

熱帶西北太平洋對東亞夏季季風降水年際變化的影響

The impacts of western Northern Pacific on the interannual variability of East Asian summer monsoon rainfall

洪志誠¹ 賈新興²

台北市立師範學院自然科學教育系¹ 中央氣象局²

摘要

資料分析顯示東亞夏季(JJA)降水的EOF1呈現南北走向的波列結構，而熱帶西北太平洋(110E-140E, 10N-20N, 以下簡稱WNP)海溫與東亞夏季降水的統計相關圖亦呈現類似的型態。本研究主要透過觀測與長期的AMIP實驗探討WNP海溫與東亞夏季降水的關聯。

研究中以WNP海溫為指標，以正(負)距平值大(小)於0.7(-0.7)標準差的年份定義暖(冷)個案，以暖個案減去冷個案進行合成分析。為了分離聖嬰現象的影響，在此將暖、冷個案分成聖嬰年與非聖嬰年，分別計算其合成結果。

初步結果顯示，就觀測資料而言，WNP海溫對東亞地區夏季降水的波列結構有決定性的影響，但聖嬰現象的影響不大。當WNP出現高海溫時，低層大氣被反氣旋籠罩，降水出現負距平，其北方，台灣、華南一帶的降水則出現正距平。

在數值模擬，聖嬰年數值模式明顯有較高的可預報度，模擬結果相當接近觀測值；但，非聖嬰年，WNP高海溫所對應的低層大氣卻是氣旋式環流，降水亦出現正距平，與觀測完全相反，而造成此誤差的可能原因則有待近地面的熱量收支分析以及其它資料診斷作進一步的確認。

關鍵詞：波列結構、WNP、AMIP 實驗

ABSTRACT

The EOF one pattern of East Asia summer (JJA) time rainfall shows a significant north-southward wave structure and there is a significant correlation pattern between western North Pacific (WNP; 110E-140E, 10N-20N) sea surface temperature (SST) with East Asia summer rainfall. By using the NCEP-GSM model and a long-term AMIP type simulation dataset, the impact of the SST over the WNP region on the East Asia summer rainfall are

examined.

In this study, we focus on the relation of the WNP SST with the interannual variability of East Asia summer rainfall. So, WNP SST is chosen as an index. The warm (cold) cases are picked when the WNP SST anomalies are larger (smaller) than 0.7 (-0.7) standard deviation of WNP SST anomaly. A composite approach and differences between warm and cold case were then computed, to used to highlight the signals that are common to these prominent events for the ENSO, non-ENSO years, respectively.

The observation analysis showed during summer when SST in the WNP is warmer than normal, a positive (negative) rainfall anomaly over southeastern China, Taiwan (WNP) associated with a low-level cyclonic (anticyclonic). However, ENSO suggested no clearly impacts on this wave structure. The simulation is agreed well with observation especially in ENSO years, but not in non-ENSO years, which a low-level cyclonic circulation and a positive rainfall anomaly are over WNP region that is contrast with observation. The more details surface energy budget analysis is needed to further our understanding of the model response.

Keyword: wave structure, WNP, AMIP

一、前言

海洋由於它的熱容量大，海洋異常對大氣的影響也最顯著，其中最明顯的就是 ENSO 現象所引起的全球異常氣候現象。但是，Lau et al. (2000) 探討海溫對亞洲季風的影響，研究指出中國東海、日本外海、以及南中國海等地區的海溫異常對東亞季風的影響遠比赤道地區的海溫異常重要，而這些區域的海溫變化與赤道地區的海溫並沒有顯著的相關。Lau and Wu(2001)進一步以 SVD 分析太平洋及印度洋海溫與亞洲夏季降水

的關聯，研究發現 ENSO 引起的大尺度海溫異常大約只能解釋 30% 的降雨變異，區域性的海氣作用約解釋 20% 降雨變異，而針對不同的年份或非 ENSO 年，兩者所能解釋的降雨變異都可能增高或降低。

另外，從東亞地區夏季降雨的 rotated-EOF 分佈顯示，降水的 EOF1 呈現南北走向的波列結構，主成分分析亦顯示這個波列結構反應東亞夏季降水的年際變化趨勢，也可能導致 1993/1994 年日本以及台灣一帶的降水異常。若以長江中下游的區域平均降水異常時間序列和前一年冬季 (DJF) 海溫距平分佈作相關，東亞夏季風降水和赤道東太平洋地區的海溫距平的相關性很低，其中最顯著的相關是位於西太平洋附近，具有正的相關。另一方面，研究亦指出，東亞季風和北半球環流的年際和際內的變化和西太平洋的對流活動關係密切 (Nitta, 1987; Nitta 1996)。

Huang and Sun (1992) 研究指出熱帶西北太平洋的海溫與東亞地區降水具統計相關，當西北太平洋海溫正距平時該區對流增強，而此對流透過哈德雷胞造成副熱帶高壓中心向西延伸並往北移動，導致淮河一帶被反氣旋籠罩，降水因而偏少。

綜合以上討論，赤道東太平洋海溫並不是影響東亞氣候變異的主要因素，鄰近東亞地區的海溫，例如西北太平洋海溫異常對東亞季風年際變化的影響可能更直接、更重要。

二、研究方法

本研究主要透過觀測與模擬，以統計合成分析探討熱帶西北太平洋 (110E-140E, 10N-20N, 以下簡稱 WNP) 海溫對東亞夏季降水年際變化的影響。研究中以 WNP 海溫為指標，以正(負)距平值大(小)於 0.7(-0.7) 標準差的年份(表 1) 定義暖(冷)個案，然後以暖個案減去冷個案進行合成分析。由於聖嬰現象也會引起 WNP 海溫變化，為了分離聖嬰所引起海溫變化的影響，在此，參考 Trenberth (1997) 聖嬰定義，將選取的個案分成聖嬰年與非聖嬰年，分別計算其合成結果。

海溫資料使用 CODAS 展期重建海溫資料 (Extended Reconstructed Sea Surface Temperature, 簡稱 ERSST)，其他觀測資料取自 NCEP 的月平均資料，主要包括高度

場、風速場與降水資料。此外，我們使用 NCEP 全球波譜模式 (GSM)，執行一組長期 (1950-2001) 的 AMIP 系集 (10 個成員) 實驗，進一步從模擬結果了解 WNP 海溫的作用。

三、結果討論

圖 1 是 WNP 海溫與東亞夏季降水的統計相關圖。觀測結果 (圖 1. a) 顯示，海溫與東亞地區的降水相關出現類似降水 EOF1 的波列結構，當西北太平洋地區降水出現負距平時，華南、長江下游，延伸到韓國一帶降水為正距平，而華中及華北一帶則為負距平；此外，WNP 海溫與 500mb 高度場的統計相關，也出現 PJ (Pacific-Japan) 的遙相關型態 (圖略)，與降水波列結構一致，這些結果皆顯示，WNP 海溫與東亞夏季降水的波列結構具有統計相關。

在數值模擬方面 (圖 1. b)，除了華南、長江中下游地區的雨帶較觀測寬廣，導致其南北向之降水負距平分佈較狹窄外，模式能將降水的波列結構模擬出來。

圖 2 是 1950-2000 年 WNP 地區夏季降水，觀測與模擬結果的比較。由圖得知，模擬與觀測的演變大致相同，例如最近的幾個聖嬰個案 (1994、1997、2000 等) 模式都能正確的模擬出降水異常，從兩者的相關係數高達 0.38 (圖中左上角數字) 可確認，模式對 WNP 地區的降水具有模擬能力，且此降水可視為是海溫作用驅使造成，從 AMIP 實驗可印證 WNP 海溫對東亞夏季降水的波列結構有顯著的貢獻。但檢視圖 2 的逐年變化，不難發現，聖嬰期間與非聖嬰期間，模式的表現不盡相同，從表 1 也得知，研究所選取的個案，發生在聖嬰與非聖嬰年約各占一半，為了分離聖嬰現象的影響，以下將合成結果分成聖嬰年與非聖嬰年討論。

圖 3 是聖嬰發生期間，WNP 海溫暖個案減去冷個案的合成結果，圖中陰影為降水，矢線為 850mb 流線，圖 3. a 為觀測，圖 3. b 為模擬結果。就降水分佈，圖 3. a 除了在華北一帶 (120E, 50N 附近) 出現正距平，導致華中一帶東西向之負距平雨帶無法連續外，與圖 1. a 大致相似，東亞地區的降水呈現南北向波列結構。數值模擬方面 (圖 3. b) 也出現與觀測相似的波列結構，但在台灣以北的正距平雨帶明顯變窄，且波列結構的雨

帶似乎無法延伸到中高緯。值得注意的是，台灣位置正位於降水波列結構，正、負距平交接的位置，雖然台灣地區的降水模擬結果與觀測值符號正好相反，但從大尺度觀點，兩者的降水分佈是相當相似的。

圖 4 同圖 3，但為海溫(陰影)與 850mb 流函數合成圖。從圖 4. a，流函數場與海溫的分佈可歸納出幾個結果：(1)從 WNP、台灣、日本到韓國一帶出現 PJ 結構，而 WNP 海溫偏暖地區被反氣旋所籠罩(2)太平洋高壓偏強(3)以赤道東太平洋海溫負異常為中心，Kelvin 波動結構明顯，在上游(約 120E 附近)南北緯 20 度的地方各出現反氣旋環流，其中北支的反氣旋正好為於 WNP 高海溫地區。在模擬方面(圖 4. a)，WNP 海溫偏暖地區也出現反氣旋，但模式對於赤道東太平洋海溫的反應似乎太強，WNP 反氣旋與太平洋高壓連接一起，整個北半球副熱帶地區幾乎被反氣旋籠罩，此外，東亞一帶的 PJ 結構無法被模擬出。

圖 5 同圖 3，但為非聖嬰期間的結果。比較圖 4. a 與 5. a，東亞地區的 PJ 結構以及 WNP 海溫偏暖時期出現的反氣旋並不受聖嬰現象的影響，此結果與 Wang et al. (2002)認為 WNP 反氣旋是透過區域海氣交互作用維持的結果是一致的。有趣的是，在非聖嬰期間，因為太平洋高壓不再偏強，WNP 反氣旋的範圍甚至從 140E 附近延伸到 160E，涵蓋面積更大。但模擬(圖 5. b)與觀測結果(圖 5. a)卻出現較明顯的誤差：在赤道東太平洋海溫異常微弱的情況，模式所產生的 Kelvin 波動僅侷限在東太平洋附近，無法延伸到赤道西太平洋，此外 WNP 一帶被氣旋式環流籠罩，降水出現了正距平，與觀測結果正好相反。如果我們比較 WNP 的區域平均降水，可清楚發現，就觀測而言，聖嬰現象只增強 WNP 一帶的降水異常，並不影響該區降水型態，但是模式結果對於赤道東太平洋地區海溫的強弱卻相當敏感，在聖嬰年，模式在 WNP 及東亞地區的降水明顯有較高的可預報度(圖 6)。

四、結論

本研究以夏季(JJA)WNP 海溫為指標，從暖個案減去冷個案的合成結果探討 WNP 海溫對東亞夏季降水年際變化的影響，初步的結果如下：

觀測資料顯示，WNP 海溫與東亞地區

的降水相關出現類似降水 EOF1 的波列結構，當 WNP 海溫偏暖時，台灣、日本到韓國一帶出現 PJ 結構，WNP 地區為反氣旋所籠罩。從海溫與流函數場的配置得知，WNP 海溫對東亞地區降水波列結構的影響是區域性的，不因聖嬰的發生與否而改變。

數值模擬方面，聖嬰年與非聖嬰年的結果截然不同。聖嬰年 AMIP 實驗可以成功模擬出東亞地區的降水波列結構，以及 WNP 一帶的反氣旋；但在非聖嬰年，WNP 海溫偏暖所對應的低層大氣卻是氣旋式環流，降水也出現正距平，與觀測完全相反。從海溫與流函數的分佈歸納得到，NCEP/GSM 模式對於赤道東太平洋海溫的反應相當敏感，當赤道東太平洋地區海溫異常微弱時，模式產生的 Kelvin 波動僅侷限在東太平洋附近，無法像觀測，羅示比波可以延伸到赤道西太平洋，在 WNP 一帶形成反氣旋。

此外，觀測顯示，WNP 高海溫對應的反氣旋是區域現象，聖嬰引起海溫變化的遙端強迫作用只是增強/減弱其振幅。但從 AMIP 模擬結果，WNP 反氣旋卻必須在聖嬰年，赤道東太平洋海溫加熱/冷卻顯著時才能被模擬出，而之間的差異則有待近地面的熱量收支分析作進一步的探討。

五、參考文獻

- Huang, R., and F. Sun, 1992: Impacts of the tropical western Pacific on the East Asian summer monsoon. *J. Meteor. Soc. Japan*, **70**, 243-256.
- Lau, K.-M. S.-K. Kim, 2000: Dynamical and Boundary Forcing Characteristics of Regional Components of the Asian Summer Monsoon. *J. Climate*, **13**, 2461-482.
- , H.- T. Wu, 2001: Principal Modes of Rainfall ST Variability of the Asian summer Monsoon: A Reassessment of the Monsoon NSO Relationship. *J. Climate*, **14**, 2880-895.
- Nitta, TS., 1987: Convective activities in the tropical western Pacific and their impact on the Northern Hemisphere summer circulation. *J. Meteor. Soc. Japan*, **65**, 373-390.

---- and Z. Z. Hu: Summer climate variability in China and its association with 500 hPa height and tropical convection. *J. Meteor. Soc. Japan*, 74, 425-445.

Trenberth, K. E., 1997: The Definition of El Niño *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 78, 2771-2777.

Wang, Bin, Q. Zhang, 2002: Pacific

Asian Teleconnection. Part II: How the Philippine Sea Anomalous Anticyclone is Established during El Niño Development. *J. Climate*, 15, 3252-3265.

六、附圖

表 1 以熱帶西北太平洋(110E-140E, 10N-20N)夏季海溫為指標，所挑選出的暖、冷個案。在此正(負)距平值大(小)於 0.7(-0.7)標準差定義暖(冷)個案。表中陰影的年份表聖嬰年，在此聖嬰根據 Trenberth(1997)定義。

	■ ENSO year												
Warm	54	56	59	62	69	70	80	88	95	96	98	98	(year)
Cold	50	58	65	72	76	78	79	82	84	85	94	97	2000(year)

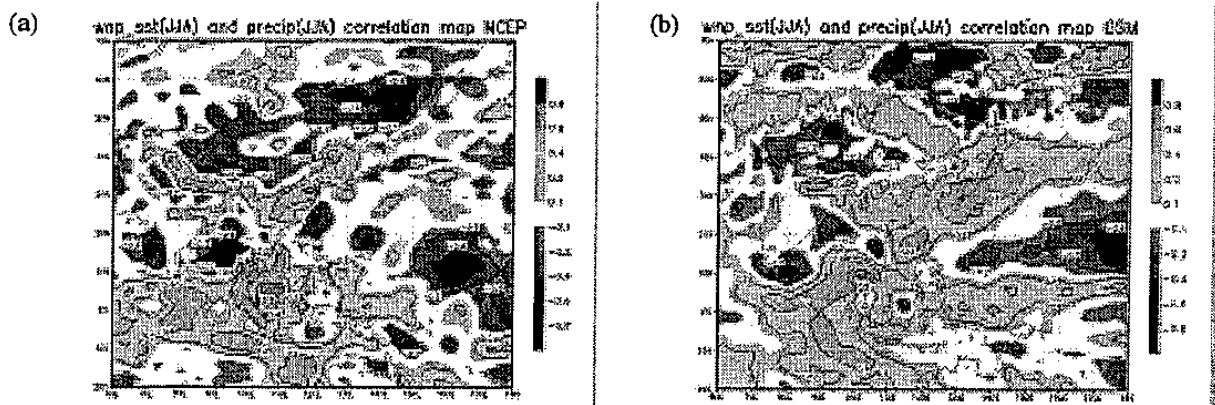


圖 1 WNP 海溫與東亞夏季降水的統計相關圖。(a)為觀測，(b)為模擬結果。

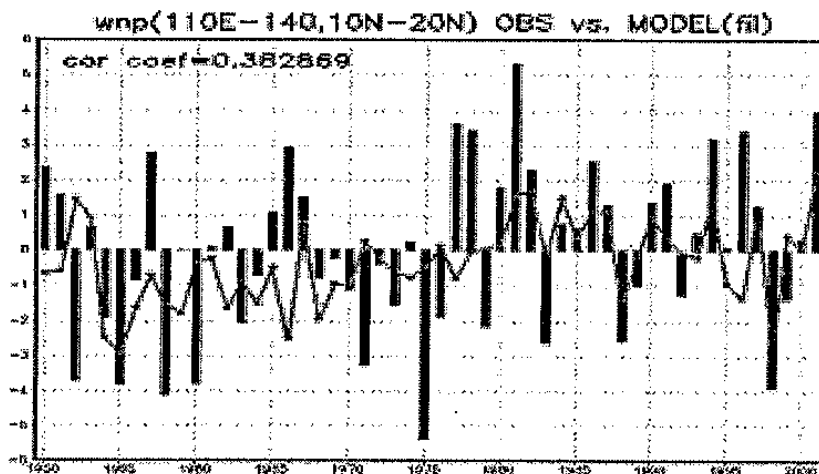


圖 2 1950-2000 年 WNP 地區夏季降水，觀測(曲線)與模擬的比較。圖中數值為扣除氣候平均的結果，左上角數字表觀測與模擬的相關係數。

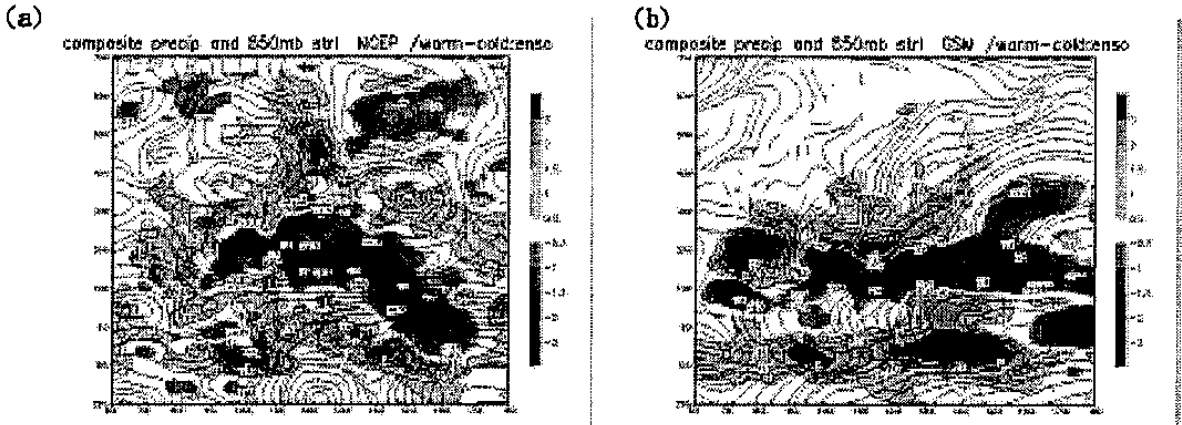


圖 3 聖嬰發生期間，WNP 海溫暖個案減去冷個案的合成結果，圖中陰影為降水，矢線為 850mb 流線，(a)為觀測，(b)為模擬結果。

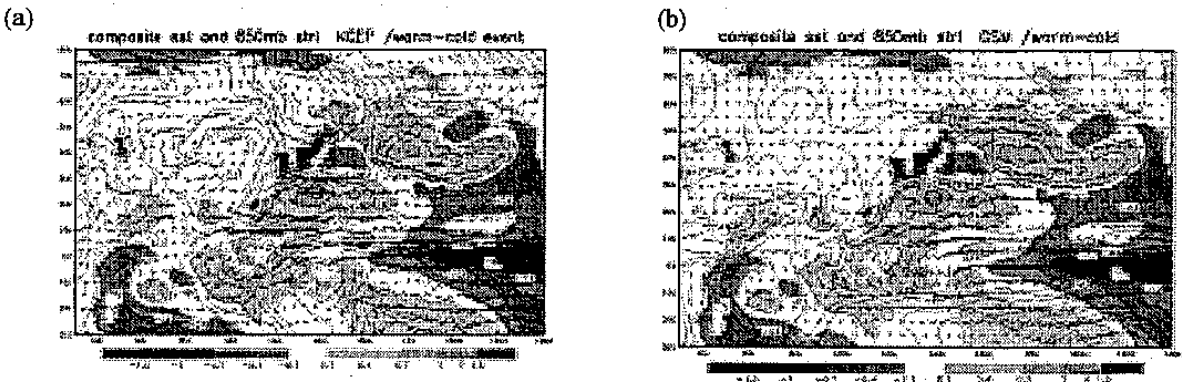


圖 4 同圖 3，但為聖嬰發生期間海溫(陰影)與 850mb 流函數合成圖。

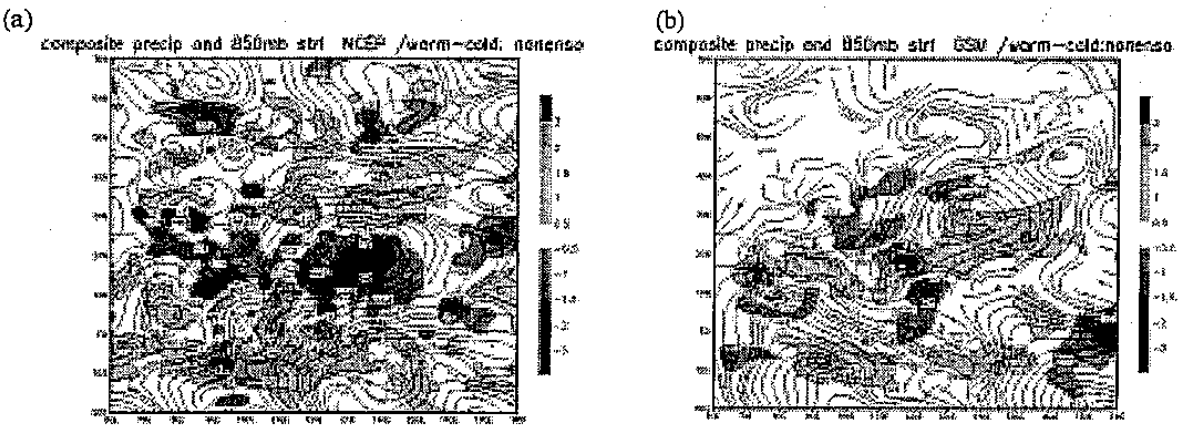


圖 5 同圖 3，但為非聖嬰期間的結果

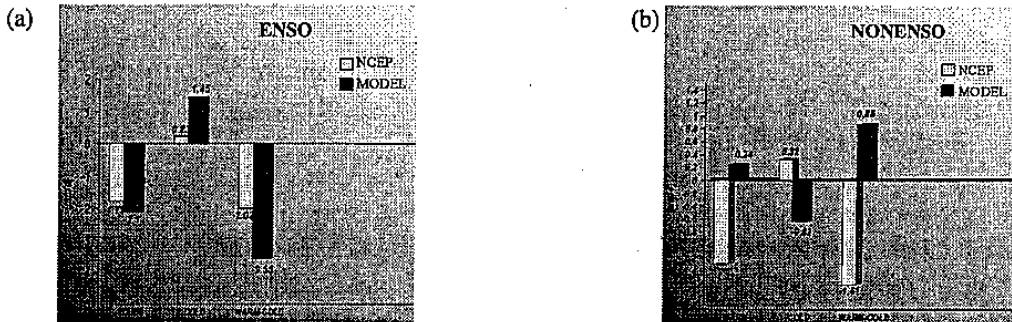


圖 6 WNP 地區夏季降水，觀測與模擬的比較，(a)為聖嬰期間(b)為非聖嬰期間的合成結果，圖中數值皆為扣除氣候平均的結果