

## 西北太平洋地區雙颱風統計與分析研究

<sup>1</sup>蕭玲鳳、<sup>2</sup>劉廣英

<sup>1</sup>中國文化大學地學所、<sup>2</sup>中國文化大學理學院

### 摘要

西北太平洋上颱風路徑預報誤差因素很多，其中兩個或多個颱風共同存在時的交互作用不但是很重要的一項，且為數頗多。為進一步瞭解雙颱風運動的特徵，本文特將 1945 至 2000 年區內發生的雙颱風實例進行統計分析與研究。

結果顯示雙颱風發生的個數大致上與颱風發生總次數成正比，且九月份出現次數最多。另外根據旋轉方式與分離距離兩條件的四種組合，總計 223 次個案可分為四類。和過去研究主要的不同在於分離距離係將綜觀環境列為分類的參考，即將環境駛流弱，致雖然兩颱風相距甚遠，但交互作用明顯的個案亦納入分類中，以免遺漏距離遠但具交互作用之雙颱風。分類的結果以逆鐘向趨近運動形式佔最多為 43.9%，其中分離距離在 2200 公里內佔 92.2%。另外，根據氣候分析結果雙颱風發生的頻率和氣候年際變化間並沒有顯著的關連。

關鍵字：西太平洋、雙颱風

(2002 年 08 月 12 日收稿；2002 年 08 月 14 日完稿)

### 一、前言

西北太平洋上常見到兩個或多個熱帶氣旋 (TC, tropical cyclone) 在不同距離內共存。如 1984 年，區內熱帶氣旋的三分之一在生命期內均有一段時間與另一個氣旋相互作用 (Neumann, 1993)。1985 年西太平洋甚至出現五個熱帶氣旋同時共存的現象 (Elsberry et al., 1987)。顯示廣大的西北太平洋具孕育多渦旋能力。研究顯示當兩個熱帶氣旋同時存在於某範圍內時，交互作用往往導致如打轉、運動方向突然變化、快速移動等複雜的雙渦旋運動，此種情況下不正確的判斷常會導致嚴重的預報誤差 (Brand, 1970; Jarrell et al., 1978)。研究亦發現在 1960~1962 年與 1964~1976 年間預報太

平洋上颱風路徑個案中，對於 15 對雙颱風系統 24 小時的平均預報誤差為 290 公里，而同期對於所有的颱風 (包括雙颱風) 的平均預報誤差僅 215 公里。Elsberry (1993) 研究結果更指出 72 小時雙颱風的預報誤差甚至超過 1850 公里。影響預報之大可見一斑。

多個熱帶氣旋在不同距離內共存時會存在不同的交互作用，其中一個氣旋的環流會成為另一個氣旋的駛流的一部份，是導致預報結果截然不同的主因 (Elsberry, 1993)。如果環境氣壓場亦即駛流微弱，在某個臨界距離內兩個氣旋經常呈氣旋式螺旋軌跡相互靠近，此即為著名的藤原效應 (Fujiwhara, 1921)。在後續的水工實驗中，Fujiwhara (1923, 1931) 根據實驗證明兩個氣旋式旋轉的渦旋呈現氣旋式互繞的相對運動。若為



兩反氣旋式渦旋，其運動則為反氣旋式互繞。在交互作用過程中，兩個渦旋是趨近還是分離主要取決於二者的結構、強度以及分離距離。

Hoover (1961) 研究大西洋和西北太平洋雙熱帶氣旋的交互作用，發現西北太平洋雙熱帶氣旋符合藤原效應，而大西洋的氣旋對 (TC pairs) 卻呈現順時鐘轉向。他認為兩地區大尺度環境流場的差異是導致此種差別的主要原因。Brand (1970) 研究發現相距 720~740 公里的雙渦旋經常會經由其中之一的中心消失而兼併，並且渦旋之間的交互作用在距離 1350 公里時會突然加強。另外，隨著兩者距離的增加，環境流場對熱帶氣旋移動的作用亦加強。此顯示，在雙颱風條件下，二者中心的移動與駛流和彼此的交互作用密不可分。

Dong and Neumann (1983) 對 1946~1981, 共 36 年的雙熱帶氣旋交互作用進行詳細統計分析，定義交互作用發生在兩個熱帶氣旋至少共存 48 小時，強度達到熱帶風暴，並且分離距離小於 13 個緯距 (約 1350 公里)。研究結果顯示雙熱帶氣旋在西北太平洋地區每年平均發生 1.5 次，而在北大西洋地區每年平均發生 0.33 次。發生在西北太平洋的頻次較高之原因有二，一是由於該地區的熱帶氣旋發生次數較多 (西北太平洋每年平均 25 次，北大西洋則為 10 次)，二是因為兩個地區不同的地面平均風速特徵差之故。他們還發現會發生藤原效應的氣旋大多位於間熱帶輻合區 (Intertropical Convergence Zone, ITCZ) 內。在此區域中通常大尺度水平風切可以忽略。決定真正的藤原效應需要過濾掉環境流場的影響，但是從觀測資料中定義和移除大尺度環境場是很困難的。另

外，他們所研究 70% 的雙熱帶氣旋會持續氣旋式旋轉，旋轉速度與分離距離成反比。分離距離隨時間減少的個案中有 60% 的初始距離小於 8 個緯距 (約 900 公里)。當然也有明顯例外的個案，有些氣旋甚至在很短的分離距離內反氣旋式旋轉，且不相互兼併，這些個案主要是由於環境駛流的作用太顯著之故。Liu (1983; 1986) 調查分析與研究西北太平洋雙颱風，並透過重力位所建立之純交互作用控制方程組，求得兩颱風中心相對距離 ( $r$ ) 與相對角度 ( $\theta$ ) 之時變率的分析解，由而可得到雙颱風相對旋轉的順逆，相對距離的增減，以及各種交插配合的運動特徵，結果與實際發生者甚為一致。

本文根據雙颱風相對距離與運動將研究期內符合條件之個案分為四類，分別為逆鐘向趨近、逆鐘向遠離、順鐘向趨近、以及順鐘向遠離。若在共同存在期間，不同時段有順鐘向與逆鐘向或趨近與遠離不同的相對運動狀況。整體而言，上述四類雙颱風交互作用的差別主要的兩項分析工作為：

- a. 雙颱風間最短分離距離：此分析主要是為了瞭解每個個案以及各類雙颱風在交互作用中所能達到的最小分離距離，進而找出各類雙颱風產生交互作用的特徵。
- b. 綜觀流場分析：分析個案中達到最小分離距離時間的海平面氣壓圖，以瞭解當時的綜觀特徵，並用以判斷該個案環境駛流的強弱，進而確定環境駛流弱的情況下，颱風路徑則受交互影響作用會比較大的程度。

以上兩項分析為本研究與過去分類不同之處，此兩項分析主要目的是要瞭解雙颱風交互作用與最短分離距離和綜觀流場之間的

關係。特藉此將雙颱風作一創新的分類，以凸顯各類雙颱風之特色。文中亦針對氣候上的差異對雙颱風發生的頻率作一分析，用以瞭解雙颱風與氣候之間的相關性。

### 二、雙颱風定義及頻率分布

根據過去許多的研究 (Dong and Neumann, 1983; Liu, 1983 等) 對雙颱風統計主要以分離距離與旋轉方式來分類雙颱風的運動。本論文亦利用此統計方法對 1945~2000 年所發生的 223 對雙颱風進行分類。過去對於雙颱風並無一個很明確的定義，各個研究的定義也不盡相同。為使研究對象更為確切，本研究特針對各種不同類型的雙颱風加以規範，即須符合 (1) 西北太平洋上兩個或兩個以上的熱帶氣旋；(2) 達到輕度颱風的強度；(3) 共同存在超過 24 小時。根據以上的定義並利

用美國聯合颱風警報中心 (Joint Typhoon Warning Center, JTWC) 六小時一次的最佳路徑資料，對 1945~2000 年期間雙颱風資料加以統計與分類。

透過上述的定義及統計所得結果如圖 1。圖中實線與虛線分別為 1945~2000 年颱風與雙颱風個案數。由圖可見雙颱風發生的個數大致上與颱風發生總次數成正比。即颱風發生較多的個案年裡，如 1964、1994 年，雙颱風的個數也較歷年來得多。比較特別的是 2000 年發生雙颱風的個案有高達 10 次，但是當年颱風的總個數並沒有較往年高。在另一方面，1945~2000 年颱風平均每年 28 個，而雙颱風案例為每年 4 次，所以平均每年西北太平洋上有 14% 出現雙颱風的機率。

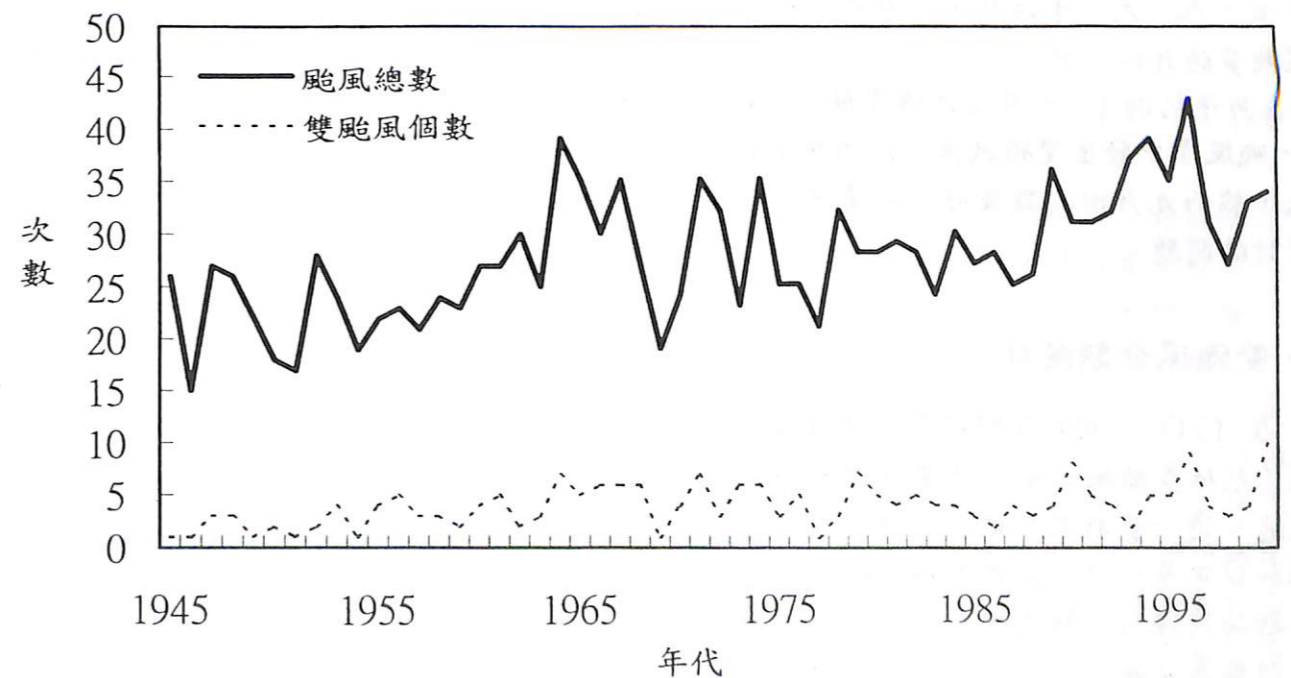


圖 1 1945~2000 年西北太平洋地區颱風 (實線) 與雙颱風 (虛線) 個案統計圖。



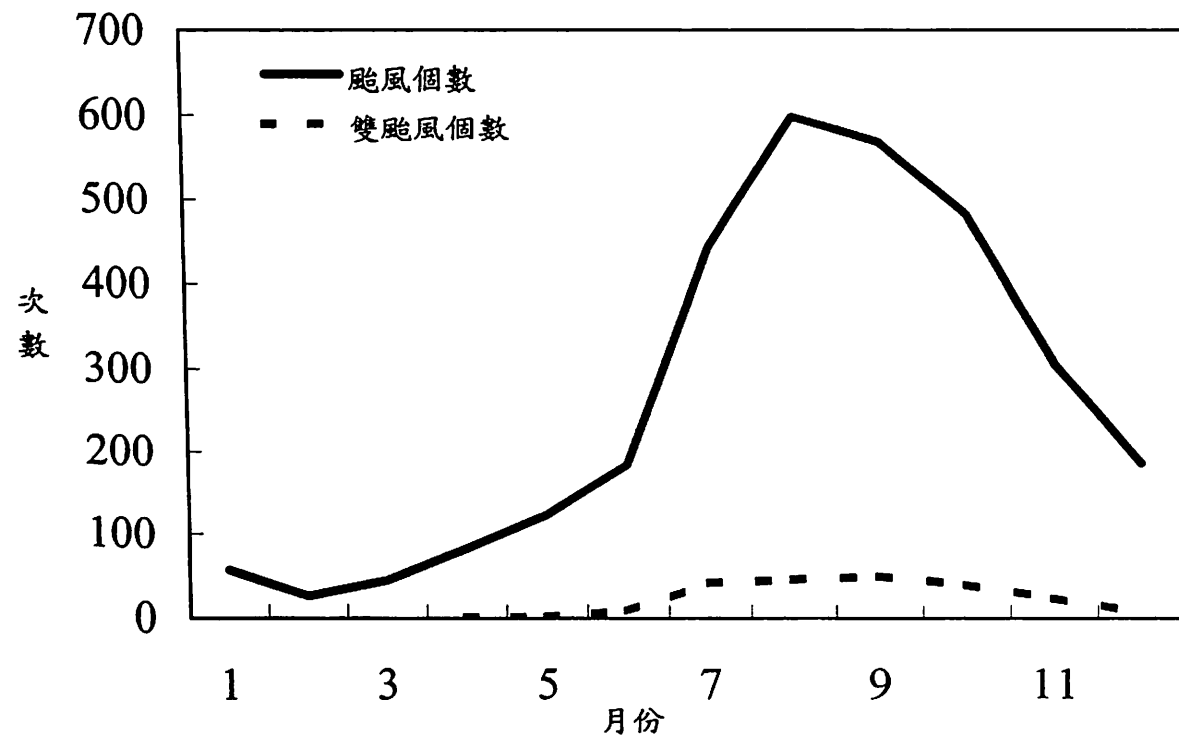


圖2 1945~2000年西北太平洋地區颱風與雙颱風發生月份的統計圖。

針對西北太平洋上每年發生之颱風與雙颱風次數分析其月分布結果，如圖2。由圖可知，七、八、九、十以及十一月均為發生雙颱風較多的月份，其中又以九月份出現次數最多。另平均而言，七月份的機率最高(9.48%)。颱風季中發生雙颱風機率較高應是正常現象，然而九月份次數居冠，則是另一個值得探討的問題。

### 三、雙颱風分類統計

在1945~2000年間符合前述條件的雙颱風(包括多颱風)有223對，其分布狀況如上述。進一步我們又依照旋轉方式與分離距離加以定量統計。此處所稱逆轉指雙颱風共存期間逆鐘向旋轉角度大於順鐘向旋轉，反之則稱為順轉。同理，如分離距離大於接近距離則稱為遠離，反之則稱為趨近。此方法有別於利用持續時間來判斷旋轉方式與分離距離，而更能有效地表示雙颱風運動。另

外，多颱風的個案在此將之分開探討之間的作用，統計結果有531對雙颱風。其中320對(60.2%)為逆鐘向，211對(39.8%)則為順鐘向旋轉。在分離距離方面，遠離為289對(54.4%)，趨近則為242對(45.6%)。在共同存在期間兩颱風分離距離的最小值，如圖3所示。由而可見，在1400~1600公里分離者最多，而在2200公里以內者佔65%。將旋轉與距離合在一起看，雙颱風相對運動可分為四類，分別是(I)順鐘向遠離有127對佔23.9%，(II)順鐘向趨近有84對佔15.8%，(III)逆鐘向遠離有162對佔30.5%，以及(IV)逆鐘向趨近則有158對佔29.8%。由此結果可知，逆鐘向遠離所佔的比例較多，但逆鐘向趨近亦不少，而順鐘向的部分則較少。另外，亦做了此四類雙颱風的最小分離距離的調查分析，結果如圖4，圖中顯示四類雙颱風最易分離距離分別在1800~2000公里、1400~1600公里、1400~1600公里以

及600~800公里，而在2200公里以內者分別佔60%、61%、64%以及73%。由此可知，第IV類即逆鐘向趨近其最小分離距離皆比其

他三類小，表示此類雙颱風中心比較容易靠近。

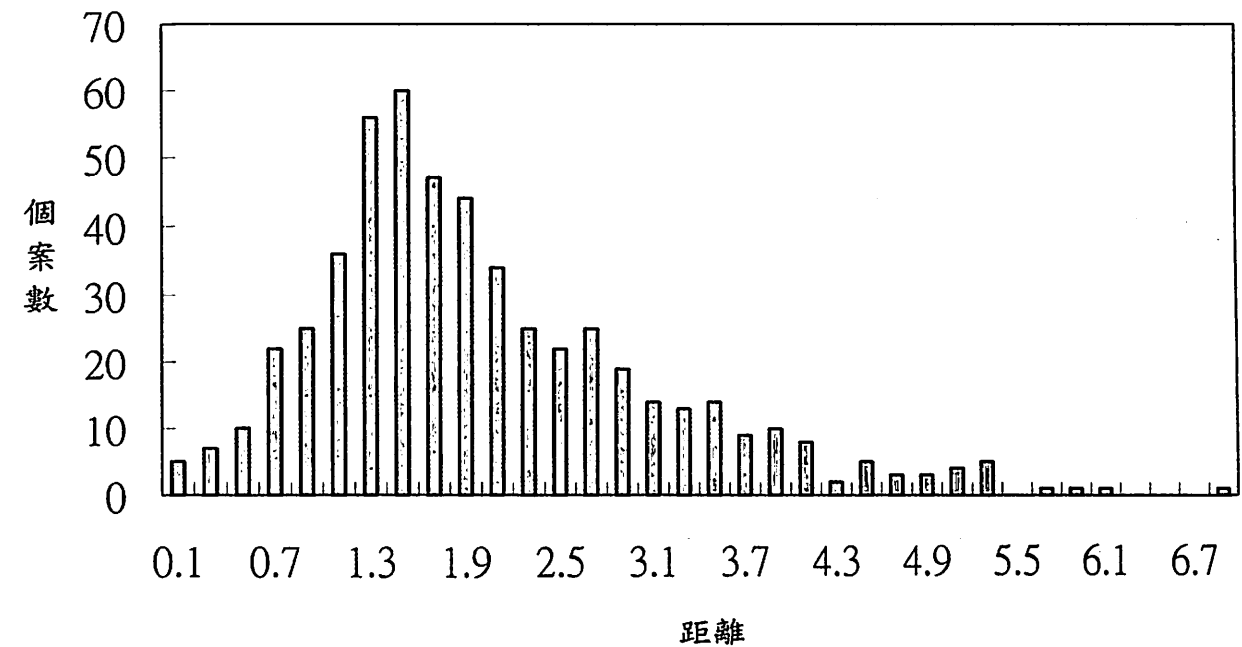


圖3 1945~2000年西北太平洋地區雙颱風個案最小分離距離統計圖。(單位：千公里)

從過去 Dong and Neumann (1983) 與 Liu (1983) 的研究可知雙颱風多屬於逆鐘向趨近的運動，而上述統計出來的結果則顯示逆鐘向遠離(佔30%)與逆鐘向趨近(佔29.8%)發生機率幾乎相同。另一方面，雙颱風有35%在相距2200公里以上即已分離，顯示環境條件的影響很大。因本研究主要以雙颱風交互作用為主，所以又將531對雙颱風個案環境駛流場分析處理。由於雙颱風交互作用在綜觀環境駛流不明顯的情況較易掌握，所以我們將個案存在期間最小分離距離當時的海平面氣壓圖加以主觀分析。若此時雙颱

風有共同的環流，即可由同一等壓線包圍，則視為個別颱風受到的環境駛流較弱、交互作用較明顯，其餘時段則視為環境駛流作用大於雙颱風交互作用，則不列入統計。由於此資料使用 NCEP/NCAR 再分析資料，最早從1948年開始。故在此將1945~1947年間有4年共16個雙颱風個案必須剔除，其餘515對個案進行分析。結果得出205對雙颱風有共同環流，即接近40%的雙颱風是處在環境駛流較弱的情況，也就是交互作用較明顯的狀況下形成。

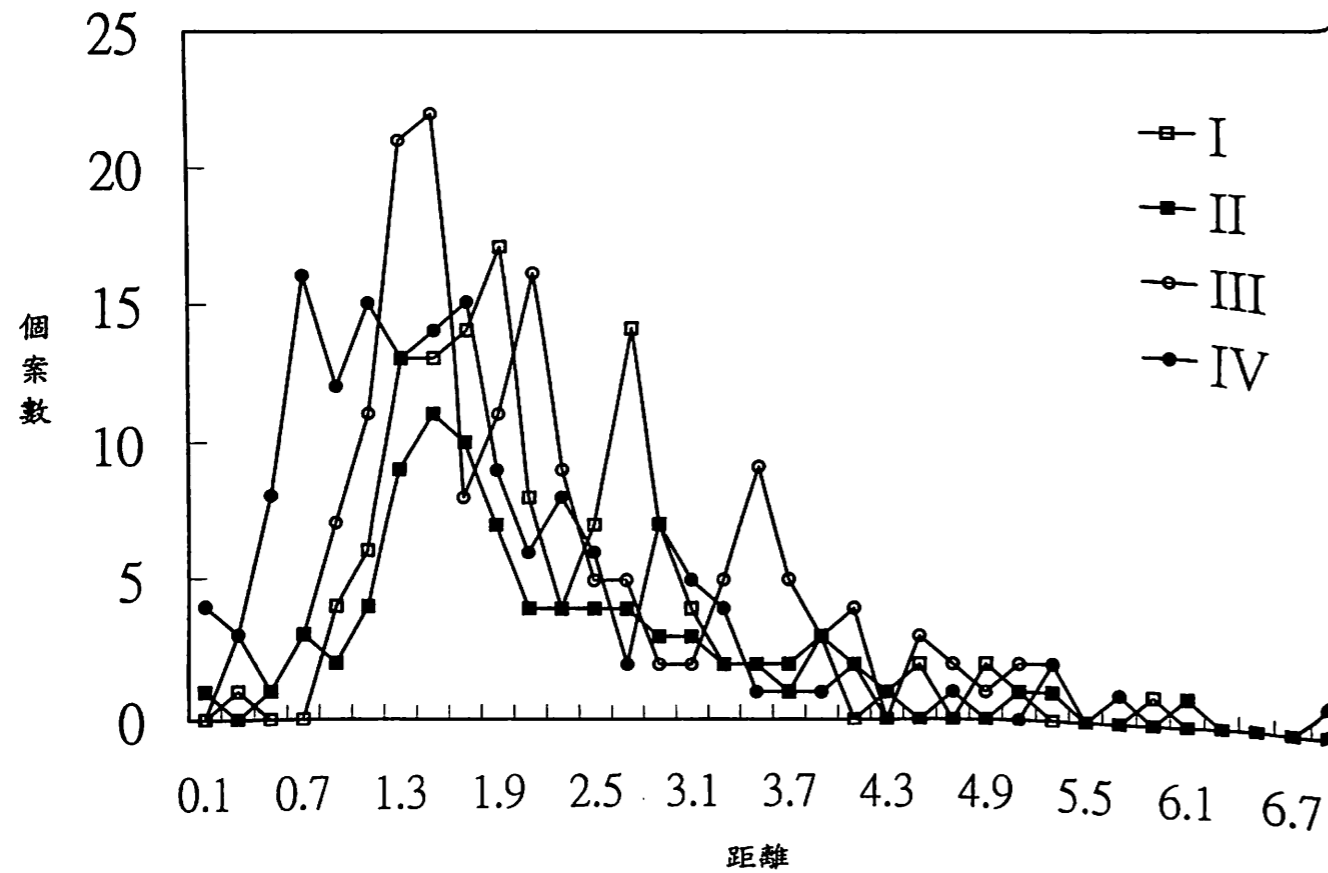


圖4 四類雙颱風個案最小分離距離統圖。(單位：千公里)

經上述剔除過程後的 205 對雙颱風中逆鐘向佔 163 對(79.5%)，順鐘向佔 42 對(20.5%)，而趨近為 112 對(54.6%)，遠離者則有 93 對(45.4%)。另一方面，第 I 類個案有 20 對佔 9.8%，第 II 類為 22 對佔 10.7%，第 III 類為 73 對佔 35.6%，第 IV 類則為 90 對佔 43.9%。透過此方法分析後，逆鐘向的比例遠超過順鐘向旋轉，而趨近的比例也超過遠離的比例。此結果正顯示經過濾後能保留

下來的雙颱風更接近藤原效應中的雙渦旋。經過綜觀環境場分析後的結果即與 Dong and Neumann (1983) 與 Liu (1983) 的結果一致。另外，分析最小分離距離的變化的結果如圖 5。205 對雙颱風共同存在期間最小分離距離在 1200~1400 公里有最高值，而在 2200 公里以內超過 91.2%。四類型的最小距離則如圖 6 所示。四類型最大值分別落在 1200~1400 公里、1000~1200 公里、1200~1400 公里及

1000~1200 公里，而在 2200 公里內分別佔 90%、90.9%、93.2%及 92.2%。由最小的分離距離可看出經過綜觀分析後，大部分最小分離距離遠的雙颱風個案均已不在本文考慮之內。

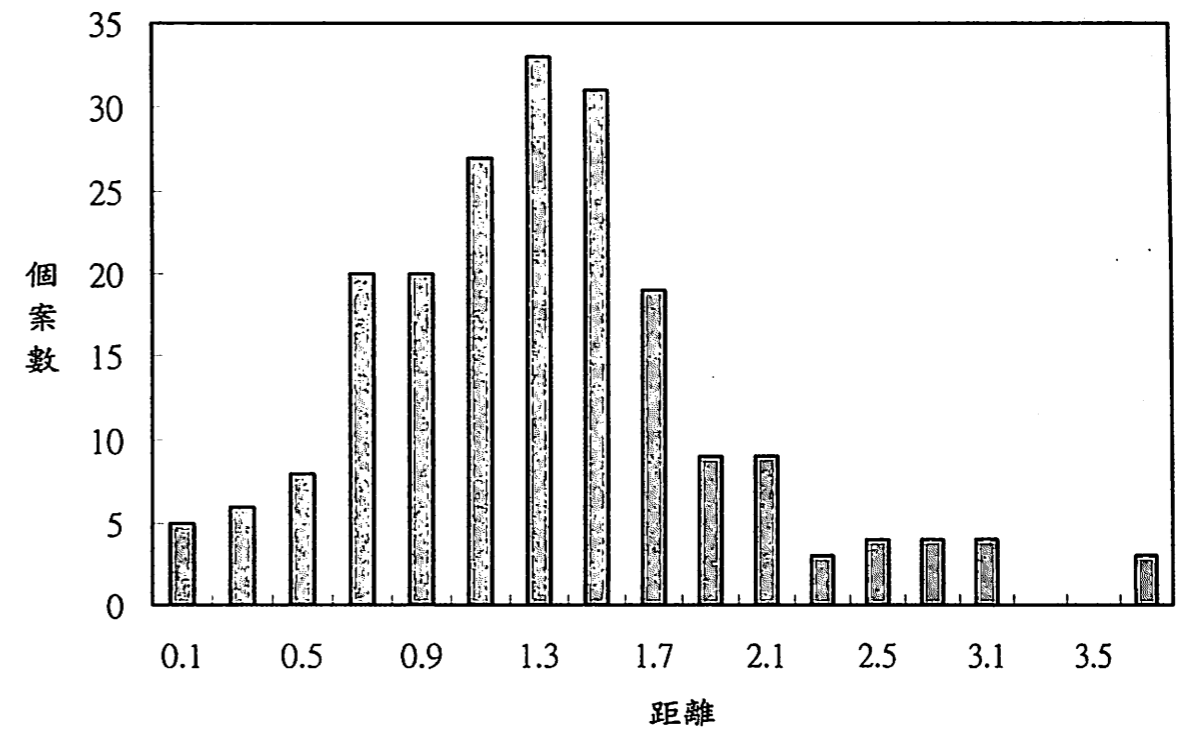


圖5 同圖3，但經過主觀環境分類。

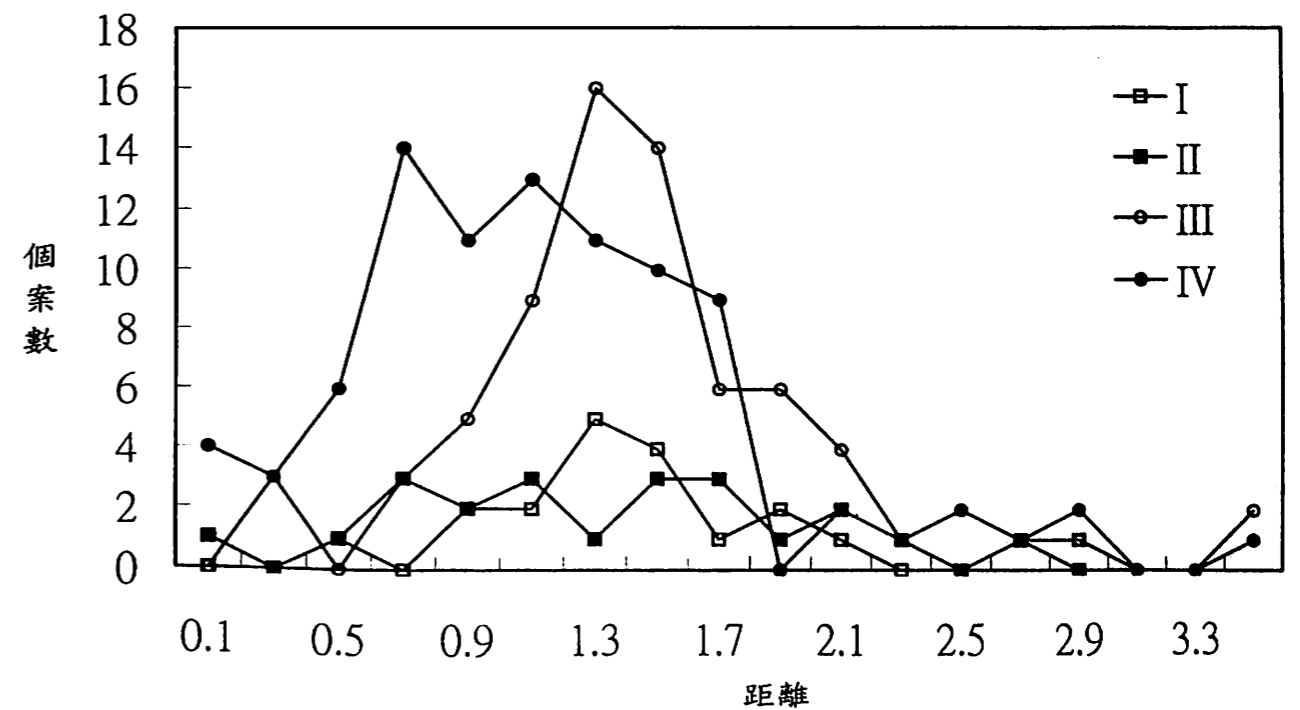


圖6 同圖4，但經過主觀環境分類。

### 三、海溫顯著變化(1977年)的影響

西北太平洋颱風與氣候間的關係許多學者皆有相關的研究探討(許, 2000; 余, 1998)。研究結果指出海水溫度已超過颱風生成所需的必要條件, 些微的溫度上升, 對颱風的生成並沒有太大的影響。另Wang(1995)研究大氣環流與海溫氣候上的變化, 將之分為1977年以前與1977年以後探討, 可知氣候上1978年為明顯的大氣變化分界點。

利用上述的結果亦將雙颱風分為1977年以前與1977年以後。統計結果顯示, 205對雙颱風中1977年以前為103對, 而1977年以後為102對。以1978年為分界每年發生

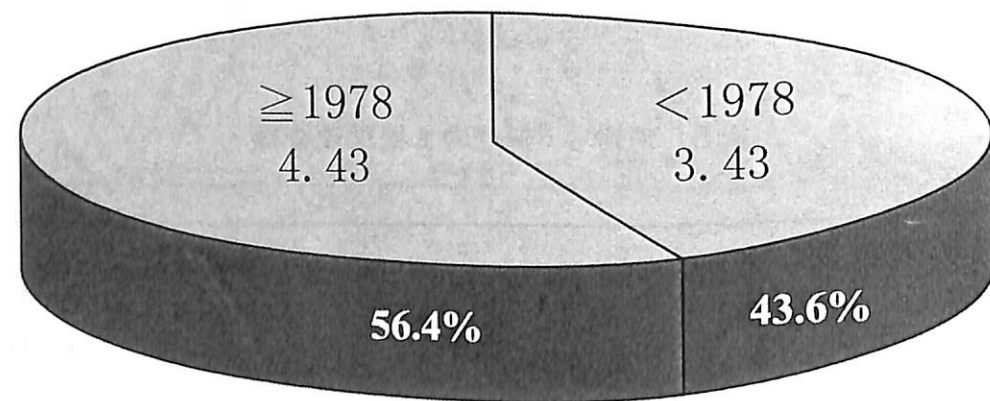


圖7 1948~2000年西北太平洋地區氣候分類後雙颱風發生頻率圖。(單位: 個案數/年)

### 四、結論

透過上述統計結果可知, 1945~2000年間符合條件之西北太平洋上雙颱風具有逆鐘向相對旋轉多於順鐘向者、相對遠離多於趨近的運動方式, 而雙颱風間的最小分離距離在2200公里內為65%。分類的結果則為逆鐘向、趨近的運動方式大於遠離。而在颱風間最小分離距離在2200公里以內者佔91.2%,

的個案數比如圖7所示, 雖然其中1977以後雙颱風發生頻率高於1977年以前, 約增加一個百分點, 但由於記錄長度相差近三分之一, 恐尚難用為發生率大小的依據。可能是由於海水溫度已達颱風生成的標準, 溫度升高對颱風的生成並沒有太大的影響, 只對颱風的維持有些許的作用。從圖1的統計中亦可發現1977年前後的雙颱風個案數也無明顯增加的趨勢, 顯示海溫並不是颱風生成唯一的條件。所以, 以氣候上的分類來看雙颱風的個案數並沒有特別顯著的差異。

研究結果不同。因定義只考慮西北太平洋上並未對分離距離有所限制, 而本研究以雙颱風交互作用為主, 所以就以主觀的綜觀環境場再加以分類。即將環境流場較弱, 相互作用明顯的個案納入分類當中。結果在1948~2000年的雙颱風個案中逆鐘向又更多於順鐘向, 趨近的運動方式大於遠離。而在颱風間最小分離距離在2200公里以內者佔91.2%,

即如果不透過綜觀分析檢視而僅以分離距離為個案選取依據, 則有8.8%的個案會被遺漏。換句話說, 颱風交互作用雖然原本大多是逆鐘向且分離距離較近的運動方式, 但經過綜觀分析後, 就以第IV類, 亦即逆鐘向趨近的運動方式之個案數更形增多。

另外, 從氣候分類中對雙颱風個案發稱的頻率並無明顯的變化, 主要是因為海水溫度已達颱風生成的標準, 溫度升高對颱風的生成並沒有太大的影響, 只對颱風的維持有些許的作用。所以, 雖然1977年被認為有氣候統計上的突變(Wang, 1995), 但該年前後雙颱風個案發生的頻率變化差別並不大。

### 五、參考文獻

- 余嘉裕、花雲挺、涂建翊, 1998: 熱帶太平洋地區大氣與海洋年際變異度研究: 海溫、低層大氣與颱風。《大氣科學》, 26, p63-76。
- 許晃雄、柯文雄、徐光蓉、鄒冶華、陳正達 台灣環境變遷與全球氣候變遷衝擊之評析-氣候變遷(II) 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告 NSC 89-2621-Z-002-014
- Brand, S., 1970: Interaction of binary tropical cyclones in the western North Pacific Ocean. *J. Appl. Meteorol.*, 9, 433-441.
- Dong, K., and C. J. Neumann, 1983: On the relative motion of binary tropical cyclones. *Mon. Wea. Rev.*, 111, 945-953.
- Elsberry, R. L., W. M. Frank, G. J. Holland, J. D. Harre, and R. L. Southern, 1987: "A global view of tropical cyclones", Marine Meteorology Program, Office

of Naval Research, USA.

- , 1993: Tropical cyclone motion. *Global Perspectives on Tropical Cyclones*.
- Fujiwhara, S., 1921: The natural tendency towards symmetry of motion and its application as a principle in meteorology. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 47, 287-293.
- , 1923: On the growth and decay of vortical systems. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 49, 75-104.
- , 1931: Short note on the behavior of two vortices. *Proc. Phys. Math. Soc. Japan*, Ser. 3, 13, 106-110.
- Hoover, E. W., 1961: Relative motion of hurricane pairs, *Mon. Wea. Rev.*, 89, 251-255.
- Jarrell, J. D., S. Brand, and D. S. Nicklin, 1978: An analysis of western Pacific tropical cyclone forecast errors. *Mon. Wea. Rev.*, 106, 925-937.
- Liu, K. Y., 1983: On the relative motion of typhoon pairs over the South China Sea and Northwest Pacific Region. NSC73-0202-M072-02.38 pp., NSC., Taipei, ROC.
- , 1986: An analytical and comparative study of the binary typhoon systems. *Proc. Natl. Sci. Council. ROC(A)*, 10, 383-389.
- Neumann, C. J., 1993: *Global Overview. Global Guide to Tropical Cyclone Forecasting*. World Meteorological



Organization, 1.1-1.56.

Wang, B., 1995: Interdecadal changes in El Nino onset in the last four decades. *J. Climate*, 8, 267-258.

## A Statistical Study of Binary Typhoons over the West Northern Pacific

Ling-Feng Hsiao      Koung-Ying Liu

Department of Atmospheric Sciences, Chinese Culture University

### Abstract

There are many errors on typhoon forecast over the West Northern Pacific. One of the important errors occurred when two or more typhoons coexisted. In this study, binary typhoons in the considered region and during the period of 1945-2000 are analyzed by statistics for understanding the characteristics of the typhoons motion.

The evidences exhibited the cases of binary typhoon are proportion to the total occurrence of typhoons in the same region. According to their relative motion and separation distance, the 223 binary pairs could be categorized into four classes. The major difference between the former study and this work is the considering of synoptic environment during the classification process. On the other hand, the cases of the weaker steering and sharply interaction are selected to reserve the binary cases with the large separation distances. The result of the classification indicated that the cases of the counterclockwise rotation with approaching motion are dominant, with 43.9%, and the separation distance within 2200km reached to 92.2%. In addition, the frequency of the binary typhoons reveals no relation with interannual climate change from the analysis of binary cases between pre- and post-1977.