

中央氣象局降水統計預報技術之探討

陳重功 羅存文
中央氣象局科技中心

摘 要

中央氣象局的中期統計預報定量降水模式開發，應用美國氣象局的 Model Output Statistic(MOS)的分類定量降水預報模式所決定出的降水分類，再選取以該分類所建立的統計預報方程的作業預報，為該筆預報作業的定量降水量的預報指引值。提供以定量數值的預報指引，嘗試能給與應用者進一步量化的參考。本文就 2010 年 1 月的逐日 NFS(Non-hydrostatic Forecast System) MOS QPF(Quantitative Precipitation Forecast)預報進行校驗分析。顯示由於冬季的鋒面降水的分布特性，預報模式建立的資料中有發生降水的樣本數並不足夠，所以頗感模式建立的解釋度略覺不足。因此亦影響所需的決策值(Threshold value)的不穩定，至使決策出的降水分類的落點有誤差，而甚易導致選錯預報降水值。而南部與東南部地區，由於冬季多處於乾旱季節，所以兩階段的預報模式均建立的不夠充份於詮釋該區之降水變化。對於統計預報的報特徵，基本上均較 NFS 的預報累積降水的分布趨勢變並遙穩定；而 MOS 預報的結果則顯的穩定多。當然 MOS 預報對東南部區域的預報是極不顯足的，較為缺乏預報可信度。但基本上 MOS 預報的變化趨勢是有可參考價值的。

關鍵詞：MOS 定量降水預報指引

一、前言

近年來由於極劇性的降雨，所造成的區域性淹水與土石流等災害，給台灣地區帶來重大的社會不安與國力的減損。因此，對於定量降水預報的預報需求，無論在各個不同預報時間尺度上，已是預報項目中最迫切需要的主要項目；然而，對於預報技術上卻是仍處於極具挑戰性的標地。

預報作業所需的定量降水預報之提供，以動力數值模式預報的定量降水產品為主要的參考來源。然而數值模式的預報，因採用的參數化或物理條件的差異，加上存在著隨預報時間增加，而成長的預報誤差等預報不準確性的必然之問題。因此期待藉由動力統計預報技術的調整，提升預報產品的參考價值。本局的統計預報技術主要源於美國海洋大氣署的氣象技術發展實驗室(MDL)統計預報(MOS/Model Output Statistic)的架構與精神。

MDL 的 MOS 測站定量降水預報指引，以分類(Category)的型式表現(Antolik, 2000)，同時亦能提供各個特定降水值的預報機率(PoP)與降水預報之期望值(Expected values)。對於降水量期望值的預報，無法適切的反應出降水強度，但對降水預報的空間分布趨勢上，卻相對的提供較好的預報提示。此外，在短期定量降水預報技術上，Dr. Krishnamurti 的 FSU Super ensemble 模式(2009)是另外的一種方式。

就單測站而言，逐日的降水分布是不連續性的變化，相對應於所處的區域性之大氣環流天氣變數。因此，本文中的研究嘗試將降水量化的預報開發，架構於先決定是否降水及降水量的預報分類，再決定降水量的預報為多少。以下茲就所採用的模式結構與部分結果分析討論於后。

二、模式結構與資料

(一)、模式架構

本文中所採用的模式結構分為二部分：第一部分主要在於決定預報落在哪一段降水分類區間，茲就本研究中，各測站第一分類區間為 12 小時降水量在 0.5 毫米與 12.5 毫米之間，第二分類區間則為 12.5 毫米至 25 毫米間，第三及第四分類區間，各為 25 毫米至 50 毫米及大於 50 毫米以上，共四分類。此部分主要建構於 MDL 的 MOS QPF 模式方法；其中各段 PoP 預報方程的建立，此處採取各別獨立建構方式處理。共建立大於 0.5 毫米、大於 12.5 毫米、25 毫米及 50 毫米等四組預報方程；但模式建立預報方程，基於滿足統計意義的最少樣本數量為 30，對於本研究的分類情形多僅達於二至三組降水量分類。若二組則第二組的區間即為 12.5 毫米以上的所有降水例。同時依據 MDL 的製定準則，定出各個 POP 預報方程的預報決策值(Threshold value/Tv)，而此一準則主要依據尋找分布上所對應的 CSI(Critical Success Index)最大值及 Bias 值落於可接受的範圍內，達到近乎 Un-bias 的狀態。

態。上述所提各式計算量之定義詳見 Antolik(2000) 之論文。

第二部分，主要只處理各個分類區間範圍內的降水資料；落在指定區間外的資料均刪去，以此資料組建立 QPF(Quantitative Precipitation Forecast)的各個預報時段的預報方程。

在預報作業時，各測站的各個預報時段的四組 PoP 預報值，透過各別相對應的 Tv 值定出該測站於特定預報時段的預報分類落點，再依尋預報定出的分類選取 QPF 預報方程所得預報值，做為該站於該預報時段的預報降水量。若選取之預報值落在分類區間上或下邊界值之外，則以該分類區間的邊界值取代之，完成預報作業。

預報方程的建立，應用 Forward 選取相關迴歸因子方式(Neter et al. 1983)，並限制預報因子間調降共線性關係，本技術研究中，訂定為不得超過 0.4 因子間相關值。

(二)、研究資料

本研究總計使用約 433 個地面測站的降水觀測資料，其中包含中央氣象局的人工氣象觀測站、自動氣象觀測站、自動雨量觀測站及一級農業觀測站等。模式建立之資料期間，啟自 2003 年 12 月 1 日至 2007 年 4 月 30 日，共計 4 年的 12~4 月(冬季)。並使用 2007 年 12 月 1 日至 2008 年 4 月 30 日期間的資料，進行模式建立時平行篩選校驗之獨立資料組。被預報變數(Predictand)為各測站之日、夜間累積降水量(單位：毫米/12 小時)；預報變數(Predictor)為 NFS-5 公里網格距的各預報時段(forecast tau. time)500 百帕(含)以下各個變數之層場預報產品。

本文中所分析之資料，以 2010 年 1 月 1 日至 31 日為實際預報校驗分析期間。針對逐日 00Z 與 12Z 的各 5 組連續半日降水量之預報，相對應的有對照的實際觀測值(以下簡稱 MQPF)、推估的預報期望值降水量(以下簡稱 EQPF)與以實際觀測進行確定分類選項後，選取所對應之 QPF 方程的預報值(以下簡稱 OQPF)。OQPF 主要的目的在於校驗，QPF 預報方程的預報評比。

三、模式特徵分析

由於 PoP 為非連續性分布變數，而預報因子均為連續性變數，所以預報方程的 R2 值雖然通過統計檢定，但值均不高且隨著 PoP 的臨界值提高，R2 值更少；就本文中以北、中、花、恆、玉等五站而言，其值約處於 0.3 至 0.04 之間。而 QPF 基本上屬於連續性變數，R2 值較高且隨著分類區間的提升增加，約由 0.1 至 0.9 的範圍上下；主要是隨著樣本數量銳減導至 R2 值迅速提升。

整體上，就本研究中 433 個測站的各組 PoP 和 QPF 預報方程中的主要預報因子，其中 95%以上均與模式中的水汽有關。主要以 500 百帕或較低層的平均

相對濕度為最多，其次為低層的相對濕度與數值模式 12 小時的累積降水量。只有在第四與第三組的分類主要預報因子中，會出現較重比例的動力場量的因子，以 U、V 分量的風場主。但第四組分類的測站量，亦僅約 10 個左右。

四、1 月份各測站的預報評比

台灣地區冬季的降水主要是由鋒面通過所帶來，在全年的降水分布中較不具備劇烈性降水的情形。本節就台北、台中、花蓮、恆春與玉山等五個觀測站的各個時段之統計模式定量降水預報、MDL 模式的期望值降水量及由觀測分類決定的降水量進行模式預報技術之評比，及區域性的預報特徵分析。圖 1 為對日間各個預報時段(12Z24h、00Z36h、12Z48h、00Z60h 及 12Z72h)與逐日的日間觀測值之分布，圖 1.1 至圖 1.5 分別代表台北、台中、花、恆春及玉山站，而圖 a 為 CWB 模式降水預報、圖 b 為模式期望值降水預報、圖 c 則為由觀測定出分類的降報。相對應的圖 2 為夜間降水預報的表現，所代表的圖號標示與圖 1 一致，僅預報時段為 00Z24h、12Z36h、00Z48h、12Z60h 及 00Z72h。

就台北與台中測站而言，大致上降水事件的發生較能有效的被統計模式(MQPF)所掌握的，而東部、南部及山區的情形較為弱；預報降水量的強度部分，大致上亦是以台北的預報量化值較為吻合，而另外各站

除花蓮測站的日間與恆春測站外，多呈現預報過量的狀況。當然基本上，冬季南部是處於乾季。對於預報事件發生上，1 月下旬約 21 日至 27 日間，動力數值式產生三次預報上的降水訊號。對台北而言是正確的，但對於其餘各站由於受到數值模式預報訊號過強，預報上均顯出降水發生，且相對於該站平均觀測量是十分顯足的預報差。其中以玉山站的夜間最為明顯。

對於 EQPF 部分，由於其計算產生由各分類預報的 PoP 值乘以相對應的分類平均值，所以由圖 1 及圖 2 各站的 b 圖中均顯出每個預報均有降水的存在，只是相對應於觀測的變化趨勢是一致的，多數的情形是較大雨量，預報反應不足；而雨量小時反應出預報過量的狀態。

圖 1 及圖 2 中的 c 部分(即 OQPF)，主要在檢驗各分類 QPF 預報方程的預報能力。當觀測值決定出分類後選取所對應的分類降水量預報值，基本上台北測站的預報值在五站中，算為較準確的。其餘各站隨著日、夜的不同大多有預報值過量的趨勢，僅少數呈現的狀況是處於預報不足的。綜而言之，預報準確度是質疑的。此一情形難免脫離不了統計預報模式建立上，沒有更精確的推估預報係數值，亦可能是樣品量仍不夠充足以表達實際關係。就動力數值模式而言，對於台灣地區複雜地形造成的模式的處理不當，當然亦存在著對於降水處理的物理途徑之適切性等問題。所以要準確的達到降水量的預報準確度，是一個

很高度的挑戰。

五、全台灣降水預報的分布趨勢

本節所要討論的案例為 1 月 24 日的日、夜與 25 日之日、夜接續的全台灣地區的各個預報時段的降水預報分布特徵。

圖 3、4、5 及 6 分別代表 24 日全台灣地區日間、夜間、25 日的日間及夜間的半日累積降水分布趨勢，各個圖號中由上而下圖 X.1 圖系為 MQPF 預報的圖 X.1.a 為時段的實際觀測分布 X.1.b 為 12Z24h、X.1.c 為 00Z36h、X.1.d 為 12Z48h、X.1.e 為 00Z60h 及 X.1.f 為 12Z72h 預 時段的降水報分布，其餘 X.2 至 X.4 則分別代表降水的期望值預報、OQPF 預報與相對應的 NFS 數值模式預報的累積預報降水量。

24 日日間的觀測分布，降水較輕且主要在北部、東北部沿海地區，MQPF 的預報主要預報範圍在整個北部及少部分玉山附近山區；隨預報時段的增加表現平穩。而 EQPF 範圍幾乎遍及全台灣地區，僅西南部未降水，所有降水地區雨量均較弱。OQPF 部分所帶出的訊息顯示，北部多數地區是略微預報過度。NFS 數值模式的對應 12 小時累積降水分布，無論是 00Z 或是 12Z 所產生的預報，分布均主要涵蓋東部，且相形下產生過量的降水信息，另外亦隨著預報時段的提升，由西北部沿海漸蔓延至幾近全台地區。

至 24 日夜間觀測降水，區域主要為台灣西北部沿海附近區域約金山附近降水量較多些，同時東南部的大武至恆春一帶，亦有輕微的降水。而 MQPF 的預報時段為 00Z24h、12Z36h、00Z48h、12Z60h 及 00Z72h，主要預報的降水範圍仍佈滿北部地區，隨著鋒面的移近，預報降水涵蓋範圍向下蔓延增大；且部分預報時段(12Z36h 與 00Z72h)多有預報降水過量的情形，但對於東南部的降水，則預報並不明顯。EQPF 的情勢如日間，幾享遍及全台灣地區預報過度的範圍很大，但分布趨勢與實際觀測是一致。而 OQPF 與實際觀測分布十分接近，東南部區域的預報範圍亦顯著，然僅在 12Z 的預報時較為預報過量。NWP NFS 的預報隨著預報時段的增加，變化無論降水分布強度，均沒有系統性的延伸(見圖 2.4.b 至 f)。

25 日日間由觀測顯示，雨勢處於最大階段，西南部與宜蘭地區較無雨，桃園、新竹及台東、大武兩區域降水為多。MQPF 的預報各時段都有不同的變化並不完全相近，但預報量上均顯的預報不足，東南部地區幾乎無發生降水，與實際不符合。EQPF 預報所涵蓋的範圍與觀測較相似。但雨量強度相較顯得很弱。OQPF 的分布與強和實際觀測都有較近似的契合。唯獨在西北、東南區域的主要降水核心，各自有預報過度與略為不足的情境。相較於 MQPF，則顯出此時段的預報誤差的產生，出自預報分類的決策有誤，以至於選錯預報值所至。而 NWP NFS 的預報降水分布各個時段的變化較不一致。

25 日夜由觀測顯示，降水減緩亦趨弱。降水區域僅片片續續的延中央山脈略呈現由東北至中部向南的山勢區域。MQPF 各個預報時段大致呈現出一致的現象，但降水範圍約略有偏差。而 EQPF 仍如前述案例的表現一樣，多數區域均預報過多。OQPF 顯得雨量預報過度的問題。NWP NFS 的預報基本上東北部的主要降水區域預報的十分穩固，而除此之外仍然相對的得預報變化較不定。

六、結論

定量降水預報是預報的最需要項目，雖仍難以有效的掌握降水的整體物理過程，及有效的數值模擬。但始終是最重要的防災需求。任何一點的定量降水的進步，均足以提供預報作業的準確度。

本局 NFS MOS QPF 預報由上述的分析結果顯示，東南部、西南部及南部一帶的 MDL MOS 決定降水分類別的建立與 Tv 值的選取，可以判定並不是很好的組合，以致於雨勢較大時的雨量預報多數偏於不足。主要的原因之一可能是降水的數量相較於無降水的數量失衡時，很難以建立值得可信的 PoP 預報方程，同時亦會產生不理想的 Tv 值。當然對整體而言，加大樣本的數量，尤其是針對更高門檻的 PoP 的預報方程的建立，更具預報的解釋度與信心度。

參考文獻

- Antolik, M. S., 2000: An overview of the National Weather Service's centralized statistical quantitative precipitation forecasts. *J. Hydrology*, **239**, 306-337.
- Krishnamurti, T. N., A. K. Mishra, A. Chakraborty, and M. Rajeevan, 2009: Improving global model precipitation forecasts over India using downscaling and the FSU superensemble. Part I: 1-5-day forecasts. *Mon. Wea. Rev.*, **137**, 2713-2735.
- Neter, J., W. Wasserman, and M. H. Kutner, 1983: Applied linear regression models · Richard D., Irwin INC., Homewood, Illinois, 547pp.
- Antolik, M. S., 1998: NGM-based statistical quantitative precipitation forecast guidance for the contiguous United States and Alaska. *NWS Technical Procedures Bulletin No. 461*. National Oceanic and Atmospheric Administration, US Department of Commerce, 29pp.

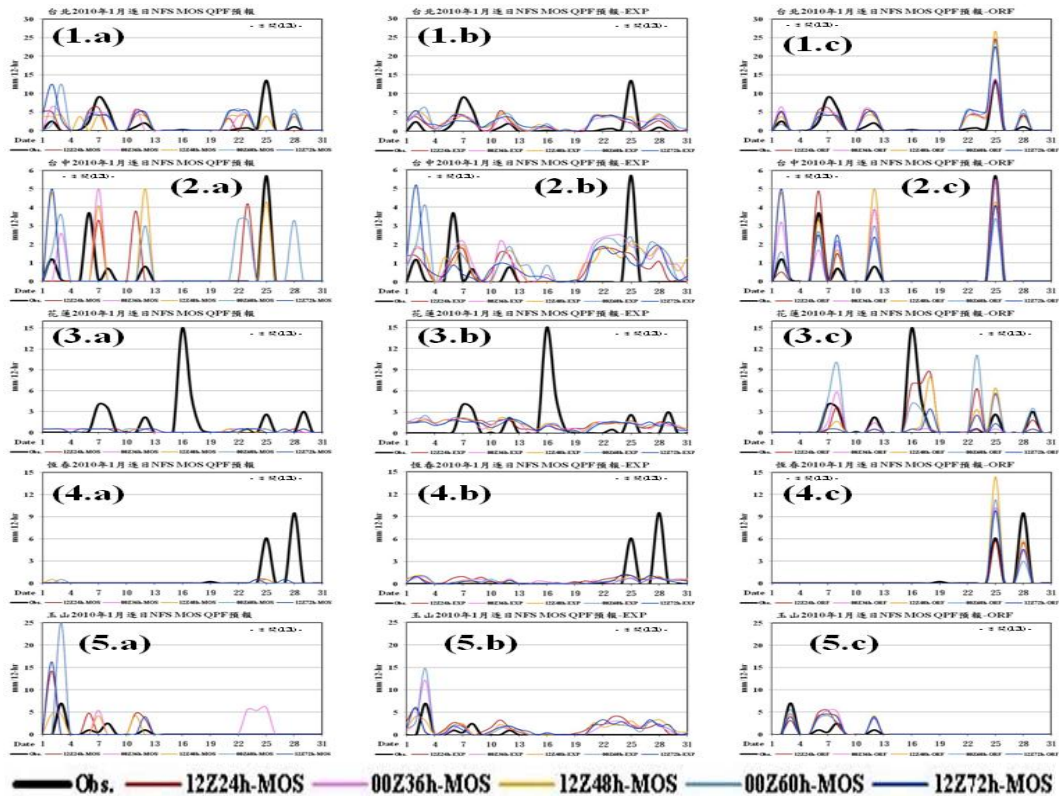


圖 1. 為台北(標號 1)、台中(標號 2)、花蓮(標號 3)、恆春(標號 4)與玉山(標號 5)等五個測站日間各個預報時段之 MOS 雨量預報值(標示 a)、降水預報期望值(標示 b)與經由觀測值校定之雨量預報值(標示 c)之逐日分布。

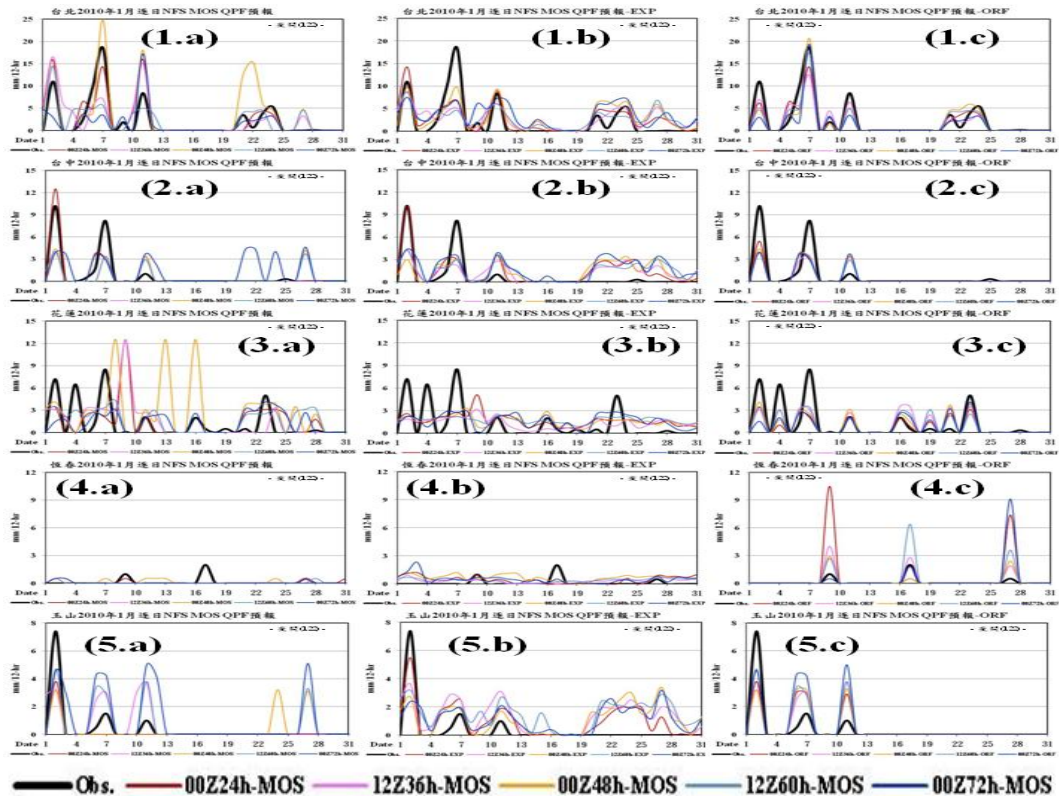


圖 2. 為台北(標號 1)、台中(標號 2)、花蓮(標號 3)、恆春(標號 4)與玉山(標號 5)等五個測站夜間各個預報時段之 MOS 雨量預報值(標示 a)、降水預報期望值(標示 b)與經由觀測值校定之雨量預報值(標示 c)之逐日分布。

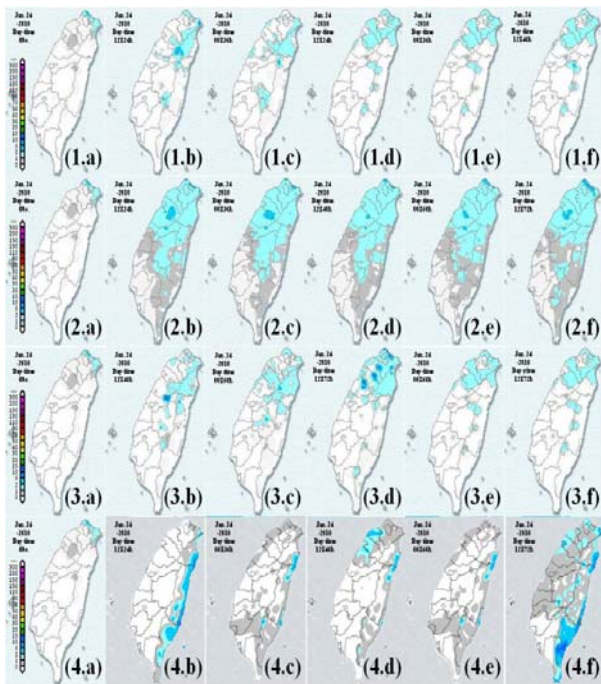


圖 3. 為 2010 年 1 月 24 日台灣地區日間各個預報時段(a:obs, b:12Z24h, c:00Z36h, d:12Z48h, e:00Z60h, f:12Z72h)的 MOS 降水量預報(標號 1)、降水預報期望值(標號 2)、觀測驗證預報(標號 3)及 NFS 降水預報(標號 4)。

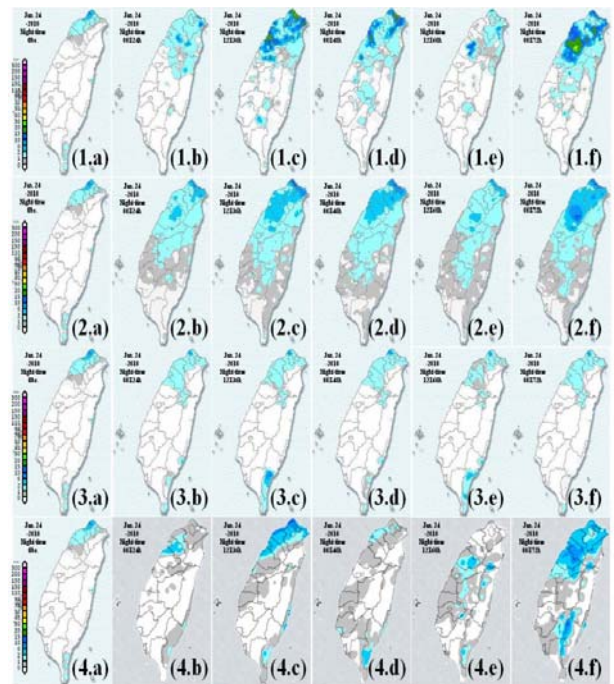


圖 4. 為 2010 年 1 月 24 日台灣地區夜間各個預報時段(a:obs, b:00Z24h, c:12Z36h, d:00Z48h, e:12Z60h, f:00Z72h)的 MOS 降水量預報(標號 1)、降水預報期望值(標號 2)、觀測驗證預報(標號 3)及 NFS 降水預報(標號 4)。

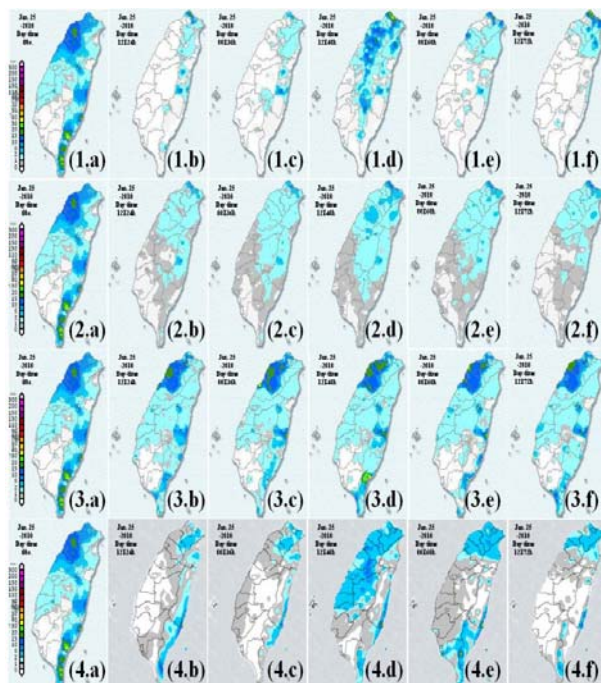


圖 5. 為 2010 年 1 月 25 日台灣地區日間各個預報時段(a:obs, b:12Z24h, c:00Z36h, d:12Z48h, e:00Z60h, f:12Z72h)的 MOS 降水量預報(標號 1)、降水預報期望值(標號 2)、觀測驗證預報(標號 3)及 NFS 降水預報(標號 4)。

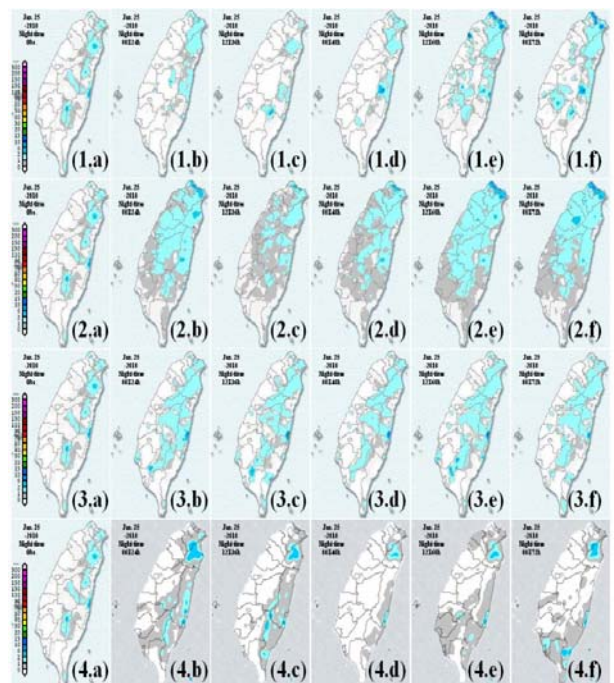


圖 6. 為 2010 年 1 月 25 日台灣地區夜間各個預報時段(a:obs, b:00Z24h, c:12Z36h, d:00Z48h, e:12Z60h, f:00Z72h)的 MOS 降水量預報(標號 1)、降水預報期望值(標號 2)、觀測驗證預報(標號 3)及 NFS 降水預報(標號 4)。