

臺灣五大城市之氣候特性分析

陳泰然 吳清吉

國立臺灣大學大氣科學系

(中華民國六十七年八月二十七日收到)

摘 要

本文係對臺灣五大城市（臺北、基隆、臺中、臺南與高雄）之二十年氣候資料（民國四十五年至六十四年）進行統計分析，以求得最高溫度、最低溫度與降水量之每日氣候值並分析其氣候特徵。臺北與東港之探空資料（十六年）亦用於分析中、低對流層大氣之氣候結構特性。

結果顯示最低溫度每日氣候值臺北低於基隆，臺南低於高雄，此種差異尤以冬季最為顯著。最高溫度每日氣候值則呈相反結果，即臺北高於基隆，臺南高於高雄，且其差異在夏季更為明顯。最高溫度與最低溫度之季節變化，北部遠大於南部。

每日降水氣候值顯示基隆呈冬濕夏乾型，各季降水持續性均高，其他城市則呈冬乾夏濕型，且降水持續性亦呈冬低夏高型。各大城市之降水持續性有由北往南遞減之趨勢。梅雨期（五月中旬至六月中旬），五大城市之降水強度及持續性均十分顯著，其降水量，在北部為相對最大值，在南部則呈絕對最大值。

波譜分析結果顯示，地面與中低對流層各氣象參數之變化，在5~9天與14~16天附近，幾乎均有明顯可靠的週期存在。

分析結果又顯示每日無條件降水機率氣候值經修勻後之預報能力，較未修勻前為佳。

一、前 言

溫度與降水之長期氣候資料，不論在農業操作與規劃，或在水庫營運與水力發電以及水資源經營等之策劃均有甚高之參考價值。因而，研究一地之氣候以了解其特徵不僅是學術問題，同時也是應用問題。臺灣地處世界最大陸塊之歐、亞大陸與最大海洋太平洋交界處之副熱帶地區，雖然南北不過四百公里，但因冬夏分別受到中、低緯度不同天氣系統之控制，又受海陸分佈與山脈地形之影響，故全島各地之氣候特徵雖有相似之處，但亦存有顯着之相異點。為了解這些氣候特徵之異同，本文利用過去長期氣象觀測資料，以分析臺灣北、中、南區五大城市之氣候值。

地面與高空各氣象要素長期平均之每日氣候值，顯示有14天左右之顯着週期變化（陳，1977）。為確定此種週期之真實性以及其它週期存在之可能性，故本文亦分析各地各氣象要素每日氣候值之波

譜。最後，並分析無條件降水機率氣候值在使用不同修勻法與修勻長度後之預報能力，以提供今後進行主觀機率預報作業之參考。

二、資料採用與分析過程

本文所使用之地面資料包括北部之基隆與臺北，中部之臺中，以及南部之臺南與高雄，自1956年至1975年間每日之最高溫度、最低溫度以及降水量之觀測值。探空資料則包括中央氣象局所屬的臺北以及空軍氣象聯隊所屬的東港每日 1000、850、700 與 500mb 之高度值，以及 850、700mb 之溫度與露點值。

臺北探空資料自1958年至1973年，計有16年。東港之探空資料自1959年至1975年（1967年缺），亦為16年。這些高空資料皆採用 0000GMT 之觀測值。地面資料與東港之高空資料分別由中央氣象局與空軍氣象聯隊所存磁帶轉錄提供使用。而臺北高空資料則由氣象局出版之「高空觀測報告」抄出打

卡再轉錄磁帶使用。各測站之分佈見圖 1。

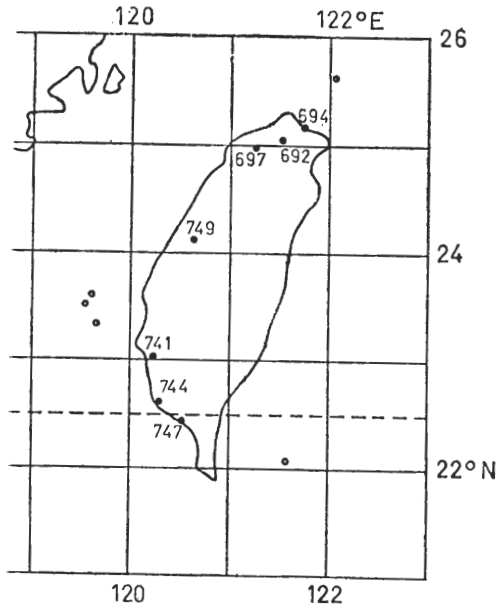


圖 1.: 地面測站: 基隆 (46694)、臺北 (46692)、臺中(46749)、臺南(46741) 與高雄 (46744) 及探空站: 臺北 (46692)、桃園 (46697) 與東港 (46741) 之位置分佈圖。

資料先經由人工及電算機檢查漏失情況。發現地面觀測資料僅有三天遺缺，均以前後天之平均值內插替補。高空資料遺缺較多，一年 365 天當中，歷年（共 16 年）任一天資料缺四個或以上者，臺北佔 1.3%，而東港則高達 21.6%。此種資料之遺缺以及原始資料所包含之各種可能錯誤，均能導致氣候值之代表性問題，故適當之修正至為必要。

本研究先求得各氣象變數在各月份之標準差，並以三倍標準差作為檢定錯誤資料之參考範圍。凡觀測值超出三倍標準差者，皆經由電算機挑出，再和原始檔案資料比較，以做適當之修正，經修正之資料數，地面計有 61 個，高空計有 39 個。這些錯誤顯然皆導源於資料轉錄於磁帶前之打卡疏忽。

原始資料經檢定修正後即進行計算。非閏年之二月份亦以線性內插以求取第 29 日之氣候值。經過簡單的處理可得各種資料一年 366 天之每日氣候值。這些氣候值經初步分析發現有不合理之高頻波 (2~5 天) 存在。作者相信在長期氣候平均值裏，此種波動應已被過濾，它們的存在可能是資料之隨機誤差 (random error) 或缺失資料所致，故選

用五點二項式移動平均 (five points binomial running mean) 加以修勻。

經修勻後之每日氣候值，再經由各測站間之分佈曲線相互比較，以作進一步修正。最高及最低溫度資料較為完整，經比較分析之後發現無需修正。高空資料因遺缺較多，且溫度與厚度之正比例關係至為密切，因而其錯誤常可由其彼此間氣候值之分佈曲線相互比較而察覺。若發現某些資料之錯誤相當明顯，則修正使其彼此間具有定性合理的關係。降水之分佈較具地區性，不易由其分佈曲線彼此比較以察覺其氣候值之可能錯誤，因而求得之氣候降水資料均未嘗試修訂。

為了解各地之氣候特徵，故除上述所求之每日氣候值外，最高氣溫、最低氣溫以及降水之變化與持續性亦經分析。此外，經修勻與修正過之各氣象要素每日氣候值亦作波譜分析，以求出其顯着之變動週期。最後，經由各種不同方法修勻之後的每日降水機率氣候值，亦經檢定以比較其預報能力。

三、結 果

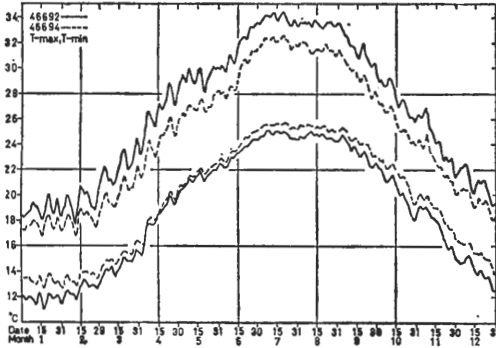
1. 氣候特徵

各測站最低溫度每日氣候值 (圖 2) 顯示臺北低於基隆，臺南低於高雄，此種差異尤以冬季更為顯着。在十月至一月間，臺北比基隆平均約低 1.3°C，其他月份平均僅低於 0.5°C。在十月至三月間，臺南比高雄平均約低 2°C，其他月份平均僅低約 0.5°C。臺中除三月中旬至六月中旬略高於臺北外 (平均約高 0.5°C)，其他月份則均略低於臺北，而臺中各月份均低於臺南與高雄。

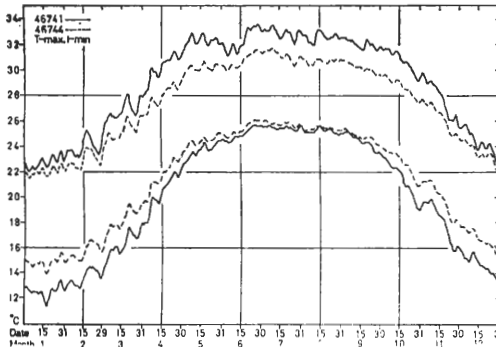
最高溫度分佈 (圖 2) 顯示各測站於三、四月上升最速，五月中旬至六月中旬之間趨於平穩或有下降之勢，然後再隨季節之演變而上升。臺北比基隆高出甚多，全年平均約高 2°C。臺南全年亦均高於高雄，在十一月至三月間平均約高 1°C，其他月份約高 2°C。此種測站間之差異有別於最低氣溫者，而以夏季較為顯着。臺中除於六月中旬至八月外，其他時間均高於臺北。臺中和南部兩大城市比較，發現六月中旬至十二月和臺南相近而高於高雄，其他月份則和高雄相近，但低於臺南。

最高溫度與最低溫度均顯示北部之季節變化遠大於南部。比較最高與最低溫度之分佈可見兩者有

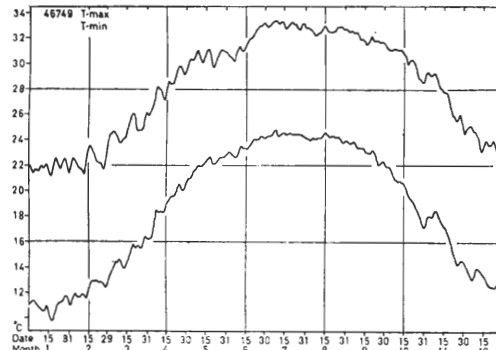
顯着的負相關，亦即最高溫度大時，最低溫度反小；反之，亦然。



(a)



(b)



(c)

圖 2：五大城市，(a)臺北 (46692) 與基隆 (46694)、(b)臺南 (46741) 與高雄 (46744)、(c)臺中 (46749)，最高溫度 (T-max) 與最低溫度 (T-min) 每日氣候值 (1956~1975)。

各測站每日降水量氣候值分別示於圖 3a 至 3e。基隆除四月至五月中旬及六月下旬至八月較為乾燥外，其他時間雨量均豐富而穩定。除梅雨季（五月中旬至六月中旬）外，冬濕夏乾之形勢相當明顯。臺北和基隆相距僅十公里，但其降水量分佈却和基隆大異其趣。冬乾夏濕之趨勢相當明顯。但梅雨季及六月下旬至七月上旬之相對較低值和基隆相似。

臺中、臺南與高雄三地降水量之分佈非常類似，雨量大部份集中在五月中旬至九月，冬乾夏濕之形態極為明顯，且其差異有往南遞增的趨勢。在六月中旬至七月中旬均有相對較低值存在，使得降水量呈現雙高峯之分配，並在梅雨期達到最高值。

總而言之，五大都市之降水量分佈，基隆有多濕夏乾之趨勢，而臺北則有冬乾夏濕之趨勢，此種冬乾夏濕之形式，往南越趨明顯。梅雨期降水量（五月中旬至六月中旬）之相對最高在基隆、臺北已相當明顯，而此期間之降水量在其他三處，則呈絕對最高值。

以歷年某日下雨之總日數除以該日總數（20年）即可得到該日下雨之無條件氣候機率。此機率值大者表示當天下雨機會大，反之則小。有關五大城市之每日降水機率氣候值，詳情可參閱第一作者之報告（陳，1977）。

臺北降水機率大於或等於 70% 之日數，除四、七、十一月外，各月均有，而以二月最多。機率小於 30% 者大都出現於四月至九月。基隆之降水機率分佈和臺北截然不同，呈現冬高夏低的顯著特徵。其降水機率小於或等於 30% 者，僅發生於夏季（六月至九月）。臺中、臺南與高雄三地之機率分佈和基隆大異其趣而呈現冬低夏高型。機率大於或等於 70% 者僅於夏季發生，且僅有五、六天而已。但機率小於或等於 20% 者，除夏季（五月至八月）外，其他各月均十分普遍，尤以十月至十二月間出現最多，每月平均幾皆超過 28 天。

一般說來，五大城市每日無條件降水機率分配，由北部基隆之冬高夏低，往南有變為冬低夏高之趨勢。另一有趣現象為基隆十一月十七日，機率為 100%，即每年當天一定下雨，此實為氣候上之特濕日 (wet singular day)。此外，機率為 0% 之特乾日 (dry singular day)，在臺中有 3 天

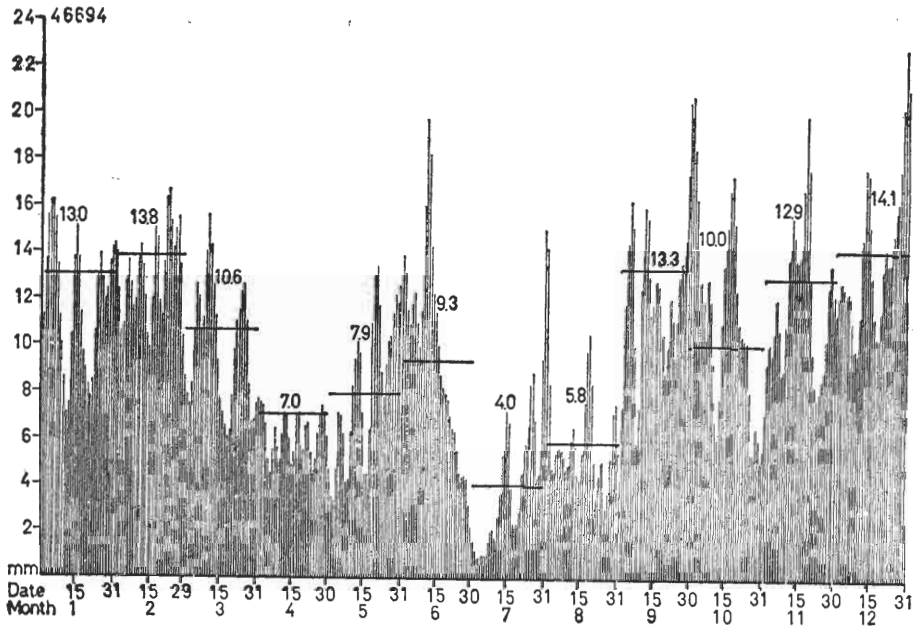


圖 2a

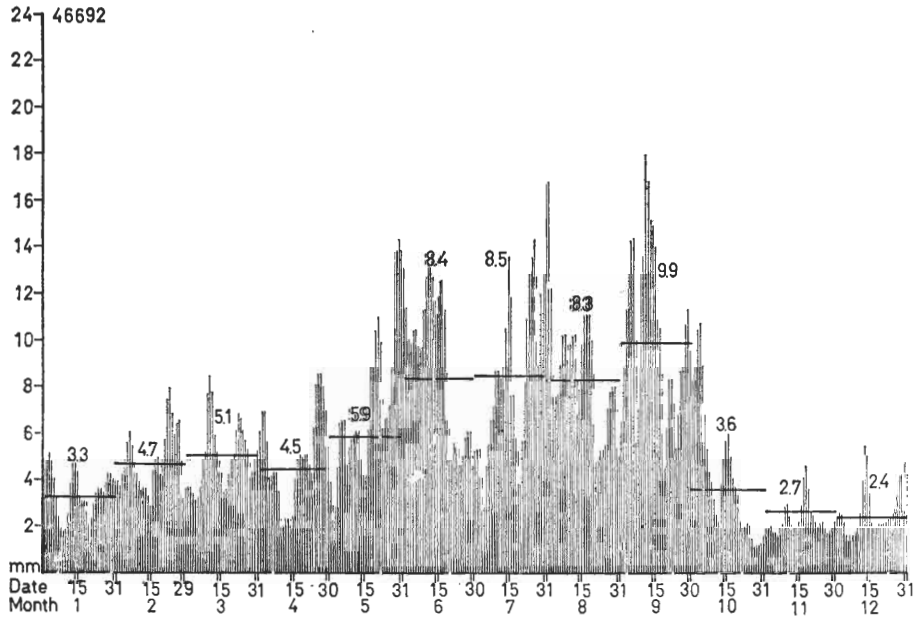


圖 3b

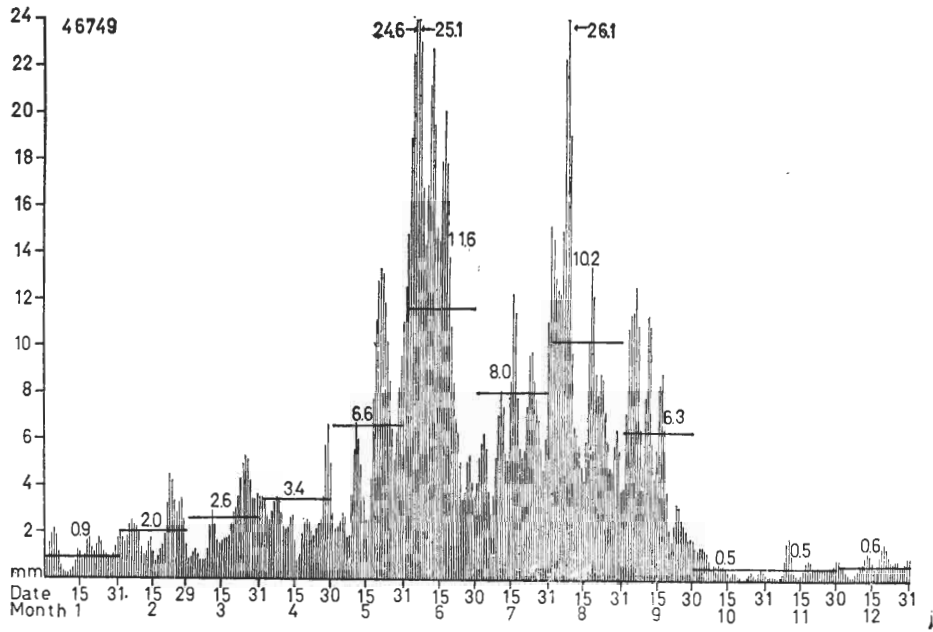


圖 3c

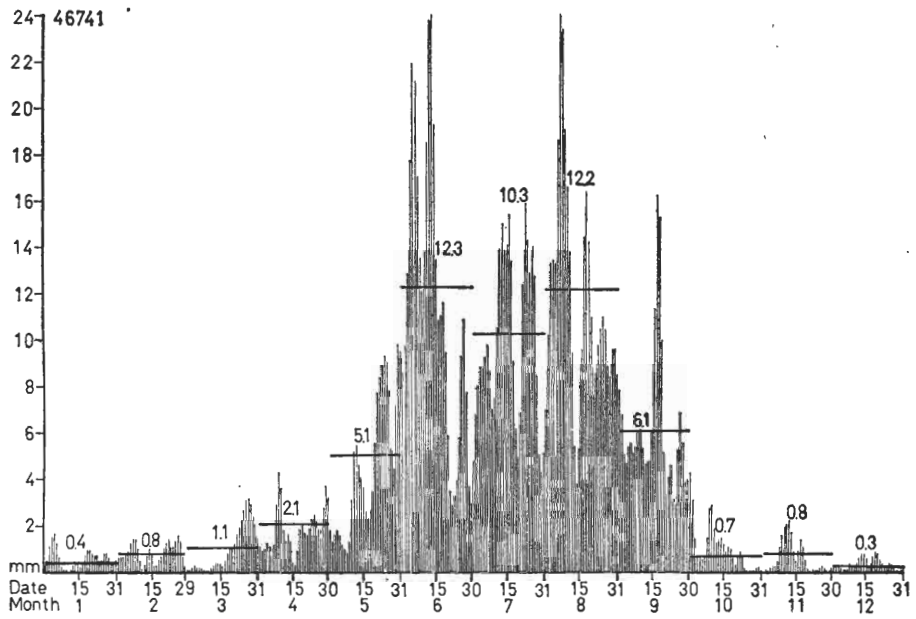


圖 3d

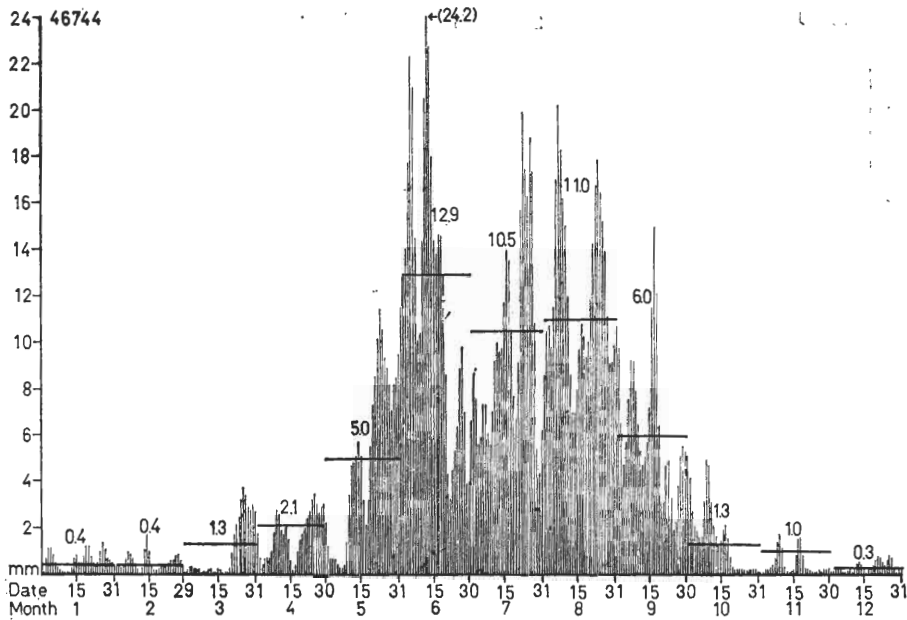


圖 3e

圖 3：五大城市，(a)基隆 (46694)、(b)臺北 (46692)、(c)臺中 (46749)、(d)臺南 (46741)、(e)高雄 (46744)，每日降水量氣候值 (1956~1975) 及月平均日降水量氣候值 (1951~1970；數字及粗橫線所示)。

，臺南有 10 天，高雄有 15 天。即特乾日之天數有往南增加之趨勢。

2. 各氣象要素發生之持續性

為了解各大城市最高溫度、最低溫度與降水之氣候變化與持續特性，各月份 96 小時內之條件機率亦經求出 (詳見陳, 1977)。

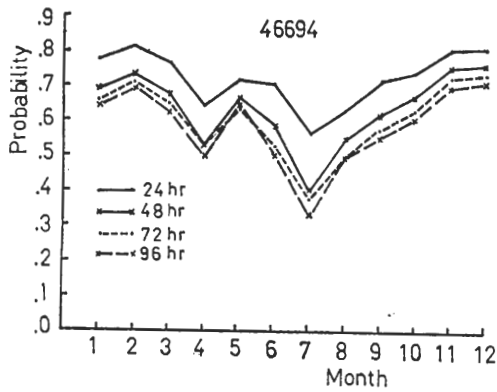
一般說來，五大城市最高溫度及最低溫度的持續性非常明顯，當天最高溫度如果高於氣候值或最低溫度低於氣候值，則未來 24 小時最高溫度高於氣候值或最低溫度低於氣候值的機率很大，大多在 75 % 以上，即使在未來 96 小時之機率，亦多在 60 % 左右。

五大城市之最低溫度發生之持續性以夏季最小，且除夏季外，其他季節之差異均不顯着。但最高溫度發生之持續性則以夏季為最大，且在基隆與臺

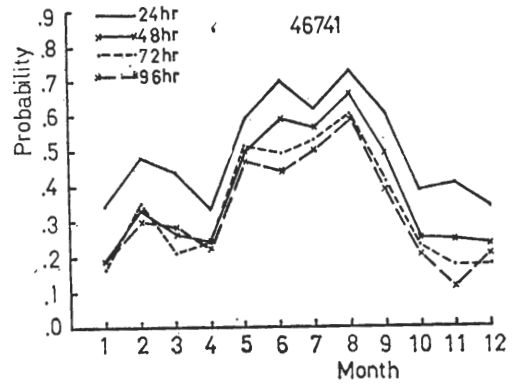
南間，其持續性有往南增加的趨勢。

為方便識別降水之持續特性，五大城市 96 小時內各月份降水與否之條件機率值均分別繪於圖 4。除夏季 (六月至八月) 外，基隆降水持續性均大於臺北。基隆降水機率呈冬高夏低型，且於 96 小時仍有 70 % 之機率，此乃基隆多雨綿綿之特徵。臺北之降水持續性季節變化較小，尤其在七月至十二月間之變化更小。臺中、臺南與高雄三地各月機率分佈曲線之變化非常相近，皆呈夏高冬低型。此和基隆恰成顯明對比。

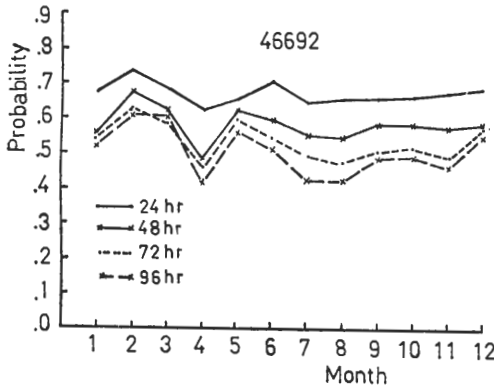
一般而言，除夏季外，降水持續性，有由北往南遞減之趨勢，此種現象在冬季尤為顯着。各地梅雨期內之降水持續性均呈一絕對或相對最高值，且各地彼此間之差異不若其他季節顯着。各地之降水機率均隨時間之增長而降低，24 時至 48 小時間降低最速，48 小時至 96 小時間則降低甚小。



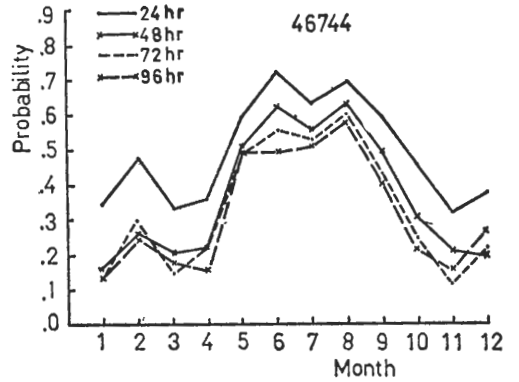
(a)



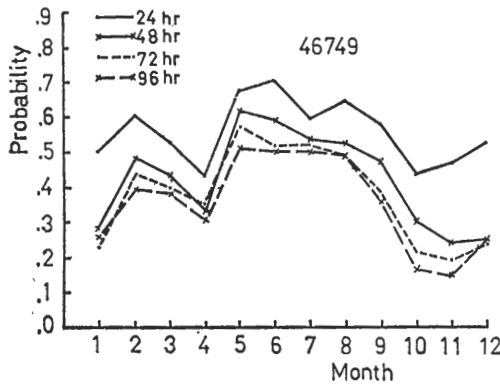
(d)



(b)



(e)



(c)

圖 4：五大城市若當天發生降水，則未來 24 小時（實線），48 小時（×字實線），72 小時（虛線）及 96 小時（×字虛線）亦發生降水之月條件機率氣候值。橫坐標為月份，縱坐標為機率值。
 (a)基隆 (46694)、(b)臺北 (46692)、
 (c)臺中 (46749)、(d)臺南 (46741)、
 (e)高雄 (46744)

3. 波譜分析

所得各氣象因子之氣候資料顯示，除季節性變化外，12~14天之週期亦相當明顯（詳見陳，1977），為進一步證實與了解其顯著之氣候週期性變動，故對所得地面之最高溫度、最低溫度與降水量以及高空之溫度、露點與重力位高度每日氣候值作波譜分析。

波譜分析所用之延遲時間（time lag）如果較小，雖可使波譜較為圓滑，但其解析力却變小，致使一些有意義的週期不易顯現。若延遲時間太大，則修勻能力不足，以致波譜的變動太大，無法獲得真正合理的波譜估計。在此我們最感興趣的是最大週期約為兩週左右的波動，故採用之最大延遲時間為61天。為獲較佳波譜估計，所得結果再經Hamming window修勻。此種window之自由度（degree of freedom）為 $2.667 \frac{N}{m}$ （Jenkins and Watts, 1968）。此處，N表資料長度，m表最大延遲時間。因而本文之自由度為16，其95%與80%之信賴區間（confidence limits）分別為0.56~2.2與0.78~1.7。

圖5a至5c分別表示五大城市最高溫度、最低溫度及降水量氣候值之波譜。最高溫度之波譜具有明顯之14~16天週期，其振幅約為0.2°C，且此種週期之顯著性有由南往北增加之趨勢。在臺北與基隆則均有80%之可信度。最低溫度之波譜在14~16天處，亦有相對較大值，唯不若最高溫度者之明顯，且其顯著性有由南往北減少之趨勢。降水量之波譜顯示，除臺北外，其他各地之14天週期均十分明顯。而臺北與基隆之6天與8~9天週期，均有80%以上之可信度，其振幅約為0.3~0.4公厘。此兩高峯之週期似有往南減少之勢，在臺南與高雄之此二週期則減少為5天與7.7天。

為了解高空各氣象因子之週期性變化，以及其與地面氣象因子變化之關連，臺北與東港之探空資料氣候值亦經分析，以代表臺灣南、北部之氣候變化特徵。所得臺北與東港之850與700mb之溫度與露點波譜，均分別繪於圖6a與6b。南北兩地之低對流層內溫度均具有14天之週期，且在較低之850mb較為顯著。北部露點波譜之14天週期在850mb已很明顯，700mb更為顯著，具有

80%之可信度，其振幅約為0.2°C。南部露點之14天週期雖不若北部突出，但在850mb亦很顯著。露點波譜並具有8~9天之明顯週期，其顯著性在700mb大於850mb，且北部大於南部，此週期在700mb上不論南北部均具有80%之可信度，其振幅亦約為0.2°C。

臺北與東港1000mb至500mb間各指定層之重力位高度氣候值波譜均繪於圖7。南部波譜具有顯著之8~9天週期，且其顯著性隨高度增加。此週期在北部亦有類似之性質，唯不若南部者之明顯。而14~16天之週期，北部各層幾均較南部明顯。

地面與高空之各氣候值波譜，幾乎均可發現具有顯著之33天週期。唯本文所用之最大延遲時間為61天，故此週期之可靠性，似有疑問。

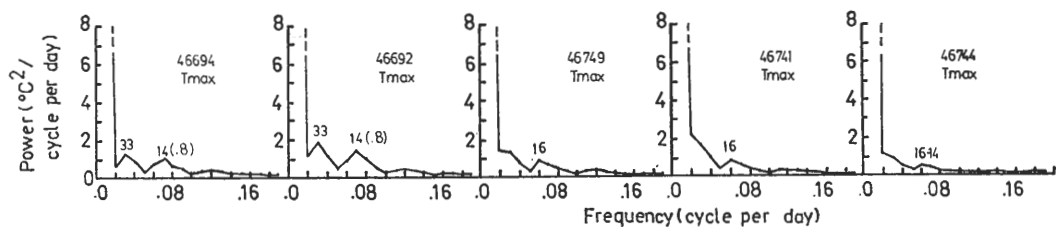
4. 無條件降水機率氣候值之預報能力

前節所得各站未修勻之每日無條件降水機率氣候值之短期變動較大，在其被採用作為降水機率預報參考值時，似應先加以修勻，以提供較高預報能力之氣候參考值。本文僅以1976與1977年之每日降水資料做為樣本，以分析不同修勻法與所用之不同修勻長度（日數）之預報能力。並以下式：

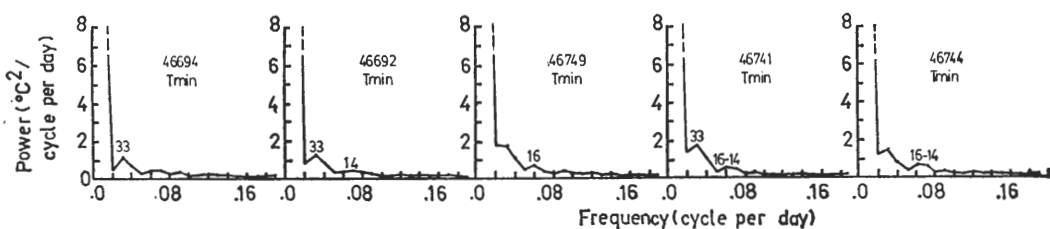
$$S = \frac{\sum_1^{366} (P_o - P_n)^2 - \sum_1^{366} (P_o - P_f)^2}{\sum_1^{366} (P_o - P_n)^2}$$

求其預報得分（score）S。式中P_o表示每天實際之降水觀測。未降水時P_o為0，降水時P_o為1。P_n為未經修勻之每日降水氣候機率，P_f為經修勻後之每日降水氣候機率。如果修勻後之機率值之預報能力較修勻前為高，則S>0，如果較修勻前為低，則S<0，如果相同，則S=0。本文所選用之修勻方式有等權重移動平均及二項式移動平均兩種。而修勻長度則由3天至99天，共48種。五大城市各年之（S）得分分別繪於圖8a至8e。

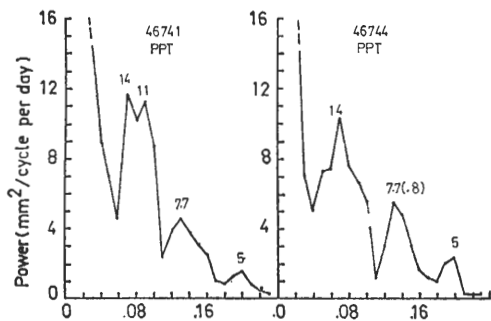
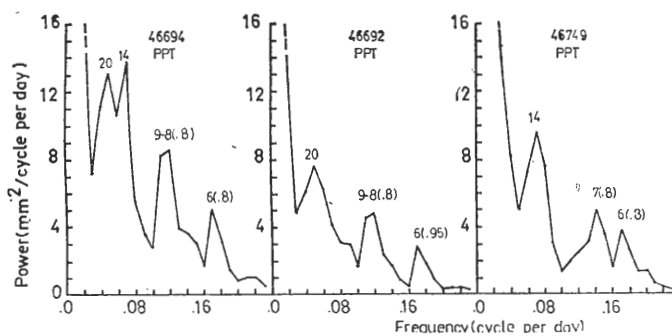
結果顯示二項式修勻法，S值隨修勻長度之增加而迅速增加，然後維持平穩，或緩慢下降，變化十分規則。而等權重修勻法之S值雖亦隨修勻長度之增加而迅速增加，但其變化較不規則，且隨修勻長度之增加下降較為迅速。此兩種修勻方式，對於



(a)



(b)



(c)

圖 5：基隆 (46694)、臺北 (46692)、臺中 (46749)、臺南 (46741) 與高雄 (46744) 地面氣象要素 (a) 最高溫度、(b) 最低溫度、(c) 降水量，每日氣候值波譜。橫坐標為頻率，縱坐標為估計波譜值。圖內數字表示相對最大值處之週期，括號內數字表信賴度。

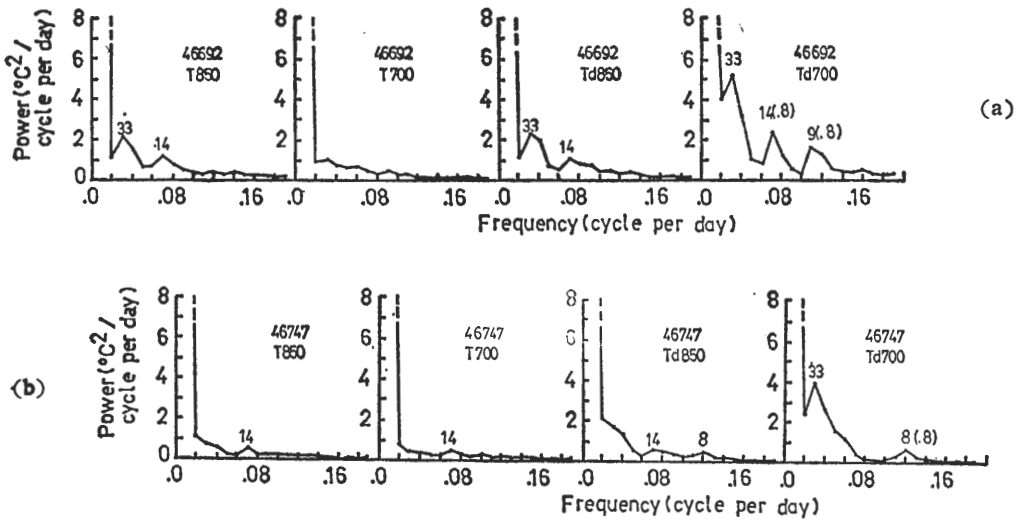


圖 6：(a)臺北 (46692) 與(b)東港 (46747) 850mb 溫度 (T850) 與露點 (Td850) 及 700mb 溫度 (T700) 與露點 (Td700) 每日氣候值之波譜分析，其他說明同圖 5。

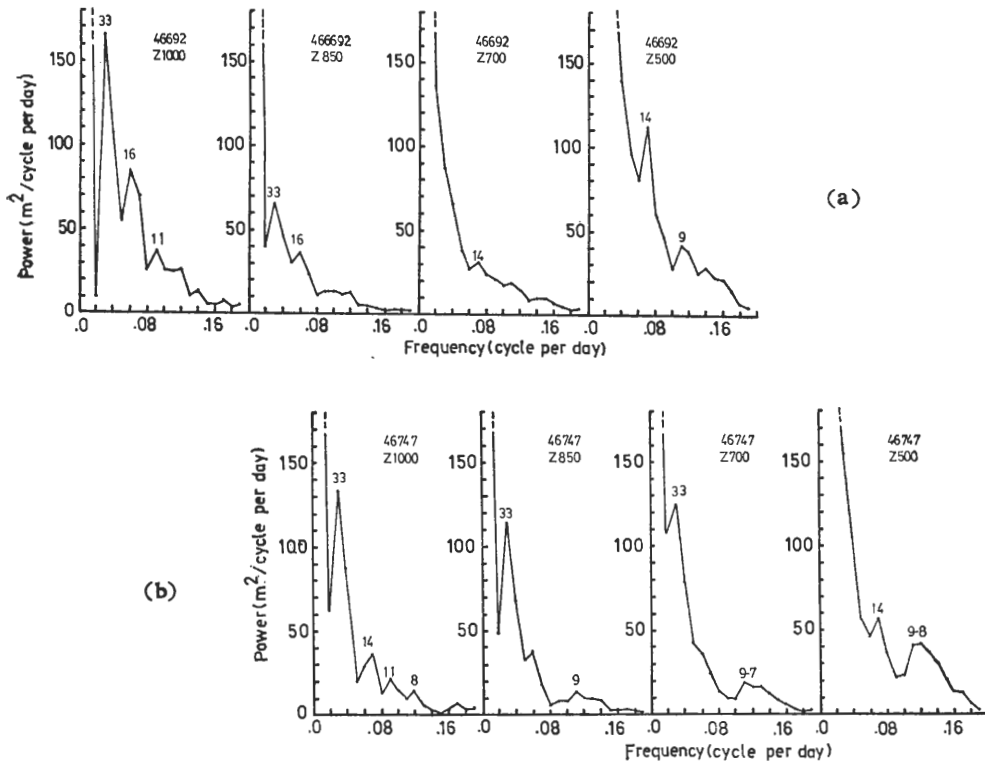


圖 7：(a)臺北 (46692) 與(b)東港 (46747) 1000mb (Z1000)、850mb (Z850)、700mb (Z700) 及 500mb (Z500) 重力位高度每日氣候值之波譜。其他說明同圖 5。

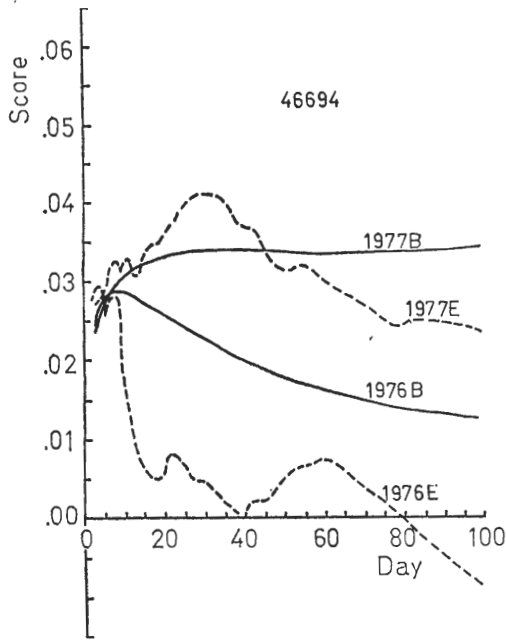


圖 8a

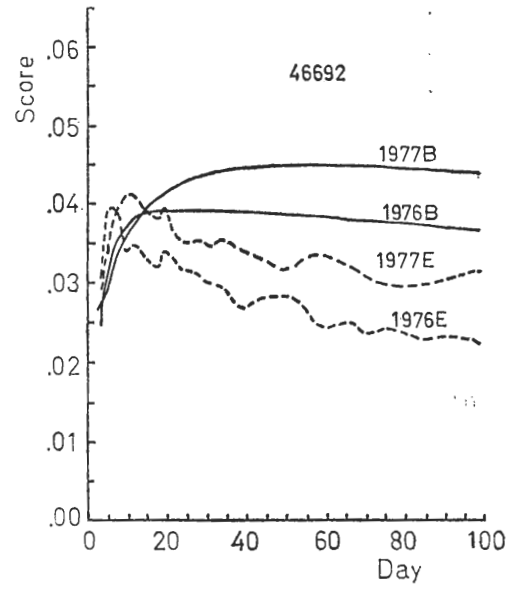


圖 8b

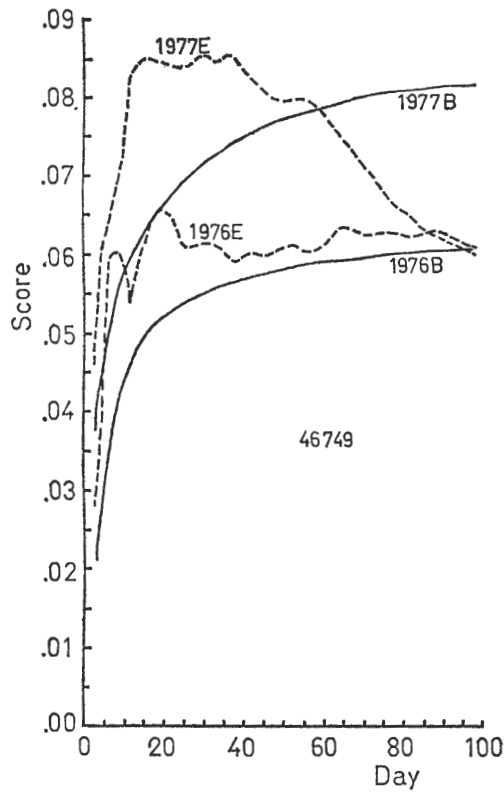


圖 8c

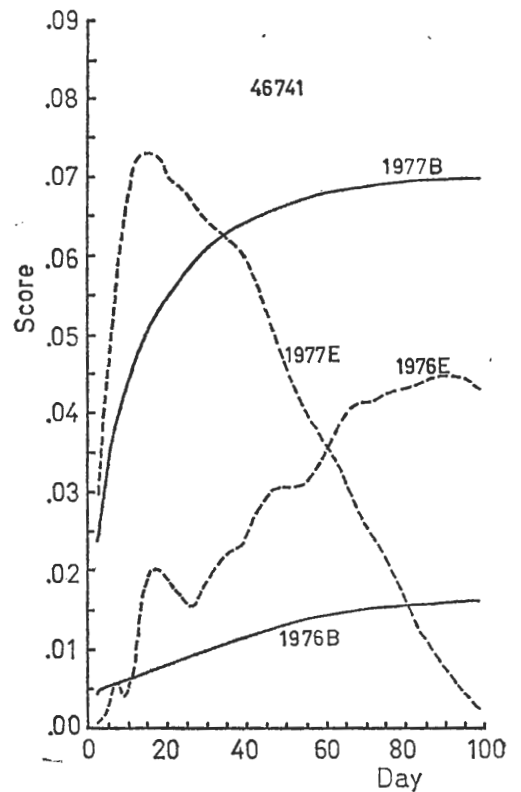


圖 8d

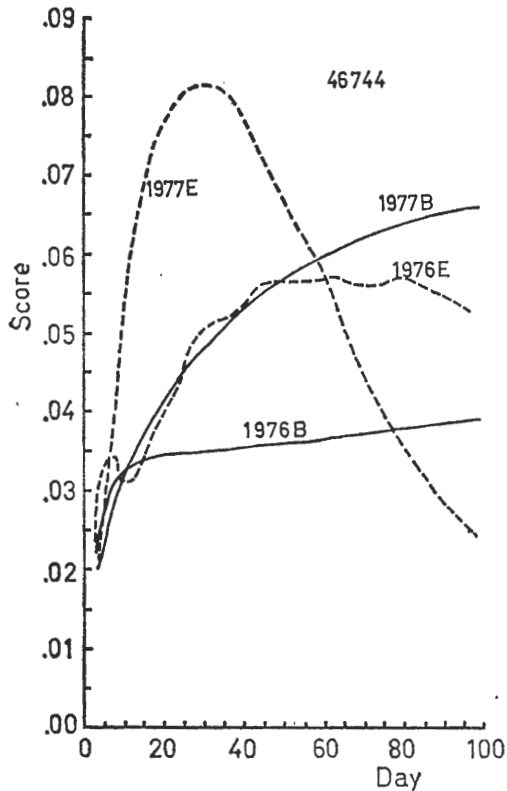


圖 8e

圖 8：五大城市(a)基隆(46694)、(b)臺北(46692)、(c)臺中(46749)、(d)臺南(46741)與(e)高雄(46744)每日無條件降水機率，經不同修勻方法及不同修勻長度修勻後所得之 S 值（技術得分）變化。二項式移動平均(b)及等權重移動平均(c)，分別以實線及虛線表示。圖中橫坐標為修勻長度（天），縱坐標為 S 值。

不同年份之資料，均相當敏感，且對 1977 年資料之得分均較 1976 年者為高。一般而言，在北部（臺北、基隆）資料之修勻以二項式法效果較佳。即其預報得分幾均較等權重法為高，而其修勻長度在 9~15 天預報得分即達最大值。等權重法對中、南部資料之修勻效果較佳，即其預報得分隨修勻長度之增加而迅速增加，且預報能力幾均較二項式法為高。故中、南部地區以採用等權重平均較為適宜，修勻長度，在臺中與臺南以天為 9~15 最佳。

四、討 論

臺北和基隆相距雖僅多 20 公里，且幾乎在同一緯度上，然而前者最高氣溫均大於後者，而最低氣溫均小於後者。臺南緯度雖比高雄稍高，但相距亦僅 40 公里，而亦有如前所述之現象。此實為氣候上有趣的問題。茲將一些有關氣候資料（見中央氣象局，1974）列於表一與表二，以試解釋此種現象。

地面氣溫日夜變化顯示最高溫度通常發生於午後，而最低溫度則發生於清晨。如白天無雲，則地面接受太陽輻射熱增加。夜間無雲，則地面長波輻射之散熱量亦增加。如其他條件均保持相同，則無雲之日最高溫度應比有雲之日為高，最低溫度應比有雲之日為低。比較日照率氣候值，得知臺北各月均比基隆為高，且除七、八月外，臺北碧空和疏雲日數均高於基隆（表一）。所謂日照率乃實際日照時數和理想日照時數之比，可定性視為雲量之多寡。故兩地雖近，但其最高、最低氣溫之差異可定性由其雲量差異得到合理的解釋。當然，最高溫度之部分差異可能導源於都市效應（即熱島效應，heat island effect），但作者認為此種效應屬次要，因為臺北之最低溫度均低於基隆。兩地相對濕度之氣候值亦十分相近，故海洋調節效應之差異似乎甚微。

臺南各月之日照率均高於高雄，而碧空及疏雲日數亦僅在一月至四月間略低於高雄（表一），故兩地最高與最低溫度之差異當可預期。唯冬季臺南最低溫度低於高雄甚多（ 2°C 以上），可能中高緯度冷氣團對兩地有相當不同之影響。因臺南偏北，理應有較多冷空氣侵襲的機會，故應有較低之最低氣溫。如以最低氣溫小於或等於 10°C 之日數作為冷鋒或寒潮爆發之指標，以代表冷空氣影響兩地之差異，則臺南冬季低於 10°C 之日數，平均每年有 13.6 天，而高雄僅有 1.9 天（表二）。故臺南及高雄之最高與最低氣溫之差異，除受雲量多寡之控制外，冬季冷氣團影響之程度，實亦為導致最低氣溫差異之一大因素。冬半年，地形效應引發之局部環流，使得盛行風在臺南偏北及高雄偏南之機會增多，故兩地最低溫度之部份差異亦可能導源於風向之差異（Wang, 1978）。

表一 基隆(694)、臺北(692)、臺中(749)、臺南(741)及高雄(744)之月平均碧空及疏雲日數(NCS)及日照率(SSR, %)氣候值。

	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	(總數或平均) (Total or mean)
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	
46694 NCS	3.9	3.6	4.2	4.7	4.3	3.4	11.4	12.7	8.8	5.3	3.7	3.5	69.5
SSR (1917-1970)	14	16	18	23	25	32	52	53	43	2.7	19	14	28
46692 NCS	6.6	4.6	4.9	5.0	5.2	3.9	9.4	11.9	11.6	8.7	7.0	6.0	84.8
SSR (1897-1970)	27	24	25	30	34	39	52	55	51	40	33	28	37
46749 NCS	11.3	8.6	7.9	5.9	6.1	2.7	6.2	6.1	9.1	16.4	14.5	13.0	107.8
SSR (1897-1970)	55	49	45	46	49	50	59	58	65	68	64	59	56
46741 NCS	15.3	12.4	14.5	13.4	12.8	5.9	11.4	9.7	11.9	19.5	16.8	16.2	159.8
SSR (1897-1970)	59	58	55	56	58	55	59	57	64	69	64	60	59
46744 NCS	16.5	15.8	17.2	14.6	12.8	5.1	10.0	7.9	10.6	17.5	16.3	15.9	160.2
SSR (1932-1970)	54	56	53	54	56	47	51	48	58	63	58	54	54

表二 基隆(694)、臺北(692)、臺中(749)、臺南(741)及高雄(744)之月平均雷雨日數(THD)及最低溫度小於10°C之日數(T10)氣候值。

	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	總數
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
46694 THD (1903-1970)	0.2	0.4	1.0	1.7	1.8	4.4	3.1	2.4	1.3	0.3	0.1	0.0	16.7
T10 (1917-1970)	3.9	2.5	0.9	0.0	—	—	—	—	—	—	0.1	0.9	8.3
46692 THD (1897-1970)	0.4	0.8	2.0	2.7	3.2	7.0	8.8	7.3	3.6	0.6	0.2	0.1	36.7
T10 (1897-1970)	6.4	5.5	1.9	0.2	—	—	—	—	—	—	0.5	2.9	17.4
46749 THD (1897-1970)	0.4	0.6	2.1	2.4	3.8	7.8	10.5	9.6	4.6	0.7	0.1	0.1	42.7
T10 (1897-1970)	8.8	6.5	1.6	0.1	—	—	—	—	—	—	0.6	4.6	22.2
46741 THD (1897-1970)	0.2	0.5	1.1	1.9	3.6	6.2	9.6	9.7	6.1	1.0	0.1	0.1	40.1
T10 (1897-1970)	5.3	4.2	0.9	0.1	—	—	—	—	—	—	0.2	2.4	13.6
46744 THD (1932-1970)	0.1	0.2	0.7	1.4	3.2	4.9	7.0	7.6	4.5	1.1	0.1	0.0	30.8
T10 (1932-1970)	1.1	0.5	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—	0.2	1.9

臺中雖較臺北偏南甚多，但最低溫度除於三月中旬至六月中旬間略高於臺北外，其他月份均低於臺北。此種現象除因臺中地勢較高可以解釋一部分差異外，臺中碧空及疏雲日數除於六月至九月外，均遠大於臺北。而於六月至九月間之雷雨日數又皆多於臺北，故兩地間之最低溫度差異亦可得到合理的解釋。比較五月至九月間各地之雷雨日數，臺北多於基隆，臺中多於臺北，而臺南多於高雄。這些夏季雷雨一般多屬氣團雷雨或稱熱雷雨，而各地熱雷雨之日數之多寡，實係最高溫度差異之表現。

比較各地之日最高溫度及日降水量（圖2與圖3），發現最高溫度之小波動變化和降水量變化存有明顯之負相關，即雨量多時，最高溫度反低。此點，再度證實前述雲量和最高溫度關係之真確性，亦間接指述這些氣候值之真實性與代表性。特別顯著的是在五月中旬至六月中旬之梅雨期，其降水量之相對最高和最高溫度之相對最低一致。

各測站最高溫度高於氣候值之持續性甚高，尤以臺中與臺南更為顯著，即使96小時之條件機率亦幾皆在60%以上。最低溫度低於氣候值之持續性和最高溫度者相當。各大城市降水與否之持續性在夏季十分接近，而冬季則往南遞減。每日無條件降水機率，基隆之冬高夏低及臺中、臺南與高雄之冬低夏高呈一顯著對比。基隆每年11月17日之100%降水機率，是五大城市唯一之特濕日，即20年資料中，每年該天均下雨。降水機率為0%之特乾日則往南增加，且均出現在十月至四月間。臺中有3天、臺南有10天，而高雄則有15天。

波譜分析之結果顯示臺灣地區氣象要素之每日氣候值存有顯著之週期性變化，這些週期具有80%以上可信度者有6天，7天，7.7天，8~9天，以及14天等。

Brier and Bradley (1964) 曾分析自1871年至1961年間，美國各測站之降水資料，發現有與半太陰週期 (half lunar synodical period) (即14.765天) 相同之週期性變化，並經由嚴密之統計檢定證實月球之空氣潮汐作用與降水變化之間存有真實之關連。月球引發海洋潮汐的事實雖早已為吾人所熟知，但其對於大氣之影響較不顯著，且不易由氣象觀測察覺，故大氣潮汐作用對於逐日天氣變化之影響並不重要。然而，Brier and

Bradley 之結果則建議此種大氣潮汐作用之長期累積效果，似已透過降水氣候變化而顯示出來。本文所分析之降水量波譜存有之顯著14天週期，或許亦導源於此種月球對大氣之潮汐作用。

除降水量波譜外，所得之最高溫度、最低溫度，低對流層之溫度與露點以及中、低對流層之重力位高度等之波譜，亦均具有可靠之14天週期。此種結果似難令人想像月球之空氣潮汐作用為導致此週期性變化之唯一物理機制。或許大氣本身之非線性交互作用機制所產生之波動亦為導致此種顯著週期之另一原因（例如，Tsay, 1978）。波動之變化形式可能為波動形狀之改變、波動振幅之改變或波動之移動等。週期14天之變化亦被發現存在於平流層內。Finger et al (1966) 分析1964年冬季北美洲高平流層之重力位高度，發現具有10天和15天之週期變動，唯未進一步以波譜分析其存在之可靠性。Hirota and Sato (1967) 證實高緯度冬季平流層之極圈平均西風與波數一 (wave number 1) 之振幅變化均存有顯著之14天週期。同時，低平流層之動量傳送通量亦有14天之週期。他們認為此種週期可能係由於平均緯流與波動之非線性交互作用而來。Yanai and Murakami (1970) 分析熱帶太平洋200mb之南北風分量則發現有週期16.6天，波長8000公里之西行波動存在。最近，Miller (1974) 利用北半球由20°N至熱帶間對流層與平流層自1964年1月至1968年12月之5年資料，分析各種能量參數與其彼此間之轉換與交換過程之波譜，發現平流層與對流層均有14~16天之週期存在，且此波動週期在平流層之主要能量來源係由對流層所提供。

臺灣南、北部中、低對流層之重力位高度波譜均存有顯著之8~9天週期，且其顯著性隨高度增加。降水量波譜在北部除8~9天外，亦有6天之週期，而南部此週期減小為7.7天與5天。此種週期隨緯度之減少而減少之現象，亦存在於熱帶高對流層之東西與南北風分量波譜（見Gruber, 1975）。本文所得之5天、6天與7.7天之週期或許係熱帶大氣內西行之羅士比波或羅士比~重力混合波。Gruber (1975) 分析南北緯28.7°內之200mb風場波譜亦發現有5天與7天之週期。此外，他並發現9~10天之週期似由中緯度之能量提供，以及

10天之週期似與高對流層之西移槽線有所關連。

臺北與基隆之每日無條件降水氣候機率值經二項式法修勻後，可得較佳之預報能力。臺中、臺南與高雄三地則以採用等權重法修勻可得較佳之結果。此顯示不同修勻方式之效果可能和降水機率隨時間之變化有關。此種機率隨時間變化較大之區域似宜採用高性能之修勻法，例如，等權重法。反之，則宜採用較平緩之修勻法，例如，二項式法。

五、結 論

臺灣五大都市之氣候特徵有顯著的差異。就每日降水量氣候值而言，基隆呈冬濕夏乾型，臺北呈冬乾夏濕性，而臺中、臺南與高雄之冬乾夏濕形態更加明顯。降水持續性有由北往南遞減之趨勢，且其變化形態和降水量相似，基隆呈冬高夏低型，往南之臺中、臺南與高雄則轉為冬低夏高型。梅雨期（五月中旬至六月中旬）中，五大城市之降水量與其持續性相當近似，同時降水量在基隆與臺北呈相對最高值，在中南部三大城市則呈絕對最高值。五大城市之特濕日僅有一天，發生在基隆。特乾日之天數，由臺中往南有增加的趨勢。

最低溫度每日氣候值臺北低於基隆，臺南低於高雄。最高溫度則相反，臺北高於基隆，臺南高於高雄。此種特徵，可由雲量差異、雷雨日數及冷氣團入侵之不同影響得到合理解釋。最低溫度和最高溫度之分佈，具有顯著的負相關，且其季節變化北部遠大於南部。最低溫度之持續性五大城市十分相近，但最高溫度之持續性則有由北往南增加之趨勢。

波譜分析結果顯示，臺灣地區最高溫度每日氣候值具有明顯14~16天之週期，此週期之顯著性有由南往北增加之趨勢。最低溫度每日氣候值之波譜在14~16天處亦有相對最大值存在，唯不若最高溫度者明顯。降水量之波譜，除臺北外，其他各地14天之週期均十分明顯。除14天週期外，臺北與基隆降水量尚有6天與8~9天之週期，此二週期至臺南與高雄則減為5天與7.7天。高空氣象要素每日氣候值之變化，臺北與東港兩地850mb之溫度與露點均具有明顯14天之週期，同時在700mb上，臺北與東港之露點波譜，尚有顯著之8~9天之週期。1000mb至500mb間各指定

層之重力位高度每日氣候值，東港具有顯著8~9天之週期，且其顯著性隨高度增加，此週期在臺北亦有類似性質，唯不若東港明顯，而14~16天之週期，臺北各層則幾均較東港明顯。

每日無條件降水機率氣候值，經修勻後之預報能力較未修勻者為佳。此種機率隨時間變化較大之區域，似宜採用較高性能之修勻方法。反之，則宜採用較平緩之修勻方法。

本文以簡單統計方法處理長期氣候資料，求得五大城市之重要氣候特性。希望這些結果亦可用作天氣預報，農、工業操作、水資源開發或其他工程建設策劃時之參考。本文所作波譜分析，乃針對每日氣候值而非逐年逐日之氣候資料，亦即所得結果為氣候值波譜，而非波譜氣候值。因而，所得顯著週期變化，雖在統計上有甚高的可信度，但實際上之變動週期仍有待對於逐年逐日氣候值作進一步之波譜分析方可確定。

致 謝

作者特別感謝臺大大氣科學系王崇岳教授與蔡清彥教授細心閱讀原稿，並提供寶貴的意見和建議。並感謝中央氣象局蕭長庚科長及其他有關人員以及空軍氣象聯隊提供資料。本文在行政院國科會專案計劃 NSC-65M-0202-01-(11) 支持下完成。

參 考 文 獻

- Brier, G. W. and D. A. Bradley, 1964: The lunar synodical period and precipitation in the United States. *J. Atmos. Sci.*, 21, 386-395.
- Finger, F. G., H. M. Woolf and C. E. Anderson, 1966: Synoptic analysis of the 5-, 2- and 0.4-millibar surfaces for the IQSY period. *Mon. Wea. Rev.*, 94, 651-661.
- Gruber, A., 1975: The wavenumber-frequency spectra of the 200mb wind field in the tropics. *J. Atmos. Sci.*, 32, 1615-1625.
- Hirota, I. and Y. Sato, 1969: Periodic variation of the winter stratospheric circulation and intermittent vertical propagation. *J. Meteor. Soc. Japan*, 47, 390-402.
- Jenkins, G. M. and D. G. Watts. 1968: *Spectral analysis and its applications*, Holden-Day,

San Francisco, 525 pp.

Miller, A. J., 1974: Periodic variation of atmospheric circulation at 14-16 days. *J. Atmos. Sci.*, 31, 720-726.

Tsay, C. Y., 1978: Linear and nonlinear contributions to the growth and decay of the large-scale atmospheric waves and jet stream. *Tellus*, 30, 1-14.

Wang, G., 1978: Local severe weather in

Taiwan (To be published.)

Yanai, M. and M. Murakami, 1970: Spectrum analysis of symmetric and anti-symmetric equatorial waves. *J. Meteor. Soc. Japan*, 48, 331-346.

中央氣象局, 1974: 氣象報告彙編, 第三篇, 570 頁

陳泰然, 1977: 臺灣地區主觀機率天氣預報之氣候參考值分析, 國立臺灣大學大氣科學系研究報告, Pro-Fore-ool, 85 頁。

On the Climatological Characteristics at Five Cities in Taiwan

George Tai-Jen Chen Ching-Chi Wu

Department of Atmospheric Sciences, National Taiwan University

ABSTRACT

Maximum temperature, minimum temperature and precipitation records at five cities in Taiwan (Taipei, Keelung, Taichung, Tainan and Kaoshiung) for a period of 20 years, 1956 through 1975, are used to generate the daily climatological data. Climatological probabilities of those parameters are obtained. Data at two radiosonde stations (Taipei and Tungkong) are also analyzed. In addition, analysis of the frequency spectra of those daily climatological data are made.

Climatological similarities and differences among the five cities are presented and discussed. Keelung is characterized by wet winter and dry summer while the reverse is true at other stations. The persistency of precipitation occurrence decreases southward. The occurrence persistency and intensity of precipitation at five cities are almost the same in the Mei-Yu season.

Spectrum analyses of the pertinent parameters indicate that there are two major peaks in the vicinity of 5-9 days and 14-16 days. It is also shown that the smoothed precipitation probabilities have more forecasting skill than the unsmoothed ones.