

# 產官學研協力創新 由微型探空系統建構臺灣自主高密度 大氣垂直觀測網

齊祿祥<sup>1</sup> 李育棋<sup>1</sup> 張清城<sup>1</sup> 林博雄<sup>2</sup> 周耿民<sup>2</sup> 蘇世顥<sup>3</sup> 蘇嵐威<sup>4</sup> 陳禹安<sup>5</sup>

<sup>1</sup>中央氣象署 <sup>2</sup>臺灣大學 <sup>3</sup>文化大學 <sup>4</sup>雲灣資訊 <sup>5</sup>飛絡力電子

 新北氣象站 徐仲毅





# 一、起源與發展動機

## 需求與歷史背景

- 民國100年，空氣汙染監測及模式需求
- 高時空密度邊界層剖面觀測
- 以傳統探空站執行未能實現

## 傳統探空限制與難題

- 設備成本高昂，單次施放費用可觀
- 需較多專業人力操作與維護
- 布建與維運複雜度高

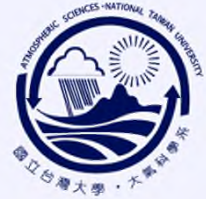
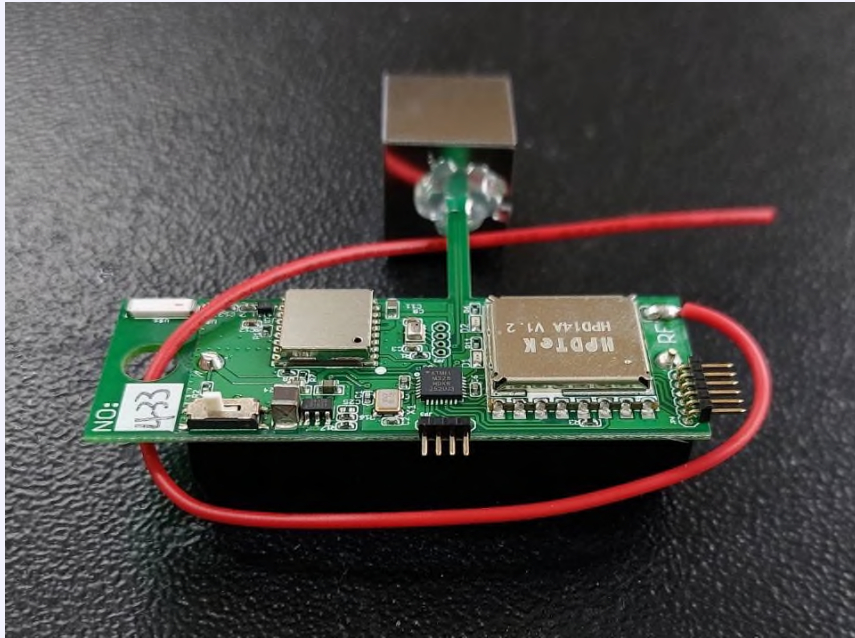


## 預期達成目標

- 降低施放成本
- 全自動化操作流程
- 易於布建與維護
- 提高觀測時空密度
- 引領自主技術研發與產業發展

## 二、微型探空發展契機

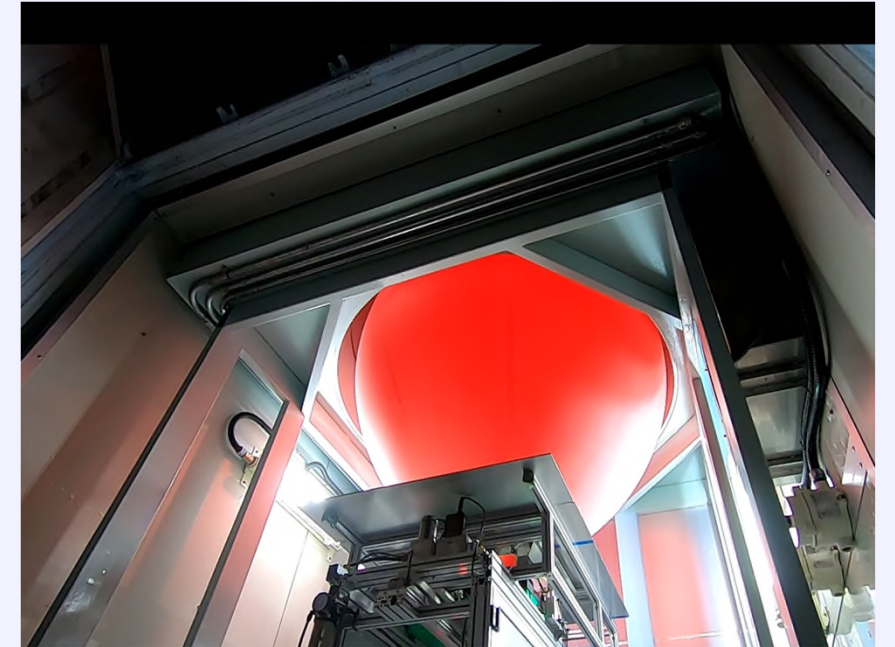
台大大氣 ST 探空儀



飛絡力電子自動化技術



氣象署現行自動探空經驗



## 三、技術開發重點



系統設計需面對極端溫度、高空通訊等多重技術挑戰，研發團隊透過精密工程設計克服這些難題。

- 1 便宜
  - 傳統探空每次所需探空儀及耗材所需成本約12,000 NTD
  - 微型需控制在每次所需探空儀及耗材所需成本約2,500 NTD
- 2 自動化機台
  - 必須能夠排程及全自動化
  - 具備空調能力，保確保艙內探空儀及附屬件使用無虞
  - 本身具耐候性及堅固度
- 3 軟體實現資料處理及硬體控制
  - 良好人機介面
  - 即時顯示系統及資料狀態
  - 達成自動傳輸至使用者

# (1) 探空儀 (以ST為雛形)

## 溫濕度 Sensor

- 型號：TI HDC3022
- 溫度測量範圍：**-40°C** ~ 125°C
- 濕度測量範圍：0% ~ 100%
- 溫度精度： $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$
- 濕度精度： $\pm 1.5\% \text{ RH}$

## 壓力 Sensor

- 型號：BOSCH Sensortec BMP581
- 氣壓測量範圍：300 hPa ~ 1250 hPa
- 氣壓測量精度： $\pm 30 \text{ Pa}$

## GPS Sensor

- 型號：RAYAX RYS3520
- Multi-GNSS：  
GPS/GLONASS/Galileo/BeiDou

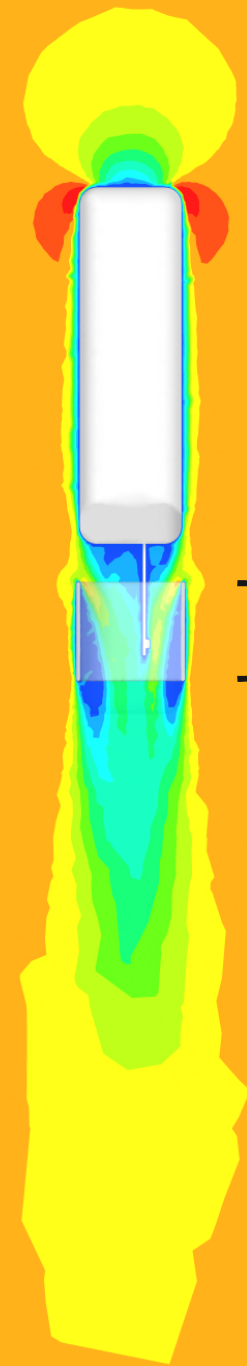
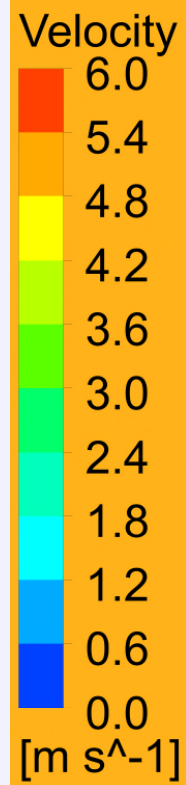
## LoRa Sensor

- 型號：RAYAX RYLR498
- 頻率：400-406MHz
- RF Sensitivity： $-129\text{dBm}$



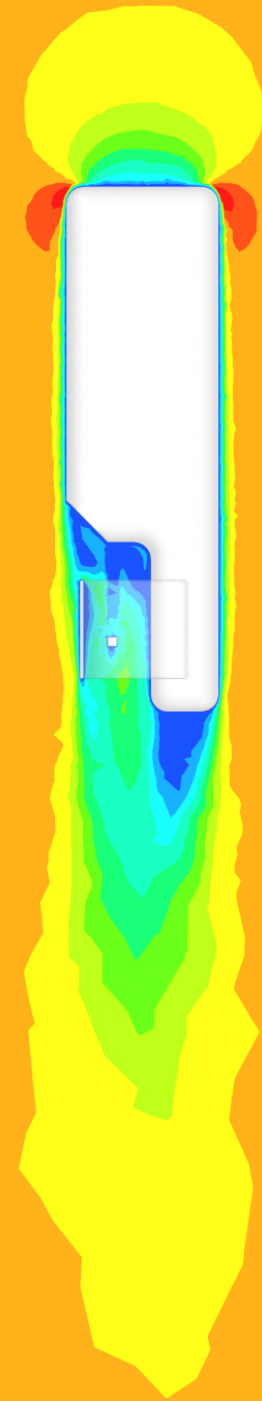
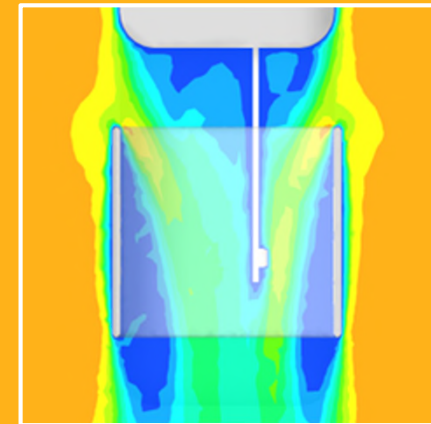
## 霍爾感測器

- 型號：TI DRV5032

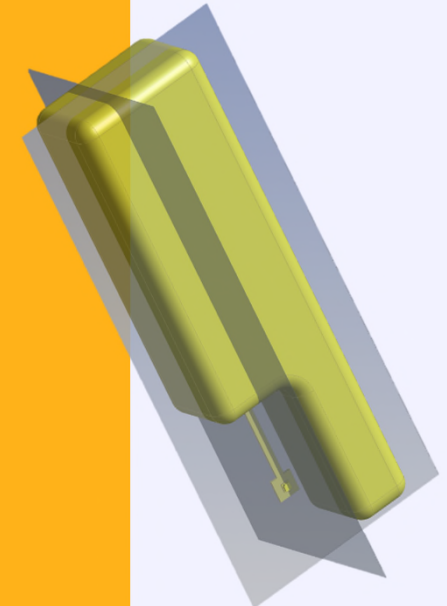
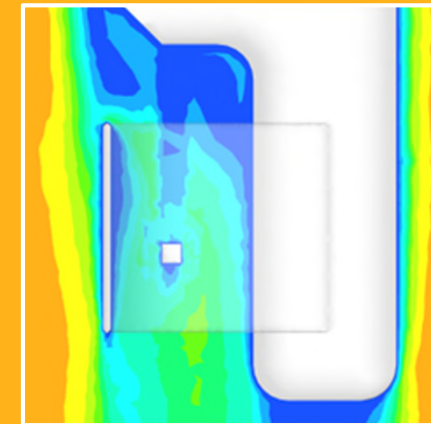


5 m/s

29.5 mm  
(w/ cut)



29.5 mm  
(w/ cut)



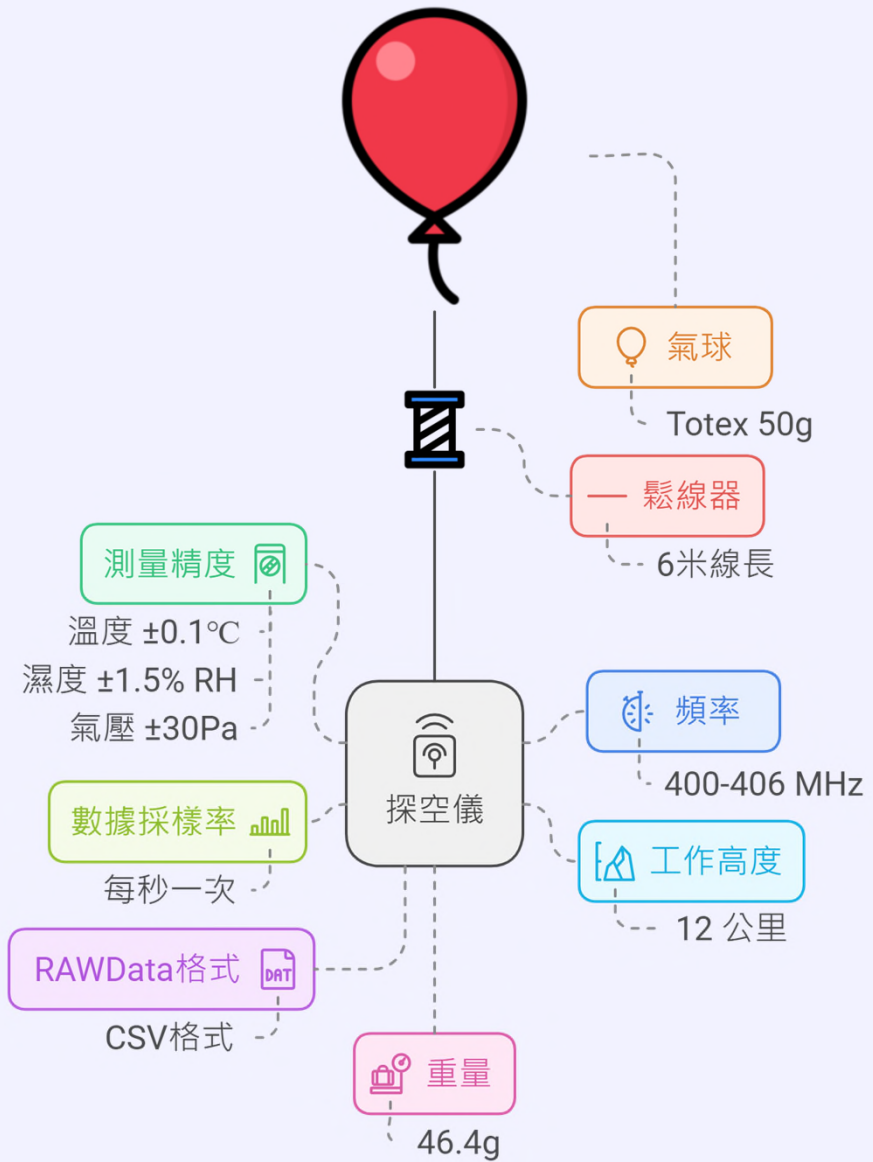
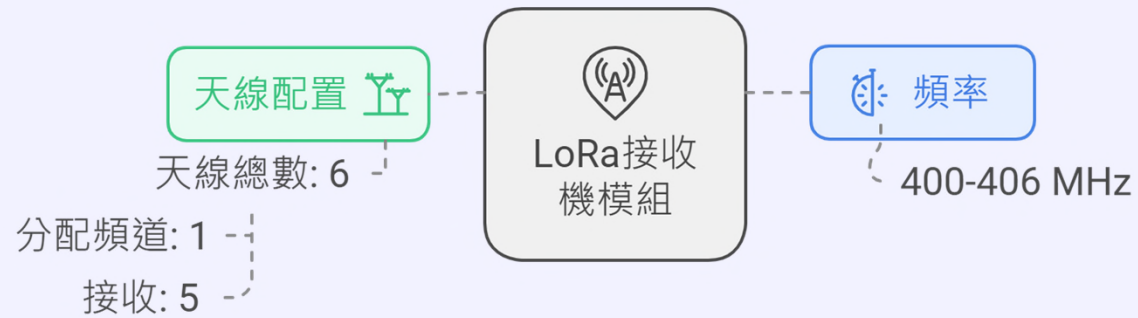
## 電池

- 型號：L92
- Operating Temp：-40°C to 60°C

## 尺寸、重量

- 尺寸：L：15.5 x W：4.6 x H：3 cm
- MS100+外殼+6米長鬆線器：46.4克





## (2) 自動化機台(飛絡力電子)

### 全自動化運作流程

系統能夠自動完成氣球灌充、儀器掛載與釋放等全部流程，實現無人值守操作，大幅降低人力需求。

### 設計考量要點

- 機台體積最佳化，兼顧功能與移動便利性
- 完善的防熱、防水與防塵設計，適應各種環境
- 考量戶外移動需求，強化結構穩定性

### 協作開發模式

與廠商**密集協作**，**累積80場次以上會議**，透過反覆測試與改良，確保系統穩定性與可靠度。每週定期檢討進度與解決技術難題，展現高效團隊合作模式。

#### 電壓

110V/60Hz

#### 尺寸

L : 2437.3 mm

W : 1135.3 mm

H : 1990.7 mm

#### 消耗功率

施放主機：4 A

冷氣：5 A

產氫機：3 A

最大功率：1320 w

#### 重量

施放主機：575 Kg

冷氣艙：60 Kg

#### 可施放料盒數

30個

#### 輸入氣體來源

氫氣/氦氣

(自動切換)



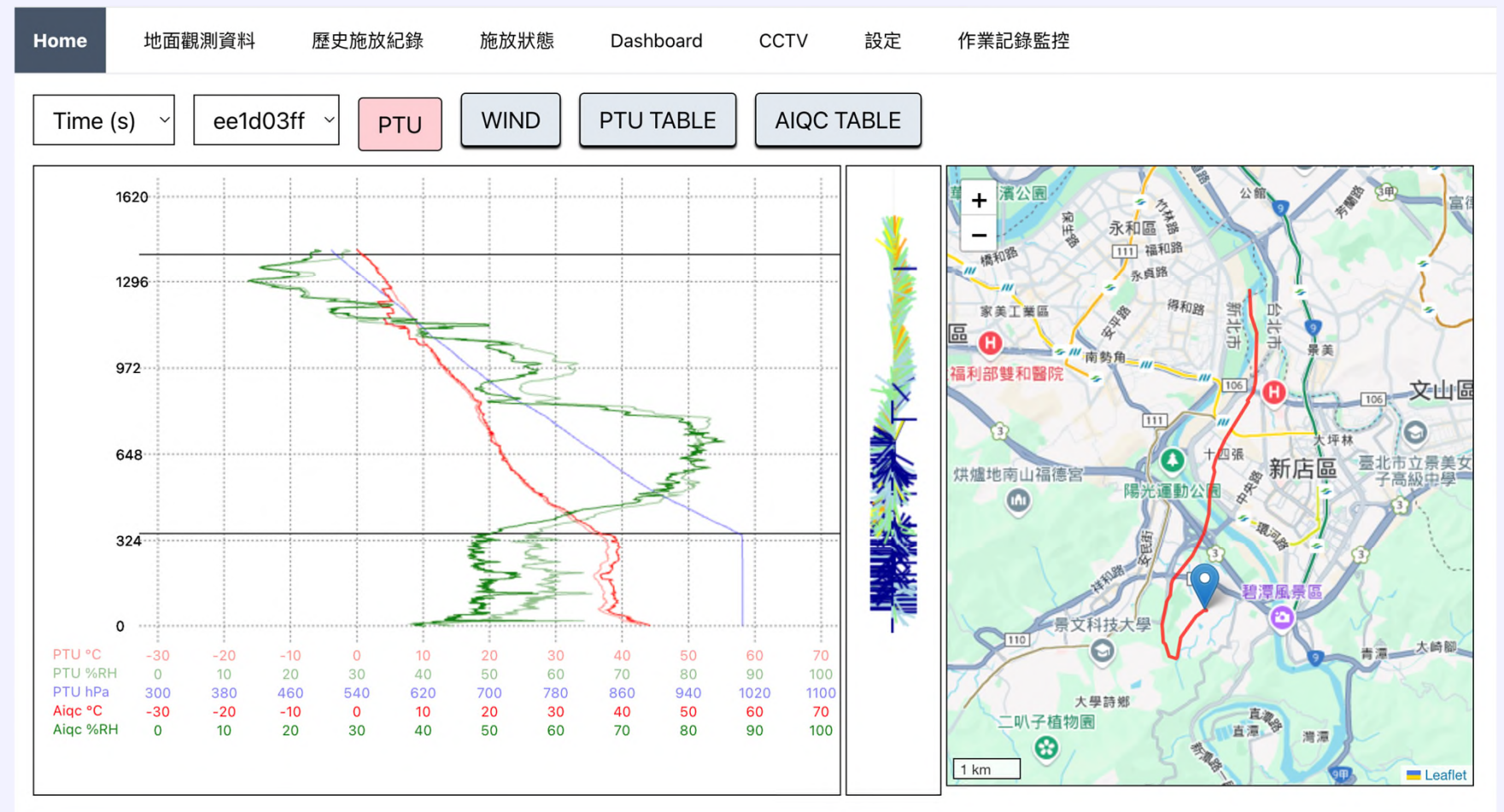
# (3) 系統控制及資料處理軟體(雲灣科技)

## 硬體設定及控制

- 機台狀態查詢、控制及設定
- 施放狀態顯示及控制
- 無線電接收機設定及控制
- CCTV 監控

## 觀測資料接收及顯示

- 即時觀測資料接收顯示
- 即時地圖位置顯示
- 歷史資料查詢及顯示
- 即時 AIQC 資料及顯示(文化大學提供)
- 觀測資料檔下載及自動傳輸



## 四、遭遇的挑戰(探空儀)



### 1 溫溼度異常

- 元件發熱影響，延長感應晶片
- 增加外罩降低太陽輻射影響

### 2 傳輸距離不足及干擾

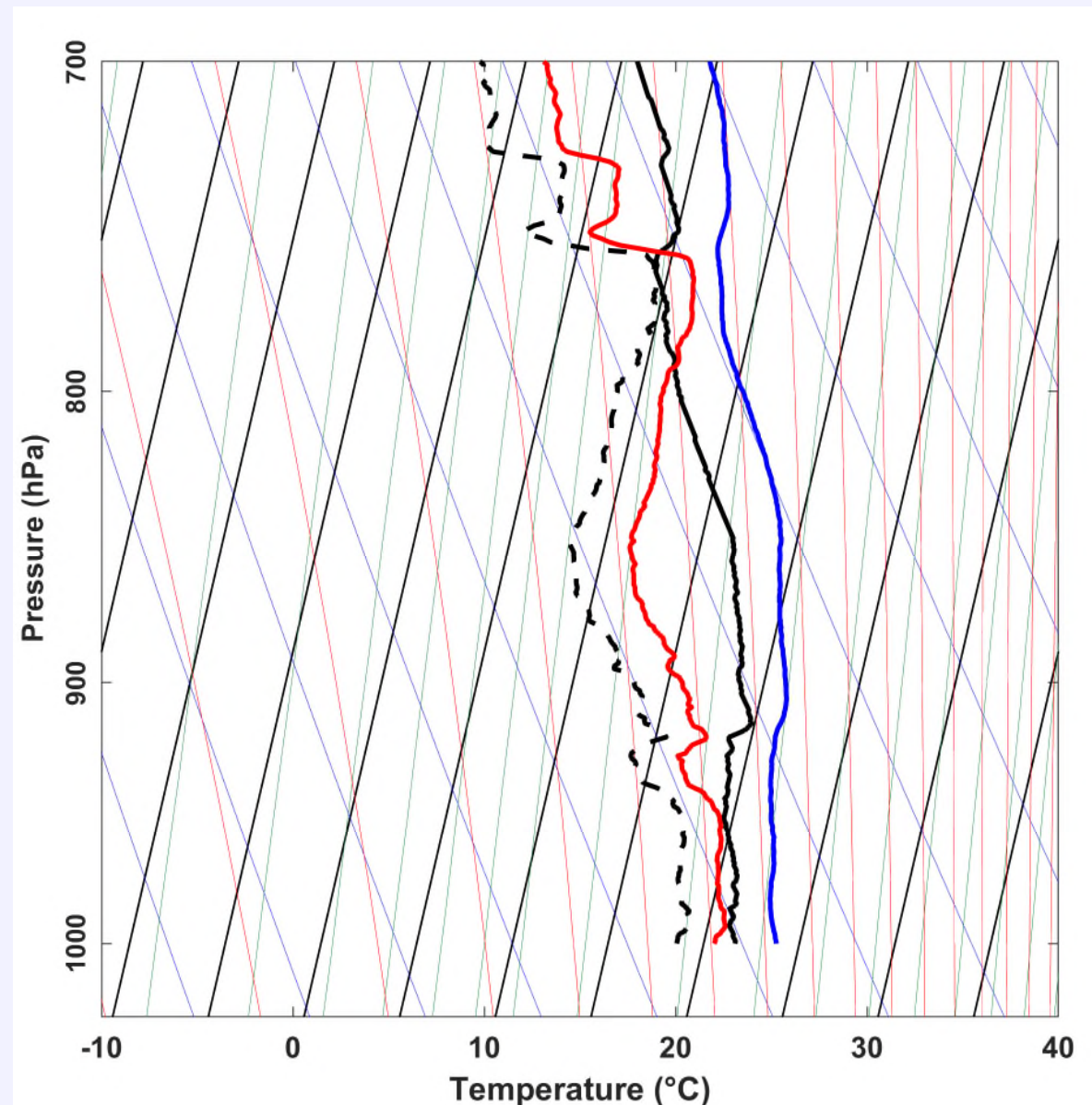
- 調整dipole雙極天線長度及固定位置增加收訊距離
- 改氣象探空頻率 ( 400-406MHz ) 與GPS 訊號有干擾問題，經由慮波模組加以改善(引入亞力通訊 協作)

### 3 風向、風速計算問題

- 原先EGU以經緯度位置推算風速風向
- Co-lanch 測試與Vaisala RS- 41 常有明顯差異
- 採GPS模組提供的”速度”與”方向”(由督卜勒推算)後差異減小

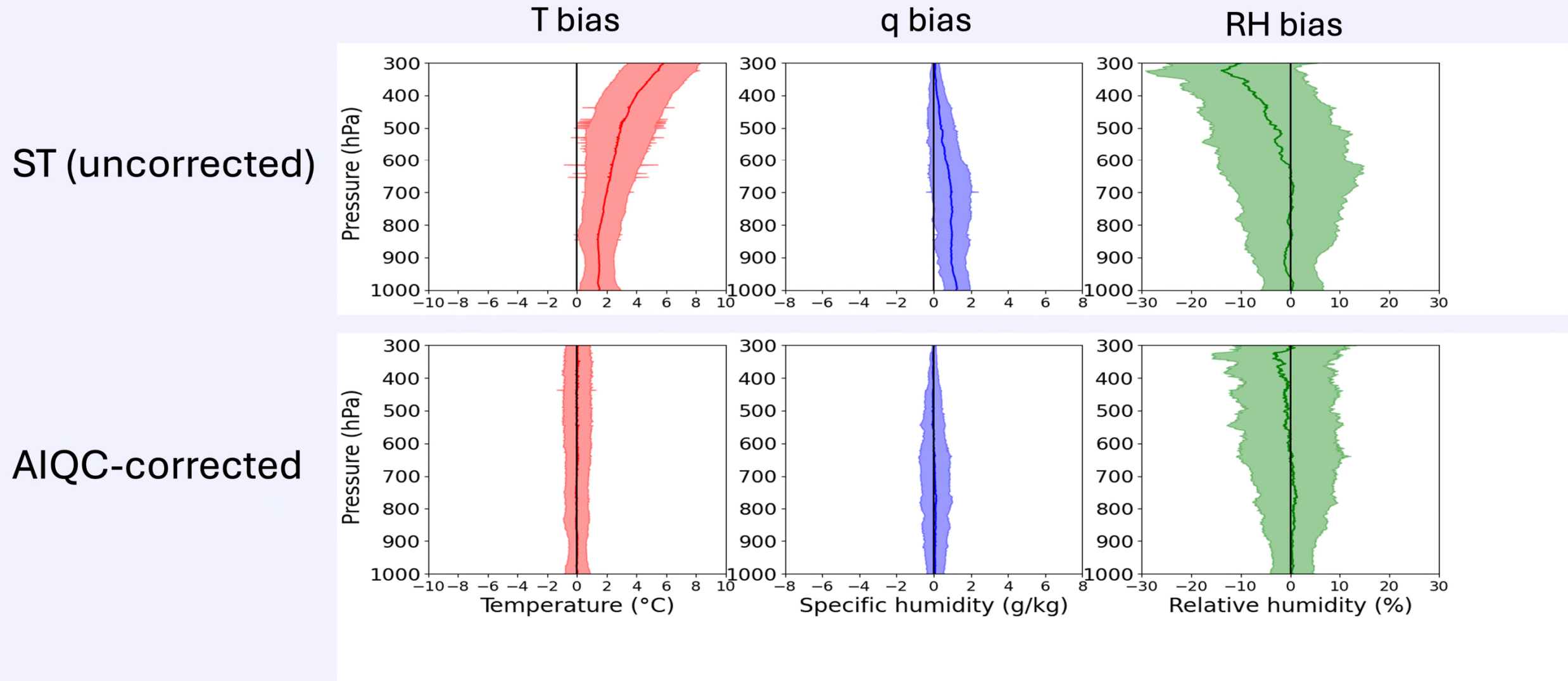
## 五、引入AIQC(文大大氣)

- **The data from storm tracker (before QC)**



藍色及紅色實線分別為ST的溫度及露點溫度，黑色實線及虛線則分別為VS的溫度及露點溫度。溫度部分，ST和VS相比有明顯較暖的情形。

- **Bias profile after AIQC**



# AI QC 核心技術

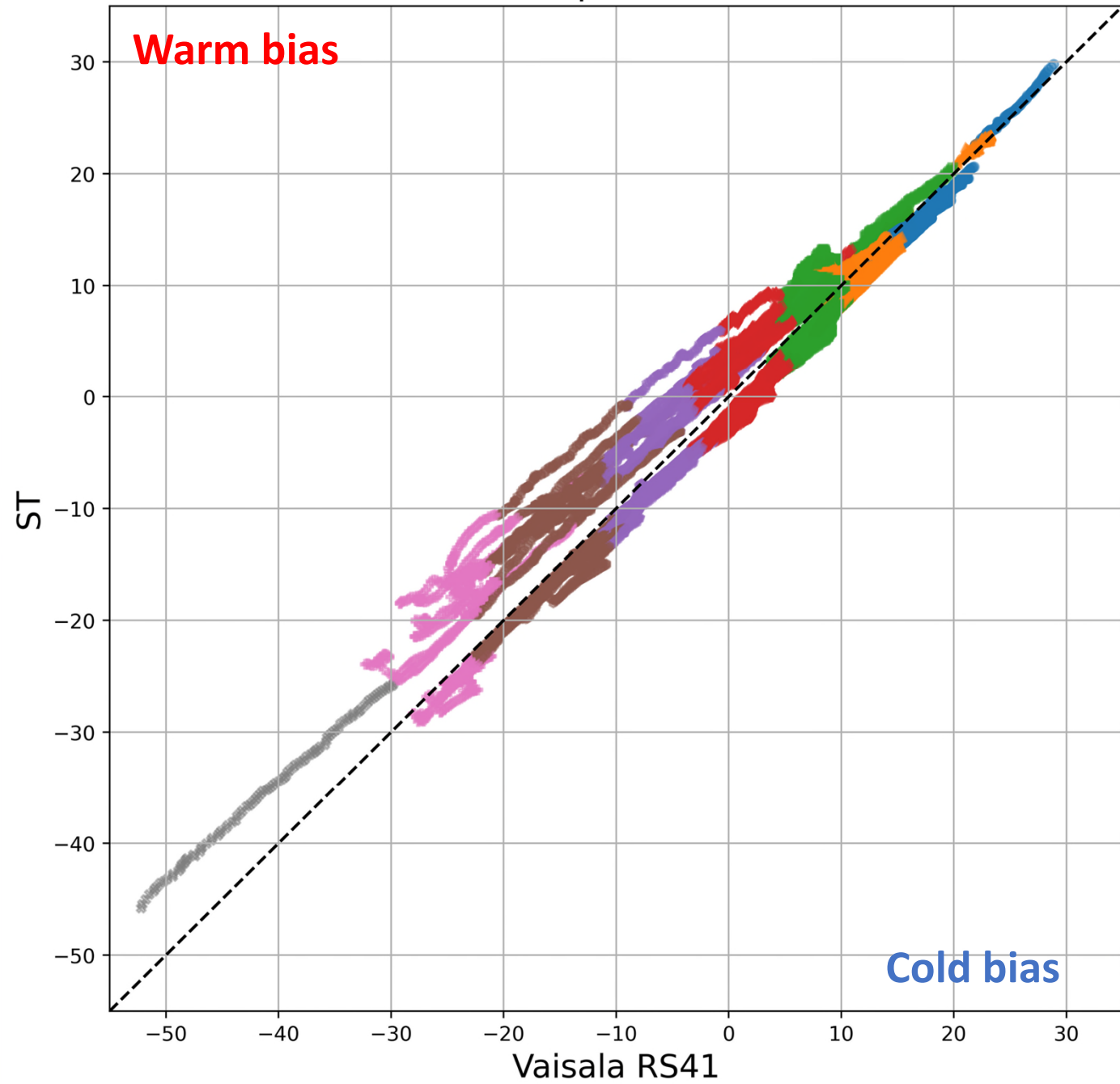
- 1) **器差修正策略**：深入討論了多種器差修正方法，包括基於大量數據統計分析的「**統計型器差修正**」（目標是將誤差修正到儀器精確度範圍內，而非完全歸零），以及針對單一儀器進行校準的「**個體器差修正**」。同時，也探討了如何有效利用氣象署實驗室提供的精密量測資料來輔助修正。
- 2) **太陽輻射影響修正**：這是AI QC中極為關鍵的一環，因為太陽輻射對溫濕度感測有顯著影響。會議中特別關注到，如果新版探空儀在外型設計上與舊版有較大差異，可能會改變其受太陽輻射的模式，進而影響AI QC的修正效果，需要重新評估或調整模型。
- 3) **模型權重更新機制**：AI QC模型並非一成不變，其核心參數（權重）將以標準化的JSON檔案格式儲存。未來模型的改進與更新，主要透過更新這些權重檔案來實現，確保系統的靈活性與可維護性。
- 4) **壓力資料的處理假設**：目前AI QC的設計假設探空儀回傳的壓力資料在經過初步的器差修正後，其準確度已足夠高，因此AI QC的核心主要集中在對溫濕度資料的精細修正上。
- 5) **濕度修正的侷限性**：在接近飽和的高濕度環境下，現有的AI QC方法或模型在進行濕度修正時效果有限，這是目前技術上的一個挑戰點。

We analyzed the co-launched observation data of YESR2024 last year.

11/23 00Z (YESR2024 IOP)

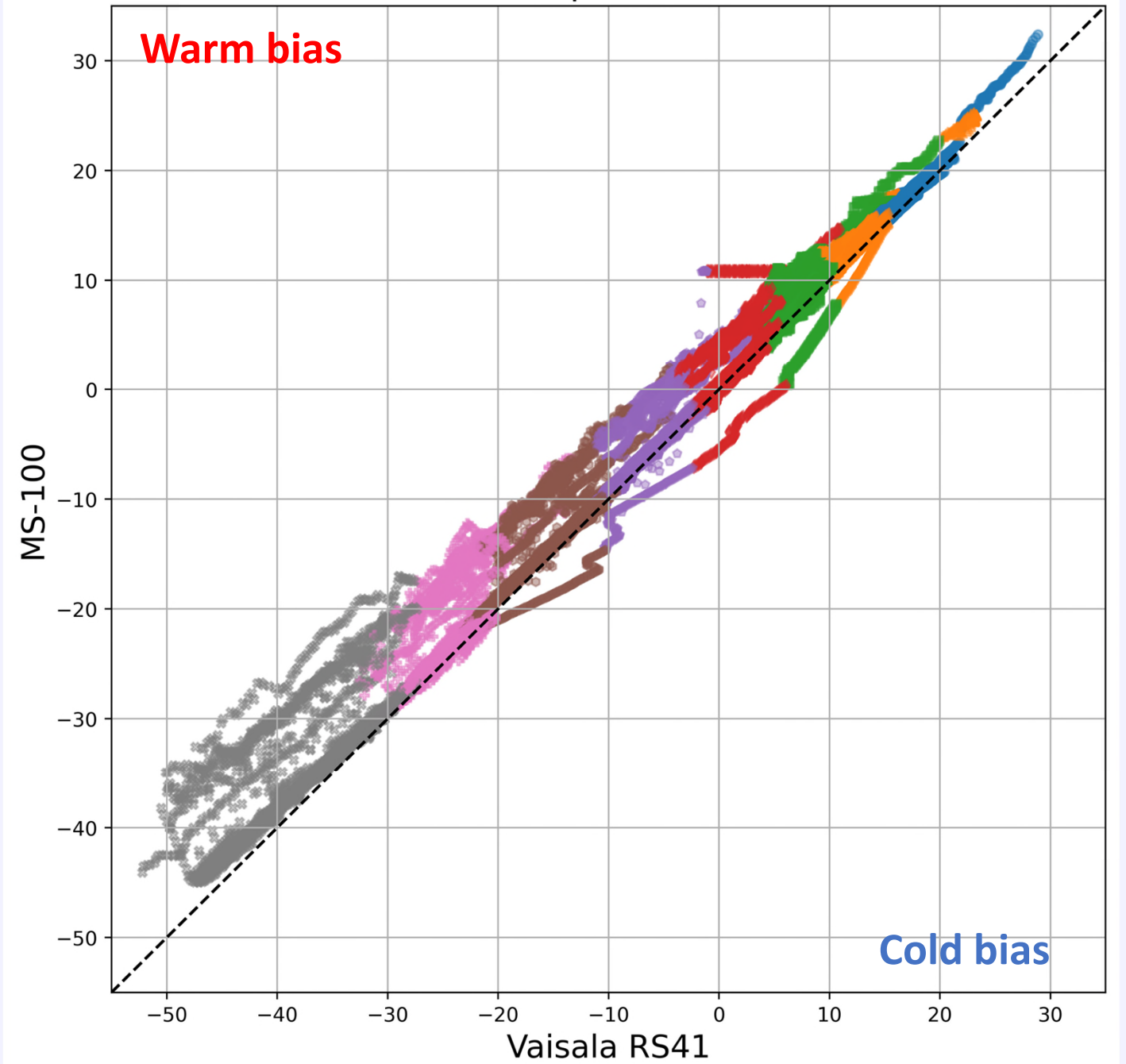


Temperature



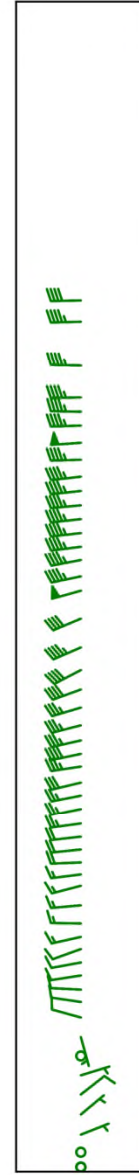
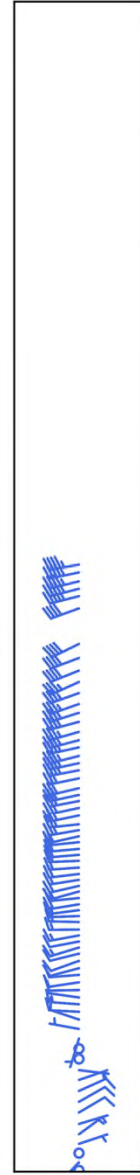
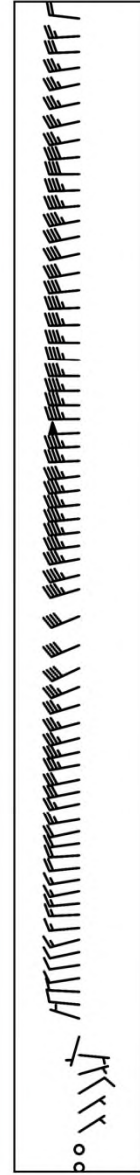
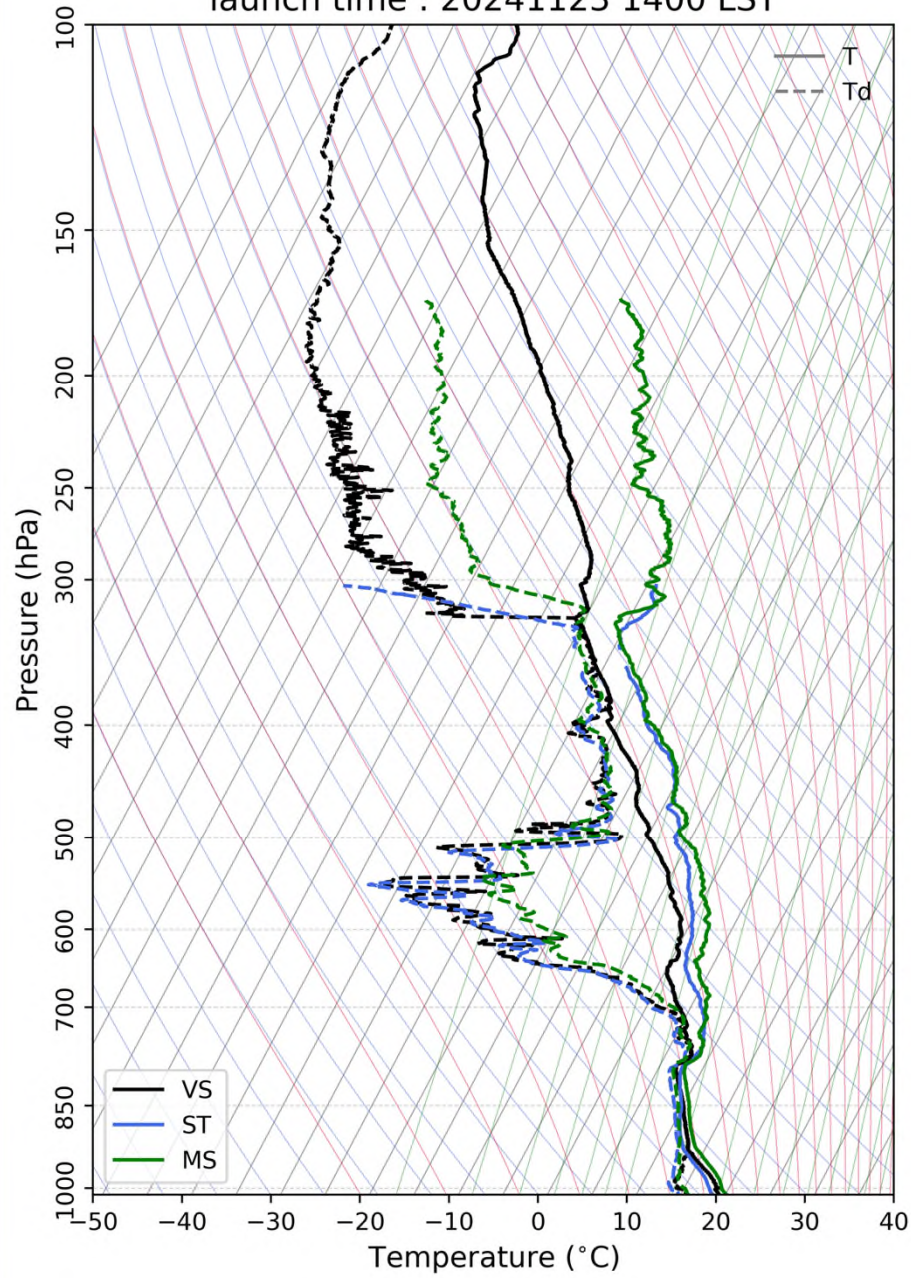
- 1000-900 hPa
- 800-700 hPa
- 600-500 hPa
- ✦ 400-300 hPa
- ▲ 900-800 hPa
- ◆ 700-600 hPa
- 500-400 hPa
- ✧ 300-200 hPa

Temperature

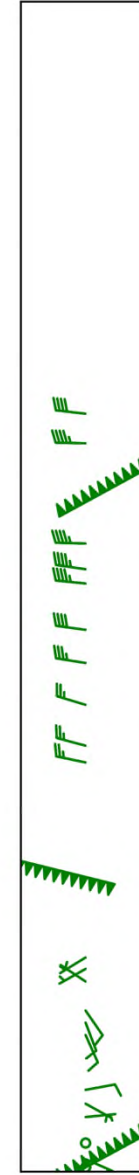
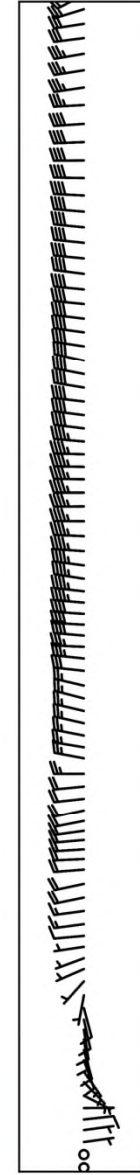
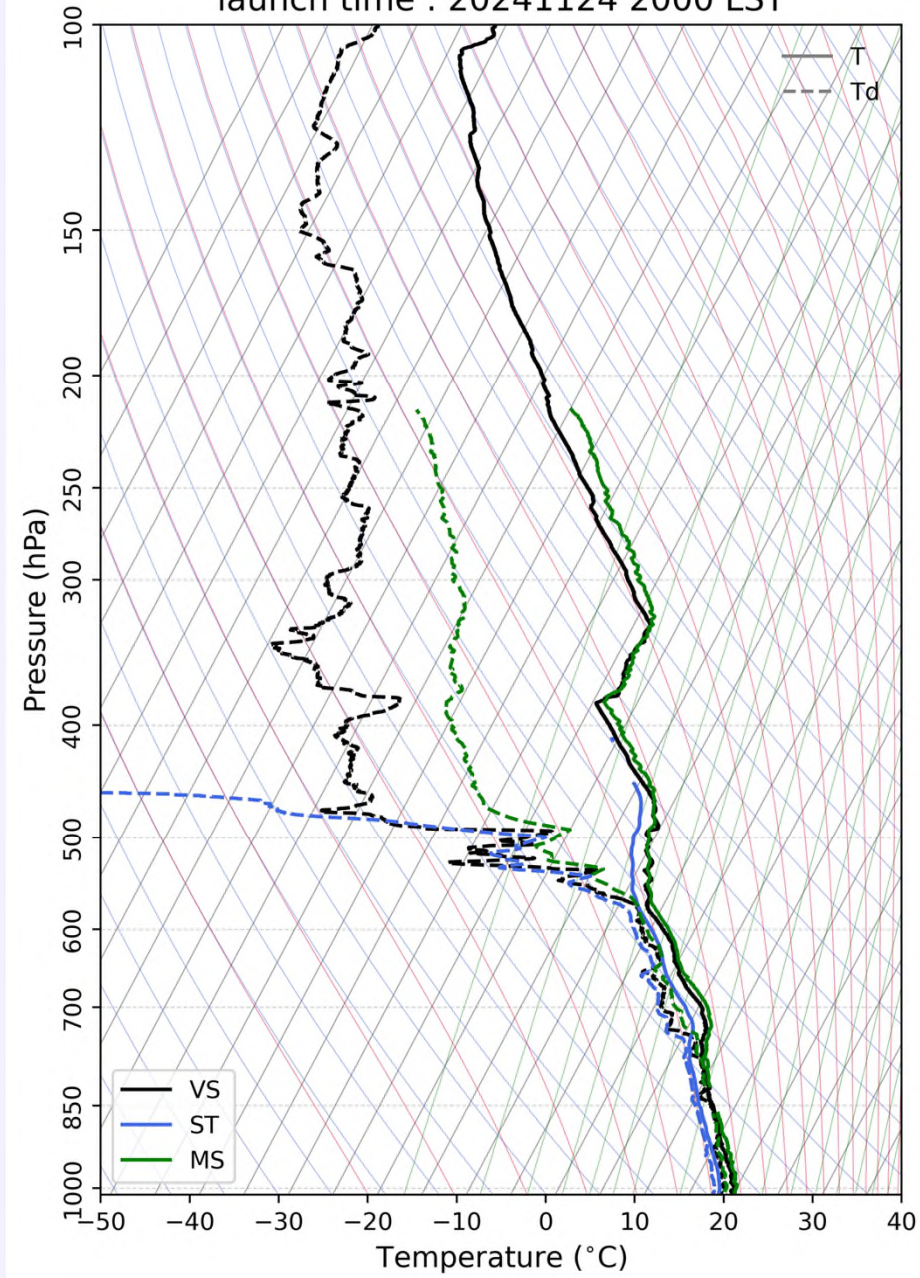


- 1000-900 hPa
- 800-700 hPa
- 600-500 hPa
- ✦ 400-300 hPa
- ▲ 900-800 hPa
- ◆ 700-600 hPa
- 500-400 hPa
- ✧ 300-200 hPa

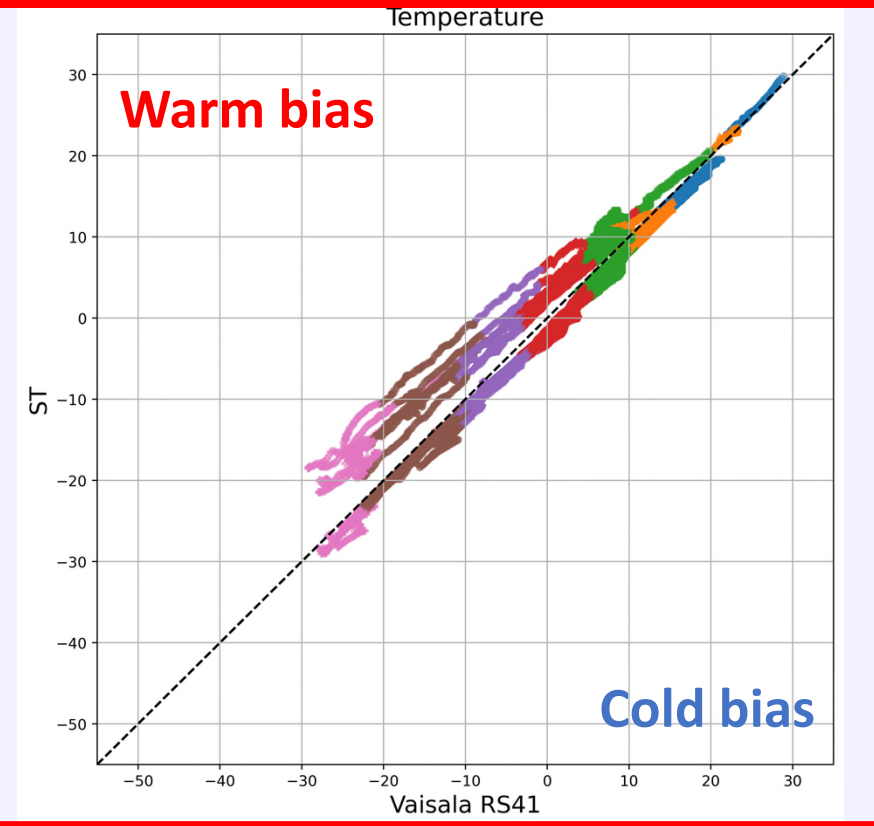
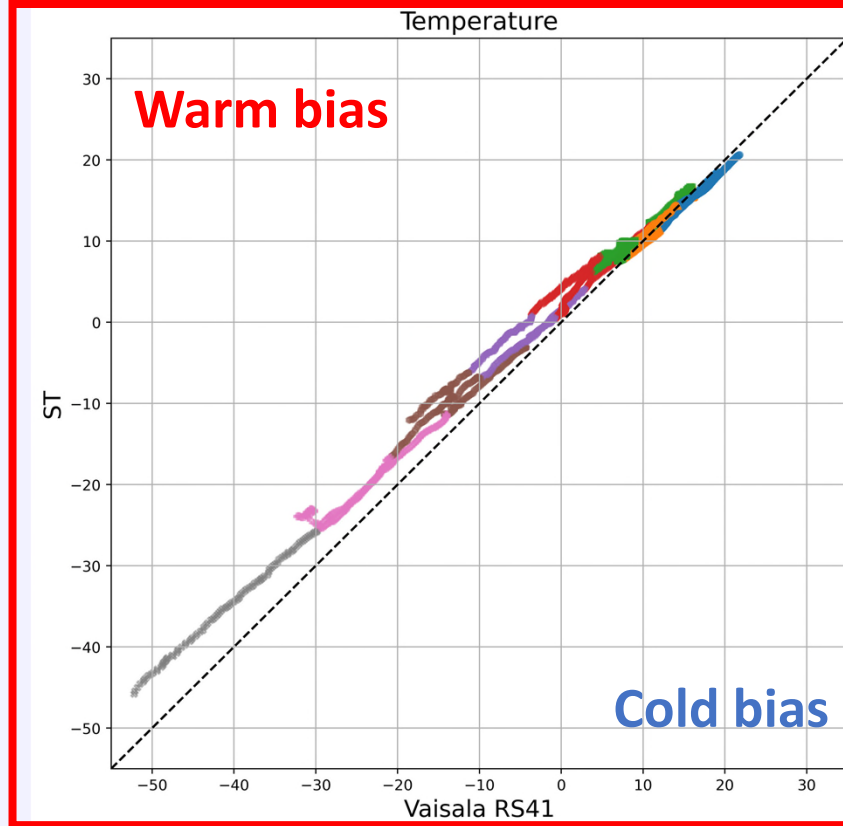
YESR2024 ST no.6096  
launch time : 20241123 1400 LST



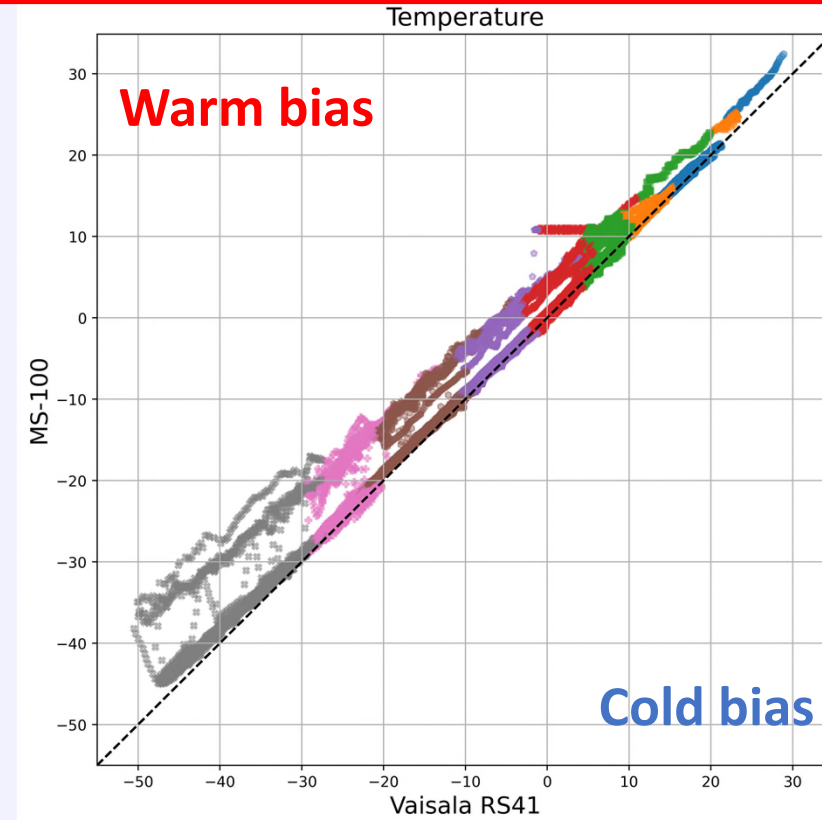
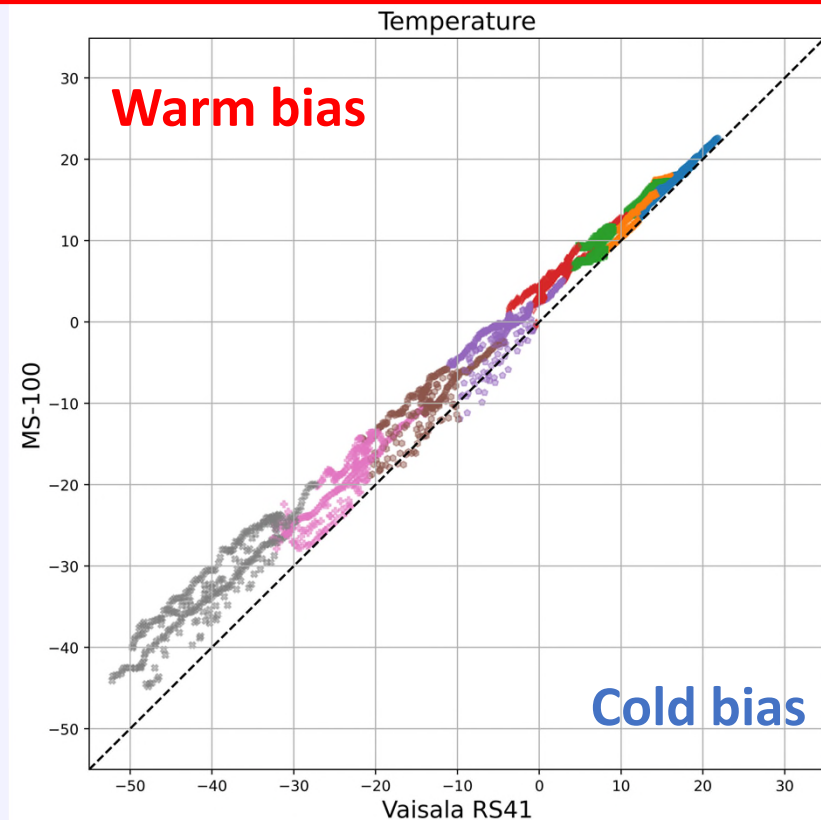
YESR2024 ST no.6454  
launch time : 20241124 2000 LST



Day



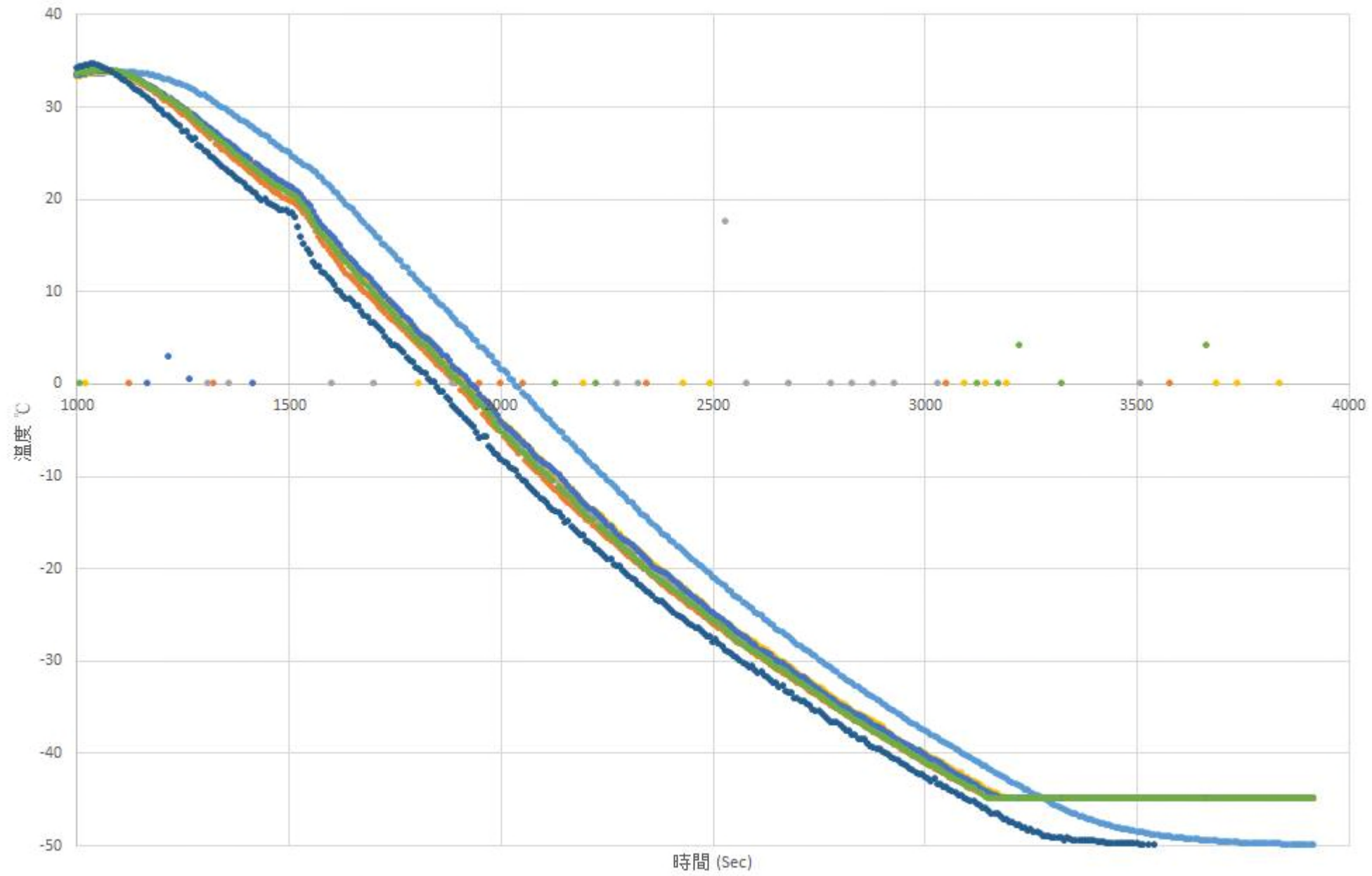
Night



- 1000-900 hPa
- 900-800 hPa
- 800-700 hPa
- 700-600 hPa
- 600-500 hPa
- 500-400 hPa
- 400-300 hPa
- 300-200 hPa

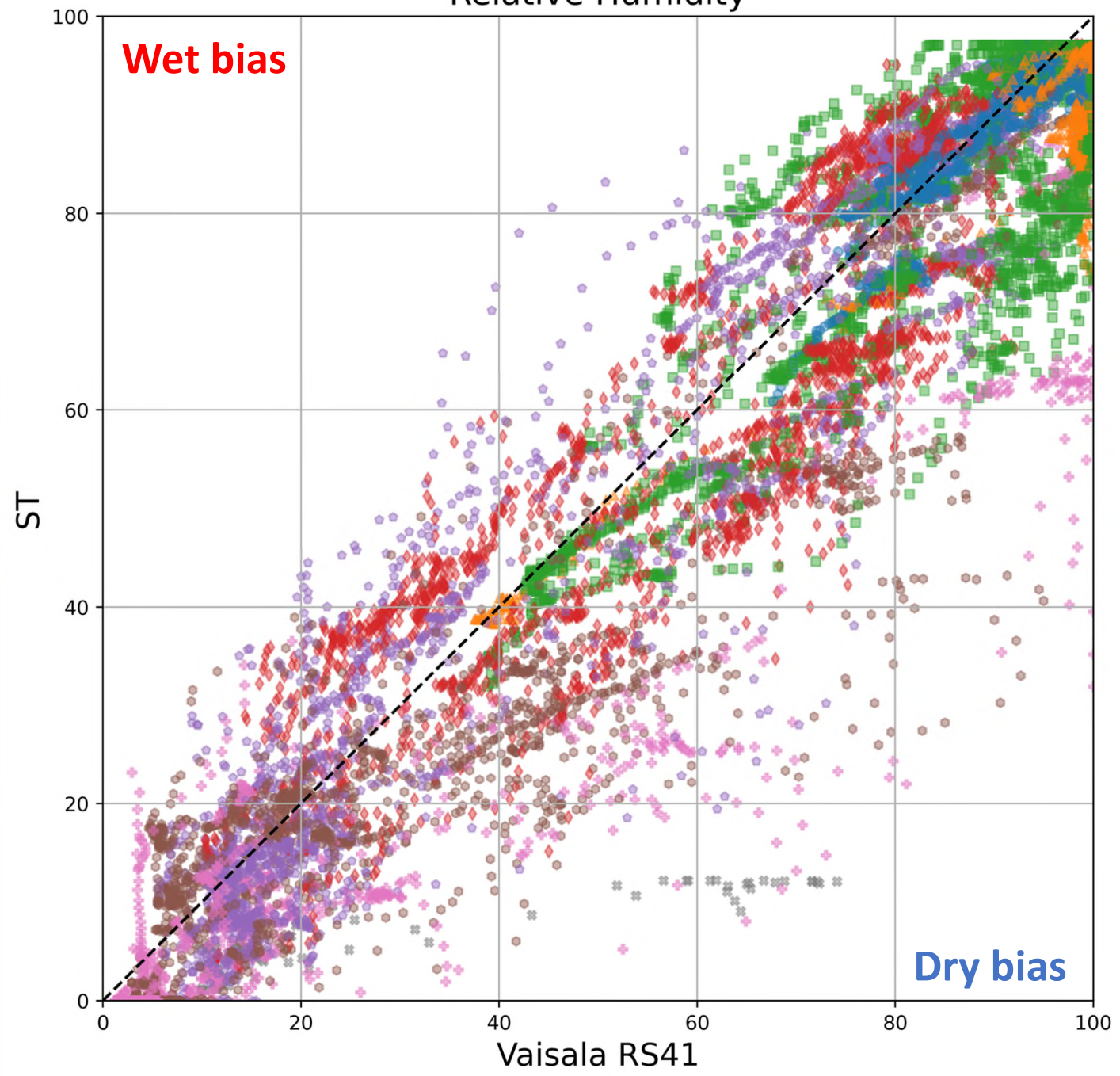
- 1000-900 hPa
- 900-800 hPa
- 800-700 hPa
- 700-600 hPa
- 600-500 hPa
- 500-400 hPa
- 400-300 hPa
- 300-200 hPa

連續變溫



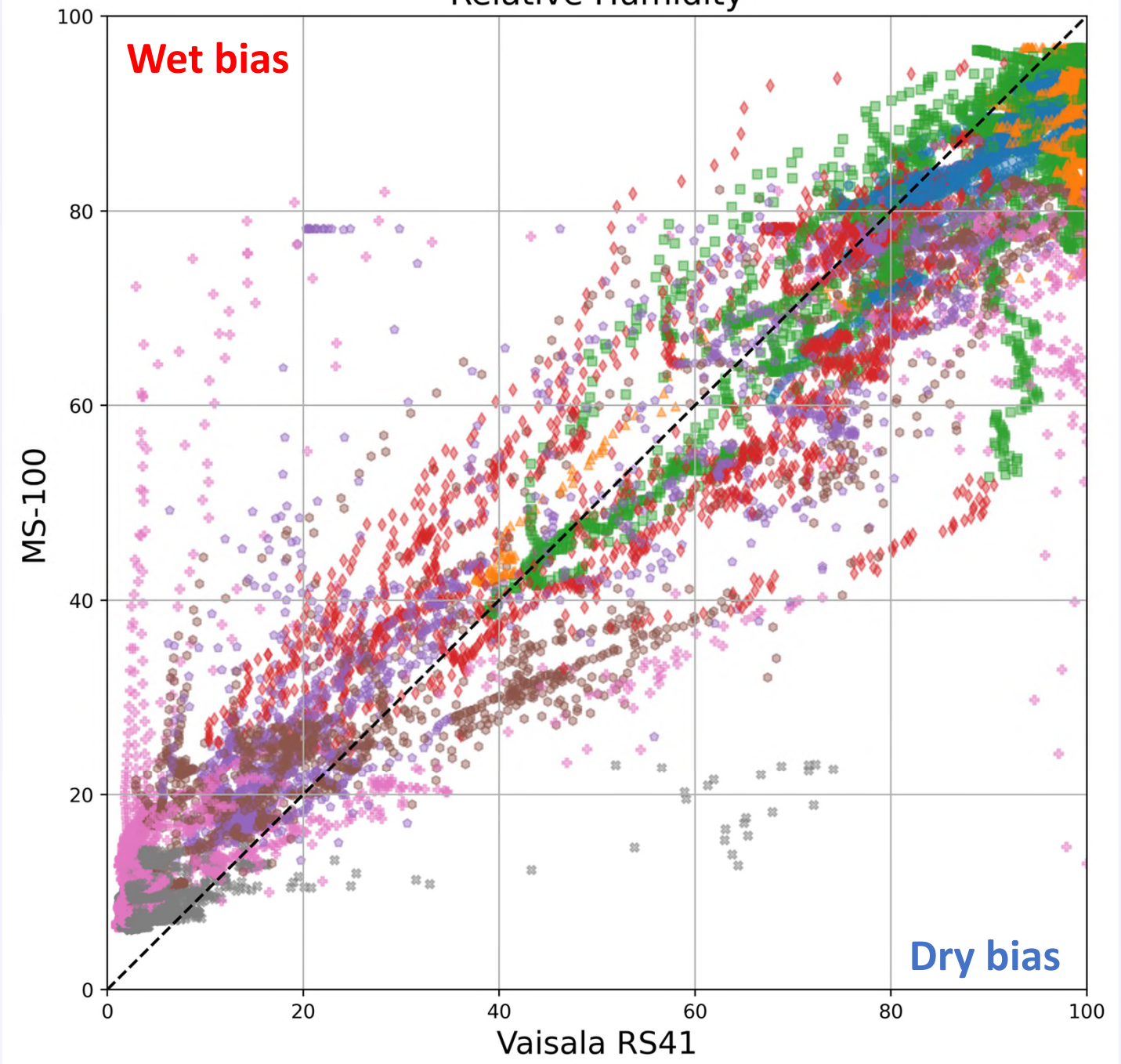
● 5014標準件 ● X2110391 ● X2110392 ● X2110393 ● X2110394 ● X2110395 ● RS-41

Relative Humidity



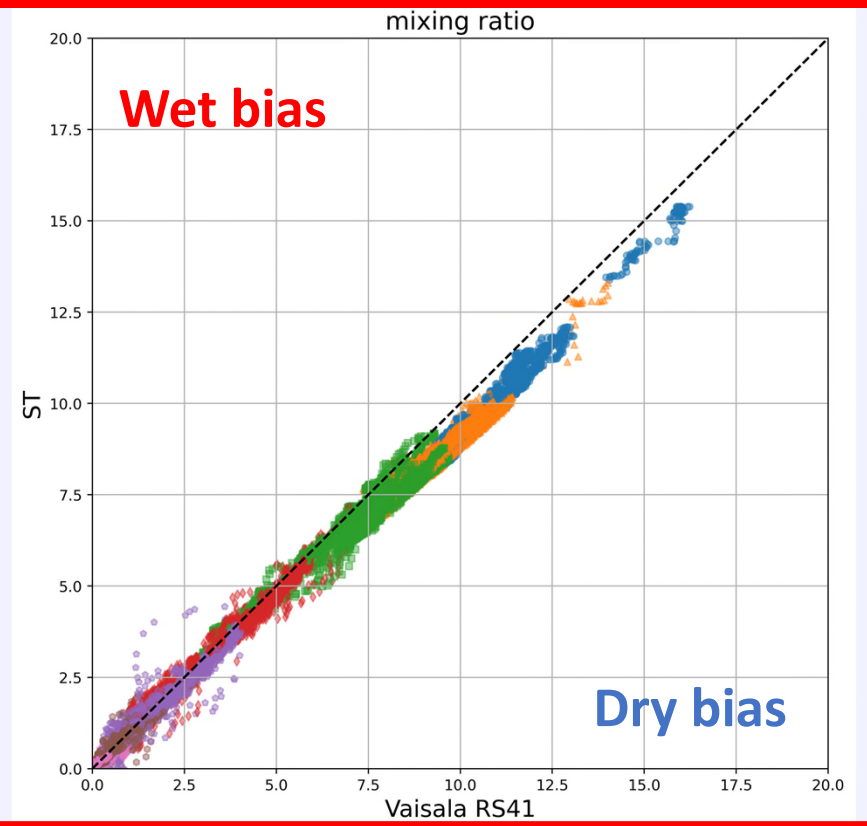
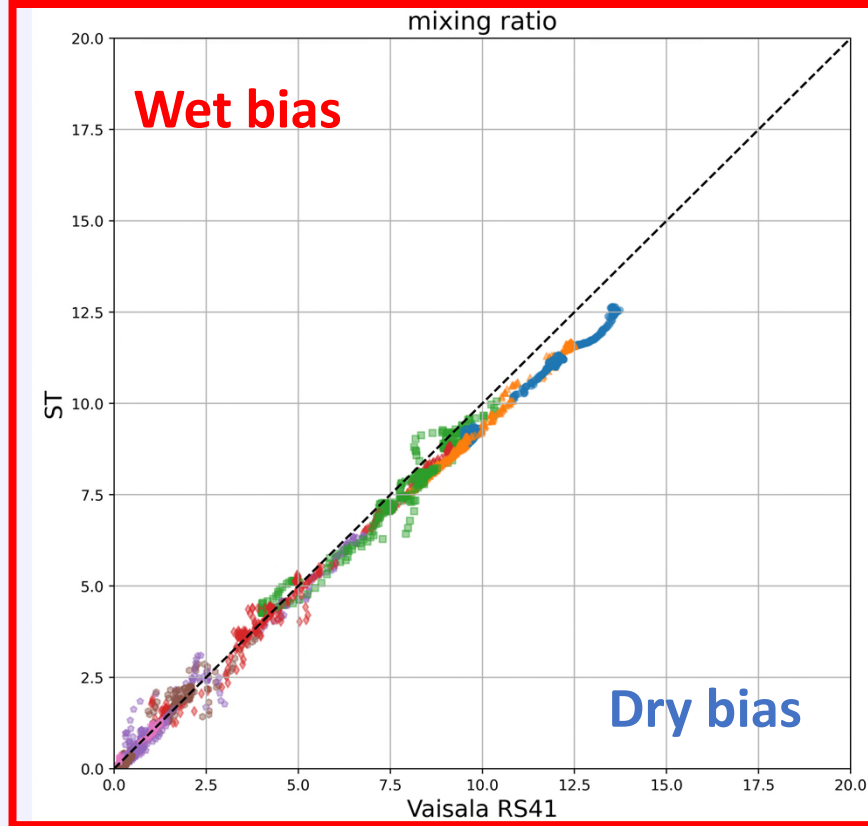
- 1000-900 hPa
- ▲ 900-800 hPa
- 800-700 hPa
- ◆ 700-600 hPa
- ⬡ 600-500 hPa
- 500-400 hPa
- ✦ 400-300 hPa
- ✱ 300-200 hPa

Relative Humidity

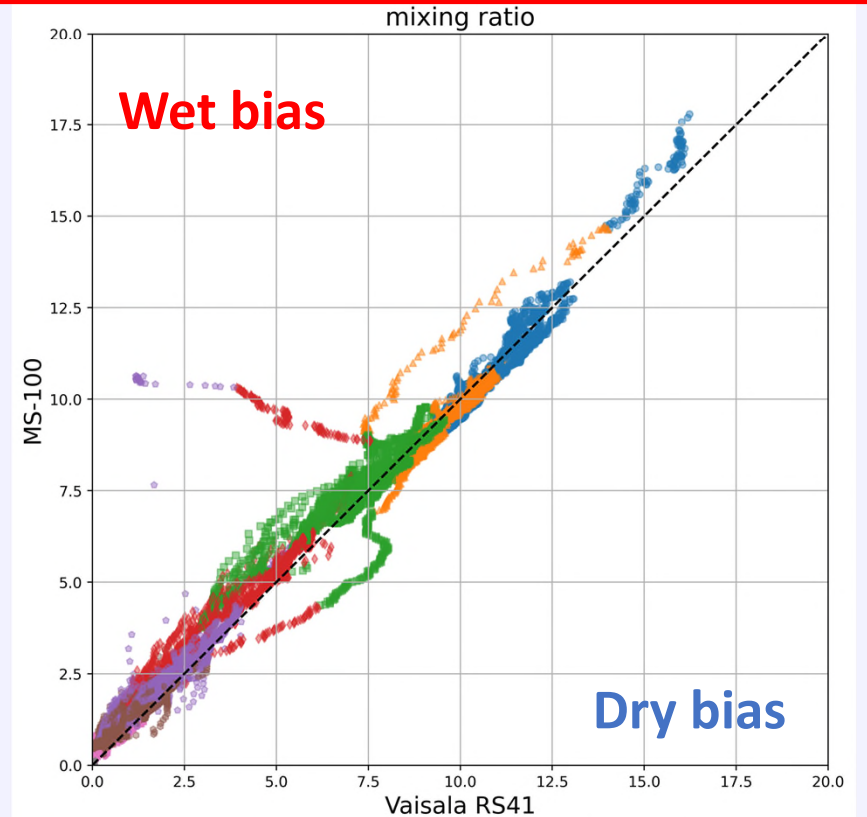
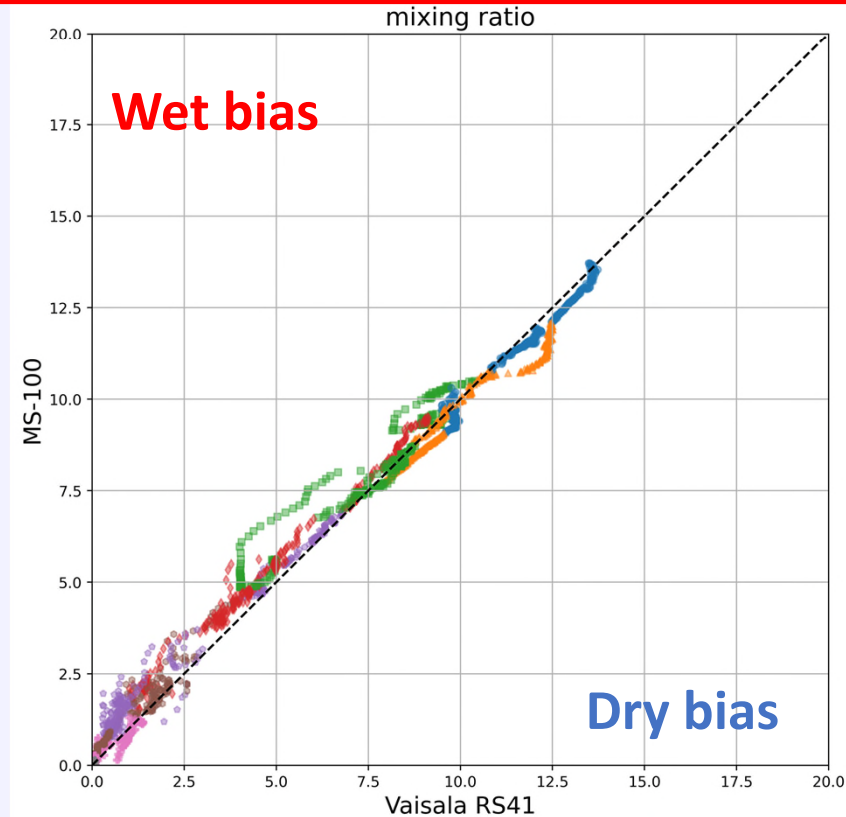


- 1000-900 hPa
- ▲ 900-800 hPa
- 800-700 hPa
- ◆ 700-600 hPa
- ⬡ 600-500 hPa
- 500-400 hPa
- ✦ 400-300 hPa
- ✱ 300-200 hPa

Day



Night



- 1000-900 hPa
- 900-800 hPa
- 800-700 hPa
- 700-600 hPa
- 600-500 hPa
- 500-400 hPa
- 400-300 hPa
- 300-200 hPa

- 1000-900 hPa
- 900-800 hPa
- 800-700 hPa
- 700-600 hPa
- 600-500 hPa
- 500-400 hPa
- 400-300 hPa
- 300-200 hPa

## 六、未來工作



### 1 量產最新型探空儀MS-100P

預計先分批量產400顆、1200顆

### 2 Co-lanch MS-100P 及 VS RS41 作為AIQC資料基礎

- 先期嫁接 ST 與MS-100資料
- 補足高層資料
- 開發新的演算法，減少訓練所需資料筆數

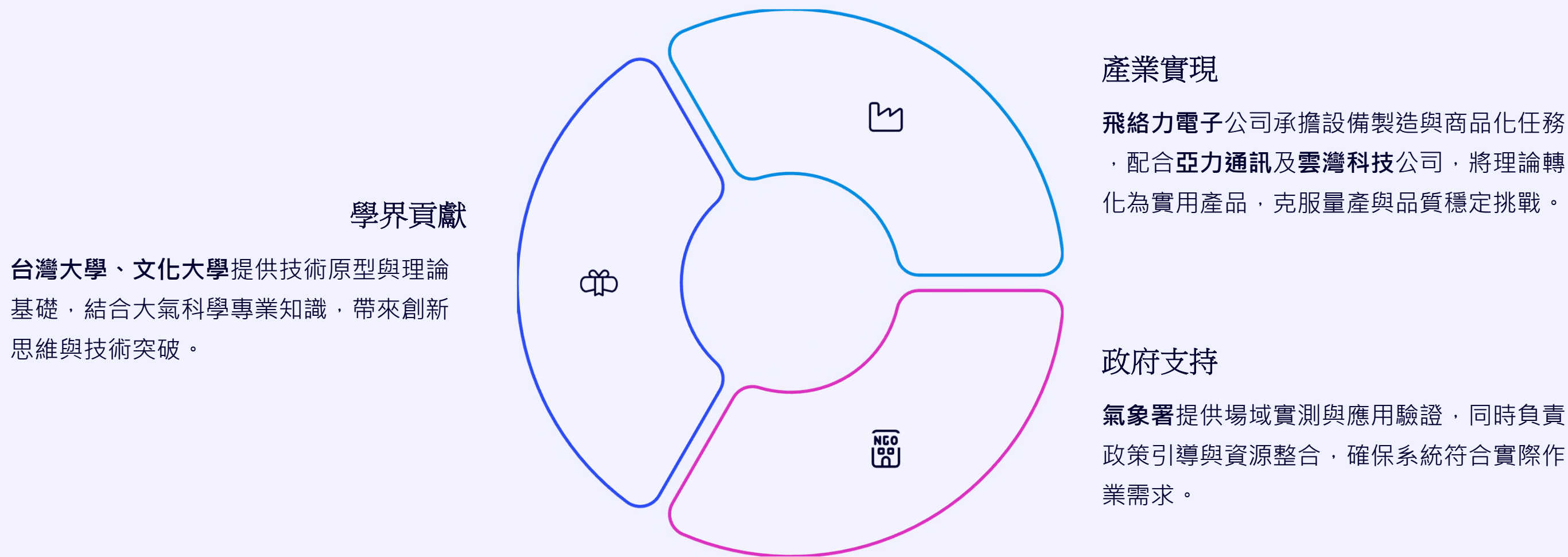
### 3 軟體補強

- 加強硬體控制
- 即時探空圖繪製
- 高空電碼編譯

### 4 探空機台持續優化

- 機械及橡塑膠材料耐候性強化
- 優化料倉區空調，增加探空器材儲存時間
- 新增天線外移方案

# 七、產官學合作典範



在專利、財務、採購等多重挑戰下，三方通力合作，成功創造台灣氣象觀測領域的重要突破。此合作模式為未來科技研發提供了寶貴經驗與參考範例，展現跨界協作的強大潛力。