

NCEP-RSM 之東亞地區區域氣候動力降尺度研究

蕭志惠、莊穎歡、莊漢明*、Liqiang Sun⁺

中央氣象局

*美國國家環境預報中心(NCEP)

⁺美國國際氣候預測研究院(IRI)

摘要

本報告係以一組 ECHAM4.5 AMIP-type 長期(1971-2000 年)積分為背景場配合 NCEP RSM 模擬所得到之東亞地區動力降尺度區域氣候的結果進行分析，分析的方向包括動力降尺度區域氣候的系統性誤差及動力降尺度過程中環流的改變等的年際變化，並探討由區域氣候模式所解析出的地形性區域降水氣候特徵。

並以 1998 年的 AMIP run 為例分別以大尺度擾動去除法以及氣候場的大尺度系統性誤差去修正原始的降尺度模擬，結果顯示大尺度擾動去除法對於冬半年溫度場及低層(850hPa)風場的模擬較有幫助但對降水的貢獻不大，系統性誤差修正後降水的模擬結果在 1 至 6 月的月平均均方根誤差可明顯的減少。

關鍵詞：動力降尺度、區域氣候、NCEP RSM、AMIP。

一、前言

台灣地區位於東亞大陸的東側，面積雖小但地勢峻峭，全球氣候模式的預報結果往往因水平網格距離太粗而無法將台灣地區的區域氣候特徵解析出來。如何將全球氣候模式的預報結

果降尺度(downscaling)到東亞地區甚至台灣地區則仍是值得探討的議題。區域動力模式的降尺度應用，雖發展的歷史短，但由於動力模式可提供的資料不論解析度或導出量都遠優於統計方法，因此倍受氣象界短期氣候研究、下游自然環境衝擊研究與政府資源規劃等學者所期待。

美國國家環境預報中心(National Center for Environmental Predictions)之區域波譜模式(Regional Spectral Model, RSM)，建立的目的是為提高全球波譜模式天氣預報區域解析度發展而成的(Juang and Kanamitsu, 1994, Juang et al., 1997)。該波譜模式可同時涵蓋各種尺度之天氣系統、積分變數為去除大尺度環流後的擾動量(perturbation method)在積分過程可避免氣候偏移(climate drift)的問題，加上特別的側邊界地形融合及鬆弛法(relaxation)等，近年來已成功的應用於不同地區的區域氣候研究方面，如 Juang and Kanamitsu(1993)、Hong and Leetmass (1999)、Hong et al. (1999)及蕭和莊(2002)等。

二、研究方法

中央氣象局(CWB)發展中的區域氣候動力預報系統，目前有多組預報模組正在進行建置及測試中。其中

一個模組係由 IRI 提供其全球模式 (ECHAM4.5) 的預報資料，並在 CWB 進行 NCEP-RSM 動力降尺度的區域氣候預報。在進行每月定期預報之前，IRI 提供一組自 1971 至 2000 年共 30 年的 AMIP 連續積分資料作為建立區域模式參考氣候場之用。ECHAM4.5 AMIP run 的水平解析度為 T42 垂直共 18 層。NCEP-RSM 的解析度為 60 公里、垂直 18 層，涵蓋範圍為 105 蚩-135 蚩及 9 祇-36 祇。

三、結果與討論

1. 降尺度氣候場與 NCEP 分析之比較

由低層 850hPa 風場來看(圖 1)，RSM 在東亞大陸上的南風在不不論是冬半年還是夏半年都比分析場偏強。在冬半年 RSM 的風場是偏東南風，過多的水汽被帶到中緯度地區，加上受到北側邊界的影響，偏多的降水出現在冬半年(10 至 6 月)的東亞大陸上。在夏半年尤其是 JJAS 則主要是受到 RSM 的太平洋副高偏弱的影響，來自太平洋的偏東風不再直接衝擊東亞大陸，陸地上的降水偏多現象趨緩，反倒是因為水汽的供應減少而使華南地區及整個海洋地區降水都偏少。

比較 NCEP RSM 降尺度和 ECHAM4.5 氣候場在範圍為 110 蚩-130 蚩及 15 祇-30 祇內對分析場的均方根誤差(RMSE, 圖 2)可發現動力降尺度作用的結果反而是將誤差放大了。在 ECHAM4.5 的氣候降水整年都是雨量偏少，其中又以 JJAS 最嚴重。在 NCEP RSM 降尺度的氣候降水在冬半年為降水偏多，到夏半年則變成降水偏少，整個誤差的年際變化走勢與 ECHAM4.5 相同但均方根誤差放

大到將近二倍。但對溫度場而言尤其是 850hPa 的冬半年，NCEP RSM 的降尺度能明顯的減少 1°C 左右的均方根誤差，在 250hPa 也有 0.5°C 左右的改進。

2. 降尺度氣候場與背景場的差異

降尺度後的溫度及風場與其背景場也有明顯的冬、夏差異。圖 3 之 AMJ、JAS 為 850hPa 夏半年，可發現整個東亞地區均籠罩在 RSM 的偏冷的順時針環流之下；而在冬半年(JFM、OND)南海附近的溫度有些改變，最偏冷的地方向西北移到東亞大陸之上。圖 4 之 250hPa 則顯示在高層 RSM 的溫度是偏暖的，東亞大陸是主要的偏暖的地區。250hPa 的中緯度地區 RSM 有加強東風分量的作用，AMJ 與 JAS 在南海地區有快速的逆時針及順時針環流轉換，在 JFM 與 JAS 的西太平洋則有偏北風及偏南風轉換。似乎 RSM 在降尺度的過程中也產生了相當程度的較大尺度環流，而這些尺度的環流與全球模式的模擬結果有所不同。

姑且不論上述 RSM 的差異是如何造成的，在高於全球模式解析度下區域模式造成的中小尺度環流才是降尺度模擬所欲解析的現象。經過 RSM 模擬結果的尺度分離之後可得到水平尺度低於 250km 的區域降水如圖 5 所示，降水的分布與地形有著密切的相關。在冬半年整個東亞地區的大尺度平均都是東風，當東風遇到陡峭的台灣山脈及菲律賓山脈受到阻擋而產生繞山運動，氣流在山的背風面形成輻合降水。而在全局模式中台灣山脈及菲律賓山脈的高度明顯較低，氣流可直接越過山脈，造成迎風面降水的現象。二者由於解析度的不同，造成降

水位置的完全相反。在夏半年由於南海地區 RSM 的南風分量偏強，華南沿岸成為主要的迎風面。華南丘陵雖矮但分布較廣氣流在接近陸地即已因地形舉昇作用而降水，因此出現 RSM 有加強沿海地區降水的現象。相對的在全球模式中降水可在到達較內陸的地方才發生。

3. 系統性誤差的修正

由上一小節中曾提到在動力降尺度的過程中區域模式本身仍會解析出一些較大尺度的環流。在這裡以 1998 年的 AMIP 積分做了一個實驗，亦即在積分過程中將波數為 1 的擾動波去掉，結果果然可得到與背景場非常相似的模擬結果。但將大尺度擾動波修正前後的結果與 NCEP 分析場比較(圖 6 實、虛線)則可發現：在冬半年修正後的 850hPa T,U,V 及 250hPa T 模擬具有較小的 RMSE (在降水的改進並不明顯，只有 4、5、9、10 月略有改進)，在夏半年則是不論 850hPa 或 250hPa 在去掉大尺度擾動波後 RMSE 反而是增加的。顯然全球模式對東亞地區夏季環流結構的模擬需要藉由區域模式的加強，而相反的在冬半年區域模式的大尺度環流則顯得是負面的影響。

在過去 30 年積分的尺度分析中可得到區域模式各月的大尺度(大於 250km)系統性誤差，並以此作為以後預報的修正量。以 1998 年的降水為例(圖 6 點線)，尺度修正的結果可有效去除在 1 至 5 月期間東亞大陸上降水過強的問題，RMSE 明顯的獲得改進。

四、結論與建議

本報告藉由 30 年 AMIP-type 的降尺度

積分探討區域氣候模式對東亞地區區域氣候模擬結果的影響。結果顯示不論是全球模式(ECHAM4.5)或 NCEP RSM 降尺度後的結果，夏半年有著比冬半年大的降水的 RMSE。區域模式降尺度後冬半年的降水在東亞大陸上明顯的偏強、海面上尤其是熱帶海洋上是明顯偏乾，夏半年的陸上降水偏強的程度較為緩和但海上偏乾的情況向北擴展。

區域模式中的波數 1 擾動波在冬半年及夏半年扮演著不同的角色：在冬半年影響東亞地區的大氣環流的尺度大，全球模式就有足夠的解析能力去掌握主要區域氣候的大尺度型態，區域模式中的大尺度擾動顯得不重要甚或會是不正確的；在夏半年則以較小尺度的天氣型態為主，因此區域模式就能有效的彌補全球模式解析度不足的缺點。此外，由區域模式長期降尺度積分所得到的大尺度(大於 250km)系統性誤差可有效的用來修正東亞大陸上降水過強的問題，小於 250km 尺度的地形性降水也提供了區域地方如台灣本島等降水的重要氣候特徵。

參考文獻

- Juang, H.-M. H., and M. Kanamitsu, 1994: The NMC nested regional spectral model. *Mon. Wea. Rev.*, 122, 3-26.
- Juang, H.-M. H., and M. Kanamitsu, 1993: Using the NMC's nested regional spectral model for regional climate simulation. CAS/JSC research activities in Atmospheric and Oceanic Modeling, report No. 18.
- Juang, H.-M. H., S.-Y. Hong, and M. Kanamitsu, 1997: The NCEP regional spectral model: An update. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 78,

2125-2143.

Hong, S.-Y., and A. Leetmaa, 1999: An evaluation of the NCEP RSM for regional climate modeling. *J. Climate*, 12, 592-609.

Hong, S.-Y., H.-M.H. Juang and D.-K. Lee, 1999: Evaluation of a regional spectral model for

the East Asian monsoon case studies for July 1987 and 1988. *J. Meteor. Soc. Of Japan*, 77, 1-20.

蕭志惠和莊漢明, 2002: 台灣地區春梅雨期短期氣候之模擬研究。大氣科學, Vol. 30, 91-312。

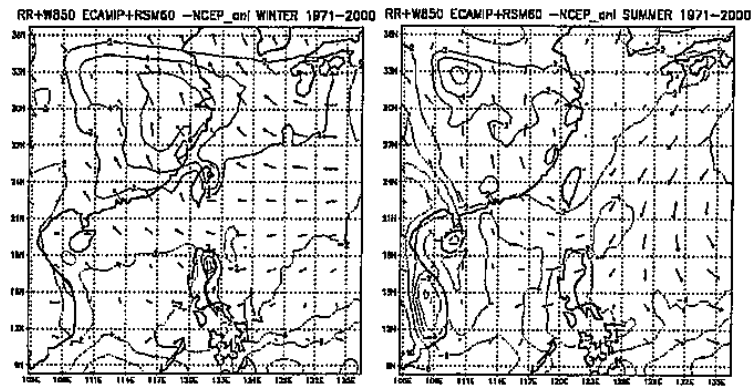


圖 1、降尺度氣候場與 NCEP 重分析之比較，等值線為降水，向量為 850hPa 風場。

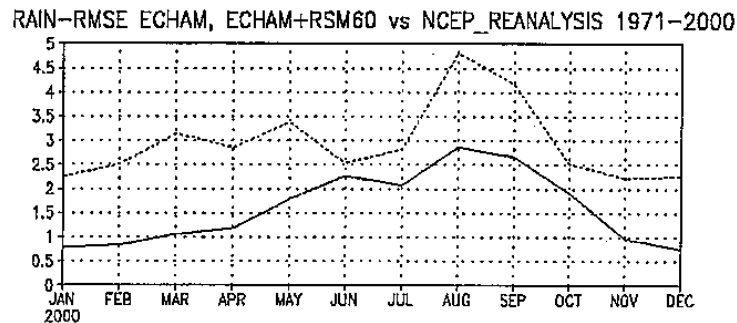


圖 2、NCEP RSM 降尺度和 ECHAM4.5 氣候場在範圍為 110 崙-130 崙及 15 祇-30 祇 內對 NCEP 分析場的均方根誤差(RMSE)。

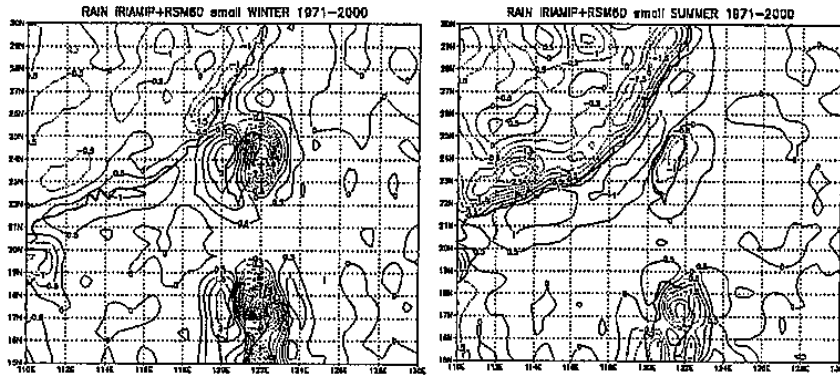


圖 5、NCEP RSM 模擬結果的小尺度(小於 250km)的區域降水。

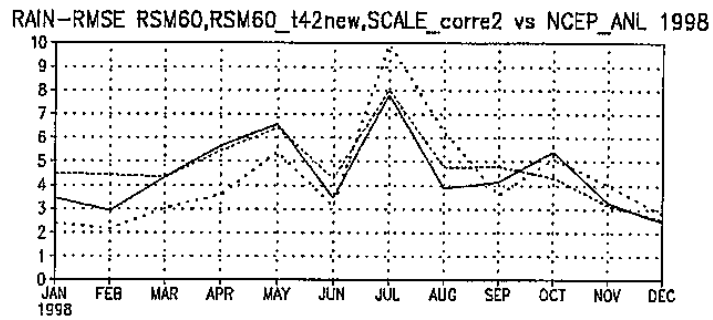


圖 6、1998 年 AMIP run(實線)、大尺度擾動波修正後及尺度修正的結果(點線)與 NCEP 分析場的 RMSE。