

颱風熱帶擾動生成機制

臺灣大學大氣科學系所 郭鴻基

一、颱風的重要性

颱風是自然界最具破壞力的天氣系統，也是影響台灣最重要的災變天氣，每年有 3~4 次颱風侵襲台灣，其所帶來的雨量亦是台灣地區重要的水資源來源。以民國 84 年為例，許多颱風過門不入，缺水及限水的問題嚴重影響農耕、部分工業生產及經濟民生。而 85 年的賀伯(Herb)颱風，雖然中央氣象局準確預報了路徑和雨量，但其所帶來的雨量仍使台灣損失達 500 億台幣。此外，84 年 9 月 22 日掠過恆春半島的賴恩(Ryan)颱風，因為其暴風半徑減小，使得台灣本島多放了一個颱風假，造成經濟損失。颱風對台灣地區造成的直接與間接影響，以及對災害防治、經濟生產、民生活動、水資源規劃，具有相當的重要性。

颱風系統包含了旋轉渦旋、潛熱釋放、大氣與海洋交互作用等物理過程，且涉及許多不同時間尺度、空間尺度的流體動力學與熱力學。這樣一個高能量的系統，主要的天氣現象包含強風與豪雨；強風伴隨著大量動能，豪雨則帶著大量水汽凝結的潛熱釋放。

颱風大量降水所累積的潛熱釋放能量是十分驚人的，可以比強風的能量大一、二個數量級（10~100 倍）。以賀伯颱風為例，臺灣地區平均雨量約為 400 公釐，乘以凝結熱（ $2.5 \times 10^6 \text{ J Kg}^{-1}$ ）及台灣地區面積後，可得到總能量估計值 10^{20} 焦耳。如此龐大的能量相當於台灣數百年之總用電量，若完全反應在大氣溫度上，可使台灣整層大氣增溫 100 度；幸好因為大氣動力調節及熱力學第二定律限制之緣故，這些能量最後並不會造成局部地區的增溫。表一為賀伯颱風潛熱釋放能量與其他重要事件的比較。

二、熱帶擾動生成特性

颱風或熱帶擾動（熱帶氣旋）之生成，多有群聚之特性，也就是不生成則已，一生成則會連續生成，在過去之觀測研究中，顯示在西北太平洋區域，位於北緯 5°N ，東經 140 160

附近之季風槽是颱風或熱帶擾動容易生成之區域；這些觀測亦顯示，以每隔 7-8 天之頻率，

海洋上連續生成熱帶擾動或颱風。而這些熱帶擾動之形成，可能和季風背景基本東風、西風之合流受東風波動有關。雖說熱帶擾動不一定會生成颱風，但颱風多從熱帶擾動產生，瞭解熱帶擾動之生成動力，對於颱風展期預報，氣候季風動力有莫大重要性。

三、研究新成果

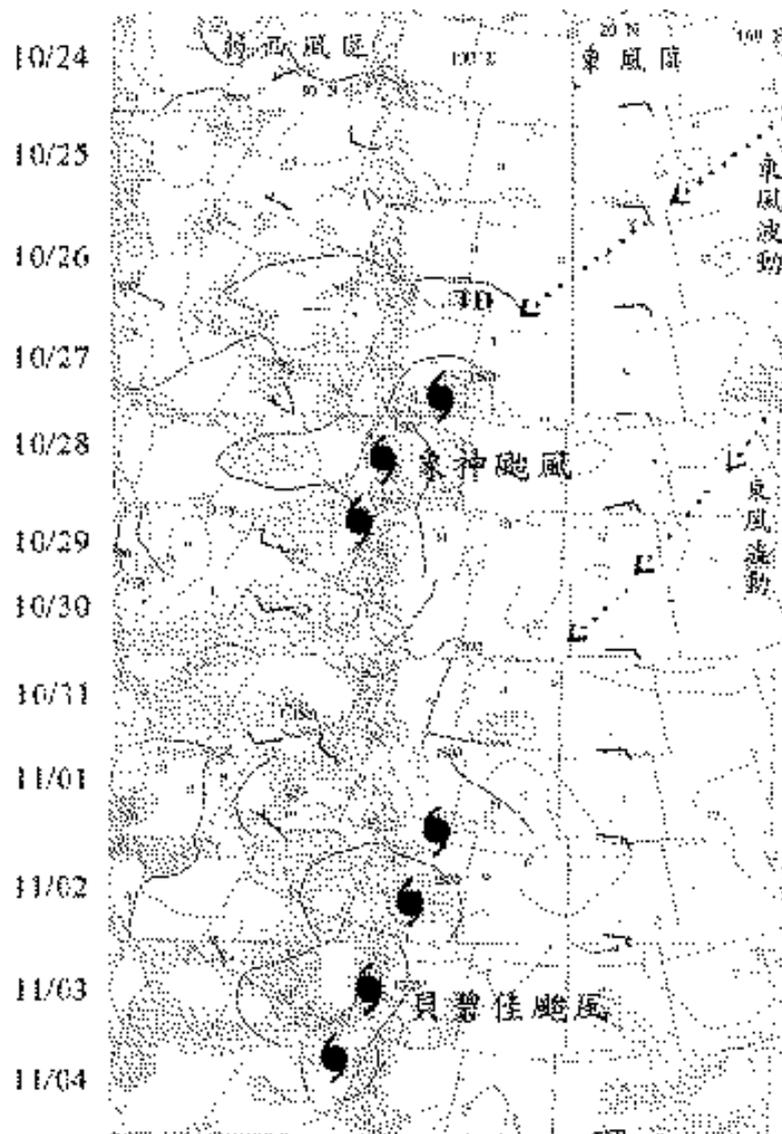
我們之研究成果已被接受發表於美國最權威之理論氣象期刊 *Journal of Atmospheric Science*，論文也在颱風研究界引起迴響。論文探討夏季西北太平洋地區熱帶擾動之生成動力，以及向西北傳 8-9 天波動的可能動力機制，研究中強調了非線性動力之重要性。我們運用波動與背景流的非線性動力過程來詮釋波動的能​​量累積，此論點與用 WKB 線性波動理論的觀點有很大的不同。線性 WKB 理論強調：因為背景合流使群速(group velocity)減速，從而造成臨界經度區域波動能量的累積；但事實上，因為臨界經度區域附近百公里內之背景流變化快速，可使 WKB 線性波動近乎完全失效，而使線性理論不成立。

數值實驗結果顯示， β 效應、非線性渦度平流作用(兩者合稱非線性 β 效應)、背景流場(尺度縮減及背景幅合)三者交互作用的結果，使波動能夠在臨界經度附近近一千公里內累積。動力演化的過程為：羅士比波隨背景東風向西傳播，因受 β 效應作用，其渦度場與流函數均呈現對稱於赤道的西北-東南(以北)及東北-西南(以南)傾斜。由於背景氣流具有東西風合流的特性，當波動接近臨界經度時波長會變小，使非線性效應變的重要。因此，在 β 效應與非線性渦度平流交互作用下，將對稱於波動傳送中心緯度的正渦度向西北移，負渦度向東南移，使中心緯度地區產生西風。當波動傳播到臨界線經度時，受背景輻合作用增強而產生鄰近擾動中心的氣旋(以北)、反氣旋式(以南)渦旋及一長條微弱的中心緯度西風氣流，波動能量於是在臨界經度附近累積。

我們強調空間尺度收縮對羅士比波之作用，由於得助於非線性動力效應，使緯向尺度

表一 估計颱風潛熱釋放及其他能量的比較

能量估計值		備註
賀伯颱風降雨總潛熱能量	10^{20} J	可使台灣整層大氣增溫 100 度
台灣一年用電量	5×10^{17} J	需數百年用電量才相當
全世界核子彈爆炸釋放能量	$2 \times 10^{19} \sim 2 \times 10^{20}$ J	與賀伯颱風同等級
核戰後燃燒釋放能量	2×10^{20} J	與賀伯颱風同等級
地球一天接受的太陽能量	1.5×10^{22} J	數百個賀伯颱風
Tunguska 隕石撞地球 (西元 1908 年, 西伯利亞)	10^{16} J	
火流星撞地球 (恐龍滅絕?)	4×10^{23} J	數千個賀伯颱風



圖一 縱軸為 89 年 10 月底之日期以及每日 00UTC 時北緯 5 至北緯 10 的 850mb 濕度區(溫度露點差小於 3 度); 而橫軸方向為經度。圖內濕區和衛星雲區多為重合。紅色虛線箭頭所指為東風波動由西而東進入合流區, 形成了象神及貝碧佳颱風。

波長 2000-3000km 之波動能較有效的獲得能量累積。此外我們亦強調波動能量頻散受背景季風合流使度收縮之影響，從而在擾動之東南方產生新擾動之機制。我們之理論可以應用於民國 89 年 10 月底之象神颱風及貝碧佳颱風之生成。圖一之縱軸為 89 年 10 月底日期時間以及每日北緯 5 至北緯 10 之 850mb 之濕度區(溫度露點差小於 3 度)；而橫軸方向為經度；圖內濕度區和衛星雲區多是重合的。在圖中之菲律賓以東天氣系統為副熱帶高壓，因此為東風區，而菲律賓以西因北邊高壓冷空氣尚未南下，因此屬於西風區，此東西風也顯現在地面風場上(紅色風標)，而菲律賓附近位於東西風合流區。圖中紅色虛線箭頭所指為東風波動

由西而東進入合流區，在進入合流區後，形成了象神及貝碧佳颱風，兩個颱風間距 7-8 天，這都和我們之新理論吻合。

四、未來工作

未來我們將把我們之尺度收縮波動累積之熱帶擾動、颱風生成機制，應用於西北太平洋之颱風生成機制研究，了解東風羅士比波之氣候特性，以及了解大尺度環流場之變異。並將把此應用於颱風之展期預報。

參考文獻

- H.-C. Kuo, J.-H. Chen, R.T. Williams and C.-P. Chen, *J. Atmos. Sci.* in press (2000).