

# 臺灣地區 WRF 與 WRF 中尺度動力降尺度系統 100 米風速

## 預報校驗分析

王惠民<sup>1</sup> 馮智勇<sup>2</sup> 陳文軒<sup>13</sup> 任俊儒<sup>13</sup>

中央氣象局科技中心<sup>1</sup> 多采科技有限公司<sup>2</sup> 資拓宏宇國際股份有限公司<sup>3</sup>

### 摘 要

本文使用 WRF(Weather Research and Forecasting model;簡稱 WRF)及 WRF 中尺度動力降尺度系統(Meso-scale Dynamic Downscaling System;簡稱 MDWRF)00 UTC 100 米處風速之分析場資料，選取北緯 21.5-26.5 度和東經 118-123.5 度範圍，對 WRF 及 MDWRF 00 UTC 100 米處風速之 12 及 24 小時 100 米處風速區域預報作校驗。並利用中央大學、新屋及大潭之 100 米處風速之光達(Light Detection And Ranging; LIDAR)資料及台中清水之測風塔(anemometer tower)100 米處風速資料，分別對 WRF 及 MDWRF 在中央大學、新屋、大潭及清水 4 個觀測點之 100 米處風速預報作校驗。

校驗結果顯示，在區域預報之平均絕對百分誤差方面，2017 年 12-2018 年 2 月 WRF 及 MDWRF 00 UTC 12 和 24 小時預報主要差異在沿岸地區，以 MDWRF 略優於 WRF。2018 年 3-4 月 00 UTC 之 12 小時預報，MDWRF 在沿岸表現略優於 WRF；而 WRF 在近海表現略優於 MDWRF。2018 年 3-4 月 00 UTC 之 24 小時預報在西部沿岸 WRF 及 MDWRF 兩者差異在新竹至嘉義一帶，MDWRF 的預報誤差略大於 WRF，WRF 略優於 MDWRF。在近海部分，兩者差異主要在臺中至嘉義一帶，以 WRF 略優於 MDWRF。在區域預報之風能密度預報準確度方面，2017 年 12-2018 年 2 月 WRF 及 MDWRF 00 UTC 之 12 之預報準確度在臺灣西部近海及沿岸無明顯差異，24 小時之預報準確度在臺灣西部沿岸，以 MDWRF 略優於 WRF。2018 年 3-4 月 WRF 及 MDWRF 00 UTC 之 12 小時預報準確度兩者差異在近海部份 WRF 略優於 MDERF；沿岸臺中以北 MDWRF 略優於 WRF。24 小時預報準確度，兩者差異在西部近海，WRF 略優於 MDWRF。在觀測點之平均絕對百分誤差及風能密度預報準確度之比較，MDWRF 預報略優於 WRF。

關鍵詞: 校驗、風速預報

## 一、前言

近日風力發電已成為綠色能源重要課題之一。由於，風能與風速的三次方成正比(陳，2017)。所以，風速預報誤差的資訊，對風力發電評估便有重要的影響。透過本文對 WRF 及 MDWRF 100 米風速預報校驗，藉以瞭解數值模式所提供 100 米處的風速預報誤差特徵，作為風能評估之參考。

WRF 是美國近年來集合美國學術界及作業單位人力所發展之下一代中尺度數值模式，本文所使

用之 WRF 100 米處的風速預報為水平解析度 3 公里之預報產品，預報時段為 1 至 84 小時，每天預報 4 次，初始時間為 00、06、12 及 18 UTC。

MDWRF 是採用 WRF 的預報結果作為其邊界條件，採用追隨地勢座標下的純控制方程三維變分法，解出在靜態下因複雜地形產生的氣象場變化。此方法因利用較完整的中小尺度氣象物理方程式為變分法的控制方程，其結果在不同氣象變數間有相當大滿足其所使用之控制方程(陳，2017)。本文所使用之 MDWRF 100 米處的風速預報為水平解析度 2 公里之預報產品。

## 二、資料及分析方法

本文使用 2017 年 12 月至 2018 年 4 月 WRF 及 MDWRF 00 UTC 100 米處風速之分析場資料，選取北緯 21.5-26.5 度和東經 118-123.5 度範圍，對 WRF 及 MDWRF 00 UTC 100 米處風速之 12 及 24 小時 100 米處風速區域預報作校驗。並利用 2017 年 11 月至 2018 年 1 月中央大學、新屋及 2018 年 1 月至 2018 年 4 月大潭之 100 米處風速之光達資料及 2017 年 11-12 月台中清水之測風塔 100 米處風速資料，分別對 WRF 及 MDWRF 分別尋找最接近在中央大學、新屋、大潭及清水 4 個觀測點之 100 米處風速預報作校驗。

以下為本文校驗所使用之方法:

平均絕對百分誤差(Mean Absolute Percentage Error ; 簡稱 MAPE)(Khair et al. 2017)計算方式如下：

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n |fcst_i - obs_i| / obs_i \times 100}{n}$$

其中 fcst 代表預報值；obs 代表觀測值；n 代表有效個案數。

風能密度預報準確度 = 100% - NMAE

$$E = \frac{1}{2} \rho V^3 F$$

E 為風能 (W)， $\rho$  為空氣密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )，V 為風速 (m/s)，F 為垂直於風速的截面積 ( $\text{m}^2$ )。

**NMAE(Normalized Mean Absolute**

$$\text{Error}) = \frac{\sum_{i=1}^n |Efcst_i - Eobs_i| / C \times 100}{n} \quad (\text{謝, 2017})$$

n 為取樣數， $Efcst_i$  為風能預測值， $Eobs_i$  為風能觀測值，C 為風場裝置容量 (installed capacity)，額定風速 (rated velocity) = 12 公尺/秒。由於，風機有效風速在 3-25 公尺/秒。因此，僅對上述範圍觀測風速之模式預報作校驗。同時，風機設置地點大都分布在臺灣西部沿岸及近海。所以，本文預報校驗分析亦將著重於上述區域。

## 三、結果分析

WRF 模式 100 米處風速預報之區域預報誤差在平均絕對百分誤差方面，圖 1(a)及(b)顯示，2017 年 12-2018 年 2 月 WRF 00 UTC 之 12 及 24 小時預報在臺灣西部近海，預報誤差大都約在 30-40%，沿岸約在 40-50%。圖 3(a)顯示，2018 年 3-4 月 WRF 00 UTC 之 12 小時預報臺中以南臺灣西部近海預報誤差大都約在 30-40%，沿岸約在 40-50%；臺中以北，西部近海及沿岸預報誤差大都約在 40-50%。圖 3(b)顯示，24 小時預報在臺中以南臺灣西部沿岸及近海預報誤差大都約在 30-40%；臺中以北西部沿岸預報誤差大都約在 30-40%，西部近海臺中以北預報誤差大都約在 50-60%。WRF 模式 100 米處風速預報之區域預報在風能密度預報準確度方面，圖 2(a)及(b) 顯示，2017 年 12-2018 年 2 月 WRF 00 UTC 之 12 及 24 小時預報在臺灣西部近海大都約在 80-90%，沿岸大都約在 70-80%。圖 4(a)顯示，2018 年 3-4 月 WRF 00 UTC 之 12 小時預報在西部近海準確度大都約在 80-90%；沿岸約在 70-80%。圖 4(b)顯示，2018 年 3-4 月 WRF 00 UTC 之 24 小時預報在西部近海及沿岸大都約在 80-90%。

MDWRF 模式 100 米處風速預報之區域預報誤差在平均絕對百分誤差方面，圖 5(a)顯示，2017 年 12-2018 年 2 月 MDWRF 00 UTC 之 12 小時預報在臺灣西部近海，預報誤差大都約在 30-40%，沿岸臺中以南約在 40-50%；臺中以北 30-40%。圖 5(b) 00 UTC 之 24 小時預報誤差顯示，臺灣西部近海及沿岸約在 30-40%。圖 7(a)顯示，2018 年 3-4 月 MDWRF 00 UTC 之 12 小時預報在臺灣西部近海預報誤差大都約在 40-50%，沿岸臺中以北大都約在 30-40%；臺中以南約在 40-50%。圖 7(b) 00 UTC 之 24 小時預報顯示，西部近海在新竹至嘉義一帶預報誤差大都約 50-60%，其餘近海大都約 30-40%。西部沿岸在新竹至嘉義一帶預報誤差大都約為 40-50%，其餘沿岸大都約 30-40%。MDWRF 模式 100 米處風速預報之區域預報在風能密度預報準確度方面，圖 6(a)及(b) 顯示，2017 年 12-2018 年 2 月 MDWRF 00 UTC 之 12 小

時預報在臺灣西部近海大都約在 80-90%，沿岸大都約在 70-80%；24 小時預報在臺灣西部近海及沿岸大都約在 80-90%。圖 8(a)顯示，2018 年 3-4 月 MDWRF 00 UTC 之 12 小時預報在西部近海準確度大都約在 70-80%，沿岸臺中以南預報準確度大都約在 70-80%；臺中以北約在 80-90%。圖 8(b)顯示，2018 年 3-4 月 MDWRF 00 UTC 之 24 小時預報在西部近海大都約在 70-80%，沿岸大都約在 80-90%。

圖 9 為中央大學、新屋及大潭光達風速資料和清水測風塔風速資料觀測點位置。MDWRF 及 WRF 在觀測點預報誤差之平均絕對百分誤差分布方面，圖 10(a)及(b)顯示，MDWRF 00 和 12 UTC 預報在中央大學及大潭整體預報時段預報誤差明顯小於 WRF，在新屋 MDWRF 和 WRF 00 UTC 預報較無明顯之優劣，但 12 UTC 預報，則是 WRF 整體預報時段預報誤差較 MDWRF 小。WRF 00 和 12 UTC 預報在清水整體預報時段預報誤差而言小於 MDWRF。觀測點預報誤差在風能密度預報準確度方面，圖 11(a)及(b)顯示 MDWRF 00 和 12 UTC 預報在中央大學、大潭及清水整體預報預報時段準確度均高於 WRF，但 WRF 00 和 12 UTC 預報在新屋預報整體預報時段準確度則高於 MDWRF。由 4 站之平均絕對百分誤差及風能密度預報準確度之比較，MDWRF 預報略優於 WRF。

## 四、結論

本文使用 2017 年 12 月至 2018 年 4 月 WRF 及 MDWRF 00 UTC 100 米處風速之分析場資料，對 WRF 及 MDWRF 00 UTC 之 12 及 24 小時 100 米處風速的區域預報作校驗。並利用 2017 年 11 月至 2018 年 1 月中央大學、新屋及 2018 年 1 月至 2018 年 4 月大潭及 2017 年 11-12 月台中清水之測風塔 100 米處風速資料，分別對 WRF 及 MDWRF 在中央大學、新屋、大潭及清水 4 個觀測點之 100 米處風速預報作校驗得到以下結論：

(一)在區域預報之平均絕對百分誤差方面，2017 年

12-2018 年 2 月 WRF 及 MDWRF 00 UTC 12 和 24 小時預報之主要差異在沿岸地區，以 MDWRF 略優於 WRF。2018 年 3-4 月 00 UTC 之 12 小時預報，MDWRF 在沿岸表現略優於 WRF；而 WRF 在近海表現略優於 MDWRF。2018 年 3-4 月 00 UTC 之 24 小時預報在西部沿岸 WRF 及 MDWRF 兩者差異在新竹至嘉義一帶，MDWRF 的預報誤差略大於 WRF，WRF 略優於 MDWRF。在近海部分，兩者差異主要在臺中至嘉義一帶，以 WRF 略優於 MDWRF。

(二)在區域預報之風能密度預報準確度方面，2017 年 12-2018 年 2 月 WRF 及 MDWRF 00 UTC 之 12 之預報準確度在臺灣西部近海及沿岸無明顯差異，24 小時之預報準確度在臺灣西部沿岸，以 MDWRF 略優於 WRF。2018 年 3-4 月 WRF 及 MDWRF 00 UTC 之 12 小時預報準確度兩者差異在近海部份 WRF 略優於 MDWRF；沿岸臺中以北 MDWRF 略優於 WRF。24 小時預報準確度，兩者差異在西部近海，WRF 略優於 MDWRF。

(三)在觀測點之平均絕對百分誤差及風能密度預報準確度之比較，MDWRF 預報略優於 WRF。

## 伍、參考文獻

- 陳嘉榮，2017：綠能科技前瞻研究計畫-氣象資訊在綠能開發之應用服務子計畫。**科發基金管理會補助計畫成果報告**。MOST 106-3114-Y-052-003。
- 謝爻諺、周儷芬、張志榮、盧莘源、曹顯翰、呂藝光，2017：數值天氣預報應用在風力發電預報之研究。106年度天氣分析與預報研討會，A6-3。
- Khair, U., H. Fahmi, S. A. Hakim, R. Rahim, 2017: Forecasting error calculation with mean absolute deviation and mean absolute percentage error. **J. Phys.:Conf. ser.** 930 012002, 1-6.

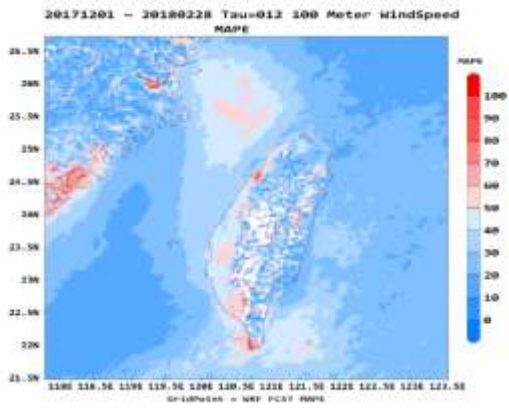


圖 1(a) 12-2月 WRF 00 UTC 100 米風  
12 小時預報之平均絕對百分誤差。

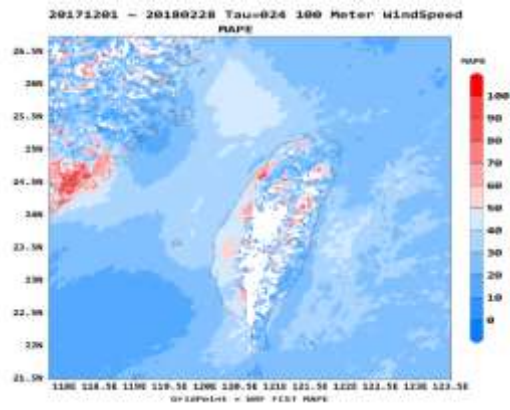


圖 1 (b) 同圖 1(a),但為 24 小時預報。

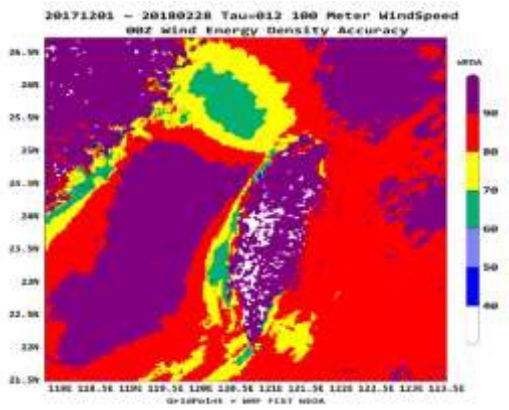


圖 2(a) 12-2月 WRF 00 UTC 100 米風  
12 小時預報之風能密度預報準確度。

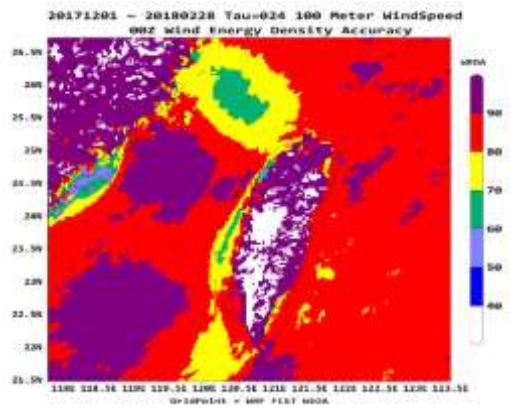


圖 2 (b) 同圖 2(a),但為 24 小時預報。

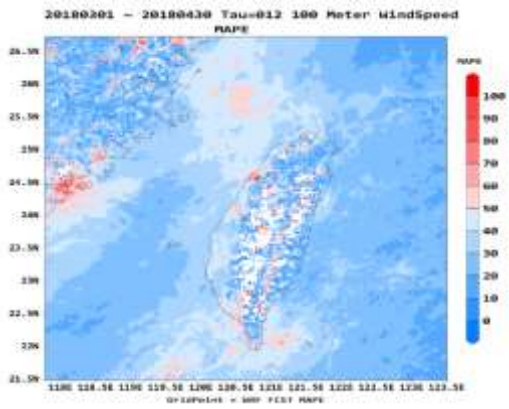


圖 3(a) 同圖 1(a),但為 3-4 月。

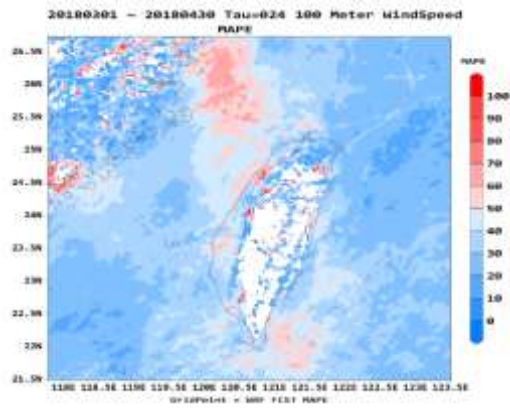


圖 3(b) 同圖 3(b),但為 24 小時預報。

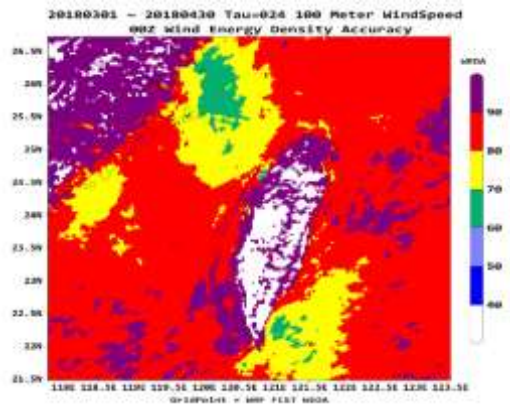
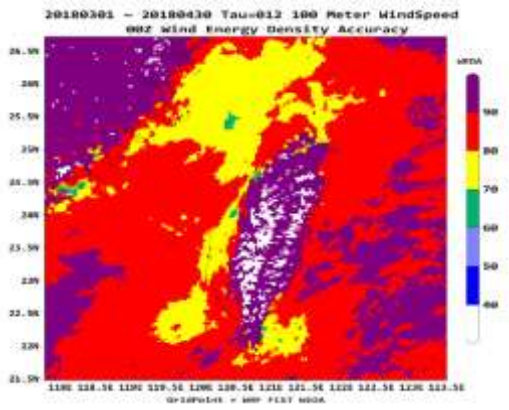




圖 4(a) 同圖 2(a),但為 3-4 月。

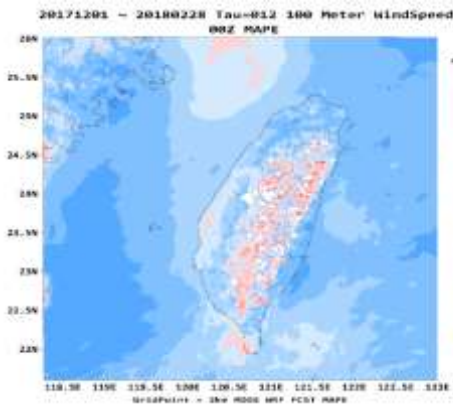


圖 5(a) 同 1(a),但為 MDWRF。

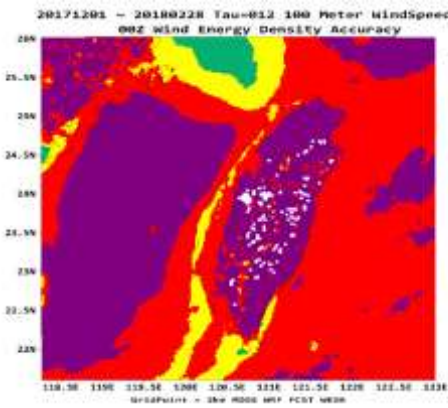


圖 6(a) 同圖 2(a) ,但為 MDWRF。

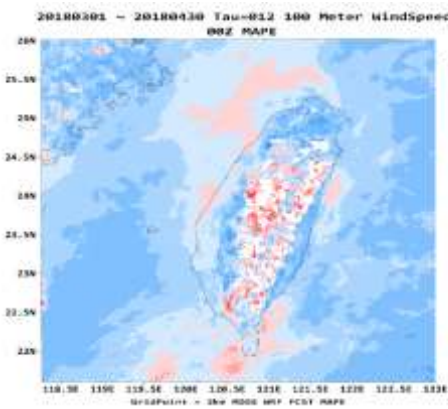


圖 7(a) 同圖 3(a),但為 MDWRF。

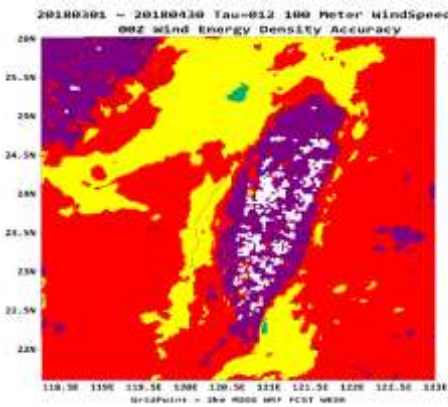


圖 8(a) 同 4(a) ,但為 MDWRF。

圖 4(b) 同圖 4 (b),但為 24 小時預報。

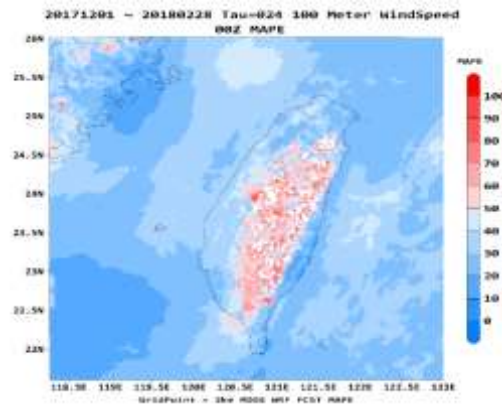


圖 5(b) 同 5(a) ,但為 24 小時預報。

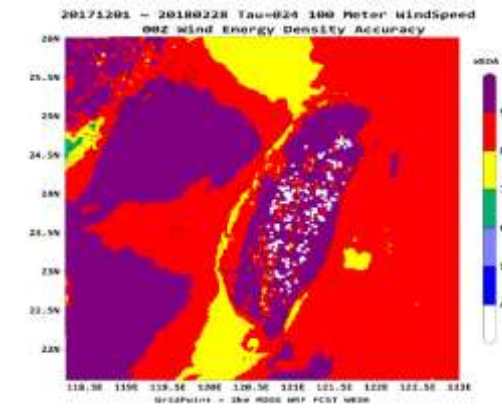


圖 6(b) 同 6(a) ,但為 24 小時預報。

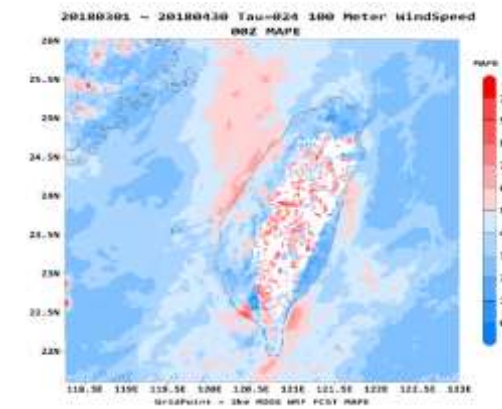


圖 7(b) 同圖 7(b) ,但為 24 小時預報。

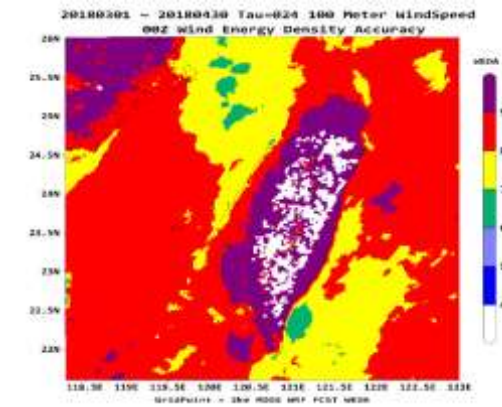


圖 8(b) 同圖 8(a) ,但為 24 小時預報。



圖 9 光達及測風塔風速資料觀測點位置。

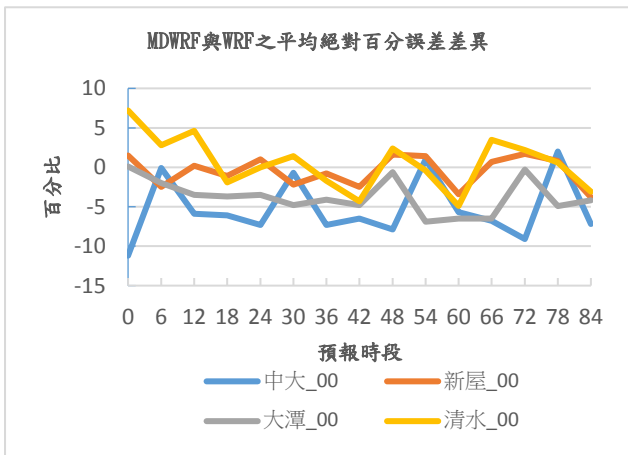


圖 10(a) MDWRF 00 UTC 各預報時段在 4 個觀測點 100 米處風速預報之平均絕對百分誤差減去 WRF 00 UTC 相同預報時段及觀測點預報之平均絕對百分誤差之差異分布。

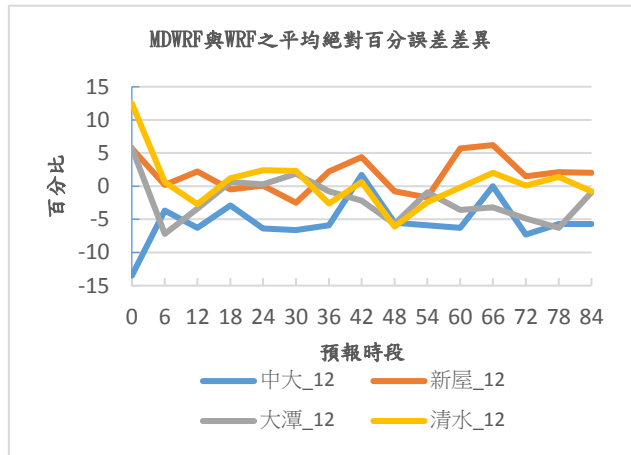


圖 10(b) 同圖 10(a)，但為 12 UTC。

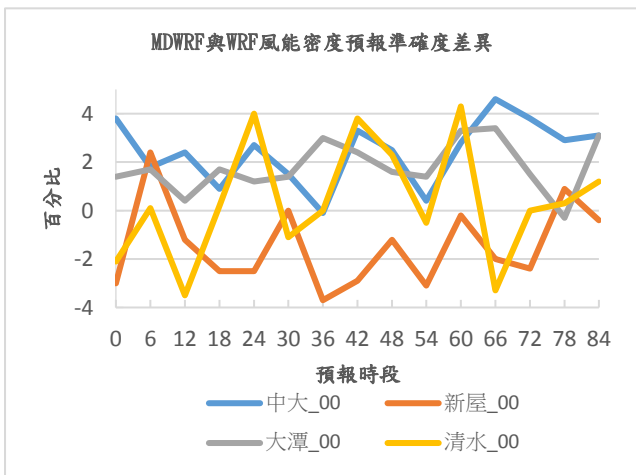


圖 11(a) 同圖 10(a)，但為風能密度預報準確度。

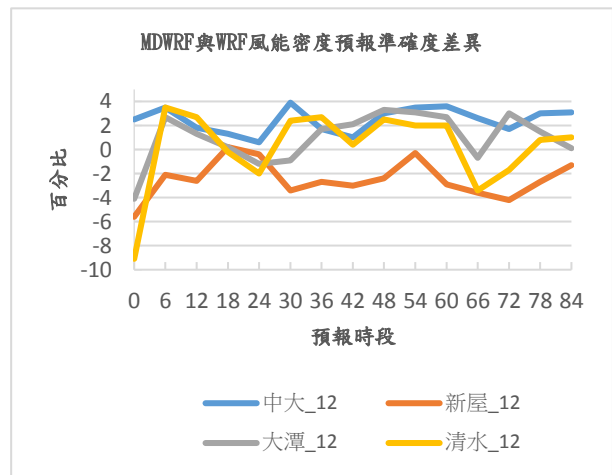


圖 11(b) 同圖 11(a)，但為 12 UTC。