

嘉義地區夏季午後對流前兆之觀測研究



國防大學理工學院 環境資訊及工程學系

報告人：黃嫻霖

共同作者：蔡世樵 蔡嘉倫



大綱

- 研究背景、動機與目標
- 觀測實驗設計與資料來源
- 研究流程圖
- 個案選定與分析流程
- 初步建立的觀測指標
- 結論與未來展望

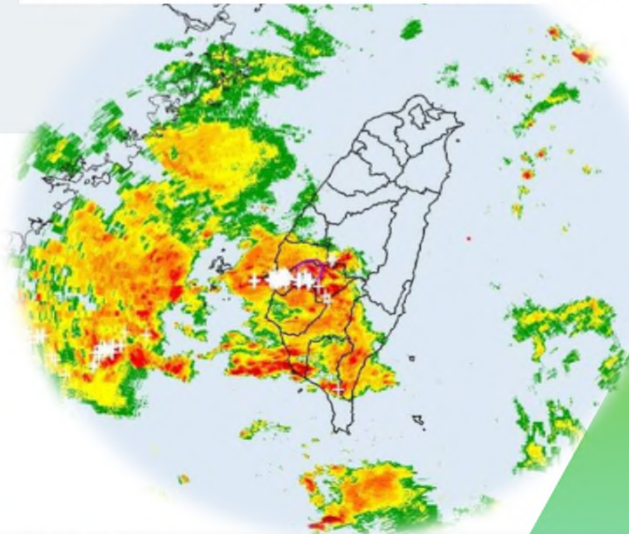


研究背景、動機與目標

研究背景與動機

- 臺灣夏季午後熱對流頻繁，常見短延時強降雨、雷暴與強風。
- 嘉義地區地形特殊，位於平原與丘陵交界，對流具局部地區性與突發性。
- 對流生成前兆不明確，天氣預報與防災作業帶來顯著挑戰。
- 探討對流生成前的大氣環境變化，尋找可量化之前兆指標，提升劇烈天氣的即時監測與預警能力。

注意！5縣市發布大雷雨 嘉義縣災防告警



大雷雨特報、淹水特報
多處地區下冰雹

研究目標

- 對流尚未發展前的晴空條件下，午後對流生成之前兆特徵
- 分析對流發生前1–3小時之大氣環境演變
- 應用多種高解析度觀測結合ERA5驗證

期能建立一套可量化的前兆指標，用於未來即時預警。



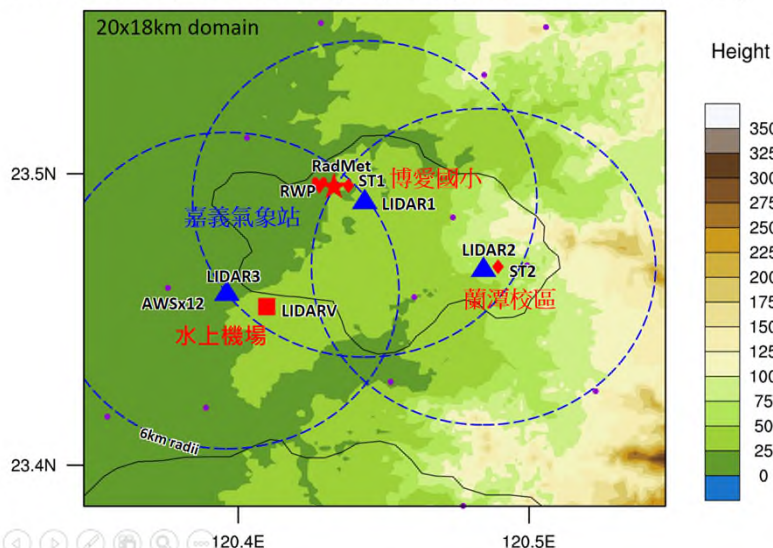
觀測實驗設計與資料來源

觀測實驗設計與資料來源

儀器設備：掃描式都卜勒光達、雷達剖風儀、多頻道微波輻射儀、微型探空。

搭配 ERA5 再分析資料進行驗證

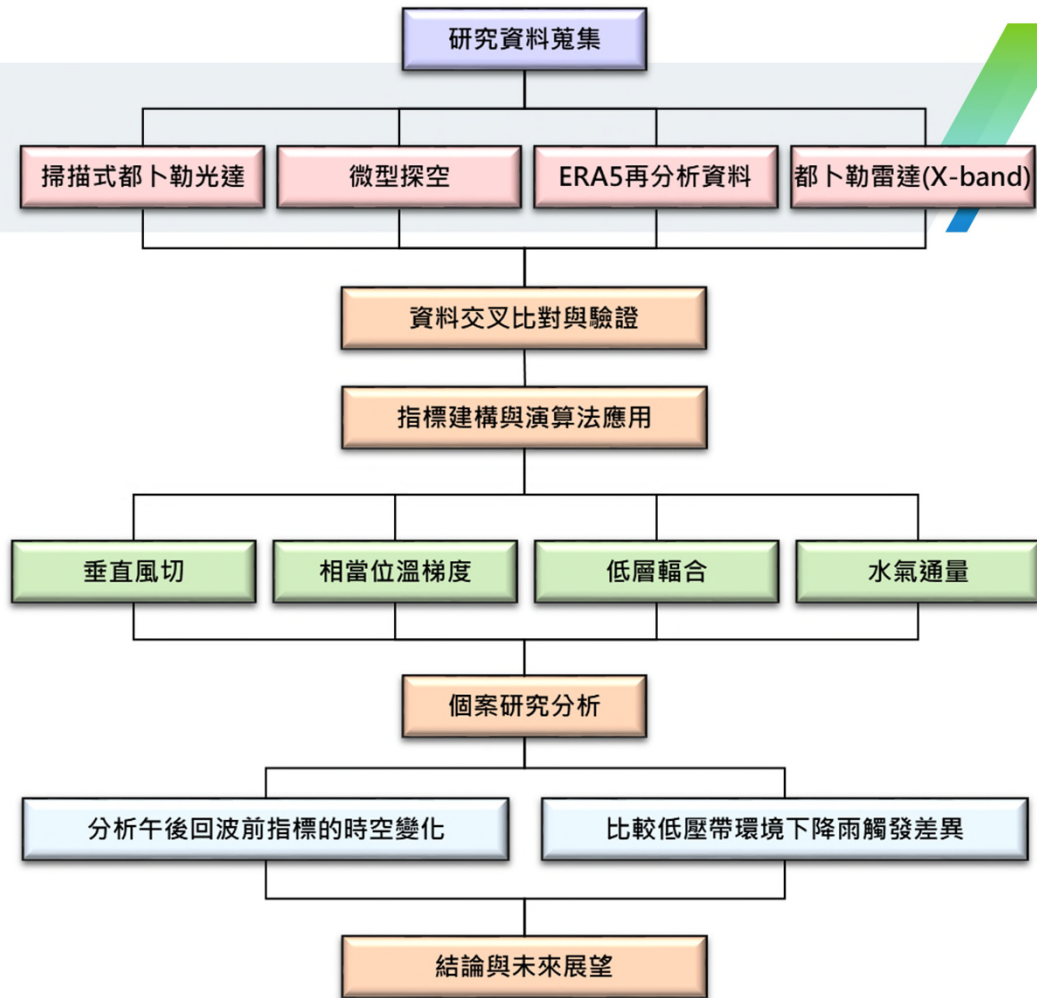
Clear-air Atmospheric Boundary Layer Experiment at ChiaYi (CABLE)



儀器	維運團隊	站名
掃描式都卜勒光達 (Wind Print S4000)	陳韡霖	LIDAR1
掃描式都卜勒光達 (StreamLine XR+)	中央氣象署	LIDAR2
掃描式都卜勒光達 (Vaisala Windcube)	空軍氣象聯隊	LIDAR3
都卜勒光達剖風儀 (獵風101型)	蔡世樵	LIDARV
雷達剖風儀 (XBS-BL)	林沛練	RWP
多頻道微波輻射儀 (MP-3000A)	劉千義	RadMet
微型探空	廖宇慶	ST1
微型探空	蔡嘉倫	ST2
微型氣象站 (WXT-520)	劉千義	WXT
都卜勒雷達 (X-band)	空軍氣象聯隊	XBAND
地面測站	中央氣象署	AWS



研究流程圖

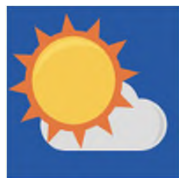




個案選定與分析流程

個案選定與分析流程

■ 選取個案：2024年8月13日與8月14日兩日具明顯對流發展



8/11
低壓帶

8/13
低壓帶

8/21-22
弱綜觀

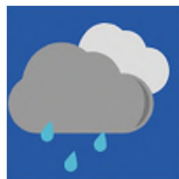
8/23
高壓

8/25
高壓

8/26
低壓

8/27-28
弱綜觀

8/30-31
弱綜觀



8/12
低壓帶

8/14
低壓帶

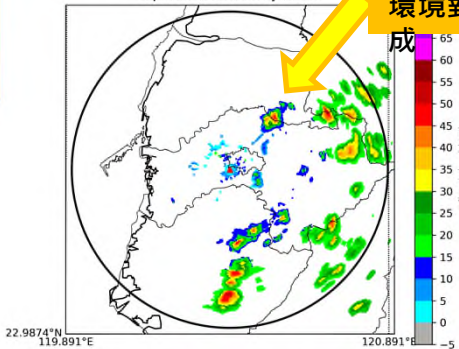
8/14-20
低壓帶

8/24
高壓

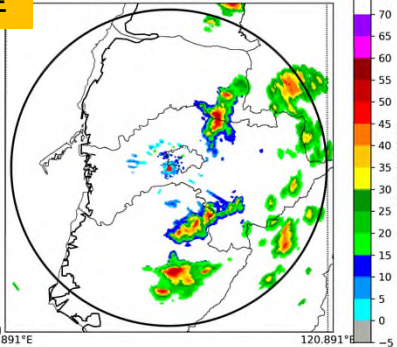
8/29
弱綜觀

2024年8月13日 13:30-15:45時 嘉義X-Band雷達回波圖

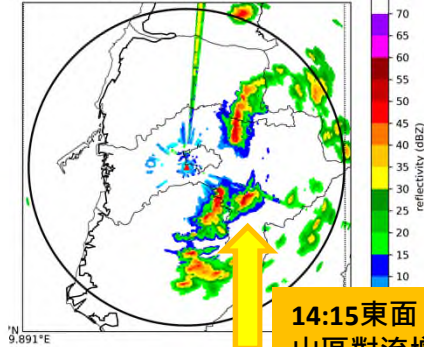
Chiayi Xband 4.5 Deg.2024-08-13T05:30Z
Equivalent reflectivity factor



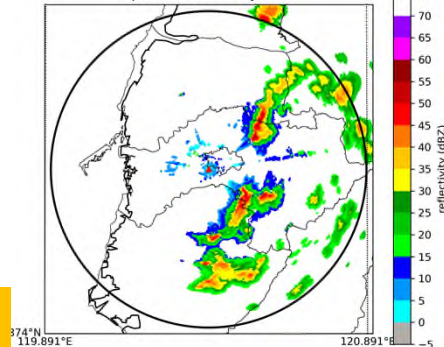
Chiayi Xband 4.5 Deg.2024-08-13T05:57Z
Equivalent reflectivity factor



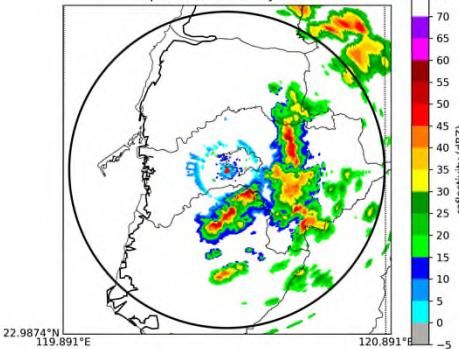
Chiayi Xband 4.5 Deg.2024-08-13T06:15Z
Equivalent reflectivity factor



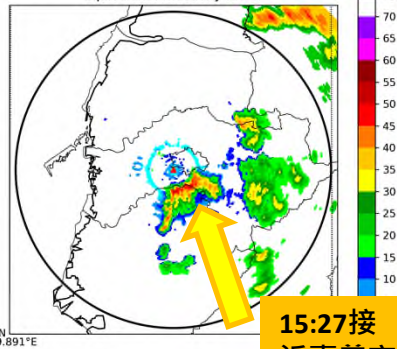
Chiayi Xband 4.5 Deg.2024-08-13T06:24Z
Equivalent reflectivity factor



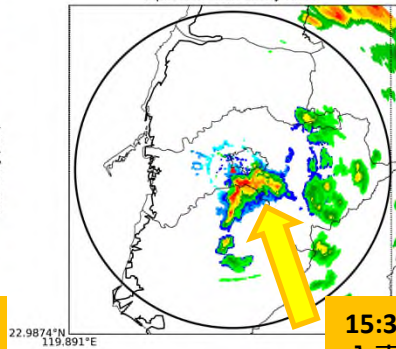
Chiayi Xband 4.5 Deg.2024-08-13T07:00Z
Equivalent reflectivity factor



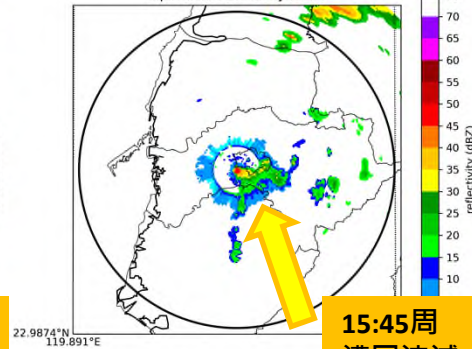
Chiayi Xband 4.5 Deg.2024-08-13T07:27Z
Equivalent reflectivity factor



Chiayi Xband 4.5 Deg.2024-08-13T07:56Z
Equivalent reflectivity factor

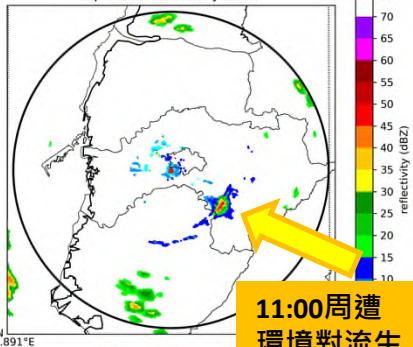


Chiayi Xband 4.5 Deg.2024-08-13T07:45Z
Equivalent reflectivity factor



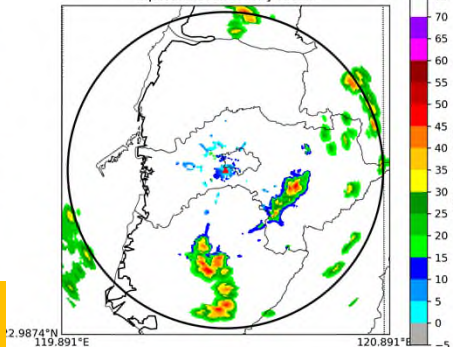
2024年8月14日 11:00-13:18時 嘉義X-Band雷達回波圖

Chiayi Xband 4.5 Deg.2024-08-14T03:00Z
Equivalent reflectivity factor

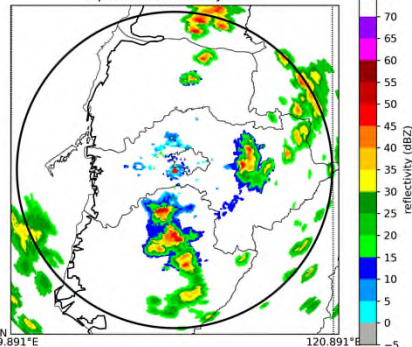


11:00周遭
環境對流生
成

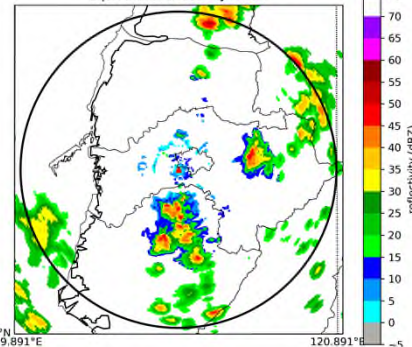
Chiayi Xband 4.5 Deg.2024-08-14T03:36Z
Equivalent reflectivity factor



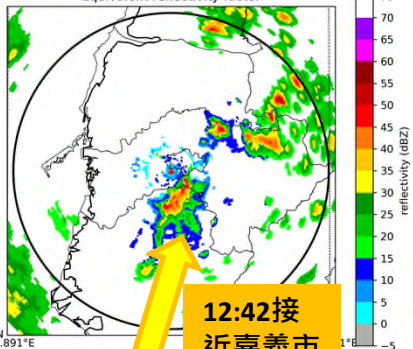
Chiayi Xband 4.5 Deg.2024-08-14T04:03Z
Equivalent reflectivity factor



Chiayi Xband 4.5 Deg.2024-08-14T04:12Z
Equivalent reflectivity factor

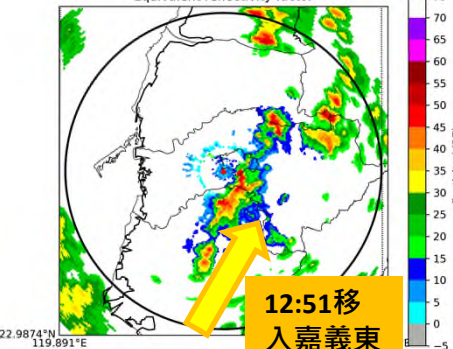


Chiayi Xband 4.5 Deg.2024-08-14T04:42Z
Equivalent reflectivity factor



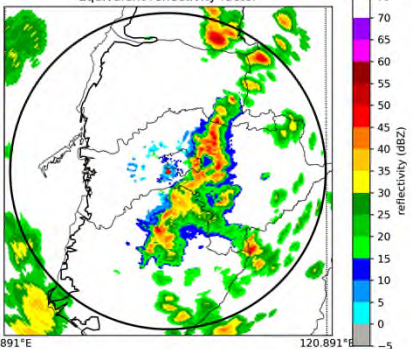
12:42接
近嘉義市
區

Chiayi Xband 4.5 Deg.2024-08-14T04:51Z
Equivalent reflectivity factor

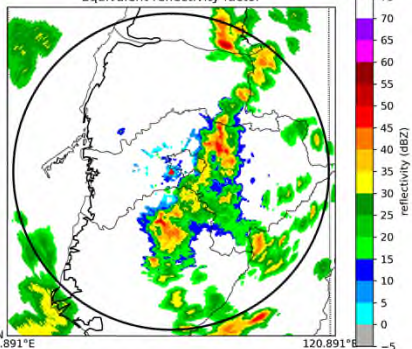


12:51移
入嘉義東
區

Chiayi Xband 4.5 Deg.2024-08-14T05:09Z
Equivalent reflectivity factor



Chiayi Xband 4.5 Deg.2024-08-14T05:18Z
Equivalent reflectivity factor



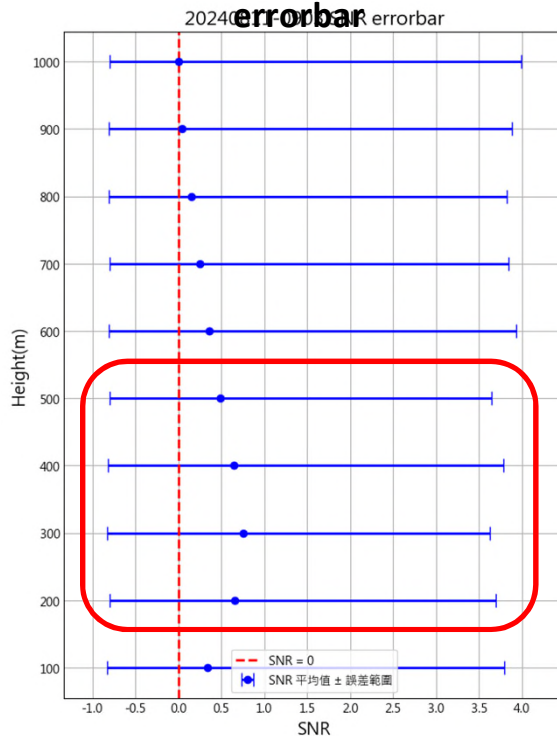
個案選定與分析流程

■ 分析流程包含：

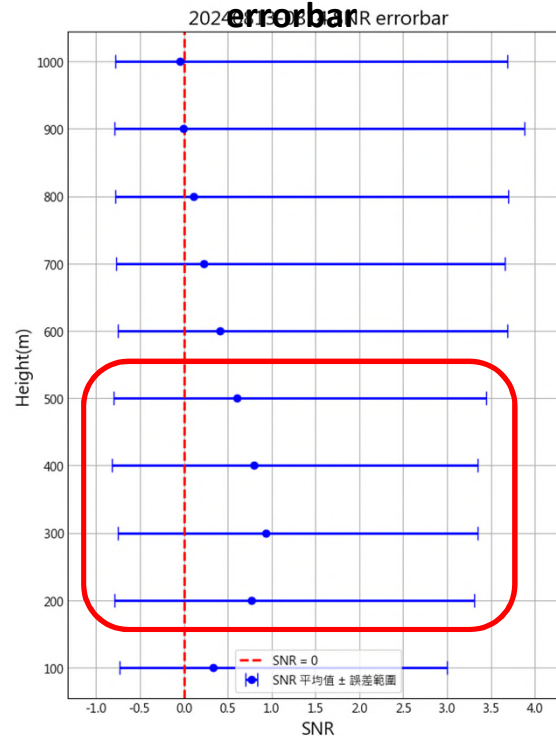
- ① 資料時間校正與品質控管
- ② 熱力場診斷：相當位溫 θ_e 剖面與垂直梯度($\partial\theta_e/\partial z < 0$)
- ③ 動力場診斷：垂直風速剖面與垂直風切計算
- ④ ERA5 水平風場(100m u, v 分量)：分析低層風切與水平輻合
- ⑤ ERA5 輔助驗證：比濕、散度與水氣通量

觀測實驗期間(0811-0903)與個案期間(0813-0814) 光達SNR值(信噪比)誤差圖

實驗期間: 20240811-0903 SNR



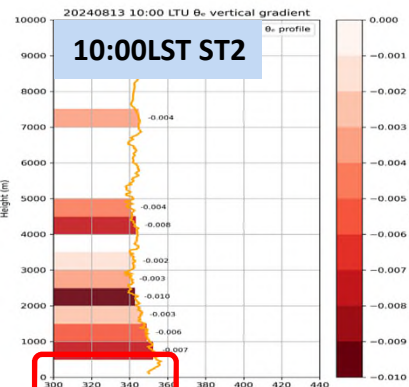
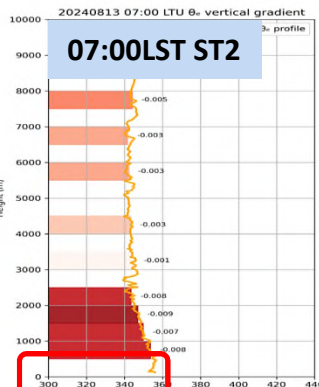
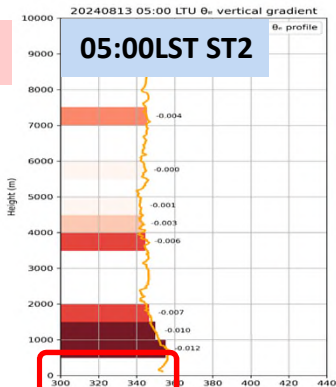
個案期間: 20240813-0814 SNR



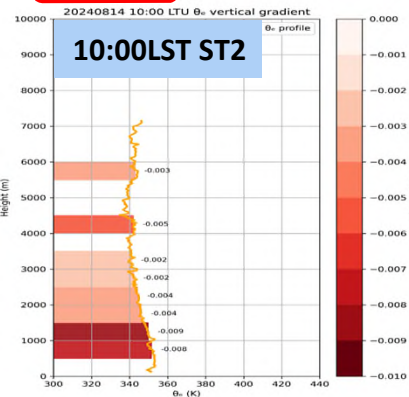
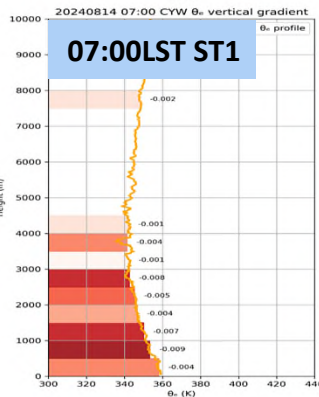
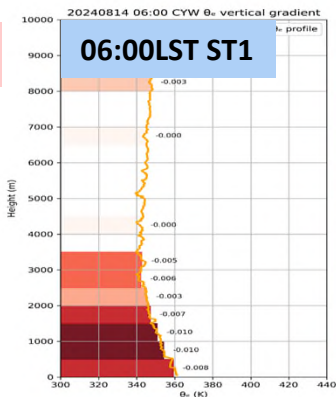
- SNR值越大，信號越清晰，雜訊越少，資料品質就越好。
- SNR值越小，信號越弱，雜訊越多，資料品質就越差。

熱力結構：利用探空資料(ST1及ST2)計算相當位溫(θ_e) 垂直梯度判斷潛在不穩定層($\partial\theta_e/\partial z < 0$)

8/1
3

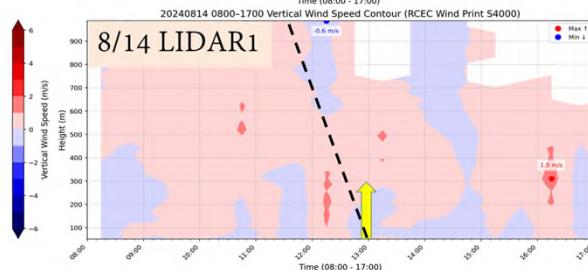
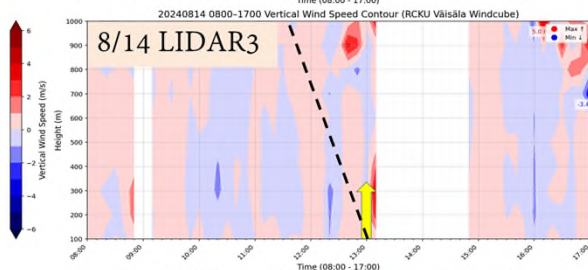
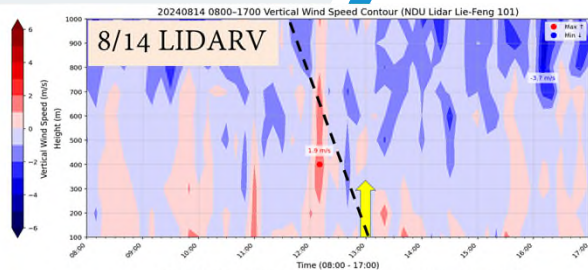
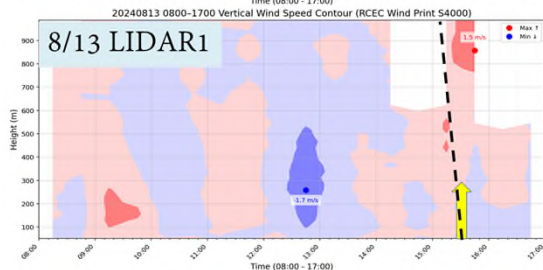
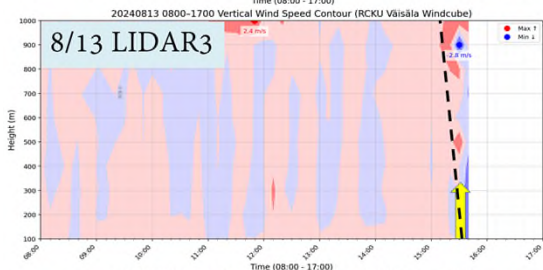
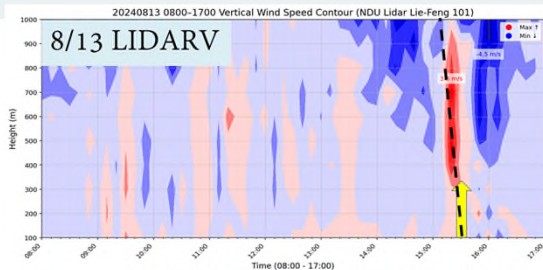
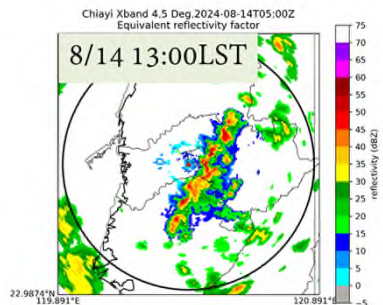
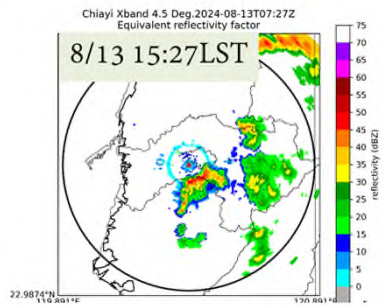


8/1
4



動力結構：利用各站光達觀測低層風切-垂直風速剖面

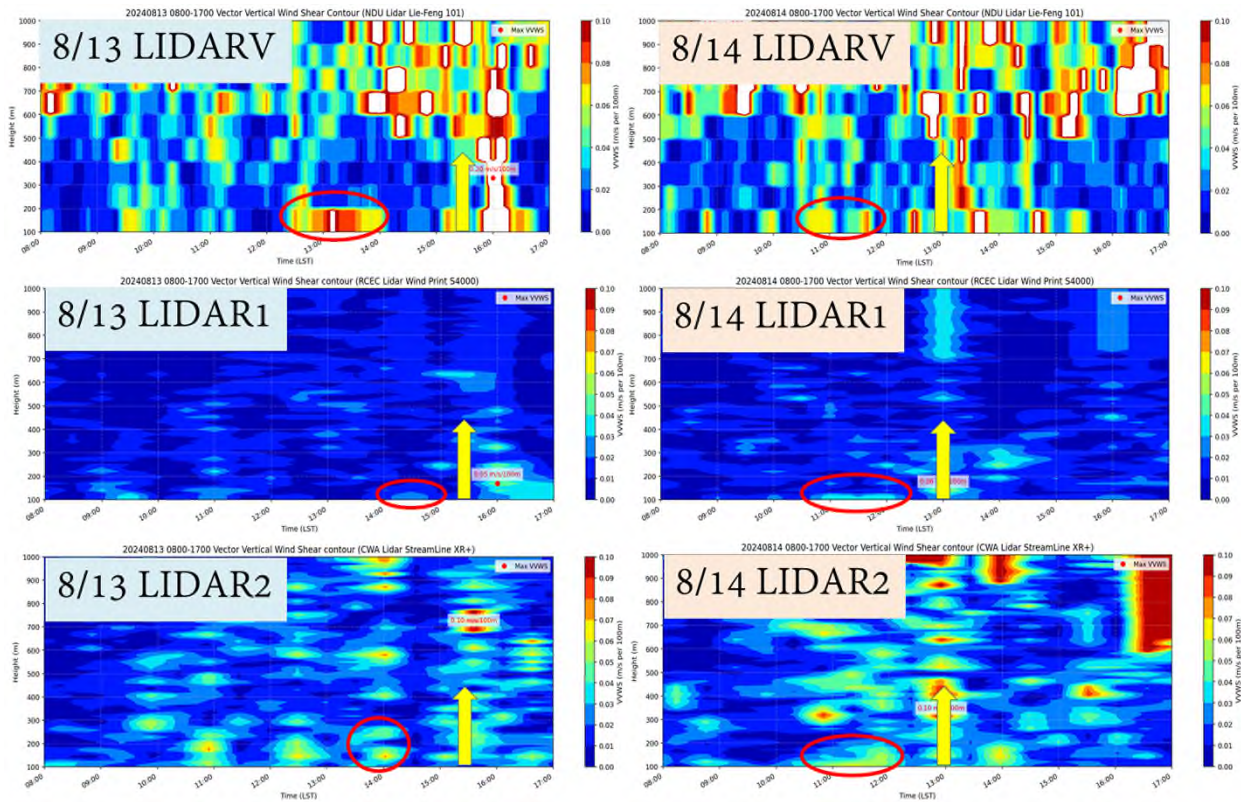
↑：回波移入
嘉義市時間



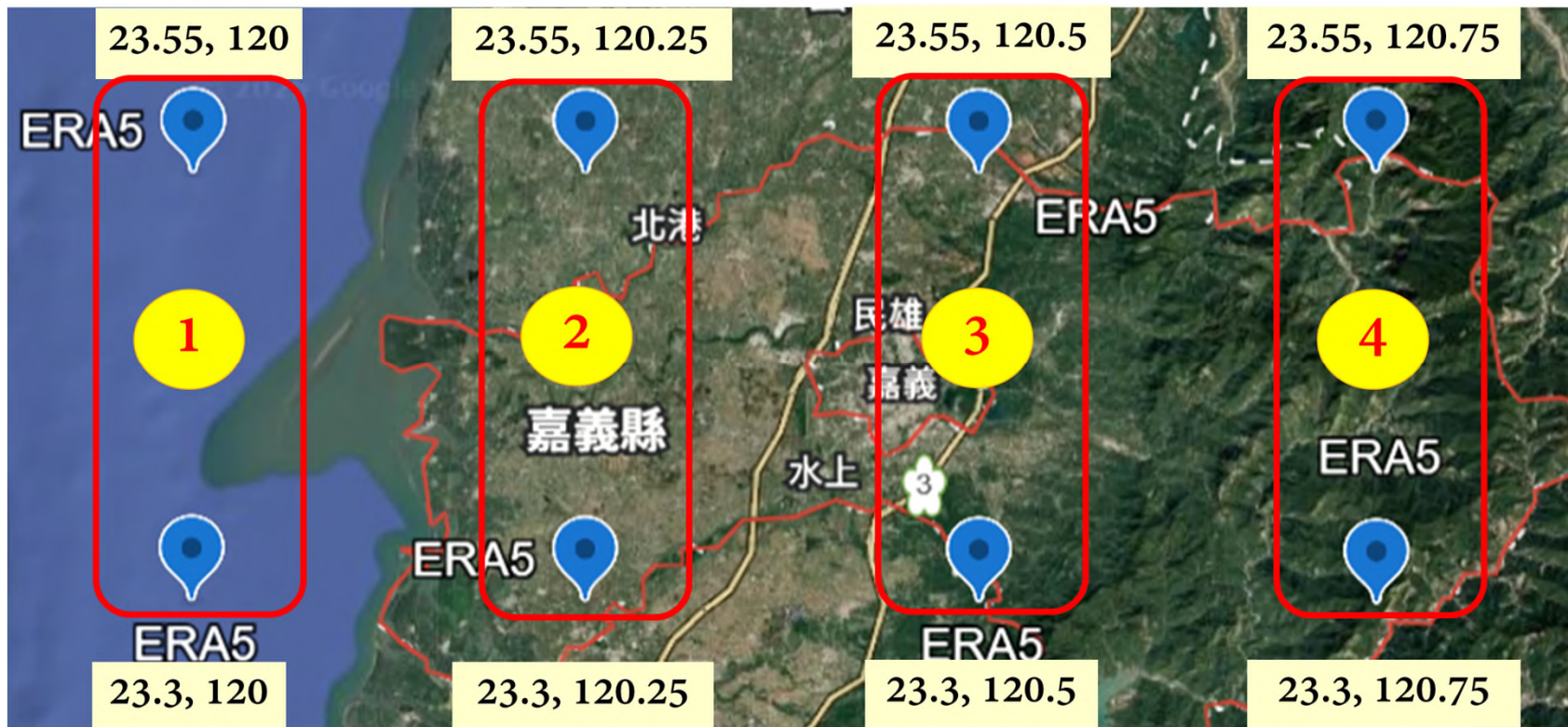
● 上升氣流
● 下降氣流

各光達皆在對流爆發前0.5-1小時觀測到上升氣流，與雷達時間吻合(回波移入嘉義市區時間8/13約為15:30，8/14約為13:00)

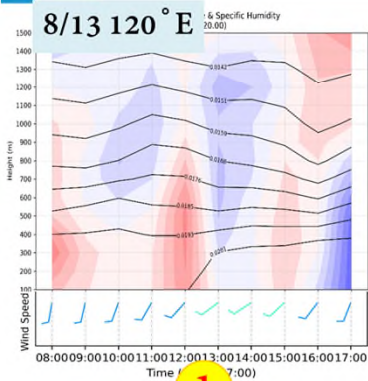
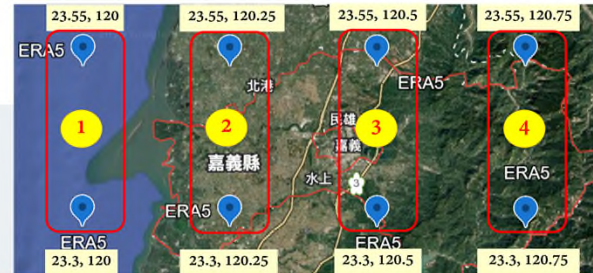
動力結構：利用各站光達觀測低層風切-垂直風切



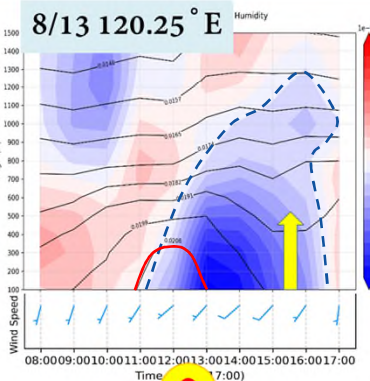
ERA5 資料驗證



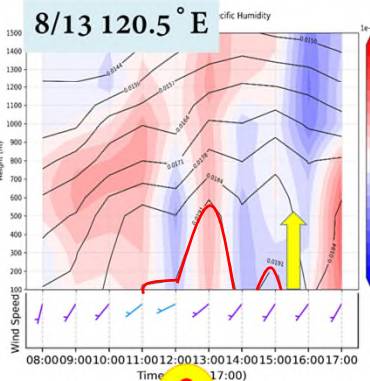
ERA5 資料驗證-比濕、散度與100公尺水平風場 隨時間變化



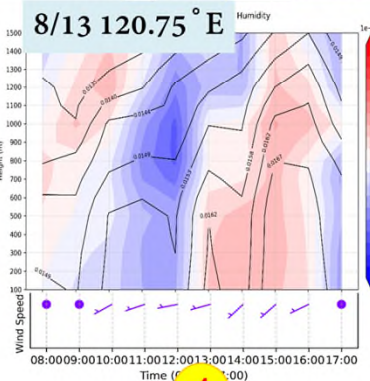
1



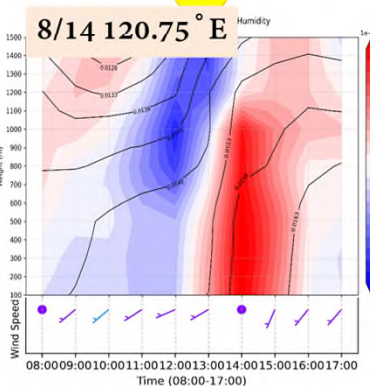
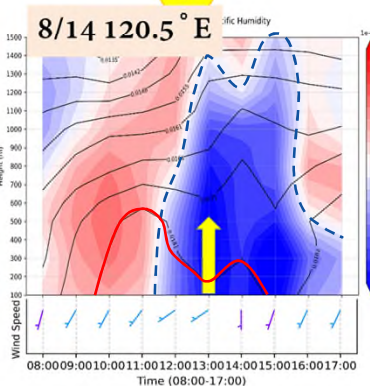
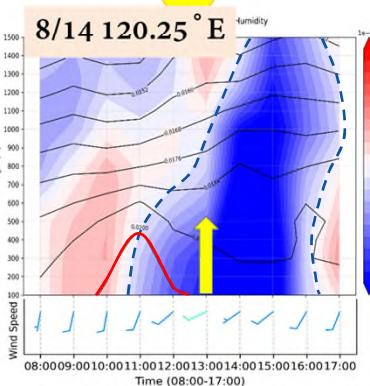
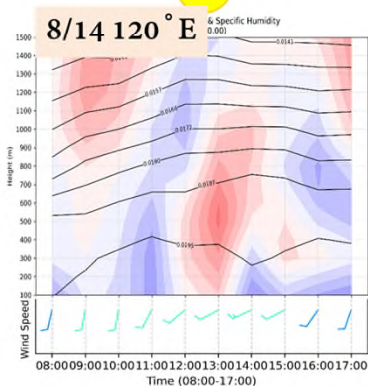
2



3

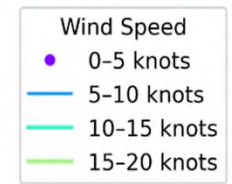


4

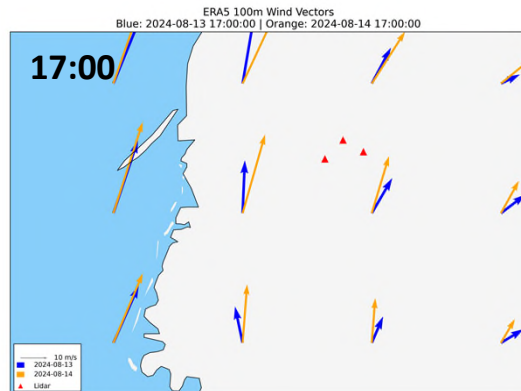
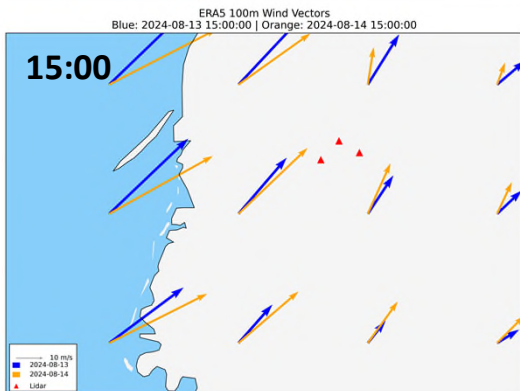
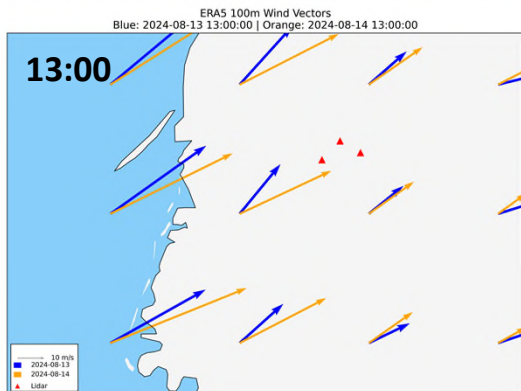
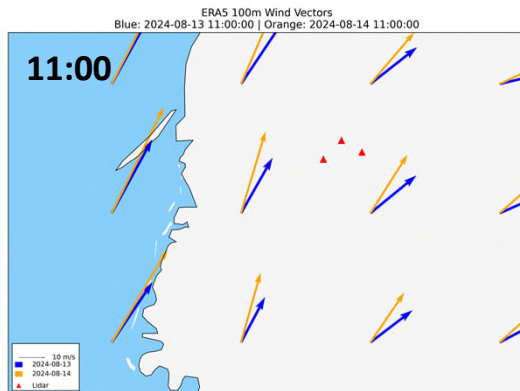
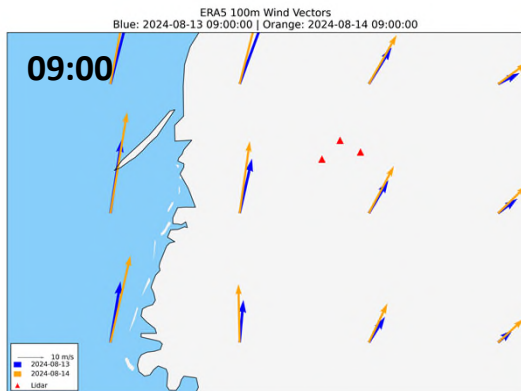


- 散度為正值：輻散
- 散度為負值：輻合

↑：回波移入嘉義市時間



海風觸發機制-ERA5 100公尺水平風場



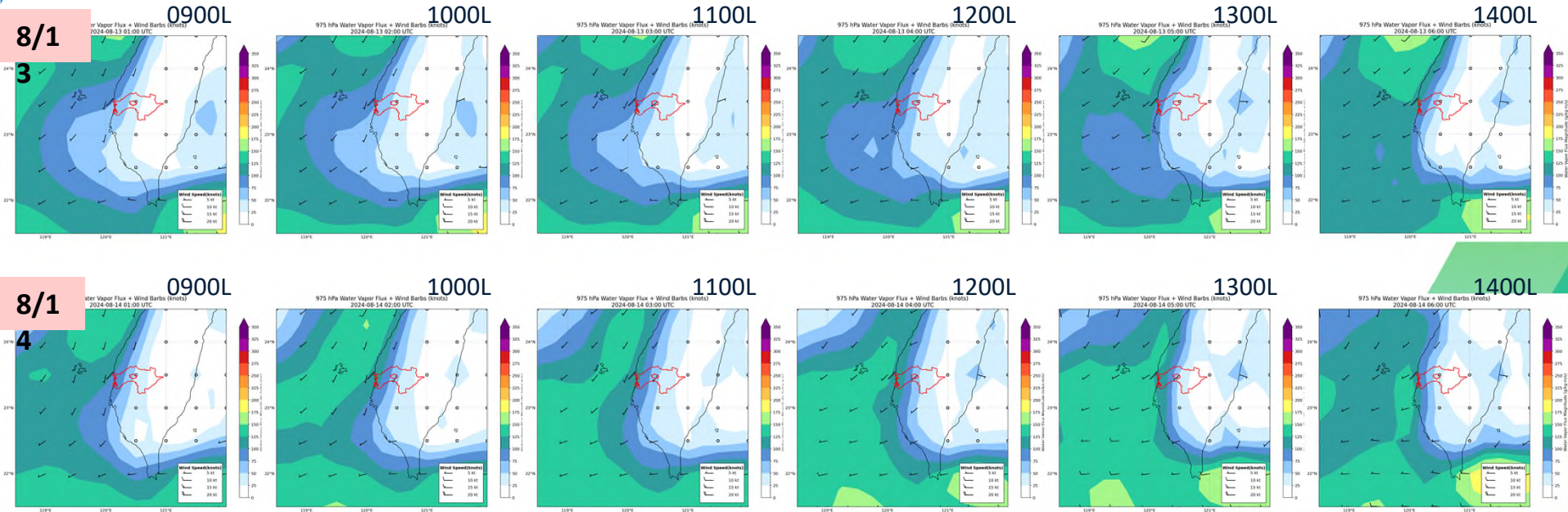
▲ Lidar位置

→ 2024年8月13日

→ 2024年8月14日

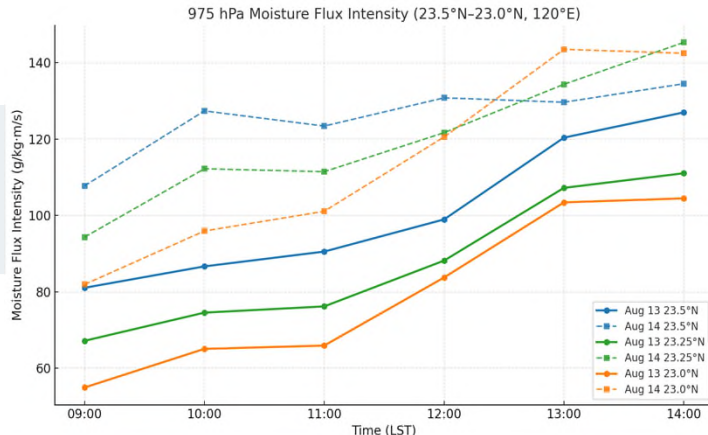
(單位:m/s)

975hPa 水氣通量強度與風場 (Water Vapor Flux + Wind Barb)



975hPa 水氣通量強度比較(23.5°N-23.0°N)

8/14 的水氣通量不僅更早增強，也更持續且更強，尤其在南側(23.0°N)更明顯，對應到午後更劇烈的對流發展。



水氣通量強度 (g/kg·m/s)	經緯度	0900L	1000L	1100L	1200L	1300L	1400L
8/13	23.5°N, 120°E	81.04864	86.65494	90.5368	98.95846	<u>120.3787</u>	<u>127.001</u>
8/14		<u>107.7469</u>	<u>127.3877</u>	<u>123.4214</u>	<u>130.8123</u>	<u>129.6618</u>	<u>134.5005</u>
8/13	23.25°N, 120°E	67.15965	74.54222	76.17244	88.16972	<u>107.2261</u>	<u>111.0551</u>
8/14		94.31989	<u>112.231</u>	<u>111.4653</u>	<u>121.6834</u>	<u>134.35</u>	<u>145.3348</u>
8/13	23.0°N, 120°E	54.92437	65.04606	65.91053	83.74328	<u>103.4272</u>	<u>104.476</u>
8/14		81.92672	95.92444	<u>101.0901</u>	<u>120.5536</u>	<u>143.5151</u>	<u>142.4834</u>



初步建立的觀測指標

初步建立的觀測指標

本研究確定了夏季午後對流前條件的以下關鍵指標：

- **熱力條件**：相當位溫 θ_e 隨高度降低 ($\partial\theta_e/\partial z < 0$)，顯示潛在不穩定層正在擴展，且厚度越深，對流潛勢越高。
- **動力條件**：低層(0–200 m)每100 m的垂直風切 >0.05 m/s/100m，並同時伴隨上升氣流訊號。
- **背景場特徵**：ERA5 100m水平風由南風轉為西南風，且風速增強（海風推進），在嘉義平原形成低層輻合與比濕增加。
- **水氣供應**：975 hPa 水氣通量強度於 09:00 L 前超過 100 g/kg·m/s，並在午前至午後（09:00–14:00 LST）持續遞增，反映低層水氣輸送充足且穩定。



結論與未來展望

結論與未來展望

結論

- 本研究驗證了光達與多元觀測在晴空條件下辨識午後對流前兆的可行性。
- 建立的指標對提升劇烈天氣預警與即時監測具有應用價值。

未來展望

- 擴大個案並進行統計驗證，進一步完善嘉義地區可量化的前兆指標，作為即時預報與防災的重要基礎。



THE END