

台灣中部地區 梅雨期間豪雨發生機率之空間分佈

申 雍¹⁾ 陳守泓¹⁾

(接受刊載日期：中華民國83年4月15日)

摘要：本研究探討梅雨期間本省中部山脈西麓海拔高度低於1000公尺之地區，連續三天降雨總量達150公釐以上豪雨之發生機率與空間分佈。研究中選用區內記錄年數大於三十年的測站資料，計算各雨量站之累年豪雨次數平均值，以普松分布函數估算各測站豪雨發生之機率，再由Cokriging方法結合雨量測站與地區高程資料，計算區內豪雨發生機率之空間分布。結果顯示，區內豪雨發生之機率介於0.35至0.85之間，機率之分布由西向東愈往山區愈大，且依地形而變化。

關鍵詞：梅雨，豪雨發生機率，空間分佈

前 言

春夏之交籠罩於台灣地區的梅雨滯留鋒，時常導致地區性的大型降雨^(6,8)，此時若有過量的異常降水往往造成嚴重的農業損失^(10,11,14)。就農業生產成本而言，由天然災害所加諸的風險成本，是進行投資規劃時所必需考量的⁽¹⁾。但是目前常見的降雨資料多為年平均雨量或月平均雨量之等雨量線圖，對於造成作物生長障礙的豪雨發生情形則無從獲知，因此無法進行豪雨對農作生產的風險評估。

由於山區雨量測站數目有限，且每一雨量測站的降雨資料所能含蓋的空間範圍有限，因此對於未設雨量測站地區之降雨情形，就必需利用已有測站之資料進行推估。關於空間分佈

之估算理論，已被多人詳細的討論^(18, 21, 23, 24)，其中也有許多方法曾被應用於估算降雨之空間分佈問題。其中在台灣有梁與江⁽⁹⁾取用地形因子以回歸法推算淡水河流域中任一點之降雨總量；徐與謝⁽⁷⁾以回歸法計算台灣西南部地區氣溫與降雨量之網目氣候值；易與葉⁽⁴⁾以主成份分析法及群集分析法分別研究台灣中部地區雨量之空間分佈；申與陳⁽²⁾則以Kriging法研究本省西南部地區豪雨發生機率之空間分布。但是就各種估算降雨分佈的模式而言，目前還是以Kriging之方法可獲得較佳之空間分佈估測值⁽²²⁾。有關Kriging模型之詳細說明可見Agterberg⁽¹⁵⁾、Tabios and Salas⁽²⁰⁾與Webster⁽²⁴⁾等人之研究。

台灣地區之地形影響降雨分布的情況極為明顯。吳與傅⁽⁵⁾研究影響台灣地區梅雨季節

1) 國立中興大學土壤學系副教授，研究生

降水之因素，指出地形效應是最主要的因素之一。陳與楊⁽¹²⁾分析1975至1984年間五、六月份之豪雨發生次數結果指出，台灣地區的降雨區域特性為山區豪雨頻率大於平地地區；尤其在西南氣流影響下，中央山脈迎風面與背風面的豪雨頻率差異極為顯著，並認為地形影響與低對流層盛行暖溼氣流為促使豪雨發生之重要機制。申與陳⁽²⁾結果顯示，本省西南部地區梅雨期間發生豪雨機率的空間分佈與中央山脈地形有密切的關係，基本上係隨著中央山脈的地形走勢，由山邊往海岸方向呈現平行遞減的變化。

Hevesi *et al.*⁽¹⁷⁾認為估計山區氣候現象之空間變化時，應考慮採用Cokriging方式，將地形效應加入空間分布的估算，其研究結果發現採用Cokriging方式估計山區的年降雨量將優於利用Kriging方法的估算結果。Martinez-Cob and Cuenca⁽²⁰⁾對於區域蒸散量的推算，也認為以Cokriging方式將高度資料併入計算，所得到的蒸散量值會更為精確。有關Cokriging模型之詳細理論可見Journel and Huijbregts⁽¹⁸⁾、Hevesi *et al.*⁽¹⁷⁾、Martinez-Cob and Cuenca⁽²⁰⁾。台灣中部地區含蓋山地、丘陵、台地、平原和盆地等地形於其內，複雜的地形極可能造成豪雨發生機率在空間分布上的差異。

本省中央山脈西麓的中部地區為本省溫帶水果及高冷蔬菜之主要生產區，梅雨期間的豪雨發生機率亦應加以考量。本研究之目的即是以本省中部中央山脈西麓地貌變化複雜的地區為研究範圍，探討梅雨期間豪雨的發生機率以及在該區域內空間分佈的情形，以供作土地利用管理及農業生產風險評估的依據。

資料及分析方法

按林⁽³⁾對台灣地區地形所作的劃分，研究區域所處位置為苗栗河谷平原以南、阿里山山脈以北的加裏山山脈南段，東接中央粘板岩山地的玉山山塊及埔里日月潭盆地群，西緣地形自北而南依序為苗栗丘陵、大甲扇形平原、后里台地、大肚台地、台中盆地及八卦台地，為一含蓋山地、丘陵、台地、平原和盆地地形的區域。全部面積約為二十四萬公頃，平均海拔高度約為700公尺。

研究所需之資料包括雨量站降雨記錄及地區高程資料。其中雨量站資料由經濟部水資源統一規劃委員會取得區域內各流域中全部雨量站，自設站以至1989年的長期日雨量記錄，共計有123站。研究中所需之海拔高度資料，一部份可利用各雨量測站所在位置的海拔高度資料，其餘則利用航空測量及遙感探測學會所編製之縣市概況圖（比例尺為十萬分之一），等高距為100公尺），以間距為一公里的網格點依其地形等高線以人工方式登錄各網格點之高程資料，總計共有5667個高度資料點。

關於梅雨起迄日期之界定，依徐與紀⁽⁶⁾對本省梅雨期所作的分析，選定入梅為五月十八日，出梅為六月十九日，共計三十三天為本省的梅雨期。至於可影響農業生產的豪雨定義，雖因作物品系、作物生產期及各地互異的土壤環境而異，但研究中仍依申與陳⁽²⁾的綜合調查結果，以持續三天累積雨量達150公釐以上，作為是否發生豪雨的計次標準，利用自撰的電腦程式解讀取自水資會的日雨量資料，分別計算每年梅雨期間豪雨發生次數。

豪雨發生機率之空間分布則依Cokriging法⁽²⁴⁾，利用自撰之Basic語言（Microsoft Professional Basic V7.1）電腦程式，以一公里之網格密度估算之。由於利用Cokriging法計算豪雨發生機率空間分布時，需有分別描述豪雨機率（ τ_{prob} ）和高程（ τ_{elev} ）之半變方（

Semivariance) 的方程式及豪雨機率與高度之變積 (covariance, $\tau_{\text{prob.elev}}$) 的方程式。研究中先求出此三方程式, 在不同區域半徑下之決定係數與標準偏差。得知若以22公里、6公里、16公里為運算範圍, 可分別得到最適的模式, 如式(1), (2), (3)。

$$\tau_{\text{prob}}(h) = 0.002813 + C [1.5 (h/A) - 0.5 (h/A)^3]$$

$$A = 7.403794$$

$$C = 0.000118 \quad (1)$$

$$\tau_{\text{elev}}(h) = 0.339868 [1.5 (h/A) - 0.5 (h/A)^3]$$

$$A = 15.076325 \quad (2)$$

$$\tau_{\text{prob.elev}}(h) = 0.005113 + C [1.5 (h/A) - 0.5 (h/A)^3]$$

$$A = 9.691546$$

$$C = 0.000277 \quad (3)$$

結果與討論

本研究區域內各雨量測站歷年的豪雨發生頻率以零次或一次為最多, 最大發生次數為六次。與申與陳⁽²⁾之結果比較, 中部地區不發生豪雨的年數顯著較西南部平原地區減少, 顯示地形對降雨的影響。自研究區域的測站中, 依地理位置選取四個有較長記錄年數的雨量測站 (即台灣省水利局大湖測站, 台灣電力公司天輪測站, 台灣糖業公司埔里測站, 和中央氣象局台中測站, 其編號依序為R190003, R250017, R270013, R270042)。分析各站每年豪雨發生次數與相對頻率之關係, 由5%顯著水準的卡方分布試驗 (Chi-square test) 得知梅雨期間的豪雨發生次數能由普松分布 (Poisson Distribution) 的機率模式來描述 (圖一), 此與申與陳⁽²⁾、戴等⁽¹⁸⁾、及Linsley *et al.*⁽¹⁹⁾

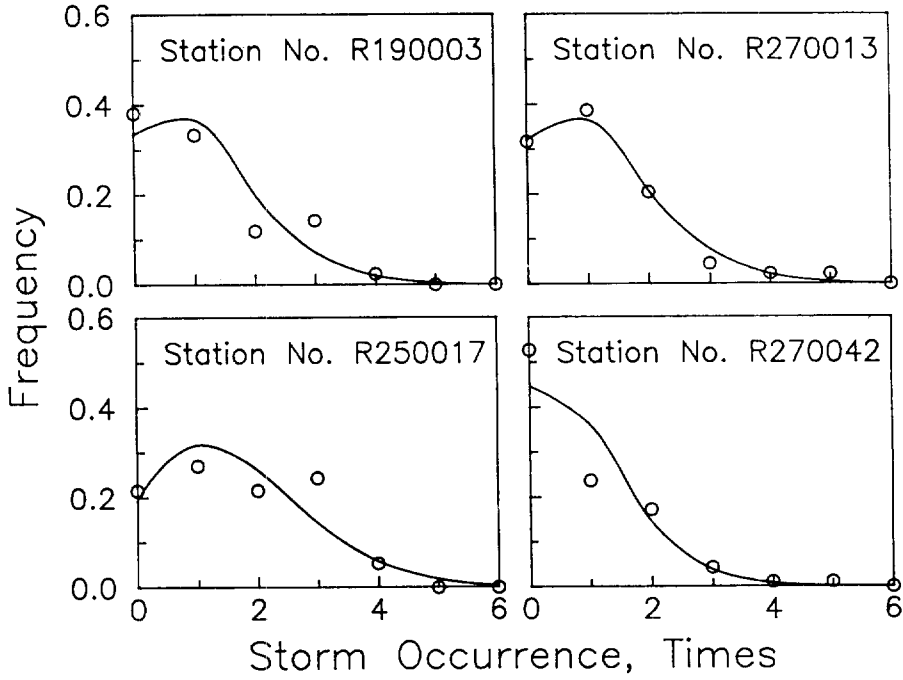
的研究結果相同。普松分布之函數式為,

$$P(k) = \frac{e^{-\alpha} \alpha^k}{k!}, \quad k=0,1,\dots \quad (4)$$

式中變數k為豪雨發生次數, 參數 α 為平均每年豪雨發生次數。就農業生產的觀點而言, 只要在梅雨期間遭逢豪雨 (一次或一次以上), 即可能對作物之後續生長或產量造成危害。因此, 需重視者應為豪雨發生與否的機率, 而非豪雨發生次數的問題。因此就某一雨量站而言, 發生豪雨的機率應為 $[1 - P(0)]$ 。

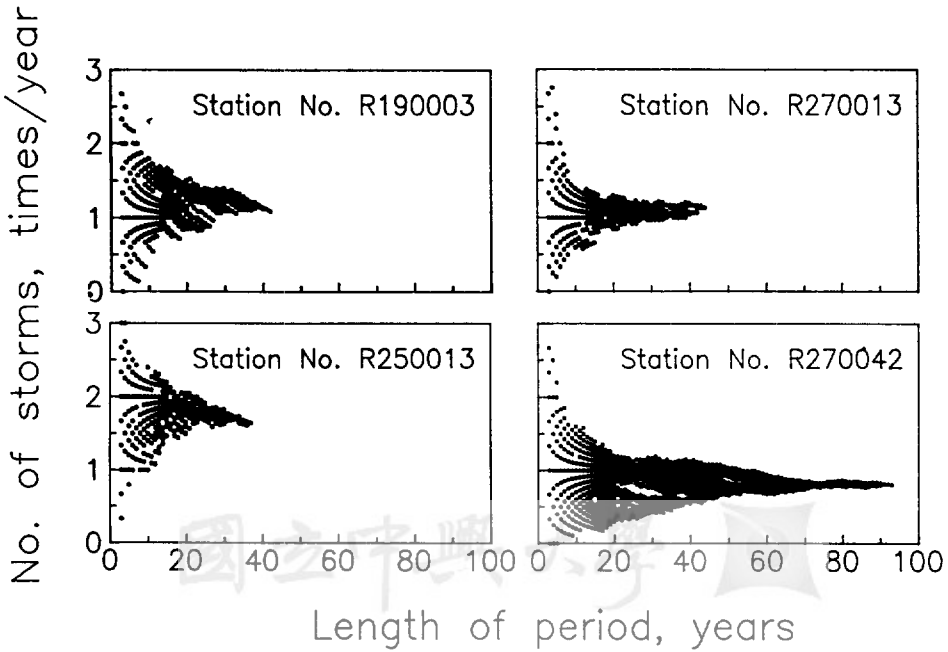
式(4)中的參數 α 為各雨量豪雨發生次數的累年期望值, 其值會因取年數之不同而異 (圖二), 隨著所取用的年數增加, 每年發生豪雨次數之平均值間的變異會愈來愈小, 此與申與陳⁽²⁾對西南部平原地區之研究結果相同。由水資會取得的123個雨量測站中, 有部份為新設立之雨量站, 其記錄年限僅約十餘年, 另有部份測站則早已撤除。故研究中僅選用記錄年限訖1989年可達三十年以上之雨量測站進行分析, 合於此條件者總計有40站。圖三為研究區域內各測站之豪雨發生機率與海拔高度之關係。高程在400公尺以下時, 豪雨發生機率明顯地隨著高度升高而增大; 在400至1000公尺間豪雨發生機率隨高度而增加的趨勢減緩, 當高程大於1000公尺以上時, 由於資料點數過少, 很難確定二者之間的關係。由於希望能利用高程資料配合Cokriging方法, 提高對豪雨發生機率空間分布估算的準確度, 所以再將研究範圍限制在海拔高度低於1000公尺以下。依此條件則研究區域內共有37個雨量站合於使用, 測站密度約為每1000平方公里內有16站。研究中即對此37站, 分別取其全部記錄資料, 計算平均每年發生豪雨之次數, 並代入式(4)中, 計算各站在梅雨中發生豪雨的機率。

研究中再根據時間序列分析 (Time series Analysis) 的觀念⁽¹⁶⁾, 對前述四個有較長記



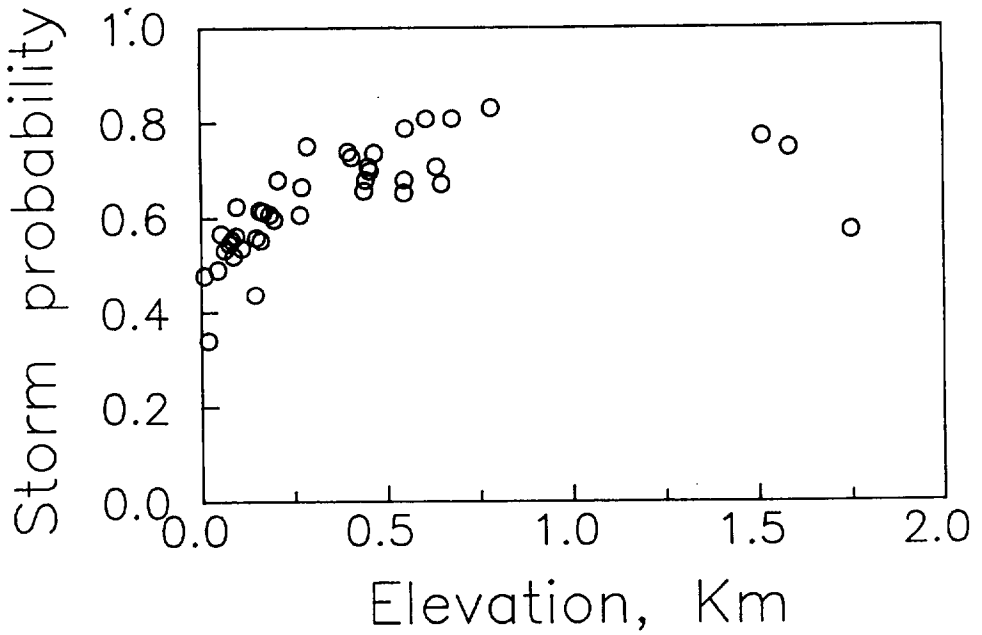
圖一、豪雨發生頻率之普松分佈圖。

Figure 1. Poisson distribution of rainstorm occurrence.



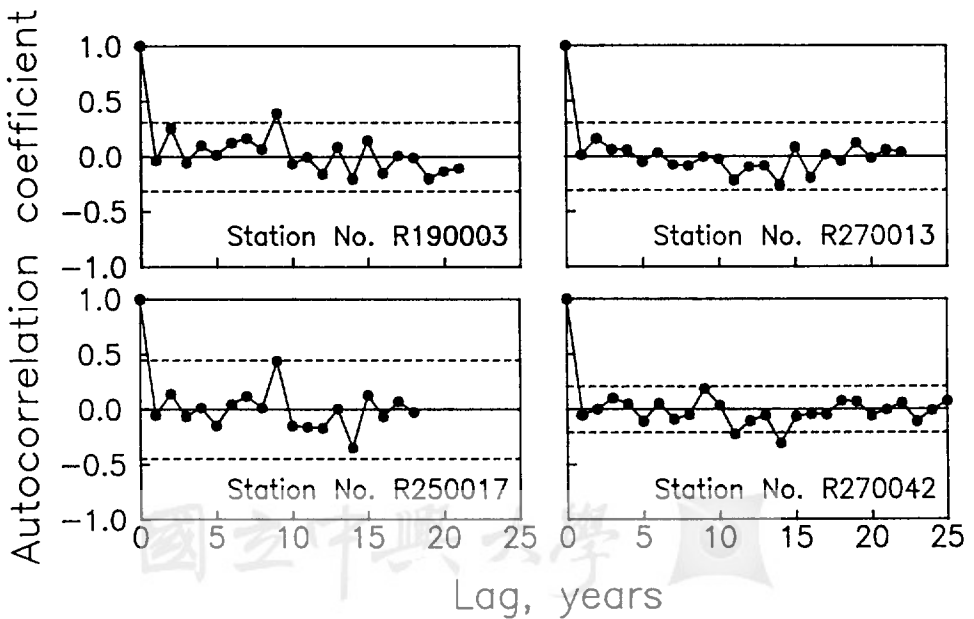
圖二、豪雨發生次數累年期望值與計算使用年數之關係。

Figure 2. Relations between expected number of rainstorm occurrence per year and length of years used in computation.



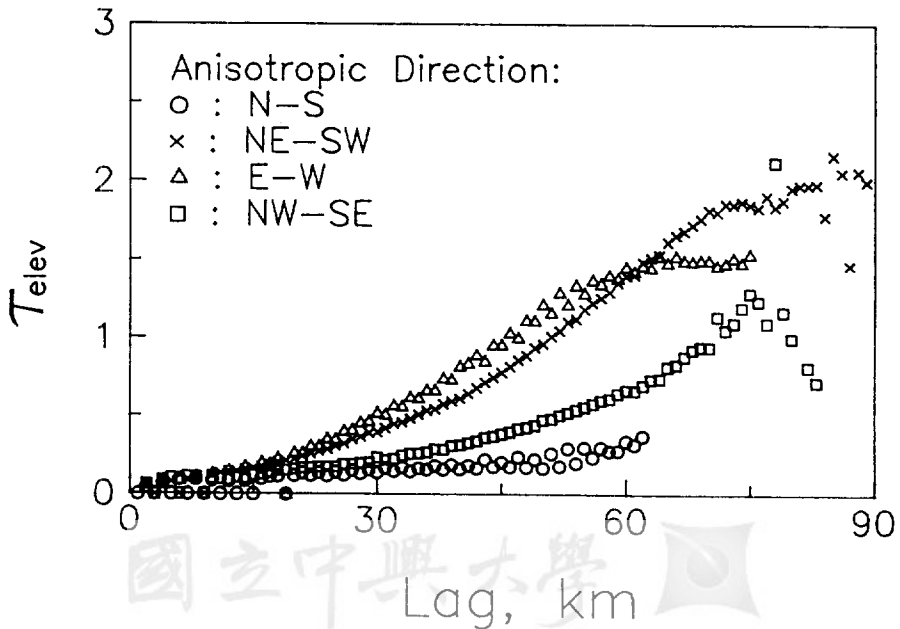
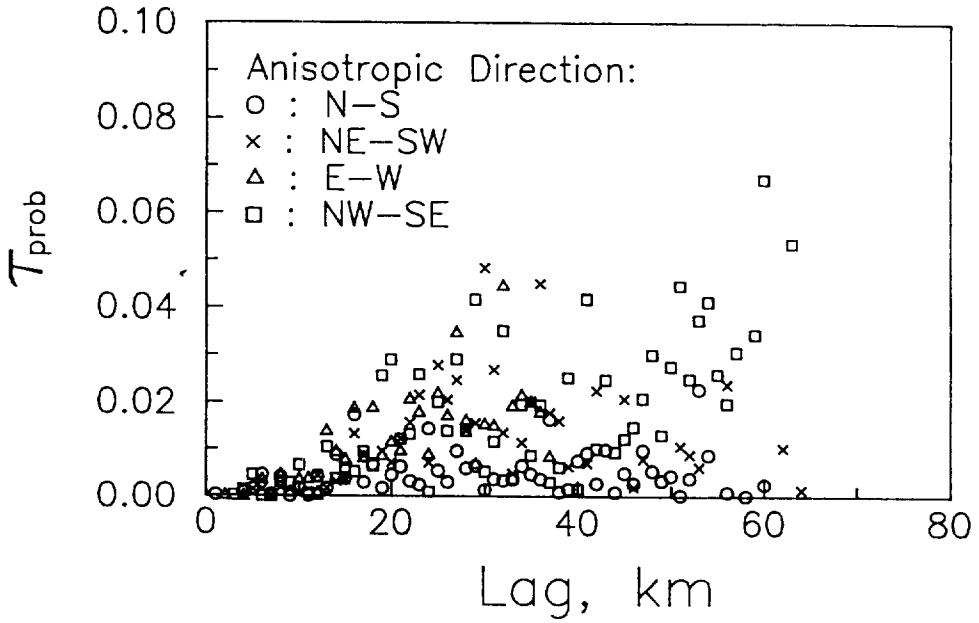
圖三、豪雨發生機率與高程之關係。

Figure 3. Relations between rainstorm occurrence and elevation.



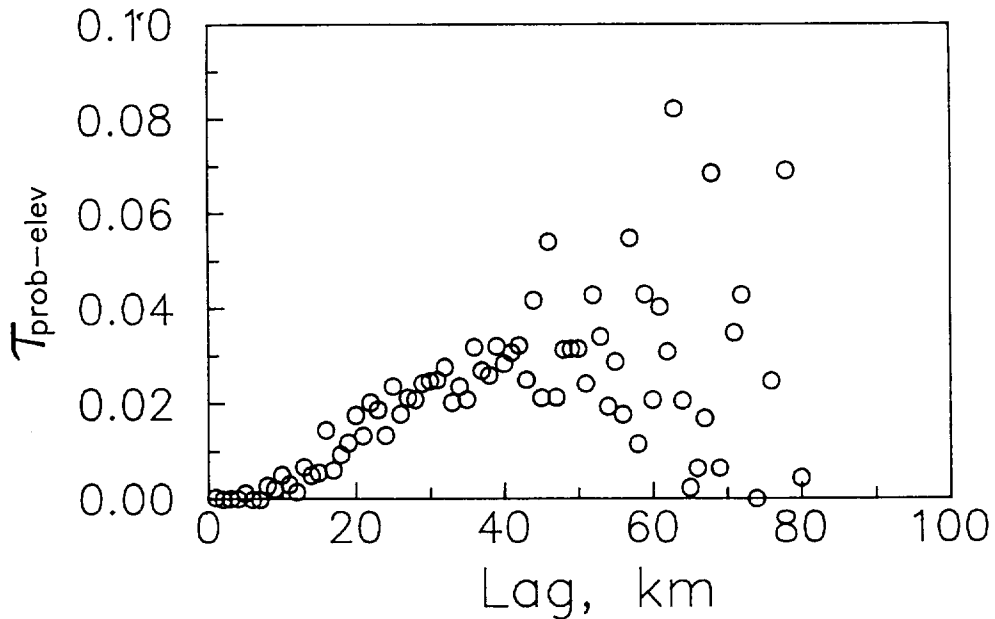
圖四、豪雨發生次數之時間序列分析圖。

Figure 4. Time series analysis of rainstorm occurrence.



圖五、豪雨發生機率與高程在不同軸線方向的半變方數。

Figure 5. Semivariogram of probabilities of rainstorms occurrence and elevation along different directions.



圖六、豪雨發生機率與高程之變積在不同軸線方向的變化。

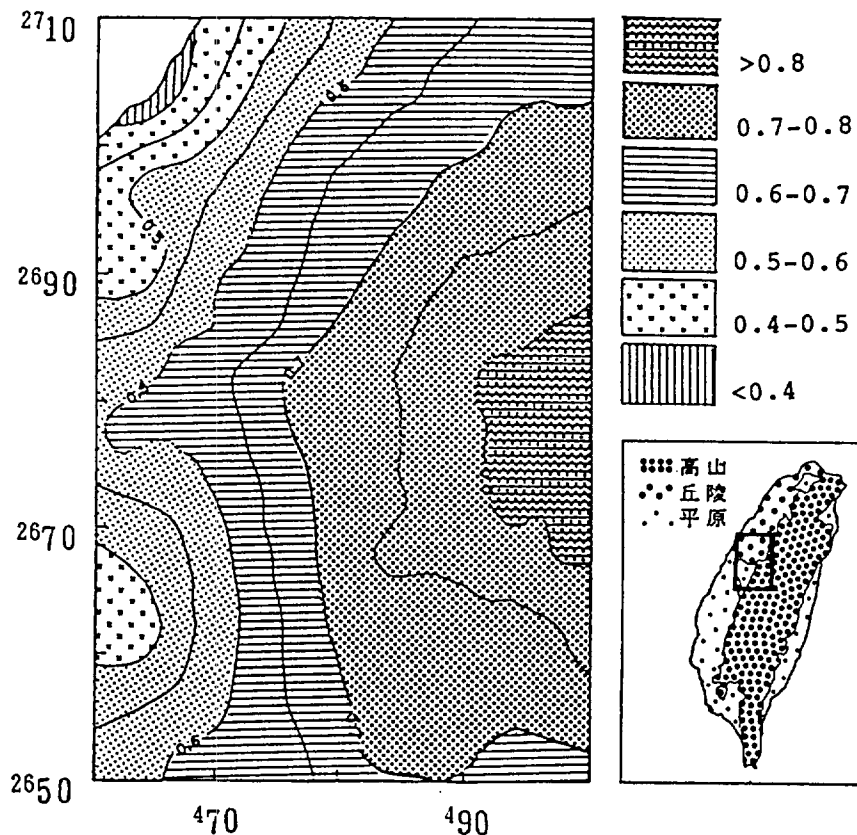
Figure 6. Covariogram of probabilities of rainstorm and elevation along different directions.

錄年限的測站，分別計算各站每年豪雨發生次數與其前後各年豪雨發生次數之相關性。結果顯示（圖四），各年梅雨期間發生的豪雨次數並沒有明顯的週期性變化，此與吳與傅⁽⁶⁾對台灣梅雨季降水年際變化研究的結果，以及申與陳⁽⁷⁾對於西南部平原地區的分析相符。因此，進行普松分布運算時，無需考慮豪雨發生機率是否有週期性的問題。

圖五分別顯示研究區內雨量測站間豪雨發生機率及高程資料在不同軸線方向半變方數（Semivariance）之變化。雨量站間除了沿南—北方向軸線的豪雨發生機率沒有多大變化之外，其餘各軸線方向的豪雨機率差異皆隨距離增加而極大的變化。而高程資料亦以南—北方向的變異為最小。因此發生豪雨機率之分布，主要應由西向東隨著高度增加而增加。圖六顯示雨量測站的豪雨機率與測站所處海拔高度之變

積（Covariance），明顯隨距離增加而變大，但當雨量站間的距離超過40公里時，則呈現沒有規律的變化。

對於整個研究區域而言，利用Cokriging方法，可得到1公里網格間距的豪雨發生機率之空間分佈圖（圖七）。就全區面化後的豪雨機率結果觀之，研究區域內之豪雨機率介於0.35至0.85之間，由西向東愈往山區有愈大之趨勢，其分布且依照地形而變化。研究中也曾故意略去某一站的資料，而以其它各站的資料來推算該略去測站的豪雨發生機率，並與實際的機率比較，以驗證空間分佈估算的準確性。以上述方法，對所有37站估算後，得知估算值與實際發生機率間差值的標準偏差僅有0.04，而本區內各測站豪雨發生機率的平均值為0.59，因此可知由Cokriging方法計算所得豪雨發生機率的空間分佈，應足可供未設雨量站地區推斷之用。



圖七、梅雨期間台灣中部地區發生豪雨機率之空間分佈圖（地圖投影為UTM座標系統）。

Figure 7. Spatial distribution of rainstorms occurred during Mei-Yu season in central region of Taiwan (Map projection follows that of Universal Transverse Mercator Grid System).

參考文獻

1. 申雍、陳守泓。1994a。梅雨期間作物承受豪雨風險機率之估算。中華農學會報新168：（印刷中）。
2. 申雍、陳守泓。1994b。台灣西南部地區梅雨期間豪雨發生機率空間分佈之研究。氣象學報 40：160-167。
3. 林朝榮。1957。台灣地形。台灣省通志稿卷一。土地志地理篇第一冊。台灣省文獻委員會出版。
4. 易任、葉惠中。1991。台灣中部地區降雨量空間分布之研究。台灣水利 39(4)：1-15。
5. 吳明進、傅達颺。1987。台灣梅雨季降水的年際變化。大氣科學 15(1)：31-41。

6. 徐明同、紀水上。1974。台灣梅雨之分析。氣象學報 20(4)：25-44。
7. 徐森雄、謝杉舟。1993。台灣西南部地區氣溫與降雨量之網目氣候值。中日農業氣象研討會論文專集。pp.159-178。中華農業氣象學會出版。
8. 戚啟勳。1964。台灣之梅雨期。氣象學報 10(2)：1-12。
9. 梁昇、江永哲。1974。應用地文數量因子推算淡水河流域之降水量。中華水土保持學報 5(1)：57-81。
10. 郭文鏞。1980。台灣農業氣候區域規劃。中央氣象局。
11. 楊之遠、鄭淑賢。1980。梅雨期間本省農業氣象災害之檢討。氣象學報 26(3)：49-53。
12. 陳泰然、楊進賢。1988。台灣梅雨期豪雨之時空分布特徵。大氣科學 16(2)：151-162。
13. 戴治台、徐錯、馬汝安。1975。普松分布及負二項分布在颱風降水頻率上之應用。氣象預報與分析 65：27-32。
14. 謝信良。1986。台灣地區氣象災害之探討。大氣科學 13：89-108。
15. Agterberg, F.P. 1974. Geomathematics: Mathematical background and geo-science applications. Elsevier Scientific Pub., Amsterdam.
16. Chatfield, C. 1984. The analysis of time series: An introduction. 3rd ed. *Chapman and Hall*, New York.
17. Hevesi, J.A., J.D. Istok, and A.L. Flint. 1992. Precipitation estimation in mountainous terrain using multivariate geostatistics. Part I: structural analysis. *J. Appl. Meteorol.* 31: 661-676.
18. Journel, A.G., and C.H.J. Huijbregts. 1978. Mining geostatistics. Academic Press, New York.
19. Linsey, R.K. Jr., M.A. Kohler, and J.L.H. Paulhus. 1988. Hydrology for *engineers*. SI Metric Edition. McGraw-Hill, Singapore.
20. Martinez-Cob, A., and R.H. Cuenca. 1992. Influence of elevation on regional evapotranspiration using multivariate geostatistics for various climatic regimes in Oregon. *J. Hydrology* 136:353-380.
21. Ripley, B. 1981. Spatial statistics. John Wiley & Sons, New York.
22. Tabios, G.Q. III., and J.D. Salas. 1985. A comparative analysis of techniques for spatial interpolation of precipitation. *Water Resour. Bull.* 21(3):365-380.
23. Upton, G.J.G., and B. Fingleton. 1985. Spatial data analysis by example. Volume 1. Point pattern and quantitative data. John Wiley & Sons, Chichester.
24. Webster, R., 1985. Quantitative spatial analysis of soil in the field. *Adv. Soil.* 3:1-70.

Spatial Distribution of Probabilities of Rainstorm Occurrence during Mei-Yu Season in Central Region of Taiwan.

Yuan Shen¹⁾ and Shouu Hong Chen¹⁾

(Accepted for publication: Apr 15, 1994)

Summary

Probabilities of rainstorms occurred during Mei-Yu season and its spatial distribution in central Taiwan were computed. The studied area was to the west of Central Mountain Ranges and had elevation lower than 1000 m. A rainstorm was defined as there was more than 150 mm precipitation within three days. The Probability of rainstorm occurrence for each station was estimated by long-term average (>30 years) of the occurrence and Poisson distribution. The spatial distribution of the probabilities was computed by Cokriging method. Results showed that the probabilities ranged from 0.35 to 0.85 in this region. The spatial distributions were significantly affected by topography of Central Mountain Ranges. Basically, the probabilities decreased from hillside to seashore.

Key Words: Mei-Yu, rainstorm probability, spatial distribution.

國立中興大學 

National Chung Hsing University

1) Associate professor and graduate student, respectively, Department of Soil Science, National Chung-Hsing University.