

台灣地區降水之時空氣候特徵

涂建翊 余嘉裕

中國文化大學地學研究所大氣科學組

摘 要

本文探討台灣地區降水氣候特徵及其與太平洋海面溫度 (SST) 間之關係。吾人所取用之資料為中央氣象局所屬 23 個測站 1968-1995 年間之月平均降水資料及 COADS 同時期海面溫度資料。我們採用氣象上常用之波譜分析、經驗正交函數分析及相關分析等，對台灣地區長期降水之氣候特徵做詳細之調查。

分析結果顯示，台灣地區降水主要集中於 5-10 月，且山區較平地多，另外台北及東北部地區之年降水分較其它地區平均。去除季節循環因素所造成之降水影響我們發現台灣地區降水有準兩年、三到四年、七年及十五年以上的長週期存在。另外，由太平洋 Nino5 及 Nino12 區海溫與台灣地區降水作相關分析發現，台灣地區之月降水氣候特徵與太平洋 Nino5 區海溫呈正相關，而與 Nino12 區海溫呈負相關。

一、前言

乾、濕季節性變化為台灣地區降水之主要氣候特徵，冬季時降水量較少而春、夏季時較多。在雨季中造成較大降水量之系統主要為颱風、梅雨、鋒面，當這些系統影響台灣地區時，常會使降水量明顯增加造成局部性的災害，因此這方面的氣象研究在台灣地區相當受到重視，也有良好的成果。季節性的降水變化由於受到季節因素主宰，變化較為規律，因此預報上較易掌握；反倒是降水的年際變異，由於受到的影響因素較複雜，較不易掌握，因此值得進一步探討。

研究大氣年際變異方面之報告，多數將海洋（特別是赤道洋面溫度）之影響考慮進去。由於海洋之熱容量大，變化時間尺度長，因此對於大氣之長時間變化具有顯著之調節作用。本文分析氣象局所屬氣候測站長時期降水資料之時空分佈特徵並與赤道太平洋海溫作遙地相關分析，以瞭解太平洋海溫在台灣區域降水氣候特徵中所扮演的角色。

魏 (1973) 等利用波譜分析及自相關係數之方法來分析台灣地區降水量之週期變化，以用於台灣雨量之長期預測，其發現主要之週期變化除了季節性變異外亦有介於 2~4 年之年際變異。chiang (1986) 使用 1941~1980 年六個測站及 1951~1980 年二十個測站之降

水資料分析台灣地區梅雨季降水之氣候研究發現於梅雨季期間，台灣西半部地區之降水較東半部顯著，且中南部較北部顯著。吳 (1987) 利用各種統計法分析台灣地區二十個氣象局所屬測站 1950~1985 年之月降水資料顯示，影響台灣地區之降水因素主要有地形、季風及東南-西北走向之系統，另外亦發現梅雨季之降水年際變異大致而言只有微弱的準兩年和九年的週期。陳 (1997) 使用近百年之氣象局所屬測站資料，並利用波譜法分析得知台灣地區之降水除了週期性的季節變異外，亦發現有更長週期的訊號存在，然而此長週期的訊號會因地區及季節的不同而有顯著差異，大致而言所發現之最長週期約 60 年，而其中最主要之週期乃在 2~4 年間。

本研究中，3.1 節吾人將先分析台灣地區區域降水之氣候特徵。3.2 節利用波譜分析來瞭解台灣地區區域降水之時間分佈特性，看其週期與波譜能量分佈情形。3.3 節利用經驗正交函數 (EOF) 分析，瞭解台灣地區月降水之時間-空間分佈特徵。3.4 節將台灣地區各測站之月降水資料與太平洋 Nino 5 及 Nino12 區之海溫 (SST) 作相關分析，來看臺灣地區降水與太平洋海溫之相關性。最後利用上述結果來探討台灣地區之降水特性及年際變異，以期瞭解台灣地區長期降水之氣候特徵。

二、資料與研究方法

2.1 資料來源

本研究使用之測站資料為中央氣象局所屬 23 個氣象測站 1968-1995 年之月平均降水資料，測站分佈位置如圖 1 所示。

於太平洋海溫數據資料方面，吾人採用 COADS (Comprehensive Ocean Atmosphere Dataset) 1968-1989 共 22 年之月平均氣候資料，引用 Nino5 及 Nino12 區域平均海溫做為指標海域，以探討台灣地區降水特性與太平洋地區海溫之關係。由於 Nino5 區位於西北太平洋與台灣地區相近，故其海溫變化對台灣地區降水自然有直接之影響；而 Nino12 位於熱帶東南太平洋，為海溫年際變化最顯著的地區之一，其海溫變化往往用來作為 El Nino 發生與否之重要指標，因此吾人採此區域來探討。Nino5 及 Nino12 於太平洋上之分佈位置如圖 2 所示。

2.2 研究方法

本研究中，吾人採用快速傅立葉轉換 (FFT) 來看各區域之波譜能量分佈情形，求出其主要的發生週期，同時吾人亦試圖將季節性的規律變化去除來看年際變異現象。其次，吾人利用經驗正交函數 (EOF) 展開求出特徵值 (Eigenvalue) 及特徵向量 (Eigenvector) 來看其時間-空間分佈特性。最後再利用各測站月降水資料與太平洋 Nino 5 及 Nino12 區海溫作相關，來看其相關程度，以期是否可作為預測台灣地區降水變異的參考指標。

三、台灣地區降水時空特性

3.1 區域降水氣候特徵

依據中央氣象局預報分區，吾人將臺灣區分為八個區域(如圖 3 所示)，而各區所含之測站名稱如表一所示，其中除桃竹苗區僅新竹測站資料外，其他地區測站資料都在兩個以上，測站地理分佈涵蓋全台。

圖 4 所示為臺灣地區 28 年平均區域月降水量之氣候特徵直條圖。由圖中所示各區之降水分佈皆有明顯之

季節變化，台北地區的降水主要分佈於八至十一月，其中又以九、十月之降水量最大(約 500mm)，四月最小(約 200mm)，顯見颱風季之降水為台北地區的主要來源，其次為梅雨(五、六月)及東北季風(一至三月)。東北部地區之降水分佈較均勻，除了四月及七月外，其餘月份之降水量均超過(200mm)，其中颱風季之降水亦是最大(但較台北地區小)，其次則受梅雨及東北季風影響。桃竹苗地區之最大降水量出現於梅雨季。中部、嘉南、高屏、花東、及澎湖等地區之降水量分佈情形則相當類似，主要都分佈於五到十月，其餘月份之降水幾乎皆小於(100mm)，顯見梅雨及颱風季降水對台灣本島之重要性。另外，澎湖地區因受本身平坦地形的影響，故全年之降水量明顯較其它地區小。

圖五比較海拔高度超過 500 公尺之山區測站與全台灣地區月降水資料發現兩者之變化趨勢雖然相似，然山區之降水明顯地比台灣地區之年平均多，顯見在台灣地區地形作用是強化降水的重要因素。

由這些結果我們可以瞭解到，台灣地區的降水主要集中於颱風(7-9月)及梅雨(5-6月)兩季，其中台北、東北部及花東等地區受颱風影響之時間較其它地區長；梅雨季所導致之降水以中、南部地區居多；東北季風影響的範圍主要集中於台北及東北部地區。

3.2 區域降水波譜分析

為了進一步瞭解台灣地區降水之時間分佈特性，吾人將降水時間序列資料做波譜分析，以瞭解其時間分佈特徵。

(A) 原始降水資料：

圖六為原始降水資料波譜分佈特徵。由圖 6 可知，除了東北部地區有較明顯的 4 年及 15 年長週期外，其它地區之波譜分佈主要都集中於週期為一年的季節循環上，且與其它更長週期之波譜強度作比較可發現其波譜強度相差了 3~10 倍以上，故可知台灣地區之降水主要仍是由一年週期的季節循環所主宰，相較之下其它更長週期變異之波譜強度則小很多。

(B) 去除季節循環之降水資料：

為了讓我們瞭解到更長週期趨勢，吾人試圖將波譜強度最大的季節性變異去除來看年際變異的波譜分佈

情形。由圖 7 可知，台北地區所呈現之主要長週期有 1.3 年、2.5 年、及 15 年等，其次為 3~4 年；東北部地區與台北地區相似，但 15 年週期之波譜強度卻最大；桃竹苗地區之波譜強度以準 2 年及 4 年週期最大，7 年及 15 年以上之長週期次之；中部、嘉南及高屏地區之波譜分佈相似，都以準 2 年週期為主而 1.4 年、4 年及 15 年以上之週期次之；花東地區以 1.4 年週期最大，而 2 年、準 4 年、7 年及 15 年次之；澎湖地區以 2 年、準 4 年及 7 年週期為主。

由結果發現，當濾除季節性變異後，可使年際變異之波譜能量顯現出來。大致而言，各區所出現之主要週期有準 2 年、3~4 年、7 年及 15 年以上的長週期，前三者與不同強弱之 El Nino 所出現之週期類似。

3.3 區域降水時空分佈特徵

由於時間-空間序列之經驗正交函數 (Empirical Orthogonal Function, EOF) 展開具有濃縮資料訊息的效果(Lorenz 1956; 吳 1987)，且可看出其時間-空間特徵之分佈情形，因此常被運用於天氣學研究。本研究中，吾人將台灣地區 23 個測站之月降水資料作經驗正交函數分析，以了解台灣地區月降水之時間-空間分佈特徵。另外亦去除季節循環因素來看年際降水之時間-空間分佈特徵。

(A) 原始降水資料：

表二所示為台灣地區月降水資料使用經驗正交函數分析所得之前十個特徵值、所佔變異量大小及累積變異百分比。於表格中我們可看到前三個特徵值所累積的變異量已接近 85%，故可知其已具有相當之代表性，因此我們只取前三個特徵值加以討論。

圖 8a~c 為台灣地區原始月平均降水資料 EOF1~EOF3 分佈圖。

圖 8a 為 EOF1 分佈圖，解釋變異百分比約 49.25%，其隱函了季節循環因素。由圖中我們可發現其特徵向量均為同號，且有三個最大值中心出現，第一個中心出現於玉山、阿里山地區，另兩個分別出現在東北部及宜蘭地區，而桃竹苗及澎湖地區之特徵向量值相對之下較小。由此可知，地形效應對台灣地區降水扮演了重要的角色，因此將之稱為地形效應型。

圖 8b 為 EOF2 分佈圖，解釋變異百分比約 26.56

%。由圖中可發現其呈明顯的東、西反相位對稱，兩個主中心分別位於東北部地區及嘉南、高屏地區，顯見中央山脈阻隔對台灣地區降水之影響，當東部多雨時則西部地區降水偏少，此與季風環流有相當之關連，因此將之稱為季風環流型。

圖 8c 為 EOF3 分佈圖，解釋變異百分比約 8.49%。由圖中可發現其呈偏南、北之反對稱形式存在，兩個最大值中心分別出現於東南部地區及玉山、阿里山地區，吳(1987)認為此與東南、西北走向之系統(如：颱風)相關，吾人將之稱為東南、西北反對稱型。

綜合以上之討論可知，影響台灣地區全年降水變異之主要因素仍以地形效應為主，季風環流次之。

(B) 去除季節循環之降水資料：

表三所示為台灣地區月降水資料去除季節循環後使用經驗正交函數展開所得之前十個特徵值、所佔變異量大小及累積變異百分比。

圖 9a~c 分別為台灣地區去除季節循環之月平均降水資料經驗正交函數分佈圖。

圖 9a 為 EOF1 分佈圖，所佔變異百分比約 45.64%。去除季節循環因素後地形效應影響減小而以年際變異為主，圖中顯示所得均為正值。主要變異中心位於北部和東部沿海地區，相較之下西半部地區較弱，由於其型式與西太平洋海溫(Nino5)相關之型式相似，因此將之稱為西太平洋海溫型。

圖 9b 為 EOF2 分佈圖，所佔變異百分比約 22.13%。圖中顯示其有兩個正值中心，分別位於玉山、阿里山地區及桃園地區；而東北部及北部局部地區則為負值。由於此類型分佈與東太平洋 Nino1+2 和 Nino3 區域海溫相關係數型態類似，我們定義為東太平洋海溫型。

圖 9c 為 EOF3 分佈圖，所佔變異百分比約 11.53%。圖中顯示主中心位於東南部地區，呈東南、西北走向，且東、西反相位對稱。

總之，台灣降水之年際變異主要集中於北部、東北部、東部和南投山區，西部和南部平原區之年際變異相對較小。

3.4 降水與赤道太平洋海溫遙相關分析

由前節經驗正交函數分析台灣地區月降水資料中發現，台灣地區降水變異有明顯之空間分佈特色，為進

一步了解此空間便亦分佈特徵，我們利用太平洋 Nino5 與 Nino12 區之海溫與台灣地區降水作相關分析來看其相關性。吾人仍採用原始及去除季節循環資料分別敘述之。

(A) 原始資料：

圖 10 為臺灣地區降水與太平洋 Nino5 區海溫之相關圖。由圖中可發現，太平洋 Nino5 區海溫與台灣地區降水具有明顯的正相關，其中以東半部及高屏地區之相關性較大，而西半部之相關性較小，顯見當 Nino5 區海溫增高時，對台灣地區的降水有正回饋作用。

圖 11 為臺灣地區降水與太平洋 Nino12 區海溫之相關。由圖中可發現兩者呈明顯的負相關，尤其是台灣東半部地區，顯見當東太平洋 Nino12 區海溫增高時，會抑制東西向的華克環流 (Walker Circulation)，而使西太平洋地區之上升運動減弱，進而使台灣地區之降水量減少。

(B) 去除季節循環：

圖 12 為台灣地區年平均降水與太平洋 Nino5 區海溫相關圖。圖中顯示，除了中部山區有微弱的負相關存在外，與其它地區均有顯著的正相關存在，由此可知台灣地區之降水具有明顯的年際變異，但對於中部山區之影響卻很小。

圖 13 為台灣地區年平均降水與太平洋 Nino12 區海溫相關圖。圖中顯示，對於東半部地區而言，具有相當明顯的負相關，而對於西半部地區卻有微弱的正相關，兩者呈東、西反對稱。

由以上之討論我們可以瞭解，台灣地區之降水與太平洋海溫有顯著的相關性，且有顯著的年際變異，其中又以北部及東部地區之相關係數較高，而台灣的複雜地形對於降水分佈有相當的影響，由此可知，太平洋地區之海溫可作為預測台灣地區降水量多寡的一重要參考指標。

四、結論

對台灣地區而言，水是非常重要的資源，降水量的多寡對民生及經濟有相當程度之影響，因此吾人便想利用台灣地區之月平均降水資料來看台灣地區之降水氣候特徵及年際變異特性。

吾人採用中央氣象局所屬 23 個測站之月降水資料及 COADS 海溫 1968~1989 年之月平均資料作分析；使用之統計方法主要有波譜分析，以我們瞭解週期與波譜能量之關係；經驗正交函數 (EOF)，看降水之時間--空間分佈特徵；相關分析，瞭解太平洋海溫與台灣降水之相關性。利用這些統計方法，吾人可得下面幾個結論：

1. 台灣地區區域降水之氣候特徵圖顯示，台灣地區之降水主要集中於五、六月的梅雨季及七至九月的颱風季。梅雨季之降水以中、南部居多；颱風季之降水集中於山區；東北季風主要影響台北及東北部地區。
2. 由原始月平均降水資料作波譜分析發現，台灣地區的降水主要由季節循環所主宰。若去除季節循環後則可發現有準兩年、三到四年、七及十五年以上之長週期存在。
3. 將月降水資料作經驗正交函數展開可知，影響台灣地區降水的因素主要為地形及季風環流效應，且由於受中央山脈阻隔所致，故使降水呈東西反向對稱分佈。
4. 由相關分析可知台灣地區之降水與太平洋 Nino5 區之海溫有明顯的正相關，而與 Nino12 區有顯著的負相關。由此可知太平洋海溫高低對台灣地區之降水有相當的影響。

由以上之討論我們可以瞭解到，台灣地區之降水現象主要乃是由局部環流所主宰，而地形效應是一重要的降水機制。另外由太平洋海溫與台灣降水相關分析發現，台灣地區之月降水資料與太平洋 Nino5 區海溫呈明顯的正相關，與 Nino12 區之海溫則呈負相關，而由年降水資料作相關則發現年際變異之相關性亦相當明顯，顯見當 El Nino 發生時，台灣地區的降水量將減少。

由此可知，為能有效掌握台灣地區的水資源及提昇長期氣候預報的準確性，故加強對太平洋海溫變化的監測是很重要的。

誌謝

本研究於研究期間，承蒙地研所大氣科學組碩士生花雲挺在資料分析處理方面之協助、中央氣象局資料課

提供台灣地區之月降水資料、國科會副熱帶資料庫提供之海面溫度資料，使本研究得以順利完成，謹此敬上誠摯的謝意。本研究由國科會計畫 NSC86-2111-M-034-002 部份支持完成。

參考資料

- 魏元恒、謝信良、蕭長庚 (1973)：台灣雨量長期預報之研究，氣象學報第十九卷第三期，p20-38。
- 胡仲英 (1978)：用統計法研究台灣南部地區降水量之長期預報，大氣科學第 5 卷第一期，p27-34。
- 馬汝安 (1985)：利用經驗正交函數分析亞洲區域冬季 500mb 高度場空間分佈之研究，台大大氣科學研究所碩士論文，p99。
- 吳明進、傅達颺 (1987)：台灣梅雨季降水之年際變化，大氣科學第 15 期第一號，p31-41。
- 許子乾、王作臺 (1990)：台灣地區春夏季乾濕年受長週期影響之研究，大氣科學第十八期第二號，p85-109。
- 吳明進 (1997)：運用奇異波譜分析-最大熵法於台灣地區氣候之分析與模擬，氣象分析與研討會，p439-446。
- 陳雲蘭 (1997)：台灣地區近百年測站資料氣溫與雨量的波譜分析結果，氣象分析與研討會，p491-498
- Lorenz E.N.(1956):Empirical orthogonal functions and statistical weather prediction, Rep. 1, Statist. Forecasting Project., MIT。

表1：台灣八大預報區域所含之氣候測站資料。

地區	測站名稱
台北地區	台北、淡水、竹子湖、鞍部測站
東北部地區	基隆、宜蘭、彭佳嶼測站
桃竹苗地區	新竹測站
中部地區	台中、日月潭、玉山測站
嘉南地區	嘉義、台南、阿里山測站
高屏地區	高雄、恆春測站
花東地區	花蓮、台東、成功、大武、蘭嶼測站
澎湖地區	澎湖、東吉島測站

表2：台灣地區月降水資料經驗正交函數分析後之十個特徵值、變異量大小及累積變異量。

EOF值	特徵值大小	解釋變異量	累積變異量
1	165788352	49.25%	49.25%
2	89400600	26.56%	75.81%
3	28586328	8.49%	84.30%
4	11099608	3.30%	87.60%
5	6623096	1.97%	89.57%
6	5945259	1.77%	91.34%
7	4981708	1.48%	92.82%
8	3517050	1.04%	93.86%
9	3179115	0.99%	94.87%
10	2406725	0.71%	95.58%

表3：台灣地區年降水資料經驗正交函數分析後之十個特徵值、變異量大小及累積變異量。

EOF值	特徵值大小	解釋變異量	累積變異量
1	635919.2	45.64%	45.64%
2	308416.4	22.13%	67.77%
3	160619.3	11.53%	79.30%
4	59654.7	4.28%	83.58%
5	43814.2	3.14%	86.72%
6	36282.3	2.60%	89.32%
7	31702.9	2.27%	91.59%
8	24984.7	1.79%	93.38%
9	24114.5	1.73%	95.11%
10	14576.8	1.05%	96.16%

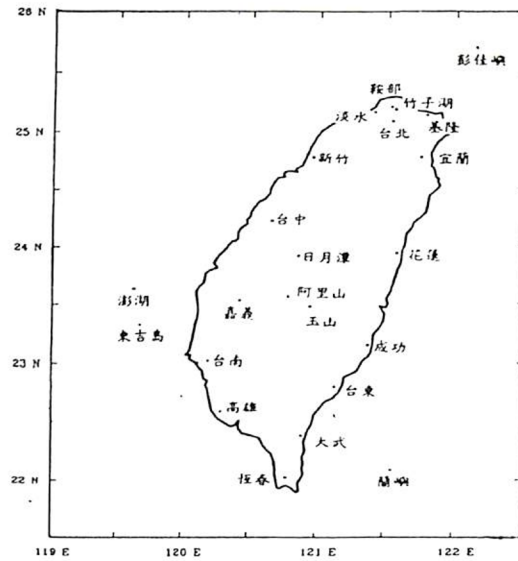


圖1：中央氣象局所屬23個測站位置圖。

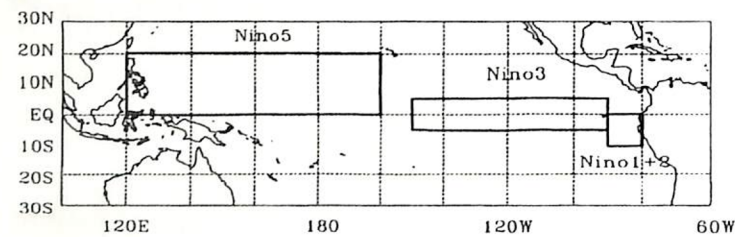


圖2：熱帶太平洋地區 Niño1+2、Niño3、Niño4、以及 Niño5 之位置圖。

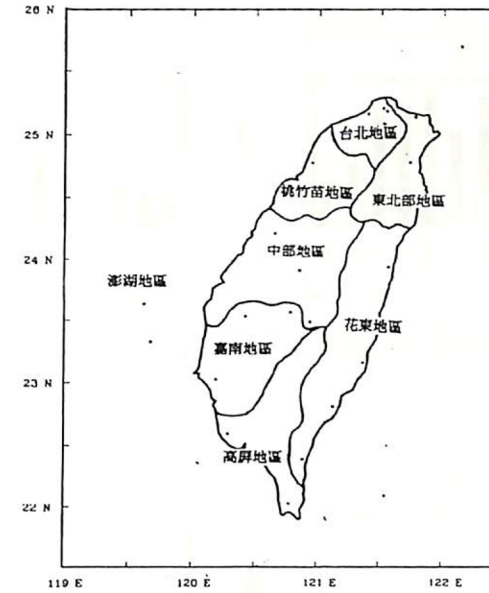


圖3：中央氣象局劃分之台灣地區八大天氣預報區地理分佈。

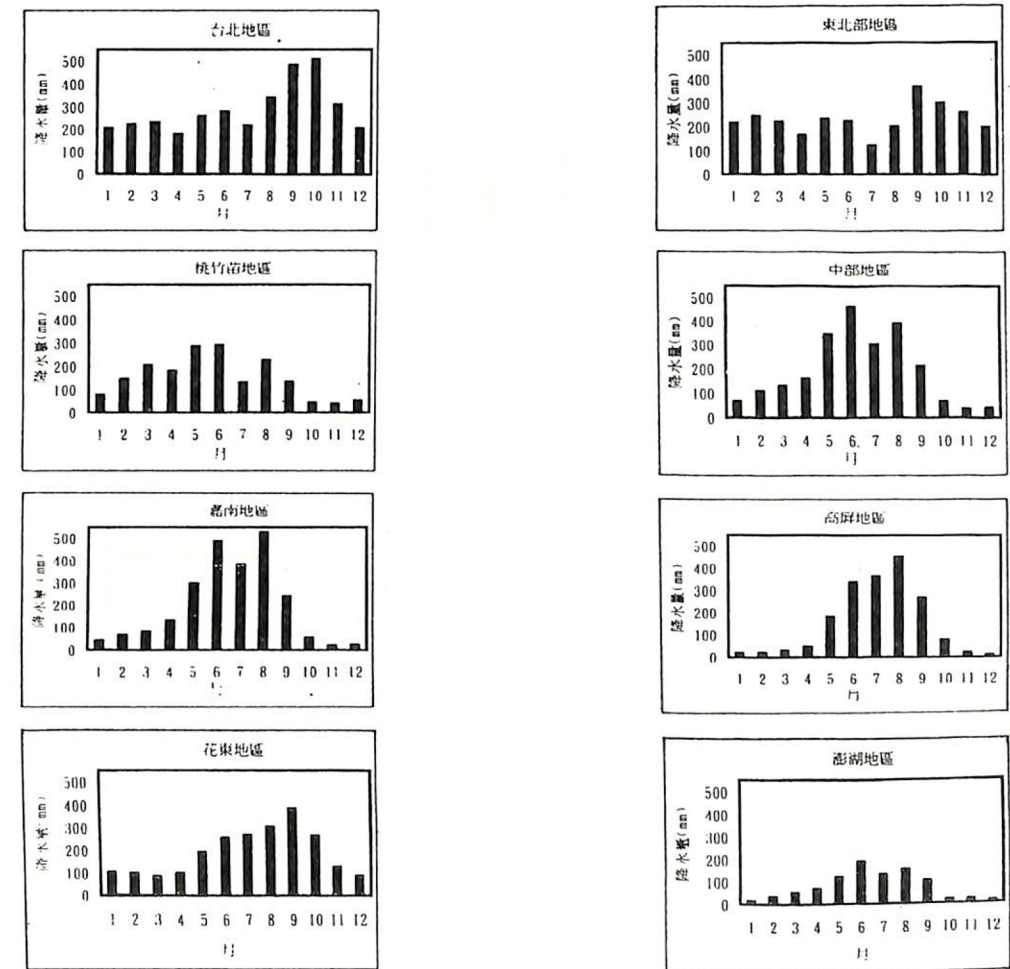


圖4：八大天氣預報區28年平均月降水量逐月分佈長條圖。

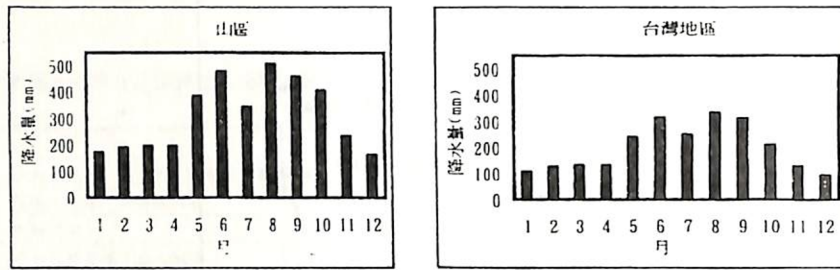


圖5：台灣全區與海拔500公尺以上山區測站28年平均月降水量長條圖。

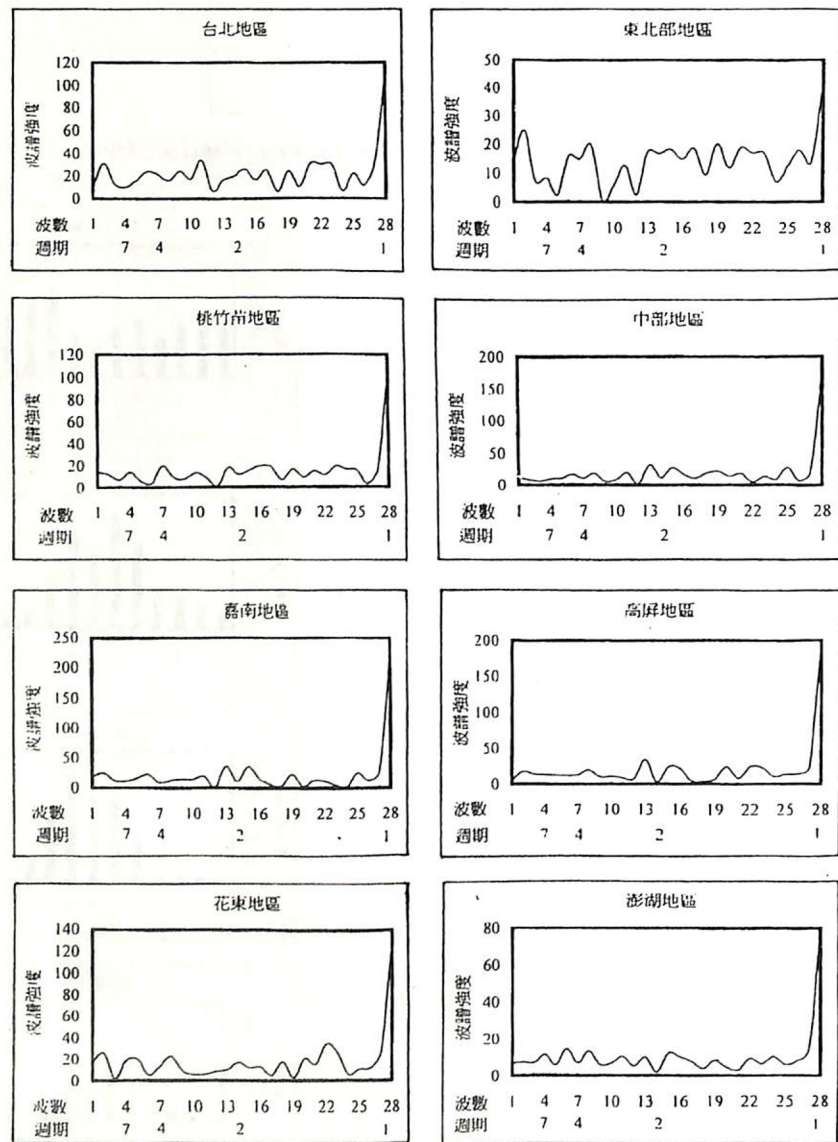


圖6：八大區域月降水資料波譜密度分佈圖。

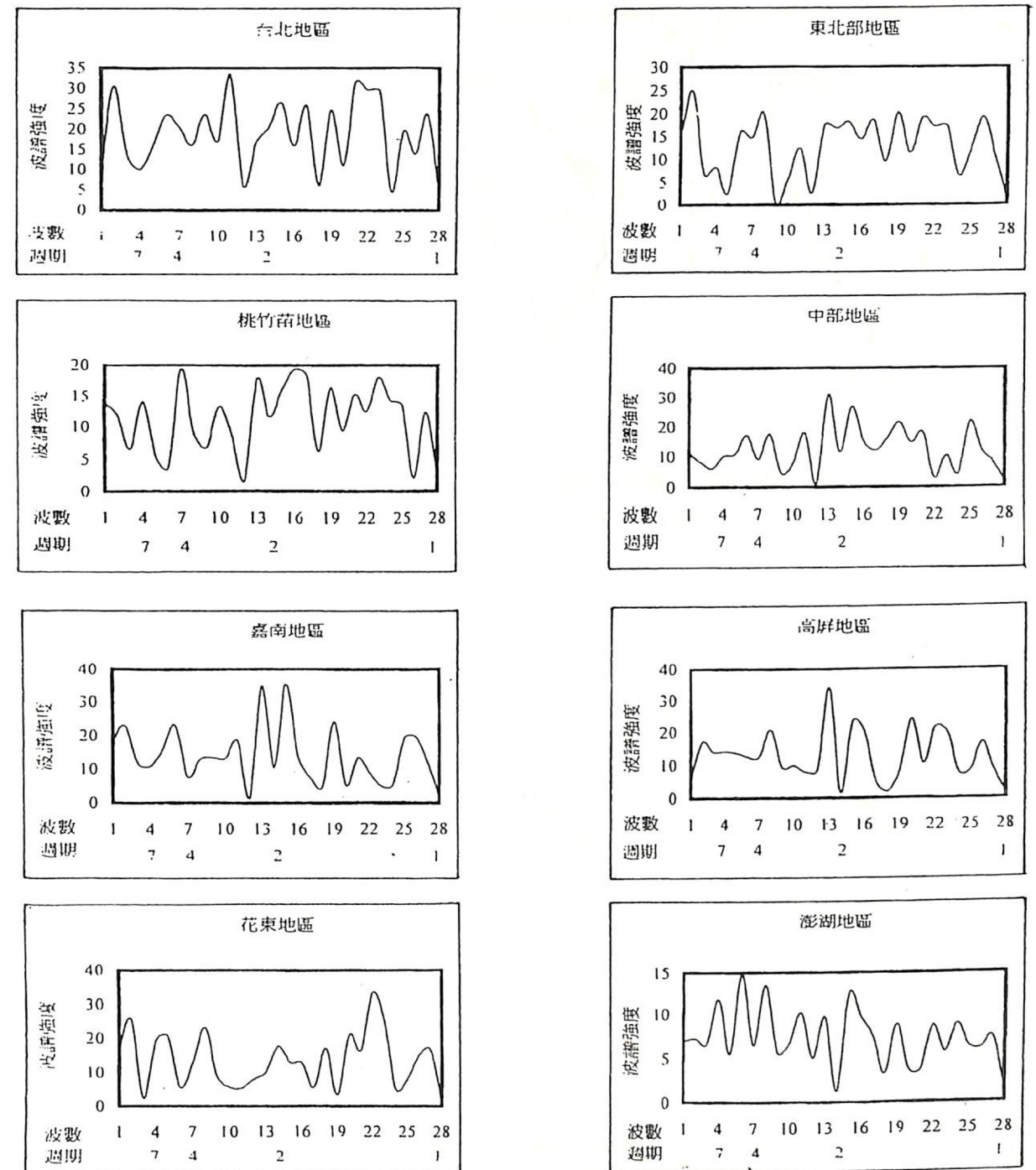


圖7：去除季節循環之八大區域月降水資料波譜密度分佈圖。

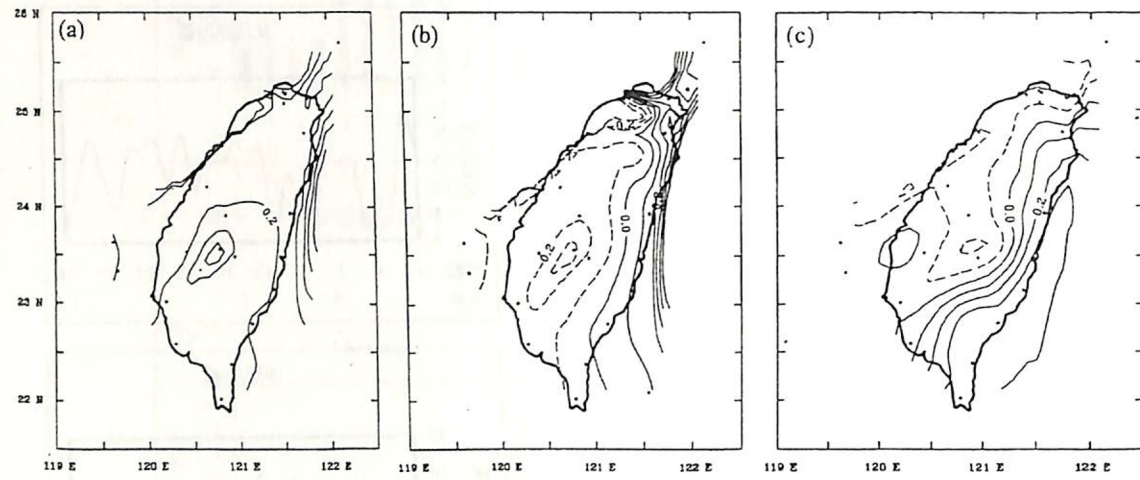


圖8：台灣全區月平均降水資料經驗正交函數分佈圖(a)EOF1分佈圖。(b)EOF2分佈圖。(c)EOF3分佈圖。

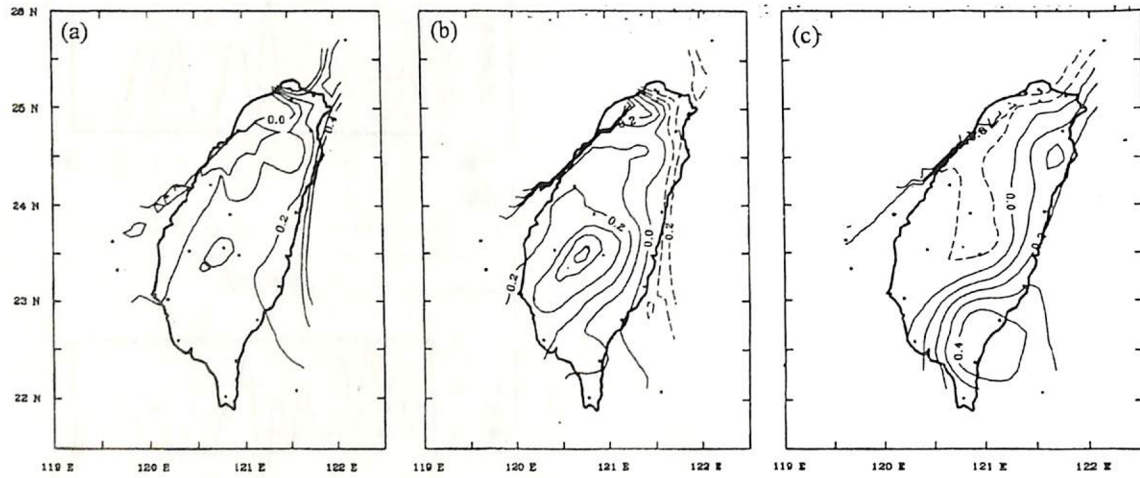


圖9：台灣全區去除季節循環之月平均降水資料經驗正交函數分佈圖。(a)EOF1分佈圖。(b)EOF2分佈圖。(c)EOF3分佈圖。

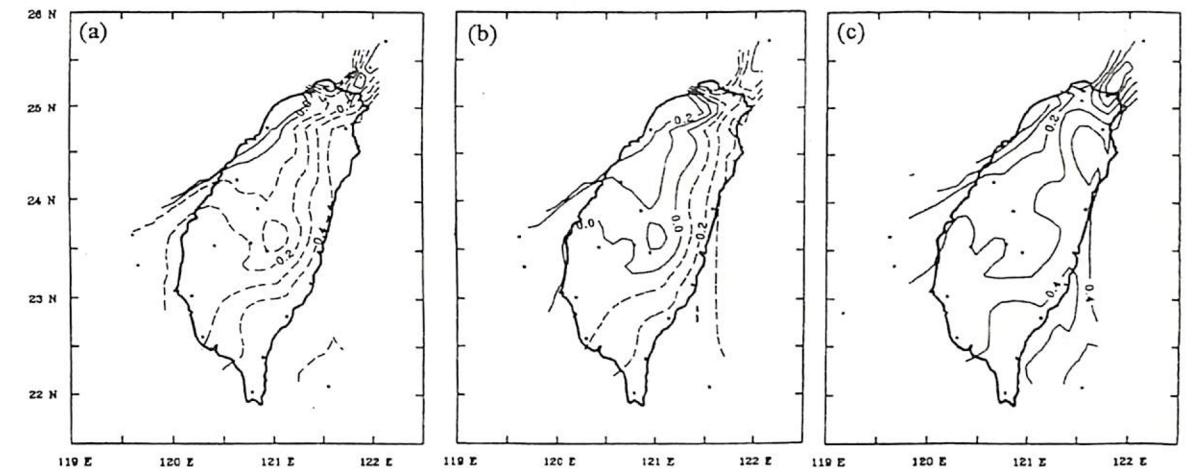


圖10：台灣地區各測站月平均降水量與太平洋(a) Nino1+2區域海溫(b) Nino3區域海溫(c) Nino5區域海溫之相關圖。

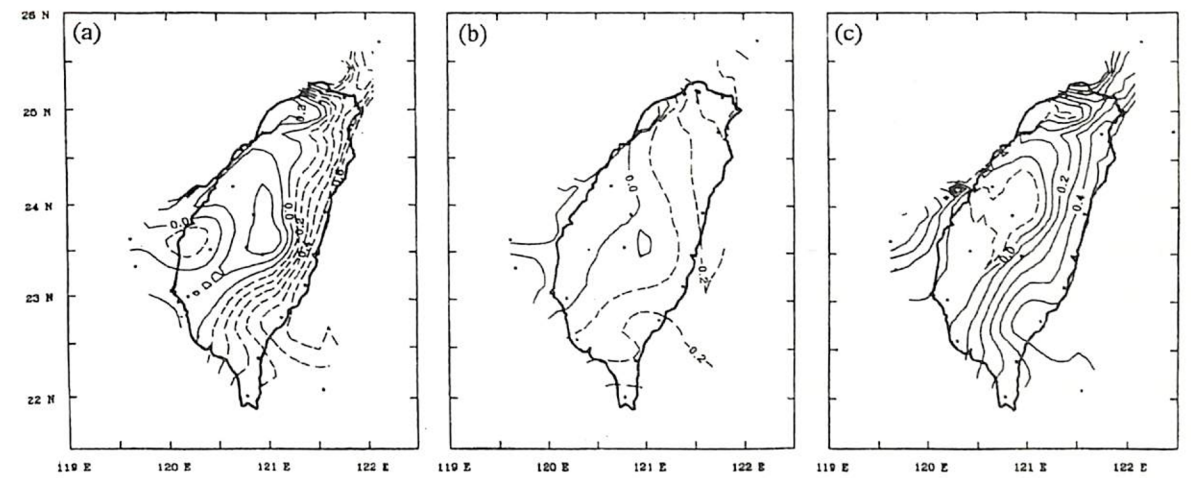


圖11：去除季節循環後之台灣地區各測站月平均降水量與太平洋(a) Nino1+2區域海溫(b) Nino3區域海溫(c) Nino5區域海溫之相關圖。