



# 精進臺灣海域三維海流系集同化 預報模式系統 - 以2015年蘇迪勒颱風為例

周姿吟、尤皓正、張應龍、于嘉順、朱啓豪

西灣海環科技股份有限公司  
美國維吉尼亞威廉與瑪麗學院海洋科學研究所  
交通部中央氣象署海象測報中心





# 目錄

## CONTENTS

01

### ▶ 模式介紹

SCHISM  
CWA-OCM  
ESMF/PDAF  
三維海流系集同化模式

02

### ▶ 三維海流系集 同化模式

2015年蘇迪勒颱風案例

03

### ▶ 案例分析

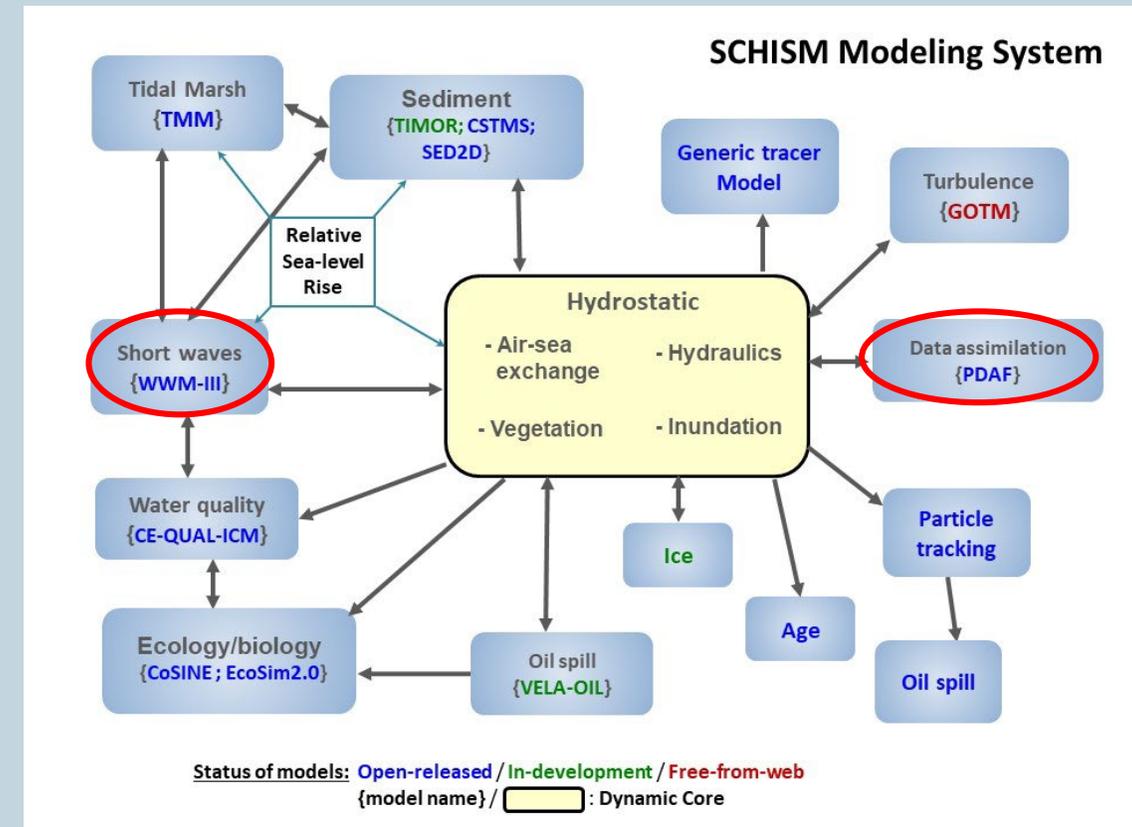
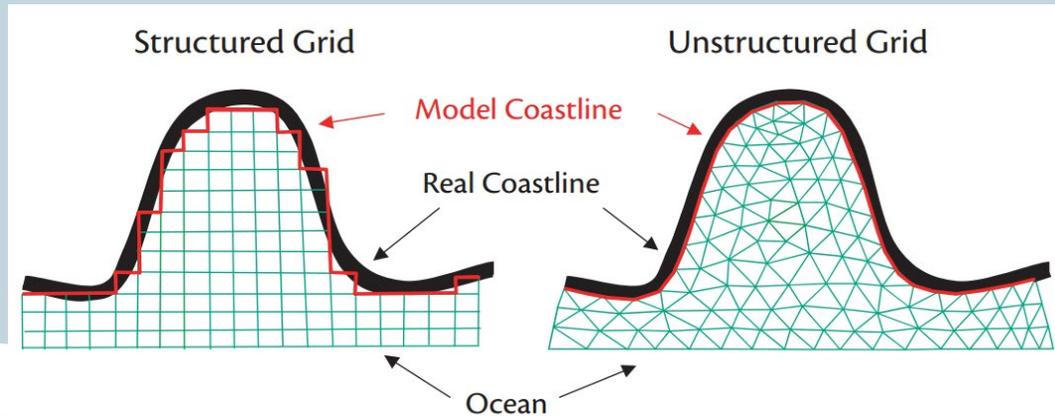
系集數量分析  
不同觀測資料分析



# SCHISM

(Semi-implicit Cross-scale Hydroscience Integrated System Model)

- 利用半隱式法進行求解，可使用較大的時間步長計算，並確保模式的穩定與精度，避免數值擴散
- 透過耦合多個模組進行運算，如波浪計算模組、懸浮沉積物模組、生態模組等
- 採用非結構性網格，相比結構性網格能更貼近真實岸線



# 三維海流作業化模式系統(CWA-OCM)

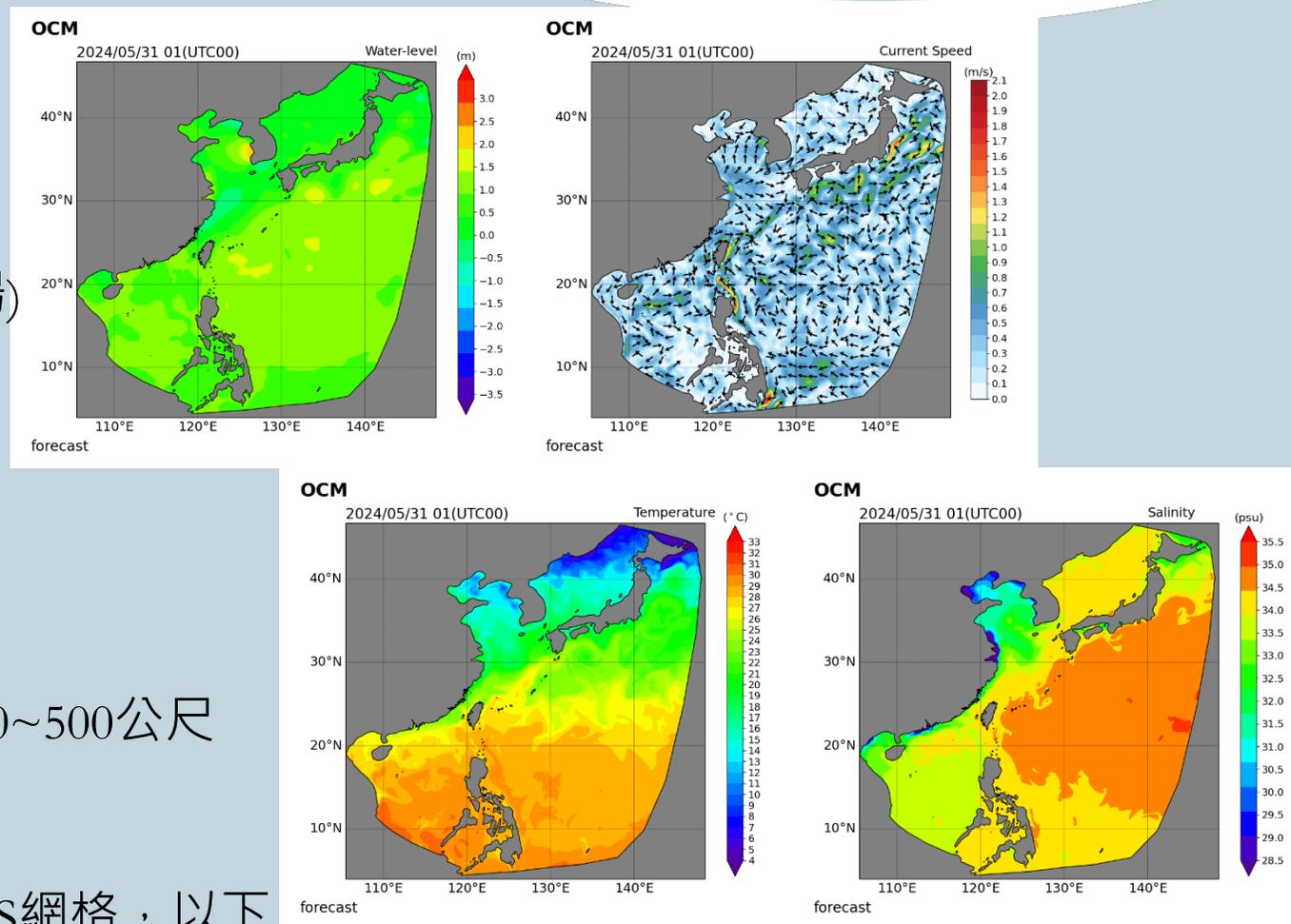
- 以SCHISM模式
- 初始場: RTOFS/HYCOM全球模式
- 氣象場: CWA-WRF (15km, 3km)
- 5 days (分析場) + 4 (長備援GFS 7天) days (預報場)

## 水平解析度

- 節點數量 500k nodes
- 元素 1000k elements
- 最大網格：小於8公里
- 最小網格：港內小於100公尺、近岸200~500公尺

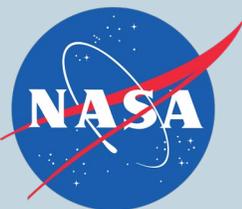
## 垂直解析度

- LSC2 Grid，1050公尺以上採用S網格，以下採用Z網格。每點有不同分層, 由 5 至 48 層
- 避免S網格將較強水平海流轉換為垂直壓力梯度造成異常海流現象

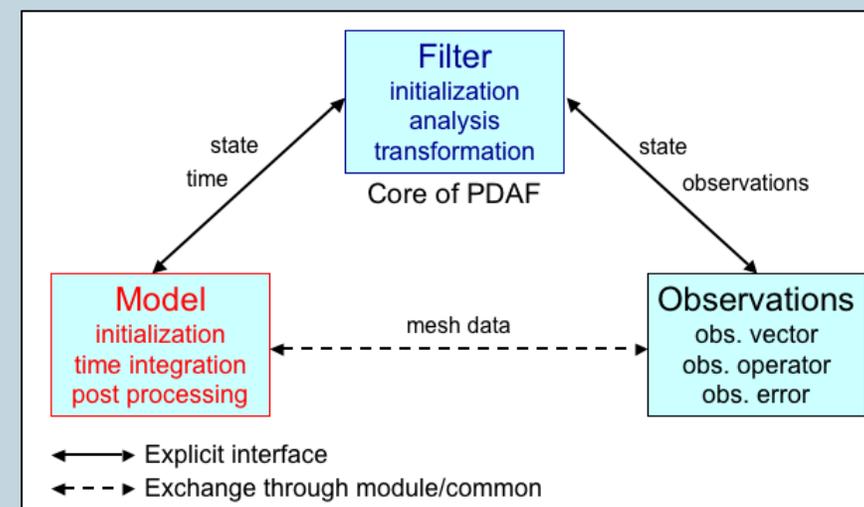
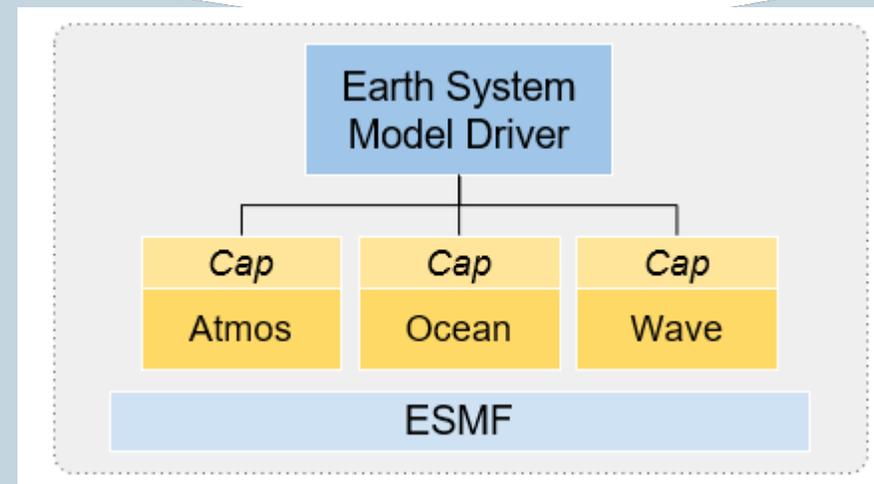


# ESMF/PDAF 基本介紹

- ESMF (Earth System Modeling Framework)
  - 耦合不同地球模式之高性能軟體架構
  - 簡化模式耦合步驟並控制其耦合計算方式
  - 控制模式間之資料交換



- PDAF (Parallel Data Assimilation Framework)
  - 依據模式狀態與觀測資料提供模式最佳分析場
  - 採用平行架構計算並提供多種不同同化方法



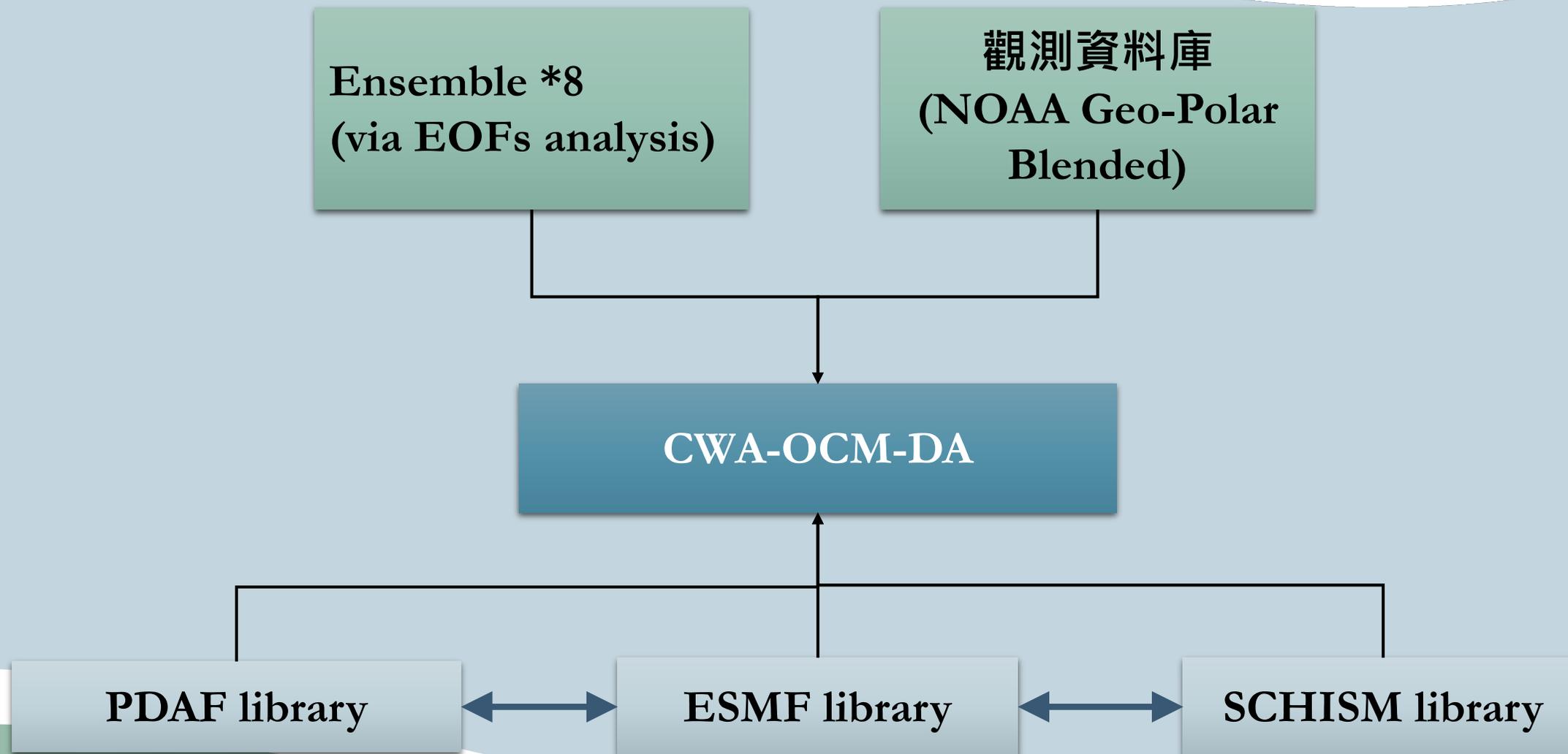
# PDAF目前支援之同化方法



2022年新增

	Filter	Localized version	Status	Reference
Ensemble Filter	Error-Subspace Transform Kalman Filter (ESTKF)	LESTKF	Ready	Nerger et al. (2012a, 2012b)
	Ensemble Transform Kalman Filter (ETKF)	LETKF	Ready	Hunt et al. (2007)
	Ensemble Kalman Filter (EnKF)	LEnKF	New	Evensen (1994)
	Singular Evolutive Extended Kalman (SEEK)		New (deprecated in future)	Pham et al. (1998b)
Particle Filter	Singular Evolutive Interpolated extended Kalman (SEIK)	LSEIK	New	Pham et al. (1998a, 2001)
	Non-linear Ensemble Transform Kalman Filter (NETF)	LNETF	New	Tödter & Ahrens (2015)
	Particle Filter with resampling (PF)		New	Vetra-Carvalho Sanita et al. (2018)
Var	3DVar with parameterized covariance matrix (3DVar)		In development	Bannister (2017)
	3DVar using ensemble covariance matrix (3DEnVar)	Ensemble perturbations are updated with the LESTKF filter	In development	Bannister (2017)
Hybrid	Hybrid 3DVar using a combination of parameterized and ensemble covariance matrix (Hyb3DVar)	Ensemble perturbations are updated with the LESTKF filter	In development	Bannister (2017)

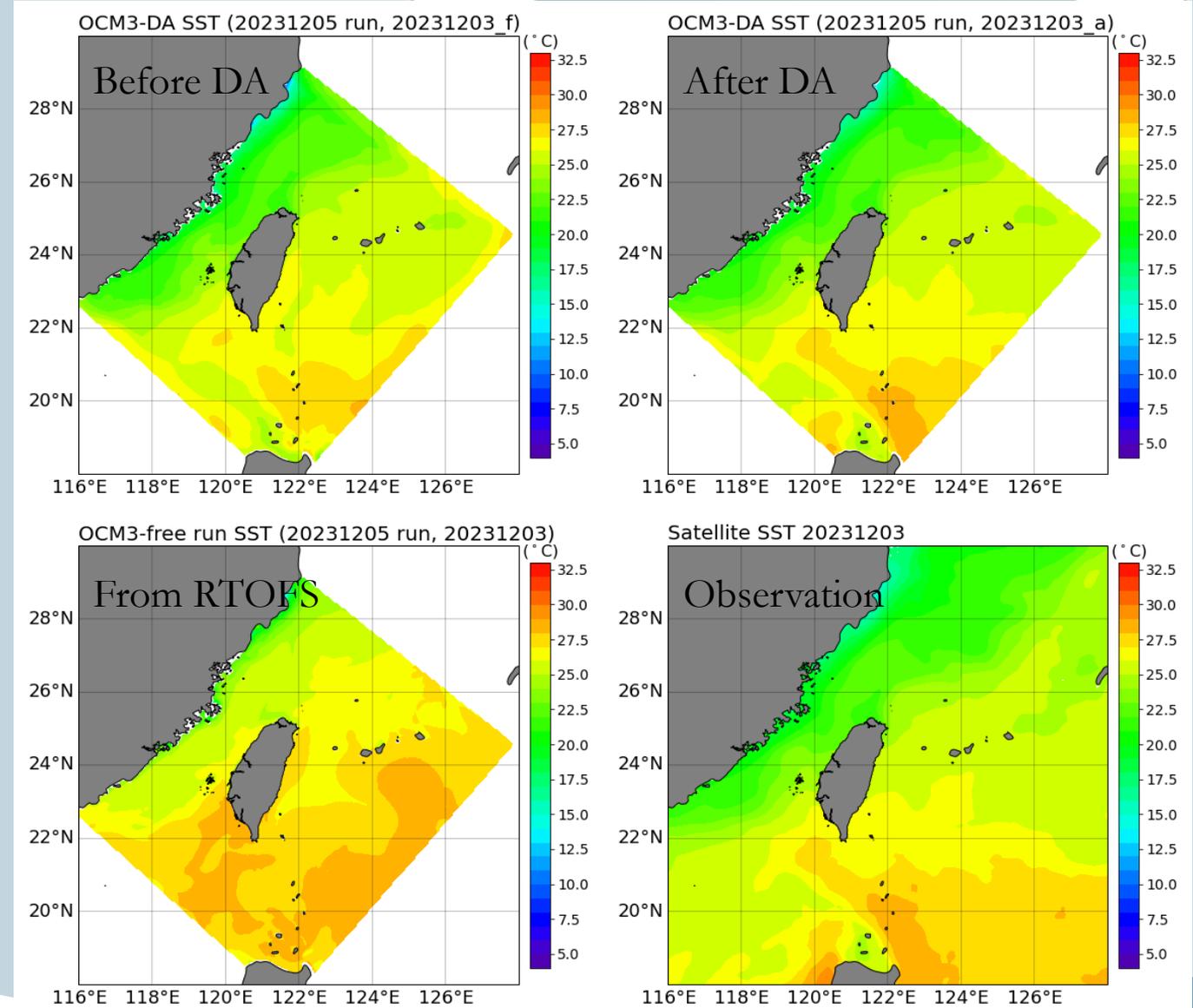
# 三維海流系集同化模式



# 三維海流系集同化模式(OCM3)



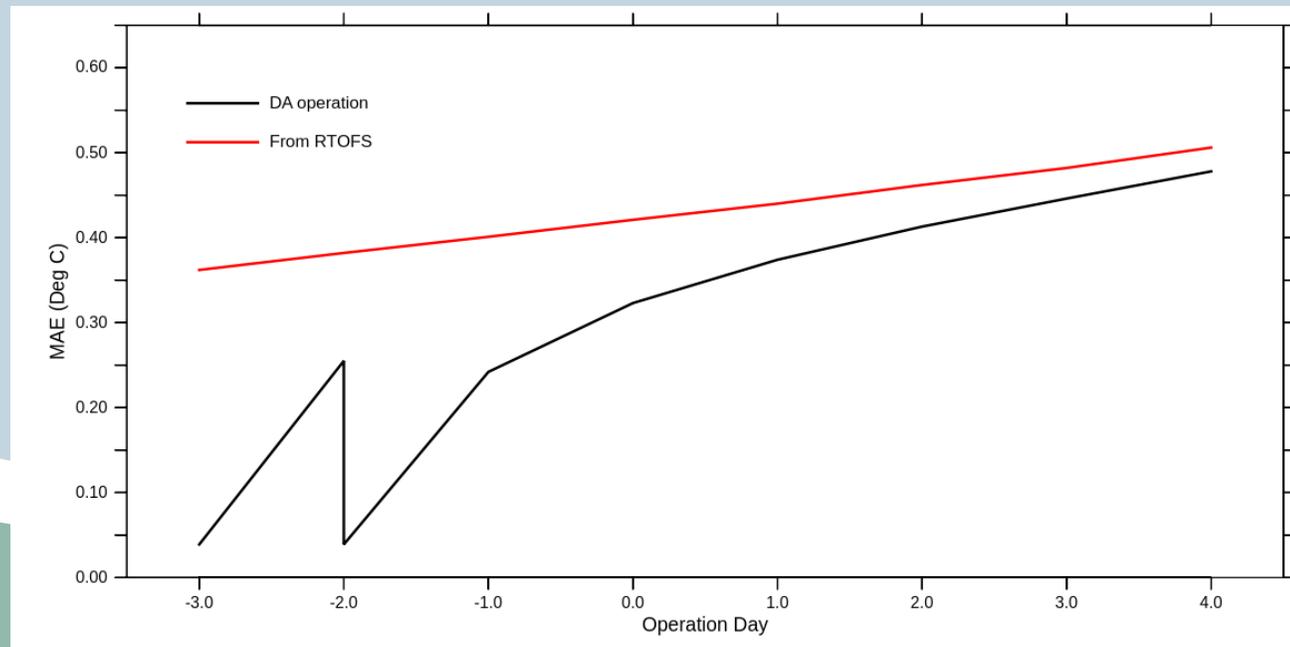
- 觀測資料: SST (NOAA Geo-Polar Blended)
- PDAF 同化參數:
  - 8 members
  - LESTKF
  - DA frequency: 1 day
  - local\_range=0.1 degree
  - forget =0.8
- 作業化模式設定:
  - Simulations: -3 ~ -2 days
  - OCM3 domain
  - Fully-parallel mode
  - 初始場 / 邊界場 / 氣象場與CWB-OCM相同



# 三維海流系集同化模式(OCM3)

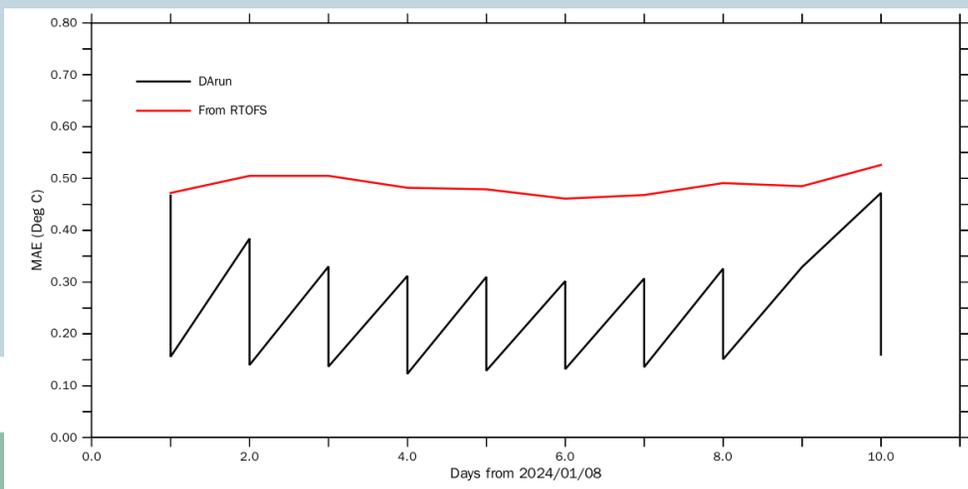
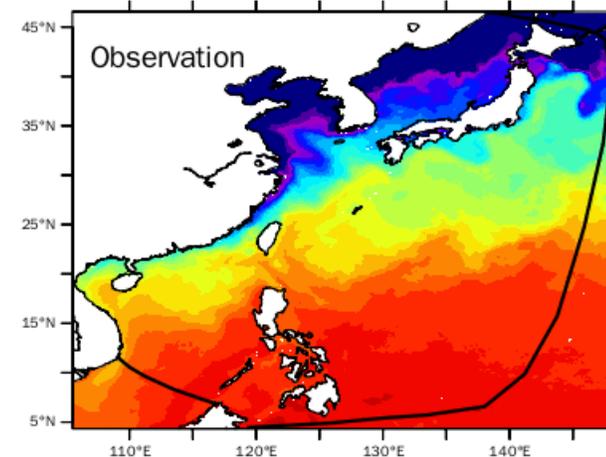
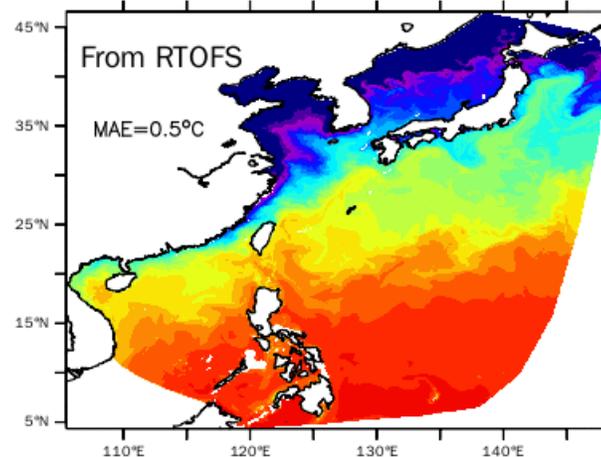
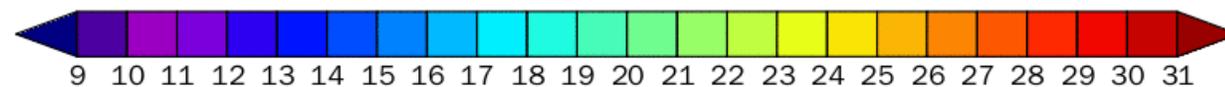
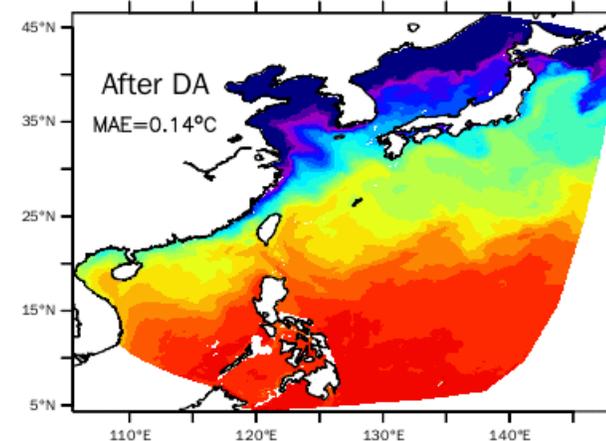
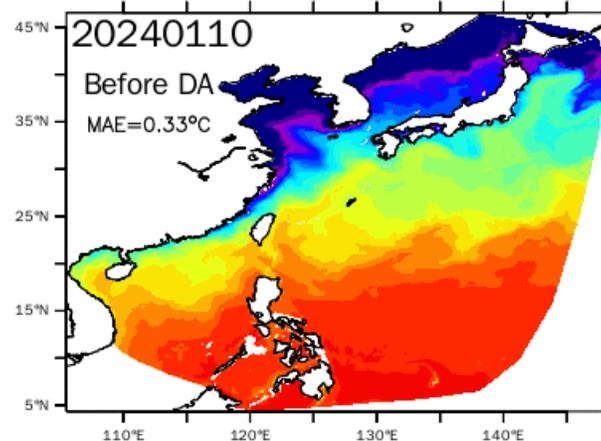
在不同預報天數之海表溫  
預報差異

- from RTOFS起算之預報  
誤差約為0.35~0.5度左右
- 同化後預報結果可有效  
降低其平均誤差



# 三維海流系集同化模式(CWA-OCM-DA)

- 同化分析可降低海表溫誤差
  - 約降至 $0.15^{\circ}\text{C}$  以下
  - From RTOFS約為 $0.5^{\circ}\text{C}$  左右
- 即便當日觀測資料缺失，隔日如確保觀測資料能提供，同化分析仍可有效降低誤差。

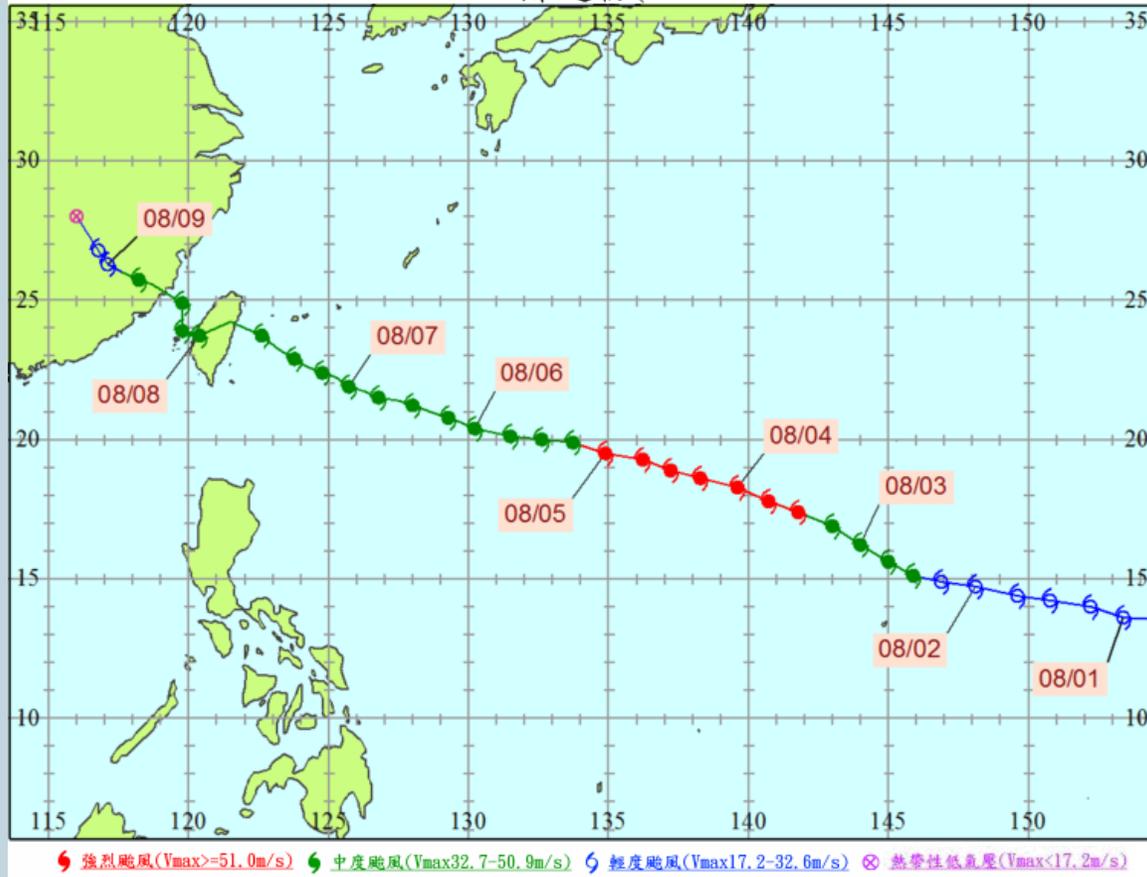


# CWA-OCM-DA 2015年蘇迪勒颱風案例測試



交通部中央氣象署  
Central Weather Administration

201513 蘇迪勒(SOUDELOR)



- 網格: 現有之作業化CWA-OCM範圍
- 初始與邊界場: HYCOM
- 氣象場: ECMWF-ERA5
- 模擬時間: 2015/7/29 ~ 2015/8/12, 共14日
- 同化資料: ESA-SST、AVISO-SSH
- DA參數
  - 8 members
  - LESTKF
  - DA frequency: 1 day
  - local\_range=0.1 degree
  - forget =0.8
  - 量測誤差: 由觀測資料提供

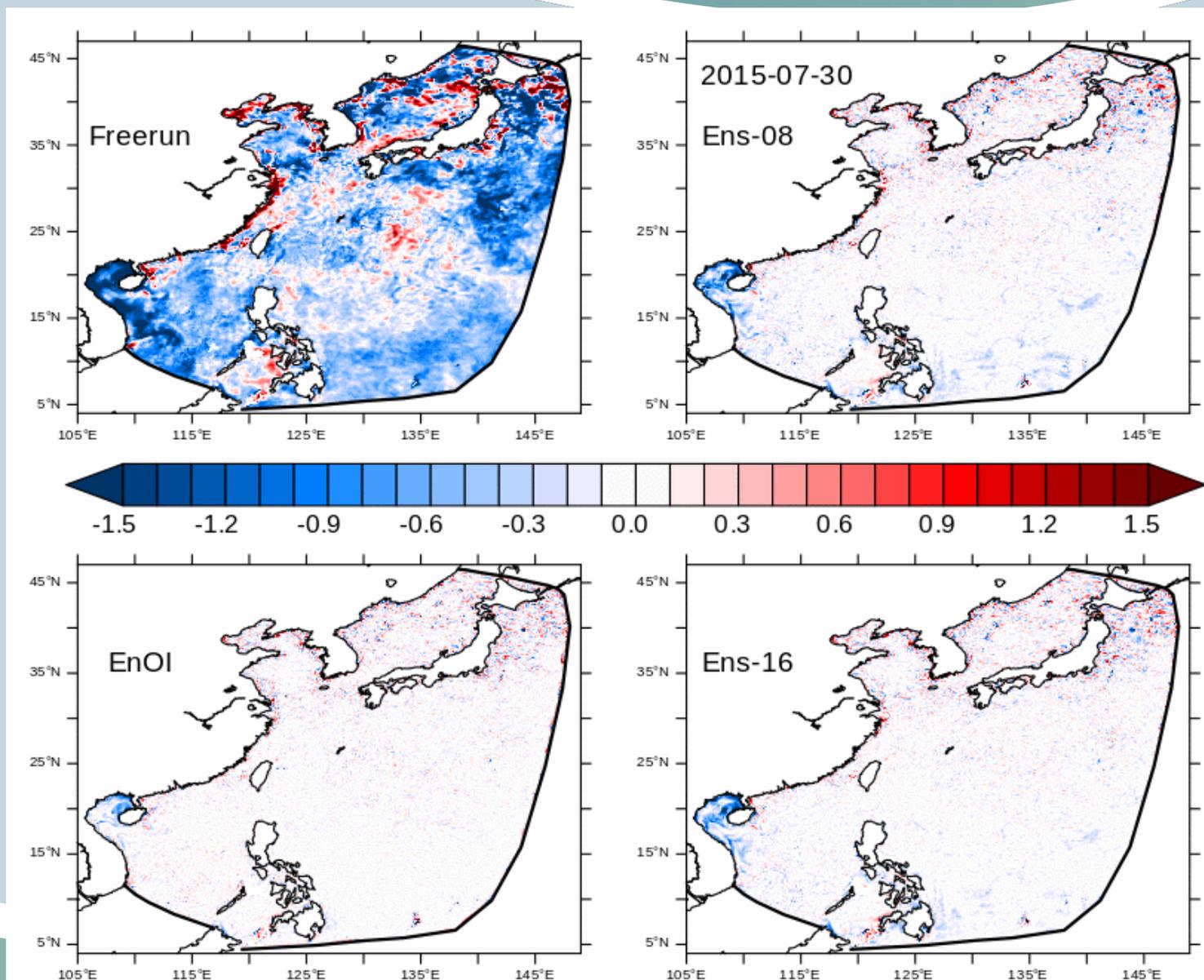
# 模式與實測值之海表溫差異分析

- 系集數量8、16、及40組固定系集EnOI測試
- 分析同化後(Analysis)及無同化(Freerun)與實測值之差異

• 系集8組與16組有類似之結果

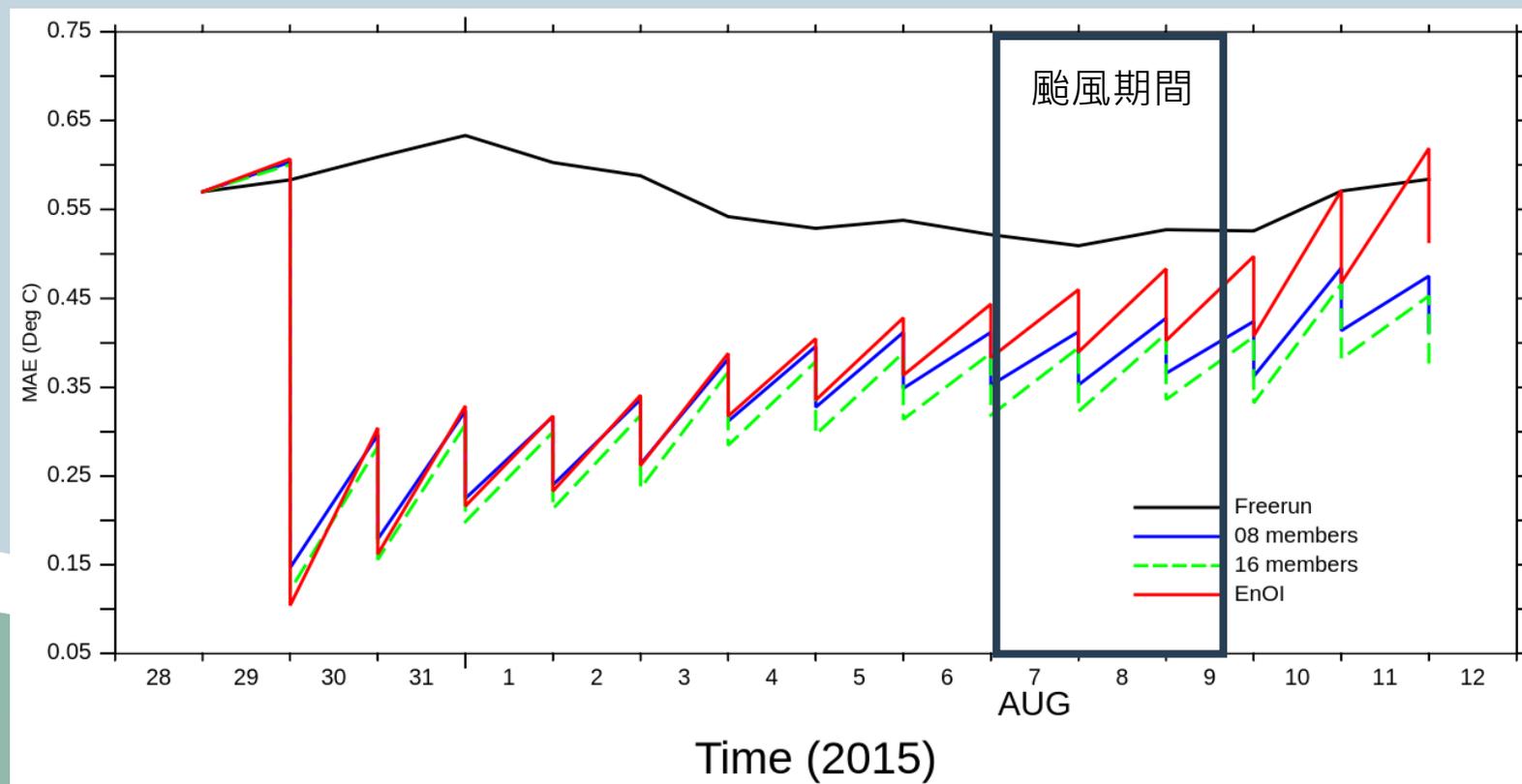
• 變動系集 vs EnOI :

- 模擬初期有類似分布
- 但於颱風侵台期間，其誤差逐漸累積
- 與先前測試案例相符



# 模式與實測差異平面平均之時序分布

- 無論系集數量多寡，HYCOM初始誤差於第1次同化後即可立即修正
- 無論於同化前或同化後，系集數量越多，其誤差值明顯越小
  - 系集數量8與16之差異不大，僅約 $0.02\sim 0.04^{\circ}\text{C}$ 左右
- 考量分析場之穩定，CWB-OCM-DA不考慮以EnOI進行
- 作業化系統建議採用系集數量8



# 不同觀測資料同化結果分析 - 海高異常值

- 僅同化海高優於僅同化海溫
- 僅同化海表溫之案例仍可改善海高結果
- 僅同化海表溫之結果與同時同化兩種資料之MAE之差異僅約3公分

僅同化海高

僅同化海表溫

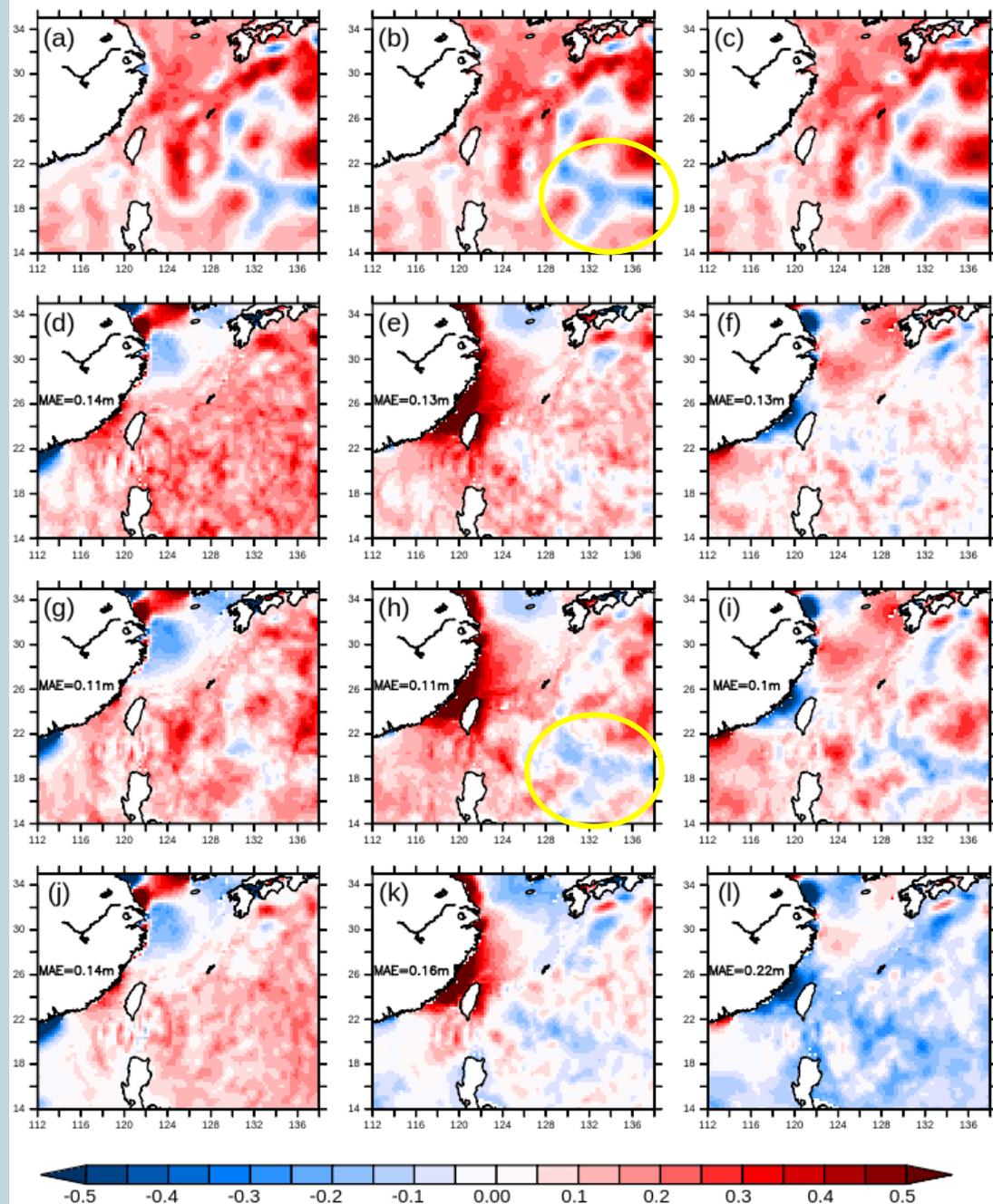
同時同化兩組觀測資料  
(ESA-SST、AVISO-SSH)

無同化

颱風前

颱風侵台

颱風後



# 不同觀測資料同化結果分析 - 海表溫

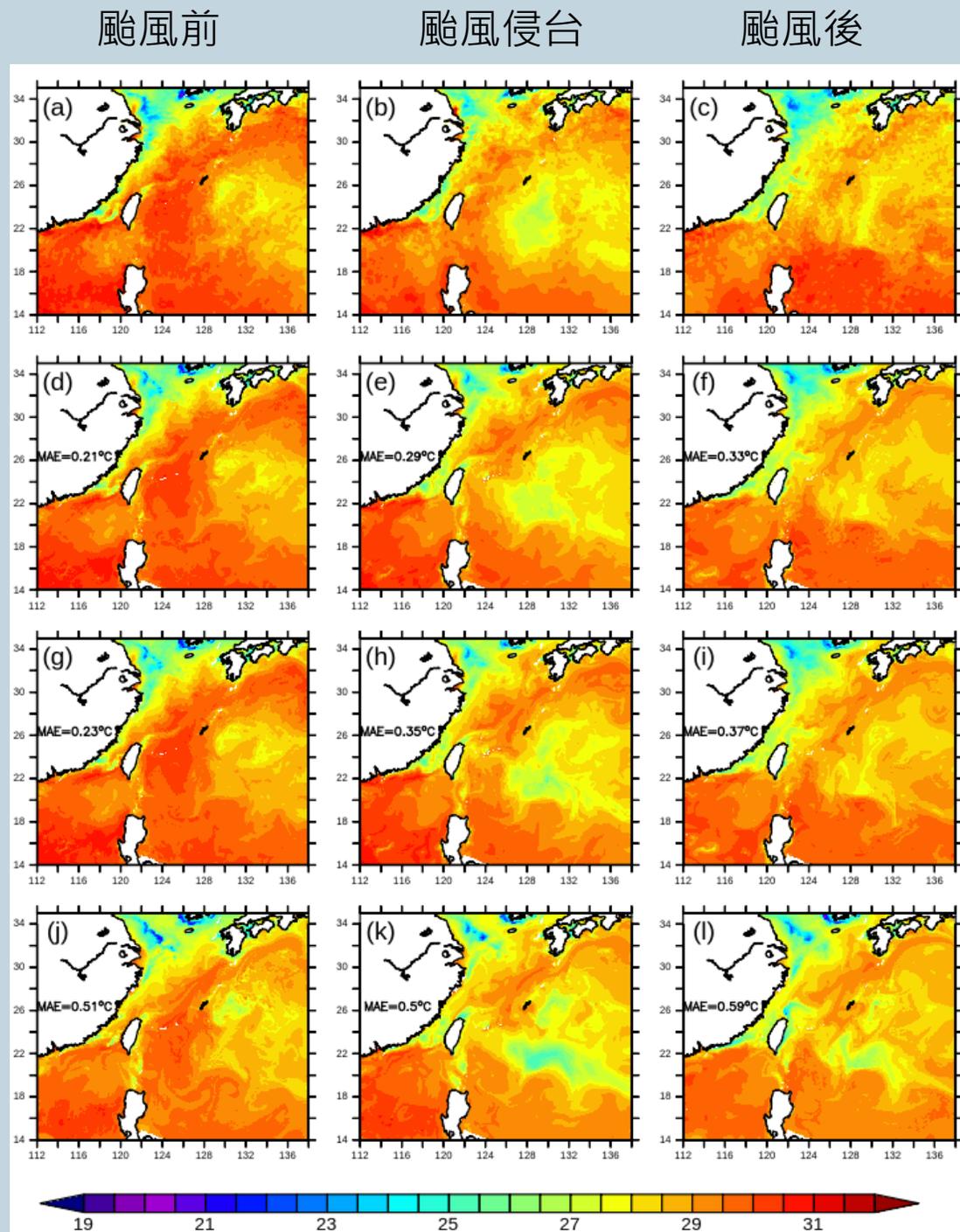
- 同化結果優於無同化，差異約 $0.1^{\circ}\text{C}$ 內
- 如同時以2組以上不同種類資料進行同化時，同化模組將必須平衡不同種類觀測資料間之權重以達到最佳估計分析

僅同化海高

僅同化海表溫

同時同化兩組觀測資料  
(ESA-SST、AVISO-SSH)

無同化





# Thanks for your listening

