



系集雷達定量降水預報技術之研發與評估

科技發展組:

許育蕎 唐玉霜 梁信廣 張保亮 許佳諺 方偉庭

2026.09.03

- 緣起
- 系集雷達定量降水預報(REQPN)簡介
- 校驗分析
- 總結

緣起:

傳統雷達外延技術及其挑戰



可補足數值模式 0-2 小時起轉效應之效能。



對於快速生成消散之天氣系統掌握度不足。



難以掌握非等速運動及地形引發之不確定性。

雷達外延技術+系集

系集雷達定量降水即時預報產品
(Radar-based Ensemble Quantitative
Precipitation Nowcasting, REQPN)

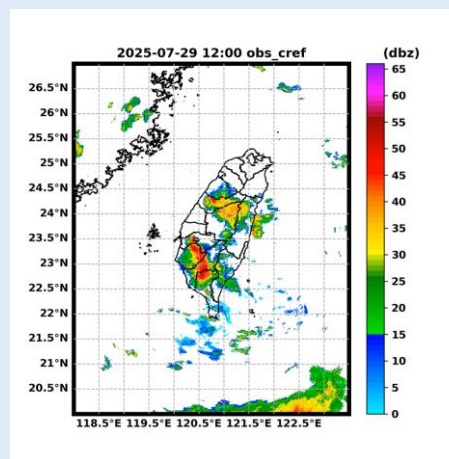


追蹤不同對流區域大小或回波門檻以
組成系集成員。

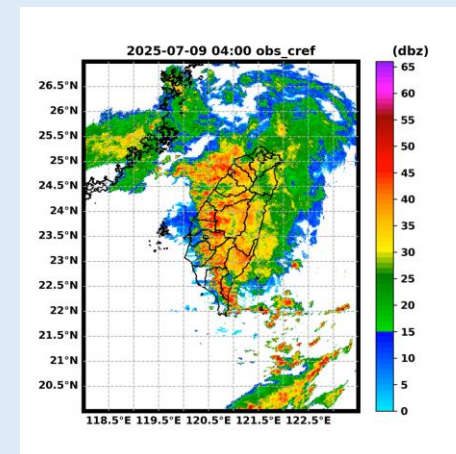


改善單一預報偏差，提升劇烈天氣下的
預報穩定性。

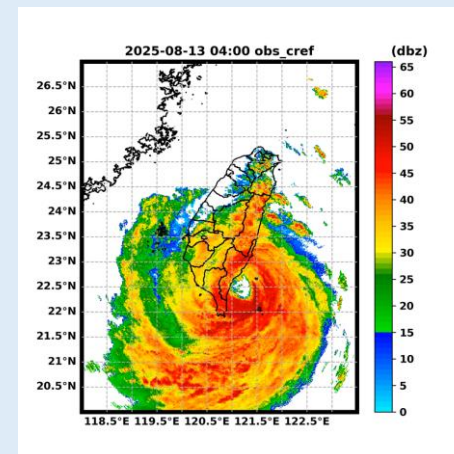
以2025年7-8月大規模豪雨及颱風個案，評估
REQPN對劇烈天氣系統之掌握度。



快速生成消散



穩定移動



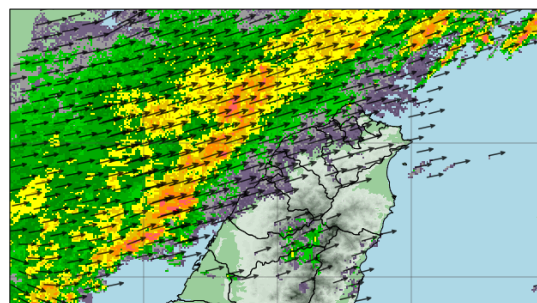
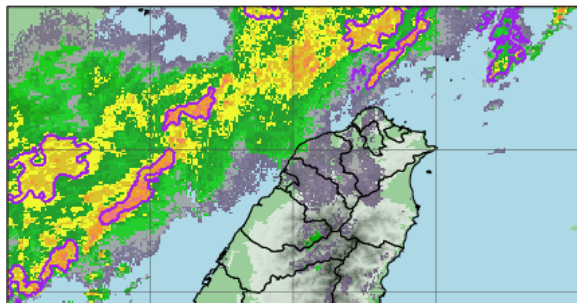
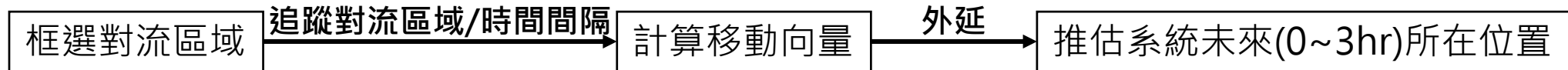
颱風

系集雷達定量降水預報(REQPN)簡介

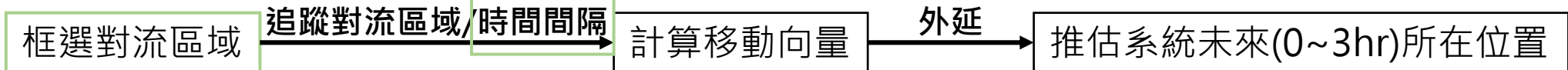
傳統雷達外延技術

20dBZ/200km²

10min

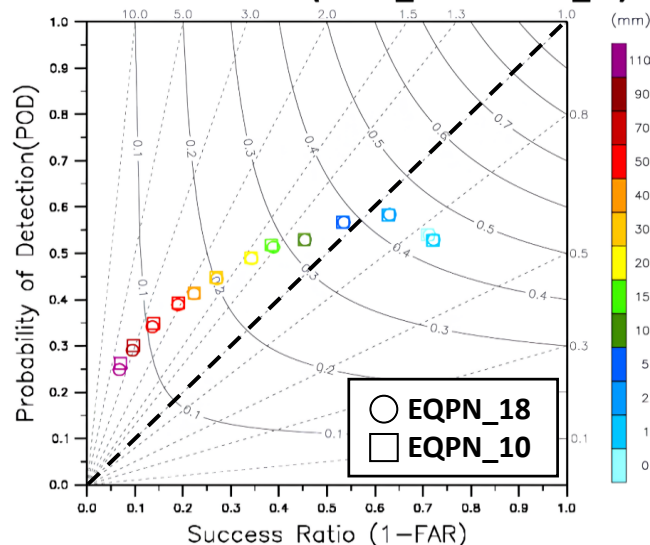


系集雷達定量降水
即時預報



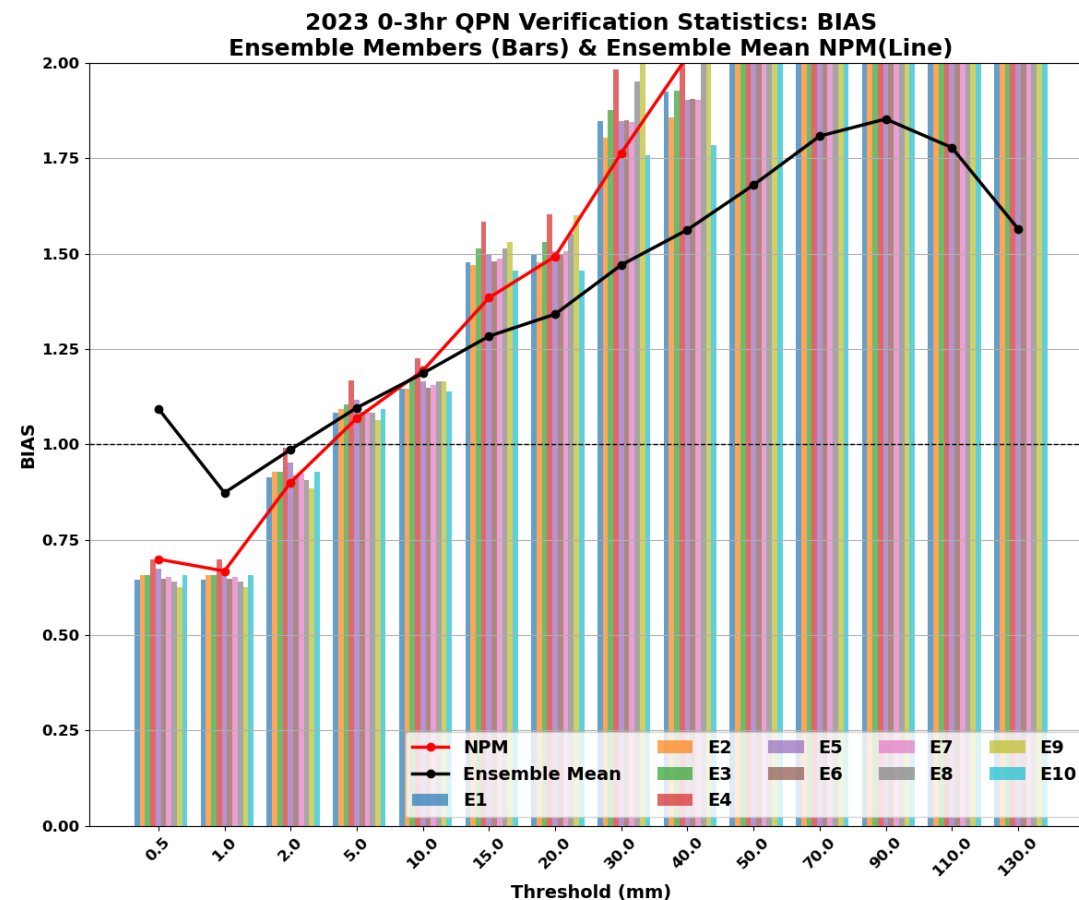
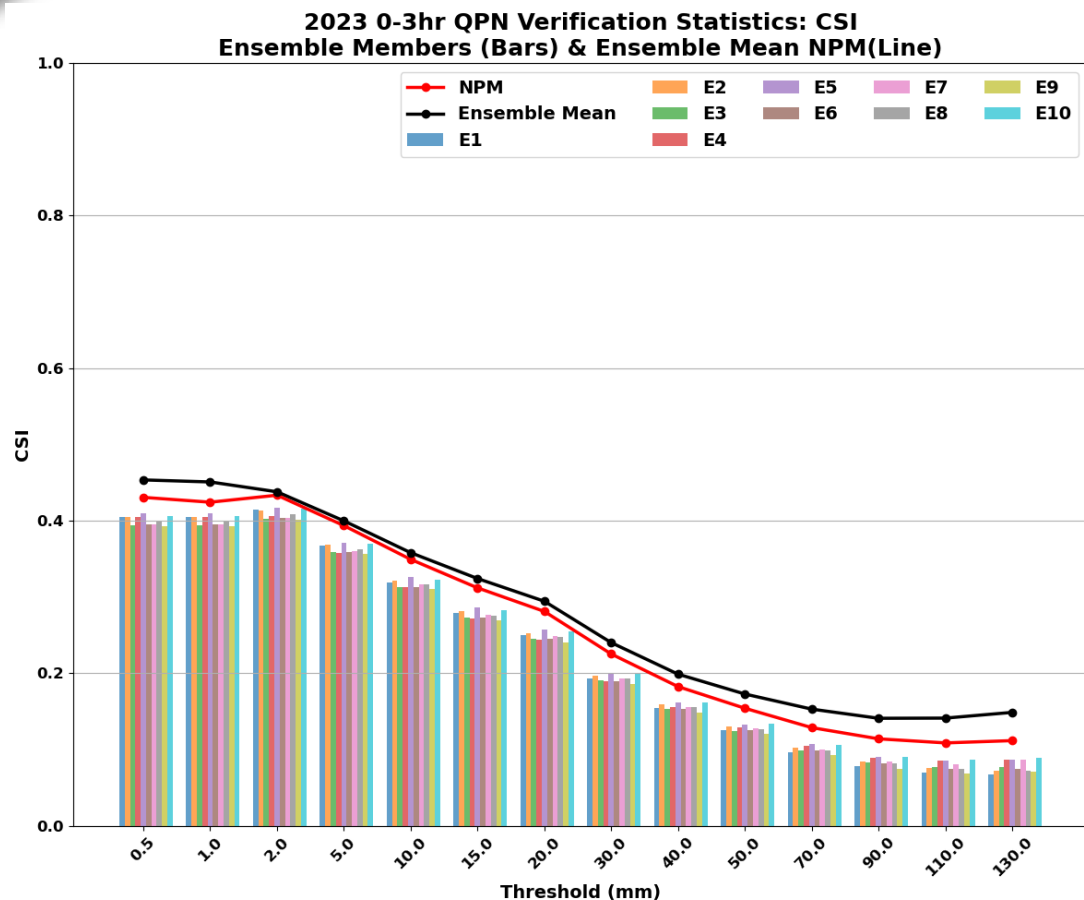
透過不同的參數設定(回波門檻、對流面積、時間間隔...),
組合為18組系集成員

2020 05-08 0-3hr QPF (EQPN_18 v.s EQPN_10)



1. 提升作業化應用效能：系集計算搭配雷達資料輸入，可每10分鐘更新。但18組成員需耗費較多運算資源，不利作業化運行，因此需評估是否存在高度冗餘的參數組合。
2. 評估系集成員相似性：以FSS (鄰域空間檢驗法，Fractions Skill Score) 評估系集成員之間的差異(許等, 2025)，汰除表現相近的成員。
3. 比較10個成員與18個成員的預報表現，校驗結果相近。最終使用10組系集成員進行其後處理產品計算。

系集雷達定量降水預報(REQPN)簡介 (許等, 2025)



- 氣候統計：許等(2025)已利用2023年全年度的資料，嘗試將此10組系集成員與經後處理之系集平均、PM結果一併進行校驗分析。
- 整體而言，長期統計REQPN結果均優於任一決定性預報。
- 根據此氣候統計基礎，將REQPN與氣象署各項預報產品進行比較。



雷達QPN

傳統外延QPN(OP)

以整合回波推估移動場，使用降雨率進行外延，提供0-3小時即時預報。

系集外延預報(REQPN)

調整外延預報中的各參數以組成成員，經後處理產出系集平均(REQPN_MEAN)與系集PM(REQPN_PM)預報結果，提升穩定性。



iTEEN (預報中心)

選取成員包含模式預報及雷達外延預報

NCtest

比對觀測與預報回波，計算校驗分數(ETS)，選取前 10 名成員進行後處理。

NCwgt

利用影像辨識比對回波，通常較NCtest高估。



模式預報 (RWRF / CEPS)

RWRF(決定性預報)

極短期劇烈天氣預報系統資料。同化雷達與地面觀測資料。

CEPS(系集預報)

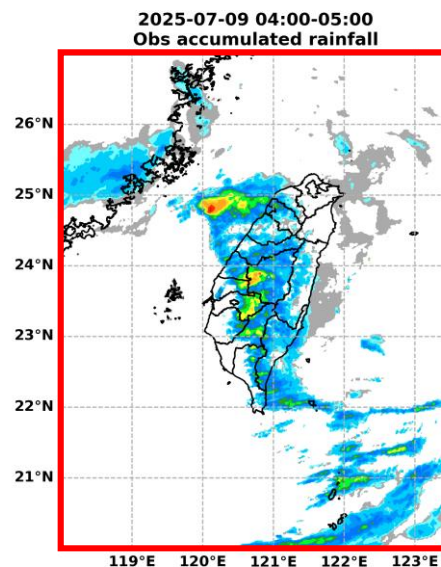
對流尺度系集預報系統。隨 LETKF 逐時更新，較 RWRF 誤差更低。統一使用經後處理之PM預報結果。

校驗分析: 降水系統穩定移動

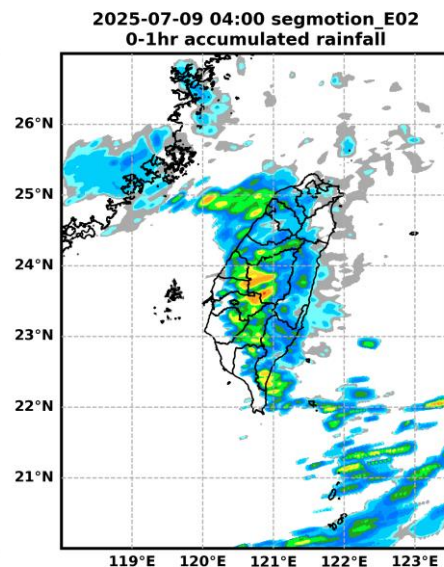
07/09 04:00 - 05:00 UTC 觀測及預報0-1H累積雨量

雷達

觀測

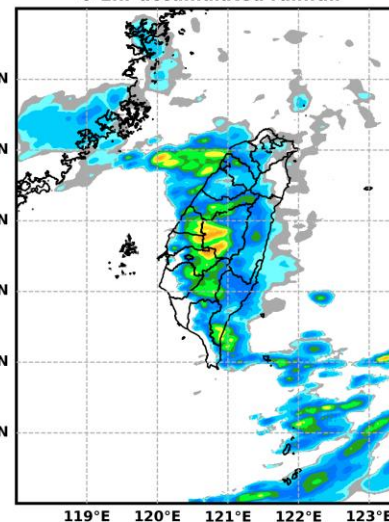


OP-QPN



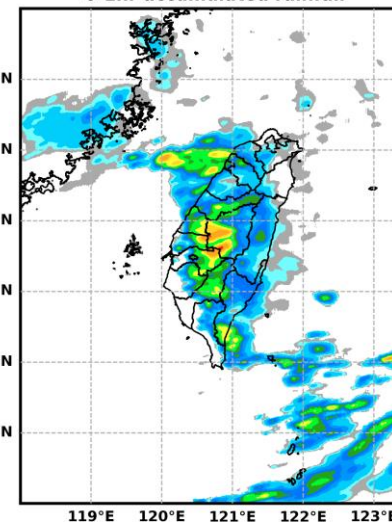
REQPN_MEAN

2025-07-09 04:00 ENS Mean
0-1hr accumulated rainfall

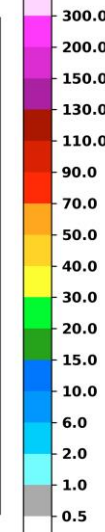


REQPN_PM

2025-07-09 04:00 ENS NPM
0-1hr accumulated rainfall

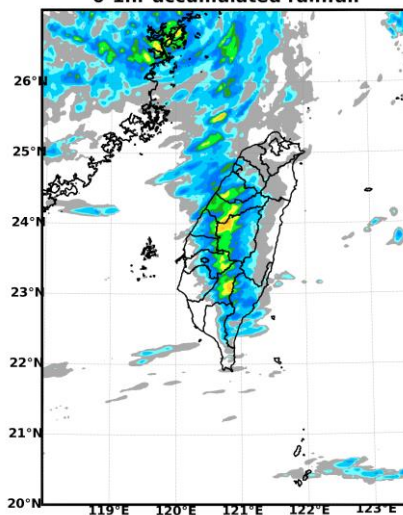


(mm)



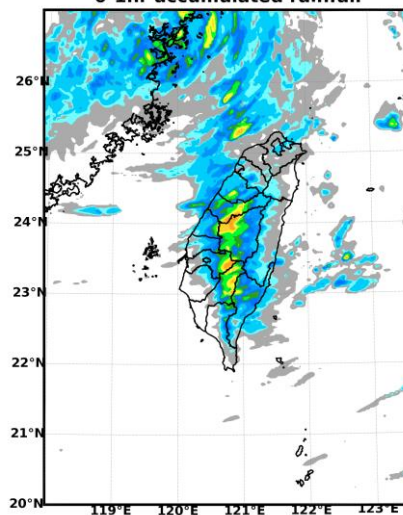
NCtest-PM

2025-07-09 04:00 NCtest-PPM
0-1hr accumulated rainfall



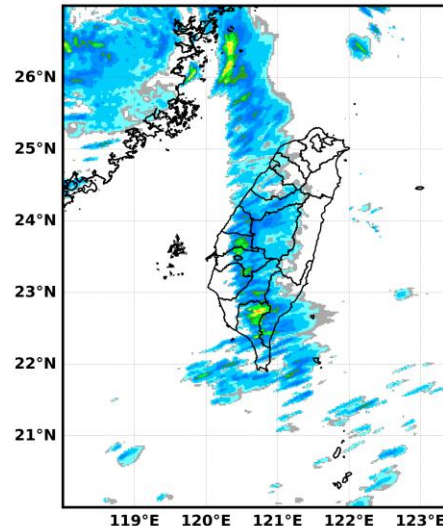
NCwgt-PM

2025-07-09 04:00 NCwgt-PPM
0-1hr accumulated rainfall



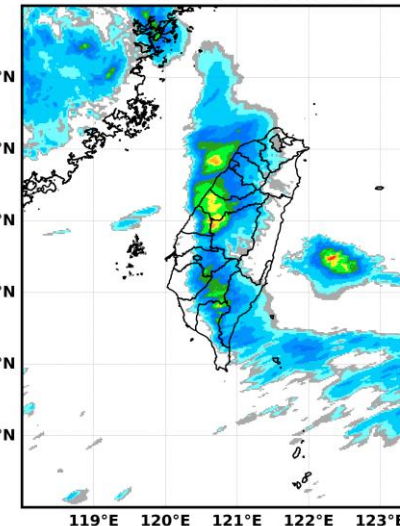
RWRF

2025-07-09 04:00 +01H RWRF

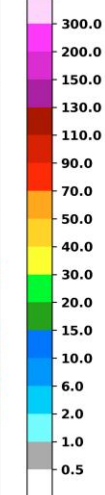


CEPS

2025-07-09 04:00 +0-1H CEPS



(mm)

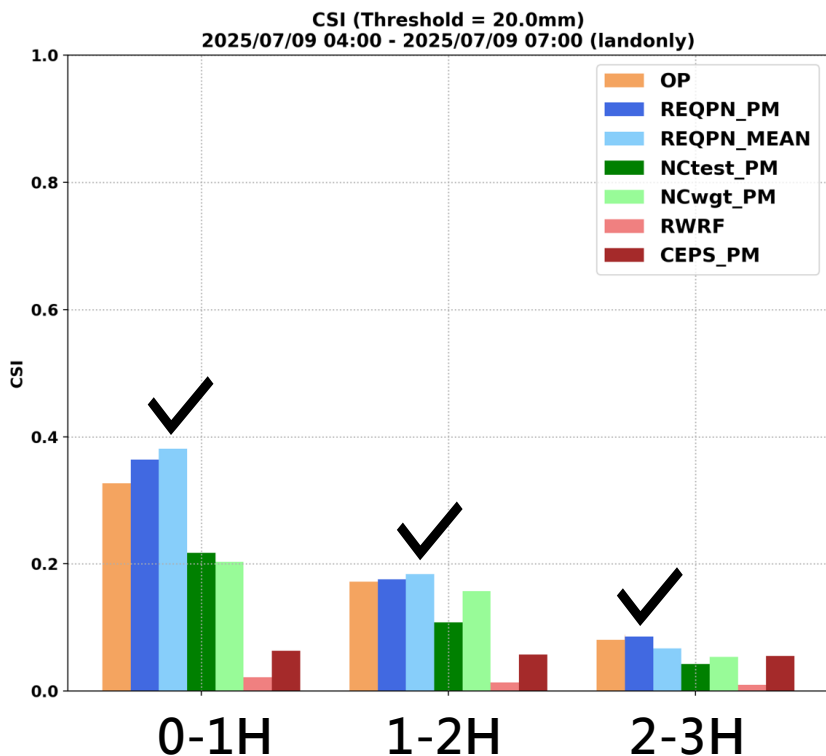


雷達
+
模式

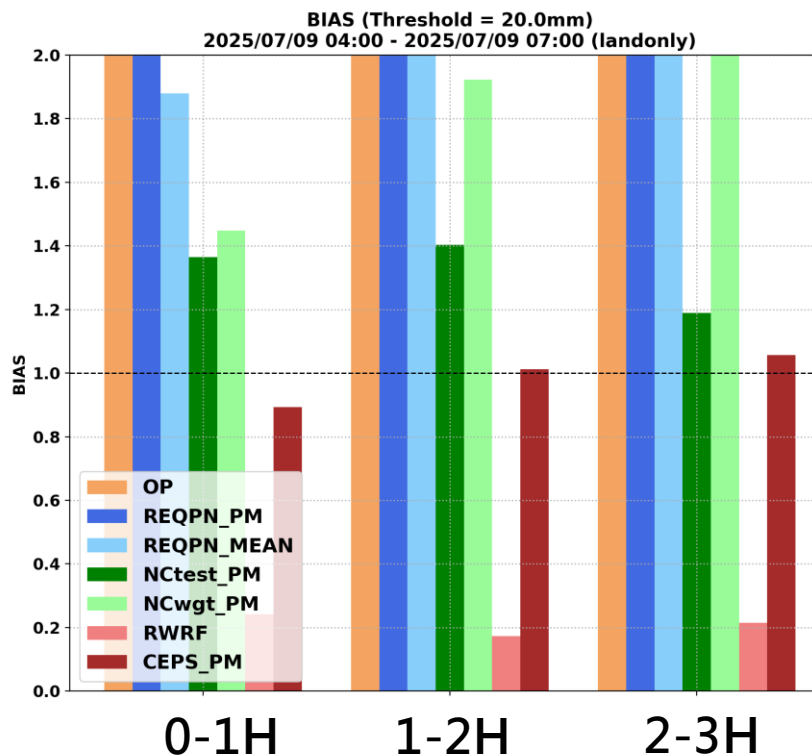
校驗分析: 降水系統穩定移動

校驗範圍：臺灣陸地的降水預報(0-1H, 1-2H, 2-3H)

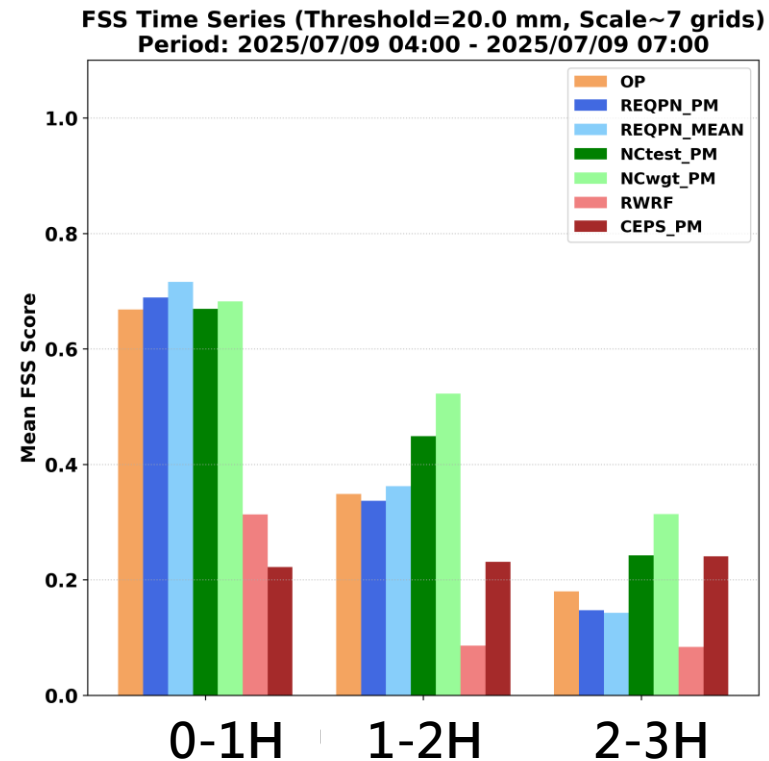
CSI(預兆得分)



BIAS(偏倚得分)



FSS(鄰域空間分數)



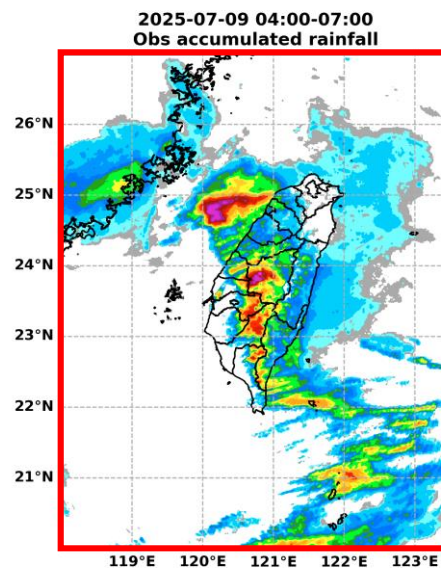
- 預報0-1H累積雨量，REQPN_MEAN能發揮其效果；但隨預報時間增加，REQPN_PM更具優勢。
- REQPN在1-2H及2-3H有明顯的高估，因此FSS也較低。

校驗分析: 降水系統穩定移動

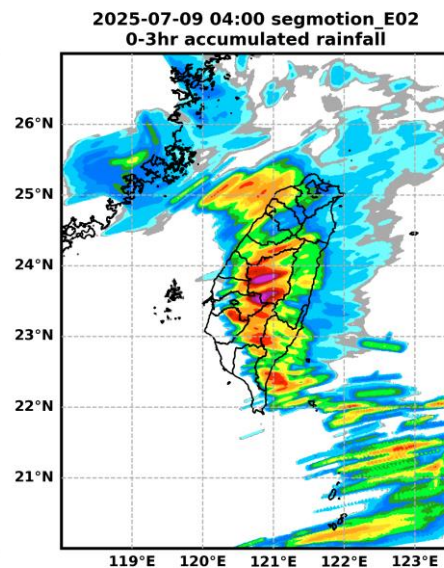
07/09 04:00 - 07:00 UTC 觀測及預報0-3H累積雨量

雷達

觀測

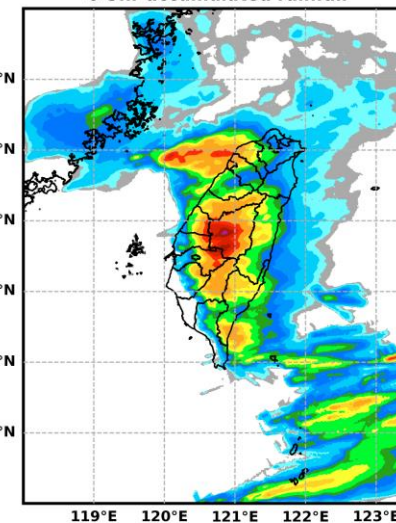


OP-QPN



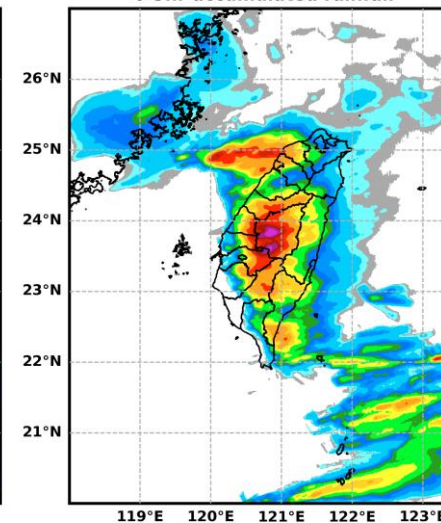
REQPN_MEAN

2025-07-09 04:00 ENS Mean
0-3hr accumulated rainfall

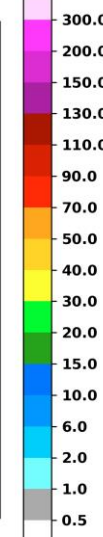


REQPN_PM

2025-07-09 04:00 ENS NPM
0-3hr accumulated rainfall

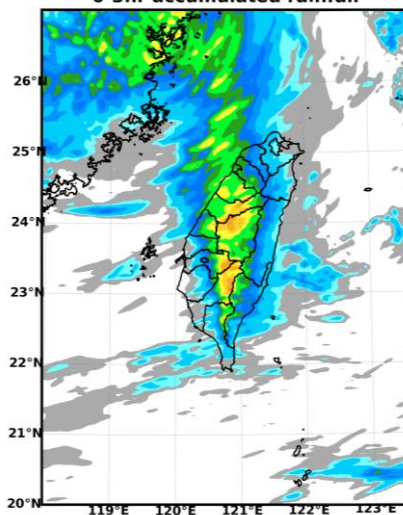


(mm)



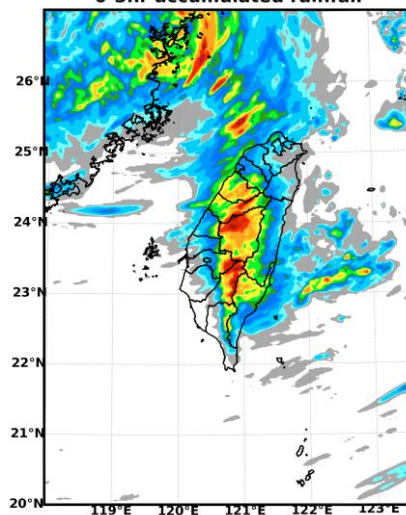
NCtest-PM

2025-07-09 04:00 NCtest-MEAN
0-3hr accumulated rainfall



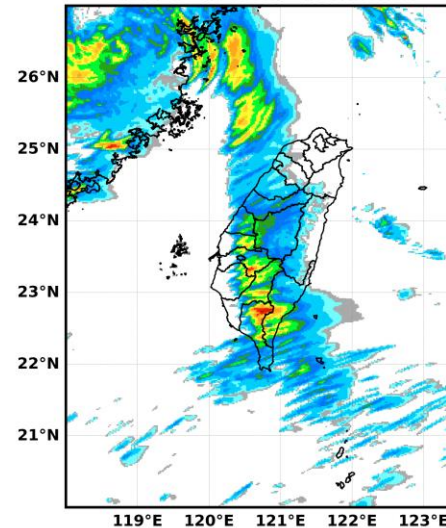
NCwgt-PM

2025-07-09 04:00 NCwgt-PPM
0-3hr accumulated rainfall



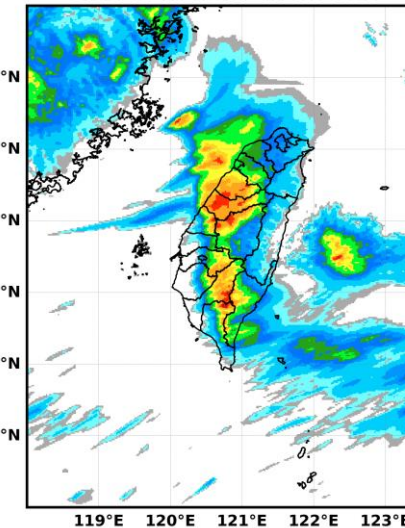
RWRF

2025-07-09 04:00 +03H RWRF

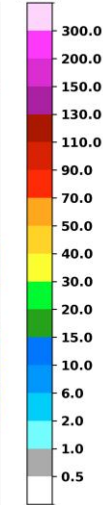


CEPS

2025-07-09 04:00 +0-3H CEPS



(mm)

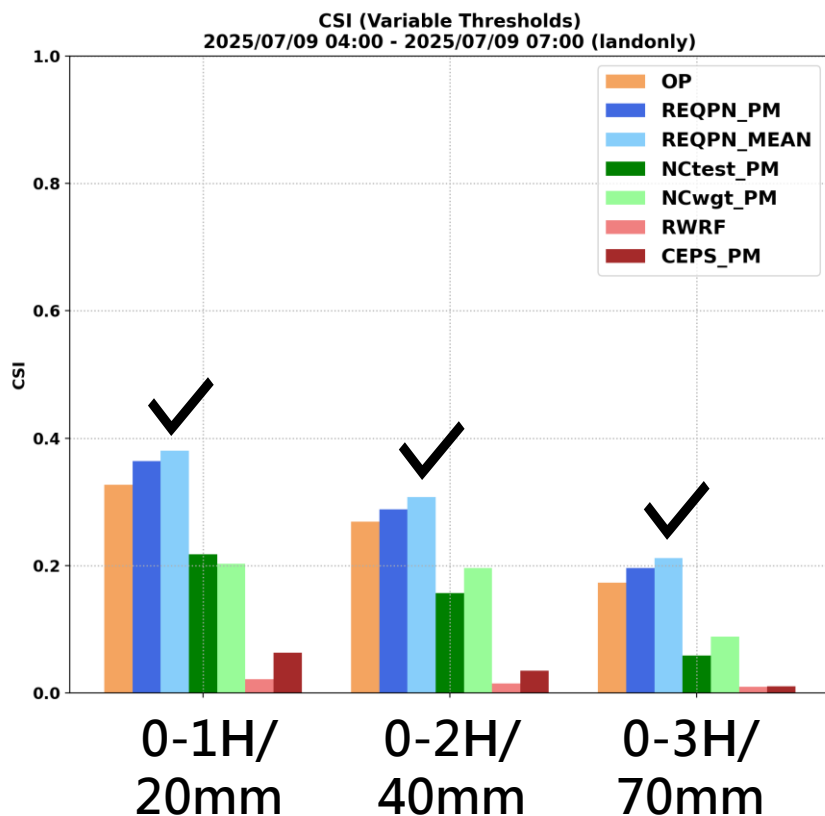


雷達
+
模式

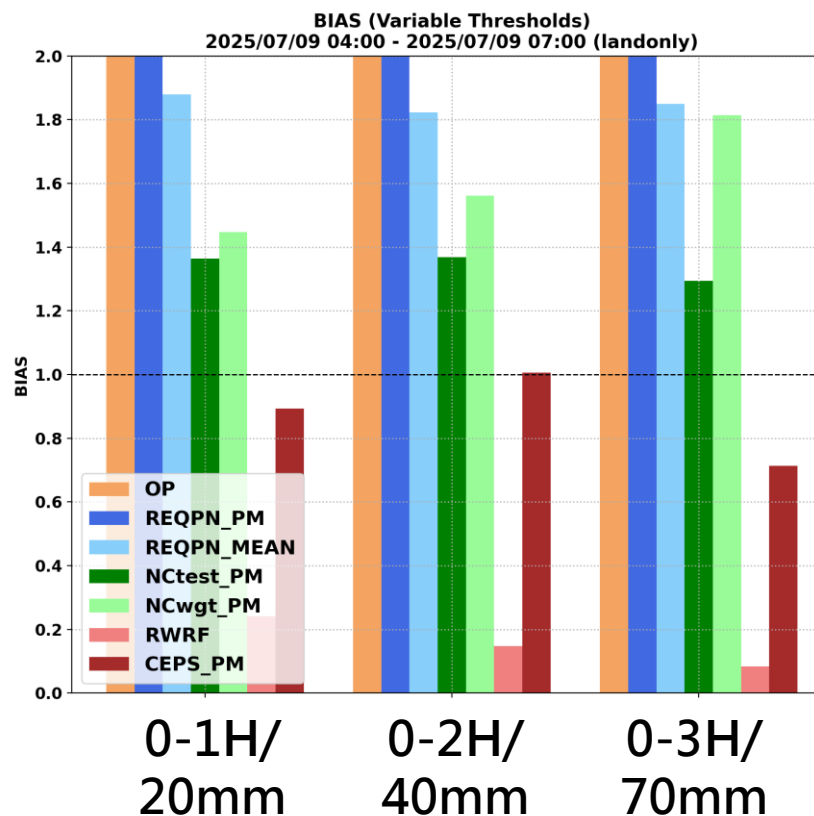
校驗分析: 降水系統穩定移動

校驗範圍：臺灣陸地的降水預報(0-1H, 0-2H, 0-3H)

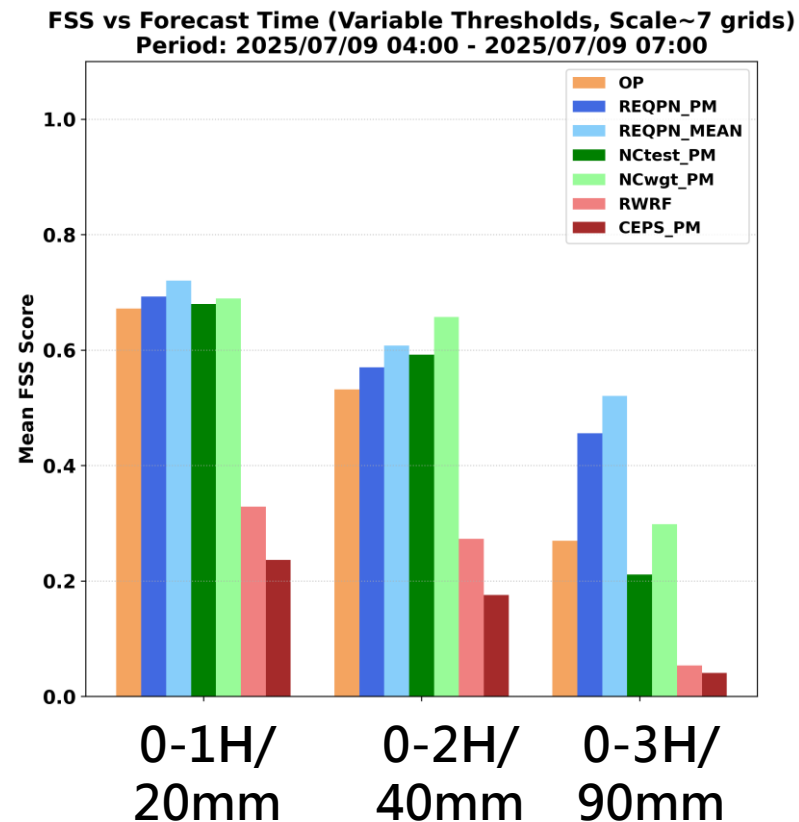
CSI(預兆得分)



BIAS(偏倚得分)



FSS(鄰域空間分數)



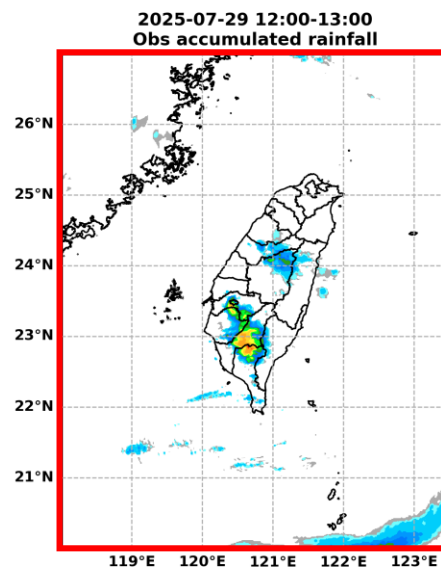
- 整體結果與逐一小時累積雨量預報相似，但在0-3小時累積雨量預報方面，REQPN更顯優勢。

校驗分析: 降水系統快速生成消散

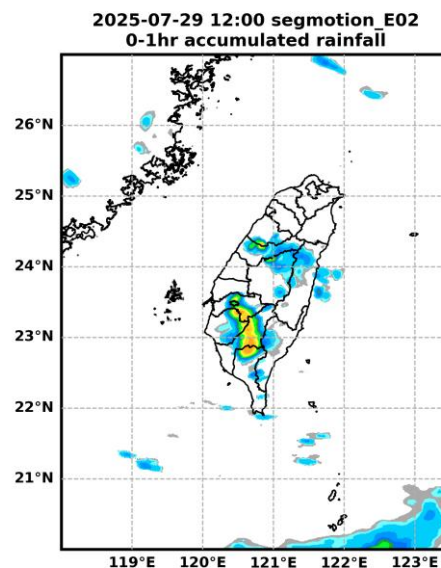
07/29 12:00 - 13:00 UTC 觀測及預報0-1H累積雨量

雷達

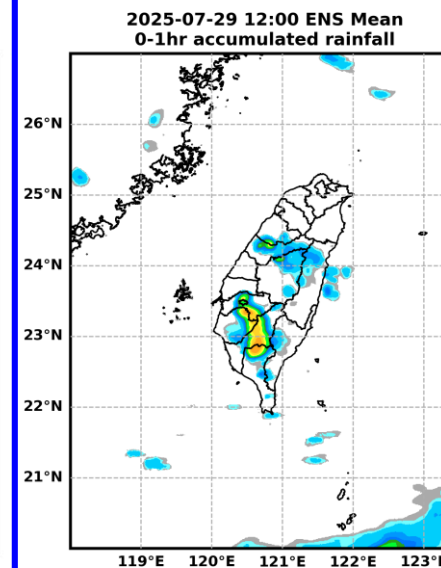
觀測



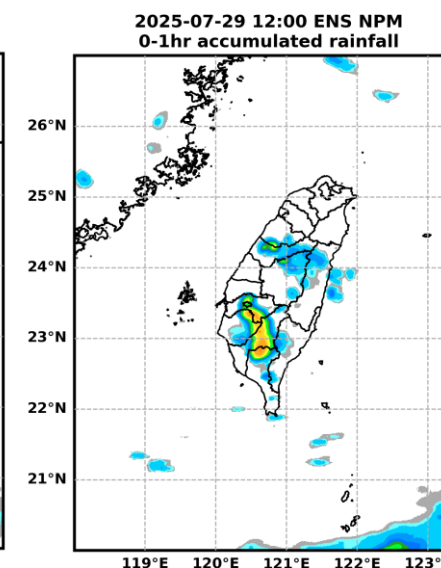
OP-QPN



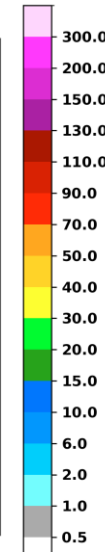
REQPN_MEAN



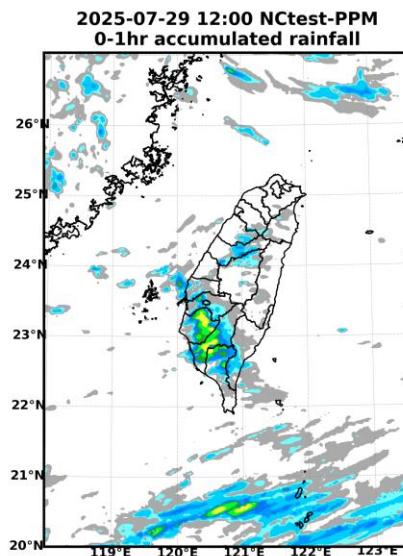
REQPN_PM



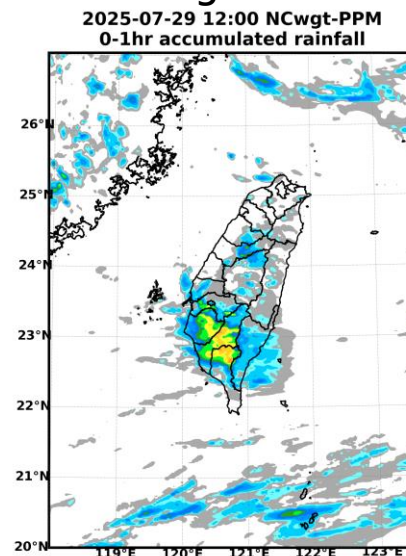
(mm)



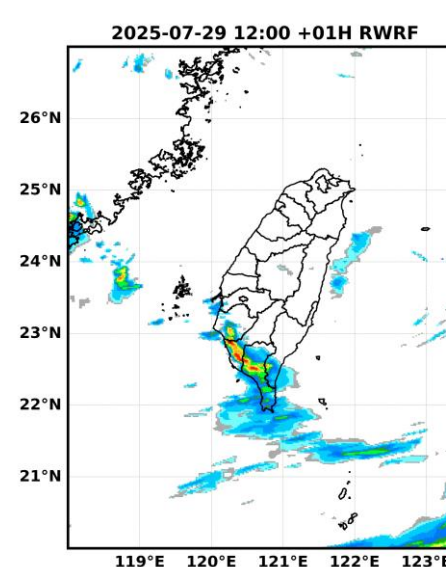
NCtest-PM



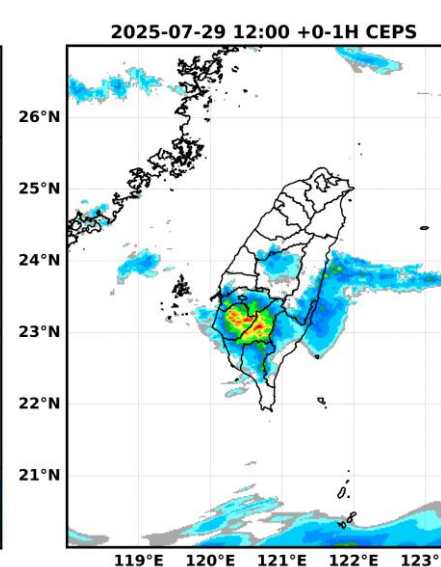
NCwgt-PM



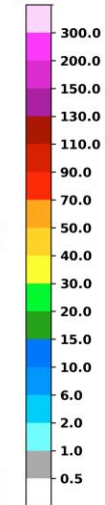
RWRF



CEPS



(mm)

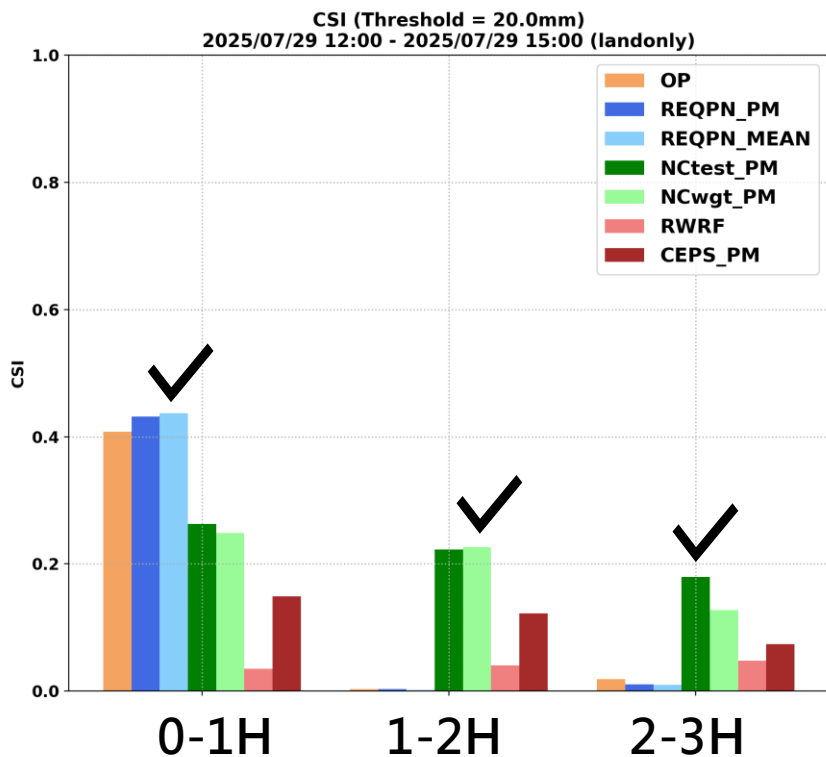


雷達
+
模式

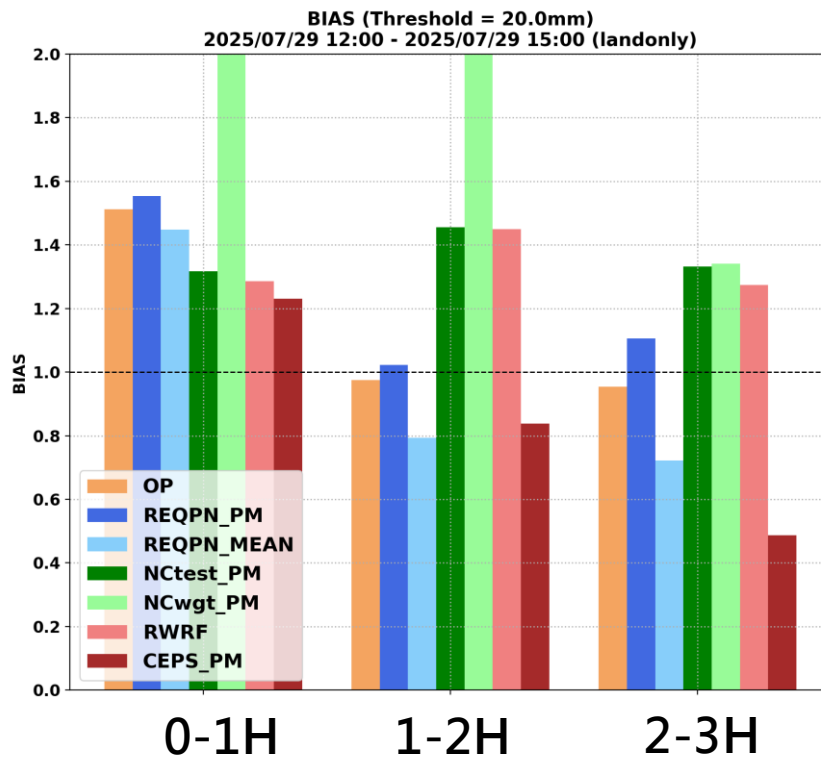
校驗分析: 降水系統快速生成消散

校驗範圍：臺灣陸地的降水預報(0-1H, 1-2H, 2-3H)

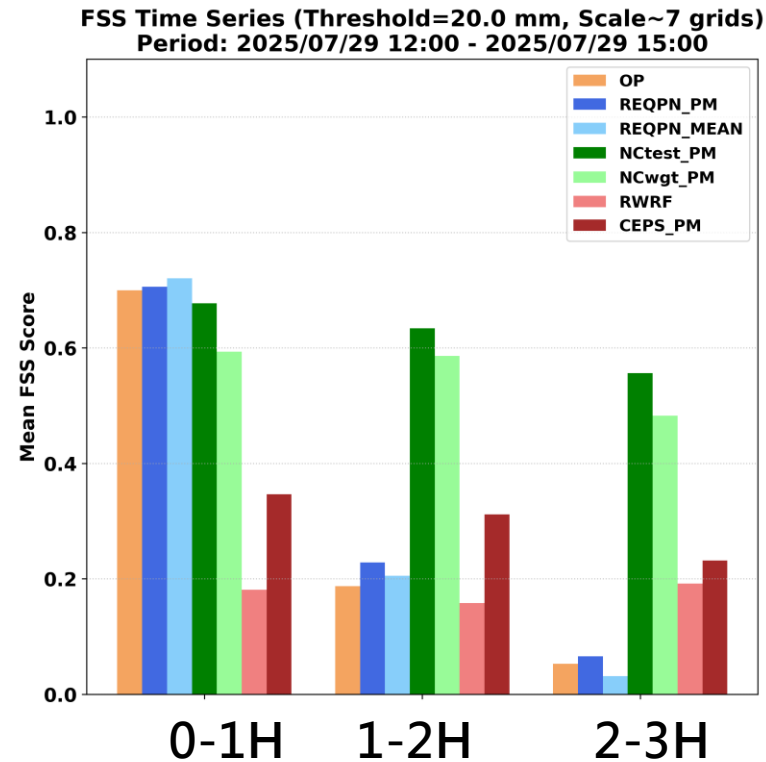
CSI(預兆得分)



BIAS(偏倚得分)



FSS(鄰域空間分數)



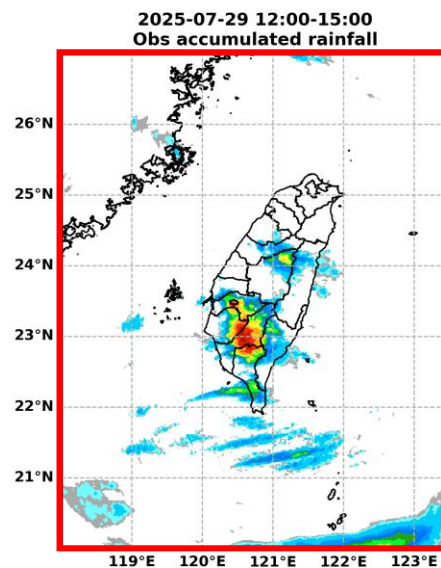
- REQPN方法在預報0-1H具有絕對優勢，但其預報能力隨時間明顯下降。
- 與現行作業化之QPN(OP)相比，REQPN方法於預報上皆有所改善，但綜合而言，在未來1小時以上的主要參考仍以iTEEN系列表現較佳。

校驗分析: 降水系統快速生成消散

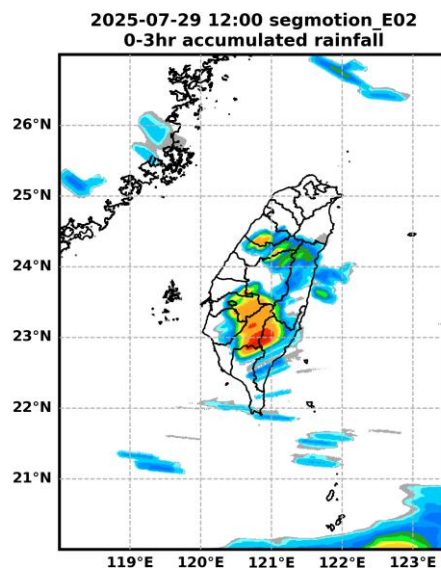
07/29 12:00 - 15:00 UTC 觀測及預報0-3H累積雨量

雷達

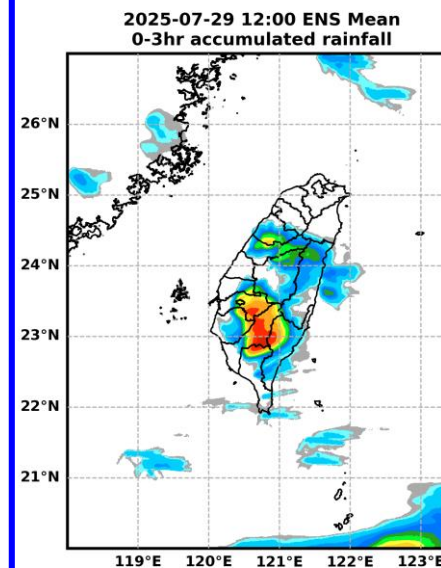
觀測



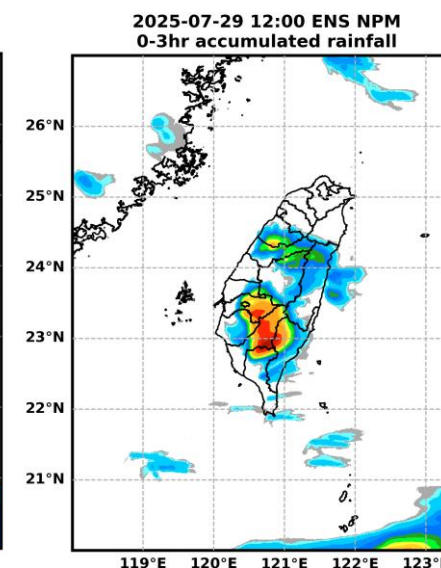
OP-QPN



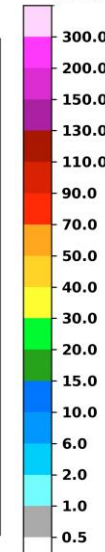
REQPN_MEAN



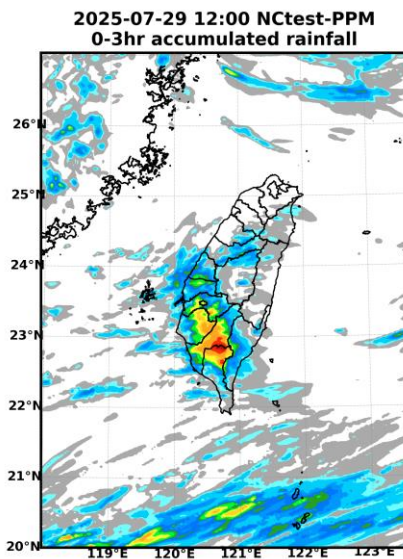
REQPN_PM



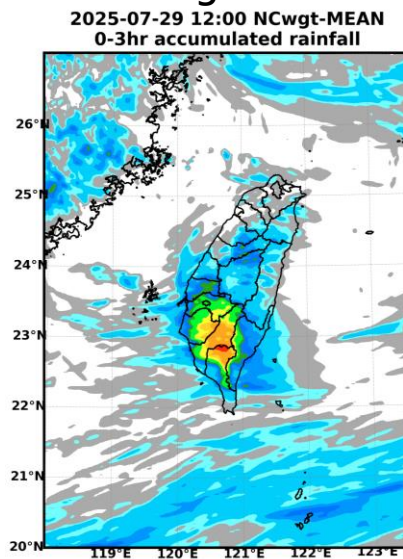
(mm)



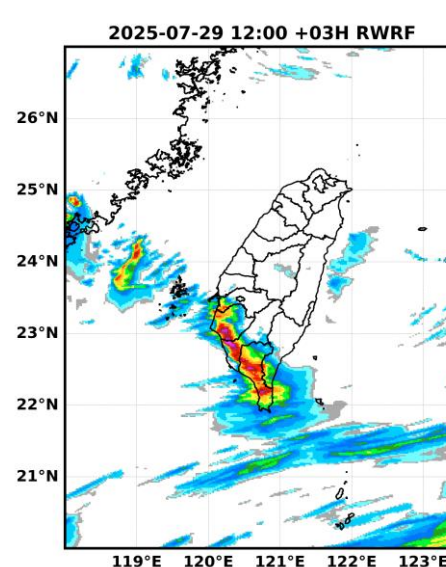
NCtest-PM



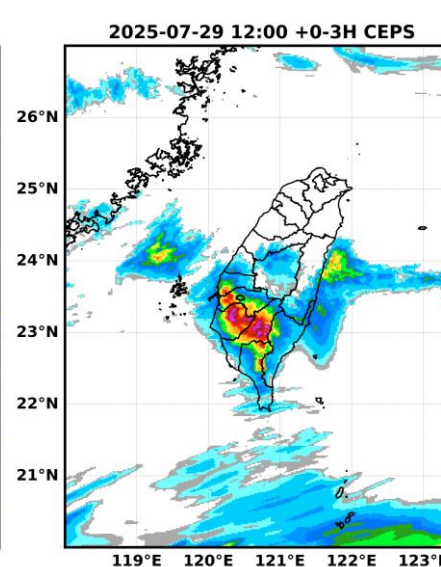
NCwgt-PM



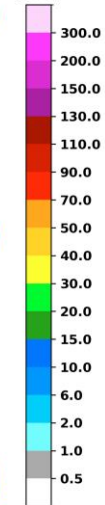
RWRF



CEPS



(mm)

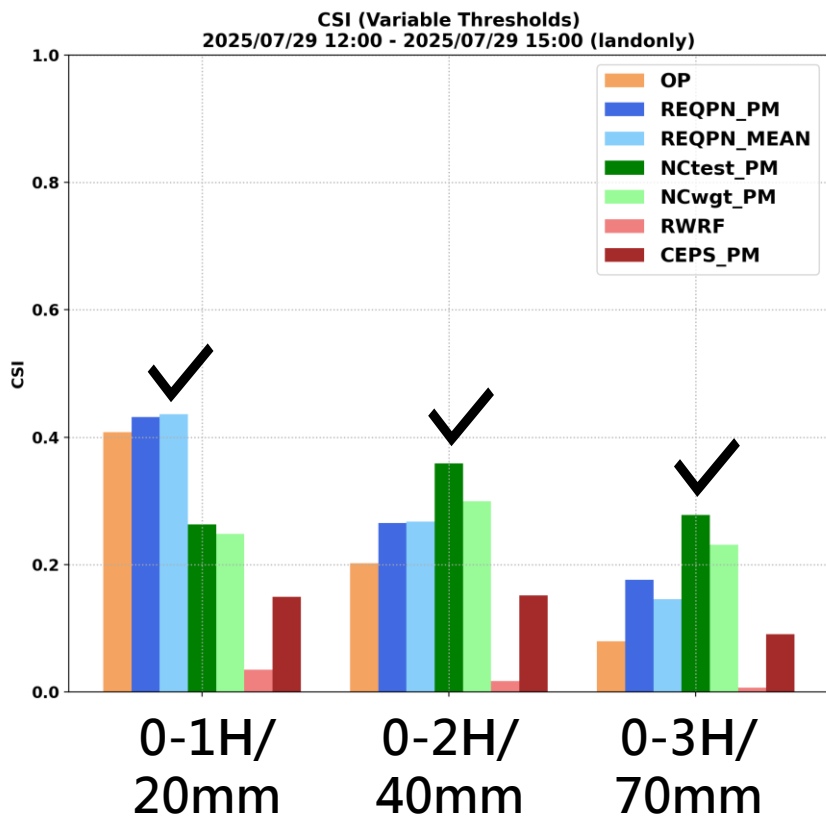


雷達
+
模式

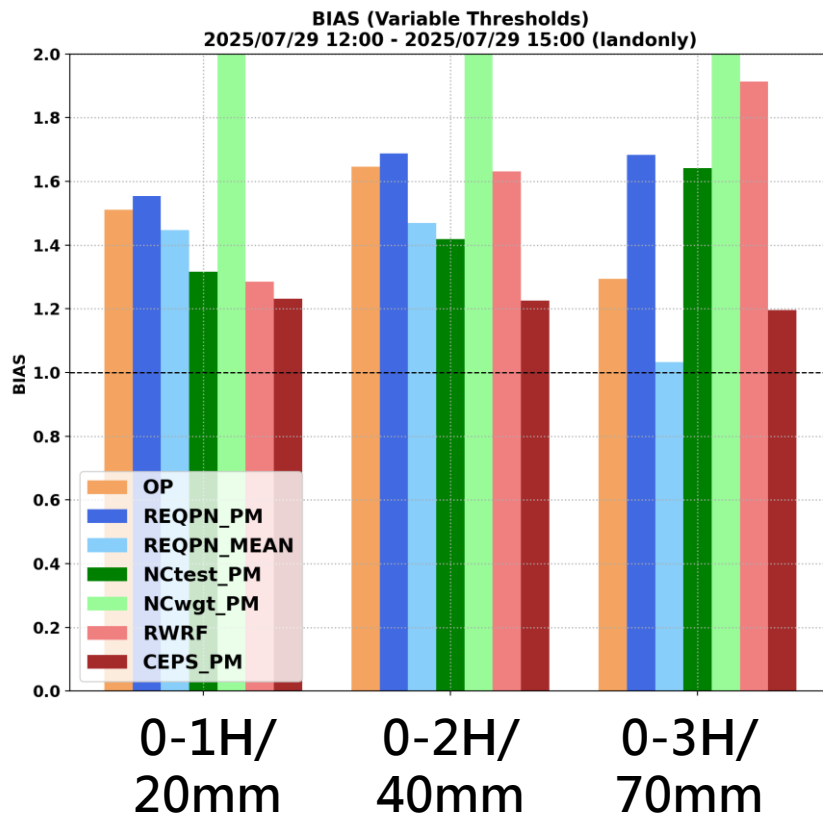
校驗分析: 降水系統快速生成消散

校驗範圍：臺灣陸地的降水預報(0-1H, 0-2H, 0-3H)

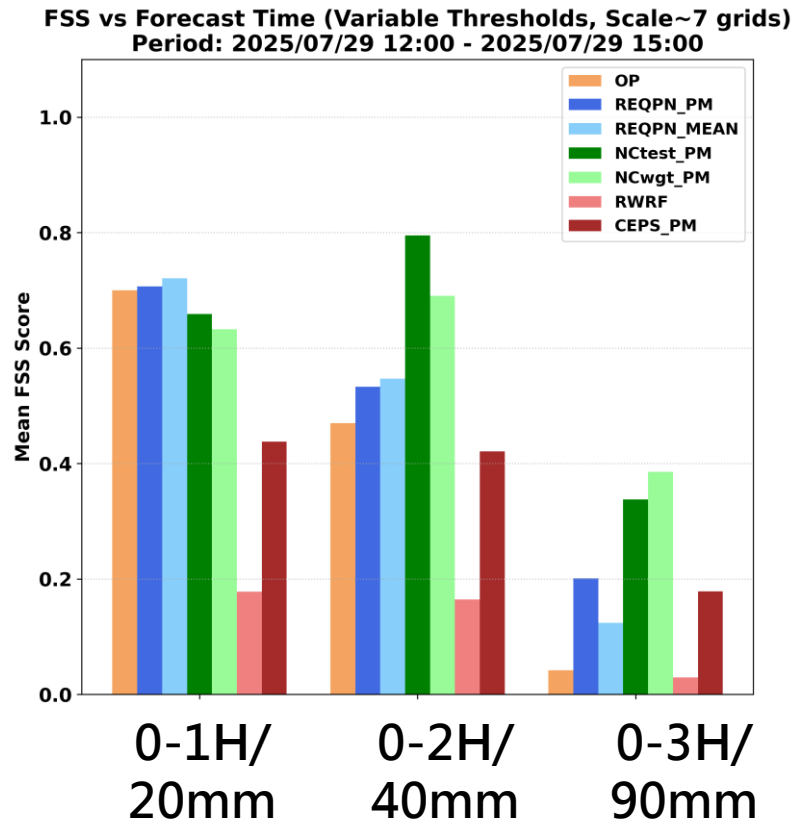
CSI(預兆得分)



BIAS(偏倚得分)



FSS(鄰域空間分數)



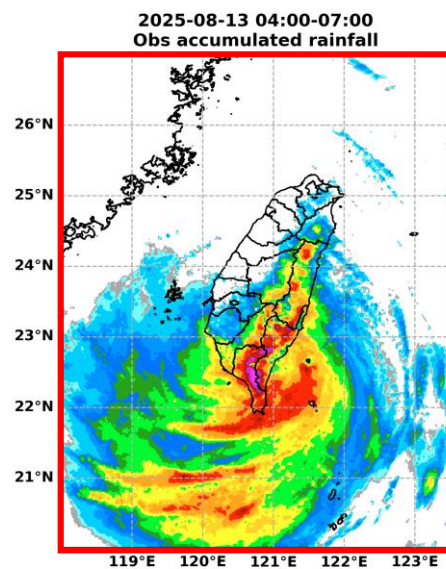
- REQPN方法在預報0-1H具有絕對優勢，但其預報能力隨時間下降，逐漸低於iTEEN系列。
- 綜合FSS的分析結果，REQPN方法在此類個案中，多小時累積雨量會產生平滑效果，進而減緩空間位置偏差對校驗結果的影響。

校驗分析: 颱風

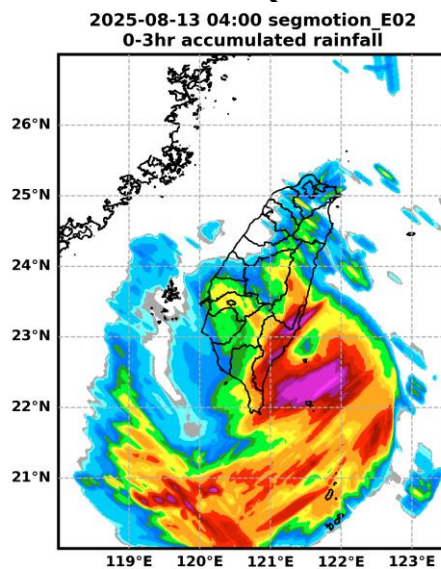
08/13 04:00 - 07:00 UTC 觀測及預報0-3H累積雨量

雷達

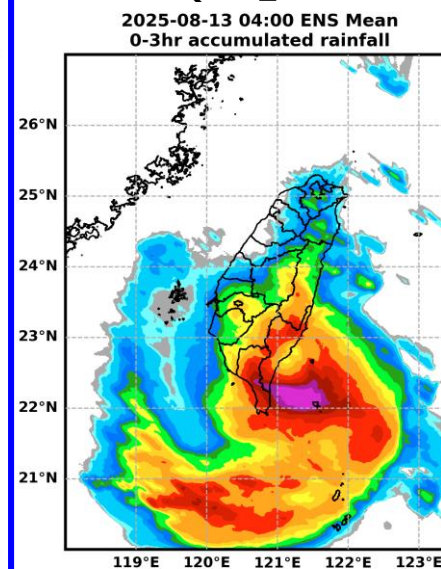
觀測



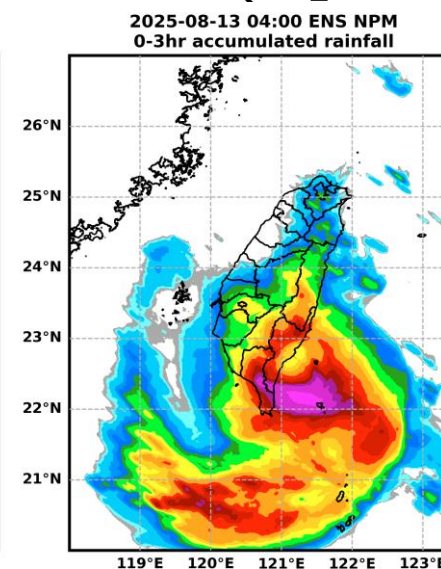
OP-QPN



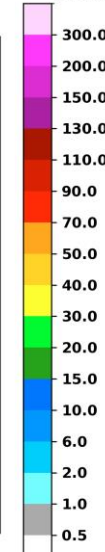
REQPN_MEAN



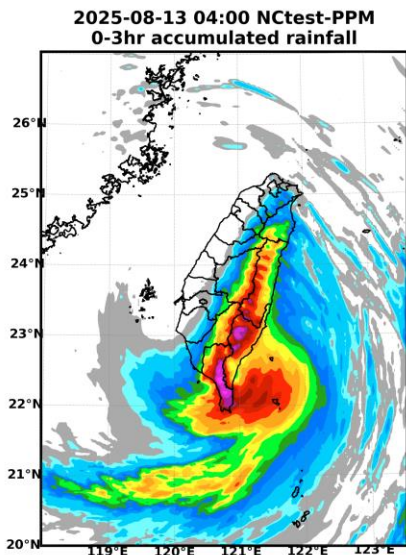
REQPN_PM



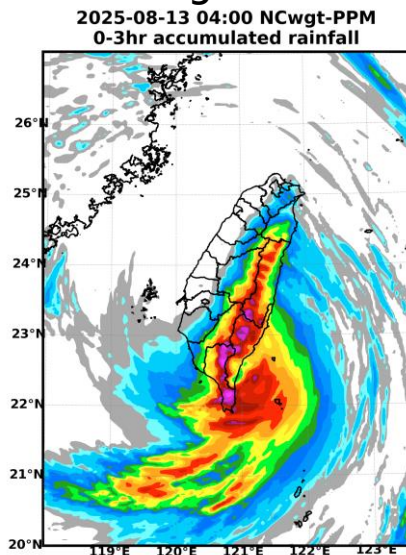
(mm)



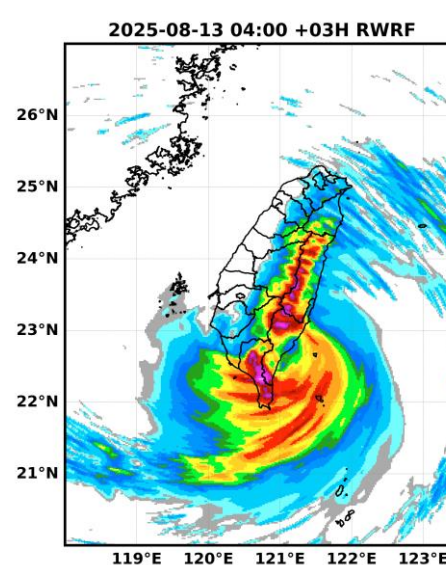
NCtest-PM



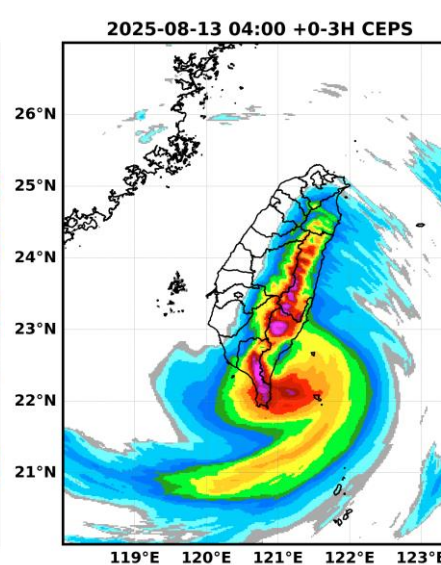
NCwgt-PM



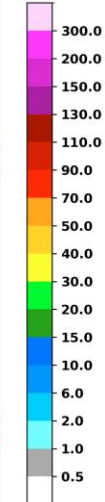
RWRF



CEPS



(mm)

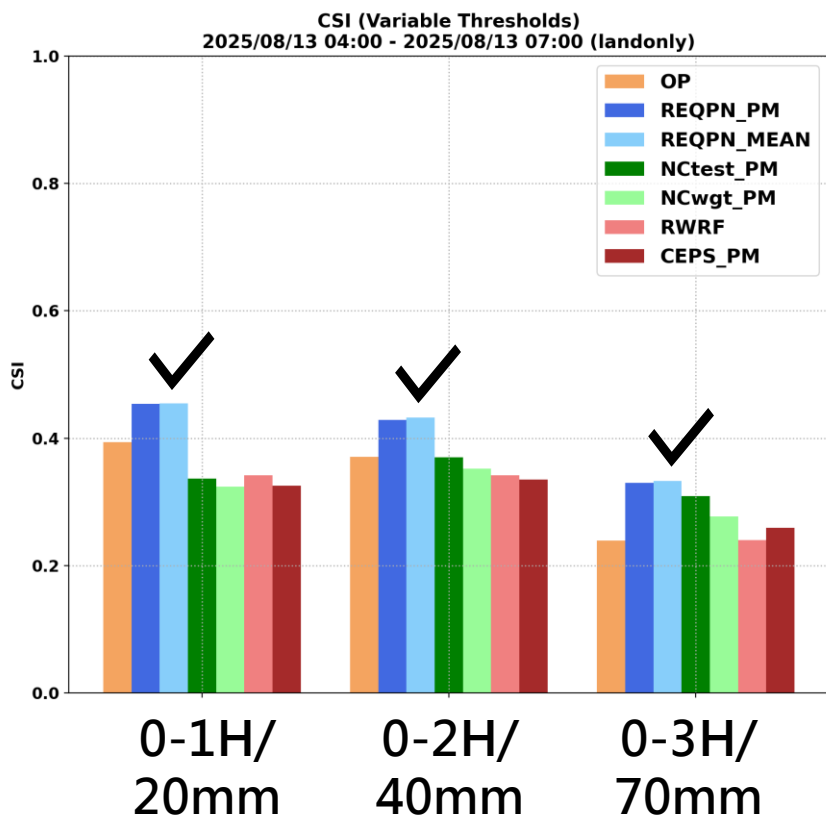


雷達
+
模式

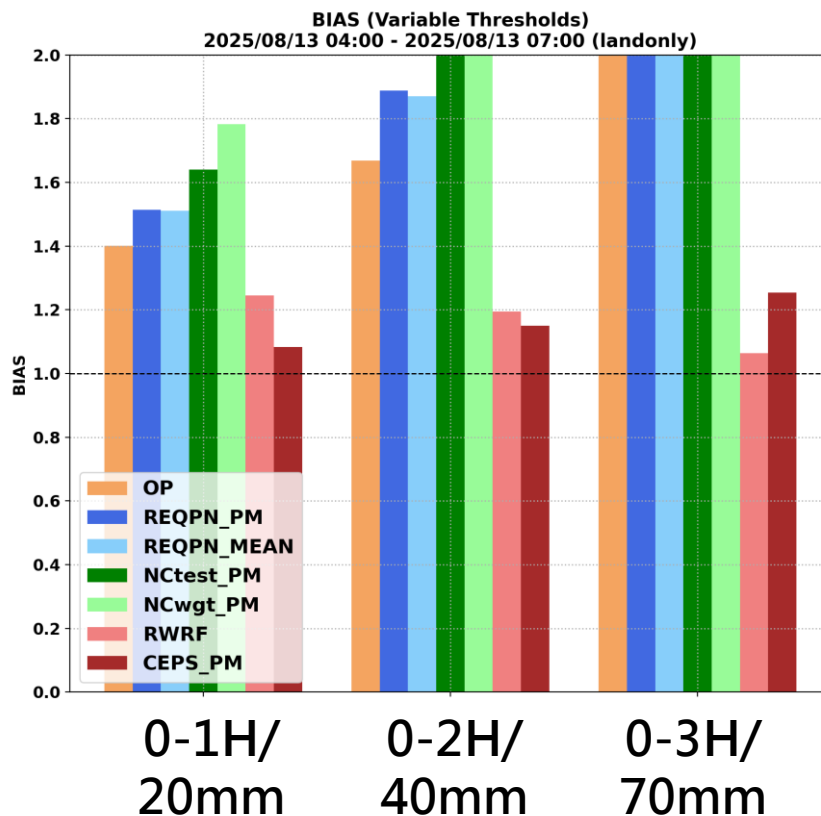
校驗分析: 颱風

校驗範圍：臺灣陸地的降水預報(0-1H, 0-2H, 0-3H)

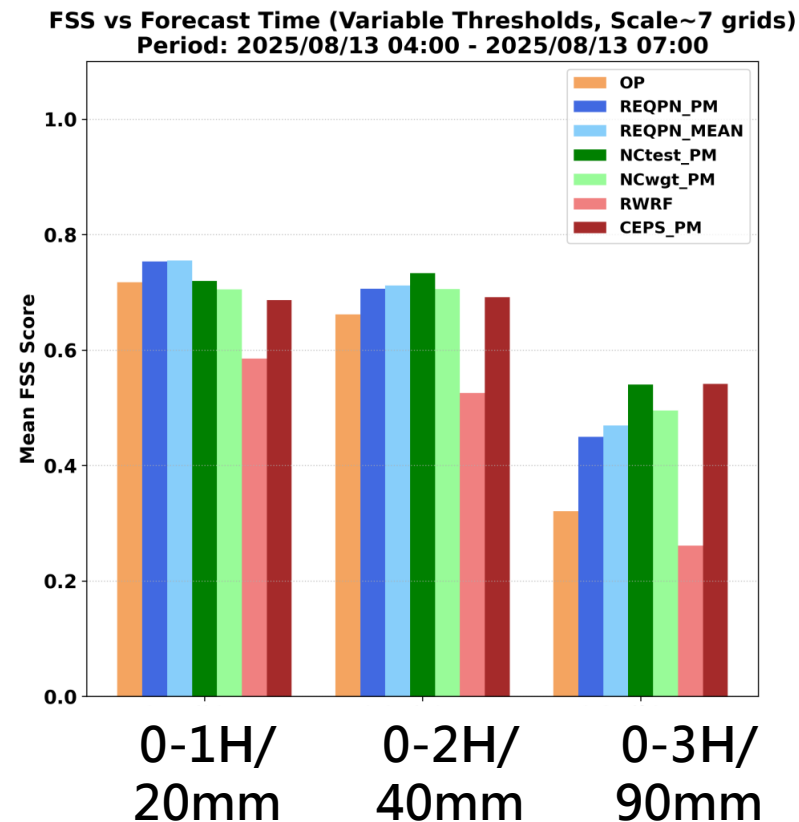
CSI(預兆得分)



BIAS(偏倚得分)



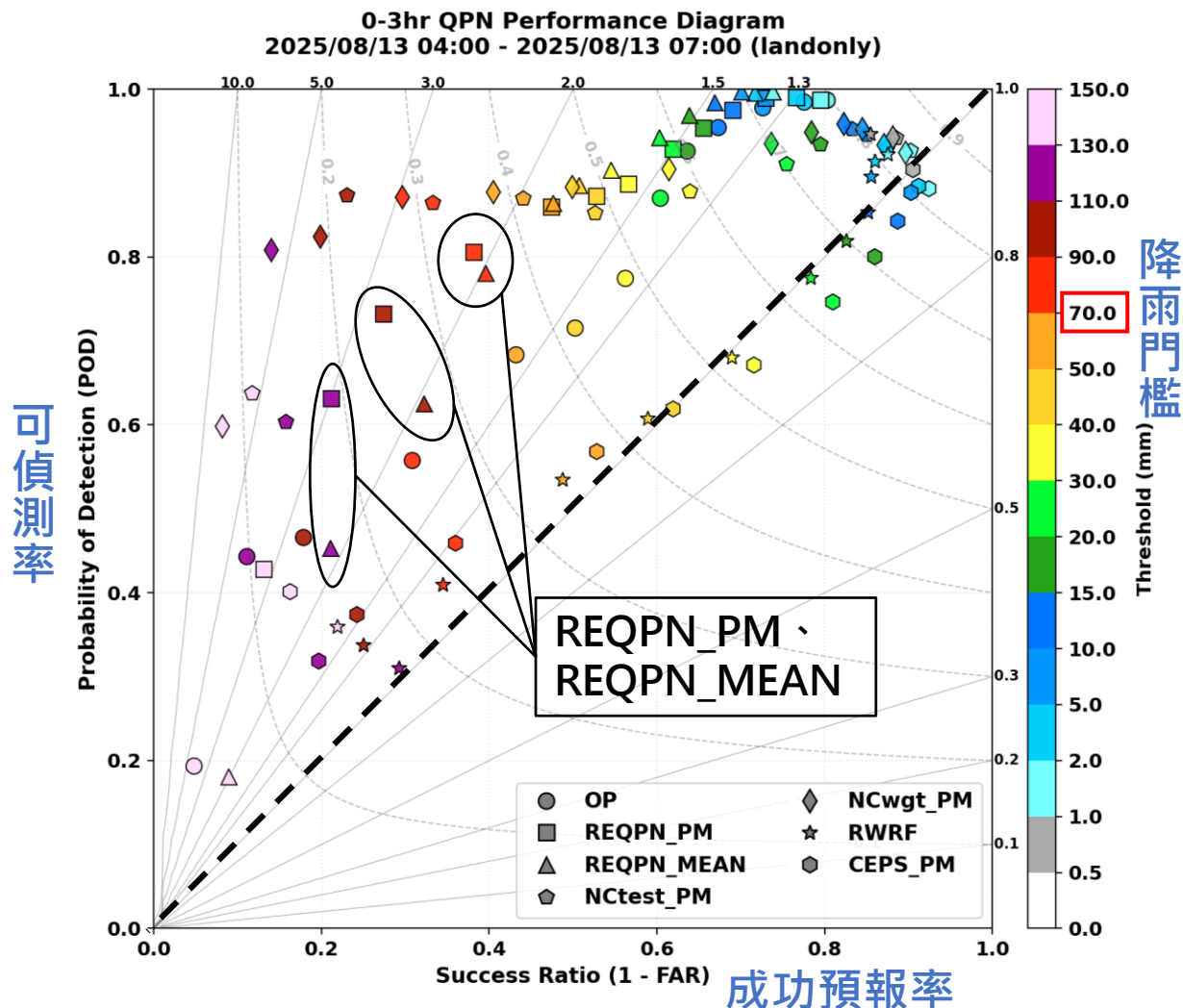
FSS(鄰域空間分數)



- 就較長時間的累積雨量表現而言，REQPN可以掌握颱風的劇烈降水分布位置，雖有預報上的高估，但仍具預警作用。

校驗分析: 颱風

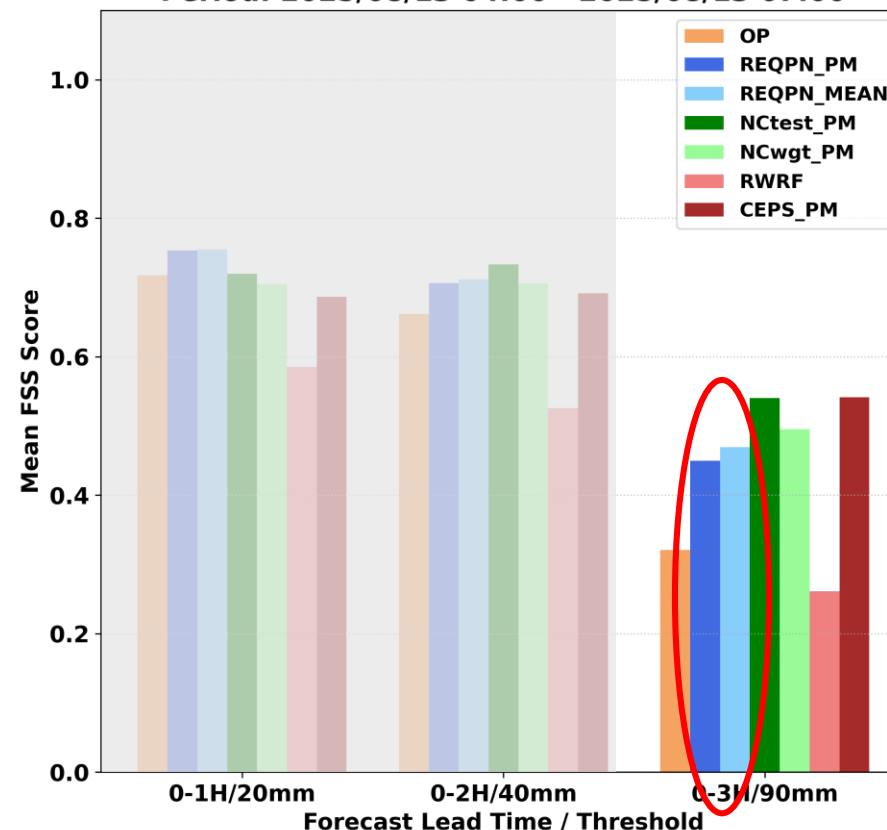
校驗範圍：臺灣陸地的降水預報(0-3H)



- 70mm/3hr以上，REQPN可有效提高預報成功率。
- 與RWRF、CEPS相比有較顯著高估，但同時也具預警作用。

FSS (鄰域空間分數)

FSS vs Forecast Time (Variable Thresholds, Scale~7 grids)
Period: 2025/08/13 04:00 - 2025/08/13 07:00



REQPN雖未考慮地形影響，但仍有不錯的降雨空間表現。

總結: 不同天氣情境下，各產品之應用特性

依據CSI校驗結果，門檻為20mm，預報0-1、1-2、2-3小時累積雨量。

個案特徵 (累計時間)	校驗範圍	0-1H	1-2H	2-3H
穩定移動 (13h)	觀測全範圍/ 僅陸地降水	REQPN_MEAN (0.33)	REQPN_MEAN (0.14)	REQPN_PM (0.06)
生成消散快速 (18h)	觀測全範圍/ 僅陸地降水	REQPN_MEAN (0.41)	NCwgt_PM (0.21)	NCtest_PM (0.15)
颱風 (11h)	觀測全範圍	REQPN_PM (0.38)	NCtest_PM (0.23)	NCwgt_PM (0.19)
	僅陸地降水	REQPN_PM (0.32)	CEPS_PM (0.22)	CEPS_PM (0.22)

*(CSI校驗分數)

總結: 不同天氣情境下，各產品之應用特性

依據CSI校驗結果，門檻依小時而有所不同，預報0-1、0-2、0-3小時累積雨量。

個案特徵 (累計時間)	校驗範圍	0-1H/20mm	0-2H/40mm	0-3H/70mm
穩定移動 (13h)	觀測全範圍/ 僅陸地降水	REQPN_MEAN (0.33)	REQPN_MEAN (0.27)	REQPN_MEAN (0.17)
生成消散快速 (18h)	觀測全範圍	REQPN_MEAN (0.32)	REQPN_MEAN (0.20)	NCtest_PM (0.19)
	僅陸地降水	REQPN_MEAN (0.41)	NCtest_PM (0.27)	NCtest_PM (0.21)
颱風 (11h)	觀測全範圍	REQPN_PM (0.38)	REQPN_PM (0.30)	NCtest_PM (0.26)
	僅陸地降水	REQPN_PM (0.32)	CEPS_PM (0.26)	CEPS_PM (0.21)

*(CSI校驗分數)

REQPN預報特性

預報穩定性提升

優於現行作業之QPN，可有效降低單一外延結果的預報偏差。

空間分布互補

可補足iTEEN及模式預報在海面降水分布掌握的不足。

降雨極值預報能力

雖因外延特性而有陸地降水高估，但仍可反映降雨極值位置。

預報時效

0-1H具絕對優勢，當天氣系統穩定移動時則可維持至3小時的預報能力。

未來展望

系集  AI人工智慧

增加各系集成員的個案蒐集，嘗試使用AI方法產製降水預報產品。

- 本系集雷達定量降水即時預報產品尚在發展階段，進行效益評估中。

報告完畢



CENTRAL
WEATHER
ADMINISTRATION