



中央氣象署全球展期天氣系集預報系統發展現況

劉邦彥¹ 郭珮萱¹ 黃崇惟¹ 曾喜絃¹ 邵允銓² 吳蔚琳¹ 吳佳瑩¹
曾于恒² 陳建河¹ 莊漢明³ 林沛練³

¹交通部中央氣象署海象氣候組

²國立臺灣大學

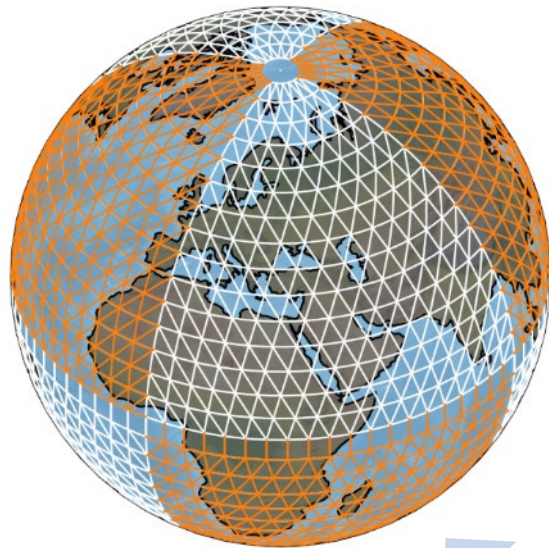
³國立中央大學

大 綱

- CWAGEPS V2.1作業現況
- CWAGEPS V3發展
 - 模式架構
 - 校驗表現
- 總 結
- 未來工作

CWAGEPS V2.1 作業現況-模式架構

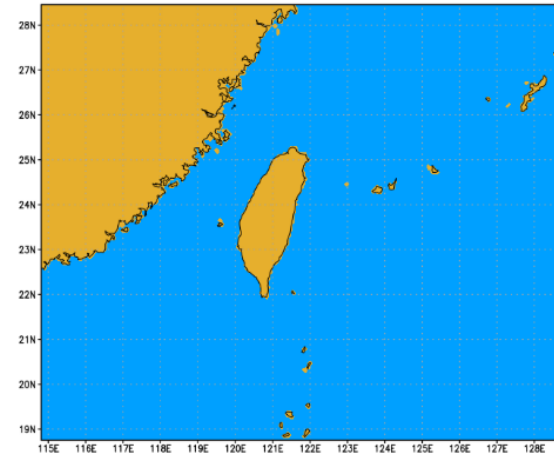
全球大氣模式
CWAGFS-T_{co}383L72
 解析度：28公里
 垂直層：72層
 模式層頂：0.1 hPa



Every 6 hours



RSM-5km (288x216)
 (114.809°E~128.947°E, 18.7551°N~28.4548°N)

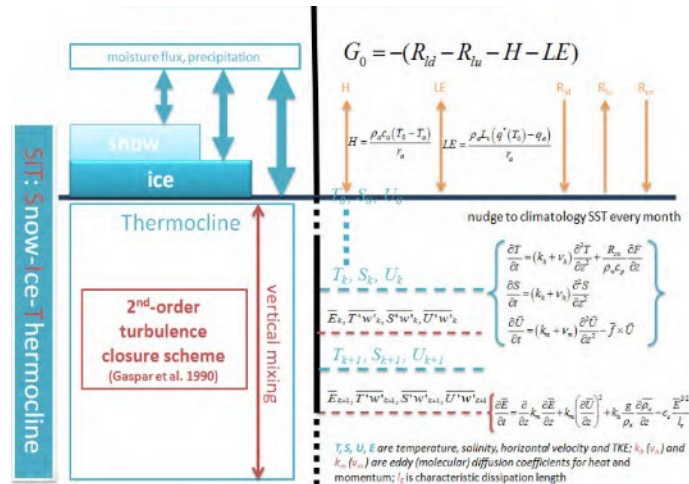


動力降尺度系統
RSM
 解析度：5公里
 垂直層：72層
 模式層頂：0.1 hPa

Every time step



海洋模式
SIT
 解析度：28公里



CWAGEPS V2.1作業現況-全球模式

Model configuration of CWAGFS-TCO

Dynamic

Dynamical core

Semi-Lagrangian(NDSL) + Semi-implicit (Juang 2007, 2008)
2-time-level, single precision. timestep=600s

Horizontal resolution and coordinate

~28km (1552x768) Octahedral Reduced Gaussian grid
72 sigma-P layers, Model top: 0.1 hPa

Physics

Radiation

RRTMG (Iacono et al., 2008)

LSM

Noah LSM

PBL

Monin Eddy-Diffusivity Mass-Flux (Han et al., 2016)

Orographic gravity wave drag

Kim and Arakawa (1995), Lott and Miller (1997)
Turbulent Orographic Form Drag (Beljaars et al. 2004)

Convective gravity wave drag

Scinocca (2002, 2003)

Cumulus

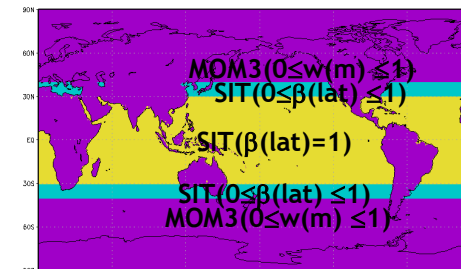
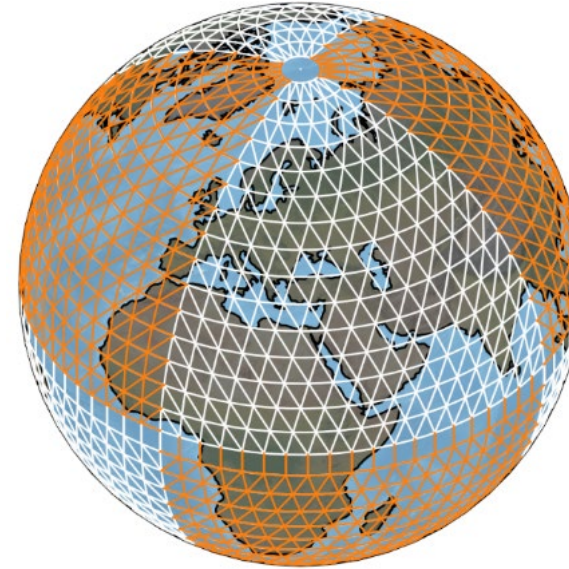
KH-SAS Deep/Shallow Convection
(Han et al., 2017; Arakawa and Wu, 2013,)

Microphysics

GFDL cloud microphysics V2

SST

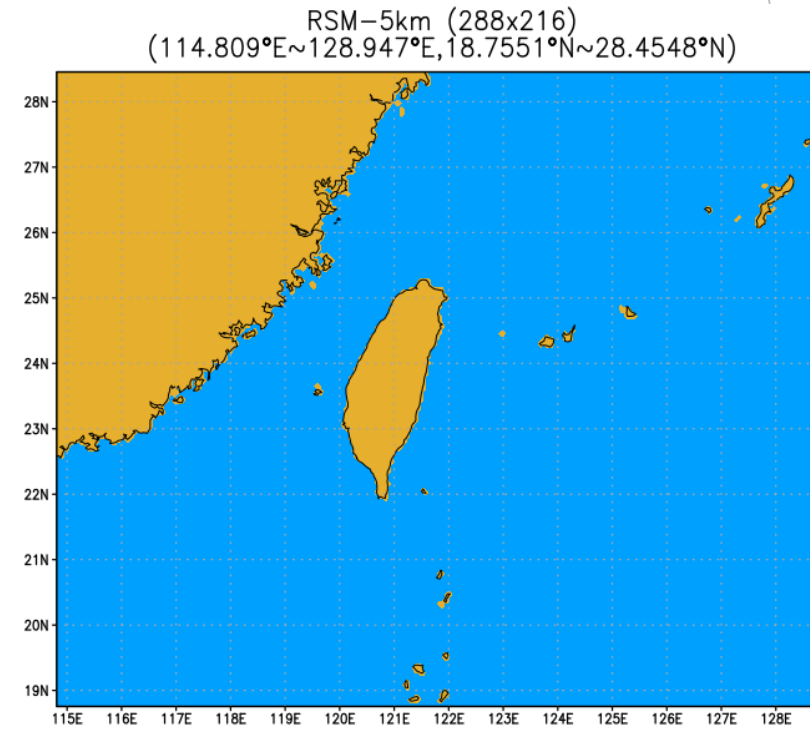
Tendence of SST :
± 30°N : SIT (a one-column sea model)
± 30-40°N : SIT & CWBCFS/MOM3 weighting(>1day)
± 40-90°N : CWBCFS/MOM3 (1-25 day)
+OISST climatology weighting (after 25 day)



■ MOM3 ■ SIT($0 \leq \beta(\text{lat}) < 1$) ■ SIT ($\beta(\text{lat})=1$)

CWAGEPS V2.1作業現況-區域模式

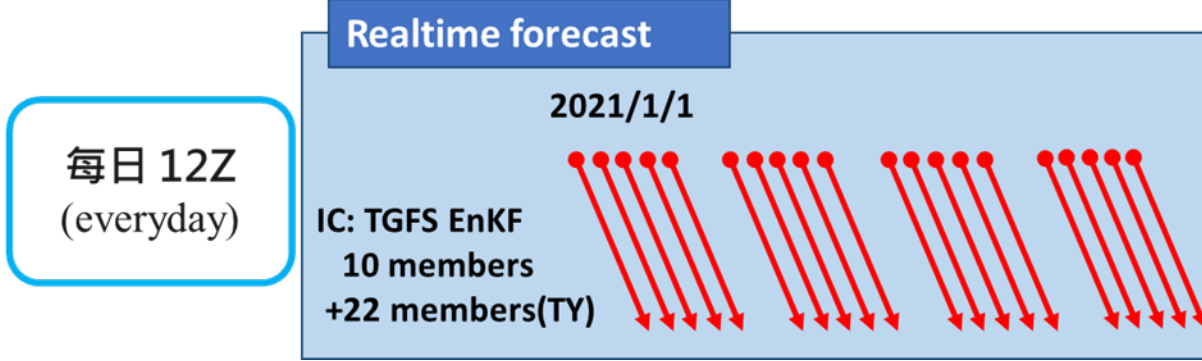
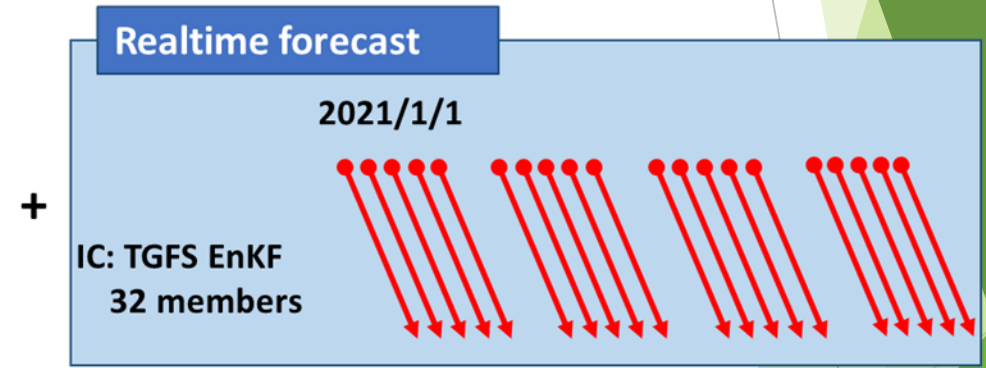
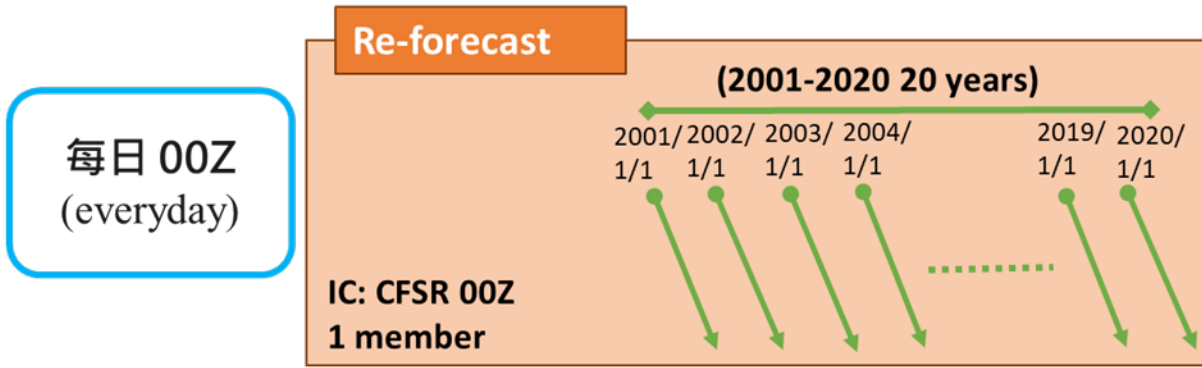
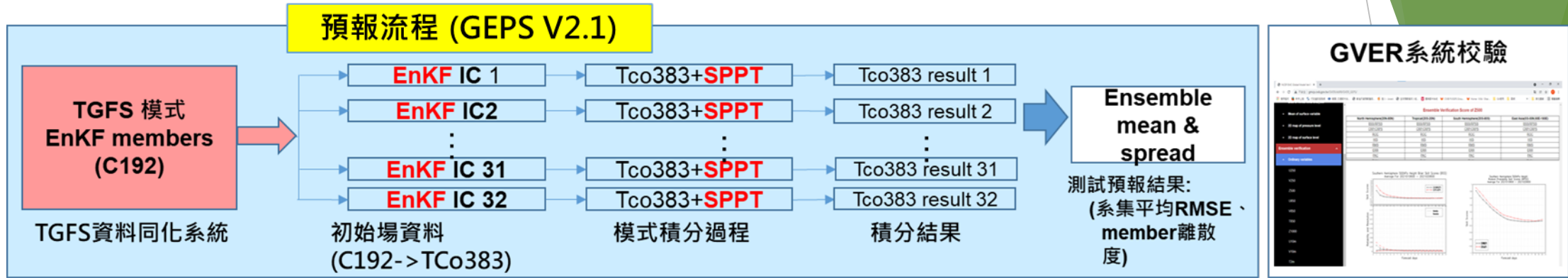
Model configuration of RSM	
Dy-Core	
Dynamical core	Semi-Lagrangian(NDSL) + Semi-implicit (Juang 2007, 2008) 3-time-level timestep=45s
Domain and coordinate	5km (288x216) Taiwan area Mercator projection 72 sigma-P layers Model top: 0.1 hPa
Physics	
Radiation	RRTM
LSM	Noah LSM
PBL	YSU
Orographic gravity wave drag	Kim and Arakawa (1995) Lott and Miller (1997)
Cumulus	SAMF Scale-Aware Mass-Flux Deep/Shallow Convection
Microphysics	GFDL cloud microphysics V2



- Output wind field, temperature, pressure and precipitation every 6 hours

CWAGEPS V2.1作業現況-作業流程

CWAGEPS V2.1 作業流程 (fly run reforecast)



- 使用者**
- 內部:
- 海象氣候組氣候預報科
 - 海象氣候組氣候研析科
 - 海象氣候組資料管理科
- 外部:
- 農業部農業試驗所
 - 農業部水產試驗所
 - 經濟部水利署

CWAGEPS 作業現況

國際主要作業中心全球展期系集模式比較

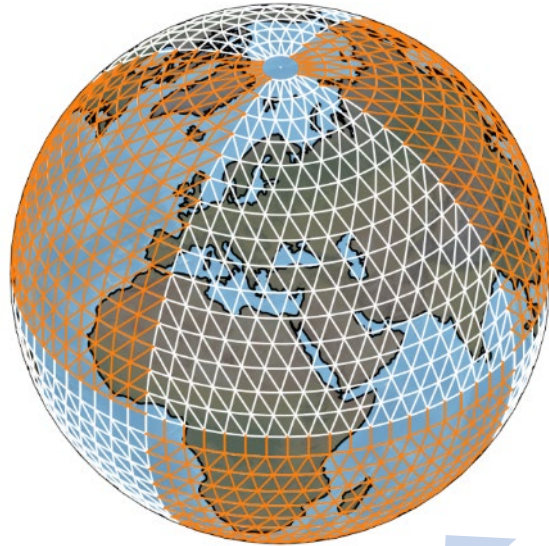
	CWA GEPS V2.1	NCEP GEFS V12	ECMWF ENS Extended
Resolution	T _{Co} 383L72 ~28 km	C384L64 ~25 km	T _{Co} 319L137 ~36 km
Initial condition (Initial perturbation)	CWA/TGFS(FV3) EnKF	EnKF	EDA
Stochastic perturbation	SPPT+SKEB	SPPT+SKEB	SPPT+SKEB
FCST Length (Day)	45	35 (00Z) 16 (06,12,18Z)	46
Ens. size (members)	32 / 00Z 10 / 12Z (TC:32/12Z/168 hr)	30	100
Running frequency	00Z, 12Z	00Z, 06Z, 12Z, 18Z	00Z
Ocean couple	SIT(40S~40N) + CWACFS Fcst SST (30N~90N, 30S~90S)	NSST + NCEPCFS Fcst SST	Full couple NEMO

系集成員數量較少

非完整海氣耦合系統

CWAGEPS V3介紹-模式架構

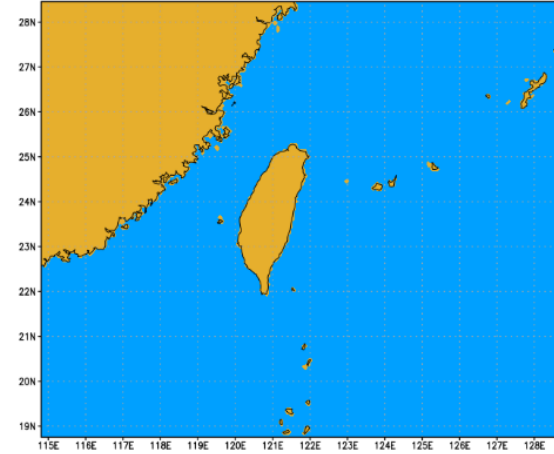
全球大氣模式
CWAGFS-T_{Co}383L72
解析度：28公里
垂直層：72層
模式層頂：0.1 hPa



Every 6 hours



RSM-5km (288x216)
(114.809°E~128.947°E, 18.7551°N~28.4548°N)



動力降尺度系統
RSM
解析度：5公里
垂直層：72層
模式層頂：0.1 hPa

Every 2 hours

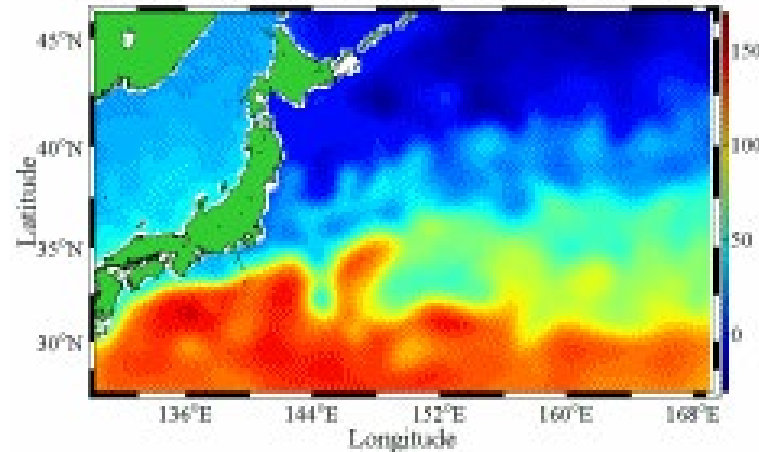


Every 2 hours



全球/區域海洋模式
TIMCOM
解析度：25/5公里
垂直層：55層

day 355, of model year 12, Hms-Hmm= 185cm, Vms= 77cm/s



基於GEPS V2.1大氣模式與TIMCOM海洋模式，發展全球/區域海氣耦合架構。

CWAGEPS V3介紹-校驗表現

(CWAGEPS V3 compare with CWAGEPS V2.1)

		Globe							N. Hemisphere							S. Hemisphere							Tropics						
		Day 1	Day 5	Day 7	Day 15	Day 20	Day 25	Day 30	Day 1	Day 5	Day 7	Day 15	Day 20	Day 25	Day 30	Day 1	Day 5	Day 7	Day 15	Day 20	Day 25	Day 30	Day 1	Day 5	Day 7	Day 15	Day 20	Day 25	Day 30
Anomaly Correlation	Heights	500hPa	▲	▲	△	△	○	○	▲	▲	▲	○	○	○	○	▲	▲	○	▲	○	○	○	▲	▲	○	○	○	○	
		700hPa	○	▲	▲	▲	○	○	▲	▲	▲	○	○	○	○	○	▲	▲	▲	▲	○	○	▲	▲	▲	▲	○	○	
		1000hPa	▲	▲	▲	○	○	○	▲	▲	▲	○	○	○	○	○	▲	▲	▲	▲	○	○	▲	▲	▲	▲	○	○	
	Vector Wind	250hPa	▲	▲	▲	○	○	○	▲	▲	▲	○	○	○	○	▲	▲	▲	▲	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		500hPa	▲	▲	▲	○	○	○	▲	▲	▲	○	○	○	○	▲	▲	▲	▲	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		850hPa	▼	▲	▲	○	○	○	○	▲	▲	▲	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	Temp	250hPa	▲	▲	▲	○	○	○	▲	▲	▲	○	○	○	○	▲	▲	▲	▲	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		500hPa	▲	▲	▲	○	○	○	▲	▲	▲	○	○	○	○	▲	▲	▲	▲	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		850hPa	▲	▲	▲	△	△	○	▲	▲	▲	○	○	○	○	▲	▲	▲	▲	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	U-Wind	250hPa	▲	▲	▲	○	○	○	▲	▲	▲	○	○	○	○	▲	▲	▲	▲	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		500hPa	▲	▲	▲	○	○	○	▲	▲	▲	○	○	○	○	▲	▲	▲	▲	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		850hPa	▼	▲	▲	○	○	○	○	▲	▲	▲	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
MSLP	MSL	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
RMSE	Heights	10hPa	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		20hPa	▼	▼	▼	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		50hPa	▼	▼	▼	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		100hPa	▼	▼	▼	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		200hPa	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		500hPa	▲	▲	▲	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Vector Wind	700hPa	▼	▲	▲	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		850hPa	○	▲	▲	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		1000hPa	▲	▲	▲	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		10hPa	▼	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		20hPa	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		50hPa	▲	▲	▲	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	Temp	100hPa	▲	▲	▲	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		200hPa	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		500hPa	▲	▲	▲	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		700hPa	▼	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		850hPa	▲	▲	▲	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		1000hPa	▼	▲	▲	▲	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	

決定性預報校驗

時間：20240725-20240824 00Z

初始場：TGFS(大氣) + HYCOM(海洋)

中高對流層的溫度誤差與平流層以上的重力位高度誤差具有相關性

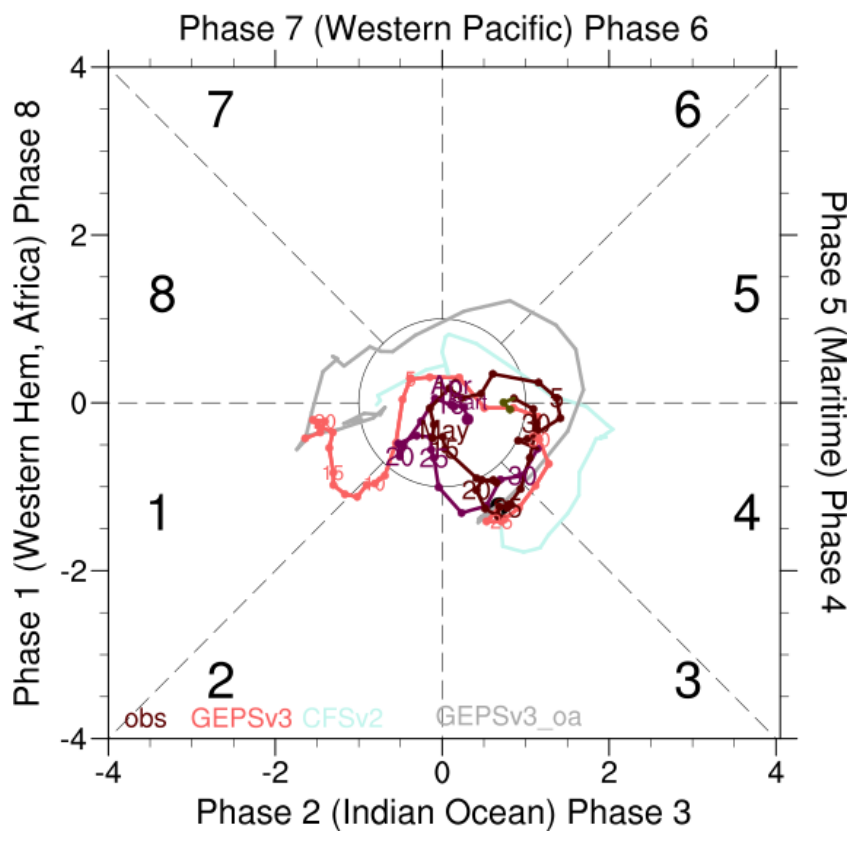
風場整體有明顯改善

CWAGEPS V3介紹-校驗表現

MJO校驗結果

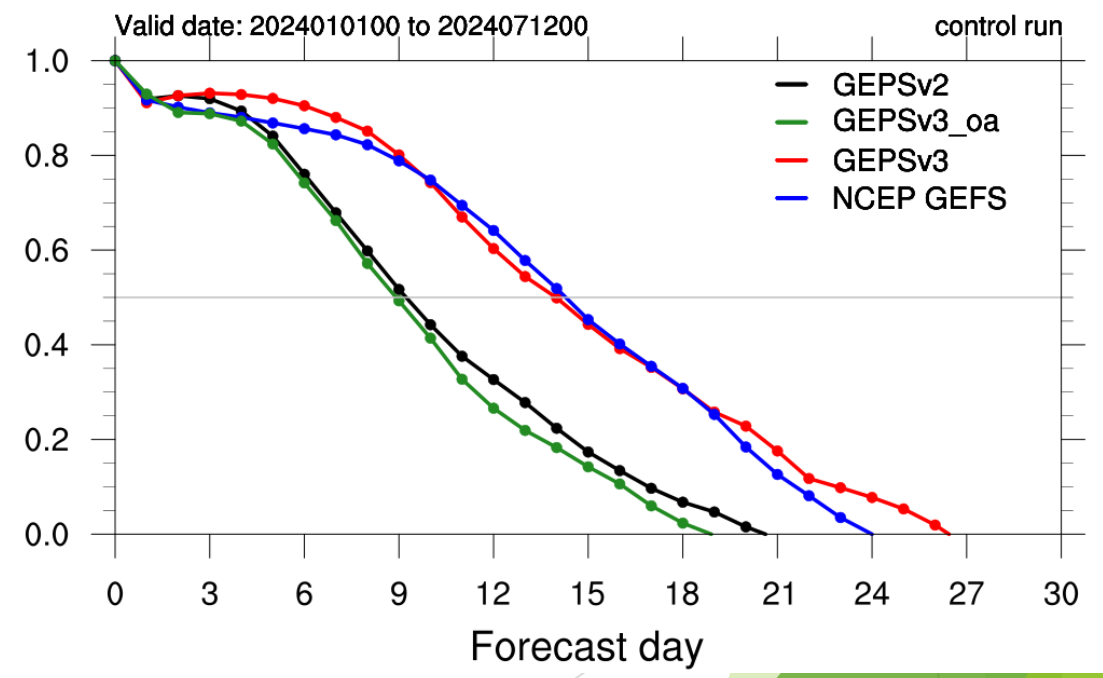
NCEP R1 (obs)
 CWAGEPS V3 (GEPSv3)
 CWACFS V2 (CFSv2)
 CWAGEPS V3_onlyATM (GEPSv3_oa)
 (B0), IC: 20240523

耦合模式的強度預報優於非耦合模式



資料累積不足，目前僅供參考

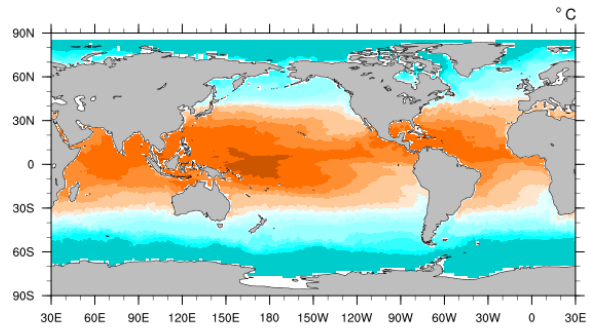
MJO RMM index (bivariate correlation)



全球海洋診斷校驗結果-45天預報平均

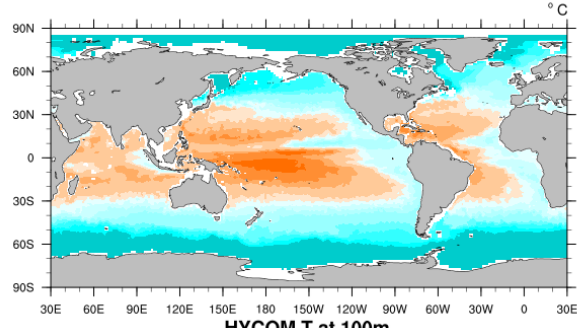
海洋模式海表面溫

TIMCOM T at 0m



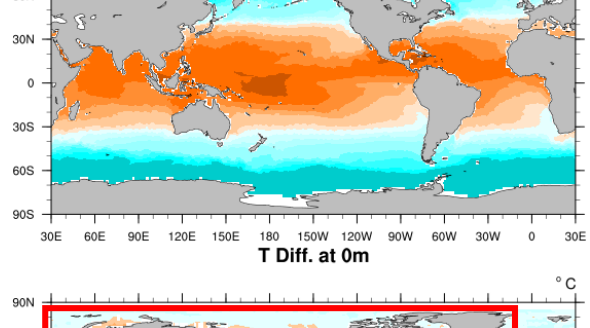
海洋模式100m深溫度場

TIMCOM T at 100m



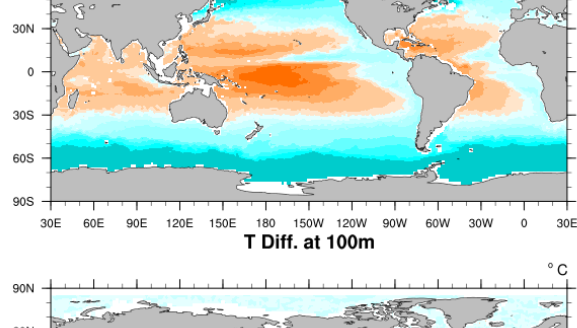
海洋模式海表面溫

HYCOM T at 0m

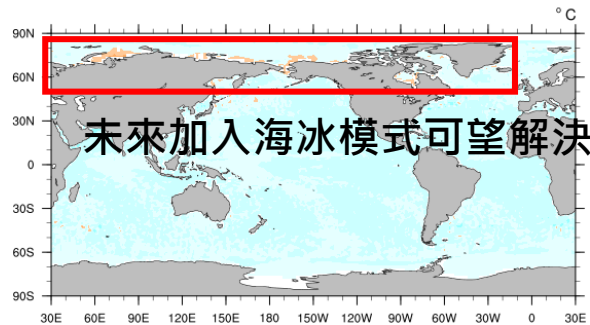


海洋模式100m深溫度場

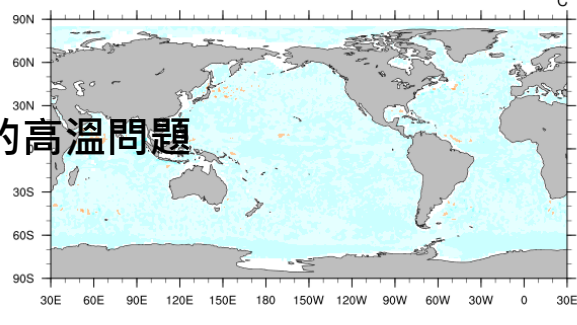
HYCOM T at 100m



T Diff. at 0m

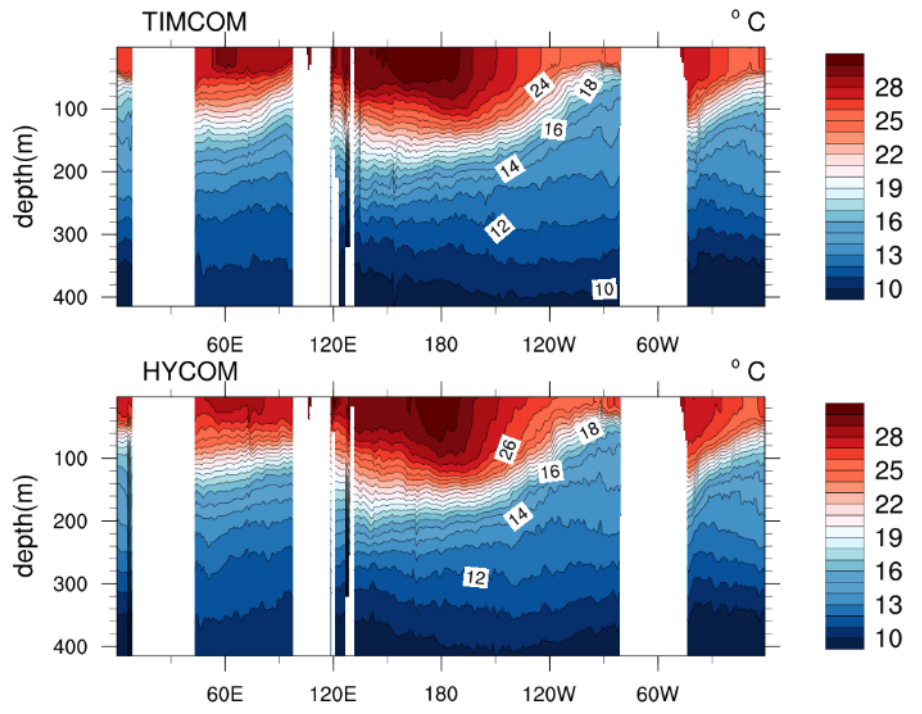


T Diff. at 100m



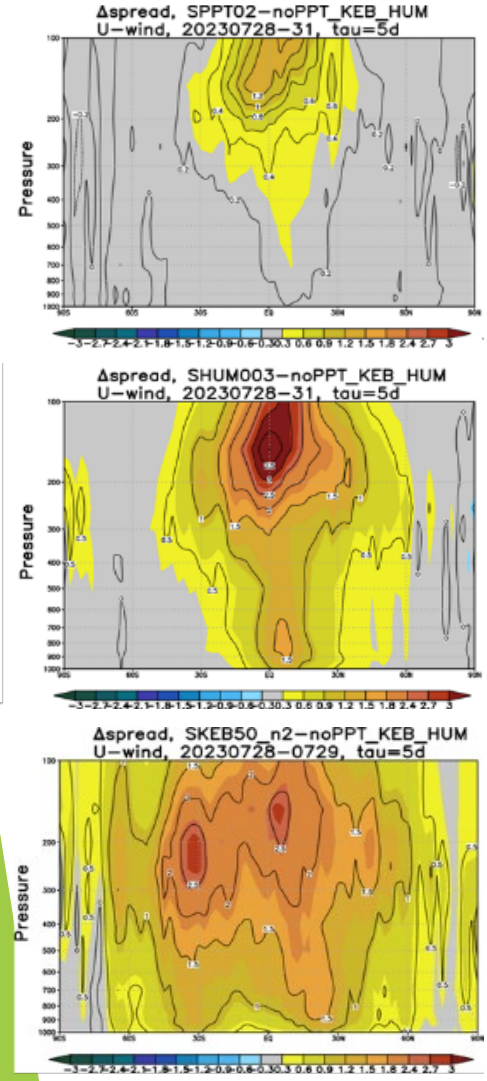
海洋模式赤道隨經度海水溫度剖面

T at EQ(0N)

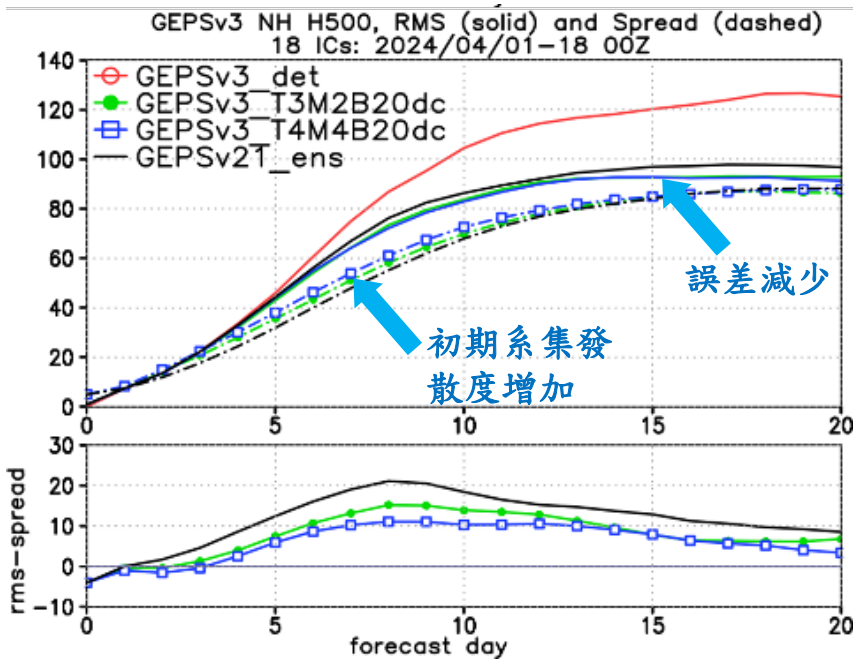


未來加入海冰模式可望解決高緯度的高溫問題

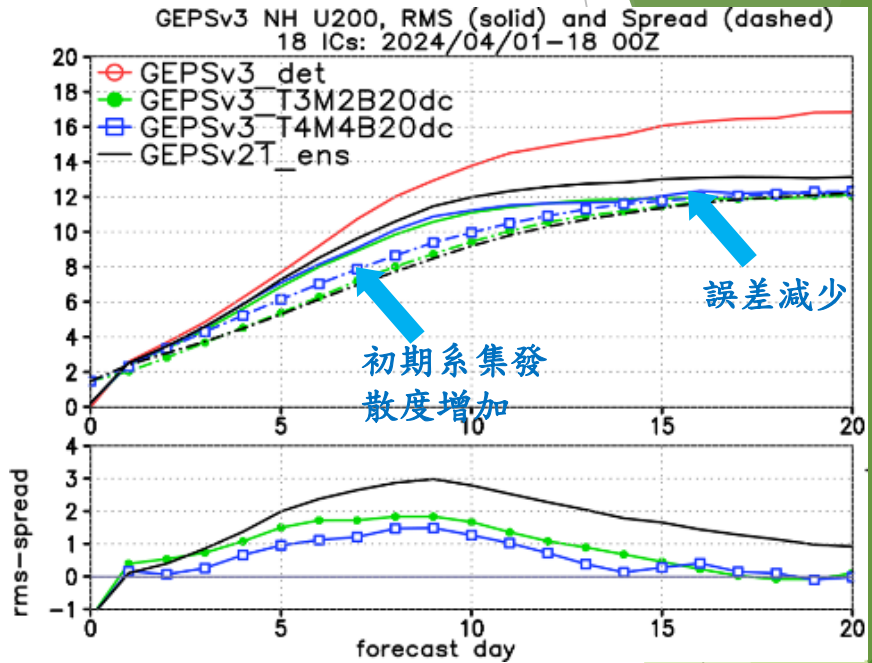
系集擾動評估



北半球



500 hPa GeoHGT



200 hPa zonal wind

初始場來源: TGFS(大氣)+HYCOM(海洋)

實驗時間: 2024/04/01-18 00Z

GEPSv3_det: GEPS V3 決定性

GEPSv3_T3M2B20dc: GEPS V3 系集 (SPPT:0.3, SHUM:0.2, SKEB:0.2)

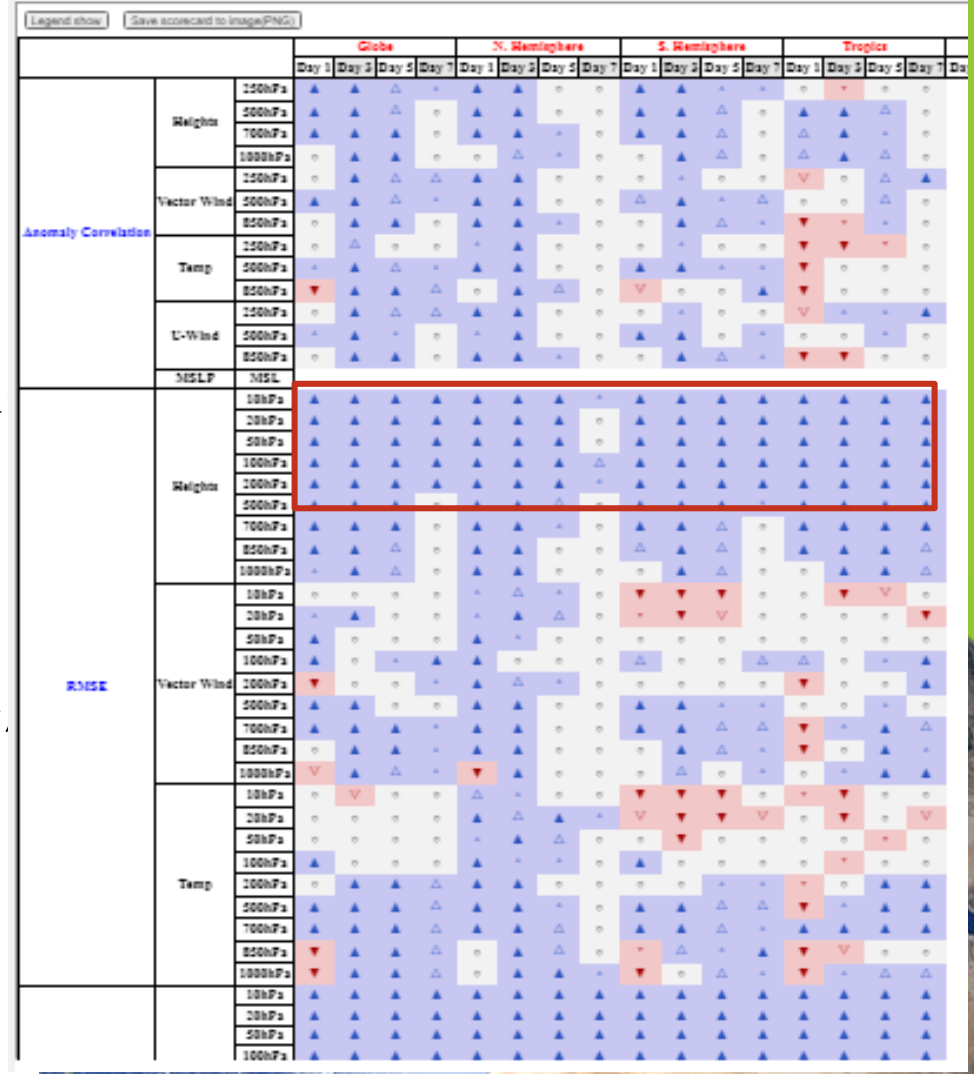
GEPSv3_T4M4B20dc: GEPS V3 系集 (SPPT:0.4, SHUM:0.4, SKEB:0.2)

GEPSv21_ens: GEPS V2.1 系集

SPPT(隨機擾動物理趨勢法)
 SHUM(隨機擾動邊界層水氣法)
 SKEB(隨機動能後散射法)

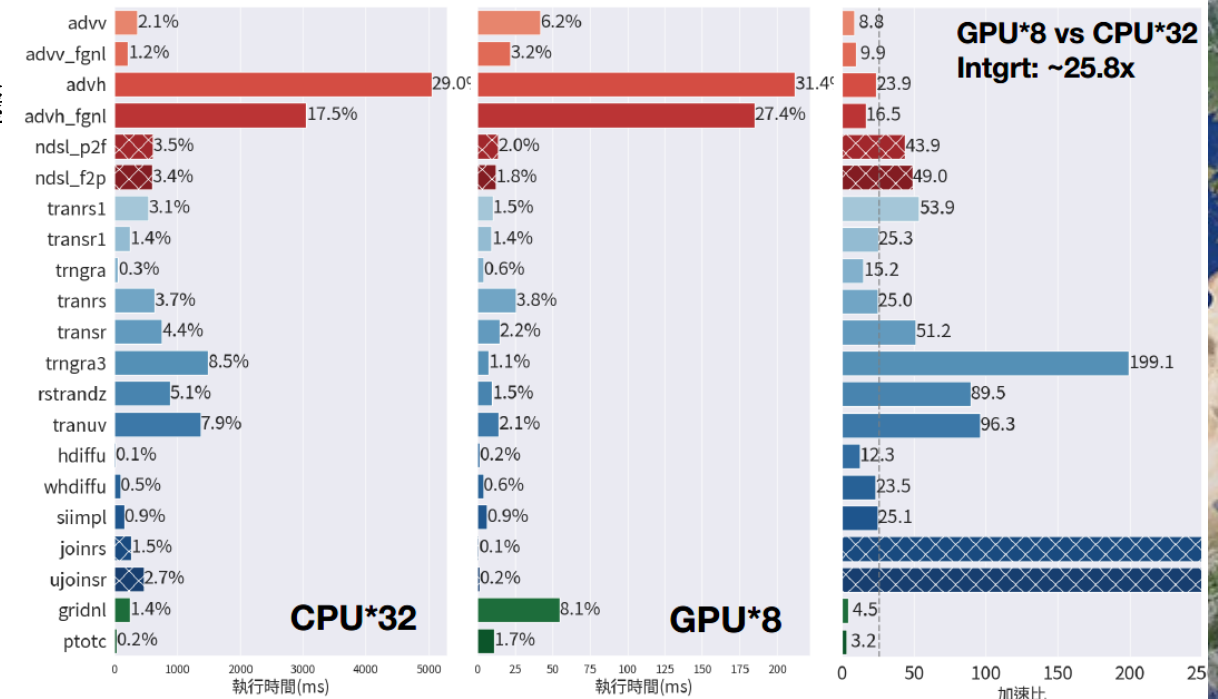
- 為滿足下游使用者需求，CWAGEPS V2.1透過在全球模式中嵌套RSM，提供臺灣周遭地區5公里水平解析度次季節預報；此外，亦提供2001-2020年事後預報資料。
- CWAGEPS V3主要與臺灣大學海洋研究所合作，引進TIMCOM海洋模式建構全球/區域耦合系統。
- CWAGEPS V3改善風場預報，但熱帶對流層高度場及平流層高度場則表現不佳。在2024年1到7月MJO RMM index的預報校驗顯示，可提升MJO預報能力達5天以上。
- 系集模式隨機擾動法的敏感度實驗初步顯示可改善系集準確度和離散度，後續將持續進行調整。

- CWAGEPS V3預計於2025Q1上線作業
 - 改善中高對流層的溫度誤差與平流層以上的重力位高度誤差
 - 測試GCE雲微物理參數化(陶為國博士/蔡子衿博士)
 - 測試NOAA MP 及 PBL-TKE 參數化
- 改善系集離散度，提升模式預報能力 [國立中央大學/國立臺灣大]
 - 持續針對隨機擾動法調整及改善
 - 發展海洋系集擾動
 - 產生事後預報(reforecast)系集成員
- 完善地球系統架構，延長模式可預報度[國立臺灣大學海洋研究所]
 - Wave Watch 3波浪模式
 - CICE海冰模式
 - aerosol 模式
- 改進模式運算效能[國立立中興大學/NVIDIA]
 - 模式程式碼GPU化



未來工作

- CWAGEPS V3預計於2025Q1上線作業
 - 改善中高對流層的溫度誤差與平流層以上的重力位高度誤差
 - 測試GCE雲微物理參數化(陶為國博士/蔡子衿博士)
 - 測試NOAA MP 及 PBL-TKE 參數化
- 改善系集離散度，提升模式預報能力 [國立中央大學/國立臺灣大學海洋研究所]
 - 持續針對隨機擾動法調整及改善
 - 發展海洋系集擾動
 - 產生事後預報(reforecast)系集成員
- 完善地球系統架構，延長模式可預報度[國立臺]
 - Wave Watch 3波浪模式
 - CICE海冰模式
 - aerosol 模式
- 改進模式運算效能[國立立中興大學/NVIDIA]
 - 模式程式碼GPU化



~ The End ~