

## 從測站降水觀測量到臺灣地區雨量空間分布的探討

邱清安<sup>1</sup> 林博雄<sup>2</sup> 林永發<sup>3</sup>

<sup>1</sup>中興大學森林學系/雪霸國家公園管理處

<sup>2</sup>臺灣大學大氣科學系

<sup>3</sup>中華大學/雪霸國家公園管理處

### 摘要

本研究利用中央氣象局所提供之局屬測站、遙測站及合作測站降水資料，以及內政部 40m 網格數值高程模型圖層資料，在臺灣複雜地區之上進行測站降水空間推估的探討。經由圖層套疊，首先我們過濾掉 12% 不合理地理資訊測站，並經由氣象資料檢定程序過濾出 51% 有效觀測記錄並大於 12 年時間長度的 877 個測站，再計算各測站之月平均降水量，最後以多變量迴歸分析與 ArcGIS 空間分析模組推估臺灣之降水空間分布。分析結果發現，各季節測站單點降水量與海拔、經度和緯度之多變量迴歸分析的相關係數皆高於 0.7。將降水量予以常態轉換再併入空間統計一般克利金法分析，所得到的臺灣月平均降水分布和中央氣象局氣候圖集類似，但消弭了若干山區局地極端值現象，南部夏季降水的空間分布也較為廣闊均勻。

### Abstract

In this study, all available precipitation data in Taiwan and digital elevation model data were collected for making reasonable spatial distribution of precipitation over the complex topographic island. After GIS mapping and data quality checking, only 51%

precipitation stations which had over 12-year qualified data were left for monthly-mean precipitation study. Through multi-variables regression analysis, we found the correlation coefficients among precipitation and elevation, latitude and longitude variables are over 0.7 in all seasons. An Ordinary Kriging spatial-interpolation method was used to process the log-transferred precipitation data. These monthly precipitation diagrams comparing with the existed climatological diagram of Central Weather Bureau showed a reasonable spatial distribution. Some questionable extreme local rainfall regions have been removed out.

### 一、前言

氣候為探討區域熱量和水分收支變遷的基本資訊，如何將點狀分布測站氣候資料擴展為三維空間氣候狀態，是各種環境生態模式研究應用上的需要。數值天氣預報慣用的「客觀分析(Objective Analysis)」是將地表測站或高空測點資料推展到網格計算點上，氣候學者(Hevesi et al., 1992; Daly et al., 1994; Drogue et al., 2002)則透過地形模式和統計方法，來強化崎嶇地

表上的測站氣候資料「面化」之空間推估。以氣溫而言，其對海拔高度存在顯著的且不同型式的溫度遞減效應(Rolland, 2003)，但是降水(precipitation, P)就比氣溫更難估算(Boer et al., 2001)。對於地形起伏劇烈複雜的台灣而言，山區的降水空間分布推估更是一種極大挑戰。氣象變數的空間推估研究除了必須瞭解各種推估方法的適用與限制外，也需要利用其他輔助資訊來提高估算準確性，比如降水空間推估就經常利用海拔高程和坡度等地形因子做為輔助資訊(Isaaks and Srivastava, 1989; Boer et al., 2001)。在進行氣候資料空間推估計算之前，更必須要對於每一測站的地理資訊和觀測參數品質進行檢定(Peterson et al., 1998)，否則將導致空間推估結果詮釋的無效。

本文首先針對中央氣象局所提供之氣象數據進行資料品質檢定程序，(第二節)，再計算各測站之月平均雨量後，然後以多變量迴歸分析以及 ArcGIS 之空間分析模組(Geostatistical Analyst)來推估台灣之降水空間分布，繪製出臺灣各月平均降水之空間分布推估圖(第三節)，最後我們討論這一方法所得到的降水空間推估結果和氣象局降水氣候圖集的差異程度。

## 二、資料來源和研究方法

在氣象資料方面，本文採用中央氣象局局屬、遙測和合作測站(共 1728 站)之海拔、經緯度、地址等基本資料，及其 1960 年到 2002 年之日均溫、日降水觀測記錄值。地理資訊系統(GIS)圖層資料方面，是採用交通部運研所之數位化臺灣行政區圖和農委會航測

所製作之 40m 網格數值高程模型(Digital Elevation Model, DEM)。

氣象數據檢定是本研究的重點工作，首先以 ArcGIS 8.1 為空間分析操作平台，引入行政區圖及 DEM 進行測站地理資料的檢定，檢定規則整理如下：

- (1)無測站基本資料者，全部刪除。
- (2)測站站碼變更之辨識修正。
- (3)測站地理座標資料疑有問題者，由 ArcGIS 疊合行政區界，如果超出行政區邊界 3 km 者以及 DEM 高程相差超過 200m 者，均予以刪除。

氣象資料品質檢定方面，本文採用 Meek and Hatfield(1994)之連續無變化界限(continuous no-observed-change with time limits, NOC)檢定方法，及高低值界限(high/low range limits)等過濾極端不合理值。此外，還有以下幾點資料篩選條件：

- (1)必然錯誤記錄的篩選： $P < 0$  mm 或  $P > 2000$  mm (氣象局局屬站歷史最高日降水為 1440 mm)，均以空值取代之；這一規則也篩除原始資料的-999.5 儀器故障訊息。
- (2)非必然錯誤記錄的篩選：我們設定凡是  $P > 0$ ，但是連續 3 日以上無變化之記錄均刪除之。測站日降水量與在 DEM 海拔高程 300 m 搜尋半徑範圍內與其距離最近 7 個測站之記錄的平均降水，兩者相差 300 mm 以上者視為錯誤記錄改為空值(Peterson et al., 1998)。

經過上述資料檢定流程之後，我們首先對農委會航測所 40m DEM 進行空值修補，再重取樣為 100m 之 DEM 網格，並以 ArcGIS 8.1 軟體之 Spatial Analyst 和 Geostatistical

Analyst 兩種模組做為降水空間分析操作平台。地理統計方法則是採用 Ordinary Kriging(OK)與其以 DEM 高程為輔助變數之 CoKriging(COK; 假設二變量存在線性關係)分析法 (Isaaks and Srivastava, 1989; Drogue et al. 2002)。測站降水與海拔、經度、緯度之多變量迴歸分析,則是以 SPSS version 10.1 為分析工具。圖 1 是上述資料檢定和分析流程的總結示意,圖 2 則是本文所篩選的雨量測站和台灣 DEM 分布圖。

### 三、結果與討論

在測站地理資訊檢定方面,局屬測站地理資訊檢定均為正常,但是卻有 207 遙測自動測站和合作測站(佔全部測站之 12%)之座標和海拔高度有顯著誤差,需要重新確定來建立測站完整詮釋資料(metadata)。在降水資料的檢定方面,我們過濾出有效觀測記錄並大於 12 年時間長度的測站共有 877 站(佔全部測站之 51%)。

表 1 是各季節的月平均降水和海拔高度、緯度、經度等三種變數之多變量線性迴歸的相關係數一覽,顯然降水和經緯度的相關性大於降水和測站高度相關性。測站單點降水量與海拔、經度和緯度等三變量共同組合的相關係數,在秋、冬和春季等三季的數值都在 0.8 以上,夏季則降低到 0.71,反應出台灣地區夏季對流性降水系統的中小尺度特性。邱與林(2003)曾運用相同方法進行氣溫的空間氣候推算,則相關係數可以高達 0.97 之多。

本文以 OK 與 COK 為空間推估法,兩者各自結合降趨(detrending)、常態轉換(log transformation)、非等向

性(anisotropy)等不同考量來進行降水空間推估 (Martinez-Cob, 1996 ; Goovaerts, 2000 ; Drogue et al. 2002)。表 2 是上述各種推估方法之交叉驗證 (cross validation)的標準化誤差均方根 (Standardized Root Mean Square Error, Std RMSE)結果,得到以下兩項結論:  
(1) Std RMSE 冬季值低於夏季值。這和表 1 相關係數的「冬高夏低」特徵相同。  
(2) 降水量先予以 log 轉換為常態再推估(logOK),有助於推估之精確性,部分月份若再以 DEM 為輔助變量(logCOK),則其 Std RMSE 會更小。

由表 2 四季的月降水 Std RMSE 來看,logOK 方法優於其他方法,因此我們用以繪製全台的月降水累積分布(圖 3)。比對 1960-1990 中央氣象局之降水氣候圖集(中央氣象局,1991),我們發現兩者的空間分布型態大致相同,主要差異在於 logOK 空間推估法消弭了若干山區局地極端值現象,南部夏季降水的空間分布也較為廣闊均勻。

透過本研究有效的氣象品質檢定和 GIS 圖層資料輔助,我們可以進一步定量計算出各測站對於全台降水空間推估之貢獻,對於測站密度增減和管理有定量參考依據。在非必然錯誤記錄的篩選規則中,其程序設計仍有改善之彈性,比如搜尋半徑因應降水系統尺度大小(如層狀降水或對流性降水)而改變,對於不同坡面之差異亦應考慮,以結合林等(2002)的環境遮蔽對於降水誤差修正概念。用來檢定某站記錄之鄰近測站組設定為距離最近 7 站,仍有待進一步敏感性測試。

#### 四、參考文獻

- 中央氣象局, 1991: 中華民國臺灣地區氣候圖集(第一冊)。交通部中央氣象局。112頁。
- 邱清安, 林永發, 2003: 雪霸國家公園氣候環境之研究, 內政部營建署雪霸國家公園管理處自行研究報告。63頁。
- 林博雄, 徐仲毅, 簡振和, 2002: 風場變形對地面降水觀測造成偏差之個案探討。 *大氣科學*, 30, 241-258。
- Boer, E. P. J., D. B. Km and A.D. Hartkamp, 2001: Kriging and thin plate splines for mapping climate variables. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 3, 146-154。
- Daly, C., R. P. Neilson and D. L. Phillips, 1994: A statistical-topographic model for mapping climatological precipitation over mountainous terrain. *Journal of Applied Meteorology*, 33, 140-158.
- Drogue, G., J. Humbert, J. Deraisme, N. Mahr and N. Freslon, 2002: A statistical-topographic model using an omnidirectional parameterization of the relief for mapping orographic rainfall. *International Journal of Climatology*. 22, 599-613.
- Goovaerts, P., 2000: Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall. *Journal of Hydrology* 228:113-129.
- Hevesi, J. A., A. L. Flint and J. D. Istok, 1992: Precipitation estimation in mountainous terrain using multivariate geostatistics, Part II: Isohyetal maps. *Journal of applied meteorology*. 31, 677-688.
- Isaaks, E. H. and R. A. Srivastava, 1989: An Introduction to Applied Geostatistics. Oxford University Press. New York. 561pp.
- Martinez-Cob, A., 1996: Multivariate geostatistical analysis of evapotranspiration and precipitation in mountainous terrain. *Journal of Hydrology*. 174, 19-35.
- Meek, D. W. and J. L. Hatfield, 1994: Data quality checking for single station meteorological database. *Agricultural and Forest Meteorology*, 69, 85-109.
- Peterson, T. C., D. R. Easterling, T. R. Karl, P. Groisman, N. Nicholls, N. Plummer, S. Torok, I. Auer, R. Boehm, D. Gullett, L. Vincent, R. Heino, H. Tuomenvirta, O. Mestre, H. Alexandersson, P. Jones and D. Parker, 1998: Homogeneity adjustments of in situ atmospheric climate data: a review. *International Journal of Climatology* 18, 1493-1517.
- Rolland, C. 2003: Spatial and seasonal variations of air temperature lapse rates in alpine regions. *Journal of Climate*. 16, 1032-1046.

表 1：月平均降水量(P)對海拔(E)、經度(X)、緯度(Y)線性迴歸之相關係數，樣本數為 877 個測站。

	Jan	Apr	Jul	Oct
R(P,E)	0.28	0.51	0.15	0.19
R(P,X)	0.77	0.56	0.26	0.77
R(P,Y)	0.64	0.69	0.65	0.29
R(P,EX)	0.77	0.66	0.36	0.77
R(P,EY)	0.67	0.80	0.70	0.32
R(P,XY)	0.79	0.71	0.68	0.81
R(P,EXY)	0.79	0.80	0.71	0.82

表 2：1、4、7、10 月各種推估方法之標準化誤差均方根，樣本數為 877 個測站。

	Jan	Apr	Jul	Oct
OK	3.024	1.447	0.556	1.671
detOK	1.247	1.504	1.824	0.933
logOK	0.948	0.871	0.463	0.265
aniOK	3.045	1.709	0.678	1.654
COK	3.026	1.445	0.556	1.671
detCOK	1.246	1.671	0.920	0.933
logCOK	0.943	0.868	0.462	0.297
aniCOK	3.075	2.667	0.699	1.661
regOK	1.256	1.147	1.666	0.981

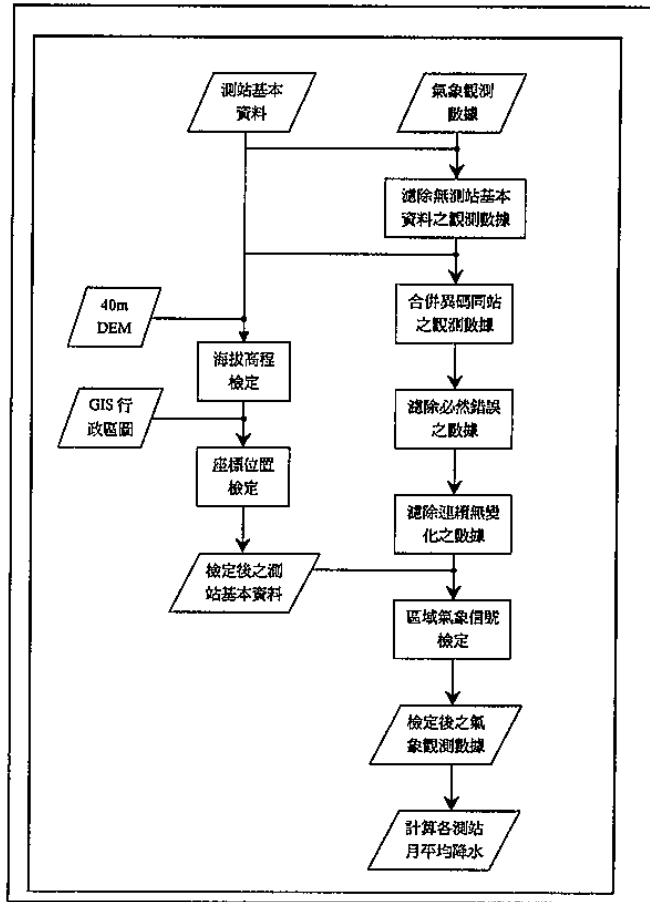


圖 1：測站基本資料與氣象觀測數據檢定程序

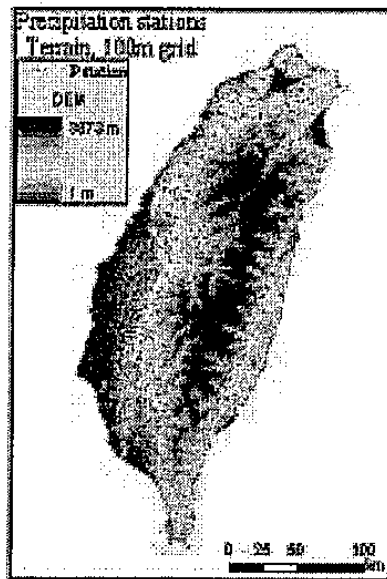


圖 2：臺灣 DEM 與降水測站分布。

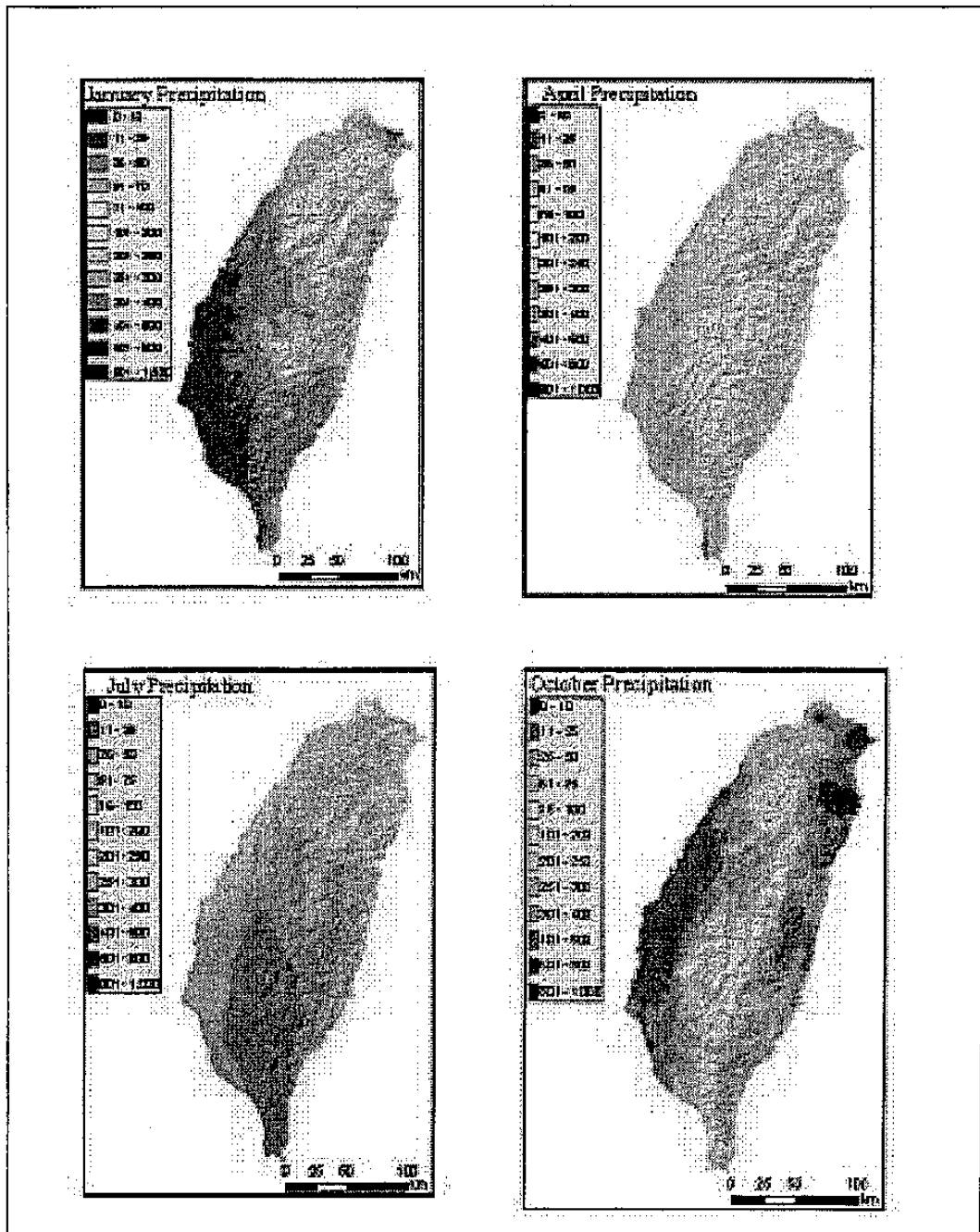


圖 3：1,4,7,10 月(由上而下、由左而右)月平均降水分布推估圖(詳見內文)。