

秋強颱風年代際變化之探討

李佳容 鄒治華

國立台灣師範大學地球科學研究所

摘要

本研究分析過去 62 年 (1945~2006 年) 西北太平洋 (WNP) 地區颱風活動之年代際 (Interdecadal) 變化, 發現經過 11 年滑動平均後, 強颱風呈現明顯的年代際變化, 而非強颱風則無此訊號。因夏颱風之年代際變化已為前人研究所探討, 本研究僅討論秋強颱風年代際變化, 秋颱風個數中, 發展成秋強颱風的比率 (Ratio of strong typhoon, RST) 為 29.28%, 秋強颱風活躍期 (1990~1994 年) 颱風生成個數較多, 且發展成強颱風的比例較高, 其 RST 可達 33.82%, 而秋颱風非活躍期 (1974~1978 年) 則相反, 其 RST 僅為 19.64%; 西北太平洋地區之秋強颱風活躍與否, 和西北太平洋海溫較無明顯相關, 反而強烈受到中~東太平洋地區海溫及大氣環境場改變之影響, 活躍期中~東太平洋海溫高, 秋颱風生成區向東南延伸至國際換日線一帶, 生命期較長, 而非活躍期秋颱風均形成在 160°E 以西的區域, 生命期較短; 本文將進一步藉由海氣耦合模式資料與觀測資料的比對, 探討全球暖化後未來秋強颱風強度的趨勢。

關鍵詞: 年代際變化、強颱風。

一、前言

西北太平洋 (WNP) 地區位處全球海溫最高的暖池 (warm pool), 提供大氣充足的水汽來源, 根據前人研究颱風資料顯示, 熱帶 WNP 成為全球熱帶氣旋 (Tropical cyclones, TCs) 生成最頻繁的區域, 約可佔全球的三分之一 (27/86, Henderson et al., 1998; Henderson et al., 1998; Yumoto and Matsuura, 2001)。在影響颱風形成與活動的因素中, 可概分為熱力與動力機制, 分別為海表面溫度、大氣垂直風切、垂直熱力穩定度、中對流層水汽量、低對流層相對渦度、科氏參數 (Gray, 1977; Molinari and Vollaro, 1989; Pfeffer and Challa, 1992; DeMaria et al., 2001)。此外, 近十年研究指出海表面溫度 (Sea surface temperature, SST) 變動是影響過去颱風活動的主因之一 (Broccoli and Manabe, 1990; Haarsma et al., 1993; Krishnamurti et al., 1998; Emanuel, 1999); 其他熱力條件亦和 SST 變動有關。

目前二氧化碳 (CO₂) 濃度變化對同時期颱風個

數影響不明確, Bengtsson et al. (1996)、Yoshimura et al. (1999) 使用高解析模式, 模擬相當現今兩倍 CO₂ 濃度的大氣環境, 颱風生成個數減少, 多位學者亦透過高解析的模式模擬, 說明同為兩倍 CO₂ 濃度的大氣環境, 該地區強烈颱風的最大強度將會增加 (Knutson et al., 1998; Krishnamurti et al., 1998; Knutson and Tuleya, 1999)。若 TC 生成頻率和強度隨海溫上升而增加, 在全球暖化 (Global warming) 下, 效果應更加顯著, 但 Chan and Shi (1996) 指出 TCs 個數趨勢於 1990 年代早期上升隨即下降, 不如預期持續上升, 換言之, TC 活動受到年代際變化之影響。

因夏颱風年代際變化已為前人研究所探討, 本文僅討論秋強颱風, 將於第二章介紹研究中所使用的資料; 第三章分析過去 62 年 WNP 秋颱風個案統計, 秋強颱風與環境場的相關性; 第四章探討秋強颱風生成個案差異甚大的兩時期作颱風資訊與背景環流場之比較; 第五章進一步藉由海氣耦合模式資料與觀測資料的比對, 探討全球暖化後秋強颱風強度的趨勢; 第六章為結論。

二、資料

本文採用的颱風資料是美國的聯合排風預報中心 (Joint Typhoon Warning Center, JTWC)，資料起迄時間為 1945 年至 2006 年，由於我們感興趣的為強度較強的個案，因而摒除熱帶低壓 (Tropical Depress, TD, 中心最大風速小於 17ms^{-1}) 的個案，僅統計熱帶氣旋 (Tropical cyclone, TC, 中心最大風速大於 17ms^{-1}) 的個案。為分析大尺度環境，本研究採用全球網格點資料為：(一) 英國氣象局和麻省理工學院所整理，長期月平均全球海面水溫 (GISST2.3b)，網格解析度為 $1^\circ \times 1^\circ$ 。(二) 歐洲中期氣象預報中心 (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, ECMWF) 之四十年重分析 (ERA40) 的月平均資料，網格解析度為 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 。(三) IPCC-AR4 海氣耦合模式資料，參見表 1。考慮研究上的一致性，將所有背景環境場資料統一擷取 1957~1999 年。

三、氣候特徵分析

3.1 WNP 颱風統計分析

統計 1945~2006 年 WNP 地區逐月颱風生成次數，共生成 1606 個颱風，平均每年 25.9 個颱風，單年形成變異量大，當中秋季 (SON) 較易形成強颱風 (根據 JTWC 分類，滿足 typhoon 4, super typhoon, TY4~TY5 階段)，從颱風逐年個數暨 11 年滑動平均統計圖 (圖 1) 發現颱風與強颱風具有顯著性的年代際變化，非強颱風 (根據 JTWC 分類，滿足 tropical storm, typhoon 1~3, TS~TY3 階段) 則無此訊號。發展成秋強颱風的比率 (Ratio of strong typhoon, RST) 為 29.28%，秋強颱風活躍期 (1990~1994 年) 颱風生成個數較多，且發展成強颱風的比例較高，其 RST 可達 33.82%，而秋颱風非活躍期 (1974~1978 年) 則相反，其 RST 僅為 19.64%。

3.2 秋強颱風與環境場的相關性

影響颱風個別颱風生成的物理因子包含動力與熱力共六項的條件，包含海表面溫度、大氣垂直風切、重直熱力穩定度、中對流層水氣量、低對流層相對渦度、科氏參數。透過環境場參數與秋強颱風個數作相關係數的分析，西北太平洋地區之秋強颱風活躍與否，和西北太平洋源生地之海溫較無明顯相關，反而

強烈受到中~東太平洋地區海溫及大氣環境場改變之影響 (圖 2)。

四、秋強颱風活躍期與非活躍期之差異

4.1 颱風資訊

(一) 生成位置與生命史

颱風生成位置可從熱帶地區橫跨至北緯 30 度左右，西北太平洋地區與南海地區均可發展成颱風，強颱風較集中於西北太平洋地區北緯 5 至 20 度。活躍期生成位置向東南延伸至國際換日線一帶，且生命期較長 (15.74 天)，而非活躍期秋強颱風均形成在 160°E 以西之區域，生命期較短 (11.27 天)。

(二) 軌跡與通過頻率

依 JTWC 觀測記錄繪出實際的颱風移動軌跡，秋強颱風移至 ($130^\circ\text{E}\sim 160^\circ\text{E}$, $15^\circ\text{N}\sim 20^\circ\text{N}$) 部分轉向北或東北方，於活躍期情況更甚，部分持續朝西或西北方移行；颱風通過頻率 (typhoon pass frequency) 是將 WNP 地區劃分成 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 的網格點，再計算任一 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 網格區域內，颱風被觀測到的次數。活躍期因生成區域向東南延伸，故在 ($155^\circ\text{E}\sim 180^\circ$, $5^\circ\text{N}\sim 20^\circ\text{N}$) 區出現相較於非活躍期的通過頻率之極大值。

4.2 環流場

(一) 熱力場

透過颱風最大潛在強度理論 (MPI) 之原理，從熱力參數試著找出兩時期的差異，包含 SST、環境水汽量 (Q_{env})、對流層頂 (100mb) 溫度、海平面氣壓 (MSLP)。

(二) 海溫與風場

秋強颱風活躍期海溫較高，在暖水團的西北側出現，低對流層 (850mb) 氣旋式異常之環流，增加正渦度，東風減弱，高對流層 (200mb) 反氣旋式異常之環流，西風減弱，降低垂直風切，有利系統對流。非活躍期海溫較低，在冷水團的西北側出現，於低對流層反氣旋式異常之環流，東風增強，高對流層輻和，西風增強，使垂直風切增加，不利系統對流 (圖 3)。

五、模式資料比對

選取五個 IPCC-AR4 海氣耦合模式，因模擬出之週期不一，初步用赤道西太平洋 ($150^\circ\text{E}\sim 170^\circ\text{W}$, $5^\circ\text{S}\sim 5^\circ\text{N}$)

°N) 地區海溫作指標 (圖 4), 觀察出 miroc3.2(medres) 模式曲線和其他曲線反相位, 往後之探討將忽略此模式; 再分別尋求模式海溫最高時期 (p4)、最低時期 (p0), 與觀測秋強颱風活躍期和非活躍期比對。當中發現各背景環境場之 p4 (p0) 的情形和秋強颱風 (非) 活躍期相似, 從圖 5 p4 和 p0 相減場來看, 暖水區伴隨較高的環境水汽量值, 當中圖 5 (a) 東亞地區水汽量減少的情形, 似乎眾多模式均無模擬出, 中太平洋北緯 20°N 以北地區存在海溫減少的情形, 於模式 giss-er (圖 5.c)、ukmo-hadgem1 (圖 5.d) 亦可觀察到此現象; cnrm-cm3(medres) 模式全區海溫均增暖 (圖 5.b); giss-er 模式中海溫與水汽量變異較小 (圖 5.c); mpi-echam5 模式在赤道太平洋地區有較大的海溫差異, 幅度可大於 1°C (圖 5.d)。此外, 針對風場資料顯示, 亦可觀察出 p4 低對流層具有氣旋式的環流異常, 熱帶太平洋地區東風減弱, 高對流層具有反氣旋式的環流異常, 西風減弱, 降低垂直風切, 有利形成強颱風; p0 低對流層具有反氣旋式的環流異常, 熱帶太平洋地區東風增加, 高對流層具有輻合或氣旋式的環流異常, 西風增強, 加強垂直風切, 不利形成強颱風。

六、結論

本研究透過 JTWC 提供 WNP 地區最佳化路徑資料, 經過十一年滑動平均後, 強颱風具有顯著性年代際變化, 非強颱風則無此訊號, 單年生成個數變異大, 秋強颱風活躍度和源生地背景場較無相關, 反而強烈受到中~東太平洋的影響; 從個數變化曲線中觀察出強颱風活躍期 (1990-94) 與非活躍期 (1974-78), 活躍期強颱風個數較多、RST 較高、TCs 生命史較長、通過頻率向東南延伸至換日線一帶, 與 Wang and Chan (2002) 一致; 對於環流場而言, 熱帶太平洋地區海溫增加、水汽量增、對流層頂溫度亦增 (對流不穩定度降低, 不利強颱風生成因子)、海平面氣壓降低、低對流層具有氣旋式異常環流 (增加正渦度)、垂直風切降低, 多為有利形成強颱風的條件; 非活躍期則相反。所選取的 IPCC-AR4 海氣耦合模式, 大致上模擬良好, 僅 miroc3.2(medres) 模式曲線和其他模式以及觀測資料反相位, 因此, 進一步和觀測資料比對將排除此模式, 各模式海溫之 p4 (p0) 和強颱風 (非) 活躍期的特性雷同。

徵引資料

- Camargo S. J. and A. H. Sobel, 2005: Western north Pacific tropical cyclone intensity and ENSO. *J. Climate*, **18**, 2996-3006.
- Chan, J. C. L., 1985: Tropical cyclone activity in the northwest Pacific in relation to the El Nino/ Southern Oscillation phenomenon. *Mon. Wea. Rev.*, **113**, 599-606.
- , 2000: tropical cyclone activity over the western north Pacific associated with El Nino and La Nina events. *J. Climate*, **13**, 1960-1972..
- , and K. S. Liu, 2004: Global warming and western north Pacific typhoon activity from an observational perspective. *J. Climate*, **17**, 4590-4602.
- Chang C.-P., Y. Zhang, and Tim 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.
- Chang-Hoi Ho, 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.
- Emanuel K. A., 1991: Theory of hurricanes. *Annu Rev. Fluid Mech.*, **23**, 179-196.
- , 2000: A statistical analysis of tropical cyclone intensity. *Mon. Wea. Rev.*, **128**, 1139-1152.
- , K. C. DesAutels, C. Holloway, and R. Korty, 2004: Environmental control of tropical cyclones intensity. *J. Atmos. Sci.*, **61**, 843-858
- Knaff J. A., C. R. Sampson, and M. DeMaria, 2005: An operational statistical typhoon intensity prediction scheme for the WNP. *Wea. Forecasting.*, **20**, 688-699.
- Sobel A. H. and S. J. Camargo, 2005: Influence of western north Pacific tropical cyclones on their large-scale environment. *J. Atmos. Sci.*, **62**, 3393-3406.
- Wang B., and J. C. L. Chan, 2002: How strong ENSO events affect tropical storm activity over the western north Pacific. *J. Climate*, **15**, 1643-1658.

表 1：選取之 IPCC AR4 海氣耦合模式資料介紹。

Modelling group	Model designation and figure symbol	AGCM horizontal/vertical resolution	OGCM horizontal/vertical resolution
Center for Climate System Research (The University of Tokyo), National Institute for Environmental Studies, and Frontier Research Center for Global Change (JAMSTEC), Japan.	MIROC3.2 (medres)	T42 L20	256×192 L44
Max Planck Institute for Meteorology, Germany.	ECHAM5/MPI-OM	T63 L32	1.5×1.5 L40
Goddard Institute for Space Studies (NASA), USA.	GISS-ER	72×46 L17	72×46 L13
Hadley centre for Climate Prediction and Research/Met Office, UK.	UKMO-HadGE M1	N96 L38	1×0.33-1 L33
Centre National de Recherches Meteorologiques (Meteo-France) Institute for Numerical Mathematics, France.	CNRM-CM3	T42 L45	180×170 L33

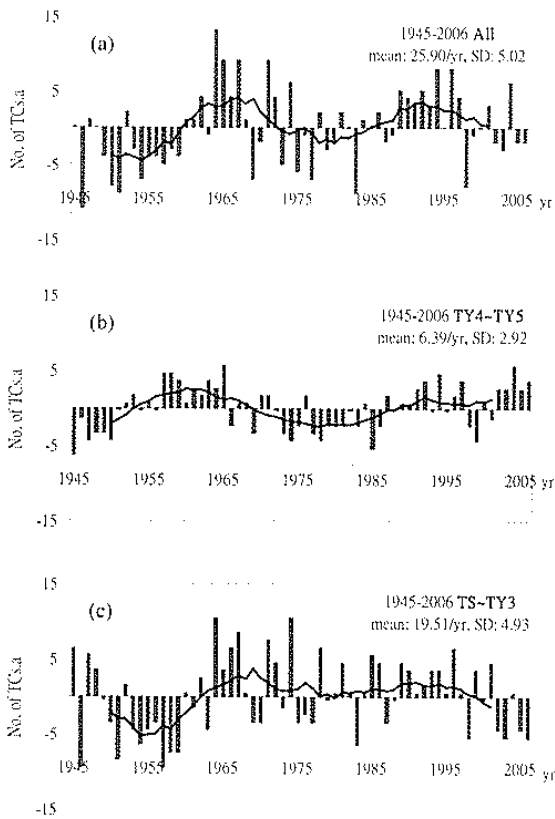


圖 1：太平洋地區自 1945~2006 年颱風個數暨 11 年滑動平均統計圖。(a) 全部颱風 (All) 生成個數、(b) 強颱風 (TY4~TY5)、(c) 非強颱風 (TS~TY3) 生成個數異常統計結果。圖中藍線段為 11 年滑動平均結果，柱狀分布為單年生成個數異常值。

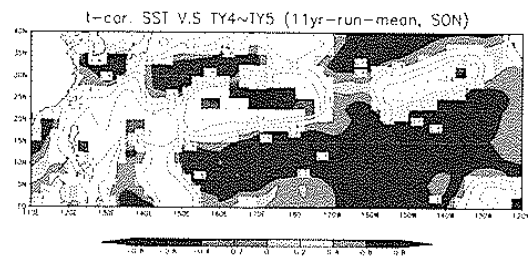


圖 2：海溫與太平洋地區颱風生成個數均經 11 年滑動均之相關係數分析。色彩部分是通過 95% T-test 統計檢定區，黑實線為正相關區，黑虛線為負相關區。

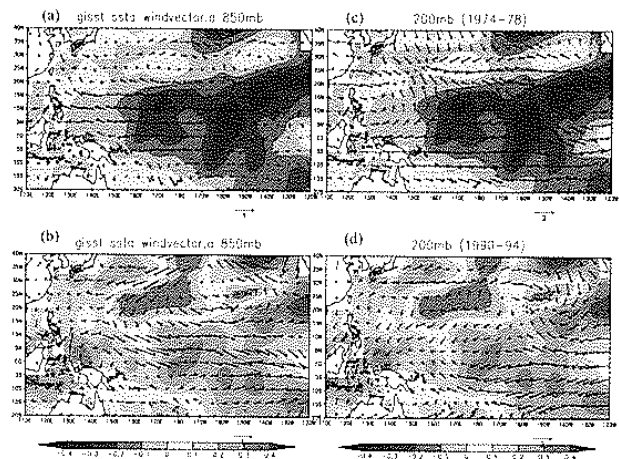
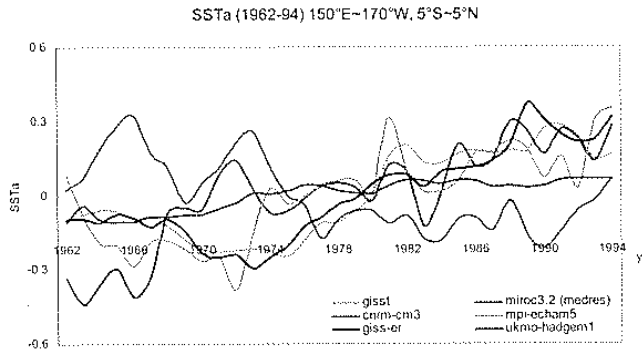


圖 3：秋強颱風非活躍期 (1974-78, (a) (c)) 與活躍期 (1990-94, (b) (d)) 海溫異常與高低對流層向量風場異常之分析。色彩部分為海溫，單位 $^{\circ}\text{C}$ ；箭號為向量風場，(a)、(b) 為低對流層 (850mb)，(c)、(d) 為高對流層 (200mb)。



unit:	gisst	cnrm-cm3	giss-er	miroc3.2 (medres)	mpi-echam5	ukmo-hadgem1
K						
mean	302.29	299.74	301.92	299.77	303.60	299.93
SD	0.17	0.20	0.06	0.14	0.18	0.18

圖 4：赤道西太平洋（150°E~170°W, 5°S~5°N）地區海溫異常值分析。橫軸為時間，縱軸為海溫異常值，單位°C；橘色曲線為 gisst 觀測資料，而模式資料分別為綠色曲線 cnrm-cm3，棕色曲線 giss-er，粉紅色曲線 miroc3.2(medres)，青色曲線 mpi-echam5，藍色曲線 ukmo-hadgem1。

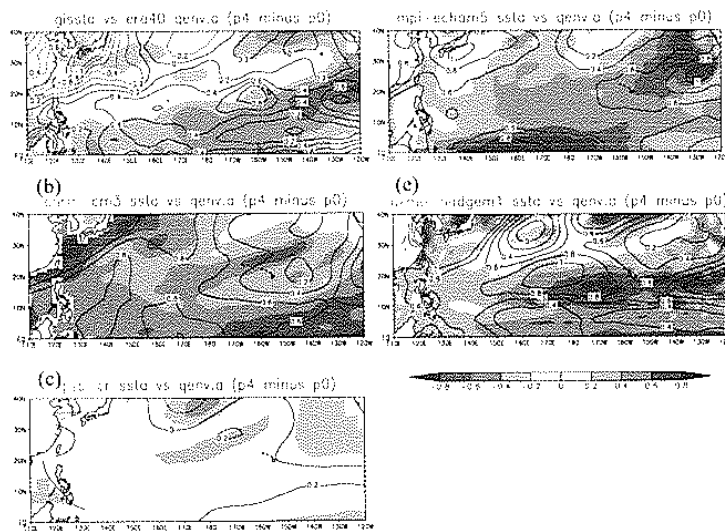


圖 5：觀測與不同模式 SST 和環境水汽量於 p4 和 p0 的差異。色彩部分為海溫，單位為°C，紅色系表暖水溫，藍色系表冷水溫；線段部分為水汽量，單位為 g/kg，實線表水汽增加，虛線表水汽減少。(a) gisst 和 era40，為觀測資料；模式資料為 (b) cnrm-cm3(medres)；(c) giss-er；(d) mpi-echam5；(e) ukmo-hadgem1。