

中央氣象局TWRF颱風模式預測能力改進研究

鄭浚騰¹ 陳得松² 黃康寧² 徐驊¹ 蕭玲鳳²
氣象資訊中心¹ 氣象科技研究中心²
中央氣象局

摘要

在臺灣各類的天然災害中，以夏秋兩季的颱風影響最為嚴重，近年或因全球暖化導致氣候變遷，颱風在臺灣所致之累積雨量動輒逾1,000毫米。TWRF (Typhoon WRF)為中央氣象局致力發展之颱風數值預報系統。在2020年之24/48/72/96/120小時颱風路徑預報誤分別為68/114/149/180/244公里，已頗具國際競爭力。為持續提升颱風預報能力，我們針對隨颱風初始位置移動3公里高解析模式架構進行研究。結果顯示此策略可以提供較多較優之高解析度颱風路徑、強度預報產品，中央氣象局並已於2021年4月15日正式上線3公里TWRF模式隨颱風初始位置移動作業版本。

隨著超級電腦(HPC)計算效能不斷進步，數值天氣預報的解析度得以不斷提高，各國均致力於增進數值模式的解析度，期望藉此能提升對更小尺度、更劇烈的對流系統的掌握能力。我們也依據下一代HPC推估之運算能量，設計將水平解析度由15/3公里提高為10/2公里之新版TWRF模式架構，評估颱風路徑、強度，以及臨臺颱風降雨與地形效應的預報表現。

關鍵字：TWRF、颱風初始位置、高解析模式、颱風預報

一、前言

在臺灣各類的天然災害中，以夏秋兩季的颱風影響最為嚴重，每年平均約有3至4個颱風侵襲，造成嚴重的生命財產損失。颱風除伴隨之強風外，侵臺颱風所導致之災害，主要肇因於其所伴隨之豪雨。局部性之豪雨常導致該區域之山崩、土石流，較大區域之豪雨更會造成河水暴漲與淹水。近年或因全球暖化，颱風在臺灣所致之累積雨量動輒逾1,000毫米。於颱風季節提供準確的颱風現況及預報資訊，使社會大眾能儘早做好防範措施，是中央氣象局極重要之業務。過去十年動力數值模式理論與技術明顯獲得提升，預報人員於作業時亦常依據動力數值模式產品進行颱風路徑預測。

TWRF (Typhoon WRF)為中央氣象局致力發展之颱風數值預報系統。過去幾年研究及作業更新包括2016年TWRF之水平解析度由45/15/5公里提高為15/3公里。2017年採用結合三維變分與LETKF系集預報之Hybrid WRF 3DnVAR資料同化方法。2018年TWRF將模式版本由WRF_V3.3.1升級至WRF_V3.8.1，調整Surface Layer參數法。2019年TWRF介接NCEP FV3GFS作為模式的初始

場及側邊界條件。2020年新增使用NCEP FV3GFS補充層場，垂直層數由32層增加至48層。TWRF在2020年之24/48/72/96/120小時颱風路徑預報誤差頗具國際競爭力，分別為68/114/149/180/244公里。

二、研究方法

就數值模式預報而言，高解析度(如3公里)模式之預報能力優於低解析度(如15公里)模式(Hsiao et al., 2020)，但大範圍使用高解析度模式需要很多運算及儲存資源。為持續提升颱風預報能力，本研究在不增加電腦運算資源前提之下，於每次開始預報之前，系統會根據颱風中心初始位置，選擇最適合的3公里高解析度模式進行預報作業，藉由移動式3公里模式涵蓋範圍，可以提供更多高解析度颱風路徑、強度、結構預報產品。我們新增三組3公里高解析度網格設定(模式涵蓋範圍如圖1所示，)並挑選了2017~2019年4個颱風共35個案(見表1)進行評估對颱風路徑、強度預報之效應。選擇最適合的3公里高解析度模式之判斷方式為：首先分別計算四組3公里高解析度網格模式的中心點與目前颱風中心位置的距

離。如果前一次預報作業時間有颱風路徑預報資料，則改用其颱風中心預報位置，計算與四組3公里高解析度網格模式中心點之距離，再挑選最短距離的一組，做為該次預報作業的3公里高解析度網格設定。

隨著超級電腦計算效能不斷進步，數值天氣預報的解析度得以不斷提高，各國均致力於增進數值模式的解析度，期望藉此能提升對更小尺度、更劇烈的對流系統的掌握能力。我們也依據中央氣象局下一代HPC推估之運算能量，設計將水平解析度由15/3公里提高為10/2公里之新版TWRP模式架構，我們設計了3組實驗，第1組為現行作業版本(15/3公里)，另外，為了測試不同的積雲參數法，其餘2組10/2公里網格模式，分別採用Kain-Fritsch及Tiedtke積雲參數法(見圖2)，並挑選了2019~2021年3個颱風共74個案(見表2)，藉以評估不同網格模式解析度及不同積雲參數法，對於颱風路徑、強度，以及臨臺颱風降雨與地形效應的預報表現。

三、研究結果

我們挑選了2017~2019年4個颱風共35個案進行評估TWRP移動3公里高解析度模式對颱風路徑、強度預報之效應。圖3為上述35個案之粗(15公里)網格模式與細(3公里)網格模式之平均路徑預報誤差，其中紅色線代表3公里高解析度模式，藍色線則代表15公里解析度模式。由圖可看出3公里高解析度網格的颱風路徑預報優於15公里解析度網格，5天總平均改進2.7%。另外在颱風強度預報表現上，3公里高解析度網格亦可以明顯改善15公里網格模式的強度預報過弱情形(見圖4)。由以上實驗結果得知，使用移動式3公里模式涵蓋範圍的策略，可以提供較多、較優之高解析度颱風路徑、強度預報產品，中央氣象局並已於2021年4月15日正式上線3公里TWRP模式隨颱風初始位置移動作業版本。

圖5為3組使用不同網格解析度、積雲參數法針對2019~2021年西北太平洋3個颱風共74個案的TWRP颱風路徑預報表現，其中綠色線為現行作業版本15公里解析度網格的5天颱風路徑預報誤差，藍色線為10公里解析度網格、使用Kain-Fritsch積雲參數法，紅色線同為10公里解析度網格，但積雲參數法使用Tiedtke。由圖中看出，10公里解析度網格並且使用Tiedtke參數法的颱風路徑預報優於現行作業版本，明顯改進路徑預報誤差。另外1組10公里解析度網格，使用與現行作業版本相同Kain-Fritsch積雲參數法的颱風路徑預報，只有在第3天之後略為改善。

四、結論與未來工作

本研究針對隨颱風初始位置移動3公里高解析度模式架構進行研究，結果顯示此種策略可以提供較多、較優之高解析度颱風路徑、強度及結構預報產品。TWRP並已於2021年4月15日正式上線3公里模式隨颱風初始位置移動作業版本。

而將TWRP模式水平解析度由15/3公里提高為10/2公里的評估實驗中，可以看出提升模式的網格解析度，有助於改善颱風路徑及強度預報，唯目前只做了3個颱風，未來仍將持續累積更多颱風個案以更進一步了解10/2公里解析度TWRP的預報特性。

五、參考文獻

Hsiao, L. F., D.-S., Chen, J.-S., Hong, T.-C., Yeh, and C.-T., Fong, 2020: Improvement of the numerical tropical cyclone prediction system at the Central Weather Bureau of Taiwan: TWRP (Typhoon WRF)., *Atmosphere*, 11(6), 657. Doi: 10.3390/atmos11060657.

	Date	Intensity	Movement	Cases no.
Damrey	2017/11/02/12~2017/11/03/18	Medium-strength	Westward	6
Maria	2018/07/04/12~2018/07/07/18	Strong	Westward	14
Mangkhut	2018/09/10/12~2018/09/11/12	Strong	Westward	5
Phanfone	2019/12/23/18~2019/12/26/00	Medium-strength	Westward	10
Total cases				35

表 1. 選取 2017~2019 年西北太平洋 4個颱風共 35 個案進行評估 TWRf 使用移動3公里高解析度模式對颱風路徑、強度預報之效應。

Cases & DOE of TWRf_102

	網格解析度	Blending cut-off length	Cumulus physics
TWRf_OP	15/3 km	300 km	Kain-Fritsch
TWRf_102_1200	10/2 km	1200 km	Kain-Fritsch
TWRf_102_1200_Tiedtke	10/2 km	1200 km	Tiedtke

	Date	Intensity	Movement	Cases no.
Surigae*	2021/04/15/00~2021/04/22/00	Strong	Recurved	29
Haishen	2020/09/01/12~2020/09/07/00	Strong	Recurved	23
Fengshen	2019/11/12/06~2019/11/17/12	Strong	Recurved	22
Total cases				74

表 2. 將水平解析度由15/3公里提高為10/2公里之新版TWRf模式架構設計，選取2019~2021年西北太平洋3個颱風共74個案進行評估。

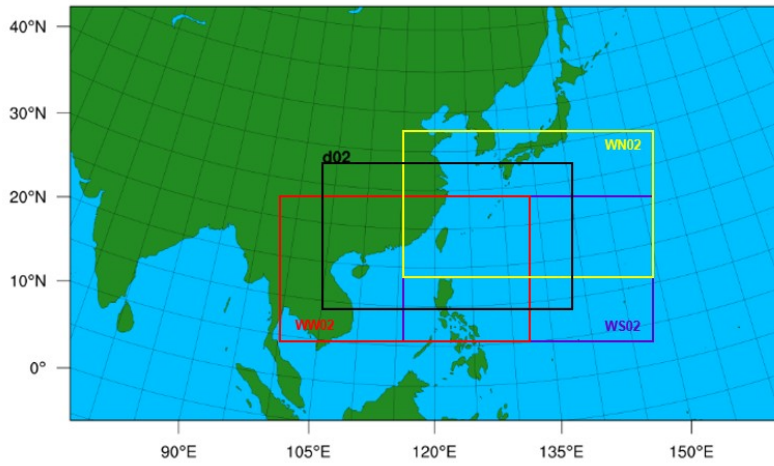
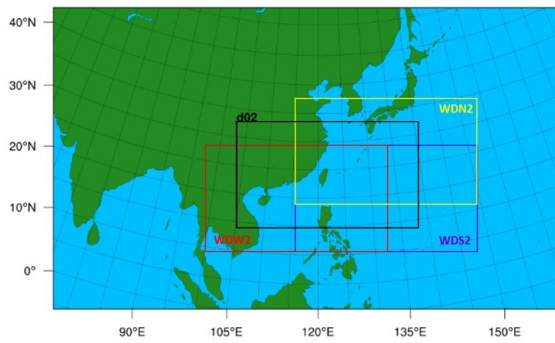


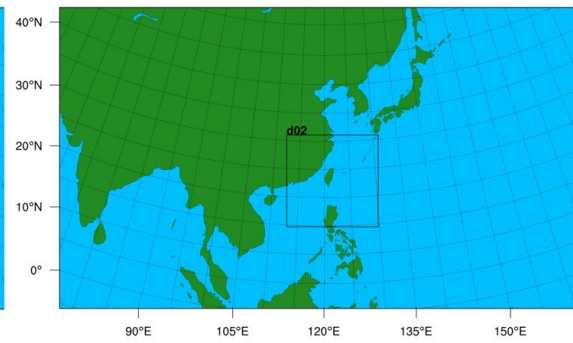
圖 1:TWRP模式網格設定範圍。

TWRP_OP



解析度	網格格點	垂直層數	模式層頂
15km	662X386 (255532)	52層	20 hPa
3 km	1161X676 (784836)	52層	20 hPa

TWRP_102



解析度	網格格點	垂直層數	模式層頂
10km	993X579 (574947)	52層	20 hPa
2 km	881X881 (776161)	52層	20 hPa

圖 2: TWRP 模式現行版本(15/3 公里)與評估版本(10/2 公里)網格設定。

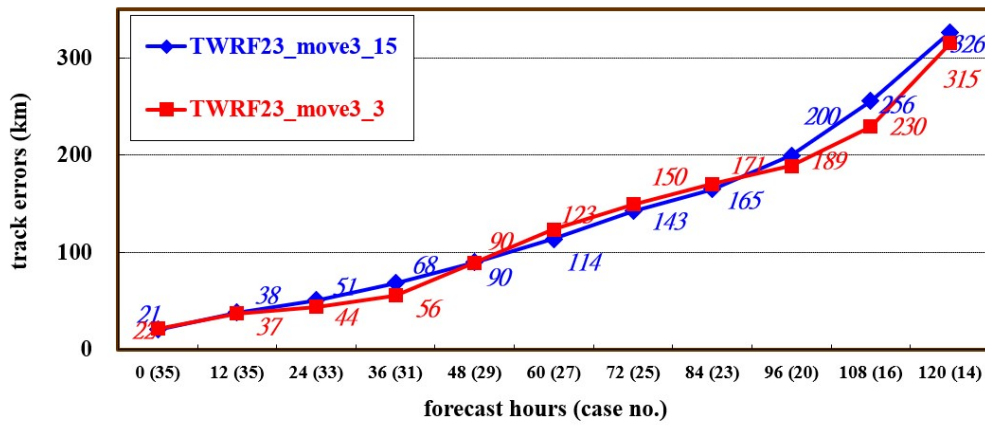


圖 3: TWR23使用移動3公里高解析度模式針對2017~2019年西北太平洋4個颱風共35個案之粗(15公里)網格模式與細(3公里)網格模式之平均路徑預報誤差，其中紅色線代表3公里高解析度模式，藍色線則代表15公里解析度模式。

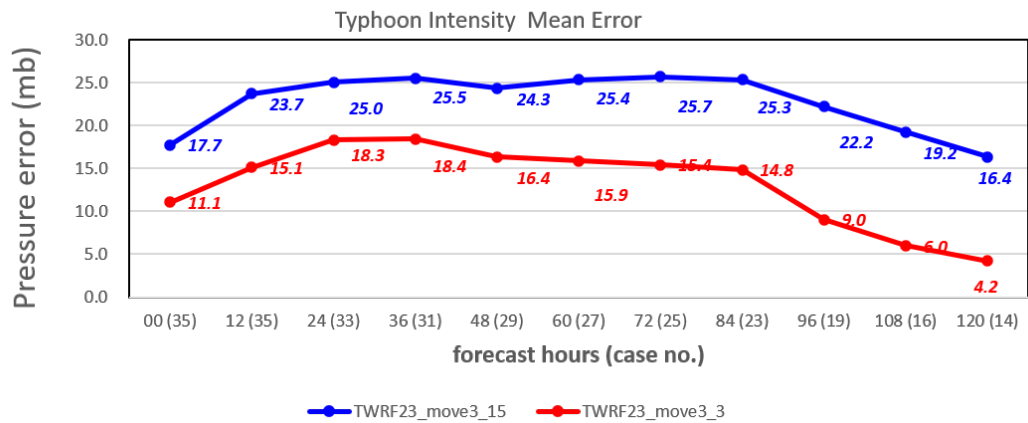


圖 4: TWR23使用移動3公里高解析度模式針對2017~2019年西北太平洋4個颱風共35個案之粗(15公里)網格模式與細(3公里)網格模式之平均強度預報誤差，其中紅色線為3公里高解析度模式，藍色線則為15公里解析度模式。

Experiment result for TWRF_102 @ 10km 3TCs 74cases

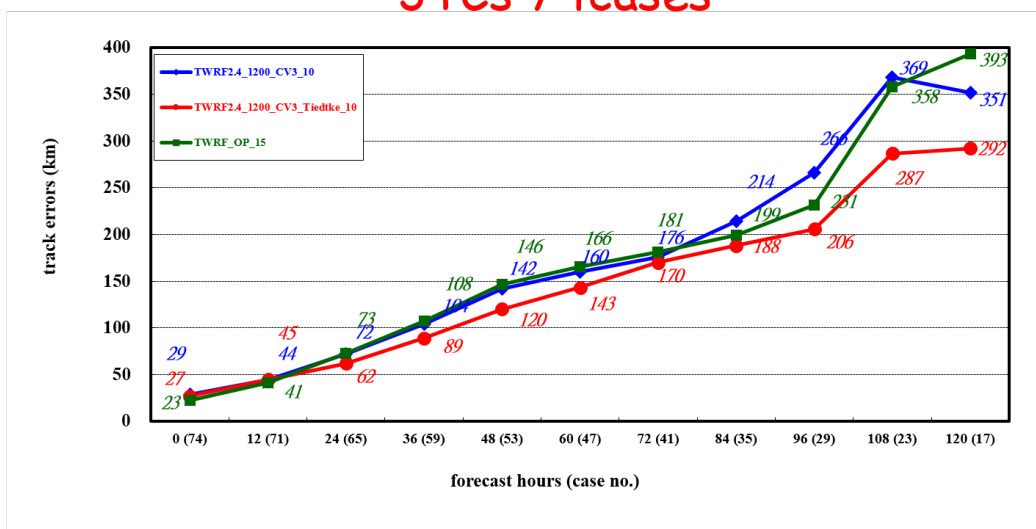


圖5: 3組使用不同網格解析度、積雲參數法針對2019~2021年西北太平洋3個颱風共74個案的颱風路徑預報表現，其中綠色線為現行作業版本15公里解析度網格的5天颱風路徑預報誤差，藍色線為10公里解析度網格、使用Kain-Fritsch積雲參數法，紅色線同為10公里解析度網格，但積雲參數法使用Tiedtke。