

極短期定量降水預報技術於梅雨季節之校驗結果

葉世瑄¹ 黃椿喜¹ 陳新淦¹ 呂國臣¹ 洪景山²

中央氣象局氣象預報中心 中央氣象局資訊中心

摘 要

氣象局為發展極短期 0 至 6 小時的定量降水預報，使用 2 種影像辨識技術篩選系集預報之模擬回波與實際觀測雷達回波相似的成員(陳等 2014，黃等)，之後再進行未來 3 至 6 小時的定量降水預報。本研究透過今年 5 月的主要梅雨個案與月平均分析比對結果之前十名成員系集平均的雨量得分表現，如預兆得分(Threat Score)，公正預兆得分(Equitable Threat Score)，辨識率(Probability of Detection)，誤報率(False Alarm Rate)，漏報率(Missed Rate)與偏差指數(Bias Score)。結果顯示兩種方法除了可提升 TS 及 ETS 之預報技術以外，亦可有效提高 POD，且降低 FAR 和 MS；另外，使用不同的系集方法，如 PM(Ebert 2001)，NPM(葉等 2014) 或 QPFP(黃等 2014) 皆可有效改善系集平均將降雨極值平滑掉的缺點，更進一步提升短時間高門檻之強降雨(50 毫米/小時)技術。

關鍵字：影像辨識、系集預報、預兆得分、公正預兆得分、辨識率、誤報率、漏報率、偏差得分

一、前言

為了防災應用上的需求，中央氣象局(Central Weather Bureau)在近幾年積極發展短期的定量降水預報(Quantitative Precipitation Forecast, QPF)整合系統，統整歐洲作業中心(European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, ECMWF)、美國國家環境預報中心(National Centers for Environmental Prediction, NCEP)、日本氣象廳(Japan Meteorological Agency, JMA)、CWB 區域系集預報系統(CWB WEPS)，以此為巨量系集資料庫，利用不同延時策略及統計方法產生定量降水預報，除了簡單的系集平均以外，也進一步發展進階的統計方法，如 2 種機率擬合平均(Probable-matched Mean, PM, Ebert 2001；NPM, 葉等 2014)與定量降水預報百分位數(Quantitative Precipitation Forecast Percentile, QPFP, 黃 2014)等預報指引，以提供預報員做短期 QPF 的評估。

除了短期的定量降水預報整合以外，極短期(12 小時內)的 QPF 是另一個積極發展的目標。傳統上針對極短期定量降水預報通常採用 2 類方法，第 1 類是

由雷達降水回波產生的延時預報，另 1 類則是利用極短期雷達資料同化產生的快速更新預報。其中雷達外延方法由於缺乏動力的支持，因此通常在 1 小時之後即快速失去預報技術，而極短期預報模式目前受限於雷達同化技術及中尺度對流系統的模擬限制，仍有瓶頸待突破。目前在氣象局預報中心則提出第 3 類方法，以影像辨識技術整合雷達觀測及系集預報系統，以對最近似於現況的系集預報成員產生新的系集預報，以改進定量降水預報技術。目前已有 2 種方法在預報中心測試(詳細內容請看第二章節)，除了提供預報員產生極短期間的定量降水預報外，也增進對極短期極端降雨事件的預報信心度，改善天氣警特報與即時天氣訊息的能力。

故本文選取梅雨季節(5 至 6 月)與梅雨季節中顯著個案，利用各種校驗指標來定量此兩種辨識技術的特性，提供預報員做使用的參考。

二、資料收集與分析方法

(一) 資料來源與模式簡介

本研究使用格點雨量資料為中央氣象局自 2002

年起整合多重觀測資料並結合地理資訊發展劇烈天氣監測系統 QPESUMS (Quantitative Precipitation Estimation and Segregation Using Multiple Sensor)之定量降水估計產品。

系集模式則為氣象局作業使用之系集模式預報系統，這個系統是基於本局決定性 WRF 模式(Weather Research and Forecasting Model)所做的預報(WRFD)，使用 WRF 三維變分同化系統(WRD three-dimensional data assimilation system, 3D-VAR)建構的系集預報系統，為三層巢狀網格結構，解析度分別是 45/15/5 公里，現行預報作業每日更新 4 次，分別為每日的 0000 UTC、0600UTC、1200UTC、1800UTC，每次產生 20 個系集成員之預報結果。總預報時間長度為 72 小時，模式輸出頻率為 3 小時一筆(李等 2011)。

氣象局衛星中心與美國 GSD 合作發展的 LAPS/STAMS 資料同化方法，並輔以 WRF 模式進行未來 12 小時的極短期數值天氣預報模式，分別使用本局 GFS、美國 GFS、日本全球模式為初始場及邊界場的 7 個預報成員(Cheng, 2012)。

(二) 研究方法

本文將會校驗兩種辨識技術。第 1 種辨識技術使用不動差理論為基礎，針對不同門檻之權重，進行正規化的片段相似度運算，依據觀測雷達回波與系集模式預報回波的相似程度得分進行排序，最後針對最相似的前 10 名成員產生最佳的系集定量降水預報(陳等 2014)，本文將此方法之命名為 NCwgt。更詳細的理論與計算過程請參考 103 年度天氣分析研討會 A6-144 的論文。

另外，預報中心也同時發展第 2 種排序方法，以現況的雷達觀測回波，計算不同門檻權重的系集成員預報回波技術，最後針對最相似的前 10 名成員計算比對後的系集定量降水預報產品，本文將此方法命名為 NCtest。

(三) 校驗方法

本研究校驗格點上之系集 QPF 預報與觀測降水，並使用預兆得分(Threat Score, TS)、公正預兆得分(Equitable Threat Score, ETS)、偵測率(Probability of Detection, POD)、誤報率(False Alarm Rate, FAR)、漏報率(Missed Rate)與偏差指數(Bias Score, BS)進行定

量分析。TS 與 ETS 為了解模式預報超過門檻值時，正確預報降雨面積占預報與觀測降雨面積總和的比值；POD 為實際有發生的降雨事件中，模式有預報到的比例；FAR 為模式預報中實際沒發生降雨事件的比例，MS 則為實際有發生的降雨事件中，沒有預報到的比例；BS 則為模式預測降水次數與觀測降水次數之比值。TS、ETS 與 POD 值越接近 1，以及 FAR 與 MS 值越接近 0，表示模式降雨預報能力越高；BS 數值小於 1 代表預報低估，大於 1 代表預報高估。

六種校驗分數公式如下：

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

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

$$POD = \frac{a}{a+c}$$

$$FAR = \frac{b}{a+b}$$

$$MS = \frac{c}{a+c}$$

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

a、b、c、d 定義，a 代表預報有降雨且觀測也有降雨的次數(hits)，b 代表預報有降雨但觀測無降雨的次數(false alarms)，c 代表預報無降雨但觀測有降雨的次數(misses)，d 代表預報無降雨且觀測也無降雨的次數(correct rejection)。

三、個案分析與結果討論

(一) 梅雨季平均

圖 1 為各種極短期 QPF 產品的梅雨季平均(5 至 6 月)預報技術得分，在此先分析每張圖中前三種方法(WEPS, NCwgt, NCtest)。WEPS 為原始無經過辨識技術的系集平均，NCwgt 為使用了第一種辨識技術的系集平均，NCtest 則是使用了第二種辨識技術的系集平均。比較此三種方法主要凸顯使用了辨識技術後的得分差異，從圖 1a~e 明顯指出，經過辨識技術比對後，可使預報技術提升(圖 1a~b)，並且在同一個降雨門檻下，偵測到降雨的比例上升(圖 1c)與誤報率下降(圖 1d)；另外漏報的比例(圖 1e)也降低。從圖 2a~c，可看到這

三種方法隨著預報時間的得分變化，指出辨識技術於 6 小時內可提升預報技術，並對大雨有預報能力；但因兩種辨識技術使用觀測雷達回波或觀測雨量過濾系集成員，並沒有考慮天氣系統的動力過程，時間延續性較差，故 6 小時之後使用辨識技術就沒有明顯優勢。

圖 1 每張圖中另外六種方法則是分別於前三種 QPF 產品(WEPS, NCwgt, NCtest)再使用不同系集後處理方法所得到的預報產品。如使用了新機率擬合平均(W-NPM, NCw-NPM, NCt-NPM)或者定量降水預報百分位數(W-Q20, NCw-Q20, NCt-Q20)。系集後處理方法的使用主要改善極值預報不足的問題，校驗反應在偏差指數(圖 1f)的差異。如 NPM 使用整體系集成員降雨頻率分布重新分配降雨量值，可改善系集平均小雨高估與大雨低估的特性，並使不同降雨門檻偏差得分接近 1；定量降水預報百分位數(簡稱 QPFP)則是一種分位數的概念，如 QPFP20 即代表第 20 分位數，假若有 10 個系集成員，QPFP20 即代表每個相同的空間格點上系集第二大的數值，因此較有高估的情形，偏差指數也較大。但相對的 QPFP 可使偵測率升高並降低漏報的機會，在實際預報作業上是可以接受的，也是預報員比較可能採用的系集後處理方法。

這三種系集後處理方法從圖 3 可更明顯看出其特性。圖 3a~c 為梅雨季節(5 至 6 月)的綜合表現校驗圖，橫軸為準確率，縱軸為偵測率。圖中實線代表偏差指數等於 1，實線右側代表偏差指數小於 1，實線左側代表偏差指數大於 1。曲線為 TS 得分，越接近右上角 TS 越接近 1。故越接近圖中右上角代表預報技術越高，反之越接近圖中左下角代表預報技術越低。系集平均(圖 3a)有小雨(冷色系標誌)高估，大雨(暖色系標誌)明顯低估的特性，尤其極端降雨(紅色標誌，代表降雨量大於 100 毫米)是偵測不到的。QPFP20(圖 3b)則是整體都有明顯高估，但是 QPFP 對於極端降雨(紅色標誌)的偵測率是三種方法中最高的。NPM(圖 3c)則是小雨或大雨標誌幾乎接近或位於實線上，代表偏差指數接近於 1。從以上結論得出，NPM 方法是三種系集方法(系集平均，NPM 與 QPFP)中綜合表現最好的，故後面的個案分析將會以 NPM 方法做為討論對象。

(二) 個案分析

本篇個案分析為 2015 年 5 月 19 日至 5 月 26 日的

梅雨事件，校驗結果如圖 4a~f。從 TS 與 ETS(圖 4a~b)，可看出使用辨識技術能提升校驗分數。與原本的系集結果(W-NPM)比較，第一種辨識技術(NCw-NPM)在 10 毫米以上的雨量門檻，TS 與 ETS 皆提升了 7%~25%(TS 10 毫米從 0.28 升至 0.35，50 毫米從 0.1 升至 0.17；ETS 10 毫米從 0.2 升至 0.25，50 毫米從 0.1 升至 0.17)；第二種辨識技術(NCt-NPM)的 TS 提升了 9%~39%(10 毫米從 0.28 升至 0.39，50 毫米從 0.1 升至 0.19)，ETS 則提升了 9%~50%(10 毫米從 0.2 升至 0.3，50 毫米從 0.1 升至 0.19)。在偵測率(圖 4c)的部分，可看出在同一個雨量門檻下，使用辨識技術後分數皆有提升；另一方面，誤報率(圖 4d)與漏報率(圖 4e)的分數也顯著下降。代表兩種辨識技術皆可增進對於梅雨鋒面降雨的預報能力。圖 5 為此梅雨個案的綜合表現校驗圖，除了可觀察到 NPM 的特性(三種方法皆很接近圖中實線，代表偏差得分接近於 1，結果同圖 4f)，另外看出在 10 毫米以上(除淡藍色標誌以外)，NCw-NPM(正方形)或者 NCt-NPM(三角形)皆位在 W-NPM(圓形)的右上方，代表兩種辨識技術的偵測率與 TS 得分皆較 WEPS 高，呼應了圖 4a~f 的結果。

四、結論

中央氣象局在近幾年發展短期的定量降水預報整合系統，提供預報員做短期 QPF 的評估，但對於極短期(12 小時內)的 QPF 掌握仍有很大的挑戰性。本文使用梅雨季平均與梅雨顯著個案探討兩種辨識技術於極短期降雨預報的校驗成果，結果顯示辨識技術皆可提升預報技術，如 10 毫米 TS 得分從 0.28 升至 0.35~0.39，50 毫米 TS 得分從 0.1 升至 0.17~0.19，並且在同一個降雨門檻下，偵測率上升、誤報率與漏報率下降；並指出辨識技術於 6 小時內可有效提升降雨預報能力。如果以辨識技術的產品為基底，再使用其他的系集後處理方法(NPM, QPFP20)，改善系集平均平滑極值的特性，對於極端降水的預報技術將有顯著提升。

五、參考資料

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。

李志昕、洪景山，2013：“區域系集預報系統強化研究—物理參數

法擾動強化”，102 年天氣分析與預報研討會論文彙編，A2，37—42。

陳新淦、黃椿喜、呂國臣、洪景山、張博雄，2014：“發展模式與觀測雷達回波影像比對技術及改善極短期降水預報之研究”，103 年天氣分析與預報研討會論文摘要彙編，A6-3。

黃椿喜、洪景山、葉世瑄、張博雄、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論文摘要彙編，A6-1。

葉世瑄、林沛練、洪景山、黃椿喜，2014：“機率擬合之系集定量

降水預報後處理方法”，103 年天氣分析與預報研討會論文摘要彙編，A6-6。

Chang, H. L., H. Yuan, P. L. Lin, 2012: Short-Range (0-12h) PPDFs from time-Lagged Multimodel Ensembles Using LAPS. Mon. Wea. Rev., 140, 1496–1516.

Ebert, Elizabeth E., 2001: Ability of a Poor Man's Ensemble to Predict the Probability and Distribution of Precipitation. Mon. Wea. Rev., 129, 2461–2480.

附件

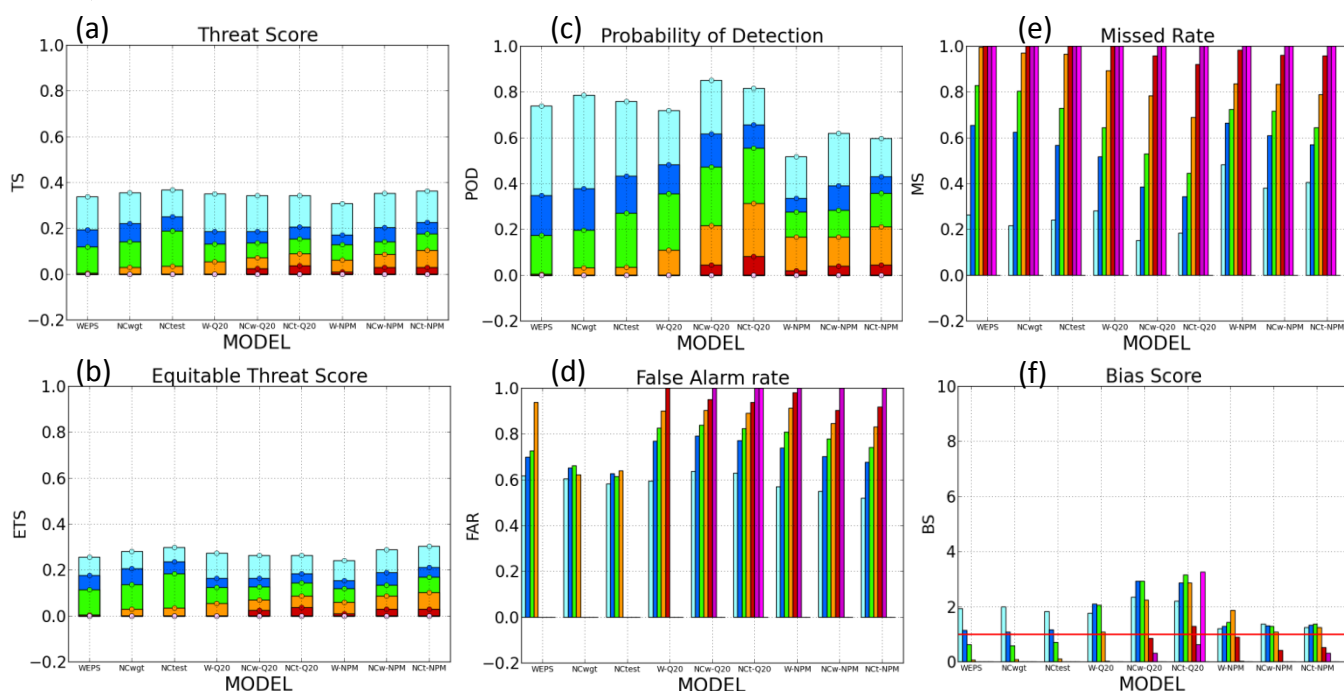


圖 1 模式於梅雨季節的平均校驗得分。縱軸為各校驗分數，依序為(a)預兆得分(b)公正預兆得分(c)偵測率(d)誤報率(e)漏報率(f)偏差得分。橫軸為模式，依序為 WEPS, NCwgt, NCtest, W-Q20, NCw-Q20, NCt-Q20, W-NPM, NCw-NPM 與 NCt-NPM。長條圖的顏色代表不同門檻值的校驗分數，門檻值的設定請參考圖 4 的色標。

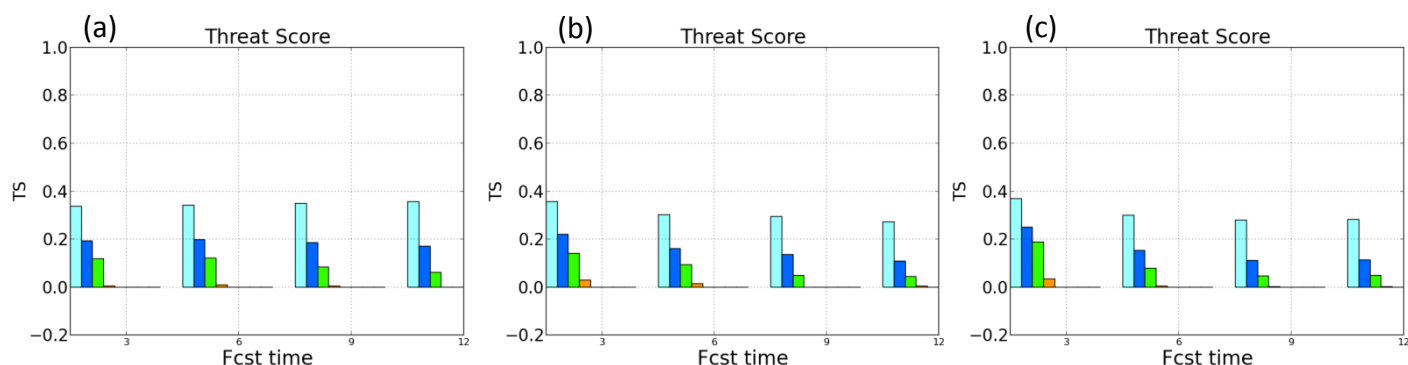


圖 2 模式於梅雨季節隨著預報時間的平均校驗分數變化圖。依序為(a)WEPS(b)NCwgt(c)NCtest，縱軸為預兆得分，橫軸為預報時間，如 3 小時前對此段時間的預報、6 小時前對此段時間的預報...直至 12 小時。這邊特別注意 WEPS 的預報時間是以預報員當時可參考的初始場為主，故不一定為 3 小時前對此段時間的預報（通常是 9 小時前或 15 小時前）。

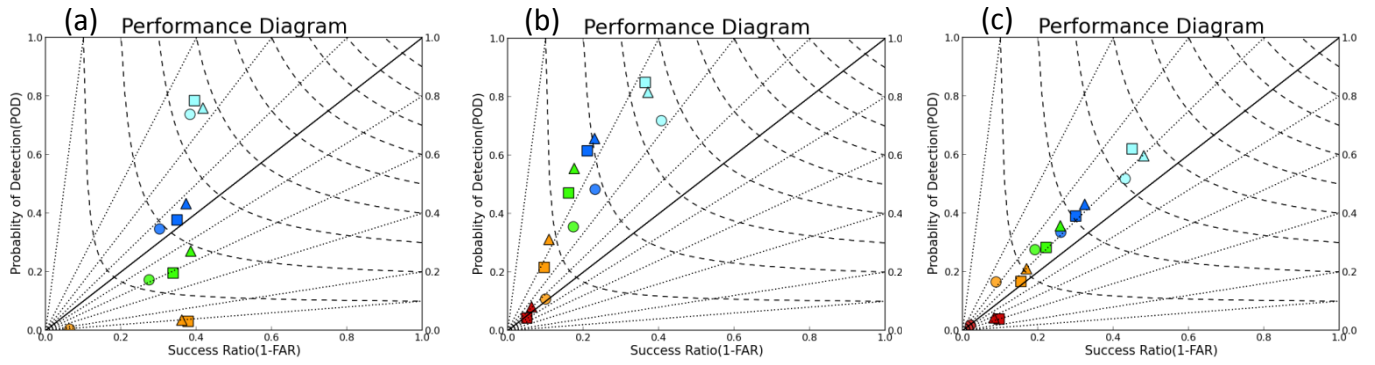


圖 3 模式於梅雨季節的綜合校驗表現圖。縱軸為偵測率，橫軸為準確率；實線代表偏離得分為 1，往右側漸小，往左側漸大；曲線代表預兆得分，往右上角預兆得分越接近 1，往左下角預兆得分越接近 0；圖中標誌代表(a)WEPS(圓形)，NCwgt(正方形)與 NCtest(三角形)(b) W-Q20(圓形)，NCw-Q20(正方形)與 NCt-Q20(三角形) (c) W-NPM(圓形)，NCw-NPM(正方形)與 NCt-NPM(三角形)。顏色表示不同門檻值的校驗分數，門檻值的設定請參考圖 4 的色標。

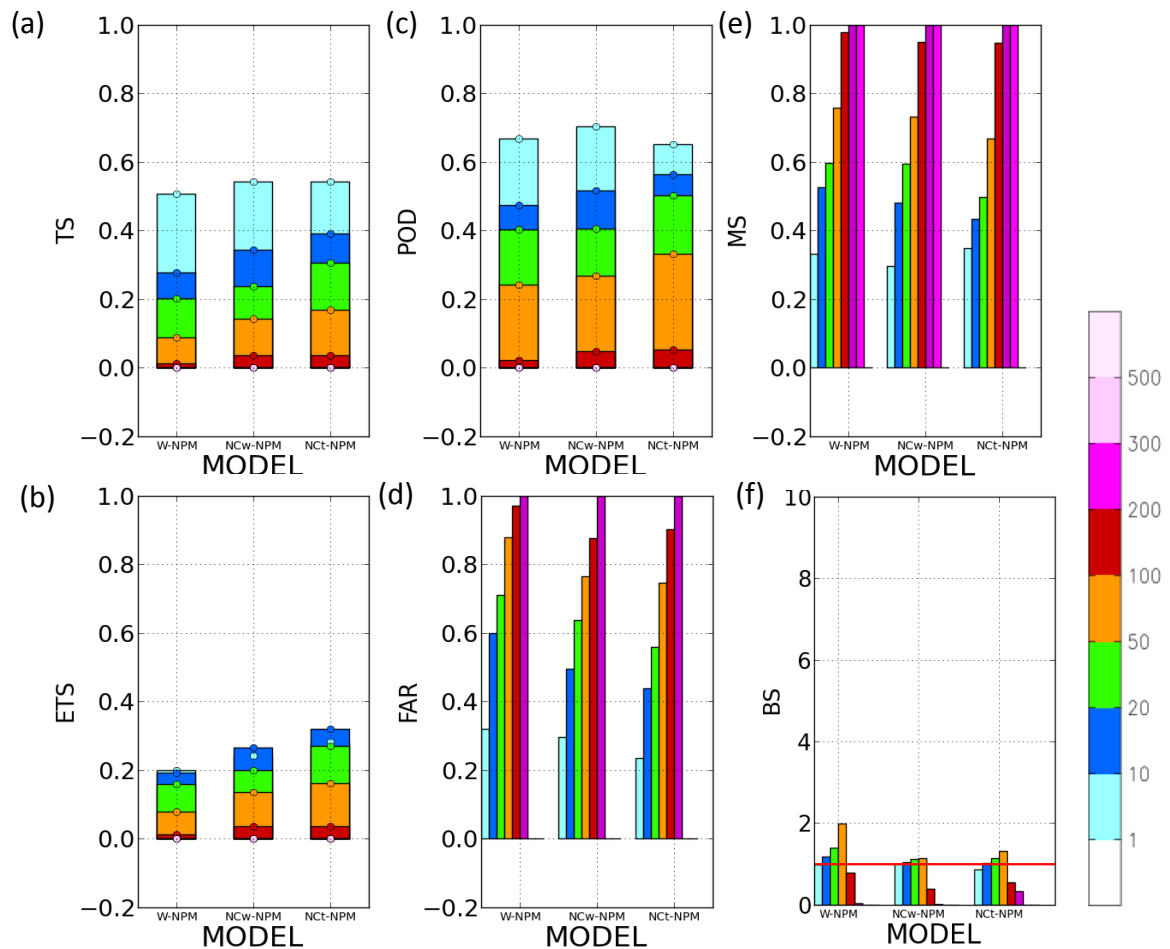


圖 4 梅雨個案 5 月 17 日 1200UTC 至 5 月 19 日 1200UTC 的平均校驗得分。依序為(a)預兆得分(b)公正預兆得分(c)偵測率(d)誤報率(e)漏報率(f)偏差得分。圖說同圖 1。

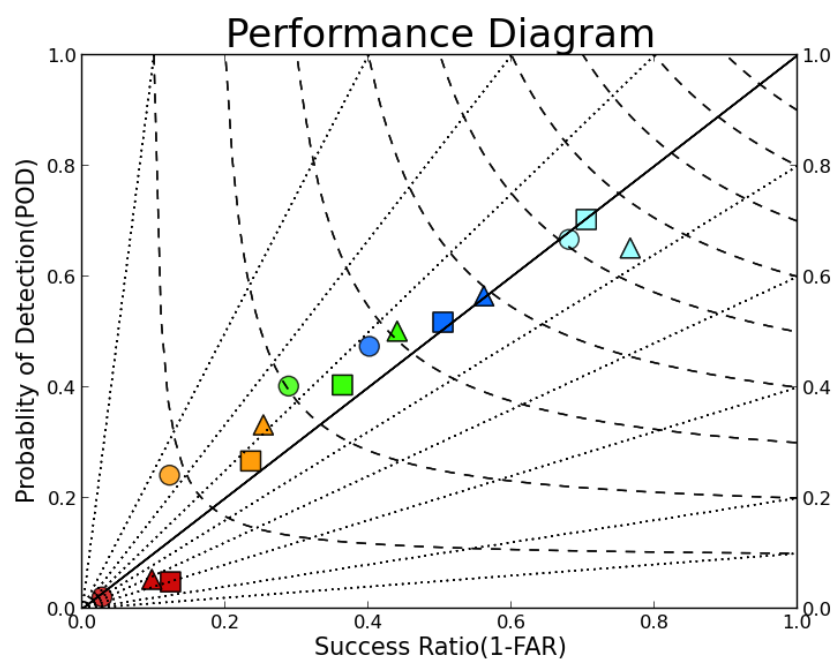


圖 5 梅雨個案 5 月 17 日 1200UTC 至 5 月 19 日 1200UTC 的綜合校驗表現圖。圖說同圖 3。