

西北太平洋地區颱風活躍度分析： 活躍年和不活躍年比較

邱品竣¹ 余嘉裕²

¹ 中國文化大學地學研究所

² 中國文化大學大氣科學系

（中華民國九十五年元月三十一日收稿；中華民國九十五年六月二十四日定稿）

摘 要

文利用 1965~2003 年 JTWC 所提供之颱風資料以及 NCEP/NCAR 大氣資料，探討西北太平洋地區颱風活動與背景大氣間之關係，並藉由累積颱風動能作為颱風活躍度指標以比較颱風活躍年和不活躍年差異。由於累積颱風動能考慮了颱風強度和持續時間，比颱風生成個數更能反映出實際颱風活躍度變化。

研究結果顯示，西北太平洋颱風活躍度和西北太平洋副熱帶高壓、Walker 環流、低層跨赤道氣流三個大氣因素有關，三者並有顯著的動力連結。副熱帶高壓變化與赤道太平洋異常大氣環流結構有密切關係，在颱風活躍（不活躍）年時，異常 Walker 環流在東太平洋上升（下沉），西太平洋下沉（上升），其中由於西太平洋下沉（上升）中心偏向南半球，激發低層跨赤道南風（北風），增強（減弱）西北太平洋地區水氣輻合，加強（減弱）季風槽範圍和強度，有利（抑制）颱風發展。簡言之，欲加強西北太平洋颱風季節預報能力可由掌握副熱帶高壓、Walker 環流、低層跨赤道氣流三個大氣因素的變化來加以提升。

關鍵詞：颱風、颱風活躍度

一、前言

熱帶西北太平洋 ($0^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{N}/120^{\circ}\text{E}\sim 180^{\circ}\text{E}$) 位於全球海面溫度最高之西太平洋暖池 (warm pool) 範圍內, 溫暖的海水提供該區大氣充足的水蒸氣來源, 加上北半球夏季南亞低層大氣的西南季風和由東太平洋而來之盛行東風正好在熱帶西北太平洋附近輻合, 提供颱風發展所需之低層正渦度擾動, 使得熱帶西北太平洋地區成為全球颱風 (熱帶氣旋) 生成最為頻繁之區域。由於台灣地理位置恰巧位於西北太平洋颱風活動主要路徑上, 每年有 3~5 個颱風會侵襲台灣地區, 是影響台灣最嚴重的天然災害。但另一方面, 颱風降水也是本島最主要水資源提供者, 颱風雨約貢獻全島年降雨量之 50% 左右, 台灣夏季缺水嚴重年份往往和該年侵襲台灣地區颱風個數偏少有關, 因此預測颱風路徑和颱風季節活躍程度便成為防災和水資源規劃不可或缺的工作。

西北太平洋地區颱風的活躍程度受到海面溫度、熱帶東風波和南亞夏季季風強弱等不同時間空間尺度現象的影響, 每年活躍程度 (包括颱風生成次數、持續時間、和強度) 都不盡相同, 其中颱風生成數最多的年份 (如 1964 年之 39 個) 可達最少年份 (如 1998 年之 18 個) 的兩倍以上 (李 2003), 顯見背景大氣環流條件與颱風季節活躍度息息相關。影響個別颱風生成物理因子包括海水表面溫度、大氣垂直風切、垂直熱力穩定度、上對流層動量通量輻合、中對流層水汽量等 (Gray 1968, 1979; Anthes 1982; Ho et al. 2004), 但影響單一颱風生成的條件是否就是影響該年颱風活躍程度的條件? 或者還有其他氣候條件決定該年颱風季活躍度? 則需要從背景大氣環流條件探討。

大氣環流改變通常和大範圍下邊界條件改變有關, 如伴隨「聖嬰」(El Niño) 現象之海溫改變和颱風活躍度關係便是近年研究焦點之一。

Gray (1984) 為最早研究聖嬰和熱帶氣旋 (颱風) 關係之人, 他發現聖嬰年時大西洋熱帶氣旋生成次數明顯降低, 其中聖嬰年熱帶大西洋垂直風切增強是抑制熱帶氣旋發展關鍵。在類似研究中, O'Brien et al. (1996) 和 Bove et al. (1999) 也發現聖嬰年時侵襲美國陸地熱帶氣旋較少; 反之, 反聖嬰年時侵襲美國陸地熱帶氣旋較多。

至於西北太平洋颱風活躍度研究, 近來幾年也有許多的成果出現, Briegel et al. (1997) 首先由大氣環流變化觀點出發, 他們發現當高空槽和低層西風爆發同時增強為該年颱風較為活躍之關鍵因素。最近幾年研究則集中在聖嬰 (反聖嬰) 對西北太平洋颱風活躍度之影響, Chan (2000) 曾分析 1959~1997 年間西北太平洋颱風每月的活動, 他指出在聖嬰成熟前的 9、10 月時, 南海地區的颱風活動有增加的趨勢, 而在聖嬰成熟後的 9~11 月, 南海颱風的活動有減少的趨勢。Wang et al. (2002) 在類似研究發現 7~12 月間颱風活動與 Nino3.4 海溫距平有相當好的相關性, 在聖嬰成熟前的夏秋兩季, 西北太平洋熱帶氣旋的生成頻率在東南象限 ($\text{EQ}\sim 17^{\circ}\text{N}/140^{\circ}\text{E}\sim 180^{\circ}\text{E}$) 有明顯的增加; 在西北象限 ($17^{\circ}\text{N}\sim 30^{\circ}\text{N}/120^{\circ}\text{E}\sim 140^{\circ}\text{E}$) 卻有減少趨勢。

雖然上述研究已指出許多影響颱風活躍程度的條件, 但由於採用來代表活躍程度之參數不盡相同, 因此有必要使用一個能確實反應颱風活躍度的參數, 以檢驗颱風活躍度和伴隨大氣環流改變之關係。有別於傳統以颱風個數或總持續時間代表颱風季節活躍度, Emanuel (2005) 指出颶

風的破壞能力與其最大持續風速的立方成正比，故提出 PDI (Potential Destructiveness index) 以估計颶風的破壞能力；美國 NOAA (National Oceanic & Atmospheric Administration) 則提出以 ACE (accumulative cyclone energy) 代表熱帶氣旋在大西洋海域的活動狀態 (Waple et al. 2002)。

本文仿 NOAA ACE 計算方法，以累積颱風動能 (最大風速平方和) 做為量化颱風活躍度的參數，以探討颱風活躍年和不活躍年大氣環流差異。本文第二節說明所使用資料和颱風活躍度參數定義；第三節討論颱風生成源地、活躍度與大氣環流間之關連；第四節比較累積颱風動能和颱風個數、颱風總持續時間的關係，並比較颱風活躍年和不活躍年差異以及該差異與大氣環流改變之關係；第五節提出研究結果和討論。

二、資料與研究方法

(一) 研究資料

本文採用的颱風資料是美軍「聯合颱風警報中心」(Joint Typhoon Warning Center, 簡稱 JTWC) 所整理的颱風最佳路徑資料，JTWC 資料提供包括熱帶低壓 (topical depression) 和熱帶氣旋 (tropical cyclone) 在內，每六小時一筆的時間、位置與最大風速，資料起迄時間是 1945 年到 2003 年。由於我們有興趣者為強度較顯著之個案，因此強度未達熱帶氣旋 (中心最大風速大於 35knots) 個案將被剔除在資料統計範疇外。另外，由於 1965 年之前衛星尚未投入颱風觀測，資料可靠度較低，在本研究中僅取 1965~2003 年間的颱風資料進行分析。

本文也使用 NCEP/NCAR (National Center for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research) 提供之再分析大氣網格資料，以及最佳內差海面溫度重建資料。大氣和海面溫度資料經過月平均處理，空間解析度為 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 經緯度，涵蓋時間範圍同颱風資料 (1965~2003 年)。

(二) 颱風活躍度

早期研究經常以颱風生成個數代表颱風活躍度，但由於颱風生成個數並無法顯現出隨後颱風之持續時間 (duration) 和強度 (strength)，並不適合作為量度颱風活躍程度之唯一參數。近年來 NOAA ACE (accumulative cyclone energy) 指數以整個颱風季之每六小時累計最大風速平方和 (單位為 $10^4 \text{ knots}^2 / \text{year}$) 代表該區域之颱風季節活躍程度 (Waple et al., 2002)，ACE 指數之優點在於包含了颱風持續時間和強度效應，因此已被廣泛應用在颱風氣候研究上，用以代表整個季節之颱風 (颶風) 活躍度指標。

為瞭解颱風活動之空間分佈，本文仿 NOAA ACE 指數之計算方法，以颱風中心在某一固定 $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ 網格方塊範圍內為計算基礎，累計每六小時最大風速平方和代表該網格方塊之累積颱風動能 (單位 $10^4 \text{ knots}^2 / \text{year}$)，這個方法類似 Ho et al. (2004) 之研究，但不同之處在於以累積颱風動能為活躍度指標可將颱風持續時間 (duration)、路徑 (path)、和強度 (strength) 反映在 $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ 網格方塊上。但我們也注意到，以最大風速平方和來計算累積颱風動能具有放大強颱風能量之濾波功能，可能產生高估強颱風或低估弱颱風之效應。

三、颱風氣候特徵

(一) 颱風生成的季節和位置

西北太平洋擁有廣大的溫暖海域，加上該區為亞洲夏季風季風槽最為活躍之處，使得西北太平洋成為地球上颱風（熱帶氣旋）生成最頻繁的區域。圖 1 統計了 1965~2003 年西北太平洋地區逐月颱風總生成個數。在 39 年間西北太平洋地區共產生 1041 個颱風，平均每年 26.7 個颱風，颱風最頻繁的月份是 8 月，有 212 個颱風生成；最少的月份是 2 月，總共只有 8 個颱風。圖 1 也顯示，6~11 月為颱風季，佔了全年颱風總生成數之 85% 左右，因此在隨後分析中將以 6~11 月颱風季資料為基礎，討論颱風活躍度和背景大氣間關係。

為瞭解颱風活動之空間分佈，圖 2 比較颱風生成源地和颱風活躍度（以累積颱風動能表示）間之關係。由颱風生成源地分佈（圖 2a）可以明顯看出二個中心：分別位於菲律賓群島東方外海和南中國海，颱風生成源地集中在 $10^{\circ}\text{N}\sim 20^{\circ}\text{N}/110^{\circ}\text{E}\sim 150^{\circ}\text{E}$ 之長方形方塊間。比較累積颱風動能分佈（圖 2b）和生成源地（圖 2a）



圖 1 1965~2003 年逐月颱風累計生成個數統計。

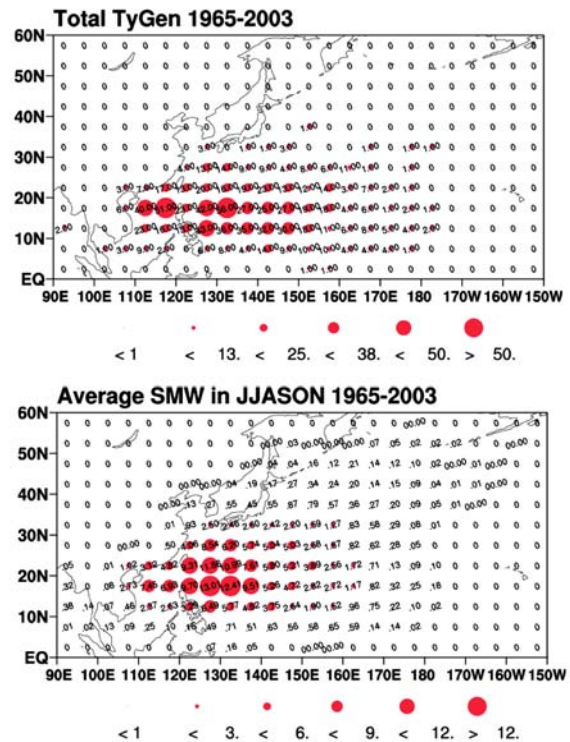


圖 2 (a) 1965~2003 年颱風季 (6~11 月) 颱風生成個數空間分佈，(b) 1965~2003 年颱風累積動能空間分布。颱風生成個數是以 $5^{\circ}\times 5^{\circ}$ 方塊為計算機處，累計颱風生成個數。颱風累積動能是以 $5^{\circ}\times 5^{\circ}$ 方塊內計算每六小時颱風最大風速平方和，單位為 $10^4 \text{ knots}^2/\text{year}$ 。

發現累積颱風動能中心集中在菲律賓海與台灣東方海域上 ($10^{\circ}\text{N}\sim 30^{\circ}\text{N}/110^{\circ}\text{E}\sim 140^{\circ}\text{E}$ 之方塊間)，在南中國海地區並不顯著，和颱風生成源地分佈在南海有另一高值中心不同，這是因為南海地區生成颱風多為輕度，因此在颱風動能統計中變得較不顯著。反之，在菲律賓和台灣東部海面由於有許多強烈颱風生成，因此在颱風動能統計上較為顯著。

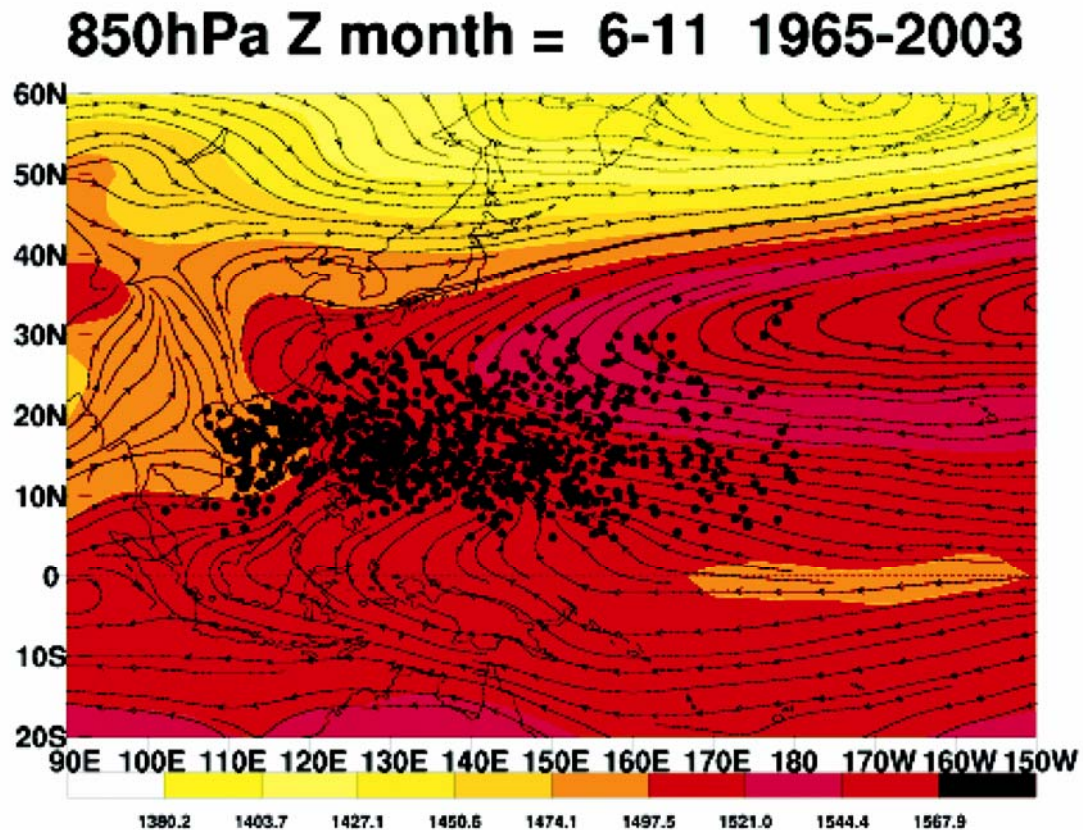


圖 3 西北太平洋地區颱風季(6~11月)850hPa高度場(單位:公尺)和流線場,資料平均時間1965~2003年。

以上結果顯示,由於颱風生成源地分佈並無法顯現出颱風經歷時間和強度,並不是一個好的颱風活躍度指標。反之,本文建議使用之累積颱風動能包含颱風持續時間和強度效應在內,較能反應颱風活躍度,尤其是強颱風活躍度。

(二) 颱風生成位置與區域大氣環流關係

為瞭解颱風發展背景大氣環境,圖3顯示颱風季(6~11月)850hPa高度場與流線場氣候特徵。太平洋副熱帶高壓脊線由中太平洋往西延伸至台灣北方海面上(27°N/120°E),大多數的颱風(圖中之小黑點)生成於太平洋副熱帶高壓西南

至台灣北方海面上(27°N/120°E),大多數的颱風(圖中之小黑點)生成於太平洋副熱帶高壓西南邊緣,也就是在西北太平洋夏季季風槽所在地區。由於太平洋副熱帶高壓脊線強度和位置會影響季風槽的位置和強弱,兩者間交互作用是影響颱風路徑和活躍度重要因素之一。另外,在110°E~150°E之間有顯著之跨赤道南來氣流,為季風槽帶來的豐富的水汽,是另一個影響西北太平洋颱風活躍度的關鍵,我們將在下一節探討跨赤道南來氣流、副熱帶高壓和颱風活躍度間之關係。

四、活躍年與不活躍年差異

(一) 活躍年與不活躍年定義

為量化西北太平洋地區颱風活躍度，我們選擇颱風活動最頻繁之 $110^{\circ}\text{E}\sim 160^{\circ}\text{E}/10^{\circ}\text{N}\sim 30^{\circ}\text{N}$ 長方形區域，計算該區在颱風季（6~11 月）累計颱風動能（單位為 10^4 knots^2 ），以代表該年之颱風

風活躍度指標。除了選擇計算颱風動能範圍和時間長度不同之外，計算方法和 NOAA ACE Index 完全相同，因此可稱之為「局部 ACE 指數」(Local ACE Index)。圖 4a 為局部 ACE 指數之時間序列，可代表西北太平洋颱風活躍度之年變化。首先我們注意到西北太平洋颱風活躍度有顯著年際差異，局部 ACE 指數之標準差可達平均值的 32%

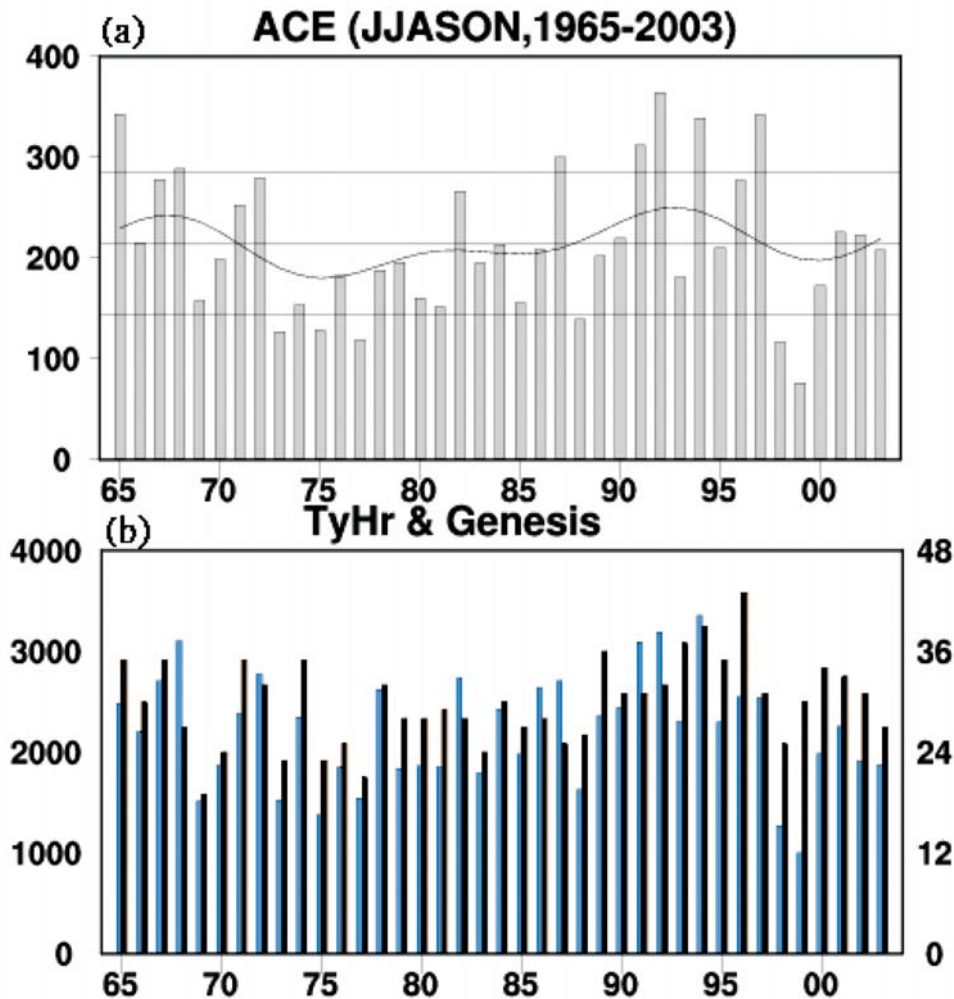


圖 4 (a) 颱風在主要發展區域 ($110^{\circ}\text{E}\sim 160^{\circ}\text{E}/10^{\circ}\text{N}\sim 30^{\circ}\text{N}$) ACE index (單位 $10^4 \text{ knots}^2/\text{year}$) 在颱風季 (6~11 月) 之逐年變化。圖中三條細黑線由上而下分別代表高於平均值一個標準差、平均值、低於平均值一個標準差，曲線是以 FFT (Fast Fourier Transform) 的前 4 個周期所做的平滑。(b) 颱風季颱風總持續時間 (單位：時) 與生成個數之逐年變化，藍柱是總持續時間 (量值標示在左)，黑柱為生成個數 (量值標示在右)。

左右，最活躍年份（如 1992 年）和最不活躍年份（1999）差別可達三倍。另外，局部 ACE 指數也顯現年代際震盪特徵，例如 1973~1982 間是颱風活躍度的低潮期，1991~1997 間則為颱風活動高潮期。

為瞭解局部 ACE 指數和其他颱風活躍度因素間關係，圖 4b 同時顯示颱風總持續時間（單位：時）與總生成個數的年變化。我們發現，颱風總持續時間（淺色）與局部 ACE 指數之年際和年代際變化極為類似（相關係數達 0.865），但颱風總生成個數與局部 ACE 指數相關性便小得多（相關係數僅 0.465），這顯示颱風生成個數因忽略持續時間和強度，並無法完整代表該季之颱風活躍度。就氣候的觀點來看，不論累積颱風動能或颱風總持續時間因隱含有颱風生成頻率、颱風持續時間、甚至於颱風強度等效應在內，與孕育颱風之大氣背景環流關係較為密切，較為適合用來代表季節颱風活躍度。

為滿足統計顯著性，我們將局部 ACE 指數高於平均值一個標準偏差之年份視為颱風活躍年，小於平均值一個標準偏差之年份為颱風不活躍年。依類似統計標準，將颱風季（6~11 月）Nino3.4 指數高於（低於）平均值 1 個標準偏差視為強聖嬰（強反聖嬰）年，介於 0.5~1 個標準偏差間視

為弱聖嬰（或弱反聖嬰）年，其餘視為中性年。表 1 列出 7 個活躍年（1965、1968、1987、1991、1992、1994、1997）和 6 個不活躍年（1973、1975、1977、1988、1998、1999）以及聖嬰（反聖嬰）間之關係，在颱風活躍年份中，除了 1968、1992 為中性年之外，其餘年份多屬強聖嬰年（僅 1994 年為弱聖嬰年），顯示在聖嬰年時颱風活躍度有增強之趨勢。反之，在颱風不活躍年份中有 5 年為強反聖嬰年（1973、1975、1988、1998、1999），一年為弱反聖嬰年（1977），顯示反聖嬰年颱風活動有被抑制之趨勢。雖然反聖嬰年颱風活躍度普遍有降低之趨勢，但在弱聖嬰年時也出現過颱風不活躍情況（如 1977 年），顯示聖嬰伴隨之海溫和大氣環流變化並非唯一影響颱風活躍度之因素。

（二）累積颱風動能差異

根據上一小節定義，圖 5 比較颱風活躍年和不活躍年累計颱風動能距平。颱風活躍年動能距平（圖 5a）顯示，主要的正距平位於菲律賓東方海面上，呈東西向狹長形，與活躍年颱風生成頻率增加位置一致（圖未附），在南海上則是有輕微負距平出現。另一方面，颱風不活躍年動能距平（圖 5b）發現，主要負距平位於菲律賓東方外海處（125°E~145°E/15°N~25°N），雖與活躍年正距

表 1 颱風活躍年份與不活躍年份，括弧內文字 W (w) 代表強 (弱) 聖嬰年，C (c) 代表強 (弱) 反聖嬰年，n 表示中性年。

颱風 活躍年	1965 (W) 、1968 (n) 、1987 (W) 、1991 (W) 、1992 (n) 、 1994 (w) 、1997 (W)
颱風 不活躍年	1973 (C) 、1975 (C) 、1977 (w) 、1988 (C) 、1998 (C) 、 1999 (C)

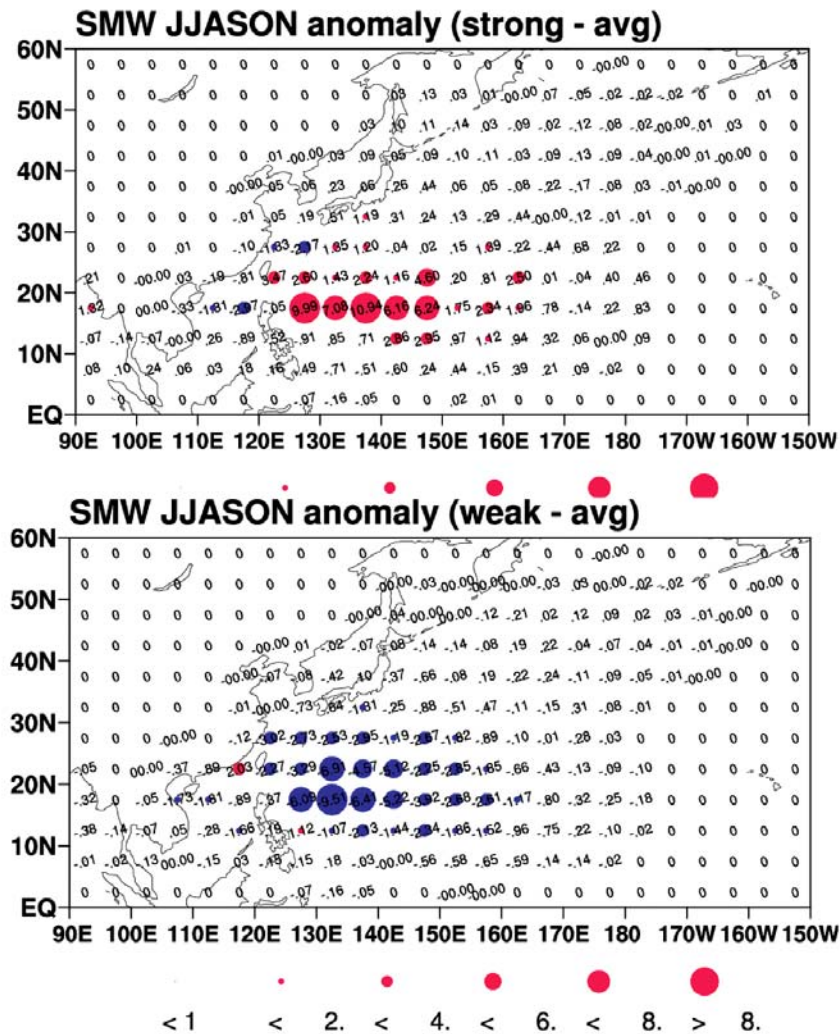


圖5 (a) 颱風活躍年與 (b) 颱風不活躍年之活躍度距平分布，其中紅點代表正距平，紅點大小代表數值顯示於下方，單位為 $10^4 \text{ knots}^2 / \text{year}$ 。藍色點代表負距平，大小比例同紅色。

平 (圖 5b) 位置相近，但負距平範圍南北伸展較大，不似活躍年正距平集中在 $15^\circ\text{N} \sim 20^\circ\text{N}$ 狹長區域。我們也注意到負距平在 $135^\circ\text{E} \sim 145^\circ\text{E}$ 間最為顯著，顯示不活躍年時路徑在 $135^\circ\text{E} \sim 145^\circ\text{E}$ 間轉向北移動之颱風將顯著減少，這點和不活躍年時發生在 145°E 以東之颱風個數較為稀少有關 (Wang et al. 2002)。

(三) 大氣環流差異

由颱風動能距平發現颱風活躍度改變最大之區域在菲律賓東方海面上，為瞭解背景大氣影響，圖 6 比較活躍年和不活躍年大氣環流差異。圖 6a 為活躍年時 850hPa 高度場距平、流線、以及颱風生成位置。在活躍年時太平洋副高明顯減

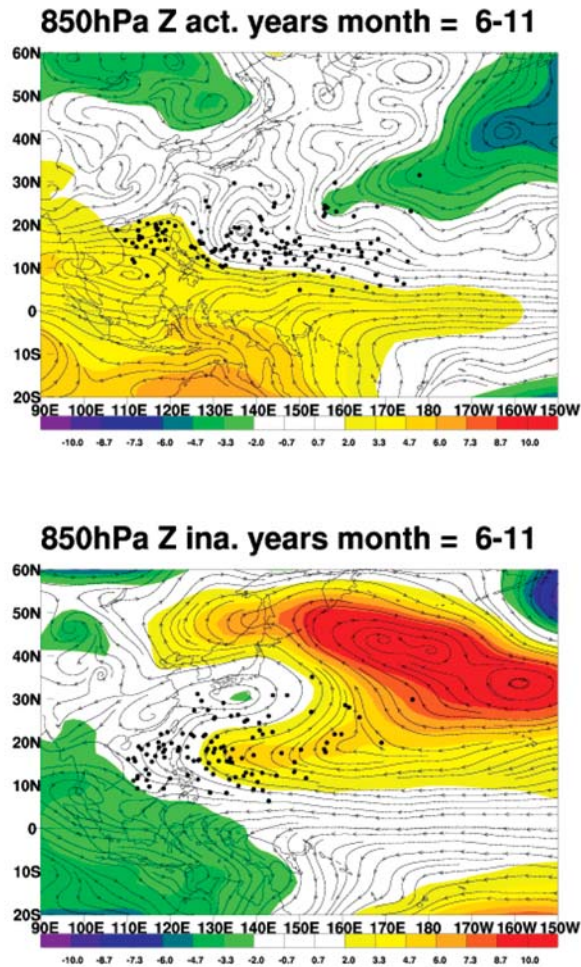


圖 6 (a) 颱風活躍年和 (b) 颱風不活躍年 850hPa 高度場距平 (單位：公尺) 和對應之流線分佈。圖中黑點代表颱風生成位置。

弱，由流線距平看出氣旋式距平槽由 $40^{\circ}\text{N}/160^{\circ}\text{W}$ 向西南延伸到菲律賓東方海域，增強季風槽，有利於颱風生成與發展。在赤道西熱帶太平洋地區則出現顯著的西風距平，該西風爆發與聖嬰事件有關（活躍年大多是聖嬰年），可解釋暖海水範圍（亦即颱風生成範圍），因減弱的東風而有較廣的分佈。另外在 160°E 以西熱帶南太平洋有顯著高度場正距平，是因為在颱風活躍年時異常 Walker

環流 (anomalous Walker Circulation) 在該區下沉所造成，此異常下沉氣流可同時引發 $120^{\circ}\text{E}\sim 150^{\circ}\text{E}$ 間跨赤道南風，提供颱風活躍年時所需之額外水氣輸送。

圖 6b 為颱風不活躍年 850hPa 高度場和流線距平以及颱風生成位置。不活躍年最顯著特徵為太平洋副高脊增強，副高脊距平分成南北兩支向西延伸，北支經日本北海道西伸至大陸東北，南支經菲律賓海西伸到南海。影響颱風生成位置和個數應該屬南支副高脊，南支副高脊使得有利於颱風生成環境範圍減小，並侷限於 160°E 以西之熱帶西太平洋地區。北支副高脊因緯度較高，並不直接影響颱風生成，但可抑制颱風往北移動之路徑。伴隨著副高脊西伸以及西南太平洋高度場負距平，赤道西太平洋地區則有顯著之東風和跨赤道風北風距平，大氣條件不利於颱風發展。

為進一步瞭解颱風活躍年和不活躍年熱帶 Walker 環流差異，圖 7 比較 850hPa 及 200hPa 速度位 (velocity potential) 和輻散風距平。在颱風活躍年時 (圖 7a)，低層輻散中心位於西太平洋地區並偏向南半球 ($10^{\circ}\text{S}/135^{\circ}\text{E}$)，輻合中心位於東太平洋且其分佈較為對稱於赤道。西太平洋地區之速度位不對稱性產生跨赤道南風，將南半球水氣往西北太平洋地區輸送，和圖 6a 結果一致。高層型態大致上和低層相反，呈現西輻合東輻散的型式，但西太平洋高層輻合中心較相對應的地面輻散中心更為偏南，產生顯著之跨赤道北風。颱風不活躍年時的分佈 (圖 7b) 大致上與不活躍年相反，低層速度位呈現西太平洋輻合，東太平洋輻散的型式，西太平洋產生跨赤道北風。高層除異號外，分布和地面相比較為偏西 (東太平洋) 和西南 (西太平洋)。由低層速度位和輻散風距平

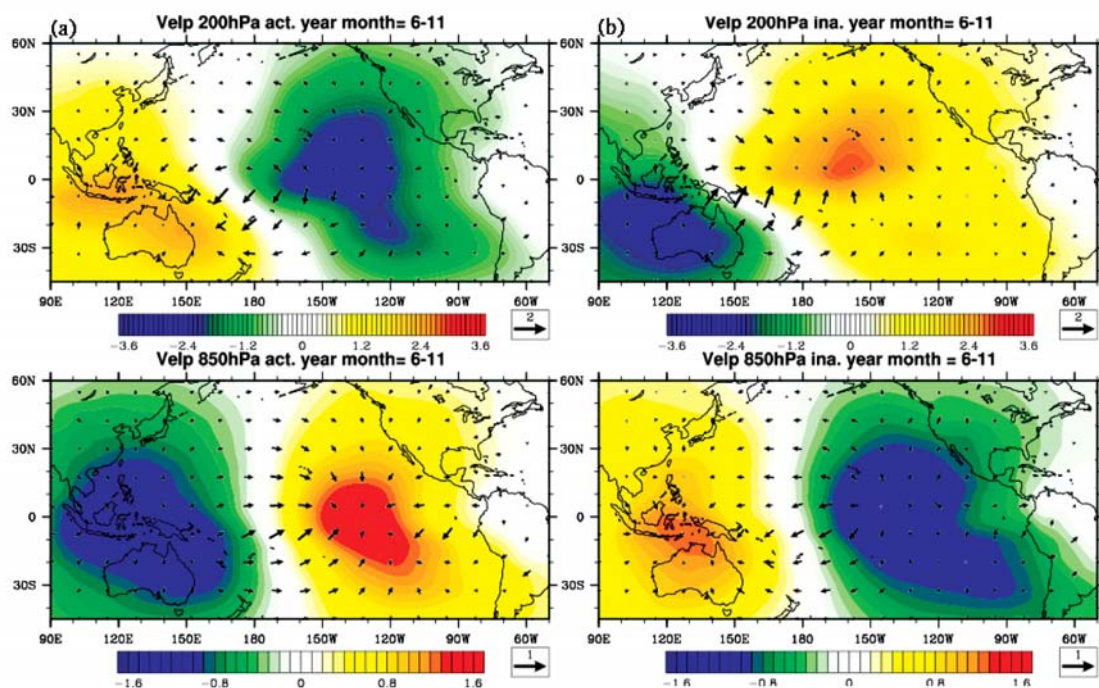


圖 7 (a) 颱風活躍年 200hPa 及 850hPa 速度位場距平和對應之輻散(輻合)風；(b) 颱風不活躍年 200hPa 及 850hPa 速度位場距平和對應之輻散(輻合)風，速度位單位 10^6kg/s 。

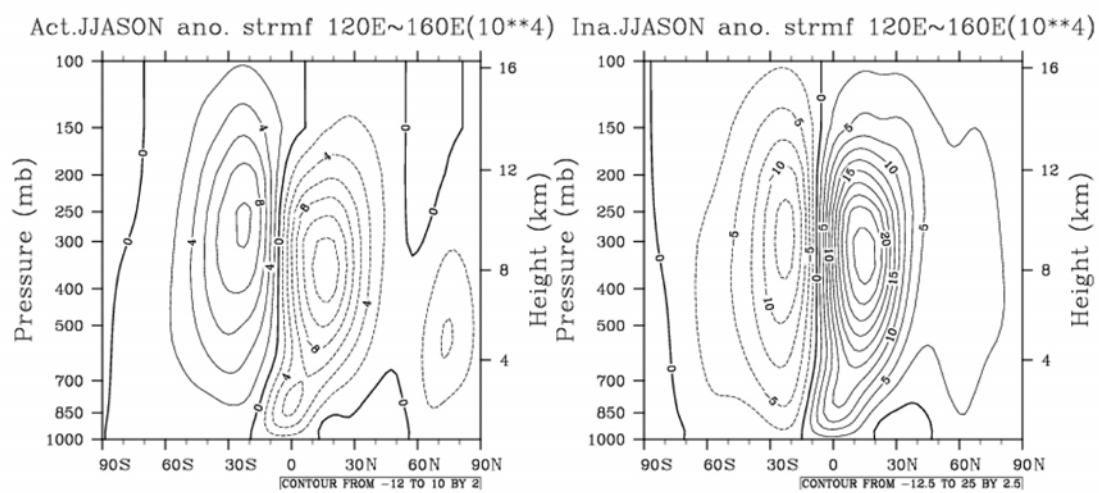


圖 8 (a) 颱風活躍年，(b) 颱風不活躍年垂直經向流函數距平，單位 10^4gpm s^{-1} 。

分析顯示，西太平洋地區南北半球水氣交換對西北太平洋颱風活躍度扮演重要的角色，其中伴隨聖嬰現象之異常 Walker 環流中心在西太平洋地區偏向南半球是產生跨赤道風之動力來源。

爲了檢視跨赤道氣流之動力來源，圖 8 比較颱風活躍與不活躍年在 120°E~160°E 間之經向垂直流函數（meridional streamfunction）距平。在颱風活躍年時，局部 Hadley 環流距平在 10°S~20°S 間下沉，引發近地面跨赤道南風。不活躍年大致上呈反相位的分佈，局部 Hadley 環流距平在 10°S~20°S 間上升，引發近地面跨赤道北風。經向垂直流函數分析進一步證實因爲 Walker 環流在西太平洋區之不對稱性（偏向南半球）可引發局部 Hadley 環流以及跨赤道氣流，而跨赤道氣流的水氣輸送與該年颱風季颱風活躍度有顯著關係。

(四) 水氣收支差異

熱帶地區水氣方程若寫成通量形式可表達成

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \nabla \cdot (q\vec{v}) + \frac{\partial(q\omega)}{\partial p} = Q_q + g \frac{\partial F^q}{\partial p} \quad (1)$$

上式中 q 爲換算成能量單位（ $J\ kg^{-1}$ ）之水氣， Q_q 代表水氣匯（moisture sink）， F^q 爲水氣垂直通量， $\vec{v}$ 爲二維風向量， g 爲重力常數。針對（1）作垂直平均可得

$$\frac{\partial \langle q \rangle}{\partial t} = \frac{g}{\Delta p} (E - P) - \nabla \cdot \langle (q\vec{v}) \rangle \quad (2)$$

上式中

$$\langle A \rangle \equiv \int_{p_T}^{p_0} A dp \quad (3)$$

代表對變數 A 進行氣壓垂直平均， p_0 爲地面氣壓， p_T 爲對流層頂氣壓， $\Delta p = p_0 - p_T$ 。我們另外注意到（2）式中新增二個物理量， E 和 P 分別代表蒸發和降水，單位爲 $J\ s^{-1}m^{-2}$ 或 $W\ m^{-2}$ 。

（2）式等號右邊第一項代表蒸發和降水差值，第二項代表整個對流層空氣柱的水氣輻散（或輻合）。在熱帶地區，局部蒸發對於降水貢獻非常有限，降水主要由水氣輻合所提供，亦即（2）式可以趨近爲

$$P \cong -\frac{\Delta p}{g} \nabla \cdot \langle (q\vec{v}) \rangle \quad (4)$$

爲瞭解大範圍水氣輻合對颱風活躍度影響，圖 9 比較颱風活躍年和不活躍年水氣輻合（輻散）距平與 850hPa 水氣通量距平分佈。颱風活躍年時（圖 9a）西北太平洋主要水氣輻合區位於 130°E 以東區域，並呈東西向帶狀分佈，由 15°N 向南南東延伸過換日線；在此輻合帶西南方之南半球則是狹長的輻散帶。由水氣通量（箭頭）分析發現，上述水氣輻合中心是由跨赤道南風和由菲律賓海西風在該處合流所產生的，由於颱風活躍年颱風生成頻繁之位置（圖 6a）和水氣輻合位置（圖 9a）相近，此結果顯示跨赤道南風帶來之水氣在增強颱風活躍度中扮演重要的角色。反之，颱風不活躍年分佈（圖 9b）和活躍年相反，主要水氣輻合中心在赤道以南，跨赤道北風帶走水氣，使得西北太平洋颱風源地爲水氣輻散所籠罩，水氣輻散中心位置和颱風不活躍年時颱風生成個數減少區域（圖 6b）相近，顯示西北太平洋地區水氣輻散是抑制颱風生成關鍵因素。

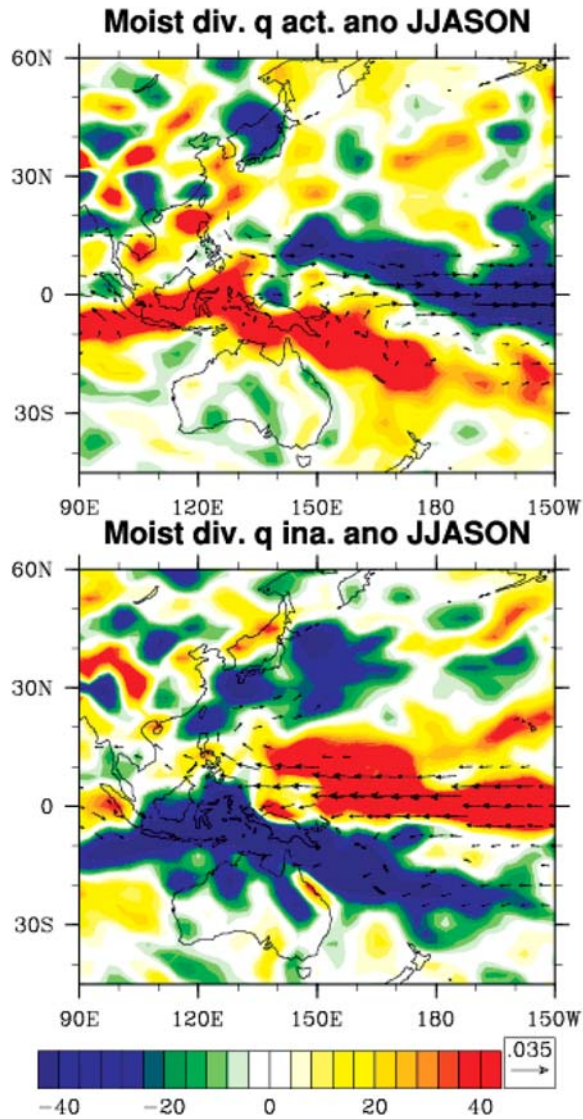


圖9 (a) 颱風活躍年, (b) 颱風不活躍年, 對流層水氣輻散距平 (彩色陰影, 單位: $W m^{-2}$) 與 850hPa 水氣通量距平 (箭頭, 單位: $(kg m) kg^{-1} s^{-1}$) 分佈。

五、總結與討論

颱風 (熱帶氣旋) 是台灣地區最主要天然災害, 但同時也是降水最大的來源, 颱風相關研究

向來是本地大氣學界重心, 然而多數颱風研究集中在單一颱風路徑和降水預報, 對於整個颱風季颱風活躍度瞭解相對十分不足, 也使得颱風預報在季節尺度上缺乏有利的科學基礎。本文以 JTWC 颱風資料 (1965~2003 年) 分析西北太平洋地區颱風長期活動情況 (颱風氣候), 並藉由量化的颱風活躍度指標來探討颱風活躍年和不活躍年差異, 以提供未來颱風季颱風活躍度預報之參考。

本文採用來量度颱風活躍度參數是以 $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ 網格內累計每六小時最大風速平方和所獲得, 颱風動能計算同 NOAA ACE 指數, 此法可將颱風滯留時間、路徑、和強度都考慮進來。用累積颱風動能代表活躍度和以颱風生成個數空間分佈有顯著差異, 颱風生成個數分佈顯示颱風活動範圍較狹窄, 南北向集中在 $10^{\circ}N \sim 20^{\circ}N$ 之間, 主要活動中心有二處, 分別位於菲律賓群島東方外海和南海。反之, 累積颱風動能分佈顯示颱風活動範圍較廣, 南北向活動範圍在 $10^{\circ}N \sim 30^{\circ}N$ 之間, 主要活動中心位於菲律賓海與台灣東方海域上, 南海地區因強颱風活動較少, 累積颱風動能則較不顯著。這種差異主要是因為在活躍度統計上, 累積颱風動能包含了颱風強度和滯留時間在內, 更能反映出實際颱風活躍度之空間分佈。

依據累積颱風動能挑選出 7 個颱風活躍年和 6 個颱風不活躍年, 我們發現在 7 個颱風活躍年當中有 5 年為聖嬰年, 2 年為正常年; 在 6 個颱風不活躍年當中有 5 個為反聖嬰年, 1 個為弱聖嬰年。此結果顯示颱風活躍度受到聖嬰 (反聖嬰) 引發之海溫和大氣環流異常所影響頗大, 但三個例外年份也顯示聖嬰 (反聖嬰) 並非唯一影響颱風活躍度之因素。

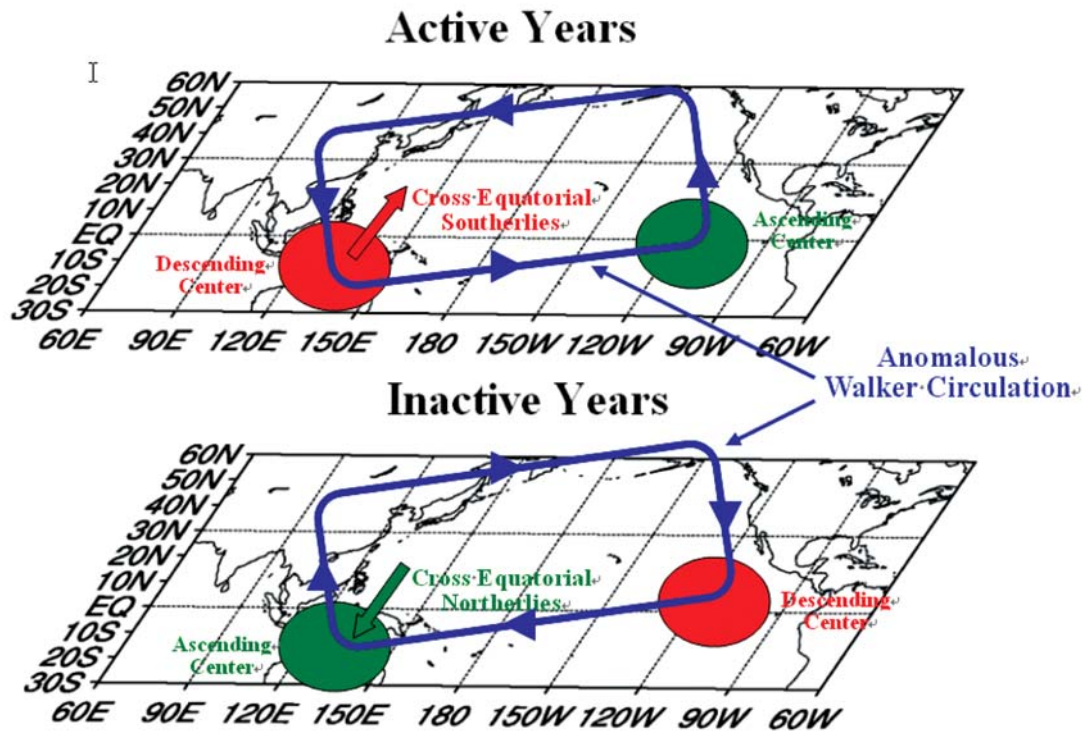


圖 10 颱風活躍年與不活躍年伴隨之異常 Walker 環流與跨低層赤道氣流示意圖。

分析低對流層大氣環境差異發現，影響颱風活躍度主要為西北太平洋副熱帶高壓（副高）強度變化，在颱風較為活躍年份，副熱帶高壓明顯減弱；在颱風不活躍年份，副熱帶高壓增強，副高脊往西延伸至菲律賓和南海地區。我們的研究也發現，西北太平洋副熱帶高壓變化與赤道太平洋地區產生之異常大氣環流結構有密切關係。在此我們以示意圖（見圖 10）來輔助說明：在颱風活躍年時，異常 Walker 環流在東太平洋上升，西（135°E/10°S），激發低層跨赤道南風，使得西北太平洋地區水氣輻合增強，因而擴大並加強季風槽範圍和強度，大氣條件有利於颱風發展。反之，在颱風不活躍年時，異常 Walker 環流在東太平洋下沉，西太平洋上升，其中西太平洋上升中心偏

向南半球（130°E/12°S），激發低層跨赤道北風，使得西北太平洋地區產生水氣輻散距平，減弱季風槽強度和範圍，也抑制了颱風發展。

簡言之，西北太平洋颱風活躍度和西北太平洋副熱帶高壓、Walker 環流、低層跨赤道氣流三個大氣因素的變化有顯著關係，由於上述三個大氣因素都可以在全球模式中解析並模擬出來，可以作為預測颱風活躍度的重要指標，以提升颱風季節預報能力。但本研究也發現，在某些颱風較為活躍（不活躍）年份並無顯著聖嬰或反聖嬰事件伴隨，其中可能影響颱風活躍度的大氣環境條件仍待未來進一步分析，以掌握所有可能影響颱風活躍度的大氣因素。

致 謝

本文由國科會計畫 NSC93-2621-Z-034-001 和 NSC94-2745-M-034-001-URD 經費支助完成，作者非常感謝二位審查委員所提供寶貴意見，使本文得以更為完善。研究所需資料和電腦設備由中國文化大學大氣科學系所提供，在此一併致謝。

參考資料

李巨祥，2003：聖嬰年東亞夏季水汽南北輸送和颱風之關係，中國文化大學碩士論文，89pp。

Anthes, R. A., 1982: Tropical Cyclones: Their Evolution, Structure and Effects. *Amer. Meteor. Soc.*, 208pp.

Bove, M. C., J. B. Elsner, C. W. Landsea, X. Niu, and J. J. O'Brien, 1998: Effect of El Nino on US landfalling Hurricanes, revisited. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 79, 2477-2482.

Briegel, Lisa M., Frank, William M., 1997: Large-Scale Influences on Tropical Cyclogenesis in the Western North Pacific. *Mon. Wea. Rev.*: 125, 1397-1413.

Chan, J. C. L., 2000: Tropical cyclone activity over the western north Pacific associated with El Nino and La Nina events. *J. Climate*, 13, 1960-2972.

Emanuel, K. A., 2005: Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years. *Nature*, 436, 686-688.

Gray, W. M., 1968: Global view of the origin if tropical disturbances and storms. *Mon. Wea. Rev.*, 96, 669-700.

Gray, W. M., 1979: Hurricanes: Their Formation, Structure, and Likely Role in the Tropical Circulation. *Meteorology over the Tropical Oceans*, D. B. Shaw, Ed., Roy. Meteor. Soc., 155-218.

Gray, W. M., 1984: Atlantic Seasonal Hurricane Frequency. *Mon. Wea. Rev.*, 112, 1649-1683.

Ho, Chang-Hoi, Jong-Jin Baik, Joo-Hong Kim, Dao-Yi Gong, and Chung-Hsiung Sui, 2004: Interdecadal Changes in Summertime Typhoon Tracks. *J Climate*, 17, 1767-1776.

O'Brien, J. J., T. S. Richards, and A. C. Davis, 1996: The effect of El Nino on US landfalling Hurricanes. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77, 773-774.

Wang, Bin, Chan, Johnny C. L., 2002: How Strong ENSO Events Affect Tropical Storm Activity over the Western North Pacific. *J. Climate*, 15, 1643-1658.

Waple, A. M., and co-authors, 2002: Climate assessment for 2001. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 83, S1-S62.

Examining Typhoon Activity in the Western North Pacific: Difference between Active and Non-Active Years

Pin-Gin Chiu¹ Jia-Yuh Yu²

¹ Institute of Geosciences, Chinese Culture University

² Department of Atmospheric Sciences, Chinese Culture University

(Manuscript received 31 January 2006; in final form 24 June 2006)

ABSTRACT

In this paper, JTWC best track data of Typhoon and NCEP/NCAR atmospheric data are employed to examine relation between Typhoon activity in the Western North Pacific (WNP) and the associated background atmospheric circulation. The so-called “accumulated wind energy” of Typhoon is used to characterize Typhoon activity. Since the accumulated wind energy considers the strength and duration of each Typhoon, it can represent Typhoon activity more realistically compared to the total number of Typhoon genesis.

Our study indicates that three factors, which are dynamically linked to each other, can affect Typhoon activity: Subtropical Pacific High (SPH), Walker circulation, and cross-equatorial flow. We note that variation of the SPH is closely associated with anomalous atmospheric patterns in the equatorial Pacific. In the active (inactive) years, anomalous Walker Circulation ascends (descends) in the eastern Pacific while descends (ascends) in the western Pacific. Since the descending (ascending) center tends to bias to Southern Hemisphere, it results in cross-equatorial southerlies (northerlies) in the western Pacific and enhancing (weakening) moisture convergence in the Monsoon trough. This situation is found to favor (disfavor) Typhoon activity in the WNP. In summary, an improved prediction of seasonal Typhoon activity in the WNP can be accomplished by knowing well the variation of SPH, Walker Circulation, and cross-equatorial flows.

Key words: Typhoon, Typhoon activity

