

第四章 討論

本章接續上兩章的研究成果作以下討論。第一部份討論利用數值航測系統判釋沖積扇數量與前人的差異，第二部分接續第三章沖積扇和流域之間關係的討論，第三部份為不同主導營力之沖積扇和有無土石流扇流域計測的探討，第四部份則討論土石流扇和其流域與土石流潛勢溪流的關係。

第一節 不同圖資判釋沖積扇的比較

本研究在花蓮溪縱谷段利用數值航測系統於中央山脈側判定了 38 個沖積扇，遠高於前人研究所判定的數量。楊淑君(1996)使用的圖資為 1:25000 地形圖，且僅針對河長 1km 以上的河流作判釋，判釋結果為 6 個沖積扇；陳紫娥(2000)使用的圖資為 1:25000 地形圖和 1:5000、1:10000 像片基本圖，判釋結果為 13 個沖積扇。顯然採用數值航測系統能「看到」更多小規模的沖積扇。有鑑於此，本研究進一步比較不同圖資和設備在判釋沖積扇之有無與輪廓的差別，包括裸眼判讀等高線圖（1:25000(1:10000)和 1:5000 兩種）、桌上型立體鏡(SOKKIA MS27)判讀航照立體像對（比例尺 1:18000）及數值航測系統判讀立體像對三種 表 4-1。

一、等高線圖之判別

在等高線地形圖上判斷沖積扇的方法主要是觀察等高線是否以谷口為核心呈現同心圓弧形，就所使用的地圖比例尺而言，若沖積扇的面積太小或高差太小而使等高線無法表現出弧形，就無法認定 圖 4-1。1:25000 經建版地形圖的等高線間距為 10 公尺，1:10000 像片基本圖間距與地形圖相同，1:5000 像片基本圖上的等高線間距為 5m，由判釋結果發現等高線間距的疏密會影響判釋結果，若等高線間距較密，沖積扇較易被判別，在影像判別方面，像片基本圖皆套有影像，但對判釋沖積扇的助益有限，主

要仍須配合等高線作判別。本研究區的沖積扇若面積在 20 公頃之下，使用 1:25000 等高線圖便無法判釋出。



圖 4-1. 頭角扇(編號 019)，1:25000 地形圖等高線未呈現明確的弧形，但在 1:5000 的像片基本圖上等高線是弧形，故可判有沖積扇。

二、立體像對之判別

採用立體鏡或數值航測系統時，都是根據所看到立體成像進行判釋，由於面積小的沖積扇坡度通常較大，在立體像對上較易辨識，因此可判釋出等高線圖未能表現出來的沖積扇，例如在等高線圖無法判定的編號 018 沖積扇，判讀立體像對則可 圖 4-2。

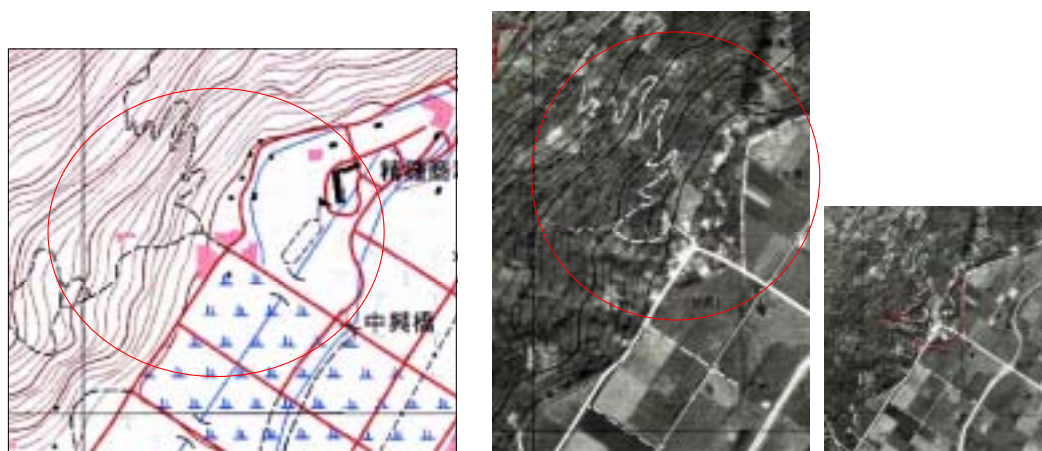


圖 4-2. 扇 017 在等高線圖中無法表現出同心圓弧形，故無法判別出扇狀堆積

表 4-1. 中央山脈側沖積扇於不同圖資下判釋的結果

沖積扇	面積(公頃)	前人判釋*1		1:25000 地形圖			1:5000 or 1:10000 像片基本圖			桌上型立體鏡			數值航測系統		
										航照					
										無	懷疑	確定	無	懷疑	確定
		楊淑君 (1996)	陳紫娥 (2000)												
021 壽豐溪	7280.4	●	●			●		●			●			●	
006 木瓜溪	6548.7	●	●			●		●			●			●	
027 萬里溪	3901.8	●	●			●		●			●			●	
028 馬太鞍溪	2848.2	●	●			●		●			●			●	
036 光復溪	699.8	●	●			●		●			●			●	
016 荖溪	501.6	●	●			●		●			●			●	
025 鳳林溪	230.8		●			●		●			●			●	
033 清水溪	214.8		●			●		●			●			●	
019 樹湖	91.6		●			●		●			●			●	
013	66.8					●	■	●			●			●	
026	65.5		●			●		●			●			●	
032	44.3					●		●			●			●	
031 水廣頭	38.8		●			●		●			●			●	
001	22.7					●	■	●			●				--
007 榕樹	22.0			●			●	■			●			●	
023 兵仔舍	15.9		●		●		■	●			●			●	
020 頭角	11.1		●		●			●			●			●	
003	9.9				●		■	●			●			●	
038	7.4				●			●			●			●	
035	6.5			●				●			●			●	
024	6.2				●		■	●			●			●	
018	5.6			●			●	■			●			●	
005	4.5				●		■	●			●			●	
008	4.0			●			●	■			●			●	
015	4.0				●		■	●		●				●	
017	4.0			●			●	■			●			●	
002	3.5			●			■	●			●			●	
037	2.1			●			●	■			●			●	
010	2.0			●			●	■			●			●	
009	1.8			●			●	■			●			●	
004	1.8			●			●	■			●			●	
022	1.5			●			●	■			●			●	
014	1.4			●			●	■			●			●	
029	1.2			●			●			●				●	
011	1.2			●			●			●				●	
012	0.8			●			●	■			●			●	
030	0.7			●			●			●				●	
034	0.5			●			●			●				●	

說明：--缺數值航照資料 ■ 1:10000 像片基本圖 *1 判釋原則見前文

一般而言，數值航測系統能判釋出的沖積扇若採用桌上型立體鏡判讀航空照片也能看得見，但使用桌上型立體鏡判讀的航空照片較易受限於判釋人員的經驗、立體鏡的放大倍率、航照拍攝時的角度和航照品質等因素的影響而無法判別出沖積扇。若沖積扇的面積愈小，則愈易受到限制而無法判別出沖積扇（表 4-1）。數值航測系統有多種放大倍率可供選擇，在判釋地物上較桌上型立體鏡的容易，如本研究區中編號 029 的扇，面積只有 1.23 公頃，採桌上型立體鏡判讀時無法判別出扇狀堆積，但改採數值航測系統則能判別出扇狀堆積。圖 4-3

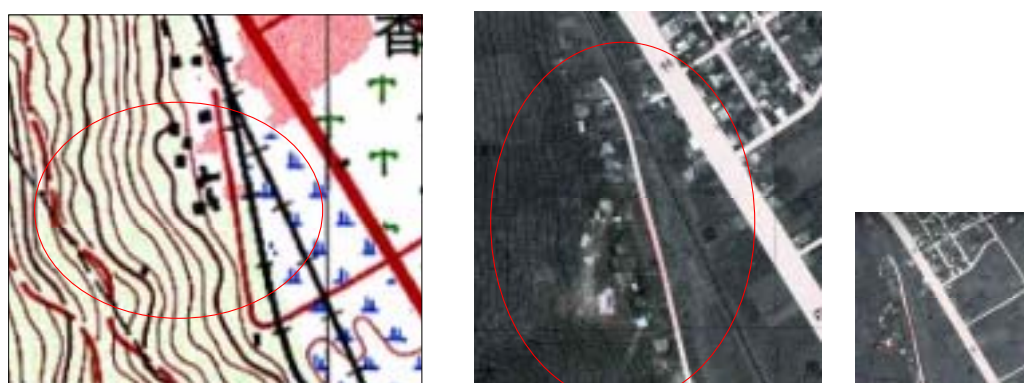


圖 4-3. 扇 029 在等高線圖中無法表現出同心圓弧形，採桌上型立體鏡作判讀仍無法判別出扇狀堆積

總體觀之，使用不同圖資和設備判釋沖積扇會得到不同的結果。數值航測系統能判釋出的沖積扇若改用桌上型立體鏡判讀立體像對，在比例尺約 1:18000 的狀況下，應該也能判釋出，但採桌上型立體鏡做判讀較易受到判讀人員經驗上的限制或是航照本身的影響，而使判讀數量與數值航測系統有所差異。就本研究區而言，桌上型立體鏡做判釋數量為數值航測系統判釋結果的 86%。在地形圖及像片基本圖判釋沖積扇，主要依靠等高線，取決於地圖比例尺等高線間距、沖積扇面積及高差，判釋數量只有數值航測的 37% 和 42%。由本研究的經驗可知在判釋沖積扇時，航照立體像對是最佳圖資，若無數值航測系統可供使用，桌上型立體鏡也能發揮相當功效。

第二節 沖積扇面積和流域面積的關係

根據過去學者的研究，沖積扇面積和流域面積之間存在一種乘冪關係。這個公式由 Bull 於 1964 年提出 (Kostaschuk et al. 1986)，用意在於藉由所得之 k 值討論流域的傳輸能力，後有許多學者相繼使用(如：Bull 1977; Kostaschuk *et al.* 1986; Lecce, 1990; Crosta and Frattini 2004)。

$$A_f = c A_b^k$$

A_f 為扇面積， A_b 為流域面積。k 值 > 1 表示扇面積比流域面積增長快速，流域的傳輸能力強；k 值 < 1 表示扇面積比流域面積增長慢，流域的傳輸能力弱。

本研究分別計算 38 個沖積扇、31 個土石流扇和 18 個面積不受限的土石流扇三組樣本的 k 值，所得結果如圖 4-4 至 4-6 和表 4-2。

表 4-2. 沖積扇面積與流域面積關係表

個數	關係	k 值
38 沖積扇	正相關	1.01
31 個土石流扇 (不含 4 個洪水扇 3 個土石洪水扇)	正相關	0.93
18 個面積發展不受限的土石流扇	正相關	1.21

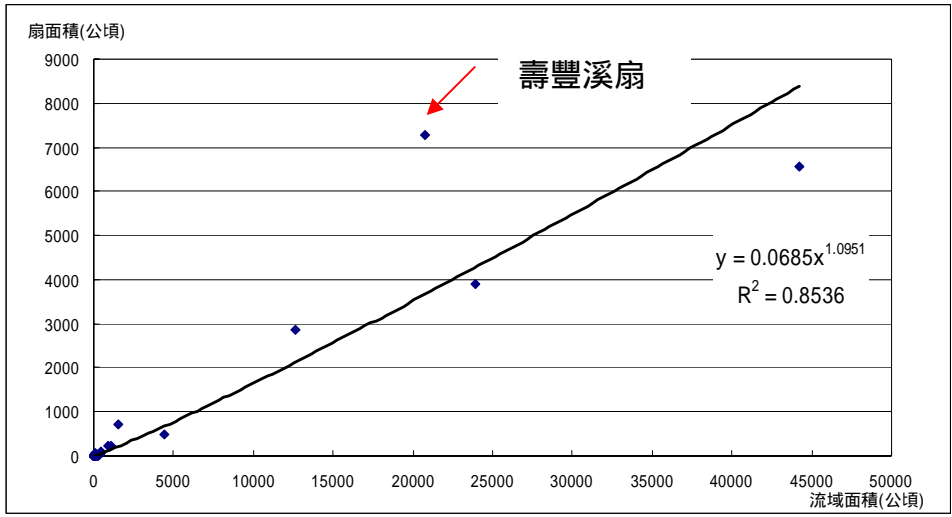


圖 4-4. 本研究區 38 個沖積扇面積與流域面積關係圖(p < 0.01)

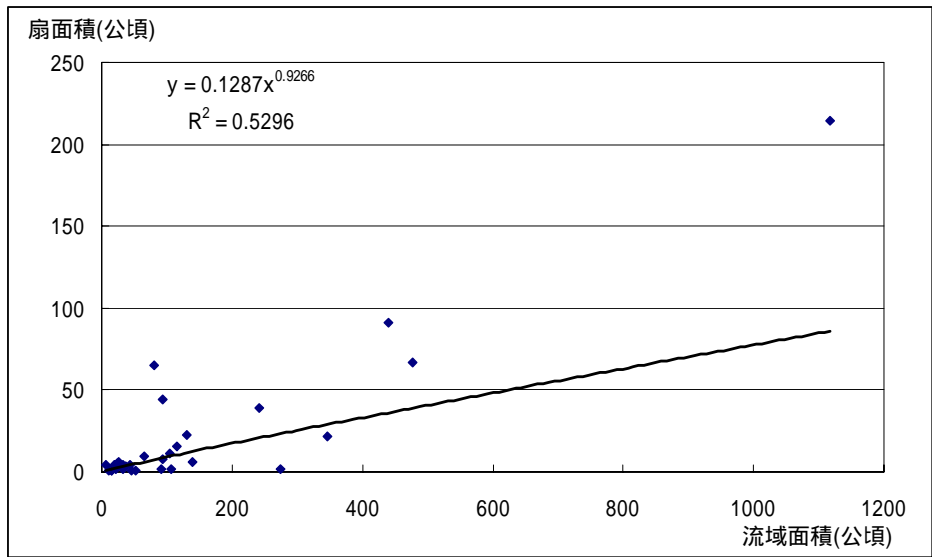


圖 4-5. 31 個土石流扇面積和流域面積關係圖(p < 0.01)

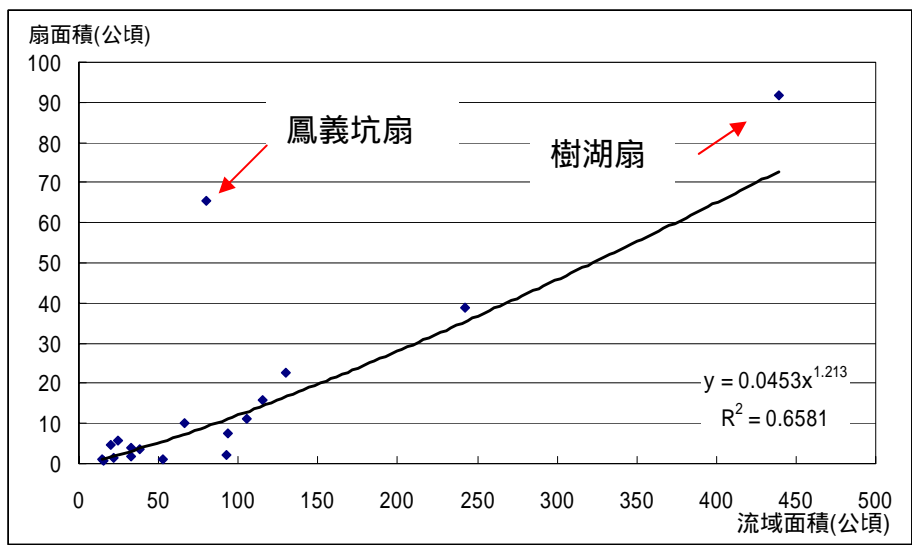


圖 4-6. 縱谷邊界 18 個不受限土石流扇面積和流域面積關係圖(p < 0.01)

本研究區的 18 個不受限土石流扇面積和流域面積的 k 值為 1.21，展現出正成長的關係，此與 Kostaschuk *et al.* (1986) 針對加拿大亞伯達省近 Banff 地區土石流扇所做的研究， $k=0.48$ 結果不相符。Kostaschuk *et al.* 研究區中 12 個土石流扇規模約在 1-100 公頃之間、坡度大於 4% (Kostaschuk *et al.* 1987)，與本研究區中的土石流扇規模類似。Kostaschuk *et al.* (1986) 提出研究區 k 值小於 1 可能是因為土石流的搬運能力、土石流扇的年齡以及扇體被主流侵蝕等原因。本區若以 31 個土石流扇為樣本數，則 k 值也小於 1。張瑞津等(1994)、楊淑君(1996)也曾計算本區 6 個最大的沖積扇， k 值為 0.9。以上均表示若計算 k 值實不排除受限扇， k 值會較小。至於本區 38 個沖積扇 k 值大於 1，則應該是本區 38 個扇體差異極大，面積較大的洪水扇和面積較小的土石流扇控制了趨勢線的兩方，影響了 k 值的大小。

以本研究區 18 個不受限的現生土石流扇來看，本研究區土石流扇面積增長比流域面積增長快速。這 18 個小流域的地層條件相似，起伏均大，一旦有高降水發生，土石傳輸能力高，上游沈積物容易往下游搬運並堆積，使得扇面積增長比流域面積增長快速。

圖 4-4 中壽豐溪的資料遠離趨勢線，張瑞津等(1994)、陳紫娥(2000)也提到此現象，陳紫娥(2000)指出壽豐溪集水區小於萬里溪，但所形成之沖積扇較萬里溪大，顯示壽豐溪的堆積力的確較大，與本研究相符。圖 4-6 中樹湖扇(編號 019)、鳳義坑扇(編號 026)扇面積和流域面積之間的比例的和其他扇相比較大，可能因兩溪上游集水區材料豐富，且被有效地傳輸至谷口沈積。

第三節 判別分析結果的討論

本研究使用統計分析找出不同主導營力之沖積扇的判別因子和有無土石流扇的判別因子，結果顯示流域長度為判別不同類型之扇（洪水扇、土石洪水扇和土石流扇）的最佳因子，若利用流域面積結合起伏比也可有效判別三類型扇，若利用流域河床坡度和流域險峻值只能判別洪水扇和土石流扇，無法判別出土石洪水扇。在有無土石流扇的判別結果方面，有效集水面積和形狀係數只能判別出無扇流域，但對於有土石流扇流域的判別率只有五成。

在第二章本研究先以沖積扇的形態為主，初步區分研究區 38 個沖積扇，其中有 4 個洪水扇、30 個土石流扇、4 個土石洪水扇。後經流域計測分析，將原本歸為土石洪水扇的清水溪扇修正為土石流扇，因此本研究區中共有 31 個土石流扇。

本研究進一步歸納三類型扇的流域長度、流域面積、起伏比、流域河床坡度、流域險峻值、有效集水面積和形狀係數等數值（表 4-3，圖 4-7）。在本研究區中，當有效集水面積 > 14 公頃，形狀係數 > 0.15 ，流域可能有土石流扇形成；當流域長度 < 4.2 公里，流域面積 < 1200 公頃，起伏比 > 0.4 ，流域河床坡度 $> 22\%$ ，流域險峻值 > 0.5 ，這時流域形成的扇狀堆積以土石流為主導；當流域長度在 4.2-20 公里之間，流域面積 850-10000 公頃，起伏比 0.2-0.4，流域河床坡度 10-28%，流域險峻值 < 0.5 ，流域形成的扇狀堆積以洪水和土石流共同主導；當流域長度 > 20 公里，流域面積 > 10000 公頃，起伏比 < 0.2 ，流域河床坡度 $< 10\%$ ，流域險峻值 < 0.5 ，形成的扇狀堆積則以洪水為主導。

從這些數據可看出土石流扇和土石洪水扇的流域面積、流域平均坡度等數值有重疊的現象（圖 4-7），原因為土石洪水扇中的鳳林溪扇（編號 025），其流域面積較小，流域平均坡度較高所致。鳳林溪扇的流域面積和流域平均坡度雖然傾向於本區土石流扇的流域，但其他流域特性方面，如流域長度、起伏比、流域險峻值等較不傾向於土石流扇的流域，因此仍將之歸類為土石洪水扇。而本研究區中的清水溪扇經流域計測分析的結果，顯示其流域特性皆較符合本研究區土石流扇的流域特性，因此清水溪扇應

將之歸類為土石流扇較為適當。

表 4-3. 本研究區三類型扇與流域長度、流域面積、起伏比、流域河床坡度、流域險峻值、有效集水面積和形狀係數等的數值整理表

判別因子	洪水扇	土石洪水扇	土石流扇
流域長度(公里)	< 4.2	4.2 - 20	> 20
流域面積(公頃)	> 10000	850-10000	< 1200
起伏比	< 0.2	0.2-0.4	> 0.4
流域河床坡度 (%)	< 10%	10-28%	> 22%
流域險峻值	< 0.5		> 0.5
有效集水面積(公頃)	--	--	> 14*
形狀係數	--	--	0.15

*在縱谷邊界，當有效集水面積 14 公頃則流域可能有土石流扇形成，但若將主要支流的土石流扇也算入，則有效集水面積約 7 公頃（附錄 2-2），流域就可能形成土石流扇。

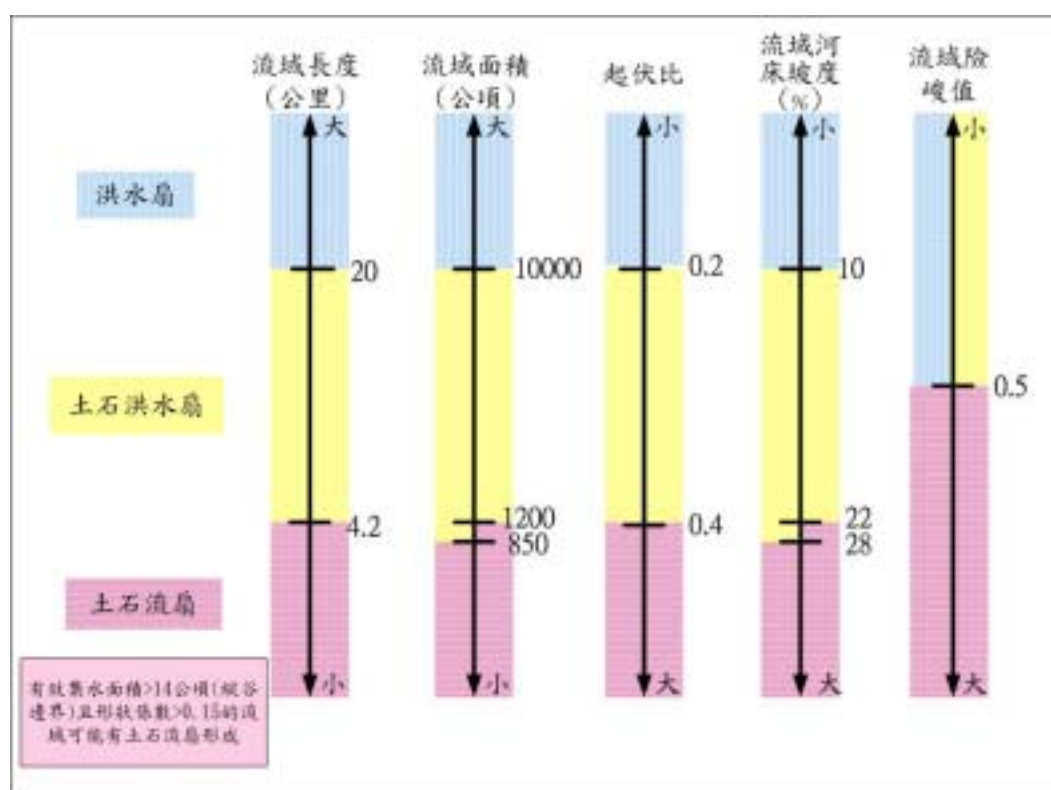


圖 4-7. 本研究區三類型扇與流域長度、流域面積、起伏比、流域河床坡度、流域險峻值、有效集水面積和形狀係數等數值關係圖

由上述歸納結果顯示，本研究區中流域形態和沖積扇的形態一致，面積較大的扇，其流域面積大，流域長度長，起伏比小，流域險峻值也較小；面積小的扇則反之。而本研究因為所找到露頭數有限，改用沖積扇形態（沖積扇面積和坡度）作為主要區分沖積扇類型的指標，但國外研究多已指出土石流扇的面積偏小，坡度偏陡(Kostaschuk *et al.* 1987; Sorriso-Valvo *et al.* 1998)，加上流域計測結果顯示域形態和沖積扇的形態一致，而本研究區內大而緩的扇和小而陡的扇形態差異頗大，因此利用沖積扇形態最劃分，將之分別視為洪水扇和土石流扇應該可以接受。

在過去的研究中，流域長度已被視為區分不同類型之扇的最佳因子，如 Wilford *et al.* (2004) 研究加拿大英屬哥倫比亞中西部的 65 個沖積扇，利用單因子變異數分析歸納出流域長度結合流域險峻值可區分洪水扇、土石洪水扇和土石流扇等三類型扇。經研究所得數值，土石流扇的流域長度 < 2.7 公里，且流域險峻值 > 0.6，其中流域長度較本研究區中歸納的土石流扇的流域長度（本區為 4 公里）略小，流域險峻值略大（本區為 0.5），但土石流扇流域長度小，流域險峻值高；洪水扇流域長度大，流域險峻值低的概念與本研究結果相符。

流域險峻值在過去的研究中為學者用以判別不同主導營力之扇的判別因子(Jackson *et al.* 1987 ; Bovis and Jakob 1999 ; Coe *et al.* 2003; Wilford *et al.* 2004)。本研究歸納研究區中土石流扇的流域險峻值（附錄 2-2），結果顯示土石流扇的流域險峻值 > 0.5，這個數值與 Bovis and Jakob (1999)進行加拿大英屬哥倫比亞西南部海岸山脈南方的 33 個會發生土石流的流域的數值一致，Bovis and Jakob (1999)的研究區大部分位於變質岩帶與本研究區相同，但此區的土石流作用深受第四紀冰河作用的影響，與本研究區較為不同。

在有無土石流扇的判別分析方面，有效集水面積是區分有無扇最重要的因子，顯示流域無法成扇與流域面積的大小有很大的關連性，流域面積愈大，沈積物的量較多，下游溝谷則越易成扇。

有扇流域的有效集水面積較大，形狀係數較大；無扇流域反之（附錄 3-2 的表）。在判別分析中，判別錯誤的有扇流域有效集水面積較小，形狀係數較小。以扇 029 和扇 005 為例，其有效集水面積為縱谷邊界的沖積扇中最小的一個（約 14 公頃），形狀係數為 0.19；扇 005 的有效集水面積為

17 公頃，形狀係數為 0.16（形狀係數為縱谷邊界的土石流扇中最低的一個），因此在判別分析中將兩扇歸類為無扇流域。這個結果顯示有效集水面積較小，形狀係數較小的流域較無扇狀堆積的可能。在流域發展初期，流域範圍未擴展，形狀較不圓，加上提供的沈積量較少，因此無法於下游谷口堆積成扇。

第四節 土石流潛勢溪流和土石流扇

一個沖積扇的形成是經歷多次洪水或土石流事件，通常流域愈大、扇體愈大的沖積扇地形發育史愈長。被劃為洪水扇表示該沖積扇的成扇作用以洪水作用為主，未來溪床發生土石流作用的可能性低；被劃為土石流扇表示該沖積扇的成扇作用以土石流為主，未來發生土石流作用的可能性高。若一溪流谷口有現代土石流扇發育，則在當代條件下，都有可能再發生土石流。本節將以所判釋的土石流扇和目前本區水土保持局所判釋的土石流潛勢溪流作比較，討論兩者之間的異同。

水土保持局從民國 90 年代起開始畫定全台灣的土石流潛勢溪流，經過前後兩次的修正，目前花蓮溪縱谷段中央山脈側共有 41 條土石流潛勢溪流（水土保持局 2001），在災害發生記錄方面，其中有發生災害者 33 條，無發生災害者 5 條，缺資料者 3 條（表 4-4、圖 4-9）。水土保持局劃定潛勢溪流之流程為先在 1:25000 等高線地形圖上找出野溪，再利用精度 40×40 m 計算各野溪的（河道）坡度和有效集水面積，符合河道坡度 > 15°，有效集水面積 > 3 公頃的環境（水土保持局 2001；蔡元芳，個人通訊 2005/10/11、2006/03/23），而且下游有保全對象者就被劃定為土石流潛勢流，因此「地形圖上可判別出野溪」和「下游保全對象」為土石流潛勢溪流判定的必要條件。

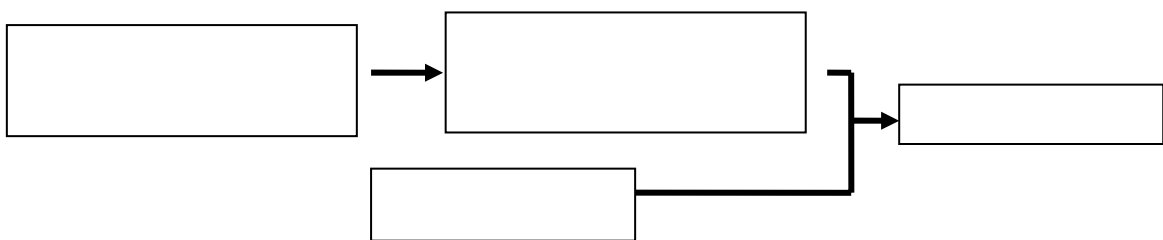


圖 4-8. 水土保持局判釋土石流潛勢溪流流程圖

若如前文所述，土石流扇反映的是該溪流「好發」土石流作用，則這些土石流扇所在溪溝應都被劃入土石流潛勢溪流中。

本研究區內 31 土石流扇所在的溪溝中有 24 條有土石流發生記錄，均已被劃為土石流潛勢溪流，扇 004 所在溪溝雖無土石流發生記錄，也已經被劃為潛勢溪流，還有 6 條溪溝（由北到南依序為編號 012、014、015、017、018、035 扇）未被視判定為土石流潛勢溪流。

鯉魚潭附近編號 014、015 土石流扇和荖溪扇旁編號 017 土石流扇所在溪溝以 1:25000 地形圖查核谷形和谷口狀況，發現在圖上沒有明顯谷形，利用地形圖判定溪溝時可能被忽略¹。扇 035 經考察可觀察到土石流作用過的痕跡，但下游無保全對象，所以沒有劃入潛勢溪流中，而編號 012、018 扇上溪溝不列入潛勢溪流考量的原因則較不明。

這 6 個土石流扇所在溪溝除了扇 012 和扇 035 無保全對象，其他皆有保全對象。這 6 個土石流扇之流域的有效集水面積分別為 10.2 公頃、13.8 公頃、6.8 公頃、32.5 公頃、23.6 公頃、136.9 公頃，也極符合水土保持局判斷土石流潛勢溪流的標準（坡度 > 15° 的有效集水面積大於 3 公頃），若扣除無保全對象的扇 012 和扇 035，則其他 4 條溪溝應該劃入土石流潛勢溪流中。

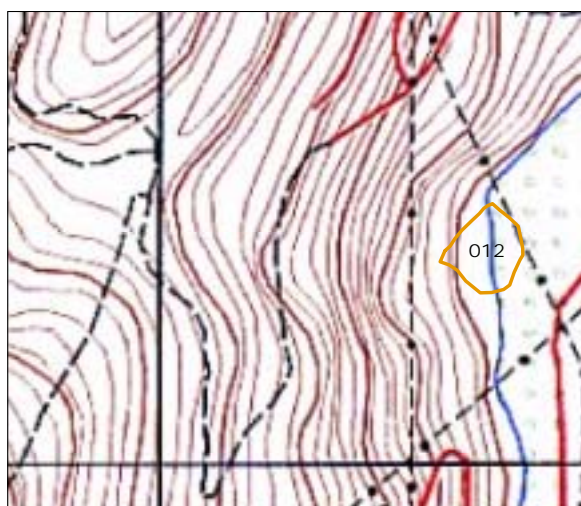


圖 4-10. 扇 012 在 1:25000 等高線圖中有明顯溝谷

¹ 利用像片基本圖（豐山圖幅，比例尺為 1:10000）尋找扇 014、015、017 的溪溝，由於等高線的間距與 1:25000 等高線地形圖相同，因此仍看不出溪溝的谷形。



圖 4-11. 扇 014、015 在 1:25000 等高線圖中較沒有明確的溝谷

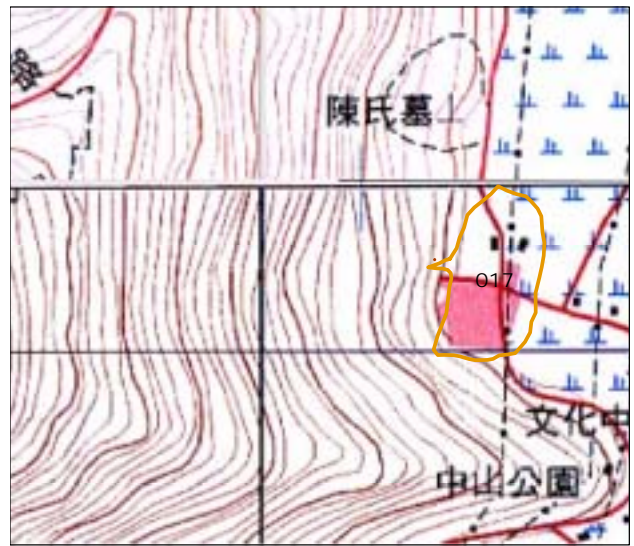


圖 4-12. 扇 017 在 1:25000 等高線圖中較沒有明確的溝谷

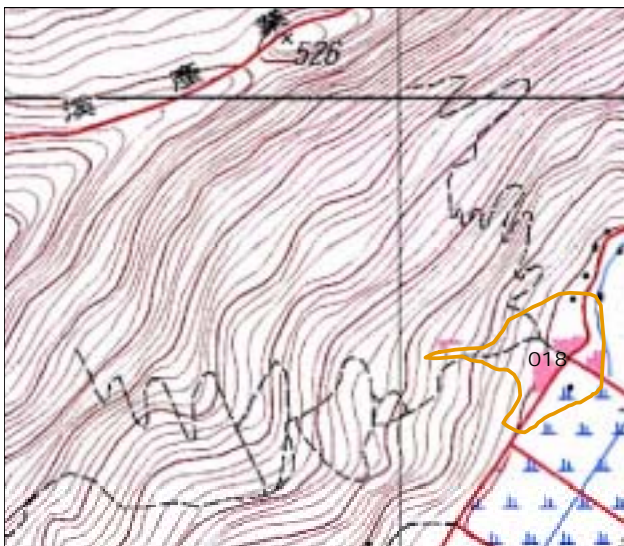


圖 4-13. 扇 018 在 1:25000 等高線圖中有明確的溝谷

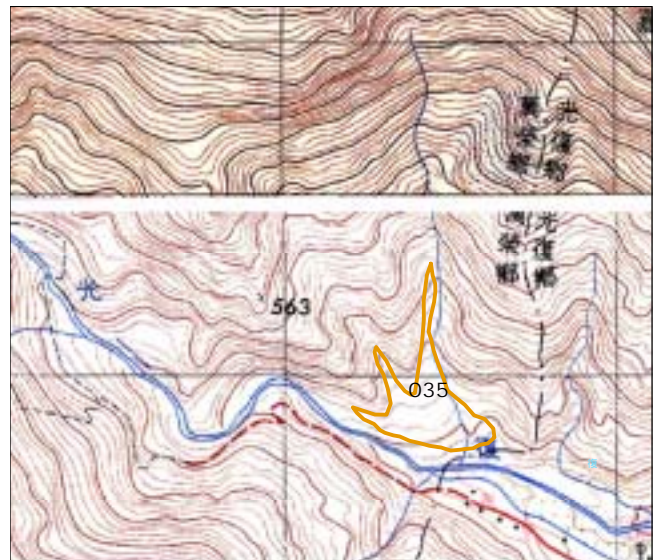


圖 4-14. 扇 035 在 1:25000 等高線圖中有明確的溝谷



照片 4-1. 經考察確認扇 017 (中興橋附近) 的存在 (攝於 2005.8.10)



照片 4-2. 經考察確認扇 018 (樹湖扇北邊) 的存在 (攝於 2005.8.10)

另一方面，在本研究區 41 條潛勢溪流中，只有 29 條的谷口有扇，有 12 條的谷口無扇 (表 4-4)。細究谷口無扇的潛勢溪流，其中 9 條流入主要支流的小溪，如流入壽豐溪的 070 號潛勢溪流，它們大多具有主流逼近谷口的情形，可能因為成扇空間不足，以致谷口無扇 附錄 4。其他 4 條位於縱谷邊坡的潛勢溪流中，編號 A100 溪溝有主流逼近的現象，編號 A098 並不清楚無扇堆積的原因，另 1 條潛勢溪流 (A120) 谷口有充足的堆積空間但卻無扇。

表 4-4. 土石流潛勢溪流與谷口有無扇狀堆積體整理表

土石流潛勢溪流(1)	土石流發生記錄	溪流數(2) (比例 (2)/(1))	谷口沖積扇	溪流數(3) (比例 (3)/(2))
41	有	33 (80.5%)	有	25 (76%)
			無	8 (24%)
	無	5 (12.2%)	有	2(40%)
			無	3(60%)
	缺資料	3 (7.3%)	有	2(34%)
			無	1(66%)

土石流潛勢溪流 A120 (照片 4-3、圖 4-15) 每逢颱風時均有少量土砂產生 (水土保持局 2003), 該溪流的有效集水面積 3.81 公頃, 符合水土保持局所訂定的界檻值 (3 公頃), 筆者經考察發現此條溪流位於鐵道旁邊, 其重要性可見一般, 但此條溪溝的有效集水面積遠小於本研究區歸納縱谷邊界的土石流扇之有效集水面積的 14 公頃, 也遠小於本研究區中其他土石流潛勢溪流的有效集水面積 (41 條潛勢溪流僅 A120 在 10 公頃之下), 而每逢颱風時出現的少量土砂堆積是否就是土石流, 值得再議。



照片 4-3. 潛勢溪流編號 A120, 下方

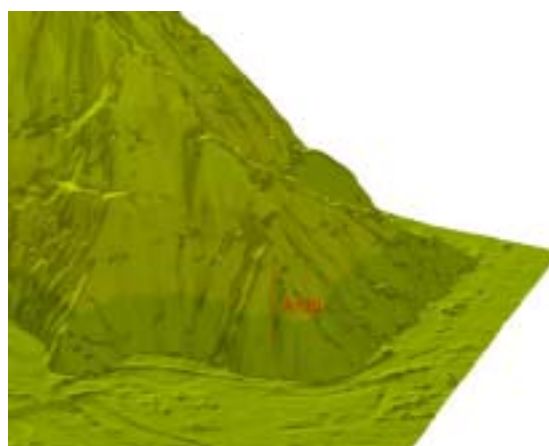


圖 4-15. 潛勢溪流編號 A120 的 3D 顯示圖 (原始資料來源: 中央地質調查所數值航側系統精度 5×5 m DTM, 內差至精度 1×1 m)

最後比較縱谷邊界土石流扇的有效集水面積，發現有效集水面積最小的扇 029 仍有 14 公頃，水土保持局所劃定的 3 公頃在本研究區似乎過低。若以本研究在上節所界定土石流扇流域的數值，則縱谷邊界流域的有效集水面積應可考慮往上修正至少 10 公頃，而流域面積 > 1000 公頃，起伏比 < 0.33 (圖 4-7) 的流域在本區無土石流扇堆積，因此則屬土石流發生潛勢較小的流域。

水土保持局利用坡度和有效集水面積等方法判定全島的土石流潛勢溪流，在本研究區共判定 41 條土石流潛勢溪流，與本研究判釋的土石流扇頗為符合，顯示水土保持局的方法可以判別出大多數會發生土石流的溪流。而本研究結果認為可再多增 6 條土石流潛勢溪流(扇 012、014、015、017、018、035 所在溪溝)，其中扇 012 和扇 035 雖然現無保全對象，但站在預防不當開發的角度著眼，這兩條具有土石流發生潛勢的溪流能須加以注意。

另本研究的結果也顯示水土保持局可能因使用圖資的限制對土石流潛勢溪流之判釋仍有漏網之魚，將本研究判釋的土石流扇與水土保持局所劃之溪流相較，還有 6 條具有土石流發生體質的溪溝未被劃入土石流潛勢溪流中，而本研究利用數值航測系統判釋出的土石流扇可以作為一種補充工具，用以檢查或補充可能再發生土石流的溪溝。但「土石流扇」這項判別指標在使用時仍存在一些限制，如；溪溝下游無成扇空間，則土石流扇便無法形成，或是扇體遭人為破壞或清除，使地表看不見扇狀堆積等，這些因素會使得「土石流扇」這項指標地形無法發揮效用，因此未來仍須研發其他指標性地形的可行性。