

# 未鋪面步道衝擊評估—以陽明山國家公園為例

黃國書<sup>1</sup>，李建堂<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>國立臺灣大學地理環境資源學系；<sup>2</sup>通訊作者 (ctlee@ntu.edu.tw)

**[摘要]** 本研究針對陽明山國家公園四條未鋪面步道，菜公坑溪古道、大屯溪古道、富士古道和鹿堀坪古道，就擬定之調查項目進行步道衝擊評估。研究結果顯示，步道衝擊類型以岩石裸露與樹根裸露發生情形最為顯著，而步道衝擊的發生與環境因子有關，主要受到坡度的影響，其中坡度較大之路段，容易出現樹根裸露、岩石裸露與凹陷過深，而坡度較平緩之路段，則容易出現路面泥濘、路面逕流與路面過寬等衝擊情形。基本上，闊葉林路段之步道的衝擊較草原路段之步道嚴重，這應該是間接受坡度影響所致，因為闊葉林路段的步道坡度較陡。在所研擬步道衝擊類型的調查項目中，岩石裸露在臺灣山區的步道相當常見，若為土壤沖蝕所造成的才可視為步道衝擊問題。其餘的步道調查項目應可適用於臺灣地區的步道調查，但仍需就不同地區及不同植群類型之步道再做檢驗。

**關鍵字：**步道，步道調查，步道衝擊評估，陽明山國家公園

## Impact Assessment on Unpaved Trails: A Case Study of Yangmingshan National Park, Taiwan

Kuo-Shu Huang<sup>1</sup> and Cheing-Tung Lee<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Department of Geography, National Taiwan University; <sup>2</sup>Corresponding author (ctlee@ntu.edu.tw)

**ABSTRACT** Impacts on four unpaved trails in the Yangmingshan National Park were assessed using selected physical parameters. The four trails were the Caigongkeng, Datunxi, Fushi, and Lukuping historic trails. Results indicated that root exposure and rock exposure were the most prominent impacts on the four trails. Occurrence of these impacts was found to be mostly associated with environmental factors, in particular, slope. Steeper trail slopes often saw the occurrence of root exposure, rock expose and gully formation. In gentler trail slopes, muddiness (waterlog), surface runoff, and trail width were more commonly observed. In terms of vegetation cover type, trails in broad-leaf forest were more impacted than those in grasslands. This may be due to the fact that broad-leaf forests are located in steeper terrains. Among the parameters investigated, rock exposure was common in Taiwan's mountain trails, but only impacts caused by soil erosion were counted as trail impact. Other parameters could be used in trail surveys in Taiwan, although trails in different areas with different vegetation should be further examined.

**Keywords:** trail, trail survey, trail impact assessment, Yangmingshan National Park

## 前言

臺灣島由於特殊之地質、地形背景，造成約四分之三的區域為山地，而山區森林更佔全島面積一半以上。臺灣在這獨特的天然環境與豐富的山區資源下，隨著國民所得的增加，在追求更好的環境生活品質之下，對於登山健行的遊憩需求更是逐年增加。根據觀光局統計，國人在旅遊時喜歡的遊憩活動以觀賞自然景觀及野外登山健行為主（故鄉市場調查股份有限公司，1998）。

隨著登山健行活動的盛行，各類型的登山步道因應而生，以提供遊客的遊憩需求。然而步道因遊憩使用（主要是遊客踐踏或其他因素），常造成各種不同型態與程度的衝擊而導致步道劣化的現象（Leung & Marion, 1996），不但破壞了原有步道的環境品質，也造成遊客之視覺衝擊而影響到遊憩體驗。

步道衝擊的調查與監測可以反應出步道的狀態、規劃的良窳、人為干擾的程度。經營者需要掌握步道的狀況以擬定適宜的經營措施，此為遊憩區及保護區內經營管理上的重要課題（Hammit & Cole, 1998）。

近年來國內有關步道遊憩衝擊方面的研究逐漸受到重視，並且有不少調查研究報告陸續發表，然而其研究主題多數偏重在遊憩據點或步道沿線植群與土壤性質方面的調查（王相華，1988；黃英塗、劉儒淵，1989；陳昭明等，1989；林國銓等，1991；陳彥伯，1991；劉儒淵，1993, 2001）、遊客對於遊憩衝擊可接受改變限度（Limits of Acceptable Change, LAC）之調查研究（陳昭明等，1989；楊武承，1993；黃琬琿，1995；吳孟娟，2002），至於步道全線衝擊調查與監測方面的研究，相較而言則略顯不足。

在國外針對遊憩衝擊的經營實務上，用來作為評估步道環境改變的監測技術大致區分成重複測量（Replicable measurements）、快速測量取樣（Rapid survey samples）和普查技術

（Census techniques）三種類型（Hammit & Cole, 1987；劉儒淵，1995）。其中重複測量是以系統或隨機取樣在步道沿線設置若干永久樣點，定期觀測步道狀態改變之定量監測法。快速測量取樣則在步道沿線每間隔若干距離選取樣區作調查測量，由於不須設置固定的觀測樣點，調查工作較前述方法快速及省事，因此許多步道衝擊調查都採用此方法（例如：Hall & Kuss, 1989；Cole, 1991；Leung & Marion, 1996；Dixon et al., 2004；王相華，1988；黃英塗、劉儒淵，1989；林國銓等，1991；楊武承，1993；劉儒淵，1993, 2001；吳孟娟，2002）。普查技術則就整個步道進行普查的方法，在調查前需針對步道主要的衝擊狀況擬定步道的調查項目，並分別訂出各調查項目之量測準則。

經理者為了減少步道衝擊的發生或者增加步道的使用承載量，常將步道表面鋪上天然或人工的材質，如：碎石塊、石板、枕木、水泥或瀝青等（Giles, 2002）。然而，除了這些受到良好維護與建設的鋪面步道外，陽明山國家公園內尚有許多從清代、日治時期所遺留下來的未鋪面古道路徑，雖因交通建設的改善已不再是目前主要的交通要徑，但卻隨著登山健行活動的興盛與普及，轉而成為登山健行團體的熱門登山路線。

在戶外遊憩區經營管理中，往往為了要維持遊憩區的遊憩品質與機能，步道的經理策略多半集中在需耗費大量經費的步道路面與週邊設施的整修維護（Jubenville, 1995），對於未鋪面步道因遊憩使用所產生的衝擊和劣化則相對較少關注。

本研究經由文獻回顧及現地調查擬定步道衝擊主要的調查項目，利用普查方法針對陽明山國家公園內四條未鋪面登山步道進行衝擊評估。工作內容包括調查步道狀態、劣化情形以及主要衝擊類型，並分析環境因子與衝擊類型之關係，及檢驗適用於臺灣地區步道衝擊調查的主要項目。

## 材料與方法

### 一、研究範圍

依據 1995 年針對陽明山國家公園遊客進行的遊客行為與遊憩型態的問卷調查顯示，遊客在陽明山國家公園從事的遊憩活動以欣賞風景為主，其次為觀賞特殊景觀、散步、健行、登山與開車兜風。此外，受訪者普遍認同國家公園最應發展健行與登山等遊憩活動（李朝盛、叢培芝，1996）。因此，陽明山國家公園管理處在面臨與日俱增之遊憩需求之下，將園區內依地形、地勢、特殊景觀等規劃出 12 條登山步道（陽明山國家公園管理處，2007）。然而境內尚有許多登山路徑，如：前人遺留下來的古道，或是由登山健行團體長期行走所形成之郊山路線等。雖然這些步道並沒有在管理處的規劃之內，但由於臺北都會區龐大的登山人口與遊憩需求，每年至少有高達 400 萬人的遊憩人潮，高居全國之冠（林晏州，2002），因而所造成的各種環境衝擊更不容忽視。這些登山步道也面臨了遊憩使用的壓力。其中較熱門的未鋪面登山步道有大屯溪古道、菜公坑溪古道、富士古道和鹿堀坪古道等四條。本研究以此四條未鋪面之登山步道為研究區（圖 1），評估此四條步道的狀態及衝擊情形。

### 二、研究方法

#### 1. 步道調查方法

由於快速測量僅能瞭解步道的大致衝擊概況，無法知道衝擊路段實際的空間分布狀況，也無法經由幾個樣本點的資料而瞭解到整條步道的衝擊類型、發生次數與長度等資訊，以便即時採取適當的經理措施。而普查方法除了可以瞭解整條步道的衝擊狀況外，更可經由 GIS 技術處理調查結果，清楚地呈現出步道衝擊類型、發生頻率、所在的空間分布狀況等資訊，經理者可完全掌握步道全線的品質狀況，以擬定適當的經理措施。因此，本研究採用普查技術對研究區四條步道進行衝擊調查。

#### 2. 步道調查項目

一般在從事遊憩衝擊之經營時，所選定作為調查的項目通常須符合：(1)可直接觀測；(2)容易觀測；(3)與經營目標直接相關；及(4)對使用情形具有相當的敏感性等四個條件（劉儒淵，1989）。

本研究的調查項目除歸納自文獻回顧之外，尚考慮到較重要、常見、且易於觀測之衝擊項目，同時在經過現地勘察後方才擬定調查項目(表 1)，包括步道狀態、環境狀況和衝擊類型等三大項。

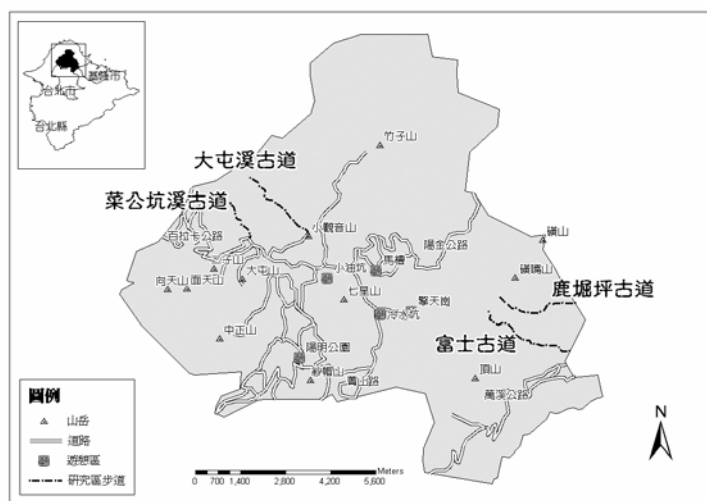


圖 1. 研究區四條未鋪面步道的位圖

表 1. 步道衝擊調查項目表

調查類型	調查項目	項目敘述
步道狀態	步道寬度	依照明顯的土壤裸露痕跡及植生、有機質覆蓋狀況所量測出的步道寬度
	凹陷深度	步道路面中心與兩旁原初步道面之高度差距
環境狀況	步道坡度	步道路段上之路面坡度
	植群類型	步道兩旁植群屬性
衝擊類型	樹根裸露	步道路段上有樹根之裸露
	岩石裸露	步道路段上有岩石之裸露
	步道分生	路段上有超過一條以上的路徑
	路面泥濘	步道路面上的路面泥濘超過一半步道寬度
	路面逕流	步道路面上有地表逕流流過。
	路面過寬	步道斷面寬度大於 200cm
	路面深陷	路面中心與兩旁原初步道面之高度差距 > 30cm

### (1) 步道狀態

各項遊憩活動對步道之衝擊以遊客踐踏所引起之相關問題為主 (Kuss & Hall, 1991; 劉儒淵, 1996)，而未鋪面步道即會因踐踏作用造成步道路面及寬度的改變，這也是最易於觀測與判斷的現象，並能適時反應出步道狀態。因此，本研究即以步道寬度與凹陷深度兩項因子來代表步道之既定狀態，其中步道寬度依照明顯的土壤裸露痕跡以及植生、有機質覆蓋等狀況來判斷，量測出步道寬度。步道凹陷深度則依據步道兩旁地形之延伸水平線為基準，量測步道表面因踐踏及土壤沖蝕所導致之凹陷深度。

### (2) 環境狀況

許多探討環境因子與步道衝擊關係的研究中發現，地形與植群類型的影響最為顯著 (Leung & Marion, 1996)。在地形特徵與步道劣化關係的研究中發現，步道坡度與土壤流失呈顯著正相關 (例如, Garland et al., 1985; Nepal, 2003; Dixon et al., 2004)。此外，遊客行經步道較陡之路段時，常因足步的滑動而較易導致土壤的流失 (Leung & Marion, 1996)。由於植物抗踐踏能力不同，不同植群類型步道的

遊憩衝擊程度也有所差異 (例如, 劉儒淵, 1993)。

本研究以步道的縱坡度與步道沿線的植群類型來代表步道所處的環境狀況，以探討不同環境類型下的步道衝擊情形。其中步道坡度係利用傾斜儀量測步道均質路段路面之傾斜角，並將其視為步道縱坡度。植群類型則是依據陽明山國家公園植物調查結果 (王震哲, 2001; 王義仲, 2003)，先將植群類型分為闊葉林、灌木叢與草原三類，步道路段若為兩種植群混雜，則延伸出闊葉灌木混和植群與草原灌木混和植群等兩類，故共計有五種植群類型，這在野外調查時依步道兩旁植群分布而記錄之。

### (3) 衝擊類型

經文獻回顧得知，步道衝擊類型中較重要、常見且易於觀測之衝擊項目有樹根裸露、岩石裸露、步道分生、路面泥濘、路面逕流、步道過寬與路面凹陷過深等七項 (Liddle & Greig-Smith, 1975; Bryan, 1977; USDA, 1977; Garland et al., 1985; Roggenbuck et al., 1993; Marion, 1994; Leung & Marion, 1996; Hammitt & Cole, 1998, Hellmund, 1998, Marion & Leung,

2001; Dixon et al., 2004) , 本研究即以此七項作為步道衝擊之調查項目, 並檢視於研究區的適用情形。

其中樹根裸露主要視步道上植物底部根系裸露之情形而定, 而步道有超過一半面積的路面出現岩石裸露的情形則定義為岩石裸露現象, 並視為步道的衝擊路段, 並記錄其起始距離。遊憩者在步道行走時, 常為了避開較難行的路段而另闢小徑以利通行, 此現象稱為步道分生, 不但增加原本步道的寬度, 同時也擴大了人為或遊憩干擾的範圍 (Liddle & Greig-Smith, 1975) 。本研究將步道分生定義為步道上超過一條以上之路徑出現者, 而該路段之步道寬度則以所有分生路徑寬度之總和計算。

路面泥濘易發生於排水不良之路段, 遊憩者為了要避開泥濘路段, 常會衝擊到兩旁的植被, 導致步道寬度的增加 (Marion, 1994) , 乃至於形成步道分生的現象。本研究對路面泥濘的界定是指在未降雨的情形下, 步道路面因土壤含水飽和而產生泥濘的情形, 且路面泥濘範圍需超過步道一半的寬度。

此外, 步道表面經常有流水通過則視之為路面逕流。相關研究對於步道過寬與凹陷過深之閾值訂定並無一定準則, 多半為研究者之主觀價值認定 (Leung & Marion, 1996) 。本研究將步道寬度大於 200cm 視為路面過寬, 而步道路面凹陷深度大於 30cm 時, 則視為凹陷過深的衝擊路段。

### 3. 野外調查

本研究根據表 1 所列各調查項目於 2004 年 11 月~2005 年 4 月間進行研究區四條未鋪面登山步道之衝擊調查, 同時利用半徑 10 公分之測距輪量測步道全線距離, 同時記錄所擬定衝擊項目的開始與結束距離 (距步道起點之距離) , 並將該路段視為步道的衝擊路段。

### 4. 資料分析

步道野外調查後, 彙整調查資料並進行編碼工作, 最後採用 SPSS 軟體進行統計分析的工作。調查資料中的衝擊

路段則利用 ArcGIG 軟體建檔, 提供步道衝擊路段的空間圖面資訊, 以利於分析各步道衝擊路段發生的次數、頻率及所在位置, 及步道之植群與衝擊路段的關係。另統計步道各衝擊項目的發生次數及其除以步道長度的次數距離比 (No./km) , 用來分析步道劣化情形及主要的衝擊類型 (Leung & Marion, 1999) 。

## 結果與討論

### 一、研究區四條步道狀態

#### 1. 菜公坑溪古道

菜公坑溪古道全長 2.5km, 步道路段平均坡度為 12.8°, 在四條步道中坡度僅次於大屯溪古道 (圖 2) , 步道兩側植群均以闊葉林為主 (圖 3) 。步道衝擊項目以岩石裸露的情形最多, 其累加衝擊步道總長度為 1148.9m, 佔總步道長 46.0% (表 2) , 其次的衝擊項目為樹根裸露, 累積長度為 596.2m, 佔總步道長 23.8%。此外, 步道過寬情形也相當嚴重, 屬衝擊路段的累加總長度為 494.8m, 佔總步道長 19.8%。步道過寬發生路段多半集中於 0~600m 處, 即步道起點 (北新莊) 至 600m 處, 此路段有明顯的人為開鑿痕跡, 因而導致路面寬度明顯較大

#### 2. 大屯溪古道

大屯溪古道全長約 2.8km, 主要是沿著大屯溪的溪谷往上延伸至小觀音山主稜線的步道, 平均坡度為 15.1°, 為四條步道當中坡度

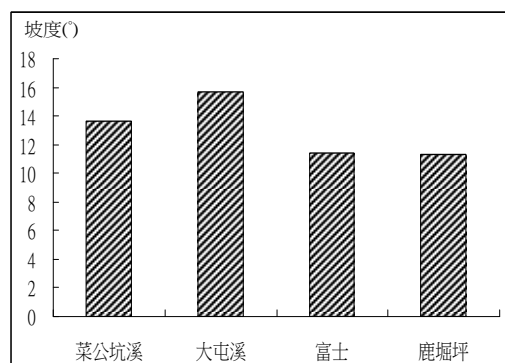


圖 2. 研究區四條步道之平均坡度

表 2. 研究區四條步道衝擊路段調查統計

衝擊項目	菜公坑溪古道 (2.5km)			大屯溪古道 (2.8km)			富士古道 (3.7km)					
	No.	No./km	累積長度 m	佔總長 %	No.	No./km	累積長度 m	佔總長 %	No.	No./km	累積長度 m	佔總長 %
樹根裸露	35	14.1	596.2	23.8	249	90.1	888.8	31.7	41	11.0	273.3	7.4
岩石裸露	57	22.9	1148.9	46.0	458	165.7	2152.4	76.9	44	11.8	526.8	14.2
步道分生	1	0.4	8.9	0.4	4	1.4	30.4	1.1	23	6.2	117.4	3.2
路面泥濘	1	0.4	2.7	0.1	0	0.0	0.0	0.0	13	3.5	77.8	2.1
路面逕流	4	1.6	33.3	1.3	17	6.2	100.4	3.6	3	0.8	55.9	1.5
步道寬度>200cm	15	6.0	494.8	19.8	9	3.3	59.4	2.1	13	3.5	101.3	2.7
凹陷深度>30cm	0	0.0	0.0	0.0	1	0.4	1.2	0.0	9	2.4	52.6	1.4
七項衝擊加總	113	45.4	2284.8	91.4	738	267.1	3232.6	115.5	146	39.2	1205.1	32.5

衝擊項目	鹿堀坪古道 (2.7km)			研究區四條步道總長 (N=4; 11.7 km)				
	No.	No./km	累積長度 m	佔總長 %	No.	No./km	累積長度 m	佔總長 %
樹根裸露	77	28.2	374.9	13.9	402	34.4	2133.2	18.2
岩石裸露	148	54.1	992.3	36.8	707	60.4	4820.4	41.2
步道分生	31	11.3	171.2	6.3	59	5.0	327.9	2.8
路面泥濘	13	4.8	53.7	2.0	27	2.3	134.2	1.1
路面逕流	13	4.8	101.1	3.7	37	3.2	290.7	2.5
步道寬度>200cm	5	1.8	30.6	1.1	42	3.6	686.1	5.9
凹陷深度>30cm	31	11.3	164.7	6.1	41	3.5	218.5	1.9
七項衝擊加總	318	116.3	1888.5	69.9	1315	112.4	8611	73.6

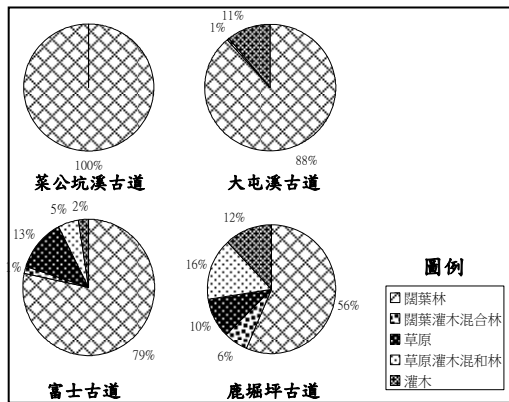


圖 3. 研究區四條步道之植群分布圓餅圖

最大者 (圖 2)，沿線植群以闊葉林為主，佔步道總長 88%，其次則為灌木林(11%) (圖 3)。此步道全線幾乎都有岩石裸露的現象發生，岩石裸露的路段共 2152.4 m，佔總步道長的 76.9% (表 2)。另外，步道中樹根裸露情形也相當普遍，佔總步道長的 31.7%，主要出現在闊葉林中溪谷路段的兩旁，尤其密集出現在後半段 2000~2700m 之間，這應是本段步道開始沿著河谷上切稜線，因坡度較陡所導致樹根裸露的情形特別嚴重。由於岩石裸露與樹根裸露的情形相當嚴重，導致大屯溪古道衝擊步道的累積長度達 3232.6m，佔步道總長的 115.5%，此為四條步道中最多者 (表 2)，顯示出此步道衝擊之嚴重性。由於本步道多次穿越溪流而過，因此出現路面逕流的次數相當多，但累積長度只有 100.4m，佔總步道的 3.6%，主要集中在步道前半段沿著大屯溪河谷所致。

### 3. 富士古道

富士古道全長約 3.7km，平均坡度 10.6°，為四條步道中坡度最平緩者 (圖 2)。步道沿線植群以闊葉林最多，佔總步道長 79% (圖 3)，草原植群路段次多，總長度 468m，佔總步道長 13%，為四條步道中最長者，草原灌木混和植群路段也有 5% 的比例。

富士古道雖然具有各項衝擊類型，但衝擊路段的累積長度並不大，呈現少量而多樣的情形，在四條步道中，衝擊步道累積長度只有 325m (表 2)，相較於其他三條步道，富士古

道的衝擊路段明顯少了許多。各衝擊項目中同樣也以岩石裸露最為嚴重，出現路段累積長度 526.8m，佔總步道長 14.2%；其次為樹根裸露，累積長度 273.3m，佔總步道長 7.4%。

富士古道早期為附近人家放牧牛隻的一條山徑，連結牧場草原之間的闊葉林路段，因常受牛隻踩踏的影響而導致路面泥濘、步道分生與樹根裸露等衝擊類型的出現。在通過草原植群的步道路段，往往因為路面開闊平緩，分散了遊憩踩踏壓力，減少步道衝擊的發生。其中步道分生路段雖僅佔本步道長的 3.2%，然而其發生的次數卻高達 23 次，次數距離比為 6.2 No./km，應該是因為坡度平緩有利於遊客行走所致。

### 4. 鹿堀坪古道

鹿堀坪古道全長約 2.7km，平均坡度為 11.6°，屬研究區中較平緩的步道 (圖 2)。相較於其他三條步道而言，本步道沿線的植群分布較為多樣 (圖 3)，其中闊葉林路段佔總長 56%，草原植群路段佔 10%，草原灌木混和植群路段佔 16%，灌木植群路段佔 12%，而闊葉灌木混和植群也有 6%。由於本步道沿著頭前溪河谷平緩而上，通過已荒廢的梯田，因植物演替而形成目前所見的草原景致，因此有較多的草原路段出現。

各衝擊項目中仍以岩石裸露最為嚴重，累積長度 992.3m，佔總總步道長 36.8%。樹根裸露則次之，累積長度 374.9m，佔總步道長 13.9%。此外，凹陷過深路段累積長度有 164.7m，佔總步道長 6.1%，主要集中於本步道的後半段。

本步道後段的土壤沖蝕情形相當嚴重，呈現多處蝕溝，許多路段的凹陷深度都超過 30cm。步道路面的凹陷亦會導致樹根裸露密集發生，而兩者衝擊情形均不利於行走，在兩旁容易衍生出平行的分生路徑。因此步道分生出現達 31 次，發生次數距離比高達 11.3No./km，總長度 171.2m，佔步道總長 6.3%，為四條步道之最。此外，由於本步道多次橫跨步道旁的頭前溪及山間溪溝，因此常見

到路面逕流的現象，其累積長度 101.1m，佔總步道長 3.7%，也是四條步道中出現情形最多者。

## 二、環境狀況與步道衝擊之關係

### 1. 坡度與步道衝擊類型的關係

各衝擊項目與步道坡度經由 t 檢定統計分析結果如表 3 所示，樹根裸露、岩石裸露、路面泥濘、路面逕流、路面過寬與凹陷過深六項衝擊類型的出現，均深受坡度的影響而呈現出顯著之差異 ( $p=0.01$ )，僅步道分生的出現與坡度無顯著關係。其中，在有樹根裸露、岩石裸露與凹陷過深等衝擊發生之路段，步道坡度均呈現出較陡的情形，相對地，非衝擊路段的步道坡度則較平緩 (表 3)。這可能是因為坡度為影響土沖蝕的重要因素之一，而樹根裸露、岩石裸露與凹陷過深等衝擊問題均與土壤沖蝕有關，在坡度愈陡土壤沖蝕愈嚴重的情況下，導致樹根裸露、岩石裸露與凹陷過深等衝

擊類型愈明顯。然而，路面泥濘、路面逕流、路面過寬與步道坡度之間的關係則恰好相反，當有路面泥濘、路面逕流與路面過寬等衝擊情形出現之步道路段，其平均坡度反而較小。當步道坡度較陡時，路面泥濘、路面逕流與路面過寬等衝擊情形反而較為少見，這可能因步道坡度較陡之路段，降雨落至步道表面時即快速往下方流動，不易停留至步道表面形成路面泥濘與路面逕流的問題。另外，在坡度較陡之路段，由於行走不易，多數遊客會集中踩踏於已有之路跡上，不易往步道兩側行走，因此路徑反而會較集中而步道寬度顯得較窄。相對地，坡度較平緩之路段，由於行走較為便利，反而容易行走於步道兩側，因而增加了步道路面的寬度。而坡度陡峭之路段，也常因為踩踏之集中而導致路面凹陷情形較為嚴。

### 2. 植群與步道衝擊類型之關係

四條步道的衝擊路段多半集中於闊葉林路段。然而，闊葉林路段之比例本屬較高 (圖

表 3. 衝擊項目與步道坡度比較表

衝擊類型	出現與否	個數	步道坡度(度)		t 值
			平均數	標準差	
樹根裸露	有	301	21.00	9.69	t=15.861** p=0.000
	無	1086	11.31	8.18	
岩石裸露	有	325	20.18	9.45	t=15.132** p=0.000
	無	1062	11.34	8.38	
步道分生	有	59	14.66	7.83	t=1.241 p=0.219
	無	1328	13.36	9.48	
路面泥濘	有	27	5.07	4.52	t=-9.374** p=0.000
	無	1360	13.58	9.41	
路面逕流	有	37	6.46	5.63	t=-7.437** p=0.000
	無	1350	13.60	9.43	
路面過寬	有	42	10.38	7.94	t=-2.892** p=0.006
	無	1275	14.01	9.37	
凹陷過深	有	41	21.07	8.30	t=5.977** p=0.000
	無	1346	13.18	9.35	

\*\*顯著水準為 0.01，呈顯著相關(雙尾檢定)



3)，因此將各植群中出現之衝擊路段除以該植群路段總長度，得到衝擊路段總長度距離比(表 4)，作為探討步道植群類型與衝擊類型關係之指標。

從各衝擊類型來看，樹根裸露在闊葉林路段出現情形最為嚴重，衝擊路段佔總長度的 13.6%，其次為灌木林與闊葉灌木混和植群路段，依序為 11.3%與 10.3%。值得注意的是，樹根裸露在草原路段沒有出現，而在草原灌木混和植群中也僅出現過一次而已。岩石裸露在灌木植群路段發生頻率最高，佔總長度 20.7%，其次為闊葉林路段，佔 16.4%。草原植群路段所出現的衝擊情形最少，佔總長度的 1.2%。步道分生衝擊路段在闊葉灌木混和植群中出現情形最多，佔總長度的 7.3%，其次為灌木植群路段，佔總長度 5.3%，而草原植群路段則沒有步道分生的問題出現。

路面泥濘衝擊路段在灌木植群中出現的情形較為嚴重，佔總長度的 2.1%。而闊葉灌木混和植群路段則沒有出現路面泥濘，其餘的植群路段出現路面泥濘的頻率也均屬偏低。路面逕流則是在闊葉林路段中出現最多，佔總長度的 2.9%，而闊葉灌木混和植群與草原植群路段中，均無路面逕流的情形出現。

路面過寬衝擊情形在闊葉林路段出現較為頻繁，佔總長度的 7.1%，其次為闊葉灌木混和植群路段，但其所佔總長度的比例則明顯下降到 3.5%。凹陷過深衝擊情形則是集中在闊葉林與闊葉灌木混和植群路段，尤其以闊葉灌木混和植群路段出現最為頻繁，佔總長度的 5.0%。在草原、草原灌木混和植群與灌木植群等路段中，則沒有凹陷過深的現象發生。

圖 4 為各植群類型之衝擊路段總長度距離比加總之長條圖，其中闊葉林植群路段之衝擊情形最嚴重，七項衝擊類型加總之衝擊路段總長度為 4343.2m，其次為灌木林路段的 309.3m 與闊葉灌木混和植群路段的 87.4m (表 4)。相對地，草原植群的衝擊路段總長度只有 19.5m，為所有植群類型中衝擊問題最低

者，而草原灌木混合植群也只有 60.1m，與前三類型植群均有明顯的差距存在，可見草原植群步道的衝擊問題相對較為輕微，這應該是草原大都分布於坡度較平緩之處所致。

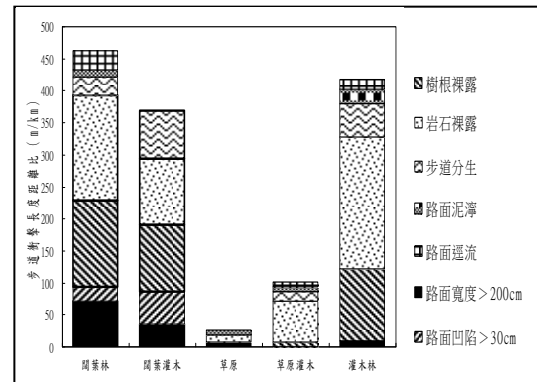


圖 4. 研究區步道各植群類型中衝擊類型之路段總長度距離比

### 三、研究區步道之衝擊比較

研究區四條未鋪面步道總長為 11.7km，沿線植群分布以闊葉林為主(圖 3)。菜公坑溪古道與大屯溪古道步道路徑主要沿著溪溝河床蜿蜒切上山脊稜線，平均坡度較陡，而富士古道與鹿堀坪古道由於早期曾為牛隻放牧的牧場，平均坡度較緩，有相當比例之路段呈現草原植群景觀。

圖 5 為研究區四條步道各項衝擊情形累加之長條圖，其中以大屯溪古道的衝擊情形最為嚴重，衝擊步道的累積長度達 3232.6m，佔步道長度的 115.5%(表 2)，遠超過該步道的長度，顯示該步道衝擊的嚴重程度。其次分別為菜公坑溪古道和鹿堀坪古道，而富士古道的步道衝擊最輕微，總長度僅 325m。

由前節分析得知，步道路徑通過之環境狀態會影響到衝擊的類型。菜公坑溪古道與大屯溪古道的步道路徑主要沿著溪谷河床前行，最後由溪谷切上山脊稜線至山頭，故坡度均較草原植群步道來的大(圖 2)。步道沿著溪谷河

床前行，導致岩石裸露出現情形相當頻繁與嚴重，大屯溪古道甚至有將近 78% 之路段出現岩石裸露的情形 (表 2)。此外，步道穿越溪流也會導致路面逕流出現的情形增加。而步道坡度較陡也會較容易出現樹根裸露、岩石裸露與凹陷過深等衝擊情形 (表 3)。若從植群的角度來看，闊葉林植群路段容易因土壤的流失而出現樹根裸露的情形，而導致兩條步道之樹根裸露情形較為嚴重。

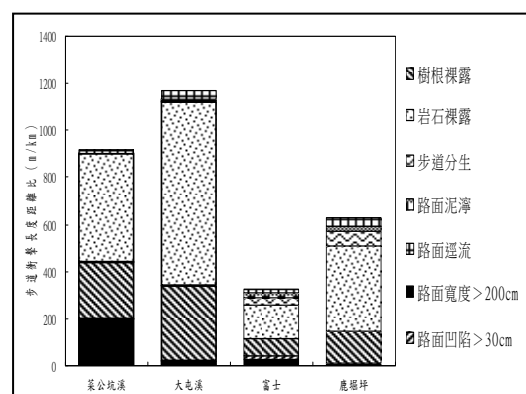


圖 5. 研究區四條步道衝擊路段

富士古道與鹿堀坪古道的坡度相對較為平緩，其中連結牧場之間的闊葉林路段，因常受牛隻踩踏而導致路面泥濘、步道分生與樹根

裸露等衝擊類型的出現。在通過草原植群之步道路段，往往因為路面開闊地勢平緩，遊客行走不再侷限於步道本身，因而會往兩旁草原擴散，分散對步道所造成的直接衝擊。因此，草原植群路段除了出現零星的岩石裸露、路面泥濘與路面過寬等問題之外，甚少有步道衝擊的發生 (表 4)。整體而言，由於坡度較為平緩以及草原植群較耐踐踏之故，步道衝擊問題相對於前兩調步道顯得較輕微。

#### 四、步道衝擊調查項目之探討

由表 2 可見，研究區中樹根裸露的衝擊次數距離比高達 34.4No./km，累積總長度為 2133.2m，佔步道總長的 18.2%，在各衝擊類型中僅次於岩石裸露 (圖 6)。

臺灣位處於亞熱帶地區，山區植群生長茂密且多森林，若步道路徑通過森林地帶，容易導致植物根系因土壤流失而外露，其中又以闊葉林之植群路段較容易發生樹根裸露之現象 (表 4)。此衝擊現象在臺灣地區的各類型步道中相當常見，可做為步道衝擊的重要指標之一。

由圖 6 中可以發現，岩石裸露為所有步道當中累積長度最多的衝擊類型，其發生的次數

表 4. 研究區步道不同植群類型與衝擊類型之路段調查統計

衝擊類型	闊葉林 (9.39km)		闊葉灌木 (0.24km)		草原 (0.74km)		草原灌木 (0.59km)		灌木 (0.74km)	
	累積長度 (m)	百分比 (%)	累積長度 (m)	百分比 (%)	累積長度 (m)	百分比 (%)	累積長度 (m)	百分比 (%)	累積長度 (m)	百分比 (%)
樹根裸露	1281.7	13.6	24.8	10.3	0	0.0	4.0	0.7	83.4	11.3
岩石裸露	1543.7	16.4	24.6	10.3	8.7	1.2	38.7	6.6	153.2	20.7
步道分生	262.0	2.8	17.6	7.3	0	0.0	8.9	1.5	39.4	5.3
路面泥濘	108.0	1.2	0	0.0	5.4	0.7	4.4	0.7	15.8	2.1
路面逕流	275.5	2.9	0	0.0	0	0.0	4.1	0.7	11.1	1.5
步道寬度 > 200cm	665.9	7.1	8.4	3.5	5.4	0.7	0	0.0	6.4	0.9
凹陷深度 > 30cm	206.5	2.2	12.0	5.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
總計	4343.3	46.3	87.4	36.4	19.5	2.6	60.1	10.2	309.3	41.8

距離比高達 60.4No./km，累積長度 4820.4m，佔所有步道總長度的 41.2% (表 2)。Bryan (1977) 與 Garland et al. (1985) 都認為岩石裸露出現代表著步道表面土壤的流失，因此將岩石裸露視為步道衝擊的指標，主要因其研究區步道所在大都為土壤化育良好之區域之故。然而，研究區所出現之岩石裸露現象並非全因步道表面土壤沖蝕所致，部份是因步道本身通過母岩、礫石崩積帶與溪流河床等地區的結果。由表 4 可知，岩石裸露情形在灌木植群路段中出現次數最多，而灌木植群路段多半位於生長環境較嚴苛之迎風坡或山頭，土壤化育情形也較為不良。臺灣地區由於自然環境的影響，山區步道極易出現岩石裸露的現象。因此，岩石裸露雖仍可用於臺灣做為山區步道之衝擊評估指標，但在現地衝擊調查時，只有因土壤沖蝕所導致的岩石裸露才應列為步道的衝擊路段。

步道分生衝擊路段的累積長度僅 327.9m，佔步道總長度的 2.8%(表 2)。步道分生路段的出現大都是因該路段行走不便，登山健行者因而從旁另闢新徑，以便繞過難行之路段。由於灌木生長密集而不利通行，因此在闊葉灌木與灌木路段中步道分生出現頻率最高。草原植群路段由於路面平緩開闊，分散了

遊客的踩踏衝擊，因而沒有步道分生的問題出現 (表 4)。此外，發生步道分生的路段多半不長，但只要一有步道分生的出現，就會在步道兩側形成平行小徑，擴大步道對自然環境的干擾範圍。從發生次數來看，步道分生路段出現達 59 次，而次數距離比達 5.0No./km，僅次於岩石裸露和樹根裸露，在研究區內為重要的步道衝擊問題。因此就步道分生的衝擊而言，其發生的次數相對於長度可能是更重要的指標。

研究區中路面泥濘的衝擊路段發生的情形最少(圖 6)，總長度僅 134.2m，佔所有步道總長的 1.1%(表 2)。路面泥濘多半易出現於坡度平緩之排水不良路段 (表 3)，會加速與加劇步道表層土壤的流失，且影響步道行走之功能，為衝擊調查中相當重要之項目。路面逕流在研究區內的衝擊情形也較少，總長度僅 290.7m。

路面逕流較容易因步道穿越山澗溪流，抑或步道邊坡因地下水層出露滲出流水而出現。若步道常年有路面逕流，會加速土壤流失的速度，且登山者行走其路段時，也會導致原野地水體的破壞。路面泥濘和路面逕流在臺灣的山區步道中都頗為常見，應該也是步道調查的重要指標。

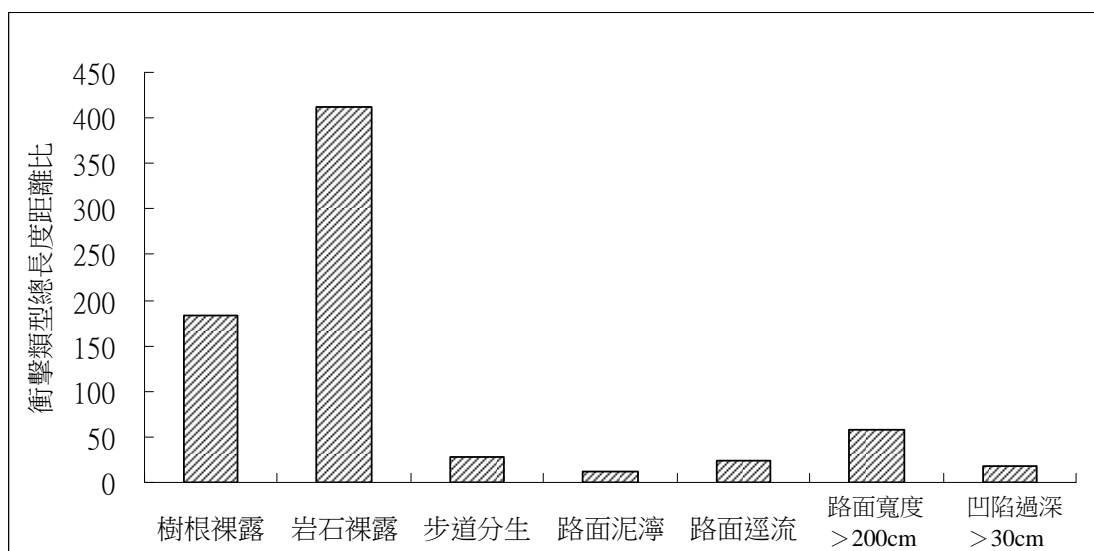


圖 6. 研究區各衝擊類型路段總長度距離比直條圖

步道寬度部分，路面寬度大於 200cm 以上之路段，累積長度 686.1m，佔研究區步道總長的 5.9%，為七項衝擊類型當中第三高者(表 2)，這間接反應出步道使用量過高所導致人為干擾的結果。遊憩使用量對步道寬度有顯著的影響性 (Hammit & Cole, 1998; Dixon et al., 2004)，而本研究調查結果也反應出，坡度平緩且兩旁植群易於通行之步道路段，由於空間較寬廣，可同時容納較大之遊憩使用量，進而導致容易發生步道過寬的情形。雖然步道寬度的增加可容納較多的遊憩使用，但同時也會擴大對原野地的干擾範圍，這也應列為步道調查的重要指標之一。

研究區中步道凹陷深度大於 30cm 之路段累積長度 218.5m，佔研究區步道總長的 1.9%。步道路面的凹陷代表著土壤的流失，故凹陷過深衝擊情形僅出現在土壤化育較佳之闊葉林與闊葉灌木混和植群中，並且又以坡度較為陡峭之闊葉灌木混和植群路段發生頻率最大。步道土壤的流失一旦發生，勢必會維持一段時日，縱使停止遊憩使用也無法恢復，向來是步道衝擊研究或戶外遊憩區經理所重視之衝擊項目 (Hammit & Cole, 1987; 劉儒淵, 1995)。

臺灣地區步道衝擊研究多數偏重在步道沿線植群與土壤性質之衝擊，而較少針對多項步道衝擊類型進行調查。本研究透過七項步道衝擊類型進行評估調查，研究結果顯示，除岩石裸露應檢視是否因土壤沖蝕所導致之外，其餘六項衝擊調查項目，均可做為臺灣地區日後步道衝擊之調查項目與指標。

## 結論

本研究針對陽明山國家公園四條未鋪面步道，菜公坑溪古道、大屯溪古道、富士古道和鹿堀坪古道，進行步道衝擊評估，就擬定之調查項目進行總長 11.7km 的步道普查。研究

結果顯示，步道路徑通過之環境狀況會影響到衝擊的類型，坡度較陡步道容易出現岩石裸露、樹根裸露與凹陷過深的衝擊問題，坡度較平緩之步道則較容易出現路面泥濘、路面逕流與路面過寬的衝擊現象，而步道分生則不受坡度的影響。

就步道的植群類型而言，樹根裸露、路面逕流與路面過寬等衝擊情形較容易出現於闊葉林的路段，而步道分生與凹陷過深等衝擊問題主要出現於闊葉灌木混和植群路段。相對而言，草原植群路段的衝擊情形較輕微，這應該都是間接受到步道所在坡度的影響所致。

步道的衝擊類型以岩石裸露最頻繁，在全長 11.7km 的步道路徑中，約 41.2% 的路段出現岩石裸露的情形。然而由於臺灣地區自然環境之故，山區步道多半有岩石堆積與外露之現象，故日後之步道衝擊調查應該視研究區環境狀況而做適度的調整，只有因土壤沖蝕所導致者，才應將岩石裸露列為衝擊問題之路段。

樹根裸露為研究區次多之步道衝擊類型，其中又以通過闊葉林之路段出現較為頻繁，這在臺灣地區的步道中相當常見。雖然研究區內的步道分生、路面泥濘與路面逕流等衝擊類型的問題路段較少，然而這些衝擊類型均會加速步道狀態之劣化。

步道路面寬度的增加，將擴大干擾原野地的範圍，而路面凹陷的持續加深也代表著步道表面土壤的不斷流失，這些都可顯示出步道狀態的變化情形。因此，樹根裸露、步道分生、路面泥濘、路面逕流、路面過寬及路面凹陷等六項衝擊類型都應該適用於臺灣地區做為評估步道狀態的衝擊指標。

步道衝擊普查可瞭解步道現況，應用於步道環境之監測，以瞭解步道品質狀態的變遷情形，以採取適當的經理策略。基本上，本研究所研擬的步道衝擊項目應可適用於臺灣地區的步道調查，唯本研究僅做四條步道的調查，因此需再進一步就不同地區及不同的步道類型進行檢驗。

## 誌謝

承蒙兩位審稿者對本文提供許多寶貴的修改建議，使本文更具學術價值與可閱讀性，在此特予致謝。

## 引用文獻

- 王相華，1988。遊樂活動對天然植群之影響及其經營計畫體系，國立臺灣大學森林學研究所樹木學組碩士論文。
- 王震哲，2001。陽明山國家公園磺嘴山生態保護區植物相調查，內政部營建署陽明山國家公園管理處委託報告，共 69 頁。
- 王義仲，2003。陽明山國家公園之長期生態研究—植被變遷與演替調查，內政部營建署陽明山國家公園管理處委託報告，共 95 頁。
- 李朝盛、叢培芝，1996。陽明山國家公園遊客行為及遊憩型態發展之研究，內政部營建署陽明山國家公園管理處自行研究報告，共 34 頁。
- 林國銓、邱文良、施炳霖，1991。恆春熱帶植物園步道兩側植群及土壤的受害調查。林業試驗所研究報告季刊 6(4)：357-365。
- 林晏州，2002。陽明山國家公園生態旅遊路線與解說規劃，內政部營建署陽明山國家公園管理處委託研究報告，共 165 頁。
- 吳孟娟，2002。步道衝擊預測模式與遊憩容許量評定之研究，國立臺灣大學園藝學研究所碩士論文。
- 故鄉市場調查股份有限公司，1998。中華民國八十六年國人國內旅遊狀況調查，交通部觀光局。
- 陳昭明、蘇鴻傑、胡弘道，1989。風景區遊客容納量之調查與研究，交通部觀光局。
- 陳彥伯，1991。遊憩活動對於擎天崗低草原植被之衝擊及經營管理策略之擬定，國立臺灣大學園藝學研究所碩士論文。
- 黃英塗、劉儒淵，1989。遊樂活動對溪頭森林遊樂區環境衝擊之研究。臺大實驗林研究報告 3 (2)：33-51。
- 黃琬珺，1995。遊客對遊憩衝擊認知之研究—以臺中市中正露營區為例。私立逢甲大學土地管理研究所碩士論文。
- 陽明山國家公園管理處，2007。陽明山國家公園十二條步道路線表。網址：[http://www.ymsnp.gov.tw/web/travel2c\\_0.aspx](http://www.ymsnp.gov.tw/web/travel2c_0.aspx) (線上檢索日期:2007年9月18日。)
- 楊武承，1993。保護區遊憩衝擊與實質生態承載量之研究—以臺北市四獸山植群為例。戶外遊憩研究 5(1)：19-55。
- 劉儒淵，1989。戶外遊憩對環境之衝擊及其管理維護。戶外遊憩研究 2(1)：3-18。
- 劉儒淵，1993。踐踏對玉山步道沿線高山植群衝擊之研究。臺大實驗林研究報告 7 (3)：53-72。
- 劉儒淵，1995。塔塔加地區步道路土沖蝕及其監測之研究。臺大實驗林研究報告 9 (3)：1-19。
- 劉儒淵，1996。戶外遊憩對天然植群之衝擊。中華林學季刊 29 (2)：35-58。
- 劉儒淵，2001。奧萬大森林遊樂區步道衝擊之研究。臺大實驗林研究報告 15 (4)：249-271。
- Bryan, R. B. 1977. The influence of soil properties on degradation of mountain hiking trails at Grovelsjon, *Geografiska Annaler, Series A, Physical Geography* 59 (1-2):49-65.
- Cole, D. N. 1991. Changes on trails in the Selway-Bitterroot wilderness, Montana, 1978-1989. Research Paper INT-212. USDA Forest Service Intermountain Research Station.
- Dixon, G, M. Hawes, and G. McPherson. 2004. Monitoring and modeling walking track impacts in the Tasmanian Wilderness World Heritage Area, Australia. *Journal of Environmental Management* 71:305-320.
- Garland, G. G., C. Hudson, and J. Blackshaw. 1985. An approach to the study of path erosion in the Natal Drakensberg, a mountain wilderness area. *Environmental Conservation* 12:337-342.
- Giles, A. D. 2002. *Exploring the social, environmental and economic aspects of trail surfacing decisions*. Master thesis, Environmental Studies in Geography, University of Waterloo, Canada.

- Hall, C. and F. Kuss. 1989. Vegetation alteration along trails in Shenandoah National Park, Virginia. *Biological Conservation* 48: 211-227.
- Hammitt, W. E. and D. N. Cole. 1987. *Wildland Recreation: Ecology and Management*. John Wiley & Sons. Inc, New York.
- Hammitt, W. E. and D. N. Cole. 1998. *Wildland Recreation: Ecology and Management*, second edition. John Wiley & Sons. Inc, New York, 361pp.
- Hellmund, P. C. 1998. *Planning trails with wildlife in mind: A handbook for trail planners*. Denver: Colorado State Parks.
- Jubenville, A. 1995. Trail and site management are the key to untrammelled wilderness. *International Journal of Wilderness* 1 (2):23-25.
- Kuss, F. and C. Hall. 1991. Ground flora trampling studies: five years after closure. *Environmental Management* 15 (5):715-727.
- Leung, Y. F. and J. L. Marion. 1996. Trail degradation as influenced by environmental factors: state-of-the-knowledge review. *Journal of Soil and Water Conservation* 51 (2):130-136.
- Leung, Y. F. and J. L. Marion. 1999. The influence of sampling interval on the accuracy of trail impact assessment. *Landscape and Urban Planning* 43:167-179.
- Liddle, M. J. and P. Greig-Smith. 1975. A survey of tracks and paths in a sand dune ecosystem. *Journal of Applied Ecology* 12:893-908.
- Marion, J. L. 1994. *An assessment of trail conditions in Great Smoky Mountains National Park*, USDI National Park Service research/resources management report.
- Marion, J. L. and Y. E. Leung. 2001. Trail resource impacts and an examination of alternative assessment techniques. *Journal of Park and Recreation Administration* 19 (3):17-37.
- Nepal, S. K. 2003. Trail impact in Sagarmatha (Mt. Everest) national park, Nepal: a logistic regression analysis. *Environmental management* 32 (3):312-321.
- Roggenbuck, J. W., D. R. Williams, and A. E. Watson. 1993. Defining acceptable conditions in wilderness. *Environmental Management* 17:187-197.
- USDA. 1977. *Procedure for computing sheet and rill erosion on project area*. Technical Release No.51 (Revision 2), USDA Soil Conservation Service.