



114 年天氣預報與分析研討會 (A4-4)

對流胞辨識與追蹤系統 SCIT (Storm Cell Identification and Tracking) 之精進、特性分析與應用探討

中央氣象署 科技發展組 余世暘

2025-09-03



報告內容



① SCIT 方法簡介 (Johnson et al. 1998)

- 對流胞辨識程序介紹
- 對流胞追蹤程序介紹
- 目前作業中 SCIT 產品介紹

② 探討 SCIT 辨識流程與參數特性

- 重建三維對流胞格點
- 透過理想個案與實際午後對流個案
探討現行辨識流程的特性與限制

③ 系統精進與在地化調整

- 目標：使系統輸出之對流胞更趨近於作業與研究需求
- 調整系統參數
- 調整系統辨識對流胞的程序

④ 三維對流胞格點初步應用成果

- (不同雷達、不同天氣系統)
- 午後對流個案 (20210604 ; RCWF)
- 颱風外圍環流個案 (20210722 ; RCWF)
- 西南氣流個案 (20250801 ; RCLY)

SCIT 對流胞辨識與追蹤系統簡介 (Johnson et al. 1998)

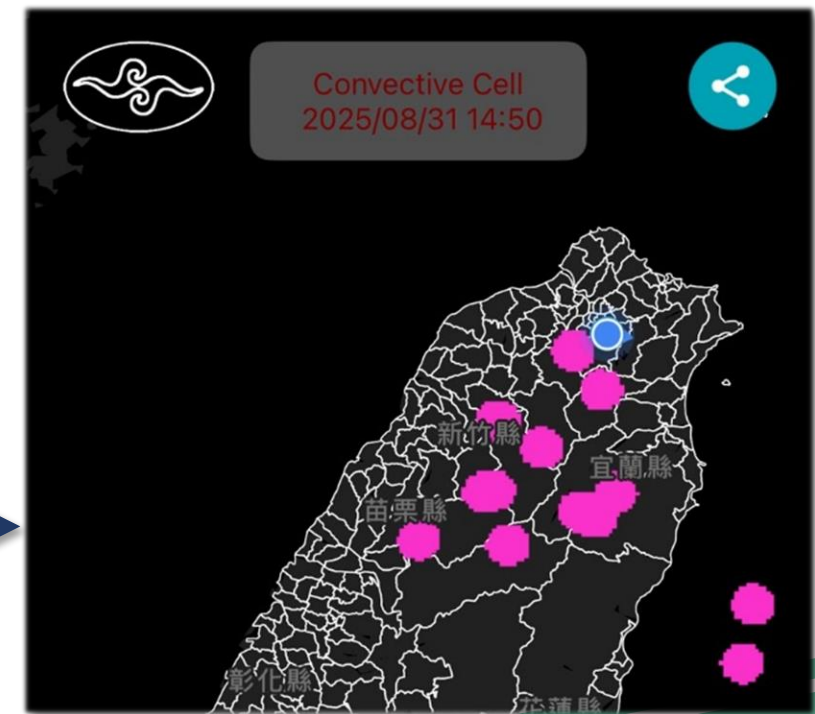


- 美國國家劇烈風暴實驗室 (National Severe Storm Laboratory, NSSL) 自 1990 年代開始發展
- 使用單雷達極座標資料，保留資料原始特性與解析度 (避免內插)，透過體積掃描 (volume scan) 內各仰角資料進行對流胞運算
- 應用層面包含即時作業監測與研究應用
- SCIT 為本署 QPESUMS/QPEPlus/Qapp 系統與 SCAN 系統的對流胞預警系統核心



QPESUMS
QPEPlus

Qapp

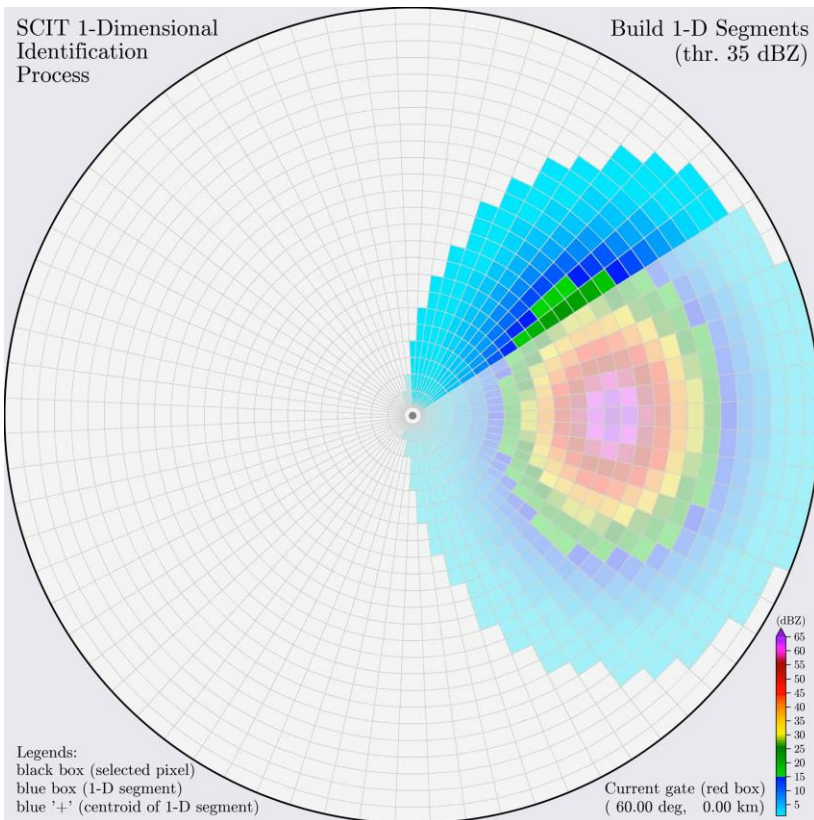


SCIT 對流胞辨識程序 (Identification) (Johnson et al. 1998)

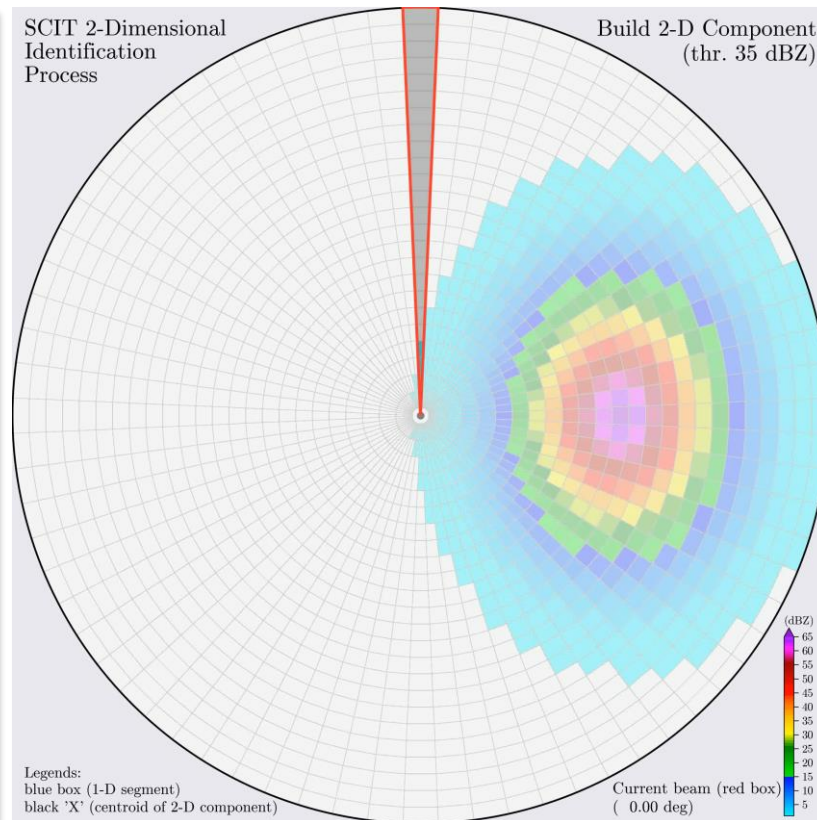


■ NSSL 預設回波閾值：30, 35, 40, 45, 50, 55, 60 dBZ (共 7 個閾值)

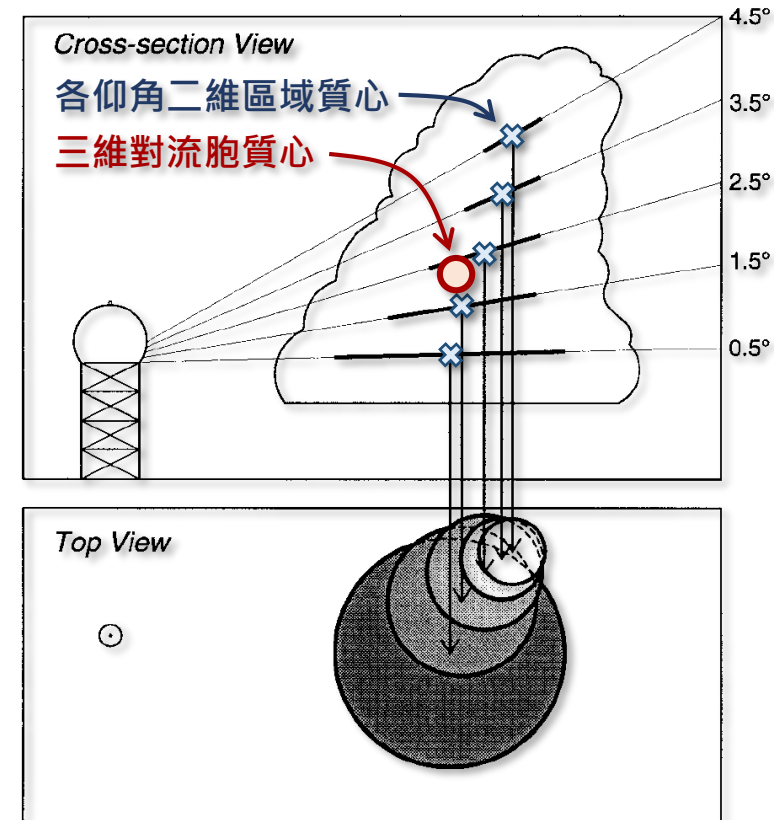
1. 由格點資料辨識一維對流片段



2. 由一維對流片段組合二維對流區域



3. 由二維對流區域組合三維對流體積



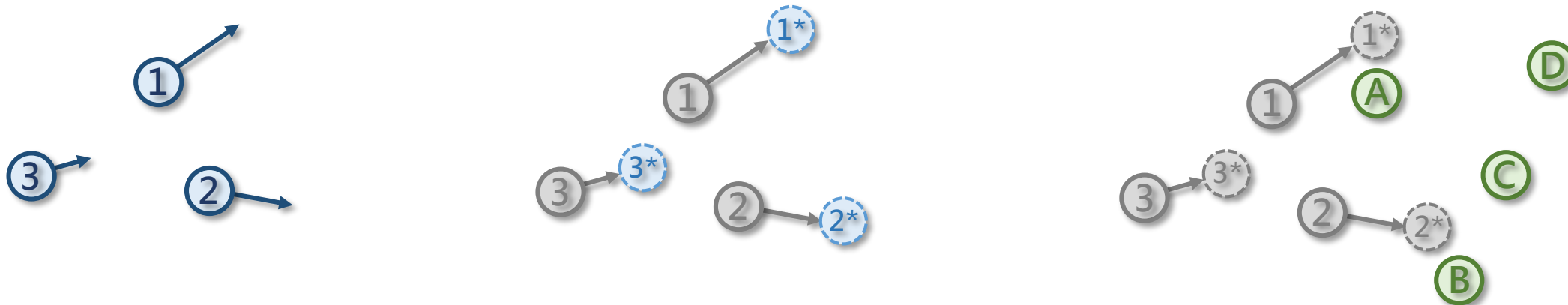
SCIT 捨棄完整的對流胞格點位置，僅保留最終計算出的三維對流胞質心座標！

SCIT 對流胞追蹤程序 (Tracking) (Johnson et al. 1998)

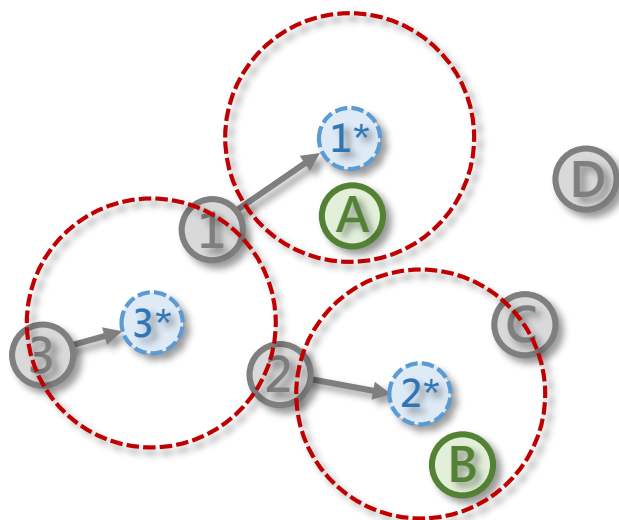


■ 以 t_1 時間 (前一時間) 的對流胞質心位置、移向、移速匹配 t 時間 (當下) 的對流胞

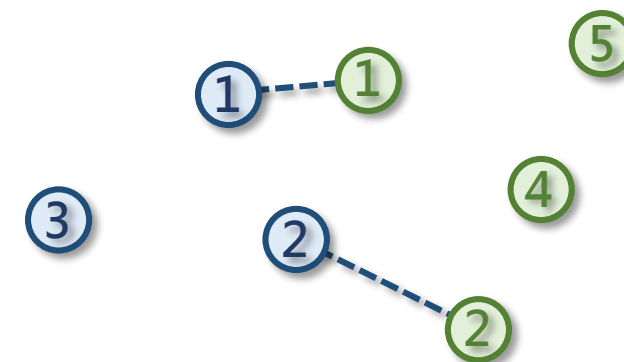
1. t_1 時間的對流胞位置與移向移速
2. 推估 t 時間的對流胞位置 ($1^* \sim 3^*$)
3. 辨識 t 時間的對流胞位置 (A~D)



4. 以 t_1 時間的推估位置為中心、以半徑 R 搜尋周圍在 t 時間觀測最近的對流胞



5. 將匹配對流胞賦予相同編號，以完成追蹤程序



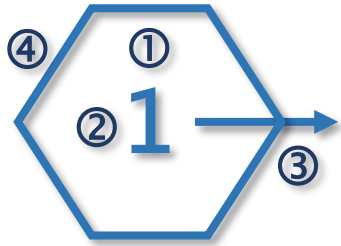
SCIT 產品：對流胞屬性表 (Cell Table) (Johnson et al. 1998)



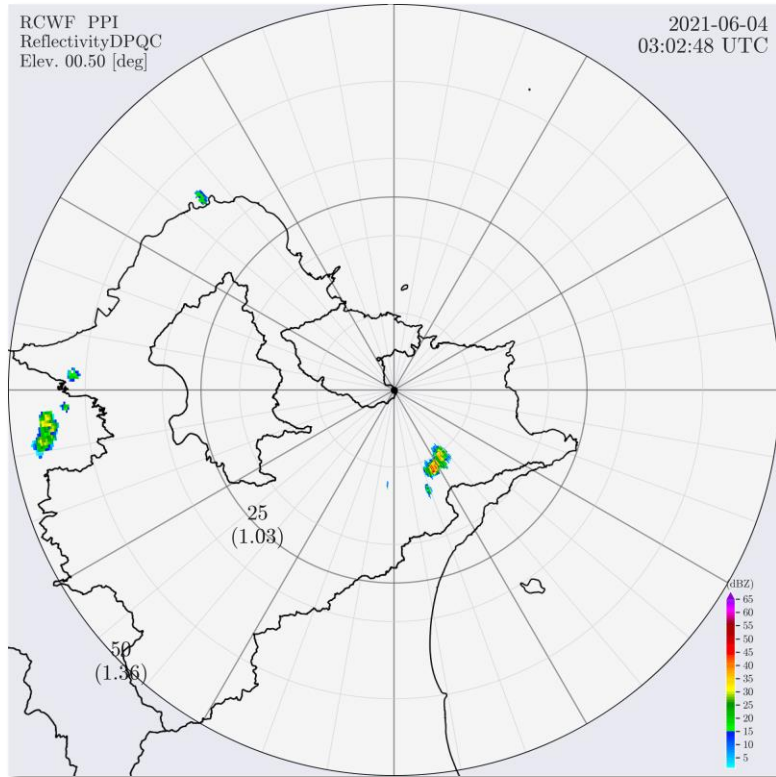
- 對流胞屬性表：包含編號、空間分布、生命週期、強度資訊、移動資訊 (共 56 種屬性)

SCIT 辨識與追蹤結果 (2021-06-04 臺北午後對流)

圖示說明



- ① 對流胞編號
- ② 三維質心位置
- ③ 移向、移速
- ④ 等價半徑六邊形



對流胞屬性表應用限制

- SCIT 輸出之對流胞屬性是由單偏極化回波資料計算得
 - 對流胞屬性不包含雙偏極化參數資訊
- SCIT 使用「質心」與「等價半徑」描繪對流胞空間資訊
 - 僅能粗略描繪對流胞空間分布
 - 無法得知系統辨識出對流胞與人為判識的對流胞差異
 - 不易完整了解 SCIT 的系統行為
 - 不易確定在地化調整 SCIT 參數的方向與評估調整成效
 - 不易擷取與分析對流胞內部的雙偏極化參數

→ 亟需重建與保留三維對流胞格點

重建 SCIT 三維對流胞格點 - 使用系統預設參數

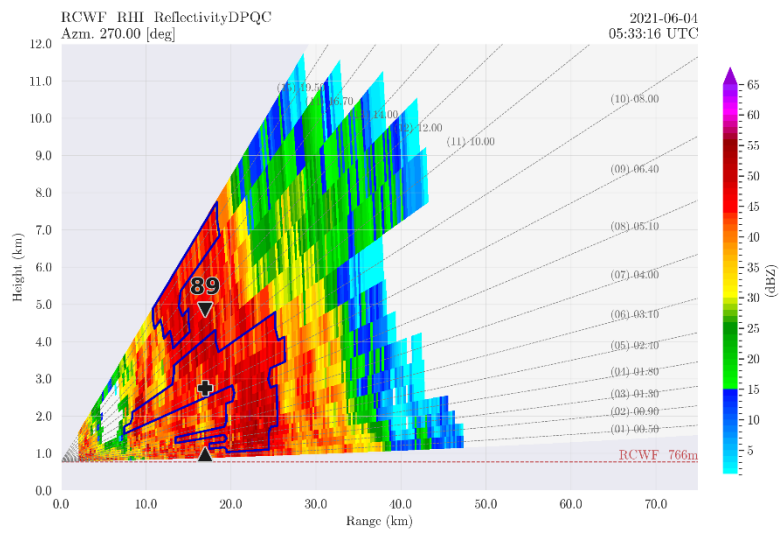
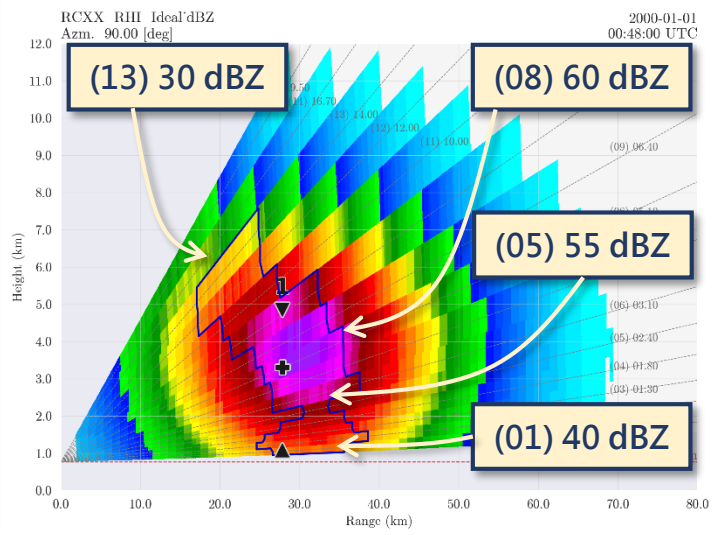
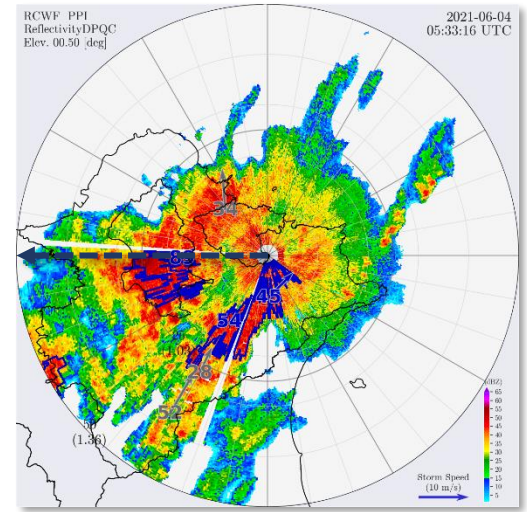
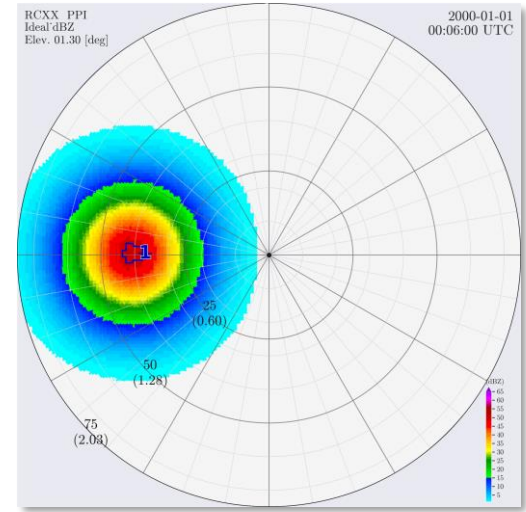
圖中藍色框線區域為三維對流胞格點範圍



理想對流胞個案

2021-06-04 臺北午後對流

仰角	閾值
15	-
14	-
13	30
12	35
11	50
10	55
09	60
08	60
07	60
06	55
05	55
04	50
03	45
02	40
01	40



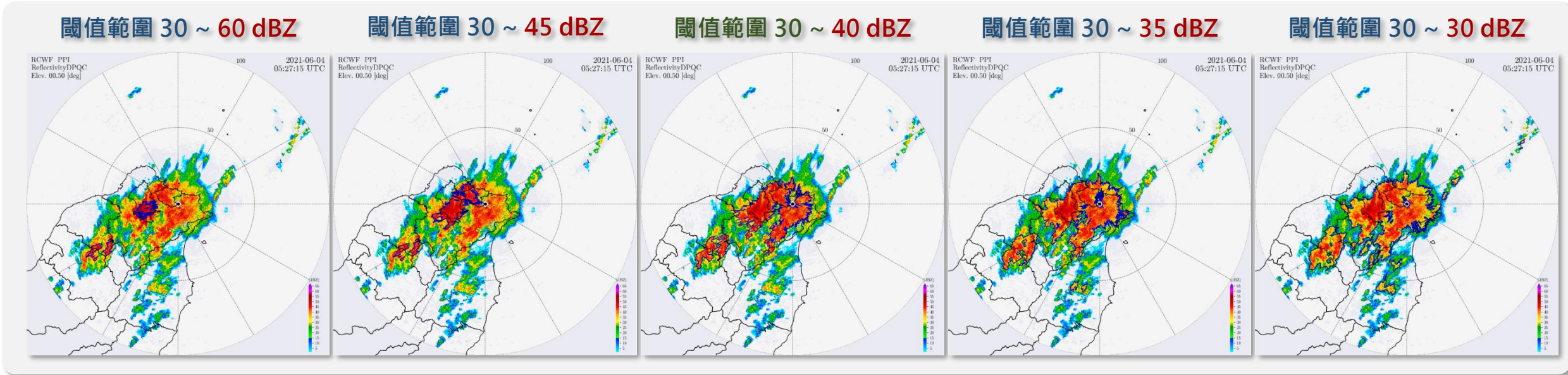
- ### 二維對流區域辨識限制
- 對流胞水平範圍隨時間變化大
 - 對流胞水平框選範圍過小

- ### 三維對流體積辨識限制
- 數個擁有較強回波的仰角中，對流胞區域明顯較其他仰角小
 - 同一對流胞的不同仰角所採用的回波閾值不同，導致單一對流胞內標準不一致
 - 對流胞垂直結構破碎

二維對流區域辨識精進－回波閾值與對流胞水平範圍之關係



■ 回波閾值上限敏感度試驗：固定閾值下限為 30 dBZ，並由 60 dBZ 調降閾值上限至 30 dBZ



SCIT 辨識二維對流區域的特性

- ① 其定義之二維區域為「最接近但不大於觀測最大回波值的閾值」之水平範圍
- ② SCIT 以閾值上限定義該仰角掃描的對流胞「核心區」，並非完整對流胞範圍
- ③ 各仰角獨立辨識核心區域，為造成對流胞垂直結構不連續的主因之一

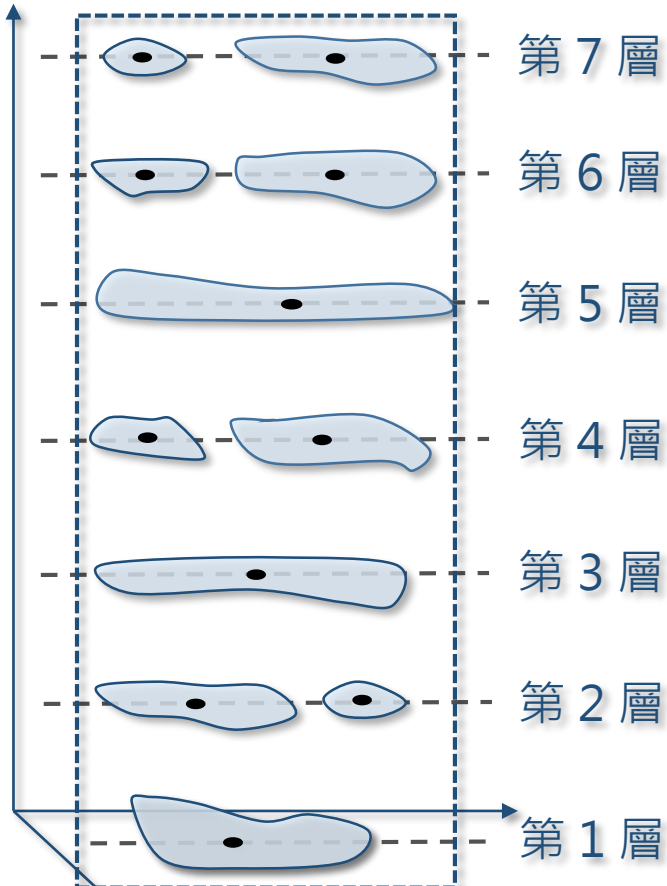
圖中藍色框線區域為
三維對流胞格點範圍

調整閾值範圍為
30~40 dBZ

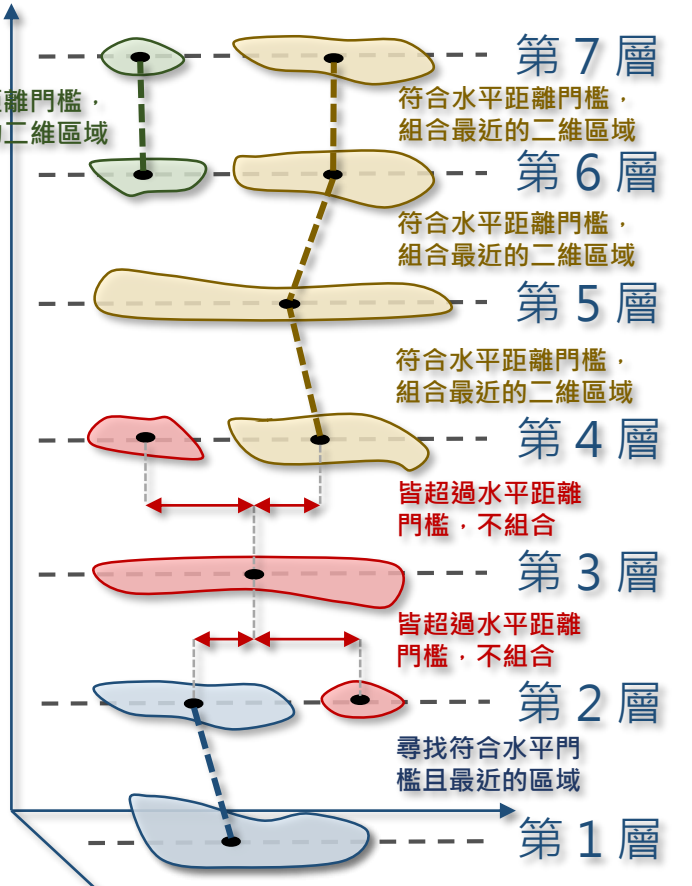
三維對流體積辨識精進 – 對流胞二維至三維體積組合流程



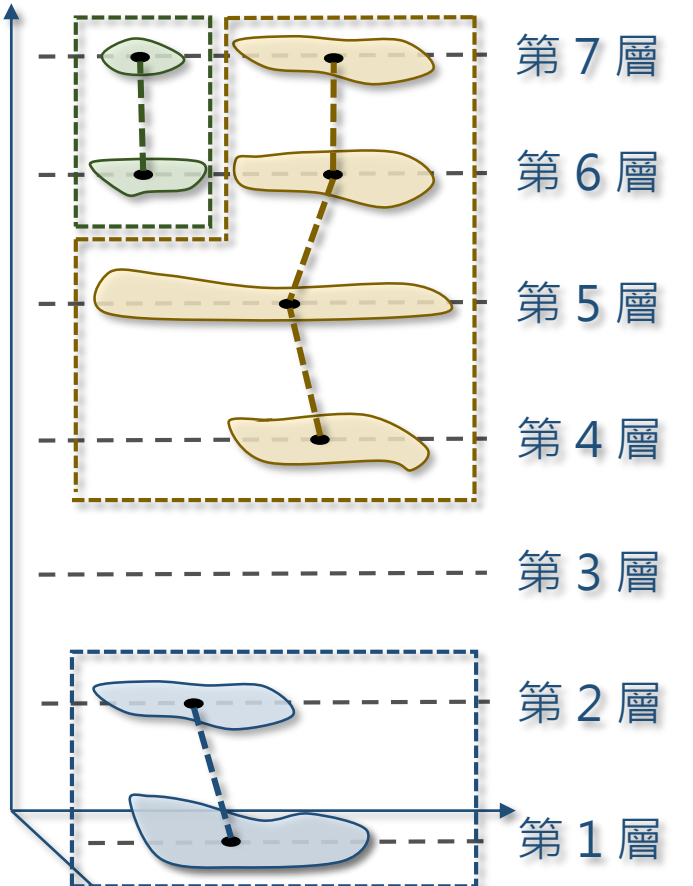
■ 三圍對流胞垂直結構破碎探討：二維區域組合為三維體積之流程說明



初步辨識應為一個完整對流胞



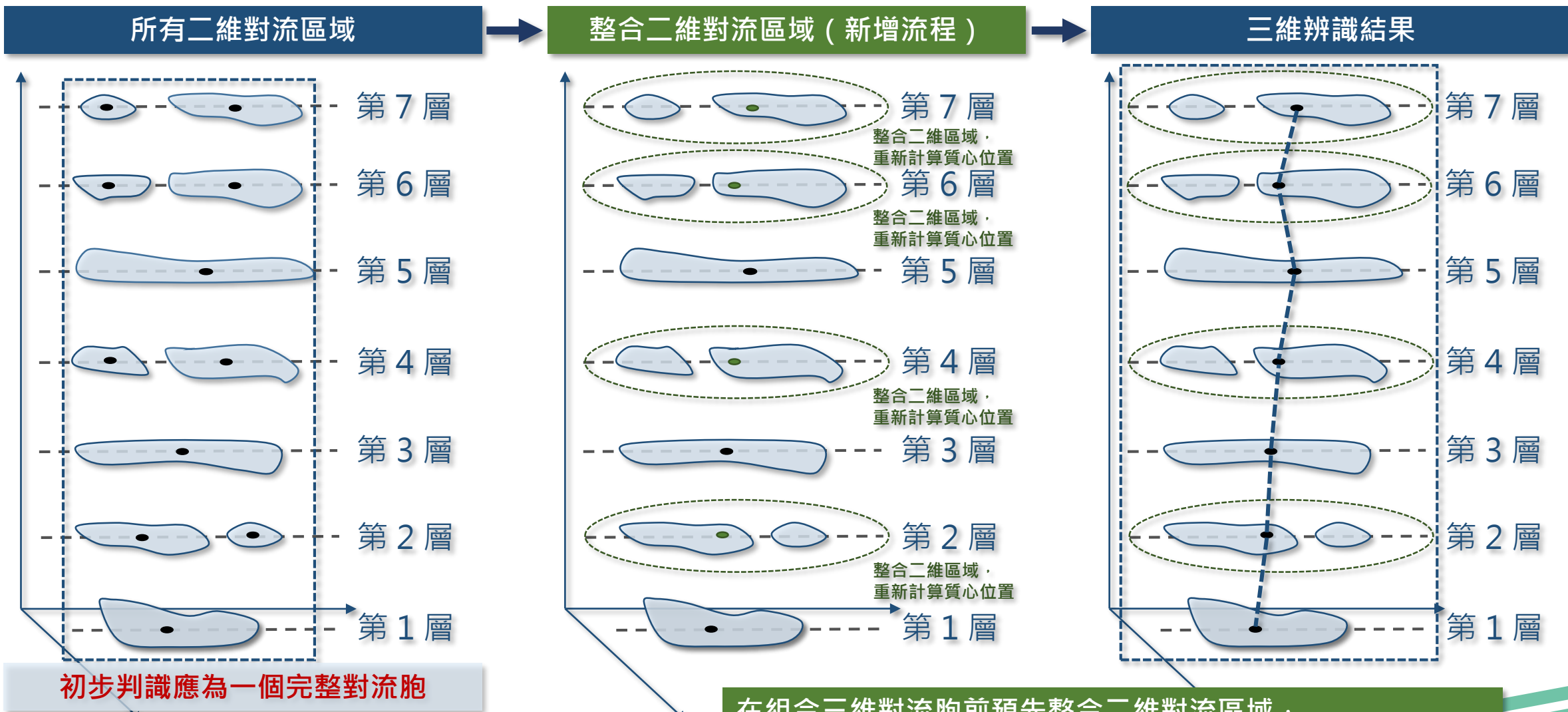
辨識結果為高低層對流胞破碎，且高層有兩個獨立對流胞！
→ 與人為辨識差異大



三維對流體積辨識精進 – 對流胞二維至三維體積組合流程

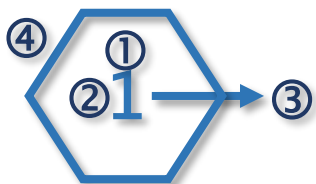
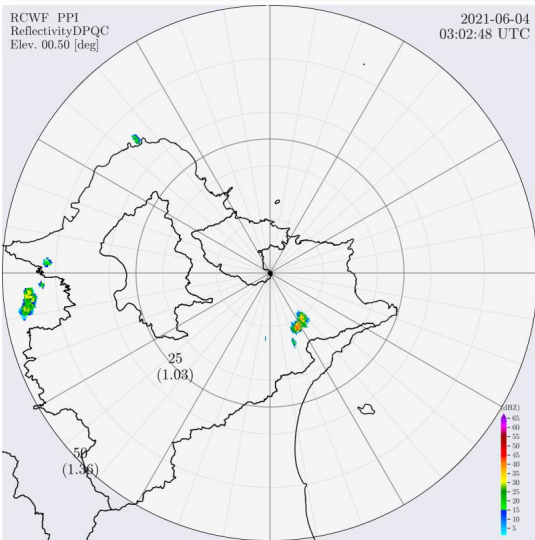


■ 在辨識出二維區域並組合三維體積前，新增整合二維對流區域的流程



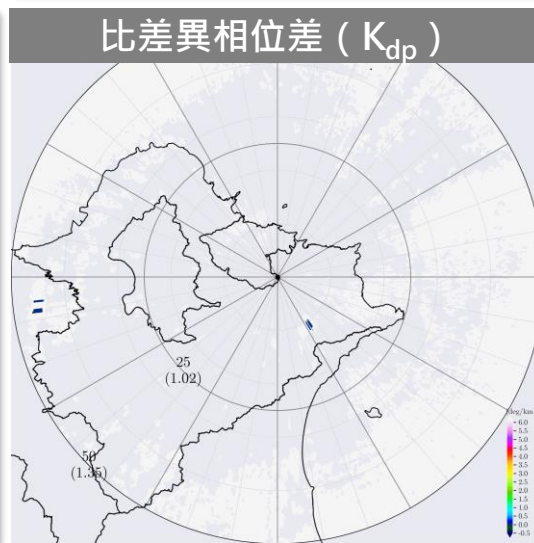
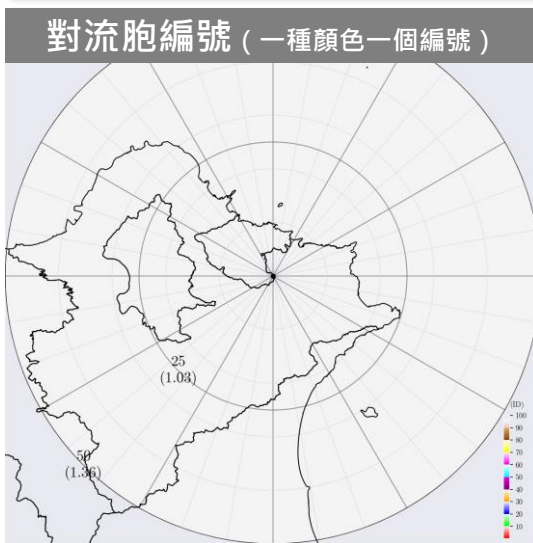
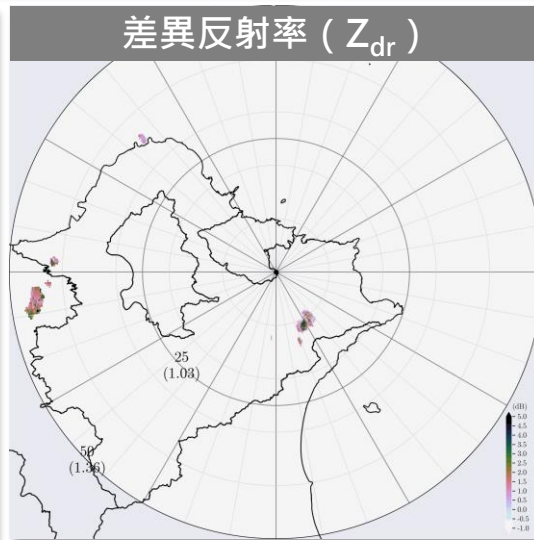
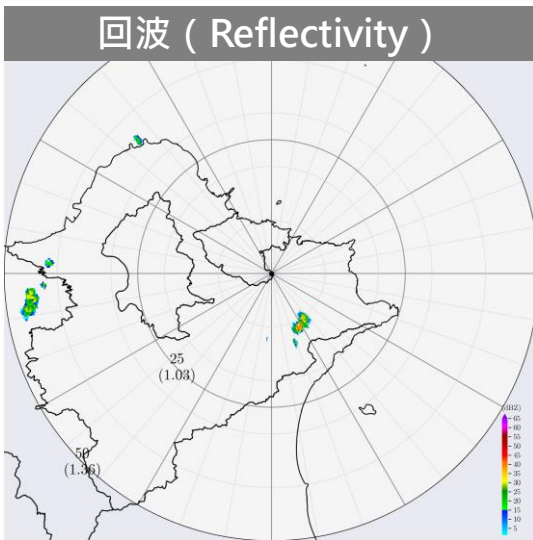
SCIT 對流胞辨識追蹤成果與初步應用 (2021-06-04 臺北午後對流個案)

作業版本 SCIT

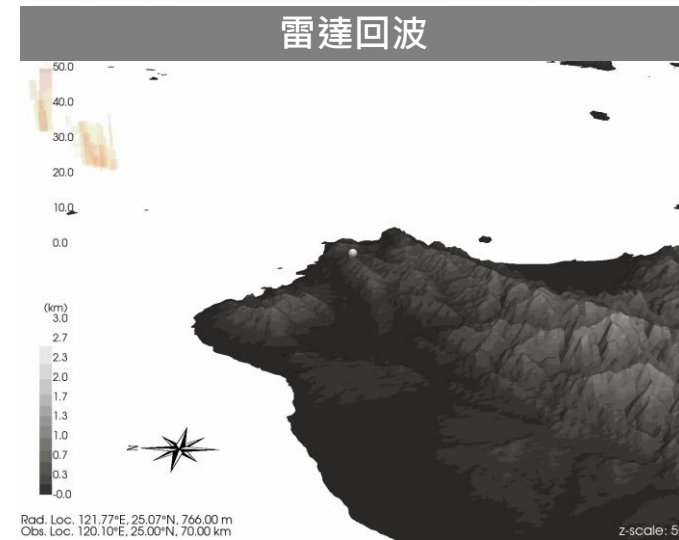


- ① 對流胞編號
- ② 三維質心位置
- ③ 移向、移速
- ④ 等價半徑六邊形

二維區域 (藍色框線) 與雙偏極化參數



三維格點

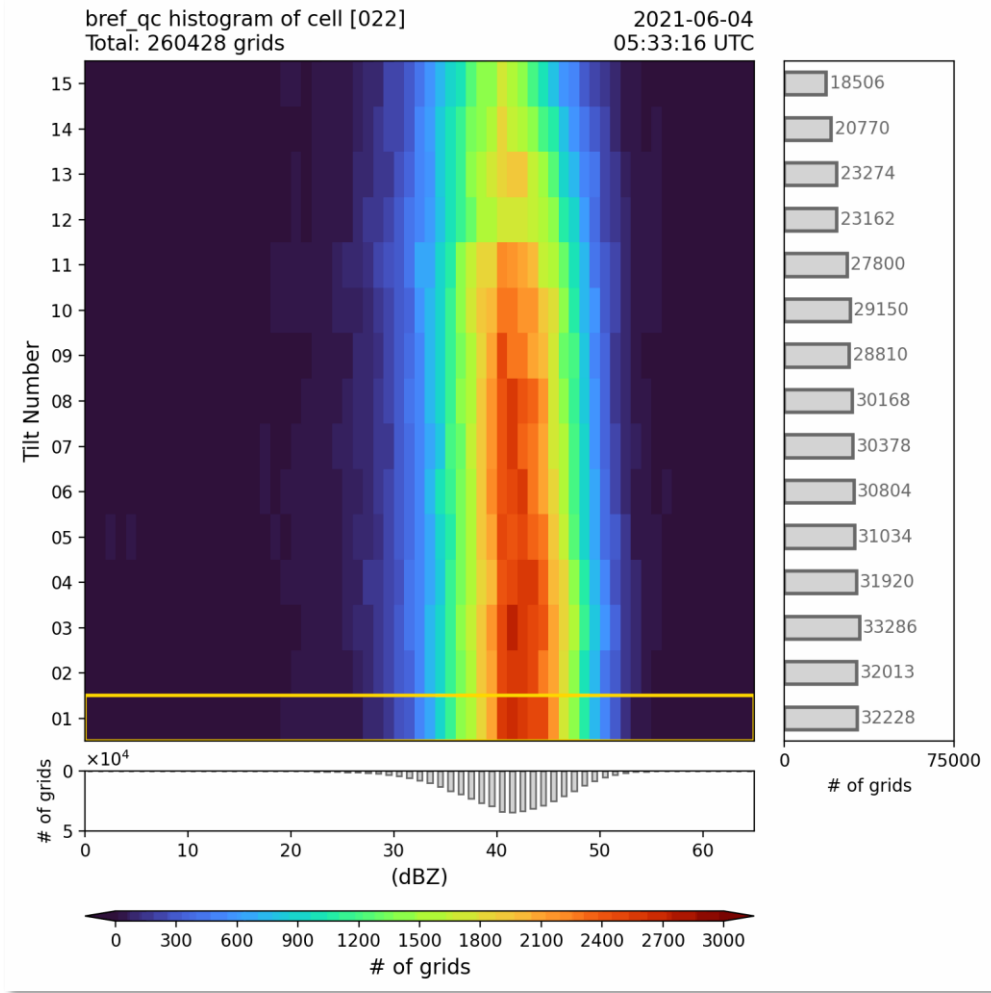
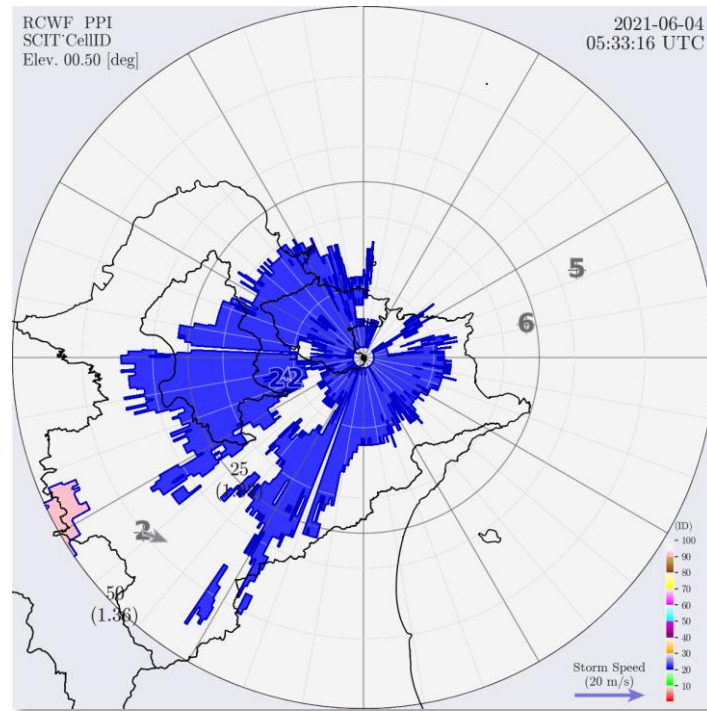
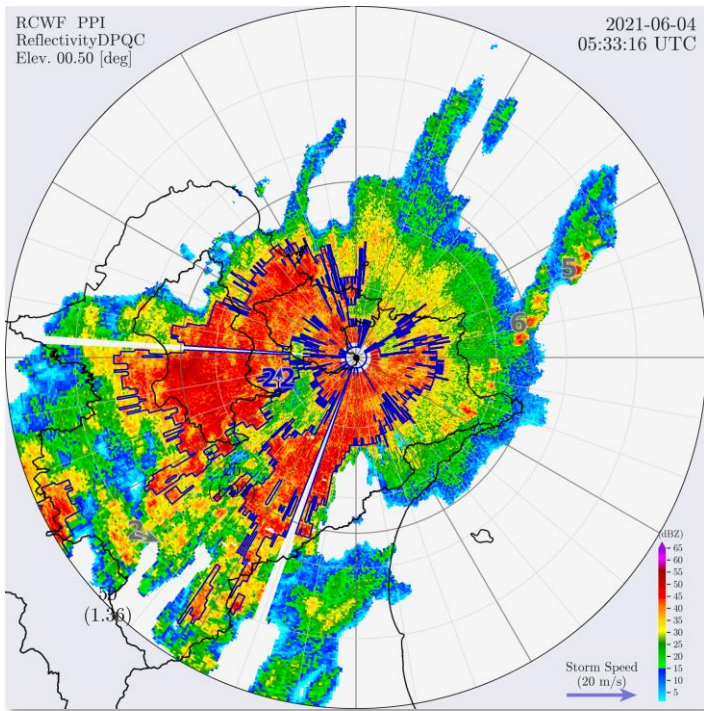


SCIT 三維對流胞格點初步應用 (2021-06-04 臺北午後對流個案)



利用三維對流胞格點分析 022 號對流胞單一時間點垂直回波結構

- 分析時間點：2021-06-04 05:33:16 UTC 體積掃描 (15 層仰角)
- SCIT 辨識此時間點約有 26 萬個格點樣本屬於 022 號對流胞
- 格點區域面積下寬上窄，各仰角的回波分布集中於 40 – 45 dBZ

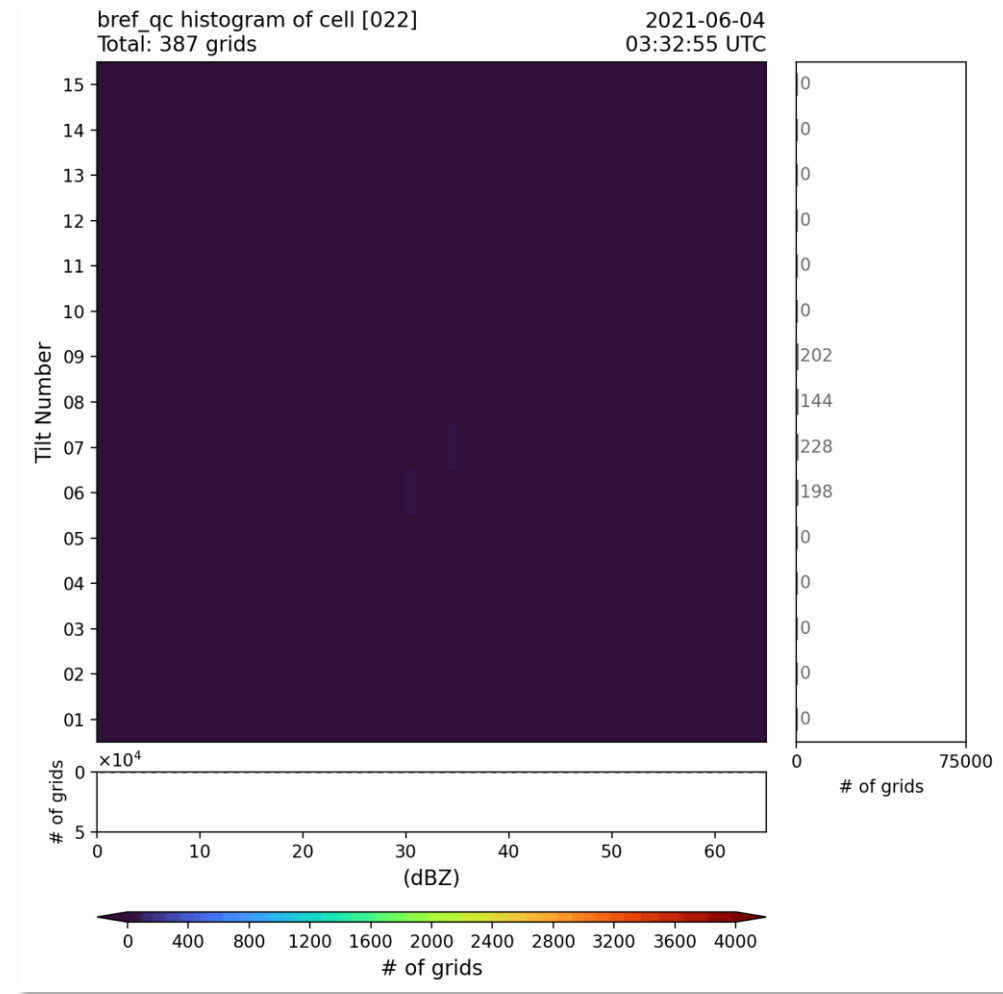
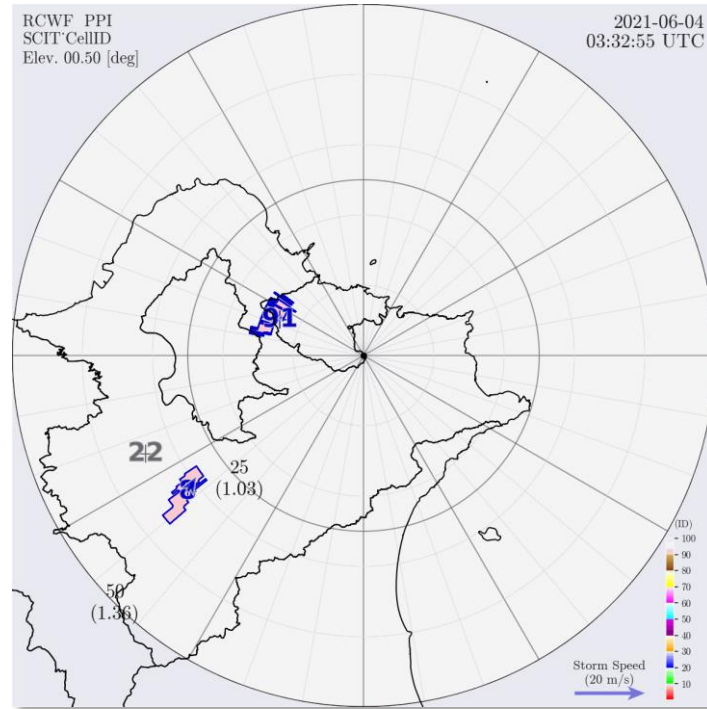
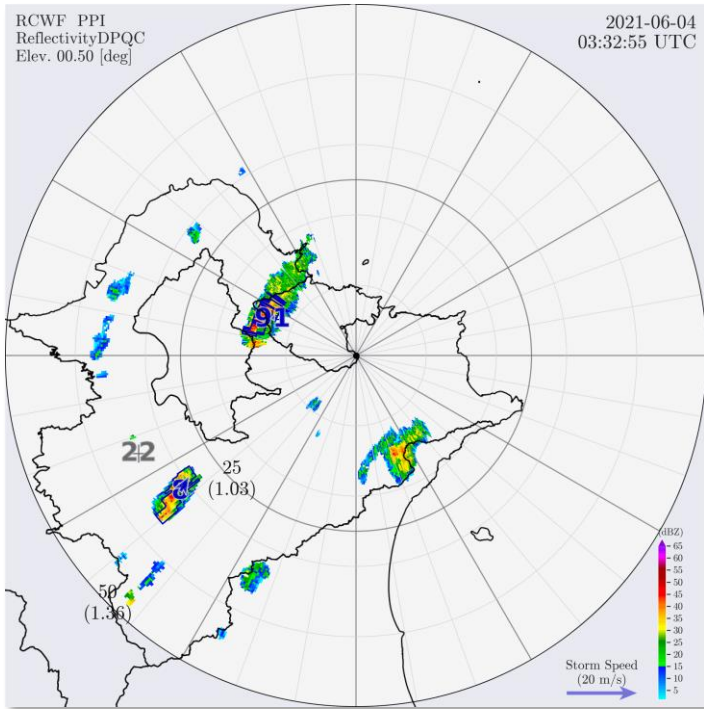


SCIT 三維對流胞格點初步應用 (2021-06-04 臺北午後對流個案)



利用三維對流胞格點分析 022 號對流胞的回波結構生命週期變化

- 分析時段：2021-06-04 03:32:55 ~ 06:03:20 UTC
- 有效追蹤該對流胞增強並影響臺北盆地的時段 (含胞合併過程)
- 增強週期涵蓋 26 個體積掃描，約 150 分鐘

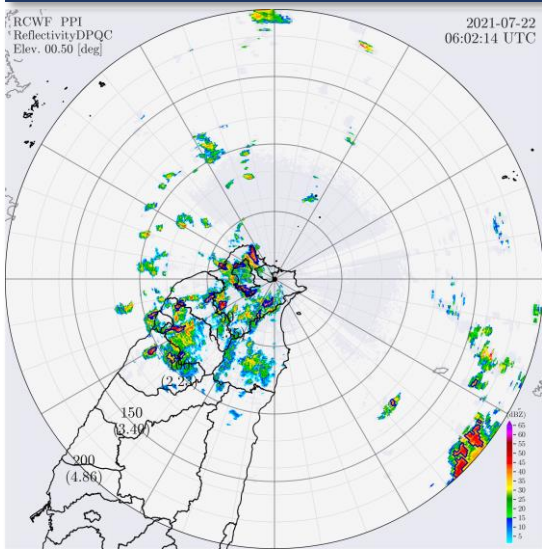


SCIT 系統於不同天氣系統與不同雷達之表現

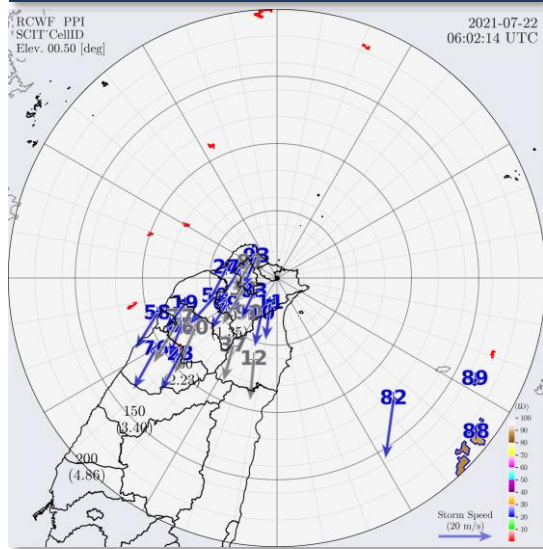
圖中藍色框線區域為
三維對流胞格點範圍



雷達回波與對流胞範圍



對流胞編號與移向移速



五分山雷達
(RCWF)

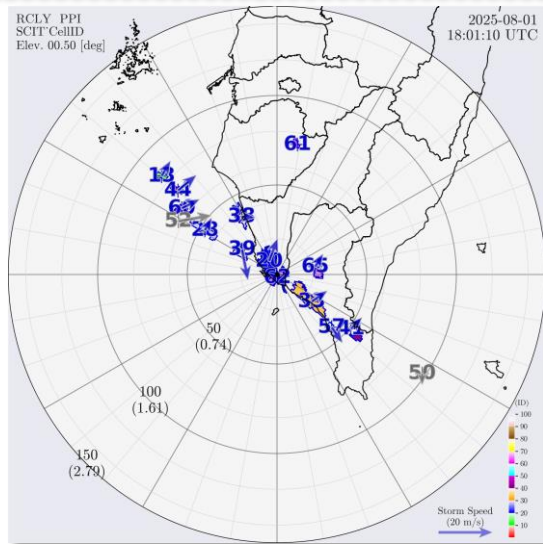
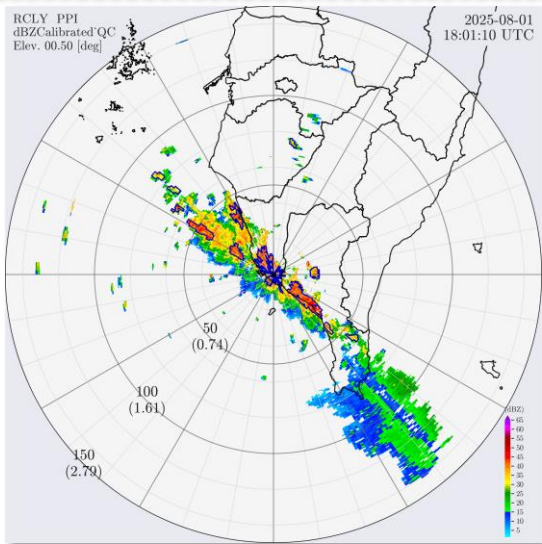
烟花颱風
外圍環流
(2021-07-22)

對流胞辨識

- 精進後的 SCIT 系統已能在所有時間點框選出與人為判識相當的對流胞區域

對流胞追蹤

- 改善對流胞辨識有助於一併改善對流胞追蹤
- 颱風外圍環流的對流胞移動速度與方向穩定，追蹤成效較佳
- 西南氣流個案在鄰近區域內有眾多對流胞，對流胞質心易受對流胞合併或分裂而在前後相鄰時間大幅偏移，導致對流胞追蹤連續性較差



林園雷達
(RCLY)

西南氣流
(2025-08-01)

未來展望



- 新版 SCIT 系統作業上線
- 蒐集更多 SCIT 系統在不同雷達以及不同天氣系統個案的表現
- 由定性評估轉為定量評估系統特性以及調整成效
- 透過 AI 方法改善對流胞追蹤程序
- 將 SCIT 三維對流胞格點應用於劇烈對流胞雙偏極化參數前兆分析
- 將對流胞資訊與地面雨量站或定量降雨估計資料進行相關性分析，
探討對流胞雷達參數與地面降雨之關係

