

極短期多來源定量降水預報客觀融合策略評估

劉承昕¹ 馮智勇¹ 葉世瑄² 黃椿喜²
多采科技有限公司¹ 中央氣象局氣象預報中心²

摘要

本研究之目標為發展基於不同定量降水預報產品產製方法，於極短期 0~3 小時、3~6 小時及 6~12 小時預報時間可能具備不同之預報能力，透過在雷達外延預報、最似成員整合預報或系集模式預報等等不同預報產品中選擇較具能力之預報指引，整合 0~12 小時之預報能力皆有所提升之融合式預報。在實際預報作業上，則需考量如何盡量降低人為介入與監督，透過自動性質之流程，在適當預報時間給予適當權重係數，同時亦保有最佳之預報能力。

根據劉承昕等人(2019)之研究結果顯示，以雷達定量降水外延預報 ABLER (Advection Based Lagrangian Eulerian Regression, 洪等人, 2012)、數值模式整合預報 TEEN (Taiwan Extended Ensemble Nowcasting, 黃等人, 2016; 陳等人, 2016)之 NewPM 法系集平均整合預報資料進行融合，可在預報前 2 小時之短時間中得到較好得效果，但在較長時間及高雨量時表現較差。本研究中除沿用中央氣象局預報中心所開發的 ABLER、TEEN 兩預報外，再加入非以雷達降水觀測做為主要參考的系集模式 WEPS (WRF-EPS, Weather Research and Forecasting Model Ensemble Prediction System)之 NewPM 法系集平均及雷達同化短期預報模式 RWRP 等產品，做為融合來源預報，並透過頻率配對法(frequency matching method, FMM, Zhu 等, 2015)校正。

融合之方法對照組採用去年研究之成果，以預報最近 6 小時之平均絕對誤差(mean absolute error, MAE)之倒數動態更新權重，融合 4 個預報。此外，亦測試以歷史長期統計之預報系統性偏差，估計各預報之靜態權重，以及根據預報特質給定之權重等不同之融合方案等三種預報權重方案，比較其融合效果。

透過臺灣地區陸地網格，以 2019 年 6 月豪雨事件做為案例，透過公正預兆得分(equitable threat score, ETS)、MAE 以及預報降水分布之情形校驗，結果顯示：(1) 三種融合方案之融合預報 MAE 來說都能大致優於其四個來源預報；(2) 預報特質給定權重之融合在第 4 小時之後優於客觀計算權重的融合，顯示使用 MAE 的一次方倒數計算權重太過保守而無法區分出表現較佳的預報。

關鍵字：QPF、預報融合、外延預報、數值動力模式

一、前言

根據預報中心過去對於異質的極短期定量降水預報的整合發展中(洪等人, 2017; 劉等人, 2018)，經預報技術作為客觀標準融合的預報，在極短期有機會可以表現出貼近甚至優於各融合來源預報之能力(劉等人, 2019)。

本研究進一步在原方法使用之 ABLER 及 TEEN 預報外，另加入基於數值預報模式的兩個來源預報 WEPS 及 RWRP，使用共四個預報融合，並對其融合預報選擇案例進行校驗。同時，對於預報技術的統計方法進行分析，並與預報人員的預報經驗進行比較。

本文後續分為資料與測試案例、實作方法、成果分析以及結論等四節，說明研究內容及成果。

二、資料與測試案例

本研究使用之預報資料產品列如表 1，融合權

重參考的預報技術，是預報根據 QPESUMS 雨量作為觀測計算，計算及融合，皆將各預報轉至觀測場網格進行。四個預報融合前 12 個小時的整點預報，融合來源選擇 RWRP 及 TEEN 預報的前 12 小時，WEPS 的第 13 至 24 小時，以及 ABLER 的前 6 小時。ABLER 因預報長度為 6 小時，後 6 小時預報僅融合其外之三個來源。

校驗的案例選擇 2019 年 6 月 2 日 00 時至 7 月 1 日 00 時(UTC)等共 691 小時之時段進行校驗。

表 1 觀測及來源預報資料維度

資料來源	預報頻率	解析度
QPESUMS	10	0.0125°
ABLER	10	0.0125°
TEEN	1	3km
WEPS	6	3km
RWRP	1	3km

三、實作方法

本研究中以三種方式建立預報融合權重，融合權重為逐網格分別獨立計算，下面分別以三個小節介紹如下。其中，前兩種方法計算權重時，以平均絕對誤差(MAE, mean absolute error)做為指標代表預報技術。融合時，權重則計算為權重的一次方倒數比值，如式(1)，式中 m 為預報來源。

$$w_m = \frac{1/MAE_m}{\sum_{i=1}^4 (1/MAE_{m_i})} \quad (1)$$

(一) 最近 6 小時動態 MAE (Dyn)

第一種方法是取自於作業化預報的作法，MAE 取離融合目標時間最近的 6 次預報，統計這 6 次預報的 MAE 為預報技術指標。因為每次都是取最近的 6 次，故此融合權重是隨時間動態變化的。

(二) 靜態長期統計 MAE (Fix)

另一種方法是取每個預報過去長期統計得到的 MAE，本研究中取 2018 年全年，對各預報統計其平均 MAE，做為預報的融合權重，如此每個時間融合時，來源預報都是使用同一個權重融合的。

(三) 經驗權重 (Given)

做為校驗的對照組，本研究選取預報中心專業預報人員根據各預報特質，指定其預報權重，與客觀自技術統計之融合方法比較。

四、成果分析

本研究採用 MAE 與 ETS 做為指標校驗融合預報，並且將前節介紹之三種融合方案預報之技術與來源預報比較。校驗在 0.0125 度空間解析度下，統計臺灣本島陸地網格之降水計算技術 MAE 和 ETS，下面分為兩小節分析說明。另文末附圖 1 為選擇 2020/05/21 06:00UTC 之融合預報降水場校驗範例。

(一) MAE

以 MAE 為能力指標評比之下，Dyn 及 Fix 融合約在第 6 小時之後，整體優於來源預報。Given 融合的整體表現大致在前 3 小時遜於 Dyn 及 Fix，後 9 小時則優於兩者，這顯示使用 MAE 的一次方倒數計得的權重太過保守(過度均勻分配給各預報)，而沒有辦法有效區分出表現較佳的預報。

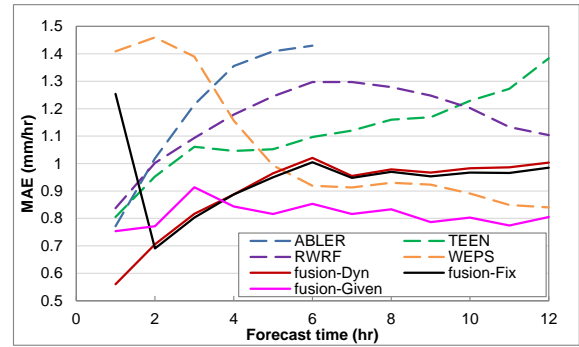


圖 1 來源與融合預報 MAE 隨預報時間之變化。橫軸：預報時間，縱軸：MAE(單位：mm/hr)，虛線：來源預報，實線：融合預報，紅線：Dyn，黑線：Fix，洋紅線：Given

(二) ETS

本小節校驗選用 5、10 及 30 mm/hr 降水強度做為對象校驗融合預報之技術。

融合預報之 ETS 大致上以 Fix 權重的融合預報表現較佳，並且在不同延時和降水強度下，ETS 都明顯高於 Dyn。同時，Fix 權重在低雨量時，能力大致緊貼來源預報中最佳的 TEEN。但雨量較大(如 30 mm/hr)時，其表現則較 TEEN 差，甚至亦較 RWRF 差。

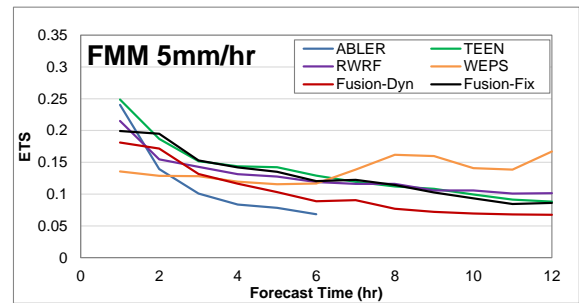


圖 2 來源與融合預報 ETS 隨預報時間之變化，5 mm/hr。縱、橫軸及顏色同圖 1

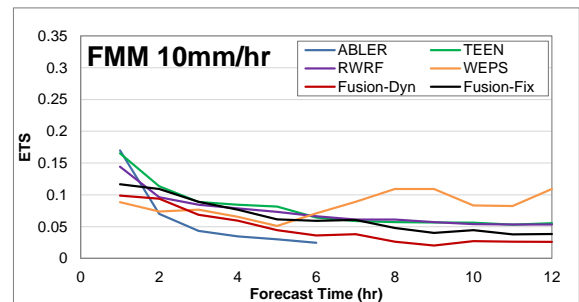


圖 3 同圖 2，10 mm/hr

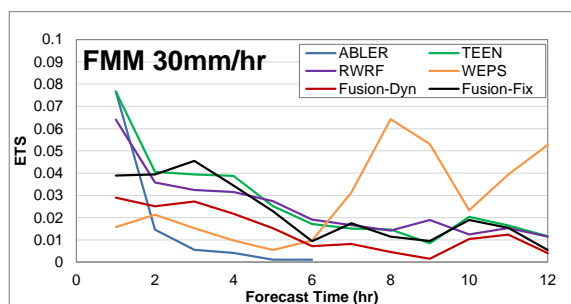


圖 4 同圖 2，30 mm/hr

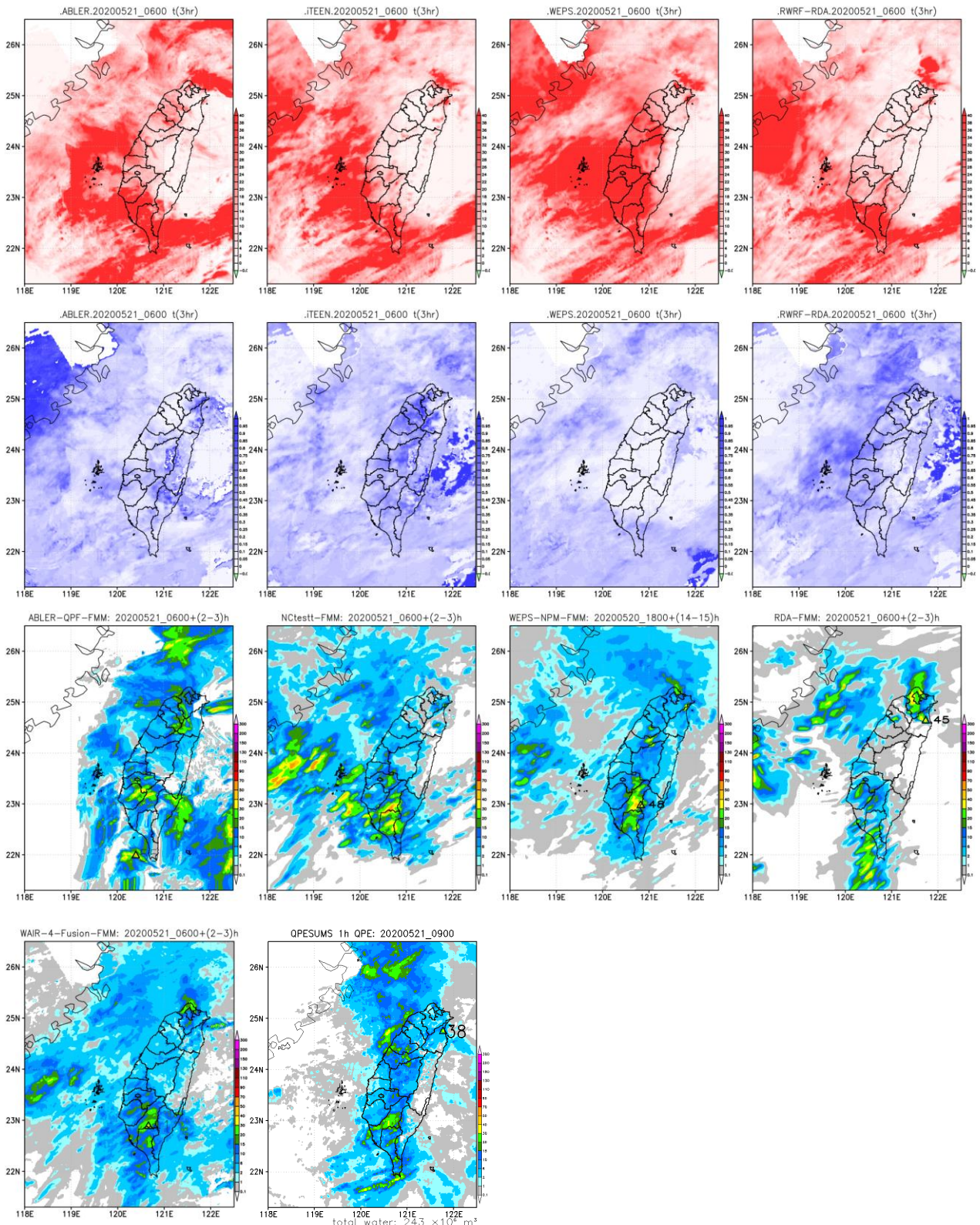
五、結論

本研究透過三種不同，主要自 MAE 客觀或主觀建立的融合權重，嘗試融合 ABLER、TEEN、WEPS 及 RWRP 等四個異質的預報，並用 MAE 及 ETS 校驗其在 2019 年 6 月梅雨季臺灣陸地之預報能力，評估融合預報是否能優於來源預報，結論說明如下。

1. 各種融合方法，以臺灣陸地 MAE 來說都能大致優於各來源預報。
2. Given 權重融合在預報第 4 小時之後優於 Dyn 及 Fix 權重融合，顯示使用 MAE 的一次方倒數計算權重太過保守而無法區分出表現較佳的預報。

參考文獻

- [1] Zhu Y. J. and Luo Y., 2015: Precipitation Calibration Based on the Frequency Matching Method. *Wea. Forecasting*, 30, 1109–1124.
- [2] 洪國展、馮智勇、陳姿瑾、李天浩、黃椿喜, 2012: 「利用 ABLER 法發展臺灣地區雷達回波外延估計」, 101 年天氣分析與預報研討會。
- [3] 洪國展、馮智勇、劉承昕、鄭育昆、黃椿喜, 2017: 「ABLER-QPF 及數值預報 QPF 融合機制之研究」, 106 年天氣分析與預報研討會。
- [4] 黃椿喜、葉世瑄、陳新淦、楊攸祁、呂國臣、洪景山, 2016: 「氣象局極短期定量降水預報整合系統之發展現況」, 105 年天氣分析與預報研討會。
- [5] 陳新淦、黃椿喜、呂國臣、洪景山、張博雄, 2016: 「利用雷達回波影像辨識及篩選技術發展極短期系集定量降水預報」, *大氣科學*, 44(1), 1-31。
- [6] 劉承昕、洪國展、馮智勇、黃椿喜, 2018: 「雷達觀測外延與數值動力模式客觀融合預報實作評估」, 107 年天氣分析與預報研討會。



附圖 1 融合預報雨量場校驗案例。上排：近 6 小時 MAE，第二排：融合權重，第三排，雨量場，最下排：融合雨量場及 QPESUMS 觀測雨量場；前三排由左至右預報：ABLER、TEEN、WEPS 及 RWRf

Evaluation of objective blending strategy for very short-term multi-source quantitative precipitation forecast

Chen-hsin Liu¹, Chih-yung Feng¹, Shih-hsuan Yeh², Treng-shi.Huang²
Manysplendid Infotech¹, Weather Forecast Center, Central Weather Bureau²

Abstract

The goal of this research is to develop a blended forecast from multiple heterogeneous quantitative precipitation forecast products, which have different skill in the very short-term 0-3 hour, 3-6 hour and 6-12 hour period. Through objectively evaluating the skill of the source forecasts, an overall improved forecast guidance to the 0-12 hour forecast may be generated from selecting the best performing forecast or blending the forecast through proper weighting. However, in the real-time forecast operation, the optimal approaching of blending to minimize human intervention and supervision needs to be assessed.

In the research of Liu et al. (2019), the blending of ABLER (Advection Based Lagrangian Eulerian Regression, Hong et al., 2012), a radar QPE extrapolation forecast, and TEEN (Taiwan Extended Ensemble Nowcasting, Huang et al., 2016; Chen et al., 2016), a pattern similarity based numerical model member integration forecast, is capable of generating a better performance in the first 2 hour of forecast. The performance is however lower than the source forecasts in the later forecast times, and with higher precipitation intensity.

In this study, in addition to the ABLER and TEEN forecasts, the New-PM ensemble mean of WEPS (WRF-EPS, Weather Research and Forecasting Model Ensemble Prediction System) and a radar assimilation short-term forecast model RWRF (Radar-assimilated WRF) are included as source forecasts and are bias-corrected by FMM (frequency matching method, Zhu, et al., 2015) technique before blending.

The results of the previous research, in which weights are computed from the dynamically updated mean absolute error (MAE) by for the latest 6 forecast, is compared to other two weighting schemes in this study, including one using the MAE derived from historical long-term statistics, and one given according to operation experiences by expert forecasters.

The performance of the blended forecast of all three weighting schemes, with the four source forecasts, are evaluated by MAE and ETS (equitable threat score) on the Taiwan terrestrial grid, conducted with case of the June 2019 torrential event. The results shows that (1) all three weighting schemes have generally lower MAE than the source forecasts; (2) The designated weighting yield better performance than the dynamic and the fixed weight after the 4th hour of the forecast, showing that the current error-weight formula is too conservative to assign high weights to better-performing forecasts.

Keywords: QPF, forecast blending, extrapolation forecast, numerical model