

以多變量地質統計方法進行雨量空間內插

張永欣、李錫堤

國立中央大學應用地質研究所

摘要

颱風事件豪雨誘發山崩的研究中，雨量為重要的促崩因子。但由於雨量站的空間密度不足，導致以克利金法 (Kriging) 求得的雨量結果無法反映真實情況，進而直接影響山崩研究。因此，取得準確的雨量空間分布是相當重要的課題。本研究以 2004 年艾利颱風為例進行雨量空間分佈特性之分析，結合雷達回波、高程、坡度與坡向等具有高密度特性且與雨量相關性高的因子，以 Cokriging、Simple Kriging with varying local means 及 Kriging with external drift 等多變量地質統計方法進行雨量空間內插，以改善雨量站密度不足的問題。

前言

豪雨誘發山崩的研究中，須利用雨量資料進行分析，故雨量的準確性甚為重要。得到降雨量最直接的方法為雨量站觀測，然而受限於經費及維護所需的人力，雨量觀測網的密度往往不足。一個雨量站所觀測的降雨資料，僅能代表該點的雨量，並不能代表其他未知點的雨量值。為得全區雨量的空間分佈，前人曾使用許多內插方法進行推估，發現結合與雨量相關性高的因子確能改善內插結果。本研究利用多變量地質統計方法，以雨量站資料為主要變數，結合高程、坡度與坡向等地理因子以及雷達回波作輔助變數，嘗試內插出較為準確的雨量空間分佈，並將利用交叉驗證比較不同方法所推估的結果。研究成果將可用於山崩潛感分析研究，以期能有效掌握豪雨誘發山崩研究中的雨量因子。

研究方法

地質參數本身多具有空間連續的性質，故在一短距離內的任兩點具有空間上的相關性。此類的空間參數可稱為區域性變數 (Regionalized variable)，而其空間分布特性則可用半變異圖 (Semivariogram) 代表之，並可以數學函數擬合得出其半變異圖參數，引入地質統計方法進行空間資料推估。

本研究所使用的地質統計推估方法包括：Kriging、Cokriging、Simple Kriging with varying local means 及 Kriging with external drift。Kriging 法主要利用所欲推估點與各已知點間距離的關係，由半變異圖中求取其半變異數，以推求各已知點對欲推估點之權重，再將已知點的值乘上權重推估未知點的值，同時獲得未知點估計誤差。Cokriging 法是將兩個或兩個以上具有空間相關性的區域化隨機變數

合併考慮進行空間資料推估，其著眼點在於以取樣點較多的資料輔助推估取樣點較少而較為重要的資料，改善其推估誤差。Simple Kriging with varying local means 及 Kriging with external drift 則是以主要因子存在一趨勢面，其趨勢面與輔助因子具相關性為出發點，進行空間資料推估。

資料蒐集與處理

降雨的多寡往往受到地形效應的影響，隨著背風與迎風面的不同、高度的變化，雨量也有所變化。Bent(1943)提出雷達降水估計的概念，而後1948年Marshall and Palmer提出雷達回波與降雨強度的關係式，自此利用雷達回波估計地面降水被廣為使用與探討。

本研究蒐集2004年艾利颱風期間北台灣之雨量資料、五分山氣象雷達站雷達回波資料（由中大大物所雷達實驗室所提供）（見圖一）及數值高程資料，並將解析度40m×40m的高程資料平滑化成100m×100m及1000m×1000m解析度之資料，透過不同解析度的高程資料計算得到坡度與坡向兩地形因子，並比較不同因子與雨量間的關係。雷達資料越接近地面越能反映地面降水，但也因地形遮蔽而容易有資料缺失。本研究目前針對艾利颱風期間雨量資料及五分山雷達站在2000m高度的雷達回波資料進行迴歸分析，發現相關性良好（圖二），應可用作雨量推估的輔助因子。但五分山雷達站在2000m高度的雷達回波，僅在石門水庫集水區北端有資料，因此未來將加入中大雷達站資料進行分析，以獲得較完善之雷達回波資料。

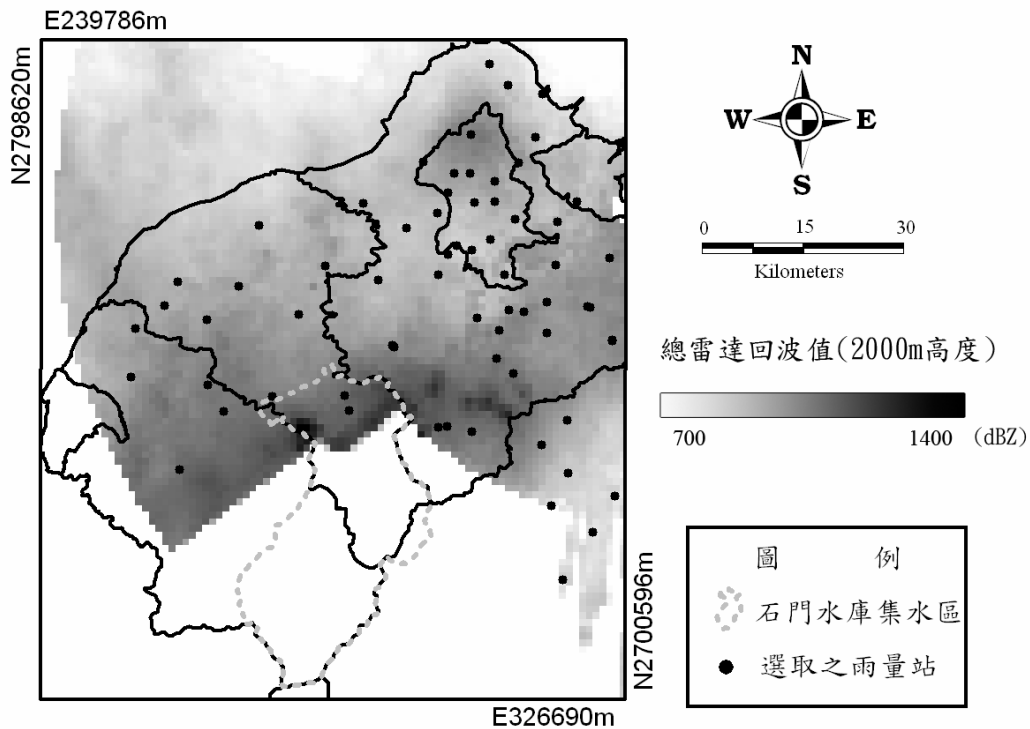
初步結果與討論

由艾利颱風期間總雨量以及各輔助因子之實驗半變異圖（圖三）發現，各因子皆有隨著任兩點相對距離增加而半變異數越大的趨勢，意即相距越遠任兩點空間相依性越小。圖四為各輔助因子與總雨量的交叉共變異圖（Cross covariance）。由此圖可見雷達回波、高程及坡度因子均有隨著距離增加而共變異數越小的趨勢，意即任兩點間相距越遠，輔助因子及雨量的相依性越小。到達一定距離共變異數變化會趨向一穩定值，此穩定值稱為總體半變異數（Sill），達到總體半變異數的最小距離稱為影響範圍（Range）。高程、坡度因子及雨量的共變異圖明顯可見此一趨勢，影響範圍約為22公里，意即距離雨量站22公里以內的高程與坡度資料，與該站雨量資料具空間相依性。後續工作將以數學函數擬合半變異圖，求得半變異圖參數，代入內插方法進行雨量空間推估。

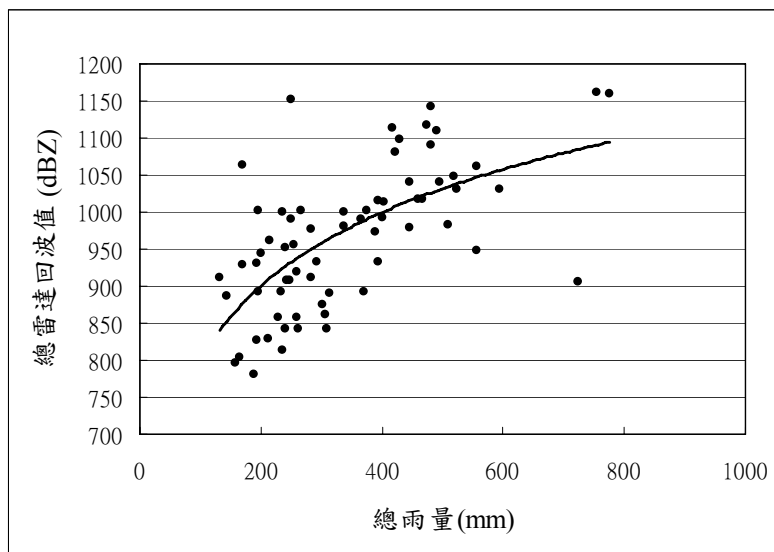
參考文獻

Bent, A.E. (1943) "Radar echoes from atmospheric phenomena", MIT radiation laboratory rep., 173, 10.

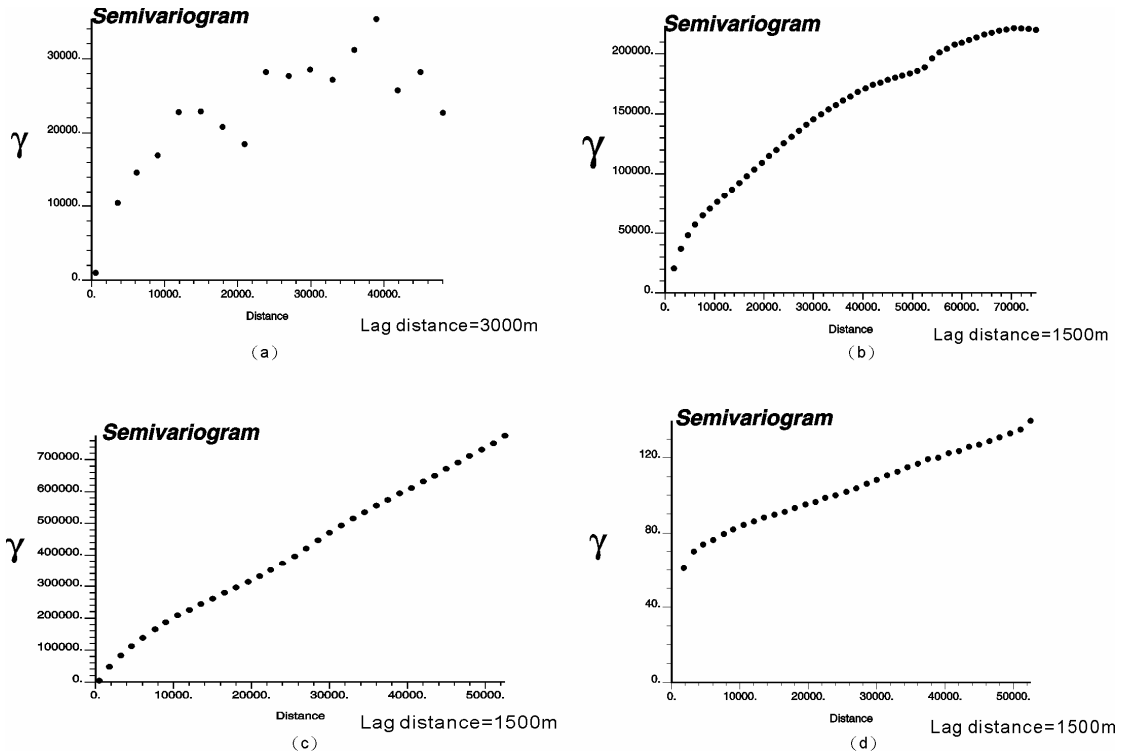
- Krajewski, W.F. (1987) Cokriging radar-rainfall and rain gage data, Journal of Geophysical Research, 92, D8, 9571-9580.
- Marshall, J.M., and Palmer, W. McK. (1948) The distribution of raindrops with size, J. Metero., 5, 165-166.
- Matheron, G. (1973) The theory of regionalized variable and its application, Cahiers du Centre de Morphologie Mathematique, Ecole des Mines, Fountainblean, France.



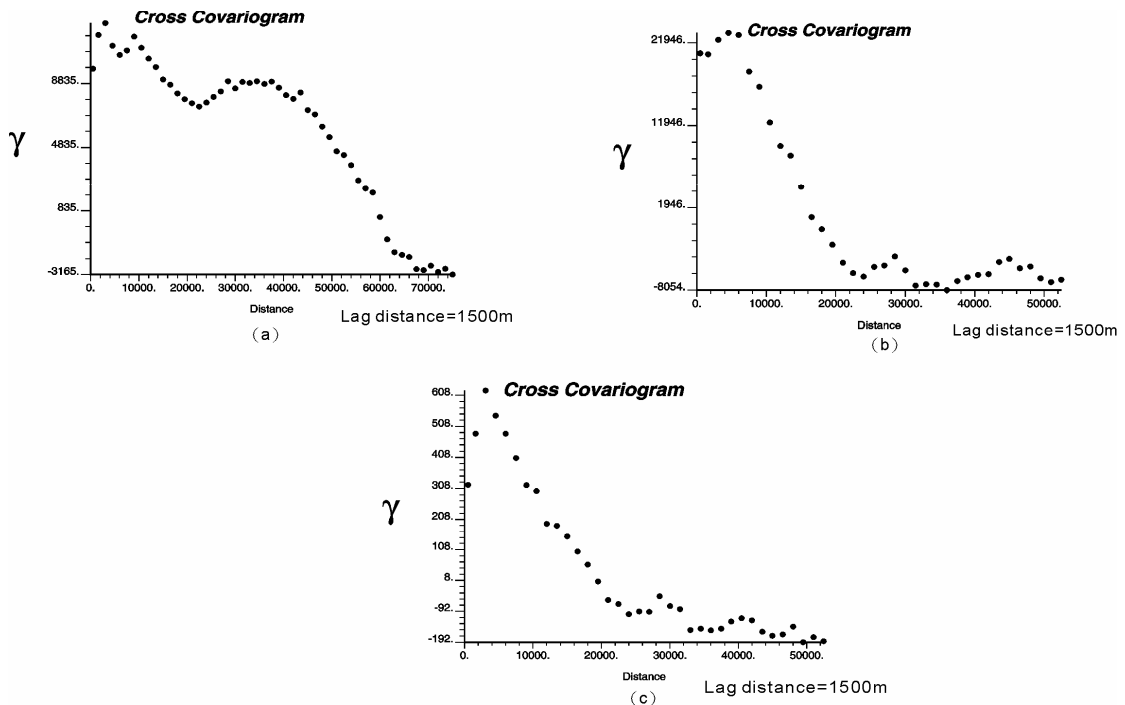
圖一、選取之雨量站及 2000m 高度雷達資料涵蓋範圍。



圖二、艾利颱風 2000m 高度之總雷達回波值與總雨量關係圖。



圖三、各因子之半變異圖 (a) 艾利颱風總雨量、(b) 艾利颱風期間五分山雷達站總雷達值、(c) 高程、(d) 坡度。



圖四、各輔助因子與艾利颱風總雨量之交叉共變異圖 (a) 艾利颱風期間五分山雷達站總雷達量、(b) 高程、(c) 坡度。