

梅雨豪大雨個案之定量降水預報校驗

李孟軒 葉世瑄 陳建安 朱美霖 黃椿喜
中央氣象局氣象預報中心

摘要

梅雨是臺灣僅次於颱風的主要降水來源，在梅雨季期間經常有豪大雨事件造成淹水等災情，因此梅雨的定量降水預報相當重要。對於梅雨的預報，傳統上使用梅雨檢查表進行綜觀環境分析，並利用其作為劇烈降水的定性指引。近年來數值預報模式的準確率明顯上升，且為了因應定量降水預報的需求，氣象局積極在預報作業引進更多客觀的數值預報指引。

本研究針對今(2015)年5月19日至26日的梅雨個案，探討梅雨預報常見的方法、步驟及限制，同時針對近3年梅雨季的定量降水預報技術進行系統性的校驗，包括預報員常參考的全球模式、區域模式、系集預報產品，探討預兆得分(TS)、公正預兆得分(ETS)、可偵測機率(POD)等各項指標。藉由模式預報指引，再加上預報員主觀的判斷，有助於提升官方對於梅雨期間極端降水預報的準確度。

關鍵字：定量降水預報

一、前言

梅雨是臺灣地區造成劇烈降水的主要天氣系統之一，每年梅雨季期間更常因豪大雨而造成淹水及土石流等災情，也造成農業上的經濟損失。傳統預報作業上對梅雨雨勢的預測，多仰賴奠基於綜觀環境分析的「梅雨檢查表」(謝，1996)，此檢查表可用來判斷綜觀環境適合劇烈天氣發展的條件，作為臺灣北、中、南、東的豪大雨定性評估標準，但要進行定量的降水預報仍有所不足。

近年來政府對防災的需求大幅提升，對於降雨預報的需求也進入定量的範疇。本局自2005年底開始發布未來24小時內每12小時累積降雨之定量降水預報，迄今已將近10年，且隨著鄉鎮尺度之格點天氣預報在2012年起上線，對於定點的定量降水預報而言，數值模式或其衍生的數位產品之應用變得更加重要且不可取代。

目前氣象局官方定量降水預報作業，大多先參考全球預報系統(EC、JMA、NCEP)進行定性分析、但

全球模式受限於其解析度及地形，因此在定量上仍顯不足，因此還會參考區域預報模式、區域系集預報系統。使用區域模式可提高降雨對地形的反應能力，本局亦長期發展高解析度之WRF模式。但單一模式的決定性預報仍存在不穩定的問題，尤其在範圍小、地形複雜的臺灣反應常過為敏感，使其參考價值降低。為解決預報跳動的問題，本局積極發展區域系集預報系統(WRF Ensemble System, WEPS)(李和洪，2011)，隨著鄉鎮預報上線，也正式應用在定量降水預報作業上。

除此之外，去(2014)年起本局又增加了使用系集預報系統組合產製之「機率定量降水預報(QPFP)」(黃等，2014)，今年也開始參考機率擬合系集平均(Probability-Matched Mean, PM)以及新修正的NPM方法(葉，2014)，透過這些方法期望能掌握到劇烈降水的預報。

本研究即針對今年五月降雨最顯著的梅雨鋒面豪大雨個案，以及這三年五、六月的梅雨期間，對官方目前主要參考的預報指引進行技術得分校驗，並且

將官方與各預報指引做個比較，期望能為預報員提出定量降水預報的最佳參考指引及其使用建議。

二、研究方法

(一) 個案選取

本文所選取的個案為今(2015)年5月19日至5月26日這段期間，其中在20日及24日這兩天降雨最明顯。19日晚上起梅雨鋒面從中國華南開始南下，不過鋒前對流並不明顯，直到20日早上梅雨鋒抵達臺灣北部才開始有明顯降雨，梅雨鋒本身搭配著850hPa風速大於25kts、相當位溫軸線對準臺灣及高層有良好輻散，造成臺南以北及東北部地區雨勢明顯，其中在苗栗至彰化沿海雨勢最大，臺中局部累積雨量約200毫米。24日又是一次鋒面從北部海面開始往南移動的過程，低層噴流增強且相當位溫軸線對準臺灣，相當位溫值達350K左右，中層500hPa有短波槽在臺灣海峽提供正渦度平流，高層也有明顯的輻散，另外在鋒面移到中部之後速度開始減緩，鋒面上的中尺度強對流系統不斷發展且移入陸地，造成中部以南不少地區達到豪雨等級，時雨量超過50毫米，其中在嘉義大湖日累積雨量達到388毫米(圖1)。

(二) 預報資料來源

本研究使用的觀測資料為雷達與雨量站整合降水產品，可反應地面雨量站實際觀測之雨量值，並能藉雷達估計提供解析尺度更佳的降雨分布。

研究中的校驗對象包含一組本局正式對外發布之官方預報資料及九組模式資料。官方預報資料GFE為預報員使用格點化圖面編輯系統，根據客觀指引及主觀判斷進行編輯，於每日5:30AM及5:30PM產製預報未來24小時內每12小時之累積降雨產品。模式資料包含全球模式共有三組，分別來自歐洲中期天氣預報中心(EC, 0.125° x 0.125°)、美國國家氣象局天氣預報中心(NCEP, 0.5° x 0.5°)、日本氣象廳(JMA, 0.5° x 0.5°)，區域模式有兩組，分別為本局所發展的WRFD(5km)及TWRF(5KM)。

系集預報產品有四組，分別描述如下：

1. WEPS(WRF Ensemble Prediction System)

為本局WRF模式的區域系集預報系統，共有20組成員所得到的系集平均。

2. QPFP(機率定量降水預報)

由WEPS計算組合超過特定機率門檻值之定量降水預報，本研究中選取的門檻值為20%，即後文的QPFP20。

3. PM(Probability-matched mean)

為Ebert(2001)提出的統計方法，主要用途是改善系集平均會導致極值被平滑的缺點，PM採用系集平均的空間分布，但重新分配所有系集的降雨頻率分布，以此得到更好的降水強度。

4. NPM(New Probability-matched mean)

由於PM取自整體系集成員的降水頻率，若任一成員明顯高估，會導致雨量過度預報，修正後的NPM方法，與PM一樣取自系集平均的空間分布，但降雨頻率取自各成員降雨頻率之平均。

(三) 校驗方法

本研究範圍選取臺灣本島陸地解析度0.02° x 0.02°共8278個網格點，以列聯表比較觀測及預報是否達到雨量門檻值後，計算出下列校驗得分，分別為預兆得分(Threat Score, TS)、公正預兆得分(Equitable Threat Score, ETS)、可偵測機率(Probability of Detection, POD)、誤報率(False Alarm Ratio, FAR)及偏倚得分(Bias Score, BS)，其公式分別如下：

$$TS = \frac{a}{a+b+c}$$

$$ETS = \frac{a-a_r}{a+b+c-a_r} , \quad a_r = \frac{(a+b)(a+c)}{a+b+c+d}$$

$$POD = \frac{a}{a+c} , \quad FAR = \frac{b}{a+b} , \quad BS = \frac{a+b}{a+c}$$

其中a為hits，b為False Alarms，c為misses，d為Correct Negatives。TS與ETS值愈接近1，表示模式正確預報降雨面積的能力愈高，ETS又額外排除隨機預報正確的狀況；POD愈接近1表示被正確預報面積的比例愈高；FAR愈接近0表示錯誤預報面積愈少；BS數值大於1代表預報高估，小於1代表預報低估。

三、模式與官方預報校驗分析

2015年5月個案中(圖2)，從TS與ETS來做比較，以區域模式及系集方法為佳，大多在進入12小時有進步的趨勢，50mm TS介於0.29至0.35之間，ETS也在0.25左右；進入到100mm門檻的TS及ETS分別為0.2至0.25以及0.2左右；200mm雨量門檻雖然有反應，不過TS都不到0.1。全球模式中以EC表現最好，在24小時前50mm TS(ETS)就有0.3(0.22)，100mm TS(ETS)也有0.16(0.14)，與區域模式或系集方法相比也在伯仲之間，不過進入12小時EC反而有稍微退步的情況。

官方(GFE)進入12小時表現也有進步，其50mm TS(ETS)可達0.38(0.31)，比所有參考指引要來得高一些，100mm TS(ETS)也有0.24(0.22)，與系集方法相當，不過24小時對於100mm門檻的預報並不好，相較所有參考指引分數偏低。

在可偵測機率(POD)校驗中，除了EC之外，其他指引在進入12小時都有進步的趨勢，其中系集方法的QPFP20、NPM及PM表現最好，在100mm雨量門檻可達0.5，200mm也介於0.13至0.18之間，EC雖然在12小時稍微退步，不過在24小時的表現相當好，50mm POD可達0.63，100mm為0.25也僅次於PM及NPM而已。官方在24小時表現普通，但在12小時也有明顯進步，50mm達0.68，100mm為0.35。

POD此數值僅考慮命中的比率，忽略了誤報的情況，因此還要同時考慮到誤報率FAR來做綜合評量。從FAR來看，隨著雨量門檻愈高，誤報率也愈大，到200mm以上各預報指引都顯示幾乎誤報的情形，若以100mm的門檻來看，屏除雨量預報不夠的JMA，各指引也都在0.5以上，其中官方為0.58，表現已經相當不錯。

從BS來看，全球模式由於解析度較低，雨量門檻愈高通常會有低估的現象，不過EC在這個案中表現不錯，到100mm才有低估情形，甚至24小時有0.8，僅稍微低估。區域模式在100mm以內門檻值都接近1，其中TWRF在200mm及350mm也僅稍微低估而已。WEPS在高雨量門檻也會有低估的現象，不過在進入12小時有所進步，50mm相當接近1，但100mm僅0.59。QPFP20在50mm以內都有高估現象，100mm則在1左右，NPM在200mm以內都接近1，PM在50mm內接近1，反而是100mm以上會有高估情形，

尤其是極值部分，無論24或12小時，350mm高估達2至3倍。

進一步分析五月個案中兩個明顯的豪雨時段，分別為20日00Z至12Z及24日00Z至12Z，分析如下：

1. 20日00Z至12Z(圖3)

24小時的校驗以EC表現最好，50mm TS約0.4，連ETS都有0.2，QPFP20、NPM及PM從TS來看也不錯，但50mm ETS僅0.1左右；官方表現也相當好，TS及ETS僅落後EC而已。進入到100mm以上的門檻，各家表現都不好，TS有反應的是EC、QPFP20、NPM、PM及官方，但分數都在0.1以下。

進入12小時，各家多有進步，只有EC稍退步，官方兩時段都報相同所以分數一樣，與其他模式相比就來得遜色了，預報指引中表現較佳的為區域模式及系集方法，50mm TS在0.4以上，ETS也介在0.2至0.4之間，其中以NPM及PM表現最好，100mm的TS及ETS差不多為0.2。

從雨量預測圖分析，EC 24小時極值多位在中部以北地區，穩定性高；區域模式及系集方法進步原因，是24小時預報極值在南部山區，12小時則調高中部以北平地且調弱南部山區。官方若能調高中部平地雨量，分數也會有所進步。

2. 24日00Z至12Z(圖4)

這個案與上一例很類似，EC同樣穩定，在24小時表現可比擬QPFP20、NPM及PM，而區域模式及系集方法則在12小時進步明顯，不論是TS或ETS，在100mm表現不錯，TS約0.4，ETS約0.3，在200mm門檻中，WRFD、QPFP20、NPM及PM也有反應，但TS小於0.1，主要是BS過大有過度預報的情形。另外官方在這個案12小時就有明顯進步，表現可比區域模式。

從雨量預測圖分析，EC相當穩定，降雨分布大致正確，雨量值稍微偏小；區域模式及系集方法進到12小時有正確把中南部山區雨量加大，TS也進步許多，其中以NPM降雨分布與實際最類似，在東部過度預報情形較輕微。

官方在12小時把全區降雨都有放大，因此分數進步，雨量分布也與實際很接近，整體來說就比前一例個案表現要好。

另外比較2014年及2015年梅雨期間(五六月)官

方與各家預報指引(圖 5)，在 2014 年 QPF20、NPM 及 PM 表現較穩定且能反應較大雨量，而 WRFD 及 TWRF 反而進入大雨門檻有退步跡象，顯現其並不穩定；全球模式以 EC 表現為佳且穩定，不過大雨門檻明顯低估。2015 年梅雨期各家表現比 2014 年要佳，尤其 EC 在 2015 年對大雨門檻的掌握明顯較 2014 年好，不過 2015 年梅雨季較特別，只有五月有明顯梅雨鋒面通過，六月梅雨鋒面偏北，相較氣候值明顯偏乾。官方在這兩年都有不錯表現，尤其在 12 小時預報可以領先各家預報指引。

四、結論

全球模式中以 EC 表現最好且穩定，在 2015 年梅雨個案中 24 小時的校驗分數甚至和區域模式差不多。區域模式的 WRFD 及 TWRF 在梅雨期間表現也不錯，可反應更大的雨量，只是會有不穩定的問題，系集方法可解決不穩定的情形，其中的 QPF20、NPM 及 PM 方法可反應實際的雨量極值，尤其 NPM 表現最佳，最適合拿來當作預報豪大雨時的指引，PM 則常會有雨量高估的問題。

官方降雨預報在參考各家預報指引，及預報員的經驗主觀調整，表現相當不錯，尤其進入 12 小時的預報，甚至有機會勝過所有預報指引，不過從 2015 年的個案可發現一些值得改進之處：在 24 小時的大雨量值有低估的情形；另外從 2015 年 5 月 20 日 00 至 12Z 的案例中，進入 12 小時各家預報指引表現都有進步的趨勢，若沒跟上會與實際雨量有段差距。

五、參考文獻

- 謝信良，1996：嘉南地區定量降水預報整合計畫—總計畫(二)。國科會防災研究報告 NSC85-2621-P-052-002，161頁。
- 李志昕、洪景山，2011：區域系集預報系統研究：物理參數化擾動。大氣科學，39，95 - 116。
- 黃椿喜、洪景山、葉世瑄、呂國臣，2014：從定量降水預報、定量降水機率預報到機率定量降水預報。103 年天氣分析與預報研討會。
- 葉世瑄，2014：系集定量降水預報方法之研究。國立中央大學，大氣物理研究所，碩士論文。

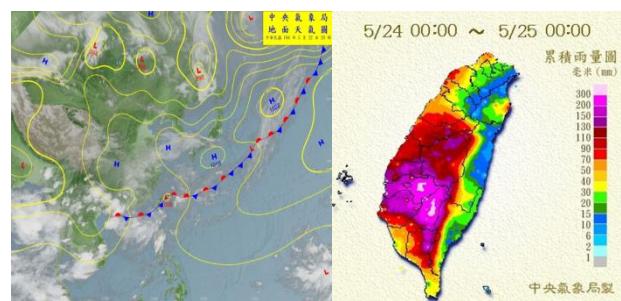
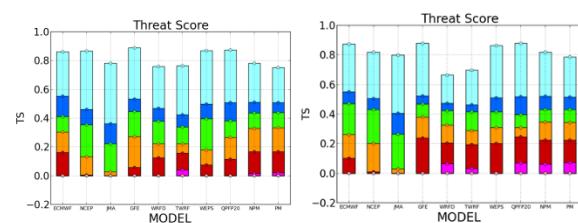
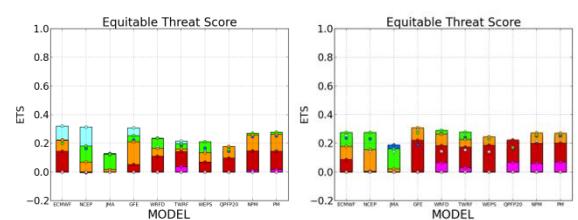


圖 1、左圖為 2015 年 5 月 24 日 20 時地面天氣圖及紅外線雲圖；右圖為當天的累積雨量圖。

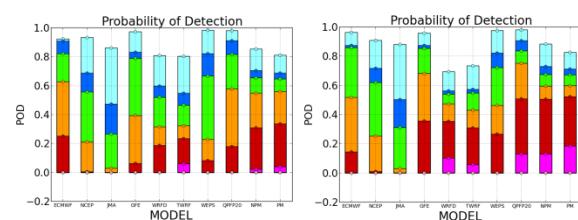
(a)



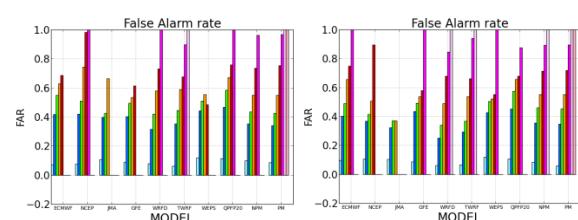
(b)



(c)



(d)



(e)

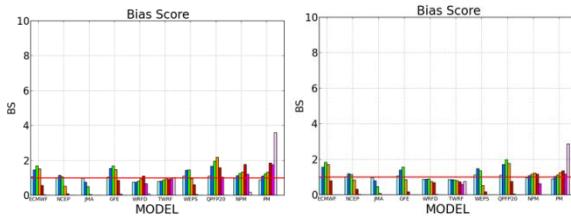
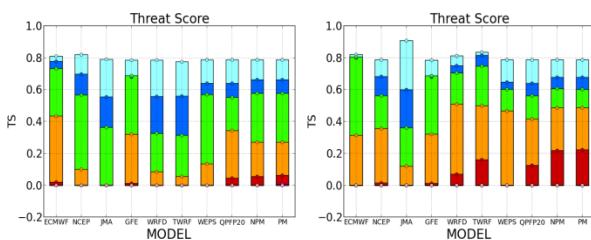
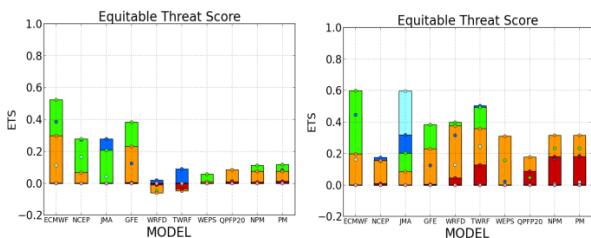


圖 2、2015 年 5 月 19 日 12Z 至 5 月 26 日 12Z 各預報指引及官方的校驗得分，左為 24 小時，右為 12 小時；
(a) TS (b) ETS (c) POD (d) FAR (e) BS。

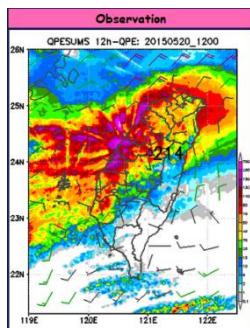
(a)



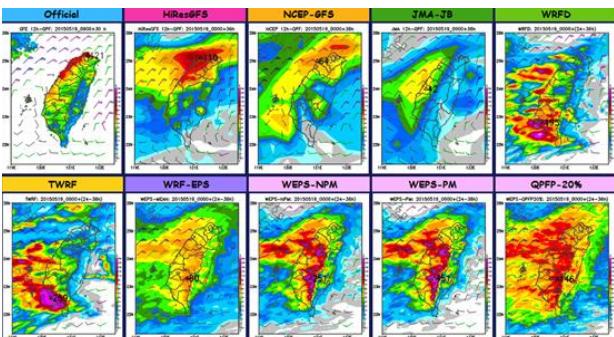
(b)



(c)



(d)



(e)

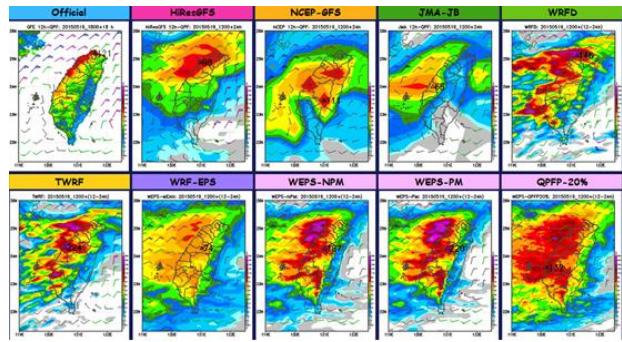
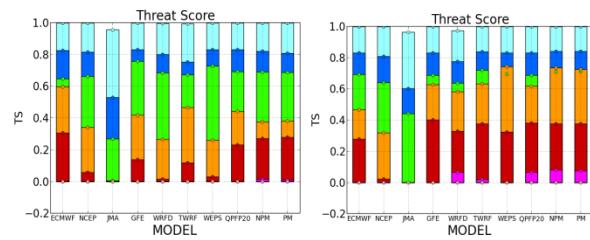
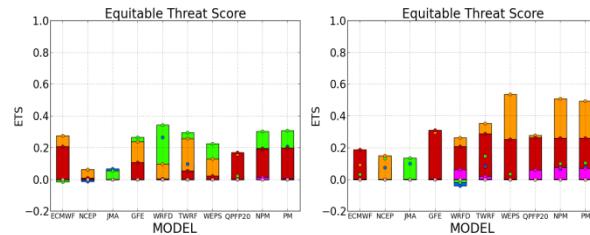


圖 3、2015 年 5 月 20 日 00 至 12Z 個案模式校驗；(a) TS (b) ETS (c) 實際降雨 (d) 24 小時官方與預報指引預報 (e) 12 小時官方與預報指引預報。

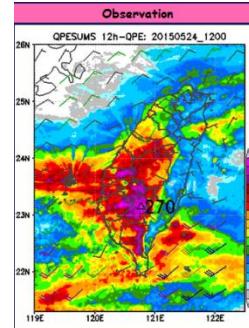
(a)



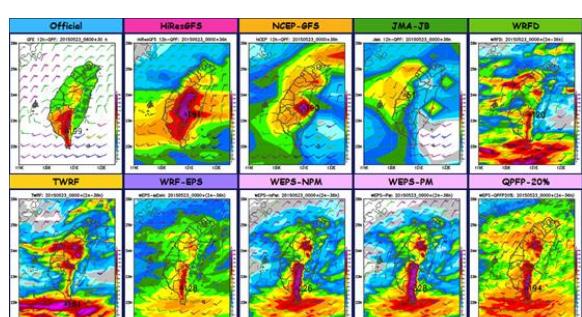
(b)



(c)



(d)



(e)

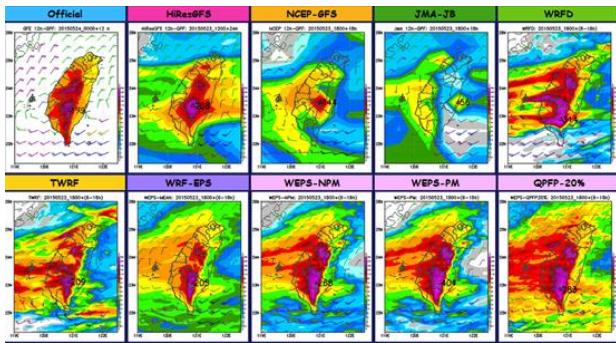
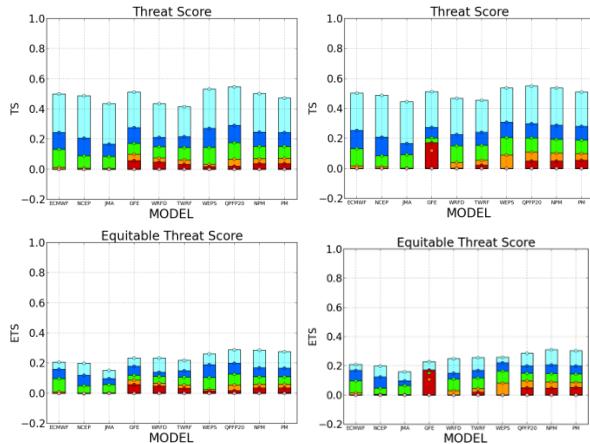


圖4、圖例同圖2，但為2015年5月24日 00至12Z個案模式校驗。

(a)



(b)

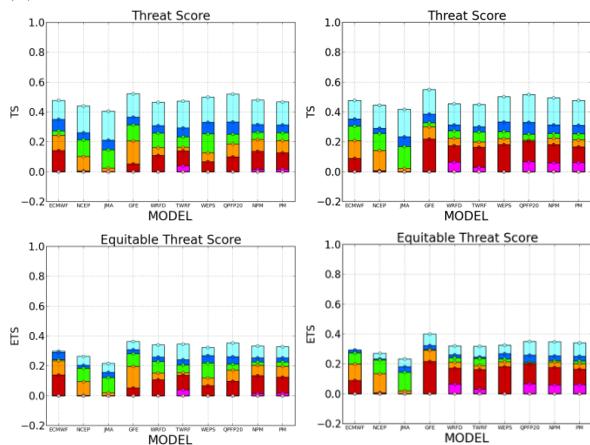


圖 5、梅雨期(五六月)各預報指引及官方的 TS 及 ETS 校驗得分, 左為 24 小時, 右為 12 小時; (a) 2014 年 (b) 2015 年。