



► 115年度 天氣分析研討會

應用CorrDiff模型於MLWP系集預報

蘇胤瑞、王志嘉、張惠玲

研究背景與動機

1

全球系集預報解析度不足

NWP (ECMWF S2S, 0.8°) 與 MLWP (FCN3, 0.25°) 皆為粗解析度系集預報，難以反映台灣精細地形與氣候特徵

2

CorrDiff：生成式 AI 降尺度模型

將粗解析度系集預報降尺度至 2km 台灣區域，同時輸出高解析度 2米溫、風場、氣壓、降水場

3

核心科學議題

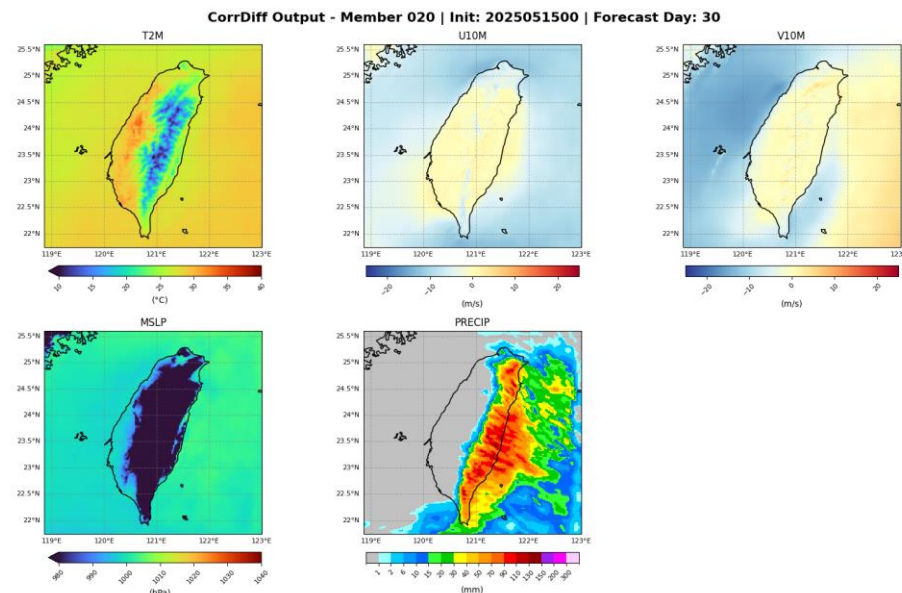
1. 系集離散度之合理性評估：

MLWP 系集預報 vs. 降尺度後之 MLWP 系集預報

2. 系集預報降尺度流程評估：

先系集平均後再降尺度 vs. 先降尺度再系集平均

3. CorrDiff 應用於 MLWP 與 NWP 模型之差異



CorrDiff 降尺度輸出範例 (Member 020, Forecast Day 30)

2km 解析度可解析出中央山脈地形對溫度、風場與降水分布的細部影響

DATA & METHODS

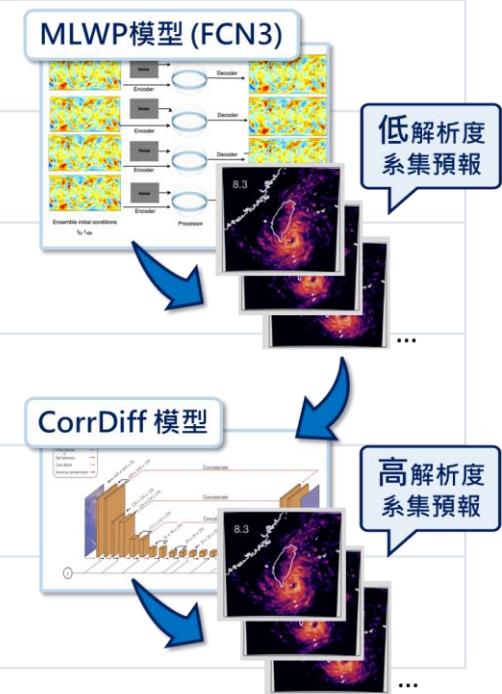
資料與驗證方法設計



Truth : 降尺度前 → ERA5 (0.25°) / 降尺度後 → TReAD (2km)

研究區域	21.7–25.6°N, 118.8–123.1°E (208×208 格點)
校驗期間	2025/05/15–06/15 (梅雨季, 共 6 週), 預報45天
系集成員	50 members
校驗指標	Rank Histogram、RMSE/Spread、ME、MAE、Corr、FSS
輸入變數	低層變數(t850、u850、v850)、地面風場、2米溫、降水、海平面氣壓
輸出變數	地面風場、2米溫、降水、海平面氣壓

降尺度流程圖



1. 系集離散度之合理性評估：

MLWP 系集預報 vs. 降尺度後之 MLWP 系集預報

Rank histogram (2米溫)

目的:

評估 CorrDiff 降尺度前後，MLWP 系集預報離散度

小結:

FCN3 預報溫度偏高

FCN3的預報高於 ERA5 觀測，短期 (Week 1 、 2) 最明顯
預報後期逐漸改善，但開始出現過度離散的問題

CorrDiff 降尺度後，預報與觀測的系集離散度具有相似的表現
前2週CorrDiff 稍微修正 FCN3 高報問題，但也出現離散度不足
的現象，第6週ensemble spread 更好的反映預報不確定性

week1

week2

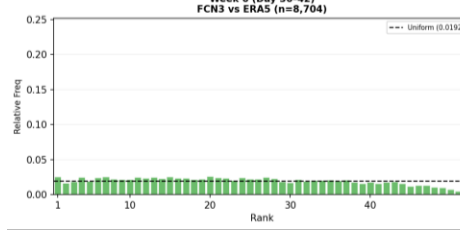
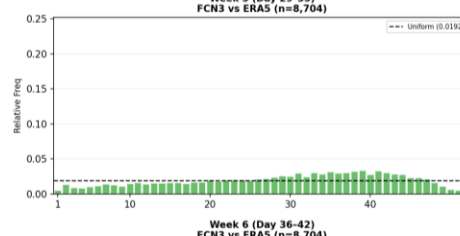
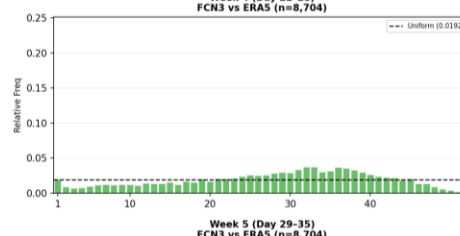
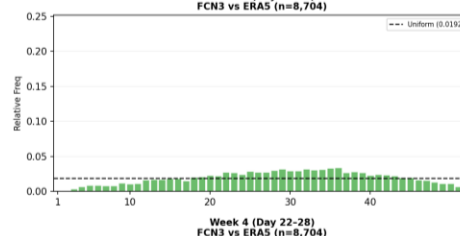
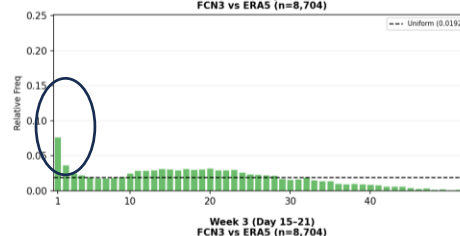
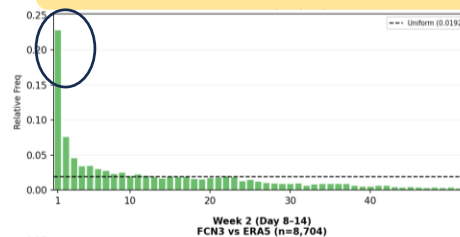
week3

week4

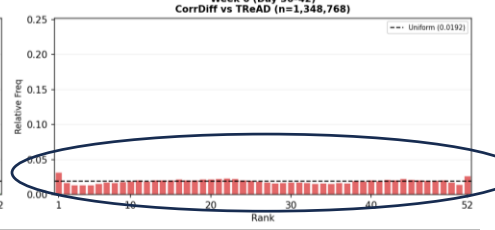
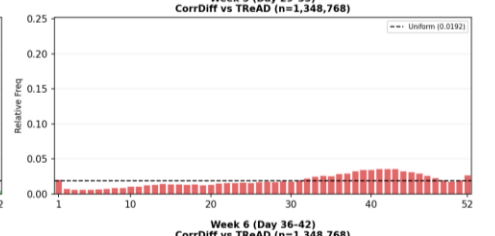
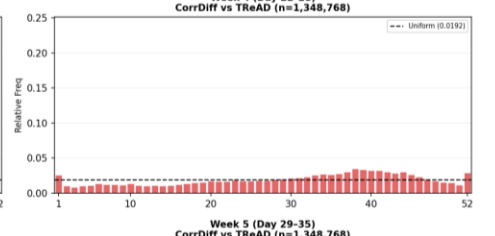
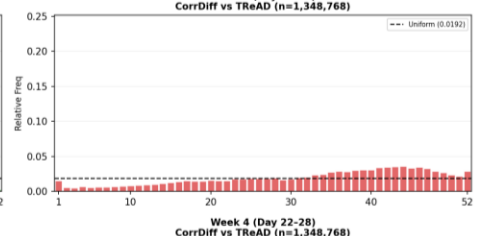
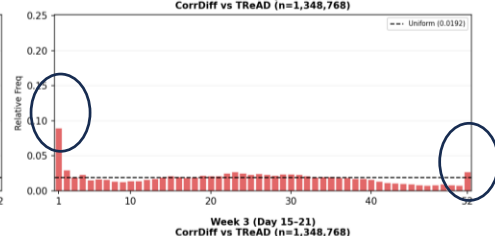
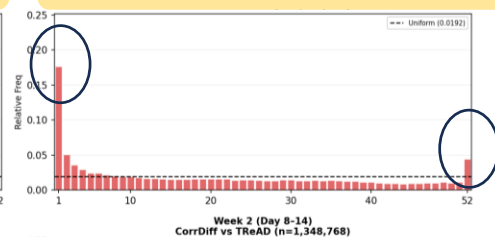
week5

week6

FCN3 vs ERA5 (0.25度)



Corrdiff vs TReAD (2km)



2. 系集預報降尺度流程評估：

先系集平均再降尺度 vs. 先降尺度再系集平均

ENSEM-mean-First

CorrDiff-First

溫度個案

ENSMean-First : 先系集平均再降尺度

CorrDiff-First : 先降尺度再系集平均

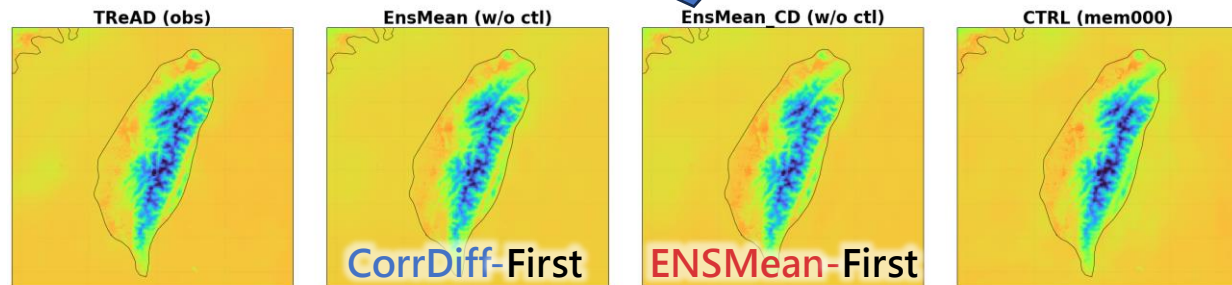
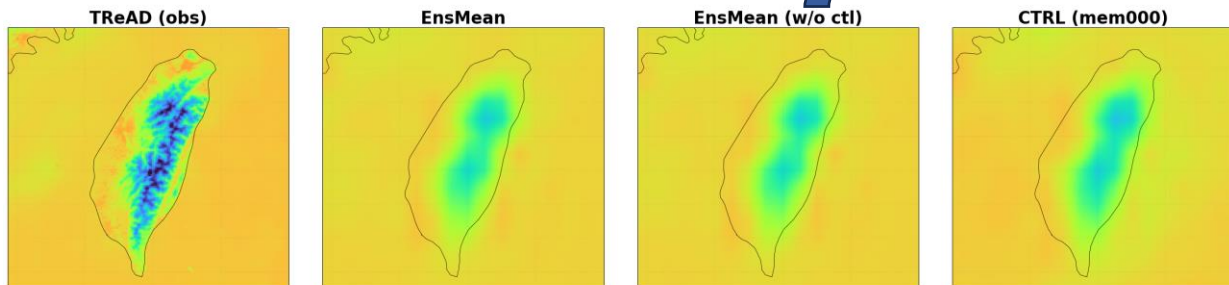
FCN3 45天預報 50 mem.

Corrdiff 45天推論 50 mem.

T2M | Init: 2025051500 | Forecast Day 45 [CorrDiff INPUT]

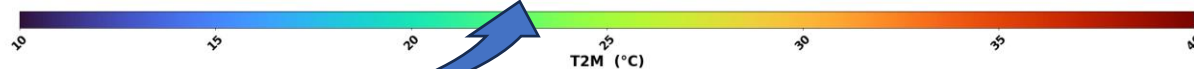
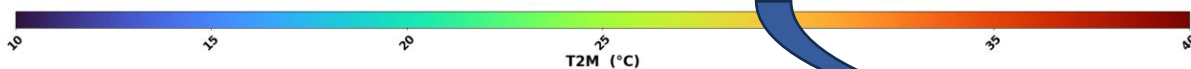
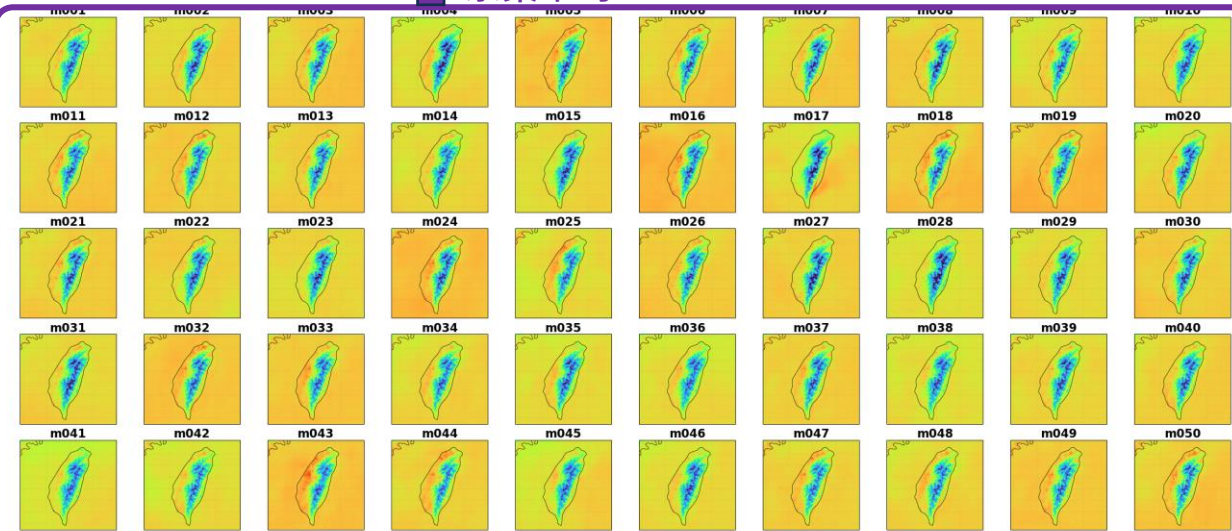
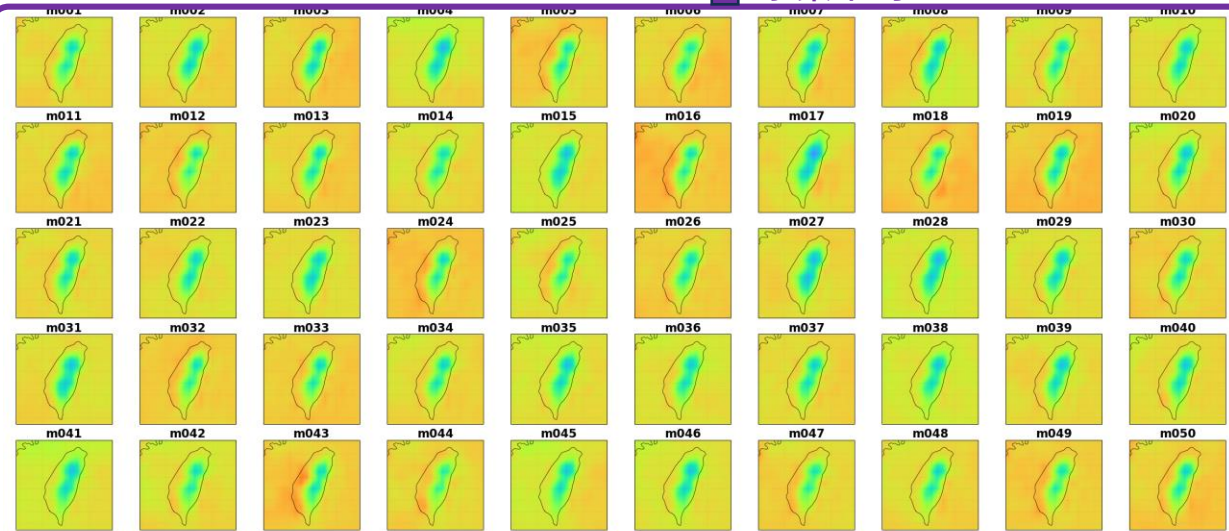
降尺度

T2M | Init: 2025051500 | Forecast Day 45



系集平均

系集平均



降尺度

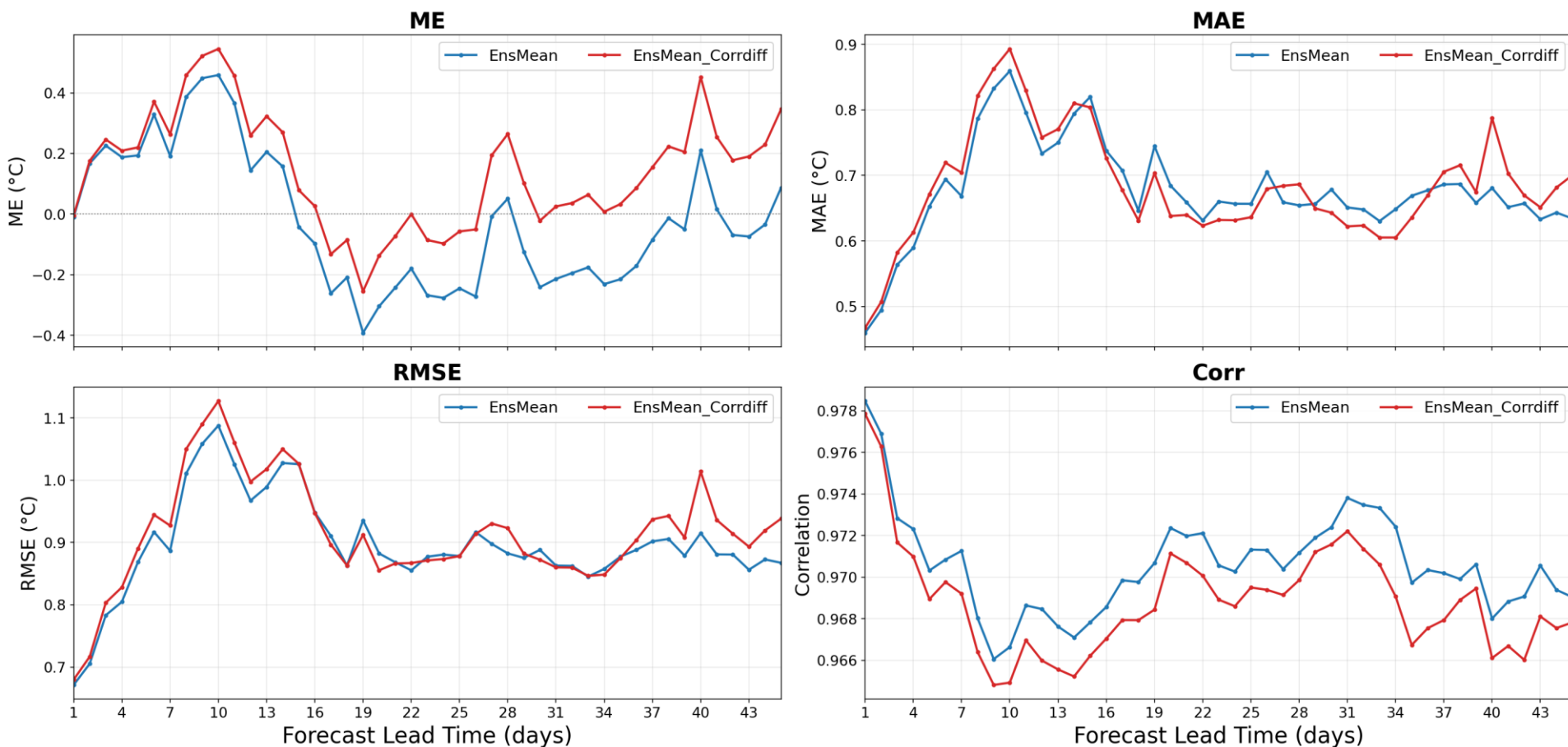
溫度校驗

- 整體來看 **CorrDiff-First (藍線)** T2M 優於 **ENSMean-First (紅線)**
- 不論 **CorrDiff-First (藍線)** 或 **ENSMean-First (紅線)** 都存在預報偏差

ENSMean-First：先系集平均再降尺度

CorrDiff-First：先降尺度再系集平均

Verification — Temperature 2m
EnsMean (w/o ctl) vs EnsMean_Corrdiff (w/o ctl) | Obs: TReAD | 32 DTG(s): 2025051500~2025061500



降水個案

ENSMean-First : 先系集平均再降尺度

CorrDiff-First : 先降尺度再系集平均

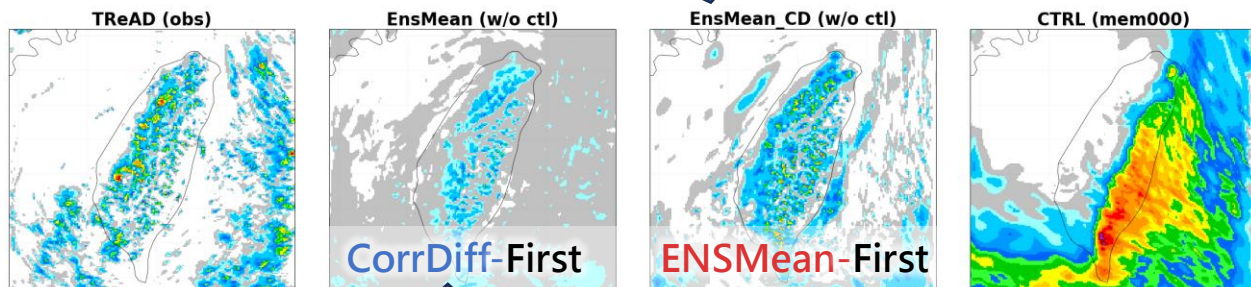
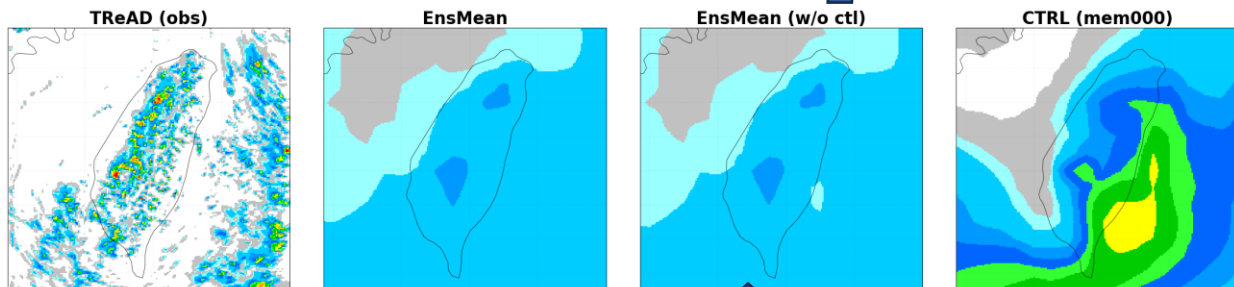
FCN3 45天預報 50 mem.

Corrdiff 45天推論 50 mem.

PRECIP | Init: 2025051500 | Forecast Day 45 [CorrDiff INPUT]

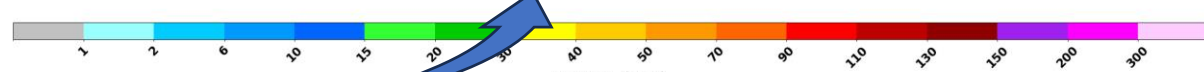
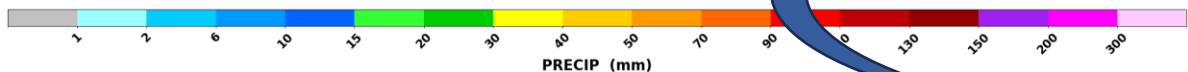
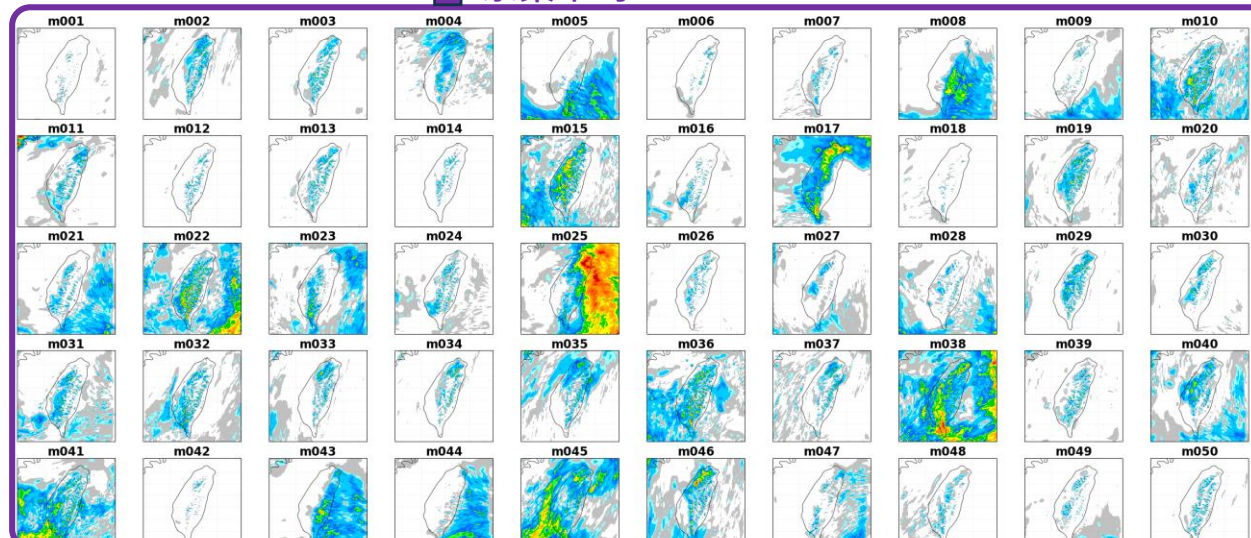
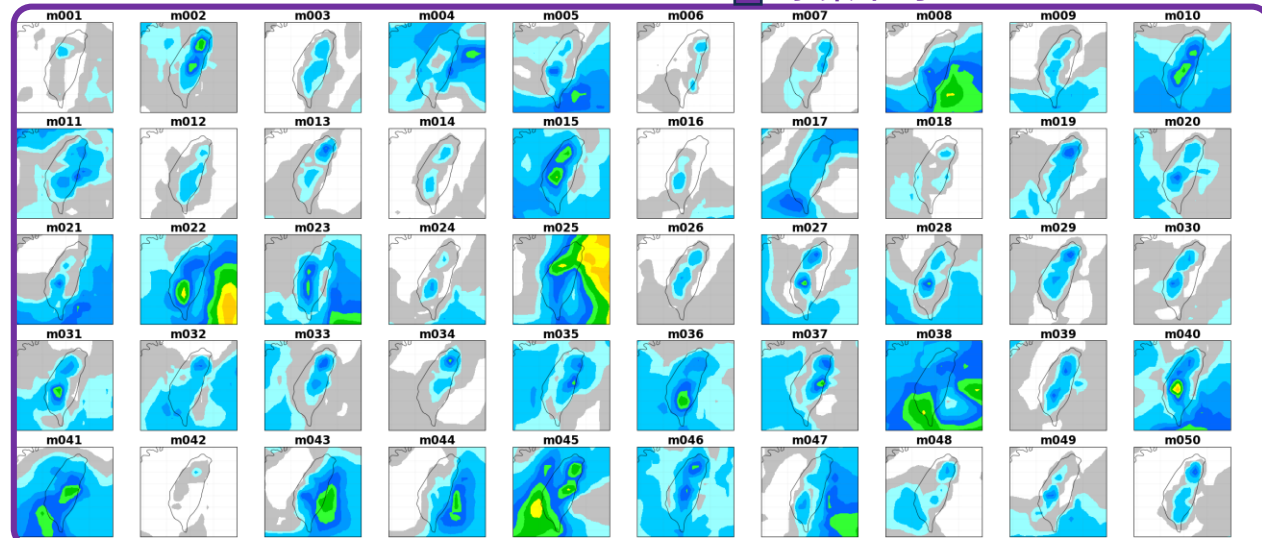
降尺度

PRECIP | Init: 2025051500 | Forecast Day 45



系集平均

系集平均



降尺度

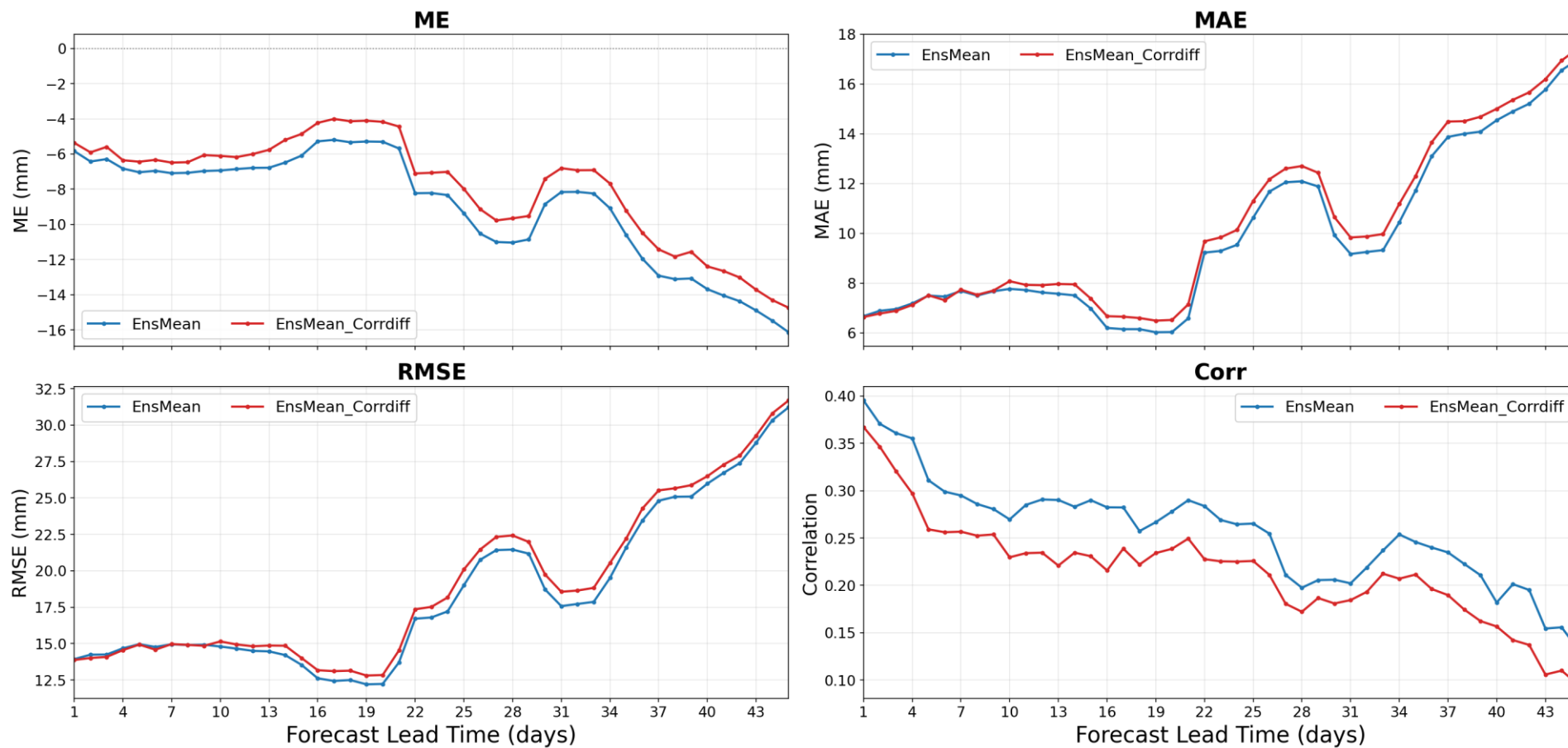
降水校驗

ENSMean-First : 先系集平均再降尺度

CorrDiff-First : 先降尺度再系集平均

- 整體來看 CorrDiff-First (藍線) 降水 優於 ENSMean-First (紅線)
- 不論 CorrDiff-First (藍線) 或 ENSMean-First (紅線) 都存在預報偏差

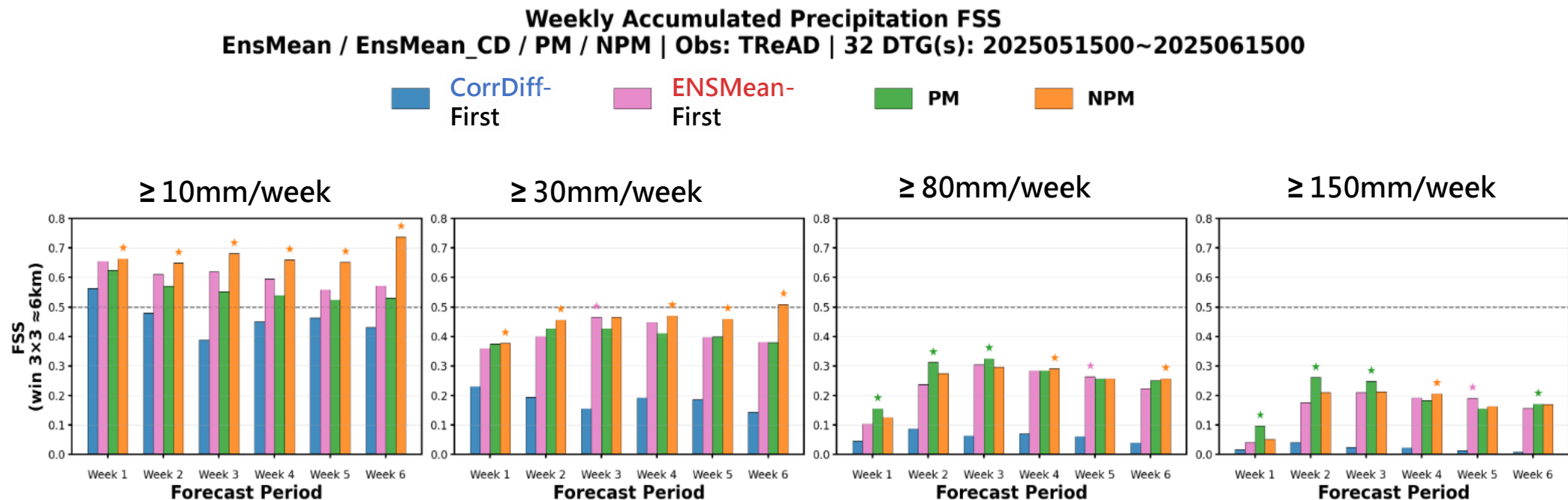
Verification — Precipitation
EnsmMean (w/o ctl) vs EnsmMean_Corrdiff (w/o ctl) | Obs: TReAD | 32 DTG(s): 2025051500~2025061500



週累積降水FSS

ENSMean-First : 先系集平均再降尺度

CorrDiff-First : 先降尺度再系集平均



1. ENSMean-First (粉紅色) 的 FSS 優於CorrDiff-First (藍色)
2. NPM (橘色) 在中低門檻 (≥10~30mm/week) FSS 整體最佳
3. PM (綠色) 在高門檻 (≥80~150mm/week) 表現較佳
4. 雖然CorrDiff-First (藍色) FSS 最低，但降尺度後若有系集資料可以有更多的應用 (例如: PM、NPM或機率預報產製等後處理應用)

3. CorrDiff 應用於 MLWP 與 NWP 模型之差異

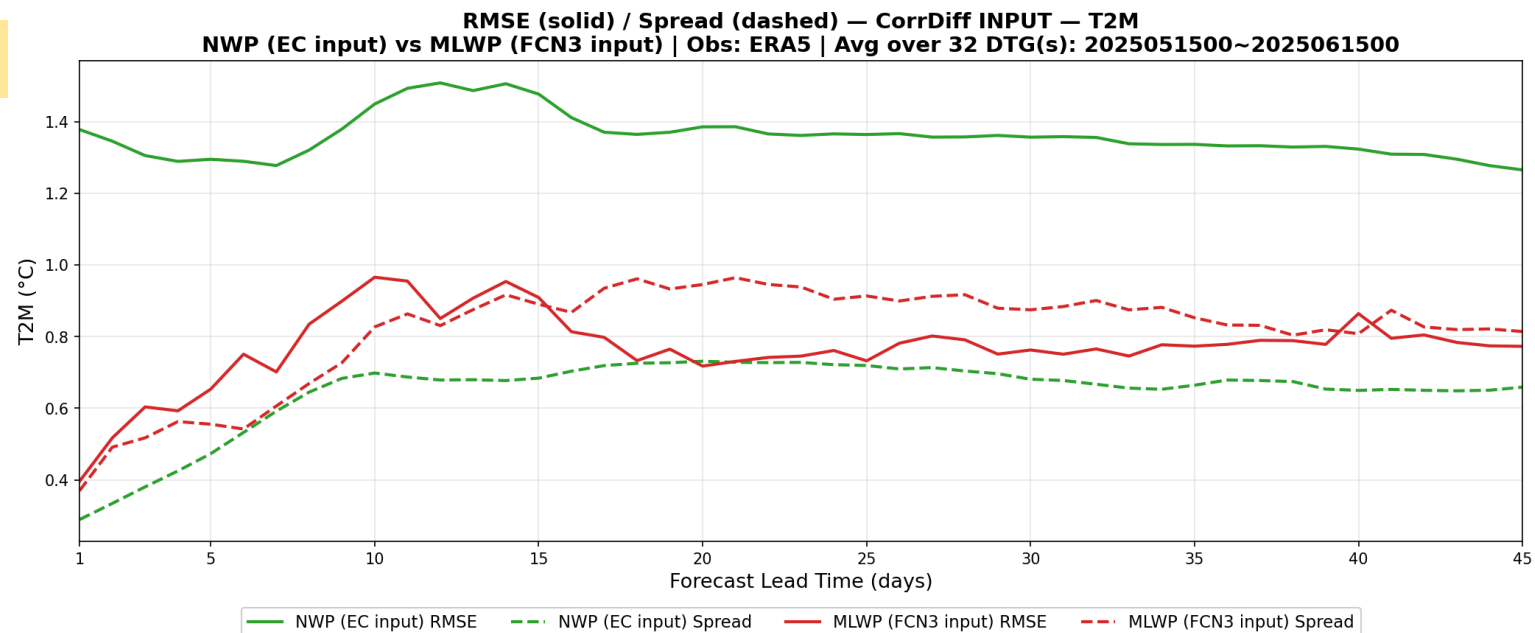
比較 MLWP 與 NWP 在 CorrDiff 前後的差異

(FCN3)

(EC S2S)

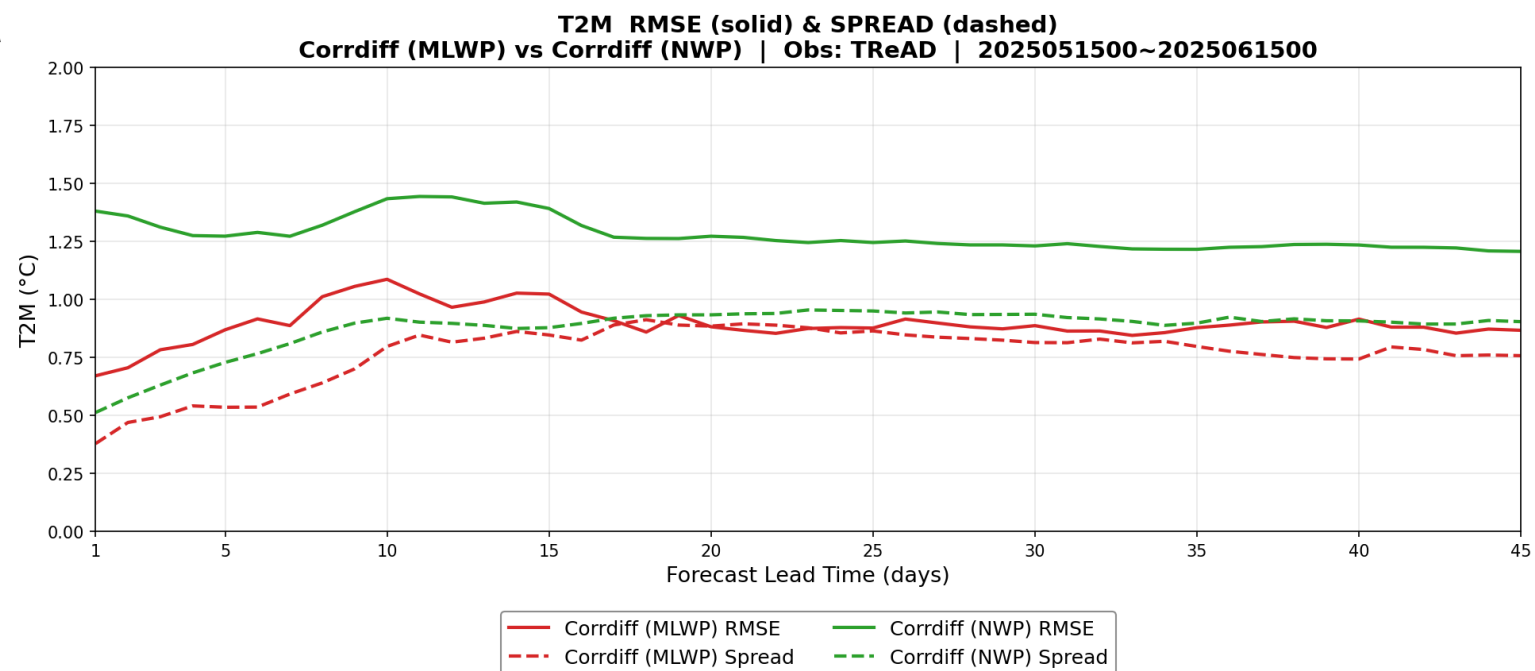
降尺度前後 NWP vs MLWP 評估(2米溫)

降尺度前
NWP vs MLWP



小結:
降尺度前後，MLWP RMSE較NWP來的小
並且MLWP有較合理的系集離散度

降尺度後
NWP vs MLWP



延伸探討 – 降水表現

CorrDiff 應用於 MLWP 與 NWP 模型之差異

(FCN3) (EC S2S)

Rank Histogram 台灣陸地格點 (週累積降雨預報)

預報時間：預報 1-45 天

空間範圍：21.7-25.6°N, 118.8-123.1°E

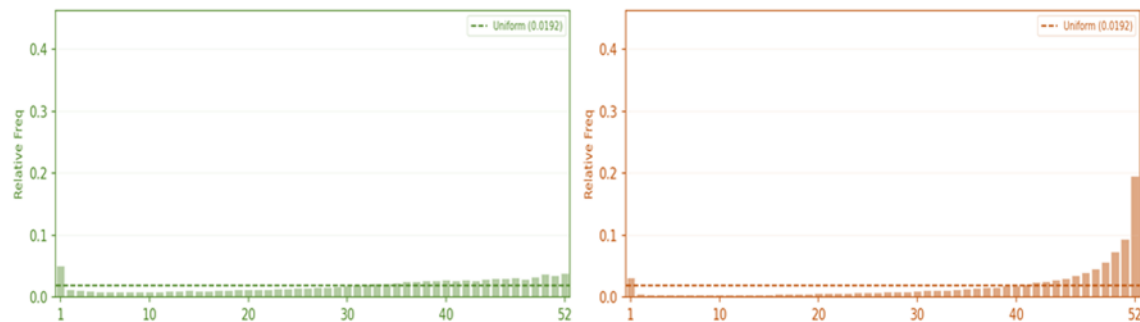
真實場：TReAD (2km)

校驗期間：2025.05.15 - 06.15 (梅雨季)

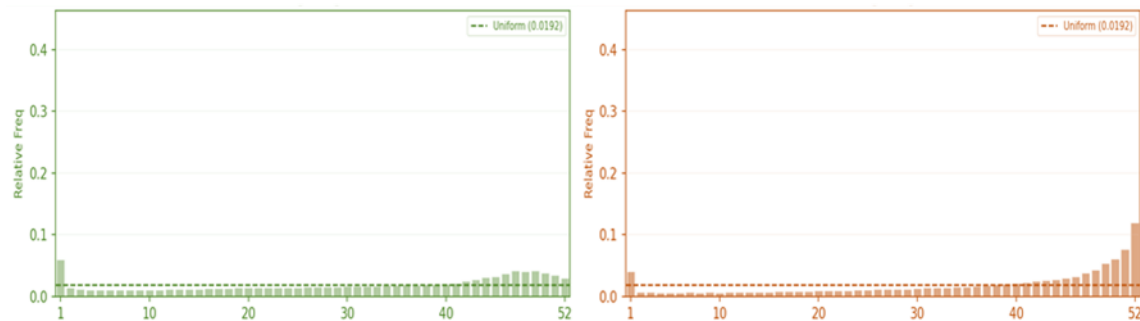
NWP (ECS2S)

MLWP (FCN3)

第2週



第4週



降尺度後之全球系集預報評比：

1. ECS2S 週累積降雨預報之系集離散度表現較優，較能合理反映預報不確定性。
2. FCN3 週累積降雨預報存在明顯的預報低估之現象。

預報時間：預報 1-45 天

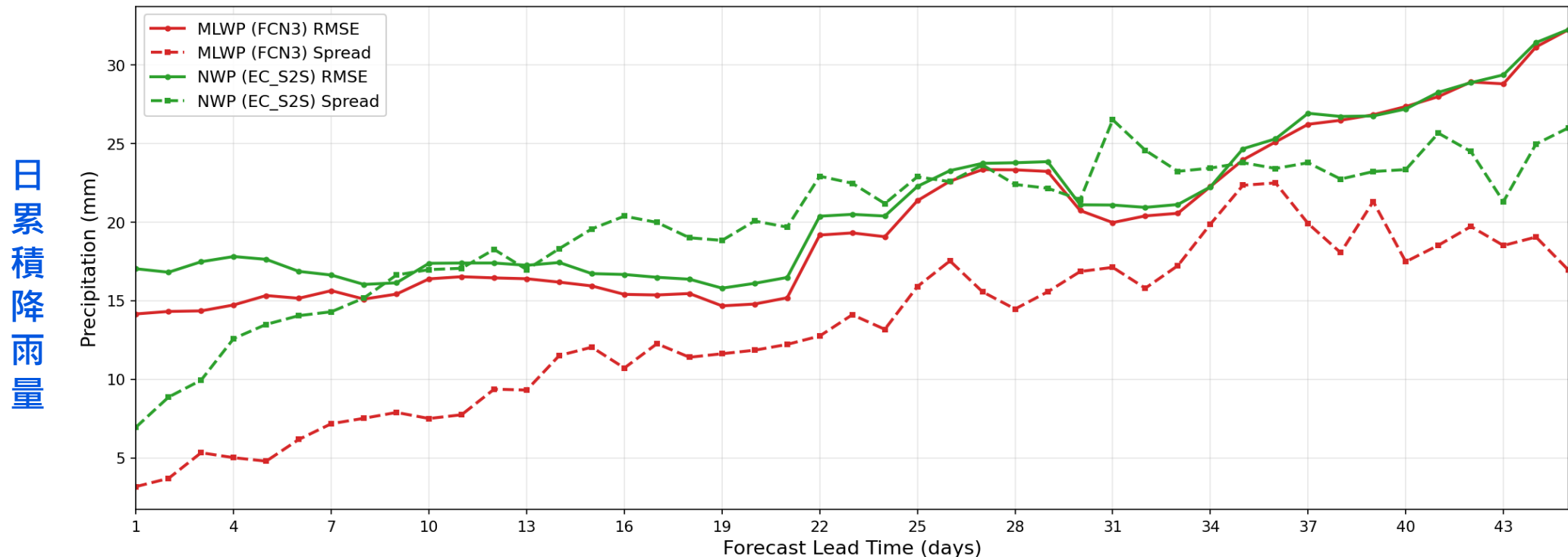
空間範圍：21.7-25.6°N, 118.8-123.1°E

真實場：TReAD (2km)

校驗期間：2025.05.15 - 06.15 (梅雨季)

Spread-skill Relationship 台灣陸地格點 (日累積降雨預報)

1. 系集平均誤差：MLWP (FCN3) 系集平均誤差略小於 NWP (EC_S2S)
2. 系集離散度：NWP (EC_S2S) 系集離散度品質明顯較優，MLWP (FCN3) 存在離散度不足之現象



結論

問題 1：系集離散度之合理性評估

MLWP 系集預報 vs. 降尺度後之 MLWP 系集預報

- 溫度方面，降尺度可稍微改善 FCN3 溫度高報情形。
- 降水方面，降尺度可改善空間預報表現，但仍存在 spread 不足問題。

問題 2：系集預報降尺度流程評估

先系集平均再降尺度(ENSMean-First) vs. 先降尺度再系集平均 (CorrDiff-First)

- 溫度方面，CorrDiff-First 優於 ENSMean-First。
- 降水方面，CorrDiff-First 的流程整體 FSS 表現較好。

ENSMean-First：先系集平均再降尺度

CorrDiff-First：先降尺度再系集平均

雖然CorrDiff-First (藍色) FSS 最低，但降尺度後若有系集資料可以有更多的應用

(例如: PM、NPM或機率預報產製等後處理應用)

問題 3：MLWP與NWP在CorrDiff前後的差異

- 溫度方面，MLWP (FCN3)預報在降尺度前後表現優於 NWP (EC S2S)
- 降水方面，NWP (ECS2S)在週累積降雨預報之系集離散度表現較優

謝謝大家