

# 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

林松錦 麥如俊 嚴明鉅

國立中央大學大氣物理研究所

(中華民國八十九年四月十二日收稿；中華民國八十九年九月二十七日定稿)

## 摘 要

南海地區為亞洲夏季季風肇始最早發生之區域，本文首先探討南海夏季季風肇始日期之判定，並以合成分析的方法進一步探討南海夏季季風肇始前後大尺度環流之演化特徵及水汽輸送。

合成分析結果顯示，在南海夏季季風肇始之前，其低層環流場主要受太平洋副熱帶高壓籠罩，且高壓脊略向西南延伸至南海、中南半島一帶。而來自於印度、孟加拉灣之西南氣流，和來自南半球之越赤道流，此時則與上述太平洋反氣旋之外圍環流會合於中南半島一帶。季風肇始之後，太平洋副熱帶高壓反氣旋強度略為減弱，且高壓脊已東退出南海，而上述三支氣流則會合於南海以東至熱帶西太平洋一帶，此時南海地區主要受來自印度、孟加拉灣之西南氣流的影響。南海地區上空高層之東風分量在季風肇始之後也有明顯地增強。再者，於南海夏季季風肇始期間，其水汽供給之來源主要來自於印度、孟加拉灣之西南氣流，且水汽量於南海、中南半島一帶皆有明顯增加之情形。至於來自於南半球越赤道流及太平洋副熱帶高壓反氣旋外圍環流之水汽貢獻，由於其會合於南海以東至熱帶西太平洋之間，並未會合於南海地區。因此，在季風肇始期間，南海地區的水汽主要仍是來自於印度、孟加拉灣之西南氣流的水汽輸送。

關鍵詞：南海夏季季風、肇始、合成分析、水汽輸送

## 一、前 言

海陸造成的熱力差異雖然是季風形成的主要原因之一，但季風並不只是一個局部地區的天氣系統，也是全球天氣系統的一部分。季風不僅影響人類的的生活，對農業、經濟及社會也有重大的影響。亞洲夏季季風系統對全球氣候變遷之影響

甚鉅，且組成亞洲夏季季風系統中各個分量的變動不一，因此亞洲夏季季風具有多重時空尺度之變異性，包括綜觀尺度之擾動、準雙週振盪、季內振盪和更長週期的年際變化。但同時亦具有規律發展的季節性變化之特性，隨季節之轉變交互更迭，包含了肇始、間歇及撤退等發展階段

(Krishnamurti, 1985)。

亞洲季風包含東亞季風及南亞季風二大系統，南亞季風發生時由於受到地形的屏障，較少受到北方中、高緯度天氣系統的影響，也就沒有東亞季風的複雜性。台灣位居歐亞大陸與太平洋之交界，且處於中、低緯度過渡的副熱帶地區，天氣的變化更形複雜，對季風的研究更形重要。Tao and Chen (1987) 指出，南海地區是亞洲夏季季風發生最早的區域，南海季風肇始之後，接著便是華南、華中以至日本的梅雨期。每年從五月至七月可看到一綿延之雨帶從華南、台灣一帶逐漸向北移動。由此顯見南海季風肇始是整個東亞地區初夏梅雨及夏季季風一序列天氣系統演化的開始 (Ding, 1992; 1994)。此外，王與林(1997) 從南海地區海氣渦流熱量通量與東亞大氣環流的相關分析中也發現，二月～五月期間南海地區的渦流熱量通量變化會影響到東亞地區的大氣環流。因此，若能深入了解南海季風肇始的機制及其之後的演化過程，將有助於提昇梅雨期以至於整個季風期間的天氣預報，尤其是降水預報。

本文參考 Chen and Chen (1995) 對南海夏季季風肇始之定義，以低層850hPa緯向風場之變化作為主要參考指標。在五～六月期間，當低層西風明顯增強，對流活動亦顯著增加，且30～60天及12～24天兩低頻振盪模幾同時出現同正相位之發展時，定義為南海夏季季風之肇始。根據所判定的肇始日期，採合成分析的方法，探討1985～1993年間整個南海夏季季風肇始期間大氣大尺度環流系統演變之特徵，及肇始前後水汽量變化之情形與水汽輸送之來源。希望能對往後南海夏季季風之研究有所助益，進而對南海夏季季風肇始之機制能有更進一步之瞭解。

## 二、資料來源與南海夏季季風肇始之定義

本文中所使用之資料主要為 1985～1993年之 ECMWF (European Center for Medium Range Weather Forecasts)  $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$  網格點分析資料。由於東亞夏季季風之肇始時間平均約發生在五月中旬，因此在本文選取每年四～八月期間的資料來做分析。處理之方式則是先將每日兩次觀測資料作算術平均，將較小尺度的日變化情形予以濾除。

為了探討南海夏季季風之肇始，首先需找出每年南海夏季季風肇始發生之日期。利用每年四～八月的日平均 850hPa 緯向風場資料，計算日平均 850hPa 緯向風場與夏季平均 850hPa 緯向風場差值的均方根。由緯向風場差值均方根的分布，大致可看出在南海地區 (約北緯5～15度) 及日本東及東南方地區 (約北緯30～50度) 有兩個略呈緯向帶狀分布的極大值區域存在，顯示在此兩地區有很顯著的 850hPa 緯向風場變化(圖略)。從南海地區的緯向風場均方根分佈，找出最大均方根值的位置做為參考點，接著計算以此參考點為中心的九點區域平均 850hPa 緯向風場，並繪出其每年四～八月的時間序列變化圖。由時間序列變化可以發現，每年於五月初至六月中期間皆呈現有一明顯之變化，即從負值突然轉變為較大之正值。根據許多學者證實亞洲夏季季風肇始與 30～60天、12～24天之低頻振盪有關 (Krishnamurti and Ardanuy, 1980; Krishnamurti, et al., 1985; Lau and Chan, 1986; Chen and Chen, 1993)，且Chen and Chen (1995) 亦證明了此低頻振盪模對南海夏季季風肇始之影響。因此，進一步對此時間序列變化做 30～60天及12～24天的濾波分析，再將此兩低頻振盪模時間序列變化相加並和原始時序變化相較，以確定該兩低頻振盪模

足具代表性。Chen and Chen (1995) 以在夏季期間(五~八月)第一次同時出現30~60天及12~24天振盪正相位之時,即兩低頻模同相位之際,來作為判定南海夏季季風肇始可能之日期。為確切地定出季風肇始之日期,進一步以850hPa 風場流線圖(含30~60天及12~24天濾波風場流線圖)在南海地區明顯地由一封閉性之反氣旋式環流結構轉變為氣旋式環流結構,且由衛星OLR (Outgoing Longwave Radiation) 資料判斷伴隨有顯著增加的對流活動和降水時,定義為季風肇始之日期。

資料處理的方式及季風肇始日期的判定標準每年都是相同的,在此僅以1986年為例來說明,圖1為四~八月850hPa 緯向風場的時序變化分析,其中圖1a為30~60天(細線)及12~24天(粗線)低頻振盪模的時序變化,圖1b為原時序變化(細線)及兩低頻振盪模之和(粗線)。圖2為同年

五~八月南海地區以點(112.5°E, 17.5°N)為中心之9點區域平均的 $\Delta OLR$  ( $240Wm^{-2}$ -實際值)日平均時序分布圖,利用前述之判斷原則大致可看出季風肇始的時間約在5月16日。圖3為該日850hPa平均風場流線圖及其30~60天與12~24天低頻振盪模的分析圖,顯示當天在南海地區低層大氣確為氣旋式環流。圖4為季風肇始日期前七天及肇始後七天的平均850hPa風場流線圖,進一步顯示在季風肇始之前南海地區為反氣旋式環流,而肇始之後則轉成氣旋式環流。

表一為1985~1993年發生第一次同時出現30~60天及12~24天振盪正相位之時間以及所判定之季風肇始日期。其中1985及1992兩年因第一次同時出現正相位之期間,南海地區並未呈氣旋式環流,且未伴隨有顯著的對流活動,因此選取滿足上述條件之較晚的肇始日期。

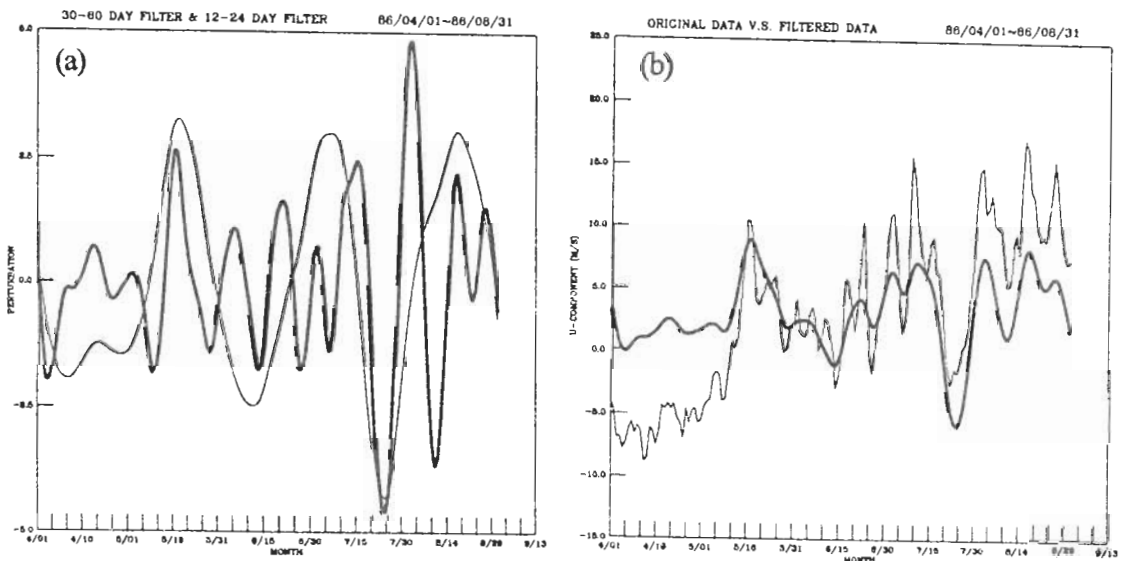


圖1 1986年四~八月850hPa 緯向風場的時序變化分析, a) 為30~60天(細線)及12~24天(粗線)低頻振盪模的時序變化, b) 為原時序變化(細線)及兩低頻振盪模之和(粗線)

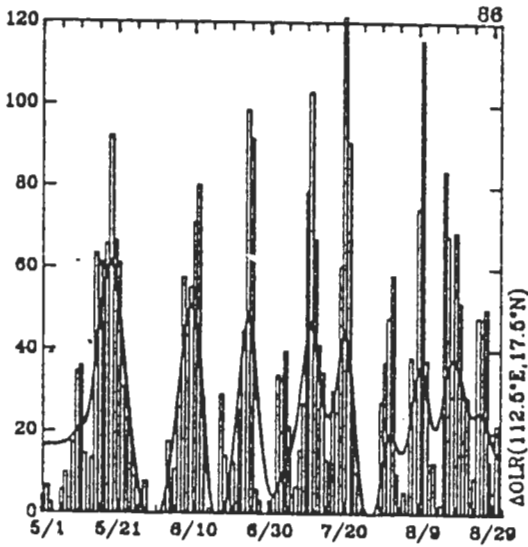


圖2 1986年五~八月南海地區以點(112.5°E, 17.5°N)為中心之9點區域平均的 $\Delta OLR$  ( $240Wm^{-2}$ -實際值)日平均時序分布圖。

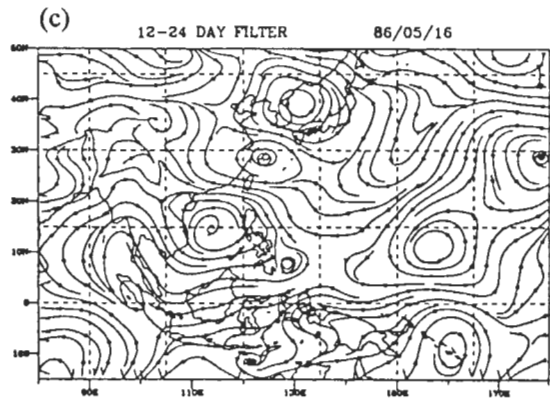
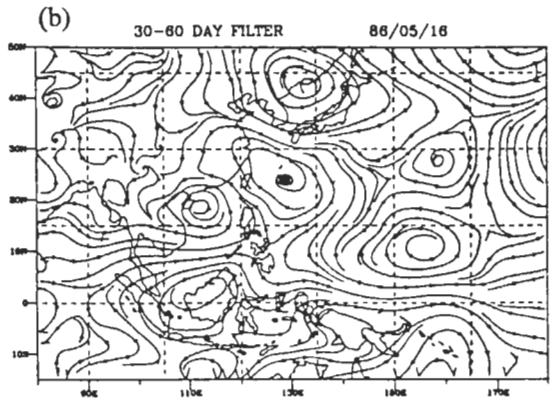
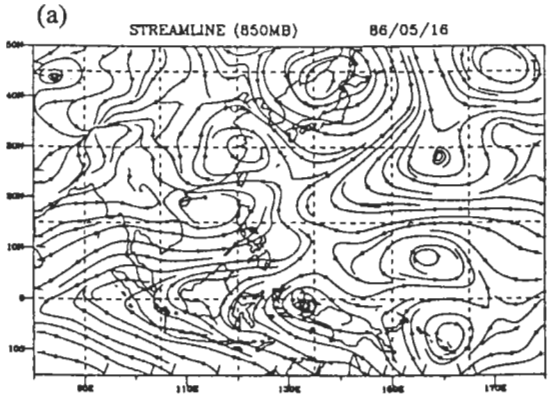


圖3 1986年5月16日850hPa平均風場流線圖(a)及其30~60天低頻振盪模(b)與12~24天低頻振盪模(c)的分析圖。

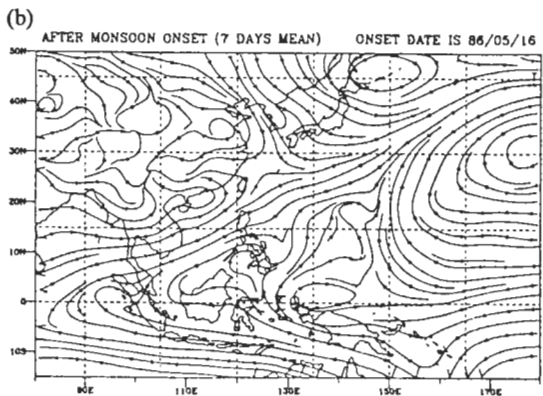
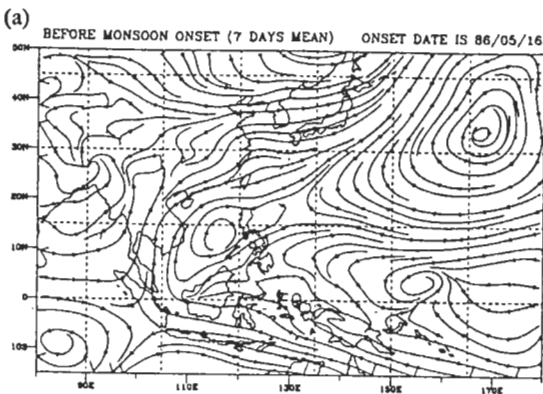


圖4 1986年南海夏季季風肇始日期前七天(a)及肇始後七天(b)的平均850hpa風場流線圖。

表 1985~1993年發生同時出現30~60天及12~24天低頻振盪正相位之時間以及所判定之季風肇始日期。

年份	第一次同正相位期間	其他同正相位期間	季風肇始日期
1985	5/21~5/29	6/6~6/18	6/17
1986	5/9~5/16		5/16
1987	6/5~6/14		6/12
1988	5/17~5/24		5/24
1989	5/13~5/22		5/18
1990	5/13~5/17	6/7~6/15	5/16
1991	6/1~6/9		6/9
1992	5/12~5/18	6/7~6/12	6/10
1993	5/12~5/19	5/31~6/7	5/18

### 三、季風肇始前後環流場之合成分析

雖然夏季季風系統主要活動於低對流層，在季風肇始前後整個大氣環流場會有顯著的改變，500hPa以上高對流層之盛行風場亦有明顯的變化。因此，爲了探索南海夏季季風肇始期間整個大氣環流場之分布以及肇始前後環流場之差異性，藉由第二章所求得的每年季風肇始日期，針對季風肇始前後一星期間，高(300hPa)、低(850hPa)對流層整個環境流場平均狀態之改變作一合成分析探討。

在 850hPa 低對流層，由九年平均的流場分布情形(圖5)中可看出，在南海夏季季風肇始前後，整個平均大氣環流分布除了盤踞於太平洋上的強大反氣旋副熱帶高壓系統外，其他顯著的特徵即是位於熱帶太平洋上的貿易東風環流，來自南亞地區的西南氣流，以及來自南半球澳洲北部之越赤道流。此三股氣流主要於南海以東熱帶西

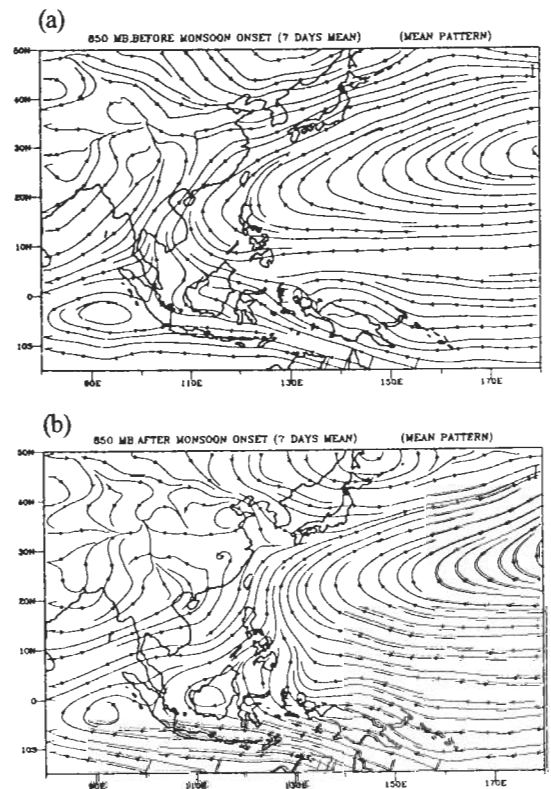


圖5 南海夏季季風肇始前後，1985~1993年合成850hPa流線場。a)爲肇始前7天、b)爲肇始後7天之平均流場狀態。

太平洋地區一帶會合，且沿著西太平洋副熱帶高壓外圍之環流一直向東北沿伸至較高緯處。在季風肇始之前，整個南海地區皆籠罩在太平洋副熱帶反氣旋範圍之下(圖5a)，此時之副熱帶高壓脊亦向西南延伸至南海地區。而來自於南亞、印度、孟加拉灣之西南氣流與貿易風環流系統，以及較微弱之南來越赤道流則主要輻合於南海以西到中南半島之間。當季風肇始發生之後(圖5b)，太平洋副熱帶反氣旋之強度則較季風肇始前為減弱，且高壓脊亦已退出南海地區，並略為北移。此時上述三支氣流因受副熱帶高壓勢力減退之影響，其輻合區則向東延伸至南海東側、菲律賓群島至熱帶西太平洋，然而此時南海地區之環流形態主要是受來自於印度、孟加拉灣附近之西南氣流所影響，來自於南半球之越赤道流則偏於赤道西太平洋地區。此外有一槽狀之環流系統出現於南海地區，此即是所謂之季風槽系統。另外值得注意的是，在赤道以南約  $0^{\circ} \sim 10^{\circ} S$  與  $80^{\circ} E \sim 100^{\circ} E$  之間有一顯著之氣旋性環流系統，此位於南半球之氣旋性環流在夏季季風肇始前後期間皆存在，但於季風肇始之後似略有減弱之趨勢。

至於300hPa高對流層之環流分布形態(圖6)，在季風肇始之前(圖6a)，很明顯地可以發現在南北半球近赤道處，各有一反氣旋環流分別跨立於赤道兩側。其中，北半球之反氣旋環流中心位於中南半島約  $100^{\circ} E$  經度位置，而南半球之反氣旋環流中心則位於約  $110^{\circ} E$  經度處。南海地區正位於此北半球反氣旋系統東側環流之下，整個南海地區大多處於此反氣旋系統之高壓脊籠罩下，僅南海南端受到東風環流之影響。及至季風肇始之後(圖6b)，此兩反氣旋環流則已略移往中緯度地區。位於北半球之反氣旋環流中心此時已移至

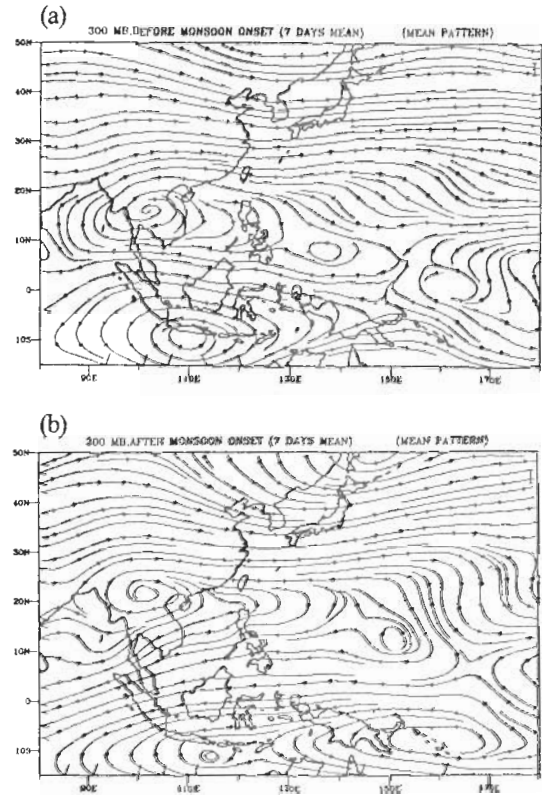


圖6 南海夏季季風肇始前後，1985~1993年合成300hPa流線場。a)為肇始前7天，b)為肇始後7天之平均流場狀態。

約  $105^{\circ} E$  與  $20^{\circ} N$  處，而整個南海地區則幾已脫離此反氣旋環流之影響，且赤道東風帶亦有顯著之增強，其範圍涵蓋了整個南海地區。至於南半球之反氣旋環流則已移至  $10^{\circ} S$  附近，且其強度有顯著之增強，環流涵蓋之範圍亦相當廣大。

圖7為南海夏季季風肇始前後環流場之差異(肇始後-肇始前)。於850hPa低對流層夏季季風肇始前後環流場差異之分布情形來看(圖7a)，很明顯地在南海地區有一氣旋性之環流結構存在，顯示南海地區於季風肇始後，其氣旋性環流形態有增強之趨勢。另外可看出，於季風肇始之後南海地區之氣流主要為來自印度、孟加拉灣地區的西

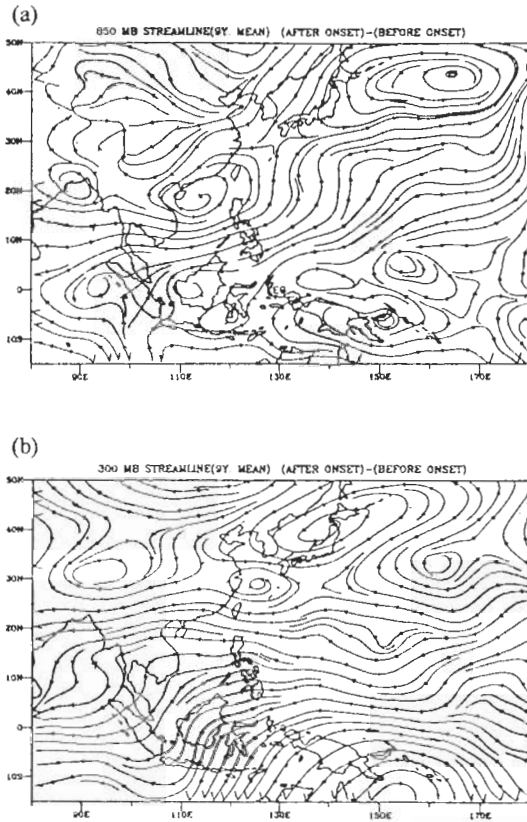


圖7 1985~1993年南海夏季季風肇始前後，平均環流場之差異(肇始後-肇始前)：a)為850hPa、b)為300hPa之情形。

南氣流。此外，在日本以東地區亦出現一相當明顯之氣旋性環流結構，此可能為阿留申低壓於季風肇始後有增強之趨勢。至於高層300hPa之情形(圖7b)，亦可明顯地看出南海地區於季風肇始之後，其高層東風有顯著地增強趨勢。

因此，由以上的分析中可大致歸納出，南海夏季季風肇始期間，低層850hPa之西南氣流有明顯的增加趨勢，且上層亦伴隨有東風的增強。此外，南海地區在季風肇始前後，其環流場亦有相當顯著之改變，即是從一反氣旋式之環流型態轉變為氣旋式之環流結構。而這與西太平洋副熱帶高壓脊的東退出南海有明顯地相關性存在。此結

果亦反映出太平洋副熱帶高壓系統於季風肇始之後有減弱且其高壓脊有往北移動的趨勢。亞洲夏季季風之西南氣流有三支主要的上游分支來源，即 1) 來自印度、孟加拉灣之西風；2) 西太平洋副熱帶高壓南邊之東風；及 3) 從澳洲北部越赤道之東南貿易風。而由上述分析所得之結果中可看出，在季風肇始期間，南海地區低層西南氣流主要為來自於南亞地區印度、孟加拉灣附近之西風帶，至於來自於南半球澳洲北部之越赤道流以及西太平洋副高南緣東風帶之貢獻則較為微弱。而此西南氣流上游氣流的主要分支來源，對於南海夏季季風肇始期間水汽供給之來源，有相當重要之關連性。

#### 四、水汽與水汽通量分析

一般亞洲夏季季風肇始之定義，常以風場之變化和對流降水之明顯增加來判定季風之肇始。由此可知，於亞洲夏季季風肇始期間，除了整個大尺度大氣環流場有顯著的轉變之外，水汽的明顯增加亦是季風肇始期間非常顯著之特徵。因此，了解水汽量的變化和水汽的來源與傳輸方向，對南海夏季季風肇始之物理過程，則能有更進一步之認識。

首先，由九年合成平均低層850hPa之水汽量隨時間變化情形來看(圖略)，於南海夏季季風肇始期間，主要之水汽量分布幾乎都位於中南半島至中國大陸南方一帶。僅在約肇始前兩天左右，南海地區開始出現有較多之水汽分布，之後則一直持續至季風肇始後約一星期。而由季風肇始前後平均水汽分布型態來看(圖8)，很明顯地在季風肇始前(圖8a)，其水汽主要分布於中南半島一帶，其它地區則並無較顯著之水汽分布。及至季

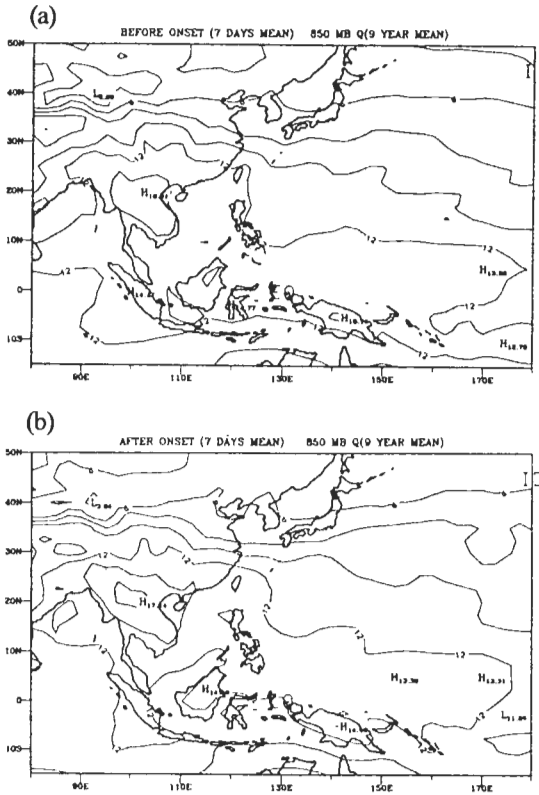


圖8 1985~1993年南海夏季季風肇始前後，850hPa平均水汽場之空間分布，單位為 $g/kg$ ，陰影區為值大於 $14.0g/kg$ 處。a)為肇始前7天，b)為肇始後7天之平均狀態。

風肇始之後(圖8b)，整個中南半島水汽量則有較顯著增加之趨勢，且其涵蓋範圍亦較肇始前為廣大，除了中南半島之外，亦包含了中國大陸南端至孟加拉灣一帶，而量值也有明顯地增加。此時在南海地區之水汽量亦有些微增加的情形，但並不十分顯著。

然而南海及中南半島地區於夏季季風肇始後，其中低對流層提供對流發展的水汽來源究竟來自何處？此需更進一步探討水汽通量的傳輸方向和其來源處，藉此找出於南海夏季季風肇始期

間水汽變化和傳輸之過程。由低層850hPa水汽通量( $q\bar{V}$ )的合成分析來看(圖9)，在季風肇始之前2~4天(圖9a,b)南海地區並無明顯地水汽來源之輸送，僅在北印度洋和赤道中太平洋高壓環流南緣之東風帶有較顯著的水汽傳輸。及至季風肇始開始之際(圖9c)，很明顯地有一股來自印度、孟加拉灣附近的西南氣流傳送水汽至南海地區，此時原來自於赤道中太平洋高壓環流南緣東風傳輸的水汽通量則有減弱之趨勢。至於來自南半球越赤道流之貢獻則相當微弱，且其似乎傾向於直接傳輸至中北太平洋一帶。之後(圖9d)整個水汽通量傳輸已逐漸地沿太平洋副熱帶高壓外圍之環流向東北延伸至臺灣、日本一帶，進而伸至中北太平洋附近，呈現一斷斷續續的帶狀分布情形。水汽通量的最大值發生在中南半島、北印度洋及孟加拉灣，由水汽傳輸的方向可以看出在南海地區有明顯的水汽輻合，而在其上游印度洋源區為水汽輻散。至於1000hPa-500hPa中低對流層水汽通量垂直積分的分布情形(圖略)則與低層850hPa之水汽通量傳輸情形相當類似。來自於沿赤道中太平洋副熱帶高壓南緣之東風環流及南半球的越赤道流的貢獻，則如同低層850hPa水汽通量之傳輸情形一般，並不十分顯著，且其南來的水汽輸送亦如低層水汽傳輸過程一般，並未於南海地區輻合，而是在菲律賓以東匯合往北傳輸。

由季風肇始前後的平均狀態來看(圖10)，於肇始之前(圖10a)水汽的傳輸並不十分明顯，僅在北印度洋和赤道中太平洋副熱帶高壓南緣的東風帶上有稍顯著的水汽通量。而於季風肇始之後(圖10b)，來自於南亞地區印度、孟加拉灣西南氣流的水汽傳輸已有顯著增加之趨勢，更進而延伸至日本、中北太平洋一帶，呈現一完整的帶狀分布情形，再由季風肇始前後的差異來比較(圖11)，



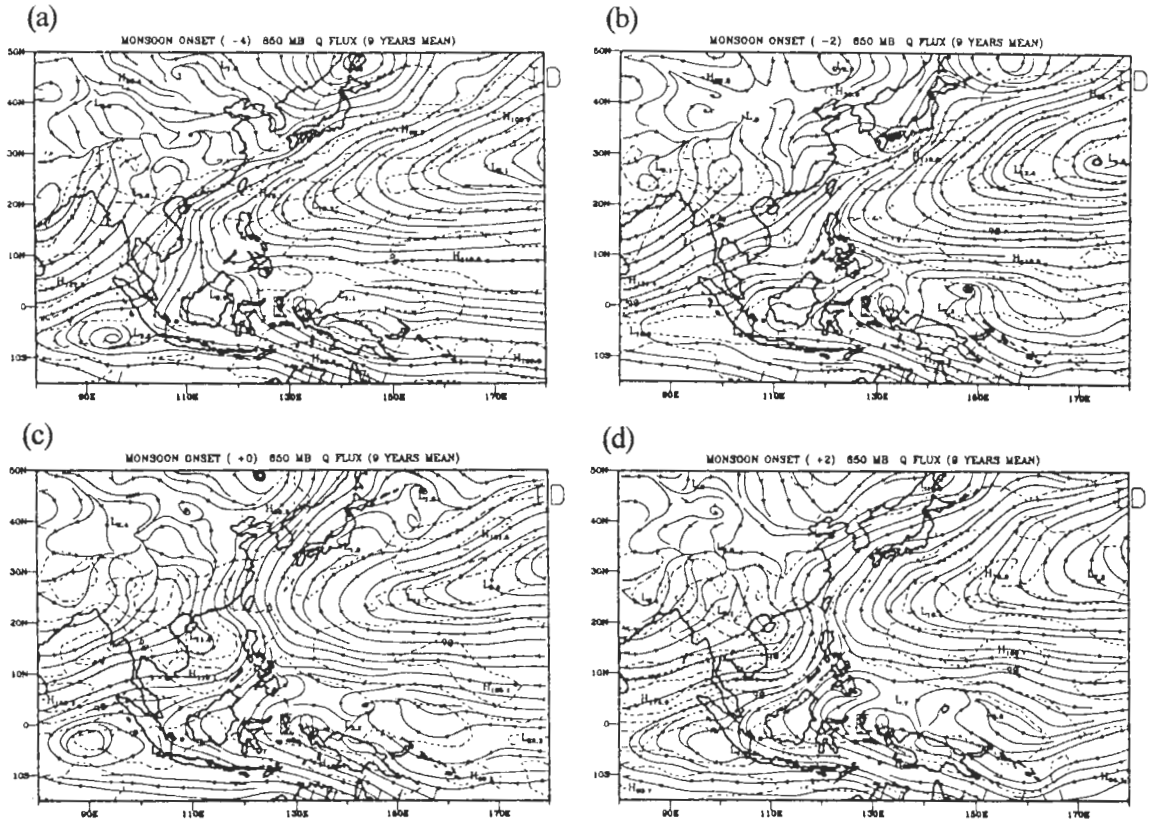


圖9 1985~1993年南海夏季季風肇始前後850hPa平均水汽通量場 $q\bar{V}$ 空間分布之時序圖，a)為季風肇始前4天、b)為季風肇始前2天、c)為季風肇始當天、d)為季風肇始後2天。水汽通量單位為 $gmkg^{-1}s^{-1}$ ，陰影區為值大於 $90.0gmkg^{-1}s^{-1}$ 處

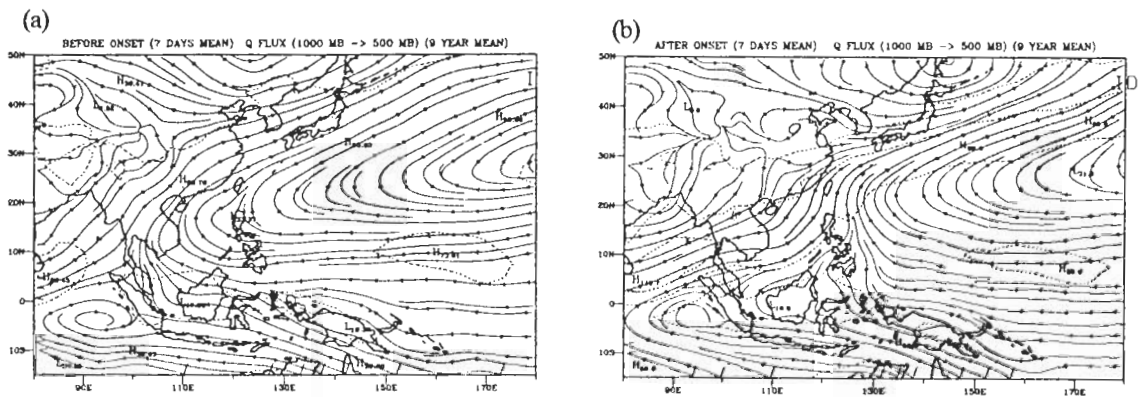


圖10 1985~1993年南海夏季季風肇始前後，平均1000hPa-500hPa水汽通量垂直積分之空間分布，單位為 $gs^{-3}$ ，陰影區為值大於 $60.0gs^{-3}$ 處。a)為肇始前7天、b)為肇始後7天之平均狀態。

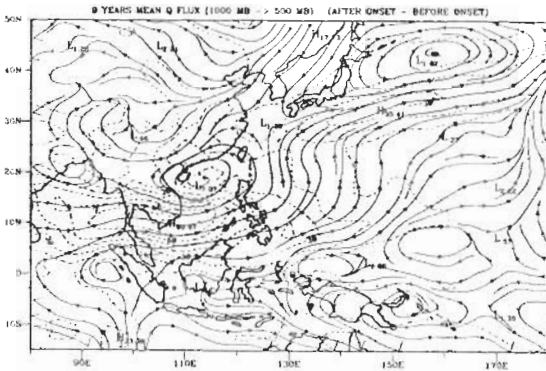


圖11 1985~1993年南海夏季季風肇始前後，平均水汽通量垂直積分之差異(肇始後-肇始前)，陰影區為值大於 $20.0\text{gs}^{-3}$ 之處

很明顯地於南海夏季季風肇始之後，整個中低對流層來自於南亞地區印度、孟加拉灣一帶的水汽通量皆有明顯增加的情形。且亦可看出在季風肇始期間，南海地區水汽的主要來源是來自於印度、孟加拉灣的西南氣流所帶來，而來自於南半球澳洲北部的越赤道流，抑或是來自於太平洋副高南緣東風環流之水汽貢獻，則相當之微弱。故於南海夏季季風肇始期間，南海地區水汽之來源，則主要是來自於從印度季風區西來的水汽輸送，南來的水汽供給則較少。且此南來之水汽傾向於往北傳輸，而未於南海地區與西來的水汽帶幅合。Yamazaki and Chen (1993) 曾利用1979年 FGGE IIIb (First Global GARP Experiment Level IIIb) 的分析資料，針對 SOP2 (5/5~7/5) 期間，計算東亞地區水汽通量垂直積分。其結果顯示在此期間有兩支顯著之水汽通量環流存在，一為位於赤道印度洋之順時針環流，另一為位在副熱帶西太平洋之順時針環流。此兩水汽通量環流皆起源於熱帶東風帶，並分別轉向為西風及西南風，最後於南海附近會合，進而形成東亞地區南來之水汽通量。此南來之水汽通量則為水汽從熱

帶進入中緯度地區唯一主要之來源。此與本文中所得之結果則略有差異，即是在本文中所得之結果並未發現有類似的南來水汽傳輸在南海地區幅合，而主要的水汽來源為來自印度季風區西來之水汽輸送，而另一支來自於熱帶西太平洋順時針環流南緣東風帶的水汽輸送則較不明顯。

## 五、結 語

南海地區是整個亞洲夏季季風系統中最早肇始的地區，了解南海夏季季風肇始期間大尺度大氣環流場間各個分量之轉化特徵，對整個亞洲季風系統之發展機制和肇始日期之判定有相當大的助益。本文參酌 Chen and Chen (1995) 對南海夏季季風肇始與季內低頻擾動研究所得之結果，利用低層 850hPa 緯向風場之變化作為主要參考指標，並輔以30~60天及12~24天低頻振盪模對季風肇始的影響，在五、六月期間當低層西風明顯增強，對流活動亦顯著增加，且此兩低頻振盪模幾同時出現同正相位之發展時定義為南海夏季季風肇始之日期。根據所判定之肇始日期，並以合成分析的方法進一步探討南海夏季季風肇始前後大尺度環流之演化特徵及水汽輸送。

合成分析結果顯示，在南海夏季季風肇始之前，低層850hPa流場形態主要受太平洋副熱帶高壓系統所籠罩，其高壓脊則略向西南延伸至南海、中南半島東岸一帶。而來自於印度、孟加拉灣之西南氣流，和來自於南半球之越赤道流，則於中南半島附近與上述副熱帶高壓反氣旋之外圍環流會合，之後受此反氣旋之外圍環流而轉向東北，經中國大陸東南方及臺灣、琉球一帶，直至日本東北方之北太平洋開放海域。及至季風肇始之後，此太平洋上之反氣旋環流則稍有減退趨

勢，且其高壓脊略為北移並已退出南海地區，來自於印度、孟加拉灣之西南氣流與南半球之赤道流，此時則於南海至熱帶西太平洋間會合，隨後往北延伸至日本西南方，再沿日本延伸轉往東北方向。由此可歸納出，南海夏季季風肇始期間，太平洋副熱帶高壓脊逐漸退出南海且略為北移，南海地區西南氣流亦有顯著之增強，且此西南氣流主要來自於印度、孟加拉灣西來氣流之貢獻。

至於高層300hPa流場之變化，於季風肇始期間，南海地區及赤道西太平洋一帶，其由偏西北風和北風之形態明顯地轉變為東風增強。原盤踞在中南半島上之反氣旋環流中心，即所謂之南亞反氣旋，於南海夏季季風肇始後已向西北移至中國大陸南方，青藏高原附近一帶。由此高低層之環流分布形態，發現南海夏季季風肇始期間，其亦有低層西南風及高層東風增強之現象，且西太平洋副熱帶高壓脊於肇始期間亦明顯地退出南海地區，並已略為北移。

山水汽和水汽通量的分析結果得知，南海夏季季風肇始期間，來自印度、孟加拉灣之西南氣流與南半球赤道流兩支水汽輸送，主要會合於南海以東至菲律賓群島、熱帶西太平洋之間，並未輻合於南海地區，因此，南海地區水汽供給的主要來源為來自印度、孟加拉灣之西南氣流，其來自溫暖的孟加拉灣洋面帶來暖濕之水汽，導致南海地區大氣條件更加之不穩定，而更利於季風之發展。

## 誌 謝

本研究承國科會經費補助（專題研究計畫 NSC87-2111-M008-024）、臺大副熱帶資料庫提供觀測分析資料及研究助理紀慧敏小姐的協助，審

查者的寶貴意見，謹此一併誌謝

## 參考文獻

- 王濶和與林松錦，1997：熱帶海洋渦流熱量通量與東亞大氣環流之相關的初步探討。《大氣科學》，**25**，173-194
- Chen, T.-C., and J.-M. Chen, 1993: The 10-20-day mode of the 1979 Indian monsoon: its relation with the time variation of monsoon rainfall. *Mon. Wea. Rev.*, **121**, 2465-2482.
- \_\_\_\_\_, and \_\_\_\_\_, 1995: An observational study of the South China Sea monsoon during the 1979 summer: Onset and life cycle. *Mon. Wea. Rev.*, **123**, 2295-2318.
- Ding, Y.H., 1992: Summer monsoon rainfalls in China. *J. Meteor. Soc. Japan*, **70**, 373-396.
- \_\_\_\_\_, 1994: The short-range fluctuations of monsoons and their association with the Meiyu weather events in China. *Monsoons over China*. Kluwer Academic Publishers, 174-230.
- Krishnamurti, T. N., and P. Ardanuy, 1980: The 10-to 20-day westward propagating mode and "breaks in the monsoon". *Tellus*, **33**, 15-26.
- Krishnamurti, T.N., 1985: Summer Monsoon Experiment - A review. *Mon. Wea. Rev.*, **113**, 1590-1626.
- \_\_\_\_\_, P. K. Jayakaumar, J. Sheng, N. Surgi, and A. Kumar, 1985: Divergent circulation on the 30 to 50 day time scale. *J. Atmos. Sci.*, **42**, 364-375.
- Lau, K.-M., and P. Chan, 1986: Aspects of the 40-50 day oscillation during the northern summer as inferred from outgoing longwave radiation. *Mon. Wea. Rev.*, **114**, 1354-1367.
- Tao, S.Y., and L.X. Chen, 1987: A review of recent research of the East Asian summer monsoon in China. *Monsoon Meteorology*, C.-P. Chang and T.N. Krishnamurti, Eds., Oxford University Press, 60-92.
- Yamazaki, N., and T.-C. Chen, 1993: Analysis of the East Asian monsoon during early summer of 1979: Structure of the Batu front and its relationship to large-scale fields. *J. Meteor. Soc. Japan*, **71**, 339-355.

# **A Composite Study of the Atmospheric Circulation and Water Vapor Transport during the Onset of South China Sea Summer Monsoon**

**Song-Chin Lin   Ru-Jiuun May   Ming-Cheng Yen**

**Institute of Atmospheric Physics, National Central University**

( Manuscript received 12 April 2000 ; in final form 29 September 2000 )

## **ABSTRACT**

The South China Sea is regarded as the root of the East Asian summer monsoon. This study, by adopting composite technique, conducted a study on the evolution of the atmospheric circulation and water vapor transport during the South China Sea summer monsoon onset.

The results of composite analyses show that, before the onset of the South China Sea summer monsoon, the lower troposphere over the South China Sea is mainly influenced by the anti-cyclonic circulation of the Pacific subtropical high pressure with its ridge extending southwestward to the South China Sea and the Indo-China Peninsula. The southwesterly from the Bay of Bengal and the cross equatorial flow from the southern hemisphere merge with the out flow of the Pacific anti-cyclonic circulation at the Peninsula. After the monsoon onset, the strength of the Pacific subtropical high pressure weakens and its ridge withdraws out of the South China Sea area. The aforementioned three branches of flow at this time merge in the western Pacific Ocean to the east of South China Sea. The South China Sea area is dominated by the southwesterly coming from the Bay of Bengal. In the upper troposphere, the strength of easterly is also enhanced after the monsoon onset. As for the water vapor field, the water vapor content increases in the areas over South China Sea and Indo-China Peninsula during the monsoon onset. The water vapor in the South China Sea area is mainly transported from the Bay of Bengal since the cross equatorial flow and the out flow of the Pacific anti-cyclonic circulation do not merge in the South China Sea with the southwesterly from the Bay of Bengal.

**Key words :** South China Sea summer monsoon, Onset, Composite analysis, Water vapor transport.