

多重模式系集模擬應用於季內振盪預報之研究

鄒治華、李政康、陳正達

國立台灣師範大學地球科學系

摘要

亞洲季風區內之季內振盪變化與亞洲夏季季風之肇始、活躍以及停歇有密切關係。南海季內振盪活動與台灣西部地區豪(大)雨具高度相關性。本研究之目的即在利用各種多重模式系集迴歸分析,以有效提升亞洲季風區內30~60天季內振盪活動之預報能力。

本研究採用的模式資料出自大氣模式比對計畫(AMIP)。觀測資料則為CDC所分析之每日外逸長波輻射場(OLR)。模式的評量方式則透過均方誤差(RMSE)、空間相關係數(Pattern Correlation Coefficient)以及誤差變異量評鑑(Error Variance Skill Score)等三種統計方法呈現。分析結果發現,大部分模式能有效掌握亞洲季風區內30~60天季內振盪氣候變化情形,但對於30~60天季內振盪年際變化預報則無法超越模擬氣候變化時之水準。多重模式超系集迴歸預報(Multimodel Superensemble Forecast),在訓練時期(training period)之表現均優於任何單一模式或多重模式系集預報,但在預報時期(forecast period)則不然。本研究將多重模式系集平均(ensemble mean)應用於迴歸改進之單一模式,在預報時期,其模擬亞洲季風區內30~

60天季內振盪之各年變化為最佳,然其預報結果僅略優於氣候預報。

關鍵詞: 系集模擬、季內振盪

一、前言

東亞地區之30~60天季內振盪北移,與台灣地區之豪大雨發生頻率有密切關係(鄒等,2002)。因此,改善季內振盪北移之預報或可提升豪大雨之中、長期預報能力。然而低頻振盪及低頻時間尺度以上之大氣現象,它們的可預報度,通常會因大氣本身內部作用而降低(Lorenz, 1982);換言之,如果大氣之外部作用大於內部作用,則可能增加大氣低頻變化之可預報度。如Kharin and Zwiers (2002)模擬500-hpa高度場,其在熱帶地區之預報能力優於副熱帶地區。

自Lorenz (1963)提出系集預報方法後, Molteni et al. (1996)與Toth and Kalnay (1998)等人進行了多項改進及探討。Dobla-Reyes et al. (2000)針對氣候預報,比較多重模式系集模擬與單一模式模擬結果發現,多重模式系集模擬能有效改進氣候預報。Krishnamurti et al. (1999,2000)提出多重模式超系集模擬(Multi-model Superensemble),其能利用簡單之線性迴歸方法(最小平方法),同時給予各個模式不同之權重係數,進而得到一

多重模式系集預報，其結果優於任何單一模式或系集平均之氣候預報；但 Kharin and Ziwers (2002) 利用各種不同系集模擬方法，預報熱帶及副熱帶 500-hPa 高度場，結果顯示，Krishnamurti et al. (1999,2000) 所提出之方法，在熱帶地區遜於簡單系之集平均預報；在副熱帶地區則遜於迴歸改進之多重模式系集平均預報 (regression-improved multimodel ensemble mean forecast)。

鑑於多重模式系集模擬能有效改善單一模式氣候預報，本研究將利用各種多重模式系集模擬方法，模擬亞洲季風區內 30~60 天季內振盪之特徵與移行。

二、資料與研究方法

本研究採行的模式資料出自大氣模式比對計劃 (Atmospheric Model Intercomparison Project, AMIP)。AMIP 是一專為全球大氣環流模式 (AGCM) 設計之實驗性計畫；其提供相同的基本環境，如相同的海面溫度及海冰分布邊界條件，讓模式工作者從事診斷分析、資料校正、模式間比較、整合以及資訊交流工作 (Gates et al., 1992)。本研究分析模式之氣象參數為 1979~1995 年共 17 年之每日外逸長波輻射 (OLR)。各模式原始資料水平解析度不一致，故我們將模式資料線性內插至 2.5 \times 2.5 $^{\circ}$ 的相同解析度。在觀測資料方面本研究採取 CDC (Climate Diagnostic Center) 所分析之 1979~

1995 共 17 年每日外逸長波輻射 (OLR; Liebmann and Smith, 1996); 水平解析度為 2.5 \times 2.5 $^{\circ}$ 。

本研究綜合 Krishnamurti et al. (2000) 和 Kharin and Zwiers (2002) 等人的研究以七種迴歸分析方法針對 30~60 天季內振盪進行模擬。本文將此七種分析方法歸為三類；第一類是氣候預報，第二類是改進單一模式模擬之預報，而第三類是多重模式系集模擬。

三、模式模擬結果

圖 1 是模式模擬亞洲季風區內 30~60 天季內振盪與觀測資料之 RMSE 及空間相關係數散佈圖；各月份中，每個模式均有 17 個點代表 1979~1995 共 17 年。藉由圖 1，吾人可觀察各模式模擬 30~60 天季內振盪在 17 年間二月至七月的逐月變化情形。由圖 1a. 可知，二月份時除 DNM 模式之空間相關係數在 0.3 以下外，其餘模式均是散佈在 0.3 與 0.6 間，而均方誤差則大都在 7 以上。三月份時，各模式之空間相關係數及均方誤差分布均與二月份相似 (圖 1b.)。然而四月份時，所有模式之空間相關係數模擬變差，大部分降至 0.4 以下；五月時，所有模式之空間相關係數到達最低值 (圖 1d.)；四、五月份均方誤差則和二、三月無太大差異。到了六月，模式的相關係數似乎略微回升；七月份時 (圖 1f.)，所有模式之相關係數大幅回升，與二月模擬結果相似。

由圖 1 之結果發現，模式模擬 30~60 天季內振盪各年變化時，出現空間相關係數從三月以後突然下降，五月時到達最低值，而六月後又有大幅回升之趨勢；然而，均方誤差則無太大變化。由於模式模擬 30~60 天季內振盪各年變化之空間相關係數在四、五月份是相對低值（圖 1），0.4 以下；其原因可能與對流振盪之向北移行有關（Yasunari, 1979; Sikka and Gadgil, 1980 ; Krishnamurti and Subrahmanyam, 1982）。

本研究採取兩種改進單一模式預報方法。其一為移除平均偏倚之單一模式預報（mean bias removed） B_1 ；另一為迴歸改進之單一模式預報（regression improved） R_1 。

圖 2b、f 為在亞洲季風區內（110 經 ~180 經，30 緯 ~40 緯），各 B_1 模式觀測之均方誤差（RMSE）及空間相關係數（Pattern Correlation Coefficient）。總體而言，原始模式之均方誤差由原來的 6~14（圖 2a.），下降至 4~10 間（圖 2b.）；在預報時期的 1995 年五月份，各 B_1 模式有一均方誤差之相對極大值出現。而在空間相係數表現方面（圖 2f.），各 B_1 模式也由原本的 -0.1 至 0.5（圖 2e.）提升達 0.2 至 0.7 間。所有 R_1 模式在訓練時期之 RMSE 值，分布在 4 到 6 間，優於 B_1 模式；在預報時期， R_1 模式亦優於 B_1 模式，但在 1995 年五月， R_1 模式 RMSE 到達 8，此相對極大值出現時間，與 B_1 模式 RMSE 極大值發生時間一致。空間相關係數（圖

2g.）在訓練時期，大致上介於 0.6 至 0.8 間，優於 B_1 模式之訓練時期；預報時期則降至 0.4 到 0.7 之間。

由上述兩種改進單一模式預報方法可知， R_1 模式優於 B_1 模式，並能有效改善模式與觀測資料之均方誤差（RMSE）、空間相係數（Pattern Correlation Coefficient）。為更進一步提升模式對於亞洲季風區內，季內振盪之預報能力，以下便探討多重模式系集模擬之應用。圖 2d、h 為多重模式系集模擬，與觀測之均方誤差及空間相關係數。由圖 2d、h 可知，無論是在訓練或預報時期，四種方法之均方誤差及空間相關係數均與 R_1 模式相似；在訓練時期內 R_k （Krishnamurti et al., 2000）模式具有最佳之 RMSE 及空間相關係數值，但在預報時期則為 E_{RT} 模式表現最佳。然此四種多重系集模式，在 1994 年五月份空間模擬及 1995 年五月之 RMSE 模擬改善空間有限；因此，吾人可推論，多重模式系集模擬對於五月份，類似“預報障礙”（Webster and Yang, 1992）之對流振盪活動，仍無法有效提升其預報能力（圖 2d.），此可能與副熱帶地區之大氣內部動力效應大於外部之邊界條件，有相當關係。

為了解預報時期內，各種模式模擬與氣候預報之優劣程度，本研究採用誤差變異量評鑑 S（Error Variance Skill Score）（Kharin and Zwiers, 2002），評鑑模式預報。當 $S=1$ 時，表示模式擁有最佳預報，但當 $S=0$ 時則

表示模式為觀測氣候值預報；因此， S 等於正（負）時，表示模式的預報是優（劣）於觀測氣候值預報。由圖 3a. 可知，在預報時期內，所有 R_i 模式之 S 值均大於 0，顯示 R_i 模式略優於觀測氣候值預報，而 B_i 模式則均劣於氣候預報。在四種多重模式系集模擬方法中（圖 3b.），僅 B_{EM} （平均偏倚移除之多重模式系集平均預報）模式遜於觀測氣候值預報，其餘迴歸方法之模擬，均優於氣候預報； E_{R_i} 模式在預報時期，優於任何多重系集模式與單一改進模式。

參考文獻

- 鄒治華、徐邦琪、柯文雄，2002：台灣五～七月豪（大）雨之中長期變化與季內振盪，*大氣科學*，30，1-20。
- Doblas-Reyes, F. J., M. D'Arrigo and J. Piedelievre, 2000: Multi-model spread and probabilistic forecast in PROVOST. Quart, *J. Roy. Meteor. Soc.*, 126, 2069-2087.
- Kharin, V. V., F. W. Zwiers, 2002: Notes and Correspondence, Climate predictions with multimodel ensemble, *American meteor. Soc.*, 793-799.
- Krishnamurti, T. N., C. M. Kishtawal, T. E. LaRow, D. R. Bachiochi, Z. Zhang, C. E. Willifor, S. Gadgil, and S. Surendran, 1999: Improved weather and seasonal climate forecast from multi-model superensemble, *Science*, 285, 1548-1550.
- , Z. Zhang, T. E. LaRow, D. R. Bachiochi, C. E. Willifor, S. Gadgil, and S. Surendran, 2000: Multi-model ensemble forecasts for weather and seasonal climate, *J. Climate*, 13, 4196-4216.
- , and D. Subrahmanyam, 1982: The 30-50 day mode at 850mb during MONEX, *J. Atmos. Sci.*, 39, 2088-2095.
- Liebmann, B., and C. A. Smith, 1996: Description of a complete (Interpolated) outgoing longwave radiation dataset, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77, 1275-1277.
- Lorenz, E. N., 1963: Deterministic non-periodic flow, *J. Atmos. Sci.*, 20, 130-141.
- , 1982: Atmospheric predictability with a large numerical model, *Tellus*, 34, 505-513.
- Molteni, F., R. Buizza, T. N. Palmer and T. Petroliagis, 1996: The ECMWF ensemble prediction system: Methodology and validation Quart, *J. Roy. Meteor. Soc.*, 122, 73-119.
- Toth, Z., and E. Kalnay, 1998: Ensemble forecasting at NCEP and the breeding method., *Mon. Wea. Rev.*, 125, 3297-3319.
- Webster, P. J., and S. Yang, 1992:

Monsoon and ENSO: Selectively interactive systems., *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 118, 877-926.

Yasunari, T., 1979: Cloudiness

fluctuations associated with the northern hemisphere summer monsoon, *J. Meteor. Soc. Japan*, 57, 227-242.

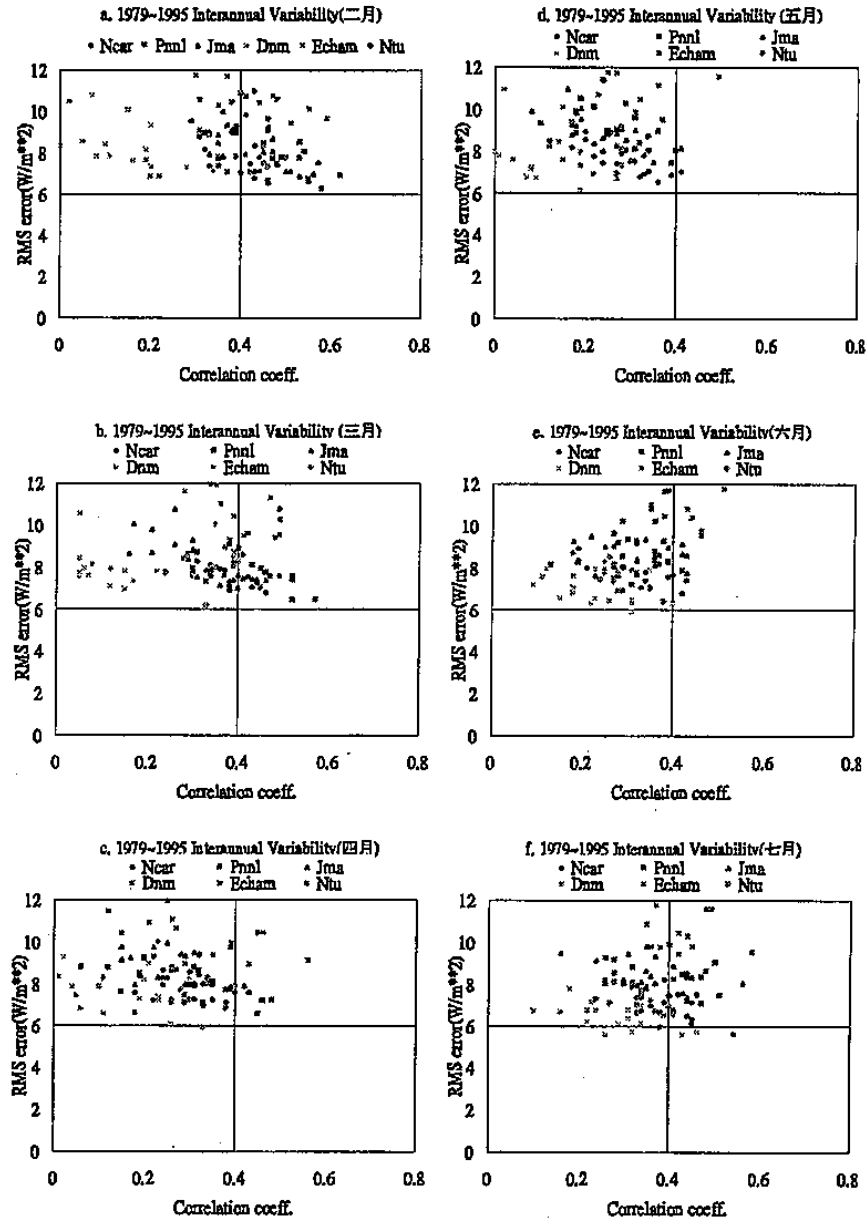


圖1 亞洲季風區內(50°E~180°E, 30°S~40°N), 1979-1995共17年, 二月至七月, 各原始模式, 相較於觀測資料之RMSE與空間相關係數水平散佈圖。橫軸為空間相關係數, 縱軸為RMSE。

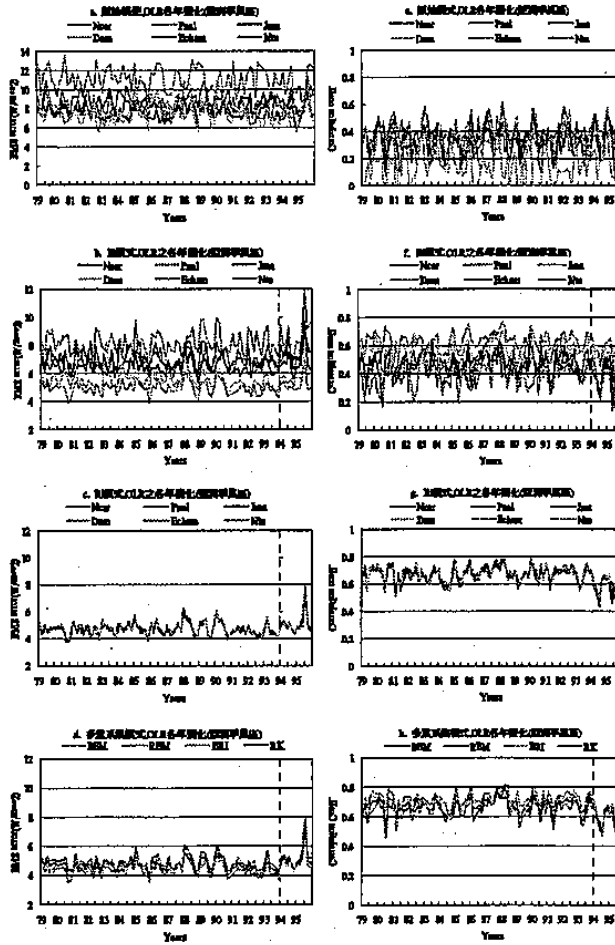


圖2 亞洲季風區內(50°E-180°E, 30°S-40°N), 1979-1995共17年, 二月至七月, 各原始模式、Bi、Ri以及四種多重系集模式與觀測值之RMSE與空間相關係數。a圖-d圖為各模式之RMSE; e圖-h圖為各模式之空間相關係數。虛線後代表預報時期, 1994、1995兩年。

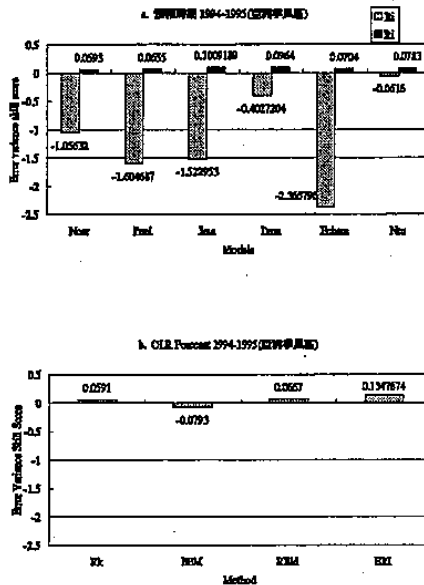


圖3 亞洲季風區內(50°E-180°E, 30°S-40°N), Bi、Ri模式以及四種多重系集模式, 在預報時期之Error Variance Skill Score。