

氣象動力數值預報模式在災害緊急應變作業之應用

林李耀¹ 于宜強¹ 張智昇¹ 鳳雷¹ 陳永明¹ 李宗融¹ 王安翔¹ 周仲島^{1,2} 廖宇慶^{1,3}

¹國家災害防救科技中心

²國立台灣大學大氣科學系

³國立中央大學大氣科學系

摘 要

國家災害防救科技中心於今年（2008）更新改版動力數值模式，改版後首次遭遇颱風季節。二次颱風卡玫基與鳳凰颱風的防災應變過程中，動力模式的結果表現良好，不論是颱風路徑的預測，甚至針對颱風主體與外圍環流所帶來大量雨量的模擬預報，均有不凡的表現，未來將可成為防災資訊掌握工具發展的重點之一。

一、前言

台灣地區地形複雜，位處熱帶與副熱帶的交接處，屬於東亞季風區，冬季有東北季風，夏季則有西南季風，受複雜的天氣系統影響。在氣候分析中，發現台灣地區的汛期開始於五月，期間可持續到九、十月。氣候季節囊括梅雨季與颱風季。在台灣地區的災害分析中，颱風與豪雨也是台灣地區重大經濟損失的主要二大事件。近年，防救災工作的發展，其工作思維的重點逐漸由救災轉為防災。因此，災害的分析與預報的精度日趨重要。台灣災害發生的主因，多半與降雨過多有關，是否能準確掌握降雨的趨勢，就有機會掌握災害發生的時間與地點。

目前定量降雨的技術，雖然還有待大幅度提升，但本中心身為台灣防災科技發展的重要單位，必須瞭解可以解決的各種方法與研究。因此，在本中心也試圖建立一套例行作業的天氣動力數值預報系統提供參考，並希望能與外界定量降雨技術研發合作。中央政府災害應變過程當中嘗試應用，期望能提供應變過程中，對未來天氣與降雨現象的訊息提供。今年研發進度中，主要為提升空間解析度，完成系統建置後，並於今年颱風應變過程中首度使用，其成效不斐。於本文中介紹本系統的建置與颱風應變過程中的表現，下面分別為模式介紹、卡玫基颱風期間與鳳凰颱風期間模式降雨預報之表現、最後為討論與結論。

二、模式介紹與測試

(一)模式介紹

自 95 年起，本中心開始發展天氣動力數值預報模式，評估當時軟硬體狀況，決定採用美國 NCAR 發展之新一代中尺度動力模式 WRF (The Weather Research and Forecasting Model)，此模式發展已經進入逐漸成熟的階段，並開始取代過去 MM5 模式，已經受氣象

界廣泛使用。當時，本中心使用 HP 工作站作為作業硬體，並進行測試。每天僅能針對 0000 及 1200 UTC 時間進行每日 72 小時預報工作，空間解析度透過二次巢狀內插僅能到達 15 km。對台灣地區降雨預報與災害分析的貢獻有限。於去年（2007）檢討預算，添購 IBM 叢集電腦一部，增加電腦計算能量。配合電腦計算能量的增加，我們也增加數值預報的時間與空間的解析度。每日每六小時（0000、0600、1200 及 1800 UTC）進行一次 72 小時預報，空間解析度也透過二次巢狀方式增加至 5 km 解析度。三層網格分別為範圍一空間解析度為 45 km，格點為 140 × 105；範圍二解析度為 15 km，格點為 100 × 100；範圍三解析度為 5 km，格點為 121 × 121（三層巢狀分佈如圖一）。預報時所使用之全球初始場與邊界條件為 NCEP GFS 的分析與預報場資料。物理參數化的選擇則採用簡等（2006）及洪等（2006）研究中建議的選項，邊界層參數化使用 Yonsei University（簡稱 YSU, Hong and Pan 1996）、微物理參數化過程使用 WRF Single - Moment 5-Class（簡稱 WSM5, Hong *et al.* 2004）及積雲參數化使 Kain-Fritsch（簡稱 KF, Kain and Fritsch 1990, 1993）。本中心高解析系統今年 4 月份完成平台轉換與測試，正式上線預報使用。

(二)測試結果

本中心主要業務在於監測致災的天氣系統，在上線使用之前，針對 2005~2007 年梅雨季所發生的豪大雨事件，進行模擬評估。三年梅雨季模擬時間均由每年的 5 月 15 日起至 6 月 15 日止，每天進行 48 小時預報，期望瞭解 WRF 模式，對本中心所關心的致災性天氣的掌握能力。

圖二為 2005 年至 2007 年於五~六月期間模式與自動雨量站，日雨量超過 130 mm 的格點與測站數目，在此三年內測站觀測到較大規模豪（大）雨發生

的時間點為 2005 年的 6 月 12-16 日、2006 年 6 月 9-12 日及 2007 年 6 月 5-9 日。我們利用過去三年的全球模式資料，針對 5 月中旬至 6 月中旬較易發生豪（大）雨事件的期間進行預報模擬，模擬結果主要發生豪（大）雨時間分別為，2005 年 6 月 10-15 日、2006 年 6 月 8-10 日及 2005 年 6 月 5-12 日。三年內在梅雨季總共發生了 14 天的豪（大）雨個案中，模式模擬結果中命中了 11 天，命中率近八成。根據空間比對，在豪（大）雨發生期間，模擬的日累積雨量的空間分佈，與實際測站觀測的空間分佈相近（未圖示）。初步測試結果說明，本中心動力模式時空解析度的提升，其結果是可以獲得改善，通過測試，期望能對防救災資訊掌握有所助益。

三、緊急應變個案表現

今年七月份梅雨季剛結束，緊接的有二個輕度颱風侵襲台灣陸地，分別為卡玫基與鳳凰颱風，這二個颱風都為台灣帶來大小不同的災害。

卡玫基颱風是由菲律賓東方海面逐漸朝北北西移動，於 7 月 18 日的凌晨登陸台灣東部宜蘭附近，穿過北台灣陸地從桃園出海。颱風的結構鬆散，因此颱風的暴風半徑所經過的地方，並未傳出太多的災情。反倒是颱風在接近台灣陸地時，在 17 日下午起逆時針環流為台灣海峽帶進北風，與颱風西南象限的西風到西南風環流，產生強烈的輻合作用，引發強對流系統，造成西部地區在颱風的主體外側，發生豪（大）雨事件。並隨著颱風的北移，輻合的強對流帶沒有消失，隨之北移，造成台中以南多處地區，因豪（大）雨產生嚴重淹水災情。

鳳凰颱風則是由太平洋上冷心低壓向下發展而成，颱風持續西北西移，最後在 28 日上午由台東至花蓮之間登陸，颱風通過中央山脈在台中附近出海，降雨的情形可以分成二個階段，在颱風登陸前（28 日白天以前）主要的降雨分布是落在台灣東部及東北部陸地，造成台灣東部地區發生部分災情。28 日白天以後至 29 日主要的降雨則發生在台灣南部地區，造成高屏地區發生淹水事件。

在這二次的颱風事件模擬中，路徑的模擬與實際路徑誤差並不大，卡玫基颱風的模擬，在颱風接近台灣初期的模擬，模式的表現都是以偏北通過東部海域轉向東北為主。因此，對台灣地區降雨模擬其結果顯示，颱風對台灣地區影響不大。但在氣象局發佈颱風海上警報之後，模式模擬颱風的路徑則修正為通過台灣東北部海面，持續向北北西移動，並且將進入台灣北部海面。因此，在 16 日 1200 UTC 以後的初始時間的預報中，已開始反應出台灣西南部將有大雨發生的訊號，此與本中心用於應變的颱風氣候降雨模式的表現大為不同。圖三為模式模擬卡玫基颱風降雨結果，圖三(a)為 17 日下午(1200~2400 時)模式模擬結果，

主要的降雨分佈在台灣西南，比對風場模擬資料(未圖示)，模式可以掌握颱風北風環流與南側西南環流輻合的情況。17 日降雨的分布與實際觀測的結果(如圖三(b))趨勢相近。18 日下午(0000~1200 時)，圖三(c)為模式模擬結果，圖中顯示雨帶將逐漸北移至桃園以南的區域。實際觀測的雨量分布，由於颱風自桃園出海，實際雨帶則分布在苗栗以南。模式模擬的結果中，有效針對台中地區所發生的豪（大）雨事件，在一天以前的初始條件下，即可以準確掌握。主要是因為颱風路徑在通過台灣東北部地區時，略微偏北，使得模擬的雨帶分布也較實際分布為偏北。

鳳凰颱風的模擬結果中，模式颱風的路徑與實際的路徑非常相近，均為自台灣東部陸地登陸，由台中附近出海。因此，模式模擬的颱風整場降雨，主要分佈在台灣東部地區和台灣西南部地區。但是，模式模擬的颱風移動的速度比實際快。因此，在應變過程中，我們利用人工方式修正了颱風的移動速度，圖四為模式(不同初始時間)模擬颱風期間的結果，27 日下午主要降雨發生在台灣東部地區，28 日上午雨帶的分布有從台灣東部向台灣西南部轉換的情形，28 日下午主要的降雨台灣西南部地區，29 日上午雨帶則仍維持在台灣西南部，但在 29 日下午的模擬中，台灣地區降雨明顯減小，與實際觀測的結果相當接近。

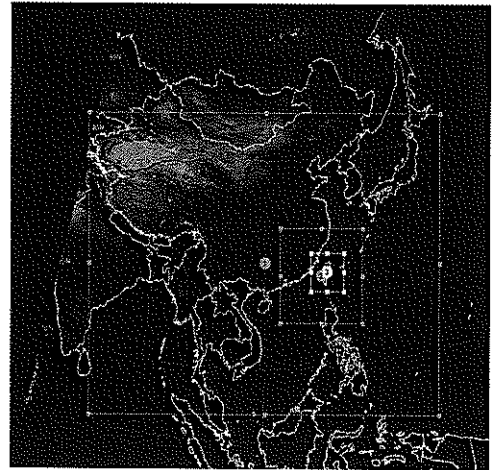
四、結論

由於此系統是第一次遭遇颱風季節。因此，並沒有使用及誤差校驗的經驗可供參考。但在整個應變過程當中，發現模式在短期的颱風模擬中，可以掌握正確颱風路徑的趨勢。但是颱風的移動速度，在這二次應變過程當中，有略微偏快的情形。也因為路徑的準確，我們仍可以在應變過程當中，利用人工比對，加以修正其颱風移動的速度，可使其降雨的時間得以修正。在本中心的應變過程當中，亦發現動力數值模式的使用，其面對不同颱風的反應優於颱風氣候降雨模式的結果。而且在面對氣候變遷的挑戰下，颱風的變異直接衝擊颱風氣候降雨模式的能力，亦是動力模式所能彌補的地方。

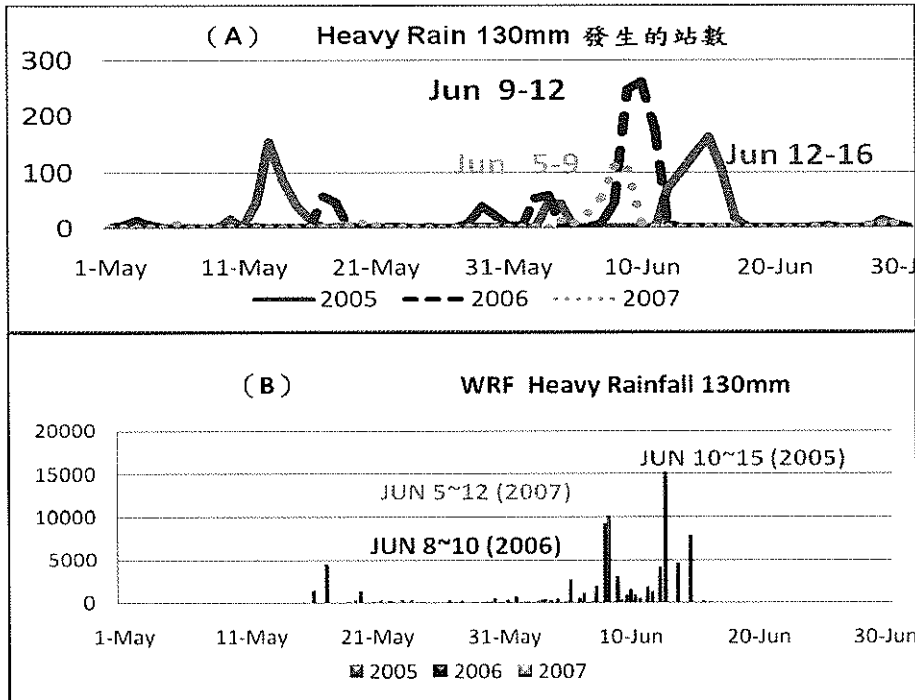
參考文獻

- 洪景山、林得恩、簡芳菁、劉素屏、周仲島、林沛練、張文錦、繆璿如、陳致穎及雷銘中，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。
- 簡芳菁、洪景山、張文錦、周仲島、林沛練、林得恩、劉素屏、繆璿如及陳致穎，2006：WRF 模式之敏感度測試第二部份：定量降水預報校驗。《大氣科學》，34，261-276。
- Hong, S.-Y., and H.-L. Pan, 1996: Nonlocal boundary layer vertical diffusion in a medium-range forecast

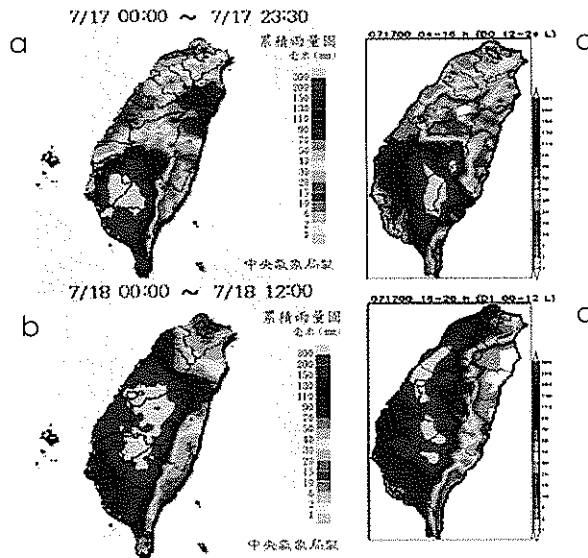
- model. *Mon. Wea. Rev.*, **124**, 2322–2339.
- _____, J. Dudhia, and S.-H. Chen. 2004: A revised approach to ice microphysical processes for the Bulk parameterization of clouds and precipitation. *Mon. Wea. Rev.*, **132**, 103–120.
- Kain, J. S., and J. M. Fritsch, 1990: A one-dimensional entraining/ detraining plume model and its application in convective parameterization, *J. Atmos. Sci.*, **47**, 2784–2802.
- _____, and J. M. Fritsch, 1993: Convective parameterization for mesoscale models: *The Kain-Fritsch scheme, the representation of cumulus convection in numerical models*, K. A. Emanuel and D.J. Raymond, Eds., Amer. Meteor. Soc., 246 pp.



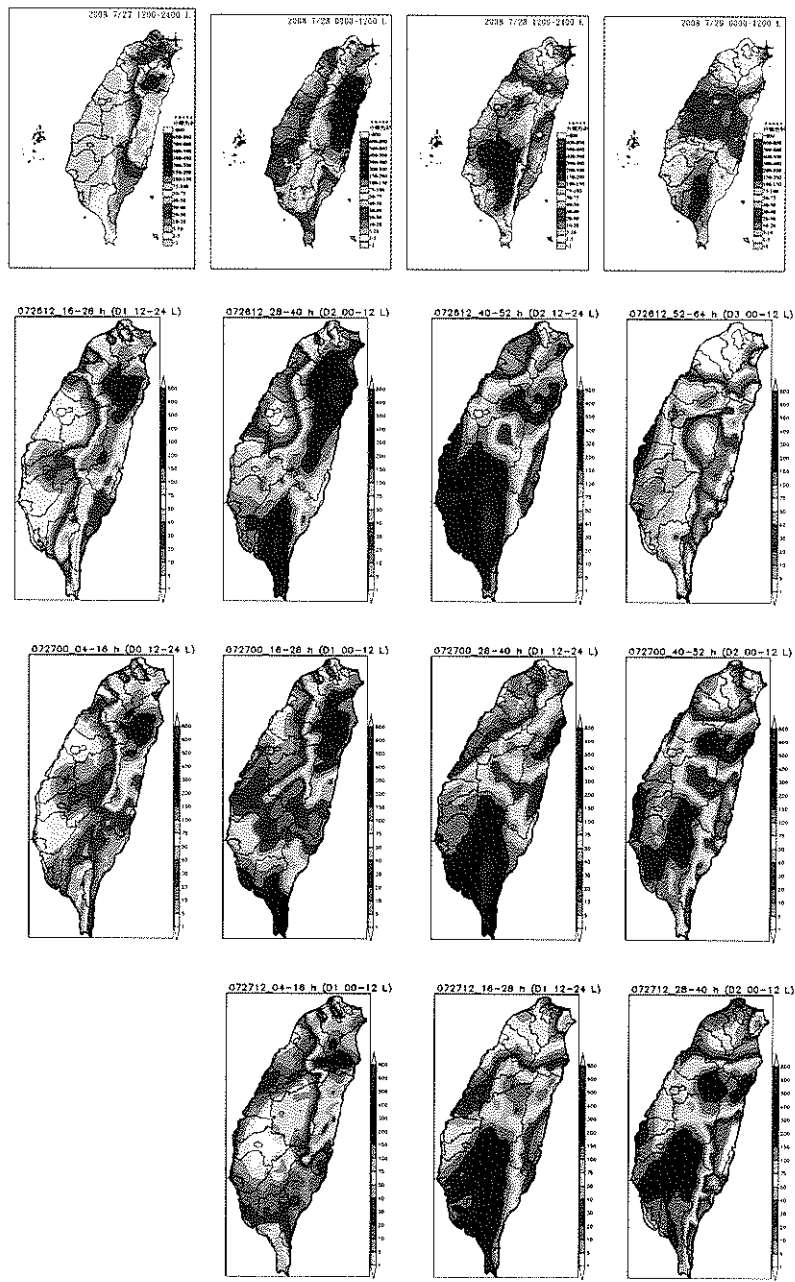
圖一 WRF 模式模擬範圍，範圍一解析度為 45 km，範圍二解析度為 15 km，範圍三解析度為 5 km。



圖二 台灣地區 2005 年至 2007 年間五~六月豪大雨發生次數統計。(A)為 WRF 日雨量超過 130 mm 的格點數與(B)為自動雨量站日雨量超過 130 mm 測站數。



圖三 7/17 及 7/18 日 WRF 降雨預報與觀測之比較。(a) 7/17 觀測降雨、(b) 7/18 觀測降雨、(c) 7/17, WRF 模擬及(d) 7/18, WRF 模擬。



圖四：為鳳凰颱風期間降雨之比較，第一列由左至右為氣象局觀測，7/27,1200-2400；7/28,0000-1200；7/28,1200-2400；7/29,0000-1200。第二列為WRF 模式模擬結果，初始資料為 2008/07/26/12，模擬時間如第一列。第三列為WRF 模式模擬結果，初始資料為 2008/07/27/00，模擬時間如上述。第四列為 WRF 模式模擬結果，初始資料為 2008/07/27/12，模擬時間如上述。