

中央氣象局降尺度預報系統之預報特性分析

施景峰¹、陳昭銘²、許中一²

1 交通部中央氣象局 科技中心

2 國立高雄海洋科技大學 航海科技研究所

摘要

中央氣象局四期經建發展計畫為因應短期氣候預報作業需求，研發建置一套動力-統計降尺度氣候預報系統，執行東南亞及台灣地區之月到季氣候預報。此系統係採用 Tier-2 預報法，以預報海溫驅使全球大氣模式執行七個月預報，再用 SVD 統計方法將全球預報結果降尺度，預報特定區域之溫度與降雨。本研究主要目的為分析此降尺度預報系統於 1981-2005 年間之預報特性，以台灣四個自然季節（春雨季、梅雨季、颱風季、冬季）為分析對象，運用 Gerrity Skill Score, (GSS)、空間與時間相關係數等數據來評估其預報能力。

分析所獲得之主要結果如下：

- 於東南亞與台灣地區，所有季節之溫度與降雨預報，降尺度預報比大氣模式內差預報均具有較高的準確性。東南亞地區降尺度預報之平均 GSS，降雨約為 0.3-0.4 間，溫度約為 0.4-0.5 間。台灣地區降雨降尺度預報之 GSS 約為 0.05-0.25，溫度則為 0.25-0.4 之間。
- 所有預報之 GSS 均為正值，顯示降尺度預報系統對東南亞與台灣地區具有實質預報能力，其中溫度預報比降雨預報為佳，大範圍預報比小區域預報為佳。
- 大氣模式預報結果若不經誤差校正，其降尺度預報能力比經誤差校正後之結果為佳。
- 若有多個模式實驗預報，每個模式實驗之預報能力，在不同季節有明顯差異，呈現不穩定之預報能力。但若經過模式間之超系集合併預報，便具有穩定預報能力，可供作業使用。

一、前言

過去研究結果均指出，台灣地區降雨變化相當程度受到大尺度背景氣候場變化的影響(e.g., Chen 1994; Jiang et al. 2003; Hung et al. 2004; Chen et al. 2005)，過去研究結果亦指出，影響台灣降雨變化的主因為環流分佈型態與其相關之水氣傳送過程。這種對應關係透露可藉由台灣與大尺度環流與水氣場的耦合型態(coupled pattern)，依大尺度背景場距平來預報台灣區域氣候之對應變化。而此種預報則需憑藉動力或統計降尺度方法來轉換大尺度變化訊息到區域氣候變化狀態。本研究主要目的即是在建立一套動力-統計降尺度預報系統，藉由統計降尺度方法，將大氣模式系集氣候預報之大尺度預報結果，轉變來預報台灣區域氣候，預報對象為春雨季、梅雨季、颱風季、冬季之降雨和溫度變化趨勢。大氣模式系集氣候預報亦以中央氣象局之全球預報模式(T42L28)為執行模式，以 1981-2005 觀測海溫為邊界條件，每年取每月最後 10 天 00Z 計 10 個初始值執行 10 樣本之系集預報，自 5 月 22 日開始執行七個月積分，因此涵蓋 6-12 月之預報結果。本研究將運用此系集預報結果作為動力預報結果，結合統計方法執行降尺度預報，其細節如下所述。

二、動力-統計降尺度預報模式

本研究所發展動力-統計降尺度預報模式主要是根據 SVD(Singular Value Decomposition)分析法。本研究擇定台灣地區 9 個主要測站之降雨與溫度為降尺度預報對象，而大尺度背景變化則使用觀測資料，(如 NCEP-DOE reanalysis-2 資料, Kanamitsu et al. 2002)與誤差修正後之模式輸出資料(bias-corrected model data)。我們首先利用觀測資料變數場與台灣降雨之相關係數圖，來界定影響台灣降雨之主要耦合型態與相關機制，這些觀測資料包括 850mb 流函數、850mb 風場、水氣傳送場、水氣輻合場等四變數，依次分析各變數對不同測站降雨之相關程度，各變數因其相關係數結果，擇定不同區域作為預報因子來預報各測站之降雨。將誤差修正後之模式輸出結果，如觀測資料相關係數結果，各變數取其對應區域，與台灣測站降雨與四種模式變數場於訓練期(1981-05)進行 SVD 分析，再將分析結果之 SVD MODE，取具有代表意義之模態建立統計映射模式。以判定各預報因子之預報能力，在根據各因子之預報表現，為其擇定一適當比重，建立起多重變數之統計降尺度方法，如此，動力-統計降尺度預報模式發展完成，便可進行實際預報作業(例如預報 2006 年降雨)，以驗證此模式之實質預報能力。

三、SVD 映射模式

依七月 S850 之耦合型態，取訓練期間誤差修正過後之模式 S850 場與各測站降雨進行 SVD 分析，其流程包括擇取具顯著意義的模（例如該模之 S850 與測站降雨相關係數 ≥ 0.25 ），藉此濾除不可預報的氣候噪訊分量，再藉由這些 SVD 模重組 S850 與測站降雨之距平場，這些距平場之強度依進一步依 Feddersen et al. (1999) 之公式依比率調整到 SVD 分析前之強度水準，避免因 SVD 分析濾波而明顯降低其強度。上述分析所得之 SVD 模可做為預報映射模組，我們可代入訓練期 (1981-05) 系集氣候預報之大尺度變異訊息到此模組，即可映射到一組台灣降雨之預報結果，至此 SVD 型態之統計降尺度方法便發展完成。

運用上述 SVD 映射模式，可發展出台灣各測站降雨之適宜降尺度預報方法，以 7 月為例，首先我們取各測站 1981-05 年 (訓練期) 之降雨時間系列，與 NCEP S850 計算其相關係數型態，結果顯示與台灣地區降雨對應之主要耦合型態為東西橫跨台灣的低壓距平，搭配其北方另一個東西橫跨的高壓距平 (圖略)，依此結果，我們定義 $100-140^{\circ} E$ ， $10-40^{\circ} N$ 之 S850 距平為對應台灣 7 月降雨之耦合型態，再將單獨各站之降雨與此 S850 距平場代入 SVD 分析法獲得對應之耦合 SVD 模，再將各年之 S850 耦合型態帶入此 SVD 模組中，由映射便可降尺度得到對應該年該站降雨之後續預報 (hindcast) 值，再將 1981-2005 年之 hindcast 值與觀測值加以比較，如此即可確實驗證此降尺度方法之實際預報能力。

四、多變數之趨勢預報

本研究之降雨預報設計為趨勢預報，而非定量預報，亦即將降雨依其長期變化，將最高之 33% 定義為偏濕，最低之 33% 定義為偏乾，中間之 34% 定義為正常，依此三分法，各站實際降雨與降尺度預報降雨或溫度均可依三分法分類，藉此便可直接計算於訓練期之命中率。單一變數之預報能力有限，不同變數對不同測站降雨之預報能力也有所不同，因此可適當運用各變數於不同地區之預報能力，結合各變數之優點發展多變數系集預報方法。此方法係以各測站為對象，以各變數於訓練期對該測站之命中率為基準，取有預報能力之變數 ($\geq 33\%$) 加總其所有命中率，在計算各變數命中率之比率，便做為該變數之權重，其隨後之預報便乘以此權重再加總所有變數之預報結果。依此多變數系集預報方法所得驗證期之預報結果。多變數系集預報方法不僅可提高預報能力，且可有效提高預報準確度之空間含蓋率，因此本研究將運用多變數法來進行降尺度預報。

五、個別模式與系集模式

本研究使用 GFS 與 ECHAM 之全球預報模式及兩種不同海溫 OPGSST 與 CFS，組合成四組預報結

果，分別為 OPGSST-GFS(og)、OPGSST-ECHAM(oe)、CFS-GFS(cg) 和 CFS-ECHAM(cc)。實驗設計如下，在進行降尺度前先將四組模式平均成一組系集模式，而預報隨後再進行降尺度預報 (4md)。分別將個別模式先進行降尺度後，再進行四組平均而成為一組預報結果 (4dm)。如此即可得到個別四組模式，以及兩種不同系集平均方式等六個預報結果。

六、評估方法

一般來說，對於預報資料之驗證，其常用之方法為技術得分 (Skill Score)，

而其中則以 Gerrity skill score (簡稱 GSS) (GSS, Gerrity 1992) 較為常用。其計算公式為：

$$GSS = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k P_{ij} S_{ij}$$

其中 i 為觀測之分類組數 (如偏高、正常與偏少，則 $i=3$)， j 則為模式之分類組數，通常與 i 相等。而 P_{ij} 為預測之命中機率， S_{ij} 為一得分矩陣，在本研究中，對於區域降雨的事件分類，採取簡單的三分法，由氣候資料排序決定 33% 多雨、34% 正常、33% 少雨的界線，此得分矩陣 $S_{ij} = 1/21 [29 -6 -21; -6 9 -6; -21 -6 9]$ ，乘上此一矩陣的用意是，對於命中或未命中的情況，依據模式預報與實際結果誤差給予獎勵或懲罰，例如實際情況是偏乾，對於正確的預測偏濕當然給予較大的獎勵，但對於預測偏濕則給予懲罰，而對於預測正常則給予較小懲罰。

七、結果討論

本研究結果顯示，在線性內差與降尺度預報能力分析方面，於東南亞與台灣地區，所有季節之溫度與降雨預報，降尺度預報比大氣模式內差預報均具有較高的準確性。東南亞地區降尺度預報之平均 GSS，降雨約為 0.3-0.4 間，溫度約為 0.4-0.5 間 (圖略)。台灣地區降雨降尺度預報之 GSS 約為 0.05-0.25，溫度則為 0.25-0.4 之間 (圖一)。而所有預報之 GSS 均為正值，顯示降尺度預報系統對東南亞與台灣地區具有實質預報能力，其中溫度預報比降雨預報為佳，大範圍預報比小區域預報為佳。誤差校正之預報結果分析顯示，大氣模式預報結果若不經誤差校正，其降尺度預報能力比經誤差校正後之結果為佳 (圖二)。在係集模式預報與個別模式預報結果顯示，每個模式實驗之預報能力，在不同季節有明顯差異，呈現不穩定之預報能力。但若經過模式間之超系集合併預報，便具有穩定預報能力，可供作業使用 (表一)。

八、參考文獻

Chen, G. T.-J., 1994: Large-scale circulation associated with the East Asian summer monsoon and the

- Mei-Yu over South China and Taiwan. *J. Meteor. Soc. Japan*, **72**, 959-983.
- Chen, J.-M., F.-C. Lu, S.-L. Kuo, and C.-F. Shih, 2005: Summer climate variability in Taiwan and associated large-scale processes. *J. Meteor. Soc. Japan*, in press.
- Fedderson, H., A. Navarra, and M. N. Ward, 1999: Reduction of Model Systematic Error by Statistical Correction for Dynamical Seasonal Predictions. *J. Climate*, **12**, 1974-1989.
- Gerrity, J. P., Jr., 1992: A note on Grndin and Murphy equitable skill score. *Mon. Wea. Rev.*, **120**, 2707-2712.
- Hung, C.-W., H.-H. Hsu, and M.-M. Lu, 2004: Decadal oscillation of spring rain in northern Taiwan. *Geophys. Res. Lett.*, **31**, L22206, doi:10.1029/2004GL021344.
- Jiang, Z., G. T.-J. Chen, and N.-C. Wu, 2003: Large-scale circulation patterns associated with heavy spring rain events over Taiwan in strong ENSO and non-ENSO years. *Mon. Wea. Rev.*, **131**, 1769-1782.
- Kanamitsu, M., and Coauthors, 2002: NCEP-DOE AMIP-II reanalysis (R-2). *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **83**, 1631-1643.

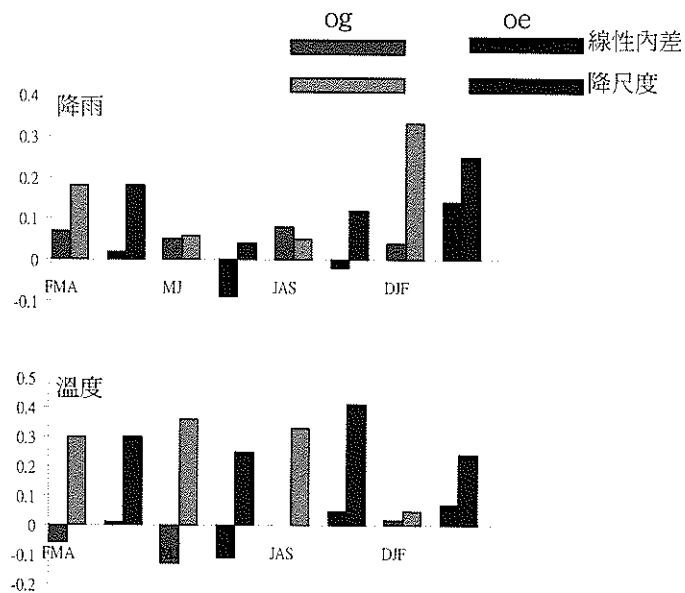
表一：東南亞（10S-25,100E-130E）之春雨季、梅雨季、颱風季、冬季個別模式與系集模式預報能力，降雨和溫度 GSS 之區域平均值。

降雨

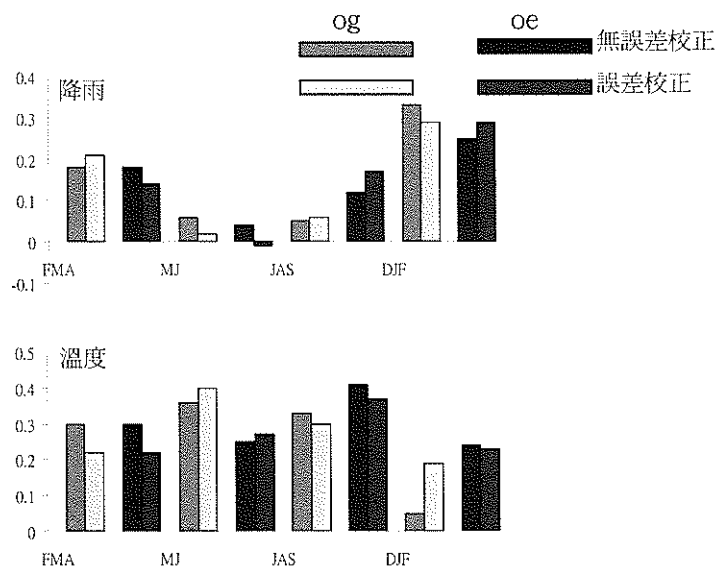
SE.A-P	og	oe	cg	ce	4md	d4m
FMA	0.29	0.23	0.04	0.2	0.19	0.27
MJ	0.32	0.32	0.35	0.31	0.38	0.4
JAS	0.31	0.29	0.27	0.32	0.31	0.33
DJF	0.37	0.34	0.33	0.3	0.31	0.37

溫度

SE.A-T	og	oe	cg	ce	4md	d4m
FMA	0.34	0.32	0.23	0.24	0.28	0.3
MJ	0.44	0.38	0.38	0.39	0.41	0.49
JAS	0.42	0.45	0.33	0.35	0.34	0.45
DJF	0.32	0.32	0.32	0.3	0.31	0.36



圖一：台灣九站降雨與溫度線性內差和降尺度之 GSS 平均值。



圖二：台灣九站降雨與溫度誤差校正和無誤差校正之 GSS 平均值。

