

運用氣象局月與季氣候預報系統發展臺灣春雨預報方法

卓盈旻 盧孟明

中央氣象局科技中心

摘要

本研究發現臺灣春季雨量和菲律賓海反氣旋環流變化有密切的關係，當反氣旋增強時，臺灣春季降雨增多，反之亦然。根據此低層環流特徵建立流函數指數(PSI925idx)，作為監測臺灣春雨期間大尺度環流條件的指數，並應用此指數診斷分析氣象局氣候預報模式對影響春雨的重要大尺度環流的掌握程度，進而發展結合動力模式和物理概念的臺灣春季(JFM和FMA)降雨預報方法。

校驗氣象局第二代二步法氣候預報系統的事後預報結果，發現模式對於JFM和FMA兩季的PSI925idx指數都有相當不錯的預報技術，五組系集預報模式對1983-2011年第一季預報的相關係數都達到0.6以上。以氣象局最佳化預報海溫(OPGSST2)作為下邊界條件的系集模式的預報能力最好，領先三個月預報的相關係數可達到0.8。

一、前言

臺灣春季主要的降雨區為北部和東北部地區，北部春雨約佔全年雨量的25%。有研究指出臺灣春雨變化與聖嬰現象有關，Jiang et al.(2003)和Chen et al.(2003)發現臺灣春雨(2-3月)與聖嬰現象存在顯著的正相關，這種正相關僅發生在1978-2000年期間，且在聖嬰年強降雨事件的發生頻率比正常年多。Chen et al.(2008)的分析結果顯示臺灣春雨與聖嬰現象存在非對稱的對應關係，聖嬰偏濕年和反聖嬰偏乾年(聖嬰偏乾年和反聖嬰偏濕年)的春雨與Nino3.4海溫有正(負)相關，且聖嬰偏濕年的雨量變化量明顯高於聖嬰偏乾年的變化。他們認為臺灣春雨多寡不僅受到聖嬰影響，也與印度洋的海溫變化有關。Hung et al.(2004)指出臺灣春雨除了在某些年代與聖嬰現象有關之外，其存在明顯的年代際變化，與北太平洋年代際震盪(Pacific Decadal Oscillation, PDO)有著非常顯著的相關。

上述機制都會影響臺灣春雨的多寡，雖然春雨不是臺灣主要的雨量來源，但是當前一年梅雨和颱風雨量明顯不足，隔年也沒有足夠的春雨，臺灣就會出現乾旱現象，造成嚴重缺水危機，不僅會使北部一期稻

作休耕，連工業和民生用水都會受到影響，因此春雨多寡對於臺灣相當重要。

若能在春季之前預先掌握春雨的降雨強度，有效調配水資源的運用，便可以降低春雨不足帶來的風險。本研究依據影響春雨變化的大尺度環流條件，建立一個可以代表台灣春雨強度變化的大尺度環流指數，並進一步將這個指數應用在中央氣象局的月與季氣候預報系統，發展結合動力模式和物理概念的臺灣春季降雨預報方法。

二、資料和方法

本研究採用的雨量資料是臺灣13個傳統氣象測站的月平均雨量資料，包括基隆、淡水、台北、新竹、台中、台南、高雄、恆春、宜蘭、花蓮、成功、台東、大武，資料使用時間為1982-2011年1-3月(JFM)和2-4月(FMA)兩個季。為了建立春雨的季節預報，將各個測站資料分別處理成三個月季節平均後，再將資料進行標準化的程序，以13個測站的平均值來代表臺灣地區每年的春雨強度變化，以13NRI表示。

大尺度環流分析場使用美國國家環境預報中心和美國國家大氣研究中心提供之月平均925hPa水平風

場(U、V)重分析資料(NCEP/NCAR Reanalysis-1)，網格解析度為 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 經緯網格。

使用的氣候預報模式為中央氣象局第二代二步法氣候預報系統(CWB/CFS2T2)產品，該預報系統是中央氣象局全球氣候模式(CWB)與 ECHAM5 兩組大氣模式搭配 CFS 和 OPG 兩組不同海溫邊界條件組成的四組預報結果，以 CWBE、ECHAM5E、CFSsstE 和 OPGsstE 表示，事後預報實驗時間長度為 1982-2011 年。本研究採用 JFM 和 FMA 兩季的事後預報資料，除了分析四組預報產品之外，也評量四組預報產品平均的多模式系集平均(MME)的預報技術。

三、臺灣春雨環流指標

將 1982-2011 年 13NRI 的春雨變化強度將其分為偏多、正常和偏少三類，分析臺灣春雨偏多年和偏少年的大尺度環流差異，圖 1 為偏多年減去偏少年合成的差異，圖中顯示華南與臺灣及東海附近的春雨偏多時，熱帶西太平洋降雨明顯偏少，而東太平洋的降雨則明顯增加。由於偏多年的熱帶對流區位置較偏少年偏東，因此在熱帶西太平洋形成下沉氣流區，大氣低層(925hPa)在熱帶中太平洋呈現西風距平，在菲律賓海出現反氣旋距平環流，而在臺灣附近出現氣旋距平，在二者之間形成西南風，由南海吹來的西南風與北邊的冷空氣在華南附近形成鋒面，使臺灣的降雨增加。由於鋒面是否形成和其位置都會受到菲律賓海反氣旋的影響，可見臺灣春雨變化和菲律賓海反氣旋環流強度有密切的關係。

為了瞭解影響臺灣春雨變化的菲律賓海反氣旋環流的發生位置，將 13NRI 與 925 hPa 流函數場做相關分析，如圖 2 所示。顯示臺灣春雨與菲律賓海附近的高壓反氣旋有明顯的正相關，相關係數達 0.4 以上(通過 95%的顯著性檢定)。因此我們取東經 120° 至 145° ，北緯 5° 至 15° 範圍內的流函數平均來代表菲律賓海反氣旋的強度變化，以 PSI925idx 來表示。

圖 3 為統計 1983~2011 年期間 3NRI 和 PSI925idx 的時間序列，檢驗 13NRI 和 PSI925idx 之間的相關性，發現兩者的相關係數達 0.6 (超過 0.05 顯著水準)，

顯示當 PSI925idx 偏強(弱)時，臺灣春雨呈現偏多(少)趨勢。尤其在 82/83、91/92、97/98 年這三個聖嬰年時，臺灣春雨存在顯著偏多的情形，表示 PSI925idx 指標確實具有判斷春雨多寡的參考價值，該指標不僅可以做為監測臺灣春雨期間大尺度環流條件的指標，並可以應用此指標來診斷分析本局短期氣候預報系統對於影響春雨的大尺度環流的模擬能力，進而運用結合動力模式和物理概念的預報方法進行臺灣春雨預報。

四、模式預報能力評估

本研究使用氣象局第二代二步法氣候預報系統(CWB/CFS2T2)產品，評估 1983-2011 年事後預報的 JFM 和 FMA 兩個季節對於臺灣春雨的預報技術。

首先評估模式對於 PSI925idx 指標的掌握程度，圖 4 為 5 組系集模式(MME、CWB、ECHAM5、CFS、OPG)以 12 月為初始場對於 1983-2011 年 JFM 的 PSI925idx 預報結果，由圖可知模式大致都能掌握 PSI925idx 的年際變化，與觀測資料的相關係數為 0.8 以上，以 OPG 系集模式的預報能力最好，顯示模式對於 PSI925idx 都有相當不錯的預報技術。以 1 月為初始場對於 FMA 指標的預報也有類似結果，5 組模式的相關係數為 0.8 (圖未放)。

圖 5 為 5 組系集模式領先 1 個月至 3 個月對於 1983-2011 年 JFM 的 PSI925idx 預報與觀測資料的相關係數，發現模式對於 JFM 的模擬能力都相當不錯，領先三個月預報(9 月為初始場)的相關係數都達到 0.6 以上，OPG 模式的預報能力最好，領先三個月預報的相關係數可達到 0.8。對於 FMA 的預報結果也相當不錯，領先三個月預報的相關係數也達到 0.6 以上(圖未放)。

進一步評估應用模式 PSI925idx 來預報臺灣春雨的可行性，圖 6 為 5 組系集模式以 12 月為初始場對於 JFM 的 PSI925idx 預報結果，長條圖為 1983-2011 年 13NRI 指標，圖中顯示模式 PSI925idx 指標震盪變化非常相似，CFS 和 OPG 兩個模式在某些年份的差異比較大。MME 模式的 PSI925idx 和 13NRI 的相關係數

為 0.4，其餘 4 組模式在 0.3-0.5 之間，以 OPG 的預報技術最佳。模式在 1983-1999 年期間的預報能力比後半段時間來得好，對於 83、92 和 98 這前三個春雨偏多年份，模式的預報結果相當一致。而在後半段期間的臺灣春雨幾乎都偏少，而模式不僅無法掌握到，甚至是完全相反的情況，模式在 FMA 的春雨預報結果也有相似情形。

五、結果與討論

本研究是運用氣象局月與季預報系統產品，開發臺灣春季降雨的季節預報方法。由觀測資料的大尺度環流場分析結果，發現臺灣春季雨量和菲律賓海反氣旋距平環流變化有密切的關係，當反氣旋增強時，臺灣春季降雨增多，反之亦然。根據此低層環流特徵建立流函數指標(PSI925idx)來代表菲律賓反氣旋環流的強度變化，PSI925idx 為 120°E-145°E，5°N-15°N 區域範圍的流函數平均。

應用 PSI925idx 來診斷氣象局短期氣候預報系統對於影響春雨的重要大尺度環流的掌握程度，結果顯示氣象局第二代二步法氣候預報系統(CWB/CFS2T2)對於 JFM 和 FMA 兩季的 PSI925idx 模擬能力都相當不錯，領先三個月預報的相關係數可達到 0.6 以上。以氣象局最佳化預報海溫(OPG)作為下邊界條件的系集模式的預報能力最好，領先三個月預報的相關係數可達到 0.8。

由於模式能夠掌握到菲律賓海反氣旋環流的變化，因此評估應用 PSI925idx 來預報臺灣春雨的可行性，結果顯示模式 PSI925idx 和 13NRI 的相關係數僅在 0.3-0.5 之間。進一步分析模式預報能力偏低的原因，發現模式在 1983-1999 年期間仍有不錯的預報技術，但是臺灣春雨在後半段期間幾乎都是偏少的情形，模式在某些年份預報的 PSI925idx 是偏高的，且其逐年的震盪變化與臺灣春雨不一致。

將觀測資料PSI925idx指標和海溫資料做相關分析後(圖7)，發現PSI925idx與熱帶東太平洋海溫有高度正相關。Wang et al.(2000)提出在聖嬰（反聖嬰）現象發生時，會在菲律賓海一帶形成反氣旋（氣旋）環流，

導致隔年東亞春季降雨會偏多（偏少）的現象，可知 PSI925idx是反映聖嬰現象的年際變化訊號。而由Chen et al.(2008)的分析結果可知臺灣春雨與聖嬰現象存在非對稱的對應關係，春雨多寡不僅受到聖嬰影響，也與印度洋的海溫變化有關，甚至會受到PDO的影響(Hung et al., 2004)。因此，未來將繼續分析這些可能影響臺灣春雨的環流條件來改進我們的預報方法。

參考文獻

- Chen, G. T.-J., Z. Jiang, and M.-C. Wu, 2003: Spring heavy rain events in Taiwan during warm episodes and the associated large-scale conditions. *Mon. Wea. Rev.*, **131**, 1173-1188.
- Chen, J.-M., T. Li, and C.-F. Shih, 2008: Asymmetry of the El Nino-Spring Rainfall Relation in Taiwan. *J. Meteor. Soc. Japan*, **86**, 297-312.
- Hung, C.-w., H.-H. Hsu, and M.-M. Lu, 2004: Decadal Oscillation of Spring Rain in Northern Taiwan. *Geophys. Res. Lett.*, **31**, L22206.
- Jiang, Z., G. T.-J. Chen, and M.-C. Wu, 2003: Large scale circulation patterns associated with heavy spring rain events over Taiwan in strong and non-ENSO year. *Mon. Wea. Rev.*, **131**, 1769-1782
- Wang, B., R. Wu, and X. Fu, 2000: Pacific-East Asian Teleconnection: How Does ENSO Affect East Asian Climate? *J. Climate*, **13**, 1517-1536.

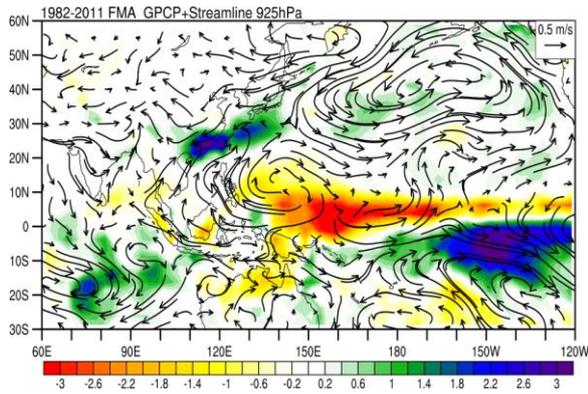


圖 1：1982~2011 年 FMA 的臺灣雨量偏多年與偏少年合成環流的差異，色階為 GPCP 雨量場，流線為 925hPa 風場。

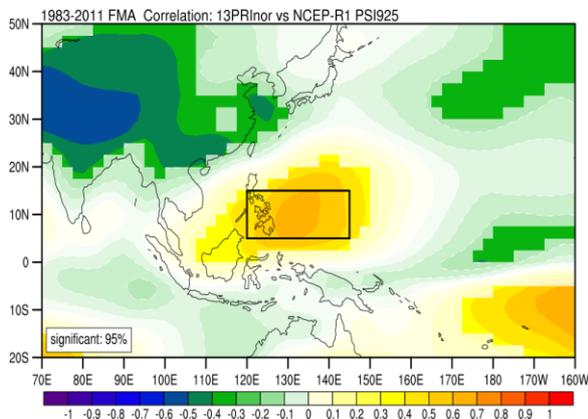


圖 2：1982~2011 年 FMA 的臺灣春雨標準化指數 13NRI 與 925hPa 流函數場的相關分析。

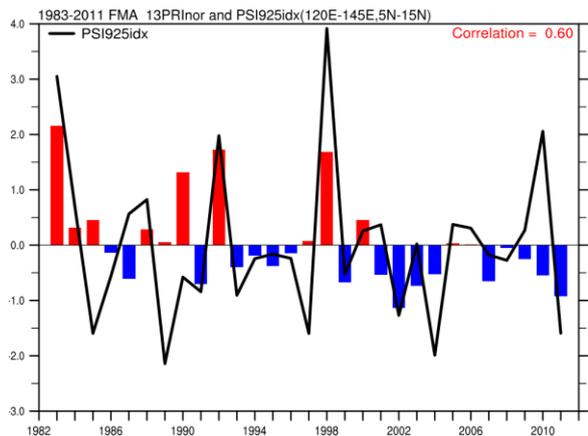


圖 3：1982~2011 年 FMA 的臺灣春雨標準化指數 13NRI（紅、藍色長條）與每年春雨環流指標 PSI925idx（黑線）時間序列。

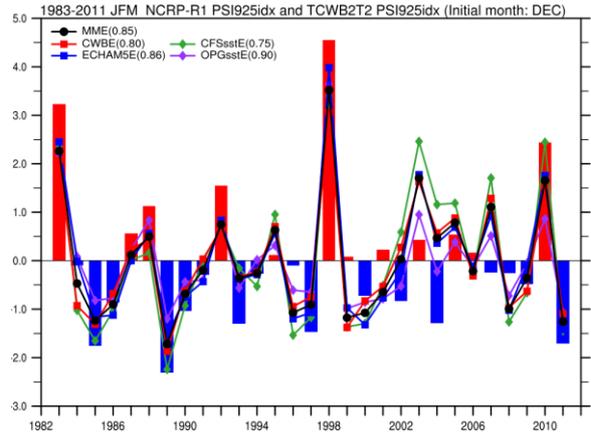


圖 4：氣象局 5 組系集模式以 12 月為初始場對於 1983-2011 年 JFM 的 PSI925idx 預報結果，長條為觀測資料的 PSI925idx，黑線為 MME，紅線為 CWB，藍線為 ECHAM5，綠線為 CFS，紫線為 OPG。

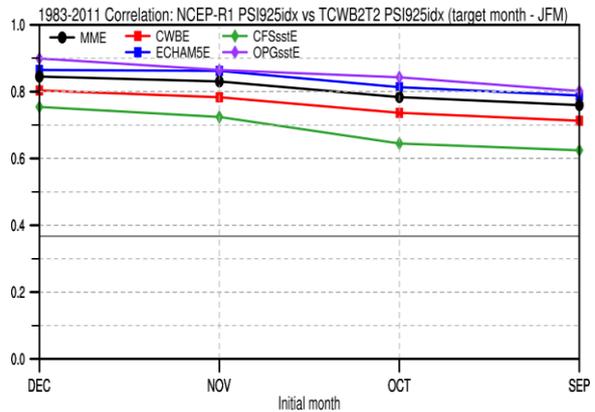


圖 5：氣象局 5 組系集模式領先 1 個月至 3 個月對於 1983-2011 年 JFM 的 PSI925idx 預報與觀測資料 PSI925idx 的相關係數，橫軸為初始場月份，縱軸為相關係數，黑線為 MME，紅線為 CWB，藍線為 ECHAM5，綠線為 CFS，紫線為 OPG。

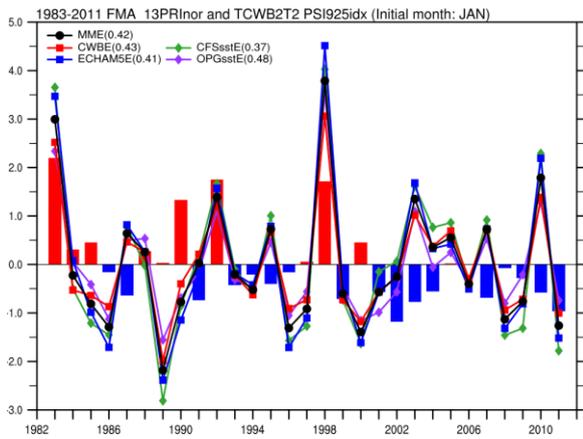
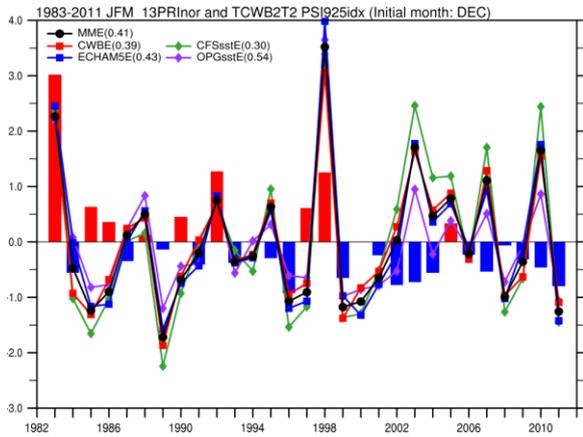


圖 6：上圖，氣象局 5 組系集模式以 12 月為初始場的 JFM PSI925idx 預報結果，長條為 13NRI 指標，黑線為 MME，紅線為 CWB，藍線為 ECHAM5，綠線為 CFS，紫線為 OPG。下圖，為以 1 月為初始場的 FMA PSI925idx 預報結果。

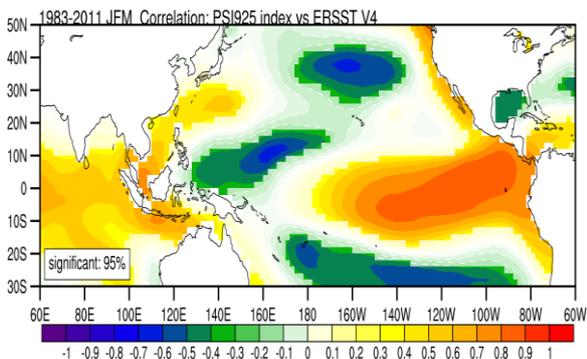


圖 7：1983-2011 年 JFM 的 NCEP-R1 PSI925idx 指標與 ERSST-V4 海溫的相關分析，有色階的部分代表通過 95% 顯著性檢定。