

## 高解析數值天氣模擬及校驗

羅明福<sup>1</sup>、廖杞昌<sup>2</sup>

<sup>1</sup>海軍大氣海洋局

<sup>2</sup>國防大學環境資訊及工程學系

### 摘 要

本研究是利用美國國家環境預報中心 (NCEP) 發展的舊版 (f97) 與新版 (NRSM) 有限區域波譜模式, 並選取「東北季風時期」與「梅雨季時期」個案進行模擬。由研究分析顯示: f97與NRSM於「東北季風時期」RSMA部分, 地面的氣壓場、溫度場、風場及低層的高度場、溼度場均呈現NRSM之結果比f97較佳; 而MSM部分, 氣壓場以NRSM較接近實測值, 溫度場部分NRSM呈現異常下降現象, 風場結果則顯示兩模式差異較小。而「梅雨季時期」RSMA部分, 地面的氣壓場、溫度場、風場及低層的高度場、溼度場均呈現NRSM之結果比f97較佳; 而MSM部分, 氣壓場與溫度場以NRSM較接近實測值, 且無「東北季風時期」溫度異常下降現象。本研究結果顯示, 新版本的區域波譜模式有相當程度的改良與精進, 且藉由與分析場比較之結果, 可讓使用此模式之作業單位, 掌握與瞭解模式預報的特性, 並藉此特性調整預報產品, 且可進一步調整模式設定來改善預報能力, 達到精進區域波譜模式之目的。

關鍵字: 區域波譜模式、模式校驗、模式精進

### 一、前言

區域波譜模式 (RSM, Regional Spectral Model), 在歷經多年的實際作業運用下, 已達相當成熟階段, 近年來由於科技快速發展, 數值模式隨之精進, NCEP亦發展新版「區域波譜模式」(暫稱NRSM), 藉由測試及比較新、舊版模式的差異, 探討新版「區域波譜模式」預報的可行性及成效性, 預期將對使用此模之作業單位有相當正面的助益。

全球模式解析度較粗糙, 通常使用來掌握綜觀天氣系統的變化趨勢, 對於中、小尺度天氣預報準確度, 透過高解析度的區域波譜模式, 模擬影響台灣附近地區的天氣系統(如梅雨季的豪大雨、寒潮等)來探討模式的預報度, 是個相當好的選擇。中央氣象局近年來積極發展鄉鎮尺度天氣預報技術, 提供接近2.5 km網格解析度的氣象資

料, 包括: 降水量、地表氣溫、日間最高氣溫、夜間最低氣溫、雲量、地表風、地表溼度、海面相關氣象場及海面波浪, 以做為實施精緻化預報之參考。而未來如何針對局部及劇烈天氣變化之區域提供更準確的天氣預報, 仍需透過對模式作更進一步精進研究, 本研究即欲藉由改良的新版「區域波譜模式」對區域天氣預報準確度來探討模式的特性與可行性。

### 二、模式設定與資料來源

本研究使用美國NCEP提供的全球再分析場資料 (reanalysis data,  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ ) 作為模式的初始分析場。個案選取方面, 分別選取東北季風與梅雨季兩個不同天氣系統個案作為預報模擬研究的重點。將NRSM、f97兩版本模式相關設定為相同條件, 表1為兩模式相關設定。

### 三、研究方法

本研究之方法與步驟如圖1，並詳述如下。

#### (一) RSMA部分：

1. 掌握天氣系統移動特性，此法主要是追蹤預測圖中主要天氣系統移動的快慢與變化等，藉以找出模式對系統的特性。
2. 本研究中用以比較模式的各氣象變數包含：「海平面氣壓」、「2M 溫度場」及「10M 風場」以及「850、700、500 hPa 重力位高度場、溫度場與濕度場」，其中「海平面氣壓」可代表「質量場」，「溫度場」可代表「熱量場」，「風場」可代表「動量場」，至於「850、700及500 hPa 重力位高度場、溫度場與濕度場」則可以看出模式對於大氣低、中、高層的預報表現。以「NCEP」的分析場與「f97」、「NRSMS」預報場的各「氣象變數」作最基本的相減。再選擇以「均方根誤差」校驗方式來比對。

#### (二) MSM部分：

利用中央氣象局觀測站資料與「f97」、「NRSMS」模式相對應最近的網格點預報資料，作各氣象變數「氣壓、溫度、風速」的時間序列比較，由此可獲得模式預報資料與實測資料隨時間變化的差異。

### 四、模式預報資料分析與結果

本研究擬探討「東北季風期間」與「梅雨季期間」，模式於天氣系統及各種氣象變數變化掌握程度，以瞭解新、舊版模式預報能力之差異。綜合兩模式表現之特性與優劣，分別以「東北季風期間」與「梅雨季期間」歸納出以下幾點：

#### (一) 「東北季風期間」：

1. 「地面氣壓場」部分兩模式系統掌握相當不錯，在大陸至東南亞地區呈現高估，約高估3至33 hPa（尤其在西藏地區），此區域為東北季風期間影響台灣地區天氣系統的上游，模式呈現高估現象，而在台灣附近地區，氣壓相差在3 hPa以下，兩模式氣壓場差異很小。「地面溫度場」部分兩模式於大陸地區呈現低估現象，約達3至12度，且隨東北季風南

下，溫度場低估區域亦隨之南移至東南沿海，台灣地區約低估3度，另日本地區則呈現高估現象。「風場」部分兩模式於大風區域掌握相當不錯，風場相減圖顯示兩模式於台灣附近地區風速稍高估，但皆在10 m/s以下。整體上兩模式在風向及風速上差異相當小。

2. 「850 hPa、700 hPa及500 hPa高度場」，台灣附近地區呈現高估現象，約10至30 gpm，大陸地區呈現相當明顯的高估現象。「850 hPa溫度場」，呈現大陸地區有低估現象。「700 hPa濕度場」，f97有相當明顯的邊界問題，於邊界處呈現偏乾現象，約偏差50至80%，NRSMS則無此現象。
3. 兩模式各種氣象變數的「均方根誤差值」（如圖2）均顯示NRSMS的值比f97的值小，也就是NRSMS於各種變數的預報均比f97好，其中以濕度場的改善程度最大。另地面溫度場的均方根值呈現週期性變化，每日06Z時其值明顯變小，顯示兩模式於預報高溫時準確率較高，預報低溫時較不準確。
4. MSM「氣壓場」（如圖3）部分，兩模式氣壓趨勢變化大致與實測資料相似，NRSMS呈現較接近觀測值，而f97有明顯高估現象，而測站實際觀測資料顯示，在每日06Z時氣壓值皆呈現下降現象，此因氣壓之日變化造成的，但兩模式無明顯的日變化預報，可見模式仍無法精準掌握氣壓之日變化。「溫度場」（如圖4）部分，f97表現與觀測值相近，NRSMS則呈現不正常下降現象，尤其是東北季風增強時，幅度可達17°C，而根據氣壓場與風場變化，NRSMS並無明顯特別變化，溫度異常下降，推測是模式本身系統性誤差所致。「風場」（如圖5）部分，兩模式僅彭佳嶼與東吉島風速接近觀測值，其餘測站兩模式風速值皆高估於觀測值。

#### (二) 「梅雨季期間」：

1. 在24小時起兩模式於「地面氣壓場」中，預報場對太平洋高壓系統的掌握有偏強現象，致使鋒面位置偏北，西藏至東南亞地區即向東北延伸至日北地區，呈現高估，尤其在西藏地區，高估達15 hPa；

f97高估現象整體較明顯，且大都集中於西藏地區，在台灣附近地區，相差在3 hPa以下，其他區域顯示兩者差異很小。「地面溫度場」，西藏至東南亞地區則呈現低估現象，台灣地區相差於3度以下。「風場」部分，兩模式在風向及風速上差異相當小，與分析場差異在10 m/s以下。

2. 「850 hPa、700 hPa及500 hPa高度場」兩模式在高度場整體呈現高估現象，隨預報時間增加，高估的區域逐漸集中在日本、台灣至東南亞一帶，且高估程度亦變大，約達100 gpm。「850 hPa溫度場」兩模式於華南至華北地區呈現高估，於西藏地區呈現低估，台灣東南方海域呈現低估，NRSMS低估範圍則較大，但都低於2度以下。「700 hPa濕度場」，f97有相當明顯的邊界問題，於邊界處呈現偏乾現象，約達50至80%，NRSMS則無此現象。
3. 兩模式各種氣象變數的「均方根誤差值」（如圖6）均顯示，除地面溫度場與低層濕度場，NRSMS的值比f97的值小外，其他各變數場的RSME值，呈現兩模式相近之現象。其中溫度場的均方根誤差值均呈現週期性變化，兩模式於每日06Z時均方根誤差值達最大，而其他時間則較小，顯示預報高溫時，準確度較差，顯示預報低溫時，準確度較好。
4. MSM「氣壓場」（如圖7）部分，趨勢變化大致與實測資料差異很大，與觀測值有高估之差距，NRSMS則表現較接近觀測值。「溫度場」（如圖8）部分，在基隆、淡水、板橋、台中測站呈現明顯的日夜變化，且模式接近觀測值，其他測站模式與觀測站則無明顯日夜變化，另兩模式皆呈現高估現象。「風場」（如圖9）僅彭佳嶼及淡水風速接近觀測值，其餘測站顯示兩模式風速值與觀測值皆有差距。

### 五、結論

「區域波譜模式」對於天氣系統預報有相當不錯的能力，本研究希望藉由分析比較新、舊版「區域波譜模式」對天氣系統掌握的能力，探討兩版本模式「表現的特性」及「預報能力的差異與優劣」，期望藉此分析

比較後的結果，作為日後使用新版模式的參考依據。影響台灣的天氣系統，除較難掌握的颱風外，就屬梅雨季與東北季風最為明顯，一個是中尺度與小尺度結合的對流型天氣，一個是大尺度的穩定型天氣，本文中即以此兩種天氣型態來探討兩版本模式的差異與優劣。以下即為本研究所獲得的結論：

1. 兩版本模式於RSM氣壓場有高估現象，其中梅雨季期間高估情形比東北季風期間更明顯，而f97高估情形比NRSMS明顯，也就是氣壓場部分於東北季風期間表現比梅雨季期間好，新版NRSMS表現比舊版f97好。
2. 兩版本模式於RSM溫度場部分，梅雨季期間有高估情形，東北季風期間有低估情形，而f97高、低估情形比NRSMS明顯，也就是溫度場部分，新版NRSMS表現比舊版f97好。
3. 兩版本模式於RSM的850 hPa、700 hPa及500 hPa高度場部分，呈現高估現象，而於東北季風期間NRSMS表現比f97好，但於梅雨季期間兩模式則表現無明顯差異。
4. 兩版本模式於濕度場部份，f97有相當明顯的邊界問題，於邊界處呈現偏乾現象，NRSMS則無此現象，濕度場NRSMS表現明顯比f97好。
5. 兩版本模式於MSM「氣壓場」部分，氣壓趨勢變化大致與實測資料相似，NRSMS較接近觀測值，f97明顯呈現高估。但兩模式明顯無法精準掌握氣壓之日變化。MSM「溫度場」於東北季風時期，NRSMS呈現不正常下降現象，因模式的氣壓場與風場並無相對應異常的變化，推測可能是模式本身系統性誤差所致，而f97溫度則無此異常下降現象。MSM「風場」部分，兩模式大風區域掌握相當不錯，東北季風期間僅彭佳嶼與東吉島，梅雨季期間僅彭佳嶼與淡水風速接近觀測值，其他測站風速則有高估現象。整體上兩模式在風向及風速上差異相當小。

由上述模式表現的情況可得知，NRSMS除於MSM溫度場部分表現異常外，其餘皆比f97版本表現的較好，也就是新版模式有相當程度的改良，對於使用「區域波譜

模式」的作業單位，可進一步考量是否更新模式版本；本研究雖然僅分別選擇兩種天氣系統作為模擬對象，無法完整代表模式的特性，但其所呈現的結果，作業人員可做為依據，適當調整預報策略，以提高預報準確度。「區域波譜模式」發展至今已歷經十數年，用於作業預報使用，各種尺度的天氣系統皆有不錯的表現。然數值模式發展因科技進步快速，亦須經歷改良過程，始能符合現代氣象預報作業之需求。

未來將持續對此兩種類型天氣系統，做更多個案的模擬分析與探討，以期能完整表現出模式的特性，進而能對模式改良，提供作業單位使用參考。另外亦將針對較難掌握的颱風個案，做模擬分析，以探討模式對颱風掌握的能力。

參考文獻

- [1] 蔡清彥、柯文雄、許武榮，數值天氣預報，聯經書局，臺北，第1-2頁，1990。
- [2] 劉復誠、華文達、鄭月娥，“日本氣象廳8L-NHM及10L-FLM數值預報模式之初步校驗”氣象學報，第30卷，第2期，第8-47頁，1984。
- [3] 方力脩、陳慧貞，“數值天氣預測之校驗方法綜評”，氣象學報，第35卷，第1期，第48-62頁，1989。
- [4] 呂芳川、廖杞昌，“中尺度波譜模式對台灣區域環流預報之研究”，中正嶺學報，第33卷，第2期，第75-94頁，2005。
- [5] Juang, H.-M.H. M. Kanamitsu., “The NMC Nested Regional Spectral Model” Mon. Wea. Rev., Vol. 122, pp.3-26, 1994.
- [6] Juang, H.-M.H., and M. Kanamitsu., “The NMC Nested Regional Spectral Model An update” Bull. Amer. Meteor. Soc., Vol. 78, pp.2125-2143, 1997.
- [7] Lu, F.-C., Juang, H.-M. H., and Liao, C.-C., “A Numerical Case Study of the Passage of a Cold Surge Across Taiwan,” Meteorol. Atmos.Phys., 95, 27-52, 2007.
- [8] Lu, F.-C., Juang, H.-M. H., and Liao, C.-C., “Revisiting Horizontal Diffusion of Perturbations over Terrain for NCEP RSM,” Terr. Atmos. Ocean. Sci., Vol. 18, No.1, pp.67-83, 2007.

預報模式 參數設定	GSM	RSMA	MSM
$\Delta x$ (km)	120	60	5
$\Delta t$ (S)	120	60	5
垂直層數	18	28	28
I*J grid	360*180	96*73	108*107
範圍	全球	5°N-43°N; 95°E-150°E	21.5°N-26°N; 118°E-122.5°E

表1. 模組相關參數設定

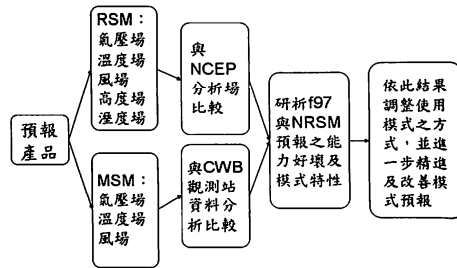


圖1. 實驗步驟流程圖

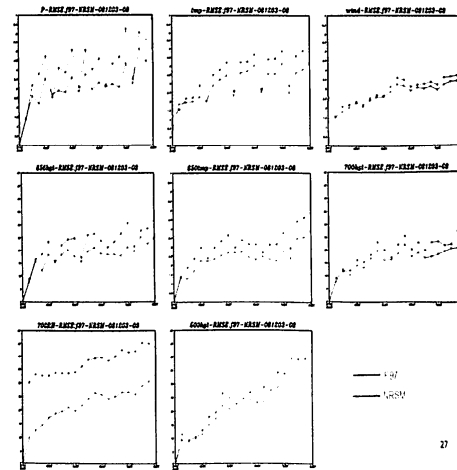


圖2. RSM模組 2008年12月03日至12月05日東北季風期間各氣象變數之R.M.S.E值

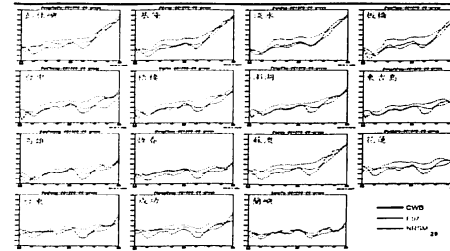


圖3. MSM模組 2008年12月03日至12月05日「f97」、「NRSM」與「CWB測站」氣壓場時間序列圖

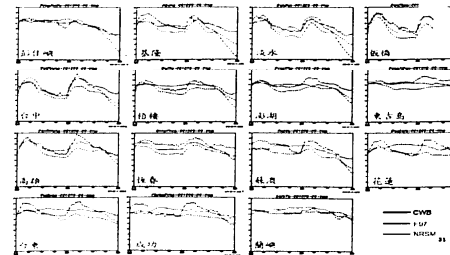


圖4. MSM模組 2008年12月03日至12月05日「f97」、「NRSM」與「CWB測站」溫度場時間序列圖

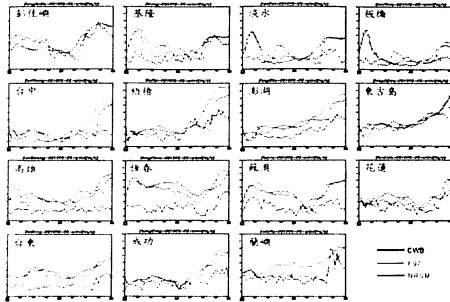


圖5. MSM模組 2008年12月03日至12月05日「f97」、「NRSM」與「CWB測站」風場時間序列圖

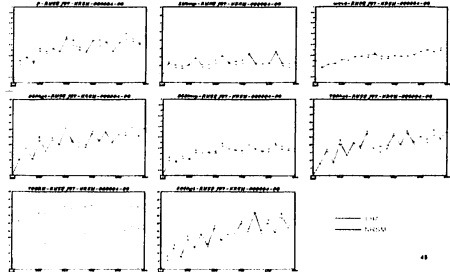


圖6. RSM模組 2008年06月04日至06月09日東北季風期間各氣象變數之R.M.S.E值

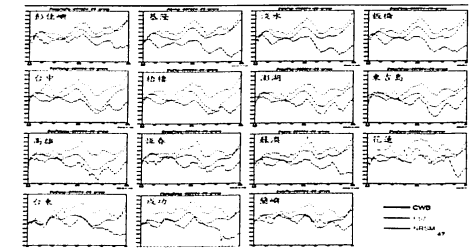


圖7. MSM模組 2008年06月04日至06月06日「f97」、「NRSM」與「CWB測站」氣壓場時間序列圖

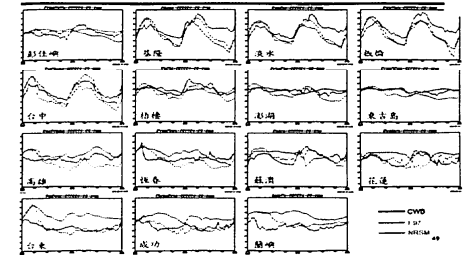


圖8. MSM模組 2008年06月04日至06月06日「f97」、「NRSM」與「CWB測站」溫度場時間序列圖

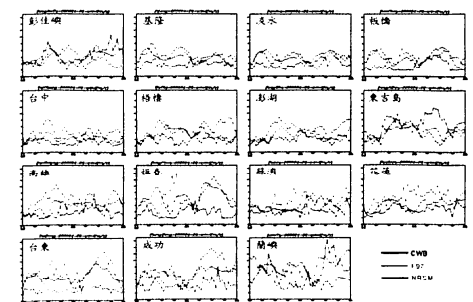


圖9. MSM模組 2008年06月04日至06月06日「f97」、「NRSM」與「CWB測站」風場時間序列

## High-resolution numerical weather simulation and verification

Ming-Fu Luo<sup>1</sup> and Jian-Liang Wang<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Chinese Naval Meteorologic and Oceanographic Office*

<sup>2</sup> *Department of Environmental Information and Engineering, Chung Cheng Institute of Technology, National Defense University, Taoyuan, Taiwan*

### Abstract

On the meteorological point of view, the ultimate goal of verification is to improve weather forecasting ability and model verification is to take advantage of the characteristics of models completely, in order to amend the error. This research utilizes the earlier (f97) and new versions (NRSM) of the nested regional spectral model developed by the U.S. National Centers for Environmental Prediction (NCEP). This research selects the "northeast monsoon period" and "Mei-Yu season period" case simulation, RSMA is to grasp the large-scale systems and forecast, MSM part is to verify the accuracy of model with the observatory data, checking the accuracy and error of model. By the analysis showed that f97 and NRSM in the "northeast monsoon period" RSMA, surface pressure, temperature, wind and lower height field and humidity field results are presented NRSM better than f97. For the MSM of NRSM, surface pressure field closer to measured values, temperature dropped abnormally, but for MSM of f97 no such phenomenon and closer to the measured value. The wind field, however, shows two models disparity. The "Mei-Yu Season period" RSMA, surface pressure, temperature, wind and lower height field and humidity field results are presented NRSM better than f97; For the MSM of NRSM, surface pressure field closer to measured values, and no "temperature dropped abnormally", the wind field results show that the two models is still little difference. The results show that the NRSM is better than f97 overall, show that the NRSM with a considerable degree of improvement. By the results of comparing with the analysis field, it can make the operation units of using this mode to master and understand the characteristics of the model forecast, and to adjust the properties, and may further adjust the mode set to improve forecasting capabilities, to achieve the purpose of model improvement.

**Keywords:** RSM · Model Verification · Model Improvement