

季風與台灣氣候

盧孟明

中央氣象局氣象科技中心

摘要

台灣位於季風明顯的區域，天氣型態隨著季風的節奏而轉變。本報告中，我們將特別從大尺度環流的季節轉變特徵的這一個觀點，來探討季風與台灣季候的可能關係，其中特別值得注意的是亞洲季風系統中的豐富區域性特徵。從環流基本特性來看，亞洲季風可以區分為三類：「南亞季風」、「東南亞季風」、「東亞季風」。三個季風系統隨著季節的轉變各有其獨特的性質，值得我們深入研究。

一、前言

王與鄭（1981）對台灣天氣之自然季節與大尺度環流系統的變化特性做過仔細的分析。他們的研究結果顯示，按亞洲地區之中低緯度（ $50^{\circ}\text{N} \sim 20^{\circ}\text{N}$ ）而言，自然季節可劃分為六季，即：秋季（9月第2候開始）、初冬（11月1候開始）、仲（後）冬（元月第1候開始）、春季（3月第1候開始）、初夏（梅雨季）（5月第1候開始）、仲夏（7月第4候開始）。在不同季節當中，500hPa高度場以及亞洲地區上之大氣厚度場均有明顯不同的特徵。分析了大量的台灣探空資料後，他們發現台灣地區亦有清楚之自然季節與亞洲季節相配，其中以台灣上空風場隨季節的變化最為有趣。台灣地區的對流層內低層風可清楚地區分出東北、西南與東南三大季風風系；而高層風系雖然按風向可區分成西、西北與東北三類，但是以西風而言有分屬高空極地西風及南亞高壓軸線北側西風兩類。另外，西北風是屬於西藏高壓系統東西向軸線北側，東北風則屬於西藏高壓系統東西向軸線南側。顯然地，深入了解台灣天氣之自然季節與全球尺度之主要環流系統變化關係，是研究台灣地區短期氣候變化特徵的基礎性之一環。

王與鄭（1981）的報告重點在於討論可作為

亞洲地區（特別是台灣）自然氣候的一些參考指標，對於自然氣候與大尺度環流特徵的關係則比較缺乏論述。（這裏大尺度環流筆者特別是指「亞洲季風」環流而言）。台灣位處於世界最大洋與最大陸塊交界處的亞熱帶緯度區，屬於世界上少數季風明顯的區域之一。按照 Ramage（1971）的定義，「季風區」必須滿足四項氣候條件。第一、1月與7月的盛行風向必須至少相差 120° ；第二、在1月與7月當中盛行風風向出現的時間比例必須分別超過當月的40%；第三、1月與7月的平均盛行風風速必須超過 3ms^{-1} ；第四、在 5° 經度與 5° 緯度圍成的範圍內，兩年當中在1月或7月間氣旋與反氣旋交替出現的次數不可超過一次。因此，季風區的主要特徵可說是該區在1月與7月低層的盛行風明顯但是瞬變擾動不明顯，並且1月與7月的盛行風有近乎反相之關係。根據這個定義以及王與鄭（1981）的結果，我們不難看出台灣的「季風」的確相當明顯。另一方面，Asnani（1993）指出，根據 Ramage（1971）的定義，西從 30°W （大西洋）起東到 170°E ，並南從 25°S 起北至 35°N 這一大塊區域之內應該都算是季風顯著的區域，其中包括了非、亞、澳三洲的部分陸地及東大西洋，熱帶印度洋和西太平洋的部分區域。Asnani（1993）進而建議「季風區」可以簡單地將它定義成介於比ITCZ所達最北緯度往北 5° 度及

所達最南緯度往南 5 度之北南邊界緯度之間的區域。若接受這一個定義，筆者認為也許在定義中應加上一個附帶條件，即 ITCZ 所達最北及最南的緯度至少相差 10 度，才能符合 ITCZ 有明顯的季節變化之條件。

Hastenrath (1985) 在他的著書中第六章對 ITCZ 的特性有非常詳細的描述。按熱帶對流 (Hastenrath 1985, Fig.6.1.5) 的特徵來看，滿足「ITCZ 所達最北及最南的緯度至少相差 10 度」這一條件的熱帶地區包括中南美洲、熱帶非洲、熱帶印度洋、印尼及中南半島之海洋性陸地帶等區。這個區域範圍與 Ramage 所定義的 (參 Hastenrath 1985, Fig.6.8.1.1) 大致上相符，主要的差異地區在中南美洲。參考 Hastenrath 書中的圖 6.1.3 及 6.1.4 以及前述季風區的定義方法之基本精神，我們清楚看到中南美洲季風區與亞洲和非洲季風最根本的差異處在於前者之 1 月與 7 月盛行風反相關係並不若後者那般明顯，有趣的是二者在 1 月與 7 月的高層 (200hPa) 風相位之轉變卻是同樣顯著。這種地域性的差異，反映出季風系統中對流與環流的關係並不單純。

在本計畫中，我們將根據大尺度環流的季節性轉變特性來說明亞洲季風與台灣氣候的基本關係，並討論亞洲季風系統的特有複雜性。這項研究工作目前仍在進行中，本篇報告僅就低層風場的部分進行討論，更為完整的討論將整理後另文發表。

二、資料

本報告所根據的資料是由國科會副熱帶資料庫所提供的 TOGA/BASIC Level III-b 格點資料，解析度為 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 。資料的時間範圍為從 1985 年 6 月 1 日至 1995 年 6 月 30 日止。在本報告中所用到的場量主要是在 850hPa 上的 5 日平均風場。文中的「氣候場」或「氣候值」是指從 1985 到 1995 的 10 年平均值而言。

三、ITCZ

在前章引言中我們將季風區的判定條件定義成：(1) 以緯度範圍而言是介於比 ITCZ 所達最

北緯度往北 5 度及所達最南緯度往南 5 度之北南邊界緯度之間的區域，(2) 以經度條件而言要滿足沿同一經度，ITCZ 所達最北及最南的緯度至少相差 10 度。在本章中我們將從低層風場的角度來討論符合以上標準的「季風區」之地理位置。在定義「季風區」時，我們關心的是氣候上可清楚定義出一個區域，因此我們將 ITCZ 定義成在熱帶或亞熱帶範圍內的南北向氣流之輻合區，也就是 v 的零值線，並且在零值線以北為 v 值的負區，以南為 v 值的正區。

將 850hPa 上的 v 按間隔 30 個緯度做一次東西方向的平均 (即 $0^{\circ} - 30^{\circ} E$ 平均, $30^{\circ} E - 60^{\circ} E$ 平均...依此類推)，畫出其在緯度與時間座標上的等值線後，我們立即看到 ITCZ 在不同的經度範圍內特性顯著地不同。ITCZ 最為明顯的地區在從大西洋橫跨非洲到印度洋 ($30^{\circ} W - 60^{\circ} E$) 的以熱帶非洲為主之區域。我們將 $30^{\circ} E - 60^{\circ} E$ 的平均圖表示在圖 1a。圖 1a 顯示從 4 月底及 5 月初開始，熱帶地區的南風開始迅速增強，並在 6 月與 7 月達到最強，同時在從 $20^{\circ} N$ 至 $30^{\circ} N$ 左右相對應的北風也同時增強。從 9 月底到 12 月，ITCZ 有明顯向南漸移的特性。類似的向夏季半球漸移的特性並沒有表現在從冬季轉入夏季的過程中，並且在南半球夏季 (12 月、1 月、2 月) 時，從冬季半球往夏季半球的 v 值較在北半球夏季時為小，並且極值在冬半球而非夏半球。與圖 1a 相對應的 850hPa u 的平均值表示在圖 1b 中。圖 1b 顯示從 4 月中開始，北半球熱帶地區的西風便開始增強，同時南半球的東風也開始增強。北半球的西風以 6、7、8 月為最強，而南半球東風維持的時間較北半球西風為長。從圖 1a 與 b 我們可以清楚看到，在熱帶地區 ($15^{\circ} S - 15^{\circ} N$) 低層風場隨季節轉變的變化是非常明顯的。而且，雖然以相位而言冬季與夏季的盛行風可謂是完全反相，但是在強度上因者季節的不同有極顯著的差異，不論是在那一個半球，北半球夏季時的盛行風要比北半球冬季時為強。另外，以「季節」的長度來看，按年循環而言冬季與夏季的長度比例並不相當，這種差異在南半球更是明顯。若南半球的夏季可按低緯地區吹西北風來定義，而冬季可按吹東南風來定義，則滿足夏季定義的月份大致上僅有 12、1、2 等 3 個月，而其餘的 9 個月均滿足冬季的定義。

以上所討論的這些季風特性隨著平均的經度範圍不同有極大的差異。因為篇幅的關係，我們在此不詳細討論。在與台灣氣候比較有直接關係的經度範圍內（ $90^{\circ} \text{E} - 150^{\circ} \text{E}$ ），依照 850hPa 的 v 所定義出的 ITCZ 在北半球夏季（5 月至 8 月）可說是無法辨視的。關於這一點在下一段中我們還會詳細討論。而在西半球，ITCZ 最清楚的經度範圍首推 $30^{\circ} \text{W} - 0^{\circ} \text{W}$ ，但是它的緯度變化範圍是在赤道附近（1 月）與 13°N （7 月）之間，與前面所討論的亞洲 ITCZ 的季節變化非常不同。另外，在太平洋上 150°W 往東至 120°W 之間 ITCZ 在北半球進入夏季之後愈發清楚，並一直延續到 11 月都相當的明顯。然而在東太平洋（ $120^{\circ} \text{W} - 90^{\circ} \text{W}$ ）上，ITCZ 只有在北半球冬季（10 月至 4 月）比較清楚，夏季並沒有明顯的輻合現象。

接下來我們特別針對 110°E 到 120°E 這個狹窄的平均經度範圍來探討季風與台灣氣候的可能關係。主要的重點在探究是否能區別台灣地區低層風場的季節變化與熱帶季風的異同。平均的 v 值表示在圖 2a， u 值表示在圖 2b 中。比較圖 1 與圖 2 後，我們立刻看到在亞洲大陸東岸的風場季節性變化與非洲東岸及印度洋一帶是截然不同的。以夏季而言，圖 2a 顯示台灣附近並沒有明顯如圖 1a 中所示的 ITCZ 結構，而在南海（ 10°N 附近）的西風分量加速和圖 1b 相比要稍晚，且 u 值的極大值出現在 7 月底左右，比西印度洋附近的極值出現的時間也稍晚。這種時間上的差異在 90°E 到 120°E 的平均圖（圖略）中也是同樣的明顯。

圖 2 所透露的最重要訊息如下。正如王與鄭（1981）分析台灣探空資料的結果，在台灣（ 25°N ）附近，低層風場隨季節的變化非常明顯，但是台灣的「季風」是屬於「東亞季風」系統，這個系統與「東南亞季風」系統及「南亞季風」系統都不相同，但彼此關係密切。在下一章中，我們將按 850hPa 風場定義「東亞」、「東南亞」及「南亞」三種季風系統的區別何在。

另外還值得提出注意的是，在前一章中曾討論到根據熱帶對流特徵可用以判定 ITCZ 的位置，其中 ITCZ 隨季節有明顯南北移動現象的地區也包括了印尼及中南半島之海洋性陸地帶。但是根據

850hPa 風場的特性，我們看到在北半球冬季，這些地區的確有明顯的 ITCZ 流場特徵，但是在夏季則缺乏北來的一支輻合氣流。這北支輻合氣流是在仲夏之後才出現的。

四、季風低層環流系統

圖 3a 與 3b 分別是 12 與 1 月及 6 與 7 月之平均 850hPa 流線場。將圖 1 至圖 3 對照來看，即可大致看出東半球之亞熱帶和熱帶風場的季節變化情形。在印度洋上風場的轉變正是我們所熟悉的南亞季風系統的特性。在北半球冬季， 5°S 左右的 ITCZ 清楚呈現，在印尼群島與澳洲之間也有明顯的 ITCZ。在北半球夏季，圖 3b 所表示出的範圍內 ITCZ 尚可辨出的地區可說僅有阿拉伯海與孟加拉灣的北端。另外，在青藏高原的位置有一輻合帶，雖因地形影響以致資料的準確性並不可信，但也多少反應出地形加熱效應對低層氣流有直接的影響。

按低層環流特性而言，「南亞季風」系統最能清楚地定義出來。印度洋上 12 月與 1 月介於 5°S 與 15°N 之間的逆時針旋轉環流系統及 6 月與 7 月間在同緯度範圍的順時針環流系統可分別稱為南亞冬季與夏季季風環流。中南半島與南海的地理位置介於西太平洋與印度洋之間，在 12 與 1 月低層吹東北風，而 6 月與 7 月低層吹西南風或南風。冬季的東北風是伴隨著北半球的亞熱帶（ 20°N 附近）高壓環流區，而夏季的西南風是伴隨著熱帶印度洋上的順時針環流。中南半島與南海這一塊區域的季風系統可稱為「東南亞」季風系統。有趣的是東南亞季風系統在盛夏與隆冬的時候比較難單獨將其環流系統定義出來，但是在春、秋等季節轉換的時期卻可以顯示出清楚的環流系統。在春季（3、4 月）時為高壓環流型態而秋季（9、10 月）時則為低壓環流型（圖略）。

台灣地區的風場與東南亞地區類似，也是介於西太平洋與印度洋的顯著環流系統之間。較為不同之處是不論是在 12 月與 1 月或是 6 月與 7 月，台灣幾乎均在亞熱帶高壓脊內，因而台灣的低層風場季節性變化就系統而言遠不如南亞季風或東南亞季風那麼明顯。參考圖 2a 可發現，圖 3a 中台灣上的 850hPa 反氣旋環流並不是在隆冬時達到最

強，而是在秋季時最強，並配合東南亞季風系統的低層南海低壓環流，在南海北部形成明顯的輻合帶（ITCZ）。此輻合帶從9月到11月有明顯的南移現象（圖2a）。

五、綜合討論

在本文中我們僅利用了10年（1985—1995）平均的850hPa風場來討論亞洲季風環流與台灣附近低層風場的關係，按照低層環流的特徵，亞洲季風系統可以大致上區分成「南亞季風」（印度季風）、「東南亞季風」與「東亞季風」三種不同卻彼此關係密切的系統。「南亞季風」系統最為完整，冬季與夏季的環流幾乎完全反相，但是夏季（北半球）的環流強度遠強於冬季。

「東南亞季風系統」介於南亞季風與西太平洋亞熱帶（或副熱帶）反氣旋環流之間，夏季時季風從印度洋經孟加拉灣吹往西太平洋與亞洲大陸，因此主要是西風或西南風。冬季時季風從北半球亞熱帶反氣旋之軸線南側吹向東南亞或經中南海島吹向印度洋，因此以東北風或東風為主。

「東亞季風系統」雖然在介於南亞季風與太平洋副熱帶高壓之間的這一個特徵上與東南亞季風系統非常類似，但是在與副熱帶高壓的關係而言，前者在氣候上總是離高壓脊軸線不遠，而後者主要在脊線之南方。另外，最有趣的是在秋季時兩個季風系統一北一南的排列，在系統界面形成明顯的ITCZ，並界面隨著進入冬季不斷地往南移。在春季時，兩系統之間又有明顯的輻散界面。東亞季風以反氣旋（西太平洋副高）反主，而東南亞季風可以以反氣旋軸線南側的東北風（在赤道附近形成跨赤道流）為代表。這些初步分析結果顯示，王與鄭（1981）所提出的將台灣之自然季節分為六季應是合理的，並仍需繼續進一步整理出台灣自然季節與全球尺度的環流季節轉變的關係。

六、參考資料

王時鼎，鄭俠 1981：台灣天氣之自然季節與冬季反常天氣之研究。中央氣象局研究報告 063號。

Asnani, G.C.1993：*Tropical meteorology*, Vol.1, Noble Printers Pvt. Ltd. 603pp.

Hastenrath, S.1988：*Climate and circulation of the Tropics*. D. Reidel Publishing Company. 455pp.

Ramage, C.S.1971:*Monsoon meteorology*. Academic Press, 296pp.

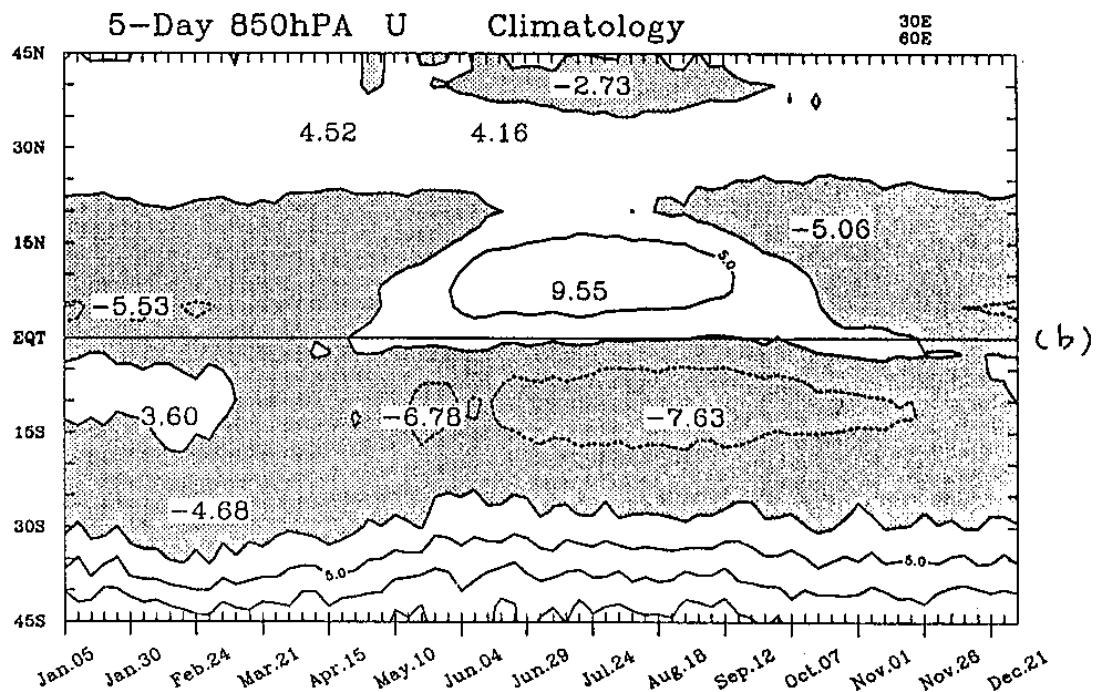
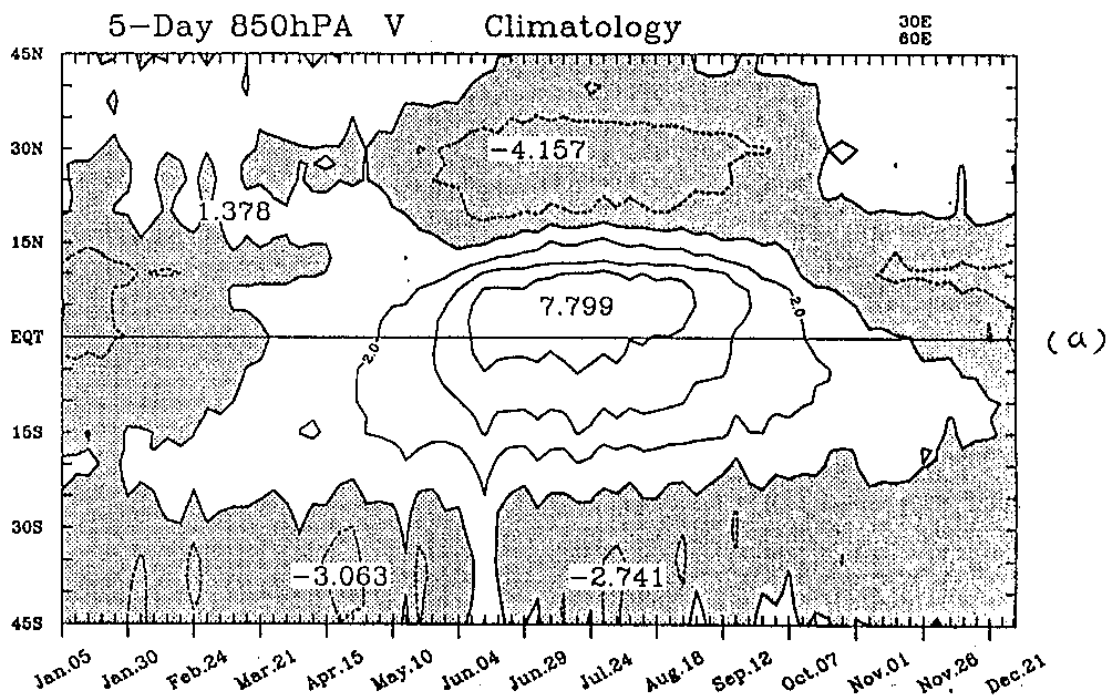
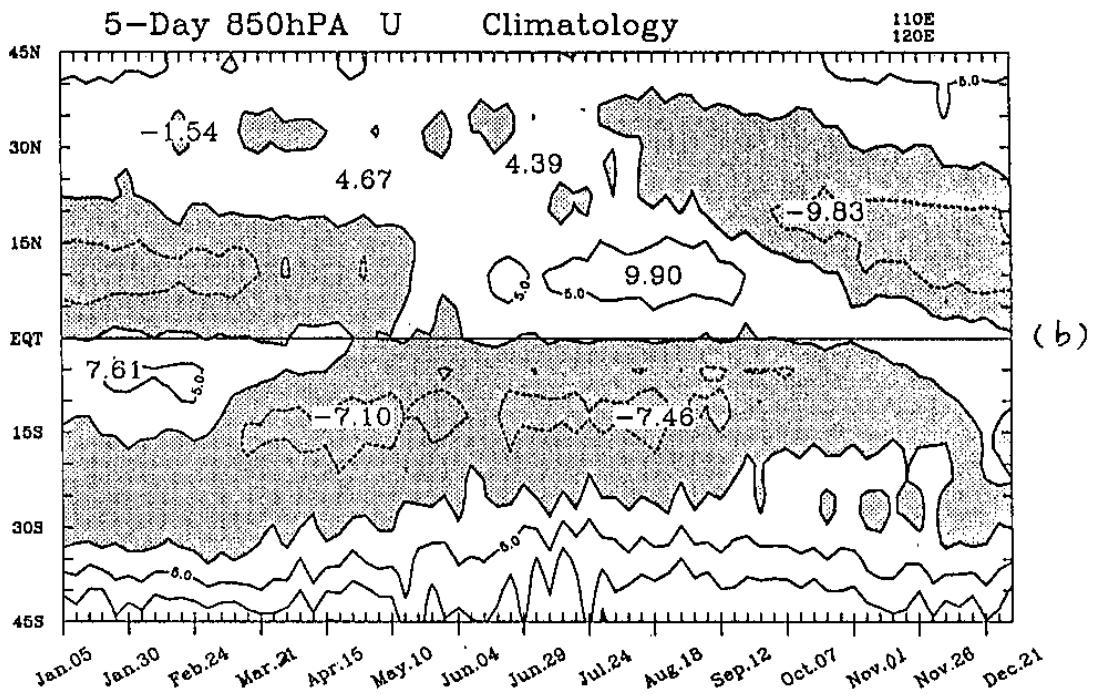
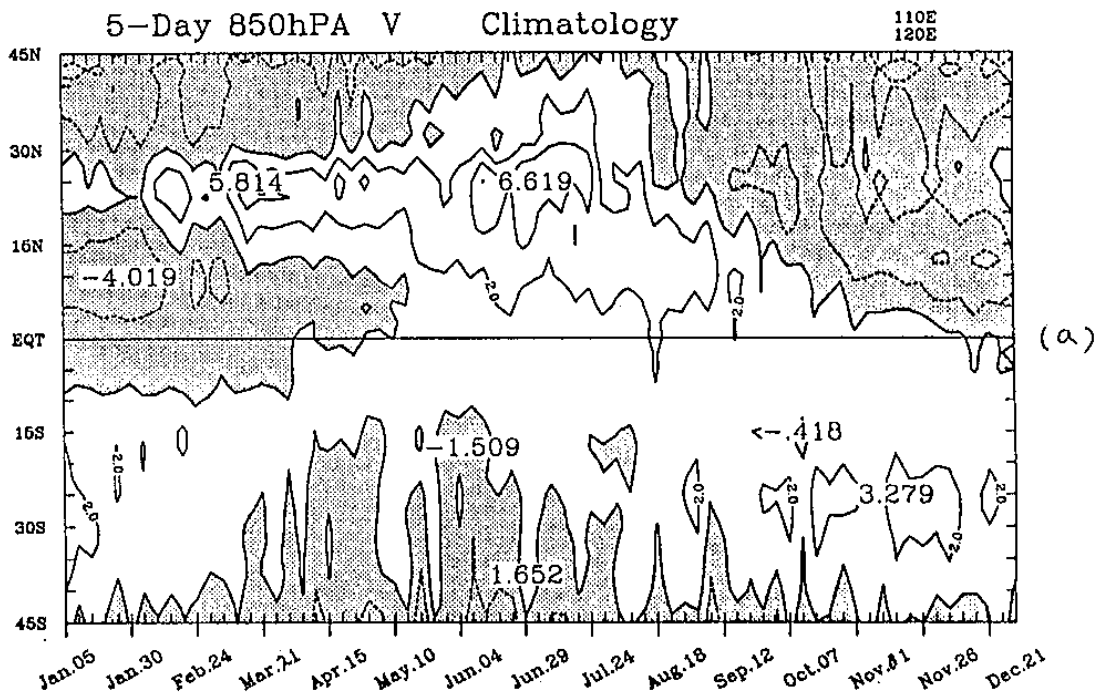


图 1.



2

Ten-Year Climate

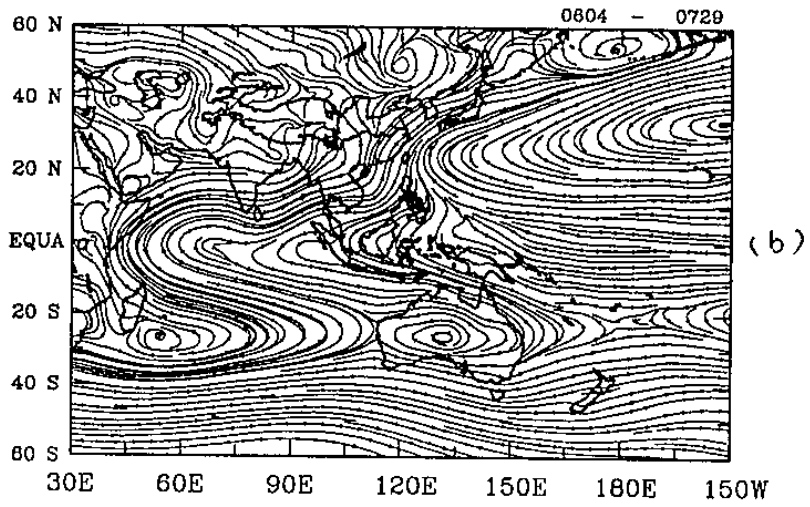
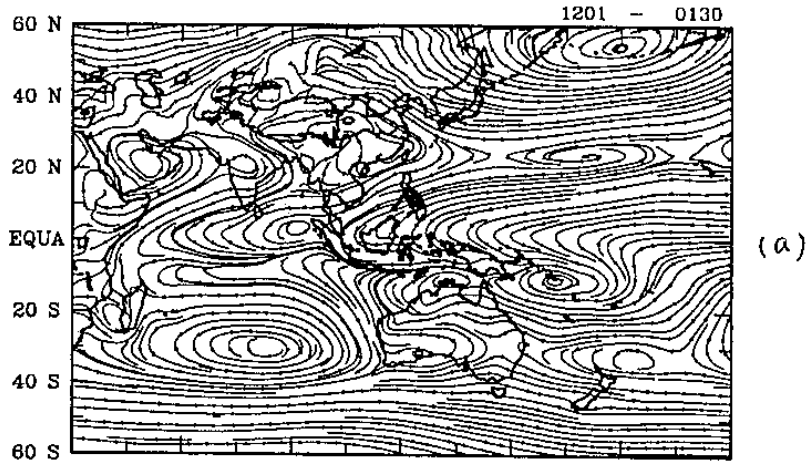


圖 3