

高度場對西北太平洋颱風路徑之影響

馬子玉

中國文化大學地學研究所

方力脩

中央氣象局氣象資訊中心主任

摘要

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

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

一、前言

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

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

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

二、資料處理及研究方法

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

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

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

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

三、模式之介紹與比較

(一) 模式內容

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

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

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

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

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

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + (1+c)\vec{V}\phi \cdot \vec{\nabla}_z + \vec{V}\phi \cdot \vec{\nabla}_t - f_0 \frac{\omega_0}{p_0} = 0 \dots\dots\dots(2)$$

又由流體靜力近似(hydrostatic approximation)可得

$$\omega_0 = g\rho_0 \left(\frac{\partial Z_0}{\partial t} + \vec{V} \cdot \nabla Z_0 - \vec{V}_0 \cdot \nabla Z \right) \dots\dots\dots(3)$$

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

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

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

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

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

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

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

(二) 模式之修正與比較

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

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

四、結果與討論

(一) 高度場之分類

Xu and Gray (1982) 曾指出副熱帶高壓脊與高層之西風槽為颱風時期控制颱風活動之大尺度環流系統。羅振宇 (1968) 指出北太平洋中部之高空槽及北太平洋之高壓脊與颱風之行徑有密切之關聯，有鑑於此，我們以上述控制西太平洋颱風活動之主要系統，即副熱帶高壓脊與高空槽，為分類之依據。首先利用日本印刷天氣圖選擇颱風個案，自 1959 年至 1978 年共 20 年選取了 46 個颱風個案，並將此 46 個個案從颱風生成至消滅期間的 700 毫巴高度場逐一繪出，我們發現颱風自經過 $130^{\circ}E$ 後一直到颱風影響台灣地區時，高度場沒有太大的變化，Elsbery (1987) 曾指出颱風本身與週遭環境會有交互作用，本研究暫不考慮這個問題。故從繪出之 700 毫巴天氣圖中選取每個颱風未達且最接近 $130^{\circ}E$ 時之最真實高度場 (即颱風未影響台灣前之高度場)，再由 46 個個案中加以分類。

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

基本高度場配置圖如下：

第 I 類(a)是脊線位於 25°N 者，此類高度場共有三個個案。

第 I 類(b)是脊線位於 30°N 者，此類高度場共有九個個案。

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

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

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

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

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

第 V 類：700 毫巴東西主槽明顯時，此類型又可分為四類。

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

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

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

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

(二)各類高度場之模擬與個案結果分析

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

第 V 類(d)型高度場中心位於 50°N ， 140°E ，且 3180 重力位公尺等值線東退至 155°E 者。將此類之三個個案高度場置入模式，模擬出此類高度場影響下颱風路徑有朝西北方向移動的趨勢。1971 年的娜定 (NADINE) 颱風即為一個例子，其 24 小時之預測位置為 19.3°N ， 133.2°E ，最佳路徑之相對位置為 17.6°N ， 132.8°E (見圖 24(a)、24(b))，向量誤差為 191.6 公里，直角誤差為 191.6 公里。而 48 小時之預測位置為 23.4°N ， 128.3°E ，最佳路徑之相對位置為 19.1°N ， 128.9°E ，向量誤差為 494.3 公里，直角誤差為 289.9 公里。此類高度場，向量及直角誤差均偏大。

(三) 個案驗證

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

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

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

法得出三組預測路徑，其中 HURRAN 預報法，其 24 小時向量誤差為 346.2 公里，48 小時為 726.2 公里，而直角誤差 24 小時為 314.7 公里，48 小時為 308 公里。以風場當作初始場之 24 小時向量誤差為 55.0 公里，48 小時為 529.1 公里，而直角誤差 24 小時為 55.0 公里，48 小時為 150.4 公里。而以 700 毫巴高度場當作初始場之 24 小時向量誤差為 239.8 公里，48 小時為 342.7 公里，而直角誤差 24 小時為 82.7 公里，48 小時為 122.6 公里。

2. 茱迪 (JUDY) 颱風，初始資料時間為 1979 年 8 月 20 日 12Z

由 700 毫巴高度場可知槽位於 130°E 附近，低壓中心位於 45°N ，3180 重力位公尺等值線西伸至 140°E ，屬於我們所分類的第 V 類 b 型，根據其實際颱風所走的路徑可看出其有朝北北西移動之趨勢，與先前模擬出之結果相一致 (圖 26)。其中三種不同預報方法誤差如下，HURRAN 預報法其 24 小時向量誤差為 246.0 公里，48 小時為 573.6 公里，而 24 小時直角誤差為 246.0 公里，48 小時為 260.4 公里。以風場當作初始場之 24 小時向量誤差為 131.7 公里，48 小時為 189.3 公里，而以高度場當作初始場之 24 小時向量誤差為 156.6 公里，48 小時為 112.8 公里。

3. 賀璞 (HOPE) 颱風，初始資料時間為 1979 年 7 月 31 日 12Z

由 700 毫巴高度場可看出其 3180 重力位公尺等值線位於 30°N 且西伸至 125°E 左右，屬於我們所分類之第 II 類型高度場，根據其實測颱風之行進路徑知其有向西北西方向移動的趨勢，與先前模擬出之路徑結果相當一致 (圖 27)。再由三種不同預報法得出之預報結果來看，以 HURRAN 預報法得出其 24 小時向量誤差為 55.7 公里，48 小時為 477.9 公里，而直角誤差為 55.7 公里，48 小時為 172.5 公里，而以風場當作初始場其 24 小時向量誤差為 331.5 公里，48 小時為 715.5 公里，以高度場當作初始場其 24 小時向量誤差為 286.6 公里，48 小時為 488.3 公里，直角誤差 24 小時為 240.8 公里，48 小時為 28.0 公里。

由表五(a)及表五(b)可看出，以高度場輸入相當正壓模式來預測颱風行徑之平均向量誤差 24 小時為 202.4

公里，48小時為356.8公里，而平均直角誤差24小時為145.2公里，48小時為166.6公里。以風場當作初始場所模擬出之颱風路徑其平均向量誤差24小時為199.8公里，48小時為444.2公里，平均直角誤差24小時為83.1公里，48小時為219.9公里。而現中央氣象局所用之誤差最小之HURRAN客觀預報法，其24小時向量誤差為248.4公里，48小時為470.8公里，平均直角誤差24小時為152.3公里，48小時為231.3公里。由以上之結果可知，以高度場為輸入資料之前24小時預報結果誤差比以風場為輸入資料者及HURRAN方法差一點，但所差很小，然而48小時後之預測無論是向量或直角誤差，均較風場及HURRAN方法預測者為佳，尤以48小時之平均向量誤差最小。

同時，本研究中亦對轉向颱風作一探討，選擇四個具大角度轉向之颱風個案，以高度場輸入模式，其中包括1965年8月3日00Z的琴恩(JEAN)颱風，1965年9月3日之崔絲(TRIX)颱風，1974年7月2日12E的吉達(GILDA)颱風及1977年7月24日00Z的賽洛瑪(HELMA)颱風，將模擬結果與最佳路徑比較，可明顯看出，其對轉向點之掌握不很理想(見圖28(a)、(b)，29(a)、(b)，30(a)、(b)，31(a)、(b))。換句話說，使用高度場輸入模式，對轉向颱風之行徑，無法確實掌握，必另有其他物理因子在控制颱風之轉向。

五、結論與建議

本文以颱風期間 $20^{\circ}\text{N} \sim 30^{\circ}\text{N}$ ， $120^{\circ}\text{E} \sim 140^{\circ}\text{E}$ 為中心的高度場加以分類，得知颱風期間之各類型高度場影響下的颱風路徑，並計算各類高度場之向量誤差及直角誤差，以測試高度場在影響颱風路徑所扮演之控制角色。由誤差校驗結果顯示，使用700毫巴高度場當作輸入資料之預測結果要比以風場當作輸入資料表及中央氣象局現行使用之誤差最小的HURRAN颱風客觀預報法的預測結果，其48小時預報之向量誤為最小，故知700毫巴高度場為一影響36小時以上颱風路徑之最佳因子。

綜合各類型高度場，第I類(a)型高度場，由誤

差顯示其導引颱風朝北北西方向移動，可信度極大，不過應留意颱風行進方向需往左修正。第I類(b)型高度場情形要比第一種高度場誤差更小，故此類高度場影響下之颱風朝西北西方向移動的機會很大，應用時方向應向右修正。第II類型之高度場其誤差均比其他兩種方法小，故此類高度場影響下之颱風路徑朝西北西方向移動，應用時可略往右修正。第IV類(b)型高度場其各類誤差均極小，此類高度場影響下之颱風路徑朝西北西方向移動之機率極大。第V類(a)型高度場影響下之颱風路徑有朝偏北方向移動的趨勢，不過速度偏快。第V類(b)型高度場影響下之颱風路徑朝北北西方向移動，方向需往左調整。第V類(c)型高度場影響下之颱風路徑會偏西方向移動，其直角誤差偏大，不過向量誤差仍他，應用時只要往右修正即可。另外第III類型高度場，第IV類(a)型高度場，第V類(d)型高度場，此三類由於誤差過大，故不宜以700毫巴高度場作為賦流層，同時，轉向颱風亦無法以高度場輸入之方式加以掌握，雖然以高度場輸入相當正壓模式的颱風預測方法，有上述的限制，但從上述的結論，我們可看出以700毫巴高度場當作輸入資料，與一般動力預報模式之特性無太大之不同，短時間內有偏左及速度偏慢之現象Holland(1983)。然而36小時以後，無論方向及速度均勝過其他方法，實可利用於颱風路徑36小時至48小時之預測，希望能提供預報人員作為預報颱風之參考，以增加對颱風移動路徑的預報能力，進而提高颱風預報效率。

參考文獻

- 李富城，1982：颱風主要賦流層之選定與分析，第三屆全國大氣科學研討會論文集編，133~142。
- 陳毓雷、鮑學禮，1974：西太平洋高壓消長及西太平洋高壓消長及其颱風行徑關係之研究。氣象學報，第二十卷，第二期31~46。
- 曾振發、蔡清，1980：北太平洋西部颱風路徑之綜觀天氣研究。國立台灣大學大氣科學系研究報告，TYPN-01, 30頁。

- 蔣志才，1973：西北太平洋中高壓脊線與西進颶風之實例分析。氣象學報，第19卷，第一期，28～33。
- 張鳳嬌，1978：颶風行徑數值預報實驗。氣象學報，第五卷，第二期，33～42。
- 蔡清彥，1976：颶風路徑之數值預報。國立台灣大學科學系，研究報告NWP-2號，12頁。
- 蔡清彥，1977：颶風路徑之數值預報實驗。國立台灣大學大氣科學系，研究報告，NWP-4號，20頁。
- 蔡清彥，1978：正壓颶風路徑預報之數值方法比較，國立台灣大學大氣科學系研究報告，NWP-8號，14頁。
- 蔡清彥，1979：正壓颶風路徑之資料客觀分析，國立台灣大學大氣科學系，研究報告，NWP-10號，26頁。
- 蔡清彥，1980：颶風路徑客觀預報方法之評介，紀念馮融華博士氣象評介論文集，64～73。
- 蔡清彥、謝信良，1987：颶風路徑相當正壓預報方法之檢驗，中央氣象局氣象科技中心技術報告彙編，付印中。
- 謝信良、劉復斌，1985：颶風路徑客觀預報方法在台灣地區應用之研究。氣象學報，第三十二期卷，第二期，1-25。
- 羅宇振，1969：500毫巴面上北太平洋中部高空槽及高壓與颶風路徑之關係。氣象學報第十五卷，第二期，33～46。
- Anthes. R.A, 1982: Tropical Cyclones: Theirs Evolution, Structure and Effects. Amer, Met. Boston, 208頁。
- Brand, S, 1972: Very large and very small typhoons of the Western North Pacific Ocean. J. Meteor. Soc, Jap, 50, 332-341.
- Brand, S.C.A. Buenafe and H. D. Hamilton, 1981: Comparison of tropical Cyclone motion and environmental Steering, Mon, Wea, Rev, 109, 908-909.
- Chan. J. C. L and W. M. Gary, 1982: Tropical cyclone movement and surrounding flow relationships, Mon Wea. Rev 110, 1354-1374.
- C. Pike, 1985: Geopotential Height, and Thickness as prediction of Atlantic Tropical Cyclone Motion and Intensity, Mon, Wea, Rev, 113. 931-959.
- Dong. K. and C. J. Neamann: 1983: The relationship between tropical Cyclone motion and environment geostrophic flows Mon Wea Rev 114, 115-122.
- Elsberry. R. L. 1987: Tropical Cyclone Motion in Barotropic Models, Nwp Short Course 1988-2, 97頁
- Holland. G. J. 1983: Tropical cyclone motion: Environment interaction plus a beta effect. J. Appl. Sci. 40, 328-342.
- Jarrel. J. D. S. Brand and D. S Nicklin, 1978: An analysis of western north Pacific tropical cyclone forecast errors, Mon. Wea. Rev, 106, 925-937.
- Jianmin Xa and W. M. Gray, 1982: Environment circulation, associated with tropical cyclones experiencing fast, slow and looping motion Dept. of Atmosp, Sci. PaPer, colo, state, ni. Ft. collins. Co. 109
- Sander s.F and R. W. Burpee, 1968: Experiments in barotropic hurricane track forecasting. J. Appl. Meteo. 7. 313-323.
- Sander S. F. A. C. pike and J. P Gaertner, 1975: A barotropic model for operational prediction of track of tropical storm. J. Appl, Meteo 14, 265-280.

風速	地面	850	700	500	300	200	風速與高度	700	500
次	程	1	2	10	0	4	1	2	0
1978	1								
1980	2			✓	✓	✓		✓	
1982	3	✓		✓	✓	✓			

表 1 1944-1982年被引用做駛流層的統計表 (李高城 1982)

日期	風速	高度	資料輸入			
			風速	高度	風速	高度
1987-7-13-12Z	12	182.8	1	77.0		
	24	345.0	21	16.8		
	48	671.2	36	127.5		
1987-7-20-12Z	12	172.0	12	302.7		
	24	343.1	21	135.6		
	48	743.8	36	181.0		
1987-8-1-12Z	12	150.0	12	42.6		
	24	246.5	21	32.0		
	48	381.0	36	155.8		
1987-8-28-00Z	12	343.6	18	132.3		
	24	69.7	12	126.3		
	48	132.4	21	116.5		
1987-9-9-00Z	12	286.2	12	113.1		
	24	364.5	21	113.1		
	48	501.2	36	120.0		
平均	12	126.0	12	111.1		
平均	24	292.3	21	112.2		
平均	48	501.2	36	120.0		

表 2 (a) 1987年四個颱風個案，分別以風場、高度場當作輸入初始場之模式預測位置向風誤差

表 2 (b) 同表 (a) 但為直角誤差

類別	風速	高度	個案數	佔百分比	
I	A	高度場海平面 120 E; 高度場 25 毫巴等	1984-7-12-12Z DORIS, 1950-9-21-12Z VERA, 1962-8-4-00Z OPAL	3	8.5
	D	高度場海平面 120 E; 高度場 30 毫巴等	1966-7-17-12Z HIRA, 1961-5-21-00Z LORNA, 1963-7-13-12Z VENOR, 1970-8-9-12Z VILDA, 1971-9-10-00Z TILDA, 1964-9-5-12Z SALLY, 1977-9-4-12Z NABE, 1969-3-11-00Z USRA, 1964-7-2-12Z BETTY	2	19.6
J	A	高度中心位於 20 W, 130 E 等處	1965-3-15-00Z HARY, 1960-8-1-00Z ERIY, 1962-3-10-00Z BETTY, 1960-7-29-12Z SHIRLEY, 1963-7-21-00Z ASKES, 1963-8-29-12Z LUCY, 1970-9-10-00Z GEORGIA, 1966-5-24-12Z KIT	5	17.4
	B	高度中心位於 25 W, 140 E 等處	1959-9-2-12Z LOUISE, 1974-10-13-12Z CARMEN, 1964-5-20-12Z WINNIE, 1961-5-16-12Z SHIRLEY, 1959-7-22-12Z WILDA, 1951-5-5-00Z JUNE	5	13.0
K	A	高度中心位於 35 W, 145 E 等處	1970-3-11-12Z NINA, 1950-3-2-12Z ELLIEN, 1960-7-13-00Z POLLY, 1962-7-30-00Z NORA	4	8.7
	B	高度中心位於 25 W, 145 E 等處	1953-9-13-00Z SARAH, 1953-9-9-00Z GIORA	2	4.4
L	A	高度 125 E, 高度場 155 E 等	1987-7-5-12Z SALLY, 1972-8-9-00Z BETTY, 1970-3-30-00Z OLGA	3	5.5
	B	高度 130 E, 高度場中心位於 45 W 等處	1962-9-21-12Z AMY, 1965-9-17-12Z OSMA, 1971-9-10-12Z BESS, 1962-7-25-12Z NORA	4	3.7
	C	高度 130 E, 高度場中心位於 35 W 等處	1973-10-11-00Z BESS, 1963-10-7-12Z KIT, 1950-9-22-12Z KIT, 1970-9-9-00Z GEORGIA	4	8.7
D	高度中心位於 20 W, 145 E 等處	1971-7-22-00Z MADRE, 1951-9-10-00Z PAMELA, 1975-12-4-12Z ELLIE	3	9.5	

表 3 以播荷為主要系統所歸納之各種高度場之一覽表

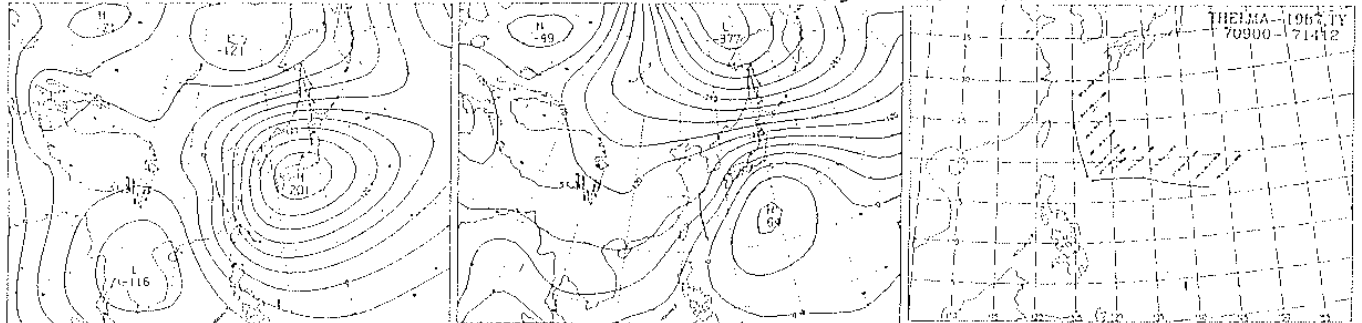


圖 1 (a) 颱風泰格瑪 THELMA 以風場輸入之 1987 年 7 月 13 日 12Z 為初始時間之 48 小時模式預測場和軌跡

圖 1 (b) 同 1 (a), 但以其 700 毫巴高度場為輸入資料

圖 1 (c) 颱風泰格瑪 THELMA 之最佳路徑圖 (Best Track)

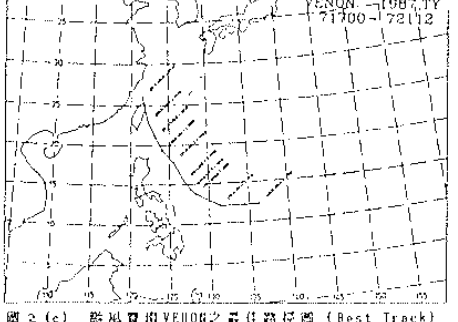
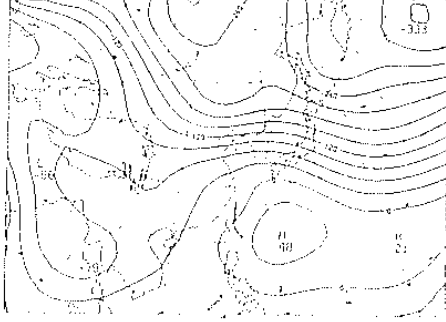
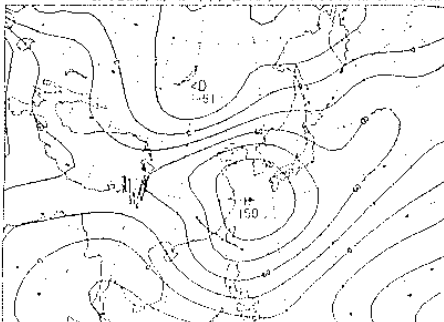


圖 2 (a) 颱風泰格瑪 VENOR 以風場輸入之 1987 年 7 月 20 日 12Z 為初始時間之 48 小時模式預測場和軌跡

圖 2 (b) 同 2 (a), 但以其 700 毫巴高度場為輸入資料

圖 2 (c) 颱風泰格瑪 VENOR 之最佳路徑圖 (Best Track)

日期	風速	風場輸入		高度場	
		風速	高度	風速	高度
1984-7-13-12Z	12	237.7	12	77.0	
	24	287.4	24	44.6	
	48	513.0	48	97.5	
1966-7-17-12Z	12	153.4	12	294.8	
	24	210.8	24	247.8	
	48	291.1	48	121.0	
1965-8-16-00Z	12	152.4	12	75.0	
	24	152.5	24	62.0	
	48	290.3	48	73.7	
1961-6-16-12Z	12	293.4	12	68.9	
	24	174.7	24	90.0	
	48	421.8	48	120.8	
1975-8-1-12Z	12	412.9	12	127.0	
	24	405.3	24	127.0	
	48	410.4	48	144.2	
1950-9-13-00Z	12	159.3	12	115.4	
	24	99.4	24	210.5	
	48	126.1	48	258.0	
1967-7-5-00Z	12	31.0	12	110.1	
	24	109.0	24	110.1	
	48	118.1	48	176.9	
1962-8-3-12Z	12	108.1	12	130.1	
	24	163.2	24	130.1	
	48	325.3	48	144.2	
1978-10-11-00Z	12	167.9	12	130.1	
	24	204.3	24	130.1	
	48	424.1	48	144.2	
1971-7-22-00Z	12	60.0	12	60.0	
	24	191.0	24	191.0	
	48	494.3	48	288.3	
平均	12	171.1	12	119.5	
平均	24	218.7	24	155.1	
平均	48	301.1	48	226.5	

表 4 (a) 各類高度場以 700 毫巴高度場當輸入資料之模式預測位置向風誤差

表 4 (b) 同表 (a), 但為直角誤差

預報時間	風場輸入	HURRAN	高度場輸入
24	190.9	157.7	218.7
48	400.4	400.0	301.1

表 5 (a) 三種不同方法之平均向量誤差

預報時間	風場輸入	HURRAN	高度場輸入
24	105.0	90.1	103.4
48	277.5	284.3	220.5

表 5 (b) 同 5 (a), 但為平均直角誤差

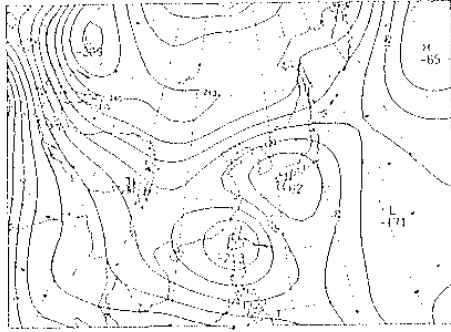


圖 3 (a) 颱風黛的DINAH以其風場輸入之1987年8月28日00Z為初始時間之48小時模式預報場和軌跡

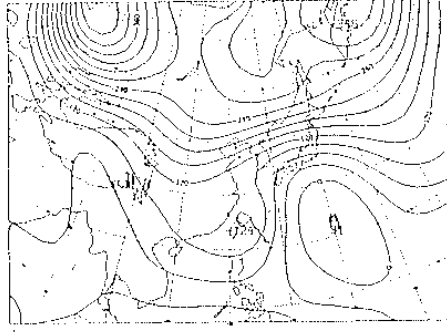


圖 3 (b) 同 3 (a), 但其以700毫巴高度場為輸入資料

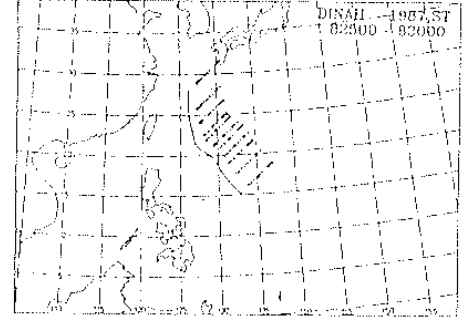


圖 3 (c) 颱風黛的DINAH之最佳路徑圖 (Best Track)

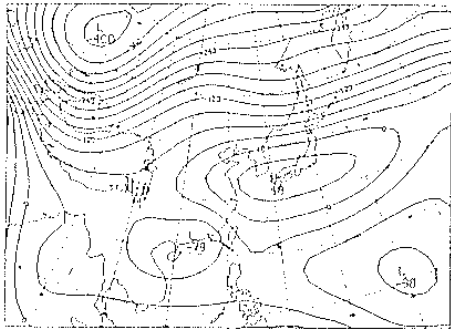


圖 4 (a) 颱風黛魯得GERALD以其風場輸入之1987年9月9日00Z為初始時間之48小時模式預報場和軌跡

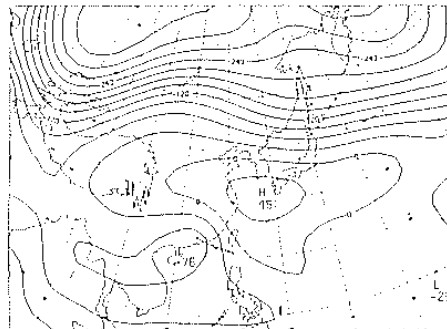


圖 4 (b) 同 4 (a), 但其以700毫巴高度場為輸入資料

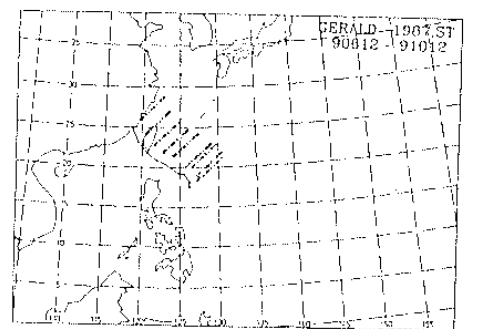


圖 4 (c) 颱風黛魯得GERALD之最佳路徑圖 (Best Track)

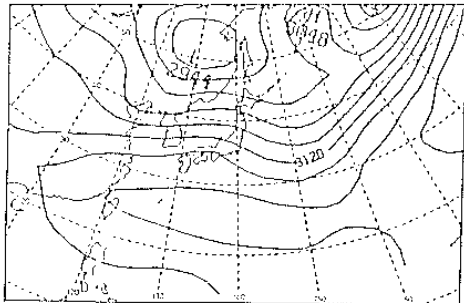


圖 5 第一類, 3180毫巴位公尺等值線西伸至120°E左右, 且其位於25°N之高度場配置圖

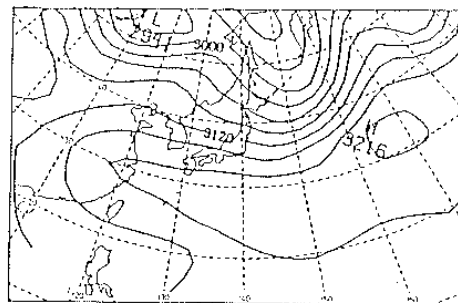


圖 6 第一類, 3180毫巴位公尺等值線西伸至120°E左右, 且其位於30°N之高度場配置圖

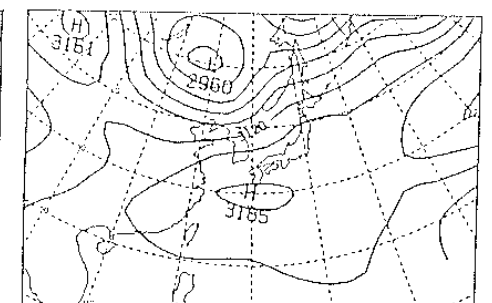


圖 7 第二類, 高壓中心位於30°N, 其西伸至130°E左右之高度場配置圖

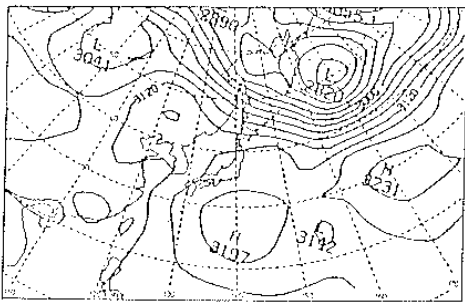


圖 8 第三類, 高壓中心在140°E, 且有3160毫巴位公尺等值線西伸至135°E左右之高度場配置圖

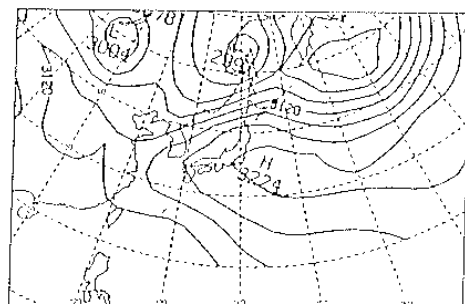


圖 9 第四類, 高壓中心位於35°N, 145°E之高度場配置圖

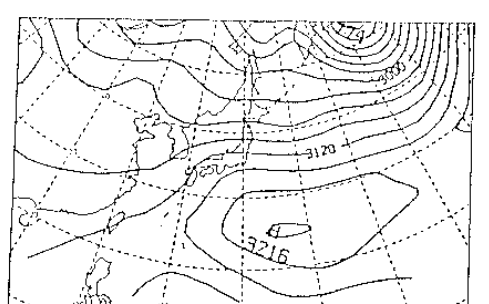


圖 10 第四類, 高壓中心位於145°E, 25°N之高度場配置圖

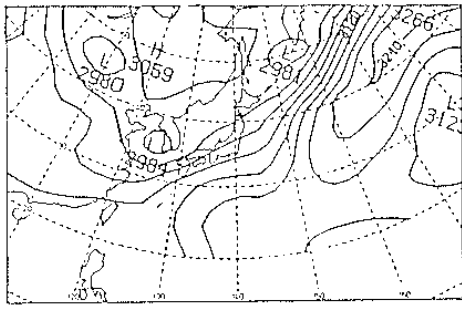


圖 1 第五類，槽位於 125°E 附近且低壓中心位於 35°N 左右之高度場配置圖

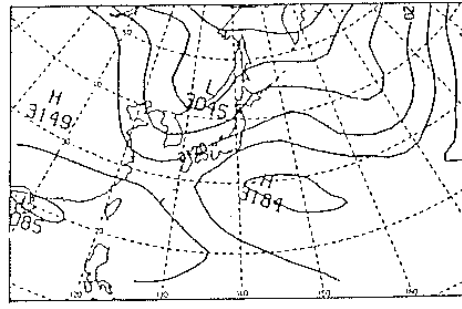


圖 2 第五類，槽位於 130°E 附近，且低壓中心位於 45°N 左右之高度場配置圖

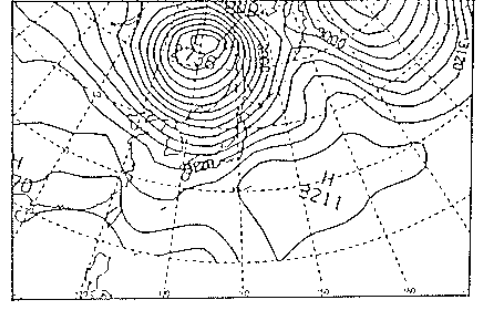


圖 3 第五類，槽位於 130°E 附近，且低壓中心位於 50°N 左右之高度場配置圖

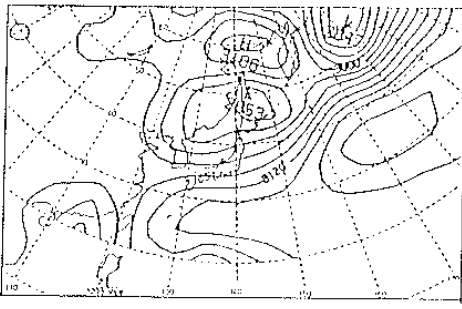


圖 4 第五類，低壓中心位於 50°N, 140°E 左右之高度場配置圖

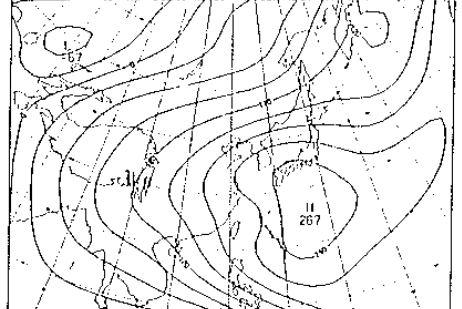


圖 5 (a) 颱風路徑 DORIS 以 700 毫巴高度場輸入之 1964 年 7 月 13 日 12 時為初始時間的 48 小時模式預報場和軌跡

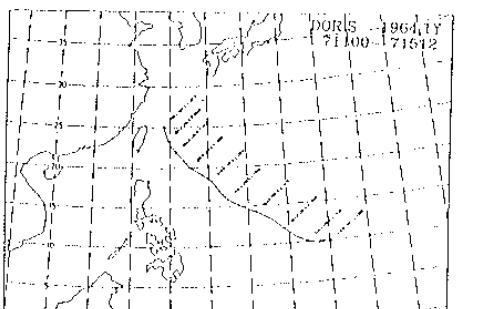


圖 5 (b) 颱風路徑 DORIS 之最佳路徑圖 (Best Track)

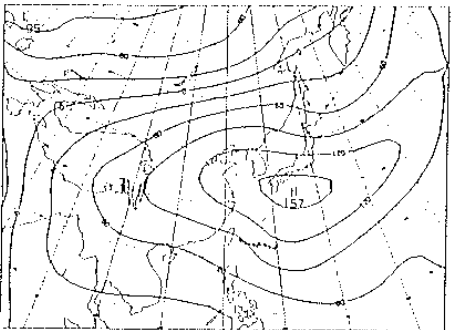


圖 6 (a) 颱風路徑 NINA 以 700 毫巴高度場輸入之 1966 年 7 月 17 日 12 時為初始時間的 48 小時模式預報場和軌跡

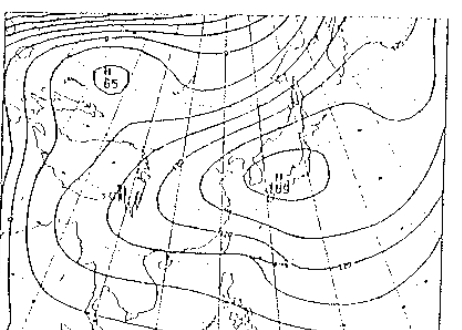


圖 7 (a) 颱風路徑 MARY 以 700 毫巴高度場輸入之 1965 年 8 月 16 日 00 時為初始時間的 48 小時模式預報場和軌跡

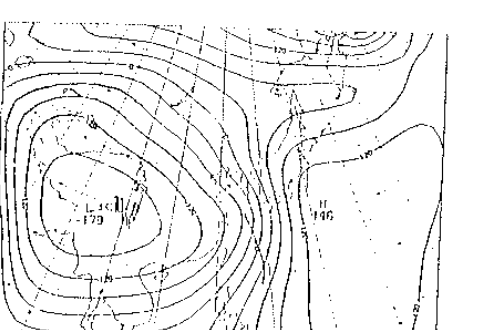


圖 8 (a) 颱風路徑 SHIRLEY 以 700 毫巴高度場輸入 1963 年 6 月 16 日 12 時為初始時間的 48 小時模式預報場和軌跡

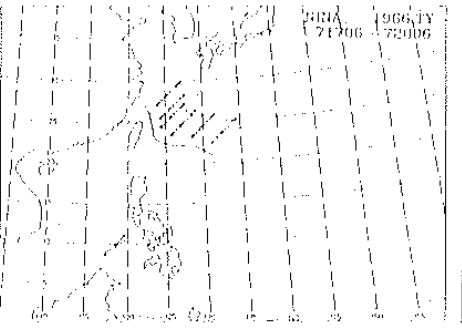


圖 6 (b) 颱風路徑 NINA 之最佳路徑圖 (Best Track)

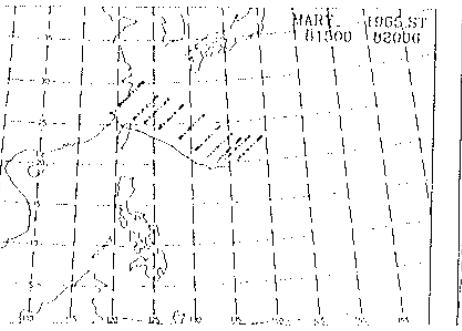


圖 7 (b) 颱風路徑 MARY 之最佳路徑圖 (Best Track)

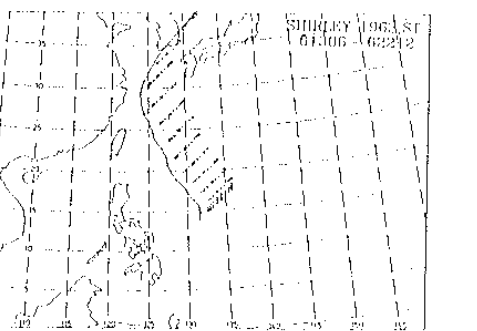


圖 8 (b) 颱風路徑 SHIRLEY 之最佳路徑圖 (Best Track)

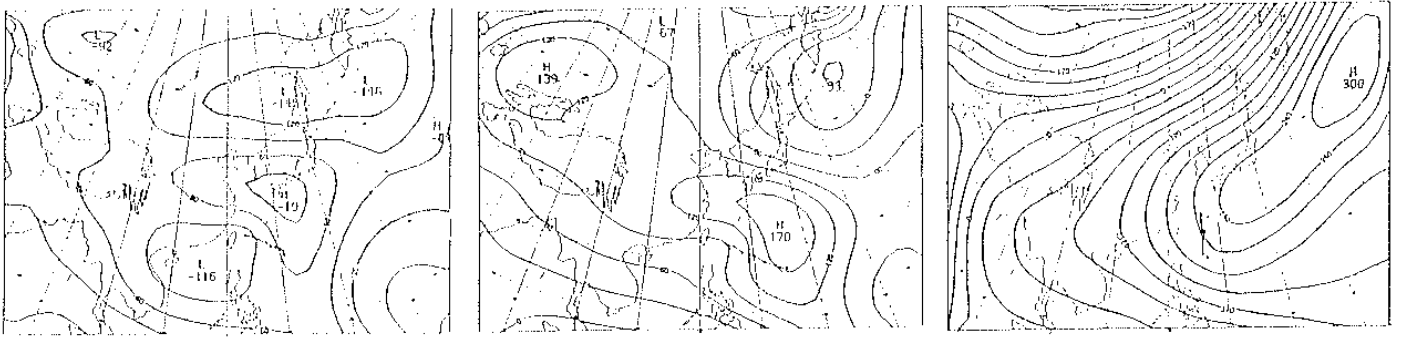


圖 1 (a) 颱風妮娜 HIRA 以 700 毫巴高度場輸入之 1975 年 8 月 11 日 12Z 為初始時間的 48 小時模式預報場和軌跡
 圖 2 (a) 颱風莎拉 SARAH 以 700 毫巴高度場輸入之 1950 年 9 月 13 日 00Z 為初始時間的 48 小時模式預報場和軌跡
 圖 3 (a) 颱風畢莉 BILLIE 以 700 毫巴高度場輸入之 1967 年 7 月 5 日 12Z 為初始時間的 48 小時模式預報場和軌跡

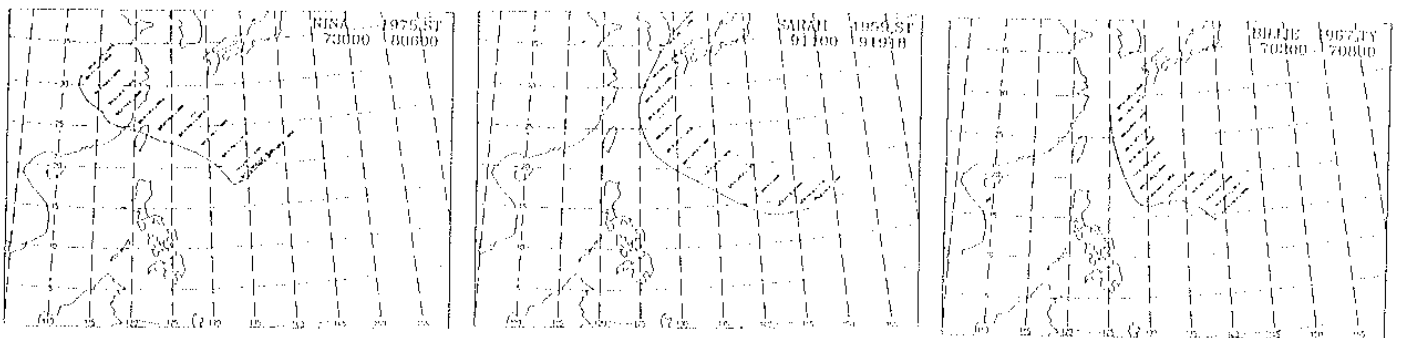


圖 1 (b) 颱風妮娜 HIRA 之最佳路徑圖 (Best Track)
 圖 2 (b) 颱風莎拉 SARAH 之最佳路徑圖 (Best Track)
 圖 3 (b) 颱風畢莉 BILLIE 之最佳路徑圖 (Best Track)

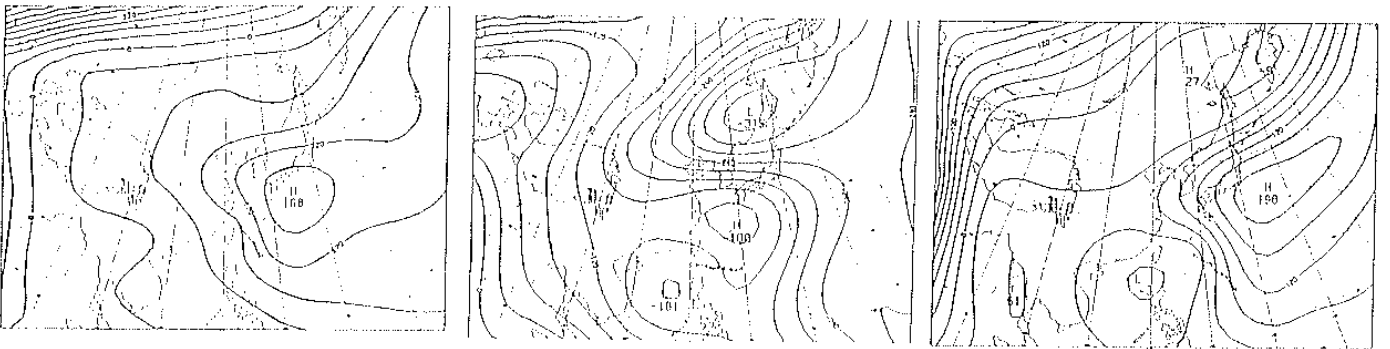


圖 2 (a) 颱風艾美 AMY 以 700 毫巴高度場輸入之 1962 年 9 月 3 日 12Z 為初始時間的 48 小時模式預報場和軌跡
 圖 2 (a) 颱風阿拉 ORA 以 700 毫巴高度場輸入之 1978 年 10 月 11 日 00Z 為初始時間的 48 小時模式預報場和軌跡
 圖 2 (a) 颱風娜黛 NADINE 以 700 毫巴高度場輸入之 1971 年 7 月 22 日 00Z 為初始時間的 48 小時模式預報場和軌跡

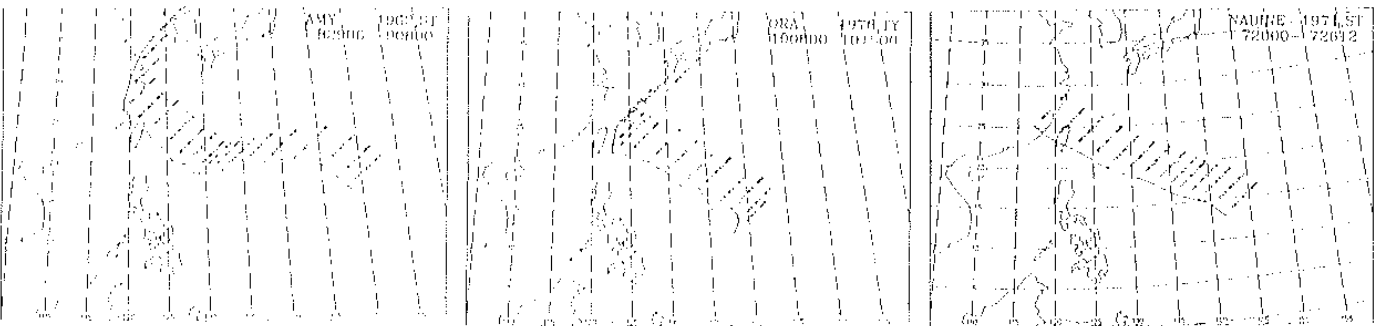


圖 2 (b) 颱風艾美 AMY 之最佳路徑圖 (Best Track)
 圖 2 (b) 颱風阿拉 ORA 之最佳路徑圖 (Best Track)
 圖 2 (b) 颱風娜黛 NADINE 之最佳路徑圖 (Best Track)

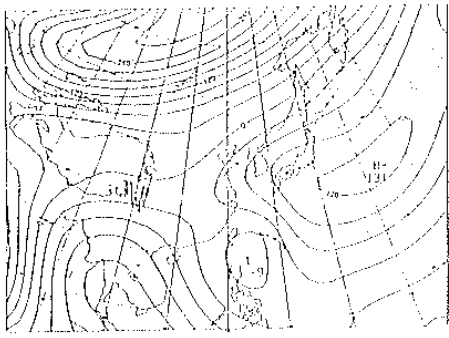


图 25 台风英文 NIVEN 风 760 毫巴高度填绘入 1979 年 9 月 25 日 00Z 为初始时间的 48 小时模式预报风和航路

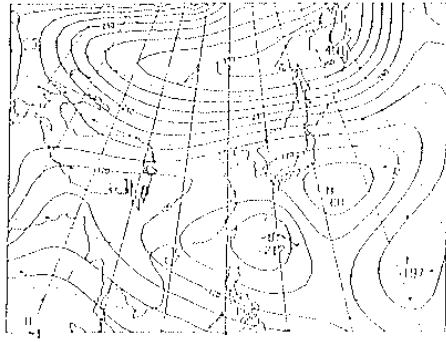


图 26 台风至德 JUBY 风 760 毫巴高度填绘入 1979 年 8 月 20 日 12Z 为初始时间的 48 小时模式预报风和航路

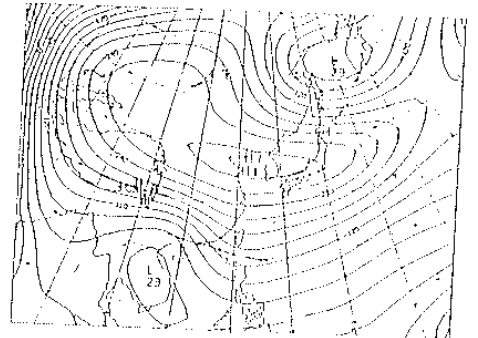


图 27 台风英文 HOPE 风 760 毫巴高度填绘入 1979 年 7 月 31 日 12Z 为初始时间的 18 小时模式预报风和航路

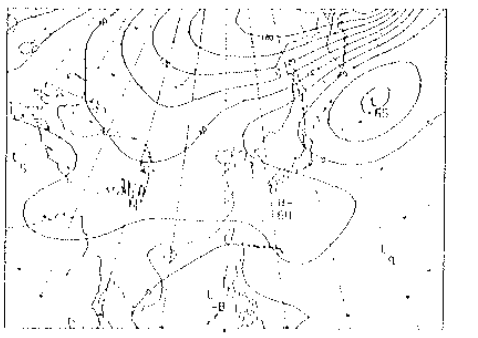
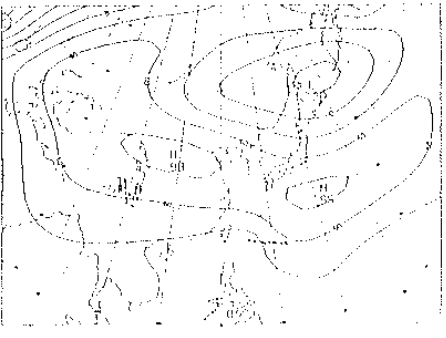
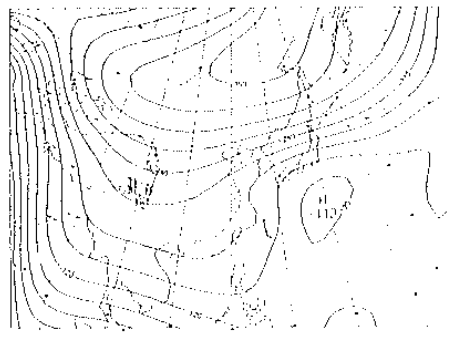


图 28 (a) 1965 年 8 月 3 日 00Z 台风 JEAN 台风 48 小时预报图

图 29 (a) 1965 年 9 月 13 日 12Z 台风 TRIX 台风 48 小时预报图

图 30 (a) 1974 年 7 月 2 日 12Z 台风 GILDA 台风 48 小时预报图

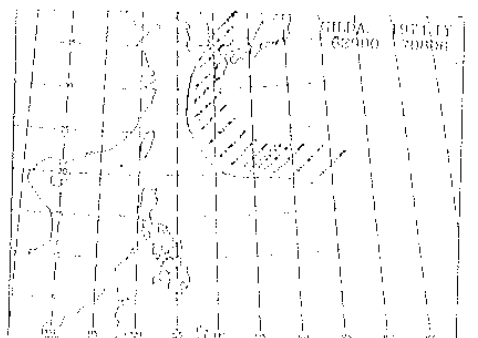
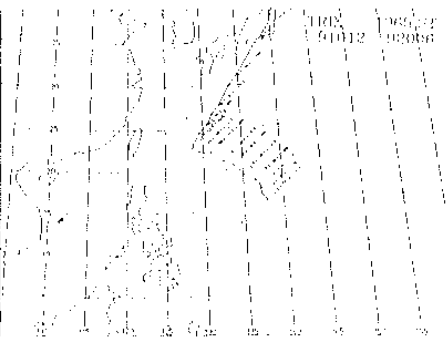
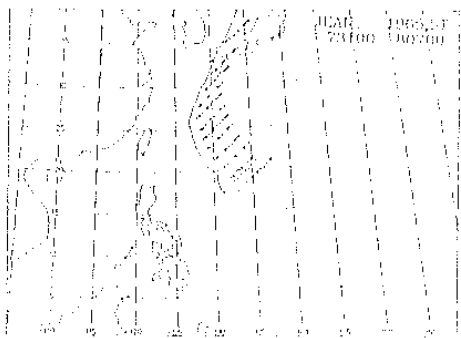


图 28 (b) 台风 JEAN 之最佳路径图 (Best Track)

图 29 (b) 台风 TRIX 之最佳路径图 (Best Track)

图 30 (b) 台风 GILDA 之最佳路径图 (Best Track)

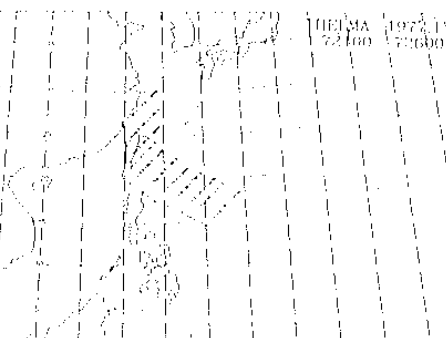
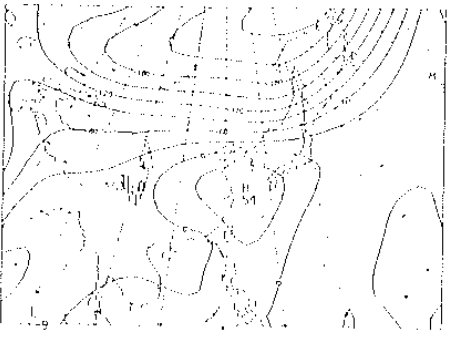


图 31 (a) 1977 年 7 月 24 日 00Z 台风 THELMA 台风 18 小时预报图

图 31 (b) 台风 THELMA 之最佳路径图 (Best Track)

