

夏季副熱帶高壓之年際震盪分析

鐘珮瑄¹ 隋中興¹ 李天明²國立中央大學大氣物理研究所¹
美國夏威夷大學國際太平洋研究中心²

摘要

分析 1958-2005 年 NCEP/NCAR 月平均再分析資料結果顯示，夏季北半球副熱帶高壓（簡稱副高）在西北太平洋地區的年際變化明顯，主要的變化週期為 2-3 年（準兩年）及 3-5 年。

副高的準兩年震盪在 1980 年之後出現頻率增加。較強副高所伴隨的夏季海溫分布類似 La Nina 發展期時特徵：中、東太平洋有較冷海溫，西太平洋海洋大陸一帶有較暖海溫。此分布導致較強對流與上升運動發生於暖海溫區，所產生之波動包括：局部哈得里環流，於台灣東南方下沉，產生反氣旋距平，減弱西北太平洋季風，抑制當地對流；日本、韓國一帶氣旋距平環流，增強日本南部的對流。

副高的 3-5 年震盪於 1965-1990 年間較顯著，夏季較強副高通常發生在 El Nino 減弱期，中、東太平洋有較暖海溫，其西北及東南二側有相伴之較冷海溫，延伸到西太平洋副熱帶地區。中、東太平洋的上升氣流往西北邊下沉，加上下墊面的較冷海溫，抑制局部對流，於台灣東方產生反氣旋距平環流，此環流與中緯度西風帶相互作用，產生一連串的波列往北美洲傳播。

一、前言

台灣及中國沿海位於夏季西北太平洋副熱帶高壓（簡稱副高）西南側的季風區，副高西側的年際變動性大，有時會西伸或東退，有時則會往北或往南移動，此變動導致被高壓籠罩的地區或在高壓邊緣的地區，其天氣或氣候受到不同程度的影響，過去有許多學者從不同的觀點探討副高的年際變動。Lu (2001) 認為夏季副高的東西方向移動跟西太平洋暖池的大氣對流

強度有關，較強（弱）的大氣對流北側會出現低層氣旋（反氣旋）距平環流，副高的季節性北移（7 月中旬）在其較西伸時期不明顯。Lu and Dong (2001) 進一步利用模式驗證西太平洋暖池的局部海溫及對流活動對副高東西方向移動的影響，當局部海溫較低且伴隨較弱的對流時，副熱帶西太平洋會產生低層反氣旋環流，副高會西伸。Chang et al. (2000a, b) 分析中國東南測站初夏的降水變化發現，

當中、東太平洋海溫較高時，副高會加強而西伸，擋住北側的梅雨鋒面帶，造成長江流域一帶發生洪災，而被高壓籠罩的中國東南沿海一帶則為乾旱。Wang (2001) 的研究中提到，西北太平洋季風指標的顯著變化週期為 50 和 16 個月，弱的季風通常出現在 El Nino 減弱時期，之後的秋季到冬季通常會伴隨著中、東太平洋的冷海溫距平。

但是過去的研究對於副高變動的現象分析和機制解釋並不是很明確。本研究進一步分析夏季西北太平洋副高的年際變化週期及相配合的海溫發展，並歸納出不同區域的海溫變化對不同變化週期的可能影響機制，期能對副熱帶高壓的年際變動有更清楚的了解。

二、分析資料

本研究使用資料包括 1958-2005 年共 48 年的 ERSST 月平均海溫資料，水平解析度為 2x2 度，和 1958-2005 年共 48 年的 NCEP/NCAR 再分析月平均資料，其變數有：海平面氣壓場、500hPa 重力位高度場、850hPa 流函數、500hPa 及 850hPa 風場、1000hPa 溫度場、頂層向外長波輻射、200hPa 及 850hPa 速度位勢，水平解析度為 2.5x2.5 度。

三、西北太平洋反氣旋距平特徵及大尺度環境場分析

夏季北半球 500hPa 重力位高度場最大的年際變化區域在西北太平洋副高西南側，為了研究此區副高的年際變化，我們選取台灣附近區域之平均重力位高度場距平定義為西北太平洋副熱帶高壓指標 (WNPSHI)，據以分

析副高東西向移動之年際變化。

以 48 年 WNPSHI 時間序列所做波譜分析顯示，副高在台灣附近的活動有 2-3 年（以下稱為準兩年震盪）和 3-5 年二種較顯著且通過 95% 統計檢驗的年際變化週期。我們利用傅立葉方法將 WNPSHI 濾出這二種震盪週期的時間序列，當副高在這二種變動週期中較強且西伸的年份，WNPSHI 為正值，副高較弱且東退的年份，WNPSHI 則為負值，之後分別利用這二種週期的時間序列和其他變數做回歸分析，分析結果如下。

圖 1 為準兩年震盪與 3-5 年震盪跟 500hPa 重力位高度場、風場、850hPa 流函數和海平面氣壓場之回歸分析結果。準兩年震盪的回歸分析中，500hPa 重力位高度場在台灣附近為東西方向較寬之高度場正距平，日本一帶有負距平，日本以北為正距平，500hPa 風場和 850hPa 流函數場於相同的位置顯示為反氣旋距平，地面則為海平面氣壓場正距平，850hPa 流函數場在赤道及南半球一帶有一相對應之反氣旋距平，南北二反氣旋距平彼此靠近。

3-5 年震盪的回歸分析中，500hPa 重力位高度場在台灣附近為正距平且和中、東太平洋的高度場距平相連接，中心值較準兩年震盪稍強且緯度較高，可看出明顯的波動沿著大圓往北美洲傳遞，其 500hPa 風場和 850hPa 流函數場於相同的位置顯示為反氣旋距平，地面為海平面氣壓場正距平，850hPa 流函數場和海平面氣壓場也可看到波動傳遞的情形，850hPa 流函數場在南半球有一相對應但強度較強的反氣旋距平，此南北二反氣旋距平彼此分開，且海平面氣壓場距平同樣都為正距平。

為了分析二種震盪週期中相配合

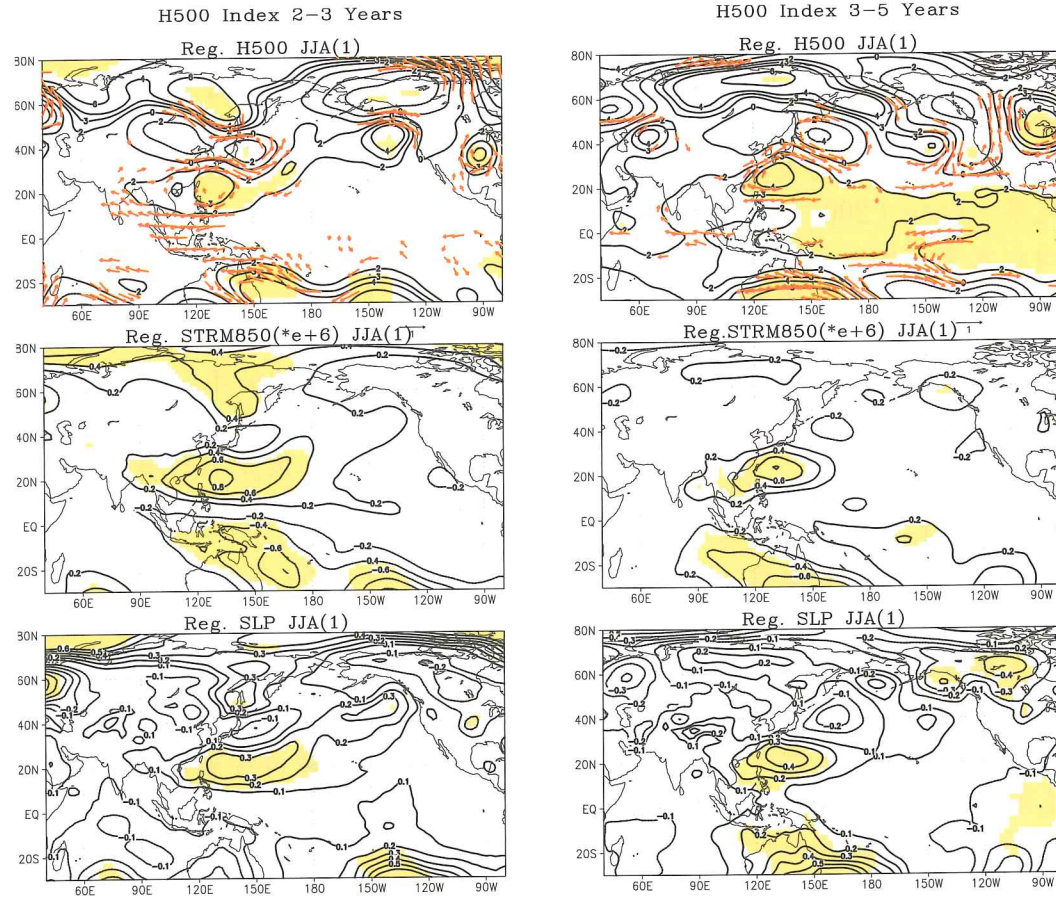


圖 1 左欄為使用準兩年震盪回歸之 500hPa 高度場、850hPa 流函數及海平面氣壓場，右欄為使用 3-5 年震盪回歸之結果，變數場同準兩年震盪，陰影區代表通過 95% 統計檢驗。

的大尺度環境場分布，我們回歸了 1000hPa 空氣溫度、200hPa、850hPa 速度位勢及頂層向外長波輻射。

回歸的 1000hPa 空氣溫度相當程度地反應了陸地和海面的溫度，如果只從海溫影響的角度來看，準兩年震盪在海洋大陸及澳洲一帶為較大的正距平，在東太平洋為較小的負距平，而 3-5 年震盪的熱帶中東太平洋和印度洋一帶為較大的正距平，而在海洋大陸一帶則為較小的負距平。

對照速度位勢（反應大尺度輻散場）及頂層向外長波輻射（反應對流活動）回歸分析（圖 2）來看，準兩年震盪的主要加熱區在西太平洋海洋大陸一帶，此區地面輻合，高空輻散，高空的向北輻散氣流到台灣東南方（菲律賓海北邊）一帶，和北來較弱

氣流匯集輻合下沉，形成一東西方向的高層高壓脊，脊線下方為對流抑制區，此海洋大陸一帶的高層西南風距平，低層東北風距平，形成了局部的東北-西南哈德里環流（local Hadley Circulation），維持西北太平洋台灣附近的反氣旋距平，由於此反氣旋距平的生成，推測夏季菲律賓附近的對流會減弱，西北太平洋的 ITCZ 被擋在反氣旋距平的南側，進一步貢獻海洋大陸地區的強對流，此外，日本南方也為低層輻合及高層輻散區，有對流運動。由頂層向外長波輻射回歸可看出，西太平洋由南往北有正距平—負距平—正距平三條帶狀的分布，台灣附近和日本、韓國一帶的負、正距平，類似反位相的太平洋—日本型態（Pacific-Japan Pattern）（Nitta 1987）。

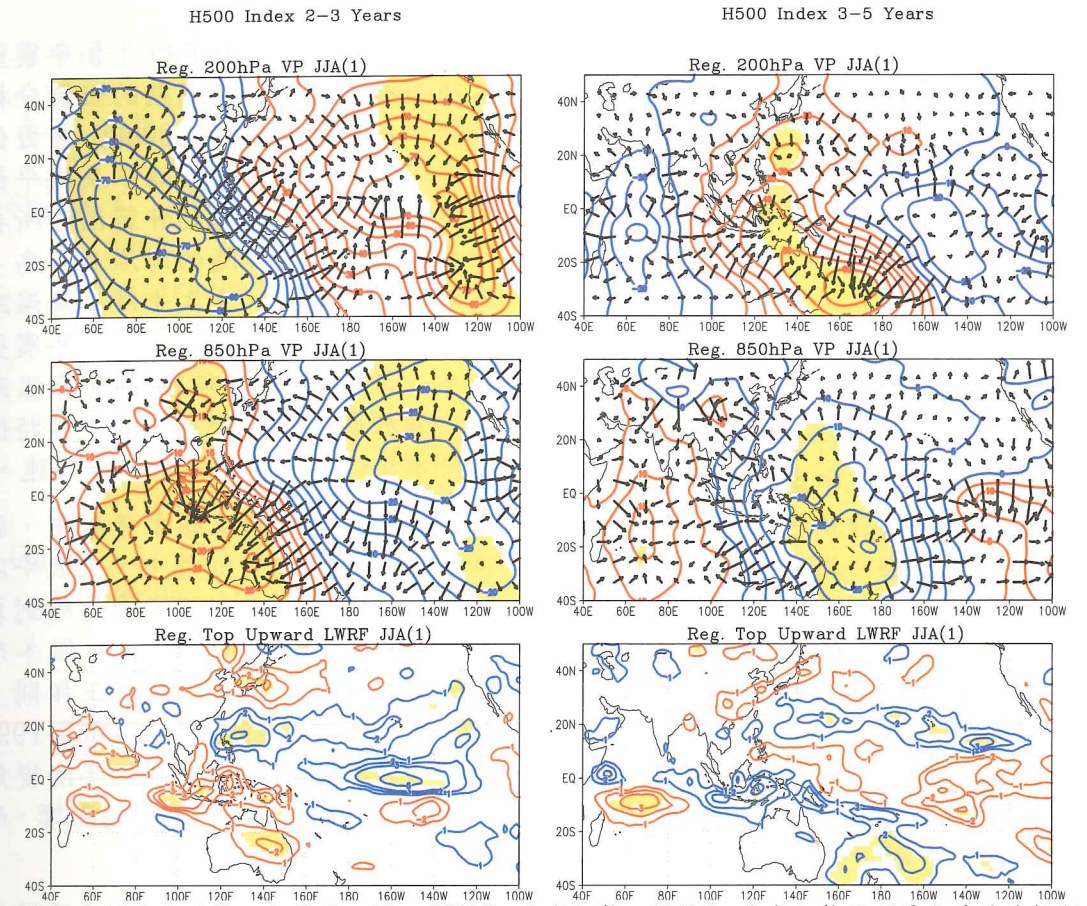


圖 2 左欄為使用準兩年震盪回歸之 200hPa 速度位勢、850hPa 速度位勢及頂層向外長波輻射，右欄為使用 3-5 年震盪回歸之結果，變數場同準兩年震盪，陰影區代表通過 95% 統計檢驗。

3-5 年震盪的加熱區在熱帶東太平洋和印度洋一帶，氣流在熱帶東太平洋和印度洋上升之後，透過二個東西方向的環流距平，到菲律賓南部、海洋大陸及南半球澳洲東部一帶輻合下沉，形成西北-東南向的高層高壓脊，抑制下層的對流活動；另外一支從東太平洋上升的較弱氣流則透過和夏季高層平均環流相反的環流距平往西北邊的台灣東側下沉，形成高層東西方向的高壓脊，抑制局部對流，維持西北太平洋較高緯度的反氣旋距平環流。由頂層向外長波輻射回歸結果可看出，菲律賓海南邊一帶具有較弱的對流正距平，推測為南北二個分開的反氣旋距平環流所激發。

四、西北太平洋反氣旋距平的發展

西北太平洋副高的準兩年震盪和 3-5 年震盪之特徵差異，主要為不同夏季下墊面加熱區分布所造成，此分布會隨時間緩慢變化，分析前冬至當夏三季 [D(0) JF(1)、MAM(1)、JJA(1)] 的 200hPa 速度位勢、海平面溫度、850hPa 流函數及風場，可以讓我們了解海溫變化、大尺度環流場與輻散場在這二種震盪週期中隨時間的發展情況。

首先討論 200hPa 速度位勢，準兩年震盪發展時的前一個冬季，熱帶中、東太平洋和西印度洋為輻合上升區，下沉輻散區由西太平洋往東北及東南延伸，接著春季時，上升和下沉的強度減弱很多，到了夏季，環流距平反轉成熱帶海洋大陸一帶為輻合上升區，熱帶東太平洋為輻合下沉區。3-5 年震盪時，前一個冬季也是熱帶

中、東太平洋和西印度洋為輻合上升區，熱帶西太平洋為主要的下沉輻散區，此東西向的環流距平分布可以持續到夏季，不過夏季的上升和下沉強度減弱，且主要的上升和下沉中心移到南半球。

從海平面溫度距平來看，準兩年震盪發展時，前一個冬季的熱帶東太平洋和印度洋為暖海溫距平，東太平洋的暖海溫距平到了夏季轉變成弱的冷海溫距平，而印度洋一帶的較弱暖海溫距平則增強且延伸到北印度洋、海洋大陸和澳洲北部一帶。3-5年震盪時，前一個冬季的東太平洋有較強的暖海溫距平，此暖海溫距平持續到夏季且漸漸減弱，暖海溫距平西北及西南側延伸到西太平洋副熱帶地區的冷海溫距平，也從冬季持續到夏季，印度洋的海溫則由冬季較弱的熱帶暖海溫距平，轉變成北印度洋和中印度洋較強的暖海溫距平。

從回歸出來的 850hPa 流函數和通過 95% 統計檢定的 850hPa 風場分布來看，準兩年震盪時，前一個冬季的菲律賓海出現反氣旋距平環流，其東側為冷海溫距平，春季時此反氣旋距平環流減弱且北移，夏季時中心位於台灣東南側 20N 左右，正下方有弱的暖海溫距平存在，此時環流距平往東西方向延伸且強度達到最強。3-5年震盪時，前一個冬季的菲律賓附近為反氣旋距平環流，強度較準兩年震盪的反氣旋距平環流強，其東側也為冷海溫距平，春季反氣旋距平往東北延伸，夏季其強度加強且中心位於台灣東側 23N 左右，春季和夏季反氣旋距平環流的東南側為冷海溫距平，中心及西北側為暖海溫距平。

五、結論及討論

西北太平洋副高東西方向移動的

年際變化主要有準兩年和 3-5 年震盪二種週期，夏季二種週期的回歸分析皆顯示在台灣附近為 500hPa 重力位高度場正距平、反氣旋距平及海平面氣壓場正距平，不過延伸範圍和所在緯度有所差異，伴隨的海溫分布為：準兩年震盪的中、東太平洋冷海溫距平及印度洋暖海溫距平，3-5 年震盪的中、東太平洋及印度洋暖海溫距平，關於此二種年際震盪的氣候特徵已於本文的第三節和第四節中詳述。

在相配合的海溫距平發展中，副高的 3-5 年震盪伴隨著中、東太平洋的暖海溫距平從前一個冬季持續到夏季且強度漸漸減弱，和前一個冬季 Nino3.4 的海溫距平有顯著正相關，此震盪週期還明顯出現在 1965-1990 年間，推測這段期間副高的年際變動主要是受到較長週期 ENSO 的影響，而呈現出 3-5 年震盪的特性。

在準兩年震盪方面，除了伴隨夏季西太平洋海洋大陸一帶較明顯的暖海溫距平外，也伴隨著中、東太平洋前一個冬季的暖海溫距平到夏季轉變成冷海溫距平的發展，此震盪週期和夏季海洋大陸地區的海溫距平有較顯著的正相關，和前一個冬季 Nino3.4 海溫距平的正相關卻沒有通過統計檢定，我們也發現，副高的準兩年震盪主要發生在 1980 年之後，推測 1980 年之後的副高年際變化除了可能受到部分較短週期 ENSO 的影響外，應該跟海洋大陸地區的暖海溫距平變化關係更密切，由過去研究可知，西北太平洋的海溫近年來有逐漸升高的趨勢，西太平洋暖海溫跟季風之間的交互作用即會產生準兩年震盪變化，所以西太平洋本身暖海水與季風之間的交互作用在副熱帶高壓的準兩年變動中應該扮演著更重要的角色，不過實際的西太平洋海溫變化會受到 ENSO 發展的調節，因此如何區分二者個別的影響

有待進一步研究。

參考文獻

- Chang, C. - P., Y. Zhang, and T. Li, 2000a: interannual and interdecadal variations of the East Asian summer monsoon and tropical Pacific SSTs. Part1: Role of the subtropical ridge. *J. Climate*, 13, 4310-4325.
- Chang, C. - P., Y. Zhang, and T. Li, 2000b: interannual and interdecadal variations of the East Asian summer monsoon and tropical Pacific SSTs. Part2: Southeast China rainfall and meridional structure. *J. Climate*, 13, 4326-4340.
- Lu, R., 2001: Interannual Variability of the Summertime North Pacific Subtropical High and its Relation to Atmospheric Convection over Warm Pool. *J. Meteor. Soc. Japan*, 79, 771-783.
- Lu, R., and B. Dong, 2001: Westward Extension of North Pacific Subtropical High in Summer. *J. Meteor. Soc. Japan*, 79, 1229-1241.
- Nitta, T., 1987: Convective activities in the tropical western Pacific and their impact on the northern hemisphere summer circulation. *J. Meteor. Soc. Japan*, 65, 373-389.
- Wang, B., R. Wu, and K. -M. Lau, 2001: Interannual Variability of the Asian Summer Monsoon: Contrasts between the Indian and the Western North Pacific-East Asian Monsoons. *J. Climate*, 14, 4073-4090.

Interannual and interdecadal variability of the western North Pacific subtropical high

Pei-Hsuan Chung¹ Chung-Hsiung Sui¹ Tim Li²

Institute of Atmospheric Physics, National Central University¹

International Pacific Research Center, University of Hawaii at Manoa²

ABSTRACT

This study analyzes the NECP/NCAR reanalysis data for the period of 1958-2005 to examine the interannual variability of the western North Pacific Subtropical High (WNPSH) in summer. The analysis reveals the WNPSH exhibits significant 2-3 years

and 3-5 years oscillations with interdecadal variability.

The 2-3-year oscillation is most evident after 1990. SST in the former (latter) region evolves from cold (weak warm) anomalies in the preceding summer to warm (cold) anomalies in the concurrent summer of strong WNPSH. The above change exhibits an eastward propagation, and is similar to the La Nina development. The stronger downward motion causes drier air and more outgoing longwave radiation. Such a heat balance maintains the anomalous high with equivalent barotropic vertical structure.

The 3-5-year oscillation is most pronounced during the 1980s. The associated SST evolution is similar to that of El Nino with longer life cycle when WNPSH intensifies in the El Nino decaying summer. In the preceding summer, warm SST appears in the central-eastern Pacific, which is surrounded by cold SST to its north and south. The SST distribution persists till the concurrent summer of strong WNPSH.

The complementary cooling and descending motion in the western Pacific are related to anomalous east-west circulation associated with ENSO. The anomalous WNPSH as part of the wave response exhibits baroclinic vertical structure.

The analysis suggests that the 2-3-year oscillation is due to the monsoon-warm ocean interaction in the maritime continent, and the 3-5-year oscillation is related to the suppressed convection over the cold SST in the western North Pacific, causing Rossby wave response (anticyclonic flow) that is maintained by wind-evaporation-SST feedback mechanism. An intermediate atmospheric model which is forced by SST anomalies obtained from the analysis is used to further examine the above mechanisms. The model results support our mechanism for 3-5-year oscillation, but no clear evidence for 2-3-year oscillation. More model studies are required to investigate the relevant mechanism.