



TGFS中飛機觀測資料同化及其偏差校正的問題

黃子茂 連國淵

中央氣象署科技發展組

大綱

- 前言
 - 飛機資料使用現況
 - 飛機資料的偏差校正方法
- 實驗設計
- 實驗結果
- 結論



前言

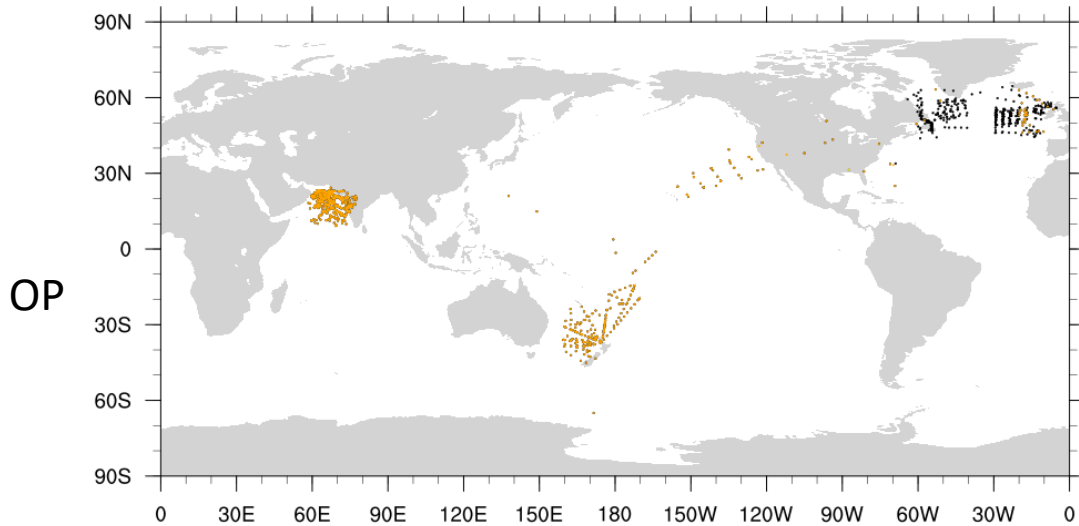


- 飛機 (aircraft) 觀測在數值天氣預報資料同化中作為重要的傳統觀測資料來源之一，提供高層大氣溫度及風場的資訊。然而過去研究顯示，飛機溫度資料相對於無線電探空儀(radiosonde)資料存在著系統性溫度偏差，因此，飛機溫度資料的偏差校正 (bias correction) 為飛機資料在使用上重要的課題。
- 現今氣象署全球預報系統Taiwan Global Forecast System (TGFS) 中的飛機觀測資料同化存在著兩項問題：
 - 1) 全球模式使用的觀測資料主要來自於NCEP提供的公開資料，然而大部分的飛機資料不能即時公開，因此TGFS可使用的飛機資料非常稀少。
 - 2) GSI同化系統預設的飛機資料偏差校正方法需要飛機額外的飛行資料 (如上升、下降速度等) ，但這亦屬於不能即時公開的資料，因此TGFS並未對飛機溫度資料進行偏差校正。

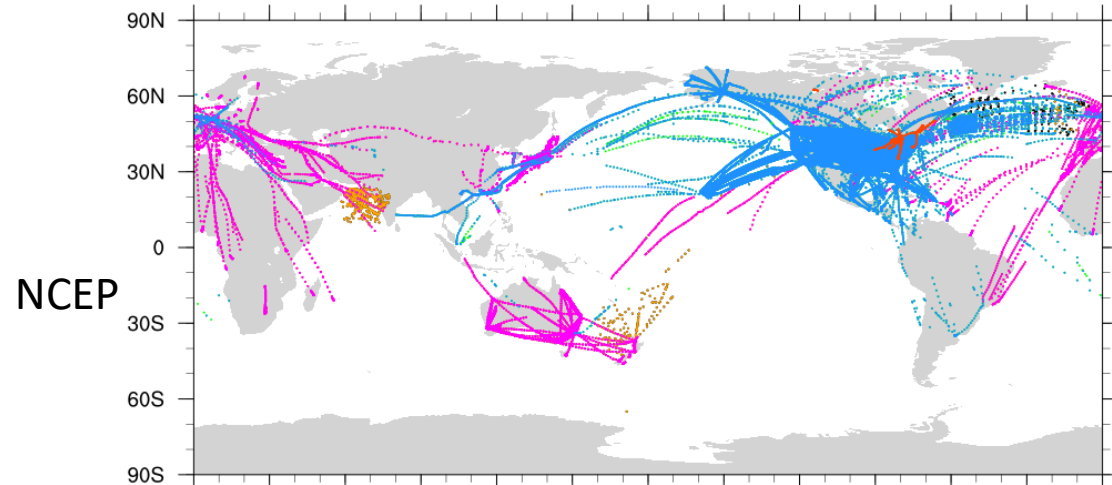
飛機資料使用現況



20221018 00Z



● 130 T(1341) ● 131 T(0) ● 132 T(1) ● 133 T(0) ● 135 T(0)
 ● 230 U,V(911) ● 231 U,V(0) ● 232 U,V(1) ● 233 U,V(0) ● 235 U,V(0)



● 130 T(1341) ● 131 T(15942) ● 132 T(1) ● 133 T(138109) ● 135 T(457)
 ● 230 U,V(911) ● 231 U,V(16072) ● 232 U,V(1) ● 233 U,V(128420) ● 235 U,V(1453)

資料編碼	資料類型	資料描述	取得與否
130	溫度	AIREP AND PIREP AIRCRAFT	V
132	溫度	FLIGHT-LEVEL RECONNAISSANCE AND PROFILE DROPSONDE 投落送偵查飛機所收集的數據	V
131	溫度	AMDAR AIRCRAFT 為民航機在全球範圍內所收集的氣象數據。	X
133	溫度	MDCRS ACARS AIRCRAFT 美國的AMDAR	X
135	溫度	CANADIAN AMDAR AIRCRAFT 加拿大的AMDAR	X
230	風場(U,V)	AIREP AND PIREP AIRCRAFT	V
232	風場(U,V)	FLIGHT-LEVEL RECONNAISSANCE AND PROFILE DROPSONDE 投落送偵查飛機所收集的數據	V
231	風場(U,V)	AMDAR AIRCRAFT 為民航機在全球範圍內所收集的氣象數據。	X
233	風場(U,V)	MDCRS ACARS AIRCRAFT 美國民航公司的AMDAR	X
235	風場(U,V)	CANADIAN AMDAR AIRCRAFT 加拿大民航公司的AMDAR	X

作業上能夠使用的飛機資料量相對於美國NCEP作業所使用的飛機資料量只有0.8%

飛機資料的偏差校正方法

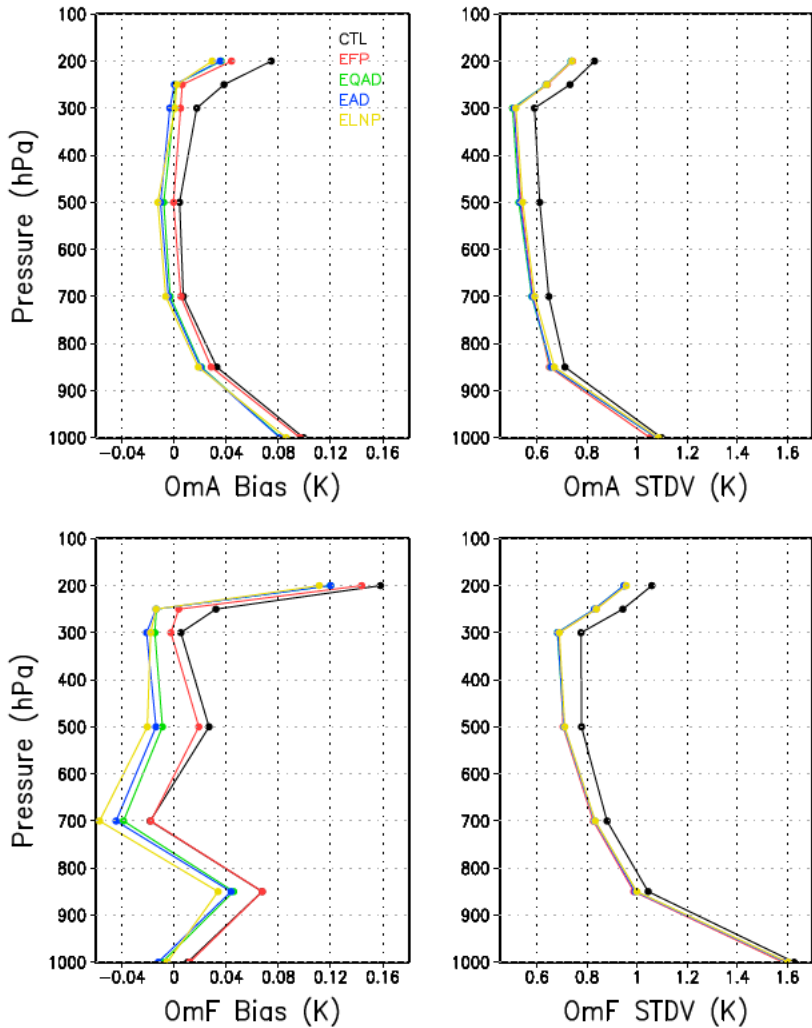


FIG. 8. The (left) biases and (right) standard deviations of the (top) OmA and (bottom) OmF fits to the aircraft temperature data in experiments CTL (black line), EFP (using flight phase bias model, red line), EQAD (using quadratic aircraft ascent/descent rate bias model, green line), EAD (using aircraft ascent/descent rate bias model, blue line), and ELNP (using log-pressure bias model, yellow line) over the entire globe.

Variational bias correction is known as

$$b(\mathbf{x}, \boldsymbol{\beta}) = \sum_{k=0}^N \beta_k p_k(\mathbf{x}) \quad \beta : \text{偏差校正係數} ; p : \text{偏差校正因子}$$

Flight phase model (FP) :

$$b(\mathbf{x}, \boldsymbol{\beta}) = \beta_0^c + \beta_0^d + \beta_0^a$$

飛機處於a：上升，d：下降及c：巡航狀態
需要prepbufr.acft_profiles

Quadratic aircraft ascent/descent rate model (QAD) :

$$b(\mathbf{x}, \boldsymbol{\beta}) = \beta_0 + \beta_1 w + \beta_2 w^2$$

➡ NCEP所使用的方法
需要prepbufr.acft_profiles

Aircraft ascent/descent rate model (AD) :

$$b(\mathbf{x}, \boldsymbol{\beta}) = \begin{cases} \beta_0 + \beta_+ w & \text{if } w > 0 \\ \beta_0 + \beta_- w & \text{if } w < 0 \end{cases}$$

➡ ECMWF所使用的方法
需要prepbufr.acft_profiles

Log-pressure model (LNP) :

$$b(\mathbf{x}, \boldsymbol{\beta}) = \beta_0 + \beta_1 \log(p)$$

實驗設計

- NCEP提供一組過去的飛機資料(2022/10/18~11/30)進行測試。測試資料包含完整的飛機資料(prebufr)及飛機垂直速度資料(prepbufr.acft_profiles)。

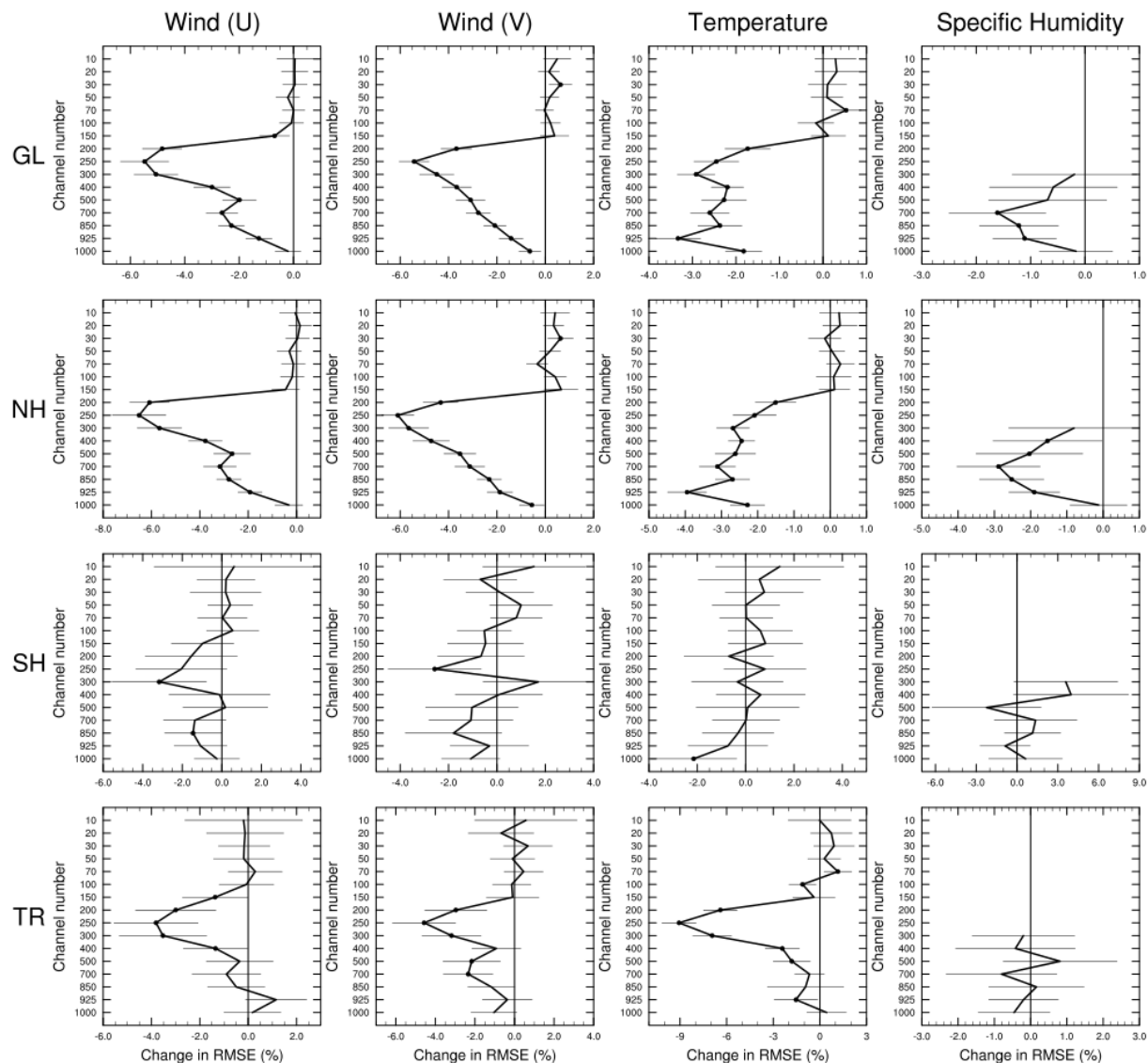
Experiment	airctl	airnbc	airbc	airlnp
GSI version	TGFS v1 (Base on GSI V15, 2019)			
Resolution	TGFS - C384L64 (~25km)			
DA method	hybrid 4DEnVar(32 members+32 time lag members C192)			
EXP. period	2022/10/18 00Z ~11/30 18Z (取11/01~11/30進行校驗)			
Aircraft data	130,132, 230,232	130,132,131,133,135, 230,232,231,233,235		
Bias correction	no bias correction	no bias correction	NCEP's bias correction model	log-pressure model



實驗結果 – airctl vs. airnbc



6hr預報(背景場)探空觀測點校驗



- 圖中顯示，同化完整的飛機資料對於模式的風場及溫度場有顯著的改善，特別是在北半球及熱帶高層。

Change in RMSE =

$$100\% \times \frac{\text{RMSE}(\text{airnbc}) - \text{RMSE}(\text{airctl})}{\text{RMSE}(\text{airctl})}$$



負值代表相對airctl實驗有較好的表現

實驗結果 – airctl vs. airnbc

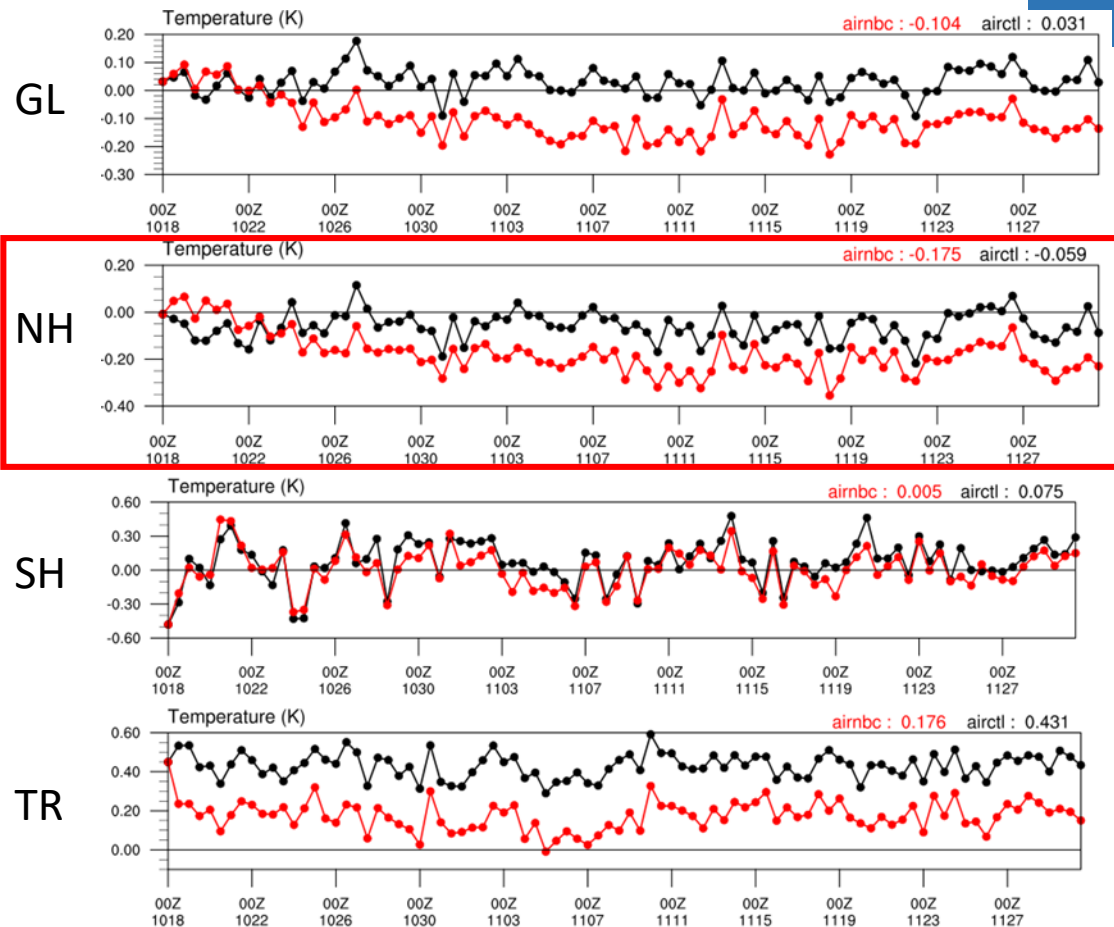
GVER校驗結果 (against ERA5)

[airnbc] 比 [airctl] 好/差



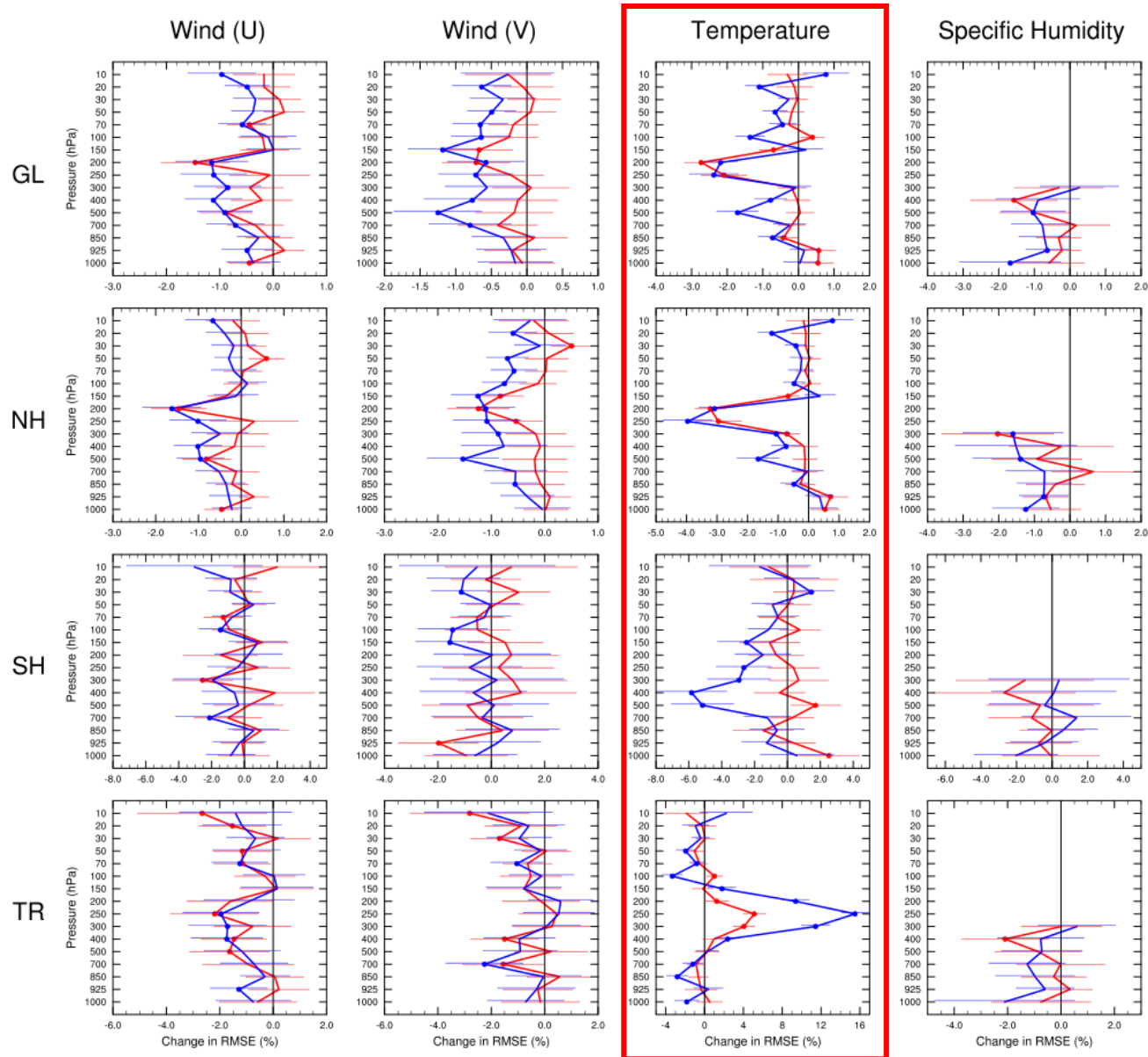
	Day	Globe					N. Hemisphere					S. Hemisphere					Tropics								
		1	3	5	6	7	1	3	5	6	7	1	3	5	6	7	1	3	5	6	7				
Anomaly Correlation	Heights	250hPa	▲	▲				▲																	
		500hPa						▲																	
		700hPa	▲	▲				▲																	
		1000hPa	▲					▲																	
	Vector Wind	250hPa	▲	▲				▲																	
		500hPa						▲																	
		850hPa						▲																	
	Temp	250hPa	▲	▲				▲																	
		500hPa						▲																	
		850hPa						▲																	
	RMSE	Heights	10hPa	▲	▲																				
			20hPa	▲	▲				▲																
50hPa			▲	▲																					
100hPa			▲	▲				▲	▲																
200hPa			▲	▲				▲	▲																
500hPa			▲	▲				▲																	
Vector Wind		700hPa	▲	▲				▲																	
		850hPa	▲	▲				▲																	
		1000hPa	▲	▲				▲																	
		10hPa																							
		20hPa																							
		50hPa																							
Temp		100hPa																							
		200hPa	▲	▲				▲																	
		500hPa						▲																	
		700hPa						▲																	
		850hPa						▲																	
		1000hPa						▲																	

250hPa探空校驗bias隨時間變化



▲	▼	99.9% significance level
▲	▼	99% significance level
▲	▼	95% significance level
■	■	Not applicable

實驗結果 – airnbc vs. airbc and airlnp (以探空作校驗)



- 圖中顯示，偏差校正的使用對於模式溫度場有較明顯的改進，然而在熱帶高層的溫度場，偏差校正的使用會帶來顯著的負面貢獻。

airnbc : no bias correction

airbc : NCEP's bias correction model

airlnp : log-pressure model

Change in RMSE =

$$100\% \times \frac{\text{RMSE}(\text{airbc}) - \text{RMSE}(\text{airlnp})}{\text{RMSE}(\text{airnbc})}$$



負值代表相對airnbc實驗有較好的表現

實驗結果 – airnbc vs. airbc and airlnp (以EAR5做校驗)



[airbc] 比 [airnbc] 好/差

[airlnp] 比 [airnbc] 好/差

		Day	Globe					N. Hemisphere					S. Hemisphere					Tropics				
			1	3	5	6	7	1	3	5	6	7	1	3	5	6	7	1	3	5	6	7
Anomaly Correlation	Heights	250hPa																				
		500hPa																				
		700hPa																				
		1000hPa																				
	Vector Wind	250hPa																				
		500hPa																				
		850hPa																				
	Temp	250hPa																				
		500hPa																				
		850hPa																				
RMSE	Heights	10hPa																				
		20hPa																				
		50hPa																				
		100hPa																				
		200hPa																				
		500hPa																				
		700hPa																				
		850hPa																				
	Vector Wind	10hPa																				
		20hPa																				
Temp	10hPa																					
	20hPa																					
	50hPa																					
	100hPa																					
	200hPa																					
	500hPa																					
	700hPa																					
	850hPa																					

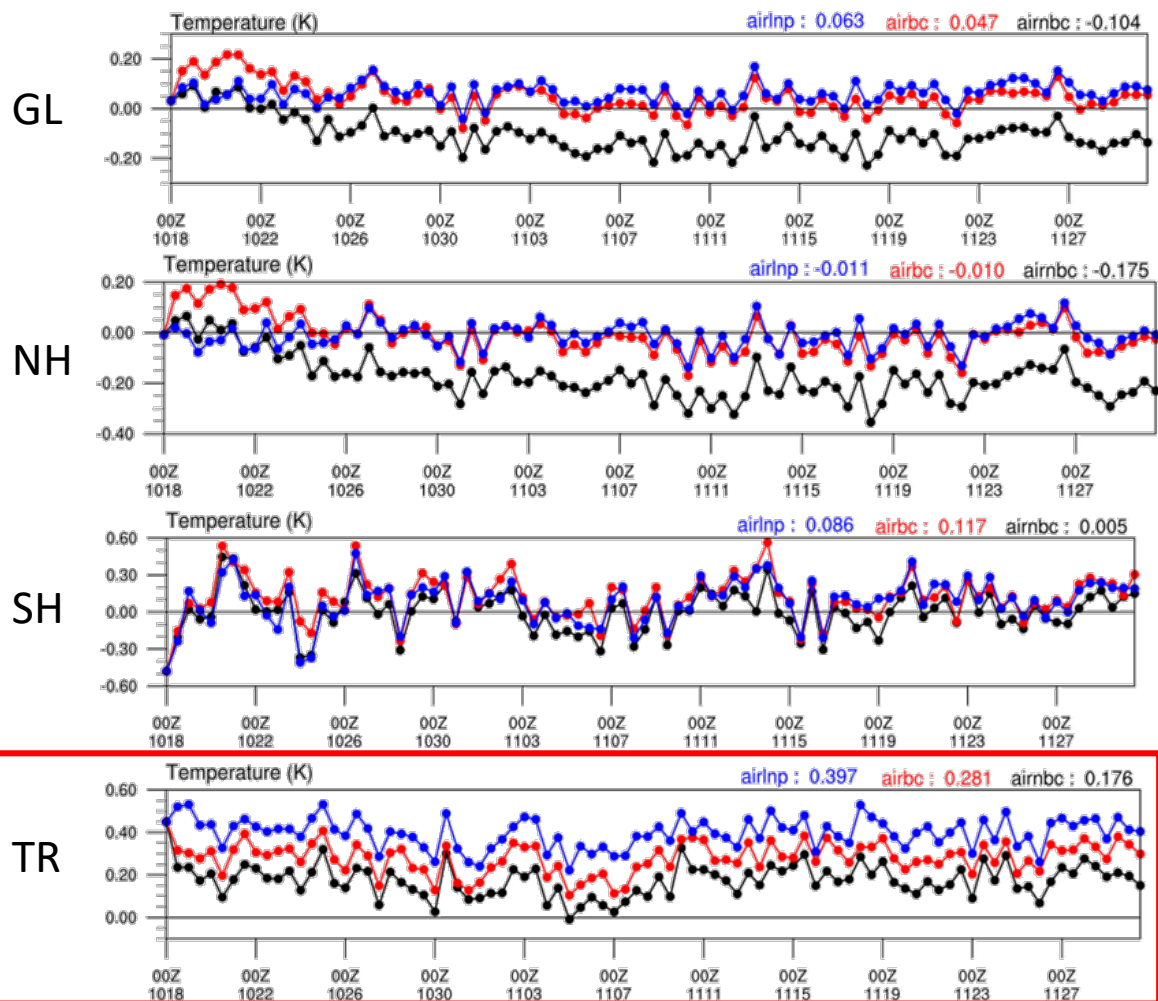
		Day	Globe					N. Hemisphere					S. Hemisphere					Tropics				
			1	3	5	6	7	1	3	5	6	7	1	3	5	6	7	1	3	5	6	7
Anomaly Correlation	Heights	250hPa																				
		500hPa																				
		700hPa																				
		1000hPa																				
	Vector Wind	250hPa																				
		500hPa																				
		850hPa																				
	Temp	250hPa																				
		500hPa																				
		850hPa																				
RMSE	Heights	10hPa																				
		20hPa																				
		50hPa																				
		100hPa																				
		200hPa																				
		500hPa																				
		700hPa																				
		850hPa																				
	Vector Wind	10hPa																				
		20hPa																				
Temp	10hPa																					
	20hPa																					
	50hPa																					
	100hPa																					
	200hPa																					
	500hPa																					
	700hPa																					
	850hPa																					



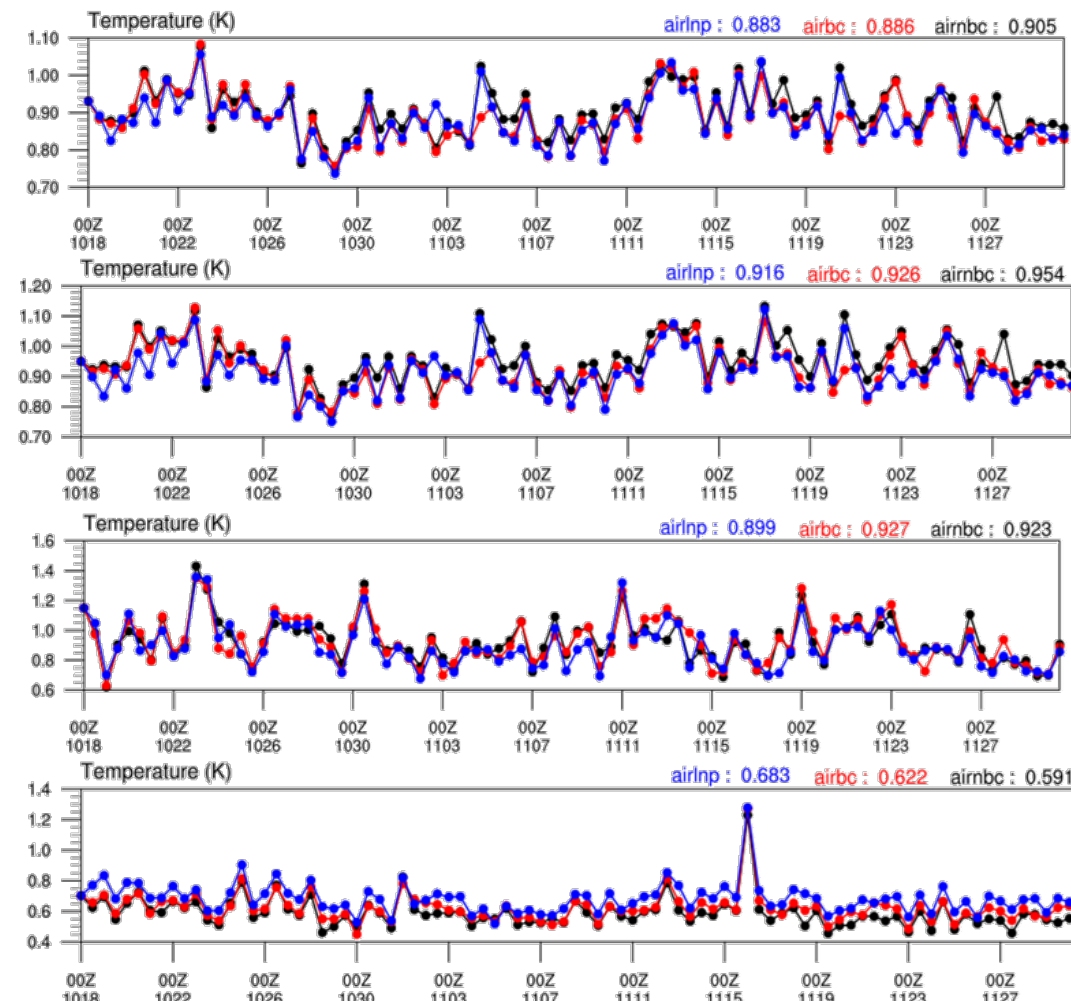
實驗結果 – 250hPa探空校驗的時間序列



BIAS



RMSE



airnbc : no bias correction ; airbc : NCEP's bias correction model ; airlnp : log-pressure model

結論

- 使用完整的飛機資料對於模式預報有著顯著的正面效益，然而使用完整的飛機資料會增加北半球的溫度bias。
- 使用飛機垂直速度及飛機資料點的氣壓對數作為偏差校正預報因子的測試實驗皆顯示，飛機資料經過偏差校正後對於模式預報呈現中性偏正面的效益，其中以飛機資料點的氣壓對數作為偏差校正預報因子的實驗結果最為顯著。
- 然而在熱帶地區高層，飛機資料的偏差校正會使得溫度bias增加，這使得熱帶高層的溫度預報呈現負面效益。
- 本次研究顯示，飛機觀測資料來源不足對TGFS系統作業預報準確度有一定程度的減損，而缺乏偏差校正所需的額外飛行資料可能並非關鍵問題，可用替代的偏差校正方法來解決。





Thanks for your listening