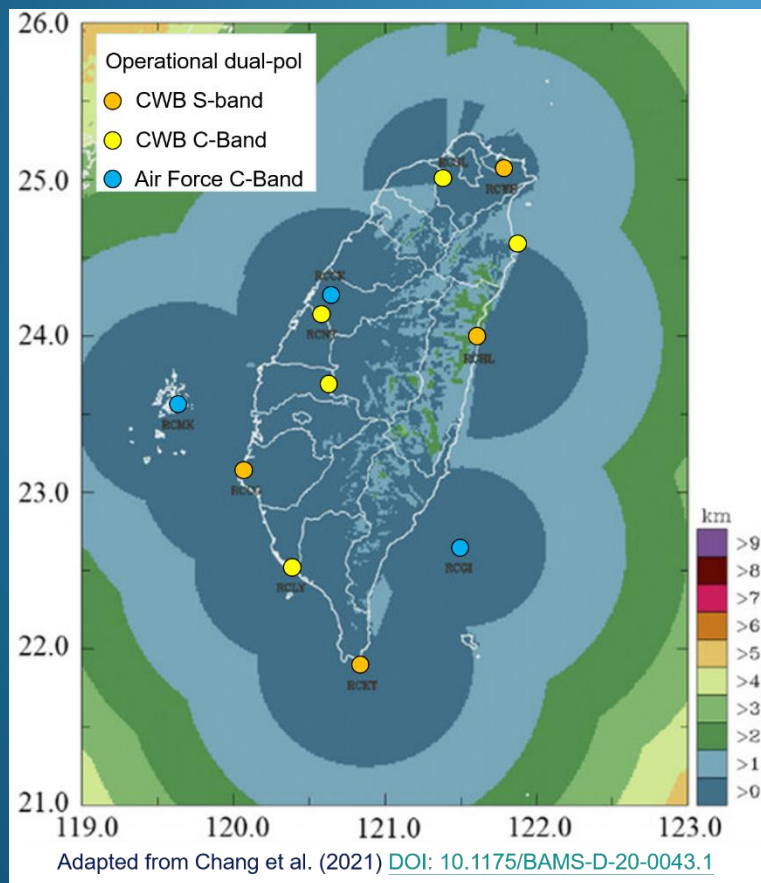


防災降雨雷達在極短期暴雨系統 之先兆辨識應用



鍾吉俊¹、周仲島^{1,2}

¹國立臺灣大學氣候天氣災害研究中心

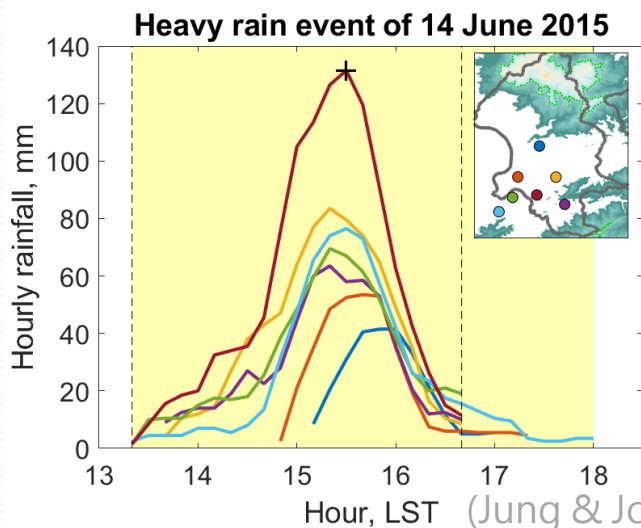
²國立臺灣大學大氣科學系

Supported by MOTC-CWA-113-M-04

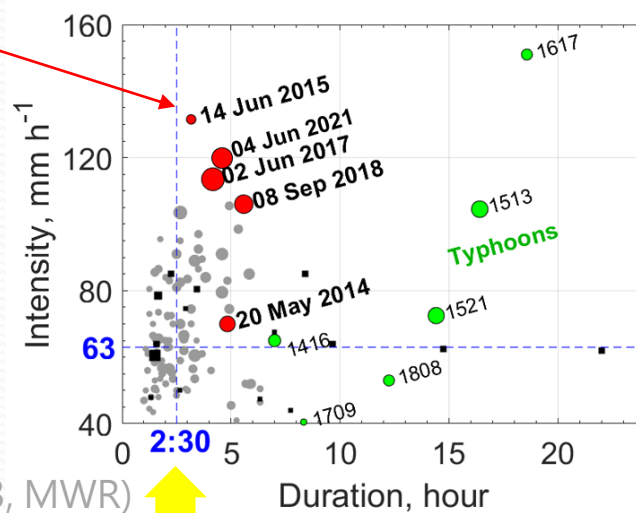
3 Sep. 2024

極短期(very short-term)暴雨系統之定義

2015/06/14 達大雨測站歷線

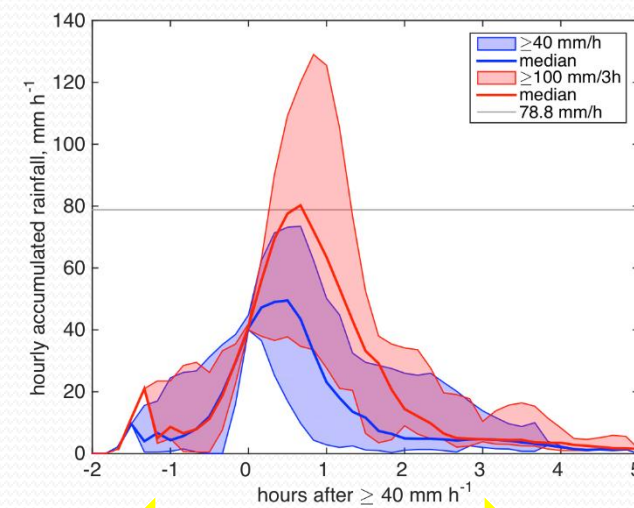


北臺灣大雨(>40 mm/h)個案



延時中位數

大雨/豪雨(>100 mm/3h)降雨歷線



降雨延時

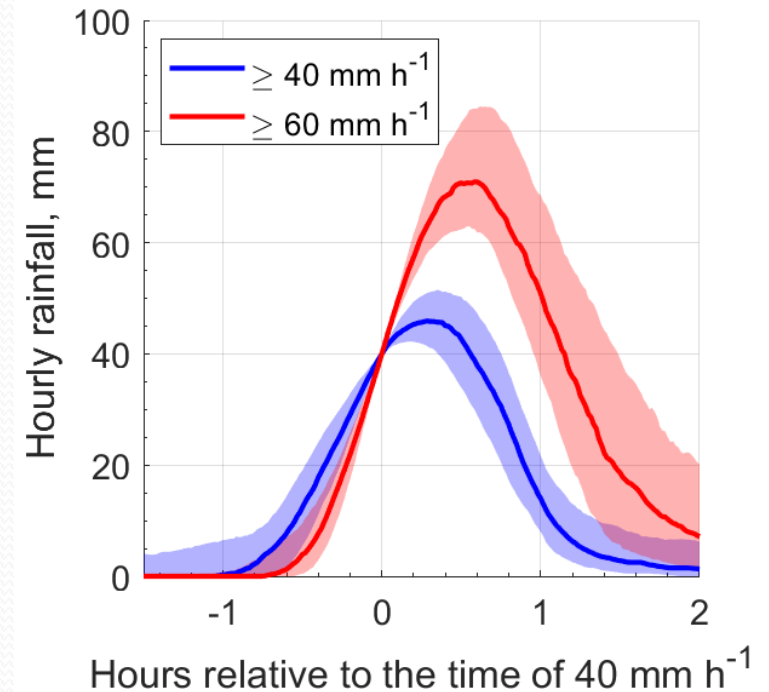
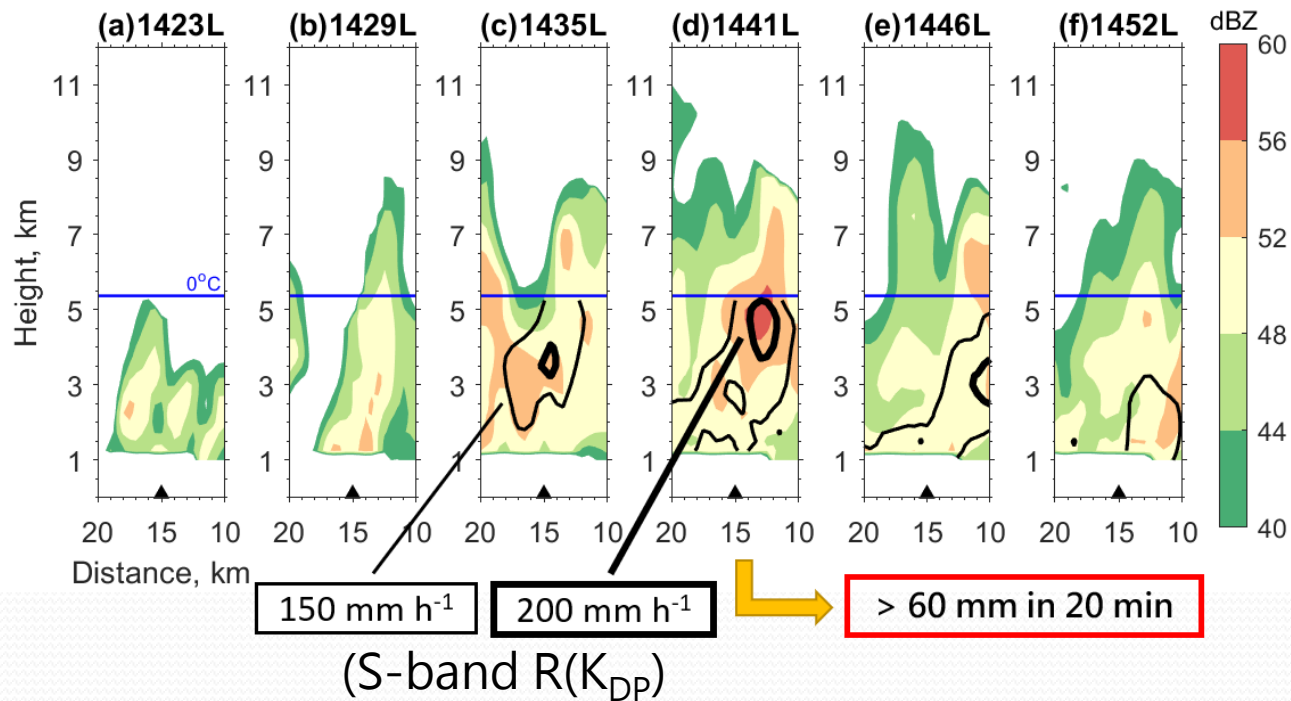
- Hourly (1-6h), Wu & Lin 2017, *J. Hydrol.*
- The very short-term rainfall forecasting for a mountainous watershed by means of an ensemble numerical weather prediction system in Taiwan
DOI: [10.1016/j.jhydrol.2017.01.012](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.01.012)

- 10 min -4 h, Kim & Hong 2022, *IEEE TGRS*
- Very Short-Term Rainfall Prediction Using Ground Radar Observations and Conditional Generative Adversarial Networks
DOI: [10.1109/TGRS.2021.3108812](https://doi.org/10.1109/TGRS.2021.3108812)

降雨時序與災害潛勢：由強降雨發展為致災降雨的機率？

鍾等 2023災害管理研討會

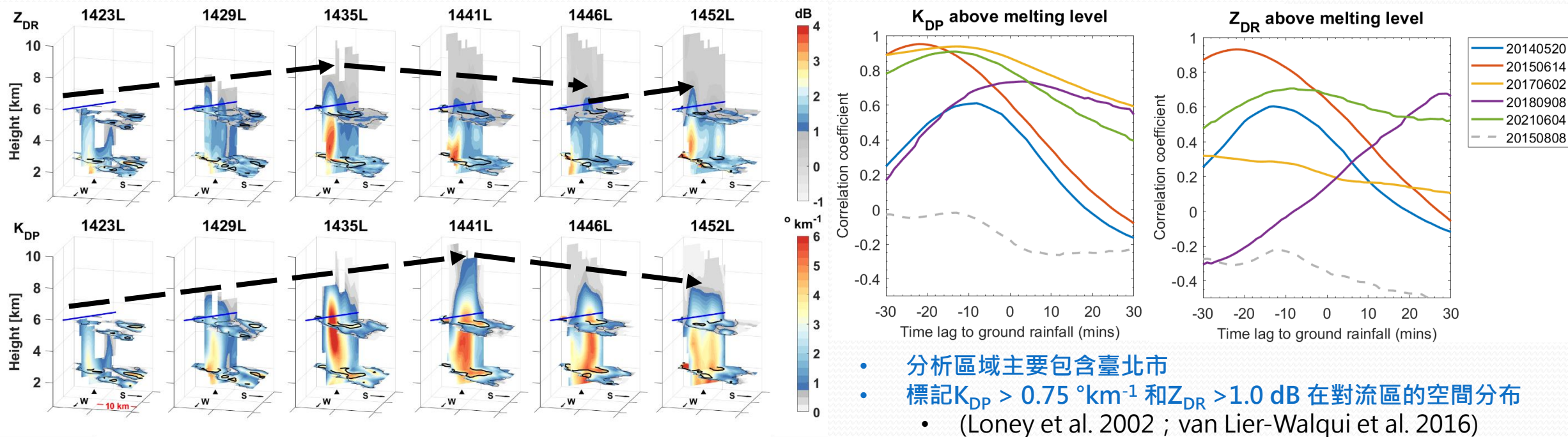
Adapted from Jung & Jou 2023 MWR



- High K_{DP} above 0 °C level is potentially an early indicator of heavy rain

- 將降雨歷線樣本分組: 40-59 mm h⁻¹, ≥60 mm h⁻¹
- 發生時雨量 40 mm · 35% 發展為時雨量 60 mm
- 30分鐘累積 : ≥40mm: 63% 發展達 60 mm

雙偏極參數指標與地面降雨之相關性

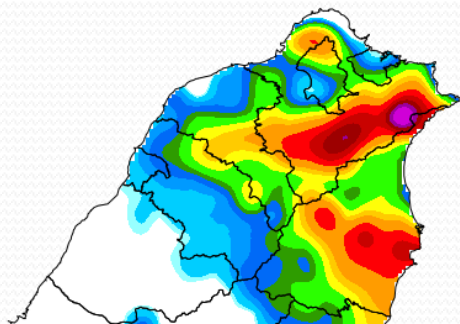


- 北臺灣大雨事件中， Z_{DR} 柱和 K_{DP} 柱的特徵凸顯出強對流中大量冰與液態水混合的特徵
- 探討 Z_{DR} 與 K_{DP} 柱做為劇烈降雨觀測前導指標之適用性
 - 近地面1至3公里高度的偏極化參數變化與降雨相關性較佳。
 - 若考慮融解層上方之 $K_{DP} > 0.75 \text{ }^\circ\text{km}^{-1}$ 變化，有機會將時間差提前為20分鐘。
- 評估S波段研究成果衍伸至C波段防災降雨雷達之適用性 ($K_{DP} > 1.5 \text{ }^\circ\text{km}^{-1}$)

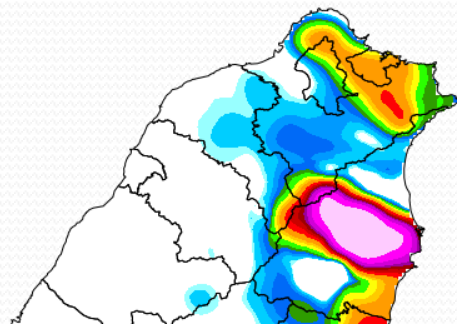
RCSL分析個案

| 個案 | 天氣型態 | 顯著降雨測站 | 日累積雨量 mm | 最大時雨量 mm |
|------------|-------------------|------------------|----------------|----------------|
| 2021/10/16 | 東北風 | 泰平 | 194.0 | 74.0 |
| 2022/09/25 | 東北風 + 諾盧颱風外圍環流 | 水保局寒溪 西帽山 | 754.5 612.5 | 100.0 120.0 |
| 2022/10/16 | 東北風 + 尼莎颱風雨帶 | 樂水分校 國一-N013K | 736.0 478.0 | 106.5 71.0 |

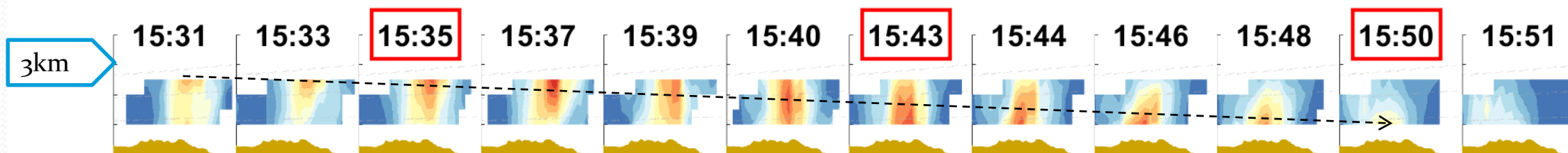
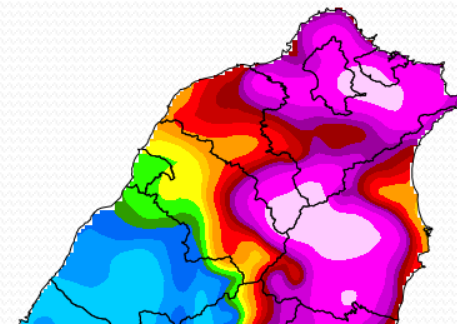
2021-10-17 00:00
24 Hours Accumulated Rainfall



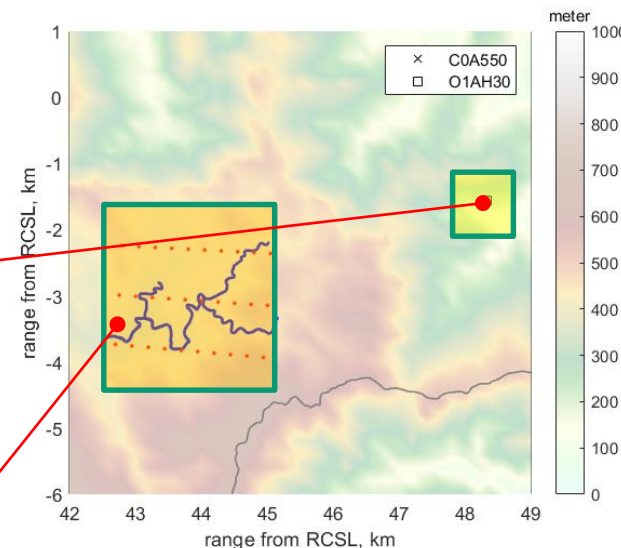
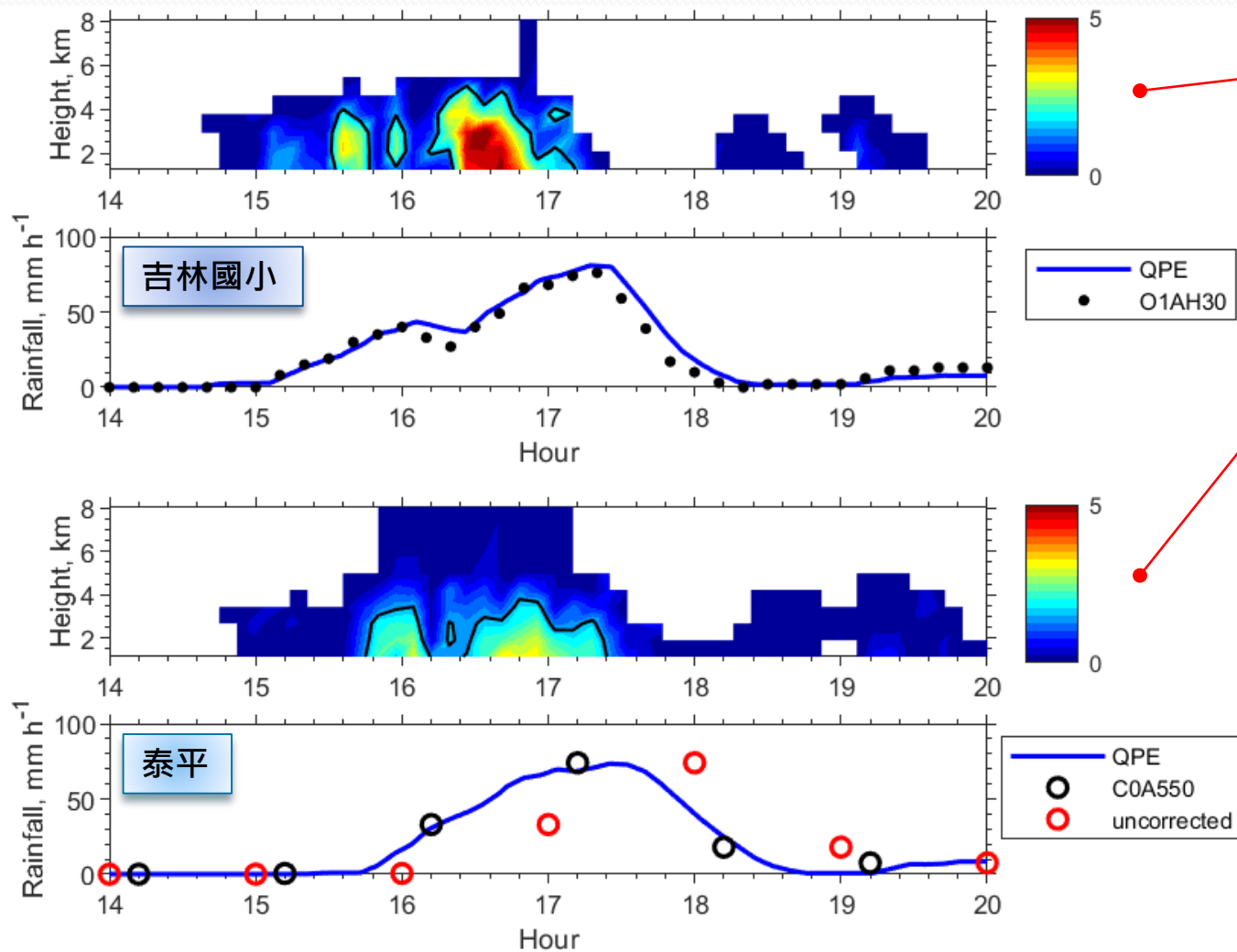
2022-09-26 00:00
24 Hours Accumulated Rainfall



2022-10-17 00:00
24 Hours Accumulated Rainfall



K_{DP} 垂直結構與降雨估計



迎風面

- 對流發展/降雨時間早
- $K_{DP} \geq 1.5^\circ \text{ km}^{-1}$ 可達5公里高度

背風面流域

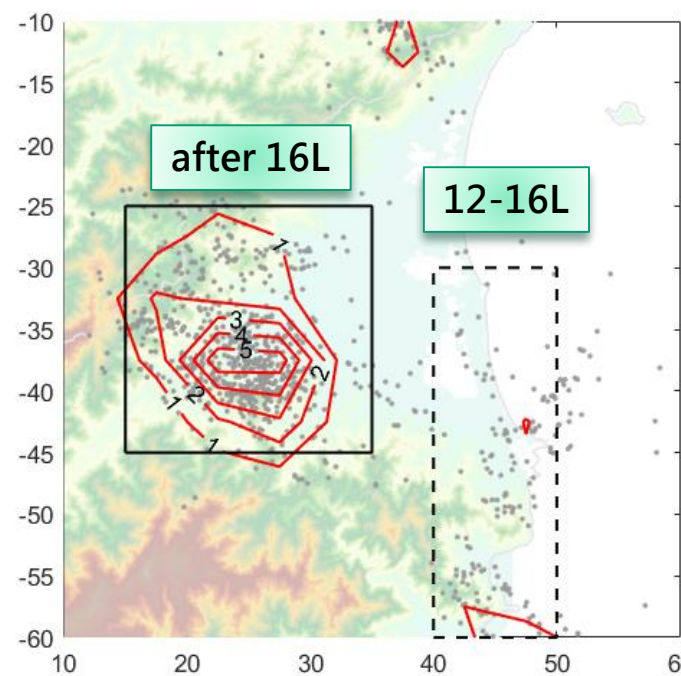
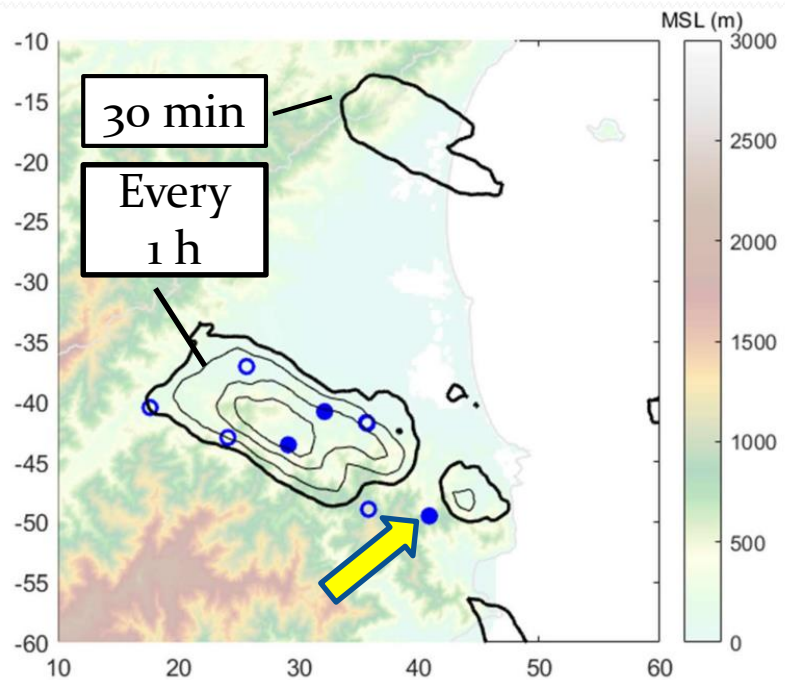
- 降雨時間略晚
- $K_{DP} \geq 1.5^\circ \text{ km}^{-1}$ 在4公里高度以下

劇烈降雨、閃電和 K_{DP} 頻率分布

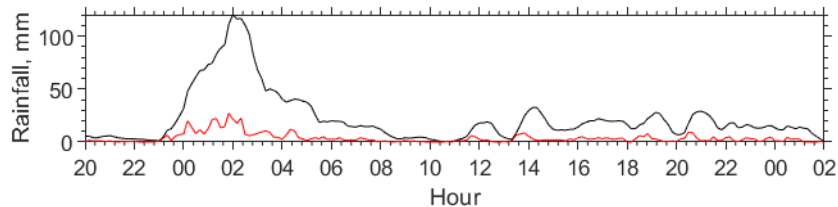
- 大豪雨位置與 $K_{DP} \geq 1.5^\circ \text{ km}^{-1}$ 高頻分布範圍一致
- 短延時強降雨和深對流的關聯性不高

Freq. of $K_{DP} \geq 1.5^\circ \text{ km}^{-1}$

- $\circ > 100 \text{ mm}/3\text{h}$
- $\bullet > 200 \text{ mm}/3\text{h}$



Lightning density [km^{-2}]



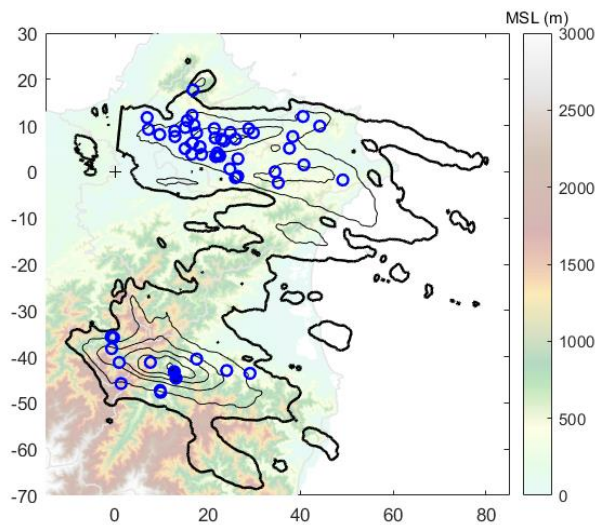
— 1H
— 10M

西帽山:
Heavy rain before 04L
局部缺乏近地面觀測

2022/10/16

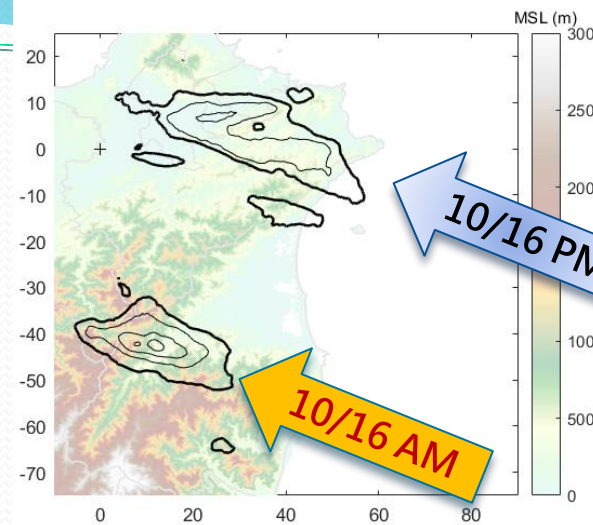
Freq. of $K_{DP} \geq 1.5 \text{ }^\circ\text{km}^{-1}$

○ > 100 mm/3h
● > 200 mm/3h



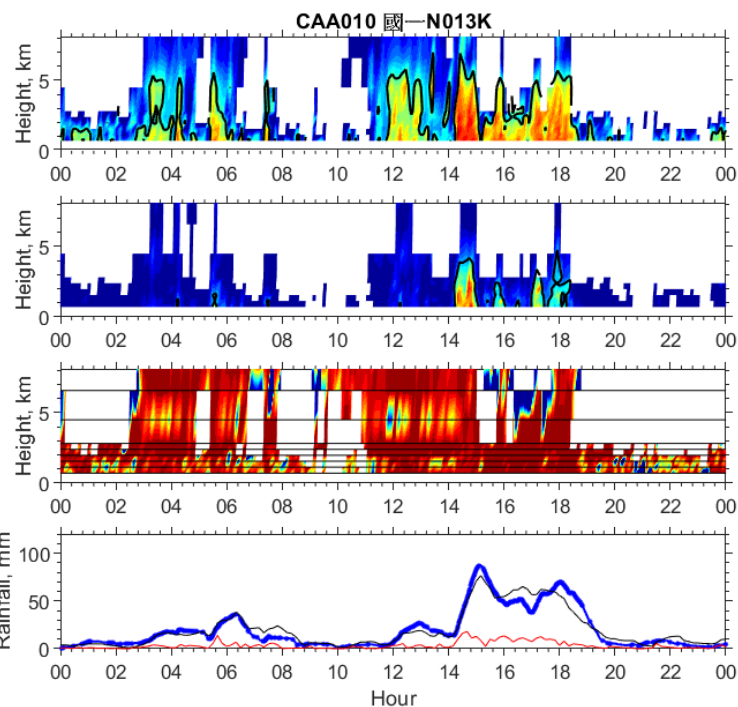
Freq. of $K_{DP} \geq 2.0 \text{ }^\circ\text{km}^{-1}$

Better correlated with 100 mm/3h



- K_{DP} 發生頻率分布和豪雨發生位置吻合
- 與颱風相關之遠距雨帶移入過程

國一
N013K



Good QPE

Z_H

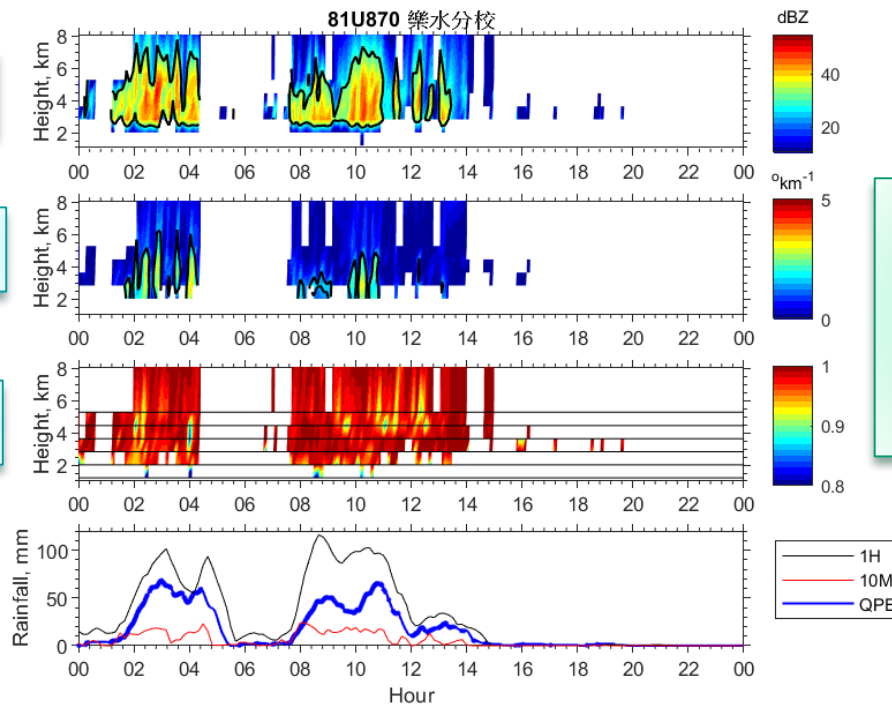
K_{DP}

ρ_{HV}

— 1H
— 10M
— QPE

樂水

Beam blockage still appear



— 1H
— 10M
— QPE

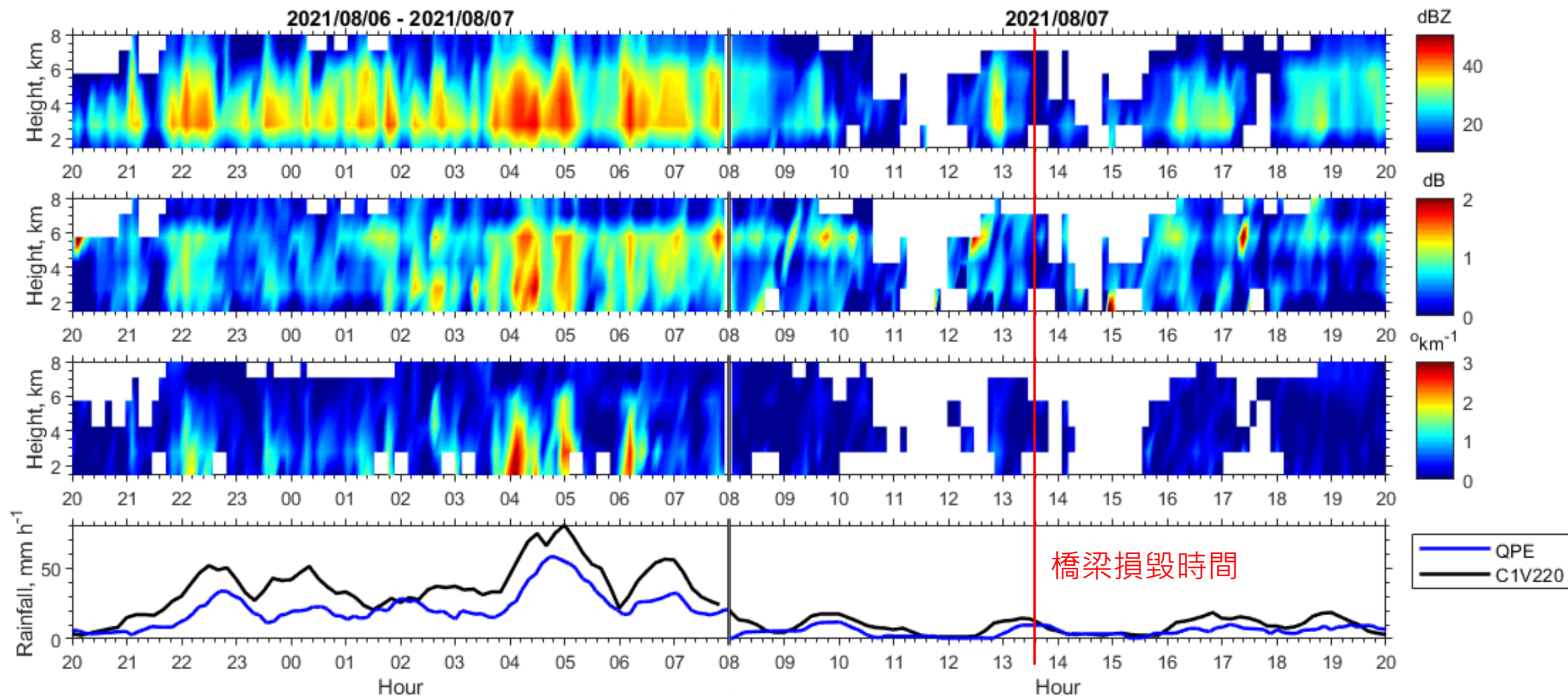
分析成果

- K_{DP} 用於即時監測劇烈降雨區的動態和強度，尤其是每2分鐘的低空域快速掃描，對於集水區下游溪流之閃洪(flash flood)，具有事先預警能力。
- $K_{DP} > 1.5^{\circ} \text{ km}^{-1}$ 發展高度達融解層，或融解層以下有 $K_{DP} \geq 3.0^{\circ} \text{ km}^{-1}$ 核心區域出現，將造成隨後10至20分鐘的地面局部強降雨(10分鐘 $> 10 \text{ mm}$)。
- $K_{DP} \geq 2.0^{\circ} \text{ km}^{-1}$ 發生達30分鐘以上，與短延時豪雨(3小時雨量達100mm)位置相關。
- $K_{DP} \geq 3.0^{\circ} \text{ km}^{-1}$ 發生達1小時以上，與短延時大豪雨(3小時雨量達200mm)有關。

RCLY分析個案

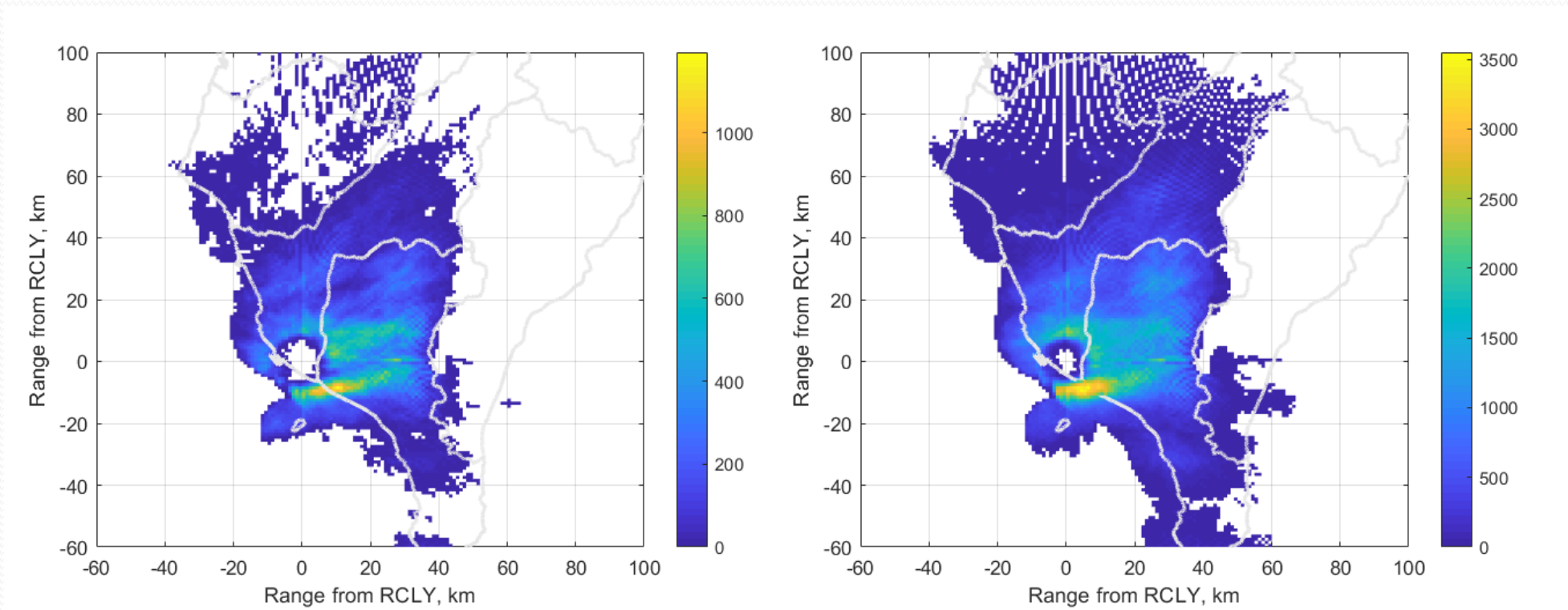
集水區內降雨結構演變與定量降雨估計 (2021/08)

- 低層回波顯著減弱(波束部分遮蔽效應)
- 柱狀 K_{DP} 結構出現，與地面降雨時序高度相關，尤其是4-6 AM



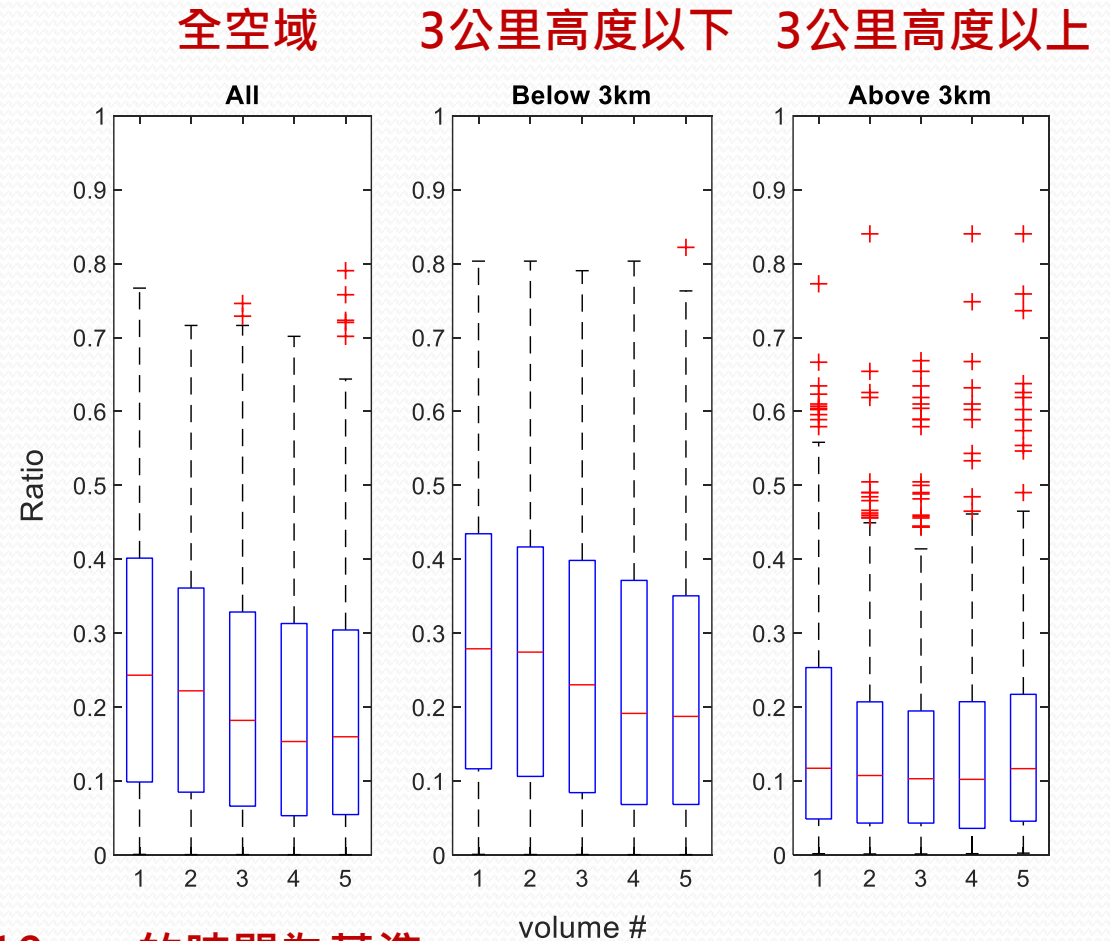
數量(體積)演變 考慮標準化的比較基準

Ratio $\frac{\text{K}_{DP} > 3.0^\circ \text{ km}^{-1} \text{ 的 gate 數量}}{\text{K}_{DP} > 1.5^\circ \text{ km}^{-1} \text{ 的 gate 數量}}$



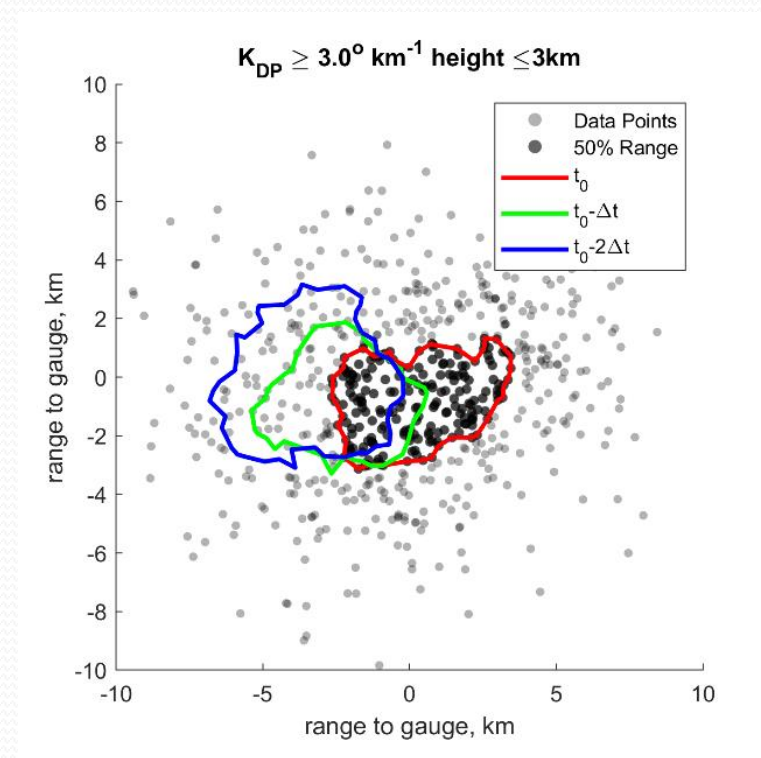
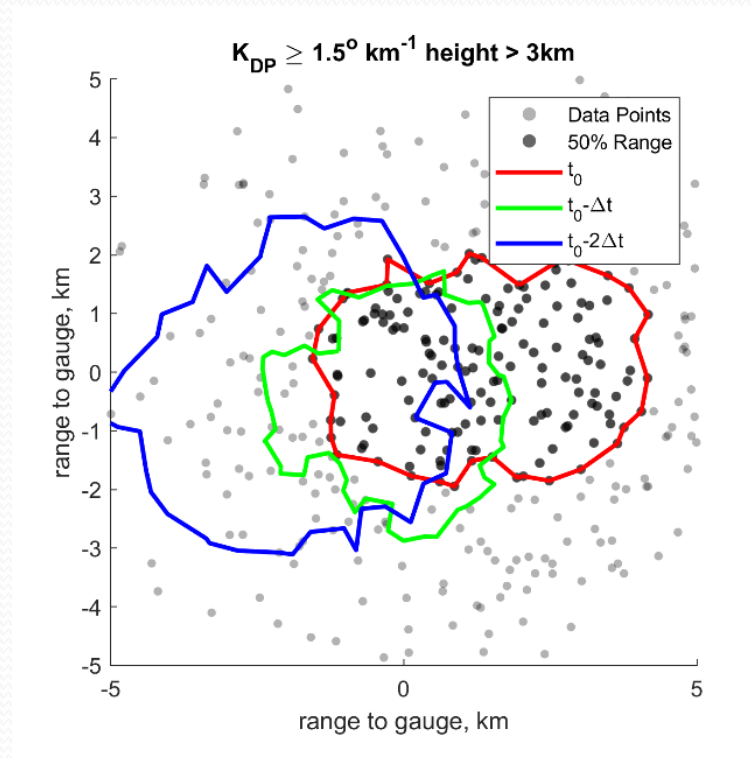
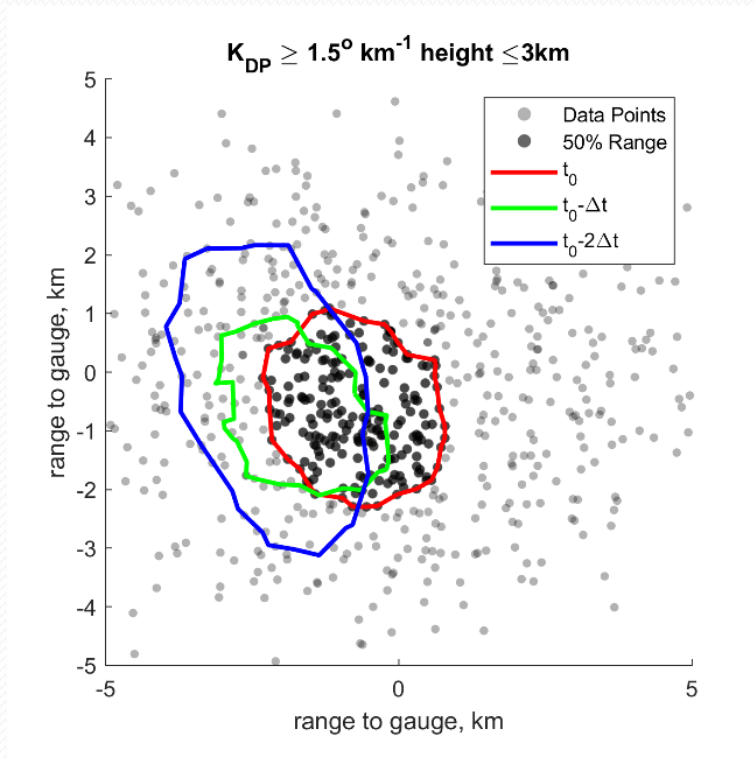
分析圖面說明 Box Plot

- Ratio在約30分鐘內持續增加並在volume 1出現最大值
- >3公里高的Ratio數值顯著減少
- <3公里高特徵類似全空域
- $K_{DP} > 3.0^{\circ} \text{ km}^{-1}$ 主要分布低空域



- 觀測10分鐘10mm的時間為基準
- 時間向前最接近之volume為第1組
- 第5組比第1組volume約提前30分鐘

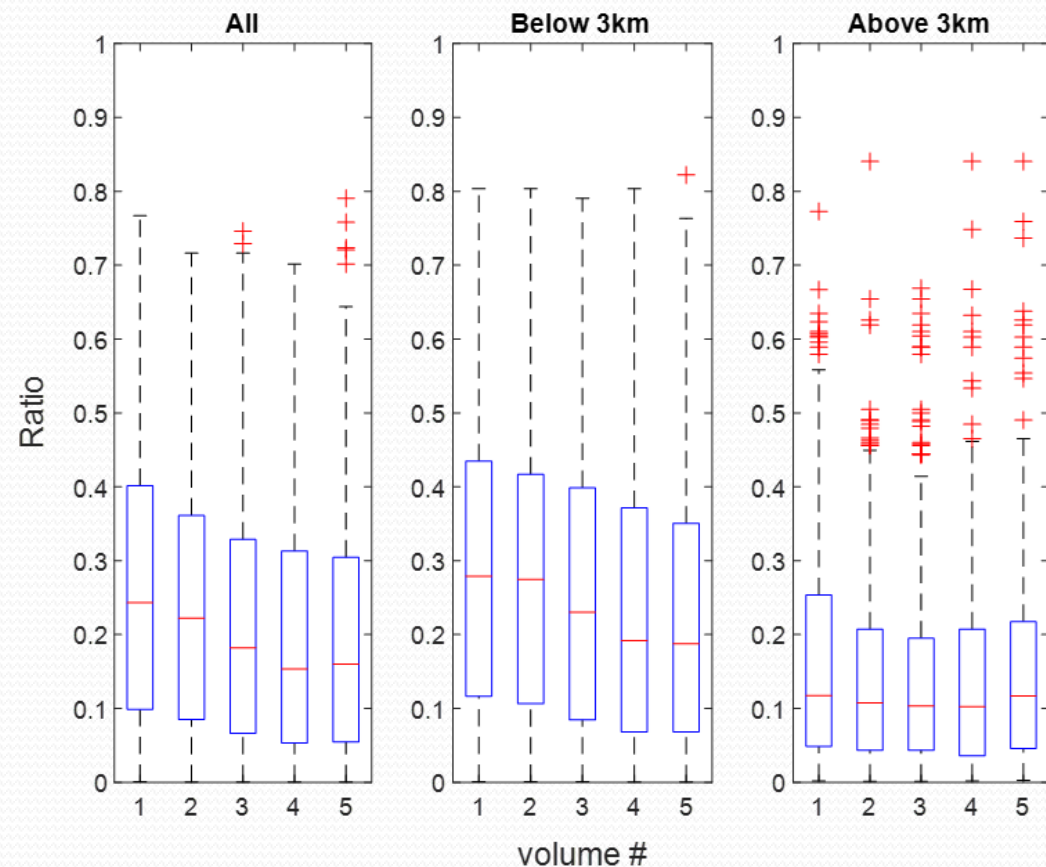
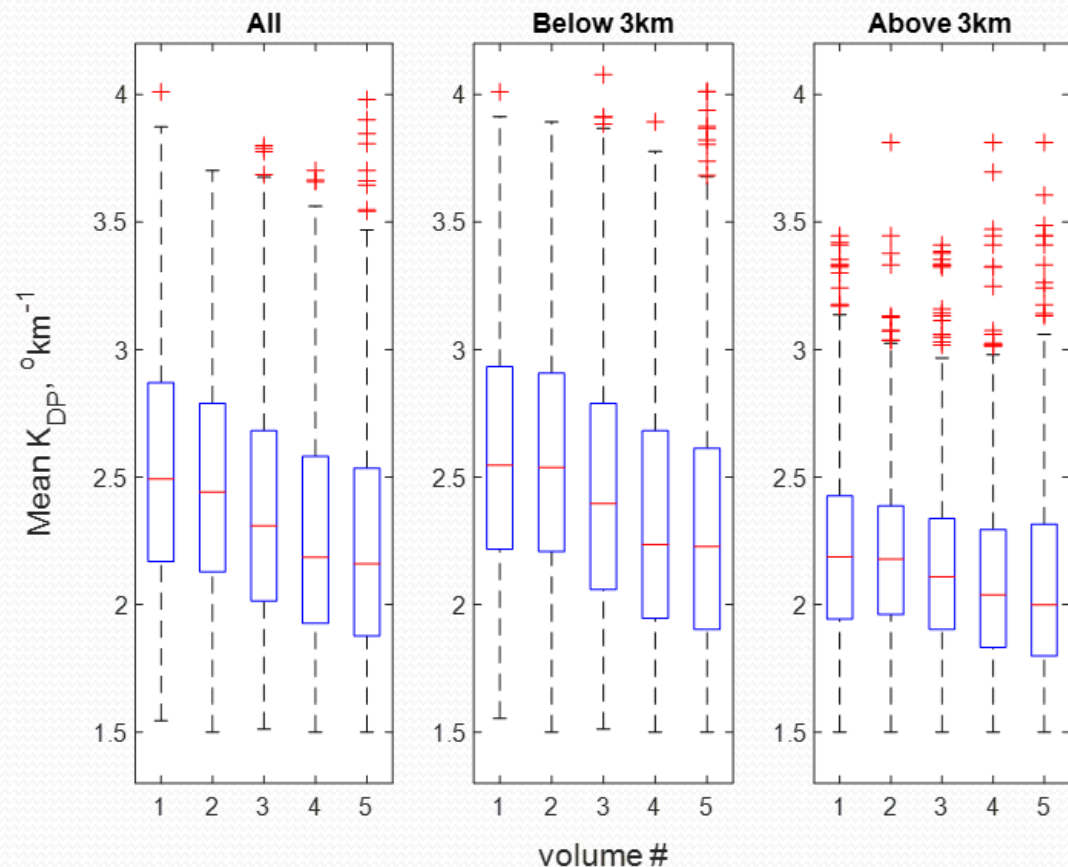
水平空間分布演變 與環境風場影響有關



- 降雨事件前15分鐘內 $K_{DP} > 1.5^\circ \text{ km}^{-1}$ 區域大致向西移動
- 3公里高度volume 2均勻分布在雨量站2至3公里半徑內；
➤ 未來15分鐘內機會出現 60 mm h^{-1} 雨勢
- volume 1的分布偏向盛行風下游，類似高空域 $K_{DP} > 1.5^\circ \text{ km}^{-1}$ 的分布

平均強度演變

和經標準化後的數量(體積)演變呈正關聯性



- volume 2 以前， K_{DP} 分布厚度增加
- volume 2至1之間，中心高度顯著下降

- 較厚 K_{DP} 分布，高液態水含量
- volume 2至1之間，中心高度顯著下降

初步結論

- 以林園雷達觀測颱風/熱帶性低氣壓影響台灣的強降雨。
分析期間：2021年8月6日00Z至8月8日00Z。
- 設定比例參數：Ratio評估 $K_{DP} > 3.0^\circ \text{ km}^{-1}$ 與 $K_{DP} > 1.5^\circ \text{ km}^{-1}$ 比值。
發生10分鐘10mm降雨強度前，Ratio在30分鐘內增加。
- 水平分布：降雨事件前15分鐘， K_{DP} 區域向西移動，集中於雨量站周圍5公里內。垂直分布主要在2.5公里以下，高空域在3.5至4公里左右。
- K_{DP} 平均值隨時間增加，與Ratio變化一致。
連續2次10分鐘10mm雨勢時， K_{DP} 平均值在前15分鐘略高，隨後減弱；
10分鐘 $> 20\text{mm}$ 降雨時， K_{DP} 最大值增加，前7.5分鐘以後減弱幅度更大。

未來工作

- 設計以單雷達為基礎的強降雨前導訊號篩選流程時，有相關性的 K_{DP} 體積和平均值可以擇一
- 注意 K_{DP} 核心在空間中的移動情況， K_{DP} 最大值與降雨強度密切相關。
- 後續會使用氣象署現有的對流胞分析結果，來評估 K_{DP} 移動區域和內部(intrinsic)變化對降雨的影響。

THANK YOU FOR YOUR ATTENTION!