

# 氣象署「無線電掩星模擬實驗 (ROMEX)」總結

(Radio Occultation Modeling EXperiment)

黃子茂<sup>1</sup>、連國淵<sup>1</sup>、林敬傑<sup>2</sup>

<sup>1</sup>中央氣象署科技發展組

<sup>2</sup>中央氣象署臺灣科學資料處理中心 (TACC)

Special thanks to the ROMEX steering committee

2025/09/03

114 年天氣分析與預報研討會

# Radio Occultation Modeling Experiment (ROMEX)

(Anthes et al. 2024, BAMS)



## ROMEX steering committee:

Dr. Richard Anthes (UCAR)  
Dr. Hui Shao (JCSDA)  
Dr. Christian Marquardt (EUMETSAT)  
Dr. Benjamin Ruston (JCSDA)

## Data providers / processing centers:

- EUMETSAT
- UCAR/COSMIC
- NOAA/STAR
- Spire
- PlanetiQ
- GeoOptics
- Yunyao
- Tianmu

## NWP centers:

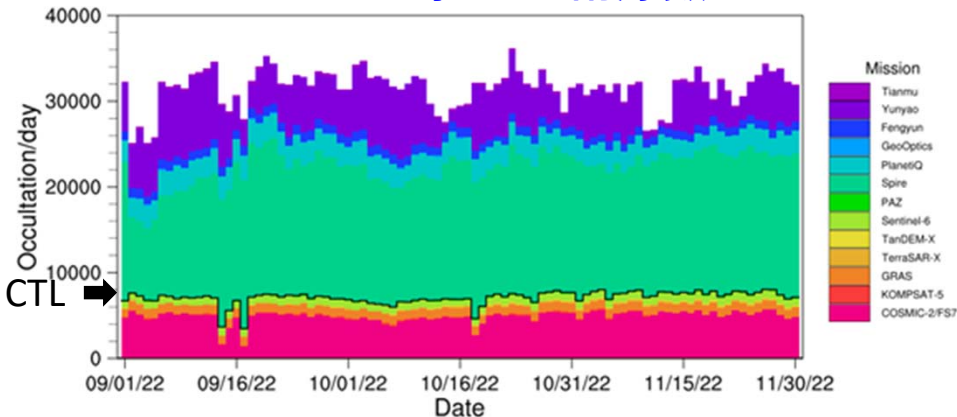
- ECMWF
- NOAA/NCEP
- UK Met Office
- DWD
- METEO FRANCE
- KMA
- **CWA**
- CMA

- ROMEX為一結合多國官方及民間機構合作研究的掩星(Radio Occultation, RO)資料同化影響計畫。
- 此計畫主要利用真實觀測資料探討了解RO資料影響的“飽和”問題(Privé et al. 2022)。
- 期望藉由此研究了解使用大量RO資料在多個數值天氣預報模式中的影響，並再依此結果制定RO衛星的發展策略。

# 氣象署ROMEX早期結果回顧

實驗名稱	NoRO	CTL	ROMEX
實驗期間	2022/09/01 00Z ~ 11/30 18Z		
掩星資料來源	--	GRAS, FS7, KOMPSAT-5, PAZ, Sentinel-6	GRAS, FS7, KOMPSAT-5, PAZ, Sentinel-6, Spire, PlanetiQ, GeoOptics, Fengyun3, Yunyao, Tianmu
profiles/day	--	~ 7,200	~ 31,000

ROMEX每日RO剖線數



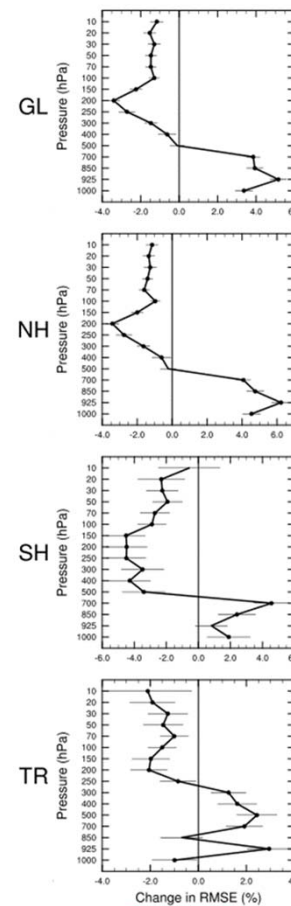
## Scorecards (against ERA5)

[ROMEX] 比 [CTL] 好/差

		Globe							N. Hemisphere							S. Hemisphere							Tropics										
		Day 1		Day 3		Day 5		Day 7		Day 1		Day 3		Day 5		Day 7		Day 1		Day 3		Day 5		Day 7		Day 1		Day 3		Day 5		Day 7	
		▲	▼	▲	▼	▲	▼	▲	▼	▲	▼	▲	▼	▲	▼	▲	▼	▲	▼	▲	▼	▲	▼	▲	▼	▲	▼	▲	▼	▲	▼		
Anomaly Correlation	Heights	250hPa	▲	▼																													
		500hPa	▲	▼																													
		700hPa	▲	▼																													
	Vector Wind	250hPa	▲	▼																													
		500hPa	▲	▼																													
		850hPa	▲	▼																													
		1000hPa	▲	▼																													
RMSE	Heights	10hPa	▲	▼																													
		20hPa	▲	▼																													
		50hPa	▲	▼																													
	Vector Wind	200hPa	▲	▼																													
		500hPa	▲	▼																													
		700hPa	▲	▼																													
		1000hPa	▲	▼																													
Bias	Heights	10hPa	▲	▼																													
		20hPa	▲	▼																													
		50hPa	▲	▼																													
	Wind Speed	200hPa	▲	▼																													
		500hPa	▲	▼																													
		700hPa	▲	▼																													
		1000hPa	▲	▼																													
Temp	Heights	10hPa	▲	▼																													
		20hPa	▲	▼																													
		50hPa	▲	▼																													
	Temp	200hPa	▲	▼																													
		500hPa	▲	▼																													
		700hPa	▲	▼																													
		1000hPa	▲	▼																													

(1 Sep – 30 Nov 2022)

## 6hr溫度預報(背景場) 探空觀測點校驗



負值代表相對CTL有較好的表現

# ROMEX的調整

- 許多單位的ROMEX實驗結果皆顯示(IROWG-10, 2024)，同化大量掩星資料會造成模式溫度場及高度場預報的偏差(bias)。為此，許多單位針對同化大量掩星資料提出多種偏差修正方法(bias correction)，其中以微幅調整掩星資料同化觀測算符 ( observation operator ) 中，折射率公式的 $k_1$ 係數對於修正掩星資料同化的偏差有最顯著的影響。

折射率公式:

$$N = k_1 \frac{P_d}{T} + k_2 \frac{P_w}{T} + k_3 \frac{P_w}{T^2}$$

$P_d$  : 乾空氣氣壓

$P_w$  : 水汽壓

$k_1, k_2, k_3$  : 係數

(Thank Dr. Richard Anthes for the information)

	k1 – Normal	k1 – New	k1 changes
ECMWF (K. Lonitz)	77.643	77.565	-0.1%
UKMO (N. Bowler)	77.6	77.5224	-0.1%
CWA (this study)	<b>77.689</b> (GSI; "PREXPB" experiment in Cucurull 2010)	<b>77.565</b> (following Lonitz, ECMWF)	<b>-0.16%</b>



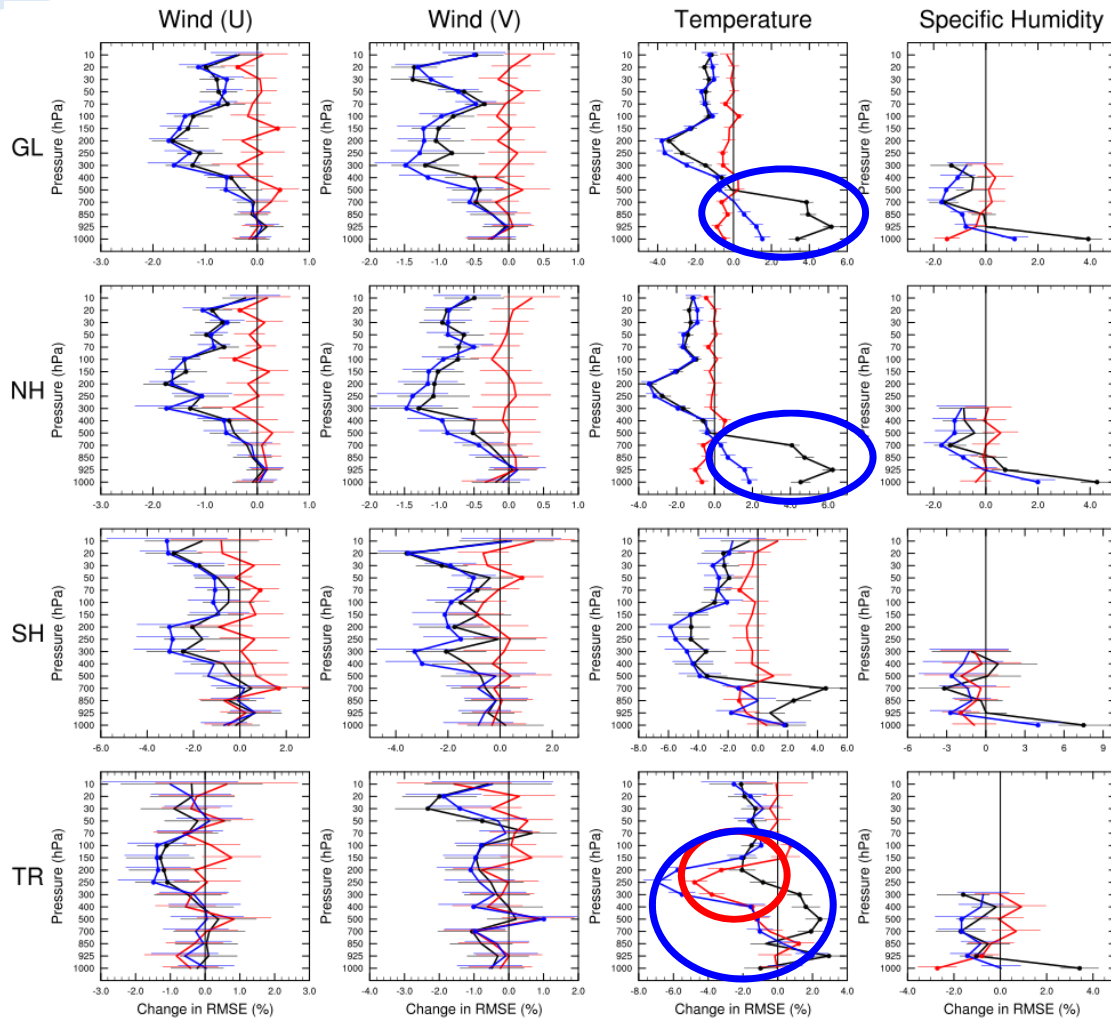
# 實驗設計



實驗名稱	NoRO	CTL	ROMEX	CTL_k1	ROMEX_k1
實驗期間	2022/09/01 00Z ~ 11/30 18Z				
掩星資料來源	--	GRAS, FS7, KOMPSAT-5, PAZ, Sentinel-6	GRAS, FS7, KOMPSAT-5, PAZ, Sentinel-6, Spire, PlanetiQ, GeoOptics, Fengyun3, Yunyao, Tianmu	GRAS, FS7, KOMPSAT-5, PAZ, Sentinel-6	GRAS, FS7, KOMPSAT-5, PAZ, Sentinel-6, Spire, PlanetiQ, GeoOptics, Fengyun3, Yunyao, Tianmu
折射率係數 (k1)	--	77.689	77.689	77.565 (減少0.16%)	77.565 (減少0.16%)

- 為了解k1係數在不同RO觀測數量下對RO同化的影響，我們設計了CTL\_k1：相似於CTL實驗，但將k1係數調整為77.565。  
ROMEX\_k1：將k1調整為77.565時，同化完整的ROMEX資料。

# 6hr預報(背景場)探空觀測點校驗結果



**Black :** ROMEX  
**Red:** CTL\_k1  
**Blue:** ROMEX\_k1



負值代表相對CTL實驗有較好的表現

- **CTL\_k1**實驗與CTL實驗的結果十分相似，但在熱帶200-400 hPa 的溫度場上有顯著的正面貢獻。
- **ROMEX\_k1**相對於ROMEX實驗在中低層大氣溫度上有顯著的正面貢獻。



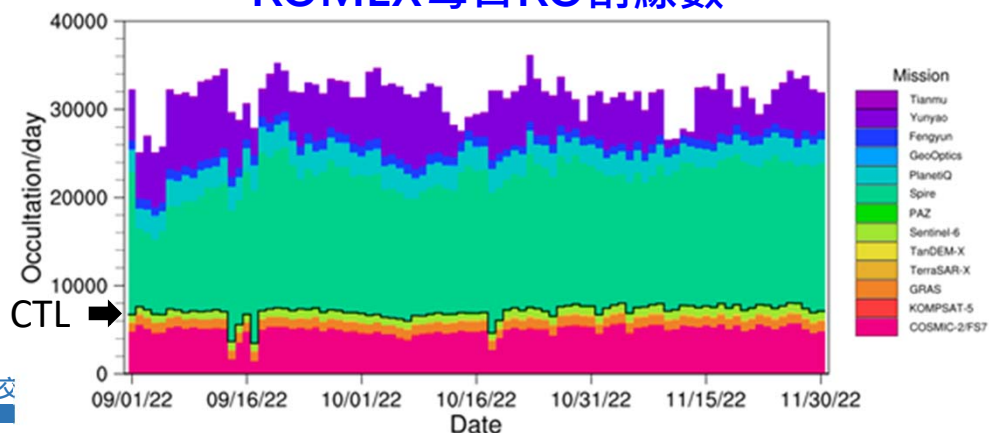
# 實驗設計 - RO觀測數量對預報之影響



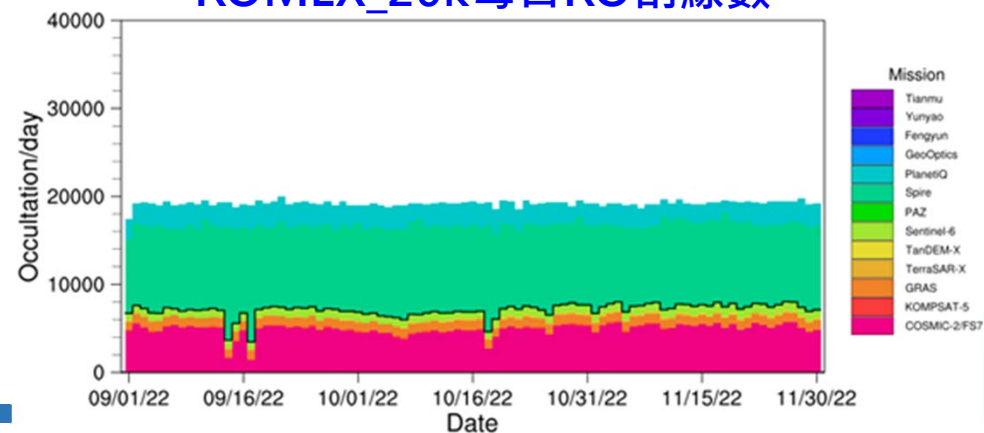
實驗名稱	NoRO	CTL_k1	ROMEX_20k_k1	ROMEX_k1
實驗期間	2022/09/01 00Z ~ 11/30 18Z			
掩星資料來源	--	GRAS, FS7, KOMPSAT-5, PAZ, Sentinel-6	GRAS, FS7, KOMPSAT-5, PAZ, Sentinel-6, Spire*, PlanetiQ*, GeoOptics, Fengyun3, Yunyao, Tianmu	GRAS, FS7, KOMPSAT-5, PAZ, Sentinel-6, Spire, PlanetiQ, GeoOptics, Fengyun3, Yunyao, Tianmu
折射率係數(k1)	--	7.565	7.565	7.565
profiles/day	--	~ 7,200	~20,000	~ 31,000

- 為了解RO觀測數量對於模式預報之影響，ROMEX團隊額外設計出一組實驗 – ROMEX\_20k進行比較。
- ROMEX\_20k設定每日同化近兩萬筆掩星剖面，使用的資料基於CTL的資料外，另外加入了Spire及PlanetiQ資料以達到每日近兩萬筆的剖面資料。

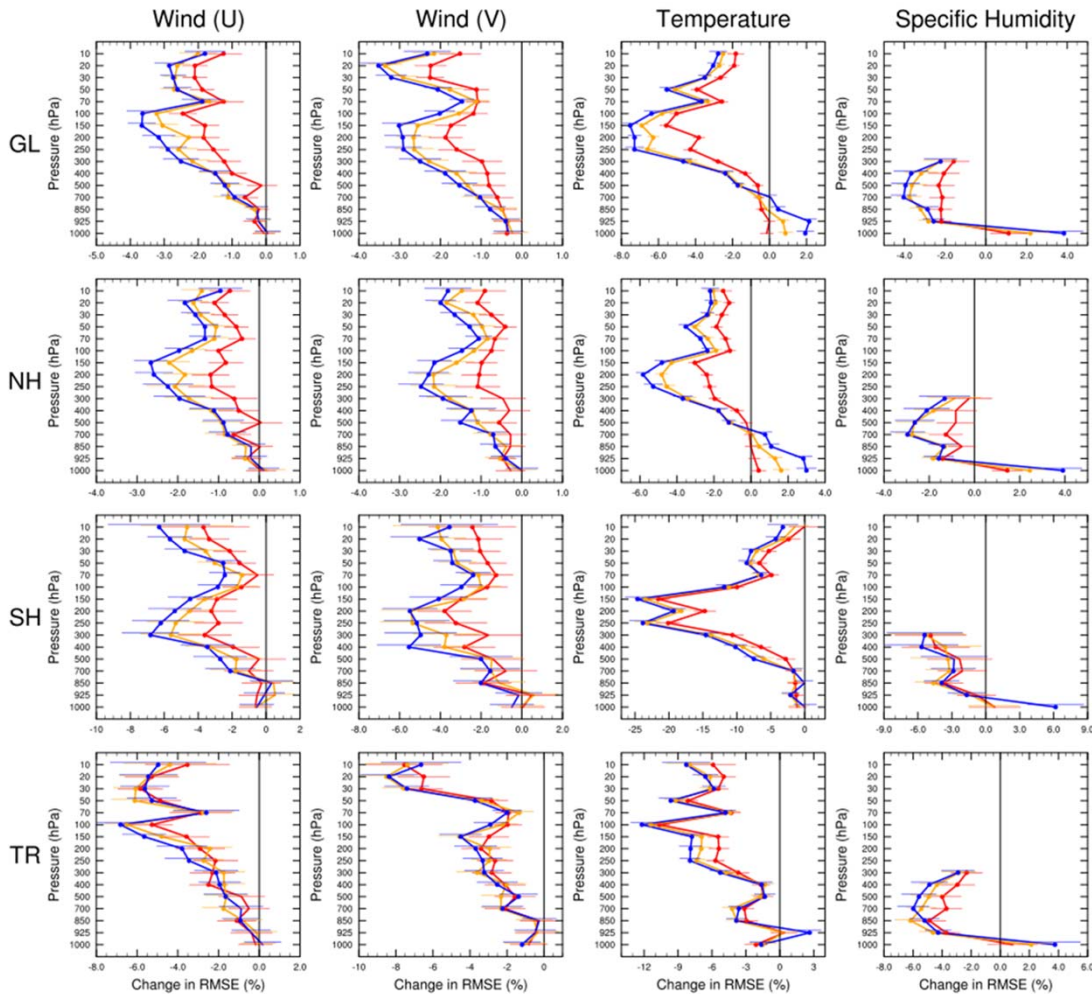
ROMEX每日RO剖線數



ROMEX\_20k每日RO剖線數



# 6hr預報(背景場)探空觀測點校驗結果



**Red:** CTL\_k1  
**Orange :** ROMEX\_20k\_k1  
**Blue:** ROMEX\_k1



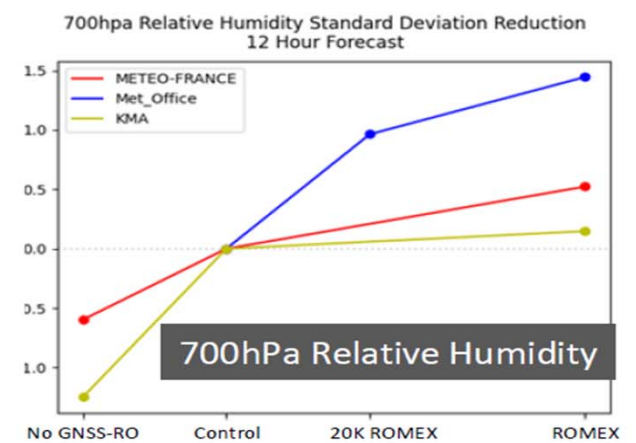
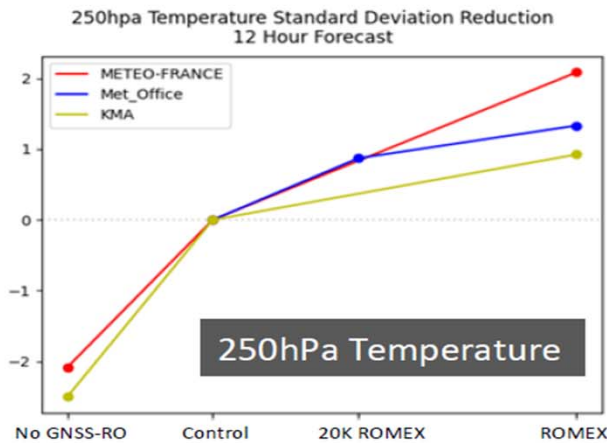
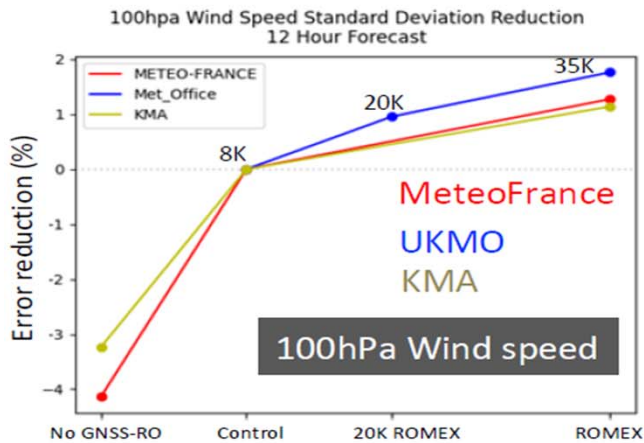
負值代表相對NoRO實驗有較好的表現

- 所有的實驗相對於NoRO實驗都有顯著的正面貢獻，特別是在中高層的大氣。
- 改善幅度：  
**ROMEX\_k1 > ROMEX\_20k\_k1 > CTL\_k1**

# ROMEX實驗結果比較

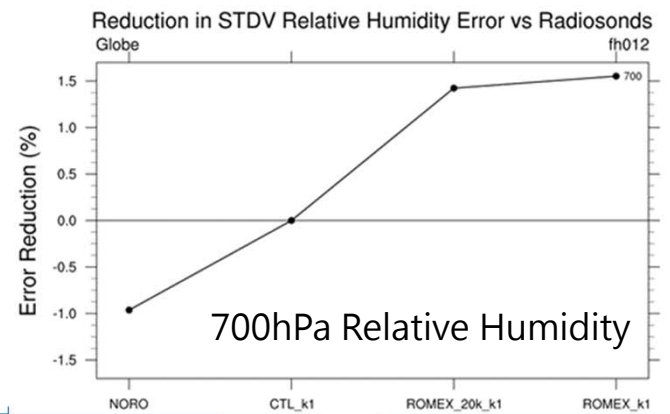
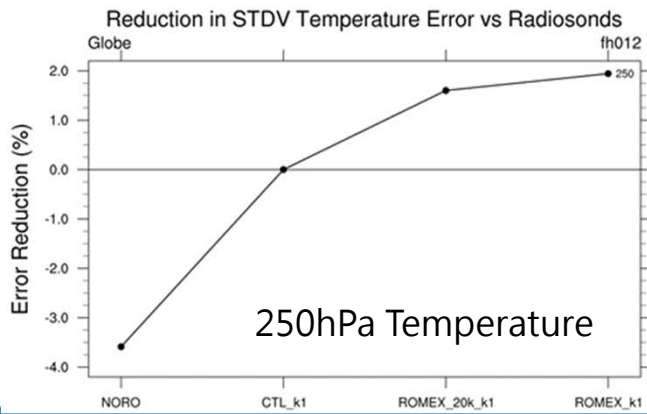
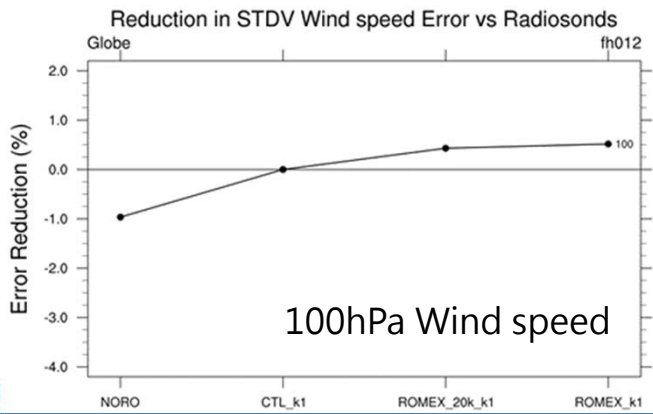


其他作業單位的ROMEX實驗結果 (取自CGMS-53 Working Group II session, agenda item 3.6-2)



<https://www.cgms-info.org/Agendas/GetWpFile.aspx?wid=adf90bb1-8a69-4d58-9c58-67236076fa81&aid=059721a6-374d-4aa7-8fe2-e5ea299ff582>

## CWA的ROMEX實驗結果



## 結論

- 氣象署與國際其他單位的ROMEX實驗結果均顯示，在同化極大量掩星觀測資料時會產生偏差問題，造成模式溫度場及高度場預報的負面影響。
- 調整k1係數有助於修正同化極大量掩星觀測資料時會產生偏差問題，並對模式預報帶來顯著的正面貢獻，特別是對於中低層溫度場的預報有最顯著的改進。
- 經過偏差修正後，CWA的ROMEX實驗可以發現，隨著模式中同化的掩星觀測數量增加，能夠提升模式溫度、濕度及風速預報的表現，但資料數量增加到每日20,000筆剖線以上時，其對預報表現的改進程度會趨緩。此結果與國際上其他單位的實驗結果一致。





Thanks for your listening