

中央氣象署全球作業模式之 TCWA1雲微物理測試研究

陳郁涵^{1,2} 蔡子衿¹ 蕭玲鳳¹ 陳建河³ 郭鴻基²

¹中央氣象署科技發展組 ²國立臺灣大學大氣科學系 ³中央氣象署海象氣候組

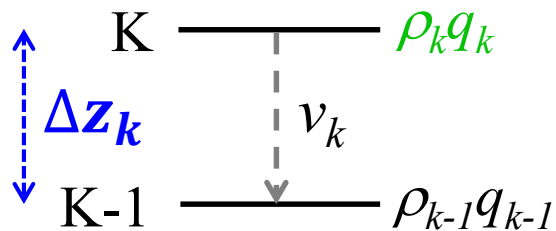
大綱

- 建置TCWA1雲微物理方案於TGFS v1全球模式
- 調校TCWA1雲微物理以適用全球預報
- 極區敏感度測試: TCWA1與GFDL方案水物及溫度預報差異
- 總結&未來工作

建置TCWA1雲微物理方案於TGFS全球模式

- 氣象署和臺灣大學合作研發的**單矩量**雲微物理方案。
- TCWA1原適用於雲解析尺度，將此方案應用於全球模式：
→ 加入**Semi-Lagrangian** (Juang and Hong 2010)處理水物沉降過程。

Flux-form in fine resolution

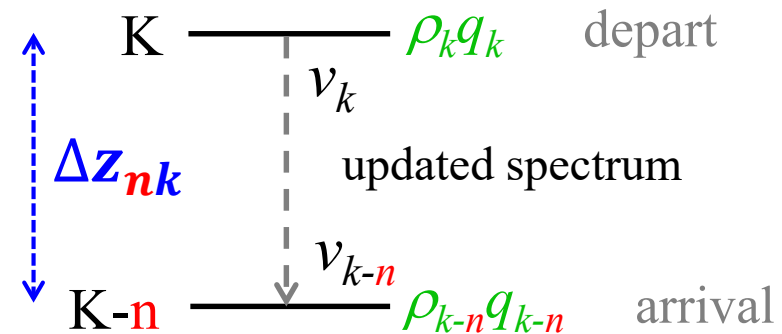


in timestep Δt

- time consuming in large timestep
- limited to neighboring grids

$$N_{\Delta t} = \max \left(N_{\Delta t}, \frac{v_k \Delta t}{\Delta z_k} + 1 \right)$$

JH (2010) for coarse resolution



- tracking depart and arrival mass flux
- take time to update spectrum but allow in large timestep across grid points

TCWA1雲微物理之調整測試

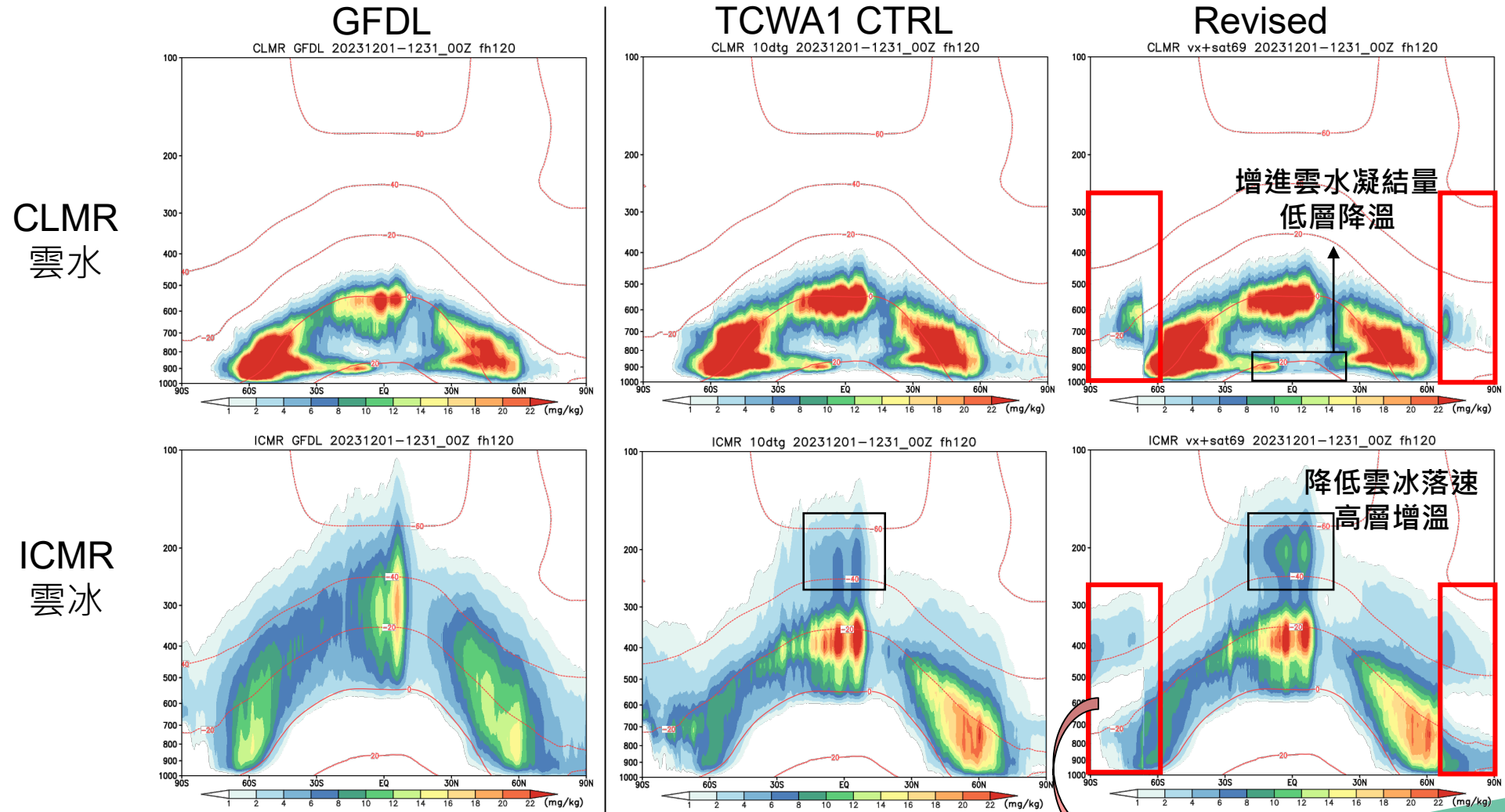
TCWA1 scheme	ORI	Major revised
雲水&雲冰有效半徑 (耦合輻射參數法)	無粒徑譜假設	擬合NTU三矩量參數法(Tsai and Chen 2020)的模擬結果並考量陸地及海洋格點之特性差異
雲冰落速 (減少高層均溫冷偏差)	單一關係式	簡化自NTU落速參數法為半理論式，可考量雲冰形狀和密度影響，並結合雲冰之粒徑譜假設
水氣擴散成長過程 (允許過飽和並考慮冰水共存之白吉龍過程)	飽和度調整法 (saturation adjustment)	參考Morrison and Milbrandt (2015)之飽和度預報法(prediction of saturation)，並結合雲水和雲冰之粒徑譜假設
水氣飽和蒸氣壓	冪次擬合式， 精確度較低	引用Flatau et al. (1992)精確度較高之多項式，適用全球範圍
極區中層存在過冷水 (減少低層均溫暖偏差)	無考慮	修正傳統經驗式在極區中層高估雲水凍結成雲冰之過程，使用飽和度調整法讓雲冰轉回雲水

極區敏感度測試

- 初始時間: 2023.12.1-31 00Z, 2023.8.1-31 00Z
- 初始資料: TGFS v1分析場
- TGFS水平解析度: C384T (25公里)
- 實驗名稱: **CTRL** → 傳統經驗式
vs **Revised** → 使用飽和度調整法修正極區中層之雲冰高估

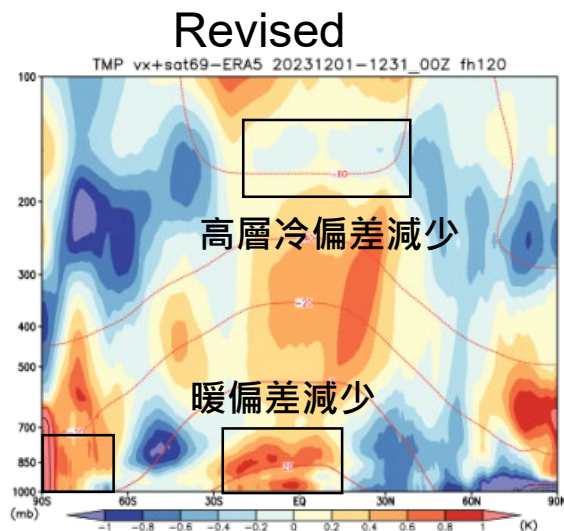
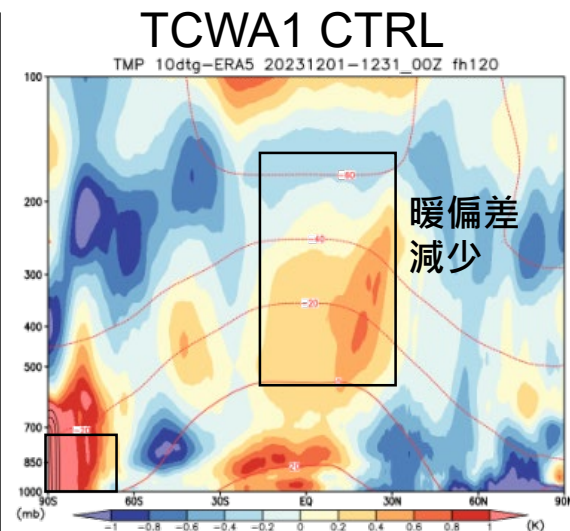
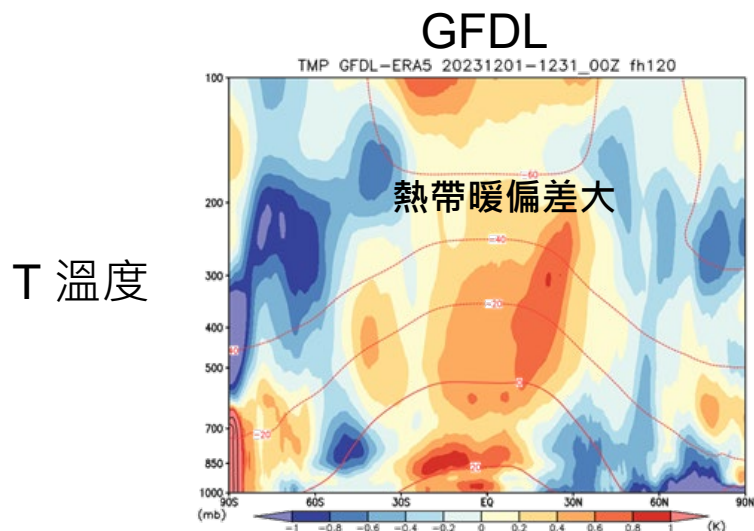
極區敏感度測試: 使用飽和度調整法讓中層雲冰轉回雲水

- TGFS v1預報初始時間：2023.12.1-31 00Z

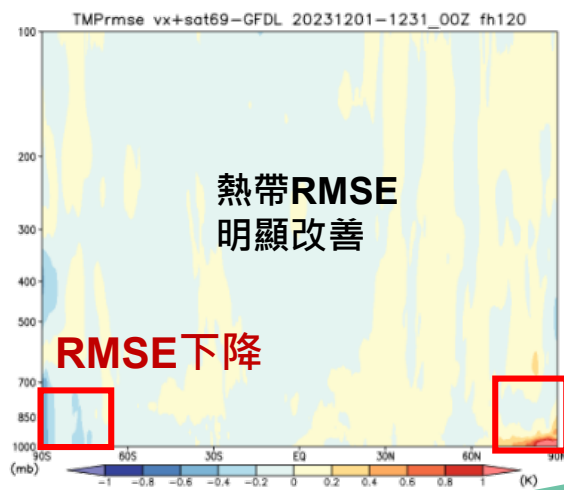
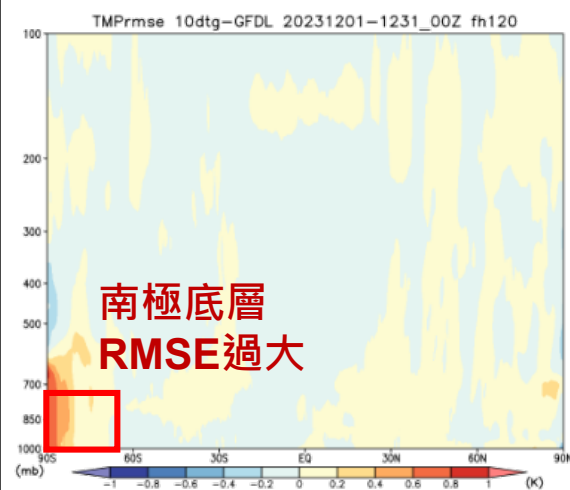


極區敏感度測試: 使用飽和度調整法讓中層雲冰轉回雲水

- TGFS v1預報初始時間：2023.12.1-31 00Z



- Revised實驗可進一步改善TGFS 12月份溫度預報。



T RMSE
TCWA1-GFDL
(against ERA5)

藍RMSE: TCWA1優於GFDL

比較TCWA1與GFDL方案之模式預報差異

EMC Verification Scorecard	
Symbol Legend	
▲	TCWA1 is better than GFDL at the 99.9% significance level
■	TCWA1 is better than GFDL at the 99% significance level
□	TCWA1 is better than GFDL at the 95% significance level
○	No statistically significant difference between TCWA1 and GFDL
■	TCWA1 is worse than GFDL at the 95% significance level
■	TCWA1 is worse than GFDL at the 99% significance level
▼	TCWA1 is worse than GFDL at the 99.9% significance level

2023.12.1-31 00Z (against ERA5)

		Globe			N. Hemisphere			S. Hemisphere			Tropics			N. American			Asia				
		Day 1	Day 3	Day 5	Day 1	Day 3	Day 5	Day 1	Day 3	Day 5	Day 1	Day 3	Day 5	Day 1	Day 3	Day 5	Day 1	Day 3	Day 5		
Anomaly Correlation	Heights	250hPa	▼	○	○	▼	○	○	▼	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		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	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	○	○	○	○	○	○	○	○	

12月: TCWA1相較GFDL預報表現明顯改善

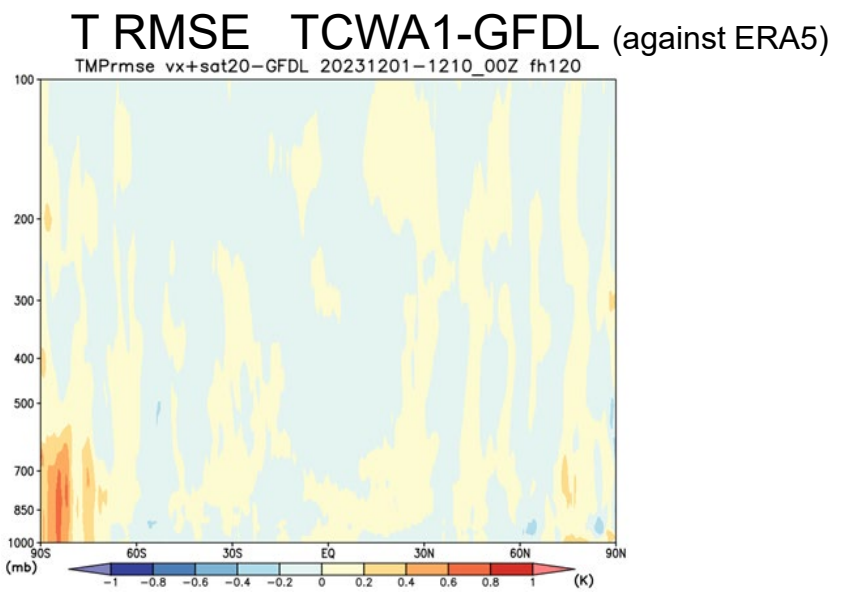
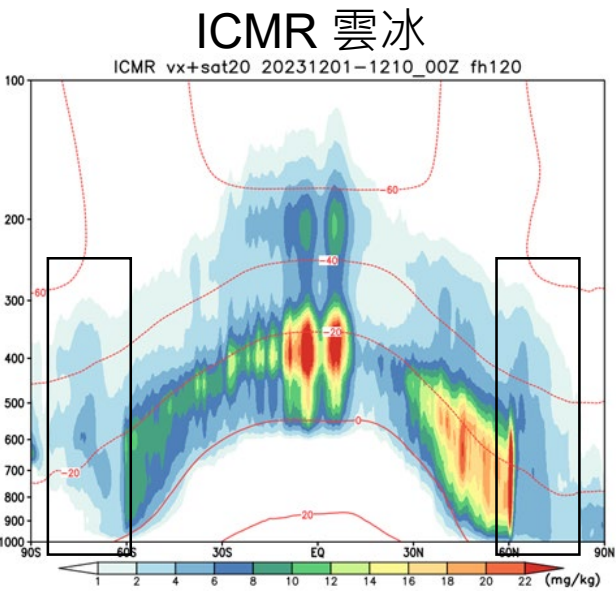
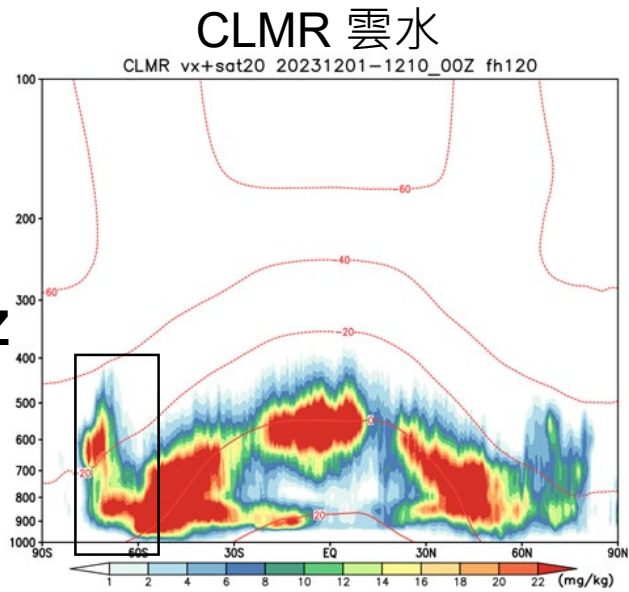
2023.8.1-31 00Z (against ERA5)

		Globe			N. Hemisphere			S. Hemisphere			Tropics			N. American			Asia			
		Day 1	Day 3	Day 5	Day 1	Day 3	Day 5	Day 1	Day 3	Day 5	Day 1	Day 3	Day 5	Day 1	Day 3	Day 5	Day 1	Day 3	Day 5	
Anomaly Correlation	Heights	250hPa	▼	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		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	▼	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

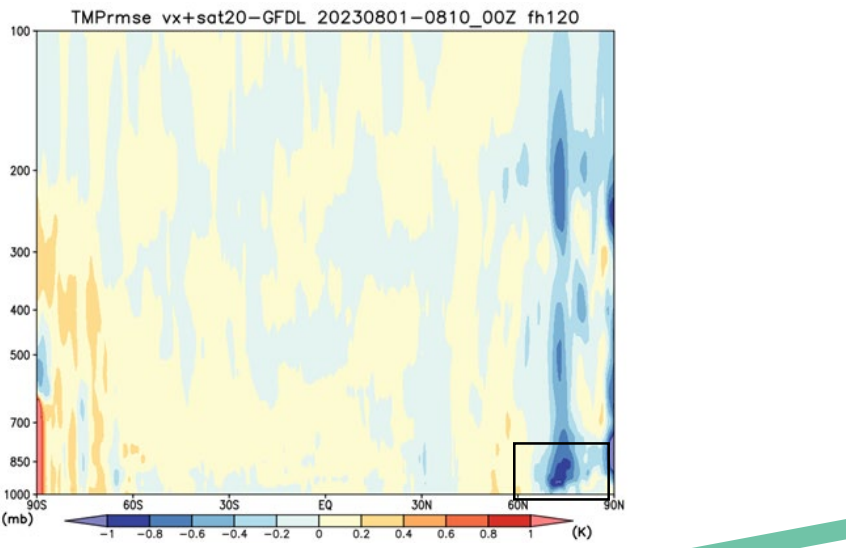
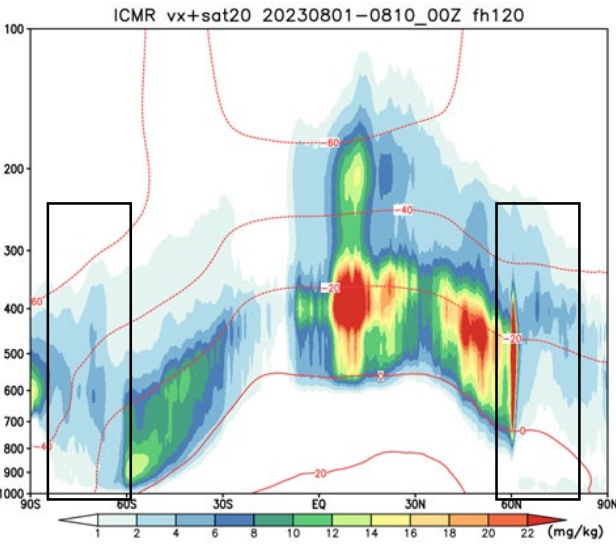
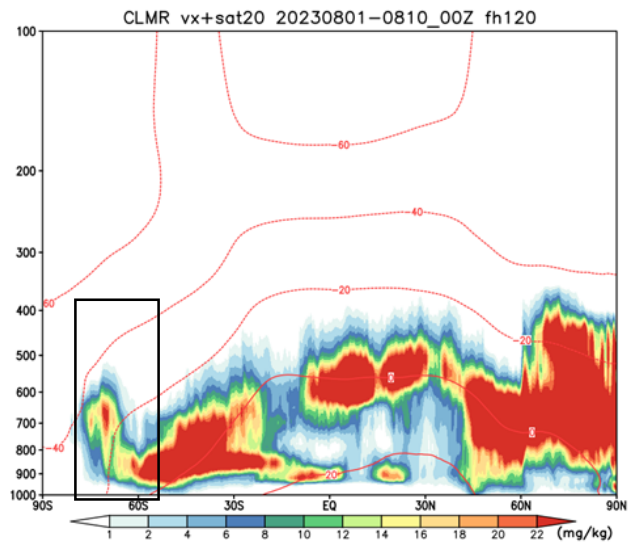
8月: 高度場&風場預報仍有改進空間

極區調校: 中層液態水和冰同時存在

2023.12.1-10 00Z
(10 DTG)



2023.8.1-10 00Z
(10 DTG)



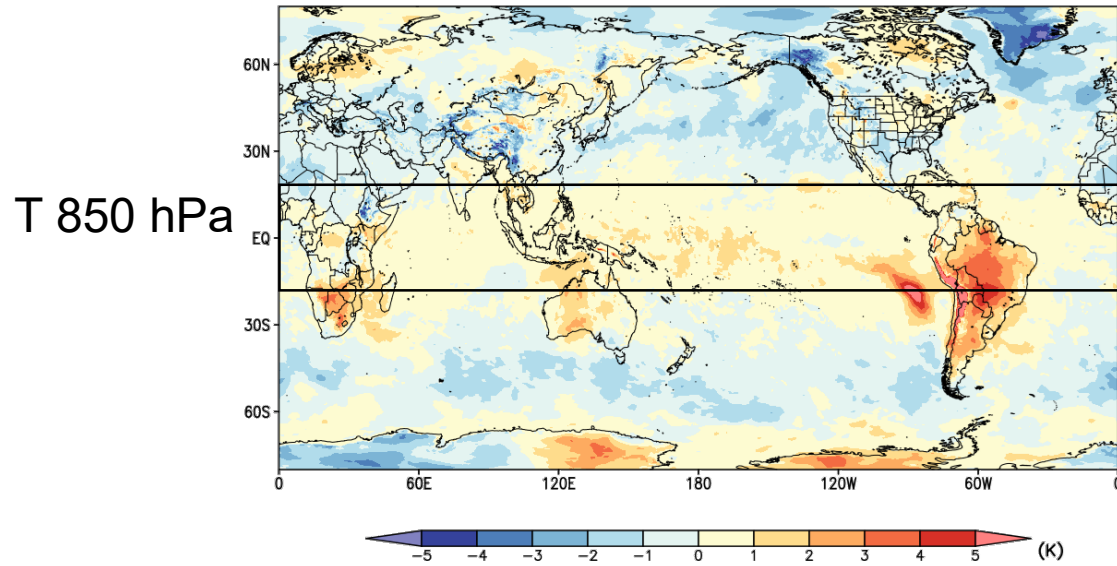
使水物在極圈(66.5度)附近分布更連續

藍RMSE: TCWA1優於GFDL

熱帶低層暖偏差

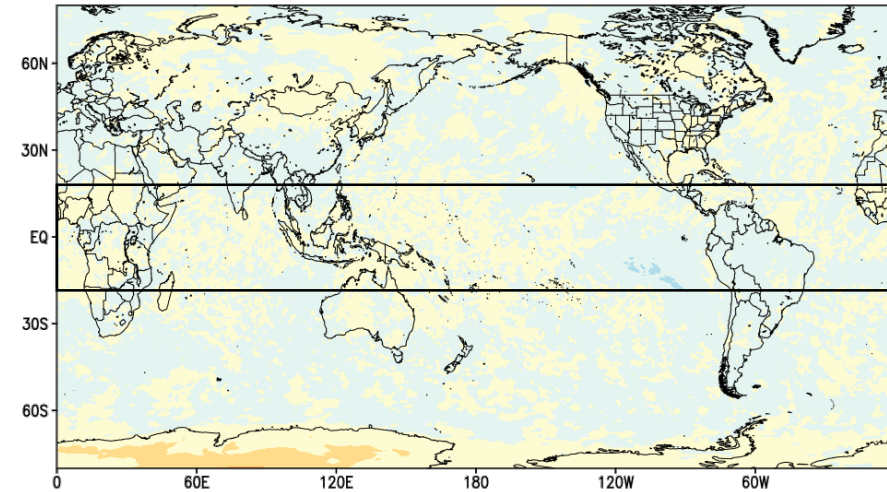
GFDL – ERA5

TMP_850mb GFDL-ERA5 20231201-1231_00Z fh120

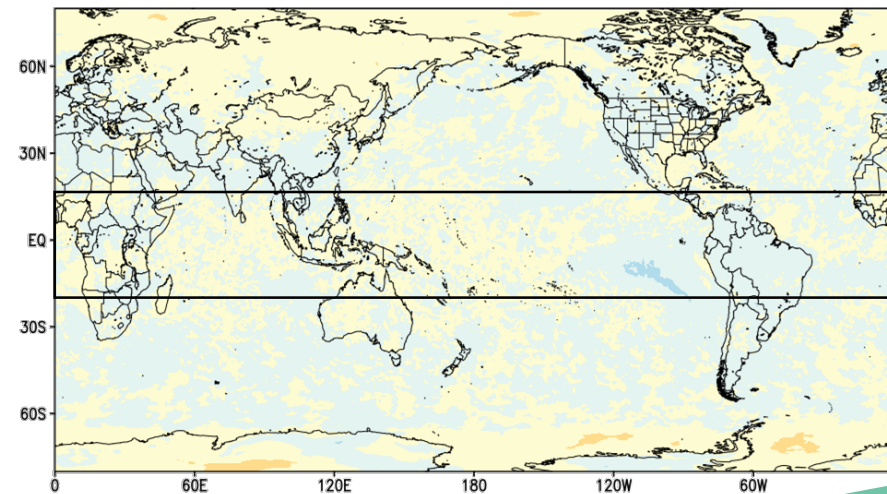


TCWA1 CTRL – ERA5

TMP_850mb 10dtg-GFDL 20231201-1231_00Z fh120



Revised – ERA5



- 12月: TGFS v1熱帶低層存在暖偏差。
- 目前TCWA1可減少熱帶陸地上的暖偏差，但效果有限。

總結

- 完成於TGFS v1建置TCWA1雲微物理方案
- 極區敏感度測試(Revised實驗)

2023年12月預報: TCWA1方案整體優於GFDL方案

2023年8月預報: 尚需改善高度場及風場預報

未來工作

- 持續調校TCWA1在TGFS v1之預報表現
- 提升模式水平解析度: C384T(25公里) → C768T(13公里)
並評估TCWA1在高解析模式的預報結果
- 以TCWA1同化循環資料為初始場進行預報

