

鋪面步道衝擊及其管理有效性研究 —以陽明山國家公園為例

林秀娟* 梁宇暉** 徐勝一***

摘 要

為提供高品質遊憩機會並確保自然資源免受過度衝擊，公園管理者會將步道踏面鋪上石材、碎石與其它材料等。然而，在討論管理措施對降低步道退化的成效與比較設施對環境衝擊影響的研究是較少的。本研究的目的是在探討鋪面降低步道環境惡化的有效性，並選擇陽明山國家公園之高遊憩使用機會之步道作實證研究。本研究將探討二項課題：(1)步道鋪面成效是否符合原先建構的目的。(2)比較不同的鋪面對降低步道環境惡化的有效性。本研究提出步道鋪面有效性指數(Surfacing Effectiveness Index)作為評估步道管理有效性的方法，並探討影響鋪面有效性的相關變因，再以統計分析的方法去瞭解各影響因子間的關係。由研究結果顯示，碎石鋪面步道的鋪面有效性比石材鋪面步道高。陽明山國家公園鋪面步道的衝擊問題，主要以步道加寬與步道沖蝕最為嚴重，尤其是在石板與混凝土步道的步道沖蝕深度最為明顯。石板步道發生步道分生的問題最多，而石階步道發生樹根裸露的問題最嚴重。

關鍵字：步道、遊憩衝擊、鋪面、管理有效性、陽明山國家公園

* 國立台灣師範大學地理系 博士候選人

** 美國北卡州立大學公園遊憩與觀光管理學系 副教授

*** 國立台灣師範大學地理系 教授

壹、前言

步道被高度使用之後，會促使步道加寬，使得步道兩旁之植生受到危害日益嚴重。爲了減輕這些損害，所以有設置鋪面之作法。合宜的鋪面可以減少環境衝擊，但過度使用鋪面亦帶來負面之影響（楊秋霖，2003）。國家公園爲了維護遊憩品質，在戶外遊憩管理上多半將資源集中在需要大量經費的步道路面與其周邊設施的整修與維護（Jubenville, 1995；Dixon et al., 2004）。步道衝擊管理是避免環境資源持續惡化的重要工作，而探討鋪面步道之衝擊與其管理的有效性，將有助於公園管理者瞭解衝擊之種類，並依此尋求降低衝擊之經營管理方式，是國家公園發展生態旅遊的前置作業，也是最重要之準備工作。

步道早期是山區住民的交通路線，現在因戶外遊憩活動興起，步道成爲提供自然遊憩體驗的重要角色。在多種戶外遊憩中，步道的發展與使用，最被經營者和遊客所關注（Leung and Marion, 1996）。唯步道沿線之環境每因遊憩使用而造成各種不同型態與程度的衝擊，導致步道惡化（trail deterioration）的現象，這些現象包括：(1)生態環境之衝擊---如土壤流失、植物受害、水及垃圾的污染等之衝擊；(2)景觀之衝擊---如土石裸露及景觀破壞等，不但破壞了遊憩環境品質，也影響其遊憩體驗。因此步道沿線環境監測機制的建立與執行，已成爲各生態旅遊地在經營管理上的重要課題（劉宗勇，2003）。步道本身也是一種遊憩資源，提供遊客體驗與欣賞步道上的各種景觀資源，藉由其引導機能來規範遊客使用路線以減少環境衝擊（林晏州，2003）。因此透過步道管理的有效性評估，來保護步道遊憩資源並避免其惡化是重要的工作，而這也必需透過有效設施的提供與常態維護才能的達成（Cole, 1983；

Marion and Leung, 2004；Mende and Newsome, 2006）。

東亞與台灣地區可能因氣候與地形等因素，步道使用鋪面的狀況很普遍，而美、加、澳之步道多爲非鋪面步道。所以步道問題也有地區上的差異性與在地化的問題。幾乎所有研究都指出，管理的強度已成爲減輕步道衝擊的重要因素（Marion, 1994；Nepal and Way, 2007）。但是在相關研究中，鮮少研究在討論步道鋪面設施對降低步道退化的成效，或比較不同鋪面材料對環境衝擊的影響（Hill and Pickering, 2006）；據此，本研究將在上述兩項課題上深入探討。就理論上而言，步道永續性發展需建立在使環境衝擊最小化（Marion and Leung, 2004），而分析環境與使用因子可以提供管理者在步道設計、選線與步道維護上，有價值的資訊，並作爲有效的遊客管理策略（Nepal, 2003）；就實務上而言，設施的正確選擇可以減少經濟上的浪費（Worboys et. al., 2001），步道設計與步道踏面設施是重要的管理工具，怎樣的步道踏面設施是適當的？管理者需要進一步了解可用鋪面設施（Giles, 2002）。

因此，本研究目的是評估國家公園鋪面步道路段之遊憩衝擊問題，並以陽明山國家公園之高遊憩使用機會步道作實證研究。提出鋪面有效性指數（Surfacing Effectiveness Index）做爲評估方法，探討鋪面步道對衝擊管理的有效性差異。本研究將探討二項課題：(1)步道鋪面成效是否符合原先建構的目的。(2)比較不同的鋪面對降低步道環境惡化的有效性。「鋪面有效性」：意指鋪面設施種類能夠達成降低步道沿線環境衝擊範圍的有效結果。本研究提出步道鋪面有效性指數（Surfacing Effectiveness Index）作爲評估步道管理有效性的方法，並探討影響鋪面有效性的相關變因，再以統計分析的方法去瞭解各影響因子

間的關係及鋪面類型對降低環境衝擊的有效性之差異。

貳、文獻回顧

一、步道衝擊評估

步道之遊憩衝擊常見的有步道惡化(trail deterioration)現象，包括步道分生(multiple tread)、植群消失或組成改變(vegetation cover loss or compositional change)、土壤緊壓化(soil compaction)、步道加寬(trail widening)與步道沖蝕(trail erosion)等步道問題(Leung and Marion, 1996)。衝擊發生的型態與當地生態系有很大的關係，在較不具抵抗力的植群類型區的步道會更易退化(Liddle, 1997)。植物覆蓋度會因踐踏而降低，但有些植物對踐踏會較具抵抗力，一般而言，受踐踏後的草生植群比灌木植物覆蓋度高(Weaver and Dale, 1978)。步道在低使用量下，森林步道會比草地步道寬，但在高使用量時則相反(Dale and Weaver, 1974)。

地形對步道之上下坡的視野的影響也不同，上坡步道的視野受限，因此衝擊範圍較小。而大部份步道的側邊擴張，會發生在地面方便行走處(Bayfield, 1973)。又許多研究指出步道所在的位置對衝擊的影響往往大於使用量(Cole, 1991; Marion and Leung, 2004)。步道類型的衝擊差異明顯反應在植物受到干擾的區域面積的大小，因鋪面類型而有不同，在礫石子和硬鋪面的步道，其邊緣會明顯具有土壤裸露及外來植物種；寬礫石子步道的植物受到干擾的區域最大(Hill and Pickering, 2006)。而在中國九寨溝生物保留區對步道遊憩衝擊研究結果顯示，其石板、碎石及木構造等三種步道材質，以石板與木構造步道對防止樹根裸露最有

效(Li *et al.*, 2005)。因此，透過步道管理的有效性評估，來保護步道遊憩資源，並避免其惡化是重要的工作(Hocking *et al.*, 2000)，研究步道衝擊的二位學者Marion and Leung (2001) 由管理的角度去評估步道與露營地環境的衝擊管理，並敘述兩種步道評估的方法：

(一) 點抽樣法 (the point sampling method)：

屬於系統抽樣，能取得步道之衝擊項目平均概況，但不能知道更精確的狀況的缺點，例如：衝擊項目的位置與衝擊的序列狀態等。

(二) 問題評估法 (the problem assessment method)：

指標項目包括三類

1. 清單指標：起點、終點、使用形式、步道寬度。
2. 衝擊指標：土壤沖蝕分級、樹根裸露、步道加寬、步道分生、土壤泥濘等步道問題的問題長度。
3. 設計與維護指標：以非常有效、部分有效、無效，評估維護設施的有效性。

二、步道衝擊管理

衝擊量乃是遊憩使用量、使用型式及環境條件所組合的一個函數(劉儒淵, 1989)。使用量並非一直與衝擊相關，當使用量無法控制時，仍可改以控制其它經營管理參數以降低衝擊(Stankey, 1973)。衝擊改善可藉由增加步道抵抗力與改變使用兩項土地管理因子，以強化步道對遊憩衝擊影響之抵抗力，例如對基地進行強化(hardening)處理，設置鋪面這類的基地經營(site management)措施，以增加環境的耐久性(Jubenville and Twilight, 1993; 謝思怡, 2000)，就是方法之一。而步道表面的抵抗力的基礎在於表面粗糙度、地形或植物質地(Bayfield,

1973)。因此，步道踏面設施可視為步道的一種土地管理策略(Stankey,1973；Cole,1993；林秀娟，1996；Manning,2004)，探討步道鋪面的差異對環境土壤與植物的衝擊影響，這對負有生態環境保護責任的國家公園來說更為重要。

經營管理者為了減少衝擊的發生或者增加步道的使用承載量，會將步道表面鋪上天然或人工的材質，例如：水泥石片、石板、碎石等。但在某些環境條件下(例如：溼地與陡坡)有些步道鋪面材質是不可行的(Giles, 2002)。步道表面的特徵會影響使用者分布與衝擊的範圍，潮溼的步道會讓使用者繞開而更加寬步道衝擊的範圍(Bayfield, 1973)。步道表面材質是很重要的，其材質要能夠讓表面的逕流適當的排出，如此則可減少沖蝕的增加(Cole,1993)。土壤與表面特性會影響表面排水，因此維持步道表面良好的排水，就能使較多的人留在原步道上。步道衝擊的研究也指出有許多因素對環境衝擊的影響比遊客量因素大，例如：步道坡度、步道坡向夾角、步道構造、步道維護(Cole, 1987；Leung and Marion, 1996)。其中步道的構造包含步道鋪面的材料，步道鋪面材料可以分為兩類：(一)土路(bare earth)。(二)石強化踏面，其是由外來材料所建造，包括級配、瀝青、石材、木材及混凝土等，石強化踏面又包括石板鋪路與石塊鋪路。(歐風烈，2007a，2007b)。

當然，步道鋪面型式之選擇也應考量其所需承受之遊客量，以決定其鋪面之強度，避免因遊客踐踏而使表土裸露(劉儒淵等，2004)。其它研究步道表面設施物的影響，主要建立在地表坡度與排水，因此步道類型會強烈影響步道沖蝕深度(Grab and Kalibbala, 2008)；此外，遊客量與導流棒也是影響步道寬度的主因(Dixon *et al.*,2004)。由文獻回顧可知，部分研究指出衝

擊改善是可以藉由步道踏面設施，來強化步道對遊憩衝擊影響之抵抗力，但是針對鋪面步道類型的衝擊研究與管理評估是較少的。

參、研究方法

本研究有兩部分，第一部分為評估「步道衝擊問題」，第二部分為評估「步道鋪面管理之成效」。第一部分：採用「步道衝擊問題評估法」(Leung and Marion,1999a；Li *et al.*, 2005)，以衝擊問題發生的範圍(extent)與頻率(frequency)作為評估影響因子，以問題評估指數(Li *et al.*, 2005)，可描述出資源狀況與步道衝擊問題，評估步道衝擊問題的狀況。第二部分：因為前述「步道衝擊問題評估」可以得到鋪面步道衝擊問題，但是缺乏評估「鋪面管理步道在降低步道環境衝擊範圍的有效程度」，因此本研究提出「鋪面有效性指數」(Surfacing Effectiveness Index, SEI)，以未受控制與已受控制的衝擊範圍之比率，評估鋪面設施對降低步道沿線環境衝擊範圍的有效程度。以下就調查方法與評估指數作說明。

一、調查區與調查法

(一) 調查區與鋪面步道類型

本研究的調查地區為陽明山國家公園，選擇該區的原因為陽明山國家公園是台灣最接近都會區的一個國家公園，受地利之便而成為國人利用度最高的國家公園，亦為國內外觀光旅遊之重要景點。園內步道健行活動盛行，因為高遊憩需求而使得各步道出現不同的衝擊問題，步道的退化會使上述的價值也會受影響，因此選擇陽明山國家公園為本研究的調查樣區。目前美國林務署依遊憩使用頻繁程度而重

點監測其環境衝突變化的情況，如步道及其出入口（Leung and Marron, 1999a, 1999b；劉吉川，2006），鑑於出入口步道段之衝擊較被經營者所重視，因此也採取較多的鋪面管理方式。本研究即以主要入口區段的步道衝擊作為研究範圍，進行衝擊調查與研究。以陽明山國家公園管理處規劃之12條遊憩步道，選擇具有停車場及公車站，且交通方便之8條步道，分別為擎天崗的竹篙山步道、頂山線步道、金包里步道，七星山的七星公園步道、七星主峰步道，大屯山的大屯主峰步道、大屯西峰步道及中正山的中正山步道。根據調查，抽樣步道段落之步道鋪面類型共有六種，分別為：石板、碎石、石階、木框碎石、木框碎石階及混凝土。

（二）步道調查時間與方法

於2008年4月進行步道調查，在上述8條步道中，採用「分段取樣法」（Leung and Marion, 2000）。步道監測與調查技術的研究抽樣間格約為50~500m（Cole, 1983；Leung and Marion, 2000）。Hawes *et al.* (2006)的研究指出在95%±10%信賴水準內，建議步道長度在2km以下採20m抽樣間隔。參考以上研究及考量陽明山國家公園步道地形特色，本研究採用距離間隔抽樣法(Distance-based sampling)，以20m為間隔抽樣，以獲得較精細的樣點資料。在有限的人力物力及精準度的考量下，決定每條步道入口開始分段的長度為2km，8條步道共計調查16km長的步道。

因為本研究對象是鋪面步道與國外常見的無鋪面步道不同，所以在某些調查項目上會有些許差異。因此參考步道衝擊問題評估法的調查項目（Leung and Marion, 1999a；Li *et al.*, 2005），依實際需求作部份修改後，擬定步道衝擊參數的因子及定義，如表1所示。依此建立

步道調查表，進行實地調查測量與記錄，並以相片拍攝作為現地的觀察。而表1當中的遊客量調查，為各步道之遊客量，採取計算步道入口之人次數而另外調查，因為步道的遊憩壓力主要集中在假日遊客大量湧入所產生的破壞，因此遊客量調查選擇假日的遊客使用量，以週六與週日各一日，總共2日，考量各步道相對的遊客分佈，同時由8位工作人員在8條抽樣步道入口處，從上午9點到下午5點記錄步道遊客人次，最後計算出平均每小時遊客人次。資料分析是運用套裝統計軟體SPSS for Windows 13.0來進行統計分析。

表1 步道衝擊參數之因子及定義

指 標		定 義	單位	方法*
衝 擊 項 目	土壤裸露寬度 (步道加寬)	量取步道左右兩旁土壤裸露之寬度然後相加	cm	Fm
	土壤沖蝕深度	量取步道兩旁土壤沖蝕深度最深處與步道鋪面底部之間的高度差，記錄沖蝕最深處之深度	cm	Fm/ Fo
	步道分生	步道旁是否有分生步道出現	是/否	Fo
	樹根裸露	計算樣點區間在步道、步道旁之樹根裸露次數	次	Fo
	土壤泥濘	步道或步道旁土壤泥濘或積水	是/否	Fo
	環境植群	將環境植群分為 樹林 或 草地	是/否	Fo
環 境 及 使 用 狀 態	坡度	以傾斜儀測量鋪面步道之坡度	度	Fm
	坡向夾角	計算步道軸線與步道坡向之夾角角度，角度範圍0~90度	度	Fm
	腹地寬度 (最大腹地寬)	步道垂直剖面空間中，左右水平地面線能提供步行活動之最大寬度，以測量人	cm	Fm

項目			員在現場模擬使用者能活動到達的最大寬度測量之		
	眺望視野		記錄該樣點是否具有遠眺之眺望視野	是/否	Fo
	管理設計	鋪面寬度	步道鋪面的寬度	cm	Fm
		鋪面材質	記錄步道鋪面之材質	是/否	Fo
		其它步道服務設施	座椅及解說牌設施是否有土壤裸露	是/否	Fo
		遊客量	調查假日遊客量，計算步道入口，每小時平均通過的遊客人次數	人次/時	Fm
		遊客行為	捷徑(遊客不在步道上的行為)	是/否	Fo

註：*Fm-field measurement 田野測量； Fo-field observation 田野觀察

二、步道衝擊問題評估

首先界定衝擊事件指標 (Impact indicators)，本研究以5種衝擊指標進行評估。步道加寬、步道分生、樹根裸露、步道沖蝕及土壤泥濘。採用「問題評估指數」(Li et al., 2005)，以衝擊事件發生的範圍(extent)與頻率(frequency)作為評估影響因子。

(一) 步道加寬 (trail widening) 問題評估

指標問題頻率指標Ftw = 問題次數/步道長度
問題長度指標Ltw = 問題長度/步道長度

(二) 步道分生 (multiple treads) 問題評估

指標問題頻率指標Fmt = 問題次數/步道長度
問題長度指標Lmt = 問題長度/步道長度

(三) 樹根裸露 (root exposure) 問題評估

指標樹根裸露頻率指標Fre = 問題次數/步道長度

(四) 步道沖蝕 (trail erosion) 問題評估

指標問題頻率指標Fte = 問題次數/步道長度
問題長度指標Lte = 問題長度/步道長度

(五) 土壤泥濘 (wet soil) 問題評估指標

問題頻率指標Fws = 問題次數/步道長度

問題長度指標Lws = 問題長度/步道長度

(六) 當我們評估不同問題在不同步道，綜合性評估式如下：

整體問題頻率 = Ftw + Fmt + Fre + Fte + Fws

整體問題長度 = Ltw + Lmt + Lte + Lws

三、步道鋪面有效性指數

土壤及步道沿線的植群條件，最直接反應出步道衝擊的「範圍」與「長度」，而土壤裸露寬度可以反應的步道問題包括步道加寬、步道分生寬、土壤沖蝕寬、樹根裸露寬及土壤泥濘等之衝擊範圍；一般研究多以土壤裸露寬度當作衝擊可接受程度與管理上的指標(Hall and Kuss, 1989；Liddle, 1997；Cole, 2004；Li et al., 2005)，但是本研究認為單純以土壤裸露寬度作為指標，無法將步道管理因素(例如步道鋪面寬度)的影響納入評估。因此，如何使用指數來反應鋪面管理的成效，而且使這個指數也能綜合反應步道設計寬度及步道衝擊問題的範圍。

為了上述目的，本研究提出「鋪面有效性指數」這一個新指數的運用，來直接反應出鋪面設施對改善步道環境衝擊範圍的有效程度。思考“有效性”的定義，有效性可定義為使資源產生更多更好成果的方法(Drucker, 1972)，由於相關文獻尚未有對步道鋪面有效性之研究與定義，因此本研究將「鋪面有效性」定義為「步道管理上用不同的鋪面或表面設施物，將人為活動衝擊控制在能承受的鋪面範圍內，步道鋪面達到對衝擊量的控制成效，即為鋪面的有效性」。從供給與需求為觀點，步道設施的遊憩服務供給面為鋪面步道之寬度範圍，而遊客活動需求面為實際遊客活動範圍，包括鋪面範圍與步道兩旁土壤裸露寬度範圍。因此，步道鋪

面管理之成效，端視「管理供給」與「遊客需求」之間是否達到供需平衡。當步道確實發揮引導遊客活動之目的，使得遊客活動對步道沿線土壤與植物影響範圍愈小，則愈符合管理的目的。換句話說，沒有衝擊量發生即是有效性達到100%。

鋪面步道設施為改善步道環境衝擊的一種管理策略，本研究建立之「鋪面有效性指數」分為寬度有效性指數 $SEI(w)$ 與長度有效性指數 $SEI(L)$ ，寬度有效性指數 $SEI(w)$ 是顯示步道寬度上，該鋪面在管理衝擊範圍的有效程度，以已受控制與未受控制的衝擊「寬度範圍」之比率，來反應鋪面管理的成效。已受控制的衝擊範圍，即鋪面寬度範圍，代表管理單位預期遊客活動合理範圍，而未受控制的衝擊範圍為鋪面寬度加上土壤裸露寬度，即實際步道使用衝擊的範圍。長度 $SEI(L)$ 則是顯示步道長度上無衝擊發生的步道長度百分率，本文以 $SEI(w) = 100\%$ 時來計算其 $SEI(L)$ 。

綜合上述，以步道發生衝擊的寬度(如圖1所示)及長度(如圖2所示)。寬度方面主要是檢視步道衝擊問題在步道垂直剖面地理空間之範圍，遊客所踐踏的範圍超出鋪面的狀況。長度方面主要是檢視步道衝擊分布的長度。所建立的鋪面有效性指數(Surfacing Effectiveness Index)簡稱SEI，如下式(1)及(2)所示。

鋪面寬度有效性指數：

$$SEI(w) = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{W_{s_i}}{W_{s_i} + W_{t_i}} \right) 100\% \quad (1)$$

$SEI(w)$ ：鋪面寬度有效性指數； $SEI(w)$ ：0~100%
 W_s ：鋪面寬度
 W_t ：土壤裸露寬度
 $i=1,2,...,n$ 樣點

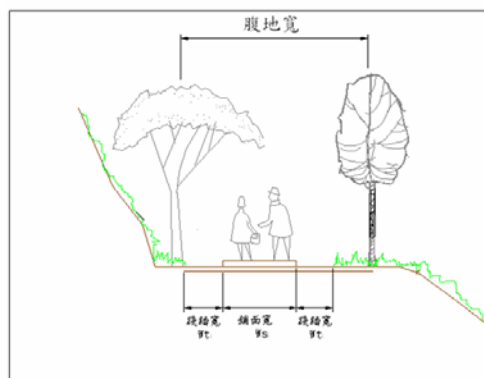


圖 1 步道衝擊的寬度範圍示意圖

鋪面長度有效性指數：

$$SEI(L) = \left(\frac{\sum_{i=1}^n \frac{L_i - Ltw_i}{LT}}{1} \right) 100\% \quad (2)$$

$SEI(L)$ ：鋪面長度有效性指數； $SEI(L)$ ：0~100%

Ltw ：受衝擊步道長度

L ：抽樣間隔步道長度

LT ：該抽樣鋪面步道總長度

$i=1,2,...,n$ 樣點

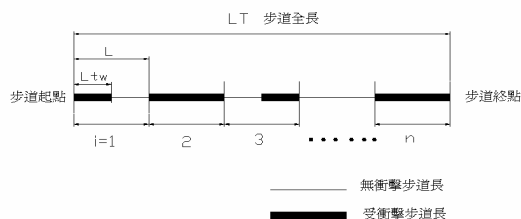


圖 2 步道衝擊的長度範圍示意圖

肆、結果與討

分析結果有兩個部份。第一部份是陽明山國家公園抽樣步道之衝擊評估，就陽明山步道有出現的衝擊項目，以步道加寬、步道分生、樹根裸露、步道沖蝕及土壤泥濘為指標，評估步道現況問題。第二部份是以第一部份的評估結果為基礎，進一步作鋪面有效性的比較，提

出「鋪面管理有效性指數」(SEI)，以檢驗(1)步道鋪面在減輕遊憩衝擊之管理成效。(2)比較鋪面步道類型有效性差異。

一、步道衝擊現況

由表2 結果顯示，步道加寬為每條步道普遍皆有之衝擊問題，步道分生的狀況則在擎天崗山系的步道較為明顯。以下就衝擊事件發生的範圍與頻率，來分析陽明山國家公園遊憩使用鋪面步道之衝擊現況。在衝擊問題發生長度的大小排序上，依序為步道加寬(3.81)、步道沖蝕(2.68)、步道分生(1.69)、土壤泥濘為(0.33)，這樣的結果已指出步道加寬(3.81)問題為最主要的衝擊事件。步道加寬最顯著的為擎

天崗與七星山步道。

擎天崗內之三條步道Ftw 為0.7、0.10、0.85，Fmt 為0.6、0.3、0.10；七星山的二條步道Ltw 為0.85、0.30 而Lmt 為0.13、0.05。同山系內，步道之間的衝擊數值差異較大，顯示出步道衝擊問題的集中化狀況。例如：竹篙山步道Ltw 值為0.70，表示在步道長度上70%有加寬的問題；七星公園步道Ltw 值更高達0.85，而步道Ltw 值範圍從0.10 到0.85，這顯示各步道雖然都有具可及性的基本條件，但步道衝擊程度的差異很大。

從前述評估結果得知，主要的步道衝擊問題之前三項為步道加寬、步道沖蝕及步道分生，而比較石材類(包括石板、石階與混凝土)

表2 步道衝擊問題評估表

		步道加寬 (tw)		步道分生 (mt)		樹根裸露 (re)	步道沖蝕 (te)		土壤泥濘 (ws)	
		Ftw (times/ 100m)	Ltw	Fmt (times/ 100m)	Lmt	Fre (times/ 100m)	Fte (times/ 100m)	Lte	Fws (times/ 100m)	Lws
擎天崗	竹篙山步道	0.7	0.70	0.6	0.39	—	0.15	0.27	0.05	0.02
	頂山線步道	0.1	0.42	0.3	0.58	—	0.45	0.34	0.3	0.16
	金包里步道	0.85	0.66	0.1	0.02	0.45	0.75	0.41	—	—
大屯山	大屯二子坪步道	0.1	0.11	0.1	0.02	—	0.2	0.10	—	—
	大屯西峰步道	0.15	0.10	0.4	0.36	0.3	0.55	0.14	0.05	0.09
七星山	七星公園步道	0.55	0.85	0.35	0.13	0.25	0.4	0.62	0.15	0.02
	七星主峰步道	0.4	0.30	0.25	0.05	—	0.15	0.33	0.15	0.03
中正山	中正山步道	0.65	0.67	0.55	0.14	0.55	0.4	0.47	0.05	0.01
整體問題長度= 8.51 Ltw+Lmt+Lte+Lws			3.81		1.69			2.68		0.33
整體問題頻率= 11.5 Ftw+Fmt+Fre+Fte+Fws		3.5		2.65		1.55	3.05		0.75	

註：

- 1.Ftw (步道加寬問題頻率指標)=問題次數/步道長度；Ltw (步道加寬問題長度指標指標)=問題長度/步道長度。
- 2.Fmt (步道分生問題頻率指標)=問題次數/步道長度；Lmt(步道分生問題長度指標指標)=問題長度/步道長度。
- 3.Fre(樹根裸露頻率指標)=問題次數/步道長度；Fte(步道沖蝕問題頻率指標)= 問題次數/步道長度。
- 4.Lte(步道沖蝕問題長度指標)=問題長度/步道長度。
- 5.Fws(土壤泥濘問題頻率指標)= 問題次數/步道長度；Lws(問題長度指標)=問題長度/步道長度。

與碎石類(碎石與木框碎石)鋪面步道在此三項衝擊問題的程度差異，由表3的結果可以得知不同的材質的衝擊問題，石材類之步道加寬 $L_{tw}=1.88$ ($0.63+0.29+0.96$)大於碎石步道加寬 $L_{tw}=1.85$ ($0.78+0.10+0.97$)；石材步道分生 $L_{mt}=0.53$ ($0.34+0+0.19$) 大於碎石步道分生

$L_{mt}=0.50$ ($0.48+0.02$)；石材步道沖蝕 $L_{te}=0.85$ ($0.32+0.29+0.24$) 大於碎石步道 $L_{te}=0.20$ ($0.11+0.06+0.03$)，由以上結果顯示石材鋪面步道發生步道分生與步道沖蝕的衝擊機率較大。

表3 步道鋪面衝擊評估表

步道		竹篙山步道		大屯主峰步道		七星公園步道	
步道材質		石材類	碎石類	石材類	碎石類	石材類	碎石類
抽樣鋪面步道總長度(cm)		1460	540	340	1660	1360	640
鋪面寬度(cm)		124	387	119	374	158	165
步道加寬 (tw)	Ltw	0.63	0.78	0.29	0.10	0.96	0.97
	Length(cm)	920	420	100	160	1700	620
步道分生 (mt)	Lmt	0.34	0.48	—	0.02	0.19	—
	Length(cm)	500	260	—	40	260	—
步道沖蝕 (te)	Lte	0.32	0.11	0.29	0.06	0.24	0.03
	Length(cm)	460	60	100	100	420	20

二、步道鋪面管理之有效性

本研究提出以鋪面有效性指數(SEI)反應出，步道「鋪面有效性」的意義是指能將使用者(遊客)留在步道使用(鋪面)的範圍內，鋪面步道整體上達到降低步道環境衝擊的成效，以達到遊憩衝擊範圍最小化，降低衝擊的有效結果程度。以下就步道之鋪面有效性與衝擊問題作分析比較。

(一) 鋪面步道條件

由表4 步道鋪面環境條件，可以看出不同鋪面所在的環境條件有差異。依據調查樣本資料顯示，共有六種材質步道類別。六種材質步道所在的植群分布，在樹林環境下有六種材質種類；而在草地環境下則缺少木框碎石及木框碎石階兩種材質，有四種鋪面種類，這四種鋪面種類在草地與樹林環境的比例不會有懸殊的

表4 鋪面步道之環境狀況

平均 材質	樣點數	草地 (%)	樹林 (%)	坡度 (度)	腹地寬度 (cm)	鋪面寬度 (cm)	坡向夾角 (度)	遊客量 人次/小時
1.石板	348	46	54	18(15)	268(128)	108(24)	35(36)	170(62)
2.碎石	110	35	65	5(5)	579(277)	377(83)	69(36)	202(33)
3.石階	280	42	58	24(12)	215(97)	113(28)	11(19)	106(59)
4.木框碎石	32	0	100	8(7)	342(105)	141(25)	30(31)	110(0)
5.木框碎石	4	0	100	53(8)	121(20)	98(0)	5(0)	220(0)
6.混凝土	26	65	35	22(9)	356(250)	193(105)	42(34)	157(81)

註：()內為標準差

差異。坡度平坦的鋪面步道種類有石板、碎石、木框碎石及混凝土鋪面步道等；位在坡度較陡的鋪面步道種類有石板、石階、木框碎石階及混凝土鋪面步道。石板、石階、混凝土步道的坡度變化大，所以標準差較大。步道兩側的腹地寬度以石階與木框碎石階步道最小。鋪面寬度差異最大的則是混凝土鋪面，碎石鋪面次之，其他寬度差異較小。在坡向夾角方面，除木框碎石階樣點少而無差異外，其餘坡向夾角呈現差異度大。遊客使用量較多之鋪面類別有碎石與木框碎石階，而石階遊客使用人次數最少。

(二) 鋪面衝擊管理成效評估

如表5 顯示步道衝擊狀況，步道旁土壤裸露的寬度以木框碎石120cm 最大，石階53.3cm 最小，而土壤沖蝕深度以混凝土與石階步道最大。木框碎石階、混凝土及石階步道等之土壤沖蝕深度明顯。在衝擊寬度的影響範圍之有效性結果，高低順序為碎石(92%)、石階(76%)、混凝土(74%)、石板步道(71%)、木框碎石階(62%)及木框碎石(58%)。石階步道之鋪面有效性 $SEI(w) = 76\%$ ，比石板步道之鋪面有效性 $SEI(w) = 71\%$ 來得好。木框碎石階之有效性結果為62%。木框碎石階步道雖然受限於現實樣點數不多($n=4$)的問題，但是以個案分析的角度來看，這些新材質所提供的資料仍可反應出實際材料或設計問題，仍有部分的參考價值。整體而言，鋪面管底的有效性可如圖3 顯示，鋪面在降低衝擊範圍 $SEI(w)$ 的有效結果約在70%上下（即踐踏步道周邊區域約30%上下），而在長度比率上各鋪面類型的差異更大。此結果與 Bayfield(1973)研究遊客行走的路徑範圍的結論

相似，發現遊客會走出原步道，而踐踏周邊區域約30%。而從 $SEI(L)$ 可看出步道長度上面鋪面管理較有效的是碎石步道與石階步道，最不理想的是木框碎石步道。

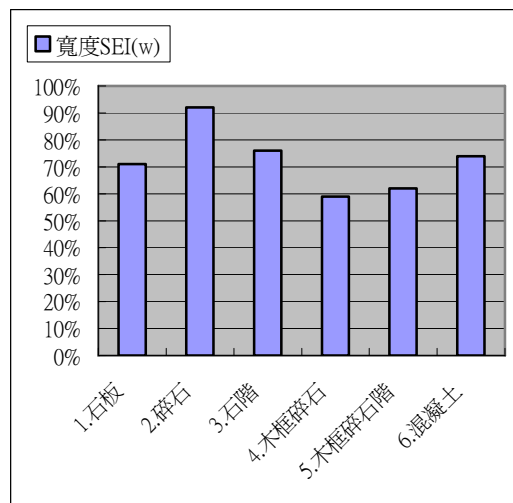
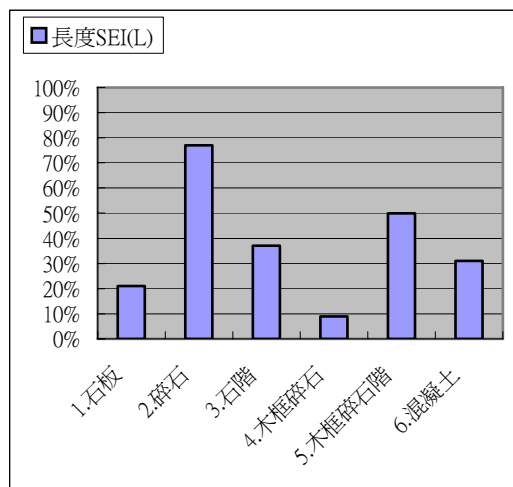


圖3 步道材質與鋪面有效性指數

表5 鋪面步道之衝擊指標狀況

材質	平均值	樣點數	土壤沖蝕深度 (cm)	土壤裸露寬 (cm)	鋪面有效性指數 SEI	
					SEI(L)	SEI(w)
1.石板	348		11.7(10)	61.9(65)	21%	71% (20)
2.碎石	110		2.8(11)	54.9(93)	77%	92% (16)
3.石階	280		14.5(10)	53.3(62)	37%	76% (21)
4.木框碎石	32		5.8(4)	120(83)	9%	58% (15)
5.木框碎石階	4		21.8(11)	75(86)	50%	62% (35)
6.混凝土	26		13(10)	68.7(59)	31%	74% (21)

註：()內為標準差

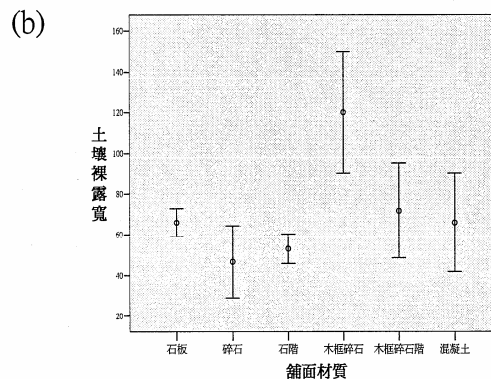
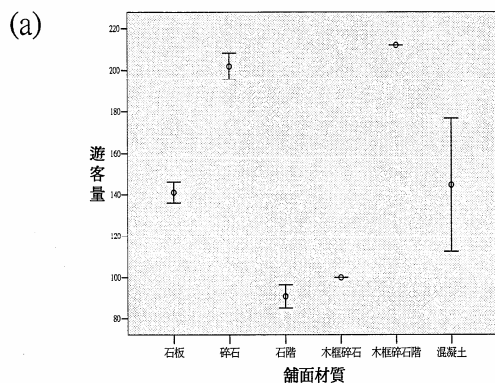
三、鋪面有效性差異分析

寬度鋪面有效性指數 $SEI(w)$ ，代表該步道點之鋪面管理有效性，因此，以下本研究之後所稱之鋪面有效性指數(SEI)，指的是寬度鋪面有效性指數 $SEI(w)$ 。下面就不同材質鋪面之步道衝擊問題及步道管理因子影響分析如下。

(一) 不同材質鋪面之步道衝擊問題

不論是遊客行為或遊客量增加促使步道使用範圍加寬，各鋪面步道類別之遊客量差異如圖4(a)所示，遊客使用量較多之鋪面類別為碎石與木框碎石階，石階遊客使用人次數最少。但是步道的土壤裸露寬（踐踏寬）問題，結果如圖4(b)所示，顯示土壤裸露最嚴重的是木框碎石

鋪面步道，而碎石(54.9cm)、石板(61.9cm)、石階(53.3cm)踐踏量最少，實地觀察的結果是木框碎石步道段平坦，但鋪面踏面的碎石量有減少及部份有積水的現象，增加遊客踐踏步道兩旁的機會。圖4(c)顯示步道分生多以石板步道與混凝土鋪面步道出現較多；石板產生步道分生多於石階步道。圖4(d)顯示，步道沖蝕最嚴重的是石階步道與木框碎石階步道，而石板步道沖蝕多於碎石、木框碎石階，顯示硬鋪面會比碎石產生更多沖蝕；圖4(e)顯示，石階鋪面最多樹根裸露。圖4(f)顯示，鋪面有效性高低順序為碎石、石階、混凝土、石板、木框碎石階及木框碎石。各圖Y軸為95%平均數的信賴區間。



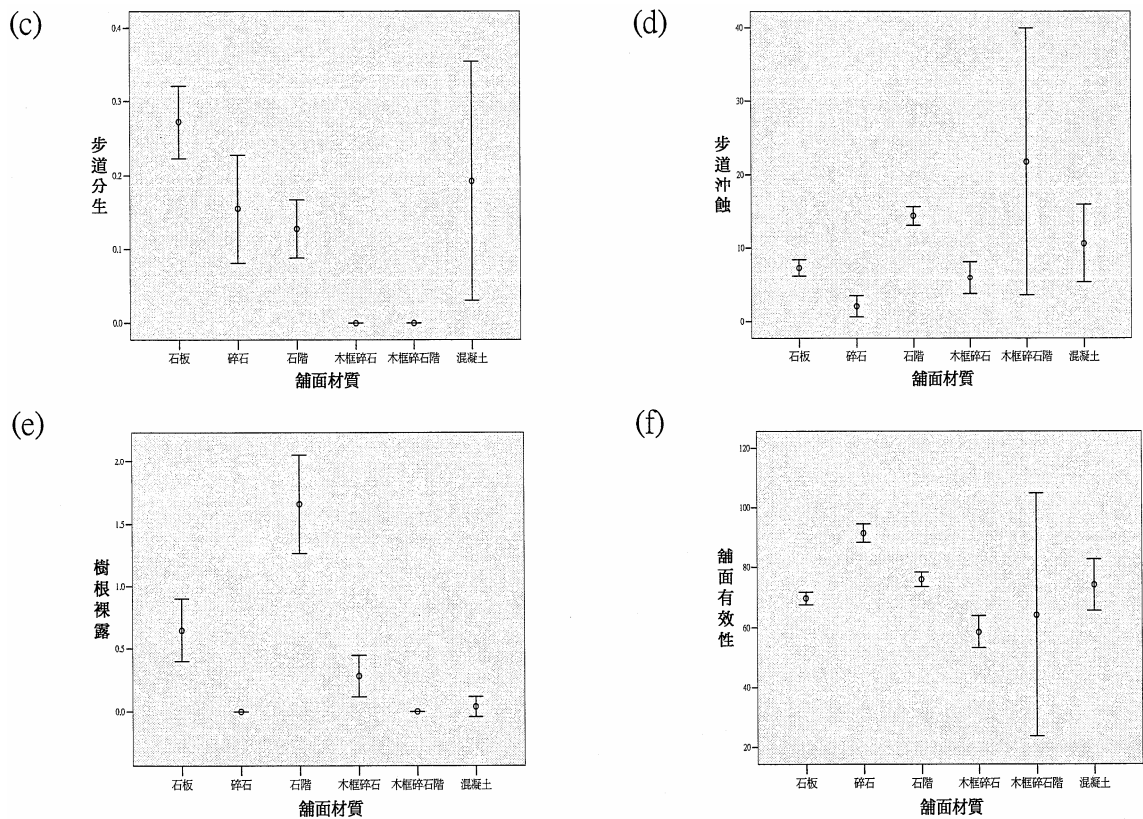


圖4 步道鋪面材質與衝擊效應關係圖

(二) 不同材質鋪面之步道衝擊管理

針對步道加寬、步道分生、土壤沖蝕、樹根裸露等步道問題的衝擊範圍與長度，本研究提出鋪面有效性指數(SEI)計算出步道鋪面在減低環境衝擊範圍的管理成效，竹篙山步道、大屯山主峰步道與七星公園步道皆具有碎石類與石材類之鋪面，如表6 結果所示，竹篙山步道碎石類鋪面的 $SEI(w)=71\%$ ，石材類鋪面的 $SEI(w)=64\%$ ，在衝擊寬度範圍的管理上，碎石類的管理有效性較好，而在大屯山主峰步道與七星公園步道也是。在步道長度的有效性上，以大屯山主峰步道的碎石步道的 $SEI(L)=73\%$ 最好，而七星公園步道石材類鋪面的 $SEI(L)=3\%$ 最差。

四、步道管理因子對衝擊指標影響

步道的衝擊指標有步道土壤裸露寬度、土壤沖蝕深度、遊客量與鋪面有效性，步道的類別因子對步道的衝擊指標之變異數分析，結果如表7 所示，鋪面材質與四項衝擊指標皆有顯著影響。植群因素僅對鋪面有效性有影響。「眺望視野」因子對遊客量與鋪面有效性有影響。「捷徑」因子對步道土壤裸露寬與鋪面有效性有影響。「座椅」與「解說牌」因子，皆與步道旁的土壤裸露寬度有顯著影響。步道分生問題在植群差異上，由表8 結果顯示，草地環境發生步道分生的比例大於樹林環境，而以石板步道發生的機會最大。

伍、結論與建議

本研究僅針對自然環境的衝擊影響，其它經濟的或社會的影響不在此討論。

本研究以「步道衝擊問題評估」瞭解各鋪

面類型所出現的步道衝擊問題與程度，並針對鋪面管理能達到降低衝擊範圍的有效程度，提出「鋪面有效性指數」，透過陽明山國家公園鋪面步道實證案例，來瞭解(1)鋪面步道的衝擊問題。(2)鋪面步道在降低環境衝擊範圍的效能。

表6 鋪面管理有效性

步道		竹篙山步道		大屯山主峰步道		七星公園步道	
步道材質		石材類	碎石類	石材類	碎石類	石材類	碎石類
該抽樣鋪面步道總長度(cm)		1460	540	340	1660	1360	640
平均鋪面寬度(cm)		124	387	119	374	158	141
鋪面寬度標準差		14.2	76.3	7.3	85.1	5.6	25.1
平均土壤裸露寬度(cm)		69	165	10	8	127	120
土壤裸露寬度標準差		34.2	130.2	8.1	11.2	78.3	83
無衝擊步道長度(L-Ltw)		500	120	160	1220	40	60
SEI	寬度 SEI(w)%	64%	71%	92%	98%	45%	58%
	SEI(w) 標準差	23	21	7	3	16	15
	長度 SEI(L)%	34%	22%	47%	73%	3%	9%

表7 步道環境管理變項與步道衝擊指標之變異數分析

衝擊指標 變項	步道土壤裸露寬			步道沖蝕深度			鋪面有效性(SEI)		
	d.f.	F	P	d.f.	F	P	d.f.	F	P
鋪面材質	5	6.37	.000*	5	26.88	.000*	5	23.78	.000*
植群	1	1.65	.199	1	.086	.769	1	7.70	.006*
眺望視野	1	1.80	.179	1	.01	.925	1	16.77	.000*
捷徑	1	4.18	.041*	1	.017	.897	1	13.93	.000*
座椅	3	3.21	.022*	3	.213	.888	3	1.811	.144
解說牌	1	4.18	.041*	1	.017	.897	1	5.98	.015*

註：「*」表 P<0.05

表8 植群發生步道分生之比例

鋪面材質	石板		碎石		石階		木框碎石		木框碎石階		混凝土	
植群	草地	樹林	草地	樹林	草地	樹林	草地	樹林	草地	樹林	草地	樹林
發生比例	83%	17%	100%	0	73.5%	26.5%	—	—	—	—	100%	0

一、結論

研究結果顯示，陽明山國家公園鋪面步道的衝擊問題，在發生範圍與頻率的大小排序上，依序為步道加寬、步道沖蝕、步道分生、樹根裸露及土壤泥濘，其中以步道加寬為最主要的衝擊事件。國內外在步道研究方面，目前關於鋪面類別對生態的影響或鋪面類別對步道衝擊問題的影響所知甚少，上述的研究成果有何重要性？以下就理論面與實際面的貢獻說明如下：

（一）為什麼要提出鋪面有效性指數(SEI)

有鑑於要將對環境資源的「衝擊量」轉化為管理「量尺」，因此提出鋪面有效性指數（Surfacing Effectiveness Index）作為評估「鋪面步道」管理有效性的方法。其優點是將步道鋪面管理因素(步道寬)納入，反映實際管理成效。另外，將土壤裸露寬度轉化為易於比較的比率值，透過數據的計算後，能更清楚瞭解現況品質差異的程度。另外，本研究兼顧步道在寬度及長度上衝擊管理的差異，提出 $SEI(w)$ 及 $SEI(L)$ 。本文是以 $SEI(w)=100\%$ 時，來計算其 $SEI(L)$ ；而有效控制衝擊的標準，可依研究或管理目標搭配 $SEI(w)$ 來設定，例如當 $SEI(w)=95\%$ 時，算出的 $SEI(L)$ 值代表步道鋪面寬度在95%有效控制衝擊水準時的步道長度百分比率。

（二）衝擊評估指數與鋪面有效性指數之比較

衝擊評估指數中缺乏寬度的評估，本研究若以衝擊評估指數之方法，另外計算出步道加寬(Wtw)的數值，以竹篙山為例，其步道加寬(Wtw)得到的數值為1.48，而鋪面有效性指數(SEI)計算步道鋪面管理成效達成率為67.5%，可以看出有效性指數具有上下限及量尺的效果，比較容易解讀是其優點。

（三）陽明山國家公園鋪面步道衝擊問題及管理成效

鋪面的使用已成為管理單位普遍使用的土地管理工具，然而，不當的材質或不當的位置反而增加產生衝擊的機會（林晏州，1990；吳孟娟、林晏洲，2002；Cole,1993）。本研究結果也發現，陽明山國家公園鋪面步道的衝擊問題，主要以步道加寬與步道沖蝕最為嚴重，劉吉川（2004）的研究結果認為坡度與步道沖蝕為正相關，本研究進一步發現，碎石類鋪面在降低步道沖蝕的成效方面較佳，因為石板、石階與混凝土步道的步道沖蝕深度，明顯大於碎石與木框碎石步道。說明衝擊問題與步道材質，呈現某些程度的關聯性。

本研究發現石板步道發生步道分生的問題最多，步道材料與衝擊問題的關聯性，尚未看到相關的發現，而黃萬侯（2007）指出步道鋪面材質對步道加寬有顯著影響，步道分生會在各種步道鋪面材質出現，Bayfield（1973）認

為地形影響使用者在步道上行走，在上坡與下坡時，因為視野不同，所造成的衝擊也不同。而本研究發現草地環境發生步道分生的比例較高，因此推估上述地形變化、視野及使用者行為等因素，是潛在影響此問題的原因。

在石階步道發生樹根裸露的問題最多。原因可能是石階步道多半在地形坡度較陡的樹林下，所以步道兩旁的樹根在經年累月踩踏下，明顯有樹根裸露的問題。木框碎石階雖然也是位在坡度陡的地形上，而該地點坡度太陡，步道兩側林木也較稀疏，但是受限於樣本太少(n=4)，其成效部分只能參考。雖然碎石類鋪面在降低步道沖蝕的成效方面較佳，但是在步道加寬問題上，木框碎石步道的管理有效性最差，較不符合管理目的，需要改善。提出步道管理的有效性指數可以應用在監測步道鋪面設施管理的良窳。透過有效性差異與環境變因關係的瞭解，可以作為步道資源管理上的檢討，此為實務上的貢獻。

二、建議

依據前述分析的結果與討論，本研究提出以下建議，供管理單位及後續研究者之參考。

（一）對管理單位的建議

國內在鋪面步道的研究多止於步道鋪面的有無、鋪面的維護狀況、遊客意見調查方面的研究，尚未有針對不同鋪面步道類別對環境衝擊的影響作研究。部分研究成果，例如謝思怡（2000）指出鋪面的有無對植物覆蓋度減少率有顯著影響，無鋪面比有鋪面步道具顯著差異，顯示鋪面的有無對環境資源是有影響的，因此，在需要使用鋪面作為資源管理的情況下，本研究認為，以「鋪面有效性指數」作為鋪面步道衝擊管理之工具，在管理上之運用可

達到以下幾項功能：

- 1.預警功能：研究發現，研究區步道有衝擊集中的現象，因此針對較嚴重的步道與問題類型，可以預作防治與策略管理。
- 2.檢討與修正：因為管理在有限的人力與物力下，需要有系統與有效率的方式去執行環境品質的監測，因此以「鋪面有效性指數」作為鋪面步道衝擊管理之指標，短期方面：可以知道現況的問題，立即改善；長期方面：可以知道問題趨勢的發展與管理是否有效的變化。

（二）研究限制與後續研究建議

本研究的結論，應該視為在下列研究限制下的成果：

- 1.鋪面步道評估的精準度將受限於現況調查上，樣本數的限制。因有限的人力與時間，抽樣時間差所產生的資料誤差，視為影響本研究結果的誤差。
- 2.受限於系統性取樣，使得鋪面類型在樣本數上的不平均，因此樣點較少的鋪面類型其結果參考性較弱，僅能以個案的角度來看，其所反應出的衝擊問題。

由於是首次提出SEI 的應用，本文目的是討論其研究限制與未來可加強之基礎建議。然而，SEI 有其在步道管理上的直覺概念性與實際應用性，此新指數需要未來被檢驗與更精進，例如知道更多鋪面類型實際衝擊的SEI 值與維護費用之間的關係，則SEI 應用在實務的有效性，可以達到更精進。田野調查的信、效度也應該被評估，將更多不同類型鋪面步道的SEI 應用在不同地形，評估其效度（e.g.碎石在不同地形坡度上的檢驗）。綜言之，SEI 可視為顯示步道狀況的一個工具或警示訊息（warning sign），它不能取代直接測量生態衝

擊的相關研究。最後，本研究將提出三點後續研究建議。第一，環境對鋪面步道的衝擊影響研究，例如：在草地環境中，以石板與混凝土步道所出現步道分生的機會多於碎石鋪面步道，是否表示硬鋪面步道較易有步道分生的現象出現等問題，可以做為後續觀察與研究的課題。第二，在鋪面類別的衝擊研究中，鋪面類別及樣點數的多寡，將受限於現況調查所能得到的資料量，後續研究可針對不同地理位置之鋪面步道，重複本研究提出的方法進行測量與驗證。第三，影響鋪面有效性的因素的驗證與影響因子間的關係之建立，可以做作為後續研究的重點。

參考文獻

- 林晏州，(1990)，健行步道遊憩容許量之評定，**東海學報**，31：613-627。
- 林晏州，(2003)，玉山國家公園步道遊憩承載量及經營管理策略之研究，**國家公園學報**，13(2)，27-48。
- 林秀娟，(1996)，**遊憩活動對溪頭大學池土壤及植群之衝擊與其管理策略之研究**，東海大學景觀學研究所碩士論文。
- 吳孟娟、林晏洲，(2002)，健行步道遊憩容許量之研究，**國家公園學報**，12(2)，125-140。
- 邱皓政，(2006)，**量化研究與統計分析 SPSS 中文視窗版資料分析範例解析**，五南書局。
- 黃萬侯，(2007)，**國家公園內遊憩步道之旅遊衝擊評估—以墾丁國家公園為例**，國立屏東科技大學森林研究所碩士論文。
- 楊秋霖，(2003)，**步道規劃設計重點及案例說明**，2003 國家步道系統建置發展研討會，pp.3.1-3.6。
- 歐風烈，(2007a)，**步道生態工法—設計暨施工手冊**，台北：明文書局。
- 歐風烈，(2007b)，**步道施工暨維護 1-2-3**，台北：明文書局。
- 劉宗勇，(2003)，**生態旅遊地環境監測機制與作業要領**，行政院環保署主辦「生態旅遊地環境監測機制」研習會手冊，15-31 頁。
- 劉吉川，(2004)，北大武山國家步道之土壤踐踏監測，**中華林學季刊**，37(4)，393-405。
- 劉吉川，(2008)，**步道衝擊研究方法之回顧**，2008 國家公園遊憩使用與資源保護研討會論文集，103-115。
- 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，(1999)，**遊憩發展對塔塔加高山生態系干擾之監測研究(三)**，**國科會 88 年度專題研究計畫成果報告**，7 頁。
- 劉儒淵、曾家琳、沈介文，(2004)，**從遊憩衝擊觀點探討登山步道之規劃設計—以玉山國家公園塔塔加步道為例**，**朝陽設計學報**，第 4 期(pp.107-130)。
- 謝思怡，(2000)，**社頂、龍磐地區踐踏效應影響因子之研究**，國立屏東科技大學熱帶農業研究所碩士論文。
- Bayfield, N.G.(1973). Use and deterioration of some Scottish hill paths. *Journal of Applied Ecology*,10,635-644.
- Cahill, K.,Marion, J.L. and Lawson, S.R. (2008). Draft. Exploring Visitor Acceptability for Hardening Trails to Sustain Visitation and Minimise Impacts. *Journal of Sustainable Tourism*,pp.14.

- Cole, D.N. (1983) *Assessing and monitoring backcountry trail conditions*. Research paper INT-303, US Dept of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Ogden, UT, USA: 10 pp.
- Cole, D.N. (1987). Research on soil and vegetation in wilderness: A state-of-knowledge review. In: Lucas, Robert C., comp. Proceedings-National Wilderness Research Conference: Issues, State-of-Knowledge, Future Directions; Fort Collins, CO. General Technical Report INT-220. Ogden, UT: USDA Forest Service, Intermountain Research Station: 135-177.
- Cole, D.N. (1991). Changes on Trails in the Selway-Bitterroot Wilderness, Montana, 1978-1989. Research Paper INT-212. Ogden, UT: USDA Forest Service, Intermountain Research Station. 5p
- Cole, D.N. (1993) Minimizing Conflict between Recreation and Nature Conservation. In: Smith, D.S. and Hellmund, P.C.(eds.), *Ecology of Greenways: Design and Function of Linear Conservation Areas*, (pp. 105 – 122). Univ. of Minnesota Press, Minneapolis, MN.
- Cole, D.N. (2004) Monitoring management of recreation in protected areas: the contributions and limitations of science. <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2004/mwp002.htm>
- Dale, D. & Weaver, T.(1974). Trampling effects on vegetation of the trail corridors of North Rocky Mountain Forests. *J. of Applied Ecology*, 11, 767-772.
- Dixon, G., Hawes, M. & McPherson, G. (2004). Monitoring and modeling walking track impacts in the Tasmanian Wilderness World Heritage Area, Australia. *J. Environmental Management*, 71, 305–320
- Drucker, P. (1972). *The effective executive*. New York : Harper & Row.
- 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.
- Grab, S. & Kalibbala, F.(2008). Anti-erosion logs across paths in the southern Khahlamba–Drakensberg Transfrontier Park, South Africa: Cure or curse? *Catena*, 73, 134–145.
- Hall, C.N. & Kuss, F.R. (1989). Vegetation alteration along trails in Shenandoah National Park, Virginia. *Biol. Conserv.*, 48, 211-27.
- Hawes, M., Candy, S., & Dixon, G. (2006). A method for surveying the condition of extensive walking track systems. *Landscape and Urban Planning*, 78, 275–287.
- Hammit, W.E. & Cole, D.N. (1998) *Wildland Recreation: Ecology and Management*, 2nd edn. New York: John Wiley & Sons: 361 pp.
- Hill, W. & Pickering, C.M. (2006). Vegetation associated with different walking track types.

- Journal of Environmental Management*, 78(1), 24-34.
- Hocking, M., Stolton, S. & Dudley, N. (2000). Evaluating effectiveness—a framework for assessing the management of protected areas. In: World Commission on Protected Areas : Best Practice Protected Area Guidelines Series No.6, ed. Phillips, A., IUCN-The World Conservation Union 2000. 121pp.
- Jubenville, A. & Twight, B.W. (1993). Outdoor Recreation Management: Theory and Application. State College, PA: Venture Publishing, Inc.
- Jubenville, A. (1995). Trail and site management are the key to untrammeled wilderness, *International Journal of Wilderness*, 1(2), 23-25.
- Leung, Y.-F. & Marion, J.L. (1996) Trail degradation as influenced by environmental factors : a state-of-knowledge review. *Journal of Soil and Water Conservation*, 51, 130-6.
- Leung, Y.-F. & Marion, J.L. (1999a). Assessing trail conditions in protected areas: application of a problem-assessment method in the Great Smoky Mountains National Park, USA. *Environment Conservation*, 26, 270-279.
- Leung, Y.-F. & Marion, J.L. (1999b) The influence of sampling interval on the accuracy of trail impact assessment. *Landscape and Urban Planning*, 43, 167-79.
- Leung, Y.-F. & Marion, J.L., (2000). Recreation impacts and management in wilderness: a state-of-knowledge review. In: Cole, D.N., McCool, S.F., Borrie, W.T., William, T., O'Loughlin, J. (compilers), *Wilderness Science in a Time of Change Conference*, vol. 5: Wilderness Ecosystems, Threats and Management. Proceedings MRS-P-15-VOL-5, United States Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Ogden, UT, pp. 23-48.
- Li, W., Ge, X. & Liu, C. (2005). Hiking trails and tourism impact assessment in protected area : Jiuzhaigou biosphere reserve, China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 108, 279-293.
- Liddle, M. (1997). *Recreation Ecology: the Ecological Impact of Outdoor Recreation and Ecotourism*. Chapman & Hall, London.
- Manning, R. E. (2004) Managing impacts of ecotourism through use rationing and allocation. In: Buckley, R. (ed.), *Environmental Impacts of Ecotourism*, (pp. 273-286). Wallingford, UK: CABI Publishing.
- Marion, J.L. (1994) An assessment of trail conditions in Great Smoky Mountains National Park. *Research/resources management report, US Dept of the Interior, National Park Service, Southeast Region, Atlanta, GA, USA* · 155 pp.
- Marion, J. L. & Leung, Y.-F. (2004). Environmentally sustainable trail management. In: Buckley, R. (ed.),

- Environmental Impacts of Ecotourism*, (pp. 229-243). Wallingford, UK: CABI Publishing,
- Marion, J.L. & Leung, Y.-F..(2001). Trail resource impacts and an examination of alternative assessment techniques. *J. Park Recreat. Adm.* 19, 17-37.
- Mende, P. & Newsome, D.(2006). The assessment, monitoring and management of hiking trails: a case study from the Stirling Range National Park, Western Australia. *Conservation Science W. Aust.*, 5(3), 285-295.
- Nepal, S.K.(2003). Trail impacts in Sagarmatha (Mt. Everest) National Park, Nepal: a logistic regression analysis. *Environmental Management* ,32, 312-321
- Nepal, S.K. & Way, P. (2007). Characterizing and Comparing Backcountry Trail Conditions in Mount Robson Provincial Park, Canada. *Royal Swedish Academy of Sciences* , 36(5), 394-400.
- Stankey, G. H. (1973). *Visitor perception of wilderness recreation carrying capacity*. USDA Forest Service, Intermountain Forest and Experiment Station, 62pp
- Vistad, O.I.(2003). Experience and management of recreational impact on the ground: a study among visitors and managers. *Journal for Nature Conservation*, 11, 363-369.
- Weaver, T., & Dale, D. (1978). Trampling effects of hikers, motorcycles and horses in meadows and forests. *Journal of Applied Ecology*, 15, 451-457.
- Worboy, G.L., Lockwood, M. & De Lacy, T.(2001). *Protected Area Management: Principles and Practice*. Oxford University Press, Melbourne.

A Study of Trail Impacts and Surfacing Management Effectiveness : A case at Yangmingshan National Park

Lin, Hsiu-Chuan

Leung, Yu-Fai

Hsu, Sheng-I

Abstract

Trail activities have negative effects on nearby soil and vegetation resources in national parks. Surfacing of trail treads using rocks, gravels, and other materials is a common management solution that park managers use to control resource degradation on and around trails and to ensure the quality of visitor experience. However, there is little empirical research on the effectiveness of park management actions such as trail surfacing. Using high-use opportunities' trails at Yangmingshan National Park as examples, this study addresses two main topics: (1) Is trail surfacing effective in serving its intended purposes? (2) To compare different surfacing options in term of effectiveness on degrading trail deterioration. In this paper, we developed a Surfacing Effectiveness Index (SEI) and analyzed it in association with related variables by statistical method. The results show that surfacing with gravels was more effective in controlling bare earth width than surfacing with rock slabs. The main impact problem of trail surfacing at Yangmingshan National Park is soil widening and trail erosion, especially on surfacing with rock slabs and concrete, the problem of trail erosion is most seriously. The trail proliferation on rock slabs trails and the root exposure on rock stairways trails are remarkable.

Key words: trail, recreational impact, Surfacing, management effectiveness, Yangmingshan National Park