

雨量頻率配對校正技術實作與案例應用分析

劉承昕¹ 馮智勇¹ 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

本研究針對預報中心所研發的雨量頻率配對校正法(Frequency Matching Method, FMM)研究成果，進一步透過測試，探討方法在應用上受資料特性影響的反應，做為將此校正工具應用至現有預報流程之基礎。實驗中將 FMM 法應用在 2015 年的梅雨案例，以及 2014 年全年的降雨，以系集 New PM 法的平均降雨場產品，ETS 技術得分在高雨量部分皆可以達到 150% 以上的校正效果，根據技術得分，可以評估校正改善效果在降雨強度、預報延時和預報來源下的表現變化，分析此校正方法的特性，其效益較佳及較受限制的情形。

為實現作業化，針對應用目標 EEQPN 預報產品，以 QPESUMS 降雨場為校正參考目標的資料組合，進行多項校正特性之探討，包含：(1)系集模式流程整合成員及校正預報順序預報效果；(2)校正技術隨預報延時之變化及(3)校正技術受降雨類型之影響。上述之特性經分析，結論為：(1)系集成員之結果，以先整合為綜合預報場後再進行校正，應可降低過程產生的不確定性；(2)校正改進預報技術，大致能在前 3 小時維持較高的效果，第 4 至 6 小時則明顯有限；(3)校正效果在同事件的不同區域，有明顯不同的效果，顯示降雨的型態或/和分布對校正效果會有影響。

關鍵字：QPF、預報校正、衰退平均法

一、前言

FMM 法為美國 NOAA 所屬環境模擬中心以簡化卡門濾波發展的雨量強度之校正方法(Zhu and Toth, 2004)[1]及(Zhu and Luo, 2014)[2]，透過統計降雨強度在機率上的分布比例，及衰退平均法(Decaying Average, DecA)，將降雨量修正至與真實代表值相當強度。FMM 預報校正技術用於極短期降水預報，於 104 年透過初步得知結果成效十分良好[5]。

本研究今年度欲繼續深入分析其校正效果之特性，探討此方法發展為作業化之潛在發展性與限制。透過探討頻率配對校正方法的合理應用方式，包含評估校正各種不同降雨預報產品的效益異同，校正應用在系集預報上的方式，以及 FMM 方法在不同降雨型態下校正效果的變化情形。

本研究第二章說明 FMM 方法內容；第三章說明所選用的案例以及其校正整體成效；第四章討論 FMM 校正方法之特性；並於第五章總結研究成果。

二、方法

FMM 法根據真實代表值與預報值所產生的 CDF 作為校正的依據，以預報降雨的強度 CDF 分布應該接近與真實代表值的 CDF 相近的原則校正雨量，主要的校正流程如下：

1. 計算真實代表值與預報值的 CDF
 2. 利用前一時間的 CDF，以 DecA 更新 CDF
 3. 計算預報降雨頻率對應的觀測雨量之關係
 4. 依照預報—觀測對應關係，校正預報雨量
- 以下說明各步驟的實作流程。

(一)計算CDF

透過設定一系列雨量門檻值 k_i , $i=1, \dots, n_k$ ，可計算雨量大於某一雨量門檻的累積機率，故零雨量 CDF 值為 1.0，歷史極值以上 CDF 值為 0.0。對單一時間之降雨場，CDF 以網格為單位計算降雨量超過 k_i 所佔之比例，計算出 n_k 個 CDF 值。

(二)DecA修正CDF

此處的 CDF 透過 DecA 對雨量頻率 CDF 進行逐時的更新，動態去除觀測降雨及預報 CDF 之間的系統性誤差。本分析中經試誤法得臺灣地區採用時間衰退權重 $w=0.35$ 可得最低之方均根誤差 RMSE 及最高之相關係數，故採用之。

(三)依降雨頻率建立雨量對應關係

FMM 之核心方法為根據 CDF 校正預報雨量，CDF 代表降雨事件的發生頻率。FMM 將任一降雨強度的預報降雨量，對應強度頻率 CDF 相同的觀測降雨量，透過線性內插求同樣發生頻率時的觀測雨量值將預報降雨量依此校正之。FMM 校正時僅依據原始預報的強度校正，與降雨發生的位置以及空間分布型態無關。

三、案例分析

本研究選擇 2014 年全年 QPE 降雨分析場對雷達 QPF 預報場，及 2015 年 5 月 19 日 00 時至 5 月 25 日 23 時(UTC)共 168 小時期間的梅雨事件 QPESUMS 降雨與觀測 EENC 整合預報資訊中，系集優選平均、NewPM 平均以及前 20% 強降雨等兩個案例評估 FMM 校正預報之效果，以預報結果之公正預兆得分(ETS)、偏估指標(BS)、辨識率(POD)及誤報比(FAR)作為預報技術的指標分析之。

(一)2014年雷達QPF預報案例

圖 3-1 為 2014 年全年預報 FMM 法校正前後的 ETS 得分及改善比例，實線為 ETS 得分，橫軸為降雨門檻值，黃虛線為改善比例。由圖可見 FMM 能大幅改進原本 QPF 的 1 小時預報，在低雨量(<5.0mm/hr)時改進約 0.05 至 0.10，中雨量和高雨量(>20mm/hr)

時可改進 0.15 左右。由 ETS 的改進程度可見 FMM 即使在全年的尺度之下，情境跨越降雨及無降雨的時期，也能有效改善降雨預報的結果，並且在高雨量的情境下更為顯著。

(二)2015年梅雨EENC模式案例

FMM 法在 2015 年梅雨的案例中，預報校正前後之 ETS 及改善比例繪於圖 3-2 中。圖中實線為 ETS，各模式給予不同的顏色作為區分，淺色線表原始預報，深色線表校正預報，左(主)縱軸高度為 ETS，橫軸為降雨門檻值，黃虛線為 ETS 改善比例，即 $(ETS_{FMM}-ETS)/ETS$ ，對應右縱軸高度。

2015 年梅雨事件之降雨預報經 FMM 校正後，對所有的預報產品都有改善效果，其中對優選平均的產品改善最佳，FMM 校正大幅改善其 ETS 隨雨量降低的速率，至 50mm/hr 時仍維持 0.094，這是因為 FMM 有效地修正了偏低的降雨量，使高降雨區更貼近觀測。NewPM 的 FMM 的校正則使 ETS 在各雨量下大致均勻增加，高雨量部分能使預報的 ETS 維持在原始預報的約 2.4 倍左右。20% 強降雨的改善情形類似 NewPM，但幅度較小。

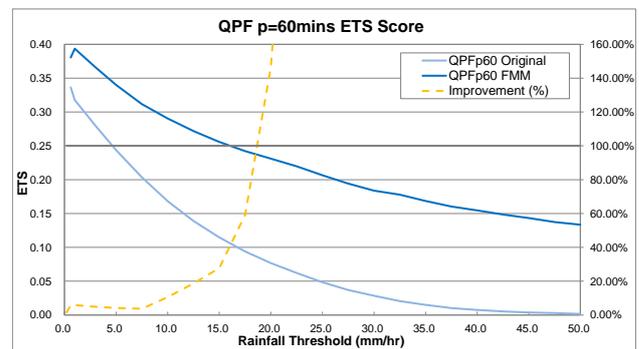


圖3-1 2014全年降雨預報校正前後ETS得分圖

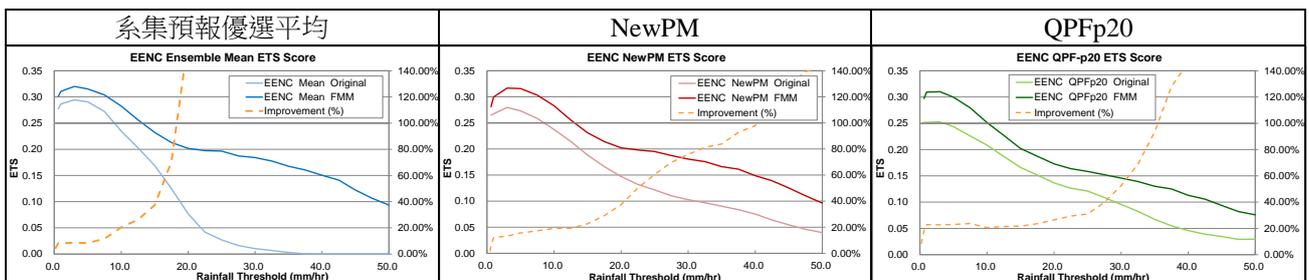


圖3-2 2015年梅雨案例EENC三種降雨產品校正前後ETS得分圖

四、FMM校正特性分析

為評估 FMM 校正之特性，進而了解實際應用於作業上時可能的問題，本研究利用前章所提到的 2015 年梅雨案例作為對象，實驗分析預報校正之技術隨預報情境的變化情形，並分節說明。未來將可利用這些實驗的結果，減少 FMM 作業化上困難度，並使其效益增加。

(一)系集模式流程整合成員及校正預報順序預報效果影響分析

2015 年梅雨案例中所使用的 EENC 預報是一種系集預報產品，其中 Mean、New PM 及 QPF p20 等產品即為其不同的整合產品。欲以 FMM 校正系集預報時有兩種做法，一是直接校正已整合完成的預報，或是先分別對各個預報成員先個別進行校正後，再整合為預報產品。

其中後者因為 EENC 的預報成員來自不同的預報延時，因此其預報時間之前可能資料長度不足，而使得 FMM 要校正長延時的預報時，資料不足而無法統計所有成員，一種權衡方式為使用該成員再前一次預報的資訊，但其對於預報整合來說是異質的來源，會引入額外的不確定性，而若忽略該成員亦會改變整合預報的性質。而由 ETS 得分來看，如圖 4-1 所見，先校正後整合，校正效果略好一些，1~30mm/hr 之中低雨量區間，先整合後校正之平均改善比例為 36.0%，先校正後整合為 38.9%。

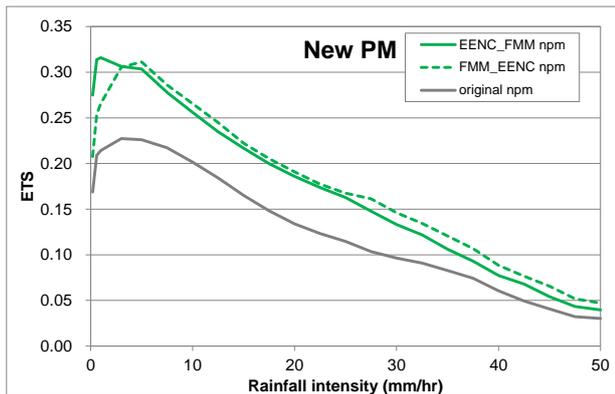


圖4-1 EENC New PM系集預報整合與校正順序實驗結果

(二)預報校正技術受預報延時影響分析

本結將前結 FMM 採「先整合後校正」之 2015 年梅雨預報案例中，NewPM 產品延時自 1 至 6 小時

下的技術得分統計並評估 FMM 改善預報技術的效果隨預報延時增加之變化情形。圖 4-2 為 FMM 預報隨延時，四種技術指標的得分情形。

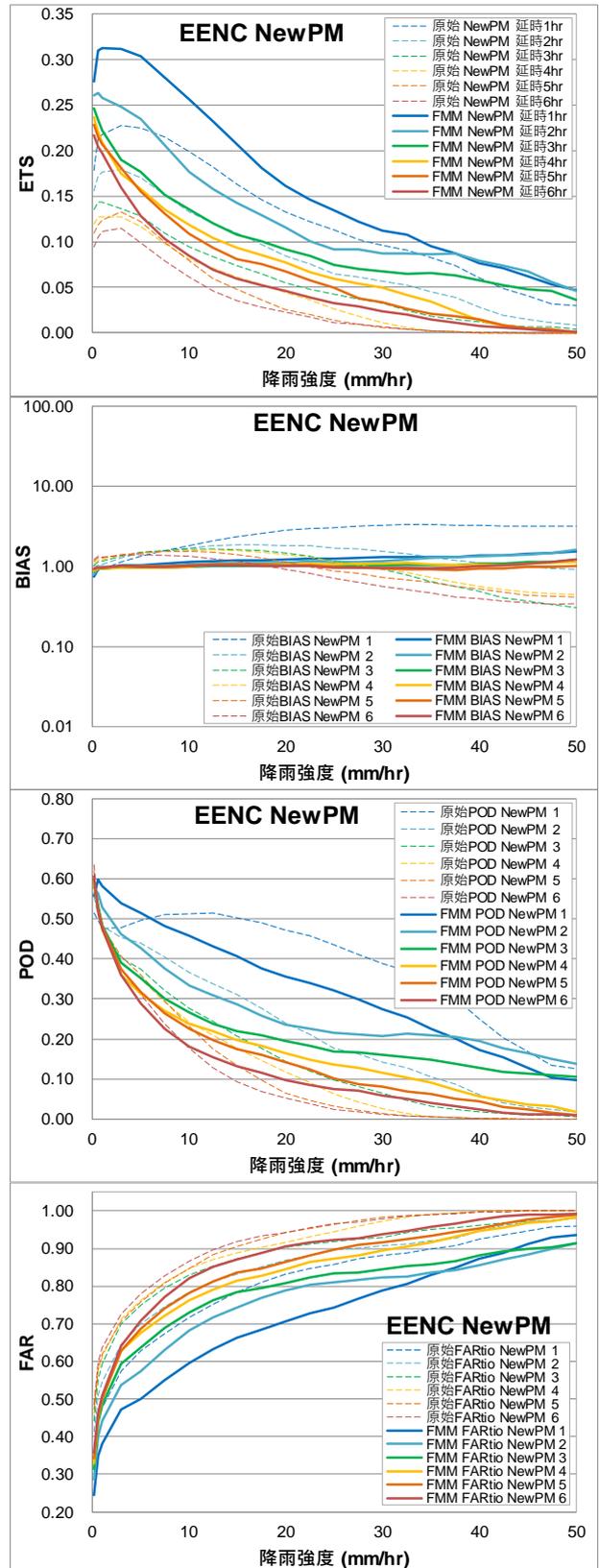


圖4-2 EENC New PM預報6小時以下延時之預報技術得分(由上而下：ETS、BS、POD及FAR)

NewPM 因考慮了降雨強度空間分布情形，因此原始預報技術較其他產品為佳，技術隨降雨強度降低的程度亦較緩和。原始預報在第 1~2 小時技術開始明顯下降，校正預報的預報技術則在第 4 小時開始有較明顯的下降。

由 BIAS 觀察則可見原始預報，第 1~2 小時主要為高估，第 3 小時之後則約略在 20mm/hr 以下呈高估，以上呈低估，低估的幅度隨預報延時增劇；校正預報則如同 Mean 之校正效果，僅有微小的高估。

以 POD 而言則第 1 小時的原始預報較校正預報為高，第 2 小時以後，原始預報大致在低雨量區間較校正後高，反之則校正預報較高，POD 的表現可與 BIAS 隨降雨強度的高估—低估表現互相呼應，顯示其在數值高估下降低了預報失誤(miss)的效果。POD 分數交叉處約落在 20~8mm/hr(第 2~6 小時)處。

FAR 的表現則校正前後之分數隨降雨強度之變化曲線相似，惟數值上以校正預報較低。

(三)預報校正技術受降雨類型影響分析

分析降雨類型的方法是將臺灣南北的降雨現象分離，分別評估其預報技術。在 2015 年梅雨案例中，北臺灣主要是鋒面系統造成的降雨；南臺灣則主要是受西南氣流引致的地形雨，此處實驗僅觀察以緯度 23.72°N 分界的臺灣南或北半部(圖 4-3)降雨下，預報技術的差別。實驗之組合參考表 4-1。

表 4-1 降雨類型實驗南北臺灣組合列表

#	降雨場觀測窗範圍	預報技術統計範圍
1	臺灣本島與周圍海域	北臺灣本島陸地
2	臺灣本島與周圍海域	南臺灣本島陸地
3	北臺灣本島與周圍海域	北臺灣本島陸地
4	南臺灣本島與周圍海域	南臺灣本島陸地

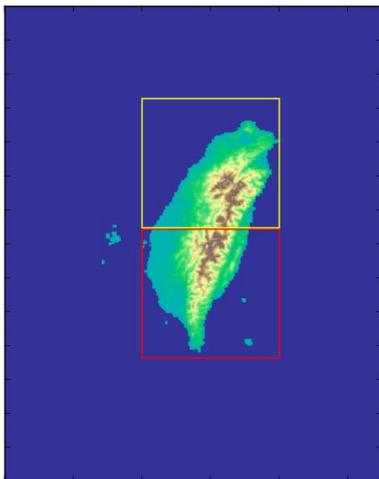


圖4-3 降雨類型實驗南北臺灣分區說明

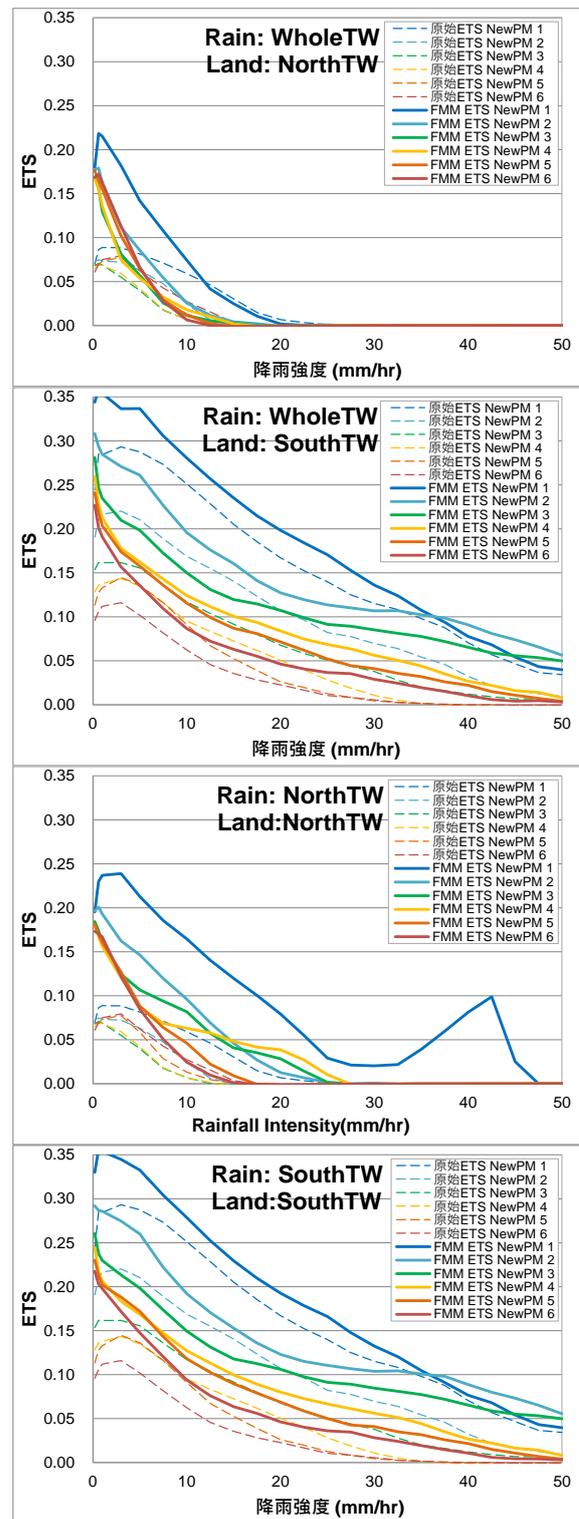


圖4-4EENC New PM預報不同降雨類型之ETS得分 (由上自下：全臺灣降雨北臺灣技術；全臺灣降雨南臺灣技術；北臺灣降雨北臺灣技術；南臺灣降雨南臺灣技術)

1. 全臺灣降雨，北臺灣 ETS

僅使用北半臺灣的陸地統計預報技術的結果中，ETS 明顯地較全臺灣者為低，FMM 雖能在量值

上明顯改善，但預報技術仍隨降雨強度迅速遞減，無法維持至 20mm/hr 以上。

2. 全臺灣降雨，南臺灣 ETS

南臺灣之預報技術表現與北臺灣恰相反，ETS 得分較全臺灣者為高，不論是校正前後的預報，ETS 皆能維持至相對高的降雨強度。

3. 北臺灣降雨，北臺灣 ETS

僅觀測北半臺灣降雨行為時，ETS 較觀測全臺灣降雨時為高，可能表示南、北臺灣的降雨型態不同，因而南臺灣的降雨會在預報透過雨量強度分布校正的過程造成不利影響，ETS 在第 1 小時能延續至 30mm/hr 以上(在 42.5mm/hr 時的技術提升，是因 ETS 對隨機命中事件的估計方法，在統計樣本較少時導致的偏估)，第 2~4 小時，則能延續至 25mm/hr。

4. 南臺灣降雨，南臺灣 ETS

僅觀測南臺灣部分降雨所得到的預報技術與「全臺灣－南台灣」時非常相似，其隨降雨強度的變化與「全臺灣－南台灣」時幾乎相同，顯示南半台灣在此案例的降雨行為較為穩定。預報技術得分在 ETS 上與「全臺灣－南台灣」幾乎相同，顯示南台灣地區的降雨，因降雨特徵更同質，經校正後能夠更正確地描述觀測的行為。

五、結論

本研究針對 FMM 法的校正效果引用 ETS 外的三個預報技術指標偏估指標 BIAS、辨識率 POD 及誤報比 FAR 進一步檢視預報校正的特性，結論整理如下。

1. FMM 針對臺灣地區的降雨，不論是以 2014 年全年的測站觀測降雨分析場校正 QPF 預報或是以在 2015 年 7 日的梅雨案例中以 QPESUMS 校正 EEQPN 的 Mean、New PM 及 QPF p20 三種整合預報產品，都能達到明顯的改善效果，顯著改善 ETS 技術得分。
2. 在校正系集預報之流程上，以 EEQPN 為例測試直接校正整合預報，或是先分別對各個預報成員先個別進行校正再整合下，FMM 校正的效果差異，結果而言以先整合後再校正的預報技術較高。
3. FMM 校正的效果，隨預報延時的變化情形顯示校正的效益(預報得分改進比例)亦隨預報延時增長而遞減。
4. 以將降雨分區的方式檢驗觀測不同區域的降雨，測試 2015 年 7 日的梅雨案例中臺灣鄰近區域的降

雨是否因屬不同系統成因而對 FMM 校正效果有所影響的實驗中，發現南、北臺灣的降雨確屬不同系統，校正後以南部地區由西南氣流引進的降雨較能被模式掌握，預報校正後的效果能更貼近參考的觀測值。

5. 經校正後的預報，大部分有 BIAS 更接近 1.0 之特性，符合 FMM 校正雨量強度之特性。
6. 經校正後的預報，POD 有降低的現象，是因為大部分模式雨量高估的情形被修正至更貼近觀測值，此現象同受 FAR 經校正後降低的現象支持。

參考文獻

- [1] Cui, B., Z. Toth, Y. Zhu, and D. Hou, 2012: Bias correction for global ensemble forecast. *Wea. Forecasting*, 27, 396-410.
- [2] Zhu, Y., and Z. Toth, 2004: May 2004 implementation of bias-corrected QPF and QPPF forecasts. NOAA/NWS/Environmental Modeling Center.
- [3] Zhu Y. J. and Luo Y., 2015: Precipitation Calibration Based on the Frequency-Matching Method. *Wea. Forecasting*, 30, 1109–1124.
- [4] 交通部中央氣象局，2015：「104 年度地面氣象觀測資料網格化實作計畫」。
- [5] 交通部中央氣象局，2015：「小區域暨災害性天氣資料分析與應用建置案——極短時強對流預報監測及預報整合系統」。
- [6] 李孟軒、葉世瑄、陳建安、朱美霖、黃椿喜，2015：「梅雨豪大雨個案之定量降水預報校驗」，104 年天氣分析與預報研討會論文全文彙編，A7-160。

