

QPESUMS系統對流胞偵測與預報路徑校驗

張保亮 丘台光 陳嘉榮 張惠玲 王碧霞
中央氣象局 氣象衛星中心

摘要

中央氣象局、經濟部水利署及美國劇烈風暴實驗室 (National Severe Storm Laboratory ; NSSL)於2002年起(2006年起新增農委會水土保持局)開發QPESUMS (Quantitative Precipitation Estimation and Segregation Using Multiple Sensors) 系統。在 QPESUMS 系統中除利用多重觀測工具之定量降雨估計與分類外，同時也引進 WDSS(Warning Decision Support System)系統對於對流胞進行辨識與定位，並對於對流胞路徑進行追蹤與 0-1 小時的外延路徑預報。本研究選取 2004 年敏督利颱風、2005 年海棠颱風及梅雨季大雨個案，評估 QPESUMS 系統中對於對流胞辨識及追蹤方法之成效，並做為未來分析技術改進之參考。

由分析結果顯示，對流胞 30 分鐘的預報位置平均誤差為 5~6km，預報 60 分鐘的位置平均誤差為 8~13km。其中以海棠颱風個案的位置誤差最小，但其追蹤比例(即 SCIT 可辨識追蹤的對流胞數占所有對流胞總數的比例)也最低，只有 13.2%；追蹤比例最高者為梅雨季個案 36.1%。未來將嘗試在不大幅增加預報位置誤差的前提下，降低對流胞辨識的門檻或加入其他辨識條件，以提高追蹤比例。

一、前言

美國國家劇烈風暴實驗室 (National Severe Storm Laboratory, NSSL) 於 1990 年代初開始依據 WSR-88D 都卜勒雷達觀測資料，發展針對劇烈天氣之預警決策支援系統(Warning Decision Support System, WDSS)，以測試其所發展的數種術的實用性，希望能提高對劇烈天氣的監測能力，並即時對外提供危險天氣的預警。中央氣象局、經濟部水利署及美國劇烈風暴實驗室於 2002 年起開發 QPESUMS (Quantitative Precipitation Estimation and Segregation Using Multiple Sensors)系統，此系統除利用多重觀測工具之定量降雨估計與分類外，同時也引進 WDSS(Warning Decision Support System)系統對於對流胞進行辨識與定位，並對於對流胞路徑進行追蹤與 0-1 小時的外延路徑預報。

WDSS 系統使用之分析方法，主要包含(一)風暴對流胞辨識與追蹤法 (Storm Cell Identification and Tracking, SCIT, Algorithm, Johnson, et al. 1998)。(二)冰雹偵測法 (Hail Detection Algorithm, HDA, Witt et al 1998)。(三)中尺度氣旋偵測法 (Mesocyclone Detection Algorithm, MDA, Stumpf et al. 1998)(四)龍捲風偵測法 (Tornado Detection Algorithm, TDA, Mitchell et al. 1998)(五)破壞性下衝流偵測與預報法 (Damaging Downburst Prediction and Detection Algorithm, DDPDA, Smith et al. 2004)等。這些方法提供預報員在短時間內從大量的資料中快速獲取定量的警報指引，大幅縮短危險天氣的預警時

間。而在上述分析技術中，對流胞辨識與追蹤為 WDSS 系統的核心部分，為評估此偵測系統在台灣地區的表現，並做為未來分析技術改進之參考，本研究選取 2004 年敏督利颱風、2005 年海棠颱風及梅雨季大雨個案之五分山雷達資料進行評估。

二、對流胞預報路校驗

本研究使用之對流胞追蹤的方法與條件包括：一、為對流胞所需達到的回波強度 (dBZ) 最低值 Z_{max} ；二、為新舊對流胞回波強度差值的上限值 ΔZ_{max} ；三、是新舊對流胞距離的上限值；四、當新對流胞位置在舊對流胞移動正前方 120 度扇形方向外，即不視為同一對流胞。因此，在利用前述對流胞辨識(SCIT)及追蹤方法計算下，可求出滿足條件的對流胞移動速率及方向，以此移動速度利用線性外延即可進行 0-1 小時對流胞的移動位置預報。預報路徑校驗的方法則是搜尋後一小時內被視為同一對流胞的辨識位置，其預報位置與觀測位置的距離差值即為預報位置誤差。由於五分山雷達體積掃描(Volume Scan)時間接近 6 分鐘，因而我們採用 6 分鐘倍數的時間點做為校驗時間點，並將校驗時間點前後 1 分鐘內的校驗結果視為校驗時間點的預報位置誤差來進行校驗結果統計分析。本文挑選 3 個個案(2 個颱風個案和 1 個梅雨季個案)進行校驗，分別是 2004 年敏督利(Mindulle)颱風 (6 月 30 日~7 月 3 日)、2005 年海棠(Haitang)颱風 (7 月 16 日~7 月 20 日)及 2005 年梅雨季大雨個案(5 月 14 日~5 月 15 日、5 月 24 日、6 月 12 日~6 月 15 日)。

三、結果與分析

圖 1 是敏督利颱風個案校驗結果的盒鬚圖 (Box and Whisker Plot)，紅色盒子的上下兩端分別是橫軸預報時間之所有位置誤差結果的第三四分位數 (quartile) Q3 及第一四分位數 Q1，中位數落於盒子裡面，即紅盒子代表中間 50% 資料的分佈結果。內四分位距 (IQR, InterQuartile Range) 定義為 Q3 與 Q1 的差，即盒子兩端的距離，用來度量資料群的離度。若某一點資料與盒子的某端 (Q3 或 Q1) 距離超過 1.5 倍 IQR，則視為離群值，每個離群值均標示出來，盒子兩端外的「鬚」是拉長到除了離群值之外最遠的兩個點。圖 2 是敏督利個案位置誤差的中位數 (綠點) 與平均值 (紅點) 結果。由圖 1 與圖 2，可了解此颱風個案利用目前所發展的 SCIT 來預報對流胞位置，其結果相當不錯：預報 30 分鐘的平均位置誤差為 6km，預報 60 分鐘的平均位置誤差為 13km。其預報位置誤差的平均數與中位數相當接近，亦即資料群的分佈接近對稱分佈。此外，預報 30 分鐘的 IQR (位置誤差的離度) 約為 5km，預報 60 分鐘的 IQR 約為 7km，顯示其穩定性頗高，即對流胞辨識追蹤的正確率極高。我們同時求出追蹤比例，即利用 SCIT 所能辨識及追蹤 (能求出移動速度) 的對流胞占所有對流胞 (定義最大回波值達到 40dBZ 者為對流胞) 的比例，此個案的追蹤比例為 23.3%。強烈颱風海棠個案的結果最好，預報 30 分鐘的平均位置誤差為 5.2km，IQR 為 4.5km；預報 60 分鐘的平均位置誤差為 8.4km，IQR 為 3.9km (圖未示)；但其追蹤比例卻偏低，僅有 13.4%。另一個案是 94 年梅雨季大雨個案，預報 30 分鐘的平均位置誤差為 6.2 km，IQR 為 5.4km；預報 60 分鐘的平均位置誤差為 11.4km，IQR 為 8.1km (圖未示)，追蹤比例高達 36.3%。

在企圖提高追蹤比例且不大增加預報位置誤差的前提下，首先我們放寬新舊對流胞距離的上限值，初始設定為 8km，而五分山雷達前後兩筆觀測資料時間間距通常是 6 分鐘，此值即限定對流胞移速不得大於 22.2m/s。測試條件一乃放寬距離上限為 10km (移速約為 27.8m/s)，測試條件二則進一步放寬為 12km (移速約為 33.3m/s)。表 1 是 3 個校驗個案在不同距離上限條件下所得到的追蹤比例結果。表中顯示，敏督利颱風個案的追蹤比例大為提高，在距離上限放寬為 10km 時，追蹤比例提高 5% (成為 28.3%)；放寬為 12km 時，追蹤比例提高 7.8% (成為 31.1%)。梅雨季大雨個案是改善最少者，然其追蹤比例仍為 3 個案之冠，距離上限放寬為 10km 時，追蹤比例提高 1.8% (成為 38.1%)；放寬為 12km 時，追蹤比例提高 3.2% (成為 39.5%)。而海棠颱風個案的追蹤比例提高最大，距離上限放寬為 10km 時，追蹤比例提高 6.4% (成為 19.8%)；放寬為 12km 時，追蹤比例提高 10.9% (成為 24.3%)。這樣的結果顯示，兩颱風個案其對流胞有較大移速 (特別是強

颱風海棠)，最初設定距離上限為 8km 會在移速上限限制對流胞的追蹤及辨識，而梅雨季大雨個案對流胞移速相對較小，提高移速上限並無法大幅提升追蹤比例。在提高追蹤比例的同時，我們檢視預報位置誤差是否因此而大幅增加，亦即對流胞辨識追蹤的正確率是否大為降低？圖 3 是中颱風敏督利個案在 3 個不同距離上限條件下預報位置誤差的平均值，結果顯示，在追蹤比例大幅提高之際，平均的預報位置誤差僅稍稍變大。圖 4 同圖 3，但為 IQR 的結果，IQR (預報位置誤差的離度) 變動不大。至於追蹤比例提高最多的強颱風海棠個案 (圖 5)，結果顯示預報位置誤差雖變大，但其結果仍是 3 個案中最佳者 (位置誤差最小)。

四、結論

本文針對 2004 年敏督利颱風、2005 年海棠颱風及梅雨季大雨個案，利用 WDSS 系統對流胞定位資料進行路徑追蹤與預報。由分析結果顯示，對流胞 30 分鐘的預報位置平均誤差為 5~6km，預報 60 分鐘的位置平均誤差為 8~13km。其中以海棠颱風個案的位置誤差最小，但其追蹤比例 (即 SCIT 可辨識追蹤的對流胞數占所有對流胞總數的比例) 也最低，只有 13.2%；追蹤比例最高者為梅雨季個案 36.1%。本研究未來將嘗試在不大幅增加預報位置誤差的前提下，降低對流胞辨識的門檻或加入其他辨識條件，以提高追蹤比例。此外，未來本研究也將嘗試加入閃電資料，進一步評估分析方法在夏季雷雨系統的表現，希望找出適合台灣地區之對流胞辨識與路徑追蹤方法的參數，以提升對短時劇烈與危險天氣的掌握。

參考文獻

- 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. *Wea. Forecasting*, **13**, 263–276.
- Mitchell, E. D., S. V. Vasiloff, G. J. Stumpf, A. Witt, M. D. Eilts, J. T. Johnson, and K. W. Thomas, 1998: The National Severe Storms Laboratory Tornado Detection Algorithm. *Wea. Forecasting*, **13**, 352–366.
- Smith, T. M., K. L. Elmore and S. A. Dulin. 2004: A Damaging Downburst Prediction and Detection Algorithm for the WSR-88D. *Wea. Forecasting* **19**, 240–250.
- Stumpf, G. J., A. Witt, E. D. Mitchell, P. L. Spencer, J. T. Johnson, M. D. Eilts, K. W. Thomas, and D. W. Burgess, 1998: The National Severe Storms Laboratory Mesocyclone Detection Algorithm for the WSR-88D. *Wea. Forecasting*, **13**, 304–326.
- Witt, A., M. D. Eilts, G. J. Stumpf, J. T. Johnson, E. D. Mitchell, and K. W. Thomas, 1998: An enhanced

表一 對流胞個案與對流胞追蹤比例表

個案日期		cell總數	可追蹤cell數	追蹤比例
2004.06.30 ~07.03	08km_40dBZ	13406	3129	0.233
	10km_40dBZ		3793	0.283
	12km_40dBZ		4166	0.311
2005.05.14 ~ 05.15 & 05.24 & 6.12~06.15	08km_40dBZ	4911	1782	0.363
	10km_40dBZ		1871	0.381
	12km_40dBZ		1942	0.395
2005.07.16 ~07.20	08km_40dBZ	19247	2571	0.134
	10km_40dBZ		3819	0.198

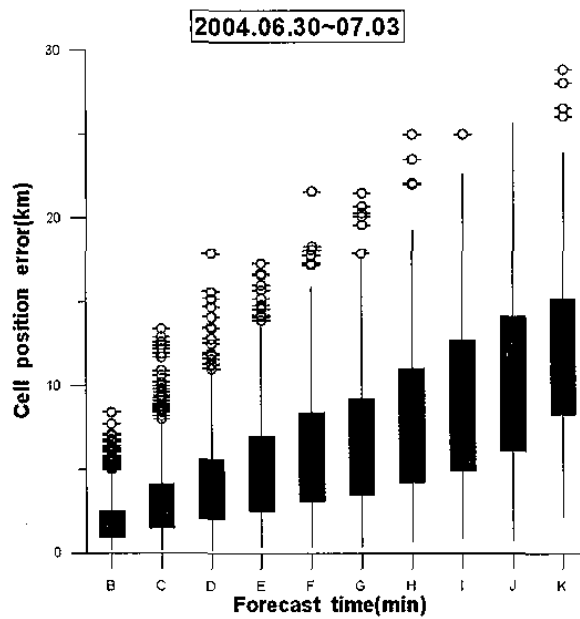


圖1 敏督利(2004)颱風個案對流胞預報路徑誤差校驗盒鬚圖。

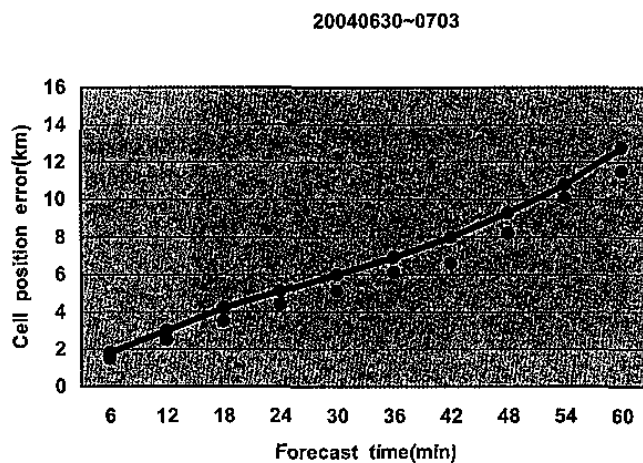


圖2 敏督利(2004)颱風個案對流胞預報路徑誤差中位數(綠色點)與平均值(紅色點)。

20040630~0703 mean

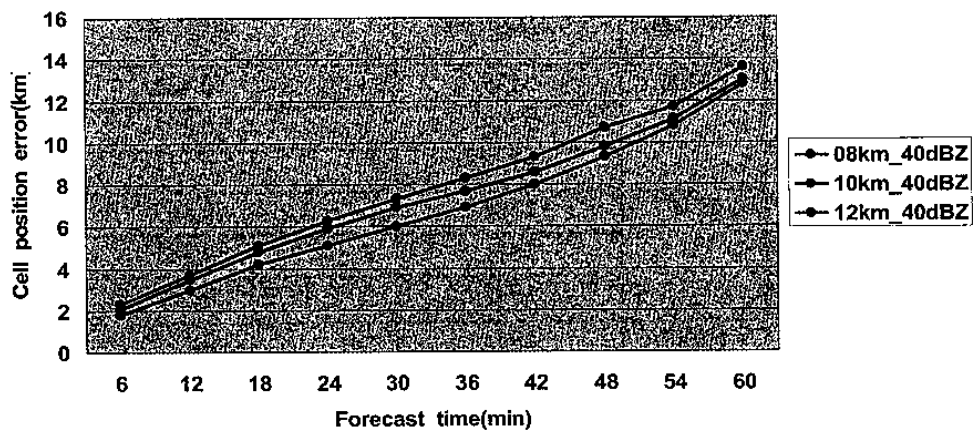


圖3 敏督利(2004)颱風個案對流胞預報在不同距離上限之路徑誤差圖。

20040630~0703

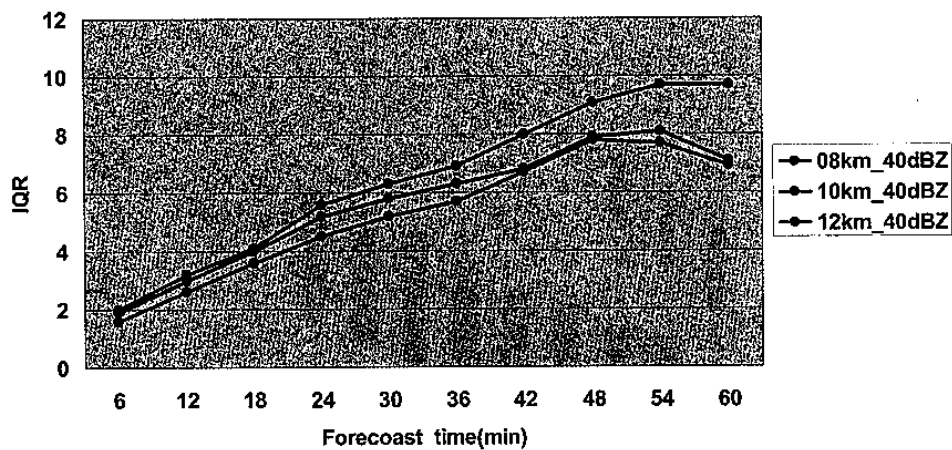


圖4 同圖3，但為圖2之IQR圖。

2005.07.16~07.20 mean

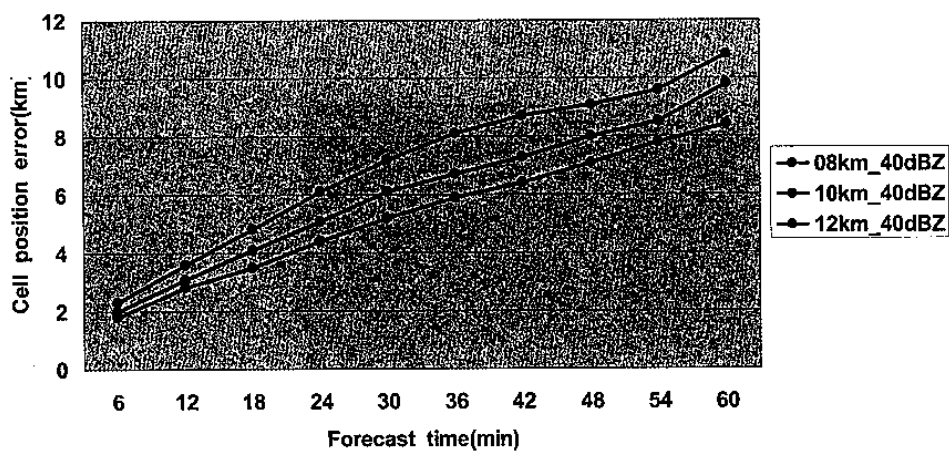


圖5 同圖3，但為海棠(2005)颱風個案對流胞預報在不同距離上限之路徑誤差圖。