

利用區域波譜模式與區域平均誤差去除法模擬南海夏季季風

伍柏林^{1,2} 林沛練¹ 莊漢明³

中央大學 大氣物理研究所¹

海軍大氣海洋局²

美國國家環境預報中心³

摘要

區域氣候模式主要是藉由動力降尺度從解析度比較粗的分析場來模擬高解析度的區域環流在這過程中會有誤差的產生，而這種誤差的產生主要是因為在側邊界的數學運算過程中所造成的誤差。於是在本篇研究中我們提出一種方法稱為區域平均誤差去除法(Local Mean Bias Correction)來減少這類的誤差發生。區域平均誤差去除法是指移除在降尺度模擬範圍內在 X 方向的區域平均和 Y 方向的區域平均擾動而非移除整個積分範圍的平均擾動。在波譜空間區域平均是指 X 方向波數為零(當 $m=0$)的所有 Y 方向的波(all n)及 Y 向波數為零(當 $n=0$)的所有 X 方向的波(all m)。區域平均擾動被定義為降尺度模擬與基本場的差異當移除這擾動時可以修正降尺度模擬時所產生的誤差。

在本篇研究中主要是想利用區域平均誤差去除法增進區域氣候模式在模擬 1998 年南海夏季季風的模擬研究。一般而言，使用這個方法不但在南海夏季季風肇始前、後及季風肇始期間對區域環流的模擬上有不錯的模擬，另外此方法，對未使用區域平均誤差去除法時在模擬南海夏季季風肇始期間所產生的誤差也有明顯的改善。雖然在降雨的模擬中對降雨量總是有低估的現象，這需要進一步對模式物裡做相關的測試。另外，我們也發現在模擬過程中將模擬範圍往東邊、西邊、南邊或北邊各移動 5 度，在未使用區域誤差去除法時對模擬區域選擇不同的範圍時發現模式對區域模擬有比較大的差異存在，而在使用區域平均誤差去除法後可以減少動力降尺度模擬因為不同範圍選取而造成的不一致至性。

一、前言

區域氣候模式藉由動力降尺度從事高解析度的區域環流模擬時常常會發現系統性的大尺度誤差 (Misra and Kanamitsu 2004; Shiao and Juang 2005; Kanamaru and Kanamitsu 2007; Misra 2007, and others)。Shiao and Juang (2005, hereafter SJ05) 探討 NCEP RSM 對 2001 年東亞地區短期區域氣候，在模擬的過程中發現有大尺度系統性誤差，分析 NCEP RSM 在積分過程中擾動波隨時間的變化，可發現波數 0 的平均擾動是造成降尺度模擬與其背景場間大尺度環流差異的主要因素。他們運用平均誤差去除法(mean bias correction, MBC)，當此平均誤差在積分過程中被去除後，海平面氣壓偏強及海面上降水偏少的誤差就獲得了明顯的改善。在本篇研究中將延續平均誤差去除法的觀念，但提出新的方法，區域平均誤差去除法(local mean bias correction, LMBC)來改善 1998 年南海夏季季風的模擬研究。

二、方法

SJ05 發現平均擾動去除法可以減少區域氣候模式作動力降尺度模擬時與其背景場的大尺度環流差異，由於波數 0 擾動平均所代表的是大於區域模式積分範圍的大尺度運動，區域模式對這些大尺度運動並不能完全掌握，因此就有平均擾動的產生，此擾動就是區域模式對背景場大尺度運動的誤差，這就是平均誤差去除法的物理意義，平均誤差去除法是非常簡單的它只移除波數 0 的擾動 ($n=m=0$; n, m 是 x, y 方向的波數)，也就是相信背景場對大尺度運動的掌握能力。區域平均擾動去除法是以平均擾動去除法為基礎，在波譜空間它移除的平均擾動是所有的波數 n 當波數 $m=0$ 及所有的波數 m 當數 $n=0$ (m, n 分別為 x, y 方向的波數)，移除區域平均擾動可以修正區域平均誤差。

三、結果

在本節中我們會將模式模擬 1998 年南海夏季季風肇始的結果與觀測分析做比較。模擬的降雨結果將會與 Global Precipitation Climatology Project (GPCP, 1 by 1 degrees resolution) precipitation 做比較，而模擬的區域環流將會與 ECMWF/TOGA advanced operational analysis(0.5 by 0.5 degrees resolution)結果做比較。圖一為五月 850 hPa 相對濕度(陰影區)和風場在 pentad 5 模擬結果與背景場(NCEP reanalysis)的差異，MBC 和 NBC (no bias correction run)的結果顯示有較大的誤差產生，異常的氣旋與反氣旋分別位於台灣的西南與東南邊，而且在台灣地區較偏濕的結果，這些模擬誤差可以被 LMBC 修正。1998 年南海夏季季風肇始大約是發生在五月的第五個 pentad，在這個時期兩帶由中緯度地區向西南地區移動並分成兩個降雨中心，一個位於南海北部，另一個位於菲律賓東邊(圖 3A)。這兩個降雨中心分別位於氣旋中心的南邊及東南邊，這兩個氣旋位於中國南部及西北太平洋，而且這兩個氣旋都伴隨著正渦度(圖 2A)。NBC 和 MBC 都有模擬到這兩個氣旋，但它們模擬的位置和方向卻有明顯的誤差，在 NBC 的模擬中，中國南部氣旋的位置太偏西邊，而西北太平洋的氣旋因為模擬較強的太平洋副高而被中斷向西南延伸(圖 2B)。另外，比較台灣地區降雨的分部發現主要的降雨帶是伴隨氣旋的分布(圖 3B)，MBC 的模擬結果非常類似 NBC 的結果(圖 2D 和圖 3D)。在 LMBC 的模擬中有正確模擬這兩個氣旋的位置及分佈(圖 2C 和圖 3C)。圖四是五月 pentad 5 太陽輻射異常的淨值(或雲)這些淨值的水平分布與觀測分析在南海北部地區的兩帶分佈是非常相近的(圖 3A)。MBC 和 NBC 的模擬結果顯示在台灣南部有廣大的區域分佈，這個結果與觀測分析結果是有很大的差異(圖 4A)。LMBC 的結果顯示與觀測分析結果及兩帶的分佈非常相似(圖 4C 和圖 3C)。

我們也比較了背景場和各個模擬結果的均方根誤差(RMSD)來顯示模式模擬的誤差，圖 5 為背景場和各個模擬結果的 RMSD 分別為 850 hPa 溫度場、700 hPa 相對濕度場和 500 hPa 高度場，從結果來看，MBC 方法有減少誤差的發生，但是 L MBC 方法顯示更為有效的減少誤差的發生。一般而言，除了 L MBC 方法外，可以發現其他方法 RMSD 在模擬南海季風肇始時

有明顯的增加現象(圖 5)。

另外，本篇也探討了模擬區域範圍的選擇與動力降尺度的區域模擬的關係，藉此了解 L MBC 方法的優勢。我們選取固定的模擬範圍，另外，用相同的範圍但分別向東、西、南、北各移動五度。圖 6 分別是 NBC，LMBC 和 MBC 均方根誤差在時間上的分佈，可以發現 NBC 方法的 RMSD 在所有方法中是最大的，而 LMBC 的 RMSD 是比 MBC 還小。另外要強調的是，在不同的範圍選取實驗中 LMBC 的 RMSD 相對其他方法是非常一致的。這個結果顯示在使用 LMBC 方法做動力降尺度模擬時與模擬範圍的選取無關。圖 7 是模擬與背景場差異區域平均的垂直分佈圖分別為溫度、相對濕度和重力位場。整體而言，LMBC 方法的誤差是所有方法最小的，另外，也較其他方法有比較好的一致性。

四、結論

在本篇研究中我們試著去改進區域模式對 1998 年南海夏季季風肇始的模擬，以 SJ05 的方法為基礎，另外，提出一個更好的方法來修正模擬時所產生的誤差。一般而言，MBC 方法有不錯的模擬結果，但是此方法不能正確模擬南海夏季季風肇始的區域環流，這個結果顯示只移除平均的擾動似乎是不夠的，因此我們以 MBC 方法為基礎提出 LMBC 的方法並移除區域平均擾動後所得到的結果會比其他方法更接近觀測結果。

五、參考文獻

- Kanamaru, H., and M. Kanamitsu, 2007: Scale-selective bias correction in a downscaling of global analysis using a regional model. *Mon. Wea. Rev.*, **135**,34–350.
- Misra, V., and M. Kanamitsu, 2004: Anomaly nesting: A methodology to downscale seasonal climate simulations from AGCMs. *J. Climate*, **17**, 3249–3262.
- , 2007: Addressing the Issue of Systematic Errors in a Regional Climate Model. *J. Climate*, **20**, 801-818.
- Shiao C.-H., Juang H.-M. H., 2005, Regional climate

simulation over East Asia on 2001 and the Mean Bias Correction Method for NCEP regional spectral model. *Atmos. Sci.*, 33, 235-254. (in Chinese)

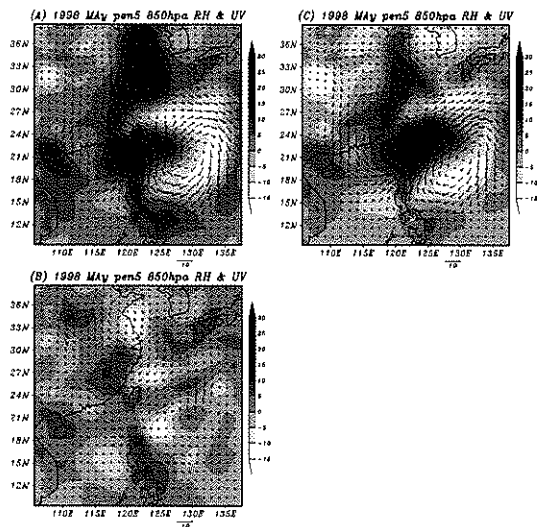


Fig. 1. 850 hPa relative humidity (shaded) (%) and wind (vector) (m/s) differences between the regional model and NCEP reanalysis in 1998 May pentad five. (A) NBC run, (B) LMBC run, and (C) MBC run.

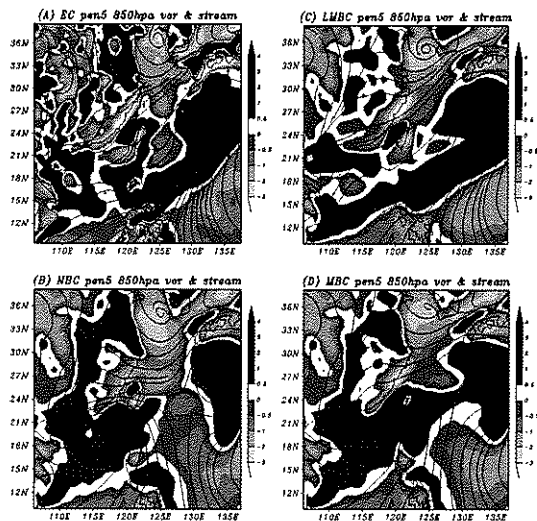


Fig. 2. Pentad mean of the observed and simulated 850 hpa vorticity ($10^{-5}s^{-2}$) and streamline in the fifth pentad of May from (A) ECMWF/TOGA, (B) NBC run, (C) LMBC run, and (D) MBC run.

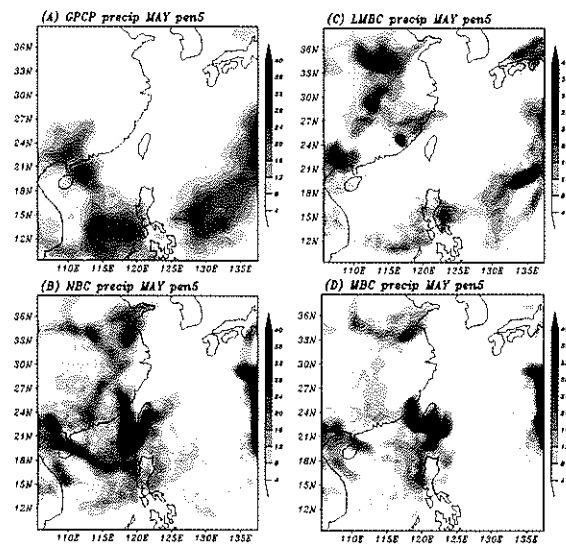


Fig. 3. Pentad mean of the observed and simulated precipitation (mm/day) in the fifth pentad of May from (A) GPCP, (B) NBC run, (C) LMBC run, and (D) MBC run.

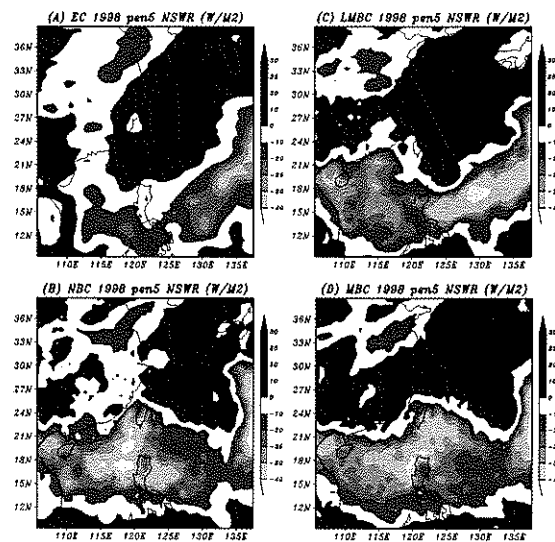


Fig. 4. Pentad mean of the observed and simulated horizontal structure of net shortwave radiation anomalies (W/M^2) for (A) EC, (B) NBC run, (C) LMBC run, and (D) MBC run. The anomaly is obtained from subtracting the monthly net shortwave radiation of May 1998 from 6 hr net shortwave radiation.

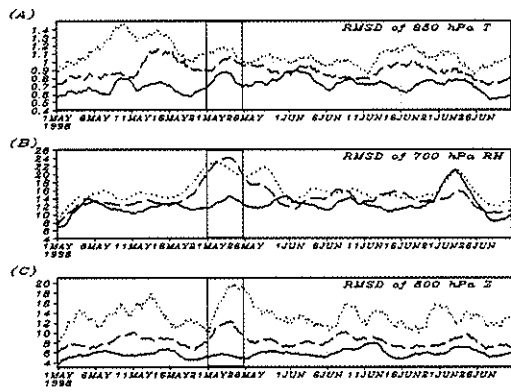


Fig. 5. Temporal evolution of RMSD for (A) 850 hpa temperature (K), (B) 700 hpa relative humidity (%), and (C) 500 hpa height (m). Each plot shows three cases: NBC (dotted), LMBC (solid), and MBC (dashed). Solid line area denotes SCS summer monsoon onset period.

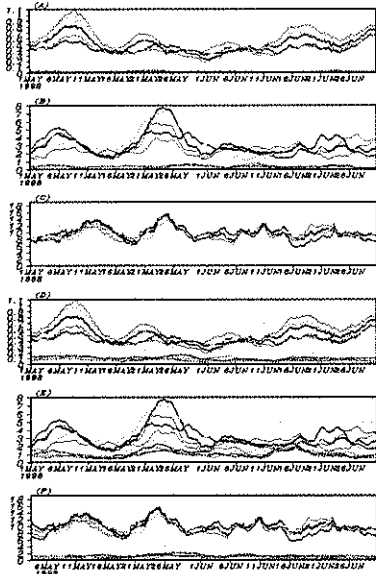


Fig. 6. Temporal evolution of Area mean RMSD for NBC (solid line), LMBC (dots line) (left), NBC (solid line), and MBC (dots line) (right) in (A) and (D) 850 hpa temperature (K), (B) and (E) 700 hpa relative humidity (%), (C) and (F) 500 hpa height (m). Each plot shows the original domain (black line), north shift (purple line), east shift (yellow line), west shift (blue line), south shift (green line).

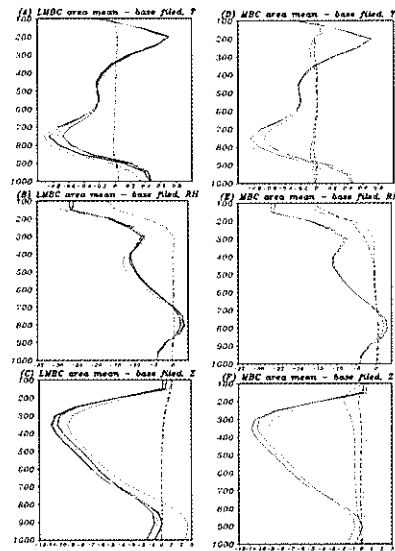


Fig. 7. Vertical profile of area mean difference (A) and (D) temperature, (B) and (E) relative humidity, and (C) and (F) geopotential hight (m) from the base filed NBC (solid line) and LMBC (dashed line) (left) and NBC (solid line) and MBC (dashed line) (right). Each plot shows the original domain (black line), north shift (purple line), east shift (yellow line), west shift (blue line), south shift (green line).