

玉山國家公園

「集集大地震後環境與歷史遺跡之變異調查」 暨「電子文化與自然資源地圖」之研究

About us What's New Site Map Mail

搜尋

中央研究院
中研院計算中心
地理資訊系統小組
● 玉山國家公園
各式網路服務
重要相關網站

玉山國家公園電子文化與自然資源地圖

電子文化地圖 921 地震 計畫內容

中央研究院計算中心地理資訊系統小組製作

內政部營建署玉山國家公園管理處委託研究報告

玉山國家公園

「集集大地震後環境與歷史遺跡之變異調查」 暨「電子文化與自然資源地圖」之研究

委託單位：內政部營建署玉山國家公園管理處

研究單位：中央研究院計算中心

研究主持人：林誠謙

共同主持人：嚴漢偉、范毅軍

研究人員：廖滋銘、翁維瓏、陸天瑢

內政部營建署玉山國家公園管理處委託研究報告

中華民國八十九年十二月

目 錄

第一章 緒論	01
第一節 計畫緣起	01
第二節 研究目的	02
第三節 研究範圍	03
第四節 計畫流程	04
第二章 九二一地震與玉山國家公園之關係	06
第一節 地震災害	06
第二節 九二一地震相關資訊.....	10
第三節 地體構造及板塊作用.....	13
第四節 區域地質	16
第五節 主震及餘震震央位置之空間分析.....	18
第六節 地殼變形觀測	23
第七節 強地動分析	29
第三章 崩塌裸露地分析	33
第一節 衛星影像判釋	33
第二節 航照判釋	44
第四章 崩場地田野調查	59
第一節 前言	59
第二節 崩場地調查方法	59
第三節 研究及調查結果	61
第五章 震災後歷史遺址考察	76
第一節 玉山國家公園內人文史蹟調查.....	76
第二節 小結	88
第六章 電子文化與自然資源地圖	89

第一節	基本概念	89
第二節	系統發展與方法	90
第三節	研究成果	92
第七章	結論與建議	99
第一節	結論	99
第二節	建議	101

參考文獻

附錄一 田野調查照片集

附錄二 考古遺址文物照片集

附錄三 玉管處九二一調查報告

表格目錄

表 2.1	台灣地區主要天然災害分類圖.....	08
表 2.2	玉山國家公園地層概述表.....	17
表 2.3	玉山國家公園鄰近地區的衛星控制點位移量	25
表 3.1	遙測衛星影像常用波段.....	33
表 3.2	玉山國家公園土地覆蓋面積變遷表.....	34
表 3.3	本研究使用之衛星影像資料表.....	35
表 3.4	土地覆蓋類別分類結果.....	36
表 3.5	主要新增裸露地資料表.....	39
表 3.6	裸露地 A、B 描述表.....	40
表 3.7	裸露地 C、D 描述表.....	41
表 3.8	裸露地 E、F 描述表.....	42
表 3.9	東埔玉山地區九二一地震前、後期航照及像 片基本圖資料清單.....	44
表 4.1	崩塌地調查記錄表.....	60
表 4.2	崩塌地類型與發生條件.....	61
表 4.3	玉山地區之地層劃分表.....	64
表 4.4	大鐵杉—塔塔加鞍部—玉山群峰登山步道沿 線崩塌地記錄表	65
表 4.5	研究區地層對比	69
表 4.6	東埔—八通關古道西段崩塌地調查結果表...	71
表 5.1	玉山國家公園鄰近之重要考古遺址.....	77
表 5.2	人文史蹟調查之內容項目.....	88
表 6.1	空間資料收集項目.....	93

插圖目錄

圖 1.1	玉山國家公園範圍圖.....	03
圖 1.2	災後環境變異調查工作之流程研究圖.....	04
圖 1.3	電子文化與自然資源地圖建置之研究流程圖...	05
圖 2.1	中央氣象局所發佈的九二一地震報告圖.....	11
圖 2.2	臺灣地區板塊地體構造與皺摺及斷層示意圖...	15
圖 2.3	玉山國家公園地質分區圖.....	16
圖 2.4	玉山國家公園與九二一地震震央、震度及斷層 破裂面位置關係圖.....	18
圖 2.5	九二一地震主震及主要餘震位置與臺灣活斷層 分佈圖	20
圖 2.6	九二一地震斷層破裂及主餘震震央分佈圖.....	21
圖 2.7	臺灣百年地震震央分佈圖.....	22
圖 2.8	1992 1998 臺灣地區之地殼相對運動速度場 圖	24
圖 2.9	九二一地震基本控制點水平位移圖.....	26
圖 2.10	九二一地震基本控制點垂直位移圖.....	27
圖 2.11	九二一地震震波傳到各地之地表震動分佈圖...	29
圖 3.1	九二一地震前土地覆蓋分類圖.....	37
圖 3.2	九二一地震後土地覆蓋分度圖.....	37
圖 3.3	九二一地震後衛星影像套疊地震前裸露地分佈 圖	38
圖 3.4	九二一地震後衛星影像判釋出主要新增裸露地 索引圖	39
圖 3.5	東埔玉山地區九二一地震前、後期航空照片位 置圖	45
圖 3.6	東埔玉山地區崩塌分析圖圖幅接合表.....	45

圖 3.7	和社幅崩塌地分析圖.....	48
圖 3.8	東埔幅崩塌地分析圖.....	49
圖 3.9	郡大山幅崩塌地分析圖.....	50
圖 3.10	同富山幅崩塌地分析圖.....	51
圖 3.11	沙里仙幅崩塌地分析圖.....	52
圖 3.12	關高幅崩塌地分析圖.....	53
圖 3.13	鹿林山幅崩塌地分析圖.....	54
圖 3.14	玉山幅崩塌地分析圖.....	55
圖 3.15	八通關幅崩塌地分析圖.....	56
圖 4.1	東埔地區地質狀況、考古遺址與崩塌地分佈圖	68
圖 5.1	清八通關古道西段（東埔至關高段）位置圖...	79
圖 5.2	日八通關越嶺道西段（東埔至關高段）位置圖	80
圖 5.3	清代營盤址遺址（東埔一鄰）位置圖.....	82
圖 5.4	SaiKu（SK）考古遺址位置圖.....	83
圖 5.5	Sana Sana（SS）考古遺址位置圖.....	84
圖 5.6	沙里仙（SLS）考古遺址位置圖.....	85
圖 5.7	屋不那爾（UBNE）考古遺址位置圖.....	86
圖 6.1	工作概念圖	89
圖 6.2	系統發展架構流程圖.....	90
圖 6.3	Map Object IMS 系統架構圖.....	91
圖 6.4	「文化與自然資源地圖」網站首頁畫面.....	95
圖 6.5	影像伺服系統查詢畫面.....	96
圖 6.6	影像地圖查詢系統畫面.....	97
圖 6.7	文字查詢系統畫面.....	97
圖 6.8	文字查詢系統查詢結果.....	98

第一章 緒論

第一節 計畫緣起

芮氏規模 7.3 的地震悄然襲擊臺灣，九二一震災帶給臺灣近百年來最重大的災情，震垮了臺灣地區成千上萬的家庭，奪走兩千多人的生命，造成難以估計的直接災害損失，同時間接地也造成長期的環境與生態變異或影響，這些都值得我們加以長期關注。九二一地震除了帶來毀滅性破壞外，對於各領域的研究工作，不論是地球科學、人文社會變遷研究或是生態研究領域，卻也提供了新的實務經驗及探討新科學理論的機會。在此震災重建復原時期，應廣泛蒐集資料、徹底調查比對、長期監控評估，以真正瞭解地震對於這塊土地可能的影響程度和範圍，這些是從事科學研究人員責無旁貸的工作。而以自然資源保育為目標的國家公園，更有義務與責任針對如此嚴重的地震災害，翔實記載、探究原因，以建立完整的環境變異記錄，作為往後國家公園經營管理及災害預防的重要參考資料，同時亦能轉化成為極佳之環境教育教材。

玉山國家公園立園至今已有多多年，其間就其範圍內的地形、地質、動物、植物、自然環境與人文史蹟等研究調查成果累積豐碩，且仍持續進行。配合先進的資訊應用環境與資訊處理技術，將可系統化的、有效的依使用者需求，空間化（地圖形式）的提供所需訊息，輔助園區人員對於資源動態的掌握能力，並提升使用者對資料的解譯能力，讓民眾至研究學者均可很快的瞭解所需的園區環境、生態內涵，進而發會最大的保育與社會教育之功能。

本計畫最主要目標在於配合玉山國家公園管理處對於國家公園範圍內自然環境與史蹟等重要環境資源管理之需，一方面廣泛的調查九二一震災後，玉山國家公園內環境與生態的變異，利用先進的全球定位設備與技術，結合地理資訊系統等空間資訊處理技術，精確標定震後的位置或範圍。另一方面，則以歷來已知的調查結果為基礎，將玉山國家公園範圍內的地形、地質、動物、植物、自然環境與人文史蹟等所累積之豐碩研究調查成果，配合先進的資訊應用環境與資訊處理技術，系統化的彙整並建構「玉山國家公園電子文化與自然資源地圖」雛形，做為玉管處推廣與管理國家公園資源，以及社會教育的有效工具。

第二節 研究目的

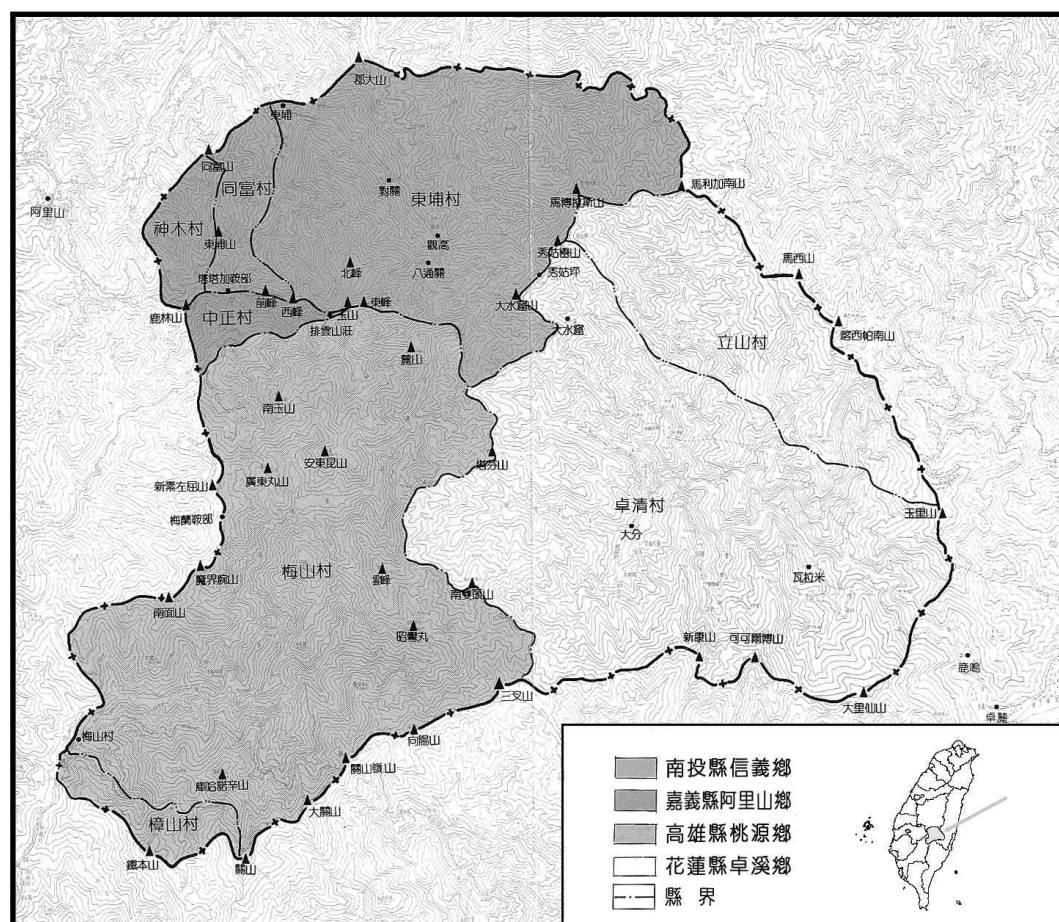
由於國內各研究單位針對於九二一地震的發生機制及其影響，已經從事各方面的研究工作，本計畫主要是透過文獻資料收集，整理出玉山國家公園境內九二一地震發生時的背景資訊、影響區域及影響範圍等資訊，並進行綜合性探討；此外透過遙感探測技術針對九二一地震所導致玉山國家公園境內地震災害的發生，進行全面性的變遷監測及影響分析，對於主要的受災地區則配合進行田野實地考察的工作，主要考察的目標則是對於新增的崩塌類型加以觀察記錄，同時對於國家公園內潛在災害發生地點及人文史蹟遺址是否遭受到破壞等議題加以調查，作為後續國家公園經管管理之參考資訊，同時利用網際網路及地理資訊系統的技術，讓一般民眾瞭解到國家公園災後受損情形，以提升民眾對於環境變遷及自然災害的認識，進而形成對環境關懷及對人文、自然珍貴資源保存之共識，具體的研究目的：

1. 收集九二一相關研究成果，探討九二一地震對於玉山國家公園衝擊的狀況。
2. 利用遙感探測技術分析玉山國家公園災後環境變遷情形。
3. 針對新崩場地進行田野調查及紀錄，探討形成的機制及後續潛在災害發生的可能性。
4. 針對人文史蹟遺址，實行田野調查及紀錄，提出災後現況報告及後續經營維護的建議。
5. 針對九二一地震對於玉山國家公園整體自然資源破壞、社會經濟的衝擊及後續潛在災害發生情形提供完整的紀錄，作為重建之評估參考以往後地震發生時對於地震災害減災工作時的參考資訊。
6. 利用網際網路，讓民眾瞭解到國家公園災後受損情形，作為環境教育之一環。

第三節 研究範圍

本研究係以玉山國家公園全區研究範圍，進行九二一地震後的環境變異調查。玉山國家公園位於臺灣本島中央地帶，其範圍東起馬利加南山，南沿新康山、三叉山，後沿中央山脈至塔關山、關山止，西至梅山村西側溪谷順楠溪林道西側稜線至鹿林山、同富山，北沿東埔第一鄰北側溪谷至郡大山稜線後，再順哈伊拉漏溪至馬利加南山北峰；在行政區域上分屬於南投縣信義鄉、嘉義縣阿里山鄉、高雄縣桃源鄉及花蓮縣卓溪鄉（如圖 1.1），南北長約三十九公里、東西寬約四十三公里，總面積合計一〇五、四九〇公頃。由於玉山國家公園幅員遼闊，許多地方亦非人跡可及之處，因此在現地田野調查工作及高精度航照照片判釋工作上，僅能針對地震受災嚴重地區加以進行調查及分析。

為了瞭解地震前後時期的環境變遷，以及九二一地震主震發生後所伴隨而來的餘震及潛在災害對於玉山國家公園的影響，本研究的在時間斷面切割上，則是以涵蓋九二一發生之前半年(1999年3月)到九二一地震發生之後一年(2000年10月)的期間作為研究的重點。



<玉山國家公園管理處提供>

圖 1.1 玉山國家公園範圍圖

第四節 計畫流程

為了達到計畫之目標，分別針對「九二一地震後之環境與歷史遺跡之變異調查」與「電子文化與自然資源地圖建置」的工作，研擬本計畫預計執行了的兩個主要作業流程：

一、災後環境變異調查工作之研究流程

在確認研究目標後，便針對九二一地震相關資訊加以收集，同時針對不同的調查主題，選擇適宜的研究方法，分別以 A.利用衛星影像、航空照片來進行全園區的受災概況資訊收集；B.蒐集相關研究成果或調查報告，予以綜合分析及進行數位化工作，以作為九二一地震的背景資訊；C. 針對受災嚴重地區進行田野實地調查，並利用全球定位系統（GPS），精確標定地震後主要地形地貌變動、歷史遺跡位址、植被變化及主要保育動物的蹤跡範圍等，做為玉管處瞭解震後現況與復原之基礎，研究流程如圖 1.2 所示。

而將不同調查方式取得的環境及資源變遷資訊，加以整合、判釋及繪製成地圖，據此得以綜合性地瞭解玉山國家公園在九二一地震中的環境變遷狀況與分佈情形，之後便對於研究的成果進行書面報告的撰寫，並將分析成果整合至電子文化與自然資源地圖之中，提供一般民眾透過網際網路獲得本研究之成果。

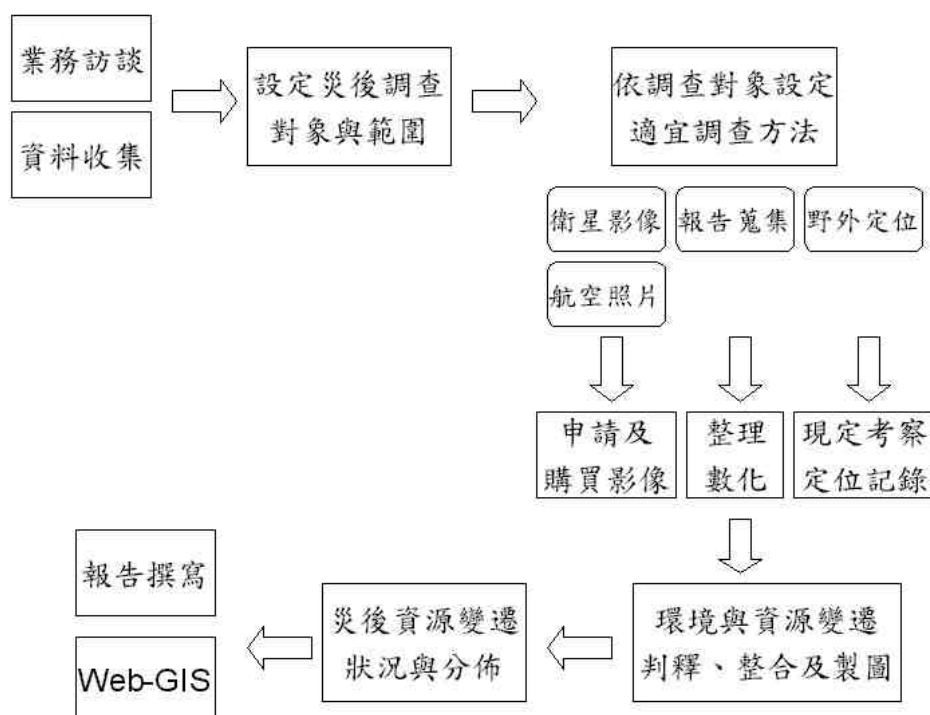


圖 1.2 災後環境變異調查工作之研究流程圖

二、電子文化與自然資源地圖建置之研究流程

引進地理資訊系統，整合前述新調查所得定位資訊，並彙整玉山國家公園內之所有自然、生態、歷史、文化等既有調查資訊，建立包含時間與空間軸向、以網際網路為作業環境、Web-based 圖像化精確「玉山國家公園電子文化與自然資源地圖」系統雛形。

- (1) 蒐集涵蓋玉山國家公園範圍之古、今不同比例尺地圖、航照照片與衛星影像等資料，作為不同時間之空間基礎底圖。
- (2) 依據所處理資訊內涵，分析建立適當之詮釋資料(Metadata)規範，做為後續資訊系統設計開發與大量資訊管理、檢索之基礎。
- (3) 蒐集經調查、考證與研究之該區域歷史遺跡、文化資產、人文景觀、自然環境、動植物生態、以及文獻等各類多媒體資訊，建立以地理資訊系統為核心，整合資料庫系統、多媒體資訊處理系統、及所需資訊處理技術，發展以全球資訊網 (World-Wide Web) 為介面之「玉山國家公園電子文化與自然資源地圖」系統。
- (4) 建立地名資料庫：藉由所蒐集之研究結果，建立玉山國家公園範圍內之新舊地名的對照查詢處理系統，做為此電子地圖系統中貫穿古今之空間線索。

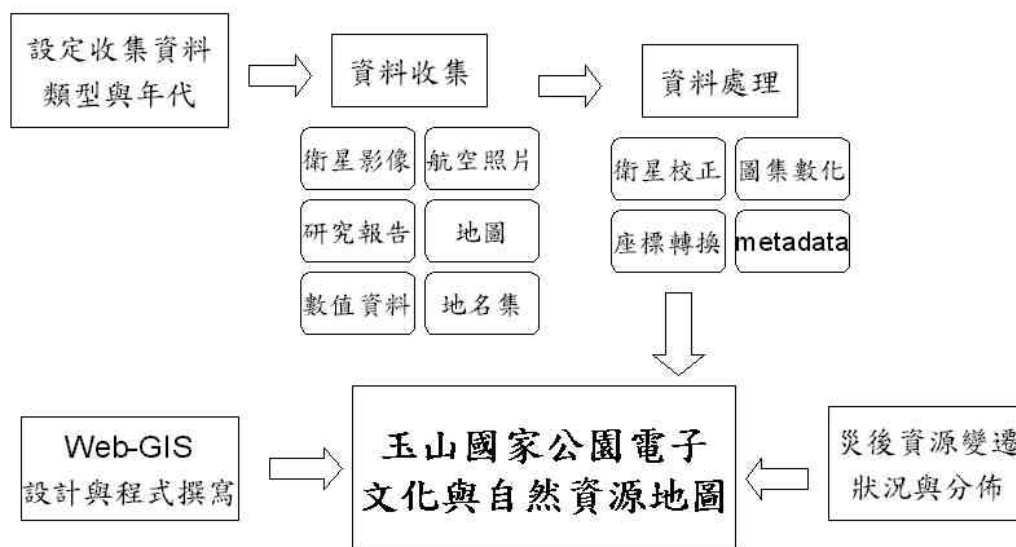


圖 1.3 電子文化與自然資源地圖建置之研究流程圖

第二章 九二一地震與玉山國家公園之關係

為了瞭解玉山國家公園在九二一地震發生時，整個園區受到地震震波影響的實際狀況，以及主震之後的地表位移、後續餘震等相關資訊，以利瞭解玉山國家公園整體受到地震衝擊的狀況，並據以研擬實地田野調查的對象與地點。本章節乃收錄各機關與研究單位所研究報告，加以彙整、製作圖表。由於九二一地震帶給臺灣慘重的災情，因此各界也投入大量的研究工作，並且在各種研究主題上產生豐富的成果，這些資料對於玉山國家公園而言，可說是難得的完整地震相關資訊紀錄，足以作為玉山國家公園珍貴的歷史紀錄。

第一節 地震災害

台灣位處於地體構造帶上，造山運動迅速、地震頻繁、河川坡度大；加上在氣候上屬於熱帶及亞熱帶氣候區，降雨豐沛，加速了地表岩石的風化與侵蝕，也隱藏著許多的天然災害危機。在台灣地區最常見的天然災害（可進一步參考表 2.1）可以劃分以下幾類（楊士芳，2000）：

一、山崩：大片的岩層或土石，沿著山坡突然向下滑落、移動的現象，稱為山崩。崩落的土石和岩屑極不穩定，常持續崩塌，直到坡度變緩，才會漸漸穩定下來。山崩經常以三種形式出現：

（1）落石：岩屑或岩體從高處以自由落體或跳躍式快速向下掉落的現象稱為落石。多發生在陡峭的山坡地或富有裂隙的岩層及破碎帶、波浪侵蝕的陡崖和河流向下侵蝕的峽谷與絕壁等地方。此外，也會因人為的不當開發坡地，導致落石的發生。落石的速度很快，居住在山坡下的人們或通行的車輛，常閃避不及而遭受損傷。

（2）土石流：由巨石、礫、砂、泥等岩石碎屑與水混合，受重力牽引而向下流動的現象稱為土石流，多發生在山坳處或河谷中。土石流的形成的條件包括：厚層鬆散的岩層可以提供充足的泥石材料；土石內飽和的水，不但減少摩擦力，更因為挾帶土石而造成巨大的破壞力；適當的坡度，以提供土石向下坡搬移的驅動力。此三條件缺一不可。

（3）地滑：岩塊沿著一明顯的破壞面，向下坡處滑動的現象稱為地滑。在岩層傾斜角度過大的順向坡地區，當坡腳被移除時；或在邊坡的岩層組成較為細粒、軟弱的土層，水土保持措施處理不當，較有機會發生地滑現象。其所發生的大量滑動土方，不但造成處理上的大困擾，也常形成新的潛在問

題區。

二、颱風、豪雨和洪水：熱帶海洋面在充足的水氣和熱量等條件的供應下，加上地球自轉的作用，可能形成熱帶性低氣壓，若繼續發展，當風速達到每秒 17.2 公尺以上時，就形成颱風。而豪雨則是連續的降雨，當一日的雨量累積達到 130 公釐以上就稱為豪雨；洪水的發生通常是河川流量突然增加，短時間河水無法宣洩，水位暴漲，河水溢出河岸，氾濫形成洪水。

颱風、洪水和豪雨常對地表的土壤造成嚴重的沖蝕，在山區使得高壓鐵塔倒塌，電力中斷，影響民生。在山坡地發生山崩，會阻塞交通，使河水高漲，沖毀橋墩，橋樑斷落造成不便；若沖毀河堤，甚至引起水災，對經濟及居民安全影響很大。颱風所挾帶的強風，使得沿海地區有可能發生海水倒灌，房屋淹水，農作物遭受鹽害，甚至危及生命安全。洪水是世界上造成生命和財產損失最多的天然災害之一，洪水發生後，不但房屋和農作物被淹沒，養殖的魚蝦流失，且環境髒亂，容易滋生傳染病；水退後地上殘留的污泥，處理上更是費時費力。

三、乾旱：如果持續一段長時間缺少降水或水源的補充不足就容易形成乾旱。台灣南部地區，降雨主要來自於颱風和梅雨季節，因此梅雨不明顯或缺少颱風帶來的降雨時就容易造成乾旱。乾旱會使地下水源減少，導致農作物歉收與民生工業用水短缺。

四、地震：地震發生的原因主要有三個：板塊運動、火山活動、隕石撞擊或人類的核子試爆等有關。台灣位於環太平洋地震帶上，因此地震的發生多和板塊運動息息相關。台灣西部地區，發生地震的頻率雖不若東部地區高，但地震的震源多發生在陸地，且震源深度也較淺，加上西部地區人口密集，一旦發生地震，就可能造成嚴重的災害。

五、海岸和河流的侵蝕：台灣島四面環海，海岸線超過一千公里，海水日以繼夜地與海岸交互作用，長期作用的結果，有些地方會出現海岸線持續後退，灘地寬度明顯縮減，或海灘地前緣，海床坡度變陡時，海岸侵蝕的現象就發生了。海岸侵蝕不但造成土地的流失，沿海地區的建築物基礎有可能被掏空而崩塌，沿海的防波設施甚至經不起暴潮、巨浪的襲擊而沖毀。

表 2.1 台灣地區主要天然災害分類圖

災害類形	示意圖	原因	重要案例地點
地層斷陷 隆起		地層受到擠壓隆起，甚或斷陷，多為斷層通過之處	台中霧峰光復國中
落石		因邊坡坡度太陡，造成坡上物質不穩定而崩落	嘉義縣阿里山公路沿線、石棹、南投縣臺21號省道、新中橫公路沿線、神木、屏東縣好茶
土石流		谷中堆積的土石，因含水量達飽和，受重力牽引流動	南投縣郡坑野溪、郡坑社區、南平坑、郡坑橋、豐丘
地滑		平面型：順向坡坡腳移除使地層下滑 弧型：細粒均質軟弱厚層物質之邊坡	草嶺、九份二山
坡腳侵蝕		坡腳受到侵蝕而掏空，使上覆物質缺乏支撐，受到重力影響而掉落	嘉義縣阿里山公路、南投縣陳有蘭溪橋、初鄉橋、愛國社區、三十甲、苗栗縣汶水舊橋
海岸侵蝕		海岸受到海水淘刷而崩壞	彰化縣大城、芳苑、嘉義縣東石
橋墩冲刷		橋墩底部的物質被河流帶走，因而露出其根部	新竹縣頭前溪橋、屏東縣里港大橋、高美大橋
洪水		因颱風、暴浪沖毀堤防，或是因為人為的疏失，造成內陸地區積水	彰化縣大城、芳苑、嘉義縣東石、台北縣土城、板橋
堰塞湖		河道被崩積物堵塞，因而在後方積水成湖	草嶺、九份二山
土壤液化		含水的物質受到震動後，水沿著裂隙溢出，使地面下陷	台中港碼頭
乾旱		長期雨量稀少	台灣南部地區每年10月至次年4月為乾季

資料來源：天然災害手冊，2000年，行政院農業委員會 出版

而其中地震除了本身因為能量的釋放出強大地震波能量，摧毀建築物、道路、鐵路、橋樑等設施，如果地震的來源是由於斷層的錯動，則進一步地，使得農田、房舍，甚至發生位移，人畜財物嚴重受損。除了直接的地震波破壞之外，地震亦會直接造成山崩、地滑、走山，形成地震堰塞湖；近海地區可能引起海嘯；某些地區因土壤結構問題，導致土壤液化；此外，所及之處，有些人口聚居的地區，因為瓦斯外洩、電線走火，引發火災的發生。由此可見地震所導致的災害往往會與其他類型的天然災害伴隨發生，因此在探討地震災害對於一個地區的影響時，便需要同時將相關的天然災害類型納入探討範圍之內(薛美芳，1998)：

而地震與其它的天然災害最大的差異，在於以目前科學發展狀況而言，並無法像颱風預報一般，在災害發生前準確地預測地震發生的位置及其強度，同時人類亦無法以任何人為的力量來阻止地震之發生，此外地震災害發生的時間短暫，但是能量釋放集中，使得地震災害發生時往往是廣泛且嚴重的。地震所造成災害的程度，常和地震規模的大小、震源的深度、以及距離震央遠近有密切的關係。此外，建築物的結構設計、斷層、地質狀況、人口的分佈情形，也都會影響災害的大小。

第二節 九二一地震

根據中央氣象局之測量報告，民國八十八年九月二十一日凌晨一時四十七分十六秒台灣中部發生芮氏規模 7.3 強烈地震，震央在在於玉山主峰西北方 45 公里處，(北緯 23.85 度, 東經 120.81 度)，亦即南投縣集集鎮附近，震源深度為 8 公里，結果造成全台約 2,400 人死亡，一萬人受傷，一萬餘棟房屋毀損(全倒或半倒)，十萬餘人無家可歸的慘劇，為民國二十四年關刀山大地震之後，傷亡最慘重的一次。

根據以往的調查研究，車籠埔斷層早已被判定為一活動斷層(蔡本義, 1995)，此外溫國樑和羅俊雄(1997)曾對車籠埔斷層進行地震危害度分析，評估此一斷層可能發生的地震最大規模為 $M_L=7.31$ ，與此九二一地震的規模十分一致，這也提醒我們對於相關斷層研究成果及地震規模預警，都應加以關注。

九二一地震除了造成人員大量傷亡與許多房屋毀損之外，由於震撼力極其強大，亦造成台灣中部地區多處山地發生大規模山崩以及平地的土壤液化現象，許多道路和橋樑亦遭到嚴重破壞，其中最嚴重者為中部橫貫公路谷關至德基一段。山崩規模之大亦屬罕見，其中尤以清水流域的草嶺、國姓鄉澀子坑或九份二山附近、以及雙冬北方之九九峰最為觸目驚心。

此次地震乃車籠埔斷層活動所引起，該斷層為一南北走向、向西逆衝之斷層，斷層長約一百公里，斷層活動結果造成上盤(東側)隆起自一公尺以下至八、九公尺不等，大致上隆起高度由南向北遞增，這與斷層破裂活動由南向北展開有關。斷層活動範圍南至瑞竹以南的桶頭，北至豐原之後即轉向東，在大甲流域的石岡東勢一帶產生一些新破裂面，並繼續延伸至大安溪卓蘭內灣一帶，造成該一帶地區嚴重災情，包括埤豐橋塌陷與石岡壩毀損，並在大甲溪河床上形成六公尺高的瀑布，大安溪河床局部抬升結果則積水成湖。(地調所, 1999)

九二一大地震，除了推擠長約 80 公里之車籠埔斷層，使其再度出露地表，更迫使週遭地殼強烈變形。根據內政部土地測量局於中部災區，利用 GPS 衛星接收儀，進行 72 個衛星控制點之檢測結果，得知在水平位移方向上，車籠埔斷層東側點位均向西北方向移位。一般而言，愈近斷層位移量愈大。測得最大位移量之點位為『東勢』8.5 公尺。地理中心『虎子山』位移量為 2.3 公尺。車籠埔斷層西側點位均向東南方向移位。一般而言，愈近斷層位移量愈大。測得最大位移量之點位為『豐原地政事務所』0.95 公尺。

而在垂直方向位移上，車籠埔斷層東側約 15 公里內之點位均為上升。一般而言，愈近斷層上升量愈大。測得最大隆起量之點位為『大虎山』3.2 公尺。距斷層

東側 15 公里外之點位均為下陷。其中，下陷量最大之點位為南投『鹿角山』0.77 公尺。地理中心『虎子山』下陷量為 0.5 公尺。車籠埔斷層西側點位普遍為下降。測得最大下陷之點位為嘉義『大尖山』0.68 公尺。(內政部土地測量局，1999)

除在震央(斷層)附近的南投縣、台中縣市，造成極大的災害，甚至於在震央 150 公里外的臺北地區亦有不小的地震災情發生，而玉山國家公園離震央最近距離僅 35 公里，所受到的衝擊勢必不小，而伴隨主震而來的餘震以及相關自然災害更是不可輕忽之，將在之後的小節內詳加描述。

將中央氣象局所發佈的九二一地震報告條列於下，從各地最大震度(如圖 2.1)推斷玉山國家公園境內當時最大震度多在 4 級或 5 級，屬於氣象局所定義的中震及強震，地動加速度範圍在 25~250 cm/sec² 之間，而在西北部園區則達 6 級，屬於烈震規模，地動加速度範圍在 250~400 cm/sec² 之間，足以造成巨大災害。

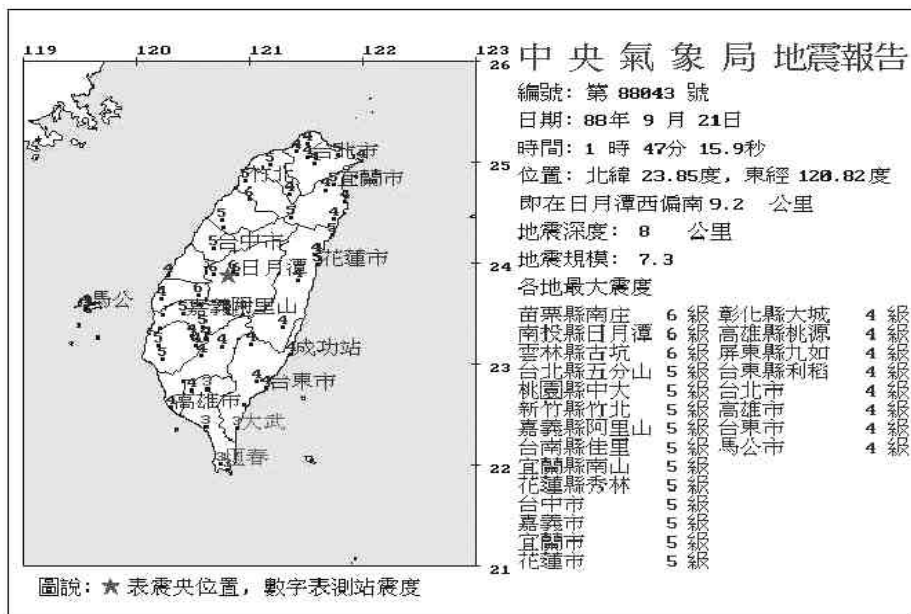


圖 2.1 中央氣象局所發佈的九二一地震報告圖

日期：88 年 9 月 21 號
 時間：1 時 47 分 12.6 秒
 位置：北緯 23.85 度，東經 120.81 度，即在於玉山主峰西北方 45 公里處，接近南投縣集集鎮。
 地震深度：8 公里
 地震規模：7.3 (M_L , CWB) 或 7.7 (M_S , USGS)
 斷層破裂：車籠埔斷層地表破裂面主斷層長約 85 公里，東北延段長約 11 公里，全長約 96 公里。
 資料來源：中央氣象局

九二一大地震引起的毀滅性破壞，根據相關研究調查結果（潘以文等，1999及林慶偉等，2000），基本上可分為：

(1)斷層帶上地表錯動而隆起或下陷，所造成的破壞

本次地震沿地表斷層沿線如竹山、名間、南投、草屯、霧峰、石崗等地區，諸多民宅及公共設施（如公路、橋樑、學校、行政機關）均因為位於斷層帶上，由於斷層地表破裂面之上、下岩盤錯動數公分至數公尺之多，而使得民宅及公共設施倒塌、傾斜而損毀，造成重大之生命財產之損失，如大甲溪上的石崗壩之破壞即屬此類。

(2)地表劇烈震動引起的破壞

地震發生伴隨地表垂直及水平方向之劇烈震動，對於中部地區之建築結構亦造成重大之破壞，許多緊鄰斷層帶或位於主震及規模較大之餘震震央的地區，房屋倒塌多起因於無法承受如此巨大的震動。此次亦有重大災情發生之集集、新社與埔里等地區，皆因為鄰近主震震央所在位置，以致於導致產重之災情。

(3)地震引發之二次災害

地震發生後所引發之火災、地表噴沙、土壤液化與山崩，也同時造成災區甚至非災區上重大損失，許多的堤防、水壩等水利設施的損毀，帶來洪氾災害之潛在隱憂；山崩造成的當地居民生命財產受到直接威脅，或是使得道路、橋樑中斷造成社會經濟上的衝擊，而山崩所帶來的土石，亦大量堆積在山坡地、溪谷之中，倘若大雨來襲極易造成土石流危害，如 89 年夏季的幾個颱風便造成災區土石流大量爆發，導致許多死傷，便是具體的例子。

第三節 地體構造及板塊作用

根據經濟部中央地質調查所以及中央研究院地球科學研究所的相關研究報告指出，臺灣本島在全球地體構造體系中，屬於活動之不穩定帶，正位於歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊的複雜交界面，是屬於西太平洋板塊東緣菲律賓海板塊中一系列島弧群島之一。台灣島的東北及東南海域各有一板塊隱沒帶(subduction zone)。在台灣花蓮東方約從北緯 24 度開始，菲律賓海板塊以大約 45 度的角度往北隱沒至歐亞大陸板塊之下；在東南方從東經 121 度附近則是中國南海海洋板塊(歐亞大陸板塊)隱沒至菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊互相作用所產生的島弧之下。而在台灣島上則是菲律賓海板塊之島弧仰衝至歐亞大陸板塊之上，板塊界限由菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊之間約五十度向東南傾斜的花東縱谷逆衝斷層所構成。

在這樣的地體構造中，主要的地殼活動乃菲律賓海洋板塊以平均每年約 7-8 公分的速率由東南向西北(北 130 度東)方向推擠歐亞大陸板塊如圖 2.2a 所示。而在台灣沿花東縱谷形成碰撞帶，從地震資料的研究可知，大多數地震均發生於此碰撞帶上。這樣板塊水平漂移與碰撞運動，造成臺灣島從四百萬年以來不斷地作垂直方向的隆起，使得山地佔臺灣本島三分之二以上之面積，亦造就了玉山國家公園高聳起伏的地理環境。從大尺度的地質構造體系上著眼，玉山國家公園位處於造山運動帶，因此區域性地質結構複雜，斷層、摺皺及破裂面等之地質構造現象特別發達，頻繁的地殼活動直接地造成玉山國家公園地震發生頻率高。

此一板塊推擠壓力，除了造成台灣本島及附近海域海底高程劇烈變化，也造成臺灣本島地下岩層變形，而由東向西產生一系列之皺褶與斷層，如圖 2.2a 所示，在臺灣西部地區形成之逆衝斷層其走向大致呈南北向且與海岸山脈平行。如前所述，由地質構造的觀點來看，這一系列逆衝斷層是由東往西發展的，其斷層面均向東傾斜，斷層位置越靠西邊其向東傾斜之角度越低。在臺灣西部麓山帶的一般地質構造特徵，由西而東分別為彰化斷層、車籠埔斷層、及雙冬斷層；每個斷層伴隨有背斜褶皺構造(上盤)及向斜褶皺構造(下盤)，如圖 2.2b 所示。地層的分佈基本上是越向西地層年代越來越年輕，顯示逆衝斷層作用基本上是由東向西逐漸遷移發展。台灣西部前緣斷層帶，呈現蜿蜒彎曲的形狀，原因可能是由於各段斷層不等時不等量的逆衝位移所形成，前緣斷層帶表示台灣造山作用至今之變形範圍，與活斷層作用亦有非常密切的關連。

車籠埔斷層呈南北向延伸，南接觸口斷層，北連三義斷層，為台灣西部麓山帶西界之前峰逆斷層(frontal thrust)。本斷層東側上盤主要由上新世至更新世之錦水頁岩、卓蘭層及頭嵙山層所構成，西側下盤則由第四紀頭嵙山層、紅土台地堆積層或沖積層所構成。此斷層大致沿台中盆地東緣與丘陵山麓交界處發展，斷面傾向

東，傾角約在 25 與 40 度之間。在竹子坑西南方約 1.5 公里附近能夠發現本斷層上盤之錦水頁岩向西逆衝至河階礫石層之上，因而可確認其在近期仍有活動跡象。

雙冬斷層位於車籠埔斷層之東約十餘公里，亦作南北向延伸，唯向北穿越大甲溪後漸轉向東北，此斷層為內麓山帶與外麓山帶間的分界線，東側上盤岩層由漸新世至中新世的砂岩及頁岩構成，包括甚多較緊密的褶曲及斷層，構造複雜；而西側下盤則由上新世至更新世之卓蘭層、頭嵙山層構成，岩層約作南北走向，向東傾斜，構成單純的單斜構造。本斷層斷面向東傾斜，傾角介於 35 與 45 度之間。而在車籠埔斷層的西側，也就是大肚山 - 八卦山的西緣，經調查推測有一近南北向之彰化斷層存在。以上之車籠埔斷層、雙冬斷層及彰化斷層均切穿過第四紀以後的岩層，因此通稱為第四紀斷層。

而玉山國家公園的主要範圍是屬於中央山脈的地質帶，早期因板塊碰撞所產生的斷層至今已少有大規模活動，然而園區西緣正好處於臺灣西部麓山帶的東界，亦即在雙冬斷層之背斜褶皺構造（上盤）之東，因此屬於逆衝斷層上盤，在板塊擠壓過程中地殼會有逐步抬升的現象，因此地震活動會相對地頻繁。

九二一地震主要成因是臺灣西部麓山帶系列逆衝斷層長期受呂宋島弧推擠，蓄積大量能量，而由車籠埔斷層發生錯動所造成，斷層東側（上盤）上升數公尺，地震規模及影響範圍均比日本阪神地震及美國北嶺地震大。因屬逆衝斷層，東側上盤地區地震力格外激烈，由中央氣象局名間地震站測得最大水平地表加速度高達 1g 為日本阪神地震 0.8g 之 1.2 倍，主要強震延時更高達 25 秒，其頻率內函分佈也很廣，因此其破壞性也強。

檢視台灣地區之地震活動及歸納其分佈之特性，花東地區是地震活動最為頻繁之區域，本區因直接位處菲律賓海板塊與歐亞大陸之碰撞帶上（花東縱谷），因此地震活動最為頻繁，但本區震源之深度亦較深，因此對地表造成之損害不似台灣西部地區發生之淺源地震般大。此外，台灣西部地區在丘陵與平原之交界地帶為目前台灣造山變形之前緣，此處之岩體是目前變形、褶曲與斷裂最為發達之區域，亦為本島地震發生之高度潛感區，加以本區地震之震源多位在地表下 35 公里範圍以內，因此地震發生時常造成重大之人員傷亡及財物損失，本島歷史記載中造成嚴重災情之地震亦多發生於本區。而玉山國家公園正處於台灣地區兩大地震帶---即花東縱谷地震帶（東部地震帶）及西部平原地震帶（西部地震帶）---之間（蔡義本等，1977），屬於地震發生潛在敏感區，因此發生有感地震、甚至是地震災害的機率遠大於其他的國家公園，所以對於玉山國家公園管理處而言，在面對天然災害的防災、減災、救災及災後復健等事前工作規劃上，勢必不可以輕忽地震災害所佔的比重。

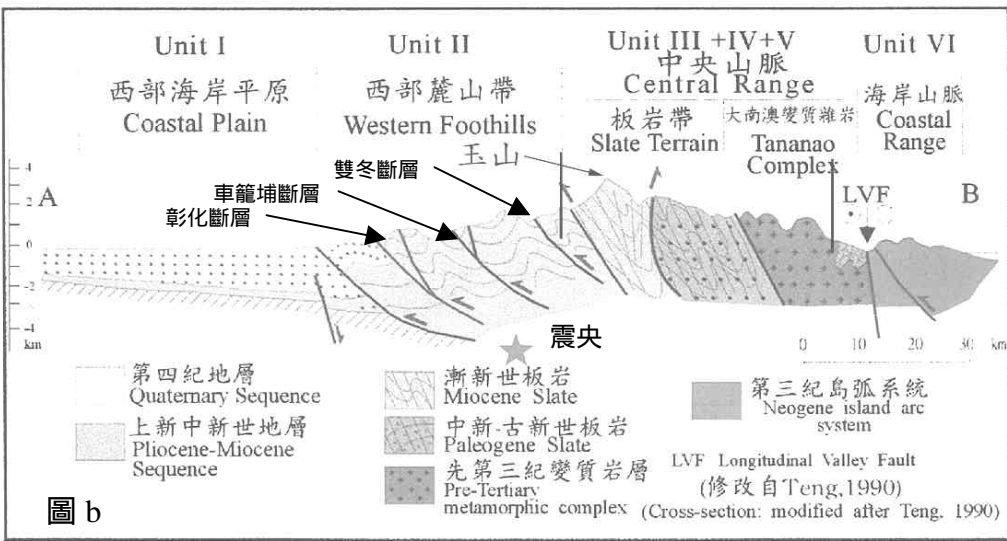
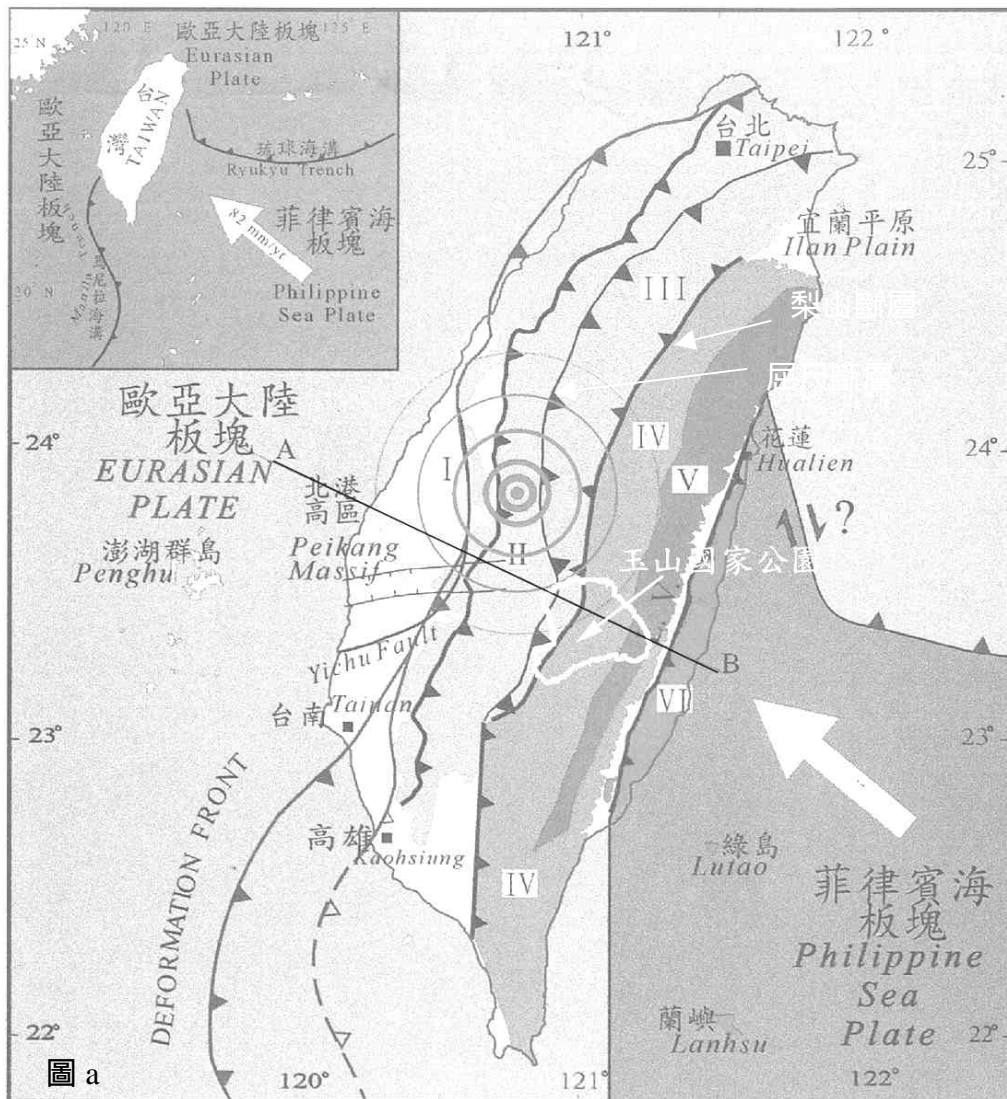


圖 2.2 臺灣地區板塊地體構造與皺摺及斷層示意圖。
 (中央研究院地球科學研究所，修改自 Lee,1994 及 Teng,1990)

第四節 區域地質

玉山國家公園位於臺灣本島之中央地帶，根據山脈及河川的自然分佈，從西向東明顯可分為四大地形區，及西北隅的東埔山塊、西部的玉山山塊、東部的中央脊樑山塊與西南部的關山山塊，山塊之間皆以 V 型深谷隔絕（程延年，1989）。就臺灣整體地形分區而言、僅西北隅的東埔山塊位於屬於西部麓山帶之東緣，其餘皆位於中央山脈地形帶上(如圖 2.2)。在西部麓山帶與中央山脈地形帶上的接觸線是臺灣的主要一條界線斷層---塔塔加斷層（即大塔口斷層），大致沿著楠梓仙溪一支流，經楠溪工作站附近向南延伸，為曲尺斷層之南延。而在中央山脈地形帶仍可細分成中央山脈西翼地質區（雪山山脈帶）及中央山脈東翼地質區（脊樑山脈帶）(何春蓀，1986)，而其間存在另一界線斷層---梨山斷層。

在地質分區上依地質特徵可細分成五個地質區（中央地調所、王鑫），自西向東依次為(1)中新世未變質沈積岩區；(2)古第三紀變質板岩系之新高群；(3)中新世廬山群板岩區；(4)古第三紀畢祿山雜岩區；(5)大南澳變質岩基盤區。各地層詳細的分佈及岩性資料參閱表 2.2。

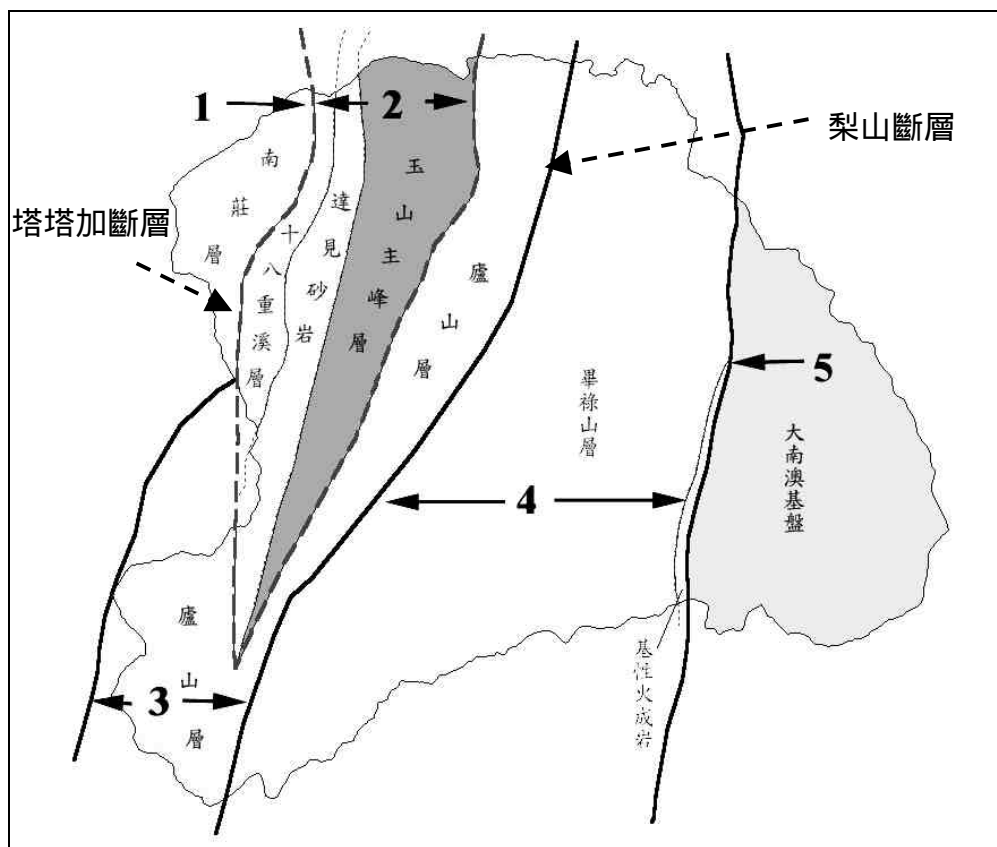


圖 2.3 玉山國家公園地質分區圖

表 2.2 玉山國家公園地層概述表

區別	年代	地層	分佈	岩性
沈積岩區	中新世	南莊層	塔塔加鞍部以西	淺灰色砂岩夾薄層頁岩，偶夾薄煤層。
		和社層		黑色頁岩，偶夾暗灰色細粒砂岩薄層。
		廬山層	八通關以東至大水窟一帶	黑色板岩或千枚岩化板岩。
板岩區	始新世	玉山主峰層	塔塔加鞍部至八通關	以黑色板岩為主，偶夾砂岩、石灰岩質砂岩、泥岩，含 Assilina 化石。
		達見砂岩		中粒至粗粒白色石英岩質砂岩，偶夾板岩薄層。
		十八重溪層		以黑色板岩為主，偶夾砂岩或石灰質砂岩。
		新高層	1.中央山脈山脊兩側，東至沙沙拉咪一線。 2.鹿鳴橋至玉里	板岩、千枚岩、石英岩互層；或板岩、千枚岩為主，夾薄層變質岩。
火成岩體區	新生代以前	中基性火成侵入岩體	板岩區與結晶石灰岩區之間（儒閣至新崗）	
結晶石灰岩區	古生代晚期	太魯閣層	新崗至瓦拉米間	結晶石灰岩（大理岩）為主，間夾綠色片岩、石英片岩，
片岩區		太魯閣層	瓦拉米至黃麻間	絹雲母、石墨、石英等片岩類。
		玉里層	黃麻溪至鹿鳴橋一帶	黑色片岩（石墨片岩為主）矽質片岩為主，夾有綠色片岩或蛇紋岩，不含結晶石灰岩。

<參考自玉山國家公園地理地質景觀資源調查（王鑫等著）及玉山觀石（陳隆陞著）>

第五節 主震及餘震震央位置之空間分析

根據中央氣象局所發佈的地震報告，九二一大地震震央位置在北緯 23.85 度，東經 120.81 度，即在於玉山主峰西北方 45 公里處，震源深度為 8 公里，屬於淺層地震。以玉山國家公園範圍來看，離震央最近的位置屬西北園區的東埔地區，僅距離 35 公里，主震發生時最大震度達到六級，當地有數戶數戶的民宅因而全倒或半倒，同時在各處都發生土石崩落的現象；而距離最遠的地方屬東南園區的南安地區，與震央為至距離約 75 公里，主震發生時最大震度則達到 4 級，並未傳出重大災情。根據相關研究（紀雲曜等,2000），九二一地震明顯的震害範圍在 30~50 公里以內，在此區域內會有嚴重的生命財產損失發生。

而相對於車籠埔斷層，仍屬西北園區的東埔、玉山地區距離最近，由於九二一地震發生時，車籠埔斷層東側（上盤）的水平位移量達 1.2~7.1 公尺，呈西北至西北北走向，由南往北遞增，而在垂直的位移上則有 2.2~4.5 公尺的錯動(余水倍, 1999)，因此越鄰近斷層地表破裂帶的區域，勢必會有較大的地殼形變位移的情況發生。

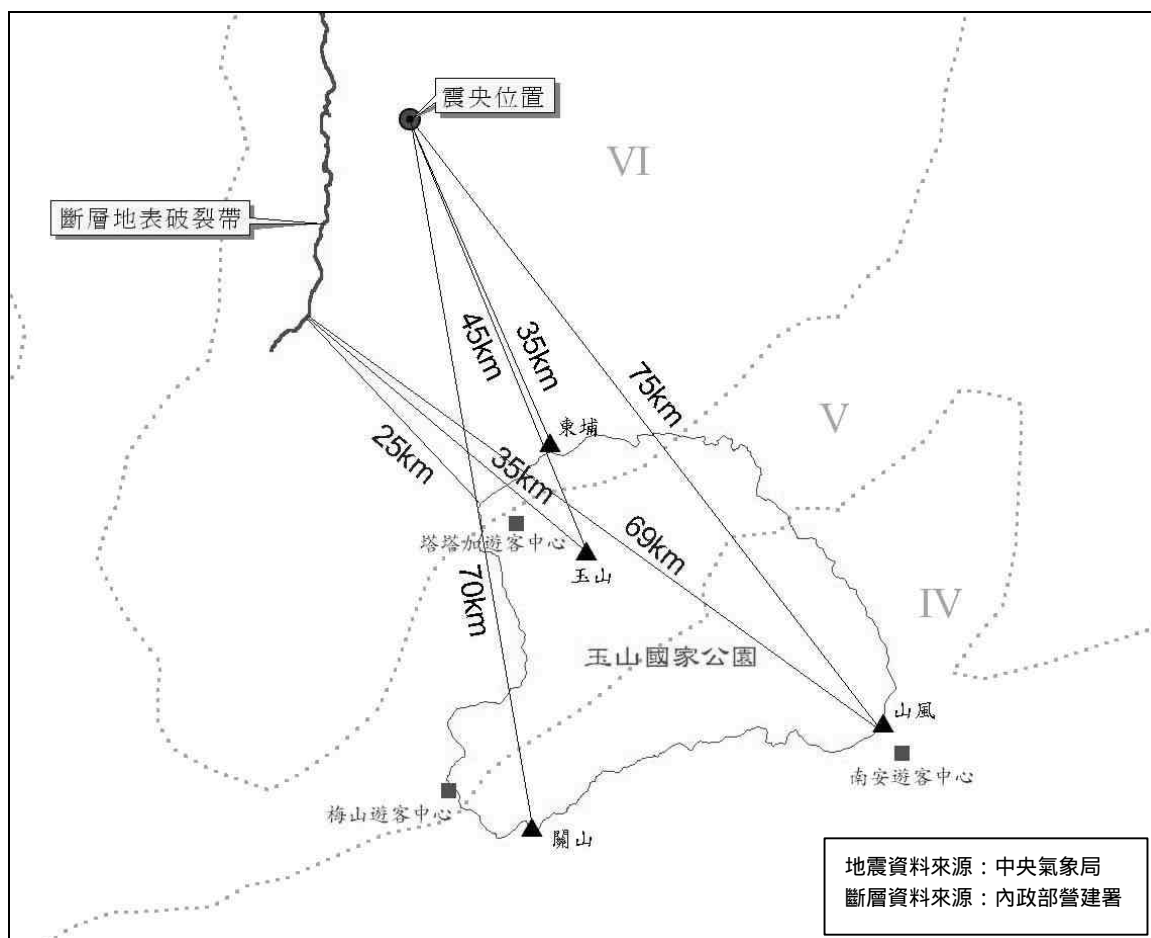


圖 2.4 玉山國家公園與九二一地震震央、震度及斷層破裂面位置關係圖

地震所帶來的威脅除了震動最為強烈的主震之外，緊跟著主震而來的餘震，其地震規模雖不如主震來的大，但仍是屬於可能達到 6 級的烈震，如九二一地震主震發生後的兩天內，便發生了 13 次地震規模大於 5.5 的餘震，如圖 2.5 所示，其中還分別有 5.5 及 5.7 的餘震震央發生在玉山國家公園境內，而發生在 88 年 10 月 22 日嘉義地震（地震規模 7.0）以及 89 年 6 月 11 日的埔里地震（地震規模 6.7），都被中央氣象局認定為九二一地震之餘震，因此對於餘震的發生以及其所帶來的災害仍不可以輕忽。

餘震會隨著時間週期性地逐漸減少、減弱，但期間卻可能很長，如果將九二一地震發生後到 89 年 12 月份，所發生的地震，分別以地震規模及地震深度加以用不同符號區隔會製成圖（如圖 2.6），可以發餘震都發生在中央山脈與西部平原接觸地帶，於中央山脈以西地區，且略成向西的弧狀分佈，這個期間之內玉山國家公園鄰近地區則發生超過百起以上的有感地震，並且有 15 個以上的震央發生在園區境內，而這些地震震央發生在玉山國家公園園區內的地震有個趨勢就是都屬於淺層地震，深度都不超過 5 公里，其主要的原因這些地震來自於靠近中央山脈的西部逆衝斷層（如雙冬斷層）所帶來，由於斷層面均向東傾斜至中央山脈以下，但由於斷層位置越靠西邊其向東傾斜之角度越低，因此地震的深度被限制在一定的深度之上，可參考圖 2.2 所示，所以發生在玉山國家公園境內的地震多半屬於淺層地震，正因為如此地震深度淺，地震波能量直接釋放到地表，使得小規模的地震卻往往也會造成大的地震災害。

再仔細檢視台灣近百年來地震震央分布情形（圖 2.7），不難察覺台灣西部有一主要地震帶，北起新竹以南的後龍，向東南延伸，經苗栗、三義、卓蘭、東勢、埔里、日月潭地區，然後轉向西南，經竹山、梅山、嘉義、新營、台南等地，形成一個寬廣的弧形地震帶。在此地帶之內曾經發生三次大地震，即 1906 年的梅山大地震（南段，規模 7.1），1935 年的關刀山大地震（北段，規模 7.1），以及九二一集集大地震（中段）。這個弧形地震帶大致圍繞著一個安定的基盤，潛藏在北港、台西、與澎湖一帶地下淺處，地質界稱它為北港高地，正好位於弧形地震帶內側核心地區，相對而言該地區之震央分布較為稀少，亦較少發生大地震。當東方的菲律賓海板塊不斷向西北碰撞歐亞板塊之際，北港高地成為台灣島西進的障礙，結果在山脈前緣衍生一些逆衝斷層活動與地震，台灣西部絕大多數活動斷層分布在山脈的前緣，原因在此。（中央地質調查所，1999）



圖 2.5 九二一地震主震及主要餘震位置與臺灣活斷層分佈圖

(The Mainshock and Aftershocks of the Chi-Chi Earthquake and the Active Faults of Taiwan)

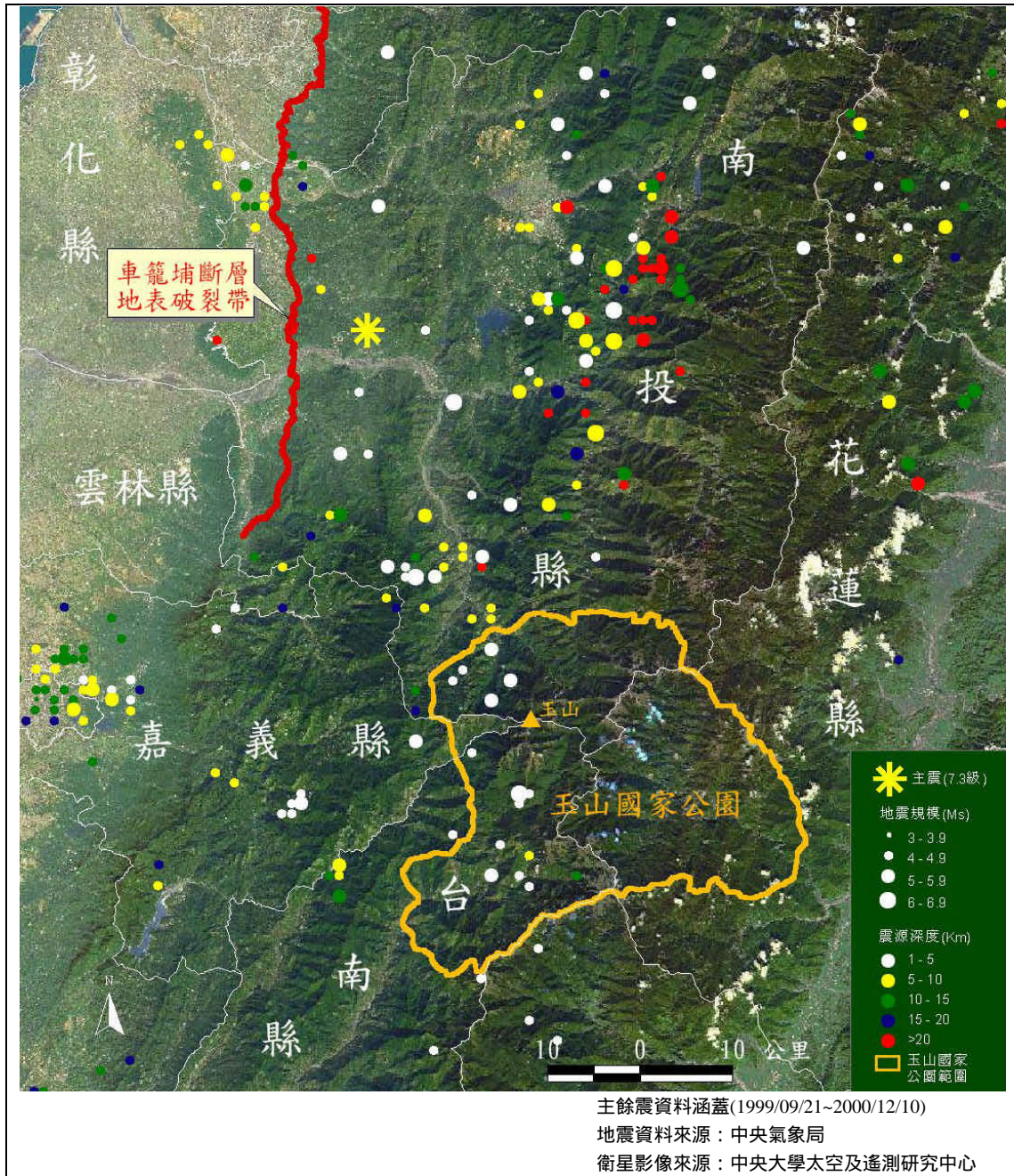


圖 2.6 九二一地震斷層破裂及主餘震震央分布圖
 (Surface Ruptures and Mainshock and Aftershocks of the Chi-Chi Earthquake)

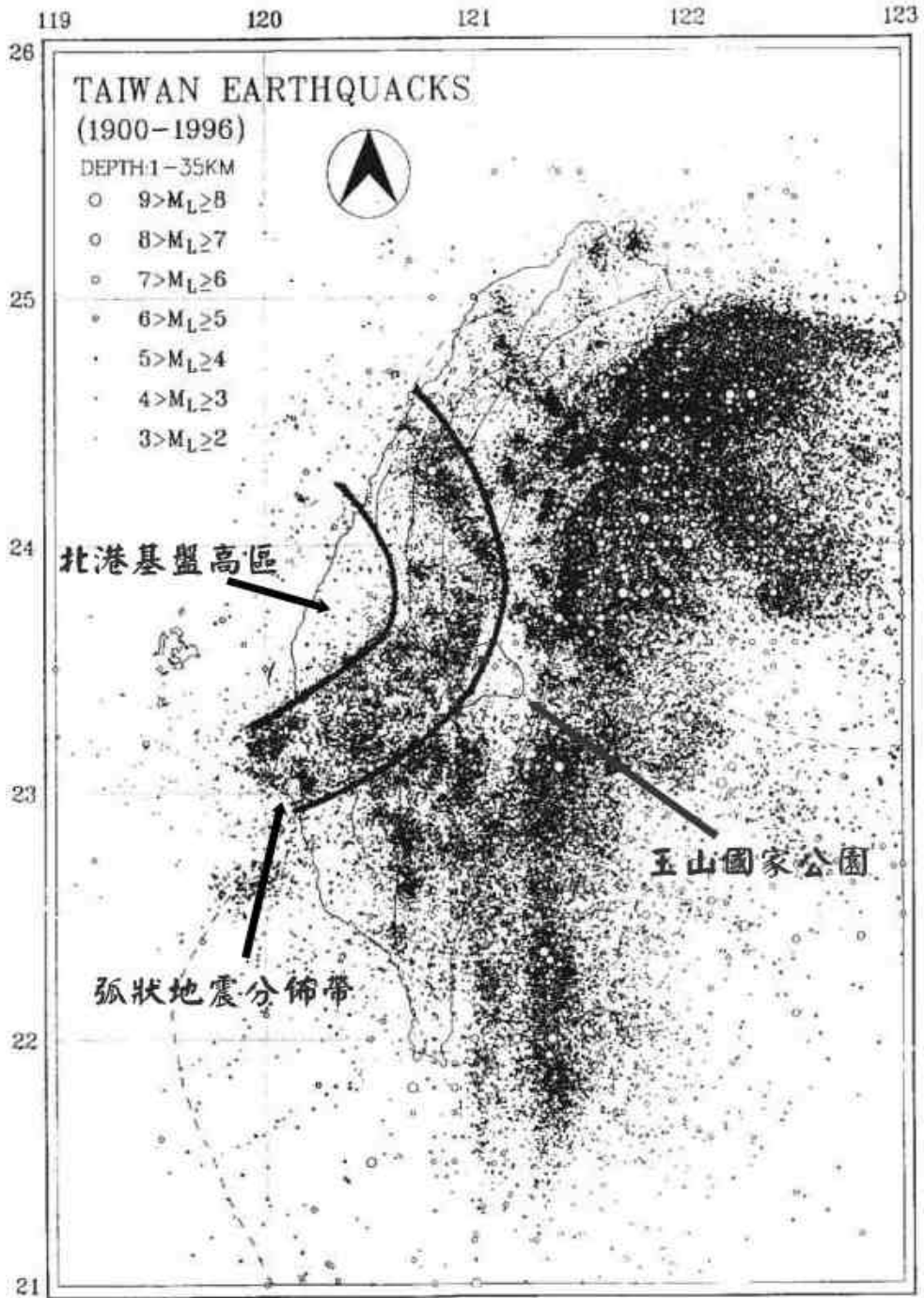


圖 2.7 台灣地區百年地震震央分佈圖 (蔡義本等人, 1997)。弧形帶為陳肇夏 (1999 年 9 月 26 日華視新聞廣場) 所指之西部主要地震帶。

第六節 地殼變形觀測

台灣位處於板塊交界帶，地震活動頻繁，地殼變動劇烈，近年來地球科學家運用全球衛星定位系統（Global Positioning System:GPS）於地殼變形與地體動力學研究上，透過接收不同 GPS 衛星發出的電碼及載波訊號，可精確地定出各測點的所在位置，亦能獲得不同測點之間的相對位置。由中央研究院地球科學研究所於台灣全島及附近主要離島所佈置高經度 GPS 聯測網，每年實施一次的全網高經度 GPS 測量，可以估算出臺灣現今地殼運動速度場。根據 1992~1998 的觀測資料（余水倍等,1999），臺灣地區各地的地殼運動速度場如圖 2.8 所示，箭頭代表各測點相對於澎湖的運動速度。由這些測點的資料顯示，位於菲律賓海板塊上的綠島和蘭嶼以 82mm/year 的速率朝西北方運動，這也使得臺灣本島大部分地區受到不等的推擠作用，此種地殼縮短的現象在新竹以南的台灣西部海岸平原及西部麓山帶（參見圖 2.2）都極為顯著，地殼縮短率在中部地區約 20mm/year，至西南部地區更高達 40mm/year。

由這個研究成果中，雖然在玉山國家公園境內並沒有直接設置測點（1999 年於玉山北峰已經增設了測點），但仍然可以由鄰近的測量結果，大致得知而玉山國家公園整體上地殼活動狀況，大致是以每年 33~37mm/year 速率朝西偏北的方向在運動，這樣的運動速率相對於臺灣西部平原及北部地區，是屬於高速運動的狀態。由於地殼岩體不可能無限制被壓縮，為了釋放這樣的壓縮力量，地層便會沿著斷層面上的錯動，所以在快速的地殼運動速率下，也反映出這個區域高頻率的地層滑動、地震發生以及劇烈的地殼抬升作用。

由於基本三角點是測量基礎，對於對民眾之土地權益（如宗地面積、界址位置、道路位置）有相當程度之影響，在台灣地殼變動劇烈的狀況下，基本三角點往往也會因地震的發生及斷層面的錯動而造成變動。因此如何快速且精確地掌握基本三角點所處的位置，是土地經營管理者所必須釐清的。從現在的趨勢來看，之前提到的 GPS 觀測技術也已經逐漸取代傳統的三角點測量。

為了為建立完整、統一、高精度之衛星控制點系統經參酌傳統三角點及中央研究院現有衛星監測點，並配合網形分布及點位實用性，內政部在全台規劃一等衛星控制點一五點及二等衛星控制點六二一點。一等衛星控制點平差成果於緯度、經度及高程方面之標準誤差平均值分別為 ± 0.3 公分、 ± 0.6 公分、 ± 2.0 公分；二等衛星控制點平差成果於緯度 經度及高程方面之標準誤差平均值分別為 ± 1.1 公分、 ± 1.1 公分、 ± 2.7 公分。

由於這些衛星控制點在定位的精準度上都達到公分級的要求，透過這些衛星控制點的資訊，我們便能得知九二一地震發生前後，地殼位移量的實際狀況。

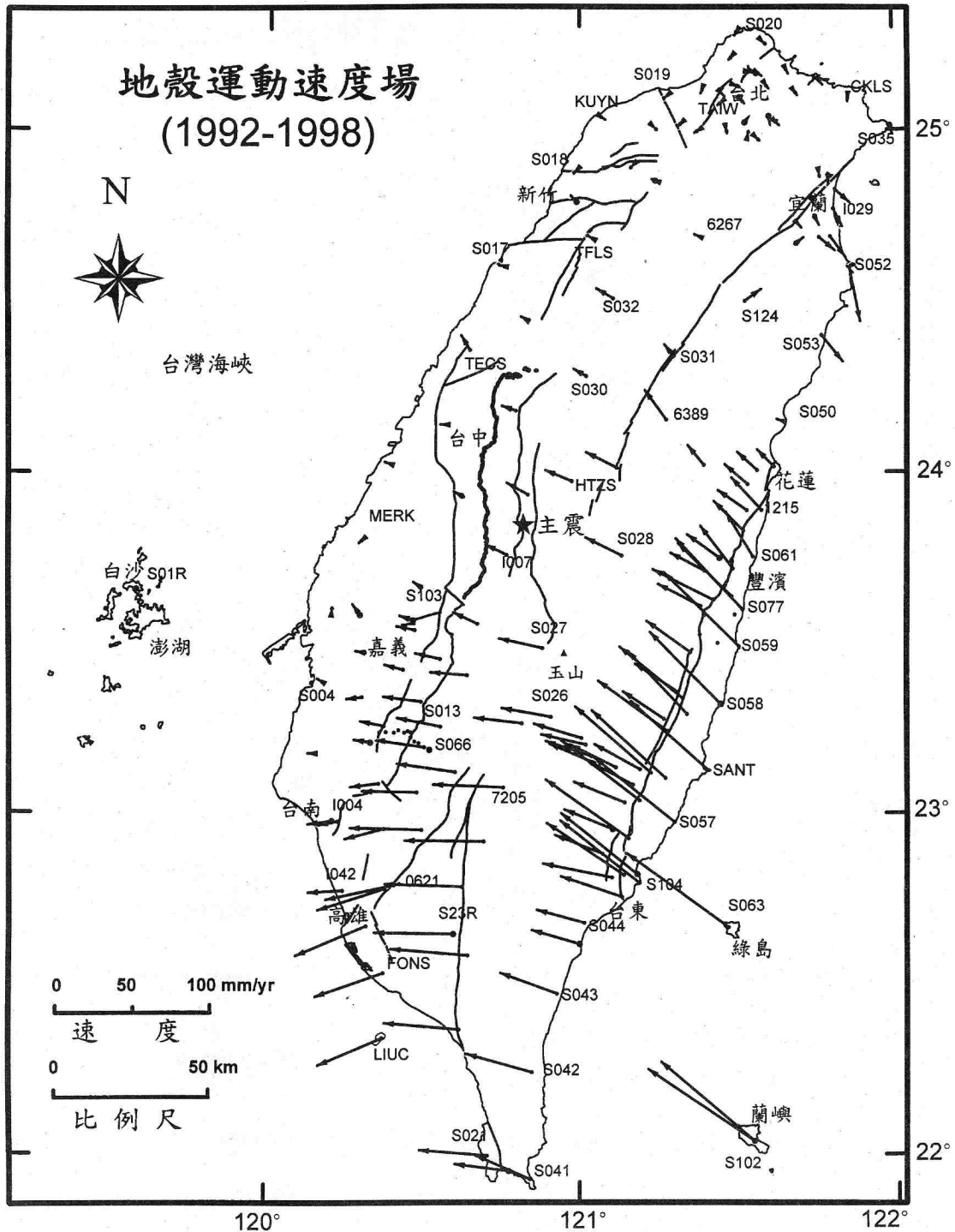


圖 2.8 1992~1998 台灣地區之地殼相對運動速度場，星形為九二一地震震央，粗線為車籠埔斷層地表破裂面，細線為活動斷層（中研院地球所余水倍提供，1999）。

根據內政部土地測量局之 GPS 測量結果，以八十七年二月測量為參考依據，在水平位移方面，於大肚山及八卦山脈以西，呈現 30 至 45 公分東南走向的位移，於大肚山及八卦山脈以東至車籠埔斷層西側及北側，呈現 50 公分至 1.5 公尺東南走向的位移，且越靠近斷層位移量越大；另於車籠埔斷層東側至雙冬斷層間於豐原、卓蘭以南均呈現西北走向，位移約 1.4 至 7.0 公尺，於濁水溪以南可能因地體構造關係，位移較小；另兩斷層之間位移情況，往北有依順時針方向偏移之情形，即從南邊名間的北西 52 度，至豐原東邊則為北西 23 度，此與野外調查發現車籠埔斷層於豐原東邊開始轉向東等現象吻合，至於雙冬斷層東側亦呈現西北走向之位移，其位移量在 1.5 至 3.0 公尺之間，如圖 2.9 所示。

另於垂直位移方面，內政部土地測量局 GPS 網測量結果顯示，在屯子腳斷層以北至苑裡呈現 4 至 8 公分之上升趨勢；於彰化斷層以西呈現 11 至 22 公分之下降現象；於彰化斷層以東至車籠埔斷層西側間，草屯以南呈現 18 至 22 公分之下降現象，草屯以北呈現 8 至 18 公分之下降現象；於車籠埔斷層東側至雙冬斷層間，距車籠埔斷層遠近呈現 1.5 至 4.0 公尺之抬升現象；至於雙冬斷層東側，則呈現 1 公尺左右之升高（圖 5-10）；而台灣地理中心位置虎子山，經過這次大地震後，依本所測量結果顯示，虎子山向北西 56 度方向位移 2.3 公尺，高程下降 63 公分，如圖 2.10 所示。

有許多的單位都對於玉山國家公園境內的地殼位移進行測量，分別加以整理如下：

- 一、根據內政部土地測量局位於玉山國家公園內及鄰近地區的衛星控制點（衛星控制點所在位置如圖 2.9 及圖 2.10 所示），九二一地震造成的與其水平及垂直位移量，表列如下：

表 2.3 玉山國家公園鄰近地區的衛星控制點位移量

控制點名稱	水平位移量(m)	水平位移方向	垂直位移量(m)
塔塔加	0.50	NW	-0.10
玉山	0.47	NW	-0.16
天池	0.18	NWW	-0.06
梅山村	0.14	W	0.04
栗園	0.18	NW	0.00

由這些數據及圖面分析，可以知道九二一地震位移量和測點到車籠埔斷層之間距離，成正比關係。因此距離震央及車籠埔斷層較近的西北部園區，即東埔、玉山地區，造成較大的地殼位移量，在水平位移量上約 50 公分、垂直位移上則約下陷 10~15 公分，其餘西南部及東部園區則無明顯之位移發生，由此可知東埔、玉山地區是玉山國家公園境內九二一地震中受創最嚴重的地區。

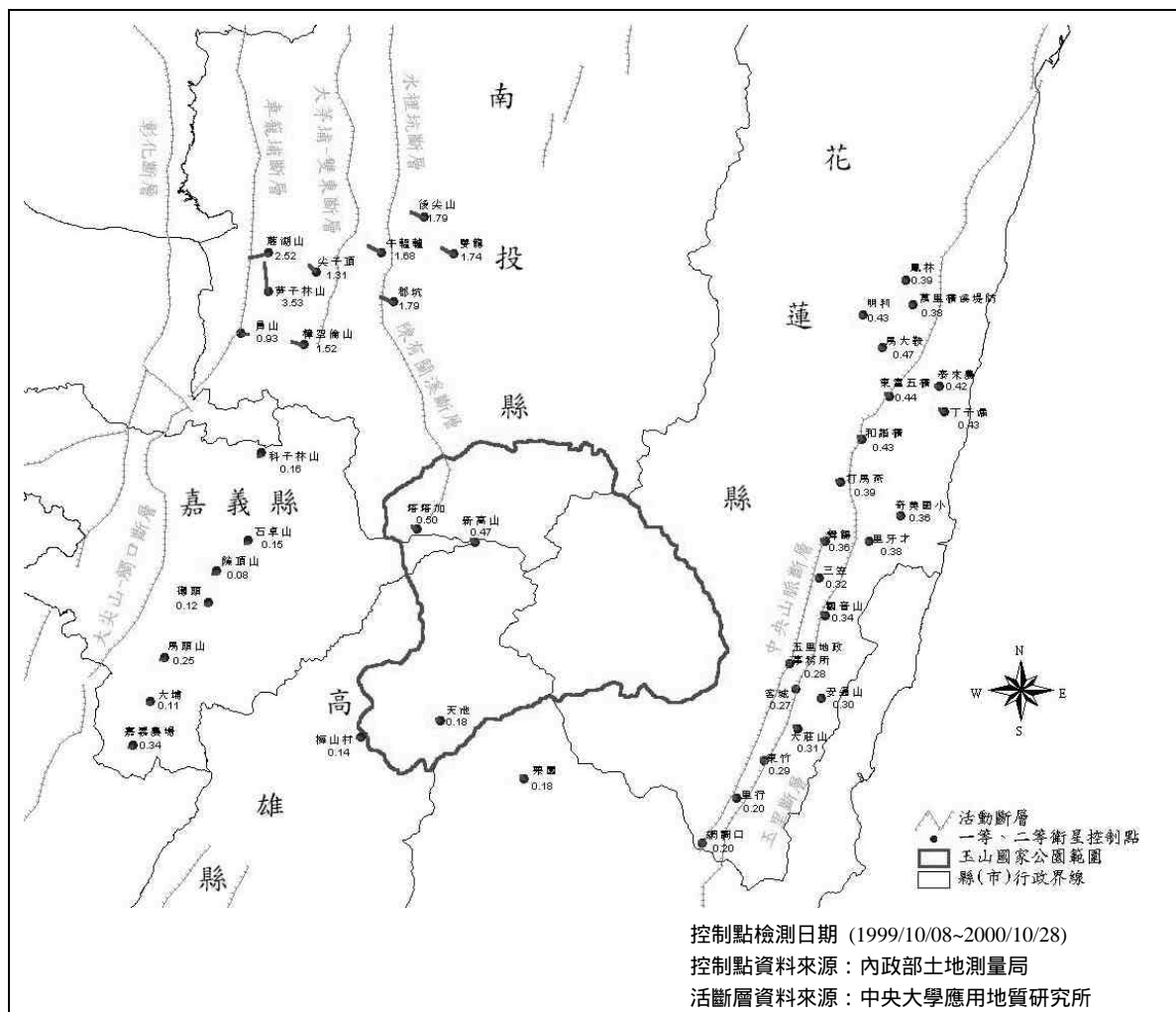


圖 2.9 九二一地震基本控制點水平位移圖

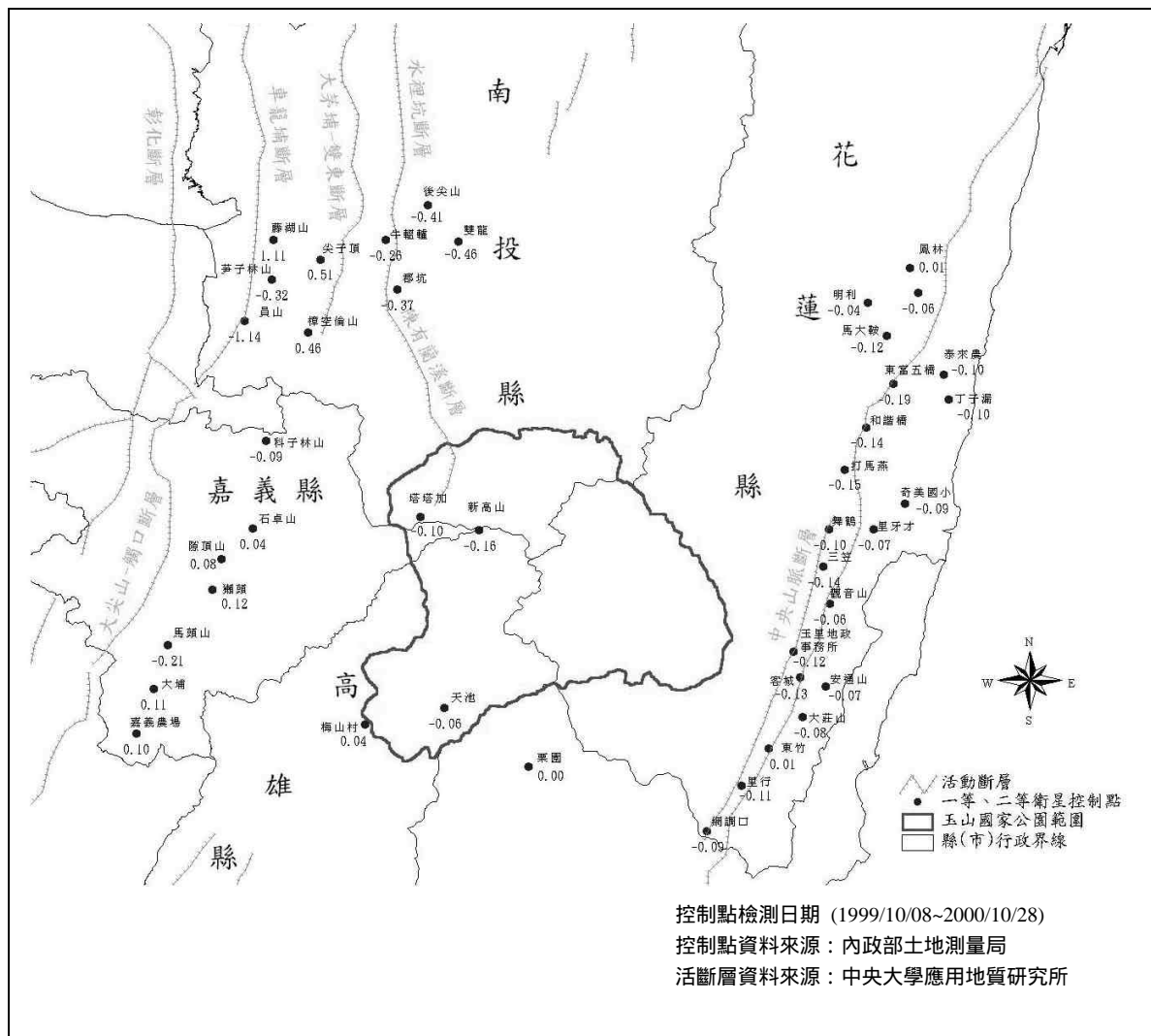


圖 2.10 九二一地震基本控制點垂直位移圖

二、根據中央氣象局在玉山北峰設立的永久 GPS 觀測站，由中研院地球所計算求得（余水倍,1999），九二一地震後玉山北峰向北移動 20.3cm、向西移動 27cm、在垂直方向則是下陷 7.7cm。

三、由內政部在九二一地震過後（1999 年 10 月）委由中興測量公司採衛星定位測量(GPS)（以主峰頂上「一等衛星控制點」進行同步聯測）測得玉山高度為 3,950.507 公尺，比對於 1995 年內政部地政司委由成功大學採衛星定位測量測得的結果玉山高度為 3950.767 公尺，在九二一地震後玉山主峰其水平位置向西北西位移 44cm，在高度上則是些微下陷 16cm。

由於測量的方法、基準及地點的不同，因此結果不並相互一致，但是在整體趨勢上卻都反映出，九二一地震確實帶給玉山國家公園的東埔、玉山地區，極大的衝擊，地震強度達到六級，水平位移達到約 30~50 公分，垂直位移上達到 5~16 公分之多，以過去十年的地殼運動速度來看，相當於這個地區 10 年的地殼位移量。因此玉山國家公園有必要針對園區內的東埔、玉山地區進行更細緻的地震災害調查，以便深入地瞭解，九二一地震對玉山國家公園的影響所在。

第七節 強地動分析

為了分析大地震的發生及震波傳播的詳細過程，中央氣象局在全島各地架設了共計六百多部地震儀的強地動觀測網，透過這些地震儀所收集到的資料，經過數據分析並以空間方式加以繪圖，便能重建的地震發生過程中時空分佈圖，進一步地在時間序列上以動畫方式呈現這些分佈圖，便可重建地表地動之動態傳播過程。九二一大地震的時這些地震儀便發揮其功能，提供研究人員能夠精確地對震源破裂過程及震波傳播現象的分析。

根據中研院地球所研究員黃柏壽的研究，利用地動時空分佈分析車籠埔斷層線周邊的地表地動情況（圖 2.11），可以清楚看出 921 集集大震所造成的地震斷層之能量釋放過程。地震起始的前十多秒鐘所釋放的能量較小並侷限在震央（集集）附近，在二十秒左右地震斷層才開始大規模的釋放能量。此時斷層由南往北連續破裂，主要的能量釋放約在地震發生後 45 秒左右停止。這次地震的大規模能量釋放主要集中在斷層的北端，這也說明了石岡、新社、東勢地區雖然遠離震央（集集）仍災情慘重。地震波傳播到各地的振動大小及時間受到地下構造及距離的雙重複雜變化影響。值得注意的是在這次地震中，玉山國家公園地區西部園區受到主要強烈震波搖撼是發生在地震起始後約 25 秒左右，並持續至 55 秒左右後，而東部園區地震在起始後約 35 秒左右有劇烈震動發生，但由於花東縱谷的盆地放大效應作用，得震波有集中放大的現象，地震持續至 75 秒左右後才停歇。

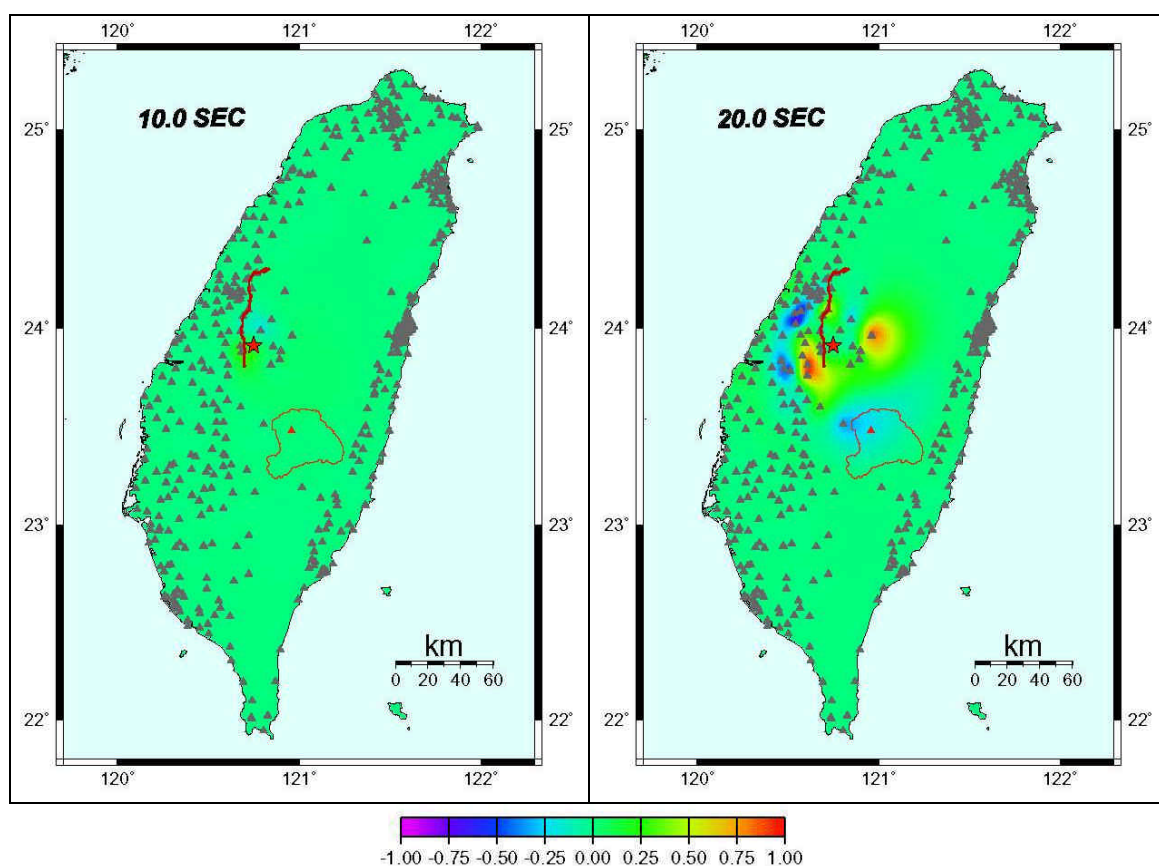


圖 2.11.a~b 九二一地震震波傳到各地之地表震動分佈圖，圖中紅星表主震位置，紅線為斷層地表破裂面，不同顏色表示不同震幅量，紅色表示最大向上震幅、紫色表示最大向下震幅（中研院地球所黃柏壽提供）。

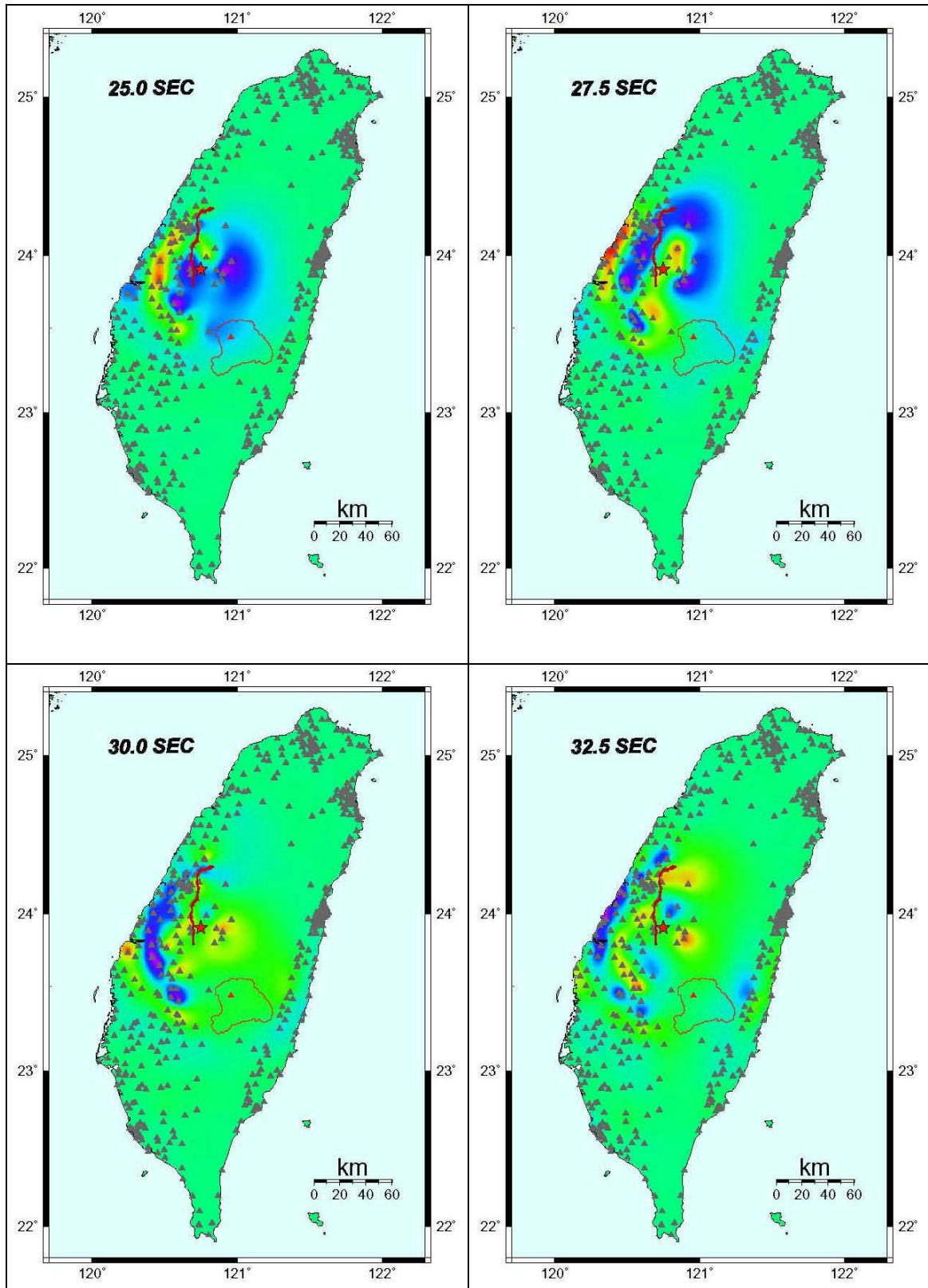


圖 2.11.c~f 九二一地震震波傳到各地之地表震動分佈圖，圖中紅星表主震位置，紅線為斷層地表破裂面，不同顏色表示不同震幅量，紅色表示最大向上震幅、紫色表示最大向下震幅（中研院地球所黃柏壽提供）。

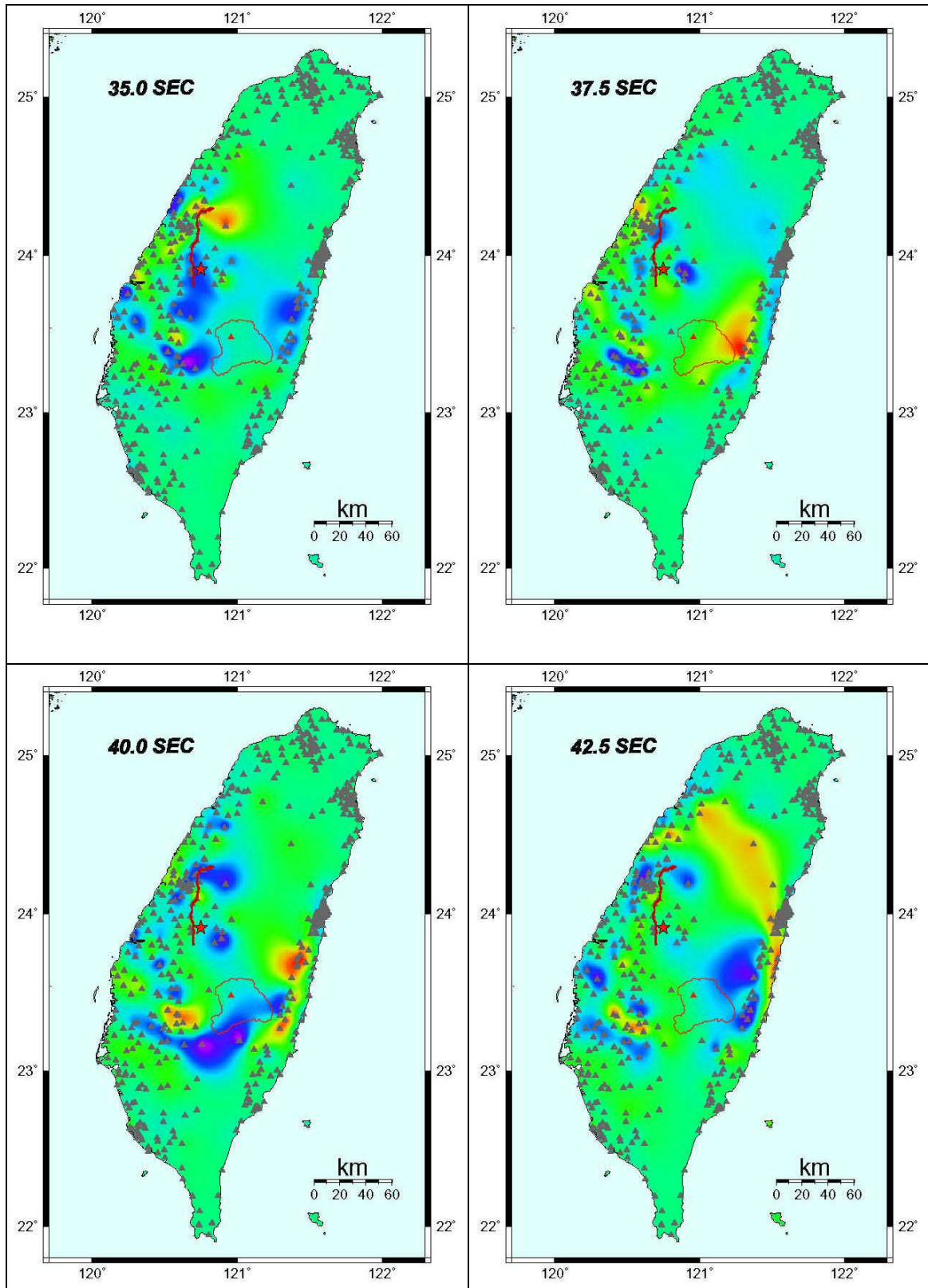


圖 2.11.g~j 九二一地震震波傳到各地之地表震動分佈圖，圖中紅星表主震位置，紅線為斷層地表破裂面，不同顏色表示不同震幅量，紅色表示最大向上震幅、紫色表示最大向下震幅（中研院地球所黃柏壽提供）。

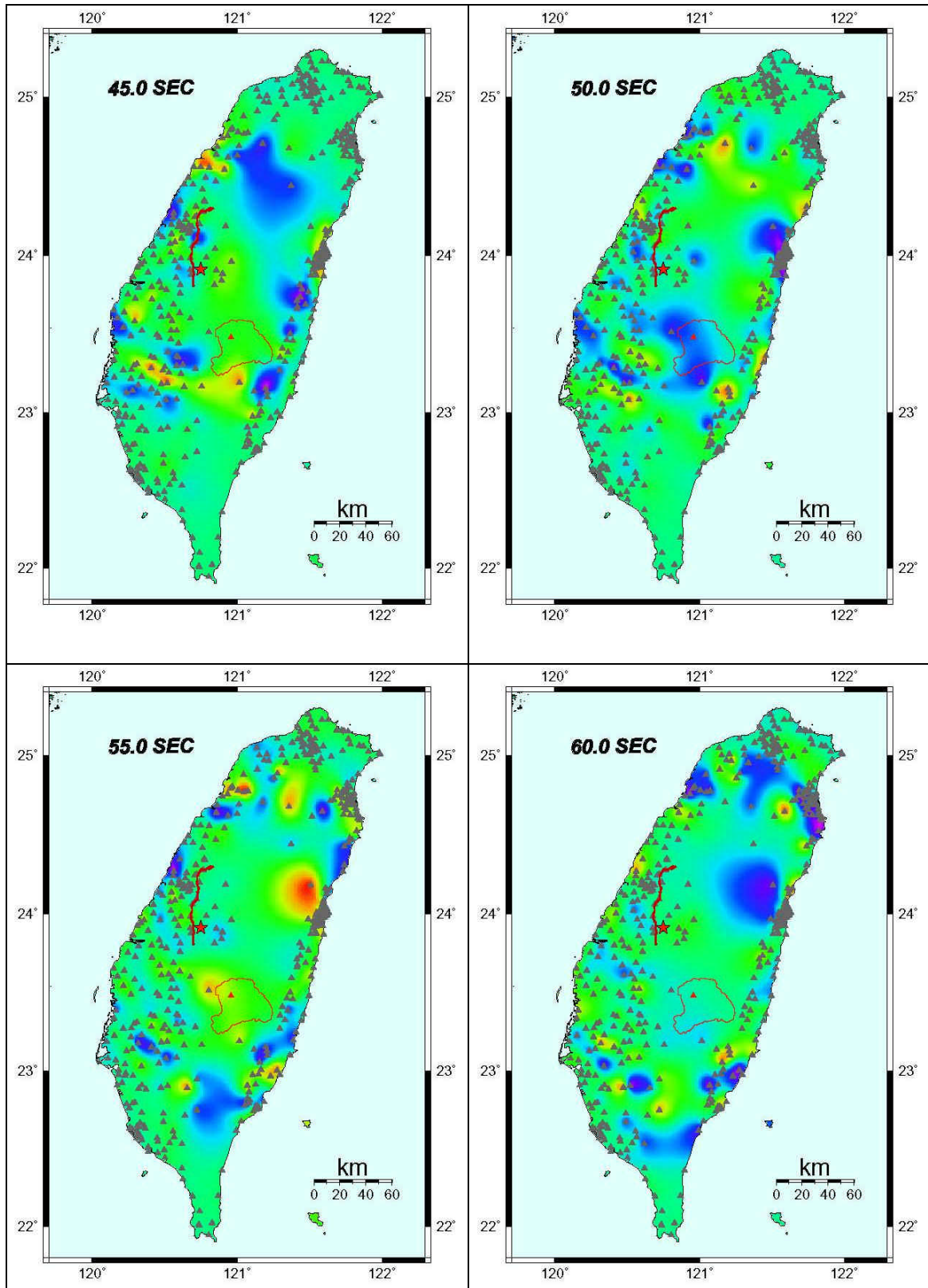


圖 2.11.k~n 九二一地震震波傳到各地之地表震動分佈圖，圖中紅星表主震位置，紅線為斷層地表破裂面，不同顏色表示不同震幅量，紅色表示最大向上震幅、紫色表示最大向下震幅（中研院地球所黃柏壽提供）。

第三章 崩塌裸露地分析

本研究為了瞭解對於玉山國家公園在九二一地震發生後環境變遷狀況，特別是地震直接造成的土地覆蓋變遷，運用遙感探測 (Remote Sensing:RS) 技術來進行玉山國家公園全區地震前、後期的土地覆蓋及變遷偵測，並判定地震受災情況以及潛在危險區域。

本研究分別使用衛星影像來偵測玉山國家公園全區在九二一地震發生後土地覆蓋變遷的大致狀況，以及使用航空攝影照片來針對主要受災地區---玉山國家公園西北部園區，即東埔、玉山地區，進行較為細緻的崩場地判釋與分析工作。

第一節 衛星影像判釋

由於玉山國家公園幅員遼闊，面積達 105,490 公頃，且地理位置處於中央山脈地帶，崇山峻嶺、溪谷深邃，許多地區人跡都無法到達，在九二一地震發生後，玉管處僅能針對主要步道及設施所在地，派員加以巡視調查，然而所能涵蓋面積卻極為有限，為了能夠有效率地針對整個園區，進行全面性的受災調查，本研究首先選定運用衛星影像為工具，透過遙感探測技術中的影像判釋相關技術，來進行環境變遷偵測，由於衛星影像拍攝位置高，因此地形起伏效應的影像較小，同時影像的涵蓋範圍大，都有助於減少資料處理的繁雜度，此外衛星通過同一地點的週期短(從數天到一個月)，能夠有效地提供緊鄰地震發生前、後時間的地表覆蓋情形。

遙測衛星影像資料來源有許多，有最早 1972 年的 Landsat Multi-spectral Scanner System (MSS)、1982 年與 1984 年的 Landsat 30 公尺精度七個頻譜之 Thematic Mapper(TM)、1986 年至 1993 年的法國 SPOT 衛星之 20 公尺精度三個頻譜或全色態 (黑白, panchromatic)10 公尺精度、氣象衛星 (Meteorological Satellite)、美國 NASA 太空船之 HyperSpectral Imager (HIS)、.....等。在運用遙測衛星觀測地球時偵測方式係利用不同頻率(波長)之波段，常用的波段整理如表 3.1：

表 3.1 遙測衛星影像常用的波段

名稱	波長範圍	輻射來源	偵測方式
可見光(Visible,V)	0.4-0.7 μm	太陽能	反射
近紅外光(Near InfraRed, NIR)	0.7-1.1 μm	太陽能	反射

短波紅外光 (Short Wave InfraRed, SWIR)	1.1-1.35 μm 1.4-1.8 μm 2-2.5 μm	太陽能	反射
中波紅外光 (Mid Wave InfraRed, MWIR)	3-4 μm 4.5-5 μm	太陽能 熱能	反射 溫度
溫度的紅外光 (Thermal InfraRed, TIR)	8-9.5 μm 10-14 μm	熱能	溫度
微波(Microwave) 雷達波(radar)	1 mm-1 m	熱能(被動式) 人工製造(主動式)	溫度(被動式) 粗糙度(主動式)

本研究所使用的衛星影像是由國立中央大學太空及遙測研究中心所代為接收的法國衛星 SPOT 影像，該影像的具有多光譜態(XS)及全色態(PAN)兩種能力，為了有效地針對地表覆蓋進行分類，本研究選用多光譜態影像，亦即由綠光段(0.50 μm ~0.59 μm)、紅光段(0.61 μm ~0.68 μm)及近紅外光段(0.78 μm ~0.89 μm)所組成，而影像解析度在經過處理後可以像元大小達到 12.5 公尺 * 12.5 公尺，而由於 SPOT 衛星具有傾斜攝影的能力，因此平均約每隔五天就可以對同一地點進行觀測。

原始的衛星影像資料，係由衛星系統拍攝，由於系統、大氣環境及地表起伏等因素都會對影響產生雜訊及扭曲現象，所以需要透過影像的雜訊消除、輻射糾正、幾何校正等前處理動作後，才得以獲得無幾何扭曲、幅射偏差且具有大地座標的影像，據此的影像判釋及分析成果，才能夠正確地反映出真實狀況，目前中大太遙中心有提供針對衛星影像代為前處理的服務，即所謂 Level 10 的產品，本研究為了有效率地進行後續研究工作，直接選用經過處理後的 SPOT 衛星影像來作為玉山國家公園境內土地覆蓋判釋的主要素材。

根據玉管處委託逢甲大學地理資訊系統研究中心所做的研究（周天穎,2000），針對賀伯風災後（1996 年）及九二一地震後（1999 年）的土地覆蓋，利用衛星影像加以分類所得的結果，如表 3.2。

表 3.2 玉山國家公園土地覆蓋面積變遷表（周天穎,2000）

	1996 年（賀伯風災後）		1999 年（九二一地震後）	
	面積（公頃）	百分比(%)	面積（公頃）	百分比(%)
草地	12877.2	12.37	13238.1	12.72
裸露地	9356.33	8.99	8543.47	8.41
林地	79303.5	76.2	78818.6	75.73
水體（河川地）	1816.08	1.74	1089.73	1.05
雲	-	-	2326.42	2.24
總面積	104077.4	100	104077.4	100

從研究中的結果發現，九二一地震後玉山國家公園園區整體而言土地覆蓋類型比例並未有重大的變化，但從較細微的觀點來看，從衛星影像上所判釋出的林地面積略有減小，但裸露地卻不增反減，根據檢視過 1996 年 SPOT 影像過後，發現風災過後所拍攝的影像，因為山區大量積水，土壤及樹冠潮濕的狀況，使得地表覆蓋物的光譜反射值受到水份的影響而產生變動，進而造成判釋上的誤差，此外由於兩個時期的衛星影像相隔三年，其間影響土地覆蓋變異的因子相當地多，無法單純地區隔出九二一地震所導致的土地覆蓋變異程度。

因此本研究另行選用更接近九二一地震發生前的 SPOT 衛星影像（1999 年 3 月至 8 月間），來重新進行土地覆蓋分類，以其更精準地掌握九二一地震所造成土地覆蓋變遷狀況，同時藉以探討土地覆蓋變遷的空間分佈趨勢。茲將研究中所使用的影像資料表列如下：

表 3.3 本研究使用之衛星影像資料表

編號	任務	日期	涵蓋範圍	備註
1	賀伯風災後	1996/08/18	全區	*
2	九二一地震	1998/11/13	西北園區區	
3	九二一地震前	1999/03/06	西北園區區	
4	九二一地震前	1999/04/09	西南園區	
5	九二一地震前	1999/08/16	東部園區	
6	九二一地震後	1999/10/12	全區	*

<*為玉山國家公園委託逢甲大學地理資訊研究中心研究案中所購置>

一、分類方法

本研究所使用的分類方式上，採取監督式分類方法來加以操作，所謂監督式分類方法是利用光譜類型辨別以地面真實資訊，選定分析者所欲分析資料的類別，如不同類型的森林、不同的土地使用型態，然後選取訓練樣本區 (training area)，即，以代表每一類別的光譜特質，再從訓練區中導出相關統計值作為分類依據。此外，選用 Purdue 大學所發展的遙測影像分類軟體 MultiSpec7.0 作為分類工具，並以監督式分類方法下的最大概似法 (Maximum likelihood method) 來達成土地覆蓋類型分類目的。

分類目標主要為了找出因為九二一地震使得裸露地的增長面積及分佈位置，因此設定分類類別時僅以裸露地、草生地、林地（向陽面）、林地（陰影面）及雲等五項類別作為分類之標的，之所以不那納入一般分類時會採用的人工設施（建築、道路）及水體的原因，是玉山國家公園境內人為開發少，因此人工設施所佔的比例極小，同時建築、道路、河床的光譜特徵與裸露地

十分接近，區分不易，而道路及河川都有 GIS 圖形資料可供參考，可以進行完監督式分類之後再加以區隔出來，由於地形的效應導致太陽光照射強度之不同，林地在向陽面及陰影面亦會呈現不同的明暗對比，為求分類的精準度，在建立訓練樣本時將其視作獨立類別，待分類結束後，再將者兩各類別加以合併成單一林地類型。

二、分類結果

將分類過後的影像以抽樣的方式檢核分類結果的正確性，在整體正確度 Kappa 統計值皆在 85%以上，接受其分類結果。則兩個時期的土地覆蓋類別分類結果如表 3.4

表 3.4 土地覆蓋類別分類結果

	1999 年 3 8 月 (九二一地震前)		1999 年 (九二一地震後)	
	面積 (公頃)	百分比(%)	面積 (公頃)	百分比(%)
草生地	9,061.5	8.60	8790.7	8.35
裸露地	4,393.7	4.17	4886.0	4.64
林地	89,207.56	84.70	90275.2	85.7
雲	2659	2.71	1363.8	1.29
總面積	105321.7	100	105315.7	100

根據土地覆蓋類別分類結果，可以得知九二一地震並未對玉山國家公園境內的土地覆蓋類別造成巨大的變化，僅在裸露地部分略微增加約 500 公頃，但整體面積的 0.47%，主要可能原因，來自於新增的崩塌地以及就崩塌地的擴張所累積出來的，而在草生地及林地上亦各有增減，前後時期的差異，主要原因，可能來季節差異造成植物生長狀況差異，導致產生判釋上之模糊地帶，同時由於兩個時期都有 1~2%的雲量，阻礙了對地表的觀測，亦會對於面積統計上造成變動。

將地震前、後時期的土地覆蓋類別分類結果以圖形方式，分別呈現於圖 3.1 及圖 3.2。

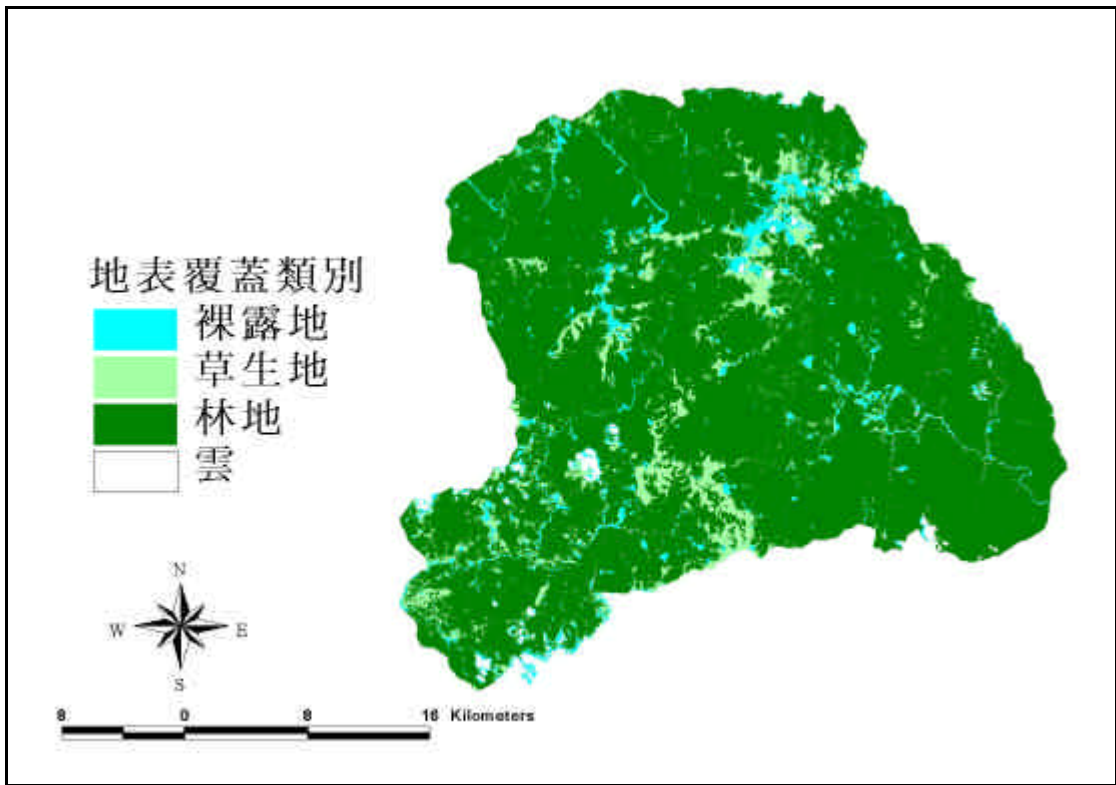


圖 3.1 九二一地震前土地覆蓋分類圖

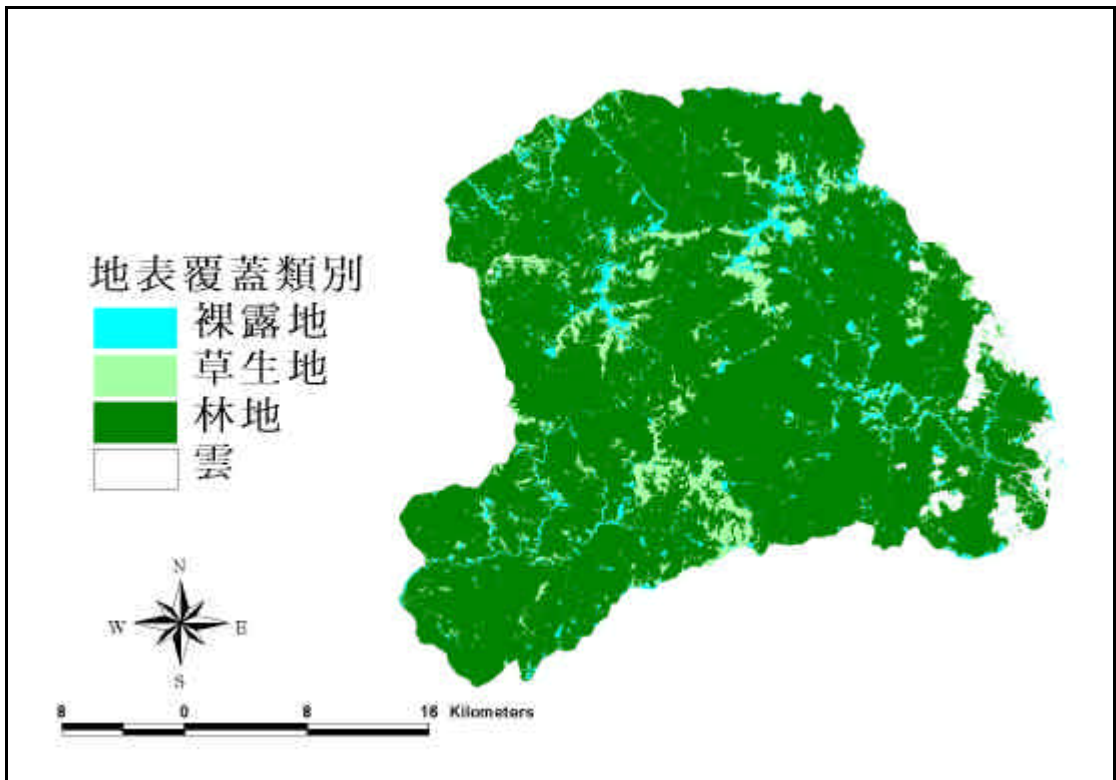


圖 3.2 九二一地震後土地覆蓋分類圖

由圖 3.1 及 3.2 相互比較，主要的土地覆蓋變異都發生在玉山國家公園的西北部，即東埔、玉山地區，在這個區域內地震過後的裸露地及草生地有都顯著增加的狀況，至於東部及西南部園區，扣除因為雲層及雲層陰影所造成的阻隔及判釋錯誤，則地表覆蓋類別及面積分佈皆無太大的變化，即便直接比對前後時期兩張衛星影像，仍不容易發現大面積的新崩塌地，這樣的結果與九二一地震發生時西北部地區所處的震度規模較大，相互契合。

根據 GIS 圖層套疊的概念將九二一地震前的裸露地分佈圖套疊在九二一地震後的衛星影像上，如圖 3.3 所示，底圖為九二一地震後的 Spot 衛星影像，青色的九二一地震前的裸露地判釋結果，同時可以比對九二一地震前的 Spot 衛星影像，於是很容易就可以以人工的方式找出主要的新增崩塌地位置，如圖所框選位置內即為新增的崩塌地。此外套疊上行政界線、地名、山名、水系及道路等輔助的空間資料，並能得知這些新的崩塌所處的位置，作為後續的航空照片判釋及田野調查的主要調查對象。將新的裸露地分佈位置標示如圖 3.4，針對個別的裸露地區，呈現前、後期的衛星影像，並說明相關背景資訊如表 3.5、表 3.6、表 3.7 及表 3.8。

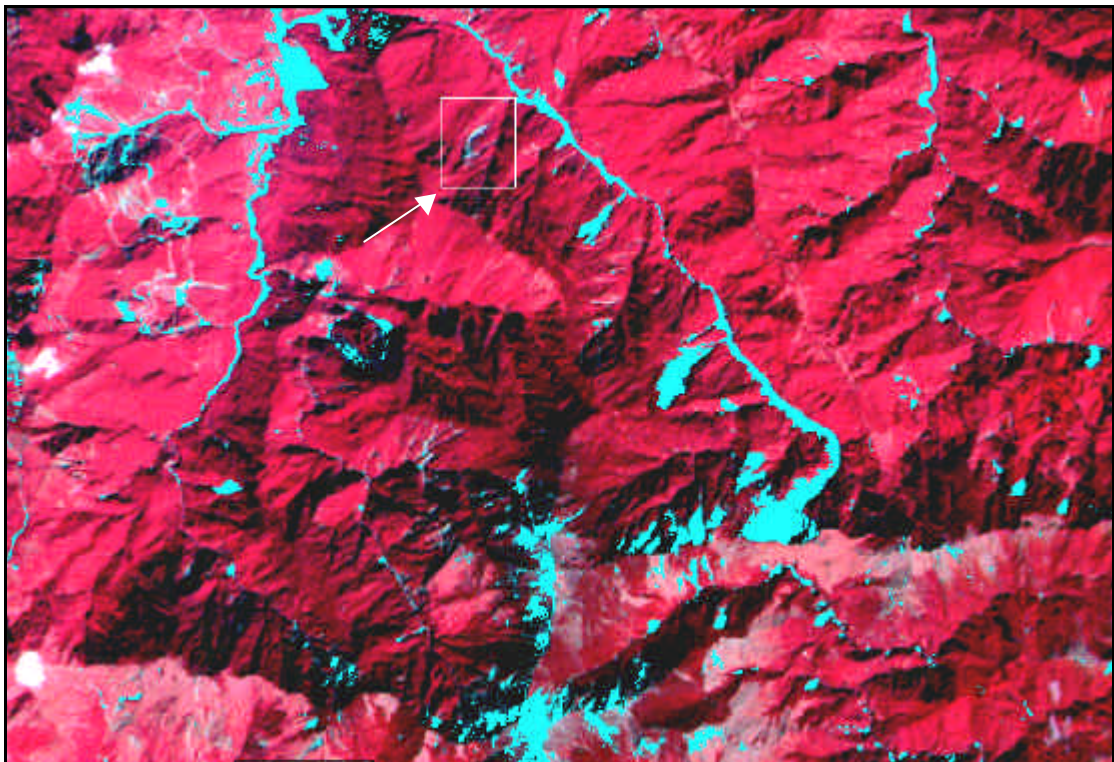


圖 3.3 九二一地震後衛星影像套疊地震前裸露地分佈圖

表 3.5 主要新增裸露地資料表

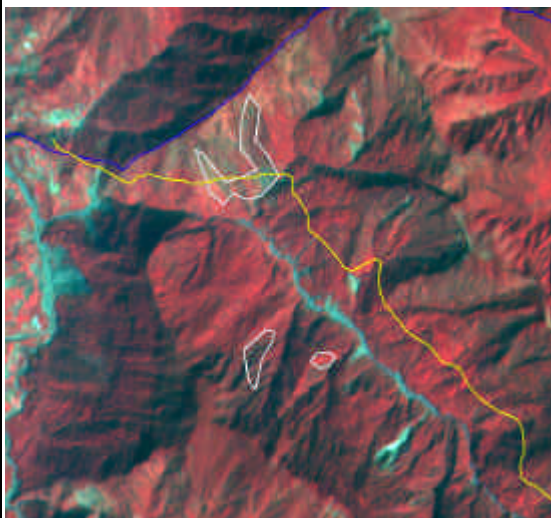
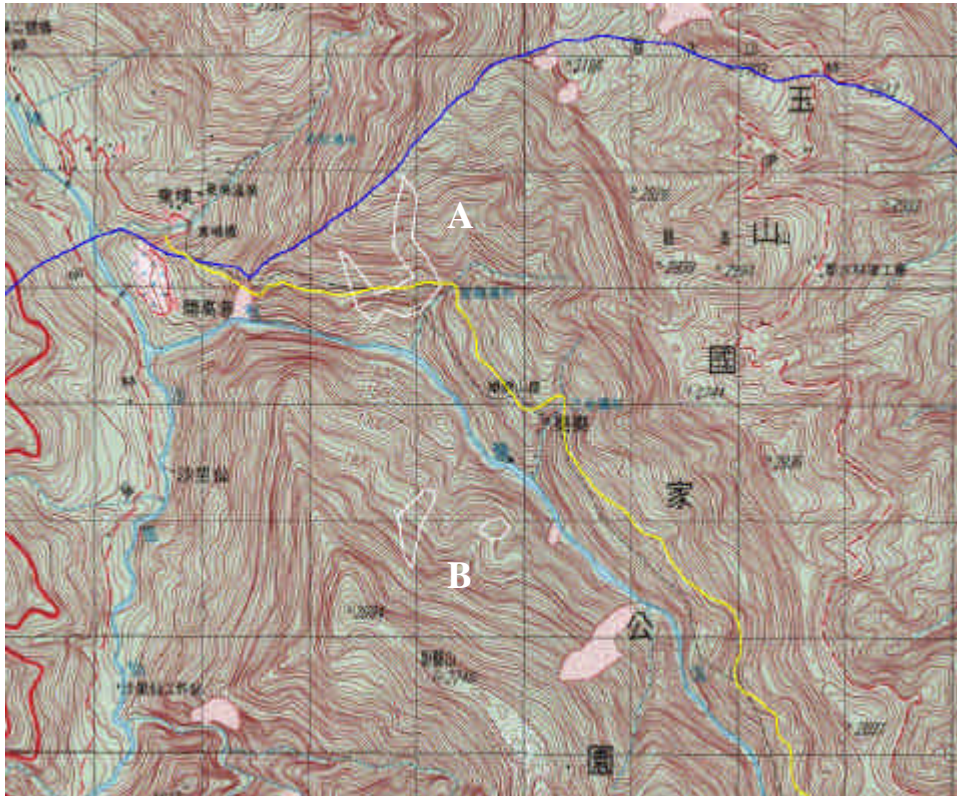
編號	位置	崩塌面積	崩塌類型
A	陳有蘭溪右岸，雲龍瀑布旁，崩塌地阻斷日據八通關古道。	約 37.3 公頃	舊崩塌地擴張
B	陳有蘭溪左岸，樂樂溫泉上方 250 公尺處。	約 13.9 公頃	新崩塌地
C	東埔山西北方 3 公里處坡地上，出水溪右岸。	約 13.1 公頃	新崩塌地
D	東埔山西方 2.5 公里處坡地上，出水溪左岸。	約 11.8 公頃	新崩塌地
E	玉山西南方 3 公里處坡地，楠梓仙溪右岸，崩塌地阻斷塔塔加往玉山主峰步道。	約 18.3 公頃	舊崩塌地擴張
F	南玉山西南方 800 公尺處，位於南玉山稜線左右兩側。	約 56.9 公頃	舊崩塌地擴張



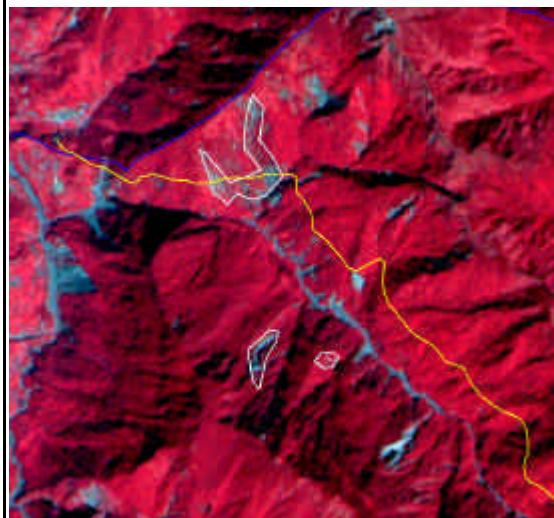
圖 3.4 九二一地震後衛星影像判釋出主要新增裸露地索引圖

表 3.6 裸露地 A、B 描述表

位置：陳有蘭溪兩岸	坡度：大於 55%
面積：A 約 37.3 公頃、B 約 13.9 公頃	地震前土地覆蓋狀況：舊崩場地與植生
描述：A、B 兩崩場地分屬陳有蘭溪兩岸，A 崩場地原本就已崩塌，地震後崩塌面積則更加擴大，阻斷東埔往玉山主峰的日據八通關越嶺道。B 崩場地原本多為植生，清八通關古道正通過此一位置，需進一步調查受損狀況。	



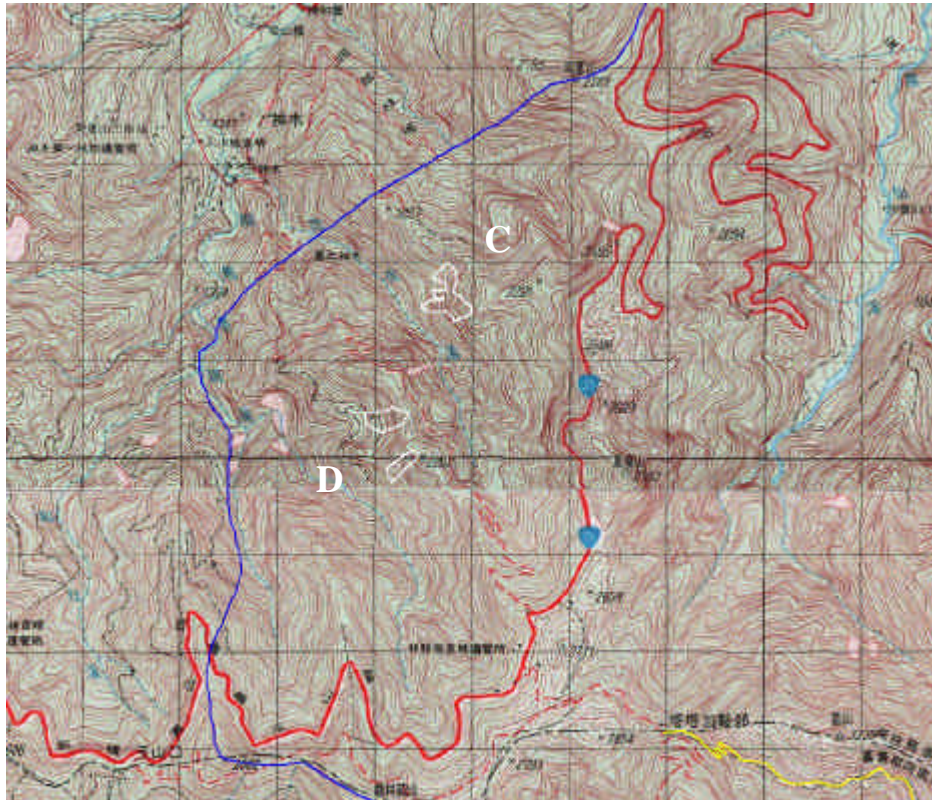
地震發生前 SPOT 衛星影像



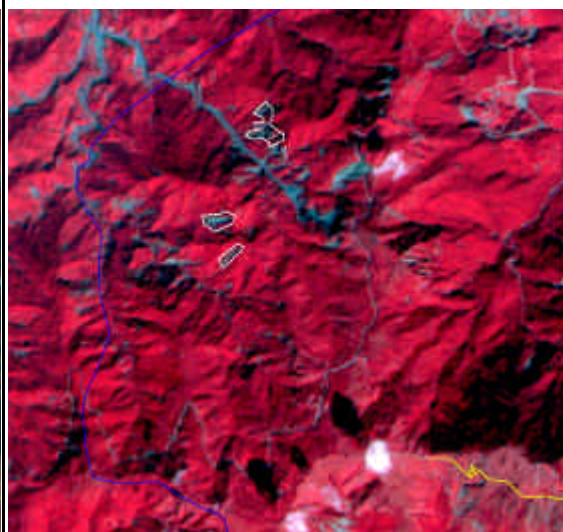
地震發生後 SPOT 衛星影像

表 3.7 裸露地 C、D 描述表

位置：東埔山以西，新中橫公路下方	坡度：大於 55%
面積：C 約 13.1 公頃、D 約 11.8 公頃	地震前土地覆蓋狀況：植生
描述：此兩各崩塌地位於新中橫公路下方，分屬出水溪左、右兩岸，在地震之前地表都是屬於植生覆蓋狀態，所以是地震直接造成的新崩塌地。	



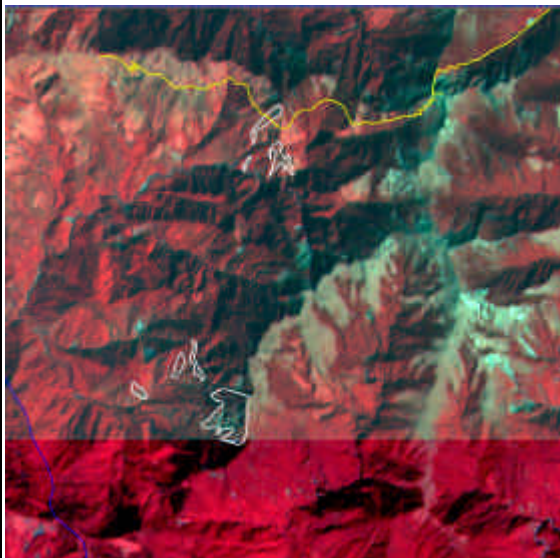
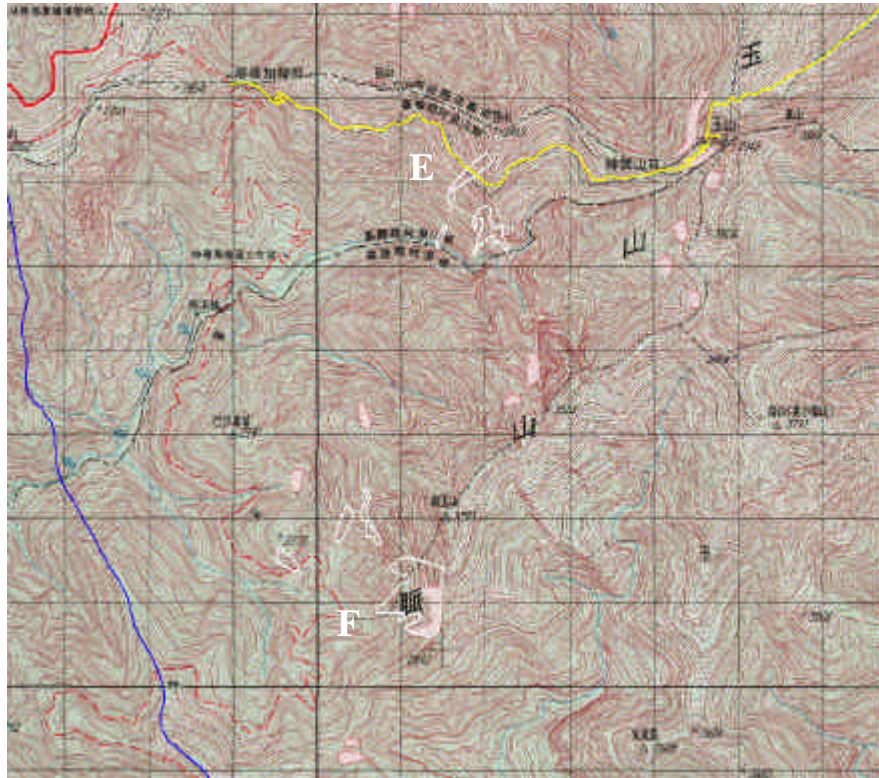
地震發生前 SPOT 衛星影像



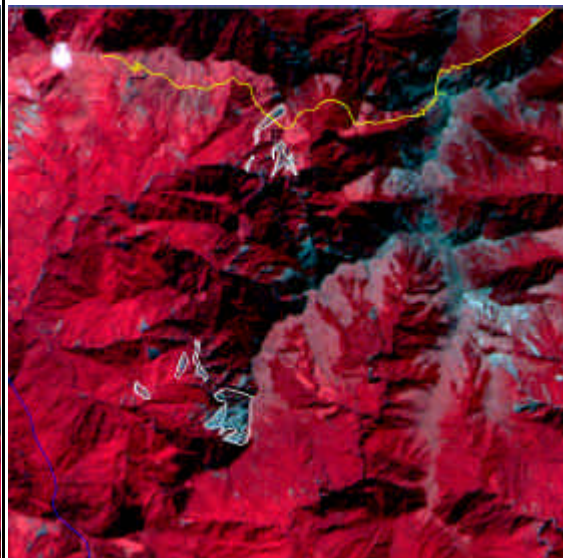
地震發生後 SPOT 衛星影像

表 3.8 裸露地 E、F 描述表

位置：玉山主峰西南方	坡度：大於 55%
面積：E 約 18.3 公頃、F 約 56.9 公頃	地震前土地覆蓋狀況：崩塌地及草生地
描述：E、F 兩崩塌地主要在南北向的玉山山脊線西方接近稜線的地方發生崩塌，原先都已存在崩塌現象，地震後崩塌面積則更加擴大。其中 E 崩塌地，阻斷塔塔加往玉山主峰的玉山主線步道，需額外留意該崩塌地是否持續發展。	



地震發生前 SPOT 衛星影像



地震發生後 SPOT 衛星影像

三、小結

在九二一地震後玉山國家公園，由衛星影像中所自動判釋出來的新增崩塌地約增加 400~500 公頃，再透過人工比對可以確切找出六個主要的新增崩塌地點，總計約為 150 公頃，而從空間分佈上來看，這些新增的崩塌地都分佈在東埔、玉山群峰地區，其結果與九二一發生時該地區地震規模達到六級有密切關係。針對這些新增的崩塌地，將震災前的衛星影像及數值地形模型進行分析，可以發現九二一地震造成新的崩塌地，多位於坡度達 55% 以上的坡地，且震災前多已存在有舊的崩塌現象，而九二一地震的發生使得舊有的崩塌持續擴大。

這樣的結果與國家地震研究中心，以調查統計方式針對於全台九二一地震造成坡地破壞進行之分析（羅俊雄,2000），結果發現地震所造成得坡地破壞處皆發生於山脈經水流切割地形上坡度較陡且地表 PGA 值較高（即震度較高）之地方，兩者相符。由此可知，地震災害所造成的山崩、地滑現象除了與地震強度、地震延時特性相關外，山坡地的穩定度亦直接相關。因此針對全園區進行坡地災害敏感區的分析與分區劃定，並採取有效的經營管理措施，將會有助於減少地震所帶來的災害。

由於衛星影像的解析度僅 12.5 公尺，因此對於小的崩塌地並無法正確地判釋出來，因此有必要針對於東埔、玉山地區再進一步使用影像解析度更高的航空攝影照片，作更細緻的崩塌地判釋工作。

第二節 航照判釋

雖然衛星影像能夠有效率地提供全面性的環境變遷大致面貌，但是由於本研究使用的 SPOT 衛星影像的空間解析度僅 12.5 公尺，且在崩塌地判釋精確度上會受地形起伏、太陽入射角度及當時的土壤水分等因素所影響，同時對於崩塌的類型及崩塌可能造成的原因，並無法直接提供有效資訊，仍須倚賴相關的輔助資訊，如數值高程資料、地質資料、水文資料等。針對於變遷程度大或環境敏感地區，為求更精細地掌握環境變遷的面貌，則有必要使用航空攝影照片來進行更進一步的判釋工作，但由於航空攝影照片往往無法配合災害發生後立即拍攝（研究區內的東埔玉山地區直到 89 年 10 月份才完成攝影工作），因此在時效性上仍有其缺點，同時航空攝影照片的購買成本高，因此本研究僅針對研究區內受到九二一地震導致土地覆蓋變遷程度較大的東埔玉山地區，進一步利用航空照片，再作更細緻的崩塌地判釋與分析，試圖找出該區域內直接因為由九二一地震所導致新的崩塌地之位置，一方面作為衛星影像自動化判釋的比對資料，一方面也提供田野調查的參考資訊。

在資料收集方面，本研究自農委會林務局農林航空測量所購得相關資料，資料內容如表 3.9 及圖 3.5、圖 3.6 所示，同時針對東埔玉山地區的崩塌地判釋工作，程延年等在 1987 年時受玉管處所委託的《玉山國家公園東埔玉山區地質調查暨解說規劃研究報告》中，已經有具體的成果，因此本研究根據該研究的成果作為基礎，進行九二一前、後後期航空照片之分析與研判，將新增的崩塌地描繪於程延年所繪製的九幅的崩塌分析圖上（原圖亦轉繪自比例尺為一萬分之一的像片基本圖）。

表 3.9 東埔玉山地區九二一地震前、後期航照及像片基本圖資料清單

資料名稱	比例尺	年代	數量	資料編號
像片基本圖	1:10000	1980	15 幅	9520-2-18 和社 9519-1-03 鹿林山 9520-2-20 郡大山 9519-1-04 玉山 9520-2-22 阿里山 9519-1-05 八通關 9520-2-23 同富山 9519-1-07 霞山 9520-2-24 沙里仙 9519-1-08 南玉山西部 9520-2-25 觀高 9519-1-09 南玉山 9519-1-02 自忠山 9519-1-10 南山
玉山林區像片基本圖	1:5000	1986	17 幅	9519-1-004 ~ 008 9519-1-025 ~ 028 9519-1-014 ~ 018 9519-1-036 ~ 038
台大實驗林區像片基本圖	1:5000	1996	13 幅	9520-2-075 ~ 078 9520-2-094 ~ 098 9520-2-085 ~ 088
航空照片（地震前）		1996~ 1997	62 幅	
航空照片（地震後）		1999~ 2000	65 幅	

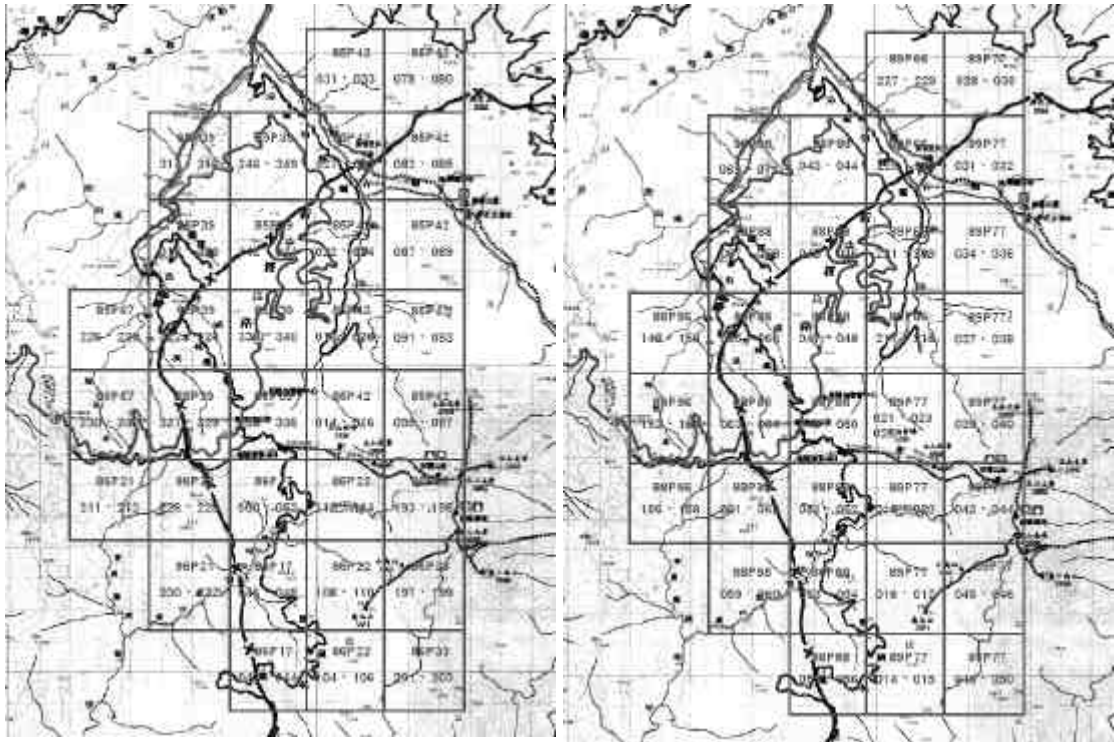


圖 3.5 東埔玉山地區九二一地震前、後期航空照片位置圖

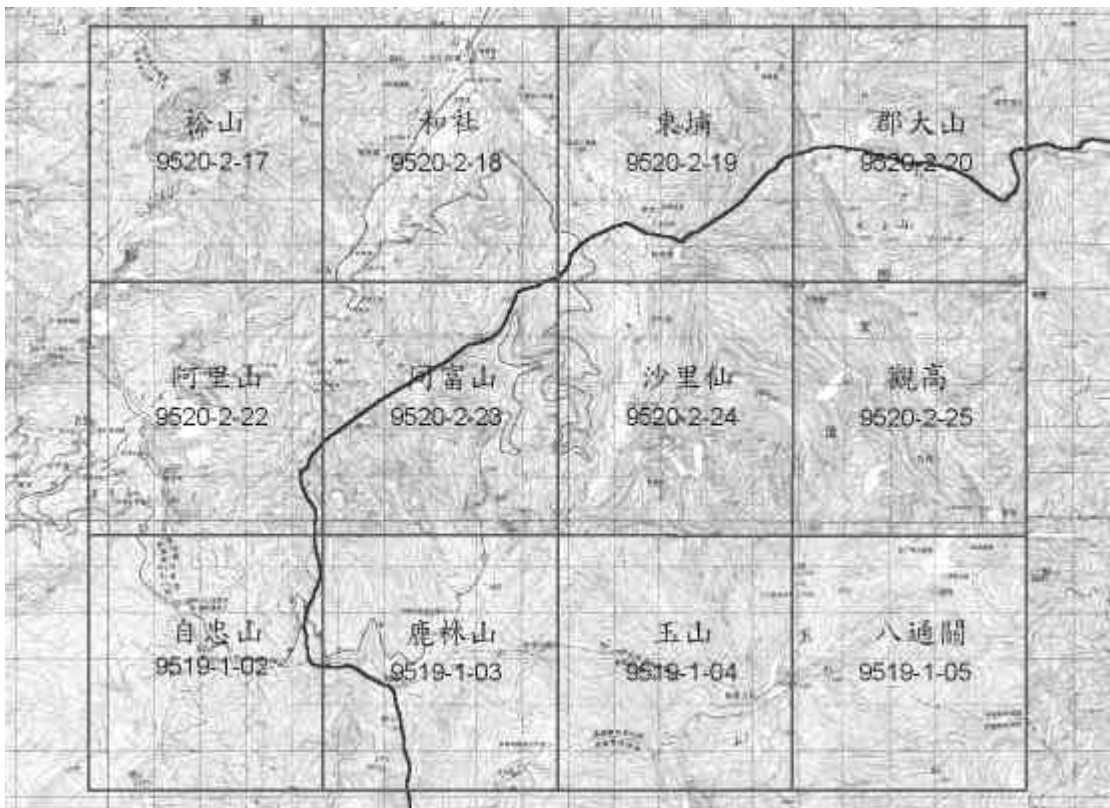




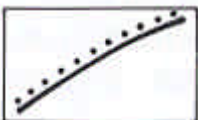







圖 3.6 東埔玉山地區崩塌分析圖圖幅接合表

一、圖例說明：

根據程延年.,等（1987 年）的製圖基礎，加上本研究所判釋九二一地震後新增的崩塌地、國家公園界線及重要標註說明等圖例，將圖例說明如下：

	山嶺線		裸露地，上面仍未有固結土質（1987 年所判釋）
	新路		重要崩塌地，提供進一步說明
	舊路		玉山國家公園界線
	河流、實點表示河床為現代沈積物充塞		裸露地，上面仍有未固結土質（2000 年所判釋）
	裸露地，上面仍有未固結土質（1987 年所判釋）		裸露地，上面仍未有固結土質（2000 年所判釋）

二、崩塌判釋方式

- 由於研究區內多屬於地形起伏大的區域，需選取影像重疊度達 75% 以上的相片對，最為航照立體判釋的對象。
- 利用立體鏡並適當調整相片位置，以獲得清晰的立體影像。並開始研判區域性的地形、地質與山坡地崩塌狀況。
- 判釋項目主要以崩塌地為主，並將判釋出的崩塌地範圍轉繪製崩坍分析圖上，如果崩塌裸露地上已有間雜著植生，則可判定為固結土質之崩塌裸露地，若崩塌裸露地上無生長任何植物，且有大量土石堆積狀況，則可判定為上方未固結土質之崩塌裸露地。
- 此為針對於聚落、步道或國家公園內相關設施上、下方所出現的崩塌地，在崩坍分析圖加以註記說明，以利後續更深入探討。

三、崩塌判釋結果

將崩坍分析圖依圖幅分別說明判釋結果如下：

#1.和社幅(9520-II-18)

- a、 此幅全在國家公園界址範圍之外，僅就和社溪及陳有蘭溪以南區域進行判讀。
- b、 新中橫水里玉山段的上、下邊坡，都出現大小不一的崩塌地，可能是路基開挖時上方地層坡角被砍除與下方棄土堆積有關，為此區域崩塌最為嚴重地區。
- c、 土石崩塌多出現於小集水區上游，大雨過後恐會有進一步土石滑動現象發生。

#2.東埔幅(9520-II-19)

- a、 本幅僅其南端約四分之一面積屬於國家公園範圍。
- b、 本區新的崩塌地很多，分散於不同的坡單元上但個別面積不大，新崩塌地多出現於陡峭的坡地以及集水區上游坡地。
- c、 東埔以南，在陳有蘭溪右岸上有日據八通關越嶺古道（標註 A）通過，亦為國家公園由東埔到玉山主峰的主要步道，而此段步道有極活動的土石崩移現象發生，特別是在父子斷崖及雲龍瀑布附近，崩塌地直接穿過步道，且皆持續運動之趨勢，實為高度危險路段。主要由於該斷面為沙里仙溪斷層通過之區域，因此岩質破碎，且地殼活動頻繁。
- d、 而在東埔一鄰以南與陳有蘭溪左岸為，清朝八通關古道及遺址所在地點（標註 B），目前在這個區域內都發生了大範圍的崩塌現象，由於清朝八通關古道屬於法定一級古蹟，應進一步地進行地面勘查，以瞭解受災狀況。

#3.郡大山幅(9520-II-20)

- a、 本幅南端二分之一屬於國家公園範圍，並主要為郡大山系。郡大山系之稜線呈現西北---東南走向，西側坡度陡峭、東部坡度較為平緩，在地形構造上推測應分別屬於逆向坡及順向坡構造。
- b、 本區的崩塌地主要發生在郡大山主峰東、西兩側。其餘崩塌地則出現於郡大溪及陳有蘭溪支流的河道邊坡上，應屬於河川向源侵蝕的作用現象。

#4.同富山幅(9520-II-23)

- a、 本幅所涵蓋之西北區較穩定，而東南區屬於國家公園範圍，崩塌地的數量相當多。
- b、 崩塌地主要分佈於同富山西南方邊坡上，亦即和社溪支流的集水區範圍內，崩塌的量及面積都很廣泛；另外大量的崩塌地出現在本幅的東北角，亦即在新中橫水里玉山段的上邊坡處，而土石崩落已淤積河道值得注意。

#5.沙里仙幅(9520-II-24)

- a、 此幅新增的崩塌地不多，多是原本的舊崩塌地持續崩落的現象，如沙里仙林道上、下邊坡及沙里溪河岸邊坡上，而新增的崩塌地亦分佈於這些區域。
- b、 值得注意的是在圖幅東北角（標註 A），即樂樂溫泉西南方邊坡上出現新的崩塌地，可能對於清朝八通關古道及相關遺址，或是樂樂溫泉造成破壞。

#6.觀高幅(9520-II-25)

- a、 本幅範圍亦為郡大山系之延續，主要崩塌地皆發生在郡大山系稜線的西側。
- b、 新增的崩塌地則多為舊有的崩塌地擴大而成。

#7.鹿林山幅(9519-I-03)

- a、 本區主要有新中橫公路通過，且設立有塔塔加遊客中心，為遊客活動最為頻繁區域。
- b、 主要的崩塌地分佈於新中橫公路沿線，但也有許多崩塌地因為許多新中橫公路的邊坡維護工程的施作而逐漸穩定下來。 ，本區新增的崩塌地皆發生於坡度陡峻的邊坡上。
- c、 值得注意的是在塔塔加通往玉山主峰的步道上，沿著溪谷或稜線，發生線性土石崩落的情形發生，由於該步道為登玉山的主要步道，為維護遊客之安全，應進一步進行地面勘查，以瞭解受災狀況。

#8.玉山幅(9519-I-04)

- a、 本幅為玉山群峰所在位置，地形高聳起伏，且因高度多超過森林生長界線，因此地表覆蓋多為灌叢或裸露地。本區原本就存在許多大型山崩，屬於極度環境敏感地區。
- b、 新的崩塌地多延續自舊有崩塌地，或是出現在稜線兩側。由於本區登山客極多，應在主要的山頭進行崩塌狀況調查及並於危險地區設立警示標誌。

#9.八通關幅(9519-I-05)

- a、 本幅崩塌地多發生在北邊，即陳有蘭溪集水區範圍，主要源自於陳有蘭向源侵蝕作用，而一些崩塌地則出現在玉山東峰稜線兩側。
- b、 值得注意的是金門銅斷崖（標註 A），已瀕臨山脊線，並且在兩旁亦有新增崩塌地出現，呈現持續擴張狀態。

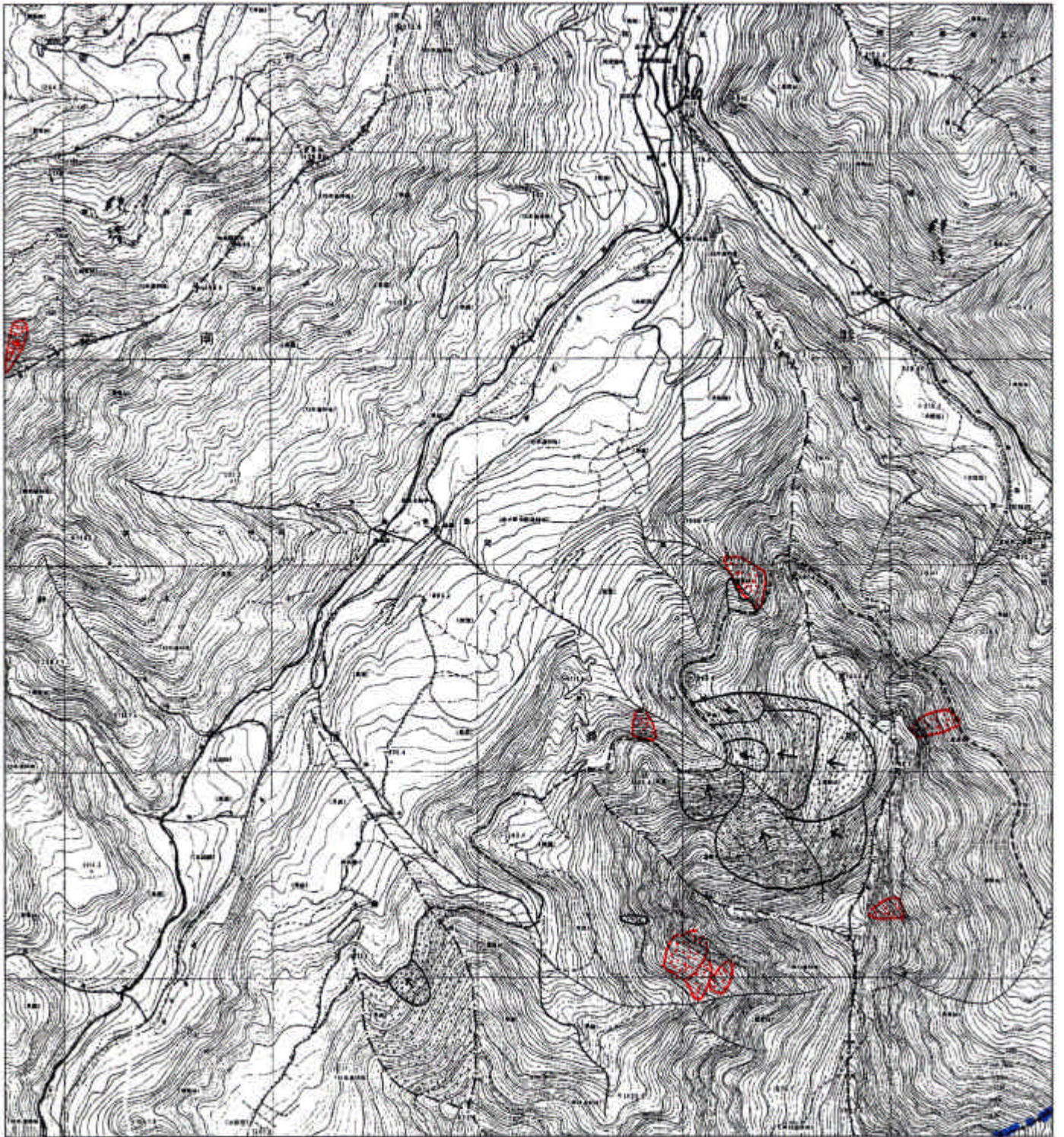


圖 3.7 和社幅崩塌地分析圖

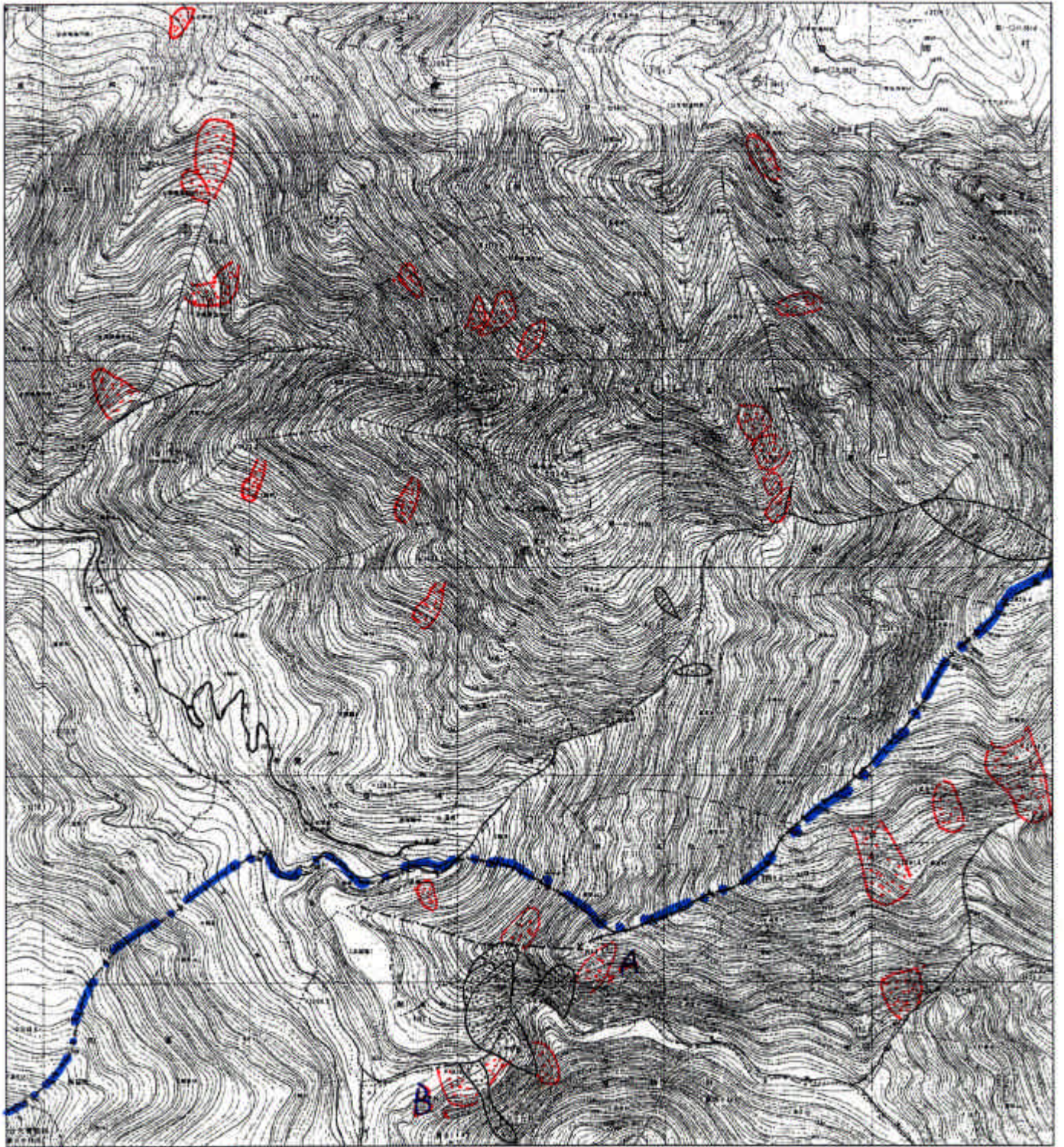


圖 3.8 東埔幅崩塌地分析圖

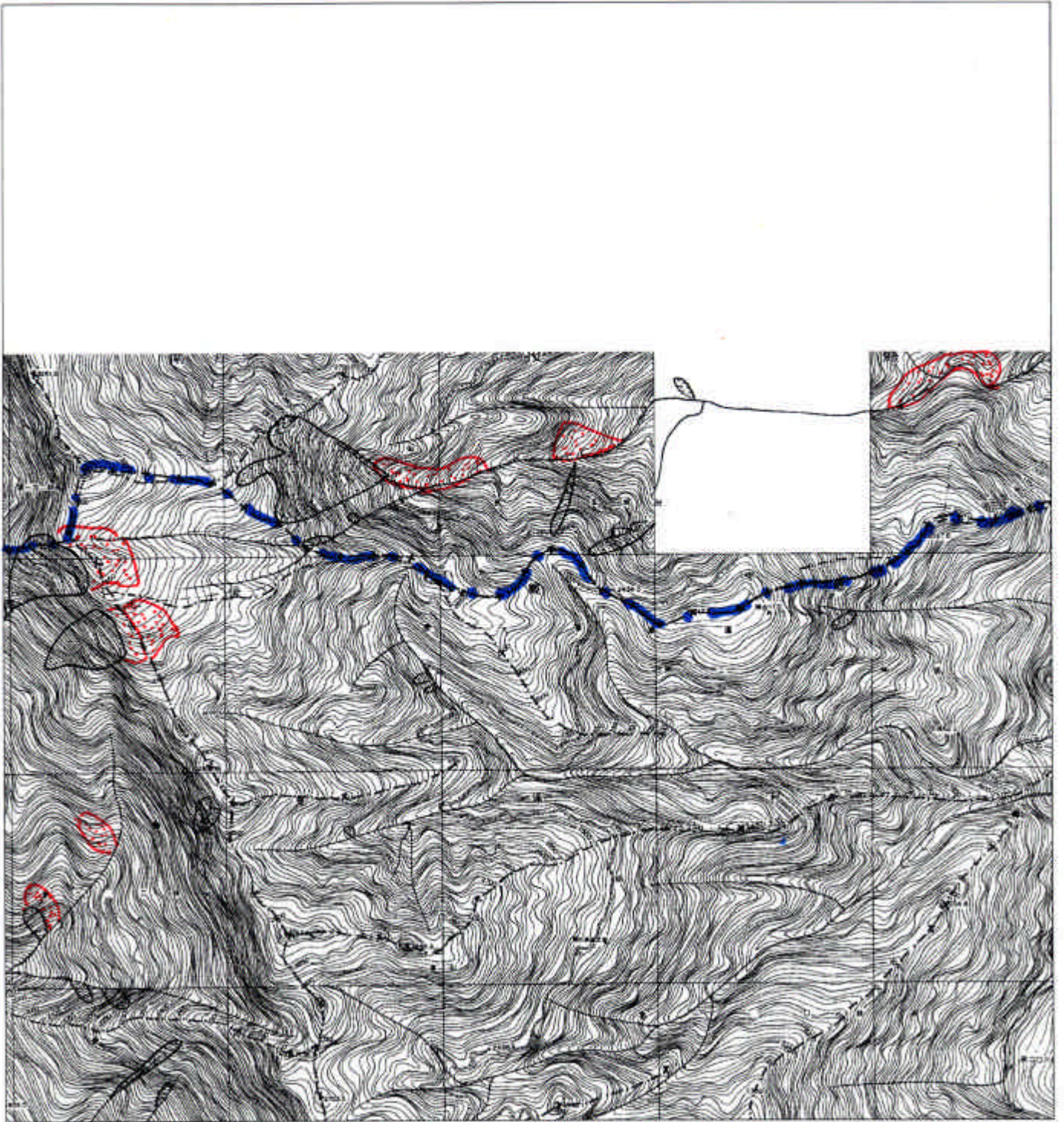


圖 3.9 郡大山幅崩塌地分析圖

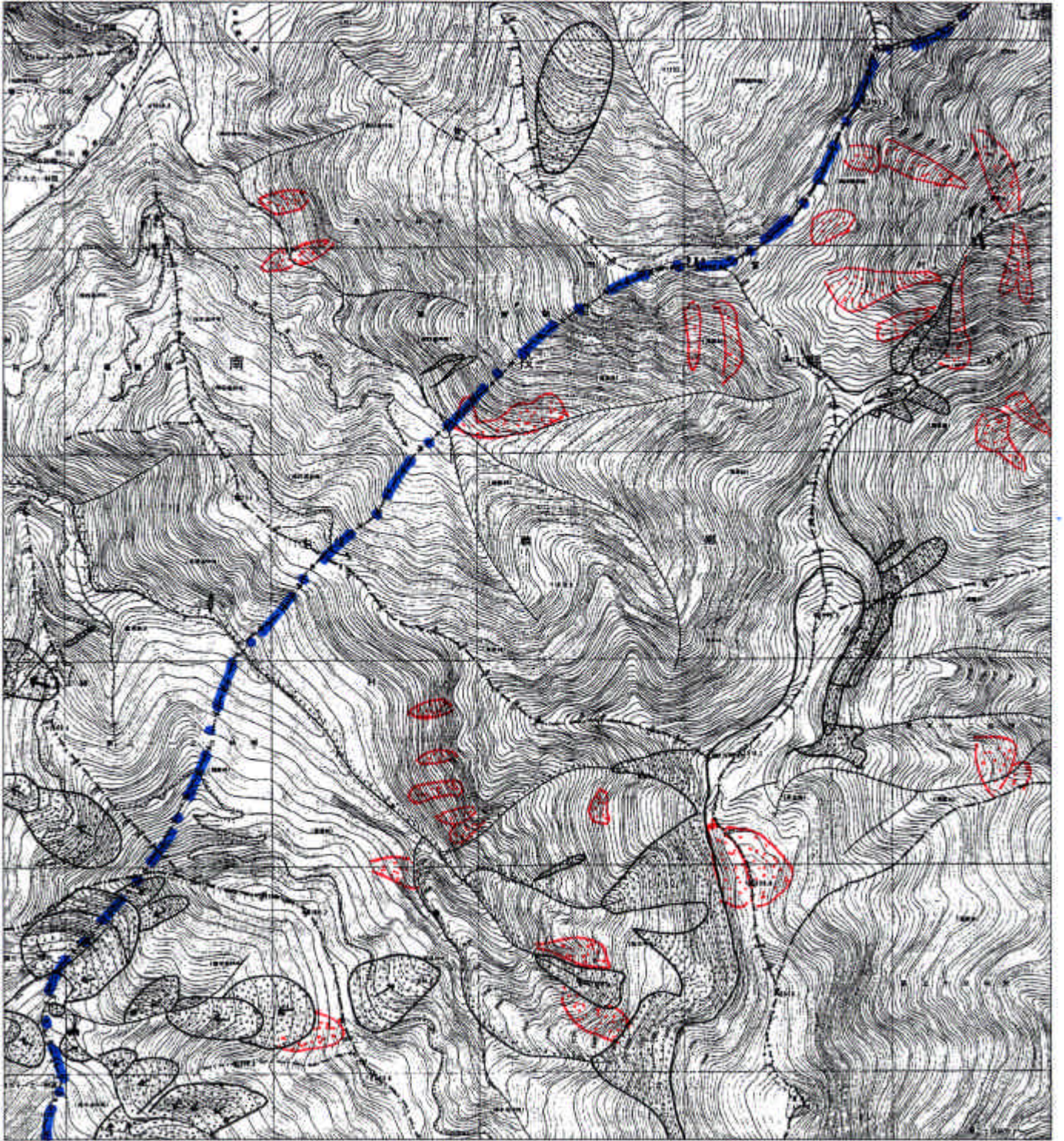


圖 3.10 同富山幅崩場地分析圖

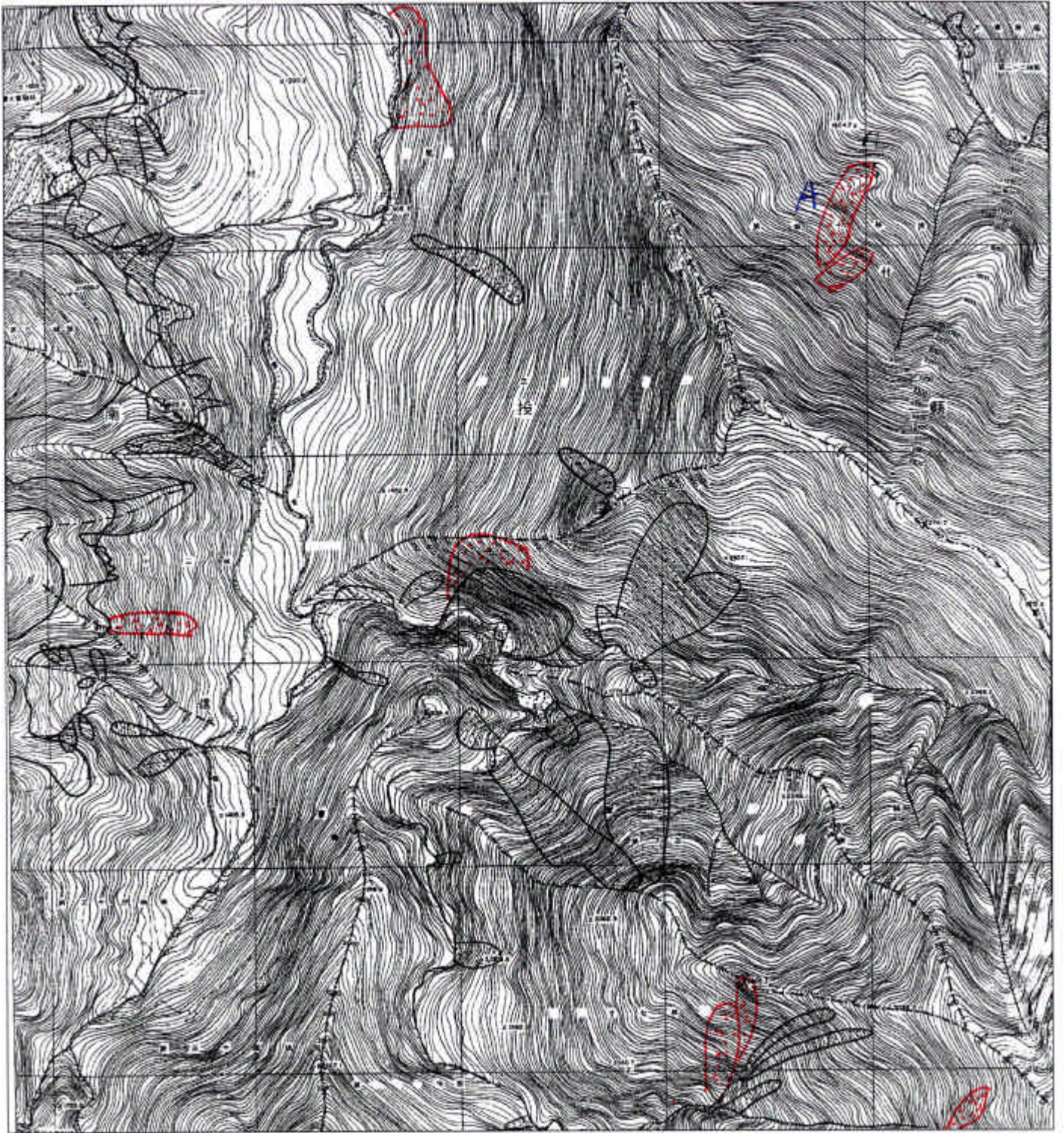


圖 3.11 沙里仙幅崩場地分析圖

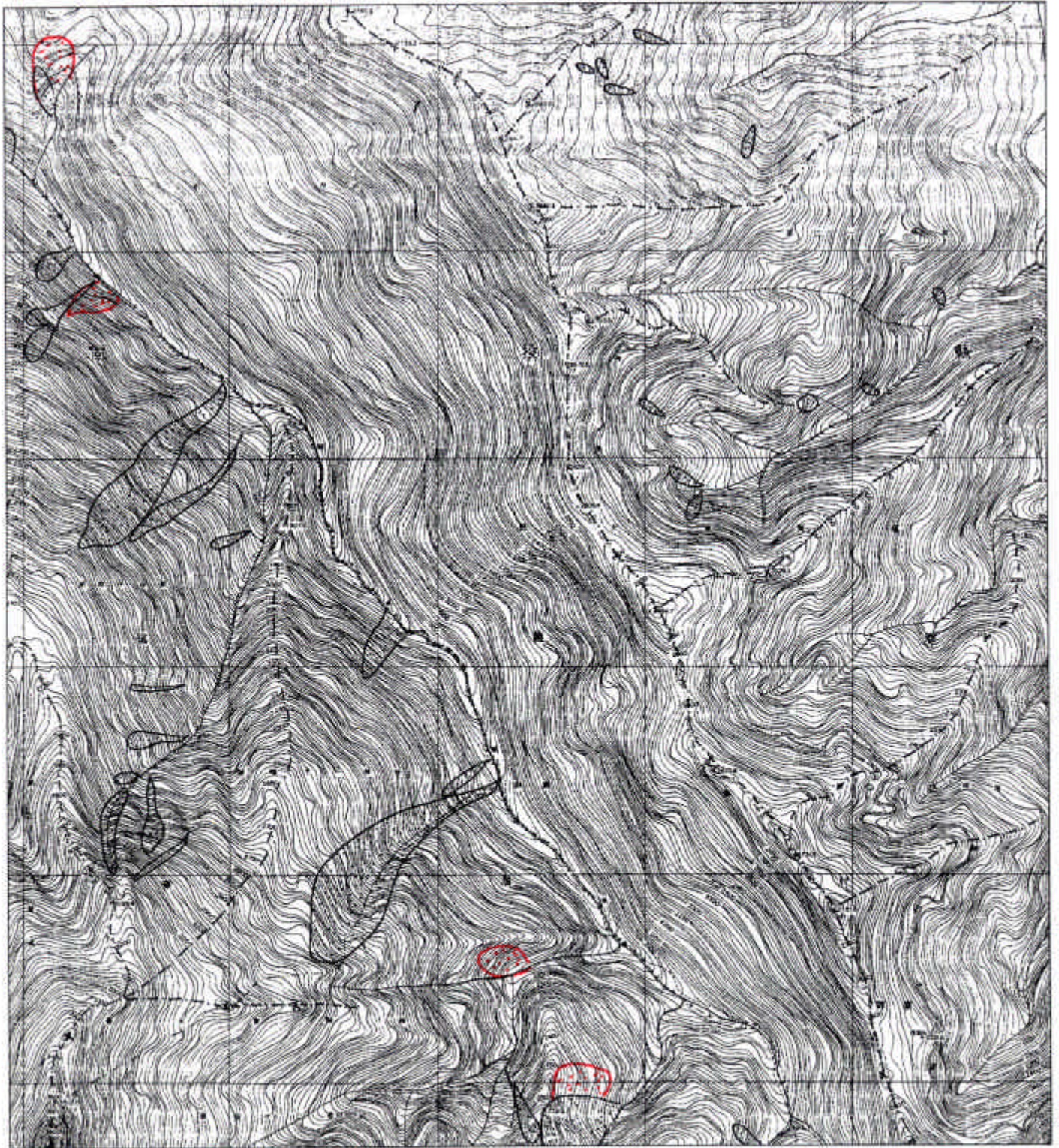


圖 3.12 關高幅崩塌地分析圖

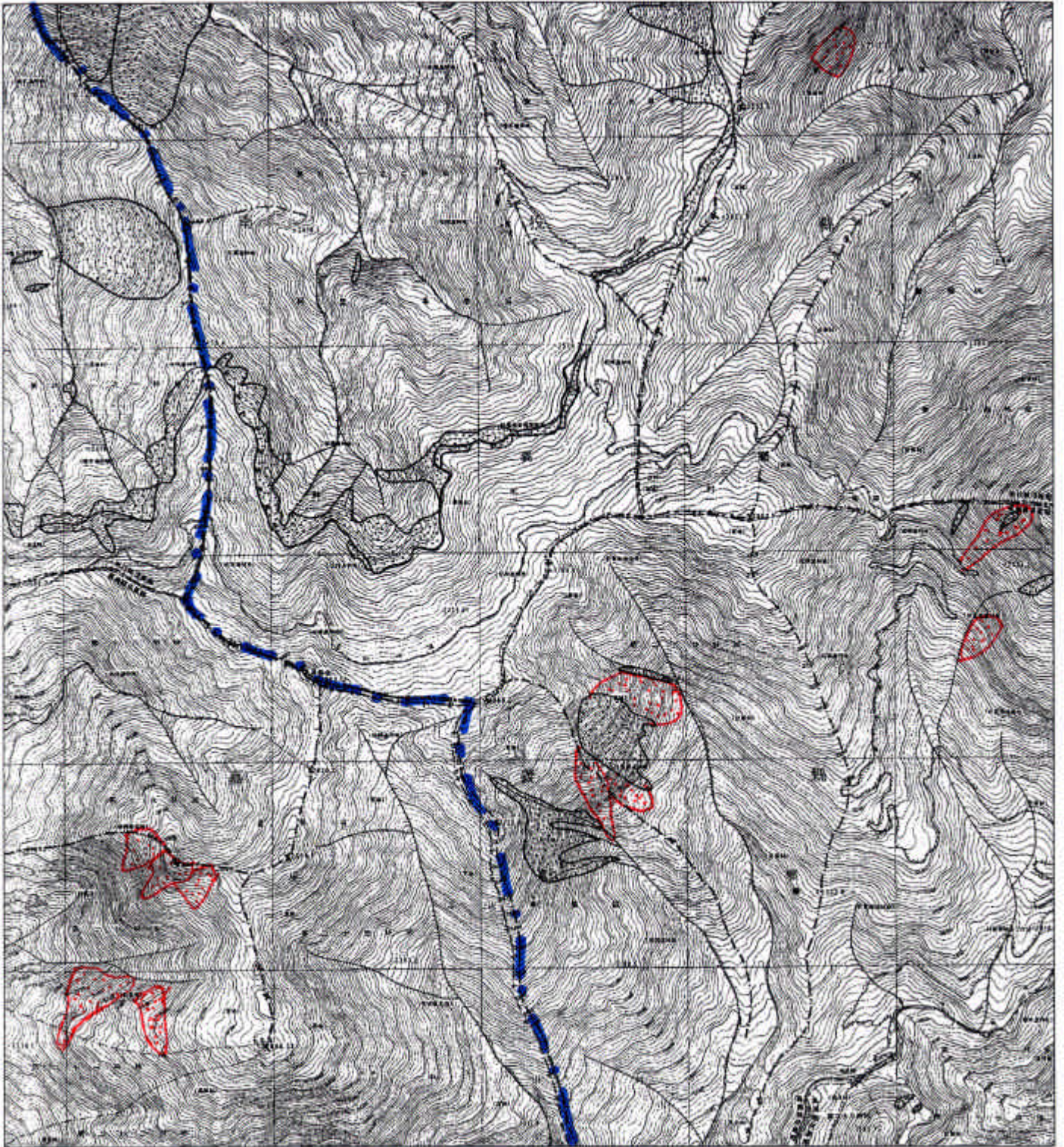


圖 3.13 鹿林山幅崩場地分析圖

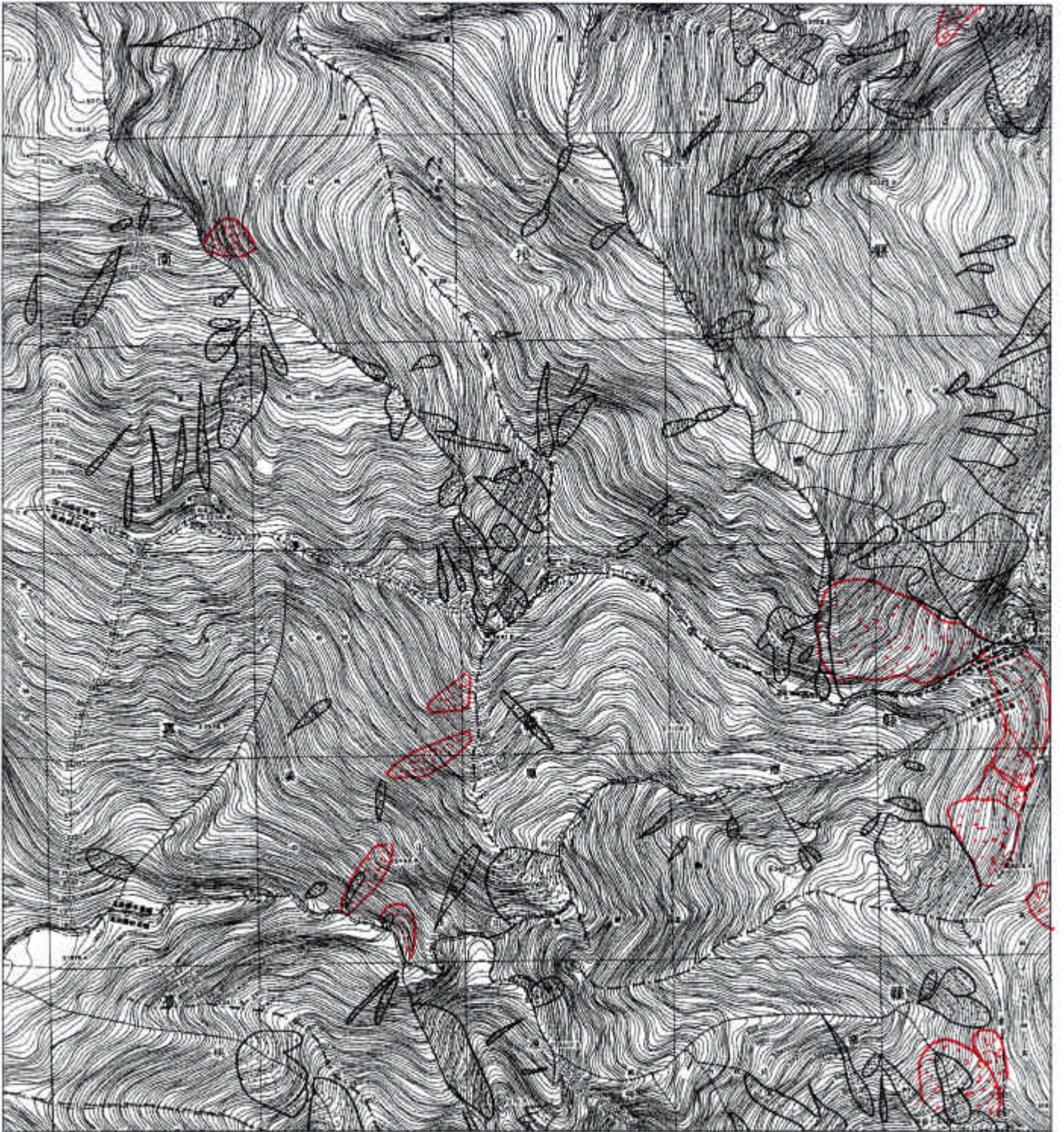


圖 3.14 玉山幅崩場地分析圖

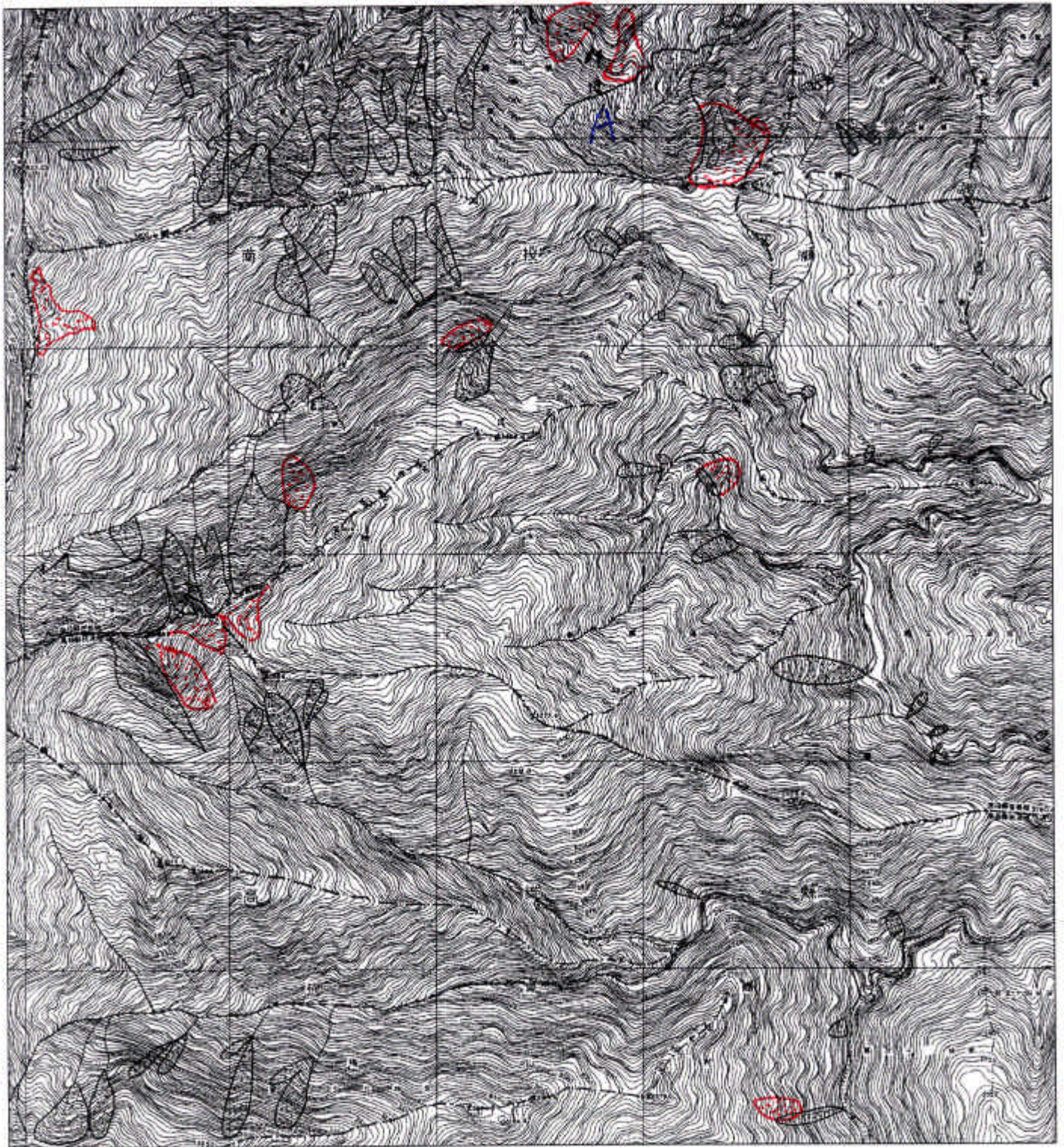


圖 3.15 八通關幅崩場地分析圖

四、小結

除了且解析度的因素外，透過航照立體對的觀察方式，能夠呈現出立體的地形起伏狀態，有助於崩塌地判釋工作之準確度，因此相對於衛星影像所能判釋出來崩塌地，藉由航空照片判釋的結果，可以找更多，且面積更小的崩塌地來。

由於時間與經費的限制，僅針對東埔、玉山地區實行航空照片判釋工作，在各區域內，新增的崩塌地有很多約在 50~60 各左、右，其中以東埔、同富山、玉山及八通關圖幅所增加的面積最大。而新崩塌地多出現於陡峭的坡地以及集水區上游坡地。總結歸納這些新增的崩塌地與幾個原因有關：1. 可能是路基開挖時上方地層坡角被砍除與下方棄土堆積有關；2. 地質結構破碎；3. 斷層通過之區域；4. 未穩定之舊崩塌地持續崩落；5. 坡度陡峻地區；6. 屬於溪流集水區上方坡地。

對於這些崩塌地，除了對於園區內步道與相關設施的直接破壞外，崩落的土石以會淤積於河道上或坡面上，造成大雨過後發生土石流或是的土石崩落之危害。因此在進行針園區內災後復原時，需對於新、舊崩塌地加以檢視評估，是否上方邊坡存有未固結的岩塊、以及和河道上是否由土石淤積現象，並針對土石崩解及淤積情況，採取適當的警告或預防措施。

第四章 崩塌地田野調查

第一節 前言

受到九二一集集地震強烈的衝擊，使得台灣中部地區受創嚴重。地震除了直接造成地形的改變，與生命財產的傷亡損失，同時也使得潛在自然災害發生的機率與範圍擴大。只要潛在災害的誘因一旦發生，如豪雨、餘震、人為不當開發等，將使得才略為穩定的山林再次受創，而威脅到民眾的身家安全。如日前颱風過後一再發生的土石流便是最明顯的例子。

田野調查工作的目的之一，是為了瞭解九二一集集地震之後，園區內主要受創地區邊坡崩塌的情形。本次調查初步將紀錄崩塌地分佈的位置以及崩塌情況，作為崩塌地類型與發生機制的探討基礎，避免潛在的自然災害再度發生。

根據玉管處所做環境調查及監測情形報告（玉管處企畫課，2000），將本研究將田野調查重點放在受到震災較為嚴重的玉山國家公園西北園區以及內政部所頒訂一級古蹟之八通關古道沿線為目標，擬定三條調查路線：

- 1.大鐵杉—塔塔加鞍部—玉山群峰沿線地區(89/08/09~89/08/12)
- 2.東埔—八通關古道西段沿線地區(89/09/15~89/09/16)
- 3.南安—大分—八通關越嶺道東段沿線地區(89/10/17~89/10/19)

第二節 崩塌地調查方法

一般而言，全區性崩塌地的調查方法大多利用航空照片、衛星影像、相片基本圖與地形圖，加以判讀及製圖；再加上野外現場的取樣調查後，予以計算、統計及分析資料，獲得較精確而完整的成果（農林航空測量所，1986）。

由於目前九二一地震之後玉山地區的航空照片，農林航空測量所於 89 年度後半年才實行攝影，因此無法即時作為崩塌地調查的基礎，使得崩塌地的調查僅能從既有的相片基本圖、地形圖、衛星影像與野外觀察中獲得初步的資訊。因此，本次調查的結果僅呈現塔塔加鞍部—玉山主峰—玉山南峰登山步道沿線、東埔—八通關古道西段沿線地區、南安—大分—八通關越嶺道東段沿線地區的崩塌情形。需注意的是，調查報告中所提及的崩塌地範圍僅是粗略地繪製於圖中，主要是為了表現其空間分佈情形，並不能用於面積的估算、統計。

本次崩塌地的各項調查項目將填入記錄表中，如下表 4.1。調查項目及要點如下：

表 4.1 崩塌地調查紀錄表

編號	高度 m	坡度	坡向	崩塌原因	崩塌程度	崩塌種類	崩塌類型	備註

1. 崩塌地的位置與編號：將野外觀察到的崩塌地範圍粗略地繪製在一萬分之一的相片基本圖上（民國七十九年版），並依序給予編號以方便記錄崩塌情況。
2. 崩塌地的海拔高度：測量崩塌地的海拔高度一般是以圖中崩塌地最高點與最低點之海拔高度平均數做為代表。
3. 崩塌地的坡度：在野外以傾斜儀測量崩塌地坡度。或是利用三角測量的方式估算之。
4. 崩塌地的坡向：利用相片基本圖判視崩塌地的坡向，並依照八方位記錄之。
5. 崩塌原因：沿用目前台灣的分類方法（農林航空測量所，1986），有逕流集中（R）、溪流掏刷（S）、底土滲流（SP）、開路關係（Ex）、開墾關係（Cu）與純地質（Ge）等。崩塌地的崩塌原因並非僅是上述各個單一因子所造成的，常為多種因子綜合作用的結果。
6. 崩塌程度：就崩塌情況大致可分成較穩定（St）、不穩定（Un）與極不穩定（V）等三種。較穩定是指崩塌地或崩積物已穩定，其岩層完整，節理較規則，少有分崩離析的現象。不穩定是指尚未安定的崩塌地，其母岩節理發達，層面不穩定或土石有崩塌的跡象，若承受外力的影響，即有崩塌之可能性。極不穩定是指崩塌地的母岩脆弱，節理十分發達，土層擾亂或崩離，岩層極不穩定，顯然正在崩塌中，或有大量土石呈現極易崩塌之情況。
7. 崩塌種類：根據現場的調查與相片基本圖上原有的崩塌地資料相互比對，判別崩塌地是新崩（N）、舊崩（O）。
8. 崩塌類型：台灣崩塌地的類型可分成山崩、地滑、潛移、土石流、沖蝕五大類型（張石角，1987；省水土保持局，1991），各類型依據其發生條件與因子差異又可細分成不同種類的災害（表 4.2）。在野外調查時將就崩塌地發生的環境與條件判斷其崩塌類型。

表 4.2 崩塌地類型與發生條件 (張石角, 1991)

崩山類型	坡度%	土壤厚度 m	岩質	坡型	地形作用	高差 m
山崩	落石	45	<1	硬	---	>10
	岩石滑移	15	<4	軟	傾斜坡	---
	岩屑滑落	45	<4	軟	傾斜坡、崖坡	---
	岩屑滑崩	45	>4	---	斜交坡	>5
地滑	平面型地滑	30	<4	硬	傾斜坡	---
		15	>4	軟	傾斜坡	---
	弧型地滑	45	>4	---	---	---
		>15		軟	不連續面發達	---
	楔型地滑	---	<4	硬	兩組不連續面交線之順向坡	---
翻轉地滑	---	<4	軟	傾斜坡、崖坡	>3	
潛移	土壤潛移	15	>4	---	非斜交	---
	岩石潛移	45	<1	軟	傾斜坡、崖坡	>3
土石流	30	>4	---	---	3	---
沖蝕	30	>4	---	---	3	---
	30	<4	軟	---	3	---

第三節 研究及調查成果

(一) 大鐵杉—塔塔加鞍部—玉山群峰沿線地區

A. 地形

本次調查範圍在台灣地形分區中隸屬於玉山山塊 (林朝棨, 1957), 其中海拔高度超過三千公尺以上的高山有玉山前峰 (3239 公尺)、西峰 (3495 公尺)、主峰 (3952 公尺)、圓峰 (3752 公尺)、三叉峰 (3807 公尺) 與南峰 (3844 公尺)。塔塔加鞍部至玉山主峰間的稜線大致呈東西走向, 北峰、主峰至南峰間的稜線則呈南北走向, 稜線成十字交錯 (圖 4.1), 高峰大多由板岩或砂岩與板岩互層所構成。岩層的位態與稜線走向來看, 本區地形深受地質構造的影響。在調查的過程中可見山峰陡峭的岩壁上出露複雜的褶皺與斷層, 朱倣祖 (1991) 曾就玉山地區的逆衝斷層構造進行詳細的研究, 可瞭解山峰與構造之間的關係。

陳有蘭溪 (濁水溪上游) 與荖濃溪、楠梓仙溪 (高屏溪上游) 大致以玉山東西向的稜線為界, 分別向南北奔流。玉山北峰至主峰的稜線將陳有蘭溪的上游一分為二;

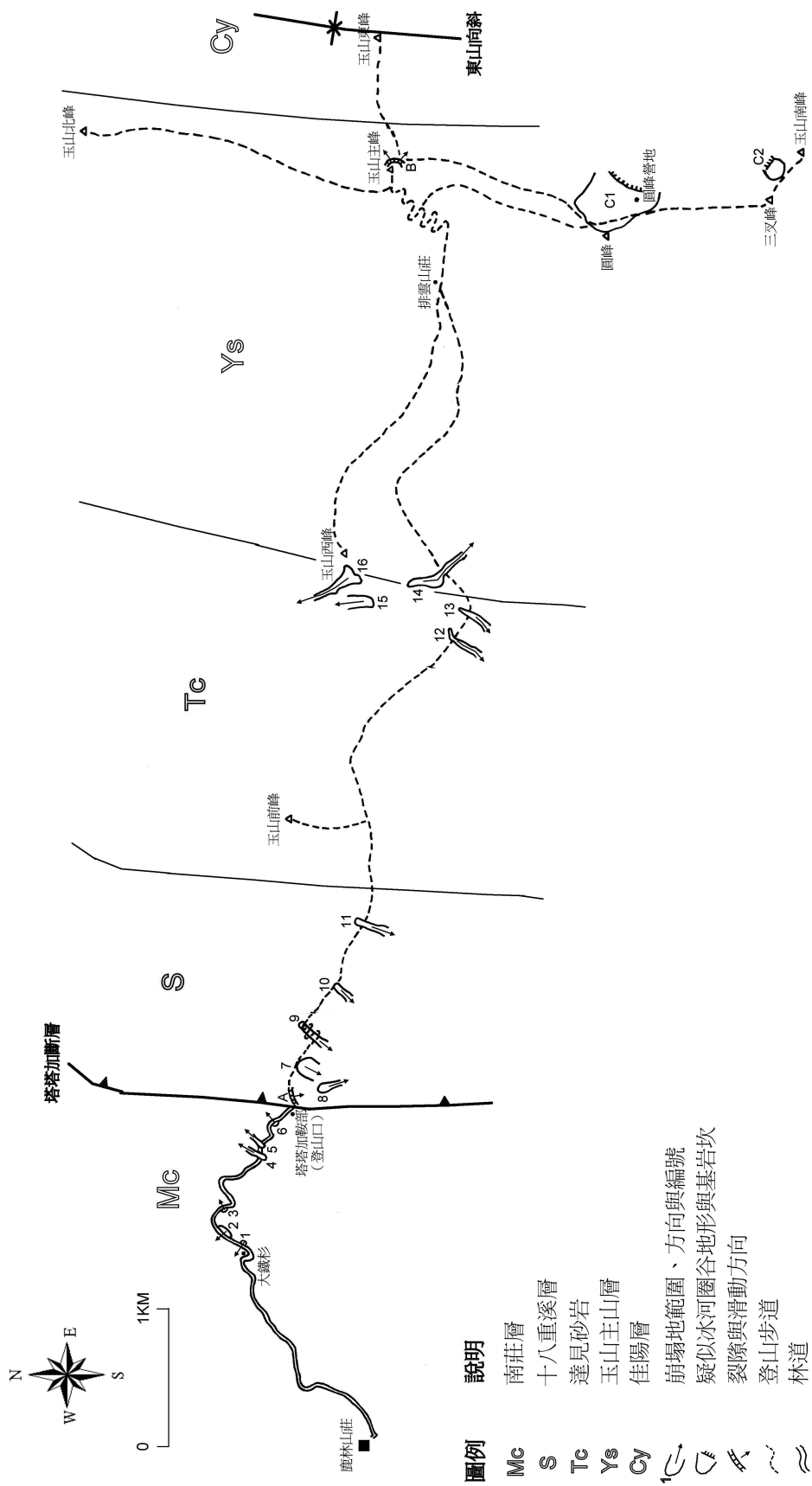


圖 4.1 塔塔加鞍部—玉山群峰地區之地質與崩塌地分佈圖 (地質圖參考自李春生, 1979)

而主峰至三叉峰、南玉山的稜線則分隔了荖濃溪流域與楠梓仙溪流域。由於本區地質破碎，並受到地殼抬升作用的影響，使得河流侵蝕作用旺盛，而呈現山高谷深的情況，從早坂（1933）與陳陞隆（1992）對於金門峒斷崖崩場所做的研究可得知。他們推測八通關北側的陳有蘭溪與南側的荖濃溪可能在八通關附近發生河川襲奪。加上本區海拔高度高，日夜溫度的變化大，使得寒凍風化與冰緣作用十分劇烈而明顯，可從稜線上散佈著長條狀的板岩、砂岩巨礫碎石坡而察覺到。破碎的邊坡更加速了河流向上延伸的速率。

值得注意的是，佐佐保雄（1936）曾認為玉山地形之所以如此陡峻，乃因冰河作用所致，並指出玉山地區有十九處冰蝕圈谷或懸垂冰川，其中北峰—主峰—南峰稜線之東側有十二個，其西側有七個（林朝榮，1957）。由於過去冰河地形的調查受限於研究方法與分析方法的限制，多著重在圈谷形貌、冰蝕與冰積小地形的描述，對於冰河地形未有系統性的調查與分析工作，如風化速率研究、古氣候環境、沈積物分析等；加上此地風化侵蝕作用盛行，容易破壞冰河遺跡，或使之深埋在岩屑下，讓調查工作難以進行，而使得玉山地區的冰河地形研究仍停留在日據時代的階段。

進行崩塌地調查工作的同時，也略為注意周遭地形是否具有冰河地形的特徵。其中，在圓峰營地和玉山南峰與三叉峰之間的鞍部（圖 4.1），均可發現疑似冰河作用所造成的圈谷地形，具有後壁陡峭、谷底平坦、圈谷開口處有基岩坎（冰河旋轉滑動時磨蝕基岩所產生的坎狀物）等特徵，但並無發現擦痕、磨光面、刻槽等冰蝕地形。令人玩味的是，玉山群峰多為陡峭高聳，為何唯獨圓峰呈現峰頂呈現平坦的現象，在地形上具有何種意義？其成因是冰河所磨蝕而成的？亦或是地質構造所主導的現象？還是有其他原因？仍須進一步的研究才得以瞭解。

B.地質

本區位於台灣地質分區中的脊樑山脈帶中。脊樑山脈帶西以陳有蘭溪斷層、沙里仙溪斷層、地利斷層和雪山山脈帶、西部麓山地質區（新第三紀碎屑岩）相隔，東與中央山脈東翼地質區（先第三紀變質雜岩）以梨山斷層為界。

已有數名地質學者、專家對本區進行地質的調查與研究（丹桂之助，1944；王文能、陳清義，1978；李春生，1979；張郁生，1984；朱傲祖，1991；Yen, et al.,1984）。玉山地區的地層劃分可見下表 4.3。對於本區的地層主要有兩種劃分方法，一是將全區的地層歸納為一個岩石單位，如新高層；另一種則是將本區地層劃分為四個不同的地層單位，如十八重溪層、

達見砂岩、玉山主山層與佳陽層。

在本調查報告中將採用後者的地層劃分方法，主要是因為較細的地層分層對於瞭解崩場地分佈位置的地質狀況較有幫助。從大鐵杉—塔塔加鞍部向東至玉山前山、西山、排雲山莊、玉山主峰附近地區的地層大致為南莊層、十八重溪層、達見砂岩、玉山主山層（圖 4.1），分別說明如下：

表 4.3 玉山地區之地層劃分表

年 代		丹桂之助 (1944) 張郁生 (1984)	顏滄波 (1984)	王文能、陳清義 (1978) 李春生 (1979)
漸新世	晚期	新高層	E 層	眉溪砂岩？
	早期			
始新世	晚期			佳陽層
	早、中期			玉山主山層 達見砂岩 十八重溪層

1. 南莊層：在本區內，南莊層主要由淺灰色的砂岩與灰色頁岩之互層所組成。砂岩為中粒至細粒，厚度由數公分至數公尺不等。在砂頁岩互層中偶爾可發現薄泥煤層出露，僅數公釐厚。

2. 十八重溪層：以黑色或黑灰色板岩為主，偶爾夾數公分至數十公分厚的石英質砂岩或石灰質砂岩，是玉山斷塊中最底下的一個地層單位。從日月潭東方，一路南下至塔塔加附近均有出露。本層大致成東北走向，均向東南傾斜，傾斜角度約 20—40 度（王文能、陳清義，1978）。板岩具發育良好之劈理，或與砂岩呈薄葉理狀互層。

3. 達見砂岩：以含有一些炭質頁岩的粗粒砂岩為主，偶夾薄層板岩，玉山前山至玉山西峰略西處可見其分佈。在夾有薄層板岩的砂岩中，其層面常有保存良好的波痕（ripple mark）。

4. 玉山主山層：介於達見砂岩與佳陽層之間，是一黑色板岩與砂岩、石灰質砂岩互層之地層，標準剖面出露於玉山主峰處，故稱之為玉山主山層（李春生，1979）。砂岩層面上可見波痕保存良好，位於西峰下著名的大峭壁上便可清楚地發現。

本區規模較大的地質構造為通過塔塔加鞍部的塔塔加斷層（或稱大塔口斷層）和位於玉山主峰及東峰之間的東山向斜。沿登山步道常可見到小規模的逆衝褶皺與斷層。從野外觀察的地質證據與古應力分析的結果，得知本區的斷層以逆衝斷層和平移斷層為主，最大主應力軸的方位是北 75 度東至南 75 度東，平均為東西方位；主應力軸大致與褶皺軸垂直（朱倣祖，1991）。

C. 調查沿線邊坡崩塌情形

本次調查記錄了 16 處崩塌地，詳見表 4.4。崩塌地分佈的位置見圖 4.1。

表 4.4 大鐵杉—塔塔加鞍部—玉山群峰登山步道沿線崩塌地紀錄表

編號	高度 m	坡度	坡向	崩塌原因	穩定程度	崩塌種類	崩塌類型	備註
1	2710	80°	NW	Ex Ge	Un	N	岩屑滑落	
2	2710	75°	NW	Ex Ge	Un	O	岩屑滑落	
3	2705	80°	NE	Ex Ge	Un	O	岩屑滑落	
4	2670	75°	NE	R Ex Ge	V	O	岩屑滑落	
5	2660	70°	NE	Ex Ge	V	O	岩屑滑落	
6	2630	60°	E	Ex Ge	Un	O	岩屑滑落	
7	2600	40°	SW	R Ge	V	O	岩屑滑崩	
8	2450	35°	SE	R Ge	Un	O	岩屑滑落	
9	2700	45°	SW	Ge	V	N	岩屑滑落	
10	2750	35°	SW	R Ge	V	O	岩屑滑落	
11	2850	35°	SW	Ge	V	N	岩屑滑落	
12	3070	70°	SW	R Ge	Un	O	落石	
13	3100	40°	SW	R Ge	Un	O	落石	
14	3150	40°	SE	R Ge	Un	O	岩屑滑落	
15	3400	45	N	R Ge	V	O	落石	
16	3400	50	NW	R Ge	V	O	落石	

從崩塌地分佈的情況來看，可發現崩塌地在空間上呈現聚集於三處的現象。因此我們可以將 16 處崩塌地分成三個區域加以討論，分別是大鐵杉至塔塔加鞍部之間的林道（編號 1—6 號崩塌地）、塔塔加鞍部至玉山前峰附近（編號 7—11 號崩塌地）與玉山西峰一帶（編號 12—16）。

（1）大鐵杉至塔塔加鞍部之間的林道

本區內的崩塌類型以岩屑崩落為主，從判視相片基本圖、出露崩積層、上下邊坡大多以擋土牆、蛇籠與鐵絲網加以處理等加以研判，本區多是舊

崩塌地再次崩塌。崩積層內夾有塊狀的岩石，因此落石的現象也伴隨著岩屑崩落時而發生。崩塌地的坡度分佈在 60 度至 80 度，比另外兩區崩塌地的坡度都要來得陡。除了 4 號崩塌地位於凹谷中，其餘的崩塌地都位於凸坡處。從各崩塌地的坡向來看，本區崩塌地大致發生在崖坡與斜交坡處，高度分佈在 2630m 至 2710m。土壤厚度約在 1 公尺左右。

本區位於塔塔加斷層以西，地層以薄層砂岩與頁岩互層的南莊層為主，在工程地質上屬於軟岩。由於位於塔塔加斷層附近，因此可想見本區岩體應當十分破碎。加上林道的開挖切除了邊坡坡腳，使得邊坡處於不穩定的狀態，而容易在雨後發生崩塌的現象。因此，地質破碎和道路開挖是本區崩塌發生的主要原因。

此外，由於 4 號崩塌地位於凹谷之中，逕流集中的現象較為明顯，因此使得崩塌的規模比其他崩塌地要來的大。

(2) 塔塔加鞍部至玉山前峰附近

本區的崩塌地以岩屑滑落和岩屑滑崩為主，並在靠近登山口的登山步道上發現長約 20—30 公尺的裂隙，向下邊坡滑動約 30 公分左右。本區有三處舊崩塌地、兩處新崩塌地，坡度大致介於 35 度至 45 度，均位於斜交坡，高度分佈在 2450m 至 2850m。7、8、10 號崩塌地位於凹坡處，而 9 號與 11 號則分別位於凸坡與平坡處。由於崩積物質十分破碎，使得崩塌地十分不穩定。在本次調查最後一天的回程途中，便發現 7 號崩塌地和第一天經過時相比有明顯擴大的現象，僅因前天下午下了一場午後陣雨。

本區屬於十八重溪層分佈區域，岩性以板岩為主，偶夾薄層變質砂岩，板岩具有發育良好的劈理。由於岩層受到擠壓而變形、破裂，加上板岩容易風化成片狀、細小的碎屑，使得邊坡的穩定性有先天不良的情形。此外本區大致屬於楠梓仙溪上游一條小支流的源頭處，逕流集中的現象較為明顯。上述兩項因素，地質破碎與逕流集中，使得崩塌地的發生集中在此區。

其中，7 號崩塌地原為一舊崩塌地，堆積了不少細粒的板岩岩屑，加上周遭地形呈現圓弧狀，頂部有裂隙出現。但因為未至崩塌地底部調查，未能瞭解是否有趾部凸處的現象，因此暫時認定其為岩屑滑崩。

(3) 玉山西峰一帶

本區的崩塌地以落石為主，崩落的岩塊大多堆積在邊坡上形成碎石

坡。本區內的崩場地均為舊崩場地，可從相片基本圖上判識出來。崩場地所在位置高度均在 3000 公尺以上，其中 15、16 號崩場地位於西峰稜線邊緣，高度更高達 3400 公尺左右。崩場地的坡度除了 12 號將近 70 度之外，其餘的大多是 40 度—50 度。從坡向可知崩場地大多發生在斜交坡或崖坡處。

本區大致位在達見砂岩與玉山主山層交界處附近的區域，因此岩性以炭質頁岩的粗粒砂岩與板岩為主。堅硬的粗粒砂岩受到擠壓後，常出現幾組間距較寬的節理，使得砂岩呈現塊狀的崩離，而容易發生落石。這也就是本區的崩塌類型為何以落石為主。此外，本區的崩場地大多分佈在支流上游的凹谷處，匯集流水的情況將使得崩塌現象更容易發生。因此，本區崩場地主要是受到岩性堅硬與逕流集中等兩項因素所影響。

位於西峰略微西側有一處日據時代所遺留下來的神社，16 號崩場地的頂部正位於神社西方約 15–20 公尺之處 16 號崩場地頂部邊坡已有滑動所產生出來的裂隙，約有 20 公分高，可知 16 號崩場地仍逐漸地擴大當中，想必在不久的將來將會影響到神社的安危。

此外，玉山主峰的東側與南側也出現岩體向下滑動所產生的裂隙（如圖一中的 B），東北側的裂隙較小，約十幾公分高，而東側與南側的裂隙則約有 20 至 30 公分高。玉管處在主峰的東南西北四個方向均設置了景觀解說牌，而東方與南方的解說牌均可明顯發現其水泥基座已出現懸空的情形，亦可得知主峰東、南部分的岩體已有滑動的情形。

D. 小結

透過本次的調查後，對於大鐵杉—塔塔加鞍部—玉山群峰之間登山步道沿線邊坡的崩塌情形與分佈狀況有了初步的瞭解。從調查中得知研究區內崩場地出現分佈於三處集中的現象，地質破碎、逕流集中與道路開挖關係是造成本區發生崩塌主要的原因。崩塌類型的不同則明顯反映在岩性軟硬的差異上，而不同崩塌類型的分佈狀況也反映出軟硬岩體在空間上分佈的情形。

(二) 東埔—八通關古道西段沿線地區

A. 地質

本區位於台灣地質分區中的脊樑山脈帶（第三紀亞變質岩）中。脊樑山脈帶西側以陳有蘭溪斷層、沙里仙溪斷層、地利斷層和雪山山脈帶、西部麓山地質區（新第三紀碎屑岩）相隔，而東側與中央山脈東翼地質區（先第三紀變質雜岩）以梨山斷層（匹亞南構造線）為界。

已有數名地質學者、專家對本區進行地質調查與研究（丹桂之助，1944；王文能、陳清義，1978；李春生，1979；張郁生，1984；顏滄波，1984；朱倣祖，1991）。玉山、東埔地區的地層大致以沙里仙斷層為界，第四紀台地堆積層與新第三紀地層分佈在斷層的西側，而第三紀地層則分佈在斷層東側（圖 4.2），研究區地層對比如表 4.5。

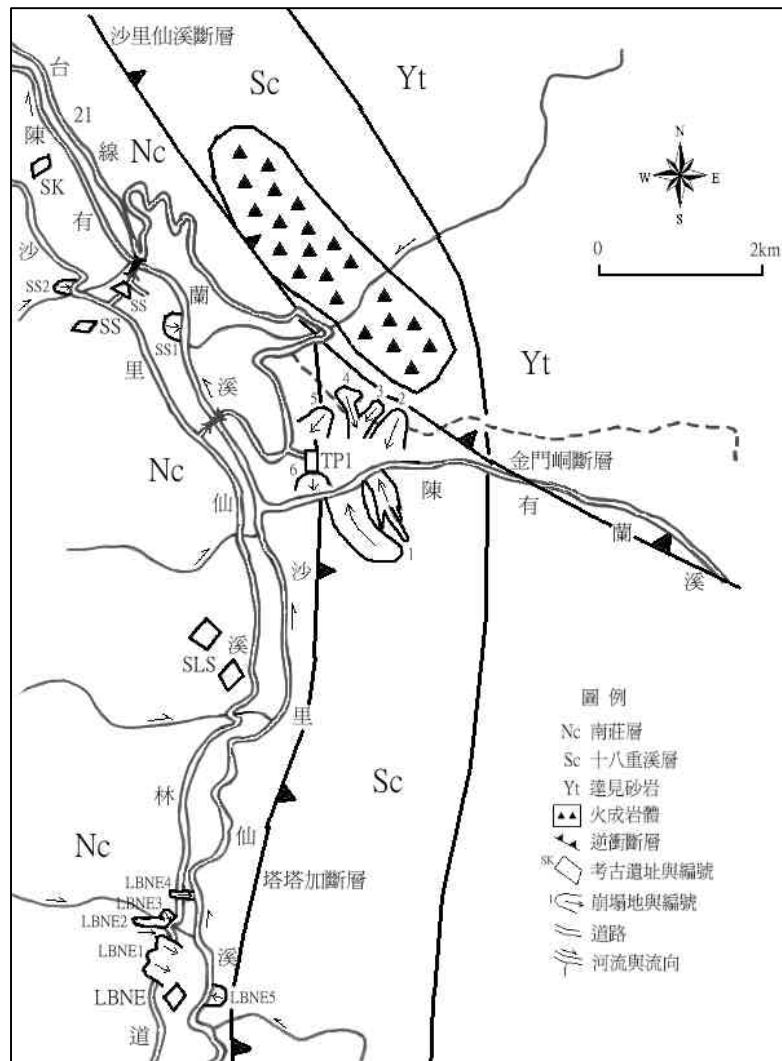


圖 4.2 東埔地區地質狀況、考古遺址與崩塌地分布圖（地質圖參考李春生，1979、張郁生，1984；考古遺址資料參考高有德，1994）

研究區第三紀地層目前有兩種劃分方法，一是將全部的地層歸納為一個岩石單位，如新高層、E 層（丹桂之助，1944；張郁生，1984；顏滄波，1984）；另一種則是將本區地層劃分為四個不同的地層單位，如十八重溪層、達見砂岩、玉山主山層與佳陽層（王文能、陳清義，1978；李春生，1979）。本研究為了調查需要而採用後者。本區岩性以黑色板岩為主，夾有變質砂岩。

表 4.5 研究區地層對比

年代	地層名稱	
	西部麓山帶	脊樑山脈帶
更新世	台地堆積層	
中新世	南莊層	
	南港層	
漸新世		新高層
始新世		

研究區出露的新第三紀地層以中新世中期的南港層與晚期的南莊層為主，大多以砂岩、頁岩互層為主。第四紀台地堆積層則分佈在河流兩側階地上。

此外，東埔附近有閃長岩體出露，所含的岩石種類包括綠色閃長岩、綠色火山碎屑岩與綠色凝灰質砂岩，蘊藏量估計在三千萬噸以上（張郁生，1984）。

研究區內主要的地質構造，以斷層與褶皺為主。斷層包括了約呈南北走向的沙里仙斷層、塔塔加斷層（大塔口斷層）與金門峒斷層，以及幾條東西向的小斷層。沙里仙斷層與塔塔加斷層相連，與金門峒斷層於東埔附近相交會，這三條斷層的東側均是上盤，西側為下盤。褶皺以同富山向斜為主。

B.地形

研究區位於濁水溪的支流—陳有蘭溪流域的範圍內。陳有蘭溪、沙里仙溪與荖濃溪、楠梓仙溪（高屏溪上游）大致以玉山群峰間東西向的稜線為界，分別向南北奔流。玉山北峰至主峰的稜線將陳有蘭溪的上游一分為二，西側屬於沙里仙溪流域，東側屬於陳有蘭溪流域；而主峰至三叉峰、

南玉山的稜線則分隔了荖濃河流域與楠梓仙河流域。由於本區地質破碎，並受到地殼抬升作用的影響，因此河流侵蝕作用旺盛，而呈現山高谷深的情況。大規模的崩場地也是本區常見的地形現象，如著名的金門峒斷崖、父子斷崖、東光開高巷對面的大崩崖等。

陳有蘭溪發源於玉山北峰（3858m）—八通關稜線北側，河谷主要沿著金門峒斷層發育，因此流路程直線狀，向西北方向延伸。陳有蘭溪的支流—沙里仙溪，在東埔以南和陳有蘭溪匯合。沙里仙溪發源於塔塔加鞍部北側，也是一條斷層河谷，主要沿著沙里仙溪斷層與塔塔加斷層發育。沙里仙溪西側是中新世南莊層與南港層，而東側則是始新世的板岩層。

從水里沿著陳有蘭溪而上，可以見到陳有蘭溪寬廣的河床，以及堆積劇烈的河階地與沖積扇。值得注意的是規模較大的河階與沖積扇大多分佈在陳有蘭溪與沙里仙溪的西側。例如位於陳有蘭溪中下游的新鄉、羅娜，附近所形成的沖積扇，是本島溪谷內被切割的沖積扇中，面積最大的，同時也使得此地陳有蘭溪的河道變得狹窄。而溪流切割沖積扇邊緣而成的陡崖，與河床底部約有 200 公尺左右的高差。沙里仙溪西側的二至三層的河階地，更與對岸的陡崖形成強烈的對比。本區內重要的聚落和考古遺址大多分佈在這些沖積扇、河階地上。

沖積扇、河階集中在河流西側的現象，除了出現在陳有蘭溪流域外，蘭陽溪上游地區（四季以上地區）與荖濃溪中游地區（荖濃—樟山）也可以發現同樣的地形現象。由於沖積扇的形成與切割，受到需多因素的影響，如構造運動、氣候變遷、災害活動、河川襲奪、侵蝕基準面改變..等，因此上述沖積扇地形的成因和演育，仍須進一步調查與分析，如河流型態（river morphology）分析、沈積物調查與分析、沈積物定年..等，才能得知。

C. 調查沿線邊坡崩塌情形

由於路基崩塌嚴重，八通關古道僅能通行至父子斷崖附近，因此本次僅進行東埔登山口至父子斷崖之間的崩場地調查。沙里仙溪林道部分，則調查考古遺址附近的崩場地情況。崩場地的位置如圖一。

八通關古道部分調查了 6 處崩場地，包含附近的東埔一鄰（TP1）考古遺址；沙里仙溪林道的崩場地調查則集中在 4 處古蹟遺址附近，分別是 Saiku（SK）、Sana Sana（SS）、沙里仙（SLS）與屋不那爾（LBNE）。調查結果如表 4.6。

表 4.6 東埔—八通關古道西段崩塌調查結果

地區	編號	高度 m	坡度	坡向	崩塌原因	崩塌程度	崩塌種類	崩塌類型	
八通關古道	1	1300	45°	NE	S Ge	V	O	岩屑滑落	
	2	1450	80°	S	Ge	V	O	落石	
	3	1400	75°	SW	Ge	V	O	落石	
	4	1350	60°	S	Ge	V	O	岩屑滑落	
	5	1200	30°	SW	Ge	St	O	弧形地滑	
	6	1100	85°	SW	S Ge	Un	O	沖蝕	
沙里仙溪林道	SK	—	—	—	—	—	—	—	
	SS	1	1100	25°	E	Ex Ge	Un	O	岩屑滑崩
		2	980	45°	E	S Ge	Un	N	岩屑滑落
	SLS	—	—	—	—	—	—	—	
	LBNE	1	1250	65°	E	Ex Ge	V	N	岩屑滑落
		2	1300	70°	E	R Ex Ge	V	O	岩屑滑落
		3	1250	70°	S	Ex Ge	V	N	落石
		4	1250	90°	E	Ex Ge	V	O	落石
		5	1257	80°	W	R Ge	V	N	沖蝕

由於 2 號崩塌地（即父子斷崖）破壞嚴重，整個古道路基都已滑落至溪谷中，影響了整個調查工作的進行。由於沙里仙溪斷層從東埔南側切過陳有蘭溪，造成當地地質破碎，使得崩塌地集中發生於此地。破碎的板岩碎屑堆積於陡崖之下，形成崩積層。崩積層上目前種植了茶樹。受到重力的影響，細粒的板岩碎屑沿著不連續面逐漸下移，從當地樹木向坡頂方向傾倒、蓄水水塔下滑約 20 公尺、以及約略可見冠部陡崖出現的情況研判，5 號崩塌地為一弧形地滑。當地也已經設立警告標示，請農民注意地滑所造成的潛在危險。

東埔一鄰考古遺址所在土地目前以農作利用為主，可從駁坎的分佈約略知道營盤址的範圍，在遺跡四周仍可尋獲陶片。靠近溪旁的河階崖坡，受到溪流沖刷的影響而有明顯地崩塌。崩塌地的邊緣已逐漸靠近考古遺址，形成遺址的潛在威脅。

清代所開闢的八通關古道，主要是經過東埔一鄰，跨越陳有蘭溪，然後沿著 1 號崩塌地呈「之」字型向上爬升，至高度 1300m 左右，沿著等高線往樂樂山屋的方向前進，但 1 號崩塌地受到陳有蘭溪沖刷坡腳的影響，加上當地岩層破碎，使得崩塌地的範圍逐漸擴大，從邊坡中段擴張至稜線。今日仍可依稀從崩塌地中找到清代八通關古道的蹤影。

沙里仙溪林道附近的考古遺址有四處，均分佈在沙里仙溪西側的河階

地上。其中，Saiku (SK) 與沙里仙 (SLS) 考古遺址附近並未發生崩塌現象。崩場地主要分佈在 Sana Sana (SS) 與屋不那爾 (LBNE) 附近。

SS 附近有 2 處崩場地，地質條件是主要造成崩場地發生的原因；SS1 受到開路（沙里仙溪林道）的影響，而 SS2 則受到河流淘刷的影響，造成河階地邊緣崩塌的現象。但這兩處崩場地目前均未影響到 SS 考古遺址。若 SS2 附近崩場地的範圍持續擴大，未來可能會影響到考古遺址。

LBNE 則有 5 處崩場地，地質破碎和道路開挖是造成崩塌的主要原因。LBNE1 是一新生成的崩場地，崩積層中仍夾雜著新鮮的樹幹、樹葉。LBNE2 位於凹谷之中，逕流集中是發生崩場地的另一項因素。LBNE3 是厚層砂岩分佈的地區，因此以大塊的落石為主要的崩塌物質。LBNE4 是舊崩場地擴大的現象。而 LBNE5 則是河階地受到溪流沖刷坡腳所造成的崩場地。這些崩場地對考古遺址並未造成明顯的影響。

D. 小結

本次報告調查了東埔附近地區的崩塌情形，記錄了 13 處崩場地，其中有 6 處分佈在八通關古道沿線，而另外 7 處則分佈在沙里仙溪林道上的兩處考古遺址 Sana Sana (SS) 與屋不那爾 (LBNE) 附近。這 12 處崩場地中，有 5 處屬於岩屑滑落，4 處屬於落石，2 處屬於沖蝕，岩屑滑崩與弧形地滑則各有 1 處。這些崩場地造成了八通關古道的破壞，並威脅到考古遺址 (TP1、SS)。

由於清代與日據時代開拓的八通關古道都是玉山國家公園內重要的歷史襲產，因此國家公園管理處應當負起管理、維護的責任。但由於古道位於崩塌劇烈的邊坡地區，使得維護工作十分難以進行，甚至無法進行。因此，除了盡力維持古道原有的情況外，定期監測、紀錄古道與周遭環境的變遷也是十分重要的工作。如此一來，至少還記載了各時期古道的情况，可作為後人研究或環境教育時的參考資料。

(三) 南安—大分—八通關越嶺道東段沿線地區

此地區為玉山國家公園園區距離九二一地震震央最遠處，受到地震的衝擊相對地來地輕微，由南安遊客中心的巡山員轉述，得知瓦拉米步道沿線在九二一地震後僅發生小規模的土石滑動及在原有的崩場地造成落石現象外，並未直接對步道及生態環境產生大規模破壞。但由於九二一地震的餘震發生頻繁且延續週期長，而同時該地區鄰近花東縱谷，處於菲律賓海板塊及歐亞大陸板塊的衝擊帶附近，原即屬於地震頻仍地區，因此地震所造成的間接潛在災害發生因素仍需加以關注。

今年(2000 年)八月份底由東部襲擊台灣的碧利斯颱風，由於颱風中心正從台東登陸，對此地區帶來強風豪雨，根據中央氣象局的資料顯示，碧利斯颱風在玉里地區的累積雨量達到 950 公釐，強風豪雨造成花東地區近四十年來最大的颱風災情。而碧利斯颱風亦造成前往瓦拉米的步道沿線多處發生坍方、倒木阻斷步道行，造成極大的災情，其間頻繁的地震活動使得土石鬆動，亦是造成風災中產生大量土石崩塌的原因，此外為了比較地震及颱風所帶來的崩塌類型及空間分佈的差異，因此規劃此一調查工作。

A. 地質、地形

本區位於台灣地質分區中的脊樑山脈帶中，並以大南澳片岩基盤為主要地質區，地質組成上以片岩、變質石灰岩及片麻岩為核心成分。由於片岩、及片麻岩的劈理機構發達，且由於本區造山運動作用強烈，變質作用與摺皺作用發達，地質的破碎度高。

本區在地形上主要位於玉山國家公園東南角黃麻溪流域內，即日人所建立之八通關越嶺古道上大分駐在所以東的地區，海拔高度約在 350m~1000m 間，夏季多雨且冬季多雲霧，區內步道平緩，全長約 17km。本區之植被在靠近稜線及溪谷之山地維持天然闊葉林的狀態，並以樟科及殼斗科植物為主，沿步道兩側則多為人工造林地，主要為柳杉、巒大杉、楓香為主，並混雜些許天然闊葉林，目前該區已被劃定為生態保護區範圍，管制一般遊客進入，部分步道因為人跡罕至、加上颱風、地震等天然災害而有大片崩場地發生。

B.調查沿線邊坡崩塌情形

根據玉山國家公園南安管理站巡山員的親身探訪及轉述，本研究區--南安一大分一八通關越嶺道東段沿線地區，於九二一地震發生時地震感度約在三或四級，並未對該區帶來直接衝擊，僅有零星的舊崩場地發生落石現象，臺灣西部山麓九二一地震震央位於臺灣西部山麓平原上，由於中央山脈之阻隔，使得對於該地區所造成的地震災害相對地極輕微。

本研究計畫針對此地區進行實地踏查過程中，亦發現步道沿線存有多處的崩場地，主要受到 2000 年 8 月由東部襲擊台灣的碧利斯颱風強大風勢與雨勢所影響，崩場地發生的機制有：一、強大風勢吹倒步道沿線的高大人造杉木造成局部地區的土石滑動及崩落，二、密集的降雨使得谷地溪溝中，聚集大量雨水，使得土石鬆滑，造成溪谷兩旁的崩塌現象。雖然瓦拉米步道起伏平緩，但由於步道本身對於邊坡穩定的會造成一定破壞，以及本區造山運動強烈，地形起伏陡峻、地質組成亦為破碎岩質，因此在颱風侵襲時，在山稜線、溪谷兩側、舊崩塌附近及步道兩旁上、下邊坡，最容易發生崩塌災害。

第四節 結語

由於在調查工作進行前，尚未取得九二一集集地震後的航空相片，因此無法進行玉山地區大規模的崩場地調查工作，僅能沿著登山步道獲得線的崩塌資料，而缺乏面的資料。缺乏面的資料使我們在探討崩場地的空間分佈特性時可能會有所偏失。

玉管處在九二一地震後因為步道受創嚴重，再考量遊客的安全下，隨即針對玉山進行封山管制，這樣的作為實為恰當，一者強震過後土石鬆動極容易因後續餘震產生後續的崩落現象，再者步道的整修及維護工作亦需待地震活動趨緩後再進行，才不至於立即又受到後續潛在災害的破壞，然而在進行步道的整修同時需額外注意步道上邊坡是否有自由岩塊存在，在下邊坡是否有地滑現象，並謹慎加以處理，以減少後續的災害發生，並延長步道壽命。

目前，玉管處已於 89 年九月初針對塔塔加至玉山主峰的玉山主峰線解除封山的禁令，使得登山團體能夠再次進入封閉已久的玉山地區。登山步道沿線嚴重的崩塌情形將直接影響到登山客的生命安全，主要的危險路段包括玉山主線登山口、玉山主線 4K~5K 段、玉山前峰西側及玉山主峰東側。因此，短期內玉管處應該採取緊急的措施，如在危險路段設置纜繩、警告標語或明顯的指示標誌等，提醒登山客注意自身的安全，而使潛在自然災害所造成的傷亡能降至最低。長時期的維護工作則應採取適當的景觀工法或安全設施，處理危險的路段，更甚者則是改選其他安全的登山步道路線，而使得登山客或玉管處工作人員能安心地上山，體驗大自然。而對於受創嚴重的東埔至八通關草原的東埔至荖濃溪沿線步道，至今仍未能修復通行，除了針對崩塌最嚴重的東埔至乙女瀑布段，研擬最佳的修復工法，或另闢高繞步道外，為了不使整個步道因長時間未使用而荒廢，對於其路段，玉管處仍應持續派員巡察以及進行基本的維護工作。

第五章 震災後歷史遺址考察

國家公園設定的目標當中，其中一項便是針對人文史蹟加以維護與保存，根據國家公園法所規定，國家公園區域內得劃分出史蹟保存區，係指為保存重要史前遺跡、史後文化遺址及有價值之歷代及近代古蹟而劃定之地區；其應具有下列條件之一者，劃設史蹟保存區：(一) 具歷史價值之古蹟及文化資產。(二) 重要史蹟遺跡分佈地區。(三) 具人類學、民族學研究價值之文化資產。(四) 具考古價值之埋葬文化財。在玉山國家公園範圍內列入史蹟保存區者為清代總兵吳光亮所修築之八通關古道及古道兩側地區之遺址，全長為五十七點八公里，以古道中心線兩側各三十公尺之保存區域，計面積為三四六點八公頃。

相對於動物、植物等的生物類型可再生資源，人文史蹟往往遭受破壞後就無法恢復，因此在大地震過後，除了立即搶救的人們生命財產之外，對於文化遺產，包括：人文、歷史、考古遺址都應該立即確認其受災狀況並加以搶救。因此本研究針對玉山國家公園內以及鄰近地區的歷史遺跡、考古遺址以及法定的古蹟，加以收集整合，並繪製成圖表，並配合田野考察，瞭解這些人文史蹟的現況以及受到地震的影響程度，以作為國家公園後續維護這些人文史蹟的重要參考資訊。

第一節 玉山國家公園內人文史蹟調查

根據研究目的，設定調查的人文史蹟對象包括三個部分：(一) 為玉山國家公園所公告之人文史蹟保存區，即清代八通關古道；(二) 玉山國家公園內鄰近的考古遺址，主要遺址資訊來自於內政部所公告臺灣地區重要考古遺址(宋文薰等，1992) (如表 5.1 所示)，及之前玉管處所委託研究案中所記錄的遺址，如：『玉山國家公園東埔一鄰遺址研究報告』(高有德，1987)、『玉山國家公園八通關越嶺古道西段調查研究報告』(楊南郡，1987)；(三) 田野考察過程中所發現的人文史蹟遺址。

本報告中所謂的「史蹟遺址」是指經由觀察或調查而得知，關於過去人類居住與活動的遺跡，或利用考古學上的測試或發掘方法找出的文化遺物。針對遺址調查工作，主要針對該遺址所在地以及鄰近地區現存狀況的瞭解，研判是否受到九二一地震之影響、以及未來是否有受到潛在潛在災害破壞之可能，同時進行標本的採集及攝影存檔的工作。對於距離較遠或現處於崩塌危險的遺址則以遠距離方式進行觀察與記錄工作。

表 5.1 玉山國家公園鄰近之重要考古遺址

編號	遺址名稱	行政區域	位置	出土遺物	主要文獻
A-0812-31	Eulausan	南投縣信義鄉東埔村	在東埔溫泉附近	打製石斧	劉枝萬 1956a
A-0812-40	Taulogan	南投縣信義鄉東埔村	在東埔社坡下	打製石斧	劉枝萬 1956a
A-0812-43	東埔台車站	南投縣信義鄉東埔村	東埔四鄰	打製石斧	劉枝萬 1956a 陳仲玉、曾振名 1982
A-0812-46	達谷蘭	南投縣信義鄉東埔村	陳有蘭溪右岸，東埔三鄰坡地	打製石斧	劉枝萬 1956a 陳仲玉、曾振名 1982 高有德、邱敏勇 1989
A-0812-53	Irausan	南投縣信義鄉東埔村	在東埔車站附近	打製石斧	劉枝萬 1956a
A-0812-56	東埔一鄰	南投縣信義鄉東埔村	位於陳有蘭溪與沙里仙溪會合口北方約 200 公尺之河階地，東埔派出所約 800 公尺處，東埔一鄰全河階地，面積約 500*200 公尺	素面紅褐色夾砂陶、細繩紋夾砂陶、打製石斧、磨製石鏟、石鏃、刮削器	劉枝萬 1956a Judith M. Treistman 1972 黃士強、劉益昌 1980 陳仲玉、曾振名 1982 高有德、邱敏勇 1989
A-0812-57	頂坪	南投縣信義鄉同富村	桐仔林上方，頂坪坡地，和社溪右岸	打製石器、紅褐色砂陶	劉枝萬 1956a 陳仲玉、曾振名 1982 高有德、邱敏勇 1989
A-0812-58	Sana Sana 下	南投縣信義鄉同富村	陳有蘭溪左岸，沙里仙林道東側	打製石器、磨製石器、紅褐色砂陶	連照美 1969 Treistman 1972 高有德、邱敏勇 1989
A-0812-61	東埔國小	南投縣信義鄉東埔村		打製石斧	黃士強、劉益昌 1980 陳仲玉、曾振名 1982
A-0812-63	外坪	南投縣信義鄉同富村	位於陳有蘭溪左岸和社溪右岸之間河階地上	打製石器	高有德、邱敏勇 1989
A-0812-66	同富國中	南投縣信義鄉同富村	位於今同富國中內	打製石斧	陳仲玉、曾振名 1984
A-0812-67	和社半路店	南投縣信義鄉神木村	和社溪左岸，新中橫水里玉山公路西側，三號溪旁	打製石斧	陳仲玉、曾振名 1982 高有德、邱敏勇 1989
A-0812-68	屋不那爾	南投縣信義鄉同富村	沙里仙溪左岸，東埔派出所南方約四公里處	打製石器	陳仲玉、曾振名 1982 高有德、邱敏勇 1989
A-0812-69	Saiku	南投縣信義鄉同富村	陳有蘭溪左岸，沙里仙林道往和社方向右側，東埔派出所西北方約 2200 公尺	打製石器、磨製石器、素面紅褐色繩紋夾砂陶	高有德、邱敏勇 1989，1989
A-0812-70	Sana Sana	南投縣信義鄉同富村	沙里仙溪左岸，東埔派出所西方約 900 1500 公尺處	打製石器、少量磨製石器，四件紅褐色夾砂陶片	高有德、邱敏勇 1989
A-0812-71	沙里仙	南投縣信義鄉同富村	沙里仙溪左岸，烏乾坑溪以北，東埔派出所南方約兩公里處	打製石器、素面紅褐色夾砂陶、硬陶	高有德、邱敏勇 1989
A-1226-03	Kavanguan	高雄縣桃源鄉梅山村	荖濃溪右岸，塔霍鄂索溪南方，梅山村西方的山脊上	打製石器、磨製石器、青灰胎夾粗細沙厚薄紅陶、紅色砂陶、硬陶、鐵器	高有德、邱敏勇 1989
A-1226-04	Avideingang	高雄縣桃源鄉梅山村	荖濃溪右岸，塔霍鄂索溪南方，塔古夫庫拉溪北方，安定橋西方的山坡上。	打製石器	高有德、邱敏勇 1989。

A1226-05	關山 K	高雄縣桃源鄉梅山村	南橫公路到班房站西側，唯金溪右岸的低位河階上。	打製石器、紅色砂陶、夾砂厚陶。	高有德、邱敏勇 1989。
A-1226-16	梅山吊橋	高雄縣桃源鄉梅山村	荖濃溪右岸和塔霍鄂索溪南岸的稜線緩坡之上。	紅褐色夾粗砂厚陶、打製石器。	
A-1513-03	塔比拉	花蓮縣卓溪鄉太平村	位於卓溪鄉太平村塔比拉聚落附近，確切位置不明。	打製石器、陶器。	森丑之助 1911

根據人文史蹟的重要性與所在位置加以篩選，本研究調查的主要對象及分佈情況表列如下：

表 5.2 人文史蹟調查之內容項目

編號	調查對象	人文史蹟類型	調查方式
01	清八通關古道西段（東埔至關高段）	人文歷史遺跡	部分現地調查、部分由遙測影像判釋
02	日八通關越嶺道西段（東埔至關高段）	人文歷史遺跡	部分現地調查、部分由遙測影像判釋
03	東埔日據時期吊橋基座	人文歷史遺跡	現地調查
04	東埔一鄰(TP1)考古遺址	考古遺址	現地調查
05	清東埔營盤址遺跡	人文歷史遺跡	現地調查
06	SaiKu(SK)考古遺址	考古遺址	遠距離觀察
07	Sana Sana(SS)考古遺址	考古遺址	現地調查
08	沙里仙(SLS)考古遺址	考古遺址	遠距離觀察
09	屋不那爾(UBNE)考古遺址	考古遺址	遠距離觀察
10	玉山西峰日本神社	人文歷史遺跡	現地調查
11	山風考古遺址	考古遺址	現地調查
12	清八通關古道東段	人文歷史遺跡	衛星影像判釋
13	日八通關古道東段（山風至大分段）	人文歷史遺跡	部分現地調查、部分衛星影像判釋

在調查結果報告中，對於考古遺址的標示主要是引用高有德在『玉山國家公園東埔一鄰遺址研究報告』中所使用的遺址分佈圖，其比例尺為一萬分之一，同時加繪上所觀察到的遺址鄰近崩塌地狀況。而對於人文歷史遺跡則標示於兩萬五千分之一經建版地形圖上。而相關的調查工作之照片則列於附錄一、田野調查照片集中，調查工作中所採集到的遺址文物則列於附錄二、考古遺址文物照片集中。

編號：01

調查名稱：清八通關古道西段（東埔至關高段）

位置：此段為清八通關古道屬於玉山國家公園範圍內最西段，由東埔村第一鄰開高巷 20 號，穿越民家果園，果園中有清東埔營盤址遺跡，之後沿陳有蘭溪右岸降至溪底，穿越過陳有蘭溪，以之字形方式向上爬升至海拔高度 1300 公尺，之後便沿等高線至樂樂溫泉。

土地狀況：玉山國家公園人文史蹟保存區。

行政區域：南投縣信義鄉東埔村。

調查工作：現地勘查、定位繪圖。

發現遺物：

現在狀況：此段由於該斷面為沙里仙溪斷層通過之區域，岩質破碎，且地殼活動頻繁，因此屬於極不穩定之狀態。古道由陳有蘭溪之字形上切的路段，亦即陳有蘭溪支流的南岸邊坡上，崩塌地面積持續地擴大，九二一地震更加速其崩塌速率，對比於 1987 年楊南郡的調查記錄，目前崩場地已經破壞此段古道之路基。至於由海拔高度 1300 公尺處下切至樂樂溫泉段，亦有新增崩塌狀況，礙於觀察視角，無法詳細描繪其範圍，需更進一步使用航空照片進行判釋。可進一步參考照片 27 及 29。

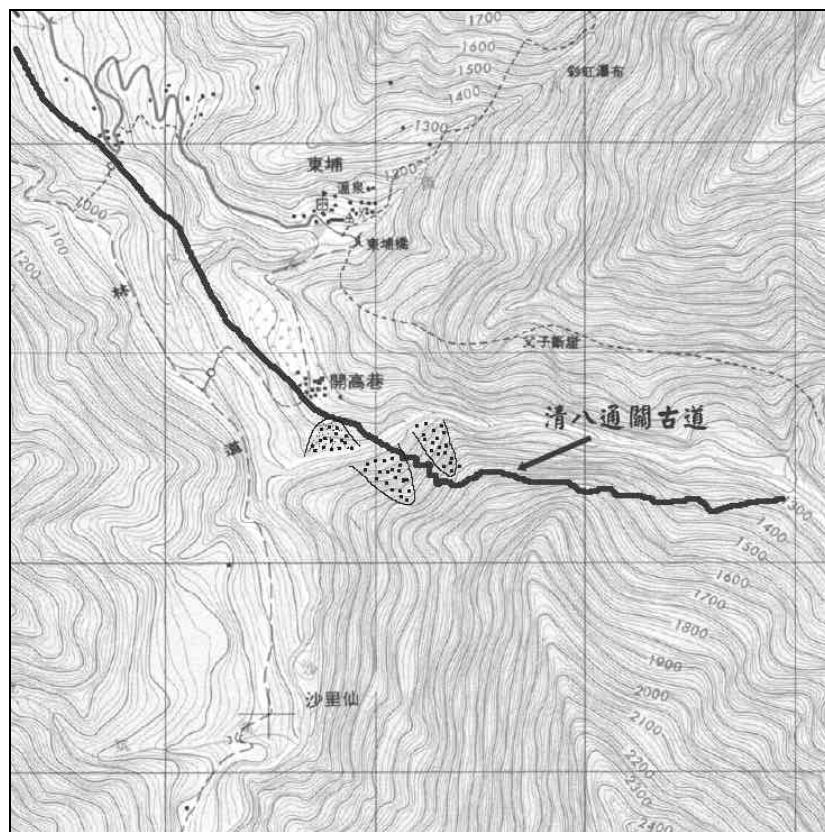


圖 5.1 清八通關古道西段（東埔至關高段）位置圖

編號：02

調查名稱：日八通關越嶺道西段（東埔至關高段）

位置：此段為日據時期修築之八通關越嶺道屬於玉山國家公園範圍內最西段，由東埔橋上方登山口沿著陳有蘭溪支流右岸，沿著約海拔高度1300公尺之等高線修築。

土地狀況：玉山國家公園一般管制區。

行政區域：南投縣信義鄉東埔村。

調查工作：現地勘查、定位繪圖。

發現遺物：

現在狀況：此段由於該斷面為沙里仙溪斷層通過之區域，岩質破碎，且地殼活動頻繁，因此屬於極不穩定之狀態。本路段原本即為著名的父子斷崖所在，其餘崩塌主要出現於陡峭的坡面，以及溪溝上方與兩側的邊坡，如雲龍瀑布附近。既有的斷崖及崩塌地，因為九二一地震的強震產生更加劇烈的落石現象，使得日八通關越嶺道柔腸寸斷，路基流失嚴重，且上方崩塌仍未穩固，隨時有再度崩落的可能。目前一般登山者已經無法徒手通行，玉管處因此加以封閉至今。可進一步參考照片 21~26。

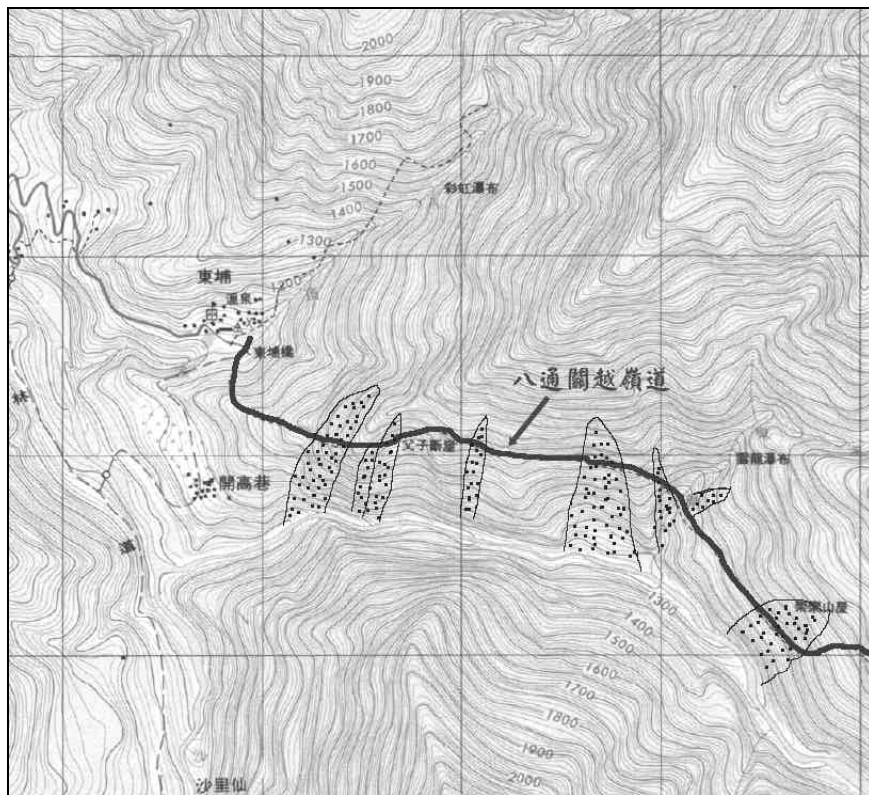


圖 5.2 日八通關越嶺道西段（東埔至關高段）位置圖

編號：03

調查名稱：東埔日據時期吊橋基座

位置：此段東埔地區在日據時期修築跨越八頂溪吊橋之基座，位於東埔派出所西南方 250 公尺處。

土地狀況：玉山國家公園範圍外。

行政區域：南投縣信義鄉東埔村。

調查工作：現地勘查。

發現遺物：

現在狀況：照片 33 吊橋上方基座，而照片 34 為吊橋下方基座，在此吊橋下方基座上方刻有『霧橋』的名稱，其位置上方有兩戶民宅因為九二一地震而倒塌，但該基座並無任何的損害。

編號：04

調查名稱：東埔一鄰(TP1)考古遺址

位置：東埔一鄰體育場旁空地上。

土地狀況：玉山國家公園一般管制區，屬於山地保留地。

行政區域：南投縣信義鄉東埔村。

調查工作：現地勘查。

發現遺物：

現在狀況：所在位置可參考圖 5.3 上標示 A 處。高有德曾在此考古遺址上挖掘到打製石器及各式陶片，推測為史前或先史時期文化，本區並未受九二一地震之影響，但目前當地居民在該空地堆置物品以及停置車輛，部分遺址應已遭受破壞。

編號：05

調查名稱：清東埔營盤址遺跡

TM2 度座標：X=241690，Y=2605760

位置：東埔村第一鄰之南端，距陳有蘭溪與沙里仙溪會合點東北方約 300 公尺處，海拔高度介於 1150 與 1090 公尺之間。

土地狀況：玉山國家公園一般管制區，屬於山地保留地。

行政區域：南投縣信義鄉東埔村。

調查工作：現地勘查、定位繪圖及找尋遺物。

發現遺物：素面陶片、青花瓷器。照片 g 及 h。

現在狀況：此遺址為清代八通關古道上一個重要的營盤址，是掌管當時進出八通關古道的關口，堪稱十分具規模的一個營盤址，目前營盤址基地上的駁坎仍十分清楚，營盤址上方由原本的茶園改為種植各式經濟性蔬菜、水果，調查當時以種植蕃茄為主。因為種植上施做作的需要，部分的營盤址已遭到人為的破壞，當地居民會在將地面上的礫石堆棄於走道旁，在這些礫石堆中仍可以發現大量的陶片及青花磁片。目前遺址的南邊，即陳有蘭溪與沙里仙溪交匯口上 200 公尺處，存有活動崩場地，根據當地居民轉述，此一崩場地在九二一地震發生後有崩塌面積擴大情形發生，由現場觀察，遺址的南面因為該滑坡的崩陷已經有地層下陷以及滑動現象，往後再度發生大型的天然災害，勢必將威脅此遺址的完整性，值得玉管處進一步地長期關注。

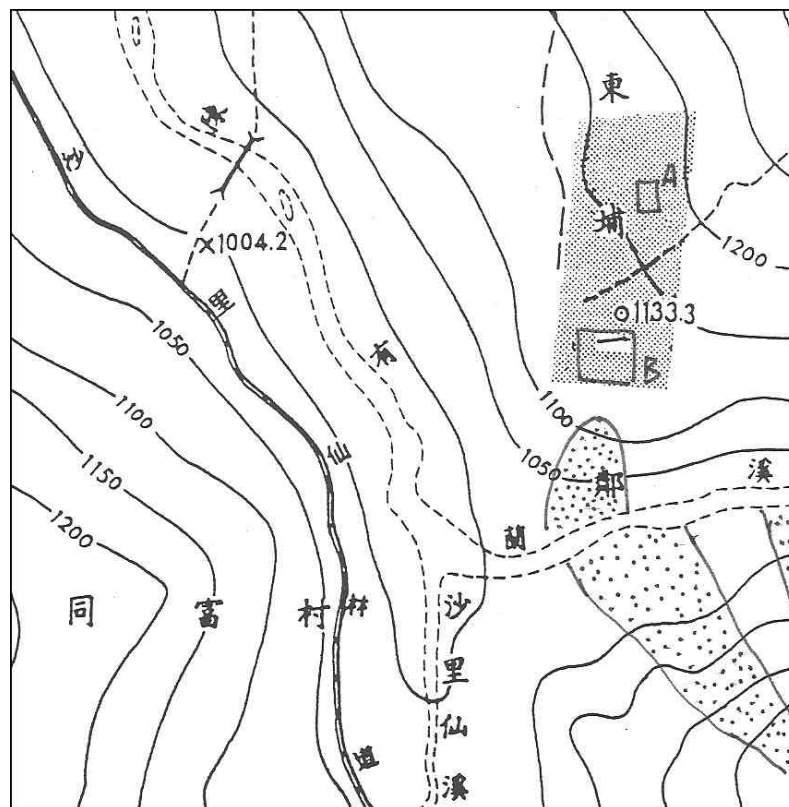


圖 5.3 清代營盤址遺址（東埔一鄰）位置圖

編號：06

調查名稱：SaiKu(SK)考古遺址

TM2 度座標：X=239900，Y=2607800

位置：陳有蘭溪左岸，沙里仙林道北往南方向之右側，東埔派出所西北方約 2200 公尺處的河階地上。

土地狀況：玉山國家公園範圍外。

行政區域：南投縣信義鄉同富村。

調查工作：遠距離觀察。

發現遺物：

現在狀況：此遺址在新中橫公路上即可以觀察得到，如照片 39，目前該地點茶園種植，被為地震之影響，值得注意的是在河階地的北面，因為陳有蘭溪沖刷造成崩塌，未來有危及該遺址之可能。

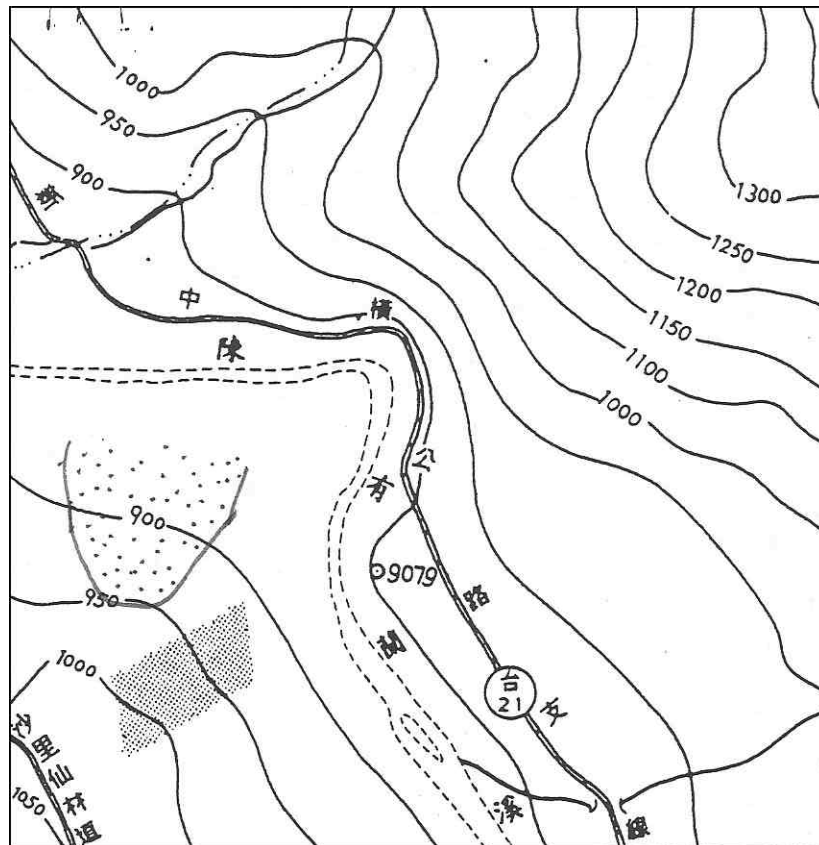


圖 5.4 SaiKu(SK)考古遺址位置圖

編號：07

調查名稱：Sana Sana(SS)考古遺址

TM2 度座標：X=239900，Y=2607800

位置：陳有蘭溪左岸，沙里仙林道兩旁，東埔派出所西方約 900~1500 公尺處的河階地上。分作 SS 上及 SS 下兩工作區。

土地狀況：玉山國家公園範圍外。

行政區域：南投縣信義鄉同富村。

調查工作：現地勘查、定位繪圖及找尋遺物。

發現遺物：打製石器及陶片。照片 a、b、c、d、e、f。

現在狀況：此遺址分作上、下兩個工作區，如照片 36 及 37 所示，目前都種植茶園，並未受到地震之影響，現地勘查時於茶園走道及棄土區內找到不少考古遺址文物。

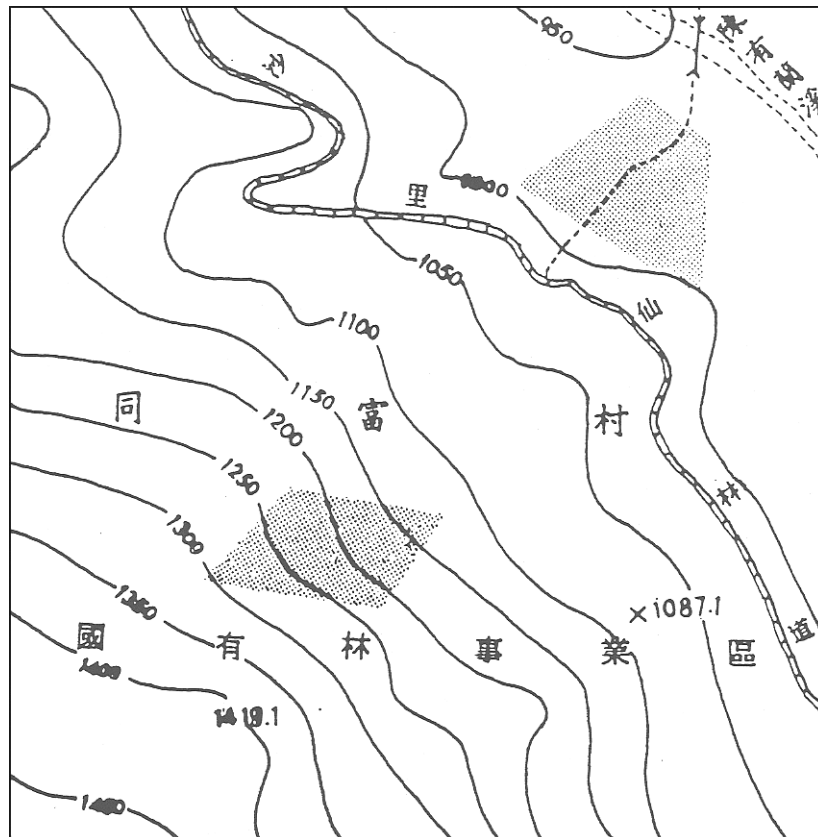


圖 5.5 Sana Sana(SS)考古遺址位置圖

編號：08

調查名稱：沙里仙(SLS)考古遺址

TM2 度座標：X=241200，Y=2604300

位置：沙里仙溪左岸，烏乾坑溪以北，沙里仙林道北往南方向之左側，東埔派出所西北方約 2000 公尺處的河階地上。

土地狀況：玉山國家公園一般管制區，屬於山地保留地。

行政區域：南投縣信義鄉同富村。

調查工作：遠距離觀察。

發現遺物：

現在狀況：此遺址在沙里仙林道上即可以觀察得到，如照片 35，目前該地點灌木林生長，並未受地震之影響。

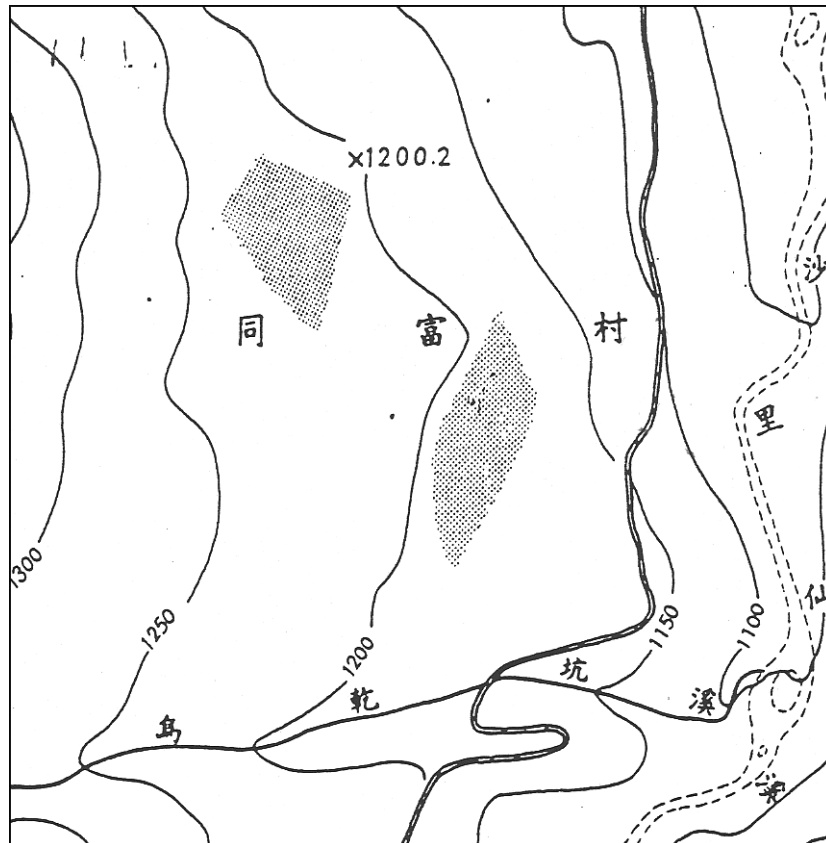


圖 5.6 沙里仙(SLS)考古遺址位置圖

編號：09

調查名稱：屋不那爾(UBNE)考古遺址

TM2 度座標：X=241110，Y=2602495

位置：沙里仙工作站西方 200 公尺的河階地上。

土地狀況：玉山國家公園一般管制區。

行政區域：南投縣信義鄉同富村。

調查工作：遠距離觀察。

發現遺物：

現在狀況：此遺址在沙里仙林道上即可以觀察得到，如照片 38，目前該地點灌木林生長，並未受地震之影響。值得注意的是此區在沙里仙林道及沙里仙溪河道旁，都有大型崩塌地發生，區域地質環境應屬不穩定狀態。

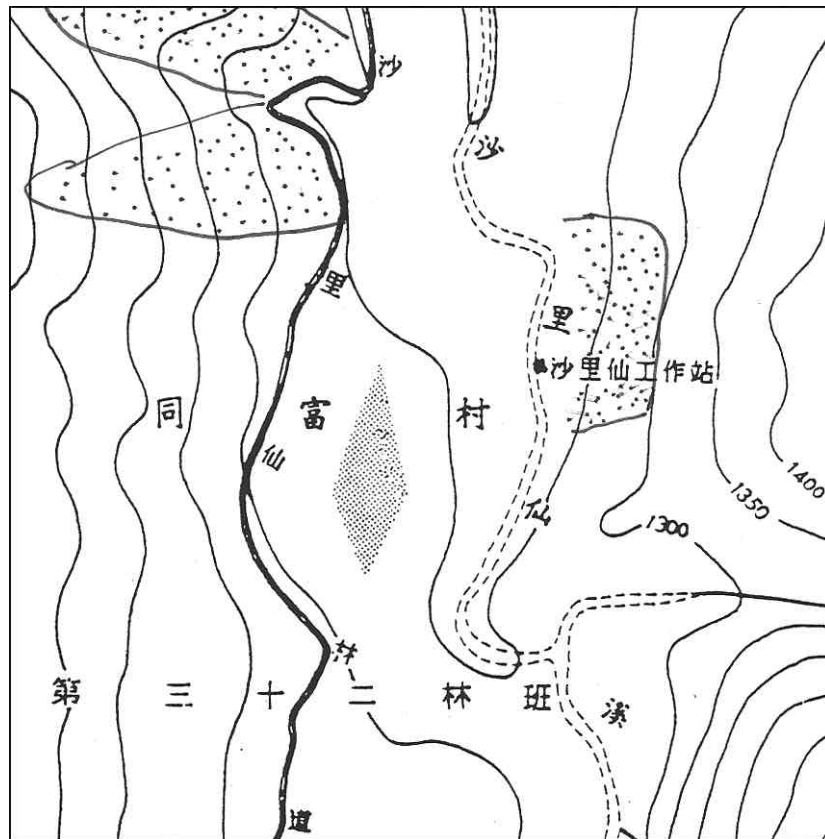


圖 5.7 屋不那爾(UBNE)考古遺址位置圖

編號：10

調查名稱：玉山西峰日本神社

TM2 度座標：X=242450，Y=2596850

位置：玉山西峰西側。

土地狀況：玉山國家公園一般管制區。

行政區域：南投縣信義鄉同富村。

調查工作：現地勘查、定位繪圖及找尋遺物。

發現遺物：

現在狀況：此神社為日據時期所設置，後經玉山國家公園修建，神社並未因九二一地震而有所損壞，然玉山西峰的崩塌地卻因九二一地震而持續發生落石以地層滑動現象，崩塌地上界已距神社僅 50 公尺，未來有危及神社之可能，同時對於遊客的安全亦帶來潛在危險，應於本區設立警戒標示。

編號：11

調查名稱：山風考古遺址

TM2 度座標：X=274386，Y=2583493

位置：瓦拉米步道上由北往南，過山風二號吊橋後 500 公尺。

土地狀況：玉山國家公園一般管制區。

行政區域：花蓮縣卓溪鄉。

調查工作：現地勘查、定位繪圖及找尋遺物。

發現遺物：大量陶片。照片 i ~ t。

現在狀況：此遺址發現於由南安通往大分的瓦拉米步道上，詳細的文物性質與所屬文化正在進一步調查，由於本區距離九二一震央較遠，並無直接嚴重的災害發生。但由於此遺址的文物出土處正好於瓦拉米步道上，極容易過往的遊客與野生動物所破壞，應及早進行相關研究調查工作。

第二節 小結

由本研究針對玉山國家公園鄰近地區的人文史蹟進行遺址調查工作，主要是調查該遺址所在地以及鄰近地區現存狀況的瞭解，研判是否受到九二一地震之影響、以及未來是否有受到潛在潛在災害破壞之可能。大致而言，玉山國家公園鄰近地區的考古遺址都未受九二一地震的直接影響或破壞，主要是因為這些考古遺址所在位置上都處於河階地上方平坦之處，並無陡峻的上坡地，使得地震發生時，不致遭受地滑物質或崩塌土石所破獲，但也正由於這些考古遺址位於河階地上，由於位於河階地下方的河道為在溪水暴漲時，會衝擊侵蝕河階地的下邊坡，使其邊坡穩定度下降，而產生局部性崩塌現象，這在好幾個考古遺址上都有發現，爾後再度發生各式天然災害，如地震、颱風等，便會再度使得遺址下的邊坡造成崩塌，逐步危急遺址所在地，這是值得進一步觀察的地方。

在所有的調查對象中，就屬東埔至關高段之間的清代八通關古道及日據時期八通關越嶺道，受到九二一地震的危害最為嚴重，由於這兩個步道位於陳有蘭溪兩側（部分路段會在同一側），正處於。主要由於該斷面為沙里仙溪斷層通過之區域，因此岩質破碎，且地殼活動頻繁，有極活動的土石崩移現象發生，特別是在父子斷崖及雲龍瀑布附近，崩塌地直接穿越過步道，且皆持續運動之趨勢，實為高度危險路段。目前日據時期八通關越嶺道因為受損嚴重自九二一地震發生後，持續封閉至今，然而此一路段是東埔地區來的遊客進入玉山國家公園的必經之地，因此從觀光遊憩與環境教育的角度上，有其儘速修復之必要。除了等待崩塌地逐漸穩地後，儘速加以維修外。長時期的維護工作則應採取適當的景觀工法或安全設施，處理危險的路段，更甚者則是改選其他安全的登山步道路線，而使得登山客或玉管處工作人員能安心地上山，體驗大自然，為了不使整個步道因長時間未使用而荒廢，對於其路段，玉管處仍應持續派員巡察以及進行基本的維護工作。

第六章 電子文化與自然資源地圖

第一節 基本概念

玉山國家公園立園至今已有多多年，其間就其範圍內的地形、地質、動物、植物、自然環境與人文史蹟等研究調查成果累積豐碩，且仍持續進行。配合先進的資訊應用環境與資訊處理技術，將可系統化的、有效的依使用者需求，空間化（地圖形式）的提供所需訊息，輔助園區人員對於資源動態的掌握能力，並提升使用者對資料的解譯能力，讓民眾至研究學者均可很快的瞭解所需的園區環境、生態內涵，進而發會最大的保育與社教功能。

本計畫除了廣泛地進行九二一震災後，玉山國家公園內環境與生態的變異調查，利用先進的全球定位設備與技術，結合地理資訊系統等空間資訊處理技術，精確標定震後的位置或範圍。另一方面，則以歷來已知的調查結果為基礎，將玉山國家公園範圍內的地形、地質、動物、植物、自然環境與人文史蹟等所累積之豐碩研究調查成果，配合先進的資訊應用環境與資訊處理技術，系統化的彙整並建構「玉山國家公園電子文化與自然資源地圖」雛形，做為玉管處推廣與管理國家公園資源，以及社會教育的有效工具。本項工作的概念如圖 6.1 所示。

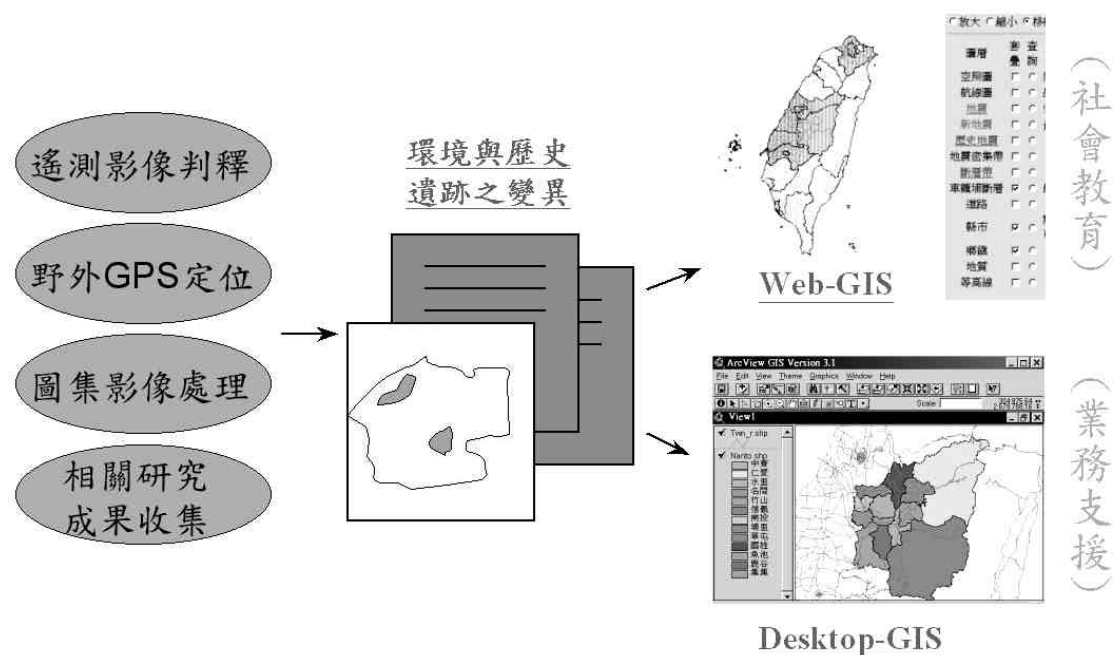


圖 6.1 工作概念圖

第二節 系統發展及方法

為了達到以空間與圖像方式呈現，國家公園相關資訊，並且能夠在網際網路上服務一般大眾，本計畫引進地理資訊系統技術，整合相關研究及調查所得定位資訊，並彙整玉山國家公園內之所有自然、生態、歷史、文化等既有調查資訊，建立包含時間與空間軸向、以網際網路為作業環境、Web-based 圖像化精確「玉山國家公園電子文化與自然資源地圖」系統雛形，參見圖 6.2。

- (1) 蒐集涵蓋玉山國家公園範圍之古、今不同比例尺地圖、航照照片與衛星影像等資料，作為不同時間之空間基礎底圖。
- (2) 依據所處理資訊內涵，分析建立適當之詮釋資料(Metadata)規範，做為後續資訊系統設計開發與大量資訊管理、檢索之基礎。
- (3) 蒐集經調查、考證與研究之該區域歷史遺跡、文化資產、人文景觀、自然環境、動植物生態、以及文獻等各類多媒體資訊，建立以地理資訊系統為核心，整合資料庫系統、多媒體資訊處理系統、及所需資訊處理技術，發展以全球資訊網（World-Wide Web）為介面之「玉山國家公園電子文化與自然資源地圖」系統。
- (4) 建立地名資料庫：藉由所蒐集之研究結果，建立玉山國家公園範圍內之新舊地名的對照查詢處理系統，做為此電子地圖系統中貫穿古今之空間線索。

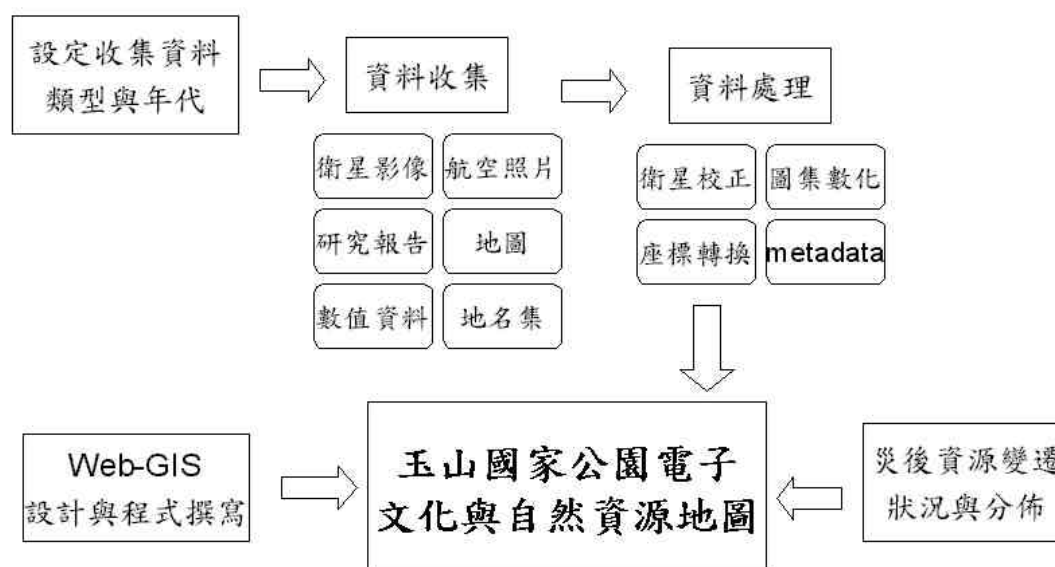


圖 6.2 系統發展架構流程圖

研究中使用 U.S. ESRI 公司的 Map-Object IMS 作為 Web GIS 開發工具。這是將地理資料庫及圖資應用發行到全球資訊網上的優良工具。使用者藉由 Map Object IMS 便可透過網際網路或單位的內部網路，快速的使用現有大量的地理資訊，這不但方便使用者，對網站發展者亦提供良好機會，它們得以使用功能強大的動態地圖，讓現有網頁內容更加豐富。其主要優點有：

1. Map Object IMS 將圖形資料送至網際網路，使用者只需要使用一般瀏覽器 (Browser) 諸如 Netscape Navigator 或 Microsoft IE 瀏覽器，不需安裝任何 Plug In 軟體，即可查詢到空間屬性資料，並進行圖形的放大縮小功能。Web GIS 之查詢並無使用人數限制。
2. 除了一般的放大/縮小/移動/identify 之外，還可以依據需求設計特別的查詢功能及表現方式。
3. 支援 Multiple Map Server。將 map server 與 web server 安裝在不同的機器上以分散 loading。可視未來需求增加 map sever 的數目。
4. 容許在不限人數的情況下，同時查詢任何數量的地圖，並隨使用者對 Internet/Intranet 需求的成長，可以擴充成多個 map server，同時對多個相同或不同的地圖資料提供服務，而在多個 map server 提供了負載平衡的功能，確保網路使用品質。

在功能架構上 Map-Object IMS 有可以分作幾個部分，其相互關係如圖 6.3 所示：

1. IMS Admin - IMS 的管理程式，用來增加 / 刪除 / 啟動 / 停止地圖服務及 map server。
2. IMS Catalog - 負責 web server 與各地圖程式之間的溝通，將指令由 web server 傳送到地圖程式，完成後再將結果傳回 web server。
3. IMS Launch - 負責 IMS catalog 與地圖程式之間的溝通，將指令由 catalog 傳送到地圖程式，完成後再將結果傳回給 catalog. Map Application - 用 VB 及 MO 寫的地圖程式，是實際上執行查詢及產生地圖指令的部份。

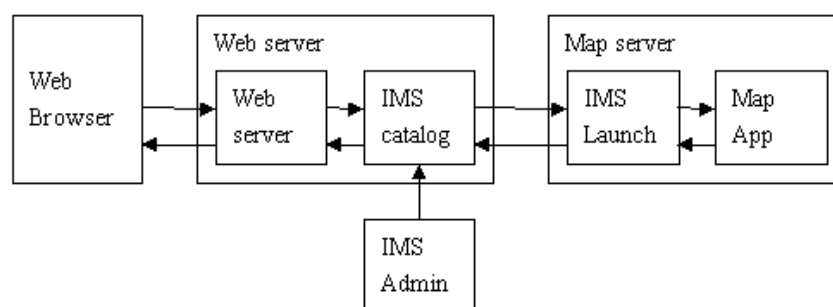


圖 6.3 Map Object IMS 系統架構圖

第三節 研究成果

針對計畫目的，持續推展計畫工作進行，茲將目前初步的研究成果羅列如下，並同步建立主題網站，提供玉管處管控與參考之用。本項工作計畫預計完成的前內容羅列如下，於後進行細部說明：

一、 空間資料收集部分

- 玉山國家公園基礎地理資訊。
- 玉山國家公園震災前後衛星影像。
- 玉山國家公園範圍內舊地圖收集與處理。

二、 資料處理

- 衛星影像判釋、震災影響評估。
- 舊地圖數位化。
- 玉山國家公園 3D 模擬。
- 玉山國家公園地名建檔。

三、 系統建立

- 電子文化地圖網站設立。
- 互動式地圖查詢系統建立。
- 地名查詢系統。

四、 震災資料收集

- 相關研究報告及調查報告收集。
- 研究成果及調查報告圖形化處理。
- 研究成果及調查報告上網。
- 規劃實地勘查路線及時程。

一、空間資料收集部分

針對玉山國家公園基本地理資訊、人文史蹟資料、九二一相關資訊等內容加以收集或數值化。

表 6.1 空間資料收集項目

項次	資料內容	備註
1	新高山登山地圖	1933 年
2	臺灣堡圖	1904 年，涵蓋 6 張
3	番地地形圖	1916 年，涵蓋 6 張
4	玉山國家公園登山導遊圖	
5	玉山群峰線導遊圖	
6	南二段線導遊圖	
7	馬博拉斯橫斷線導遊圖	
8	八通關日據越嶺道線導遊圖	
9	新康山線、南橫三山及關山線導遊圖	
10	1993 年 SPOT 衛星影像	
11	1996 年 SPOT 衛星影像	
12	1996 年 SPOT 衛星影像(賀伯風災後)	
13	1999 年 SPOT 衛星影像(921 大地震後)	
14	民國 40~50 年代航空照片	共涵蓋 1947~1952 年 93 張航照
15	玉山國家公園人文考古遺址分佈圖	
16	玉山國家公園分區使用圖	
17	玉山國家公園數值高程資料	40 公尺解析度
18	玉山國家公園土地利用資料	1994 年
19	玉山國家公園水系	
20	玉山國家公園地質	
21	玉山國家公園山系	
22	九二一震央及車籠埔斷層圖	921 資訊
23	九二一主震及餘震相關資料	921 資訊
24	九二一地震強地動分析資料	921 資訊
25	九二一地震後衛星控制點位移資料	921 資訊
26	九二一地震震度及災情資料	921 資訊
27	臺灣百年來地震分佈資料	
28	臺灣地區主要地震帶資料	
30	臺灣地區地殼運動速度場資料	
31	臺灣地區活動斷層資料	
32	一萬分之一像片基本圖	
33	兩萬五千分之一經建版地形圖	
34	五萬分之一經建版地形圖	
35	十萬分之一地形圖	

4. 資料處理

研究中將收集到的資料，經過初步整理後加以數位化，並以適當的空間資訊展示技術，將其顯示於網頁當中。針對不同的媒體及資料特性，研究當中採取不同的資料處理方式：

對於紙張地圖資料，則以高解析度大型掃描器加以掃描數位化，並以大地座標加以幾何校正處理，同時以高效率的影像壓縮軟體加以壓縮後，以影像伺服器系統，在網路上提供一般使用者瀏覽，同時兼顧影像品質及網路傳輸速率兩項要求。

對於衛星影像則加以運用電腦進行人工輔助自動化判釋，並配合相關空間資訊評估九二一震災影響，同時計算出國家公園範圍內土地覆蓋變遷統計表。

對於書面報告及統計資料，則配合相關地圖透過地理資訊系統，將主題的分佈位置加以空間定位，並儲存成地理資訊系統格式，以利與其他空間資訊相互套疊。其中對於新舊地名則以資料庫的方式加以建檔，資料庫中記載地名、其空間座標及相關的說明。

對於特殊的空間資料，如：數值高程資料，考慮到一般民眾不易瞭解其內涵，則透過 3D 立體模型建立或飛行模擬的方式，讓使用者瞭解國家公園內地形起伏的面貌。

三、系統建立

本計畫中以設計「文化與自然資源地圖」網站，並加入九二一震災對於國家公園衝擊的相關網頁資訊，目前該網站的網址暫訂為 [Http://gis210.sinica.edu.tw/ysnp/](http://gis210.sinica.edu.tw/ysnp/)，本計畫完成後將移植至玉管處，並持續後續維護工作。

以下為首頁畫面，主要分為三大主題：

- 1.電子文化與自然資源地圖
- 2.九二一震災對於國家公園衝擊
- 2.本計畫的簡介與內容



圖 6.4 「文化與自然資源地圖」網站首頁畫面

針對不同空間資料的特性以及考量網路頻寬的限制，計畫中運用不同的互動式地圖查詢介面。分別簡述如下：

A. 影像伺服系統：

在 Server 端發展影像伺服系統，並配合高效率的影像壓縮技術，讓一般使用者僅需使用網頁瀏覽器，便能瀏覽高解析度及大圖幅的影像，系統同時提供相關縮放、平移以及影像資訊查詢的功能。如圖 6.5 所示。

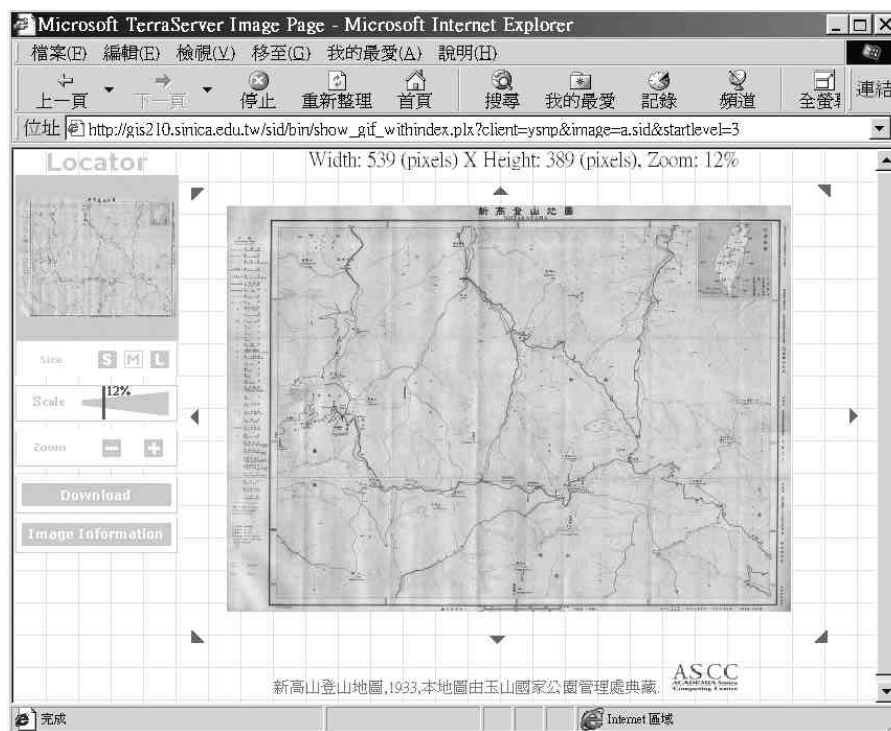


圖 6.5 影像伺服器系統查詢畫面

B. 影像地圖查詢系統

將 GIS 的資料查詢方式轉換成以 Web 技術中 Image Map 的查詢方式，不需特殊的伺服器系統，同時一般使用者僅需使用網頁瀏覽器便能很快速的在地圖影像中查詢到相關的資訊，此一方式，使用上及設計上十分便利，但較前者缺乏彈性，無法提供任意比例的縮放及平移或相關圖層套疊的分析工作，但對於主題明確且內容固定的資訊，是不錯者展現方式。如圖 6.6 所示。

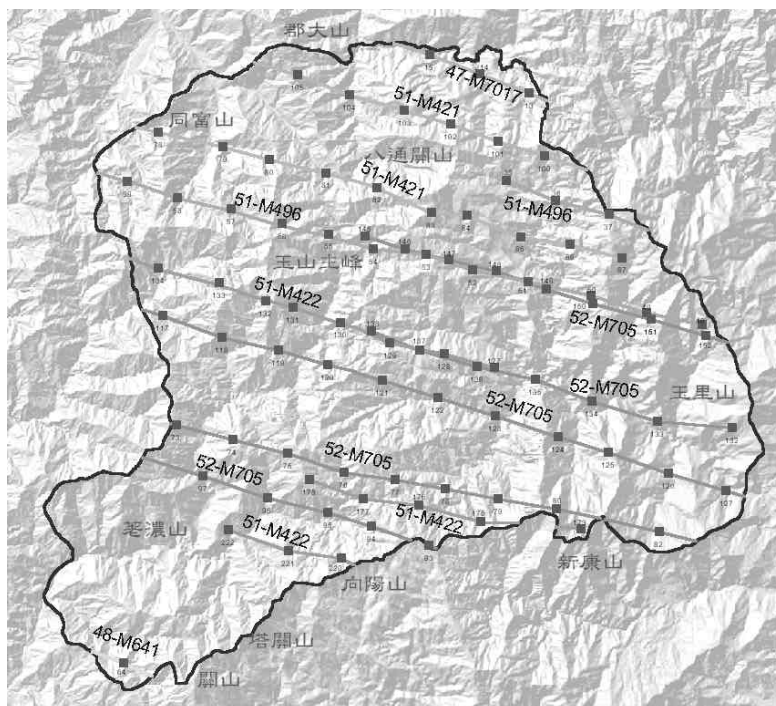


圖 6.6 影像地圖查詢系統畫面

C.文字查詢系統

查詢空間資訊，除了以圖面的方式之外，運用地名或大地座標等文字方式查詢，亦是十分普遍的需求，本計畫中亦針對所建立的玉山國家公園新舊地名資料庫，建立地名及座標查詢系統。如圖 6.7 及 6.8 所示。

地名及GPS位置查詢系統

輸入您要找的地名或山名，可以得到該名稱所在及附近地圖。

地點名稱:

(例如：玉山主峰、塔塔加、瓦拉米...)

(請輸入您想在地圖上呈現的文字。例如：玉山)

請先選擇任一種您要的定位方法，並輸入正確的GPS數據，可以得到該位置所在及附近地圖。

二度分帶座標

X:

Y:

經緯度座標

GPS基準設定為WGS84

經度: 度 分 秒

緯度: 度 分 秒

虎子山經緯度座標

GPS基準設定為GRS67

經度: 度 分 秒

緯度: 度 分 秒

請輸入您想在地圖上呈現的文字。例如：關山

圖 6.7 文字查詢系統畫面

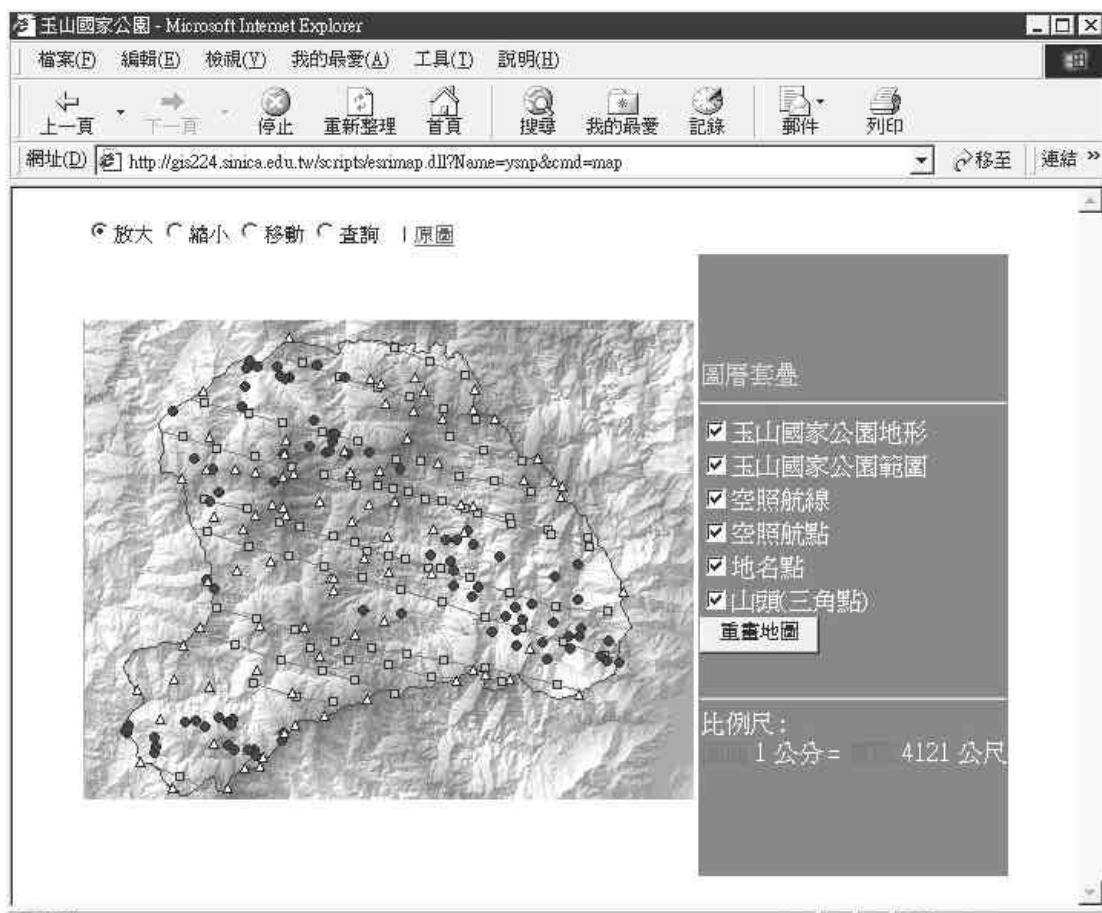


圖 6.8 文字查詢系統查詢結果

四、震災資料收集

針對玉山國家公園境內，與九二一震災相關研究報告及調查報告加以收集，目前已處理的計畫如下，並持續針對正在玉山國家公園進行中的研究案保持關切：

- 921 地震玉山國家公園區域內環境調查及監測情形報告
(玉山國家公園管理處企畫經理課)
- 玉山國家公園九二一震災及賀伯風災後環境變遷遙測分析研究計畫
(玉山國家公園管理處委託逢甲大學地理資訊研究中心)
- 九二一震災衛星影像透視
(本計畫分析)
- 中央地質調查所、國家地震工程研究中心、中央氣象局等機構之相關研究報告。

針對這些研究成果及調查報告內容中的空間資訊，如崩坍位置衛星判識影像，加以圖形化處理。並整合文字報告後，將研究成果及調查報告上網。

第七章 結論與建議

第一節 結論

本研究旨在探討九二一地震對於玉山國家公園的環境與歷史遺跡之衝擊狀況，透過資料收集、遙測影像判釋與田野實地考察等工作，得到以下結論：

- 一、玉山國家公園位處於造山運動帶，因此區域性地質結構複雜，斷層、摺皺及破裂面等之地質構造現象特別發達，頻繁的地殼活動直接地造成玉山國家公園地震發生頻率高。此外，玉山國家公園正處於台灣地區兩大地震帶---即花東縱谷地震帶(東部地震帶)及西部平原地震帶(西部地震帶)---之間，屬於地震發生潛在敏感區，因此發生有感地震、甚至是地震災害的機率遠大於其他的國家公園，因此玉管處需對於地震災害的相關防災、減災、救災及災後復健等工作上投注更多的心力，如對園區設施強度進行檢測、相關緊急應變措施的演練等。
- 二、由空間距離來看，離震央最近的位置屬西北園區的東埔地區，僅距離 35 公里，主震發生時最大震度達到六級，當地有數戶數戶的民宅因而全倒或半倒，同時在各處都發生土石崩落的現象，在地殼位移量上，水平位移達到約 30~50 公分，垂直位移上達到 5~16 公分之多，以過去十年的地殼運動速度來看，相當於這個地區 10 年的地殼位移量，為九二一地震受災最嚴重地區；而距離最遠的地方屬東部園區及西南園區，與震央為至距離超過 50 公里，主震發生時最大震度則達到 4 級，並未傳出重大災情。
- 三、由衛星影像中所自動判釋出來的新增崩塌地約增加 400~500 公頃，再透過人工比對可以確切找出六個主要的新增崩塌地點，總計約為 150 公頃，而從空間分佈上來看，這些新增的崩塌地都分佈在東埔、玉山群峰地區，其結果與九二一發生時該地區地震規模達到六級有密切關係。針對這些新增的崩塌地，將震災前的衛星影像及數值地形模型進行分析，可以發現九二一地震造成新的崩塌地，多位於坡度達 55%以上的坡地，且震災前多已存在有舊的崩塌現象，而九二一地震的發生使得舊有的崩塌持續擴大。因此可以推論，地震所造成得坡地破壞處皆發生於山脈經水流切割地形上或已有舊崩塌地形存在，坡度較陡，且地表 PGA 值較高（即震度較高）之地方，
- 四、在東埔、玉山地區實行航空照片判釋工作，新增的崩塌地有很多，其中以東埔、同富山、玉山及八通關圖幅所增加的面積最大。而新崩塌地多出現於陡峭的坡地以及集水區上游坡地。總結歸納這些新增的崩塌地與幾個原

因有關：1. 可能是路基開挖時上方地層坡角被砍除與下方棄土堆積有關；2. 地質結構破碎；3. 斷層通過之區域；4. 未穩定之舊崩塌地持續崩落；5. 坡度陡峻地區；6. 屬於溪流集水區上方坡地。

五、從實地的田野調查後，對於大鐵杉—塔塔加鞍部—玉山群峰之間登山步道崩塌地出現分佈於三處集中，分別是大鐵杉至塔塔加鞍部之間的林道、塔塔加鞍部至玉山前峰附近與玉山西峰一帶。而東埔附近地區，則記錄了 13 處崩塌地，其中有 6 處分佈在日據八通關越嶺道及清代八通關古道沿線，而另外 7 處則分佈在沙里仙溪林道上。地質破碎、逕流集中與道路開挖關係是造成本區發生崩塌主要的原因。崩塌類型的不同則明顯反映在岩性軟硬的差異上，而不同崩塌類型的分佈狀況也反映出軟硬岩體在空間上分佈的情形。

六、玉山國家公園鄰近地區的考古遺址都未受九二一地震的直接影響或破壞，主要是因為這些考古遺址所在位置上都處於河階地上方平坦之處，並無陡峻的上坡地。然而有好幾個考古遺址上都有發現，河階地下方的河道衝擊侵蝕河階地的下邊坡的現象，使其邊坡穩定度下降，而產生局部性崩塌現象，逐步危急遺址所在地，這是值得進一步留意的地方。在所有的調查對象中，就屬東埔至關高段之間的清代八通關古道及日據時期八通關越嶺道，受到九二一地震的危害最為嚴重，除了等待崩塌地逐漸穩地後，儘速加以維修外。長時期的維護工作則應採取適當的景觀工法或安全設施，處理危險的路段，更甚者則是改選其他安全的登山步道路線

七、已建構「玉山國家公園電子文化與自然資源地圖」雛形，整合玉山國家公園基本地理資訊、相關研究成果以及九二一地震發生後的相關資訊，做為玉管處推廣與管理國家公園資源，以及社會教育的有效工具。

第二節 建議

- 一、隨然目前科學理論及工程技術上仍然無法針對地震災害加以預測，但如果能針對地震災害敏感地區進行的相關防災、減災工作，比如對園區設施強度進行檢測，同時對於救災及災後復健等工作上投注更多的心力，比如進行相關緊急應變措施的演練等，則面對不知預知的地震災害將可多一份信心。
- 二、九二一震災對於生態環境的影響是極為長遠，需要持續針對九二一震災對於玉山國家公園所帶來的環境衝擊相關資料收集，同時亦需要整合園區或鄰近地區相關的研究成果，如塔塔加長期生態研究工作，藉以提供往後檢視九二一震災的全面性影響。
- 三、九二一震災對於臺灣六個國家公園影響中，就屬玉山國家公園影響最巨，過往針對震害對於國家公園經營管理以及生態環境衝擊的相關研究工作相當地少，本研究結果將可納入臺灣地震數位知識庫中，提供國家公園遭遇強震下的環境變遷以及災後經營管理策略之經驗。
- 四、持續針對「玉山國家公園電子文化與自然資源地圖」內涵進行補充。推動資訊整合系統，建立資料庫管理機制，讓眾多的研究成果得以整合，有助於國家公園經營管理及一般民眾對於國家公園的認識。