

2006年LAPS短時預報系統之降水校驗分析

張惠玲 王溫和 黃葳凡 丘台光 陳嘉榮

氣象衛星中心²
中央氣象局

摘要

本文針對LAPS(Local Analysis and Prediction System)短時預報系統目前上線作業的兩模式LAPS-MM5與LAPS-WRF(ARW)，以及平行測試中的LAPS-WRF(NMM)進行不同天氣系統0~12小時的降水預報校驗。整體而言，春雨及梅雨系統的降水預報以LAPS-WRF(ARW)表現最好，而對於夏季午後對流系統，三模式的預報能力明顯不足，其中以LAPS-MM5略優於另外兩模式。

針對不同預報時段的降水校驗結果顯示，各模式0~6小時降水預報的表現明顯優於6~12小時降水預報，並且6~12小時降水預報比0~6小時降水預報偏低估；在梅雨季更發現LAPS-MM5和LAPS-WRF(ARW)的0~6小時降水預報隨降水門檻提高，漸偏高估，而6~12小時降水預報均偏低估，此結果反應模式的系統發展較實際快且強，並且消散得快。針對不同地域的預報能力分析顯示，在梅雨系統LAPS-MM5和LAPS-WRF(ARW)均隨降水門檻提高，對東半部的預報能力變差；LAPS-WRF(NMM)隨著降水門檻提高成績亦變差，但並無明顯區域之別。至於夏季午後對流系統，三模式沿著中央山脈有較高的POD(因模式所預報的午後降水都半沿著中央山脈)，而在台灣西南部FAR較低(此表示若模式預報此區有降水，錯誤的比率很低)。此校驗結果除了幫助使用者正確詮釋預報結果外，亦將作為未來發展LAPS短時預報系統系集預報(ensemble forecast)之重要參考。

一、前言

本局為提升對劇烈天氣的極短時(0-12小時)預報能力，自2002年起與美國海洋暨大氣總署之預報系統實驗室(NOAA/FSL)技術合作，發展台灣地區中尺度模式短時預報系統LAPS(Local Analysis and Prediction System)，此系統在大氣分析及初始化過程中已包含雲、雨等非絕熱作用，故可有效解決傳統模式在積分初期的調整問題(spin-up problem)，因而於模式預報初期即可獲得較準確的雨量預報資料。

進入LAPS分析的資料包括模式預報場、地面觀測資料、探空資料、飛機觀測資料、都普勒雷達回波場及徑向風場資料、衛星紅外線及可見光資料與衛星雲導風資料。在觀測資料引進系統後，LAPS隨即進行地面場、風場、溫度場、雲分析及濕度場分析，分析完後再進到一個動力平衡模組，目的在於使動量場、質量場與雲分析的垂直運動場三者保持動力上的平衡，降低模式調整時間及減低重力波雜訊，提供熱啟動(Hot-start)模式有較好的初始場。最後進行數值預報，輸出即時預報產品。

二、資料及分析方法

本文採用2006年春季、梅雨季和夏季LAPS-MM5、LAPS-WRF(ARW)和LAPS-WRF(NMM)0-6小時及6-12小時的雨量預報結果，以QPESUMS(Quantitative Precipitation Estimation and Segregation Using Multiple Sensors)經過自動雨量站雨量校正之6小時估計降雨為觀測資料，進行校驗。在春季和梅雨季，我們進行全期及大降水個案之校驗，分析發現全期及大降水個案之校驗結果相當類似，但以大降水個案的特性較為明顯，因此我們在此報告中只列出大降水個案的分析結果。

分析方法主要有三種：(1)利用盒圖(Box Chart)來看校驗成績的分布，以了解模式的表現及穩定性。此方法是長期多報之技術得分的統計分析，主要反應模式在空間上的表現，例如Bias>1代表預報的降水區域過大。(2)利用技術得分的水平分布(Horizontal Distribution)來看模式在不同地域的預報能力。此方法是長期多報，求技術得分的水平分布，主要反應模式在時間上的表現，例如Bias>1代表預報的降水頻率過高。(3)模式校驗最常用的技術得分(Evaluation Scores)，即長期多報，求一技術得分，其結果反應模式在空間及時間上的綜合表現。

三、結果分析

我們的校驗目的包括：(1)評估並比較不同模式之表現及穩定性。(2)針對不同天氣系統，找出系統性誤差。因為任何模式，只要穩定性高，且能找出系統性誤差，就能有效地被使用。(3)探討影響預報表現的因素，提供模式參數修改及預報演算法技術改進之參考。(4)提供未來系集預報之參考。以下我們將針對 2006 年不同天氣系統，進行(1)各模式之降水高低估分析；(2)不同模式之成績比較；(3)0~6 小時預報和 6~12 小時預報之比較；(4)不同地域預報能力之分析。

針對 2006 年不同天氣系統在不同降水門檻之降水高低估分析，在春雨個案我們發現 LAPS-MM5 及 LAPS-WRF(ARW)兩模式在各降水門檻均偏低估，其中又以 LAPS-MM5 低估較嚴重，這樣的結果在 2007 年春雨個案的校驗中也同樣可發現到。在梅雨個案(圖一)我們發現 LAPS-MM5 和 LAPS-WRF(ARW)隨降水門檻提高，漸偏高估；小雨時，LAPS-MM5 偏低估，大雨時(>10mm/6hrs)，兩模式均偏高估。而 LAPS-WRF(NMM)在各降水門檻均偏低估，且隨降水門檻提高，低估情況愈明顯。要提的是，LAPS-MM5 和 LAPS-WRF(ARW)的模式背景場是中央氣象局區域模式 NFS 15km 解析度的模式資料，而 LAPS-WRF(NMM)的模式背景場是美國全球模式 AVN 一度的模式資料，究竟 LAPS-WRF(NMM)的低估現象是背景場所造成或是模式本身的特性呢？今年年初 LAPS-MM5 和 LAPS-WRF(ARW)都增加另一個背景場 AVN，我們分析三模式在相同背景場 AVN 的模式表現發現，當 LAPS-MM5 和 LAPS-WRF(ARW)均隨降水門檻提高而漸偏高估時，LAPS-WRF(NMM)依舊是偏低估，由此可知 LAPS-WRF(NMM)的低估現象主要是模式本身的系統性誤差所造成。在夏季午後對流個案我們發現 LAPS-MM5 隨降水門檻提高，由低估轉為明顯高估；LAPS-WRF(ARW)在各降水門檻都是偏低估；LAPS-WRF(NMM)則是嚴重低估，且其 Bias 在大降水門檻時穩定度極差(時高估、時低估)。

針對不同模式的成績比較，在春雨個案(圖二)我們發現小降水門檻時，LAPS-WRF(ARW)的成績明顯優於 LAPS-MM5；隨著降水門檻提高，兩者的成績差異變小。雖然 LAPS-WRF(ARW)的 FAR 較 LAPS-MM5 稍高，但 LAPS-WRF(ARW)的 POD 較大，且 Bias 比較接近 1，整體來說是以 LAPS-WRF(ARW)的成績優於 LAPS-MM5。這樣的校驗結果與 2007 年春雨個案相同，顯示模式對特定天氣系統的預報表現穩定度相當高，可用前一年的預報表現做為當年預報之重要參考。在梅雨個案(圖三)我們發現在小降

水門檻，LAPS-WRF(NMM)和 LAPS-WRF(ARW)的成績比較好，LAPS-MM5 較差，但在大降水門檻，三者成績差異不大。而 LAPS-WRF(NMM)隨著降水門檻提高，成績明顯下降，漸偏低估且 POD 明顯降低。在夏季午後對流個案(圖四)我們發現三模式的預報能力明顯不足，其中以 LAPS-MM5 略優於另外兩模式。

我們模式對於夏季午後對流個案所預報的降水多半沿著中央山脈山脊，如圖五所示。(a)(b)兩圖分別是 LAPS-MM5 及 LAPS-WRF(ARW)在早上 8:00 所預報的 6~12 小時降水，降水主要沿著中央山脈山脊分布，但實際觀測並非如此。(c)(d)兩圖是兩模式在下午 2:00 所預報的 0~6 小時累積降水，因初始場已有對流胞資訊，所以降水被調整到比較正確的位置。

影響午後對流系統發展主要有兩個因素，一是地表加熱所引發的局部環流，另一是地形對於綜觀風場的動力效應。其中熱力環流在於對流的激發上扮演著比較決定性的角色，而地形對綜觀風場的動力效應則是透過加強局部環流的輻合以增強對流系統並且調整輻合區的位置。過去研究發現在模式中關掉綜觀風場，也就是只有熱力環流時，午後對流系統主要沿著中央山脈生成。我們的模式是有綜觀風場的動力效應，但降水還是沿著中央山脈山脊分布，究竟原因為何有待進一步探討。但我們可以先看 2006 年 8 月 6 日此對流個案，模式對於各測站地表溫度日夜變化的模擬結果(圖六)，紫色點是實際觀測的地表溫度，實線是每日兩報的模擬結果。我們發現模式所模擬的地表溫度日夜變化的強度過大，初步推測可能是過強的地表溫度日夜變化造成熱力環流過強，主控整個午後對流系統發展，才導致對流胞沿著中央山脈生成。

針對 0~6 小時預報和 6~12 小時預報之比較，在春季及梅雨季個案(圖七)我們發現各模式 0~6 小時降水預報的表現明顯優於 6~12 小時降水預報，並且 6~12 小時降水預報比 0~6 小時降水預報偏低估。此外，在梅雨季個案(圖八)我們發現 LAPS-MM5 和 LAPS-WRF(ARW)預報 0~6 小時隨降水門檻提高，漸偏高估，而預報 6~12 小時均偏低估。此結果反應兩模式的系統發展較實際快且強，並且消散得快。而 LAPS-WRF(NMM)此模式偏低估，特別是預報 6~12 小時隨降水門檻提高，低估愈形嚴重。

針對不同地域預報能力之分析，在梅雨個案我們發現 LAPS-MM5 和 LAPS-WRF(ARW)(圖九)均隨降水門檻提高，對東半部的預報能力變差。而 LAPS-WRF(NMM)(圖十)隨著降水門檻提高，成績變差，但並無明顯區域之別。在夏季午後對流個案我們發現三模式的結果類似，但以 LAPS-WRF(NMM)的

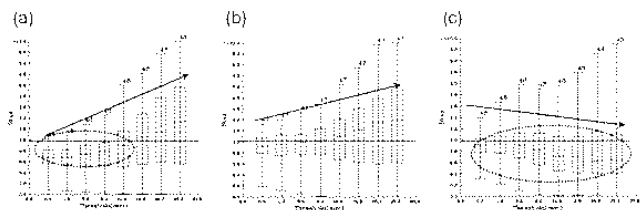
成績最好。在小降水門檻時，三模式沿著中央山脈有較高的 POD (圖十一)(因模式所預報的午後降水都半沿著中央山脈)，而在台灣西南部 FAR 較低(圖十二)(此表示若模式預報此區有降水，錯誤的比率很低)。

四、結論及展望

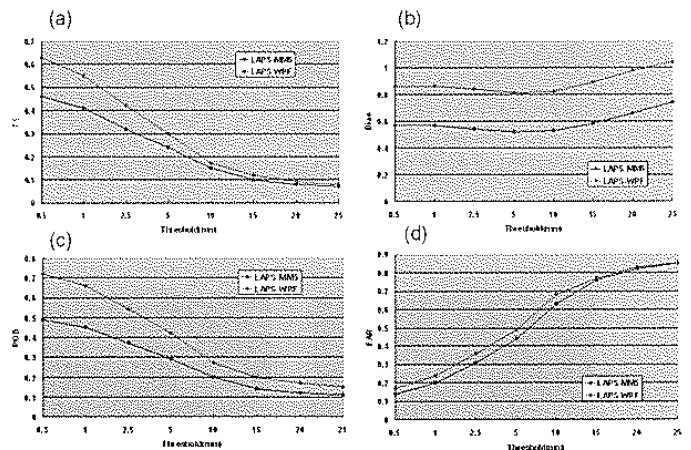
本文針對LAPS(Local Analysis and Prediction System)短時預報系統目前上線作業的兩模式LAPS- MM5與LAPS-WRF (ARW)，以及平行測試中的LAPS-WRF (NMM)進行不同天氣系統0~12小時的降水預報校驗。整體而言，春雨及梅雨系統的降水預報以LAPS- WRF (ARW)表現最好，而對於夏季午後對流系統，三模式的預報能力明顯不足，其中以LAPS-MM5略優於另外兩模式。

針對不同預報時段的降水校驗結果顯示，各模式 0~6 小時降水預報的表現明顯優於 6~ 12 小時降水預報，並且 6~12 小時降水預報比 0~6 小時降水預報偏低估；在梅雨季更發現LAPS-MM5 和 LAPS-WRF (ARW)的 0~6 小時降水預報隨降水門檻提高，漸偏高估，而 6~ 12 小時降水預報均偏低估，此結果反應模式的系統發展較實際快且強，並且消散得快。針對不同地域的預報能力分析顯示，在梅雨系統LAPS -MM5 和LAPS-WRF (ARW)均隨降水門檻提高，對東半部的預報能力變差；LAPS-WRF(NMM)隨著降水門檻提高成績亦變差，但並無明顯區域之別。至於夏季午後對流系統，三模式沿著中央山脈有較高的POD (因模式所預報的午後降水都半沿著中央山脈)，而在台灣西南部 FAR較低(此表示若模式預報此區有降水，錯誤的比率很低)。

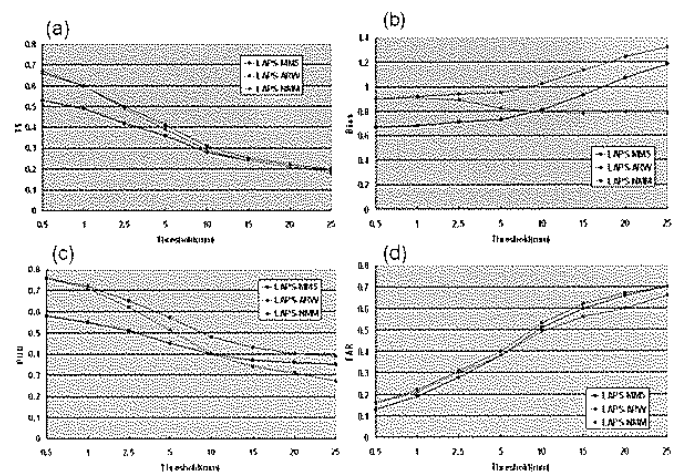
未來將針對劇烈天氣個案及各種不同天氣系統校驗成績較差的個案，分析影響預報表現之因素，提供即時預報演算法技術改進之參考。此外，將結合LAPS-MM5、LAPS-WRF (ARW)和LAPS-WRF (NMM)以發展LAPS短時預報系統之系集預報(ensemble forecast)。



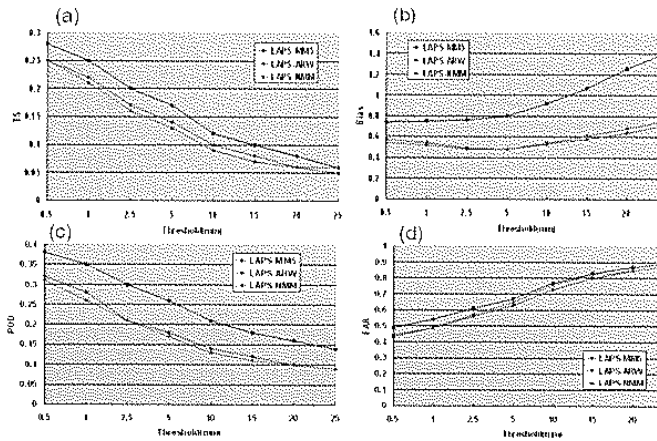
圖一、梅雨季大降水個案 (a)LAPS-MM5 (b)LAPS - WRF (ARW)(c)LAPS-WRF(NMM)0~6 小時及 6~12 小時降水預報的 Bias 盒圖分析。



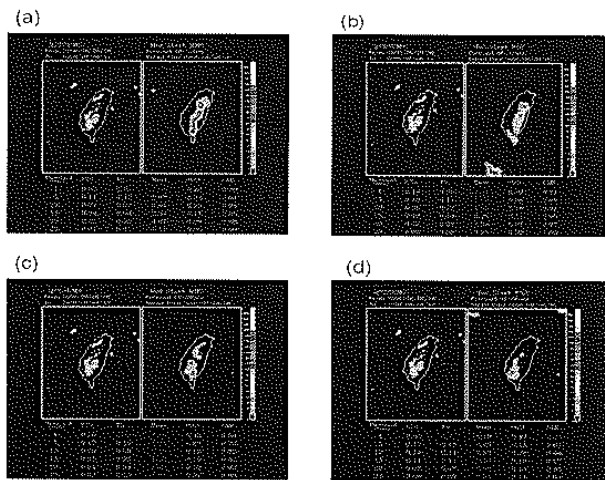
圖二、春季大降水個案 0~6 小時及 6~12 小時降水預報的(a) TS、(b)Bias、(c)POD 及(d)FAR 校驗成績。



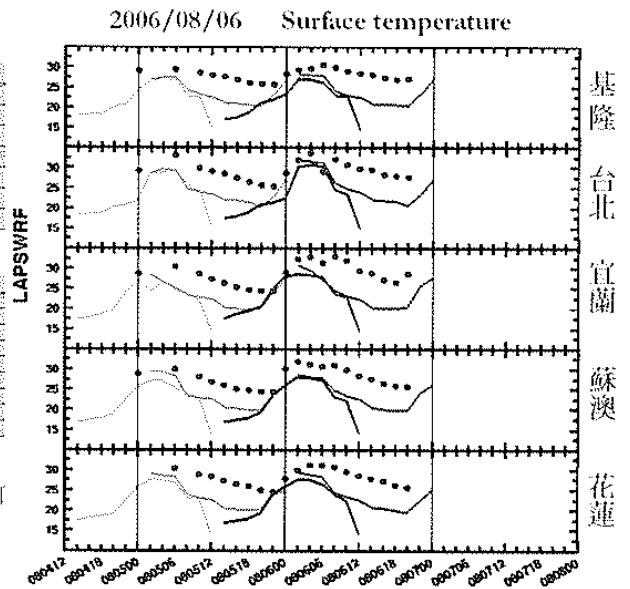
圖三、梅雨季大降水個案 0~6 小時及 6~12 小時降水的 (a)TS、(b)Bias、(c)POD 及(d)FAR 校驗成績。



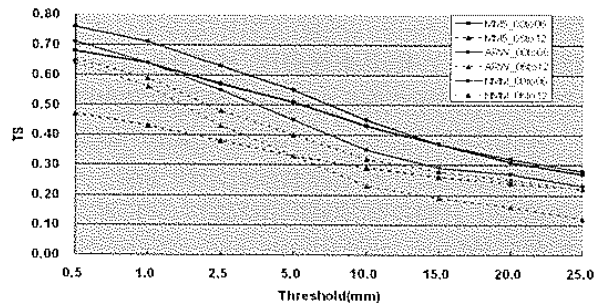
圖四、夏季午後對流個案 0~6 小時及 6~12 小時降水預報 (a)TS、(b)Bias、(c)POD 及 (d)FAR 校驗成績。



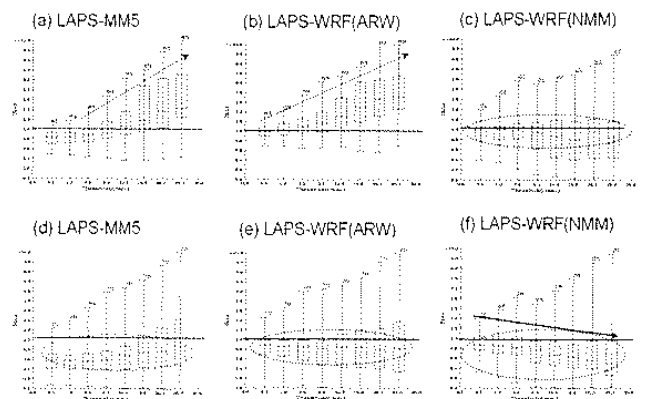
圖五、2006 年 8 月 6 日午後對流個案 (a)LAPS-MM5 (b)LAPS-WRF(ARW)00Z 預報 6~12 小時累積降水校驗。(c)LAPS-MM5 (d)LAPS-WRF(ARW)06Z 預報 0~6 小時累積降水校驗。



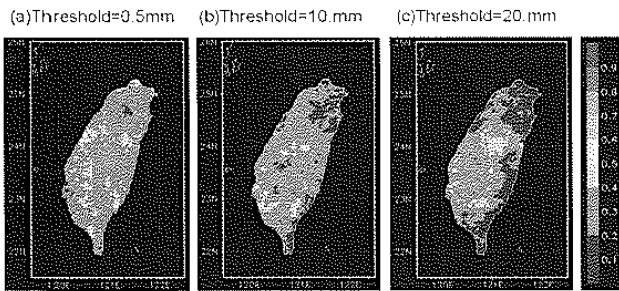
圖六、2006 年 8 月 6 日午後對流個案 LAPS-WRF(ARW) 對於各測站地表溫度。



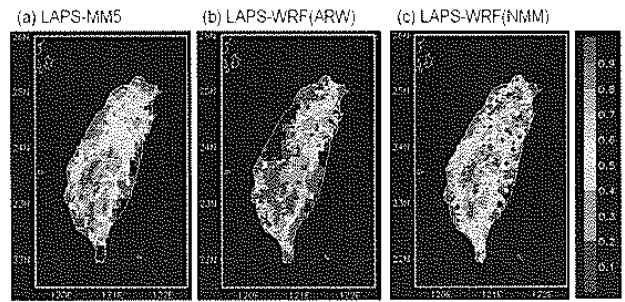
圖七、梅雨季大降水個案 LAPS-MM5、LAPS-WRF (ARW) 和 LAPS-WRF(NMM) 預報 0~6 小時降水 (實線) 與預報 6~12 小時降水 (虛線) 之 TS 校驗成績。



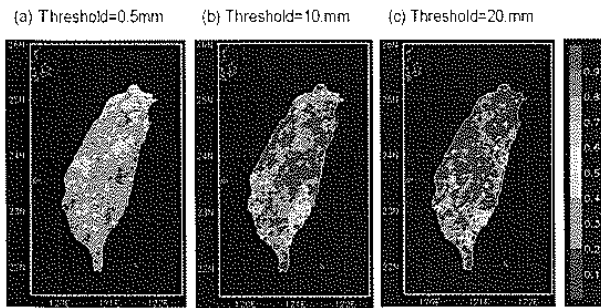
圖八、梅雨季大降水個案 (a)LAPS-MM5 (b)LAPS-WRF(ARW) (c)LAPS-WRF(NMM)0~6 小時降水預報 (d)LAPS-MM5 (e)LAPS-WRF(ARW) (f)LAPS-WRF(NMM)6~12 小時降水預報之 Bias 盒圖分析。



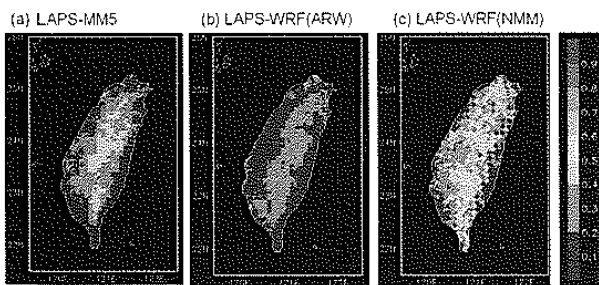
圖九、LAPS-WRF(ARW)在梅雨季大降水個案預報 0~6 小時與預報 6~12 小時降水之 ETS 校驗成績的水平分布。降水門檻分別為(a)0.5mm (b)10mm (c)20mm。



圖十二、夏季大降水個案各模式在降水門檻 0.5 mm，預報 0~6 小時與預報 6~12 小時降水之 FAR 校驗成績的水平分布。(a)LAPS-MM5 (b)LAPS-WRF(ARW) (c) LAPS-WRF(NMM)



圖十、LAPS-WRF(NMM)在梅雨季大降水個案預報 0~6 小時與預報 6~12 小時降水之 ETS 校驗成績的水平分布。降水門檻分別為(a)0.5mm (b)10mm (c)20mm。



圖十一、夏季大降水個案各模式在降水門檻 0.5 mm，預報 0~6 小時與預報 6~12 小時降水之 POD 校驗成績的水平分布。(a)LAPS-MM5 (b)LAPS-WRF(ARW) (c) LAPS-WRF(NMM)