

北半球冬季遙相關系統及東亞夏季季風研究之回顧

王作臺¹ 許晃雄²

¹ 中央大學大氣科學系

² 台灣大學大氣科學系

(中華民國八十三年十一月八日收稿；中華民國八十四年六月八日定稿)

摘 要

本文主要的目的，是對於過去數十年來，有關氣候及短期氣候變化的研究，尤其是針對此變化對東亞及台灣地區之影響做一概括性的回顧。本篇將著重下列二個方向，即對北半球冬季遙相關之研究及東亞夏季季風之問題作一回顧。由全球尺度的觀點來描述短期氣候變化的特徵，以遙相關之形式來做探討，並討論其受大尺度作用力異常變化（包含熱帶海溫）影響的情況。同時，在全球尺度影響之下，東亞地區短期氣候變化的狀況包括環流，雨量等變數之特性。同時，也將針對東亞梅雨季之年際變化特性做具體之討論。

關鍵詞：遙相關、低頻擾動、梅雨、夏季季風、環流特徵

一、前 言

大氣環流變化涵蓋的時間及空間尺度十分寬廣。時間尺度從幾億年到幾小時，甚至更短的時間尺度。空間尺度從上萬公里的行星尺度，到3、4千公里的天氣尺度，到數十、數百公里的中尺度，到更小的亂流尺度。有趣的是，大氣變化既不具白噪特性(white noise；即在每一頻率具等量變異量)，也不具紅噪特性(red noise；即越低頻變異量越大)，而是選擇性地在某些時間及空間尺度具較大的變異量。

自從20世紀初，Bjerknes等人意識到渦流(eddy)的重要性，氣象學者逐漸以尺度的觀念來分析大氣變化。目前，在所有尺度之中，我們對3~4千公里，3~7天週期的天氣尺度現象了解最透徹。而對較長週期擾動的了解，在過去的二十多年，有明顯的進展，同時，也了解到海洋與大氣系統的交互作用，是造成區域性短期氣候變化的主要作用力之一。此交互作用最明顯的顯示，可由El-Niño-Southern Oscillation (ENSO) (Rasmusson and Carpenter, 1982)的現象來說明，ENSO的現象，基本上就是大區域的海溫／氣壓／風域之異常，而此在中太平洋地區性的

異常，對其他地區也產生了作用，使得中高緯度地區受到影響，同樣的，這些熱帶的作用力，顯然也對東亞地區的氣候產生了一定的影響。

亞洲季風是大氣科學研究上的一個重要課題，伴隨季風而帶來的雨量及其年際間的變化對佔有世界人口60%的亞洲地區的農業，社會生活及經濟狀況有莫大之影響。長期以來，了解季風的結構及嘗試去做季風的預報，一直是此地區科研工作人員努力的一個方向。而這些年的研究，也更具體的指出了亞洲季風包含了二個大的系統，即東亞季風及印度季風，同時，亞洲季風並不全然是一個局部地區的現象，而是大尺度或是行星尺度系統的一個部份，因此季風強度的年際變化，很顯然的會受到其他地區變化的影響，由上述之聖嬰-南方擾動的事件(ENSO)中吾人就清楚的了解了此種遙相關性及熱帶地區與中緯度地區相互作用的事實。

台灣地區位於歐亞大陸與太平洋交界地區，又位於中、低緯度過渡之副熱帶地區，其天氣與氣候的變化受到獨特的大尺度季風環流所控制（即東亞季風系統）。東亞季風之現象，可謂是一個包含了熱帶影響，中低緯度交互作用，鋒面與對流之影響及不同的年際變化等多重時間與空間尺度之影響，是一個兼具地區性與國際性之重要科學問題(Lau and Li, 1984)。

基於此，吾人想對於過去數十年來，有關氣候及短期氣候變化的研究，尤其是針對此變化對東亞及台灣地區之影響做一概括性的回顧。由於此問題涵蓋甚廣，因此本篇回顧的論文將著重下列二個方向，即北半球冬季遙相關之研究及東亞夏季季風之問題作一回顧。希望由全球尺度的觀點來描述短期氣候變化的特徵，以遙相關之形式來做探討。並討論其受大尺度作用力異常變化（包含熱帶海溫）影響的情形，同時，在上述全球尺度影響之下，東亞地區短期氣候變化的狀況包括環流，雨量等變數之特性。同時，也將針對東亞不同梅雨季之特性做具體之討論。

二、大氣遙相關特性

此部份要討論的短期氣候變化及大氣低頻變化，涵蓋的時間尺度大於綜觀天氣尺度，但小於旬年際尺度(interdecadal scale)。有關大氣低頻率變化的資料分析結果及相關理論，讀者可參考Branstator et al. (1987)編輯的NCAR夏季演講系列文稿，共計三冊，分別涵蓋觀測、線性理論及非線性理論。Pandolfo (1993)則對中緯低頻季內變化(intraseasonal variability)也有詳細的論文回顧與討論。由於Wallace和Hoskins等人在Branstator et al. (1987)所編的文輯中對大氣低頻變化已有詳細的討論，本部份之回顧，將只針對北半球遙相關(teleconnection)研究近十幾年的發展，及其對了解大氣低頻變化的貢獻，作一簡單的整理與說明，並指出其對東亞地區短期氣候的可能影響。

大氣變化的能譜分佈雖然在特定頻率呈現較大值，其整體變化還是比較類似紅噪能譜。圖1a是北半球300hPa高度場變異量分佈圖。最大變異量發生在北太平洋、北大西洋、及歐亞大陸北方，其分佈呈東西走向。平均而言，變異量由南往北遞增，東西方向梯度在中緯度地區較大，在副熱帶地區甚小。如果將資料分成高頻(周期在2.5~6天，即天氣尺度)及低頻(周期大於10天)，兩部份，其分佈狀況如圖1b, 1c所示，低頻及高頻變異量分佈類似總變異量分佈，最

大值發生在前述三個地區。但是，低頻變異量約為高頻變異量的二倍，顯示大氣大部份變化發生在較低頻波段。若要充分了解大氣變化，大氣低頻變化研究顯然不可或缺。

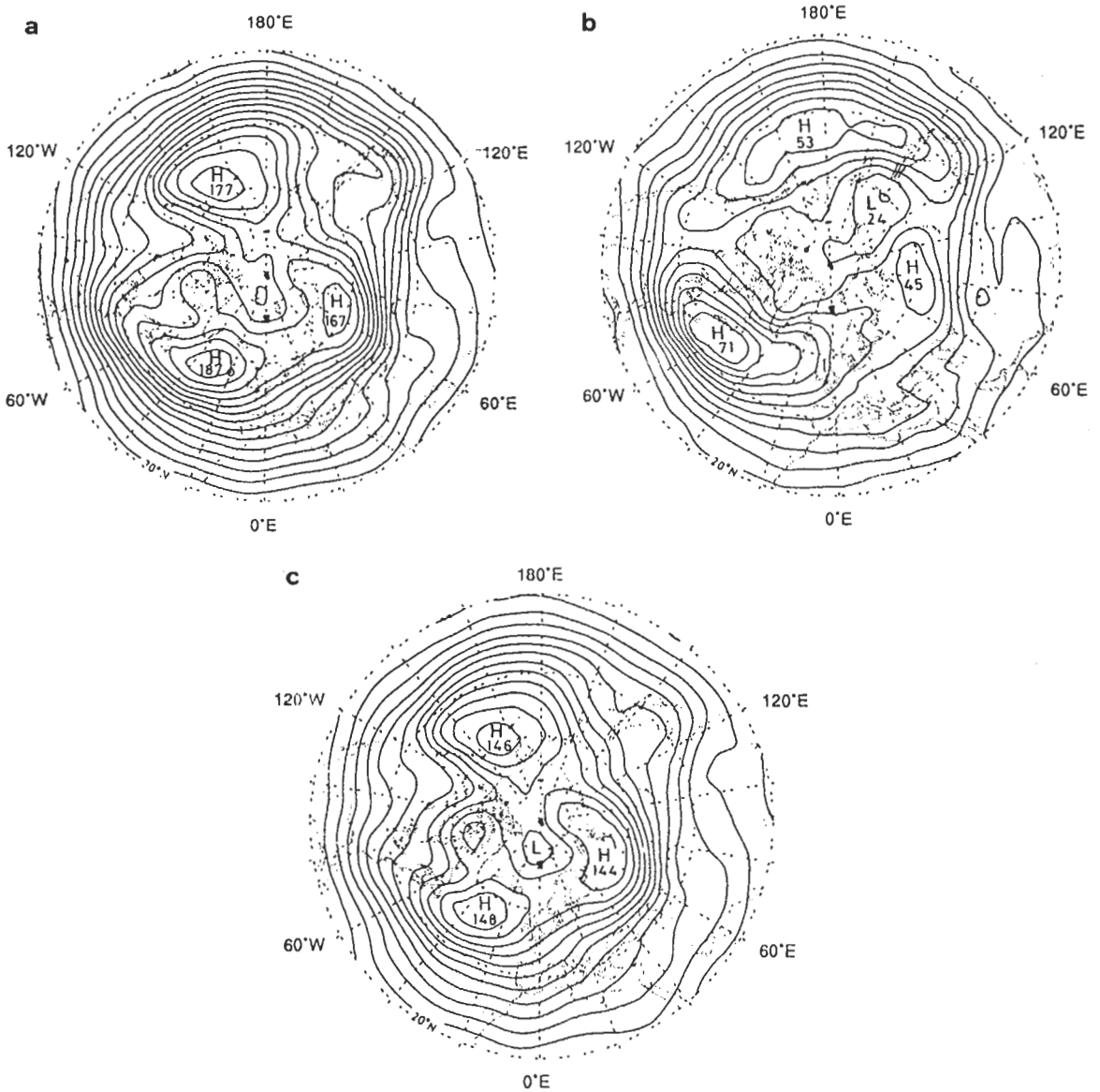


圖1 北半球冬季300 hPa高度場標準差分佈圖。(a)全部之標準差，(b)為高頻之標準差(週期在2.5天與6天之間)。(c)為低頻之標準差(週期大於10天)。等值線為10m。(取自Wallace and Blackmon,1983)。

Lorenz (1955)將大氣環流分成緯向平均(zonal mean)及渦流(eddy)兩個分量，分別探討它們的特性及二分量間的交互作用。氣象學者，如Saltzman (1957)，進一步將渦流細分成傅立葉波數分量，探討不同緯向尺度的波動及緯向平均場彼此之間的交互作用。理論方面，Rossby (1939)將渦度方程以緯向傅立葉波展開，解出著名而且影響深遠的羅士培波(Rossby wave)，並發現Rossby wave與天氣圖上之槽脊變化有類似之處。由於緯向的連續性，沒有邊界問題，十分適合

以傅立葉級數展開，以緯向平均及波動的思考模式逐漸發展成熟，形成一套有系統的大氣環流研究方法，主宰了1960~1970年代大氣低頻變化研究。由於只考慮緯向波動，大氣環流可分成西移、東移及駐留三分量，其各別的能譜分佈如圖2所示。在 $40^{\circ}\text{N} \sim 60^{\circ}\text{N}$ 之間，西移分量能譜集中於緯向波數2~4，周期10~40天的波動，屬於季內時間尺度。日後，學者發現這類西移波動可能是存在於大氣中的自由羅士培波，是大氣正模結構的一部份(如: Madden & Speth, 1989; Branstator, 1987)。東移分量能譜則集中於波數5~7，周期3~20天。其中較高頻部分屬於天氣系統，具有斜壓波的特性；較低頻部分是大氣低頻變化的一部份，具有相當正壓羅士培波的特性。駐留波分量能譜則集中於波數2~4，周期大於20天。

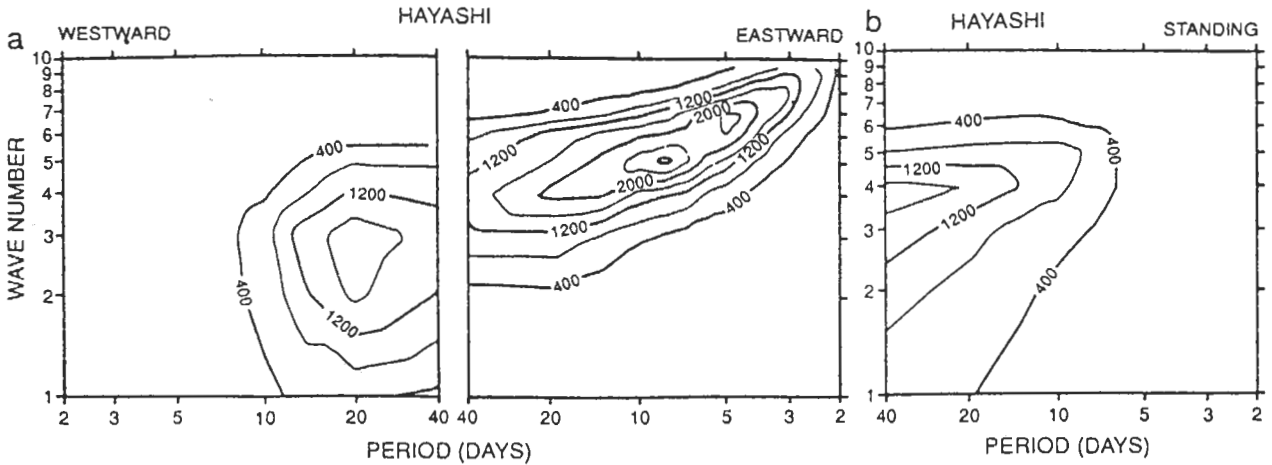


圖2 北半球500 hPa面上， $40^{\circ}\text{N} \sim 60^{\circ}\text{N}$ 平均之重力位的波譜密度分佈和週期及波數之關係。(a)向東及向西傳送波之變異量，(b)滯留波的變異量。單位是 m^2 ，等值線是($\sim 400\text{m}^2$)。(取自Hansen等,1989)。

直至1980年代初，氣象學者多從緯向波動的角度探索大氣低頻變化。但是，從日趨完整的全球資料分析，學者發現大氣環流變化具有明顯的南北向分量，而且無法以緯向波動資料分析方法及理論加以詮釋。Wallace & Hsu (1983)從500hPa高度場求得北緯 50° ，緯向波數2波動振幅的時間序列，再進一步計算該時間序列與北半球每一點500hPa高度時間序列之間的延時相關。如果緯向波動主宰大氣低頻變化，結果應顯示波數2之波動，保持完整之結構，向西或向東移行，或者呈駐留狀態。他們的計算結果顯示完整的波數2結構只存在於瞬時相關圖。五天之後，波數2結構已不明顯，取而代之的是一具有明顯南北分量的二維波動結構，空間分佈類似太平洋/北美遙相關型式(PNA，即Pacific/North America Pattern；圖3)。

Wallace & Gutzler (1981)利用冬季月平均海平面氣壓及500hPa高度場進行相關係數的統計分析，發現北半球存在著某些大尺度環流結構，其對大氣低頻變化的影響特別顯著。這些結構呈現駐留狀態，而且只存在某些特定區域。由於這些結構顯示遙遠兩地的大氣變化有極佳的統計相關性，因此稱為遙相關型式(teleconnection pattern)。圖3是海平面氣壓及500 hPa高度場的遙相關性(teleconnectivity)，描述的是在北半球兩地之間大氣低頻變化相關性最強的區域。圖3a顯示最強的海平面氣壓遙相關型式發生在太平洋及大西洋，皆呈現南北偶極結構，分別與北太平洋振盪(Rogers, 1981)及北大西洋振盪(van Loon & Rogers, 1978)有關。位於西太平洋的偶極

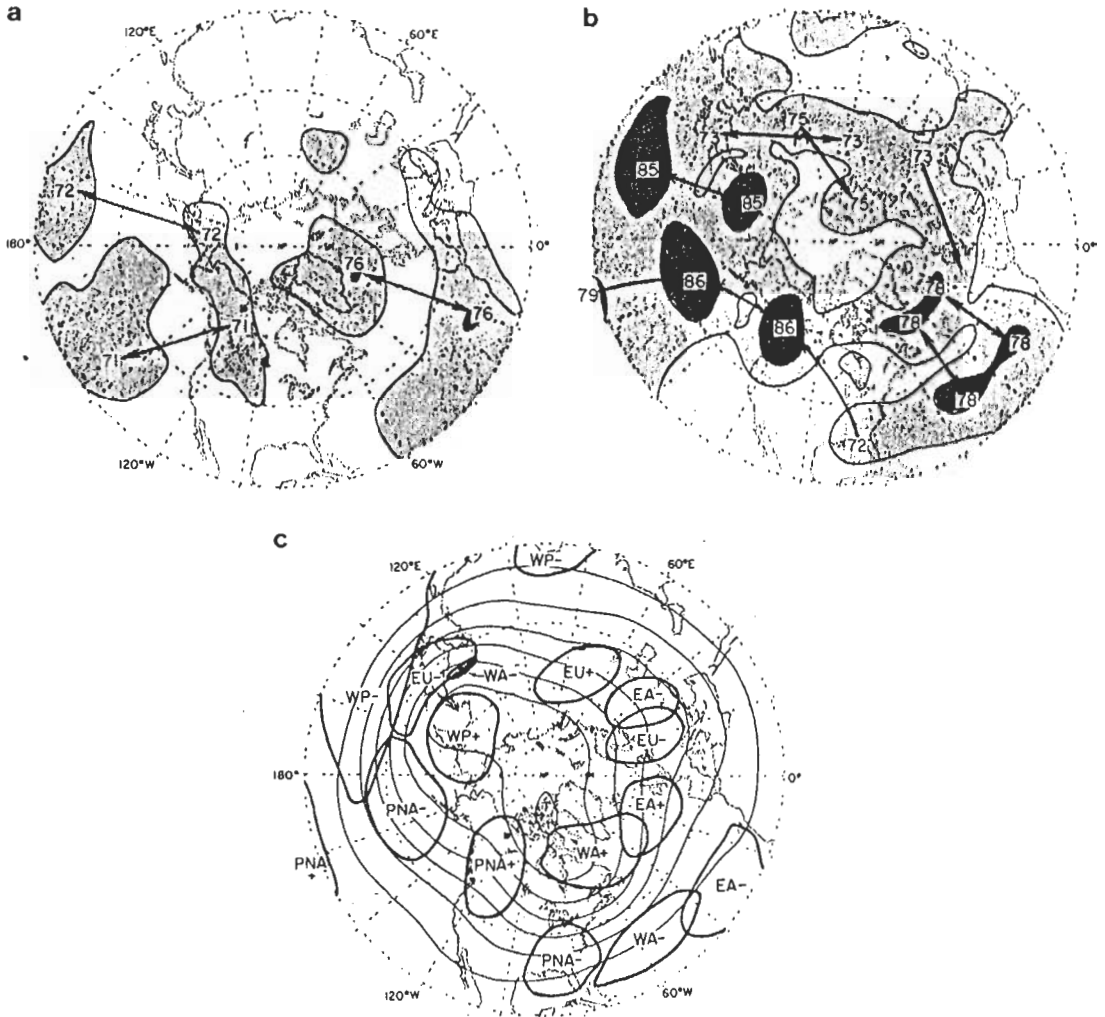


圖3 遙相關之分佈圖，(a)海平面、(b) 500 hPa、(c) 500 hPa 主要之遙相關分佈。(取自 Wallace 和 Gutzler, 1981)。

結構繪於圖4，其正負相關係數區域皆呈現東西向拉長的結構，在北緯45°附近南北梯度最強。此型式顯然會影響西太平洋噴流區的低層風場、阿留申低壓及副熱帶高壓強度，因此對東北亞及西北太平洋短期氣候變化有相當的影響。500hPa遙相關型式比低層結構複雜(圖3b, 3c)，除了洋面上的南北偶極結構，另有波狀多中心結構。Wallace & Gutzler (1981)將之歸類為五個遙相關型式: 太平洋/北美型式(PNA)，西大西洋型式(WA)，東大西洋型式(EA)，西太平洋型式(WP)及歐亞型式(EU)。其中東、西大西洋型式、西太平洋型式與海平面氣壓的遙相關型式屬於同一系統。這些遙相關型式在700hPa以上結構皆非常類似，但呈現些許向西傾斜的現象。簡而言之，這些系統具有類似相當正壓的垂直結構。五大型式中的歐亞型式(圖5)呈現波狀結構，由歐洲延伸至西北太平洋，對東亞主槽的強弱及位置有調變作用(modulation)。吳等(1990)發現歐亞型式影響台灣地區冬季平均溫度。冷冬時，歐亞型式相位與圖5相反；但暖冬時，歐亞型式相位不明顯。

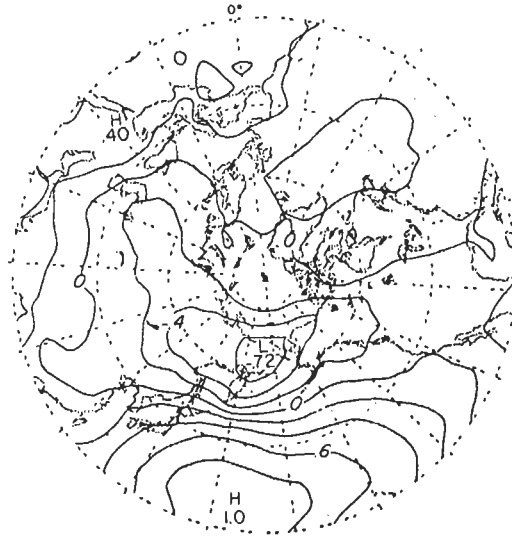


圖4 北太西洋振盪之遙相關結構。(取自 Wallace 和 Gutzler, 1981)。

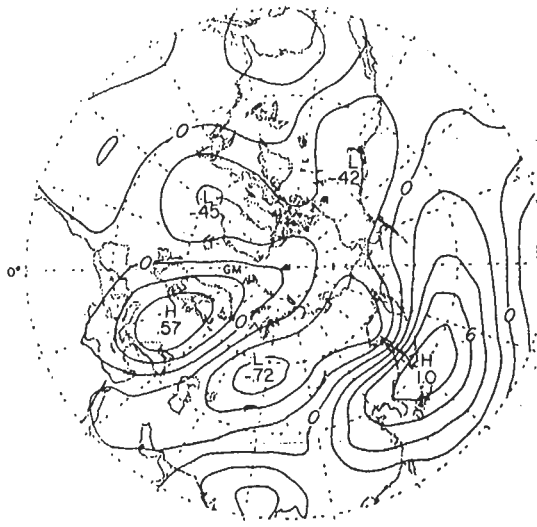


圖5 500 hPa 遙相關型式中的歐亞(EU)型式。(取自 Wallace 和 Gutzler, 1981)。

Wallace & Gutzler (1981) 依據月平均資料定義的遙相關型式，因此這些遙相關型式隨時間演變並無太大變化，每一中心只是慢慢增強，然後慢慢減弱。Blackmon et al. (1984a, b) 進一步將資料分為長周期(> 30天)、中周期(10 ~ 30天)及短周期(2.5 ~ 6天)，分析個別周期的遙相關性。他們發現長周期部份的遙相關性與 Wallace & Gutzler (1981) 結果相似。中周期的遙相關型式皆呈波列結構，而且較無固定的發生區域。最大不同點是中周期遙相關型式隨時間演變有明顯的變化。它們的中心仍呈現駐留狀態，但是最大振幅最初出現在波列結構的西半段，然後沿著波列結構逐漸移至東半段。我們可由中周期歐亞型式的時間演變清楚的看到此一現象(圖6)。Hoskins & Karoly (1981) 探討羅士培波在球面上的特性。他們的理論推導及數值計算，指出在超旋轉的基本場中，球面的羅士培波呈現相位駐留，但是能量沿大圓路徑傳送。此一特性

與中周期遙相關型式特性十分吻合。顯然，部份大氣低頻運動可藉由球面羅士培波將訊息很快的由一地區傳至遙遠的另一地區。圖6顯示在4天之內最大的振幅已由東歐傳至東北亞，其傳送速率不比天氣尺度慢。

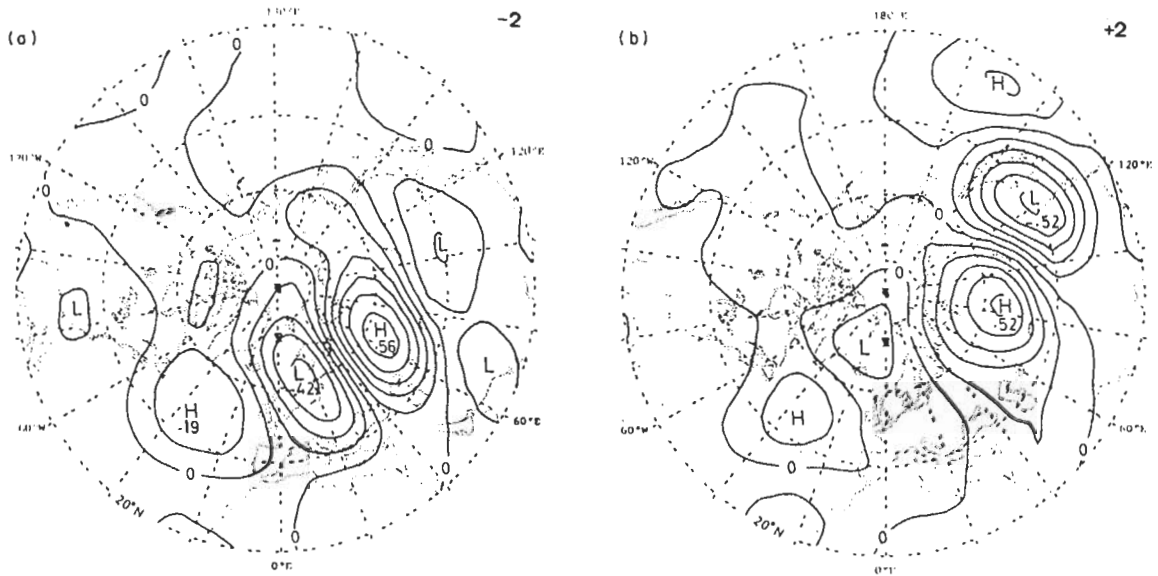


圖6 歐亞型式在四天之內移動狀態。(取自 Wallace and Blackmon, 1983)。

如前所述，長中周期遙相關型式在700hPa以上，具有相當正壓的垂直結構。Hsu & Wallace (1985) 利用旋轉主分量分析(rotated principal component analysis) 探討遙相關型式的垂直結構，發現在洋區遙相關型式具有相當正壓結構，但是在主要山脈附近(尤其是東側)，遙相關型式在低層大層具有強斜壓性，而且海平面氣壓型式的空間尺度比500hPa型式大許多。圖7a、7b是第2主分量的海平面及500hPa型式的空間結構。海平面型式具單胞結構涵蓋整個東北亞，500hPa型式則具有波列結構，由中國中部橫跨北太平洋到美國西岸。此一型的正相位盛行時，西伯利亞高壓強盛，強東北風由鄂霍次克海延伸至台灣附近，上空則伴隨加深之東亞主槽。此種環流配置，使東亞地區溫度劇降。在負相位時，情況與上述相反：西伯利亞高壓、東北風、東亞之槽脊皆變弱，東亞地區處於暖期。

圖7c、7d描述上述海平面氣壓遙相關型式的時間演變，分別發生於比圖7a早5天及晚5天。高壓距平首先出現在西伯利亞，在10天之內，循著南北向路徑，中心南移至黃海附近，其前緣則已到達南海。相反的，500hPa型式近似駐留，並未出現南北位移現象，而是以類似羅士培波頻散的方式，在下游生成新的波列結構。遙相關型式在低對流層及中、高對流層的演變方式，顯然是受不同機制的影響。Hsu & Wallace (1985), Hsu (1987) 認為山脈附近的地形分佈產生相當 β 效應(equivalent β effect)，形成地形羅士培波波導，導引高、低壓距平沿山脈東側向南快速移動。Hsu (1987) 發現青康藏高原、落磯山脈及格陵蘭附近皆具波導效應，其不僅影響中、低頻遙相關型式，也影響高頻擾動。不同的機制影響低對流層及中、高對流層遙相關型式的時間演化，導至山脈附近低層大氣環流的斜壓結構。圖8是Hsu (1987) 歸納出之北半球山脈波導的位置及傳播方向。

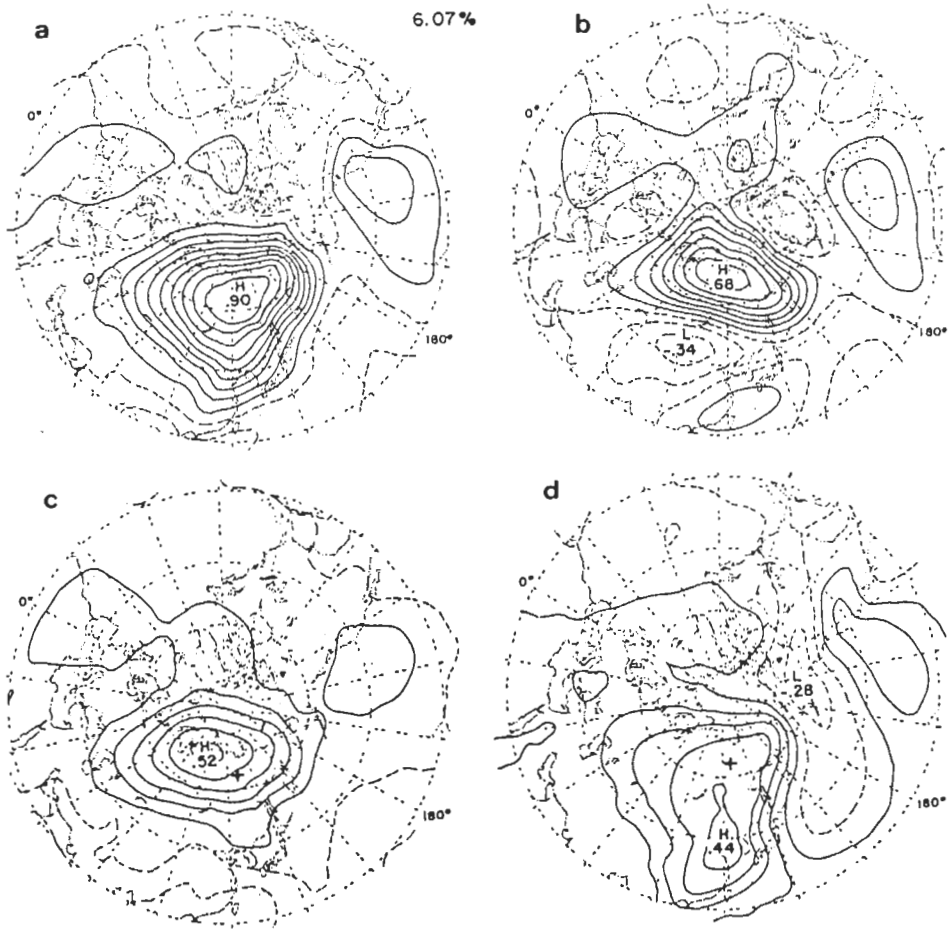


圖7 以旋轉主分量分析所得的第2主分量在(a)海平面、(b) 500 hPa面上的空間結構，(c)比(a)早5天之海平面型式及(d)晚5天之海平面型式。(取自 Hsu 和 Wallace, 1985)。

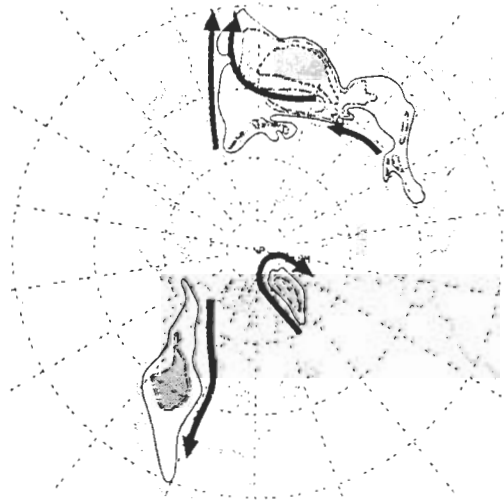


圖8 北半球觀測到的山脈波導方向及位置。(取自 Hsu, 1987)。

上述研究都採用高度場探索大氣遙相關特性。但是高度場在低緯度變異量很小，因此變化不明顯，而且無法如在中緯度與環流場之間有明顯的相關(比如準地轉關係)。因此，若要探討中、低緯之間的遙相關型式，必須採用與環流有直接關係的變數，如：渦度、流函數、輻散及速度位等。即使在低緯度，大尺度環流的旋轉風仍大於輻散風，因此採用旋轉分量可以掌握最明顯的環流特徵。Hsu & Lin (1992)利用12月至2月，250hPa流函數場，研究長周期及中周期的全球遙相關特性。他們發現最主要的長周期遙相關型式是一個具全球尺度的結構(圖9a)，顯示不只中、高緯之間有遙相關，南北球之間的遙相關也相當強。此型式的主要結構橫跨南亞至中太平洋，對東亞氣候可能有相當的影響，惟二者之間的關係尙待進一步探討。中周期遙相關型式則具明顯的時間演變，其特徵類似球面羅士培波。Hsu & Lin (1992)歸納的波動傳播路徑繪於圖9b。他們也同時發現這些路徑與由理論推導出的羅士培波波導位置十分吻合。Hoskins & Ambrizzi (1993)也從理論、數值模擬證實Hsu & Lin (1992)的研究結果。最近Ambrizzi et al. (1994)進一步證實類似的特性也存在於6月至8月的大氣之中。圖9b中，在北半球副熱帶有一東西走向橫跨歐亞大陸至西太平洋的波導，其位置與噴流位置一致。噴流中心的南北渦度梯度遠大於南北側大氣的渦度梯度，因此形成了羅士培波波導。發生於歐洲的大氣擾動可透過此一波導在幾天之內將訊息傳至東亞，影響東亞及台灣附近的天氣。此波導與東亞及台灣附近天氣的變化之間的關係，值得進一步探討。

Hsu (1994)研究高對流層流函數場的年際變化，發現主要遙相關型式具有緯向對稱特性。圖10a顯示此型式的南北半球相位相反。赤道附近的強梯度顯示該型式伴隨明顯的緯向旋轉風的變化。當此型式呈現如圖10a的相位時，東太平洋熱帶對流加強，西太平洋熱帶對流減弱；當它呈反相位時(即北半球為正，南半球為負)，東太平洋熱帶對流減弱，西太平洋熱帶對流加強。此一特性與ENSO相似。圖10b是伴隨圖10a的1000 hPa高度場型式。它們的關係，顯示在艾尼紐年的冬季，西太平洋高壓較強，而東亞地區的東北季風較弱。

研究大氣的遙相關特性，讓我們了解影響大氣低頻變化的主要環流結構及其演變過程。遙相關型式的存在，也讓我們了解大氣中任何遙遠二地之間的天氣及氣候變化皆可能有關聯。由上述論文回顧及討論，我們也發現某些遙相關型式可能影響東亞及台灣附近的天氣與短期氣候。若能了解它們之間的互動關係，相信對了解東亞及台灣的天氣及氣候變化有實質的幫助。由於本地區的季風問題，是相當重要的一個研究課題，因此吾人在遙相關空間分佈特性的架構下，來分析東亞夏季季風氣候特徵與變化。

三、東亞夏季季風氣候特徵與變化

由上一節的說明及其他的研究結果可知(如Wallace和Gutzler, 1981; Horel和Wallace, 1981, 及其他)，有一PNA的波型擾動，且在熱帶中太平洋海溫異常時會被激發加強，而造成了阿留申群島，美國及加拿大西部、美國東南部等地區的短期氣候異常。Nitta (1987)的研究，也指出東西太平洋海溫的變化所產生的波動(列)結構，對日本夏天的綜觀天氣型態有明顯的影響，有鑑於熱帶海溫及其他大尺度系統的變動，有如此大的作用，則此作用力對東亞梅雨期天氣及氣候型態的影響(或是冬季季風型態)又是如何呢?這是吾人探討區域性短期氣候變化感到有興

趣的，此問題涵蓋甚廣，無法針對各個現象去作具體描述，因此這一節就將針對東亞夏季季風問題做一說明，同時在進入討論區域性短期氣候異常之前，先對東亞梅雨期系統之各種特徵，變化做一簡要的說明。

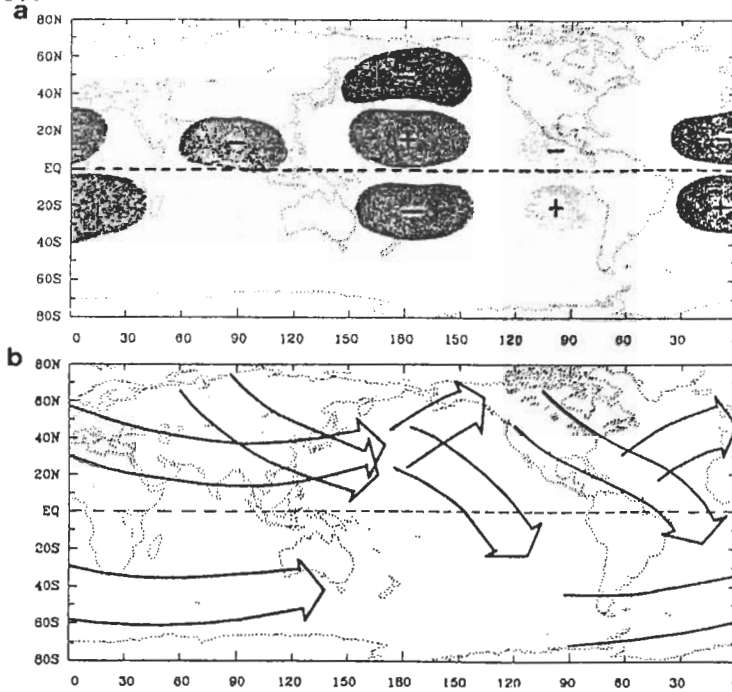


圖 9 (a) 250 hPa 流函數長週期擾動部份之遙相關分佈的示意圖，(b) 則為中週期擾動的七個波導位置及方向的示意圖。(取自 Hsu 和 Lin, 1992)。

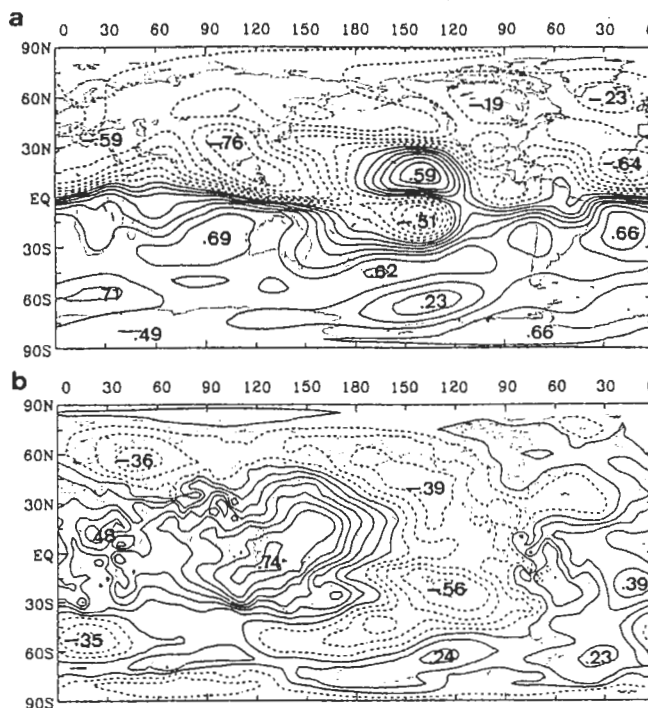


圖 10 (a) 200 hPa 流函數場的第一個奇向量(singular vector)，(b) 和(a)同時的 1000 hPa 高度場特性。(取自 Hsu, 1994)。

(一)、東亞季風下梅雨系統之發展

東亞夏季季風的分量包括了南海和西太平洋的季風槽、 $100^{\circ}E$ 以東的越赤道流、澳洲冷高壓、西太平洋副熱帶高壓、上層南亞高壓及沿季風槽的對流活動、梅雨鋒區和中緯度的擾動(Tao and Chen, 1987)。同時，研究結果也指出，東亞夏季季風隨季節變化的間熱帶輻合區(ITCZ)的北移而造成季風之起始，其在不同地區的移動也有呈現跳躍式的移動，此移動和副熱帶高壓的北跳有關。台灣的梅雨季節和季風之起始期大約是在同一時間發生，並為季風系統的一部份，梅雨期伴隨的各種擾動為東亞地區春夏之間主要雨量來源，此期間的大氣對象包含了各種不同的尺度，陳(1988)在其著名的台灣梅雨研究的回顧中，明確的歸納了梅雨期內大尺度、中尺度內各現象之特徵，並對於各不同尺度的作用，都有了詳細的描述。He等(1987)及Yanai等(1992)研究1979年(FGGE年，First GARP Global Experiment)梅雨期之資料，其結果指出在五月中旬，南海地區($\sim 15^{\circ}N, 100^{\circ}E - 120^{\circ}E$) 850 hPa的風向會先有西南氣流之產生，阿拉伯海地區($\sim 15^{\circ}N, 50^{\circ}E - 70^{\circ}E$)，則在六月中旬才會有西南風之出現(如圖11)。他們認為五月中旬南海西南氣流之發生，為東亞季風之開始，六月中旬阿拉伯海西南風之出現，則為印度季風之開始。同時在東亞季風發生之時，高層200h hPa的環流(圖12)也顯現了南亞高原在五月中旬也有急遽北移之現象而使南海地區高層由原先的西風而轉為東風之狀況。

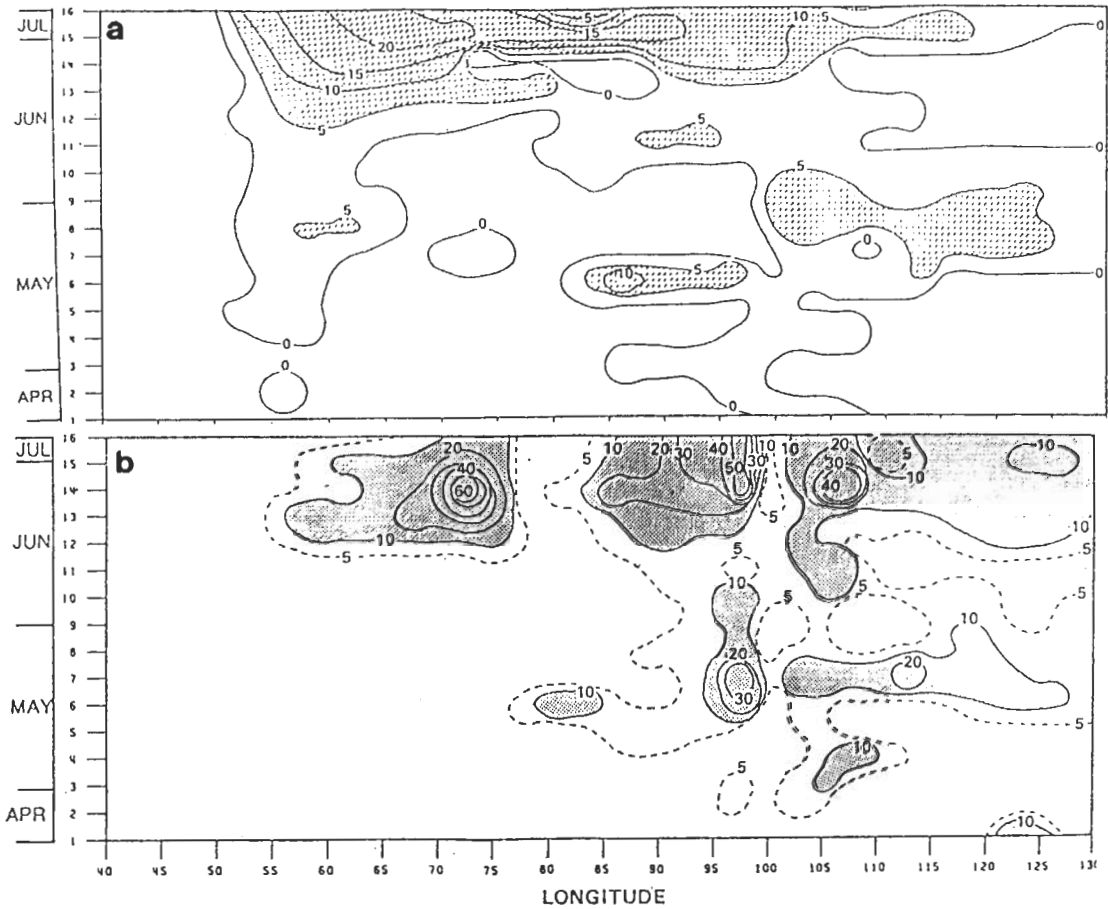


圖 11 沿著 $\sim 15^{\circ}N$ 的緯向分佈變化，(a) 為在 850 hPa 上的 5 日平均西南風風速，(b) 為 5 日平均的降雨量，單位是 mm/day。(取自 He 等, 1987)。

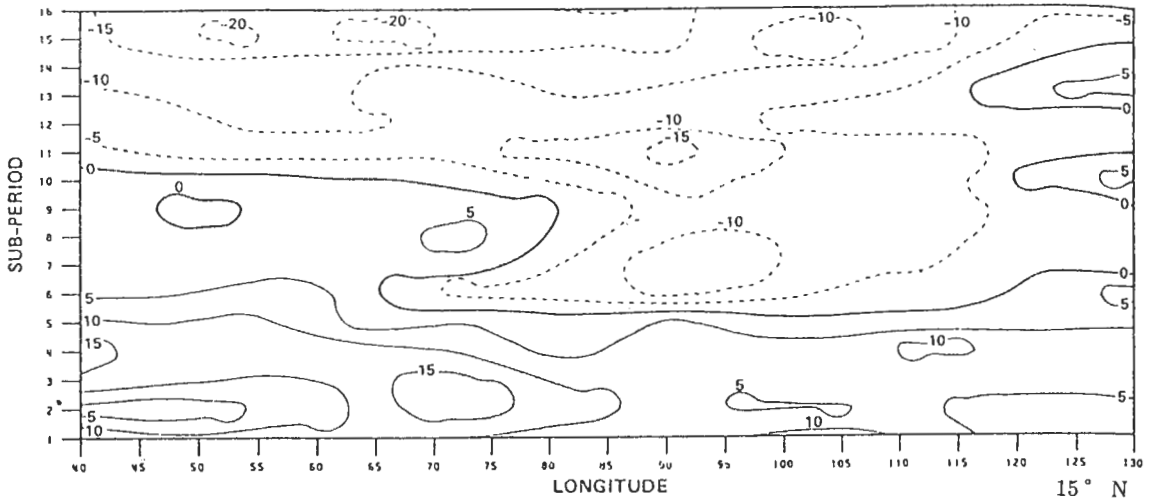


圖 12 和圖 11 相同，但為 200hPa 的 5 日平均東西向風場 (m/sec)。(取自 He 等, 1987)。

這些環流的急遽改變，都被認為是和青康藏高原之熱源隨季節演變逐漸加強而造成的影響。Yanai 等 (1992) 針對此熱源研究的結果指出，春末夏初，高原上空的暖空氣產生急速的增溫，首先導致高原東側 ($85^{\circ}E$ 以東) 溫度梯度逆轉 (南冷北暖，出現於 $5^{\circ}N$ 和 $32^{\circ}N$ 之間)，此熱力條件之改變，較支持下層西風及上層東風之結構，而造成高層高壓北移及風向的改變。而高原熱源的分佈，在其東西向也有明顯的不同，在春季，東側的增溫主要來自可感熱之貢獻，而在西側則是以凝結潛熱為主，非絕熱的影響相當的明顯，這是青藏熱源對東亞季風熱力上影響之狀況。此熱力之特性和對以由絕熱產生造成對印度季風之影響是非常不同的，對印度季風來說，在高原西側及伊朗、阿富汗等地因下沉氣流產生的絕熱增溫是主要的作用力。因此青康藏高原之熱力角色，是為人肯定的，另外，也有一些學者探討青藏及歐亞大陸雪量之多寡和印度季風雨量之關係。Hahn and Shukla (1976) 的研究支持此二現象為反相關的推論，同時初步的大氣環流模式研究 (Barnett 等, 1989; Yasunari 等, 1991) 也支持此推論，但 Zwiers (1993) 以 58 年的模式模擬資料做統計的整合分析的研究都指出這種雪量多寡和季風雨量之關係是非常微弱的。這一些結果顯示了由雪量之多寡，造成地區可感熱增溫的加快或減緩趨勢，會影響上升氣流及引發其外圍下沉氣流建立的時間，而對季風區域之雨量多少造成了影響，上述的青藏與歐亞大陸雪量的研究，是和印度季風之雨量關係的探討，其和東亞季風之關係及該地區之雨量又將是有何種作用？則仍有待深入一步的評估。

(二)、年際變化的觀點

由年際變化的觀點來分析，則在上述的每年五月中前後南海地區下層西南風之起始，會受何種作用力之影響而使其提早或延遲其發生？或是在所謂的乾濕梅雨季時，則大尺度作用力的分佈又是何種狀況呢？陳等 (1991) 所合撰之東亞季風一書中已將大陸學者對東亞季風個尺度之研究，作了較詳盡之說明，但其對有關前汛期及台灣地區學者所做之分析，則較少觸及。因此此節將以本地區學者之觀點為主來作討論。

陳(1987)指出500 hPa台灣梅雨期乾濕梅雨之平均環流特徵，認為500hPa副高異常的發展，高壓脊通過台灣或鄰近海面，青藏高原熱低壓偏南，是乾梅的特徵，而較晚及較弱往東的發展則傾向於是濕梅的特徵。許與王(1990)的研究也發現，以500 hPa副高壓做指數與台灣地區雨量之相關係數為0.6，這意味著副高之位置不是唯一的作用力，仍有其他主要作用力會影響梅雨系統的異常發展。

許與王(1990)的探討也指出了在乾濕年中，低頻擾動波段擁有的變異數可達60%，而在正常年中，同波段的貢獻會有16%，因此，低頻擾動及其伴隨的不同相位，對台灣及東亞地區梅雨期雨量之多寡，有明確的影響。Krishnamurti等(1992)用相同的推論去探討季風期間長期預報的問題，他們認為在一具有低頻擾動的初始場上做預報，其有效時間可以增長許多。

上述有關環流條件在不同梅雨季的分佈狀況，都是以台灣地區之梅雨期雨量做為指標所分析的結果。但如以江淮流域的雨量狀況來分析，則略顯不同，1980年為台灣的空梅年，但該年江淮的梅雨期夏季雨量非常大(蔣，1994;陶與徐，1994)，明顯的和台灣地區梅雨期雨量(5月6月期間)呈反相位之關係，但在1976年則台灣地區及江淮地區則皆為較乾的梅雨季，這種地區性的一致及差異的特性，受何種因素的影響?仍有待進一步的探討。

Lau(1992)研究東亞夏季風雨量的變異狀態及其與氣候遙相關型態的關係，該研究指出了東亞季風之降水，是屬於全球降水的一部份，同時，此東亞季風之系統也包含了多種週期的擾動，由30-60天的低頻到準二年的振盪型式，都影響了東亞夏季風之出現的頻率，而東亞的擾動透過波動的傳送也有可能對北美地區造成影響。因此以此角度來探討東亞夏季風的變化狀況，是比較能具體的掌握問題的特性。

Peng and Lau(1992)以SVD方法(Bretherton等, 1992)分析東亞高層環流與外逸長波輻射的空間結構特性時發現，在其主要的前三個模(Mode)中，在東亞地區其空間特性分別有下列三種結構，(1)為均勻分佈，(2)南北向反對稱，(3)東西向反對稱。從上述說明中有關台灣地區雨量與江淮地區雨量有時同相位有時反相位之關係，和此反對稱模之特性，有一些關連，但具體的為何其他Mode在某些特別的年份被激發出來；或是扮演較主要的角色，這也是值得再進一步研究的課題。

王等(1992)探討之結果發現，乾濕梅雨代表年間明顯地存在環流特性上的差異。此差異性可以示意圖圖13來做一總括地說明。濕梅年梅雨期間，東亞高層噴流的位置呈現比乾梅年偏南態勢，且在其走向方面也發現濕梅年呈西北往東南走向於台灣以西部份。西南往東北走向於台灣以東部份。如此的走向乃有利於北來和南來系統在東亞地區集中，相對地於乾梅年並沒有如此明顯走向存在，因此較不利於南北而來系統之發展。而高層噴流位置與走向於乾濕梅年的明顯不同，可能是受到鄂霍次克海阻塞高壓在梅雨期間之有否存在的影響。在濕梅年有此阻高之形成，使得北方的乾冷系統有利向東亞地區發展，相對地乾梅年梅雨期間就沒有此高壓的存在。(南亞高壓強度與位置若與西太平洋副高適當地配置可能對西南氣流有很大的影響。當南亞高壓於梅雨期間位置較為偏東，偏南情形若再配合西太平洋副高向西，向北明顯發展下，將迫使來自於西南氣流無法向東亞地區做一較有組織性地發展。相對地，濕梅年則由於南亞高壓在梅雨期間呈現較強態勢，使得其向西北發展得較乾梅年來得明顯，此時副高又呈現弱勢之配合下

使得來自孟加拉灣一帶西南氣流所帶來的水汽，能足夠地向東亞地區供應。若經上述各系統的配合下將造成濕梅年於台灣地區積雲發展得較強，與乾梅年於台灣地區積雲發展得較弱態勢，此一明顯不同的積雲發展態勢，將直接影到台灣及東亞地區梅雨期間之降水分佈。藉此示意圖對各層環流系統探討後，發現梅雨期間高層環流（高層噴流，鄂霍次克海阻塞高壓與南亞高壓）演化對低層大氣（東亞，台灣地區水汽梯度），與中層大氣（西太平洋副熱帶高壓的發展）均有頗為明顯地影響。從低層一直向上延伸到高層，整個大氣環流之分佈情形，乾濕梅年有著極為明顯的差異。若能針對更多個案年來討論，則梅雨期間深厚大氣環流分佈情形的不同，乃有助於乾濕梅雨季節特性上的了解。

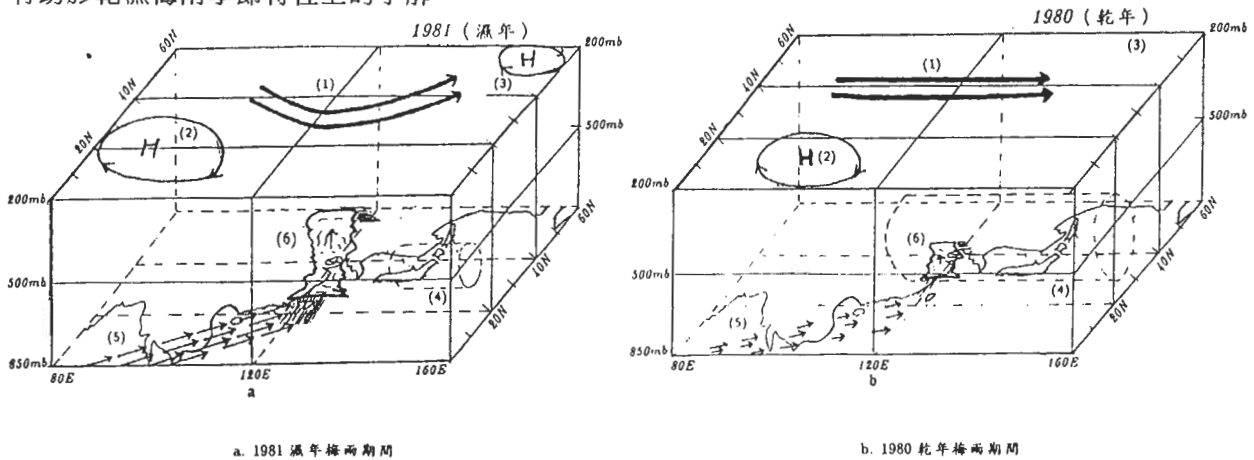


圖 13 台灣地區梅雨期間乾濕年時高低層之環流變化示意圖(取自王等,1992)。

另外熱帶海溫的變動到東亞地區的天氣及氣候之影響又是如何的一種狀況? Nitta (1987) 分析菲律賓東方的西太平洋海溫變動的問題，指出了該地海溫之異常增暖會激發一波列結構，此結構在日本地區是有使高層高壓加強的作用導致日本地區夏季之乾旱，同時Nitta更認為此波列最終也會影響到北美的天氣及氣候(圖14)。Palmer and Brankovic (1989)認為美國中西部1988年的乾旱，和東太平洋冷區的海溫異常有正面的關係，這些也說明熱帶與中緯度之交互作用及對東亞地區之影響。

Huang and Sun (1992)研究熱帶西太平洋對流變化對東亞夏季季風的影響，他們發現當熱帶西太平洋暖池的海表溫度和暖池次表層的海溫偏高，同時，在盛夏時菲律賓周圍到中南半島對流活動偏強，西太平洋副熱帶高壓的位置偏北，大陸的江淮流域，朝鮮半島和日本的降水偏少，相反的，當熱帶西太平洋暖池的海溫偏低，則在菲律賓周圍到中南半島偏弱，西太平洋副高位置偏西，且大陸的江淮降水偏多，而此結果可以圖15的示意圖來總結，此資料分析的結果說明了一種遙相關的形式存在於東亞及太平洋地區，對此現象的進一步了解和掌握，顯然是對東亞地區的中長期預報是有幫助的。李(1993)探討了東亞大槽活動與ENSO之關係，認為中緯度之活動有可能加強熱帶的對流活動，並促使低頻季內振蕩振幅之加強。Chen和Yen (1991)分析1979 FGGE年之夏季季風中、低緯度低頻振蕩傳播特性，發現熱帶熱源、大尺度之輻散環流、中緯度非輻散環流皆呈現首尾一貫之結構，因此認為在季內振蕩之週期下，熱帶與中緯度是有相當好的動力相關性。積極繼續研究低頻振蕩，並探討其與季風Onset之關係，對改善中長期預報是有非常大之幫助。

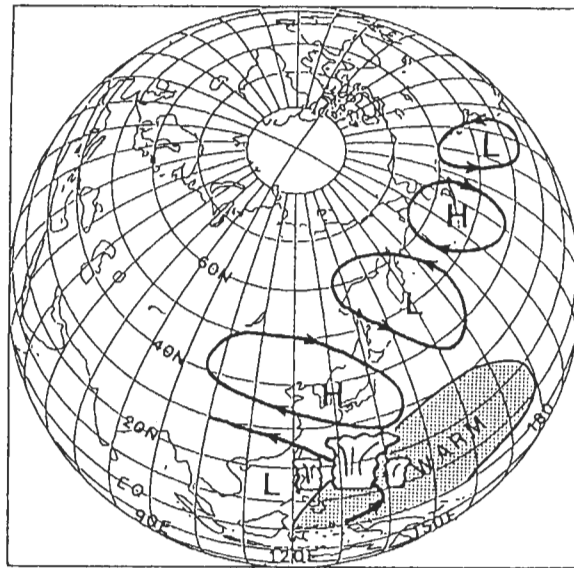


圖 14 西太平洋海溫變化造成的劇烈影響之示意圖 (取自 Nitta, 1987)。

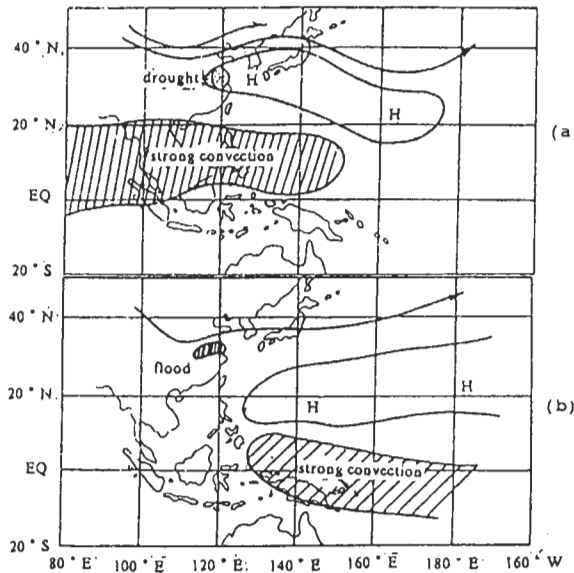


圖 15 西太平洋海溫變化及菲律賓附近對流強度和副高造成夏季季風雨量的劇烈影響之示意圖。(a)西太平洋暖的狀況,(b)西太平洋冷的狀況。(取自 Huang 和 Sun,1992)。

吳(1987)以統計分析來探討台灣梅雨與ENSO的關係,胡與王(1994)以EOF方法探討ENSO年後春台灣地區海溫與外逸長波輻射的空間結構特性指出台灣鄰近地區的海溫與中太平洋區的海溫是同相位,且外逸長波輻射在該期間也是有負偏差存在於台灣地區,因此他們也推論台灣地區在ENSO年後春季的大尺度條件有利於濕梅之發展,由衛星估算的地面雨量也支持了其為濕梅期之推論,但因其只分析了一個個案,是否此推論在其他個案仍成立,或是在有其他不同大尺度作用之下對此推論又將有何種之修飾,則有待更進一步之計算及研究。

在本節中，吾人對影響東亞地區的氣候系統的作用力做了一些簡短的說明，具體的來說，青藏高原熱源的狀況，南亞高壓建立之位置，太平洋副高之南北向季節性移動之緩急，熱帶太平洋上海溫之分佈，其異常的配置，都會對區域性的短期氣候變化有影響，掌握到何種因素對上述作用力的異常變化有主導的作用則又增進本地區長期預報的能力，將有很大之助益。

四、結論

本文主要的目的，是對於過去數十年來，有關氣候及短期氣候變化的研究，尤其是針對東亞及台灣地區做一概括性的回顧，並兼顧在全球尺度之異常下，區域性氣候所受的影響。由全球尺度的觀點來描述短期氣候變化的特徵，及其受大尺度作用力異常變化（包含熱帶海溫）影響的情形。在此影響之下，吾人討論了東亞地區短期氣候變化的狀況，包括環流、雨量等變數之時空特性。同時，也針對東亞梅雨季之年際變化特性做具體之討論。

因此，本文著重在全球尺度及東亞地區中短期氣候變化之動力上及環流上之特性分佈之回顧，吾人首先以全球尺度的觀點，回顧了一些重要的遙相關論文，了解了影響大氣低頻擾動變化的主要環流結構及其演變過程，同時此低頻擾動之特性也可透過波導的過程，對地區性之天氣和氣候有影響。而在此觀點下，吾人亦以東亞地區梅雨期的特徵，來說明梅雨內季節變化之特及其年際變化之特徵，乾濕梅雨年的環流特徵以台灣雨量及以江淮雨量為主的差異，都做了簡單的說明。這些初步的結果，應用在中長期預報的改善上，將會有其重要的一面。

誌謝

本研究在國科會計劃 NSC83-0202-M002-33 及 NSC84-2111-M008-009 之資助下完成。

參考文獻

- 陳泰然，1987：台灣乾濕梅雨期之平均環流特徵。大氣科學，15，17-30。
- 陳泰然，1988：臺灣梅雨研究的回顧。科學發展月刊，16，239-266。
- 吳明進，1987：台灣梅雨之年際變化(一)。台大天氣所研究報告，NTUATM-1987-03，41頁。
- 吳清吉、李汴軍、陳圭宏與李玉偵，1990：冷暖冬500毫巴環流之初步分析，氣象科技研究中心技術報告彙編，4-1卷，65-73。
- 許子乾與王作臺，1990：臺灣地區春夏季乾濕梅年受長週期擾動影響之研究。大氣科學，18，85-110。
- 王作臺、黃志銘與胡志文，1992：乾濕梅雨季東亞環流特性之研究。大氣科學，20，267-294。
- 蔣尚城，1994：OLR在太平洋及東亞地區天氣氣候的應用研究。海峽兩岸天氣與氣候學術研討會論文彙編，82-94，中國氣象學會，台北。

- 陶詩言與徐予紅，1994：東亞季風的年際變化與長江淮河流域的夏季降水。海峽兩岸天氣與氣候學術研討會論文彙編，p 1，中國氣象學會，台北。
- 陳隆勛、朱乾根、羅會邦、何金海、董敏與馮志強，1991：東亞季風。氣象出版社，中國北京，362 pp。
- 李崇銀，1993：大氣低頻振蕩。氣象出版社，中國北京，310 pp。
- Ambrizzi, T., B. J. Hoskins and H. -H. Hsu, 1994：Rossby wave propagation and teleconnection patterns in the austral winter. (To appear in *J. Atmos. Sci.*)
- Barnett, T. P., 1977：The principal time and space scales of the Pacific trade wind fields. *J. Atmos. Sci.*, **34**, 221-236.
- Blackmon, M. L., Y. -H. Lee and J. M. Wallace, 1984a：Horizontal structure of 500mb height fluctuations with long, intermediate and short time scales. *J. Atmos. Sci.*, **41**, 961 - 979.
- Blackmon, M. L., Y. -H. Lee, J. M. Wallace and H. -H. Hsu, 1984b：Time evolution of 500mb height fluctuations with long, intermediate and short time scales as deduced from lag - correlations statistics. *J. Atmos. Sci.*, **42**, 981 - 991.
- Branstator, G., R. A. Madden, and J. J. Tribbia, 1987：Dynamics of low - frequency phenomena in the atmosphere. Vol. 1 ~ Vol. 3. NCAR summer colloquium notes.
- Branstator, G., 1987：A striking example of the atmosphere's leading traveling pattern. *J. Atmos. Sci.*, **44**, 2310 - 2323.
- Bretherton, C. S., C. Smith, and J. M. Wallace, 1992：An intercomparison of methods for finding coupled patterns in climate data. *J. Climate*, **5**, 541-560.
- Chen, T.-C., and M.-C. Yen, 1991：Interaction between intraseasonal oscillation of the midlatitudes flow and tropical convection during 1979 Northern summer: The Pacific Ocean. *J. Climate*, **4**, 653-671.
- Hahn, D.J., and J. Shukla, 1976：An apparent relationship between Eurasian snow cover and Indian monsoon rainfall. *J. Atmos. Sci.*, **33**, 2461-2462.
- Hansen, A.R., A. Sutera, and D.E. Venne, 1989：An examination of midlatitude power spectra: Evidence for standing variance and the signature of El Niño. *Tellus*, **41A**, 371-384.
- He, H., W. McGinnis, Z. Song, and M. Yanai, 1987：Onset of the Asian summer monsoon in 1979 and the effect of the Tibetan Plateau. *Mon. Wea. Rev.*, **115**, 1966-1995.
- Horel, J. D., and J. M. Wallace, 1981：Planetary-scale atmosphere phenomena associated with Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, **109**, 813-829.
- Hoskins, B. J., and D. J. Karoly, 1981：The steady linear response of a spherical atmosphere to thermal and orographic forcing. *J. Atmos. Sci.*, **38**, 1179- 1196.
- Hoskins, B. J., and T. Ambrizzi, 1993：Rossby wave propagation on a realistic longitudinally varying flow. *J. Atmos. Sci.*, **50**, 1661- 1671.
- Hsu, H.-H., and J. M. Wallace, 1985：Vertical structure of wintertime teleconnection patterns. *J. Atmos. Sci.*, **42**, 1663- 1710.
- Hsu, H.-H., 1987：Propagation of low - level circulation features in the vicinity of mountain ranges. *Mon. Wea. Rev.*, **115**, 1864 - 1892.
- Hsu, H.-H., and S. -H. Lin, 1992：Global teleconnections in the 250mb streamfunction field during the Northern Hemisphere winter. *Mon. Wea. Rev.*, **120**, 1169 - 1190.
- Hsu, H.-H., 1994：Relationship between tropical heating and global circulation: Interannual variability. *J. Geoph. Res.*, **99**, 10473 - 10489.
- Huang, R., and F. Sun, 1992：Impacts on the tropical western Pacific on the East Asian summer monsoon. *J. Meteor. Soc. Japan*, **70**, 243-256.

- Krishnamurti, T. N., M. Subramaniam, G. Daughenbaugh, D. Oosterhof, and J. Xue, 1992 : One-month forecast of wet and dry spells of the monsoon. *Mon. Wea. Rev.*, **120**, 1191-1223.
- Lau, K.-M., and M.T. Li, 1984 : The monsoon of East Asia and its global associations : A survey. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **65**, 114-125.
- Lau, K. M., 1992 : East Asia summer monsoon rainfall variability and climate teleconnection. *J. Meteor. Soc. Japan*, **70**, 211-242.
- Lorenz, E. N., 1955 : Available potential energy and the maintenance of the general circulation, *Tellus*, **7**, 157 - 167.
- Madden, R. A., and P. Speth, 1989 : The average behavior of large scale westward traveling disturbances evident in the Northern Hemisphere geopotential heights. *J. Atmos. Sci.*, **46**, 3225 - 3239.
- Nitta, T., 1987 : Convective activities in the tropical western Pacific and their impact on the northern hemisphere summer circulation. *J. Meteor. Soc. Japan*, **65**, 373-390.
- Palmer, T. N., and C. Brankovic, 1989 : The 1988 US drought linked to anomalous sea surface temperature. *Nature*, **338**, 54-57.
- Pandolfo, L., 1993 : Observational aspects of the low - frequency intraseasonal variability of the atmosphere in middle latitude. *Advances in Geophysics*, **34**, 93 - 174.
- Peng, L., and W. K.-M. Lau, 1992 : Coupled tropical-extratropical modes over East Asia and the Western Pacific. *East Asia and Western Pacific Meteorology and Climate*. Edited by W.J. Kyle and C.P. Chang, 388-397, World Scientific Publishing, Singapore.
- Rasmusson, E. M., and T. H. Carpenter, 1982 : Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Niño. *Mon. Wea. Rev.*, **110**, 354-384.
- Rogers, J. C., 1981 : The North Pacific Oscillation. *International J. Climatol.*, **1**, 39 - 57.
- Rossby, C. -G., 1939 : Relations between variations in the intensity of the zonal circulation of the atmosphere and the displacements of the semipermanent centers of action. *J. Mar. Res.*, **2**, 38 - 55.
- Saltzman, B., 1957 : Equations governing the energetics of the larger scales of atmospheric turbulence in the domain of wave numbers. *J. Meteor.*, **14**, 513 - 523.
- Tao, S.Y., and L.X. Chen, 1987 : A review of recent research on the East Asian summer monsoon in China. *Monsoon Meteorology*, C.-P. Chang and T.N. Krishnamurti, Eds., Oxford University Press, 60-92.
- van Loon, H., and J. C. Rogers, 1978 : The seasaw in winter temperatures between Greenland and northern Europe. Part I: General description. *Mon. Wea. Rev.*, **106**, 296 - 310 .
- Wallace, J. M., and H. -H. Hsu, 1983 : Ultra -long waves and two - dimensional Rossby waves. *J. Atmos. Sci.*, **40**, 2211- 2219.
- Wallace, J.M., and M.L. Blackmon, 1983 : Observations of low frequency atmospheric variability. In *Large Scale Dynamical Processes in the Atmosphere*, B.J. Hoskins and R.P. Pearce, Eds., pp 55-94. Academic Press, London.
- Wallace, J. M., and D. S. Gutzler, 1981 : Teleconnections in the geopotential height field during the Northern Hemisphere winter. *Mon. Wea. Rev.*, **109**, 784-812.
- Yanai, M., C. Li, and Z. Song, 1992 : Seasonal heating of the Tibetan Plateau and its effects on the evolution of the Asian summer monsoon. *J. Meteor. Soc. Japan*, **70**, 319-351.
- Yasunari, T, A. Kioth, and T. Tokioka, 1991 : Local and remote responses to excessive snow mass over Eurasia appearing in the northern spring and summer climate- A case study with the MRI GCM. *J. Meteor. Soc. Japan*, **69**, 473-487.
- Zwiers, F. W., 1993 : Simulation of the Asian summer monsoon with the CCC GCM-1. *J. Climate*, **6**, 470-486.

Wintertime Teleconnectivity in Northern Hemisphere and East Asian Summer Monsoon Study: A Brief Review

Jough-Tai Wang ¹ Huang-Hsiung Hsu ²

¹ Institute of Atmospheric Physics, National Central Univ.

² Dept. of Atmospheric Sciences, National Taiwan Univ.

ABSTRACT

This study aims to briefly summarize the works related to the short term climate variability, especially for those affecting the East Asia and Taiwan area. Two main areas are emphasized in this review. One is the topic related to the wintertime teleconnectivity in Northern Hemisphere, the other is in the area of East Asian summer monsoon.

From the planetary scale viewpoint, the short term climate variability is identified through the teleconnection pattern. And under this anomalous planetary scale forcing, discussions concerning on how the Asian summer monsoon is affected are presented. The variables used to be identified include the circulation pattern, rainfall distribution and the intensity and movement of the upper-level system. The interannual variability of the East Asian monsoon is also discussed.

Key Words :teleconnectivity, low frequency, East Asian monsoon, Mei-Yu.