

NCAR 中尺度模式的預報校驗

郭英華

美國國家大氣研究中心

摘要

一、前言

模式的預報校驗是模式發展裡很重要的一環。透過預報校驗，我們對一個模式的預報能力可以有一個客觀的評估。我們也可以看出一個模式的系統性誤差。對於模式的優缺點的了解可以提供我們對於模式未來發展的一個方向。

郭 (1992) 在中央氣象局主辦的天氣分析與預報的研討會上報告了 NCAR 為 STORM-FEST 所做的中尺度數值天氣預報。1992 年 2 月 1 日到 1992 年 3 月 15 日，NCAR 的中小尺度氣象組使用 NCAR/Penn State 中尺度數值天氣預報。由於在 STORM-FEST 期間為了實驗的需要增加了很多特殊的中尺度觀測。這些資料提供了一個評估模式預報的機會。本文的主要目的在於討論 NCAR/Penn State 模式-MM4 的初步校驗結果。

二、實驗設計

在 STORM-FEST 期間，我們使用的 MM4 模式包含了三個嵌套網格。A 網格的格距為 180 公里，B 網格距為 60 公里，C 網格則為 20 公里。這三個網格的垂直分辨率均為 27 層。我們的模式校驗將集中在 20 公里的 C 網格範圍。

圖一顯示 C 網格的涵蓋範圍。在這個範圍內 STORM-FEST 的特殊觀測包含了 18 個測風儀 (Profiler)，12 個 NCAR 的 CLASS 探空站，及 12 個

NWS 的探空站。在特殊觀測期間，測風儀提供每小時的高空風報告，而探空站則提供 3 小時一次的探空資料。另外，在地面也有一百多個測站，提供 5 分鐘一次的觀測，這些資料對模式的校驗非常重要。

我們在 STORM-FEST 的實驗裡挑選了 8 個個例均有長達 36 小時的特殊探空資料。

三、結果與討論

圖二表明了地面 (或模式最底層) 的校驗結果。我們把模式的預報內插到地面測站位置。然後，直接與地面測站的觀測做比較。經過 8 個個例一百多個測站的平均後，我們把結果依據當地的時間劃出來。由圖二我們可以看到模式在清晨 5 點時比觀測暖約 2°C 。到了下午二點則比觀測冷約 3°C 。模式的預報誤差有很明顯的日變化。白天太冷，晚上太熱。這裡顯示模式所預報的日夜溫差變化沒有觀測的大。氣壓的誤差約在 1 mb 左右，也有明顯的日變化。地面的比濕平均而言誤差很小。

有探風儀提供的每小時風場觀測。我們可以對模式做相當細的校驗。圖三表明了模式用探風儀的觀測所做的校驗。我們首先把模式的預報風場內插到探風儀的觀測位置。然後，我們直接比較模式與觀測的風場。圖三為 8 個個例，18 個探風儀的平均結果。我們可以看到在初始時刻，模式的風場 RMS 誤差約在 $3 \sim 4\text{ms}^{-1}$ 。模式的誤差隨時間增加，到了

18 小時預報，250mb 的誤差已達到 10ms^{-1} 。到了 36 小時預報高空風的誤差達到 12ms^{-1} 。這個結果顯示模式的風場預報誤差在於高層高空激流的位置。700mb 的誤差，即使到了 36 小時也祇有高空風場誤差的一半。

我們也同樣地，使用 3 小時的探空資料對模式的溫度場及濕度場的校驗。圖四為 24 個探空，8 個個例，36 小時的平均溫度 RMS 誤差。這個結果顯示模式的誤差主要發生於 850mb 以下及高層 300mb 以上。中層 850mb 到 300mb，模式的誤差約為 1.2°C 。高、低層的誤差則可達 2°C 以上。高層的誤差可能與模式對於對流層頂好壞有關。低層可能是受到模式 PBL 及地表參數化的影響。

圖五顯示了模式的水汽場（相對溫度）的系統誤差。在初始時刻模式的偏離誤差 (Bias error) 小於 5%，然而，隨著預報的增長，模式的高層 Bias error 也逐漸加大。到了 36 小時，模式的偏離誤差在 350mb 左右高達 30%。500mb 以下，模式的偏離誤差則維持在 10% 以下。模式的預報在高空比觀測濕很多，可能是受到模式的降水參數化的影響。我們選出一個個例，改變降水參數化，發現確是如此。

在 STORM-FEST 期間，NGM 是美國氣象中心的主要區域預報模式。因此，我們有必要也對 NGM 做校驗，並與 MM4 比較。圖四、圖六與圖七比較了這兩個模式的校驗結果。就溫度場的 RMS 誤差而言，這兩個模式的表現相當接近，互有優劣點。對風場的 RMS 誤差而言，NGM 在 500mb 以下與 MM4 非常接近，然而到了高層，其誤差則比 MM4 大。到了 300mb，NGM 的 RMS 風場誤差比 MM4 大了約 1.3m/s 。NGM 的濕度場預報比 MM4 差了很多。圖七顯示模式的比濕偏離誤差，NGM 比 MM4 大了三倍以上。雖然 MM4 在做這個預報實驗之前沒有做什麼仔細的調整 (tuning)，它的預報能力還是比 NGM 好。這裡顯示 20 公里格距的中尺度模式在未來的短期預報的作業上有很好的前途。

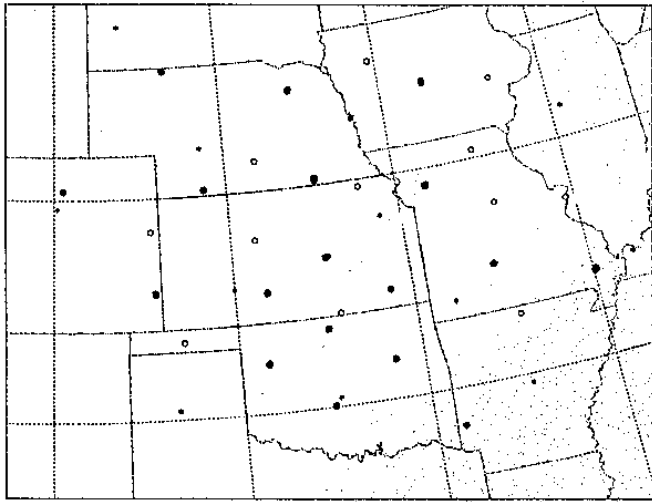
四、結語

本文對 MM4 模式在 STORM-FEST 期間的預報

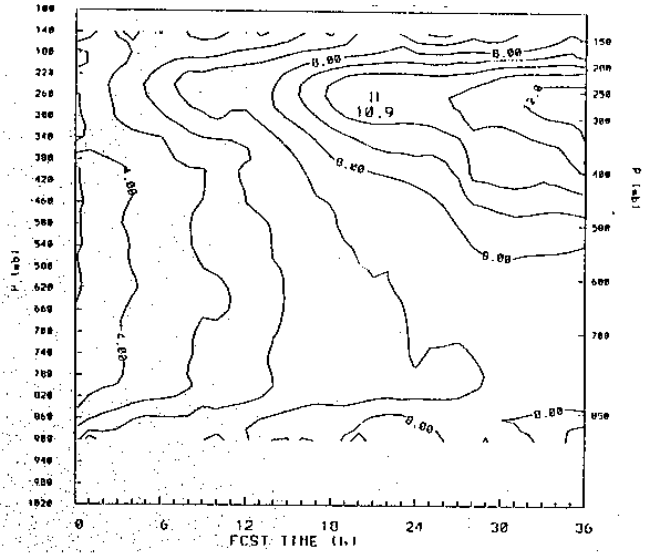
做了一次校驗，結果顯示模式的主要系統性誤差為：

- (一)模式的風場誤差主要在高空激流的位置。模式的濕度誤差主要發生於對流層頂及邊界層。
- (二)模式的水汽場在高空有相當大的濕偏離。相對濕度的誤差主要源於模式的降水參數化。
- (三)模式的溫差日夜變化比觀測小。誤差來源可能來自模式的邊界層及地表參數化。
- (四)MM4 模式在 STORM-FEST 預報期間比 NGM 有較好的預報表現。MM4 的優點表現在高空風場及水汽場的預報。

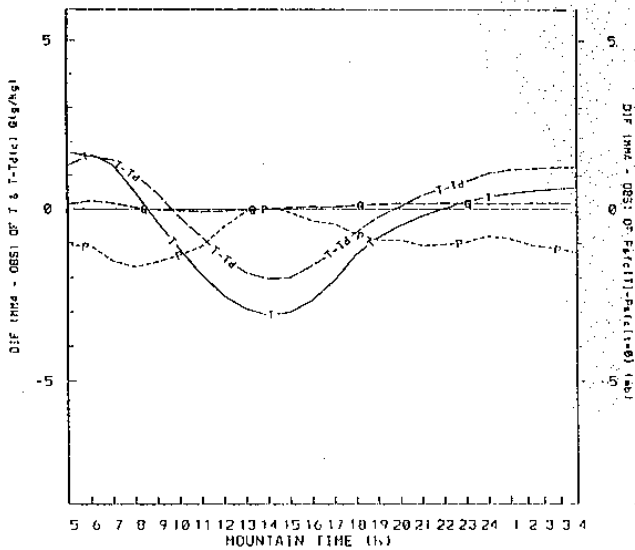
這些校驗的結果指出未來模式的發展方向。如果我們要改進中尺度模式的預報，我們必須繼續加強降水參數化及邊界層參數化的研究。



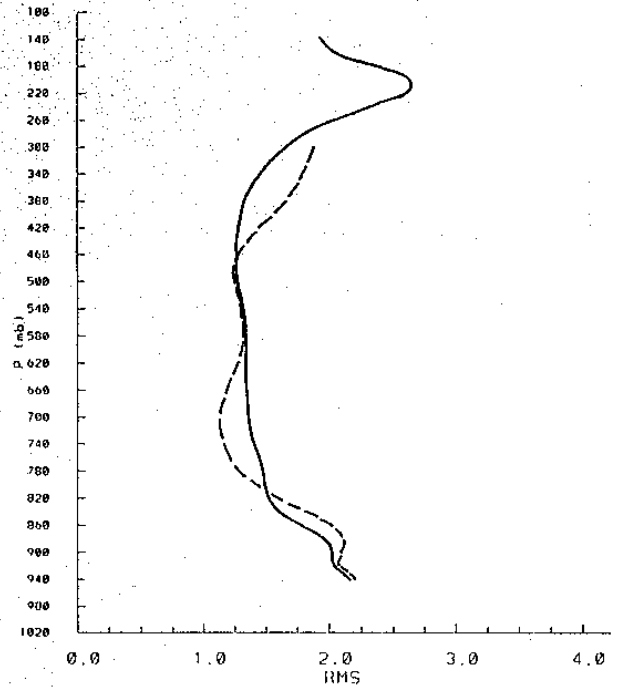
圖一 NCAR/Penn State 模式 C 網格的涵蓋範圍。"." 為高空探風儀位置，"o" 及 "*" 則分別為 CLASS 及 NWS 的探空站位置。



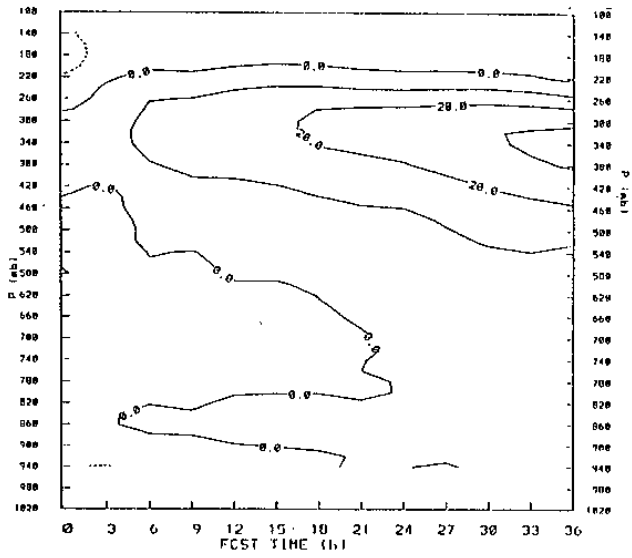
圖三 MM4 模式對探風儀的校驗結果。此為 RMS 誤差，8 個個例的平均結果。



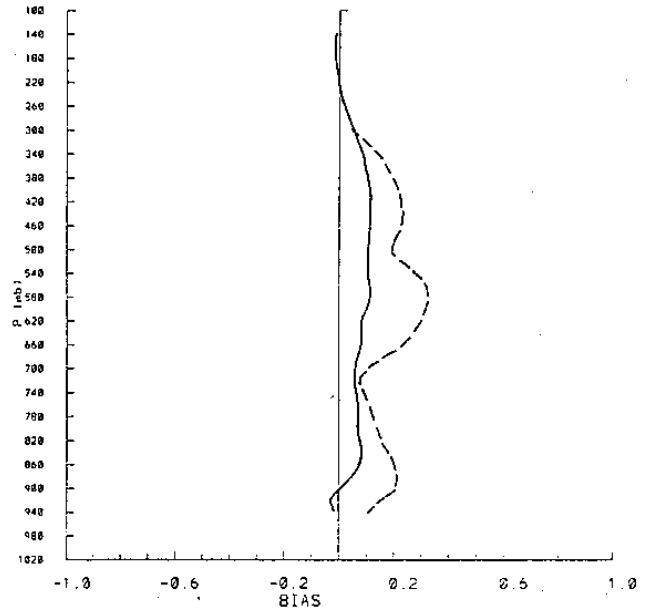
圖二 MM4 模式的地面預報校驗。此為系統性偏離誤差 (bias error)。是經過 8 個個例，一百多個測站的平均的結果。



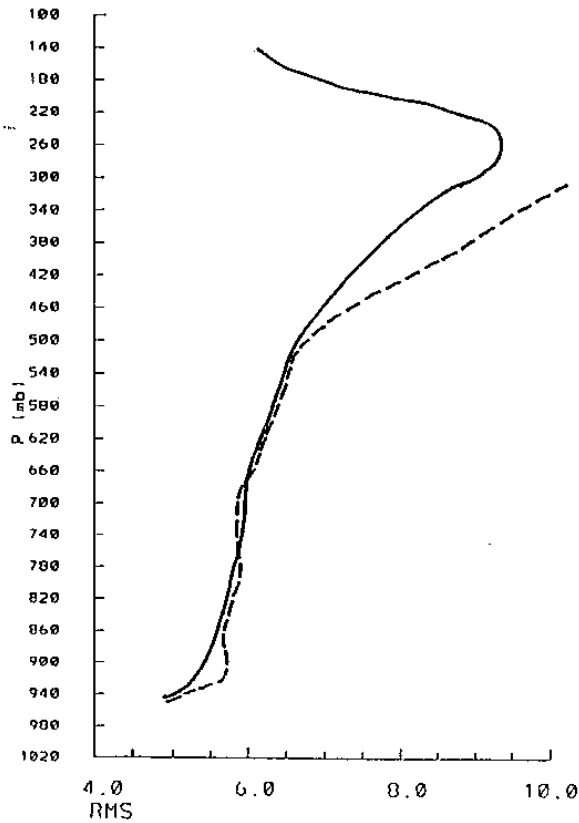
圖四 MM4 模式對 24 個探空站溫度的校驗結果。此為 RMS 誤差，8 個個例，36 小時的平均結果。虛線為 NGM 的校驗結果。



圖五 MM4模式對24個探空站，相對濕度的校驗結果。此為Bias error，8個個例的平均。



圖七 MM4 (實線) 與NGM (虛線) 比濕的Bias Error，8個個例，36小時的平均結果。



圖六 MM4 (實線) 與NGM (虛線) 風場RMS誤差，8個個例，36小時的平均結果。