

# 臺灣地區月平均氣溫 日較差趨勢分析

## Trends of Monthly Mean of Diurnal Temperature Range (DTR) in Taiwan

賴栗葦\*

Li-Va Lay

姜善鑫\*\*

Shan-Hsin Chiang

### Abstract

The diurnal temperature range (DTR) has significantly decreased worldwide since 1950. In this study, the trends of monthly mean of DTR in Taiwan were analyzed. The methods of time series regression model and principal component analysis were used to analyze the daily minimum and maximum temperature data of Taiwan from 1950 to 2000. The trends of monthly mean of DTR in most stations indicated a statistically significant decrease. This was mainly due to faster increasing trends in monthly mean of daily minimum temperatures than those in monthly mean of daily maximum temperatures. The decreasing trends in the monthly mean of DTR in urban areas were larger than those in other areas and much more obvious in autumn. It was found that the trends in the monthly mean of DTR were correlated with human activities and geographical locations.

**Keywords: diurnal temperature range (DTR), daily minimum temperature, daily maximum temperature, time series regression model, principal component analysis, monthly mean.**

---

\* 國立臺灣大學地理環境資源學系博士候選人

Ph. D. Candidate, Department of Geography, National Taiwan University.

\*\* 國立臺灣大學地理環境資源學系教授

Professor, Department of Geography, National Taiwan University.

## 摘 要

1950 年以來全球大部分地區氣溫日較差 (diurnal temperature range ; DTR) 呈減少的趨勢，顯示出全球暖化下氣候變遷的現象。本研究目的在了解臺灣地區月平均 DTR 的趨勢，並找出可能影響月平均 DTR 的因子。本研究以選取臺灣地區氣象資料較長的 18 個測站為基礎，選取 10 項逐日氣象資料，應用時間序列迴歸模型及主成分分析法進行分析。結果顯示，近五十年來臺灣地區大部分測站月平均 DTR 均呈顯著減小趨勢，這主要是月平均最低溫上升趨勢較月平均最高溫顯著所致，其中又以大都市地區秋季最為明顯，月平均 DTR 的趨勢還能反應出受到人為活動及地理位置不同的影響。

**關鍵字：**氣溫日較差 (DTR)、日最低氣溫、日最高氣溫、時間序列迴歸模型、主成分分析、月平均

## 前 言

早期大部分有關全球暖化的研究集中於平均氣溫，月平均氣溫代表月平均最高溫和月平均最低溫的平均值。從平均氣溫的趨勢無法獲知平均最高溫與平均最低溫的變化，甚至更進一步地去分析氣溫變遷的原因。晚近，有關於月平均最高溫及月平均最低溫的研究增多 (Karl *et al.*, 1984 ; Karl *et al.*, 1993 ; Easterling *et al.*, 1997)。月平均最高溫與月平均最低溫之差為月平均氣溫日較差 (月平均 DTR)。早期測站所蒐集的溫度資料皆為月均溫資料，由於月平均最高溫和月平均最低溫資料相當缺乏，所以全球大部分地區 DTR 的研究皆定為 1950 年代以後 (Karl *et al.*, 1993) Karl 等人 (1984) 首先發表 1941 至 1980 年間美國及加拿大偏遠地區的 DTR 呈顯著減少的趨勢。從 1950 年代以來，全球大部分地區 DTR 呈減少的趨勢，尤其以北半球陸地地區最為明顯，且大部分地區月平均最低溫上升的幅度大於月平均最高溫上升的幅度 (Karl *et al.*, 1993; Easterling *et al.*, 1997; Heino *et al.*, 1999)。

有關影響 DTR 變化原因的研究發現，DTR 趨勢和雲層高度有高度的相關 (Plantico *et al.*, 1990)。美國地區秋季 DTR 趨勢和雲量的相關最高 (Karl *et al.*, 1993)，過去數十年間，美國、歐洲及全球大部分地區雲量都有顯著增加的現象，雲量的增加和 DTR 趨勢的減小具有顯著的相關 (Kukla and Karl, 1993)，前蘇聯地區雲量和 DTR 趨勢的減少呈高度相關 (Karl *et al.*, 1993)，中國大陸地區 DTR 趨勢變化和雲量、降雨也呈高度相關 (Dai *et al.*, 1997)。雲對最高溫與最低溫的影響並不相同，除北半球冬季雲所造成溫室增暖的影響大於太陽輻射冷卻的影響外，雲對夜間低溫的影響很小 (Dai *et al.*, 1999)。除雲的因素外，研究也發現，風勢較強地區如小島、歐洲西部和一些沿岸地區，DTR 的減小比內陸地區來得大 (Dai *et al.*, 1999)。

經模擬 DTR 趨勢，發現二氧化碳濃度增加時，白天、夜間的氣溫都將上升，對 DTR 趨勢的變化影響不大 (Kukla and Karl, 1993)。但根據輻射對流模式 (radiative-convective model) 分析顯示，當二氧化碳和對流層氣溶膠 (aerosol) 濃度各增加 50% 時，DTR 將呈減小的趨勢 (Stenchikov and Robock, 1995)。GCM (Global Circulation Model) 模式也顯示，在二氧化碳濃度增加的背景之下，土壤濕度和雪

覆蓋量的增加會促使 DTR 趨勢的下降值達到最大；同時也發現，在日間的行星邊界層最不穩定的狀態及潛在蒸發散量最大的情況之下，DTR 的下降趨勢最為明顯 (Mitchell *et al.*, 1995)。此外，研究還發現，熱島效應對 DTR 的影響並不大 (Karl *et al.*, 1993)。但模擬顯示出，美國中部、東部的森林地轉換成農作物用地時，將導致 DTR 減少 0.6 至 1.0 ，由此可證明土地利用變遷可能促使 DTR 呈減小趨勢 (Dai *et al.*, 1999)。

目前臺灣地區有關 DTR 的研究並不多。姚銘輝等 (1999) 分析 1950 至 1995 年氣象資料，發現臺灣地區大部分測站 DTR 呈明顯下降趨勢，平均雲量、平均最高溫和 DTR 呈明顯負相關。Liu 等人 (2002) 分析發現，臺灣地區日照時數減少的原因可歸為：春、冬二季受高層西風將中國東南部、東南亞、印度地區人為活動產生的氣溶膠吹至臺灣；夏、秋二季則受臺灣本島人為活動產生氣溶膠的影響。氣溶膠濃度的變化可能影響雲量、日照，進而間接影響 DTR 變化的趨勢。臺灣地區氣溶膠濃度變化具有季節性的特徵，因此 DTR 趨勢的變化也可能具有季節性的特徵。目前臺灣地區影響 DTR 的因子除雲量外，其他因子為何，需待進一步分析。目前雖已知大都市地區 DTR 的下降幅度較其他地區大，其影響因子為何，也需進一步分析。本研究的主要目的即在討論：(1) 1950 至 2000 年 DTR 的季節變化趨勢，(2) 比較臺灣地區與全球其他地區的變化情形，(3) 找出都市化明顯與都市化不明顯地區之可能影響 DTR 的因子。

## 資料來源

### (一) 資料與氣象參數

選取中央氣象局臺灣地區 1950 年至 2000 年資料較長的 18 個測站，測站為彭佳嶼、基隆、臺北、新竹、宜蘭、臺中、花蓮、日月潭、澎湖、阿里山、玉山、成功、臺南、臺東、高雄、大武、蘭嶼與恆春。各測站選取的參數為：日均溫 (daily mean temperature;  $T_a$ )、日最高溫 (daily maximum temperature;  $T_{max}$ )、日最低溫 (daily minimum temperature;  $T_{min}$ )、日平均相對溼度 (daily mean relative humidity; RH)、日平均風速 (daily mean wind speed; WS)、日照時數 (daily sunshine duration; SH)、日照率 (daily sunshine duration rate; SR)、日平均雲量 (daily mean cloud cover; CC)、日蒸發量 (daily total evaporation; E)、日降雨量 (daily total precipitation; P) 等 10 項氣候參數資料。

日照時數為當日日照的小時數，日照率係實測日照時數與天文日照時數的比值。本文除選取“日照時數”外，同時又選取“日照率”參數，目的是要了解可能影響日照之其他因子 (例如煙塵、雲等) 的影響。若一地日照時數和日照率呈現不同的變化情形，即代表這些因子可能影響當地的日照。

### (二) 各站地理相關資訊

各測站地理位置 (圖 1) 及選取資料長度如表 1 所示，其中人口密度為該測站所在行政區的人口密度 (人數 / 平方公里)。本研究為比較人為活動對 DTR 趨勢的影響，以及中央山脈對東、西岸不同氣候區之 DTR 趨勢的差異，分別將 18 個測站依人口密度分成四組：A 組為大都市地區，係人口密度大於等於 4,000 人 / 平方公里的都市；B 組為中小都市及較偏遠地區，係人口密度小於 4,000 人 / 平方公里

大於等於 20 人 / 平方公里，B 組又根據地理位置分為 B1 與 B2 兩小組，分別代表臺灣西部與臺灣東部；C 組為人口密度小於 20 人 / 平方公里的測站。由於人口密度 20 人 / 平方公里與其他地區人口密度之落差甚大，且 20 人 / 平方公里之測站均為人煙稀少地區，故本研究以 20 人 / 平方公里做為選取背景站的基準。

### (三) 資料的轉換

氣溫日較差 (DTR) 的定義為：

$$\text{DTR} = \text{日最高溫} - \text{日最低溫} \dots \dots \dots (1)$$

月平均 DTR 為月平均日最高溫與月平均日最低溫之差。

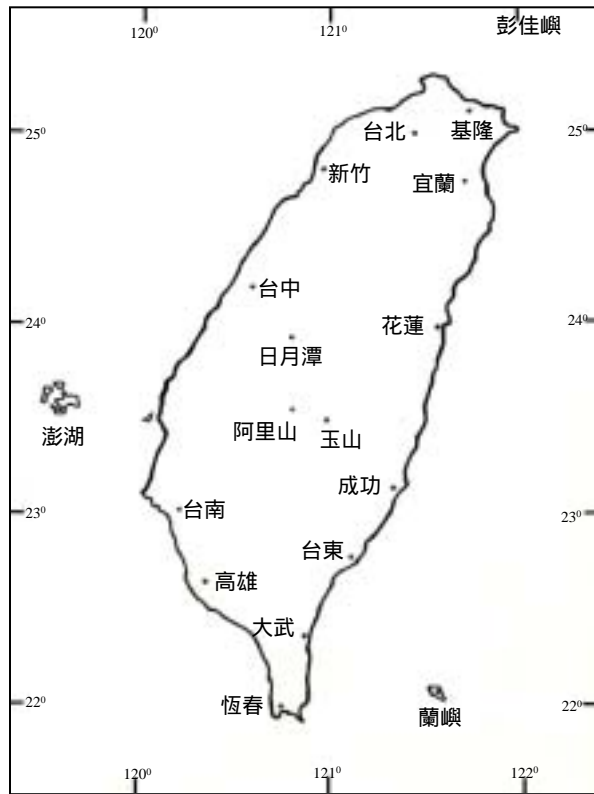


圖 1 各測站地理位置圖

表 1 測站之相關地理資訊

組別	站名	北緯	東經	海拔(m)	人口密度 至 2000 年底 (人數 / km <sup>2</sup> )	資料長度
A	臺北	25°02'	121°30'	5.3	9,737	1950-2000
	臺中	24°09'	120°41'	84.0	5,910	1950-2000
	臺南	23°00'	120°12'	8.1	4,183	1950-2000
	高雄	22°34'	120°18'	2.3	9,704	1950-2000
B1	新竹	24°49'	121°00'	26.9	3,539	1950-2000
	日月潭	23°53'	120°54'	1014.8	146	1950-2000
	澎湖	23°34'	119°33'	10.7	1,551	1950-2000
	恆春	22°00'	120°44'	21.0	228	1950-2000
B2	基隆	25°08'	121°44'	26.7	2,926	1950-2000
	宜蘭	24°46'	121°45'	7.2	3,127	1950-2000
	花蓮	23°59'	121°36'	16.1	3,666	1950-2000
	成功	23°06'	121°22'	33.5	130	1950-2000
	臺東	22°45'	121°09'	9.0	1,011	1950-2000
	大武	22°21'	120°54'	8.1	96	1950-2000
	蘭嶼	22°02'	121°33'	324.0	65	1950-2000
C	彭佳嶼	25°38'	122°04'	101.7	0	1950-2000
	阿里山	23°31'	120°41'	2413.4	14	1950-2000
	玉山	23°29'	120°57'	3844.8	0	1950-2000

資料來源：交通部中央氣象局 (2001)及內政部 (2001)。

## 研究方法

### (一) 時間序列迴歸分析(time series regression)

迴歸模型可表示如下 (Bowerman and O'Connell, 1993)：

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \varepsilon_t \dots\dots\dots(2)$$

$Y_t$  為應變數， $\beta_1$  為此線性模型的趨勢， $t$  為自變數， $\varepsilon_t$  為相互獨立之隨機變數，滿足條件： $N(0, \sigma^2)$ 。其中虛無假設 (null hypothesis)： $H_0: \beta_1 = 0$  表示斜率為零，無趨勢存在；對立假設 (alternative hypothesis)： $H_1: \beta_1 \neq 0$  表示斜率不為零，有趨勢存在。

本文各氣候參數為應變數  $Y_t$ ，自變數為時間  $t$ ，利用最小平方法求出迴歸線係數  $\beta_0$ 、 $\beta_1$ ，並由 P-value 機率值判斷模型斜率的顯著性。但假若誤差項  $\varepsilon_t$  存在自身相關，這表示該測站歷史的搬遷或儀器的更動可能影響的資料的均質性，此時以最小平方法求得的參數估計值不具備有效性，且標準誤差項的估計量會產生偏差，因此需進一步修正這模式。相關研究發現，測站儀器的更動、測站搬遷或觀測紀錄方式的改變可能會影響資料的均質性，若不對資料均質性進行檢定與調整，將造成分析結果的錯誤 (Horton, 1994; Easterling *et al.*, 1996)。本文以 SAS 統計軟體中來運算估計模型的各項參數。

## (二) 主成分分析 (principal component analysis)

主成分分析可以將原本資料中的  $p$  個變數，經線性組合後簡化成為  $k$  ( $k < p$ ) 個彼此間相互獨立的新變數，此即為  $k$  個主成分，且此時  $k$  個新變數的解釋能力最大 (Kendall, 1980; Manly, 1986)。今取 1950 至 2000 年 18 個測站四個季節的 10 項氣候參數趨勢值及月平均氣溫日較差的隨機向量  $X$  的變異數—共變數矩陣為  $S$ ，今令  $S$  分解為：

$$S = K\lambda K' \dots\dots\dots(3)$$

式中  $K = [k_1 k_2 \dots\dots\dots k_p]$  為  $S$  的  $p$  個特徵向量所組成的直交矩陣， $\lambda = \text{diag}(\lambda_1, \lambda_2, \dots\dots\dots, \lambda_p)$  為  $S$  的  $p$  個特徵值所形成的對角矩陣，因此第  $i$  個主成分可寫為：

$$Y_i = K_i' X \\ = K_{1i}x_1 + k_{2i}x_2 + \dots + k_{pi}x_p \dots\dots\dots(4)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, p$$

$k_{pi}$  代表第  $p$  個變項與第  $i$  個主成分的特徵向量，由這個線性組合  $Y_i$  的變異數為：

$$S_{Y_i}^2 = K_i' S X_i \dots\dots\dots(5)$$

在  $K_i' K_i = 1$  的條件限制下，求出特徵向量  $K_i$ ，使公式 (5) 最大。

第  $i$  個主成分的變異數等於變異數—共變數矩陣  $S$  的第  $i$  個特徵值，即  $\text{Var}(Y_i) = \lambda_i$ ，而所有主成分的變異數總合等於變異數—共變數矩陣  $S$  的全部特徵值的和，也就是共變數—共變數矩陣的對角元素和，即

$$\sum_i^p \text{Var}(y_i) = \sum_{n=1}^p \lambda_i = \text{tr}(S) = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_p^2 \dots\dots\dots(6)$$

若取  $k$  個主成分，則  $k$  個主成分的變異數和佔全部變異數總和的比例為：

$$\frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_k}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_p^2} \dots\dots\dots(7)$$

運算後與 DTR 劃分於同一主成分的其他氣候參數，表示對此主成分的解釋變異最大，此主成分可能代表著與 DTR 有關的某種因素 (假設為  $Z$ )，而在主成分內各變數的特徵向量即可反映出與  $Z$  的關係，依此特點，本文即視主成分內特徵向量較大之變數與 DTR 之間有相互關係，並且對該區氣候具有影響性，依此原理找出 DTR 變化的區域特徵。

## 結果與討論

### (一) 趨勢變化

#### 1. 1950 至 2000 年間月平均 DTR 的季節趨勢

本研究選取 1950 至 2000 年資料較長的 18 個測站，進行月平均 DTR 趨勢的季節分析。就氣候學而言，春季係 3、4、5 三月，夏季 6、7、8 三月，秋季屬 9、10、11 三月，冬季則是 12、1、2 三月，或者是僅取 4 月為春季，7 月代表夏季，10 月是秋季，1 月屬冬季，本文擇取後者。表 2 內表示各參數迴歸模型的趨勢值  $\beta_1$ 。結果顯示，四個大都市中，除高雄外，大都市地區四季的月平均 DTR 皆呈顯著減小的趨勢，減小的幅度以秋季較大。

就春季而言，大部分測站的月平均 DTR 呈減少的趨勢，主要是月平均最低溫呈上升趨勢，月平均最高溫無明顯趨勢，其中又以大都市地區最為明顯。若測站月平均 DTR 呈增加的趨勢，其主因是月平均最高溫上升幅度大於月平均最低溫的幅度所致。

夏秋二季，大部分測站月平均 DTR 呈減小的趨勢，主要是由於月平均最低溫上升幅度大於月平均最高溫的幅度所致，其中以大都市地區較為明顯。有部分測站（例如成功和彭佳嶼）的月平均 DTR 呈增加的趨勢，主要原因是其月平均最高溫上升幅度大於平均最低溫，或者是月平均最高溫上升幅度顯著，而月平均最低溫無明顯趨勢所致。秋季平均最低溫上升的趨勢及月平均 DTR 下降的趨勢均較夏季明顯。

冬季，大部分測站月平均 DTR 呈減小的趨勢，主要原因是月平均最低溫上升幅度大於月平均最高溫，其中仍以大都市地區較顯著。少數測站（例如成功及高雄）的月平均 DTR 呈增加的趨勢，主要是月平均最高溫上升幅度大於月平均最低溫，或者是月平均最高溫顯著上升，月平均最低溫無明顯趨勢。冬季與秋季相比較，冬季月平均最低溫上升趨勢及月平均 DTR 的下降趨勢較不顯著。

整體而言，四個季節的 DTR 趨勢特徵為：(1) 四個季節大部分測站的月平均 DTR 呈顯著減小趨勢，其中以秋季較為明顯。(2) 除高雄外大都市地區 (A 組) 的月平均 DTR 趨勢下降幅度較其他地區大，其中仍以秋季最為顯著。(3) DTR 變化呈增加趨勢，大多屬於人口稀少或無人為開發地區。

全球暖化的現象可能使日、夜間的氣溫皆呈增加的趨勢，但日、夜間氣溫仍有可能受到雲量、氣溶膠濃度負回饋的影響。臺灣大部分地區的月平均 DTR 呈減小的趨勢，除可能受到東亞大氣環流變遷 (Hsu and Chen, 2002) 的影響外，少部分地區呈相反的結果，可能是受到地理位置的影響。通常人口密度較大地區，月平均 DTR 的趨勢下降幅度較大，這可能與該地區都市熱島效應 (heat island effect) 逐漸擴大影響有關。都市地區日間太陽輻射量易受到大氣中氣溶膠濃度的影響，因而日最高溫可能較郊區低；夜間放出大量長波輻射能量及廢熱，因而加劇月平均 DTR 減少的幅度。本研究分析顯示，都市化不明顯地區月平均最高溫趨勢增加的幅度較大，較能反應出都市化不明顯地區熱島效應影響下全球暖化的現象。月平均最低溫明顯上升的趨勢顯示了夜間天氣型態可能的變化情形。例如：夜間雲量增多會使反射地表長波輻射量增多，大氣水汽量增多會使大氣吸收地表長波輻射量增多等，這些情形都可能使月平均最低溫上升，導致月平均 DTR 呈下降趨勢。

## 2. 與世界其他地區比較

1950 至 2000 年，臺灣地區四個季節的月平均最高溫、月平均最低溫及月平均 DTR 趨勢 (表 2) 與世界其他地區 (Jones, 1995 ; Easterling *et al.*, 1997 ; Jung, 2002) (表 3) 相比較，表 3 中地區如愛爾蘭、土耳其、義大利、孟加拉及泰國等皆包含都市地區，而北半球及全球區域部分係剔除都市地區的測站。比較結果特徵如下：(1) 臺灣地區四個季節月平均最高溫、月平均最低溫與月平均 DTR 的趨勢與大部分地區結果相類似，且月平均最低溫上升的趨勢及月平均 DTR 下降的趨勢較全球其他地區明顯，其中又以大都市地區最為顯著；但是與全球部分地區有所差異 (例如：義大利及南韓)。(2) 秋季的臺灣地區月平均最低溫趨勢上升、月平均 DTR 趨勢減少最為顯著的現象，則與全球大部分地區不同。

表 2 1950-2000 年各測站月平均最高溫、月平均最低溫與月平均 DTR 趨勢表

單位：0.1°C / 年

季節 測站	春				夏			
	氣溫 類別 月均溫	月平均 最高溫	月平均 最低溫	月平均 DTR	月均溫	月平均 最高溫	月平均 最低溫	月平均 DTR
彭佳嶼	0.08	0.15	0.06	<u>0.11</u>	0.02	<u>0.24</u>	-0.02	<u>0.25</u>
基隆	0.12	0.21	0.10	0.11	0.10	0.11	<u>0.15</u>	-0.01
宜蘭	0.10	0.18	0.13	0.05	0.09	<u>0.26</u>	<u>0.10</u>	<u>0.16</u>
臺北	0.15	-0.05	<u>0.30</u>	<u>-0.36</u>	<u>0.51</u>	0.34	<u>0.66</u>	<u>-0.32</u>
新竹	0.29	0.27	0.28	-0.01	<u>0.12</u>	0.07	<u>0.13</u>	-0.05
臺中	0.17	0.04	<u>0.27</u>	<u>-0.22</u>	<u>0.10</u>	0.04	<u>0.16</u>	<u>-0.13</u>
花蓮	0.16	0.08	<u>0.26</u>	<u>-0.18</u>	<u>0.16</u>	0.12	<u>0.28</u>	<u>-0.16</u>
日月潭	3.84	-0.12	0.08	<u>-0.20</u>	0.00	0.03	<u>0.12</u>	-0.09
澎湖	0.08	0.13	0.12	0.00	0.01	0.01	0.03	0.07
阿里山	0.16	-0.06	<u>0.45</u>	<u>-0.51</u>	<u>0.10</u>	0.07	<u>0.34</u>	<u>-0.28</u>
玉山	-0.02	-0.22	-0.09	-0.31	<u>0.12</u>	<u>0.27</u>	0.08	<u>0.19</u>
成功	0.16	<u>0.24</u>	0.04	<u>0.20</u>	<u>0.13</u>	<u>0.27</u>	-0.05	<u>0.32</u>
臺南	0.08	-0.25	<u>0.33</u>	<u>-0.59</u>	<u>0.12</u>	-0.04	<u>0.28</u>	<u>-0.37</u>
臺東	0.07	-0.03	<u>0.23</u>	<u>-0.26</u>	0.06	-0.10	<u>0.31</u>	<u>-0.41</u>
高雄	<u>0.23</u>	<u>0.28</u>	<u>0.21</u>	0.06	<u>0.18</u>	<u>0.24</u>	<u>0.13</u>	0.11
大武	-0.02	-0.03	-0.01	-0.02	-0.01	-0.03	0.01	-0.05
蘭嶼	0.05	0.16	0.05	0.09	0.01	0.06	-0.01	<u>0.19</u>
恆春	-0.05	-0.10	0.10	<u>-0.20</u>	-0.01	-0.03	0.04	-0.08

註：雙底線表示達 1% 顯著水準，單底線表示達 5% 顯著水準。



## (二) 影響 DTR 的因子

將 1950 至 2000 年四個季節 18 個測站分成 A 組：大都市地區；B1 組：西部中小都市及偏遠地區；B2 組：東部中小都市及較偏遠地區；C 組：背景站，共四組。再依 10 個因子的變化趨勢進行主成份分析，試圖找出各地區彼此間可能存在的共相關特徵。本研究假設與月平均 DTR 劃為同一主成分的因子，為影響該區 DTR 趨勢的相關物理因子，因此不含月平均 DTR 的主成分就不列入考慮。本研究各地區僅篩選出最大可解釋的變異且含有月平均 DTR 的主成分，因此各地區的主成分僅列出一個。表 4 至表 7 顯示各地區四個不同季節含月平均 DTR 主成分之特徵向量表，正號表示變數與主成分呈正相關，負號表示變數與主成分呈負相關，變數之特徵向量的絕對值越大，表示變數對該地區的影響越明

表 2 1950-2000 年各測站月平均最高溫、月平均最低溫與月平均 DTR 趨勢表 (續)

單位：0.1°C/年

季節 氣溫 類別 測站	秋				冬			
	月均溫	月平均 最高溫	月平均 最低溫	月平均 DTR	月均溫	月平均 最高溫	月平均 最低溫	月平均 DTR
彭佳嶼	0.1	<u>0.19</u>	0.10	<u>0.1</u>	0.17	0.22	0.17	0.04
基隆	0.13	0.10	0.14	-0.05	0.13	0.11	0.16	-0.04
宜蘭	<u>0.25</u>	<u>0.21</u>	<u>0.31</u>	-0.09	0.16	0.11	<u>0.24</u>	-0.13
臺北	<u>0.28</u>	-0.11	<u>0.51</u>	<u>-0.62</u>	<u>0.29</u>	-0.06	<u>0.54</u>	<u>-0.60</u>
新竹	<u>0.16</u>	-0.00	<u>0.25</u>	<u>-0.25</u>	0.18	0.08	<u>0.30</u>	-0.21
臺中	<u>0.24</u>	-0.05	<u>0.43</u>	<u>-0.48</u>	<u>0.30</u>	0.09	<u>0.45</u>	<u>-0.35</u>
花蓮	<u>0.21</u>	0.01	<u>0.34</u>	<u>-0.33</u>	<u>0.23</u>	0.07	<u>0.33</u>	<u>-0.26</u>
日月潭	0.04	0.01	0.14	<u>-0.13</u>	0.00	-0.05	0.13	<u>-0.18</u>
澎湖	0.08	0.11	<u>0.13</u>	-0.03	0.11	0.15	<u>0.21</u>	-0.06
阿里山	<u>0.24</u>	0.07	<u>0.34</u>	<u>-0.28</u>	0.15	-0.08	<u>0.33</u>	<u>-0.41</u>
玉山	<u>0.17</u>	<u>0.24</u>	<u>0.17</u>	0.07	0.10	0.05	-0.78	0.84
成功	<u>0.22</u>	<u>0.27</u>	0.10	<u>0.17</u>	0.20	<u>0.30</u>	0.06	<u>0.24</u>
臺南	<u>0.15</u>	<u>-0.23</u>	<u>0.41</u>	<u>-0.63</u>	0.20	-0.10	<u>0.42</u>	<u>-0.53</u>
臺東	<u>0.23</u>	<u>0.13</u>	<u>0.32</u>	<u>-0.20</u>	<u>0.21</u>	0.09	<u>0.32</u>	<u>-0.23</u>
高雄	<u>0.26</u>	<u>0.17</u>	<u>0.30</u>	-1.13	<u>0.39</u>	<u>0.56</u>	0.33	<u>0.23</u>
大武	0.09	<u>0.13</u>	0.07	0.06	0.04	0.11	0.00	<u>0.13</u>
蘭嶼	0.10	<u>0.15</u>	<u>0.11</u>	0.03	0.13	0.21	0.14	0.07
恆春	0.06	-0.02	<u>0.14</u>	<u>-0.16</u>	0.03	-0.03	0.13	<u>-0.15</u>

註：雙底線表示達 1% 顯著水準，單底線表示達 5% 顯著水準。

顯，可解釋變異為該主成分可解釋多少百分比的總變異。如春季，就大都市地區而言，與月平均 DTR 關係密切的主要因子為月均溫、月平均最高溫、月平均最低溫、月平均相對濕度、日照時數及月平均日照率，其中月均溫、月平均最高溫、日照時數、月平均日照率趨勢與月平均 DTR 趨勢呈正相關；月平均最低溫、月平均相對濕度趨勢則呈負相關。

春季，大都市地區月平均 DTR 趨勢和日照時數及日照率呈正相關的現象和西部小都市及偏遠地區相同，大都市地區月平均最低溫上升的程度和月平均 DTR 下降的程度呈明顯的負相關，西部小都市及偏僻地區月平均最低溫和月平均 DTR 變化的關係較不明顯。東部地區影響月平均 DTR 趨勢變化的因素包含蒸發量、降水量與平均風速，顯示出和大氣水汽含量有關。背景站月平均最高溫和月平均 DTR

表 3 全球其他地區月平均最高溫、月平均最低溫與月平均 DTR 趨勢表

單位：0.1°C / 年

季節 地區	春 季			夏 季		
	氣溫 類別 月平均最高溫	月平均最低溫	月平均 DTR	月平均最高溫	月平均最低溫	月平均 DTR
愛爾蘭 1961-1990 Jones (1995)	0.03	0.01	0.02	<u>0.08</u>	<u>0.10</u>	-0.01
土耳其 1961-1990 Jones (1995)	-0.00	0.00	-0.01	-0.02	0.01	-0.03
義大利 1951-1980 Jones (1995)	-0.05	-0.05	-0.00	<u>-0.09</u>	-0.08	-0.01
孟加拉 1949-1989 Jones (1995)	<u>-0.07</u>	0.02	<u>-0.10</u>	0.04	0.03	0.01
泰國 1951-1990 Jones (1995)	0.02	<u>0.15</u>	<u>-0.17</u>	0.03	<u>0.11</u>	<u>-0.07</u>
南韓 1954-1999 Jung (2002)	<u>0.03</u>	<u>0.02</u>	<u>0.01</u>	0.00	0.01	-0.00
北半球非都市 地區測站 1950-1993 Easterling <i>et al.</i> (1997)	0.13	0.22	-0.09	<u>0.02</u>	0.10	-0.07
全球非都市地 區測站 1950-1993 Easterling <i>et al.</i> (1997)	0.12	0.22	-0.10	0.04	0.11	-0.06

註：單底線表示達 5% 顯著水準。

的相關性較其他地區低，這表示春季人為活動對平均最高溫的變化可能會有影響，例如都市地區產生的微粒 (particles) 可能會影響太陽輻射 (Ferrari, 1976)。就大都市地區與背景站比較，大都市地區月平均最高溫、月平均最低溫、月平均相對濕度的變化與月平均 DTR 的變化關係較大，這表示人為活動可能對月平均 DTR 產生影響。就東、西部臺灣地區比較，西部臺灣地區日照與月平均 DTR 的關係較大；東部臺灣地區平均風速、蒸發量、降雨量與月平均 DTR 的關係較大。這表示除人為活動因素外，地理位置的不同也會影響月平均 DTR 的變化。

表 3 全球其他地區月平均最高溫、月平均最低溫與月平均 DTR 趨勢表 (續)

單位：0.1°C / 年

季節 氣溫 類別 地區	秋 季			冬 季		
	月平均最高溫	月平均最低溫	月平均 DTR	月平均最高溫	月平均最低溫	月平均 DTR
愛爾蘭 1961-1990 Jones (1995)	0.01	0.03	-0.02	<u>0.07</u>	<u>0.07</u>	0.00
土耳其 1961-1990 Jones (1995)	<u>-0.11</u>	-0.03	<u>-0.07</u>	-0.03	-0.00	-0.02
義大利 1951-1980 Jones (1995)	<u>-0.07</u>	<u>-0.11</u>	<u>0.04</u>	0.01	0.00	0.00
孟加拉 1949-1989 Jones (1995)	0.05	0.04	0.00	-0.02	<u>0.10</u>	<u>-0.12</u>
泰國 1951-1990 Jones (1995)	0.03	<u>0.09</u>	<u>-0.05</u>	0.01	<u>0.17</u>	<u>-0.16</u>
南韓 1954-1999 Jung (2002)	<u>0.02</u>	0.01	<u>0.00</u>	<u>0.04</u>	<u>0.03</u>	<u>0.00</u>
北半球非都市 地區測站 1950-1993 Easterling <i>et al.</i> (1997)	<u>-0.01</u>	<u>0.07</u>	-0.08	0.12	0.27	-0.14
全球非都市地 區測站 1950-1993 Easterling <i>et al.</i> (1997)	<u>0.00</u>	0.09	-0.08	0.11	0.24	-0.13

註：單底線表示達 5% 顯著水準。

表 4 春季含月平均 DTR 主成分之特徵向量表

變數 \ 組別	A	B1	B2	C
Ta	0.36	0.37	0.26	-0.20
Tmax	0.37	0.41	0.42	0.28
Tmin	-0.37	0.27	-0.07	-0.32
DTR	0.37	0.41	0.32	0.46
RH	-0.37	-0.14	-0.14	0.14
WS	-0.01	-0.29	0.51	0.01
SH	0.33	0.39	-0.10	0.32
SR	0.30	0.40	-0.07	0.22
CC	-0.21	0.20	0.05	0.44
E	0.25	0.02	0.35	-0.37
P	0.11	0.00	0.48	-0.26
可解釋變異 (%)	64.7	53.17	29.33	41.0

夏季，大都市地區月平均最低溫和月平均 DTR 變化的相關性不明顯，這表示各大都市間月平均最低溫上升的程度並非決定月平均 DTR 下降的程度，月平均 DTR 下降的程度是受月平均最高溫的變化所影響。由表 5 還可知，大都市地區日照和月平均最高溫的關係大，但雲量卻不大，這表示大都市地區月平均最高溫可能會受其他因素如氣溶膠濃度的影響。西部小都市及偏遠地區較同屬於西部的大都市地區多了平均相對濕度和蒸發量影響因子，這表示該地區大氣水汽含量對月平均 DTR 的影響較大，且該地區風速的變化和蒸發量相關性甚高。東部臺灣地區平均風速和月平均最低溫的變化呈負相關，雲量和月平均 DTR 呈負相關，但日照和月平均 DTR 的相關性卻不高。背景站雲量、降水量、日照時數和月平均 DTR 趨勢的相關性較高，日照率反而不明顯，這表示除雲量外，可能有其他因子影響日照時數。就大都市地區與背景站比較而言，大都市地區風速與月平均 DTR 的變化關係較大，背景站的雲量、降雨量和月平均 DTR 的變化關係較大。就東、西部臺灣地區比較，西部臺灣地區日照、蒸發量與月平均 DTR 的關係較大，風速的變化與月平均 DTR 的變化呈負相關；東部臺灣地區雲量與月平均 DTR 的關係較大，風速與月平均 DTR 的變化呈正相關。夏季較不易顯示出人為活動對月平均 DTR 的影響，但仍能顯示地理位置的不同，影響月平均 DTR 也不同的現象。

秋季，大都市地區月平均 DTR 的變化和月平均最高溫、月平均最低溫變化的關係明顯，而平均氣溫的變化和月平均最高溫、月平均最低溫變化的關係明顯，相對濕度變化和月平均 DTR 關係較不明顯，這些現象和其他地區呈明顯的不同（表 6）。這表示大都市地區不同於東部臺灣小都市及偏遠地區及背景站，其月平均 DTR 下降程度主要是受到月平均最低溫上升的影響。西部小都市及較偏遠地區對月平均 DTR 的影響因素較其他地區多，風速、日照時數、日照率對月平均 DTR 的影響較其他地區明顯。東部臺灣小都市及較偏遠地區雲量及降雨量的變化和月平均 DTR 的關係較其他地區大。就大都市

表 5 夏季含月平均 DTR 主成分之特徵向量表

變數 \ 組別	A	B1	B2	C
Ta	0.18	-0.11	-0.12	-0.20
Tmax	0.38	-0.11	0.22	0.35
Tmin	0.02	-0.31	-0.41	-0.37
DTR	0.32	0.42	0.39	0.37
RH	-0.25	0.33	0.40	0.19
WS	-0.36	-0.36	0.40	0.27
SH	0.46	0.40	0.25	0.17
SR	0.45	0.41	0.20	0.36
CC	-0.04	-0.10	-0.37	0.32
E	0.19	-0.36	-0.18	-0.22
P	0.29	-0.02	-0.13	0.37
可解釋變異 (%)	43.48	48.93	43.08	64.69

表 6 秋季含月平均 DTR 主成分之特徵向量表

變數 \ 組別	A	B1	B2	C
Ta	0.37	-0.20	-0.30	-0.39
Tmax	0.52	0.32	0.22	0.26
Tmin	-0.32	-0.30	-0.39	-0.38
DTR	0.48	0.37	0.38	0.35
RH	-0.20	0.35	0.43	0.33
WS	-0.19	-0.35	0.15	-0.05
SH	-0.03	0.34	0.23	0.12
SR	0.01	0.34	0.23	0.27
CC	-0.23	-0.11	-0.32	-0.20
E	0.29	-0.34	-0.07	-0.39
P	0.20	-0.18	-0.39	0.35
可解釋變異 (%)	33.24	64.68	45.84	58.57

地區與背景站比較，大都市地區月平均最高溫與月平均 DTR 的變化關係較大，背景站的相對濕度、蒸發量與降雨量和月平均 DTR 的變化關係較大，這顯示人為活動可能對月平均最高溫的變化產生影響。比較東、西部臺灣地區，可知西部臺灣地區風速、日照、蒸發量與月平均 DTR 的關係較大，東部臺灣地區雲量與降雨量和月平均 DTR 的關係較大。秋季顯示出人為活動及地理位置的不同皆可能對月平均 DTR 的變化產生影響。

冬季，大都市地區月平均 DTR 變化和月平均最高溫、月平均最低溫關係明顯，而月均溫的變化和月平均最低溫的變化關係明顯，這些現象和其他地區較為不同。西部臺灣小都市及較偏遠地區的月平均 DTR 受風速變化影響明顯，而平均最高溫和日照、月平均最高溫、蒸發量、雲量有明顯的關係。東部臺灣小都市及較偏遠地區的月平均 DTR 受相對濕度、雲量變化影響明顯，日照的變化和雲量的變化有明顯的負相關。背景站的月平均 DTR 受日照時數與日照率的影響不同，可能有其他因子干擾日照。就大都市地區與背景站比較，大都市地區月平均最低溫、蒸發量和月平均 DTR 的變化關係較大，雲量變化和月平均 DTR 的變化呈負相關，背景站的雲量變化和月平均 DTR 的變化呈正相關，這表示人為活動的因素可能對月平均 DTR 的變化產生影響。比較東、西部臺灣地區，可知西部臺灣地區風速、雲量、蒸發量和月平均 DTR 的關係較大，雲量和月平均 DTR 變化呈正相關；東部臺灣地區月平均最低溫、相對濕度和月平均 DTR 的關係較大，雲量和月平均 DTR 的變化呈負相關。冬季大致能顯示出人為活動及地理位置不同可能對月平均 DTR 產生影響。

表 7 冬季含月平均 DTR 主成分之特徵向量表

變數 \ 組別	A	B1	B2	C
Ta	0.30	0.06	-0.29	0.04
Tmax	0.36	0.31	0.30	0.59
Tmin	-0.32	0.02	-0.40	-0.21
DTR	0.36	0.40	0.41	0.33
RH	-0.05	0.15	0.36	0.06
WS	-0.08	-0.35	0.22	0.19
SH	0.34	0.37	0.32	0.54
SR	0.34	0.33	0.30	0.04
CC	-0.34	0.42	-0.32	0.38
E	0.36	-0.40	-0.11	0.04
P	-0.27	-0.05	0.08	-0.16
可解釋變異 (%)	63.04	50.06	44.57	24.32

## 結 論

綜言之，近 50 年（1950 至 2000）臺灣地區月平均 DTR 趨勢之分析要點如下：

1. 臺灣地區四季大部分測站的月平均 DTR 呈顯著減小趨勢，主要原因是月平均最低溫上升趨勢顯著所致，其中以秋季最為明顯。
2. 大都市地區各季月平均 DTR 的趨勢下降幅度較其他地區大，其中仍以秋季最為顯著，主要原因是大都市地區月平均最高溫呈下降的現象，及月平均最低溫上升趨勢相當明顯所致。
3. 月平均 DTR 變化呈增加趨勢的地區大多屬於人口稀少或無人為開發活動地區，主要原因是受到月平均最高溫增加的幅度大於月平均最低溫，或者是月平均最高溫呈明顯增加而月平均最低溫無明顯的趨勢。
4. 臺灣地區月平均 DTR 的變化趨勢與全球大部分地區相同，且月平均最低溫、月平均 DTR 的變化程度比全球其他地區更為明顯。
5. 大都市地區，春、夏、冬三季的月平均 DTR 皆能反應出受到日照的影響。西部臺灣小都市及較偏遠地區，四季皆反應出受到風速、日照的影響，但雲量影響不明顯；東部臺灣小都市及較偏遠地區，夏、秋、冬三季皆反應出受到雲量的影響，但日照影響不顯著。背景站的月平均 DTR 在春、夏、冬三季皆能反應出受到日照及雲量的影響，但日照時數及日照率則影響程度不同。
6. 臺灣地區的月平均 DTR 趨勢皆能反應出受到人為活動及地理位置差異的影響。

## 引用文獻

- 內政部 (2001) 中華民國臺閩地區人口統計。
- 交通部中央氣象局 (2001) 中央氣象局氣候資料年報。
- 姚銘輝、盧虎生、朱鈞 (1999) 臺灣地區日溫差之分析，*中華農學會報*，188: 32-36。
- Bowerman, L. B. and O'Connell, R. T. (1993) *Forecasting and Time Series*, Belmont: Wadsworth, 726.
- Dai, A., DelGenio, A. D. and Fung, I. Y. (1997) Clouds, precipitation and temperature range, *Nature*, 386: 665-666.
- Dai, A., Trenberth, K. E. and Karl, T. R. (1999) Effects of clouds, soil moisture, precipitation and water vapor on diurnal temperature range, *Journal of Climate*, 12 (8) : 2451-2473.
- Easterling, D. R., Peterson, T. C. and Karl, T. R. (1996) On the development and use of homogenized climate datasets, *Journal of Climate*, 9: 1429-1434.
- Easterling, D. R., Horton, B., Jones, P. D., Peterson, T. C., Karl, T. R., Parker, D. E., Salinger, M. J., Razuvayev, V., Plummer, N., Jamason, P. and Folland, C. K. (1997) Maximum and minimum temperature trends for the globe, *Science*, 277: 364-367.
- Ferrar, T. A. (1976) *The Urban Costs of Climate Modification*, New York: John Wiley and Sons, 284.
- Heino, R., Brazdil, R., Forland, E., Tuomenvirta, H., Alexandersson, H., Beniston, M., Pfister, C., Rebetz, M., Rosenhagen, G., Rosner, S. and Wibig, J. (1999) Progress in the study of climatic extremes in northern and central Europe, *Climate Change*, 42: 151-181.

- Horton, B. (1995) Geographical distribution of changes in maximum and minimum temperatures, *Atmospheric Research*, 37:101-117.
- Hsu, H. H. and Chen, C. T. (2002) Observed and projected climate change in Taiwan, *Meteorology and Atmospheric Physics*, 79: 87-104.
- Jones, P. D. (1995) Maximum and minimum temperature trends in Ireland, Italy, Thailand, Turkey and Bangladesh, *Atmospheric Research*, 37: 67-68.
- Jung, H.-S., Choi, Y., Oh, J.-H. and Lim, G.-H. (2002) Recent trends in temperature and precipitation over south Korea, *Internal Journal of Climatology*, 22: 1327-1337.
- Karl, T. R., Kukla, G. and Gavin, J. (1984) Decreasing diurnal temperature range in the United States and Canada from 1941-1980, *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 23: 1489-1504.
- Karl, T. R., Jones, P. D., Knight, R. W., Kukla, G., Plummer, N., Razuvayev, V., Gallo, K. P., Lindsey, J., Charlson, R. J. and Peterson, T. C. (1993) A new perspective on recent global warming: asymmetric trends of daily maximum and minimum temperature, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 74 (6) : 1007-1023.
- Knell, S. M. (1980) *Multivariate Analysis*, New York: Macmillan Publishing Co., 210.
- Kukla, G. and Karl, T. R. (1993) Nighttime warming and the greenhouse effect, *Environmental Science and Technology*, 27(8): 1468-1474.
- Liu S. C., Wang, C.-H., Shiu, C.-J., Chang, H.-W., Hsiao, C.-K. and Liaw, S.-H. (2002) Reduction in sunshine duration over Taiwan: causes and implications, *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, 13(4) : 523-545.
- Manly, B. F. J. (1986) *Multivariate Statistical Methods A Primer*, New York: Chapman and Hall, 159.
- Mitchell, J. F. B., Davis, R. A., Ingram, W. J. and Senior, C. A. (1995) On surface temperature, greenhouse gases, and aerosols: models and observations, *Journal of Climate*, 8: 2364-2386.
- Plantico, M. S., Karl, T. R., Kukla, G. and Gavin, J. (1990) Is recent climate change across the United States related to rising levels of anthropogenic greenhouse gases?, *Journal of Geographical Research-Atmospheres*, 95 (D10) : 16, 617-16, 637.
- Stenchikov, G. L. and Robock, A. (1995) Diurnal asymmetry of climatic response to increased CO<sub>2</sub> and aerosols: Forcings and feedbacks, *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 100 (D12) : 26, 211-26, 227.

92年12月5日 收稿

93年1月12日 修正

93年1月15日 接受