

台灣區域氣候模擬研究

李清騰¹, 吳明進¹, 陳世欽²

¹國立台灣大學大氣科學所

²USDA Forest Service, Riverside, CA, U.S.A.

摘要

本研究使用美國國家預預中心之區域波譜模式(NCEP/RSM), 進行NCEP I 再分析資料1990至2000年八月(夏季)及一月(冬季)之降尺度區域氣候模擬, 進一步了解台灣之區域氣候特徵及可預報度。台灣區域降尺度模擬分成兩種, 一為由全球資料降尺度至50公里解析度, 隨後利用此模擬結果再進行降尺度模擬到台灣地區(RSM2), 二為由全球資料直接降尺度到台灣地區(G2R)。研究結果顯示, RSM2可以大致掌握住台灣地區之八月及一月之降水分佈特徵及降水年際變化, 但在八月降水模擬偏少, 而一月則偏多, 其降水空間相關係數則略偏低。但從G2R的模擬降水結果中顯示出, 其台灣地區降水分佈形態和RSM2相似, 但空間相關係數卻顯著增高, 並且降水得分技術也明顯提高許多。

一. 前言

Juang and Kanamitsu (1994) 及 Juang et al.(1997) 在美國國家預報中心(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 and Leemaa (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, 但降水量則高估。Hong et al.(1999) 也表示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 and 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, 但更能掌握住局部日降水之統計特徵。

Juang et al (2005)改進模式之擴散項計算方式, 初步結果得到此新的擴散項計算方式可大幅改進模式在地形陡峭所造成的過多降水模擬。而Lee et al.,(2005)更進一步此新的擴散項計方式來執行1990至2000年東亞及台灣夏季區域氣候模擬。研究結果顯示RSM大致可掌握住大尺度環流特徵, 但太平洋副熱帶高壓模擬過強。而台灣區域的降水分佈模擬大致可觀測相似, 但降水反而偏少。

本研究利用RSM加上新的擴散項計算方式來進行NCEP再分析資料在二種不同巢狀步驟之下, 來進一步了解台灣地區在八月(夏季)及一月(冬季)之區域氣候特徵及可預報度, 並且分析此兩種不同巢狀結果之差

異。

二. 模式及資料來源

本研究使用 Juang and Kanamitsu (1994)及 Juang et al. (1997) 所建立之區域波譜模式(NCEP / RSM)以及使用新的擴散項計算方式。模式所採用之背景場則為1990~2000 年8月(夏季)及1月(冬季)之NCEP I 再分析資料 (T62L28, Kalnay, 1996)。台灣地區模式範圍及解析度如圖1 所示(117.7° E-125.16° E, 17.9° N-27.0° N, 網格點為55 x 54, 解析度為15 公里), 模式之巢狀方式分為兩種, 一為雙層巢狀, 執行方式則是先將大尺度NCEP 再分析資料降尺度 (Downscale) 到50 公里解析度, 隨後再將50公里解析度之模擬結果再降尺度到台灣區域15 公里解析度之模擬 (RSM2)。第二種則為單層巢狀, 模擬步驟則是直接大尺度NCEP再分析資料直接降尺度到台灣區域15公里解析度之模擬(G2R)。台灣地區觀測資料使用中央氣象局之的局屬測站及自動雨量站之降水資料。

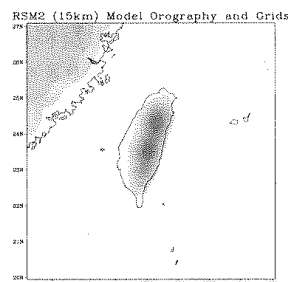


圖1. 台灣地區之模擬範圍, 以台灣為中心點。

三. 八月台灣地區氣候模擬結果

由1990年至2000年8月之台灣地區觀測降水(圖2a1)、RSM2模擬結果(圖2a2)及G2R模擬結果(圖2a3)顯示, 觀測降水除了在中部地區有大降水情形外, 另外在北部山區也有出現較大降水。RSM2模擬結果顯示較大降水則只發生於南部地區, 而北部地區的較大

示較大降水則只發生於南部地區，而北部地區的較大降水中心不明顯，且整體降水量顯著偏少。另外G2R模擬的降水分佈特徵和RSM2的結果類似，而北部的較大降水則比RSM2更接近於觀測值，但整體的降水仍有偏少的傾向。另外由台灣全島地區日降水相關係數之空間分佈圖(圖2b)顯示，RSM2的較高相關係數出現在西北部地區，其相關係數可達0.5以上，但在多雨的南部地區則是相關係數顯著偏低，大約只有0.2左右，這也顯示出在此月份，RSM2模擬南部日降水變化和實際觀測降水有顯著差異存在。然而從G2R的日降水之空間相關係數中可看到，台灣全島地區的降水相關係數顯著提高，尤其在多雨的南部地區特別明顯，相關係數已提高至0.6以上，而且北部地區的相關係數也達0.4以上。這也代表了G2R模擬日降水變化特徵明顯比RSM2更符合觀測降水變化。

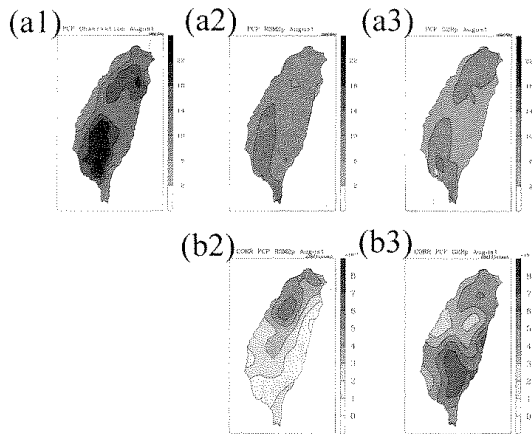


圖2. 8月台灣地區之月平均降水分佈圖(a)及日降水之空間分佈圖。圖中(1)為觀測值; (2)為RSM2模擬結果; (3)為G2R之模擬結果。

為了進一步了解台灣地區降水隨時間變化特徵，圖3顯示8月台灣全島平均降水之年際變化圖。由圖可見觀測降水有顯著的年際變化，且在1994年、1997年及2000年為雨量較多的年份。此多雨的年份可能是颱風侵台的次數增多所導致。NCEP再分析資料則呈現出降水比觀測顯著偏少，但相關係數可達0.8。RSM2呈現出和NCEP再分析資料相似的降水曲線變化趨勢，但相關係數則略偏低，只有0.69，而RSM2模擬的降水量卻比NCEP再分析資料更接近於觀測值。另外在G2R模擬結果中，雖然降水量比RSM2較不如觀測值，但相關係數卻提高至0.76。由此可見G2R模擬的降水量比觀測值偏少，但降水年際變化則比RSM2較接近於觀測值。

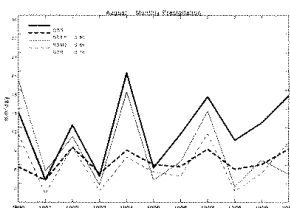


圖3. 8月之台灣全島平均降水之年際變化圖。圖中分別為觀測值(粗實線)、NCEP再分析資料(粗點線)、RSM2(細實線)及G2R(細點線)的模擬結果。

圖4顯示8月台灣全島日降水之累加頻率圖。圖中觀測降水量小於1mm以下的次數為約46%，降水量介於1-10mm則有19%的次數，大於10mm的降水量有25%的次數。這也代表了觀測降水雨日中有46%的次數是屬於無雨日，而降水量介於1-10mm則有19%的次數，另外有25%的次數是出現較大降水，而此較大降水的次數大都是來自颱風侵台所造成的大降水情形。NCEP再分析資料在無雨日的次數只有15%，降水量介於1-10mm卻可達了66%，剩下的19%的次數只介於10mm-30mm間。由此顯示出NCEP再分析資料中無雨日及大雨日的次數顯著偏少，而小雨日則偏多，另外NCEP再分析資料無法顯示出大降水的次數。RSM2及G2R的降水模擬結果都呈現出相同的降水曲線變化趨勢，但RSM2的降水曲線則較靠近觀測值。降水量小於1mm的次數分別為54%與65%，而降水量介於1-10mm則為30%及22%，大於10mm為16%及13%。由此可得到RSM2及G2R模擬的無雨日的次數偏多，而大雨日的次數則顯著偏少，這也突顯出RSM對於較大降水的掌握程度不足。此較大降水問題，極有可能是由於RSM無法正確模擬出颱風在台灣地區所造成的較大降水量以及降水分佈情形(Lee et al., 2005)。

另外本研究使用了NCEP threat score(ETS)及Bias score(Bias) (Schaefer, 1990)指標來評估台灣地區的日降水技術得分。若ETS值等於1則代表此降水模擬結果為完美(perfect predict)，若ETS值等於0則為毫無技術可言(Random predict)。另外Bias值大於1則是代表此降水模擬結果之誤差為偏濕(wet bias)，反之小於1則誤差為偏乾(dry bias)。

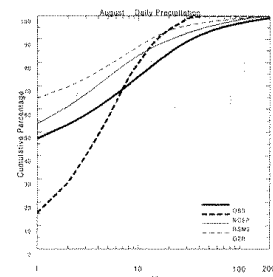


圖4. 8月台灣全島平均日降水之累加頻率圖。圖中分別為觀測值(粗實線)、NCEP再分析資料(粗點線)、RSM2(細實線)及G2R(細點線)的模擬結果。

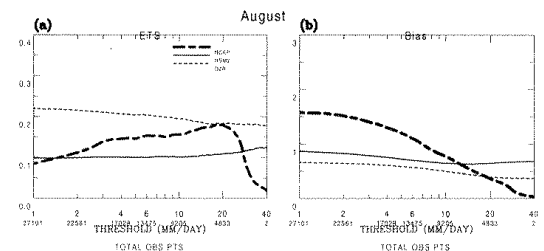


圖5. 台灣地區之8月equitable threat (a) 和bias score (b)曲線圖。圖中分別為NCEP再分析資料(粗點線)、RSM2(細實線)、G2R(細點線)。X軸為對數座標，單位為mm/day，Y軸則為數值大小，間距為0.05。

圖5顯示8月台灣地區之ETS及Bias曲線圖。圖中可見NCEP再分析資料的得分在降水量20mm以下都維持在0.1至0.2之間，但大於20mm以上則毫無技術可言，顯示出NCEP再分析資料無法呈現出較大降水情形。RSM2的降水得分曲線並不像NCEP再分析資料有較顯著的變化，ETS的得分都維持在0.1左右。G2R的降水技術得分明顯比RSM2較高，ETS值已提高至0.2，且比NCEP再分析資料有更高的得分技術。這也突顯出G2R的降水得分技術為最高。另外在降水誤差(Bias)圖中，NCEP再分析資料呈現出在小於10mm以下為偏濕的誤差，但大於10mm以上則為偏乾。而RSM2及G2R都呈現出相同的變化曲線，降水誤差皆為較偏乾的情形。這也代表了RSM2及G2R模擬的降水量略比觀測值較少。

四·1月台灣地區之氣候模擬結果

圖6a顯示1990年至2000年1月之台灣地區觀測降水、RSM2及G2R模擬結果。觀測降水主要集中於台灣東北部地區，最大降水則出現在基隆沿岸及宜蘭地區。RSM2模擬結果也顯示和觀測值相似的降水分佈特徵，同樣在東北部有較大降水現象，但較大降水範圍較廣，並不像觀測值集中於沿岸，且降水範圍會延伸至東部地區，台灣整體的降水偏多。另外G2R模擬的降水分佈特徵和RSM2的結果類似，但東北部的降水量則比RSM2偏少，且更接近於觀測值，但整體的降水仍有偏多的傾向。另外由台灣全島地區日降水相關係數之空間分佈圖(圖6b)顯示，RSM2在台灣地區整體的相關係數約在0.3以上，較高相關係數則出現在西部地區，達0.4以上，但在東北部地區降水區域則是沒有較高的相關係數值。由G2R的日降水之空間相關係數中可看到，台灣全島地區的降水相關係數顯著提高，尤其在整個西半部及北部地區特別明顯，相關係數已提高至0.5以上，而且東北部地區也比RSM2達到0.4以上。由此可見G2R模擬日降水變化特徵較RSM2更符合觀測降水變化。

由1月台灣全島平均降水之年際變化圖(圖7)顯示。觀測降水都維持在3mm以下，只有1998年為雨量較多的年份。NCEP再分析資料則呈現出降水量和觀測值相近，但相關係數卻顯著偏低，只有0.45。RSM2模擬的降水量明顯比觀測值偏多，但相關係數卻比NCEP再分析資料更高，約為0.69。另外在G2R模擬結果中，雖然降水量比RSM2略偏少，但相關係數為0.52。由此可見RSM2及G2R模擬的降水量雖然比觀測值顯著偏多，但降水年際變化則比NCEP再分析資料有更高的相關。

從1月台灣全島日降水之累加頻率圖(圖8)可見。觀測降水量小於1mm以下的次數為約75%，降水量介於1-10mm則有19%的次數，大於10mm的降水量有6%的次數。顯示出觀測的降水雨日中大都為無雨日，而主要降水量集中於1-10mm，約有19%的降水日數，另外只有6%的次數是出現10mm以上的降水量。NCEP再分析資料在無雨日的次數只有35%，降水量介於1-10mm卻可達了62%，剩下的3%的次數只介於10mm-20mm間。由此顯示出NCEP再分析資料中的無雨日及大雨

日的次數顯著偏少，而小雨日的次數偏多。RSM2及G2R的降水模擬結果都呈現出相同的降水曲線變化趨勢，但G2R的降水曲線則較靠近觀測值。降水量小於1mm的次數分別為39%與45%，而降水量介於1-10mm則為37%及36%，大於10mm為25%及19%。由此可得到RSM2及G2R模擬的小雨日及大雨日的次數顯著偏多，而無雨日的次數則顯著偏少，這也突顯出RSM在此月份都是處於小雨的狀態。

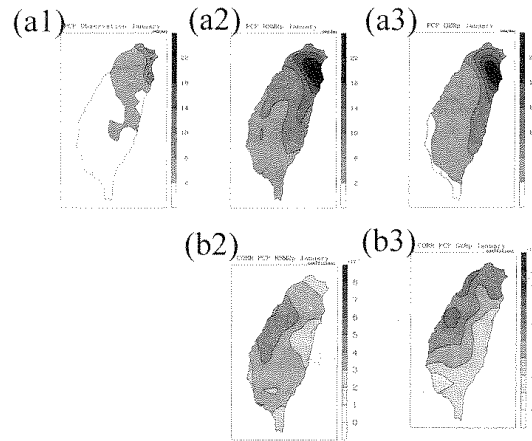


圖6. 同圖2，但為1月台灣地區之月平均降水分佈圖(a)及日降水之空間分佈圖。

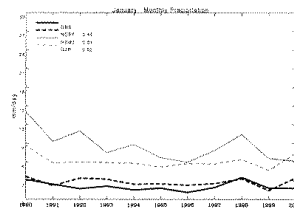


圖7. 同圖3，但為1月之台灣全島平均降水之年際變化圖。

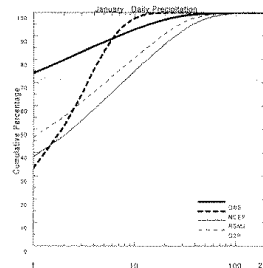


圖8. 同圖4，但為1月台灣全島平均日降水之累加頻率圖。

另外由1月台灣地區之ETS及Bias曲線圖(圖9)顯示。NCEP再分析資料的得分在降水量10mm以下都維持在0.1至0.15之間，但大於20mm以上則毫無技術可言，顯示出NCEP再分析資料無法呈現出較大降水情形。RSM2的降水得分曲線則比NCEP再分析資料略偏高，ETS的得分都維持在0.15左右，且大於20mm以上的降水量仍有0.5的得分技術。另外G2R的降水技術得分曲線則和RSM2類似，但得分明顯比RSM2較高，ETS值已提高至0.19。這也突顯出G2R的降水得分技術是比其它結果有最高的得分。另外在降水誤差(Bias)圖

中，NCEP再分析資料呈現出在小於6mm以下為顯著偏濕的誤差，但大於6mm以上則為偏乾。而RSM2及G2R都呈現出相同的變化曲線，降水誤差皆為較偏濕的情形。由此可見RSM2及G2R模擬的降水量比觀測值顯著偏多。

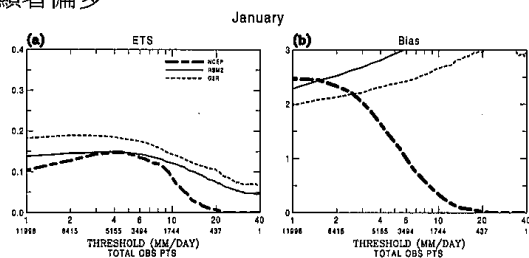


圖9. 同圖5，但為台灣地區之1月 equitable threat (a) 和 bias score (b) 曲線圖。

四· 結論

本研究針對1990年至2000年8月(夏季)及1月(冬季)之台灣區域氣候模擬。模擬區域為台灣地區(RSM2; 15公里解析度)，降尺度步驟分為兩種，一為雙層巢狀，從全球資料降尺度到50公里解析度，隨後利用此結果再降尺度模擬到台灣地區(RSM2)。第二種為單層巢狀，利用全球資料直接降尺度至台灣地區(G2R)。

模擬結果顯示，8月(夏季)RSM2模擬南部地區的大降水和觀測值相似，但降水量顯著偏少，北部山區的較大降水中心不明顯。另外G2R在此月份的降水分佈和RSM2相似，同樣也呈現出降水偏少的問題，但從日降水相關係數之空間分佈圖中得到，G2R對於多雨的南部地區比RSM2有較高的相關係數及降水得分技術，代表G2R在南部地區的降水日變化有相當程度的掌握。

另外1月(冬季)的結果中，RSM2在台灣東北部的降水分佈及降水年際變化特徵均有相當程度的掌握，但降水量則有偏多的問題。G2R則減少其降水量。另外透過降水累加頻率分析得到，RSM2及G2R均比NCEP再分析資料更接近觀測值，但無雨日的模擬次數仍偏少。總而言之，RSM結果比NCEP再分析資料有較好的日降水強度模擬。其中又以G2R的結果較能掌握住日降水變化。整體而言，此區域波譜模式可正確掌握8月(夏季)及1月(冬季)台灣地區的氣候模擬。然而使用單層的巢狀步驟，不僅節省了許多電腦計算資源，也得到了較好的降水模擬結果。因此未來在執行台灣區域氣候模擬時，將可考慮使用單層巢狀之模擬方法。

五· 參考文獻

Chen, S.-C and J. O. Roads, 1999. Global to regional simulations of California wintertime precipitation. *J. Geophys. Res.*, **104**, 31517-31532.
 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. Japan.*, **77**, 553-572.

Juang, H.-M.H. and M. Kanamitsu, 1994. The NMC nested regional spectral model. *Mon. Wea. Rev.*, **123**, 3-26.

Juang, H.-M.H., S. Hong and M. Kanamitsu, 1997. The NMC nested regional spectral model. An update. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **78**, 2125-2143.

Juang, H.-M.H., C.-T. Lee, Y. Zhang, Y. Song, M.-C. Wu, Y.-L. Chen, K. Kodama and S.-C. Chen, 2005: Applying Horizontal Diffusion on Pressure Surface to Mesoscale Models on Terrain-Following Coordinates. The NMC nested regional spectral model. *Mon. Wea. Rev.*, **133**, 1384-1402.

Kalnay, E., M. and colleagues, 1996. The NCEP/NCAR 40-year Reanalysis project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **77**, 437-471.

Lee, C.-T., M.-C. Wu, and S.-C. Chen, 2005: Summertime Regional Climate Simulations over Taiwan and Adjacent Areas with Regional Spectral Model. *TAO*, **16**, 487-511.

Schaefer, J. T., 1990: The critical success index as indicator of warning skill. *Wea. Forecasting.*, **5**, 570-575.