新中橫公路沿線地質災害之研究 — 子計劃二

新中橫公路沿線土石流與降雨和土地利用關係之研究（III）

The Characteristics of Geological Environment along
the New East-West Cross Highway

計畫編號：NSC 89-2116-M002-021
執行期限：88 **年** 8 **月** 1 **日至** 89 **年** 7 **月** 31 **日**
主持人：姜善鑫 **執行單位：國立台灣大學地理學系**
研究助理：劉雲漢

中文摘要

本研究為三年計畫，今年為第三年計畫。前兩年均獲得滿意成果。今年係探討陳有蘭溪集水區中各子集水區之土石流現象是否有空間差異，及土石流之發生與土地利用之間的關係。研究結果顯示陳有蘭溪集水區中各子集水區之土石流發生並無空間集中現象，係呈隨機分布。而各子集水區之土石流發生與土地過度利用甚至超限利用有關，惟土地利用強度與土石流之發生之間的關係，尚待進一步研究。

Abstract

This project was a three-year project. This year was the last year. The first two-year project has obtained satisfactory results already. The purpose of this year project was to investigate the spatial auto correlation of debris flow regions and their correlation with their land use. The results were obtained that the debris flow regions in Chenyulan Watershed are not spatial autocorrelation each other and their distribution are random and the debris flow for each region is related to its over-landuse. However, the correlation between the intensity of landuse and the occurrence of debris flow need investigation further in the future.

一、前言

台灣本島為一多高山少平地之島嶼，地質較為脆弱不穩定，加上頻繁的地震、颱風及暴雨，以及丘陵和山坡地濫墾等人為活動，因而容易導致土砂災害。其型態包括崩塌、滑動、土石流及表土沖蝕等，其中又以土石流所造成的災害最為嚴重。土石流大都是發生在山區，主要由砂、礫石、巨石及泥等物質與水之混

和物受重力作用後所產生的流動體，會在很短的時間內沖毀或淤埋各種地形景觀或人為設施，並造成重大傷亡與財產損失。

一般而言，山區因土石的崩塌所造成的環境災害，固然與地質、地形及降雨量有直接關係，然而人為之開發利用，如伐木、墾殖、開路、採礦、社區及其他相關之開發行為，也是引發山坡地土石災害的主因之一。民國 71 年西仕颱風在五股泰山地區造成嚴重土石流災害，並造成十多人的傷亡，從此我國才漸漸重視土石流。

民國 85 年 7 月 31 日至 8 月 1 日，強烈颱風賀伯侵襲台灣，在各地造成相當慘重災情，其中以南投山區、阿里山地區的陳有蘭溪集水區所受災害最大，根據統計共造成 51 人死亡、22 人失蹤及 463 人受傷等慘重傷亡。

陳有蘭溪地處台灣中部之中高海拔山區，新中橫公路大多均沿著陳有蘭溪河谷開闢，民國 85 年的賀伯颱風侵襲，除了當時該區域的降雨量特大且集中，以及山區地質條件破碎等自然因素之外，集水區內的不當開發利用亦為主要的原因之一。由於集水區不當的土地利用方式會增加邊坡崩塌的可能性，除了直接衝擊下游地區造成災害之外，也會產生大量岩屑而可能誘發土石流。在災後的崩塌地之中，有 24 處可能即是由於周圍開墾種植果樹、檳榔所造成。

二、計畫目的

本研究係以各項降雨參數與土地利用為主要因子來探討賀伯颱風在南投地區造成之土石流災害，希望瞭解促發土石流產生時之降雨強度門檻值及各類土地利用對土石流產生之影響。

本研究為一個三年計畫，第一年配合整體計畫，在陳有蘭溪流域可能經常發生土石流的潛在危險地區，選擇三個地點，安置自計雨量計，記錄並建檔降雨記錄。此外，並收集陳有蘭溪流域各相關單位之雨量站之相關歷年資料，建檔並統計分析各月平均及離差統計量，然後再繪製陳有蘭溪流域各月平均降雨量圖。

第二年繼續記錄三個觀測點之降雨量記錄，並收集陳有蘭溪土地利用圖，並推導陳有蘭溪流域間各雨量站之降雨記錄之空間關係。此外，並利用每場降雨之空間分佈資料，配合土石流發生時間，推估引發土石流發生之降雨強度門檻值。

本年度為第三年計畫，除繼續觀測降雨記錄外，並進一步分析各地引發土石流之空間差異與土地利用之間的關係。

三、研究方法：

在探討空間差異時，最常用的方法為空間自相關（Spatial Autocorrelation）統計。在陳有蘭溪集水區中，各子集水區可分為有土石流發生者（訂為 W）與未曾發生土石流者（訂為 B）兩大類，各子集水區皆與其他部分子集水區相接，

其相鄰界邊則為 WW、BB 或 BW 三者中之一。根據空間統計理論，各種相鄰界邊之期望值（平均數）（μ）與標準差（σ）如下：

1. Free sampling:

Mean (expected values)

$$\mu(BB) = Jp^2$$
$$\mu(BW) = 2Jpq$$
$$\mu(WW) = Jq^2$$

Variance

$$\sigma^2(BB) = \mu(BB) + 2Kp^3 - (J + 2K)p^4$$
$$\sigma^2(BW) = 2(J + K)pq - 4(J + 2K)p^2q^2$$
$$\sigma^2(WW) = \mu(WW) + 2Kq^3 - (J + 2K)q^4$$

2. Non-free sampling:

Mean (excepted values)

$$\mu(BB) = \frac{Jn_1(n_1 - 1)}{n(n - 1)} \quad \text{----------} \quad (1)$$

$$\mu(BW) = \frac{2Jn_1n_2}{n(n - 1)} \quad \text{----------} \quad (2)$$

$$\mu(WW) = \frac{Jn_2(n_2 - 1)}{n(n - 1)} \quad \text{----------} \quad (3)$$

Variances

$$\sigma^2(BB) = \mu(BB) + \frac{2Kn_1(n_1 - 1)(n_1 - 2)}{n(n - 1)(n - 2)} + \frac{[J(J - 1) - 2K]n_1(n_1 - 1)(n_1 - 2)(n_1 - 3)}{n(n - 1)(n - 2)(n - 3)} - [\mu(BB)]^2 \quad \text{----------} \quad (4)$$

$$\sigma^2(BW) = \mu(BW) + \frac{4[J(J - 1) - 2K]n_1(n_1 - 1)n_2(n_2 - 1)}{n(n - 1)(n - 2)(n - 3)} + \frac{2Kn_1n_2}{n(n - 1)} - [\mu(BW)]^2 \quad \text{----------} \quad (5)$$

$$\sigma^2(WW) = \mu(WW) + \frac{2Kn_2(n_2 - 1)(n_2 - 2)}{n(n - 1)(n - 2)} + \frac{[J(J - 1) - 2K]n_2(n_2 - 1)(n_2 - 2)(n_2 - 3)}{n(n - 1)(n - 2)(n - 3)} - [\mu(WW)]^2 \quad \text{----------} \quad (6)$$

式中： μ＝平均值（mean），

p＝出現 B 的機率，

q＝出現 W 的機率，

Li＝第 i 個子集水區之相鄰界邊數，

J＝1/2 Li ，

K＝1/2$\sum$ Li（Li－1） ，

σ＝標準差，

n_1＝B 的子集水區數，

n_2＝W 的子集水區數，

n＝總子集水區數（即＝n_1+n_2）。

在空間統計假設中，其虛無假設如下：

H_0：即有土石流之子集水區之空間型態為隨機分佈，

H_1：即有土石流之子集水區之空間型態為非隨機分佈。

四、結果討論

陳有蘭溪集水區圖 1 中，曾發生土石流與未曾有土石流之子集水區之分佈可參考圖 2。圖 2 中之 0 代表未曾有土石流出現者，圖中之 1 係表示曾出現土石流之子集水區。各子集水區之相關參數 BB、BW、WW、Li 及 Li（Li－1）之值均已統計，列於表 1 中。其他如 J、K、μ（BB）、μ（BW）、μ（WW）、σ^2（BB）、σ^2（BW）、σ^2（WW）也計算如下：

圖 1 陳有蘭溪集水區圖

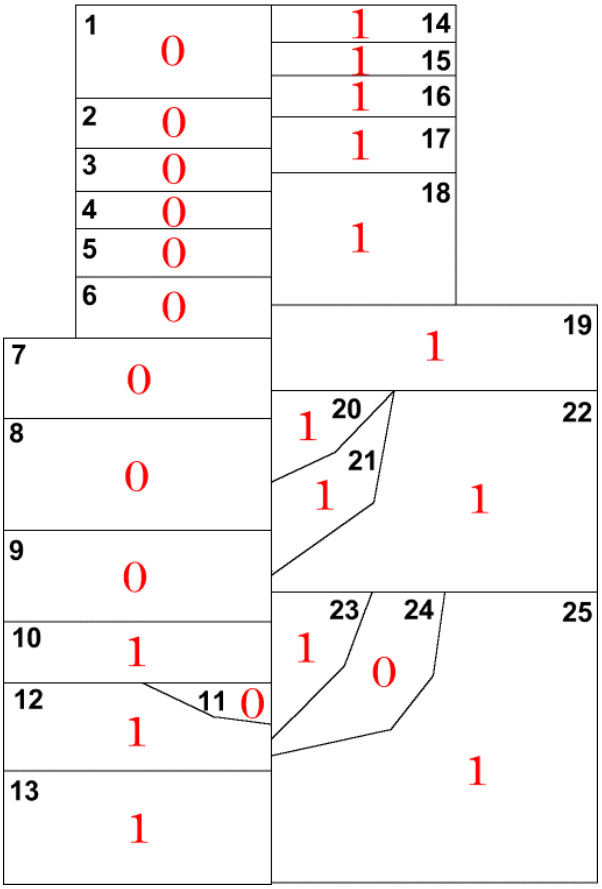

圖 2 陳有蘭溪各子集水區示意圖

表 1 陳有蘭溪各集水區之空間相關參數統計表

Region	Color	BB	WW	BW	Li	Li (Li-1)
1	B	1	0	3	4	12
2	B	2	0	2	4	12
3	B	2	0	2	4	12
4	B	2	0	1	3	6
5	B	2	0	1	3	6
6	B	2	0	2	4	12
7	B	2	0	2	4	12
8	B	2	0	2	4	12
9	B	1	0	4	5	20
10	W	0	2	2	4	12
11	B	0	0	3	3	6
12	W	0	4	2	6	30
13	W	0	2	0	2	2
14	W	0	1	1	2	2
15	W	0	2	1	3	6
16	W	0	2	2	4	12
17	W	0	2	2	4	12
18	W	0	2	4	6	30
19	W	0	3	2	5	20
20	W	0	2	2	4	12
21	W	0	2	2	4	12
22	W	0	4	2	6	30
23	W	0	3	3	6	30
24	B	0	0	4	4	12
25	W	0	3	1	4	12
合計		**16**	**34**	**52**	**102**	**344**

J=51 **K**=172 $\mathbf{n_1}$=11 $\mathbf{n_2}$=14 **n**=25 p=11/25 q=14/25
J(**BB**)=8 **J**(**WW**)=17 **J**(**BW**)=26

在陳有蘭溪集水區中，三類相鄰邊界與期望值之差之標準值分別為：

z(**BB**)=－0.6624

z(**BW**)=－0.0544

根據統計檢定，若取 95**%之信賴區間，則** z(**BB**)**應為** 1.96**，但本研究調查發現**｜z(**BB**)｜＝0.66<<1.96**，此即表示我們不可棄卻虛無假設，也就是說陳有蘭溪各子集水區之是否有土石流現象係隨機現象，並無明顯空間差異。**

五、結論與建議

本研究三年計畫成果還算滿意，第一年與第二年均圓滿達成，獲得相當成果。第三年則因預算遭刪減二分之一以上，以致缺少專任助理，故工作特別繁重且吃力。

本年成果確實發現陳有蘭溪集水區中, 各子集水區是否發生土石流並無空間集中現象，而是呈現隨機分佈現象。此外，土石流發生區中的崩塌區域則明顯有過度甚至超限土地利用情事, 惟土地利用強度與土石流發生之間的關係尚待進一步探討。

六、參考文獻：

1.吳素慧（1997）南投縣信義鄉神木村出水溪土石流流動現象之探討，國立台灣大學地理學研究所碩士論文。

2.李錫堤、林銘郎等（1996）陳有蘭溪流域賀伯颱風災害評估，國立中央大學應用地質研究所及遙測中心。

3.李國忠（1996）賀伯颱風災情與山坡地利用，從賀伯颱風災害探討公共工程之規劃研討會，p.68-74。

4.林鈴曉（1997）應用衛星影像於土石流調查之研究—以陳有蘭溪為例，國立台灣大學土木工程研究所碩士論文。

5.段錦浩（1997）陳有蘭溪治山防災整體治理計畫，1997 年中日奧土砂災害防治研討會論文集，1-1-1~1-1-24。

6.許銘熙等（1997）1996 賀伯颱風侵台災害分析與檢討，國科會研究報告，編號 NSC86-2745-P002-001。

7.陳樹群、李鎮祥（1998）陳有蘭溪流域賀伯颱風災害原因探討，海峽兩岸山地災害與環境保育研究，成都：四川科學技術出版社，1：174~179。

8.陳文福（1997）陳有蘭溪集水區之地形特性與土地利用之關係, 水土保持學報，29（2）：137-155。

9.陳振杰（1999）陳有蘭溪流域的土石流發生與降雨關係之研究，國立台灣大學地理學研究所碩士論文。

10.陳榮河、江英政（1999）新中橫公路邊坡破壞之調查，第二屆土石流研討會論文集。

11.**張長義、蔡博文（1999）土地利用與環境災害關係之探討—以南投信義鄉為例，國科會研究報告，編號** NSC88-2625-Z002-046。

12.**梁蘄善（1985）地理學計量分析，台北：中國文化大學出版部。**

13.**游繁結、段錦浩（1996）南投縣陳有蘭溪沿岸賀伯颱風災害初步調查報告，國立中興大學水土保持學研究所。**

14.**謝正倫（1997）中部地區土石流現場調查與分析，農業工程學報，**43（3）：31-45。

15.**Anderberg, M.R.（1973）*Cluster Analysis for Applications***, New York： Academic Press.

16.**Everitt, B.（1980）*Cluster Analysis,*** New York：Heinemann Educational Book.

17.**King, K.F.S.（1977）*Land Classification for Watershed Management,*** Rome：Food and Agriculture Organization of the United Nations.

18.**Kirkby, M. J.（1978）*Hillslope Hydrology***, New York：John Wiley & Sons。

19.**Odland J.（1988）*Spatial Autocorrelation***, California：Sage Publications, Inc.

20.**Varnes, D. J.（1978）Landslides Analysis & Control**, ***National Academy of Science Special Report Washington, D.C.***, 176：11-35.