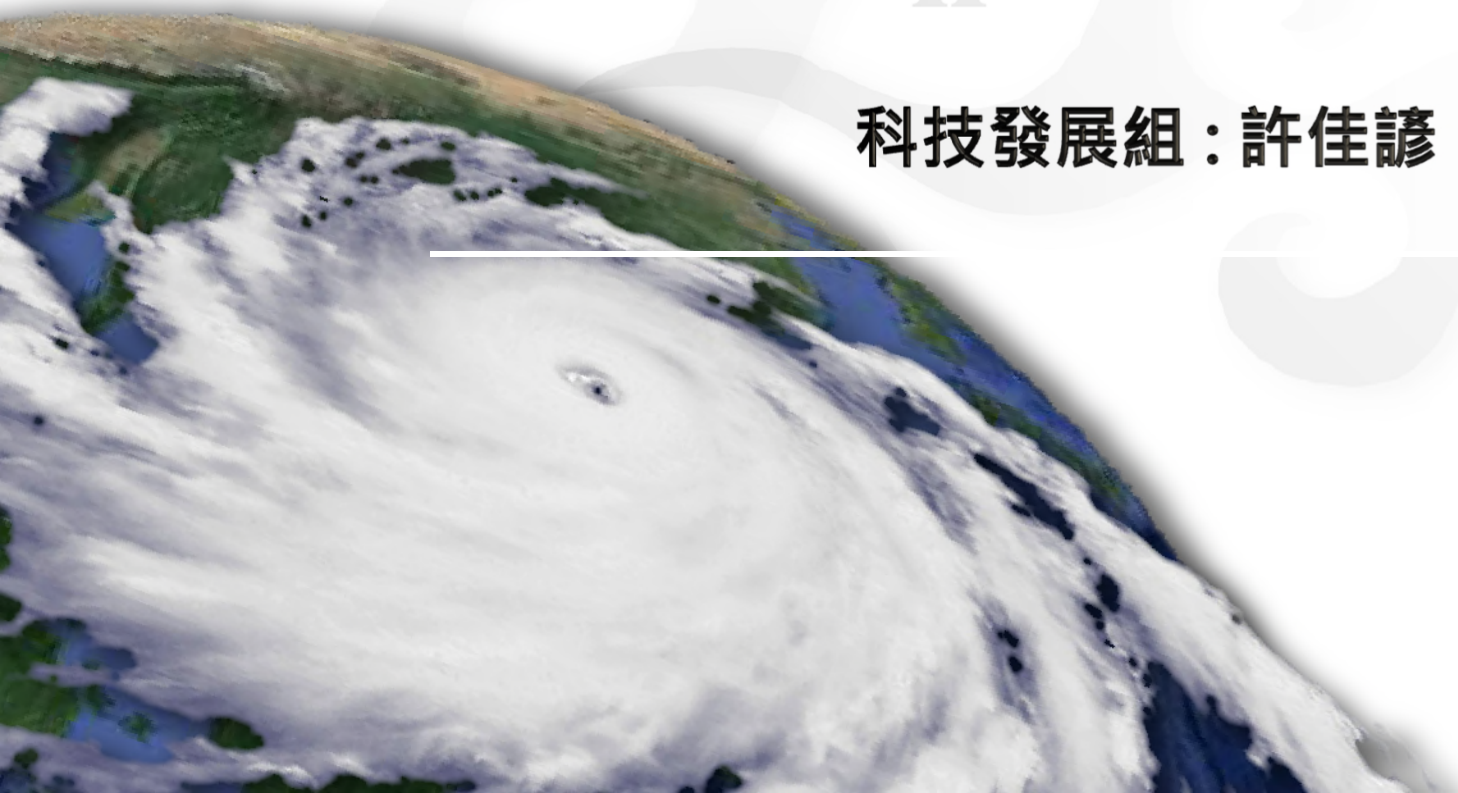


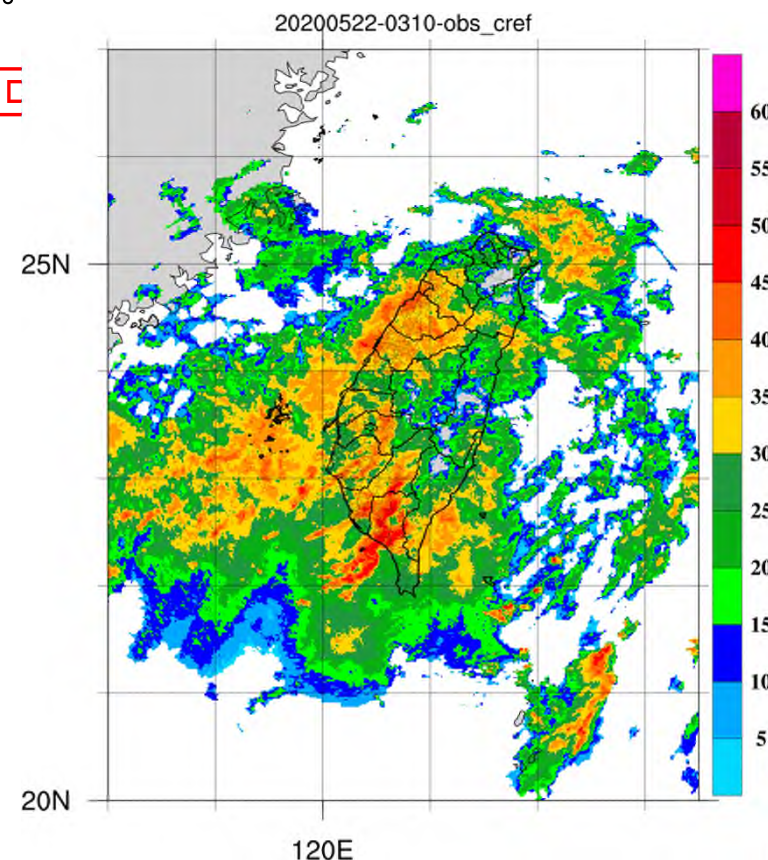
雷達定量降水即時預報外延技術之改善

科技發展組：許佳諺、張保亮、方偉庭、梁信廣、唐玉霜

2025.09.03



- 數值模式因為其方法上的限制，一般在3小時內之降雨預報表現仍不及雷達外延技術。
- 然而，傳統雷達外延技術仍存在未解決的問題，如：
 - 天氣系統增強時，預報降雨常低估；反之，天氣系統減弱時，預報降雨則有高估的現象。
 - 系統非等速或非直線運動時，無法有效掌握其動態。
 - 臺灣地形所引發之對流消長，亦可能影響雷達外延技術的預報表現。
- 過去研究應用系集預報的概念，針對不同對流區域大小或區且能改善對天氣系統移動的掌握度。

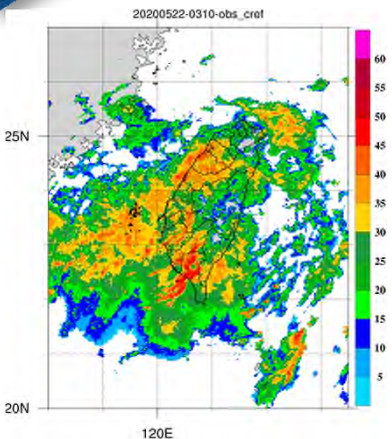
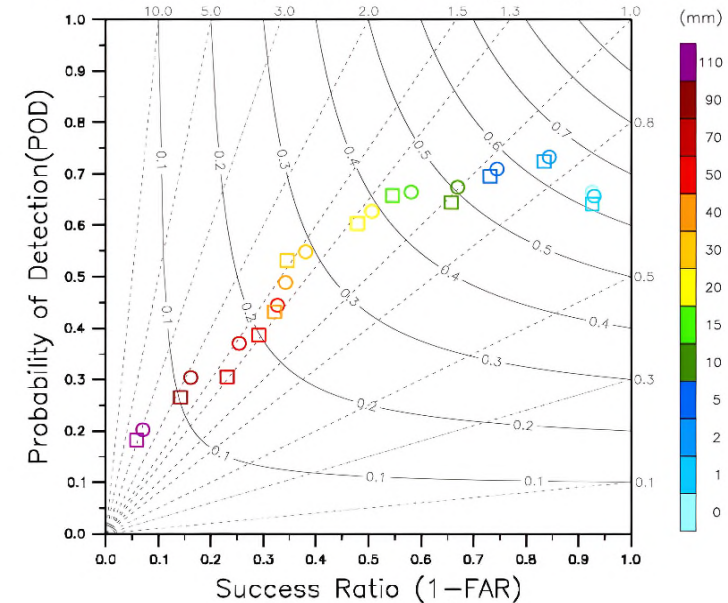


2020.05.22 地形降雨個案

預兆得分(TS) 最大差異在門檻值50mm以上時，OP為0.20，EQPN為0.23。

2020.05.22 0300-0600 UTC 累積3小時雨量

20200522 0-3hr QPF performance diagram (EQPN v.s OP)

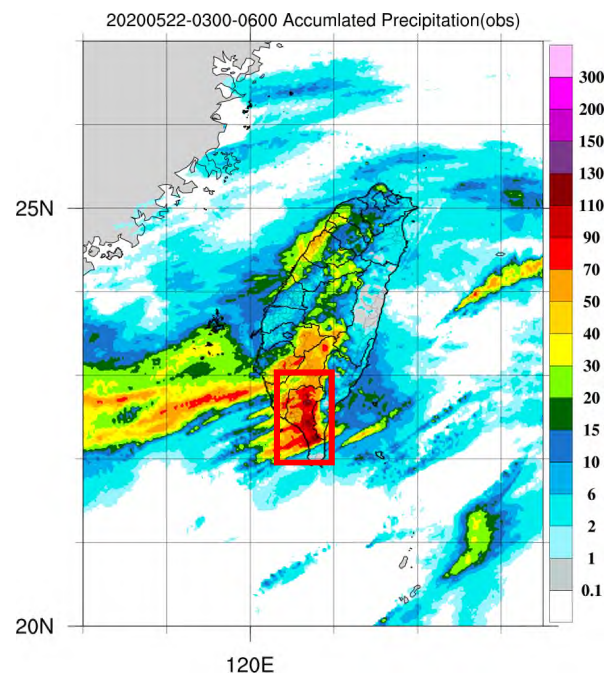
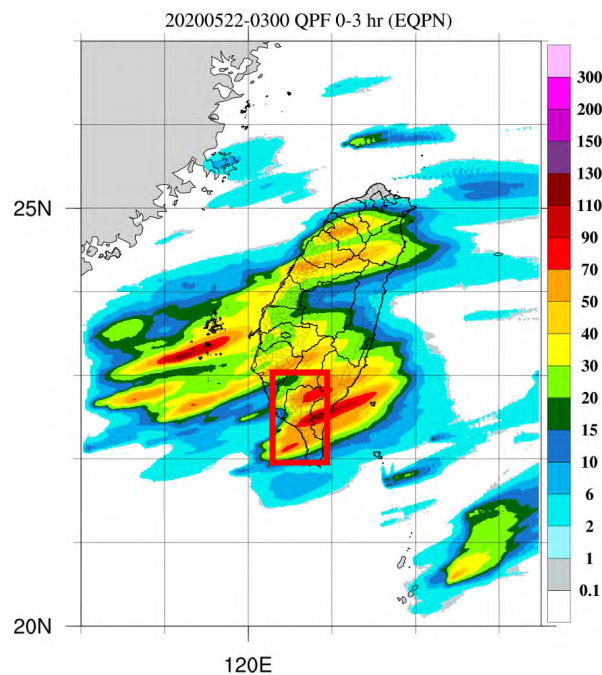
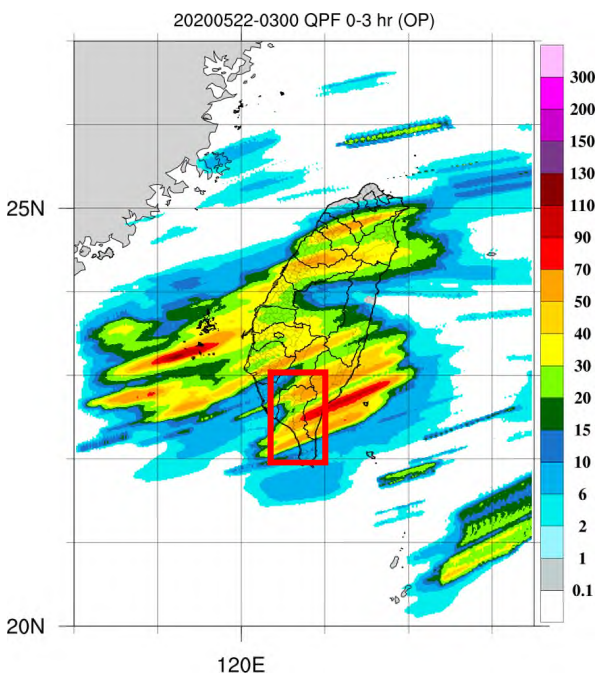


決定性預報(OP)

系集NPM(EQPN)

觀測

○ EQPN
□ OP



- 系集QPN作業化問題：
 1. 較多系集成員需耗費大量運算資源，因此需評估是否存在高度冗餘的參數組合。
 2. 過多的外延預報資料亦造成儲存空間需求迅速增加，對於即時作業系統構成負擔。
- 針對系集成員間的預報結果進行相似性分析，以評估是否存在高度冗餘的參數組合。

- 各系集成員QPN氣候統計分析(梅雨季、夏季、冬季...)
- 評估各參數組在不同氣候條件下的適用性與代表性。

雷達外延技術簡介及參數設定

輸入觀測回波資料

資料平滑與否(-k)

框選對流區域之下限(-d1)

追蹤對流區域之最小面積(-p2)

追蹤對流區域時間間隔(-O)

取得移動向量場，並得到外延結果

參數	參數值
-d1(框選對流區域之下限值) (dBZ) (E01-E05)	5、10、15、20、30 (弱 → 強)
-p2(對流區域之最小面積) (km ²) (E06-E14)	20、60、100、200、400、600、800、 1200、1600、2000 (Meso- γ 、Meso- β 、Meso- α)
-O(追蹤時間間隔) (min) (E15-E17)	10、20、30、60
-k(資料平滑) (E18)	none、gauss

藍色字體表示預設參數(OP)

雷達外延技術簡介

輸入觀測回波資料

資料平滑與否(-k)

框選對流區域之下限
(-d1)

追蹤對流區域之
最小面積(-p2)

追蹤對流區域
時間間隔(-O)

取得移動向量場，
並得到外延結果

框選對流區域

追蹤對流區域/時間間隔

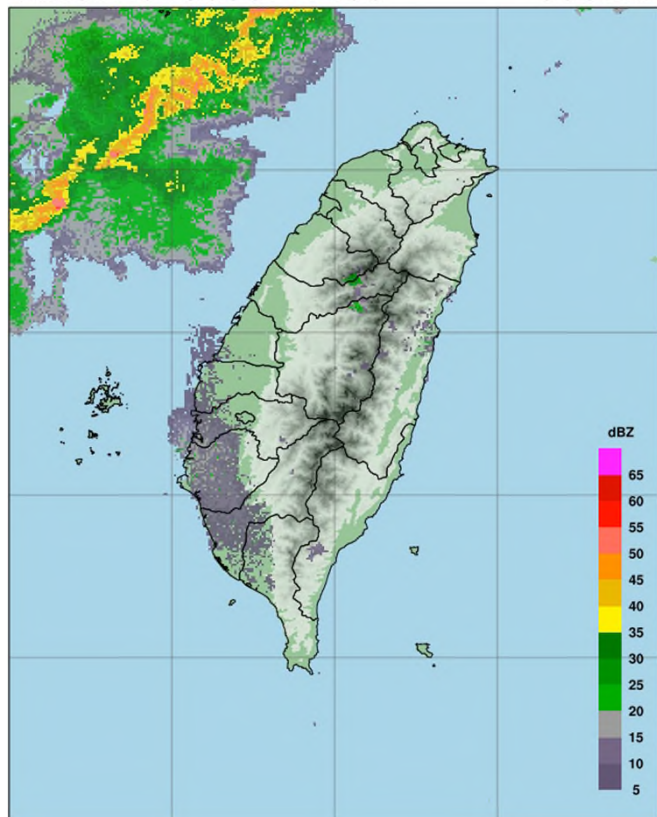
計算移動向量

外延

推估系統未來(0~3hr)所在位置

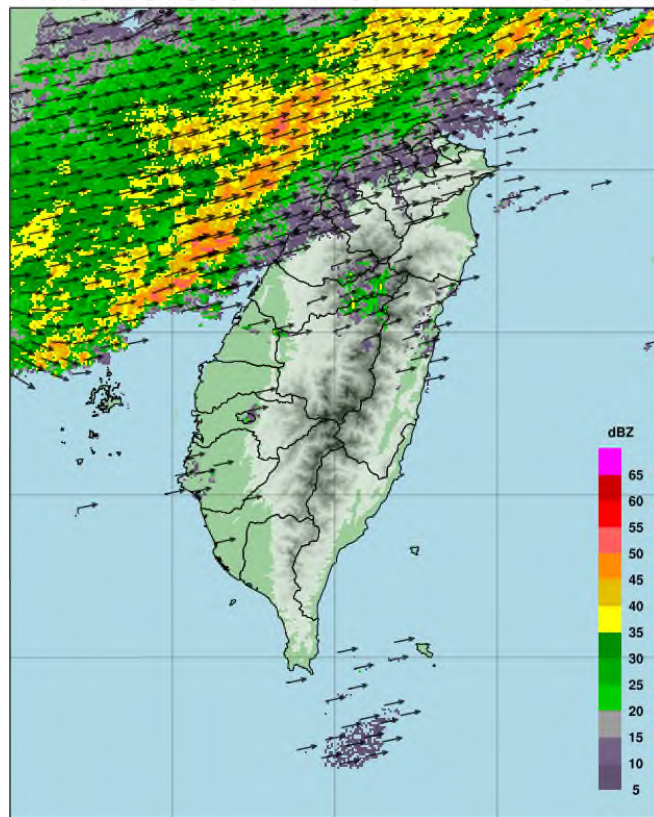
CREF 20180507-1400

Valid: 20180507-1400 000min



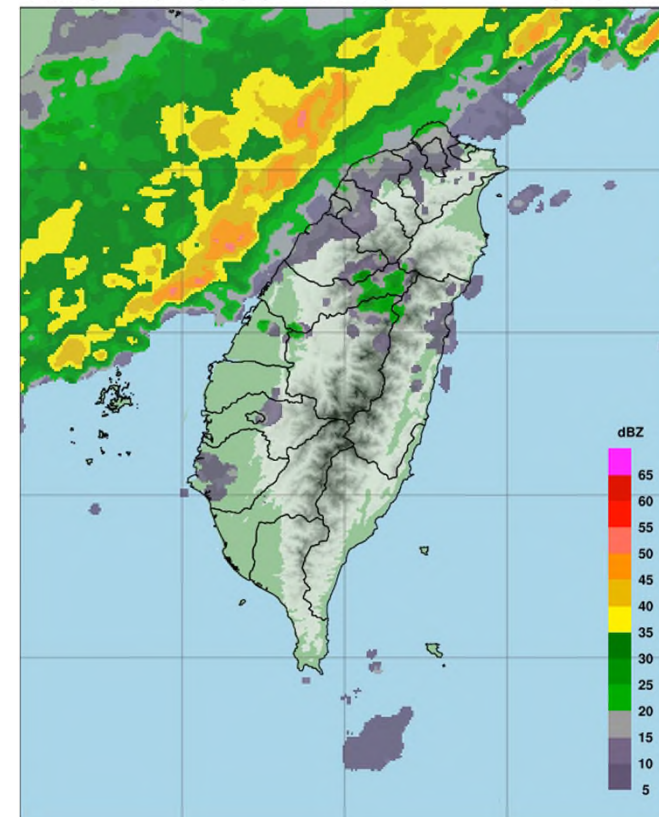
CREF 20180507-1700

Valid: 20180507-1700 000min



CREF 20180507-1700

Valid: 20180507-1710 010min



過去



現在



Future

18組系集成員

參數設定

框選對流區域之下限值 (dBZ):

5、10、15、**20**、30

(E01-E05)

對流區域之最小面積 (km²):

20、60、100、**200**、400、600、
800、1200、1600、2000

(E06-14)

追蹤時間間隔 (min):

10、20、30、60

(E15-17)

資料平滑:

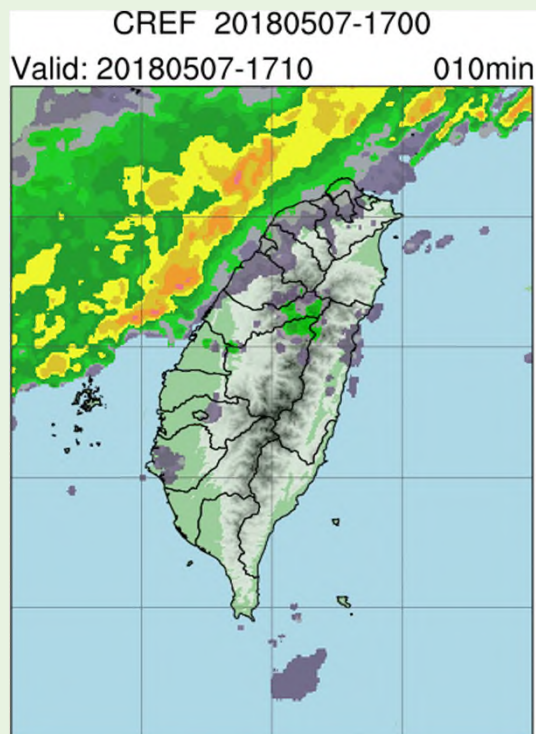
on/off

(E18)

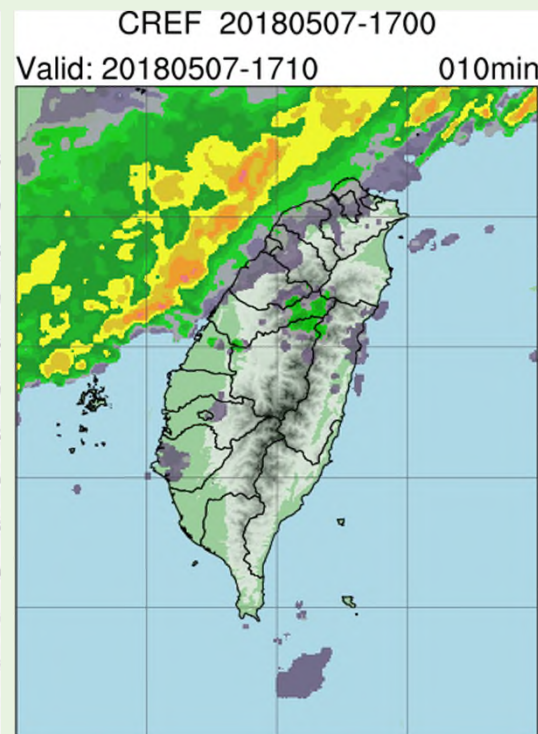
藍色字體表示預設參數(OP)

以設定對流區域之最小面積為例

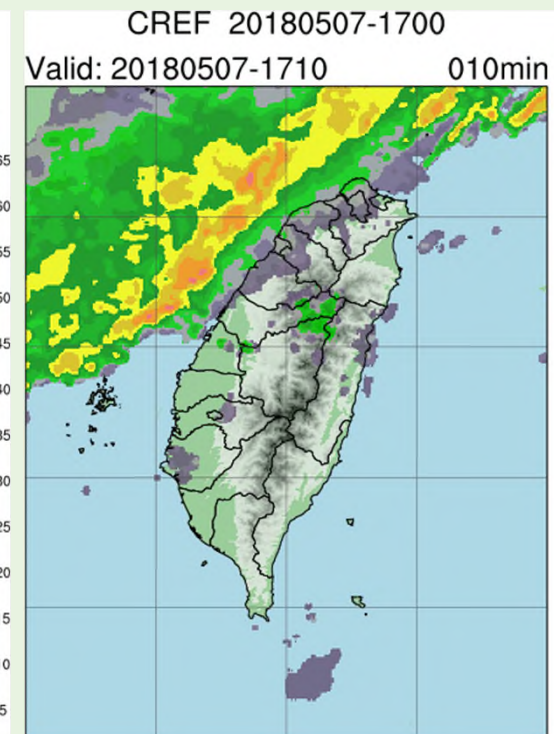
20 km²



200 km²



2000 km²



- 系集QPN作業化問題：18組系集成員需耗費大量運算資源，因此需評估是否存在高度冗餘的參數組合
- 判斷依據：李等(2014)方法，採用 Fractions Skill Score(FSS)於空間範圍內判斷差異。

$$\rightarrow \text{Fractions Skill Score}(FSS_{A,B}) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (f_A - f_B)^2}{\sum_{i=1}^N (f_A + f_B)^2} \quad (f_a: A\text{成員}、f_B: B\text{成員})$$

- FSS 越接近 1，代表成員差異越小；相對地，其值越接近0，代表成員差異越大。
- 統計2020年5~8月暖季各參數累積3小時50mm以上雨量結果之FSS(空間範圍約半徑10公里)

2020年5~8月各參數FSS

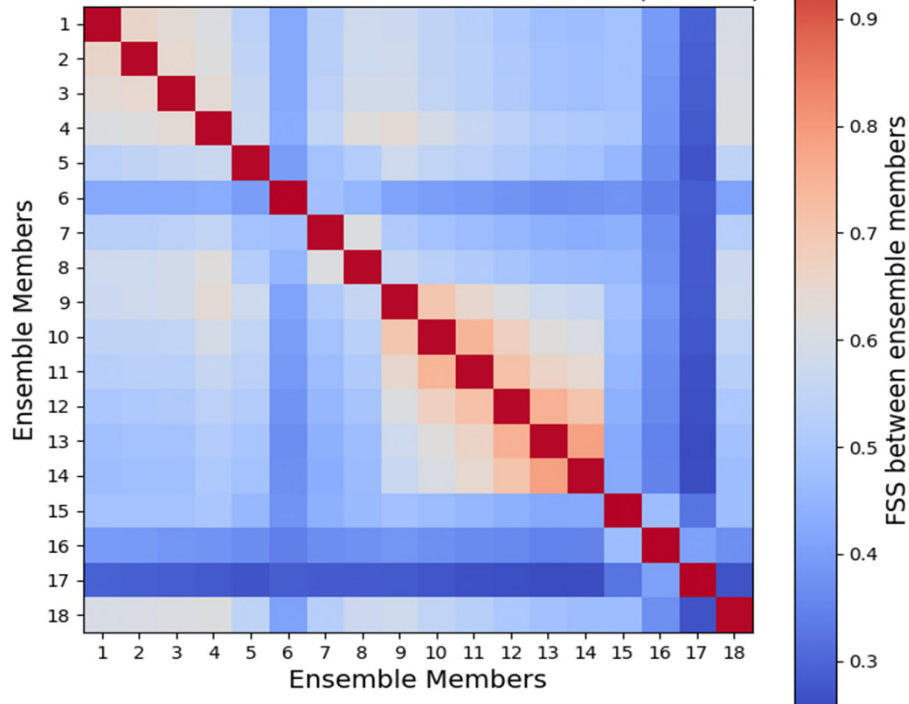
參數	參數值
-d1(框選對流區域之下限值) (dBZ) (E01-E05)	5、10、15、20、30 (弱 → 強)
-p2(對流區域之最小面積) (km ²) (E06-E14)	20、60、100、400、600、800、 1200、1600、2000 (Meso- γ 、Meso- β 、Meso- α)
-O(追蹤時間間隔) (min) (E15-E17)	20、30、60
-k(資料平滑) (E18)	gauss

➔
FSS ≥ 0.65

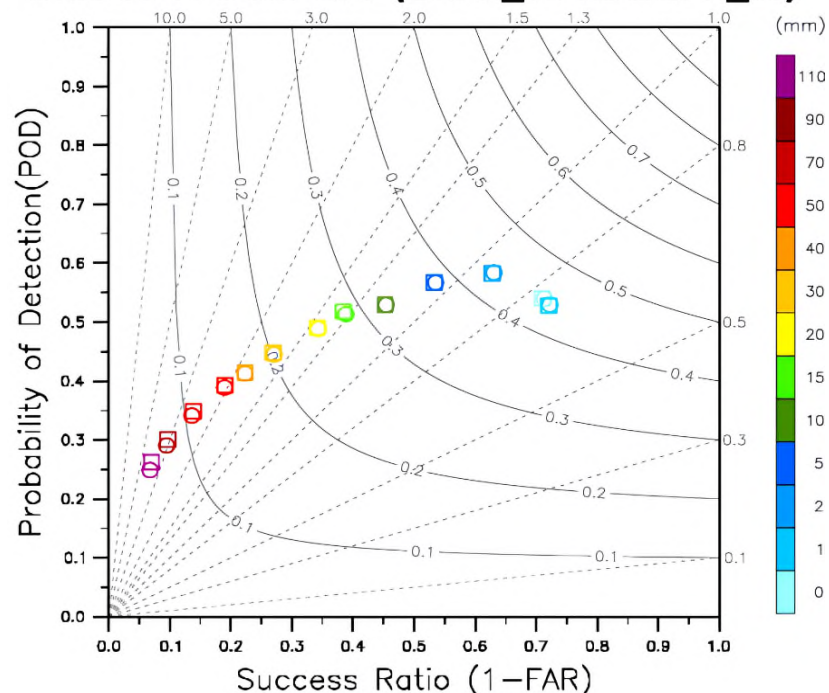
參數	參數值
-d1(框選對流區域之下限值) (dBZ) (E01-E03)	5、20、30 (弱 → 強)
-p2(對流區域之最小面積) (km ²) (E04-E07)	20、60、600、1600 (Meso- γ 、Meso- β 、Meso- α)
-O(追蹤時間間隔) (min) (E08-E09)	20、30
-k(資料平滑) (E10)	gauss

2020-05~08月 FSS (\cong 10-km radius)

FSS between Ensemble Members(11*11)



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



○ EQPN_18
□ EQPN_10

EQPN_18:18組系集成員NPM
EQPN_10:10組系集成員NPM

- 不同系集成員氣候統計特性
- 不同系集成員適合應用在哪些個案?
- 系集平均 vs. New Probability matching(系集NPM)
- 評估不同季節:
 - 梅雨季:2023-05
 - 夏季:2023-08
 - 颱風季:2023-10
 - 冬季:2023-12

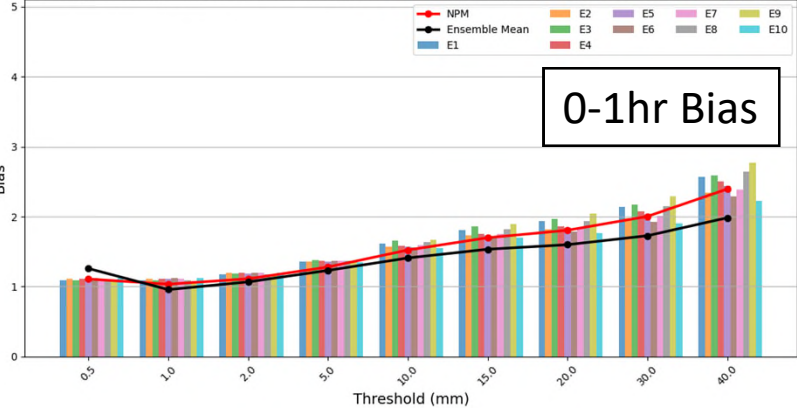
QPN 氣候統計(2023年5月 梅雨季)

參數	參數值
-d1(框選對流區域之下限值)(dBZ) (E01-E03)	5、20、30(弱→強)
-p2(對流區域之最小面積)(km ²) (E04-E07)	20、60、600、1600 (Meso- γ 、Meso- β 、Meso- α)
-O(追蹤時間間隔)(min) (E08-E09)	20、30
-k(資料平滑) (E10)	gauss

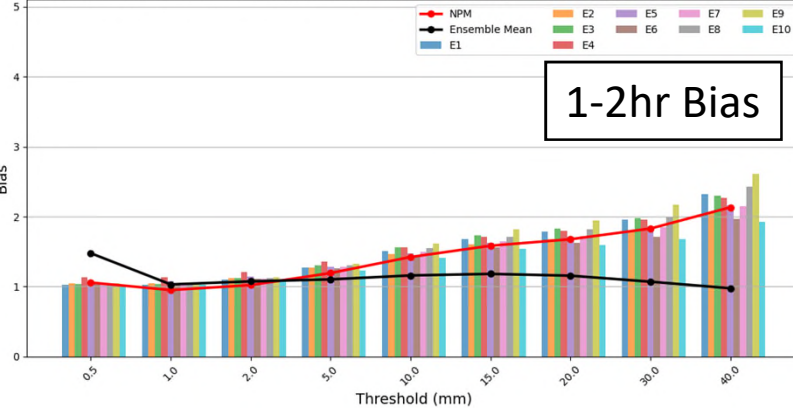
1. 加入平滑作用有助於提升QPN表現。
2. 系集結果均優於任一決定性預報。

藍色字體表示預設參數(OP)

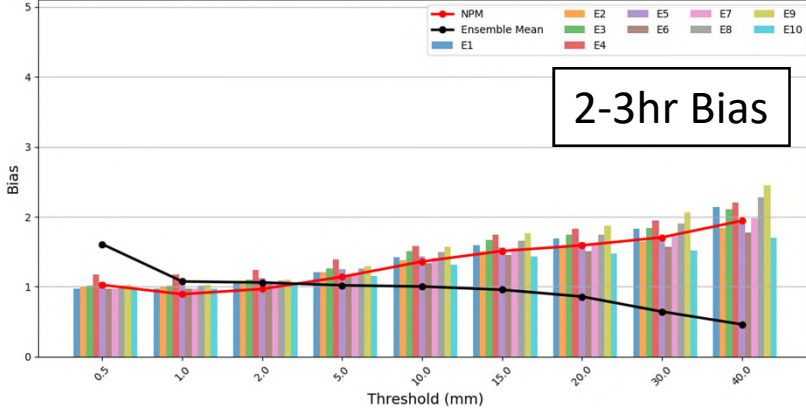
2023.05 0-1hr QPN Bias vs Thresholds: Ensemble Members (Bars) & NPM Mean(Line)



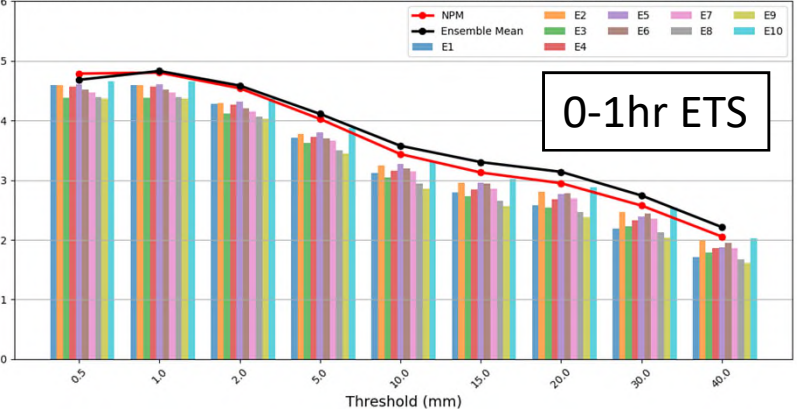
2023.05 1-2hr QPN Bias vs Thresholds: Ensemble Members (Bars) & NPM Mean(Line)



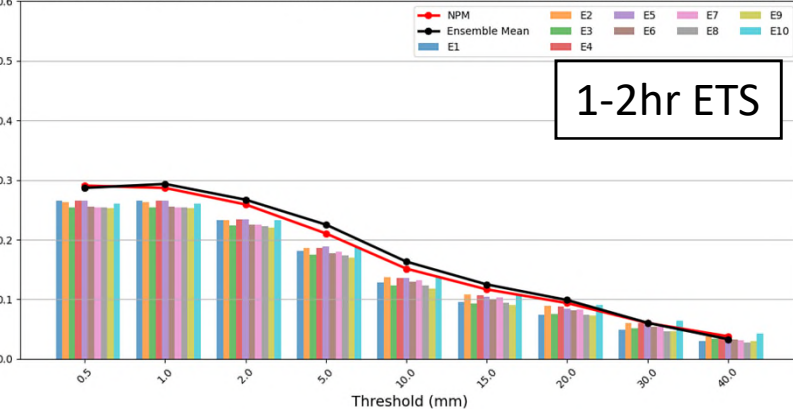
2023.05 2-3hr QPN Bias vs Thresholds: Ensemble Members (Bars) & NPM Mean(Line)



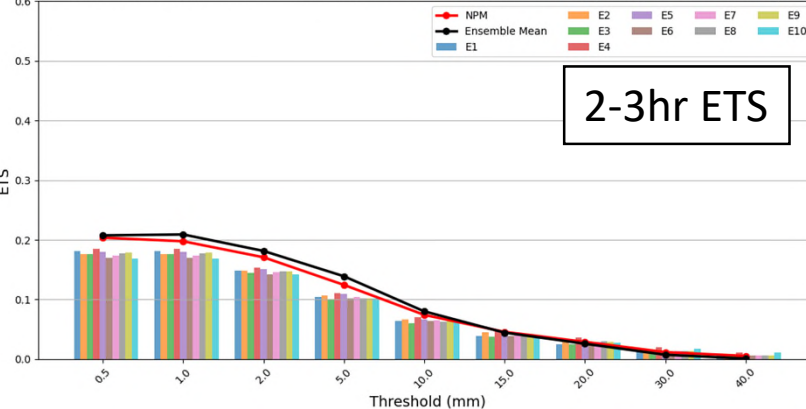
2023.05 0-1hr QPN ETS vs Thresholds: Ensemble Members (Bars) & NPM Mean(Line)



2023.05 1-2hr QPN ETS vs Thresholds: Ensemble Members (Bars) & NPM Mean(Line)



2023.05 2-3hr QPN ETS vs Thresholds: Ensemble Members (Bars) & NPM Mean(Line)



QPN 氣候統計(2023年8月 夏季)

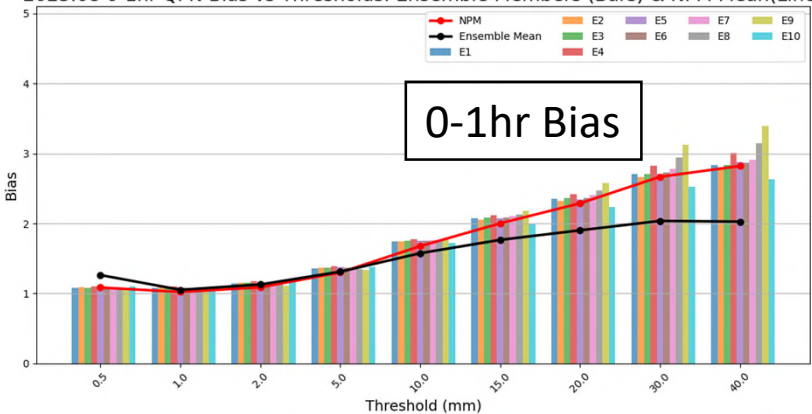


1. 各參數成員表現，由於午後對流系統尺度較小，因此2-3小時QPN，在-p2參數值較小時表現較好。
2. 加入平滑作用有助於提升QPN表現。
3. 系集結果均優於任一決定性預報。

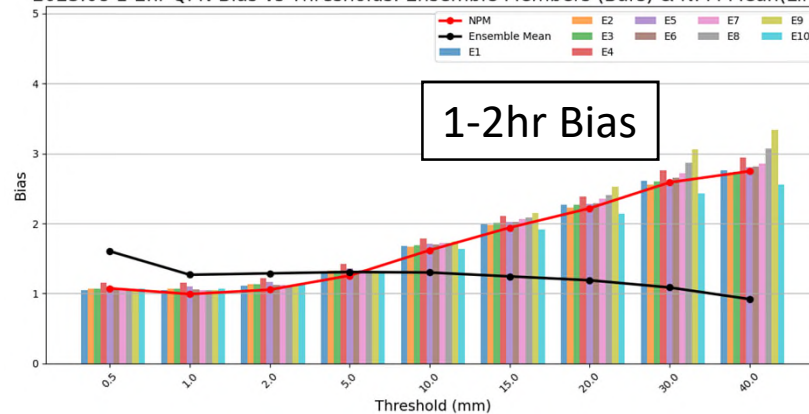
參數	參數值
-d1(框選對流區域之下限值) (dBZ) (E01-E03)	5、20、30(弱→強)
-p2(對流區域之最小面積) (km ²) (E04-E07)	20、60、600、1600 (Meso-γ、Meso-β、Meso-α)
-O(追蹤時間間隔) (min) (E08-E09)	20、30
-k(資料平滑) (E10)	gauss

藍色字體表示預設參數(OP)

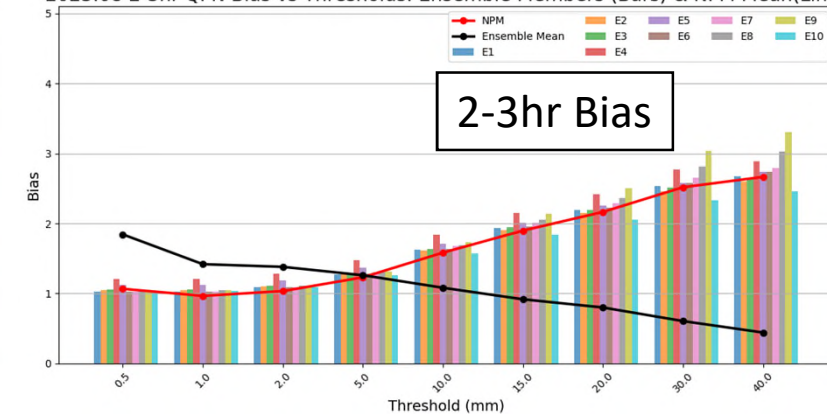
2023.08 0-1hr QPN Bias vs Thresholds: Ensemble Members (Bars) & NPM Mean(Line)



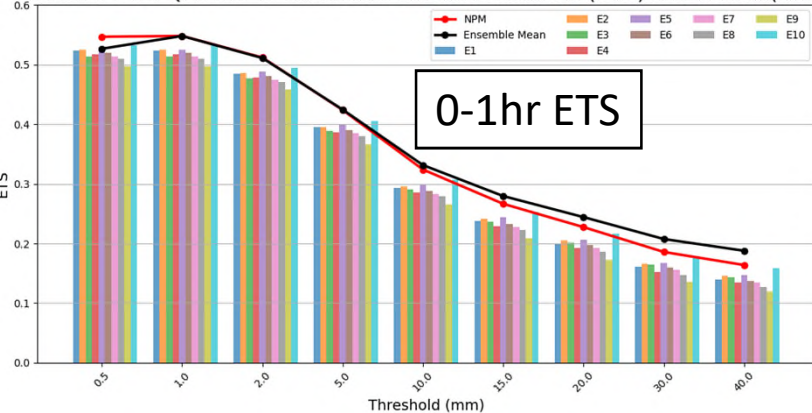
2023.08 1-2hr QPN Bias vs Thresholds: Ensemble Members (Bars) & NPM Mean(Line)



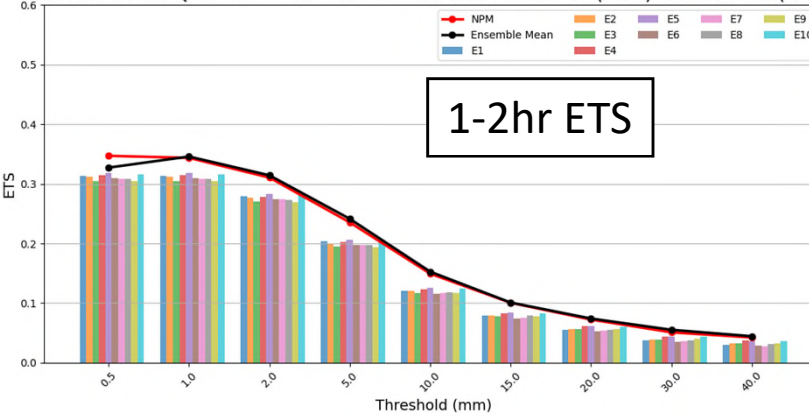
2023.08 2-3hr QPN Bias vs Thresholds: Ensemble Members (Bars) & NPM Mean(Line)



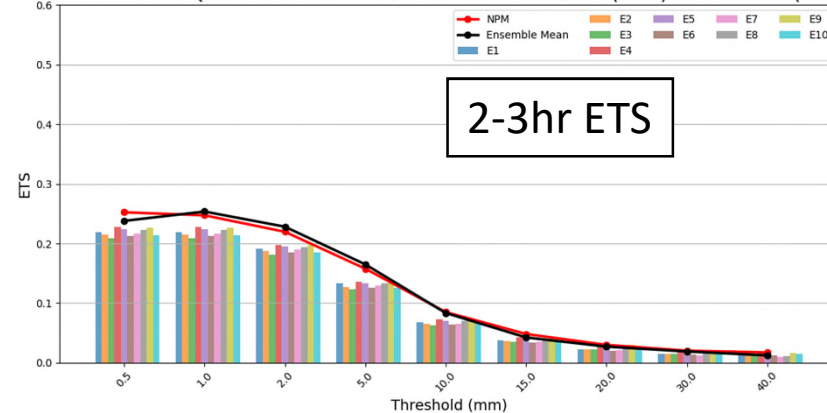
2023.08 0-1hr QPN ETS vs Thresholds: Ensemble Members (Bars) & NPM Mean(Line)



2023.08 1-2hr QPN ETS vs Thresholds: Ensemble Members (Bars) & NPM Mean(Line)



2023.08 2-3hr QPN ETS vs Thresholds: Ensemble Members (Bars) & NPM Mean(Line)



QPN 氣候統計(2023年10月)

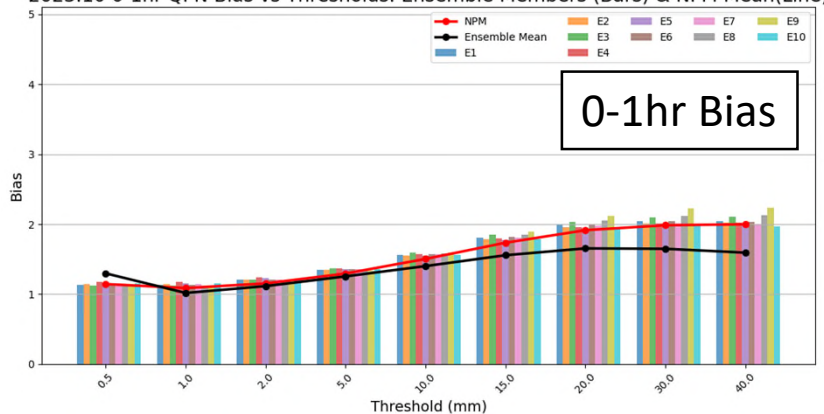
颱風季-小犬颱風

1. 各參數成員表現，由於颱風天氣系統尺度較大，因此-p2參數較大時表現較好。
2. 系集結果均優於任一決定性預報。

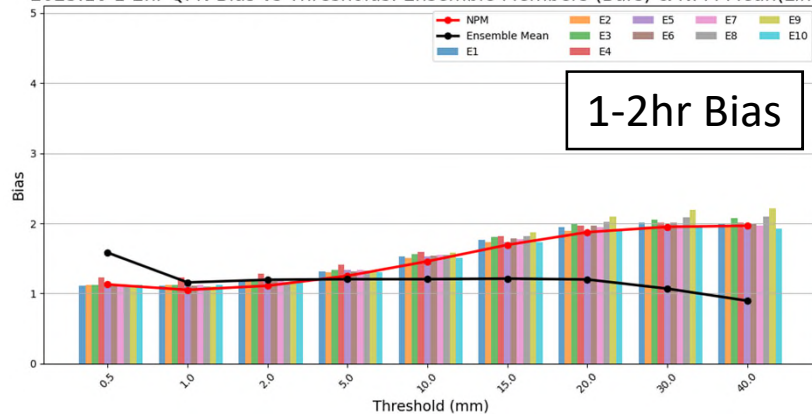
參數	參數值
-d1(框選對流區域之下限值)(dBZ) (E01-E03)	5、20、30(弱→強)
-p2(對流區域之最小面積)(km ²) (E04-E07)	20、60、600、1600 (Meso-γ、Meso-β、Meso-α)
-O(追蹤時間間隔)(min) (E08-E09)	20、30
-k(資料平滑) (E10)	gauss

藍色字體表示預設參數(OP)

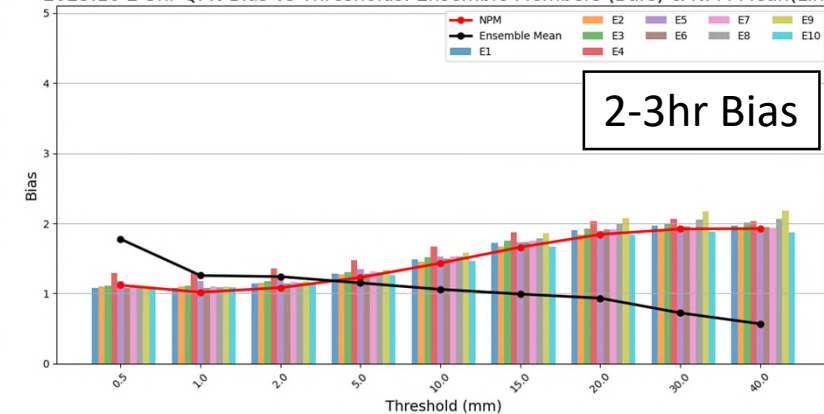
2023.10 0-1hr QPN Bias vs Thresholds: Ensemble Members (Bars) & NPM Mean(Line)



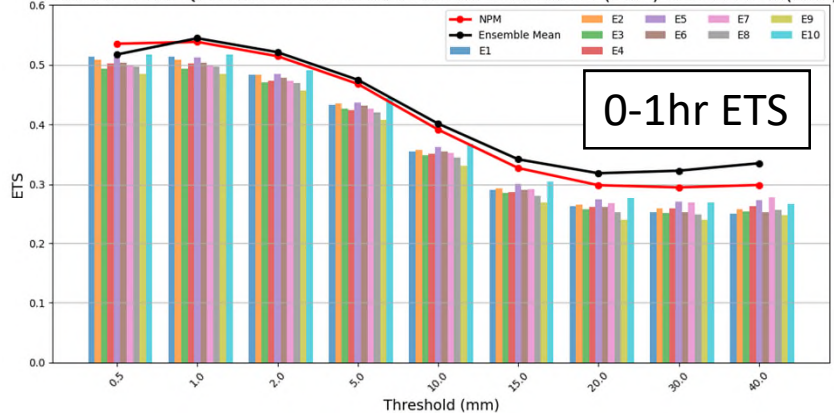
2023.10 1-2hr QPN Bias vs Thresholds: Ensemble Members (Bars) & NPM Mean(Line)



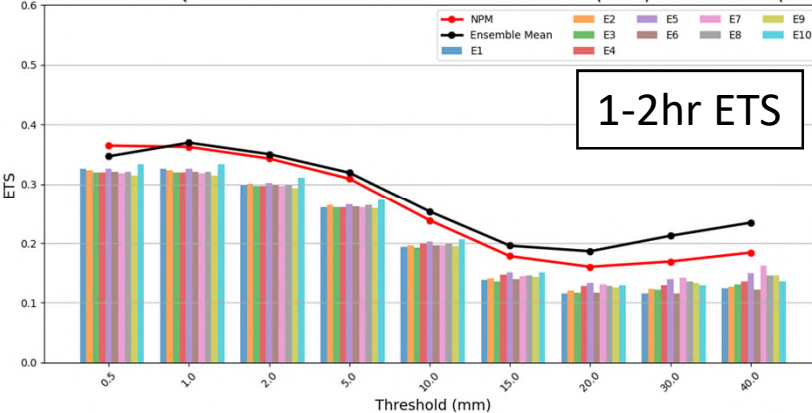
2023.10 2-3hr QPN Bias vs Thresholds: Ensemble Members (Bars) & NPM Mean(Line)



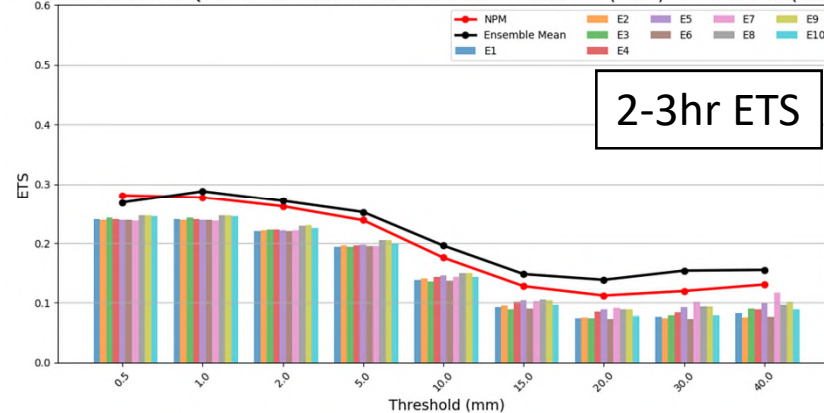
2023.10 0-1hr QPN ETS vs Thresholds: Ensemble Members (Bars) & NPM Mean(Line)



2023.10 1-2hr QPN ETS vs Thresholds: Ensemble Members (Bars) & NPM Mean(Line)



2023.10 2-3hr QPN ETS vs Thresholds: Ensemble Members (Bars) & NPM Mean(Line)



QPN (小犬颱風) 2023.10.04 2000-2300 累積3小時雨量

P2=20

P2=200(OP)

P2=1600

系集平均

系集NPM

觀測

20231004-2000 QPF 0-3hr (E04)

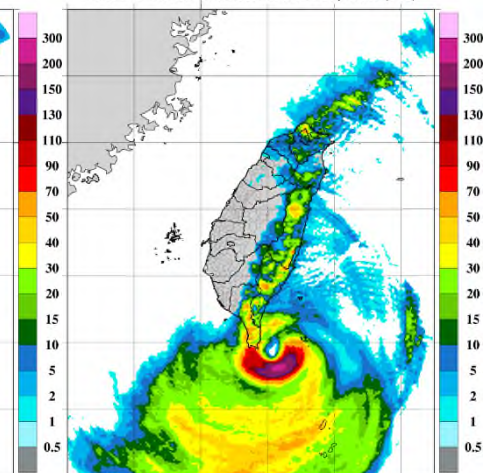
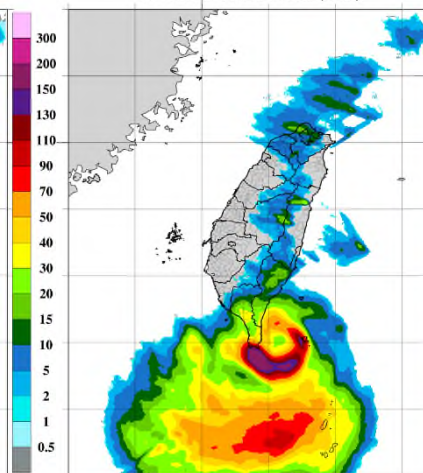
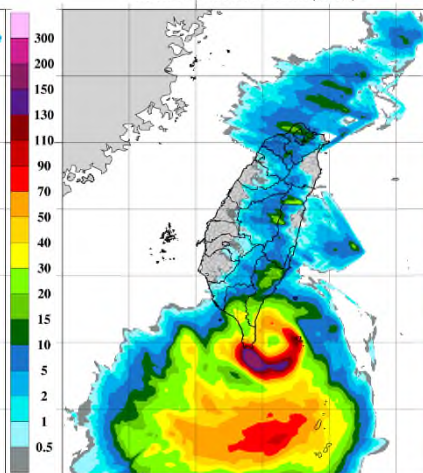
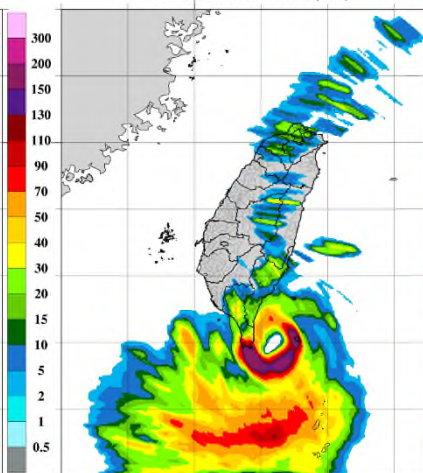
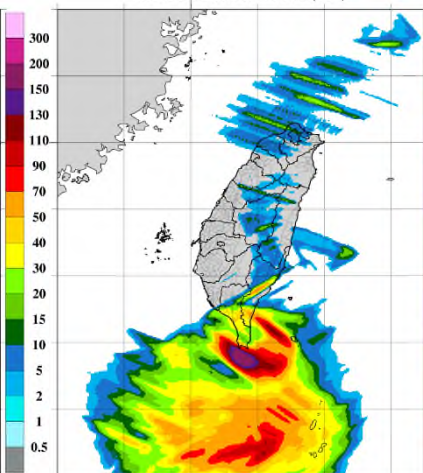
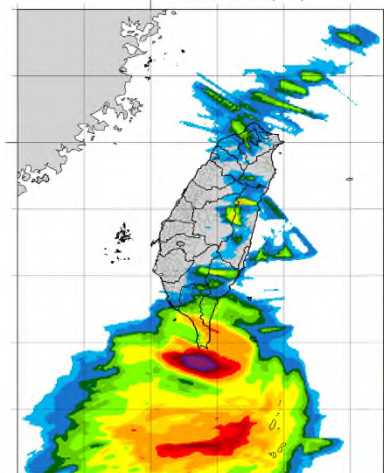
20231004-2000 QPF 0-3hr (E02)

20231004-2000 QPF 0-3hr (E07)

20231004-2000 QPF 0-3hr (mean)

20231004-2000 QPF 0-3hr (NPM)

20231004-2000-2300 Accumulated Precipitation(obs)



120E

120E

120E

120E

120E

120E

CREF 20231004-2000

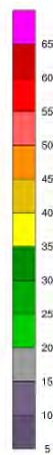
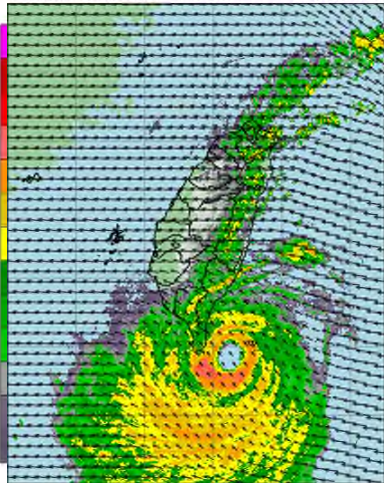
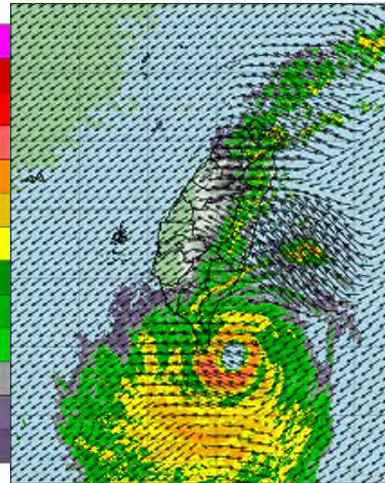
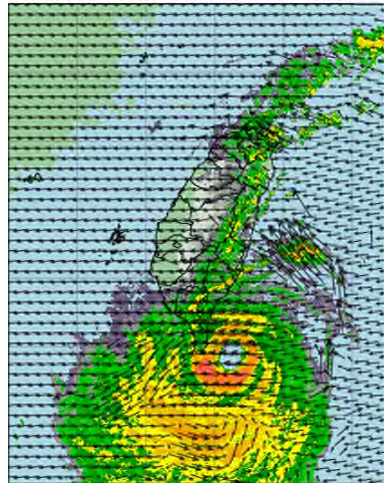
CREF 20231004-2000

CREF 20231004-2000

Valid: 20231004-2000 000min

Valid: 20231004-2000 000min

Valid: 20231004-2000 000min



1. -p2參數較大較能掌握颱風眼牆區域的降雨特性。
2. 系集平均與系集NPM也能大致掌握颱風眼牆區域的降雨特性。

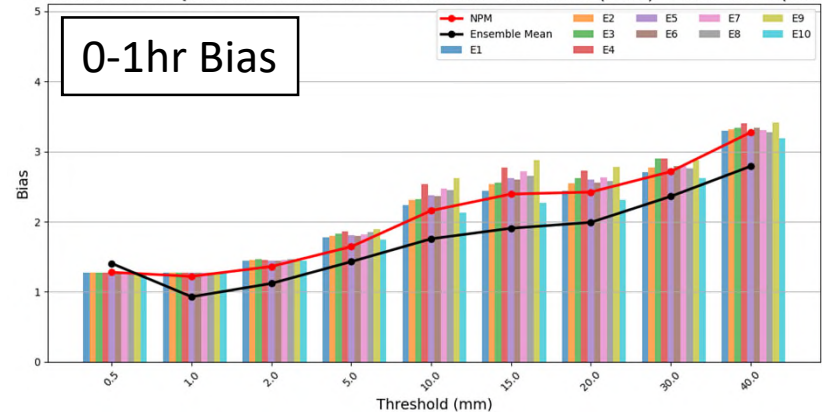
QPN 氣候統計(2023年12月 冬季)

1. 各參數成員表現，使用平滑作用有助於中小雨的掌握。
2. 由於層狀降雨特性，因此0-1小時QPN較低的-d1參數值對於冬季降雨的預報表現較好。
3. 系集結果均優於任一決定性預報。

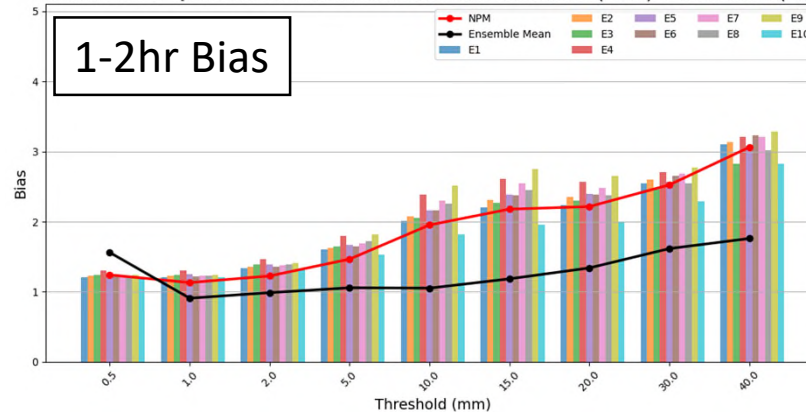
參數	參數值
-d1(框選對流區域之下限值)(dBZ) (E01-E03)	5、20、30(弱→強)
-p2(對流區域之最小面積)(km ²) (E04-E07)	20、60、600、1600 (Meso-γ、Meso-β、Meso-α)
-O(追蹤時間間隔)(min) (E08-E09)	20、30
-k(資料平滑) (E10)	gauss

藍色字體表示預設參數(OP)

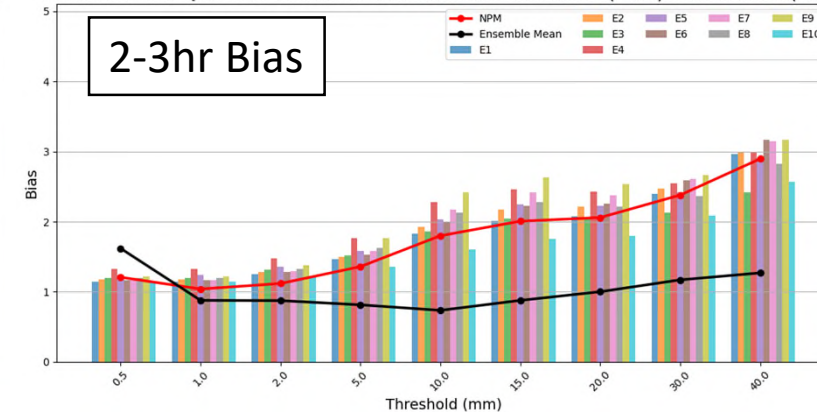
2023.12 0-1hr QPN Bias vs Thresholds: Ensemble Members (Bars) & NPM Mean(Line)



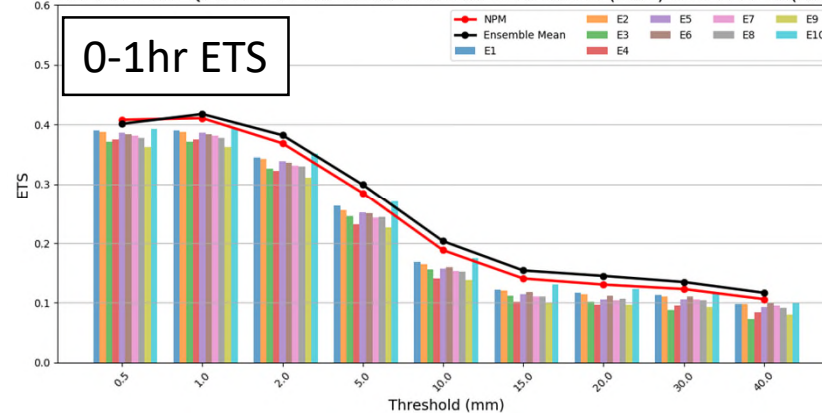
2023.12 1-2hr QPN Bias vs Thresholds: Ensemble Members (Bars) & NPM Mean(Line)



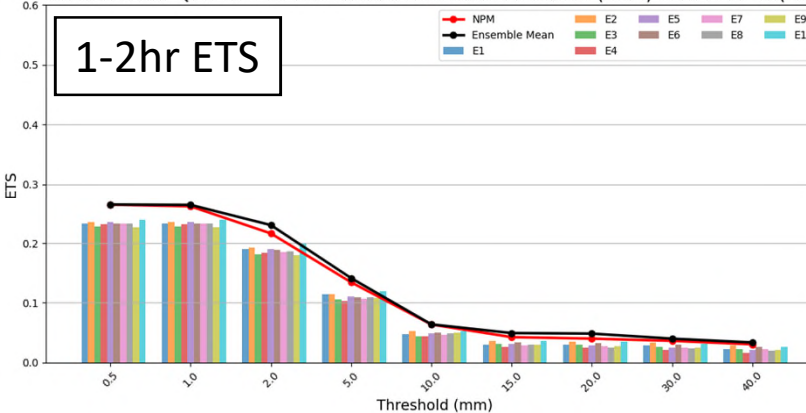
2023.12 2-3hr QPN Bias vs Thresholds: Ensemble Members (Bars) & NPM Mean(Line)



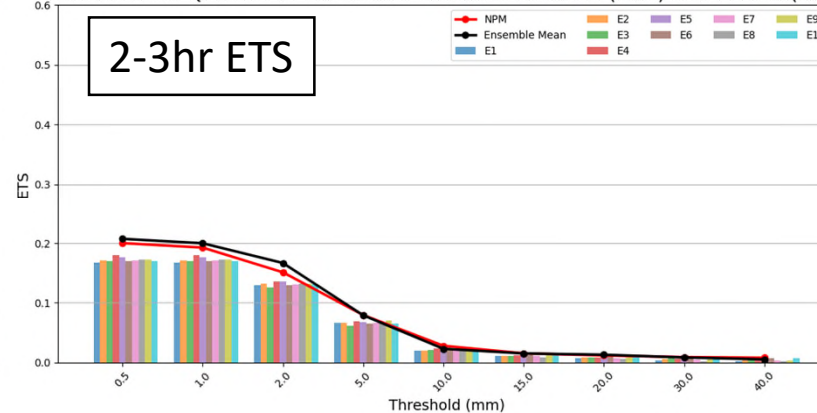
2023.12 0-1hr QPN ETS vs Thresholds: Ensemble Members (Bars) & NPM Mean(Line)



2023.12 1-2hr QPN ETS vs Thresholds: Ensemble Members (Bars) & NPM Mean(Line)

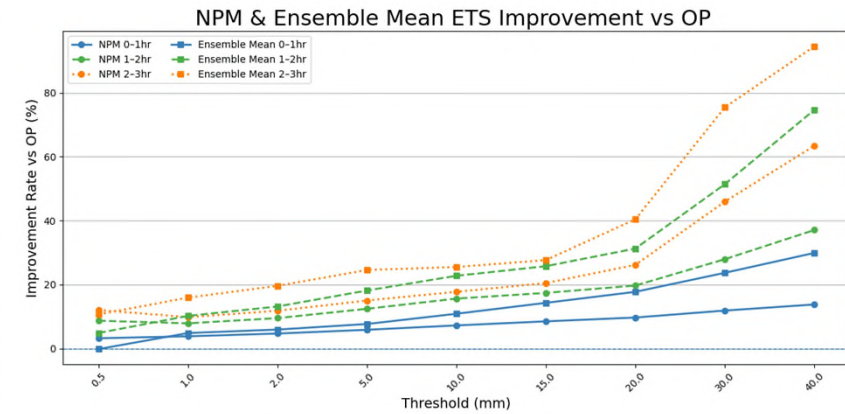
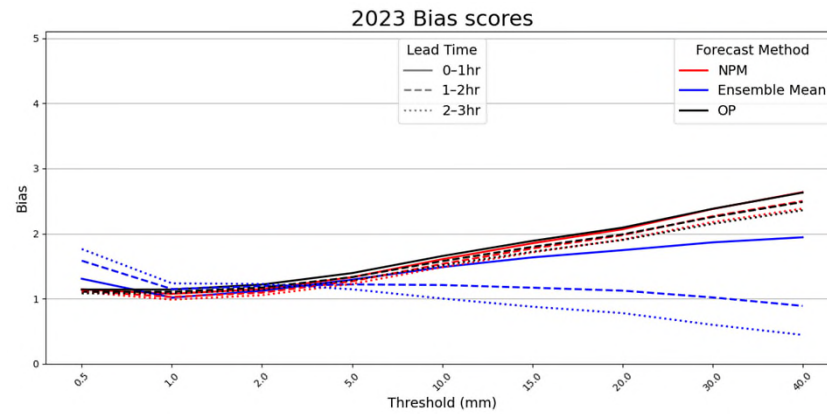
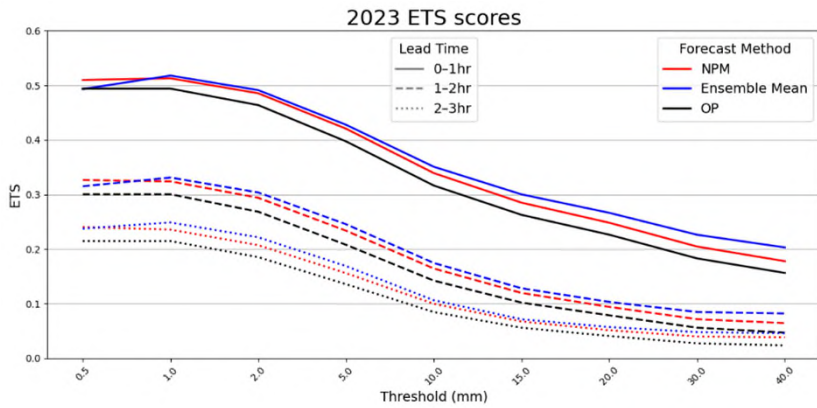


2023.12 2-3hr QPN ETS vs Thresholds: Ensemble Members (Bars) & NPM Mean(Line)



2023年 QPN ETS 改善程度

$$\text{Improvement Rate} = \frac{\text{Method ETS} - \text{OP ETS}}{\text{OP ETS}} \times 100\%$$



結論與未來工作

- 經2020年5~8月FSS篩選後之10組系集NPM表現與18組系集NPM表現差異不大。
- QPN氣候統計：
 1. 梅雨季：平滑作用能提升QPN表現的穩定性。
 2. 夏季(午後熱對流)：由於天氣系統尺度較小，因此適用較小的-p2參數值。
 3. 颱風季：由於天氣系統尺度較大，因此適用較大的-p2參數值。
 4. 冬季：
 - (a)由於此季節天氣系統大部分屬於層狀降雨，因此弱回波值範圍較大，較低的-d1參數值能提升此季節QPN中小雨掌握度。
 - (b)平滑作用也能提升QPN表現的穩定性。
 5. 整體而言，長期統計系集結果均優於任一決定性預報。
- 未來工作：評估2分鐘QPN作業化可行性。

	Input 回波資料	Input 降雨率資料
10min QPN	Domain:921*881 解析度:0.0125 經度:115~126.5 緯度:18~29	Domain: 441*561 解析度:0.0125 經度:118~123.5 緯度:20~27
2min QPN	Domain:2001*2201 解析度:0.0025 經度:118.5~123.5 緯度:21~26.5	Domain: 441*561 解析度:0.0125 經度:118~123.5 緯度:20~27

報告完畢
謝謝大家



CENTRAL
WEATHER
ADMINISTRATION