

短延時降雨預警技術之研發

劉嘉騏¹ 陳御群¹ 蔡直謙¹ 林欣弘¹ 林忠義¹ 鍾高陞²

國家災害防救科技中心¹

國立中央大學大氣科學系²

摘要

在全球暖化與都市快速發展的影響下，致災型的短延時強降雨似乎越來越顯著。如何提早預警短延時強降雨事件，是目前防災工作上所面臨的重要挑戰。在過去的研究中，雷達的監測與外延技術可以快速估計強回波未來移動的方向與趨勢，但是無法預測降雨系統的消長。強降雨的極短期預報必須仰賴雷達資料同化技術，進行高頻率與高解析度的模擬方能獲得。

本研究針對短延時強降雨預警需求，整合外延法及雷達資料同化兩種技術，進行即時系統的開發。透過 2019 年 43 個短延時強降雨的事件(雨量大於 100mm/3hr) 進行模擬測試與評估。在 2019 年的 43 個事件中，可以分類為四種天氣類型，包含午後對流、鋒面、低壓/颱風外圍環流及颱風(熱帶氣旋)，分別進行不同整合方法的測試與評估。結果顯示，使用新整合方法，可以提供對流系統在未來增強或減弱的資訊，亦可以改善外延法最大回波的高估情況。

關鍵字：短延時降雨、雷達回波外延、雷達資料同化

一、前言

在全球暖化與都市快速發展的影響下，致災型的短延時強降雨似乎越來越顯著。如何提早預警短延時強降雨事件，是目前防災工作上所面臨的重要挑戰。在過去的研究中，雷達的監測與外延技術可以快速估計強回波未來移動的方向與趨勢，但是無法預測降雨系統的消長。強降雨的極短期預報則必須仰賴雷達資料同化技術，進行高頻率與高解析度的模擬方能獲得。

本研究針對短延時強降雨預警需求，整合外延法及雷達資料同化的 WRF 模式結

果，做即時系統開發，並對 2019 年短延時強降雨之個案進行測試及評估。

二、資料與方法

外延法是一種將雷達回波資訊做簡單外延而達到短期預報目的之方法，主要是以雷達回波變分追蹤法(Variational Echo Tracking, VET)取得當下中尺度環流場的狀態，在此環流場中進行對流系統的外延預報。於國家災害防救科技中心(The National Science and Technology Center for Disaster Reduction ; NCDR)中，以每 10 分鐘為頻率啟動外延法的

預報，得到未來 3 小時對流系統的推估結果。

雷達資料同化預報作業系統則是從 2019 年 2 月起建置於 NCDR 工作站上，其中使用 WRF V3.3.1(Weather Research and Forecasting Model)模式設計雙層巢狀網格(圖 1)，分別為外層解析度 15 公里之 280x280 格點及內層解析度 3 公里之 331x331 格點，垂直層數 45 層，模式頂為 30hPa。以 NCEP GFS 全球模式 0.5°資料作為初始場及邊界場，並使用以下大氣物理參數法，包括 Kain-Fritsch 積雲參數法(最外層)、Goddard 微物理參數法、Yonsei University (YSU)邊界層參數法、Noah land surface model (LSM)地表模式、Goddard 短波輻射參數法及 RRTMG 長波輻射參數法。

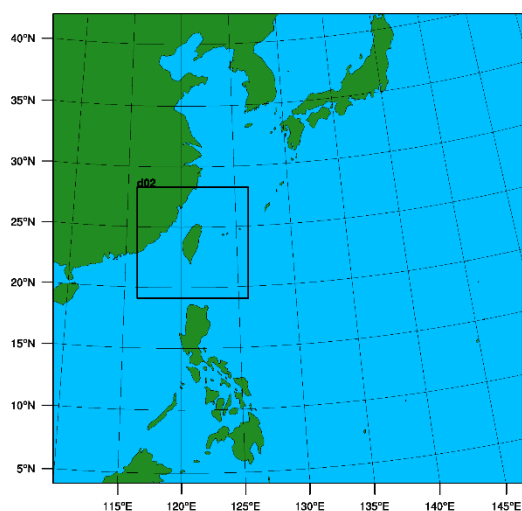


圖 1：模式範圍及巢狀網格設定。

針對短時降雨預報需求並搭配雷達觀測資料之高時空解析度之特性，每六小時使用 NCEP GFS 全球資料冷啟動一次，預報模擬結果將作為後續每半小時啟動一次的模式初始場及邊界場，並進行三次間隔 30 分鐘之雷達觀測資料同化，更新模式初始場後，再向後模擬預報 4 小時，扣除掉工作主機運算時間，仍能保有 3.5 小時的有效預報。

本研究中採用之模式調整外延法，係以外延法預報結果做為預報回波基底，再加上

雷達資料同化模擬結果的資訊，先對兩者做差值判斷後再加上時間權重，並限定回波增強幅度最多為外延法的 50%、或減弱幅度最多為外延法的 30%。

本研究挑選 2019 年累積雨量大於 100mm/3hr 以上共計為 43 個短延時強降雨事件，進行降雨個案的測試及評估，測試方法包括模式調整外延法、外延法、雷達資料同化模式結果、及其他整合方法(包括線性法、SalIENT Cross Dissolve 法)。

三、結果與討論

挑選 2019 年累積雨量大於 100mm/3hr 以上共計 43 個降雨事件，並將其分類為午後雷雨、鋒面、低壓帶、及熱帶氣旋四種天氣類型(表 1)，做最大回波之校驗統計，BIAS 結果如圖 2。在午後雷雨類型來說，外延法多為高估，而模式調整外延法能減小誤差並降低外延法高估的情況。在鋒面系統及熱帶氣旋系統的分類中也都有減少雷達資料同化模式或外延法的高估誤差。圖 3 為 2019 年短延時強降雨所有個案之均方根誤差序列，很明顯的看到模式調整外延法在大部分個案中，普遍都有最佳的表現。

降雨事件類別	個案數	事件日期
午後雷雨	11	05/04、08/01、08/02
鋒面	4	05/28、05/29
低壓帶 / 颱風外圍	19	06/11、06/12、07/02、08/06
熱帶氣旋	9	08/24白鷺颱風

表 1：2019 年累積雨量大於 100mm/3hr 以上之個降雨天氣類型分類表，四種類別分別為：午後雷雨、鋒面、低壓帶、及熱帶氣旋。

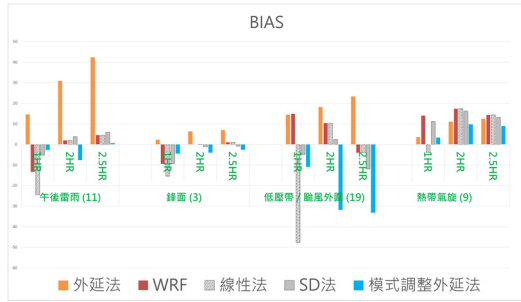


圖 2：2019 年短延時強降雨個案四種天氣類型於不同預報時間之最大回波 BIAS 統計結果

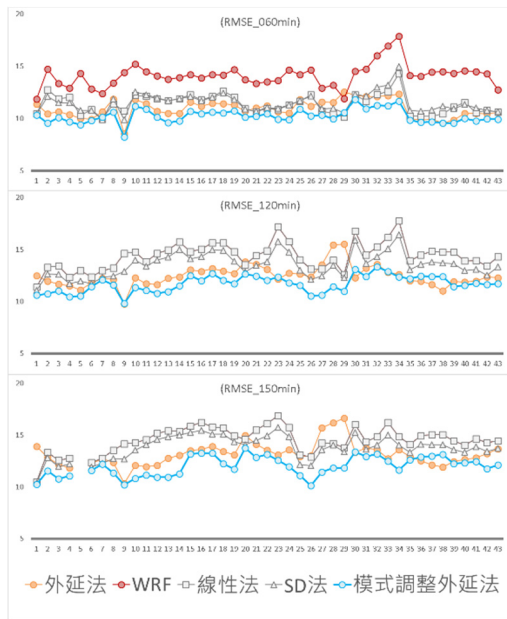


圖 3：2019 年短延時強降雨個案於不同預報時間之最大回波均方根誤差統計結果，由上至下分別為預報 1 小時、2 小時、及 2.5 小時

選取 2019052409 00Z 之午後對流個案來看各種方法對於最大回波的預報結果差異(圖 4)。由雷達觀測可看到此個案在南部山區的對流系統正逐漸消散，但若以外延法結果來看，只能提供對流系統位置的朝台灣南部平移的預報結果，卻無對流系統的強弱變化。雷達資料同化模擬結果雖有對流系統減弱的趨勢，但位置的模擬還是存有些許誤差。採用線性法及 SD 法雖能透過雷達資料同化的資訊得到對流系統消散的資訊，但也在預報 2.5

小時後會有對流位置的誤差。而使用模式調整外延法，除了能透過外延法得到較佳的對流位置資訊，亦能藉由雷達資料同化的預報結果，達到提供對流系統增強或是減弱的資訊，而有較佳表現。

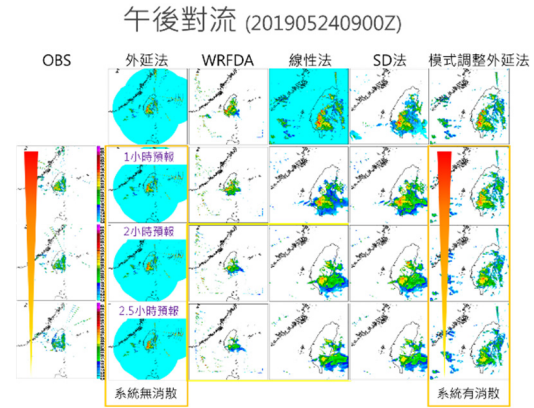


圖 4：午後對流個案(2019 年 5 月 24 日 09Z) 之各方法於 1~2.5 小時之最大回波預報

四、結論

本研究透過模式調整外延法結合外延法及雷達資料同化預報結果，取其兩者之優點，能提供對流系統在未來 2.5 小時內增強或減弱的資訊，來達到對於短延時降雨系統之預警作用。以模式調整外延法對 2019 年 43 個累積雨量大於 100mm/3hr 以上之降雨事件做個案評估，其最大回波均方根誤差統計結果的表現普遍優於其他合成方法。並依天氣型態分四種類別，於午後雷雨、鋒面系統及熱帶氣旋系統的分類中，亦有減少雷達資料同化模式或外延法的高估誤差。

目前已將此方法應用至國家災害防救科技中心的重大災害天氣分析工具組(WATCH)網頁上之即時降雨預警頁面，以期能提供短時降雨預警之資訊。

The Development on Early Warning of Heavy Rainfall Techniques in NCDR

**Jia-Chyi LIOU¹, Yu-Chun CHEN¹, Chih-Chien TSAI¹, Hsin-Hung LIN¹,
Chung-Yi LIN¹, Kao-Shen CHUNG²**

National Science and Technology Center for Disaster Reduction¹

Department of Atmospheric Sciences, National Central University²

ABSTRACT

Under the global warming and rapid urbanization, short-term heavy rainfall related disaster seems to be more and more significant. The important challenge for disaster prevention is how to conduct the early warning of short-term heavy rainfall. In the past study, the future direction and tendency of strong convection systems could be quickly estimated by observation and echo extrapolation of radar reflectivity. The observation and echo extrapolation of radar reflectivity can't predict the development and decay of the heavy rainfall system. The development of heavy rainfall nowcasting system must depend on the high frequency and high resolution numerical model.

A hybrid combine method with radar echo extrapolation and the forecasts has been improved the heavy rainfall nowcasting technology. There are 43 short-term heavy rainfall events in 2019 (the precipitation > 100/3h) include the afternoon thunderstorm, front, low pressure and TC, the 43 rainfall events were picked up to evaluate the performance of nowcasting system. The results show the overestimated forecast precipitation of the Radar echo extrapolation can be improved by the new hybrid method with radar echo extrapolation and the forecasts using the assimilation of radar data.

Keywords: short-term heavy rainfall, Radar echo extrapolation, data assimilation of radar observations