

颱風季節降雨量之年季變化

林正直¹ 嚴明鈺² 陳景森²

¹ 空軍氣象聯隊

² 國立中央大學大氣物理研究所

摘 要

利用中央氣象局傳統地面觀測站和自動雨量站之雨量資料分析在颱風季節台灣地區降雨量的年際變化。藉由 NCEP-NCAR 重新分析之風場資料提供對大尺度環流背景場的了解，以探討是何種環流結構影響台灣颱風季節的降雨；及探討台灣地區在颱風季節降雨量的變化和大尺度環流之間的關係。

分析結果顯示：無論在偏乾和偏濕的事件中，熱帶地區環流場和相對渦度場均提供了一有利颱風生成的條件；但就台灣地區而言，則因季風槽存在位置的不同，而導致降雨量呈現偏乾和偏濕的情況。由擾動場的合成分析可以清楚的看出在偏乾(濕)的事件中，台灣及其附近地區低層呈一相對渦度為負(正)值之反氣旋(氣旋)式環流，而提供一不(有)利於降水的動力條件，結果與較高(低)的 OLR 距平值和相對有較少(多)降水的 CMAP 雨量距平相當吻合。在熱力場方面，相對應於在偏乾(濕)事件中的負(正)相對渦度距平之反氣旋(氣旋)式環流情形下，其 SST 呈相對較高(低)溫的正(負)距平，並與前述少(多)雨量配合一致。特別是在偏濕事件中，中太平洋較高溫的 SST 配合大尺度氣旋式環流，有利於熱帶氣旋擾動或颱風的生成，加上台灣及其附近正相對渦度的氣旋環流結構導致東亞季風槽的加深，則提供了利於熱帶氣旋擾動生成後影響台灣的條件。

另外探討 ENSO 事件對台灣地區颱風季節降雨量年際變化的影響，據前人研究顯示西太平洋地區熱帶氣旋擾動的生成與發展和 ENSO 之間的相關性為 74%；本文研究結果顯示侵台颱風和西太平洋地區熱帶氣旋擾動(颱風)的生成與發展的相關性為 29%，換句話說，當西太平洋地區熱帶氣旋擾動(颱風)生成時，約有 40% 會對台灣造成影響。因此，在颱風季節 ENSO 事件對台灣的影響也是直接的。

關鍵詞：東亞季風槽、季風環流圈

一、前言

Gray(1968, 1979)研究指出低層相對渦度之最大值是決定熱帶氣旋擾動的環境因素之一。西北太平洋地區是全球熱帶氣旋活動最旺盛的地區。McBride(1995)提出海溫(SST)大於 26.5°C 和季風槽的所在位置是決定熱帶氣旋發生地點分布的二個主要因素。在氣旋發生活躍的月份，熱帶西太平洋地區總是有

季風槽存在著。Sadler(1967)提出大部分氣旋發生在季風的越赤道西風和貿易東風之間的風切帶。Frank(1987)研究顯示當季風槽的環流加強會增加低層相對渦度而製造更有利於氣旋發生的環境。Lighthill et al.(1994)提到任何導致季風槽附近大氣環流年際變化的物理機制會影響西北太平洋地區熱帶氣旋發生頻率；由上述可以知道西北太平洋熱帶氣旋擾動生成主要和西太平洋季風槽存在有密切的

相關。另外 Chan(1985);Dong(1988); Wu and Lau(1992); Lander(1994)提出當 ENSO 暖(冷)事件時,有較少(多)的熱帶氣旋在 150°-160°E 附近形成,而在 150°-160°E 以東則相對較多(少);所以西北太平洋熱帶氣旋擾動生成和 ENSO 事件也有相關。Chen and Weng(1998)進一步指出由於赤道東太平洋 SST 距平的改變,導致東亞季風槽在 15°N 的南北方向遷移和在 150°E 的東西方向位置改變,進而影響熱帶氣旋擾動的發生頻率。Chen et al.(2004)研究顯示西北太平洋熱帶氣旋擾動發生頻率和季風環流圈發生頻率均在七-十月達高峰。也指出熱帶太平洋地區 SST 的改變引起西北太平洋地區季風環流的變化而調整季風環流圈結構,進一步影響西北太平洋熱帶氣旋發生頻率。因此,ENSO 事件、季風槽(季風環流圈環流)和西北太平洋熱帶氣旋發生頻率三者之間存在著密切的關係。接下來吾人提出下列幾個問題:什麼氣候因素影響台灣地區颱風季節降雨量的年際變化? ENSO 事件的影響又是如何? 季風槽和季風環流圈又扮演著何種角色?

二、資料來源

本文利用中央氣象局(CWB)測站資料和 NCEP-NCAR 重新分析資料,如下:

一、測站資料:

(一)CWB 傳統地面觀測站:選取自 1979 年至 2002 年共 24 年,時間解析度為每小時一筆(mm/hr)。

(二)CWB 自動雨量站(ARMTS):資料的時間長度為 1993 年至 2002 年,時間解析度為每小時一筆(mm/hr)。

二、網格點資料:

選用 NCEP-NCAR 重新分析資料:風場、Renolds SST、OLR、CMAP,資料時間長度自 1979-2002 年。

(一)風場:時間解析度為一天四筆,空間解析

度為 2.5°X2.5°(網格數為 144X73),垂直解析度風場為 17 層。

(二)Renolds SST:時間解析度為一個月一筆,空間解析度為 1°X1°(網格數為 360X180)。

(三)OLR:時間解析度為一天一筆,空間解析度為 2.5°X2.5°(網格數為 144X73)。

(四)CMAP:時間解析度分別為一個月一筆和五天一筆,空間解析度為 2.5°X2.5°(網格數為 144X72)。

三、颱風資料:

(一)CWB 網站公佈颱風資料。

(二)JTWC 網站公佈颱風資料。

三、資料分析與結果

本文以分析 1979 年-2002 年七、八月資料為主。分別對測站雨量資料、850 hpa 上的流線場、850 hpa 上的相對渦度場(ζ)、海平面溫度(SST)、外逸長波輻射(OLR)、全球雨量資料(CMAP)等進行分析。分析結果如下:

圖 1.是中央氣象局傳統地面觀測站 1979 年-2002 年七、八月的累積雨量變化情形,是什麼原因造成? 進一步將 1993-2002 年共十年的資料區分為大於 24 年平均的偏濕事件和小於 24 年平均的偏乾事件做合成分析,在 850hpa 流線場和相對渦度場的合成分析可以明顯看出在中緯度地區均存在著北太平洋副熱帶高壓,在偏乾事件的合成(圖 2a)北太平洋副熱帶高壓勢力通過台灣北部達華中沿海地區,且季風槽介於 15°-20°N 之間,自南海北部向東南延伸至菲律賓海以東,在此同時台灣地區相對渦度為負值;在偏濕事件的合成(圖 2d)北太平洋副熱帶高壓勢力向西北延伸至華北地區,此時季風槽自台灣南部向東南延伸至菲律賓海以東,與偏乾事件合成相比較此季風槽介於 10°-25°N 之間有向北位移和加深的現象,此時台灣地區相對渦度為正值;在偏乾和偏濕事件 850hpa 流線場距平合成分析(分別為圖 2b,e),可以明顯的看出台

灣附近在偏乾事件為相對渦度負值之反氣旋式環流,偏濕事件則為對渦度正值之氣旋式環流;圖 3a,c 和圖 4a,c 陰影的部份分別為偏乾事件和偏濕事件 OLR 值和 CMAP 雨量值的合成圖,其中 OLR 值的陰影區以小於 235W·m⁻² 作為熱帶地區降雨的門檻(Arkin and Ardanuy 1989),OLR 值越低(陰影越深)表示積雲對流越旺盛,對照 CMAP 雨量值則有較多的降水,圖中均可以明顯看出 ITCZ 存在熱帶地區且越接近季風槽的位置 OLR 值越低即表示該處有旺盛積雲對流,搭配 CMAP 雨量值也顯示有較多的降水發生,另外 OLR 值和 CMAP 雨量值配合 850hpa 流線場可以更明顯看出在偏乾事件時,台灣地區受副熱帶高壓影響呈現偏乾;在偏濕事件時,由於季風槽熱帶氣旋活躍區隨著副熱帶高壓向北移動,影響台灣地區而呈現偏濕。在偏乾、偏濕事件中 OLR 值和 CMAP 雨量值距平合成分析(分別為圖 3b,d 和圖 4b,d)也可以發現在偏乾事件時,台灣地區無明顯對流和降水現象;而偏濕事件時,旺盛積雲對流和較多的降水則發生在台灣及其附近地區。就偏乾、濕事件的 SST 合成分布(分別為圖 5a,c)情形,發現無論是在偏乾事件或是偏濕事件中 SST 大於 27°C 的位置分布情形是類似的,由流線場分析來看主要是因為熱帶太平洋地區盛行的貿易東風將暖海水往西太平洋堆積,而造成 SST 的最大值出現在熱帶西太平洋地區,與 McBride(1995)提出的決定熱帶氣旋擾動發生地點分布的海溫條件一致,因此環境場提供了利於擾動生成的熱力條件,由於季風槽南側的西風和北側的貿易東風使季風槽位於強風切帶此時相對渦度為正值,因此在熱帶西太平洋地區環境場本身提供了利於熱帶氣旋擾動生成的動力和熱力條件。另外比對偏乾、偏濕事件的 SST 距平合成分析(圖 5b,d)圖上深色陰影區和淺色陰影區分別代表 $\Delta SST > 0.05^\circ\text{C}$ 和 $\Delta SST < -0.05^\circ\text{C}$,相對應於在偏

乾(濕)事件中的負(正)相對渦度距平之反氣旋(氣旋)式環流情形下,其 SST 呈相對較高(低)溫的正(負)距平,並與前述少(多)雨量配合一致。特別是在偏濕事件中,中太平洋較高溫的 SST 配合大尺度氣旋式環流,有利於熱帶氣旋擾動或颱風的生成,加上台灣及其附近正相對渦度的氣旋環流結構導致東亞季風槽的加深,則提供了利於熱帶氣旋擾動生成後影響台灣的條件。

因此,無論在偏乾和偏濕的事件中,熱帶地區提供了一有利氣旋擾動生成的條件;但對於台灣地區而言,則因季風槽存在位置的不同,而導致降雨量呈現偏乾和偏濕的情況。由擾動場的合成分析在偏乾(濕)的事件中,台灣及其附近地區低層呈一相對渦度為負(正)值之反氣旋(氣旋)式環流,而提供一不利於降水的動力條件,此結果與較高(低)的 OLR 距平值和相對有較少(多)降水的 CMAP 雨量距平相當吻合。在熱力場方面,相對應於在偏乾(濕)事件中的負(正)相對渦度距平之反氣旋(氣旋)式環流情形下,其 SST 呈相對較高(低)溫的正(負)距平,並與前述少(多)雨量配合一致。特別是在偏濕事件中,中太平洋較高溫的 SST 配合大尺度氣旋式環流,有利於熱帶氣旋擾動或颱風的生成,加上台灣及其附近正相對渦度的氣旋環流結構導致東亞季風槽的加深,則提供了利於熱帶氣旋擾動生成後影響台灣的條件。

進一步來探討台灣降雨與 ENSO 的關係,在前人的研究中,如 Chen et al.(2003)提出春季 ENSO 暖事件時,台灣降水會有顯著增加。盧(2000)研究結果顯示,在降水方面,暖事件之前的 6 月偏濕,9、10 月偏乾,之後的 6 月偏乾,9、10 月偏濕。冷事件之前的 6 月偏乾,10 月偏濕,之後的 10 月也是偏濕。楊(2003) ENSO 暖(冷)事件,台灣冬季降水偏高(低)。有關 ENSO 事件對台灣地區颱風季降雨影響的研究目前仍是缺乏的。利用台灣地

區颱風季節降雨量的年際變化(圖 6)和 Nino region(圖 7) SST 的年際變化以及中央氣象局 1993 年-2002 年間七、八月所發布颱風日的 850hpa 流線場、OLR 和 CMAP 等變數作合成，來分析探討。圖 6a~圖 6i 分別是利用 Nino3(5S-5N; 150W-90W)、Nino4(5S-5N; 160E-150W)和 Nino3.4(5S-5N; 170W-120W)等區域的 SST 和台灣地區颱風季節降雨量年際變化之間的關係圖，可以明顯發現在總累積降雨方面和 Nino region 的 SST 之間的相關係數約 0.1，且與 Nino3 和 Nino4 為負相關另外與 Nino3.4 為正相關；在沒有颱風影響的累積降雨方面和 Nino region 的 SST 之間均呈現負相關且相關係數在 0.2-0.3 之間；而在颱風影響的累積降雨方面和 Nino region 的 SST 之間則均呈現正相關且相關係數在 0.25-0.45 之間，這暗示著 ENSO 事件的發生確實對台灣地區的颱風降雨有影響。在台灣地區颱風季節降雨量的年際變化中(圖 8)在總累積降雨方面(圖 8a)和沒有颱風影響的累積降雨方面(圖 8b)之相關係數為 0.49，而和颱風影響的累積降雨方面(圖 8c)之相關係數為 0.66。是什麼樣的環流條件會對台灣地區的颱風降雨造成影響？接下來分析自 1993 年至 2002 年七、八月間，台灣地區的颱風事件(CWB 發佈) 850hpa 流線場進行合成分析(圖 9b)，可以明顯看有颱風形成時的環流 pattern 和七、八月氣候的環流 pattern(圖 9a)是類似的；但前者在東亞地區北太平洋副熱帶高壓和季風槽均有發展加深的情形，在擾動場方面(圖 9c)，也可以發現在台灣地區呈現季風環流圈(Chen et al. 2004)的環流，配合颱風事件時 OLR 和 CMAP 的合成分析，其 pattern(分別為圖 10b 和圖 11b 陰影的部份)和其七、八月氣候的 pattern(分別為圖 10a 和圖 11a 陰影的部份)是類似的，除了熱帶地區存在 ITCZ 外，在有颱風形成時台灣地區積雲對流發展及降雨均比七、八月氣候值來的旺盛；在 OLR 和 CMAP 擾動場方面

(分別為圖 10c 和圖 11c 陰影的部份)，也可以清楚的發現在台灣地區有旺盛積雲對流發展且有較大的降水發生。因此，當台灣地區出現季風環流圈的環流擾動場時，會導致東亞地區的季風槽加深，此時台灣地區易受到颱風生成影響，疊加 CWB 和 JTWC 發布的颱風路徑(圖 12b,c)，更證實當季風環流圈環流存在台灣及其附近地區時，有利颱風對台灣造成影響，進一步比對颱風事件擾動場的合成分析(圖 9c)和偏濕事件擾動場的合成(圖 2e)探討兩者之間的關係，兩者環流結構的相關係數高達 0.84，故當台灣地區的降雨為偏濕事件時，主要是受到颱風的影響。

因此，台灣及其附近地區之擾動場存在氣旋式的環流，會導致該地區之季風槽加深，使台灣地區易受到颱風影響。在颱風個案合成和偏濕事件合成中，比對兩者之間的擾動場環流結構其相關性達 0.85，另外在台灣地區總降雨量的年際變化和僅有颱風降雨量的年際變化之間的相關性達 0.67，則表示導致台灣地區偏濕的原因主要是受到颱風的影響。

四、結論

不論在偏乾和偏濕的事件中，熱帶地區提供了一有利颱風生成的條件，但對於台灣地區而言，則因季風槽存在位置的不同，而導致降雨量呈現偏乾和偏濕的情況。由擾動場的合成分析顯示出在偏乾(濕)的事件中，台灣及其附近地區低層呈一相對渦度為負(正)值之反氣旋(氣旋)式環流，提供一不(有)利於降水的動力條件，此結果與較高(低)的 OLR 距平值和相對有較少(多)降水的 CMAP 雨量距平相當一致。在熱力場方面，對應在偏乾(濕)事件中的負(正)相對渦度距平之反氣旋(氣旋)式環流情形下，其 SST 呈相對較高(低)溫的正(負)距平，並與前述有較少(多)的雨量相配合。特別是在偏濕事件中，中太平洋較高溫

的 SST 配合大尺度氣旋式環流，有利於熱帶氣旋擾動或颱風的生成，加上台灣及其附近正相對渦度的氣旋環流結構導致東亞季風槽的加深，則提供了利於熱帶氣旋擾動生成後影響台灣的條件。當台灣及其附近地區之擾動場存在季風環流圈環流時，將導致該地區之季風槽加深，此時台灣地區易受到颱風影響。Chen et al.(2004)研究結果顯示出西北太平洋熱帶氣旋擾動的生成與發展和 ENSO 之間的相關性為 74%，本文研究結果顯示侵台颱風和西太平洋地區熱帶氣旋擾動(颱風)的生成與發展的相關性為 29% (圖 13)，換句話說，當西太平洋地區熱帶氣旋擾動(颱風)生成時，約有 40% 會對台灣造成影響。

五、展望

本研究提供台灣地區颱風季節降雨量年際變化的初步概念，未來可進一步對更長期的時間序列來分析其變化情形。對於台灣地區颱風季節降雨量的年際變化中，有幾年特殊的個案值得進一步分析探討。希望能透過模式的模擬，來驗證台灣地區颱風季節降雨量的年際變化。

參考文獻

- 楊志文，2003：台灣冬季降水年際變化之研究。國立中央大學大氣物理研究所碩士論文。
- 盧孟明，2000：聖嬰現象與台灣異常氣候關係之探討。大氣科學，28，91-114。
- Arkin, P. A., and P. E. Ardanuy, 1989: Estimating climatic-scale precipitation from space: A review. *J. Climate*, 2, 1229-1238.
- Chen, G. T. J., Z. Jiang., and M.-C. Wu, 2003: Spring heavy rain events in Taiwan during warm episodes and the associated

large-scale conditions. *Mon. Wea. Rev.*, 131, 1173-1188.

Chen, T.-C., and S.-P. Weng, 1998: Interannual variation of the summer synoptic-scale disturbance activity in the western tropical Pacific. *Mon. Wea. Rev.*, 126, 1725-1733.

_____, and _____, 1998: Interannual variation in the tropical cyclone formation over the western north Pacific. *Mon. Wea. Rev.*, 126, 1080-1090.

_____, _____, and S.-P. Weng, 2000: Interacton between summer monsoon of East Asia and the South China Sea: Intraseasonal monsoon modes. *J. Atmos. Sci.*, 57,1373-1392.

_____, S.-Y. Wang, W.-R. Huang, and M.-C. Yen. 2004: Variation of the East Asian summer monsoon rainfall. *J. Climate*, 17, 744-762.

_____, _____, M.-C. Yen, and W. A. Gallus Jr.,2004: Role of the monsoon gyre in the interannual variation of tropical cyclone formation over the western north Pacific. *Wea. Forecasting*, 19, 1-10.

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

_____, 1979: Hurricanes: Their formation, structure and likely role in the tropical circulation.

Meteorology over the Tropical Oceans, D. B. Shaw, Ed., Royal Meteorological Society, 155-218.

Lander, M. A., 1994: An exploratory analysis of the relationship between tropical storm formation in the western North Pacific and ENSO. *Mon. Wea. Rev.*, 122, 636-651.

Lighthill, J., G. Holland, W. Gray, C., Landsea, G. Craig, J. Evans, Y. Kurihara, and C.

Guard, 1994: Global climate change and tropical cyclones. Bull. Amer. Meteor. Soc., 75, 2147-2157.

McBride, J. L., 1995: Tropical cyclone formation. Global perspective on Tropical Cyclones,

WMO/TD-No. 693, World Meteorological Organization, 63-105.

Yen, M.-C., and T.-C. Chen, 2000: Short communication seasonal variation of the rainfall over Taiwan. Int. J. Climatol., 20, 803-809.

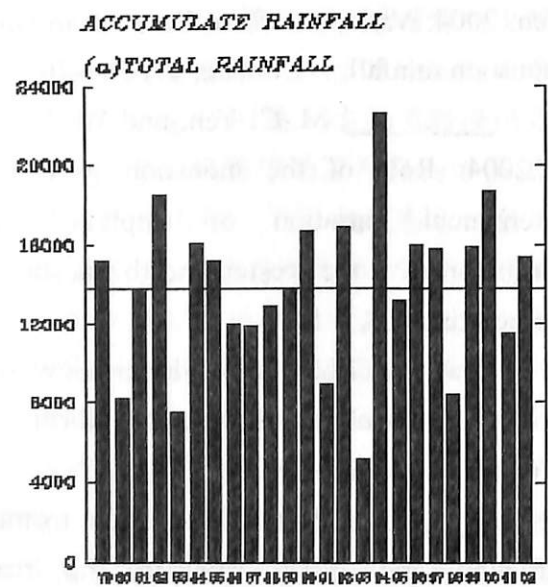


圖 1. 中央氣象局傳統地面觀測站 1979 年-2002 年七、八月的累積雨量變化情形

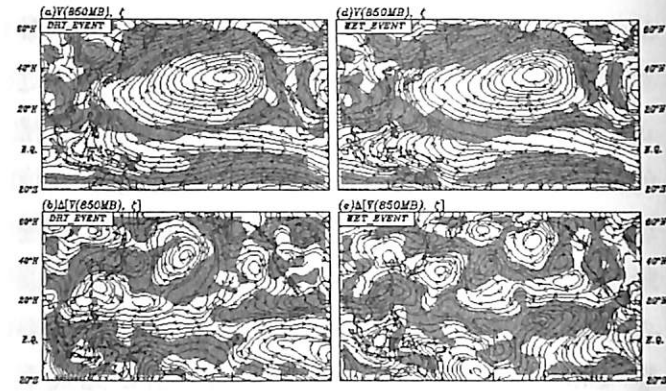


圖 2. 偏乾、偏濕事件 850hpa 流線場和相對渦度場的合成分析。

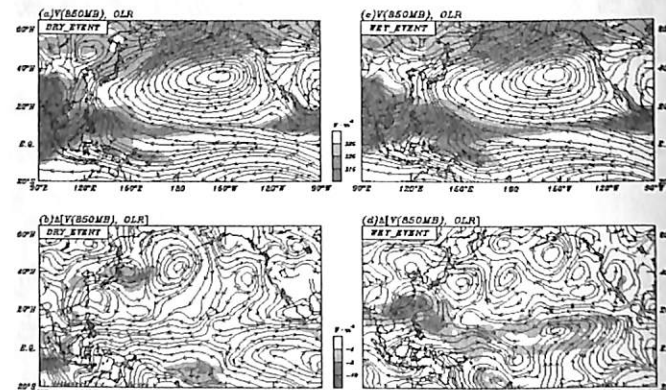


圖 3. 偏乾、偏濕事件 850hpa 流線場和 OLR 的合成分析。

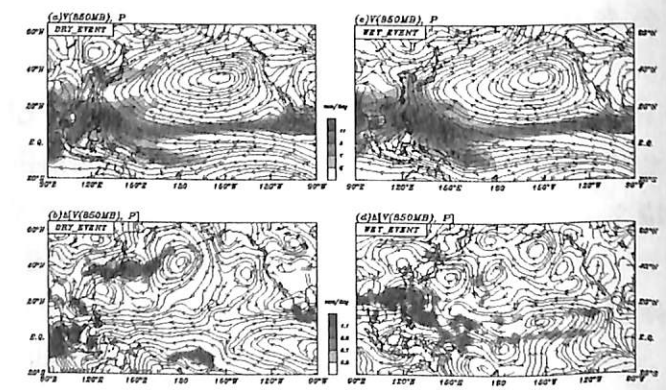


圖 4. 偏乾、偏濕事件 850hpa 流線場和 CMAP 雨量的合成分析。

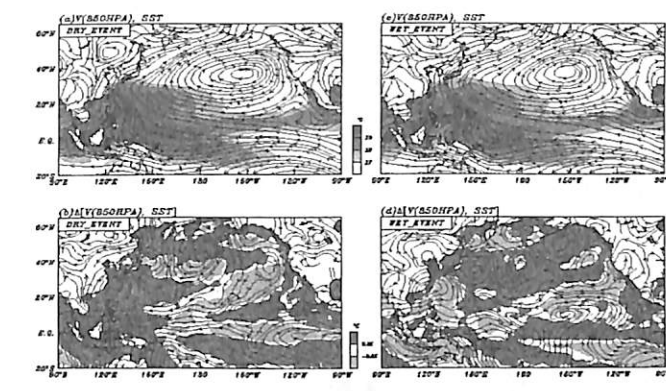


圖 5. 偏乾、偏濕事件 850hpa 流線場和 SST 的合成分析。

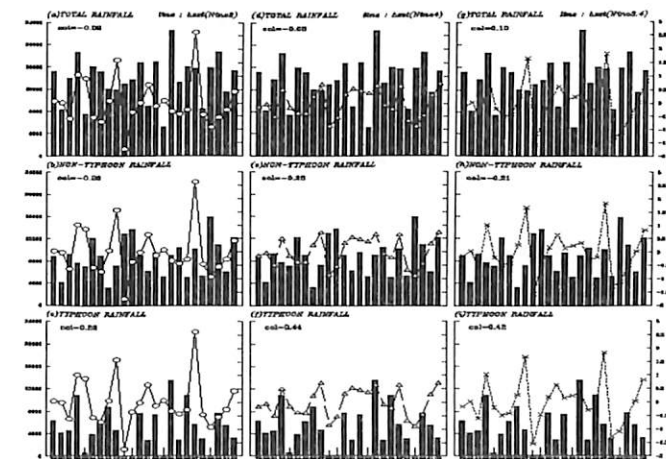


圖 6. Nino 區域的 SST 和台灣地區颱風季節降雨量年際變化之間的關係圖。

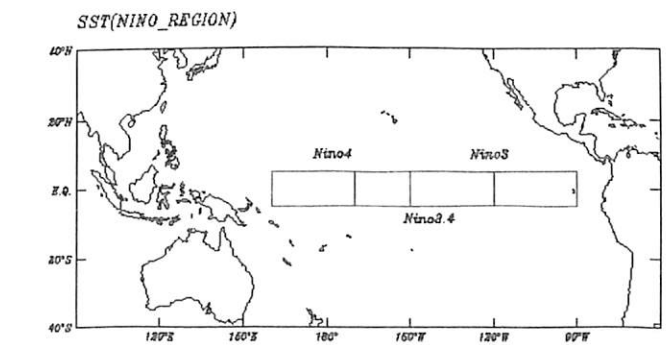


圖 7. SST Nino region。

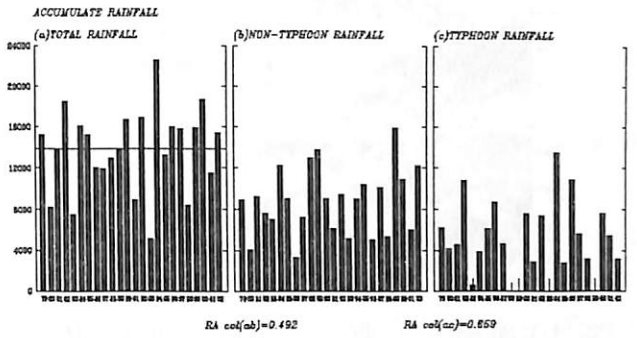


圖 8. 台灣地區颱風季節降雨量的年際變化，在總累積降雨方面(圖 a)和沒有颱風影響的累積降雨方面(圖 b)之相關係數為 0.49，而和颱風影響的累積降雨方面(圖 c)之相關係數為.66。

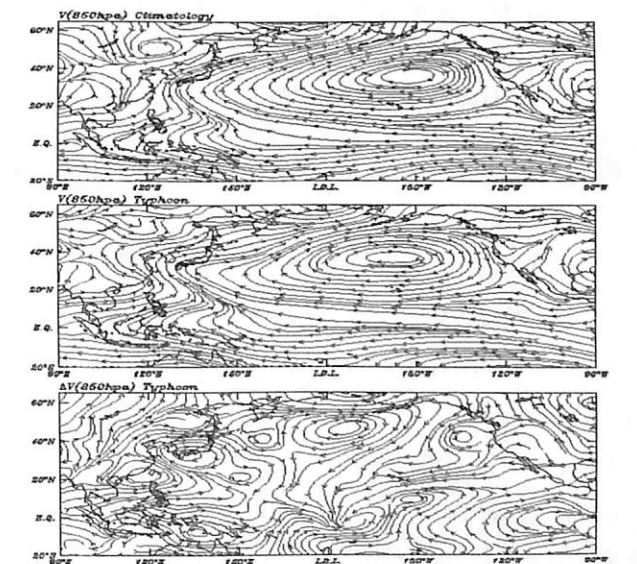


圖 9. 1979-2002 年七、八月平均和 1993-2002 年七、八月颱風事件(CWB 發佈) 850hpa 流線場合成分析。

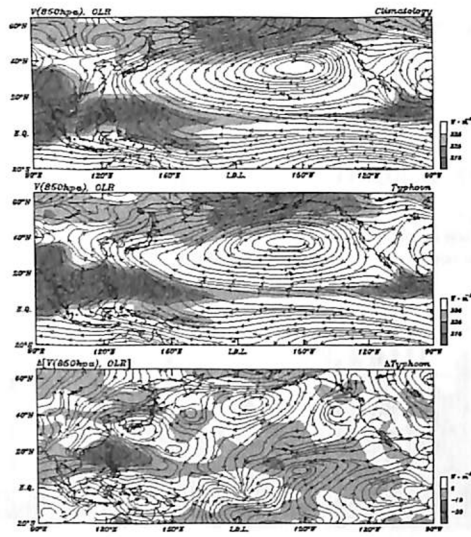


圖 10.同圖 9。疊加陰影部分為 OLR 值

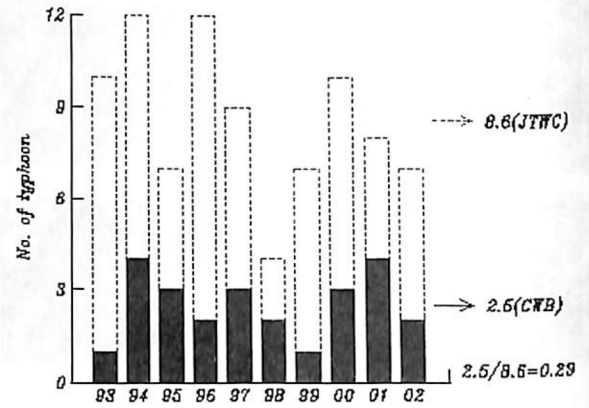


圖 13. 1993-2002 年七、八月颱風個數。虛線直方圖為 JTWC 發布的颱風個數，深色直方圖為 CWB 發布的颱風個數。

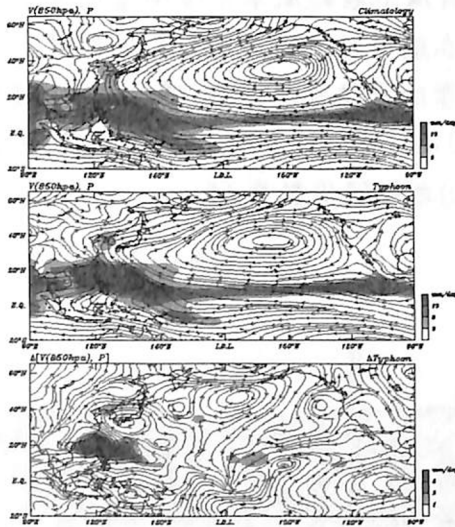


圖 11.同圖 9。疊加陰影部分為 CMAP 值

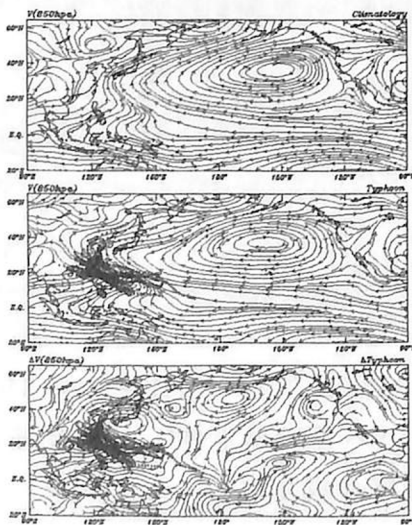


圖 12.同圖 9。疊加符號部分為颱風路徑。