

Dynamical downscaling of regional climate over Asia and Taiwan in summer with RSM

李清騰¹, 吳明進¹ and 陳世欽²

¹ 國立台灣大學大氣科學系

² Experimental Climate Prediction Center

Scripps Institution of Oceanography/UCSD

摘要

本研究使用區域波譜模式 (NCEP/RSM), 進行 NCEP 再分析資料 1990 年至 2000 年夏季之降尺度模擬, 以了解夏季亞洲及台灣地區之區域氣候特徵及可預報度。由 50 公里解析度 (RSM1) 的模擬結果中可見 RSM1 模擬東亞區域之環流特徵及降水分佈和大尺度 NCEP 再分析資料類似, 但模擬的環流強度有過大之趨勢。另外, 在 15 公里解析度 (RSM2) 的模擬結果中, 顯示出 RSM2 的模擬結果對台灣地區之降水分佈特徵及降水隨時間之變化特性均有相當程度之掌握。

一. 前言:

一般而言, 大尺度氣候特性可以透過全球氣候模式模擬來進行, 但受到電腦計算資源之限制, 使得全球模式通常無法進行高解析度的模擬。而區域氣候是顯示較小尺度的特徵, 所以模擬區域氣候變化是需要提高氣候模式之解析度。一般解決的方法是將全球模式利用降尺度之方式連結到高解析度之區域氣候模式。Diskinson 等 (1989) 及 Giorgi (1990) 首先採用區域模式來進行區域氣候之研究, 並且大幅增加了模式之空間解析度。隨後由 Liu 等 (1994) 利用區域氣候模式 (NCAR/ RegCM) 模擬夏季亞洲地區之

天氣特徵, 此模式之模擬結果對於大尺度之環流特性, 降水以及地面溫度均有相當程度的掌握, 而且更可以模擬出因地形作用所造成的降水分佈特徵, 但模擬的強度傾向於過大。同樣 Lee 和 Suh (2000) 也是利用此區域氣候模式 (NCAR/RegCM2) 模擬 10 年 (1987-1996) 夏季亞洲季風之區域氣候特徵, 結果指出模式可以正確的掌握大尺度的環流特徵, 而且也可以模擬季風的肇始及結束。但是模擬結果傾向於偏濕的狀態, 而且對於掌握大尺度環流強度及以每日的降雨量及氣溫仍不甚理想。

Juang 和 Kanamitsu (1994) 及 Juang 等 (1997) 在 NCEP 建立之區域波譜模式 (RSM), 此模式不同於一般在水平網格使用有限差分方法的區域模式, 而是使用 sine-cosine 函數的波譜域解析。NCEP/RSM 將區域模式的解分成背景場 (base) 及擾動場 (perturbation) 兩部份, 背景場為自全球模式之模擬結果, 而擾動場則是為物理場和背景場之差, 而 RSM 也是主要計算在此部份之結果。Hong 和 Leetmaa (1999) 利用此區域波譜模式模擬長時間積分的氣候特徵, 結果指出 RSM 可以掌握住大尺度環流特徵, 而在降水分佈特徵方面, 模式也呈現出和實際觀測值相近, 並且對於降水

日變化趨勢也有相當程度的掌握，但對於降水量則是有高估。Hong 等(1999)也利用 RSM 模擬 1987 和 1988 年亞洲夏季季風特性，結果表示 RSM 能掌握住在不同年份之大尺度環流的特徵，而且更可以模擬出因海溫之異而導致天氣現象之改變。另外 Chen 和 Roads (1999) 比較全球波譜模式 (GSM) 和區域波譜模式(RSM)模擬加洲冬季。結果顯示 RSM 比 GSM 更可以模擬出較小尺度之降水分佈特徵，而且對於山脈較陡的局部區域，RSM 的模擬也較符合實際觀測值。而對於每日降水量而言，RSM 更能掌握住局部日降水之統計特徵。

本研究利用 RSM 進行 NCEP 再分析資料在二種不同解析度下的降尺度模擬，以了解亞洲及台灣地區夏季區域氣候特性及可預報度。

二、模式及資料來源:

本研究使用 Juang 和 Kanamitsu (1994)及 Juang 等(1997) 所建立之區域波譜模式(NCEP / RSM)。模式所採用之背景場則為 1990~2000 年夏季 (6、7、8 月) NCEP 再分析資料 (T62L28, Kalnay, 1996)。模式模擬範圍及解析度共分為 2 種 (如圖 1 所示)，一為東亞地區 (101.3E - 141.2E, 10.8N-36.2N, 網格點為 82 X 58, 解析度為 50 公里) (RSM1), 其次為台灣地區 (117.7E-125.16E, 17.9N- 27.0N, 網格點為 55 X 54, 解析度為 15 公里) (RSM2), 執行方式是先將大尺度 NCEP 再分析資料降尺度 (Downscale)

到東亞區域 50 公里解析度 (RSM1) 之模擬，隨後再進行將 RSM1 的模擬結果降尺度到台灣區域 15 公里解析度之模擬 (RSM2)。模擬結果和 Global Precipitation Climatology Project (GPCP, Huffman et al., 1997) 全球降水資料，以及台灣區域的測站及自動雨量站之降水資料來做比較。

三、RSM 初步模擬結果:

(一)東亞區域氣候模擬

由 NCEP 再分析資料以及 RSM1 模擬結果之 850 毫巴重力位高度圖中 (圖 2), 指出 RSM 的模擬結果和 NCEP 再分析資料類似, 但是 RSM 顯示出太平洋副熱帶高壓有模擬過強之趨勢, 因而造成在台灣到大陸地區有較強的氣壓梯度。表 1 列出 1990 年至 2000 年的地面風場 (u10m、v10m)、地面溫度 (T2m)、地面比濕 (Q2m)、海平面氣溫 (SLP) 以及各層之重力位高度 (HGT), 風場 (u-v wind) 來執行 NCEP 再分析資料和 RSM 模擬結果之形態相關係數 (pattern correlation coefficient)。除了在地面比濕變數外, 其它場的變數都到達 0.85 以上, 而且愈往高層其相關係數也愈大。顯示出 RSM 對於模擬氣候之環流特徵均有相當程度之掌握。另外夏季平均降水空間分佈圖中 (圖 3), 顯示 GPCP 的降水主要集中在日本、華南地區以及菲律賓

群島，而 NCEP 再分析資料則呈現出降水大都集中在大陸沿岸以及熱帶地區，而且降水量明顯多於 GPCP。而在 RSM1 的模擬結果中則是呈現出和 NCEP 再分析資料類似，但 RSM 比 NCEP 再分析資料更能顯示出局部區域因地形所造成的降水變化特性。而在日本地區，RSM 的模擬結果也和 GPCP 接近。但降水量模擬則傾向於過多，推估此誤差來源則是因模式使用 NCEP 再分析資料來當作背景場所導致。

(二)台灣區域之氣候模擬

在 RSM2 的模擬結果中，從台灣區域的降水空間分佈圖來看(圖 4)，由觀測值顯示出夏季降水分佈主要集中在台灣南部地區，而且最大降雨區則出現在山區。而 RSM2 的模擬結果中也是呈現出南部有較大降水，但在山區的降水則是較不明顯，而且降水量也明顯偏少。圖 5 顯示夏季台灣全島平均降水之時間序列圖，由圖顯示出 RSM1 的模擬結果和觀測值的相關係數可達 0.8，而 RSM2 也有 0.62 的高相關係數，但 NCEP 的再分析資料卻只有 0.31。代表 RSM 比 NCEP 的再分析資料更可以掌握住台灣區域降水隨時間之變化趨勢。另外在降水量方面，顯示 NCEP 的再分析資料和 RSM1 的模擬結果明顯比觀測值偏少，但 RSM2 的模擬結果則接近觀測值。另外從夏

季台灣全島之降水累加頻率圖中(圖 6)，顯示台灣在夏季日降水屬於無雨或小雨(降水介於 0-2 mm/daily)的頻率大約佔了全部之 33%，而 RSM1 及 RSM2 則分別為 55%及 52%，但 NCEP 再分析資料卻達到 77%，指出在夏季日降水屬於無雨或小雨部份，RSM 的模擬結果比 NCEP 再分析資料較接近觀測值，但模擬的日降水次數仍偏多。另外，在每日降水大於 24 mm/day 的結果中 RSM2 的日降水次數明顯比 RSM1 較和觀測值相近，更能顯示出 RSM2 的模擬結果較優於 RSM1。

四·結論:

針對 1990 年至 2000 年夏季之氣候模擬結果中，可以知道 RSM 大致可以掌握住大尺度環流的特性，而從降水方面來看，RSM 的模擬結果比 NCEP 再分析資料更能呈現出因地形作用所造成的降水分佈特徵，但降水量有過大之趨勢。另外在台灣區域的降水模擬結果中 RSM 可以掌握住夏季的主要降水區域分佈特性，但降水量不足。但從降水時間序列以及累加頻率圖中可以知道 RSM 的模擬結果中比 NCEP 再分析資料更可以掌握住台灣區域的降水隨時間之變化趨勢。

誌謝:

本研究在國科會專題研究計劃 NSC-91-2621-Z-002-004 和 NSC-92-2621-Z-002-024 支持下完成。

参考文献:

- Chen, S.-C and J. O. Roads, 1999: Global to regional simulations of California wintertime precipitation. *J. Geophys. Res.*, **104**, 31517-31532.
- Dickinson R.E., R.M. Errico, F.Giorgi and G.T. Bates, 1989: A regional climate model for western United States. *Clim. Change*, **15**, 383-422.
- Giorgi, F., 1990: Simulation of regional climate using a limited area model nested in a general circulation model. *J. Climate*, **3**, 941-963.
- Hong, S.-Y and A. Leetmaa, 1999: An Evaluation of the NCEP RSM for Regional Climate Modeling. *J. Climate*, **12**, 592-609.
- _____, 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. Japan*, **77**, 553-572.
- Huffman, G. J., R. F. Adler, P. A. Arkin, A. Chang, R. Ferraro, A. Gruber, J. Janowiak, R.J. Joyce, A. McNab, B. Rudolf, U. Schneider, and P. Xie, 1997: The Global Precipitation Climatology Project (GPCP) Combined Precipitation Data Set. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **78**, 5-20.
- Juang, H.-M.H., and M.Kanamitsu, 1994: The NMC nested regional spectral model. *Mon. Wea. Rev.*, **123**, 3-26.
- _____, S. Hong, and M. Kanamitsu, 1997: The NMC nested regional spectral model. An update. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **78**, 2125-2143.
- Kalnay, E., M. and colleagues, 1996: The NCEP/NCAR 40-year Reanalysis project, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **77**, 437-471.
- Lee D.-K and M.-S Suh, 2000: Ten-year east Asian summer monsoon simulation using a regional climate model(RegCM2). *J. Geophys. Res.*, **105**, 29565-29577.
- Liu Y., F. Giorgi and W. M. Washington. 1994: Simulation of Summer Monsoon Climate over East Asia with an NCAR Regional Climate Model. *Mon. Wea. Rev.*, **122**, 2331-2348.
- Yeh H.-C. and Y.-L. Chen, 1998: Characteristics of Rainfall Distributions over Taiwan during the Taiwan Area Mesoscale Experiment(TAMEX). *J. Appl. Meteor.*, **37**, 1457-1469.

圖表

表 1. 1990 年至 2000 年 NCEP 再分析資料及 RSM 模擬結果之型態相關係數。

Pattern Corr.	u10m	v10m	T2m	Q2m	SLP	HGT	u wind	v wind
Surface	0.85	0.81	0.84	0.74	0.89			
1000mb						0.89	0.81	0.78
850mb						0.89	0.85	0.78
700mb						0.90	0.85	0.80
500mb						0.91	0.88	0.83
300mb						0.94	0.91	0.86

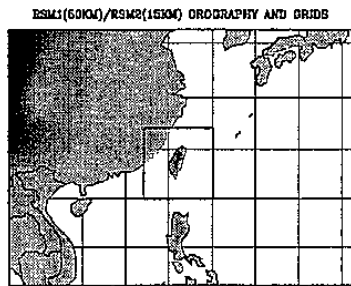


圖 1. RSM 模擬區域之範圍，圖中大範圍為 50 公里解析度，小範圍則是 15 公里，而顏色是代表地形高度。

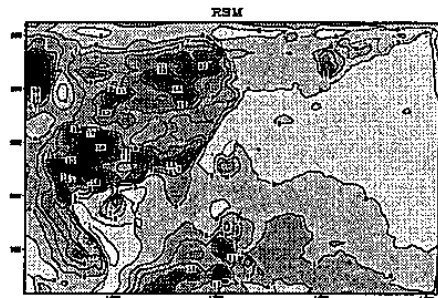
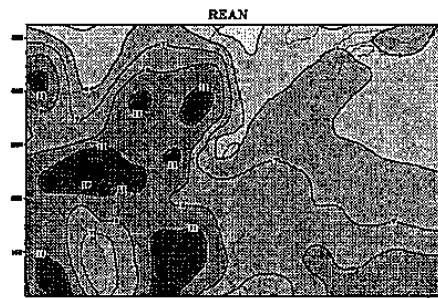
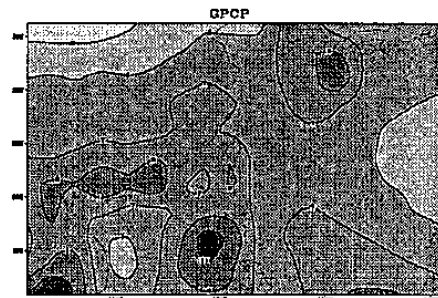


圖 3. 1990 年至 2000 年夏季平均之降水分佈圖。(上圖)GPCP，(中圖)NCEP 再分析資料，(下圖)RSM 模擬結果。

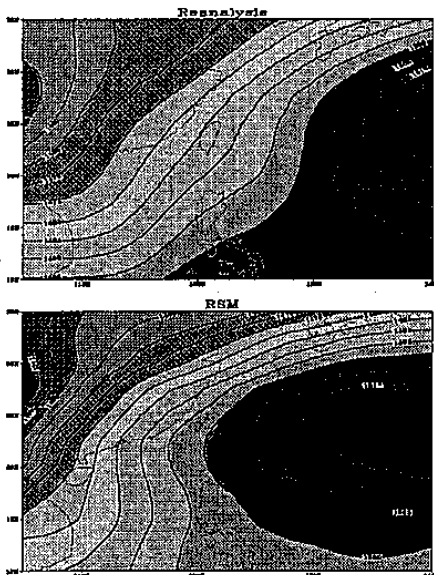


圖 2. 1990 年至 2000 年夏季平均之 850hpa 重力位高度。(上圖)NCEP 再分析資料，(下圖)RSM 模擬結果。

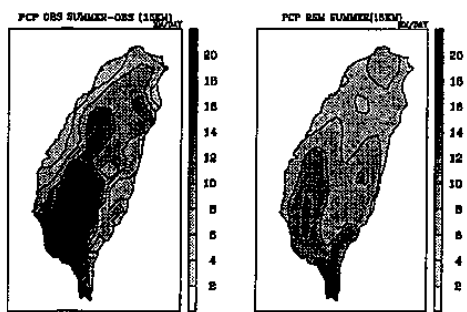


圖 4. 1990 年至 2000 年夏季平均之台灣區域
降水分佈圖。左圖為觀測值，右圖則為
RSM 模擬結果。

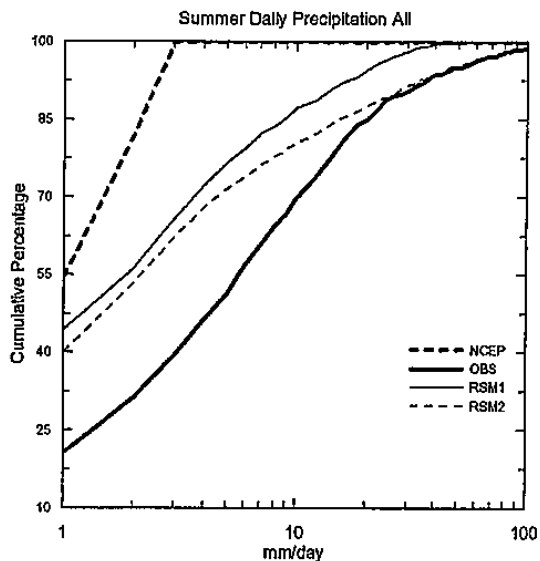


圖 6. 1990 年至 2000 年夏季台灣全島降
水之累加頻率圖。圖中粗點線為
NCEP 再分析資料，粗實線為觀測
值，細實線為 RSM1 模擬結果，細點
線為 RSM2 的模擬結果。

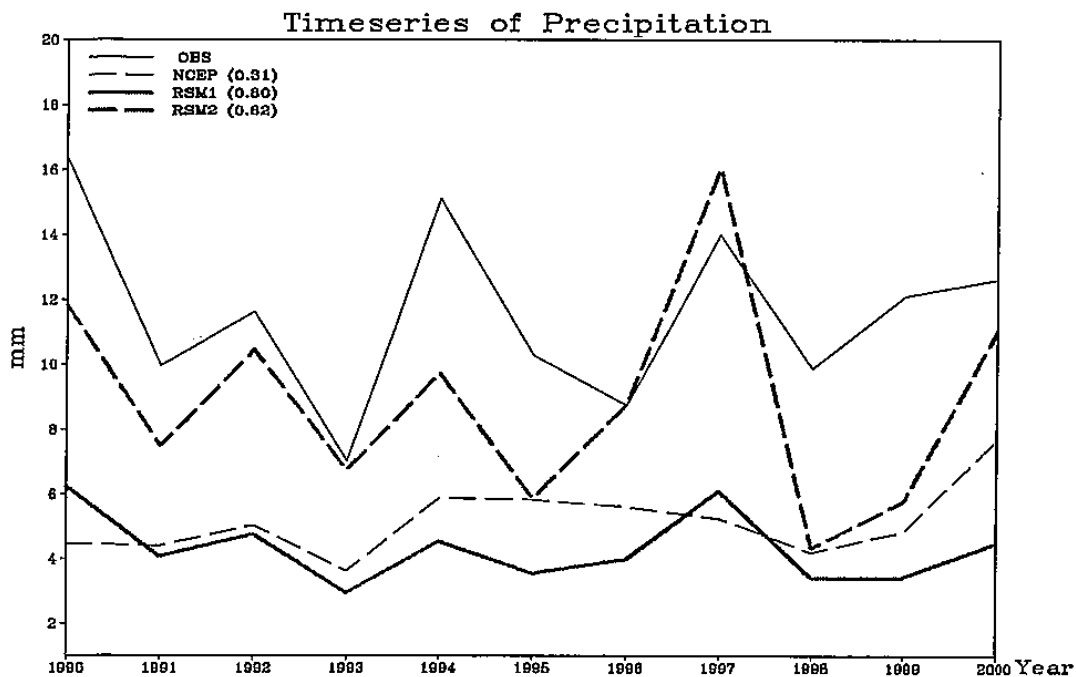


圖 5. 1990 年至 2000 年夏季之台灣全島平均降水時間序列圖。圖中細實線為觀測值，細點線
為 NCEP 再分析資料，粗實線為 RSM1 的模擬結果，粗點線為 RSM2 的模擬結果。