

# 夏季西太平洋副高年際變化機制之研究

郭漱冷<sup>1</sup> 呂芳川<sup>1</sup> 陳昭銘<sup>2</sup>

<sup>1</sup>國防大學中正理工學院應用物理系

<sup>2</sup>中央氣象局科技中心

## 一、中英文摘要

西北太平洋副熱帶高壓(WNPH)是夏季時甚受矚目的環流，具有相當強的年際變異訊號，本文使用自 1978 至 2002 年的 NCEP/NCAR 重分析資料分析驅動西北太平洋副熱帶高壓異常增強的熱能來源，再進一步釐清海溫所扮演的角色。為了能清晰地表現大氣熱動力結構，本文以區間(10°-30°N, 110°-150°E)的平均 850mb 流函數駐留渦流場距平定義西北太平洋副熱帶高壓強度指標(WPI)。

由 Nino3.4 主導的熱帶大範圍海域的海溫異常東西對比(約 150°E 為界)，調變了沃克環流，反氣旋環流反映了羅士培波源而發展，因此，東低西高對比的熱帶大範圍海溫距平提供了 WNPH 異常發展的基礎環境。而南海海域的海溫異常偏暖是被動地因 WNPH 的下沉氣流與晴朗的天候，使得海面獲得過多的熱通量而增溫，對 WNPH 環流的增強並沒有主動的貢獻，因此雖然區域性哈德雷環流是支撐 WNPH 異常發展的主要機制，但其發展的原因仍需進一步探討。

WNPH 發展成熟時，下沉氣流壓抑降水的發生，使水氣保留在大氣中，經由 WNPH 低層輻散氣流的推送至 WNPH 的南側，造成水氣輻合產生大量的降水，中高層潛熱的釋放維持了區域性哈德雷環流與 WNPH 環流。

關鍵詞：西北太平洋副熱帶高壓，海溫

**Abstract:** The relationship between the North-western Pacific high (WNPH) and the related SSTs anomaly is studied using NCEP reanalysis data from 1978 to 2002. In order to clarify the thermo-dynamic mechanism for WNPH anomaly, we define the average intensity of stream function stationary eddies over the region (10°-30°N, 110°-150°E) as index WPI to indicate the intensity of WNPH.

The basin scale west-east SST anomaly contrast in tropics, could be represented by Nino3.4 SST, is needed to modulate the Walker circulation and to enhance anticyclone by Rossby response. The roles of WPI and South China Sea SST are distinguished by surface heat budget analysis. The results show that the SST anomaly of SCS is passively affected by WNPH via subsidence heating and short wave insolation.

The pronounced local Hadley cell is needed to enhance WNPH more. The factors to initiate the more intensive local Hadley cell are not clear in this study. Yet, the conclusion could be

conducted that, when the development of WNPB is mature, 850mb divergent flow carries plenty of moisture to southwestern flank of WNPB and the anomaly precipitation is produced in this area. The latent heat released in middle and upper atmosphere drive the local Hadley cell and, in turn, maintain WNPB anomaly.

Key words: North- western Pacific high, sea surface temperature

## 二、前言

夏季時，西北太平洋副熱帶高壓（後文簡稱 WNPB）是甚受矚目的環流，其形狀、位置、強弱等不僅與周邊地區的天氣與氣候密切相關（Nitta 1987），甚且影響世界其他地區，如 Lau and Weng (2002) 分析 500hP 高度場就指出：東亞與北美間的夏季降水具有遙相關的特性，此遙相關的特性是藉著 WNPB 的擾動波列傳遞。因此，WNPB 變異機制已引起許多學者專家的注意與探討（如吳等 2002；Chang et al. 2000；Lu and Dong 2001）。

WNPB 具有相當強的年際變異訊號，一般相信這與海溫變化有相當密切的關係，例如 Wu and Wang (2000) 即認為 ENSO 對西北太平洋夏季季風的啟動扮演主導的角色，Lu and Dong (2001) 以模式分析局地海溫對 WNPB 的影響認為：西太平洋暖池海溫偏低時，壓抑了對流活動，有利於 WNPB 向西發展。

熱帶海洋是提供對流層熱能與水氣的主要來源，而熱帶海洋上的對流活動則是樞紐，其活躍與否與海溫固然有關，但大尺度的大氣運動也有重

要的影響，Lau et al. (1997) 就認為大尺度運動、海溫與對流活動三者交互作用，並議論西太平洋暖池的海溫距平可能受到 WNPB 的強度影響，如若強烈的沉降作用產生的逆溫層壓抑了對流，將增強短波輻射的入射量，使得海溫偏高，也就是說，在此地區，海溫可能是比較被動地受到大氣的影響。

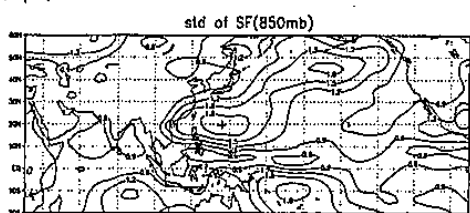
本文試圖以大氣熱動力結構的觀點，分析驅動 WNPB 的熱能來源，再進一步釐清海溫所扮演的角色。本文使用的資料包括自 1978 至 2002 年的 NCEP/NCAR 重分析資料，Reynolds and Smith (1994) 以經驗正交函數法反演而得的海溫，與 CMAP (Xie and Arkin 1997) 的降水資料。

## 三、結果與討論

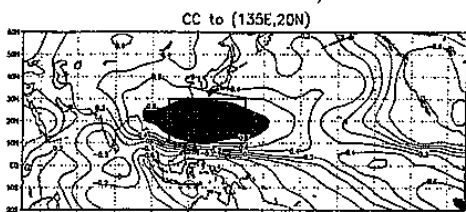
本文以 850mb 的流函數駐留渦流場（後文簡稱 SF）來顯示相關地域的大氣熱動力結構，原因有二：一是在熱帶，Gill (1980) 說明了 SF 可以反映大氣非絕熱熱源中心，White (1982) 也指出夏季熱帶地區 SF 在高低層大氣是呈現相反極性的季風型，因此，速度位場（輻散場）配合著熱帶積雲對流，將可用位能轉換成旋轉場動能，而表現在 SF (Chen and Yen 1993；郭等 2002)；另一個原因是 850mb 的 SF 可顯示亞洲夏季季風的三個主要環流系統：亞洲低壓、印度洋過赤道氣流與本文討論的焦點 WNPB 環流（圖略）。

圖一是 1978-2002 年 SF 的變異量（以標準差表示），可以很清楚地看到在 WNPB 的西南側，北緯 10°-30°；東經 110°-150°（也就是圖二中的方框區

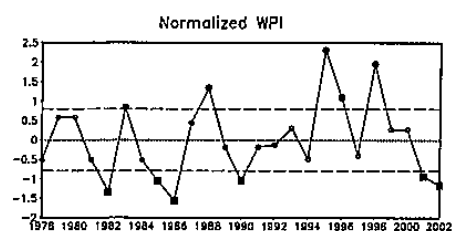
域)範圍內是相對變異量極大值區域,以該相對變異量極大值區域的中心為參考點(135°E, 20°N),考察每一個格點上SF的年際變化與該參考點SF的年際變化之相關性,結果如圖二所示,顯示該相對變異量極大值區域的年際變化近乎一致(相關係數高達0.8以上);因此吾人取該區域SF的平均值且標準化後稱為WNPB指標(後文簡稱WPI),WPI的年際變化如圖三所示。



圖一、978-2002年SF的變異量(以標準差表示),圖中的+是參考格點(135°E, 20°N)。



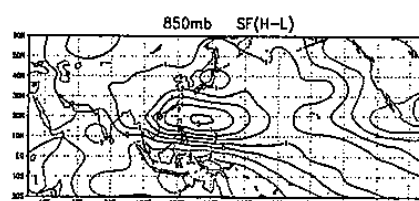
圖二、各格點與參考格點SF年際變化之相關係數。圖中的方框是定義WPI的區域。



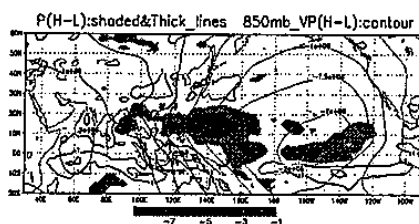
圖三、WPI的年際變化,虛線分別是 $\pm 0.8$ 個標準差。

下面的討論中,吾人使用合成分析法討論驅動WNPB年際變化的熱能來源之變異,與海溫所扮演的角色。在圖三中的虛線分別表示 $\pm 0.8$ 個標準差,大於 $+0.8$ 個標準差的年份包括:1983、1988、1995、1996與1998等五

年,小於 $-0.8$ 個標準差的年份包括:1982、1985、1986、1990、2001與2002等六年。圖四是WPI較高年份與較低年份的SF差異,該圖能明顯地聚焦WNPB,因此,吾人可假設:本文考慮的WNPB之年際變化在其區域範圍內相當均勻,且具有其特有之年際變異機制,而以下的合成分析所顯現的特性應可相當程度地表示主要與WNPB的年際變化有關。



圖四、WPI較高年與較低年的SF差異。



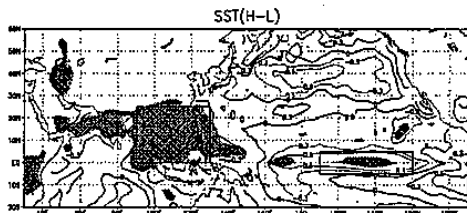
圖五、同圖四,但為VP與降水。

圖五的陰影區是WPI較高年份降水偏低的區域,粗實線為降水偏多區,細實線與細虛線之等值線是WPI較高年份與較低年份的速度位的差異(VP),圖中顯示主要的負降水距平區自約170°E的太平洋海面上沿著VP的槽線向西延伸至菲律賓,而主要的正降水距平區自北側的印度洋海面向東沿著VP的脊線延伸至西印度群島。

若以大尺度降水差異的觀點來看,赤道附近,西印度群島以西至印度洋的降水在WPI偏高年增多,西印度群島以東的降水減少,在90°E-140°E間,約以10°N為界,其南側的

降水增加，北側的降水減少；VP 的差異場型態反映了上述的熱源如圖中顯示：西印度群島以西至印度洋的 VP 在 WPI 偏高年是正值，西印度群島以東是負值，這也可反映沃克環流的調變（圖略）；而 90°E-140°E 間，10°N 以南降水偏多區位於 VP 偏差的脊線，10°N 以北降水偏少區位於 VP 偏差的槽線，這反映了區域哈德雷環流的調變（圖略）。這與 Matsuno (1966) 與 Gill (1980) 的熱帶羅士培波源理論是一致的。

影響 WPI 高低的海溫分布型態是怎麼呢？圖六中的等值線是 WPI 較高年份與較低年份的海溫的差異，圖中可看出在熱帶地區約 150°E 的西邊偏暖，東邊偏冷，這呼應了圖五中的 VP 型態；圖中陰影區表示海溫的變化與 WPI 的強度具有相關性達 95% 的信心水準以上的海域，包括大致在 Nino3.4 的海域與南海海域，分別如圖中的方框所示。

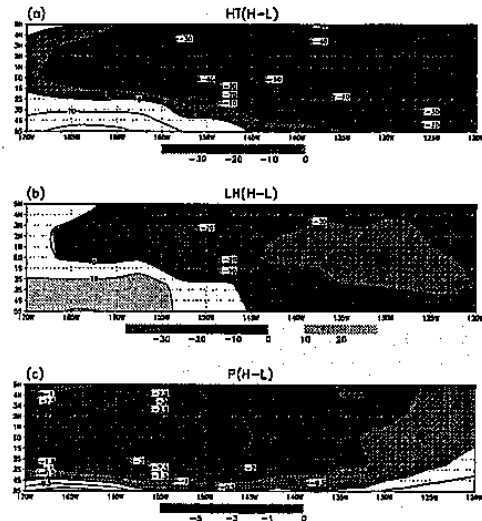


圖六、同圖四，但為海溫。陰影區是 SST 與 WPI 兩者年際變化的相關達 95% 信心水準。圖中的方塊區分別為南海海域與 Nino3.4 海域。

為了了解這兩個海域的海溫在 WPI 高低型態的降水與環流差異中所扮演的角色，吾人使用熱能源與匯的分析。

圖七(a)、(b)與(c)分別是 Nino3.4 區的總熱能(HT)、潛熱通量(LH)與降水(P)在 WPI 較高年份與較低年份的差異。圖中很清楚地看到 WPI 高

時，也就是海溫較低時，大氣向下邊界海洋的總熱能收支差異是負的，這主要受到潛熱通量(蒸發)變少的影響，如圖七(b)所示，另一方面是向下的短波輻射通量增加，這可由圖七(c)的降水差異反映，圖七說明了 Nino3.4 海域海溫較低時，該海域提供較少的潛熱通量，大氣因降水獲得的非絕熱熱源也減少，這表示 Nino3.4 海溫的變化是主動的，大氣被動地受到該海域海溫的調變。

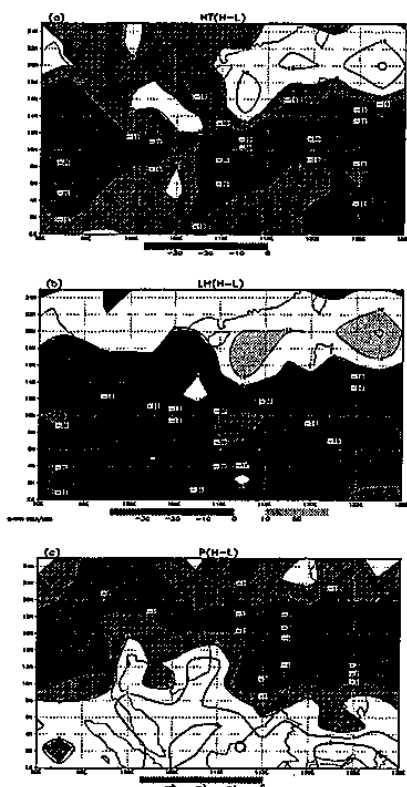


圖七、同圖四，但為 Nino3.4 區的 (a) 熱能總通量。(b) 為潛熱通量 (c) 為降水。

圖八(a)、(b)與(c)分別是南海海域的總熱能(HT)、潛熱通量(LH)與降水(P)在 WPI 較高年份與較低年份的差異。以總熱能來看，在 WPI 高時，也就是南海海域的海溫較高時，南海海域的總熱能除右上角的南海北部至菲律賓海北部是正值區外，餘皆為負值區，負值區表示海溫增高時，對大氣有較大的熱通量，而正值區表示海溫增高時，對大氣的熱通量貢獻反而變少了。這種總熱能差異的型態，主要的貢獻如圖(b)所示是來自於潛熱；而南海中南部海域的海溫，在 WPI 高時，也因此種對大氣潛熱通

量的貢獻減少，而有偏高的海溫。

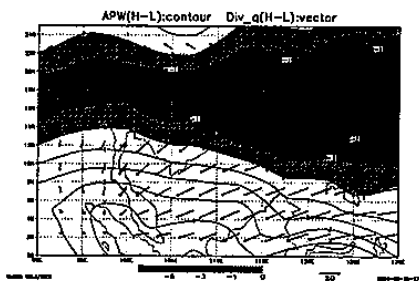
圖(c)中的降水差異分布顯示了約 $10^{\circ}\text{N}$ 以南降水增加， $10^{\circ}\text{N}$ 以北降水減少，這也能反映短波入射海面的輻射通量，在 $10^{\circ}\text{N}$ 以南減少， $10^{\circ}\text{N}$ 以北增加，這對 $10^{\circ}\text{N}$ 以北的海域有如同Lau et al. (1997)所建議的海溫增加之機制。降水的潛熱在中高層大氣釋放，是導引環流的重要因素，在前面的分析中已可了解，圖中 $10^{\circ}\text{N}$ 以南的降水是影響WNPB發展的羅士培波源的重要熱源區，圖(b)中顯示該區的蒸發量在WPI高時偏低，那麼水氣的來源在哪裡呢？參照圖九並由水質量守恆的分析知，該區的水氣應由水



圖八、同圖七，但為南海海域。

氣的輻散過程而來，因此南海海溫的升高是被動地受到大氣的影響，而WNPB的增強造成的下沉氣流壓抑了南海北方的降水，保存大氣中的水

氣，經由輻散氣流輸送至南海南部輻合造成大量的降水，提供維持WNPB偏強的能量。



圖九、同圖八，但為可降水量兩水氣輻散場。

#### 四、結論

本研究分析WNPB年際變化與海溫的關係，得到的結論歸納如下：

(一) 由Nino3.4主導的熱帶大範圍海域的海溫東西對比，調變了沃克環流，反氣旋環流反映羅士培波源而發展，因此，東西對比的海溫提供了WNPB發展的基礎環境。

(二) 分析顯示南海海域的海溫偏暖是被動地因WNPB的下沉氣流與晴朗的天候，使得海面獲得過多的熱通量而增溫。

(三) 區域性哈德雷環流的增強，有利於WNPB的進一步發展，但是開啟區域性哈德雷環流偏強發展的機制仍需進一步探討。

(四) WNPB發展成熟時，下沉氣流壓抑降水的發生，使水氣保留在大氣中，經由WNPB低層輻散氣流的推送至WNPB的西南側，造成水氣輻合產生大量的降水，潛熱的釋放是維持區域性哈德雷環流與WNPB環流的能量來源。

## 五、參考資料

- 吳國雄等，2002：副熱帶高壓形成和變異的動力學問題。科學出版社。
- 郭漱冷等，2002：NCEP GSM 的夏季下墊面熱通量與環流特性：氣候與年際變化。大氣科學，30,35-60.
- Chang, C.-P., Y. Zhang, and T. Li, 2000：Interannual and interdecadal variations of the East Asian summer monsoon and tropical pacific SSTs. Part I：roles of the subtropical ridge. *J. Climate*, 13, 4310-4325.
- Chen, T.-C. and M.-C. Yen, 1993：Interannual variation of summertime stationary eddies. *J. Climate*, 6, 2263-2277.
- Gill, A. E., 1980：Some simple solutions for heat-induced tropical circulation. *Quart. J. R. Met. Soc.*, 106, 447-462.
- Lau, K.-M. H. T. Wu, and S. Bony, 1997：The role of large-scale atmospheric circulation in the relationship between tropical convection and sea surface temperature. *J. Climate*, 10, 381-392.
- Lau, K.-M. and H. Weng, 2002：Recurrent teleconnection patterns linking summertime precipitation variability over East Asia and north America. *J. Meteor. Soc. Japan*, 80, 1309-1324.
- Lu, R. and B. Dong, 2001：Westward extension of north pacific subtropical high in summer. *J. Meteor. Soc. Japan*, 79, 1229-1241.
- Matsuno, T., 1966：quasi-geostrophic motions in the equatorial area. *J. Meteor. Soc. Japan*, 44, 25-42.
- Nitta, T., 1987：Convective activities in the tropical western Pacific and their impacts on the Northern Hemisphere summer circulation. *J. Meteor. Soc. Japan*, 65, 373-390.
- Palmer, T. N., and D. L. T. Anderson, 1994：The prospects for seasonal forecasting a review paper. *Quart. J. R. Met. Soc.*, 120, 755-793.
- Reynolds, R. W. and T. M. Smith, 1994：Improved global sea surface temperature analysis using optimum interpolation. *J. Climate*, 7, 929-948.
- 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.
- White, G. H., 1982：an observation study of the Northern Hemispheric extratropical summer-time general circulations. *J. Atmos. Sci.*, 39, 24-40.
- Wu, R. and B. Wang, 2000：Interannual variability of summer monsoon onset over the Western North pacific and the underlying processes. *J. Climate*, 13, 2483-2501.
- Xie, P., and P. A. Arkin, 1997：Global precipitation: A 17-year monthly analysis based on gauge observations, satellite estimates, and numerical outputs. *Bull. AMER. Meteor. Soc.*, 78, 2539-2558.