

# 台灣地區SCAN即時預報系統之對流胞路徑誤差統計分析

<sup>1</sup>鍾高陞 <sup>1</sup>柯靜吟 <sup>1</sup>鄒益豪

<sup>2</sup>林秉煜 <sup>2</sup>陳新淦 <sup>2</sup>劉宇其 <sup>2</sup>賈愛玫

<sup>1</sup>國立中央大學大氣物理所

<sup>2</sup>中央氣象局 預報中心

## 摘要

氣象雷達資料能夠提供高時空解析的觀測資訊，對於對流胞的生成與行進方向，有相當好的監測能力。目前氣象局在監測劇烈天氣系統，主要是採用美國國家劇烈風暴實驗室(National Severe Storm Laboratory, NSSL)所發展之對流監測平台系統，System for Convection Analysis and Nowcasting (SCAN)，搭配台灣氣象雷達資料，對外發布危險天氣預警。而SCAN系統當中採用Storm Cell Identification and Tracking algorithm (SCIT) 之方式進行對流胞偵測辨識與追蹤，並取得對流胞之0-1小時外延路徑預報，提供天氣預警資訊。

本研究蒐集2017年5-8月份之歷史資料，利用五分山與七股兩顆雷達，評估目前中央氣象局所使用的即時預報系統，其對流胞路徑預報上，在南北地區與不同月份當中，統計上之誤差特性分析。藉由初步了解對流胞在區域與月份上的差異，作為後續大量統計之依據，進而提供作業單位在即時預報上之參考依據。

關鍵字：0-1小時即時預報、對流胞辨識與追蹤、誤差特徵統計分析

## 一、前言

為因應劇烈天氣系統當中，對流胞所伴隨之強降雨、強風、冰雹以及閃電可能帶來之嚴重災害，進而造成農業以及工業上之重大損失，提升即時天氣預報之能力為近年來中央氣象局致力發展目標之一。在劇烈天氣中，研判與追蹤對流胞的路徑以及生命期(包括分裂與合併)，是極為困難與挑戰的課題。中央氣象局預報中心採用SCAN (the System for Convection Analysis and Nowcasting)系統進行即時預報與預警，對流胞追蹤則使用

Storm Cell Identification and Tracking algorithm (SCIT, Johnson et al. 1998)演算法，。張等人(2006)首先利用QPESUMS (Quantitative Precipitation Estimation and Segregation Using Multiple Sensors, Zhang et al., 2011; Gourley et al. 2002)系統，藉由SCIT的技術追蹤對流胞路徑，針對颱風與梅雨季當中，大雨之對流胞個案在0到1小時外延路徑預報之表現，進行分析對流胞預報之誤差。張等人(2008)利用QPESUMS之最大回波資料，蒐集2005-2007年5-10月當中，午後雷陣雨之所有個案，從統計的角度呈現對

流胞之氣候特徵。蔡 (2011) 曾經分析龍捲風個案及其所伴隨之風暴，其結果顯示 SCAN 系統大致能掌握風暴的演變，但在多胞風暴 (multi-cell storm) 時較易有誤判情形發生。由於 SCAN 監測系統中有許多氣象參數與門檻設定(如回波與風切的門檻強度)，因此蔡 (2011) 亦建議 SCAN 系統當中所提供的參數設定仍須經過研究修改，使其適合臺灣地區研判與預警對流胞之相關資訊。目前 SCAN 系統在臺灣地區追蹤對流胞以及路徑預報之掌握，尚未針對區域特性，如緯度之不同、複雜地形以及天氣型態，進行評估。故在修正此預警監測系統達到最佳化設定之前，統計上分析與評估其在臺灣不同區域的表現，有其必要性與重要性。本研究採用目前中央氣象局 SCAN 系統中所提供之對流胞相關資訊進行研究與評估。藉由蒐集歷史事件中之對流胞，分析目前使用 SCAN 對流預警監測系統，在臺灣地區統計上的誤差特性。目的在於了解此系統現階段的監測預警能力，進而了解臺灣地區對流胞之屬性，期望提供系統未來進行優化或者修正之依據。以下簡介對流胞演算法並說明路徑誤差校驗分析之方式。

## 二、 研究方法

SCAN 系統由美國之預警決策支援系統整合發展出對流監測平台 the operational Warning Decision Support System-Integrated Information (WDSS, Eilts et al. 1996)，主要以都卜勒雷達觀測，配合其他相關資訊(如探空、地面觀測、數值模擬)，用來監測劇烈天氣的發展。對於劇烈天氣系統當中，對流風暴所伴隨之強降雨、強風、冰雹以及閃電可能帶來之嚴重災害，進行即時預測並對外發布危險天氣預警。

在 SCAN 系統中，採用 SCIT 演算法。此演算法在對流胞辨識、描繪特性、路徑追蹤上，分為三個步驟進行，從雷達觀測回波沿著 1D 尋找對流胞，再延伸至 2D 仰角平面搜尋對流胞，最後在 3D 空間完整的體積掃描定義出對流胞，逐步判斷對流胞位置。最後，彙整對流胞的定位與移動相關資訊，進行 0 到 1 小時之對流胞即時路徑預報。

預報路徑誤差的校驗方式為：計算距離偏差量(BIAS)和均方根誤差(Root Mean Square Error, RMSE)，來了解路徑預報的誤差特性。

偏差量(BIAS)計算對流胞預報後，在經向與緯向的偏差量，比對對流胞本身的移動方向和速度，試著了解預報和實際對流胞路徑的偏差量值，公式如下：

$$BIAS = \frac{\sum_{i=1}^N (F - O)}{N}$$

上式中，F 為預報時間點的對流胞位置，O 為觀測的對流胞位置，N 為所有納入計算的格點數。

利用均方根誤差(RMSE)計算空間上預報和觀測對流胞移動路徑的差異量，以了解整體預報的誤差程度，公式如下：

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (F - O)^2}{N}}$$

而路徑誤差之計算呈現 0 到 1 小時的預報當中，對流胞不同階段路徑誤差隨時間的變化。上式中，F 為預報時間點的對流胞位置，O 為觀測的對流胞位置，N 為所有納入計算的格點數。

## 三、 統計資料說明

SCAN 歷史資料時間選取 2017 年 5 月到 8 月，將五分山雷達和七股雷達歷史資料還原後，選取生命週期超過 2

小時以上的對流胞，且能預報 1 小時的個案進行統計分析。統計此次研究達到標準的對流胞共有 305 個，且預報 0 到 1 小時的次數高達 5219 次。第一個部分將整個夏季的資料不分類別統計，檢視臺灣整體夏天的長生命週期的對流胞統計特性，接著將五分山雷達觀測和七股觀測的對流胞分開，探討南部與北部的對流胞統計特性差異。第二部分以不同月份進行討論，進一步探討南部與北部在不同月份的對流胞統計特性和差異。

#### 四、 結果分析

臺灣夏季，1 小時預報外延誤差 (RMSE) 約為 10 公里 (圖 1. a)，對流胞在東西方向誤差和標準差都略大於在南北方向，而 1 個標準差範圍約在 5 到 8 公里之間。平均對流胞移動方向為西南往東北移動 (方向 53 度)，速度約為  $0.47 \text{ m s}^{-1}$  ( $1.692 \text{ km hr}^{-1}$ )，預報偏差 (BIAS) 量 (圖 1. b) 以南北向為正偏差 (預報位置偏北)，東西向為負偏差 (預報位置偏西)。若將五分山雷達資料與七股雷達資料分開，分別檢視臺灣北部與南部對流胞的特性進行統計分析。分為南部和北部後，平均移動方向和速度差異不大，且與整體統計相當接近。但從誤差 (RMSE) 和偏差 (BIAS) 特性分析，就能看出南部和北部差異。北部東西向和南北向誤差 (RMSE) 和標準差相當接近 (圖 1. c)，又以東西向誤差 (RMSE) 則略小於整體誤差 (RMSE) 統計，一個小時預報誤差 (RMSE) 約在 10 公里，圖 1. d 偏差量 (BIAS) 的表現在南北向為正偏差 (預報偏北)，東西向有較大的負偏差 (預報偏西)。南部對流胞相對誤差 (RMSE) 和標準差在東西向明顯較大 (圖 1. e)，高於整體平均值 12 公里，南北向誤差 (RMSE) 則與整體表現差異不大，東西

向和南北向偏差 (BIAS) 只有很小的正偏差 (圖 1. f)。

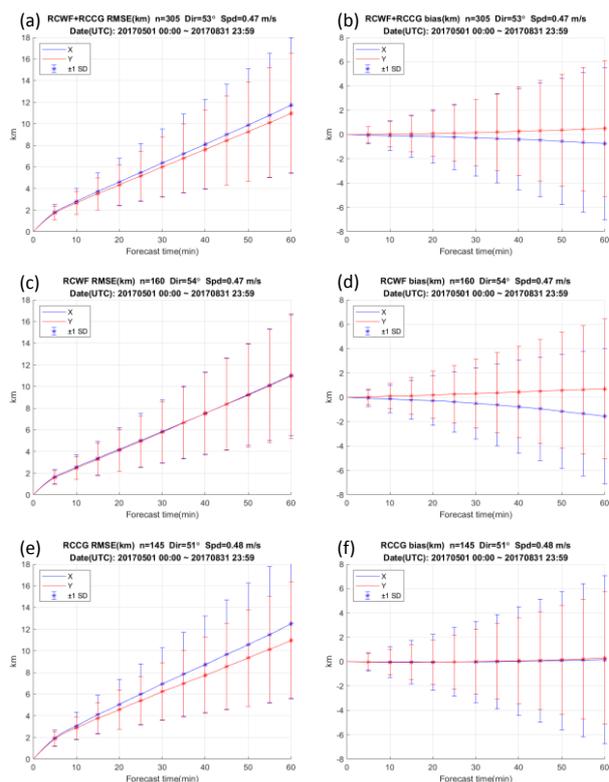


圖 1. 2017 年 5 月到 8 月對流胞路徑統計之結果 (a) 五分山與七股雷達站路徑預報之 RMSE; (b) 五分山與七股雷達站路徑預報之 BIAS 圖。(c) 五分山單一雷達站路徑預報之 RMSE; (d) 五分山單一雷達站路徑預報之 BIAS; (e) 七股單一雷達站路徑預報之 RMSE; (f) 七股單一雷達站路徑預報之 BIAS。

2017 年夏季 5 月到 8 月，每個月統計的對流胞路徑分別畫出如圖 2。5 月份，北部對流胞數量 (47 個，圖 2. a) 明顯比南部 (12 個，圖 2. b) 多出許多，移動方向主要由西南往東北移動。而 6 月份對流胞北部 (53 個，圖 2. c) 與南部 (71 個，圖 2. d) 數量都很多，生命期超過 2 小時之對流胞以南部較多一些，移動方向也是由西南往東北移動，且南部多由海上往陸地移動，推測可能為夏季台灣南部的西南氣流帶來海上發展的對流胞，臺灣西南部移入的系統。7 月份對流胞數量較少，北部 34 個 (圖 2. e)，南部 40 個對流胞 (圖

2. f)，且移動方向改由東南往西北移動，整體對流胞移動方向比較不一致，目前尚無法明確說明對流胞方向改變的原因，仍需蒐集更多資料分析，才能說明。8月對流胞數量最少，北部有23個(圖 2. g)，南部只有19個對流胞(圖 2. h)，北部對流胞由東南東往西北西移動，而南部對流胞還是由西南往東北移動。

在 RMSE 統計分析(圖 3)，每個月份臺灣南北區域多是東西向誤差(RMSE)大於南北向誤差(RMSE)。然而在7月比較特別(圖 3. e&f)，南部和北部的誤差(RMSE)都是南北向誤差(RMSE)大於東西向，此部分尚無明確的資料能說明特別的原因。整體而言，在北部東西向和南北向誤差(RMSE)在每個月份都差異不大，而南部地區，南北向和東西向誤差(RMSE)都比北部統計出來的誤差大。

圖 2. 對流胞路徑圖，從5月到8月依序排列，RCWF(左: a, c, e, g)，RCCG(右: b, d, f, h)

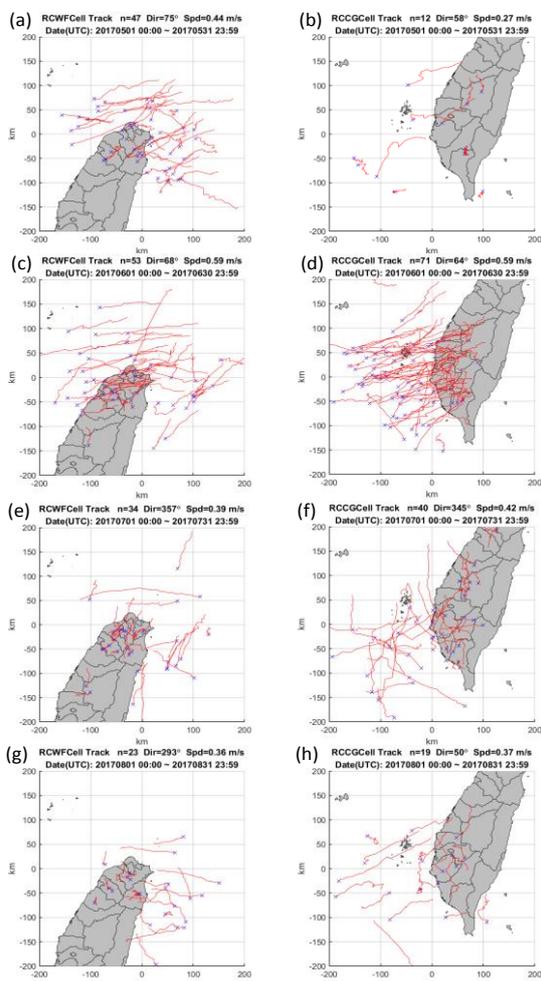
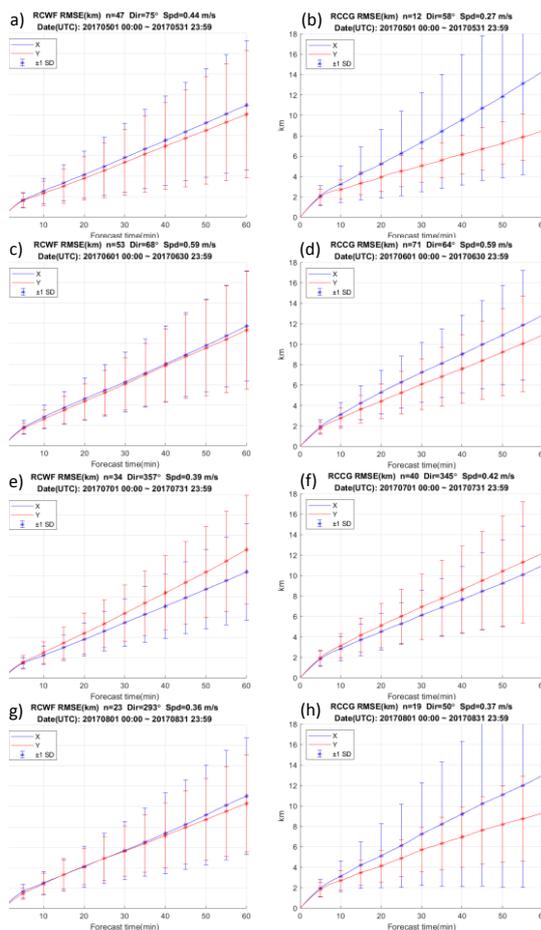


圖 3. 對流胞 RMSE 圖，從5月到8月依序排列，RCWF(左: a, c, e, g)，RCCG(右: b, d, f, h)，東西方向誤差(藍)，南北方向誤差(紅)，以及單月所有對流胞之間的一個標準差。

BIAS 統計分析顯示(圖 4)，5月和6月北部的東西向為負偏差(BIAS)，南北向為正偏差(BIAS)，參考對流胞的移動方向由西南往東北，可以得知在東西向預報是偏慢，南北向的預報是偏快。同理可以從對流胞移動方向分析偏差(BIAS)的正負，了解預報的速度是偏快還是偏慢。南部6月份因較多海上對流胞的個案，東北和西南方向的偏差(BIAS)都是正值，代表預報都是偏快。7月在對流胞方向改變的情況下，偏差(BIAS)都變為負值，代表預報速度在東西向是偏快，在南北向是偏慢。南北之特徵則是：北部是東西向偏差量(BIAS)較多，而南部則是

南北向偏差量(BIAS)多。8月北部東西向正偏差(BIAS)和南北向負偏差(BIAS)，都代表預報速度都偏慢，而南部地區東西向負偏差(BIAS)代表預報速度偏慢，南北向正偏差(BIAS)則是預報速度偏快。

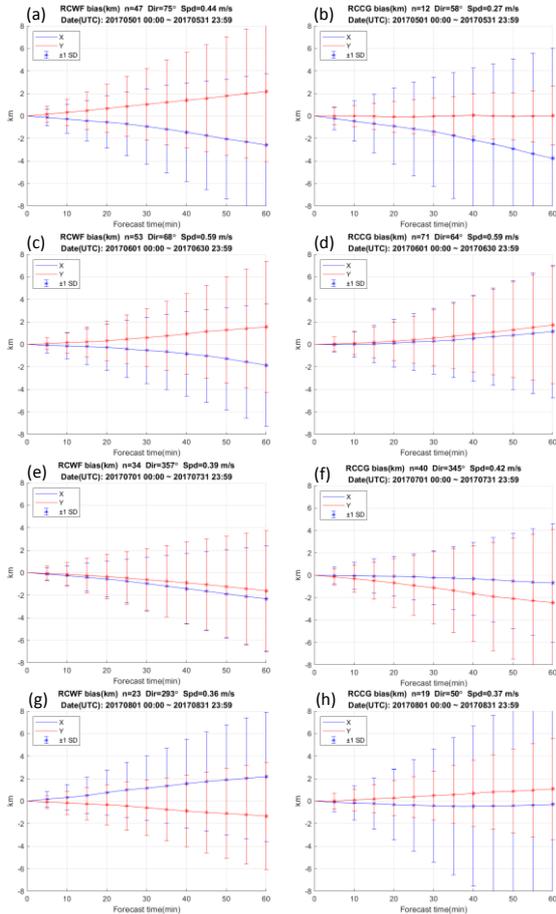


圖 4. 對流胞 BIAS 圖，從 5 月到 8 月依序排列，RCWF(左: a, c, e, g), RCCG(右: b, d, f, h), 東西方向誤差(藍), 南北方向誤差(紅), 以及單月所有對流胞之間的一個標準差。

## 五、 結論

本研究使用短期預報預警系統 SCAN, 取出 SCIT 追蹤對流胞演算法, 對於臺灣 2017 年夏季的對流胞進行預報路徑誤差(RMSE, BIAS)的統計分析。

研究蒐集長生命週期超過兩小時的對流胞, 進行一個小時的預報校驗, 資料結果顯示, 2017 年夏季長生命週

期的對流胞路徑追蹤預報, 我們發現在 BIAS 上整體特性東西方向預報出現向西的偏差(BIAS), 而南北方向是向北的偏差(BIAS)。在 RMSE 上整體特性表現, 0 到 1 小時預報誤差量約為 10 公里, 東西方向的誤差量比南北方向稍大一點。若將北部和南部分開統計夏季對流胞特性時, 北部在兩個方向的誤差(RMSE)差異不大, 而南部是在預報兩個方向, 對流胞平均皆為沒有偏差(BIAS)。從不同月份分析探討南北部差異時, 發現對流胞整體移動方向都是由西南往東北走, 路徑預報誤差(RMSE)在東西向比較大, 6 月對流胞最多, 7 月移動方向最不同, 而南部對流胞的平均移動速度相較於北部快一點, 除了 5 月南部因對流胞個數很少, 可能造成的統計誤差。

經過 2017 年夏季 5 至 8 月的資料統計分析, 限制在長生命週期的個案中, 進行一系列的路徑誤差分析, 大致能了解對流胞會因區域的不同, 月份的不同, 出現不一樣的行為和預報誤差特性。若要進一步分析不同型態天氣之對流胞特性, 則需要更多的事件數目。此外, 目前並無區分對流胞是在海上或陸上形成, 亦可作為未來分析的目標。

## 六、 文獻參考

- 張保亮, 丘台光, 陳嘉榮, 張惠玲, 王碧霞, 2006: QPESUMS 系統對流胞偵測與預報路徑校驗
- 張保亮, 林品芳, 陳嘉榮, 2008: 台灣地區午後對流雷達觀測特徵分析
- 蔡甫甸, 2011: 中央氣象局即時預報發展之探討-只用 SCAN 追蹤分析 2011 年新店龍捲風所伴隨之風暴個案
- Eilts, M. D., and Coauthors, 1996:

Severe weather warning decision support system. Preprints, 18th Conf. on Severe Local Storms, San Francisco, CA, *Amer. Meteor. Soc.*, 536–540.

Gourley, J. J., R. A. Maddox, D. W. Burgess, and K. W. Howard, 2002: An exploratory multi-sensor technique for quantitative estimation of stratiform rainfall. *Journal of Hydrometeorology*, **3**, 166-180.

Johnson, J. T., P. L. MacKeen, A. Witt, E. D. Mitchell, G. J. Stumpf, M. D. Eilts, and K. W. Thomas, 1998: The storm cell identification and tracking algorithm: An enhanced WSR-88D algorithm. *Weather and Forecasting*, **13**, 263-276.

Zhang, J., K. Howard, C. Langston, S. Vasiloff, B. Kaney, A. Arthur, S. V. Cooten, K. Kelleher, D. Kitzmiller, F. Ding, D.-J. Seo, E. Wells and C. Dempsey, 2011: National mosaic and multi-sensor QPE (NMQ) system. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **92**, 1321–1338.