

# 區域系集定量降水預報之應用與分析研究

李志昕、洪景山

中央氣象局氣象資訊中心

## 摘 要

中央氣象局建立了一套以WRF區域模式為基礎之系集預報系統，此系統使透過WRF三維變分法加入隨機亂數，產生擾動初始場，再搭配邊界擾動和物理參數法擾動，產生20組系集預報成員，期望能涵蓋最大之預報不確定性。系集預報的發展是為了彌補單一模式預報的不足，期望系統將不確定性量化，以提供未來的預報機率，此外，也期待能從系集資料中，擷取出有用的資訊。然而，從龐大的系集預報資料中取出有用的訊息，產製系集預報產品，仍是重要的課題。

透過機率密度分布函數（PDF），可以得知未來最有可能發生的情況為何，在假設頻率分布為高斯分布的狀況下，系集平均通常會是發生頻率最高的地方，也因此系集平均是廣為使用的系集預報產品。然而，使用系集平均之定量降水預報卻有極值低估的問題。

Probability-Matched Mean（PM）的發展，即是為了能改善系集平均的缺點，重新分配所有系集降水頻率分布，期望能掌握到預報極值。本研究針對系集定量降水預報產品進行校驗分析，並針對台灣地區的雨量預報值進行機率密度函數計算，以了解雨量預報之特性。

## 一、 前言

數值天氣預報系統中存在著許多不確定性，包含初始資料的誤差或是模式物理參數法的不足，可能造成模式預報結果的不確定性。系集預報的發展藉由多個不同的系集成員預報，期望能包含模式預報的不確定性，並且將不確定性量化，以提供未來的預報機率。現今國際各主要的數值天氣預報中心，不論就全球模式或區域模式，莫不極力發展系集預報系統。

中央氣象局亦致力於區域系集預報之發展，李和洪（2011）針對模式物理參數法擾動，進行實驗和校驗分析。經過研究和發展，中央氣象局建立了一套以WRF區域模式為基礎之系集預報系統（WRF Ensemble Prediction System，WEPS），期望能涵蓋最大之預報不確定性。系集預報的發展是為了彌補單一模式預報的不足，期望系統將不確定性量化，以提供未來的預報機率，此外，也期待能從系集資料中，擷取出有用的資訊。然而，從龐大的系集預報資料中取出有用的訊息，產製系集預報產品，仍是重要的課題。

透過機率密度分布函數（PDF），可以得知未來最有可能發生的情況為何，在假設頻率分布為高斯分布的狀況下，系集平均通常會是發生頻率最高的地方，也因此系集平均是廣為使用的系集預報產品。然而，使用系集平均之定量降水預報卻有極值低估的問題。PM（Probability-Matched Mean）的發展，即是為了能改善系集平均的缺點，重新分配所有系集降水頻率分布，期望能掌握到預報極值，並能擁有與系集平均QPF相似之空間分布。PM之詳細介紹詳見澳大利亞天氣與氣候研究中心網頁

（<http://www.cawcr.gov.au/staff/eee/etrap/probmatch.html>）。

本研究欲了解WEPS之系集定量降水預報之離散特性分析，以及各種系集定量降水預報產品之表現，以提供未來系集降水預報使用之指引。

## 二、 研究方法

### （一） 預報系統介紹

本研究使用之模式資料為區域系集預報系統之20組系集成員預報，以及中央氣象局

之3組決定性預報。此23組預報成員，皆使用WRF區域模式，使用之WRF、WPS和WRFDA版本皆為3.3.1版。使用三層巢狀網格，而模式範圍如圖1所示，水平解析度設定為45/15/5 km，垂直解析度設定為45層，模式頂層為30 hPa。

第一組決定性預報為WRF\_M00，資料同化策略採用部分循環法（Partial cycle），並使用3DVAR Hybrid同化法，而邊界條件則使用NCEP GFS預報場資料；第二組決定性預報為WRF\_M01，大致設定和WRF\_M00相同，主要差別為使用WRF 3DVAR同化策略；第三組決定性預報為WRF\_M02，大致設定亦和WRF\_M00相同，主要差別為邊界條件使用CWB GFS預報資料。三組之參數法設定皆一致，所使用之微物理參數法為GCE，邊界層參數法為YSU PBL，積雲參數法為New KF。

區域系集預報系統使用了初始擾動、邊界擾動和模式擾動。初始擾動為使用WRF\_M00之前六小時預報場，透過WRF三維變分法加入隨機亂數，產生20組擾動初始場；而邊界擾動則是由NCEP 全球系集預報系統（NCEP GEFS）獲得擾動邊界條件；模式擾動是由不同之模式物理參數法之設定產生。模式擾動主要針對微物理參數法、邊界層參數法和積雲參數法進行不同參數法之組合。物理參數法設定如表一。

## （二） 資料來源與校驗方法

本研究將針對梅雨期間之降水預報進行校驗分析，使用之資料為2014年5月1日至2014年6月30日之預報資料。使用之預報資料包含區域系集預報系統20組系集成員之5 km解析度預報，和氣象局之3組決定性預報之5 km解析度預報，以及使用此23組系集成員預報產製之系集預報產品。使用的觀測資料為中央氣象局自動雨量站逐時累積雨量。

採用Rank Histogram和ensemble spread進行系集降雨離散度分析（李和洪，2011）。並使用偏倚得分(BIAS)、預兆得分

(Threat Score) 和公正預兆得分 (Equitable Threat Score, ETS) 進行定量降水預報之校驗。進行校驗分析時，是以模式網格點為中心，取2.5公里為半徑畫一個圓，此圓中雨量測站之雨量平均，即為此一網格點之觀測值，並與網格點上的預報值作校驗。因此，若某一網格點，在半徑中無法搜尋到雨量站，則此點將不進行校驗。

## 三、 校驗與分析

圖2為RMSE和spread相關性分析圖，當其分布越靠近對角線，表示spread和RMSE相關性較高，則離散程度表現越佳。而分析結果顯示，分布大致集中在對角線，但仍有少數值偏離對角線，因此需要更加客觀的數據來協助分析離散度，故計算spread和RMSE之相關係數。幾乎各預報時間的相關係數大於0.7，相關係數若大於0.7，表示此兩個數值具有高度相關，spread和RMSE具高度相關，因此顯示離散程度表現佳。

圖3為Rank Histogram分析圖，若統計結果顯示，圖形為平坦，表示此系統離散程度為合理的情形；若圖形左側較高，呈現L型，表示預報偏大；若圖形右側較高，則表示預報偏小。此法不僅能進行離散程度之校驗，亦能了解其偏差情況。分析結果指出，每個預報時間之分析圖形都接近於平坦，表示離散程度表現佳，且無明顯的偏差情況，此一結果與spread之校驗結果一致。

此一系集預報系統能提供一組離散程度合適之系集降水預報，期望能從中取出有用之資訊。因此透過不同之統計法產製出三種系集預報產品，分別為系集平均 (ensemble mean)、系集中間值 (ensemble median) 和PM，圖4為此三種產品和觀測雨量之降雨頻率分布之分析。分析結果指出，系集平均和系集中間值皆有小雨過多，但中大雨過少的情形，PM的頻率分布表現和觀測最為接近，但中大雨則有過多的情形。

圖5為四組定量降水預報（系集平均、系集中間值、PM和WRF\_M00）之校驗。根據ETS和TS校驗結果指出，四組預報在小雨的得分之分歧較小，但是在中大雨的得分分歧較大，又以PM的得分最佳，表示PM確實能在大雨極值獲得較佳的降水預報。Bias的校驗結果指出，系集平均的小雨過多，但大雨過少，可能和平均的統計特性有關，雖然有些成員沒有下雨，但若有少部分成員預報有雨，平均後極可能出現小雨，而大雨的極值也會在平均後被平滑；而PM和WRF\_M00表現較佳，但PM在中大雨預報過大，WRF\_M00則預報過少；系集中間值則幾乎預報皆過小。進一步分析，系集平均在0.1門檻值的ETS得分偏小，但是在TS得分卻無此種情況，可能是由於小雨的預報過多，在進行ETS計算

時，會將其視為隨機預報，因此會扣除，造成ETS得分偏小的情形。

#### 四、 總結與未來展望

本研究為了解中央氣象局區域系集預報系統之定量降水預報表現，進行系集成員定量降水預報之離散度和降雨頻率分布之分析。分析結果指出，WEPS能確實提供離散程度合適之降水預報，因此能期望透過統計方法，從中擷取出合適的降水預報產品。

並針對系集平均、系集中間值和PM等系集降雨預報產品進行校驗，校驗結果指出，PM的預報表現最佳，但大雨預報偏多；系集平均之預報，有小雨過多，但大雨過少的情況；系集中間值之預報則偏少。

雖然PM的表現最佳，但是大雨過多的情況仍需改善，因此未來可進行PM計算之調整，當雨量大於某個雨量值，則PM雨量值之選取可採用其他方式，例如改選群組中較小雨量的平均值，期望能改善PM雨量的問題，以提供更佳的預報。

#### 五、 參考文獻

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。

-----，2013：區域系集預報系統強化研究-物理參數法擾動強化。*天氣分析與預報研討會*，中央氣象局，A2-11。

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，共82頁。

澳大利亞天氣與氣候研究中心（CAWCR）  
<http://www.cawcr.gov.au/staff/eee/etrap/probmatch.html>

Chang, H. L., H. Yuan, P. L. Lin, 2012: Short-range (0-12h) PQPFs from time-lagged multimodel ensembles using LAPS. *Mon. Wea. Rev.*, **140**, 1496–1516.

Fang, X., and Y. H. Kuo, 2013: Improving ensemble-based quantitative precipitation forecast for topography-enhanced typhoon heavy rainfall over Taiwan with modified probability-matching technique. *Mon. Wea. Rev.*, **141**, 3908–3932.

表一、區域系集預報系統之物理參數法設定

	微物理參數法 (mp_physics)	邊界層參數 (bl_pbl_physics)	積雲參數 (cu_physics)
第 1 組	GCE	YSU	Grell
第 2 組	GCE	YSU	Tiedtke
第 3 組	GCE	MYJ	Betts-Miller
第 4 組	GCE	MYJ	K-F
第 5 組	GCE	MYJ	Tiedtke
第 6 組	GCE	MYJ	Old SAS
第 7 組	GCE	MYJ	New SAS
第 8 組	GCE	ACM2	Grell
第 9 組	GCE	ACM2	Tiedtke
第 10 組	GCE	ACM2	New SAS
第 11 組	WSM5	YSU	Tiedtke
第 12 組	WSM5	MYJ	Betts-Miller
第 13 組	WSM5	MYJ	K-F
第 14 組	WSM5	MYJ	Tiedtke
第 15 組	WSM5	MYJ	Old SAS
第 16 組	WSM5	MYJ	New SAS
第 17 組	WSM5	ACM2	Grell
第 18 組	WSM5	ACM2	Tiedtke
第 19 組	WSM5	ACM2	New SAS
第 20 組	WSM5	YSU	Grell

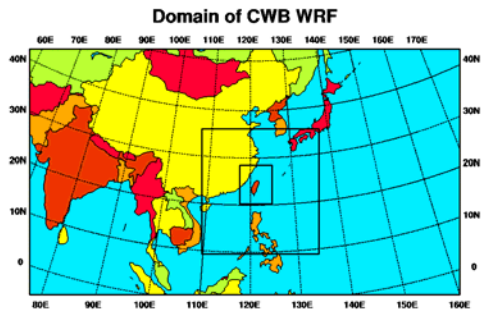


圖 1、模式的預報範圍。

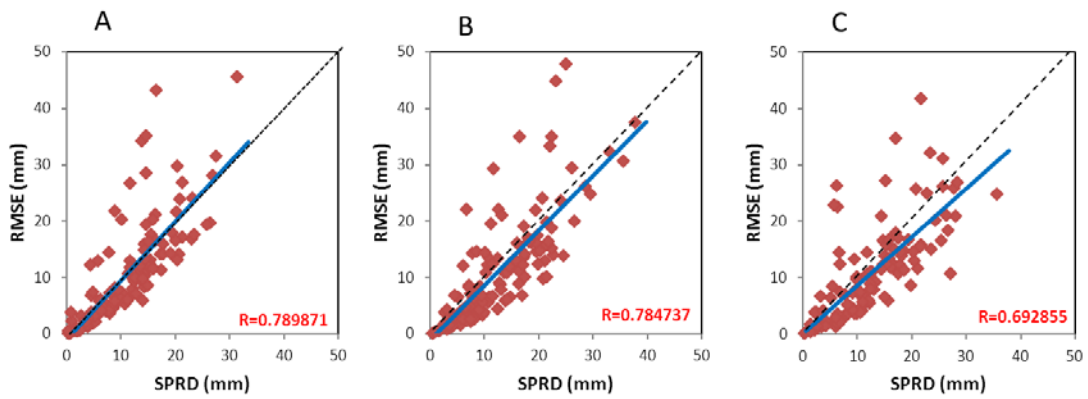


圖 2、RMSE 和 spread 相關性分析圖，A 至 C 分別為預報第 12~24 小時累積雨量、預報第 36~48 小時累積雨量、預報第 60~72 小時累積雨量之分析圖。X 軸為 spread 值，y 軸為 RMSE，圖中的紅點為每個個案之 spread 和 RMSE。右下角的 R，為 Spread 和 RMSE 之相關係數。

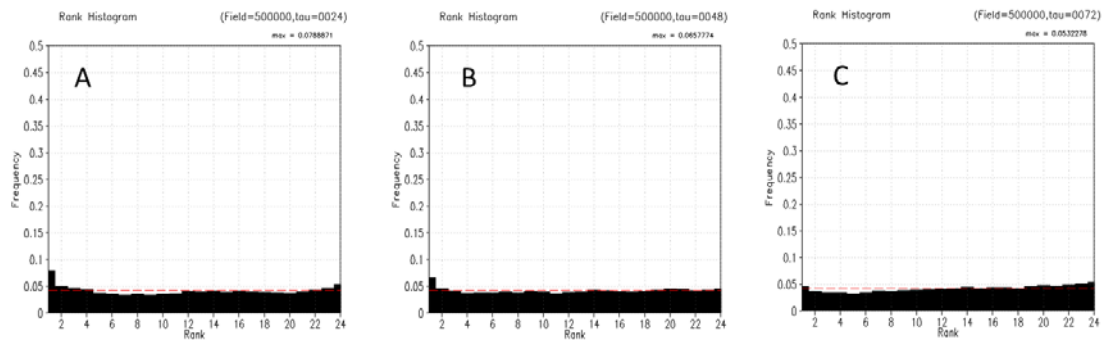


圖 3、Rank Histogram 分析圖，橫軸為區間 (Rank) 編號，縱軸為頻率值。A 至 C 分別為預報第 12~24 小時累積雨量、預報第 36~48 小時累積雨量、預報第 60~72 小時累積雨量之分析圖。紅色虛線為理想之離散表現時，各區間的頻率值。

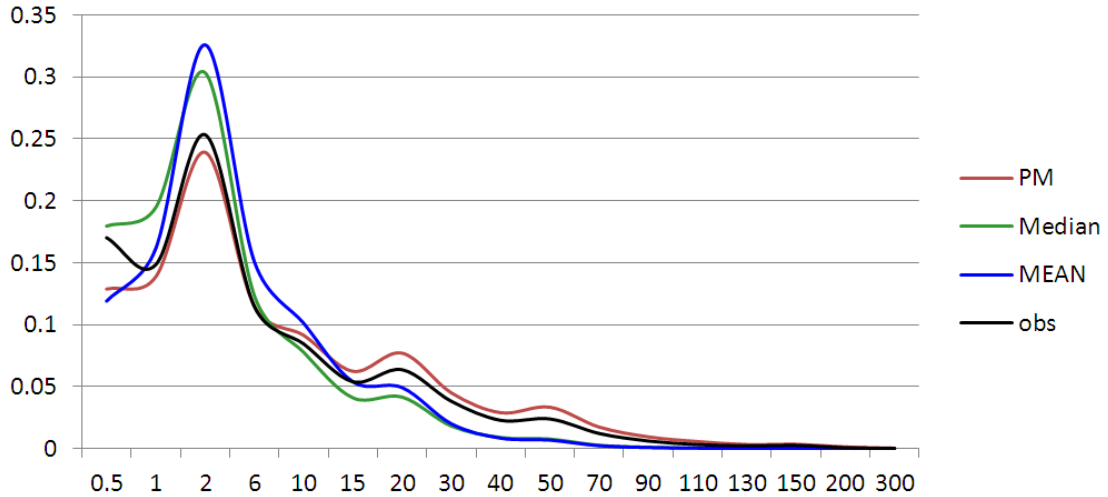


圖 4、降雨頻率分布分析圖，X 軸為門檻值，Y 軸為頻率值。紅色線為 PM、綠色為系集中間值、藍色為系集平均、黑色為觀測之分析結果。

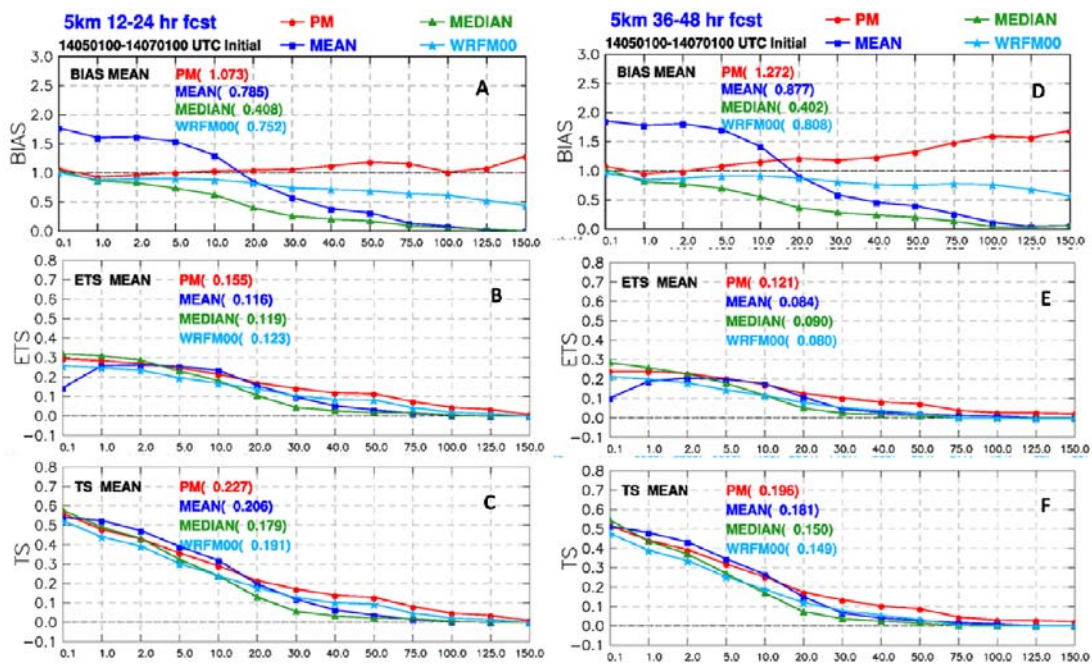


圖 5、降雨校驗圖，橫軸為門檻值，縱軸為得分。A 至 C 分別為預報第 12~24 小時累積雨量之 BIAS、ETS 和 TS 得分；D 至 E 分別為預報第 36~48 小時累積雨量之 BIAS、ETS 和 TS 得分。紅色線為 PM、綠色為系集中間值、藍色為系集平均、黑色為觀測之校驗結果。