

中央氣象局原始方程颱風路徑預報系統的評估

鄭寶鳳 彭順台* 張智北* 陳得松

中央氣象局 美國海軍研究學院*

摘要

中央氣象局颱風路徑預報系統 (TFS) 用的是一個 9 層原始方程預報模式。網格點的水平配置採 Arakawa-C 網格，垂直方向採用 σ 坐標。模式的物理過程包括輻射、積雲及邊界層參數化。系統的執行還包括植入初始渦旋及熱化處理。

本系統在 1989 年對移近台灣的 12 個颱風進行路徑預報，得到 24 小時與 48 小時的平均誤差分別為 250 公里與 415 公里；1990 年正式作業所預報的 11 個颱風路徑，平均誤差 24 小時是 225 公里，48 小時是 385 公里，這成績與關島 OTCM 的預報相近。而本系統對每一個個別颱風的預報偏差具有一致性，此偏差若在早期的預報中被判定，可用來修正稍後的預報路徑，增加系統的使用性。

一、前言

根據氣候統計平均每年約有 31 個熱帶擾動在西太平洋產生，其中 26 個會發展成熱帶風暴。熱帶風暴中有 2/3 可加強為成熟的熱帶氣旋，具有每小時 75 海浬以上的強風，這也就是我們所熟悉的「颱風」。菲律賓、台灣及中國大陸西南正位於颱風的經常運動路徑上，長期平均顯示每年約有 5 個颱風侵襲台灣，造成嚴重的生命與財物的損失，因此做好颱風路徑預報，適時採取因應措施以減少損害是很重要的工作。

1983 年氣象局開始計畫發展數值天氣預報，幾年來引進了超級電腦—CYBER 205，而 4 個數值天氣預報系統—全球、區域、中尺度及颱風路徑預報系統也依次完成建置，開始預報作業。其中颱風路徑預報系統 (Typhoon Track Forecast System, 簡稱 TFS) 完成建置後，1989 年測試一年，於 1990 年開始正式啟用。每當有颱風可能威脅台灣附近，就啟動預報颱風路徑，提供對外發佈警報的客觀指引。兩年來由於進行的預報個案有限，這系統預報績效的評估尚屬初步階段，然而比起其他颱風路徑客觀預報方法，TFS 提供了較明顯有用的預報指引。

國際上除了台灣氣象局以外，另有 3 個重要的颱風預報中心具有動力模式以進行路徑預報：

(一)美國國家颶風中心 (邁阿密)：此中心使用美國氣

象中心 (NMC) 的模式結果做預報，1977 年啟用可移動細網格模式 (MFM) 來預報大西洋的颶風，1988 年改用 Mather (1988) 發展的準拉格藍基模式 (QLM)。

(二)美國海軍聯合颱風警報中心 (關島)：此中心乃使用美國海洋氣象研究中心 (NOARL-West) 的預報模式，原先有單向交互作用熱帶氣旋模式 (OTCM) 及巢狀網格熱帶氣旋模式 (NTCM) 來預報太平洋的颱風路徑，後者於 1988 年停止使用。

(三)日本氣象廳 (JMA)：用 Ueno (1989) 發展的颱風路徑預報模式 (TYM)。

另外，在一般功用的模式中植入虛擬觀測資料的處理也經常被用來加強伴隨颱風的環流，使得這些模式也能提供颱風路徑預報的指引。例如歐洲中心 (ECMWF) 的全球波譜模式，如果分析場的颱風初始位置正確，對颱風的移動情況可以預報得很好 (Reed et al. 1988)。Andersson (1989) 也提到對該模式加強客觀分析處理，並植入一些觀測資料可使得到較正確的風暴位置及較大的強度。另一個英國氣象局的全球預報模式對於熱帶氣旋的移動也可提供相當有用的指引 (Hall, 1987)。

每個颱風預報中心都有許多客觀方法供作颱風路徑預報的輔助。這些客觀預報方法包括統計模式、氣

候模式、持續法、正壓模式及斜壓模式。對每一次的颱風預報這些客觀方法可能提出許多不同的預報路徑，從中判斷該採用哪種客觀方法的預報路徑是很重要的。DeMaria et al (1989) 與 Tsui and Miller (1988) 分別對大西洋與太平洋的熱帶氣旋各預報輔助系統所做的預報進行誤差分析，都是希望由各系統過去的預報績效歸納出往後的應用措施。由過去的預報表現來看，TFS對每個颱風的預報路徑具有相當一致的偏差特性，而這偏差特性可能會隨不同颱風而有很大的變化。例如對某個颱風可能有預報過快的偏差，對另一個颱風則有偏北的誤差。這些特性經過對不同的颱風做平均會變得很不明顯。因此，除了評估這模式的長程平均績效之外，本文也將分析個別颱風的預報成績以瞭解其偏差特性，這些經驗有助於在早期颱風未靠近台灣時，決定每次颱風預報的可信度。若能及早得到TFS對這颱風的預報偏差，則可運用到對稍後的預報路徑進行調整，對每個颱風的預報可信度可以藉由估計TFS對環境氣流所做的預報來評定，特別是對副熱帶高壓以及如中緯度槽線等其他相關系統的發生。

由於TFS模式的基本架構與其他有限區域預報系統（區域、中尺度預報系統）的架構相同，詳細內容可以參考林淑卿等（1990）及Jeng et al（1990）的文章，本文只簡單描述於第二節。第三節討論本系統在測試及作業階段所做預報路徑的平均誤差，並引用OTCM的預報誤差做比較。第四節分析系統對個別颱風的預報偏差特性。第五節簡述結論及下一階段的改進計畫。

二、模式簡介

颱風路徑預報模式是一個有限區域原始方程預報模式。垂直方向使用 σ 坐標，共有9層；水平解析度為70公里，涵蓋以台灣為中心的西太平洋及中國西南部，範圍有8500公里 \times 6000公里（如圖一）。客觀分析是使用Barnes的方法（Koch et al, 1983），取全球預報系統的分析值當作初次猜測值。客觀分析後進行植入資料的處理，然後把所有資料由氣壓坐標內插到 σ 坐標上，並且進行非線性正模初始化（Bourke and Mc Gregor, 1983）。預報方程採用原始方程的通

量形式，對於平流項是用4階有限差分法，水平差分格式採用Arakawa C的交錯網格，時間積分則採用split-explicit的跳蛙格式（Madala, 1987），積分時距是2分鐘。物理參數化方面包括：均勻混合的行星邊界層（Deardorff, 1972），邊界層高度的變化趨勢，在不穩定情況使用stull（1976）的方法，在穩定情況下依照Nieuwstadt and Tennekes（1981）的公式計算。處理深對流採用Kuo（1965, 1974）、Anthes（1977）的積雲參數化方法。輻射方面，長波用Sasamori（1969）的方法，短波用Katayama（1976）的參數化方法。地面溫度的預報則用Blackada（1977）的收支方程。另外還考慮了大尺度降水及乾對流調整。

模式採用隨時間變化的邊界條件，由全球預報系統提供預報場，利用海棉式方法調和處理，得到由颱風路徑預報趨勢與全球預報趨勢兩者權重平均的變化趨勢（Perkey and Kerisberg, 1976）。地形是採用包絡狀地形，利用解析度為10'的精密地形資料內差到模式的網格點上，再把各個網格點地形的標準差的一半加到格點的平均高度上，圖一中的等值線表示模式所用的地形分布。

由於模式涵蓋範圍的大部分是缺乏觀測資料的海洋，所以每次執行預報之前，需要進行植入渦旋的處理。被用來植入的渦旋是在一個沒有平均氣流的環境中，放入一個修正過的Rankin Vortex，透過模式的動力、物理過程，積分96小時而得到一個準平衡的渦旋結構，這過程稱為spin-up。植入的方法是把這個渦旋結構利用加權函數調和加入模式的初始分析場中，使得距中心630公里以內，渦旋的權重約佔 $\frac{1}{2}$ ，而往外逐漸減少，到840公里處減為零。為了提供不同結構的渦旋給不同強度的颱風進行植入處理，我們使用幾種不同的徑向範圍、切向速度及環境海溫當初始值，來積分得到三種不同強度、大小的渦旋結構（如表一所列）。這個spin-up的程序分別在f平面（柯氏參數f為定值）及 β 平面（ β 為定值）上進行。前者得到的渦旋結構沒有明顯的不對稱環流，而後者得到的渦旋則包含一個波數為1的不對稱環流（如Fiorino

and Elsberry, 1989的 β -gyre)。TFS若植入前一種渦旋，需要一段時間（約12小時）來產生不對稱結構，這段調整過程使得模式預報的初期路徑偏離模式調整後的預報路徑（如圖二）；若植入 β 平面上spin-up的渦旋，這種現象會減弱（如圖三）。由於渦旋被建在沒有平均氣流的環境中，在後者的不對稱 β -gyre的軸心總是吹南到東南方向的風，使得模式預報的初始路徑也是向北到西北方向走。於是在1990年的預報作業中，我們根據颱風過去的運動方向來選用在 f 或 β 平面上建的渦旋，亦即過去運動方向在 $0^\circ \sim 315^\circ$ 之間的颱風採用 f 平面的渦旋，其餘的採用 β 平面建的渦旋來進行植入程序。

模式在執行兩天的預報過程中，植入的渦旋逐漸減弱。為了維持渦旋的強度以利追蹤，在模式積分過程中，除了使用郭氏積雲參數化之外，還包括人為熱化處理，也就是維持渦旋的徑向溫度梯度：把颱風附近的網格點以颱風中心為準，依距中心的距離劃分到幾個同心的環上，拿外圈的環為參考點，考慮在預報過程中，當內圈環上的網格點與參考點之間的溫度梯度比該處初始溫度梯度的一半來得小，就把初始溫度梯度的一半加到內圈點上，使該點溫度增加以維持颱風強度。在模式預報過程中，動力部分每積分4次就做一次這種熱化處理。整個預報系統執行48小時的路徑預報約需40分鐘的電腦處理時間。

三、平均預報誤差

本節所用來討論預報誤差的個案數並不多，這是因為TFS在測試期間只對12個颱風進行預報，而在正式作業的1990年也只有11個颱風的預報結果。針對當時颱風對台灣的威脅情況，每個颱風期間分別提供1~14次預報路徑。

由於1990年初模式做了一些修改，例如：初始化過程由去除輻散風方法改為非線性正模初始化方法；植入的渦旋結構原先固定用 f 平面上建造的渦旋，改為隨颱風過去12小時的運動路徑選用在 f 平面或 β 平面建立的渦旋；水平解析度由60公里改為70公里，範圍增加海洋的部分。因此預報誤差的編列依時間分成兩組：模式測試階段的預報—這階段TFS的預報結果

可參考鄭與蔡（1990）的報告，與1990年模式正式作業階段的預報—這些預報結果如圖四所示。預報誤差定義為預報位置與氣象局定的最佳路徑的對應位置之間的最短距離。誤差計算到颱風登陸中國大陸或減弱到難以辨認位置為止。

影響台灣的颱風，亦即TFS執行預報的個案，主要出現在西太平洋的低緯度地區，除了TFS之外對這區的颱風進行規律性預報作業的唯一動力模式是美國氣象中心的OTCM。OTCM的長期（1978~1985年）平均預報誤差24小時是233公里，48小時是440公里（Tsui and Miller, 1988），被評定為西太平洋區颱風預報作業用的客觀輔助方法中，一般表現最佳且最具一致性績效的方法（Tsui and Miller, 1988）。本節我們就以這模式的預報成績與TFS做比較。

TFS測試階段的12個颱風的平均預報誤差，24小時為250公里（由70次預報結果平均得到），48小時的誤差由62次平均為415公里。而在1990年颱風預報作業期間，共有11個颱風威脅到台灣附近，由72次預報得到TFS24小時平均誤差為225公里，由64次預報顯示48小時平均誤差為385公里；看起來似乎比測試階段的表現好很多。然而這或許要歸因於環流可預報度的年際變化，是所有模式都有的趨勢（Tsui and Miller, 1988）。目前雖尚未得到正式的報告，但據關島的預報專家表示：1990年的颱風路徑，OTCM表現了良好的預報成績。而TFS的表現比測試階段好，可能是該年的颱風路徑較易預報，也可能因為年初所做的模式修改，其中最明顯的一項修改是範圍的擴大與往右移；另外，1990年8~9月間在西太平洋區展開的颱風運動實驗計畫的進行也增加了許多觀測資料，可能也有貢獻。

為了進一步比較，我們找出TFS與OTCM都有做預報的個案，計算誤差得到對各個颱風的平均預報誤差、兩階段分別的平均誤差、及總平均誤差比較如表二所列。由表二可以看出隨颱風的不同，預報誤差的大小有些相關性，這可能因為兩者都是動力預報模式，受模式對大尺度環流的預報能力影響很大，某些氣流型態利於準確預報颱風路徑，有些則不利動力預報。另

一方面這兩個模式的表現也有顯著的差異。在參考表二所列的資料時，要留意到根據關島預報專家的分析，1989年是OTCM表現最差的一年，而1990年幾乎是其表現最佳的一年。

四、個別颱風預報誤差特性的討論

在測試及正式作業階段，TFS對個別颱風的預報顯示出相當一致性的偏差特質，而這偏差特性隨不同颱風會有差別。例如對某個颱風的路徑預報有偏快的誤差，而對另一個颱風則有預報偏北的誤差。這種對個別颱風具有一致性的偏差特質可以提供預報員當做有用的資訊，但經過對不同颱風進行平均，會使它變得不明顯。因此必需分析TFS對個別颱風的預報績效，並決定能否在較早階段掌握到這誤差特性，然後用來調整稍後較接近台灣的颱風預報路徑。

爲了探討TFS對每個颱風的預報偏差，以下把預報誤差分成方向及速度兩種來進行討論。方向誤差是指由初始位置連到最佳路徑的位置與連到預報位置兩個向量的夾角。速度誤差則是指兩向量的速度差異。

由於24小時的預報與48小時的預報特性相似，這裡就以TFS對23個颱風所做的48小時預報結果進行討論，這些預報可以分成五類：

- (一)優良的預報：48小時的預報誤差小於375公里，而且速度與方向誤差都很小。屬於這類颱風路徑預報有9個。
- (二)方向誤差小、速度誤差大而具有系統一致性：有3個颱風屬於這一類，都具有預報偏快的特性。雖然這類的預報位置誤差很大，其偏差的一致性使這模式仍可以提供很好的指引供預報員參考，畢竟準確的方向預報提供的訊息比光有好的速度預報來得有用。
- (三)速度誤差小、方向誤差大而具有系統一致性：有2個颱風預報屬這一類，這類可利用性比第(二)類小。另外，當一個颱風轉向，而模式沒有預報到這轉向趨勢，儘管其方向誤差具有一致性，仍不包括在這一類，而被分在下一類中。
- (四)差勁的預報：當預報位置誤差很大而且又沒有一致性的方向或速度誤差。這類預報實在沒有參考性，TFS的預報個案中有7個颱風屬於這一類。

(五)預報位置誤差小，但方向及速度誤差不小而且完全沒有一致性。有2個颱風預報（莎拉及楊西）屬於這類。這類的颱風通常具有不規則的路徑，例如打轉、或呈爬梯狀、或是停滯一段時間然後突然加速。儘管突變的時間未必預報得剛剛好，這種特殊的路徑變化經常可以在動力模式的預報中顯示出來。其方向誤差由某次預報到下次預報可能非常不規律，但是經過與實際路徑不相同的路徑，48小時的位置誤差卻變得很小。所以，當動力預報模式提供很不尋常的預報路徑時，往往實際上颱風路徑亦將會偏離其原先的持續路線，而突然改變方向與速度。這將警告預報員要特別留意颱風路徑將有突然的變化。因此這類的模式預報有種特別的功能，這是其他統計模式或持續預報方法所不能提供的。

五、結論及未來的計畫

TFS已經在氣象局正式作業一年，經由比較其與OTCM的預報誤差可以得知其具有相當不錯的預報能力。由於個案數不多，所以這還只是初步的績效。然而由這少數個案中可以看到這預報系統表現出重要的技巧性特質，對預報員提供了有用的客觀指引。

目前預報路徑對於熱化處理的加熱量多少並不敏感，而卻與模式對環境氣流的預報能力密切相關。模式現在還有個缺點，就是不能維持植入渦旋的結構，預報過程中若不做熱化處理，到了36小時就很難辨認渦旋的位置。我們期望增加模式的水平及垂直解析度來維持、加強渦旋結構，而不必再藉由熱化處理來達成。另外，正在發展中的方法是用Betts (1986)的調節方程取代郭氏積雲參數化方法。Puri and Miller (1990)最近的研究指出：Betts-Miller scheme產生較強的熱帶氣旋並且提供較好的路徑預報。

其他改進工作還包括多層次行星邊界層處理與OI客觀分析方法，都是針對改進大尺度系統的預報著眼，另外，如DeMaria (1987)建議的：加入合併環境氣流與颱風前6小時的運動性質，以及包含配合先前運動速度的波數1的不對稱環流結構的測試、發展工作正在進行中，這些都是爲了緩和植入f平面建立的渦旋所遭遇的初始調整問題。

參考文獻

- Andersson, E., 1989: Use of bogus observations to improve the analysis and forecast of tropical cyclones. ECMWF Newsletter, No. 45-March 1989, Reading, England.
- Anthes, R. A., 1977: A cumulus parameterization scheme utilizing a one-dimensional cloud model. *Mon. Wea. Rev.*, 105, 270-286.
- Betts, A. K., and M.J. Miller, 1986: A new convective adjustment scheme. part II : Observational and theoretical basis. *Quart. J. R. Met. Soc.*, 112, 677-691.
- Blackadar, A. K., 1977: High resolution models of the planetary boundary layer. *Advances in Environmental Science and Engineering*, 1, Gordon and Breach, 50-85.
- Bourke, W. and McGregor, J. L., 1983: A Nonlinear Vertical Mode Initialization Scheme for a Limited Area Prediction Model. *Mon. Wea. Rev.*, 111, 2285-2297.
- Deardorff, J. W., 1972: Parameterization of the planetary boundary layer for use in general circulation models. *Mon. Wea. Rev.*, 100, 93-106.
- DeMaria, M., 1987: Tropical cyclone track prediction with a barotropic spectral model. *Mon. Wea. Rev.*, 115, 2346-2357.
- DeMaria, M., M. B. Lawrence, and J. T. Kroll, 1989: An error analysis of Atlantic tropical cyclone track guidance Models. *Wea. Forecast*, 5, 47-61.
- Fiorino, M., and R. L. Elsberry, 1989: Some aspects of vortex structure related to tropical cyclone motion. *J. Atmos. Sci.*, 46, 975-990.
- Hall, C. D., 1987: Verification of global model forecasts of tropical cyclones during 1986. *Meteor. Mag.*, 116, 216-220.
- Jeng B.-F., H.-J. Chen, S.-C. Lin, T.-M. Leou, M.S. Peng, S.W. Chang, W.-R. Hsu, and C.-P. Chang, 1990: The limited-area forecast systems at the Central Weather Bureau in Taiwan. *Weather and Forecasting*, (accepted for publication).
- Katayama, A., 1974: A simplified scheme for computing radiative transfer in the atmosphere. *Tech. Report No. 6*, Dept. Meteor., UCLA, 77pp.
- Koch, S. E., M. des Jardins and P. J. Kocin, 1983: An interactive Barnes objective map analysis scheme for use with satellite and conventional data. *J. Clim. Appl. Meteor.*, 22, 1487-1503.
- Kuo, H. L., 1965: On formation and intensification of tropical cyclones through latent heat release by cumulus convection. *J. Atmos. Sci.*, 22, 40-63.
- Kuo, H. L., 1974: Further studies of the parameterization of the influence of cumulus convection on large scale flow. *J. Atmos. Sci.*, 31, 1232-1240.
- Madala, R. V., 1978: Efficient time integration scheme for atmosphere and ocean model. *Finite-Difference Techniques for Vectorized Fluid Dynamics*, D. L. Book, Editor, Springer-Verlag, 56-70.
- Mather, M. B., 1988: The NMC Quasi-Lagrangian Hurricane Model. *Technical Procedure Bulletin 377*, National Weather Service, Silver Spring, Maryland.
- Nieuwstadt, F. T. M., and H. Tennekes, 1981: A Rate Equation for the Nocturnal Boundary-Layer Height. *J. Atmos. Sci.*, 38, 7, 1418-1428.

- Perkey, D. J., and C. W. Kreitzberg, 1976: A time-dependent lateral boundary scheme for limited-area primitive equation model. *Mon. Wea. Rev.*, 104, 744-755.
- Puri, K., and M. J. Miller, 1990: Sensitivity of ECMWR analyses-forecasts of tropical cyclones to cumulus parameterization. *Mon. Wea. Rev.*, 118, 1709-1741.
- Reed, R. J., Hollingsworth, A., Heckley, W. A., and Delsol, F., 1988: An evaluation of the performance of the ECMWF operational system in analysing and forecasting tropical easterly wave disturbances over Africa and the Tropical Atlantic. *Mon. Wea. Rev.*, 116, 824-865.
- Sasamori, T. 1969: The radiative cooling calculation for application to general circulation experiments. *J. Atmos. Sci.*, 26, 721-729.
- Stull, R. B., 1976: Mixed-layer depth model based on turbulent energetics. *J. Atmos. Sci.*, 33, 1268-1278.
- Tsui, T., and R. J. Miller, 1988: Evaluation of western North Pacific tropical cyclone objective forecast aids. *Wea. Forecast.*, 3, 76-85.
- Ueno, M., 1989: Operational bogussing and numerical prediction of typhoon in JMA. JMA/NPD Technical Report No. 28. Japan Meteorological Agency, Japan.
- 林淑卿、陳建河及柳再明，1990：中央氣象局區域預報系統概況。天氣分析與預報研討會論文彙編（79）565-574。
- 鄭寶鳳及蔡清彥，1990：中央氣象局颱風路徑預報系統。天氣分析與預報研討會論文彙編（79）589-599。

THE EVALUATION of THE TYPHOON TRACK FORECAST SYSTEM in
THE CENTRAL WEATHER BUREAU

B.-F. Jeng, Melinda S. Peng*, C.-P. Chang*, D.-S. Chen

Central Weather Bureau

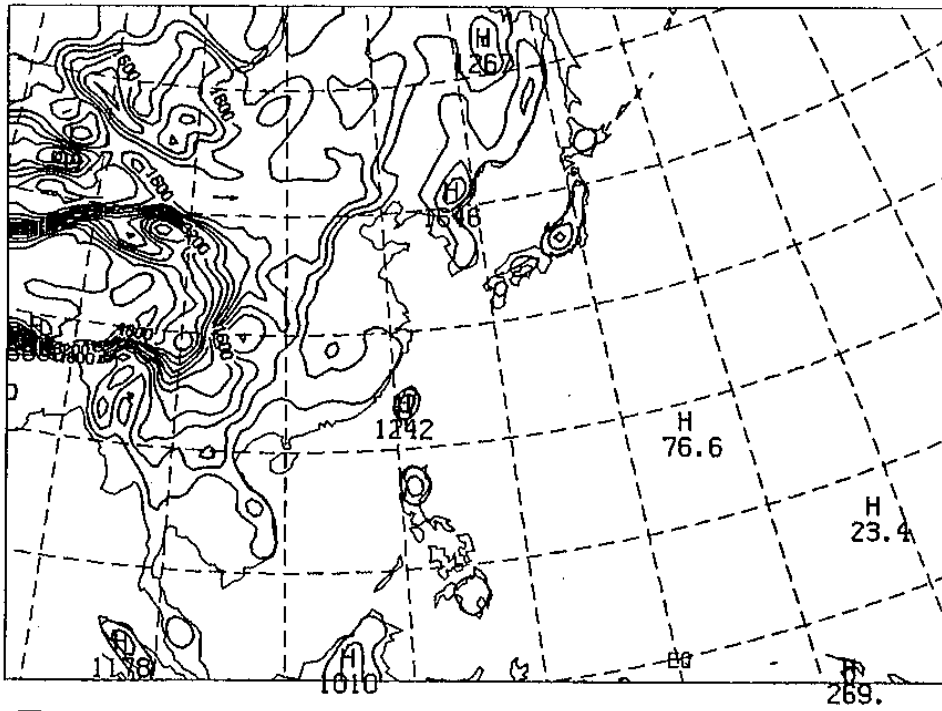
Naval Postgraduate School*

ABSTRACT

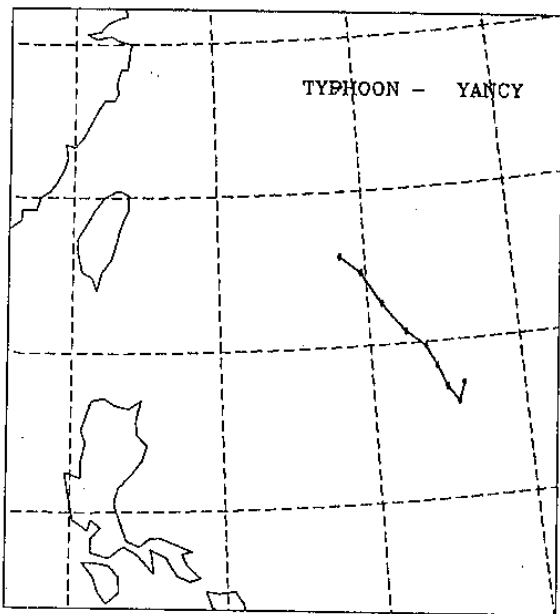
The CWB TFS (Central Weather Bureau Typhoon Track Forecast System) is an operational system which employs a nine layers primitive equation model. The horizontal grid system uses the Arakawa C-grid scheme with a 70 km resolution and the domain covers the western part of the western pacific and the Southeastern China.

CWB TFS contains a spin-up procedure which is used to obtain a model balanced vortex structure with different size and intensity. 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.

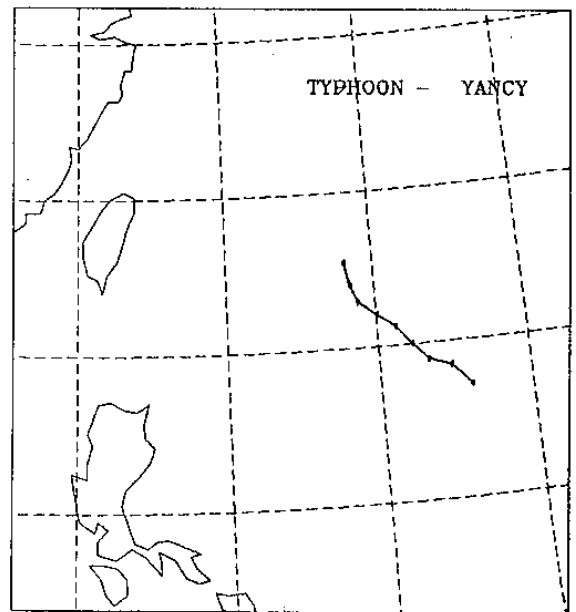
For the 12 typhoons in the operational checkout period, the average 24-h forecast error is 250km, and the average 48-h forecast error is 415km. For the 11 typhoons during the operational season, the average 24-h forecast error is 225km, and the average 48-h forecast error is 385km. The performance of TFS is comparable to the OTCM. It sometimes showed a rather consistent bias error for all the watches for the same typhoon, if the bias can be identified in the early stage, we should apply to adjust the track forecasts during later watches.



圖一 TFS模式範圍及地形分佈

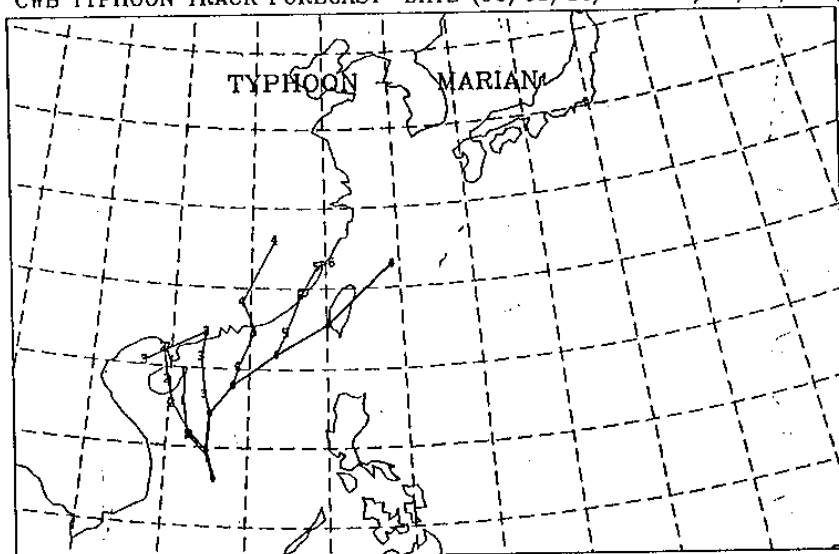


圖二 植入 f 平面的渦旋使預報初期路徑偏離

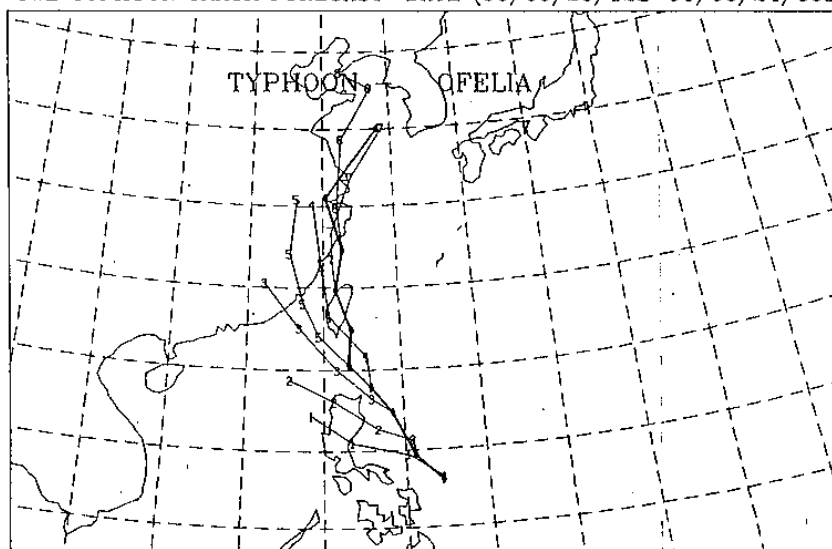


圖三 植入 β 平面的渦旋使預報路徑初期較佳

CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (90/05/16/12Z-90/05/18/12Z)

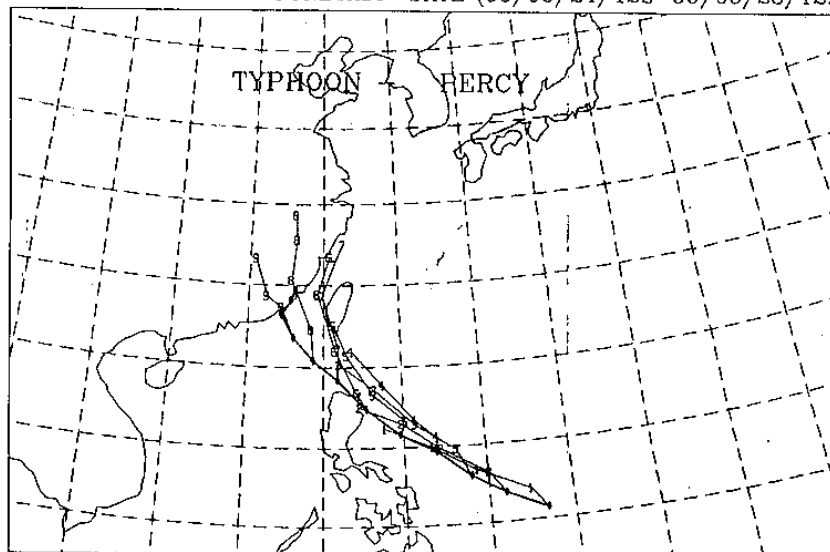


CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (90/06/20/12Z-90/06/24/00Z)

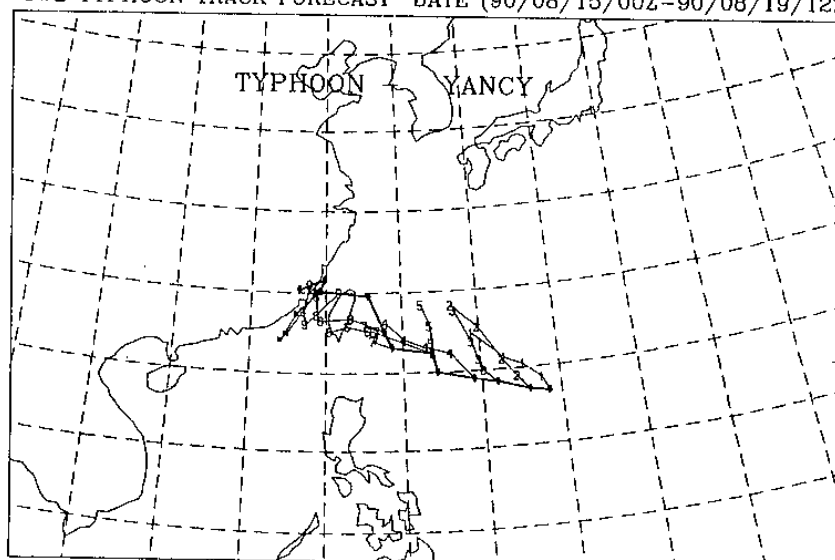


圖四 1990年11個颱風的最佳路徑（粗線）
與不同時間（細線，以數字區分）的模式預報路徑

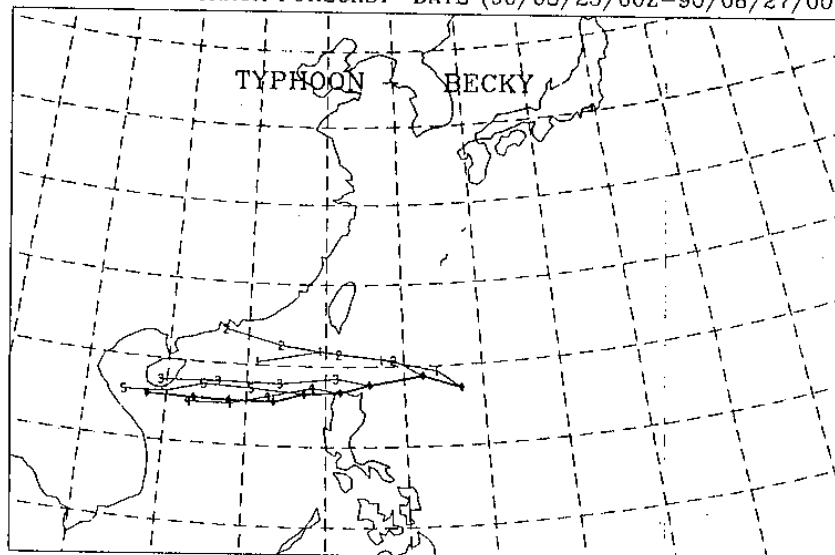
CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (90/06/24/12Z-90/06/28/12Z)



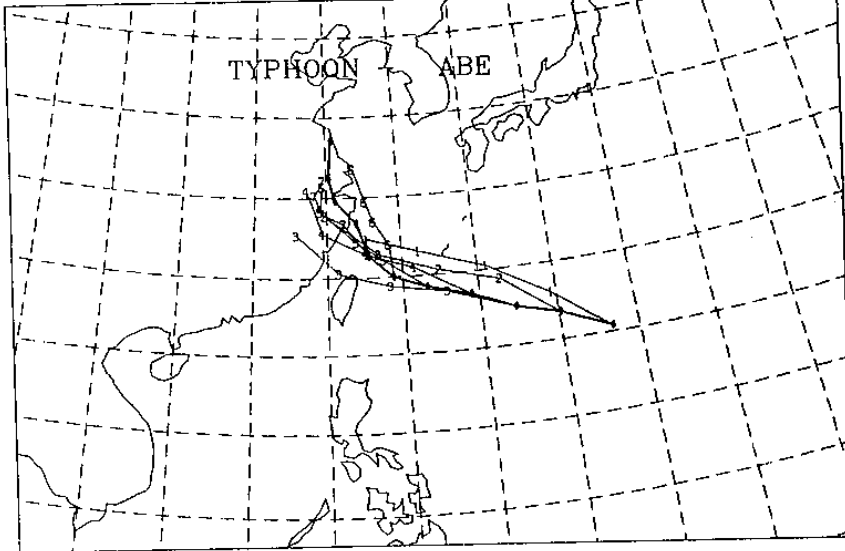
CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (90/08/15/00Z-90/08/19/12Z)



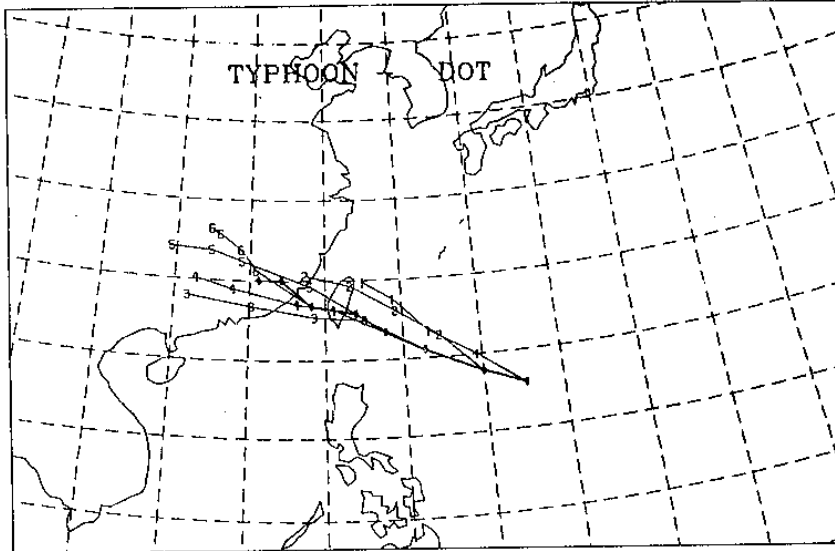
CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (90/08/25/00Z-90/08/27/00Z)



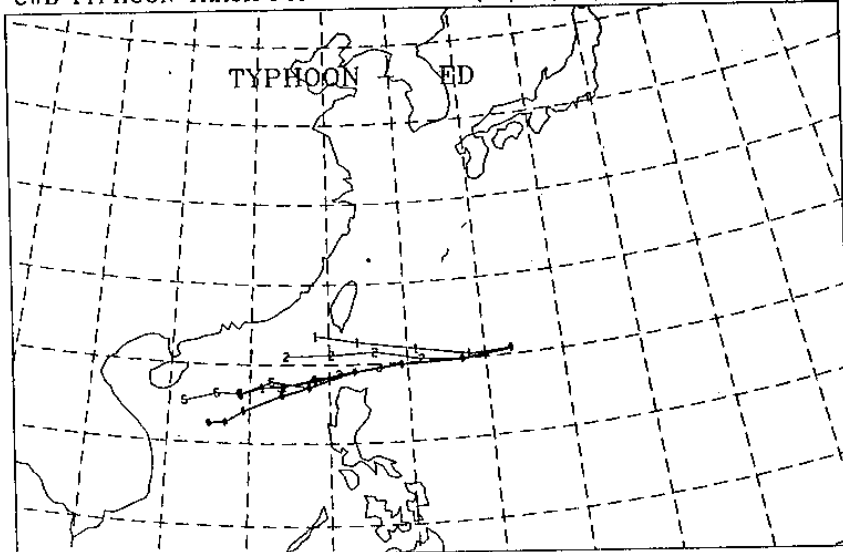
CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (90/08/27/12Z-90/08/30/12Z)



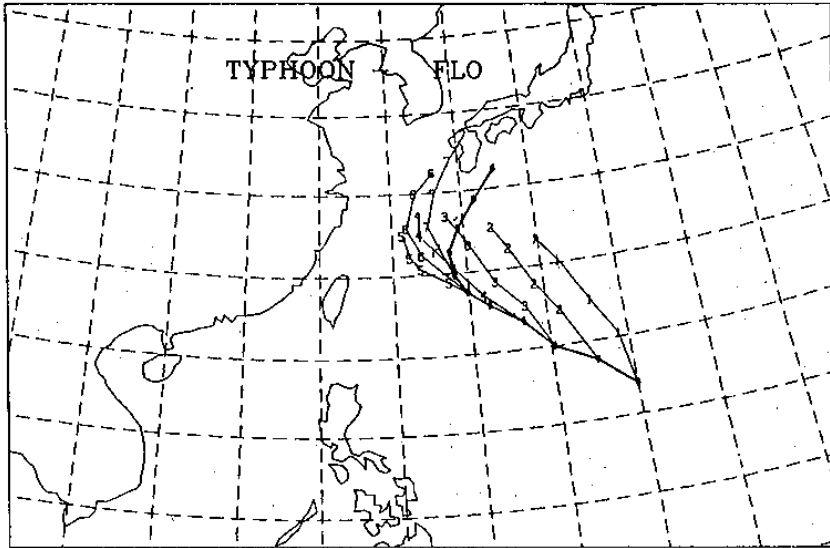
CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (90/09/05/12Z-90/09/08/00Z)



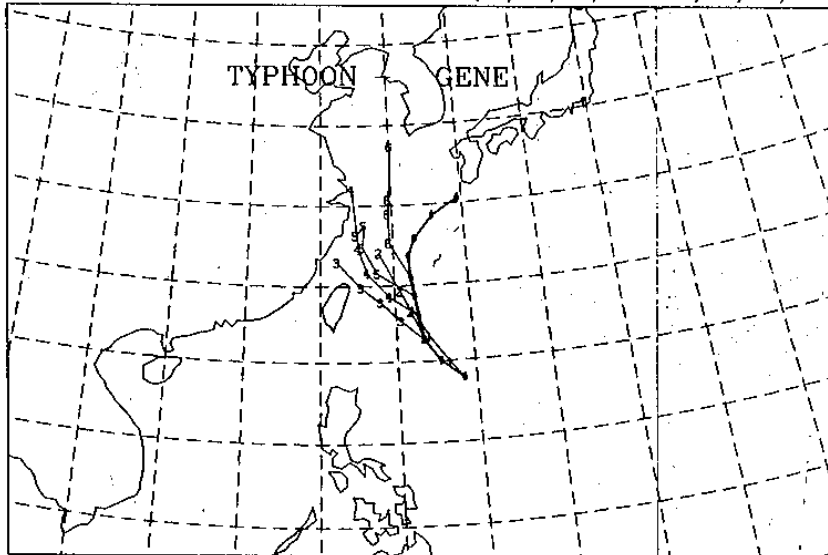
CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (90/09/13/00Z-90/09/15/00Z)



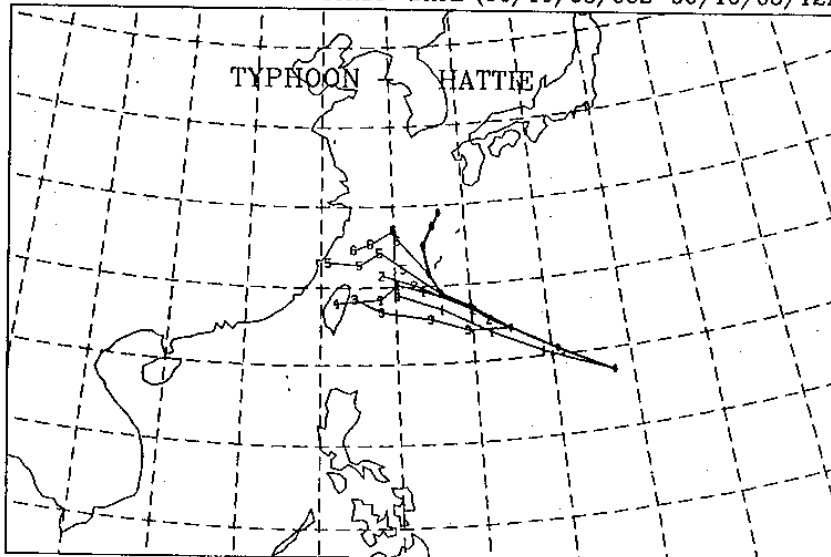
CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (90/09/14/00Z-90/09/17/00Z)



CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (90/09/24/12Z-90/09/27/00Z)



CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (90/10/03/00Z-90/10/05/12Z)



表一 三種備用的植入渦旋（弱大·弱小·中強）

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

表二 TFS與OTCM48小時預報誤差（公里）的比較

Typhoon	no. cases	OTCM	TFS
Warren/88	1	486	347
Brenda/89	2	208	175
Dot/89	7	341	581
Ellis/89	1	1302	233
Faye/89	4	549	506
Gordon/89	8	290	436
Hope/89	4	294	468
Lola/89	2	425	317
Sarah/89	11	559	355
Angela/89	8	865	406
Colleen/89	5	285	491
Pre-1990	53	484	426
Percy/90	6	317	254
Yancy/90	6	374	265
Abe/90	6	228	332
Becky/90	5	300	318
Dot/90	1	270	418
Ed/90	5	398	280
Flo/90	6	179	367
Gene/90	6	357	416
1990	41	305	322
Average	94	406	378

