

NCEP RSM 之 2001 年東亞地區 短期氣候模擬研究與平均誤差去除法

蕭志惠¹ 莊漢明²

¹中央氣象局科技中心

²美國國家環境預報中心

(中華民國九十四年一月二十八日收稿；中華民國九十四年八月二十五日定稿)

摘 要

本研究係使用美國國家環境預報中心的區域波譜模式 (NCEP RSM)，進行自 2001 年 1 月起至該年 12 月止，為期 1 年的連續積分。主要的目的除探討 NCEP RSM 對東亞地區 (104-136°E, 8-37°N) 短期區域氣候的模擬能力外，同時提出可以改進模式模擬或預報誤差的平均誤差去除法。

NCEP RSM 在動力計算時首先將預報變數分為背景場與擾動二部分，並將擾動轉為波譜係數的形式進行積分。動力計算完成後，再將預報擾動量與背景場以融合 (blending) 的方式組合成完整的預報變數，以進行物理過程的計算。本研究之背景場係使用中央氣象局 (CWB) 全球預報系統分析的結果。區域模式之水平解析度為 60 公里，垂直方向為 28 層，每一層有 55x54 個網格點。

未去除平均誤差前 RSM 的模擬結果顯示，模式對冬半年環流形態的模擬較夏半年好，但全年東亞地區平均的海平面氣壓均較 CWB 分析偏高。其中西北太平洋副熱帶高壓及中緯度高壓的模擬偏強，是夏半年主要誤差的來源。模擬的降水量則是除了 7 至 9 月是少於全球降水氣候計劃 (GPCP) 的分析外，其餘月份均是偏多的。主要是東亞大陸上過多的降水所造成。整體而言，以 4 至 9 月的模擬結果與分析的差異最為明顯。

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。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。因為對於較小尺度環流的模擬也有加強的作用，所以對夏半年模擬及預報能力的提升最為顯著。

關鍵詞: 區域氣候波譜模式，模擬，東亞地區，平均誤差。

一、前言

台灣位處亞洲大陸與太平洋的交界處，幅員雖狹小但地勢卻陡峭複雜。在複雜的季風環流交錯下，還同時具備了明顯的區域環流特徵。但是在計算機運算效率及空間資源的限制下，全球環流模式在氣候模擬或預報應用時，水平解析度仍受限於百公里的尺度，並無法詳細描述出台灣地區區域環流的特徵。於是，高解析度區域氣候模式的發展與應用，就成爲了解台灣地區氣候變化的重要課題。

近幾年來許多重要的文獻都指出，區域氣候模式是用來研究區域氣候特徵的有用工具 (Dickinson et al., 1989; Giorgi et al., 1993; Liu et al., 1994; Jones et al., 1995; Ji and Vernekar, 1997; Giorgi et al., 1999; Hong and Leetmaa, 1998; Leung et al., 1999; Wang et al., 2003)。美國國際氣候預測研究院 (International Research Institute for Climate Prediction) 更是以美國國家環境預報中心 (National Center for Environmental Predictions, NCEP) 的區域波譜模式 (Regional Spectral Model, RSM) 嵌套於全球環流模式 (ECHAM4.5) 之下，成功的爲南美巴西地區建立了一套完整的動力降尺度季節預報系統 (Sun et al., 2005)。

NCEP RSM 不僅對美洲及東北亞地區的區域氣候研究方面有著不錯的表現 (Juang and Kanamitsu, 1993; Hong and Leetmass, 1999; Hong et al., 1999)，最近幾年也被使用於東亞地區短期氣候的研究方面 (蕭和莊, 2002; Shiao et al., 2004)，並且將在中央氣象局發展中的短期區域氣候動力預報系統中扮演重要的角色。

但是不可諱言的，在使用 NCEP RSM 於東亞地區的研究時，仍可發現模式對夏季環流的

模擬與預報有某種系統性誤差的存在 (蕭等, 2005)。本研究即是嘗試去探討造成 NCEP RSM 在東亞地區，尤其是夏季，造成降尺度模擬與預報不理想的原因，並進一步提出改進 NCEP RSM 系統性誤差的方法。

在本文的第二節將先介紹 NCEP RSM 的結構與資料來源。第三節以 2001 年東亞地區區域氣候的模擬實驗爲例，分析模式模擬的結果及與背景場的誤差情形。第四節將詳細討論何謂平均誤差去除法，並比較使用平均誤差去除法後的模擬結果。最後一節爲結論與討論。

二、區域氣候模式與資料來源

本研究所使用的區域氣候模式係以美國國家環境預報中心區域波譜模式 97 年版爲基礎，垂直方向爲 sigma (σ) 座標。詳細的模式動力架構及物理過程請參考 Juang and Kanamitsu (1994)； Juang et al. (1997)。

簡單的說，NCEP RSM 在動力計算時係先將預報變數分爲背景場與擾動二部分。依背景場資料的時間間距，求出每二筆背景場間各變數的變化趨勢，提供作爲區域模式每個時間間距的側邊界使用。在模式的動力計算部分，係將擾動量以波譜係數的形式進行積分。最後再以隱式鬆弛法 (implicit relaxation)，採用全範圍嵌套 (domain nesting) 的方式，將擾動量與背景場進行融合。其中還包括了特別的過程，處理邊界上粗解析度背景場地形與高解析度區域模式地形的銜接問題 (Hong and Juang, 1998)。

模式物理的計算係在水平方向爲等距經度網格與非等距高斯分布緯度網格點上進行，包括了長波、短波輻射與雲的交互作用，地表能

量調節，含 3 層地表溫度及 2 層地表水氣、non-local vertical diffusion 的高解析度邊界層模式，重力波拖曳力參數化，simplified Arakawa-Schubert 積雲對流參數化，大尺度降水及多重雲態的預報方程可供選擇。

近年來，針對東亞地區氣候特徵的模擬與預報，NCEP RSM 也不斷的在作細部調整中。首先，在東亞地區梅雨季降水的模擬實驗中發現，NCEP RSM 96 年版之積雲參數化與濕對流調節(moisture adjustment)過程對於降水之水平分布有著較好的表現 (Shiao, 2001)。為了減少降水在水平梯度較大地形上明顯偏多的誤差，水平消散項已改在等壓面上進行 (Juang et al., 2005)。水汽變數使用較小的 (為其它變數之 1/10) 的鬆弛係數，以減少水汽在側邊界的不連續。另外，多重雲態的預報方程在本實驗中並未使用，僅採用簡單的大尺度降水計算。為了方便文章後續的敘述，本文中仍以 RSM 通稱此時的版本。

模式之積分範圍以台灣為中心，涵蓋大部分的東亞地區 (104-136°E, 8-37°N)。解析度在水平方向約為 60 公里，計有 55x54 個網格點；垂直方向為 28 層。時間間距為 300 秒。

為了探討區域氣候模式對東亞地區環流的模擬能力，在此以中央氣象局全球預報系統之分析場作為區域模式之初始值及背景場。實驗以 2001 年 1 月 1 日 00Z 為初始時間，進行 12 個月的連續積分。

CWB 全球分析場，每 12 小時有一筆資料，變數包括地表氣壓及垂直各層之水平風、溫度及水汽場等。資料位於 16 層標準定壓面 (10, 20, 30, 50, 70, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 700, 850, 925, 1000hPa)，水平解析度為 T120。海溫

資料同樣來自分析場，是模式的下邊界條件。模式的輸出亦為 12 小時一筆，並已輸出至 20 層定壓面 (100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600, 650, 700, 750, 800, 850, 900, 925, 950, 1000hPa) 上。

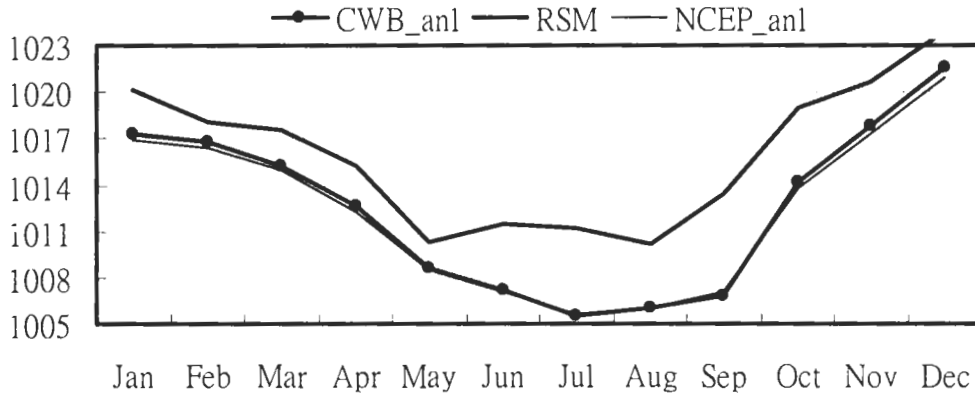
三、2001 年東亞地區區域氣候的模擬實驗

首先要比較及分析的是 2001 年東亞地區平均 (115-125°E 及 18-28°N) 及月平均後的 CWB 分析與 RSM 模擬海平面氣壓的時間序列。由圖 1a 可發現，在定量上，RSM 模擬的海平面氣壓 (粗實線) 整年都有著較分析場 (粗實線加圓形) 氣壓偏高的現象存在。夏季的 6 至 9 月 (JJAS) 尤其明顯，差距約在 4、5hPa 左右。在季節的變化趨勢上，除了 RSM 在 5 月氣壓的下降幅度較大、東亞季風肇始後到夏季完全建立的期間 (6 至 7 月) 氣壓不降反增外，對於其他季節的變化趨勢都有著不錯的模擬結果。由於 CWB 海平面氣壓之分析值，不論是定量或季節演變趨勢都與 NCEP 的重分析 (細實線) 幾乎完全一致。可見 CWB 的分析場的確有其相當的可信度，在本研究中足以用作為區域模式的背景場以及模擬結果的校驗之用。

圖 1b 為東亞地區月平均日降水量的時間序列。大致上來說，對於 7 至 9 月的夏季降水，RSM 之模擬 (實線) 都較解析度為 2.5X2.5 經緯度的全球降水氣候計劃(GPCP)分析降水 (實線加方形) 偏少。而 1 至 6 月及 11 至 12 月，則 RSM 之模擬降水普遍都較分析的降水偏多。

為詳細了解 RSM 對 2001 年夏半年的模擬情形，在此選取差異較大的 4 至 9 月進行逐月的分析 (圖 2)，並與 CWB 分析之海平面氣壓及 850-hPa 水平風場 (圖 3) 和 GPCP 之降水分

(a) 2001 Mean Sea Level Pressure (hPa) ave. 115-125E,18-28N



(b) 2001 Precipitation (mm/day) ave. 115-125E,18-28N

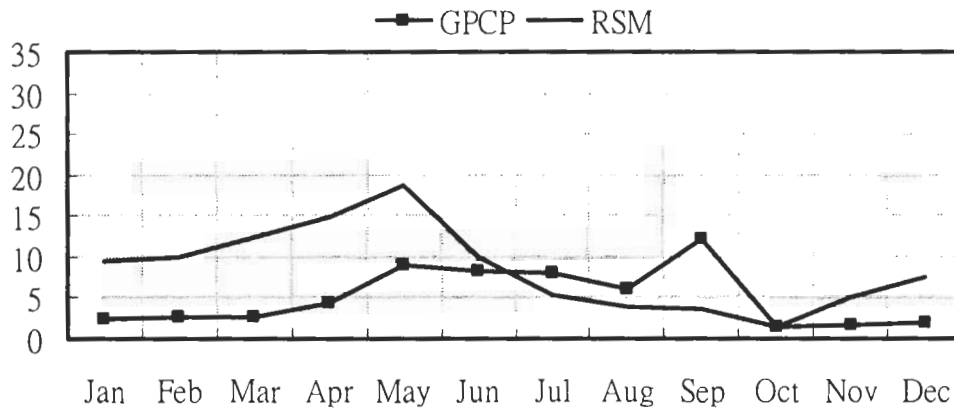


圖 1 2001 年在 115-125°E 及 18-28°N 範圍平均之月平均(a)海平面氣壓及(b)日降水量時間序列，其中粗實線為 RSM 的模擬結果。在圖(a)中粗實線加圓形為 CWB 分析，細實線則為 NCEP 重分析之海平面氣壓，圖(b)中粗實線加方形則為 GPCP 的分析降水。

析(圖 4)做校驗。

RSM 對 4 月平均海平面氣壓的模擬結果，在水平分布上與 CWB 的分析非常相似，唯整體有 5 hPa 偏高的差異(圖 2a)。這種差異不僅是發生在 4 月，整個冬半年都呈現類似的情形。5 月起分析場的西北太平洋高壓開始西進，在 5、6 月期間西南氣流由南海地區融入西北太平洋高壓的北方環流(圖 3b、3c)。但 RSM 對

西北太平洋上高壓的強度有模擬偏強的情形，分裂高壓的位置較分析偏北及偏西，並且有高壓脊指向南海地區(圖 2b、2c)。

4、5、6 月的模擬顯示，華南地區的降水都有明顯偏多的現象(圖 2a-2c)。在 GPCP 分析中，4 月之降水主要發生在長江以南的華南地區(圖 4a)。在 RSM 的模擬中也有掌握到華南地區降水的現象，但就降水量來看模擬結果是

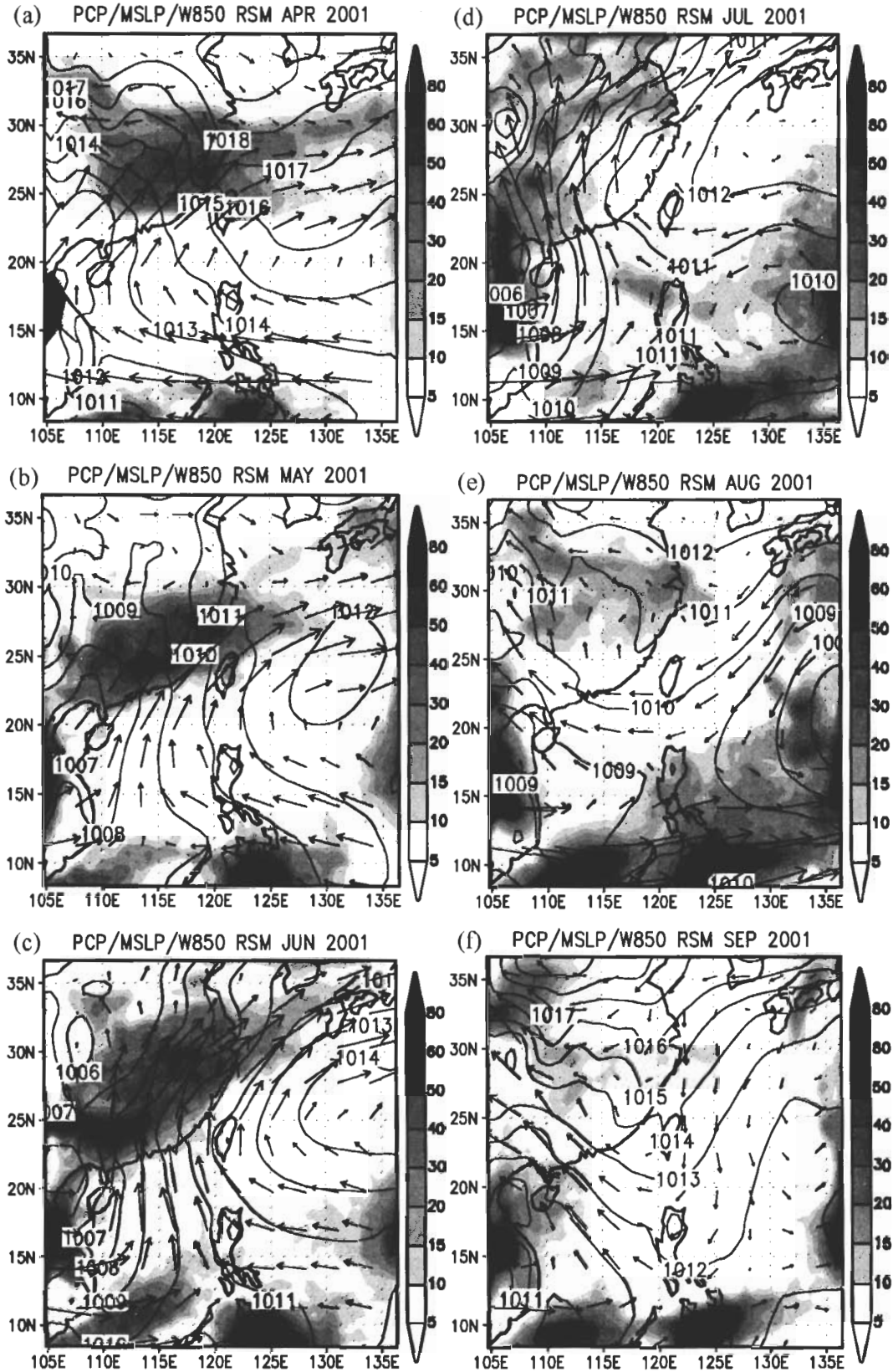


圖 2 RSM 模擬之降水 (陰影)、海平面氣壓 (等值線) 及 850-hPa 水平風向量, 其中(a)至(f)分別為 2001 年 4 至 9 月之月平均。

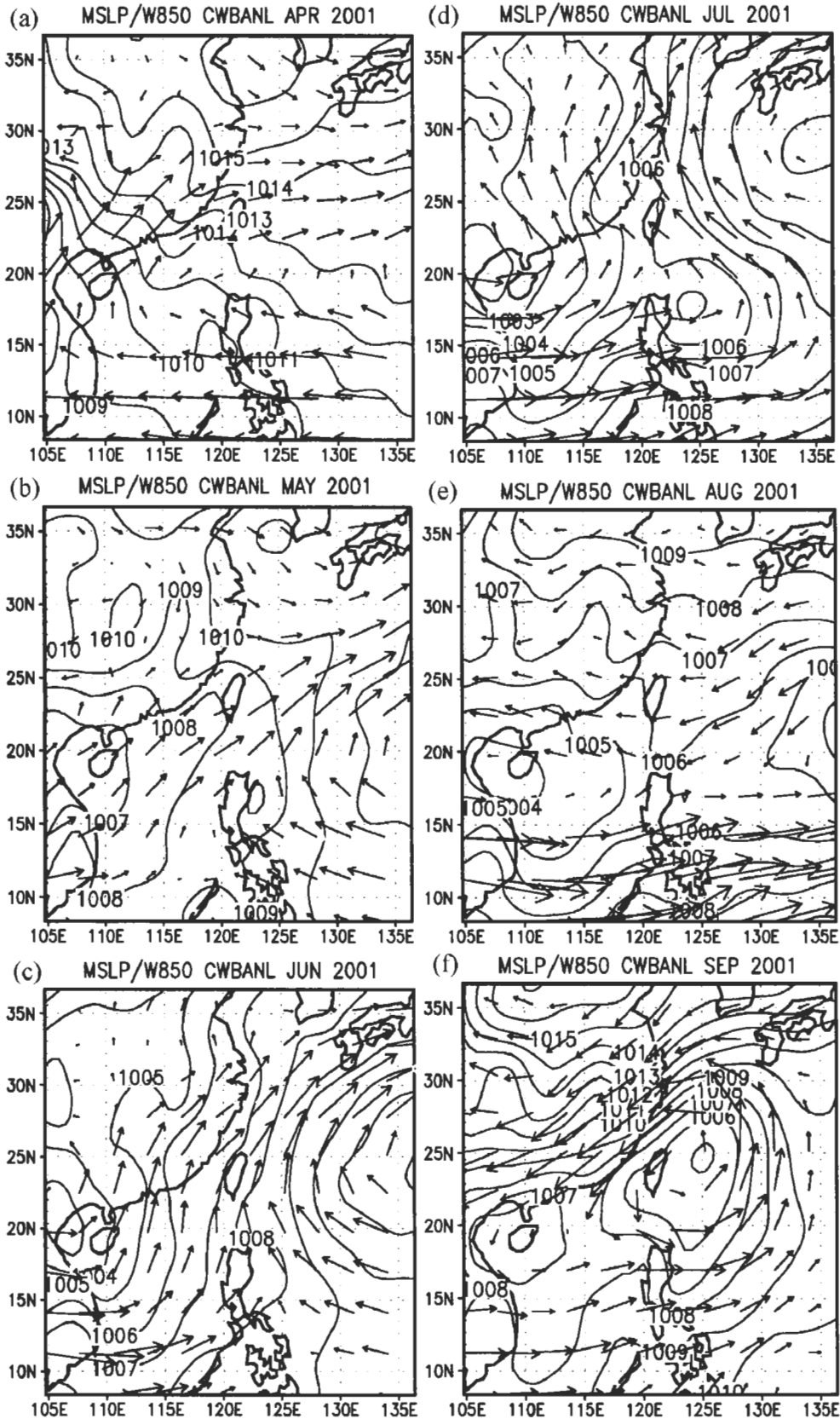


圖3 CWB分析之海平面氣壓(等值線)及850-hPa水平風向量,其中(a)至(f)分別為2001年4至9月之月平均。

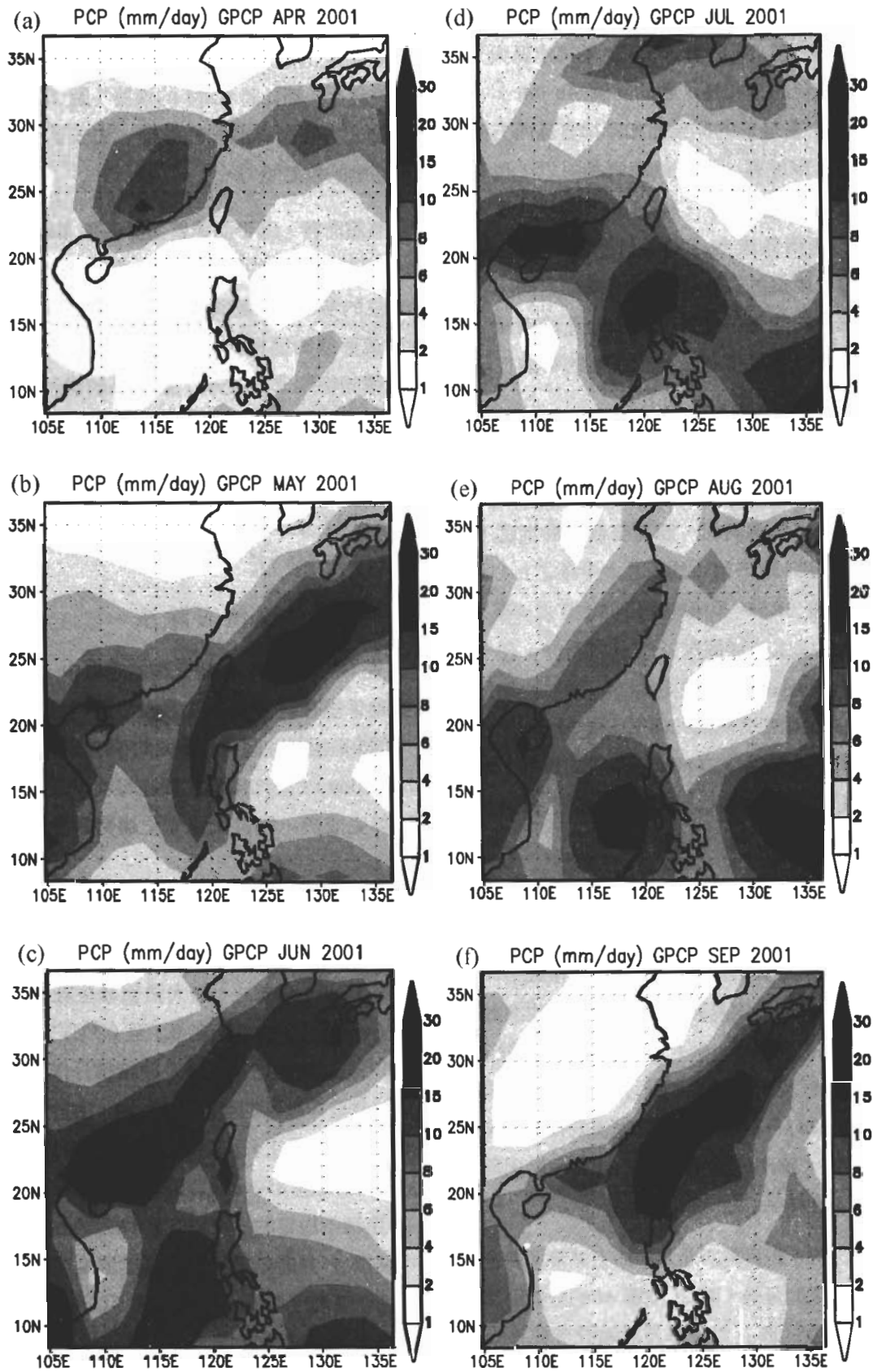


圖 4 GPCP 分析之日降水量，其中(a)至(f)分別為 2001 年 4 至 9 月之月平均。

明顯偏多的。在 5、6 月，GPCP 的降水區與分析的西南氣流的分布是一致的（圖 4b、4c）。另外，在 6 月地形的迎風面如菲律賓島西方海面及華南沿海地區，尤其是海南島附近，也有比較大的降水（圖 4c）。RSM 的模擬充分掌握到上述的西南氣流內伴隨的降水與地形性降水。但由於模擬的高壓脊已到達南海東側，在高壓脊環流的加強下增強了南海地區的南風，導致大量的降水集中到較分析偏北的華南丘陵及長江流域地區（圖 2b、2c）。

CWB 的分析場顯示，7 至 9 月期間東亞地區之環流以熱帶地區低壓系統的活動為主。低壓帶由中南半島東側起，涵蓋整個南海地區，並向東延伸到 130°E 附近的西北太平洋之上（圖 3d-3f）。此時，RSM 模擬的高壓仍相當強，在 7 月主要是西北太平洋高壓脊的過度西伸，在 8 月則是中緯度高壓的過度南壓，二者對於熱帶低壓系統的活動都有減弱的作用（圖 2d、2e）。此外，RSM 對熱帶 850-hPa 西風帶的模擬亦較分析偏南，因此使模式之熱帶降水發生在偏南的緯度。

7、8 月 GPCP 的降水顯示，在菲律賓本島的西側迎風面為南海地區的主要降水區。在中緯度地區，則是受到南海南風及低壓帶北方東風迴流的影響，海南島附近及華南沿海也有較大的降水發生（圖 4d、4e）。RSM 的模擬對於 7 月海南島附近及長江以北的降水都有成功的模擬出來（圖 2d），但在 8 月東風迴流的模擬上則是明顯偏乾，華南地區也未如分析場一般出現降水（圖 2e）。

2001 年的 9 月是西北太平洋上熱帶氣旋及颱風相當活躍的月份。圖 3f 及圖 4f 的分析場顯示，台灣東側的西北太平洋及南海北部都是熱

帶低壓系統活躍的區域，也有明顯的降水現象伴隨著發生。而此時 RSM 的模擬（圖 2f）卻完全受到北方高壓脊過強的影響，失去了對熱帶低壓活動的模擬能力。

整體而言，海平面氣壓值偏高是 RSM 模擬的一個普遍存在的誤差現象。在以高壓系統活動為主的冬半年，雖顯現出氣壓的平均值偏高，對環流形態的模擬仍是相當不錯。但在低壓系統活躍的梅雨季及夏季，高壓系統過強的結果影響到模式內低壓系統的形成與發展，連帶的降低了模式對夏半年環流的模擬能力。

四、NCEP RSM 的平均誤差去除法

（一）平均誤差去除法

在 NCEP RSM 波譜係數的定義中，波數 0 的擾動係指在經度及緯度方向波數均為零的擾動，亦即是相當整個積分範圍的平均擾動（mean perturbation）。平均擾動主要在每次模式動力過程計算完成後，與背景場變化趨勢做融合時產生。

以溫度的擾動波為例，每次動力過程計算所產生的溫度平均擾動，最大正值發生在模式的低層（ $0.9 < \sigma < 1$ ），最大負值發生在模式的頂層（ $\sigma < 0.1$ ），振幅約在 -0.3 至 0.3°C 之間（未附圖）。但經物理過程計算及連續積分作用後平均擾動會呈非線性的發展（圖 5）。由於低層的溫度平均擾動為正、中低層（ $0.7 < \sigma < 0.9$ ）為負，因此在 1000 至 850 hPa 間形成淺薄的熱力不穩定層。這種不穩定的情況以 6 至 11 月最為明顯，其中又以 9 月時低層的平均擾動溫度最高、中低層的負區溫度最低，分別可達 9°C 及 -3°C。此時，溫度的垂直梯度增大，不穩定層的厚度可

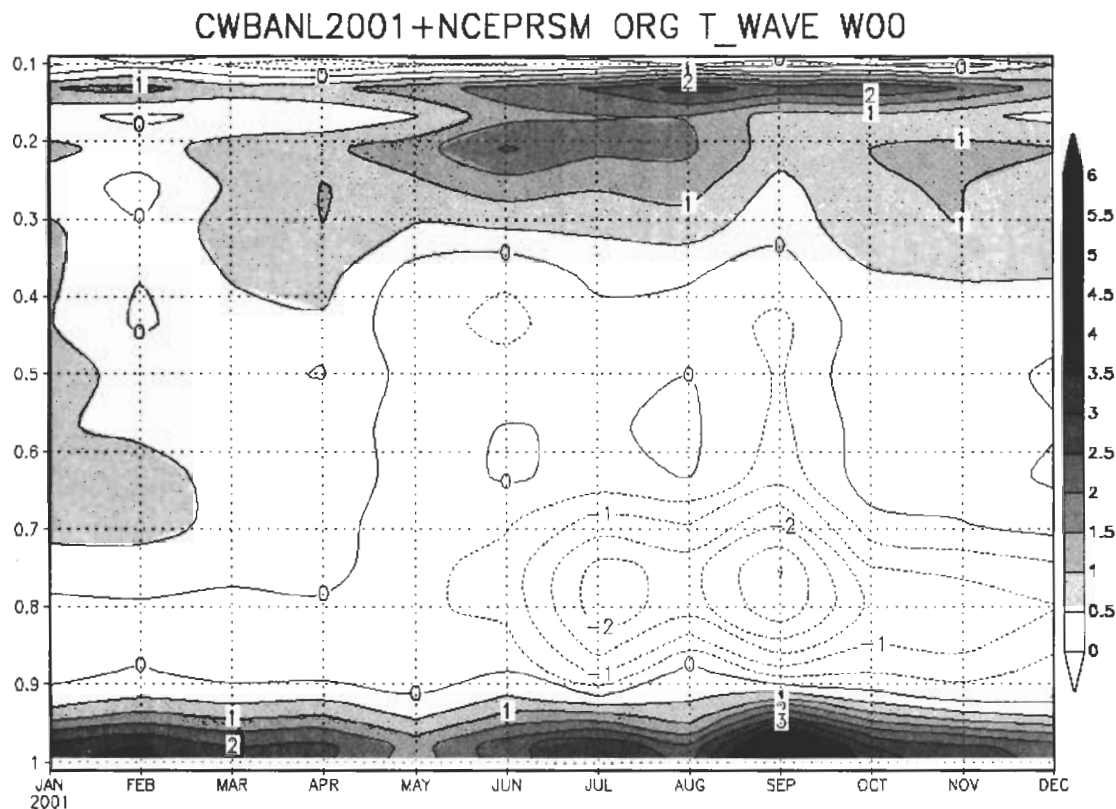


圖 5 RSM 之 2001 年模擬中，月平均溫度平均誤差之垂直分布與時間序列。其中 x 軸為時間，y 軸為模式的 σ 座標值；陰影表示振幅為正值，虛線表示振幅為負值。

提高到 750hPa 附近。

圖 6 為溫度波數 8 以下擾動波的振幅分布，但在此僅以 3 月及 9 月的低層、中低層及中高層 ($0.3 < \sigma < 0.7$) 為例加以說明。3 月時，除了波數 0 的擾動外，模式低層的擾動振幅都在正負 0.5°C 以下 (圖 6a)，且振幅的大小會隨著高度增加而減少 (圖 6b、6c)。波數 0 的振幅，除中低層外，都遠大於其它波數。到了 9 月 (圖 6d-6f)，波數大的短波 (如 x、y 方向均為 2 的波) 從低層的增溫到中高層的降溫振幅都比 3 月大。但波數 0 的平均擾動仍是遠大於其他的擾動波。

由於波數 0 擾動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的運動並不能完全掌握到，因此就有平均擾動的產生。將此平均擾動當作是區域模式對大尺度運動模擬的平均誤差而捨棄，也就是完全相信背景場對此大尺度運動的掌握能力，是平均誤差去除法所代表的物理意義。

平均誤差去除法的作法很簡單。首先為了排除因解析度轉換之數學計算所造成的波，必需增加一次資料內插的過程。也就是先將背景場資料內插到水平及垂直解析度都與區域模式相同的格點上，並用高解析度之地形地勢資料重新計算背景場的地面氣壓及垂直各層的氣壓值。然後再在完全相同解析度及地形的新背景

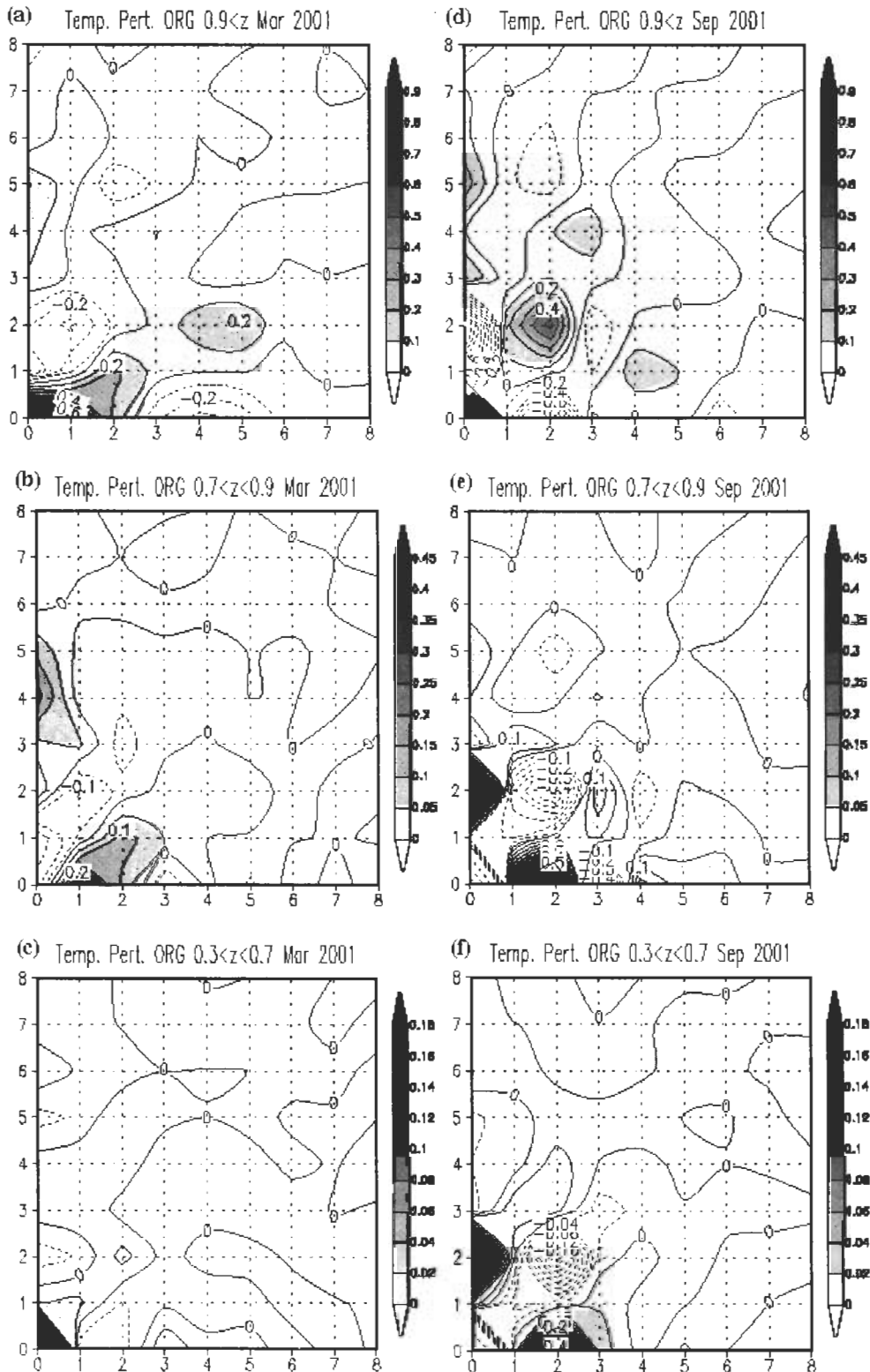


圖 6 RSM 模擬中 2001 年 3 月 (左列) 及 9 月 (右列) 的溫度擾動波數與振幅分布。其中 x 軸為經度方向波數, y 軸為緯度方向波數; 上、中及下圖分別為模式低層 ($0.9 < \sigma < 1$)、中低層 ($0.7 < \sigma < 0.9$) 及中高層 ($0.3 < \sigma < 0.7$)。低層、中低層及中高層等值線間距分別為 0.1、0.05 及 0.02°C, 但當振幅絕對值分別大於 1.0、0.5 及 0.2°C 時則改以 1.0、0.5 及 0.2°C 為等值線間距。

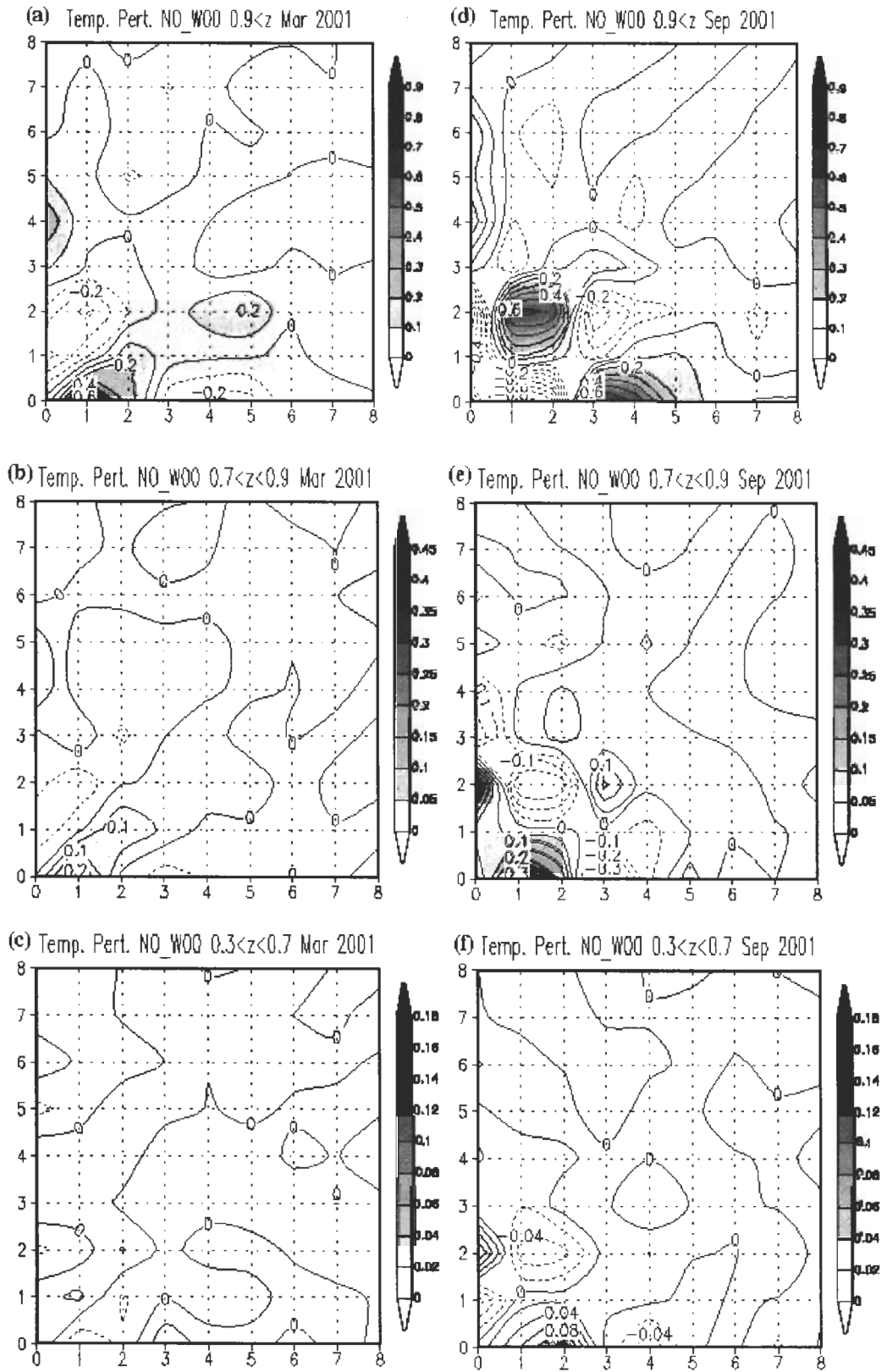


圖 7 同圖 6 但為 RSM 使用平均誤差去除法後(RSM_no_w00)之模擬結果。

場下進行區域模式的積分，但是在每個時間間距包括動力與物理計算結束後，要將所有大氣預報變數如水平風場（ U 、 V ）、比濕（ Q ）、溫度（ T ）及海平面氣壓之平均擾動都歸零，不使其在積分過程中繼續成長。在本文中就以 RSM_no_w00 表示使用平均誤差去除法後的 NCEP RSM。

比較圖 7a-7c 與圖 6a-6c，同樣為 2001 年 3 月但前者為 RSM_no_w00 的結果，可發現去除平均擾動後的其它波數的振幅與未修正前並無太大的改變。此時之平均擾動只影響整個積分範圍的平均值，但不影響對其他尺度現象的模擬。但在對流旺盛的 9 月（圖 7d-7f），當平均擾動造成的低層不穩定作用被移除後，其他波數的擾動波振幅也產生了重組的作用。較小尺度的擾動波如 x 方向波數 3 或 4、 y 方向波數 0， x 方向波數 2、 y 方向波數 2 等，在低層的增溫幅度都增加了、中低層及中高層的減溫幅度減弱了，因此有利於較小尺度深對流或高層雲的產生。

（二）使用平均誤差去除法後 （RSM_no_w00）之模擬結果

再同樣以 2001 年東亞地區 4 至 9 月為例，分析 RSM 使用平均誤差去除法後（RSM_no_w00）的模擬結果（圖 8）。比較圖 8 與圖 2 可發現，使用平均誤差去除法後：RSM_no_w00 的海平面氣壓較 RSM 低，RSM_no_w00 的西北太平洋高壓及中緯度大陸高壓強度均減弱、熱帶的低壓活動明顯增強，及 RSM_no_w00 的西北太平洋及南海地區的降水都增加了。

4 月 RSM_no_w00 的模擬結果在環流形態上與先前的模擬並沒有太大的改變，但平均海平面氣壓值較先前降低了 2 至 3 hPa（圖 8a）。

5 月原先模擬出之西北太平洋分裂高壓在 RSM_no_w00 中並不存在，取而代之的是南海地區的低壓槽伴隨著旺盛的西南氣流直接進入西北太平洋。模式同時對於西北太平洋上及 120°E 附近的降水有更清楚的模擬（圖 8b）。對於 6 月，RSM_no_w00 模擬的西北太平洋高壓影響範圍較之前的模擬偏東，使得南海地區的 850-hPa 南風可向東涵蓋到 120°E 。結構完整的帶狀降水分布在日本南方與長江流域一帶，青康藏高原東側的華南地區在模擬結果中也有很強的降水（圖 8c）。

在 7、8 月的模擬中（圖 8d-8e），由於 RSM_no_w00 對西北太平洋高壓及中緯度大陸高壓強度的模擬均有明顯的改進，因此與圖 2d-2e 有著相當大的差異。7 月，RSM_no_w00 模擬的南海地區西風可到達 130°E 附近，之後並在西北太平洋上形成東南風的迴流。菲律賓西側迎風面的降水，以及西太平洋熱帶地區的降水，在此時都被成功的模擬出來（圖 8d）。在 8 月，RSM_no_w00 模擬的熱帶低壓槽強度略強於分析場，但其涵蓋範圍及 850-hPa 環流分布都與分析有相當好的一致性。對於降水的模擬也能充分掌握到菲律賓西側、西太平洋熱帶及華南地區等地降水的主要特徵（圖 8e）。

平均誤差去除法對 9 月份模擬環流的改變，是夏半年中最明顯也是最成功的（圖 8f）。RSM_no_w00 的模擬顯示從南海北部到西北太平洋為一低壓環流區，在台灣東側甚至形成明顯的封閉低壓中心。低壓中心的強度約在 1004 hPa，1 hPa 略強於分析場。對於低壓中心伴隨的降水現象也有相當好的掌握。雖然在此並未詳細去檢試模擬結果是否真的滿足颱風的定義，但 RSM_no_w00 的確已模擬出類似颱風活

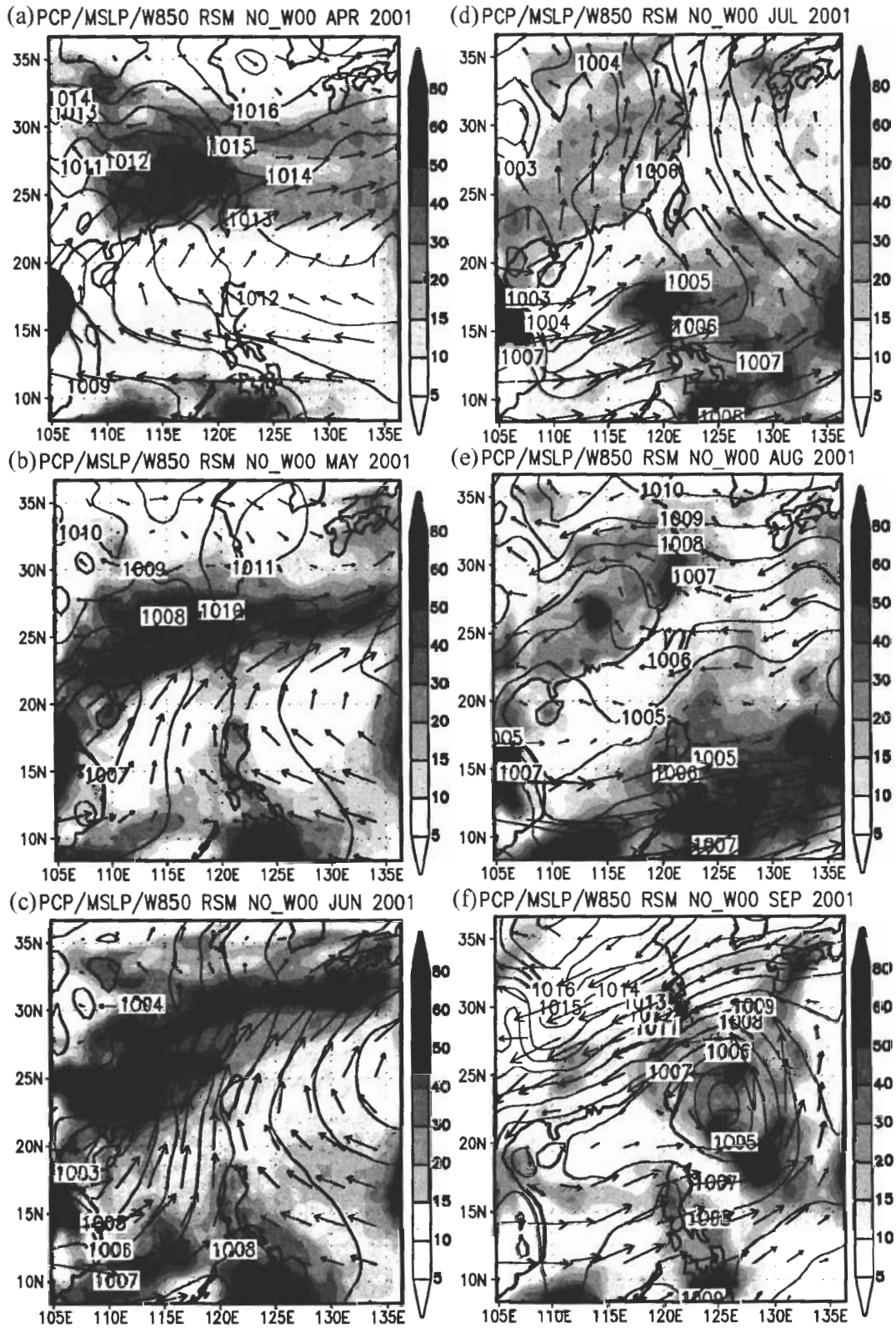


圖 8 同圖 2 但為 RSM 使用平均誤差去除法後(RSM_no_w00)之模擬結果。

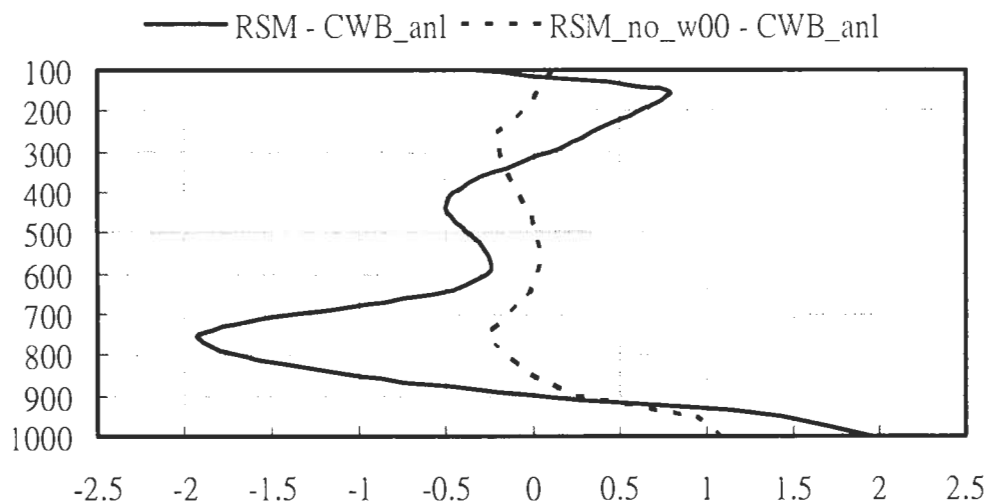
動的跡象。

由此可知，RSM 使用平均誤差去除法後的模擬結果對降水分布、海平面氣壓的分布與強度及 850-hPa 水平風場等都獲得了明顯的改善，大幅提升了大尺度環流與分析場的相似度。同

時對於如低壓系統等較小尺度現象的模擬能力也增加了。

圖 9 為 4 至 9 月及東亞地區平均(115-125°E 及 18-28°N) 後的溫度及相對濕度與背景場差異的垂直分布。在 RSM 的模擬中(圖 9a 實線)1000

(a) 2001 Apr_Sep Temperature (k) ave. 115-125E,18-28N



(b) 2001 Apr_Sep Relative Humidity (%) ave. 115-125E,18-28N

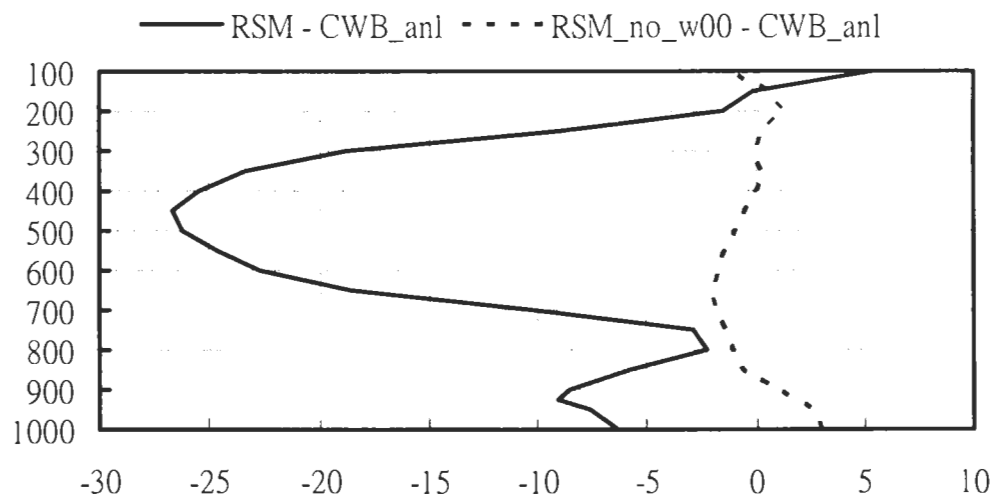


圖 9 在 115-125°E 及 18-28°N 範圍 2001 年 4 至 9 月平均之(a)溫度及(b)相對濕度垂直分布與 CWB 分析場(即模式的背景場)的差異。其中實線為 RSM 模擬，虛線為 RSM 使用平均誤差去除法後(RSM_no_w00)之模擬結果。

hPa 的溫度比 CWB 分析場偏暖將近 2°C ，在 750 hPa 附近則偏冷了約 2°C 。相對於分析場，RSM 的模擬明顯的加強了邊界層內的大氣不穩定度，因此以中低層雲及淺積雲降水為主，有高層雲偏少的情形（未附圖）。因為降水都 700 hPa 以下發生，700 hPa 以上的相對濕度明顯偏乾於分析場（圖 9b 實線）。在 RSM_no_w00 的模擬中大幅的減少了邊界層內的大氣不穩定度（圖 9a 虛線），因此熱力運動可由地面影響到大氣高層，中高層雲及層雲降水在這段期間都有明顯的增加（未附圖）。大氣中高層過度偏乾的情形也獲得改善（圖 9b 虛線）。

最後再以 2001 年全年之海平面氣壓、降水及長波輻射的時間序列（圖 10a-10c）分析 RSM_no_w00 模擬的季節變化。結果顯示 RSM_no_w00 模擬的海平面氣壓（圖 10a 虛線）已達到不論是季節變化或定量上都與分析幾乎相同的程度。不僅是夏半年的模擬結果獲得改善，冬半年氣壓偏高的現象在使用平均誤差去除法後也不再存在。

在降水方面，由於 RSM_no_w00 模擬的大氣環流場與分析場有高度的相似性，加上海面上降水偏少的誤差也獲得改善，因此在月平均降水的季節變化也得到與 GPCP 分析更近似的變化趨勢（圖 10b 虛線），尤其是 7 至 9 月。

由於 2001 年 4 至 5 月期間，分析的鋒面降水主要位在台灣北部附近，60 公里模式的解析度仍太粗而無法精確的模擬出鋒面降水帶的位置是否進入台灣，因此平均誤差去除法後（RSM_no_w00）之模擬結果對於 4 至 5 月期間台灣地區（取 $120\text{-}122^{\circ}\text{E}$ 及 $21.5\text{-}25.5^{\circ}\text{N}$ 範圍平均）的降水（圖 11 虛線），相較於中央氣象局所屬 27 個測站觀測之台灣全島平均降水（圖 11 實線

加方塊）仍有偏強的情形。台灣地區受到颱風的影響，5 月（西馬隆颱風）、7 月（尤特、潭美、玉兔、桃芝颱風）及 9 月（納莉、利奇馬颱風），測站降水有大於 GPCP 分析的區域性降水現象發生。RSM_no_w00 則比 RSM（圖 11 實線）此時能更好的表現出 6 及 8 月相對少雨及 5 月 9 月相對多雨的區域降水特性出來。

雖然 RSM_no_w00 對 4 至 6 月期間東亞地區降水強度的模擬仍有偏強的現象，但是大氣層頂長波輻射（OLR）模擬與 RSM 模擬相比，已更正確的掌握到與 NCEP 重分析接近的季節變化趨勢（圖 10c 虛線）。未來仍將針對 4 至 6 月期間降水過強的現象繼續改進，提高模式解析度、加入複雜的雲態預報計算及非靜力作用等都是未來研究測試的方向

五、結論與討論

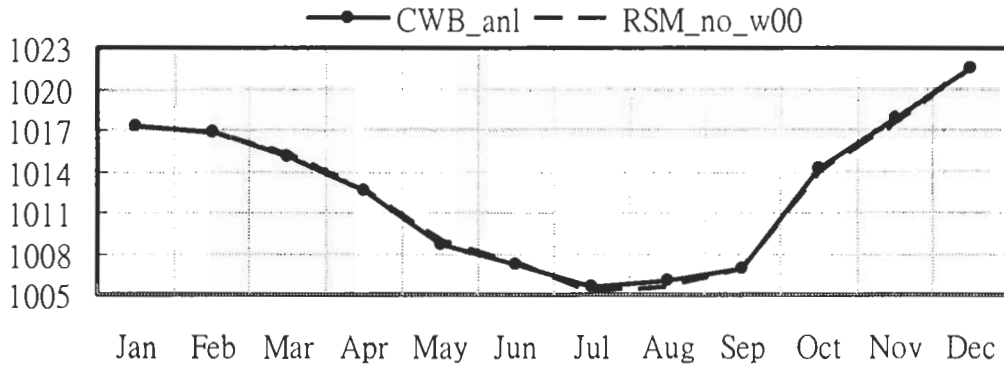
本研究以美國國家環境預報中心的區域波譜模式（NCEP RSM），在中央氣象局全球分析場為背景場的情況下，探討區域波譜模式對東亞地區短期氣候的模擬能力以及提出改進模式系統誤差的平均誤差修正法。

研究使用的 RSM 以 97 年版本為主，並已加入濕對調調節及 P 座標上計算水平消散項等修正。模式的水平解析度為 60 公里，垂直方向為 28 層。模式積分範圍則是以台灣為中心，並且涵蓋大部分的東亞地區（ $104\text{-}136^{\circ}\text{E}$ 及 $8\text{-}37^{\circ}\text{N}$ ）。

以 2001 年 1 月起至該年 12 月止為期 1 年的連續積分為例，模擬的結果顯示：模式的海平面氣壓全年均較背景場或 NCEP 重分析場偏高，尤其以夏季的 6 至 9 月差距約在 4、5hPa 左右最為明顯。模擬的降水與 GPCP 分析相比，

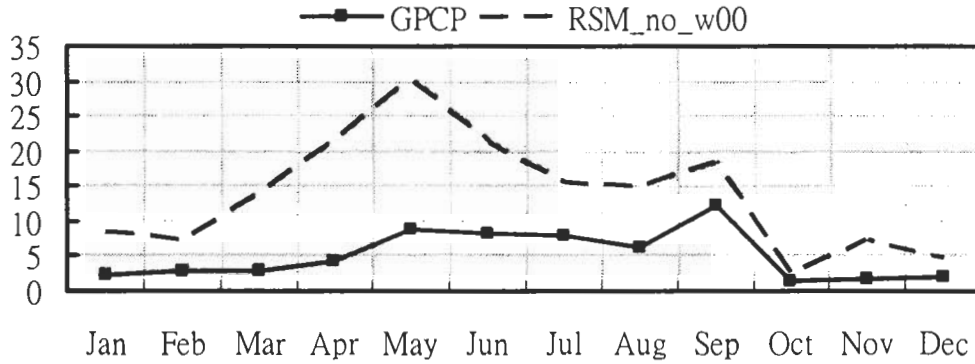
(a)

2001 Mean Sea Level Pressure (hPa) ave. 115-125E,18-28N



(b)

2001 Precipitation (mm/day) ave. 115-125E,18-28N



(c)

2001 OLR ave. 115-125E,18-28N

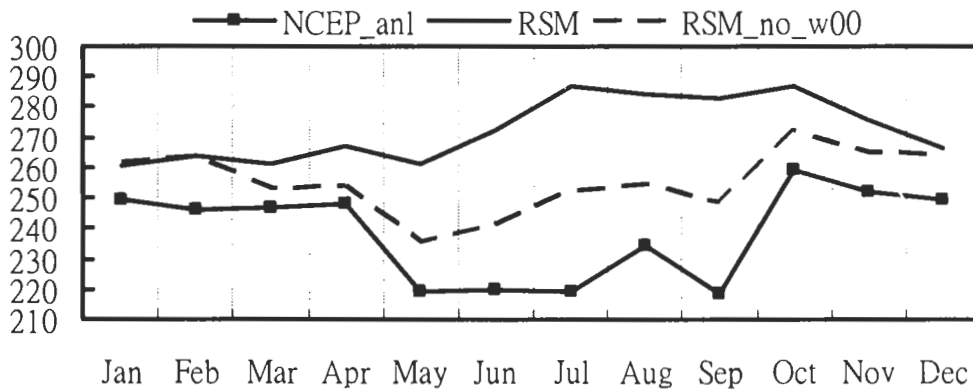


圖 10 2001 年在 115-125°E 及 18-28°N 範圍平均之月平均(a)海平面氣壓、(b)日降水量及(c)長波輻射時間序列。其中線條說明同圖 1，但虛線為 RSM 使用平均誤差去除法後(RSM_no_w00)之模擬結果。

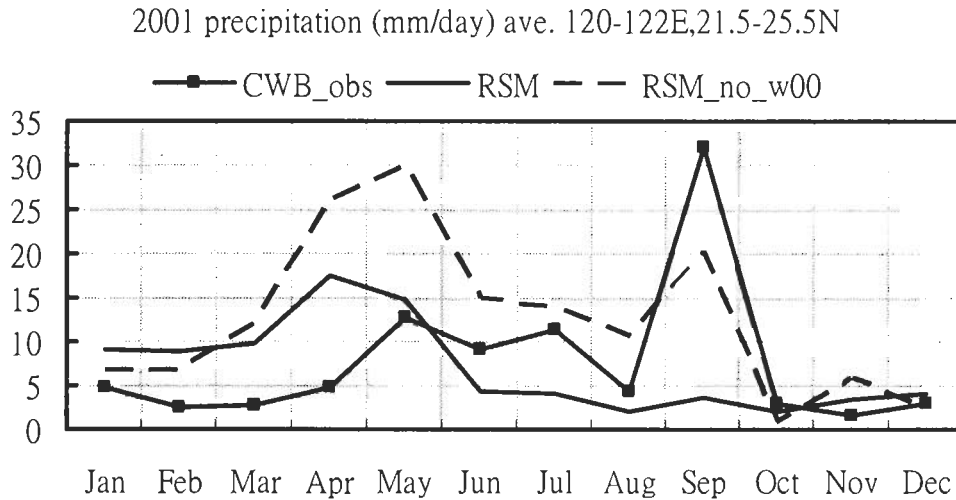


圖 11 在 120-122°E 及 21.5-25.5°N 範圍月平均之降水。其中實線加方塊為 CWB 測站觀測平均，實線為 RSM 模擬，虛線為 RSM 使用平均誤差去除法後(RSM_no_w00)的模擬結果。

則是除 7 至 9 月偏少外，10 至次年 6 月的雨量都是偏多。整體而言，模擬結果與其背景場的大尺度環流差異以 5 至 9 月最為明顯，與 GPCP 降水分析的誤差也最大。

由於區域模式降尺度的目的，係在背景場的大尺度環流結構之下，解析出由高解析度地勢及海岸分布所造成的區域環流特徵。因此，區域模式之模擬結果在大尺度環流的分布上不應與其背景場有太大的偏移。

分析 RSM 擾動量波譜係數的時間變化，可發現波數 0 的平均擾動是存在於模擬結果與背景場間的一種平均誤差。初步推斷這種平均誤差是因區域模式無法完全掌握大於積分範圍的大尺度環流所造成，再藉由背景場與模式擾動的融合過程影響到模擬結果。在 RSM 積分過程中捨去平均擾動的方法，即本文中所指的平均誤差去除法。

以溫度的擾動量為例，RSM 波數 0 的擾動

量在模式的底層造成下暖上冷的不穩定大氣層分布，熱力對流作用都被侷限於大氣下層。此時的降水以淺積雲對流為主，主要發生在 750 hPa 以下。750 hPa 以上的大氣明顯偏乾，高層雲的雲量也偏少。在去除平均誤差後 RSM_no_w00 的模擬結果中，模式的中、高雲增加，大尺度降水也增加了，對於海面上降水偏少的情形也有明顯的改善。

在水平環流分布方面，包括降水、海平面氣壓及 850-hPa 風場，使用平均誤差去除法都可大幅提高區域模式模擬結果與其背景場的相似程度。雖然降水量的大小在夏季季風開始後的 4 至 6 月仍有偏強的模擬，但不論是降水、海平面氣壓或大氣層頂的長波輻射等，都更能掌握到正確的季節變化趨勢。

平均誤差去除法不僅適用於 2001 年的模擬，在其他年分也同樣適用。以圖 12 之 1998 年 5 至 8 月的模擬為例，比較 CWB 海平面氣壓分析場 (圖 12a)、GPCP 降水分析 (圖 12b)

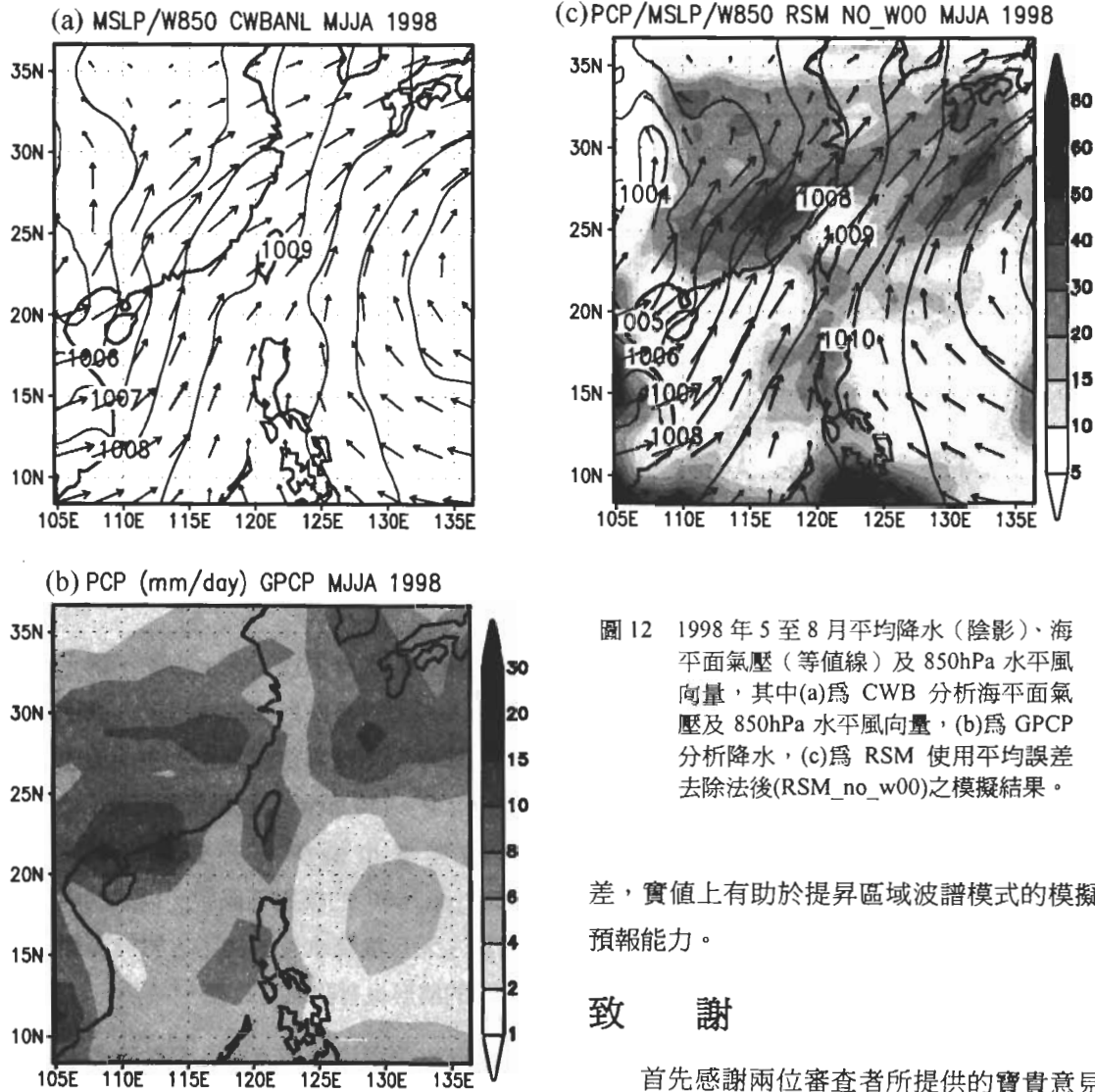


圖 12 1998 年 5 至 8 月平均降水 (陰影)、海平面氣壓 (等值線) 及 850hPa 水平風向量, 其中(a)為 CWB 分析海平面氣壓及 850hPa 水平風向量, (b)為 GPCP 分析降水, (c)為 RSM 使用平均誤差去除法後(RSM_no_w00)之模擬結果。

差, 實值上有助於提昇區域波譜模式的模擬與預報能力。

致 謝

首先感謝兩位審查者所提供的寶貴意見。本研究所需之主要電腦運算資源係由水利署計畫「格網系統之規劃與建置—以乾旱預報為例」所提供, 在此謹表萬分的謝意。本文之出版費係由中央氣象局科技中心所支助。

參考文獻

- 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, 291-312。
- 蕭志惠、莊漢明和莊穎勸, 2005: NCEP-RSM之東亞地區動力降尺度氣候場的初步分析。(投稿氣象學報)

與 RSM_no_w00 的模擬結果 (圖 12c), 可發現 RSM_no_w00 對於 1998 年夏季環流同樣也有著相當好的模擬能力。對於較大模式積分範圍的模擬, 也有相當程度的改進 (未附圖)。

對於 NCEP RSM 平均誤差的物理過程, 作者將嘗試在後續的文章中提出更確切的說明。但以現階段的研究成果來看, 所提出的平均誤差去除法確實可有效的減少 NCEP RSM 在嵌套 (nesting) 預報或模擬過程所產生的系統性誤

- Dickinson, R.E., R.M. Errico, F. Giorgi, and G.T. Bates, 1989: A regional climate model for the western United States. *Climate Change*, **15**, 383-422.
- Giorgi, F., Y. Huang, K. Nishizawa, and C. Fu, 1999: A seasonal cycle simulation over eastern Asia and its sensitivity to radiative transfer and surface processes. *J. Geophys. Res.*, **104**, 6403-6423.
- Giorgi, F., M.R. Marinucci, and G.T. Gates, 1993: Development of a second-generation regional climate model (RegCM2). Part I: Boundary-layer and radiative transfer processes. *Mon. Wea. Rev.*, **121**, 2794-2813.
- Hong, S.-Y., and H.-M. H. Juang,, 1998: Orography blending in the lateral boundary of a regional model. *Mon. Wea. Rev.*, **126**, 1714-1718.
- 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.
- Ji, Y., and A.D. Vernekar, 1997: Simulation of the Asian summer monsoons of 1987 and 1988 with a regional model nested in a global GCM. *J. Climate*, **10**, 1965-1979.
- Jones, R. G., J. M. Murphy, and M. Noguer, 1995: Simulation of climate change over Europe using a nested regional-climate model. Part I: Assessment of control climate, including sensitivity to location of boundaries. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **121**, 1413-1450.
- 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., and M. Kanamitsu, 1994: The NMC nested regional spectral model. *Mon. Wea. Rev.*, **122**, 3-26.
- 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.
- 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. *Mon. Wea. Rev.*, **133** (in press).
- Leung, L.R., S.J. Ghan, Z.-C. Zhao, Y. Luo, W.-C. Wang, and H.-L. Wei, 1999: Intercomparison of regional climate simulations of the 1991 summer monsoon in eastern Asia. *J. Geophys. Res.*, **104**, 6425-6454.
- Liu, Y.-Q., 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.
- Shiao, C.-H., 2001: Sensitivity tests of cumulus parameterizations, larger scale precipitation and moist adjustment scheme. CWB Technique Report.
- Shiao, C.-H., Y.-J. Chuang , and H.-M. H. Juang, 2004: Dynamical downscaling of an AMIP simulation over East Asia with ECHAM4.5 and NCEP RSM. 5th International RSM Conference. July 12-16, 2004. Seoul, Korea.
- Sun, L., D. F. Moncunill, H. Li, A. D. Moura, F. D. A. D. S. Filho, and S. E. Zebiak, 2005: An operational dynamical downscaling prediction system for Nordeste Brazil and the 2002-04 real-time forecast evaluation. (In preparing)
- Wang, Y., O.L. Sen, and B. Wang, 2003: A highly resolved regional climate model (IPRC-RegCM) and its simulation of the 1998 severe precipitation event over China. Part I: Model description and verification of simulation. *J. Climate*, **16**, 1721-1738.

Regional Climate Simulation over East Asia on 2001 and the Mean Bias Correction Method for NCEP Regional Spectral Model

Chih-Hui Shiao¹ Hann-Ming Henry Juang²

¹Central Weather Bureau, R&D Center

²National Centers for Environmental Prediction, USA

(Manuscript received 28 January 2005 ; in final form 25 August 2005)

ABSTRACT

The National Centers for Environmental Prediction Regional Spectral Model (NCEP RSM) was used to study the regional short-term climate simulation over East Asian. A one year continue integration of NCEP RSM with horizontal resolution 60km and 28 vertical layers driven by the CWB GFS analysis was done on the experimental period from Jan. to Dec. 2001.

Some larger scale bias were found in the simulation by a modified RSM v97, for example, the positive bias of sea-level pressure on whole year, wet bias from March to May and dry bias from June to September. The results show that the larger scale (circulation) bias is closely related to the mean perturbation. Removing the mean perturbation on every model integration time-step could greatly improve not only in the similarity between regional simulation and its base files but also in the capability to simulate the local scale phenomena.

Key words : NCEP RSM, Simulation, East Asia, Mean perturbation.