

# Hurricane WRF 模式 2013 年於西北太平洋之預報表現評估

蔡金成<sup>1</sup> 蕭玲鳳<sup>1</sup> 陳得松<sup>2</sup> 包劍文<sup>3</sup> 李清勝<sup>1</sup>

台灣颱風洪水研究中心<sup>1</sup> 中央氣象局<sup>2</sup> NOAA Earth System Research Laboratory<sup>3</sup>

## 摘要

本研究持續應用並評估 Hurricane WRF(HWRF)於西北太平洋之颱風預報能力。第一部分，利用移動網格進行實驗，分別以 2012 年與 2013 年新舊版之 HWRF 程式，針對 2013 年西北太平洋之颱風進行預報，其結果顯示 2013 年新版 HWRF 對於颱風路徑預報有顯著改進，第 72 小時之路徑預報誤差改進約 20%。此外，同時與美國環境模擬中心(Environmental Modeling Center, EMC)對於西北太平洋颱風之預報進行比較，統計 2013 年 26 個颱風，409 個預報時間，結果顯示未使用 GSI 資料同化之颱風路徑預報在第 72 小時之路徑預報誤差約改進 4%。

第二部分，為評估 HWRF 在台灣的定量降雨預報能力以三層固定巢狀網格進行三組實驗。第一組實驗設計之三層巢狀網格格點距離分別為 45/15/5 公里。然而，45 公里之海面氣壓場在青藏高原附近易出現牛眼現象，若將解析度提高至 27 公里，則有效移除青藏高原附近之海平面氣壓場異常狀態。5 公里所解析的台灣降雨與 3 公里所解析之降雨同樣出現牛眼現象，需搭配使用平流方法(Euler advection)能減少降雨預報的牛眼現象。

關鍵字：Hurricane WRF、移動巢狀網格

## 一、研究回顧

本篇延續蔡等人(2013)之研究，持續評估 Hurricane WRF(HWRF)在西北太平洋之颱風預報表現。前述之研究結果顯示，透過設定兩組 HWRF 實驗：一為移動巢狀網格；另一為固定巢狀網格進行實驗。結果顯示，HWRF 移動巢狀網格實驗設計之颱風路徑表現與 ARW-WRF 之表現相當。另，在固定巢狀網格之 HWRF\_T 實驗，當使用 1way 配合模式積分時間步階為 54 秒，能有較佳的颱風路徑預報水準，但對於台灣的降雨預報卻有低估之現象(如下圖 1)且在非颱風造成的降雨容易有牛眼現象。

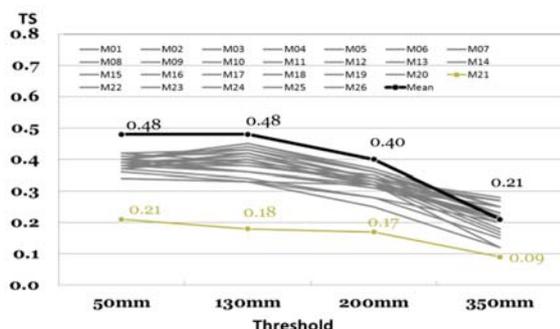


圖 1、統計 2013 年颱風期間，固定巢狀網格之 HWRF\_T 實驗設計(M21, 灰黃色線條)與 TAPEX 系集成員表現，其降雨預報 TS 得分明顯偏低。

本研究針對移動巢狀網格之實驗，評估新舊版 HWRF 程式在颱風路徑預報之表現。另外，同時進行改進固定巢狀網格實驗之研究，期望改進降雨量低估及降雨預報出現牛眼之狀況。

## 二、模式簡介

HWRF 為美國 National Centers for Environmental Prediction (NCEP) 下轄的研究單位 Environmental Modeling Center (EMC)負責研究發展與改進，HWRF 模式之物理過程改進，由 EMC 與 NOAA 下轄研究單位 ESRL(Earth System Research Laboratory) 共同合作。HWRF 系統詳細介紹可參考 Community HWRF USER' GUIDE V3.3a(Bao et al. 2011)。

## 三、實驗設計

延續蔡等人(2013)研究中針對 HWRF 進行兩部分研究。第一部分之實驗設計為類似 Environmental Modeling Center(EMC) HWRF 之作業版本，3 層巢狀移動網格之網格解析度為 27/9/3 公里，模式垂直層數為 43 層，模式頂 50hPa，模式積分時間步階為 45 秒，初始場與邊界條件使用 NCEP Hybrid-GFS (T574)之資料，並使用 NCEP GFS 0.5 度之資料，提供模式所需之地表參數。此外，2013 年 EMC 針對 HWRF 進行版本更新，

主要包含：(1)模式巢狀網格之內插法；(2)巢狀網格之颱風中心定位演算法；(3)調整模式物理參數使用之頻率與擴大第三層巢狀網格範圍。因此我們針對 2013 年西北太平洋颱風季以新舊版之 HWRF 進行實驗並比較颱風路徑預報之改進程度。此外，進一步以台灣運行之新版 HWRF 預報結果與 EMC 在西北太平洋之颱風路徑預報表現進行比較。

此外，為產生台灣的定量降雨預報資料，供本中心定量降雨系集預報實驗(TAPEX)使用，第二部分的研究，使用 3 層固定巢狀網格(HWRF\_T)，網格解析度為 45/15/5 公里，模式積分時間步階為 54 秒，模式之水平範圍近似現行中央氣象局作業之設定，初始場與邊界條件使用 NCEP GFS 0.5 度之資料。HWRF\_T 之實驗結果顯示，45 公里模式所解析之海面氣壓場容易於青藏高原產生牛眼現象，透過提高解析度為 27 公里得以有效移除海面氣壓場之牛眼，此實驗為 HWRF\_T\_CTL。因考量計算資源，另設計 HWRF\_T\_V28 將垂直解析度降低為 28 層，並評估三者之颱風路徑與降雨預報之表現。上述實驗設計皆未使用海洋模式進行耦合，第三層皆未使用積雲參數法，詳細實驗設計請參考表 1。

#### 四、實驗結果與未來工作

本篇研究中，第一部分比較新舊版 HWRF 程式對西北太平洋颱風之路徑預報表現共分析 2013 年 26 個颱風個案，463 個預報初始時間，最高解析度 3 公里預報第 24、48 與 72 小時的路徑誤差分別為：HW12 實驗為 82/148/234 公里；HW13 實驗為 69/124/182 公里(表 2)。新版 HW13 在第 72 小時路徑預報誤差改進約 22%。

以新版 HWRF 與 EMC HWRF 之預報表現進行比較，統計 26 個颱風，409 個預報時間。最高解析度 3 公里預報第 24、48 與 72 小時的路徑誤差分別為：HW13 實驗為 68/121/175 公里；EMC\_HWRF 實驗為 76/127/182 公里。兩實驗主要差異為 EMC\_HWRF 使用 GSI 資料同化，兩者在颱風路徑預報表現相當(表 3)，透過統計方法 T 檢測，HW13 之改進程度具有統計顯著性(圖未顯示)。

第二部分，比較固定巢狀網格(HWRF\_T)之三組實驗，分析個案包含，中央氣象局發布警報之 6 個颱風，

包含：蘇力、西馬隆、潭美、康芮、天兔與菲特，共 120 個預報時間。HWRF\_T 實驗解析度 45 公里預報第 24、48 與 72 小時的路徑誤差分別為 93/131/168；解析度 27 公里預報第 24、48 與 72 小時路徑誤差分別為：HWRF\_T\_CTL 實驗為 90/130/167 公里；HWRF\_T\_V28 實驗為 94/138/189 公里(表 4)。HWRF\_T 與 HWRF\_T\_CTL 路徑預報表現相當，兩實驗在垂直層數相同，水平解析度由 45 公里提高至 27 公里後，對於第 36 小時前之路徑預報改進幅度較為顯著(圖未顯示)。降雨預報表現，無論網格為 5 公里或 3 公里在非颱風之降雨皆會出現牛眼現象，需在模式設定中開啟 Euler Advection 始能改善牛眼狀的降雨分布。當網格提高解析度至 3 公里可以改進 24 小時豪雨門檻值(130mm)之降水 ETS 得分，由 0.18 提高至 0.24(圖 2(a))；BIAS 得分由 0.3 提升至 0.47 有效減少降雨低估(圖 2(b))，但誤報率(FAR)卻由 0.16 提升至 0.23(圖 2(c))。

降低垂直解析度之實驗 HWRF\_T\_V28，在路徑預報表現為負的效益，尤其預報第 24 小時之後，低垂直層數之預報誤差明顯增加(表 4)。但統計模式 0 到 24 小時累積雨量之預報表現卻有不錯表現。24 小時豪雨門檻值(130mm)降水 ETS 得分，較 HWRF\_T\_CTL 由 0.24 提高至 0.28，BIAS 得分由 0.47 提升至 0.52 再減少降雨低估現象，誤報率(FAR)卻也由 0.23 降至 0.20，但 24 小時超大豪雨門檻值(350mm)，其誤報率較高(圖 2(c))。

未來將評估 HWRF 移動巢狀網格之降雨表現。對於固定巢狀網格之降雨評估，希望能包含更多個案之統計研究並進一步分析，在模式前 24 小時路徑預報差異不大下，垂直層數較少之實驗設計因何得以有較佳之降雨表現。

#### 五、參考文獻

- Shaowu Bao, Richard Yablonsky, Don Stark and Ligia Bernardet, 2011: Community HWRF USERS' GUIDE V3.3a. The Developmental Testbed Center.
- 蔡金成、蕭玲鳳、陳得松、包劍文與李清勝，2012：Hurricane WRF 模式於西北太平洋颱風預報

之初步測試研究。天氣分析與預報研討會論文彙編，中央氣象局。

預報表現評估。天氣分析與預報研討會論文彙編，中央氣象局。

蔡金成、蕭玲鳳、陳得松、包劍文與李清勝，2013：  
HWRF 模式 2012 年於西北太平洋之建置與

表 1、HWRF 實驗設計表

Experiment	cold/warm start	analysis	bogus	Cumulus scheme	Microphysics scheme	Boundary Layer	Note
HW12	cold start	NODA	HWRF bogus	SAS	Ferrier	NCEP GFS	43levels ;model top 50hPa; 2 way; time_step=45; 27/9/3km; moving nested
HW13	cold start	NODA	HWRF bogus	SAS	Ferrier	NCEP GFS	43levels ;model top 50hPa; 2 way; time_step=45; 27/9/3km; moving nested; updated by EMC*
EMC_HWRF	cold start	GSI	HWRF bogus	SAS	Ferrier	NCEP GFS	43levels ;model top 50hPa; 2 way; time_step=45; 27/9/3km; moving nested; updated by EMC*
HWRF_T	cold start	NODA	no bogus	SAS	Ferrier	NCEP GFS	43levels; model top 50hPa; 1 way; time_step=54; 45/15/5km
HWRF_T_CTL	cold start	NODA	no bogus	SAS	Ferrier	NCEP GFS	43levels; model top 50hPa; 1 way; time_step=54; 27/9/3km
HWRF_T_V28	cold start	NODA	no bogus	SAS	Ferrier	NCEP GFS	28levels; model top 50hPa; 1 way; time_step=54; 27/9/3km

\*HW13 更新巢狀網格內插法，颱風中心定位演算法、物理參數化使用頻率與擴大最細網格之範圍。

表 2、新舊版本 HWRF 在 2013 年 26 個颱風個案之路徑預報誤差統計(網格解析度:3km)

Experiment	0 fhr(463)*	24fhr(362)	48fhr(266)	72fhr(180)
HW12	29	82	148	234
HW13	28	69	124	182

\*fhr 為預報小時；括號內為個案數。

表 3、新版本 HWRF 與 EMC HWRF 在 2013 年 26 個颱風個案之路徑預報誤差統計(網格解析度:3km)

Experiment	0 fhr(409)	24fhr(327)	48fhr(243)	72fhr(170)
EMC HWRF	27	76	127	182
HW13	28	68	121	175

表 4、固定網格 HWRF\_T 三組實驗在 2013 年警報颱風之路徑預報誤差統計(網格解析度:27km)

Experiment	0 fhr(120)	24fhr(96)	48fhr(73)	72fhr(53)
HWRF_T*	30	93	131	168
HWRF_T_CTL	30	90	130	167
HWRF_T_V28	30	94	138	189

\*HWRF\_T 為 45 公里之結果。

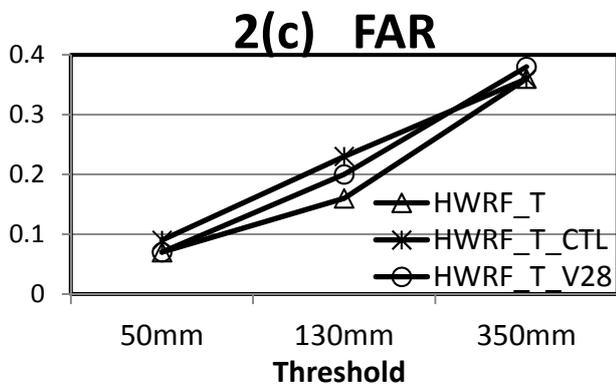
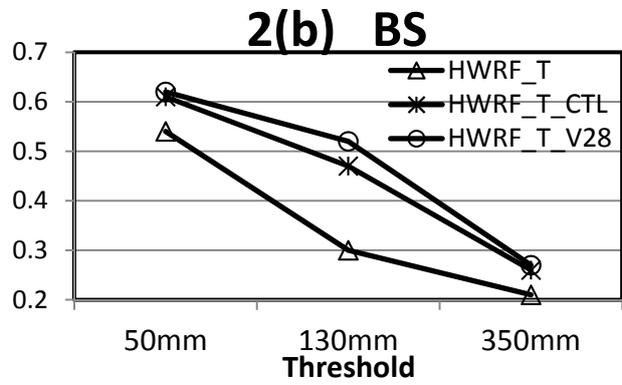
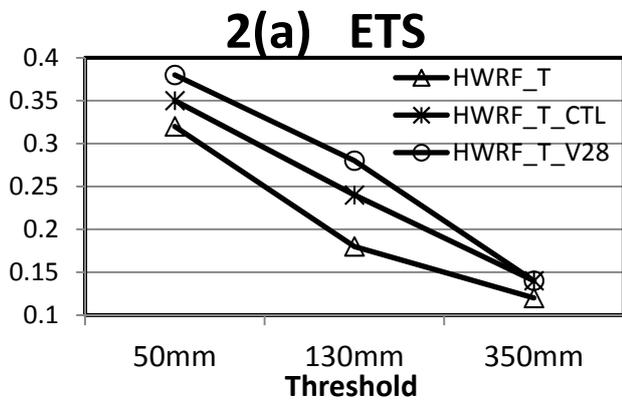


圖 2、HWRf\_T 固定網格三組實驗統計 2013 年 6 個發佈警報颱風之降雨得分，單一颱風個案選擇 3 天單日最大降雨日，共 18 個模式初始時間。2(a)為三組實驗之 ETS 得分；2(b)為 BIAS 得分;2(c)為 FAR 得分。