

系集2.0實驗平台在災害預警之應用

黃麗蓉 王潔如 林冠伶 陳奕如 朱容練 林欣弘 于宜強
國家災害防救科技中心

摘要

國家災害防救科技中心(以下簡稱本中心)自 2019 年起承接系集雨量預報系統後,經過兩年的持續作業,妥善率高達 90%以上,已是一個穩定的預警系統。而黃等(2021)分析 2019 年極端降雨事件(國家災害防救科技中心,2020)系集模擬的校驗結果顯示,本中心系集模式雖對極端降雨訊號的掌握能力良好,但離散度不足。因此本年度透過增加不同的初始條件、資料同化方式、物理參數化組合,同時使用福衛七號掩星資料與 MPAS 全球模式的預報條件,重新建構了 19 組成員的新版系集預報系統。此外,結合本中心建置的校驗系統,建立「系集 2.0 實驗平台」。「系集 2.0 實驗平台」利用校驗系統針對強降雨事件,進行系集預報系統的校驗評估,找出表現較佳的成員模式設定,其次,啟動參數化敏感度測試模擬實驗,期望找出該事件最佳的模式參數設定,並將結果累積於強降雨模擬知識庫,進一步可重新調整系集成員的模式設定,持續優化系集預報系統。透過此架構所建立的系集 2.0 實驗平台,可利用對現有產品的評估,研擬改善策略並啟動敏感度實驗,進一步藉由知識的累積優化系集預報系統,以逐步強化防災預警資訊。

關鍵字：系集實驗平台、災害預警、颱風、梅雨

一、前言

防災單位研判災害情境推估的主要情資來源之一,即是數值天氣預報所提供的定量降雨預報。然而天氣系統的混沌特性,使得單一模式的預報結果,無法完全掌握實際的天氣狀況。由於電腦計算能力不斷提升,自 1990 年代以來,系集預報技術被廣泛使用於世界各地的預報中心以進行數值天氣預報(Zhu, 2005)。氣象單位透過積極發展系集預報技術,以求涵蓋所有可能的狀況,降低天氣預報之不確定性,而防災單位亦能利用多組定量降雨預報,推估不同降雨情境可能造成的災害風險。

國家災害防救科技中心(以下簡稱本中心)自 2019 年起承接系集雨量預報系統後,經過兩年的持續作業,妥善率高達 90%以上,已是一個穩定的預警系統。然而針對防災預警之需求,此系統仍有精進與調整的空間,以因應未來災害應變情資預警之需求。

二、系集系統改版與校驗系統建置

黃等(2021)分析 2019 年極端降雨事件(國家災害防救科技中心,2020)系集模擬的校驗結果顯示,本中心系集模式對極端降雨訊號的掌握能力良好,尤其是

颱風事件,在豪雨的門檻值下(200mm/day),各成員在預報 0-24 小時的預兆得分(Threat Score, TS)皆大於 0.3。然而,在進行系集降雨權重調整分析研究時,發現各成員間之降雨分布差異不大,使得經權重調整後的降雨大多數情況下與系集平均幾乎相同(圖 1)。進一步比較系集成員的離散度與系集平均的均方根誤差(RMSE),結果顯示,系集降雨預報的離散度不足,顯見本中心的系集預報系統仍有精進的空間。

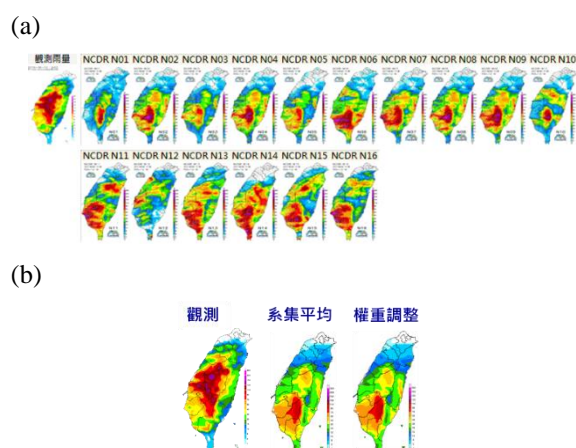


圖 1 2019 年 6 月 12 日 06Z(a)系集模式模擬之 12 小時累積雨量,(b)觀測、系集平均及經權重調整之 12 小時累積雨量。

分析本中心系集預報系統的模式設定顯示,各成

員間的參數化組合過於集中與單一，因此本年度針對颱風、梅雨等強降雨事件進行文獻回顧，利用不同的初始條件、資料同化技術與物理參數化組合，重新建構了 19 組系集成員的新版系集預報系統(表 1)。

表 1 新版系集成員預報系統模式設定。

初始資料	資料同化	邊界層參數化	雲微物理參數化	積雲參數化
GFS	NODA	YSU	WSM5	KF
MPAS	cold start	YSU	Goddard	KF
			WSM5	KF
			Ferrier	KF
		MYJ	Goddard	KF
			WSM5	KF
			Ferrier	KF
GFS	Partial cycle	YSU	Goddard	KF
			WSM5	KF
			Ferrier	KF
		MYJ	Goddard	KF
			WSM5	KF
			Ferrier	KF
GFS	cold start	YSU	Goddard	KF
			WSM5	KF
			Ferrier	KF
		MYJ	Goddard	KF
			WSM5	KF
			Ferrier	KF

除了系集系統的精進與調整，本中心亦建置系集雨量校驗系統，期望透過系統性的校驗與分析，評估系集系統的效能，提高產品使用信心，更進一步透過校驗結果進行模式與產品的優化。本中心建置的系集雨量預報校驗分析系統包含了：相關性分析、列聯表技術得分分析、鄰近技術得分分析及多重分類法分析。每日定時針對系集預報系統各成員的定量降雨預報進行校驗分析，並將結果展示於「天氣與氣候監測網」，提供使用者與產品開發者參考使用。

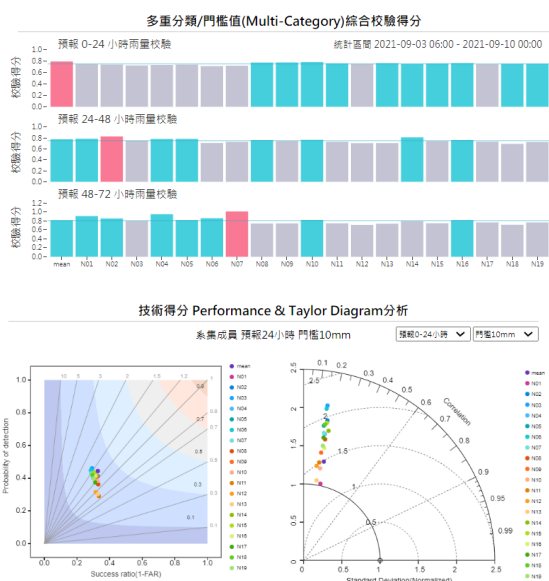


圖 2 天氣與氣候監測網之系集雨量校驗系統展示圖。

三、系集 2.0 實驗平台

本中心在有限的計算資源下，重新建構了 19 組成員的新版系集預報系統，進一步結合校驗系統，建置「系集 2.0 實驗平台」(圖 3)；「系集 2.0 實驗平台」利用校驗系統針對強降雨事件，進行系集預報系統的校驗評估，找出表現較佳的成員模式設定，其次，啟動參數化敏感度測試模擬實驗，期望找出該事件最佳的模式參數設定，並將結果累積於強降雨模擬知識庫，進一步可重新調整系集成員的模式設定，持續優化系集預報系統。

「系集 2.0 實驗平台」包含了五個元素：1. 模擬策略的制定、2. 校驗系統的評估機制、3. 穩定的敏感度實驗平台、4. 強降雨模擬知識的累積與 5. 可持續優化的系集預報系統；透過此架構所建立的系集 2.0 實驗平台，可利用對現有產品的評估，研擬改善策略並啟動敏感度實驗，進一步藉由知識的累積優化系集預報系統，以逐步強化防災預警資訊。



圖 3 系集 2.0 實驗平台架構圖。

四、2021 年五月梅雨鋒面個案實驗

2021 年五月底，第一道梅雨鋒面影響台灣，短時間的集中降雨在彰化、雲林、嘉義及台南部分地區造成了淹水的情況，系集 2.0 實驗平台即以此個案進行敏感度實驗。

圖 4 為 5 月 30 及 31 日的全台累積降雨分布圖，圖中顯示，5 月 30 日的主要降雨出現在中南部的沿海地區，亦為淹水災情出現的地區。而分析 5 月 30 日淹水災情出現的時間，可大致分為上午及下午至傍晚兩個時間點，上午的災情主要出現在彰化地區，而下午至傍晚的災情則集中在雲林、嘉義及台南地區，圖 5 的雨量時序圖亦顯示在彰化及嘉義地區分別在此兩個時段出現較大的時雨量。

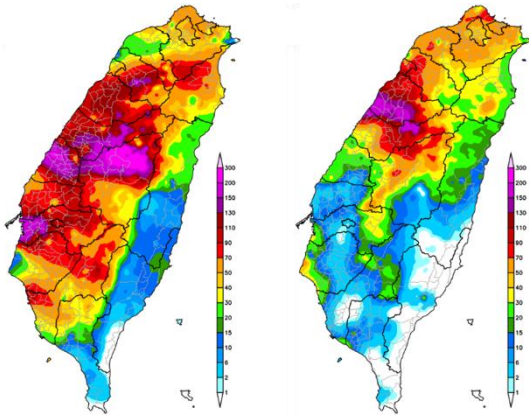


圖 4 2021 年 5 月 30 日(左)及 31 日(右)全台累積降雨分布圖。(資料來源：中央氣象局)

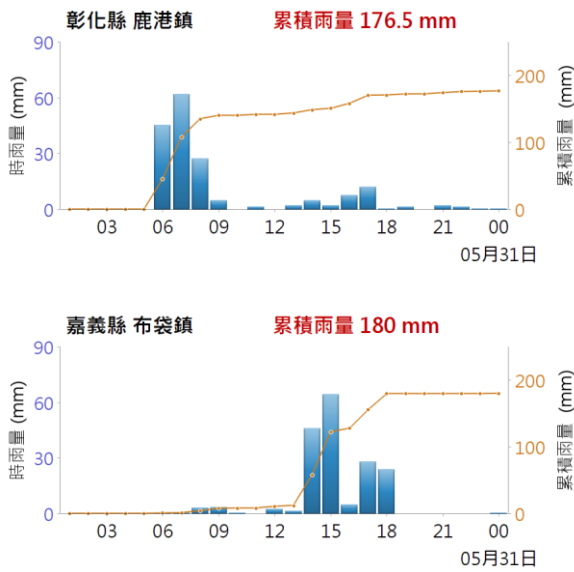
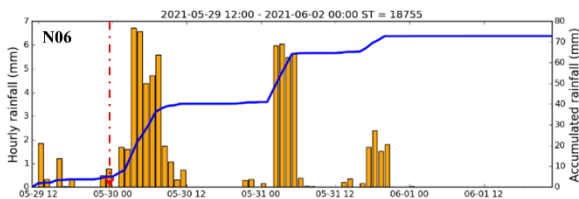


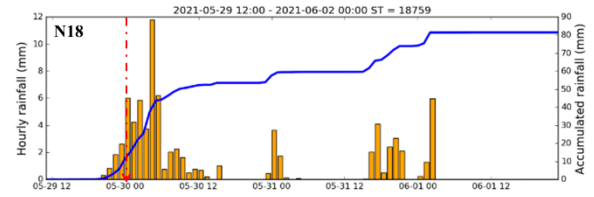
圖 5 2021 年 5 月 30 日彰化縣鹿港鎮及嘉義縣布袋鎮之雨量時序圖。(資料來源：中央氣象局)

分析系集系統所有成員在災點的時雨量預報結果顯示，以最接近水災發生時間點的初始預報時間(2021052912z)的預報結果，較能掌握在中南部沿海地區的短延時強降雨。分析成員參數化組合，發現以邊界層參數化為 MYJ、雲微物理參數化為 WSM5 的 cold start 成員與 N01 成員(YSU+WSM5)之預報雨量時序列與實際觀測集淹水發生時間較為接近。(圖 6)

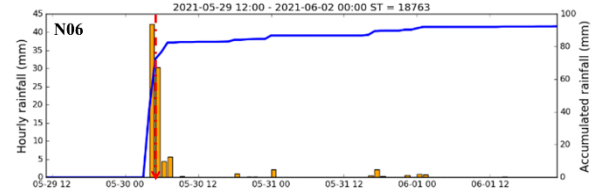
彰化縣鹿港鎮



彰化縣和美鎮



嘉義縣布袋鎮



台南市學甲區

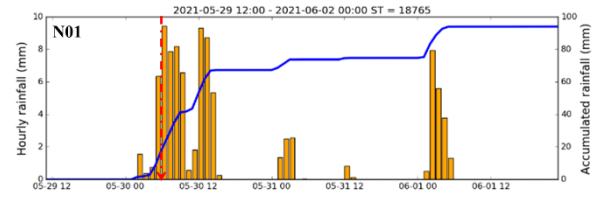


圖 6 系集成員在災點的預報雨量時序圖，紅色虛線箭頭代表水災發生時間。

進一步利用校驗系統中的相關係數、均方根誤差及列聯表技術得分，分析所有成員之 24 小時預報累積雨量在梅雨鋒面影響期間的表現，並將結果進行排名。分析結果亦顯示，以邊界層參數化為 MYJ、雲微物理參數化為 WSM5 的 cold start 成員與 N01 成員(YSU+WSM5)之預報表現較好，此結果與災點時雨量預報的分析結果一致。

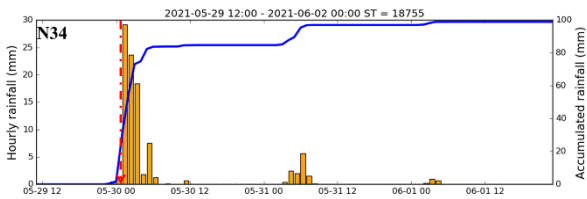
透過災點的時雨量序列與校驗得分的排名分析，確認將以表現較佳的成員設定進行不同的積雲參數化敏感度實驗，同時參考過去梅雨相關論文設計了如表 2 的實驗設定。依照此設定進行 2021052900z~2021053118z 共 12 個初始時間的敏感度實驗。分析災點預報雨量時序列結果顯示(圖 7)，以無資料同化(NODA)成員中，邊界層參數化為 YSU，積雲參數化為 Grell 的成員，其預報雨量時序列與水災發生時間點最為接近。而利用相關係數、均方根誤差及列聯表技術得分，分析實驗成員之 24 小時預報累積雨量的表現結果顯示，積雲參數化為 Grell 的成員，不論其為何種邊界層參數化，表現均較其他成員好。

綜合以上的分析結果，對此梅雨事件來說，以雲微物理參數化為 WSM5、積雲參數化為 Grell 的模擬結果，較能有效掌握災點降雨的情況。

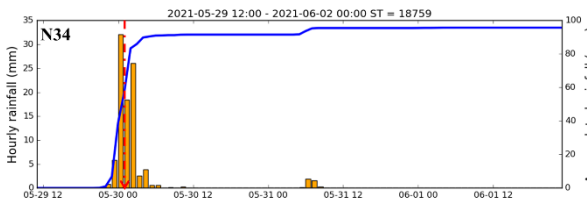
表 2 系集敏感度實驗設定。

資料同化	邊界層參數化	雲微物理參數化	積雲參數化
NODA	YSU	WSM5	BMJ
			Grell
cold start	MYJ		GD
			BMJ
			Grell
			GD

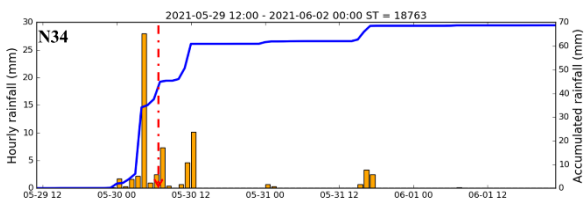
彰化縣鹿港鎮



彰化縣和美鎮



嘉義縣布袋鎮



台南市學甲區

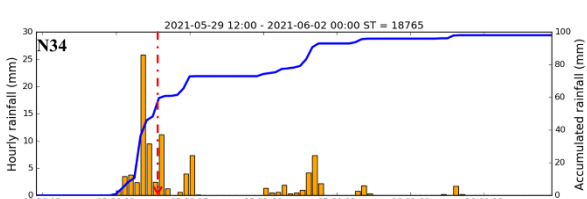


圖 7 系集敏感度實驗成員在災點的預報雨量時序圖，紅色虛線箭頭代表水災發生時間。

五、結語

本中心本年度透過不同的初始條件、資料同化技術與物理參數化組合，重新建構了 19 組成員的新版系集預報系統，同時結合校驗系統，建立「系集 2.0 實驗平台」。目前已針對 2021 年 5 月的梅雨鋒面進行完整的敏感度實驗，從水災發生地區的系集雨量預報評估出發，到各項校驗得分的排名計算，進一步確立敏感度實驗的成員設定。而實驗的評估結果，則回饋累積於強降雨模擬知識庫，做為後續精進系集預報系統的基礎。

未來仍將持續針對強降雨個案進行敏感度實驗，期望藉由系集 2.0 實驗平台的運作，能逐步強化系集模式所提供的防災預警資訊。

六、參考文獻

王潔如、黃麗蓉、林冠伶、江宙君、陳御群、朱容練與于宜強，2020：系集定量降雨於極端事件之應用與分析，109 年天氣分析與預報研討會。

黃紹欽、黃柏誠、王安翔、吳宜昭與于宜強，2020：2019 臺灣極端氣候與天氣事件回顧與分析。國家災害防救科技中心。

黃麗蓉、王潔如、林冠伶、朱容練、江宙君、林欣弘、于宜強，2021：“多重尺度災害性天氣預警技術開發”，國家災害防救科技中心。

Zhu, Y., 2005: "Ensemble forecast: A new approach to uncertainty and predictability.", *Adv. Atmos. Sci.*, 22, 781-788

Application of Experimental Platform for Ensemble Forecast 2.0 on Disaster Warning

Li-Rung Hwang Chieh-Ju Wang Kuan-Ling Lin Yi-Ru Chen Jung-Lien Chu Hsin-Hung Lin
Yi-Chiang Yu

National Science and Technology Center for Disaster Reduction

Abstract

The National Science and Technology Center for Disaster Reduction (NCDR) has operated the WRF ensemble quantitative precipitation forecast system since 2019. The availability exceeded 90% in the past two years, and it is qualified as a stable warning system. Hwang et al. (2021) analyzed the evaluation results of the ensemble simulation of extreme rainfall events in 2019 (NCDR, 2020). The evaluation results reveal that the forecast skill of NCDR WRF is quite well. However, the ensemble spread is small. This year, a new version of the 19-member ensemble forecast system has been reconstructed with different initial conditions, data assimilation methods, physical parameterization combinations, and the use of the FORMOSAT-7/COSMIC-2 RO data. In addition, the Ensemble 2.0 experimental platform was set up by leveraging the NCDR verification system. This platform identifies the better-performing members for heavy rainfall cases. The follow-up sensitivity tests based on these members' settings will be conducted to find optimal parameterizations and combinations. The updated simulation results will be incorporated into the heavy rainfall knowledge base, and the ensemble system can be further improved. The ensemble 2.0 experimental platform established through this framework can evaluate the existing products, develop improvement strategies, initiate sensitivity experiments, further optimize the ensemble forecast system through the knowledge accumulated, and strengthen the capability of disaster prevention and early warning gradually.

Keywords: Ensemble 2.0 Experimental Platform, Disaster Warning, Typhoon, Mei-Yu