

[研究新領域報導]

多重尺度交互作用與颱風

台灣大學大氣科學系 許晃雄

一、前言

颱風是夏秋季期間影響西北太平洋地區最鉅的劇烈天氣系統，其生成與路徑受到大尺度背景環流（如季風）的影響。相反的，颱風也可能反饋大尺度環流。簡而言之，颱風是西北太平洋地區大氣多重尺度交互作用影響下的產物。這方面的研究近年來逐漸受到重視，國內也開始展開相關研究。本文簡單介紹相關的研究議題與重要性。

二、颱風與季內振盪

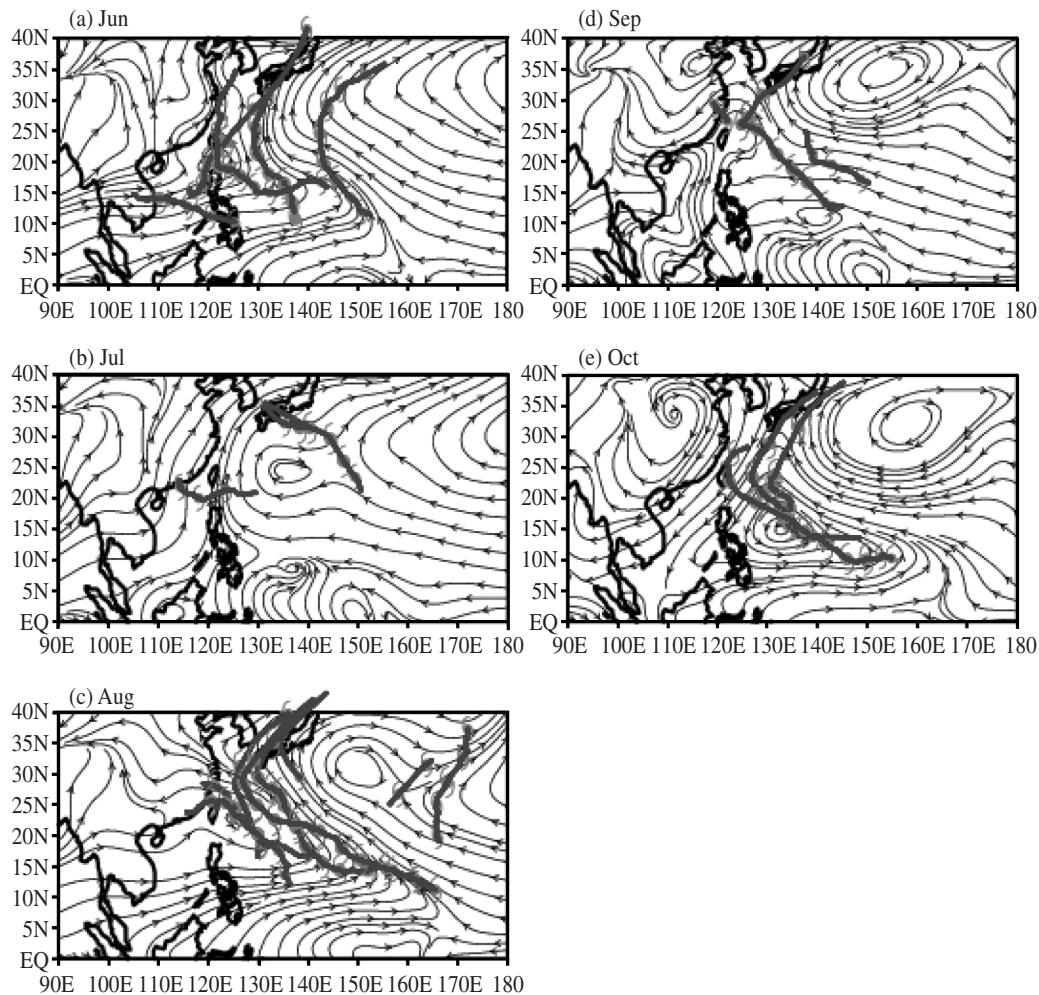
2004 年西北太平洋颱風個數接近平均值，可是發生時間與路徑都十分集中。比如，6-10 月的逐月颱風個數分別為 5、2、8、3、3 個，相對於長期氣候平均的逐月個數 1.7、4.2、5.1、5.1、3.9 個，呈現偏多與偏少逐月輪流發生的現象（10 月除外）。另一受人矚目的現象則是侵襲日本的颱風多達 10 個，打破歷史紀錄。為何 2004 年颱風的生成如此規律而且路徑集中，是一個極端有趣且重要的問題。圖一是 2004 年 6-10 月間逐月的颱風路徑與大氣低層環流（850 百帕），吾人可以由其中觀察到更細微與確切的變化。六月期間，有一低壓槽（逆時鐘方向旋轉的環流，稱為季風槽）由中南半島往東南方向伸出至菲律賓海，在其東北側則為氣流順時鐘方向旋轉的太平洋高壓脊。出現於這個月的五個颱風都生成於低壓槽內，然後沿著太平洋高壓脊順時鐘方向移動。有趣的是，7 月間季風槽不明顯，颱風個數也偏少。與 6-7 月類似的振盪現象在 8-10 月仍舊持續出現。由於受到此一規律振盪的影響，颱風路徑多順時針方向移動，日本因此遭受破紀錄的 10 個颱風侵襲，造成巨大災情。最近的分析發現[1]2004 年夏秋季的季風槽呈現 30-80 天（中心週期約 60 天）的振盪週期，而且強度是近五

十年來最強的一年，也是最規律的一年。有趣的是，此一振盪與月份幾乎完全重疊，因此可以從月平均場觀察到規律變化。

此一 30-80 天振盪，因為週期短於一個季節，又比一般的天氣系統（如颱風）的時間尺度為長，在氣候研究稱為季內振盪，是夏秋季期間經常出現在西北太平洋的擾動[2]，對熱帶對流甚至颱風的生成與路徑有明顯的影響[3-5]。颱風（或熱帶氣旋）比較容易在下列環境中生成：近海面的正渦度與水氣幅合、微弱的垂直風切、高對流層輻散與高海溫。季風槽盛行的區域恰好符合這些特性，因此熱帶氣旋容易發生於其中[6,7]。

季內振盪影響季風槽的強度與菲律賓海的對流活躍程度，因此間接影響颱風的生成與路徑。2004 年颱風生成如此規律，路徑如此集中，很可能與活躍的季內振盪有關。季內振盪的活躍程度每年不一樣，呈現明顯的年際變化。何種因素影響季內振盪的活躍程度，則是另一個尚未完全瞭解的問題。最近研究發現發現聖嬰現象發生期間，西北太平洋地區的季內振盪較為活躍[8]。但是，2004 年並非聖嬰年夏季，季內振盪卻如此活躍。顯然，影響季內振盪的因素不只是聖嬰現象，仍有其他機制尚未被發現。

颱風環流附著於大尺度背景環流上。過去研究大尺度環流與颱風關係的氣候研究，都未將二者分離，而且未考慮颱風對大尺度背景環流的可能回饋。如果將颱風事先從大尺度環流中濾除，再比較濾除後與濾除前季內振盪的變異量分佈，或許可以估計颱風對季內變異的影響。我們進行了類似的計算，比較颱風濾除後與濾除前的 850 百帕渦度場在 30-60 天時間尺度的變異量分佈，我們發現濾除颱風後，季內振盪的變異量僅為原有的百分之 50-60。此一結果顯示颱風對季內振盪有相當顯著的反饋。由於季內振盪提供了



圖一 2004 年(a)6 月, (b)7 月, (c)8 月, (d)9 月, (e)10 月 850 百帕流場與颱風路徑

颱風生成的有利環境，也可能影響颱風路徑，造成颱風的群聚效應，因此發生颱風活躍期與間歇期輪替的現象。活躍期間，颱風的強渦度會疊加在背景季內振盪上，間歇期則降低背景季內振盪的強度。季內振盪對颱風的群聚效應，反而因此加強本身的振盪強度。換句話說，雖然颱風相對而言是比較短週期的劇烈天氣，但是由於群聚效應，對季內振盪的變異量有相當顯著的貢獻。

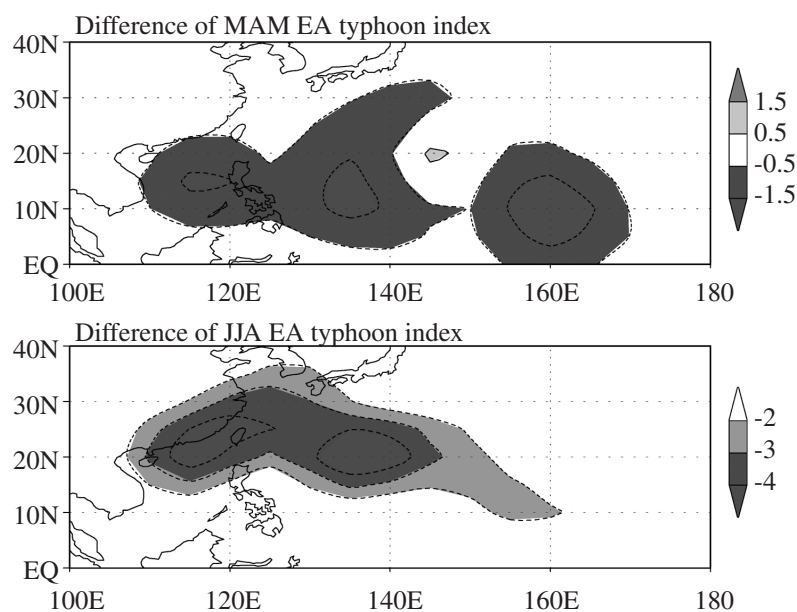
三、颱風的年際變化

年際變化是指年與年之間的變化。每年全球颱風數約為 90 個，年際變化不大。可是，在過去 50 年間，西北太平洋颱風數的年際變化約在 10-40 個之間，變化幅度相當大。西北太平洋颱風生成個數與分佈受到聖嬰現象的影響[9]。聖嬰現象發生時，西北太平洋颱風的生成位置，較平常偏東南，離台灣較遠，反聖嬰現象發生時，則往西北偏，比較靠近台灣。主要原因為東太平洋

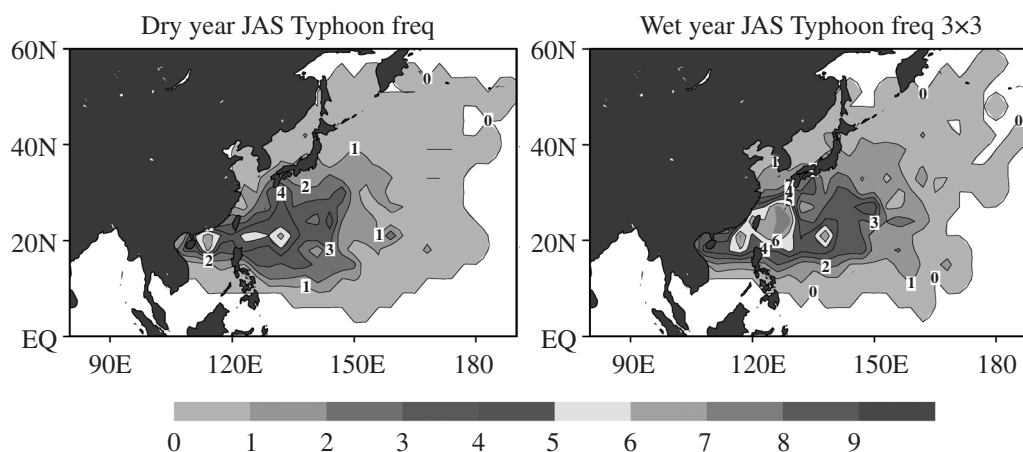
海溫發生變化時，影響到位於西北太平洋菲律賓海上的季風槽，有利於熱帶氣旋生成的環境隨之變強變弱或位移，颱風生成個數與分佈自然受到影響。

季風槽既然是熱帶氣旋的溫床，任何會影響到季風槽強度與位置的因子，都可能間接造成颱風的年際變化。青藏高原上空在夏季時存在一個全球最強的熱源，是維持亞洲季風甚至北半球夏季環流的主要能量來源。我們的研究發現此一熱源強度的變化對季風槽有明顯的影響[10]。弱熱源的年份，季風槽較強，太平洋副熱帶高壓偏北，反之則季風槽較弱，太平洋高壓偏南，向西延伸至台灣一帶。因此，前者發生時，颱風路徑偏向台灣的機會較大，後者發生時則颱風進入台灣鄰近海域的機會較少（圖二下圖）。類似的狀況甚至在春季就已經很明顯（圖二上圖）。

台灣颱風季雨量的年際變化相當大，與颱風路徑有相當明顯的關係[11]。雨量偏少的年份，



圖二 強熱源年颱風路徑分佈減去弱熱源年颱風路徑分佈：(上圖) 3-5 月，(下圖) 6-8 月



圖三 台灣颱風季(7-9月)雨量(左圖)偏少年與(右圖)偏多年的颱風路徑分佈圖

季風槽多偏弱，太平洋副熱帶高壓則西伸至台灣附近海域。在此情況下，颱風路徑傾向於偏南，多從巴士海峽與菲律賓一帶掃過（圖三左圖）。相反的，雨量偏多的年份，季風槽多偏強，太平洋副熱帶高壓則偏北，颱風路徑傾向由菲律賓海朝西北方向行進，經過台灣東方海域，因此給台灣帶來較多的雨量（圖三右圖）。

以上討論似乎指出，只要吾人能掌握季風槽與太平洋高壓的相對位置與強弱，就有可能預知颱風生成區域與路徑。然而問題並不是如此簡單。最主要的因素是，控制季風槽與太平洋高壓變化的因素，可能不只聖嬰/反聖嬰現象與青藏高原上空的熱源，因為它們只能解釋部分的變動。季風槽與太平洋副熱帶高壓的變化也可能導

因於大氣內部動力，與海溫或青藏高原的影響無直接關係。

四、結語

以上討論指出颱風的大尺度背景環流間存在多重尺度交互作用過程，時間尺度從跨年、季節、季內到數天。這些不同時間尺度系統間的交互作用，使得颱風研究更加複雜。季內時間尺度以上的現象屬於傳統的氣候研究範疇，數天時間尺度則屬於劇烈天氣範疇。換言之，要徹底研究颱風問題，必須從多重時間與空間尺度著手。這個研究方向逐漸興起，仍有許多待突破之處，兼具學術與應用價值，值得國內颱風與氣候研究人員攜手合作探討。

參考資料

- [1] H.-H. Hsu and Y.-L. Chen, *A year of strong intraseasonal oscillation-typhoon coupling in the western North Pacific*, submitted to *Geophys. Res. Lett.* (2004). (In preparation)
- [2] H.-H. Hsu and C.-H. Weng, *J. Climate*, **14**, 3834 (2001).
- [3] E. D. Maloney and M. J. Dickinson, *J. Atmos. Sci.*, **60**, 2153 (2003).
- [4] R. L. Elsberry, *Monsoon-related tropical cyclones in East Asia*. In 'East Asian Monsoon', World Scientific Series on Meteorology of East Asia, **Vol. 2**, C.-P. Chang (Ed.), World Scientific, Singapore, 463 (2004).
- [5] H.-H. Hsu, *East Asian monsoon: Intraseasonal variability in the East Asian and Western Pacific monsoon regions*. A chapter in 'Intraseasonal Variability in the Atmosphere-Ocean Climate System, K.-M. Lau and D. E. Waliser (Eds.), Praxis/Springer, Berlin, pp. 63-94 (in press) (2005).
- [6] P. A. Harr and R. L. Elsberry, *Mon. Wea. Rev.*, **123**, 1225 (1995).
- [7] T. C. Chen, S. Y. Wang, M.-C. Yen and W. A. Gallus Jr., *Weather and Forecasting*, **19**, 776 (2004).
- [8] H. Teng and B. Wang, *J. Climate*, **16**, 3572 (2003).
- [9] B. Wang and J. C. L. Chan, *J. Climate*, **15**, 1643 (2002).
- [10] H.-H. Hsu and X. Liu, *Geophys. Res. Lett.*, **30**, No. 20, 2066, doi:10.1029/2003 GLO17909 (2003).
- [11] 張琬玉, 台灣颱風季乾旱與大尺度環流場的關係。台灣大學大氣科學研究所碩士論文, 100 頁(2004)。