

雷達資料同化於極短期降雨預報之應用

劉嘉騏、蔡直謙、廖信豪、林欣弘、于宜強

國家災害防救科技中心

摘要

在極短期降雨預報中，氣象雷達扮演著至關重要的角色。透過雷達觀測，我們能夠即時監測對流系統的位置和發展狀況，為天氣預報提供寶貴的資訊。特別是在數值天氣預報模式中，利用高時空解析度的雷達觀測資料，運用資料同化方法來修正模式的背景場，提供正確對流胞的初始位置、強度和風場結構等。透過優化數值模型的分析場，能夠有效提升短期強降雨的預報品質。

本研究中採用的資料同化方法為 WRF 3DVar，結合災防科技中心已作業化的雷達資料處理流程，設計了每半小時快速更新 1 次的雷達資料同化策略。本策略的步驟是同化 3 筆間隔半小時的雷達徑向風與回波觀測資料，隨後進行 4 小時的預報。透過對 2021 年 8 月的降雨個案進行測試，發現雷達資料同化能夠改善雨量預報的低估情況，減小雨量預報的均方根誤差，顯示出在極短期降雨預報中同化雷達觀測資料的優勢。

雷達資料同化的模式預報資料，即時展示在災防科技中心「天氣與氣候監測網(WATCH)」的「雷達資料同化回波／雨量預報」頁面。此外，我們利用模式調整外延法(ExAMP)整合雷達回波外延與模式預報的結果，開發「落雨小幫手 App」相關產品，提供即時降雨預報。

關鍵字：雷達回波、徑向風、資料同化

1. 前言

近年來，臺灣地區極端降雨事件的頻率呈上升趨勢，同時短延時降雨的強度也明顯增強。就以 2023 年 5 月 19 日凌晨的事件為例，受鋒面的影響，對流發展非常活躍，在新竹和桃園地區短短 6 小時內降下了驚人的雨量，累積雨量分別達到 328 毫米和 220 毫米，而最大 1 小時雨量在新竹市出現了 106 毫米。這種短延時強降雨導致多處地下道和路面的積淹水災情，交通受到暫時的阻塞，顯示出短延時強降雨的高致災性。

極短時間內迅速發展的對流系統是導致這種劇烈降雨事件的主要原因，雨量往往來得又快又急，常常帶來嚴重的影響。為了降低強降雨對民眾人身安危和財產的衝擊，如何提供快速且即時的預警資訊，是災防單

位的重要課題。

在極短期降雨預報中，氣象雷達扮演相當重要的角色。它能即時監測對流系統的位置和發展狀況，提供關鍵的觀測資訊。此外，大量高時空解析度的雷達觀測資料也能透過資料同化系統與數值天氣預報模式結合。資料同化系統利用雷達觀測資料，修正數值預報模式背景場中對流系統的初始位置、強度和風場結構。這樣可以提供更準確的中尺度對流系統構造，進一步優化數值模型的分析場。這種修正過程有助於提升短延時強降雨的預報品質。Gao 等人(2004)、Sun(2005)、Xiao 等人(2005, 2007)、Tsai 等人(2014)和 Wu 等人(2020)等研究也證實了這種資料同化方法的有效性。這些研究結果強調了雷達觀測資料在極短期降雨預報中的重要性，以及資料同

化對於提升短延時強降雨預報品質的貢獻。

國家災害防救科技中心(以下簡稱災防科技中心)自 2019 年起自動化地整合全臺共 11 座雷達資料,以每 10 分鐘的頻率更新全臺高時空解析度的三維雷達資料。資料同化技術則是使用美國國家大氣研究中心(National Center for Atmospheric Research; NCAR)發展的三維變分方法(Three-dimensional variational data assimilation, 3DVar; Barker et al. 2004),因具有計算快速且分析結果穩定的優點,適合應用於高頻率更新雷達觀測的自動化作業中。

本研究以災防科技中心整合的三維空間雷達觀測徑向風與回波資料,透過 WRF 3DVar 同化方法建構一套快速更新的雷達資料同化系統。自動化產製的模式預報資料,除了即時展示在災防科技中心天氣與氣候監測網(Weather Analysis and Taiwan Climate Hybrid monitor system, WATCH)的「雷達資料同化回波/雨量預報」頁面,也已進一步應用到「天氣與氣候監測網即時降雨預警技術」網頁與「落雨小幫手 App」等相關產品(Lin et al. 2020; 林等 2021)。

本文內容羅列如下,第二部分為雷達觀測資料的處理流程與資料同化方法簡介,第三部分則是雷達資料同化策略與自動化架構說明,第四部分以2021年8月6日的西南氣流與熱帶低壓外圍環流導致的劇烈降雨個案,測試雷達資料同化對降雨預報的效益,並簡介雷達資料同化成員即時預報展示頁面與應用延伸產品「落雨小幫手」。

2. 資料與方法

2.1 臺灣氣象雷達觀測網與資料處理

臺灣地區氣象雷達站分布如圖 1 所示,包括氣象局的 4 座 S 波段(10 公分)雷達(五分山、七股、墾丁及花蓮)、民航局的 1 座 C 波段雷達、空軍的 3 座 C 波段(5 公分)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,其他都完成升級為雙偏極化雷達。除了原有的回波與風場結構觀測,透過雙偏極化參數能更瞭解空間中降水粒子的大小、類型等資訊,進一步提升降雨率估算的能力,提供防災氣象相關人員更多訊息。

雷達觀測資料應用至雷達資料同化系統之前,需要經過一連串的程序處理(如圖 2),包括單雷達資料轉檔處理、資料品質管理(quality control, QC)及轉換為 WRF 3DVar 所需要的資料格式。

不同的雷達站有不一樣的原始資料格式(RB5 與 LV2),災防科技中心即時接收到原始觀測資料後,首先以美國國家大氣研究中心開發的雷達資料處理軟體 LROSE (Lidar Radar Open Software Environment)做資料轉檔。再經由數項資料品質管理程序:非氣象資訊濾除、回波衰減修正(attenuation correction)、回波系統偏差(system bias)修正及徑向風去摺疊,才能得到高品質的單雷達資料(紀 2008; 廖等 2022)。

品質控管後的單雷達資料再透過LROSE軟體,將原本在平面位置指示器(plan position indicator, PPI)的資料,內插至水平解析度 0.005° 、垂直解析度500公尺(範圍從0.5到17公里共34層)的卡式座標上,也就是所謂的雷達等高平面位置指示器(constant altitude plan position indicator, CAPPI)資料。為避免同化過於密集的雷達資料,挑選出CAPPI資料中最接近模式格點的觀測徑向風與回波,並對各類雷達做三維空間資料的整併,調整為雷達資料同化所需的ob.radar格式。搭配雷達資料同化策略(於第三章詳述),自動產製每30分鐘1筆的即時ob.radar資料。

2.2 WRF 3DVar 雷達資料同化方法

數值天氣預報模式資料同化系統中,觀測與數值模式預報的差異稱之為觀測增量,根據觀測誤差與模式背景誤差統計特性,最

小化價值函數(cost function)以調整模式，使分析場適當地靠近觀測場。

透過同化雷達徑向風，使分析場含有雷達觀測到的垂直速度(w)增量資訊，在對流尺度天氣系統中來說相當重要，能使極短期預報有正面影響。Xiao et al.(2005)基於 Richardson 方程式(Richardson 1922；White 2000)，將風場和熱力場之間動態平衡關係導入 WRF 3DVar 中，建置徑向風的觀測算符。

同化雷達回波方面，Wang et al.(2013) 在 WRF 3DVar 系統中，以雨水(rainwater, q_r)與水氣(water vapor, q_v)建置新的觀測算符，發展出間接同化觀測回波的方法。在同化前先將觀測回波以 Z - q_r 關係式(Sun and Crook 1997)： $Z = c_1 + c_2 \log_{10}(\rho q_r)$ 反演出 q_r (雨水混合比，單位 g/kg)。其中， Z 為反射率(reflectivity, dBZ)； c_1 與 c_2 是常數分別為 43.1 與 17.5； ρ 是空氣密度(kg/m^3)，由模式背景場提供。並且在觀測回波大於 30dBZ 處，將模式背景場的氣壓與溫度估算的飽和水氣，視為觀測水氣，透過觀測水氣的同化，提供有利於對流發展的環境。

在資料同化系統中，同化後的分析場品質與控制變數的選擇有很大的關係。在傳統綜觀天氣尺度的資料同化系統中，會使用描述熱力風關係之流函數(ψ)和勢函數(χ)作為控制變數。但在對流尺度的天氣系統中，同化雷達觀測資料時，直接使用 U 、 V 水平風場做為控制變數的背景誤差協方差矩陣 CV7 (control variable option 7, CV7)，可以避免在變數轉換時，小尺度資訊被忽略的問題(Sun et al. 2016)。

3. 雷達資料同化架構及作業化流程

3.1 WRF 模式設定

本研究在 WRF (Weather Research and Forecasting Model) V3.8.1 版本的架構下，設計適用於對流尺度模擬之雙層巢狀網格(圖 3)，其內、外層水平解析度分別為 3 公里與

15 公里，內層模擬範圍能涵蓋全臺雷達網的觀測；垂直層數共 45 層，模式頂層為 30hPa，選擇 NCEP GFS 0.5° 的全球模式資料，作為模擬的初始場及邊界場。

WRF 模擬使用的大氣物理參數包括 Morrison 雲微物理參數法(Morrison et al. 2009)、Kain-Fritsch 積雲參數法(最外層；Kain 2004)、Yonsei University (YSU)邊界層參數法(Hong et al. 2006)、Goddard 短波輻射參數法(Chou and Suarez 1994)及 RRTM 長波輻射參數法(Mlawer et al. 1997)等。資料同化系統使用 WRF 3DVar V3.4 版，以間接同化回波方法，同化回波反演出來的觀測雨水含量與估算的觀測水氣含量。

三維格點資訊、初始與邊界條件、同化資料種類與各物理參數設定列於表 1。其中，經個案測試後，雲微物理參數法選用含冰象粒子的全雙矩量的 Morrison 方法，原因在於相較於其他全單矩量(Goddard)或是部分雙矩量(Thompson)的微物理參數法，Morrison 方法在模擬降雨的過程中，能減少小雨滴的數量，相較之下使大雨滴的數量變多，進一步提高空中雨滴掉落到地面的機會，能改善其他雲微物理方法在弱降雨區分布過少，與垂直結構不連續的問題。

3.2 雷達資料同化策略

對流尺度的天氣系統往往發展快速，為使模擬結果能即時掌握最新天氣狀況，搭配雷達觀測的更新頻率，災防中心氣象組設計一套快速更新的雷達資料同化策略(圖 4)，能每半小時得到未來 4 小時的預報結果。

雷達資料同化流程如下，每 6 小時先使用 NCEP GFS 全球資料進行冷啟動(cold start)程序，並同化全球通信系統(Global Telecommunications System, GTS)、全球定位系統(Global Positioning System, GPS)及福爾摩沙衛星七號(FORMOSAT-7/COSMIC-2)的即時掩星(radio occultation, RO)觀測資料，再

分別以其第 5 至 10 小時的模擬預報結果，做為快速更新雷達資料同化(update cycle)的初始場及邊界場。於初始時間的前 1 小時，進行 3 次間隔 30 分鐘的雷達資料同化，更新模式初始場。接著模式向後積分，在 30 分鐘的電腦計算時間內，得到未來 4 小時的預報。以自動化作業的方面來看，此同化策略仍能保有對未來 3.5 小時的數值模擬預報結果，可提供對流系統提早預警研判所需的資訊。

4. 降兩個案測試及即時展示系統

4.1 2021 年 8 月 6 日短延時降兩個案

2021 年 8 月 6、7 日受西南氣流與盧碧颱風外圍環流影響，導致臺灣中部以北與西南部地區有劇烈降雨發生，使中部以南低窪地區出現多處淹水災點。本研究挑選此段期間中，滿足連續 3 筆觀測、且有顯著強回波(大於 30 dBZ)區域，共計 11 個初始時間的模擬，進行雷達資料同化模擬測試。實驗共有兩組，分別為無雷達資料同化(以下稱無同化)與依照上述同化策略進行的雷達資料同化實驗。

圖 5 為初始時間 2021 年 8 月 7 日凌晨 6 時的觀測、同化前及同化後的合成回波平面圖。從觀測回波可以看到，全臺合成回波強度幾乎在 30 dBZ 以上，並且在屏東山區、臺中沿海地區及北部沿海一帶，都有觀測到較強對流系統(回波值 40 dBZ 以上)。而模式背景場在同化前，整體回波強度較觀測偏弱，但強對流回波強度過強，且有錯位現象。經過雷達資料同化後，雖然既有錯位的強對流無法顯著修正，但全臺回波整體強度增加，且在分析場能看見在臺中沿海與北部沿海一帶的強對流。比較有/無同化雷達資料的初始場，在經過模式模擬積分後，3 小時累積雨量平面圖如圖 6 所示，雷達資料同化對於中部沿海一帶與高雄地區的降雨表現皆有幫助。

對此降雨事件全部 11 個初始時間，時雨量大於 10 mm/hr 的雨量站進行雨量校驗，第

1 到 4 小時預報與 3 小時累積雨量預報的均方根誤差與平均偏差結果如圖 7 所示。結果顯示，無同化實驗的均方根誤差在任何預報時都較大，且雨量皆存在低估的現象。而雷達資料同化對此低估問題有顯著的改善，顯見同化雷達資料，對於極短期雨量預報有正面效益。

4.2 即時展示系統與落雨小幫手

災防科技中心已於 2019 年建置雷達資料同化系統，每 30 分鐘更新的即時天氣數值模式模擬結果，展示於 WATCH 網站的「雷達資料同化回波 / 雨量預報」頁面(https://watch.ncdr.nat.gov.tw/watch_radarda_fst)。藉以展示最新的預報，提供未來 2 小時內每半小時的合成回波與雨量預報平面圖(如圖 8)，當滑鼠放置於回波圖上，以左鍵點擊出現的放大鏡圖標，回波圖將被放大，更清楚的看到未來將會受到強回波影響的縣市區域，強調可能受到降雨影響的地區。透過上方時間的選擇，亦可查詢過去強降兩個案，在雷達資料同化下的模擬狀況。

相較於一般綜觀天氣尺度的模擬，更新初始場的頻率多為 6 小時 1 次；雷達資料同化策略以對流尺度天氣現象為目標，搭配高時空解析度的雷達觀測，以每 30 分鐘高頻更新預報結果，再加入雷達回波外延(radar echo extrapolation)結果，災防科技中心結合兩種極短期預報產品優勢，開發出模式調整外延法(extrapolation adjusted by model prediction, ExAMP)，能即時有效掌握回波的移動與消長(Lin et al. 2020)。此項成果已落實於「落雨小幫手 App」，在個人行動裝置上安裝後，能主動提供所在地未來 2 小時可能下雨的示警推播訊息；也可以開啟鄉鎮區訂閱推播功能，得到所在地以外的示警資訊。另外，針對尚未安裝落雨小幫手 App 的民眾，災防科技中心在 2023 年 6 月於「國家災害防救科技中心 LINE 官方帳號」內，推出新分頁「落雨小幫

手」，點擊後並開啟服務，不需下載安裝，即可直接連至落雨小幫手網頁版，就能看到同一方法做出來的最新預報回波動畫與即時定位推播訊息。兩種展示介面如圖 9。

5. 結論

防災科技中心自 2019 年開始整合全臺灣共 11 座氣象雷達的資料，並透過自動化的資料品質控管流程，將這些大數據資料轉換為符合 WRF 3DVar 系統要求的格式，以雷達徑向風和回波資料強化模式初始資料的正確性。在資料同化過程中，雷達觀測提供了垂直速度資訊，以及透過回波反演的雨水混合比與以回波強度估算水氣資訊，更新模式的背景場，以修正模式對中尺度系統的初始狀態。透過這種方式，雷達觀測資料同化能夠提供寶貴的雨水、水氣和垂直運動資訊，有助於改進數值模式的預報精度。同化過程確保了模式與觀測的一致性，並將觀測資料的細節納入模式分析中，使得模式的預報結果更貼近實際情況。

我們開發了一套快速更新的雷達資料同化策略，搭配高時空解析度的雷達觀測資料。在這套策略中，每半小時同化 3 筆間隔 30 分鐘的雷達資料，然後進行未來 4 小時的模式預報。我們選擇了 2021 年 8 月的降雨事件作為測試實驗，共計 11 個初始時間。實驗結果顯示，同化雷達資料能夠調整模式背景場的整體回波強度，並修正模式對於極短期(4 小時)降雨預報的低估問題。同化過程有效地減少了均方根誤差，對雨量預報產生了正面的效益。

雷達資料同化結果即時展示於 WATCH 網站的「雷達資料同化回波／雨量預報」頁面，每半小時更新回波與雨量預報結果。模擬數據資料與雷達回波外延法結合，經由模式調整外延法(ExAMP)，開發「落雨小幫手 App」及「國家災害防救科技中心 LINE 官方帳號」的「落雨小幫手」網頁，讓使用者能更

方便的得到即時未來兩小時內的降雨預警資訊。

6. 參考文獻

- Barker, D. M., W. Huang, Y.-R. Guo, A. J. Bourgeois, and Q.-N. Xiao, 2004, A three-dimensional variational data assimilation system for MM5: implementation and initial results. *Mon. Weather Rev.*, 132, 897–914.
- Chou, M.-D., and M. J. Suarez, 1994, An efficient thermal infrared radiation parameterization for use in general circulation models. *NASA Technical Memorandum*, 104606, Vol. 3.
- Gao, J., and D. J. Stensrud, 2012, Assimilation of reflectivity data in a convective-scale, cycled 3DVAR framework with hydrometeor classification. *J. Atmos. Sci.*, 69, 1054–1065.
- Hong, S.-Y., Y. Noh, and J. Dudhia, 2006, A new vertical diffusion package with an explicit treatment of entrainment processes. *Mon. Weather Rev.*, 134, 2318–2341.
- Kain, J. S., 2004, The Kain-Fritsch convective parameterization: an update. *J. Appl. Meteorol. Climatol.*, 43, 170–181.
- Lin, H.-H., Tsai, C.-C., Liou, J.-C., Chen, Y.-C., Lin, C.-Y., Lin, L.-Y. and Chung, K.-S., 2020, Multi-weather evaluation of nowcasting methods including a new empirical blending scheme. *Atmosphere*, 11, 1166.
- Mlawer, E. J., S. J. Taubman, P. D. Brown, M. J. Iacono, and S. A. Clough, 1997, Radiative transfer for inhomogeneous atmospheres: RRTM, a validated correlated-k model for the longwave. *J. Geophys. Res.*, 102, 16663–16682.

- Morrison H., G. Thompson, and V. Tatarskii, 2009, Impact of cloud microphysics on the development of trailing stratiform precipitation in a simulated squall line: comparison of one- and two-moment schemes. Mon. Weather Rev., 137, 991–1007.
- Richardson, L F., 1922, Weather Prediction by Numerical Process. Cambridge University Press, 236.
- Sun, J., 2005, Initialization and numerical forecasting of a supercell storm observed during STEPS. Mon. Weather Rev., 133, 793–813.
- Sun, J., and N A. Crook., 1997, Dynamical and microphysical retrieval from Doppler radar observations using a cloud model and its adjoint. Part I: model development and simulated data experiments. J. Atmos. Sci., 54, 1642–1661.
- Sun, J., Wang, H., Tong, W., Zhang, Y., Lin, C.-Y., and Xu, D., 2016, Comparison of the impacts of momentum control variables on high-resolution variational data assimilation and precipitation forecasting. Mon. Weather Rev., 144(1), 231–247.
- Tsai, C.-C., S.-C. Yang, and Y.-C. Liou, 2014, Improving quantitative precipitation nowcasting with a local ensemble transform Kalman filter radar data assimilation system: observing system simulation experiments. Tellus A, 66, 21804.
- Wang, H., J. Sun, S. Fan, and X.-Y. Huang, 2013, Indirect assimilation of radar reflectivity with WRF 3DVar and its impact on prediction of four summertime convective events. J. Appl. Meteorol. Climatol., 52, 889–902.
- White, A., 2000, A view of the equations of meteorological dynamics and various approximations. Met Office Forecasting Research Scientific Paper, 58, 88.
- Wu, P.-Y., S.-C. Yang, C.-C. Tsai, and H.-W. Cheng, 2020, Convective-scale sampling error and its impact on the ensemble radar data assimilation system: a case study of a heavy rainfall event on 16 June 2008 in Taiwan. Mon. Weather Rev., 148, 3631–3652.
- Xiao, Q., Y. H. Kuo, J. Sun, W. C. Lee, E. Lim, Y. R. Guo, and D. M. Barker, 2005, Assimilation of Doppler radar observations with a regional 3DVAR System: Impact of Doppler velocities on Forecasts of a Heavy Rainfall Case. J. Appl. Meteorol. Climatol., 44, 768–788.
- Qingnong Xiao, Ying-Hwa Kuo, Juanzhen Sun, Wen-Chau Lee, D. M. Barker, and E. Lim, 2007, An approach of radar reflectivity data assimilation and its assessment with the inland QPF of Typhoon Rusa (2002) at landfall. J. Appl. Meteorol. Climatol., 46, 14–22.
- Q., and J. Sun, 2007, Multiple-radar data assimilation and short-range quantitative precipitation forecasting of a squall line observed during IHOP_2002. Mon. Weather Rev., 135, 3381–3404.
- 林忠義、廖信豪、劉嘉騏、吳佳純、李宗融、林欣弘、于宜強，2019，氣象雷達於短延時強降雨之監測與預警技術開發。國家災害防救科技中心技術報告。
- 林忠義、蔡直謙、林欣弘、劉嘉騏、陳御群、于宜強，2021，即時降雨預警技術開發及展示系統說明。氣象預報與分析，249，

17-28。

紀博庭、陳台琦、呂崇華，2008，雙偏極化雷
達觀測參數反求雨滴粒徑分佈以及降水
估計。大氣科學，36(1)，21-41。

廖信豪、林欣弘、林忠義、劉嘉騏、于宜強，
2022，雷達大數據資料於全臺降雨熱區
監測技術研究。氣象預報與分析，252，
13-24。

7. 圖表附錄

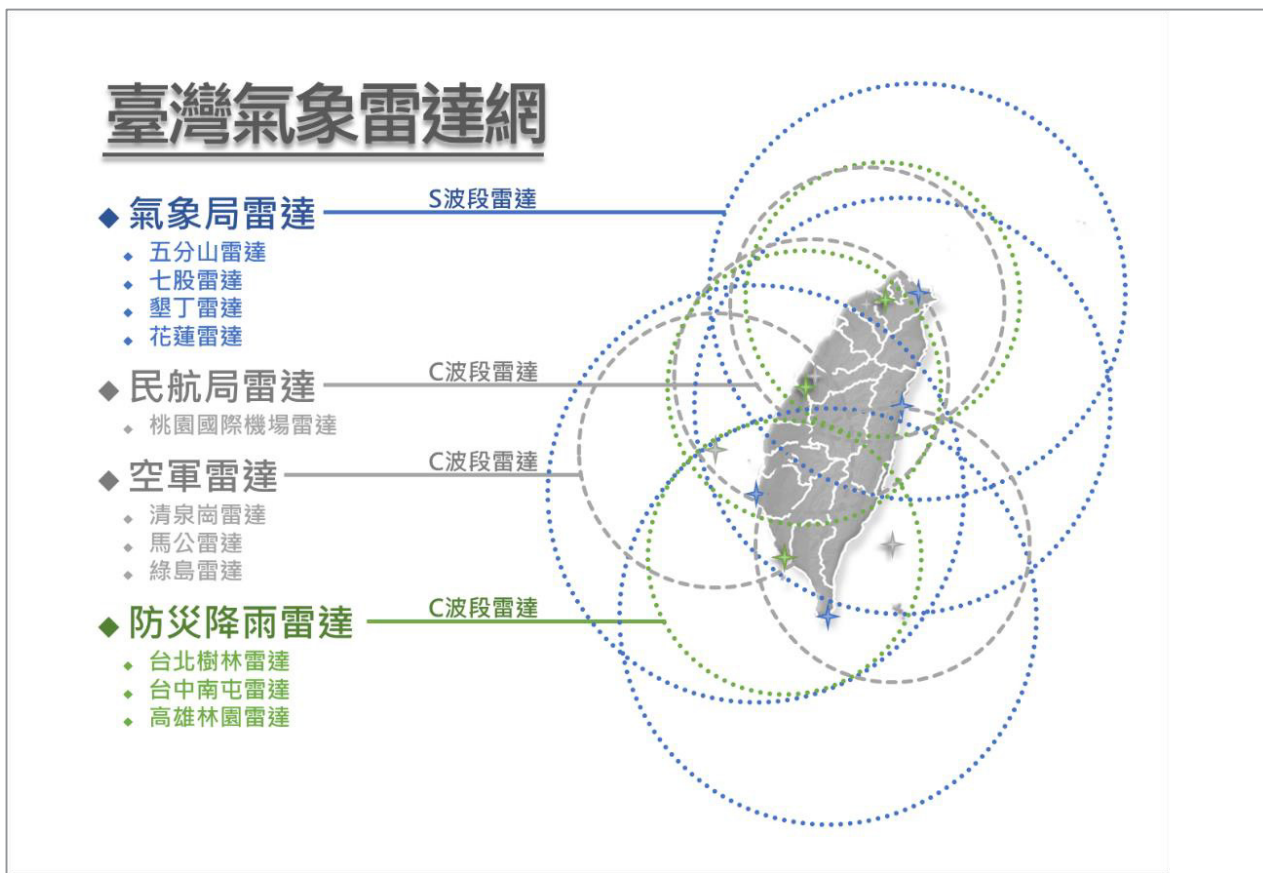


圖 1 臺灣環島氣象雷達網。

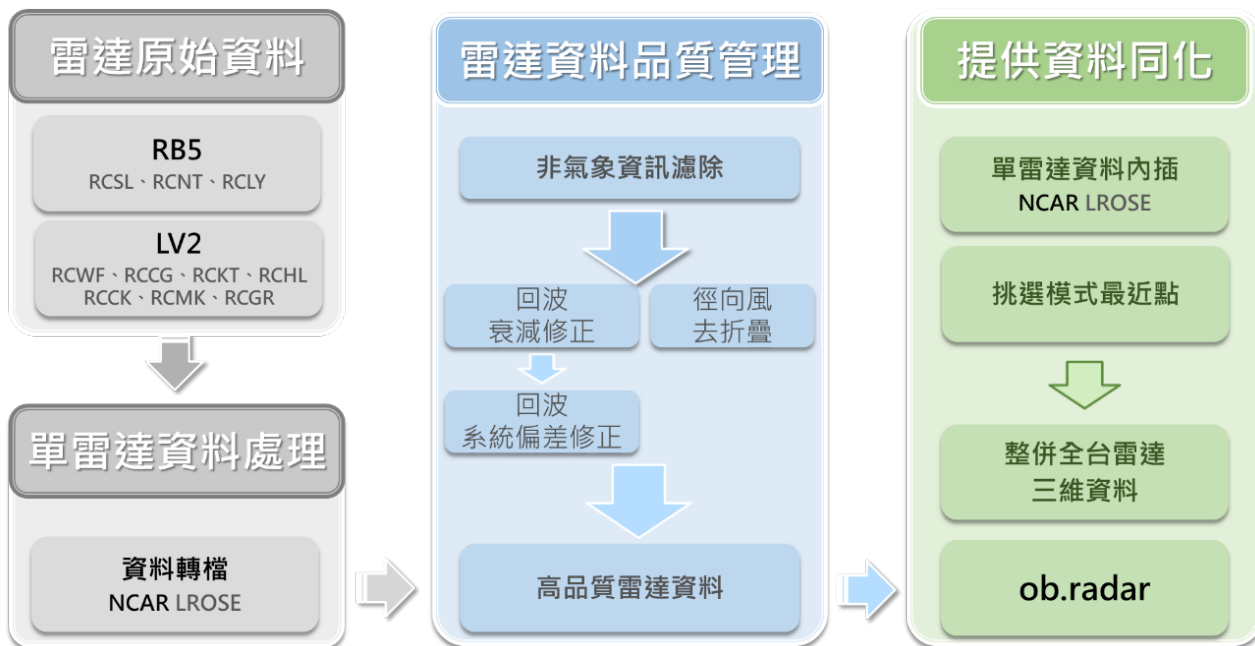


圖 2 雷達資料處理流程。

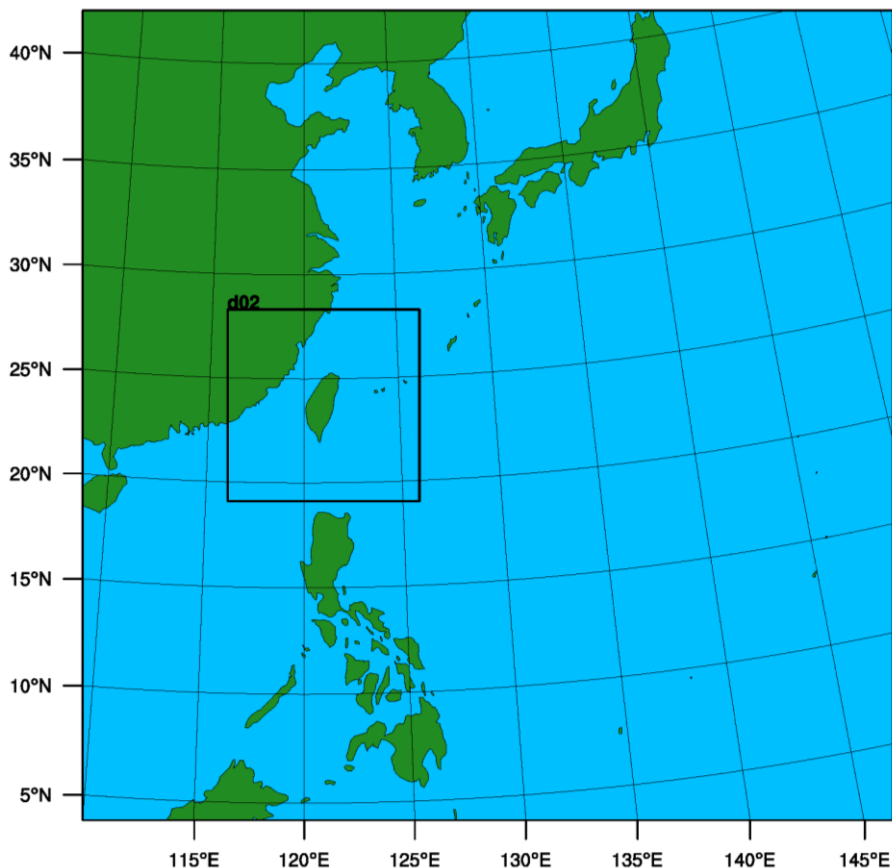


圖 3 雷達資料同化雙層網格模擬範圍。

表 1 雷達資料同化格點、同化資料種類及模式參數設定。

	D01	D02
水平解析度	15公里	3公里
格點	280*280	331*331
垂直層數	45層	
初始資料	NCEP GFS 0.5度	
同化資料(冷啟動)	GTS、GPS	
同化資料(快速更新)	-	回波、徑向風
雲微物理參數	Morrison 2-moment	
積雲參數	Kain-Fritsch	-
邊界層參數	YSU scheme	
長波輻射參數	RRTM	
短波輻射參數	Goddard	

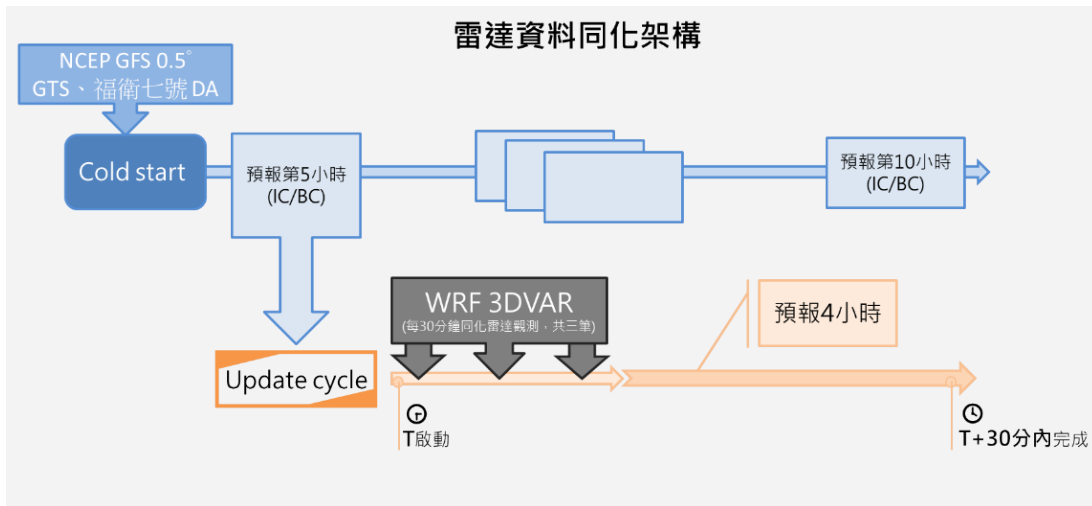


圖 4 快速更新雷達資料同化架構。

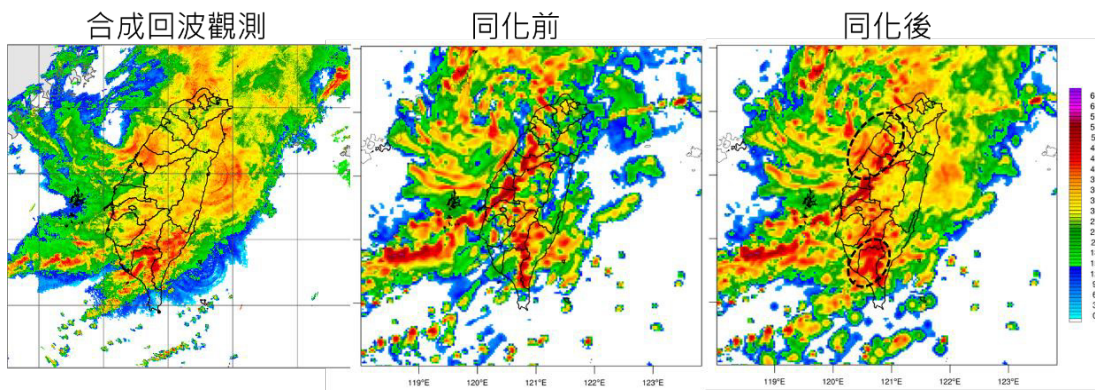


圖 5 初始時間 2021 年 8 月 7 日凌晨 0600 時的觀測、同化前及同化後的合成回波平面圖。

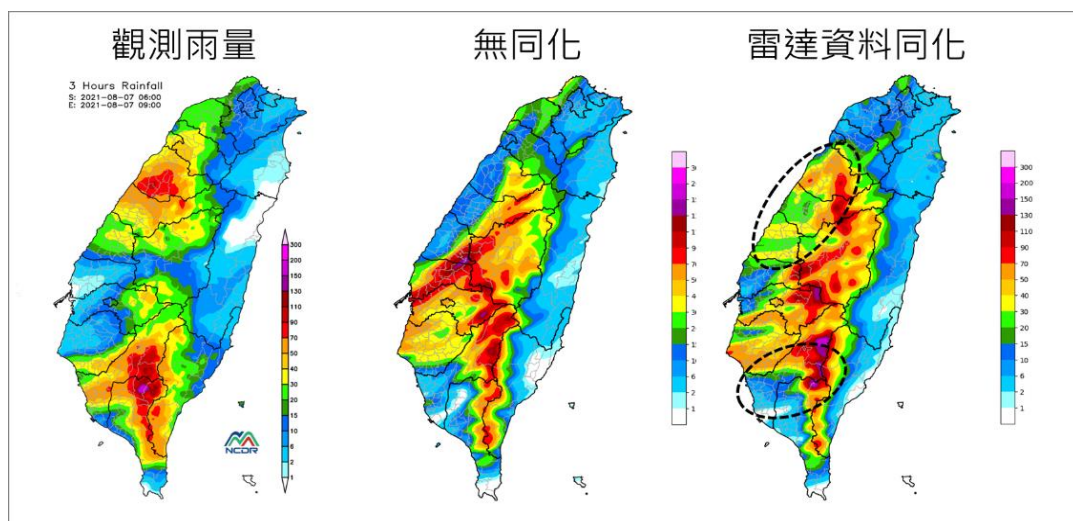


圖 6 2021 年 8 月 7 日凌晨 0600 時至 0900 時的觀測雨量、無同化、雷達資料同化模擬同一時間區間的 3 小時累積雨量。

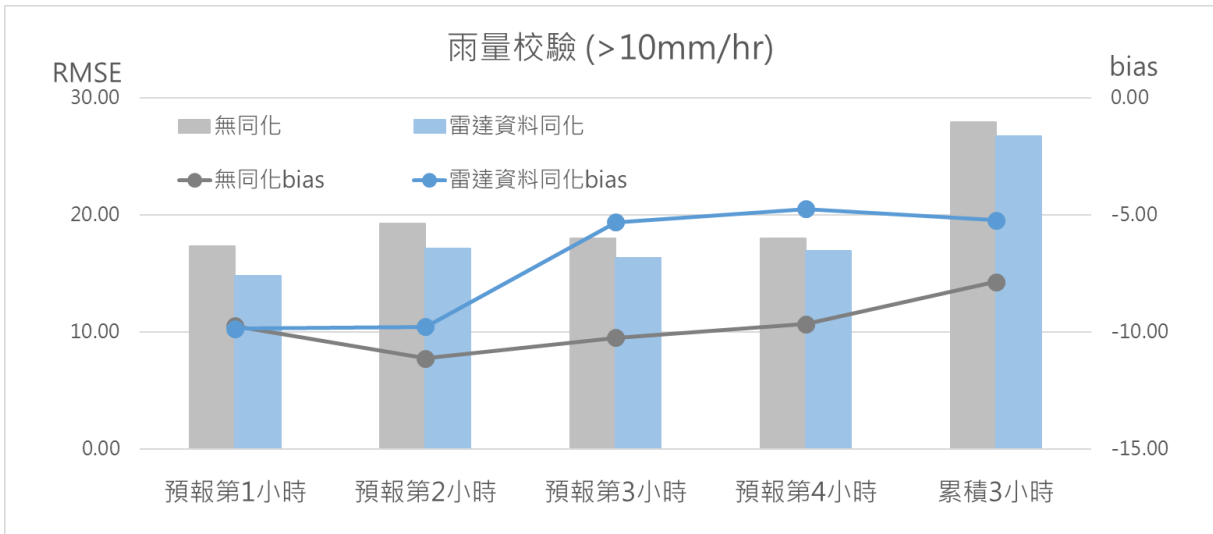


圖 7 2021 年 8 月降雨事件共 11 個初始時間的雨量校驗結果。

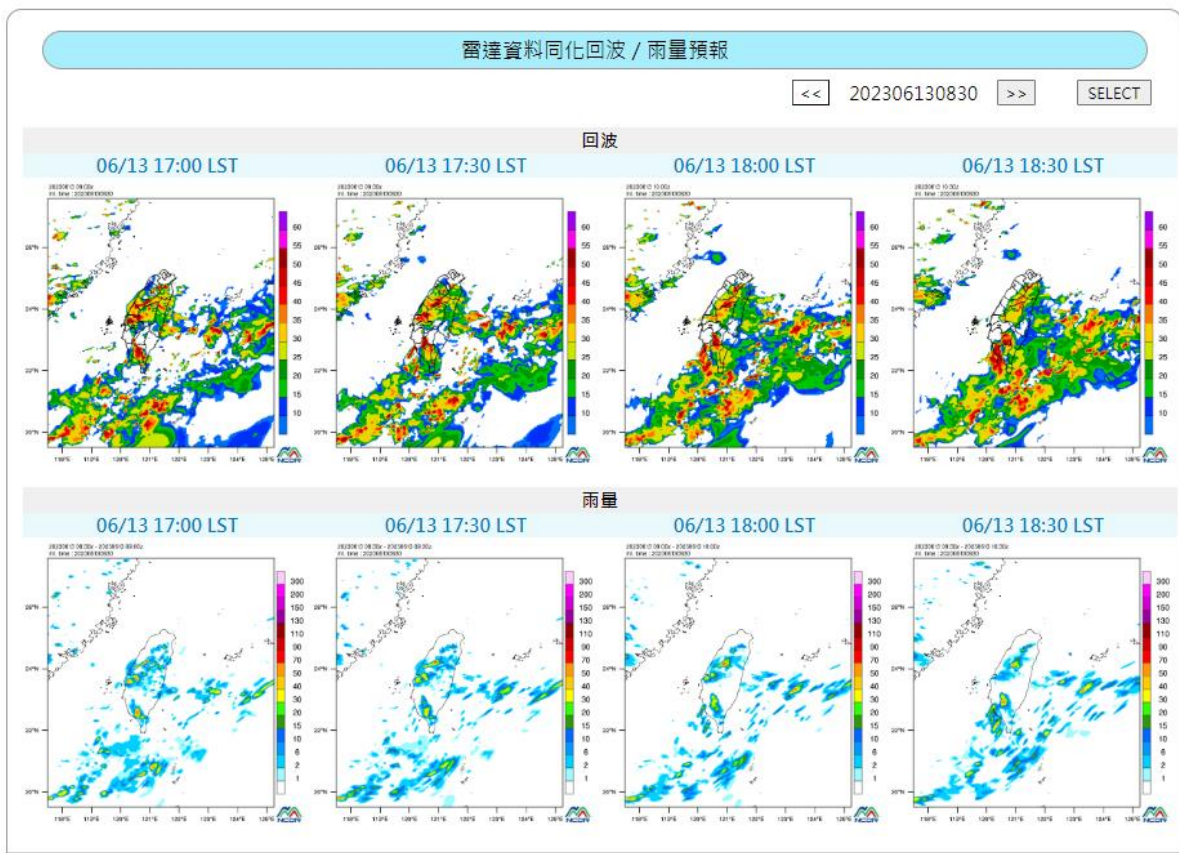
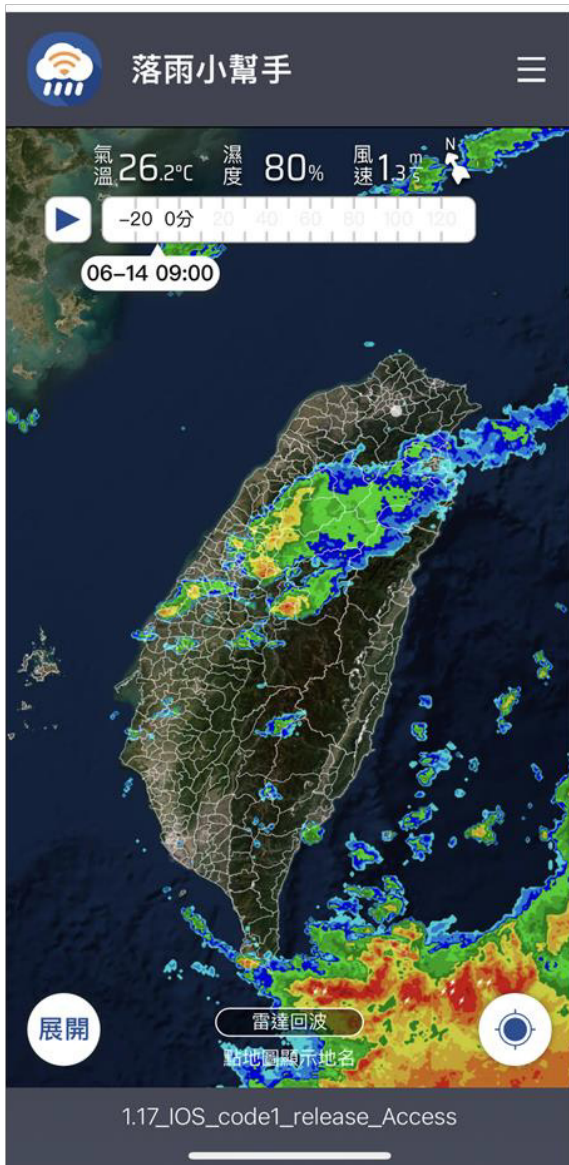


圖 8 WATCH 網站上的「雷達資料同化回波 / 雨量預報」頁面。

落雨小幫手APP



LINE官方帳號



圖 9 「落雨小幫手 APP」與「國家災害防救科技中心 LINE 官方帳號」中的「落雨小幫手」展示畫面。

Application of Radar Data Assimilation to Short-Term Rainfall Prediction

Jia-Chyi Liou, Chih-Chien Tsai, Hsin-Hao Liao, Hsin-Hung Lin, Yi-Chiang Yu

National Science and Technology Center for Disaster Reduction, Taiwan

Abstract

In short-term rainfall forecasting, meteorological radars play a very important role. Radar observations can be used to monitor the position and development of convective systems in real time. As for numerical weather prediction models, a large number of radar observations at high temporal and spatial resolution can be used to correct the initial position, intensity, and wind field structure of convective cells in the model background field through data assimilation methods, which can optimize the numerical model analysis field and thus improve the forecast quality of short-duration heavy rainfall. The data assimilation method used in this study is WRF 3DVar, incorporated into the operational radar data processing flow at the National Science and Technology Center for Disaster Reduction (NCDR). Four-hour rainfall forecasts are rapidly updated every 30 min by assimilating radar radial velocity and reflectivity for three 30-min 3DVar cycles prior to the initial time. Through the experiments for the rainfall case in August 2021, it was found that radar data assimilation can improve the underestimation of rainfall forecasts and reduce the root mean square error of rainfall forecasts. It is evident that assimilating radar observation data has advantages in short-term rainfall forecasting. The model forecast data automatically produced by radar data assimilation are displayed in real time on the “Radar Data Assimilation Echo/Rainfall Forecast” webpage of NCDR’s Weather Analysis and Taiwan Climate Hybrid monitor system (WATCH). Moreover, the data are further implemented in related products, such as the “Raining Bell App”, which blends radar data assimilation and radar echo extrapolation with ExAMP (extrapolation adjusted by model prediction), and the “Real-time Rainfall Warning Technology” webpage of WATCH.

Keywords: radar reflectivity, radial velocity, data assimilation

