

東亞暖季鋒面系統與台灣地區降水之探討

張智昇 陳泰然

國立台灣大學大氣科學研究所

一、摘要

台灣地區暖季(7-9月)期間的降水來源主要由西南氣流、颱風及其伴隨環流所提供,而由鋒面系統所造成的降水情況較少,故相關研究亦較少。1981-2000年期間,於 20° - 40° N、 100° - 140° E區域內,計有鋒面個案146個,而其中約有1/3個案數曾對台灣地區天氣造成影響。顯見,在特定綜觀環境條件下,暖季期間亦可有鋒面系統南移至較低緯度進而影響台灣地區天氣,且偶有伴隨豪(大)雨現象發生。

分析20年暖季鋒面個案之時空頻率分布,顯示七月下半月與八月份鋒面發生頻率最低,七月上半月與九月份個案數相對較多。在影響台灣地區天氣之1/3個案部分,則以九月份頻率最高,七月上半月次之,七月下半月與八月份最低。而就鋒面空間分佈頻率最大主軸之位置變化而言,顯見主軸位置主要受到當時東亞區域之熱低壓、分裂冷高壓以及副熱帶太平洋高壓等系統之影響。

而暖季鋒面系統與台灣降水之關係,則為降水空間分布主要取決於鋒面影響的空間尺度,地形效應則為一增加局部地區降水量之有利條件,鋒面之移動特徵則影響總降水時間。由降水顯著之個案合成分析可知,鋒面南北側的風場決定鋒面的運動方式(移動性或滯留性)。另外,提供鋒面降水的水氣來源,主要來自南方暖濕的偏南氣流,而北方途經洋面的東北氣流亦有所貢獻,水氣輻合中心則隨著鋒面運動方式而移動。

關鍵詞:暖季、鋒面、豪(大)雨

二、前言

東亞暖季期間,大氣結構主要受位在西北太平洋上的副熱帶太平洋高壓與位在西伯利亞的極地冷高壓主宰(Murakami et al. 1962, Matsumoto 1988),兩綜觀系統間的槽線(鋒面)系統則伴隨著顯著的降水過程,而其水氣來源,則主要是由副熱帶太平洋高壓的東南氣流所引進。另一方面,此類鋒面系統於夏末時,結構特徵具有東段為較大的溫度梯度,西段則為溫度梯度較東段者弱但水氣梯度較大(Kurashima and Hiranuma 1970, 1971),類似於梅雨季的鋒面系統(Chen and Chang 1980);而秋季時,鋒面特徵已轉為具有類似中緯度極鋒系統的特徵。顯見,東亞暖季鋒面系統的空間分佈、移動以及鋒面性質,均與中緯度西風波振幅、副熱帶太平洋高壓強度,以及印度夏季季風的減弱等現象,有密切的關係。

由研究台灣地區降水氣候特徵發現,暖季(7-9月)期間台灣地區主要降水多由局部環流、西南季風、颱風環流及副熱帶高壓環流所引發。(如:陳與吳 1978, 吳 1992, 吳與辛 1995, 戚與陳 1995)。因此,主要探討對象均集中在午後對流、西南季風及颱風環流等方面。林(2002)分析初秋影響台灣地區之第一道鋒面個案發現,台灣地區在類似的鋒面系統影響下,出現豪雨的機率頗高。顯見,在特殊的綜觀環境下,暖季期間仍可能有鋒面系統南侵至台灣地區,並對台灣造成明顯的降水。

鑑於此種暖季期間鋒面過境台灣之相關研究與其引發豪(大)雨事件之相關研究不多,因此,本文藉由探討東亞暖季鋒面的形成、發展及移動,以及當時之綜觀環境特

徵，以瞭解暖季鋒面系統對台灣地區之降水影響。

三、資料與分析方法

為分析 1981–2000 年暖季期間（7、8 及 9 月）東亞鋒面系統的氣候特徵，以及此類系統對於台灣地區降水的影響，本文採用的資料包括：1) 日本氣象廳之地面、850 及 500 hPa (0000 與 1200 UTC) 天氣圖。2) 中央氣象局東亞地區紅外線衛星雲圖 (0000 與 1200 UTC)。3) 中央氣象局所屬台灣地區 21 個傳統地面觀測站之日降水資料。4) NCEP/NCAR reanalysis, 水平解析度為 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 經緯度，採用平均海平面、1000、850 及 500 hPa 等壓面。

分析暖季期間東亞地區鋒面系統之氣候特徵，個案選取標準採用之定義為：1) 鋒面系統生成或移入於 $20^\circ\text{--}40^\circ\text{N}$ 、 $100^\circ\text{--}140^\circ\text{E}$ 之區域；2) 符合條件(1)者，其生命期在選定區域內需超過 48 小時；3) 鋒面在選定區域內至少 50% 的生命期期間，其水平空間尺度需大於 500 公里。另一方面，對台灣地區天氣造成影響之鋒面個案定義為：符合上列各項標準之個案，若在其生命期中曾移入 $22^\circ\text{--}27^\circ\text{N}$ 、 $119.5^\circ\text{--}123.5^\circ\text{E}$ 之矩形區域內。

依中央氣象局訂定之大雨標準（日累積降水量大於 50 mm），分析、統計各個案影響期間內之大雨事件次數，以了解鋒面影響期間降水現象之特徵。並同時利用紅外線衛星雲圖檢驗鋒面雲帶之結構與空間分佈，以排除附近若有颱風系統時所發生的共伴環流，以及因局部環流或地形觸發的局部對流帶來之降水。

四、東亞暖季鋒面氣候特徵

分析 1981–2000 年東亞區域 ($20^\circ\text{--}40^\circ\text{N}$ 、 $100^\circ\text{--}140^\circ\text{E}$) 之 146 個地面鋒面系統個案，其中於七月 1–15 日（七月上半月）、九月 1–15

日（九月上半月）及八月 16–31 日（八月下半月）為鋒面相對較活躍時期，分別有 34、28 及 26 個個案，八月 1–15 日（八月上半月）則為鋒面最不活躍時期（16 個）。

圖 1 為 1981–2000 年 7–9 月之東亞地面鋒面空間分佈頻率。顯見，暖季鋒面系統活躍的空間明顯隨著時間由七月上半月到八月上半月出現北退，且鋒面頻率明顯減少，隨後鋒面活躍區再次南移，九月下半月鋒面最活躍區（頻率極大值區）則位於日本南方海面。就台灣地區而言，頻率高低各時段亦有所不同，以九月上、下半月最高、七月上半月與八月下半月次之，而七月下半月和八月上半月最低。

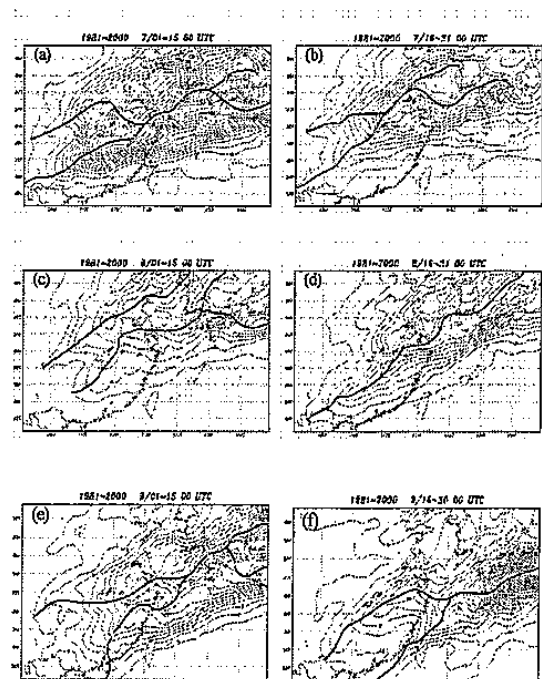


圖 1 1981–2000 年 7–9 月以 $1^\circ \times 1^\circ$ 經緯網格主觀分析之東亞地面鋒面空間分佈頻率圖。(a)–(f)分別為 7 月 1–15 日、7 月 16–31 日、8 月 1–15 日、8 月 16–31 日、9 月 1–15 日以及 9 月 16–30 日。等值線已經空間勻滑，相對最大頻率主軸以粗實線表示。

圖 2 為 1981–2000 年 7–9 月通過 125°E 以西之最大頻率南支主軸相關鋒面之 1000 hPa 高度場與風場平均圖。與各時期之氣候平均場比較分析後，顯示 1000 hPa 綜觀系統

之配置，於七月份有低壓帶反應華中地區之梅雨鋒面，主軸南側存在著源自於南海北部的偏南氣流，顯示低層暖濕空氣的輸送有利鋒面在華中地區的維持與滯留。八月份則在主軸附近出現一廣大低壓帶，且於長江口北方與海南島附近各出現一低壓中心，唯此槽線平均位置已較七月份東移，海南島附近封閉低壓東側環流向北輸送暖濕空氣，有利於鋒面的維持。此時期主軸北側偏北氣流亦較七月份明顯，與低壓環流在低對流層形成有利鋒面的大尺度合流變形場。九月份大陸地區冷高壓環流已逐漸建立，東亞大陸處在反氣旋式環流控制之下，盛行北風與東北風。西段主軸則位在冷高壓東南側之前緣處，太平洋高壓勢力則西伸至 125°E 附近，主軸正位於由西北側冷高壓與東側太平洋高壓兩者的環流所形成的變形場中。顯見東亞地區之斜壓帶逐漸增強並南移，該區鋒面發展已明顯轉為受大陸冷高壓系統的主宰。

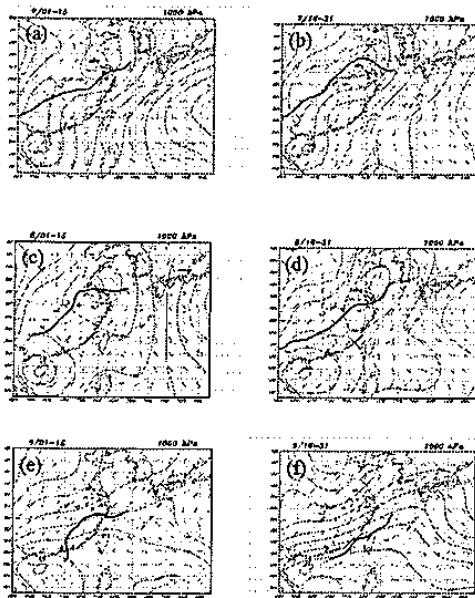


圖 2 1981-2000 年 7-9 月通過 125°E 以西之最大頻率南支主軸(粗實線)相關鋒面之 1000 hPa 高度場(gpm)與風場(全桿為 10 kt, 半桿為 5 kt)平均圖。(a)-(f)分別為 7 月 1-15 日、7 月 16-31 日、8 月 1-15 日、8 月 16-31 日、9 月 1-15 日以及 9 月 16-30 日。

在 850 hPa 方面(圖 3)，鋒面主要發展區南側之西南氣流隨著時間逐漸減弱，北側北風分量則逐漸增強，自八月起，於 120°E 附近形成一槽線系統，西側則有一脊線系統，顯示，鋒面結構具有較明顯之斜壓性。

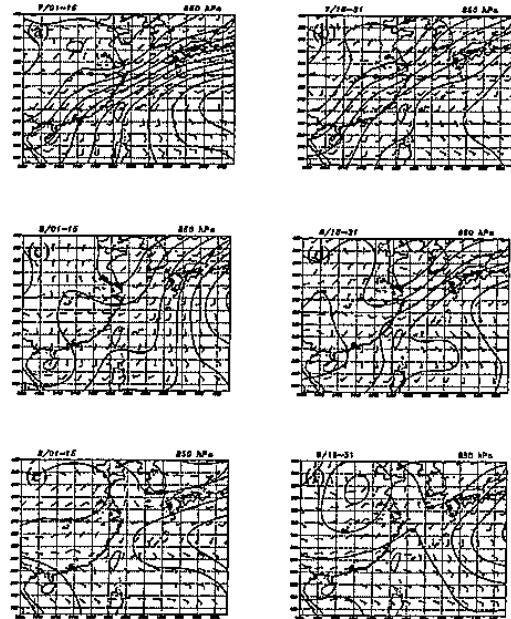


圖 3 1981-2000 年 7-9 月通過 125°E 以西之最大頻率南支主軸相關鋒面之 850 hPa 高度場(gpm)與風場(全桿為 10 kt, 半桿為 5 kt)平均圖。(a)-(f)分別為 7 月 1-15 日、7 月 16-31 日、8 月 1-15 日、8 月 16-31 日、9 月 1-15 日以及 9 月 16-30 日。

透過鋒面最大頻率發生的綜觀環境合成分析，了解到暖季期間東亞地區雖均有鋒面系統在發展，但因大尺度環流系統的轉變，主宰鋒面發展與移動的主因隨之變化。七月份鋒面的發展與維持主要位在大陸地區的低壓帶中，八月份副熱帶太平洋高壓減弱與海南島附近的低壓系統造成鋒面發展主軸南移，九月份則因中緯度西風帶之斜壓系統已移至更低緯度，大陸冷高壓一波波地發展、分裂及東移，主宰著鋒面系統的生成與移動。

五、東亞暖季鋒面與台灣地區降水

分析 1981-2000 年東亞區域之 146 個地

面鋒面系統個案中，曾對台灣地區天氣造成不同程度影響之鋒面系統計有 55 道鋒面，其頻率分佈以九月下半月最高（16 道）、九月上半月次之（14 道），而以七月下半月頻率最少，20 年間僅有 2 道，八月上、下半月亦分別僅有 4、3 道鋒面系統影響台灣而已。

分析地面天氣圖有關影響台灣地區鋒面系統之鋒生源地，55 個個案中有超過 65% 比例的鋒生過程發生在 30°N 以北、120°E 以西之區域，20% 個案在華南地區，另外 15% 個案的鋒生區域則在台灣鄰近地區（表略）。顯見，雖然東亞地區之斜壓區在暖季期間主要活躍在 30°N 以北之區域，但仍有可能在特殊狀況下，向南發展至較低緯度。

進一步分析其中曾於鋒面過境前後持續降水達三日之 33 個個案之日平均降水資料（圖 4）。初步了解到，就北部地區而言，大雨事件較其他地區為多（表略），山區雨量多於平地顯示在鋒面影響期間內，降水之主要機制除鋒面本身提供外，地形效應亦不容忽視。中部地區大雨事件一半發生於山區，顯示地形效應亦為主要影響降水的重要因子。而南部地區降水另有一特性為陣性降雨強度較強且發生在平地，經與衛星觀測資料比對後發現，應屬鋒前旺盛西南氣流受地形加熱與抬升，增強對流運動所造成（陳等 2002），因此在此類個案中地形效應所扮演之角色亦不容忽視。

由於各個案鋒面結構特徵與其所在綜觀環境之差異，導致各個案間移動情形不一，有連續移動者，亦有移動過程中出現滯留者，因此也造成各個案影響台灣之時間長短不一。大致上移動性較明顯之個案，因影響降水期間較短，所帶來之累積降水量亦明顯偏少，甚至並未造成降水。此外，鋒面系統影響所及區域大小（例如僅對北部造成影響），也直接影響到降水的空間分佈。另一方面，在同一個案中亦常發現鄰近測站間雨量

出現極大差異，顯示在同一暖季鋒面系統影響下，地形因素對降水分佈也常扮演著相當重要的角色。

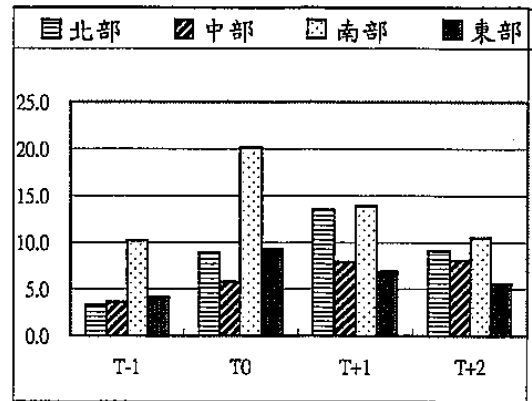


圖 4 北部、中部、南部以及東部之 T₋₁、T₀、T₊₁ 以及 T₊₂ 日平均降水量。T₀ 為鋒面抵達 D2 區之日期，T₋₁、T₊₁ 及 T₊₂ 分別代表鋒面抵達前一日、次一日及次二日。

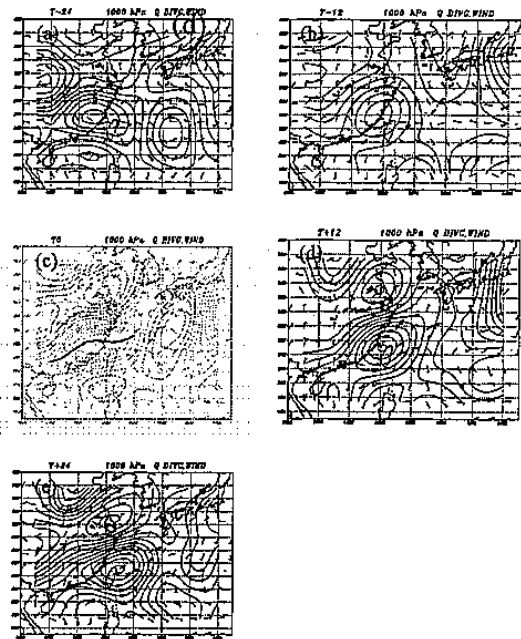


圖 5 降水顯著型個案 (a) T₋₂₄、(b) T₋₁₂、(c) T₀、(d) T₊₁₂ 以及 (e) T₊₂₄ 1000 hPa 之風場（風標全桿為 10 kt，半桿為 5 kt）與水汽通量輻散場（ $10^{-4} \text{g kg}^{-1} \text{s}^{-1}$ ）合成圖。T₀ 為鋒面抵達台灣北部之時間（合成個案 125°E 以西地面鋒面主軸位置如 (c) 之粗實線所示），T₋₂₄、T₋₁₂、T₊₁₂ 以及 T₊₂₄ 分別為鋒面抵達前 24、前 12 小時與鋒面抵達後 12、後 24 小時。實線表示水汽通量輻散；虛線表示水汽通量輻合。

為探討暖季鋒面伴隨較明顯之降水現象

緣由，以七個降水顯著個案進行水氣通量合成分析(圖5)，可發現係由鋒後冷高壓之東北氣流與南海北部之偏南氣流使得水氣輻合於鋒面區，但因冷高壓移動過程中，東北氣流存在著變性過程，且因後期洋面摩擦力較陸地為小，風速增強，故當鋒面過境台灣地區時，水氣輻合效應增強，過境後之降水量明顯高於過境前，且降水現象較持續。

六、總結

本文從分析 1981~2000 年期間東亞暖季(7、8及9月)鋒面系統之氣候時間、空間特徵出發，接著探討影響台灣地區之個案與台灣降水之關係，分析暖季鋒面降水之時空氣候特徵，探討影響鋒面系統移動、維持之綜觀環境特徵。所獲得之主要結論有：1) 20 年之氣候資料顯示，於暖季期間東亞地區的鋒面系統約有 1/3 的系統，可影響到台灣地區。2) 暖季期間可影響台灣地區天氣的鋒面系統，以九月份最頻繁，七月上半月次之，七月下半月與八月份最少。3) 因季節轉換之故，同樣於暖季時影響台灣地區之鋒面系統，其所處綜觀環境明顯不同。七月份為低壓帶主宰，八月份為中緯度斜壓帶與南海北部之氣旋式環流系統，九月份鋒面則活躍在大陸分裂冷高壓與副熱帶太平洋高壓所構成之變形場中。4) 暖季鋒面系統對台灣降水的影響程度，主要由鋒面影響區域大小、鋒面影響時間長短以及局部地形所決定。5) 透過合成分析在 9 月上半月和 8 月底時對北部地區造成顯著降水的 7 個個案，發現此階段的水氣來源有二：一為北方分裂冷高壓的東北氣流，另一為南海北部的偏南氣流。

致謝 本研究在國科會計畫編號 NSC 92-2111-M-002-006 支援下完成。

參考文獻

- 吳明進，1992：台灣地區暖季乾旱之監視與預報(一)：多雨年與少雨年的氣象條件。*大氣科學*，20，35-46。
- 吳明進與辛明治，1995：台灣地區降水氣候特徵之分析。*天氣分析與預報暨海象測報研討會*，中央氣象局，31-42。
- 林紹威，2002：初秋鋒面影響下台灣豪(大)與個案分析研究。國立台灣大學大氣科學所碩士論文，68 頁。
- 陳泰然與吳清吉，1978：台灣五大城市之氣候特性分析。*大氣科學*，6，1-16。
- 陳泰然、王重傑及楊進賢，2002：台灣梅雨季對流降水之時空分佈特徵。*大氣科學*，30，83-97。
- 戚啟勳與陳孟青，1995：台灣之氣候。交通部中央氣象局，台北，531 頁。
- Chen, G. T.-J., and C.-P. Chang, 1980: The structure and vorticity budget of an early summer monsoon trough (Mei-Yu) over southeastern China and Japan, *Mon. Wea. Rev.*, 108, 942-953.
- Kurashima, A., and R. Hiranuma, 1970: Is the Baiu front the polar front? *Tenki*, 17, 245-246.
- _____, and _____, 1971: Synoptic and climatological study on the upper moist tongue extending from Southeast Asia to East Asia. *Water Balance of Monsoon Asia*. University of Tokyo Press, 153-169.
- Matsumoto, J., 1988: Large scale features associated with the frontal zone over East Asia from late summer to autumn. *J. Meteor. Soc. Japan*, 66, 565-579.
- Murakami, T., and Y. Arai, and K. Tomatsu, 1962: On the rainy season in the early autumn. *J. Meteor. Soc. Japan*, 40, 330-349.