

ECMWF 全球系集預報模式於颱風生成及路徑展期預報之應用與評估

蔡孝忠^{1,2} Russell L. Elsberry^{2,3}

¹淡江大學水資源及環境工程學系

²Department of Meteorology, Naval Postgraduate School
Monterey, California, U.S.A.

³Trauma, Health, Hazards Center, University of Colorado-Colorado Springs
Colorado Springs, Colorado, U.S.A.

摘要

本研究使用 ECWFM (European Centre for Medium-range Forecasts) 於每週一及週四提供之 32 天全球系集預報，配合熱帶氣旋偵測程式，評估模式對於西北太平洋颱風生成及路徑之預報技術，並分析模式誤報率和誤報個案特徵。此外，本研究嘗試使用再預報資料 (Reforecast; RF)，了解模式系統性誤差，以過濾可能為誤報的颱風生成個案。以 2014 年麥德姆颱風為例，分析結果顯示模式在四週之前即可提供颱風可能生成的預報資訊。若進一步使用 RF 資料比對歷史颱風路徑資料，去除可能為誤報的個案，台灣附近區域之颱風侵襲機率在該時段則有著更加明顯的正距平訊號。本研究未來將增加個案評估數量，以了解模式之整體可靠度。

關鍵字：颱風生成展期預報、再預報資料

一、前言

全球系集預報模式(Global Ensemble Forecast Model)已廣泛使用於颱風路徑及侵襲機率預報的應用(Majumdar and Finocchio 2010; Hamill et al. 2012; Yamaguchi et al. 2012; Tsai and Elsberry 2013)。近年由於模式之預報時間已逐漸延長至 10 天以上，許多研究嘗試將預報資料應用於熱帶氣旋的生成預報(Belanger et al. 2010; Elsberry et al. 2010; Tsai et al. 2011; Tsai et al. 2013; Elsberry et al. 2014)。研究結果顯示，數值模式對於大多數的熱帶氣旋生成個案具有不錯的預報技術，不過也有一定程度的誤報率(false alarm rate)，顯示模式之熱帶氣旋有過於活躍的情形。

本研究使用 ECWFM (European Centre for Medium-range Forecasts) 於每週一及週四提供之 32 天全球系集預報(Ensemble Prediction System; EPS)，配合客觀的熱帶氣旋偵測程式(Tropical Cyclone Tracker; Vitart 1997)，自動偵測模式於 32 天預報之熱帶氣旋，以評估模式對於太平洋颱風生成及路徑預報的預報技術，並分析模式之誤報率和誤報個案特徵。此外，ECMWF 於每週四另外提供了同一預報時段在過去 20 年的再預報資料(Reforecast; RF)。有別於傳統的 RF 資料 (Hamill et al. 2006)，ECMWF RF 為即時產生之再預報資料，以避免預報作業模式更新之後，

可能導致原有 RF 無法做為誤差校正依據的疑慮。本研究將嘗試使用 RF 資料辨別可能的熱帶氣旋誤報個案，以提高預報的可靠度(reliability)。

二、資料與校驗方法

ECMWF 32 天 EPS 具有 51 個系集成員(ensemble member)，於每週一及週四提供未來 32 天之熱帶氣旋預報路徑資料。模式最新版本(CY40R1)之水平解析度於前 10 天約為 30 公里(TL639)，第 10 天起解析度約為 60 公里(TL319)，且大氣與海洋模式於預報起始時間即開始進行耦合。Tsai et al. (2013)以路徑類比的方式，並允許颱風生成及路徑預報具有時間及空間的誤差，評估 ECMWF 32 天 EPS 之颱風生成及路徑預報技術。在路徑誤差的評估方面，該研究考慮了整體路徑平均差異、最短距離差異、生成位置差異，以及結束位置差異。

此外，本研究以 ECMWF 32 天 EPS 於過去 20 年同一時段之 RF，配合 Joint Typhoon Warning Center (JTWC)歷史最佳路徑，求取颱風路徑預報之距平圖，簡稱為 RF 距平圖。預報人員可藉由 RF 距平圖即時了解模式系統性誤差模式，評估過去 20 年之間的颱風生成及路徑誤報(false

alarm)與漏報(miss)區域，以提升使用模式預報之信心度。

三、分析結果

以2010年模式預報的評估結果為例(表1)，除了少數強度較弱或生命期較短的個案之外，ECMWF 32天EPS可在四週之前提供大多數颱風個案之生成預報資訊。然而，分析結果亦顯示模式具有為數不少的誤報個案，表示模式有過度活躍的現象，其中Week-1之FA有大約50%的個案存在於模式初始條件。不過，部分誤報個案可輕易判別並剔除，例如路徑所在緯度明顯過低或路徑怪異等。

四、2014 麥德姆颱風：個案預報分析與再預報資料的應用

麥德姆颱風在2014年7月17日於菲律賓東方海面生成，在22-23日期間影響台灣(圖1)。根據JTWC最佳路徑資料，本研究定義麥德姆颱風之生命期開始時間為7月17日1200UTC，結束時間為7月23日1800UTC。

ECMWF 32天EPS預報一共有8次預報可涵蓋麥德姆颱風之生命期(表2)，除了最初期的6月23日預報之外，接下來的7次預報皆可發現類似颱風麥德姆之颱風生成預報訊號，且模式預報路徑與JTWC最佳路徑類似，皆有著朝西北方向行進之路徑，最後通過台灣或台灣附近區域。

本研究利用ECMWF之20年RF資料，計算颱風預報路徑分布圖，並比對過去20年同一時段之最佳路徑分布圖，求得模式RF預報路徑距平圖，以了解模式內系統性誤差。若某區域之RF距平為正，則表示模式在該區域可能有較高的誤報率，RF距平為負則代表模式在該區域有漏報的現象。

若再進一步將目前之颱風預報路徑分布圖減去RF距平圖，則可得到颱風侵襲機率距平圖。圖2為麥德姆颱風生成前第一週至第四週之颱風侵襲機率距平圖。由圖可知，在去除模式的系統性誤差之後，台灣附近區域之颱風侵襲機率仍然具有明顯的正距平，表示該時段之颱風生成預報具有較高的可信度。

五、初步結論

本研究評估ECMWF之32天全球系集預報模式對於西北太平洋颱風生成及路徑之預報技術，並分析模式誤報率和誤報個案特徵。除了少數強度較弱或生命期較短的個案之外，

ECMWF 32天EPS可在四週之前提供大多數颱風個案之生成預報資訊。然而，分析結果亦顯示模式具有為數不少的誤報個案，表示模式有過度活躍的現象，

此外，本研究嘗試使用再預報資料，了解模式於該預報時段之系統性誤差，以過濾可能為誤報的颱風生成個案，提高預報的可靠度。以2014年麥德姆颱風為例，分析結果顯示，模式在四週之前即可提供颱風可能生成的預報資訊。在利用RF資料進一步去除可能為誤報的個案之後，台灣附近區域之颱風侵襲機率在該時間區間則有著更加明顯的正距平訊號，表示該時段之颱風生成預報具有較高的可信度。本研究未來將持續增加個案評估數量，以了解模式之整體可靠度。

六、參考文獻

- Belanger, J. I., J. A. Curry, and P. J. Webster, 2010: Predictability of North Atlantic tropical cyclones on intraseasonal time scales. *Mon. Wea. Rev.*, **138**, 4362–4374.
- Elsberry, R. L., M. S. Jordan, and F. Vitart, 2010: Predictability of tropical cyclone events on intraseasonal timescales with the ECMWF monthly forecast model. *Asia-Pac. J. Atmos. Sci.*, **46**, 135–153.
- Elsberry, R. L., H.-C. Tsai, and M. S. Jordan, 2014: Extended-Range Forecasts of Atlantic Tropical Cyclone Events during 2012 Using the ECMWF 32-Day Ensemble Predictions. *Wea. Forecasting*, **29**, 271–288.
- Majumdar, S. J., and P. M. Finocchio, 2010: On the ability of global ensemble prediction systems to predict tropical cyclone track probabilities. *Wea. Forecasting*, **25**, 659–680.
- Tsai, H.-C., K.-C. Lu, R. L. Elsberry, M.-M. Lu, and C.-H. Sui, 2011: Tropical Cyclone-like Vortices Detection in the NCEP 16-Day Ensemble System over the Western North Pacific in 2008: Application and Forecast Evaluation. *Wea. Forecasting*, **26**, 77–93.
- Tsai, H.-C., R. L. Elsberry, M. S. Jordan, and F. Vitart, 2013: Objective verifications and false alarm analyses of western North Pacific tropical cyclone event forecasts by the ECMWF32-day ensemble. *Asia-Pac. J. Atmos. Sci.*, **49**, 409–420.
- Yamaguchi, M., T. Nakazawa, and S. Hoshino, 2012: On the relative benefits of a multi-centre grand ensemble for tropical cyclone track prediction in the western North Pacific. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **138**, 2019–2029.

表 1. ECWMF 32-天 EPS 在 2010 年颱風季之颱風生成及路徑預報技術

	Hits	FAs	Misses	Correct Negatives
Week-1	19	65	1	13
Week-2	17	24	2	27
Week-3	18	54	0	18
Week-4	15	60	3	18

表 2. ECMWF 32 天 EPS 之麥德姆颱風預報時間列表

Model Forecast Base Time	Forecast Lead-time	Rerecast Availability	Typhoon Matmo
2014/07/17 0000 UTC	Week-1	Y	Y
2014/07/14 0000 UTC	Week-1	N	Y
2014/07/10 0000 UTC	Week-2	Y	Y
2014/07/07 0000 UTC	Week-2	N	Y
2014/07/03 0000 UTC	Week-3	Y	Y
2014/06/30 0000 UTC	Week-3	N	Y
2014/06/26 0000 UTC	Week-4	Y	Y
2014/06/23 0000 UTC	Week-4	N	N

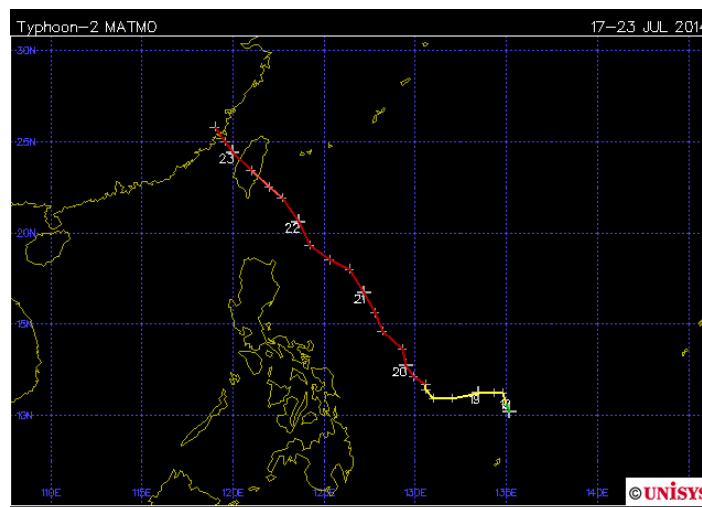


圖 1. 麥德姆颱風之觀測路徑(圖片來源：Unisys Weather)

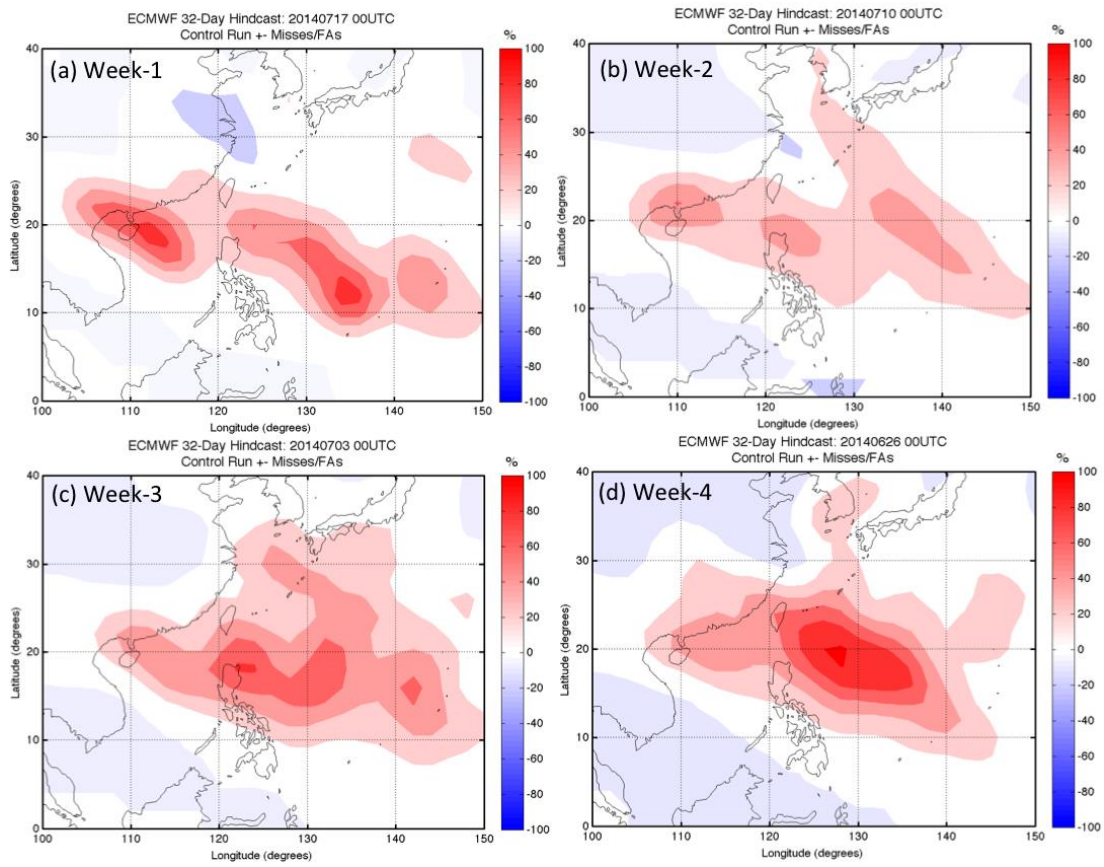


圖 2. ECMWF 32 天 EPS 於麥德姆颱風生成前之颱風侵襲機率距平圖。(a)Week-1; (b)Week-2; (c)Week-3; (d) Week-4。