

# 利用適當氣候平均統計方法預報台灣地區溫度

## Forecast Temperature over Taiwan area by Optimal Climate Normal (OCN)

李清騰、盧孟明  
中央氣象局

### 摘要

此研究利用台灣地區月平均資料(1941-2005 年)之台北、台中、高雄、花蓮之局屬測站溫度資料來進行適當氣候平均(Optimal Climate Normals; OCN) 的統計模式進行逐月溫度預報，使用過去資料進行統計分析，並且找尋在過去資料中最佳及最合適的年數( $K$ 年)是 OCN 的核心步驟。分析結果得到各個測站及各個月份得到的  $K$  年不盡相同，且預報技術得分也不一致。在台北測站溫度預報方面具有參考性在 2-3 月、6-8 月及 11-12 月，而台中測站則是在 1-2 月、6 月及 10-12 月，高雄測站則是全年都有預報參考性，但 7 月的預報結果其技術得分最低，另外花蓮測站方面在 1-2 月、6-8 月及 11 月具有預報參考性。總而言之，在台灣 4 個測站方面，在冬季的預報技術最好、其次是在夏季，而春、秋兩季的預報技術較差，另外在測站中又以高雄測站的預報技術得分為最高。

分析預報技術得分高低的差異中，發現當溫度的年代際變化起伏較大時 OCN 的預報結果較不理想，反之若年際變化較小且溫度上升趨勢緩慢，OCN 的預報結果較好，11 月最符合這樣的條件，因此 OCN 的預報結果也是全年中最好的一個月份。

關鍵詞: 統計預報、氣候預報、OCN

## 一. 前言

台灣地區處於東亞溫帶及熱帶的交會處與大陸與海洋的緩衝區，季節變化顯著 (王等, 1984); 又由於地形錯綜複雜，使得台灣明顯分成東、西兩個不同的氣候區域(Yeh and Chen, 1998)。吳與陳(1993)分析台灣地區長期逐月的平均氣溫及降水資料發現台灣的氣候可分成北部、北海岸、東北部、中部、西南部、東部以及山地七區，顯示狹小的台灣卻有複雜的區域不一致性，增加了許多長期天氣預報的困難度。

大氣是一個混沌系統，天氣可預報度的理論上限值在兩週內，兩週以外的長期天氣預報其可預報度需靠緩慢變化的外作用力(External Forcing)影響和大氣低頻擾動，前者可以用聖嬰現象(ENSO)來代表，後者則是可用 Madden Julian Oscillation(MJO)或 Arctic Oscillation(AO)為代表。近年來許多研究顯示大氣與海洋都存在著週期十年以上的年代際變化，在大氣方面可用 Pacific Decadal Oscillation(PDO)代表，海洋方面則可用 Atlantic Multi-decadal Oscillation(AMO)代表。這些大尺度的變化現象對不同的區域氣候有什麼影響?是否能藉以幫助預報區域天氣的長期變化?都是氣象學家想要努力解決的問題。

Huang, J. et al.(1996)提出一個簡單的統計預報方法，Optimal Climate Normals(OCN)，指出在某些特定季節利用靠近預報時間  $K$  年的氣候平均值可

以得到技術得分不差的預報結果(Wilks, D. S. 1996)。找尋在過去資料中最佳及最合適的年數( $K$ 年)，是 OCN 的核心步驟，一旦  $K$  年確定，則利用此  $K$  年的月或季之平均值來當做下一年的預報值。

OCN 因方法上的限制，不能用任意抽出一年當作目標的交錯檢驗(Cross Validation)方法驗算預報技術(Michaelson, 1987)，必須要使用一段時期作為發展模式的訓練期而用另一段時期作為預報期，是以當資料長度不長時就無法建立 OCN 統計模式。在這種的限制下，若有 10 年以上時間尺度的年代際氣候型(Climate regime)的轉變，對預報結果的適用性是一大考驗。儘管有這些限制，OCN 因方法簡單，預報領前時間可以長達 12 個月，仍是一個值得開發、利用的方法。本文介紹 OCN 統計方法與預報技術，以及台北、台中、高雄及花蓮測站溫度的逐月預報與檢驗結果。

## 二. 方法

本文使用中央氣象局之台北、台中、高雄及花蓮測站月平均溫度資料來進行 OCN 統計預報。資料時間長度為 1941-2005 年，其中以 1941-1970 來當做訓練期(training period)，而 1971-2005 則為預報期(target period)，並且用此預報期時間來檢驗其預報技術。 $K$  是 OCN 統計預報模式最重要的一個參數，

若有一時間序列為  $T_i = 1, 2, 3, \dots, N$ ，其中  $N$  代表月資料的總年數，則  $k$  年的氣候平均值計算方程如下：

$$\bar{T}_{i,k} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k T_{i-j}$$

其中  $k = 1, 2, \dots, 30$ ； $i = 31, 32, \dots, N$ 。在此  $i$  代表 1971~2005 的資料，而  $k$  是介於 1 至 30 年之間一個整數。經過統計方法的篩選和預報檢驗之後，若能得到  $k = K$  的預報是有技術的，則表示未來可利用最靠近預報時間的  $K$  年之月或季的平均值作為預報值。

$K$  的決定步驟是首先計算每一個  $k$  的預報與觀測之相關係數與均方誤差，然後以最高相關係數及最小均方誤差的  $k$  為  $K$ ，即為最適的氣候平均長度。其相關係數方程式如下：

$$COR_{dep}(K) = \frac{\sum_{i=31}^n \hat{T}_i^f \hat{T}_i^{ob}}{[\sum_{i=31}^n (\hat{T}_i^f)^2 \sum_{i=31}^n (\hat{T}_i^{ob})^2]^{1/2}}$$

$$\begin{aligned} \text{其中 } \hat{T}_i^f &= \bar{T}_{i,k} - C_{WMO} \\ \hat{T}_i^{ob} &= T_i^{ob} - C_{WMO} \end{aligned}$$

本研究嘗試過以兩種方式計算  $C_{WMO}$ ，第一種是採取以 10 年為等單隔的滑動 30 年氣候平均值，第二種則是採用固定的 30 年氣候平均值，結果發現前者的結果優於後者，故採用第一種定義。

挑選出最適的  $K$  值之後，需要評估預報結果是否達到技術標準。本研究採用三分類 Heidke Skill Score(HSS)預報得分評估方法。若 HSS 值得到為 0 代表沒有預報技術(No Skill)，而 HSS 值為 1 則是為最佳預報(Perfect Score)。另外使用一組隨機資料來執行 OCN 統計預報，藉此來評估此預報技術是否比隨機預報更好。隨機預報的結果顯示  $K$  年介於 1-10 年間的 HSS 值為 0.2，而  $K$  年為 11-30 年則 HSS 值為 0.1，由此可得到若 OCN 的預報技術得分大於 0.2 則優於隨機的結果。

### 三．結果

#### (一)台北測站溫度預報

圖 1 顯示台北測站不同  $K$  年與不同月份所得到的在 1971-2005 年預報值與觀測值之相關係數圖，其中有顏色部份是代表此相關係數值是通過統計檢定。由圖中可看到在 1-3 月、6-8 月及 10-12 月有較大的相關係數，顯示在這幾個月份有較好的預報參考性。另外從均方誤差的不同  $K$  年與不同月份的分佈圖中(圖略)，顯示其分佈情形和相關係數圖類

似。圖 2 顯示不同  $K$  年與不同月份之 HSS 技術得分指標分佈圖，由圖可看到 HSS 值大於 0.2 的只有 2-3 月、6-8 月及 11-12 月，表示這些月份的預報結果是有技術的。最大的 HSS 值出現在 11 月的  $K=6$ ，且此月份其它的  $K$  值也有超過 0.2 以上，顯示 OCN 在此月份的預報比較穩定。

台中測站的結果與台北測站非常相似，略不贅述。

#### (二)高雄測站溫度預報

圖 3 顯示出高雄測站在不同  $K$  年與不同月份之相關係數分佈圖(圖 3)，圖中可看到大部份的相關係數都有通過統計檢定，且最高的相關係數達 0.65 以上。另外從 HSS 技術得分分佈圖中顯示出(如圖 4)，在 2 月、6 月及 11 月有較高的技術得分，而且其它月份也都有超過 0.2 以上的技術得分指標，這也代表了高雄測站在各個月份的預報結果都具有參考性，且比其它測站有較顯著的預報參考價值。

#### (三)花蓮測站溫度預報

花蓮測站的相關係數圖中(圖 5)顯示，在 1 月、4 月、6-8 月 10-12 月的相關係數是有通過統計檢定，其中又以 6 月及 10 月有最高的相關係數。而 HSS 技術得分圖中(如圖 6)，可看在 1-2 月、6-8 月及 11 月有超過 0.2 的技術得分，且最高的技術得分指標也是出現在 11 月份。

綜合以上的相關係數及 HSS 技術得分指標指出在不同的測站、不同的月份所挑選的  $K$  年不太相同。但 4 個測站都顯示出最具有預報參考價值是在 11 月份，另外此四個局屬測站中又以高雄測站的預報技術得分最高。

## 四．討論

為了更進一步了解 OCN 方法對於各個月份的溫度預報特性，在此選取預報最高與最低的技術得分指標之  $K$  年來分析長期溫度時間變化特性。圖 7 分別顯示台北測站最高(11 月  $K=8$ )與最低(10 月  $K=16$ )預報技術得分之溫度時間列序圖，看到 10 月及 11 月的預報值都呈現出溫度隨時間有上升的情形，在 11 月的預報與觀測值的相關係數達 0.43(圖 7a)，且從 3 分類表中大致可看到，預報正確最多次數出現在高溫類別的情形，這顯示出 OCN 預報結果對 11 月高溫的特性掌握較好。但在 10 月份的預報結果卻不甚理想(圖 7b)，圖中可看到 10 月的觀測溫度有明顯的年代際變化，其中在 1977-1981 與 1987-1995 之間的溫度變化起伏較大，但 OCN 的預報值則是呈現緩慢增溫的趨勢，年際變化甚小，且預報與觀測值的相關係數只有 0.07。3 分類表中顯示在觀測的 15 次正常類別中、預報卻有 8 次為高溫類別，

而當觀測的 11 次高溫類別中、預報卻有 7 次在正常類別，顯然 OCN 預報方法對於溫度起伏變化較大的 10 月掌握能力不足。另外在台中、花蓮測站(圖略)的結果也和台北測站類似。

由圖 8 顯示高雄測站最高(11 月  $K=21$ )與最低(7 月  $K=12$ )預報技術得分之溫度時間列序圖。最高技術得分(圖 8a)的情況，預報與觀測值的相關係數達 0.49，且溫度的預報值呈上升趨勢，在 3 分類表中更可看到觀測與預報高溫類別相同的次數高達 11 次(命中率為 79%)，顯示 OCN 可以掌握到高溫的特性。但在最低預報技術得分之溫度時間列序圖中(圖 8b)，雖然預報與觀測值的相關係數有達 0.34，但整體的預報技術得分卻顯著偏低。再次地我們看到高雄測站 7 月份的溫度年際變化明顯，是 OCN 預報無法反應的。

## 五· 結論

此研究利用台灣地區月平均(1941-2005 年)之台北、台中、高雄、花蓮之局屬測站溫度資料來進行適當氣候平均(OCN)的統計模式進行月平均溫度預報。在台北測站溫度方面具有預報參考性只有在 2-3 月、6-8 月及 11-12 月，台中測站則是在 1-2 月、6 月及 10-12 月，高雄測站則是全年都有預報參考性，但 7 月的預報技術得分最低，另外花蓮測站具有參考性只有 1-2 月、6-8 月及 11 月。整體而言，OCN 在冬季的預報技術較好、其次是夏季，而在春季及秋季的預報技術較差，推測這可能是此兩季處

於季節轉換的期間，溫度之年際變化較為劇烈，使得 OCN 的預報較不甚理想。

分析預報得分高低的差異發現當溫度的年代際變化起伏較大時 OCN 的預報結果較不理想，在有緩慢的溫度上升趨勢，而年際變化較小的月份，OCN 的預報結果較好，11 月最符合這樣的條件，因此預報結果也是全年中最好的一個月份。為何 11 月的溫度年際變化較小，上升趨勢較明顯?是作者正在進行的一項研究工作。

## 六· 參考文獻

- 王時鼎、鄭俠、趙友夔，1984: 臺灣天氣變化之自然季節。《大氣科學》，11，101-120。
- 吳明進、陳幼麟，1993: 台灣的氣候分區。《大氣科學》，21，55-56。
- Michaelson, J., 1987: Cross-Validation in statistical climate forecast models. *J. Appl. Meteor.*, 26, 1589-1600.
- Huang J., Huug M. van den Dool and Anthony G. Barnston. 1996: Long-Lead Seasonal Temperature Prediction Using Optimal Climate Normals. *J. Climate*. 9, 809-817.
- Wilks. D. S. 1996: Statistical Significance of Long-Range "Optimal Climate Normal" Temperature and Precipitation Forecasts. *J. Climate*. 9, 827-839.
- Yeh, H. C., and Y.-L. Chen, 1998: Characteristics of Rainfall Distributions over Taiwan during the Taiwan Area Mesoscale Experiment (TAMEX). *J. Appl. Meteor.*, 37, 1457-1469.

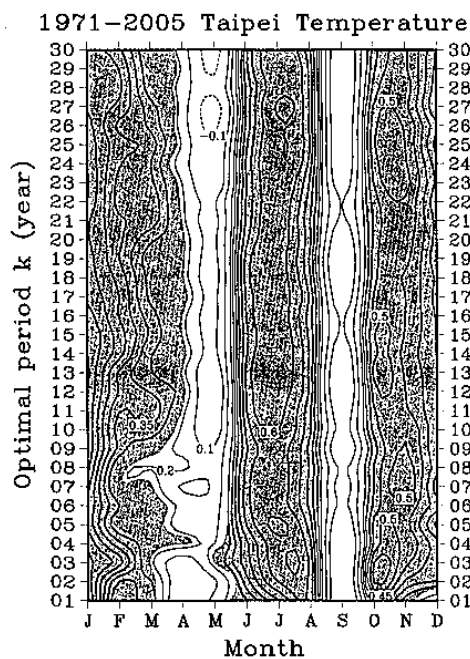


圖1. 台北測站在1971-2005年預報期之不同 K 年與不同月份之相關係數分佈圖，圖中有顏色部份代表相關係數值通過統計檢定，x 軸代表月份，y 軸代表 K 年。

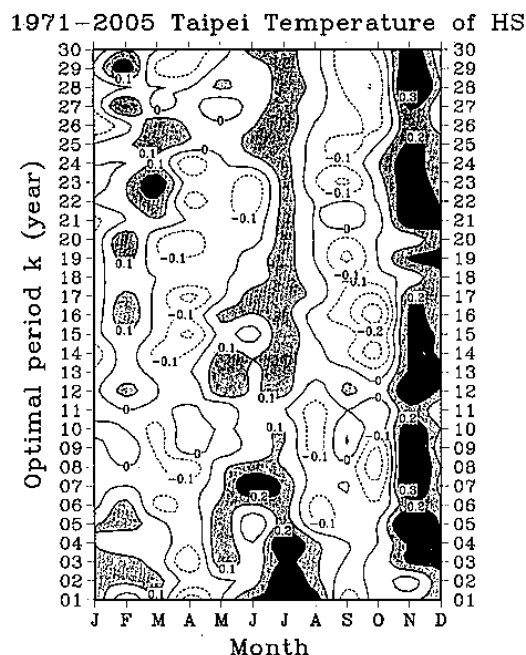


圖2. 同圖1，但為預報技術得分指標(HSS)分佈圖。

1971-2005 Kaohsiung Temperature

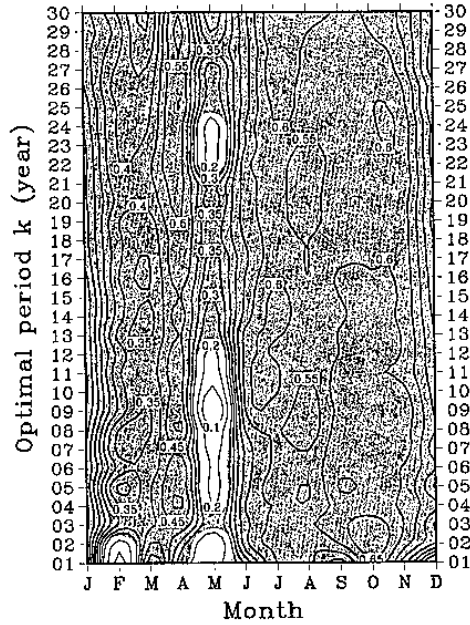


圖3. 同圖1, 但為高雄測站之相關係數分佈圖。

1971-2005 Hualien Temperature

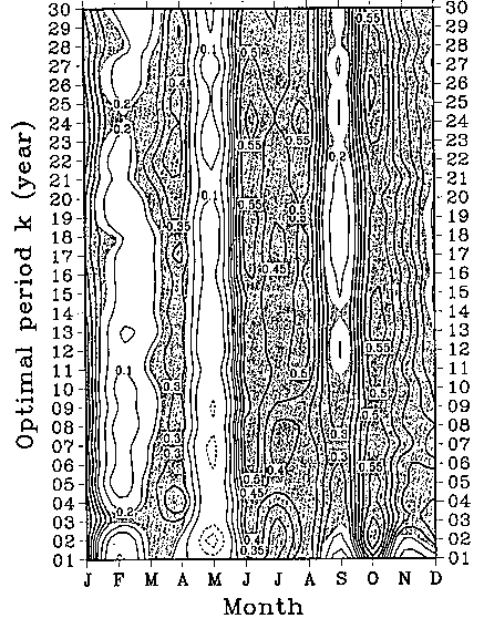


圖5. 同圖1, 但為花蓮測站之相關係數分佈圖。

1971-2005 Kaohsiung Temperature of HS

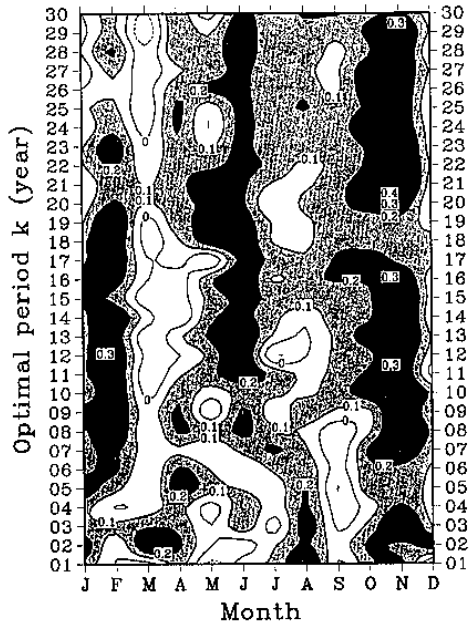


圖4. 同圖2, 但為高雄測站之HSS分佈圖。

1971-2005 Hualien Temperature of HS

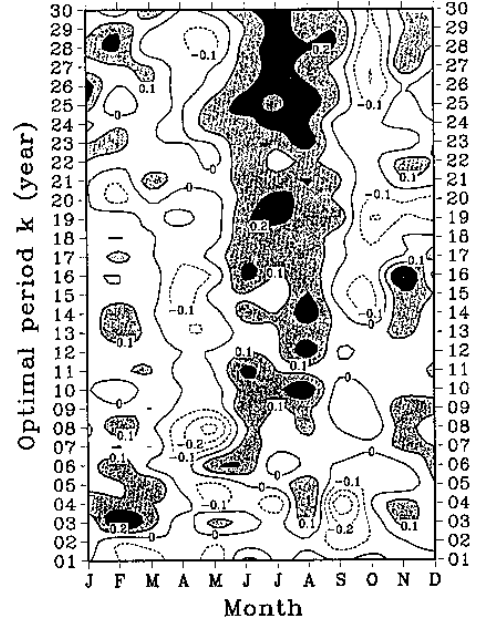


圖6. 同圖2, 但為花蓮測站之HSS分佈圖。

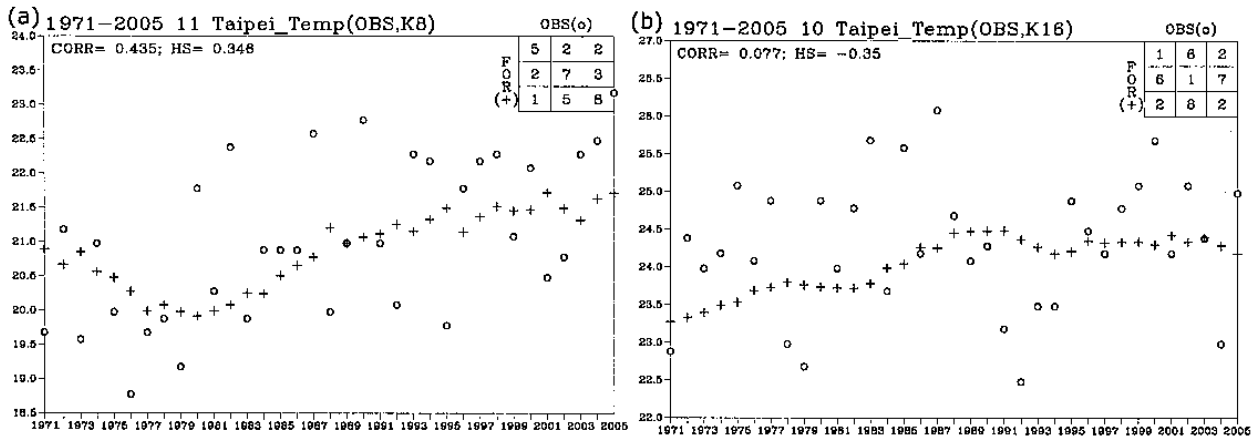


圖7. 台北測站之觀值(o)與OCN預報(+)-時間序列圖。圖中左上角代表相關係數值與技術得分值，右上角則為3分類表格，分別為低溫、正常及高溫類別，x軸為年份，y軸為溫度值(°C)，溫度若是低溫類別為藍色，正常類別為黑色，高溫類別則為紅色。

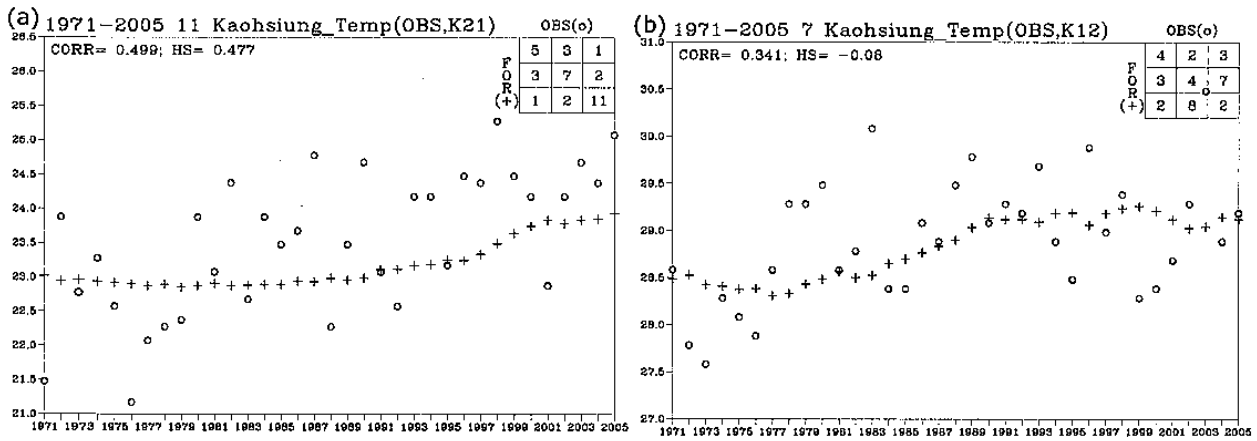


圖8. 同圖7，但為高雄測站之觀值(o)與預報(+)-時間序列圖。