

# 即時降雨預警技術開發及展示系統說明

林忠義 蔡直謙 林欣弘 劉嘉騏 陳御群 于宜強

國家災害防救科技中心

## 摘要

短延時強降雨事件的發展非常快速，要預報其變化需要的時空精準度比一般的每日天氣預報還要高，因此發展極短期雨量預警技術難度較高。若要提供準確有效的預警資訊，不僅輸入的觀測資料要能頻繁地更新，產出的預警訊息也要能快速即時的提供給使用者。因此，本研究結合雷達回波外延與雷達資料同化兩種技術，提出全新的模式調整外延法(Extrapolation Adjusted by Model Prediction, ExAMP)，此方法信任外延法所預測的回波形態，但允許強度被數值模式所預測的回波做有限的調整。為了系統性評估其即時預報能力，本研究針對2019年不同種類的強降雨事件，進行外延法、數值模式和三種調合方案的回波即時預報實驗。實驗結果顯示只有ExAMP法能同時掌握回波增強與減弱趨勢，方均根誤差也最低，為五種方法中的最佳。最後為了將此技術落實於防災氣象服務，開發了「即時降雨預警技術」網頁與「落雨小幫手App」兩項產品，以提供使用者最即時的降雨預警資訊。

**關鍵字：**極短期降雨預報、回波外延法、雷達資料同化、模式調整外延。

## 1. 前言

近年來臺灣地區的短延時強降雨事件發生頻率逐漸增加，短時間內劇烈降雨常造成都會區的積淹水、山區土石流等事件，影響民眾的生命財產安全。為了降低天然災害風險，透過各類氣象資訊，建立情資研判與早期預警系統為各界致力發展的重點，由於此類天氣的時間與空間尺度較小，在有限的觀測能量與計算資源條件下，要同時滿足高空間解析度的需求，還需要快速計算、頻繁更新等條件，為了發展此預警系統的核心技術，為災防相關單位的一大挑戰。

即時氣象觀測資料是預報的關鍵要素，除了傳統的地面與探空觀測以外，對於降水系統而言，都卜勒氣象雷達(Doppler

weather radars)能觀測到高時間及空間解析度完整的三維空間風場與水象(hydrometeor)資訊。因此，先進各國家紛紛建置都卜勒氣象雷達網以涵蓋劇烈天氣地區，甚至許多雷達皆升級為能提供更多雲微物理資訊的偏極化雷達(polarimetric radars; Cunha et al. 2013; Huuskonen et al. 2014)。本研究利用全臺灣10顆都卜勒氣象雷達資料，以及雷達回波外延(radar echo extrapolation)與雷達資料同化(radar data assimilation)兩項技術，開發新的調合方法(blending scheme)以結合兩技術優點，稱為模式調整外延法(Extrapolation Adjusted by Model Prediction, ExAMP)。本研究共列舉五種降雨系統預警方法，目的為定性與定量評估此五種方法對於各種降水系統的整體即時預報

能力，以及探討ExAMP方法的優點，以做為提供情資研判與預警系統的重要參考。

此研發成果已應用於國家災害防救科技中心(以下簡稱災防科技中心)「天氣與氣候監測網即時降雨預警技術」與「落雨小幫手 App」兩項產品，其應用方法詳述於本研究內容之中。

## 2. 研究方法

### 2.1 麥基爾雷達回波外延預報系統 (MAPLE)

MAPLE 為加拿大 McGill 大學所研發的雷達回波外延即時預報系統，其使用 VET 與半拉格朗日積分法的步驟如 Germann and Zawadzki (2002) 文中所述。VET 尋找使代價函數最小化的參考框移速，而 MAPLE 使用的代價函數可表示為：

$$J_{VET}(\mathbf{u}) = J_{\Psi} + J_2 \quad (1)$$

(1)式中， $\mathbf{u}$  為待求的參考框最佳移速向量； $J_{\Psi}$  為回波保守方程殘差值的平方和； $J_2$  為運動場空間二階導數的平方和，亦即平滑補償函數。 $J_{\Psi}$  與  $J_2$  可分別表示為：

$$J_{\Psi} = \iint_{\Omega} \beta(\mathbf{x}) [\Psi(t_0, \mathbf{x}) - \Psi(t_0 - \Delta t, \mathbf{x} - \mathbf{u}\Delta t)]^2 dx dy \quad (2)$$

$$J_2 = \gamma \iint_{\Omega} \left[ \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \right)^2 + \left( \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right)^2 + 2 \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} \right)^2 + \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} \right)^2 + \left( \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right)^2 + 2 \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} \right)^2 \right] dx dy \quad (3)$$

上式中， $\Psi$  為回波； $t_0$  與  $\Delta t$  分別為觀測時間與連續時間間隔； $x$  與  $y$  為位置向量  $\mathbf{x}$  的分量； $u$  與  $v$  為  $\mathbf{u}$  的分量； $\beta$  為雷達資料品質權重； $\gamma$  為平滑補償函數權重； $\Omega$  代表參考框範圍。此外，MAPLE 使用 Laroche and Zawadzki (1994) 的尺度猜測程序，逐次縮小參考框的尺度重複變分過程，以減少

代價函數只收斂至局部最小值的風險。外延積分則採用半拉格朗日後推平流法 (Robert 1981)，回溯回波移動的軌跡，位移向量  $\alpha$  可表示為：

$$\alpha = \Delta t \mathbf{u} \left( t_0, \mathbf{x} - \frac{\alpha}{2} \right) \quad (4)$$

此回溯過程可拆成許多小單位時步，使其軌跡為曲線，更能預測降水系統中與旋轉相關的運動特性。本研究中MAPLE的設定包括：使用連續三筆、間隔20分鐘的回波觀測資料；回波門檻值為5 dBZ；進行3×3網格點空間平滑；尺度猜測程序的次數為五次；最終向量密度為72×72；而 $\beta$ 與 $\gamma$ 參考 Chung and Yao (2020) 裡的經驗值，分別為0.5與1000。

### 2.2 天氣研究和預報模式(WRF)資料同化模式

天氣研究和預報模式 (Weather Research and Forecasting mode；WRF) 為美國國家大氣研究中心 (National Center for Atmospheric Research；NCAR) 所發展的數值模式，其組成包括先進研究 WRF (Advanced Research WRF；ARW) 與非靜力中尺度模式 (Nonhydrostatic Mesoscale Model；NMM) 兩套動力模組、WRF 前處理系統 (WRF Pre-processing System；WPS) 和 WRF 資料同化系統 (WRF Data Assimilation；WRFDA)。主要的預報狀態變數包括三維風場分量、位溫擾動、重力位擾動、乾空氣地面氣壓擾動以及水氣和各種水象的混合比。本研究使用 WRF-ARW 3.3.1 版，採用的物理參數法包括 Morrison 雲微物理參數化、快速輻射傳導模式 (Rapid Radiative Transfer Model；

RRTM; Mlawer et al. 1997)、長波輻射、Godard短波輻射(Chou and Suarez 1994)、第五代賓州大學與NCAR中尺度模式(Fifth Generation Penn State University and NCAR Mesoscale Model; MM5; Jiménez et al. 2012)、Noah地面模式(Chen and Dudhia 2001)、行星邊界層模式(Hong et al. 2006)和Kain-Fritsch積雲參數化(Kain 2004)。在資料同化方面,本研究使用WRFDA 3.4.1版的三維變分資料同化方法(three-dimensional variational; 3DVar; Sasaki 1958),控制變數選項採用CV7(control variable option 7; CV7; Sun et al. 2014a)背景誤差協方差矩陣。所同化的觀測包括全球通信系統(Global Telecommunications System; GTS)、全球定位系統(Global Positioning System; GPS)、掩星(Radio Occultation; RO)和都卜勒氣象雷達資料。

### 2.3 Lin CD與Sal CD方法

Hwang et al. (2015)利用常應用於影像變形技術的突顯交叉疊化方法(salient cross dissolve; Sal CD; Grundland et al. 2006),結合外延法與高解析度模式的預報回波,得到新的合成回波影像資訊。根據Hwang et al. (2015)的研究,兩個影像( $I_1$ 與 $I_2$ )的交叉疊化影像( $C$ )可表示為:

$$C(x, y) = wI_1(x, y) + (1 - w)I_2(x, y) \quad (5)$$

式中, $w$ 為介於0與1之間的權重。假設 $I_1$ 與 $I_2$ 分別代表MAPLE與WRF的預報回波,則 $w$ 應會隨著時間增加,從1遞減至0。在本研究中,線性交叉疊化方法(Linear cross dissolve; Lin CD; Grundland et al. 2006)方法的實驗權重 $w(t)$ 於預報前120分

鐘從1線性遞減至0,於120至150分鐘則維持0。然而,Sal CD方法多考慮 $I_1$ 與 $I_2$ 之間回波強度差異的突顯性,以保留高回波的特徵。因此,權重 $w_S(x, y, t)$ 為 $w(t)$ 與 $r(x, y)$ 的函數,如(6)式所示:

$$w_S = \frac{1}{2} \left[ \frac{wr}{wr + (1-w)(1-r)} + \frac{\sqrt{w^2 + r^2}}{\sqrt{w^2 + r^2 + \sqrt{(1-w)^2 + (1-r)^2}}} \right] \quad (6)$$

式中, $r(x, y)$ 為正規化回波強度( $N$ )差異的累積分布函數( $\Phi$ ),如下(7)式所示:

$$r(x, y) = \Phi[N_1(x, y) - N_2(x, y)] \quad (7)$$

### 2.4 ExAMP調合方法

本研究研發的ExAMP調合方法,主要理念在於完全信任MAPLE外延法所預測的回波型態,但允許其強度被WRF數值模式所預測的回波做有限的調整。此概念源自數值模式在起轉(spin-up)期間所預測的新對流胞生成位置經常錯誤,而外延法在對流胞的生成位置較為可信,然而外延法的缺點在於無法反映對流胞的消長,在經過雷達資料同化調整後,對於既有對流胞的強度變化有較高的可預報度。在本研究中,ExAMP方法所預測的回波( $\Psi_E$ )可表示為:

$$\Psi_E = \begin{cases} \Psi_{MAPLE} + (\Psi_{WRF} - \Psi_{MAPLE})(1 - w) & , \\ 0 \text{ dBZ} & \text{if } \Psi_{MAPLE} > 0 \text{ dBZ} \\ & \text{if } \Psi_{MAPLE} \leq 0 \text{ dBZ,} \end{cases} \quad (8)$$

式中,WRF相對於MAPLE的回波增量 $\Psi_{WRF} - \Psi_{MAPLE}$ 設有上、下限,分別為 $0.5\Psi_{MAPLE}$ 與 $-0.3\Psi_{MAPLE}$ 。超過上、下限的增量皆會被以上、下限計算,以緩和WRF模式模擬出對流胞過度成長或消散時的不利影響。這裡的0.5與-0.3為經驗係數,前者量值較大,是考量預警系統對於快速增強的系統較為重視的因素。要強調的是,此

方法擬在外延法失效前，獲得比外延法更準確的預報，但仍然有其限制。假設數值模式在起轉期間所預測的新對流胞生成位置是正確的(儘管機率較小)，則ExAMP方法將不至漏失預報資訊。

### 3. 實驗設計

#### 3.1 花蓮機場測站9月份資料統計

臺灣地區的汛期為5月至11月，主要有幾種天氣系統帶來較大的雨量，其中帶來長延時強降雨與大規模災害的為梅雨鋒面(發生於5月至6月中)與颱風(多發生於7月至9月)，另外尺度較小的局部雷陣雨與低壓外圍對流系統也會造成短延時強降雨。本研究採用2019年中觀測到三小時100毫米以上的事件，總計10個強降雨事件、43個時段。將這些事件分成四個主要種類，包括局部雷雨、梅雨鋒面、低壓外圍對流系統和颱風，時段數與事件日期如表1所示。

所有43個時段皆利用MAPLE、WRF、Lin CD、Sal CD和ExAMP進行五組150分鐘的回波預報實驗。MAPLE所使用的合成回波來自中央氣象局的QPESUMS系統(Quantitative Precipitation Estimation and Segregation Using Multiple Sensor ; QPESUMS ; Zhang et al. 2011)系統。WRF模式使用雙層互動巢狀網格，模擬範圍如圖1所示。第一層有280×280個水平網格點，解析度為15公里；第二層有331×331個水平網格點，解析度為3公里；垂直則有45層。模式初始與邊界條件來自美國國家環境預報中心(National Centers for Environmental Prediction ; NCEP)全球預報系統(Global Forecast System ; GFS)的0.5°預報，資料同化方法則使用WRFDA的三維變分法

(3DVar)，同化GTS資料、GPS 掩星觀測資料和全臺氣象雷達的徑向速度與雷達回波觀測資料。

#### 3.2 模擬結果

在整體預報表現方面，圖2首先比較五組即時預報於不同時間之回波的方均根誤差(root-mean-square error ; RMSE)，計算範圍為43個時段中觀測回波大於0 dBZ的網格點。結果顯示所有時間的RMSE皆以ExAMP預報為最低，MAPLE預報次之。預報時間愈長，可預報度愈低，RMSE結果隨著預報時間增加而增加。Lin CD預報的RMSE於60與90分鐘比Sal CD預報低，但於120與150分鐘則比Sal CD預報高，呼應Hwang et al. (2015)中Sal CD之表現於前置時間2至5小時勝過Lin CD的結果。

除了整體表現外，本研究還比較幾個回波門檻值的預兆得分(threat score ; TS)與偏倚得分(bias score ; BS)，此兩得分數值代表針對該門檻值的即時預報技術。圖3與圖4分別比較五組即時預報於不同預報時間、不同回波門檻值(10 dBZ、20 dBZ和30 dBZ)的TS與BS。由圖中可看出MAPLE與ExAMP預報的TS值於所有預報時間、所有門檻值皆相當接近，不像RMSE有高低之分，意謂兩種方法針對回波是否超過某些門檻值的預測能力相同。而WRF、Lin CD和Sal CD預報的TS值則較低，符合預期。MAPLE與ExAMP於預報門檻值為10與20 dBZ的BS趨近最理想的1，但ExAMP於預報門檻值30 dBZ的BS小於1，意謂ExAMP預報比MAPLE預報有更多高回波門檻值的漏報網格點。儘管如此，從ExAMP預報的RMSE最低的結果顯示，ExAMP在命中與

誤報的網格點中最不易產生嚴重高估的問題。相反地，幾乎所有WRF、Lin CD和Sal CD預報的BS皆遠大於1，代表這幾個方法會嚴重高估預報回波，尤其在預報時間較長時。

#### 4. 展示系統介紹

##### 4.1 即時預警技術展示網頁

災防科技中心利用上述ExAMP方法的優勢於本中心天氣與氣候監測網系統上(Weather Analysis and Taiwan Climate Hybrid Monitor; WATCH)，開發以「即時降雨預警技術」為核心技術的專頁產品([https://watch.ncdr.nat.gov.tw/watch\\_now-cast](https://watch.ncdr.nat.gov.tw/watch_now-cast))。除了落實此自主開發先進技術的應用外，更能提供使用者最新最即時的降雨預警資訊。圖5為此專頁頁面，每10分鐘更新一次內容，頁面中展示過去30分鐘之觀測與未來90分鐘之ExAMP預報的全臺合成回波。右上角顯示目前個案之「預報初始時間」。左上角之「播放」與「停止」按鈕能控制回波動態，也能直接點擊時間軸至特定時間。回波圖預設為全臺畫面，點擊圖中任何一點，能放大回波圖且以該點為中心。頁面右側的「+」與「-」按鈕也可用於放大與縮小。

##### 4.2 落雨小幫手App

為了協助民眾提前準備類似午後雷雨之短延時強降雨災害性天氣，且進一步提供使用者隨身即時的服務，例如在出門前、下班前或戶外旅遊時，獲得最新的即時降雨預警資訊，災防科技中心將上述「即時降雨預警技術」的網頁展示，特別針對行動裝置開發方便的「落雨小幫手App」。落雨小

幫手App提供的資訊主要有兩大項，一項是示警訊息的提供，以自動快速研判技術，加上手機等行動裝置的LBS地理定位方式或是訂閱鄉鎮區域功能，從大數據資料中即時搜尋該範圍內的預報資訊，快速研判分析未來1小時下大雨的可能性，即時提供使用者當地示警訊息。另一項是三維研判分析，設計時間與空間的三維動態視覺化展示方式，將高空中的雷達回波、地面降雨以時間變化等不同維度的資料整合在一起呈現。圖6為此App實際展示畫面，呈現過去20分鐘之觀測回波與未來60分鐘之全臺ExAMP法預報回波。同樣能透過時間軸控制回波動態，也能直接點擊特定時間。由於此App使用GPS定位技術，點擊右下角的按鈕能以使用者位置為中心放大回波圖，頁面上方也額外提供當地氣溫、濕度、風速與風向等資訊。點擊左下角的「展開」按鈕，能轉換為回波圖與雨量圖上下並列。再點擊「雨量」按鈕，能轉換為全臺雨量圖。另外，此App也提供即時閃電觀測資訊讓使用者可以掌握最新的閃電動態。在App預警介面的選項上，也提供以鄉鎮區為單位的訂閱功能，如圖7所示，依據使用者訂閱通知的區域，提供該區域即時的短延時強降雨的預警資訊。

於2020年8月開發完成此App後，災防科技中心將此成果推廣於各界使用，包括2020年9月24-26日於臺北世貿一館的「未來科技館」展覽，以及2020年10月13日於災防科技中心的「善用創新科技強化情資整合」記者會，落雨小幫手App更於臺灣創新技術博覽會「未來科技館」榮獲最佳人氣獎。截至2021年8月31日為止，Android系統

已有25,116人次下載，iOS系統已有42,784人次下載，雙系統總共累積67,900下載次數。單日的行動定位服務(location-based service; LBS)請求數最高達16.3萬，使用者廣布臺灣本島與各離島。

## 5. 總結

本研究研發模式調整外延(ExAMP)調合方法，結合MAPLE外延法與WRF模式的優點，此方法信任MAPLE法所預測的回波變化，但允許強度被WRF模式預測的回波做有限度調整。其原因是WRF在模式起轉期間所預報的對流胞生成位置誤差較大，因此較相信外延法預報的回波位置，然而經過雷達資料同化調整後，對於對流胞的強度消長變化有較高的可預報度。

本研究針對2019年10個強降雨事件、43個預報時段，進行MAPLE外延法、WRF模式、Lin CD、Sal CD和ExAMP調合法等五種方法的回波即時預報實驗，研究個案包含局部雷雨、梅雨鋒面、低壓外圍對流系統和颱風四種事件。結果顯示，只有ExAMP方法可成功同時掌握回波增強與減弱趨勢，為五種方法中的最佳。在所有事件的統計表現方面，ExAMP法預報的RMSE最低，MAPLE外延法預報次之，而WRF、Lin CD和Sal CD方法皆有嚴重高估的問題。

災防科技中心以上述研究成果為核心開發WATCH「即時降雨預警技術」網頁與「落雨小幫手App」兩項產品，以提供一般使用者最即時的降雨預警資訊。經過臺灣創新技術博覽會「未來科技館」展覽與「善用創新科技強化情資整合」記者會的積極推廣，落雨小幫手App於Android與iOS兩大

作業系統累積超過6萬人次下載，單日的LBS請求數最高達16.3萬，使用者廣布全臺。

## 6. 參考文獻

- Chen, F., and J. Dudhia, 2001: Coupling an advanced land surface-hydrology model with the Penn State-NCAR MM5 modeling system. Part I: Model implementation and sensitivity. *Mon. Wea. Rev.*, 129, 569–585. DOI:10.1175/1520-
- Chou, M.-D., and M. J. Suarez, 1994: An Efficient Thermal Infrared Radiation Parameterization for Use in General Circulation Models. NASA, Tech. Memo, Washington, DC, USA, p. 85.
- Chung, K.-S., and I.-A. Yao, 2020: Improving radar echo Lagrangian extrapolation nowcasting by blending numerical model wind information: Statistical performance of 16 typhoon cases. *Mon. Wea. Rev.*, 148, 1099–1120. DOI: 10.1175/MWR-D-19-0193.1
- Cunha, L. K., J. A. Smith, M. L. Baeck, and W. F. Krajewski, 2013: An early performance evaluation of the NEXRAD dual-polarization radar rainfall estimates for urban flood applications. *Wea. Forecasting*, 28, 1478–1497. DOI: 10.1175/WAF-D-13-00046.1
- Germann, U., and I. Zawadzki, 2002: Scale-dependence of the predictability of precipitation from continental radar images. Part I: Description of the methodology.

- Mon. Wea. Rev., 130, 2859–2873. DOI: 10.1175/1520-0493(2002)130<2859:SDOTPO>2.0.CO;2
- Grundland, M., R. Vohra, G. P. Williams, and N. A. Dodgson, 2006: Cross dissolve without cross fade: Preserving contrast, color and salience in image compositing. *Comput. Graphics Forum*, 25, 577–586. DOI: 10.1111/j.1467-8659.2006.00977.x
- Hong, S.-Y., Y. Noh, and J. Dudhia, 2006: A new vertical diffusion package with an explicit treatment of entrainment processes. *Mon. Wea. Rev.*, 134, 2318–2341. DOI: 10.1175/MWR3199.1
- Huuskonen, A., E. Saltikoff, and I. Holleman, 2014: The operational weather radar network in Europe. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 95, 897–907. DOI: 10.1175/BAMS-D-12-00216.1
- Hwang, Y., A. J. Clark, V. Lakshmanan, and S. E. Koch, 2015: Improved nowcasts by blending extrapolation and model forecasts. *Wea. Forecasting*, 30, 1201–1217. DOI: 10.1175/WAF-D-15-0057.1
- Jiménez, P. A., J. Dudhia, J. F. González-Rouco, J. Navarro, J. P. Montávez, and E. García-Bustamante, 2012: A revised scheme for the WRF surface layer formulation. *Mon. Wea. Rev.*, 140, 898–918. DOI: 10.1175/MWR-D-11-00056.1
- Kain, J. S., 2004: The Kain-Fritsch convective parameterization: An update. *J. Appl. Meteor.*, 43, 170–181. DOI: 10.1175/1520-0450(2004)043<0170:TKCPAU>2.0.CO;2
- Laroche, S., and I. Zawadzki, 1994: A variational analysis method for retrieval of three-dimensional wind field from single-Doppler radar data. *J. Atmos. Sci.*, 51, 2664–2682. DOI: 10.1175/1520-0469(1994)051<2664:AVAMFR>2.0.CO;2
- Mlawer, E. J., S. J. Taubman, P. D. Brown, M. J. Iacono, and S. A. Clough, 1997: Radiative transfer for inhomogeneous atmosphere: RRTM, a validated correlated-k model for the longwave. *J. Geophys. Res.*, 102, 16663–16682. DOI: 10.1029/97JD00237
- Sasaki, Y., 1958: An objective analysis based on the variational method. *J. Meteor. Soc. Japan*, 36, 77–88.
- Sun, J., H. Wang, W. Tong, Y. Zhang, C.-Y. Lin, and D. Xu, 2014a: Comparison of the impacts of momentum control variables on high-resolution variational data assimilation and precipitation forecasting. *Mon. Wea. Rev.* 2014, 144, 149–169. DOI: 10.1175/MWR-D-14-00205.1
- Zhang, J., K. Howard, C. Langston, S. Vasiloff, B. Kaney, A. Arthur, S. Van Cooten, K. Kelleher, D. Kitzmiller, and F. Ding, 2011: National Mosaic and Multi-Sensor QPE (NMQ) system: Description, results, and future plans. *B. Am. Meteor. Soc.*, 92,

1321-1338. DOI: 10.1175/2011BAMS-D-11-00047.1

### 7. 圖表彙整

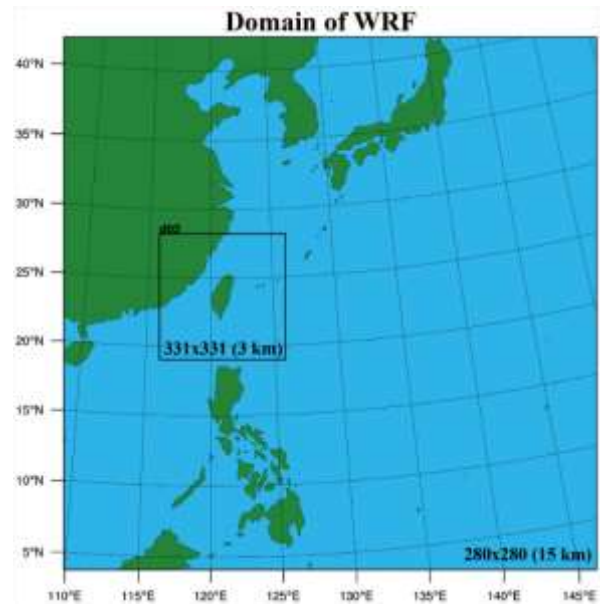


圖 1 WRF 模式所使用的雙層互動巢狀網格模擬範圍。第一層有 280×280 個水平網格點，解析度為 15 公里。第二層有 331×331 個水平網格點，解析度為 3 公里。

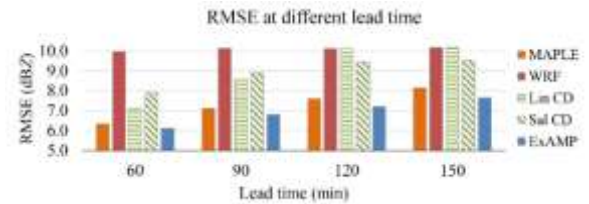


圖 2 MAPLE、WRF、Lin CD、Sal CD和 ExAMP於預報時間60、90、120和150分鐘之回波的RMSE，計算範圍為43個時段中觀測回波大於0 dBZ的網格點。



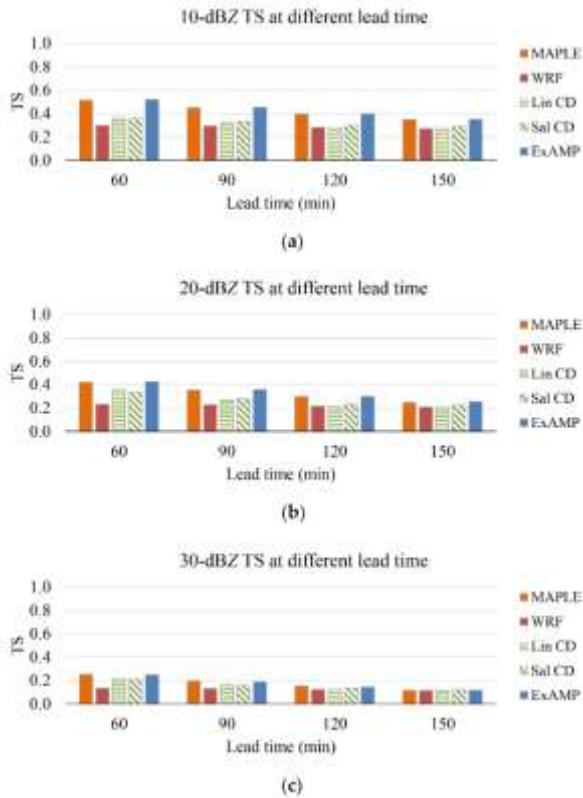


圖 3 MAPLE、WRF、Lin CD、Sal CD和 ExAMP於預報時間60、90、120和150分鐘、門檻值(a) 10 dBZ、(b) 20 dBZ和 (c) 30 dBZ的TS值，計算範圍為43個時段中觀測回波大於0 dBZ的網格點。

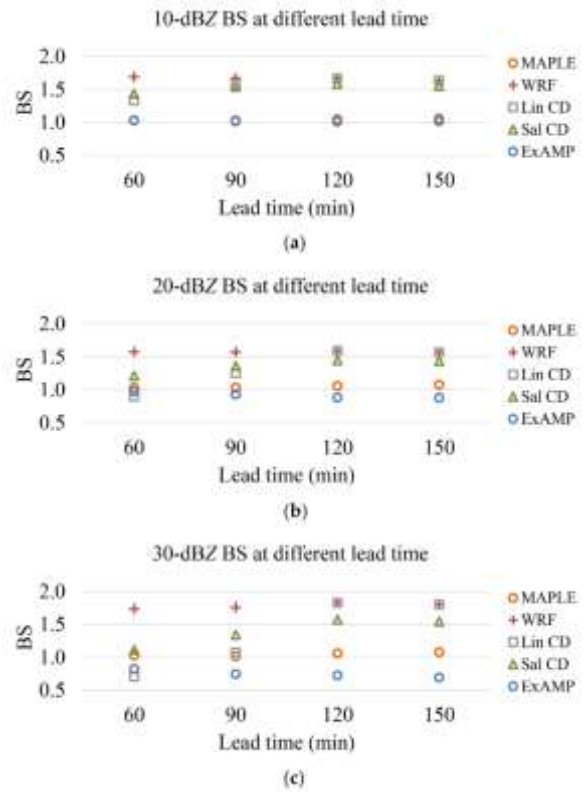


圖 4 MAPLE、WRF、Lin CD、Sal CD和 ExAMP於預報時間60、90、120和150分鐘、門檻值(a) 10 dBZ、(b) 20 dBZ和 (c) 30 dBZ的BS值，計算範圍為43個時段中觀測回波大於0 dBZ的網格點。



圖5 WATCH系統上之「即時降雨預警技術」頁面。



圖6 「落雨小幫手App」行動裝置頁面。



圖7 「落雨小幫手App」設定訂閱通知區域頁面。

表1 2019年豪雨事件個案分類表。

事件分類	時段數	事件日期
局部雷雨(LT)	11	5/24 (1)、8/1 (5)、8/2 (5)
梅雨鋒面(MF)	4	5/28 (3)、5/29 (1)
低壓外圍(PL)	19	6/11 (3)、6/12 (1)、7/2 (10)、8/6 (5)
颱風(TY)	9	8/24 (9)
總計	43 個時段	10 個事件

# Development of Real-time Rainfall Early Warning Technique and Display System Introduction

Chung-Yi Lin Chin-Chien Tsai Hsin-Hung Lin

Jia-Chyi Liou Yu-Chun Chen Yi-Chiang Yu

National Science and Technology Center for Disaster Reduction, Taiwan

## Abstract

Short duration strong rainfall event change very quickly. It is more difficult to develop a very short-term precipitation prediction technique than daily weather forecast. In order to provide precise warning information, not only need highly updated observation data but also has to deliver that information to the user immediately. Therefore, this study incorporates the techniques of radar echo extrapolation and radar data assimilation by proposing a new blending scheme called extrapolation adjusted by model prediction (ExAMP). This scheme has trust in the pattern of reflectivity predicted by extrapolation but allows the intensity to be adjusted by model prediction to a limited extent. For a systematic evaluation of its nowcasting skill, reflectivity nowcasting experiments for various heavy rainfall events in 2019 are carried out by comparing the methods of extrapolation, numerical model, and three blending schemes. The results show that only the ExAMP nowcasts can predict both the strengthening and weakening trends of reflectivity with the lowest root-mean-square errors, the best among the five methods. At last, we develop “Real-time Rainfall Early Warning Technique” webpage and “Raining Bell App” to provide the newest and latest real-time early rainfall warning information to the end users.

**Keywords:** very short-term precipitation prediction, radar echo extrapolation, radar data assimilation, extrapolation adjusted by model prediction