

# 中央氣象局新區域預報系統的建置與研發

柳再明\* 林淑卿 張美玉

中央氣象局

劉其聖

美國海軍實驗室

## 摘要

中央氣象局新區域預報系統(NFS)，為四階定差，三層巢狀網格(45/15/5)公里，垂直 30 層之非靜力平衡模式。就 48 小時預報而言，高度場的平均誤差，約在正負 20 公尺內。溫度場的平均誤差，約在正負 1.5 度內。SI 得分方面，海平面氣壓部份約在 65 上下，500 百帕部份約在 45 以下。在降水量之模式加速的現象方面，Arakawa-Schubert 積雲參數法沒有如此現象，郭氏積雲參數法則明顯，幾乎前 12 小時的降水預報，都是處於加速階段。

## 一. 前言:

中央氣象局新區域預報系統(NFS)，已於 88 年 5 月初上線平行作業測試(尚為靜力平衡版，預計 89 年底會完成非靜力平衡版)。NFS 為四階定差，三層巢狀網格(45/15/5)公里(見圖 1)(格點數 191x127/145x139/61x91)，垂直 30 層之非靜力平衡模式，水汽的動力平流方面有 Hsu 與 Arakawa 正定法(Hsu and Arakawa 1990)可供選擇，當網格解析度到達對流尺度時，更能凸顯正定水汽平流法的重要性，尤其是在垂直平流方面，當然較之四階定差法，正定法會花費更多的電腦計算時間。模式採用 split-explicit 法處理前三個速度較快的重力波，也使用四階頻散，以 120 秒為積分時距，每天執行兩次(0000UTC 與 1200UTC)，每次預報 72 小時。

模式的物理部份，幅射參數化方面採 Harshvardhan 等(1987)法處理，邊界層參數化方面採 TKE E- $\epsilon$  法處理，而降水模擬部份，對流性降水參數化方面有 Kuo(1974) 以及 Arakawa and Schubert(1974)可供選擇。大尺度降水參數化方面有層狀降水參數法以及雲冰與雲水的降水參數法(Zhao 1997) 可供選擇。

## 二. 初步測試結果:

### (1) 側邊界的處理

NFS 有兩種側邊界的處理方式，其為 Perkey 和 Kreitzbery(1976)(P-K 法)以及 Davies(1983)。它們都是屬於海綿邊界條件(sponge boundary)

\*聯絡資料：柳再明， <rfs@cwb.gov.tw>，tel@02-2349-1266, fax@02-2349-1279, 台北市公園路 64 號。

condition)，亦即在側邊界附近的幾個網格點(本區域模式中取七層格點資料來處理)，設定虛假的摩擦效應，來吸收進出邊界波動的能量。

在研究及作業方面結果顯示，圖 2 是計算 500 百帕全場質量，隨預報時間的變化情形。圖中指出 60 公里格組使用 P-K 法的結果(◆形斷線)，500 百帕全場質量，隨預報時間有一路損失的現象，至 48 小時預報有近乎一個百分點的質量降低(以 500 百帕平均高度 5 公里來說，即降低了約 50 公尺，約一條等值線)，當我們提高模式解析度至 45 公里時(■形點線)，此種質量損失的現象更為明顯，至 48 小時預報有近乎二個百分點的質量降低(在 500 百帕上降低了約 100 公尺，即約兩條等值線)，45 公里的 Davies 法(▲形實線)則有較佳的質量維持，其線的走勢有隨預報時間，質量增減高低起伏的自然變化(區域模式因為是開放空間質量有進出，沒有也不必要有質量保守的特性)，不若其他兩條線，質量隨預報時間一路損失。

這裡的測試結果比較，我們不排除我們的 P-K 法其程式碼尚不完善(尚有錯誤)，因此此報告，僅為本區域模式側邊界方法的測試結果比較，不代表 P-K 法與 Davies 法二者的結果比較。

區域模式側邊界的強迫，是來自全球模式的預報資料，在側邊界的細部處理方面，我們尚且對側邊界風場有做質量保守的調整。而為了要有較佳的側邊界表現，以及正確使用全球模式的預報資料，我們在側邊界上以全球模式的地形，混合區域模式的地

形來使用。在使用全球模式預報資料的七層側邊界部份,完全使用全球模式的地形,以確保全然正確使用全球模式側邊界的資料(當經由地形推算地面氣壓後,才能得到和全球模式 $\sigma$ 面上完全一致的氣象資料,尤其是在邊界層的風場部份,因區域模式的地形較全球模式的地形為高,若在側邊界使用區域模式的地形,因取到較高處的資料,邊界層的風場必然過大)。然後由第八層至十一層共計四層,區域模式的地形以0.2,0.4,0.6,0.8 權重漸增的方式逐漸過渡,在第十二層(含)之後,回復僅使用區域模式的地形。

區域模式和全球模式之間或許是網格解析度的差異,或許是天氣尺度秉性因模擬物理參數化的差異,動力處理方式的差異,以及網格解析度不同的加成效應,使得 NFS 預報圖的邊界不平滑。這是因為區域模式,和全球模式二者之間太多的不一致導致邊界不平滑。當有全球模式地形混合的其邊界表現,比無全球模式地形混合的為差,其顯示的意義是在於有全球模式地形混合的,在邊界上更突顯全球模式的特性,更擴大和區域模式二者之間的不一致,以致於其邊界表現比無全球模式地形混合的為差。

區域模式原限於電腦容量,僅能採用 12 小時間距更新的全球側邊界預報資料,近來在客觀條件許可下,我們採用 6 小時間距,遠較原時距更為密集之全球側邊界預報資料更新的作業方式。個案測試結果顯示就 5880GPM 等值線的範圍而言,6 小時的較之 12 小時的,更為接近分析場,且 6 小時的結果在側邊界的預報,比 12 小時的較為平滑較佳,或許是 6 小時較短間距的資料更新,比 12 小時有較理想的連續性預報資料提供。500 百帕高度場平均誤差指出,使用較短間距(6 小時),較之較長間距(12 小時),有較小幅度之日夜變化,因此平均誤差的上下範圍也較小。

## (2) 降水參數化的測試

積雲參數化方面,我們測試郭氏積雲參數法(Kuo, 1974)與 Arakawa-Schubert 積雲參數法(Arakawa and Schubert, 1974)。初步測試結果指出,在副熱帶高壓的預報方面,Arakawa-Schubert 積

雲參數法似乎比郭氏積雲參數法來的好。在降水量之模式加速的現象方面,Arakawa-Schubert 積雲參數法沒有如此現象,郭氏積雲參數法則明顯(幾乎前 12 小時的降水預報,都是處於加速階段)。對於整體梅雨鋒面降水的模擬方面,郭氏積雲參數法與 Arakawa-Schubert 積雲參數法兩者約相當。

層狀降水參數化方面,我們測試大尺度降水參數法與雲冰與雲水的降水參數法(Zhao, 1997)。初步測試結果指出,冰與水的降水參數法較之大尺度降水參數法,在郭氏積雲參數法方面差別不大,僅降水量總合曲線前者較平滑。而 Arakawa-Schubert 積雲參數法,在冰與水的參數法卻產生相位偏移的現象。電腦時間的比較方面,Arakawa-Schubert 積雲參數法約比郭氏積雲參數法多花一成的電腦時間,冰與水的降水參數法約比大尺度降水參數法多花近三成的電腦時間。

## (3) 平行測試計算得分

圖 3 是高度場(圖 3a)以及溫度場(圖 3b)48 小時預報的平均誤差,而圖 3c 是 S1 得分,圖中'x'是正式作業,'o'是平行測試。2 月 1~8 日這段期間,比較使用 12 小時(x)和 6 小時(o)側邊界的差別,高度場的平均誤差(圖 3a)指出'x'的符號都涵蓋住'o'的符號,意即使用較短間距 6 小時(o),較之較長間距 12 小時(x),有較小幅度之日夜變化,因此平均誤差的上下範圍也較小。此段測試在溫度場的平均誤差(圖 3b)以及 S1 得分(圖 3c)差距不易分辨。

2 月 8~15 日這段期間,測試比較模式垂直層數 21 層(x)和 30 層(o)的差別,所有圖中都不易辨識兩者差距。30 層與 21 層垂直層數的結果約相近,原因可能是客觀分析的層數尚停留在 16 層,初始場的垂直解析度不及模式預報的解析度,所以無法凸顯模式提高垂直層數的效益。日後當客觀分析的層數能同比例提高,我們相信能得到模式垂直層數提高的明顯效益。

2 月 15 日~3 月 15 日這段期間,測試比較 Kuo 法(o)與 Arakawa-Schubert 法(x)的差別。高度場的平均誤差在高層 300 百帕指出,Kuo 法(o)比 Arakawa-Schubert 法(x)較接近分析場,而溫度場的平均誤差

顯示, Arakawa-Schubert 法(x)的溫度預報在中高層過高, Kuo 法(o)的溫度預報在低層過低, 總和來說, 以高度場與溫度場的平均誤差顯示, Kuo 法比 Arakawa-Schubert 法有較佳的預報。

圖 3a 的高度場平均誤差部份, 一月下半月有較大負值, 其是使用 P-K 法的結果, 48 小時預報有近乎二個百分點的質量降低(在 500 百帕上降低了約 100 公尺, 即約兩條等值線), 1 月 27 日之後改為 Davies 法則有較佳的質量維持。此種現象在溫度場平均誤差與 S1 得分沒有出現, 我們認為是依據靜力平衡方程, 溫度同比例於高度的梯度, 意思是說雖然 P-K 法質量損失明顯, 但如果模式尚能維持良好的高度梯度平流, 溫度的預報應不受高度場不正常降低的影響。

圖 3 顯示 NFS 高度場 48 小時預報的平均誤差, 不論高低層變化都不大, 約在正負 20 公尺內。溫度場 48 小時預報的平均誤差, 中層較小高低層較大, 約在正負 1.5 度內。S1 得分 48 小時預報方面, 海平面氣壓部份約在 65 上下, 500 百帕部份約在 45 以下。圖 3 數值屬於冬季的得分, 屆時我們將會加上春季初夏時模式的計算得分, 涵蓋較長可達半年, 可顯示不同季節得分的變化情形。

### 三. 總結與後續工作:

上線平行作業的額外工作, 是在與作業環境的配合, 如資料的存取, 繪圖, SCORE 的計算, 預報資料傳送至 WINS 系統等。模式有三層, 各層初始場(客觀分析以及初始化)的測試建置, 模式計算時間的控制與加速(例如當編譯程度採用不同的變數, 且將使用次數較多的副程式 inline, 如此處理後模式可節省五分之一的計算時間), 另外日常預報結果守視(如正常執行, 繪圖, 高解析度衛星風, 結合颱風期間的颱風中心風場人為加密的預報特性, SCORE 等)都需花上相當多的心力。而由模式正常作業化後, 也較容易看出作業各個環結的偏差, 進而校正。模式的偵錯是最消耗時間的工作, NFS 的上線作業之前, 至少有半年以上的時間是花在偵錯的工作, 這些工作或許是來自初始場的問題, 或許是模式在編碼上, 物理上的誤失。

限於篇幅, 文中沒有仔細討論 NFS 的降水預報, 尤其是在台灣地區。大致說來 NFS 有過多的地形性降水, 尤其在迎風面的斜坡與山頂部份。此種過多的地形性降水, 不論 Kuo 法或是 Arakawa-Schubert 法都存在。我們期待非靜力平衡動力部分完成後, 加上較多雲物理變數方程的處理, 對於對流點的判定能更接近真實, 加上有較正確的雲物理過程, 因此希望在解析度較高的 5 公里格組, 能改進地形性降水過多的現象。

NFS 在表面層(surface layer)裡, 在地形上有風速太小的現象。當我們依據相似性理論(similarity theory), 由模式的最底層外推 2 公尺或是 10 公尺的風場, 風速都小於 1m/s, 檢視外推公式我們認為是 NFS 粗糙度(roughness length) $Z_0$  的解析不佳所致, 以台灣為例, 本島上  $Z_0$  幾乎都是最大設定值(為 2), 沒有空間上的變化, 用如此  $Z_0$  值使用 NFS 外推公式就會有風速過小的情形。預計我們尋求較好的  $Z_0$  值後, 將可改進 NFS 在陸地上地表風速過小的現象。另外模式背景場資料的真實度, 和模式預報的正確性息息相關, 例如地表潮濕度(ground wetness)值的範圍, 則關係著降水強度, 然而地表潮濕度僅有月平均氣候值沒有日常觀測, 因此也限制模式對於異常天氣的預報能力。

後續工作除了 NFS 模式本身非靜力平衡動力系統的建置, 以及雲物理方程變數(預計有雲水, 雲冰, 雨和雪四種)的採用外, 3DVAR 客觀分析法的測試(現採用 OI 法), 以及配合電腦硬體規格 NFS 平行處理等, 都是重要且需仔細研究測試的工作。

### 參考文獻:

- Arakawa, A. and Schubert, W.H. 1974: Interaction of cumulus cloud ensemble with the large-scale environment, part I., *J. Atmos. Sci.*, 31, 674-701.
- Davies, H. C., 1983: Limitation of some common lateral boundary schemes used in regional NWP models, *Mon. Wea. Rev.*, 111, 1002-1012.
- 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.
- Perkey, D. J. and Kreitzberg, C.W., 1976: A time dependent lateral boundary scheme for limited-area primitive equation models, *Mon. Wea. Rev.*, 104, 744-755.
- Zhao, Q., Black, T. L. and Baldwin, M. E., 1997: Implementation of the cloud prediction scheme in the eta model at NCEP, *Weather and Forecasting*, 12, 697-713.

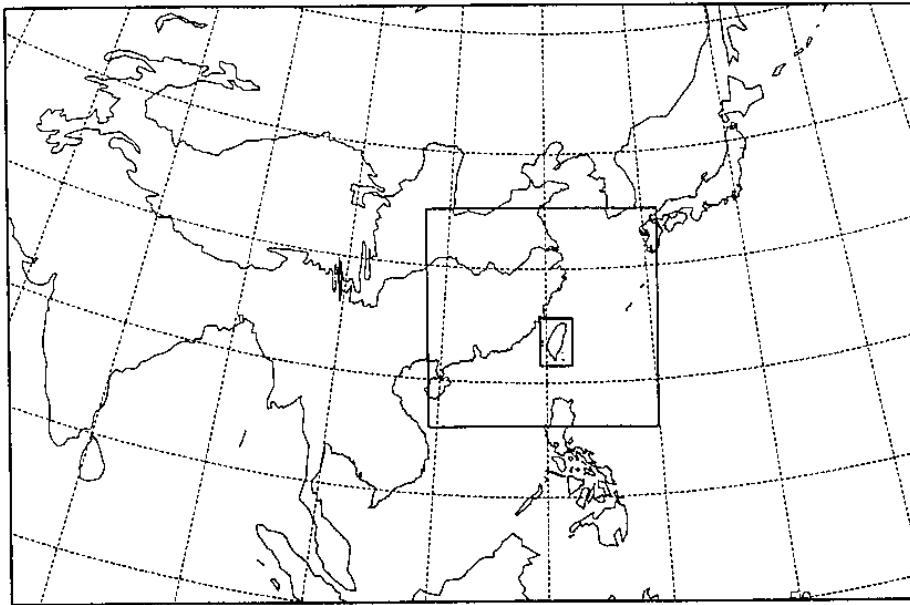


圖 1. NFS 三層巢狀網格(45/15/5)公里範圍。

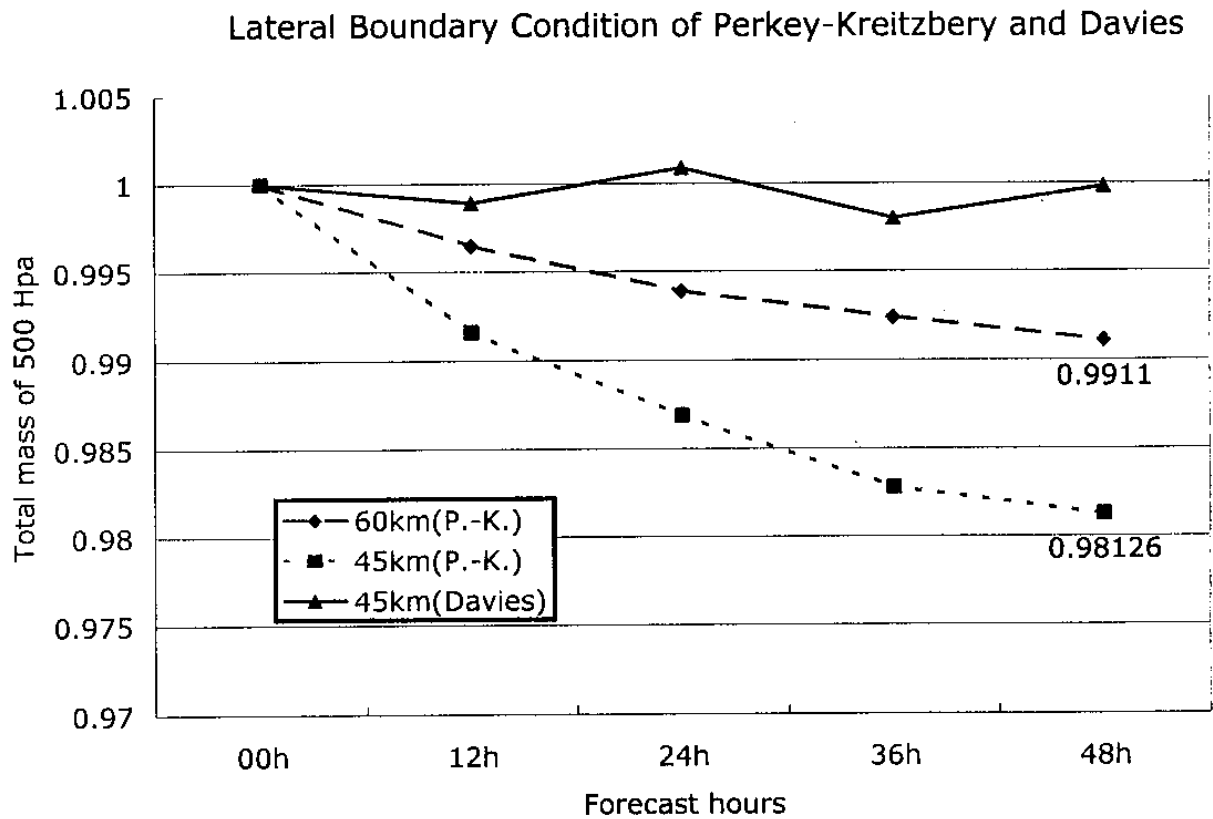
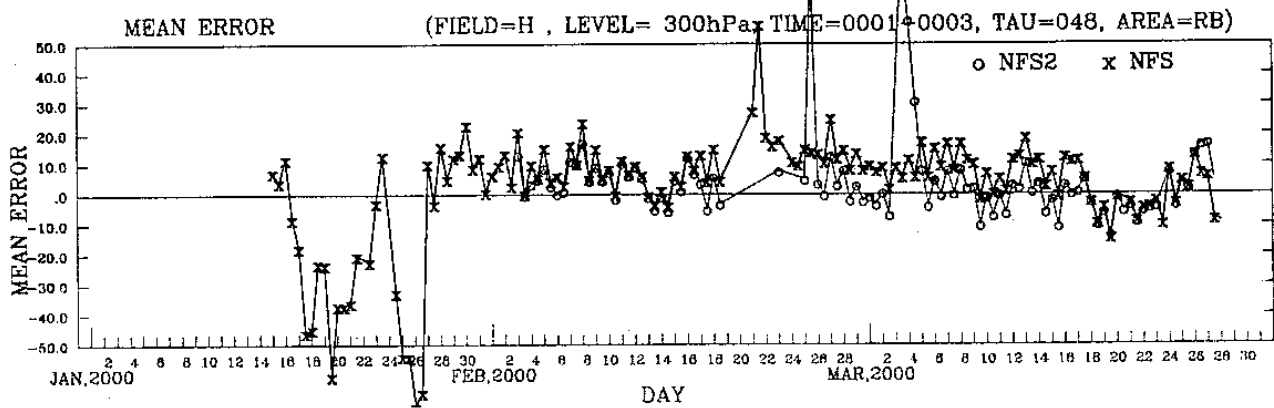
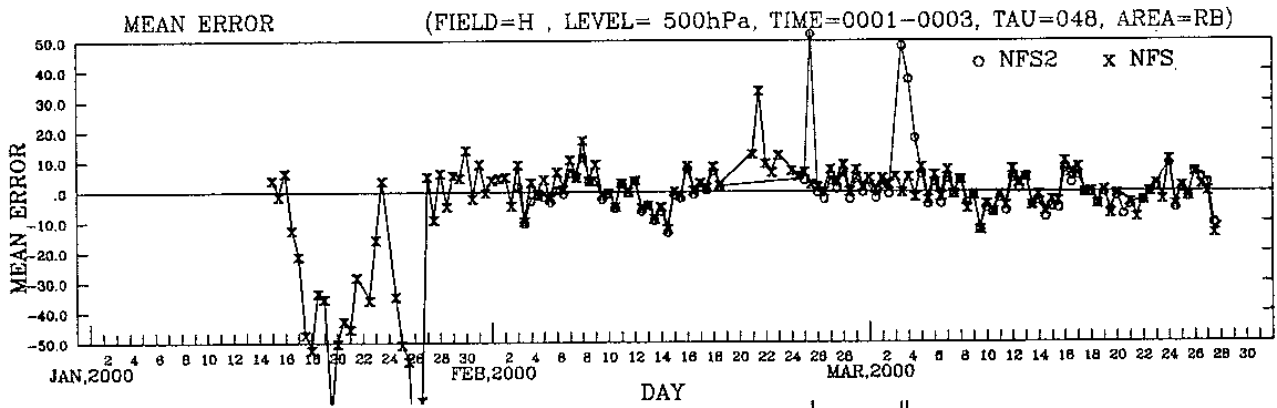
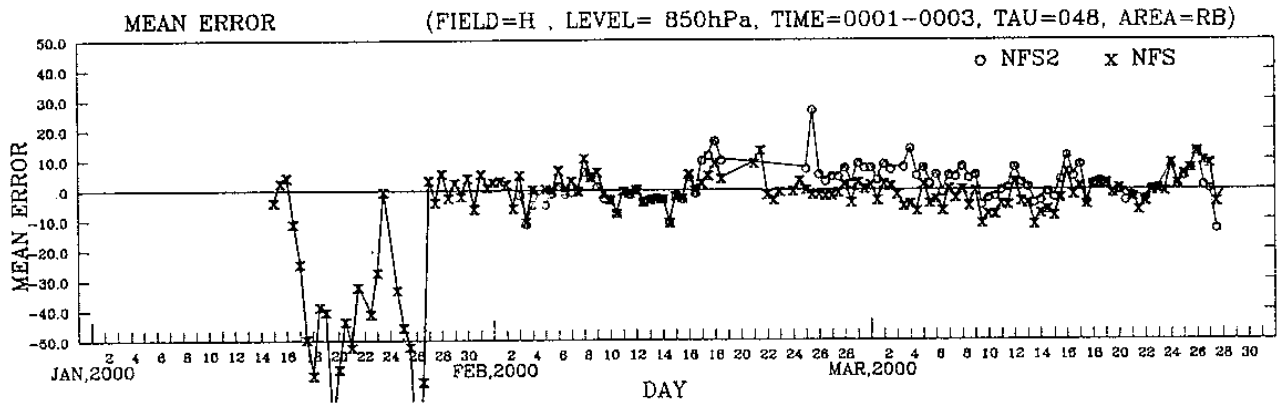
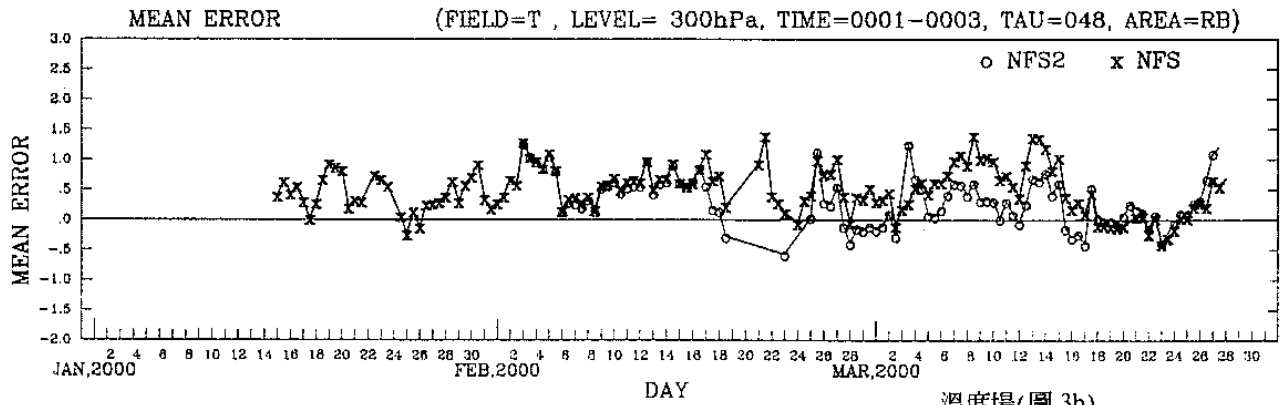
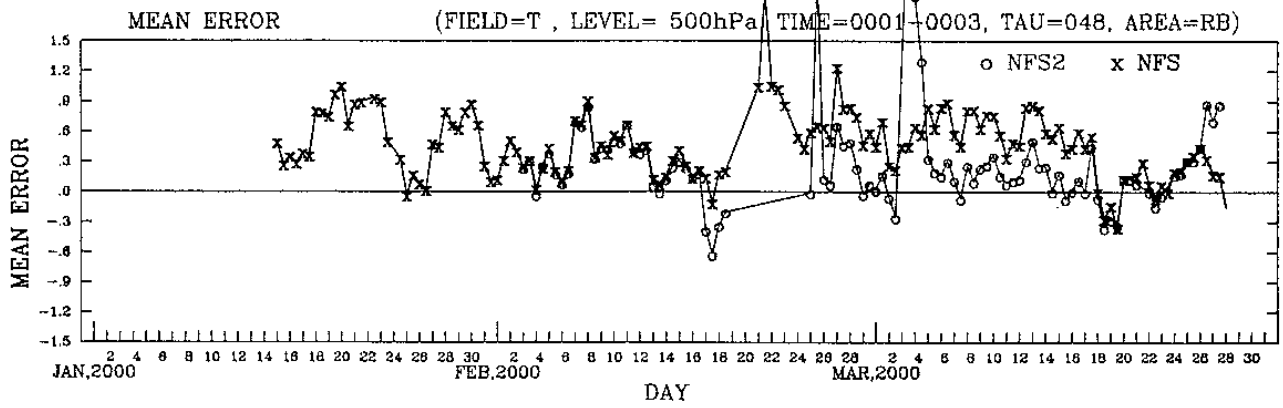
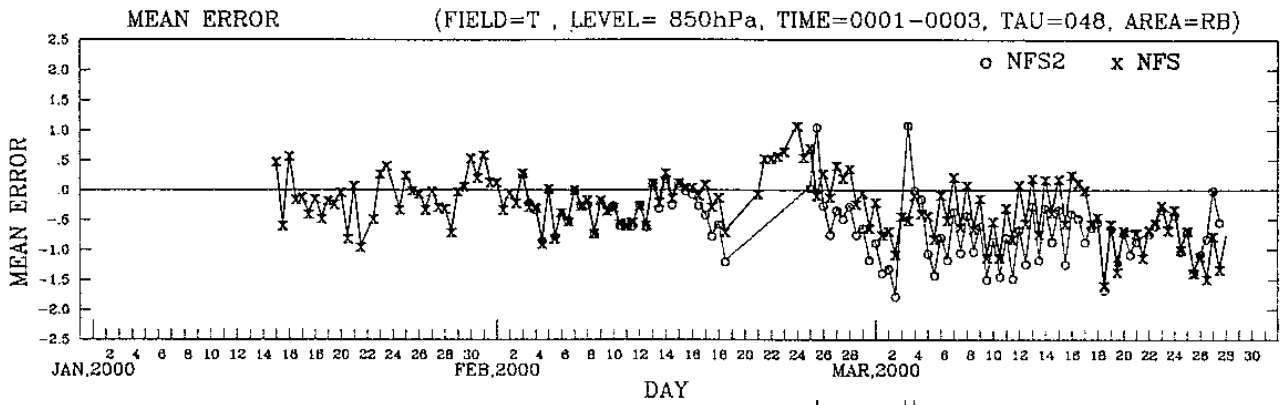


圖 2. 是計算 500 百帕全場質量, 隨預報時間的變化情形。圖中 60 公里格組使用 P-K 法 (◆形斷線), 45 公里使用 P-K 法 (■形點線) 45 公里的 Davies 法 (▲形實線)。



高度場(圖 3a)

圖 3. 是高度場(圖 3a)以及溫度場(圖 3b)48 小時預報的平均誤差,而圖 3c 是 S1 得分,圖中'x'是正式作業, 'o'是平行測試。



溫度場(圖 3b)

