

2002 年中央氣象局颱風路徑預報模式之表現與檢討

黃康寧* 陳得松* 葉天降* 彭順台**

*中央氣象局 **美國海軍研究實驗室

摘要

中央氣象局颱風路徑預報模式於 2002 年除了原先的水平解析度 45 公里、垂直 20 層的 TFS-OP 模式外，另新增一巢狀網格(水平解析度為 45、15 公里)、垂直 30 層的 TFS-nest 模式。TFS-nest 除了提高垂直解析度外，並更動了颱風渦旋結構初始化的方法。此二模式對 2002 年發生在西北太平洋的 26 個颱風中的 19 個做颱風路徑預報，其 24/48/72 小時之平均預報路徑距離誤差分別為 146/294/496 公里及 122/242/363 公里，與中央氣象局官方預報(CWB)的 115/222/339 公里及統計預報方法 CLIPER 的 166/376/583 公里比較，CWB 表現最佳、TFS-nest 次之，TFS-OP 雖不及前二者，但相對於 CLIPER，仍表現出預測技術。與 TFS-OP 相比較，TFS-nest 調整了虛擬颱風渦旋結構初始化過程、增加模式垂直解析度，這些修正對 2002 年的颱風路徑預測確實有正面效應，TFS-OP 原存在第三天預測誤差增幅明顯增大的系統性誤差亦獲得改善。

一、前言

台灣位處西北太平洋邊緣，在各類天然災害中，以夏秋季節的颱風影響為最，平均每年約受三至四個颱風侵襲，造成嚴重的生命財產損失。因此，於颱風季節，提供準確的颱風現況與預報資訊，使各界能儘早作好防範措施，為中央氣象局之重要任務。動力預報模式對較長時程的颱風路徑預報，比統計預報方法的可參考性為高，而中央氣象局颱風路徑預報模式(Typhoon Track Forecast System，簡稱 TFS)，為即時提供預報人員客觀參考指引之一。

本文包括介紹 2002 年 TFS 所作之修正，以及整理、校驗對 2002 年發生於西北太平洋上的颱風之預報表現。於後第二節說明使用模式，第三節為結果與討論，最後一節則是結語。

二、預報模式

本文所使用的中央氣象局颱風路徑預報模式(Typhoon Track Forecast System，簡稱 TFS)自 1994 年建置完成並正式作業，其後逐年改進，葉(2001)詳述目前所採用的物理參數化方法及虛擬颱風渦旋結構初始化之做法，並於

1998 年將預報時程延長至三天(黃等 2000)。本文中稱此水平解析度 45 公里、垂直 20 層的模式為 TFS-OP。

以颱風模式而言，良好的颱風渦旋結構初始化對預報有極大之助益，因此我們嘗試在虛擬颱風渦旋初始化過程中加入動力初始化(dynamic initialization)及納進(nudging)法，以得到結構較佳且與環境場達成動力與物理平衡之虛擬颱風渦旋。此外，並提高模式垂直解析層數至 30 層，以期得到較完整之颱風環流結構及較佳之預報結果。除了上述更動，尚引進更精細的地形資料，且於 TFS 中建立水平解析度為 15 公里之細網格模式(葉 2002)。本文中稱此新增巢狀網格(水平解析度為 45、15 公里)、垂直 30 層的模式為 TFS-nest，此模式於 2002 年正式上線作業。

TFS-OP 及 TFS-nest 二模式的預報時程皆為 72 小時，所需之初始場與側邊界值來自中央氣象局全球波譜模式(GFS)之分析場及預報場，而 GFS 自 2002 年 3 月，垂直解析層數從 18 層增至 30 層。

三、結果分析與討論

2002 年西北太平洋上共計發生 26 個颱

風，實際發生範圍約在東經 105 度至 170 度、北緯 5 度至 40 度間。TFS-OP 與 TFS-nest 對其中 19 個生命期超過一天的颱風進行每 12 小時一次的即時作業預測，分別預報 2 次至 22 次。此二模式與中央氣象局官方預報(CWB)及統計預報方法 CLIPER 做全年均勻個案誤差比較。圖 1 為 24/48/72 小時之平均預測路徑距離誤差之比較，圖中顯示 TFS-nest 的 122/242/363 公里與表現最佳的 CWB (115/222/339 公里)差距不大，TFS-OP 的 146/294/496 公里雖不及前二者，但相對於 CLIPER 的 166/376/583 公里，仍顯現預測技術。TFS-nest 與 TFS-OP 較 CLIPER 分別優約 27/36/38 %與 12/22/15 %。此外，陳等(2001)提及 TFS-OP 的第三天預測誤差增幅有比第二天的誤差增幅增大的現象，TFS-OP 在 2002 年的預測中仍然存在此系統性誤差，但在 TFS-nest 中則無此誤差明顯增大的情形，且 TFS-nest 較 TFS-OP 優約 16/18/27%。至於對中央氣象局發布警報的雷馬遜(Rammasun)、娜克莉(Nakri)及辛樂克(Sinlaku)等三個颱風(圖 2)，TFS-nest 的預測類似全年平均表現，其 24/48/72 小時之平均預測路徑距離誤差為 124/216/376 公里(圖 3)，略遜於 CWB 的 101/189/308 公里，但較 TFS-OP(124/244/476 公里)及 CLIPER(141/318/538 公里)為優。TFS-OP 對此三颱風的預測仍有第三天誤差增幅明顯增大的情形。

圖 5 為路徑預測偏差分析。圖 5a、c 顯示 TFS-OP 有明顯偏北誤差，且誤差隨預報時程增長而加大。而預測誤差在不同區域的分布上(圖 5e)，當颱風在較低緯度往西或西北移行時，TFS-OP 有提早北轉之預測路徑；當颱風進入南海繼續往西或西北進入中國大陸時，TFS-OP 的預測路徑仍過早北偏。至於轉彎後匯入西風帶的颱風，TFS-OP 則有轉彎過慢及轉向後移速太慢的情形。圖 5b、d、f 則可看出，TFS-nest 雖仍有類似 TFS-OP 上述的路徑預測誤差存在，但偏差值已縮小。

TFS-OP 於 2002 年預測表現較好的個案包括 Chataan、Fung-Wong、Kammuri、Phanfone、Rusa、Sinlaku、Hagupit 及 Mekkhala 等 8 個颱風，其 24/48/72 小時之平均距離誤差

為 131/270/378 公里，第三天的預測誤差增幅並無明顯增大。TFS-nest 對此 8 個颱風的預測誤差為 129/265/350 公里，與其全年平均表現相差無幾，亦比 TFS-OP 稍佳。其中 Sinlaku 颱風為中央氣象局對其發布警報的颱風(圖 2)，TFS-OP 之 48 小時平均距離誤差只有 173 公里，並在 9 月 3 日 00UTC 即已預測出颱風西進靠近台灣時有減速的趨勢，其 72 小時的平均誤差雖增至 383 公里，主要是因前期預測有過早北轉、後期預測減速不夠的情形，但在颱風接近台灣時，TFS-OP 預測路徑仍提供很好的颱風行進方向及減速趨勢的參考指引。TFS-nest 的 48 小時平均距離誤差(174 公里)與 TFS-OP 差不多，但第三天的平均誤差(308 公里)則優約 20%。

對於轉彎過慢、偏北誤差、以及第三天預測誤差增幅明顯增大之系統性誤差，其產生的主要原因可能是 TFS-OP 對颱風的結構及強度掌握不足，以致與大尺度環境場間的交互作用過弱。除此之外，初始資料的正確與否亦對 TFS-OP 的預測誤差有很大影響。針對以上 TFS-OP 誤差產生的可能因素，TFS-nest 更動了颱風渦旋結構初始化的方法，以及提高垂直解析層數，嘗試解決問題。以 2002 年 TFS-OP 第三天平均預測路徑距離誤差最大的 Fengshen、Higos 及 Bavi 三個颱風為例，其 24/48/72 小時之平均距離誤差為 166/334/609 公里，而 TFS-nest 的平均誤差則是 148/314/495 公里。雖然 TFS-nest 對此三個颱風的表現不若其全年平均值，但相對於 TFS-OP 第三天預測誤差增幅加大的情形有明顯改進。

四、 結語

圖 4 為 TFS-OP 自 1998 年至 2002 年延展預報時程至 72 小時的平均預測路徑距離誤差圖，並加上 TFS-nest 於 2002 年的誤差比較。圖中顯示 1998 年的誤差比其餘年為大，主要是因為 TFS-OP 對當年的 Rex 颱風掌握不佳所致，若除去 Rex 颱風，則 1998 年的平均誤差降至圖中所標示的 A 點值，與 TFS-OP 其餘年份誤差相近。圖中可看出，TFS-OP 於 2002 年的表現與之前年份類似，72 小時平均誤差甚至稍優於前三年。其原因除了颱風的年際間

變化(陳等 2001)，或許也因 GFS 於 2002 年提高垂直層解析度所致，亦即 TFS-OP 有較好的初始場與側邊界值。此外，圖 4 亦顯示 TFS-OP 有第三天預測誤差增幅明顯增大之系統性誤差。而 TFS-nest 嘗試解決此問題，將虛擬颱風渦旋初始化過程中加入動力初始化(dynamic initialization)及納進(nudging)法，以得到結構較佳且與環境場達成動力與物理平衡之虛擬颱風渦旋，並提高模式垂直解析層數至 30 層。TFS-nest 這些修正對 2002 年的颱風路徑預測確實有正面效應，第三天預測誤差增幅亦無明顯增大的情形(圖 4)。

從以上討論可知，初始場資料的正確與否以及模式解析度對 TFS 的颱風預報有很大影響，因此增加觀測資料(如 radiance data、dropsonde data)、以及就現有電腦資源，調整數值方法、物理參數化、模式解析度等等，使模式達最佳狀態，以解決偏北誤差、轉彎過慢

及匯入西風帶時移速過慢等系統性誤差，是 TFS 繼續努力的方向。

參考文獻

葉天降，2001：中央氣象局颱風數值預報模式誤差分析與其改善之研究(III)。國科會研究報告 NSC89-2625-Z-052-019，51 頁。

葉天降，2002：颱風路徑預報作業模式與初始場處理之改進(1/3)。國科會研究報告 NSC90-2625-Z-052-004，4 頁。

黃康寧、陳得松、葉天降與彭順台，2000：1999 年中央氣象局颱風路徑數值預報模式之表現與檢討。89 年天氣分析與預報研討會論文集編，394-399。

陳得松、黃康寧、葉天降與彭順台，2001：中央氣象局颱風路徑預報模式之預報檢討及近況。90 年天氣分析與預報研討會論文集編，103-110。

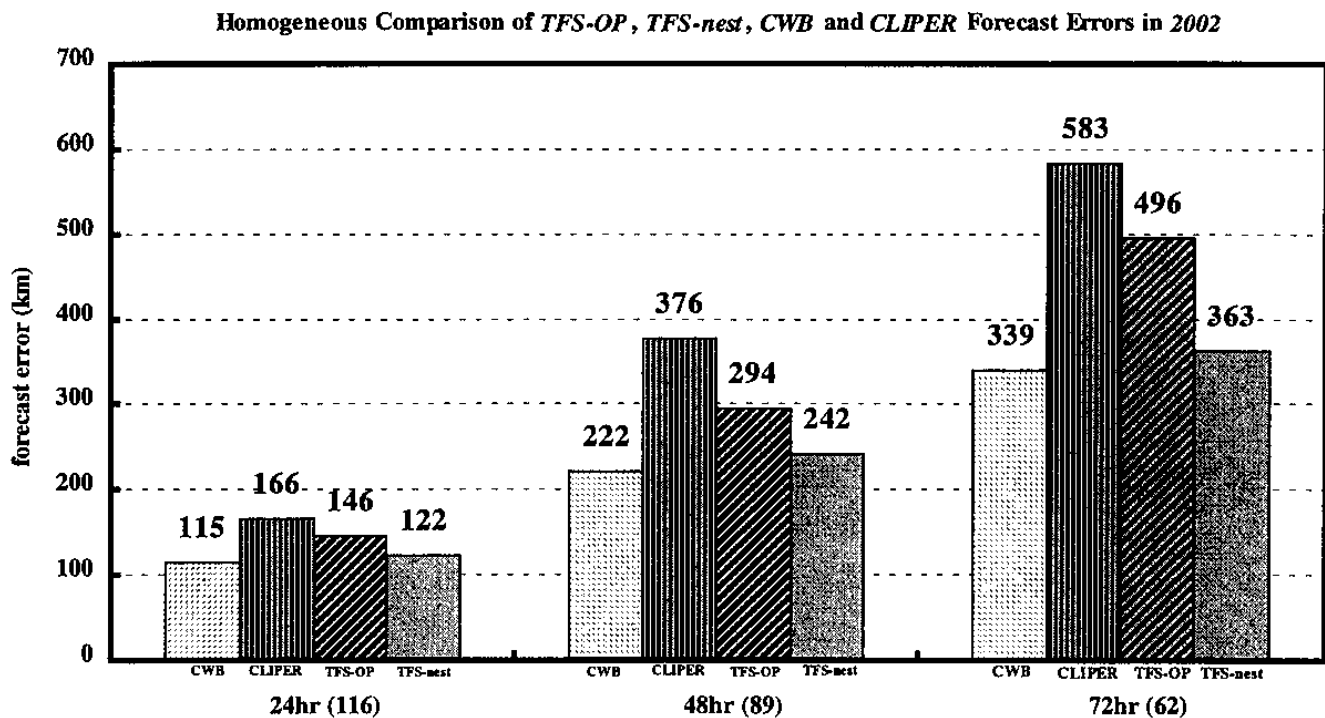
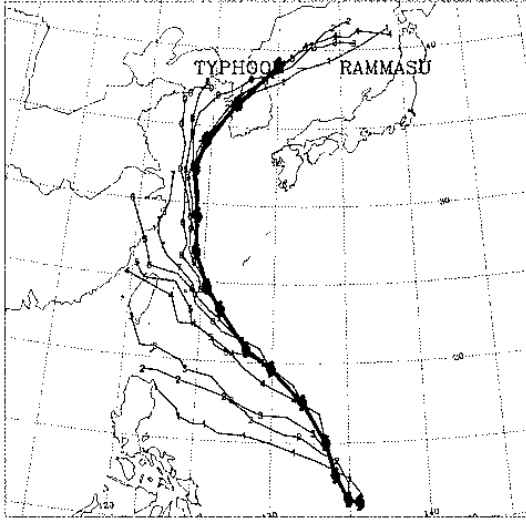


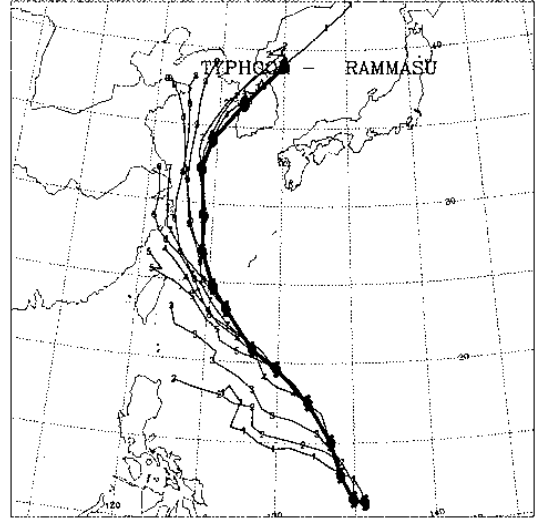
圖 1、2002 年 TFS-OP、TFS-nest、CWB、CLIPER 的颱風相同個案之 24、48 及 72 小時颱風預測路徑平均距離誤差之比較。

TFS TYPHOON TRACK FORECAST DATE (02/06/29/12Z-02/07/06/00Z)



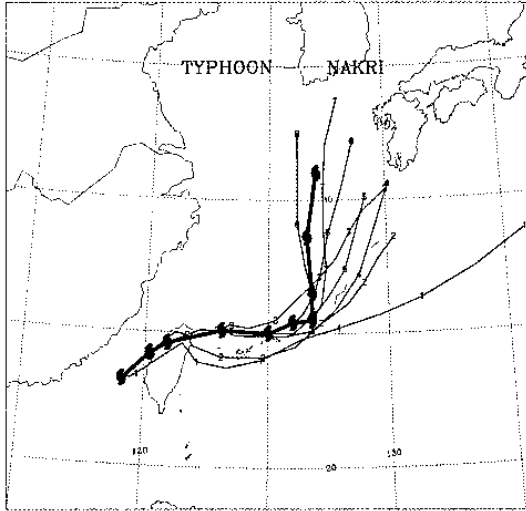
(a)

TFS-NEST TYPHOON TRACK FORECAST DATE (02/06/29/12Z-02/07/05/12Z)



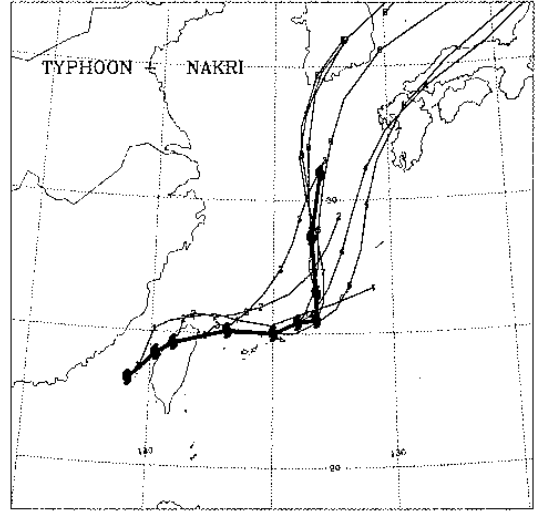
(b)

TFS TYPHOON TRACK FORECAST DATE (02/07/09/00Z-02/07/12/12Z)



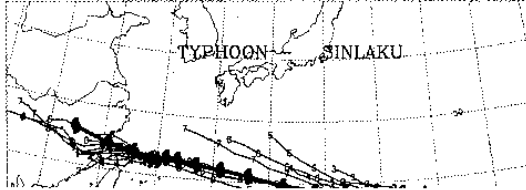
(c)

TFS-NEST TYPHOON TRACK FORECAST DATE (02/07/09/00Z-02/07/13/00Z)



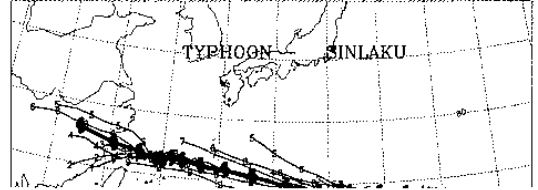
(d)

TFS TYPHOON TRACK FORECAST DATE (02/08/29/12Z-02/09/07/00Z)



(e)

TFS-NEST TYPHOON TRACK FORECAST DATE (02/08/29/12Z-02/09/08/00Z)



(f)

圖 2、TFS-OP (a、c、e) 與 TFS-nest (b、d、f) 對 2002 年 Rammasun、Nakri 及 Sinlaku 颱風所做之預測(細線)與實際(粗線)路徑，時間間隔為 12 小時。

Homogeneous Comparison of TFS-OP, TFS-nest, CWB and CLIPER Forecast Errors of 3 warning typhoons in 2002

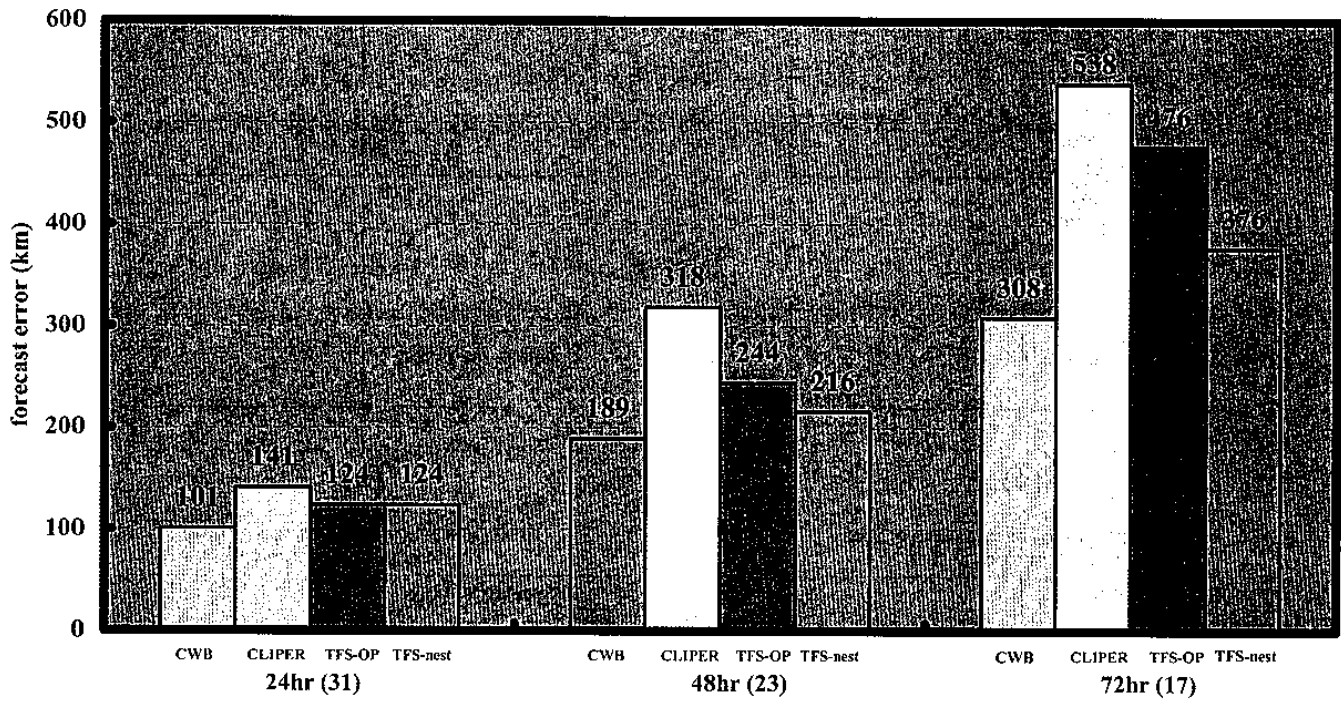


圖 3、2002 年 TFS-OP、TFS-nest、CWB、CLIPER 對中央氣象局發布警報的 3 個颱風之相同個案的 24、48 及 72 小時颱風預測路徑平均距離誤差之比較。

TFS Forecast Errors from 1998 to 2002

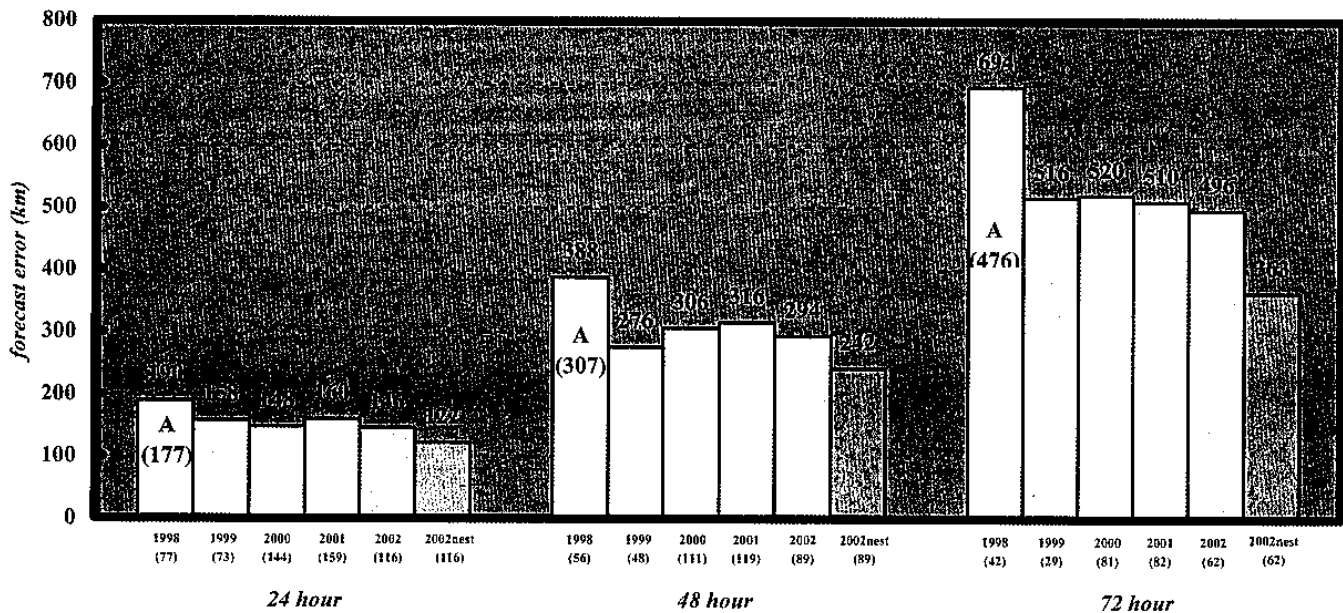
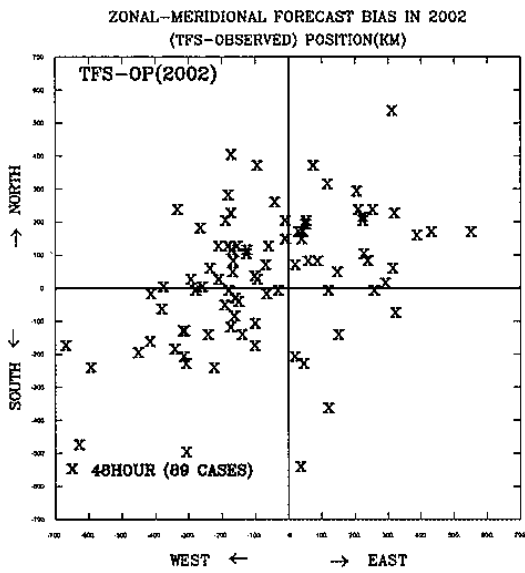
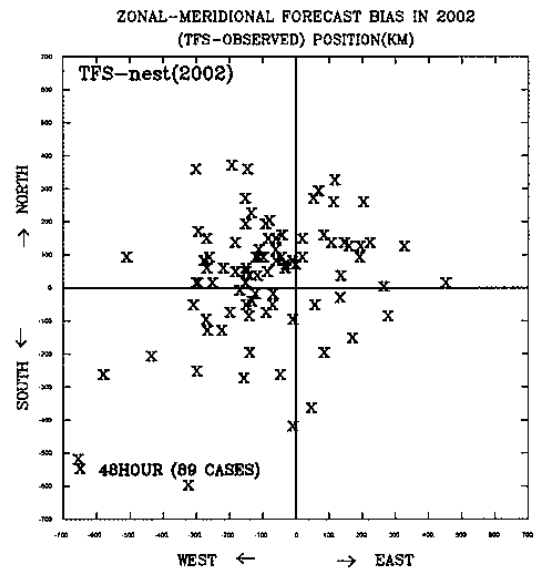


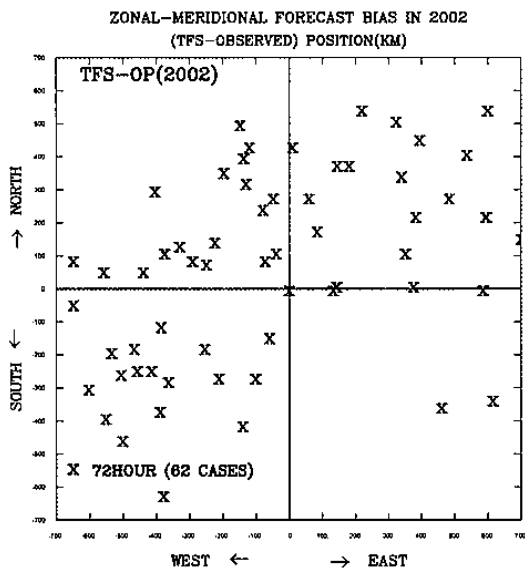
圖 4. 1998 年至 2002 年 TFS 之 24/48/72 颱風預測路徑平均距離誤差。橫軸括弧內為颱風個案數。(A 點為 1998 年去掉 REX 颱風個案的平均距離誤差值)



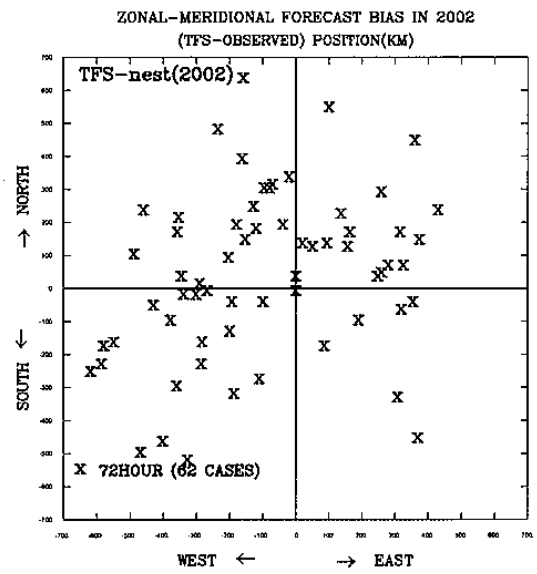
(a)



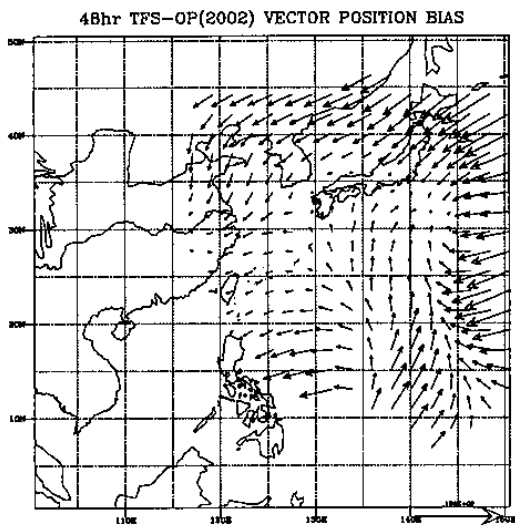
(b)



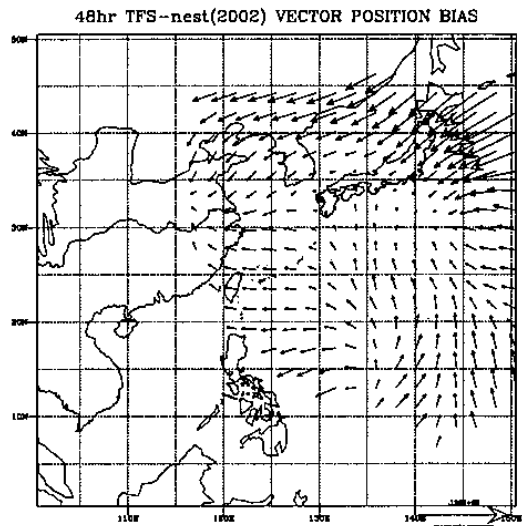
(c)



(d)



(e)



(f)

圖 5、a~d 為 2002 年的 48 及 72 小時颱風路徑預測誤差(單位為公里)在東、西、南、北分量上之分布圖(a、c 為 TFS-OP 之誤差，b、d 為 TFS-nest 之誤差)。e 為 TFS-OP、f 為 TFS-nest 的 48 小時預測位置之偏差向量。