

雪霸國家公園步道之土壤侵蝕監測(一)  
— 以雪山東線、四秀線為例

內政部營建署雪霸國家公園管理處委託辦理計畫

中華民國九十四年十二月

編號：9416

# 雪霸國家公園步道之土壤侵蝕監測(一)

## —以雪山東線、四秀線為例

執行機關：中華民國荒野保護協會

研究主持人：李彥樑

協同主持人：黃柏鈞

# 內政部營建署雪霸國家公園管理處委託辦理計畫

民國九十四年十二月

雪霸國家公園步道之土壤侵蝕監測(一)－以雪山東線、四秀線為例

李彥樑\*、黃柏均\*\*

## 摘要

關鍵詞：土壤侵蝕、步道截面、Kuraves

### 一、研究緣起

隨著周休二日政策的實施，國人對於戶外活動需求日益增加，尤其又以景色優美且自然景觀豐富的山區為主，前往山區進行戶外休閒活動已經越來越普遍。

而戶外活動盛行的國外，登山步道的土壤侵蝕幾乎是每個山岳型的國立公園管理上都會面對的問題。登山步道的侵蝕這一類遊憩生態學領域在國內外已累積相當多成果，但雪霸國家公園境內尚未有相關的調查。

雪霸國家公園管理處已在多處步道已設立排水設施、木棧道來減少侵蝕，而然卻一直缺乏土壤侵蝕的基礎資料來供作施工參考及施工後的成效檢定。因此希望透過步道土壤侵蝕的監測，將有助於步道的經營與管理，提升國家公園內的遊憩品質。

本調查計畫之目的在於建立步道沿線所**設立樣點**的土壤侵蝕基礎資料，並建立土壤侵蝕斷面積之 3D 影像，供作後續研究參考。亦可供作推展生態旅遊，及從事高山生態系基礎研究與保育上極為重要的參考。

---

\* 本案受委託機關為中華民國荒野保護協會，執行人目前為北海道大學博士班學生

\*\* 中華民國荒野保護協會保育部主任

## 二、研究方法及過程

本調查將長期在同樣的樣點上蒐集資料，以第一次蒐集的土壤侵蝕斷面資料為控制組資料，在野外資料收集作業方面，將在步道選定調查範圍每隔一百五十公尺設立一樣點，透過攝影的方式紀錄步道侵蝕狀況，室內作業則是利用 Kuraves-K 軟體來合成模擬步道侵蝕 3D 影像，可完整呈現及清楚顯示土壤侵蝕狀況。

## 三、調查結果

本調查主要為計算步道土壤侵蝕量，利用攝影的方式來測量樣點的截面積。本調查區域為雪霸國家公園武陵地區的雪山東線及武陵四秀線。調查時間為 2005 年 5 月及 10 月。

雪山東線步道海拔位於 2000m~3866m，全長為 10.9km，平均坡度為 13，寬度在 1.11m~3.72m 之間，平均每單位寬度侵蝕為 0.33cm。

武陵四秀步道海拔高度位於 1700m~3500m 之間，主線從品田山至喀拉葉山共 8.9km，聯絡線 A 池有山登山口至三叉營地為 3.5km，聯絡線 B 桃山登山口至桃山為 4.5km，平均坡度分別為，10，13，12，寬度大約在 0.8m~2.1m，平均每單位寬度侵蝕為 0.21cm。

## 四、主要建議事項

在大霸尖山線在尚未決定開放前，武陵地區的雪山東線及四秀線登山步道仍將是目前雪霸國家公園內相當受歡迎的登山步道。但這兩條步道因位於生態保護區內，登山人數進入受到入園管制，目前調查僅建立侵蝕的基礎資料，為了能更了解長期的影響與衝擊，建議可利用目前固定觀測樣點，繼續進行長期且定期的調查分析，來掌握步道環境的變化，並能實施適當的防治對策。

## 目錄

第一章 緒論.....	1
第一節 計畫緣起與研究目的.....	1
第二節 研究範圍與內容.....	2
壹、研究範圍.....	2
貳、研究內容.....	5
參、預期成果.....	5
第二章 調查方法與調查流程.....	6
一、相關調查方法.....	6
壹、步道衝擊之研究方法.....	6
貳、步道衝擊監測技術.....	6
二、本計畫調查方法.....	8
壹、    田野調查工作.....	8
第三章 成果展現-雪山線.....	19
第一節 現況描述.....	19
第二節 土壤侵蝕量之調查結果.....	19
壹、登山口至七卡山莊.....	19
參、4K觀景平台至 7.1K三六九山莊.....	23
肆、7.1K三六九山莊~10.9K雪山主峰.....	25
第四章 成果展現-四秀線.....	27
第一節 現況描述.....	27
第二節 土壤侵蝕量之調查結果.....	27
壹、桃山登山口-桃山山頂.....	27
貳、池有登山口-池有山山頂.....	29
參、主線品田山-桃山山頂.....	29
肆、主線桃山山頂-喀拉葉山.....	32
第五章 討論與建議.....	33

## 圖目錄

圖 1 雪山東線 調查範圍圖	3
圖 2 武陵四秀線 調查範圍圖	4
圖 3 Cole 的步道斷面積測量方式	8
圖 4 數位攝影解析流程圖	9
圖 5 攝影取樣方式 A	11
圖 6 攝影取樣方式 B	12
圖 7 初期基準點的製作	13
圖 8 基準點的製作	13
圖 9 三角網的製作與調整	14
圖 10 DTM 的製作與調整	15
圖 11 基準點的選擇	16
圖 12 座標系的統一	17
圖 13 侵蝕量計算程序	18
圖 14 雪東線侵蝕量現況圖(0K~2K)	20
圖 15 雪東線步道侵蝕現況(2K~4K)	21
圖 16 雪東線侵蝕量現況圖(2K~4K)	22
圖 17 雪東線步道侵蝕現況(4K~7.1K)	23
圖 18 雪東線侵蝕量現況圖(4K~7.1K)	24
圖 19 雪東線侵蝕量現況圖(7.1K~10.9K)	26
圖 20 桃山步道現況	27
圖 21 四秀桃山線侵蝕量現況圖	28
圖 22 四秀池有山線侵蝕量現況圖	29
圖 23 新達山屋後方草坡侵蝕現況	30
圖 24 品田山-桃山土壤侵蝕現況圖	31
圖 25 桃山-喀拉葉山土壤侵蝕現況圖	32

# 第一章 緒論

## 第一節 計畫緣起與研究目的

隨著周休二日政策的實施，國人對於戶外活動需求日益增加，尤其又以景色優美且自然景觀豐富的山區為主，因此前往鄰近山區進行戶外休閒活動已經越來越普遍。

而國家公園、國家風景遊樂區與森林遊樂區便常成民眾的首選。其中步道是民眾遊憩活動中最常被使用的設施，透過步道的連結才能使得民眾能夠親近大自然，進行多樣化的活動與體驗，例如賞鳥、環境教育等等。然而遊客在步道行進間，不免對自然環境造成相當程度的改變，甚至破壞。因此如何提供有品質的休閒活動與兼顧自然資源的保護一直是步道經營管理的重點。所以在自然資源永續發展與遊憩發展共存的前提之下，我們有必要去了解遊客在步道上的行為對自然環境生態造成何種程度與何種型態的衝擊。

在野外登山活動盛行的國外，登山步道的土壤侵蝕幾乎是每個山岳型的國立公園管理上都會面對的問題。也因此遊憩生態學領域在國外已行之有年，其中步道土壤與步道兩側植被衝擊的研究已累積相當多的經驗，而國內亦已累積不少相關研究，但雪霸國家公園境內尚未有相關的調查。這一類遊憩生態學主要著眼於過度且密集的遊憩使用，步道與營地是常被關注的焦點。登山步道的土壤侵蝕可說是很清楚的反應人類在大自然中的行為所造成的影響，本調查希望能夠透過長期監測，來發現日益增多的登山人口是否對登山步道造成衝擊，而衝擊是否隨之擴大。

登山步道的侵蝕只是人類對大自然造成的傷害之一，但是卻也是顯而易見，除了運用良好的排水設施、木棧道來減少侵蝕之外，在登山活動越來越興盛的台灣，依據國外相關的研究指出，土壤侵蝕只會越來越加劇。

雪霸國家公園管理處已在多處步道已設立排水設施、木棧道來減少侵蝕，而然卻一直缺乏土壤侵蝕的基礎資料來供作施工參考及施工後的成效檢定。因此透過步道土壤侵蝕的監測，將有助於步道的經營與管理，提升國家公園內的遊憩

品質。

本調查計畫之目的在於建立步道沿線所設立樣點之土壤侵蝕基礎資料，並建立土壤侵蝕斷面積之 3D 影像，供作後續研究參考。亦可供作推展生態旅遊，及從事高山生態系基礎研究與保育上極為重要的參考。

## 第二節 研究範圍與內容

### 壹、研究範圍

本研究主要調查範圍選定雪霸國家公園武陵地區的主要兩條登山步道，雪山東線及武陵四秀線。

雪山為五岳之一，也是台灣第二高峰，是許多山友必登之名山，因此長久以來都是台灣山區很受注目的明星山區。上雪山的最大眾化路線為雪山東峰線，它也是台灣登山愛好者的熱門登山路線，所以攀登的山友絡繹不絕。在入山證開放免高山嚮導陪同之政策後，與週休二日政策的推動下，攀登的遊客數量有增無減，無形之中對環境負荷也是相當大，因此有必要對步道進行步道踐踏後土壤侵蝕步道踐踏後土壤侵蝕的長期監測。

雪山東線調查範圍由雪山登山口至雪山山頂，共 10.9 公里。調查範圍的海拔為 1700~3886 公尺。沿線包含二葉松林、次生林和原始針闊葉林等生態系。

武陵四秀線由於與平地距離甚短，四秀均名列百岳，故吸引許多山友前往攀登，腳程較快者均採取單攻，或是兩天往返之行程。也使得四秀線也面臨許多壓力。

而武陵四秀線調查範圍包含自池有山登山口至三叉營地 3.5 公里、桃山登山口至桃山山頂 4.5 公里以及品田山至喀拉葉山山頂之 8.9 公里。



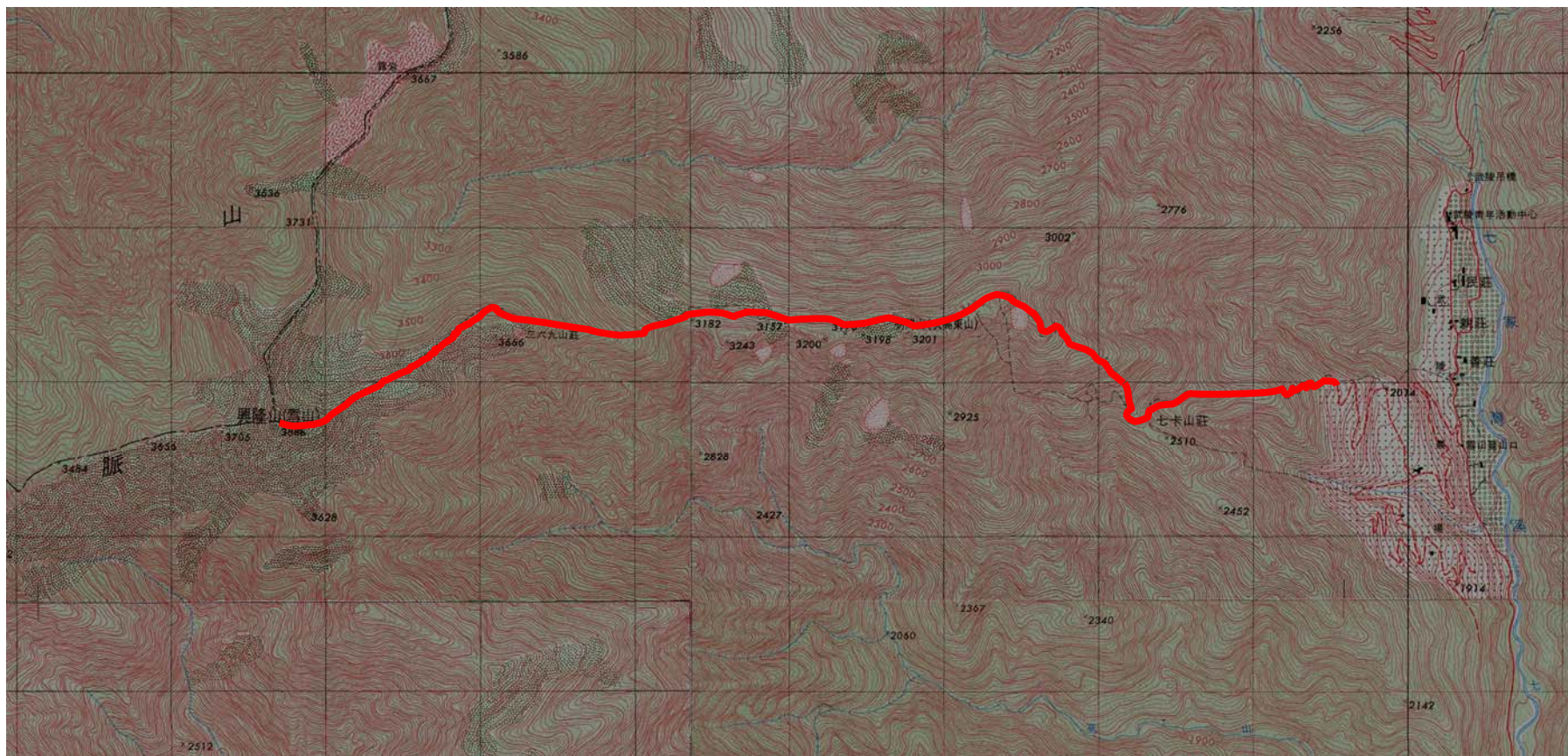


圖 1 雪山東線 調查範圍圖





## 貳、研究內容

本調查計劃將重心著眼於步道土壤踐踏效應的監測，並不討論其它遊憩衝擊現象。本調查計畫主要內容為：

- 一、調查步道土壤侵蝕之現況。
- 二、建立步道土壤侵蝕現況之基礎資料。
- 三、建立步道土壤侵蝕 3D 攝影調查程序與方式。

本調查將持續性定期紀錄步道上所設立之樣點，土壤流失及踐踏的狀況。

## 參、預期成果

因多次颱風豪雨衝斷路基等不可抗拒之外力因素，使得本調查預定之實地調查進度必須做一適度調整。

預期成果說明如下：

- 一、建立步道土壤侵蝕現況之基礎資料。
- 二、撰寫研究成果報告。

## 第二章 調查方法與調查流程

本年度之調查主要在於雪霸國家公園武陵地區登山步道土壤侵蝕之基礎資料收集及分析，希望透過長期監測來了解登山步道上土壤衝擊的範圍是否隨使用者的增加而擴大，是否受到地形與氣候的影響。可成為經營管理上重要的措施之一，來制定管理策略，並應時常監測衝擊程度，以修正管理策略。

### 一、相關調查方法

#### 壹、步道衝擊之研究方法

國內外有關遊憩活動對步道沿線生態衝擊之研究，常以下列三種方式進行 1. 既成事實之分析(after-the-fact analysis)；2. 對改變現象作長期監測(monitoring of change through time)及 3. 模擬試驗(simulation experiment)(Cole 1979；蘇鴻傑 1987；劉儒淵 1989，林秀娟 1996)。以上三種遊憩衝擊研究法，均以實體為調查對象，包括天然植群、土壤、野生動物、空氣及水資源等，觀察之樣區遭受衝擊或未遭受衝擊或遭受不同程度量的衝擊之樣區，加以對照比較。在國內已開放之戶外遊憩區，如欲在短期內對各步道之遊憩衝擊效應有所瞭解，並施行各項防治措施，可採用「既成事實之分析」方法進行調查研究。但為能達到環境品質與遊憩品質兼顧，有效掌控遊憩衝擊程度，則儘可能在人力及經費許可下，進行定期之衝擊監測作業。

#### 貳、步道衝擊監測技術

而在戶外遊憩區的衝擊經營實務上，常被用來作為評估步道環境改變的監測技術可概略的區分為三種類型，包括步道分段小樣本的重複測量

(replicable measurements)、大尺度取樣的快速調查(rapid survey samples)，以及完整的審視步道狀況之普查技術(census techniques)等(Hammitt & Cole 1998)：

(一)重複測量：以系統或逢機取樣設置若干永久樣點，定期精確地觀測步道情況改變之定量監測法。例如豎立固定樁，連續觀測步道橫斷面積之改變，可探知土壤沖蝕或沈積情形等細微的變化(Cole 1983；Summer 1986；Jubenville & O' Sullivan 1987)。本調查即採用立體攝影來量測步道橫斷面積的技術，定期定點拍攝步道情況改變情形，作為研判步道沖蝕的依據(Rinehart et al. 1978)。

(二)快速測量取樣：步道沿線每間隔若干距離，選取數個樣區作快速的調查測量法。調查的介量包括步道寬度、路面凹陷深度、植被覆蓋度，或其他足以反應遊憩衝擊的步道況狀，由研究者或經營者視實際需要選擇 1~2 項進行調查，由於不設固定觀測樣點，調查工作較為省事。

(三)普查技術：另一種步道監測技術則是針對整個步道系統進行普查。先設計一份清單，列出各種步道狀況之調查項目，如土壤沖蝕、凹陷、積水、泥潭、植被消失、樹根裸露、岩石露出、車輛輪溝等等，各項並分別訂有不同程度之分級。將所有步道加以分段(例如以 0.5 公里為一單元)，比照快速測量法之方式實地調查描述單元內各項步道情況之數目與等級，最後統計顯示全區步道各單項因子遭受衝擊之百分比(Cole 1983; Leung & Marion 1999)。

此外在某些情況下，航空攝影(aerial photography)不失為有效而經濟的衝擊監測方式，只要沒有樹冠遮蔽，空中照片是監測遊憩用地劣化面積、數目與過程的良好方法。而前述幾種步道之調查監測方法各有其優缺點，經營者可視其經營目標、精密度的需求、人力與經費上之考量等不同，選擇適用之方法施行之(劉儒淵 1995)。儘管其方法有異，然為降低步道之衝擊，維護步道況狀良好，發揮其功能之目標則是一致的。



## 二、本計畫調查方法

依上述理論，本調查將設計長期在同樣的樣點上蒐集資料，以第一次蒐集的土壤侵蝕斷面資料為控制組資料，在野外資料收集作業方面，將在步道選定調查範圍每隔兩百公尺設立一樣點，透過攝影的方式紀錄步道侵蝕狀況，室內作業則是利用 Kuraves 軟體來合成模擬步道侵蝕 3D 影像，可完整呈現及清楚顯示土壤侵蝕狀況。

### 壹、田野調查工作

步道侵蝕量過去多以線與鉛錘來進行斷面積測量（圖），以此推知土壤侵蝕量（例如 Cole, 1983），雖然這種方式作業簡便，卻無法測量侵蝕量體積，除此之外，為求測量上的精確，往往必須長時間在野外作業。Warner(1995)與 Warner Kvaerner(1998)以照相測量的方式來縮短野外作業的時間。



圖 3 Cole 的步道斷面積測量方式

所謂的照相測量，最為人知的莫過於解析空中或地面拍得的照片，再現實體模型並取得空間資料，以此來繪製地形圖。大部分進行照相測量攝影時多使用測量專用的高價相機，而在解析時也需要特殊技術的機器。不過若是

採用市面販售的數位相機，就可以用較低的成本來進行資料解析。數位照相測量所使用的軟體，目前有 Kuraves-K（倉敷紡績株式會社），3D-MODE（株式會社三次元 Media），3DiVision（東京電機大學近津研究室）等。本研究是以使用 Kuraves-K 為前提來進行計測的作業。

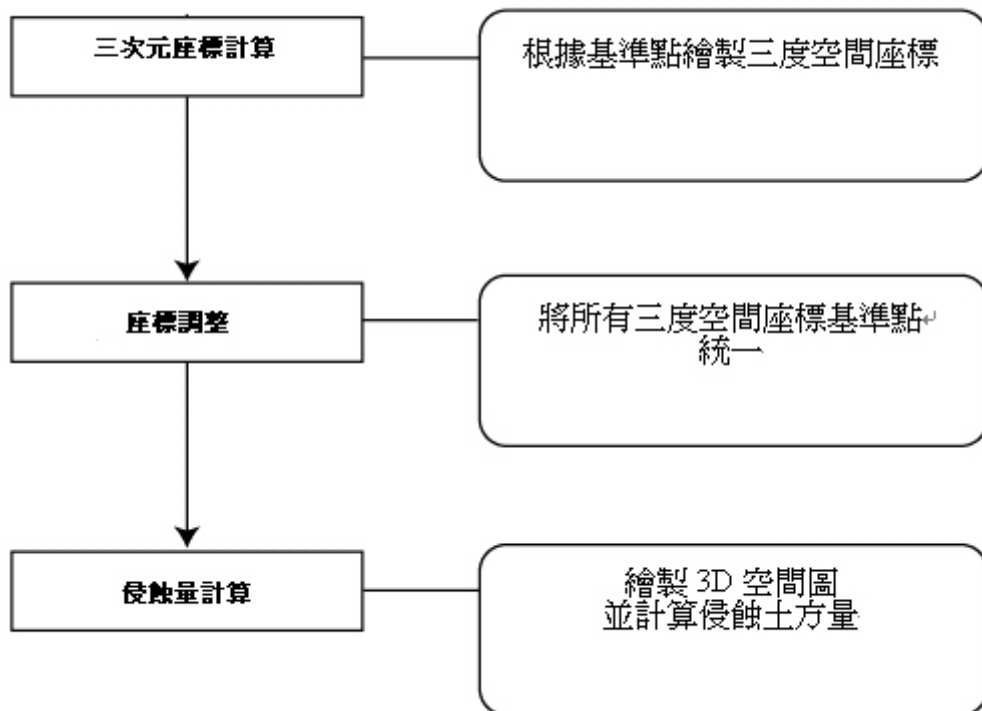
（一）應用數位照相測量登山步道的三次元計測流程

登山步道計測作業可分為圖像取得與圖像解析兩大部分。

在圖像取得的部分，首先選定所使用的機材，包括相機與鏡頭，並使用相機校正用紙，取得鏡頭的焦距與歪斜度的系數。接下來設定田野的樣點，決定拍照位置與照相枚數，基準尺，以及平面基準（根據DTM<sup>1</sup>的座標來決定），然後拍下登山步道變化前與變化後的情況。

至於圖像解析的部分如圖??所示。

圖 4 數位攝影解析流程圖



<sup>1</sup> DTM: Digital Terrain Model

將照相傳入電腦後，利用 Kuraves-K 進行三次元座標的計算，製作出 DTM，其概要程序：找出兩張照片同一位置的基準點，計算出拍照位置。應用 Kuraves-K 時，只要給予八個以上的基準點，即可算出拍照位置。計算完拍照位置後，藉由增加基準點來取得三次元的座標。依使用目的取得足夠的基準點後，輸入距離基準與平面基準，以調整座標系。不同日期（例如一年後）所拍得的照片也以同樣的方式作出 DTM。完成變化前後的 DTM 後，以變化前的 DTM 座標系為基準，據以統一變化後的 DTM 座標系。最後利用軟體的圖面化工具，將變化前後的 DTM 疊在一起，拉出斷面切線，計算侵蝕量。

## （二）各作業程序

### 1. 機材選定

首先準備好數位相機，鏡頭，三腳架，麥克筆。數位相機以 CCD 大（畫素數值高）的為佳，雖然倉敷紡績株式會社建議使用 150 萬畫素，不過在考慮到有效畫素會較低的情況下，500 萬以上的畫素是必要的。鏡頭以 28 mm 以上的廣角鏡頭為佳，由於歪斜度愈大精度愈低，因此須選擇歪斜度小的鏡頭，從這點來考量的話，單眼數位相機是較佳的選擇。本調查案所採用的相機為 CANON 350D，約八百萬畫素。

三腳架選高一點的為佳。麥克筆是用來點在樁的尖端上，便於日後在照片上尋找基準點。

### 2. 調查地點設定

先選定要調查的地點，在登山步道的兩側各打一個樁。樁條使用 L 型的鋁條。一張照片所收納的範圍約 2—3 公尺。兩次觀測期間隔超過一年時，樁位可能會因冬天結凍以及其他因素產生變動，所以樁條要儘量打得深一點。

為求距離與平面基準，先將箱尺放在登山步道中央，利用水準器將之調整至水平狀態。拍照時必須小心不要讓箱尺影響到侵蝕量。為了解析時便於找點起見，將麥克筆放置四周。



### 3. 登山步道拍照

#### (1) 拍照程序

拍照依登山步道的規模與狀況大致分為三類。在寬度三公尺以下的登山步道，因為可從近距離拍攝樣點全貌(圖 5)，因此可直接面向登山步道進行方向拍照。而寬度三公尺以上的登山步道，由於無法將之放入一張照片內，因此採分割的方式拍照，例如圖 6 分為左側相片(相機位置 a1, a2, a3)與右側相片(相機位置 b1, b2, b3)。若是登山步道中央有島狀的土塊，則如圖??所示在相機位置 a1, a2, b1, b2 將登山步道分割為二拍攝。被分割的圖像須各別製作其 DTM，之後再將兩個 DTM 結合在一起。無論用任何方法拍照，為求保險起見，同一個方向最好照兩到三張。

圖 5 攝影取樣方式 A

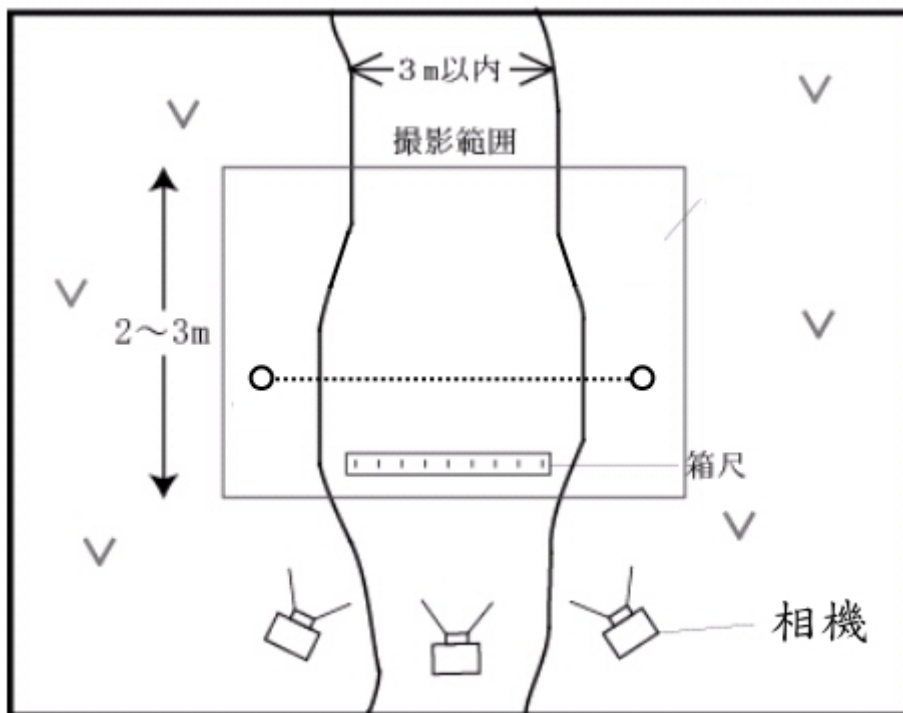
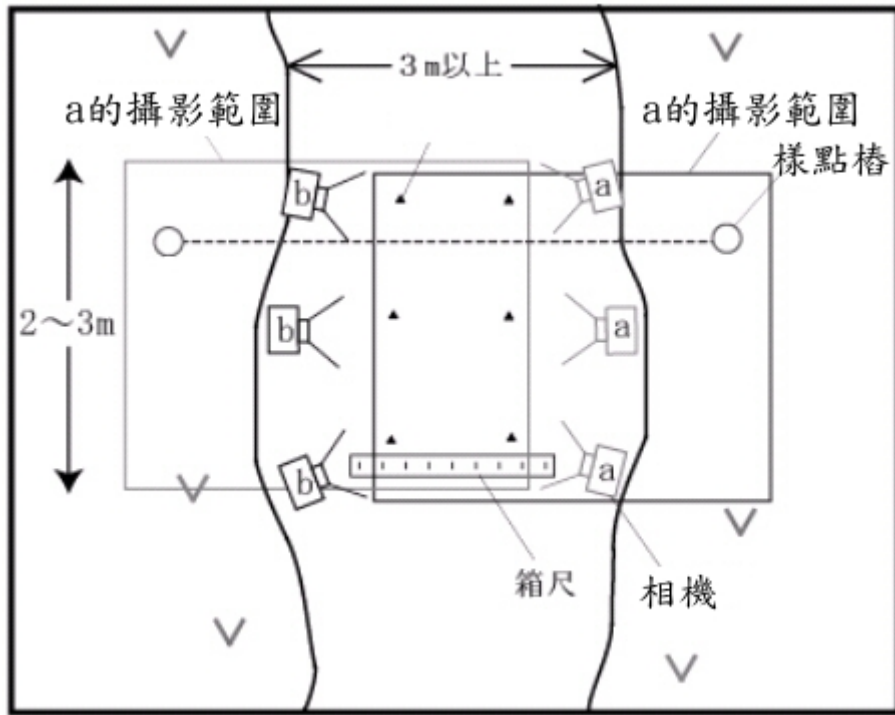


圖 6 攝影取樣方式 B



#### (2) 拍照時的注意事項

照相的基線長太長的話，在進行圖像解析的基準點作業就會變得困難，但是若是基線太短，三次元座標計算的誤差也會變大。在測量侵蝕量時，以拍照距離二公尺，基線長50—100公分為基準較佳。

在拍照時也須避免畫質粗劣，搖晃，圖像過暗或過亮等問題。為減少失敗的可能性，最好微幅移動相機的位置，每個點取得十張以上的照片。

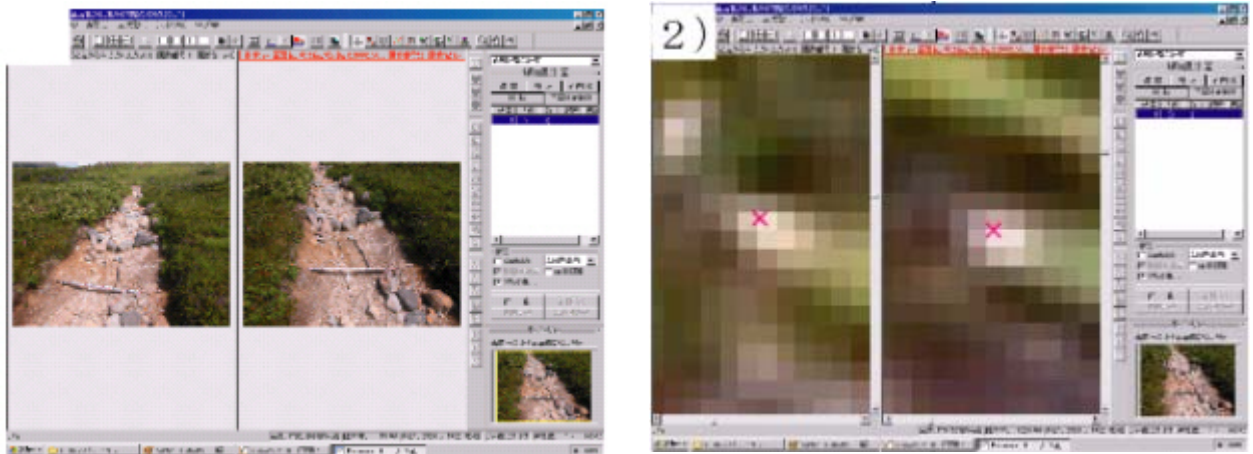
#### 4. 三次元座標計算

##### (1) 初期基準點的製作與拍照位置的計算

三次元座標計算的程序如圖 7 所示。首先將兩張變化前的照片輸入電腦，利用 Kuraves-K 找出兩張照片對應的點（初期基準點），初期基準點可選定麥克筆的記號或是石頭的角度，初期基準點選得不正確或是空間配置偏移

的話，就會降低拍照位置計算的精度。初期基準點應選八個以上以便計算拍照位置。

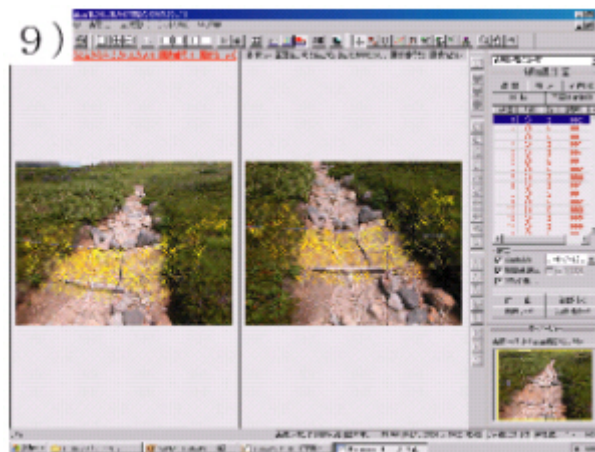
圖 7 初期基準點的製作



## (2) 基準點的製作

接著增加基準點（圖 8），為了正確表現出登山步道的形狀，起伏小的登山步道約 300 個點，起伏大的登山步道則約需 500 個左右的點。

圖 8 基準點的製作

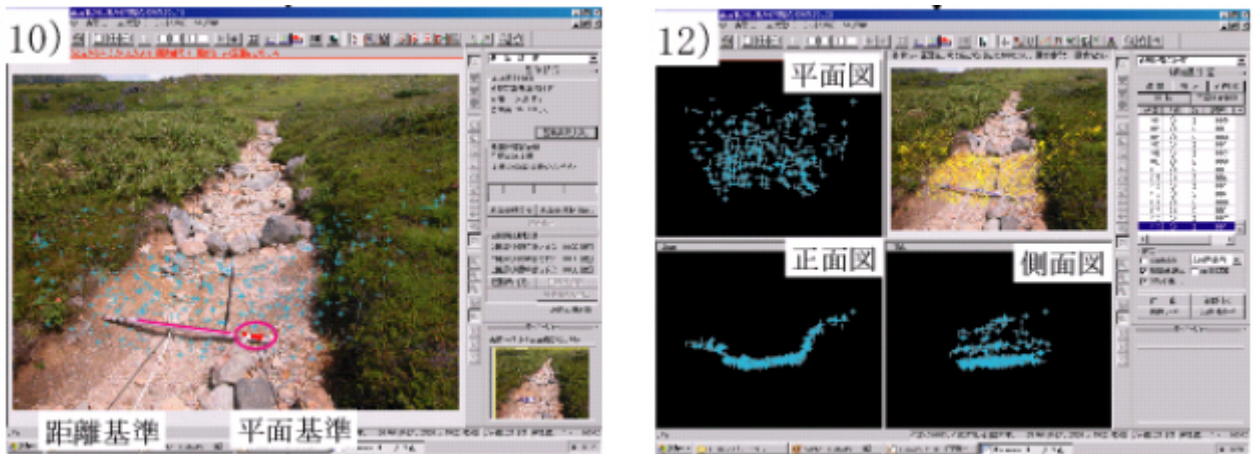


### (3) 基準設定、面設定

基準設定分為距離設定與平面設定。距離設定乃是選定箱尺刻度上的兩個點，利用「點間基準長設定」來進行。平面設定則是在箱尺上選定三個點，利用「平面鉛直基準座標設定」進行。

至於面的設定，按了「三角網作成」之後就可以自動製作出三角網。若是作出的三角網無法正確展現出登山步道的形狀，則以刪除或追加三角網來的方式修正。完成了三角網的調整後，就可以得到 DTM (圖 9)。

圖 9 三角網的製作與調整



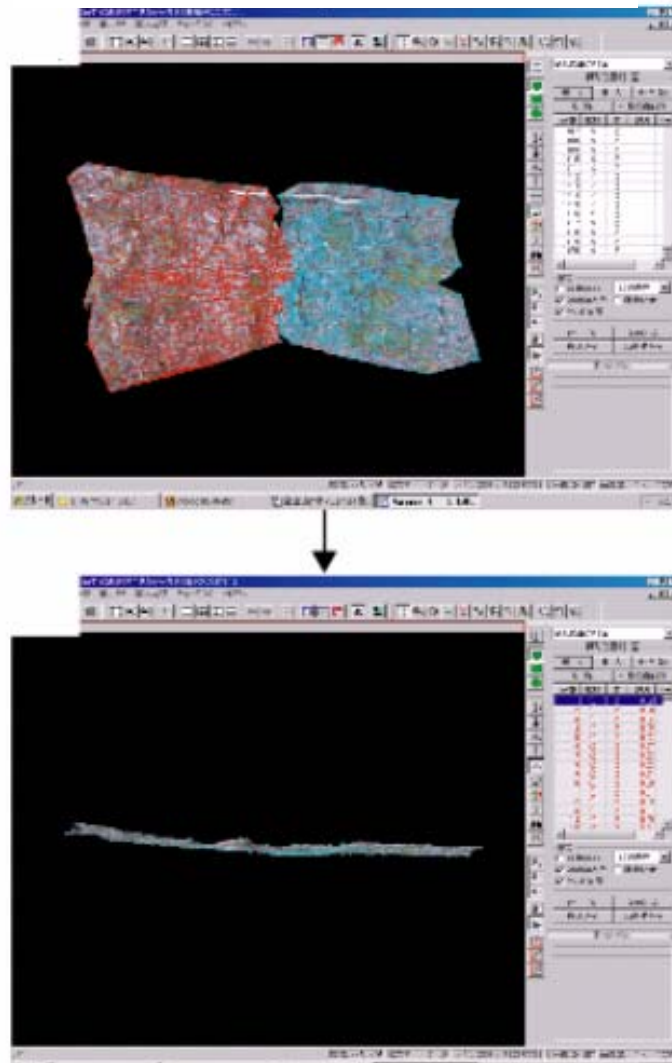
### (4) DTM 的接合

如圖 3-B, C 無法在一個 DTM 內顯示的情況，就必須作 DTM 的接合。接合的方法乃是先找出兩個 DTM 中都存在的地點，以其中一個 DTM 為基準，與另一個 DTM 組合在一起。

首先在 Kuraves-K 上同時開啟待接合的 DTM 檔案。在此的例子是指左側的 DTM 與右側的 DTM。找出兩個 DTM 共通點並作基準點，在此我們稱其為接合點，接合點必須要三個以上。麥克筆與箱尺的角等易於辨識的點是不錯的選擇。作完接合點後，從檔案選單中進行接合資料的輸入作業。如此一來，

圖像的外側就會顯示出接合作業所作的基準點。即使完成了DTM的接合，三角網仍是未接合狀態的。在此，必須削除重疊的三角網，並重新製作三角網。經由三次元鳥瞰圖確認三角網的接合作業後，就完成了新的DTM(圖10)。

圖 10 DTM 的製作與調整

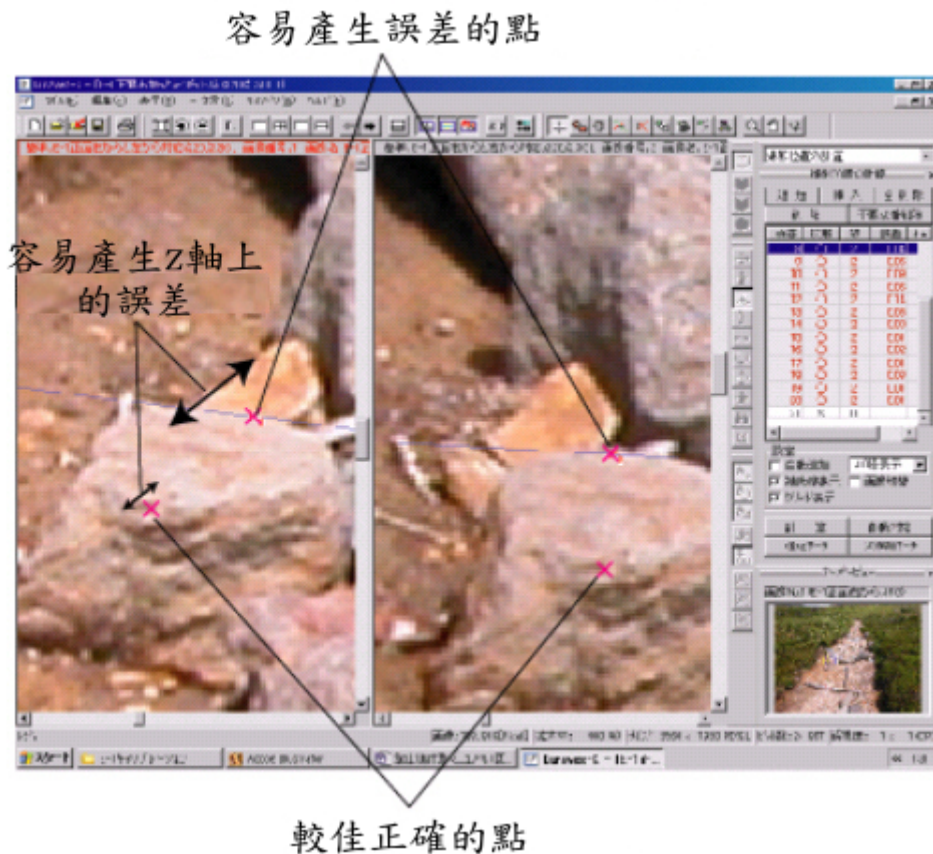




(5) 三次元座標計算時的注意事項

三次元座標計算時最重要的事莫過於找到八個以上的基準點，以提高拍照位置計算的精度。而為求基準點的正確性，在一開始基準點位置的選擇是很重要的。基準點的選擇必須涵蓋圖像的上下左右與遠近（從 3D 來看的話，必須涵蓋 x, y, z 軸三個不同向度）。拍攝對象的登山步道時，只要稍稍改變拍照角度，圖像就會有很大的不同。在圖像上看起來為同一點，實際上往往是有點距離的。因此最好倚賴麥克筆的記號之類明顯的點。基準點製作時還須注意儘量不要選擇圖像上過遠的點，以免產生的誤差。（圖 11）

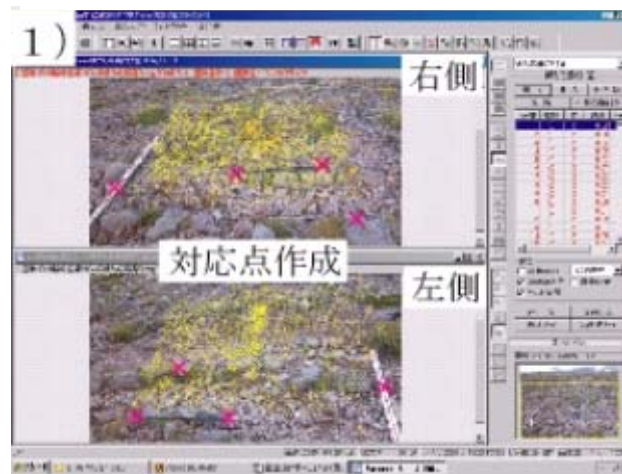
圖 11 基準點的選擇



## 5. 三次元座標的統一

同時作完變化前與變化後的 DTM，將變化前後登山步道檔案並列於 Kuraves-K 上，在兩個 DTM 上選出四個基準點為不動點，所謂的不動點指的是就算經過時間的變化依舊未有變動的點。本調查選定的為當初所打的樁以及通常不太會移動的大岩石。製作完不動點後，以變化前的 DTM 為基準，將其三次元座標情報輸出成 CSV 檔案。打開變化後的 DTM 檔案，並利用基準設定模式打開剛剛的 CSV 檔案，指定不動點的座標經由不動點的指定，將變化前與變化後的登山步道調整成同一個座標系（圖 12）。

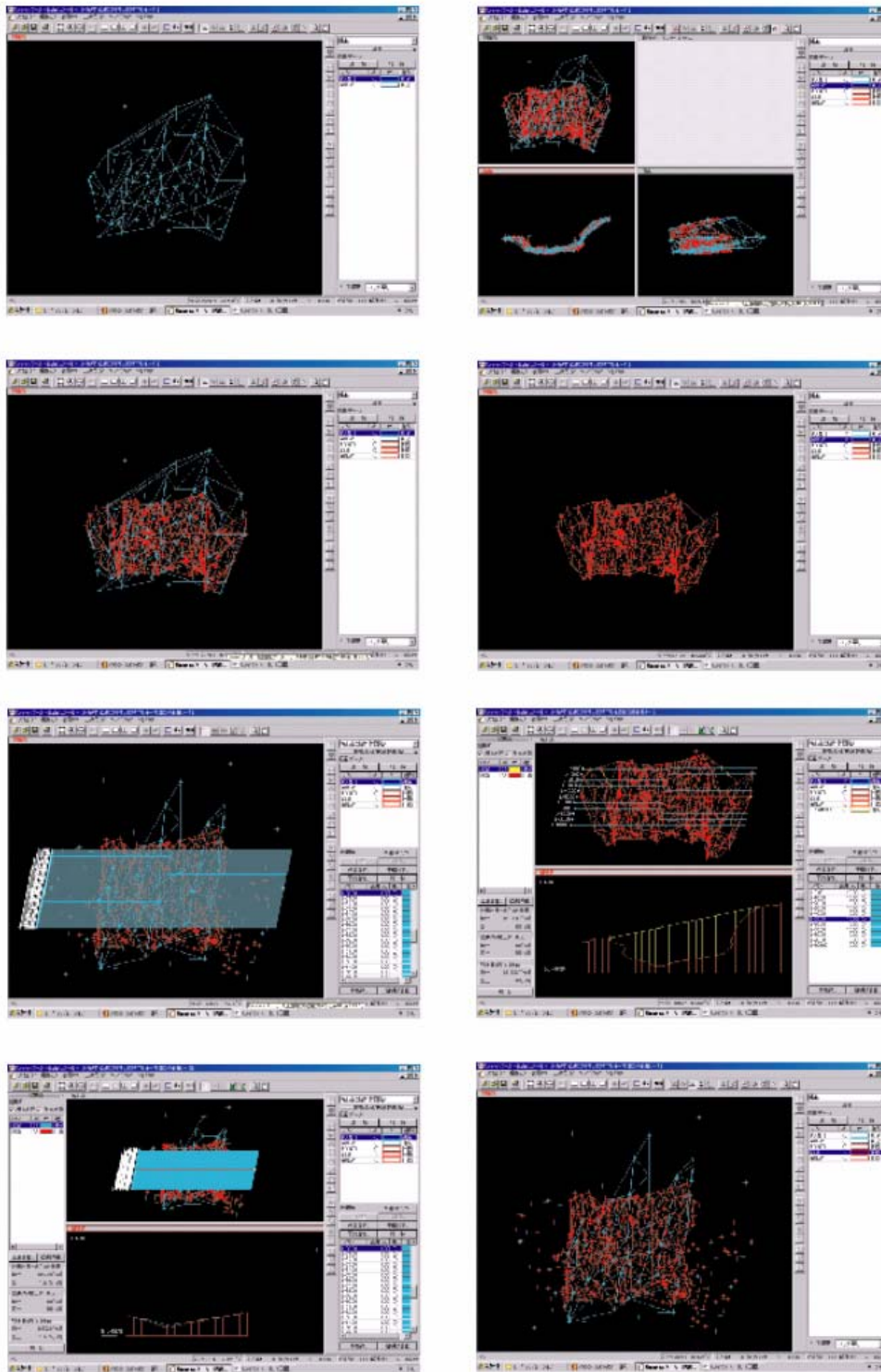
圖 12 座標系的統一



## 6. 侵蝕量的計算

侵蝕量的計算程序如圖 13 所示。在計算侵蝕量時須使用到 Kuraves-K 的附屬應用軟體（圖面化工具）。在此之前，先將 Kuraves-K 作成的變化前後登山步道檔案存成 KVL 檔案。在圖面化工具中打開變化前的登山步道的檔案，另外，將存成 KVL 檔的變化後登山步道檔案輸入成計畫圖層，然後把兩個 DTM 疊在畫面上。將兩個 DTM 上植被部分的三角網削除，這部分的作業也可先於 Kuraves-K 下完成。以登山步道兩端的樁為端點拉出水平線，水平線上每 5 公分再拉出垂直線。根據土量計算得到侵蝕量或者是再堆積量。

圖 13 侵蝕量計算程序





## 第三章 成果展現-雪山線

### 第一節 環境概況

雪山主峰線為登雪山最大眾化的路線，也是登山者的熱門登山路線，由大水池登山口經兩公里可抵七卡山莊（可住宿 160 人），四公里處可抵「哭坡」。哭坡之後則路途較緩。雪山東峰位於五公里處。三六九山莊（可住宿 100 人）設立於七公里處，步行至 10.9K 則可抵雪山主峰。

步道的高度分布從登山口起約為 2200m 至 3886m，三六九山莊前沿途每隔 100 公尺設置一個樣點，三六九山莊之後每隔 150 公尺設置一個樣點，步道全段共設置 100 個樣點。今年五月及十月各測量一次，以五月的第一次測量值為基準。但有 7 個樣點的鋁樁遭到破壞，因此實際有效的量測點為 93 個。平均坡度為 13，步道寬度在 1.11m~3.72m 之間，平均每單位寬度侵蝕為 0.33cm。

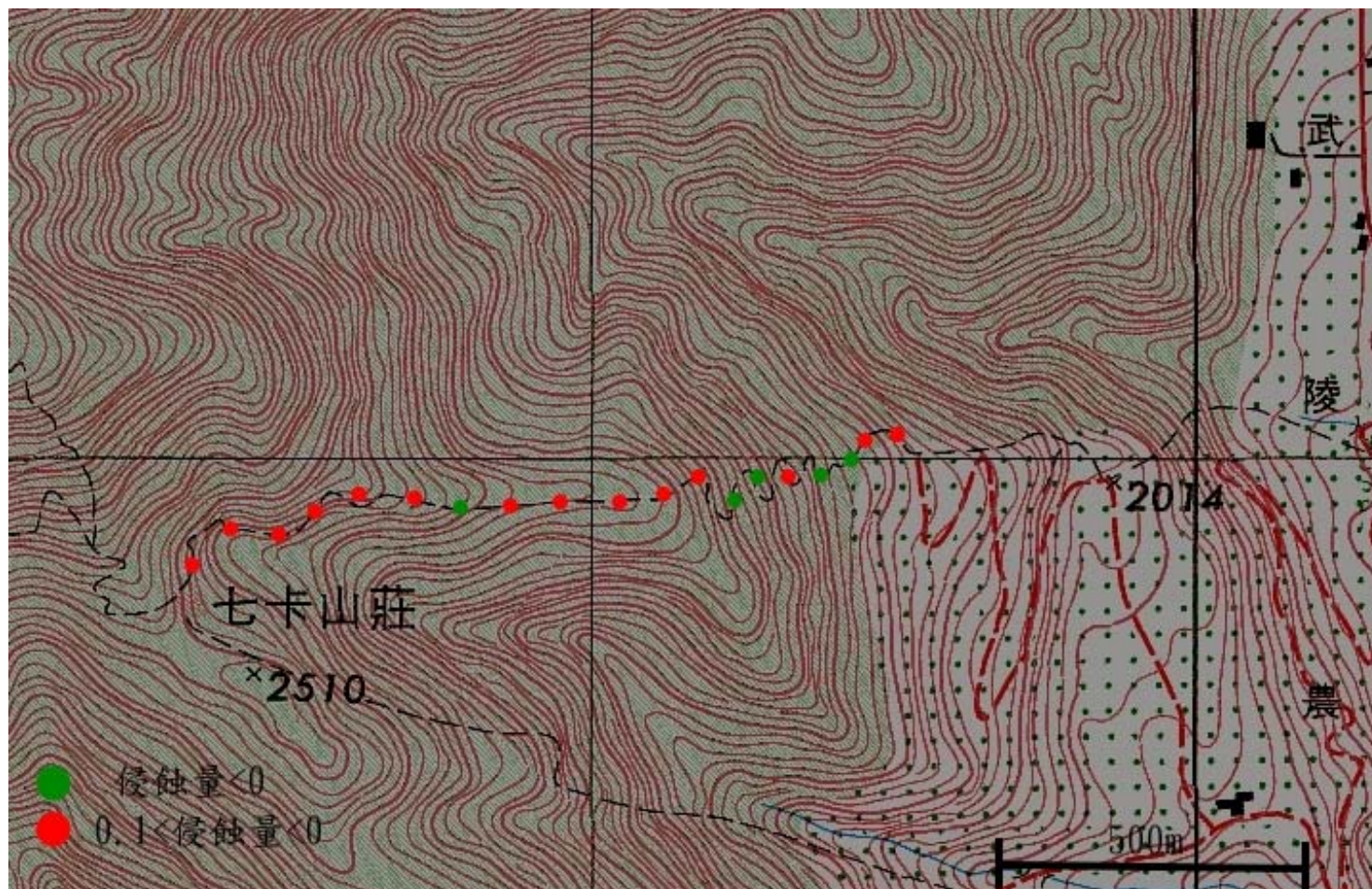
### 第二節 土壤侵蝕量之調查結果

#### 壹、登山口至七卡山莊

登山口至七卡山莊距離為兩公里，平均坡度為 9，步道寬度在 1.11m~2.53m 之間，平均每單位寬度侵蝕為 0.11cm。

此路段由於已有鋪設石階，因此主要的土壤侵蝕發生石階兩側，但此路段由於林相較密，因此地面落葉層較厚，土壤侵蝕情形並不嚴重。部分路段有堆積情形，多發生於 0~1K 之字坡間。

圖 14 雪東線侵蝕量現況圖(0K~2K)



## 貳、七卡山莊至4K觀景平台

七卡山莊至 4K 觀景平台距離為兩公里，有效樣點 17 個，平均坡度為 15°，步道寬度在 1.2m~2.33m 之間，平均每單位寬度侵蝕為 0.41cm。

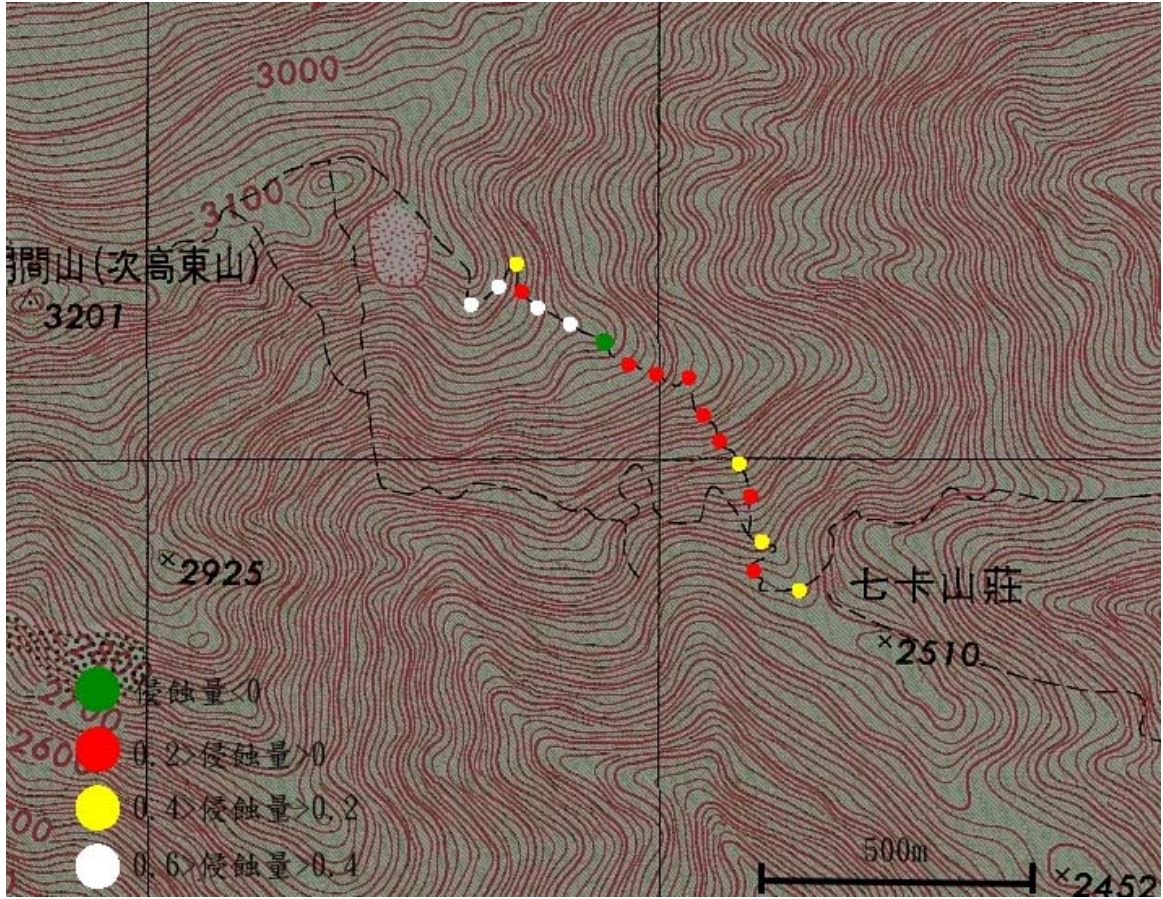
此路段自 3.5K 以上至 4K 間土壤侵蝕相當嚴重，儘管已有設立排水設施，但是由於 3.5K 以上均為玉山箭竹為主，因此土壤被直接沖刷情形相當嚴重，部分路段已出現複線化情形。

圖 15 雪東線步道侵蝕現況(2K~4K)





圖 16 雪東線侵蝕量現況圖(2K~4K)



### 參、4K 觀景平台至 7.1K 三六九山莊

4K 觀景平台至 7.1K 三六九山莊此路段在 4.3K 哭坡之後整體坡度較平緩。最嚴重的部分發生於 4K~4.3K 間，石礫均已裸露的相當嚴重。

5K 至 7.1K 三六九山莊間步道雖平緩，但是由於高度較高，在勘查期間有發現土壤凍拔作用，此路段林相亦以箭竹為主，因此土壤侵蝕亦嚴重，但主要集中於東峰前後路段。

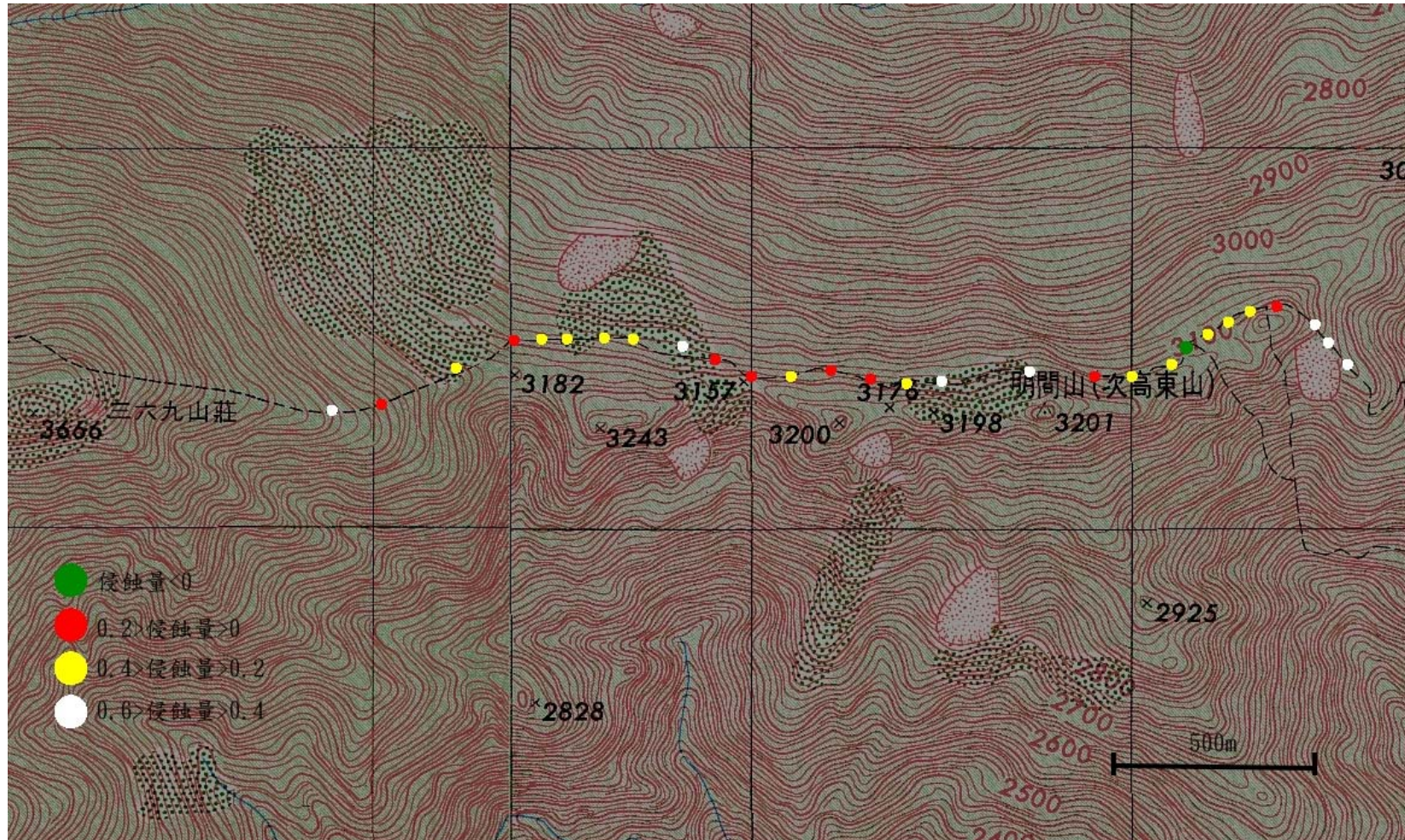
此路段效樣點為 27 個，平均坡度為 10，步道寬度在 1.32m~3.72m 之間，平均每單位寬度侵蝕為 0.38cm。

圖 17 雪東線步道侵蝕現況(4K~7.1K)





圖 18 雪東線侵蝕量現況圖(4K~7.1K)

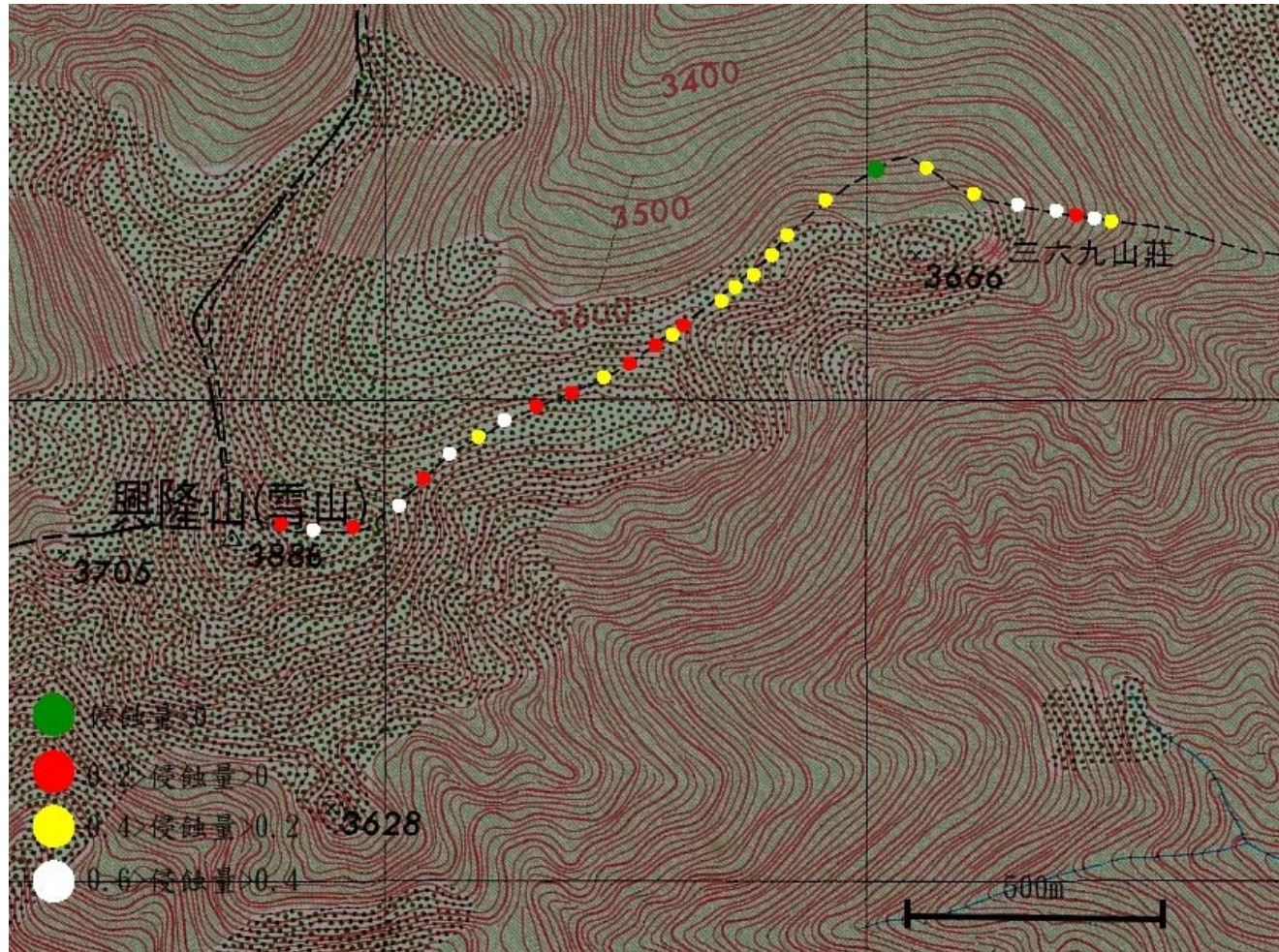


#### 肆、7.1K 三六九山莊~10.9K 雪山主峰

7.1K 三六九山莊~10.9K 雪山主峰間包含了三六九山莊後的之字坡、黑森林及圈谷三個區域，此路段效樣點為 27 個，平均坡度為 17，步道寬度在 1.23m~3.12m 之間，平均每單位寬度侵蝕為 0.40cm。較嚴重的路段集中於三六九山莊後方的之字坡。



圖 19 雪東線侵蝕量現況圖(7.1K~10.9K)





# 第四章 成果展現-四秀線

## 第一節 現況描述

四秀線主線從品田山至喀拉葉山共 8.9km，聯絡線 A 池有山登山口至三叉營地為 3.5km，聯絡線 B 桃山登山口至桃山為 4.5km，平均坡度分別為，10，14，16，寬度大約在 0.8m~2.1m，平均每單位寬度侵蝕為 0.21cm。

## 第二節 土壤侵蝕量之調查結果

### 壹、桃山登山口-桃山山頂

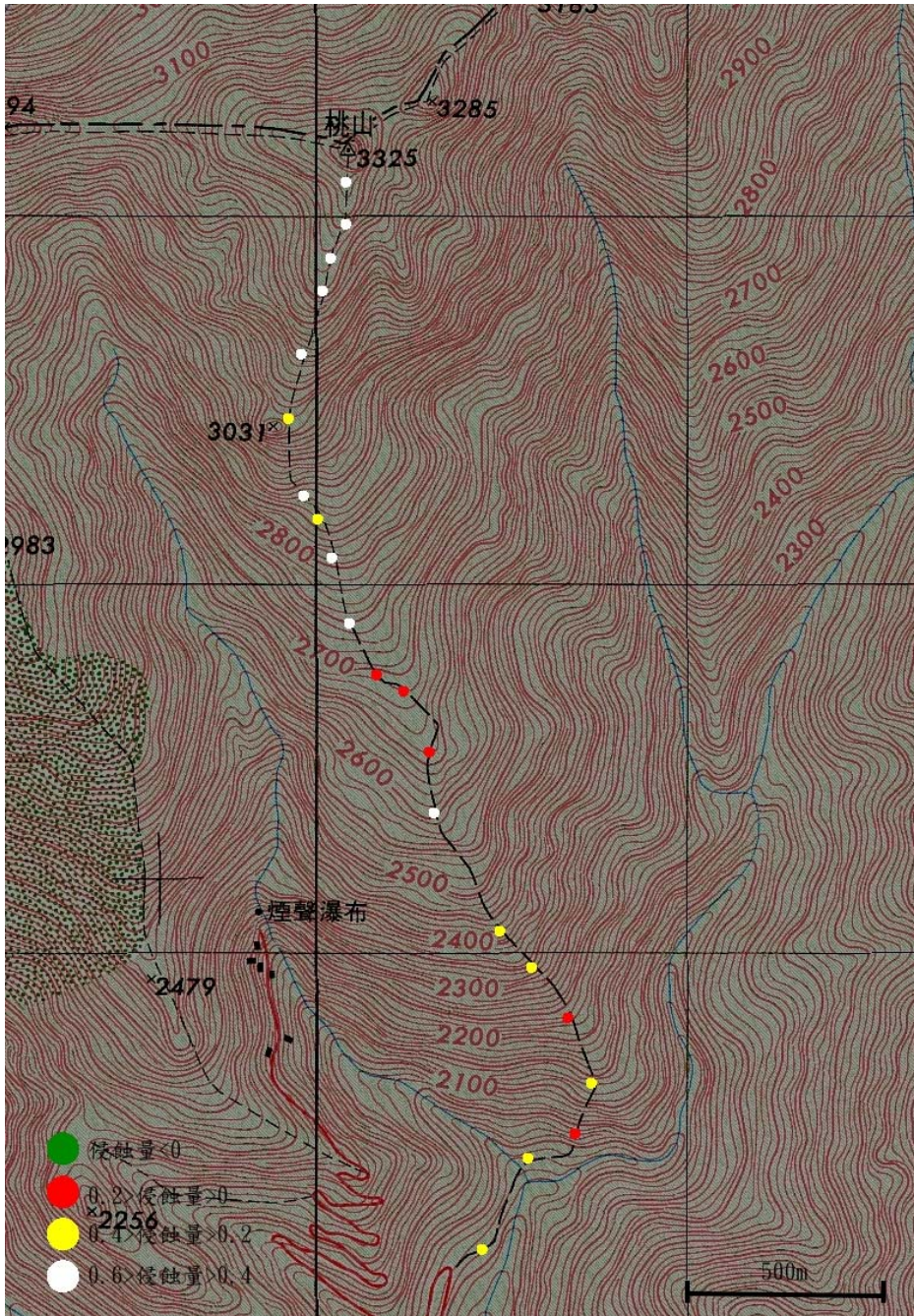
此路段長 4.5 公里，高度自 1930m~3332m，步道主要沿防火道陡升，平均坡度為 16，平均每單位寬度侵蝕為 0.39cm。設置了 22 個樣點，有效樣點為 21 個。

主要土壤侵蝕區域集中於接近桃山主峰一帶，該處林相以箭竹為主，再加上坡度相當陡峭，因此土壤沖刷情形相當嚴重。





圖 21 四秀桃山線侵蝕量現況圖

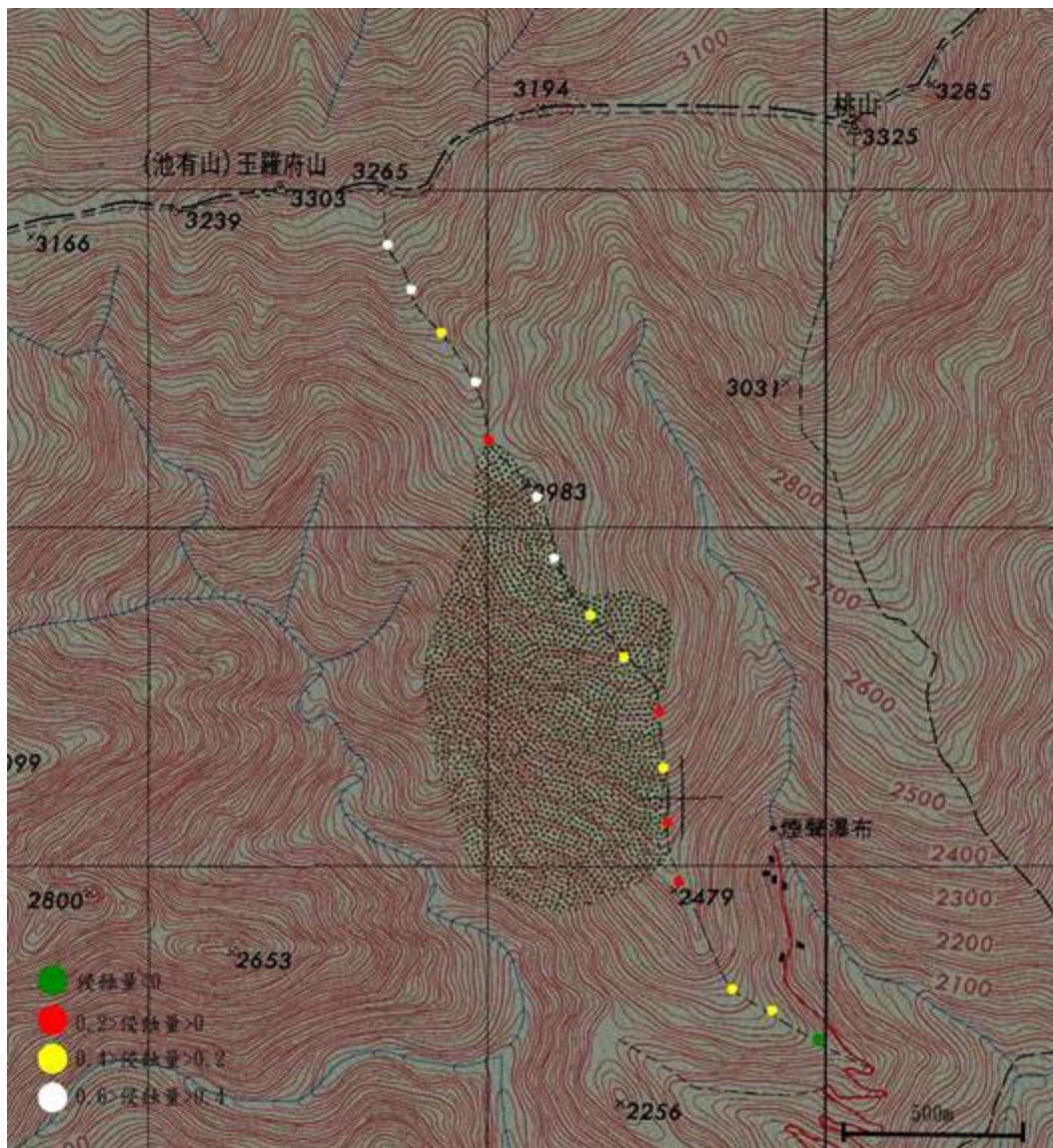




## 貳、池有登山口-池有山山頂

此路段長 3.5 公里，高度自 2210m~3215m，步道沿稜線抖昇，平均坡度為 14，平均每單位寬度侵蝕為 0.27cm。本線設置了 17 個樣點，有效樣點為 16 個。主要侵蝕路段為 2K 之後，石礫裸露的亦相當嚴重。

圖 22 四秀池有山線侵蝕量現況圖



## 參、主線品田山-桃山山頂

此路段長 5.4 公里，但樣點設置受限於地形之緣故，故僅從 0.7K 開始設置，自 0.7K~5.4K 共設置 23 個樣點，高度自 3196m~3325m，平均坡度為 11，平均每單位寬度侵蝕為 0.52cm。

主要侵蝕路段為新達山屋至 0.7K 間箭竹草坡之後，土壤沖刷及複線化相當嚴重，甚至

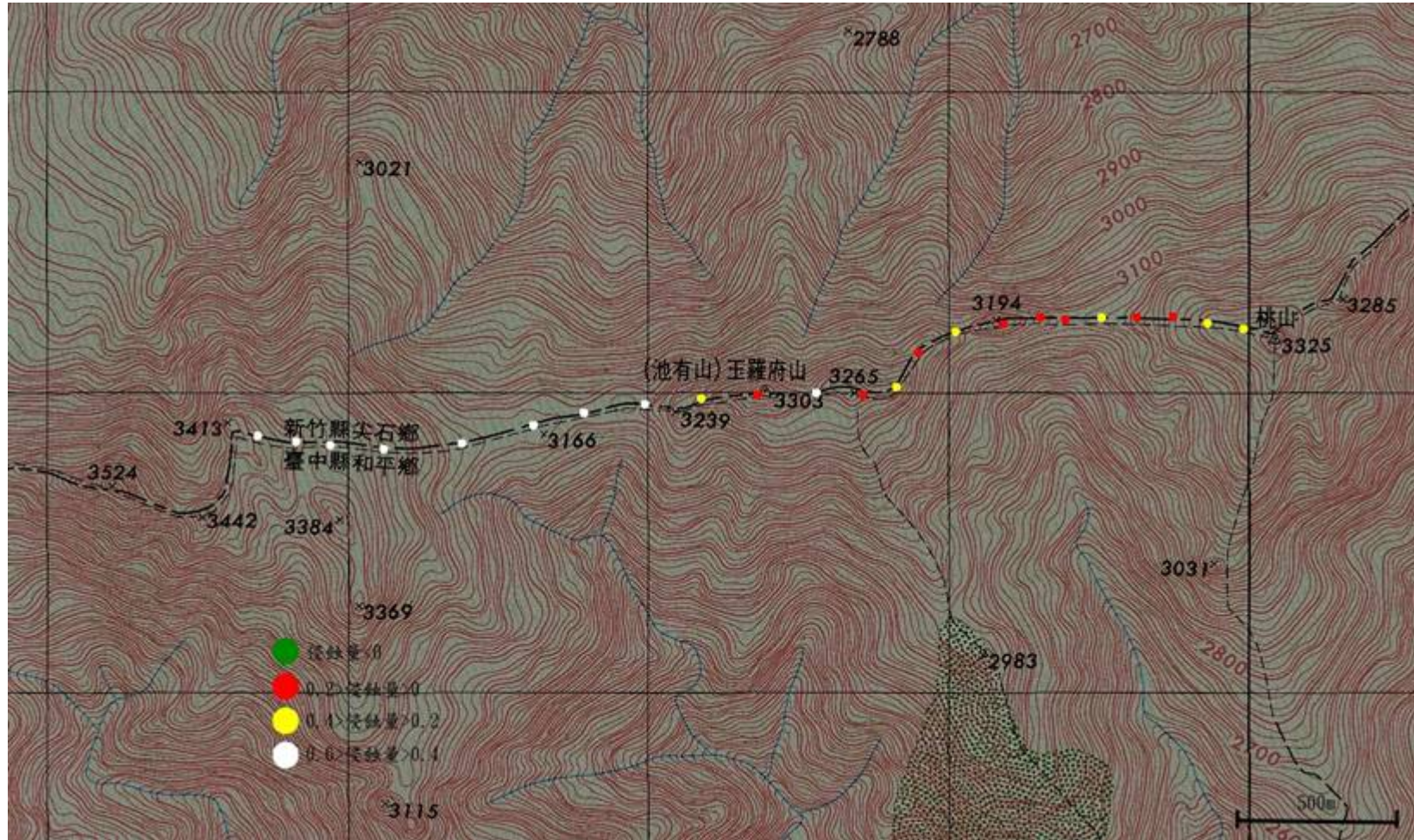
有路段已向下沖刷達 2 公尺。

圖 23 新達山屋後方草坡侵蝕現況





圖 24 品田山-桃山土壤侵蝕現況圖

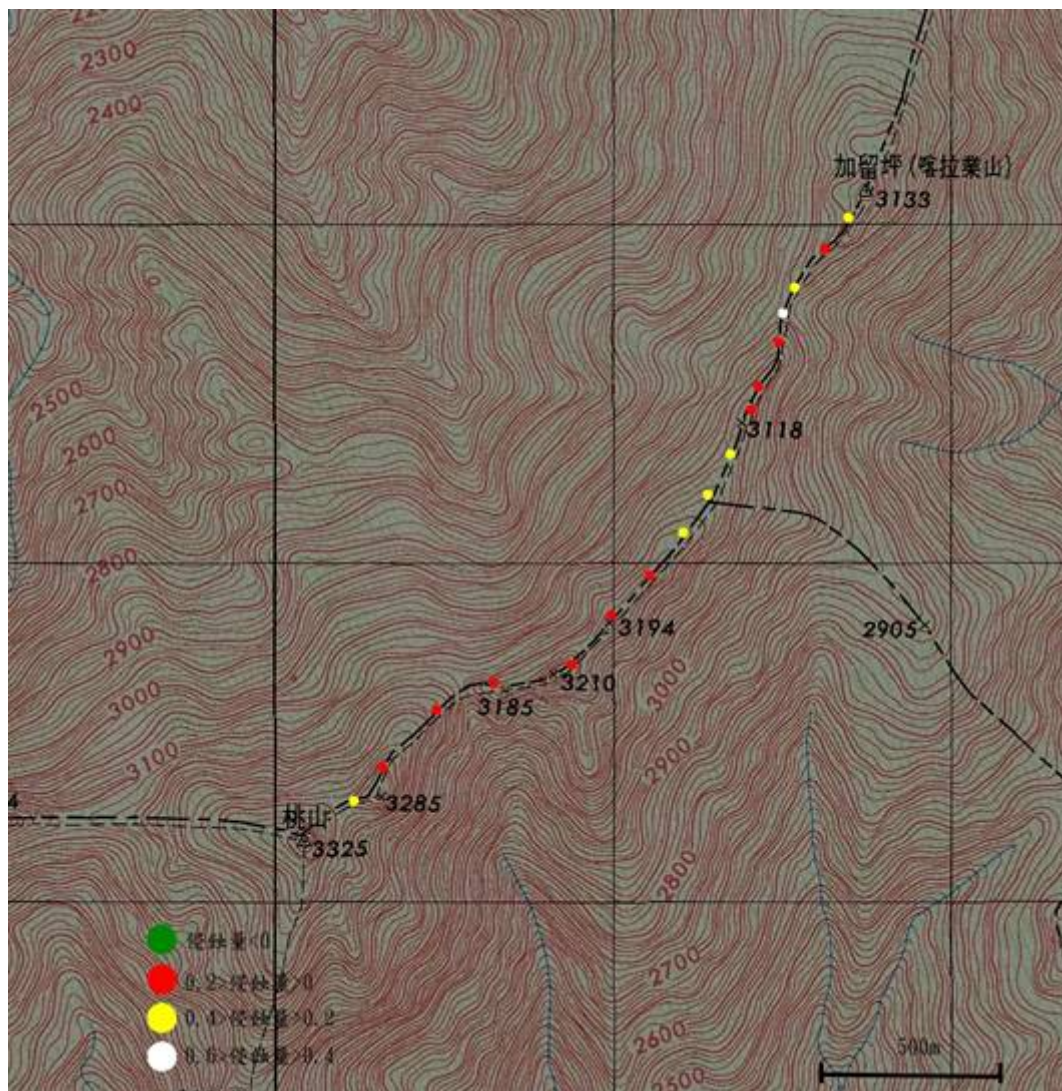




#### 肆、主線桃山山頂-喀拉葉山

此路段長 3.5 公里，里程碑為 5.4K~8.9K 共設置 17 個樣點，高度自 3105m~3313m，平均坡度為 10，平均每單位寬度侵蝕為 0.26cm。土壤沖刷並無特別集中於某個區域。

圖 25 桃山-喀拉葉山土壤侵蝕現況圖



## 第五章 討論與建議

目前步道之累積資料有限，尚不足以提供充足資料來完整分析造成沖刷的主因為何，亦無法成為擬定承載量的依據之一。

在大霸尖山線在尚未決定開放前，武陵地區的雪山東線及四秀線登山步道仍將是目前雪霸國家公園內相當受歡迎的登山步道。但這兩條步道因位於生態保護區內，登山人數進入受到入園管制，目前調查僅建立侵蝕的基礎資料，為了能更了解長期的影響與衝擊，建議可利用目前固定觀測樣點，繼續進行長期且定期的調查分析，來掌握步道環境的變化，並能實施適當的防治對策。

另針對新達山屋至品田山途中的箭竹草坡區域，建議優先設置排水設施，已減緩土壤沖刷侵蝕現象。

## 參考文獻

### 中文部分

- 彭育琦，1997，塔塔加地區步道衝擊及其影響因子之研究，東海大學景觀所碩士論文
- 楊南郡，1991，雪山、大霸尖山國家公園登山步道系統調查研究報告，內政部營建署
- 劉吉川，2003，北大武登山步道之土壤踐踏監測，行政院農委會林務局委託研究計畫系列 91-00-6-01
- 劉吉川，2002，登山步道概述，台灣林業 28(1)，77-81
- 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，1990，遊憩資源衝擊之監測與控制，台大實驗林研究報告，4(2):161-172
- 劉儒淵，1992，遊客踐踏對塔塔加地區植群衝擊之研究，台大實驗林研究報告季刊，6(4):1-40 39.
- 劉儒淵，1993，踐踏對玉山國家公園高山植群衝擊之研究，台大森林所博士論文
- 劉儒淵，1995 塔塔加地區步道土壤沖蝕及其監測之研究台灣大學研究報告季刊 9(3):1-19 42
- 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、陳嘉男、賴明洲. 2002. 奧萬大森林遊樂區步道衝擊之研究. 國立台灣大學農學院實驗林研究報告 15(4):249-271.
- 劉儒淵、黃英塗，1989，遊樂活動對溪頭森林遊樂區環境衝擊之研究，台大實驗林研究報告季刊，3(2):33-51
- 賴明洲、薛怡珍，2002，雪霸國家公園雪山主峰線之承載量研究，生態學雜誌，22(1)：94-96

### 日文部分

- 秋本圭一、服部進、岡本厚 1998，CCD カメラを用いた大型構造物の 3 次元精密計測，計測制御學會學術演講會論文集，P177-178



秋本圭一、服部進、井本治孝 2002, ECDS との比較による画像の精度確認, 日本写真測量学会平成 14 年度年次學術演講會發表論文集, P291-296

沖慶子, 2001, 大雪山国立公園、黒岳石室周邊における登山道の保全のための研究, 北海道大學大学院環境科學研究科修士論文

奥村武信、小松原悦夫、田中一夫 1986, 大山夏山登山道の侵蝕狀況に関する考察, 鳥取大學農學部演習林研究報告, 16: 97-104

後藤忠志, 1993, 大雪山、北八甲田山における登山道の侵蝕, 北海道大學大学院環境科學研究科修士論文

環境省自然保護局 2002・平成 13 年度国立・国定公園における登山道のあり方検討調査報告書・財団法人自然環境研究センター・234pp・

愛甲哲也、中島 康子、浅川 昭一郎, 〈キャンプ利用が植生及び土壤へ及ぼす影響について〉, 《環境情報科学論文集》, 11, 環境情報科学センター, 1997, P201-206

小野有五、依田明実、後藤忠志, 〈登山道の侵食について〉, 《森林航測》, 161, 1990, P15-19

浅川昭一郎, 〈大雪山国立公園における歩道調査について〉, 《大雪山国立公園における登山道調査報告書》, 国立公園協會, 1996, P13-22

渡邊悌二、深澤京子, 〈大雪山国立公園, 黒岳七合目から山頂区間における過去七年間の登山道の荒廃とその軽減のための対策〉, 《地理学評論》, 71A:10, 日本地理學會, 1988, P753-764

#### 英文部分

Cole, D. N. 1983. Assessing and monitoring backcountry trail conditions. Research paper. INT / United States Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, 303: 1-10.

Warner, W. S. 1995. Mapping a three-dimensional soil surface with hand-held 35mm photography. Soil and Tillage Research,

34 : 187-197 .

Warner , W . S . and Kvaerner , J . 1998 . Measuring Trail Erosion  
With A 35mm Camera . Mountain Research and Development ,  
18 : 273-280 .

Teiji Watanabe , 〈 Management of Mountail National parks by  
local communities in Japan 〉 ( 未發表 ) , 2003