

中央氣象局颱風路徑預報系統

鄭寶鳳

蔡清彥

中央氣象局

摘要

中央氣象局颱風路徑預報系統（CWBTFs）是一個原始方程預報模式。範圍涵蓋西太平洋及南海地區，水平網路配置採用Arakawa-C網格，藍伯特投影坐標上的格點間距為60公里，垂直方向採用 σ 坐標共分9層。

模式的物理過程包括輻射、積雲及邊界層等參數化。系統執行前先做植入渦旋處理以彌補觀測資料對颱風解析度之不足，預報過程中並加以熱化處理來維持颱風結構以利追蹤。

12個颱風個案的預報測試顯示本系統確能掌握西太平洋區域的颱風動向，尤其對於莎拉颱風，預報路徑在12小時前即已顯示其轉向趨勢。然而對大多數西進颱風，本系統仍有預報偏快偏北的傾向。

進一步將改善對颱風移近陸地的處理、 β 渦旋的考慮、資料的客觀分析與初始化過程等方面以提高對颱風路徑的預報能力，並由對物理過程的改進以期能達預報颱風消長的境界。

一、前言

中央氣象局的數值天氣預報系統基於提供颱風未來兩天的動向當做預報作業的指引，及奠立日後研究颱風預報的基礎兩項目標，發展颱風路徑預報系統。系統建置以來，經過一年多的測試與改進，於今年正式啓用。一俟西太平洋或南海地區有熱帶氣旋出現，就起動本系統執行預報。

二、系統內容

（一）範圍與網格安排

本系統涵蓋西太平洋及南海，約是由赤道到北緯 50° N，東經 90° E到 150° E，如圖一。水平格點間距是60公里，垂直方向採用 σ -坐標共分九層。

（二）輸入資料

初始場及邊界資料由全球天氣預報系統提供，另有觀測資料供應做客觀分析之用，及預先準備好的幾個渦旋結構提供系統植入虛擬資料所需。

（三）客觀分析

用Barnes的逐次修正法，分別對高空質量場及風場進行客觀分析。

（四）資料初始化

目前使用去除輻散風的方法來避免因不平衡的資料導致假的重力波。

（五）地形處理

使用美國海軍每10分一個值的地形資料為基底，並加上0.5 倍的包絡狀標準差值來代表各網格點的地形高度。

(六) 預報模式

1. 時間積分使用跳蛙式差分法及split-explicit scheme。與重力波無關的項每兩分鐘計算一次，與重力波有關的項則在兩分鐘內計算四次或八次（不同模）。

2. 空間有限差分是採用四階保守差分法。水平擴散也是用四階擴散方法。

3. 積雲參數化使用修正過的郭氏法（1965）。

4. 邊界層參數化採用 Deardorff（1972）的均勻混合法。

5. 輻射參數化對長波用 Sasamori（1969），短波用 Katayama（1974）的方法。

6. 地表溫度預測採用 Blackadar（1977）的收支方程式來計算。

並且包括大尺度降水及乾對流調整的處理。

三、加放渦旋與熱化處理

由於颱風的生成與發展多半在海上發生，而目前例行的觀測網無法在本系統的初始場中提供一個良好的颱風結構，所以進行預報之前必需植入一個渦旋結構。Chan and Williams（1987）發現在沒有基本氣流情況下 β 效應導致北平球的渦旋向西北運動，而運動的速度與渦旋的強度、大小成正比（如圖二）。本系統測試結果也顯示加放不同結構的渦旋對預報路徑很有影響，如圖三對向西北運動的颱風，加入強的渦旋使預報路徑偏左，弱的使路徑偏右。圖四顯示植入較大的渦旋比較小的渦旋所預報的路徑偏左。因此需要先準備幾個渦旋，提供給不同強度、大小的颱風使用。

準備工作就是利用模式的特性進行 Spin-up：給定不同的海溫以及風場結構，配合初始各層固定的溫度、高度及溼度場，透過前述的本系統模式架構，在柯氏參數為定值且沒有地形的海上預報四天，產生結構穩定的三個渦旋（強、弱大、弱小）。植入的原則是依據當時颱風實際的大小、強弱，配合表一選擇特性相當的一個渦旋，把它的風場、溫度場、溼度場及地表氣壓植入經過客觀分析的初始場中進行預報。

目前的模式架構在進行兩天的預報期間，並不能

維持所加入的渦旋結構，如圖五，在加入合適的渦旋之後，初始地面氣壓場顯示颱風中心氣壓值為997mb，積分24小時後變作999mb，36小時以後變成約1005mb的弱低壓。由估計該低壓的幾何中心當做颱風的位置，所得到的路徑與實際路徑有明顯偏差。因此在預報過程中，除了對整個範圍進行動力與物理的運算積分外，並在颱風內部做加熱處理來維持氣旋結構以利追蹤。本系統曾經測試過三種加熱方法

(一) 維持颱風內部的溫度

(二) 維持颱風內部切向平均的加熱率

(三) 維持颱風內部的溫度梯度

測試結果顯示這三種方法大致都能維持颱風的結構，而以方法(三)所得的預報路徑最準確（見圖六）。

當進行植入渦旋及加熱處理時，需注意到當時颱風所在處是否有地形存在。我們試過在 σ 坐標上進行處理，發現把在平坦海面上產生的渦旋的地表氣壓值加到颱風所在的山上，再內插回到氣壓坐標的海平面，造成如圖七在颱風內部位於山上的部分，出現不合理的高壓值。而加熱效應擺在 σ 坐標上執行也導致山上溫度過高，於是在預報期間把颱風往該處拉過去（如圖八）。另外考慮到颱風登陸以後，由於失去海面的能量來源，將漸漸減弱而消失，所以在預報過程當颱風登陸後，便不再進行加熱處理，以防過於強化登陸後之颱風結構而造成不合理之預報路徑。若把植入渦旋及加熱處理放在氣壓坐標上進行，颱風登陸後並停止加熱處理，則地形以下的渦旋結構不會被誤用，可得到如圖九所示較合理的地面氣壓場及較準確的預報路徑。

四、預報能力

測試本系統的預報能力，我們使用兩種資料：

(一) 標準規格：FGGE level 3b 的資料，用1979年8月13日00Z 的歐敏颱風。

(二) 實際資料：氣象局例行作業使用的即時資料，包括1988年7月16日00Z 的華倫颱風，及1989年的白蘭黛、黛特、艾勒士、費依、戈登、賀璞、羅拉、莎拉等颱風。

植入渦旋及加熱處理在氣壓坐標上進行，而所採

用的加熱法是方法(三)維持颱風的溫度梯度，登陸以後並停止這種加熱處理。圖十是本系統對前述十個測試個案所做的預報路徑，可見本系統確能掌握颱風移動趨勢，尤其對於莎拉颱風的轉向趨勢，系統在9月8日12Z的預報中已適時顯示出來。但系統對西進颱風普遍有預報偏快偏北的誤差。表二是對各颱風預報所得的誤差資料，本系統對這十個颱風的預報平均位置誤差24小時是125.2海裡，48小時是207.5海裡。比較美國在西太平洋區作業所用的兩個數值預報模式OTCM (oneway interactive tropical cyclone model) 及NTCM (nested tropical cyclone model) 由1981—1988平均統計誤差值(24小時是128.5海裡，48小時是235.5海裡)還更準確。

另外本系統可以同時處理一個以上的颱風。圖十一是系統對1989年10月3日安吉拉及柯琳颱風所做的預報地面氣壓。

五、面臨的問題及改進方向

當颱風移到菲律賓時，預報的路徑經常有明顯偏北的誤差(如圖十(h)戈登颱風)。因此本系統對於颱風移近陸地的處理需要進一步謀求改善。

近來 β 效應對颱風運動的影響廣被重視。目前本系統植入的渦旋是在 f 平面上建立的，所以不含 β 渦旋。進一步將使用在 β 平面上建立的渦旋(含 β 渦旋)加入初始場以測試對路徑預報的效果。

植入不同尺度與強度的渦旋對本系統路徑預報的準確度之效應顯著。目前本系統僅備有強、弱大、弱小三種結構，接著將要建立更多個渦旋結構提供更適當的選擇。

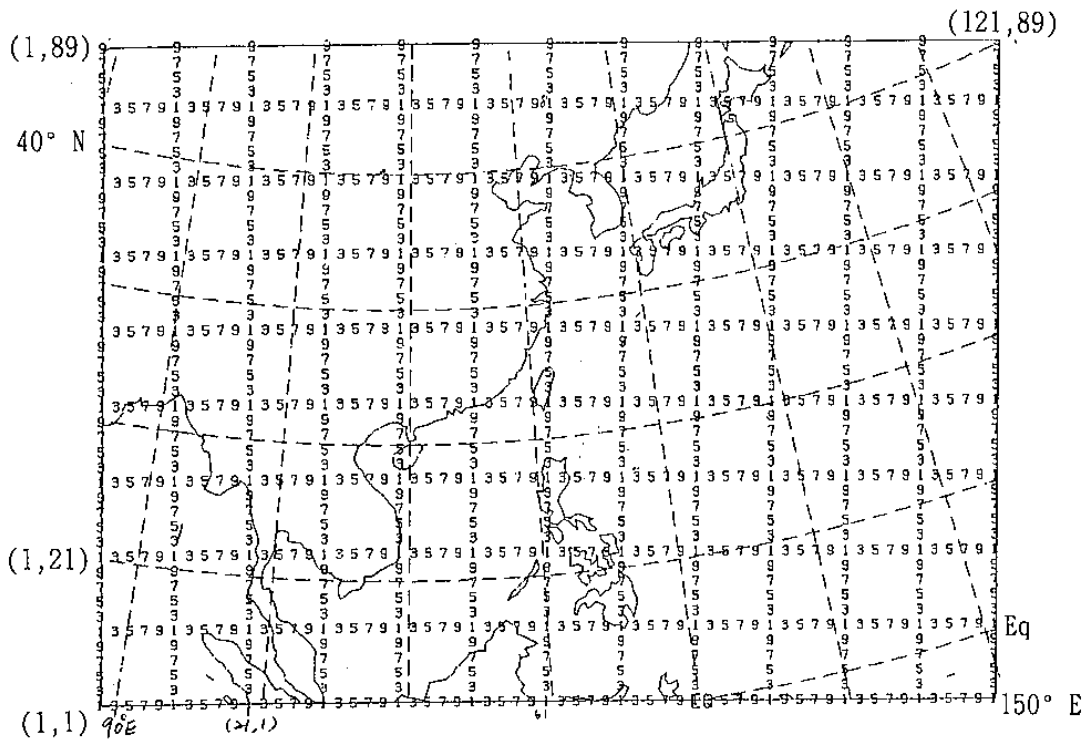
現階段模式架構不能維持颱風的結構，所以要配合各個颱風當時的狀況及所在位置的地形條件，進行人為的加熱處理。由於颱風特性個別差異大，經由已做的測試所決定的加熱處理方法未必對所有颱風適合。因此希望透過對物理過程如邊界層參數化、積雲參數化等及對動力運算的安排的改進，促使模式本身可以妥善預報到颱風的增強或減弱，而不需在預報期間進行人為加熱處理。

同時，隨著整個數值天氣預報系統各方面的改進，如將改用最佳內插法(OI)進行客觀分析，用正模

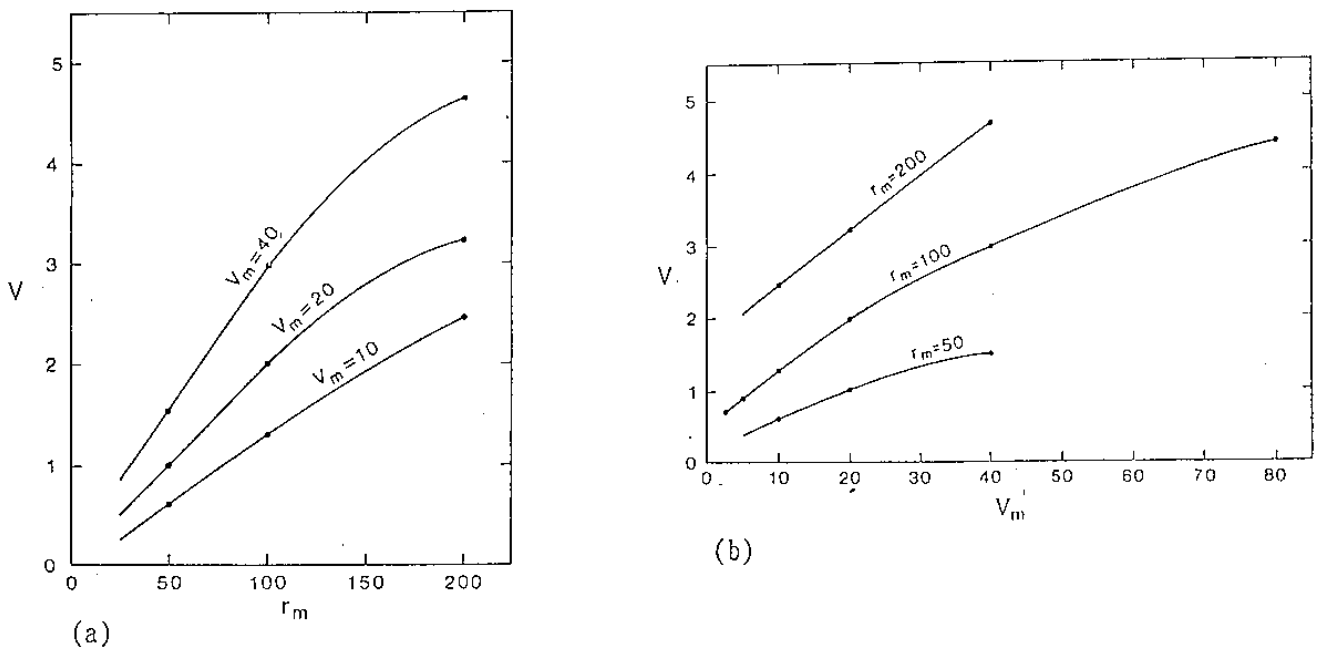
初始化平衡質量場及運動場，改用波譜模式等方案，颱風路徑預報系統也一併進行修改以求提供最準確的路徑預報。

參考文獻

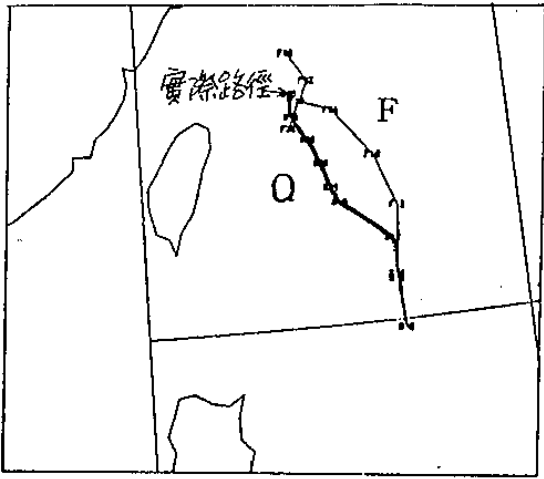
- Blackadar, A. K., 1977: High resolution models of the planetary boundary layer. *Advances in Environmental Science and Engineering*, Vol. 1, Gordon and Breach, 50-85.
- Deardorff, J. W., 1972: Parameterization of the planetary boundary layer for use in general circulation models. *Mon. Wea. Rev.*, 100, 93-106.
- Katayama, A., 1974: A simplified scheme for computing radiative transfer in the atmosphere. Tech. Rep. No. 6, Dept. Met., UCLA, 77pp.
- Kuo, H. L., 1965: On formation and intensification of tropical cyclones through latent heat release by cumulus convection. *J. Atmos. Sci.*, 22, 40-63.
- Chan, J. C.-L., and R. T. Williams, 1987: Analytical and numerical studies of the beta-effect in tropical cyclone motion. Part I. zero mean flow. *J. Atmos. Sci.* 44, 1257-1264.
- Sasamori, T., 1969: The radiative cooling calculation for application to general circulation experiments. *J. Atmos. Sci.*, 7, 721-729.



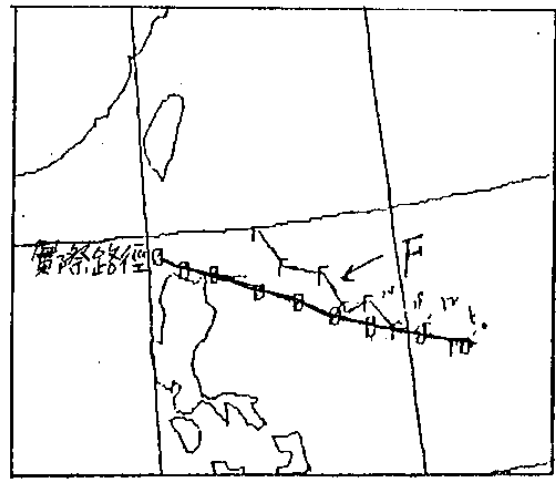
圖一 系統涵蓋範圍及網格點的安排



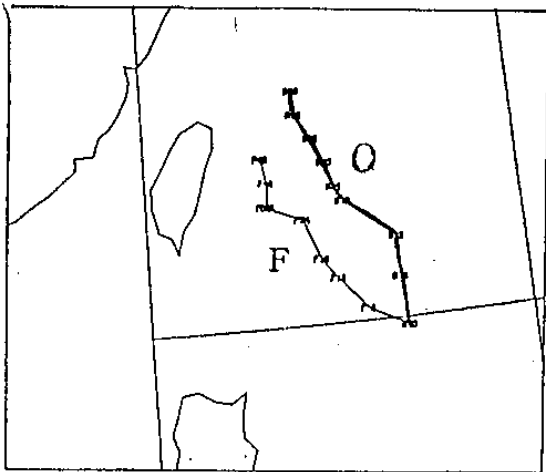
圖二 渦旋受地轉效應的運動速度與 (a) 渦旋尺度 (b) 渦旋強度的關係
(Chan and Williams, 1987)



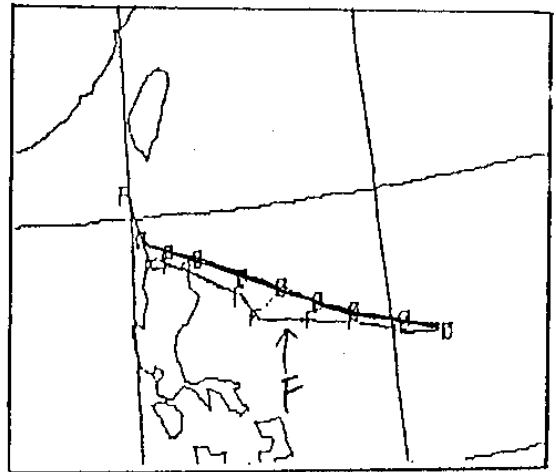
(a)



(c)

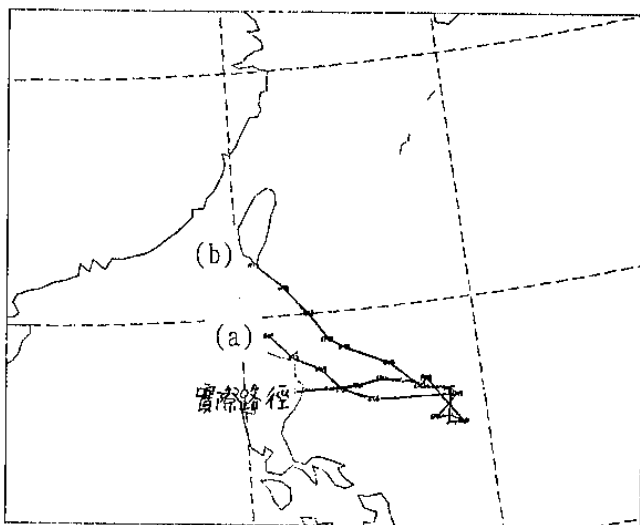


(b)

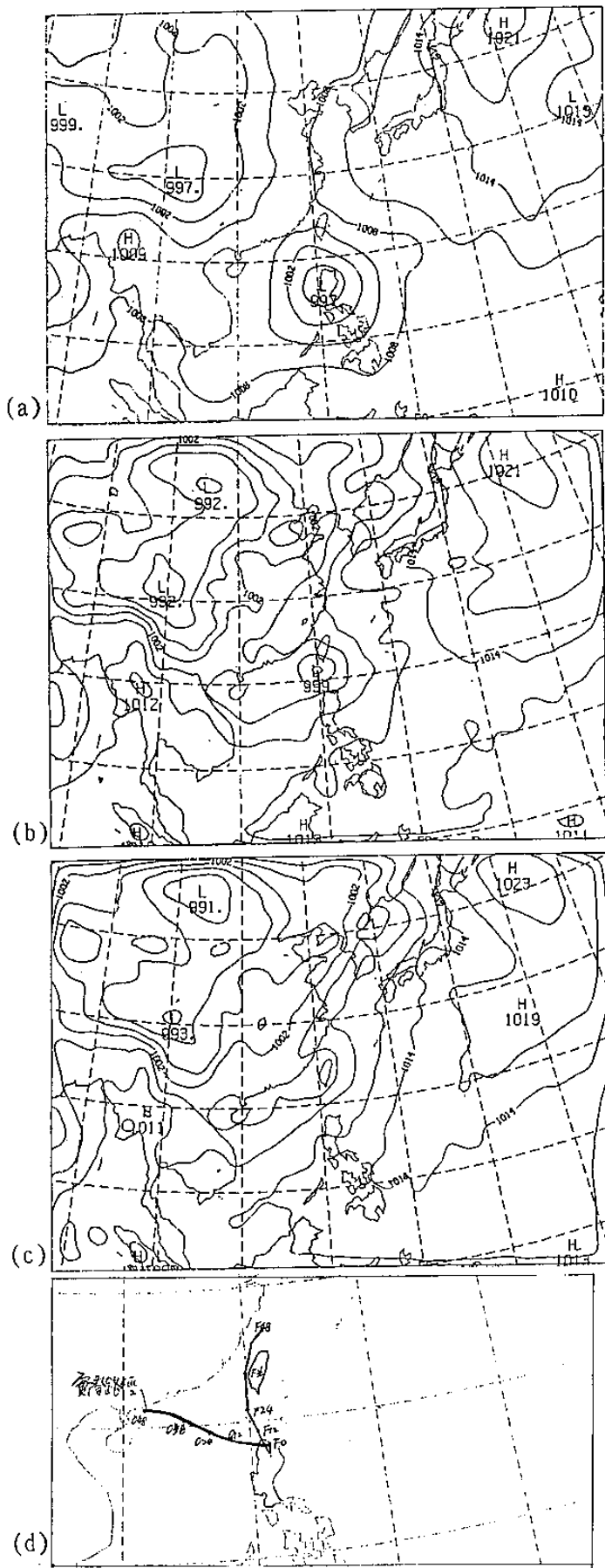


(d)

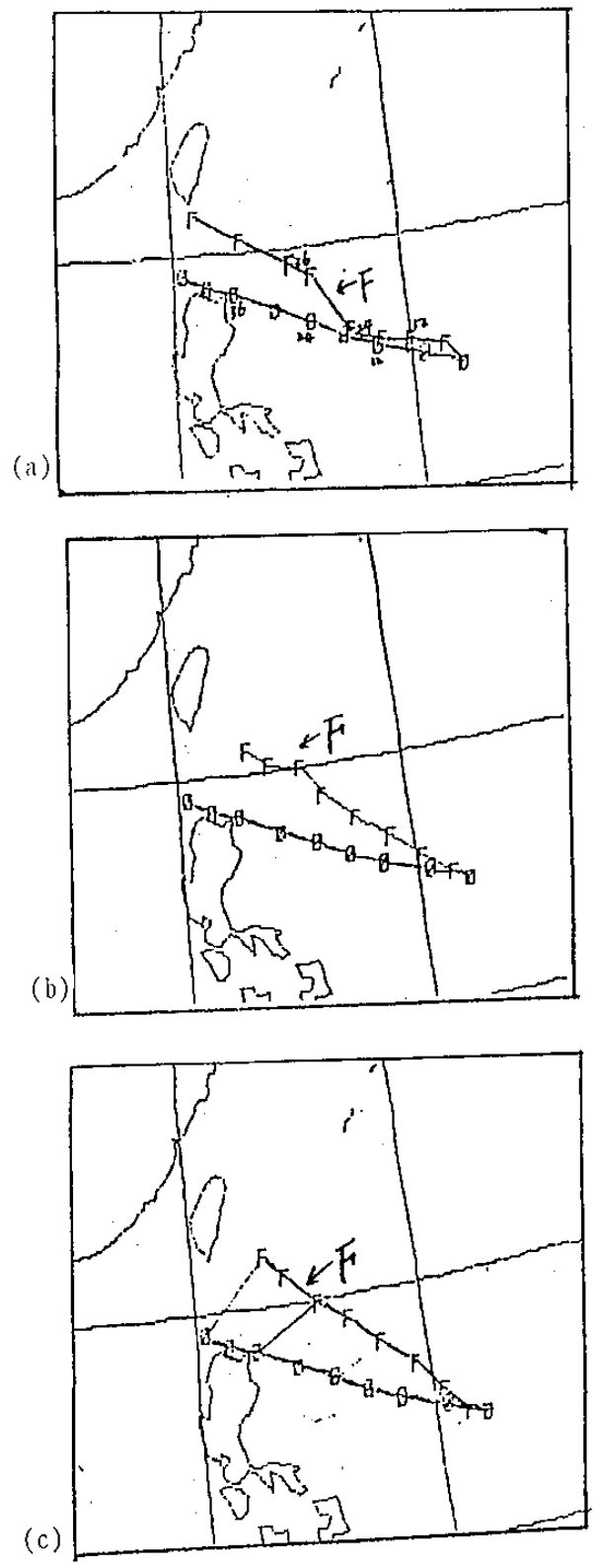
圖三 植入較弱的渦旋使颱風 (a)歐敏 (c)華倫的預報路徑比實際路徑偏右，植入較強的渦旋使預報路徑偏左(b)、(d)。



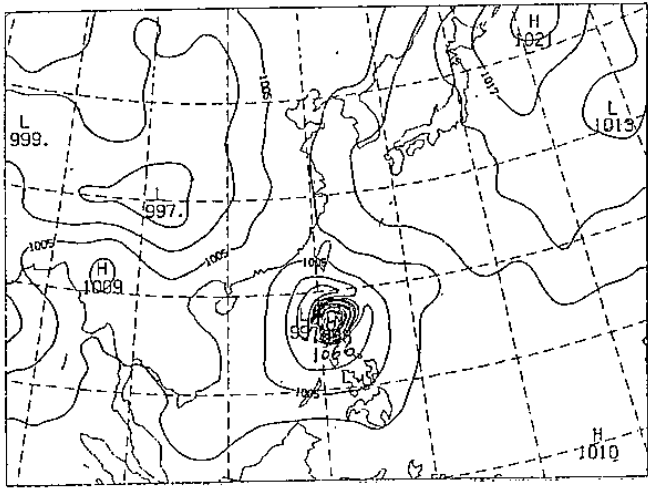
圖四 對戈登颱風植入 (a)較大的渦旋比 (b)較小的渦旋所得預測路徑偏左。



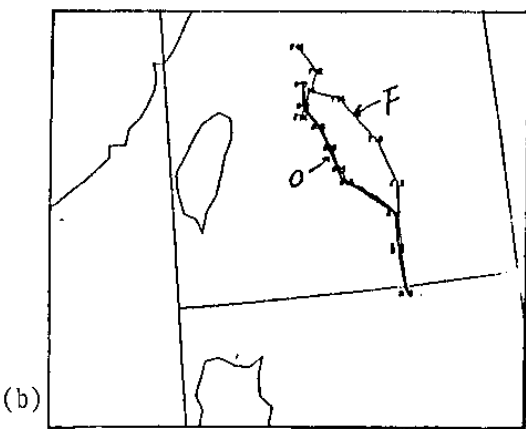
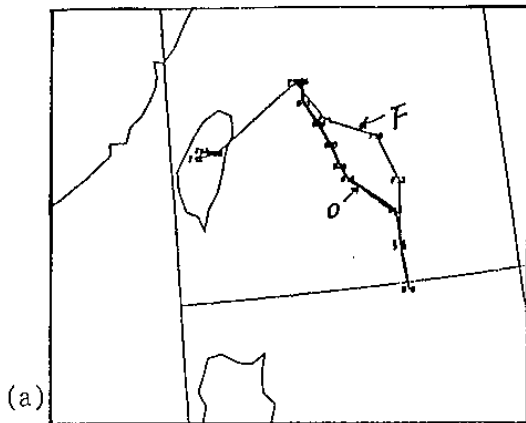
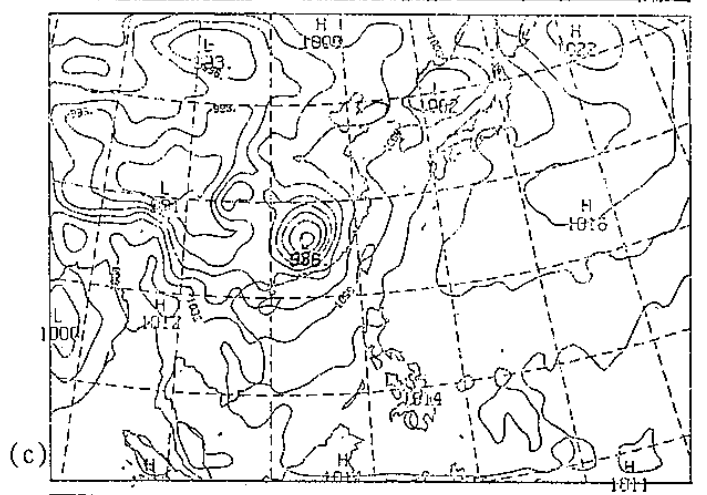
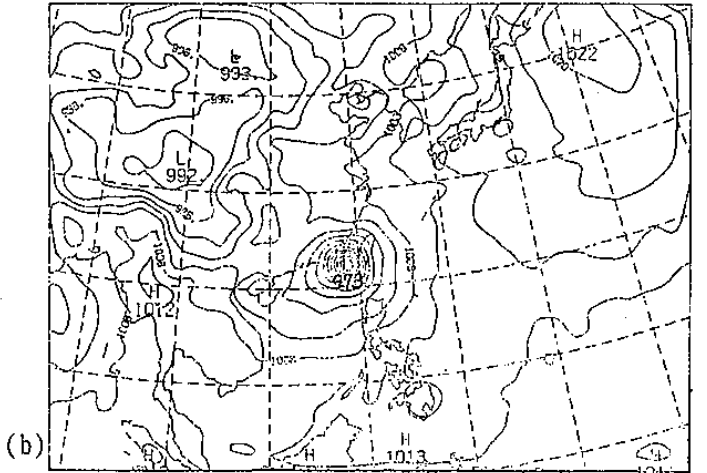
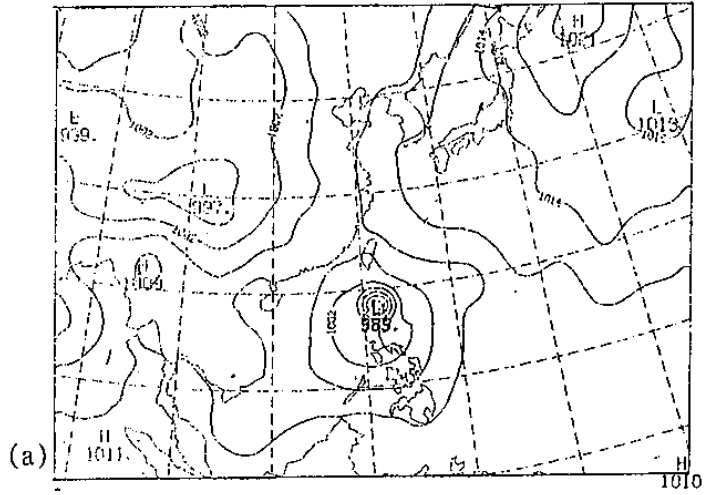
圖五 對戈登颱風(89071600)植入渦旋所得
 (a)初始地表氣壓 (b)24小時預報
 (c)36小時預報 (d)48小時的預報路徑



圖六 用不同加熱方法所預報的路徑(F)與實際路徑(O)
 (a)採用維持原始溫度的方法。
 (b)採用維持原始徑向溫度梯度的方法。
 (c)採用維持切向平均的加熱率。

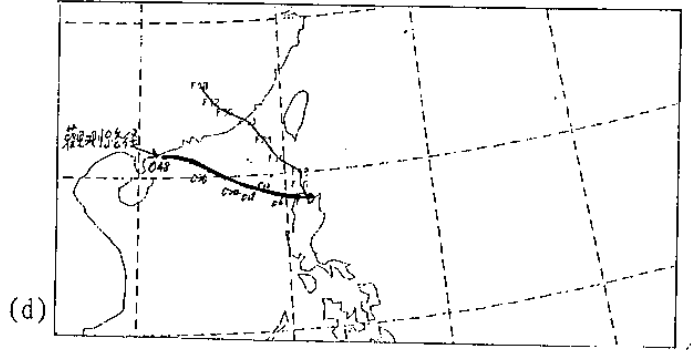


圖七 在 σ 坐標上植入地表氣壓再內插回地表面造成誤差

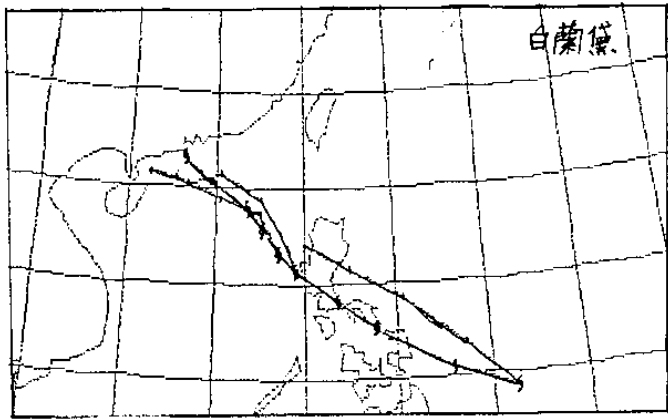


圖八 (a)在 σ 坐標上做加熱處理，靠近地形處出現不合理的熱源吸引颱風，
(b)是靠近陸地就停止加熱處理的預報

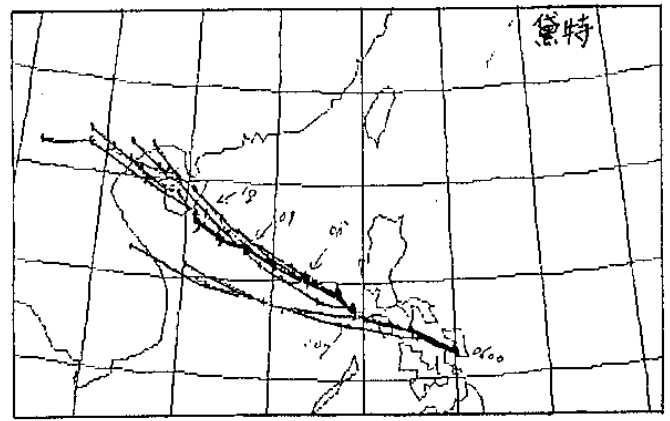
圖九 對戈登颱風(89071600)在氣壓坐標上進行植入渦旋及加熱處理所得的
(a)初始地面氣壓場 (b)24小時預報
(c)48小時預報場 (d)48小時預報路徑



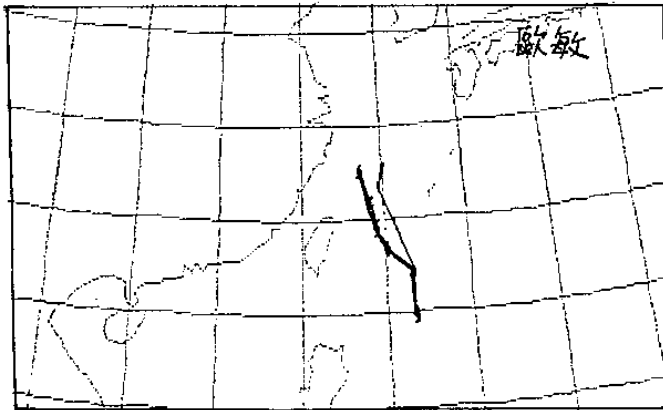
圖九



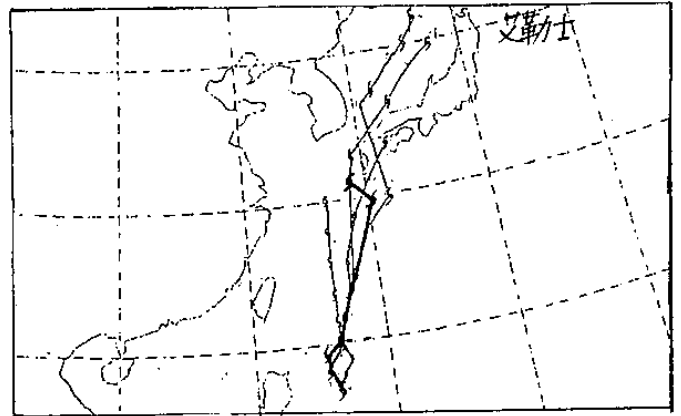
(a) 白蘭黛颱風



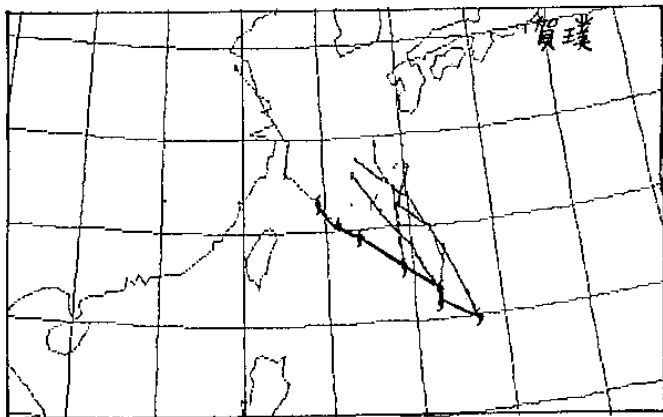
(e) 黛特颱風



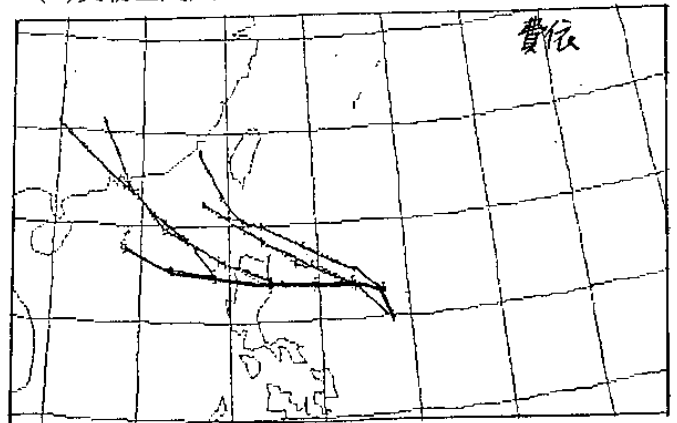
(b) 歐敏颱風



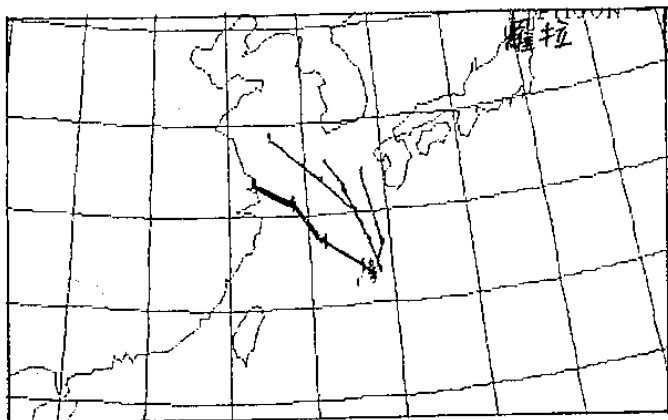
(f) 艾勒士颱風



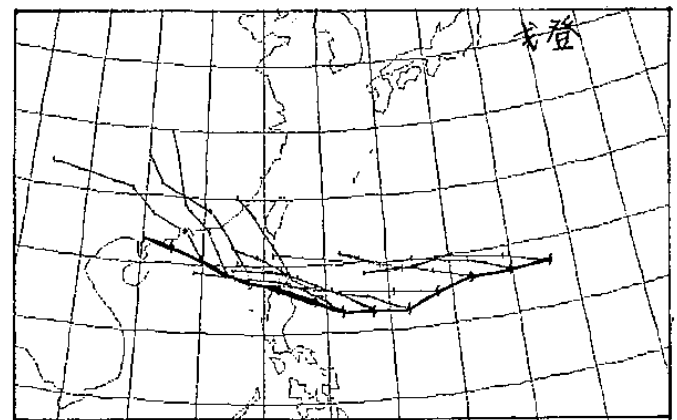
(c) 賀璞颱風



(g) 費依颱風

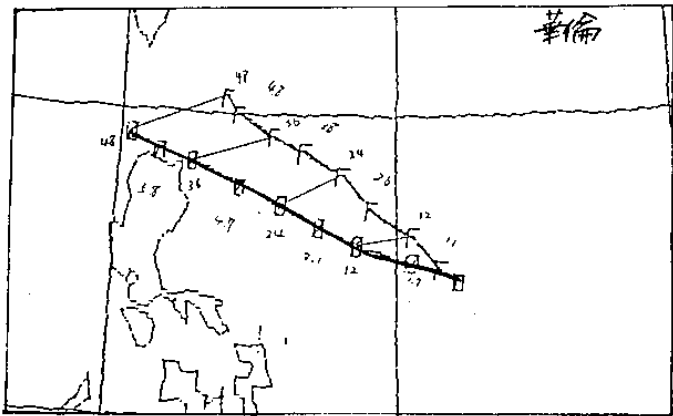


(d) 羅拉颱風

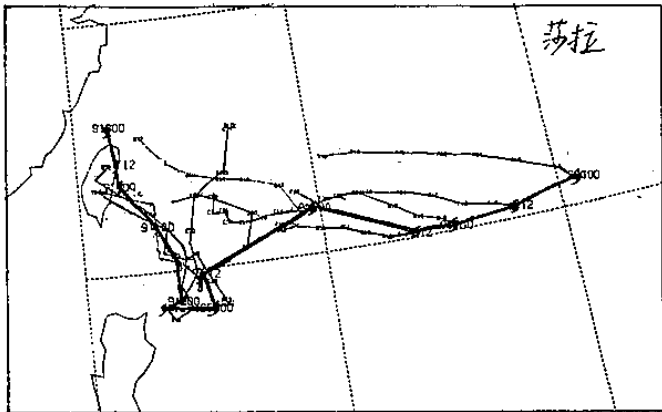


(h) 戈登颱風

圖十 預報颱風路徑(細線者)與觀測實際路徑

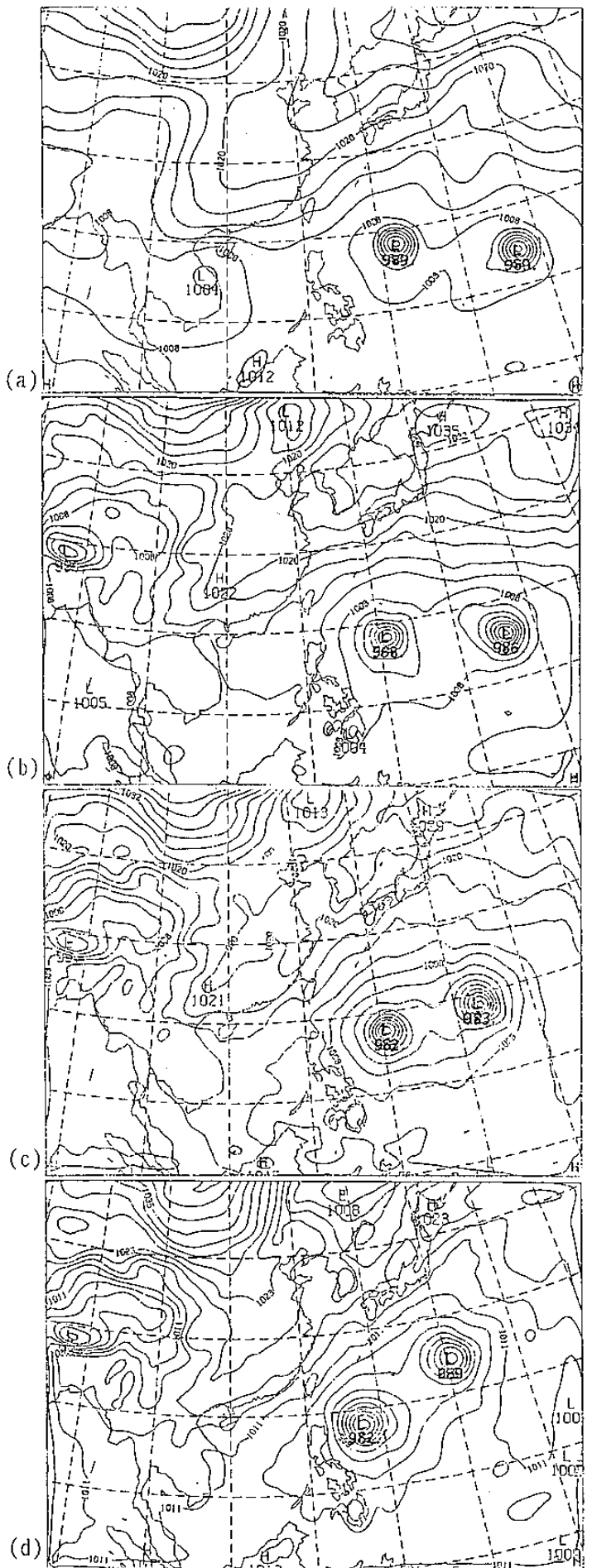


(i) 華倫颱風



(j) 莎拉颱風

圖十 預報颱風路徑(細線者)與觀測實際路徑



圖十一 系統對雙颱風的預報地面氣壓
 (a) 初始場 (b) 12小時預報
 (c) 24小時預報 (d) 48小時預報

Table of Typhoon Categories

<u>Minimum SLP</u>	<u>Radius of 15 m/s wind</u>	<u>Type</u>
≤ 985 mb	*****	Strong
> 985 mb	≤ 300 km	Weak and small
> 985 mb	> 300 km	Weak and large

表一 實際颱風強度、大小與應植入的渦旋對照表

TFS TRACK ERROR

<u>Year</u>	<u>Typhoon</u>	<u>Error (nm)</u>	
		<u>24 hr</u>	<u>48 hr</u>
1979	Irving	85.5	128.3
1988	Warren	129.0	187.6
1989	Brenda	104.5	94.5
1989	Dot	124.5	362.4
1989	Ellis	83.3	126.3
1989	Faye	135.5	273.5
1989	Gordon	176.6	255.1
1989	Hope	158.9	247.4
1989	Lora	113.9	200.2
1989	Sarah	140.4	198.4
Mean		125.2	207.4

(a)

Grand mean forecasted track error of OTCM and NTCM

between 1981 - 1988

(b)

24 hr	128.5 nm
48 hr	235.5 nm

表二 (a) 颱風路徑預報系統平均預報位置誤差

(b) 美國關島所用颱風路徑數值預報模式的平均預報位置誤差

TYPHOON TRACK FORECAST SYSTEM AT
CENTRAL WEATHER BUREAU

Bao-Fong Jeng

Ching-Yen Tsay

Central Weather Bureau

ABSTRACT

The CWB TFS (Central Weather Bureau Typhoon Track Forecast System) is an operational system which employs a nine layers primitive equation model. The horizontal grid system uses the Arakawa C-grid scheme with a 60 KM resolution and the domain covers the entire tropical western Pacific.

CWB TFS contains a spin-up procedure which is used to obtain a model balanced vortex structure with different size and strength. Whenever a typhoon is alarmed, the appropriate spun-up vortex will be bogused into the initial field to represent the typhoon. The physical process of this model includes parameterization on radiation, cumulus, PBL (Planetary Boundary Layer), and the processing of bogusing an artificial heating for the vortex region.

Twelve successful cases have showed that this model forecasts the typhoon motion pattern as expected. The case on typhoon SARAH is especially noteworthy. The forecast track showed the recurvation twelve hours ahead. To most westward typhoons, this system tends to forecast with faster and northern motions.

We will improve this system's forecasting capability on treatment of near land typhoon, beta-gyre, the initialization (nonlinear normal mode) and objective analysis (optimum interpolation scheme). We also expect to improve the parameterized physics in order to predict the growth or decay of typhoons.

