

民國 90 年 NFS 模式之颱風路徑與定量降水預報校驗

洪景山

中央氣象局氣象資訊中心

摘要

本文以民國 90 年中央氣象局發布颱風警報的 9 個颱風中的 8 個颱風（不含潭美颱風），針就中央氣象局非靜力預報系統（Nonhydrostatic Forecast System, NFS）45 公里網格解析度進行路徑預報和定量降水預報校驗。NFS 颱風路徑預報 24 小時平均誤差約 175（174）公里，48 小時約 271（232）公里，72 小時則為 523（410）公里（括號內為不含海燕和潭美颱風）。分析顯示當模擬的颱風進入高緯度後均產生較大的速度誤差，顯示模式無法正確模擬出颱風和中緯度系統之交互作用過程。此外，NFS 初始颱風定位誤差達 76 公里，這主要是因為 NFS 初始猜測場來自較粗解析度的全球模式分析場所致。因此，如果在 NFS 中植入颱風渦旋，不僅可以掌握較理想的颱風結構，也可以改善初始定位誤差，這對提高路徑預報能力應可有顯著的助益。定量降水預報方面，除了 0-12 小時的降水預報外，模式所預測的降水次數均比實際發生的降水次數多；這可能和模式的降水過程以及較粗模式解析度有關，因此改進模式的降水參數法應可以有效地改善颱風的定量降水預報。公正預兆得分顯示，0-12 小時預報的降水技術得分最高，而隨著預報時間增加，技術得分也隨之減少。當雨量閾值在 20~50 mm/12 hr 之間時有較好的得分，但對於大於 50 mm/12 hr 的大雨預報能力則相當有限。

關鍵詞：颱風路徑預報，颱風定量降水預報，NFS

一、前言

民國 90 年中央氣象局共計發布 9 次颱風警報，依序為第 1 號颱風西馬隆（Cimaron）、第 2 號颱風奇比（Chebi）、第 4 號颱風尤特（Utor）、第 5 號颱風潭美（Trami）、第 7 號颱風玉兔（Yutu）、第 8 號颱風桃芝（Toraji）、第 16 號颱風納莉（Nari）、第 19 號颱風利奇馬（Lekima）及第 21 號颱風海燕（Haiyan）。其中除玉兔及海燕影響較小外，其餘 7 個皆為侵台颱風。與每年侵台颱風數目的統計比較，過去 30 年（民國 60 年至 89 年）之平均值為 3.1 個，民國 90 年侵台颱風有明顯偏多現象。

民國 90 年在北太平洋西部及南海海域共有 26 個颱風生成，與過去 30 年（民國 60 年至

89 年）之平均值 26.6 個相近，其中在 1 月至 4 月皆無颱風生成，8 月最多有 6 個，7 月及 9 月各有 5 個颱風生成。

民國 90 年 7 個侵台颱風具有以下特徵：1. 颱風形成的位置多發生在南海或台灣鄰近海域，例如：西馬隆、潭美、玉兔、桃芝、利奇馬颱風等，颱風形成之後即快速影響台灣附近海域，甚至本島地區，因此在颱風預報作業方面往往相當急迫。2. 納莉與利奇馬颱風均屬「秋颱」，此時綜觀環境為太平洋副高減弱並向東退縮，而高空極地西風帶又未移入本區，因此台灣區位於「鞍型場」處，所以基本上颱風移速均極緩慢，路徑捉摸不定，故而增加預報上的困難度（王等，2001）。3. 強度多為中度颱風；其中西馬隆、潭美、玉兔為輕度颱風，

颱風範圍較小，強度較弱，其中心定位不易，預報也較困難。而颱風強度雖弱，但登陸後卻造成相當大的災害，其中潭美、桃芝及納莉颱風更為台灣地區帶來相當嚴重災情，而以納莉颱風之路徑最為特別，除創下在台灣陸地停留約 49 小時之紀錄外，台北市單日降雨量達 425.2 公釐，更創下設站以來的日雨量紀錄，嘉義日雨量 774.5 公釐及新竹 397 公釐亦刷新歷史紀錄。

中央氣象局對於侵台颱風之路徑以及風雨預報作業需要許多參考依據（林和吳，2001），特別是路徑預報方面，颱風路徑數值預報模式也是一個重要的參考指引。中央氣象局颱風路徑預報模式（TFS）自民國 86 年改進虛擬颱風渦旋結構初始化處理後，預報路徑之準確度有相當明顯改善。在預測校驗分析方面，中央氣象局颱風路徑預報模式對民國 89、90 年颱風季之 24/48/72 小時預測，其距離預測誤差為 148/306/520 公里和 152/301/501 公里。民國 90 年各颱風個案誤差分析顯示，模式預測誤差主要為模式預測颱風之路徑有轉彎過慢、颱風匯入西風帶時移速過慢與偏北誤差、以及對發生於南海地區與強度較弱之颱風預測誤差較大等問題（陳等，2001；Yeh et al. 2002）。目前中央氣象局颱風路徑預報模式仍持續發展改進中，例如提高解析度以及使用衛星觀測資料等，但對颱風路徑乃至於風雨預報作業而言，更多的預報指引仍是需要的。葉等（2001）指出目前有關颱風之風雨預報技術仍未完全成熟，還有很大的發展空間。除了利用統計法或以雷達、衛星資料進行降水估計外，數值模式的定量降水預報仍是一個值得期待的預報參考。然而，數值模式的颱風定量降水預報有賴於正確的路徑預報以及模式中正確的降水過程，凡此種種仍是科學研究上亟待突破的瓶頸。

中央氣象局另一個中尺度預報模式：非靜力預報系統（Nonhydrostatic Forecast System，NFS）自民國 89 年上線作業以來，其預報水準

較上一代預報模式已有明顯的進展，同時 NFS 也有能力模擬颱風的發展與和預報颱風的路徑，也因此 NFS 應有潛力提供預報中心另一個有效的預報指引。本文即是針對民國 90 年中央氣象局發布警報的 9 個颱風，就 NFS 45 公里解析度模式的路徑預報和定量降水預報進行校驗，本文的校驗結果可以提供爾後 NFS 颱風預報的參考依據，也可以作為模式改進的參考。第二節是模式簡介，第三節說明所使用的資料和校驗的方法，第四節是路徑預報校驗和定量降水預報校驗，最後是結論。

二、模式簡介

中央氣象局 NFS 預報模式包含三個巢狀網格系統，其網格間距分別為 45、15 及 5 公里（如圖 1），格點數目分別為（191×127）、（145×139）及（61×91），水平範圍達 8550 km×5670 km。垂直方向採用追隨地形的靜力壓坐標（ π ）：

$$\eta = \frac{\pi - \pi_T}{\pi_s - \pi_T}, \text{ 其中}$$

$$\pi(x, y, z, t) = \pi_T + \int_z^{\pi_T} \rho(x, y, z', t) g dz'$$

$$\pi_T = \pi(x, y, z_T, t)$$

π_s 是地面壓力， ρ 是密度。當 Z_T （模式頂壓力）趨於無窮大時，壓力趨於零，此時 π 即為靜力壓（Laprise, 1992）。使用 π 作為垂直坐標的好處是，若只考慮靜力過程時，其動力方程組和傳統以壓力為垂直坐標軸（ σ -P）的方程組完全一樣；而當考慮非靜力過程時，非靜力項相對於靜力方程組只是一個額外的修正項，在此用一個參數即可在靜力和非靜力之間切換。因此非靜力模式可以直接在靜力模式的基礎上求解該修正項，如此一方面可大幅減少模式開發的成本，另一方面可以承續原先處理靜力模式所累積的經驗。模式垂直方向總共分為 31 層。水平差分引用 Arakawa's C 交錯網格系統，時間積分採用顯示分離格式，它的好處是可以針對不同的物理過程給予不同的積分間距，而得到較

經濟的計算時間。在物理參數化方面則考慮到郭氏積雲參數化 (Kuo 1974)、TKE- ϵ 紊流閉合的多層邊界層參數化 (Detering and Etling 1985) 和 Harshvardhan 輻射參數化 (Harshvardhan et al. 1987) 等。NFS 客觀分析為最佳化客觀內插法 (Optimal Interpolation, Daley 1991), 其中包含水平速度場 (u, v) 和重力位 (Φ) 在等壓面的多變數分析, 相對濕度 (在等壓面上) 和海面溫度的單變數分析等, 溫度場則由重力位高度透過靜力方程計算而得。

本研究目前所校驗的是 NFS 45 公里解析度靜力模式的預報, NFS 的初始場並沒有植入颱風渦旋的程序, 但客觀分析的初始猜測場來自全球模式的分析場, 而全球模式分析場中有植入颱風渦旋 (1° 解析度), 因此 NFS 的初始場中有來自全球模式中較粗解析度、較弱的颱風結構。然而即便如此, 模式透過自己的動力過程, 初始場中的颱風仍可以有發展的機會, 也因此 NFS 中有關颱風路徑預報以及颱風靠近台灣時的定量降水預報可以有相當程度的參考價值。

表 1: 9 個校驗颱風個案的起、止時間和校驗的預報個數。

Table 1: The evaluation time intervals and numbers for 9 typhoon cases in 2001.

颱風名稱	西馬隆 Cimaron	奇比 Chebi	尤特 Utor	潭美 Trami	玉兔 Yutu	桃芝 Toraji	納莉 Nari	利奇馬 Lekima	海燕 Haiyan
模式	051200	062100	070300	071000	072312	072800	091412	092412	101500
校驗	§	§	§	§	§	§	§	§	§
時間	051312	062300	070500	071100	072412	072912	091612	092600	101612
預報 個數	4	5	5	3	3	4	5	4	4

颱風路徑預報校驗的依據是中央氣象局發布的最佳路徑 (best track), 而模式颱風中心定義為最低海平面氣壓中心所在位置, 並經過人為主觀的修正。本文主要是在網格點上搜尋最低海平面氣壓的格點所在, 並據以定義颱風中心的位置, 這個作法和目前 CWB TFS 的作法不同, CWB TFS 是用 bi-cubic 內差方式來求得

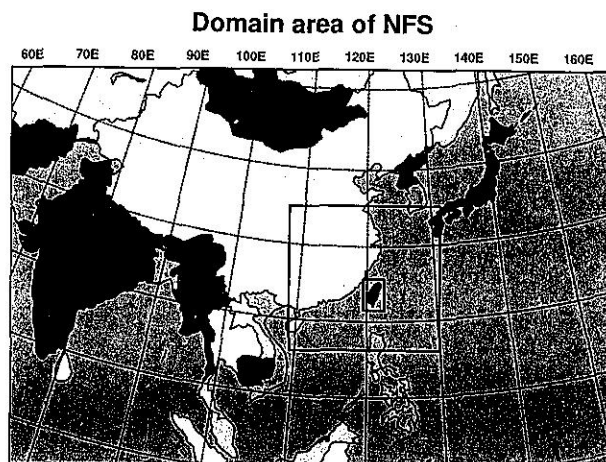


圖 1: NFS 三個巢狀網格的積分範圍。

Fig. 1: The model domain of NFS.

三、資料來源和校驗方法

由於熱帶低壓和登陸以後的颱風環流強度都相當弱, 而 NFS 沒有額外植入颱風的程序, 因此往往在初始場即存在顯著的定位誤差, 所以本研究主要是校驗民國 90 年中央氣象局發布警報之 9 個颱風在台灣附近的 37 個預報個案, 校驗的個案如表 1:

颱風中心的位置, 因此內差所得之颱風中心的位置不一定是在格點上, 這兩個計算方式有可能會有些微的差異。由於本文所校驗的是 45 公里解析度的預報, 這個解析度比台灣地區自動雨量站分佈的密度來的粗, 因此定量降水預報的校驗在模式格點上進行, 台灣地區校驗的總格點數為 30 點; 格點上的觀測雨量則是將格

點周圍 0.707 格點距離內 ($0.707 \times 45 = 31.815$ km) 所有的自動雨量站資料的平均求得。雨量站和所校驗之格點的關係如圖 2，每個格點所涵蓋的雨量站數目必須超過 4 個以上才被列入統計，因此總共有 28 個格點的資料來進行定量降水預報校驗。定量降水校驗的項目是偏倚得分 (Bias score) 和公正預兆得分 (equivalent threat score, ETS, 葉, 1998)。

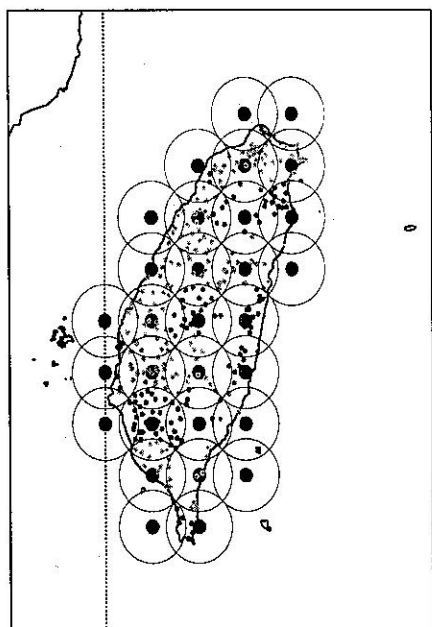
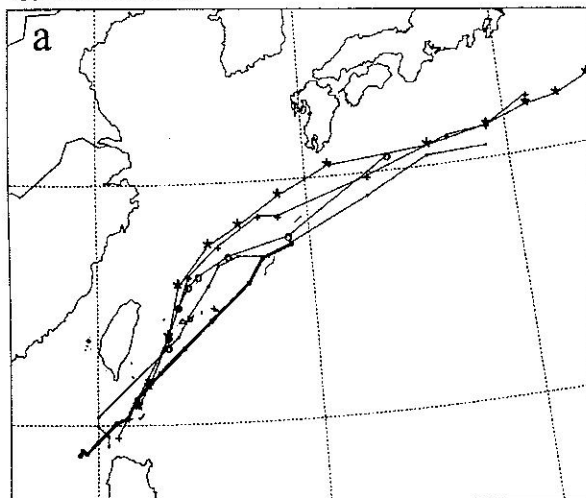


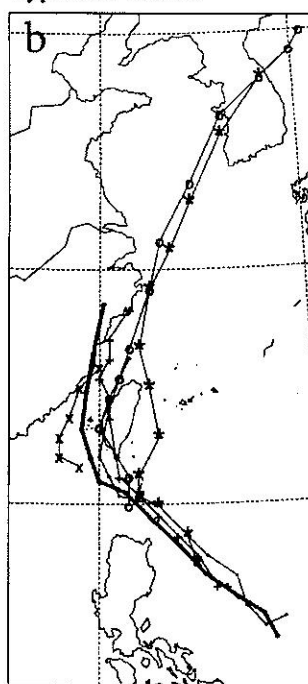
圖 2：模式格點和自動雨量站之相關，其中圓圈是以格點為中心，0.707 網格半徑的範圍。

Fig. 2: The relationship between the model grids and rain gauges around Taiwan area. The circle represents the coverage of rain gauges for each grid with radius of 0.707 grid distance.

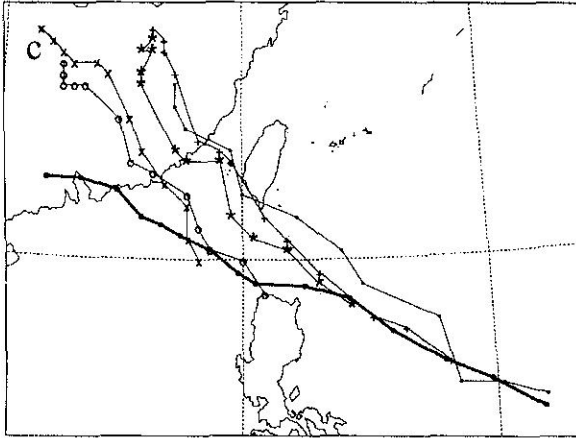
Typhoon Cimaron



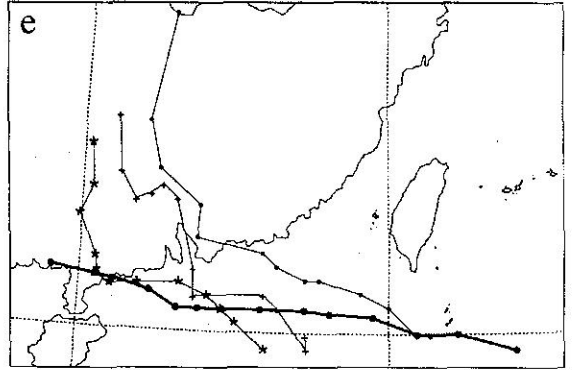
Typhoon Chebi



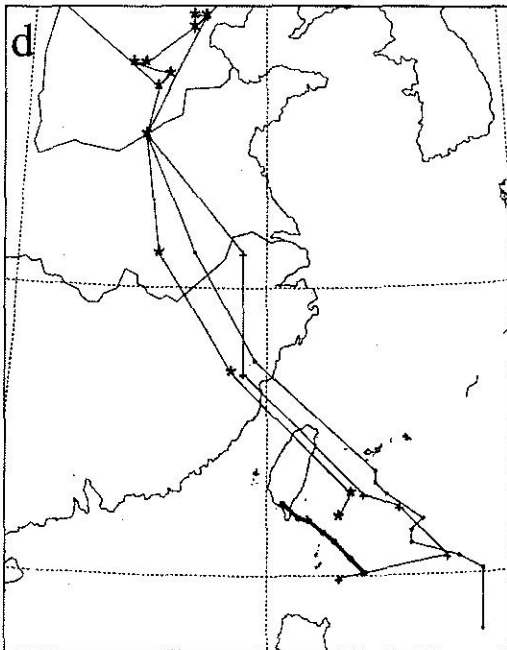
Typhoon Utor



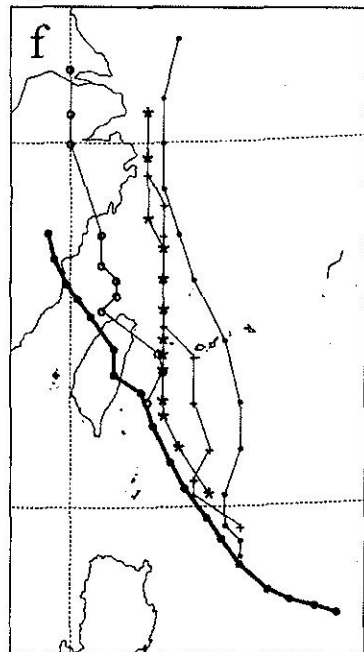
Typhoon Yutu



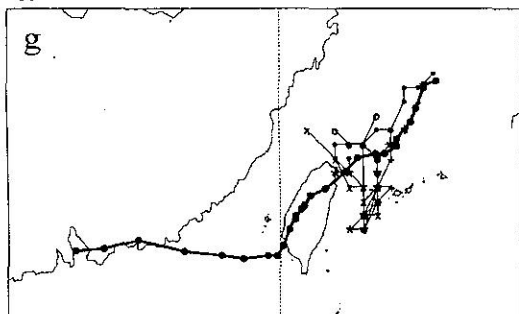
Typhoon Trami



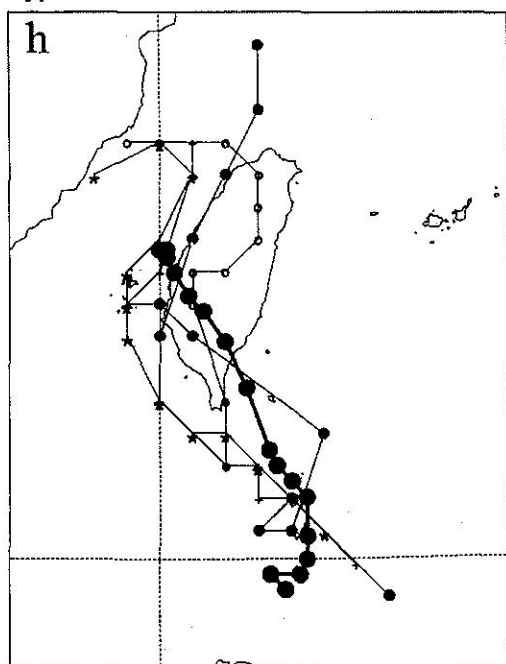
Typhoon Toraji



Typhoon Nari



Typhoon Lekima



Typhoon Haiyan

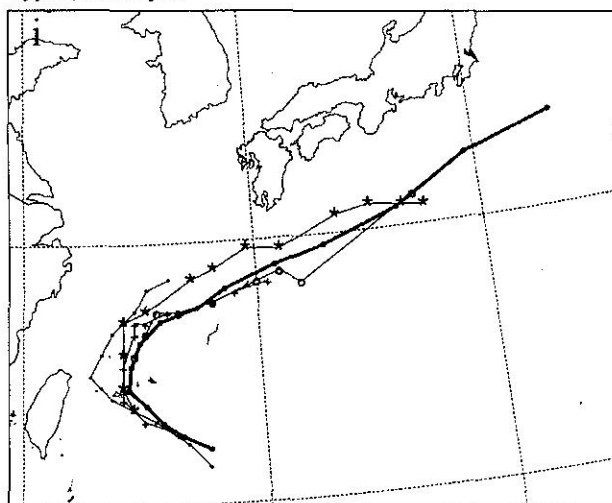


圖 3：模式每小時預報路徑（細線，分別以小圓點、+、*、O 和 X 代表不同時間的預報路徑）和每 6 小時的實際颱風路徑（粗線）。其中 a：西馬隆颱風、b：奇比颱風、c：尤特颱風、d：潭美颱風、e：玉兔颱風、f：桃芝颱風、g：納莉颱風、h：利奇馬颱風和 i：海燕颱風，每個颱風校驗的起、止時間請參考表 1。

Fig. 3: The forecast tracks (thin lines with symbols of small dots, +, *, O, and X represent the forecasts in different initial time) and the best track (thick line with heavy dots) in every 6-hr intervals for typhoon a) Cimaron, b) Chebi, c) Utor, d) Trami, e) Yutu, f) Toraji, g) Nari, h) Lekima, and i) Haiyan. The initial and end of the evaluation time for each case are list in Table 1.

四、校驗結果

(一)、路徑預報校驗

圖 3 是 9 個颱風的預報路徑和實際路徑。整體來說，西馬隆、奇比和海燕颱風的方向誤差較小，但模擬之西馬隆和奇比颱風進入高緯度後移動速度比觀測快很多，顯示模式無法正確模擬出颱風和中緯度系統之交互作用的過程；而海燕颱風則在轉彎過程中移動太慢，因

此這三者反倒產生較大的速度誤差。特別值得注意的是，海燕颱風雖然有較大的速度誤差，但是靠近台灣時的方向轉折卻掌握得相當好。相對地，玉兔、桃芝和尤特颱風則有較顯著的方向誤差，並且都是偏向颱風前進方向之右側。納莉颱風路徑預報雖然呈現移動緩慢的現象，但路徑預報並沒有登陸台灣而偏向台灣東部外海一帶。利奇馬颱風則不管是速度或方向誤差均相當小，是所有颱風個案中路徑誤差最小的一個。潭美颱風是路徑預報誤差較大的個案，由於潭美颱風範圍相當小，強度也不大，而 NFS 模式並沒有進一步做颱風渦旋植入，因此在 NFS 初始颱風環流的結構相當弱，不僅一

開始就產生明顯的定位誤差，隨著模式積分時間加長，模式會在錯誤的位置發展出自己的環流系統，因此使得模式爾後的路徑預報產生很大的誤差。

圖 4 是各個颱風在不同預報時間的路徑預報誤差，由於校驗的個案數有限，再加上颱風登陸後即快速減弱或甚至消散，因此許多颱風個案並沒有 72 小時的預報誤差。此外潭美颱風

因為預報誤差太大，因此不含在統計的範圍內。圖 4 顯示，利奇馬颱風是路徑預報誤差最小的颱風，西馬隆、尤特和海燕颱風隨著預報時間的增加，預報誤差也隨之快速增加，這其中又以海燕颱風為甚，此反應模式無法正確掌握颱風進入中緯度後和中緯度西風系統結合的大氣過程。

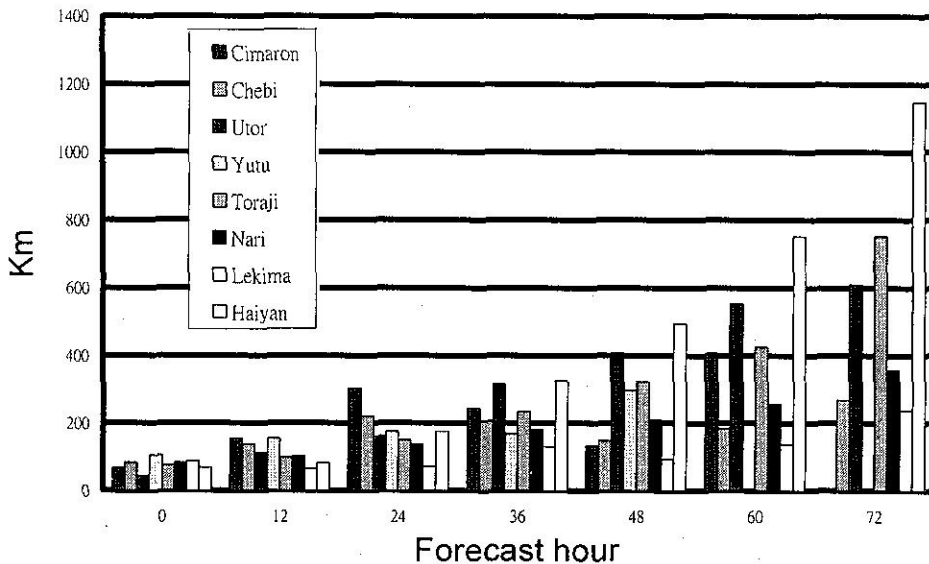


圖 4：各個颱風不同預報時間的平均路徑預報誤差，其中不含潭美颱風。

Fig. 4: The mean forecast track errors in different forecast periods for each case (exclude typhoon Trami).

圖 5 是 8 個颱風的平均路徑預報誤差（不含潭美颱風，總共 34 個個案），其中 24 小時誤差約 175 (174) 公里，48 小時約 271 (232) 公里，72 小時則為 523 (410) 公里（括號內為不含潭美和海燕颱風，總共 30 個個案），由於海燕颱風 60 和 72 小時的路徑預報均產生過大的誤差，因此在扣掉海燕颱風後，72 小時預報誤差可減少約 110 公里。有一點特別值得注意的是，NFS 初始颱風定位誤差達 76 公里，除了 NFS 的客觀分析可能改變模式的初始颱風中心位置以外（海上區域的觀測主要來自衛星

風場和衛星反演探空），此一初始颱風定位誤差主要是因為全球模式較粗解析度所導致的。如圖 6，粗實線是全球模式的格點，虛線是 NFS 的格點。正方形是實際颱風的位置（例如由海平面氣壓定的中心），結果在全球模式格點上的颱風中心將會在圖中圓圈的位置（最靠近實際颱風中心的格點），所以全球模式的颱風中心和實際的颱風中心會有一個誤差，就幾何而言，此一誤差最大可達 $\frac{\sqrt{2}}{2} \Delta X$ ， ΔX 是全球模式格點間距（大約 100 公里），則誤差可達 70 公里。

如果 NFS 和全球模式格點安排如圖 6，則當全球模式的格點內差至 NFS 上時，NFS 格點上的颱風中心將會出現在如圖三角形的位置（最靠近全球模式網格之颱風中心的 NFS 格點）；就幾何而言，此一誤差最大可達 $\frac{\sqrt{2}}{2} \Delta Y$ ， ΔY 是 NFS 格點間距（大約 45 公里），則誤差

可達 30 公里。所以單是從全球模式內差至 NFS，其初始定位誤差就可以達 100 公里。因此如果在 NFS 中植入颱風渦旋，不僅可以掌握較理想的颱風結構，也可以改善初始定位誤差，這對提高路徑預報能力應可以有顯著的助益。

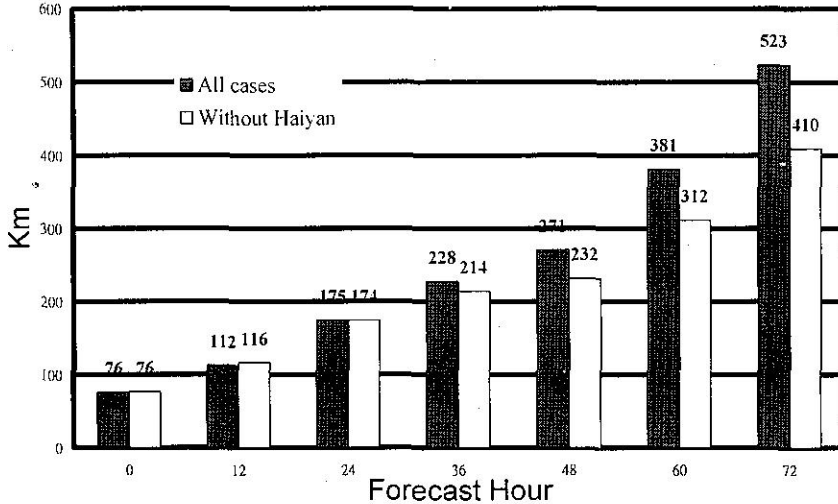


圖 5：表 1 中所有颱風個案的平均路徑預報誤差（不含潭美颱風，總共 34 個個案），其中淺陰影者不包含海燕和潭美颱風（總共 30 個個案）。

Fig. 5: The mean forecast track errors for all cases in Table 1. There are total of 34 cases without typhoon Trami and 30 cases without typhoon Trami and Haiyan (light shading).

圖 7 是中央氣象局各個客觀模式和官方預報之路徑預報誤差的比較，需注意此處 NFS 的統計個案數比起其他模式來的少，由於統計的樣本數目不同，因此圖 7 僅作為定性上的探討。圖中顯示 24 和 48 小時氣象局官方預報的誤差最小，NFS 則比 TFS 大一些，但在 72 小時時，NFS 和 TFS 並沒有太大的差別，扣掉海燕颱風（Haiyan (NH)個案），NFS 的預報誤差更小。因此 NFS 的路徑預報的確具有參考價值，而對 NFS 而言，適當地改善初始定位誤差以及颱風結構，應該是能最有效提升預報參考價值的方向。

（二）、定量降水校驗

圖 8 和圖 9 是定量降水預報的校驗，圖 8 是 Bias 得分，圖 9 是 ETS 得分。Bias 得分顯示，除了 0-12 小時的值小於 1 以外其餘均偏高，這意味模式所預測的降水次數比實際發生的降水次數多。此外，隨預報時間的增加，Bias 的得分有愈高的趨勢，這個結果可能和模式的降水過程有關。NFS 所使用的是的 Kuo 積雲參數法，Kuo 積雲參數法主要是經由垂直積分的水汽輻合量來決定對流降水；在颱風的環境中，颱風內流可提供對流所需的輻合和水汽，對流潛熱釋放則加深低壓，低壓加深又增加內流的量，如此循環不已，這個物理過程和 Kuo 積雲參數法運作的原理幾乎完全一致。結果是

模式中雖然初始的颱風強度不足，但是透過 Kuo 積雲參數法的作用，颱風很容易隨著預報時間增加而快速發展、加深，也因此而導致過多的降水。另外一個可能的原因是模式解析度的關係，在此校驗的模式解析度較粗（45 公里），因此模式一個格點的降水量即涵蓋了相當大的範圍，而本文在格點的觀測值是一定範圍內所有自動雨量站的平均，因此觀測值容易因平均而偏低，而使得降水校驗的 Bias 得分容易偏高。0~12 小時累積雨量在大雨閾值（大於 45 mm/12 hr）的 Bias 得分迅速降低，這反應 NFS 模式無法在前 12 小時累積大雨量，這和初始颱風較弱是相關的。

ETS 得分顯示 0-12 小時預報的降水技術得分最高，特別是降雨量小於 20 mm/12 hr 時。

所有的降水閾值皆顯示隨著預報時間增加，技術得分也隨之減少，由於預報時間增加路徑預報誤差也隨之增加，因此定量降水預報能力也就隨之減小。雨量閾值在 20~50 mm/12 hr 之間時有較好的得分，這是因為颱風所導致的較大降雨量多半和地形有關，因此只要颱風路徑的預報誤差在一個合理的範圍內，大雨的分佈就是地形的函數，因此針對較大雨勢可以有較穩定的 ETS 得分表現。雨量閾值在大於 50 mm/12 hr 後得分即快速變小，意味著 NFS 對於颱風的大雨預報能力相當有限。以上之分析顯示，NFS 的颱風定量降水預報深受模式降水物理過程的影響，因此改進模式的降水參數法應是改善颱風定量降水預報的一個重要方向。

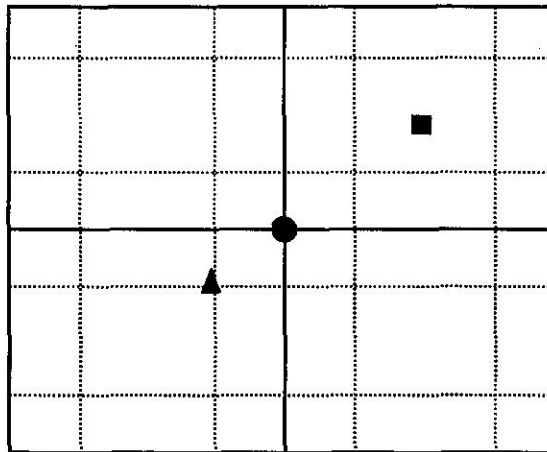


圖 6：由全球模式內差至 NFS 過程所產生之颱風中心定位誤差示意圖，其中粗實線是 GFS 的格點，虛線是 NFS 的格點。正方形是實際颱風的位置，圓形是全球模式颱風中心的位置，三角形則是 NFS 颱風中心的位置。

Fig. 6: The concept for the errors due to the interpolation from the grids in different resolution. Here the heavy line, dashed line represent the GFS and NFS grid system, respectively. The square, circle, and triangle stand for the position of the observed typhoon, the typhoon center in GFS, and in NFS, respectively.

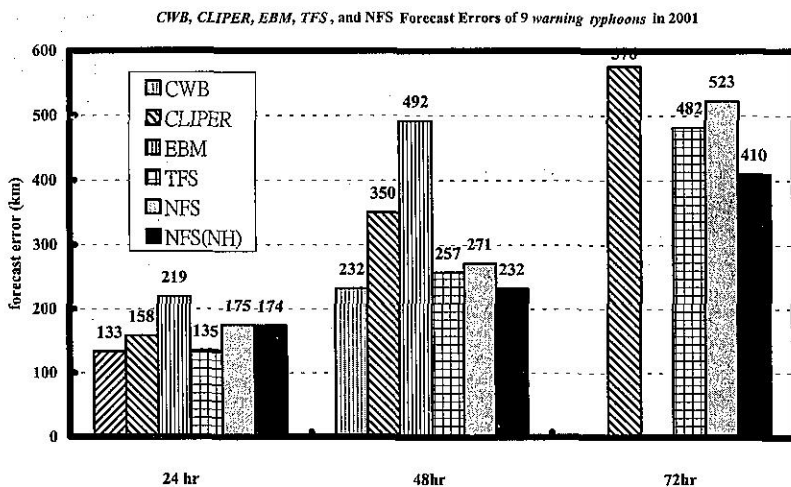


圖 7: 氣象局針對 2001 年 9 個發布颱風警報之官方預報(CWB)-CLIPER-正壓模式(EBM)-TFS 和 NFS (不包括潭美颱風, 而 NFS (NH) 為再扣除海燕颱風) 路徑預報誤差之比較, 需注意 NFS 的校驗數目和其他模式和官方預報的校驗數目是不同的。

Fig. 7: The inhomogeneous comparison of the forecast error for CWB official forecast (CWB), CLIPPER, barotropic model (EBM), TFS, and NFS model in 2001. Notice that the NFS stands for NFS forecasts excluding typhoon Trami and NFS(NH) for cases without Haiyan and Trami).

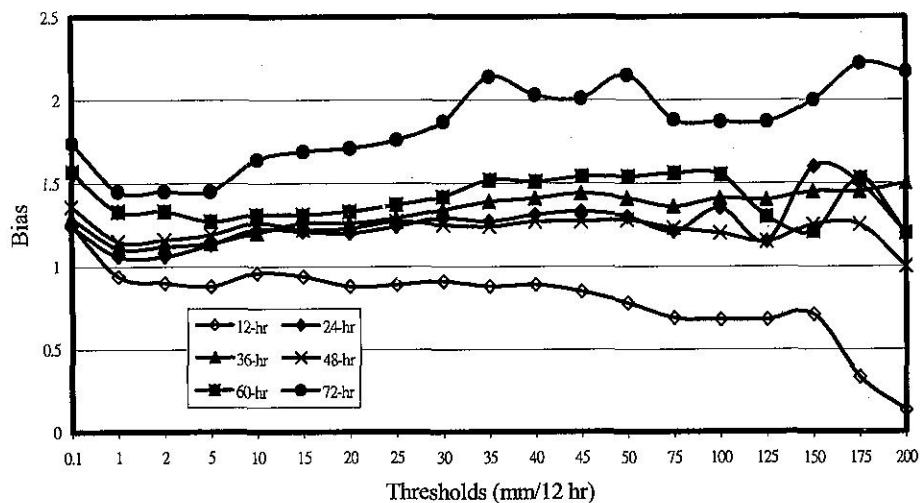


圖 8: 所有颱風個案 (不包含潭美颱風) 的 Bias 得分。

Fig. 8: The Bias score for all typhoon cases (excluding typhoon Trami).

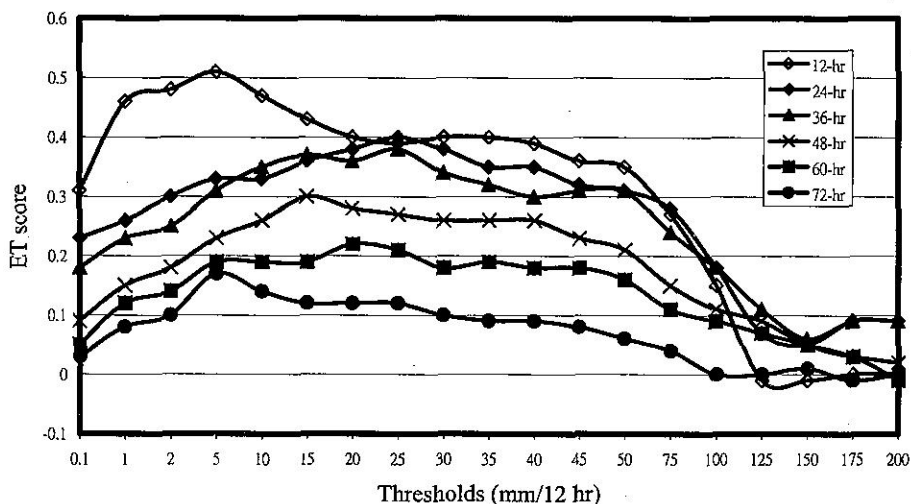


圖 9：同圖 7，但為 ETS 得分。

Fig. 9: The same with Fig. 8 but for equitable threat score.

五、結論

本文以民國 90 年中央氣象局發布警報的 9 個颱風中的 8 個颱風（不含潭美颱風），針對 NFS45 公里網格解析度模式進行路徑預報和定量降水預報校驗。NFS 的初始場的颱風渦旋有來自全球模式中較粗解析度、較弱的颱風結構。然而即便如此，初始場中的颱風仍可以透過模式自己的動力過程而得以發展。本文的校驗結果可以提供爾後 NFS 颱風預報的參考依據，也可以作為模式改進的參考。

NFS 颱風路徑預報 24 小時平均誤差約 175（不含海燕颱風時為 174，以下同）公里，48 小時約 271（232）公里，72 小時則為 523（410）公里。分析顯示模擬之西馬隆和奇比颱風進入高緯度後均產生較大的速度誤差，顯示模式無法正確模擬出颱風和中緯度系統之交互作用的過程。另外有一點值得注意的是，NFS 初始颱風定位誤差達 76 公里，這主要是因為全球模式

較粗解析度所導致的，因此如果在 NFS 中植入颱風渦旋，不僅可以掌握較理想的颱風結構，也可以改善初始定位誤差，這對提高路徑預報能力應可以有顯著的助益。

颱風定量降水預報方面，Bias 得分顯示，除了 0-12 小時的降水預報小於 1 以外其餘均偏高，這意味模式所預測的降水次數比實際發生的降水次數多；這可能和模式的降水過程以及較粗模式解析度有關，因此改進模式的降水參數法應可以有效地改善颱風的定量降水預報。ETS 得分顯示 0-12 小時預報的降水技術得分最高，而隨著預報時間增加，技術得分也隨之減少。當雨量閾值在 20-50 mm/12 hr 之間時有較好的得分，這可能是因為颱風所導致的降雨量多半和地形有關，因此只要颱風路徑的預報誤差在一個合理的範圍內，大雨的分布就是地形的函數，因此針對較大雨勢可以有較穩定的 ETS 得分。NFS 對於大於 50 mm/12 hr 的大雨預報能力則相當有限。

致謝

本研究在中央氣象局氣象資訊中心提供的計算資源以及國科會研究計畫編號 NSC 90-2111-M-052-002-AP4 和 NSC 91-2111-M-052-002 支助下完成。

參考文獻

- 王時鼎、謝信良、鄭明典、鄧仁星、簡國基，2001：台灣地形對侵台之中度以下颱風影響新例—對 2001 年潭美、桃芝、納莉、利奇馬四次颱風實例分析。天氣分析與預報研討會，中央氣象局，51 - 70。
- 林秀雯、吳德榮，2001：台灣地區颱風預報作業現況與展望。天氣分析與預報研討會，中央氣象局，127 - 132。
- 陳得松、黃康寧、葉天降、彭順台，2001：中央氣象局颱風路徑預報模式之預報檢討及近況。天氣分析與預報研討會，中央氣象局，103 - 110。
- 葉天降、謝信良、吳石吉，2001：颱風降水統計預報之回顧與展望。天氣分析與預報研討會，中央氣象局，83 - 86。
- 葉天降，1998：嘉南地區 1997 年梅雨期降水之特性與作業模式預測校驗。大氣科學，26，41 - 63。
- Daley, R., 1991: *Atmospheric data analysis*. Cambridge University Press, 457 pp.
- Detering, H. W., and D. Etling, 1985: Application of the E - ϵ turbulence model to the atmosphere boundary layer. *Bound. Layer Meteor.*, **33**, 113 - 133.
- Harshvardhan, R. Davies, D. A. Randall, and T. G. Corsetti, 1987: A fast radiative parameterization for atmospheric circulation models. *J. Geophys. Res.*, **92**, 1009 - 1016.
- Kuo, H. L., 1974: Further studies of the parameterization of the effect of cumulus convection on large scale flow. *J. Atmos. Sci.*, **31**, 2132 - 1240.
- Laprise, R., 1992: The Euler equation of motion with hydrostatic pressure as an independent variable. *Mon. Wea. Rev.*, **120**, 197 - 207.
- Yeh, T. C., K. N. Huang, D. S. Chen, and J. S. Hong, 2002: Typhoon Track and Rainfall Predictions of CWB-NWP Models in 2001. *2nd Workshop on Landfalling Typhoons in the Taiwan Area*, 25 Apr - 26 Apr 2002, Taipei, Taiwan.

The Evaluation of Typhoon Track and Quantitative Precipitation Forecasts of CWB's NFS in 2001

Jing-Shan Hong

Meteorological Computer Center, Central Weather Bureau

ABSTRACT

This paper evaluated the performance for the typhoon track and quantitative precipitation forecast (QPF) of the 45-km mesh of the Non-hydrostatic Forecast System (NFS) of the Central Weather Bureau (CWB) in 2001. A total of 9 typhoon cases were evaluated. The averaged forecast track error for 8 cases (excluding typhoon Trami) was 175 (174) km for 24-hr, 271 (232) km for 48-hr, and 523 (410) km for 72-hr forecast (numbers in the parentheses indicated excluding typhoon Haiyen). The NFS model had large track error as the typhoon interacted with the mid-latitude systems. Because of the initial typhoon circulation was interpolated from the coarse grid of the global model, the position of the modeling typhoon center had an error of 76 km. Thus, improving the bogus process in NFS will greatly improve the track forecast. In addition, the model over-predicted precipitations as increasing the forecast time. That might be related to the inappropriate cumulus parameterization scheme used in NFS (Kuo scheme). The ETS score showed that the forecast skill decreased as increasing the forecast time. The rain rate threshold between 20~50 mm/12 hr had the most skillful QPF; however, there were little skill when larger than 50 mm/12 hr.

Key words: typhoon track forecast, typhoon QPF, NFS