

定量降水預報校驗技術分析：格點和觀測點之校驗

洪景山、呂玉璇
中央氣象局

摘要

本研究主要是針對氣象上常用之定量降水預報校驗技術，包括公正預兆得分 (Equitable Threat Score, ETS) 及偏離指數 (Bias) 得分，探討分別在模式格點與觀測點上進行校驗之技術得分的差別，並進一步分析校驗得分、模式格點解析度和與雨量站密度 (解析度) 三者之相關。

研究結果顯示，在模式格點和測站上計算之 ETS 得分相當接近，但是 bias 得分則有系統性的差異。基本上，當模式網格解析度較雨量站解析度低時，在觀測點所計算之 bias 得分在小雨區會比在模式格點所計算之得分來得高，大雨區則較低，隨著網格解析度的提高，兩者 bias 得分差異也隨之變小，當模式解析度與觀測系統密度接近時，其得分趨於一致。校驗結果在不同計算系統上的差異主要是由於較粗解析度之格點系統內插至觀測點之解析誤差所導致。

一、前言

定量降水預報是當前氣象作業與研究最重要的議題之一，在研發定量降水預報技術與方法之時，有關預報結果的定量評估，亦即定量降水預報校驗技術的發展與評估，是隨之衍生的另一個議題。所有的預報均必須歷經校驗，方得以凸顯出其參考價值，但另一方面，選擇適當的校驗技術也是必要的，原因之一是適當的校驗技術可以提供對預報結果的正確詮釋，再者，適當的校驗技術必須要能適當地反映出預報的差異，如果校驗技術太敏感，則難以得到一致性的結論，反之，若太不敏感，則無法凸顯出模式發展過程中預報能力的變化。

模式解析度提升是否會伴隨定量降水預報能力提升？這個問題至少可以分成兩個面向來討論，第一，模式解析度提升後模式的大氣過程改善了嗎？Olson et al. (1995) 和 Stensrud et al. (2000) 指出當模式解析度提升後，模式的物理參數化過程仍有大幅改善的空間，而許多中尺度過程 (例如颶風) 仍很難在模式中正確預報。Gallus and Segal (2001) 以及 McDonald and Horel (1998) 指出，美國 NCEP 的定量降水預報校驗得分已經很難隨著解析度的提升而持續進步。Mass et al. (2002) 則同意模式解析度提升後未必會提升預報能力，但在高解析度模式模擬出來的局部環流與中小尺度天氣系統會較接近真實，因而高解析度模擬仍具有參考價值。

第二個面向是，校驗的方法是否能正確反映出模式的進步？Gallus et al. (2002) 指出，將高解析度 (10公里解析度) 的模式預報場進行格點平均導出低解析度 (30公里解析度) 的模式預報場後，預報校驗技術得分反而增加。Tustison et al. (2001) 也指出，在觀測點上進行定量降水預報校驗 (也就是模式格點資料內插至觀測點進行校驗) 時，較粗的模式解析度會有較大的解析誤差 (representativeness error)，因此，模式解析度提高

時可能可以改善解析誤差，並進而提升校驗得分。反之，如果在模式網格點進行校驗時 (也就是觀測點資料平均至模式格點進行校驗)，較粗的模式解析度反會有較小的解析誤差，因此當模式解析度提高時反倒使校驗得分下降。Gallus et al. (2002) 並認為 NCEP 定量降水預報校驗的技術得分無法隨著解析度提升而持續增加，有可能是 NCEP 均在模式格點進行校驗之故。

由以上之分析可知，校驗得分與模式網格解析度和觀測解析度兩者之間存在著不確定性的關係，這個不確定性部分來自模式技術，部分則是來自校驗技術本身，特別是後者，實有必要進一步釐清其不確定性，以使正確應用在模式定量降水預報校驗，並據以提出模式研發改善的依據。

本研究主要是針對氣象上常用之定量降水預報校驗技術，包括公正預兆得分 (Equitable Threat Score, ETS, Schaefer 1990) 及偏離指數 (Bias) 得分，探討分別在模式格點與雨量站上進行校驗之差別，並進一步分析校驗得分、模式格點解析度和與雨量站密度 (解析度) 三者之相關。俾以提供作業或研究單位進行定量降水預報校驗參考之用。

二、校驗方法與資料說明

本研究主要是針對氣象上常用之定量降水預報校驗技術，包括公正預兆得分 (Equitable Threat Score, ETS) 及偏離指數 (Bias) 得分，探討分別在模式格點與雨量站上進行校驗之差別。ETS 是在計算除了模式與觀測皆無降水且不是隨機猜中的情況下，模式正確預測降水的機率，ETS 分數愈高代表模式降水預報愈準確，其定義如下：

$$ETS = \frac{H - R}{F + O - H - R}$$

上式的 F 為預測降水的次數， O 為觀測降水的次數， H 代表預報與觀測皆有降水的次數， $R = FO/N$ 為隨機可正確預測降水的次數， N 為預報次數與觀

測次數之和。偏離係數 $Bias = F/O$ ，即模式預測降水次數與觀測降水次數之比，當 $Bias$ 值大於 1 代表模式高估降水次數，小於 1 則代表模式低估降水次數。

模式預報資料為使用中央氣象局作業之區域預報模式 NFS 之三層巢狀網格的降水預報資料，其解析度分別為 45、15 和 5 公里。模式預報校驗之時間間距為 12 小時，自 0~72 小時共 6 個時段。校驗的個案為 2006 年 4~6 月每個月之模式預報（限於篇幅，本文以 5 月份之分析結果為主），如此將可有效提升取樣的數目，以增加統計的代表性。

觀測資料為台灣本島 362 個自動雨量站資料，測站分佈如圖 1 所示。本研究分別在模式格點（簡稱為格點系統）與觀測點（簡稱為測站系統）進行校驗，當在格點系統進行校驗時，模式降水本來就在格點上，無須特別處理。但是觀測降水則必須進一步處理並內插至格點上，在此，我們的作法是以每個格點為中心，0.5 個網格距離為半徑，選取此一圓周掃描範圍內所得之測站資料，取其平均以代表格點之降水觀測，如果掃描範圍內沒有測站，則此格點便不列入校驗。NFS 45/15/5 公里解析度可被校驗的網格數目分別為 22/129/282，模式格點分佈、數量與觀測站之相關如圖 2 所示。如圖所示，在本文的計算設計下，並非每一個格點都有對應的觀測，也不是每一個觀測站都能被用來校驗。當在測站系統進行校驗時，觀測雨量不需進行額外處理，但是模式格點預報降水則需進一步內插，以轉換到測站點上，我們的做法是以該測站周圍 4 個網格點的算數平均代表該測站之模式預報，如此每次預報將可以有 362 個取樣數目（如圖 1），每月的取樣數目可達 10000 個以上。

三、 結果分析

圖 3 是分別在測站系統與格點系統上所計算之模式 36-48 小時預報和觀測之平均降雨量。其中測站系統之模式雨量為格點預報值內插至測站點的雨量（共 362 個測站），反之，格點系統之觀測雨量為測站觀測內插至格點的雨量（分別為 22、129、282 個格點）。圖 3 顯示，就平均雨量而言，不管是觀測或模式預報雨量，其在格點系統和測站系統的量值並沒有太大差異，這在各種解析度下都是一樣的，如圖 3a 和 3d、3b 和 3e 以及 3c 和 3f。這意味著平均雨量值不因為內插的過程而有明顯改變。

圖 4 是分別在格點系統和測站系統所計算之 $bias$ 和 ETS 得分，圖中顯示，格點系統和測站系統在不同解析度下所計算之模式定量降水預報 ETS 得分都沒有太大的差別，但是 $bias$ 得分則有明顯的差異。基本上，在小雨區，於測站系統下所計算 45 公里解析度模式定量降水預報 $bias$ 得分比格點系統來得大，在大雨區則相反，格點系統的 $bias$ 得分較高，兩者之差異在中雨區則較小。這個現象隨著網格解析度增加而變得不明顯，在 5 公里解析度時，

兩者所計算之得分則趨於一致。很顯然地，同樣的模式定量降水預報方法會因為不同計算方式而使得結果產生差異，基本上這個差異和模式解析度與觀測系統密度有關係。

如上所述，在測站系統進行 45-公里解析度模式定量降水預報時，小雨區的 $bias$ 會較在格點系統進行的校驗結果來得大，大雨區則較小。這個計算結果的原因可以如下推論。在測站系統進行校驗時，格點資料必須內插至測站點上，當模式格點解析度遠低於測站解析度時，則必須進行大量的內插，結果是大雨發生時，極端值因內插過程由格點擴散至測站時，產生較多的比極端值小的雨量預報，於是在低估大雨發生的次數，反之，在小雨和無雨之間也會因為內插過程將原本無雨的預報轉成有雨，於是高估了小雨發生的次數。而當格點解析度提高後，這種因為內插過程所導致的因素就會隨之降低，而使得兩種計算結果差異變小。

本研究指出在格點系統和測站系統進行模式定量降水預報校驗有差異，很顯然地，當格點降水內插至測站點時所導致的偏差即為 Tustison et al. (2001) 所指的解析誤差 (representativeness error)，當格點解析度遠低於測站解析度時，格點內插至測站點的過程因模式解析誤差太大而產生過多的內插偏差，因此，當格點解析度遠低於測站解析度時我們建議應在格點系統進行校驗，如此可以更真實反映出模式的預報誤差特性。當格點解析度和測站解析度相近時，兩者之計算結果差異不大，而當格點解析度遠高於測站解析度時，我們建議應在測站點進行校驗，方得以避免因解析誤差而使得內插過程產生系統性偏差。



圖 1：本研究使用之 362 個自動雨量站分佈圖，陰影為台灣地形。

四、 結論

本研究主要是針對氣象上常用之定量降水預報校驗技術，包括 ETS 和 Bias 得分，探討分別在

模式格點與觀測點上進行校驗之之技術得分的差別，並進一步分析校驗得分、模式格點解析度和與雨量站密度（解析度）三者之相關。

研究結果顯示，在模式格點和測站上計算之 ETS 得分相當接近，但是 bias 得分則有系統性的差異。基本上，當模式網格解析度較雨量站解析度低時，在觀測點所計算之 bias 得分在小雨區會比在模式格點所計算之得分來得高，大雨區則較低，隨著網格解析度的提高，兩者 bias 得分差異也隨之變小，當模式解析度與觀測系統密度接近時，其得分趨於一致。校驗結果在不同計算系統上的差異主要是由於較粗解析度之格點系統內插至觀測點之解析誤差所導致。

本研究建議，當格點解析度遠低於測站解析度時我們建議應在格點系統進行校驗，如此可以更真實反映出模式的預報誤差特性。當格點解析度和測站解析度相近時，兩者之計算結果差異不大，而當格點解析度遠高於測站解析度時，我們建議應在測站點進行校驗，方得以避免因解析誤差而使得內插過程產生系統性偏差。

參考文獻

Gallus, W. A., Jr, and M. Segal, 2001: Impact of improved initialization of mesoscale features on convective system rainfall in 10-km Eta simulations. *Wea. Forecasting*, **16**, 680–696.

- , 2002: Impact of Verification Grid-Box Size on Warm-Season QPF Skill Measures. *Wea. Forecasting*, **16**, 1296–1302.
- Mass, C. F., D. Ovens, K. Westrick, and B. A. Colle, 2002: Does increasing horizontal resolution produce more skillful forecasts? *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **83**, 407–430.
- McDonald, B. E., and J. D. Horel, 1998: Evaluation of precipitation forecasts from the NCEP's 10 km mesoscale Eta Model. Preprints, *12th Conf. on Numerical Weather Prediction*, Phoenix, AZ, Amer. Meteor. Soc., J27–J30.
- Olson, D. A., N. W. Junker, and B. Korty, 1995: Evaluation of 33 years of quantitative precipitation forecasting at the NMC. *Wea. Forecasting*, **10**, 498–511.
- Schaefer, J. T., 1990: The critical success index as an indicator of warning skill. *Wea. Forecasting*, **5**, 570–575.
- Stensrud, D. J., J.-W. Bao, and T. T. Warner, 2000: Using initial condition and model physics perturbations in short-range ensemble simulations of mesoscale convective systems. *Mon. Wea. Rev.*, **128**, 2077–2107.
- Tustison, B., D. Harris, and E. Foufoula-Georgiou, 2001: Scale issues in verification of precipitation forecasts. *J. Geophys. Res.*, **106**, 11 775–11 784.

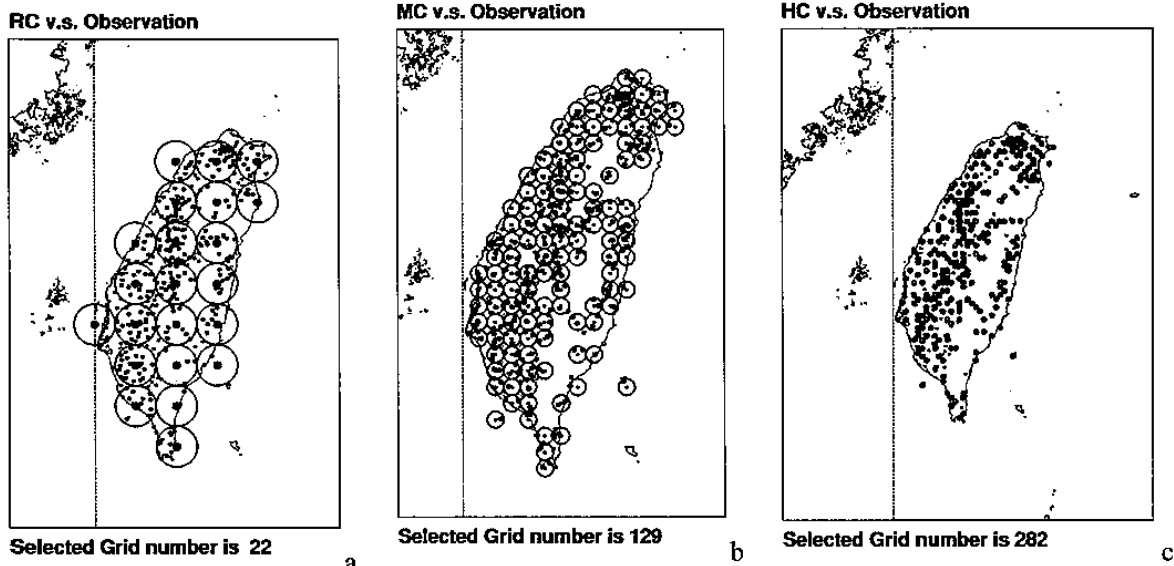


圖 2：模式網格分佈（a：45 公里，b：15 公里，c：5 公里解析度）與每個格點所選取之測站分佈（詳見內文），紅色點和灰色點分別為被選上與未被選上之雨量站，黑點為模式網格點，藍色圓圈為以網格點為中心，0.5 個網格距離為半徑的圓周。

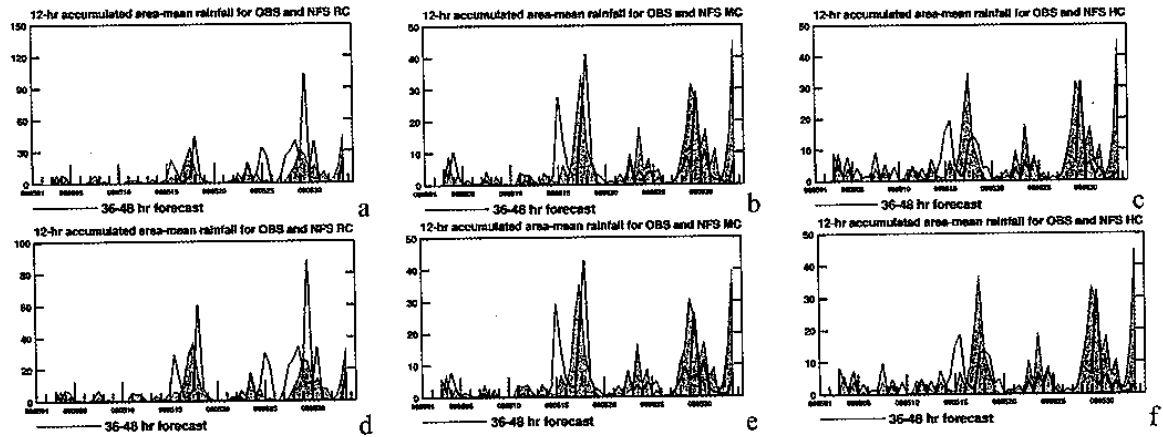


圖 3：測站系統 (a、b、c) 與格點系統 (d、e、f) 上所計算之模式 36-48 小時預報 (實線) 和觀測之平均降雨量 (陰影)，其中 a、d 為 45 公里解析度，b、e 為 15 公里解析度，c、f 為 5 公里解析度，時間為 2006 年 5 月 1 日至 2006 年 5 月 31 日。

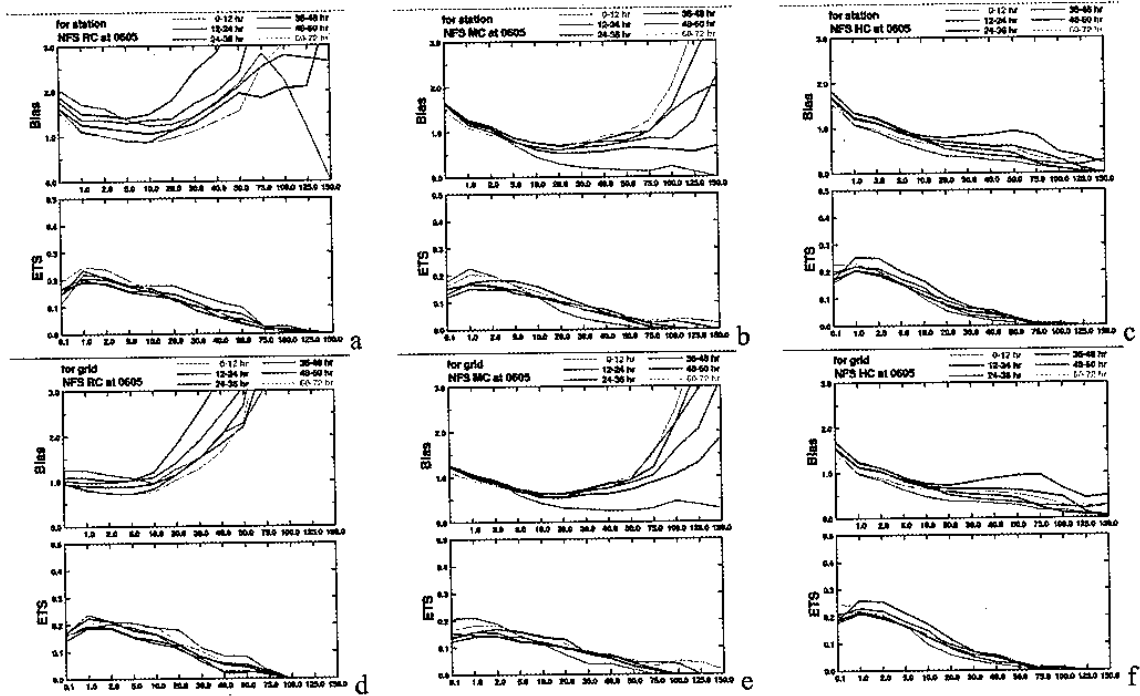


圖 4：測站系統 (a、b、c) 與格點系統 (d、e、f) 上所計算之 bias 和 ETS 得分，其中 a、d 為 45 公里解析度，b、e 為 15 公里解析度，c、f 為 5 公里解析度，校驗時間為 2006 年 5 月 1 日至 2006 年 5 月 31 日，不同顏色為不同預報時段的校驗值。