

2014年定量降雨系集預報實驗(TAPEX) 結果分析與討論

王潔如 黃麗蓉 蕭玲鳳 李清勝

台灣颱風洪水研究中心

摘要

颱洪中心於2010年起與作業單位及學界合作，整合計算資源，共同發展適合台灣地區定量降雨預報之系集預報技術，並進行定量降雨系集預報實驗(TAPEX)。利用系集預報，分析颱風路徑、定量降雨預估與雨量空間分布，實驗每日進行4次未來72小時之模擬，並將實驗結果即時傳輸至相關單位，供災防應變人員參考運用。

針對2014年TAPEX系集平均72小時預報路徑誤差為208公里，較前一年減少1.4%的誤差，系集平均優於多數單一模式預報。於雨量預報表現，全年雨量及警報颱風雨量校驗結果顯示，系集平均在強降雨發生時容易出現低估的情形，但整體表現仍優於單一成員。

一、前言

由於數值模式預報有其極限，加以大氣的隨機特性，單一模式預報皆有其一定程度之不確定性，加上廣大地球的海洋面缺乏觀測資料，造成天氣預報無法完全正確掌握實際的天氣狀況。因此，需透過分析與研究，選取最佳化之模式組合，發展系集預報技術，以降低大氣預報之不確定性。而且由於氣象預報本身有其區域性特徵與不確定性，無法直接移植國外之研究成果，需透過大量之分析研究，歸納最適用於台灣複雜地形之模式設定。

颱洪中心自2010年起於颱風影響台灣期間進行「台灣定量降雨系集預報實驗」(TAPEX)，其目的在研發測試定量降雨預報技術，並提供災防單位應變作業時決策參考之資訊，協助提升災害防救效能。本實驗結合學研界(台灣大學、中央大學、台灣師範大學及文化大學)與作業單位(中央氣象局)之研發能量，並結合國家高速網路與計算中心的計算資源及國家災害防救科技中心的實務經驗，於颱風影響台灣期間，每日即時產出4次高解析度(使用三層巢狀網格，第三層巢狀網格解析度 $\leq 5\text{km}$ ，後簡稱第一層網格為d01，依此類推)之台灣地區天氣狀況；並利用系集統計方法與

機率預報概念，分析颱風路徑與雨量分布，提供致災性雨量之機率預報。所有實驗結果均利用數據專線，即時傳輸至中央氣象局、水利署、災防中心...等相關單位供參考應用。

二、實驗介紹

目前TAPEX實驗系集成員設定，各成員設計考慮不同之初始場、積雲參數法、資料同化策略以及WRF (Weather Research and Forecasting)、CreSS (The Cloud-Resolving Storm Simulator)、HWRF (Hurricane Weather Research and Forecasting Model)以及MM5 (The fifth-generation Pennsylvania State University - National Center for Atmospheric Research Mesoscale Model)等不同區域模式。根據全年之系集預報實驗結果，除可分析颱風降雨與梅雨鋒系統表現外，亦可瞭解系集預報技術於每日之預報表現。本研究中，利用2014年定量降雨系集預報實驗平台的結果，進一步分析瞭解此平台成員特性，作為持續發展改進的依據。

三、颱風路徑校驗

2014年西太平洋共形成22個颱風(依照中央氣象局編號)。全年均質化路徑誤差d01如圖1所示，在解析度45/27公里之d01表現

上，系集平均在預報 24 小時、48 小時以及 72 小時路徑誤差分別為 83 公里、138 公里以及 208 公里。系集平均大致表現較單一成員優。

比較 2011 年至 2014 年系集平均在全年颱風路徑誤差 (錯誤! 找不到參照來源。)。2014 年較 2011 年 24 小時預報減少 17% 誤差，48 小時預報減少 26% 誤差，72 小時預報則減少 30% 誤差。而 2014 年較 2013 年 24 小時預報減少 4.5% 誤差，48 小時預報減少 6% 誤差，72 小時預報則減少 1.4% 誤差，TAPEX 系集平均路徑預報表現逐年進步。

四、雨量校驗

(一)全年雨量校驗

全年均一化預報第一天雨量校驗分數如圖 3 所示，系集平均 TS 分數在大雨、豪雨、大豪雨、超大豪雨分數分別為 0.35、0.34、0.32、0.16。在雨量門檻值 200 毫米 (豪雨等級) 以下，系集平均表現均較單一成員來得好。而在偏倚得分方面，不論在哪个降雨門檻值，多數成員均有不足預報的狀況，故在系集平均的表現亦有不足預報的情形，得分大致在 0.3-0.8 之間。而在誤報率(FAR)分數中可看到系集平均誤報率最低，約只有 0.35~0.44 之間，系集平均在誤報率(FAR)的表現都遠優於其他單一成員。而在可偵測機率(POD)方面，系集平均則大約落在所有成員的中間。圖 4 是觀測及 TAPEX 的全年平均降雨分布，圖中顯示，TAPEX 可掌握觀測的降雨分布型態，但在雪山山脈及中部山區，即地形的迎風面，容易有過度預報的情形出現。而計算全台所有測站觀測與預報的相關係數約為 0.7。

進一步探討系集平均在不同預報時段的表現(表 1)，結果顯示，在大豪雨標準(200mm)下，第一天(6~30 小時)之可偵測機率(POD)大約為 0.4~0.5，約有四到五成的可偵測機率，在第二天(30~54 小時)之可偵測機率(POD)在 0.2~0.5，約有二到五成的可偵測機率，而

在第三天(54~78 小時)之可偵測機率(POD)除了 200mm 門檻值下只有 0.12 之外，在豪雨(130mm)標準下落在 0.2~0.44，仍約有二到四成的可偵測機率。系集平均之誤報率(FAR)，第一天在所有降雨門檻值下，約有四成的誤報率(FAR)，而在第二天及第三天，在豪雨門檻值(130mm)以上，誤報率(FAR)皆提高至六成左右。以上的結果顯示，在不同預報時段、各門檻值情況下之系集平均的可偵測率(POD)隨著預報時間的增加而降低，誤報率(FAR)均隨著預報時間增加而增加。預兆得分(TS)與公正預兆得分(ETS)亦有隨著預報時間的增加而降低的趨勢，而偏倚得分(BS)則無一致的趨勢。

(二)警報颱風雨量校驗

2014 年影響台灣的颱風較少，中央氣象局僅針對哈吉貝、麥德姆及鳳凰颱風發布颱風警報，其中哈吉貝颱風僅發布海上颱風警報。本研究將針對這三個颱風，在海上颱風警報發布期間進行均一化校驗。第一天雨量校驗結果(圖略)，系集平均在 TS 得分在大雨門檻、豪雨門檻、大豪雨門檻以及超大豪雨門檻分別為 0.61、0.49、0.42 以及 0.17。在雨量門檻值 130 毫米 (豪雨等級) 以下，系集平均表現均較單一成員來得好。而在偏倚得分方面，在大豪雨門檻值以上(200mm)，系集平均有不足預報的情形，尤其在超大豪雨門檻值(350mm)，多數成員均有明顯不足預報的狀況，使得系集平均不足預報的情形亦較為明顯。分析觀測及系集平均在 2014 年颱風警報期間，24 小時累積雨量的分布顯示(圖略)，系集平均的 24 小時累積雨量分布型態與觀測相似，且由於颱風路徑的關係，主要降雨分布在台灣東部，但與系集平均會有高估迎風面全年平均降雨情形不同的是，系集平均低估了颱風警報期間南部山區的 24 小時累積降雨。計算全台所有測站觀測與預報的相關係數約為 0.73。

五、結果與討論

TAPEX實驗之綜合表現，從2011年至2014年TAPEX系集平均颱風路徑誤差逐年降低，降低幅度最明顯者為72小時預報之颱風中心位置誤差降低了30%。於雨量預報表現，全年雨量及警報颱風雨量校驗結果顯示，系集平均在較大降雨發生時容易出現低估的情形，但整體表現仍優於單一成員。而在不同預報時段、各門檻值情況下，系集平均的可偵測率(POD)隨著預報時間的增加而降低，誤報率(FAR)均隨著預報時間增加而增加。預兆

得分(TS)與公正預兆得分(ETS)亦有隨著預報時間的增加而降低的趨勢。

透過2014全年雨量及警報颱風雨量平均降雨分布圖發現，TAPEX似乎容易在山區出現過度預報的情形。由於TAPEX的多數成員是WRF模式，為探究是否因為是WRF模式的關係，之後將TAPEX成員中非WRF模式的成員剔除後，比較兩者的差異，並進一步來看多模式與單一模式的差別。

六、 參考文獻

1. Chang, L.Y., Hsiao, L.F., Chen, D.Y.C., Yang, M.J., Tsai C.C., Wang, C.J., Kuo, H.C., Feng, L., Lee, C.S., 2014: Ensemble Forecast Experiment for Typhoon Quantitatively Precipitation in Taiwan. *31st Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology*
2. 江宙君、陳熾竹、黃麗蓉、吳明璋、鳳雷與李清勝，2014：2013年台灣定量降雨系集預報實驗平台(TAPEX)在路徑及雨量表現評估。103年天氣分析與預報研討會，中央氣象局。
3. Hsiao, L.-F., M.-J. Yang, C.-S. Lee, H.-C. Kuo, D.-S. Shih, C.-C. Tsai, C.-J. Wang, L.-Y. Chang, D. Y.-C. Chen, L. Feng, J.-S. Hong, C.-T. Fong, D.-S. Chen, T.-C. Yeh, C.-Y. Huang, W.-D. Guo, and G.-F. Lin, 2013: Ensemble forecasting of typhoon rainfall and floods over a mountainous watershed in Taiwan. *Journal of Hydrology*, **506**, 55

表 1 全年系集平均雨量均一化校驗分數表。

	預報時段	50mm	130mm	200mm	350mm
TS	6~30hr	0.35	0.34	0.32	0.16
	30~54hr	0.34	0.25	0.17	0.06
	54~78hr	0.32	0.14	0.09	0
BS	6~30hr	0.83	0.71	0.6	0.32
	30~54hr	0.94	1.06	0.76	0.31
	54~78hr	0.79	0.62	0.42	0.13
FAR	6~30hr	0.43	0.39	0.35	0.44
	30~54hr	0.48	0.61	0.67	0.74
	54~78hr	0.45	0.67	0.72	1
POD	6~30hr	0.47	0.43	0.39	0.18
	30~54hr	0.49	0.42	0.25	0.08
	54~78hr	0.44	0.2	0.12	0
ETS	6~30hr	0.33	0.33	0.32	0.16
	30~54hr	0.32	0.25	0.16	0.06
	54~78hr	0.31	0.14	0.09	0

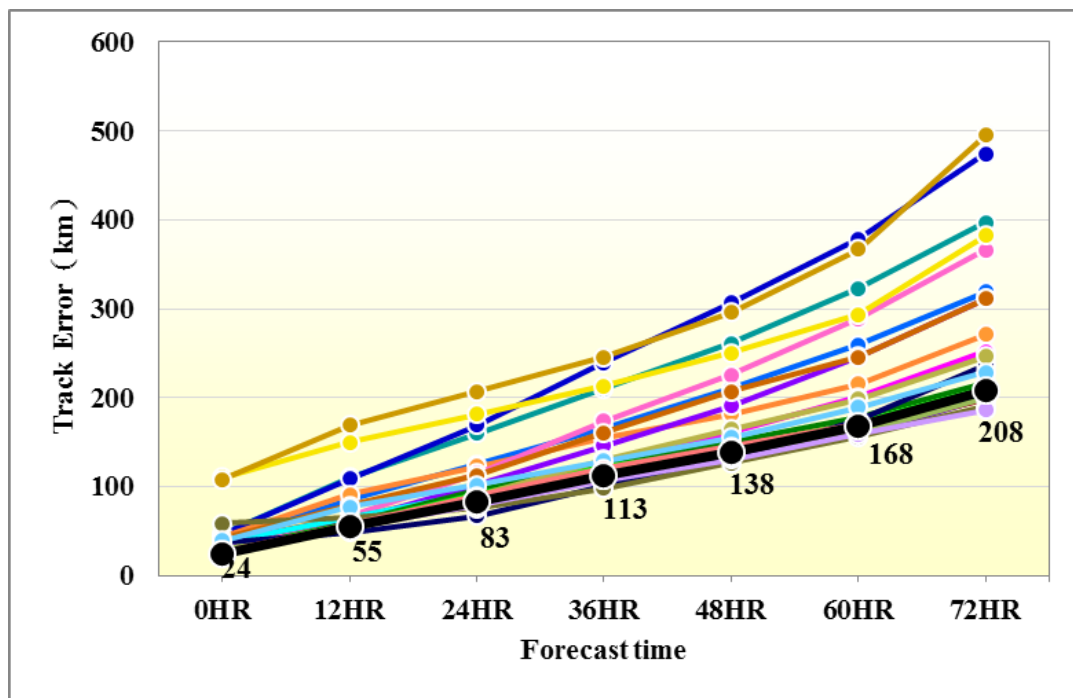


圖 1 全年均質化 d01 路徑校驗。

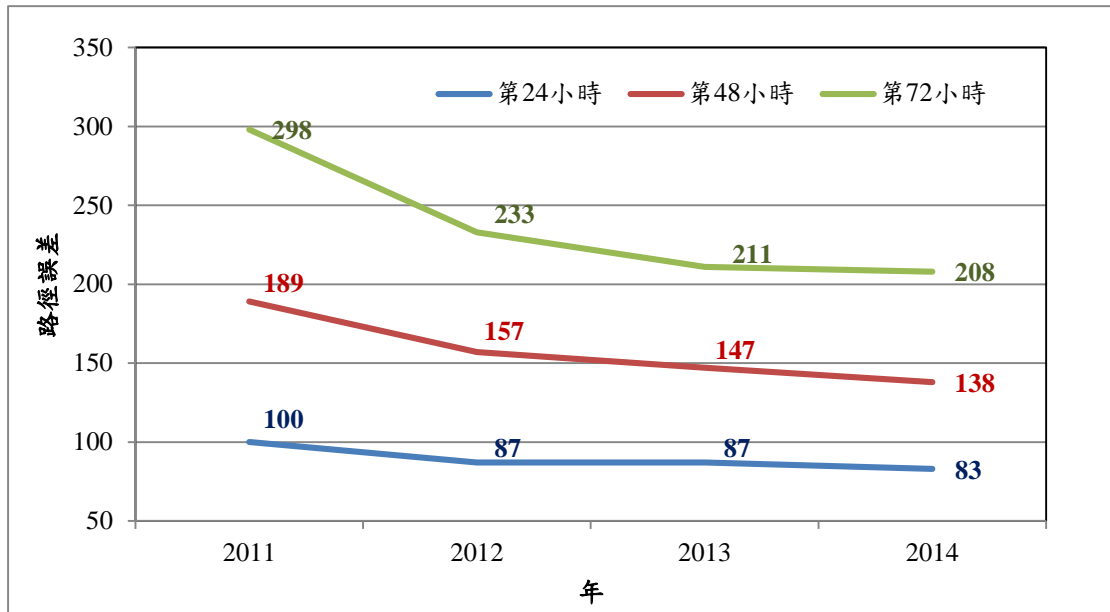
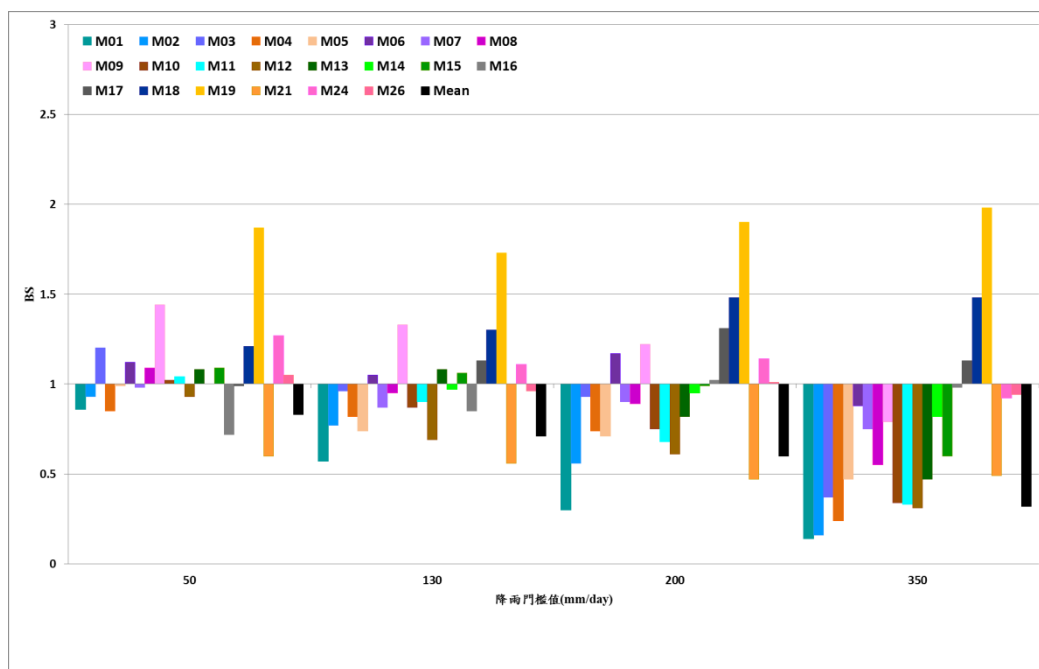


圖 2 歷年(2011-2014)TAPEX 平均路徑誤差

(a) 偏倚得分



(b) 預兆得分

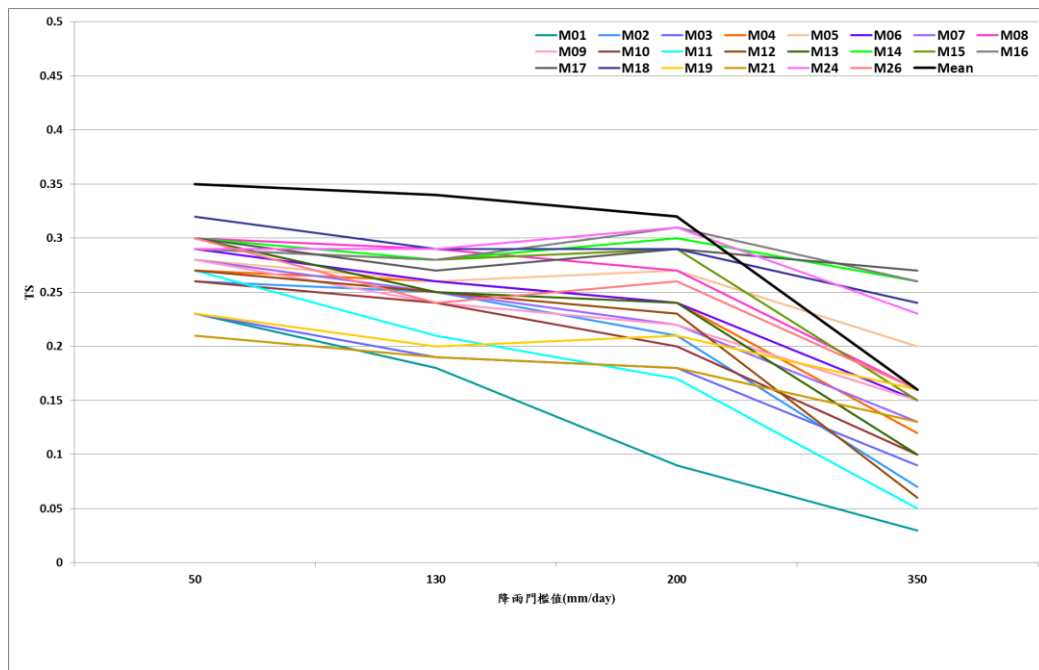
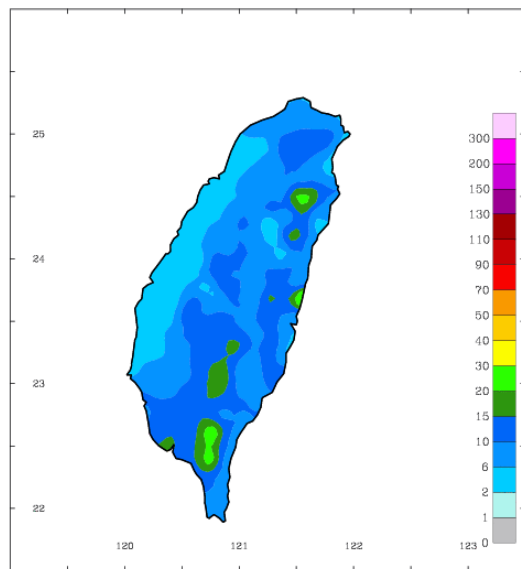


圖 3 全年均一化雨量第一天(6-30 小時)校驗分數，(a)偏倚得分(BS)，(b)預兆得分(TS)，其中黑色線條代表系集平均。

(a)



(b)

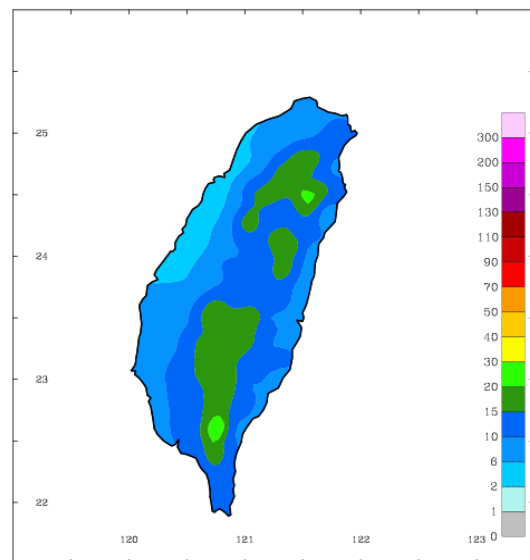


圖 4 (a)觀測及(b)系集平均之第一天(6-30 小時)平均降雨分布。