

區域系集預報系統之 海溫擾動評估

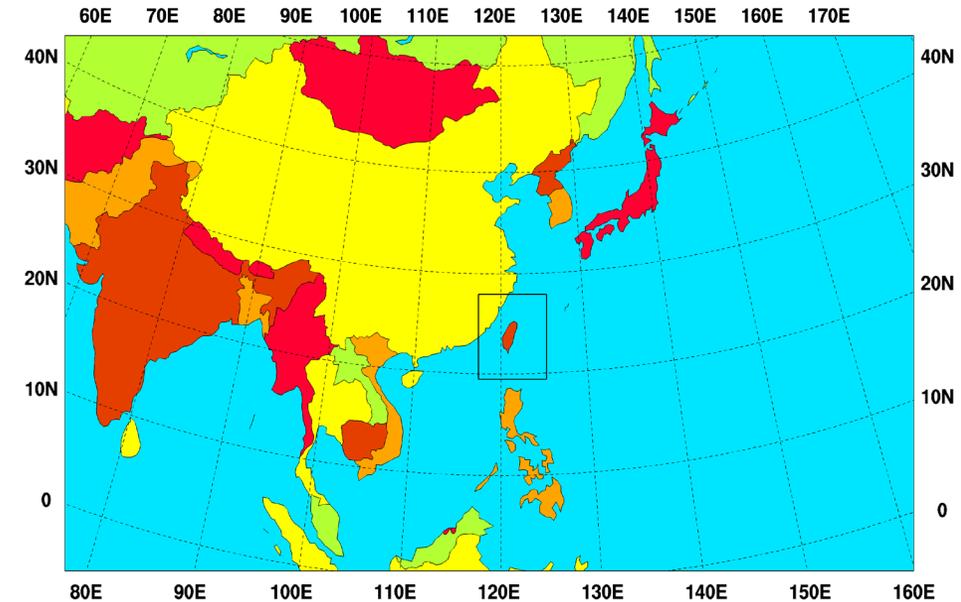
中央氣象署 科技發展組

李志昕 謝佳宏 吳婷琦

2024.09.04

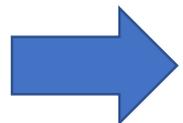
Configuration of WEPS

- Model Domain
 - 2 nested domain
 - 15/3-km
- Vertical level
 - 52 levels
 - Model top at 20 hPa
- Model Version :
 - WRF v4.4.2
 - WPS v4.4.2
- A total of 20 members per 6-hrs
 - IC perturbation + BC perturbation + Model perturbation
 - IC perturbation :
 - Combine the perturbations of EAKF 6-hr forecast and analysis of NCEP GEFS analysis downscale by blending scheme.
 - BC perturbation :
 - Leading 10 members of NCEP GEFS as BC.
 - Model perturbation :
 - Multi-physics + SKEB + SPPT+SPP_PBL.

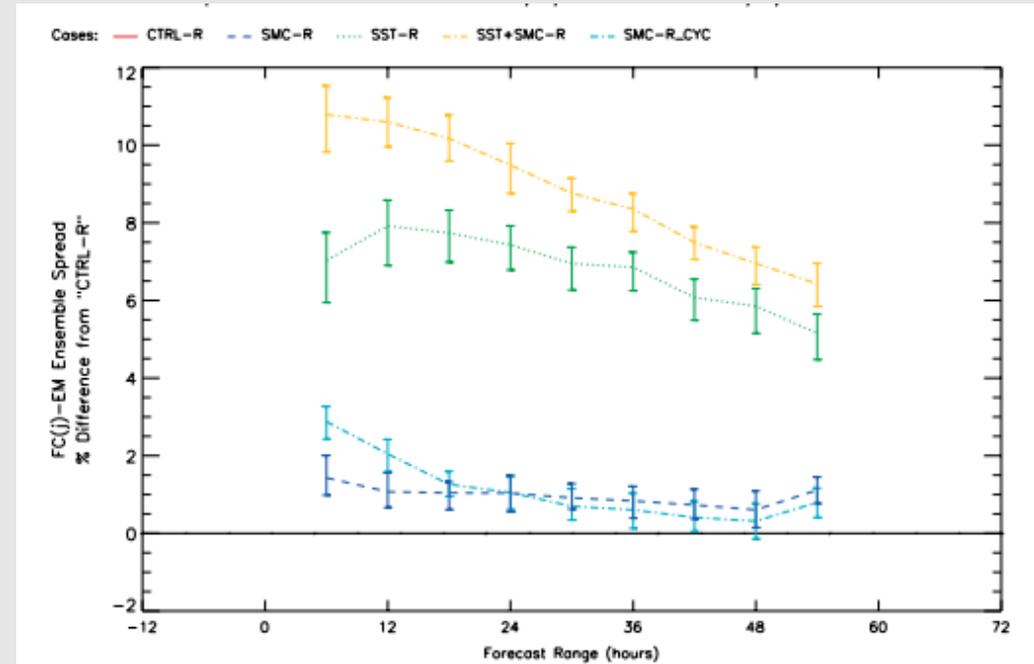


動機

- 過去WEPS僅針對初始場、側邊界條件及模式過程進行擾動，但一直**未**針對**下邊界擾動**進行探討。
- Met Office之全球及區域系集預報系統皆針對海溫及土壤濕度進行擾動。其中，區域模式之海溫擾動來源為全球模式，而全球模式海溫擾動是加入隨機擾動。
- Tennant 等人 (2013) 針對區域系集預報系統中評估加入海溫擾動，與未加入下邊界擾動之模式相比，**2 米溫度之離散度最多可增加 8 %** (如右圖綠線)



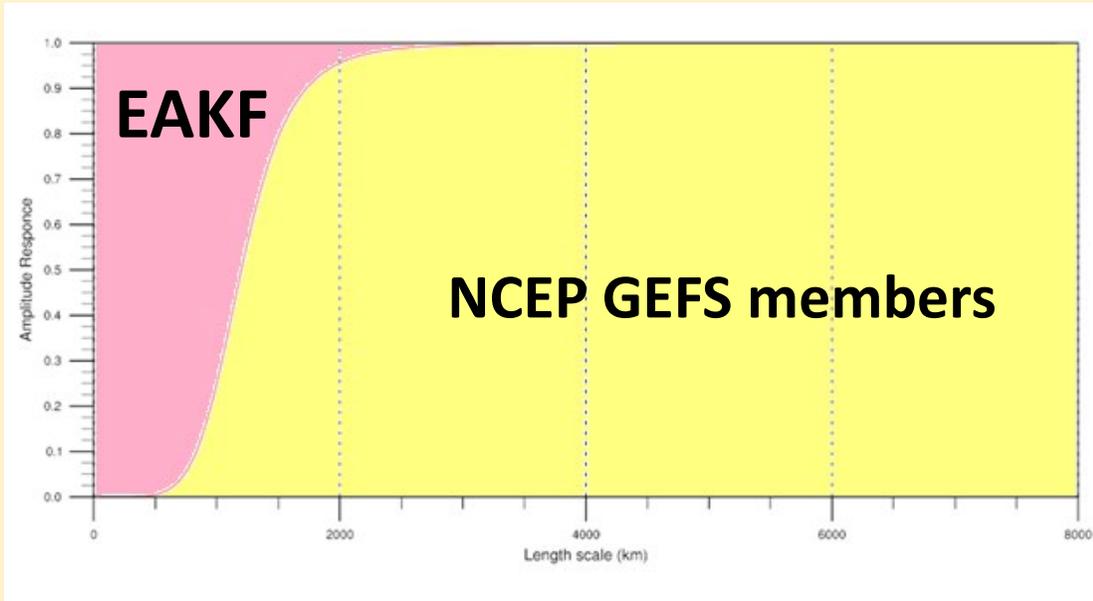
WEPS欲開始評估下邊界擾動



Warren Tennant, and Sarah Beare, 2014: New schemes to perturb sea-surface temperature and soil moisture content in MOGREPS. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* **140**, 1150–1160

然而.....

現況

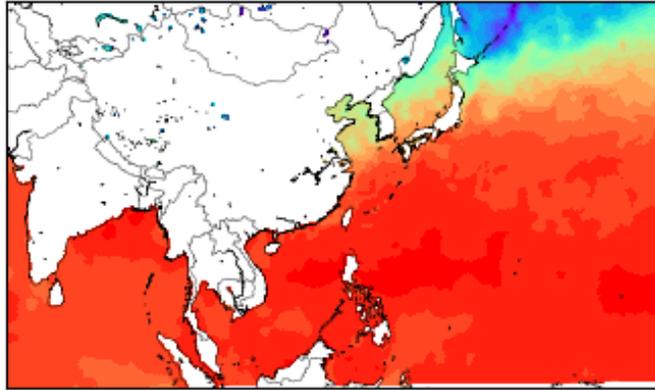


海溫 (SST) 不包含在Blend變數之中，因此目前作業之WEPS的海溫會和EAKF一樣。

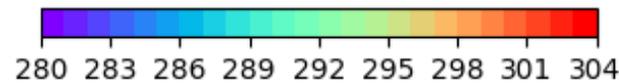
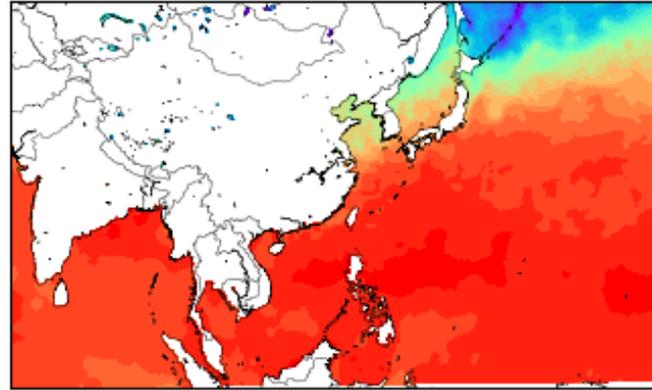
1. 透過Blending Method，將EAKF成員預報場之「大尺度環流系統」，置換為NCEP GEFS之「大尺度環流系統」。
 - Cut-off length=1200 km
 - Blended fields (13)
 - U, V, T, QVAPOR, PH, P, MU, U10, V10, T2, Q2, PSFC, TH2

WEPS初始場之上游資料海溫比較

EAKF: member 1



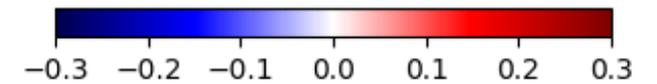
EAKF: member 2



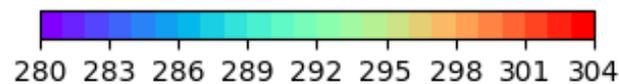
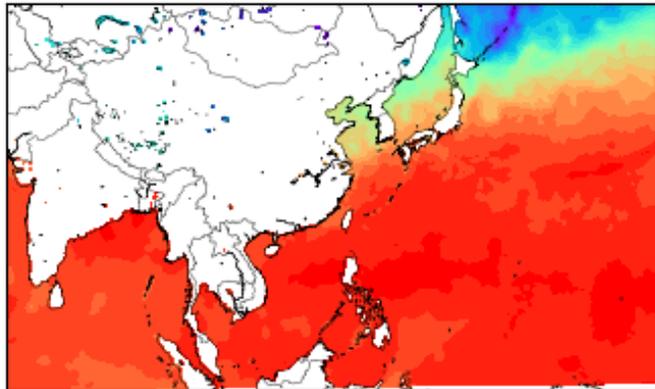
Diff = EAKF mm2 - mm1



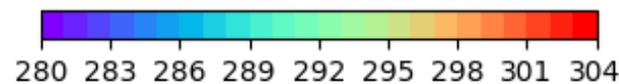
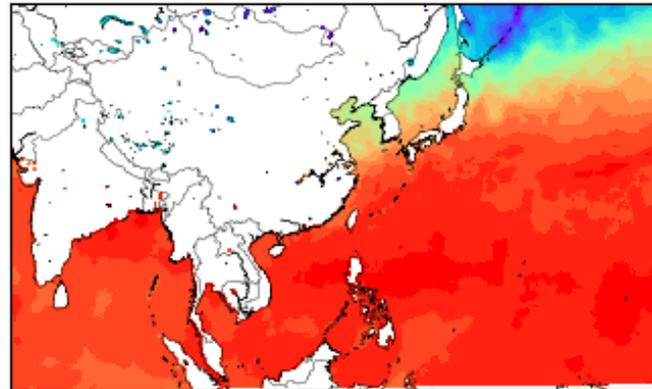
EAKF成員間的海溫一致，而NCEP GEFS成員間的海溫有差異。



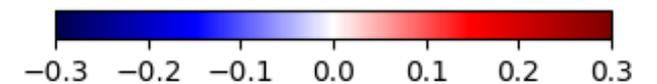
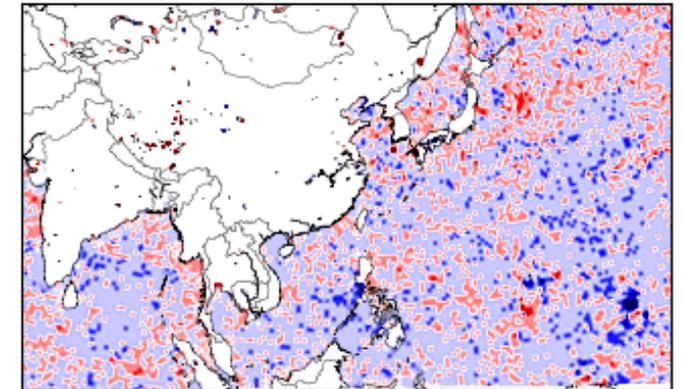
NCEP GEFS: member 1



NCEP GEFS: member 2



Diff = NCEP GEFS mm2 - mm1



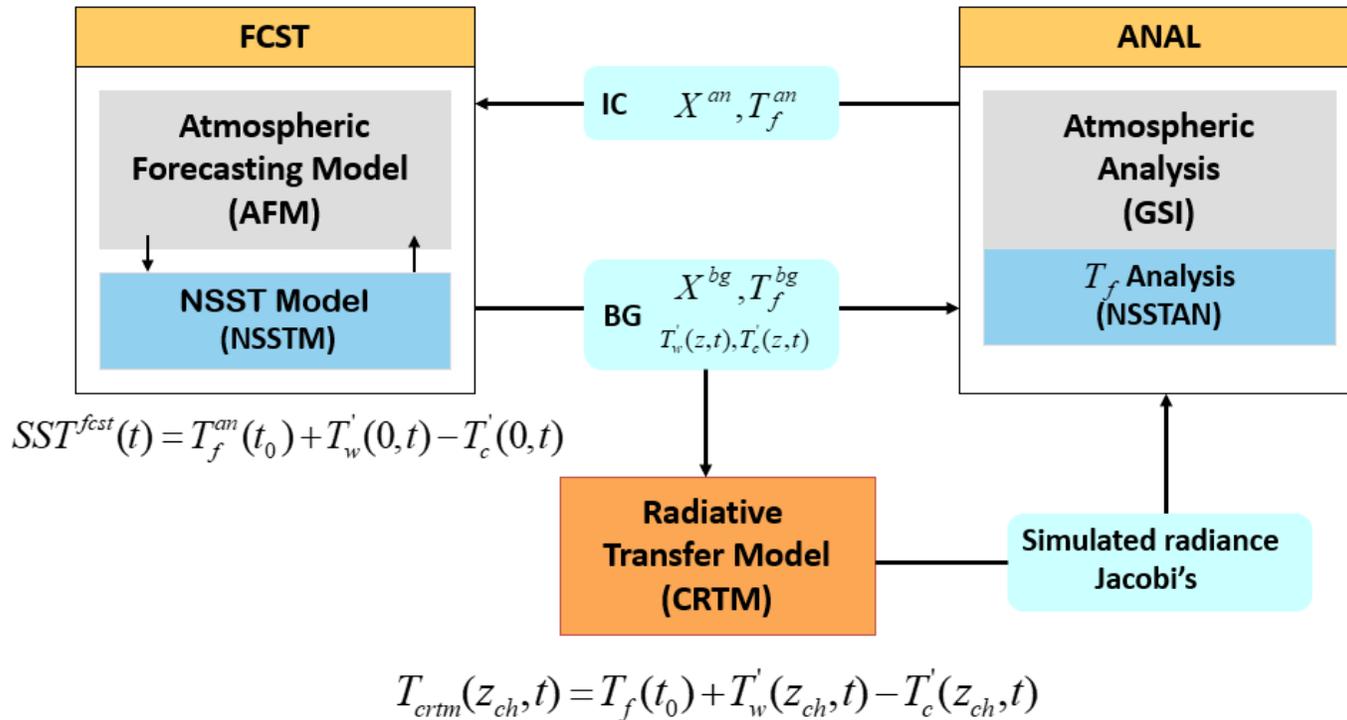
NCEP GEFS 海溫使用NSST

NCEP Global Ensemble Forecast System (Configuration)

Components		V12 (Oct. 2020)	V13 (Q2FY25)
Atmos	Dynamics	FV3 (Finite-Vol Cubed-Sphere) GFSv15	FV3 (Finite-Vol Cubed-Sphere) GFSv17
	Physics	saSAS, GFDL-MP, K-EDMF, oroGWD	saSAS, Thompson-MP, sa-TKE-EDMF, uGWD
	Initial perturbation	EnKF f06 (previous cycle)	EnKF f00 (early cycle)
	Model uncertainty	5-scale SPPT and SKEB	5-scale SPPT, SKEB, SPP, CA
	Boundary (ocean surface)	NSST + 2-tiered SST	NSST
	Resolutions	C384L64 (25km)	C384L127 (25km)
Land	Model	NOAH-LSM	NOAH-MP
	Initial perturbation	N/A	Soil moisture
Ocean	Model	N/A	MOM6 (0.25°L75)
	Initial perturbation	N/A	SOCA-Ens
	Model uncertainty	N/A	5-scale oSPPT and ePBL
Ice	Model	N/A	CICE6 (0.25°)
	Initial condition	N/A	SOCA-Ens
Wave	Model	WW3 (one way)	WW3 (2-way) (0.25° lat/lon grid)
Aerosol	Model	GOCART (one way)	GOCART (2-way)



NSST簡介



資料來源

https://www.emc.ncep.noaa.gov/emc/pages/numerical_forecast_systems/sst.php

1. T_f 為NCEP大氣模式資料同化系統中之一個變數，進行觀測資料同化。因此會透過觀測資料來更新此一變數。
2. NSST模組中，考慮了兩個物理過程：日間溫躍層 (warm layer) 的加熱和表層 (skin layer 或 sub layer) 的冷卻，為方程式中的 T_w 和 T_c 。而 T_w 和 T_c 的過程需要大氣模式的輸入，包含長波和短波輻射、地面氣壓, surface layer winds, temperature and specific humidity, and rainfall。

也因此，計算出來的SST會受到大氣模式的影響，由於GEFS每個成員的大氣分析場不同，也因此NCEP GEFS之成員海溫會有差異。

NCEP GEFS沒有專門針對海溫作擾動，但期望先透過簡單的測試，了解成員間海溫差異對於WEPS之影響。

解決方案

在現行作業架構下，在初始場中，將NCEP GEFS的海溫，取代原本的海溫。（預報中海溫不會隨著改變）

實驗設計

實驗	海溫
CTRL	海溫來自EAKF
pSST	海溫來自NCEP GEFS

實驗期間：
2023/9/30 至10/5 00和12 UTC（小犬颱風）

校驗真值：

1. 臺灣陸地近地面校驗：使用臺灣陸地上之觀測資料。因此在觀測點上進行校驗。
2. 綜觀尺度天氣預報校驗：使用ECMWF IFS 0.1度分析場。

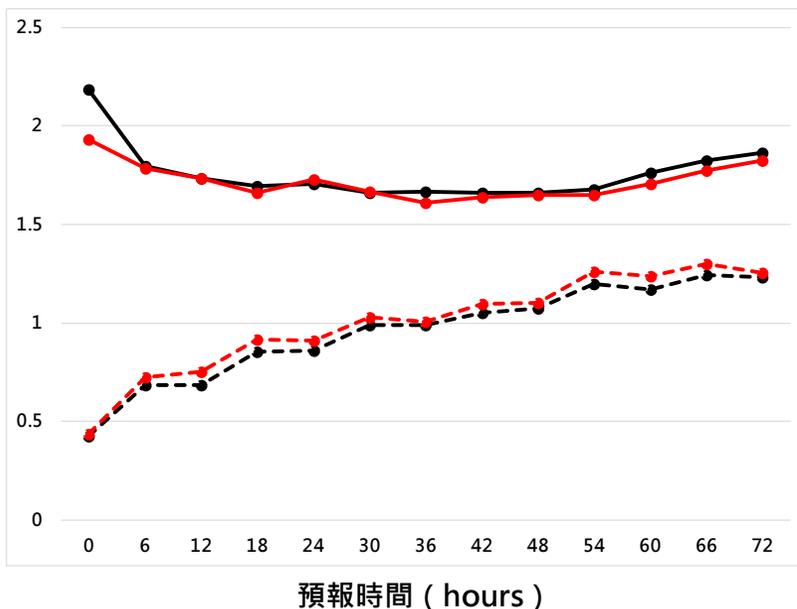
預期結果

- 本研究在初始場中加入海溫擾動，但海溫並不會隨著預報時間變化。因此，可能的預報結果：
 1. 增加海溫擾動，預期能提升離散度。
 2. 海溫擾動僅在初始時間加入，隨著預報時間，離散度的影響會下降。
 3. 根據本署颱風數值模式（TWRF）之結果，海溫改變對於颱風預報有較明顯的影響。

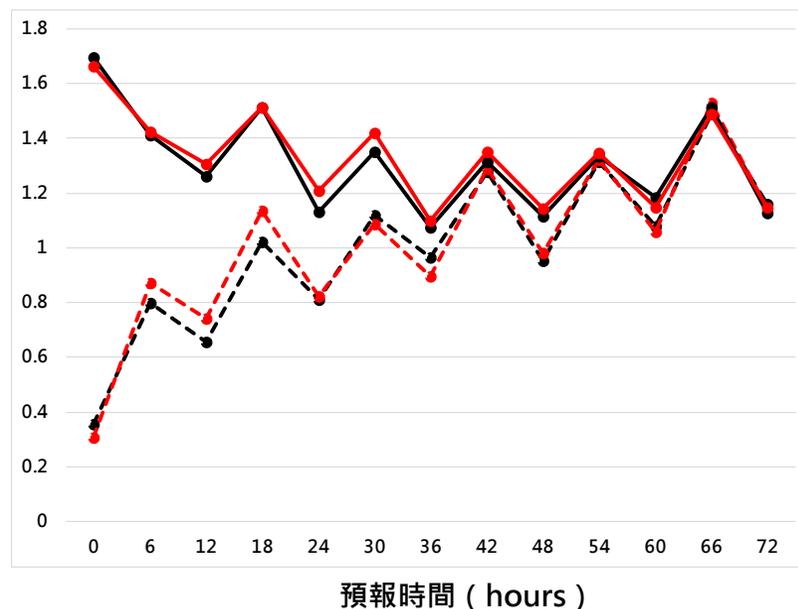
實驗結果

臺灣陸地之近地面預報校驗

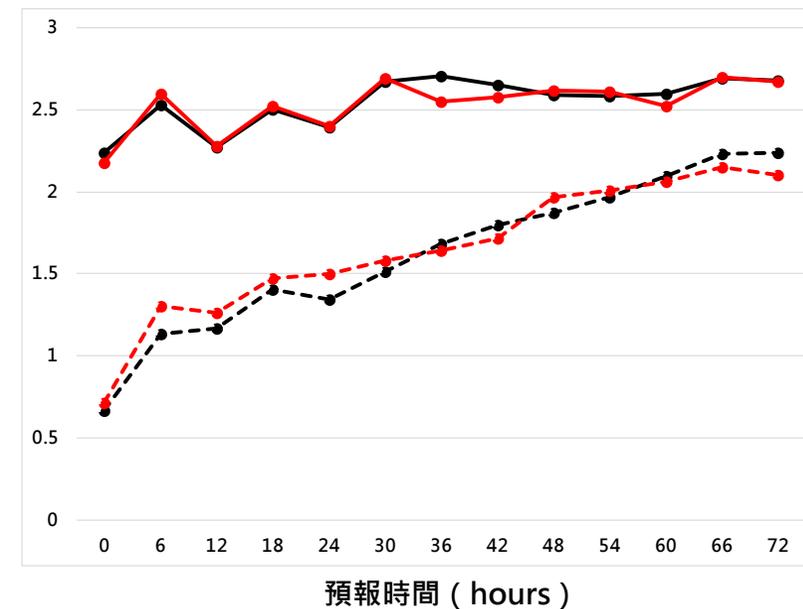
兩米混合比



兩米溫度



十米風速



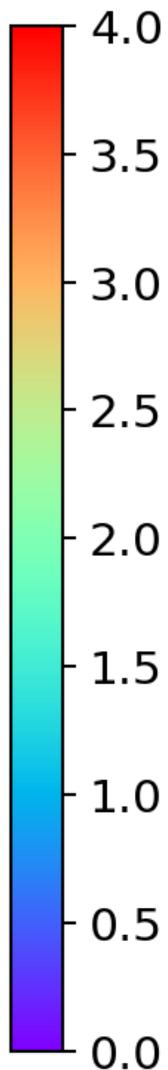
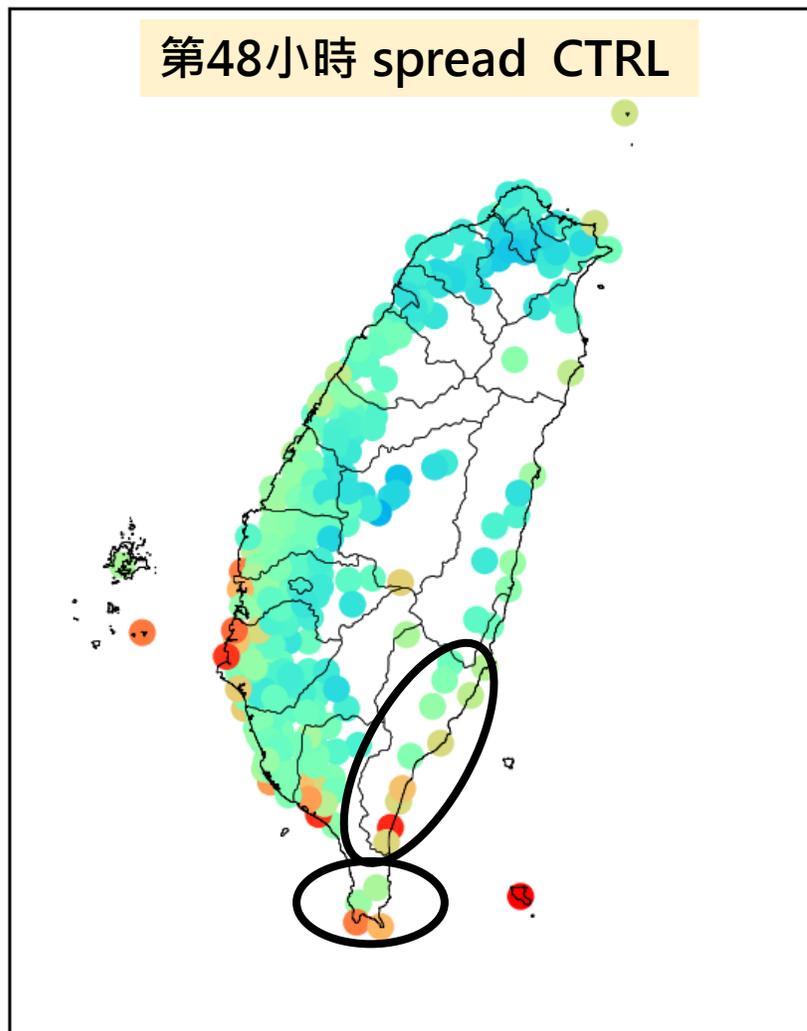
- 預報離散度稍微增加，兩米混合比之平均離散度大約可增加5%，十米風速約改善3%。(0.95 → 1.0)
- RMSE稍微改善，兩米混合比改善最多，平均誤差改善約2%，十米風速改善只有0.5%。

— CTRL
— pSST

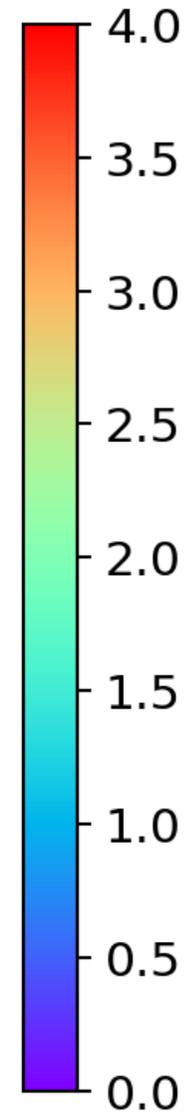
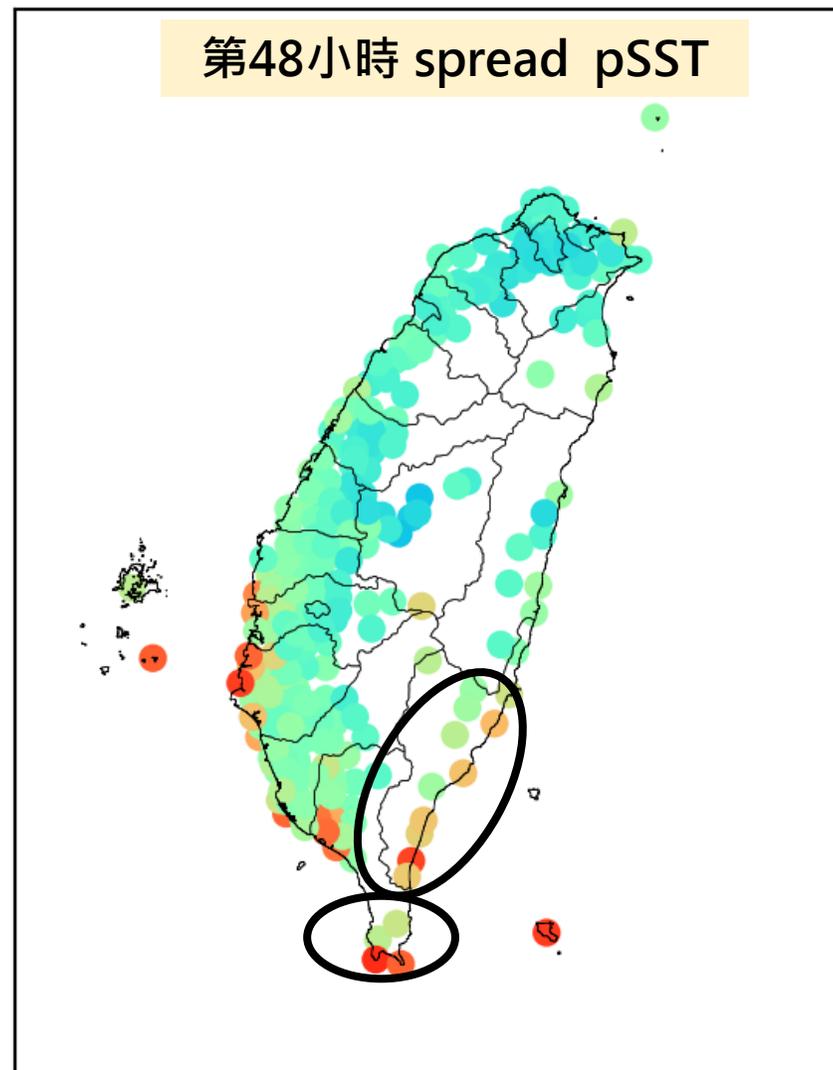
實線 RMSE
虛線 Spread

十米風離散度二維圖

Spread for Wind Speed(m/s)



Spread for Wind Speed(m/s)

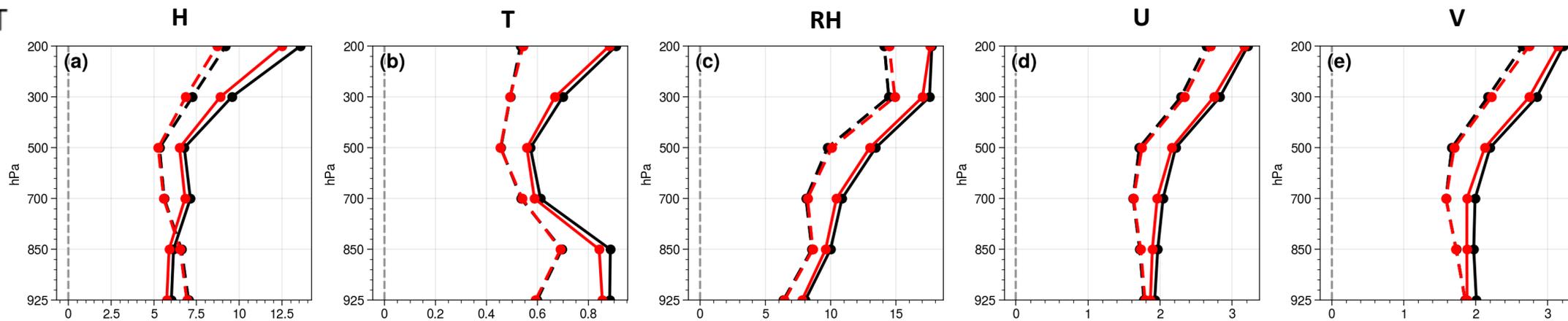


離散度增加的地區，主要是在沿海的測站點

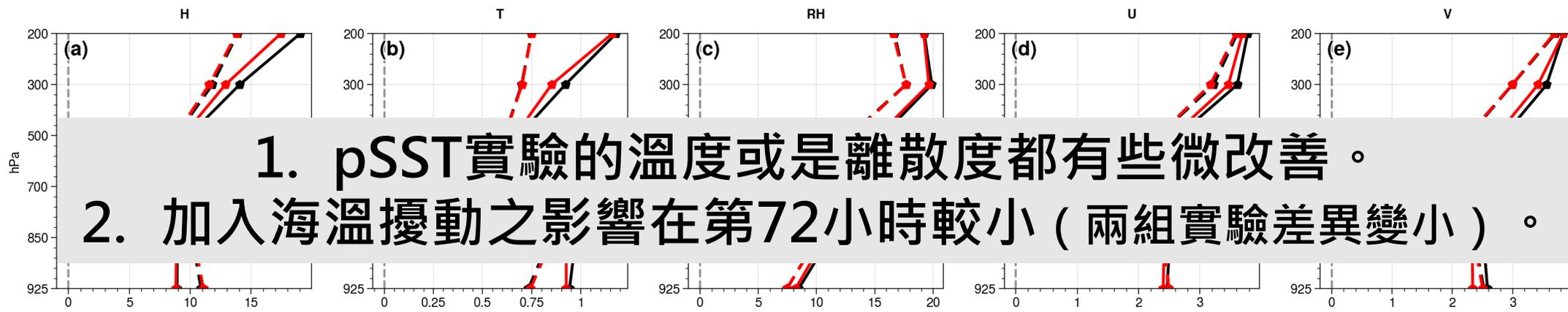
綜觀尺度天氣預報校驗---Domain 1全部格點

— CTRL
— pSST

預報第
24小時

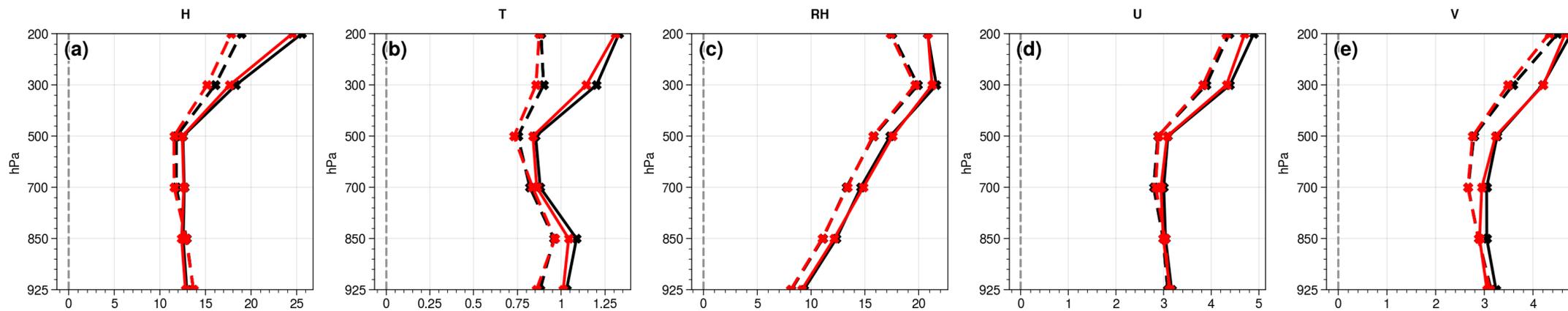


預報第
48小時



1. pSST實驗的溫度或是離散度都有些微改善。
2. 加入海溫擾動之影響在第72小時較小（兩組實驗差異變小）。

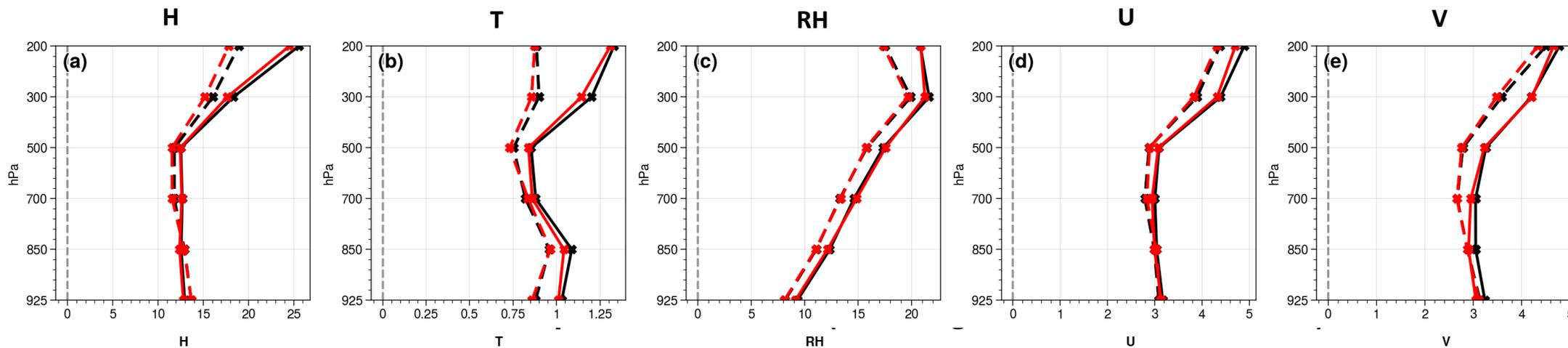
預報第
72小時



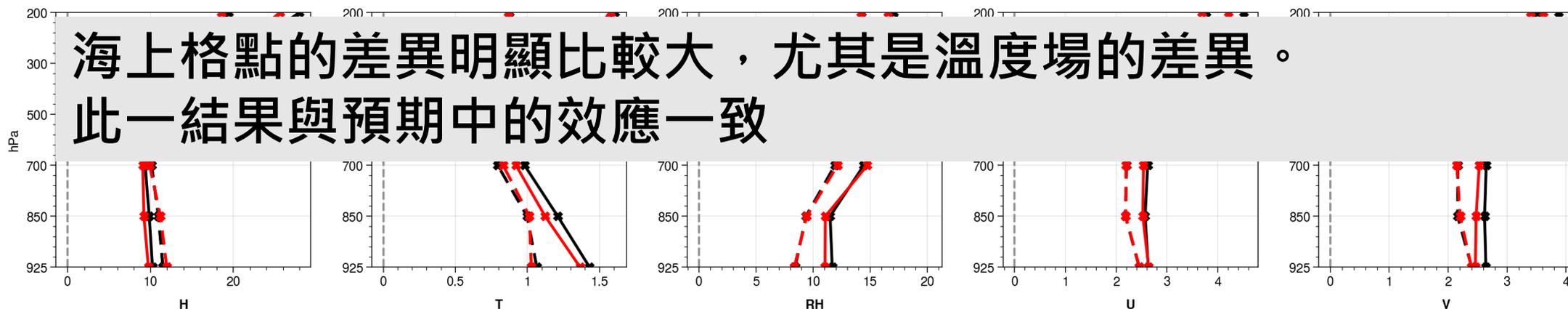
綜觀尺度天氣預報校驗 --- 海陸點比較 (72小時預報)

CTRL
pSST

全部
格點

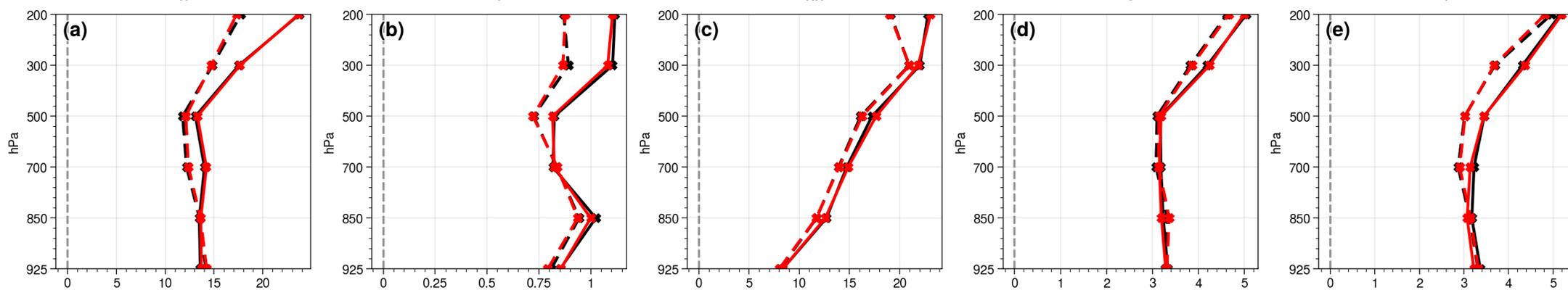


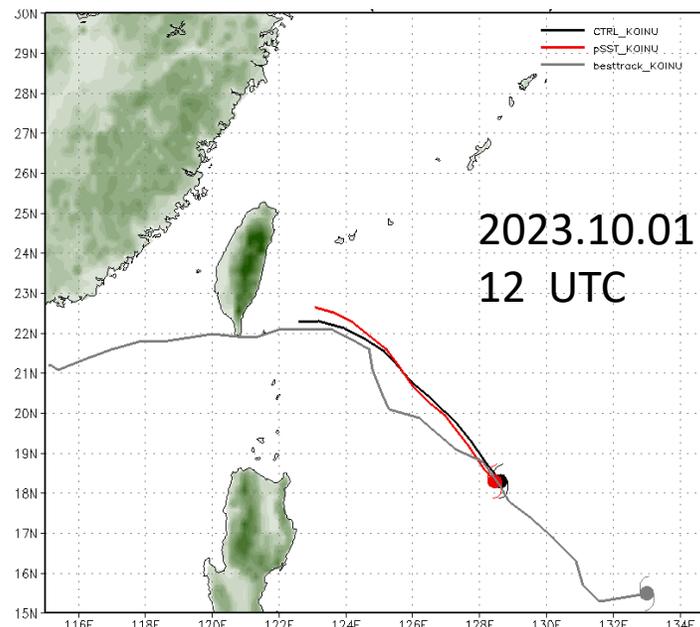
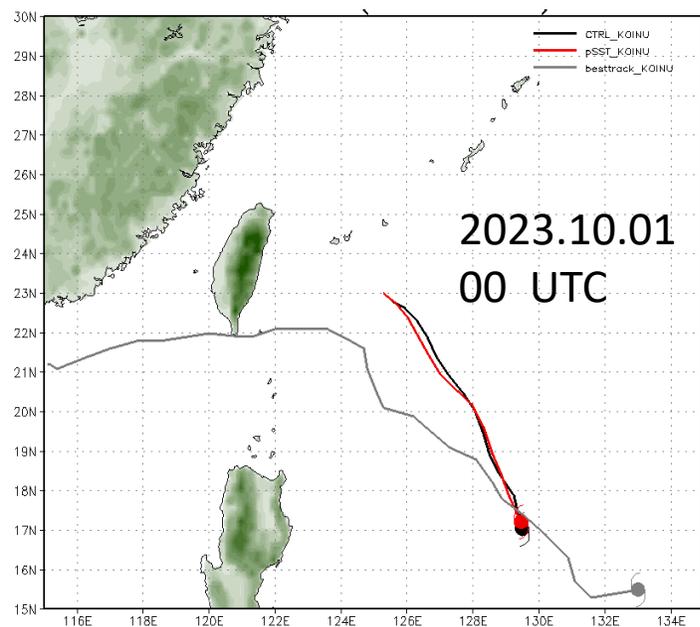
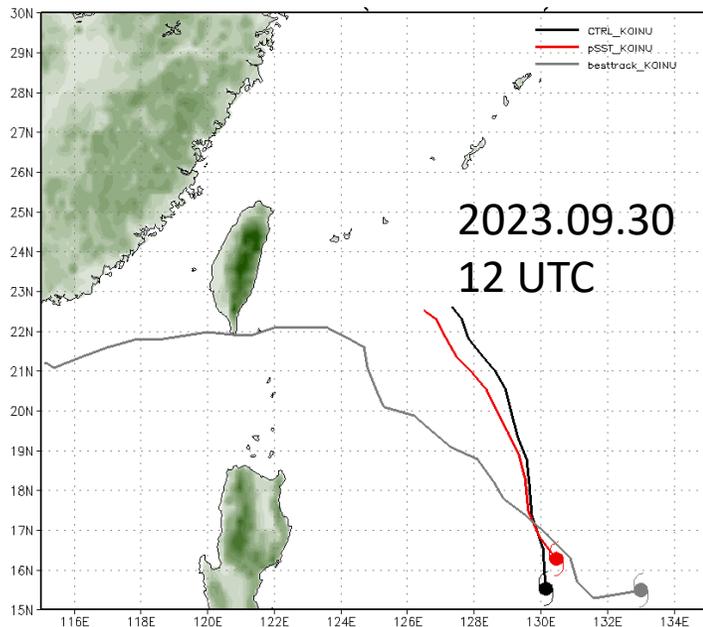
海洋
格點



海上格點的差異明顯比較大，尤其是溫度場的差異。此一結果與預期中的效應一致。

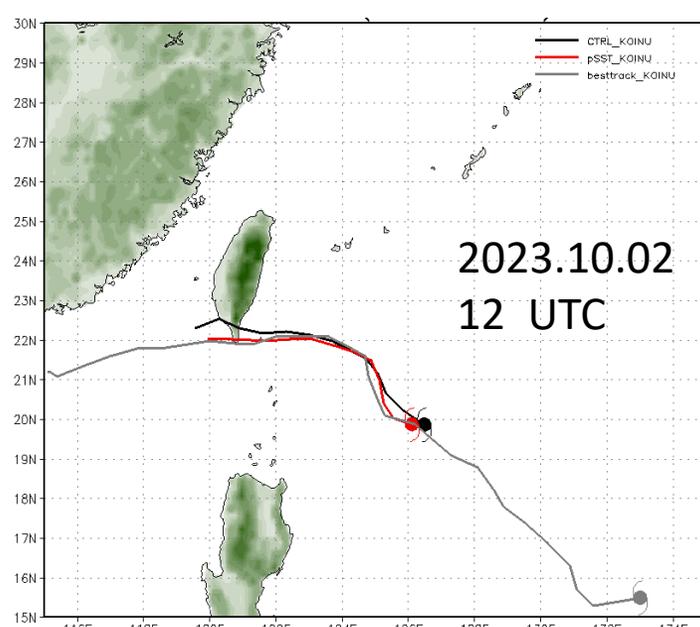
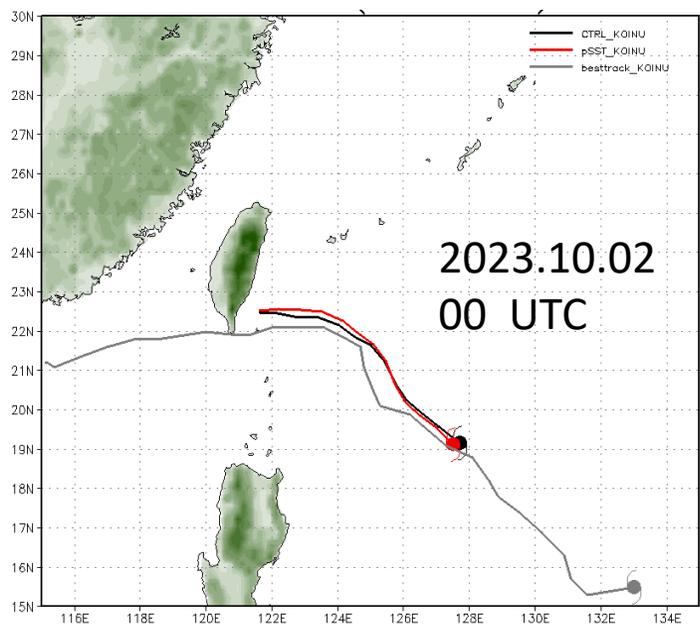
陸地
格點





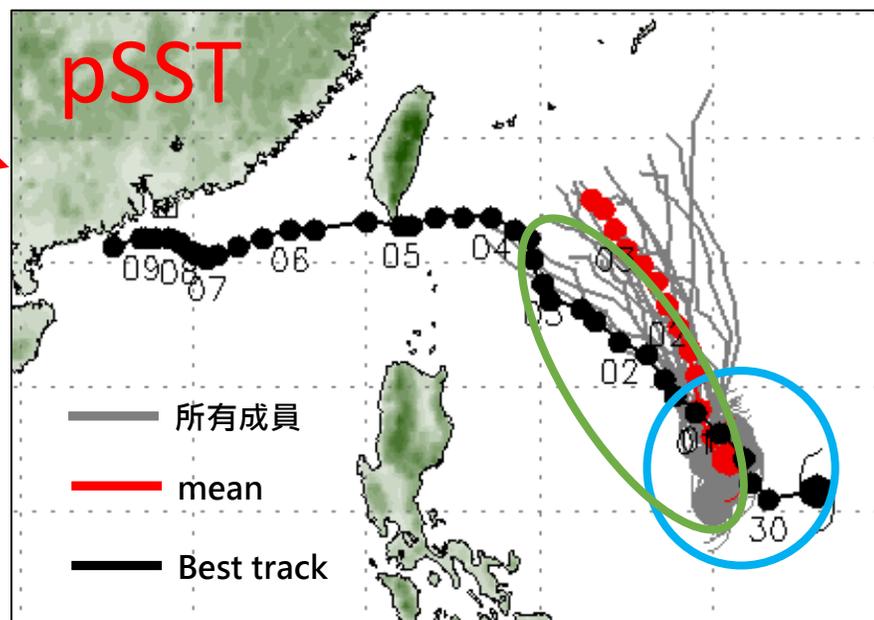
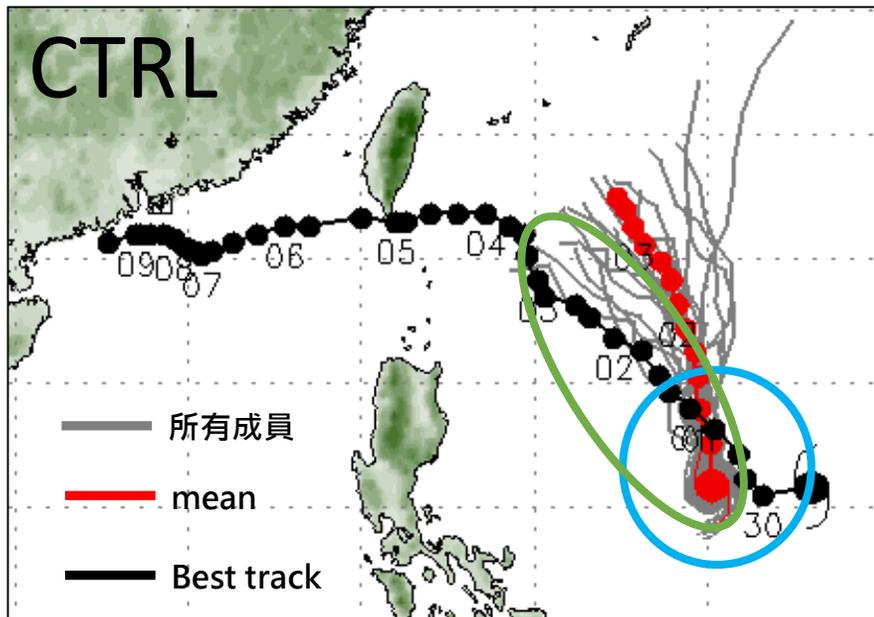
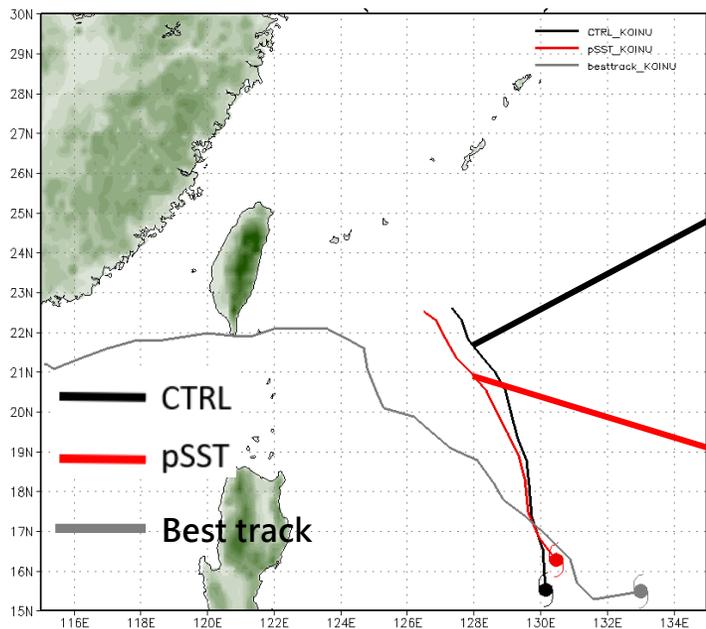
— CTRL
— pSST
— Best track

- 在颱風前期（9/30時），兩者路徑預報都不太好，但 **pSST實驗之颱風預報路徑較偏向best track，且在初時時間的位置較佳。**
- WEPS對於小犬颱風的路徑預報表現不錯，之後兩者實驗的路徑表現差異不大。值得一提，**pSST實驗對於登陸地點掌握較佳。**



— CTRL
— pSST
— Best track

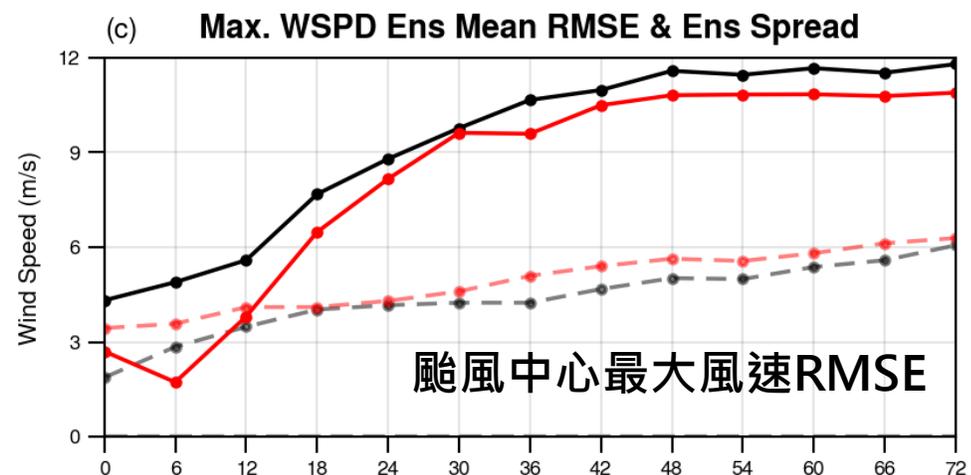
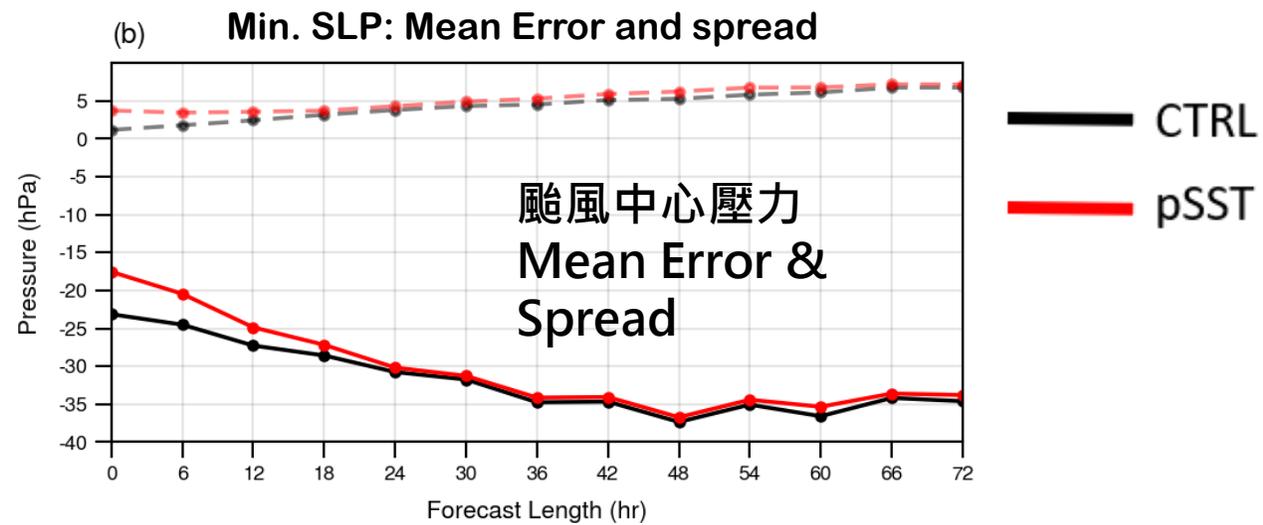
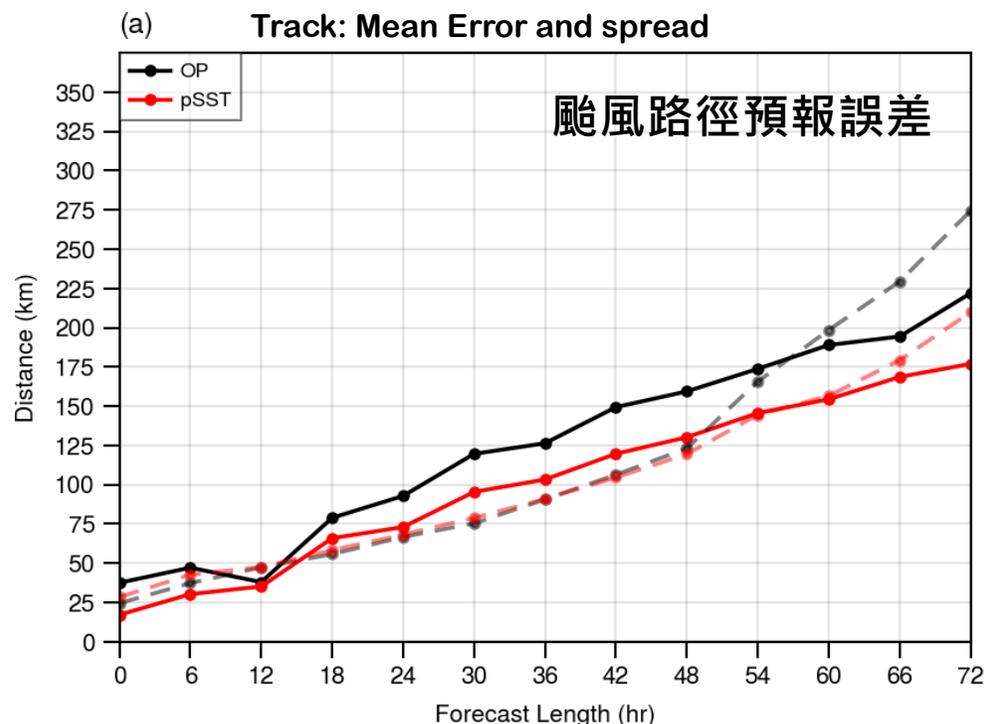
23093012



1. CTRL實驗的初始颱風位置一致，但有明顯偏差情況；pSST實驗之颱風初始位置離散度較大，平均之後，初始位置較為合適。

2. pSST實驗有些成員預報路徑就比較接近best track，系集平均表現較佳。

KOINU WEPS Exps: 00 UTC 30 9 2023 ~ 12 UTC 05 10 2023 (12 runs)



1. pSST實驗之颱風路徑誤差較小，和颱風路徑圖結論一致。
2. 由颱風中心壓力及最大風速來瞭解颱風強度預報，皆顯示pSST實驗能提升強度預報離散度及預報表現。以中心壓力來看，能改善原本強度偏弱的狀況。

結論與未來展望

- WEPS使用NCEP GEFS海溫擾動，期望能增加下邊界條件之離散度，測試結果指出：
 1. 能稍微改善綜觀尺度預報及臺灣近地面預報表現。
 - 綜觀尺度天氣預報之改善以海洋格點較為顯著；近地面預報也是以沿岸格點改善較大。
 2. 能改善颱風路徑預報誤差，並改善颱風強度預報及離散度。

→ 雖然NCEP GEFS並沒有提供好的海溫擾動，但即便如此，有海溫擾動仍然對於WEPS有正向貢獻，也顯示下邊界擾動的重要性。

- 未來期望能上線作業，但仍需針對更多颱風個案進行測試，此外也期望針對不同天氣系統之影響進行了解（包含冬季或是梅雨）。
- 未來也會投入發展土壤溫溼度等下邊界擾動。