

區域系集預報系統之校驗與評估

李志昕、洪景山

中央氣象局氣象資訊中心

摘要

系集預報的發展是爲了彌補單一模式預報的不足，藉由多個不同的系集成員預報，期望能包含模式預報的不確定性，並且將不確定性量化，以提供未來的預報機率。中央氣象局過去致力於區域系集預報之發展，建立了一套區域系集預報系統。此系統使用 WRF 三維變分資料同化技術製造初始場擾動，再搭配邊界擾動和物理參數法擾動，產生系集預報成員。

本研究使用中央氣象局之區域系集預報系統，進行莫拉克颱風和凡那比颱風期間之預報實驗，並針對預報路徑進行校驗與評估。根據預報結果指出，莫拉克颱風預報期間，在大多數的個案，其預報路徑皆有不錯之表現，而離散度之校驗結果也顯示，其離散度合適；在凡那比颱風預報期間，出現向南偏差的情形，造成路徑離散度不足。

爲了改善離散度不足的情況，在進行颱風渦旋植入(typhoon bogus)時，藉由調整 WRF 3DVAR 之變異量和尺度長度，產生颱風初始渦旋擾動。實驗結果指出，增加颱風初始渦旋擾動，除了能增加路徑之離散度，也降低了系集路徑誤差。未來將進行更多颱風個案之預報實驗，並且針對系集預報對定量降水預報之影響進行研究和分析。

方式。

一、前言

數值天氣預報系統中存在著非線性過程，任何微小的變化，皆有可能導致預報結果產生巨大的差異。然而，預報系統中存在著許多不確定性，包含初始資料的誤差或是模式物理參數化的不足，可能造成模式預報結果的不確定性。傳統的數值天氣預報爲單一模式預報，期望由最佳的單一初始資料，獲得最佳之模式預報結果。這種決定性的預報無法提供預

報過程中的不確定性，且無法掌握預報過程中的所有不確定性，因此期望單一模式掌握所有可能的天氣變化有其困難度。

系集預報的發展是爲了彌補單一模式預報的不足，藉由多個不同的系集成員預報，期望能包含模式預報的不確定性，並且將不確定性量化，以提供未來的預報機率。現今國際各主要的數值天氣預報中心，不論就全球模式或區域模式，莫不極力發展系集預報系統。而中央氣象局亦致力於區域系集預報之發展，李等

人(2011)針對模式物理參數法擾動，進行實驗和校驗分析。經過研究和發展，中央氣象局建立了一套以 WRF 區域模式為基礎之系集預報系統，此系統使用 WRF 三維變分資料同化技術製造初始場擾動，再搭配邊界擾動和物理參數法擾動，產生系集預報成員。

本研究將使用中央氣象局之區域系集預報系統，進行莫拉克和凡那比颱風期間之預報實驗，並針對預報路徑進行校驗與評估。

二、 區域系集預報系統介紹

中央氣象局之區域系集預報系統，是以 WRF 區域模式為基礎所建立之系集預報系統。使用之 WRF 版本為 WRF v3.1.1 版；WPS 版本為 WPS v3.2；WRF 三維變分資料同化系統則使用 WRFDA v3.2 版。使用三層巢狀網格，而模式範圍如圖 1 所示，水平解析度設定為 45/15/5 km，垂直解析度設定為 45 層，模式頂層為 30 hPa。

此系統每 12 小時會產生 20 個系集預報成員，而系集成員產生方式使用了初始擾動、邊界擾動和模式擾動。初始擾動為使用 NCEP GFS 資料，透過 WRF 三維變分法加入隨機亂數，產生 20 組擾動初始場；而邊界擾動則是由 NCEP 全球系集預報系統(NCEP GEFS)獲得擾動邊界條件；模式擾動是由不同之模式物理參數法之設定產生。

模式物理參數法之設定如表一所示，主要針對土壤模式、微物理參數化、邊界層參數化和積雲參數化進行不同參數法之組合。土壤模式包含兩個模式，分別為 Noah Land-Surface Model 和 Pleim-Xiu Land-Surface Model；微物理參數法採用三個參數法，為 WSM3、WSM5 和 Goddard Cumulus Ensemble Model；邊界層參數法使用兩個參數法，Yonsei University (YSU) PBL 和 Mellor-Yamada-Janjic (MYJ) PBL；積雲參數法採用 Betts-Miller-Janjic、Grell-3 和

Kain-Fritsch，共有 3 組積雲參數法。

進行颱風預報時，會針對颱風環流進行颱風渦旋初始化，包含了颱風渦旋植入(bogus scheme)和渦旋移置(relocation scheme)。

三、 颱風個案介紹

本次實驗針對莫拉克颱風和凡那比颱風進行預報實驗。

莫拉克颱風於 2009 年 8 月 7 日 15 UTC 登陸台灣，並在台灣南部降下超過 3000 公厘之雨量，造成重大災情。本次實驗將進行 2009 年 8 月 4 日 00 UTC 至 8 月 9 日 00 UTC 之預報實驗，每個個案進行 72 小時之預報。

凡那比颱風於 2010 年侵襲台灣，在 9 月 19 日 00 UTC 時登陸台灣，並於 9 月 19 日 23UTC 時由福建進入大陸。凡那比颱風亦為台灣中南部地區帶來豪雨。本次實驗進行由 2010 年 9 月 16 日 00 UTC 至 9 月 19 日 12UTC 之預報實驗，每個個案進行 72 小時之預報。

四、 預報結果與討論

1. 莫拉克颱風預報實驗

圖 2(A)、(B)為莫拉克颱風期間，初始時間為 2009 年 8 月 6 日 00 UTC 和 8 月 7 日 00 UTC 之預報個案之預報路徑。預報結果顯示，由各成員之預報路徑指出路徑有出現分歧，且平均路徑和 CWB 官方路徑十分接近。而莫拉克颱風預報期間，大部分之系集平均路徑皆和 CWB 官方路徑十分接近(圖未呈現)。

綜觀天氣分析時，使用 RMSE 和 SPRD 進行離散度之校驗分析(Zhu et al., 2008)。因此使用此一概念，透過系集路徑誤差和離散度之差異，進行離散度之校驗。系集路徑誤差為系集平均路徑和真實路徑之距離；離散度為各個成員和系集平均路徑之距離的平均值。當系集路徑誤差和離散度相等時，則離散度為合適。

而根據預報期間的結果進行離散度分析

(圖 4(A))之結果顯示,在莫拉克颱風期間,誤差和離散度相當接近,表示在莫拉克颱風期間,路徑預報之離散度合適。

2. 凡那比颱風預報實驗

圖 3(A)、(B)凡那比颱風期間,初始時間為 2010 年 9 月 16 日 00 UTC 和 2010 年 9 月 18 日 12 UTC 之預報個案之預報路徑。可以發現在 9 月 16 日 00 UTC 時,大部分的成員之預報路徑皆南偏,使得平均路徑也出現南偏的情況。而此情況在其他時間的預報個案也持續發生,直到 9 月 18 日 12 UTC,才未出現南偏的預報路徑。

圖 4(B)為凡那比颱風之離散度分析。結果顯示,在凡那比颱風期間,平均路徑的最大路徑誤差小於 200 km,但是系集路徑誤差大於離散度,表示預報離散度不足。

3. 颱風初始渦旋擾動實驗

校驗結果指出,在凡那比颱風期間,路徑之離散度不足。然而,現階段的颱風渦旋初始化的流程,未能使颱風渦旋產生擾動。因此為了能解決離散度不足的問題,將針對颱風初始渦旋進行擾動,藉由改變 WRF 三維變分資料同化系統之參數設定,來達到颱風初始渦旋擾動的目的,進而能改善離散度不足的問題。

進行颱風渦旋植入時,透過 WRF 三維變分資料同化系統中之變異量 (Variance) 和尺度長度 (length scale) 之調整,達到颱風初始渦旋之擾動,其設定如表二。

圖 5 為颱風初始渦旋擾動實驗於 2010 年 9 月 16 日 00 UTC (凡那比颱風)之個案預報結果。結果指出,使用颱風初始渦旋擾動,系集平均路徑和 CWB 官方路徑更為接近,表示路徑預報有所改善。

圖 6 為凡那比颱風期間之系集路徑誤差和離散度之校驗結果。分析結果顯示,使用颱風初始渦旋擾動,不僅增加路徑離散度,更使系

集路徑誤差降低。

五、 總結與未來展望

本研究使用中央氣象局之區域系集預報系統,進行莫拉克颱風和凡那比颱風期間之預報實驗。分析結果指出,對於路徑預報能有不錯的表現;離散度分析結果顯示,莫拉克颱風期間之離散度合適,而凡那比颱風則為離散度不足的情形。

為了能解決離散度不足的問題,針對颱風初始渦旋進行擾動,藉由改變 WRF 三維變分資料同化系統之參數設定,來達到颱風渦旋初始擾動的目的,進而能改善離散度不足的問題。而預報結果也指出,使用颱風初始渦旋擾動,不僅能增加離散度,更能降低系集路徑誤差。未來將針對更多颱風個案進行研究,以了解使用颱風初始渦旋擾動是否能有更好的預報表現,此外,也將針對颱風定量降水預報進行研究和分析。

五、 參考文獻

- 簡芳菁、柳懿秦、周仲島、林沛練、洪景山和蕭玲鳳, 2005: 2003 年梅雨季 MM5 系集降水預報。 *大氣科學*, **33**, 255 - 275。
- 洪景山、林得恩、簡芳菁、劉素屏、周仲島、林沛練、張文錦、繆璿如、陳致穎、雷銘中, 2006: WRF 模式之敏感度測試, 第一部分: 探空測站上的校驗。 *大氣科學*, **34**, 241 - 260。
- 李志昕、洪景山, 2011: 區域系集預報系統研究: 物理參數化擾動。 *大氣科學*, **39**, 95 - 116。
- Fujita, T., D. Stenstrud, and D. C. Dowell, 2007: Surface Data Assimilation using an ensemble filter approach with initial condition and model physics uncertainties. *Mon. Wea. Rev.*, **135**, 1846-1868.

Zhu, Y. and Z. Toth, 2008: Ensemble Based Probabilistic Forecast Verification. *19th AMS conference on Probability*

and Statistics. New Orleans, LA, 20-24 Jan. 2008.

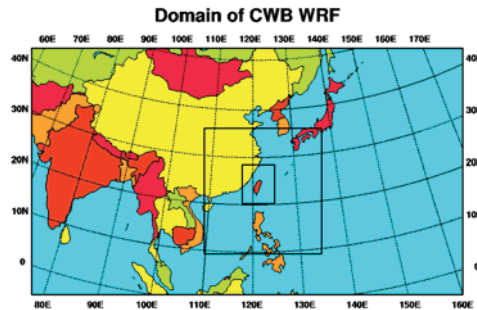


圖 1、模式的預報範圍。

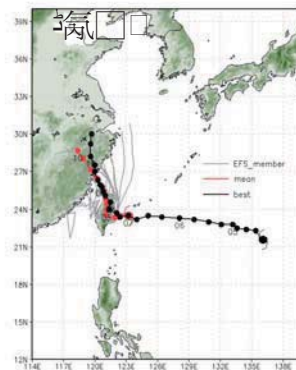
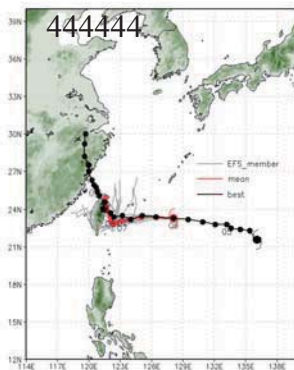


圖 2、莫拉克颱風之預報路徑圖，圖(A)之初始時間為 2009 年 8 月 6 日 00 UTC，圖(B)之初始時間為 2009 年 8 月 7 日 00 UTC。圖中灰線為系集成員之預報路徑，紅線為平均路徑，黑線為 CWB 官方路徑。

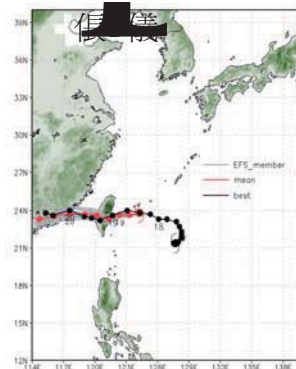
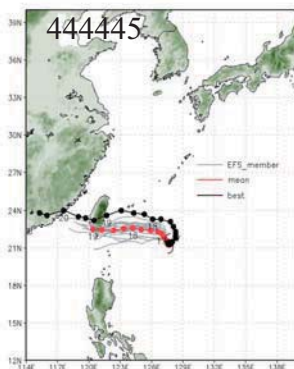


圖 3、凡那比颱風之預報路徑圖，圖(A)之初始時間為 2010 年 9 月 16 日 00 UTC，圖(B)之初始時間為 2010 年 9 月 18 日 12 UTC。圖中灰線為系集成員之預報路徑，紅線為平均路徑，黑線為 CWB 官方路徑。

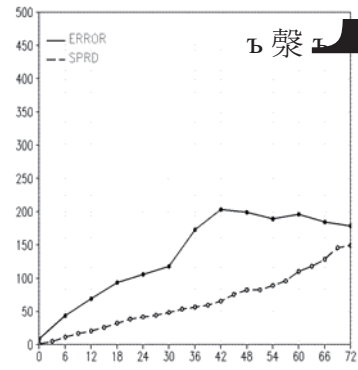
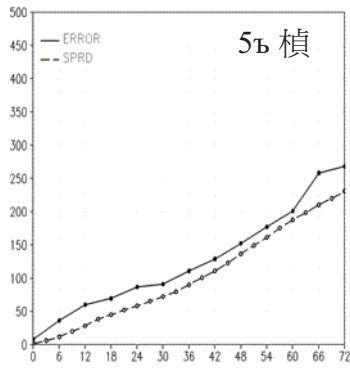


圖 4、颱風個案預報之系集路徑誤差和路徑離散度比較圖。(A)為莫拉克颱風預報期間之校驗結果，(B)為凡那比颱風預報期間之校驗結果。黑色實線為平均路徑之路徑誤差，黑色虛線為路徑離散度。

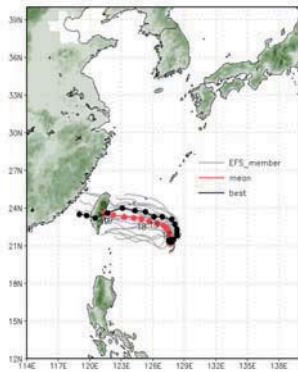


圖 5、颱風初始渦旋擾動實驗之路徑預報結果。初始時間為 2010 年 9 月 16 日 00 UTC，圖中灰線為系集成員之預報路徑，紅線為平均路徑，黑線為 CWB 官方觀測路徑。

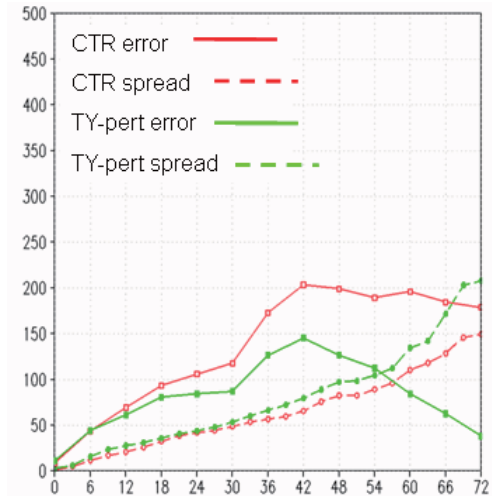


圖 6、凡那比颱風期間系集路徑誤差和路徑離散度比較圖。綠色線為颱風初始渦旋擾動實驗之分析結果；紅色線為使用 CWB 系集預報系統之預報結果。實線為系集路徑誤差，虛線為離散度。

表一、區域系集預報系統之物理參數化擾動設定

	1	2	3	4	5	6
土壤模式	Noah	Noah	Noah	Noah	PX	PX
微物理參數法	WSM3	WSM3	WSM5	WSM5	GCE	GCE
邊界層參數法	YSU	MYJ	YSU	MYJ	YSU	MYJ
積雲參數法	Betts-Miller	Betts-Miller	Grell	Grell	New KF	New KF

表二、颱風初始渦旋擾動實驗，WRF 三維變分資料同化系統之參數設定

	1	2	3	4	5	6
變異量	2 倍	原始設定	0.25 倍	原始設定	原始設定	原始設定
尺度長度	原始設定		原始設定	4 倍	2 倍	0.5 倍