

應用CorrDiff於ECMWF-SEAS5 短期氣候預報之AI降尺度評估

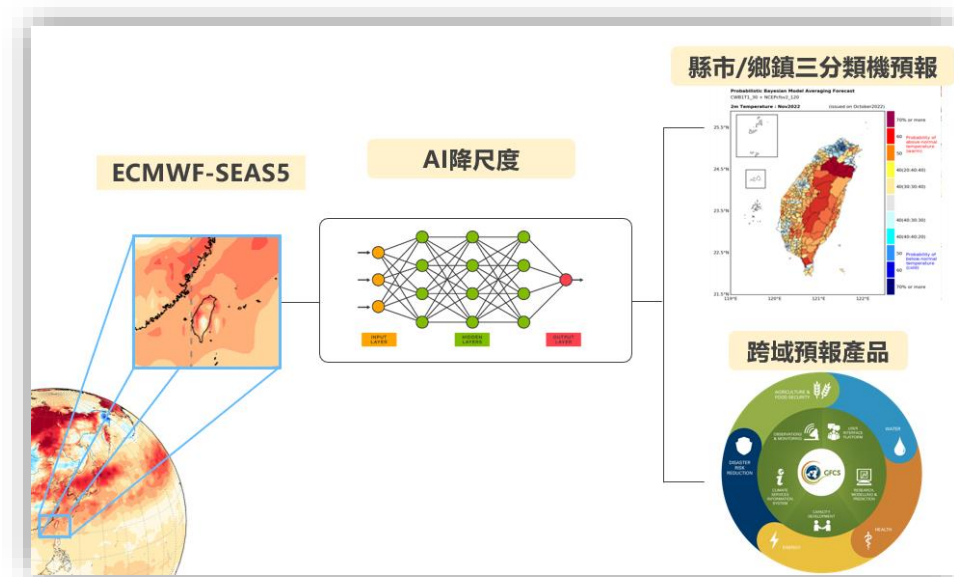
李澤邑^{1,2} 李清騰^{1,2} 陳昀靖^{1,2} 朱芸霆^{1,2} 羅資婷¹ 洪景山¹

1 中央氣象署

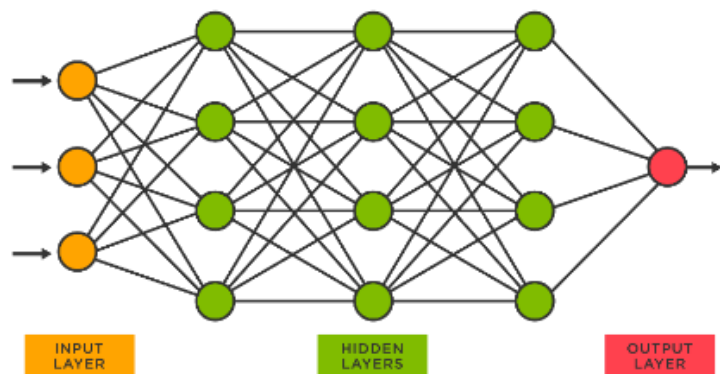
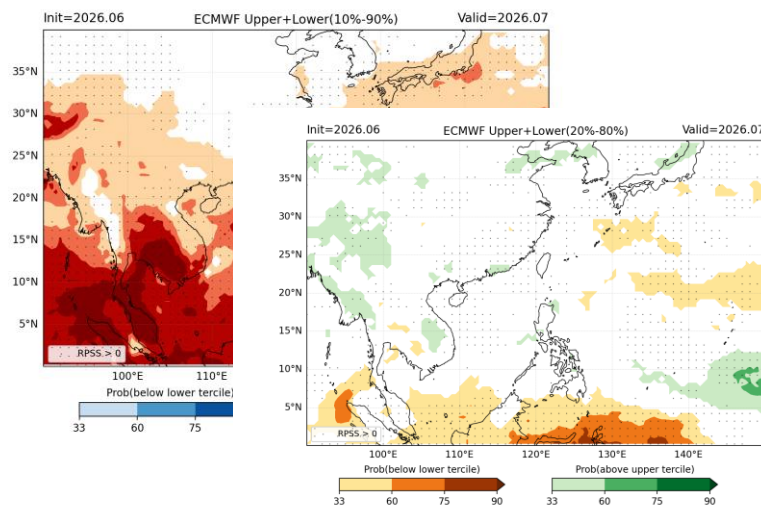
2 資拓宏宇國際股份有限公司氣象科技事業處



- 氣候變遷下，各領域對長時間、高空間解析度的在地化資訊需求大增，因此在季節預報模式的預報中套用降尺度後處理方法成為解方
- 氣象署與 NVIDIA 合作開發生成式擴散模型 CorrDiff，利用深度學習將低解析度的全球氣象資料轉為在地化的高解析度資料
- 延續前期成果，將 CorrDiff 應用於 ECMWF 的短期氣候模式 SEAS5，評估其在臺灣區域的降尺度可行性與預報能力



使用資料與AI降尺度模型



使用資料:

- 季預報模式: ECMWF-SEAS5

Model / Center	Atmospheric Component (Resolution)	Oceanic Component	Initialization Data	Ensemble Size	Ensemble Method
ECMWF-SEAS5	IFS Cycle 43r1 (TCO319)	NEMO 3.4	ERA-Interim	51	Singular Vectors (SVs), EDA, Stochastic Physics (SPPT)

- 校驗觀測資料: TaiSA 臺灣高解析度網格資料

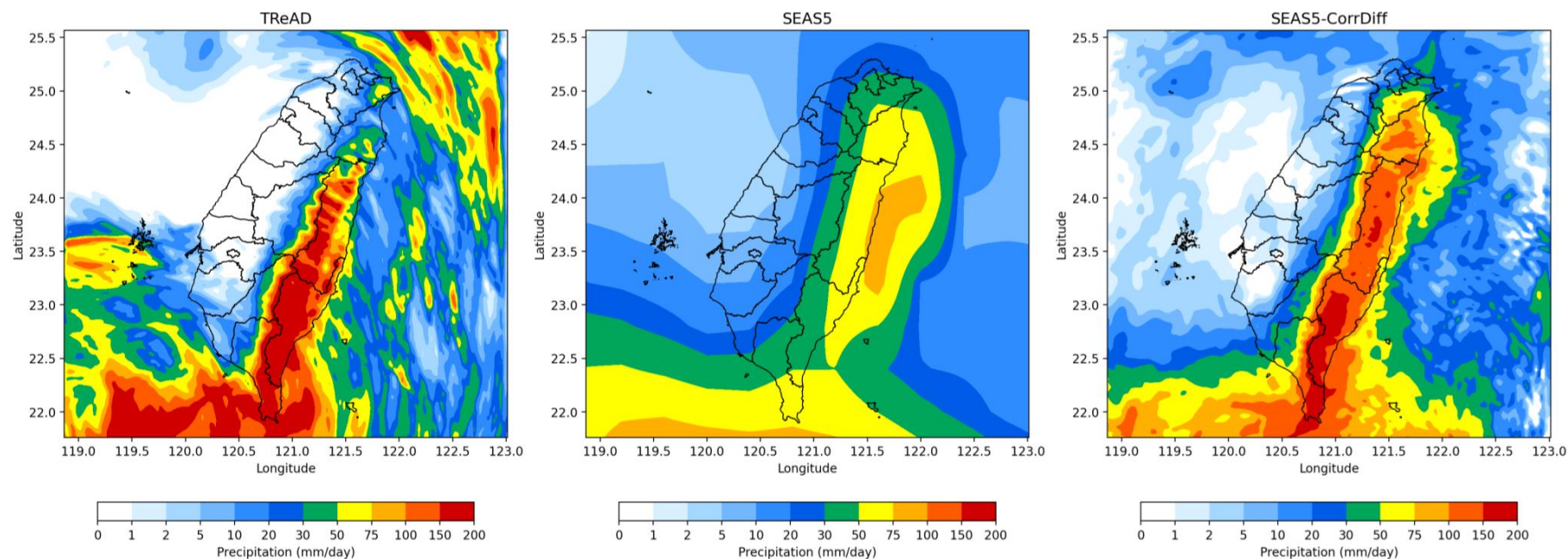
AI降尺度模型 (CorrDiff):

- 採用再分析資料ERA5(0.25度) 與臺灣歷史氣候重建資料TReAD(2公里) 來當作AI降尺度的訓練與驗證資料集
- 使用1991-2015年資料當作訓練資料集, 2016-2018 資料為驗證資料集, 2019-2023 年則是測試資料集

CorrDiff降尺度測試



- 訓練 AI 模型時，不同變數需進行數值標準化。因此，我們必須測試 ERA5 的標準化參數套用至 SEAS5 資料時，是否依然適用
- 挑選[測試資料集]時間範圍並靠近模式初始時間的極端降雨個案，選出小犬颱風從菲律賓海峽時經過的個案

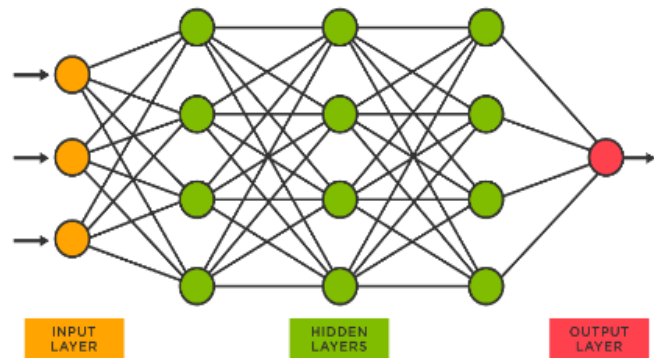
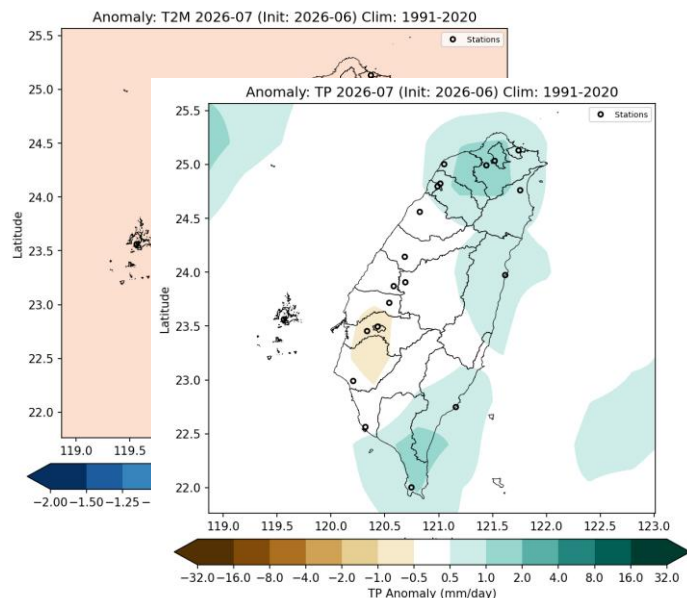


小犬颱風 (2023年10月4日) 的雨量分佈圖，圖左為TReAD 臺灣歷史氣候重建資料的觀測資料，圖中為 SEAS5 模式預報降雨分布，圖右則是使用AI降尺度的預報資料結果

SEAS5-CorrDiff預報技術分析

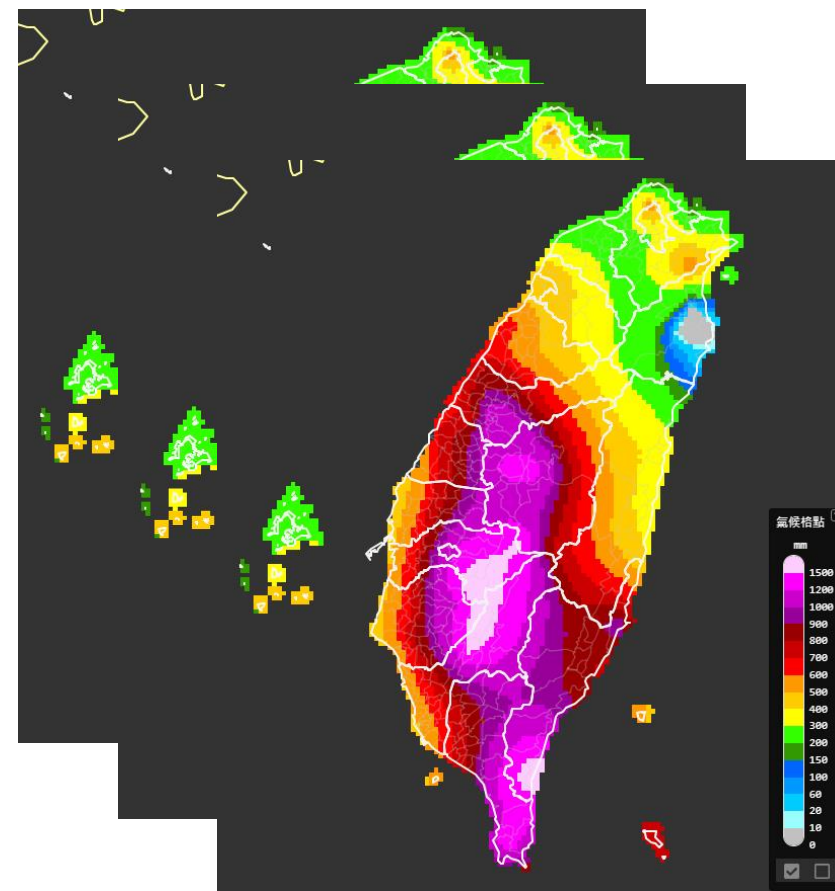


SEAS5歷史事後預報 25mem
時間:1998-2025 28年



VS.

TaiSA 臺灣高解析度網格資料
時間:1998-2025 28年

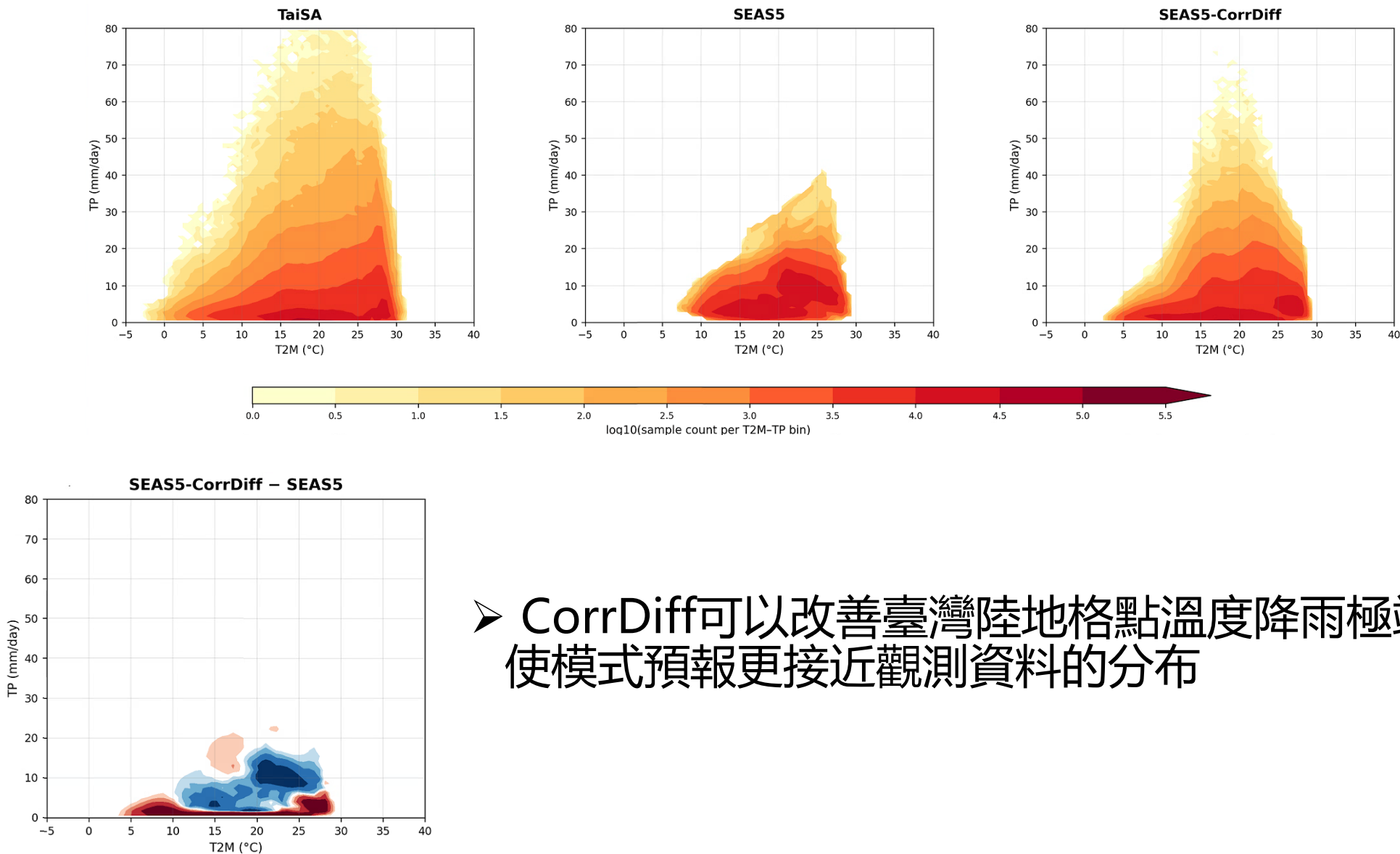


SEAS5-CorrDiff預報技術分析



Joint T2M-TP Distribution | All Initializations | Lead 0 | 1998-2025

Top row: log10(sample count per bin) | Bottom row: probability difference per bin

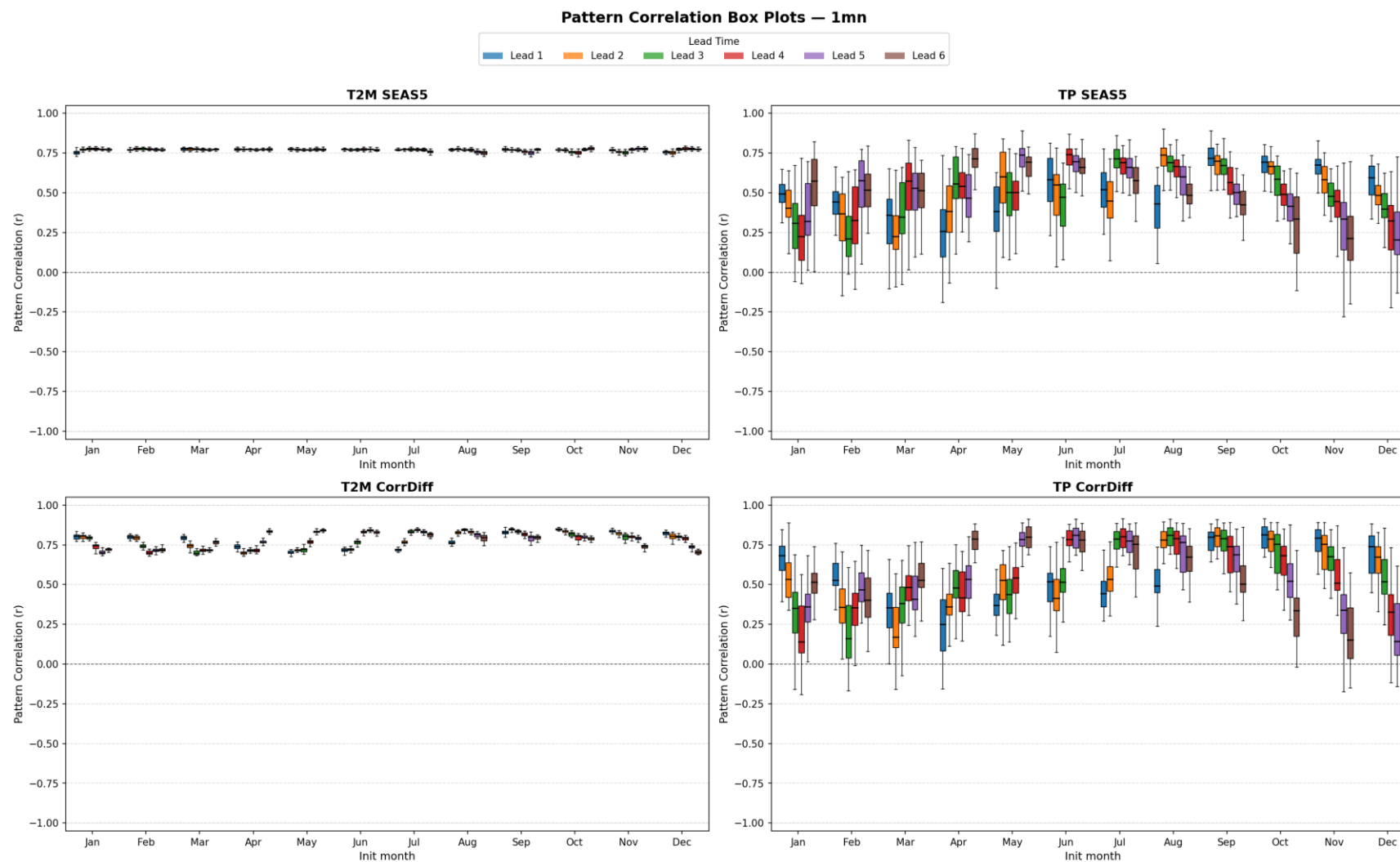


➤ CorrDiff可以改善臺灣陸地格點溫度降雨極端值，使模式預報更接近觀測資料的分布

SEAS5-CorrDiff預報技術分析



➤ 比較SEAS5原始輸出(線性內插)和SEAS5-CorrDiff的溫度與降水空間相關性



溫度:

線性內插空間相關性落在0.75左右，而CorrDiff降尺度後的空間相關性在夏秋冬季提高，春季有稍微降低

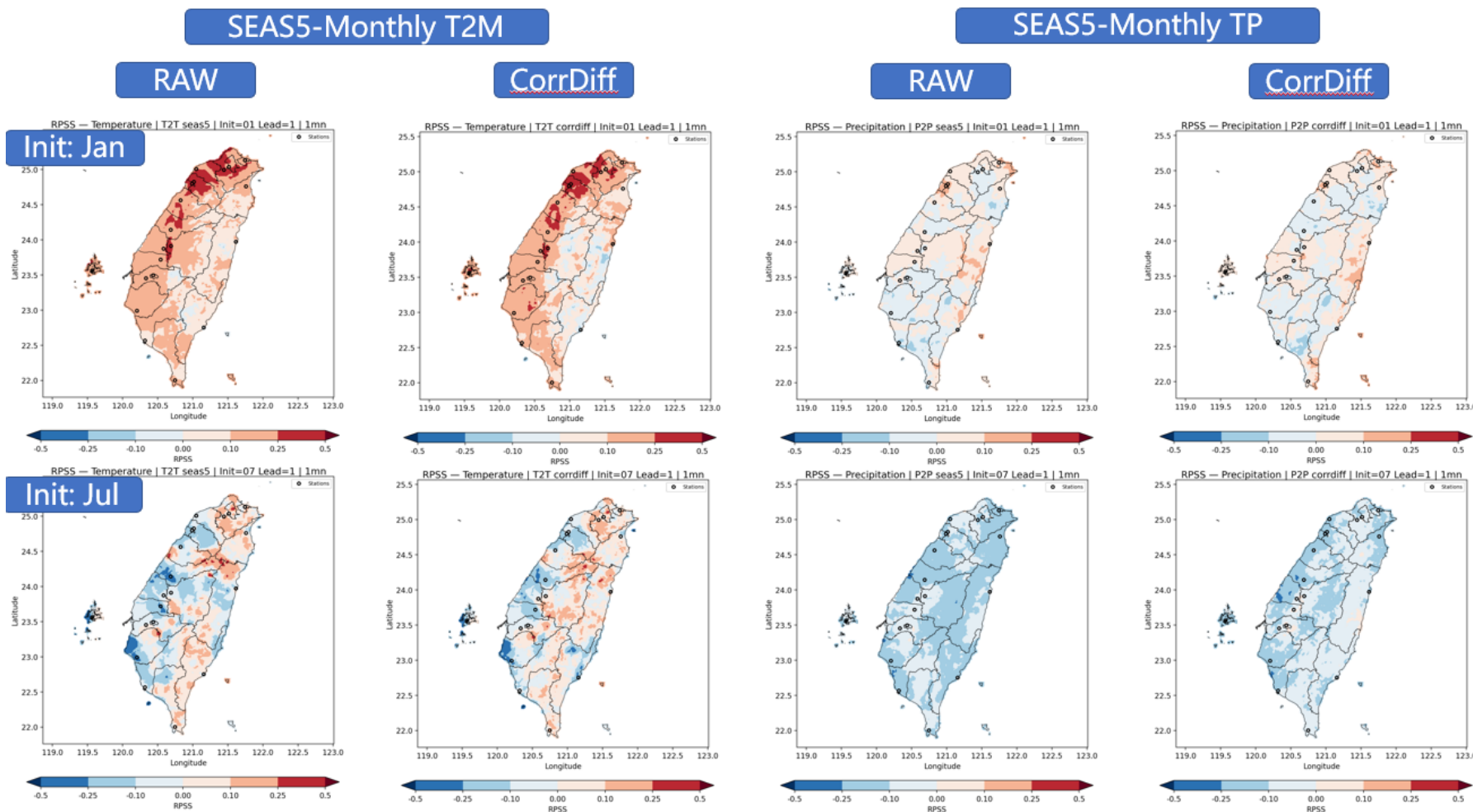
降水:

CorrDiff降尺度後和線性內插趨勢一致，但整體空間相關性係數提高

SEAS5-CorrDiff預報技術分析



- 使用1998至2025年的資料計算SEAS5模式原始輸出(線性內插)和SEAS5-CorrDiff預報技術得分RPSS



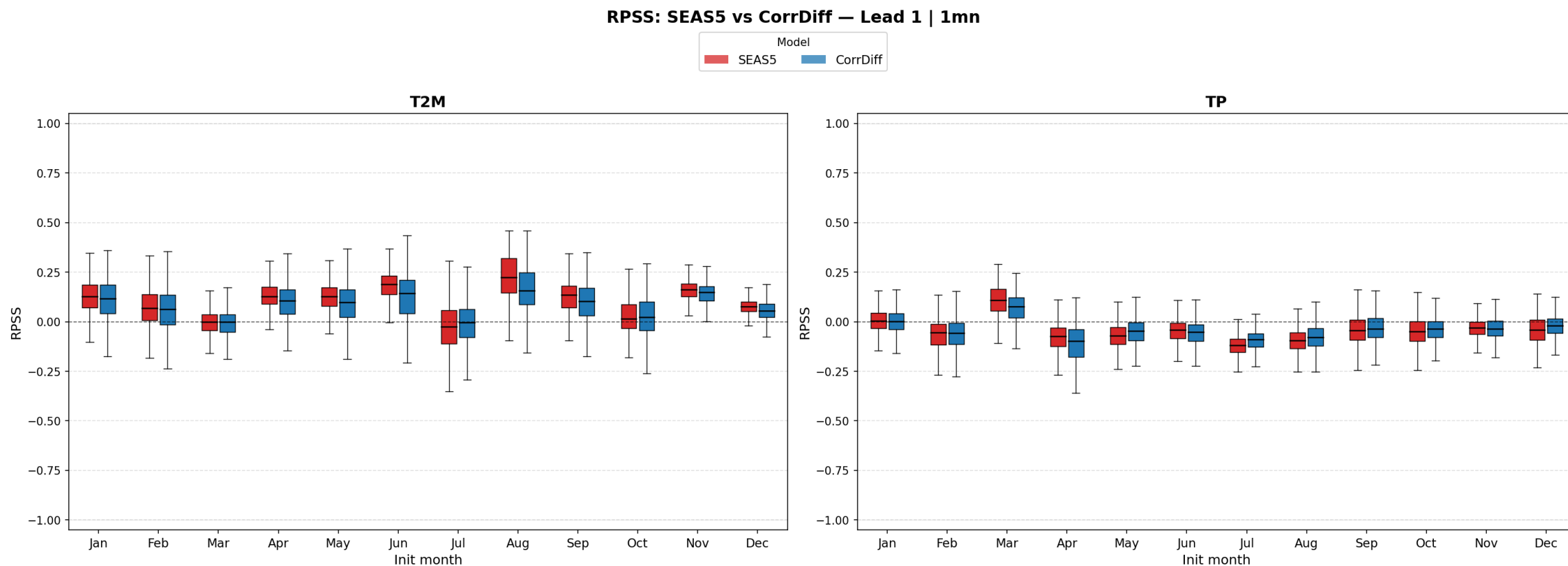
模式仍主導降尺度後的預報能力，CorrDiff並沒有明顯修正預報技術

CorrDiff改善的是空間分布

SEAS5-CorrDiff預報技術分析



- 使用1998至2025年的資料計算SEAS5模式原始輸出(線性內插)和SEAS5-CorrDiff預報技術得分RPSS箱型圖

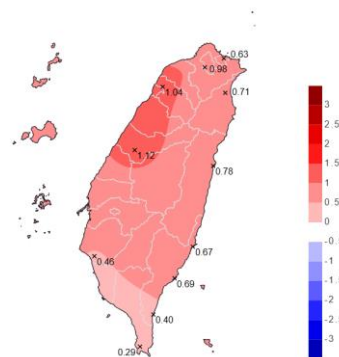


SEAS5-CorrDiff預報比較



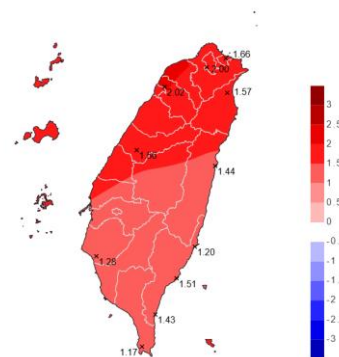
3月

2026年3月1日~2026年3月31日 11站氣溫距平



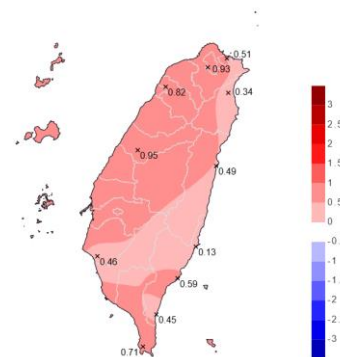
4月

2026年4月1日~2026年4月30日 11站氣溫距平



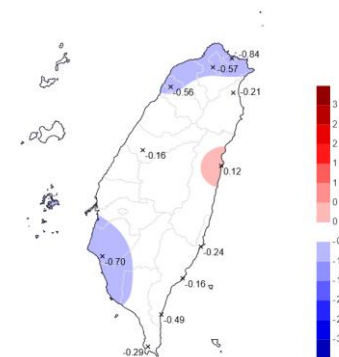
5月

2026年5月1日~2026年5月31日 11站氣溫距平



6月

2026年6月1日~2026年6月30日 11站氣溫距平

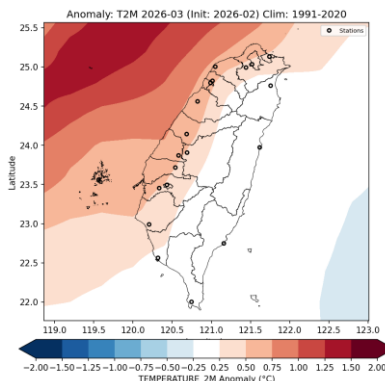


觀測

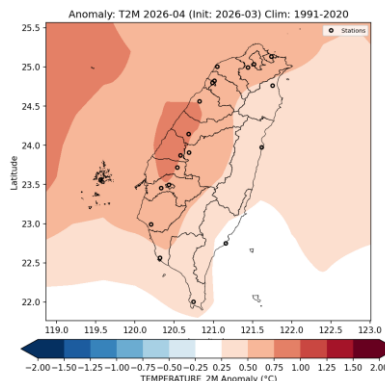
原始

降尺度

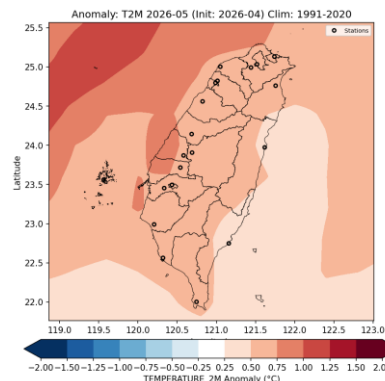
*數值計算採用日資料



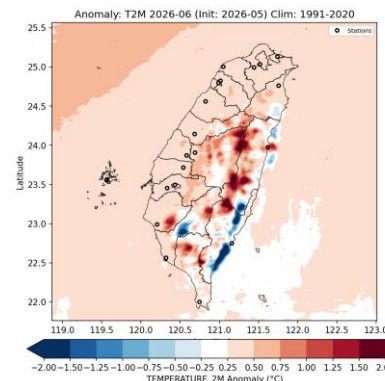
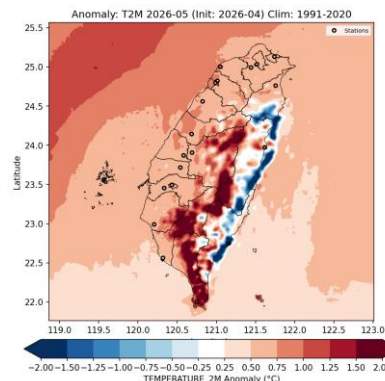
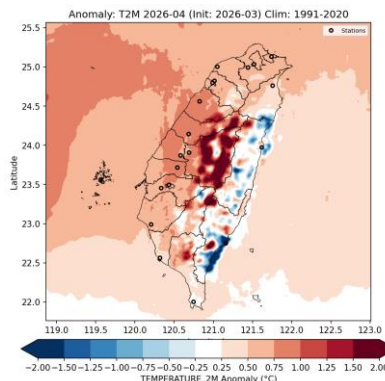
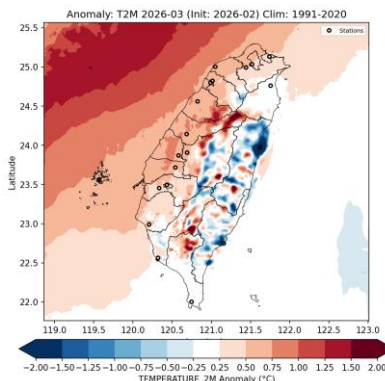
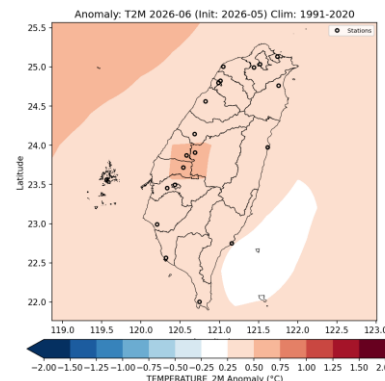
*數值計算採用日資料



*數值計算採用日資料



*數值計算採用日資料



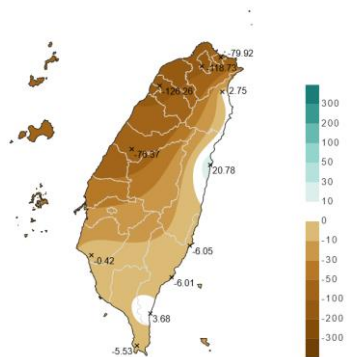
- 預報時間皆為一個月
- 在臺灣陸地高低落差大的區域距平較大
- CorrDiff降尺度在中南部山區有較高的溫度距平，但在宜蘭、花東地區有負的距平

SEAS5-CorrDiff預報比較

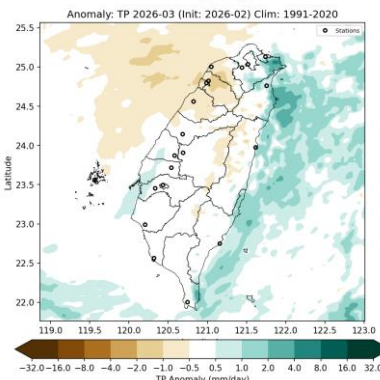
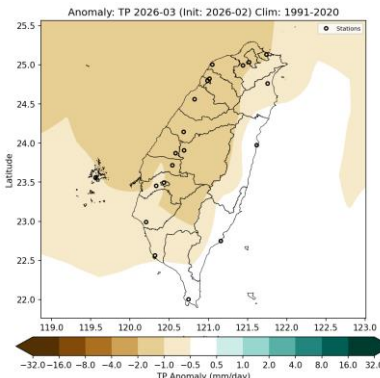


3月

2026年3月1日~2026年3月31日 11站累積雨量距平值

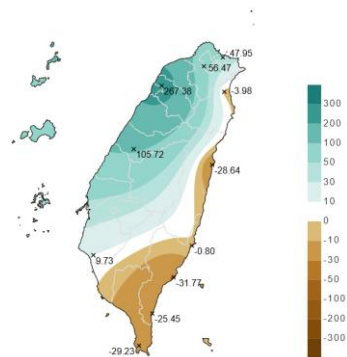


*數值計算採用日資料

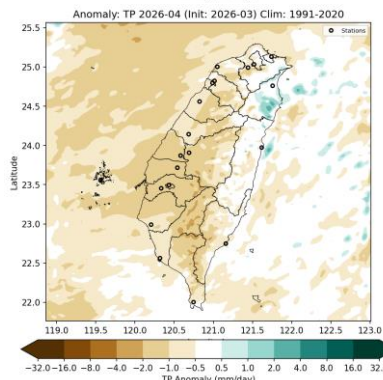
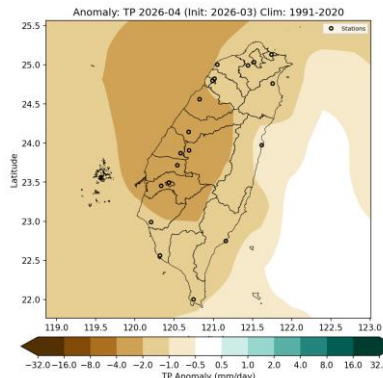


4月

2026年4月1日~2026年4月30日 11站累積雨量距平值

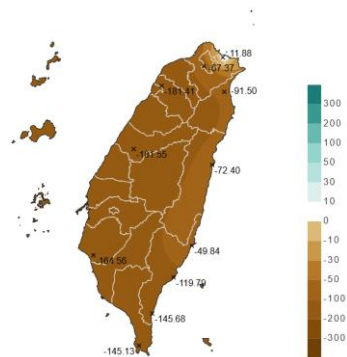


*數值計算採用日資料

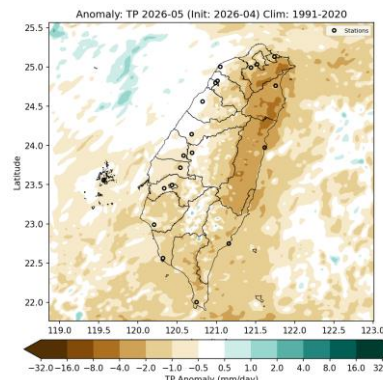
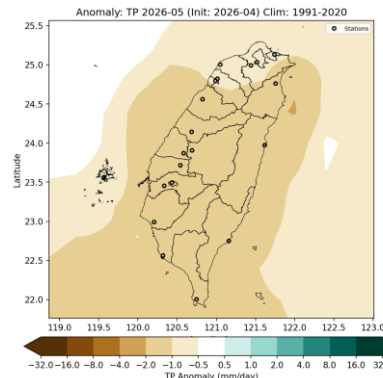


5月

2026年5月1日~2026年5月31日 11站累積雨量距平值

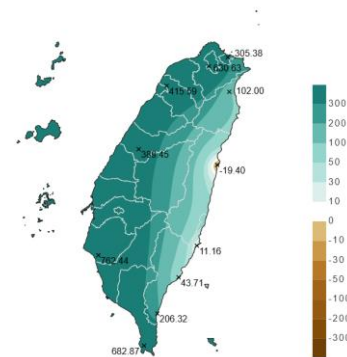


*數值計算採用日資料

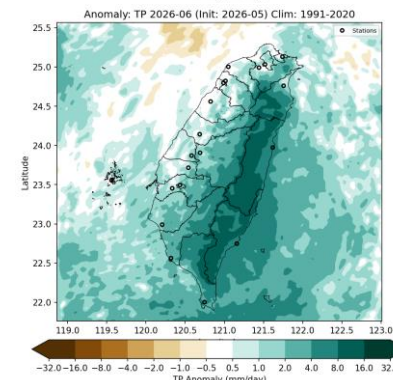
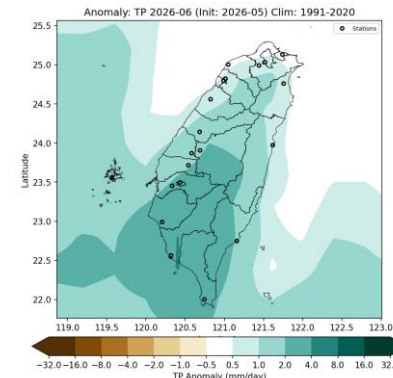


6月

2026年6月1日~2026年6月30日 11站累積雨量距平值



*數值計算採用日資料



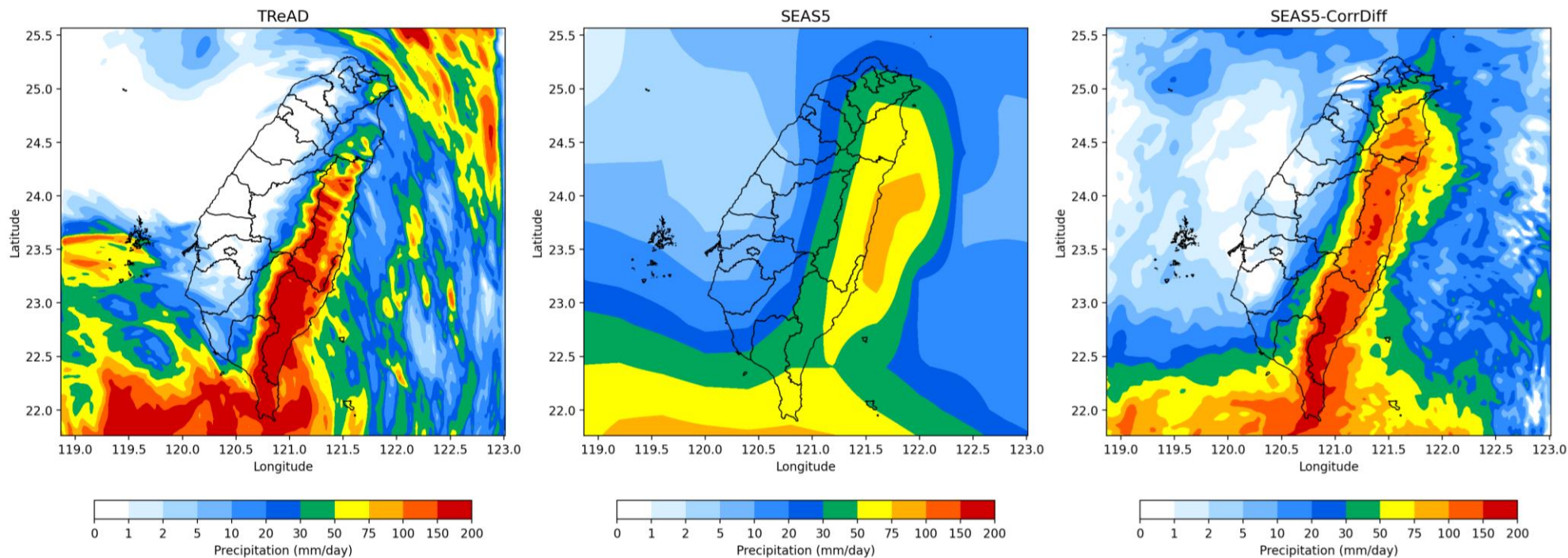
觀測

原始

降尺度

- 預報時間皆為一個月
- CorrDiff降尺度後降雨配置與SEAS5相同，但在地細節增加
- CorrDiff沒有修正預報模式的結果，但可以提高空間解析度

Conclusion



- CorrDiff 確實可以提高季預報解析度，但是若模式預報本身有偏差，CorrDiff 降尺度的修正能力有限

- CorrDiff可有效將 SEAS5 模式的粗網格預報輸出細化至 2 km 高空間解析度，提升預報資料在地化空間細節，尤其在降水預報的空間相關性整體較原始模式輸出提升
- SEAS5-CorrDiff 與原始 SEAS5 的 RPSS 空間分布大致相似，顯示預報技術主要仍受原始模式預報能力所主導。
- 鑑於 AI 降尺度後的預報能力仍受原始模式可預報度限制，後續將研擬針對模式輸出場進行偏差修正（bias correction），以進一步改善預報品質

Thank You