

台灣降雨之動力-統計降尺度預報模式

謝坤璋、陳昭銘

中央氣象局科技中心

摘要

本研究針對台灣主要測站之降雨變化，發展一套動力-統計預報系統，動力部分係以中央氣象局全球大氣模式所執行之系集氣候預報為輸入之大尺度背景場，再以統計方法將大尺度訊息轉換成區域降雨之對應變化，此統計方法主要是運用奇異值解析(singular value decomposition, SVD)分析法，藉由台灣降雨與大尺度背景場間之耦合型態，將大尺度訊息降尺度映射到區域降雨變化。驗證預報結果顯示本研究所發展的動力-統計降尺度預報系統對台灣主要雨季降雨有實質預報能力，其實用作業價值。

關鍵字：動力-統計預報系統，降尺度，奇異值解析。

一、前言

台灣地區雖然年雨量充沛，但山陡河淺，降下來的雨量大部分均回歸到地下水或洋海，僅少部分為水庫所存再利用。而在此水資源分配中，農業灌溉、民生用水、工業用水分別約佔百分之七十、二十、十左右，因此水資源的有效利用，特別是農業休耕與否的決策，為影響台灣全年用水是否充足的關鍵，因此對未來降雨變化的預報，不僅影響農業決策，水庫運轉規劃，亦可影響台灣水資源的整體運用效率，在在顯示氣候預報之重要性。

過去研究指出，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)。這種對應關係透露可藉由台灣與大尺度氣候場的耦合型態(coupled pattern)，依大尺度氣候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-統計預報系統，藉由統計降尺度方法，將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，預報對象為主要雨季(5-10月)各月之降雨變化趨勢。

二、統計降尺度方法

本研究擇定台灣地區 9 個主要測站之降雨為降尺度預報對象，而大尺度背景變化則依次使用觀測資料，(如 NCEP-DOE reanalysis-2 資料, Kanamitsu et al. 2002)，模式原始輸出資料(model raw data)，誤差修正後之輸出資料(model corrected data)，我們首先利用觀測資料與台灣降雨之耦合型態來界定影響台灣降雨之主要機制，並使用不同大尺度變數，依次分析各種變數對不同區域降雨之影響程度，再依各變數之表現結果，不同測站擇定不同變數做為預報因子，建立起多重變數之統計降尺度方法。後續則將誤差修

正後之模式預報場代入上述降尺度方法，找出使用這兩組資料時之適宜預報因子，分別建立其對應之降尺度預報模式。

本研究發展之統計降尺度方法主要是根據奇異值解析(singular value decomposition, SVD)分析法，其主要流程如圖一所示。首先我們擇取一組大尺度變數(如觀測資料之 850mb 流函數, S850)，及台灣某一測站之降雨(如台北站)，計算此二變數間於某一月份之相關係數，再根據相關係數型態之顯著程度擇定影響台北站降雨之特定型態，及其對應之耦合型態，再將 S850 之耦合型態與台北站降雨進行 SVD 分析，其流程包括擇取具顯著意義的模組(例如該模組之 S850 與台北降雨相關係數 ≥ 0.25)，藉此濾除不可預報的氣候噪訊分量，再藉由這些 SVD 模組重組 S850 與台北降雨之距平場，這些距平場進一步依比率調整到 SVD 分析前之強度水準，避免因 SVD 分析之濾波而明顯降低其強度。上述分析所得之 SVD 模組可做為預報模組，我們可輸入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。此外，我們將台灣測站之降雨分為 3 區域(北：台北、新竹、台中；南：台南、高雄、恆春；東：宜蘭、花蓮、台東)，或是將台灣全島 9 個測站結合，和上述單一測站相同，分別與大尺度背景場進行 SVD 分析並映射得到台灣各測站降雨預報結果。

三、動力-統計預報系統

運用上述 SVD 型態統計降尺度方法，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 1979-1999 年之降雨時間系列，與 NCEP S850 計算其相關係數型態(圖略)，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，依此結果，我們定義 $100-150^{\circ}E$ ， $10-35^{\circ}N$ 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 模組，再將各年之 S850 耦合型態帶入此 SVD 模組中，經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 1979-1999 年之 hindcast 值與觀測值加以比較，便可知此降尺度方法之映射能力，另再將 2000-2004 年之 S850 耦合型態帶入此 SVD 模組中，映射到另一組降尺度對應值，這些數值完全來自於預報，因為該年對應之耦合型態並未被運於降尺度方法之訓練發展過程中，而這些預報值，則可與該年對應之台灣地區降雨比較，如此即可確實驗證此降尺度方法之實際預報能力。所以 1979-1999 年被稱為訓練期(training period)，2000-2004 年則稱為驗證期(verification period)。

本研究之降雨預報設計為趨勢預報，而非定量預報，亦即先將測站觀測及系統輸出之訓練期資料(1979-1999，共 21 年)重新編排(由大至小)，取排序第 7、8 之數值的平均做為偏濕的門檻，排序第 14、15 數值的平均做為偏乾的門檻。依據此高低門檻，判斷驗證期距平值為偏乾、正常、偏濕的類別。藉此便可直接計算於訓練期與驗證期之命中率，測站觀測及系統輸出資料在同一類別中定義為命中，命中率=(命中)÷(未命中+命中)。

當然 850mb 環流場未必是最佳的大尺度背景場，我們另外以與降雨機制息息相關的水氣傳送場(moisture transport)、850mb 風場、水氣之速度位場以此總計 4 種大尺度背景場分別發展台灣 1、3、9 站 5-10 月降雨之動力-統計降尺度預報系統，並估算各方法於驗證期間之命中率，結果顯示(圖略)，依據上述四種不同大尺度變數發展之降尺度預報方法，其預報能力各有好壞，這些結果亦顯示，各站降雨之適宜預報因子均有所不同，而不同資料來源亦可能導引不同的預報能力，因此我們宜運用不同資料來源，不同的模式氣候背景場來發展統計降尺度預報方法。因此，我們再依各變數之驗證期表現結果，以其命中率計算各變數於多變數結合時的權重值，建立起多重變數之統計降尺度方法。圖二顯示在訓練期，單一測站的結果顯示全部測站均有預報能力，3 站、9 站則有些測站未具有預報能力。在驗證期，無論是 1 站、3 站或 9 站的結果，各個測站均具有預報能力。圖三則顯示 9 站 SVD 分析法在 5-10 月驗證期的表現，和 1 站及 3 站相比(圖略)，9 站似乎是較穩定也較可信賴的選擇。

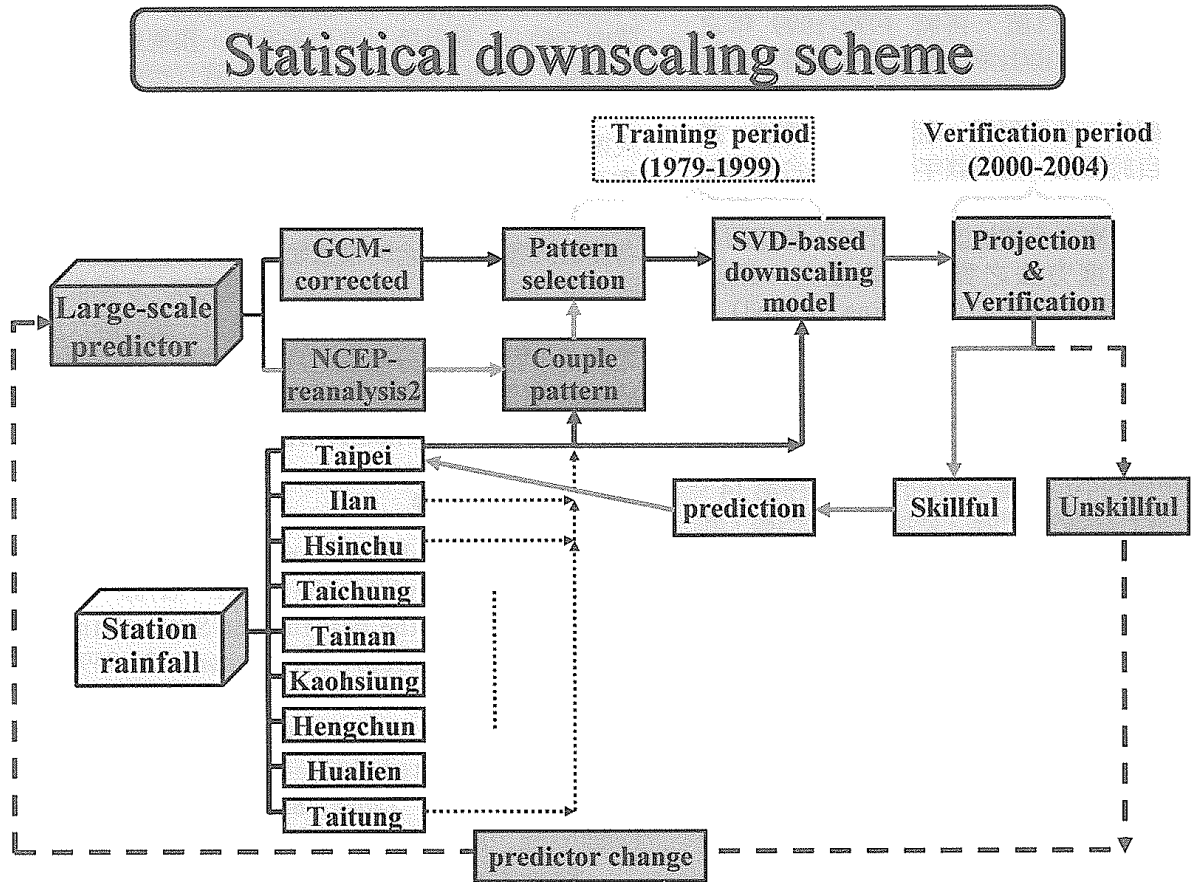
四、結語

本研究運用中央氣象局全球大氣模式之系集氣候預報為輸入之大尺度背景場。以 SVD 分析法發展出台灣地區各主要測站之降雨預報，建立起一套台灣地區降雨之動力-統計降尺度預報系統，預報對象為每月之降雨。研究結果顯示各站降雨之適宜預報因子均有所不同，宜運用不同的模式氣候背景場來發展統計降尺度預報方法，單站、3 站、9 站和大尺度背景分析場作 SVD 分析所得到的預報結果亦有些不同。因此，我們依各變數之驗證期表現結果，以其對應命中率設定各變數於多變數結合的權重值，建立多重變數之統計降尺度方法。5-10 月驗證期的表現顯示，9 站似乎是較穩定也較可信賴的選擇。本套動力-統計降尺度預報模式，對絕大部分測站之月降雨均具有預報能力，於驗證期間之命中率均能超過三分法之隨機機率(33%)，顯示具有預報之實用價值。

五、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*, 83, 499-516.
- Feddersen, H., A. Navarra, M. N. Ward, 1999: Reduction of Model Systematic Error Statistical Correction for Dynamical Seasonal Predictions. *J. Climate*, 12, 1974-1989.
- 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.

六、附圖



圖一： 本研究所發展動力-統計預報系統之主要流程圖。

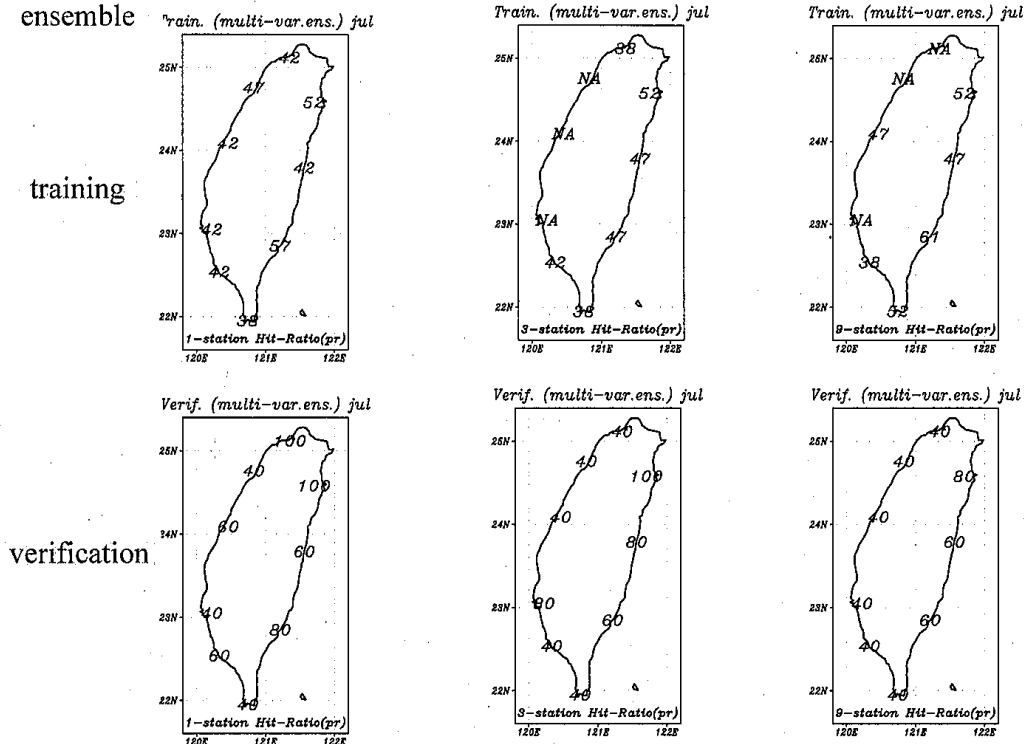
4-variable ensemble

1 station

3 stations

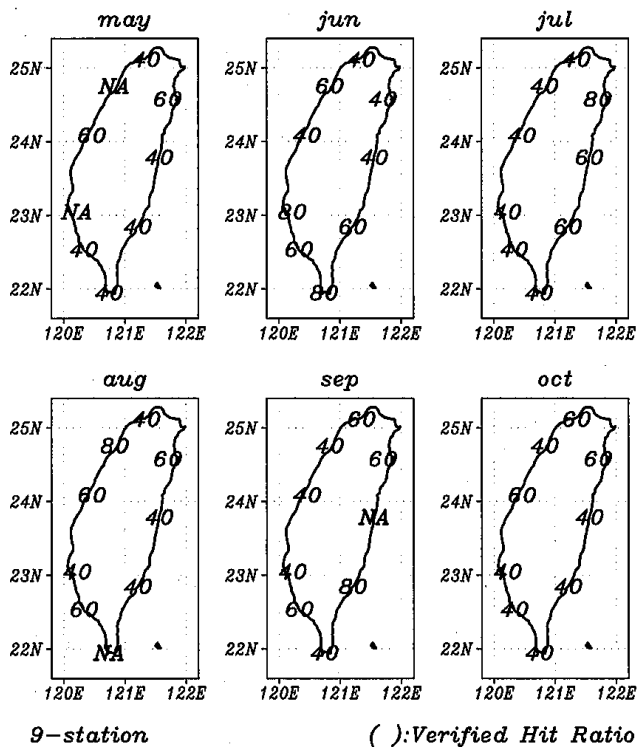
9 stations

JULY



圖二：多重變數之統計降尺度方法對台灣7月降雨預報之命中率（單位：%）。

Verification Hit Ratio



圖三：運用9站SVD分析法預報台灣地區5-10月降雨之命中率（單位：%）。