

一九九六年五月至八月東亞及西太平洋地區高層水汽特性分析

潘 琦

氣象資訊中心

中央氣象局

摘 要

第五代 GMS 衛星於一九九五年六月正式進行例行觀測，其中新增的水汽頻道($6.5\mu\text{m}$ – $7.0\mu\text{m}$)資料乃代表中、高層大氣的累積水汽含量，可以迅速地顯現中高層水汽的分佈狀態。利用該資料密度相當大的特性($0.5^\circ \times 0.5^\circ$)，選取台灣為中心點的區域，即 $100^\circ\text{E} \sim 140^\circ\text{E}$, $10^\circ\text{N} \sim 40^\circ\text{N}$ ，以充分了解隨著時間台灣四週水汽的分佈情況。本報告的分析時間是一九九六年五月～八月，為春末夏初季節轉換和夏季時令，主要是梅雨和颱風時期。首先由各月平均水汽資料分析，是以七月份平均水汽量最高，空間分佈方面更可清楚地勾勒出西太平洋副高的位置（北跳、西進東退）和西南氣流於各月份發展差異的特徵。

再將整個區域劃分為五個小區，A: $100^\circ\text{E} \sim 120^\circ\text{E}$, $10^\circ\text{N} \sim 25^\circ\text{N}$, B: $120^\circ\text{E} \sim 140^\circ\text{E}$, $10^\circ\text{N} \sim 25^\circ\text{N}$, C: $100^\circ\text{E} \sim 120^\circ\text{E}$, $25^\circ\text{N} \sim 40^\circ\text{N}$, D: $120^\circ\text{E} \sim 140^\circ\text{E}$, $25^\circ\text{N} \sim 40^\circ\text{N}$, E: $110^\circ\text{E} \sim 130^\circ\text{E}$, $17.5^\circ\text{N} \sim 32.5^\circ\text{N}$ ，以突顯各小區域水汽統計上的特徵。分析結果顯示，海陸分佈的差異會造成各區水汽特性的不同。如 A 區的水汽含量最多，日夜變化特別明顯。B 區除了六月外，水汽分佈得最不均勻，小系統多。藉由低頻分析發現，A、B 二區都被深對流雲系布滿。C 區以 4～5 日波動最為顯著（特別是六月下旬～七月）。D 區的日夜變化最小，在一個月當中也比較缺乏極端的變化。而 E 區於六、七、八月日夜變化現象愈來愈顯著，且自六月中旬之後有二波季內振盪的現象。對於高頻分析，五區的結果也不盡相同。在這段時間，水汽的確存在明顯的地區性差異。

最後，以五日平均水汽資料探討東亞夏季季風問題，相對於季節變換，各系統的轉變也確切地反映在水汽資料的變化中，如副高、ITCZ、西南氣流……等，充分提供東亞及西太平洋地區夏季高層水汽分佈及演變特徵的訊息。本報告只是初步分析，日後期望更深入了解水汽頻道資料的特性，並應用於更完整的模式診斷工作上，加強模式的研發和改進。

一、前言

第五代 GMS 衛星於一九九五年六月正式取代第四代 GMS 衛星，進行例行觀測，其中新增的水汽頻道($6.5\mu\text{m}$ – $7.0\mu\text{m}$)(Japan Meteorological Agency, 1993)資料乃代表中、高層大氣的累積水汽含量（吳等，1995），可以迅速地顯現中高層水汽的分佈狀態。而由於此頻道的觀測不受太陽照射的影響，每小時皆可接收影像，藉此可以清晰地了解大氣中水汽循環的運動路徑及分佈，這對於地處亞熱帶也濱臨大洋的台灣而言，是非常有利和極其珍貴的資料。

中央氣象局於一九九五年六月開始接收 GMS-5 衛星水汽頻道的資料，由於本局的預報模式中完全

沒有用到水汽資料或其導出量，因此我們曾初步嘗試以該資料診斷中央氣象局全球波譜模式（陳等，1994）之分析與預報場對副熱帶高壓的掌握情形，同時大略瞭解水汽頻道資料分別與低層和高層風場的關係（盧與潘，1996）。另一方面，由於該組資料非常地新，且經座標轉換後，資料分佈密度相當大（每 0.5° 經度或緯度就有一個資料），因此在本報告中乃選取台灣為中心點，期望藉由該資料之特性，充分瞭解隨著時間台灣四週水汽的分佈情況。然而，梅雨和颱風分別列為台灣重要三大天氣系統之中，影響民生經濟甚巨，東亞夏季季風則是目前氣象界熱烈探討的主要課題之一（如 SCSMEX），至於夏季季風與梅雨，抑或颱風個數、路徑之間的關係亦為大家所關切的。鑑於此，本報告分析時間選取一九九六年五月～八月，主要是春末夏初季節轉換之際和夏季時令。在這段時間，ITCZ 等大氣環流

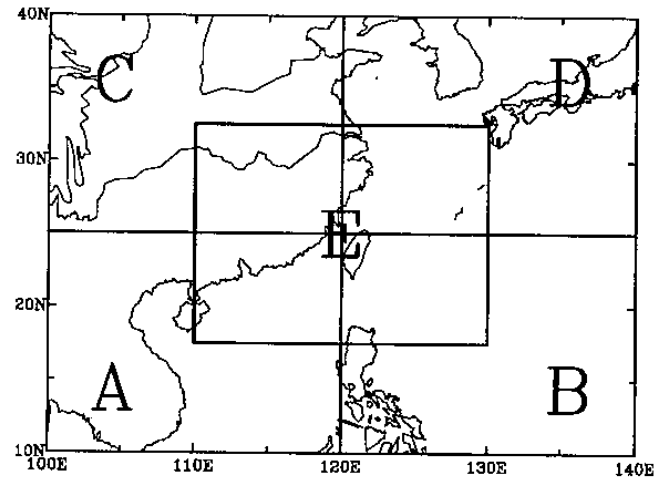
的逐漸北移、熱帶與中緯度系統的交互作用，台灣四週各受不同的因子影響，如熱帶和西太平洋海溫變化、季風系統之分佈及海陸分佈之差異……等，著實使得東亞及西太平洋水汽呈現不同地域特徵。因此，文中之分析範圍以台灣為中心，在經度上從 100°E 到 140°E，緯度則自 10°N 到 40°N；其中再細分為五個小區域，以便於探討水汽運動和分佈的區域特性，這五個區域（如圖一所示）範圍分別是 A 區：100°E ~ 120°E，10°N ~ 25°N，B 區：120°E ~ 140°E，10°N ~ 25°N，C 區：100°E ~ 120°E，25°N ~ 40°N，D 區：120°E ~ 140°E，25°N ~ 40°N，E 區：110°E ~ 130°E，17.5°N ~ 32.5°N。前四區各是以台灣為主的四個象限位置，E 區則是以台灣為中心，經、緯度與其他四區相同大小之區域。

整體而言，吾人嘗試以水汽資料來分析探討東亞夏季季風問題，是目前異於一般學者以各季風相關系統的移動和分佈配置關係之角度。此外，文中藉由簡單的統計分析，再進一步了解水汽頻道資料的特性，並對其加以應用，亦是本文分析的目的之一。報告主要分為四個部分，第一部分描述五月~八月四個月份及各月份中水汽資料之分佈特徵。而第二部分則著重分析該資料之區域性特徵，分別針對五個區域討論，包含基本統計、低頻及高頻變化等。第三部分探討東亞夏季季風與高層水汽之相關特性。最後一部分則是綜合討論並總結。

二、水汽資料之月平均特徵

水汽的原始資料是由 256 灰度值表示，灰階之值愈大，代表垂直積分的水汽愈豐沛。本文分析是直接以此原始資料作計算，並比較其相對地特徵。在這一部分是以 100°E ~ 140°E，10°N ~ 40°N 整個區域為討論範圍，著重在五月~八月這些月份月平均水汽分佈的變化。

表一為上述區域水汽五~八月及各月份平均值，前面已提及吾人是直接以此原始資料（256 色階）作計算，實際上該值與雨量、相等溼度……等之關係，並未再作深入的比較，因此只針對原始值探討其間相對地乾、濕對比。由表一可知 100°E ~ 140°E，10°N ~ 40°N 整個區域五~八月四個月平均水汽值為 218.1，五月到七月個別月份之月平均值則是逐漸增加，八月之月平均值又下降，大小和五月之月平均值相當。此一數據顯示與我們所熟知的東亞及西太平洋地區夏季氣候演變是一致的：五月份仍為春夏轉換之際，南、北天氣系統之勢力勢均力敵，互相腳力；六月份東亞及印度夏季季風陸續肇始，繼而為該區帶來旺盛的水汽；七月份南邊系統更往北發展，華北、日本……等地區進入梅雨期，使得整個區域平均水汽量增加；八月份系統又



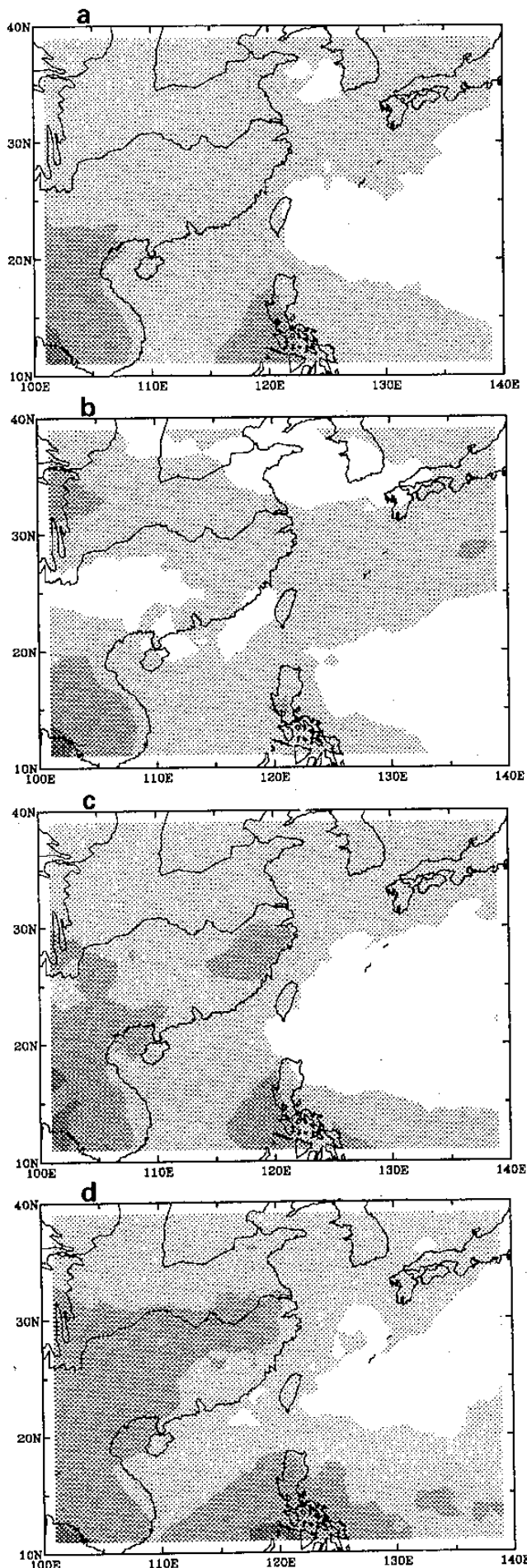
圖一：整個分析區域 100°E ~ 140°E、10°N ~ 40°N。再分五個小區域，分別是 A: 100°E ~ 120°E、10°N ~ 25°N，B: 120°E ~ 140°E、10°N ~ 25°N，C: 100°E ~ 120°E、25°N ~ 40°N，D: 120°E ~ 140°E、25°N ~ 40°N，E: 110°E ~ 130°E、17.5°N ~ 32.5°N。

逐漸南退，水汽平均值自然減小。當然，在這時期，颱風個數及其所帶來的影響（雨量……等）對於該區的水汽量也有相當程度的貢獻。

對於 100°E ~ 140°E，10°N ~ 40°N 這塊區域，表一給予我們水汽“量”變化的概念，接下來則要討論水汽月平均空間分佈的特徵。圖二 a ~ e 依續是五~八月平均及五、六、七、八各月月平均水汽空間分佈圖，圖中陰影愈深區域表示該區垂直積分的水汽含量愈豐沛，但僅標示出色階高於 176 的資料，陰影最深部分的色階約於 241。從五~八月的平均圖來看（圖二 a），台灣右側有一舌狀的乾燥區，自太平洋橫向台灣，此應為太平洋副熱帶高壓，圖中清楚顯示一九九六年五~八月平均副高位置，恰巧籠罩台灣東北部分，這也是台灣很難去定義梅雨指標的原因之一，端賴副高脊的位置，同時全省在雨量上亦難有一致的表現。另外，在中南半島和菲律賓附近海域有較多的水汽（陰影較深），應是夏季季風期間來自孟加拉灣一帶旺盛的西南氣流，以及熱帶、西太平洋之跨赤道流，可再從圖二 a 之左下角最深陰影區得知，在其西、南側水汽應更豐沛（印度、孟加拉灣……等地區）。

	MAY	JUN.	JUL.	AUG.	MAY-AUG.
MEAN	217.2	218.3	219.6	217.2	218.1

表一：一九九六年區域平均 GMS-5 水汽頻道資料，區域範圍為 100°E ~ 140°E、10°N ~ 40°N。水汽資料之原始資料以 256 灰度值計。



圖二 b ~ e 分別是五~八月各月份之月平均水汽分佈，其中已完全看不出如颱風等較短週期的系統，所顯現的乃是季風週期的系統特徵。首先就副高系統討論，可清楚看出五~七月份（圖二 b ~ d）副高逐月北抬，不過七月份（圖二 d）副高南側是比六月向北移動，但其北側則未北進，同時副高脊向東退，平均上來看，其南北位置是與五~八月平均（圖二 a）之副高位置相當，至於八月份（圖二 e）副高又南退了。對於上述副高變化之現象，可以說是一九九六年夏季天氣系統之重要特徵，六、七月份副高就近乎停滯狀態於 25°N 左右之位置，並未如往年持續地北跳，這是一個非常值得繼續追蹤的問題，大氣環流是否亦異於往年，而有不同的表現。另一方面，從較深的陰影區，即水汽豐沛區的分佈，各月份也不盡相同。五月份（圖二 b）水汽較豐沛區分佈在中南半島和隴西高原，其次潮溼區呈現南、北二區域分佈，此時北方仍不時有鋒面系統南下，南方系統亦未有相當程度的北進，由圖看出，南北交會地區乃在台灣附近地區，是謂台灣的梅雨季。六月份（圖二 c）西南系統明顯向北發展，另外華中地區亦有一水汽豐沛區，應是華中、華南之梅雨。隨著副高的北進，菲律賓群島附近也為另一水汽豐沛區。到了七月份（圖二 d），中南半島至江淮地區皆擁有相當豐沛的水汽，西南氣流再次向北發展，不過，中南半島的水汽量並未因西南氣流的北進而增加，而西太平洋地區在本月份也湧進相當多的水汽，應伴隨副高、ITCZ 的北移，此地區海溫的變化也會促使水汽的增加。圖二 e 則為八月份的水汽空間分佈圖，圖中顯示季風系統的南退，整個北方呈現相當乾燥的，此一現象應與副高偏南態勢有關。而受副高的籠罩，台灣上空大部分很乾淨，該月份平均起來是偏乾的。日本南部及其附近海域則是潮溼區。

圖二：一九九六年月平均水汽頻道資料。水汽資料之原始資料以 256 灰度值計，圖中僅標出灰度值高 176 的資料，陰影最深部分相當於灰度值 241。(a)五月~八月，(b)五月，(c)六月，(d)七月，(e)八月。

表二：一九九六年 A ~ E 區月均水汽頻道資料統計分析。MEAN 為區域平均值，MAX 為該區在定義時間中出現過的最大值。(MAX-MIN)為最大和最小值差距。SDE 為標準差。D.V. 為每日 00Z 和 12Z 資料差值，再計算月平均和區域平均。A ~ E 區定義如圖一。

Mon.	MEAN					MAX					MAX - MIN					SDE					D.V.				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
MAY.	218.8	215.2	217.5	217.3	217.0	242.0	242.0	241.0	241.0	242.0	47.0	51.0	48.0	49.0	47.0	7.99	8.30	6.72	7.25	7.45	-1.06	-1.16	-3.8	-2.8	-2.1
JUN.	220.9	216.1	219.1	217.3	217.3	242.0	242.0	241.0	241.0	241.0	43.0	44.0	46.0	49.0	47.0	7.76	6.67	6.75	7.29	7.21	-1.52	-3.5	-8.7	-0.1	-7.6
JUL.	222.1	218.9	220.4	216.8	218.4	243.0	243.0	241.0	241.0	242.0	40.0	44.0	156.0	59.0	157.0	7.98	9.01	7.10	6.86	7.90	-1.68	-6.8	-1.45	.30	-1.03
AUG.	221.4	217.4	215.3	214.8	216.7	242.0	242.0	241.0	241.0	242.0	45.0	115.0	51.0	50.0	50.0	8.05	8.25	8.25	7.18	7.85	-1.78	-4.8	-9.3	.21	-1.06
MAY-AUG.	220.8	216.9	218.1	216.5	217.3	243.0	243.0	241.0	241.0	242.0	48.0	116.0	156.0	59.0	157.0	8.04	8.23	7.48	7.22	7.64	-1.51	-4.2	-9.0	.05	-7.6

經由表一和圖二的分析，可得知東亞及西太平洋地區於一九九六年五月~八月月平均水汽空間變化之特徵，特別是將東亞夏季季風在各個月份演變之空間分佈差異特性清楚地呈現出來，這是異於一般在探討季風主題時，以該時期相關天氣系統位置分佈的方式。而華中、華北地區於八月月平均水汽分佈是呈現相當乾燥的，為一九九六年夏季的特殊現象，與一般概念相當的不同，是值得再深入探討的。此外，由圖二可以明顯地發現，其實在不同的區域，各自又有不同的水汽演化，如台灣的東側和西側，就有相當程度的水汽變化差異存在。因此，在水汽頻道資料分佈相當密的前提下，應用其濃密的網格資料之優點，在下一個部分，將探討水汽資料區域性的特徵。

三、水汽資料之區域性特徵

衛星水汽頻道資料具有資料密度大($0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$)的優點，因此，可以應用其特性，縮小分析的範圍，經由一些簡單的統計分析，探討五月~八月這段期間各區之水汽運動特徵，也同時反映了東亞及西太平洋地區中仍存在一些區域性的變化差異。以下的討論皆分為五個區域，主要是以台灣為中心點，A ~ E 區之定義如前言中所敘述及圖一所示。處理方式是直接以原始水汽資料（即 256 灰度值）做計算，每天有 00Z 和 12Z 二個時間的資料。

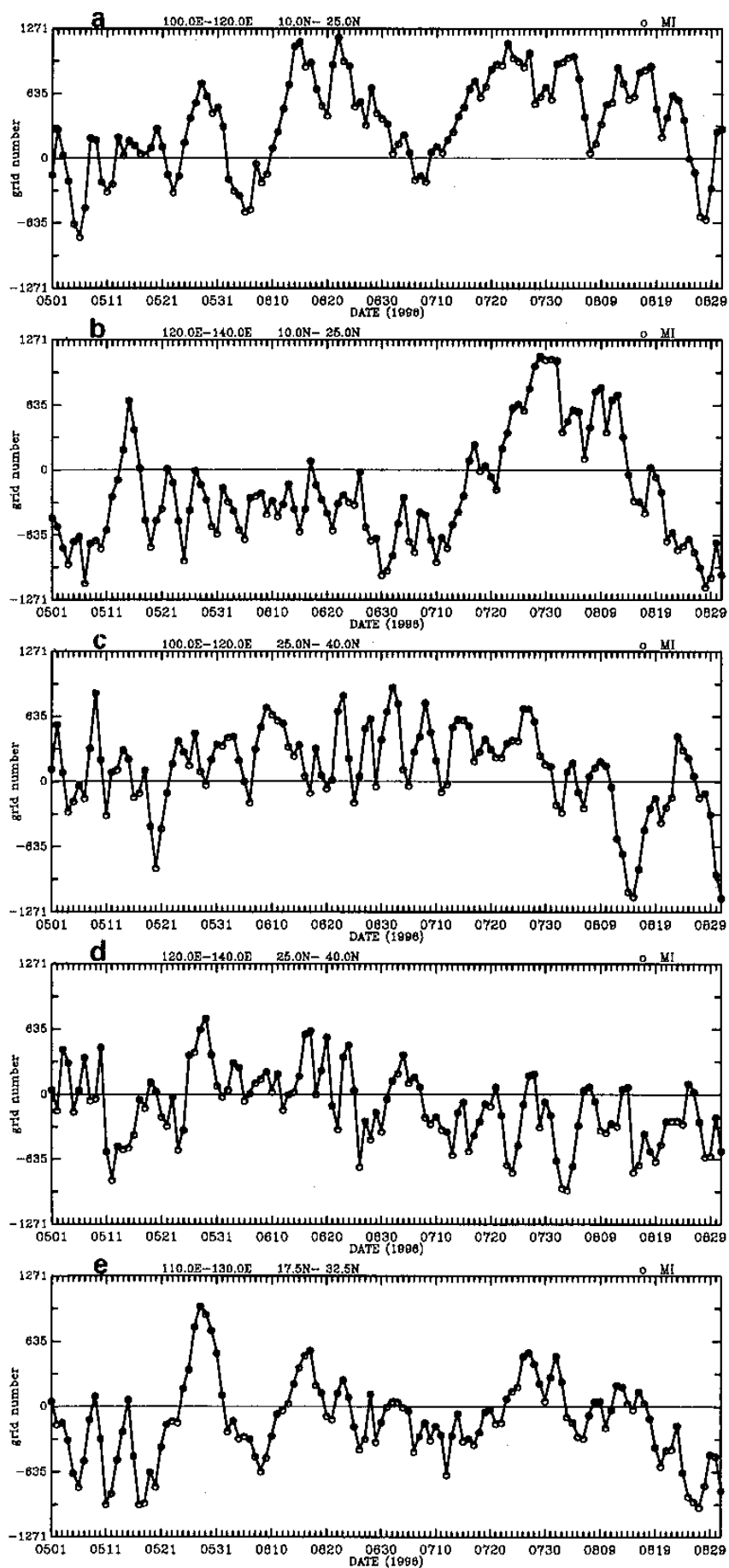
1. 基本統計

表二為各區月平均的區域平均(MEAN)，各月出現之最大值(MAX)，最大值與最小值之差距(MAX-MIN)，標準差(SDE)及日夜變化(D.V., 即 Diurnal Variation)，其中月平均日夜變化為每日 00Z 減去 12Z 之資料，再續做區域平均及月平均。

首先就各月平均水汽值(MEAN)來看，五區中無論是那一個月份，其月平均值皆以 A 區為最高，最低值則於五、六月出現在 B 區，於七、八月出現在 D 區，至於五~八月整個時間平均結果，最低值仍落

在 D 區。而其中我們發現皆出現過月平均最低值的 B、D 區有一共通性，那就是二區域海洋占其大部份的比例，相較之下，另三區陸地分佈較多，另一現象則是 A 區的海陸比例相當的情況下，相對地月平均水汽量最多。MAX 值，表中顯示各日之 MAX 值皆出現在七月，顯然七月是水汽最豐沛的月份。對於(MAX-MIN)這部份可知 A 區在一個月當中水汽的變化最小(各月份的(MAX-MIN)值與其它區比較均為最小)，其次是 D 區。相較於 A、D 二區，B、C、E 三區的水汽在一個月當中有比較明顯的極端變化，如 C、E 二區在七月及 B 區在八月，水汽皆出現顯著的變化((MAX-MIN)>100)。在 SDE 方面，B 區除了六月份外，其餘月份皆為其它各區之最大值，顯然 B 區的水汽分佈最不均勻，小系統多。至於月平均水汽日夜變化(D.V.)顯示 A 區的水汽日夜變化特別顯著，表現出陸地對日夜變化的作用。而 B 區的日夜變化是比 C、E 二區來得不明顯，D 區則是水汽日夜變化最小，且最不規則的，表示西太平洋上高空水汽之分佈隨緯度不同而有明顯的差異。另外值得一提的是 E 區雖在五月時日夜變化不明顯，但六、七、八月該現象愈來愈顯著。

由表二基本統計數據可知，一九九六年五~八月東亞及西太平洋地區水汽變化特徵是以 A 區的水汽含量最豐沛，該區涵蓋了南海、中南半島地區，主要有東亞及印度夏季季風陸續肇始，旺盛的西南氣流致使整個大氣層偏溼，富含水汽，也由於持續不斷的水汽供應，因此 A 區在一個月內的水汽變化不大(由(MAX-MIN)和 SDE 的表現)，至於六月月平均 SDE 為五區之最大值，卻也是 A 區自身与其它月份比較下的最小值，此意味著六月份各區水汽分佈較均勻，小系統少，並非 A 區水汽量變化特別大。此外，A 區尚有日夜變化非常顯著的一個特徵。然而，相對於各區，B、D 二區中層大氣是偏乾的，尤其是 D 區為一持續性的乾燥區，在一個月內時間和空間的水汽變化量小(由(MAX-MIN)和 SDE)，且日夜變化最不顯著。B 區在七、八月時水汽含量比五、六月時增加，應是受南方系統的影響，唯水汽在該區空間分佈最不均勻(SDE)，平均起來仍相對地



圖三：一九九六年五月~八月（00Z 和 12Z 平均）MI 時序分析。
MI = 水汽資料灰度值（218 ~ 243 的網格點數）-（217 ~ 192 的網格點數）。若 $MI > 0$ ，表示該區具有深對流性質的區域較大，反之則否。(a)A 區，(b) B 區，(c)C 區，(d)D 區，(e)E 區。

偏乾。另一特殊現象是 C、E 二區在七月份皆出現顯著的水汽變化 ($(MAX-MIN)>100$)，同時 B 區於八月份亦有類似情況出現。

2. 低頻特徵

首先將水汽頻道資料做日夜平均(00Z 和 12Z)，鑑於各區月平均值(參考表二 MEAN)差異不大(以灰度值論)，於是以 $100^{\circ}E \sim 140^{\circ}E$ 、 $10^{\circ}N \sim 40^{\circ}N$ 全區範圍五~八月四個月平均值 218(參考表一)為乾溼界定點，再根據表二中五區出現最大值 MAX 為溼點的上限，即 243，由此定義出深對流為灰度值 218~243，而 217~192 為淺對流，小於 192 者則不予考慮，以下定義一水汽指標 MI(Moisture Index)。

$$MI = (\text{深對流點數}) - (\text{較淺對流點數})$$

再分 A~E 區五個地區(每 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ 為一網格點)，做各區 MI 的時間序列，如圖三所示。

圖三是以 MI 來認定區域平均的乾、溼，若是 $MI>0$ ，表示該區具深對流性質的網格點數較多，應屬潮溼區；反之，則表示該時間此區較淺對流雲系所佔比例較多。首先探討 A 區水汽之低頻特徵(圖三 a)，圖中顯示 A 區在五月~八月這段期間整區被深對流雲系布滿，分別有明顯的幾波水汽，如五月下旬(約 5/23 以後)、六月中旬(約 6/12 以後)及七月中旬以後，其中五月下旬和六月中旬依序可以說是東亞夏季季風和印度夏季季風的肇始，水汽頻道資料可將此現象特徵清楚的表現出來。B 區(圖三 b)則在七月中、下旬之後，深對流雲系居多，以整個時間序列來看，B 區雲系空間分佈特徵極為不同(五、六月和七、八月的明顯對比)，再加以配合 A 區(圖三 a)分析，五、六月份 A 區一波波的水汽，並未傳至 B 區，而七月中旬之後，可以說 $10^{\circ}N \sim 25^{\circ}N$ (A、B 區)發展極佳的深對流，中層大氣水汽含量大增，此時而伴隨整個熱帶系統、大氣環流的北移，與圖二 d、e 結果一致的。關於 C 區(圖三 c)並無某段時期特別明顯深、淺對流雲系分佈的對比，反而是約在六月下旬到七月期間，似有 4~5 天的波動現象。而八月中旬以後，較淺的對流雲系居多，由圖二 e 八月月平均水汽空間分佈也可印證，這個現象非常的特殊。再看圖三 d，平均來說 D 區以淺對流雲系偏多，亦無明顯的深對流雲發展旺盛時期。E 區(圖三 e)在五月下旬有一波水汽，當時台灣地區是受鋒面和凱姆颱風及其外圍環流影響(月長期天氣展望，第 311 號)，若再比較圖三 a 則知上述特徵乃與 A 區該時期的變化是同步的，此時期可稱為台灣地區的梅雨期，凱姆颱風應受大尺度環流影響，被牽引向台灣。而 E

區自六月中旬之後，則有二波季內振盪的特徵，約四十天左右。

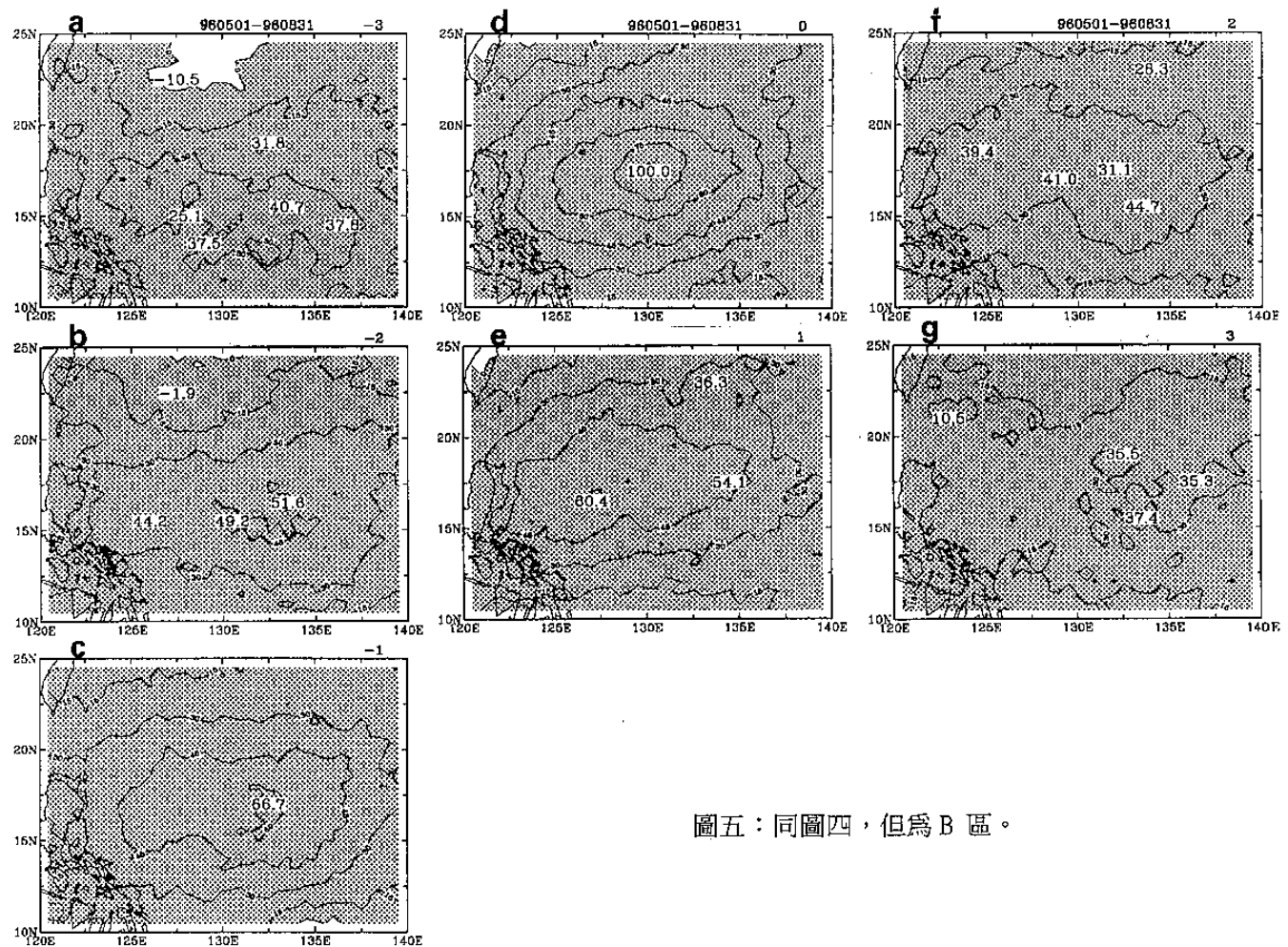
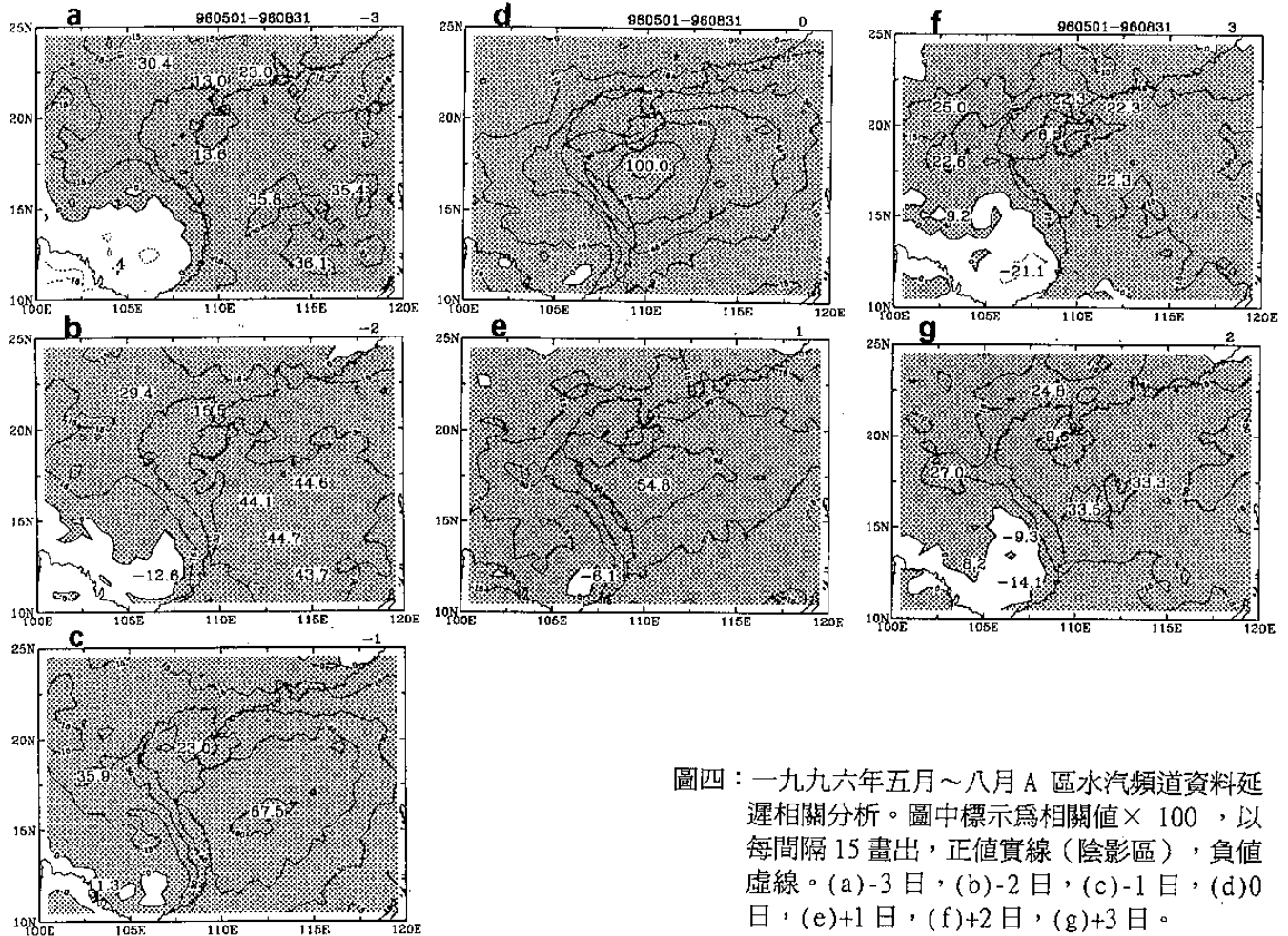
3. 高頻特徵

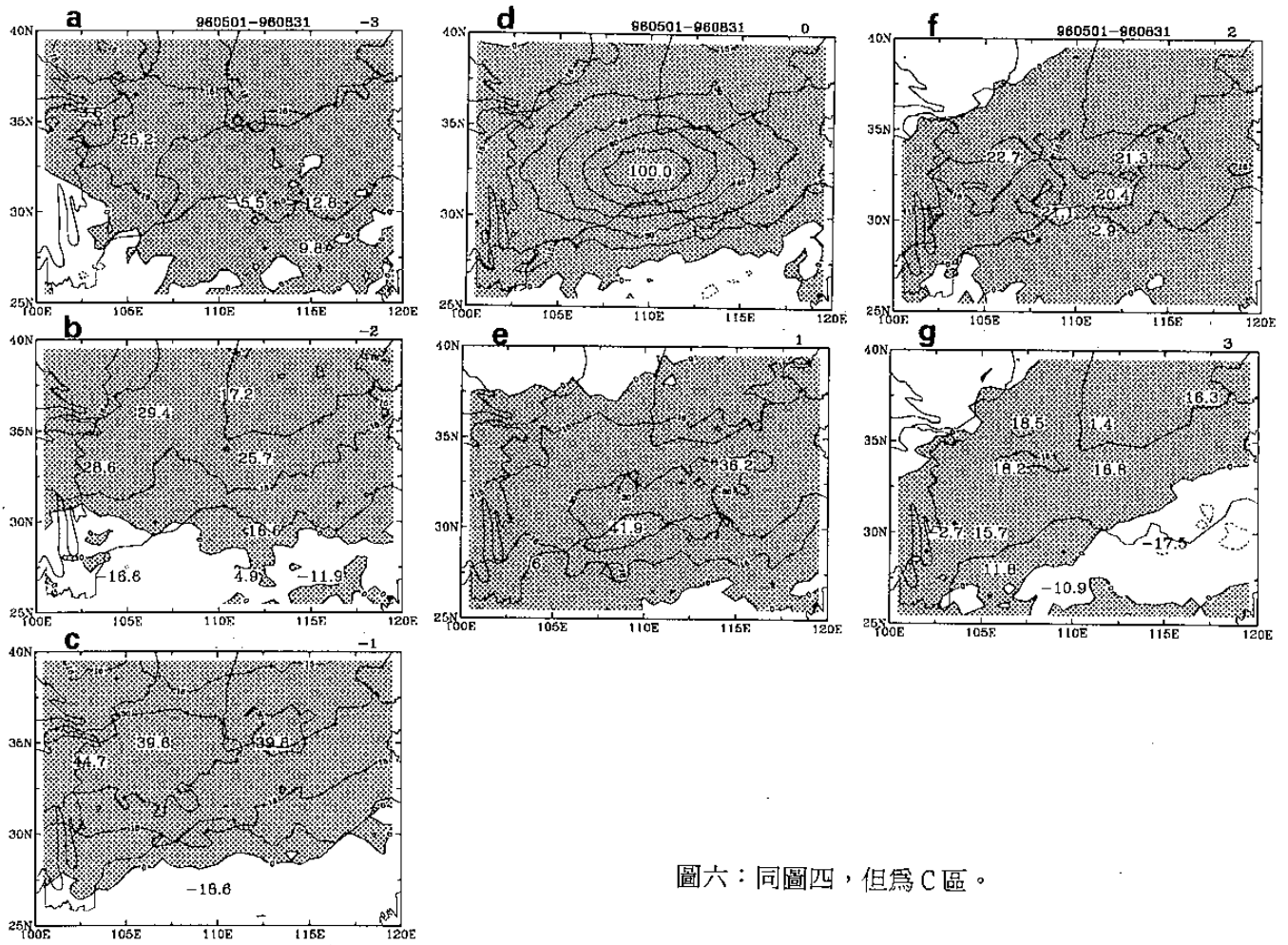
接下來探討 A、B、C、D、E 五區的高頻特徵，分別計算其延遲相關(lag correlation)。方法是取每一區之中心點為參考點(reference point)，並將水汽頻道資料作日夜平均(00Z 和 12Z)後，計算 -3 天~+3 天之延遲相關關係，繪出相關圖。圖四~圖八則分別是 A~E 區五區域水汽的延遲相關分析，圖中陰影區表示與參考點為正相關關係，空白則表示是負相關。

圖四 a~g 為 A 區五~八月平均 -3 天~+3 天之延遲相關分析，參考點為 $110^{\circ}E$ 、 $17.5^{\circ}N$ 。在 -3 天的延遲分析(圖四 a)中顯示約於 $17.5^{\circ}N$ 的南側，分別有一對稱的正、負相關對稱， $110^{\circ}E$ 以東，即南海地區有一正相關分佈，以西，即位於中南半島西南位置，則是一負相關分佈。接著在 -2 天(圖四 b)和 -1 天(圖四 c)的分析中，上述正相關區逐漸向西北方向擴展，同時在 -1 天時，該區中心又發展一相關性更高的區域(正相關 >0.5)，而其西側的負相關分佈，卻逐漸地變小，看似向西南方向移動。在 0 天(圖四 d)時，整個區域就完全為一以參考點為中心的正相關分佈，可視為該分佈向西北移動，範圍達中南半島，其北側則不超過 $22.5^{\circ}N$ ，同時相關性亦增加。在 +1 天(圖四 e)、+2 天(圖四 f)和 +3 天(圖四 g)的分析，此一明顯正相關分佈逐漸變小，相關程度減小，同時向東北方向移去，而中南半島上又再度陸續出現一負相關分佈。

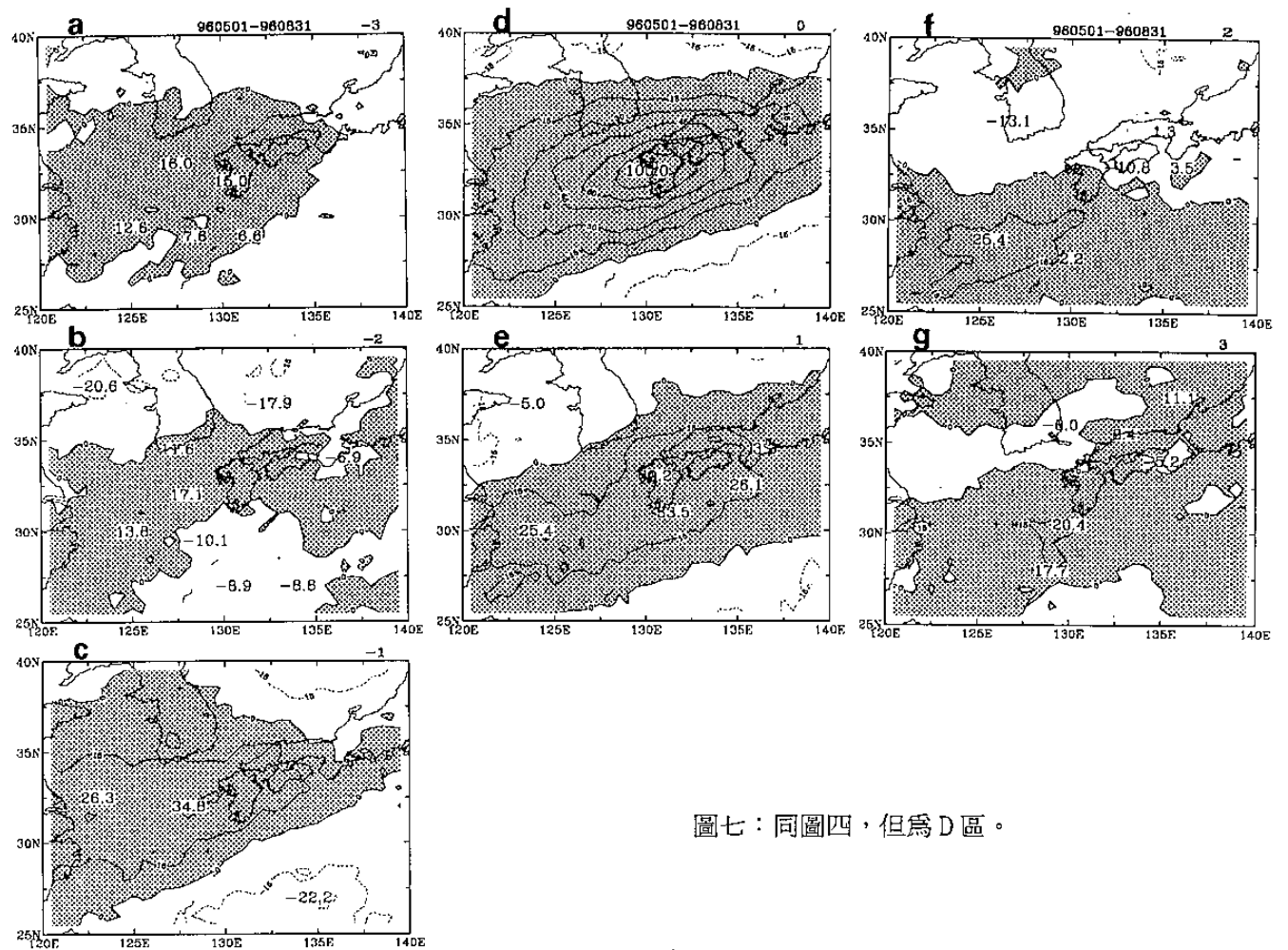
B 區的參考點為 $130^{\circ}E$ 、 $17.5^{\circ}N$ ，首先在 -3 天(圖五 a)的分析中顯示一正、負相關分佈，乃是南、北方向位置關係，異於 A 區的特徵，正相關分佈平均在 $18^{\circ}N$ 以南，負相關分佈則較小範圍，約在 $22.5^{\circ}N$ 以北， $127.5^{\circ}E \sim 132.5^{\circ}E$ 之間。接著 -2 天~0 天的分析(圖五 b~d)顯示，上述正相關分佈範圍逐漸擴大，相關程度增加(到達 1.0)，並向北、東北方向傾斜移動。之後 +1 天~+3 天(圖五 e~g)，該分佈則向東南方向移動，並伴隨區域相關程度的減小，而負相關分佈則不會再出現。另一特殊現象是，在此分析中，台灣地區不會達到 0.2 的相關程度，顯然台灣在五月~八月這段時間受其東南側的天氣系統影響較小。

C 區的參考點為 $110^{\circ}E$ 、 $32.5^{\circ}N$ ，該區較大相關分佈是由東北、北方向南移動(圖六 a~c)，在 0 天(圖六 d)時，為以參考點為中心的橢圓圖形，相關程度亦達最大(1.0)，之後 +1 天(圖六 e)的分析中，此正相關分佈範圍變小，自此後就消失





圖六：同圖四，但為C區。



圖七：同圖四，但為D區。

了，而由正負相關的位置配置，-3 天~0 天（圖六 a~d）中，是呈現南、北分佈，唯負相關區不大，+1 天~+3 天（圖六 e~g）則逐漸演變為西南—東北的傾斜走向，正相關分佈被夾在中間。此現象顯示 C 區平均來說，先受北方影響，其後則是受西南系統的影響。

D 區是以 130°E, 32.5°N 為參考點，該區的負相關分佈可說是各區負相關區最大者，其正相關分佈亦有西南—東北走向的特徵（圖七 a~e），且大多被夾在中間。+2 天（圖七 f）則是正、負相關位置呈南、北對稱，到了+3 天（圖七 g），正相關區範圍變大了。

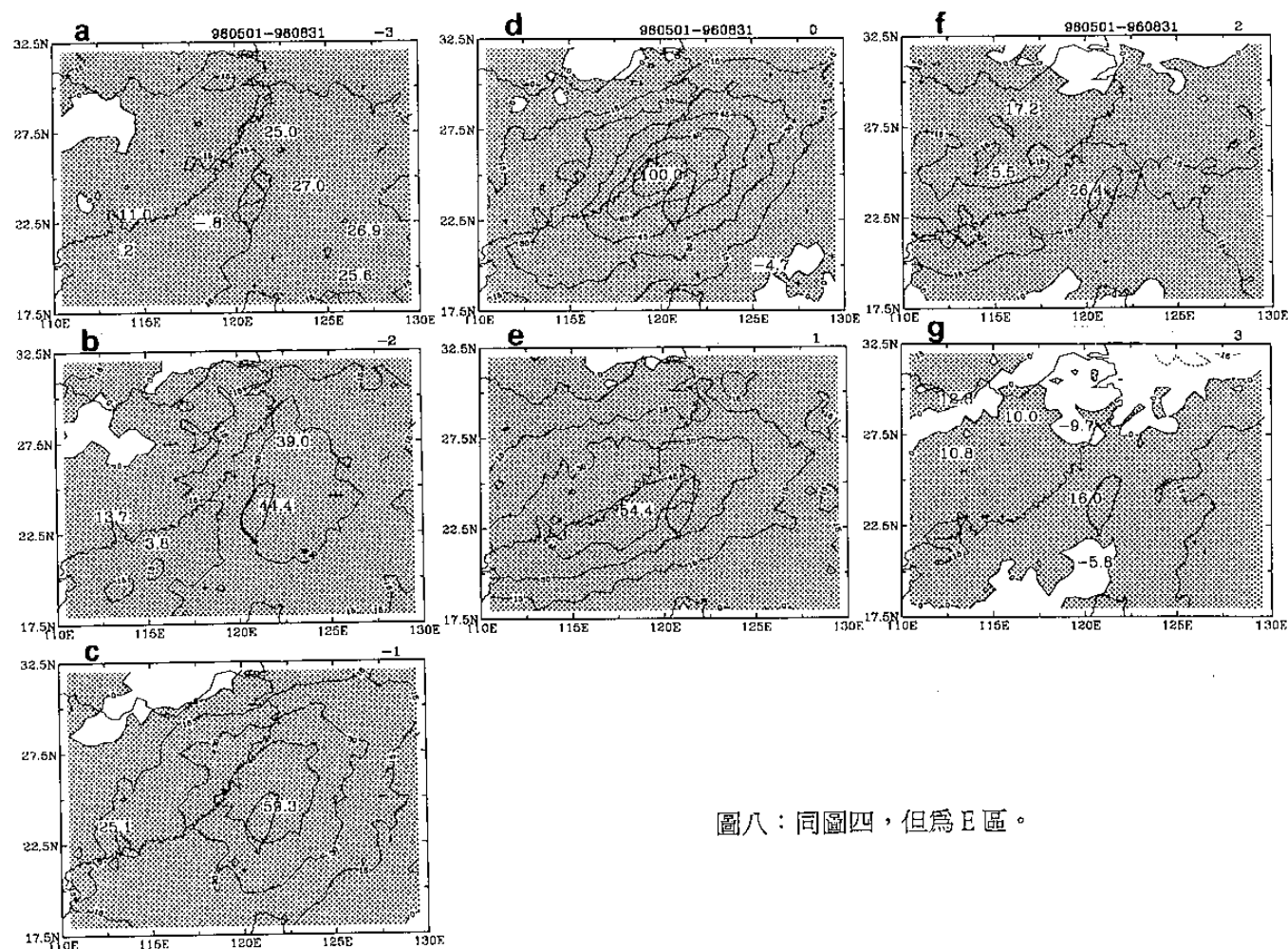
圖八是 E 區的延遲相關分析，參考點取 120°E, 25°N。該日除了+2 天（圖八 f）和+3 天（圖八 g）的分析顯示負相關區較大之外，其餘各子圖皆以正相關區域分佈居多。而台灣地區在-2 天到+2 天（圖八 b~f）恰有一顯著正相關的分佈經過，由東北向西南方向移動，形狀也不同于其他四區之正相關圖形形狀，尤其是-1 天到+1 天（圖八 c~e），有大於 0.5 的相關分佈，這可代表台灣地區五月~八月水汽的高頻變化特徵，結果非常有趣，日後將再進一步討論。

四、東亞夏季季風與高層水汽

由於本報告所選取時間為五月~八月，對於東亞及西太平洋地區來說，最明顯的季節性特徵就是東亞夏季季風，各系統（副高、西南氣流、ITCZ……等）隨著時間而逐漸向北發展，關於季風主題，已經有許多學者做了深入的研究。在這個章節，將以水汽的角度，探討東亞夏季季風與高層水汽演變的關係，而不同於以往討論的角度。

資料處理方面，首先將每日 00Z、12Z 二次資料作日平均，再取每五日平均，時間自 5 月 1 日到 8 月 28 日，如表三所示，分別給予代碼 1~24。

在每五日平均下，每一個網格點都有 24 個水汽平均值，分別代表不同日期下（如表三）所平均的結果。圖九為各網格點所有五日平均最大值與最小值差距的空間分佈，表示在五月~八月這段期間水汽變化的區域特性，陰影愈明顯區域，代表水汽變化愈大。圖中顯示在西太平洋上有一水汽極值差距明顯的區域，該區應是副高隨季節向北移，致使乾溼變化顯著。而其下方（20°N 以南），至中南半島東側，也有一較深的陰影區，則是 ITCZ 北移、颱風系統影響的結果。至於華中、華北及韓國等地區也出現狹長狀的深陰影區，應是梅雨時期水汽大量



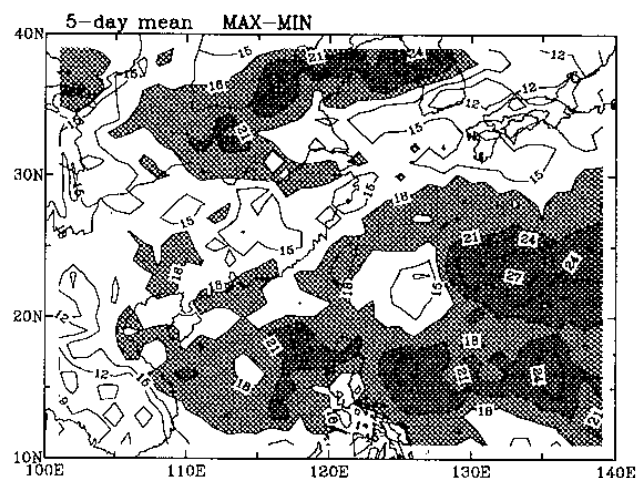
圖八：同圖四，但為 E 區。

表三：一九九六年水汽頻道資料每五日分析時間代碼。

代碼	日期
1	5.01 - 5.05
2	5.06 - 5.10
3	5.11 - 5.15
4	5.16 - 5.20
5	5.21 - 5.25
6	5.26 - 5.30
7	5.31 - 6.04
8	6.05 - 6.09
9	6.10 - 6.14
10	6.15 - 6.19
11	6.20 - 6.24
12	6.25 - 6.29
13	6.30 - 7.04
14	7.05 - 7.09
15	7.10 - 7.14
16	7.15 - 7.19
17	7.20 - 7.24
18	7.25 - 7.29
19	7.30 - 8.03
20	8.04 - 8.08
21	8.09 - 8.13
22	8.14 - 8.18
23	8.19 - 8.23
24	8.24 - 8.28

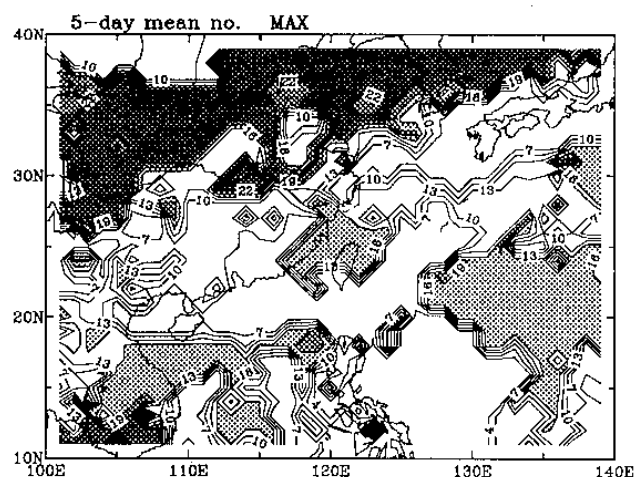
輻合，有別於其餘時間較乾的環境（參考圖二），造成這些地區在五月～八月期間，也是屬於水汽變化顯著地區。相對來說，華南地區水汽變化較不明顯。另外，中南半島和日本地區乃是水汽變化最小的區域，顯然這些地區水汽量並不因季節演變而有顯著改變，中南半島自五月起，應持續受西南氣流的影響，而日本及其附近區域則受鋒面（季節轉型前、後）、颱風和一些南來系統不斷來襲所致，平均水汽變化不明顯。而值得一提的一點，台灣地區在這段期間也是屬於水汽變化顯著區域，同時也與附近連成一帶狀分布，應與副高脊的西伸東退，或者梅雨鋒面的移入有關。

然而圖九給予的是水汽乾溼顯著變化之空間分佈，代表這段時間偏長週期穩定出現的系統特徵，同時也是東亞及西太平洋地區夏季季風中不可或缺的分佈配置。至於各地區水汽又各自在什麼時間出現較明顯的變化？是否如預期與季風階段性演變的特徵一致？則是接下來要繼續討論的。圖十是依上述五日平均的資料，將後五日平均減去前五日平均，經由整個時間序列分析，取最大差值，並以該最大差值的後五日平均之代碼為其註標（參考表三之時間代碼），由於圖十結果分佈以八月左右為主，因此以四種種陰影深淺方式區分七、八月時間，代碼 1～15 以空白表示，依序 16～18，19～21 及 22～24 陰影逐漸加深。由圖十顯示，整個區域幾乎無小於 6 的部份，表示五月份水汽平均變化均不足以和其它月份之變化相互比較，變化是較小的。南海和華南部份地區是在六月份水汽變化量最為顯著，愈向北則逐漸為七月、八月，時間愈晚，此與梅雨階段性遞向北發展的概念是一致的，而華北最深陰影分佈並擴展至韓國、日本以北，同時也向西連結。上述南海以北圖形分佈皆呈西南－東北傾斜。中南半島至菲律賓群島西側分佈顯示七月末、八月初水汽變化最顯著，而在菲律賓群島東側顯示變化最大時間是六、七月，另外中南半島西側地區，愈往西數值愈低，此乃表示水汽隨時間發展，愈向中南半島至菲律賓西側地區輻合集中，同時也有南來的系統移入該區，相信該區亦伴隨對流旺盛之現象。此外，台灣附近地區和西太平洋上的分佈顯示了水汽變化最明顯時間是在七月下旬左右，分佈區域亦與圖九分佈一致，表示西太平洋副熱帶高壓於六～八月位置的移動，深深影響這大片區域的水汽變化，南方逐漸北上的系統，如颱風等，亦應給予水汽特徵正面的貢獻。至於北方一大片帶狀深陰影



圖九：一九九六年五月一日～八月二十八日（參考表三時間）五日平均水汽頻道資料最大值與最小值差值之空間分佈。陰影愈深表示五月～八月水汽變化愈大。

分佈，顯示了北方在八月底水汽變化如此明顯，參考圖二 e 可知，平均來說一九九六年八月份 30°N ~ 40°N 以南是相當乾燥的，因此，在八月底有系統出現，造成五~八月各五日平均中最顯著的乾溼變化。



圖十：一九九六年五月一日~八月二十八日（參考表三）後五日平均減去前五日平均水汽頻道資料最大值的日期代碼的空間分佈，圖中是標記後五日平均日期的代碼。由空白到最深陰影四種，分別代表 1 ~ 15，16 ~ 18，19 ~ 21 及 22 ~ 24。

五、結論與討論

本報告係利用 GMS 水汽頻道資料分析一九九六年五月至八月東亞與西太平洋高層水汽特性，藉由資料分佈密度大之優點，分區討論這段期間高層水汽區域性特徵。此外，亦以此資料檢視東亞夏季季風和高層水汽之相關性。

首先由月平均水汽資料，其空間分佈特徵於各月平均中顯現完全不同的訊息，平均水汽量是以七月份平均最高，空間分佈更可清楚勾勒出西太平洋副熱帶高壓的位置、北跳特徵和西南氣流於各月份發展差異。鑑於台灣東、西側即出現相當程度的水汽變化差異，因此再將整個區域劃分為 A ~ E 五個區域（定義如前言部分），以突顯各區水汽統計上的特徵。分析結果顯示，基本上海陸分佈的差異，已造成各區水汽平均上的不同。整體而言，A 區的水汽含量最多，日夜變化特別顯著，表現出陸地對日夜變化的作用。B 區除了六月以外，水汽分佈得最不均勻，小系統多，其日夜變化亦相當不顯著，僅次於 D 區。藉由低頻分析，A、B 二區都被深對流雲系布滿。而 C 區以 4 ~ 5 日波動最為顯著（特別是六月下旬~七月）。D 區的日夜變化最小，並最不規則，顯示西太平洋上高空水汽之分佈隨緯度而有

明顯不同，此外，平均來說，D 區水汽在一個月當中也比較缺乏極端的變化。至於 E 區，在五月時日夜變化不明顯，但六、七、八月該現象愈來愈顯著，另外，由低頻分析顯示，自六月中旬之後，有二波季內振盪的現象。對於高頻方面分析，五區所呈現的結果也不盡相同。經由此分析，的確可以看出水汽在這段時間是存在明顯的地區性差異，不僅僅只是一般所知春、夏季整體水汽演變分佈的概念。

以五日平均水汽頻道資料探討東亞夏季季風問題，可以非常清楚的分析水汽變化最顯著的時間，及各地區水汽變化的程度，同時相對於季節轉變各系統所做的改變或消長，也能確切地反映在水汽資料的變化中，如副高、ITCZ、西南氣流……等。而對台灣地區，一九九六年七月中、下旬為其水汽變化最多的時間，應是受颱風或副高脊變動的影響，此外，就五~八月這段時間，台灣相對於附近地區乃屬於水汽變動相當顯著的區域。由此分析，提供東亞及西太平洋地區夏季高層水汽分佈及演變特徵的重要訊息。

透過一些簡單的統計方法，對 GMS-5 水汽頻道資料的特性有更進一步的認識，同時也更加清楚一九九六年五月~八月東亞及西太平洋地區高層水汽變動特徵。但這份報告只是呈現初步分析的結果，對於一些現象將再做進一步的探討，同時也期望利用該資料的特性，應用於更完整的模式診斷工作上，以加強模式的研發和改進方面。

致謝

本文承盧孟明博士的悉心指導，由衷感謝。

參考文獻

- 月長期天氣展望，中央氣象局，第 311 號，P1。
- 吳倩雯，張拱祿，丘台光，1995：氣象衛星水汽影像在天氣分析的應用。天氣分析與預報研討會論文集編。120-123。
- 陳建河，劉其聖，馮欽賜，汪鳳如，蕭志惠，1994：中央氣象局第二代全球波譜模式之介紹。天氣分析與預報研討會編文集編。1-10。
- 盧孟明，潘琦，1996：利用 GMS-5 水汽頻道資料分析與校驗費伊颱風環境場。氣象學報。印製中。
- Japan Meteorological Agency, 1993: Revision of GMS Stretched-VISSR Data Format.

