

# 颱風行徑數值預報實驗

張鳳嬌

中央大學大氣物理系

(中華民國六十七年九月九日收到，同年十月十六日修正)

## 摘要

在四層斜壓非絕熱準地轉模式中，以駛引法研討颱風 IRIS (1973年8月) 及颱風 WILDA (1970年8月) 之行徑。文中列出露點低降值對颱風 IRIS (1973年8月13日 1200 GMT) 預報路徑之影響，颱風 IRIS (1973年8月14日 1200 GMT) 各層預報結果及颱風 WILDA (1970年8月12日 1200 GMT) 700MB 駛流場預報結果。

實驗結果顯示：①潛熱釋放影響位移方向之預測。②駛引法所預測北向位移之大小較實測小。③比較各駛流層預報結果，700MB 在位移方向上之預報較佳。

## 一、緒論：

颱風行徑數值預報之困難，在於颱風為一嵌於控制其行徑之大規模氣流中之強渦旋。數值處理包括兩種尺度之大氣運動，定差法中網格點之距離，300 KM 適於大規模大氣運動，對於颱風區域將引入截斷誤差。

因難解決方法，其一是於颱風區域用細網格點，例如 Birchfield (1960) 以 150 KM 為細網格點距離，用正壓模式預報颱風行徑；蕭錫璋、胡仲英及汪羣從 (1973) 以粗 (300 KM) 細 (150 KM) 網格點配合使用，探討那定颱風的運動。另一解決途徑是 Sasaki and Miykoda (1954) 首先提出之駛流法 (Steering-flow method) 將颱風渦旋場自大氣中消去，以駛流場之發展預報颱風行徑，採取此法的作者很多，其差異在駛流場預報模式之相異。以正壓模式預報駛流場的有 Sasaki (1955)、Kasahara (1957)，採兩層斜壓模式的有 Kasahara (1960)、Jones (1960) 及張鳳嬌 (1972)，採四層斜壓非絕熱模式的有張鳳嬌 (1975)。

在四層斜壓非絕熱模式 (張鳳嬌, 1975) 中，係比較以定壓面上原始等高場和駛流場預報颱風行徑之結果。與實際觀測比較，駛引法預測路徑較接近於實測路徑。這篇論文之目的為四層斜壓模式式

風行徑數值預報實驗之模式修正、推廣與檢討。

## 二、模式：

在熱帶地區以流線函數作為預報參數較佳，目前國內以預報流線函數的方法研討颱風路徑採正壓絕熱模式 (蔡清彥, 1978)。本文採四層斜壓非絕熱準地轉模式 (Staff Members of Electronic Computer Center, 1965; 郭義臺, 1975)，將利用定壓面上高度場，以準地轉模式預報駛流場。

垂直方向，將大氣在 200 MB, 1000 MB 之間分為四個層次 300 MB、500 MB、700 MB 及 900 MB。垂直 P 速度  $\omega$  取於 400 MB、600 MB 及 800 MB。垂直系統中各層高度 Z，垂直 P 速度  $\omega$ ，厚度 h 的順序由上而下如圖(1)所示。圖中  $\Delta P$  均為 200 MB，厚度 h 之定義為  $h_1 = z_1 - z_2$ ， $h_2 = z_2 - z_3$ ， $h_3 = z_3 - z_4$ 。整個預報區為  $21 \times 16$  個水平網格點所涵蓋，在  $(10^\circ N, 106^\circ E)$ 、 $(16^\circ N, 157^\circ E)$ 、 $(55^\circ N, 173^\circ E)$  及  $(44^\circ N, 82^\circ E)$  四點間。網格點之水平距離 d 皆相同，在  $30^\circ N$  為 306 KM。

垂直邊界條件，假設  $P=200$  MB， $P=1000$  MB 時  $\omega=0$  即  $\omega_1=0$ ， $\omega_5=0$ 。水平邊界條件，假設邊界上沒有熱源即  $\frac{\delta Q}{dt} = 0$  且採用自由滑動邊界條件 (Welch et. al., 1965) 假設大氣在邊界

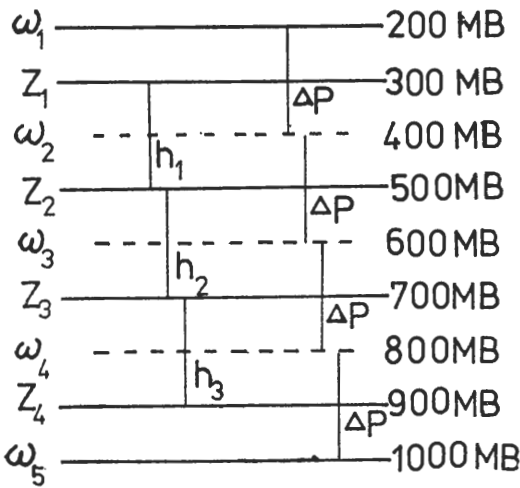


圖 1. 垂直網格系統

上可自由流動，而在 X 方向上  $\frac{\partial v}{\partial x} = 0$ ，y 方向上  $\frac{\partial u}{\partial y} = 0$  即  $\nabla^2 Z = 0$  得  $Z_{B+1} = 2 Z_B - Z_{B-1}$  但  $Z_B$  在整個計算過程中仍保持不變，這樣可使得原來邊界上的高低壓，不受邊界影響，能隨大氣移動。此時之  $\omega_B = -\frac{g}{\sigma(p)} f^{-1} J(Z, \frac{\partial Z}{\partial p})$ 。

非絕熱效應，在潛熱釋放方面只考慮大規模垂直氣流運動，而不考慮積雲對流運動，採用 Gambo (1963) Danard (1966), Miller et al. (1972) 的方法，把潛熱項設為  $\frac{\delta Q_L}{dt} = -L \frac{dq^*}{dt} = -LF^*(P, T) \omega \Delta S(x, y) \gamma(P) \delta(\omega)$  式中 L 表單位質量之凝結潛熱。F\*(p, T) 可參考 Kuo (1965) 寫成下式

$$F^*(P, T) = \frac{1}{1 + \frac{L}{C_p} \left(\frac{\partial q^*}{\partial T}\right)_p} \left[ \left(\frac{\partial q^*}{\partial p}\right)_T + \frac{RT}{C_p P} \left(\frac{\partial q^*}{\partial T}\right)_p \right] \text{ 其中}$$

$$q^* = 0.622 e_s / (p - 0.378 e_s)$$

$$e_s = 6.11 \left[ \frac{273}{T} \right]^{5.31} \exp \left[ 25.22 \left( 1 - \frac{273}{T} \right) \right]$$

$$T = -\frac{gp}{R} \frac{\partial Z}{\partial p}$$

$\Delta S(x, y)$  表大氣中之飽和部份，基本定義為

$\Delta S(x, y) = 1 - \frac{T - T_d}{\Delta T'} \geq 0$ ， $T_d$  表露點溫度， $\Delta T'$  為經驗值，關於此值一般取在 2.5 到 7.5 之間，Danard (1966) 取為 7.5，在本文中取  $\Delta T' = 5$  即  $\Delta S(x, y) = 1 - \frac{T - T_d}{\Delta T'} \geq 0$  當  $T - T_d < 5$  時， $\Delta S(x, y) = 0$  當  $T - T_d \geq 5$  時。

在四層斜壓非絕熱模式中 (張鳳嬌, 1975)  $T - T_d$  以一初始值代入而在計算時間內保持不變。本文依據 Danard (1966) 對  $T - T_d$  預報，設  $\frac{\partial(T - T_d)}{\partial p} = 0$  以下面之方程式預報，當  $T - T_d = 0$  且  $\omega < 0$  時  $\frac{\partial}{\partial t} (T - T_d) = -\vec{V}_g \cdot \nabla (T - T_d) + K \nabla^2 (T - T_d)$  當  $T \neq T_d$  或  $\omega \geq 0$  時  $\frac{\partial}{\partial t} (T - T_d) = -\vec{V}_g \cdot \nabla (T - T_d) + \omega \left\{ \frac{d}{dp} (T - T_d) \right\}_\theta + k \nabla^2 (T - T_d)$

足碼  $\theta$  表示乾絕熱過程， $k = 2 \times 10^{10} \text{ cm}^2 \text{ sec}^{-1}$

$\gamma(p)$  為隨高度潛熱釋放比例

$$\gamma(400 \text{ mb}) = 0.0 \quad \gamma(600 \text{ mb}) = 0.8$$

$$\gamma(800 \text{ mb}) = 1.0$$

$$\delta(\omega) = 1 \text{ 當 } \omega < 0 \text{ 時}$$

$$\delta(\omega) = 0 \text{ 當 } \omega \geq 0 \text{，或在 } 500 \text{ mb 以上之高度}$$

除潛熱釋放外，大氣中另一熱源為自洋面向大氣，或自大氣向洋面傳遞之可感熱。若 H 表單位時間、單位截面積之空氣柱熱通量 (heat flux) 則  $H = K v_o (T_s - T_o)$  其中 k 為常數， $v_o$  為地面風速率，本文可感熱之傳遞採 Gambo (1963) 之形式，即假設：

1. 隨壓力之減少，熱傳導以幂函數 (power function) 減少。

2. 向下傳遞之熱通量比向上傳遞之熱通量小得多，後者約為前者之十倍，以數學形式表之為：

$$\frac{\delta Q_s}{dt} = A |\vec{v}_o| (T_s - T_o) \left(\frac{p}{1000}\right)^2$$

當  $T_s - T_o > 0$  時

$$= 0.1 A |\vec{v}_o| (T_s - T_o) \left(\frac{p}{1000}\right)^2$$

當  $T_s - T_o < 0$  時 A 為常數其值為

$$1.0 \times 10^{-3} \text{ m sec}^{-1} \text{ deg}^{-1}$$

四層斜壓基本方程為準地轉渦旋方程， $\omega$  方程

及熱力能量方程。根據平均旋率守恒條件，準地轉渦旋方程式可寫成下式

$$\frac{\partial \zeta_\sigma}{\partial t} + \frac{g}{f} J(Z, \zeta_\sigma + f) - \bar{f} \frac{\partial \omega}{\partial p} = 0 \dots (1)$$

其中  $\zeta_\sigma = \frac{g}{f} \nabla^2 Z$  而  $\bar{f}$  為整個預報區內，柯氏參數之空間平均值。由熱力第一定律，流體靜力方程和狀態方程可得厚度方程如下：

$$\frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{\partial Z}{\partial p} \right) + \vec{V}_\sigma \cdot \vec{\nabla} \left( \frac{\partial Z}{\partial p} \right) + \sigma \omega = - \frac{R}{PgC_p} \frac{\delta Q}{dt} \dots (2)$$

$\vec{V}_\sigma = \frac{g}{f} k \times \vec{\nabla} Z$ ,  $\sigma = -\frac{1}{\rho g \theta} \frac{\partial \theta}{\partial p}$  為靜力穩定度 (Static Stability),  $\theta = T \left( \frac{1000}{p} \right)^{\kappa/c_p}$

位溫 (Potential temperature)  $\frac{\delta \theta}{dt}$  為非絕熱加熱項，因有熱源之存在，為使整個預報區內，大氣溫度不隨時間遞增，將(2)修正為：

$$\frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{\partial Z}{\partial p} \right) + \frac{g}{f} J \left( z, \frac{\partial z}{\partial p} \right) + \sigma \omega = - \frac{R}{PgC_p} \left( \frac{\delta Q}{dt} - \frac{\delta \bar{Q}}{dt} \right) \dots (3)$$

$\frac{\delta \bar{Q}}{dt}$  為整個預報區之空間平均，由(1)(3)消去時間微分項，可得  $\omega$  之診斷 (diagnostic) 方程式  $\nabla^2 (\sigma \omega) + \frac{\bar{f}^2}{g} \frac{\partial^2 \omega}{\partial p^2} = -\frac{g}{f} \nabla^2 [J(z, \frac{\partial z}{\partial p})] + \frac{\partial}{\partial p} J[(z, \frac{g}{f} \nabla^2 z + f)] - \frac{R}{C_p g p} \nabla^2 \frac{\delta Q}{dt} \dots (4)$

在潛熱釋放中定義  $S(x, y, p)$  為

$$S(x, y, p) = \frac{R}{C_p g p} LF^*(p, T) \Delta S(x, y) r(p) \delta(\omega)$$

則(3)(4)兩式可改寫如下：

$$\frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{\partial z}{\partial p} \right) + \frac{g}{f} J \left( z, \frac{\partial z}{\partial p} \right) + [\sigma(p) - S(x, y, p)] \omega = - \frac{R}{C_p g p} \left[ \frac{\delta Q_s}{dt} - \frac{\delta Q}{dt} \right] \dots (5)$$

$$\nabla^2 [(\sigma - s) \omega] + \frac{\bar{f}^2}{g} \frac{\partial^2 \omega}{\partial p^2}$$

$$= - \frac{g}{f} \nabla^2 [J(z, \frac{\partial z}{\partial p})] + \frac{\partial}{\partial p} [J(z, \frac{g}{f} \nabla^2 z + f)] - \frac{R}{C_p g p} \nabla^2 \frac{\delta Q_s}{dt} \dots (6)$$

其中  $\sigma$  值可由標準大氣高度求得：

$$\sigma(p) = - \frac{1}{\rho g \theta} \frac{\partial \theta}{\partial p} = - \frac{C_v}{C_p} \frac{1}{p} \frac{\partial z}{\partial p} + \frac{\partial^2 z}{\partial p^2}$$

$$\sigma(400mb) = 0.00428, \sigma(600mb) = 0.00211,$$

$\sigma(800mb) = 0.00132$  由(1)、(5)及(6)式加上初值及邊界條件即可解得  $\omega$  與預報高度。

### 三、資料處理：

本文對颱風 IRIS (1973年 8月 13日 1200 GMT 及 1973年 8月 14日 1200 GMT) 及颱風 WILDA (1970年 8月 10日 1200 GMT 及 1970年 8月 12日 1200 GMT) 作研討。

天氣資料取自日本氣象廳出版之天氣圖、電碼及全國海況旬報。颱風中心每隔六小時實測路徑、強度、移動速率取自 Fleet Weather Central/ Joint Typhoon Warning Center 所出版之 Annual Typhoon Report。

颱風移動係根據駛引法原理，分環繞颱風場之定壓面等高線場  $Z$  為駛流場  $\bar{Z}$  和颱風渦旋場  $Z^*$ 。駛流場  $\bar{Z}$  之求法，在六個以颱風中心為圓心，半徑分別為 1, 2, 3, 4, 5, 6 個網格點距離之同心圓上，先求出每一圓上之平均高度，並作渦旋剖面圖。渦旋之邊界圓為相鄰兩圓高度差小於 6m 之第一個圓。自邊界圓向颱風中心處找出高度差每 30m 之水平距離，畫出每 30m 高度差之同心圓，將原有高度值減去同心圓之高度值而得駛流場如圖 2。

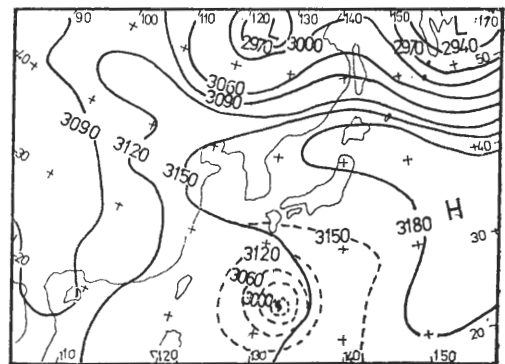


圖 2. 1973 年 8 月 13 日 1200 GMT 700MB 駛流場 (虛線為原等高線)

根據上節之理論與計算方法，預報駛流場，計算時間間隔為 1800 秒，整個預報時間為 72hr。計算結果畫出每隔六小時之預報駛流場，以前後六小時駛流場空間平均颱風中心處之地轉風預報颱風中心之位置。

#### 四、實驗結果：

颱風 IRIS 及颱風 WILDA 之預測路徑與觀測路徑，均繪圖比較，並分別計算 24 小時、48 小時及 72 小時的預報位置向量誤差 (Position error) 以及預報位置直角誤差 (Right-angle error)。直角誤差的定義是預報位置垂直於觀測路徑的距離，與蔡清彥博士 (1978) 相同，分別用正負號表示預報位置在觀測路徑之右方和左方 (面對颱風之去向)。

分析颱風 IRIS (1973年 8月13日 1200 GMT) 各等壓面上之露點低降值  $T - T_a$  (張鳳嬌, 1975)，8月13日颱風中心北方有一高壓乾燥區。若露點低降值，以一初始值代入，在整個計算時間內保持不變，使潛熱釋放產生在固定點上。700 MB 預報駛流場計算所得之颱風中心預報位置如圖 3a。圖中分別標出預測，觀測路徑。由颱風中心實測位置，第三天颱風進入 13 日之乾燥區，由於預報時  $T - T_a$  不隨時間改變，致颱風 72hr 預測位置在方向上，有較大之偏差。本文模式修正此點使  $T - T_a$  隨時間改變，預報結果如圖 3b 所示，能改善此項誤差。

表 1a, 1b 分別列出兩種預報結果之預報位置向量誤差與預報位置直角誤差。 $T - T_a$  不隨時間改變之位置向量誤差 24 小時為 128 KM, 48 小時為 255 KM 及 72 小時為 319 KM。 $T - T_a$  項隨時間改變，24 小時 115 KM, 48 小時 325 KM 及 72 小時 331 KM 後者之誤差較前者稍大。但是在直角誤差方面， $T - T_a$  隨時間改變時，72 小時內之誤差均很小，24 小時 38 KM, 48 小時 41 KM 及 72 小時 38 KM。較  $T - T_a$  不隨時間改變之 24 小時 26 KM, 48 小時 -56 KM 及 72 小時 -89 KM 改善許多。顯示潛熱釋放影響位移方向之預測。

颱風 IRIS 於 16 日轉向，為進一步驗證方向預報之可靠性，以 1973 年 8 月 14 日 1200 GMT

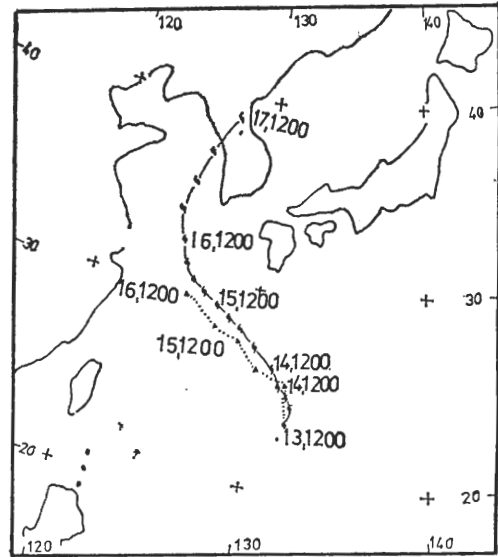


圖 3a：颱風 IRIS (1973年 8月13日 1200 GMT) 700MB 預測路徑與實測路徑

—+—+—+— 實測路徑  
 .....▲.....▲..... 預測路徑 ( $T - T_a =$  初始值)

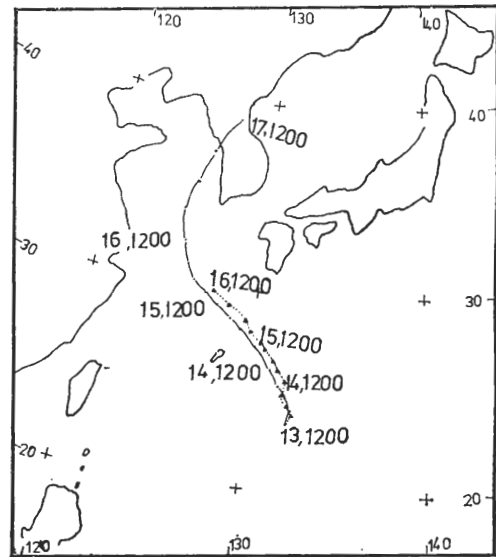


圖 3b：颱風 IRIS (1973年 8月13日 1200 GMT) 700MB 預測路徑與實測路徑

—+—+—+— 實測路徑  
 .....▲.....▲..... 預測路徑 ( $T - T_a$  隨時間變)

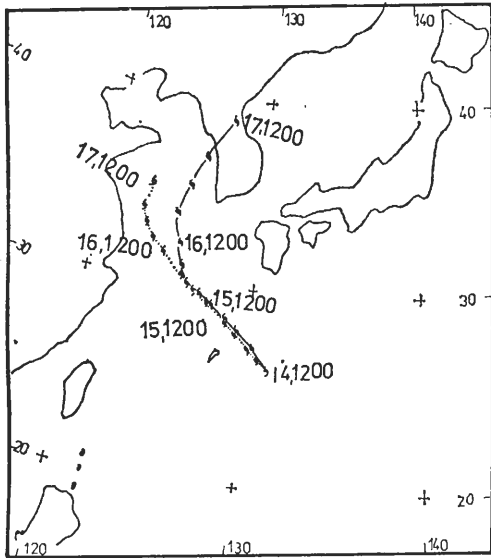


圖 4a : 颱風 IRIS (1973年 8月14日 1200 GMT) 300MB 預測路徑

— \$ — \$ — 實測路徑  
 ..... \$ ..... \$ ..... 預測路徑

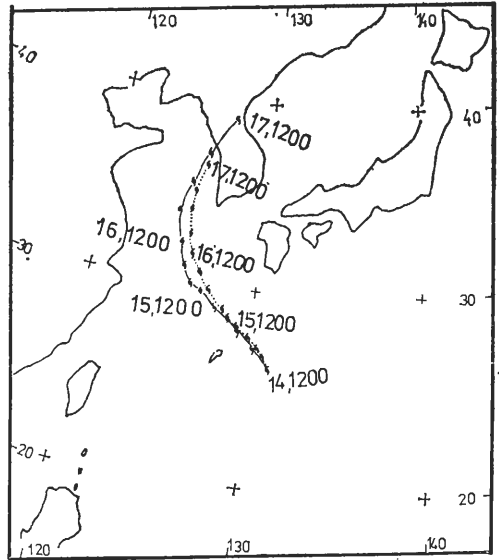


圖 4c : 颱風 IRIS (1973年 8月14日 1200 GMT) 700MB 預測路徑

— \$ — \$ — 實測路徑  
 ..... \$ ..... \$ ..... 預測路徑

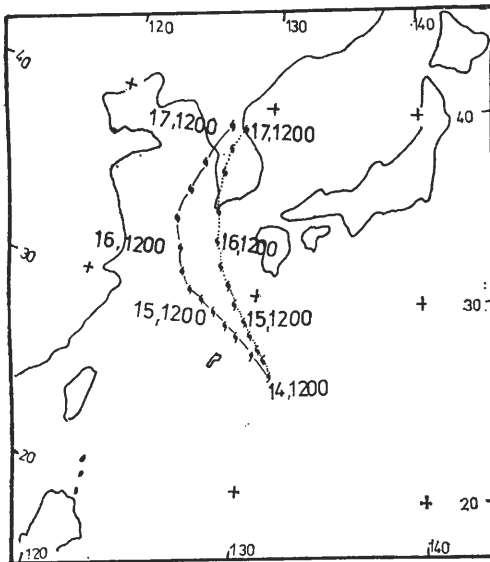


圖 4b : 颱風 IRIS (1973年 8月14日 1200 GMT) 500MB 預測路徑

— \$ — \$ — 實測路徑  
 ..... \$ ..... \$ ..... 預測路徑

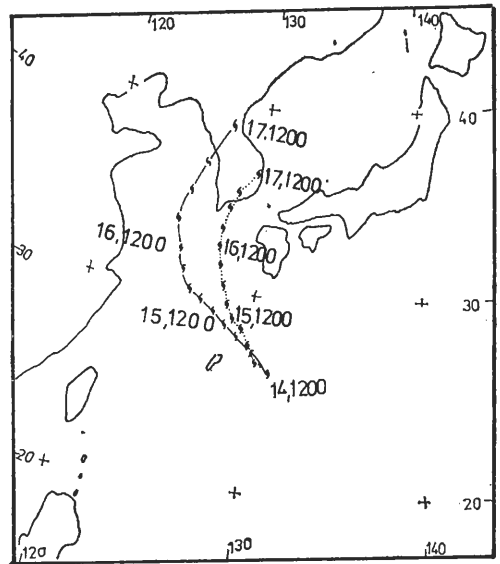


圖 4d : 颱風 IRIS (1973年 8月14日 1200 GMT) 900MB 預測路徑

— \$ — \$ — 實測路徑  
 ..... \$ ..... \$ ..... 預測路徑

表 1a 颶風 IRIS (1973年8月13日 1200GMT)  
預報位置向量誤差。單位為公里。

預報時間	結果別	
	$T-T_d$ =初始值	$T-T_d$ 隨時間變
24 小時	128	115
48 小時	255	325
72 小時	319	331

表 1b 颶風 IRIS (1973年8月13日 1200GMT)  
預報位置直角誤差。單位為公里。

預報時間	結果別	
	$T-T_d$ =初始值	$T-T_d$ 隨時間變
24 小時	26	38
48 小時	-56	41
72 小時	-89	38

颶風 IRIS 為初始值，並分別以 300MB, 500MB, 700MB, 900MB 預報駛流場預測颶風中心之位置，結果如圖 4。圖中分別標出預測實測路徑。預測位置向量誤差和直角誤差列於表 2。

表 2a 颶風 IRIS (1973年8月14日 1200GMT)  
各層預測位置向量誤差，單位為公里。

預報時間	駛流層			
	300MB	500MB	700MB	900MB
24 小時	115	179	179	128
48 小時	121	217	89	217
72 小時	738	64	306	330

表 2b 颶風 IRIS (1973年8月14日 1200 GMT)  
各層預測位置直角誤差，單位為公里。

預報時間	駛流層			
	300MB	500MB	700MB	900MB
24 小時	-13	89	13	51
48 小時	-89	217	56	230
72 小時	-191	78	26	281

300MB 預報結果，前 42 小時路徑接近實測路徑。但轉向較慢致後 30 小時顯著偏向實測左方，72 小時直角誤差為 -191 KM，預測路徑如圖 4a 所示。由轉向較慢以及預測速率與實測速率比較如表 3 所示，顯示以高層地轉風預測颶風行徑時，應以路徑前方之地轉風預測之，與 Miller and Morre (1960) 在比較各層對颶風駛流之情況所得結果相同。此層預報位置向量誤差前 48 小時較小，24 小時 115 KM，48 小時 121 KM 但 72 小時達 738 KM。直角誤差均為負，為 24 小時為 -13 KM，48 小時 -89 KM 及 72 小時 -191 KM。

500 MB 預測結果如圖 4b 及表 2 所示，在方向上有較大誤差。14日 500 MB 上颶風中心兩側均有高壓存在，可能是導致以地轉風計算颶風中心之位移的誤差來源。

700 MB 預測結果，在方向上與實際路徑很接近。對轉向亦能預報如圖 4c。每隔六小時預測駛流場，顯示預報駛流場之地轉風與對應時間之颶風實測路徑趨於一致。圖 5 為颶風 IRIS (1973 年 8 月 14 日 1200 GMT) 12 小時，24 小時，36 小時，48 小時，60 小時及 66 小時 700MB 預測駛流場及颶風 IRIS 14 日 1200 GMT 至 17 日 1200 GMT 實測路徑。700MB 預測速率之大小較實測小，但加速減速趨勢在前 48 小時很相近如表 3 所示。此層預測結果，直角誤差在 72 小時內均很小如表 2b。

900 MB 預測結果，緯向速度方面。西向速度預測較實際小，如圖 4d 預測路徑偏向實測右方。由表 2 知 900 MB 之預報位置之直角誤差相當大，在 48 小時為 230 KM，72 小時為 281 KM。

綜合各層預測結果，700 MB 駛流場之預測路徑較接近實測路徑，尤其是在位移方向上之預報。此點可由表 2 中 700 MB 預測位置直角誤差較其他任一層之誤差均小看出。

颶風 WILDA (1970年8月10日 1200 GMT) 駛流場微弱，預測結果幾近滯流不動，而實測路徑如圖 6 所示雖然位移很小但仍有向北之速度，檢視颶風資料，WILDA 由一極複雜之系統發展成其強度，速率如表 4 所示，10 日起颶風中心強度，在增強中，其最大強度大於 100 Knots，且環流範圍在增大中。東海上中對流層高壓後退，WILDA

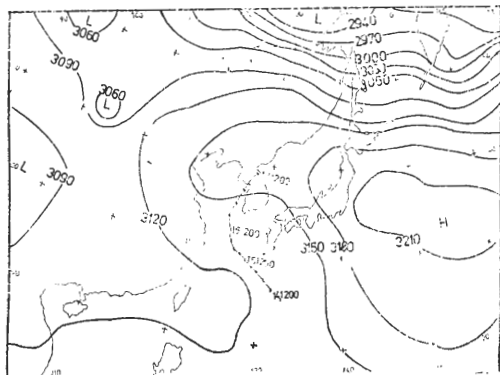


圖 5a : 颱風 IRIS (1973年 8 月 14 日 1200 GMT)  
700MB 12 小時預報駛流場及實測路徑

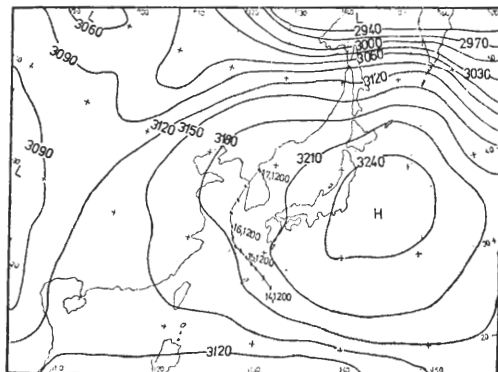


圖 5d : 颱風 IRIS (1973年 8 月 14 日 1200 GMT)  
700MB 48 小時預報駛流場及實測路徑

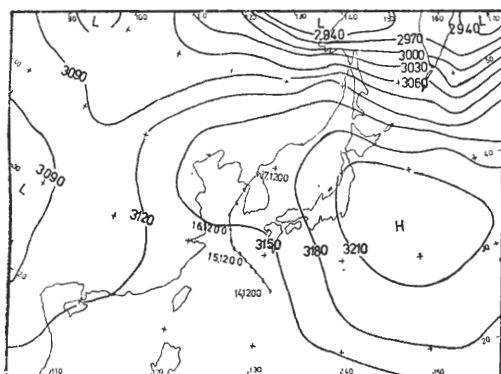


圖 5b : 颱風 IRIS (1973年 8 月 14 日 1200 GMT)  
700MB 24 小時預報駛流場及實測路徑

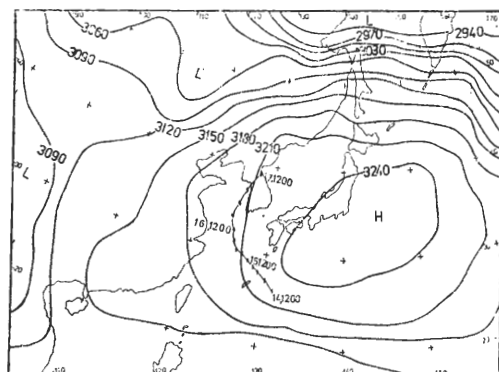


圖 5e : 颱風 IRIS (1973年 8 月 14 日 1200 GMT)  
700MB 60 小時預報駛流場及實測路徑

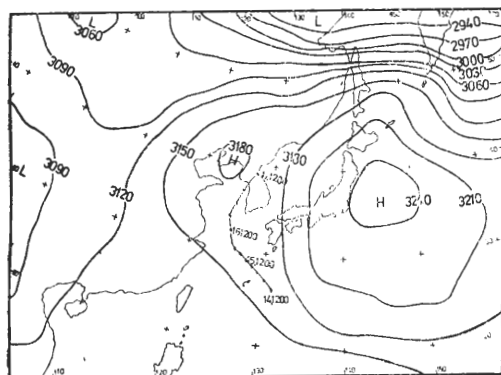


圖 5c : 颱風 IRIS (1973年 8 月 14 日 1200 GMT)  
700MB 36 小時預報駛流場及實測路徑

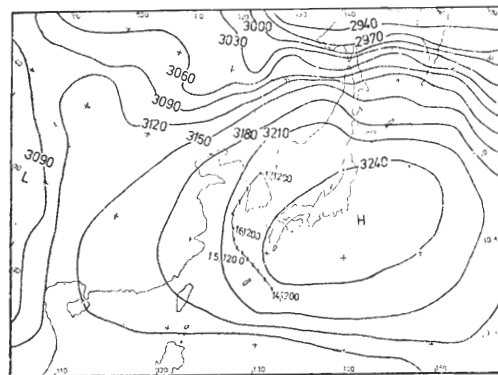


圖 5f : 颱風 IRIS (1973年 8 月 14 日 1200 GMT)  
700MB 66 小時預報駛流場及實測路徑

表 3 : 颱風 IRIS (1973年 8月14日 1200 GMT) 實測速率, 各層預報氣流場預測速率比較表。(以 Knots 為單位)

層 次	14 日		15 日		15 日		15 日		16 日		16 日		16 日		17 日		17 日	
	1200 GMT	1800 GMT	0000 GMT	0600 GMT	1200 GMT	1800 GMT	0000 GMT	0600 GMT	1200 GMT	1800 GMT	0000 GMT	0600 GMT	1200 GMT	1800 GMT	0000 GMT	0600 GMT	1200 GMT	1800 GMT
實 測	12	12	9	11	9	9	9	9	14	15	15	15	15	15	20	22	20	22
300 MB	7.5	8.4	9.6	9.4	15.9	10.7	11.8	12.9	12.9	10.0	9.4	9.7	11.9	11.9	9.7	11.9	11.9	11.9
500 MB	8.7	7.3	7.6	8.0	9.7	10.7	12.98	12.6	16.3	18.7	12.6	14.3	14.3	12.6	14.3	14.3	14.3	14.3
700 MB	7.5	6.5	5.2	7.5	12.3	10.8	10.5	12.9	11.1	9.6	10.5	12.2	12.2	10.5	12.2	12.2	12.2	12.2
900 MB	7.8	9.7	8.7	9.2	9.0	10.7	12.9	10.4	9.8	12	10.5	13	13	10.5	13	13	13	13

表 4 : 颱風 WILDA (1970年 8月10日) 移動速度與強度。

時 間 類 別	10 日		11 日		11 日		12 日		12 日		13 日		13 日		14 日		14 日		15 日		15 日	
	10日 11z	10日 23z	11日 17z	11日 23z	12日 5z	12日 11z	12日 17z	12日 23z	13日 5z	13日 11z	13日 17z	13日 23z	14日 5z	14日 11z	14日 17z	14日 23z	15日 5z	15日 11z	15日 17z	15日 23z	16日 5z	16日 11z
移動速度 Knots	3	4	4	5	4	5	5	5	6	5	5	8	7	8	9	8	12	15	22	26	30	40
強 度 Knots	80	85	85	90	95	100	105	100	100	105	100	105	105	100	105	100	95	95	75	60	55	50



表 5 颱風 WILDA (1970年8月12日 1200 GMT) 預報位置向量誤差直角誤差, 單位為公里。

誤差類別	位置向量誤差	位置直角誤差
預報時間		
24 小時	119	-107
48 小時	239	-92

表 6a 本文三個個案 700MB 預報位置直角誤差之平均, 蔡清彥(1978)實驗誤差比較表, 單位為公里, 括弧內為個案數目。

結果別	本 文	蔡 清 彥
預報時間		
24 小時	53 (個案 3)	74 (個案 13)
48 小時	63 (個案 3)	175 (個案 11)

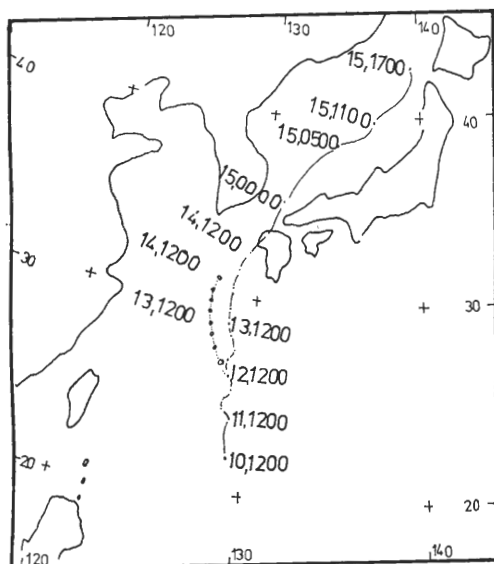


圖 6: 颱風 WILDA (1970年8月12日 1200 GMT) 700MB 預測路徑

——●—— 實測路徑  
 ..... 預測路徑

北方有一低槽形成, 颱風中心駛流場微弱颱風之移動係由內力即北向加速度 (Cressman, 1952) 產生。而地轉風僅能預測外力所產生之位移, 故無法以駛流場預測。以 12 日為初始值, 700 MB 駛流場預測結果颱風偏向實測左方, 前 48 小時尚可預報如圖 6, 但後 24 小時, 颱風進入西風槽右方, 颱風強度減弱, 位移轉向東北, 速率急速增加, 但預測結果由於 48 小時預測位置與實測位置有一差值, 致未進入槽右方, 而預測速率並未增大。

綜合以上三個個案 700 MB 駛流場之預測結果, 預測速率均較實測小。表 6 為本文三個個案之誤差平均與蔡清彥博士在正壓模式 (1978) 以準拉格郎基平流法預測之誤差。本文之位置向量誤差為

表 6b 本文三個個案 700MB 預報位置向量誤差之平均, 蔡清彥(1978)實驗誤差比較表, 單位為公里, 括弧內為個案數目。

結果別	本 文	蔡 清 彥
預報時間		
24 小時	138 (個案 3)	147 (個案 7)
48 小時	218 (個案 3)	254 (個案 3)

24 小時 138 KM, 48 小時為 218 KM 與蔡氏之 24 小時 147KM, 48 小時 254 KM 相近。但在直角誤差方面, 本文為 24 小時 53 KM, 48 小時 63 KM 較蔡氏之 24 小時 74 KM, 48 小時 175 KM 小許多。顯示駛引法在位移方向上之預報較佳。

### 五、討 論：

由以上之結果, 對本實驗討論如下：

- (1)以露點降低值隨時間變化與否, 對颱風 IRIS 作實驗, 結果顯示潛熱釋放影響位移方向之預測。
- (2)四層預報駛流場, 對 IRIS (1973年 8月14日 1200 GMT) 之預報結果, 顯示 700MB 之預測路徑與實測路徑較接近。
- (3)以高層地轉風預測颱風行徑時, 應以路徑前方之地轉風預測之。
- (4) 700 MB 駛流場預測速率均較實測小。
- (5)駛流場預測颱風行徑時, 對於環流範圍, 強度正在增大的颱風由於內力 (橫跨渦旋中心兩側科氏力之改變而產生) 之關係, 駛流預報結果須加以修正。

## 六、誌 謝：

本文承蒙中央大學大氣物理系主任陳哲俊教授的鼓勵，計算機中心諸位先生、小姐之熱心協助，中央氣象局、空軍氣象中心提供氣象資料，得以順利完成，謹致謝意。

## 參 考 文 獻

- Birchfield, G. E., 1960: Numerical prediction of hurrican mcvement with the use of a find grid. *J. Meteor.*, 17, 406-414.
- Cressman, G. P., 1951: The development and motion of typhoon "Doris" 1950, *Bulletin, AMS*, 32, 326-333.
- Danard, M. B., 1966; A quasi-geostrophic numerical model incorporating effects of release of latent heat. *J. Appl. Meteor.*, 5, 85-93.
- Gambo, K., 1963: The role of sensible and latent heat in the baroclinic atmosphere. *J. Metêor. Soc. Japan*, 41, 233-246.
- Jones, R. W., 1961: The tracking of hurricane Audrey 1957 by numerical perdition. *J. Meteor.*, 18, 127-138.
- Kasahara, A., 1957: The numerical prediction of hurricane movement with a two-level baroclinic model. *J. Meteor.*, 17, 357-370.
- Kuo, H. L., 1969: On the formation and intensification of tropical cyclones through latent heat by cumulus convection. *J. Atmos Sci.*, 22, 40-63.
- Miller, B. I. et. al., 1972: Numerical prediction of tropical weather system. *Mon. Wea. Rev.*, 100, 825-835.
- Miller, B. I. and Moore, P. L., 1960: A comparison of hurricane steering level. *AMS. Bulletin*. H2-1- H2-15.
- Sasaki, Y. and Miykoda, K., 1954: Numerical forecasting of the movement of cyclone. *J. Meteor. Soc. Japan.*, 32, 325-335.
- Sasaki, Y., 1955: Barotropic forecasting for the displacement of typhoon. *J. Meteor. Soc. Japan.*, 33, 1-8.
- Staff Members of Electronic Computation Center, 1965: 72 hr. baroclinic forecast by the diabatic-geostrophic model. *J. Meteor. Soc. Japan*, 43, 246-261.
- Welch, J. E. et. al., 1965: The MAC Method, LA, 425, U. Calif, Los Alamos.
- 張鳳嬌, 1972: 直接化簡法斜壓模式颱風行徑數借預報實驗, 國立中央大學地球物理研究所碩士論文。
- 張鳳嬌, 1975: 四層斜壓模式颱風行徑數值預報實驗, 國立中央大學地球物理研究所學刊 1975年12月第15號。37-41
- 郭義臺, 1975: 東亞地區氣旋運動之數值模擬與觀測比較, 國立中央大學地球物理研究所碩士論文。
- 蔡清彥, 1978: 正壓颱風路徑預報之數值方法比較, 臺灣地區災變天氣研討會論文集編。55-68
- 蕭錫璋、胡仲英、汪羣從 1973: 利用有限區域細網格探討娜定颱風之運動, 中研院物理所集刊。139-160

# An Experiment in Numerical Prediction of Typhoon Movement

Fong-Chiau Chang  
*National Central University*

## ABSTRACT

Using a four level baroclinic diabatic model, the numerical forecasts over the period of 72-hrs of typhoon IRIS (Aug. 1973) and WILDA (Aug. 1970) movements are examined by steering method. The effect of dew-point depression on typhoon IRIS (Aug. 13, 1973) movement, the comparison of prediction for typhoon IRIS (Aug. 14, 1973) movement with 300, 500, 700 and 900 mb steering levels, respectively and the result of prediction for typhoon WILDA (Aug. 12, 1970) movement with 700mb steering level are presented.

The results of numerical experiments show that the selection of 700mb steering level for prediction is in better agreement with actual direction of typhoon movement than all the other steering levels. The results also show the predicted speed by steering method is smaller than the actual speed and the effect of released latent heat is important for the prediction of typhoon movement in direction.