

行政院農委會林務局南投林區管理處委託辦理計畫系列

九九峰自然保留區資源調查與監測分析

The Data Analysis of the Resource Inventory and Monitoring
System in Jiou-Jiou Peaks Natural Reserve



計畫主持人：馮豐隆教授

助理：蔡正一 博士班學生

委託機關：行政院農業委員會林務局南投林區管理處

執行單位：國立中興大學森林學系

中華民國 98 年 12 月

目 錄

目 錄.....	1
圖目錄.....	2
表目錄.....	3
摘要.....	4
Abstract	6
一、 前言	8
二、 前人研究.....	10
(一) 地景/森林生態系層級.....	10
(二) 林分層級	11
(三) 單株層級	11
三、 研究目的.....	12
四、 研究試區概述.....	14
(一) 研究區域.....	14
(二) 地形、坡度及水系.....	16
五、 材料與方法.....	18
(一) 蒐集已有資料之方法.....	18
(二) 森林資源調查與監測.....	21
六、 研究架構及目標	24
七、 結果與討論.....	26
(一) 彙集九九峰各類圖籍及屬性資料.....	27
(二) 九九峰自然保留區地理資料庫建立.....	29
(三) 分析連續監測資料.....	39
(四) 檢討監測內容與樣區設置	59
八、 結論與建議.....	63
(一) 結論.....	63
(二) 建議.....	64
九、 參考文獻.....	66
十、 附錄	71

圖目錄

圖 1	九九峰自然保留區位置示意圖	14
圖 2	九九峰自然保留區林班及道路分布圖	15
圖 3	921 地震前九九峰自然保區 DTM 資料	17
圖 4	九九峰自然保留區水系圖	17
圖 5	九九峰自然保留區周圍氣象站位置	19
圖 6	1/5000 像片基本位置圖	19
圖 7	SPOT3/2/1 波段組合影像	19
圖 8	植物永久樣區設置示意圖	21
圖 9	九九峰自然保留區資源調查與監測分析研究架構圖	25
圖 10	幾何校正不完全及幾何校正完全圖例—以北坑巷為例	30
圖 11	九九峰自然保留區像片基本圖鑲嵌	31
圖 12	自然干擾因子—地震與颱風與其時間軸圖示	33
圖 13	921 地震前 28 植群調查樣區分布位置圖	35
圖 14	植物永久樣區及定點植被監測設置示意圖	37
圖 15	(a) 0910 植物永久樣區林木位置圖 (b) 0910 植物永久樣區林木 屬性資料	38
圖 16	(a) 2006 年及 2008 年正射影像鑲嵌圖 (圖中較亮之圖即為 2006 年拍攝)、(b)2006 年及 2008 年鑲嵌正射影像監督式分類圖	40
圖 17	九九峰自然保留區地景變遷分析	42
圖 18	(a)2008 年 8 月 26 日 SPOT 3/2/1 波段組合影像(b)SPOT 影像監督 式分類圖	43
圖 19	2008 年 SPOT 光譜資訊新門檻設定之植生覆蓋分布分析圖	44
圖 20	九九峰自然保留區 2008 年植生覆蓋分布分析圖	46
圖 21	1101B 植物永久樣區直徑級變化圖	49
圖 22	0901、1102A、1002B 及 1101B 之 4 個植生永久樣區	50
圖 23	1101B 永久樣區樹種百分比連年變化	51
圖 24	永久樣區最小面積計算示意圖	53
圖 25	九九峰自然保留區永久樣區種數與面積曲線及最小面積圖解法 圖	54
圖 26	九九峰自然保留區重要樹種樹高曲線圖	59

表目錄

表 1	九九峰自然保留區水系資料	16
表 2	1999/10/04~2009/06/19 颱風侵台資料	18
表 3	網格式與向量式資料模式之比較.....	28
表 4	SPOT 系列衛星資料空間解析度與感測器光譜模式.....	32
表 5	2006 年及 2008 年鑲嵌正射影像監督式分類結果.....	40
表 6	2008 年 8 月 26 日 SPOT 多光譜影像 NDVI 植生指數分析及土地利用型量化結果	45
表 7	多時期 SPOT 多光譜影像 NDVI 植生指數分析及土地利用型量化結果.....	47
表 8	1101B 永久樣區連年樹種組成.....	50
表 9	植物永久樣區相似性表	52
表 10	九九峰自然保留區森林植物種數與面積之測驗資料.....	54
表 11	九九峰自然保留區樹種 IVI 值	55
表 12	各重要樹種之樹高曲線式	58

摘要

1999 年 921 地震後，迄今 2009 年已 10 年，地震及後續颱風影響造成九九峰自然保留區大面積崩塌。本研究利南投林管處及台中工作站所提供地面調查及正射影像等圖層及屬性資料，並蒐集九九峰自然保留區相關文獻，以地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)建構該區之地理資料庫。並以地景/森林生態系層級、林分層級及單株林木層級等 3 個主要層級進行討論，期望了解九九峰自然保留區植生之現況及變遷，再以此結果了解台灣其餘相似環境地域受干擾後，最適解決方法與機制。

地景層級中，將 2008 年 SPOT 衛星光譜資料、2008 年航空正射影像及 2009 年地面調查資料套疊，對九九峰區域受自然干擾如：1999 年 921 地震及與連續颱風影響後，植生發展現況進行探討。研究利用航空正射影像及地面調查資訊做為地真資料及基準，提供 SPOT 影像最大概似法之監督式分類的訓練樣區選取，發現流域及裸地無法明確區分。再對 1999 年 9 月 27 日、2003 年 7 月 7 日及 2008 年 8 月 26 日之 SPOT 光譜資訊進行標準化植生指標(Normalized difference vegetation index, NDVI)分析，結果顯示，雖受 921 地震及不同時期颱風等干擾，埔里事業區 8~20 林班非植生面積仍從原本的 35.25%減少至 7.91%，即由 1073.93ha 減為 251.34ha，而九九峰自然保留區高、低度植生覆蓋區域則占 30.27%及 60.24%，即植生覆蓋由原本 921 地震後的 37.39%，至 2008 年植生已回復達 90.51%。

於林分層級部分，發現 4 個植生永久樣區直徑級分布情況，於設置年至今變化並不大，但樹種組成會隨時間有所改變。九九峰自然保留區樣區最小設置面積約為 230m² 左右。植物永久樣區相似性分析，結果顯示樣區 1101B 跟 1002A 最為相似，而 1002B 與其他 3 個樣區之相似性最低。

單株層級中，將 4 個植物永久樣區合併計算之 IVI 值，可發現香楠、江某、荔枝及千年桐為此區域較重要樹種，並以 S513 系統計算及建構樹高曲線式($H=f(D)$)及樹高曲線圖，其中千年桐有最高相關係數 R^2 值為 0.9539，而 R^2 值最低則為荔枝的 0.6482；相關係數係大者，代表胸高直徑與樹高之間的關係越大，其皆可提供 DBH 轉換為樹高資料用。

建議未來九九峰自然保留區棲地及生物多樣性變化之監測目的，可訂為地震及颱風等干擾，對該區之影響，而樣區選擇則依據各類自然干擾前後之 SPOT 植生分布圖、演替時間、多時期航空正射投影圖及 DTM 資料，再配合廖秋成（1992）的 4 種植群型進行取樣設計，以全盤了解植物演替機制。

Abstract

There is massive area collapsed by the 921 (Chi-Chi) earthquake in 1999 and multi-temporal typhoons during this decade, which occurred in Jiou-Jiou Peaks Natural Reserve. This study collected several reference and different kinds of image and attribute data from Nanto Forest District Office and Taichung Working Station. In addition, the study used geographic information system (GIS) to establish the Geo-reference data base in this area. Moreover, to analyze the status and change of Jiou-Jiou Peaks Natural Reserve (JIPNR) in landscape/forest ecosystem level, stand level and single tree level. The results could help managers to recognize mechanisms and figure out methods to manage other similar regions in Taiwan.

In landscapes level, overlaid the SPOT multi-spectral satellite image in 2008, the 2008 ortho-photo and the 2009 field survey with GIS to analyze the vegetation status and change. The analysis used the ortho-photo and field survey data for the training areas to do the maximum likelihood classifier of supervised classification and the result showed that the SPOT image is not suitable to separate the soil from basin area in this scope. In addition, the study calculated the normalized difference vegetation Index (NDVI) of SPOT images on September 27th in 1999, July 7th in 2003 August 26th in 2008. The outcome exhibited that landslide area reduced from 35.25% to 7.91% in 8th to 20th compartments of Puli working circle. Furthermore, there are 30.27% area covered by lower vegetation and 60.24% area covered by higher vegetation. In other words, the vegetation cover rate from 37.39% to 90.51%.

In stand level, the result showed that the diameter distribution didn't change conspicuously during these years. However, the composition of tree species changed, as time goes by. The smallest area of permanent sampling plot (PSP) is about 230m² in JIPNR. Furthermore, the 1101B and 1002A PSP had the most similar condition, and the 1002B PSP is different from others.

In tree level, the study combined with four PSPs and calculated the importance value index (IVI) could find out that *Machilus zuihensis* Hayata, *Schefflera octophylla* (Lour.) Harms, *Litchi chinensis* and *Aleurites Montana* are the significant species in JPNR. In addition, calculating and establishing the tree height function and curve and D-H relationship curve, which R^2 of *Aleurites Montana* is 0.9539 and *Litchi chinensis* is 0.6482, could be used to transform DBH data to tree height.

To sum up, the investigation recommended that the monitoring purposes of habitat and biodiversity variation in JPNR could concentrate on the influence of the earthquake and multi-temporal typhoons in the region. The PSP selected should consult the vegetation spatial distribution, succession temporal, ortho-photos and DTM. Moreover, to compare with Chiu-Cheng Liao's (1992) sampling plots of 4 vegetation types in order to understand the vegetation succession completely.

一、前言

自1992年綠色憲章公佈之後，「保育自然生態」及「合理利用資源」儼然成為世界多數國家推行環境保護政策之重點，特別在「地球高峰會」所公布的「森林原則」中，對所有類型森林的管理、保育、以及森林開發的相關議題，均取得全球性之共識。針對此，我國政府林務機構亦有相當之回應，在「森林生態系經營」及「生物多樣性保育」等方面提出多項政策，期望在跨部會合作下，在林業管理、發展及維護上，均能與環境、社會及經濟等政策相互呼應，俾能符合國家「永續經營」之發展目標。然而，嘗試診斷我台灣自然環境所處現況，在21世紀科技起飛與產業轉型之際，台灣土地呈現超限利用、山區及各項自然資源遭受過度開發，再加上無法規避的自然災害侵蝕，讓台灣資源幾乎已陷入急遽耗竭之窘境。

2009年8月8日莫拉克颱風侵台，對台灣南部地區造成嚴重迫害，於檢討之際，李鴻源教授在「從水資源管理談八八水災與治水工程」報導提出「防災體制不是家家酒，根本在於跨部會整合」(荒野保護協會，2009)，可見跨部會資料整合及收集之重要性。

投入我山區、林地之生態保育及研究，颱風、地震似乎是危害地理環境最顯著之干擾因子。舉「九九峰」為例，甫自921地震後，2000年5月22日公告「九九峰自然保留區」成立以來，行政院農業委員會林務局南投林區管理處便積極進行自然保留區暨周邊區域資源調查及野生動植物生態監測(許丁水等，2006;余啟瑞等，2007;余啟瑞等，2008;余啟瑞等，2009)。惟九九峰實屬險惡地形，近年來學者的持續觀察與推測，九九峰此地坡面仍有沖蝕、變動不穩等情資，在人力無法靠近的峭壁斷崖上，自然演替林木群落持續演變、天然植被的生長、野生動物之棲息，均有難窺全貌之遺憾。

鑒於此，本研究期以九九峰長期監測資料(2000年至2003年取自特有生物中心，其後2003年至今則央請南投林管處提供野生動植物及樣區等資訊)，配合空間分析技術，了解九九峰於921地震過後，不同層級隨時間演替之過程。地景層級部分，研究以正射影像及多時期衛星影像分析九九峰

自然保留區植生變化及現況。林分層級，則探討永久樣區設置大小、林分結構及林分直徑分布變化。單株林木而言，本研究利用 4 個「植物永久樣區監測資料」分析香楠、江某、荔枝及千年桐等重要樹種生長關係及變化，以及提供並建議蒐集環境及地面調查所需資訊。

二、 前人研究

(一) 地景/森林生態系層級

觀察 1999 年 7 月 24 日及同年 9 月 27 日 SPOT 多譜衛星影像資訊 (圖 18(a) 與(b))，即可大略了解九九峰自然保留區原本植被分布情形，及 921 地震對九九峰自然保留之影響 (影像白色塊狀即為崩塌地)，其導致許多邊坡產生崩塌，更讓原本植被覆蓋良好地區，回歸成演替初期的裸露地。

依據林務局資料統計埔里事業區 8~20 林班崩塌面積約為 1,025.68 公頃，尤以埔里事業區第 15 林班崩塌面積最大，為總崩塌面積的 26.89%，崩塌區域大多位於海拔高度 400m 以上或坡度 6 級以上之山峰。分析九九峰自然保留區 DTM，符合前述條件之面積約為 70.10%，顯示保留區內地勢較區外高且陡，甚易崩塌。保留區內崩塌面積為 729.36 公頃，約占保留區面積之 60.86%，而占埔里事業區第 8-13 及 15-20 林班總崩塌面積之 71.11%，為 921 地震造成的主要崩塌區域 (陳添水，2005a)。

學者陳添水 (2005b) 應用空間解析力 20m 之 SPOT 多光譜資訊，進行九九峰地區 921 地震後植生指數 (NDVI) 變遷分析，研究結果顯示，於 921 地震前，非植生樣區主要集中於仙洞指坑溪與乾溪兩溪床，且此處植生較易遭豪雨洪水沖刷裸露，其餘區域幾乎為植物覆蓋，而 NDVI 平均值高達 0.61。921 地震後造成多數山頭崩落，土石大量堆積於局部溪谷坡腳，雖部分溪床植被猶存，但 NDVI 平均值劇降為 0.37。另外，1999 年 921 地震後至 2001 年桃芝颱風間為回復期，此約 2 年期間氣候較為穩定，植生逐漸生長覆蓋，2001 年 NDVI 平均值已提高至 0.54；然桃芝颱風後至敏督利颱風後期間為變動期，此三年期間歷經桃芝與敏督利颱風挾帶豪雨之沖刷，植生指數呈現(0.45-0.53-0.45)變動。綜觀地震後，至 2004 年本區植被已逐漸回復覆蓋，惟溪谷區域之植被仍易遭洪水沖刷。至於因為地震致使崩塌裸露區域，植被雖有回復，卻尚未穩定，植生指數仍易受颱風豪雨之影響而變動。

另外，黃凱易 (2002) 分析 921 地震與桃芝颱風前後 4 期 SPOT 衛星影像，評估九九峰自然保留區崩塌地植生恢復狀態，發現歷經 2 年多，植

生稍有恢復，並建議該區崩塌地除急需處置者外，以自然恢復為適宜方式。林瑞興等（2003）曾研究比較九九峰山坡基腳殘存樹林與崩塌土石掩埋區鳥類組成差異，評估地震後鳥類組成變化與植被回復之關係，指出該區地震後植被大都處於間歇性干擾的演替初期，而棲息的鳥類也以樹林邊緣及次生林鳥種為主，建議九九峰自然保留區之經營管理應注意非邊緣性森林鳥種之生態需求。林文賜等（2004）以 SPOT 衛星影像資料監測九九峰地區 921 地震前後之崩塌地變遷及植生復育情形，再輔以航照圖輔助判釋，變動門檻值直到崩塌地範圍與地震後衛星影像之崩塌地相符為止，結果顯示，地震後 4 年內之崩塌地面積已減少約 62.35%，以此推論自然環境本身具有極強之植生復育能力。林文賜（2009）提出地震後 6 年（2005 年）九九峰崩塌地減少至 143.22ha，即約有 82.60% 復原，而林昭遠及莊智瑋（2009）更將裸地以 DTM 細分為崩塌地及堆積區，再計算植生復育率（Vegetation recovery rate, Vrr），結果顯示，2008 年崩塌地的植生復育率約為 53.51%，較堆積區（82.48%）為差。

（二）林分層級

陳添水（2005a）應用地理資訊系統分析九九峰該區土地利用型態及 921 地震之關係，提出該區於 921 大地震前之土地利用類型大部為天然植生，人為開墾區域則集中於鄰近村落或溪谷較平緩處，又以天然闊葉混淆林分布最廣，占全區面積的 58.65%，其次為天然針闊葉混淆林（約 11.58%）。

（三）單株層級

廖秋成從 1985 年即開始進行南投雙冬火災山（現今九九峰地區）植群生態調查，於 1992 年研究報告中提出，雖該地區地處低海拔，然而，因陡峭地形阻絕及干擾較少，故天然植群可完整保存，且大量珍貴樹種於此生長，如：台灣欖（*Zelkova serrata*）、木荷（*Schima superba*）、楓香（*Liquidambar formosana*）、榔榆（*Ulmus parvifolia*）、青桐（*Firmiana simplex*）、青剛櫟（*Cyclobalanopsis glauca*）及川上氏鵝耳櫪（*Carpinus kawakamii*）等分布於低海拔族群，另外研究亦發現，有少數中高海拔植物如馬醉木（*Pieris taiwanensis*）、南燭（*Lyonia ovalifolia*）、來特氏越橘（*Vaccinium wrightii*）

與台灣水絲梨 (*Sycopsis formosana*) 等下有移至本區之現象。

1999 年 921 地震之劇烈搖晃與重力加速度作用影響，使九九峰山頂表層礫石紛紛崩落，原生植被發揮土砂捍止效應攔下部分礫石，但仍有許多礫石滾落並堆積於山腹至坡腳處。崩落礫石量雖不算太多，但加上翻落的植株，與遭塵土覆蓋的臺灣蘆竹 (*Arundo formosana Hack.*)，呈現出黃土裸露、光禿禿的景象。

依據林務局 (2001) 資料顯示，九九峰自然保留區在 921 地震前土地利用類型共分為 26 類，大部分區域為天然植被，於陡峭山壁則是以台灣蘆竹為主的草生地，在坡度較為平緩、稜線或坡腳的森林組成以低海拔榕楠林帶、楠櫛林帶植群及先驅植物為主，如：圓果青剛櫟 (*Cyclobalanopsis globosa*)、小西氏石櫟 (*Pasania konishii*)、台灣櫟、台灣紅豆 (*Ormosia formosana*)、大頭茶 (*Gordonia axillaris*)、山黃麻 (*Trema orientalis*)、山鹽菁 (*Rhus chinensis var. roxburghii*)、血桐 (*Macaranga tanarius*)、牛乳榕 (*Ficus erecta var. beecheyana*) 等，並且混生有台灣二葉松 (*Pinus taiwanensis*) 及台灣五葉松 (*Pinus morrisonicola*)。賴國祥等 (2002) 應用遙測與地理資訊系統於九九峰植生復舊監測報告中提出，921 地震後崩坍地苗木之發生以山黃麻、白柏 (*Sapium discolor*)、白匏子 (*Mallotus paniculatus*)、野桐 (*Mallotus japonicus*)、山鹽菁、食茱萸 (*Fagara ailanthoides var. ailanthoides*) 及血桐等陽性樹種為主，其中又以山黃麻生長最好。

三、 研究目的

九九峰自然保留區的特殊地景，極易受地震及颱風等自然因素之干擾而發生改變，故本研究計畫擬透過地面調查 (定點植被覆蓋照相監測及植物永久樣區監測為主)，配合航遙測圖資 (SPOT 衛星影像、航空正射影像及像片基本圖等)，了解當地自然干擾因子對林木、林分及森林生態系之影響。雖為閃避承租地及自然環境等因素考量，九九峰自然保留區於由埔里事業區中 8~13 及 15~20 林班中部分小班區域規劃而成立，但因為航遙測影像可大面積取得地景資訊，又植群生長會受邊際效應影響，故研究分析時，以埔里事業區 8~20 林班進行分析，即將未包含的 14 林班一併計算。

本研究透過不同林務單位及政府相關機構，蒐集九九峰自然保留區相關資料，並整合各種連續監測地點與調查樣區的位置及其屬性資料，期望確實建構九九峰自然保留區環境因子之地理資料庫。

規劃全年重要工作項目如下所列：

- (一) 整合前人研究文獻，以了解九九峰自然保留區受 921 地震影響後，及棲地變化。
- (二) 彙集九九峰之各類圖層及屬性資料，如航遙測影像與基本圖資等，所得影像或圖資盡可能與各類地面調查資料時間相配合。
- (三) 整合各種連續監測地點與調查樣區的位置及其屬性資料，建立九九峰環境因子之地理資料庫。
- (四) 分析連續監測資料，探討單株、林分與森林（地景與生態系）等森林多層級之現況與變遷。
- (五) 檢討樣區設置位置、個數及調查監測內容。

四、 研究試區概述

(一) 研究區域

九九峰位於台中縣及南投縣交界處的烏溪北岸，行政區範圍涵蓋南投縣草屯鎮、國姓鄉、台中縣霧峰鄉及太平市，以 TWD97 座標定位，其範圍約為(225,420.000 , 2,661,408.000) ~ (230,510.000 , 2,652,100.000)，海拔則約 200~800m 之間，如圖 1 所示。

九九峰因其地形險惡，長久以來人為擾動較少，因此蘊藏豐富生物資源。但 921 地震後造成多處坍方及表層土石大量崩落，山頂植被隨著表土震落至數十公尺下的山坡，地貌大為改變，行政院農業委員會即依據文化資產保存法，於 2000 年 5 月 22 日將埔里事業區 8~13 及 15~20 林班中部分小班地區公告成立為「九九峰自然保留區」(如圖 2 九九峰自然保留區範圍)，主要保護對象為地震崩塌斷崖特殊地景，其面積達 1,198.4466 ha。

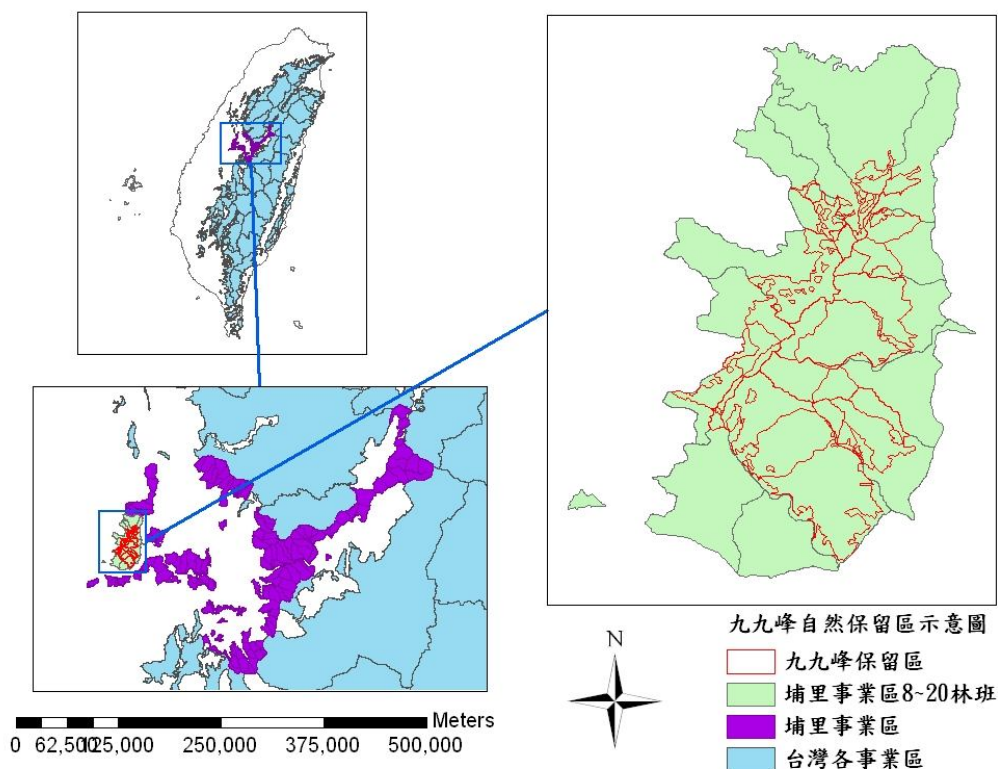


圖 1 九九峰自然保留區位置示意圖

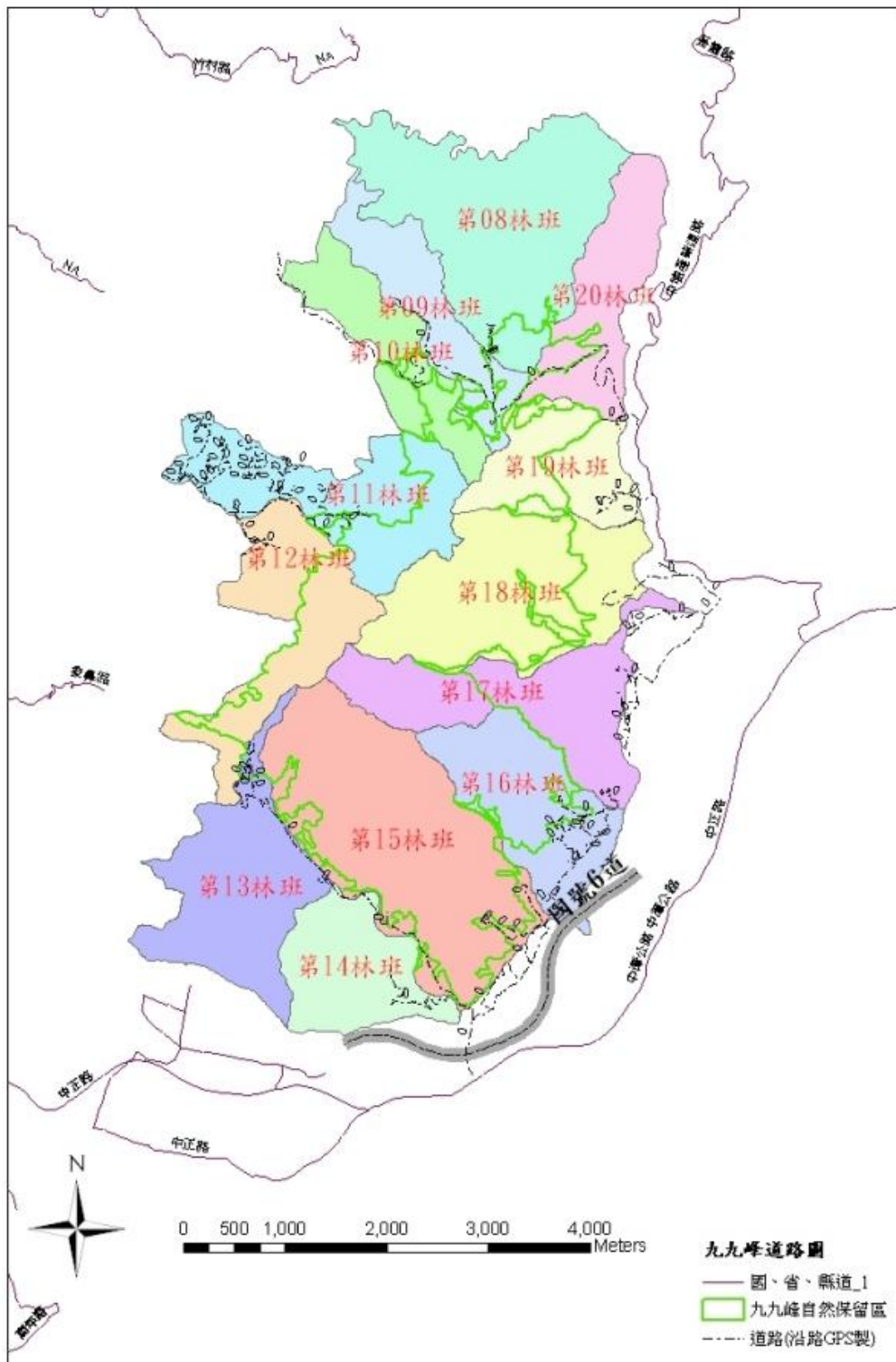


圖 2 九九峰自然保留區林班及道路分布圖

(GPS 產業道路由台中工作站提供)

(二) 地形、坡度及水系

分析九九峰自然保留區DTM資料(圖3),得知該區地勢北高南低。九九峰自然保留區境內有乾溪、土南坑溪、田尾坑溪、油車坑溪及仙洞指坑溪等較大5條河川貫穿,溪谷平常沒有水流,只有在大雨過後才有水流跡象,區域南方的乾溪及北方的仙洞指坑溪,河谷寬度可高達100m以上。烏溪自九九峰東側、南側流經(如圖4),依中央氣象局雙冬測候站1995年至2002年記錄顯示,雨季落在5月~8月,此時才會顯現大河澎湃之勢,相對地在10月~翌年1月是為乾季,這期間大河變成細流,當地農民為適應此處環境,發展出鑿井灌溉,故可見得許多交錯水管穿越烏溪上方。九九峰河谷景觀相當陡峭、開闊,平均坡度皆有60~70度(如表1),最陡達到85度峭壁,因此區地質屬於卵礫石岩層,經年受到風化、雨襲故顯得地表狀況極不穩定,許多河谷都呈現V字形侵蝕溝,如此山景美色,卻無法種植耕地,在地理學喻為「惡地」,與田寮月世界、利吉月世界屬不同地質構造(維基百科,2009)。

呂岡侃(2002)曾討論土石流發生之地形特徵。發現該區土石流可分為邊坡型山谷型兩種,並且發現邊坡型土石流會發生在內聚凸坡,崩塌時形成碗狀,具有4~6m寬的隘口,且當集水區面積達1,000m²時、單位崩塌面積為2~6m²時,發生邊坡型土石流的可能性較高;而山谷型土石流則在崩塌面積占集水區面積20%以上,且集水區面積在15,000m²以上時,才可能發生。

表1 九九峰自然保留區水系資料

	位置	流向 (至烏溪)	溪流長度 (km)	下遊河谷寬度 (m)	坡度變化 (%)	平均坡度 (%)
乾溪	西南側	西北至東南	3	80	55~82	67
土南坑溪	東北側	西北至東南	1.4	45	—	—
田尾坑溪	中部偏南	西北至東南	2	30	52~85	64
油車坑溪	東側	西北至東南	1.5	30	55~85	67
仙洞指坑溪	中部	東至西	3.5	50	52~76	65

(修改自陳建宇，2004 及 GIS 系統計算)

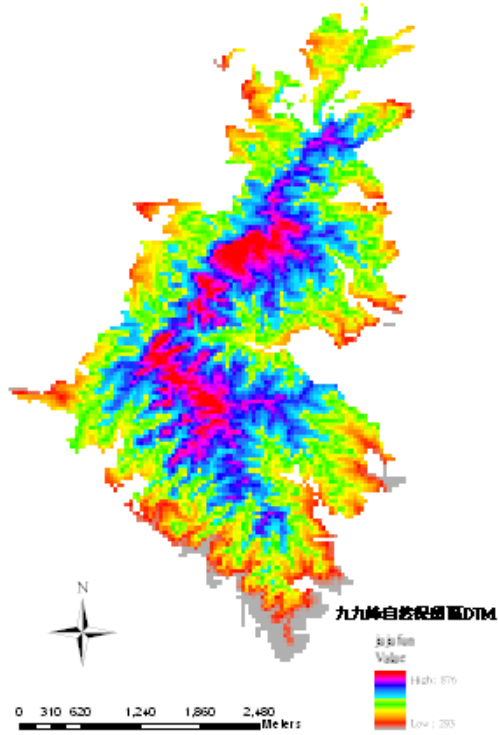


圖 3 921 地震前九九峰自然保區 DTM 資料

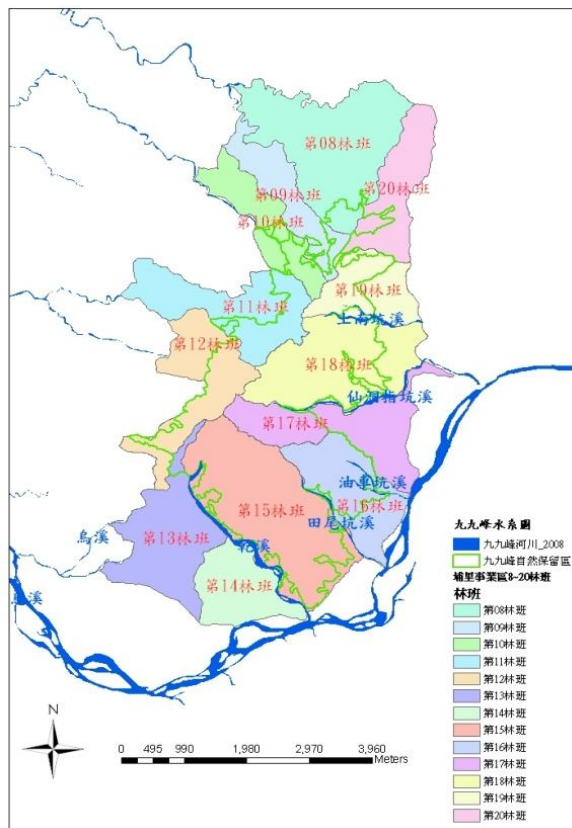


圖 4 九九峰自然保留區水系圖

(疊圖與自行繪製)

五、 材料與方法

(一) 蒐集已有資料之方法

1. 九九峰自然保留區環境資料

921 地震造成中部山區多處崩塌，大量土石崩落在山區河谷，且台灣位處亞熱帶，颱風豪雨不斷侵襲(如表 2，有發佈颱風警報者且對中部地區影響較大者)，特別是 2001 年 7 月底桃芝颱風侵襲，挾帶豐沛雨量引發土石流，2004 年 7 月初又受敏督利颱風暨強烈西南氣流帶來強風豪雨影響，亦造成中南部地區嚴重災情。但因現有氣象站離九九峰自然保留區皆有段距離(如圖 5 所示)，故研究選擇日月潭氣象站(距離較近者)氣象歷史資料，做颱風期間雨量日平均計算。

表 2 1999/10/04~2009/06/19 颱風侵台資料

編號	中文名稱	警報期間	強度	近中心最大風速 (m/s)	七級風 暴風半 徑(km)	十級風 暴風半 徑(km)	平均 雨量 (mm)
200808	鳳凰	2008/07/26~07/29	中度	43	220	80	105.25
200807	卡玫基	2008/07/16~07/18	中度	33	120	50	193.67
200519	龍王	2005/09/30~10/03	強烈	51	200	80	45.80
200513	泰利	2005/08/30~09/01	強烈	53	250	100	230.61
200505	海棠	2005/07/16~07/20	強烈	55	280	120	114.35
200407	敏督利	2004/06/28~07/03	中度	45	250	100	255.57
200108	桃芝	2001/07/28~07/31	中度	38	250	--	169.45

資料來源：中央氣象局颱風資料庫

2. 土地利用現況及變遷資料取得

九九峰自然保留區受自然干擾—921 地震及颱風影響甚鉅，導致其土地利用/地覆、林型圖、林木生長、林分結構以及組成發展均有變遷，考量其樣區為大面積資料且不易到達，故應用航遙測技術製圖，使用九九峰 1/5000 像片基本圖(如圖 6)及 2008 年 SPOT 光譜資訊(如圖 7)來完成圖像。

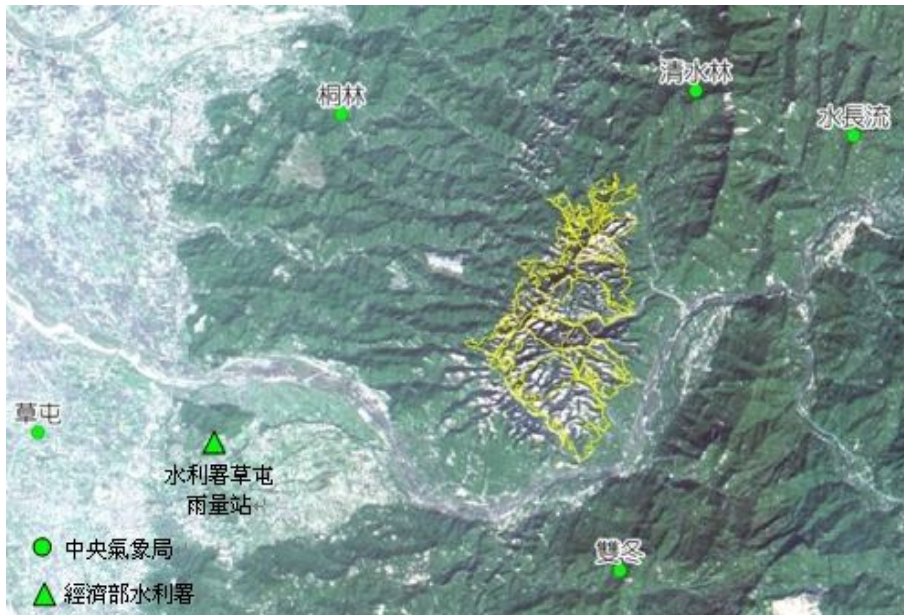


圖 5 九九峰自然保留區周圍氣象站位置
(來源：林俊全，2008)

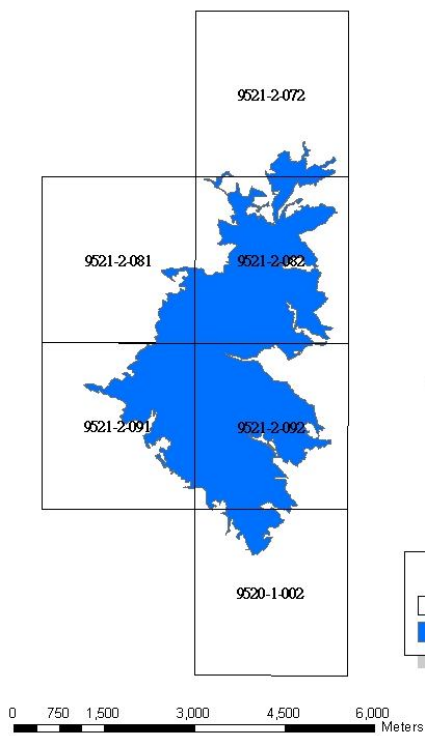


圖 6 1/5000 像片基本位置圖

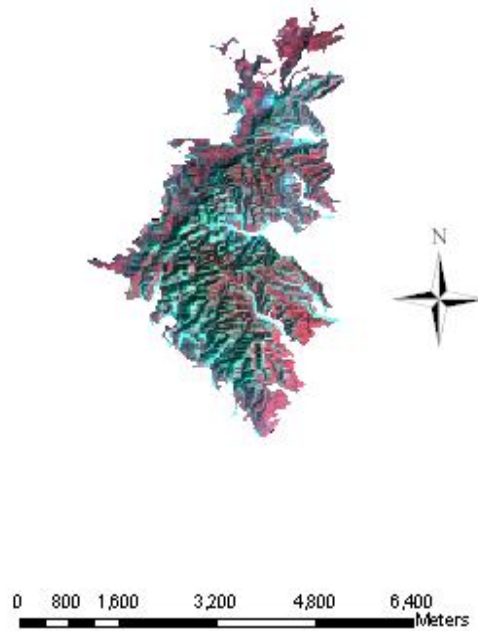


圖 7 SPOT3/2/1 波段組合影像

3. 野生動植物樣區

行政院農委會林務局南投林管處及台中工作站人員，由 2003 迄今對九峰自然保留區植物監測項目包含有：32 個（原本 19 個，2008 年新增 13 個）「定點植被覆蓋照相監測」、4 樣區「植物永久樣區監測」、9 株「稀有植物-台灣梭羅木物候調查」及 2008 年後新增的 2 株秀柱花之物候調查等重點項目。另外，「鳥類定點監測」與 3 區 16 樣點之「紅外線照相監測」等長期野生動物調查，此皆為研究搜集地面永久樣區之地真資料的主要來源，亦是日後研究森林生態系功能與多樣性探討之重要資源，但因資料龐鉅，絕非短期所能成就，故依計畫細分不同階段進行。本研究今年則著重於植生之探討。

其植物之永久樣區設置方法如下，為方便調查，(1)先設一個 10×25m 長方形單元樣區（如圖 8）。(2)樣區長邊順坡走向，取樣區上邊界中點為基點，利用 GPS 或像片基本圖定位並記錄座標。(3)依自然保護（留）區永久樣區調查紀錄表針對 1 公分直徑以上木本植物為調查目標測量，並同時調查地被植物。踏勘地形，選取具代表性林相及符合需求面積之樣區。胸高直徑以距地面 1.3m 處為基準，且以直徑割測量，以公分記錄到小數點一位。測量胸徑處需噴漆標示，並於樣木上掛標示牌。(4)樹高以 m 記錄（記錄到小數點下一位），並以實際測量 3 至 5 棵為基準，再依此比例目測。(5)枯立木、倒木一併列入調查，另於備註欄註明「枯立木」或「倒木」，並儘可能判斷樹種，若無法判斷，則註明針葉樹、闊葉樹或不明。倒木紀錄方式為標記頭尾兩端座標及直徑，樹高欄則紀錄長度，並於備註欄紀錄為「倒木」。(6)樣木若於距地面 1.3m 以下處分叉，則以分叉數目分別測量其胸高直徑。(7)每株樣木均需掛牌或噴漆標示其編號，並於測量胸高直徑處噴漆標示，以利下次重複監測（余啓瑞等，2008）。

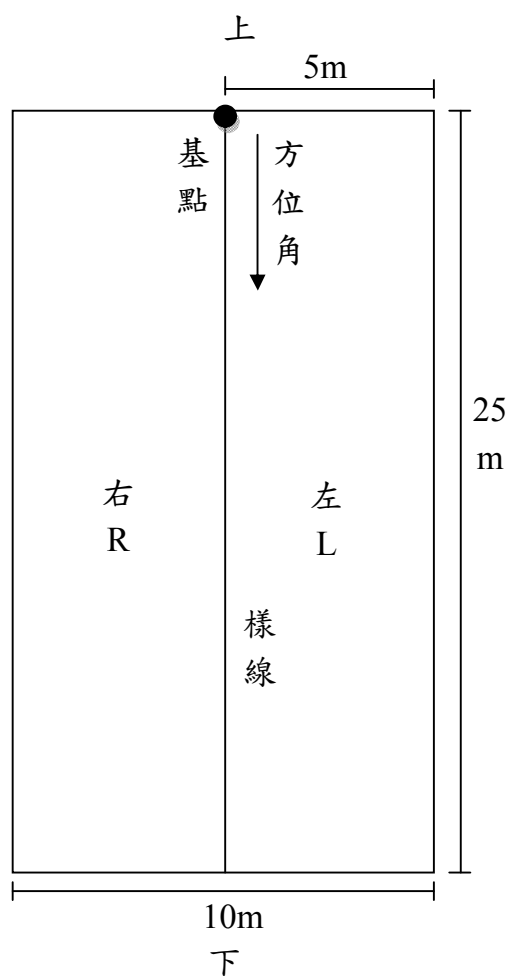


圖 8 植物永久樣區設置示意圖
(修改自余啓瑞等，2008)

(二) 森林資源調查與監測

1. 森林資源調查

森林資源調查係為獲得森林資源 (Forest resource) 的質量、數量及林木生長、森林發展、林地之生態值等資訊的一個過程。Husch and Mill(1983)認為完整的林木資源調查應該包括有面積推算、地形描述 (topography)、所有權 (ownership)、易到達度 (accessibility)、交通設施 (transportation)、林木質與量 (Timber quality and quantity) 以及生長和枯死 (growth and mortality) 等結構。

資源調查後，將提供主要林型和樹種的分布位置、面積、林分組成與

結構外，更有助於蓄積量之估算與地位級之劃分，其以林分表顯示各樹種林木株數，胸徑級 (DBH classes)、樹高級，分別預測材積生長量以推算將來單位面積之蓄積量。因森林資源調查涵蓋面甚廣，故常藉由航空照片判釋土地利用型，配合相對的地面實設樣區調查結果，以此估算各林分的材積蓄積量及相關資源。

森林資源調查結果應作為森林資源經營及決策之重要依據，過去大部分的森林資源調查都為林木材積推估 (timber estimate)。對森林多目標經營、多項資源或生態系經營管理的整合性資訊則較少提及。往後宜顧及整合資源調查 (Integrated inventory)、多項資源調查 (Multi-resource inventory) 或森林監測系統 (Forest monitoring system) 的建立，進行及改善取樣調查及資料處理、資訊提供的設計與實務，讓森林資源調查更符合生態、經濟與社會等多面向的需求 (馮豐隆，2005)。

2. 森林資源監測

監測系統 (Monitor system) 是指經過某一時間週期，經由觀察與測量，而發現變化情形及預測發展趨勢的系統 (IUFRO, 1992)。由於林業的經營屬於長期性的工作，在時間推移的過程中，林分變化以及變化後的狀況，甚至未來變化情形之預測，都是林業經營者期望掌握的資訊。而資訊取得與變化的控制都必須依賴於固定資料來源。此外，經營者在推展策略及擬定長期經營計畫時，都必須掌握森林資源的正確資訊。於是迫於正確資訊需求下，建立森林資源監測系統將有助於在資訊的掌握上更為確實與穩定 (馮豐隆，2005)。

監測系統的建立，主要的工作重點在於永久樣區 (permanent plot) 的設立。所謂永久樣區係指一個取樣單位在設置及記錄之後，可提供於相同位置，但是不同時間的狀態下對於發生的變化進行重覆的測量 (IUFRO, 1992)。基於此，為取得相關資料來源的前提下，應考量到如何設立一個深具代表性的永久樣區，並應考慮到諸多之因素，如：設立的步驟、永久樣區的維護、所取資料之格式化等，如此方能達到資源共享的目的 (馮豐隆，2005)。

在資訊發達的工業社會中，林業研究從業人員應該能夠適時適地的提出森林資源資訊，能隨時掌握森林資源動態上的變化，森林資源監測系統的建立，將能有效地幫助林業人員達到上述的目的。現今監測對象及目標，可分為環境品質、土地覆蓋、森林、生物量等四種，亦有以森林林木林分生長量、森林健康（防治病蟲害、盜伐、濫墾）為對象者，整體而言包含了單株（生物）層級—生物量、DBH、樹高等，林分（族群）層級—樣區、物種組成、林分結構等及地景層級—包含土地利用型、植生、生育地等三個層級(馮豐隆，2005)。

3. 地景變遷、林分演替及單株生長

地景變遷 (Landscape change) 研究是地景生態學重要方向之一，其為地景動態特徵，可說是地景之結構與功能隨著時間發生改變，陳正華於 2001 年整理出 Marcucci(2000)對地景變遷相關研究之時間尺度，依地景變遷影響因素可區分為 5 個方向，分別為地貌過程、氣候變遷、嵌塊體變遷及形態、干擾及人文發展過程，本研究則針對地震、颱風的暴風雨等干擾因子進行九九峰自然保留區森林演替與地景變遷之討論。

森林演替為植物由入侵、發育、族群增加、新種入侵、競爭、取代達極盛相為止，此一連串的演變過程，即為所謂之演替現象（劉崇瑞、蘇鴻傑，1989）。植物社會組成及構造為動態性質，而非一成不變，以植群而言，其變化趨勢常係由生活型較低矮者，變化為生活型較高的大型植物，植物社會則由簡單轉換為複雜。

種類不同之自然與人文因子共同作用在地表時，最終會以地景的整體特性呈現，因此確實掌握地景變化有其重要性。航遙測影像優勢為可即時及大面積取得地表現況資料，故利用遙測影像進行整體性動態監測極為普遍。台灣的土地覆蓋主要由森林、旱作、稻田及都市等生態系統構成，其中以森林生態系統為最主要的類型。因此，針對森林生態系統的探討應須加以重視。地面樣區調查應與衛星光譜資訊演算而得的植被指數結合，其指數可用來估計如綠覆蓋面積及輻射量等與植被相關的變數。

單株林木生長部分，本研究應用九九峰自然保留區各時期地面調查資

料，分析重要樹種（如香楠、江某、荔枝及千年桐等）之胸高直徑、樹高生長及其胸高直徑與樹高間之關係。由樹種分布位置及種類，做各樹種間相互競爭及生長勢比較，進而藉此資訊做取樣方式及內容適宜之驗證與探討。

4. 資料建檔、貯存

將航遙測技術所繪製之圖及資料屬性，透過時間與空間座標存入 GIS 中；已有之空間資料或實地調查之點資料，則應用 GPS 或其他空間座標位置與時間因素，結合於 GIS 中(Worboy, 1995)，分別儲存於不同時間及空間尺度，以此取得研究樣區多時期與多尺度屬性、主題圖資籍等資訊。

5. 空間分析

空間分析必須藉助於 GIS 與空間資料，進而建立推估地景層級，既由調查林木位置和樣區之單株林木，了解林分組成、結構、及林分生長，即是利用網格資料和空間推估方法進行點推面，以及各種森林生態系經營資訊之推估與分析（馮豐隆，2004）。

六、 研究架構及目標

本研究主要蒐集彙整農林航空測量所航空照片正射投影、中央大學購置 SPOT 衛星光譜資訊及藉由特有生物中心及南投林管處所提供 921 地震前、後之地面監測資料及過去研究成果回顧，來探討九九峰植物多空間、多時期及多層級之關係，即由地景/森林生態系層級、林分層級及單株層級，分別探討其調查攝影當時的現況，以及 1999 年 921 地震迄今 2008 年，各層級性態值的變遷。說明及架構如圖 8。

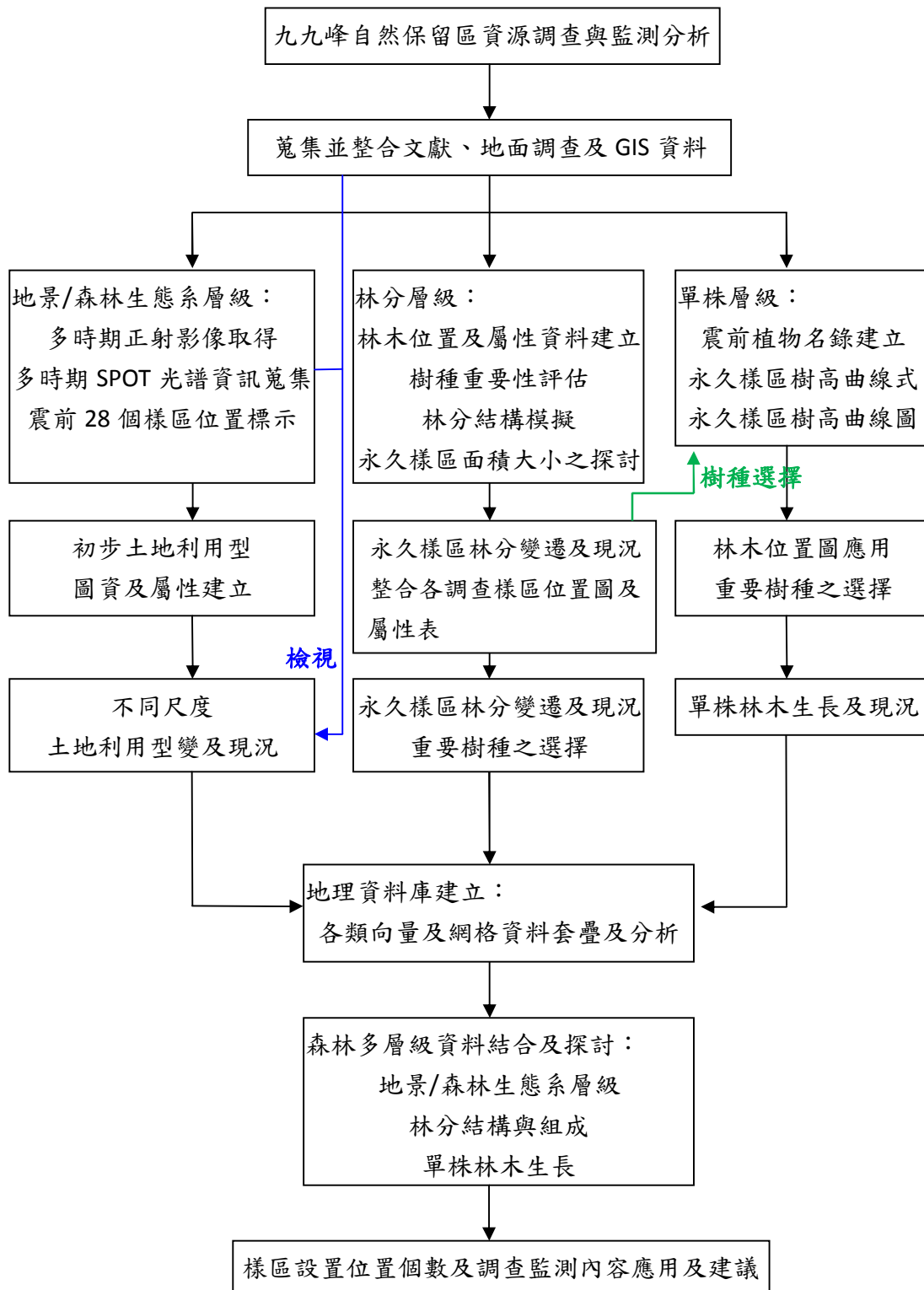


圖 9 九九峰自然保留區資源調查與監測分析研究架構圖

921 地震前後至今的地面永久樣區相關資訊之取得，其資源調查及監測資料部分主要來自特有生物中心及南投林管處兩單位，以時間劃分，即 2000 年至 2003 為特有生物中心人員進行九九峰地區調查，2003 年後至今則由南投林管處持續做野生動植物及樣區資訊取得。研究透過 GPS 或其他空間座標位置等技術，將地面調查資料、斜照片、航遙測資訊及環境因子等將空間資訊做結合。

就林分與地景分析，航遙測影像資訊可取得大面積及不同時期的土地利用及土地覆蓋現況，將不同時期的衛星影像做植生指數計算後，如常態化差異植生指數(Normalized difference vegetation index, NDVI)，即可了解樣區內裸地、水體及裸地之變化，透過地面調查資料，如「定點植被覆蓋照相監測」、「植物永久樣區監測」，以及蒐集與推估的環境因子資訊，可進一步解釋森林生態系受干擾、變遷及其機制。

以單株林木討論依據林務局資料顯示，九九峰自然保留區在 921 地震前土地利用類型共分為 26 類，大部分區域為天然植被，於陡峭山壁則是以台灣蘆竹為主的草生地，在坡度較為平緩、稜線或坡腳的森林組成以低海拔榕楠林帶、楠櫛林帶植群及先驅植物為主，而本研究則以植生永久樣區資料探討香楠、江某、荔枝及千年桐等重要樹種現況及生長。

綜合上圖所見，本研究計畫分別為：整合前人研究之文獻，以瞭解九九峰自然保留區受自然干擾—921 地震及颱風後，植物及棲地變化。並以航遙測技術取得九九峰之各類圖層及屬性資料了解現況，且整合各種連續監測地點與調查樣區的位置及其屬性資料，建立九九峰環境因子之地理資料庫，進而分析連續監測資料，以探討單株、林分與森林（地景與生態系）等森林多層級之現況與變遷，以檢討樣區設置位置、個數及調查監測內容。

七、 結果與討論

本研究為全盤了解自然干擾對植生演替之影響，以永久樣區及定點監測等地面調查資料為基礎，配合多時期 SPOT 多譜衛星影像資訊、2008 年數位航空正射影像與 2000 年之像片基本圖等資訊進行研究分析。

(一) 彙集九九峰各類圖籍及屬性資料

1. 蒐集與建立之圖層及屬性資料座標確認

生態系經營工作的重點在於利用航遙測及衛星定位系統、雷射測量儀、經緯儀等測量儀器收集資料，經取樣、選擇具有代表性的長期生態研究區或永久樣區，進行長期調查與監測。地理資訊系統 (GIS) 透過時間與表示空間的座標系統，結合航遙測 (RS)、衛星定位系統 (Global positional system, GPS) 及地面永久樣區 (Permanent sample plot, PSP) 等長期生態調查研究之圖籍及屬性資料，建立具空間性質之地理資料庫；完成林木、林分、生態系、地景等多層級森林生態系經營資料庫管理系統，進而透過實證及過程數學模式進行各層級之現況、功能與變遷的建模與分析，以假設情境等模擬模式系統 (Simulation modeling system, SMS) 進行森林生態系的狀況與產出的事先模擬 (馮豐隆，2004)。

本研究以3種不同層級，討論自然及人為干擾對九九峰自然保留區單株林木生長、林分演替及森林生態系變遷之影響，故從不同單位蒐集各類型之圖層及屬性資料，進而利用GIS建立此地區之地理資料庫，本研究稱「九九峰自然保留區地理資料庫管理系統」。

早期 GIS 使用網格式或向量式系統的處理模式，但沒有一種系統能適合於所有用途，許多系統主要設計只能接受其中一種資料格式，當分析者著重的地景特色具空間變異時，以網格式呈現較佳，相反的，若主要資訊特徵在空間分布或應用在區域特徵，如林分等，則以向量呈現較恰當。因兩者各有其優勢及劣勢 (如表 3)，非常難以取捨，然隨著科技發展，現今地理資訊系統可以快速且有效率的將網格式、向量式或其他資料結構彼此轉換或作資料和結合，以供使用者進行分析 (楊榮啓、林文亮，2003)。

為探討 921 地震後九九峰自然保留區至今之變化，即時間尺度約為 10 年。實際蒐集並套疊圖層後，發現不同年代或不同單位，座標系統並無統一，常有舊式 TWD67 及新式 TWD97 座標系統混用之情形，但應用航遙測技術於土地利用辨識時，首重精確定位，不正確定位，將造成土地利用判斷的不正確。為解決此問題，本研究利用 Arc Tool Box 中的 Spatial Analyst

Tool 進行 TWD67 座標轉換為 TWD97 座標，即所蒐集的圖層及屬性資料皆完全為 TWD97。

綜合上述，研究蒐集或建立向量模式與網格模式資料，並進行各圖資及屬性座標確認，其中包含九九峰自然保留區之水系圖、埔里事業區林班圖、小班圖、保安林圖、道路圖、埔里事業區造林圖、第 3 次森林資源調查圖、承租地圖、多時期 SPOT 光譜資訊、多時期航空正射影像、像片基本圖、定點植被覆蓋照相監測及植物永久樣區監測位置圖、921 地震前 28 植群調查樣區分布位置圖、2006 年及 2008 年正射影像鑲嵌圖等，其名稱、格式、時間、來源等均整理後並詳列於附表 1。

表 3 網格式與向量式資料模式之比較

	網格模式	向量模式
優點	<ol style="list-style-type: none"> 1. 網格模式資料結構較簡單。 2. 疊圖工作容易而有效率實行。 3. 適合作數位影像及增揚等處理工作。 4. 高度空間變異能有效表示。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 向量格式提供較緊密資料結構，故較網格資料需要較少儲存空間。 2. 向量模式較適合支援似乎繪地圖之製圖。 3. 能較有效執行鄰接與相連性的操作。
缺點	<ol style="list-style-type: none"> 1. 網格資料結構比較分散。 2. 難以呈現特徵鄰接與相連性間位置關係。 3. 繪製的圖較為粗糙，因境界線有方格狀的外觀。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 向量資料架構比網格式複雜。 2. 無法有效表達高度空間變異性。 3. 疊圖作業較難執行。 4. 數位影像操作與處理，如增揚不能有效進行。

(修改自：Avery and Burkhart, 2002)

(二) 九九峰自然保留區地理資料庫建立

1. 特有生物研究保育中心 2004 及 2009 年論文集彙整

九九峰自然保留區於 2000 年劃設後，行政院農業委員會請特有生物研究保育中心進行各類資料彙整，並於 2004 年將成果展示於九九峰地震崩坍區棲地及生物多樣性變化之監測成果論文集，2009 年 9 月 21 日更進一步邀請專家學者對 921 地震 10 週年各類資源現況進行分析，集成 921 地震對生態影響與回復研討會論文集。本研究將此 2 本論文集的資料類型、調查準則、地點及時間等整理，並列於附表 2，提日後研究人員做更有效之既有資料查詢或利用。

2. 地景層級

(1) 九九峰自然保留區像片基本圖鑲嵌

傳統上，欲將傾斜攝影的航空照片經由糾正程序而獲得同一攝影站的垂直攝影像片，需利用糾正儀來進行；而欲獲得正射投影的航空照片則必須使用正射投影儀或正射像片儀，其中像片的外方位參數之取得可透過解析空中三角測量、立體製圖儀或者空間後方交會的方法取得。隨著數位時代來臨，數位影像配合具備微分糾正及正射化技術的軟體，將數位化航照處理成為正射影像。航空照片可作為衛星影像進行分類時，提供訓練樣區圈選及用於影像分類後進行精度評估時之依據。

雖然現今已有部分像片基本圖，使用如 QuickBird 高解析力正射之衛星影像做底圖而製作，但其範圍通常有所限制，且只能購買紙版之限制下，如何讓不同像片基本圖精準以座標位置在 GIS 系統鑲嵌成為重要課題。

本研究採用九九峰自然保留區及該區周圍像片基本圖共 12 張，皆為 2000 年 5 月中華民國航空測量及遙感探學會所製，其航空照片底圖於 1999 年 12 月 10 日所拍攝，雖然年代較久，但基本圖已進行精密之幾何校正，且具空間解析力較高之優點，對土地利用型判識頗有幫助，故研究將此納入地真資料來源之一。

幾何校正係指物體影像位置與其真實地理位置偏移所做之校正，即逐

步將其影像座標按一定精度需求轉換到不同之地理座標系統中，進行影像與地圖座標轉換時，需先選定兩者中者容易識別的同地物做為控制點。因九九峰自然保留區像片基本圖鑲嵌的方法，需利用大型掃描機將紙圖轉為電子檔，掃描時會有人為掃圖誤差，造成基本圖影像彎斜及扭曲等情況，此類失真現象會造成分析錯誤，故需重新進行幾何校正。

本研究試驗數種方法，確定利用基本圖中 X 及 Y 座標交叉點修正，再進行橡皮伸張法後之幾何校正將能獲得最高精確度。除此，如果控制點數過少，經橡皮伸張法會常造成過度修正或修正不完全。呈現之失真狀況即如圖 10 所示，故如遇類似情況時，研究會將控制點數會設為 23 至 28 點以上，以將 12 張基本圖幾何誤差控制於 30 公分以下，隨後再進行影像鑲嵌，以得埔里業區 8~20 林班（含九九峰自然保留區）之鑲嵌影像圖（請參閱圖 11）

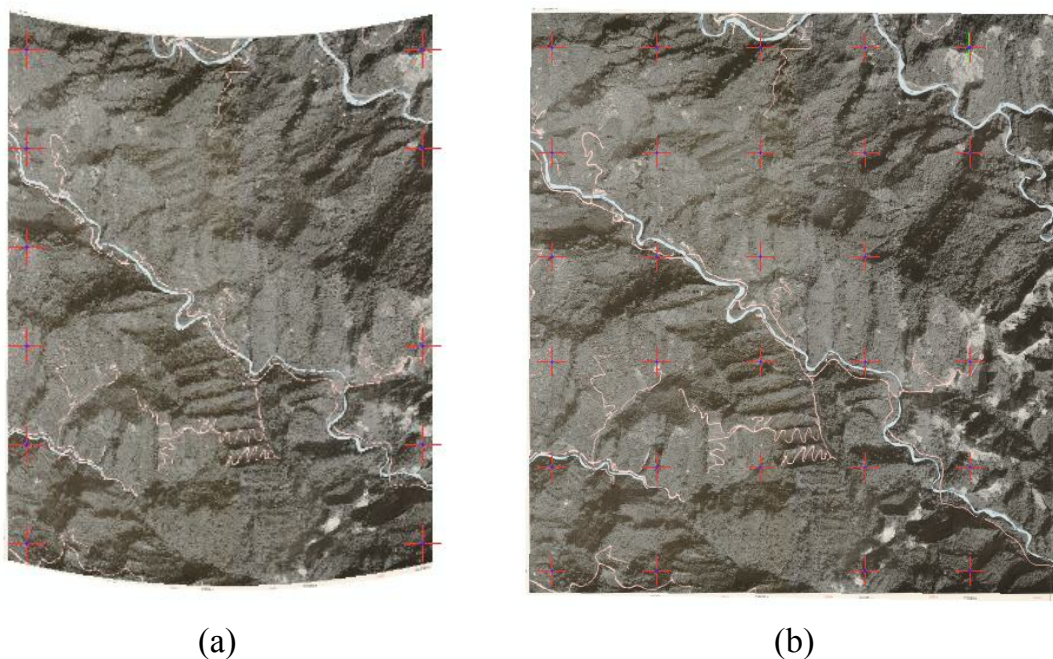


圖 10 幾何校正不完全及幾何校正完全圖例—以北坑巷為例

(圖 10 (a)為幾何校正不完全之偏斜，(b)則為幾何校正完全。控制點為紅色十字)

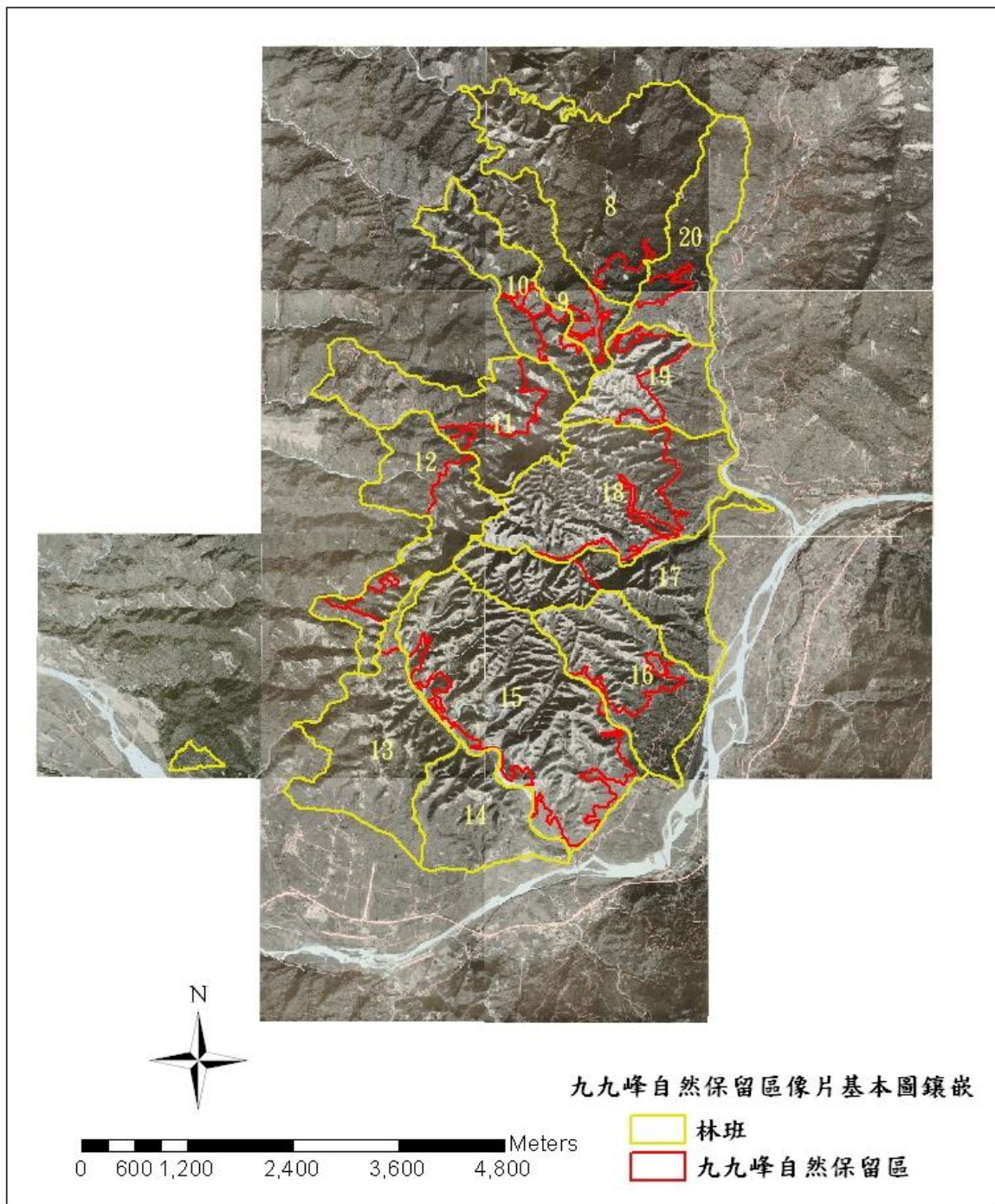


圖 11 九九峰自然保留區像片基本圖鑲嵌
 (黃框為埔里事業區 8~20 林班界，紅框則為九九峰自然保留區)

(2) 多時期 SPOT 多譜影像資訊選取

本研究為完全探討干擾因子—地震及颱風，對九九峰自然保留區森林生態系及地景變遷、植生演替之影響(如圖 6 所示)，故採用多時期衛星影像，惟 921 大地震發生至今雖屆滿 10 年，如此長期監測之資源衛星仍屬有限，因此研究採用法國 SPOT 衛星多譜影像資訊。其 SPOT 系列衛星基本資料請參閱表 4。

表 4 SPOT 系列衛星資料空間解析度與感測器光譜模式

衛星代號	發射日期	感測器	光譜模式及波長範圍(μm)	空間解析力(m)
SPOT-1~3	1986/2/21	HRV	全色態 PAN	10
			多光譜態 XS Green(0.5~0.59)	20
			Red(0.61~0.68)	20
			NIR(0.79~ 0.89)	20
SPOT-4	1998/3/23	HRVIRs	單色態 M	10
			多光譜態 XI Green(0.5~ 0.59)	20
			Red(0.61~ 0.68)	20
			NIR(0.79~ 0.89)	20
			SWIR(1.58-1.75)	20
SPOT-5	2002/5/3	HRGs	全色態 HM	5
			多光譜態 HI Green(0.5~ 0.59)	10
			Red(0.61~ 0.68)	10
			NIR(0.79~ 0.89)	10
			SWIR(1.58-1.75)	10

(修改至 Thomas et.al., 2007)

然因實際天候狀況(含雲量過高)及大氣效應常造成影像之不適，又研究為求了解長時期植生演替及其細部受颱風干擾之整體分析，另外，水體為動植物生長與演替關鍵因子之一，故研究於影像選取時，如無強烈颱風干擾之年度，盡可能篩選 5 月~10 月間之光譜資料，遇桃芝、敏督利、海

棠及鳳凰等颱風時，則選取颱風前後兩期之光譜資料，做細部探討，其干擾因子與其影響時間軸如圖 12 所示。使用之 SPOT1~5 影像日期及編號如附表 3。

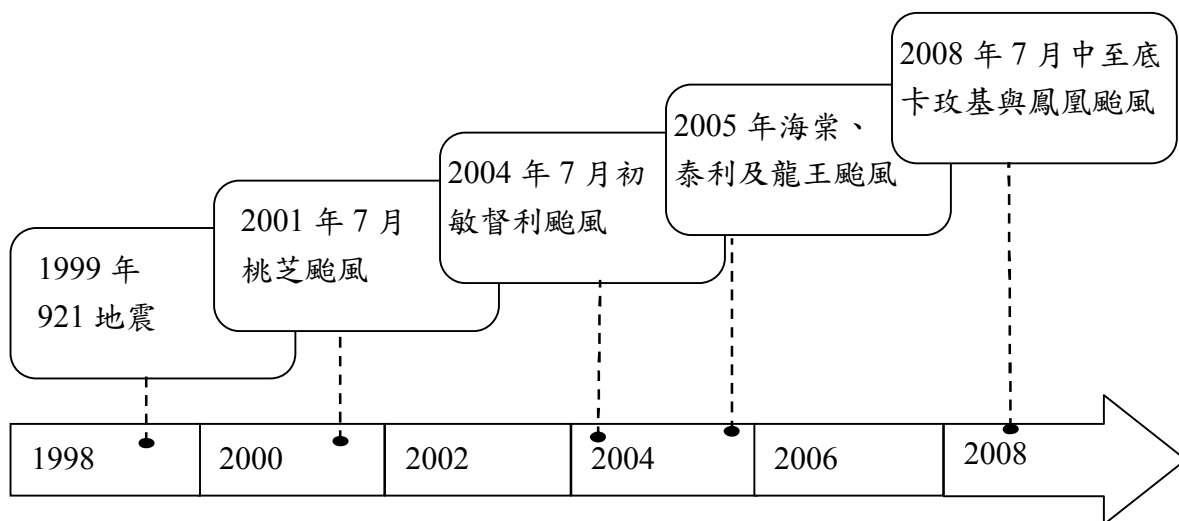


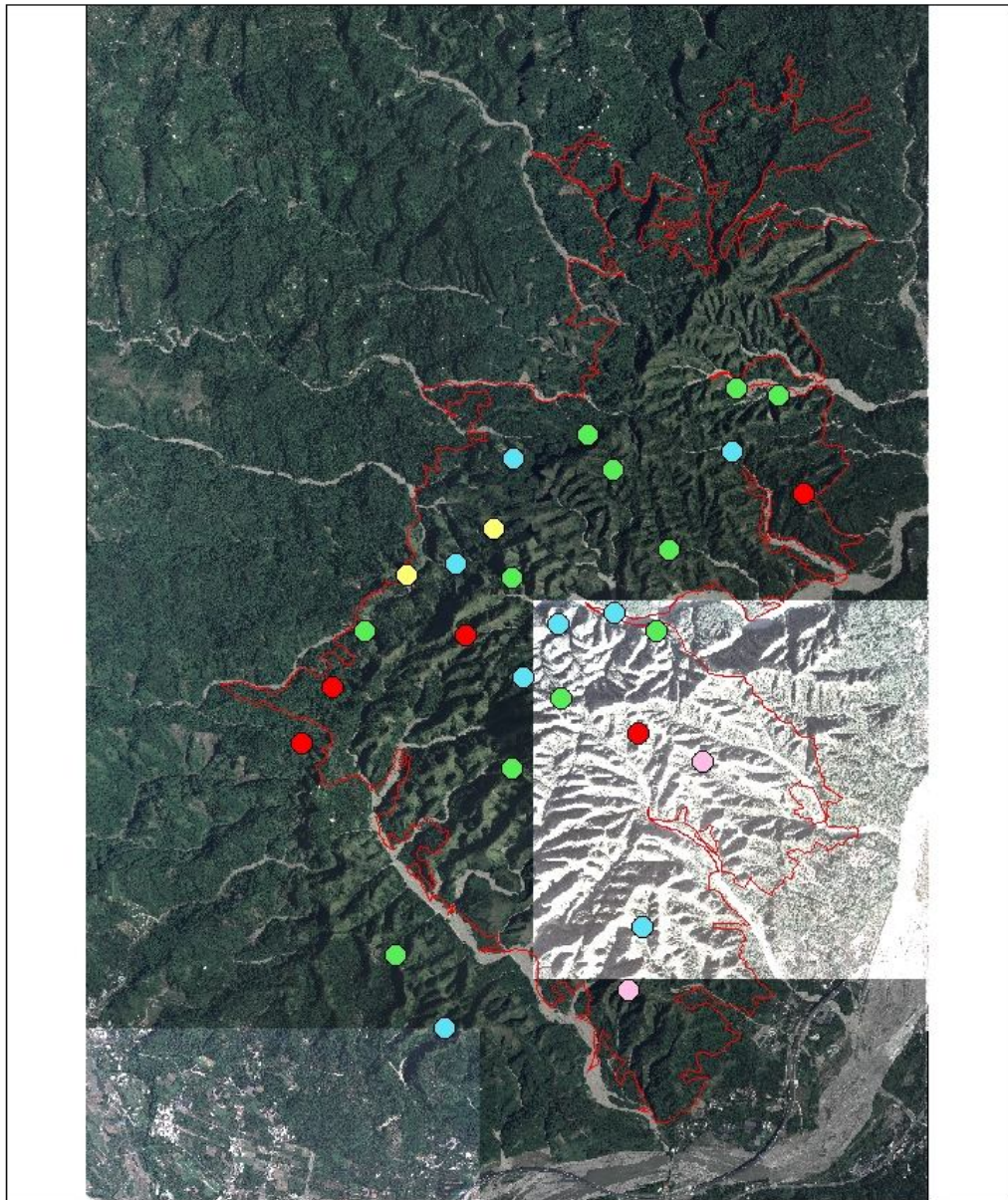
圖 12 自然干擾因子—地震與颱風與其時間軸圖示

精準座標定位對森林生態系監測實屬重要，所以本研究與中央大學採購之影像皆為等級 3 (Level 10) 經系統輻射糾正及幾何糾正之 TWD97 光譜資料，以確保資料套疊時完全符合。因 SPOT1~4 全色態空間解析力為 10m，多譜態則為 20m，SPOT5 全色態與多譜態空間解析力則分別為 5m 及 10m，故研究分析時，利用 SPOT1~4 融合光譜資料，SPOT5 則不做融合處理，即全程使用空間解析力為 10m 之 SPOT 多譜衛星影像資訊，探討地震發生後，10 年來九九峰自然保留區受各干擾因子之影響。其中，2004 年選取颱風影像之前後期影像，2006 年無雲影像更只有一張，實因技術上之困難，而迫使選取 2 月 3 月份光譜資料。因衛星影像可獲取大面積資訊，因邊際效應會影響植生生長，故切圖及分析時，以埔里事業區 8~20 林班為主，其中捨棄 13 林班中無相連接之部分區域，因此區並無鄰近九九峰自然保留區及受邊境效應之影響，可能有失代表性。申請之多時期 SPOT 多譜 3/2/1 組合假色態影像如附圖 1。

3. 林分層級

(1) 921 地震前 28 個樣區位置標定

九九峰自然保留區受 921 地震影響甚巨，而現今該區植物調查以南投雙冬火災山地區植群生態與植物區之研究（廖秋成，1992）最具代表性，其作者於此設立 28 個樣區，但早期 GPS 系統並不如現今如此發達，常只簡單標示其所在處。而本研究先從文中樣區分布圖，將 28 樣區之相互距離及角度讀出，以 2000 年所拍攝的像片基本圖中找出較明顯地標點，配合 GIS 系統 COGO 功能標示出，並建立其屬性資料（如圖 13），標示時，以 2006 年及 2008 年之正射影像為底，將文獻當中的 4 種植群類別（台灣二葉松_台灣紅豆_大頭茶型、台灣櫟型、圓果青剛櫟_小西氏石櫟型及白柏_小西式石櫟型）以不同顏色表示，研究也將未分類的過渡林型加以表示。雖精度並無法相當準確，但如日後有九九峰自然保留區之正射影像或數位化相片基本圖，仍可做 921 地震前九九峰自然保留區天然植生分布狀況分析，另外，此圖也可供植物永久樣區設置選擇用，以了解地震及颱風干擾後之演替趨勢。



震前28個植群調查樣區位置

林型

- 台灣二葉松_台灣紅豆_大頭茶型
- 台灣櫟型
- 圓果青剛櫟_小西氏石櫟型
- 白_小西氏石櫟型
- 過渡林型
- 九九峰自然保留區



0 345 690 1,380 2,070 2,760 Meters

圖 13 921 地震前 28 植群調查樣區分布位置圖
 (以 2006 年及 2008 年鑲嵌正射影像為底，
 GIS 系統無法顯示白“柏”的柏，以_代替)

(2) 植物永久樣區林木位置及定點植被監測位置及屬性資料建立

因自然界的植物生長、變遷會受時間及環境因子之影響，故研究先以植物永久樣區的基點及定點植被監測之 GPS 點做地面調查的標定，即以絕對座標繪製其所在處（圖 14）。再將林務局南投林管處台中工作站所執行的「九九峰自然保留區動植物資源調查監測」各年度成果報告進行整理，並利用數學模式將永久樣區內林木相對位置轉換為絕對座標，於地理資訊系統中繪製，即可建構永久樣區林木位置圖及林木屬性資料，以做日後九九峰自然保留區單株林木生長、優勢木種類等分析資訊。

計算時，參考成果報告中植物永久樣區監測設置示意圖（圖 8），以有實收 GPS 之基點為準，配合方位角(θ)、X 及 Y 離基點的距離與角度計算，如公式 1 所示，其中 X' 與 Y' 即為計算後之絕對位置座標，林木位置圖及林木資料，則如圖 15(a)及(b)所示。九九峰自然保留區 4 個植物永久樣區每木位置圖，則如附圖 2 所示。

$$\begin{aligned} X' &= X \cos \theta - Y \sin \theta \\ Y' &= X \sin \theta + Y \cos \theta \end{aligned} \quad \text{式 1}$$

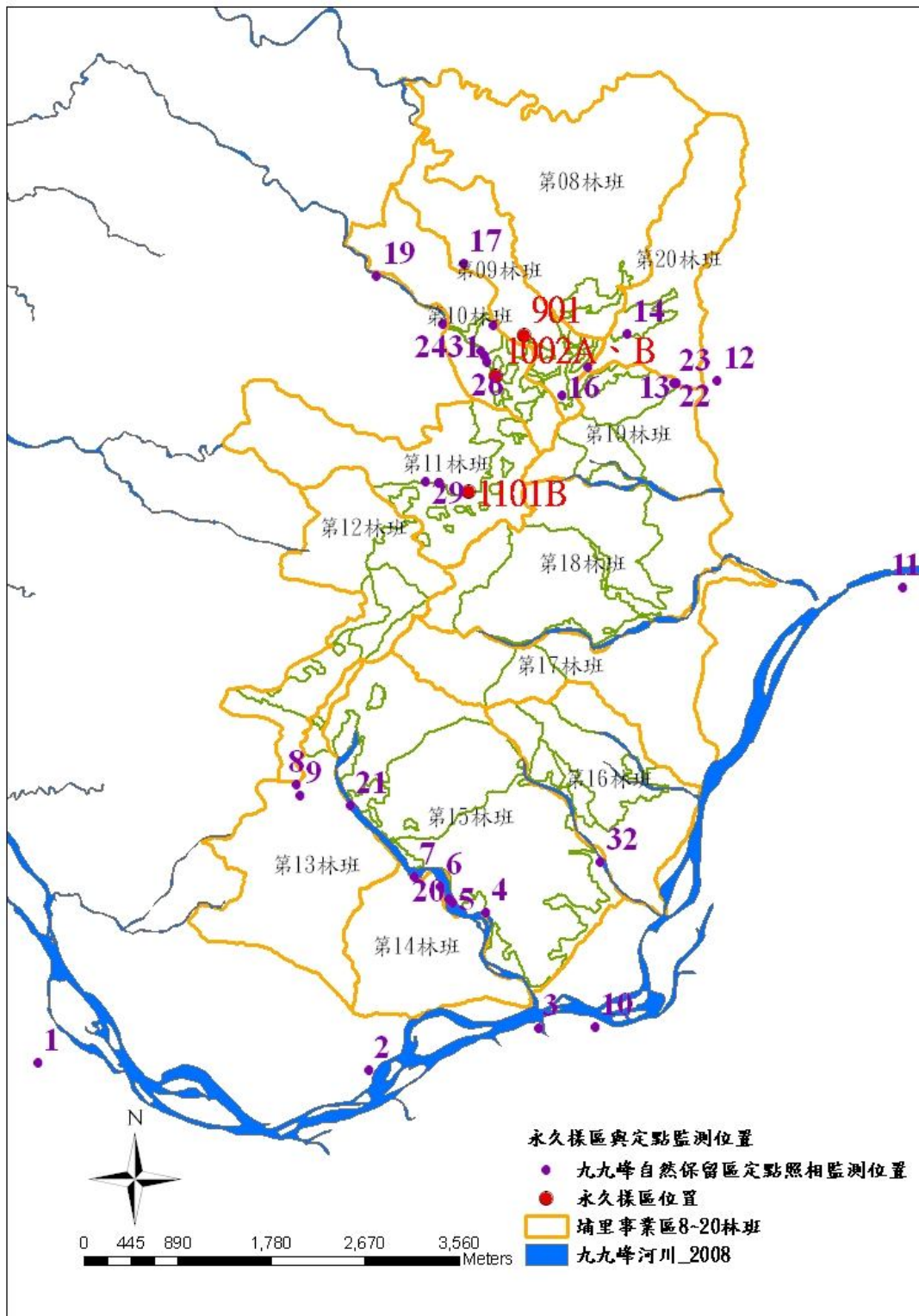


圖 14 植物永久樣區及定點植被監測設置示意圖

(三) 分析連續監測資料

1. 地景/森林生態系層級

(1) 2008 年正射影像監督式分類(Supervised Classification)

應用監督式分類法之最大前提為需有詳細的地面真值 (ground truth) 資訊，如航空相片、像片基本圖、正射影像或經地面實際調查等，根據地面真值，提供分析者選取影像中均質區域作為訓練樣區 (training areas)，透過訓練樣區所得到的各組類光譜特徵作為判釋基準，進行影像其餘未知空間資訊的光譜型式辨別 (spectral pattern recognition)。過程中，系統逐一比對各像元光譜向量與已知組類的光譜特徵間之分離度距離，選取距離最接近者，將此像元歸屬於該組類中。

依分類準則及程序之不同，目前監督式分類法一般可分為最短距離法 (Minimum distance classifier, MDC)、平行六面體法(Parallelepiped classifier) 及最大概似法 (Maximum likelihood classifier, MLC) 等三種。其中最大概似法雖然需要大量的計算步驟，以決定每一個像元之分類，這種複雜性使得分類過程相較於最短距離法或平行六面體法等簡單分類技術，在處理上需花費更多時間，然而卻也因此提供了簡單分類所無法比擬的高精度分類結果，故本研究選擇最大概似法作影像分類。

本研究與農林航空測量所申請多時期正射影像，期利用射影像較高空間解析力之優點做初步的分類探討，並以此做多時期 SPOT 衛星影像分析依據。因九九峰自然保留區地形起伏變異甚大，且土地利用型繪製需大量人力及時間，又只單純考量水體、裸地、低度植生覆蓋區與高度植生覆蓋區，故分析時選擇 2008 年 8 月 26 日所拍攝之最近期影像，但該年度圖號 9521-2-093 影像含雲層，因此替換為 2006 年 11 月 26 日的影像(如圖 16(a) 所示)。因為 2006 年與 2008 年光譜資訊相異性極大，故兩時期分別計算，再進行鑲嵌，且切割重疊區域時以 2008 年為底，即取 2006 年圖號 9521-2-093 最小範圍，拼湊至 2008 年影像，期得到九九峰自然保留最真實現況，最大概似法的監督式分類結果如圖 16 (b)，分類結果如表 5 所示，選擇訓練樣區時，雖可明顯發現非植生區有兩種較不同情況，但仍屬於裸地，故研究只

將結果簡單在圖中展示，計算時則共同計算總量。

表 5 2006 年及 2008 年鑲嵌正射影像監督式分類結果

	非植生區 (ha)	低度植生覆蓋區 (ha)	高度植生覆蓋區 (ha)
2006 年	23.27	112.43	218.72
2008 年	144.12	101.82	599.19
九九峰自然保留區	167.39(13.95%)	214.25(17.86%)	817.90(68.19%)

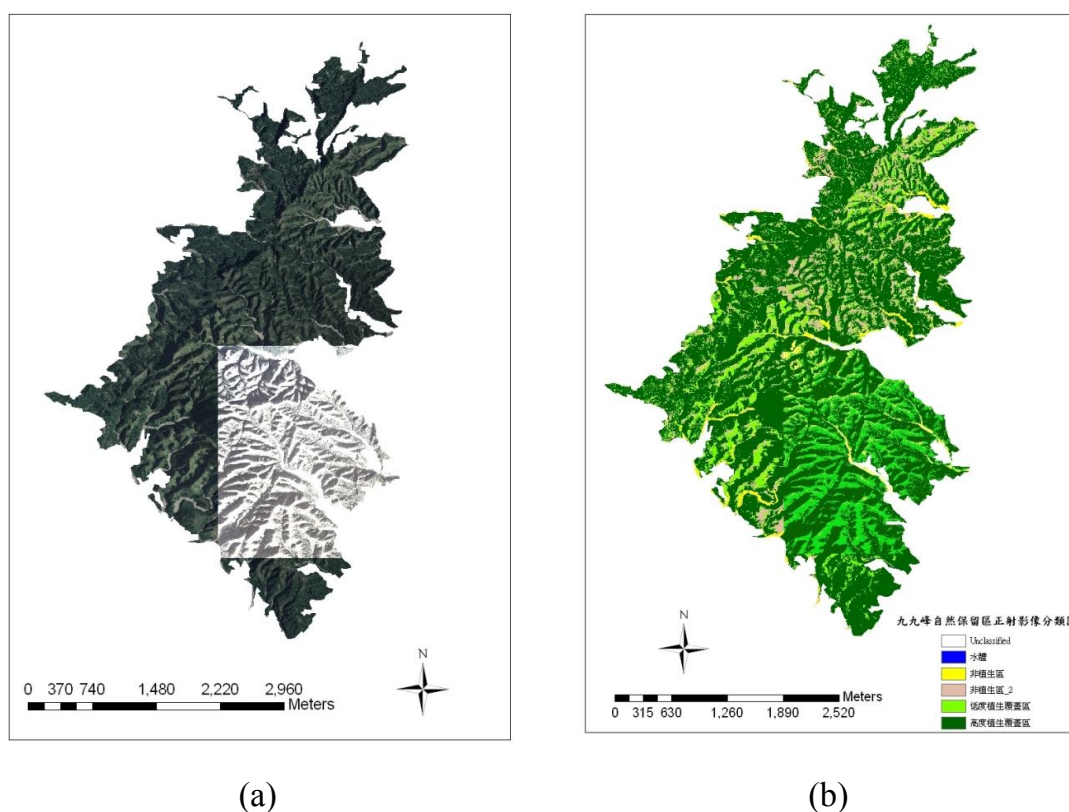


圖 16 (a) 2006 年及 2008 年正射影像鑲嵌圖 (圖中較亮之圖即為 2006 年拍攝)、(b)2006 年及 2008 年鑲嵌正射影像監督式分類圖

(2) SPOT 多時期影像植生現況分析

整合學者文獻，不難理解九九峰自然保留區受自然干擾—地震及颱風，在 5 年期間 (1999~2004 年) 植生、崩塌地等地景變遷之情況。本研究期望配合文化資產保存法繼續倡導保護九九峰自然保留區的地震崩塌斷崖特殊地景，故結合前述各學者研究方法並予於改良，利用 2008 年高空間解析力

的正射影像做地真資料，以 SPOT 多光譜衛星影像資訊計算該區植生指數 (Normalized difference vegetation index, NDVI) 及分析監督式分類結果，以此探討九九峰地區的地景變遷。

雖然正射影像為只有藍、綠及紅之 3 可見光段光譜資訊，但其 0.25m (2008 年影像) 或 0.38m (2006 年影像) 的超高空解析力，是許多衛星影像望塵莫及的優勢，故研究設計套疊 2000 年像片基本圖與 2008 年正射影像，以數位化九九峰自然保留區 2008 年各種土地利用型，進而做為 SPOT 多光譜影像分析之地真資料，以量化該區的水體、裸地、低度及高度植生覆蓋區域。其研究流程如上 (請參閱圖 17)。

NDVI 定義為近紅外光段與紅光段之差與兩波段之和比值 (如式 2)，NDVI 值具有減低「區域間」及「季節間」因光能所造成波譜反射差異，而供相對量比較，是遙測衛星影像研究植被及植物物候中最廣泛應用的指標之一 (Rondeaux et al., 1996)，正常值介於 -1.0 至 1.0 間，小於 0 時通屬於非植生的物體，如水域、道路及建築物的背景像元，而指標值越大代表綠色生物量增加，本研究為接續前人推估結果 (林文賜等, 2004; 黃凱易, 2004; 陳添水, 2005b; 林昭遠, 2009) 及減少外在環境影響，故採用此植生指標，圖 18 (a) 及 (b) 分別為 2008 年 8 月 26 日 SPOT 3/2/1 波段組合影像及 NDVI 分析圖。

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \quad \text{式 2}$$

以小區域實際執行 (範圍即為圖號 9521-2-082 面積，正射影像為圖 18 (a)，SPOT3/2/1 組合影像則為圖 18 (c))，評估其分類準確度及效益，發現利用空間解析力 10m 的 SPOT 光譜資訊分析九九峰地區，於崩塌地及河道兩土地利用型會產生高度漏授及誤授的情況 (如圖 18(d) 上半部桃紅色區域)，造成的土地利用型面積量化高度差異，主要原因為河道如果缺乏大面積水體，經最大概似法的監督式分類會將此區域歸類為裸地，但受限於現實環境及 SPOT 光譜及空間解析力等限制，且 NDVI 值雖可減低「區域間」及「季節間」等波譜反射差異，但水域、道路及建物等天然或人工之非植生土地利用型卻難以再細分出，本研究注重於九九峰自然保留區植生恢復

情況，故改量化植生（低度覆蓋及高度覆蓋）與非植生的面積。

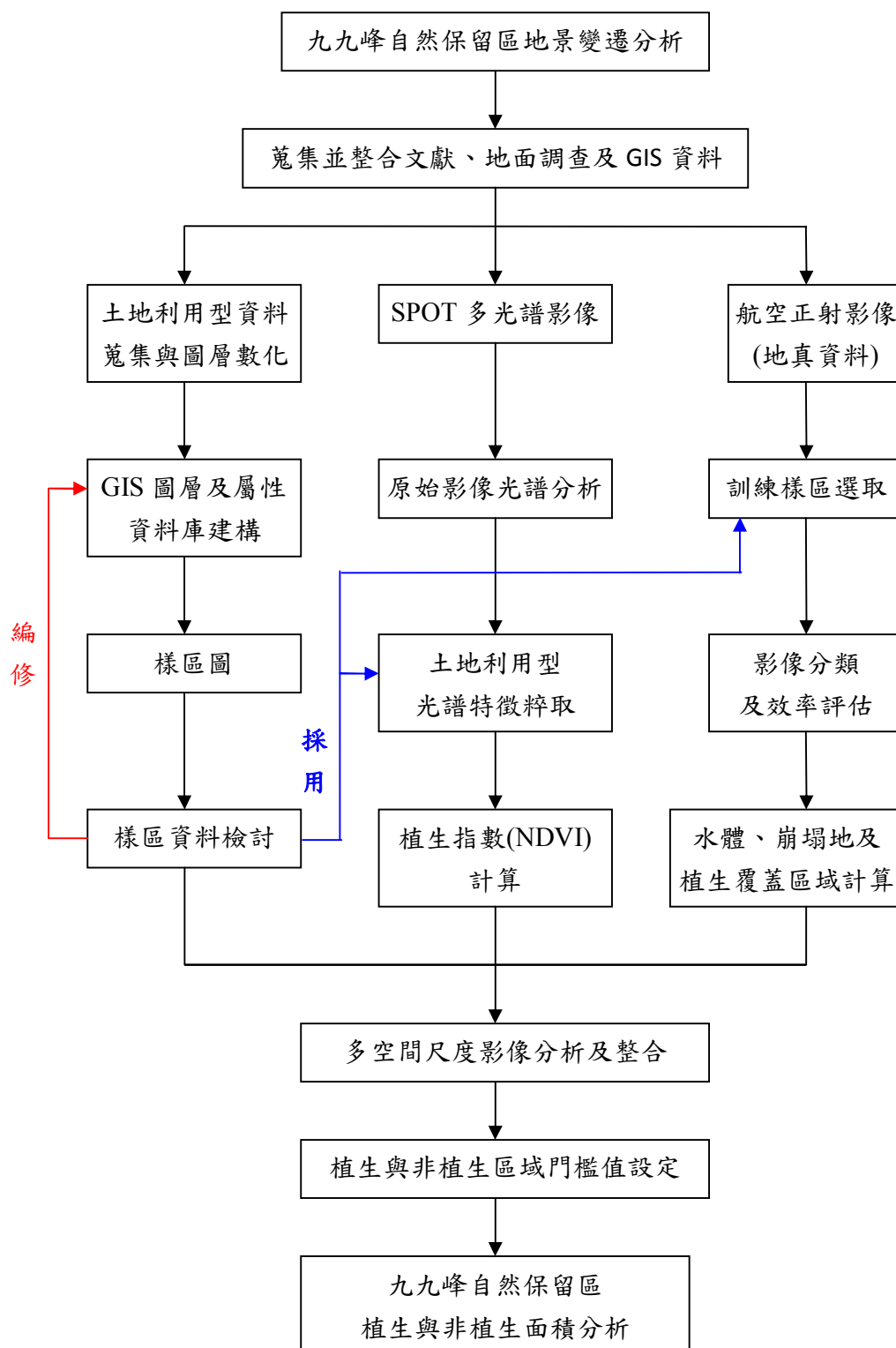


圖 17 九九峰自然保留區地景變遷分析

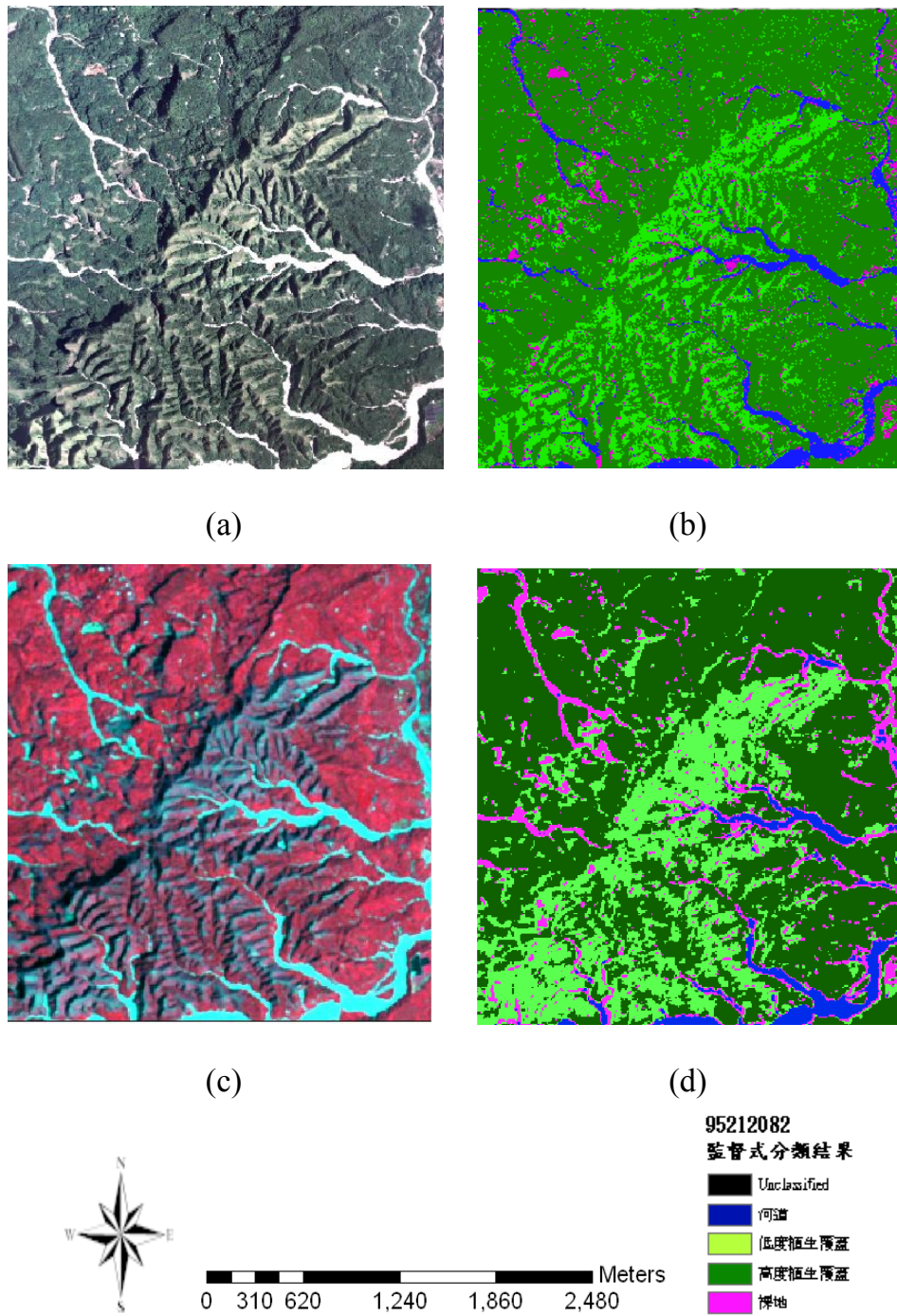


圖 18 (a)2008 年 8 月 26 日 SPOT 3/2/1 波段組合影像(b)SPOT 影像監督式分類圖

本研究利用植生指數 (NDVI) 討論並量化，首先，計算及探討 1999 年 9 月 27 日 921 地震後 7 天的 SPOT 多光譜資訊，可初步了解地震對埔里事業區 8~20 林班及九九峰自然保區之影響，研究中參考陳添水 (2005b)

將 NDVI 值 0.3 以下視為非植生土地利用型、0.3~0.5 為低度植生覆蓋區域，0.5 以上則為高度植生覆蓋區域，結果顯示 921 地震後，埔里事業區 8~20 林班 3046.53ha（由 GIS 系統計算）中，其面積約有 1073.93ha（35.25%）為非植生區域，植生區域則占 1972.60ha（64.75%），此結果與陳添水（2005b）推估的 1075.75ha（35.27%）與 1974.12ha（64.73%）相距不遠。

但若將此方法移植至 2008 年 8 月 26 日 SPOT 影像（切圖與 95-212-082 正射影像相同範圍），計算結果 0.3 下非植生區域約為 408.05ha，此與用監督式分類量化的正射影像結果相差甚大（非植生區域約為 86.59ha，河道為 45.74ha，裸地則為 40.85ha。低度植生覆蓋區域 147.30ha，高度植生區域占 657.95ha，新門檻值分析結果如下圖 19 展示）。

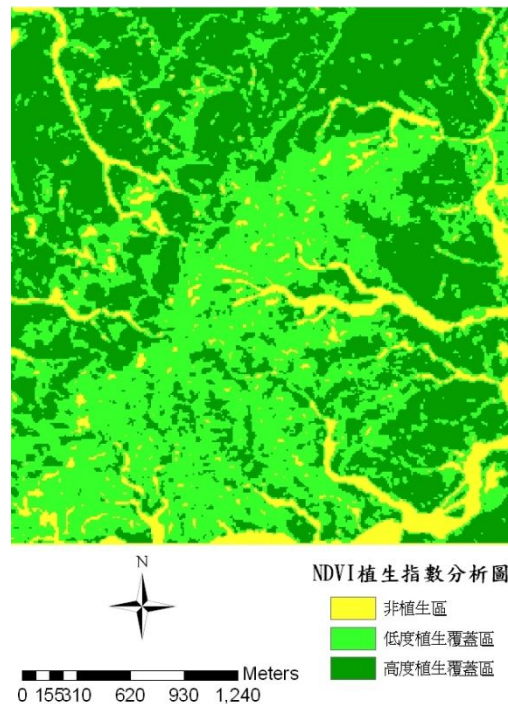


圖 19 2008 年 SPOT 光譜資訊新門檻設定之植生覆蓋分布分析圖

經利用研究所建構的地理資料庫及正射影像分析後，發現造成此錯誤主要因為地震後至 2008 年，近 9 年時間，大部分崩塌地或小部分河道區域，已有植生覆蓋，但因混淆光譜資訊造成 NDVI 的鑑定門檻值也需改變，經測試後，發現將鑑定非植生區域的 NDVI 值改為 0.225，而低度與高度植生覆蓋區域修正為 0.225 至 0.4 及 0.4 間以上，所分類之結果（非植生區域

為 88.27ha，低度植生 168.98ha 及高度植生 641.75ha) 會比原先設定的 0.3、0.3~0.5 及 0.5 以上 NDVI 值更符合現實狀況。

綜合上述最大概式法監督式分類、新 NDVI 門檻值設定、評估效益及減低誤差等成果，將此航遙測技術轉換、分析及量化埔里事業區 8~20 林班與九九峰自然保留區的土地利用型及地景現況。埔里事業區 8~20 林班及九九峰自然保留區量化資訊與面積，其植生指數分析及土地利用型量化結果以表 6 明列，而圖 20 則為兩區域綜合分析結果圖示。

表 6 2008 年 8 月 26 日 SPOT 多光譜影像 NDVI 植生指數分析及土地利用型量化結果

	非植生區 (ha 及%)	低度植生覆蓋區 (ha 及%)	高度植生覆蓋區 (ha 及%)
埔里事業區 8~20 林班	251.34(7.91)	566.83(18.59)	2241.2(73.48)
九九峰 自然保留區	111.22(9.08)	370.73(30.27)	742.68(60.64)

但比較以正射影像計算出之九九峰自然保留區土地利用量化結果，可發現兩者間有些許不同。可能原因有下，(1)1999 年 921 地震發生至 2008 年，歷經 9 年，大部分崩塌地或小部分河道地區，已有植生覆蓋，且此區地形複雜，易導致分類誤差。(2)九九峰的特殊地形產生的陰影效應，增加航遙測分析技術的難度。(3)因自然界植物為逢機侵入，經競爭、演替而造成地景變遷，受限 SPOT 的 10m 空間解析力(即 1 像元為 10m² 所有物體的混淆光譜資訊)，皆影響九九峰自然保留區各土地利用型量化之難度，提出並建議分析時注意與參考。

(3) 九九峰自然保留區崩塌及植生面積變遷分析

雖然以 SPOT 多光譜衛星影像及正射影像所推估九九峰自然保留區土地利用型面積會有所不同，但並非每年皆有正射影像可使用，故依據空間解析力較差的 SPOT 影像，進行該區每年崩塌地及植生面積變遷推估，為可參考方法之一。

本研究因時間及技術等原因，單純分析地震後(1999 年 9 月 27 日)、2003 年 7 月 7 日及 2008 年 8 月 26 日，3 個時期的非植生及植生面積總量，以了解九九峰自然保留區土地利用型之變化，並以此做日後研究的前期處

理。因為不同時期影像，故研究使用 NDVI 此具有減低「區域間」及「季節間」因光能所造成波譜反射差異，所得結果如表 7 所示。其中 1999 年及 2003 年分類基準以陳添水（2005b）方法計算，而 2008 年則考量本研究的新門檻值，計算時因受限於九九峰地區特殊地形，常有陰影效應造成以光譜資料無法分類，此為造成百分比數值相加並未到達 100% 的原因。

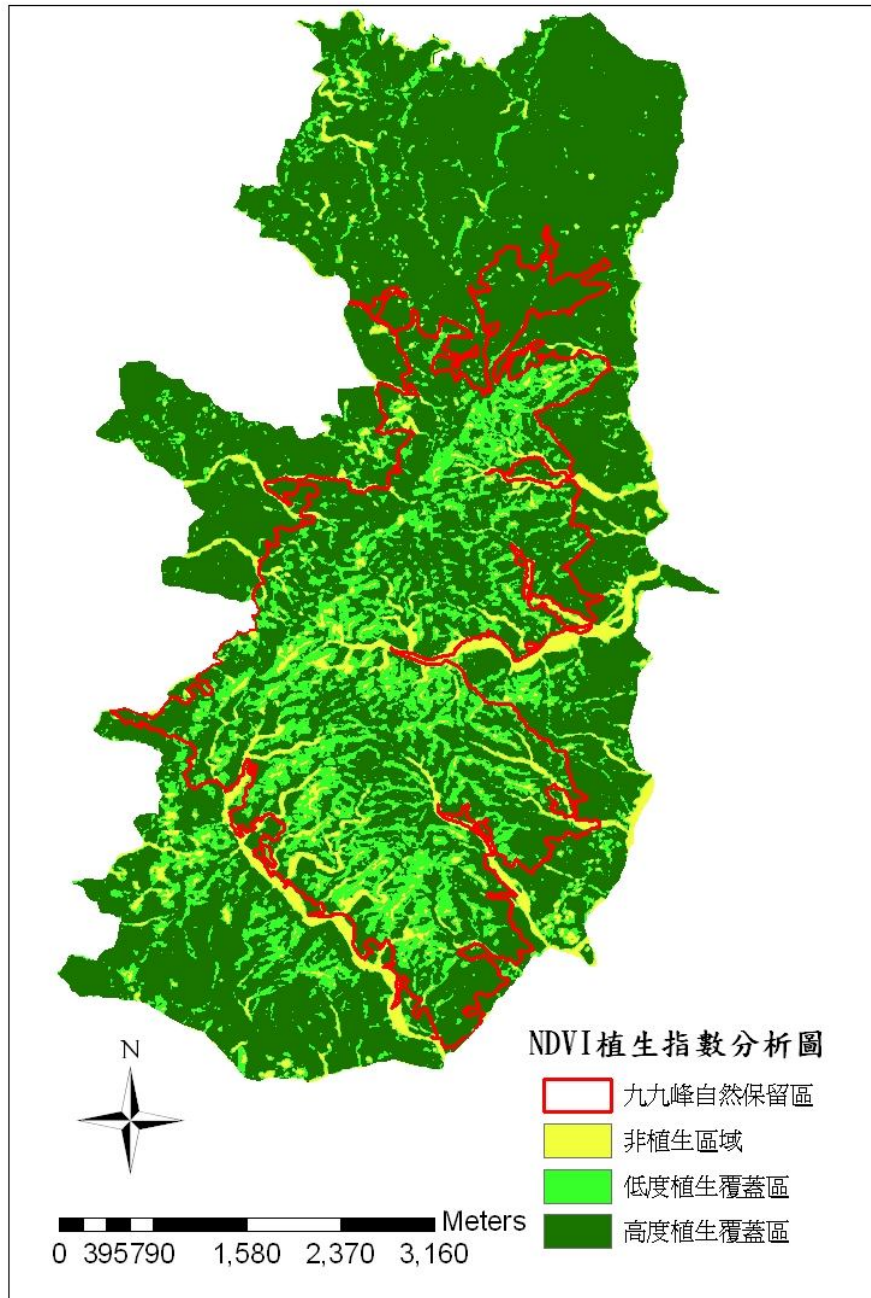


圖 20 九九峰自然保留區 2008 年植生覆蓋分布分析圖

表 7 多時期 SPOT 多光譜影像 NDVI 植生指數分析及土地利用型
量化結果

	非植生區 (ha 及%)	低度植生覆蓋區 (ha 及%)	高度植生覆蓋區 (ha 及%)
1999 年 埔里事業區	1073.93 (35.25)	927.20 (30.43)	1045.39 (31.34)
1999 年九九峰	754.38 (62.44)	319.19 (26.24)	134.67 (11.15)
2003 年 埔里事業區	331.83 (10.89)	735.46 (24.14)	1975.60 (64.85)
2003 年九九峰	190.75 (15.91)	455.41 (37.99)	552.73 (46.10)
2008 年 埔里事業區	251.34 (7.91)	566.83 (18.59)	2241.20 (73.48)
2008 年九九峰	111.22 (9.08)	370.73 (30.27)	742.68 (60.64)

埔里事業區即埔里事業區 8~20 林班，九九峰則為九九峰自然保留區

2. 林分層級

(1) 林分結構之模擬

林木或林分 (stand) 生長為森林生態系經營所需基本資訊之一，故有詳細探討之必要。林分可定義為，許多樹木聚生在固定面積之林地上，且足能森林中其他鄰接地區相區別，可分為天然林及人工林兩類。天然林幾乎為異齡林，因異齡林是不同年齡，亦即不同大小林木組成，且包含 2 種或 2 種以上之樹種，故直徑及樹高不均，變化幅度較大。而林木之競爭作用為林分內部之「密度」問題，故林木隨時間變化之枯死量，即成為影響林分生長因子，故在探討林分層級時，應考慮林分內樹種組成變化。

林木生長影響因子，可歸納為林齡、地位、密度及撫育措施等四大類 (Davis and Johnson, 1987; Avery and Burkhart, 1994)，若單純就天然林探討，因其生長過程並無人為影響，故可去除林木撫育因子，亦即只需考慮林齡、地位、林分密度等問題。

天然林長期不受人為干擾，且經過長時間演替，才能達到最適生態平衡 (動態平衡)，此結果若以生長觀點考量，可視為族群對生長空間作有效利用造成 (高毓斌, 1989)。描述林分整體生長方法很多，故可從不同觀點來予以區分，一般而言，以 DBH 分布狀況描述林分特性，為一種有效且簡

便的方法，以也加速森林測計有效進行，是一個重要林木性態值介量，而此一介量係用來表示林分結構狀態，因此常以「林分結構」稱之。

狹義而言，林分結構係指林分於不同年間由生長、枯死和伐採等因素綜合作用下直徑級的變化 (Husch et al., 1982)，因此林分結構是探討在時間改變下，林分性態值（如林木 DBH 分布狀況）和樹種組成變化。廣義上，林分結構則為樹種組成及林分性態值（如 DBH 大小、斷面積分布、材積分布等）的分布狀態（林子玉、馮豐隆，1992）。故林分之胸高直徑與株數的關係，若能有效的加以模擬，則在描述林分結構時更具意義。

林分結構表示法與模擬研究很多，如指數函數、log-normal 函數、beta 函數、gamma 函數及 Weibull 機率密度函數等，但其中部分函數模式幾乎不使用於現今林分結構模擬，主要原因，乃模式模擬效果不佳、參數解釋力不夠或累積分布函數不易求得所致。而 Weibull 機率密度函數於 1973 年運用在直徑分布的模擬後 (Bailey and Dell, 1973)，此函數累積分布函數易於求得、各參數皆有幾何意義、各區間直徑階機率易於求算、可解釋林分生長變化、彈性之曲線形態，故現今研究中廣泛利用（馮豐隆，1990）。

現今許多研究以一次調查資料探討林分結構現況，其結果雖可解釋林分與生育環境間關係，但欲求林分結構變化，必須由永久樣區之連續性調查資料分析才可達成。而 S515（林務局—林分株樹及材積分布系統），可推測林地內，各個不同直徑及林木株數及材積分布的林業測計系統。雖此系統針對單純林組成探討設計，故計算過程，只需用到一種樹高曲線是與材積式，若為混淆樹種之林分，則此系統只適用於推測其林木胸高及分布情形，計算出材積只能參考。

九九峰自然保留區無林木伐採之可能，故材積計算對此區域並無太大意義，因此，本研究利用 S515 探討 4 個植物永久樣區內林分結構組成及其變化。計算時，應備妥下列 4 項資料，(1)林分總面積：即是欲了解各直徑及林木株樹與材積分布的林地面積，以 ha 表示。(2)樣木胸徑資料：即林地固定面積樣區調查所獲得的所有樣木胸徑資料，最少不得少於 10 株。(3) 林木平均密度：即林內每公頃存活林木株數，此項資料可由調查樣區資料求

之。(4)曾否疏伐之值：因此區之 4 個植生永久樣區並無疏伐，故將此 a 值設為零。

研究先以 S515 系統計算 4 個植生永久樣區林分結構之變化，為清楚表示樣區之動態平衡，研究僅列出設置時間最久的 1101B 樣區的連年變化（2002 年至 2009 年），如圖 21 所示，其中直方條為直徑分布實際頻度，曲線則為理論頻度。圖 22(a)~(d)則為 0901、1102A、1002B 及 1101B 之 4 個植生永久樣區設置年與最近期變化。結果顯示，4 個天然林的永久樣區直徑級並無明顯變化。雖然林分結構相類似，但其物種組成可能有所變化，因此研究分析 1101B 永久樣區內樹種組成連年變化，如表 8 所示，並以此資料選擇設置年（2002 年）百分比占全林 4.5%以上之重要樹種變化製成圖（圖 23），即可推估，天然林 1101B 永久樣區內，銳葉山柑可能會成為該區優勢樹種，台灣山香圓可能如九節木（2009 年完全消失）隨時間及競爭而消失。

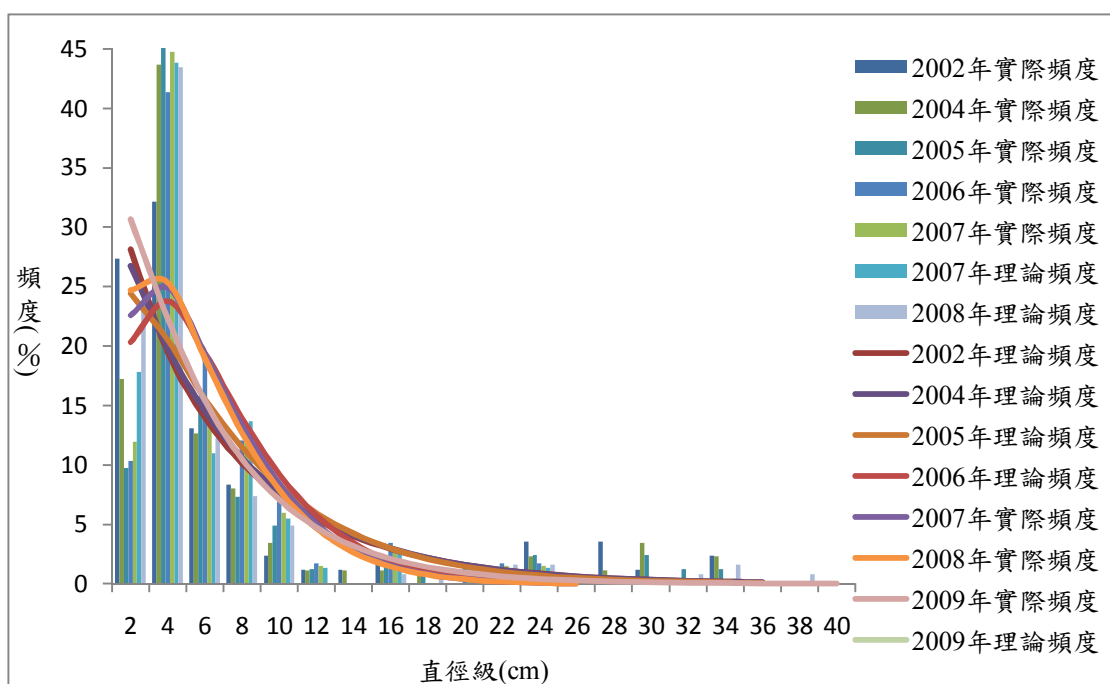


圖 21 1101B 植物永久樣區直徑級變化圖

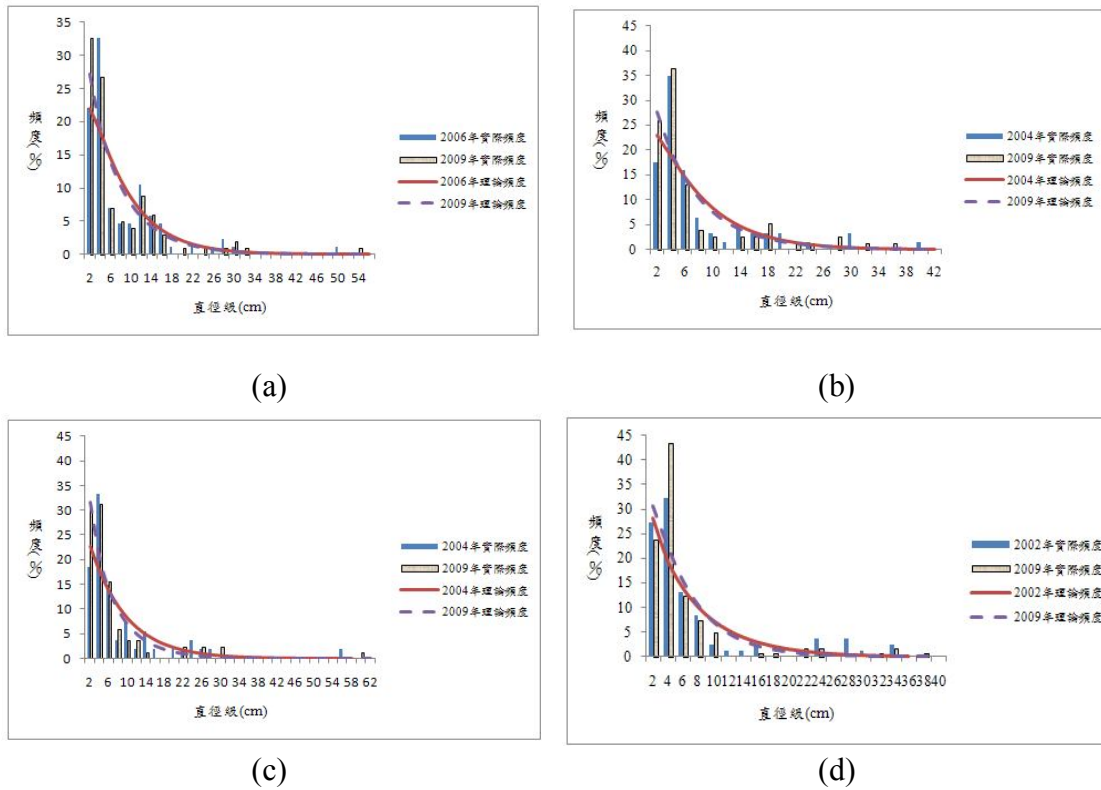


圖 22 0901、1102A、1002B 及 1101B 之 4 個植生永久樣區
設置年與最近期之林分結構變化

表 8 1101B 永久樣區連年樹種組成

樹種	2002 年		2004 年		2005 年		2006 年		2007 年		2008 年		2009 年	
	株	(%)	株	(%)	株	(%)	株	(%)	株	(%)	株	(%)	株	(%)
黑星紫金牛	12	14.29	13	15.12	13	16.05	11	13.41	14	14.74	18	16.82	18	14.75
樹杞	7	8.33	6	6.98	7	8.64	7	8.54	8	8.42	11	10.28	12	9.84
銳葉山柑	7	8.33	8	9.30	8	9.88	11	13.41	15	15.79	17	15.89	22	18.03
台灣梭羅木	7	8.33	7	8.14	7	8.64	7	8.54	7	7.37	7	6.54	8	6.56
台灣山香圓	6	7.14	5	5.81	5	6.17	5	6.10	5	5.26	5	4.67	5	4.10
香楠	5	5.95	5	5.81	4	4.94	4	4.88	4	4.21	4	3.74	5	4.10
江某	5	5.95	5	5.81	4	4.94	4	4.88	4	4.21	5	4.67	6	4.92
九節木	4	4.76	4	4.65	2	2.47	2	2.44	2	2.11	1	0.93	0	0.00
小梗木薑子	3	3.57	3	3.49	3	3.70	3	3.66	3	3.16	3	2.80	2	1.64
九芎	3	3.57	3	3.49	3	3.70	3	3.66	3	3.16	3	2.80	3	2.46
高士佛饅頭果	2	2.38	2	2.33	2	2.47	2	2.44	2	2.11	2	1.87	2	1.64

續表 8 1101B 永久樣區連年樹種組成

披針葉饅頭果	2	2.38	3	3.49	3	3.70	3	3.66	3	3.16	3	2.80	2	1.64
刺杜密	2	2.38	2	2.33	2	2.47	1	1.22	2	2.11	1	0.93	2	1.64
秀柱花	2	2.38	2	2.33	2	2.47	3	3.66	4	4.21	5	4.67	5	4.10
朴樹	2	2.38	3	3.49	2	2.47	3	3.66	3	3.16	3	2.80	3	2.46
月橘	2	2.38	2	2.33	2	2.47	2	2.44	2	2.11	2	1.87	5	4.10
山橘	2	2.38	3	3.49	3	3.70	3	3.66	6	6.32	8	7.48	12	9.84
華八仙花	1	1.19	1	1.16	1	1.23	1	1.22	1	1.05	2	1.87	2	1.64
軟毛柿	1	1.19	1	1.16	1	1.23	1	1.22	1	1.05	1	0.93	1	0.82
長梗紫苧麻	1	1.19	1	1.16	1	1.23	1	1.22	1	1.05	1	0.93	0	0.00
杜英	1	1.19	1	1.16	1	1.23	1	1.22	1	1.05	1	0.93	0	0.00
白匏子	1	1.19	1	1.16	1	1.23	1	1.22	1	1.05	1	0.93	2	1.64
台灣朴樹	1	1.19	1	1.16	1	1.23	1	1.22	1	1.05	1	0.93	1	0.82
台灣山桂花	1	1.19	1	1.16	1	1.23	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
山黃麻	1	1.19	1	1.16	1	1.23	1	1.22	1	1.05	1	0.93	0	0.00
小葉桑	1	1.19	1	1.16	1	1.23	1	1.22	1	1.05	0	0.00	1	0.82
大葉楠	1	1.19	1	1.16	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.82
土肉桂	1	1.19	1	1.16	1	1.23	1	1.22	1	1.05	1	0.93	1	0.82
脈葉釣樟	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.93	1	0.82
總計		84		86		81		82		95		107		122

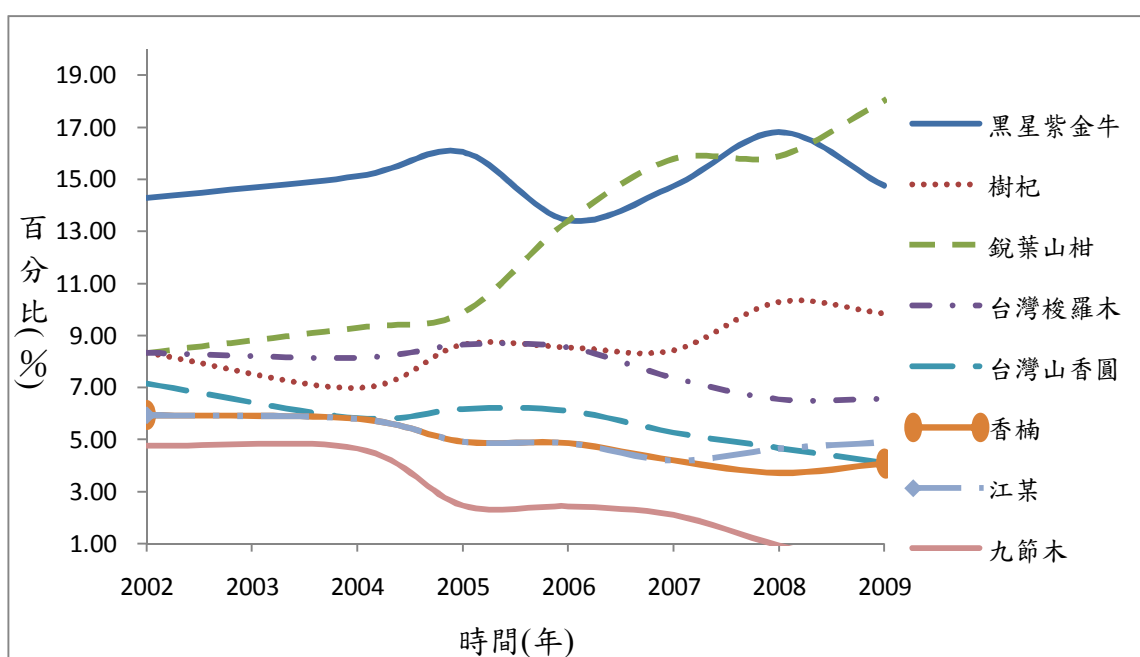


圖 23 1101B 永久樣區樹種百分比連年變化

(2) 植物永久樣區相似性分析

雖樣區數目較少，分群並無太大意義，本研究仍利用 Sorensen(Bray-Curtis)，做 4 個植物永久樣區相似性分析，計算後，所得結果列於表 9 所示，其相異性距離，由 1 去減，即得相似性係數。

表 9 植物永久樣區相似性表

	P0901	P1101B	P1002A	P1002B
P0901	0.00	0.25	0.28	0.65
P1101B	0.25	0.00	0.11	0.62
P1002A	0.28	0.11	0.00	0.50
P1002B	0.65	0.62	0.50	0.00

由表 9 結果顯示，樣區 1101B 跟 1002A 最為相似，次為兩者連結後與 0901 次相似，而 1002B 與其他 3 個樣區之相似性最低，故研究，利用相鄰之 1002A 及 1002B 做九九峰自然保留區永久樣區面積大小探討非常適合，因兩樣區林相並不相似。

(3) 九九峰自然保留區永久樣區面積大小之探討

當經營長決定採用樣區型態後，需考慮樣區面積大小，樣區面積大小通常視林分之構成狀態單純與否而決定，如立木大小、林分密度、林相均勻程度及林齡老幼訂定。

林分材積或其他林分母數可由任何大小、形狀的取樣單位做無偏推估，但是總共調查的精確度及成本，則有相當差異，一個均勻森林(homogeneous forest)取樣密度相同時，較小取樣單位比較大取樣單位有效率。但若是異質森林(heterogeneous forest)則較大取樣單位會得較少變異，也為較理想的取樣(馮豐隆,2001)。即森林變異程度為影響樣區設置大小重要因素之一，當林分結構或樹種組成較為均質時，樣區面積可採足以代表該林分大小即可。反之，若林分結構樹種組成呈現繁雜林相時，樣區面積宜擴大，以包含所有特性。生態調查上亦有所謂的「最小面積法」，即由增加樣區面積時，雖可發現新的植物種類，但有許多植物與原來樣區相同，只是重覆出現而已，由此導出種數與面積曲線方程式(species-area curve)。此計算所得的曲

線有 4 項功能，(1)數式可顯示種數與面積之關係。(2)此曲線可決定適當樣區大小及數目。(3)由此關係可推測大面積植物社會的植物種數及(4)決定某一植物社會之最小面積。

因埔里事業區第 10 林班內的 1002A 與 1002B 為兩幾乎相連之植物永久樣區，故研究選擇此兩永久樣區做樣區設置面積之評估。為方便繪製樣區及植物種數選取，研究首先將樣區迴歸正北，即不考慮期設置方位角。再將 1002A、B 內之每木位置圖於 GIS 系統上套疊，並以基點（GPS 測定點）為基礎，利用角度與距離繪製 3m × 10m、6m × 20m、9m × 30m、12 × 40 m 及 12m × 50m（前 4 個為「虛擬」小樣區，最後則為兩永久樣區合併的真實樣區大小），如圖 24 所示，進而計算不同空間尺度樣區內的植物種數，結果列於表 10。

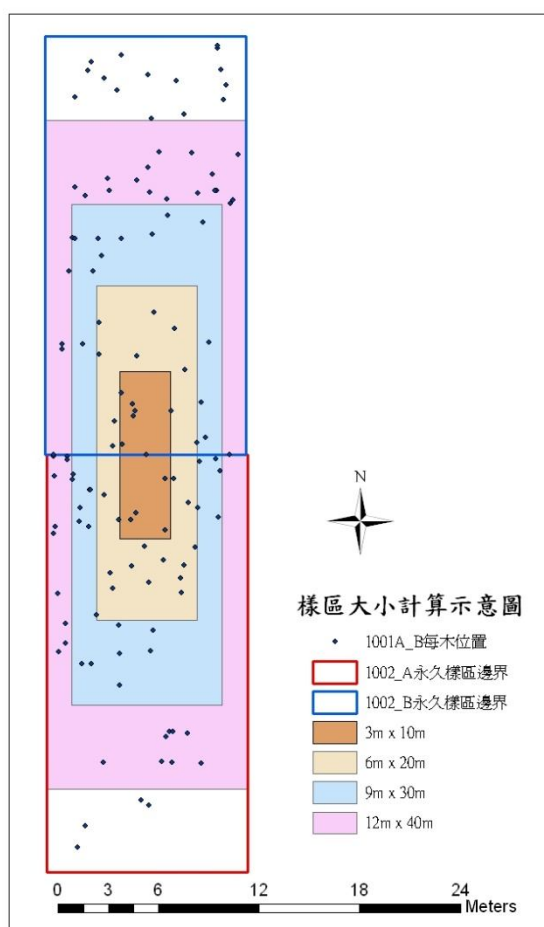


圖 24 永久樣區最小面積計算示意圖

表 10 九九峰自然保留森林植物種數與面積之測驗資料

樣區面積(m ²)	30	120	270	480	600
植物種數	4	10	17	20	25

利用表 10 資料，以建立此區域的種數與面積曲線（如圖 25）。圖 25 中紅線為 10%增加率，實際上即為連接原點最後一點（x=600，y=25）之直線，與此線平行而與曲線相切之綠線位於其上方，其切點的 x 值約為 230m²左右，即九九峰自然保留區永久樣區設置之面積最小不得低於 230m²，南投林管處與台中工作站等調查單位，於此設置之永久樣區大小為 250m²（10m×25m）之長方形樣區，可以說相當符合樣區大小設置原則，本研究建議日後仍保持該原則。

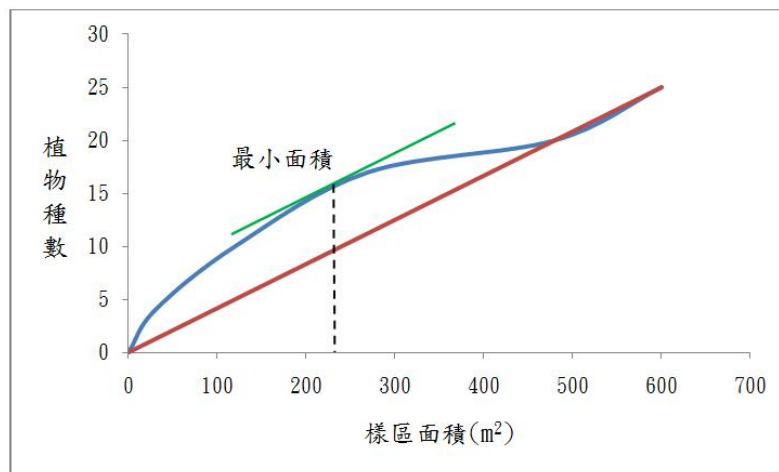


圖 25 九九峰自然保留區永久樣區種數與面積曲線及最小面積圖解法圖（圖中之紅線為 10%增加率，綠線則為紅線平行且與曲線相切，用以決定最小樣區面積）

3. 單株層級

(1) 樹種組成及重要樹種選取

生態學上常用密度、頻度、優勢度、多樣性等植物社會介量，來表示植物社會之樹種組成，因此本研究計算 4 個永久樣區內的重要值指數（Importance value index, IVI），進而選擇九九自然保留區內重要樹種，並以此結果做單株林木樹高曲線式及樹高曲線圖分析依據。

重要值指數由 Wisconsin 學派所提出的，生態學上常利用 3 種植物社會介量（密度、頻度、優勢度）來表示各樹種在此植物社會中所占的優勢程度，然各種植物介量又有各自代表意義，而重要值指數兼顧了密度、頻度、及優勢度的綜合特性，利用此 3 種植物社會介量的相對值總合來代表某植物在植物社會中優勢地位。

重要值指數為相對密度、相對頻度、相對優勢度之總和，每個介量最大值為 100，植物重要值之總合恆為 300，若一植物社會值由一植物組成，則其重要值為 300。重要值可顯示某植物於該林型或林分中相對重要性，且兼顧密度、頻度及優勢度之綜合特性(劉崇瑞、蘇鴻傑，1989)，其計算公式如下式 3-1~3-4 所示。

$$\text{相對頻度}\% = \frac{\text{某植物之頻度}}{\text{林分中所有植物頻度之總和}} \times 100\% \quad \text{式 3-1}$$

$$\text{相對密度}\% = \frac{\text{某一種植物之株數}}{\text{所有樣區內全部植物之株數}} \times 100\% \quad \text{式 3-2}$$

$$\text{相對優勢度}\% = \frac{\text{某一植物之優勢度(或覆蓋度)}}{\text{所有樹種優勢度之總和(或覆蓋度)}} \times 100\% \quad \text{式 3-3}$$

$$\text{重要值指數(IVI)} = \text{相對頻度} + \text{相對密度} + \text{相對優勢度} = 300 \quad \text{式 3-4}$$

因九九峰自然保留區只設置 4 個植物永久樣區，且皆於地震後所設置，植物相差較小，分開計算實質意義不大，故本研究將 4 個永久樣區合併計算其各樹種 IVI 值（參閱表 11），結果可供重要單株林木生長探討之選擇。

表 11 九九峰自然保留區樹種 IVI 值

樹種	優勢度	密度	頻度	IVI
香楠	31.5304	4.4386	5.4795	41.4485
江某	16.4268	9.3995	5.4795	31.3057
九節木	0.5445	14.6214	5.4795	20.6454
荔枝	9.6018	4.9608	1.3699	15.9325
白袍子	7.7867	2.6110	5.4795	15.8771
千年桐	5.2280	5.2219	2.7397	13.1897

續表 11 九九峰自然保留區樹種 IVI 值

小梗木薑子	0.8397	6.7885	4.1096	11.7378
山黃麻	9.7749	0.2611	1.3699	11.4059
小西氏石櫟	0.5790	5.2219	4.1096	9.9105
台灣山香圓	1.5307	3.9164	4.1096	9.5567
高士佛饅頭果	0.8673	2.3499	5.4795	8.6966
白柏	5.2837	0.7833	1.3699	7.4369
銳葉山柑	0.2838	5.7441	1.3699	7.3977
土肉桂	0.2243	2.8721	4.1096	7.2060
月橘	0.2200	2.6110	4.1096	6.9406
刺杜密	0.3466	2.0888	4.1096	6.5449
黑星紫金牛	0.3142	4.6997	1.3699	6.3838
樹杞	0.4230	3.1332	1.3699	4.9260
杜英	0.6805	1.3055	2.7397	4.7257
山橘	0.1724	3.1332	1.3699	4.6755
小葉桑	0.0401	1.3055	2.7397	4.0853
台灣梭羅木	0.6165	2.0888	1.3699	4.0751
大香葉樹	0.4367	0.7833	2.7397	3.9597
相思樹	2.0852	0.2611	1.3699	3.7161
秀柱花	0.9523	1.3055	1.3699	3.6277
軟毛柿	0.1013	0.7833	2.7397	3.6243
台灣朴樹	1.5245	0.2611	1.3699	3.1554
水錦樹	0.1982	1.0444	1.3699	2.6124
九芎	0.3191	0.7833	1.3699	2.4722
台灣山桂花	0.0437	1.0444	1.3699	2.4580
朴樹	0.2762	0.7833	1.3699	2.4294
披針葉饅頭果	0.2756	0.5222	1.3699	2.1677
華八仙花	0.1183	0.5222	1.3699	2.0103
墨點櫻桃	0.0283	0.5222	1.3699	1.9204
台灣赤楠	0.1622	0.2611	1.3699	1.7932
大葉楠	0.0819	0.2611	1.3699	1.7128
紅皮	0.0306	0.2611	1.3699	1.6615
小花鼠刺	0.0205	0.2611	1.3699	1.6514
大葉木犀	0.0112	0.2611	1.3699	1.6422
脈葉釣樟	0.0107	0.2611	1.3699	1.6416
山黃梔	0.0086	0.2611	1.3699	1.6396
IVI	100	100	100	300

(2) 樹高曲線式

樹高 (tree height) 為測計立木材積及生態系監測另一主要因子，重要性僅次於 DBH。然而，樹高測定與直徑測定有所差異，不僅實行困難，且結果不易準確。試驗研究用立木樹高如需精確結果時，使用測高桿或卷尺等直接測量，而普通常利用測高儀 (hypsometer) 量取立木樹高，如 Weise 測高儀、Haga 測高儀及 Abney 水準儀等 (楊榮啓、林文亮，2003)。

樹高曲線 (tree height curve) 為表示樹高平均值隨胸高直徑變化之曲線，即根據胸高直徑及樹高測定值求樹高曲線之方法。樹高曲線實驗式之研究，素為森林學家所重視，已經創造出許多數式，而本研究利用 Excel 軟體，進行資料輸入、繪圖及圖表編輯、函數描述，並搭配林務局所撰寫的 S513 (S513-林務局樹高曲線系統) 配合加以分析。其系統是用最小二乘方法，計算樣木資料的下列 6 種配合曲線方程式 (式 4-1~4-6)：

$$H = 1.3+a*D+b*D*D \quad \text{式 4-1}$$

$$H = a*D^b \quad \text{式 4-2}$$

$$H = 1.3+a*D^b \quad \text{式 4-3}$$

$$H = (D/(a+b*D))^2 \quad \text{式 4-4}$$

$$H = a+b*\log(D) \quad \text{式 4-5}$$

$$H = a+b*D \quad \text{式 4-6}$$

H=樹高；D=胸高直徑；a、b=參數

進行 S513 計算及分析時有以下 4 點限制，(1)資料檔的樣木株數應在 5 至 3500 株之間。(2)胸徑要在 6 至 400cm 之間，樹高則要在 1.4 至 50m 之間。(3)兩者精確度，系統僅允許至小數後 2 位。(4)最小至最大胸徑間的差距若小於 10 cm，或樹高的差距小於 0.2m，則系統將不予計算，因為變化

太小。

雖台中工作站所提供之 4 個植物永久樣區內林木樹高為估測值，本研究仍將其視為實際樹高進行分析，期望計算出之樹高曲線可供日後使用。計算及繪圖時，首先，本研究將 4 個植物永久樣區，同一樹種同時計算，以避免樣本數過少。另外，研究將斷梢資料剔除，以減少誤差。選擇之樹種則為 4 植物永久樣區合併計算後 IVI 值大於 10，且符合 S513 系統限制之樹種，即香楠(41.45)、江某(31.30)、荔枝(15.93)及千年桐(13.19)。

以式 4-1 至式 4-6 等六種樹高曲線式進行模擬後，其結果（如表 12）除香楠以式 4-3 ($H = 1.3+a*D^b$)，其餘 3 樹種均以式 4-4 ($H = (D/(a+b*D))^2$) 所得效果為最佳。

表 12 各重要樹種之樹高曲線式

樹種	樹高曲線式	R ²	SE	MSE
香楠	$H=1.3+0.96011*(D)^2*0.78082$	0.8805	0.2248	0.533
江某	$H=(D/(1.53088+0.2215*D))^2$	0.7564	0.0544	0.741
荔枝	$H=(D/(0.72985+0.3165*D))^2$	0.6482	0.0290	0.823
千年桐	$H=(D/(1.52687+0.20307*D))^2$	0.9539	0.0236	0.235

樹高曲線式選擇之原則為相關係數 (R^2) 最大與標準誤差 (NSE) 最小值者，因 R^2 越大代表二者間關係性越高，解釋率相對提升。而 NSE 為 SE 值標準化，即真值與推估值之距離。表中 $SE = s_p \sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}$ 。

(3) 樹高曲線圖

研究再應用計算出之樹高曲線式，以 Excel 功能製成圖表，選擇相關係數 (R^2) 最大與標準誤差 (NSE) 最小值之公式進行檢測，與現實不符合，如計算出之樹高為負值則剔除。檢驗公式後，將現場量測的 DBH 真值與推估值，進行樹高曲線圖製作，即可得香楠、江某、荔枝及千年桐等樹種之樹高曲線圖（如圖 26(a)~(d)），結果如下。

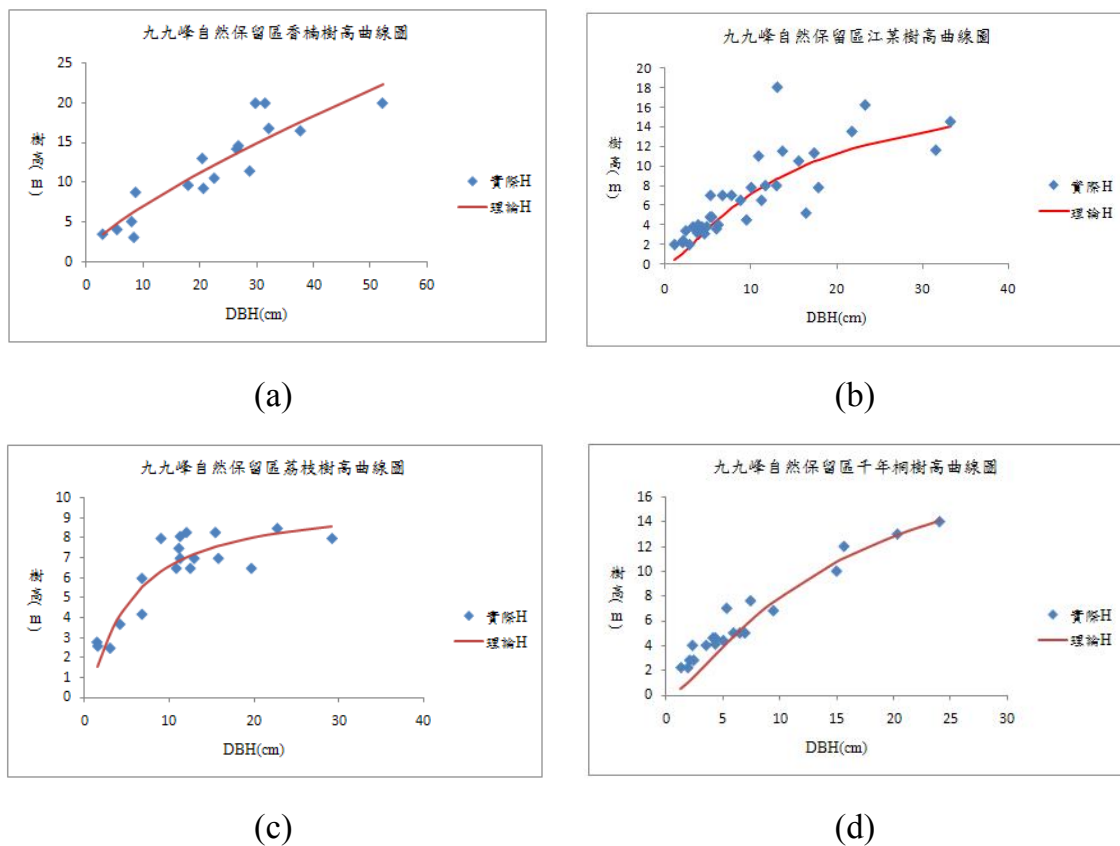


圖 26 九九峰自然保留區重要樹種樹高曲線圖
(圖中(a)香楠、(b)江某、(c)荔枝及(d)千年桐)

(四) 檢討監測內容與樣區設置

1. 森林/地景生態系層級

環境因子資料收集部分，因本區以南多為平原區，北邊則為苗栗丘陵區，西南季風向北吹襲至本區時，受地形影響突然被舉升，導致本區多霧且溼度大。氣溫上最高平均溫為7月的34.5°C，最低平均溫為2月的12.1°C。相對溼度約為86%。平均降水量約為1800mm (林俊全，2008)。

降雨量主要集中在6到8月之間，以颱風豪雨和午後雷雨為主，單場雨量可達200mm以上，其餘各月平均雨量約僅40mm。乾季時，溪谷遍佈著礫石，雨季則潛伏土石流動的危機(呂岡侃等，2004)。

九九峰自然保留區地形特殊，此區域常受地形效應及海拔高所影響，即空間效應造成降雨差異性大。另外，現有氣象站及雨量站距離甚遠，此

皆造成環境因子蒐集代表性相對降低。但地區性氣候監測資料相當重要，因自然界的環境因子對植生生長及演替等有絕對性影響，故蒐集該區域氣候與降雨資料除可了解九九峰自然保留區氣候狀況，更可提供監測者及分析者使用，故林俊全教授以於該區東、西側設置自計式測站收集環境因子，實為合宜。然而，請教並參考林教授於九九峰自然保留區地質地形調查及監測資料後，發現東、西側的雨量差異可差 2、3 倍，故本研究建議於此兩側站中，選擇特殊、具代表性且穩定之地域（不會因地滑而流失），放置 HOBO 氣象球，以獲得更完整的環境因子資料，如氣溫、濕度及雨量等。

2. 林分層級

九九峰自然保留區永久樣區設置之面積最小不得低於 230m^2 ，而南投林管處與台中工作站等調查單位，於此設置之永久樣區大小為 250m^2 ($20\text{m} \times 25\text{m}$) 之長方形樣區，可以說相當符合樣區大小設置原則，本研究建議日後仍保持此原則。

3. 單株層級

(1) 胸高直徑 (DBH) 標示

立木 (standing tree) 簡單而言為立於林地上正在生長之樹木。立木測計原則與伐倒木並無相異，但因於生育地進行測計，不如伐倒木方便容易且又可測定任意部分之斷面，故有另外發展之方法。

在林木測計上，直徑居重要地位。天然林木樹幹之橫斷面雖非為正圓，但為求實用上之簡便，概皆假定為正圓，測其直徑後按圓形計算出斷面積。其中，立木胸高部分之直徑即稱為胸高直徑 (diameter at breast height, DBH)，因受根張影響較小、與樹幹材積關係密切以及容易測量，已成為測定立木主要因子之一。胸高直徑，定為立木離地面 1.3m 處之樹幹連皮直徑 (stem with outer bark, Dob)。在平地，胸高自地面算起。生長於傾斜地之林木，胸高應自斜坡上方地面算起 1.3m 處。另外，測定時有以下幾點需注意 (1) 過老林木根系露在地面者，胸高應自水平板根算起。(2) 胸高處樹幹呈畸形時，以直徑點代替胸高。(3) 當測者手疲倦時，常會測定低於胸高部位之直徑，

記錄者應隨時提醒此種錯誤。(4)如遇分叉或樹幹基部不規則之 DBH 測定，應將測定部位略為提高，避開不規則部分。(5)不論在平地或坡地之傾斜生長林木，其胸高應沿樹幹軸平行計算（馮豐隆，2005）。

因九九峰自然保留區是為保護地震後所形成之特殊地形而設立，且該區域屬頭嵙山層上部的礫石層，遇暴風雨時，鬆動之土石會隨重力而向下滑動或移動，此現象可能會造成永久樣區地表改變，且 4 個植物永久樣區皆屬天然林型，立木生長常難圓滿通直，影響 DBH 測量準確性（每年胸高測定處不一致），故研究建議，以油漆或噴漆等於上坡將胸高處標示出，往後即測量此處之直徑，以減少自然與人為因素所造成的誤差。

(2) 樹高真實測量

現今大面積森林調查，多憑測定人之經驗目測樹高，此受人為因素影響甚巨，故研究建議利用測高儀作輔助修正，或以測高桿等作實際測量，並以此資料做九九峰自然保留區重要樹種之胸高直徑與樹高關係曲線(D-H relationship curve)，供日後調查者，應用曲線將 DBH 轉換為樹高，即以 $H=f(\text{DBH})$ 的關係式由胸高直徑 (DBH) 推估樹高 (H)（馮豐隆，2005），進而減少人為誤差。

4. 監測目的

本研究建議未來九九峰自然保留區監測目的，為了解九九峰自然保留區及周圍國有林班地（埔里事業區 8~20 林班）經過 1999 年 921 地震、2001 年桃芝颱風、2004 年敏督利颱風、2005 年海棠及龍王颱風及 2008 年卡玫基與鳳凰颱風等干擾後棲地及生物多樣性之變化。

5. 監測內容

- (1) 蒐集九九峰自然保留區地震及重大颱風干擾前後相關的時間資料，以及地景、林分及單株等多層級、多時間及多空間尺度的地面調查與航遙測光譜影像等資料。且利用整合屬性表 (attribute table) 及圖層 (map layers) 的地理資料庫系統 (GIS)，建構九九峰自然保留區多時空尺度及多層級的地理資料庫管理系統 (Geo-referenced

DBMS)。

- (2) 由多層級的地理資料庫，擷取重大自然干擾（地震及颱風）前後的航遙測影像資料處理分析，以探討各重大干擾前後土地利用／地覆變化。即由此取得裸露地及植生分布圖，更而分析植生回復之地點及面積（但需先克服光譜資料標準化、地形及陰影效應等影像前處理問題）。建構地震前之植生地面樣區位置，並由樣區之環境因子，探討廖秋成（1992）調查分級之 4 個主要植群型可能分布位置，且進行生育地位評估（Ecological site quality, ESQ）或生育地適宜性分析（Habited suitable index, HSI）看其是否可訂為演替可能形成的植群種類。
- (3) 透過每年的裸露地改變的植生地區，並配合九九峰可能植生演替分布位置，針對干擾後不同演替時間之植群進行分層取樣設計，初步假設，在此 4 種植群類型內進行 3 個以上的樣區設置，即至少調查 12 個樣區內木本植物，項目則為物種名稱、DBH 或地徑直徑（未達 1.3m 小苗）、樹高、林木位置及生長狀況等。調查前，先將各規劃樣區及道路狀況，套疊於 10m × 10m 的 DTM 及 2008 年航空正射投影上，並與台中工作站余啓瑞主任之調查團隊討論，探討其未來樣區設置及調查可行性，更而實際執行，確定樣區個數及位置，並依過去植生樣區調查方式，進行樣區調查與建檔，其資料分別進行林分（林分結構、組成）及單株（單株林木生長、物種演替）等變化分析，如本研究內容。以上述結果探討九九峰植群受地震及颱風干擾之演替機制，並模擬各植群區未來可能演替之過程。
- (4) 生物多樣監測分析方面則將各種動植物種調查之時間、地點及數量等有關資料建檔於「九九峰自然保留區地理資料庫管理系統」內。另外，建構過去各年度環境分布主題圖，如坡度圖、等高線圖、等雨量圖及溫、濕度圖等。

八、 結論與建議

(一) 結論

1. 於地理資料庫之建立方面，本研究也已完成九九峰自然保留區像片基本圖鑲嵌、多時期 SPOT 多譜影像資訊選取及蒐集或建立之圖層及屬性資料座標確認，其中包含九九峰自然保留區之水系圖、埔里事業區林班圖、小班圖、保安林圖、道路圖、埔里事業區造林圖、第三次森林資源調查圖、承租地圖、正射影像、像片基本圖、定點植被覆蓋照相監測及植物永久樣區監測位置圖、921 地震前 28 個植群調查樣區分布位置圖、2006 年及 2008 年正射影像鑲嵌圖及其屬性資料等。
2. 地景層級中，研究利用 2006 年及 2008 年鑲嵌之正射影像，初步計算九九峰自然保留區 3 類土地利用面積現況，做 SPOT 影像為分析之依據，發現，雖兩者間有差異，但受限於時間尺度，SPOT 多光譜資訊及遙測技術不為適合使用方法之一。九九峰植生現況，以植生指數 (NDVI) 討論並量化，推估 2008 年九九峰自然保留區內的非植生區域約為 111.22ha，而高、低度植生覆蓋範圍則個別為 370.73 及 742.68ha。各別分析 1999 年 9 月 27 日、2003 年 7 月 7 日及 2008 年 8 月 26 日 SPOT 多光譜資訊，結果顯示，崩塌地面積由原本的 62.44%，4 年後回減少為 15.91%，而目前約剩下 9.08% 左右。
3. 林分層級中，進行永久樣區林木位置及屬性資料之建立及整合。研究經彙集林務局南投林管處台中工作站所執行的「九九峰自然保留區動植物資源調監測」各年度成果報告，進行資料整合與修正，設置永久樣區林木位置及林木屬性資料，分析後林分直徑分布可了解九九峰自然保留區 4 個永久樣區並無明顯之變化。植物永久樣區相似性分析，發現，樣區 1101B 跟 1002A 最為相似，次為 0901 次相似，而 1002B 與其他 3 個樣區之相似性最低，故可利用相鄰之 1002A 及 1002B 做九九峰自然保區永久樣區面大小之探討。計算九九峰自然保留區永久樣區面積最小面積約為 230m²。

4. 單株層級中，將 4 個植物永久樣區合併計算之 IVI 值，可發現香楠、江某、荔枝及千年桐為此區域較重要樹種，故選擇此 4 類此行單株林木探討之選擇。以林務局提供之 S515 系統計算及建構的樹高曲線式及樹高曲線圖可提供日後，以 DBH 轉換為樹高資料使用。

(二) 建議

1. 於地理資料庫建立方面，建議各單位於資料管理時，於座標系統、資料日期及屬性之標示宜力求一致化，含蓋時間變遷與空間變異對野生動物、環境因子等影響甚鉅，如此將有助於分析者資料蒐集與應用之便捷。
2. 地景層級部分，建議永久樣區設置可與廖秋成（1992）設立於 28 個樣區自然因子相類似地點，此可了解地震前後極盛相是否一致。於 SPOT 影像分析當中，建議非植生區域的 NDVI 值改為 0.225，低度與高度植生覆蓋區域修正為 0.225~0.4 及 0.4 間以上，所分類結果會比原先設定更符合現實狀況。另外，雖正射影像及 SPOT 影像量化結果有差異，但受限於時間尺度，又九九峰自然保留區地形複雜等原因，SPOT 多光譜資訊及遙測技術為可參考方法之一。此區域常受地形效應及海拔高所影響，即空間效應造成降雨差異性大。另外，現有氣象站及雨量站距離甚遠，造成環境因子蒐集代表性降低，但地區性氣候監測資料相當重要，因環境因子對植生生長及演替等有絕對影響，雖林教授於九九峰自然保留區地質地形調查及監測資料計畫中，架設東、西側兩測站，本研究仍建議選擇特殊、具代表性且穩定區域，放置 HOBO 氣象球，以獲得更完整環境因子資料。
3. 林分層級部分，永久樣區皆集中在九九峰自然保留區北部，但以蒐集圖資與影像分析後，不難發現該區南北之差異，所以研究建議，如往後必需加設植物永久樣區時，能以南部做為優先考量，且樣區設置面積最小不得低於 230m²，即保持南投林管處與台中工作站設置之永久樣區大小為 250m² 長方形樣區原則。

4. 單株層級方面，九九峰自然保留區屬頭嵙山層上部的礫石層，遇暴風雨時，鬆動土石會隨重力向下滑動或移動，此現象可能造成永久樣區地表改變，且 4 個植物永久樣區皆屬天然林型，研究建議，以油漆或噴漆等於上坡將胸高處確實標示出，減少自然與人為因素所造成之誤差。現今大面積森林調查，多憑測定人之經驗目測樹高，此受人為因素影響甚巨，故研究建議利用測高儀作輔助修正，或以測高桿等作實際測量，並以此資料做九九峰自然保留區重要樹種之胸高直徑與樹高關係曲線，供日後調查者將 DBH 轉換為樹高資料。
5. 監測目的，為了解九九峰自然保留區及周圍國有林班地經年 921 地震及颱風等干擾後棲地及生物多樣性之變化。監測內容為，(1)蒐集九九峰自然保留區地震及重大颱風干擾前後相關的多層級、多時間及多空間尺度地面調查與航遙測光譜影像等資料，並利用 GIS，建構九九峰自然保留區的地理資料庫管理系統。(2)由多層級地理資料庫，擷取重大自然干擾（地震及颱風）前後航遙測影像資料處理分析，探討各重大干擾前後土地利用／地覆變化。再建構地震前之植生地面樣區位置，並由樣區之環境因子，探討震前調查分級之 4 個主要植群型可能分布位置，且進行生育地位評估或生育地適宜性分析。(3)透過每年裸露地改變的植生地區，配合九九峰可能植生演替分布位置，針對干擾後不同演替時間之植群進行分層取樣設計，至少調查 12 個樣區內木本植物，調查前，先將各規劃樣區及道路狀況，套疊 DTM 及正射影像上，探討其未來樣區設置及調查可行性，更而實際執行，確定樣區個數及位置，依過去植生樣區調查方式，進行樣區調查與建檔，其資料分別進行林分及單株等變化分析，如本研究內容。上述結果可探討九九峰植群受地震及颱風干擾之演替機制，並模擬各植群區未來可能演替之過程。(4)生物多樣監測分析方面則將各種動植物種調查之時間、地點及數量等有關資料建檔於「九九峰自然保留區地理資料庫管理系統」內。另外，建構過去各年度環境分布主題圖等。

九、 參考文獻

- 余啟瑞、吳燕齡、黃長生、巫岳峰、詹文輝、賴慶展、張淑姬、林文隆（2007）九九峰自然保留區動植物資源調查監測一九十五年度成果報告，台中工作站，行政院農委會林務局保育研究系列 95-28。行政院農委會林務局 95-04-8-06。
- 余啟瑞、張淑姬、巫岳峰、陳帥名、黃長生、劉俊傑、詹文輝（2008）九九峰自然保留區動植物資源調查監測一九十六年度成果報告，台中工作站，行政院農委會林務局保育研究系列 96-25。行政院農委會林務局 96-04-8-06。
- 余啟瑞、許逸玫、詹文輝、巫岳峰、陳帥名、黃長生、劉俊傑（2009）九九峰自然保留區動植物資源調查監測一九十七年度成果報告，台中工作站，行政院農委會林務局保育研究系列 97-24。行政院農委會林務局 97-04-08-05。
- 呂岡侃（2002）南投縣九九峰土石流發生區之地形特徵，國立臺灣大學地理環境資源學系研究所碩士論文。
- 林子玉、馮豐隆（1992）森林資源調查有關天然林樹種組成與林分結構分析技術改進之研究。八十一年度森林經營及林業經濟之研究成果報告彙編：15-49。
- 林文賜（2009）921地震崩塌地對生態環境影響評估。921地震對生態影響與回復研討會論文集，98-130。
- 林文賜、黃碧慧、林昭遠、周文杰（2004）921震災崩塌地特性分析及變遷監測之研究。中華水土保持學報 35(2): 141-149。
- 林俊全（2008）九九峰自然保留區地質地形調查及監測。行政院農委會林務局南投林區管理處 97-04-08-01。
- 林昭遠、莊智瑋（2009）921地震崩塌地特性及變遷監測分析。921地震對生態影響與回復研討會論文集，11-32。

- 林務局 (1995) 第三次台灣森林資源及土地利用調查。林務局。258 頁。
- 林瑞興、許富雄、姚正得、艾台霖 (2003) 921 地震後台灣九九峰鳥類組成變化與植被回復之關係。特有生物研究 5(2):47-59。
- 林瑞興、許富雄、姚正得、艾台霖 (2004) 921 地震後台灣九九峰鳥類組成變化與植被回復之關係，九九峰地震崩坍區棲地及生物多樣性變化之監測成果論文集，119-134。
- 荒野 88 水災系列講座之「從水資源管理談八八水災與治水工程」報導
<http://www.sow.org.tw/activityReportDetail.do;jsessionid=42b8c2ff9cf172b3706aebdce354?id=3013&reportSn=ff808081238450140123a1aa523b0031>
- 高毓斌 (1989) 森林之自然疏伐定律。生態原則下的林業經營研討會論文集：59-74。
- 許丁水、薛士毅、吳燕齡、黃長生、巫岳峰、詹文輝、賴慶展、張淑姬、林文隆、林德勳 (2006) 九九峰自然保留區動植物資源調查監測一九十四年度成果報告，台中工作站，行政院農委會林務局保育研究系列 94-30。行政院農委會林務局 94-04-8-04。
- 陳世煌、陳順其、王穎 (2004) 九九峰地震崩坍區棲地及生物多樣性變化之監測—蜘蛛及兩生爬蟲之長期監測，九九峰地震崩坍區棲地及生物多樣性變化之監測成果論文集，32-56。
- 陳正華 (2001) 南仁山生態保護區地景變遷之研究，屏東科技大學森林系碩士論文，6-17。
- 陳宏宇 (2004) 九九峰地震崩坍地區之地質及地貌特性，九九峰地震崩坍區棲地及生物多樣性變化之監測成果論文集，97-106。
- 陳建名、林子超 (2004) 九九峰地區菇菌類資源之調查研究，九九峰地震崩坍區棲地及生物多樣性變化之監測成果論文集，57-67。
- 陳添水 (2005a) 應用地理資訊系統於九九峰 921 地震崩塌分析，特有生

物研究 7(1)：69-87。

陳添水 (2005b) 九九峰地區 921 地震崩塌植生指數變遷分析，特有生物研究 7(2)：63-75。

陳樹群、吳俊鎰 (2004) 九九峰於集集大地震之土砂產量及後續崩塌趨勢之研究，九九峰地震崩坍區棲地及生物多樣性變化之監測成果論文集，68-77。

彭仁傑、黃獻文、陳建名、許再文、黃朝卿、李權裕 (2004) 台灣中部九九峰地區維管束植物及菇菌類資源之調查研究，九九峰地震崩坍區棲地及生物多樣性變化之監測成果論文集，114-118。

馮豐隆 (1990) 人工林族群動態之研究—森林林分結構與生長量化理論之探討。國立台灣大學博士論文。159 頁。

馮豐隆 (1992) 台灣地區森林之樹種組成林分結構與生長在空間與時間上的變異。行政院國家科學委員研究計畫報告。

馮豐隆 (2004) 森林生態系經營空間資訊之建立與應用—以惠蓀林場為例。J. Agri. & Fore. 53(4)，339-354。

馮豐隆 (2005) 森林調查測計學講義。國立中興大學教務處出版，366。

黃凱易 (2002) 九九峰自然保留區地覆變遷之監測與分析，林業研究季刊，24 (3)：35-47。

楊世平 (2004) 九九峰地震崩坍區棲地及生物多樣性變化之監測—昆蟲資源部分，九九峰地震崩坍區棲地及生物多樣性變化之監測成果論文集，22-31。

楊嘉棟、羅華娟、李俊宏、蔡奇立、蘇錦松、詹照欽 (2004) 九九峰地區 921 地震後環境與生態教育之評估與規劃，九九峰地震崩坍區棲地及生物多樣性變化之監測成果論文集，107-113。

楊榮啓、林文亮 (2003) 森林測計學。國立編譯館，23-81；146-148。

- 廖秋成 (1992) 南投雙冬火災山地區植群生能與植物區系之研究，中興大學實驗林研究報告，14(1):1-60。
- 劉建南 (2004) 九九峰地區哺乳類動物調查及監測，九九峰地震崩坍區棲地及生物多樣性變化之監測成果論文集，11-21。
- 劉崇瑞、蘇鴻傑 (1983) 森林植物生態學，台灣商務印書館，329-330；490-491。
- 賴國祥、陳添水、林旭宏 (2002) 應用遙測與地理資訊系統於九九峰植生復舊監測。生物多樣性保育研討會論文集，189-201。
- 賴國祥、陳添水、林旭宏 (2004) 應用遙測與地理資訊系統於九九峰植生復舊監測，九九峰地震崩坍區棲地及生物多樣性變化之監測成果論文集，1-10。
- 薛美莉、李訓煌 (2004) 九九峰地區溪流水質之監測，九九峰地震崩坍區棲地及生物多樣性變化之監測成果論文集，135-144。
- 謝正倫、陳俞旭、謝明霖 (2004) 九九峰地震崩坍區棲地及生物多樣性變化之監測—植生對土石流發育影響之研究，九九峰地震崩坍區棲地及生物多樣性變化之監測成果論文集，78-96。
- Avery, E. H., and H. E. Burkhardt (1994) Forest measurements. 4th ed. McGraw-Hill, Inc.
- Avery, T. E. and Burkhardt, H. E. (2002) Forest measurements. McGraw-Hill, New York.
- Bailey, R. L., and T. R. Dell (1973) Quantifying diameter distribution with the Weibull function. For. Sci. 19: 97-104.
- Davis, L. S., and K. N. Johnson (1987) Forest management. McGraw-Hill, Inc.
- Husch, B., C. I. Miller, and T. W. Beers (1982) Forest mensuration. 3rd. New York: The Ronald Press Co. p.276-364.

James, B. C., (2002) Introduction to remote sensing third edition, Taylor & Francis, 5-11. p.127

Lillesand, T. M., R. W. Kiefer and J. W. Chipman (2007) Remote Sensing And Image Interpretation. 6 edition. pp.432-443.

Lin W. T., W. C. Chou, C. Y. Lin, P. H. Huang and J. S. Tsai (2005) Vegetation recovery monitoring and assessment at landslides caused by earthquake in Central Taiwan. Forest Ecology and Management, 210. Pp.55-66.

Marcucci, D, J. (2000) Landscape history as a planning tool. Landscape and Urban planning, 49. pp.67-81.

Worboy, M. F., (1995) GIS: A Computing Perspective. London: Taylor & Francis, p.376.

中央氣象局資訊服務網站：<http://www.cwb.gov.tw>

中央氣象局颱風資料庫：<http://61.56.13.28/>

林務局：<http://www.forest.gov.tw/mp.asp?mp=1>

國家太空中心：<http://www.nspo.org.tw/>

維基百科：http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page

IUFRO: <http://www.iufro.org/>

十、 附錄

附表 1 九九峰自然保留區地理資料庫所含資料名稱、類型及時間

名稱	資料 格式	時間 (年)	來源	備註
水系圖	向量	2000、2008		套疊全台水系與自行繪製
林班圖	向量		台中工作站	
小班圖	向量		林務局	
保安林圖	向量	2009	南投處治山課	
道路圖	向量	2008		套疊全台道路圖、台中工作站 GPS 道路圖及自行繪製
埔里事業區造林圖	向量		林務局	
第三次森林資源調查	向量	1995	林務局	
承租地	向量	2006	台中工作站	
多時期 SPOT 光譜資訊	網格	1999~2009	中央大學太空及遙測中心	

續上附表 1 九九峰自然保留區地理資料庫所含資料名稱、類型及時間

正射影像	網格	2008	農林航空測量所	
像片基本圖	向量	2000	農林航空測量所	自製幾何校正及鑲嵌
定點植被覆蓋監測	向量	2002~2008	台中工作站	以九九峰自然保留區植物資源調查監測 97 年度成果報告製做
植物永久樣區監測	向量	2002~2009	台中工作站	以九九峰自然保留區植物資源調查監測 97 年度成果報告製做
植物永久樣區監測之林木位置圖及屬性資料	向量	2002~2009	台中工作站	蒐集各年度成果報告，自行製作
921 地震前 DTM 資訊	網格		林務局	從全台 40x40mDTM 以九九峰自然保留區範圍切圖。
921 地震前 28 植群調查樣區分布位置圖	向量	1992	廖秋成(1992)	以南投雙冬火災山地區植群生態與植物區系之研究內容製做
2006 年及 2008 年正射影像鑲嵌圖	網格	2006、2008	農林航空測量所	自行鑲嵌

附表 2 特有生物研究保育中心 2004 及 2009 年論文集內容彙整

特有生物研究保育中心論文集資料																				
相關文獻	資料類型-調查準則						地點										備註			
	項目	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	2000	2001	2002	2003		2004		
生物	植物	應用遙測與地理資訊系統於九九峰植生復舊監測(賴國祥、陳添水與林旭宏)	木本	隨機取樣	定點觀測攝影				崩塌地	稜線	九九峰山莊				V	V	V	V(沖毀)		
			草本																	
		九九峰地區菇菌類資源之調查研究(陳建名、林子超)	菇菌類	野生菇菌採集及鑑定分類	植物根部內生菌根菌分離鑑定				九九峰全面調查	山稜線及崖下崩塌地(具環境代表性)							V	V		3.4 為九九峰地區菇菌類資源之調查研究
		台灣中部九九峰地區維管束植物及「菇菌類」資源之調查研究(彭仁傑、黃獻文、陳建名、許再文、黃朝卿與李權裕)	菇菌類	文獻資料蒐集整理	野外調查及採集(選設樣區及沿線調查)															
	台灣中部九九峰地區「維管束植物」及菇菌類資源之調查研究(彭仁傑、黃獻文、陳建名、許再文、黃朝卿與李權裕)	維管束植物	文獻資料蒐集整理	野外調查及採集(選設樣區及沿線調查)																
	九九峰地區哺乳類動物調查及監測(劉建南)	哺乳類	直接觀察法	自動相機記錄法	陷阱及霧網捕捉法				石門樣區	北坑溪	銀票坑				V	V	V	V		
	921 地震後台灣九九峰鳥類組成變化與植被回復之關係(林瑞興、許富雄、姚正得與艾台霖)	鳥類	垂直高度分層覆蓋度						乾溪至田尾坑溪間						V	V	V			
	九九峰地震崩塌區棲地及生物多樣性變化之監測-蜘蛛及「兩生爬蟲」之長期監測(陳世煌、陳順其與王穎)	動物	兩棲類	河道下段	河道中段	河道上段			油車坑	田尾坑	乾溪	北勢坑			V(1月)	V	V	V(10月)		
	動物	爬蟲類	河道下段	河道中段	河道上段			油車坑	田尾坑	乾溪	北勢坑			V	V	V(10月)	V	2003 年後只調查乾溪和北勢坑溪		
	動物	魚類																		

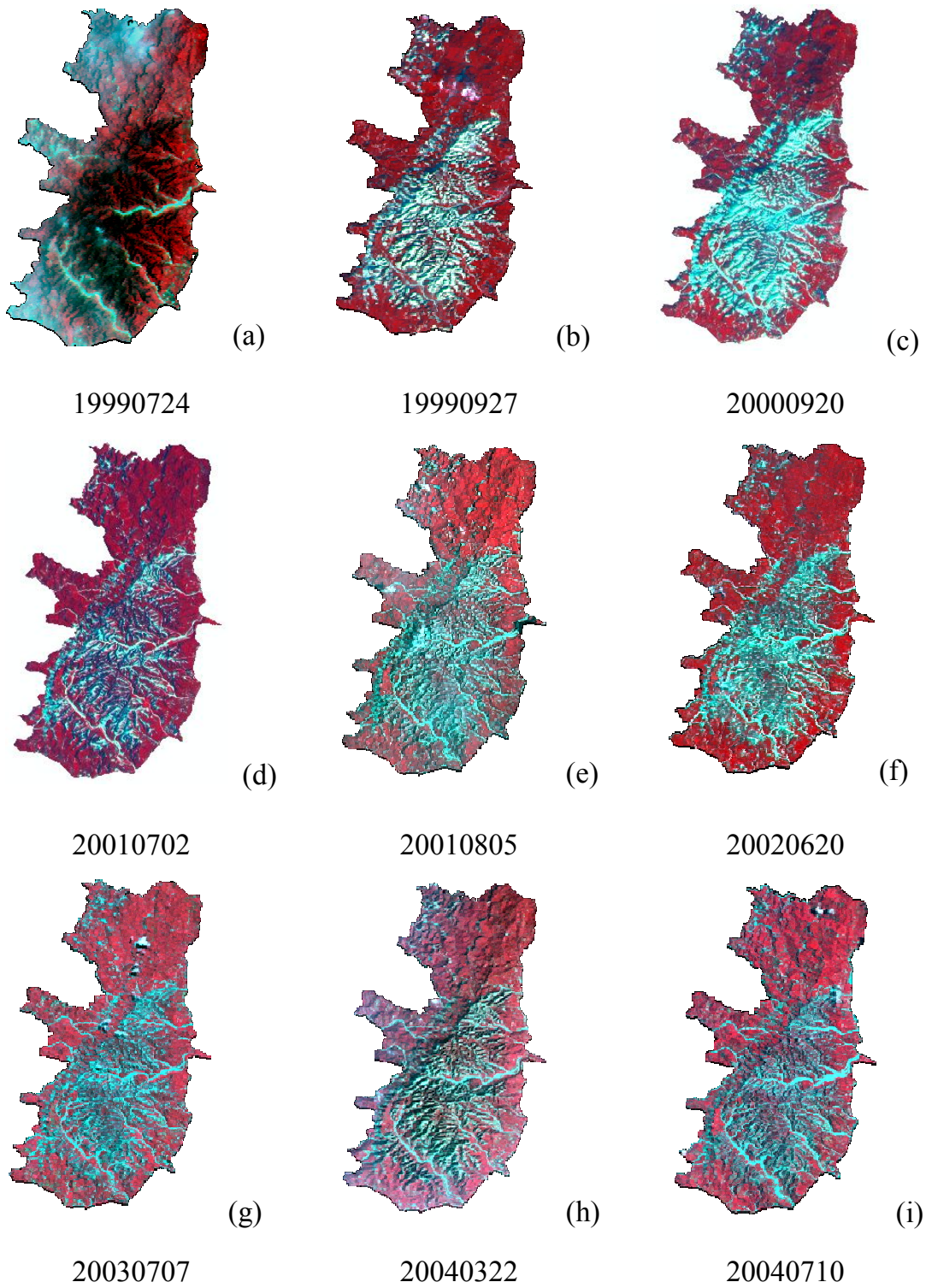
續上附表 3 特有生物研究保育中心 2004 及 2009 年論文集內容彙整

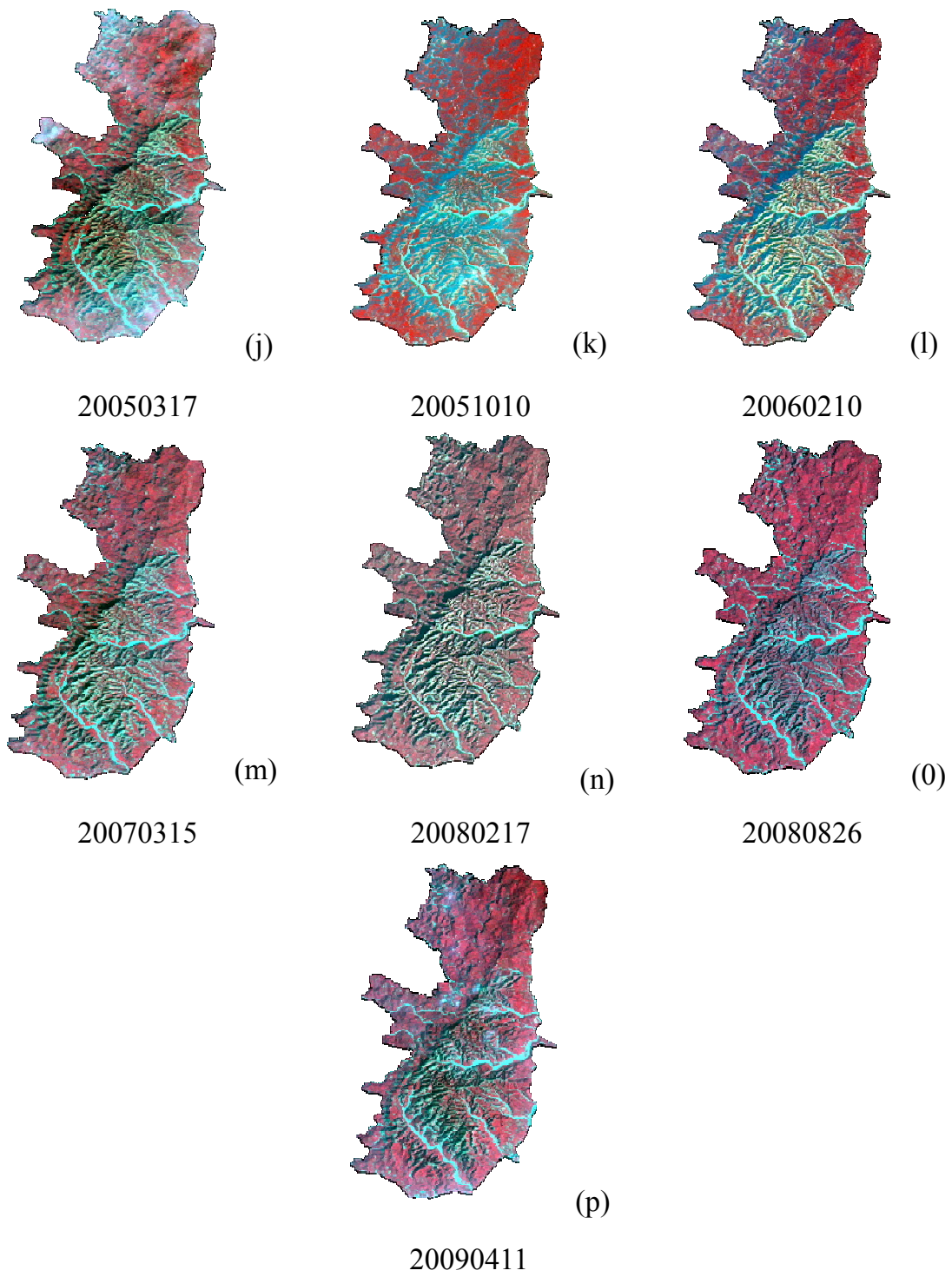
特有生物研究保育中心論文集資料																									
相關文獻		資料類型--調查準則						地點										備註							
		項目	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	2000	2001	2002	2003		2004						
生物	九九峰地震崩塌區棲地及生物多樣性變化之監測-昆蟲資源部分(楊世平)	動物	無脊椎	昆蟲	掃網	目視觀察	夜間燈光	陷阱	挖掘	水棲採集	草屯石灼巷(乾溪及油車坑溪)	草屯平林巷(北勢坑溪與後方山脊)	霧峰民生路底(北坑溪)					V	V	V	V	V(11月)	2000年詳細調查, 2001年後則以路線調查		
	九九峰地震崩塌區棲地及生物多樣性變化之監測-「蜘蛛」及兩生爬蟲之長期監測(陳世煌、陳順其與王穎)			蜘蛛	裸地	草地	樹林					油車坑	田尾坑	乾溪	大坑	平林	V	V	V	V	V				
環境	九九峰於集集大地震之土砂產量及後續崩塌趨勢之研究(陳樹群、吳俊鉉)	氣候	雨量	中央氣象局	自架雨量站						草屯	雙冬	自記					V	V	V	V	V			
			濕度																						
			日照																						
			溫度																						
環境	九九峰地震崩塌區棲地及生物多樣性變化之監測-植生對土石流發育影響之研究(謝正倫、陳俞旭與謝明霖)	土壤	種類	卵礫石形狀分布							乾溪	田尾坑溪	油車坑溪	仙洞指坑溪											
			深度								乾溪下游	乾溪中游													
			含氮量																						
教育	九九峰地區 921 地震後環境與生態教育之評估與規劃(楊嘉棟、羅華娟、李俊宏、蔡奇立、蘇錦松與詹照欽)	水質	電導、pH 值、溶氧量及陰陽離子	現場調查	室內分析					乾溝流域							V						第十三、十四及十五林班		

附表 3 自然干擾前後 SPOT 多光譜資訊取得日期及影像編號

時間軸(年)	1999	2000	2001	2002	2003	2004
SPOT 多譜 衛星影像 (編號)	SP4_SP4_19990724 SP1_SP1_19990927	SP1_H1M_20000920	SP1_H1M_20010702 SP4_H2I_20010805	SP2_H2M_20020620	SP5_G1J_20030707	SP5_G2J_20040322 SP5_G1J_20040710
干擾因子- 地震及颱風	921 地震前後		07/28~31 桃芝颱風前後			06/28~07/03 敏督利颱風前後
續上表						
時間軸(年)	2005	2006	2007	2008	2009	
SPOT 多譜 衛星影像 (編號)	SP5_G1J_20050317 SP2_H1M_20051018	SP2_H2P_20060210	SP5_G2J_20070315	SP4_SP4_20080217 SP5_G2J_20080826	SP5_G2J_20090411	
干擾因子- 地震及颱風	07/16~07/20 海棠 風、08/30~09/01 泰 利颱風與 09/30~ 10/03 龍王颱風			07/16~18 卡玫基及 07/26~26 鳳凰颱風		

附圖 1 多時期 SPOT 多光譜 3/2/1 組合假色態影像





附圖 1 (a)~(p) 多時期 SPOT 多光譜影像資訊(下方阿拉伯數字為時間標示)

附表 4 期中報告審查建議回覆

<p>國立中興大學水土保持系林昭遠教授</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 用遙測先規劃分類討論，以集水區或是林班或是以復育好的或是不好的分析，植群消長干擾範圍定出提出具體建議，找出重點區位如山黃麻、血桐或是二葉松。 2. 對於圖資尺度、精度、整體誤差及允許誤差等，應確認。 3. 變遷時間軸，是健康方向或是退步方向要討論，單株或是全林分或是地質破碎、土壤發育層、植物保護等扮演的角色，要生活化，有保全對象，對經營管理有短、中及長期的各階段調查。 4. 分區討論崩塌地、堆積處及區位考量值得考慮確認，提供經營管理。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝委員建議，研究會考量以何生育地做分區，但 4 個植生永久樣區及 32 個定點植被監測資料皆在九九峰自然保留區之外，故研究仍在考量最適合方法。 2. 會衡量研究目的，做允許誤差、精度及尺度之考量。 3. 研究目前著重九九峰自然保留區現況探討，日後期望分析植生機制與功能等。文章也會朝提供管理單位具體參考依據及方向努力。 4. 取得地震後 DTM 資料，會將崩塌地及堆積處等納入考量，並與廖秋成老師之地震前植生調查資料做連結。
<p>靜宜大學楊國禎教授</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 題目著重在分析，提供未來可作或不足的加強，整合過去資料整理，前人研究應再著墨，921 地震前廖秋成老師對此區域資料分成四大類型及環境植被，值得提供參考。 2. 單株、樣區、林分及森林資料未連結，期末報告建議調整。 3. 研究中用到 2000 年像片基本圖、2008 年正射影像及同年 SPOT 影像，是否有此必要性，或是單以正射影像推估即可？ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝委員建議，本研究本就計畫回復地震前九九峰自然保留區植生情況，細節部分仍在探討當中。 2. 遵照辦理。 3. 正射影像並非年年皆有適合資料，且費用較高，雖九九峰自然保留區範圍不大，然地形變化甚大。雖 SPOT 影像空間解析力較低，卻有較高時間解析力，即年年皆有掃描拍攝，故研究將其影像資訊納入，希望結合地面調查資料、航測與遙測技術，做多層級多時期之分析。

<p>4. P16 計畫進行監控要注意，地景、氣象、氣候及影響景觀重點，區分森林品質，刻畫背景及植被消長關係。</p> <p>5. 一千多公頃不用大尺寸，可作精確，地震之後資料收集很多，定期航照圖可以跟地面資料比對，發揮專長，研究長短對管理單位有正面價值。</p>	<p>4. 仍在蒐集此類資料，會往委員建議實施。</p> <p>5. 本研究以航空正射照像為主要植生資訊來源之一，望期以 GIS 做結合分析，以供管理單位參考。</p>
<p>林務局劉簡任技正</p>	
<p>1. 本研究報告為文資法公告「自然保留區」，依法及自然保留區之自然條件報告內所提之「復育工程」或「生態復育策略」均請斟酌是否妥適。</p> <p>2. 本研究報告封面之中文標題與英文不符，內文錯別字等請再檢視修正。</p> <p>3. 本研究計畫工作項目列有五項，但是卻無清楚明確的研究計畫目標，九九峰地區資源調查監測資料是難得少數做的完整連續的區域，其資料值得做進一步彙整分析，其研究成果並可供經營者有效利用，建議委託與被委託單位須再溝通協調討論，以確定本研究之具體目標。</p> <p>4. 認同楊委員之意見，以九九峰面積僅千餘公頃大小，而研究重點又在森林物種或其他資源之變遷，若採用法國 SPOT 衛星圖作分析是否妥適，又建議盡量以年代完整森林型易判釋之相片基本圖分析。</p> <p>5. 地面樣區監測資料難得完整而連續，建議將地震前後 5-10 年完整的相片基本圖加以比對分析，並建立森林生態演替之模式。</p> <p>6. 本研究採用之他人研究報告文獻請儘量全文取得而非僅看摘要，文中許多文句內容是引自「維基百科」宜再審視。</p>	<p>1. 謝謝委員提醒，「工程」及「復育策略」等不適當用法，期末報告會做修正。</p> <p>2. 遵照辦理。</p> <p>3. 已與南投林管處及台中工作站進行討論，確度本年度先以植物永久樣區及定點植被監測照像資料為主要分析內容。</p> <p>4. 農林航空測量所並無每年正射影像，單用航空照片進行判釋需要大量人力及物力，且研究探討九九峰自然保留區植生之消長，SPOT 多光譜影像為重要資訊來源之一。</p> <p>5. 相片基本圖及正射影像並非年年皆有，且多層級—單株、林分及地景的整合分析演替，需不用解析力資訊，互相補足，故研究會加入 SPOT 衛星影像資料做探討。</p> <p>6. 遵照辦理。</p>

台中工作站余啟瑞主任	
<ol style="list-style-type: none"> 1. 文資法規定主管機關需對自然保留區進行研究與調查，近年來南投處同仁每年自行進行定點植被覆蓋度、紅外線自動相機監測、永久樣區調查等工作，希望透過本研究計畫把歷年來調查資料作分析研究並整合給管理處具體建議。 2. P10 各時期颱風表，建議將降雨量列入，而不是單談風速及最大陣風等。 3. 外來入侵物種小花蔓澤蘭在九九峰很常見，建議加入分析。 4. 期中報告錯別字太多，請校正。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝委員建議，研究方向會再與貴單位討論以確認日後分析及建議可提供林務單位做參考。 2. 遵照辦理。 3. 研究暫無探討外來入侵物種小花蔓澤蘭之影響，如有機會將於日後探討。 4. 遵照辦理。
作業課洪淑瑜技正	
<ol style="list-style-type: none"> 1. 題目很大，要考慮如何聚焦。 2. P3 連續監測資料是以台中站為主，或有樣區大小、調查頻度等，請說明其調查方法，可以讓閱讀者比較清楚。 3. 參考資料，許多文獻找不到，請載明清楚。 4. P7 坡度表未見，有錯，請再確認，附錄九林班圖、小班圖未列年代，應於期末修正。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 會與南投林管處及台中工作站進行討論，做日後研究方向之修正。 2. 謝謝委員，會將此部分加入期末報告當中。 3. 遵照辦理。 4. 蒐集資料時，即有尋問林班及小班圖層及屬性建構年代，但單位亦不確定，研究會再行尋問。
水里工作站張傑鈞技士	
<ol style="list-style-type: none"> 1. P14~P15 提及單株林木生長部分，分別以分析主要樹種及先驅樹種為研究對象，建議請說明以何為主要研究對象。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝委員意見，日後研究會先分析 4 個植生永久樣區現況，再確定探討樹種類型。
治山課簡炯欣技正	
<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝計畫主持人自 98 年 8 月起接受本委託案，特別以了解九九峰的植生復育，也因委辦時間短促，報告內容錯字部分請再費心校閱訂正。 2. 九九峰的 DTM 資料與植生分析，以推估坡度坡向之復育。 3. 研究架構能否增加回饋檢視的機制？ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 遵照辦理。 2. 目前尚未得到地震前後之 DTM 資料，如有時，會進行考量。 3. 遵照辦理。

附表 5 期末報告審查建議回覆

<p>特有生物中心楊嘉棟組長</p>	
<ol style="list-style-type: none"> 1. 首先對南投林管處及台中工作站於九九峰自然保留區長期監測及經營管理方面的努力與付出表達敬意，尤其能支持「九九峰自然保留區資源調查與監測分析計畫」，對保護、留區的經營管理而言，具有很大意義。此外，亦對中興大學馮教授團隊能在那麼短的時間內，提出內容豐富的期末報告表示肯定。 2. 本案就整體而言，建立「九九峰自然保留區地理資料庫管理系統」方面可做為未來林務局為對自然保護區系統經營管理的示範性研究，尤其在整個作業框架，系統結構及模式的建立部分，應可轉化為推廣文章，投稿至台灣林業，以做其他相關研究參考，並擴大本案研究之成果。 3. 本案顯示台中工作站在樣區設置及調查的方法符合調查面積基本需求，但在樣區選擇上應再增加數量，並以優勢樹種為標的，在人力與經費的允許範圍內，考慮樣區可及性、安全性及穩定性，增設樣區，以利後續相關研究及經營管理之參考。 4. 在單株分析部分，宜再增加具代表性之物種，如山黃麻、小梗木薑子等，未來若能配合樣區的增設，增加重點樹種，如台灣二葉松，則更佳。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝委員。 2. 日後仍會努力，並希望可於台灣林業發表。 3. 日後會套疊DTM及道路圖等資料，並和南投處與台中工作站討論，進而決定樣區數量、位置及內容。 4. 謝謝委員建議，因日前和台中工作站至新崩塌地樣區調查，該永久樣區幾乎皆為山黃麻，希望以該區資料進行日後之分析。
<p>嘉義大學陳慶芳教授</p>	
<ol style="list-style-type: none"> 1. 就南投林區而言，九九峰自然保留區資源調查與監測分析研究成果提出各樣區地震前後植物演替之探討，並分析影響因子，以尋求該分區之經營管理策略具體方案。 2. 植物監測既為本計畫之重點，其中林分層級，部分可否加入豐富度及歧異度之分析討論，俾使該計畫研究更為完備。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝委員建議，在如此短時間之內，可能無法看出全盤植物演替變化，但此為研究考量重點之一。 2. 目前本研究以重要值指數(IVI)為分析重點，但豐富度及豐量度如有機會會納入考量。

林務局許曉華技正	
<ol style="list-style-type: none"> 1. 本報告有台中工作站提供長期之動植物資源調查，讓本研究能在長時間有具體之分析成果，建議南投處對相關人員予以敘獎以資鼓勵同仁投入山林保育之辛勞。 2. 本研究宜轉化為林務局投入「九九峰自然保留區」經營管理之績效，整合其他相關研究作為將來業務成果報告資料。 3. 特生中心過去在本區亦投入許多類別之研究，今年因研究期程限制僅就植生加以分析，希望能進一步看到野生動物研究資料之整合分析。 4. 本研究提出樹高宜用測高儀進行調查，因第四次森林資源調查正在進行，請台中站同仁在與老師請益最佳之調查方法。 5. 前言第二段內容宜再修正。 6. 附表及附圖未加說明。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝委員。 2. 謝謝委員。 3. 謝謝委員建議，但因時間關係，本研究目前尚未對野生動物研究資料進行整合及分析，希望日後有機會可進行更全面之研究。 4. 本研究雖提出參考做法，但深知現場調查有操作之困難，實務面會與工作站同仁討論。 5. 遵照辦理。 6. 遵照辦理。
台中工作站詹文輝技術士	
<ol style="list-style-type: none"> 1. P.12 研究區域第 8 行，於 89 年 5 月 22 日應修正為將埔里事業區第 8~13 及 15~20 林班，部分小班，公告成立九九峰自然保留區。 2. P.13 自然保留區境內有乾溪、土南坑溪…等 5 條河川貫穿其中應修正為 5 條較大河川。 3. P.17 野生動植物樣區第一行台中工作站人員由 2004 迄今，想修正為由 2003 年起迄今第 10 行錯字修正（植物之六樣區→植物永久樣區）。 4. P33 第 12 行提到植物永久樣區監測…等皆落於保留區外，實際植物永久樣區（1101-B、1002A 及 1002B）於自然保留區內，定點植被覆蓋率監測 32 個樣點，有 16 個樣點於自然保留區外，另自然保留區內的承租地約有 287 處，約 52.48HA。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝委員提醒，已做修正。 2. 遵照辦理。 3. 遵照辦理。 4. 與委員討論設置方法及座標量測方式後，已做修正。

<p>5. P.57 胸高直徑標示，施做方法，目前我們的作法在現場取一段量測 1.3m 長枯枝，直接當標竿，來測量胸高直徑，並於測量部位噴漆標示，另使用測高儀，測量樹高部分，之前有嘗試過但於現場使用太多限制，目前用測量用香尺測量樹高，請問是否可行？</p> <p>6. 能否提供 1992 年廖秋成老師於九九峰地區設立 28 個樣區的座標位置及樣區自然因子相關資訊，供日後我們設立植物永久樣區的參考。</p> <p>7. P.24 第二段提到討論自然及人為干擾對九九峰自然保留區單株林木生長林分演替及森林生態系變遷之影響，但在報告中有提到自然干擾部分，如地震、颱風等，並未提到人為干擾部分，請說明。</p>	<p>5. 單株林木調查時，需每年量測林木相同部位，以枯枝做 1.3m 之依據，仍可能因為地形或放置角度不同而產生誤差，故研究仍建議以噴漆等方式標示，較為合適。</p> <p>6. 會將收集或自製資料存於光碟片，並提供。</p> <p>7. 目前進行以自然干擾—地震及颱風為主，</p>
<p>作業課廖吟梅技士</p>	
<p>1. P.24 (一) 圖藉→籍，錯字。</p> <p>2. P.67 劉堂瑞→棠，錯字。報告內容中之其他錯字請執行單位再校正。</p>	<p>1. 謝謝委員提醒，已做修正。</p> <p>2. 遵照辦理。</p>
<p>主席 育樂課林文牆課長</p>	
<p>1. 請計畫主持人將該計畫之執行時所使用及製作圖資電子檔(包含向量檔與網格檔)提供本處，俾憑後續經營管理使用。</p> <p>2. 本處為執行單位，請計畫團隊於該自然保留區各分區間，再提出具體建言，以符實務。</p>	<p>1. 謝謝委員，遵照辦理。</p> <p>2. 會與貴單位進行討論。</p>
<p>林政課陳國錠技術士</p>	
<p>1. 使用圖資檔名請再確認，尤其埔里地區所涵蓋範圍廣大。</p> <p>2. 期中報告建議將產業道路放入，但期末報告中並無看見。</p>	<p>1. 謝謝委員提醒，已尋問、疊圖及確認，並做修正。</p> <p>2. 原本即有，但可能圖及標示過小，已將圖放大。</p>