

115年第四十屆天氣分析與預報研討會

基於模式資料整合之地面分析場研發技術

Development of Ground Truth Integrating Model Data

報告者：洪國展

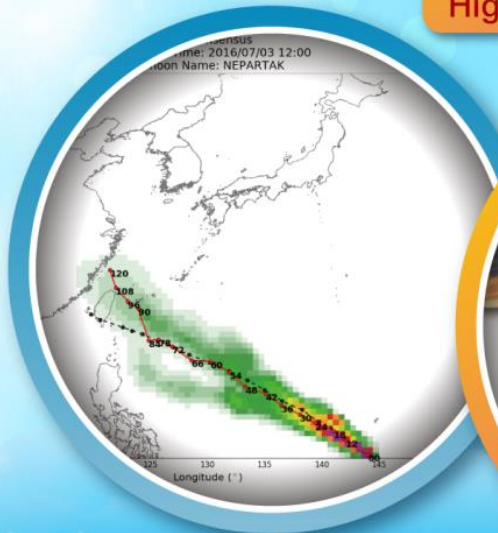
作者：洪國展¹ (Hung K.-C.) 陳怡玟¹ (Chen Y.-W.) 蔡慧瑩¹ (Tsai H.-Y.)

黃椿喜² (Huang T.-S.) 劉品妍² (Liu P.-Y.) 黃俊翰² (Huang C.-H.) 簡弘文² (Jian H.-W.) 鄭光浩² (Cheng K.-H.)

ManySplendid

多采科技有限公司¹ 中央氣象署氣象預報中心²

高效能科學計算模式研發
High-efficiency scientific modeling



都市積淹水與洪泛測預報
Urban water inundation and flood forecasting



大數據人工智慧技術開發
Big data and artificial intelligence

水利水資源工程規劃設計
Hydraulic and water resources engineering planning

氣候服務跨域諮詢與整合
Climate services for interdisciplinary integration

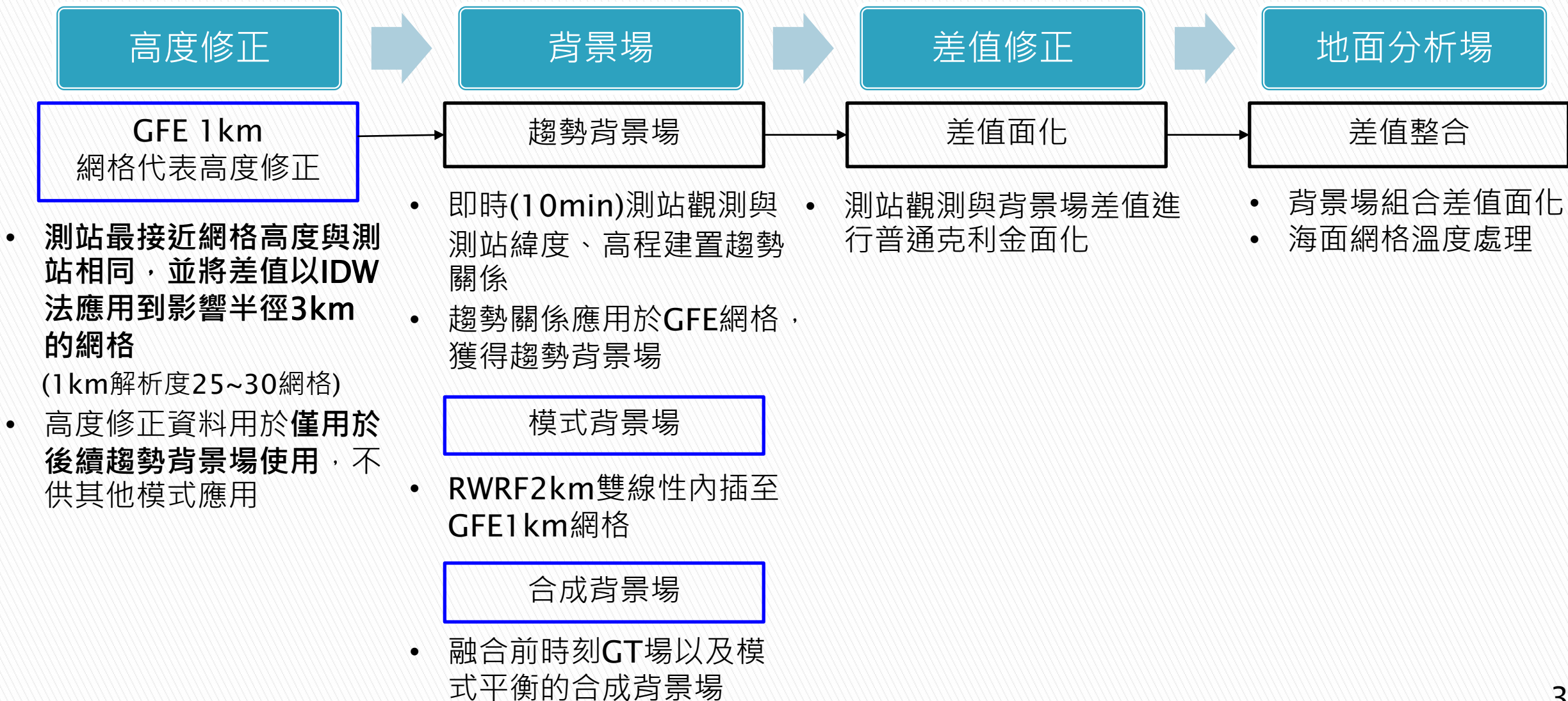
地面分析場(GT, Ground Truth)是什麼?

- ▶ 利用氣象要素背景場，配合測站觀測資料與其之間差異，進行差值內插，並將空間內插值回饋至背景場，並使此結果為格點數值
- ▶ 提供測站間氣象要素值；提供預報產品校驗的基準
- ▶ 地面分析場是一種網格內插結果，因此與實際觀測間會存在誤差

氣象預報中心地面分析場營運中心的產品

- ▶ 溫度、雨量、露點溫度、相對溼度、氣壓、平均風風速、平均風風向、輻射、最大瞬間風風速
- ▶ 體感溫度、熱指數(勞動部、NOAA)、日高溫/夜低溫、閃電次數、雲量
- ▶ 空間解析度：1km，時間尺度：主要為10分鐘

溫度地面分析場演進



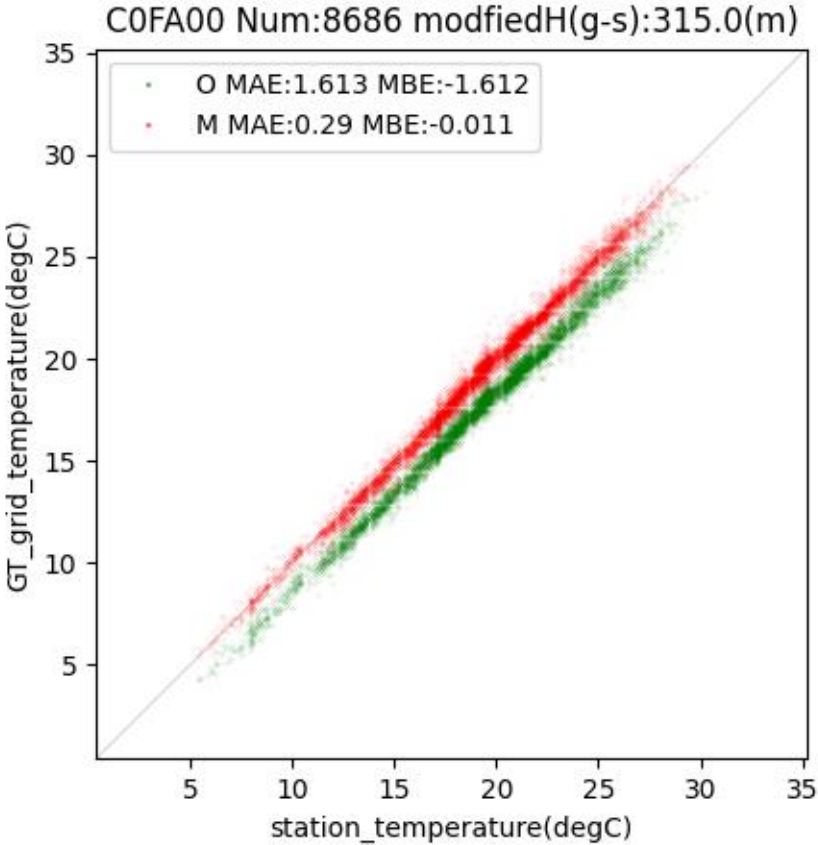
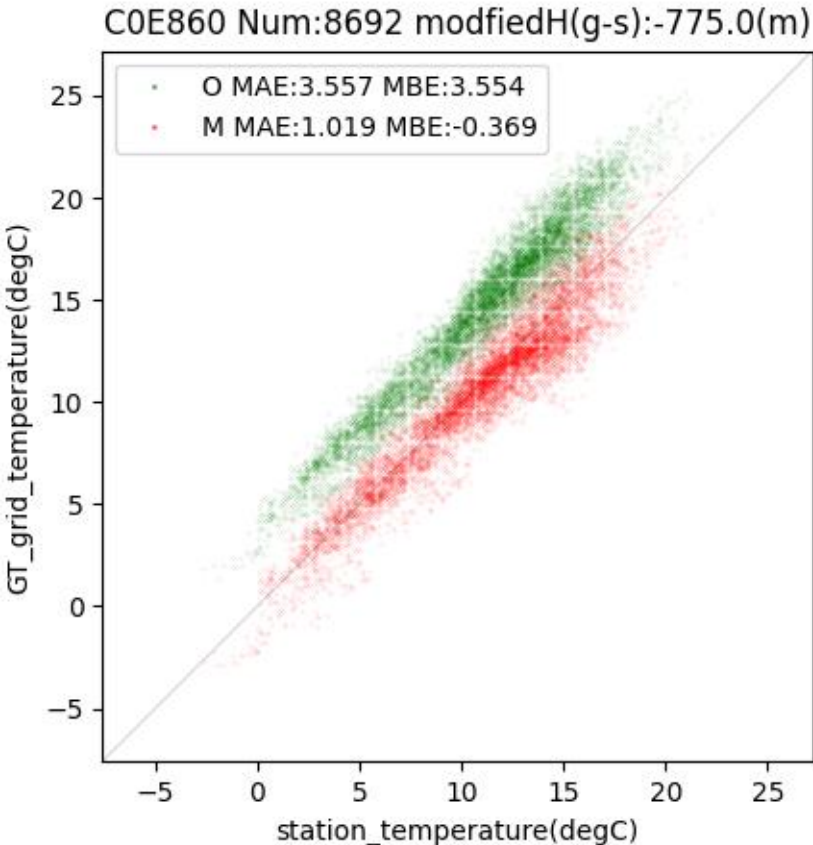
現行作業溫度地面分析場

- ▶ 趨勢背景場：以測站的高度、緯度進行即時迴歸後，將迴歸估計式以GFE網格的高度及緯度套用，獲得網格溫度估計值（背景場）
- ▶ 差值空間內插：以測站觀測與同網格背景值計算差值，並以克利金空間內插方式，計算網格坐標點上差異

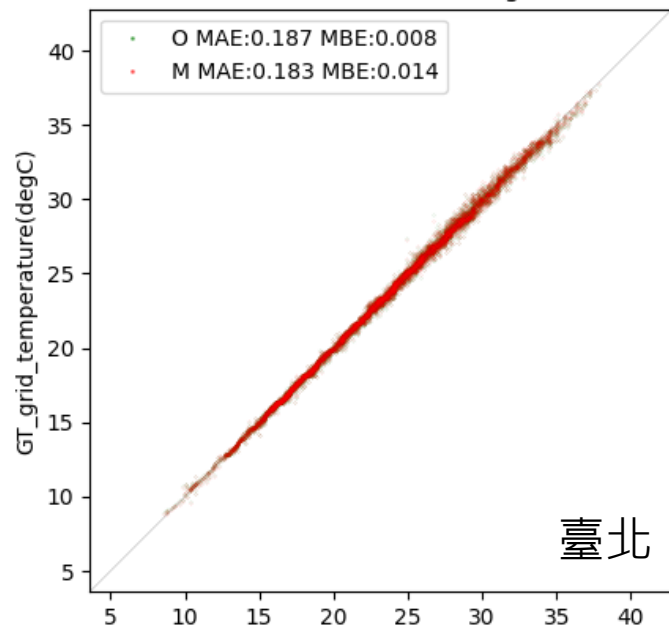
2022年整年度 小時資料分析

測站名稱 (站號)	實測高程	原始網格	修正後網格	原始 MAE (O)	修正後 MAE (M)	改善幅度
觀霧2 (C0E860) 高山站	2616 m	1841 m	2351.5 m	3.56 °C	1.02 °C	↓ 71.3%
烏石坑 (C0FA00) 河谷山區站	983 m	1298 m	983.0 m	1.61 °C	0.29 °C	↓ 82.0%

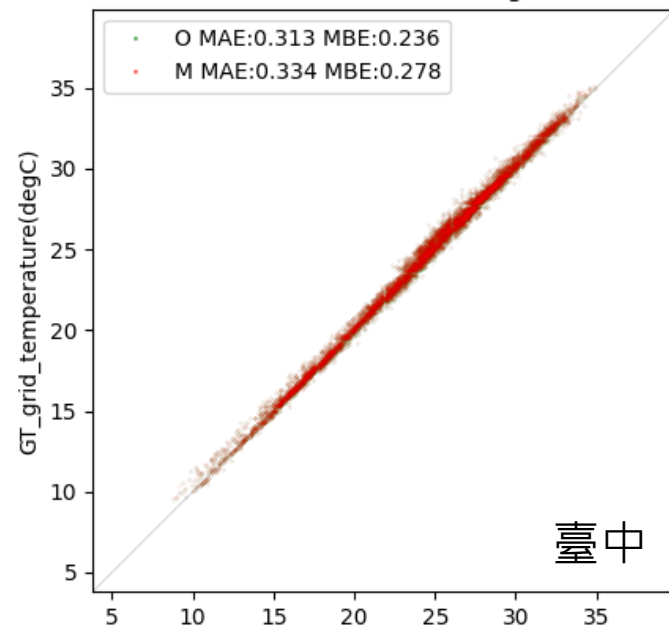
✔ 結論：網格高程修正有效消除了高山陡峭地形與縱谷地區之固定系統性溫度偏差 (Bias)。



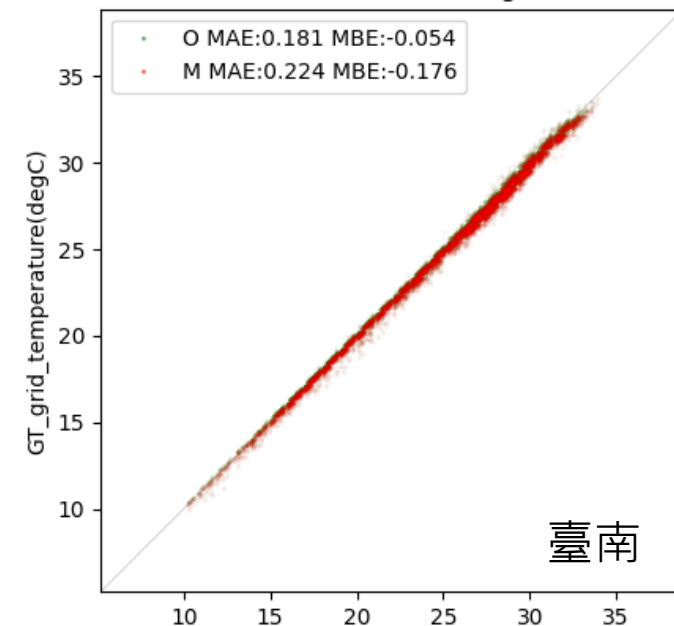
466920 Num:8723 modifiedH(g-s):6.7(m)



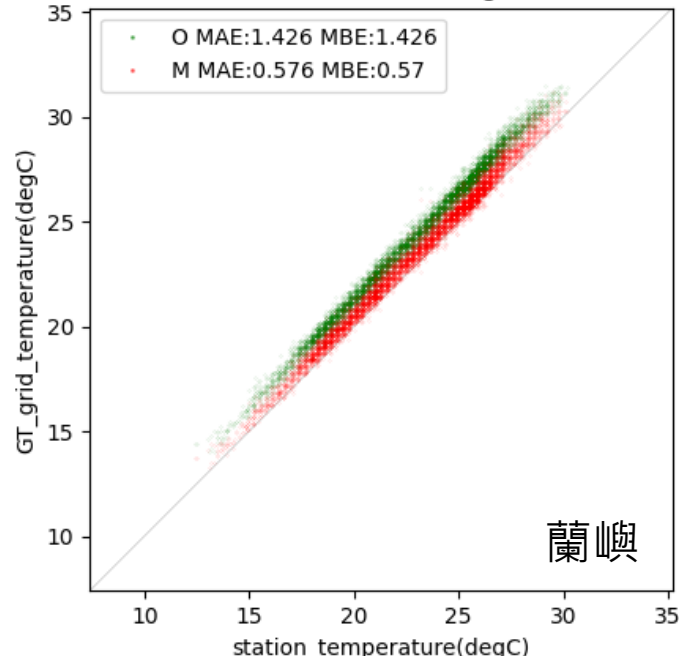
467490 Num:8712 modifiedH(g-s):7.0(m)



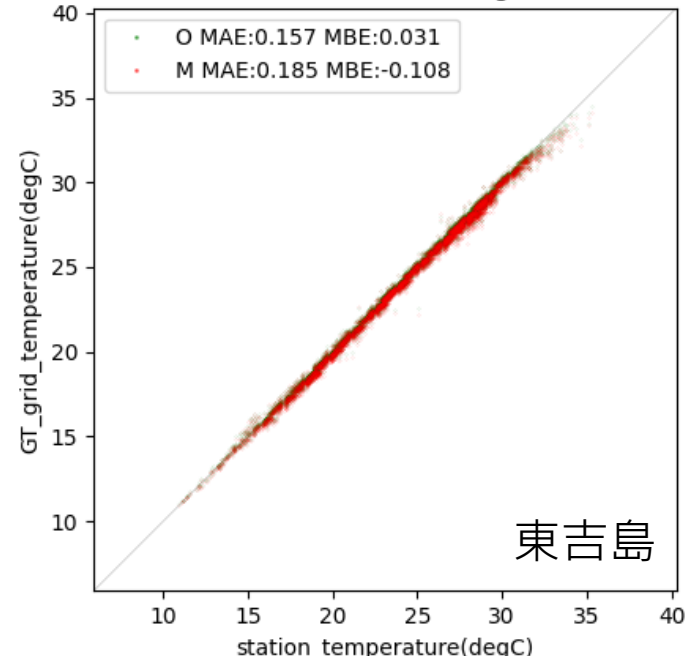
467410 Num:8719 modifiedH(g-s):-22.8(m)



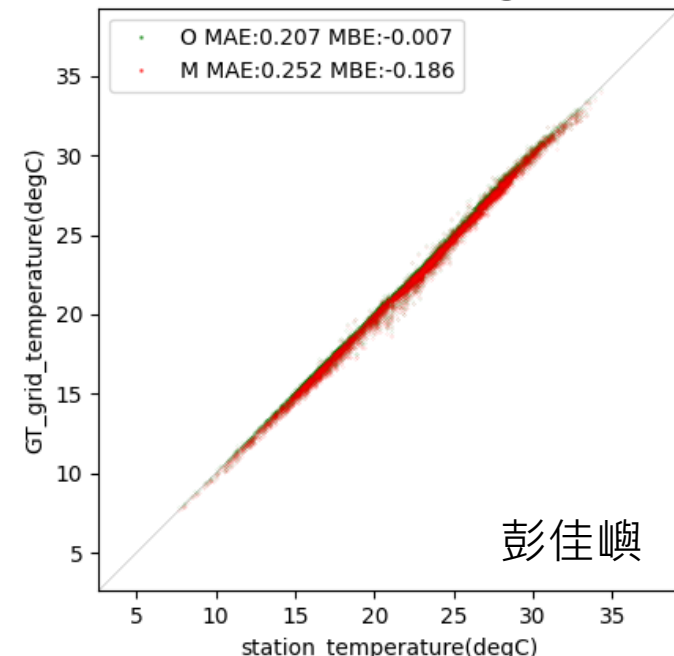
467620 Num:8704 modifiedH(g-s):-173.0(m)



467300 Num:8512 modifiedH(g-s):-29.5(m)



466950 Num:8680 modifiedH(g-s):-33.0(m)



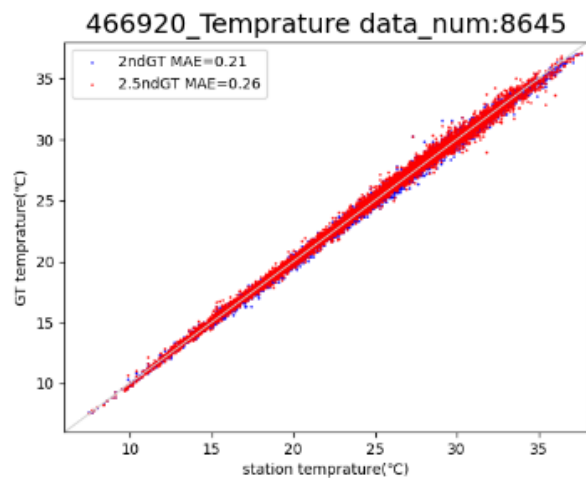
RWRF模式資料引入

- ▶ 模式背景場：引入RWRF模式預報資訊作為背景場
 - 以RWRF之動力模式預報輸出作為背景場（逐10分鐘）
 - RWRF 2km T2以雙線性內插方式至GFE 1km網格點
 - 以測站觀測值及測站網格估計值之差值，進行克利金內插計算所有網格修正值
 - 海面網格以RWRF輸出取代
- ▶ 與現行作業主要差異在於背景場的選擇

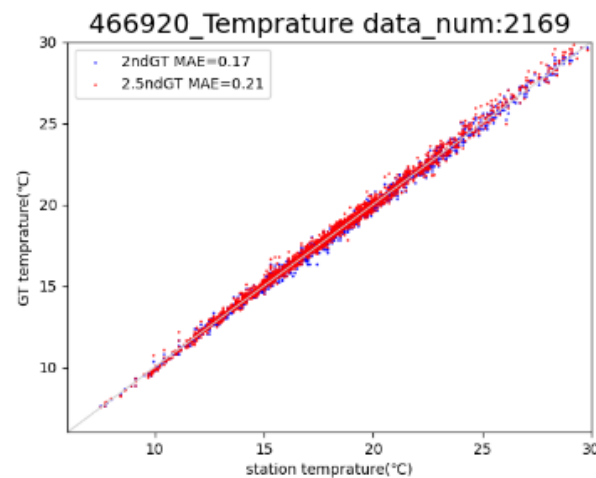
臺北站 (466920) 溫度散佈圖與MAE值

- 趨勢背景場
- 模式背景場

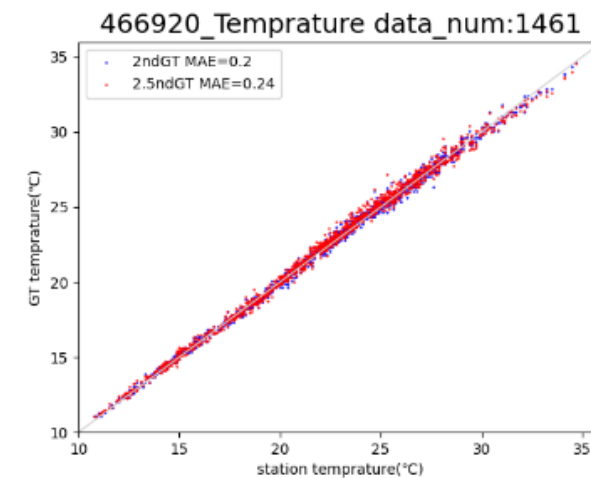
整年



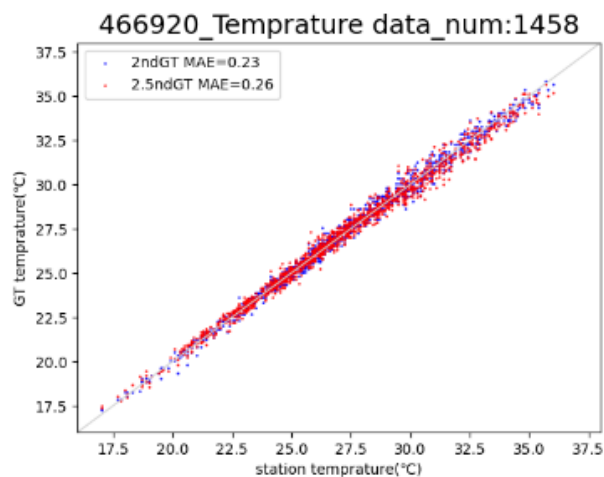
第一期



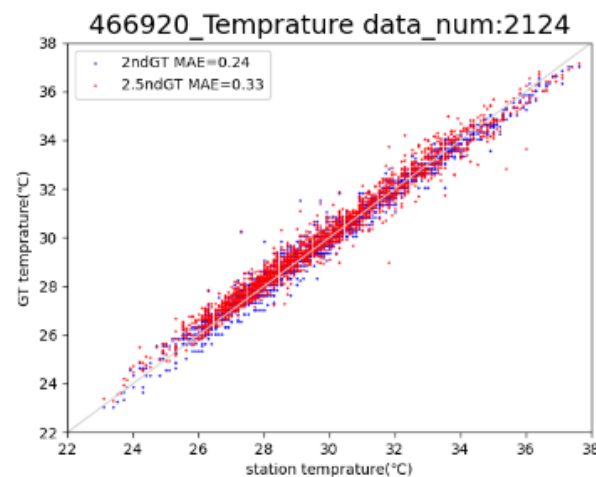
第二期



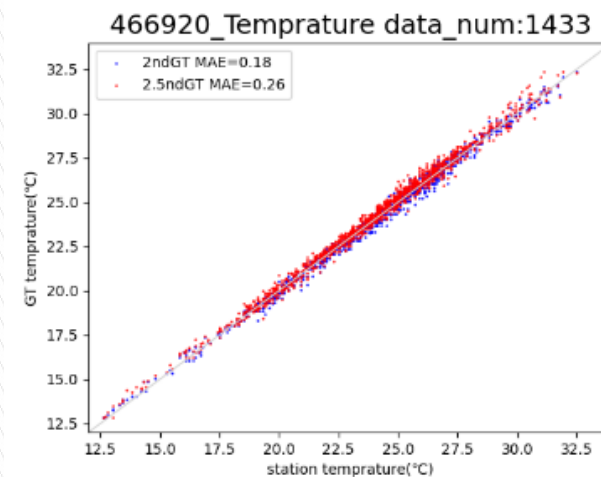
第三期



第四期



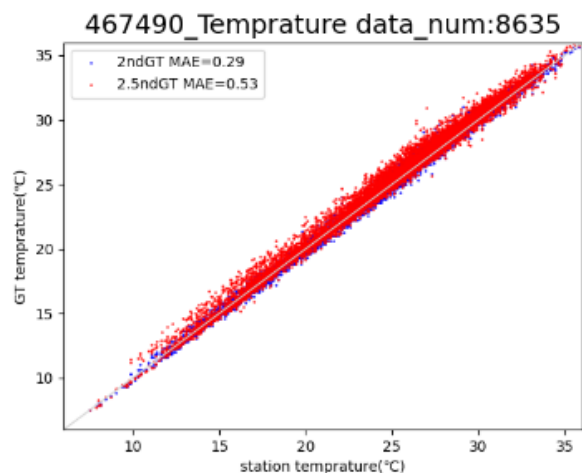
第五期



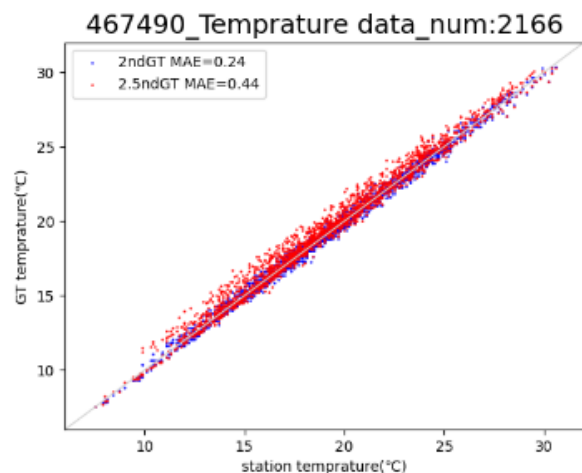
臺中站 (467490) 溫度散佈圖與MAE值

- 趨勢背景場
- 模式背景場

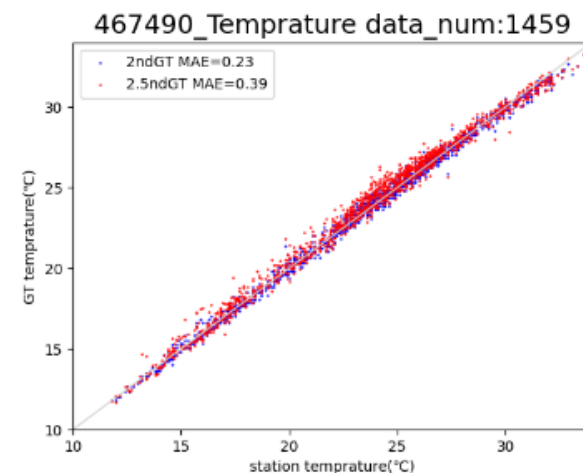
整年



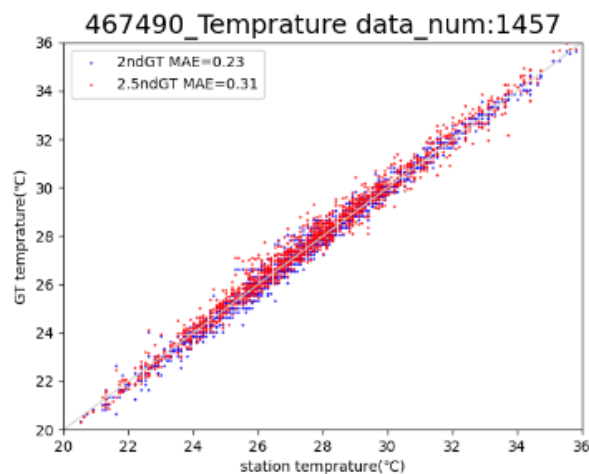
第一期



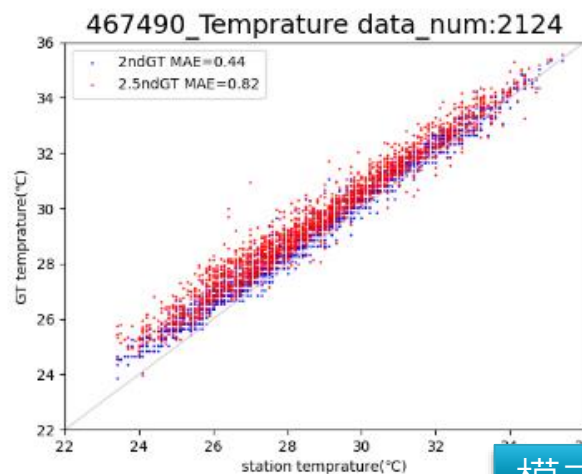
第二期



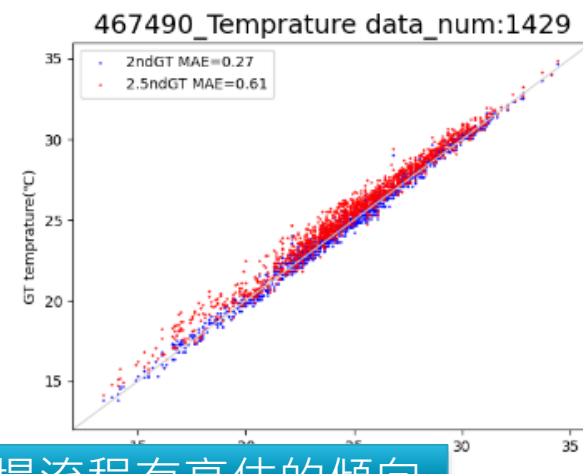
第三期



第四期



第五期

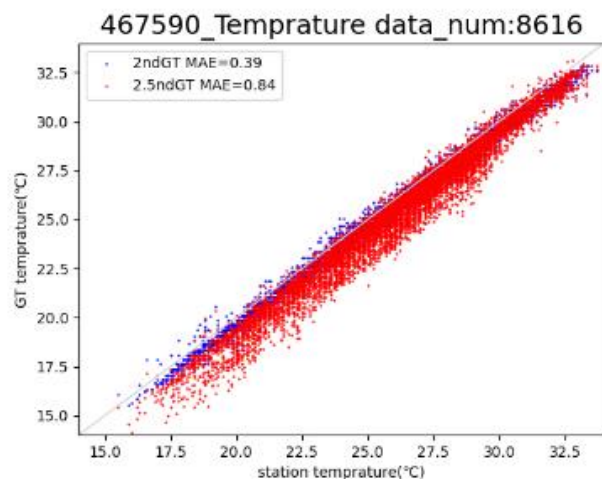


模式背景場流程有高估的傾向

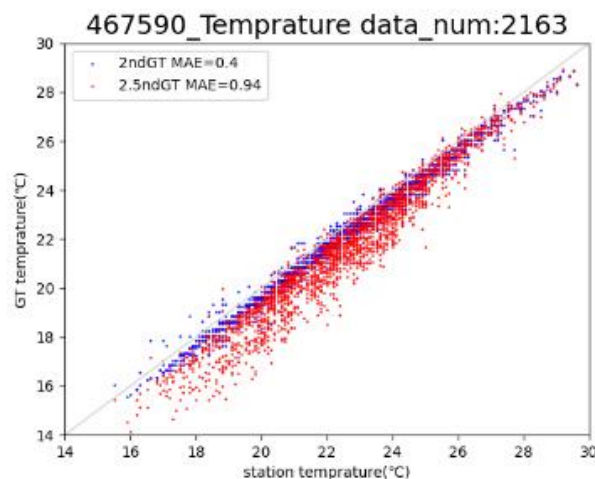
恆春站 (467590) 溫度散佈圖與MAE值

- 趨勢背景場
- 模式背景場

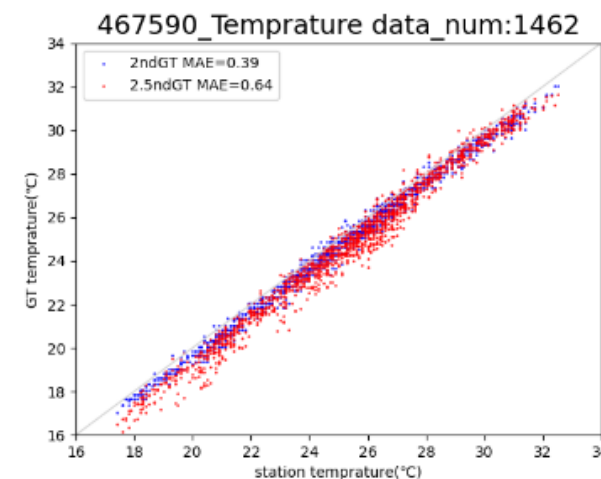
整年



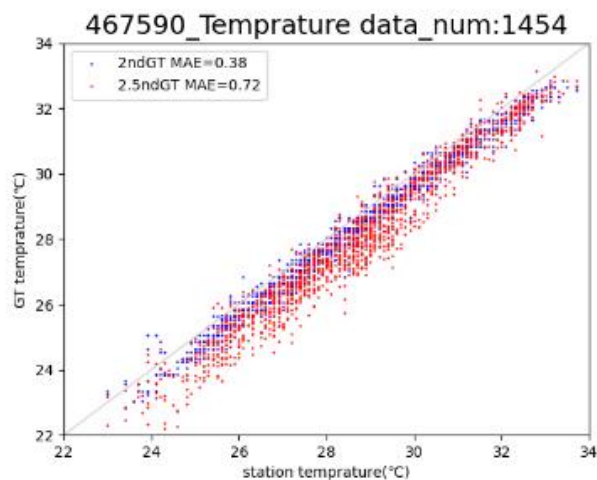
第一期



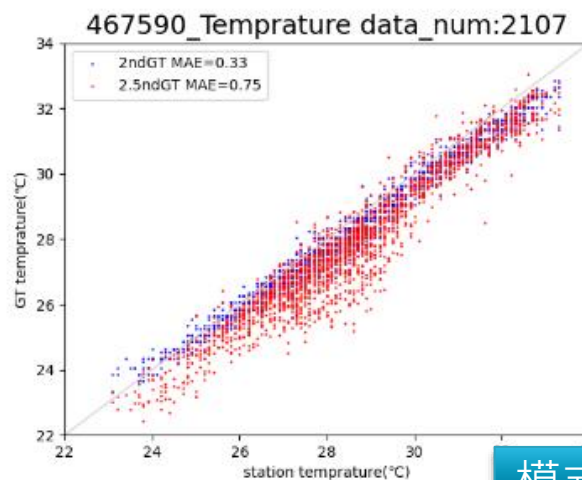
第二期



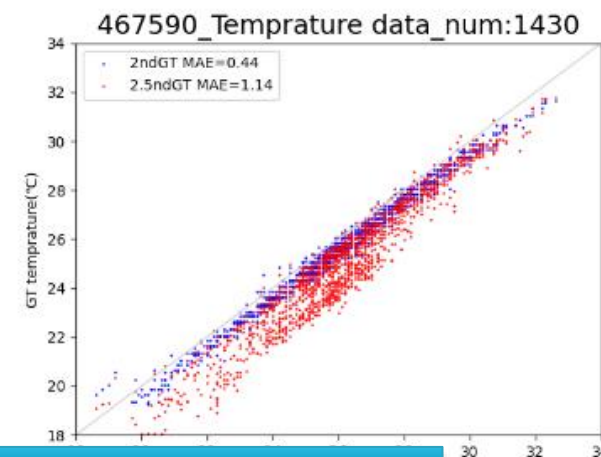
第三期



第四期



第五期

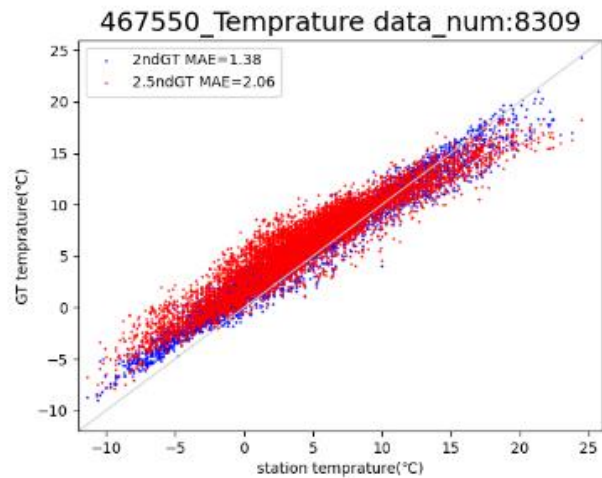


模式背景場流程有低估的傾向

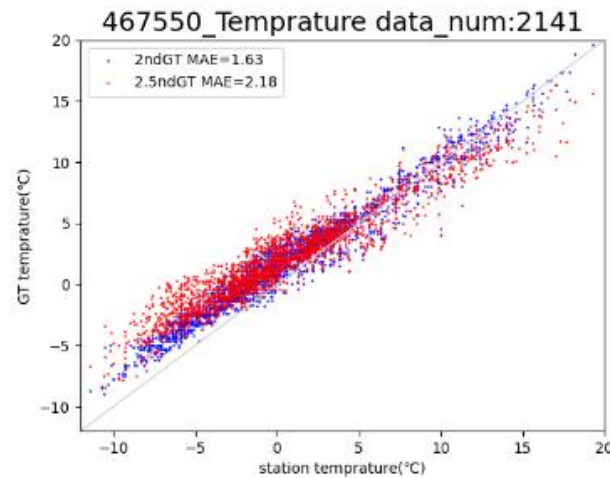
玉山站 (467550) 溫度散佈圖與MAE值

- 趨勢背景場
- 模式背景場

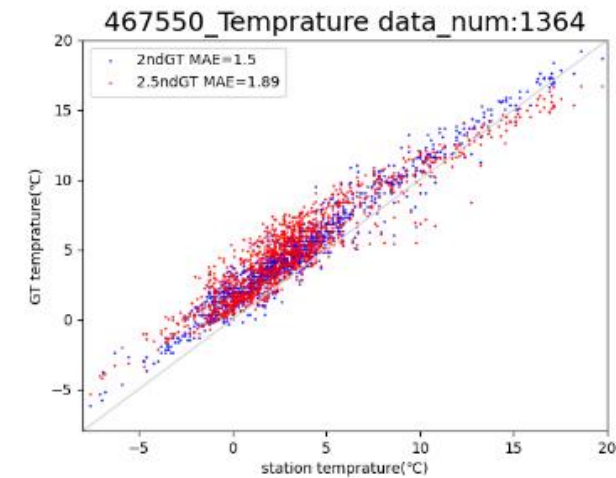
整年



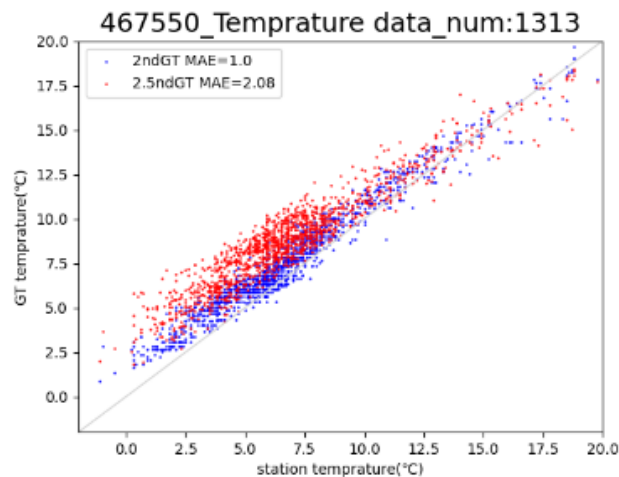
第一期



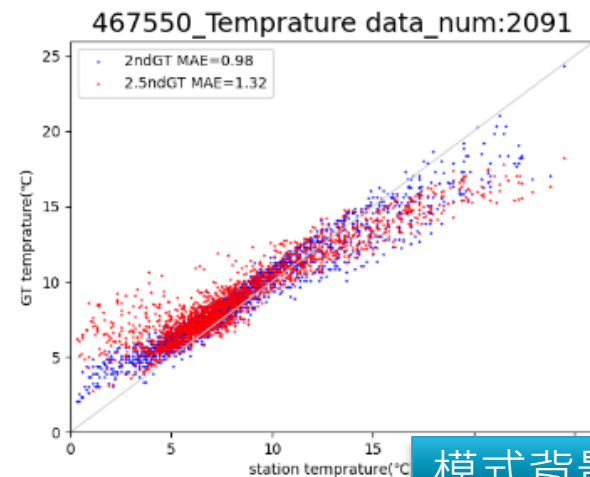
第二期



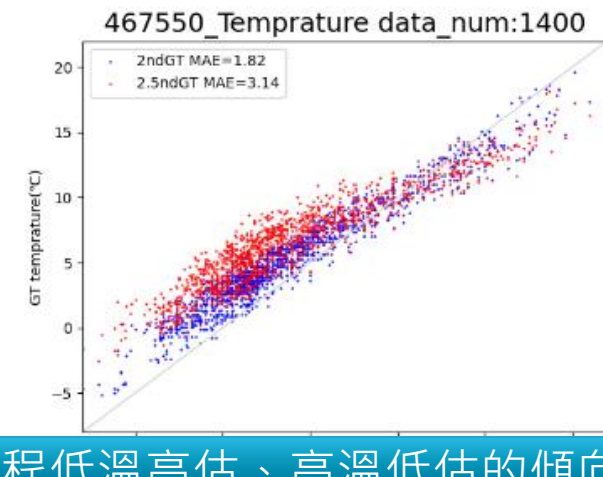
第三期



第四期



第五期

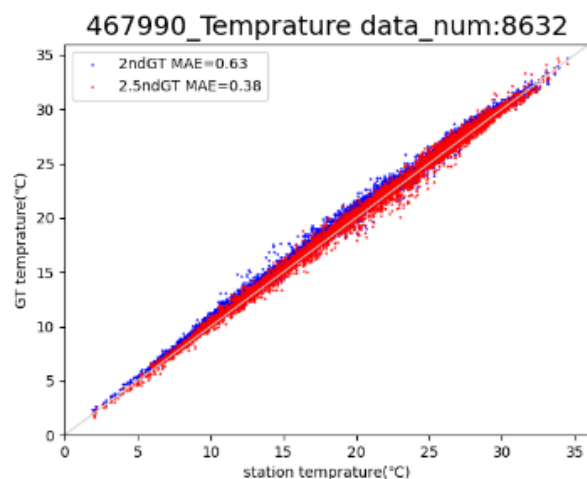


模式背景場流程低溫高估、高溫低估的傾向較明顯

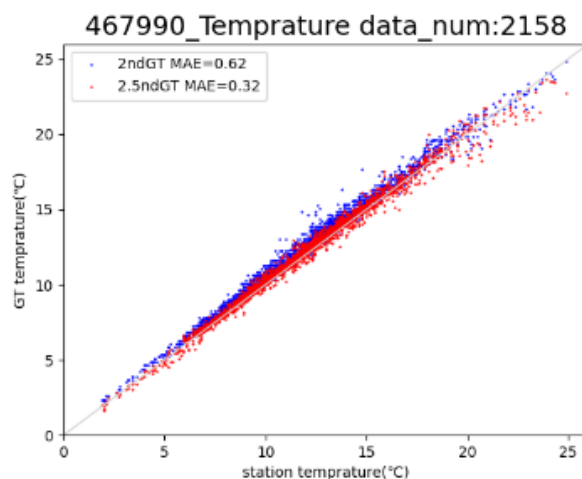
馬祖站 (467990) 溫度散佈圖與MAE值

- 趨勢背景場
- 模式背景場

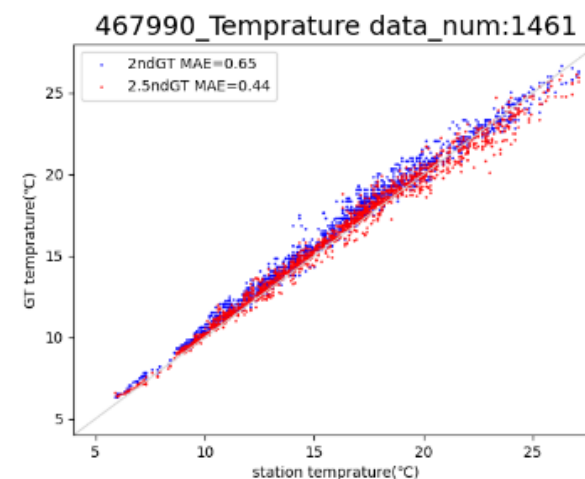
整年



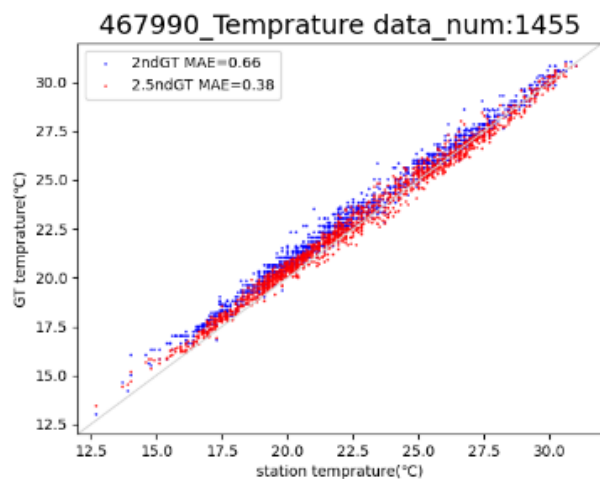
第一期



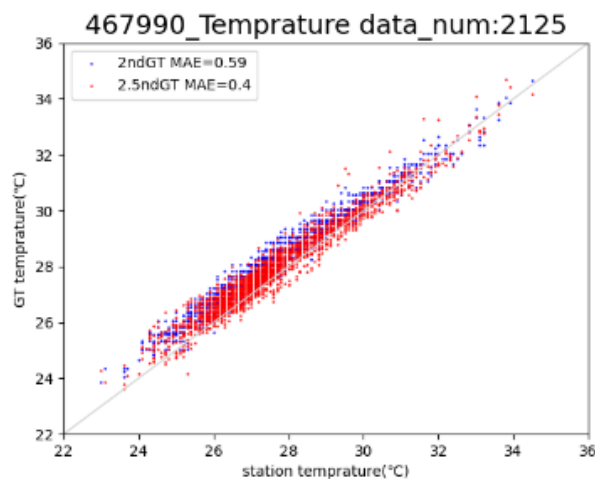
第二期



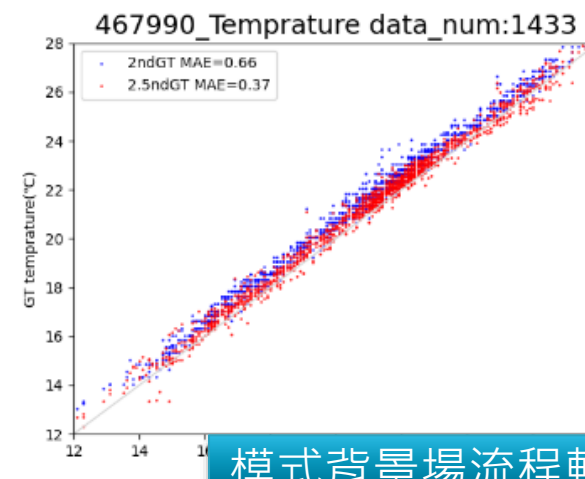
第三期



第四期



第五期



模式背景場流程較佳

背景場的其他選擇選擇

▶ 合成背景場

- 對 t 時刻而言，若 $t-10\text{min}$ 地文分析場可信度高，可視為 t 時刻背景場
- 在 $t-10$ 至 t 之間，RWRF提供了動力模式具物理性的溫度變化(預報增量)
- t 時刻背景場，可選擇性加上預報增量

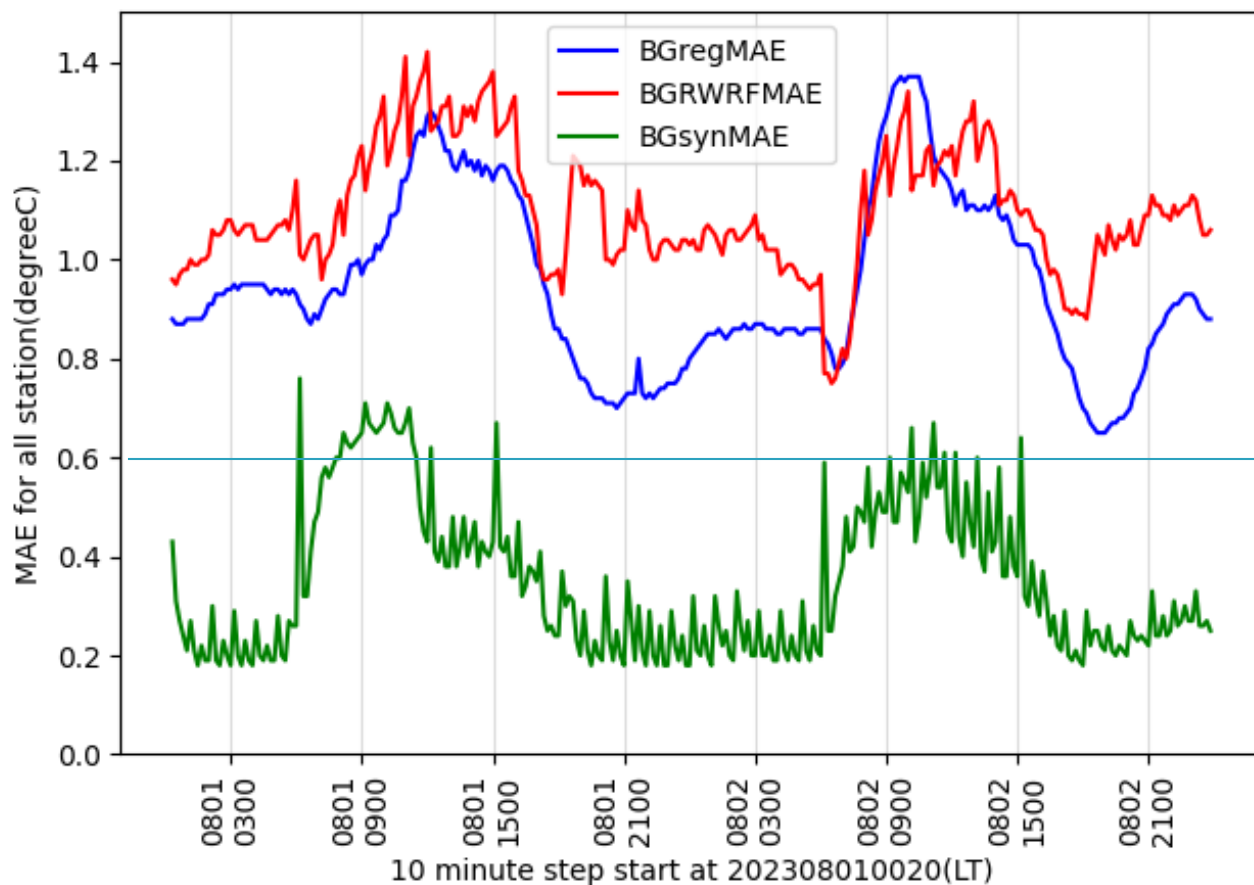
背景場及地面分析場驗證

2023/08/01~08/02

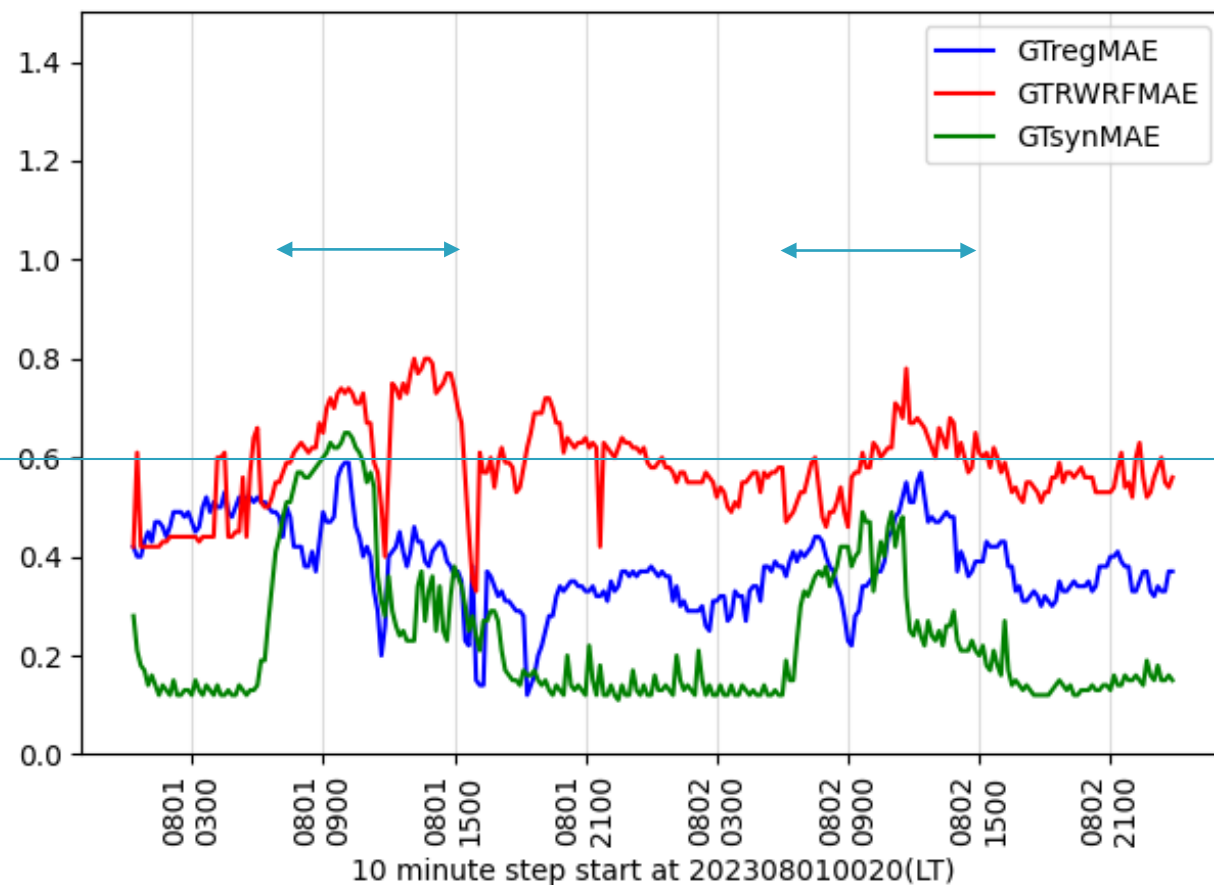
全台測站平均 MAE 時間序列比較 (GT vs BG)

- 趨勢背景場流程
- 合成背景場流程 (GT+預報增量)
- 模式背景場流程

BG-MAE-time Series



GT-MAE-time Series



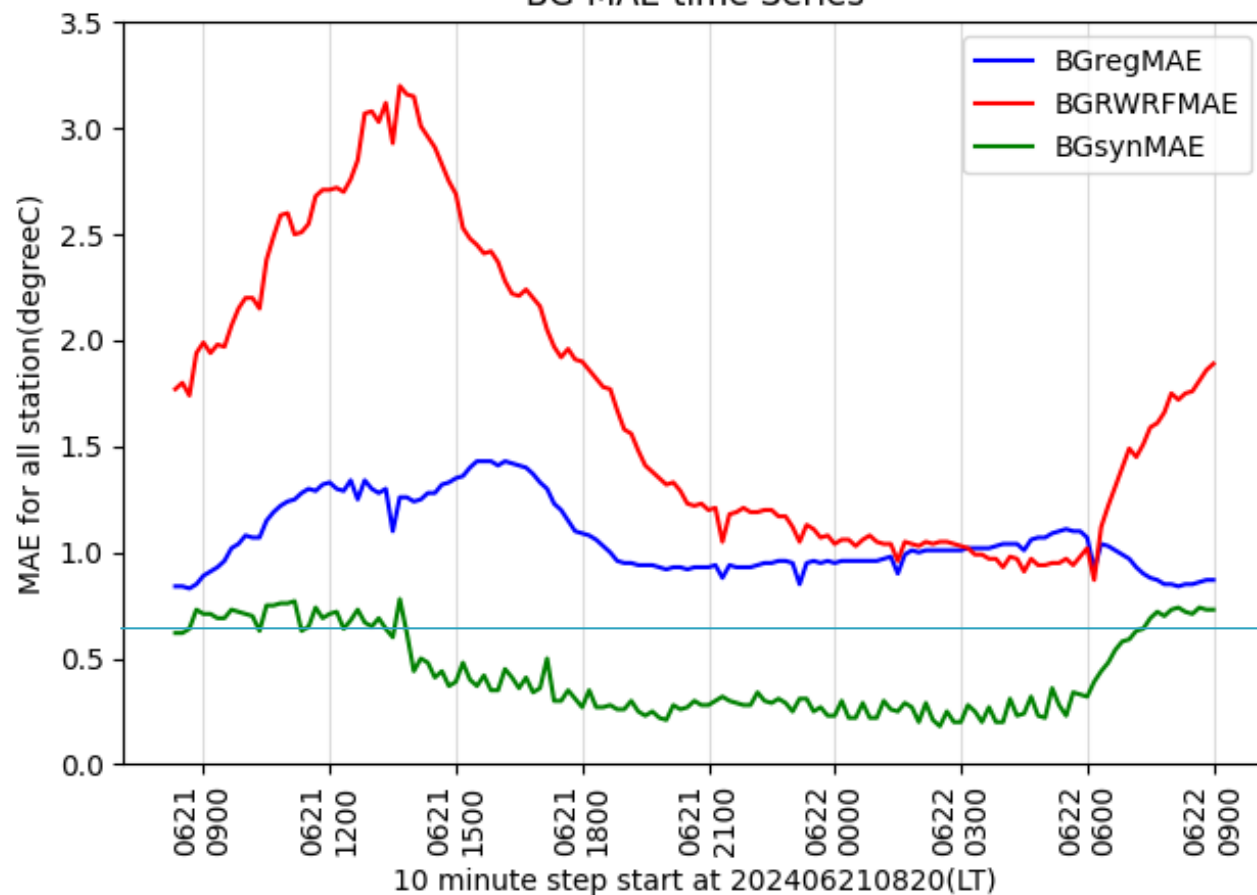
高溫日驗證

2024/06/21

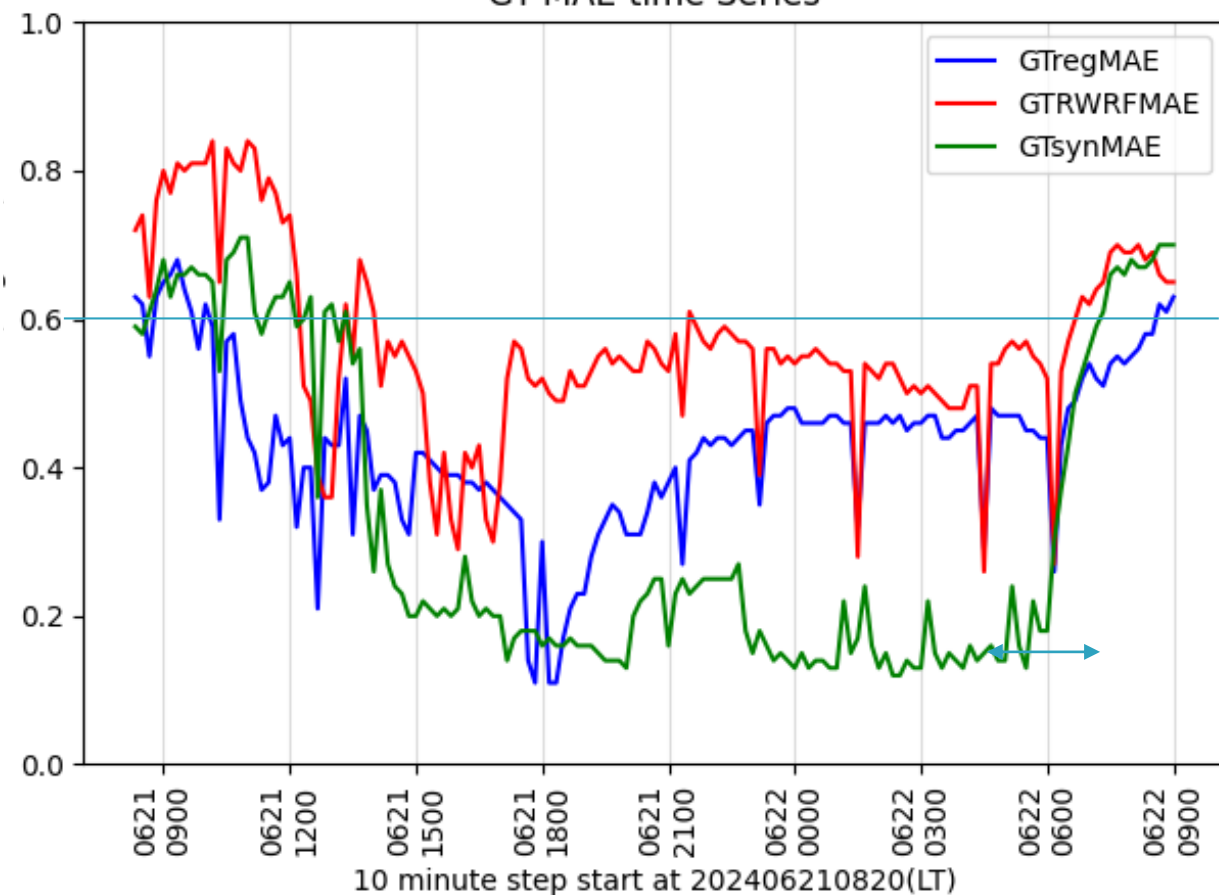
全台測站平均 MAE 時間序列比較 (GT vs BG)

- 趨勢背景場流程
- 合成背景場流程 (GT+預報增量)
- 模式背景場流程

BG-MAE-time Series



GT-MAE-time Series



驗證效果

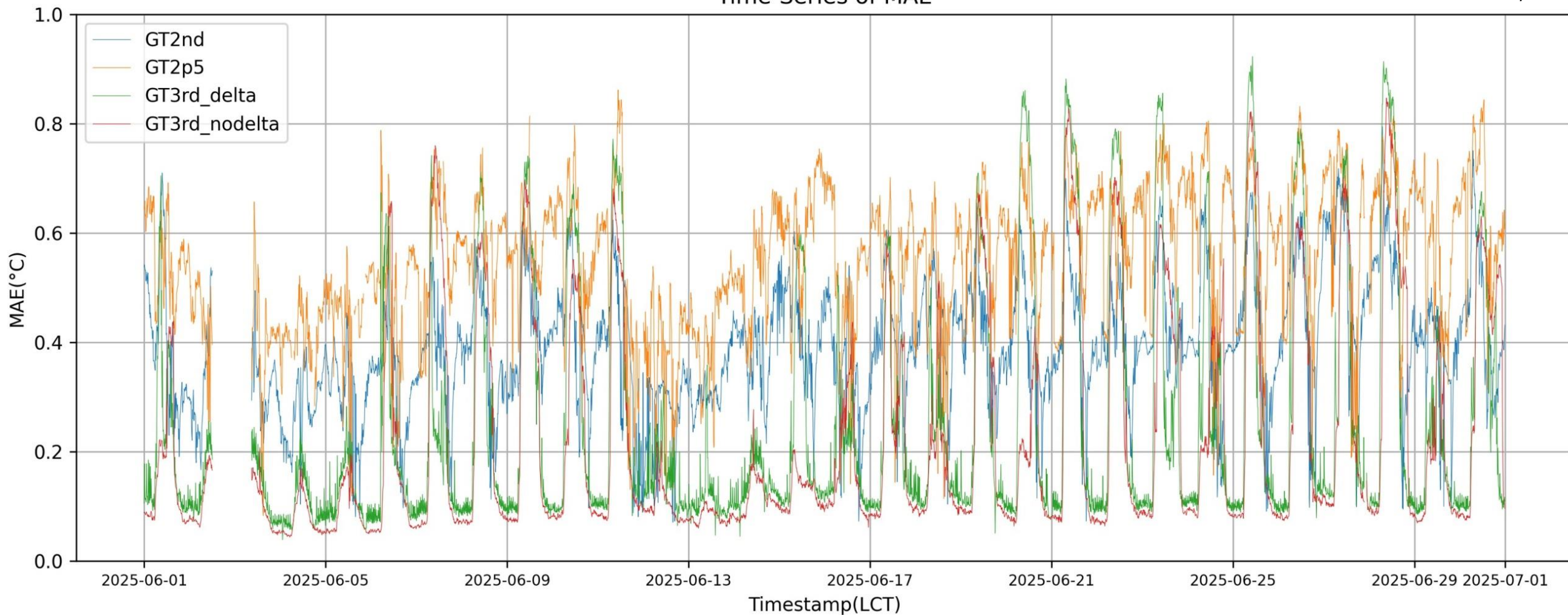
- ▶ **背景場顯著改善**：新合成背景場 (**BGsyn**) 誤差全面低於純模式 (**BGRWRF**) 與純統計 (**BGreg**)，MAE 穩定維持在 0.2~0.5 °C。
- ▶ **預報增量訊息有效性**：以預報增量描述短時間內的變化，能使採用背景場更接近實際情況。
- ▶ **差值內插效益**：不論採用何者背景場，加入測站差值內插回饋皆能有效降低MAE。
- ▶ **分析場表現最優**：最終分析場 **GTsyn** 在全台多數測站的 MAE 均低於 0.2 °C。

整年度溫度成效比較

- 趨勢背景場流程
- 合成背景場流程(含預報增量)
- 模式背景場流程
- 合成背景場流程(無預報增量)

2024/06

Time-Series of MAE

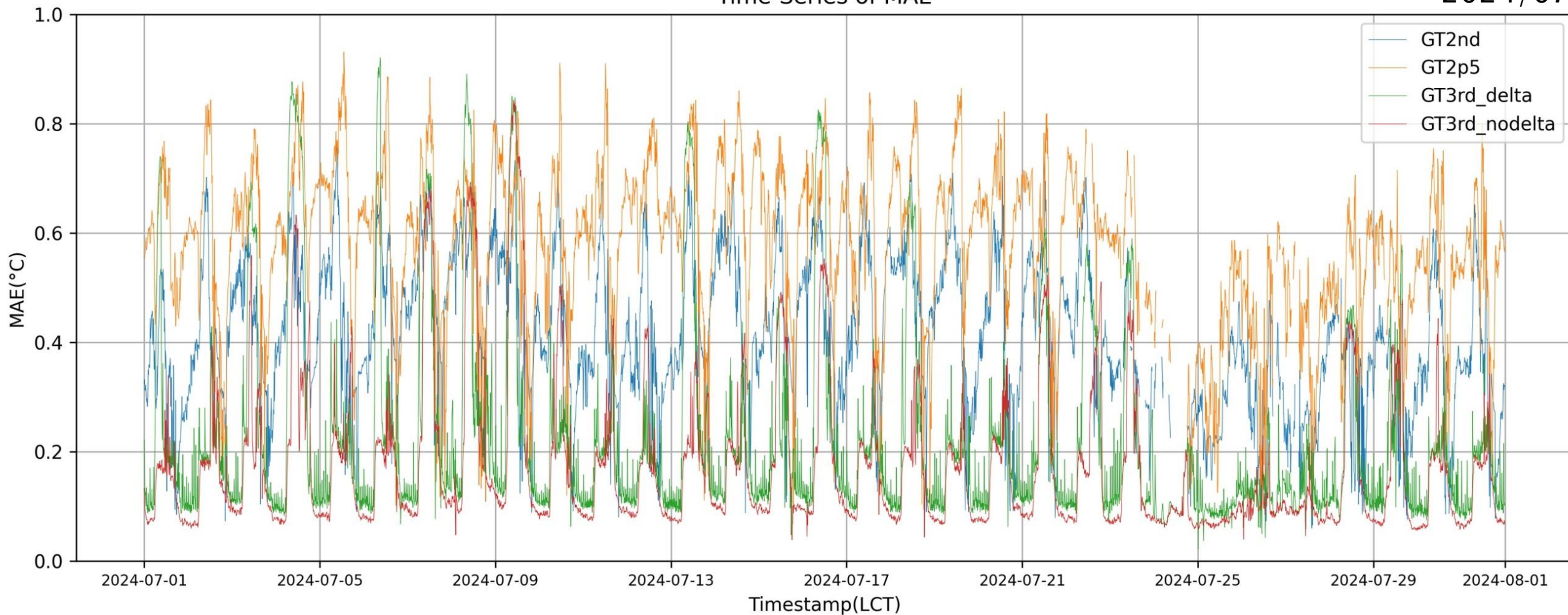


整年度溫度成效比較

- 趨勢背景場流程
- 合成背景場流程(含預報增量)
- 模式背景場流程
- 合成背景場流程(無預報增量)

Time-Series of MAE

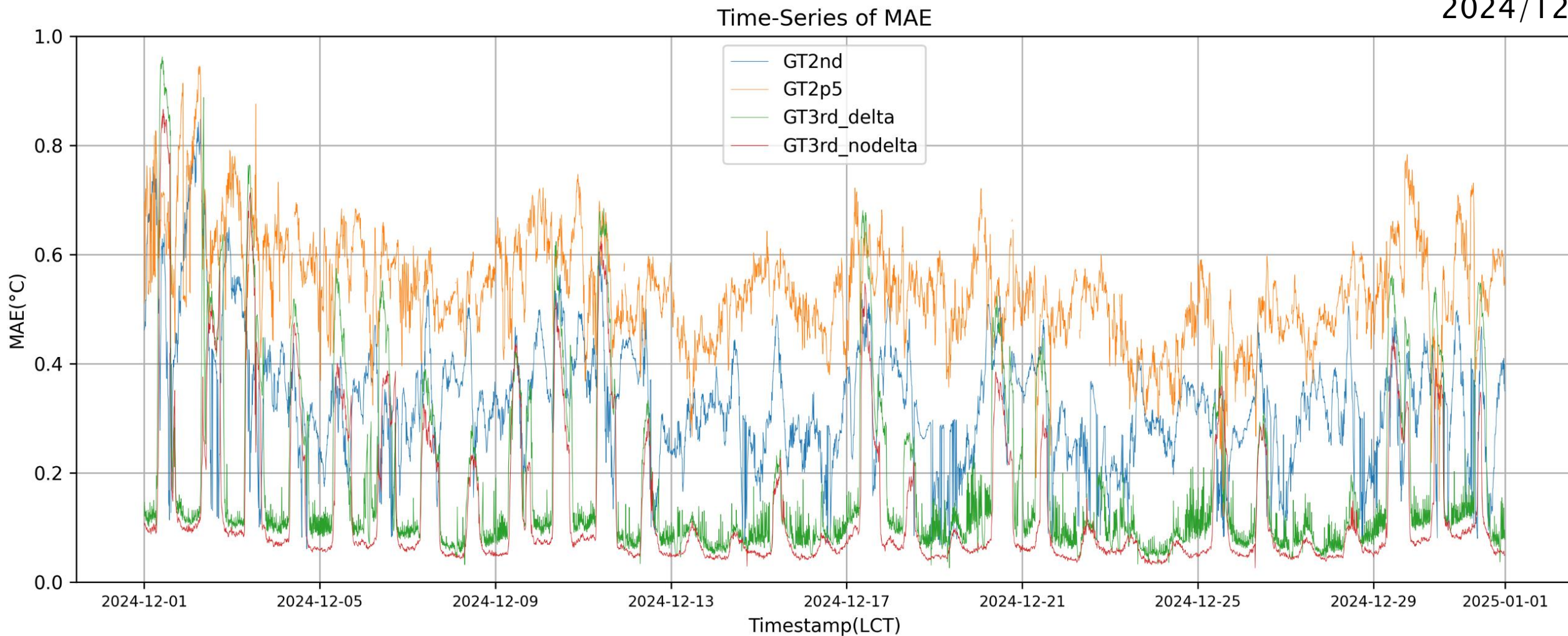
2024/07



整年度溫度成效比較

- 趨勢背景場流程
- 合成背景場流程(含預報增量)
- 模式背景場流程
- 合成背景場流程(無預報增量)

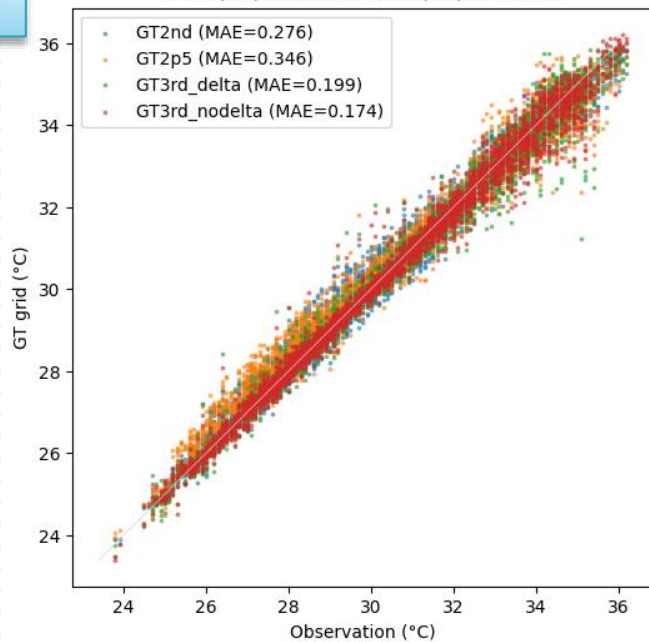
2024/12



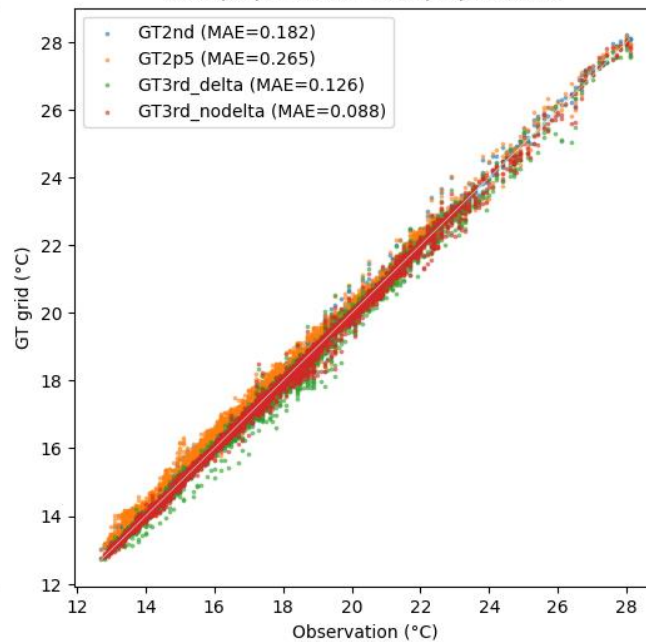
臺北站

- 趨勢背景場流程
- 模式背景場流程
- 合成背景場流程 (含預報增量)
- 合成背景場流程 (無預報增量)

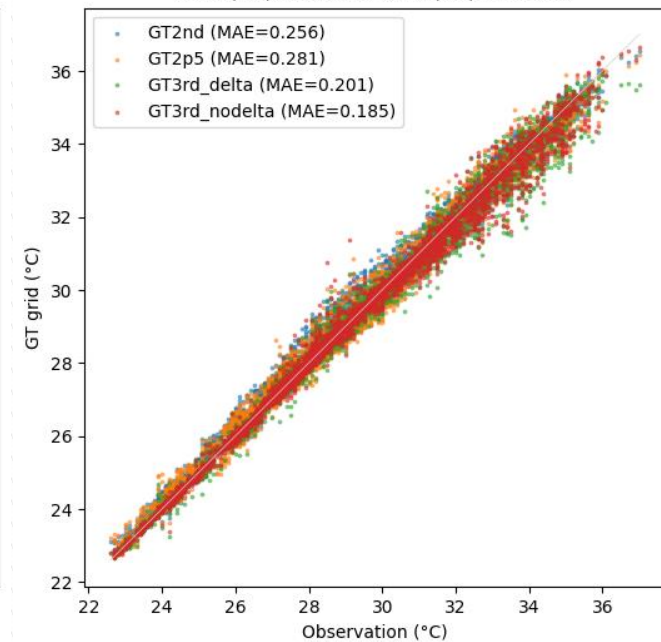
466920:T vs GT grid values, 4447 data points
2024/07/01 00:00~2024/07/31 23:50



466920:T vs GT grid values, 4456 data points
2024/12/01 00:00~2024/12/31 23:50

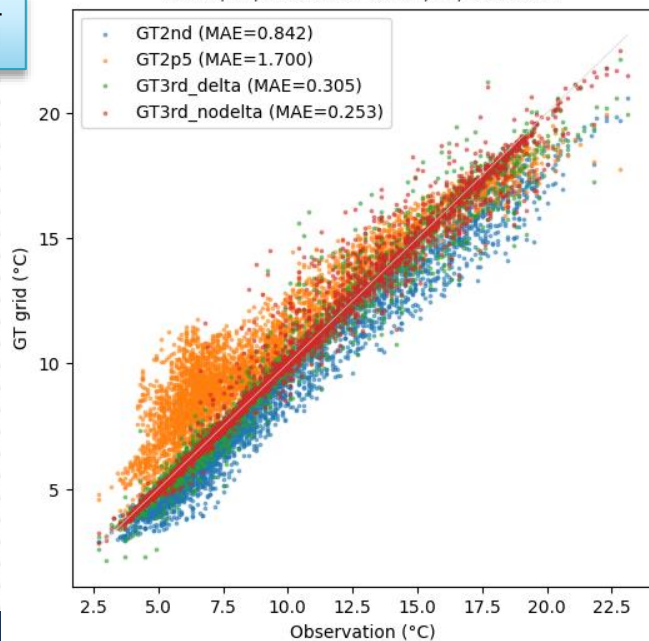


466920:T vs GT grid values, 4220 data points
2025/06/01 00:00~2025/06/30 23:50

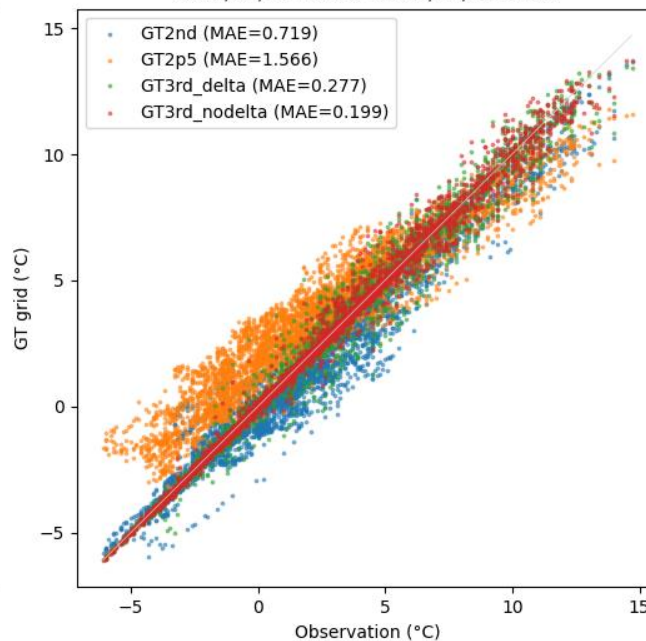


玉山站

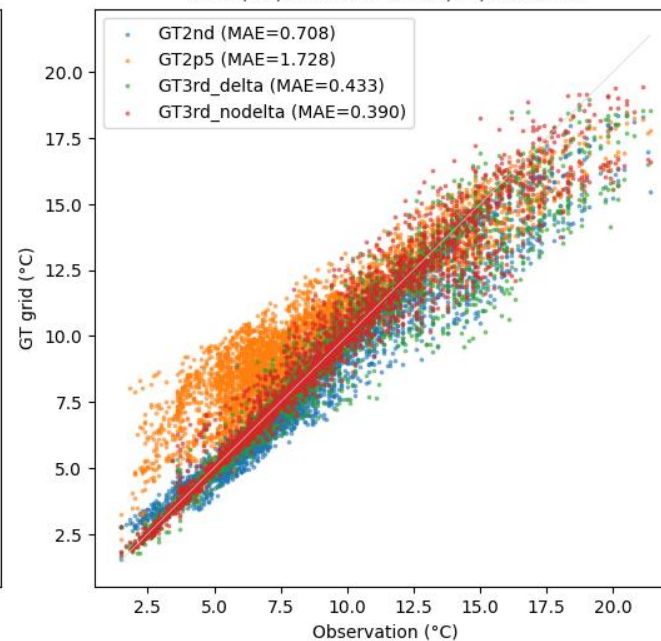
467550:T vs GT grid values, 4087 data points
2024/07/01 00:00~2024/07/31 23:50



467550:T vs GT grid values, 4423 data points
2024/12/01 00:00~2024/12/31 23:50

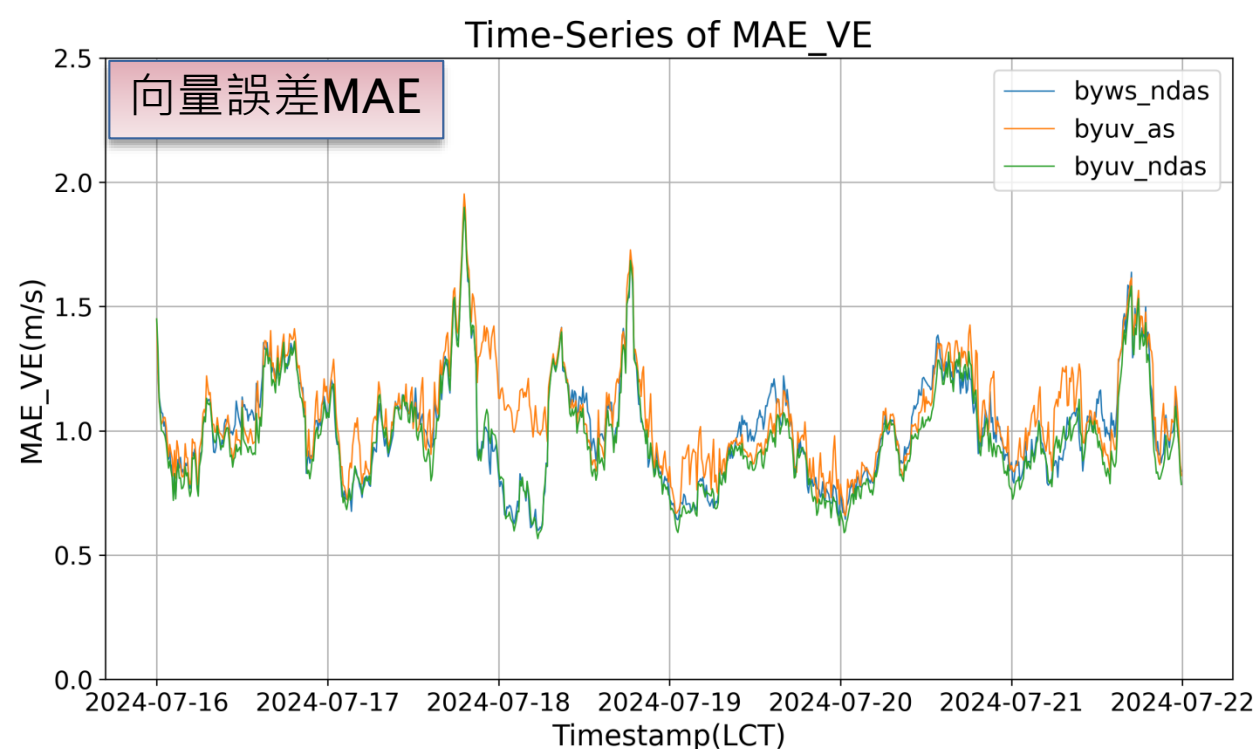
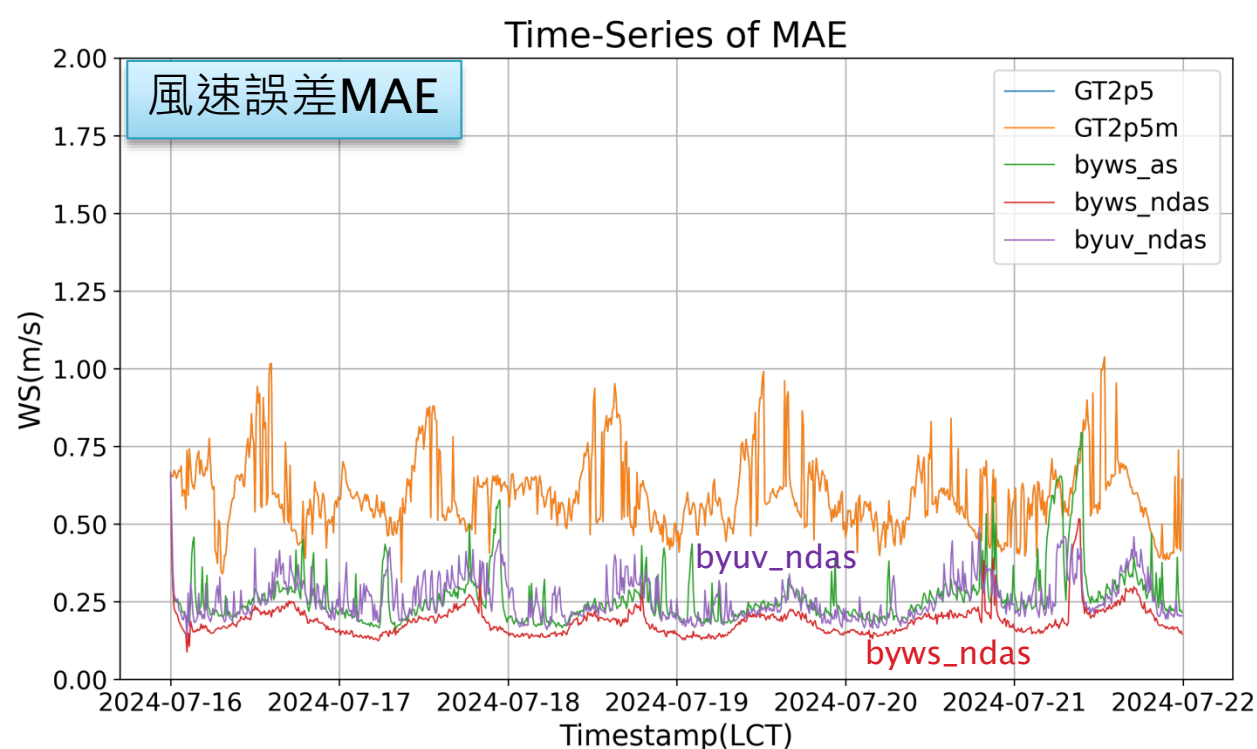


467550:T vs GT grid values, 4216 data points
2025/06/01 00:00~2025/06/30 23:50



小結

- ▶ 以溫度而言，**合成背景場流程(無預報增量)**優於**合成背景場流程(含預報增量)**，但兩者接近
- ▶ 數值模式亦具有提供海面資訊的優勢
- ▶ 參考前時刻地文分析場作為目標時刻背景場基礎的機制，可應用於其他氣象要素

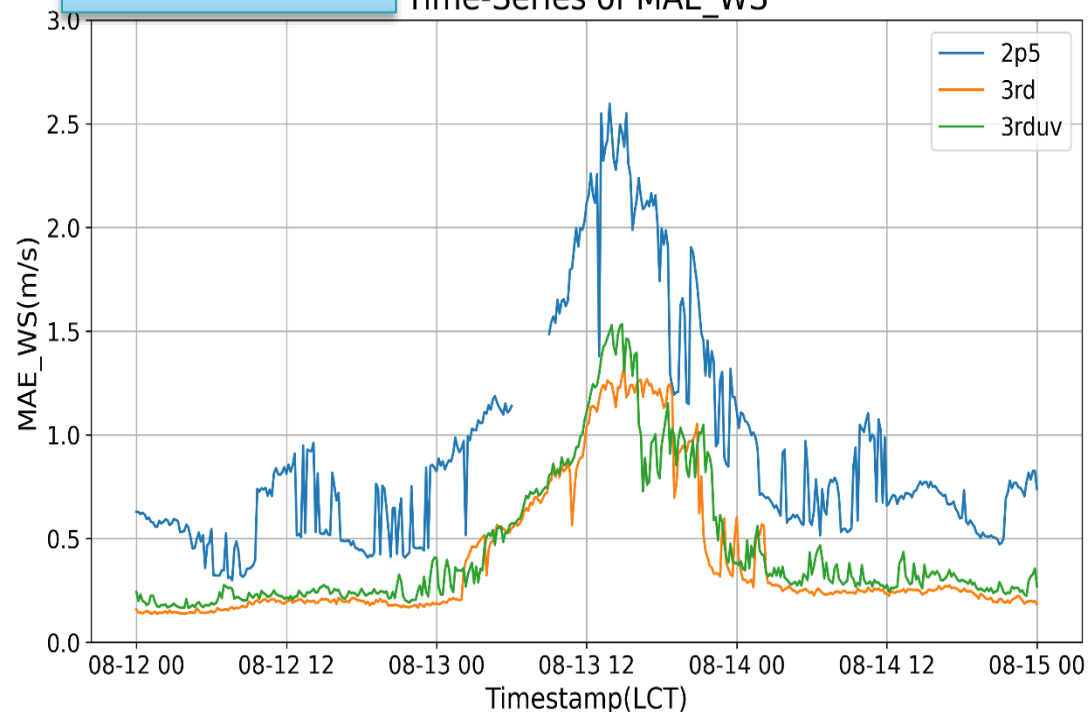


- ▶ 風速誤差MAE結果(左圖)：未加上預報增量的風速GT (byws_ndas)，略優於未加上預報增量的UV_GT (byuv_ndas)
- ▶ 以平均風進行分析場建置，未加上預報增量的風速GT (byws_ndas)，略優於加上預報增量的風速GT (byws_as)
- ▶ 向量誤差MAE結果(右圖)：未加上預報增量的UV_GT (byuv_ndas)，略優於未加上預報增量的風速GT (byws_ndas)
- ▶ 以UV風進行分析場建置，未加上預報增量的UV_GT (byuv_ndas)，略優於加上預報增量的UV_GT (byuv_as)

楊柳颱風期間

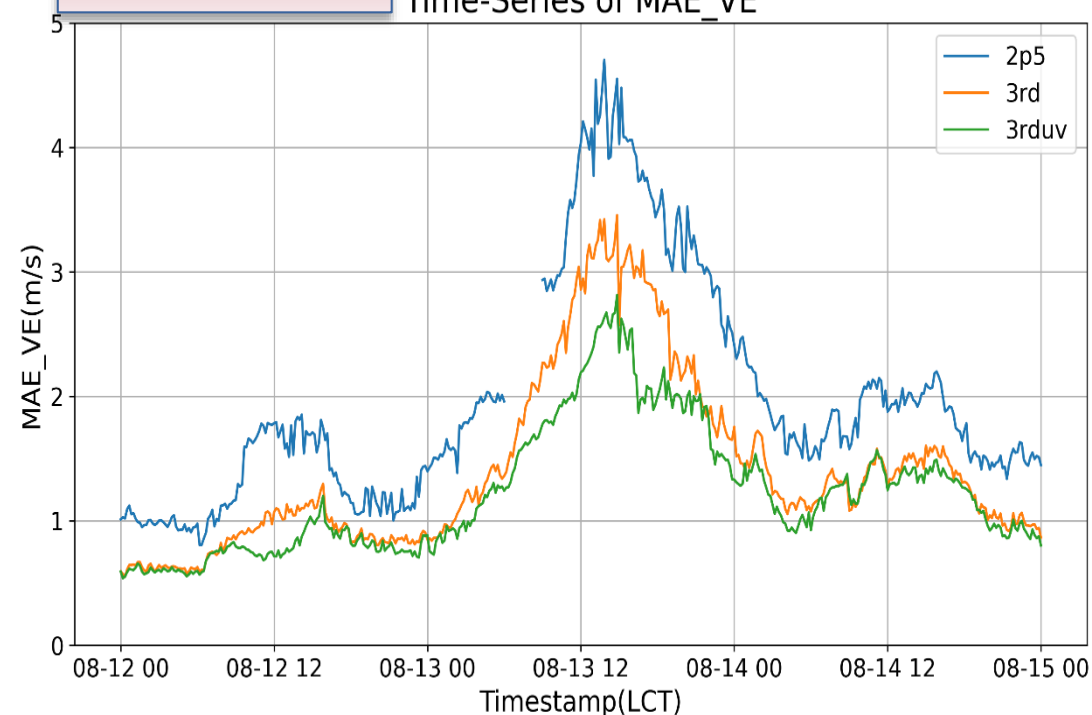
風速誤差MAE

Time-Series of MAE_WS



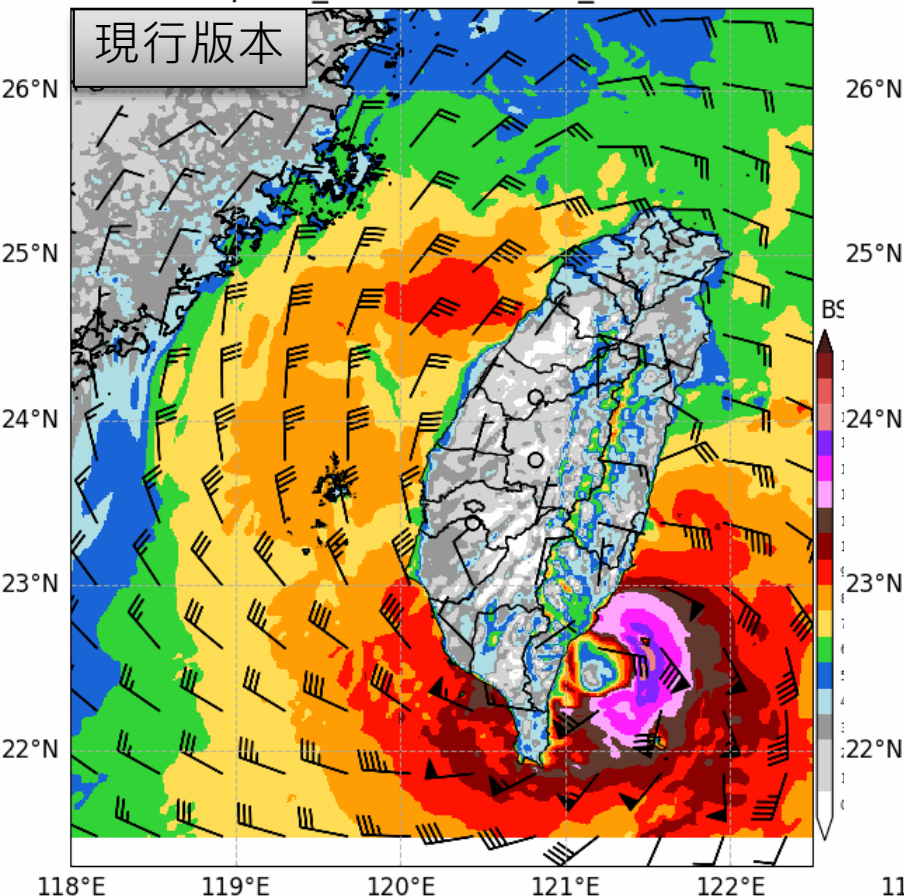
向量誤差MAE

Time-Series of MAE_VE

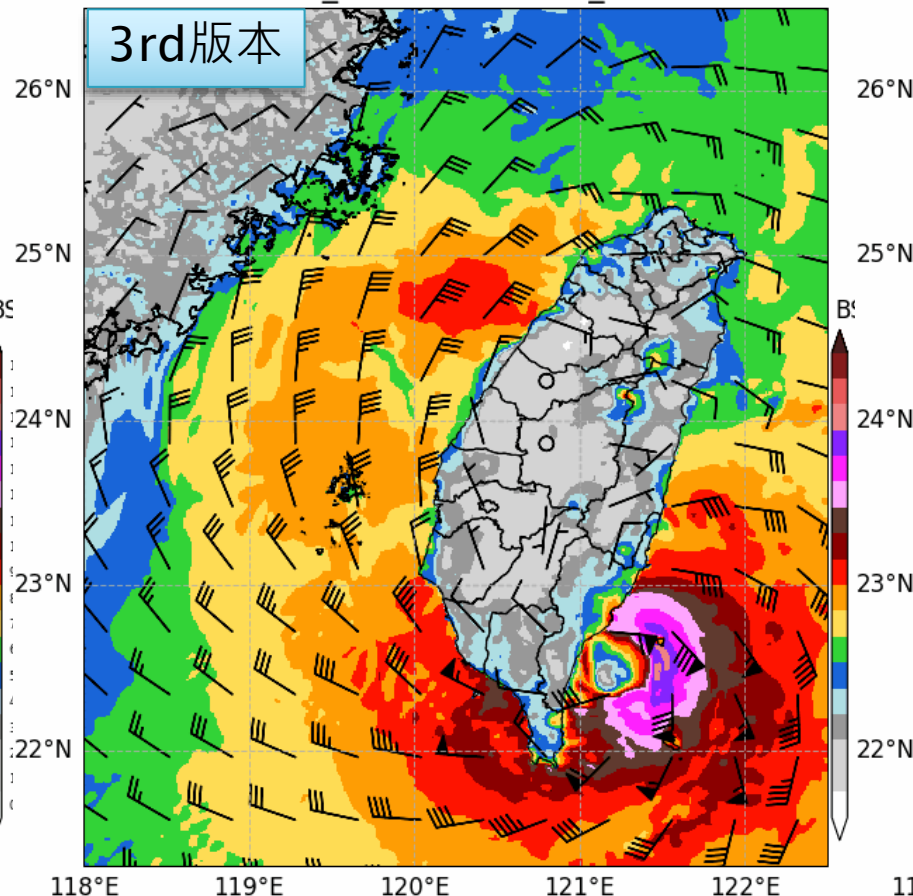


- ▶ **3rd**及**3rduv**版本優於**2p5**版本
- ▶ 若以**純量**計算MAE時，以**3rd**版本**平均風風速地面分析場**較佳
- ▶ 若以**向量**計算MAE時，以**3rduv**版本**U方向、V方向建置地面分析場**較佳

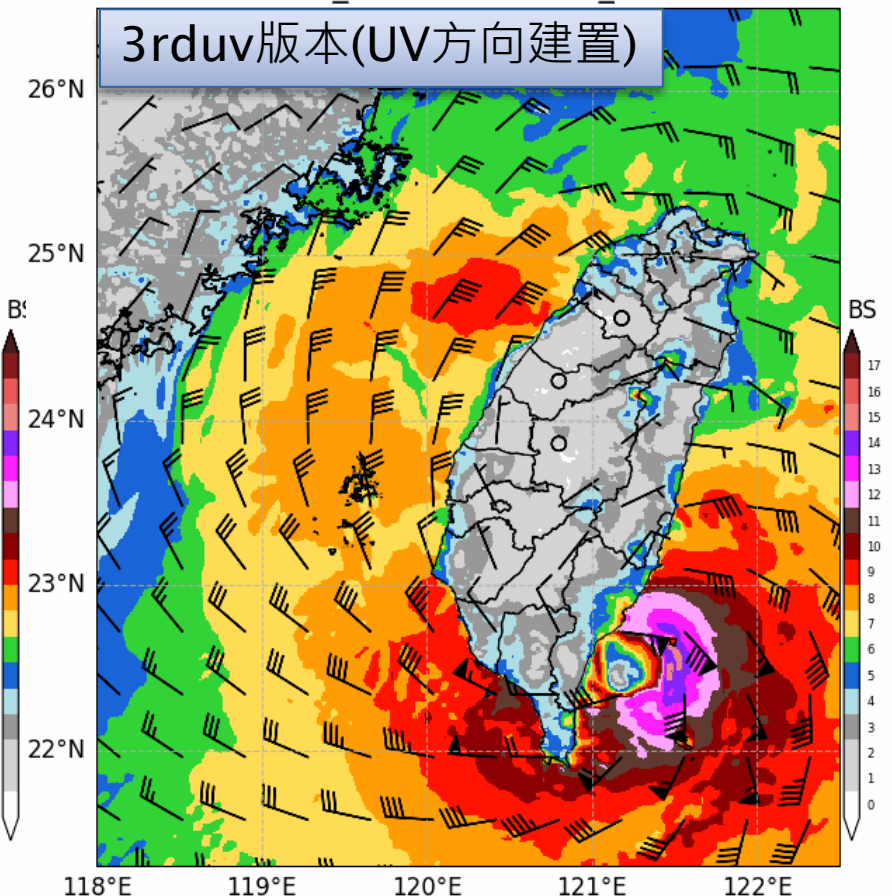
2p5GT_WS : 20250813_0400



3rdws_WS : 20250813_0400



3rduv_WS : 20250813_0400



- ▶ 現行版本(非合成背景場)於**稜線**上風速分佈較為明顯
- ▶ 推測10分鐘內的測站觀測變化不大，3rd、3rduv版本背景場與測站數值可能較接近，**克利金透過空間變數差異的關係不明顯，影響距離較小**，所以山區的风速分佈有集中於測站位置向各個方向擴散的情況
- ▶ 平地區域測站較為密集，測站之間的空間能良好受到多數測站的影響

總結

- ▶ 地文分析場
 - 補足測站之間範圍的訊息
 - 作為預報模式校驗使用
- ▶ 目標
 - 尋求一個**背景場**，若此背景場已較貼近實際情況，對於後續差值內插修正的幅度也較小（修正方法的影響也較小）
- ▶ RWRF資料的應用
 - 提供**海面資訊**
 - 提供逐10分鐘之間的氣象要素差異，可整合於背景場使用
- ▶ 面化分佈
 - 在目前發展中，是否納入預報增量於測站**MAE**比較上差異不大，後續則將持續檢視「非測站」範圍的分佈合理性