

應用系集法以 NCEP/GSM 作展期預報之研究

郭漱冷¹ 呂芳川¹ 陳昭銘² 莊漢明³

1. 中正理工學院

2. 中央氣象局

3. 美國環境預報中心

摘要

本文嘗試以系集法探討 NCEP GSM 對季節的長期積分時之系統性偏差，並以 1998 年夏季探討 NCEP GSM 的可預報度。研究顯示，模式大氣與真實大氣間存在著不能忽略的系統性偏差。模式大氣對外在作用力的反應似嫌不足。而模式的系集模擬結果在環流系統達到成熟穩定的季節，較環流系統發展演進的季節中表現更佳。分析結果亦顯示，1998 年的海溫將使得太平洋副高的強度增強，NCEP GSM 能相當程度的正面反應海溫的效應。但較小時間尺度的現象，如季內振盪，仍受到中小尺度動力系統的控制，因此會受到初始值的影響，使得系集法並不能表現季內振盪現象。

一、前言

在大氣環流可預報度的研究中，Palmer & Anderson (1994) 指出：對緩慢變化的下邊界強迫作用敏感的環流系統，其較長期氣候預報的可能性是相當高的。例如受海溫明顯年際變異訊號影響的 ENSO 現象。

使用區域波譜模式 (RSM, Juang & Kanamitsu; 1994) 從事區域氣候預報，Hong & Leetmaa (1999) 認為 RSM 以預報擾動場分量的方法，與其它有限區域模式相比，更具有區域氣候預報上的優越性。但是，使用 RSM 為區域氣候模式，大尺度環流場的氣候預報能力就更為重要。

模式大氣的發展因受限於解析度、初始值、以及物理機制的不完備，會與真實大氣的發展產生偏差，利用系集 (ensemble) 觀念作模式模擬預報，以掌握模式大氣發展的趨勢，並考慮模式大氣與實際大氣的偏差，

是目前以模式作展期大氣環流預報的主要方法。

本文即是以美國環境預報中心 (NCEP) 的全球波譜模式 (GSM) (也就是 NCEP RSM 的上游) 以系集法模擬 1998 年夏季 (四月至八月) 環流的演變，探討 NCEP GSM 在長期積分時的系統性偏差，並探討 NCEP GSM 對海溫偏差的反應，以提供日後區域夏季氣候預報上的參考。

二、模式簡介

NCEP GSM 是波譜模式，以動量，質量，能量與水汽守恒為基礎方程，水平採用三角形截斷，波數為 62，高斯格點空間中，經度向是均勻格點，為 192 點，高斯緯度格點計有 94 點。垂直座標採用 28 層 (layer) 29 階 (level) 的 σ 座標，在 850mb 以下的邊界層有 8 層，可以更細緻的解析邊界層的結構。

模式物理包括：Arakawa - Schubert 積雲參數法及大尺度的凝結加熱；模式的邊界物理分成兩層考慮，在地表層裡以 bulk aerodynamic formula 計算地表與相鄰大氣間的可感熱、水汽、與動量的通量，而行星邊界層則是以渦流垂直傳送可感熱、水汽、與動量；在行星邊界層與自由大氣間，除了垂直擴散之外，模式中還包括了淺對流造成的水汽與熱量輸送過程。

模式的輻射部分是採用 GFDL 發展的方式，短波部分吸收質包括臭氧、二氧化碳、水汽與雲，反射則考慮雲與地表的反射，同時考慮日夜變化；長波輻射吸收與放射氣體包括水汽、二氧化碳、臭氧、與雲。

模式也考慮了因為地形造成的重力波拖曳 (gravity drag) 效應；水平雜波由雙拉普拉斯型式的擴散項控制。

三、資料性質與實驗設計

本研究中使用的資料是 1998 年 NCEP 每日 00Z 與 12Z 的重分析大氣資料與地面一般性質分析資料。地面一般性質分析資料是高斯格點資料，格點解析度是東西向 192 點，南北向 94 點，主要有海溫、積雪深、土壤溫溼度、反照率、地表粗糙度、植物冠、雲量及雲底、雲頂高度等；本文所用的 NCEP 重分析過的大氣資料是與模式相同的波譜空間資料，水平波數 62，採用三角形截斷，垂直是 28 層 σ 層，資料內容包括：地表高度，地表面氣壓場、各層的虛溫、輻散場、渦度場及比溼。而大氣的氣候資料是以 NCEP 自 1948 至 1998 年逐月的定壓層資料，取各月的 41 年平均得來。

爲了探討模式長期積分的系統性誤差與模式對海溫的反應，本研究中包括四組大氣資料：(I) 與 (II) 是分析場資料，(I) 是將 1998 年 NCEP 的波譜空間、定 σ 層資料轉換

成定壓面的 $2^\circ \times 2^\circ$ 固定經緯格點資料，並稱此大氣爲 1998 年真實大氣；(II) 是各月的氣候資料，稱爲氣候真實大氣；(III) 與 (IV) 則是利用 NCEP GSM 模擬的兩組實驗，兩者的差別在於輸入模式的海溫資料不同，(III) 是使用 NCEP 的每 12 小時一筆的海溫分析資料，而 (IV) 則是以 NCEP 的逐月氣候海溫經內插爲每 12 小時一筆的海溫資料，輸入模式。爲了探討 NCEP GSM 以系集法模擬的特性，(III) 與 (IV) 將皆以 1998 年 4 月 1 日至 5 日等 5 天的 00Z 之大氣分析場爲初始場，配合各組實驗用之海溫資料，積分至當年的 8 月 31 日；再各將五個積分結果平均成爲各組的系集結果。(III) 稱作 1998 海溫模式大氣，而 (IV) 則稱爲氣候海溫模式大氣。

四、結果與討論

1. 模式的系統性偏差

爲了探討模式對亞洲夏季季風環流演變的模擬能力，本文將以 850mb 的流函數爲分析重點，這是因爲 850mb 的流函數可顯示亞洲夏季季風的兩個重要環流系統：太平洋副高與印度洋上的西南氣流。

圖一是模式模擬的兩組結果分別與 1998 年真實大氣的相關係數隨時間的演變。圖中可看出，不論是以 1998 年分析海溫或是氣候海溫模擬的結果，與真實大氣間的相關係數在模擬的前十天內即很快地下降至 0.9，至五月上旬，兩組相關係數再度快速下降，1998 海溫模式大氣與真實大氣的相關係數下降至約 0.8，而氣候海溫模式大氣則掉落至約 0.75，六月上旬後兩組係數皆開始回升，六月中旬後以迄八月底，兩組相關係數皆維持在 0.9 上下。這可說明模擬的大氣相當接近真實大氣，但因季節的不同，模擬能力也有差異。

圖二即分別取模擬能力較低的時段，即五月一日至六月十四日，以及模擬能力較高且較穩定的時段，即六月十五至八月二十八，以分別探討模式大氣與真實大氣的偏差。圖二 b. 為模擬能力較高的時段，在此期間，夏季環流系統的發展已臻成熟，模式大氣與真實大氣間的偏差量與真實大氣的流函數大致正負相反，這表示兩種大氣的主要環流系統之位置與範圍相當接近，但有強度上的差異，模式大氣的強度偏弱。反觀圖二 a.，雖然大部份地區偏差量與分析場符號相反，但符號一致的地區卻較圖二 b. 中為多，這說明了模式在季節轉變期間，對環流發展相當重要的較短波之掌握，仍有待加強。

在圖一中也顯示了 1998 海溫模式大氣與氣候海溫模式大氣間之相關係數，其值達 0.98 上下，遠高於兩組模式大氣與真實大氣間之相關，這說明了模擬的大氣之季節演變有相當高的一致性，表一是各組大氣月平均環流型態的相關係數，表一中真實大氣與氣候真實大氣間之相關亦高於各模式大氣與真實大氣間之相關，顯然模式大氣與真實大氣間存在不能忽略的系統性偏差。

再審視圖二 a. 與 b. 可以發現，北半球大洋上的副高環流在分析期間都明顯且一致地偏弱，氣候海溫模擬的大氣亦有相同的結果（未圖示）。表二是取 10°N-40°N; 150°E-210°E 範圍內流函數之平均值，分析各組大氣在各月份的太平洋副高環流的強度，表中顯示，不論是以 1998 年分析海溫或氣候海溫模擬的大氣，太平洋副高環流的強度（約 7.4-10.4 E6 m^2s^{-1} ）皆較真實大氣與氣候真實大氣（約 9.5-13.0 E6 m^2s^{-1} ）為低，而大西洋上的副高環流亦有相同的結果（未示）；這說明了模式大氣在 850mb 上的駐留長波（stationary waves）之強度發展較真實大氣為弱，這個結果指出模式大氣對外在作用力（external forcing）的反應似嫌不足。

2. 模式大氣對海溫偏差的反應

比較表二中的 1998 真實大氣與氣候真實大氣在 850mb 太平洋副高的強度時，可以發現，1998 年太平洋副高的強度明顯高於氣候值；而 1998 海溫模式大氣與氣候海溫模式大氣的比較，也有大致相同的結果（除了八月的結果略呈相反），這說明了 1998 年的海溫將使得太平洋副高的強度增強。

探討太平洋副高的強度距平隨時間的演變，圖三 a. 是 1998 真實大氣與氣候真實大氣在 150°E-210°E 範圍內流函數之平均值的緯度—時間圖，圖中顯示，副熱帶地區有明顯的正距平，而此正距平結構在此段期間呈現兩波段的北移：第一個波段最大正距平出現於四月，30°N 左右，六月時，最大正距平區在 45°N 附近，在此波段中，正距平極大值隨著最大正距平區的北移而變弱；七月時，又有一波最大正距平區自 20°N 附近北移，且隨著時間的北移，正距平極大值很快地增強，在八月時，此最大正距平區已達 40°N，且距平值已高達 5.0 E6。

圖三 b. 同圖三 a.，但為 1998 海溫模式大氣與氣候海溫模式大氣之差異的緯度—時間演變圖。圖三 b. 與圖三 a. 比較，顯示了兩圖皆在副熱帶有明顯的正值，但兩者的發展卻不同，模式大氣正偏差的最大值區域，在四、五、及六月時皆約在 25°N 附近，七月時才略北移至 30°N，但偏差的極大值已減弱，在八月時的偏差值已幾乎轉變為負值。值得注意的是，圖三 b. 的結果是由五個不同的初始值模擬結果的平均，當審視個別的模擬時發現，這種正偏差中心位置與強度的演變，是隨著初始值的不同而有不同的演變，如圖三 c. 即是以四月二日 00Z 為初始時間模擬的結果，此組模擬顯示的演變情形較近似圖三 a. 的真實大氣，但第二波段開始的較早，起自

六月，正偏差中心隨著時間的北移而強度增強，在七月時達到最北的 45°N，且偏差量已增加至約 4.0 E6，但七至八月時，正偏差快速衰退，甚至轉為負偏差。

在上面的討論中，顯示了不論是真實大氣或是模式大氣，1998 年的海溫會使得太平洋副高增強，但也暗示了較短週期的變化，如季內振盪，即使模式能掌握激發季內振盪的成因（如較小尺度的熱對流系統即對季內振盪的形成相當重要），但模式在長期積分中，卻不易模擬出如真實大氣般在適時適地產生適合的較小尺度之動力系統，以配合當時的下邊界作用力，激發出與真實大氣振幅與相位相當的季內振盪。另外，模式大氣與真實大氣在八月時的表現不同的可能原因，或是海溫以外的影響，或是對海溫有不同的反應，仍須進一步的探討。

五、結論

由上面的討論中可歸納如下的結論：

- (一) 模式大氣與真實大氣間存在著不能忽略的系統性偏差。分析顯示，北半球因海陸分布產生的 850mb 駐留長波在模式大氣中強度偏弱，這個結果指出：模式大氣對外在作用力的反應似嫌不足。
- (二) 模式的系集模擬結果與真實大氣間的相關性，會受到不同季節的影響，在環流系統達成熟穩定的季節，模式有較佳的模擬；而在環流系統發展演進的季節，模式的模擬能力較差。
- (三) 使用真實海溫的系集模擬結果較使用氣候海溫的系集模擬結果更接近真實大氣，也就是說，NCEP GSM 能相當程度的正面反應海溫的效應，分析認為，1998 年的海

溫會使得夏季太平洋副高環流增強。

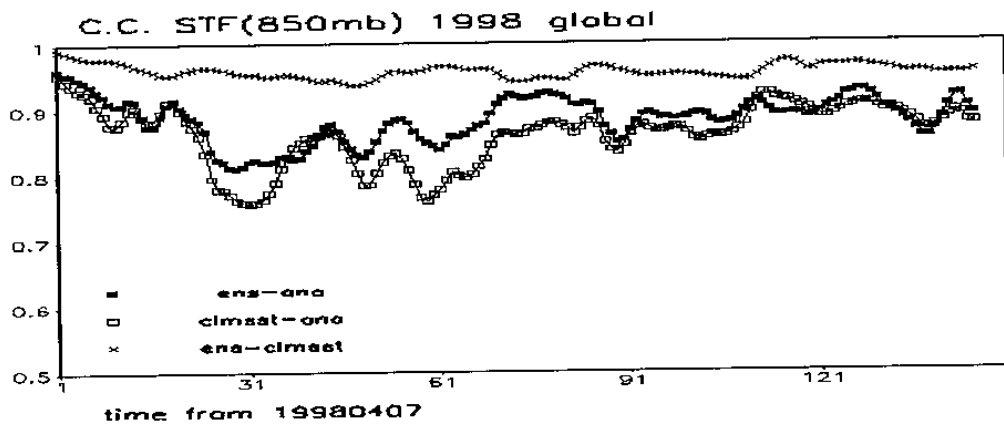
- (四) 實驗結果顯示，因海溫差異造成季節時間尺度的環流系統之演變的氣候距平，模式的掌握能力不錯，但較小時間尺度的現象，如季內振盪，受到中小尺度動力系統的控制，因此受到初始值的影響，使得系集法並不能表現季內振盪現象。

參考文獻

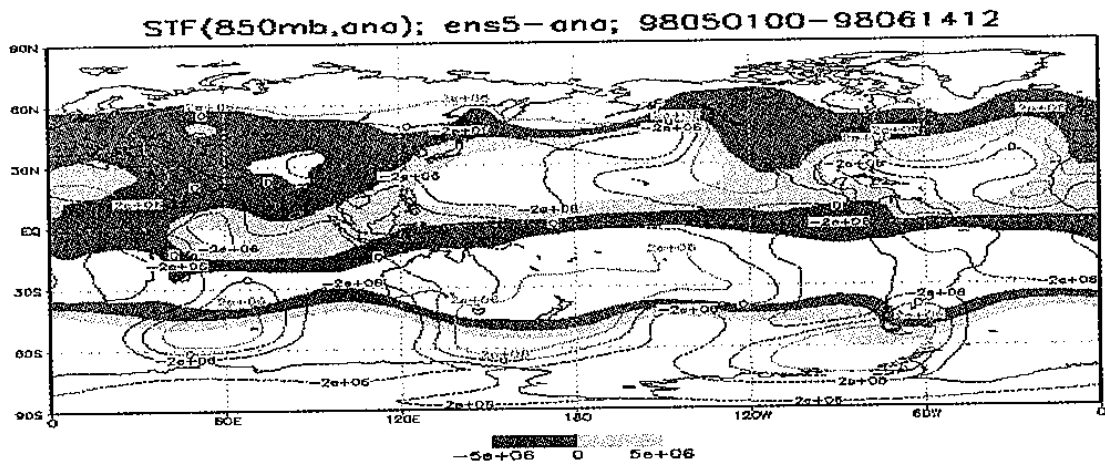
- Hong, S-Y, and A. Leetmaa, 1999: An Evaluation of the NCEP RSM for Regional Climate Modeling. *J. Climate*, 12, 592-609.
- Juang, H.-M. H., and M. Kanamitsu, 1994: The NMC Nested Regional Spectral Model. *Mon. Wea. Rev.*, 122, 3-26.
- Palmer, T. N., and D. L. T. Anderson, 1994: The prospects for seasonal forecasting – a review paper. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 120, 755-793.

	I-III	I-IV	III-IV	I-II
May	0.94	0.90	0.98	0.95
Jun	0.95	0.90	0.98	0.96
Jul	0.93	0.92	0.98	0.95
Aug	0.94	0.94	0.98	0.95.

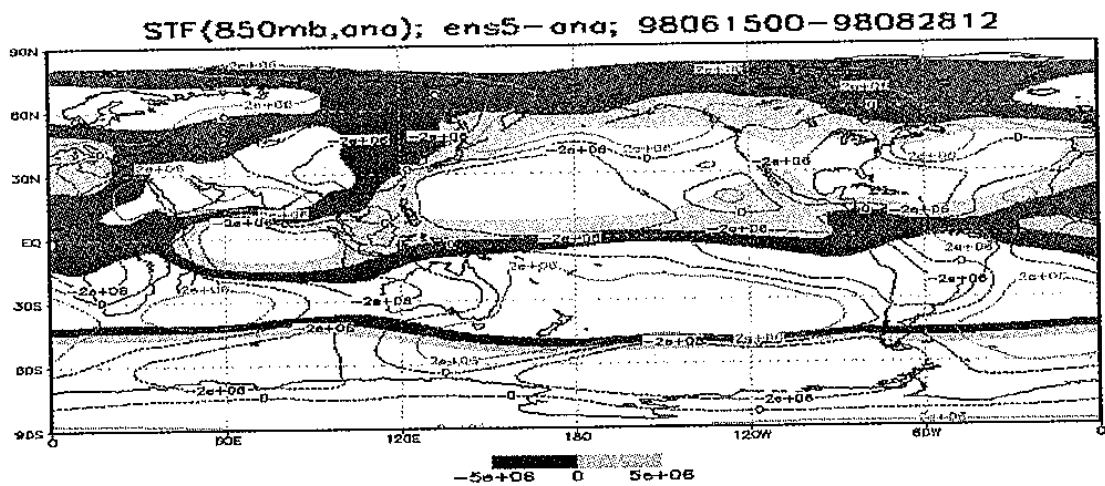
表一、各組大氣（請參閱內文）之月平均環流型態之相關係數。



圖一、1998 海溫模式大氣 (ens)、氣候海溫模式大氣 (clmsst) 的 850mb 流函數場分別與真實大氣 (ana) 之相關係數隨時間的演變。



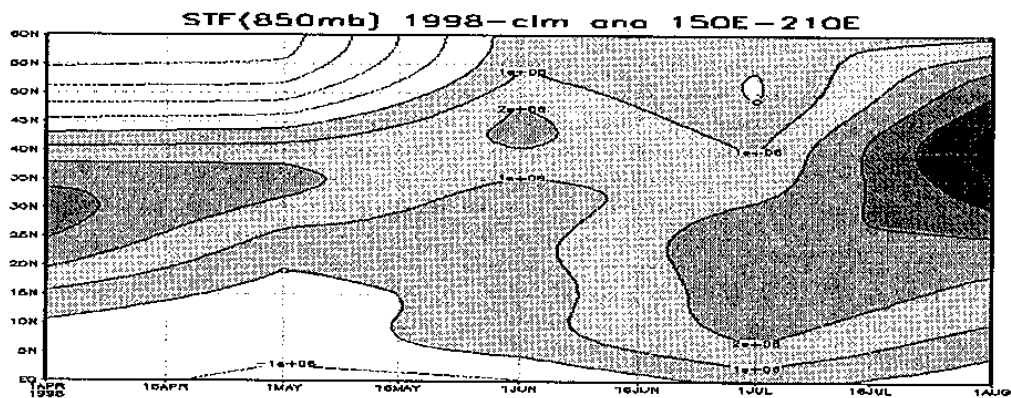
圖二 a、陰影表示 1998 真實大氣五月一日至六月十四日平均的 850mb 流函數；等值線表示 1998 海溫模式大氣與 1998 真實大氣在同時期之平均差異。



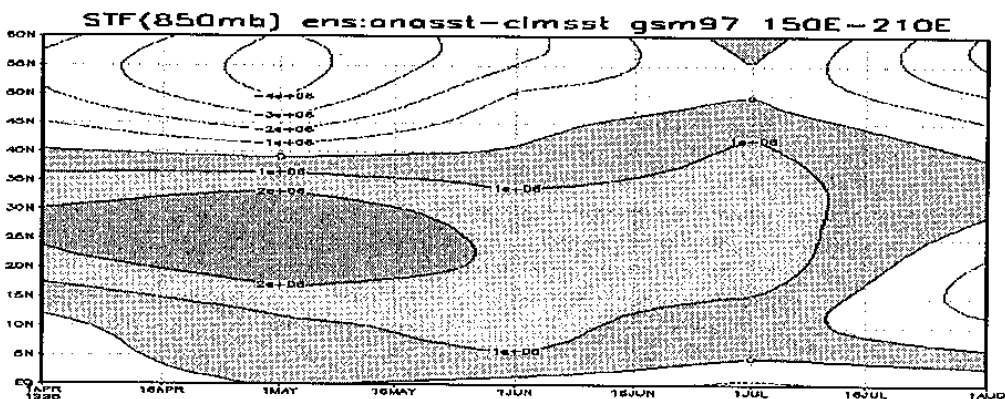
圖二 b、同圖二 a 但為六月十五日至八月二十八日。

	I	II	III	IV
May	11.254	10.530	8.639	6.651
Jun	11.112	10.444	10.435	9.010
Jul	12.991	10.651	10.090	8.802
Aug	12.661	9.543	7.433	7.984

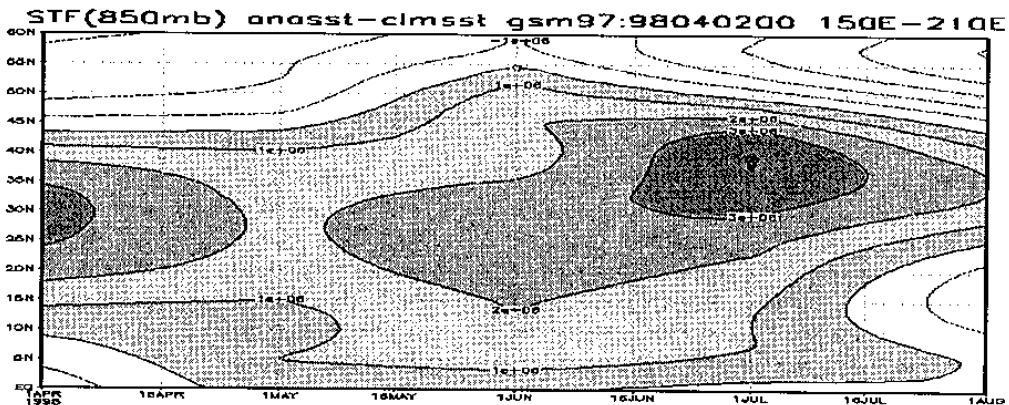
表二、各組大氣之太平洋副熱帶高壓（請參閱內文）環流之月平均強度；單位： $m^2s^{-1}E6$ 。



圖三 a、真實大氣與真實氣候大氣的 850mb 流函數差異在緯度上隨時間之演變圖；陰影區表示正偏差。



圖三 b、同圖三 a，但為 1998 海溫模式大氣與氣候海溫模式大氣。



圖三 c、同圖三 b，但初始值為 1998 年 4 月 2 日 00Z 之模擬個案。