

氣象雷達對淺對流守視之效益

林大盛

空軍氣象聯隊第一天氣中心

摘要

臺灣地處熱帶海洋環境，淺對流是常見的天氣現象之一，而觀測亦是瞭解對流特性的重要方法，其中雙偏極化都卜勒氣象雷達是相當具有潛力的對流觀測儀器，本文旨在探討利用先進的氣象雷達技術，針對降雨對雷達回波的影響及氣象雷達對淺對流守視之效益，研究氣象雷達對雨水及雜訊的判讀，藉以提升監控降雨的準確度。此外，內文也探討當前雷達技術對於淺對流守視的侷限性和差異性，並透過各式雷達對淺對流監測的資料整合，進一步提升其在淺對流守視方面的效能。

關鍵字：雷達回波、淺對流

1. 前言

對流系統伴隨的降雨，往往是影響機場飛安的主要因素，本文藉由探討氣象雷達對淺對流守視效益，確實維護機場飛行安全。

淺對流是受到地形和地表特徵影響而形成的局部氣流，主因在白天陽光直射的時候，地表受熱而產生上升氣流，這種對流作用會讓降水分佈變得不均勻，有時候會伴隨著大風或亂流，對飛行安全構成了淺在的威脅。後續將探討雷達技術對淺對流的運用，透過監測、追蹤和預測淺對流以提高機場的守視能力，同時確保飛行安全。

臺灣常受到颱風、季風等大氣環境變化的影響，降雨量多且突然。在這樣的環境下，氣象雷達可以提供即時和高解析度的降雨資訊，對於機場淺對流的守視作業有重要的幫助。一旦評估降雨回波強度可能大到將影響機場內的飛行訓練或任務時，可以根據雷達回波圖的資訊即時進行應對，例如調整訓練空域或暫停訓練等。其次，氣象雷達可以提供即時的降雨資訊，當雷達掃描到降雨信號，可以通過警報系統將降雨訊息即時通知到高勤官室及塔臺，讓任務人員有充分的時間作出反應。綜合以上幾點，可以看出氣象

雷達對於機場淺對流守視工作的效益非常大，並讓天氣守視工作更加精準和提高效率。

2. 雷達觀測方法

2.1 氣象雷達網與資料分析

氣象雷達藉由發射電磁波訊號，量測經大氣反射的降水粒子(雨、雪、冰雹等)之訊號特性(如圖1)，根據雷達接收到降水粒子所反射回來的訊號強度，利用不同顏色顯示，可製成雷達回波圖，透過分析回波信號的強度、形態和移動方向等特徵，從而獲得高精度的降水量預報和天氣態勢監測資料。

回波強度與降水粒子大小、形狀、狀態以及單位體積內粒子的數量有關，一般而言，反射回來的訊號越強，降水強度就越強，因此可藉由雷達回波研判天氣系統的降水強度及分佈狀況(如圖2)，但是，雷達回波在大氣傳遞過程中的衰減程度，以及大氣中目標物回波反射量的大小，都將影響到後續分析資料的結果，故在分析資料處理上，需要將影響分析結果的外在條件加入考慮。

臺灣地區氣象雷達站(如圖3)包含氣象署4座S波段雷達(五分山、七股、墾丁及花蓮)、民航局1座C波段雷達(桃園)、空軍3座C波段雷達(清泉崗、馬公及綠島)及3座C波段防

災降雨雷達(樹林、南屯及林園)；其中，除民航局的雷達外，其他均已升級為雙偏極化雷達，都卜勒雷達可以提供大面積的天氣監測和降水量預報，而雙偏極化都卜勒雷達則能夠精確捕捉徑向風場、雨滴速度和降雨量等細節資訊(如圖4)，透過氣象雷達反演分析和雙偏極化都卜勒雷達掃描分析，可以反演出大氣中的溼度、溫度、壓力、風場等資訊，進一步提高氣象雷達資料的準確性與分析精確度；此外，空軍氣象聯隊於新竹、嘉義、臺南、岡山、花蓮及臺東等機場增設X波段雷達，以提升降雨偵測及預報作業。

傳統雷達在降雨估計方面，主要是利用回波(Z_{HH})，也就是傳統的 $Z(R)$ 關係式估計降雨，而其精確度會受到幾個因素的影響：(1)雷達硬體本身的系統偏移，(2)雷達電磁波在通過系統時，能量受到系統衰減的影響，(3)雨滴粒徑分佈(Drop Size Distribution, DSD)的變異，雨滴在空間中會受到碰撞合併(破裂)、蒸發、凝結等不同的雲物理過程而產生變化，(4)其他非氣象資訊或非純水粒子的回波，這些影響都會使傳統的 $Z(R)$ 關係式在估計降雨時產生誤差。因此在近年來許多科學家利用雙偏極化雷達觀測得到的 Z 、 Z_{DR} (單位: dB)、 K_{DP} (單位: 度/公里)這些偏極化參數，經由雨滴譜儀透過散射模擬向前計算後得到 $R(Z, Z_{DR})$ (Zrnic et al 2000)、 $R(K_{DP})$ (Sachidananda and Zrnic 1986)等關係式來估計降雨，而結果對於降雨估計而言，其精確度有很明顯的改善。

$$Z_{DR} \equiv 10 \log \left(\frac{Z_H}{Z_V} \right) \quad (1)$$

其中 Z_H 和 Z_V 分別為水平偏極化回波和垂直偏極化回波

K_{DP} ：

$$K_{DP} = 1 / (\Delta \phi_{DP})$$

雷達反射率的分貝數(dBZ)是用來量化雷達反射率係數的單位，通常在氣象和雷達觀測中使用。這個分貝數是以對數的形式表示，通常用來衡量物體或粒子對雷達波的反射能力。C波段雷達反射率的dBZ定義如下：

$$dBZ = 10 * \log_{10}(Z) \quad (3)$$

其中dBZ為雷達反射率的分貝數、 Z 為雷達反射率係數，通常以線性形式表示，不是以分貝表示。

公式中的 $\log_{10}$ 是以10為底的對數運算，它將雷達反射率係數 Z 轉換為分貝數。分貝數的用途是簡化大範圍的反射率值，使它們更易於理解和比較。以下是一些常見的雷達反射率分貝數值的示例：

輕微降水：0 dBZ到20 dBZ

中等降水：20 dBZ到40 dBZ

強降水：40 dBZ以上

這些值可以用來評估不同降水強度，從毛雨到大雨或暴雨。較高的分貝數表示更強的雷達反射，通常與更強的降水或更大的水滴或冰粒有關。

2.2 S 波段氣象雷達 (S-band Weather Surveillance Radar)

S-band 氣象雷達波長約在 10 公分，可以更準確地檢測高層雲系的情況。S-band 雷達可以檢測降水和雲層的運動情況，並可用於檢測颶風、洪水、海嘯等大範圍降雨。

S 波段氣象雷達的參數包括(如表 1)：

- (1) 工作波長為 10 公分，頻率約為 2.8 至 3.1GHz，由於波長較長，S 波段雷達在大氣中傳播時有較好的穿透能力，對於檢測降水和粗大的水滴效果較好。
- (2) 反射率係數約在-32 至 68 分貝(dBZ)。
- (3) 有效探測範圍通常在 200 至 400 公里(約 124 至 248 英里)。
- (4) 解析度較低，約 1 公里至 3 公里。
- (5) 能夠監測大範圍的降水情況，適用於高層大氣監測和颱風警報。

- (6) 由於探測範圍較廣，故反應時間較 C-band 為長。
- (7) 衰減較弱：由於 S 波段雷達的波長較長，其對大氣中的散射和衰減的敏感性相對較低，在面對複雜的干擾環境時，S 波段雷達較不容易受到外部干擾。
- (8) 可探測到大尺度的氣象現象，如大範圍的降水系統或氣旋等。

2.3 C 波段氣象雷達 (C-band Weather Surveillance Radar)

C-band 氣象雷達波長約 5 公分。C-band 雷達通常具有高功率和高精確度的掃描能力，可以提供高解析度的地面降水量資訊，並且對大氣中的液態水和固態水粒子具有較高的反射率和散射率敏感性，因此能夠對強烈降雨和雷暴天氣進行有力的監測。C-band 氣象雷達在臺灣的應用十分廣泛，運用於氣象預報、災害防護、農業生產和水文監測等領域。

C 波段氣象雷達的參數包括(如表 2)：

- (1) 工作波長範圍為 5 公分，頻率為 5.3 至 5.9GHz。
- (2) 反射率係數約在-30 至 80 分貝(dBZ)。
- (3) 有效探測範圍大約在 150 至 400 公里(約 93 至 248 英里)。
- (4) 解析度約在 0.5 至 2 公里。
- (5) 能夠對中尺度降水進行監測和分析。
- (6) 中等抗干擾能力：C 波段雷達的波長介 S 波段與 X 波段之間，因此具有一定的抗干擾能力。C 波段雷達在面對一些常見的氣象干擾時，例如地面雜散信號或大氣中的多徑傳播等，能夠表現出較好的穩定性和可靠性。
- (7) 在降水探測和風暴跟蹤方面表現良好，其解析度相對於 S 波段提高了一些，可以檢測一些中等尺度的氣象現象，如中等強度的颶風或颱風、中尺度的低壓系統等，能以較高的解析度觀測到這些氣旋的結構

和動態。

2.4 X 波段氣象雷達 (X-band Weather Surveillance Radar)

X-band 是一種利用高頻電磁波發射和接收反射波來探測目標位置和運動狀態的雷達技術。X-band 雷達使用波長約為 3 公分的電磁波，它會被目標物體反射、散射或折射，雷達接收到反射波後，通過信號處理和解碼，可以獲得目標物體的位置、形狀、大小、運動和內部結構等資訊，從而實現對深層的物體和微小粒子、氣旋等現象的高精度觀測和預測。

X 波段氣象雷達的參數包括(如表 3)：

- (1) 工作波長：3 公分，頻率約為 8.8 至 10.0GHz 之間。
- (2) 反射率係數：約在-38.5 至 70 分貝(dBZ)。
- (3) 探測距離：有效探測範圍通常在 50 至 150 公里(約 31 至 93 英里)之間，可以更詳細地分辨遠距離的降雨帶。
- (4) 解析度約 0.5 至 1 公里。
- (5) 可以監測到小至微米的微小降雨粒子，適用於探測雷暴、降雹、雪暴等。
- (6) 在天氣變化較快時，X 波段雷達的反應時間較快，能夠更即時地更新降雨情況。
- (7) 衰減較高：X 波段雷達的波長最短，頻率較高，容易受到障礙物影響，因此容易出現地面雜波等信號，原始資料的品質和可靠性較低，需要經過資料的品質篩選。
- (8) 可以更清楚地分辨出氣旋的眼牆和風眼或細小的降水顆粒、小型氣旋等。

2.5 S-band、C-band、X-band 比較

S-band、C-band、X-band 均為氣象雷達常用的波段，它們的主要差異在於(如表 4)：

- (1) 波長：S-band 的波長為 10 公分，C-band 的波長為 5 公分，而 X-band 的波長為 3 公分。
- (2) 解析度和精確度：S-band 相對於 C-band 的解析度和精確度稍次，但可以更準確地

檢測高層雲層的情況；相較於 X-band，C-band 的解析度較低，但可用於檢測降水和雲層的運動情況；X-band 的解析度較高，可提供細小的降水顆粒、小型氣旋等較為精細的氣象資訊。

- (3) 應用領域：S-band 雷達，用於檢測高層雲層和自然災害，例如可以檢測颱風等；C-band，主要用於氣象預報、檢測降水和雲層運動情況，例如可以檢測降水、雷暴等；X-band 通常用於守視機場周圍降水強度及動向。

2.6 S-band、C-band 與 X-band 氣象雷達的差異性

S-band、C-band 和 X-band 是常用於氣象雷達系統的不同頻段。這些頻段的選擇取決於各種因素，包括天氣監測的距離、解析度以及電磁波穿透能力。以下是 S-band、C-band 和 X-band 氣象雷達之間的主要差異性：

- (1) S-band(S 頻段)：S-band 頻段是 2.8-3.1 GHz，是一種低等頻率的氣象雷達頻段，具有較低的解析度和能量穿透能力，可以檢測到較大尺度的氣象現象，如大範圍的降水系統或氣旋，因此特別適用於對長期且強度較大的降水現象進行預測和監測。
- (2) C-band(C 頻段)：C-band 頻段是 5.3-5.9 GHz，是一種中頻率的氣象雷達頻段，且 C-band 的波長較長，具有較好的能量穿透能力，可以穿透較厚的降雨，有效檢測厚實的降水現象，可以更好地捕捉中等尺度的氣象現象，如中尺度降水系統或氣旋的結構和演變，並提供關於降水強度和位置的重要資訊，C-band 雷達較 S-band 不易受到天氣現象的干擾。
- (3) X-band(X 頻段)：X-band 頻段是 8.8-10 GHz，是一種高頻的氣象雷達頻段，具有非常高的解析度和空間解析度，可以偵測到微小的雨滴和結冰，對短期和激烈降水、強風和雷暴等天氣現象進行快速監測

以及提供精確的位置和強度資訊方面非常有效。然而，由於高頻率的特點，X-band 雷達信號容易被大氣中的雨滴散射和吸收而降低其範圍。

綜上所述，S-band、C-band 和 X-band 之間的差異性主要在頻段的不同以及它們在能量穿透和解析度方面的表現。S-band 具有低解析度但不容易受到干擾，C-band 在能量穿透能力方面表現較好，而 X-band 則具有極高的解析度但範圍較小，因此在不同的範圍和應用中具有各自的優勢和適用性，可根據不同的需求和目標來選擇合適的雷達系統。

2.7 S-band、C-band 與 X-band 氣象雷達優、缺點

S-band、C-band 和 X-band 都是常見的氣象雷達，它們各自具有不同的優缺點。

2.7.1 S-band 雷達的優點包括：

- (1) S 波段雷達波長較於 C 波段長。
- (2) S 波段雷達在大尺度對流事件和大範圍降雨的觀測方面表現穩定。
- (3) 由於其波長較長，S 波段雷達相對不容易受到信號衰減的影響。

2.7.2 S-band 雷達的缺點包括：

- (1) 解析度較低，對細小的天氣系統探測效果不佳。
- (2) 硬體成本較高，運維成本也較高。

2.7.3 C-band 雷達的優點包括：

- (1) C 波段雷達波長介於 S 波段與 X 波段之間。
- (2) 解析度略高於 S-band，能夠檢測到中等尺度的氣象現象，如中尺度降水系統或氣旋的結構和演變。
- (3) 在淺對流守視方面，C 波段雷達在雨滴散射較強的情況下仍然能夠提供穩定的信號。

- (4) C 波段雷達通常具有較長的觀測範圍，可以覆蓋較大的地區。

2.7.4 C-band 雷達的缺點包括：

- (1) 解析度較低，難以檢測到小尺度的氣象事件。
- (2) 由於波長較長，C 波段雷達在降雨強度較小的情況下可能無法提供足夠的細節資訊。

2.7.5 X-band 雷達的優點包括：

- (1) 波長短，對細小的物體和雲層的探測效果較好。
- (2) 解析度高，因此能夠檢測到較小的天氣現象，如小尺度對流、細小的降水顆粒、小型氣旋等。
- (3) 由於其較高的頻率，X 波段雷達可以提供更精確的降雨估算。
- (4) 在淺對流守視方面，X 波段雷達能夠檢測到小型陣雨和細微的氣象變化。

2.7.6 X-band 雷達的缺點包括：

- (1) 探測範圍較窄，一般只能探測到 100 公里左右的距離。
- (2) 因波長短，穿透能力有限，對高層大氣和大範圍的天氣探測效果不佳，且容易受到雨滴散射的影響，因此在強降雨情況下容易出現信號衰減。

總結來說，X 波段、C 波段和 S 波段雷達都有各自的優勢和限制，並且適合不同類型的淺對流觀測。選擇適當的雷達波段取決於特定應用和觀測需求，並可能需要在不同情境下使用不同的雷達波段以獲得更全面的氣象資訊。

3. 對流的種類與分析

淺對流和深對流都是指大氣中的熱對流現象，是指由於大氣中不同溫度或濕度的空氣塊不穩定而產生上升運動或垂直運動的現象，它們之間的區別主要有三點：發生位置、氣流強度和所產生的氣象現象(如表 5)。

3.1 深對流(Deep convection)

高度通常在數千米以上，往往發生在天氣炎熱、潮濕的地區，例如熱帶和赤道地區，不穩定可能來自熱力差異、風場輻合等因

素。在這些地區，陽光照射地面，地面上的空氣受熱而形成上升氣流，並隨著高度增加而冷卻，最終形成雲層和降雨，通常在強烈的對流天氣系統中出現，如颶風、龍捲風和大型暴雪。

3.2 淺對流(Shallow convection)

通常指在地表附近(通常指高度在 5 公里以下)發生的對流狀態，其特徵是風速較弱，但由於在地表上存在許多不同的地形、物體和太陽輻射不均等因素，可能形成較強的局部風，對於飛行、海上作業、營地搭建等需要考慮風向風力因素的工作或活動，淺對流的狀態非常重要，因此，淺對流的監測和預報是極為重要的。

3.3 臺南機場淺對流特點

對於臺南機場而言，淺對流可能會對以下方面產生一定的影響：

- (1) 能見度：淺對流伴隨的降雨、雲層和霧氣等天氣現象會影響視線的遠近和清晰度，進而對土地、水、氣等資源管理產生一定的影響。
- (2) 天氣現象：淺對流伴隨的雷電、強風和高濕度等天氣現象容易對附近的建築和設施等造成影響，對人們的生命和財產安全構成威脅。

臺南機場淺對流的特點通常與地理位置、氣候、季節性變化等因素相關。以下是一些臺南機場有利於淺對流形成的環境特點：

- (1) 地理位置：臺南機場位於臺灣西南部，靠近海岸線，使得該地區受到海洋的影響，同時也容易受到地形特徵的影響。
- (2) 高溫高濕氣候：臺南地區具有炎熱潮濕的氣候，夏季高溫多濕，暖濕空氣容易因加熱上升，有助於淺對流的形成。
- (3) 地形特徵：臺南機場周圍的地形特點，多以平原為主，另外西部沿海、東部及南部丘陵地區及周圍河流，可能會對淺對流產

生影響。周邊水系和丘陵地區可能導致地區性風系統和濕度變化。

- (4) 季節性變化：好發季節以夏季為主，因為氣溫較高，降水較多，水氣充沛。冬季相對較為穩定。
- (5) 風場：臺南機場距海約 3 公里，午後易受海風影響，而這些風場可以改變空氣流動和氣象條件，進一步影響淺對流發生的位置。

3.4 個案分析

在氣象觀測和預測中，選擇不同的雷達波段用於不同情境是為了獲得更全面的氣象資訊，因為不同波段的雷達在不同情況下具有不同的優勢和限制，針對淺對流守視，使用不同的雷達波段可以提供更全面的氣象資訊。

對於淺對流和小尺度對流，X 波段雷達比 C 波段雷達更適合。X 波段雷達具有較高的解析度，可以檢測到較小的回波；針對均勻的淺對流和覆蓋範圍廣的降雨上，C 波段雷達介於 S 波段和 X 波段之間，通常具有較好的平衡。它可用於均勻的淺對流事件，並能夠覆蓋較大的地區，同時在中度降雨情況下提供穩定的觀測；而 X 波段結合 S 波段和 C 波段雷達觀測，可以提供對不同氣象特徵(如強風、冰雹、降雨等)的全面瞭解，進一步提高氣象預測的準確性。

總之，選擇雷達波段的決策取決於具體的氣象情況和觀測需求。不同波段的雷達在不同情境下具有優勢，因此綜合使用可以提供更全面的氣象資訊，有助於更好地理解 and 預測氣象事件。這樣的綜合觀測方法有助於提高氣象服務的品質，特別是在面對複雜氣象條件時。

以 X-band 雷達及 QPESUMS 雷達比對資料研析資料如下：

- (1) 110 年 8 月 30 日系統受南方雲系影響，1030 時，回波由東南往西北方向移動，

岡山機場周邊無回波顯示，但臺南持續性降水，回波顯示與實際天氣有差異(如圖 5)。

- (2) 110 年 8 月 31 日系統受南方雲系減弱及太平洋高壓西伸影響，0800 時，回波由東南往西南方向移動，岡山機場上空回波顯示偏弱，有間歇性降水情況，跑道濕滑係數為 666，回波顯示與實際天氣略有差異(如圖 6)。
- (3) 110 年 9 月 1 日系統受太平洋高壓減弱影響，1520 時，回波由東北往西南方向移動，岡山機場南面回波顯示偏弱，但臺南發生雷雨劇烈天氣，回波顯示與實際天氣有差異(如圖 7)。
- (4) 110 年 9 月 2 日系統受太平洋高壓東退影響，1050 時，回波由東北往南方向移動，岡山機場北面無顯示回波，但臺南北面 CU 及 TCU 發展旺盛，回波顯示與實際天氣略有差異(如圖 8)。

總結來說，氣象雷達在淺對流守視中的效益是多方面的，它提供關於降雨位置、強度、形狀和移動的寶貴信息，這有助於預測和應對小尺度氣象事件、保護公眾安全，減少損害。因此，氣象雷達在淺對流守視中扮演不可或缺的角色，有助於提高氣象預測和監測的效能。

3.5 X-band 如何改善淺對流守視的效益

X-band 雷達可以改善淺對流守視的效益，具體方法如下：

- (1) 提高解析度：X-band 雷達具有較高的解析度，可以精確檢測到小的降水粒子，從而提高淺對流守視的效益。
- (2) 配合雙偏極化都卜勒雷達使用：雙偏極化都卜勒雷達可以檢測到氣流的速度和方向，而 X-band 雷達可以提供更精確的降水資訊，將這兩種雷達結合使用，可以更好地檢測出淺對流的情況。
- (3) 結合現有天氣觀測：在使用 X-band 雷達

進行淺對流守視的同時，也可以結合現有的天氣觀測資訊，如溫度、濕度等，提高對淺對流的預測能力。

綜上所述，這些方法可以有效提高淺對流守視的準確性和可靠性，進而有效預測和警報極端天氣現象，減少可能造成的損失。

4. 結論

氣象雷達對淺對流守視的效益不容忽視，它在多個層面為我們的气象科學和應用領域帶來了重要貢獻。綜合來看，以下是這些效益的結論：

提供即時觀測：氣象雷達能夠提供高解析度的降水觀測，幫助我們即時監測淺對流的位置和強度。這對於氣象預報和氣象災害預警至關重要，有助於減少風暴、暴雨等極端天氣事件可能造成的損害。

最佳的預測和數值模式驗證：氣象雷達觀測數據可用於改進氣象數值模式的驗證，從而提高數值模式的準確性。

災害風險管理：氣象雷達的資訊有助於制定有效的災害風險管理政策和計畫。它提供了有關淺對流和降水的寶貴資訊，使政府和應急應對機構能夠更好地應對風暴、洪水等天氣災害。

科學研究：氣象雷達觀測數據對於淺對流的科學研究非常重要。它們提供了深入瞭解淺對流的機會，並為氣象學家和研究人員提供了寶貴的數據以進行進一步的研究。

總之，氣象雷達在淺對流守視方面發揮了關鍵作用，對於氣象預報、風險管理和科學研究都具有重要的價值。這項技術為我們提供了寶貴的資訊，有助於更好地理解 and 應對淺對流相關的氣象現象。

5. 參考文獻

廖信豪、林欣弘、王璿瑋、林忠義、李宗融、于宜強，2022，防災氣象雷達於劇烈降水系統之監測與應用，NCDR 國家災害防救科技中心災害防救科技與知識專

欄。

林忠義、廖信豪、劉嘉騏、吳佳純、李宗融、林欣弘、王安翔、于宜強，2020，氣象雷達於短延時強降雨之監測與預警技術開發，NCDR 國家災害防救科技中心 109 年 1 月刊。

林品芳，2023，雷達觀測與區域防災氣象雷達，國立臺灣科學教育館科學研習雙月刊，62-3。

王璿瑋、廖信豪、劉嘉騏、陳奕如、林欣弘、于宜強，2022，應用三維圖台開發氣象雷達監測展示技術，NCDR 國家災害防救科技中心 111 年度成果發表。

陳如瑜、張偉裕、陳台琦，2017，北臺灣 S 與 C 波段雙偏極化雷達定量降雨估計之比較，大氣科學，45，23-47。

高家俊、吳立中、董東璟、楊曜存，2022，降雨對雷達回波之影響，近海水文中心。

林品芳，2008，中美合作天氣監測輔助系統發展偏極化雷達 QPE 技術發展，交通部中央氣象局公務出國報告資訊網，<http://report.nat.gov.tw>

汪立本，2023，雷達與雨量站降雨資料融合於都市水文之應用，中國土木水利工程學會專輯。

陳台琦，2009，利用 SoWMEX/TiMREX 實驗期間 X-band 雷達資料估計降雨，國立中央大學碩博士論文。

蔣忠廷，2007，臺灣地區降水型態分類之研究：層狀降水與對流降水型態，國立中央大學碩博士論文。

曾昭誠，2017，利用 2016 年 TASSE 實驗期間 X-band 雷達資料反演及分析雨滴粒徑分佈特性，國立中央大學碩博士論文。

于宜強，2021，氣象災害預警服務的新視野。

曾德晉，2010，臺灣東南部冷季淺對流分析研究，氣象預報與分析，210，15-24。

黃彧璿、林博雄，2020，雙相機攝影法推估

對流雲發展高度與對流特徵-以 2017 年夏季北臺灣午後對流個案為例，國立臺灣大學碩博士論文。

Y.C. Lin，2020，使用 CloudSat 與 GSMaP 觀測資料探討大氣深對流之雲雨降水特性，國立中央大學碩博士論文。

鳳雷，2010，雷達定量降雨估計，不眠的哨塔 — 氣象雷達網，
<https://south.cwa.gov.tw/inner/BzFd1571910863WdZz>。

中央氣象署南區氣象服務網，2023，不眠的哨塔 — 氣象雷達網，
<https://south.cwa.gov.tw/inner/BzFd1571910863WdZz>。

中央氣象署南區氣象服務網，2022，神秘的大球 - 氣象雷達原理解密，
<https://south.cwa.gov.tw/inner/OqqU1572334525tCQu>。

曾吉暉，2017，天與水之歌：氣象雷達，算出天空的眼淚。

鄒益豪，2022，氣象雷達觀測原理，
<https://adar.atm.ncu.edu.tw/article/64-article001>。

鄒益豪，2022，氣象雷達波長、配置，
<https://adar.atm.ncu.edu.tw/article/65-article002>。

6. 表附錄

表 1 S 波段氣象雷達主要參數表

S 波段氣象雷達主要參數表	
工作波長	10 公分
頻率	2.8 至 3.1GHz 之間
反射率系數	-32 至 68dBZ
探測距離	200 公里至 400 公里
解析度	1 至 3 公里
天氣現象	如大範圍的降水系統或氣旋等
觀測種類	監測大範圍的降水情況，適用於高層大氣監測和颱風警報

表 2 C 波段氣象雷達主要參數表

C 波段氣象雷達主要參數表	
工作波長	5 公分
頻率	5.3 至 5.9GHz 之間
反射率系數	-30 到+80 dBZ
探測距離	有效探測範圍大約在 150 公里至 400 公里之間
解析度	0.5 至 2 公里
天氣現象	中等強度的颶風或颱風、中尺度的低壓系統等
觀測種類	監測中等尺度的氣象現象，如中尺度降水系統或氣旋的結構和演變

表 3 X 波段氣象雷達主要參數表

X 波段氣象雷達主要參數表	
工作波長	3 公分
頻率	8.8 至 10.0GHz 之間
反射率系數	-38.5 到+70 dBZ
探測距離	有效探測範圍通常在 50 公里至 150 公里之間
解析度	0.5 至 1 公里
天氣現象	如毛毛雨到大雨或暴雨等降水現象
觀測種類	監測小範圍的降水情況，適用於低層大氣監測和低層雲層的探測

表 4 S-band、C-band、X-band 比較表

雷達 波段	波長	時間解析度	空間解析度	應用領域
S-band	10 公分	6 至 10 分鐘	1 至 3 公里	用於檢測高層雲層和自然災害
C-band	5 公分	2 至 7.5 分鐘	0.5 至 2 公里	用於氣象預報和檢測降水和雲層運動情況
X-band	3 公分	2 分鐘	0.5 至 1 公里	用於守視機場周圍降水強度及移動情況

表 5 淺對流及深對流的差異表

對流種類	發生位置	氣流強度	氣象現象
淺對流	0 至 5 公里	較小的氣流強度	積雲、雷雨
深對流	5 至 9 公里	強大的氣流強度	颶風、龍捲風、超級單體雷暴等

7. 圖附錄

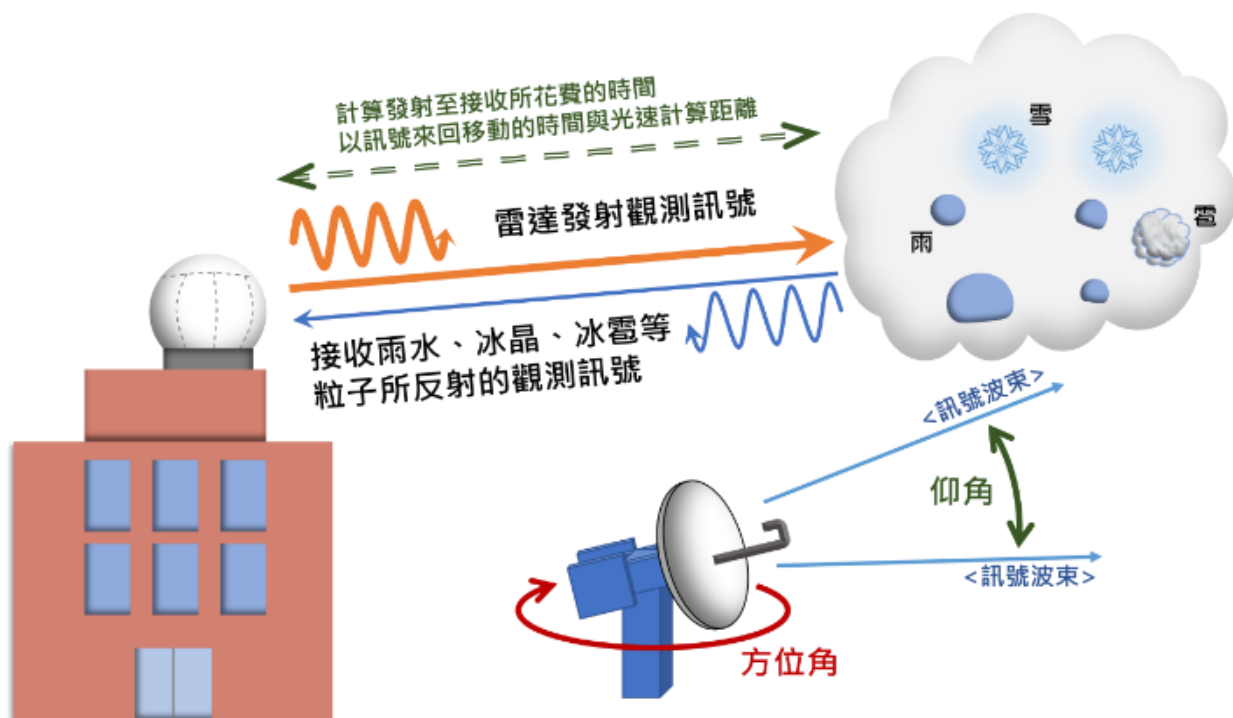


圖 1 雷達資料反射示意圖。

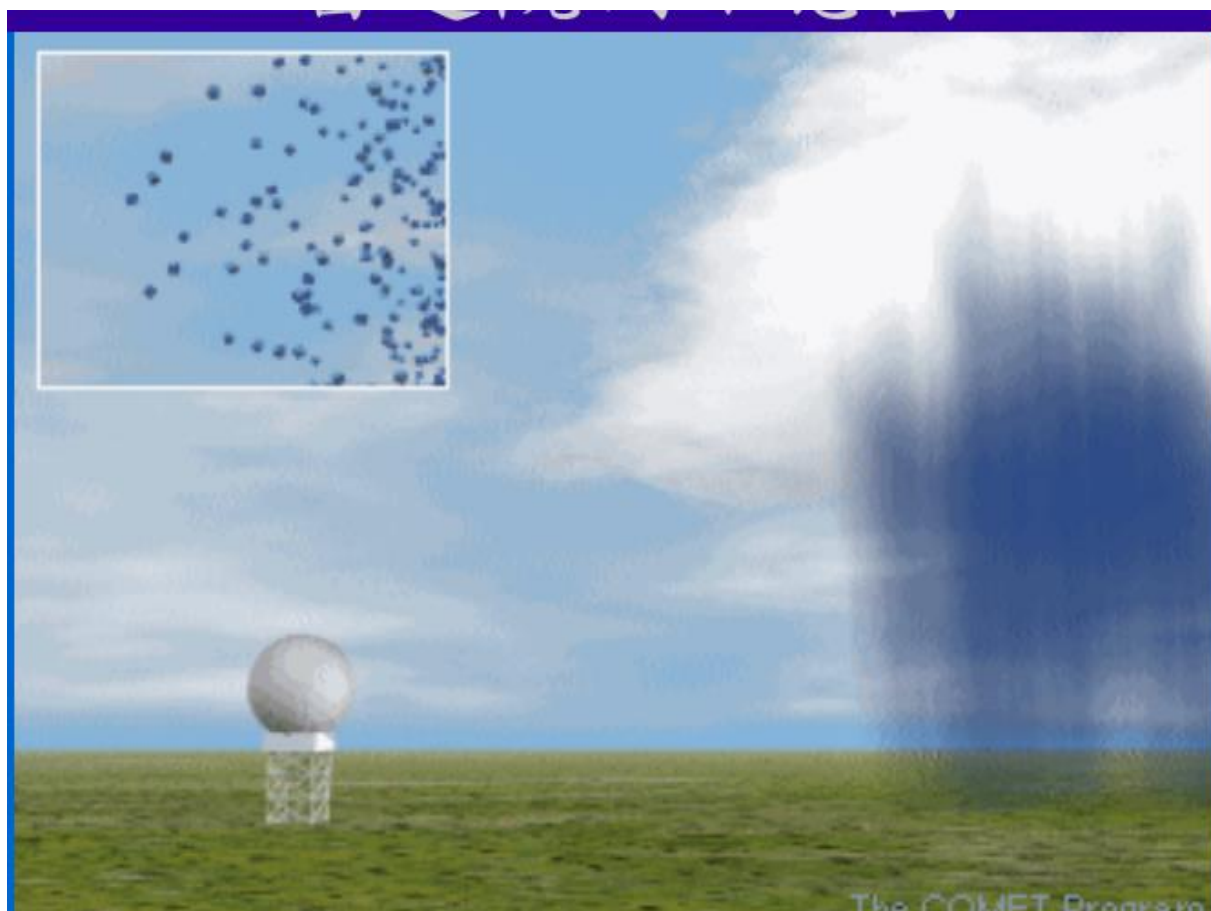


圖 2 雷達回波研判天氣系統的降水強度及分佈狀況示意圖。

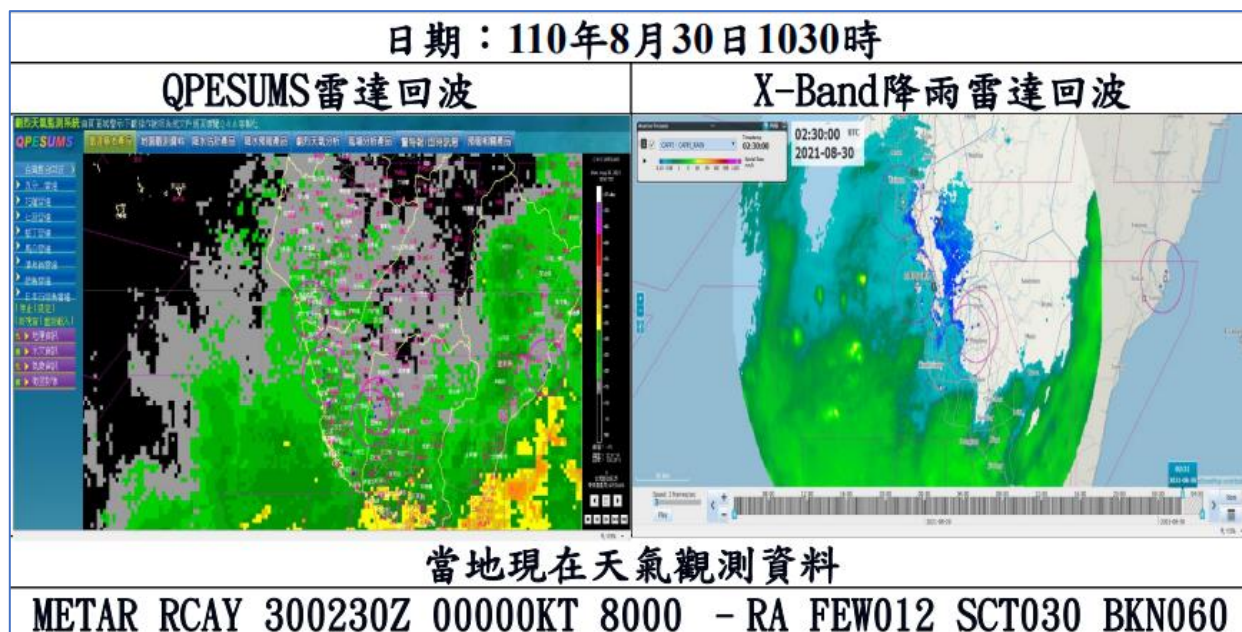


圖 5 110 年 8 月 30 日 1030 時回波圖。

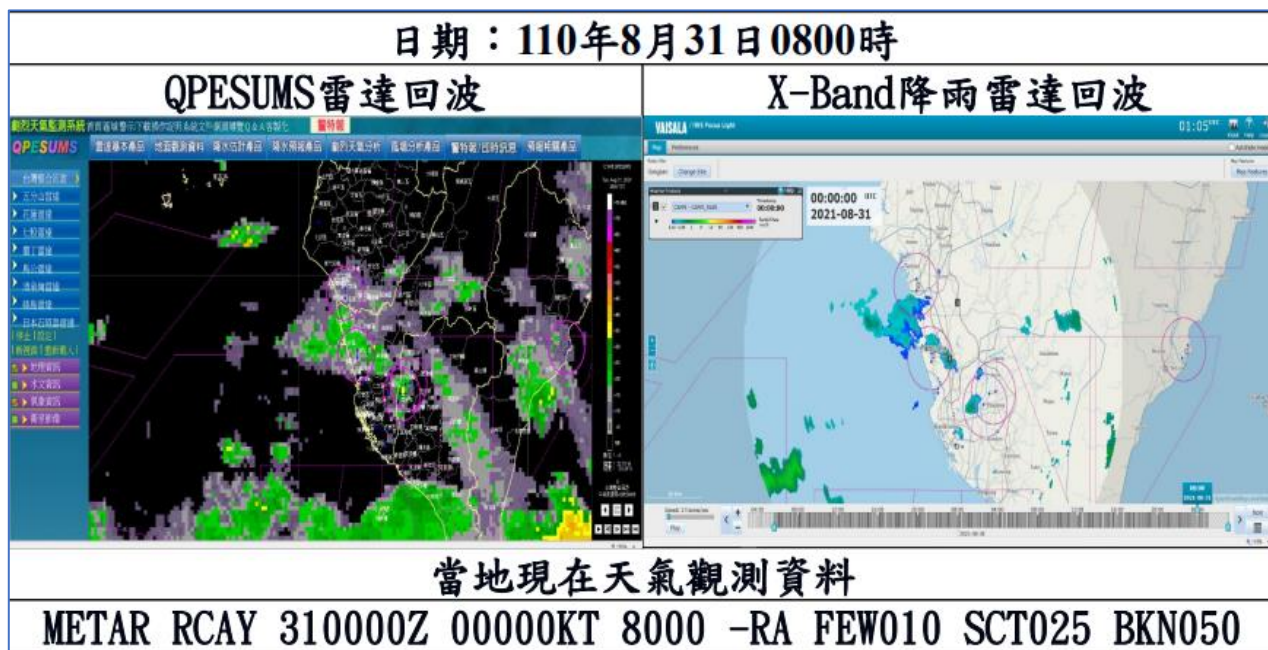


圖 6 110 年 8 月 31 日 0800 時回波圖。

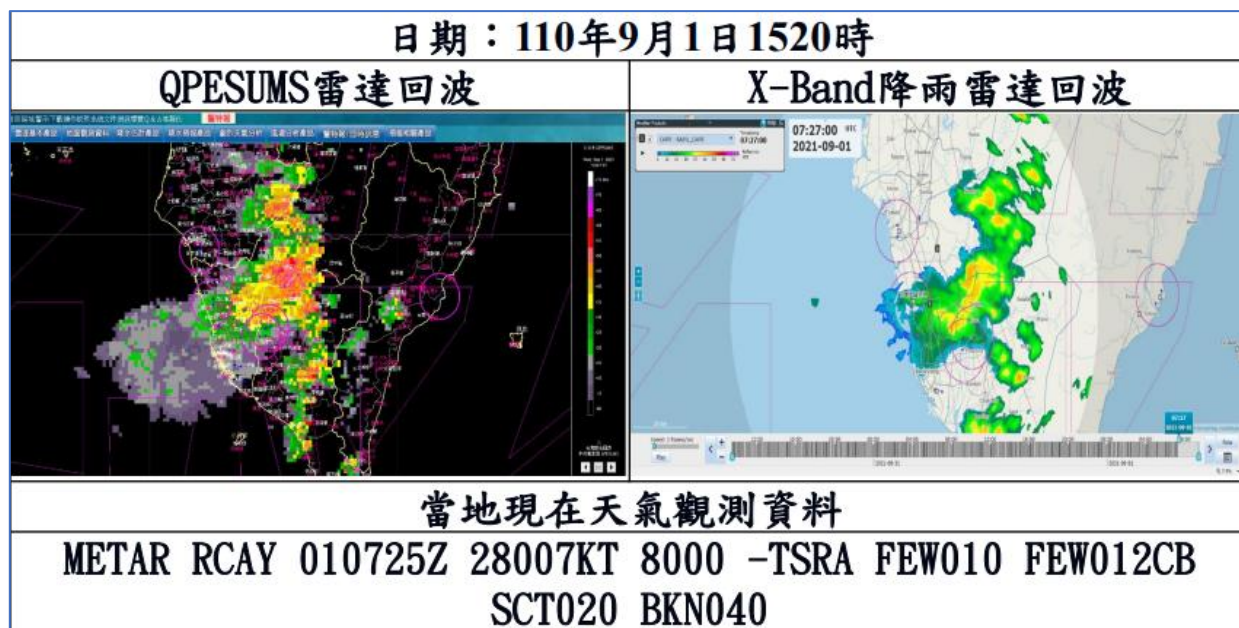


圖7 110年9月1日 1520時回波圖。

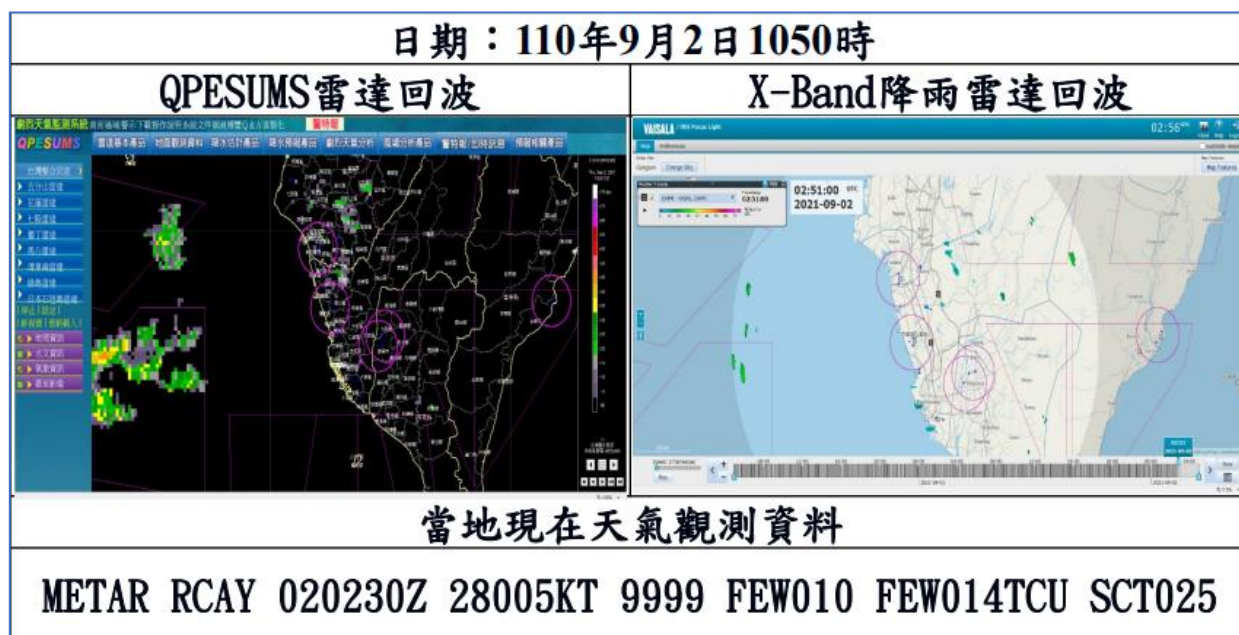


圖8 110年9月2日 1050時回波圖。

Benefits of weather radar in shallow convection monitoring

Da-Sheng, Lin

The 1st Weather Squadron of Weather Wing, R.O.C.A.F

Abstract

From the perspective of a professor in the Department of Atmospheric Sciences at Taiwan, the article discusses the importance of shallow convection observation, particularly in Taiwan's tropical marine environment. It highlights the significance of advanced meteorological radar technology, specifically dual-polarization Doppler meteorological radar, as a promising tool for convection observation. The article aims to explore the impact of rainfall on radar echo returns and the benefits of meteorological radar in monitoring shallow convection. The research focuses on the interpretation of meteorological radar data with the goal of enhancing rainfall monitoring accuracy.

Furthermore, the article delves into the current limitations and disparities in radar technology for shallow convection observation. It suggests that by integrating various radar data sources, the effectiveness of radar systems in monitoring shallow convection can be further improved. In summary, this article underscores the importance of meteorological radar technology in the context of Taiwan's unique meteorological conditions and its potential to enhance the observation and understanding of shallow convection phenomena.

Keywords: Radar echo, Shallow convection.