

東亞夏季季風-肇始定義 與季風肇始時期的環流特徵

郭勉之 林松錦

國立中央大學大氣物理研究所

(中華民國八十九年六月二十日收稿；中華民國九十年四月十二日定稿)

摘 要

東亞夏季季風具有隨季節移動的階段性發展之氣候特徵，而南海夏季季風肇始常被視為東亞夏季季風發展之起源。但季風環流系統的多重尺度特徵，造成肇始定義的界定相當困難。本文分析 1979~1995 年間南海夏季季風肇始期間的環流演變，並比較數種不同的季風肇始定義和其季風肇始日期，以討論南海地區的局地季風環流型態和季風肇始定義之間的關係。此 17 年間夏季季風肇始時期環流型態顯示，在南海地區局地季風環流發展過程中，中緯度天氣系統的角色相當重要。本文並且提出一組半客觀的南海夏季季風肇始定義，期能定義出較確切的局地季風環流肇始時間，以利未來對中緯度天氣系統和南海局地夏季季風環流發展之相互關係的討論。

關鍵詞：南海夏季季風、季風肇始定義、季風環流型態

一、前 言

東亞夏季季風環流系統具有階段性向北推進的氣候特性。Tao and Chen(1987)指出，組織性降雨帶最早發生在南海北界至華南沿岸地區，而後隨時間向北推進，具有北跳及滯留的發展特性，在時間上相當於華南或華中地區的梅雨期。他們將雨帶之遷徙視為東亞夏季季風向北發展的表現。Lau and Yang(1997)以衛星資

料分析夏季降雨帶分布，也呈現類似的時空特徵。其衛星資料可補充傳統觀測在海上的不足，在南海地區清楚顯示非常急劇的躍進：原先侷限於陸上的對流活動，在兩候內發展為海上的組織性對流活動；華南地區的對流性降雨帶則延遲了一段時間才發生。盧(1998)也認為，雖然氣候平均顯示華南雨季和南海深對流活動活躍期的開始時間相當接近，目前並無法確認華南雨季的開始和南海夏季季風的肇始在時間上是

相同的。

夏季季風發展經常導致地區性降水遽增及流場形勢明顯轉變；但各地季風環流分量及季風環流型態仍有區域性的時空差異。例如，Luo and Yanai(1983)分析 1979 年夏季(5~7 月期間)的大尺度低層環流及降水分布，發現在印度季風肇始前，孟加拉灣及華南地區均已具有明顯降水，其中華南地區降水伴隨著低層槽前西南氣流而發生。印度季風肇始後，印度地區的低層西南氣流急劇增強，降水也遽增。此時孟加拉灣北部因低壓系統活動而有大量降水，同時期華南地區的降水向北移動。整體而言，組織性降水和低層流場中的綜觀尺度系統之間關係密切。但是他們的分析著重於亞洲季風區的陸地區域，並未對南海海域的環流演變特徵進行討論。

由氣候觀點來看，南海地區的夏季季風肇始時期，低層環流具有下列演變過程：西太平洋副熱帶高壓(以下簡稱副高)的反氣旋式環流向東退出南海地區，來自孟加拉灣-中南半島的氣旋式西南氣流進駐。南海地區由晴空狀態轉為對流活動旺盛發展的天氣型態；並且在西南氣流中有季風槽發展。但是，上述研究均未證明，季風肇始之後南海地區的對流活動，和夏季季風降水帶在東亞陸地區域的向北推進，具有一致的季內演變過程。我們認為東亞夏季季風在不同階段的發展，大尺度大氣環流系統的季節性演變將和區域性局地環流系統(例如中緯度天氣系統)相互作用，在不同區域造成不同的天氣型態演變，只是目前尚未能釐清此交互關係的動力過程。

隨著夏季季風發展，熱帶暖濕大氣經南海而向東亞中緯度地區灌入，因此南海地區可視為熱帶和中緯度之間的質量通道。而南海地區

特殊的地理位置，使其季風環流演變所涉及的環流分量更形複雜。Lau et al.(1998)指出南海夏季季風環流呈現了印度洋區和西太平洋區的主要環流系統間的過渡環流特性；南海局地對流活動對此二環流系統間的相互作用及環流演變相當敏感。Lau and Yang(1997)認為南海夏季季風肇始時間的年際變化極大，表示季風肇始的影響因子很多，譬如大氣內部動力過程、季內振盪、海溫及亞洲陸面狀況等等；因此並不容易推得可滿足不同年份的季風環流肇始機制。而目前區域季風肇始的預報技術仍不理想，主因是季風環流年際變化太大和缺乏一致的季風肇始定義。此外他們也指出南海夏季季風肇始的大尺度環流演變，可預示隨後發生的東亞陸上夏季季風環流強度。

在南海夏季季風的肇始過程中，可能隱含東亞夏季季風向北發展的環流演變之重要訊息，有助於了解季風環流發展和局地環流(或中緯度天氣系統)間的交互關係。而東亞夏季季風具有各種時空尺度不同的環流分量，包括西太平洋副熱帶高壓、南亞反氣旋及其東側東北氣流、南海及西太平洋上季風槽、低層西南氣流，以及梅雨滯留鋒面等中緯度天氣系統(Tao and Chen, 1987)。這些季風主要分量相互作用，造成季風環流結構在向北演進的過程中逐漸改變；各主要分量的年際變化也未必相同。因此，東亞夏季季風除了具有爆發、維持及季節性移動等階段性發展的特徵之外，其多重時空尺度及年際變化等變異性，均造成季風肇始時間的界定相當困難。

肇始定義的選擇反應了研究者所關心的主題，而季風肇始定義的不同將突顯季風環流系統中的某些環流因子，進而將影響我們對季風肇始機制的推論。例如，林與林(1997)認為有效

的東亞夏季季風肇始指標，必須能反應中緯度與熱帶大氣環流間交互作用並突顯南海的緩衝地理位置特性；而且其年際變化要小。他們的論點似認為南海夏季季風肇始為中緯度與熱帶環流交互作用下的產物，並且南海夏季季風的主要肇始環流結構之年際變化很小。而盧(1998)指出南海區域平均的 OLR，垂直風切和低層(850hPa)相對渦度之時序變化都有明顯的季節性差異，均適合作為判定季風肇始的指標。

因此，本文比較數種不同的東亞(南海)夏季季風肇始定義和季風肇始日期，並討論南海地區的局地低層季風環流型態的年際變化，和季風肇始定義之間的關係。至於夏季季風在東亞陸地區域的演進過程，則不在本文的討論範圍中。我們使用 17 年(1979~1995)的 NCEP/NCAR(National Centers for Environmental Prediction / National Center for Atmospheric Research)Reanalysis 風場資料以分析每年 4~8 月期間逐日的低層流場演變；並利用同時期 NOAA-CIRES/CDC(National Oceanic and Atmospheric Administration - Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences / Climate Diagnostics Center)的外溢長波輻射場(Outgoing Longwave Radiation, 簡稱 OLR) (Liebmann and Smith, 1996)來表示對流活動。熱帶西北太平洋區的熱帶對流系統，在季風肇始過程中可能扮演著相當重要的角色。但是綜觀尺度網格資料，如流線場及 OLR 的網格解析度均為 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ ，並無法較詳盡或是具體描述這些熱帶對流系統的時空演變，因此我們以關島聯合颱風警報中心(Joint Typhoon Warning Center, 簡稱 JTWC)的熱帶氣旋最佳路徑資料，了解相關熱帶擾動之位置及強度等特徵。在 4~6 月期間，低層(850hPa)流線場經常可見東亞中緯度天氣(槽線)

系統伴隨著地面鋒面系統而東移出海；我們使用日本氣象廳出版的東亞地面天氣圖集對這些地面鋒面系統進行確認。至於本文對數種不同的肇始定義和其肇始日期進行比較的部分，則直接引用相關研究中所定義的東亞(南海)夏季季風肇始日期。

本文共分成六個章節。第二章討論季風肇始定義/指標的特性。第三章透過低層流場分析，比較不同的季風肇始定義和肇始日期，以推測季風肇始定義/指標的影響因子。第四章對南海夏季季風肇始期間的低層環流形勢進行分類。第五章分析並歸納南海夏季季風肇始期間的低層環流類型和不同肇始指標之關係，並提出一組半客觀的季風肇始定義方法。第六章為結論與討論。

二、夏季季風肇始定義之比較

南海地區季風環流建立，包含局地低層流場由反氣旋式轉變為氣旋式環流結構，對流活動明顯發展等季節演變過程。因此凡可清楚顯示季節明顯轉變的指標應均可作為季風肇始日期的判定依據(盧，1998)。肇始定義多半包含下列任一或是結合數種環流指標：(1)低層流場形勢或緯向風場風向的轉變；(2)降水或深對流發展；(3)相對渦度或動能等高階量風場變數。分析肇始指標之時序變化可了解季節演進的主要特性。

在本章節中，我們比較不同夏季季風肇始定義所得的肇始日期之差異，以討論各個肇始定義的特性。表一為不同的肇始定義及其資料來源，其中有些定義的基本特性相似；只是資料處理方式(如分析區域或時間)有所差異。這些肇始定義的主要著眼點均為南海地區的環流特

表一 十種不同的夏季季風肇始定義之摘要。表中所用簡稱請見內文或表後附註。

作者[簡稱]	定義	資料
胡華(1998) [胡 98]	分析 5~6 月的 850hPa 候平均流線場：南海地區盛行西南風(源自印度洋)或出現西風槽，且此後太平洋副高不再移入南海。	(1) ECMWF/WMO(1980~1985) (2) ECMWF/TOGA(1986~1996) (3) NOAA OLR(1975~1992)
Chang(1999) [C99]	分析 4~6 月的 850hPa 流線場：副高第一次完全退出南海地區(110°~120°E, 10°~20°N)，此區流場被氣旋式的西南風(主要來自孟加拉灣)所取代，過渡期前後的流場形勢至少需持續 5 天是維持穩定不變的。	1979~1995 網絡資料。
Wang and Wu(1997) [W97]	(1) 南海中北部(7.5°~22.5°N, 110°~120°E)區域平均 OLR<235Wm ⁻² 持續 6 候。 (2) 南海中南部(2.5°~12.5°N, 110°~120°E)區域平均緯向風>0.5m/s 持續 6 候。 (3) 兩者差 1 候(80,90)者以 OLR 為準。差距較大者(87,91,92)，則取中間一候。	(1) NCEP OLR(1975~1992) (2) ECMWF(1979~1992)
Xie et al.(1998) [X98]	定義南海區域平均(105°~120°E, 0°~20°N)的候平均 OLR 值下降至 235Wm ⁻² ，同時區域平均的 850hPa 緯向風由東風轉為西風之時間為肇始當候。以上條件需持續至少 3 候。	(1) NOAA OLR(1979~1994) (2) NMC(1979~1994)
林興林(1997) [林 97]	以南海海域(5°~20°N, 105°~125°E)的對流性雲量明顯驟增的時段為東亞夏季季風發展的轉變期。	1985~1991 年 4~7 月的 GMS TBB 資料及 ECMWF 網絡資料。
陳華(1996) [陳 96]	當對流雲帶(115°~119°E 經度區間平均的 TBB<270K)由赤道北跳至 10°~15°N，副高自南海撤離，西南氣流盛行於南海至華南沿海一帶，即為季風肇始。	日本 JMA 的 GMS TBB (1980~1991)及 OLR(1979~1988)
參(1997) 林華(2000) [參 97]	(1) 以南海地區的緯向風場最大均方根值的位置為參考點，找出此參考點之 850hPa 緯向風場由負值突然轉變為較大正值之時間。 (2) 對上述 850hPa 緯向風場做濾波分析：夏季期間第一次出現 30~60 天及 12~24 天低頻振盪同時呈現正相位發展之際，為季風肇始之可能日期。 (3) 分析 850hPa 流線場：南海地區由反氣旋式環流結構轉變為氣旋式環流結構，並由 OLR 研判此時有顯著增加的對流活動，擇定肇始之日期。	(1) ECMWF(1985~1993) (2) OLR
Hsu et al.(1999) [H99]	(1) 對 4~6 月期間 850hPa 的 5 日滑動平均函數做 EOF(Empirical Orthogonal Function)分析：分析範圍為 30°E~180°，30°S~50°N。其 EOF 1(33.7%)空間分布顯示第一次過渡期時印度洋、南海及西北太平洋等洋區的底層大氣均由氣旋式環流所主控；至於陸地區域則以反氣旋式流場形勢為主。 (2) 定逐年 EOF 1 的 PC(Principal component)由正值轉負值的 2 天之後為季風肇始過渡日期。	(1) ECMWF/TOGA(1986~1993) (2) ECMWF/WMO(1979~1989) (3) CDC 的 OLR
Yan(1997) [Y97]	以測站觀測的風場來定義季風之肇始。分成北中南三大部分來討論 (1) 南海北部(20°~25°N)：850hPa 或 925hPa 的西南風(風向 190°~260°)持續至少 5 天，最大風速到達 10m/s(香港附近)或是 8m/s(中南半島)以上。 (2) 南沙測站(9°33'N)：地面西南風至少持續達 5 天，為西南季風肇始。 (3) 南海南部(0°~5°N)：850hPa 或是 925hPa 的西南風持續至少 5 天。	長期的船舶觀測資料，氣象測站觀測資料，HRC(Highly Reflective Cloud)衛星資料，多數測站資料時間是 1986~1995 年。
本文第一階段季風肇始定義 [MT]	(1) 逐日分析低層(850hPa)流場，定製高環流開始東退到季風槽完整建立的時間為季風肇始時期；同時期由 OLR 場分布判定有對流活動之發展。 (2) 利用天氣圖集確認中緯度槽脊系統所伴隨的鋒面系統，並以 JTWC 最佳路徑追蹤相關熱帶擾動。 (3) 以區域平均的 OLR 和 850hPa 緯向風場及相對濕度的時序分析，佐證副高環流東退、西南風/季風槽的氣旋式環流發展過程。此外季風肇始後氣旋式環流需維持至少 5 天。	(1) NCEP(1979~1995) (2) NOAA/CDC OLR (3) 日本地面天氣圖集 (4) JTWC 最佳路徑分析

註：ECMWF(European Centre of Medium-range Weather Forecasts)；GMS(Geostationary Meteorological Satellite)；JMA(Japan Meteorological Agency)；NMC(National Meteorological Center)；TOGA(Tropical Ocean and Global Atmosphere)；WMO(World Meteorological Organization)。

性之轉變，大致上可分成以流場形勢演變為主、結合流場及對流活動變化，和單純以對流活躍性為依據等三大類型。在以下的討論中，相關作者均採用表一中的簡稱。表二為各個肇始定義所定出來的肇始時間，初步比對發現在某些年份各個肇始定義均得到相近的肇始日期；但有些年份的肇始日期則有較大的差異。由於上述各個不同的肇始定義所分析的時期均落在 1979 年至 1995 年之間，因此我們也利用本文的第一階段南海夏季季風肇始定義(表一中的 MT)，界定這 17 年間的逐年南海夏季季風肇始

時間(表二中的 MT)，以進行比較。

本文第一階段的南海夏季季風肇始定義，主要是透過主觀分析低層(850hPa)流線場演變特徵來判定南海局地季風環流建立的時期。分析過程如下：(1)逐日分析 4~6 月期間的低層(850hPa)流場，以副高環流呈現東退的明顯跡象之時間為季風肇始時期的開始；而季風槽(Monsoon Trough)完整建立的時間為季風肇始時期的最後一天。並由 OLR 場分布判斷同時期須有對流活動發展。季風肇始後南海地區氣旋式環流需維持 5 天(含)以上。(2)以東亞地面天氣

表二 以表一中的不同夏季季風肇始定義所定出來的各年季風肇始時間，Y97 中的 N、C 及 S 分別表示南海北、中及南部之肇始時間。

	胡 98	C99	W97	X98	林 97	陳 96	參 97	H99	Y97	MT
1979		11/5-16/5	11/5-15/5	11/5-15/5			16/5	18/5		13/5-18/5
1980	11/5-15/5	13/5-16/5	16/5-20/5	16/5-20/5		15/5-20/5		18/5		12/5-18/5
1981	11/5-15/5	29/5-2/6	11/5-15/5	11/5-15/5		15/5-20/5		10/5		31/5-7/6
1982	26/5-30/5	27/5-10/6	16/5-20/5	31/5-4/6		15/5-20/5		28/5		30/5-8/6
1983	21/5-25/5	19/5-4/6	21/5-25/5	10/6-14/6		1/6-5/6		28/5		2/6-6/6
1984	16/5-20/5	18/5-8/6	26/4-30/4	1/5-5/5		5/5-10/5		28/5		6/6-8/6
1985	26/5-30/5	23/5-7/6	26/5-30/5	16/4-20/4	25/5-30/5	25/5-30/5	17/6	28/5		27/5-6/6
1986	11/5-15/5	9/5-13/5	11/5-15/5	6/5-10/5	7/5-20/5	15/5-20/5	16/5	11/5	N9/5, S10/5	11/5-16/5
1987	5/6-9/6	5/6-9/6	5/6-9/6	5/6-9/6	13/5-23/5	25/5-30/5	12/6	31/5	N1/5, S4/6	6/6-9/6
1988	21/5-25/5	20/5-23/5	21/5-25/5	21/5-25/5	20/5-29/5	20/5-30/5	24/5	13/5	N16/5, S19/5	20/5-24/5
1989	16/5-20/5	15/5-18/5	16/5-20/5	16/5-20/5	15/5-24/5	15/5-20/5	18/5	23/5	N6/5, S17/5, C18/5	16/5-18/5
1990	16/5-20/5	11/5-26/5	11/5-15/5	11/5-15/5	5/5-11/5	10/5-15/5	16/5	18/5	N8/5, S15/5, C16/5	16/5-23/5
1991	5/6-9/6	5/6-10/6	5/6-9/6	10/6-14/6	11-14/5, 1-7/6	1/6-5/6	9/6	7/6	N21/5, S7/6, C8/6	7/6-9/6
1992	16/5-20/5	16/5-18/6	21/5-25/5	31/5-4/6			10/6	18/5	N15/5, S16/5, C17/5	11/6-19/6
1993	26/5-30/5	24/5-17/6		15/6-19/6			18/5	28/5	N24/5, S2/6, C6/6	6/6-18/6
1994	26/5-30/5	23/5-27/5		16/5-20/5					N1/5, S12/5, C2/5	28/5-5/6
1995	11/5-15/5	9/5-13/5		4/6-9/6					N18/5, S10/5, C14/5	10/5-16/5

圖集確認中緯度槽脊系統所伴隨的鋒面系統；並利用 JTWC 最佳路徑資料追蹤相關的熱帶擾動。若南海地區的西南氣流或氣旋式流場，為鋒前/副高脊前西南氣流或是熱帶系統移入所造成的短暫流場形勢，則不予以考慮。(3)利用區域平均的 OLR 和 850hPa 緯向風場及相對渦度的時序分析，分別佐證對流系統及副高反氣旋式環流東退、西南氣流/季風槽的氣旋式環流發展等環流演變過程。例如當西南氣流盛行而季風槽結構不甚明顯時，便以區域平均出現正相對渦度後一至數天作為肇始時期的結束。區域平均的範圍是 110°~120°E，10°~20°N，為副高環流向東退出南海地區的關鍵區域。此區域平均的相對渦度分析能有效的排除鋒前/副高脊前西南氣流盛行於南海的情況。在上述低層流線場的分析中，若第一次副高環流東退而季風槽/西南氣流發展的持續時間或流場形勢不能符合第(1)項或第(2)項步驟的檢驗，則尋找下一次副

高退出的時期，餘此類推，直到均滿足第(1)項、第(2)項和第(3)項的條件為止。由於逐日流線場分析的主要考量是南海季風槽的發展過程，因此將此定義方法簡稱為 MT。而以此定義所得的南海局地夏季季風肇始時期，簡稱為 MT 肇始時期。第二章至第四章即以此定義為依據，判定南海夏季季風肇始時間及界定相關環流系統的演變特徵。

以主觀分析低層流場演變為主要依據，判定季風肇始的定義有胡 98、C99 及 MT。胡 98 分析候平均流線場；而 C99 及 MT 則逐日分析流場的演變過程，因此每年的肇始時期時間長度不一。在流場特徵方面，胡 98 著重在副高環流退出南海地區當候，C99 則包含了副高退出南海到西南氣流進駐的整個環流演變過渡期，至於 MT 主要是界定季風槽或西南氣流完整建立的時間。因此三者所得肇始時間多具有階梯式分布：MT 通常稍微落後 C99 或是在其後期；

而胡 98 的肇始當侯經常落在 C99 前期。在 1980 年至 1995 年間，除 1981 年胡 98 較其餘二者超前了約 3 侯外，其餘 15 年中三者的肇始時間均各有重疊部分。因此，雖然研究者對肇始流場形勢的主觀認定及判斷原則，將影響肇始時間之判定，低層流場形勢的主觀分析仍不失為一可掌握流場季節演變的方法。

W97 及 X98 結合流場和對流活動的演變訊息，以表現南海地區由東風轉為西風，同時伴隨著對流發展(OLR 值下降)的環流變化。他們均分析區域平均之低層緯向風場和 OLR 曲線的時序變化，當西風分量增加而 OLR 值下降至兩曲線相交，且西風持續一段時間，則定義該相交點之時間為季風肇始當侯。主要差別在所選區域不完全相同：W97 的風場區域選在南海中南部而 OLR 區域為南海中北部；X98 的分析範圍涵蓋了整個南海地區。因此西南氣流盛行區域的年際變化，將可能造成兩者所定義的肇始日期有所差異，例如在 1982、1983 及 1985 年的肇始日期之差距便達兩侯以上。此外，侯平均分析或可避免鋒前西南氣流時期被判為季風肇始，卻未必能排除南海受副高反氣旋式環流主控並盛行副高脊北側西南氣流的情形，例如 W97 及 X98 分別在 1984 年及 1985 年定 4 月中下旬為季風肇始。由他們所選的分析區域可推知，W97 的風場分析範圍雖較 X98 的區域適於排除南海地區盛行副高脊北側西南氣流的情形，但其 OLR 場分析區域卻不可避免的涵蓋了華南地區的鋒面雲系之活動。因此若未配合流場形勢分析，此類型的定義未必能減少季風肇始日期的爭議。

至於林 97 及陳 96 則以對流活動遽增為主要肇始指標。其中林 97 將雲型分類，定義南海

地區對流雲數量明顯增加時期為南海季風肇始日期。而陳 96 是分析經度平均的雲頂近似黑體輻射溫度(Temperature of Black-like Body, 簡稱 TBB)資料，定義南海地區由晴空轉變為對流活動活躍期便為季風肇始。雖然都是以南海及其週邊地區對流活動的逐日時序演變作為季風肇始定義指標，但是由於不同作者對對流雲系以及南海地區涵蓋範圍之認定並不完全相同，所定義出來的肇始日期也未必一樣。此外，林 97 及陳 96 所定義的 1987 年之肇始日期，明顯超前所有以流場演變為主要指標的肇始時間，或許是受鋒面雲系的影響。

麥 97 和 H99 的定義方法相對於其他定義來說較為複雜而不直接；而肇始日期均為單一天。麥 97 引用 Chen and Chen(1995)的季風肇始定義，分析 1985~1993 年的南海夏季季風肇始；表二中的 1979 年之季風肇始日期取自 Chen and Chen(1995)。此定義以低層緯向風場為主而低頻擾動為輔，並佐以對流活動之發展來界定季風肇始；在思考上較著重於低頻擾動的激發作用。我們也使用此肇始定義分析了 1979~1995 年的 NCEP 網格資料，求取另一組肇始日期(以下簡稱 Cncep)並和 MT 相比時發現，除了 1984 年明顯提前，其餘均落在 MT 肇始期間(表三)。至於麥 97 的 1985 及 1987 年季風肇始均落後 MT；而 1993 年則提前許多。我們認為造成 Cncep 和麥 97 之間差距的原因，除了資料不同外，在決定哪一次的兩低頻模為同正相位發展的時間，方為季風肇始時期時，仍需仰賴流場特徵的主觀認定也是一項因素。此外，在麥 97 的肇始日期中，僅 1993 年明顯超前其他定義，或許是因為此定義要求季風肇始時南海低層流場須轉為氣旋式環流結構。

表三 1979~1995 年間各年的季風肇始類型、MT 和 Cncep 肇始時間，以及區域平均季風肇始指標 (Xv、Xu 和 Xw) 所對應的時間。各簡稱詳見內文。

年份	類型	MT	Cncep	Xv	Xu	Xw
1979	II	13-18/5	16/5	14-15/5	13-14/5	13/5
1980	II	12-18/5	16/5	15-16/5	14-15/5	14-15/5
1981	III	31/5-7/6	3/6	1-2/6	<u>31/5-1/6</u>	1/6
1982	III/IV	30/5-8/6	8/6	6-7/6	6/6	6-7/6
1983	III	2-6/6	4/6	3-4/6	<u>2-3/6</u>	<u>3/6</u>
1984	IV	6-8/6	23/5	<u>5-6/6</u>	<u>6-7/6</u>	<u>5-6/6</u>
1985	III	27/5-6/6	6/6	6-7/6	<u>6/6</u>	<u>6/6</u>
1986	III	11-16/5	14/5	13-14/5	10/5	10/5
1987	III	6-9/6	7/6	7-8/6	<u>6-7/6</u>	6/6
1988	III	20-24/5	22/5	22/5	21/5	21/5
1989	I	16-18/5	18/5	16-17/5	16-17/5	16-17/5
1990*	I	16-23/5	17/5	14-15/5	15/5	14-15/5
1991	IV	7-9/6	8/6	7-8/6	3-4/6	3/6
1992	IV	11-19/6	15/6	19-20/6	20-21/6	19/6
1993	III/IV	6-18/6	8/6	18-19/6	<u>17/6</u>	17/6
1994*	III	28/5-5/6	27/5	<u>23-24/5</u>	<u>23-24/5</u>	<u>23-24/5</u>
1995	III	10-16/5	13/5	9-10/5	9-10/5	9-10/5

註 1：Xv、Xu 和 Xw 的日期下方劃有底線者，表示這不是當年的第一個曲線相交點。

註 2：標示星號的年份表示此 Xv 的正相對渦度值維持不足 5 天。

H99 以亞洲地區的低層大尺度環流演變為著眼點，呈現夏季季風發展期間大尺度環境場建立的訊息；平均而言其肇始日期和胡 98 的較接近。比較 H99 和 MT，發現在 15 年期間有 8 年均提早了。除了 1982 年外均超前至少一候；而 1981 及 1992 年甚至提前約 20 天以上。我們認為這表示大尺度環境場在南海季風肇始前便已經逐步建立，並隱含了區域性環流對局地季風肇始過程及時間可能有相當關鍵的激發作用之訊息。

最後借助 Y97 之海島測站資料和其他研

究的網格資料稍作比對。在 Y97 的肇始時間中，除 1995 年外，南海北部均較中南部提早出現西風，顯示南海地區不同步發展的特性。另外，在 1986~1991 年間，南海中南部單站資料和網格資料區域平均(W97 及 X98)的肇始日期較接近；而在 1992~1995 年間的差距較大。我們認為這表示南海中南部可視為局地季風環流發展的關鍵區，但在環流演變較多變的年份，單站或區域平均資料較無法呈現完整的環流演變特性，因此季風肇始日期較不一致。

綜合表二發現，各家定義的肇始日期較接

近，差距大約在兩候之內，屬於相當好認的季風肇始年份共 6 年：1979、1980、1985、1986、1988 及 1989 年。而肇始日期分布較分散，即使是特性相近的定義間的差異也會大於 10 天的年份是：1981、1982、1983、1984、1992 和 1993 年。這 6 年均具有類似特徵：胡 98 的肇始日期最早；C99 的肇始時間較長並介於胡 98 和 MT 所定的肇始時間之間；MT 均明顯落在 C99 的後期或是之後。而在其他年份此三者雖具有類似的階梯式分布，時間差距並不大。其中的 1992 和 1993 年，C99 的季風肇始過渡期都長達 20 天以上。由於 C99 是主觀分析逐日的低層流場特徵，因此可推測這兩年的南海夏季季風肇始期間，環流演變過程相當緩慢多變，使得不同肇始定義所判定的肇始日期差距很大。另外 1987、1990 及 1991 年則只有以對流活動為指標的定義所得的肇始時間明顯提前，其餘定義的肇始時間相當集中。因此，若可以釐清對流性肇始定義和別人的日期有所差別的原因，這 3 年仍然可歸為相當好認的年份。至於 1994 年和 1995 年所能比較的資料不多，不過三個主觀分析流場的定義之肇始時間均相當接近，只是和區域平均的定義(X98)之差距較大。

不同的肇始定義在相同年份所定的季風肇始日期未必相同；這些不同的肇始日期卻往往都能表現出季風肇始前後及肇始期間之大尺度環流主要特徵。我們認為這隱含下列訊息：當各個季風環流分量之間的配置造成局地季風環流發展過程緩慢多變而不穩定時，不同的肇始定義只能呈現出不同階段的肇始時期之流場特徵，使得肇始日期的判定有較大的歧見。因為南海夏季季風肇始時期環流型態的年際變化未必很小，即逐年的南海局地季風環流肇始過程

中，諸如肇始日期之早晚、局地環流型態或是其發展速率等特性，都有相當程度的年際變化。例如有些年份在季風肇始期間都呈現西南氣流盛行的流場形勢；某些年份在肇始初期便發展出季風槽結構而未必先有西南風盛行。即使流場形勢相似，環流演變的時間長度也未必相近。因此由同一定義所判斷的肇始日期之年際變化幅度可達一個月之大(Lau and Yang, 1997)；更遑論是比較不同定義所得的肇始日期了。例如，經過時間或空間上的平均處理，均可能漏失某些環流因子的變化；侯平均無法分析日平均所能呈現的天氣尺度環流特徵；而低頻濾波處理將突顯低頻擾動的重要性，相對的低估了天氣尺度的作用(胡等，1998)。而主觀分析流場的方法很難避免對季風肇始流場的主觀界定，即類似流場在另一年可能未必被定為肇始；甚至是在同一年的兩次分析中所認定的肇始日期也會不同。簡而言之，不同的季風肇始定義，對季風環流型態、肇始過程為單一天或是一段時期的演變等等問題的主觀認定，都將影響我們對季風肇始機制的推論。

三、環流型態和肇始定義

由於逐年的季風肇始過程未必完全呈現典型的演變特徵；例如在副高環流東退之後，南海地區並不一定轉變為西南氣流盛行的環流形勢。這些環流特徵的年際變化，可能使得某些定義無法掌握每一年的環流演變之完整過程。因此本章節分析逐日低層(850hPa)流線場及 OLR 場的演變，逐一檢視各定義及肇始時間，討論造成肇始時期有所差異的可能因素。

在以下分析中，凡低層流場顯示有東亞中

緯度槽線伴隨著地面鋒面系統而東移者，均簡稱為鋒面系統。而西太平洋區的熱帶氣旋式環流系統，本文簡稱為 TC(Tropical cyclonic circulation)，主要生成源地有菲律賓以東洋區和南海海域兩大區域。其活動均以流線場演變、配合東亞地面天氣圖集和 JTWC 最佳路徑的分析為參考；並依環流強度可分成熱帶低壓(Tropical depression, 簡稱 TD)、熱帶風暴(Tropical storm, 簡稱 TS)和颱風，相對應的環流強度以 JTWC 之定義為準。至於流線場呈現具封閉中心的氣旋式環流結構而強度未達 TD 者，則仍簡稱為 TC。春夏季節轉換期間的低層環流型態，對季風肇始定義的影響主要有兩大類型。現分述如下：

(一) 鋒面雲系/對流雲系的影響

逐年分析 1987、1990 和 1991 年後發現，都是在南海地區仍受副高西端環流影響的反氣旋式流場形勢下，有鋒面雲系/熱帶對流雲系移入南海地區，造成以對流活動為肇始指標所判定的肇始日期較早。以 1987 年為例加以說明：

在 4 月底至 5 月中上旬期間，東亞鋒面系統均在 20°N 以北活動。南海中南部受副高環流影響而盛行東風；而 TC 的活動也侷限在 10°N 以南的範圍(圖略)。林 97 所定義的肇始日期是 5 月 13~23 日；而陳 96 定義 5 月 25~30 日期間為季風肇始。在 5 月 13~15 日期間副高西端反氣旋式環流仍籠罩於南海地區，此區的副高脊線呈東北西南走向(圖 1a)。鋒面系統在 5 月 16~17 日南移，華南沿岸的氣旋式環流使得南海西北部出現西南風；但此氣旋式環流並未持續發展。而 5 月 16~18 日華南地區有鋒面雲帶向西延伸到南海地區(圖 1b~d)，林 97 顯然是據此鋒

面西端雲系的發展而定義這段時間為季風肇始。到 5 月 19 日副高西端環流再度西伸進入南海地區(圖 1e)；此後到 6 月初期，雖然陸續有鋒面系統東移出海、並且中南半島至海南島一帶盛行西南風，但南海地區始終是副高西端環流籠罩的反氣旋式環流形勢。其中的 5 月 25~28 日期間鋒面東移出海，而在 5 月 25~27 日南海西北部及南部有雲系發展(圖 1f~h)。陳 96 的經度平均所取範圍，可能是導致其 TBB 時序變化在期間呈現南海對流活動劇增現象，而判定此為季風肇始的原因；但其餘肇始定義均顯示 5 月期間的西南風出現並不能視為季風肇始。其後的 5 月 29 日至 6 月 5 日期間，東亞及南海週邊地區之低層流場變化不大，維持副高西端環流主控南海地區、而南海北部至華南地區盛行西南風的形勢，此處以 6 月 2 日的流線場為代表(圖 1i)。

在 6 月 6~7 日期間，副高西端反氣旋式環流向東退出南海地區，華中華南一帶有鋒面系統向東移動，南海地區全面轉為西南氣流盛行局面；且西南氣流由南海向東北延伸而連接鋒前氣流(圖 2a~c)。到 6 月 9 日南海西南氣流中有季風槽發展，槽線呈南北走向；此季風槽在 6 月 11 日發展為具封閉中心的氣旋式環流結構(圖 2d~f)，並持續約 10 天。在這段季風環流發展時期，南海地區對流活動旺盛發展；區域平均低層相對渦度轉為正值(圖略)。顯示南海局地季風環流建立使得低層大氣轉為氣旋式環流所主控，因此可定義 6 月 5~9 日期間為南海夏季季風肇始。由表二可知，排除受鋒面雲系/熱帶對流雲系影響的肇始定義之肇始時期後，1987、1990 和 1991 年均可視為各家所得肇始時間相當集中的年份。

19870515~0602 850hPa STREAMLINES

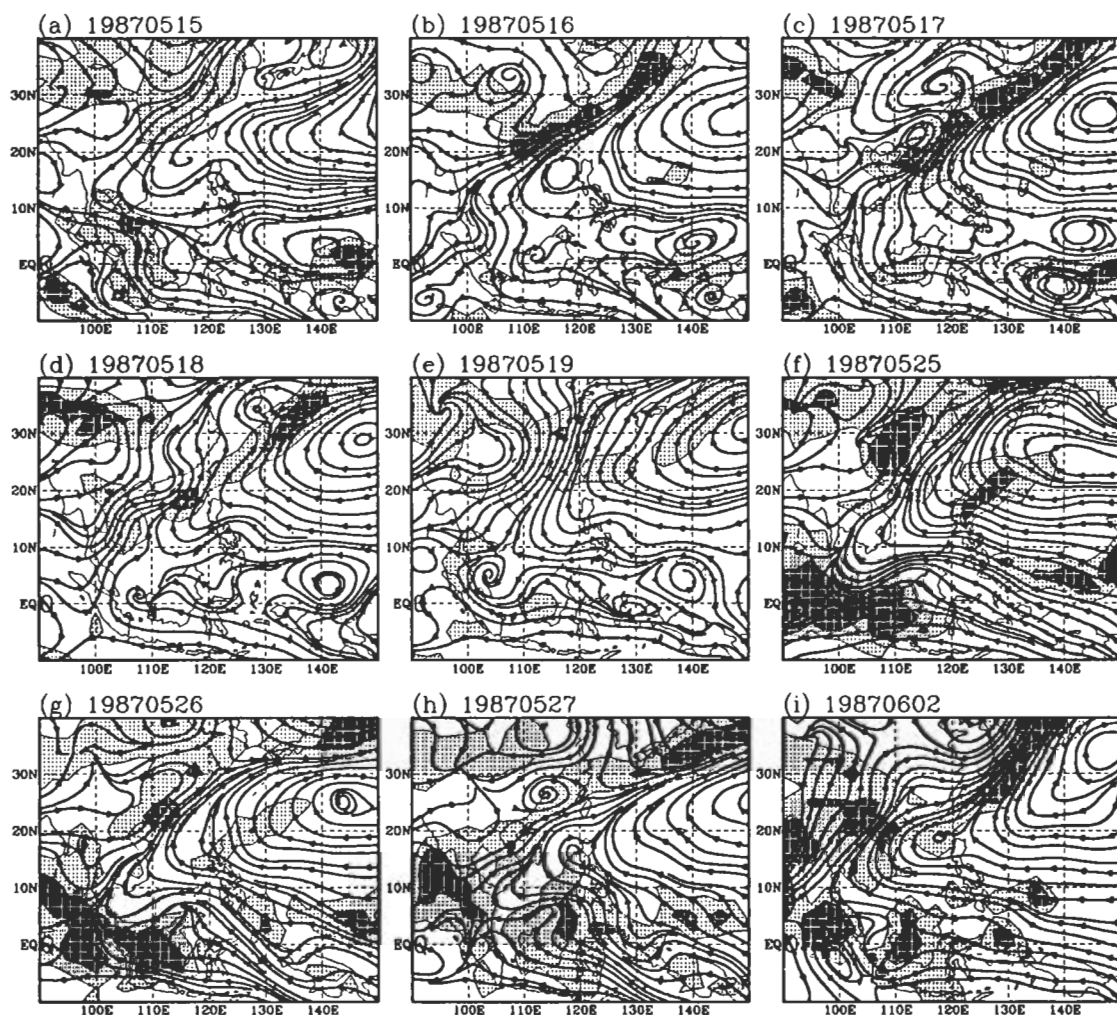


圖 1 1987 年的 850hPa 流線場及 OLR 場分布。其中 OLR 場僅繪出小於 $220 Wm^{-2}$ 的等值線；等值線間距為 $40 Wm^{-2}$ 。深淺陰影區分別表示 OLR 值小於 $180 Wm^{-2}$ 及 $220 Wm^{-2}$ 。時間分別標示於圖上。

(二) 季風肇始環流演變過程 緩慢多變的影響

在肇始日期差距較大的年份(1981、1982、1983、1984、1992 和 1993 年)，季風環流發展過程通常較緩慢多變，使得逐日分析和侯平均分析所解讀的環流演變特徵不太相同。而季風環流發展過程緩慢多變的主要特徵，幾乎都是

副高西端環流經過一段反覆西伸東退的時期後，才完全退出南海的情勢。以 1981 及 1982 年為例加以說明：

(1) 1981 年的流場演變

這一年中，採侯平均分析的肇始日期均在 5 月 11~15 日期間；而 C99 及 MT 則明顯落後。在 5 月上旬南海仍為副高環流所主控，脊線平

19870605~0611 850hPa STREAMLINES

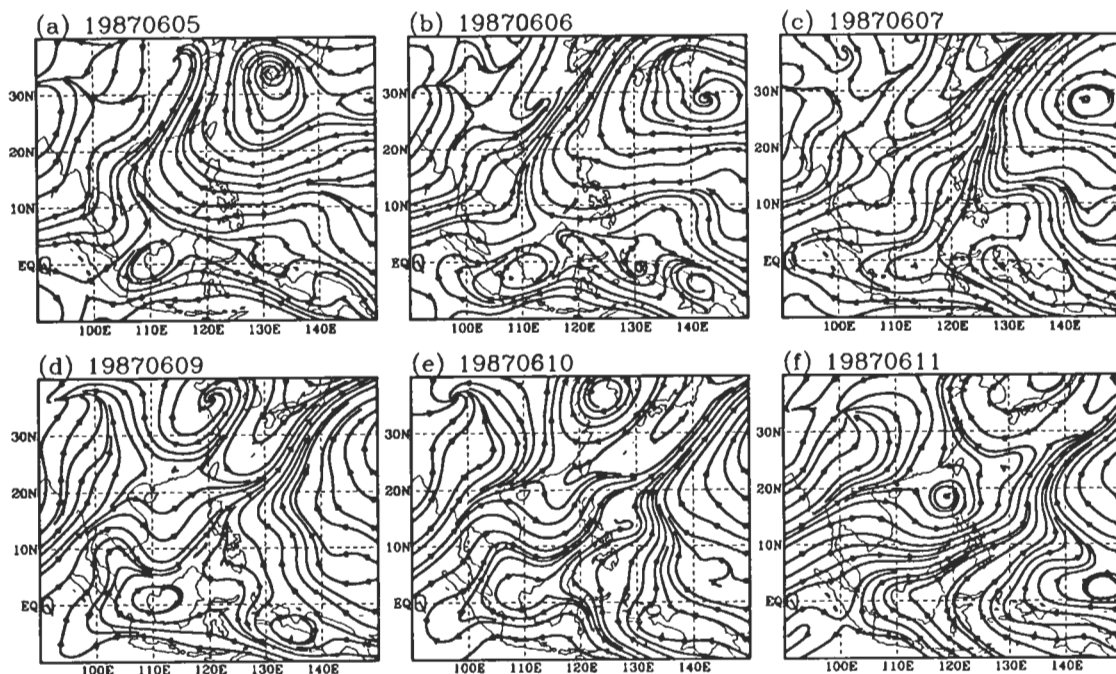


圖 2 1987 年夏季季風肇始時期的 850hPa 流線場分布。時間分別標示於圖上。

19810511~0529 850hPa STREAMLINES

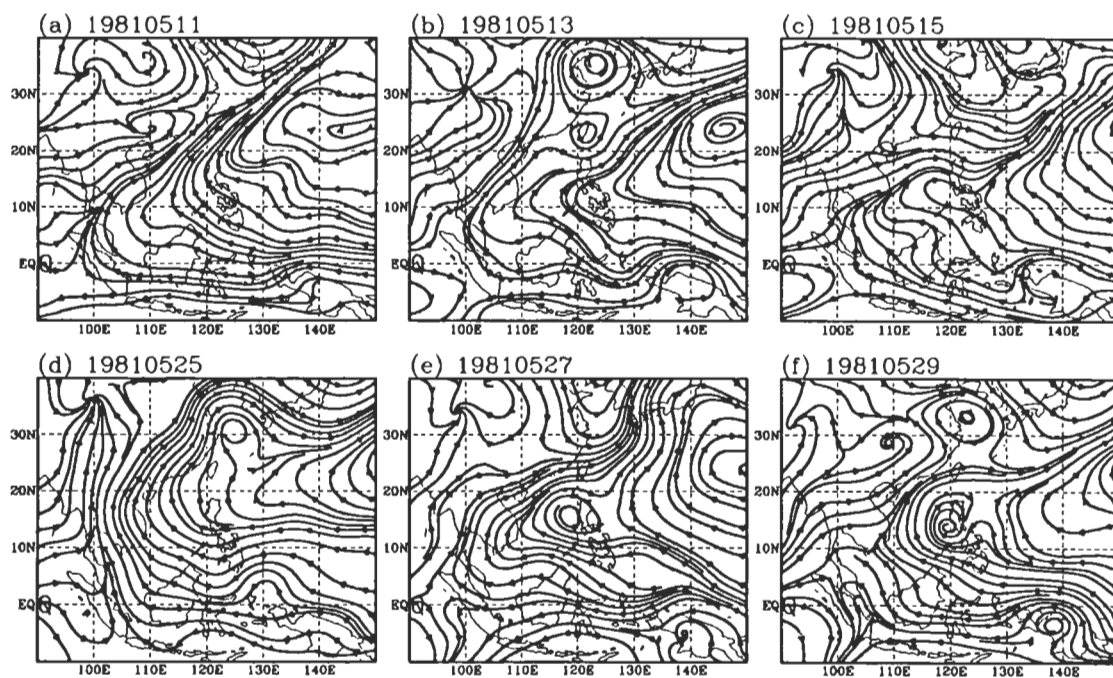


圖 3 1981 年 5 月中下旬的 850hPa 流線場分布。時間分別標示於圖上。

均落在 20°N 附近；南海地區盛行東/東南風(圖略)。到 5 月 10~15 日期間， 130°E 以東的副高脊線南移至 $10^{\circ}\sim 15^{\circ}\text{N}$ 附近，華南地區有鋒面系統東移出海。此時期在南海 10°N 以北區域主要為鋒前及副高脊前的西南氣流，但副高西端反氣旋式環流並未完全退出南海(圖 3a~c)。南海地區的區域平均的低層緯向風場雖已轉為西風分量，但低層相對渦度維持負值(圖略)。此後到 5 月下旬期間，雖有鋒面系統持續東移，但副高環流在鋒面東移出海後經常再度增強西進(圖 3d)；其西端反氣旋式環流始終未全面退出南海地區。即類似的流場演變過程重複出現(比較圖 3a~c 及圖 3e~f)，而且副高西端環流在南海地區西伸東退的時間經常僅約 2~3 天。

隨後的 5 月 31 日至 6 月 2 日期間，為副高反氣旋式環流完全退出的階段。期間在華南

地區的鋒面系統近似滯留，南海地區轉為西南氣流盛行；並且此西南氣流已非副高脊北側的氣流(圖 4a~c)。接著鋒面緩慢東移，季風西南氣流由中南半島向東北延伸至 140°E 附近，南海地區有季風槽發展，並在 6 月 7 日發展為具封閉中心的環流結構(圖 4d~f)。期間在南海局生成一低壓系統(6 月 7 日)，沿鋒前氣流向東北方移動並增強為 TS(圖略)；而南海低層具封閉中心的氣旋式環流結構維持達 10 天以上。此外，由 6 月 2 日開始，南海地區對流活動旺盛發展，區域平均的 OLR 值降至 220 Wm^{-2} 以下(圖略)。因此定義副高西端環流開始退出南海(5 月 31 日)到季風槽建立(6 月 7 日)為季風肇始時期。

這一年的副高西端環流東退過程並不穩定，約有兩週的時間呈現短暫西伸東退的擺動；季風肇始過程並不是在短期內便演變完全的。

19810531~0607 850hPa STREAMLINES

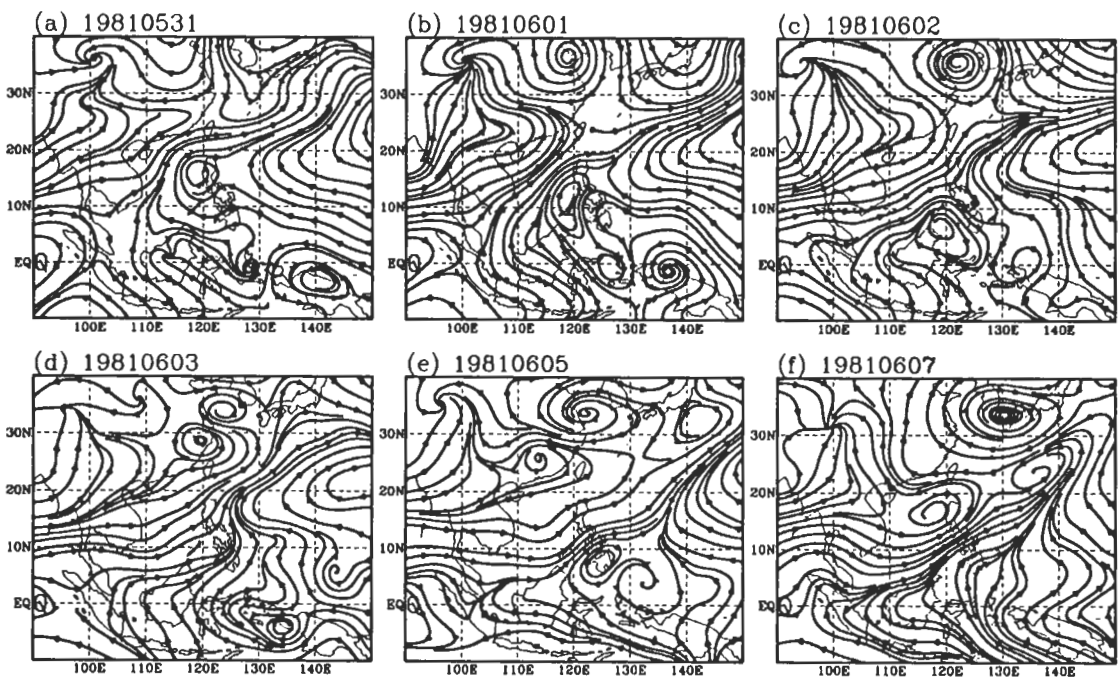


圖 4 1981 年夏季季風肇始時期的 850hPa 流線場分布。時間分別標示於圖上。

以侯平均處理資料的定義均判定在副高西端脊線仍然西伸進入南海地區、南海北部盛行副高脊前西南氣流的階段(5月中旬)為季風肇始日期。而這段期間南海北界出現的鋒面雲系,也會影響到使用對流活動指標的定義之判定。但我們認為這種環流形勢並不能被認定為季風肇始,因為期間南海地區並沒有氣旋式環流結構發展;而且區域平均顯示南海地區低層均維持負相對渦度(圖略)。因此,對這類演變過程緩慢的年份,侯平均可能將多次的天氣尺度鋒面系統之活動,合成為一次持續而穩定的大尺度環流演變過程(副高西端環流東退)。而華南鋒面雲系的南下,是否等同南海地區環流結構之季節轉變的時間,也有待商榷。

(2)1982 年的流場演變

這一年的肇始日期差異頗大,甚至連 W97 和 X98 的肇始日期也差了 2 侯。在 5 月中旬副高脊線位在 20°N 附近,南海中北部盛行東/東南風,而副高環流南側有 TC 相繼西移,以 5 月 16 日的流場形勢為例(圖 5a)。其中一個 TC 在 5 月 18 日發展為 TS,此時副高環流東退至 130°E 以東;並有鋒面系統東移到東亞沿岸(圖 5b)。其後此 TS 增強為颱風,在菲律賓東南沿岸轉向東北移動;南海受此颱風西側環流所影響,10°N 以南盛行西風(圖 5c)。W97 的風場區域平均範圍選在南海中南部,或許是其判定此期間為季風肇始的原因之一。隨著颱風遠離及東亞陸地反氣旋式環流的南下(圖 5d),副高西

19820516~0529 850hPa STREAMLINES

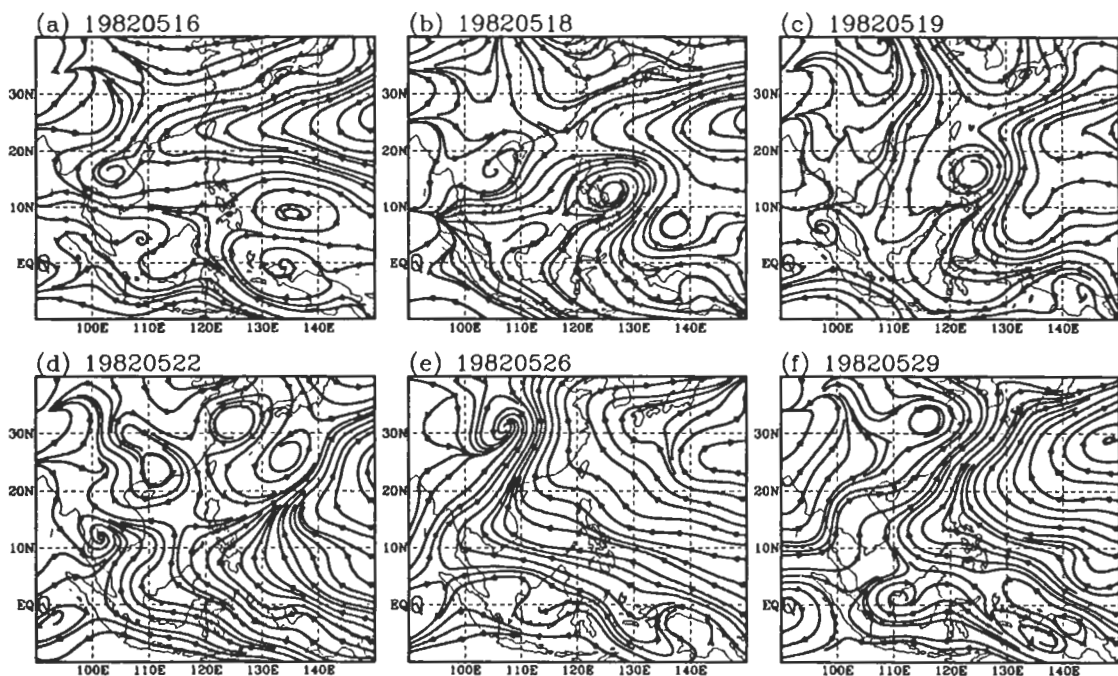


圖 5 1982 年 5 月中下旬的 850hPa 流線場分布。時間分別標示於圖上。

端環流在 5 月 24~26 日再度西伸，使得南海地區盛行東南氣流(圖 5e)。不過隨著東亞鋒面系統增強並向東移動，副高西端環流又呈現東退跡象。在 5 月 27~29 日期間，南海西北部由東南風轉為鋒前/副高西端脊前的西南氣流盛行(圖 5f)。胡 98 定義此期間為季風肇始；而 C99 則視為季風環流演變過渡期的一部分。

其後的 5 月 30 日至 6 月 1 日期間，副高西端環流逐漸退出南海地區，東亞鋒面系統的西端延伸至華南地區。來自中南半島的西南氣流向東北延伸而連接鋒前氣流，南海地區全面盛行西南風；而在菲律賓東南方則有 TC 發展(圖 6a~b)。此後到 6 月 7 日期間鋒面系統持續東移，副高西端環流有微幅東西向擺盪，但主控南海地區的已非副高脊前的西南氣流了(圖 6c~e)。

到 6 月 8 日南海西南氣流中有季風槽發展增強(圖 6f)，並持續至少 10 天。因此可定 5 月 30 日至 6 月 8 日為季風肇始。此外，在季風西南氣流及季風槽發展的過程中，陸續有 TC 在菲律賓東南方向西移而接近南海地區。因此，在 1982 年的南海局地季風環流發展時期，南海地區的南北界分別有鋒面系統及 TC 的活動，這些天氣尺度環流系統在季風肇始過程中所扮演的角色，值得進一步探討。

綜合而言，在分析過程中發現局地季風肇始時期的環流演變型態具有明顯年際變化。而造成季風肇始日期之差距的主要因素如下：(a) 鋒面雲系或熱帶雲系的旺盛發展，將影響以對流活動為指標的季風肇始定義(林 97 及陳 96)。(b) 當季風環流發展過程緩慢多變，副高西端環流

19820530~0608 850hPa STREAMLINES

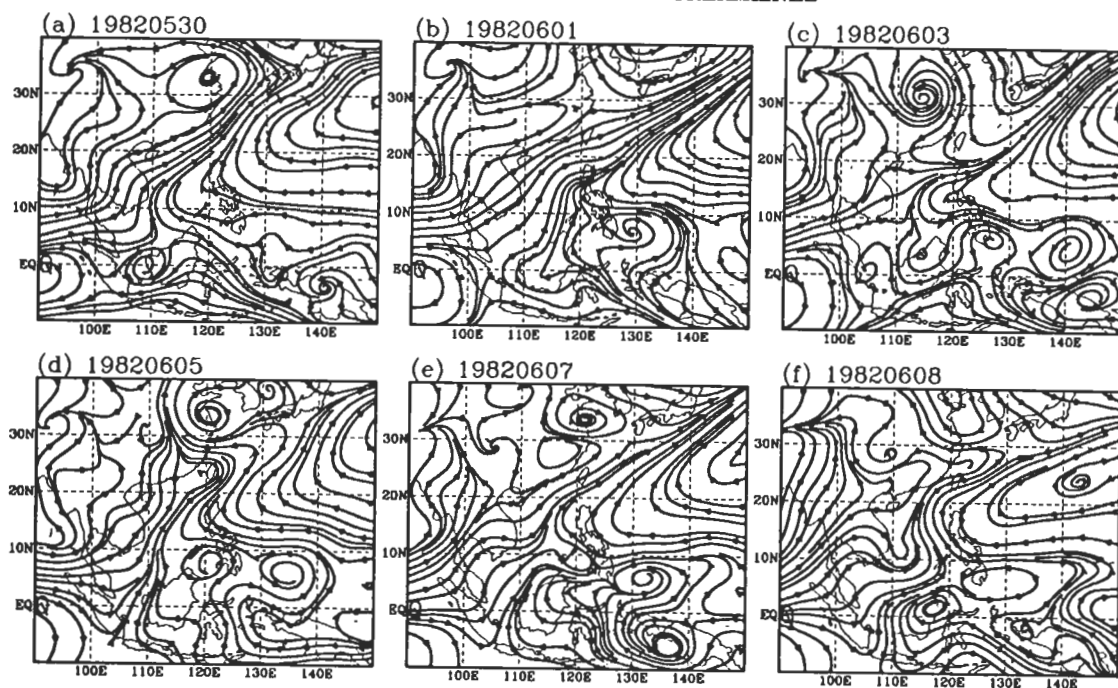


圖 6 1982 年夏季季風肇始時期的 850hPa 流線場分布。時間分別標示於圖上。

會有一段反覆西伸東退的短期(約 3~5 天)變動階段, 期間陸續有鋒面系統或 TC 等綜觀尺度環流系統移近/進入南海地區。侯平均分析可能無法分辨此類型的季風環流發展特徵, 並將這些多變的環流演變過程解讀為副高脊緩慢而穩定東退。(c)對南海局地季風西南氣流的認定不同: 在副高脊線仍西伸進入南海地區的情況下, 南海會出現副高西端脊前(有時候也是鋒前)西南氣流盛行的形勢。但此時南海地區低層仍為反氣旋式環流結構, 是否能判定為季風肇始相當具有爭議性。

東亞夏季季風為大尺度環流系統, 是毋庸置疑的事實。但是, 經由上述分析發現, 即使是採取侯平均分析以避免天氣尺度系統干擾的肇始定義, 在季風環流演變緩慢多變的年份, 仍然不免受到南海週邊地區的天氣尺度環流系統之高度影響。就地理位置而言, 南海地區原本即在鋒面系統南下及 TC 北移的活動範圍中。在季風肇始時期, 大尺度的副高環流系統東退/北跳階段, 也不乏此二類天氣尺度環流系統伴隨出現的例子。因此, 在討論發生於此局部地區的環流結構之季節轉變, 並且這些轉變又經常發生在一段相當短暫的時期中等等相關問題時, 純粹由大尺度系統演變的觀點來討論南海夏季季風肇始, 或是討論東亞夏季季風在南海地區的發展過程, 顯然並不實際。

四、南海夏季季風肇始時期的局地環流型態

逐年逐日分析低層(850hPa)流線場發現, 和南海夏季季風肇始過程相關的主要環流系統包括: 副高環流、中緯度天氣系統(鋒面系統)和

熱帶系統。其中熱帶系統包含西太平洋區的熱帶氣旋式環流系統(TC)、和越過中南半島而來的孟加拉灣西南氣流; 在熱帶地區, 前者主要是向西傳而後者以向東傳為主。這些季風相關環流系統相互作用, 在副高西端環流的季節性東退/北跳過程中, 較小尺度的鋒面系統或 TC 等區域性環流系統向南海地區接近, 共同建構了南海局地季風環流形勢。

我們採用 MT 肇始日期(表二), 分析低層流場特徵, 以季風肇始時期移近/進入南海地區的天氣尺度環流系統為依據, 將南海夏季季風肇始期間環流形勢分成四大類型(圖 7): 第 I 類型的季風肇始, 在副高西端環流東退時, TC 移入南海地區, 此後南海地區季風槽發展。而當副高西端環流東退時, 南海東南邊有 TC 接近, 北邊有鋒面系統抵達華南地區, 隨後南海地區盛行西南氣流並有季風槽發展, 為第 II 類型季風肇始。當副高環流西端東退時, 華南地區有鋒面系統南下, 南海地區的西南氣流發展並連接鋒前氣流, 為第 III 類型的季風環流。至於第 IV 類型, 在南海局地的季風槽發展階段, 南海周邊地區並未有鋒面系統或是 TC 接近的明顯訊息。

在 1979~1995 年期間, 各年的南海夏季季風肇始類型如表三所列。在這 17 年中, 第 III 類型的發生次數最多, 共有 10 年。而其中的 1982 及 1993 年的流場演變特徵混合了第 III 類型和第 IV 類型的發展過程; 主要是在第 III 類型的環流演變後期出現第 IV 類型的季風槽環流形勢。至於第 I 類型和第 II 類型則分別出現兩次, 而第 IV 類型出現三次。以下分別舉例說明不同類型的季風肇始時期之環流演變特徵。

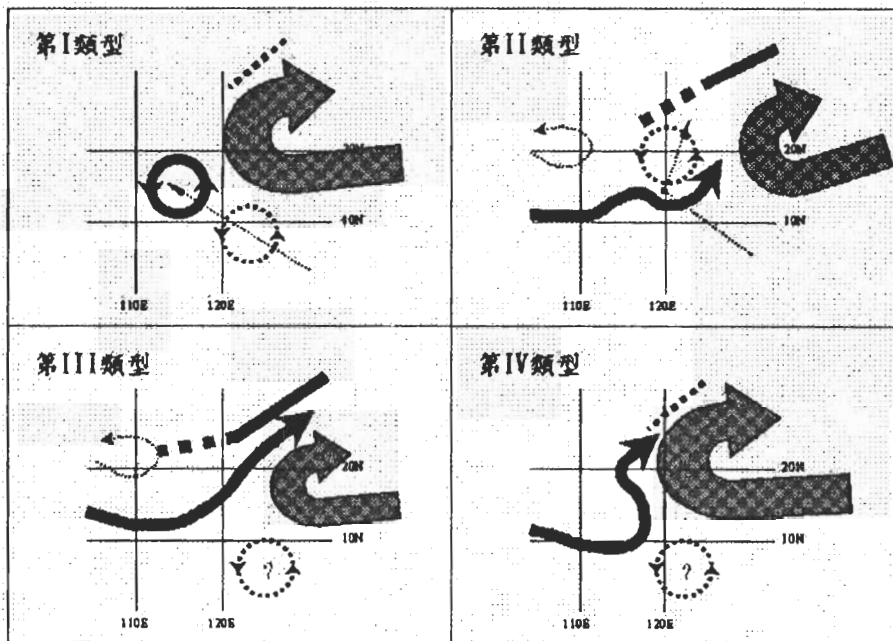


圖 7 南海夏季季風肇始時期的四大類型低層環流型態之示意圖。圖中粗實線箭號表示西南氣流/季風槽；粗虛線及實線線段表示鋒面系統；封閉圓圈表示 TC，實線和虛線分別表示 TC 環流強度較強和較弱；寬陰影箭號表示副高環流。

(一) 第 I 類型

1989 和 1990 年為第 I 類型季風肇始。以 1989 年為例：在 5 月上旬南海受副高環流主控，副高環流南側的 TC 均侷限在 10°N 以南活動(圖略)。到 5 月 15~16 日，在菲律賓東南方的 TC 發展為 TS(BRENDA)並持續向西北移動，隨後在 5 月 18 日進入南海地區，此時副高環流已完全退出南海(圖 8a~d)。TS(BRENDA)在 5 月 19~20 日間增強為颱風並於 5 月 21 日登陸海南島北方(圖 9)；此時南海地區的氣旋式環流結構仍然相當完整(圖 8e)。隨後在南海局地生成的低壓也發展增強為颱風(CECIL)並在 5 月 25 日於中南半島東岸登陸(圖 9)；而此時籠罩在南海地區的

氣旋式環流才隨之西移(圖 8f)。此後至 7 月期間在菲律賓東南方陸續有 TC 移入南海，其中有些並發展為 TS 或颱風，即類似 5 月 15~18 日的環流形勢重複出現，造成南海地區有氣旋式和反氣旋式環流結構交替出現的現象；這些 TC 的生命期約 5-15 天，在南海海域停留約 5-7 天，均伴隨著對流雲系出現(圖略)。因此，5 月中下旬颱風(BRENDA)移入南海的時期可視為南海局地環流的轉換關鍵期，期間南海地區轉變為多雲的對流性天氣型態，區域平均的 OLR 值降至 220 Wm^{-2} 以下(圖 16a)，由此可定 5 月 16~18 日為季風肇始時期。此外，在季風肇始期間華南沿岸有鋒面系統活動，但對南海季風環流發展的影響並不如 TC 顯著。

19890515~0525 850hPa STREAMLINES

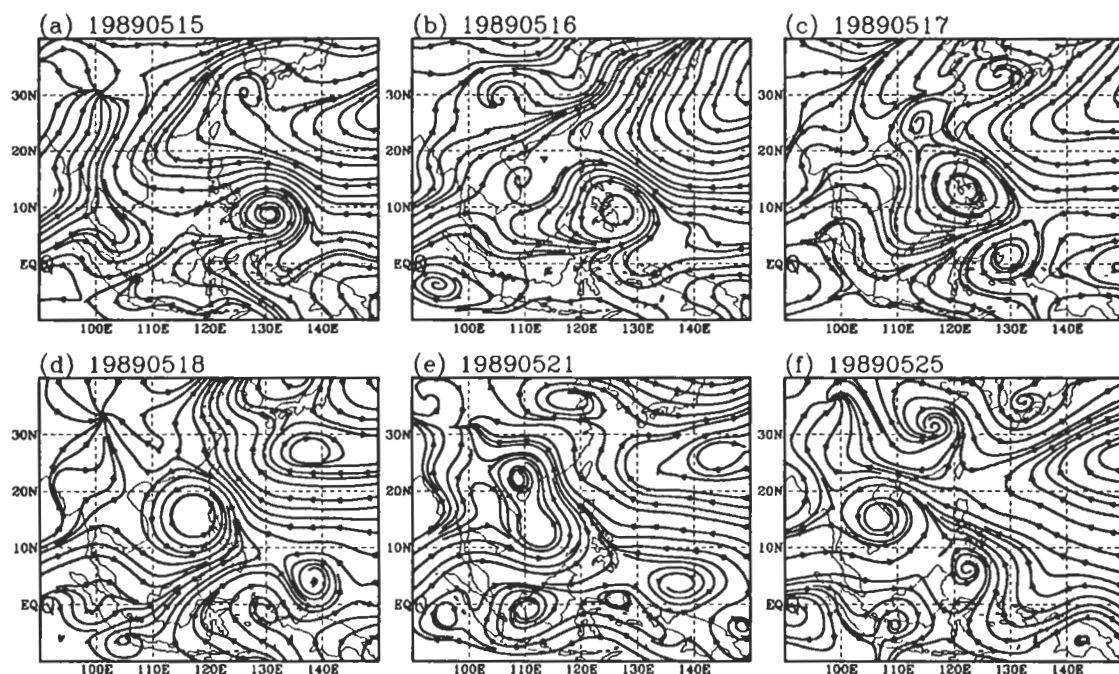


圖 8 1989 年夏季季風肇始時期的 850hPa 流線場分布。時間分別標示於圖上。

Best Tracks of 1989

BRENDA TD No.3 89051400~89051800

CECIL TD No.4 89052200~89052600

100 06 12 18 UTC

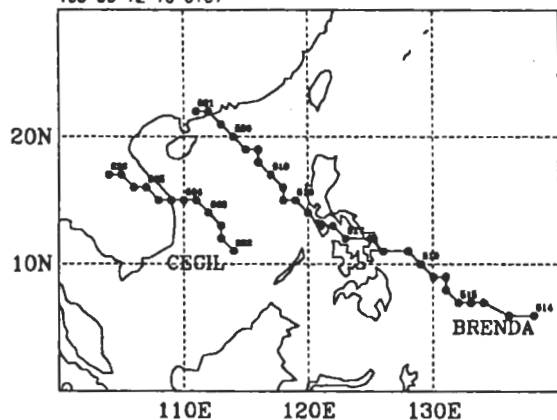


圖 9 1989 年夏季季風肇始時期的 TC 最佳路徑圖。資料取自 JTWC 每日四筆 (00, 06, 12, 18 UTC) 的 TC 所在經緯位置。

至於 1990 年的季風肇始時期環流演變形勢也相當類似，只是第一個移入的 TC 在進入南海之後轉向東北，此時華南地區也有鋒面系統活動(圖略)。這兩年的大尺度環流之主要共同點是，在季風肇始時期之前約一週的時間，120°E 以東的副高脊線均在 20°N 以北地區，副高環流南側的東風氣流盛行於 10°~20°N 區間，並且在其南側的 TC 活動頻繁(類似圖 8a,d,e 中的 120°E 以東地區)。因此副高脊的平均緯度，及 TC 的生成頻率和強度的年際變化可能是重要因素。

(二) 第 II 類型

此類型的季風肇始也僅有 2 年(1979 和 1980 年)。以 1979 年為例：5 月上旬副高環流經常西伸至中南半島，脊線在 20°N 附近而南海地區盛行東-東南風；鋒面系統多在 25°N 以北

活動，而 TC 均在 10°N 以南活動(圖略)。到 5 月 11 日有一個 TD 移到菲律賓西南沿岸，而南海地區仍為反氣旋式流場形勢(圖 10a)。此後到 5 月 14 日副高西端環流逐步東退；華南鋒面系統東移出海(圖 10b,c)，而 TD 在 5 月 14 日轉向東北移動並增強為 TS(DOT)(圖 11)。在 5 月 15~16 日期間，南海地區才盛行西南風，並在海南島附近有氣旋式環流結構出現(圖 10d,e)。此時 TS(DOT)已經移到菲律賓東北方洋面，並沿著鋒前西南氣流向東北方移動。隨後在南海西南氣流中發展出具封閉中心的氣旋式環流結構(圖 10f)；期間在 5 月 17 日南海局地生成一個 TD，在南海近似滯留數日後轉向東北移動(圖 11)，而南海地區具封閉環流中心的氣旋式環流結構隨之移出。此後到 6 月上旬期間南海地區均盛

行西南氣流(圖略)，因此可定 5 月 13~18 日為季風肇始。至於 1980 年季風肇始過程相當類似，只是海南島的局地氣旋式環流並不明顯(圖略)。

和第 I 類型相比，在季風肇始前約一週，此類型個案的副高脊線(120°E 以東)也大致上落在 20°N 以北，只是在季風肇始前出現的 TC 個數較少，環流強度較弱。此外，兩種類型的季風肇始過程中，鋒面系統的西端氣旋式環流均抵達華南沿岸(圖 8c 和圖 10c)，只是第 I 類型中 TC 隨後即進入南海地區，而第 II 類型的 TC 在菲律賓附近即轉向東北，似乎受到副高西端脊前(鋒前)氣流的牽引作用較大(比較圖 10c,d 和圖 11 中 DOT 之路徑)。因此，在副高西端環流向東退出階段，TC 和鋒面系統的活動及兩者之間的配置，也是決定該年季風肇始類型的重要因子。

19790511~0518 850hPa STREAMLINES

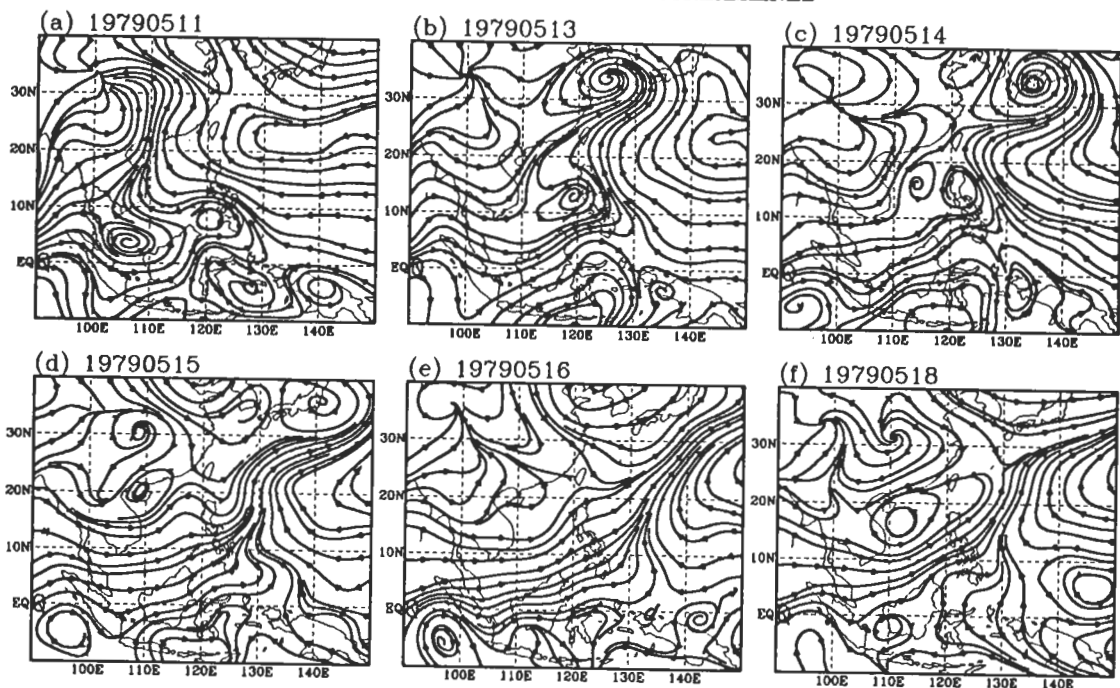


圖 10 1979 年夏季季風肇始時期的 850hPa 流線場分布。時間分別標示於圖上。

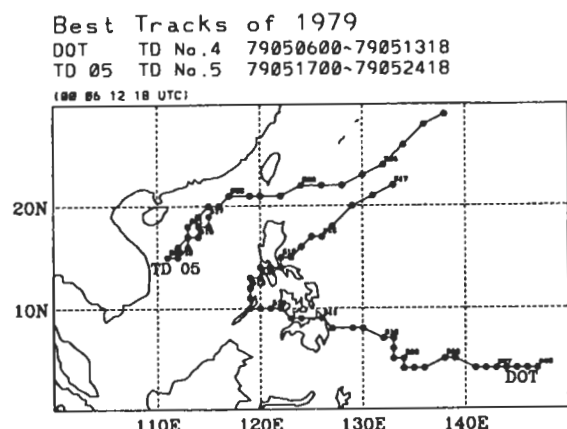


圖 11 1979 年夏季季風肇始時期的 TC 最佳路徑圖。資料取自 JTWC 每日四筆 (00, 06, 12, 18 UTC) 的 TC 所在經緯位置。

(三) 第 III 類型

這一類型的季風個案最多，環流發展多類似 1987 年的季風肇始過程，詳見第三章圖 2 的

分析。季風肇始時期的主要環流特徵，是鋒面系統西端氣旋式環流南下至華南地區，南海季風西南氣流經常向東北方延伸而連接鋒前西南氣流，但此南海季風西南氣流已非鋒前/副高脊前西南氣流(圖 7)，而有些年份的季風西南氣流中有明顯的季風槽結構之發展。不過有些年份並不能完全排除 TC 的影響，例如 1988 年：在 5 月中上旬副高環流形勢的變化不大，到 5 月 19 日鋒面系統尚在 30°N 附近(圖 12a)。副高西端環流在 5 月 20 日迅速東退，南海西南氣流發展、鋒面系統東移，而在菲律賓南方有一 TC(圖 12b)。其後南海季風西南氣流向東北延伸連接鋒前西南氣流，TC 環流減弱(圖 12c)。在 5 月 22~24 日期間，南海季風西南氣流中有季風槽結構發展(圖 12d~f)。

此類型季風肇始之前，副高脊線並不一定

19880519~0524 850hPa STREAMLINES

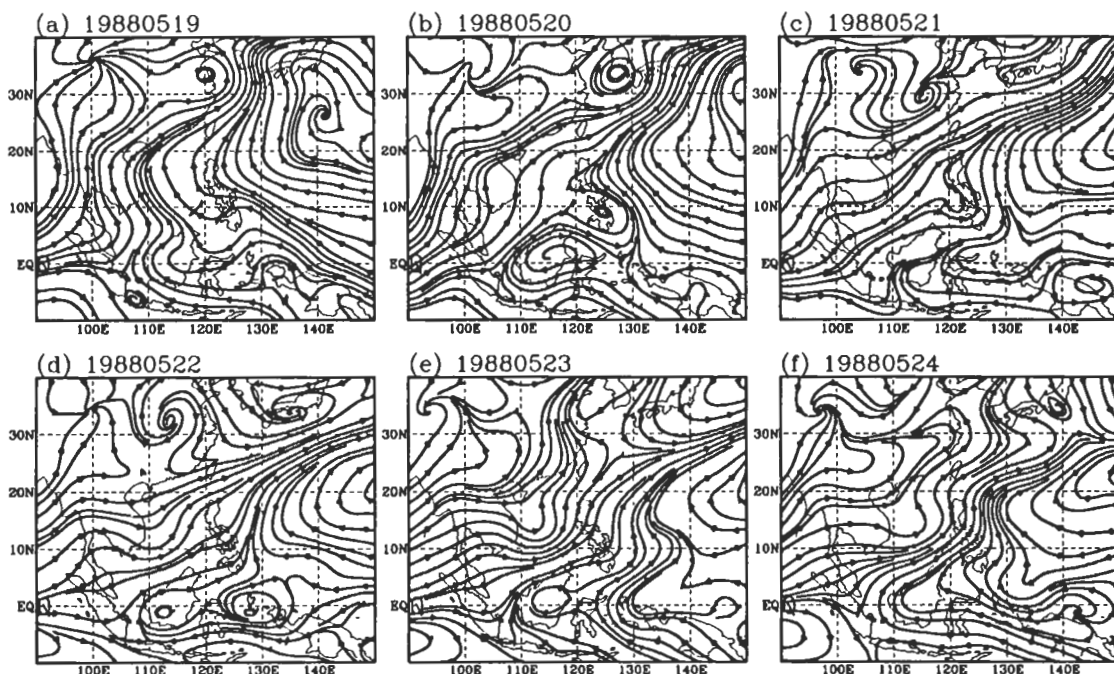


圖 12 1988 年夏季季風肇始時期的 850hPa 流線場分布。時間分別標示於圖上。

在 20°N 以北的位置，副高南側氣流範圍可達赤道附近，氣流中的擾動較前二類型為少(例如圖 12 的副高環流)。鋒面系統在華南地區停留的時間通常較久(比較圖 2b~e, 圖 12b~d 和圖 10b,c); 在季風肇始期間，由南海地區向東北延伸而連接鋒前氣流的低層西南氣流，通常可達 140°E 以東的範圍(例如圖 2 及圖 12)，這是和其他類型季風肇始相當不同的特點。此外，其相關的 TC 強度經常未發展至 TD，因而無法經由最佳路徑分析取得 TC 的更多訊息。

(四) 第 IV 類型

此類型個案有 3 年：1984、1991 及 1992 年，以 1991 年的季風肇始加以說明。這一年的 5 月中旬曾出現類似 1982 年 5 月中旬的環流演變過程(參見圖 5a~c)：在菲律賓東南方洋面的

TS(WALT)於 5 月 9 日發展為颱風並持續向西北移動(圖 13a,b)，同時在東亞沿岸有鋒面系統活動。此颱風在移到菲律賓東北沿岸之後轉向東北移動，鋒後冷高壓反氣旋式環流南下影響南海地區(圖 13c)。在這段時期，南海地區始終盛行東北風。因此鋒面系統和 TC 的時空配置，或許是決定季風環流將以哪一種肇始環流型態發展的關鍵因素。此後至 6 月初期間副高環流相當強勢，副高脊平均落在 20°N 以北；南海盛行東-東南風(圖略)。在 6 月 5~7 日期間，副高西南端反氣旋式環流自南海地區撤退，南海低層轉為南風，而中南半島則有西南風發展(圖 13d,e)。接著西南氣流向東延伸，南海季風槽結構在 6 月 8~9 日間發展，此時華南沿岸開始受季風槽前南來氣流影響，和之前的副高西側南來氣流顯然不同(圖 13f)。此季風槽環流結構維

19910509~0609 850hPa STREAMLINES

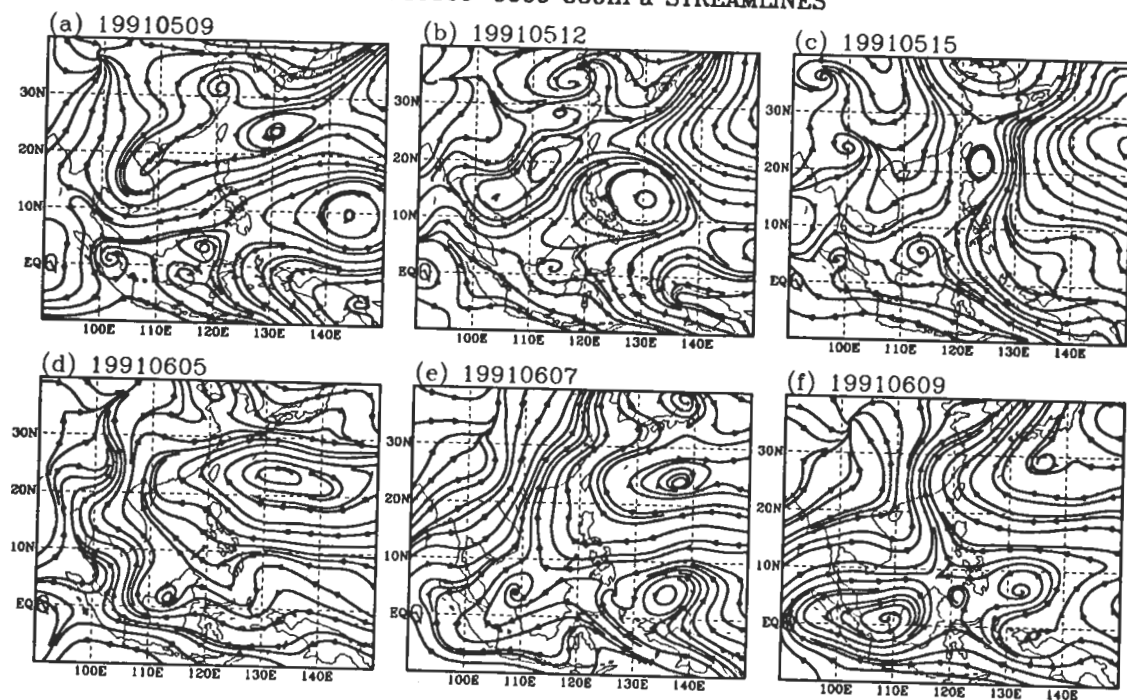


圖 13 1991 年夏季季風肇始時期的 850hPa 流線場分布。時間分別標示於圖上。

持約一週的時間，此後南海地區盛行西南風，區域平均的緯向風場維持正值約 20 天(圖 16e)；因此可定義 6 月 7~9 日為季風肇始。此外，1991 年和 1992 年的季風槽建立之後陸續有 TC 接近或進入南海地區，對季風槽的維持應該有相當貢獻。

第 IV 類型的個案和其他類型最大不同，是在季風肇始前數日，副高脊西伸至台灣附近，而華南地區為副高脊西端的南來氣流(例如圖

13d,e)。其後副高西南端反氣旋式環流自南海地區撤出，季風槽隨即發展。但是同時期的副高脊仍然西伸至華南-台灣地區，脊線平均在 20°N 或以北。不過 1984 年和 1992 年的季風肇始之前，均曾有數次副高西端環流東退，鋒面東移而南海出現西南風，接著副高西端環流再度西進的環流形勢交替出現。期間南海出現西南風的時期約 2~4 天，而南海受副高西端環流影響的時期約 4~6 天(圖略)。使得季風肇始的發展過

19930511~0618 850hPa STREAMLINES

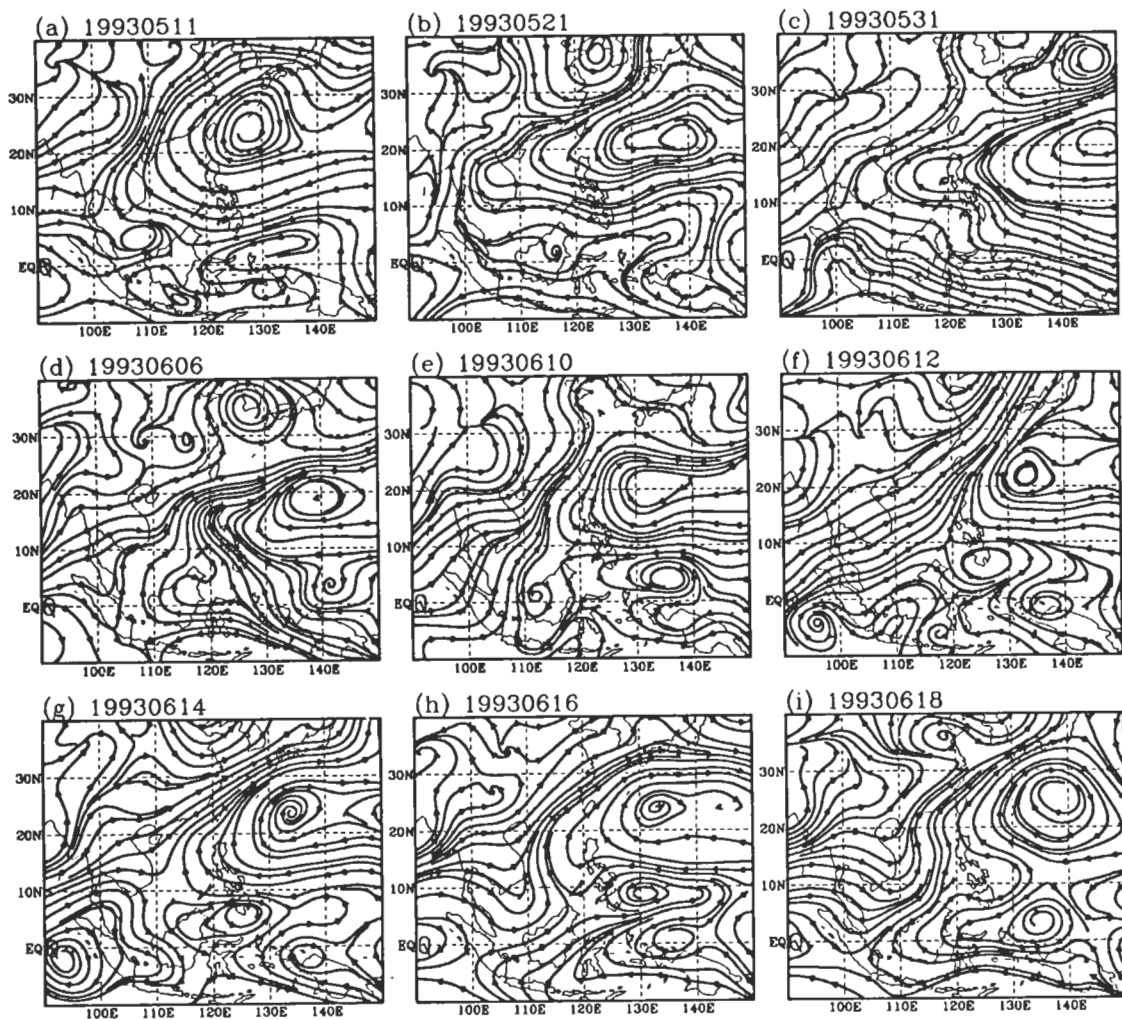


圖 14 1993 年夏季季風肇始時期的 850hPa 流線場分布。時間分別標示於圖上。

程非常緩慢多變，最終在 6 月中上旬才呈現穩定建立的季風環流結構。

此外，有些年份似乎混合了不同的肇始環流型態。主要是定為第 III 類型的 1982 年和 1993 年，而這些年的季風肇始過程也非常緩慢多變。以 1993 年來加以說明：由 5 月中旬至 6 月初期，副高環流經常西伸至中南半島，其西北側環流籠罩華南地區(圖 14a,b)，期間雖有鋒面系統南下，副高脊西端均未退出南海地區(圖 14c)。到 6 月 6 日南海地區的西南氣流才開始逐漸發展，並於 6 月 11~12 日呈現第 III 類型肇始環流形勢(圖 14d~f)。不過期間副高西端環流的東退過程相當緩慢，約半數的時間僅在南海中西部出現西南風。其後南海地區西南風減弱，副高環流再度西伸(圖 14g)。接著中南半島東南方的氣旋式環流發展為季風槽結構，並且在菲律賓東南方有 TC 陸續向西北移近；此時季風發展呈現第 IV 類型的主要特徵(14h,i)。爾後季風槽環流結構維持約 10 天以上，期間副高西端環流未再進入南海地區。因此，季風肇始初期，伴隨著鋒面系統南下而發展的南海西南風持續不足一週，但南海局地氣旋式環流隨即發展，最終完成季風肇始過程。

接著分析夏季季風肇始前後的環流場差異(肇始後-肇始前)，計算方式是以每年季風肇始後 14 天的平均，減去季風肇始後 14 天的平均；而季風肇始時期則不列入計算。本文分別以 1989 年、1979 年、1988 年和 1991 年代表不同類型季風肇始(圖 15)。由低層(850hPa)的季風肇始前後流線場差異的分布來看，雖然不同類型季風肇始的流線場差異分布稍有不同，共同的特點是在南海地區有氣旋式環流結構出現，分析 17 年的個案均無例外。而肇始前後低層相對渦度

差異則呈現正相對渦度增加的現象，充分顯示南海地區在季風肇始之後，低層氣旋式環流結構明顯增強的趨勢。此外，季風肇始之後，南海中南部地區的低層氣流主要來自孟加拉灣-中南半島。分析 500hPa 上的流線場差異分布(圖略)，發現再南海地區，均能見到相對應於 850hPa 的環流結構。顯示季風肇始後，季風環流可向上發展至 500hPa 高度。至於 200hPa 上的流線場差異(圖略)則顯示，季風肇始之後南海地區的高層東風分量顯著增強。林等(2000)的研究也指出，夏季季風肇始之後，南海地區低層主要受來自印度、孟加拉灣之西南氣流的影響；而高層東風分量也明顯增加。

因此，雖然在分析低層流線場時，我們相當偏重在南海地區的局地環流型態，但是由季風肇始前後的環流場差異之分析可知，本文的季風肇始日期確實掌握了夏季季風環流發展的階段。而我們對局地季風肇始環流型態的分類，並不是要將南海夏季季風肇始完全歸因於中緯度天氣系統或熱帶綜觀尺度擾動的作用。在 1979~1995 年中，南海夏季季風肇始過程伴隨著鋒面系統南下的個案共有 10 年(第 III 類型)；而在第 I 類型和第 II 類型的季風肇始時期，華南地區也有鋒面系統活動。即在 17 年中有 14 年的季風肇始時期，都伴隨著華南地區有鋒面系統活動的流場形勢。並且，前述分析顯示副高西端環流的短期演變相當重要。如果僅將這些天氣尺度系統視為大尺度環流演變過程中的隨機事件，而忽略其參與南海季風環流發展的動力過程之可能性，並不是合理的做法。

我們認為大尺度環境的季節性演變，例如在副高西端環流的東退過程中，在關鍵的時刻接近/進入南海地區的天氣尺度環流系統，將決

+14 minus -14

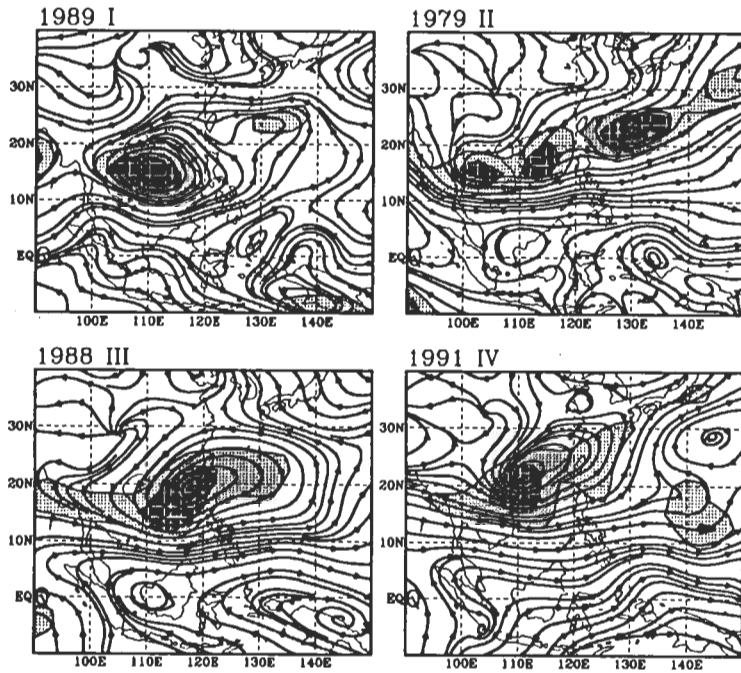


圖 15 夏季季風肇始前後的平均 850hPa 流線場和相對渦度之差異(肇始後-肇始前)。其中相對渦度場僅繪出大於 $10 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$ 的等值線；等值線間距為 $10 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$ 。深淺陰影區分別表示相對渦度值大於 $20 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$ 及 $10 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$ 。時間為每年夏季季風肇始後 14 天平均減去季風肇始前 14 天平均，年份標示於圖上。

定局地季風肇始時的環流形態。若在肇始時期有不同天氣尺度環流系統陸續接近南海地區，將可能造成季風肇始類型呈現多樣性，甚至出現類似 1993 年的混合類型。至於決定所謂關鍵時刻的因素為何？副高環流活動和夏季季風發展及北進有著密切的關係，其環流強度或脊線西伸範圍等特性，和熱帶大氣的北進特性及鋒面系統的活躍性息息相關。另外，南海局地大氣條件是否利於對流活動發展，可能也相當重要。這將是我們未來進行後續探討的重要課題。

五、南海局地季風肇始定義

在春季期間(2~4 月)華中-華南地區受到以冷鋒為主的天氣系統所影響。而季風肇始期間，華南沿岸經常出現滯留性鋒面系統。春季冷鋒和梅雨滯留鋒面之間的代換，是連續而緩變的遷徙過程，或是跳躍式的轉變？在夏季季風肇始前後，鋒面系統的水汽來源有何不同？鋒面系統或 TC 在季風肇始時期接近/進入南海地區，是否為局地季風環流發展的動力過程中的一環？這些局地天氣型態相對於複雜的大尺度季風環流系統而言，無論是在時間或是空間尺度上均要小了許多，因此在判定季風肇始時，時間差距若達數候之久，可能已經完全錯過其生命期了！

爲了討論局地季風肇始的環流發展機制，我們認爲必需逐日分析流場，以確認季風肇始日期。在本章節之前所使用的第一階段季風肇始定義(MT，見表一)，相當耗費人力及時間。而季風肇始環流型態及環流演變速率等年際變化，也在認定西南氣流/季風槽流場型態時增添了不確定性。即使加入區域平均值的佐證，仍然必須主觀決定副高西端反氣旋式環流退出後，西南氣流/季風槽的氣旋式流場形勢，須維持多久才能算是季風肇始等問題。因此我們希望能對 MT 的肇始定義稍做修改，在尋求不同的肇始速率及肇始環流型態等訊息、並彌補主觀分析流場的不足之餘，也能有效節省逐日分析流場的時間。

由 OLR 及 850hPa 流線場分析可知，

110°~120°E; 10°~20°N 範圍可視爲南海季風發展的關鍵區。因此我們選擇此關鍵區的區域平均 OLR、850hPa 的緯向風場和相對渦度作爲季風指標，並且先將 OLR 值減去 $220 Wm^{-2}$ 以表示深對流的發展。接著仿照 W97 和 X98 的作法，逐年分析 4~8 月期間，此三季風指標的逐日時間序列。首先以 1979 年爲例，說明主要的季節轉變特性(圖 16b)：在 4 月期間 OLR 值維持較高值，表示南海主要爲晴空狀態；而 850hPa 的緯向風場和相對渦度則以負值爲主，呈現副高反氣旋式環流主控，而南海地區盛行東-東南風的流場型態。到了 5 月中旬，OLR 值下降，而 850hPa 的緯向風場和相對渦度明顯增加成爲正值。此後 OLR 的值經常低於 $240 Wm^{-2}$ ，顯示西風盛行及正相對渦度增強的低層環流形勢，

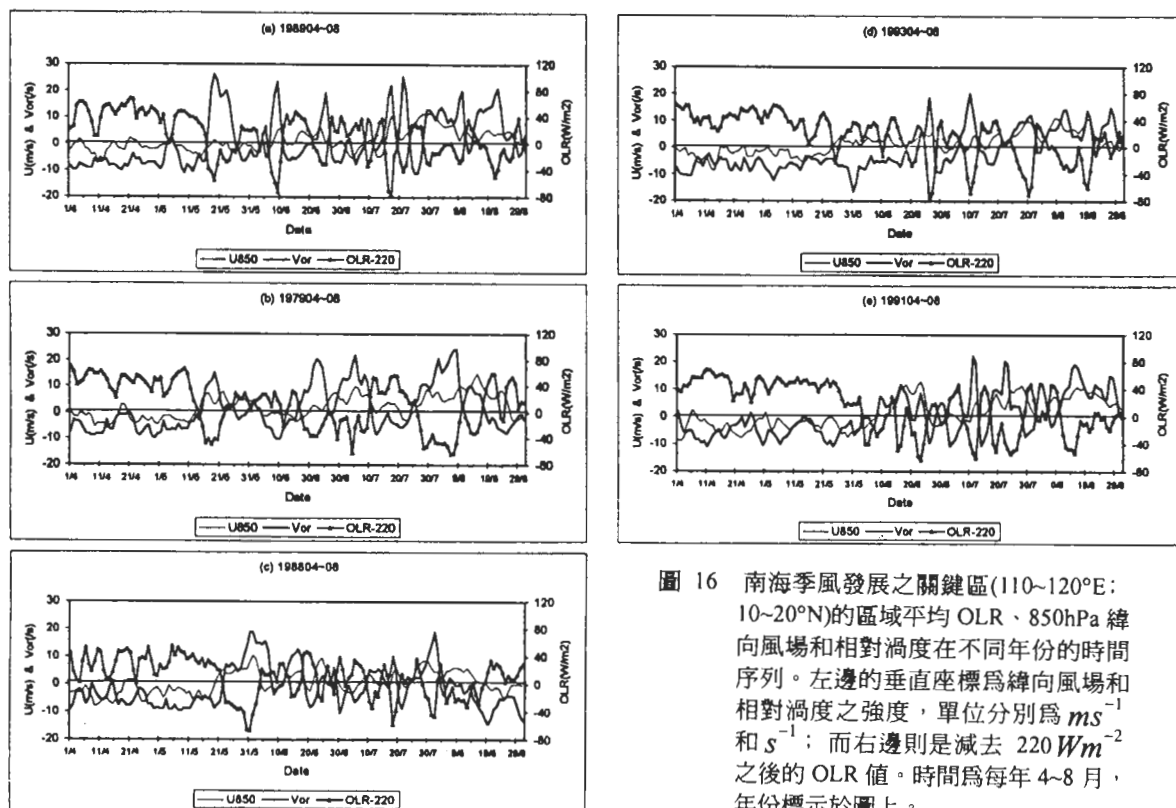


圖 16 南海季風發展之關鍵區(110~120°E; 10~20°N)的區域平均 OLR、850hPa 緯向風場和相對渦度在不同年份的時間序列。左邊的垂直座標爲緯向風場和相對渦度之強度，單位分別爲 ms^{-1} 和 s^{-1} ；而右邊則是減去 $220 Wm^{-2}$ 之後的 OLR 值。時間爲每年 4~8 月，年份標示於圖上。

伴隨著深對流雲的發展。而到 7~8 月期間,已呈現和 4 月時期截然不同的型態: OLR 不再維持較高值,平均在 $240 Wm^{-2}$ 以下; 緯向風場和相對渦度則平均維持正值。並且 1979 年的 MT 肇始期間(5 月 13~18 日)與 OLR 曲線和緯向風或相對渦度兩曲線發生相交的時間相近。因此,在季風肇始期間,850hPa 的緯向風場和相對渦度發生相位轉變。而且,區域平均的 OLR、850hPa 的緯向風場和相對渦度,在季風肇始前後明顯呈現不同的特性。

分析所有年份(圖略)均發現類似的季節轉變特徵: 5~6 月期間為 OLR 曲線下跌,緯向風及相對渦度曲線上揚的關鍵時段; 而 7~8 月期間和 4 月時期呈現截然不同的型態。在以下的討論中,簡稱 OLR 曲線下降和緯向風(相對渦度)曲線上揚的相交點為 Xu(Xv)。表三列出和各年季風肇始期間相近的 Xu 或 Xv 發生時間。這些 Xv 或 Xu 未必是每年的第一個曲線相交點,但應該可作為局地季風肇始指標。而各曲線的時序分布或許能提供有關季風肇始時期的長短、或季風肇始環流類型等特性的訊息。圖 16 為此三季風指標的時間序列; 本文以季風肇始時期環流型態為原則,選用數年作為代表以節省篇幅。

- (1) 第 I 類型: 在 1989 年的季風肇始時期(5 月中旬)颱風進入南海地區,季風肇始後南海並未盛行西南風(圖 8)。由圖 16a 可發現, Xv 之後的正相對渦度和 OLR 值小於 $220 Wm^{-2}$ 的時間維持約 10 天,表現了颱風氣旋式環流及對流雲系進入南海地區的形勢; 而區域平均也顯示此時並未盛行西風。
- (2) 第 II 類型: 在 1979 年, Xv 和 Xu 均能清楚指示季風肇始時期(圖 16b)。其中 Xu 稍

微超前 Xv, 並且在 Xv 發生時南海區域平均已經轉為西風分量。清楚顯示西南氣流中有季風槽發展的過程(圖 10)。

- (3) 第 III 類型: 在 1988 年的 5 月中旬之前, 並未有 Xv 或 Xu 出現(圖 16c)。直到 5 月中下旬, Xv 和 Xu 接續發生, 對應了季風肇始時間。而在 Xv 之前, 區域平均的西風分量已持續數日。此外, 對緩慢演變或是混合類型的季風肇始, 例如 1993 年, 在 5 月下旬便持續出現西風; 並在 5 月下旬出現第一次 Xu。不過期間相對渦度始終為負值, 而 OLR 值則維持在 $250 Wm^{-2}$ 左右。而第一次 Xv 到 6 月中旬才出現(圖 16d), 此時 OLR 值降至 $220 Wm^{-2}$ 以下, 同時有西風分量及正相對渦度之出現並持續至少 10 天, 因此可定季風肇始時間落在 6 月中上旬。
- (4) 第 IV 類型: 在 1991 年的 6 月之前, OLR 值均維持在 $260 Wm^{-2}$ 左右, 相對渦度及緯向風場均為負值(圖 16e)。直到 6 月初 OLR 值才降至 $220 Wm^{-2}$ 以下, 並有兩次的 Xv 出現, 但此時區域平均仍為負相對渦度及東風分量。相對渦度值在 6 月 8 日之後轉為正值, 並持續約 20 天。此時流場也顯示季風槽建立(圖 13e,f)。而緯向風場則延遲至 6 月 12 日之後才轉為正值。

雖然各年的 Xu 和 Xv 發生的時間均相近(表三), 但區域平均的西風分量、相對渦度或 OLR 值未必同步發展。例如第 I 類型和 IV 類型的個案, Xv 常伴隨著區域平均的西風微弱、甚至並未出現西風分量的現象。至於第 II 類型或第 III 類型的季風肇始, Xv 通常稍微落後 Xu, 並且在 Xv 發生時南海區域平均已經轉為西風分

量。而那些環流演變緩慢的年份，通常在 X_v 之前便有一至數次的 X_u (例如圖 16d)。因此，單以 X_u 為主要考量，並不能完全掌握所有年份的季風肇始時間。若以 X_v 為主要指標，則西風持續和 X_u 的訊息可反應南海地區出現鋒前/副高脊北側西南氣流的流場形勢，而期間低層大氣仍為負相對渦度的階段。

因為 W97 的緯向風場和 OLR 場之分析區域並不完全重疊(表一)，所以我們也分析了南海 ($110^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$) 中南部地區的低層緯向風場之時間序列，結果發現選取 $2.5^{\circ}\sim 12.5^{\circ}\text{N}$ 或 $5^{\circ}\sim 15^{\circ}\text{N}$ 為緯度區域平均所得的曲線幾乎重疊(圖略)。表三顯示， $5^{\circ}\sim 15^{\circ}\text{N}$ 區間平均的緯向風曲線與 OLR 曲線($10^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$) 的相交點(X_w)和 X_u 相當接近。而逐年比較 $5^{\circ}\sim 15^{\circ}\text{N}$ 和 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$ 區間平均的緯向風曲線，發現兩者隨時間的變化趨勢相似(圖略)。只是在季風肇始之前， $10^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$ 區間平均的西風分量通常較強，尤其是季風肇始時期環流演變緩慢的年份(圖 17c)。而到了季風肇始時期， $5^{\circ}\sim 15^{\circ}\text{N}$ 區間平均的西風分量之增強幅度較大，此現象又以第 I 類型和第 IV 類型的季風肇始較為顯著，以 1989 年為例(圖 17a)。我們認為使用 X_w 並不能如同 X_v 般直接呈現低層大氣氣旋性增強的現象。並且， $5^{\circ}\sim 15^{\circ}\text{N}$ 區間平均的緯向風場也無法清楚透露以下訊息：(1) 南海地區出現鋒前/副高脊北側西南氣流，而低層大氣仍為負相對渦度的流場形勢；(2) 季風肇始時期，南海的低層流場形勢為西南風盛行或封閉氣旋式環流結構(比較圖 17a 及圖 17b)。反而是在分析 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$ 區間平均的低層緯向風場時，可以取得較多的訊息。

由於 MT 的肇始期間長短有明顯的年際變化(表三)，而 X_u 和 X_v 僅有 1~2 天，雖然均

落在 MT 期間或是非常接近 MT，並不能指示肇始時間的長度。因此我們建議以 X_v 作為輔助的季風肇始指標，指示季風肇始的可能時段，再分析此時段的低層流場以定出肇始時間。此作法可減少分析長期資料時對流線場的分析量；而區域平均的相對渦度場也可以減少在流場分析時對氣旋式流場發展的爭議。

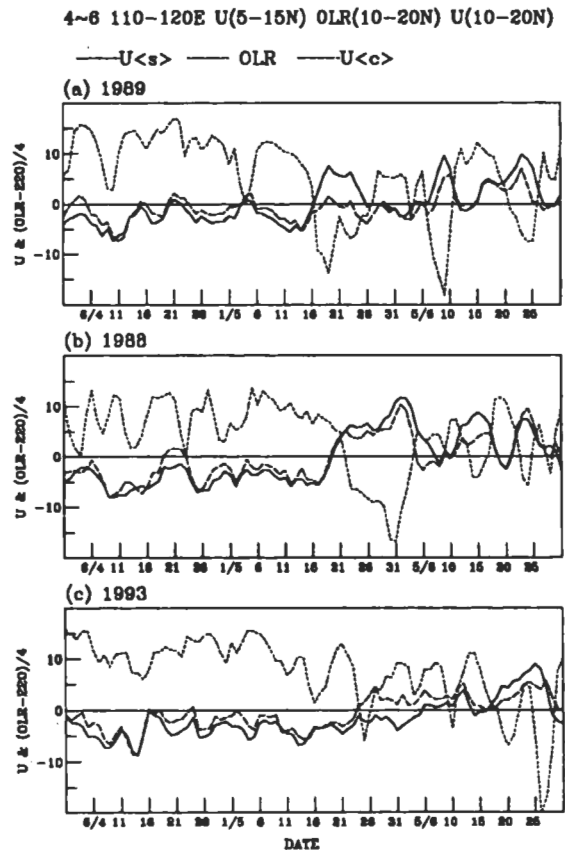


圖 17 南海地區($110\sim 120^{\circ}\text{E}$)區域平均 OLR 及 850hPa 緯向風場的時間序列。其中 OLR 和 $U_{<c>}$ 為 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$ 區間平均值，而 $U_{<s>}$ 則為 $5^{\circ}\sim 15^{\circ}\text{N}$ 區間平均值。緯向風場和 OLR 之單位分別為 ms^{-1} 和 Wm^{-2} 。圖中 OLR 為減去 220Wm^{-2} 之後再除於 4 的值。時間為每年 4~6 月，年份標示於圖上。

將 MT(表一)修正後的季風肇始定義如下：(1)在 5~6 月期間，找出第一個 OLR 曲線和相對渦度曲線相交的時間，簡稱為 X_v 。此相交點在 2 天(含)內須有正相對渦度出現並持續至少 3~5 天。(2)分析 X_v 前後約 10 天的低層流線場以決定季風肇始時間。分析時採用 MT 主觀分析流場之原則。若第一次 X_v 的流場分析不符 MT 定義，則向後找尋第二次 X_v ，餘此類推。MT 季風肇始流場主觀判定原則見表一或第二章內文說明。

綜合而言，區域平均氣象場的時序變化可視為環流結構演變的指示，確實的肇始時間仍需主觀分析流場來加以認定。而在 X_v 之後，相對渦度幾乎都維持正值達 5 天以上；在 17 年中僅有 2 年(1990 和 1994 年)是不足 5 天的，不過均在季風肇始時間內隨即有另一 X_v 發生，並伴隨著正渦度值維持 5 天以上。另外，本文以 OLR 之值為 $220 Wm^{-2}$ 表示深對流發展的門檻值，改變此值的大小將微幅改變交叉點出現的時間，但時間差距經常在 2 天以內。不過，我們僅視 X_v 為季風肇始發生時段的指示，而非季風肇始時間，因此並不需要太過計較此值的細節問題。

六、結論和討論

本文比較數種不同的東亞(南海)夏季季風肇始定義和季風肇始日期，以討論南海地區的局地季風低層環流型態年際變化和季風肇始定義之間的關係。

分析結果顯示，不同的肇始定義在相同年份所定的季風肇始日期未必相同。而季風肇始環流型態，將影響肇始定義的選取及其適用性。造成季風肇始日期之差距的主要因素如下：(a)

鋒面雲系或熱帶雲系的旺盛發展，將影響以對流活動為指標的季風肇始定義。(b)肇始環流演變過程的速率，例如侯平均分析可能將緩慢多變的環流演變過程，解讀為副高脊緩慢而穩定東退。(c)對南海局地季風西南氣流的認定不同，例如鋒前/副高脊北側西南氣流，未必可以判定為季風肇始之西南氣流。

經過肇始日期的比較和低層流線場的分析，並排除受鋒面雲系影響的肇始定義之肇始時期後，各家定義的肇始日期較接近的季風肇始年份共 9 年：1979、1980、1985、1986、1987、1988、1989、1990 和 1991 年。而 1981、1982、1983、1984、1992 和 1993 年，這 6 年均具有相當類似的特徵：南海夏季季風肇始期間，環流演變過程相當緩慢多變，使得不同肇始定義所判定的肇始日期差距很大。至於 1994 年和 1995 年所能比較的資料不多，不過三個主觀分析流場的定義之肇始時間均相當接近。

採用 MT 肇始日期(表二)，以季風肇始時期移近/進入南海地區的天氣尺度低層環流系統為依據，將南海夏季季風肇始期間環流形勢分成四大類型：第 I 類型的季風肇始，在副高西端環流東退時，TC 移入南海地區，此後南海地區季風槽發展。而當副高西端環流東退時，南海東南邊有 TC 接近，北邊有鋒面系統抵達華南地區，隨後南海地區盛行西南氣流並有季風槽發展，為第 II 類型季風肇始。當副高環流西端東退時，華南地區有鋒面系統南下，南海地區的西南氣流發展並連接鋒前氣流，為第 III 類型的季風環流。至於第 IV 類型，在南海局地的季風槽發展階段，南海周邊地區並未有鋒面系統或是 TC 接近的明顯訊息。

在許多文獻中，經常以亞洲季風區的地形

或陸海加熱對比等大尺度環境場的季節性變化為夏季季風肇始的條件，例如 He et al.(1987)等的研究。我們認同東亞夏季季風為大尺度環流系統的觀點，而本文對局地季風肇始環流型態的分類，並不是要將南海夏季季風肇始完全歸因於中緯度天氣系統或熱帶綜觀尺度擾動的作用。只是在分析季風肇始時期的大尺度環流轉變時，經常可以發現環流結構發生相位改變的過程，多在一候左右或是更短的時間內即完成。我們認為這表示在季風肇始時期，必然有天氣尺度的動力過程發生。而定義確切的肇始日期，有利於對綜觀天氣系統和大尺度夏季季風環流之間的交互作用的後續探討。

因此本文提出一組半客觀的季風肇始定義：(1)在 5~6 月期間，找出第一個 OLR 曲線和相對渦度曲線相交的時間，簡稱為 X_v 。此相交點在 2 天(含)內須有正相對渦度出現並持續至少 3~5 天。(2)分析 X_v 前後約 10 天的低層流線場以決定季風肇始時間。分析時採用 MT 的主觀分析流場之原則。若第一次 X_v 的流場分析不符 MT 定義，則向後找尋第二次 X_v ，餘此類推。

從低層流場的分析顯示，在 1979~1995 年中有 14 年的季風肇始時期，都伴隨著華南地區有鋒面系統活動的流場形勢。Chang and Chen(1995)以 5 月份第一次西風分量遽增時間為南海夏季季風肇始時間，並指出中緯度鋒面南下將帶動西南氣流挾帶大量熱帶水汽經由南海北進，從而激發南海夏季季風肇始。他們強調南海是亞洲季風區中，中緯度鋒面系統可以南下至熱帶的唯一地區，這或許可以解釋南海為亞洲夏季季風最早肇始的地區。雖然其季風肇始時間判定的相當早，且均發生在南海地區為副高環流籠罩的時間(圖略)。而依據本文的季

風肇始期間環流形態之分類，在他們所分析的 1981~1986 年間，除了 1984 年之外均為第三類型的季風肇始。我們認為這間接上可表示這些年份的東亞鋒面系統相當活躍，有利於對南海局地夏季季風肇始的激發作用。但目前相關的研究均缺乏強而有力的證據來釐清兩者之間的交互作用。近年來，不少研究指出源自熱帶的低頻擾動之北傳，對夏季季風肇始的激發過程及向北發展有著密切的關係，例如 Chen and Chen(1995)的南海夏季季風肇始機制之推論。但是，這些低頻擾動是否能全然表現低緯度暖濕大氣的季節性向北入侵的過程？目前也尚未有研究能夠具體說明低緯度暖濕大氣透過熱帶低頻擾動之活動，向北侵入並取代既存的北方乾冷空氣的動力過程。

此外，Lau et al.(1998)指出在南海季風肇始之前，印度洋有東移的超級雲簇(super cloud cluster)之發展及北移；印度洋和熱帶西太平洋的海面溫度分別呈現冷卻及增暖的現象。爾後南海地區有強烈對流系統發展，在此季風肇始之同時，東亞地區的鋒面雲系及西太平洋區的對流雲系均會增強。因此他們認為大氣及海洋間的大尺度水文循環(hydrologic cycle)的季節性轉變，為南海夏季季風肇始的基礎。不過他們僅分析 1997 年的衛星資料。因此，目前並沒有一個季風肇始機制是可以適用於所有的地區並解釋逐年的演變。這顯示還存在著較小的局地環流系統，對季風大尺度環流之演變起著調節的作用，共同架構夏季季風環流系統。而相對於季風大尺度環流系統，局地環流系統具有高度瞬變的時空尺度，僅僅使用統計方法或區域(時間)平均來分析其結構及演變特性，顯然是不足夠的。

最後，南海地區的天氣形態由晴空轉為對流雲系旺盛發展，經常被視為此區季節轉變或季風肇始的關鍵特徵。Saha et al.(1981)分析 10 年的資料發現，在 7~8 月期間發生於孟加拉灣的熱帶氣旋中有 87%是來自其東邊，其中不乏來自南海地區的颱風或是 TS 等強烈熱帶對流系統。而在我們在逐年分析中也發現，多數的年份在季風肇始之後，便陸續有熱帶對流系統移近或進入南海地區，呈現和季節轉變前罕見強烈對流活動的不同天氣特性。所以環流形態僅是季節轉變的表現，或許可以指示季風肇始的動力機制；而天氣形態在季節演變過程中轉變成為以對流性為主的相當正壓夏季型態，才是季節轉變的本質。因此大氣穩定條件的季節性轉變是討論季風肇始機制之時所不能忽略的重點。而局地特性轉變及區域天氣型態的季節變化，是大尺度氣候觀點所無法解決的問題。

誌 謝

本研究承國科會經費補助（專題研究計畫 NSC89-2111-M008-007）、臺大副熱帶資料庫提供分析資料，謹此誌謝。

參考文獻

- 林博雄與林和，1997：東亞夏季季風與梅雨鋒（一）：雲型季風指標。大氣科學，25，267-287。
- 林松錦，麥如俊與嚴明鈺，2000：南海夏季季風肇始期間大氣環流特徵與水汽輸送之合成分析。大氣科學，28，281-292。
- 胡志文，陳孟詩與王作臺，1998：中緯度及熱帶系統對東亞夏季季風肇始影響之初步分析。第十五屆天氣分析與預報研討會論文彙編，台北，389-393。
- 麥如俊，1997：南海夏季季風之合成探討。國立中央大學大氣物理研究所碩士論文，98頁。
- 陳隆勛，宋毅與村上勝人，1996：夏季風爆發時期對流雲團的變化特徵。亞洲季風研究的新進展，何金海主編，氣象出版社，北京，54-65。
- 盧孟明，1998：南海夏季季風肇始早晚與台灣梅雨季(五、六月)乾濕關係之探討。大氣科學，26，205-225。
- Chang, C.-P., and G.T.-J. Chen, 1995: Tropical circulation associated with southwest monsoon onset and westerly surges over the South China Sea. *Mon. Wea. Rev.*, **123**, 3254-3267.
- Chang J.-C., 1999: On triggering mechanism of SCS summer monsoon onset. 第六屆全國大氣科學學術研討會論文彙編，台北，435-440。
- Chen, T.-C., and J.-M. Chen, 1995: An observational study of the South China Sea monsoon during the 1979 summer: Onset and Cycle. *Mon. Wea. Rev.*, **123**, 2295-2318.
- He, H., J. W. McGinnis, Z. Song, and M. Yanai, 1987: Onset of the Asian summer monsoon in 1979 and the effect of the Tibetan Plateau. *Mon. Wea. Rev.*, **115**, 1966-1995.
- Hsu H.-H., C.-T. Terng, and C.-T. Chen, 1999: Evolution of large-scale circulation and heating during the first transition of Asian summer monsoon. *J. Climate*, **12**, 793-810.
- Liebmann, B., and C. Smith, 1996: Description of a complete(interpolated) outgoing longwave radiation dataset. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **77**, 1275-1277.
- Lau, K.-M., and S. Yang, 1997: Climatology and interannual variability of the Southeast Asian summer monsoon. *Adv. Atmos. Sci.*, **14**, 141-161.
- Lau, K.-M., H.-T. Wu, and S. Yang, 1998: Hydrologic processes associated with the first transition of the Asian summer monsoon: A pilot satellite study. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **79**, 1871-1882.

- Luo, H., and M. Yanai, 1983: The large-scale circulation and heat sources over the Tibetan plateau and surrounding areas during the early summer of 1979. Part I: Precipitation and kinematics analyses. *Mon. Wea. Rev.*, **111**, 922-944.
- Saha, K., F. Sanders, and J. Shukla, 1981: Westward propagating predecessors of monsoon depressions. *Mon. Wea. Rev.*, **109**, 330-343.
- Tao, S.-Y., and L.-X. Chen, 1987: A review of recent research on the East Asian monsoon in China. *Monsoon Meteorology*, C.-P. Chang and T. N. Krishnamurti Eds., Oxford Univ. Press, 60-92.
- Wang, B., and R.-G. Wu, 1997: Peculiar temporal structure of the South China Sea summer monsoon. *Adv. Atmos. Sci.*, **14**, 176-194.
- Xie, A., Y.-S. Chung, X. Liu, and Q. Ye, 1998: The interannual variations of summer monsoon onset over the South China Sea. *Theor. Appl. Climatol.*, **59**, 201-213.
- Yan, J.-Y., 1997: Observational study on the onset of the South China Sea southwest monsoon. *Adv. Atmos. Sci.*, **14**, 276-287.

East Asian Summer Monsoon –Onset Definition and Circulation Characteristics during Onset Period

Mien-Tze Kueh Song-Chin Lin

Institute of Atmospheric Physics, National Central University

(Manuscript received 20 June 2000 ; in final form 12 April 2001)

ABSTRACT

The climatological feature of the East Asian summer monsoon is characterized by gradational development as the season migrates, and the South China Sea is regarded as the root of the East Asian summer monsoon. Due to multi-scale variations of the monsoon circulation, it is difficult to objectively define the onset of the South China Sea summer monsoon. By the use of 1979-1995 observational data, based on the evolution of monsoon development and the comparison of monsoon onset dates determined by different onset definitions, this study discusses in details the local circulation pattern in the South China Sea area during the onset period and its association with the onset definition. The monsoon circulation patterns as revealed in this 17-year analysis indicate that the mid-latitude weather system plays an important role in the development of South China Sea summer monsoon. This study also suggests a semi-objective definition of the South China Sea summer monsoon onset. Hope this onset definition will be beneficial to the study of the interrelationship between the mid-latitude weather system and the South China Sea summer monsoon development.

Key words: South China Sea summer monsoon, Onset definition, Monsoon circulation pattern