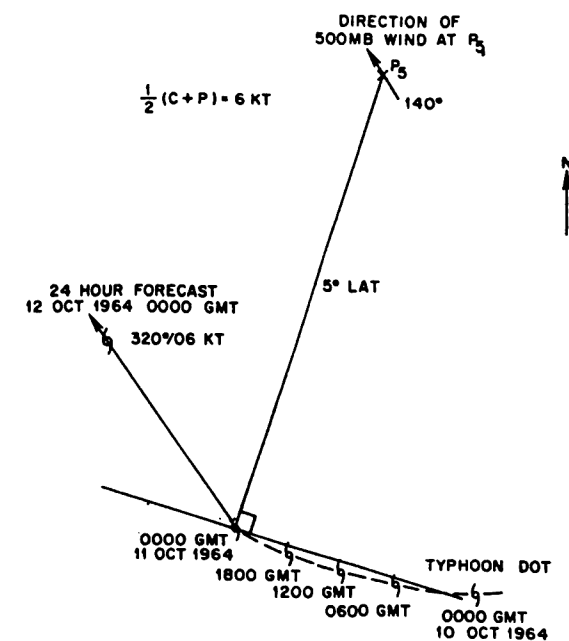
的移向為 275°，時速約 18 哩。

在本例題中我們假定環境大氣是均勻的，所以未做溫度修訂。假定說根據溫度的修訂，南北氣壓梯度增加為 3 倍，即 $1.5 \text{ mb} / 10^\circ \text{ lat}$ 則地轉駛流的 NS 分量也增強為 3 倍（即 4.5 kt），在此狀況下颱風的移向約為 280°，時速則約為 19 kt。

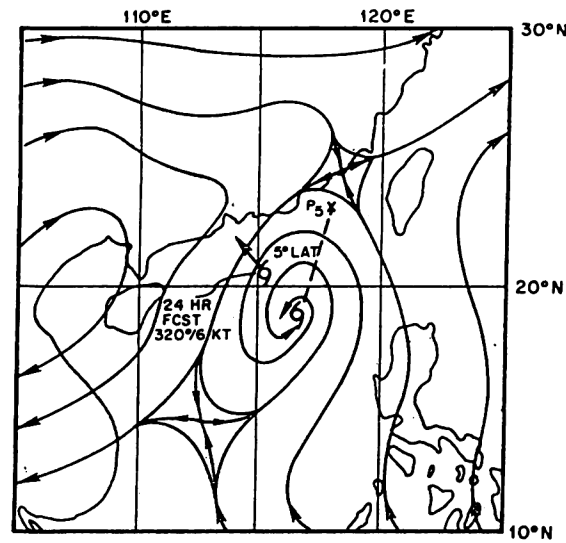
2 控制點 (control-point) 法

此法只能預報颱風移向，要配合由氣候與持續性法求出之移速才構成一完整的颱風路徑預報。附圖三即使用控制點法求颱風預報路徑的過程。圖中

圖三 控制點法預報颱風移向實例。



(a) The computation



(b) 500-mb streamline analysis for 0000 GMT, 11 October 1964, Typhoon Dot

控制點的選定過程是先繪出颱風過去 24 小時的路徑，而後由最後一個位置垂直向右在 $3-8^\circ$ lat. 處選定一探空站，此站就是所謂的控制點，而該站中層（ ~ 500 mb）的風向大致上就是颱風未來的移向。對於颱風移速的預報則利用氣候持續法為之。在本例中（見圖三）Dot 颱風的時速約為 6 哩。

四、颱風預報中的特殊問題

從事颱風預報作業的人，對於雙颱風運動，梯度風與颱風動向，颱風渦旋內力與其動向，西藏高壓的作用以及地形對颱風的影響等問題均極重視，有時，當颱風實際移動與預報相差較多時，都會想到上述作用所發生的影響究竟如何？筆者過去對這些特殊問題，也曾注意及之，並曾獲得一些研究成果。以下將擇要報告之。

(一) 雙颱風的運動特徵

作者（劉，1984）對於雙颱風的交互作用及運動特徵已進行了三四年的調查，分析與研究，其成果曾先後於「中美季風與熱帶氣象研討會」（劉，1983）及「中日防災研討會」（劉，1985）中發表，最近（劉與俞，1985）並探討了本省與菲律賓地形對雙颱風運動的影響。由這些研究中，我們可以獲得下述認識：

1 在西北太平洋至南海地區平均每年發生明顯相對運動的雙颱風有 6 次以上，其中 1 至 2 次二颱風中心會發生 50° 以上的相對旋轉。

2 雙颱風的相對旋轉有的是反鐘向亦有的是順鐘向，二者的比約為 3（逆轉）比 2（順鐘向）。

3 相對旋轉中的颱風中心可漸近亦可遠離，二者的比約為 1 對 1。

4 由純交互作用控制下，雙颱風中心的運動方程，可導出二中心相對運動中的方位與距離的時間變量（ θ' 及 r' ），由而可知，雙颱風的相對運動特性取決於相對角變量及距離變量之初始條件（即 θ'_0 及 r'_0 ），而二者配合起來共有 9 種不同的初始條件，即

$$\theta' \equiv 0 \text{ 及 } r'_0 \equiv 0$$

由而可構成 10 種相對路徑，其中 8 種為逆鐘向兩種為順鐘向。

5 經理論與實際的對比，大部分理論上的路徑在過去均曾發生過，顯示研究中所使用的理論模式雖頗簡單但很可用。有關模式的推導及其分析解請參閱上面提到的參考資料。

6 駛流及地形對雙颱風運動有很大的影響。一般來說當二颱風分處在太平洋高壓脊線南北兩側時，二中心會有較明顯的相對順轉，而當二中心同在該脊線南側時，就會發生相對逆轉運動。至於地形的作用可歸納為二，一是地形會使相對旋轉的速率減緩，二是使相對旋轉的方向發生突變。在預報上值得注意。

(二) 梯度風與颱風動向

如等壓線間隔為 δ_a ，氣層厚度為 δ_s ，則大氣的比輸量（transport capacity）（Bjerknes, and Homboe, 1944） δF 可寫成

$$\delta F = \rho v \delta_a \delta_s \dots \dots \dots (1)$$

式中 ρ 為空氣的密度， v 為梯度風。

根據上式我們可以知道（劉，1979）：

1 軸對稱的颱風，由於中心南面的梯度風大於北邊的梯度風，致中心東方有質量輻合而氣壓上升，西方則有質量輻散而氣壓下降，因而颱風會向西行進，並因受到地轉偏向力的作用而逐漸向北偏。

2 颱風中心北方梯度較其南方梯度為大的颱風（我們常見的颱風其氣壓梯度分布多如此），由於梯度風風速增加較 δ 。減小來的慢，所以中心東方的質量輻合（氣壓上升）及中心西方的質量輻散（氣壓下降）均較軸對稱者來的快，即此時颱風的西移與偏北也就比較快。

3 如果颱風中心南方的氣壓梯度大於北方的氣壓梯度，則向西移動的趨勢可部分或全部抵消，甚至有向東移的可能。

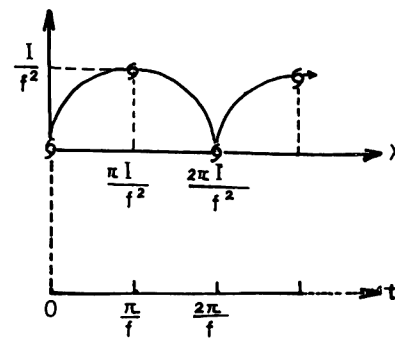
(三) 颱風渦旋內力與其中心移動的關係

根據卅餘年前 Rossby 所提，渦旋內力的觀念，以及 Riehl（1969）的颱風風力分布模式，我們可導出在純渦旋內力作用下，一軸對稱之颱風中心的位移（劉，1979）為

$$x = \frac{I}{f_0^2} (f_0 t - \sin f_0 t) \dots \dots \dots (2)$$

$$y = \frac{I}{f_0^2} (1 - \cos f_0 t) \dots \dots \dots (3)$$

式中 I 代表颱風南北方向的渦旋內力（假定它是不變的）。由(2)及(3)式可知一軸對稱的颱風在純渦旋內力控制下，其中心會沿着 $y = I / f_0^2$ 的直線，以擺線的形式向東移，擺線的振幅為 I / f_0^2 ，週期為 $2\pi / f_0$ 。（參閱圖四）。



圖四 軸對稱颱風在渦旋內力控制下移動之示意圖。

進一步我們也可以估計一下內力作用下颱風移動的詳情。假定有一個中等的颱風中心位於北緯 20° ，其最大風速為 100 哩/時 ≈ 50 m/sec，此最大風速距中心之半徑為 30 哩 ≈ 55 公里。在此條件下

$$\frac{I}{f_0^2} = \frac{\Omega}{2Rf_0^2} a^2 \omega \cos \phi \approx \frac{\Omega}{2Rf_0^2} a V_{\max} \cos \phi$$

$$\therefore a V_{\max} \approx 2.75 \times 10^6 \text{ m}^2 / \text{sec}$$

$$\Omega = 7.29 \times 10^{-5} / \text{sec}$$

$$\cos 20^\circ = 0.934, R = 6.37 \times 10^6 \text{ m}$$

$$\therefore I \approx 1.5 \times 10^{-5} \text{ m} / \text{sec}^2$$

（單位質量所受內力）

$$\frac{I}{f_0^2} \approx 6 \times 10^3 \text{ m} \approx 3.3 \text{ 哩}$$

由以上的數字顯示，渦旋內力會使颱風在行進中擺動，但擺動的振幅很小，很難觀測得出來。同時，由公式(2)及(3)可知，在渦旋內力作用下，颱風移速為

$$\frac{I}{f_0} \approx 0.3 \text{ m} / \text{sec} \approx 0.6 \text{ 哩} / \text{時}$$

就颱風的平均移動速率而言，此一速率也是相當小的。

實際上颱風多少會受到環境流場的導引。因而考慮駛流是必須的。在假定駛流為直線穩定氣流之下，一軸對稱颱風中心的位移（考慮駛流及渦旋內力的共同作用下）為

$$x = u_0 t + \frac{I}{f_0^2} (f_0 t - \sin f_0 t) \dots \dots \dots (4)$$

$$y = v_0 t + \frac{I}{f_0^2} (1 - \cos f_0 t) \dots \dots \dots (5)$$

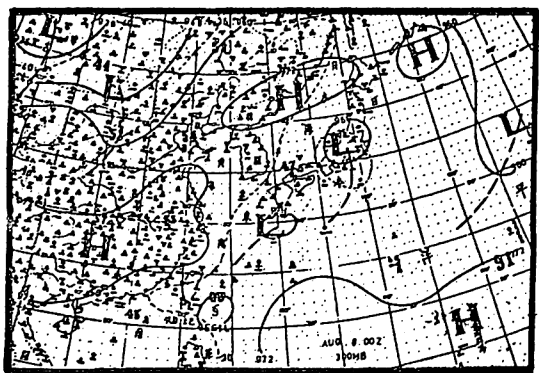
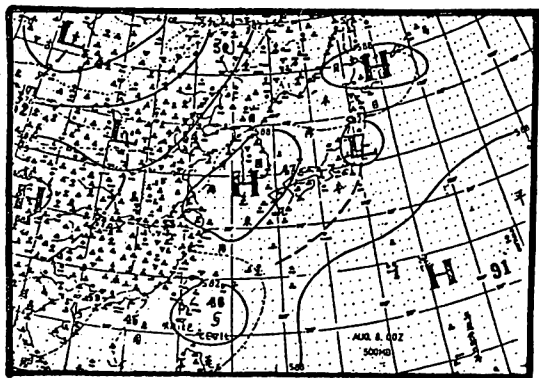
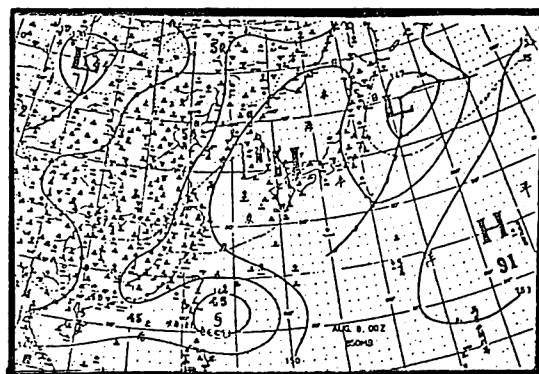
這表示當有駛流場存在時，颱風是一面沿駛流移動一面擺動。唯由於駛流項（ $u_0 t$ 或 $v_0 t$ ）的力（氣壓梯度力 $= \frac{1}{\rho} (\partial p / \partial y) \sim 10^{-2} \text{ m} / \text{sec}^2$ ）約大於渦旋內力（ $I \sim 10^{-5} \text{ m} / \text{sec}^2$ ）一千倍，所以擺動部分頗微不足道。

四西藏高壓與颱風位移（以西仕為例。劉，1983）

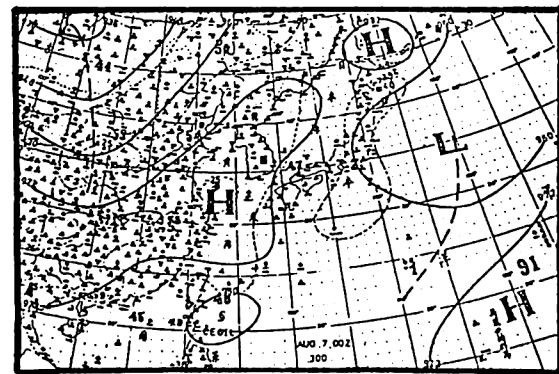
颱風運動主要受制於環境流場。根據資料顯示，西仕颱風期間天氣圖的主要特徵低層（地面至 700 mb）為東高西低一大陸為一熱低壓所盤據，而太平洋高壓（脊線約在 30°N ）則自日本南方洋面西伸至華北沿海；中層（500 mb）太平洋高壓勢力仍強但脊線偏南，並有一分裂中心位在對馬海峽，但大陸上的暖低壓已漸轉為高壓，即有一高壓脊自西藏地區向東伸至華西；高層（300 mb 及以上）西藏來的高壓已東伸至大陸沿海，而太平洋高壓

則東退至 140°E 以東，在颱風與太平洋高壓間另有一高壓脊呈西南東北方向自低緯伸至 25°N 。以上特徵可以 080000 GMT 850、500 及 300 mb 的天氣圖（如圖五）表示之。

由以上天氣圖特徵與颱風實際路徑相對照可知西仕颱風大致上是沿着太平洋高壓低層的西側移動，但由於中高層北方有高層阻擋移動較慢。又根據前面的分析可知：



圖五 民國 71 年 8 月 8 日 0000 GMT, 850 mb, 500 mb 及 300 mb 高空圖。



圖六 民國 71 年 8 月 7 日 0000 GMT, 300 mb 高空圖。

1 西藏高壓自 500 mb 起向上加強，相對的下方為熱低壓，就立體觀之像一個頂朝下的椎體，不似太平洋高壓般像一個中間略大的柱體，因而對颱風行動的影響就不相同——西仕颱風大致沿太平洋高壓西側運動，但不受高層來自西藏高原高壓的導引，亦即不會進入此高壓下層的熱低壓內。附圖六為 070000 GMT 的 300 mb 天氣圖，與颱風路徑（圖略）相對照可見當時及未來 24 小時颱風的移向並未受西藏高壓的影響。圖七係西仕颱風東（47945 資料）西（57749 資料）兩側 8 月 6 日至 10 日的平均探空圖，前者可代表副熱帶高壓的結構，後者則代表自西藏高原東伸而來之高壓的結構，由圖可見：(1) 57749 低層為低壓等壓面高度較 47945 者低，至 500 mb 高度始與 47945 者相近，而後隨高度漸轉為高壓，至 300 mb 層等壓面時其高度即超過 47945 的高度；(2) 47945 上空下層大氣有副熱帶高壓的下沉現象，57749 上空則無；(3) 57749 的整個大氣層濕度較大，溫度亦較高；(4) 47945 的對流層頂在 150 mb，而 57749 者在 100 mb 以上。以上差異顯示在颱風兩側的兩個主高壓成因與結構均不同，因而對颱風的作用也就不同。

在實際預報作業中，為了避免誤導，應注意劃分太平洋高壓及西藏高壓的影響範圍，也就是要分析出太平洋高壓究竟西伸到何處？因颱風移動是受制於太平洋高壓，而由西藏高原向東北伸到本省以北的高壓脊，或向東伸至華南至南海北部的高壓脊，對颱風的導引作用均甚微弱。

大的影響，因而長久以來這方面的問題也就成了一個研究的重點，如曲（1976，1977），王等（1980），曲與劉等（1983；1985），劉（1979）等都會做過專門的研究，所獲成果均具參考價值。唯個人認為這些已有的成果尚難滿足實際作業上的需要，今後對下述問題的研整尚待加強：

1 颱風登陸地點：在地理分布上有其突出之處（如大武），值得探討。

2 風雨分布與地形的關係：對於颱風影響本省各地之風雨分布調查分析（林等，1972 及 1973；俞，1974；李，1985；曲等，1982；王，1982）已有相當成果，今後對於地形與分布間的關係可做深一層的分析。

3 颱風中心的轉移：颱風移近或登陸時，會有副中心生成，而後有許多過山的方式（王等，1980；王，1980），唯過去的研究多集中在北部新竹地區副低壓（或副中心），今後似應注意其他（或西南部）地區的特徵，以補不足。

當然，中央山脈帶來的問題很多，而且都是難題，此處僅能指出一小部分，相信局裡面在這方面的研究成果一定會很有收穫。

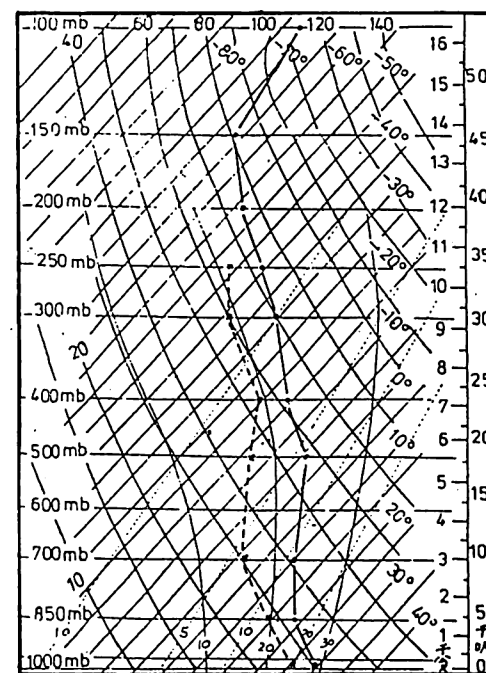
(六) 颱風駛流層的選定

颱風運動主要受制於環境流場亦即以受駛流的影響為主。然在作業中往往由於駛流不顯或各層流場不配合而難以作明確的決擇，筆者曾粗略地分析過一些本省東方的強烈颱風，結果顯示她們的運動受高層（500 mb 以上）的影響較大，而李等（1982）認為通常颱風中心係隨著低層（500 mb 以下）流場行進。同時，由前述西仕颱風的實例又知，西藏高壓的影響需單獨處理。凡此都說明選定颱風的駛流層並不容易，必須慎重個別處理。個人認為下面的要點是作業中該注意的：

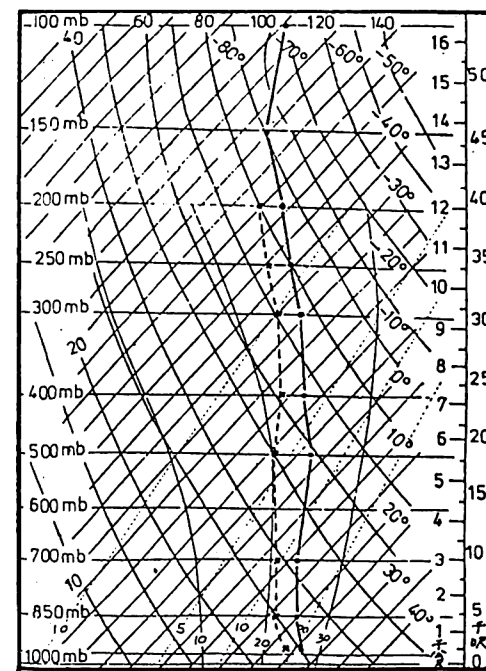
1 颱風強度：愈強的颱風駛流層的高度及厚度亦愈大。在強度判斷上不但要考量中心氣壓亦需注意雲圖或雷達回波上的環流是否明顯。

2 劃分太平洋及西藏高壓的勢力範圍：颱風中心主要受太平洋高壓的導引。

3 確實注意太平洋高壓整體的變化：當(1)高緯西風槽移至颱風中心西北方時要注意槽線南伸導至



47945



57749

圖七 西仕颱風東（47945）西（57749）兩側 71 年 8 月 6 日至 10 日平均探空分析圖。

(五) 地形對颱風的影響

地形對颱風的移動、強度及風雨分布都有很

高壓斷裂而改變颱風移向；(2)太平洋高壓勢力西伸或東退時駛流場會發生改變。

4 南來高壓脊的導引作用：當高壓脊自赤道北伸到颱風中心南邊時，要注意它對颱風的導引作用。

5 使用厚度圖及合成流場（如 H_{850} ， H_{700} ， H_{500} 的平均圖）效果會比較好。

6 使用地面（或低層）駛流時要注意日變化及溫度場的配置並作適當的修訂。

四、颱風預報的未來

由前面的介紹可知，由過去到現在我們大家不但一直很努力，而且也頗具成效，只是我們並不以此自滿，相反的，大家都在兢兢業業的追求一個更好的目標，即提高我們的預報準確率，以使颱風所帶來的可能災害降至最低。在此目標下，氣象界的每一成員都在努力，個人即為其中的一員，自亦不會例外，所以願意當着衆多專家的面提出一些對未來的看法——有用的逕自採納，無用的可以不管，而不對或有待商榷的更望能獲得指正。

(一)關於預報方法方面

在前面我已將常用的颱風預報法做了簡要介紹，由而可知國內的方法比國外有過之而無不及。只是，多年來由於專用電腦的不足，預報作業單位對很多先進的颱風預報法不能得心應手的加以運用，今後隨着氣象電腦時代的來臨，個人認為各個作業單位的預報決策人士應加速培養對客觀預報的信任，並要求參與作業的人員都能在建立或修訂客觀方法上下功夫，也就是說，大家應把經驗或預報的藝術部分，化為客觀的方法，而預報的決定或決策的下達，是根據一定的程序而不是只憑個人的認定。

大體上來說，目前我們的天氣預報主觀成分很重，未來必然會漸漸轉變成為客觀方法是賴，在此轉變過程中，個人認為有兩點值得注意，即第一要盡速建立電腦時代的預報決策體系，使大家有所遵循，其次是防範發生先進國家自動化作業的缺點，也就是要避免「氣象癌」的侵害。前者要求預報員放棄主觀，而後者則又要求預報員要有預報天氣的主見，如何做的恰到好处，各作業單位的主官（管）有很大的責任。不過，預報員本身也要把握注分

寸——一方面接受客觀方法及其成品，一方面充實自己，使自己有能力建立或修訂客觀方法（也就是能把主觀的概念透過科學的方法變成客觀的預報法則）。

當資料、分析完全自動化後，過去我們所開發的很多預報方法，均可很方便的做進一步的檢定，我相信會有很大的收穫。

(二)關於研究發展方面

在颱風預報的過去狀況介紹中，個人根據已有的調查（陳，1985）分析了研究方面的成果，由而可見在未來有關研究發展方面至少有兩點值得加強，即(1)深度及普及度，(2)學術機構對作業單位的支援。

過去到現在作業單位迫於需要，對颱風預報上所遭遇的難題，均自行研究並希望能自己解決之，因而研究成果相當多，但不可否認大多數的成果是定性的，且仍包含着很多未解決的問題，今後勢需再進一步加以研究，期能達到最好的地步，這方面就有待學術機構的大力支援。目前氣象局科技中心正扮演著橋樑的角色，假以時日必有相當成效。個人認為由於氣象科學的實用性，學術與應用的密切配合，是整體發展的不二法門。

實際上，在這方面也有不少成功的例子，如中研院與空軍對颱風的研究（Chu, Wang & Pao, 1977）；台大與氣象局在梅雨（陳，蔡，1978；陳，紀，1980）、MCC（陳，紀，1984），寒潮（任，蔡 1981）等方面的研究；台大與空軍以及與民航局在危害飛安天氣上的研究（陳，葉，1980；謝，陳，1982；陳，林及李，1980）；中大與空軍在雷達氣象方面的研究（廖等，1985）；文大與空軍對豪雨的研究（曲，劉，1982及1983）等都著有成效。此外更有三個單位共同研究的先例（陳，劉及李，1982；陳，紀及謝，1982）。由而可見合作研究的根基已在，未來只要再予加強就行了。

(三)關於作業單位間配合的問題

我國氣象科學界的一團和氣是有目共睹的事實，此一良好關係源自我們大家都是一脈相傳的傳人。今後中央氣象局的人才設備將領先全國自是不在

話下，而體制上更具有權威性，正因為如此，今後作業位單位的配合必然要靠中央氣象局的領導與支援——無論在裝備、資料或人才上要支援各作業單位，在作法上更要為各單位的表率，為了提升我們的工作水準把一切可以做的都做到而且做好。

四關於發展數值預報方法

中央氣象局的大電腦案不但是氣象界的壯舉，也是國家的重大建設，當此案完成時，我們的工作將進入一個全新的時代，為了使這份投資充份發揮其效益，個人認為自學術界到作業單位，均應多投入一些力量。首先中央氣象局方面要將目前給予大家的機會維持下去，其次各作業單位也要積極參與，並擬訂各自的配合計劃。我認為中央氣象局在這方面一定要扮好火車頭的角色，以帶着大家一齊向前邁進。大體上來說當氣象局的作業系統完成時，

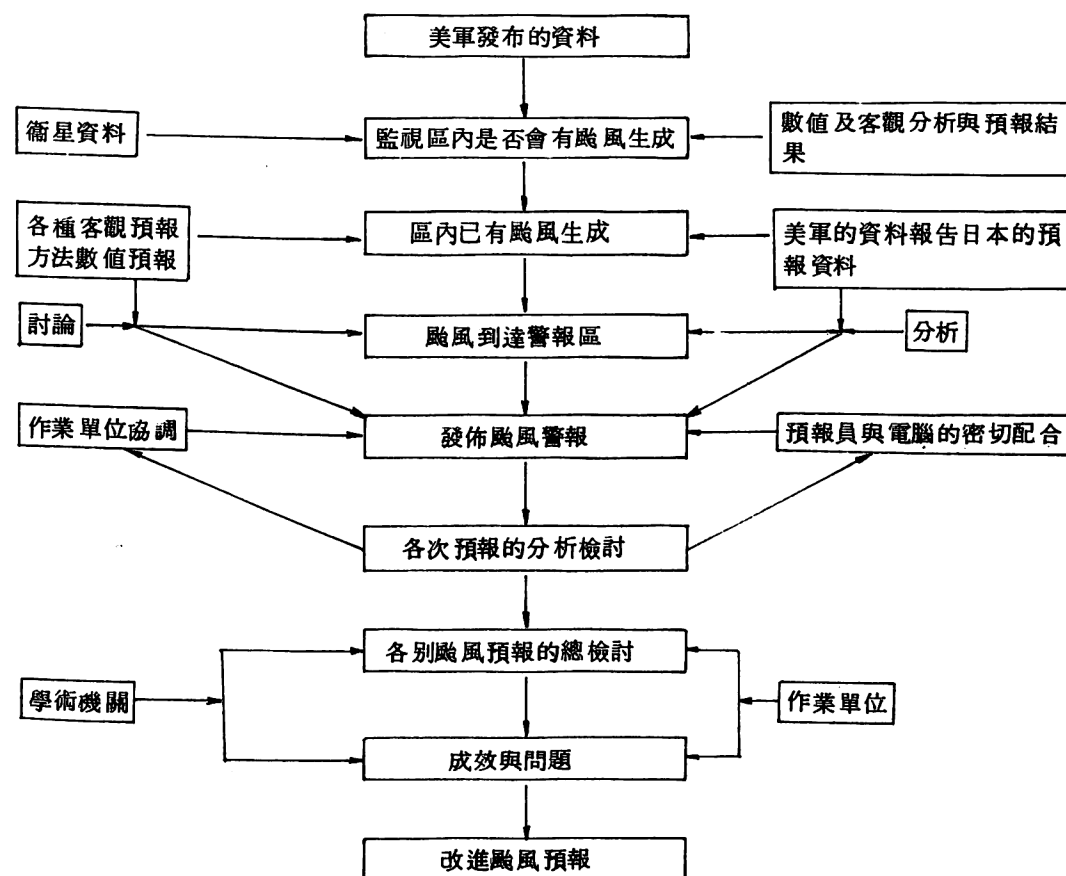
國內各單位的數值預報作業體系也該有相當的配合與成果才行。

個人誠摯期望將來我們會建立起一組不浪費而又能圓滿達成共同及個別任務的自動化氣象作業體系。

(四)重視地區性特殊問題

由於地形的影響，不但台灣地區的颱風移動，風雨分布，以及副中心或中心轉移等，都甚具特性，即使雙颱風的運動以及駛流場的多變等亦有不少值得我們注意的地方。這種地區性的問題都必須靠我們自己來研究明白找到預報的法則。今後我們都得多加油才行。

在過去氣候資料的調查與統計是大家使用最多的方法，由而也獲得了很多成果，今後在大電腦的支援下，建立中尺度模式與MOS客觀預報應是我們該大力追求的目標。



圖八 颱風預報作業流程圖

五、結語及建議

颱風預報是我們一向最重視的研究與作業項目之一，由過去到現在，大體上說颱風預報是很成功的，至少不亞於國外的水準。個人認為今後如果採取下面的作業流程（見圖八），可能會獲得更好的成果。

此一工作程序中的各項作法大部分我們都在做，今後相信更會加強。由於個人的能力有限，設想不會很週到，希望大家多多指正。

願我們的颱風預報一次比一次好。

作者在此要謝謝中央氣象局給我這麼好的機會，也謝謝李富城、俞川心、李紀恩等所給我的協助。

參考文獻

- 王時鼎，1980：台灣近海颱風運動及強度預報法。空軍氣象中心研究報告 018 號。
- 王時鼎、葉文欽、張儀峯，1980：颱風接近中央山脈時之路徑分析與預報。氣象預報與分析，83 期。
- 王時鼎、趙友斐及沈秀蓉，1982：台灣降水特性之研究。中範圍天氣系統研討會論文彙編，中央氣象局。
- 曲克恭，1976：台灣地形與颱風環流之分析研究。氣象預報與分析，68 期。
- 曲克恭，1977：中央山脈對颱風影響之分析研究。氣象預報與分析，72 期。
- 曲克恭、劉廣英、張儀峯及葉文欽，1982：台灣地區豪雨及暴雨量分佈之研究。空軍氣象中心研究報告 022 號（曲與劉，氣象預報與分析，92 期）。
- 曲克恭、劉廣英、張儀峯及葉文欽，1983：台灣地區豪雨及暴雨量特殊分布之成因。空軍氣象中心研究報告 025 號。
- 任立渝、蔡清彥，1981：台灣地區寒潮合成天氣型式之研究。大氣科學第 8 期。

李富城、馬汝安及張世潛，1982：颱風主要駛流層之選定與分析。中範圍天氣系統研討會論文彙論。中央氣象局。

李富城，1984：颱風侵襲下台灣地區強風分析及持續時間客觀預報之研究（一）。空軍氣象中心研究報告 029 號。

林則銘、曲克恭、俞家忠、王麟章及林財旺，1972：侵襲台灣颱風風力之研究。空軍氣象中心研究報告。

林則銘、曲克恭、俞家忠、王麟章及林財旺，1973：侵襲台灣颱風風力之研究（續），空軍氣象中心研究報告。

俞家忠，1974：台灣破壞性風力之研究。空軍氣象中心研究報告。

紀水上、陳泰然，1984：1981 年 5 月 27—28 日華南及台灣地區中尺度對流複合系統之初步分析與預報研討會論文彙編。中央氣象局。

陳泰然、蔡清彥，1978：台灣地區梅雨個案之中幅度系統、觀測誤差、平衡 ω 值之分析。台大大氣科學系研究報告 Mei-Yu-002。

陳泰然、紀水上，1980：台灣梅雨季之中幅度降水與中幅度低壓研究。大氣科學第 7 期。

陳泰然、林銘作、李金萬，1980：東亞 A-1 航路晴空亂流及雲中亂流之研究。大氣亂流與飛航安全研討會論文彙編，民航局。

陳泰然、葉文欽，1980：冬季華西低壓及伴隨鋒面系統之個案分析，第二屆全國大氣科學學術研討會論文彙編，國科會。

陳泰然、紀水上、謝維權，1982：初春華南中尺度對流複合系統之個案研究。中範圍天氣系統研討會論文彙編，中央氣象局。

陳泰然、劉廣英、李金萬，1982：台灣北部地區冬季異常降水之氣候分析與個案研究。台大大氣科學系研究報告 NTUATM-1982-04。

陳泰然，1983：國內近年大氣科學研究成果納入實際氣象預報作業之可行性研究。防災科技研究報告 72-09 號。

陳泰然，1985：國內近年大氣科學研究成果納入實際氣象預報作業之可行性研究（續）。防災科

技研究報告 73-16。

劉廣英，1979：關於颱風運動的幾個小問題。氣象預報與分析，80 期。

劉廣英，1983：民國 71 年西仕颱風及其特殊現象之分析與探討。氣象預報與分析，95 期。

劉廣英，1984：西北太平洋及南海地區雙颱風運動特性之分析與探討。空軍氣象中心研究報告 027 號。

劉廣英、俞川心，1985：地形對雙颱風運動的影響。大氣科學第 12 期。

謝維權、陳泰然，1982：台北地區影響飛航安全之低雲幕研究。第三屆全國大氣科學學術研討會論文彙編，國科會。

Bjerknes, J., and J. Homboe, 1944: On the theory of cyclones. J. of Meteorology. Vol. 1 & 2.

Chu, K. K., S. T. Wang and H. P. Pao 1977: Surface wind fields and moving tracks of typhoons when encountering the island of Taiwan. 11th Techni. Conf. Hurricanes and Tropical Meteor. Amer. Meteor. Soc.

On the Typhoon Prediction of Taiwan

--Its Past, Present and Future

Koung-Ying Liu

ABSTRACT

Typhoon is one of the major weather hazards in Taiwan. Many authors have contributed their effort to the improvement of our ability on typhoon prediction.

A review of the past twenty years' contributions, which includes the related papers and the forecasting kills, are carried out first in this work. Then, the present situation is studied. The author's point of view on the binary typhoon systems, on the steering effect, on the Tibetan high problem as well as on the internal force effect are all discussed in this part of this paper. Finally, the author's suggestion on our future work is presented. I believe a well established "man-machine mix" system is the only way to make our typhoon prediction better.