

台灣的氣候變化—氣溫和降水

吳明進

國立台灣大學大氣科學系

(中華民國八十一年六月二十日收稿；中華民國八十一年八月二十七日定稿)

摘要

為了解台灣長期氣候變化的特徵，選用台灣地區有比較長觀測資料的九個測站，分析其逐月 1901—1990 逐月平均氣溫和降水，並佐以 COADS 的船舶觀測的海面溫度和海面氣溫的分析。結果顯示氣溫全年有上升趨勢，但冬季不明顯，夏半年則以五月及七至十月最顯著，此和降水趨勢的氣候相關一致。降水秋季和冬季東部增加但西南部減少，全年降水則有東部北部增加，西南部減少的趨勢，降水趨勢的季節分佈和降水類型的季節分佈一致。

另外以全省 16 個測站，1942—1991，50 年平均氣溫和降水資料，做進一步的經驗正交函數分析，證實上述的 90 年資料分析的結果。

關鍵字：台灣的氣溫夏季升高，降水東部、東北部增加、西南部減少。

一、概述

由於人類活動所引起的氣候變化在這幾年裡成為大氣科學研究的重要題目 (Ramanathan, et al., 1987; Schlesinger and Michell, 1987, Schneider, 1990)。大部份的資料分析研究 (Ellsasser et al., 1986) 大都集中在溫度的變化 (Hansen, 1987; Jones et al., 1986, a, b; Folland et al., 1984; Barnett, 1984; Angell and Korshover, 1983; Balling and Idso, 1989; Vinikov et al., 1990)，少部份則集中於降水的變化 (Ellsasser et al., 1986, McGuirk, 1982, Bradley et al., 1987; Vinnikov et al., 1990; Lau and Sheu, 1991)，積雪和覆冰的變化 (Barry, 1985; Mysak et al., 1990) 以及海面變化 (Peltier, 1985)，所有有關氣溫的研究大多達成一個共同結論，那即是本世紀以來全球有一增溫的趨勢，而這趨勢以高緯度較低緯度，冬季較夏季來的明顯。而且

可能有一因氣候變化引起的降水區移動的趨勢。在北半球溫帶和極區降水增加，而熱帶地區有降水減少的趨勢，在南半球卻是不分高低緯度皆有降水增加的趨勢。台灣的氣候在全球變遷的大環境中到底有怎樣的變動，則只有少許的研究。衛等 (1976) 分析 1897—1974 台灣地區四個測候站 (台北、台中、台南、恆春) 的年均溫，得到台灣地區年平均有上升趨勢和有準兩年週期的結論。Chiang et al. (1989) 分析台灣地區九個測站的月平均溫度得到台灣地區的氣溫在夏季有增加的趨勢，而在冬季則反而有下降趨勢的結論，更深入的研究分析如：溫度趨勢的年變化和統計顯著性以及空間分佈的差異則尚缺乏。本文的目的則在於補足這個缺口。首先分析台灣九個有比較長期觀測資料測站的月平均氣溫和降水以探討氣溫和降水的長期變化和統計顯著性以及年際變化。為了解陸地測站氣溫降水和海溫的關係，

台灣附近海域的海面溫度也做了初步的分析。其次以經驗正交函數分析有50年觀測資料的16個測站的平均氣溫和降水，探討降水和氣溫長期變化以及年際變化的特徵。

二、資料和資料處理

爲了要了解台灣地區氣候變化的特徵，我們仔細的分析了台灣地區九個有比較長期觀測資料測站的1900—1990年的月平均溫度和降水，這九個測站由北向南依緯度排列分別是彭佳嶼(695)、台北(692)、台中(749)、花蓮(699)、澎湖(735)、阿里山(753)、台南(741)、台東(766)和恆春(759)，其中目前台北、台中、台南已成大都市，恆春和澎湖爲小鎮，花蓮、台東居中，彭佳嶼爲小島上測站，阿里山爲高山測站，建站較晚，開始觀測時間爲1930年以後。1942年以後有連續觀測的測站增加達16個以上，爲了解氣溫和降水氣候的變化的內部特徵，我們對這16個有50年觀測的觀測站資料做主成份分析（經驗正交函數分析）。16個測站中，除了前述9個測站外，增加基隆、新竹、宜蘭、日月潭、成功、高雄、大武七站，其中高雄爲大都市，基隆、新竹、宜蘭爲中型城市，日月潭、成功、大武則爲小鎮。

爲了分析氣候變化的細節，各個測站每月的氣溫和降水都個別處理，除了每月的資料外，計算個別的五年滑動平均以濾除短期的年際變化。計算其長期（1900—1990）的平均和距平，以及各別的時間線性迴歸分析其長期的趨勢。另外爲了了解長期的變化趨勢，計算1901—30，1931—1960，1961—1990的平均，並做平均差異的統計檢定。此外爲了顯現由都市所造成的差異，我們也以都市規模爲準做合成的時間序列。

除了地面測站的氣溫和降水觀測之外，爲了佐證由測站資料所推導出來，氣候變化的特性，我們也分析了台灣附近海面的海面溫度和海面氣溫。資料來源爲COADS (Comprehensive Ocean - Atmosphere Data Set)月平均船舶觀測。原來COADS的磁帶資料爲 $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ ，爲增加資料數目以增加其可信度，COADS資料被組合成 $4^{\circ} \times 4^{\circ}$ 。

兩個時期平均差異顯著性的統計檢定，我們採

取的是兩組樣本的雙尾t檢定。t統計值爲 $t = (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) / (S_p \cdot (1/n_1 + 1/n_2)^{1/2})$ ， $S_p^2 = (S_1^2(n_1 - 1) + S_2^2(n_2 - 1)) / (n_1 + n_2 - 2)$

其中 \bar{x}_1 和 \bar{x}_2 分別爲兩期各別之平均值。 S_1^2 和 S_2^2 分別爲兩期各別之變異數。 n_1 、 n_2 分別爲兩期的樣本（年）數。

資料時間序列的時間線性迴歸， $y = a_0 + bt$ ，用以顯示長期的趨勢。斜率顯著性的檢定採虛無假設 H_0 ：斜率 $b = 0$ ，和對立假設 H_1 ： $b \neq 0$ 之雙尾t檢定。其中 $t = b(S/S_{tt}^{1/2})$ ， $S^2 = (S_{yy} - bS_{ty}) / (n - 2)$ ， S_{tt} 爲時間的變異， S_{yy} 爲資料的變異， S_{ty} 爲資料-時間的互變異， n 爲資料數，本文中所謂的顯著指的是最低的顯著度 $\alpha = 0.05$ 以上。

—時間—空間序列的經驗正交函數分析（或主成份分析）有濃縮資料的效果，因而早就被引進應用到天氣—氣候學之研究(Lorenz, 1956)。經驗正交函數分析有時更能顯示出動力系統的結構（請參考Preisendorfer and Mobley, 1988）。是資料分析—有力的工具。資料矩陣的固有向量顯示各別成份的空間結構，相對應的主成份時間序列則顯示各要素的變化(Lau and Sheu, 1991)。在本研究中我們將主成份分析應用於有50年觀測資料的16個測站之上。

時間序列的時間線性迴歸的計算，本文中應用到溫度和降水的時間序列，也應用到主成份時間序列。迴歸代表的意義和顯著性的檢定步驟，兩者相同。

三、氣溫的長期趨勢～1901—1990

台灣位於季風區，冬季季風和夏季季風都很明顯。各別季節的綜觀天氣相當類似。這種特徵也出現在較長時間尺度的氣候變化上，由於篇幅的關係我們只詳細討論代表冬夏季風的一月及七月。台灣的東北季風盛行於北半球的冬季，以十二月、一月、二月最強，而西南季風盛行北半球夏季而以六至十月爲最強，而介於冬季和夏季季風期間的月份則爲過渡期。冬季的氣候相對於夏季的氣候有以下特徵，各地冬季的平均溫度約較夏季低 $7.5^{\circ}\text{C} \sim 12.7^{\circ}\text{C}$ ，越往北冬夏溫差越大，降水在冬季較夏季減少很多且越往南越明顯。

圖1所示爲台灣九個測站1900—1990年一月平均

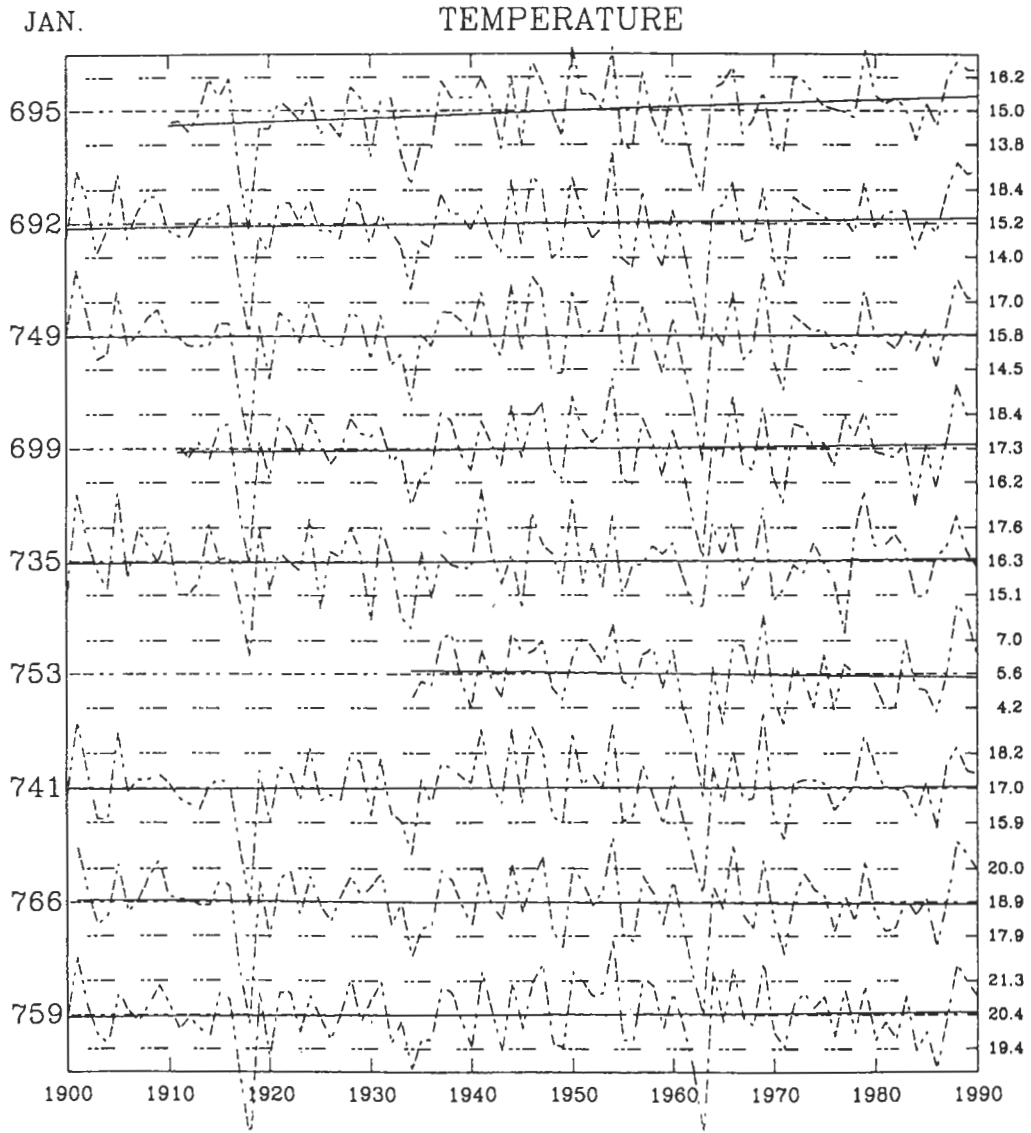


圖1 九個測站一月氣溫之時間序列，虛線表示年資料，實線表示時間線性迴歸線，橫虛線表示平均和正負一個標準差。座標左邊標示由北而南的測站代號。右邊表示平均溫 and 正負一個標準差的溫度(°C)。

溫度的時間序列。明顯的年際變化為其主要特徵。時間線性迴歸同時顯示在圖上。全省溫度變化的趨勢相當一致，長期來說除彭佳嶼外，並沒有明顯的趨勢。彭佳嶼有一明顯的上升趨勢。圖2所示則為一月氣溫的五年滑動平均距平圖，主要的特徵為1940-1950年代的正距平。以及1910與1960年代的負距平。圖3所示為七月氣溫的時間序列：年際變

化幅度較冬季為小，由時間線性迴歸，可以看出除阿里山外全省有顯著地長期變暖的趨勢，圖4所示為七月氣溫的五年滑動平均距平可見全省相當的一致，從1900年代的負距平至1990年代的正距平。分析全年各月的氣溫變化可見長期溫度升高較不明顯者為十二月及一月。為顯明長期趨勢的幅度，各測站1901-1930, 1961-1990年之各月平均溫度之相差，

JAN.

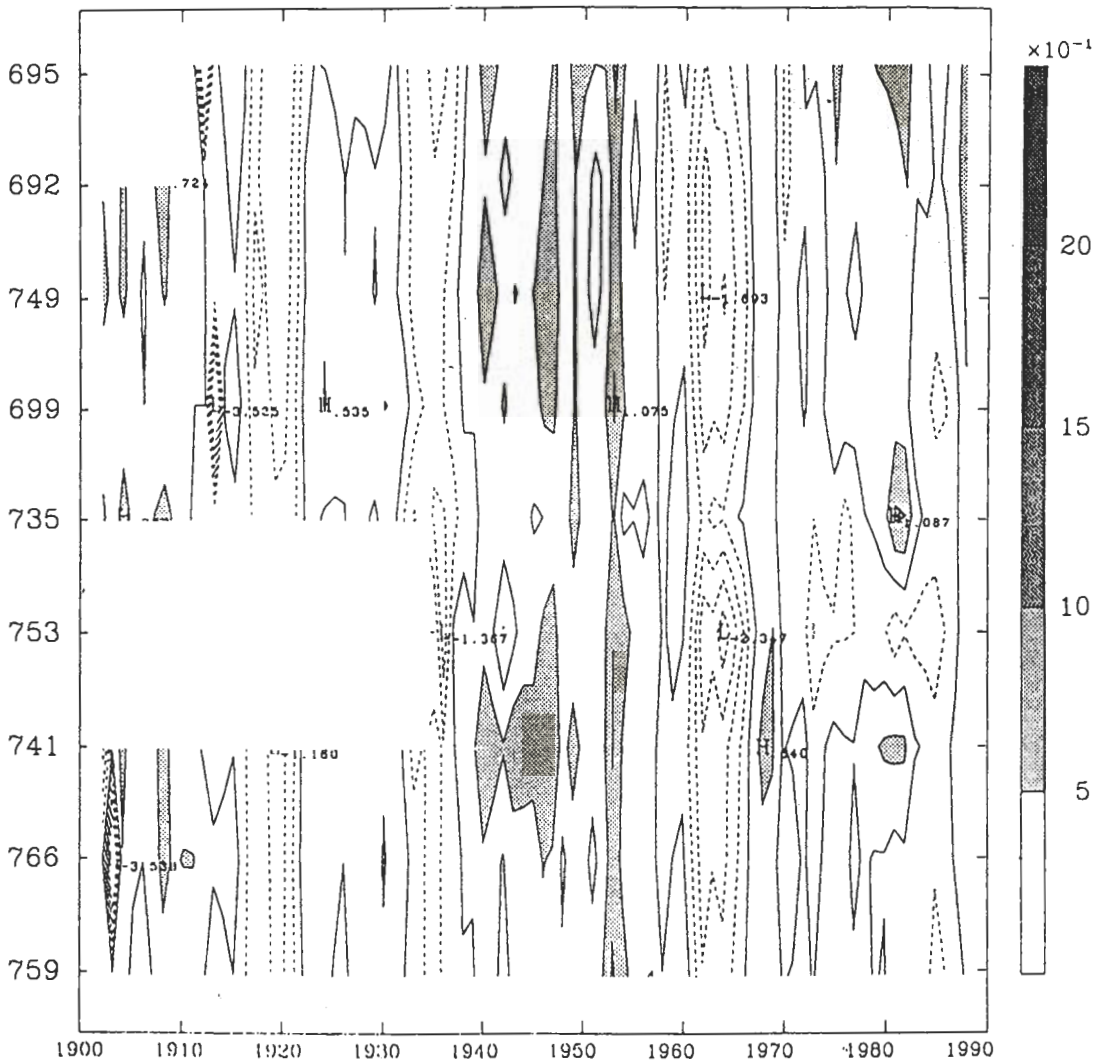


圖2 九個測站一月氣溫之五年滑動平均距平，左邊數字標示由北而南的測站代號。實線表示正距平，虛線為負距平。等值線間距為0.5°C。距平大於0.5°C以陰影顯示。

以及以t檢定顯示的統計顯著性,列於表一。溫度上升趨勢不顯著的有十二月及一月,於十二月及一月有部份測站甚至出現月均溫趨低情形。增溫最明顯的月份為屬於夏半年的五月和七月~十月,1961-1990及1901-1930年的三十年平均差有達1.25°C者。六月屬於台灣的梅雨季節,長期趨勢為正值有些測站的差值卻未達高統計顯著性。由此結果顯示,台

灣地區冬夏的溫差最近30年來要較二十世紀的前半期增加許多。平地夏季溫度的升高和都市大小並沒有明顯的關係,所以都市化並不能解釋氣溫的長期趨勢。夏季溫度的升高卻有隨著緯度減少更加明顯的趨勢,顯然溫度的上升和大尺度大氣的變動關係更為密切。

除了測站的資料之外,我們也分析了船舶觀測

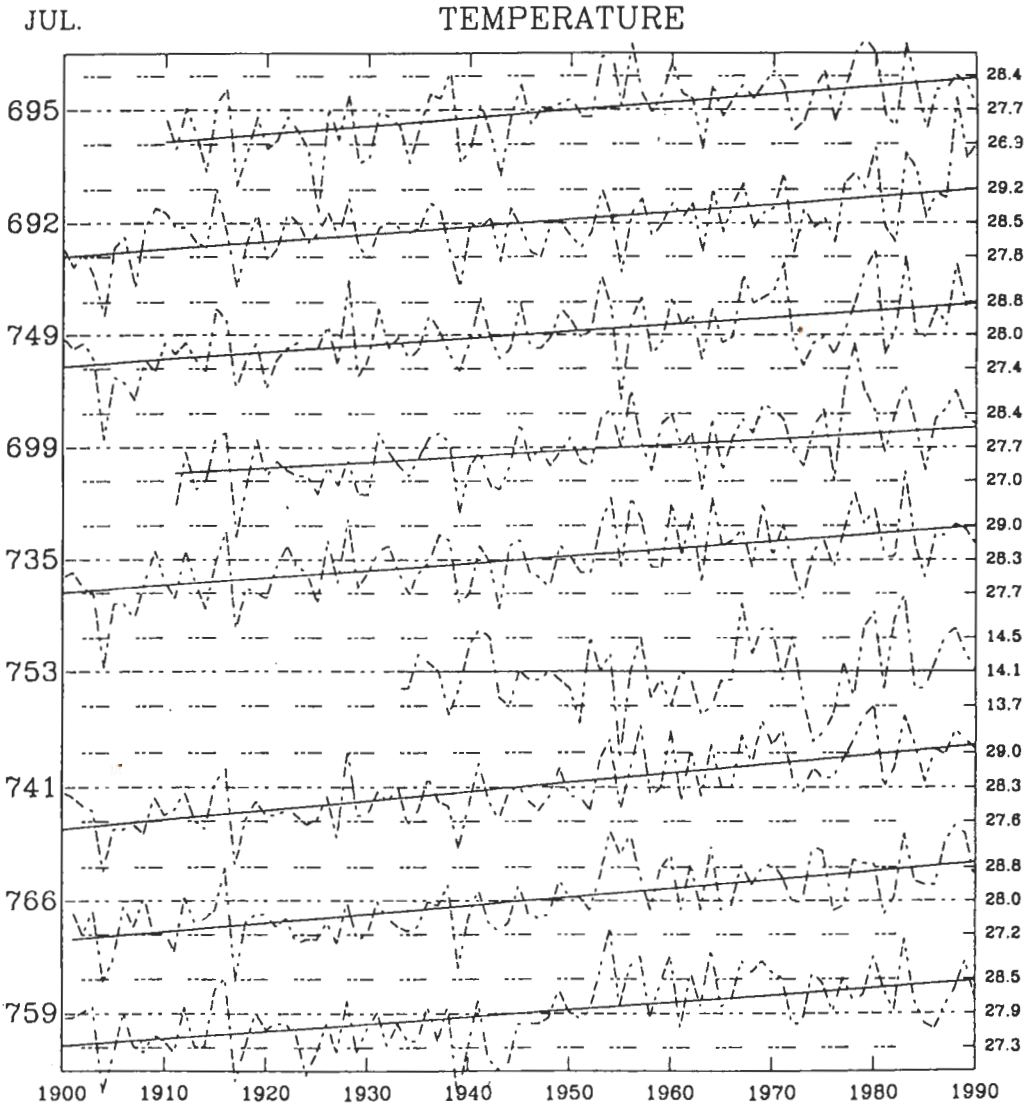


圖3 同圖1,但為七月。

的台灣附近海域海面溫度以及氣溫。由台灣附近海域四個 $4^{\circ} \times 4^{\circ}$ 網格點的一月海面溫度和海面氣溫的時間序列(圖未示出)。可以看出海溫和海面氣溫在四個海域都互相平行,且海面溫度和氣溫在台灣海峽和東南海域有上升的趨勢。但在台灣西南和東北的海域則無明顯趨勢。七月的海面溫度和海面氣溫也是互相平行。雖然幅度較小但有上升趨勢。可

見海洋的船舶觀測和陸地測站的觀測大致吻合即溫度在冬季沒有上升趨勢,但在夏季則有上升趨勢。

四、1942-1991年一月和七月氣溫主成份分析結果

圖5所示為一月氣溫的50年平均和前三個經驗

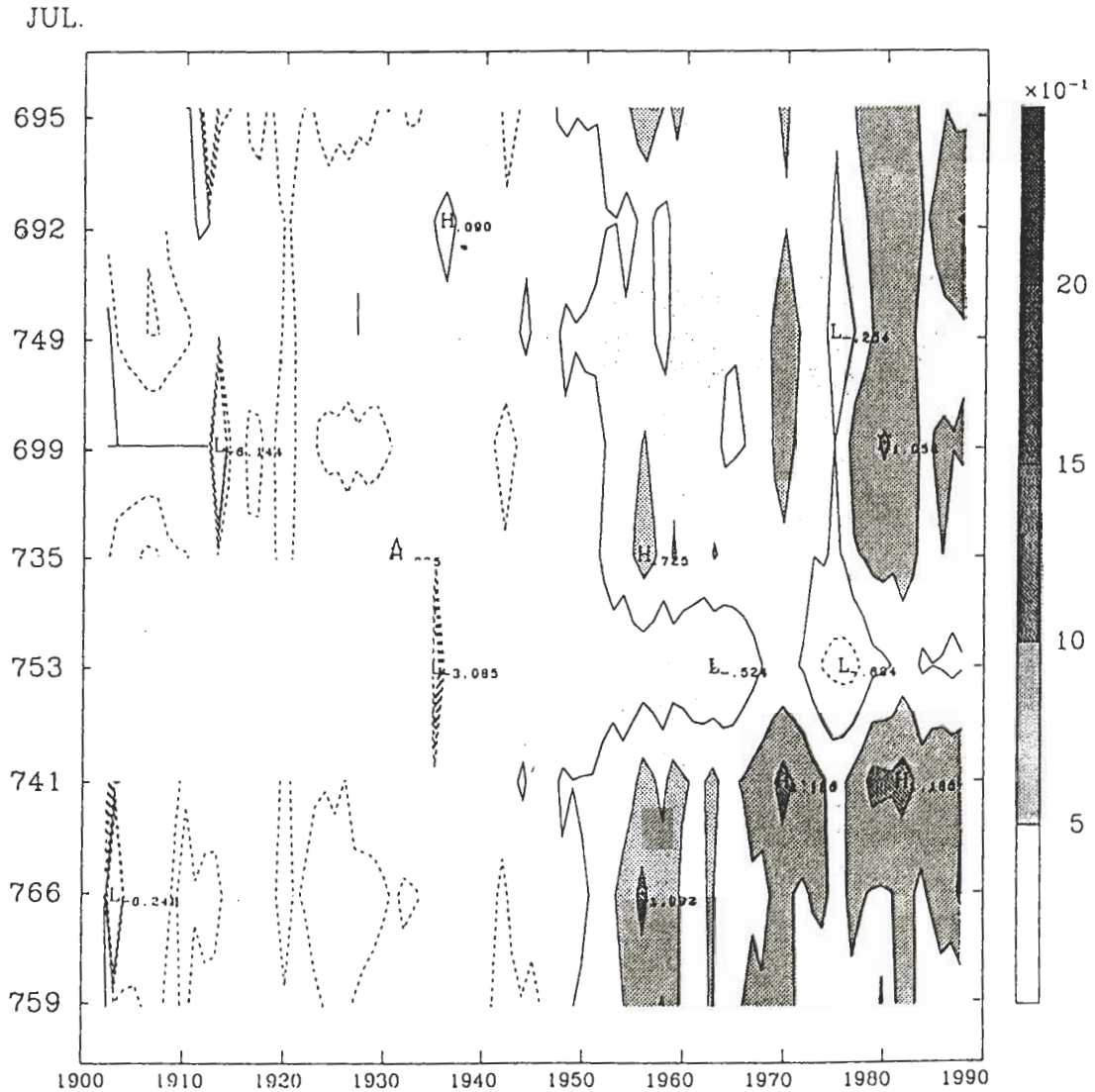


圖4 同圖2,但為七月。

表一 1961-1990年與1901-1930年之各月平均溫度差與統計顯著度，*表示90%-95%顯著度，**表示95%-99%顯著度，****表示99.5%以上。阿里山測站資料不足以做t檢定，以“---”表示之。

	一 月	二 月	三 月	四 月	五 月	六 月	七 月	八 月	九 月	十 月	十一 月	十二 月
彭佳嶼	0.60 *	0.65 *	0.84 ***	0.86 **	0.97 ****	0.31	0.98 ****	0.81 ****	0.85 ****	1.14 ****	0.80 ****	0.54 *
台北	0.08	0.91 **	0.75 **	0.91 **	0.86 ***	0.39	0.86 ****	0.91 ****	0.85 ****	1.18 ****	1.06 ****	0.51
台中	-0.09	0.97 **	0.80 **	0.87 **	0.70 ***	0.47 **	0.74 ****	0.63 ****	0.72 ****	0.95 ****	0.97 ***	0.20
花蓮	-0.01	0.41 **	0.64 **	0.85 ***	0.93 ****	0.56 **	1.06 ****	0.86 ****	0.86 ****	1.03 ****	0.85 ****	-0.47
澎湖	0.01	0.90 *	0.85 *	0.92 ***	0.73 ****	0.37 *	0.81 ****	0.75 ****	0.71 ****	0.70 ***	0.59 **	0.25
阿里山	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
台南	-0.05	1.08 **	1.04 **	1.21 ****	1.25 ****	1.02 ****	1.22 ****	1.09 ****	0.97 ****	1.04 ****	0.78 **	0.16
台東	-0.21	0.66 *	0.58 *	0.73 **	0.98 ****	0.65 **	1.20 ****	1.13 ****	0.93 ****	0.96 ****	0.76 ****	0.14
恆春	0.00	0.82 **	0.65 **	0.76 ***	0.84 ****	0.49 **	0.78 ****	0.75 ****	0.79 ****	0.97 ****	0.74 ****	0.23

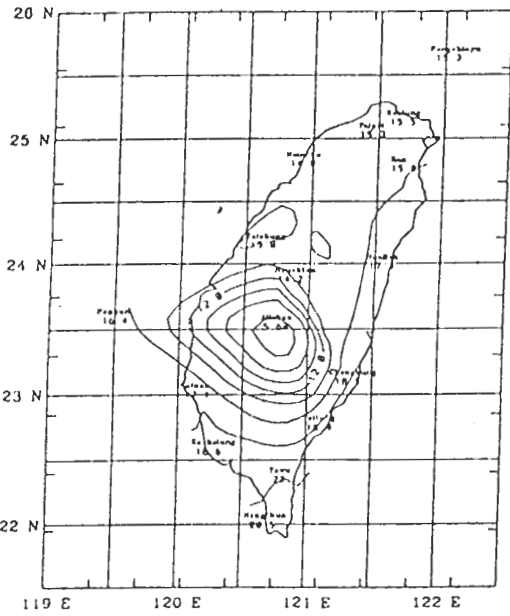
正交函數分佈圖。一月的氣溫除山地阿里山之外，略呈北或西北向南或東南增加，新竹最低，恆春最高。山地阿里山溫度最低但平均仍在冰點以上。

第一個主成份解釋86.4%的變異，成份係數符號全省相同且值的大小差不多相等，而台中、日月潭、阿里山之值略大。第二個主成份解釋5.3%的變異，台灣東南和中部山地與西部符號相反最大正值中心在阿里山。第三個主成份解釋了3%的變異，台灣西南部和東部符號相反最大值在澎湖。圖6所示為前三個主成份的時間序列和成份值的时间線性迴歸。迴歸線之斜率略等於0顯示長期的趨勢不明顯，一月氣溫的氣候變化以同相位的年際變化為主。

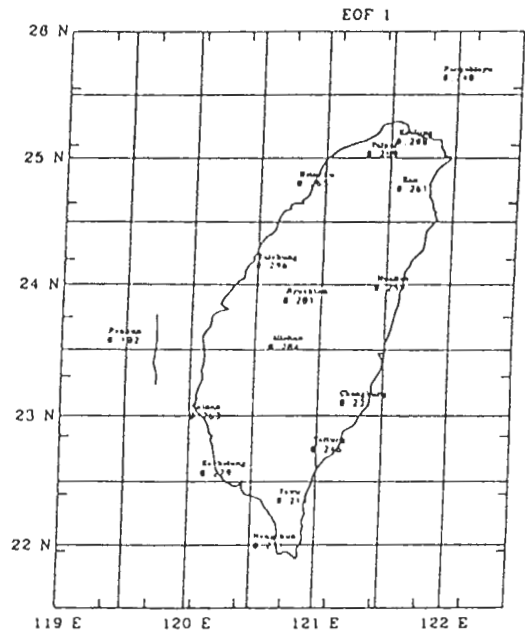
圖7所示為七月氣溫的50年平均和前三個經驗正交函數的分佈圖，七月的氣溫除山地阿里山之外，全省約略相等。北部的城市如台北、基隆反而高於南部恆春。比較一月氣溫的分布可見北部氣溫的年較差較南部為大。

第一個主成份解釋73.8%之差異，成份係數符號全省相同，而除阿里山外，數值大小差不多相同。台北、新竹、高雄之值略大。第二個主成份解釋8.2%之變異，東部和西部符號相反，最大正值中心在台北。第三個主成份解釋4.3%之變異。東北和西南符號相反，最大正值中心在台南和恆春。圖8所示為七月前三個主成份的時間序列和成份值的时间線性迴歸。第一主成份顯著的斜率顯示台灣全省的

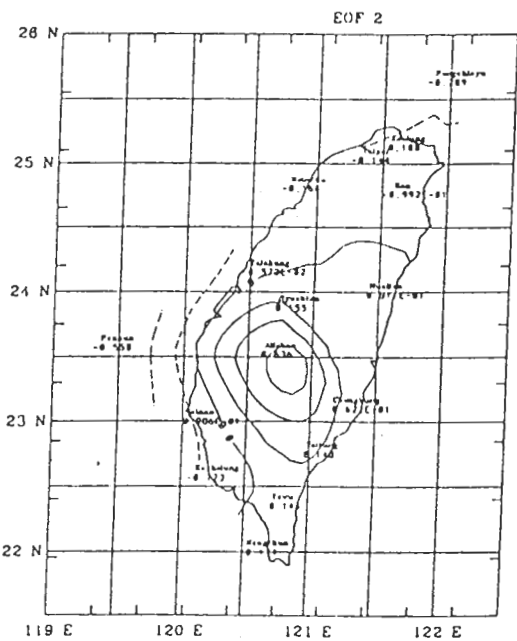
(a)



(b)



(c)



(d)

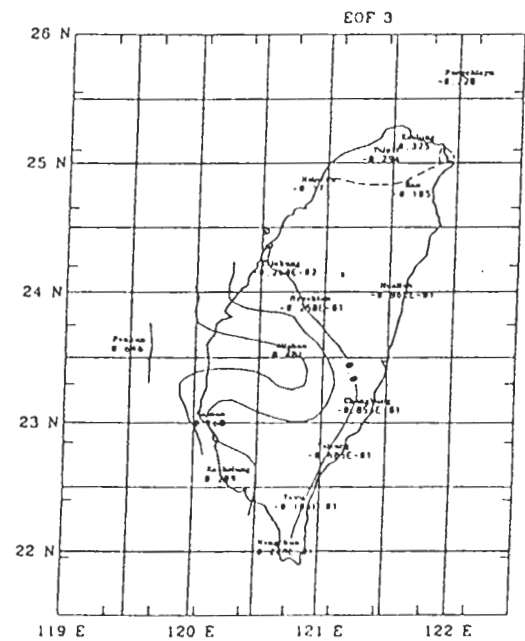


圖5 十六個測站，1945-1991年一月氣溫之經驗正交函數(EOF)分布圖。

(a)第零個EOF (平均°C)，(b)第一個EOF，(c)第二個EOF，(d)第三個EOF。

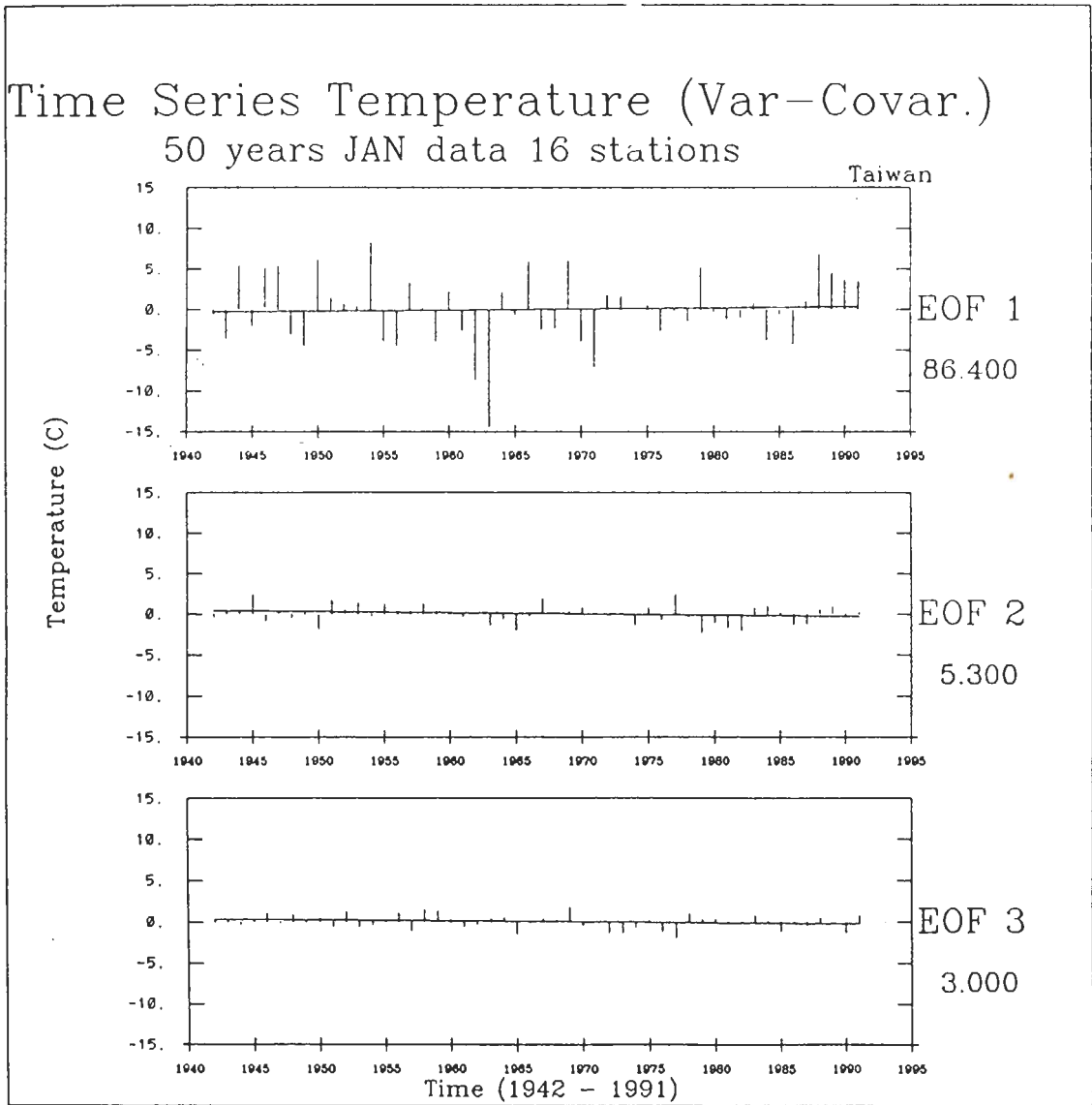
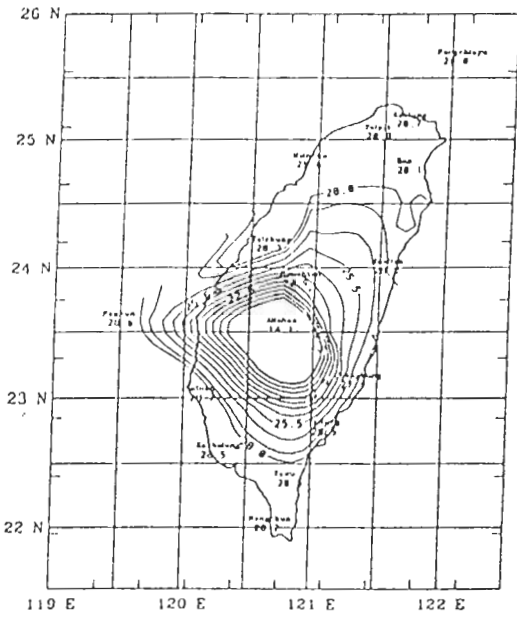
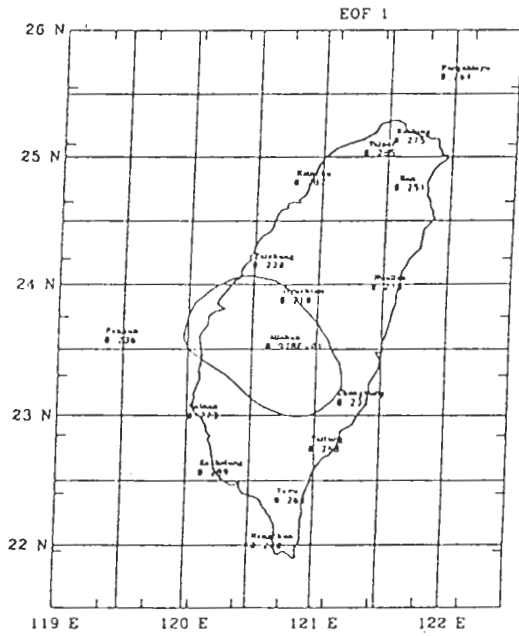


圖6 一月氣溫前三個主成份之時間序列, 右側的數字表示該主成份解釋變異的百分比。

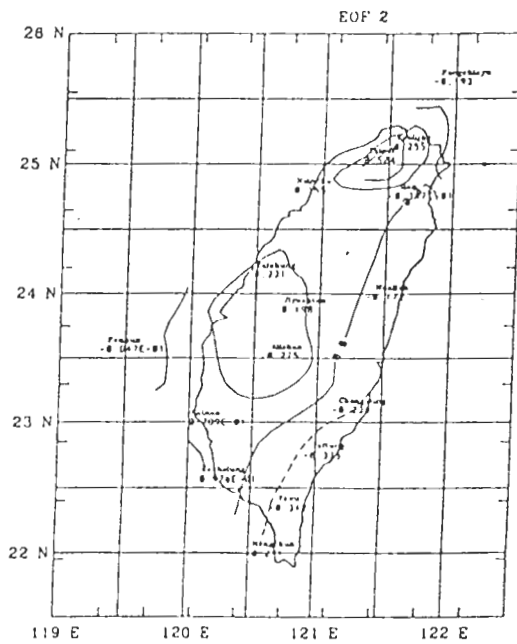
(a)



(b)



(c)



(d)

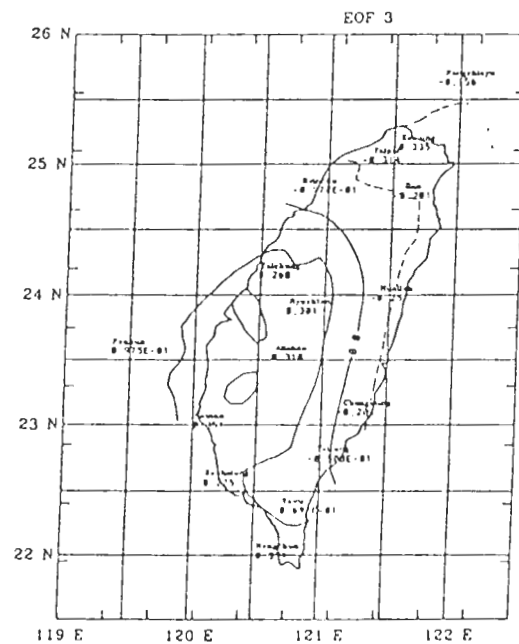


圖7 同圖5，但為七月氣溫。

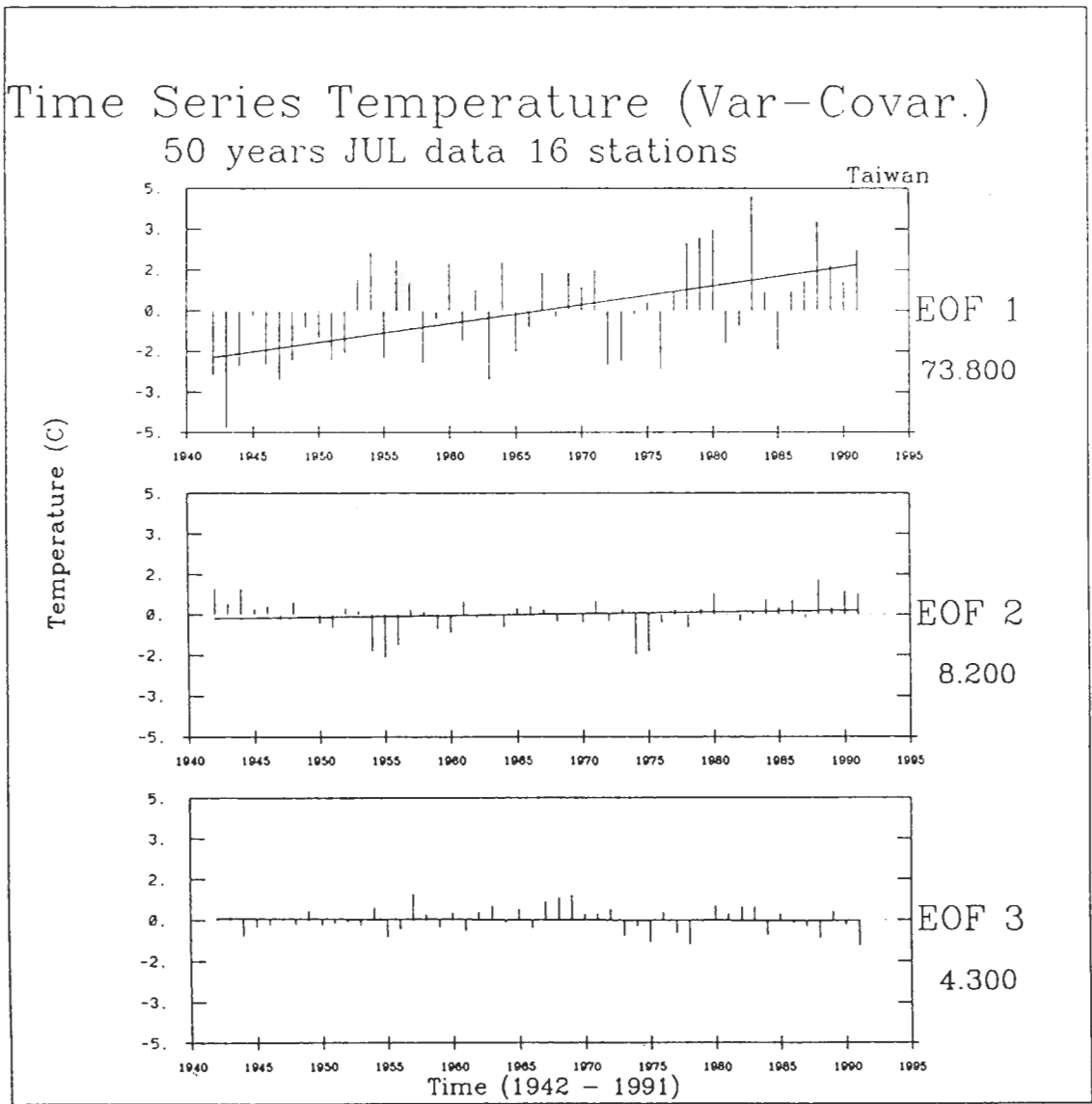


圖8 同圖6，但為七月氣溫。

溫度上升趨勢，第二主成份不顯著的斜率顯示台灣西部地區，特別是台北的上升趨勢大於東部。

綜合一月和七月氣溫之主成份分析顯示，冬季（一月）的氣溫的氣候變化以同相位的年際變化為主，長期趨勢並不明顯，夏季（七月）的氣溫則顯示全省上升的長期趨勢，西部地方尤其明顯。變化的極值並不集中於大都市，所以城市的效應並不能完全解釋氣溫的長期趨勢。

五、降水的長期變化～1901—1990

相對於氣溫的長期趨勢，降水的長期變化則較為複雜，而且年際變化也更大。由測站—時間降水的距平圖可見冬季一月降水主要的正距平出現於1960和1970年代的東部（圖9），而七月的正距平出現於1910和1920、1930年代晚期以及1950年代南部（圖10），其他各月降水變化的長期趨勢並不一

JAN.

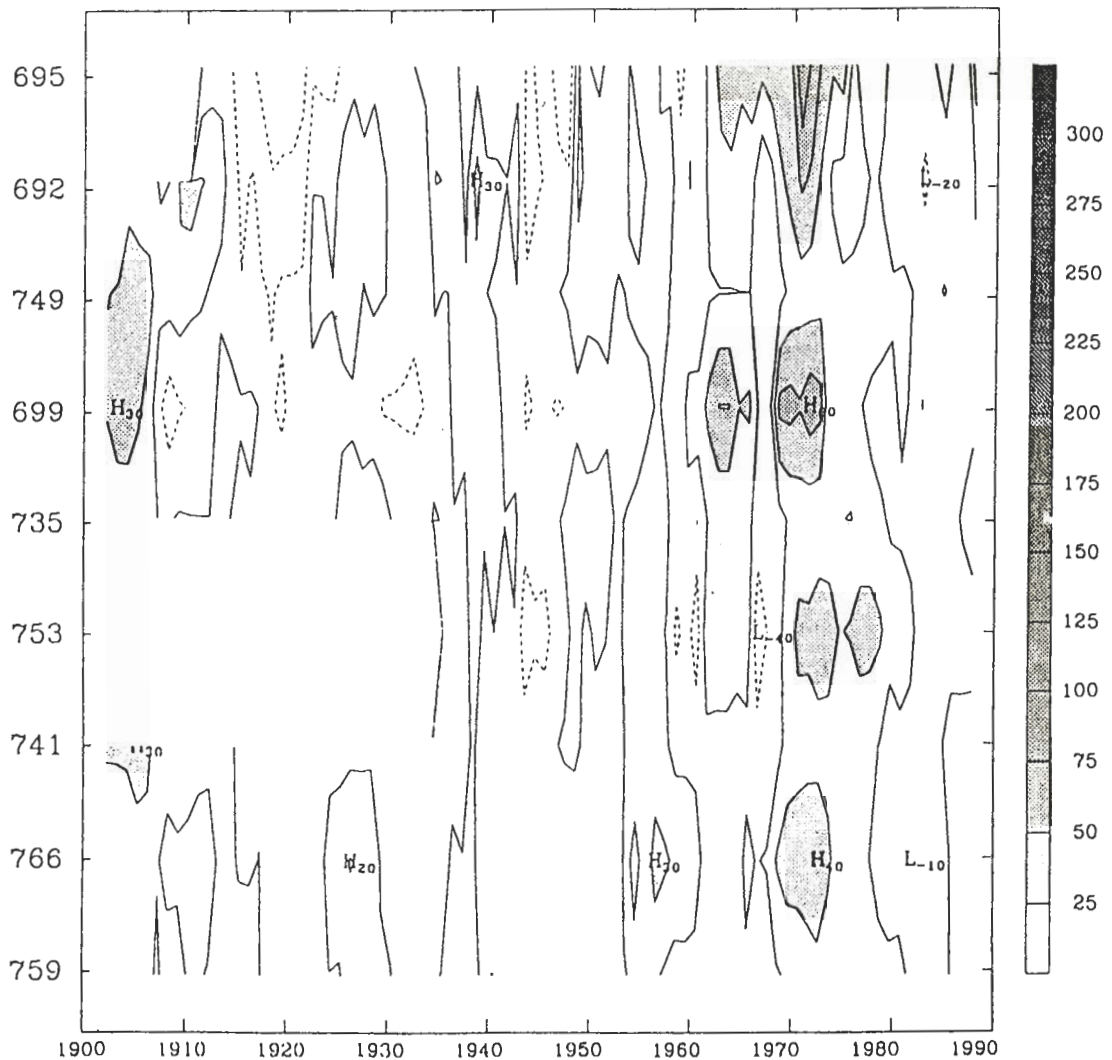


圖9 同圖2，但為一月之降水距平。等值線間距為25mm，距平大於25mm以陰影顯示。

致。若以1961-90平均和1901-30年平均比較(表二)作為長期變遷之指標則一月東部降水增加西部減少,二月北部增加西南部減少,三月南北兩端增加其他測站減少,四月則只有澎湖增加其他地方減少,五月澎湖增加其他地方減少,六月除了台北略減外,其他地方增加,七月除了台北略增之外其他地方減少很多,八月除了花蓮增加外其他地方減少,九月台灣東部大量增加而西部

略減,十月仍然是東部增加,西部略減。十一月除台南略為減少外其他地方增加。十二月北部增加,其他各地減少,由此可見冬季東部北部增加,而西南部略減,春季各地降雨減少,梅雨季早期減少後期增加,夏季各地降雨減少,秋季也是東部增加西南部減少,圖11所示為九個測站1900-90年全年降水的時間列序列和時間線性迴歸。全年降水有東部北部增加而西南部減少的趨勢,而彭佳嶼增加的趨

JUL.

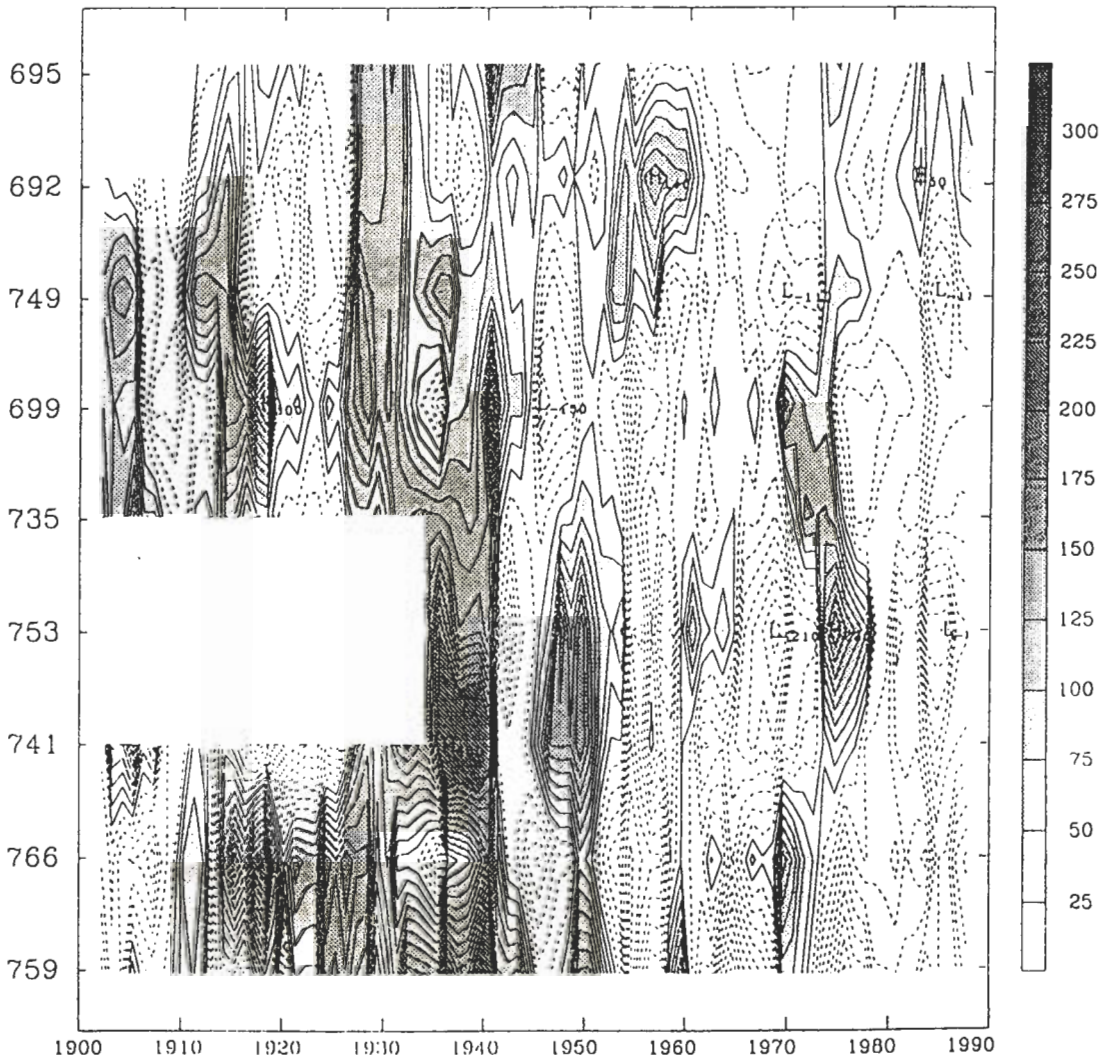


圖10 同圖9,但為七月之降水距平。

表二 1961-1990年與1901-1930年之各月及全年平均降水差與統計顯著度，*表示90%-95%顯著度，**表示95%-99%顯著度，****表示99.5%以上。阿里山測站資料不足以做t檢定，以“---”表示之。

	一 月	二 月	三 月	四 月	五 月	六 月	七 月	八 月	九 月	十 月	十一 月	十二 月	全 年
彭佳嶼	63 ****	51 **	33	9	9	90 ***	-18	-4	97 ****	18	47 ***	20 *	414 *
台北	2	8	6	-7	-3	-7	4	-14	88 **	-7	16	1	84
台中	-2	10	-17	-18	-24	32	-72 *	-3	-12	-12 *	2	-3	-122
花蓮	21 *	19	-2	-10	-1	75 **	-74	13	128 **	61	48 *	-10	268
澎湖	-1	8	-2	-17	4	16	-45	-18	-12	-2	3	-3	-70
阿里山	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
台南	-6	-7	-11	6	-9	25	-69	-76	-19	-8	0	-8 **	-185
台東	4	2	-8	3	-8	57	-80	-17	51	30	32 *	-1	64
恆春	-1	-1	5	-16 *	-23	23	-100 *	-89	34	-14	15 *	-3	-171

勢顯著。圖12所示則為全年降水之五年滑動平均距平。主要特徵為1930年代後半期和1940年代後半期之正距平。1970年代初期阿里山和台東的正距平及近年彭佳嶼和台北之正距平，以及1960年代全省及1970年代中期以後南部地區負距平。因此由降水資料顯示，近年來西南部有更嚴重水資源匱乏的問題。

六、1942—1991年一月和七月降水主成份分析之結果

圖13所示為一月降水的50年平均和前三個經驗正交函數分佈圖，一月的降水台灣本島東北向西南

遞減，基隆達361mm，高雄為14.6mm，海上的澎佳嶼141mm，而澎湖只有21.9mm，阿里山降水81mm，為平地降水的4—5倍。

第一個主成份解釋69%之差異，極大值的中心在東北部，西南部數值接近於0。

第二個主成份解釋10.9%的差異，東北部和全省其他地區符號相反，最大正值中心在阿里山。

第三個主成份解釋7.9%的差異，東部和除西南部以外的西部符號相反，最大正值中心在宜蘭和花蓮。

圖14所示為前三個主成份的時間序列和成份值的時間線性迴歸。

第一主成份不顯著的斜率顯示台灣東北部降水

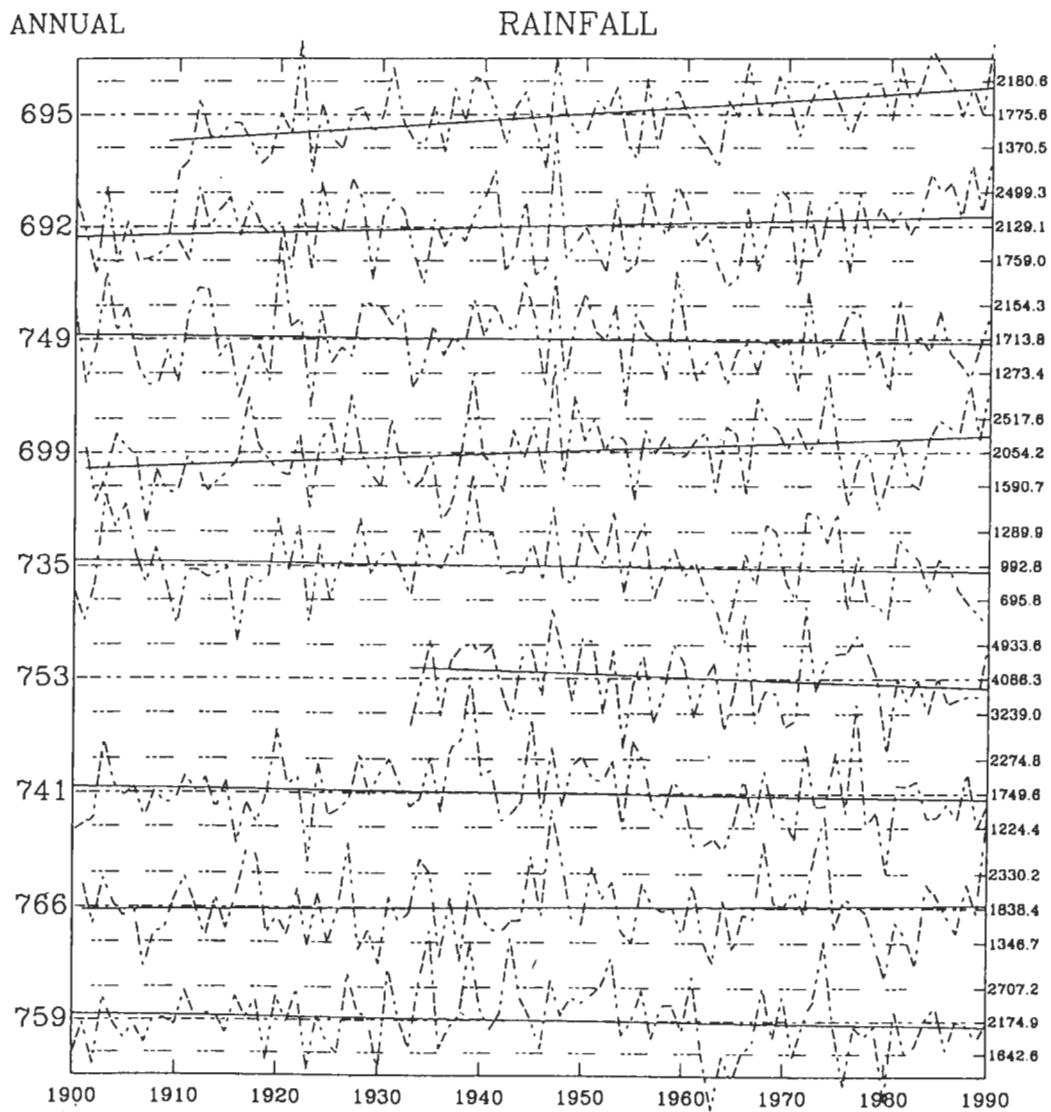


圖11 同圖1，但為年降水量(mm)。

ANNUAL

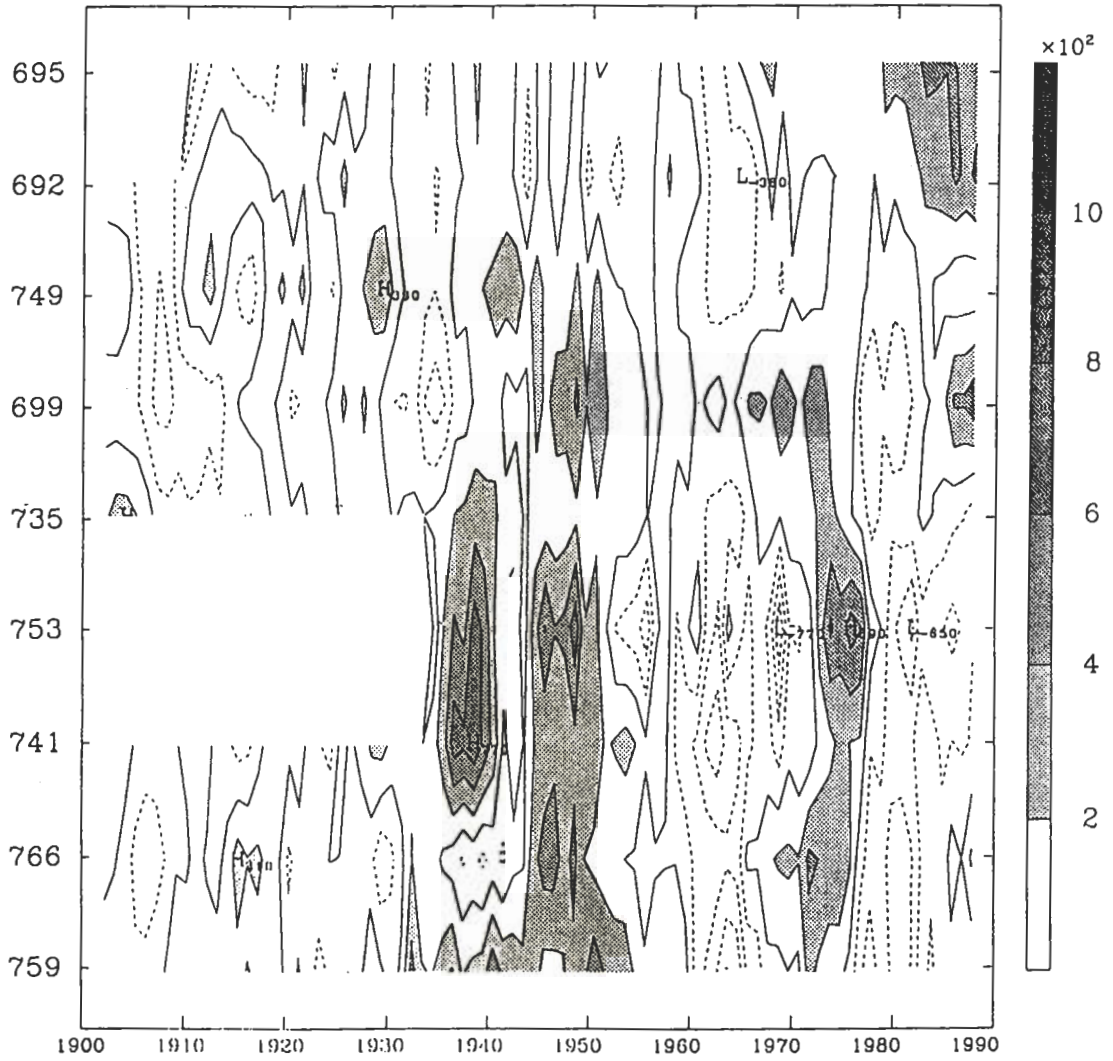
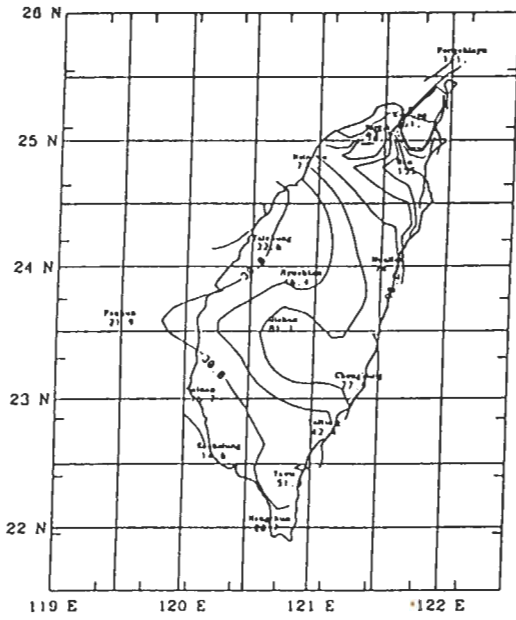
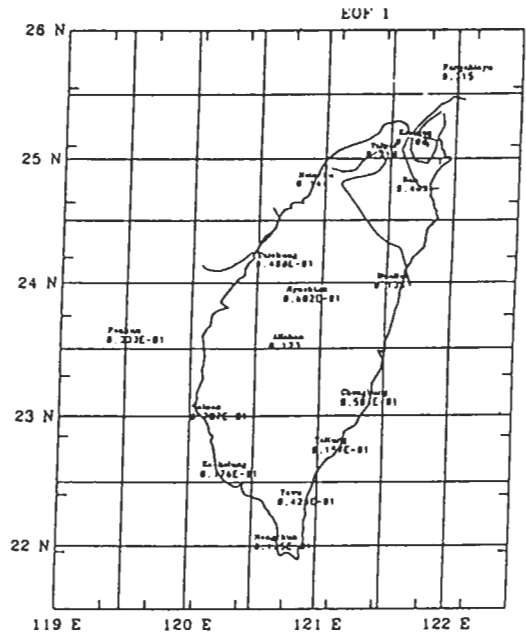


圖12 同圖2，但為年降水量距平。等值線間距為200mm，距平大於200mm以陰影顯示。

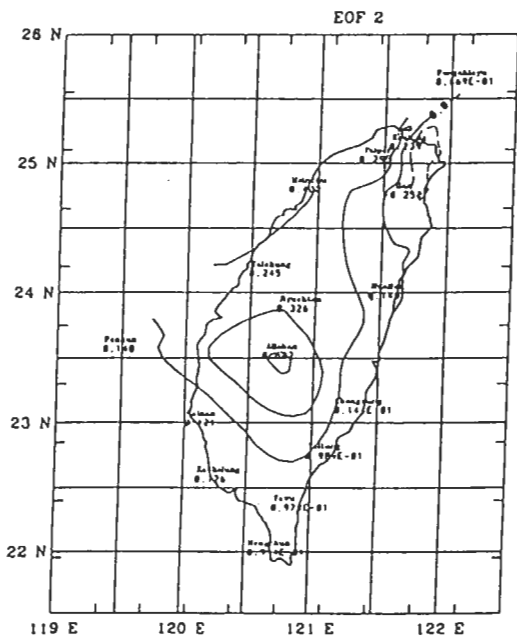
(a)



(b)



(c)



(d)

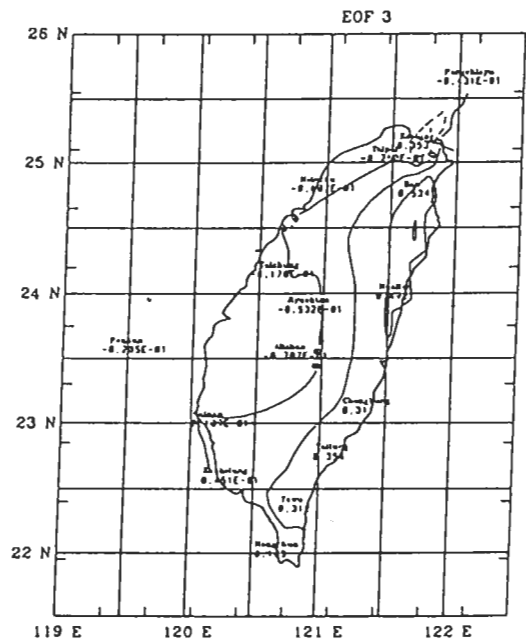


圖 13 同圖 5，但為一月降水量，第零個 EOF 之單位為 mm。

增加的長期趨勢。

第二主成份不顯著的斜率顯示西南部，特別是阿里山降水減少的趨勢。

第三主成份不顯著的上升斜率，顯示東部降水增加而中西部降水減少的趨勢。

由前三個主成份合成，可見一月東部，特別是

東北部降水增加而西部減少的趨勢。

圖15所示為七月降水的50年平均和前三個經驗正交函數之分佈圖，七月的降水除阿里山之外，由南向北遞減。台北之降水由於受益地的影響，雨量成為北部最多者有253mm，阿里山降水625mm約達附近平地的兩倍。

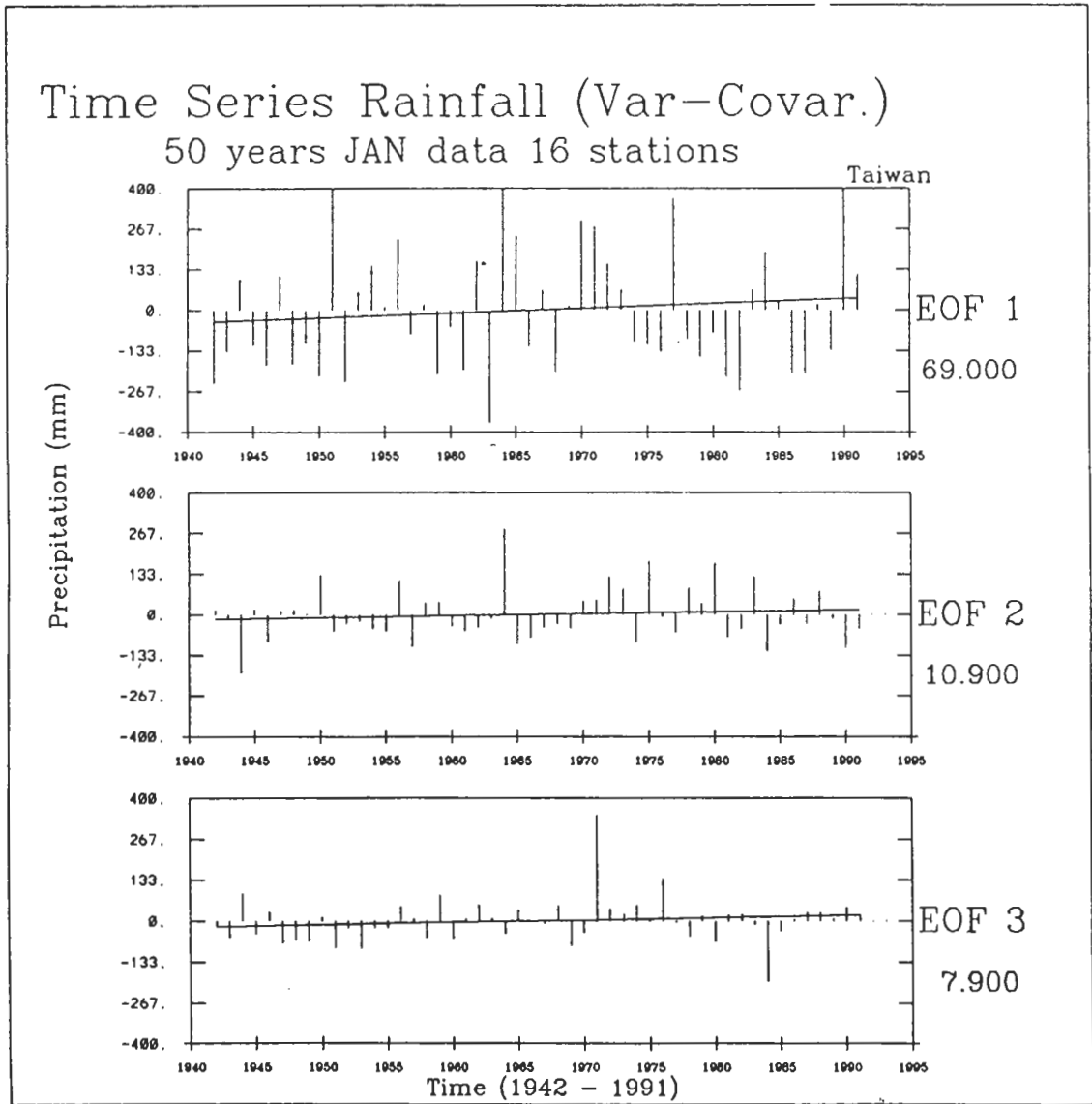
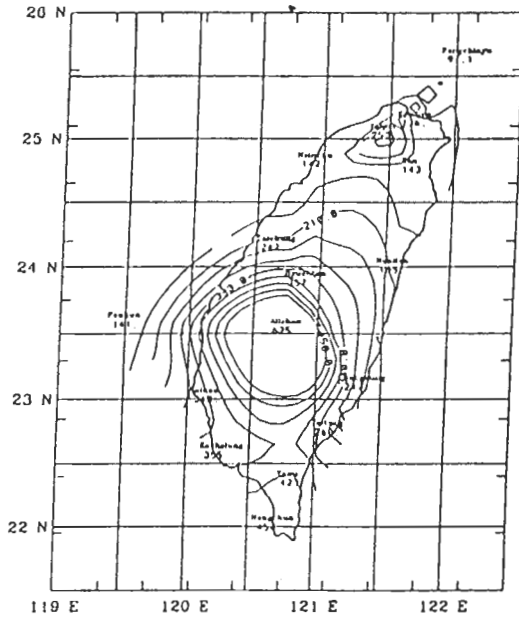
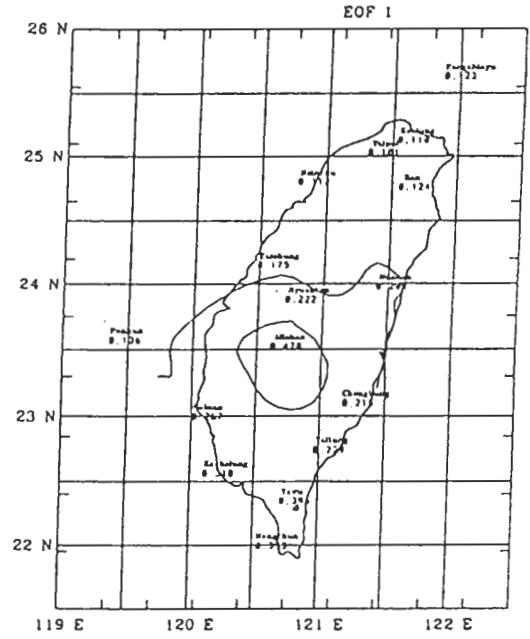


圖14 同圖6，但為一月降水量。

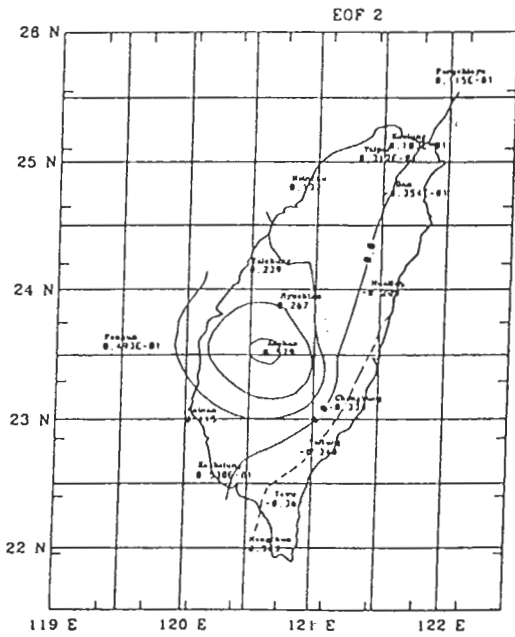
(a)



(b)



(c)



(d)

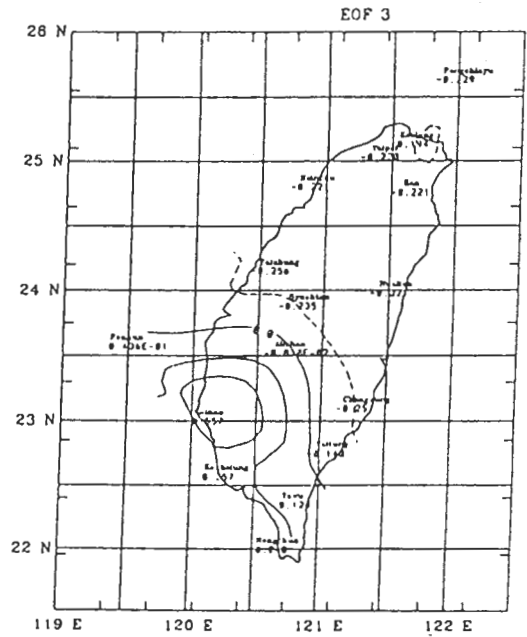


圖 15 同圖 13，但為七月降水量。

第一個主成份解釋54.3%之變異，全省成份係數符號相同，極大值在西南部，中心在阿里山。

第二個主成份為解釋18.2%之變異，東部和西部符號相反，最大正值在阿里山。

第三個主成份解釋6.9%的變異，西南部和全省其他地區符號相反，最大正值中心在台南。

圖16顯示七月前三個主成份之時間序列和主成份值的時間線性迴歸。

第一個主成份接近顯著的下斜率顯示全省特別是西南部降水減少的長期趨勢。

第二個主成份不顯著的下斜率顯示西部，特別是阿里山降水減少之趨勢。

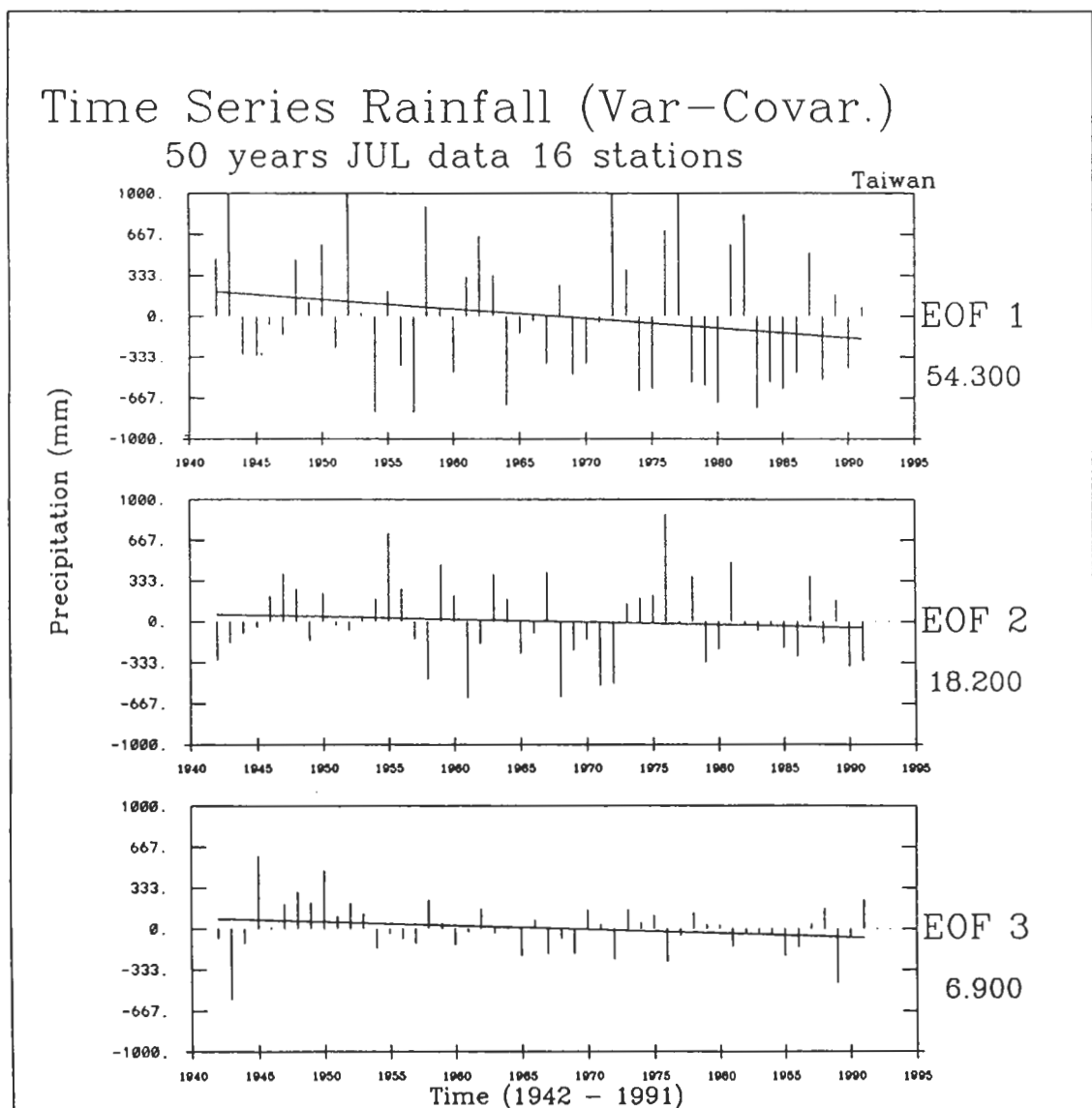


圖16 同圖14，但為七月降水量。

第三個主成份不顯著的下降斜率，顯示西南部特別是台南降水減少之趨勢。

綜合前三個主成份之趨勢，我們可以看出七月降水西南部減少之趨勢。

綜合一月和七月降水主成份分析顯示，冬季（一月）東部北部增加而西南部減少，夏季（七月）西南部明顯減少，這個結果和以1961—90年平均和1901—1930年平均相差作為長期變遷指標的結果（表二）一致。

七、綜合討論

為了解台灣自有觀測資料以來的氣候變化的特徵，本文首先選用了台灣地區有比較長期記錄的九個測站，分析其月平均的溫度和降水並佐以由COADS的船舶觀測的海面溫度和海面氣溫資料的分析。結果顯示氣溫全年有上升的趨勢，唯除彭佳嶼外上升趨勢較不明顯的有十二月及一月。上升趨勢最明顯的為夏半年五月及七月至十月，由於冬季及夏季溫度趨勢的差異，使得冬夏季間的年較差增加。由冬季及夏季趨勢的差異也可反証資料之可信度。彭佳嶼全年溫度上升以冬季和六月較小，但冬季仍達顯著的程度。阿里山七月溫度於時間線性迴歸計算時未達顯著程度。這可能和資料長度有關。該二測站氣溫的觀測未包括二十世紀初期全省冬季的高溫和夏季的低溫期。船舶觀測資料分析的結果恰和測站觀測分析所得結論一致，而測站氣溫的趨勢和都市化的程度關係並不特別顯著。此結果顯示氣溫的變化和大尺度環流的變化有關，這點可以佐証台灣氣溫變化可能是全球變遷的一部份。唯全球變遷的研究中皆謂全球的溫度升高，冬季較夏季明顯高緯度較低緯度明顯，這點在台灣氣溫上升的趨勢中卻剛好相反，由此可見全球變遷的大趨勢中，台灣氣候的變化有它獨特的結構。

另外，我們以全省16個測站，1942—1991，50年的平均氣溫資料做進一步的經驗正交函數分析，結果顯示一月氣溫前三個主成份解釋約94.7%的變異。主要是年際變化，長期趨勢並不明顯。而七月氣溫則不同，第一主成份解釋73%之變異，顯示全省溫度上升之趨勢。第二主成份解釋8.2%之差異，顯示台灣西部地區更明顯的溫度上升之趨勢。這結果和90年資料分析結果是一致的。

1901—1990年降水資料的分析結果顯示，冬季東部北部特別是彭佳嶼有增加趨勢，而西南部略減，春季各地降雨減少。梅雨季各地降水早期減少後期增加，夏季各地降雨減少。秋季則是東部特別是彭佳嶼增加而西南部減少，全年的降水則有東部北部增加而西南部減少的趨勢。彭佳嶼降水的增加已達顯著程度。由此可見西南部乾旱發生的可能性有增加的趨勢。

另外1942—1991，50年降水資料經驗正交函數分析結果顯示，一月降雨量前三個主成份解釋88.8%之差異。除年際變化外，最明顯的特徵是東部，特別是東北部降水增加，而西部特別是山區阿里山減少之趨勢。七月降水之前三個主成份解了78.4%的差異，而相似於一月除了年際變化，最明顯的特徵仍然是西南部降水減少之趨勢。這結果驗證了以1901—1990，90年資料分析所得的結論。台灣西南部地區降水量有明顯下降的趨勢，乾旱的發生的可能性有逐漸增加的趨勢。

氣溫的上升以五月及七至十月最為明顯此和雨量變化趨勢的氣候相關一致。台灣地區夏季降水和氣溫略成負相關。五月初夏降雨減少故氣溫上升快速，六月降雨增加故氣溫上升趨緩。七月、八月盛夏降雨減少故氣溫急速上升，秋季的九、十、十一月降水為東部北部增加而西南部減少，氣溫的上升除了受輻射及蒸發的影響外，尚受到溫度平流等因素影響。

Lau and Sheu (1991)一文中分析過去1901—80年全球的降水資料指出，全球的降水除了和El Niño / Southern Oscillation有密切關聯的年際變化外，也有一長約120年的變動(EOF 2)及長約60年的變動(EOF 3)。120年期的變動顯示在1940年之前主成份為正值，1940—1980逐步減低至最極小值，1940年以後負的趨勢，被認為和熱帶太平洋海洋大氣系統的變動所引起的季風降水區的西移有關。台灣位於正值區，顯示在1940年後有降水明顯減少的趨勢。60年期的變動顯示1915年和1975年前後為極小值而1950年代末為極大值。這個週期變動可能和印度季風長期的變動有關。台灣位於正值區邊緣，這個主成份對於降水變動的貢獻應該不大。由Lau and Sheu (1991)一文結果推論台灣附近地區的降水在1940、1950年代有一個極大值及1960年代後有明顯的下降趨勢。而我們的分析結果卻顯示降水是東部、北部增加，而

西南部減少等更微細的結構。猜想這種區域性的氣候趨勢差異，可能和台灣地區特殊的地形和地理位置有關。

冬季降水東部東北部增加，猜想和冬季季風的強度有關。春季和梅雨季早期降水減少而六月降水增加，猜想和梅雨季延後有關。而秋季降水東部、北部增加，則猜想和颱風與鋒面的交互作用有關。

氣溫有上升的趨勢但冬夏的速度不同，降水有東部北部增加，西南部減少的趨勢，為什麼還會這樣，也許可以從大氣環流型態的變動找到答案，有待於投注更多的資源加以研究。

致 謝

本文研究期間承蒙陳幼麟和邱保源兩位先生協助資料處理、程式設計和繪圖，及賴秋玲小姐打字，謹此誌謝。同時感謝兩位審查者費心提出改進建議。

參考文獻

- Angell, J.K. and J. Korshover, 1983: Global temperature variations in the troposphere and stratosphere, 1958-1982. *Mon. Wea. Rev.* 111, 901-921.
- Balling, R.C. Jr. and S.B. Idso; 1989: Historical Temperature trends in the United states and the effect of urban population growth. *J. geophy. Res.*, Vol 94. No D3. 3359-3363.
- Barnett, T.P., 1984: Long-Term trends in surface temperature over the oceans. *Mon. Wea. Rev.*, 112, 303-312.
- Barry, R.G., 1985: Snow cover, sea ice, and permafrost in glaciers, ice sheets and sea level: Effects of a CO₂-induced climatic change, Rep. DOE/EV/60235-1, pp.241-247. U.S. Dept. of Energy, Carbon Dioxide Res. Div., Natl. Tech. Tuf. Serv. Spring field-Ua.
- Bradley, R.S., H.F. Diaz, J.K. Eischeid, P.D. Jones, P.M. Kelly, and C.M. Goodess, 1987: Precipitation fluctuations over northern hemisphere land area since the mid- 19th Century, *Science*, 237, 171-175.
- Chiang. S.H., A.Lo, and M.C. Wu, 1989: Reversing the atmospheric temperature warming in Taiwan, Proceeding international conference on responding to the threat of global warming options for the Pacific and Asia. June, 21-27, 1989, Eastwest center, Hawaii, U.S.A.
- Diaz. J.F., R.S. Bradley and J.K. Eischeid; 1989 : Precipitation Fluctuations over global land areas since the late 1800's. *J. Geophy. Res.* Vol 94. No D1, 1195-1210.
- Ellsasser, H.W., M.C., MacCracken, J.J. Walton, and S.L.Grotch, 1986 : Global climatic trends as revealed by the recorded data. *Rev. Geophy. Vol 24, No 4.* 745-792.
- Folland, C.K., D.E. Parker, and F.E. Kates, 1984: Worldwide marine temperature fluctuations 1956-1981. *Nature* 310, 670-673.
- Hansen, J., 1987: Global trends of measured surface air temperature, *J. Geophys. Rev.*, Vol 92, No.11, 13345-13372.
- Jones. P.P., S.C.B. Raper, and T.H.L. Wigley, 1986: Southern hemisphere surface air temperature variation: 1851-1984. *J. Climate. appl. Meteor.* 25, 1213-1230.
- Jones, P.P., S.C.B. Raper, R.S. Bradley, H.F. Diaz, P.M. Kelly, and T.M.L. Wigley, 1986: Northern hemisphere surface air temperature variations: 1851-1984 *J. Climate Appl. Meteor.* 25, 161-179.
- Lau, K.M. and P.J. Sheu., 1991: Teleconnections in global rainfall anomalies: seasonal to interdecadal time scale. Teleconnections linking worldwide climate anomalies-scientific basis and social impact edited by Glantz.M.H.,R.W. Katz.and N.Nicholls, 227-256. Cambridge University Press. Cambridge,

535pp.

- Lorenz, E.N., 1956: Empirical orthogonal and statistical weather prediction. Rep. 1., statist. Forecasting project., MIT.
- McGurik, J.P., 1982: A century of precipitation variability along the Pacific Coast of North America and its impact Climate change, 4, 41-56.
- Mysak.L.A., D.K. Manak, and R.F. Marsden, 1990: Sea ice observed in the Greenland and Labrador Seas. during 1901-1984 and their relation to an Interdecadal Arctic Climate cycle. *Climate Dynamics*, 5, 111-133.
- Preisendorfer, R.W. and C.D. Mobley., 1988: Principal component Analysis in Meteorology and Oceanography. *Elsevier Science publishers, Amsterdam*, 425 pp.
- Ramanathan, V., L. Callis, R. Cess, J. Hansen, I. Isaksen, W. Kuhn, A. Lacis, F. Luther, J. Mahluan, R. Reck, and M. Schlesinger, 1987: Climate – Chemical interactions and effects of changing atmospheric trace gases. *Rev. Geophys. Vol 25*, No 7. 1441-1482.
- Schlesinger, M.E. and J.F.B. Mitchell, 1987: Climate model simulation of the equilibrium climatic response to increased Carbon Dioxide. *Rev. Geophys. Vol 25*, No 4. 760-788.
- Schneider, S.H., 1990: The global warming debate heats up: an analysis and perspective. *Bull. Ame. Meteor. Soc. Vol 71*, No 9. 1292-1304.
- Vinnikov, K.Ya., P.Ya. Goiswan and K.M. Lugina; 1990: Empirical data on contemporary global climate changes. (temperature and precipitation) *J. of Climate, Vol 3*. 662-677.
- 魏元恆、蕭長庚、徐君明，1976：台灣氣候之研究與應用全國大氣科學學術研討會論文彙編，國科會398-409。

Climate Variation in Taiwan –
Temperature and Precipitation

Ming-Chin Wu

Department of Atmospheric Science
National Taiwan University

(manuscript received 20 June 1992; in final form 27 August 1992)

ABSTRACT

In order to reveal the characteristics of the climatic variation in Taiwan, we analyze the temperature and precipitation of the 9 stations with longer record as well as the sea surface temperature and air temperature of the ship observation from COADS. The results indicate that the temperature has a significantly upward trend, but not in the winter. The most significant trend appear in the summer half year, especially May and July through October. This tendency is consistent with the precipitation climatology. The precipitation in fall and winter increased over the Eastern Taiwan but decreased over the South-Western Taiwan. The annual rainfall tends to increase in the Eastern & Northern Taiwan but decrease in South-Western Taiwan. The seasonal distribution in the precipitation long-term trend is consistent with the pattern of the precipitation seasonal distribution. Furthermore, the empirical orthogonal function analysis is applied to the 50 years, 1942-1991, record of monthly mean temperature and precipitation of the 16 stations. The results confirm the conclusion reached by the 90 years record analysis.

Key Words: Taiwan, temperature increased during summer, precipitation increased in the East and Northeast, decreased in the Southwest.