

國軍退除役官兵輔導委員會榮民森林保育事業管理處
106年度委託計畫

「利用遙測影像調查鴛鴦湖
地區森林結構」委託研究案
研究報告

主管機關：國軍退除役官兵輔導委員會榮民森林保育事業管理處

執行機關：自強工程顧問有限公司

計畫主持人：蔡欣達 測量技師

協同主持人：李明軒 測量技師

中華民國 107 年 7 月



「利用遙測影像調查鴛鴦湖地區森林結構」 委託研究案

摘要

鴛鴦湖自然保留區總面積 374 公頃，其中湖面 3.6 公頃，沼澤地 2.2 公頃，其餘為山坡地，具有完整中海拔天然林生態系。此區大多屬於櫟林帶上層的針闊葉混淆林型，主要的優勢樹種為臺灣扁柏；其中海拔 1,800 公尺以上之西北區域為鐵杉林帶，全區雲霧繚繞，氣候濕潤，亦為石門水庫的主要集水區。

本區在民國 52 年資源調查過程，即發現其獨特性，爰列入長期經營管理計畫中之保留區域，在民國 59 年林業試驗所執行「臺灣自然生態保護區建立之初步研究案」建議建立生態保護區，永久保留以供學術研究，陸續於民國 62 年依森林法劃設為森林保護區，民國 75 年由農委會依文化資產保存法公告設立為自然保留區，以保護洪氾脈衝型的高山湖泊、未受干擾的天然臺灣扁柏林以及稀有的動植物，並保存原有自然狀態，提供科學研究。濕地保育法於 104 年 2 月 2 日施行後，本區域亦屬內政部依法公告之國家級重要濕地。

民國 50 年代至今，本區累積無數之相同研究，其中多集中在物種之調查與環境及水文之監測調查，而相對於大尺度的檜木森林演替動態與集水區生態系的整體變動所知較為有限，為了進一步了解鴛鴦湖地區森林結構，國軍退除役官兵輔導委員會榮民森林保育事業管理處（以下簡稱森保處）執行「利用遙測影像調查鴛鴦湖地區森林結構」委託研究案（以下簡稱本案），目標係透過航空攝影測量及空載光達等先進空間數據蒐集技術，產製正射影像及高程模型，並進行數據分析獲得調查結果以了解鴛鴦湖之地形、森林覆蓋、結構及孔隙等基礎資料，以判讀檜木森林之演替階段與集水區綠色植生覆蓋之完整性與變動情形，並供後續經營管理運用，以維護自然保留區之珍貴性價值。



目 錄

目錄	II
附錄	III
圖目錄	IV
表目錄	VI
第一章 背景分析	1
1-1 計畫緣起與目標	1
1-2 計畫範圍	1
第二章 研究方法與步驟	3
2-1 作業程序	3
2-2 使用設備與方法	4
2-3 執行進度	11
第三章 研究成果	12
3-1 基本圖資蒐集	12
3-1-1 航空攝影測量	12
3-1-2 空載光達掃瞄	13
3-2 正射影像及數值高程模型製作	15
3-2-1 正射影像製作	15
3-2-2 數值高程模型製作	18
3-3 生態調查	21
3-3-1 植物	21
3-3-2 動物	25
3-4 資料分析成果	26
3-4-1 地形分析	26
3-4-2 森林結構分析	28
3-4-3 孔隙分析	33
3-4-4 植群分析	35
3-4-5 颱風影響說明	36



3-4-6 VR 影像拍攝.....	40
3-4-7 Skyline 3D GIS 平台建置.....	45
3-5 延伸重要分析成果.....	49
3-5-1 尋找潛在巨木.....	49
3-5-2 脈衝型湖泊理論驗證.....	53
3-6 教育訓練暨成果發表會.....	60
第四章 結論.....	61

附 錄

附件一 疑似孔隙調查紀錄表
附件二 疑似孔隙現地勘查紀錄表
附件三 潛在巨木位置坐標表
附件四 潛在巨木現地勘查紀錄表
附件五 研究人員學經歷
附件六 參考文獻



圖 目 錄

圖 1-1	鴛鴦湖自然保留區範圍圖.....	2
圖 2-1	作業流程圖.....	3
圖 2-2	空載光達系統簡介.....	4
圖 2-3	光達穿透性示意圖.....	4
圖 2-4	P68C-TC 定翼機實體照.....	5
圖 2-5	Riegl LMS-Q780.....	6
圖 2-6	航測數位式攝影機(PhaseOne)率定合格報告書.....	7
圖 2-7	720 度 VR 拍攝示意圖.....	8
圖 2-8	720 度 VR 拼接示意圖.....	8
圖 2-9	地面 VR 現場拍攝畫面.....	9
圖 2-10	孔隙示意圖.....	10
圖 3-1	航線紀錄圖.....	12
圖 3-2	測區附近既有地面 GPS 基地站位置圖.....	14
圖 3-3	正射影像糾正示意圖.....	15
圖 3-4	不同網格 DEM 正射影像糾正示意圖.....	16
圖 3-5	正射影像(以橋樑為例)修正情形.....	16
圖 3-6	正射影像無接縫鑲嵌示意圖.....	17
圖 3-7	正射影像成果.....	17
圖 3-8	TerraSolid 點雲人工編輯畫面.....	18
圖 3-9	點雲分類示意圖.....	19
圖 3-10	數值模型產制流程.....	20
圖 3-11	DEM 成果渲染圖.....	21
圖 3-12	湖中水生植物圖.....	22
圖 3-13	沼澤地植物圖.....	23
圖 3-14	森林植物圖.....	25
圖 3-15	當地兩棲生物圖.....	26
圖 3-16	坡度示意圖(arcgis 使用手冊).....	27
圖 3-17	鴛鴦湖保留區坡度圖.....	27
圖 3-18	坡向定義(arcgis 使用手冊).....	28



圖 3-19	鴛鴦湖保留區坡向圖	28
圖 3-20	鴛鴦湖步道林相	29
圖 3-21	鴛鴦湖 CHM 點雲與正射影像比較圖(俯視).....	29
圖 3-22	鐵杉林型垂直結構	30
圖 3-23	鐵杉點雲型態	30
圖 3-24	臺灣杉林型垂直結構	31
圖 3-25	臺灣杉點雲型態	31
圖 3-26	檜木植群(次生林)結構	32
圖 3-27	檜木植群(次生林)點雲型態	32
圖 3-28	檜木植群(老熟林)結構	33
圖 3-29	檜木植群(老熟林)點雲型態	33
圖 3-30	森林孔隙位置圖	34
圖 3-31	孔隙無人機空拍影像	35
圖 3-32	保留區內植群分布圖	36
圖 3-33	梅姬颱風警報期間累積雨量分布圖	37
圖 3-34	105 年航拍重疊範圍	37
圖 3-35	颱風影響對照圖	38
圖 3-36	風災樣區 DEM 差異情形	39
圖 3-37	風災樣區 DSM 差異情形	40
圖 3-38	現場 VR 影像拍攝工作照	42
圖 3-39	地面環景拍攝成果節錄(孔隙區 A)	43
圖 3-40	空中環景拍攝成果節錄(鴛鴦湖中段)	44
圖 3-41	空拍影片節錄	44
圖 3-42	Skyline 3D GIS 圖層整合能力一覽	45
圖 3-43	Skyline 3D GIS 系統平台展示基礎圖資	46
圖 3-44	Skyline 3D GIS 系統平台展示可作歷史正射影像比對	46
圖 3-45	Skyline 3D GIS 系統平台整合 VR 環景影像(孔隙).....	47
圖 3-46	Skyline 3D GIS 系統平台整合 VR 環景影像(室內).....	47
圖 3-47	Skyline 3D GIS 系統平台展示多媒體空拍影片	48
圖 3-48	Skyline 3D GIS 系統平台成果查詢森林孔隙調查成果	48
圖 3-49	Skyline 3D GIS 系統平台標示潛在巨木位置	49
圖 3-50	高度 40m~45m 巨木位置圖	50
圖 3-51	高度 45m~50m 巨木位置圖	50



圖 3-52	高度 50m~55m 巨木位置圖	51
圖 3-53	高度 55m~60m 巨木位置圖	51
圖 3-54	高度 60m 以上巨木位置圖	52
圖 3-55	50m 以上巨木分布位置	52
圖 3-56	臺灣杉巨木 CHM 點雲圖	53
圖 3-57	谷地巨木群地形點雲剖面圖	53
圖 3-58	鴛鴦湖面集水區域(非公告版)	55
圖 3-59	西邊谷地劃出集水區範圍	56
圖 3-60	西南側範圍予以劃入集水區範圍	56
圖 3-61	梅姬颱風時雨量分布圖	59
圖 3-62	教育訓練暨成果發表會	60

表 目 錄

表 2-1	P68C-TC 飛機規格表	5
表 2-2	空載光達儀器規格表	6
表 2-3	航空專用數位式像機 (PhaseONE) 規格表	6
表 2-4	IGI IMU 規格表	7
表 2-5	無人機規格	9
表 3-1	航線規劃資訊	13
表 3-2	VR 影像拍攝成果表	42
表 3-3	逕流係數 C 採用參考表	58



第一章 背景分析

1-1 計畫緣起與目標

本計畫研究區域在民國 52 年資源調查過程，即發現其獨特性，爰列入長期經營管理計畫中之保留區域，在民國 59 年林業試驗所執行「臺灣自然生態保護區建立之初步研究案」建議建立生態保護區，永久保留以供學術研究，陸續於民國 62 年依森林法劃設為森林保護區，民國 75 年由農委會依文化資產保存法公告設立為自然保留區，以保護洪氾脈衝型的高山湖泊、未受干擾的天然臺灣扁柏林以及稀有的動植物，並保存原有自然狀態，提供科學研究。濕地保育法於 104 年 2 月 2 日施行後，本區域亦屬內政部依法公告之國家級重要濕地。

本案以航空攝影測量及空載光達數據蒐集，由調查結果產製正射影像及高程模型，並進行數據分析獲得調查結果以了解鴛鴦湖之地形、森林覆蓋、結構及孔隙等基礎資料，以判讀檜木森林之演替階段與集水區綠色植生覆蓋之完整性與變動情形，並供後續經營管理運用，以維護自然保留區之珍貴性價值。

本案主要工作項目如下：

- 一、調查區域航空攝影測量
- 二、調查區域空載光達掃描
- 三、調查區域正射影像及高程模型(DEM、DSM)製作
- 四、運用調查成果進行之調查區域地型分析、森林覆蓋、森林結構層次、孔隙比例及分佈等分析

1-2 計畫範圍

鴛鴦湖位於臺灣新竹縣，係大漢溪集水區最上游地區，出水口在西側流入塔克金溪，接泰崗溪、大漢溪而匯入石門水庫，屬國有林事業區之大溪事業區 89~91 林班。海拔 1670 公尺的該湖泊所延伸區域包含湖面 3.6 公頃、沼澤地 2.2 公頃及天然檜林約 360 多公頃，合計稱為鴛鴦湖自然保留區，總面積達 374 公頃，如圖 1-1。

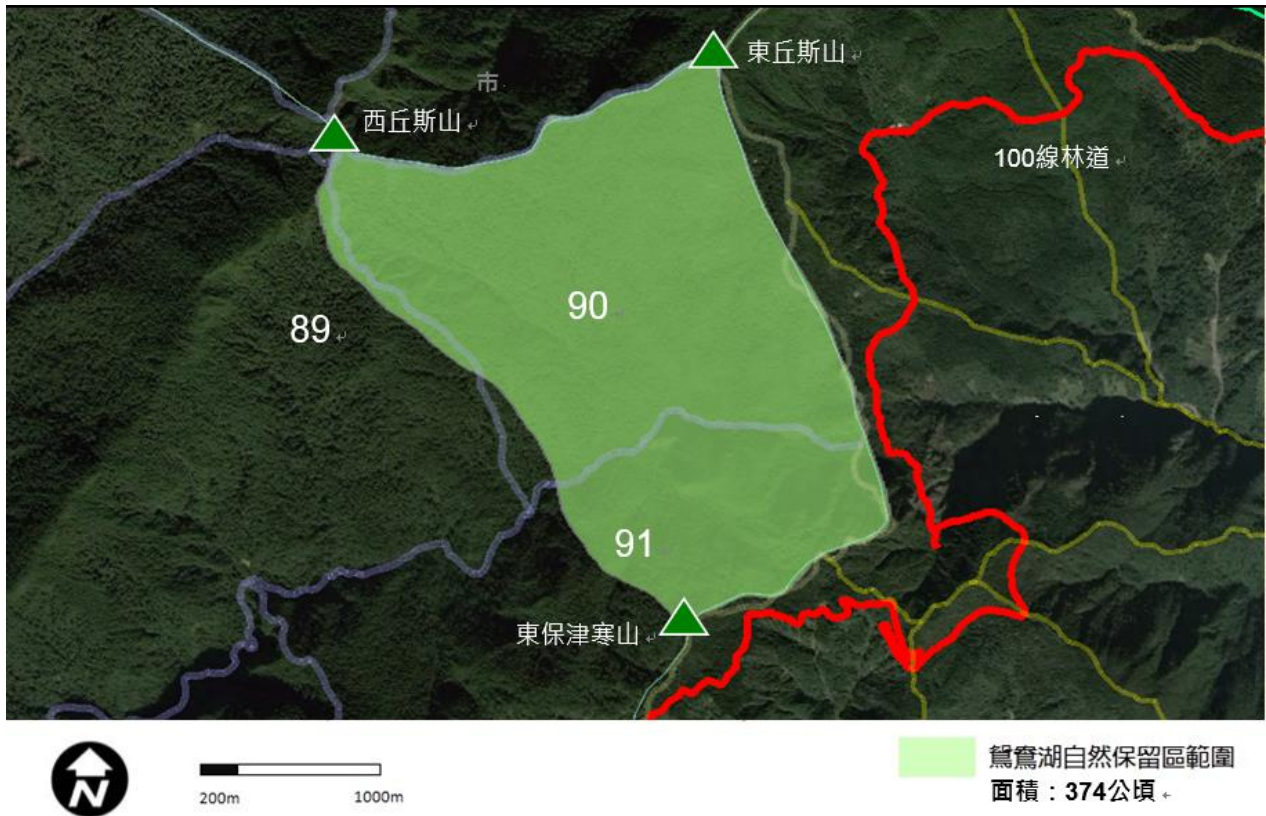


圖1-1 鴛鴦湖自然保留區範圍圖



第二章 研究方法與步驟

2-1 作業程序

本案使用航測飛機 P68-TC 搭載空載光達 Riegl LMS-Q780 與專業航拍像機 PhaseONE，能於本案作業期間內快速完成掃描與拍攝，產製最為完整之 10cm 彩色正射影像與 1m 網格解析度之數值高程；並同時建置 Skyline 3DIS 平台(單機版)，使本案之成果得到更充分之運用。本章節中將描述「航空攝影測量」、「空載光達掃描」、「正射影像與數值高程製作」以及「資料分析」等作業方法，詳細作業流程圖如圖 2-1。

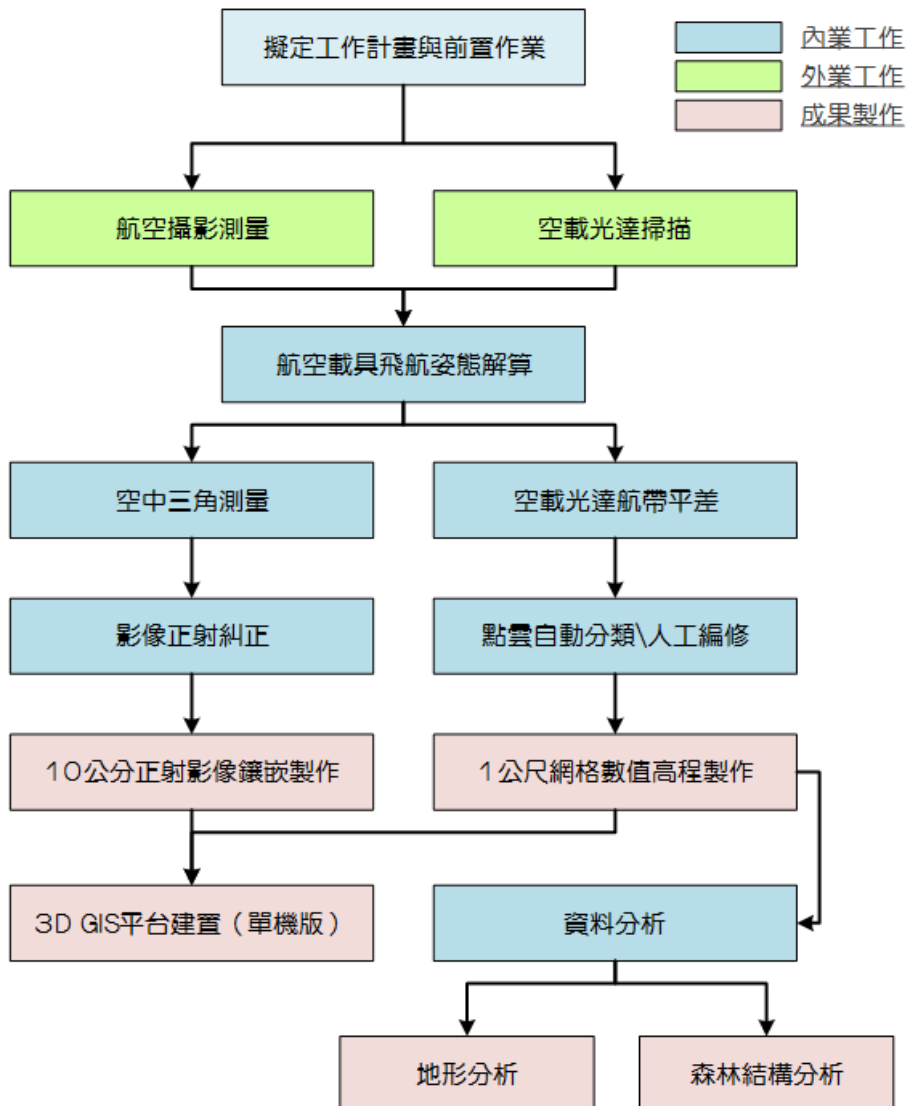


圖2-1 作業流程圖

2-2 使用設備與方法

一、空載光達

本案採用空載光達取得地表三維資訊，產製數值高程模型(Digital Elevation Model, DEM)。其量測原理為利用雷射脈衝進行掃描，取得掃描器與地表物之距離，並利用 GNSS 及 IMU 進行直接地理定位，將距離資訊轉為三維點坐標，其三維點稱為點雲 (Point cloud)，圖 2-2 為空載光達系統示意圖。光達之特點為該系統為主動式發射雷射脈衝進行掃描，雷射光束發射能量較強可部分穿透植被取得地表資訊，突破傳統攝影測量僅取得地物表面資訊之限制，且一雷射光束可能為唯一回訊或包含多重回訊(圖 2-3)，能應用其包含之多重回訊資訊，解析該地區地表樣貌，輔助地面調查儀器因視角造成的限制。

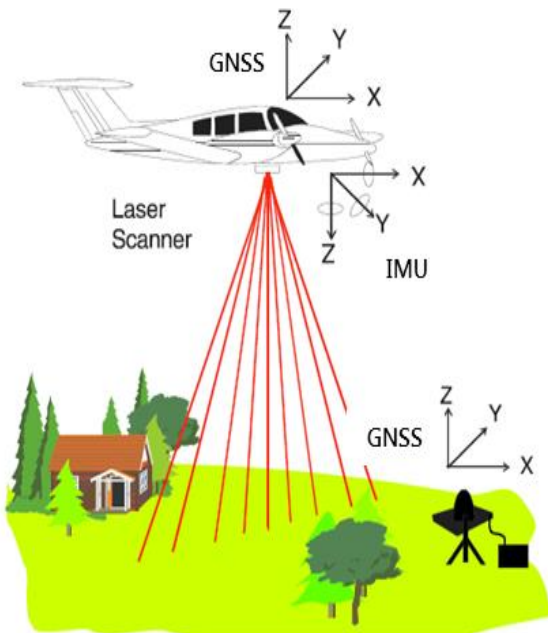


圖2-2 空載光達系統簡介

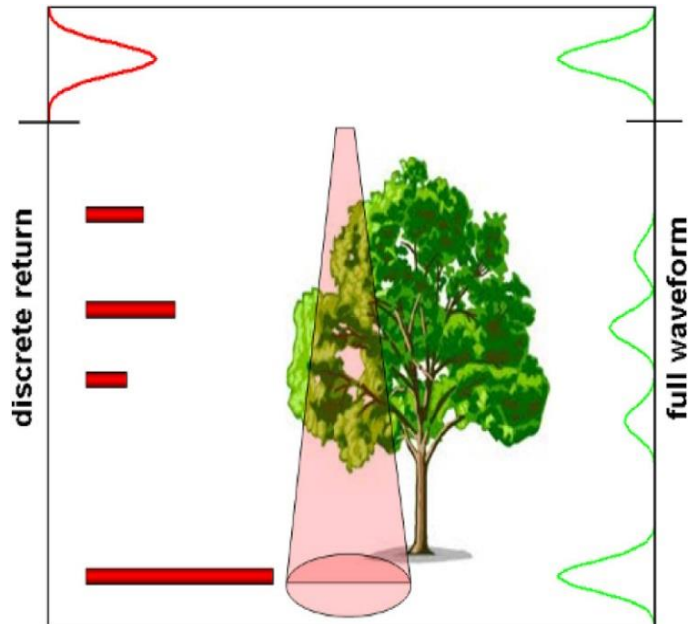


圖2-3 光達穿透性示意圖

本案採用 P68C-TC 飛機搭載空載雷射掃描儀執行掃描作業，其具有兩具 210 匹馬力之活塞渦輪增壓引擎，不僅爬升率佳且雙引擎配置於高山環繞的測區飛航更為安全（其規格如表 2-1），圖 2-4 為飛機實照圖。



表2-1 P68C-TC 飛機規格表

項次	項目	內容
1	有效負重	680 公斤
2	有效的電力供應	130 A
3	座位	6 席
4	最高時速	315 公里/小時
5	飛行高度	6,100 米
6	最大巡航範圍	2,280 公里
7	起飛距離	230 米
8	側滑長度	200 米
9	航行時間	8 小時



圖2-4 P68C-TC 定翼機實體照

本案採用 Riegl LMS-Q78 空載光達掃瞄儀，系統搭載全波形紀錄 (Full Waveform)，利用全波形掃瞄可提高點雲密度及穿透率，進而提供更完整的地面點雲資料。相關儀器規格如表 2-2。



表2-2 空載光達儀器規格表

型號	Riegl LMS-Q780
掃瞄頻率	100~400 KHz
最大掃瞄角度	0~60°
作業高度(離地高)	50 m~4,700 m
回測次數	Unlimited
Full Waveform	有

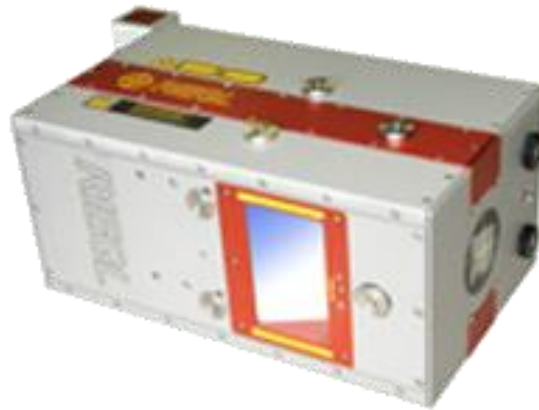


圖2-5 Riegl LMS-Q780

二、航空攝影

本案使用航拍專用量測型相機 PhaseONE 執行拍攝任務，且相機均經原廠率定檢定合格，規格如表 2-3 及所示。

表2-3 航空專用數位式像機 (PhaseONE) 規格表

項次	PhaseONE	
1	像素：8,000 萬像素	 PhaseONE 實機照
2	像元解析度：5.2 μ m	
3	最大解像度：10,320 x 7,752	
4	最短拍攝間隔：0.7 秒	
5	焦距：55mm	
6	快門速度：1/4,000 秒	
7	移動補償：TDI	

航空攝影全程將以 GPS 輔助導航，並以高精度 GPS 及高頻率 IMU (IGI



IMU，規格如表 2-4) 輔助航拍。

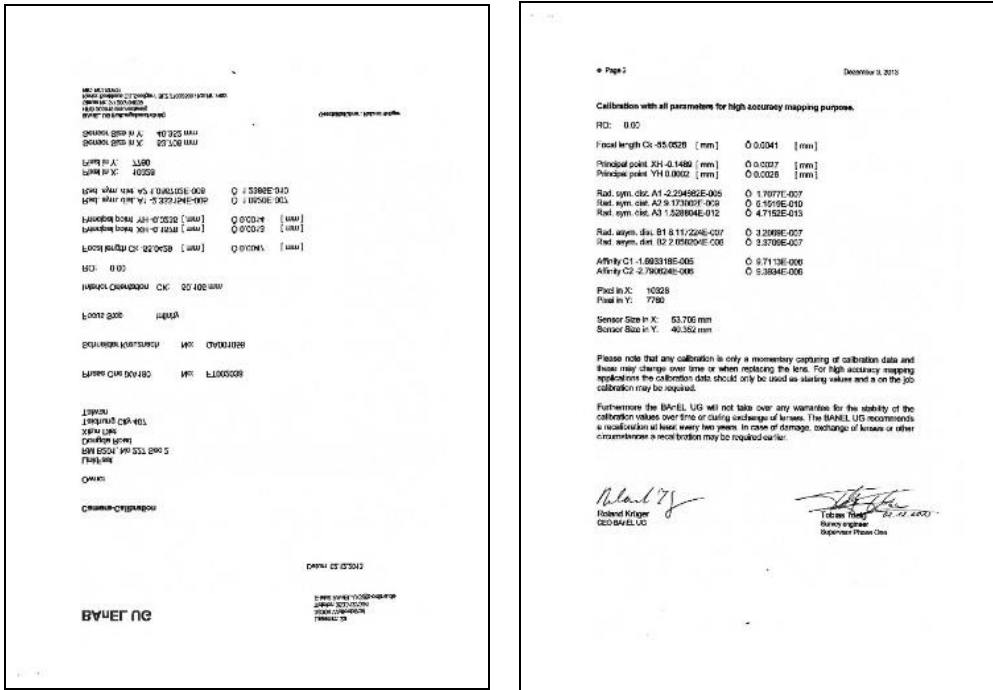


圖2-6 航測數位式攝影機(PhaseOne)率定合格報告書

表2-4 IGI IMU 規格表

GENERAL	
IMU	high performance fibre-optic gyros (FOG) durable robust design for high-vibration environments adapter plate for IMU mounting to sensors
	transmission rate: 64 Hz, 128 Hz, 256 Hz
	FOG-Bias: 0.1 deg / h FOG-RW: 0.02 deg / sqrt(h) resolution: 0.0038 mrad (@ 128 Hz) resolution: 0.0019 mrad (@ 256 Hz)
	accelerometer bias: 0.5 mg resolution: 0.122 *10 ⁻³ m / s (@ 128 Hz) resolution: 0.061 *10 ⁻³ m / s (@ 256 Hz)
	Computer: internal 72-channel L1 / L2 / L-band triple frequency GPS+GLONASS receiver low noise, raw GPS data (2 Hz), DGPS ready includes shock-absorbing tray for mounting
Data storage	PC card, 512 MB

三、 Nikon D5100 單眼相機

本案採用 Nikon D5100 (1,200 萬像素) 與 Nikon AF DX 魚眼(10.5 mm F/2.8G ED)進行 720 度 VR 拍攝，採用"天空"→"平視"→"地面"由上至下的順序



作拍攝，讓相機在仰視、平視、俯視的角度拍攝 3 圈環景照，每圈環景各由 6 張照片組成，再將 3 組環景組合成一張含蓋天地的全景照片（圖 2-7），因此需使用 18 張相片製作出一幅全景照（圖 2-8）。



圖2-7 720 度 VR 拍攝示意圖

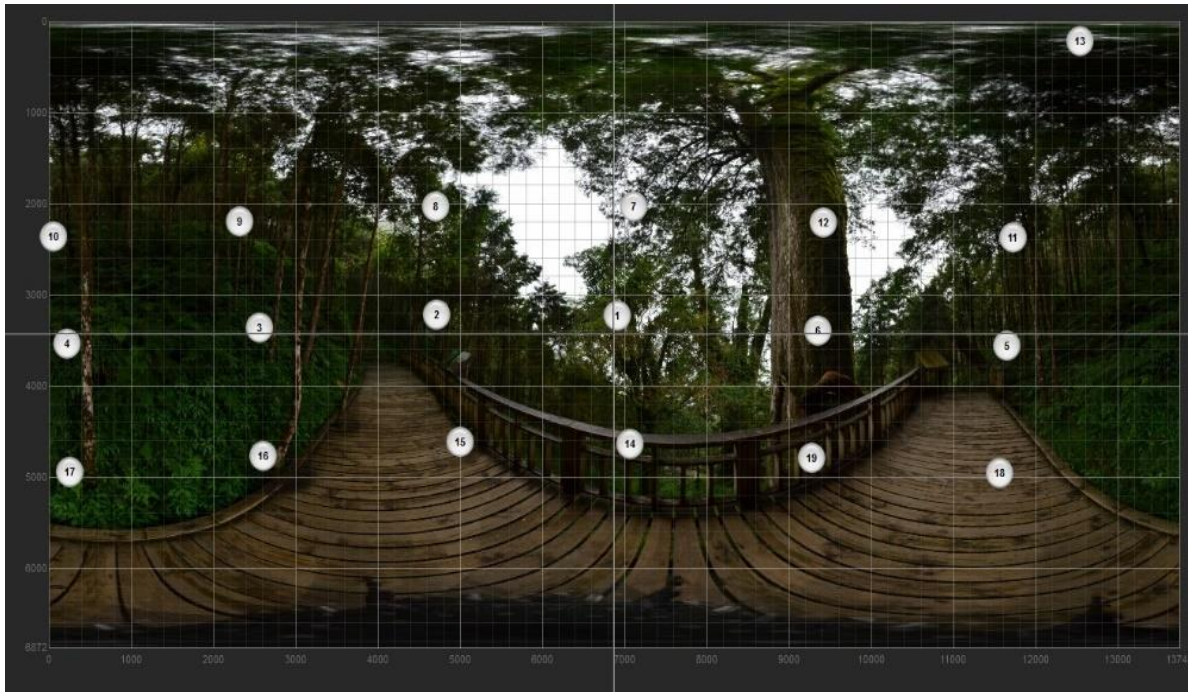


圖2-8 720 度 VR 拼接示意圖




圖2-9 地面 VR 現場拍攝畫面


四、Phantom 4 Advance 型無人機

本研究採用 Phantom 4 Advance 型無人機（表 2-5），搭載三軸陀螺穩定雲台及高性能空拍相機，配有高精度之三軸陀螺穩定雲台，可以主動抵消相機的抖動，如同紋絲不動的空中三角架，配備 F/2.8 魚眼鏡頭，能拍攝 2,000 萬像素照片；拍攝與照片接合方式同地面 720 度 VR。

表2-5 無人機規格

項目	規格	儀器照
飛行器	電池：5200mAh 鋰電池 重量（含電池和槳）：1368g 懸停精度（可安全飛行狀態）—垂直：0.1m；水準：0.3m 最大旋轉角速度：250°/s 最大可傾斜角度：42° 最大上升/下降速度—上升：6m/s；下降：4m/s 最大飛行速度：72km/hr 軸距：350mm 最大工作電流—靜態：750mA；動態：900mA 雲台角度控制精度：±0.03° 雲台可控轉動範圍—俯仰：-90°~0° 雲台最大控制轉速—俯仰：90°/s	



項目	規格	儀器照
相機	工作環境溫度：0°C~40°C 感測器尺寸：1/2.3" 有效像素：2000 萬 最大解析度：4096×2160 高清錄影：1080p30 和 4K 錄影 FOV：二檔可調（110°/85°）	

五、森林孔隙數化

林木冠層間會形成孔隙，林木的更新與生長與孔隙的出現及分布息息相關，以往研究多以航空正射影像進行圈劃，但航照影像容易受地形產生陰影不易辨識，正射投影產製過程如地勢起伏大易產生扭曲變形；本案採用空載光達所產生 CHM (Canopy Height Model) 影像進行數化並統計面積大小，數化過程需排除山溝或是路徑等區域，以獲得保留區內部現階段之孔隙。森林孔隙畫面示意如圖 2-10 所示。

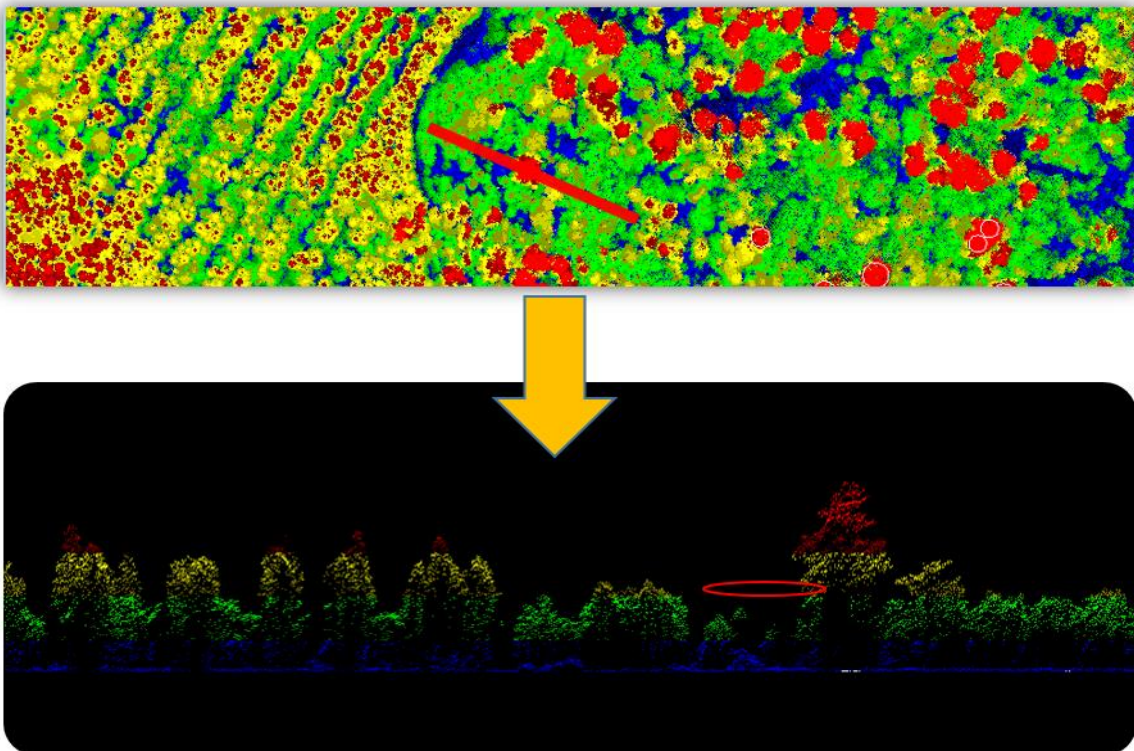


圖2-10孔隙示意圖



2-3 執行進度

本案總執行時程分為 3 期進行，需於時程內完成所預定之工作事項，各期工作時程與交付項目說明如下：

一、第 1 期：

- (1) 106 年 6 月 30 日提出期初簡報完竣。
- (2) 8 月 9 日辦理第一次工作會議。
- (3) 10 月 30 日辦理第二次工作會議。

二、第 2 期：

- (1) 106 年 11 月 10 日提出研究報告初稿。
- (2) 12 月 6 日辦理期末簡報進行研究報告初稿審查通過在案。
- (3) 後續研究報告修正版提送期限展依據森企字第 1070000992 號函同意延至 107 年 5 月 14 日。

三、第 3 期：

- (1) 107 年 5 月 8 日辦理 Skyline 3D GIS 系統教育訓練暨研究成果發表會。
- (2) 5 月 14 日依研究報告審查委員會意見修正後並交付修正後研究報告書乙式 20 份。



第三章 研究成果

3-1 基本圖資蒐集

3-1-1 航空攝影測量

- 一、本案業於 106 年 6 月 22 日完成航拍工作，共包含七條航線，航線規劃與紀錄如以下說明。
- 二、航線規劃時先於衛星影像圖上套疊拍攝區域，依地形走勢方向設計六條平行航線涵蓋全部拍攝區域，並額外劃設一條交叉航線確保資料品質，本案實際航線紀錄如圖 3-1 所示，表 3-1 為航線規劃資訊。

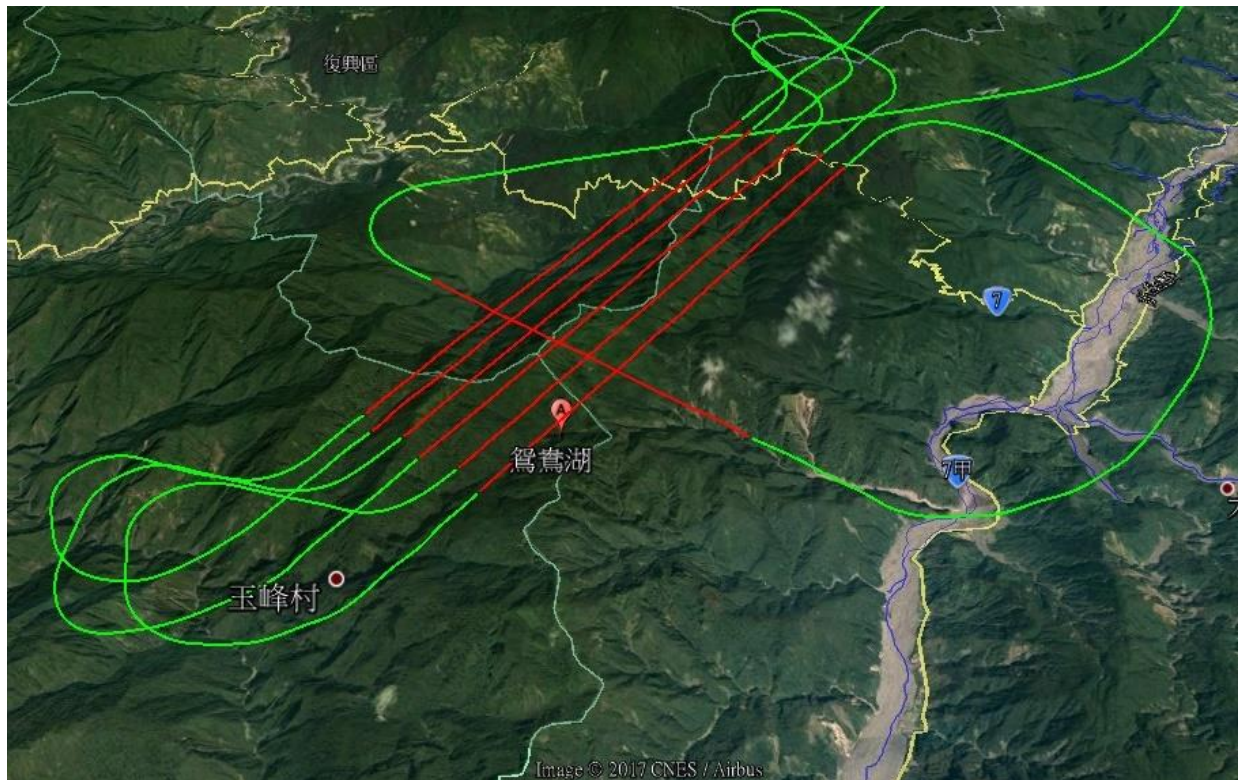


圖3-1 航線紀錄圖



表3-1 航線規劃資訊

項次	項目	資訊	備註
1	飛行高度	3000 公尺	離海平面高度
2	航線數量	7 條	
3	航拍影像前後重疊	80%	
4	航拍影像左右重疊	35%	
5	航拍影像地面解析度	10 公分	部分山谷區域解析度為 11~15 公分
6	空載光達掃瞄頻率	300KHZ	
7	空載光達平均點雲密度	2 點/平方公尺	

三、攝影當日無嚴重煙霧濛氣、能見度佳、且於上午 8 時至 11 時之間完成任務，期間太陽仰角超過 35 度以上。

四、地面解析度(GSD)為 10 公分，考量測區地形起伏甚大及飛航安全，於山谷部分解析度放寬至 15 公分。航線像片前後重疊為 80%，左右重疊為 35%，各航線前後應於測區外多拍攝 2 個像對。

五、採用 P68C-TC 飛機執行航拍計畫，其具有兩具 210 匹馬力之活塞渦輪增壓引擎，不僅爬升率佳且雙引擎配置於高山環繞的測區飛航更為安全。

3-1-2 空載光達掃瞄

一、光達系統率定作業

採全波形空載光達(Riegl LMS-Q780)與航空攝影同時執行點雲掃瞄，本案空載光達掃瞄前已完成相關率定作業，率定場設置於彰化縣和美鎮，長寬各約 1 公里的範圍，率定場內之地表坡度平緩且植被覆蓋率小於 10%，並具有容易辨識之大型建物（平頂、斜頂）及道路標線等明顯特徵。

率定報告包含系統率定方法、日期、地點、原始率定資料、計算過程紀錄（含關鍵之軟體處理畫面、率定結果校差不得超過 10 公分）及成果精度說明等相關資料。



二、地面 GPS 基地站

空載光達資料獲取同時收集購買測區附近既有的地面 GPS 基地站(分佈情形如圖 3-2 所示)，選用內政部國土測繪中心 (THAI、CLAN)，作為空載光達點雲平差解算之控制依據。

控制點平面採用 TWD97【2010】坐標系統，高程則採用 GPS 系統定義之橢球高系統^註。正高轉換計算使用內政部公告之大地起伏模式為之。

註：即假定地球為一理想橢球體，真實地表上任一點相對於橢球面的垂直距離。(即所謂法線方向之距離)即為橢球高 (Ellipsoidal Height)，GPS 測量之高程系統即依此定義



圖3-2 測區附近既有地面 GPS 基地站位置圖

三、空載光達掃瞄

本案所採用的 Riegl LMS-Q780 具有多時段雷射回波接收技術(MTA, Multiple-Time-Around)以及數位全波型分析(digital full waveform analysis)兩項技術，可以完成本案複雜的地形起伏，並達到真正獲得地表高程的成果。Riegl LMS-Q780 具有無限制的回波訊號，每秒 266,000 次掃瞄速度及 10~200 條的掃瞄線，精度為 2 公分，且其為旋轉四面鏡掃瞄式設備，地面點雲密度均勻且精



度一致。

飛航掃瞄過程中同時會獲得 GPS、IMU 與雷射掃瞄數據所取得之原始數據，經過掃瞄航跡 POS 解算後產出 LiDAR 原始點雲，並應用航帶間重疊點雲及交叉飛航點雲進行點雲平差，航帶間的差值均小於 20 公分即可輸出空載光達點雲（las 檔）。

3-2 正射影像及數值高程模型製作

3-2-1 正射影像製作

- 一、影像以濾波法及統計直方圖法並用來作調色及均勻化處理，影像色調必須均勻及反差足夠，整全區影像之色調、亮度一致，避免反光，保持柔和及清晰、色調均勻及色彩真實。
- 二、利用數值航測影像工作站之航測儀器，配合數值地形模型資料作為正射糾正使用之高程控制資料，將中心投影的航空像片，糾正成正射投影，以消除像片上因影像傾斜、高差移位所造成比例尺不一致之投影誤差，如圖 3-3 所示。

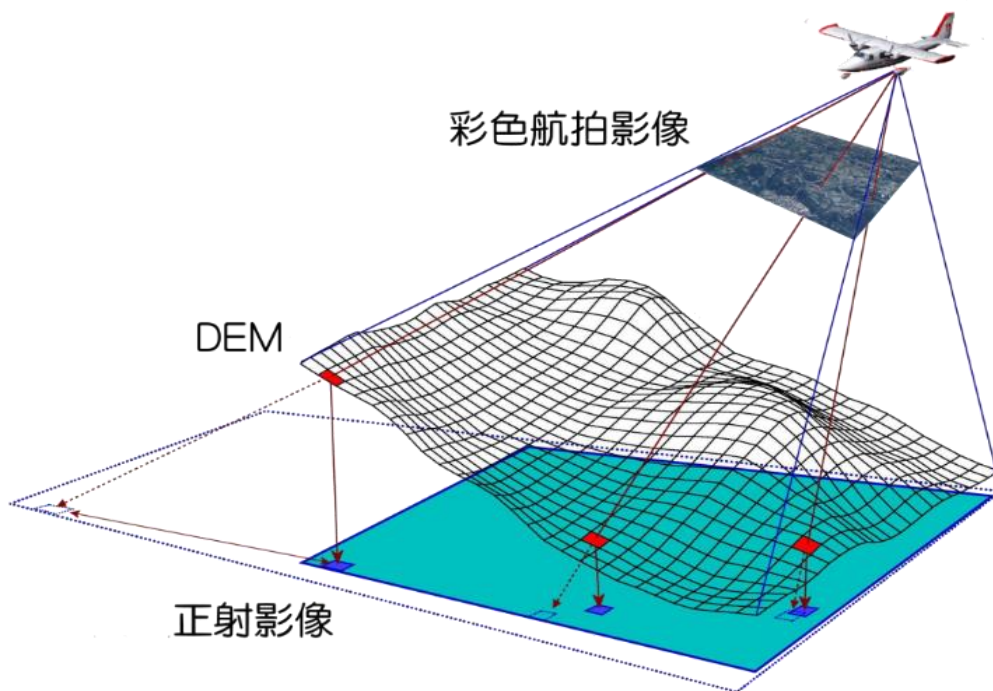


圖3-3 正射影像糾正示意圖



三、糾正使用之數值地形模型資料網格間距越細緻，可提高正射影像平面精度（如圖 3-4 所示），所以本案將採用網格間距 1 公尺 DEM 進行影像糾正。



圖3-4 不同網格 DEM 正射影像糾正示意圖

四、使用 DEM 製作正射影像因高差位移緣故，鐵、公路及橋樑等對地圖判讀重要的建物，必須依其實際高度正射微分糾正，不應有高差移位的情形，以避免影像邊緣抖動或變形，並達到美觀之目的，如圖 3-5 所示。

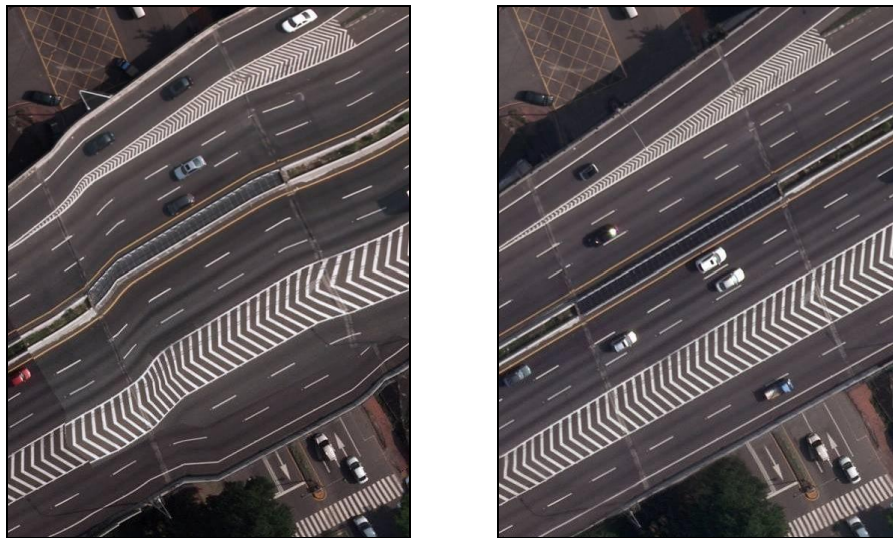


圖3-5 正射影像（以橋樑為例）修正情形

五、正射影像由不同的原始航空影像拼接而成(圖 3-6)，拼接線（seamline）應儘可能選取紋理交接處（例如：道路邊緣、田埂線等），以達成無接縫鑲嵌之目的，再使用正射影像處理軟體進行色調勻化處理。

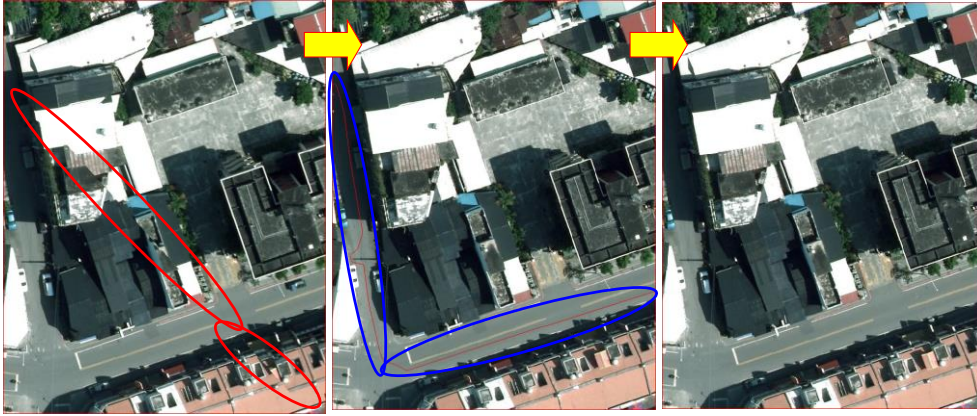


圖3-6 正射影像無接縫鑲嵌示意圖

六、產製 10 公分彩色正射影像並進行修正及鑲嵌，以 1/5000 圖幅輸出並繳交正射影像 (tif 檔)，將 tfw 定位檔之表頭。提供 TWD97 [2010] 坐標系統。產製成果如圖 3-7。

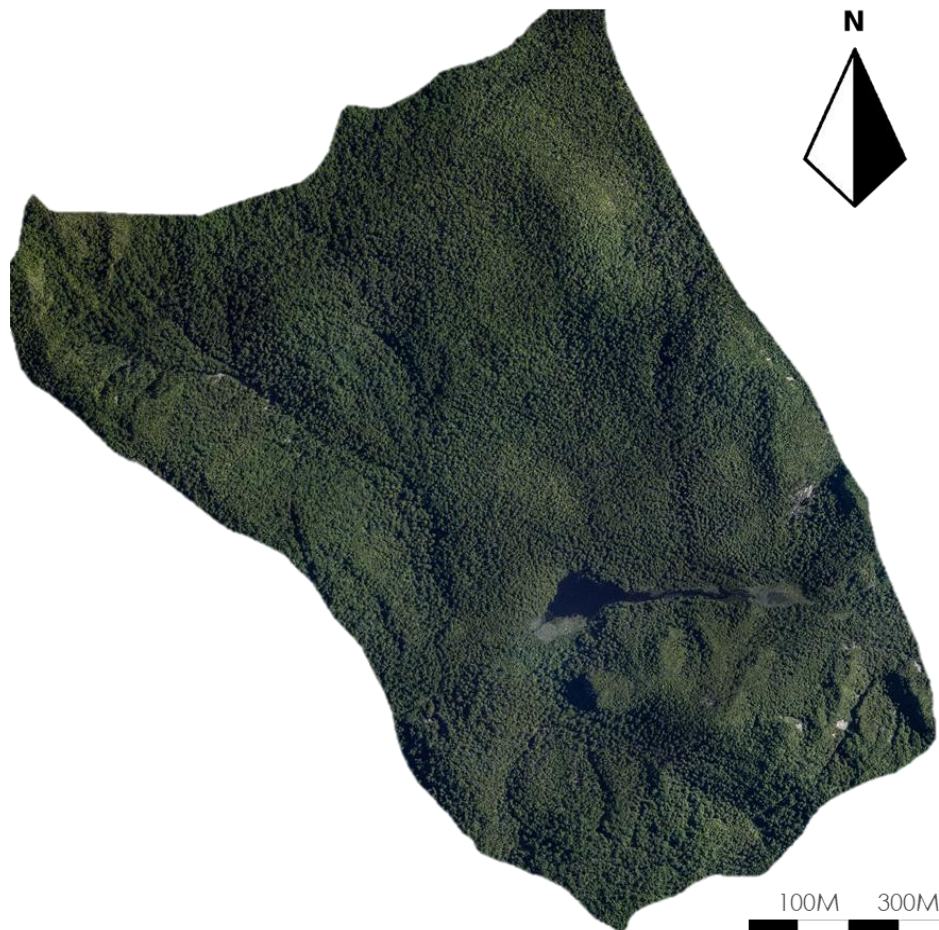


圖3-7 正射影像成果



3-2-2 數值高程模型製作

空載光達 LiDAR (Airborne Laser Scanning, ALS) 原理乃是利用全球定位系統 (GPS) 及慣性量測元件 (IMU) 即時定出飛機飛行瞬間位置和姿態參數，並同時結合雷射測距 (Laser Ranging)、光學掃瞄 (Optic Scanning) 等技術，能快速獲得掃瞄點三維坐標。其點位觀測速度每秒可達數十萬點，掃瞄所得資料為密布於地物表面之三維點位資料，稱為點雲 (Point cloud)。經由點雲資料分析處理以獲得數值高程模型 (Digital Elevation Model, DEM) 資料。

一、點雲資料分類及編修。

空載光達點雲掃描資料是三維空間中呈不規則分布的點雲資料。這些點位代表真實地形表面、人工建築物 (房屋、煙囪、塔、輸電線等) 或自然植被 (樹、草) 位置，有些則是粗差資訊 (雜訊)。本案採用 TerraSolid 軟體執行點雲自動處理與過濾，步驟如下：

各種類型錯誤點分離 (雜訊濾除)：錯誤點類型包括低點、孤立點、空中點等。

- (1) 分離地面點，產生地面點雲資料。對地物資訊進行二次地物分類，包括植被資訊、建築物資訊、鐵路資訊之萃取等。
- (2) 所有分類完成後，從地面點雲中萃取關鍵點集，建立地面模型。自動分類地物如高植被 (喬木闊葉林等)、中植被 (果樹等)、低植被 (雜草等)、建物、地面等，並將分類過後的點雲資料進行人工編輯。

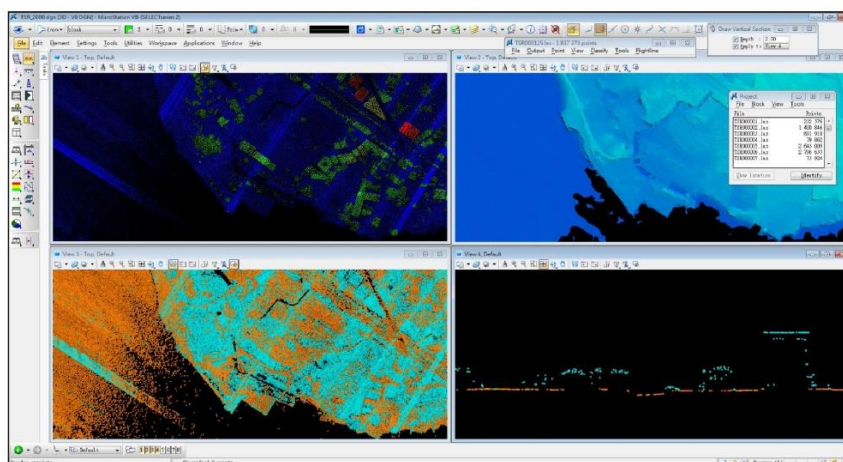


圖3-8 TerraSolid 點雲人工編輯畫面



二、點雲資料輸出

製作程序：點雲資料經分類、編修及檢核後，再進行測點疏化製作。可採自動化過濾方法進行疏化，但最後成果應經過人工檢核及編修程序。

本案採用 LAS1.2 規範，基於符合 LAS1.2 點雲分類規則，本案使用編號 2-ground 記錄地面點、9-water 記錄水面點、30-ASPRS reserve 記錄不合理點雲、31-ASPRS reserve 記錄非地面點，完整的保留各地無類別的高程資訊，如圖 3-9。

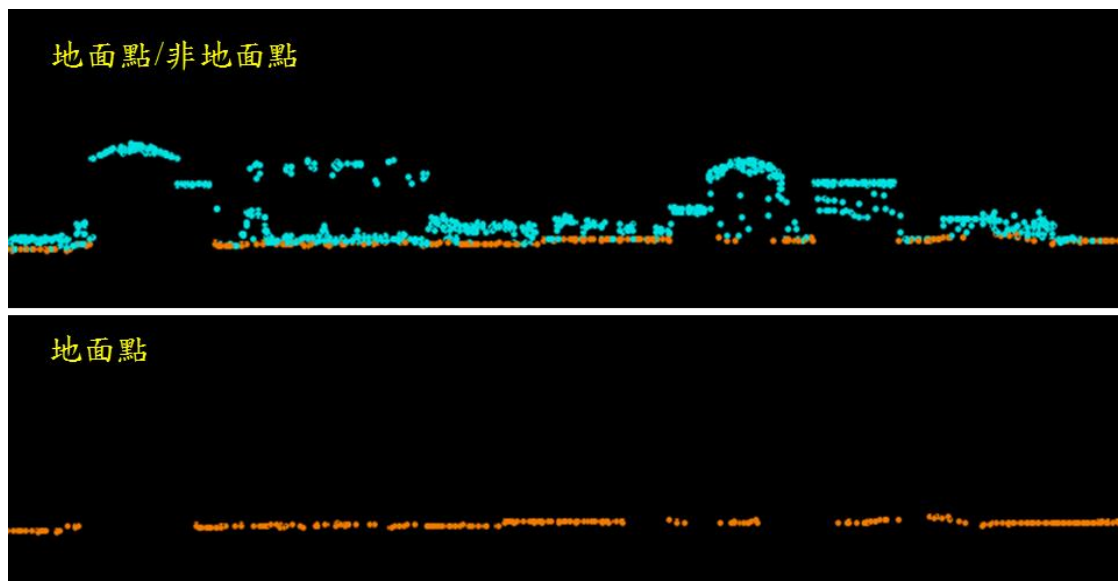


圖3-9 點雲分類示意圖

三、數值地形模型資料產製

數值高程模型 (Digital Elevation Model, DEM) 為不含地表植被及人工構造物時，地球表面自然地貌起伏的數值模型；數值地表模型 DSM (Digital Surface Model) 則指的是地表上所有地物，包含人工構造物或自然森林或人工物覆蓋地面的高程；樹冠高度模型(Canopy Height Model)則為 DSM 排除人工構造物扣除地貌起伏而取得，如圖 3-10。

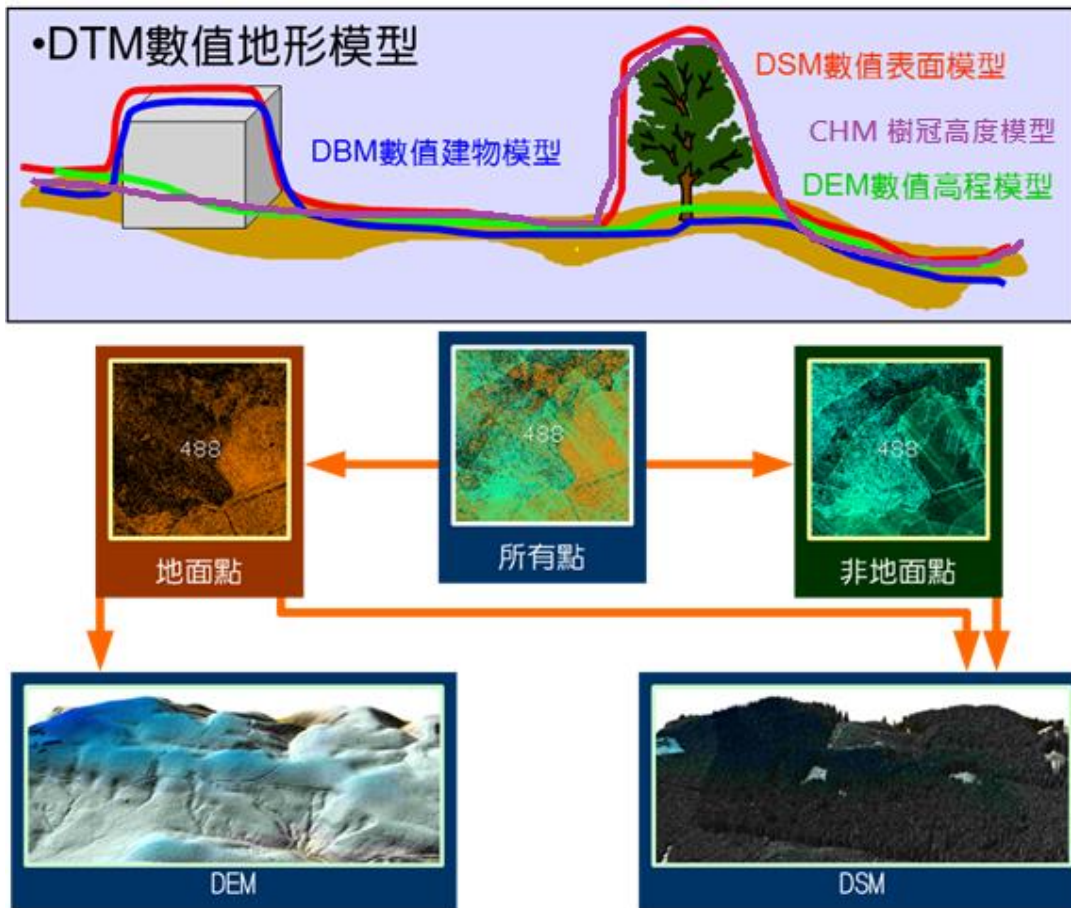


圖3-10 數值模型產制流程

本案採用 TerraSolid 軟體將不規則離散測點點雲資料內插成 1 公尺解析度網格資料 DEM、DSM，以 (ASCII) 格式存為純文字檔儲存，採用 TWD97【2010】坐標系統。

四、DEM 成果如圖 3-11。

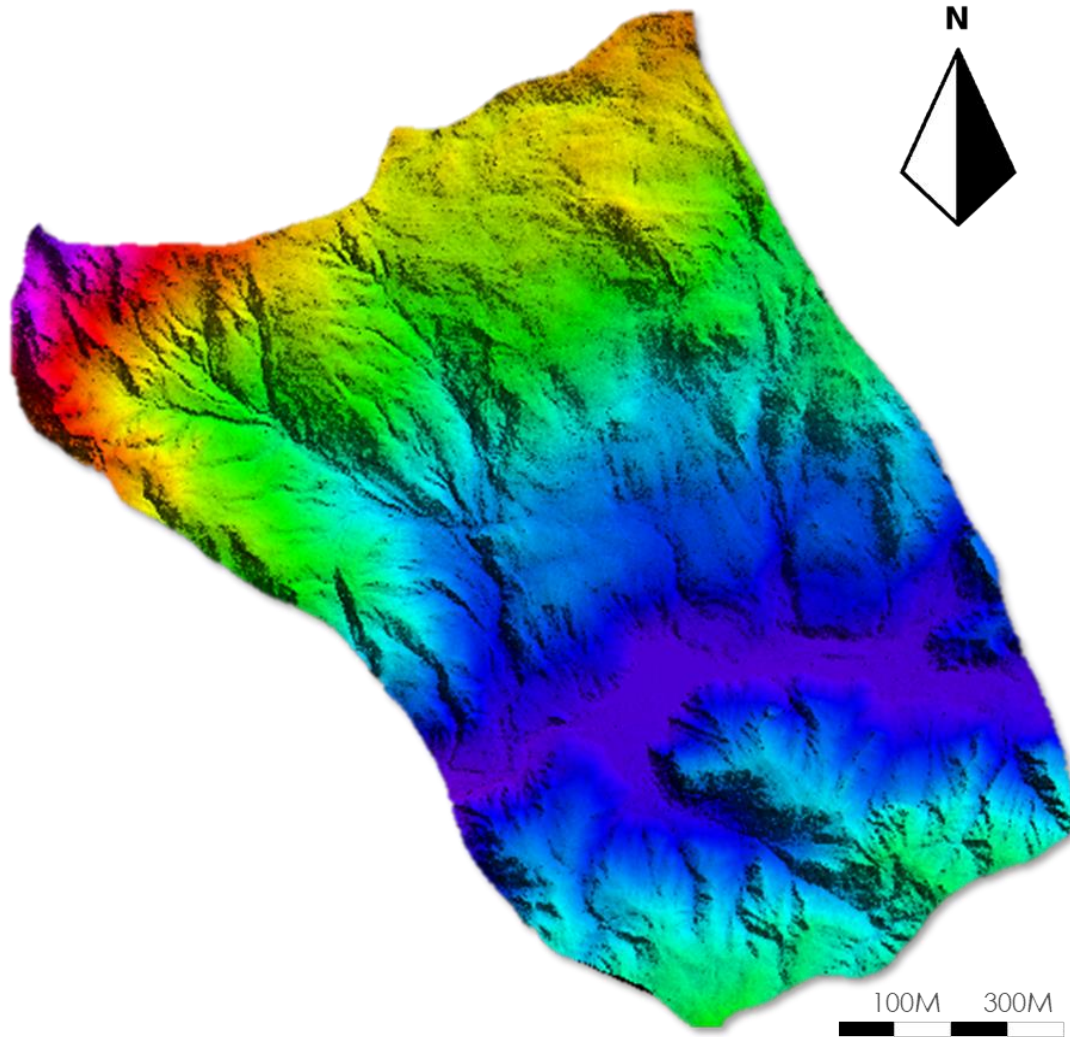


圖3-11 DEM 成果渲染圖

3-3 生態調查

3-3-1 植物

鴛鴦湖重要濕地之海拔範圍由 1,670m 至 2,432m，但海拔 2,100m 以上之林地僅佔極小部分，大部分植被皆分布於 1,700m 至 2,100m 之間，高低相差僅約 400m，更由於冷涼而重濕之氣候已為一限制因子，故海拔之差異對植物之分佈影響極小，但地形關係影響土壤濕度差異極大，故鴛鴦湖水域附近之植被因生育地土壤濕度之關係，可分為湖中水生植物(Hydrophytic)及沼澤地植物群落(Hygrophytic)(陳子英，2016)。



一、湖中水生植物

大多生於湖水淺灘處，植像單純，主要為東亞黑三菱、浮水植物眼子菜及水毛花三種，如圖 3-12 所示。



東亞黑三菱



線葉眼子菜



水毛花

影像來源:森保處

圖3-12 湖中水生植物圖

二、沼澤地植物

鴛鴦湖呈東西向走勢，地形由東向西遞減，出水口位於最湖區西側。由於鴛鴦湖水量不豐，如此地形造成鴛鴦湖東側地區形成沼澤，依據陳昭明等(1987)、彭鏡毅(2011)與陳子英(2016)等之調查，可分為兩種群落，一類為沼澤地中央及近湖岸處之草木群落，組成包括水毛花、高山芒、燈心草、箭葉蓼、單穗薹、小葉四葉葎、白穗刺子莞、戟葉蓼、火炭母草等；一類則為靠近山麓地區之灌木聚落，如小葉石楠、假柃木、假繡球、壺花莢蕨、水亞木、阿里山灰等。摘錄如圖 3-13。



沼澤地中央及近湖岸處之草木群落



單穗莖



燈心草



小葉四葉葎

靠近山麓地區之灌草聚落



白穗刺子莞



戟葉蓼



小葉石楠

影像來源:森保處

圖3-13 沼澤地植物圖

三、森林植物

依據調查報告(陳子英, 2016), 本地區主要為檜木林相, 檜木林之間有小面積之闊葉樹林及針闊葉樹混生林, 皆為演替初期之森林群落, 面積極小無損於此一地區之檜木林相, 其主要組成以臺灣扁柏為主的演替後期之森林群落,



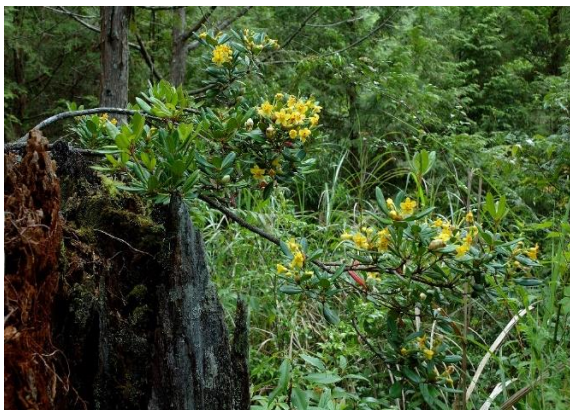
伴生之針葉樹僅有紅檜、鐵杉及五葉松等，伴生之闊葉樹種亦較簡單，僅有雲葉、厚皮香、八角、臺灣杜鵑、臺灣樹參、銳葉新木薑子及紅淡比，但林下灌木繁生，種類複雜，有華紫金牛、深山野牡丹、細葉虎刺、柃木、臺灣毛蕊木、蔓竹杞、著生杜鵑、臺灣鵝掌柴、深山茵芋、高山越橘等皆為耐陰及陰生（Sciophytics）者，充分顯示出為一陰濕之生育環境，灌木層既為耐陰或陰生者則其下層地被植物亦為耐陰或陰生者，如玉山鬼督郵、細辛、阿里山寶鐸花、野沿階草、阿里山酢漿草、山椒草、三裂葉山椒草、一葉蘭、裂緣花、玉山變豆菜及好陰濕之蕨類植物如臺灣小膜蓋蕨、阿里山肢節蕨、阿里山舌蕨、臺灣瘤足蕨、書帶蕨、細葉落蕨、大久保氏梳葉蕨、全緣卷柏以及濕生之苔類植物濕地泥炭苔等。



臺灣杉



扁柏與杜鵑林



黃花著生杜鵑



棲蘭山杜鵑



臺灣一葉蘭



鴛鴦湖龍膽



東方肉穗野牡丹



裂緣花

影像來源:森保處

圖3-14 森林植物圖

3-3-2 動物

一、昆蟲

依據調查(陳子英, 2016) 13 科 20 屬 22 種昆蟲類, 以及昆蟲類特有種共計 6 種: 臺灣長臂金龜、臺灣鳳蝶、紹德凹翅麗菊虎、臺灣深山鍬形蟲、平頭大鍬形蟲及黃基蜻蜓, 其中臺灣長臂金龜為保育類昆蟲。



二、鳥類

依據過往(陳朝明等, 1987)以及林亞立等(2002)之調查, 共紀錄到 11 科 29 種的鳥類, 包括藪鳥、冠羽畫眉、白耳畫眉、金翼白眉, 另有一些特殊族群如鳳頭蒼鷹、紅嘴黑鵯、白尾鵯、小翼鵯、鱗胸鷓鴣、山紅頭、繡眼畫眉、深山鶯、小鶯、黃腹琉璃、黃胸青鵯、青背山雀、朱雀、檀鳥、星鴉等。

三、哺乳動物

依據 101 年相關調查, 鴛鴦湖周邊存在 7 種臺灣特有種哺乳動物, 包括長鬃山羊、臺灣獼猴、山羌、白面鼯鼠、食蟹獾、臺灣森鼠與高山白腹鼠。

四、兩棲生物

依據調查鴛鴦湖周邊兩棲生物主要為腹斑蛙與盤古蟾蜍。



腹斑蛙



盤古蟾蜍

影像來源: 森保處

圖3-15 當地兩棲生物圖

3-4 資料分析成果

3-4-1 地形分析

一、坡度分析

坡度是指一段距離內的高差起伏程度(圖 3-16), 本案採用 ArcGIS 軟體透過此次取得網格資料 1 公尺 DEM 進行分析, 以了解鴛鴦湖自然保留區坡度變化,



成果如圖 3-17。

藉由坡度分析，可以了解到此區坡度分常陡峭，除了湖區以及湖區北面山坡有零星平緩地之外，80%以上的地形坡度皆在於四級以上，其中更有需多為坡度 55% 以上的六級坡，尤其西丘斯山東南麓一帶的山坡幾乎都是此一級別。

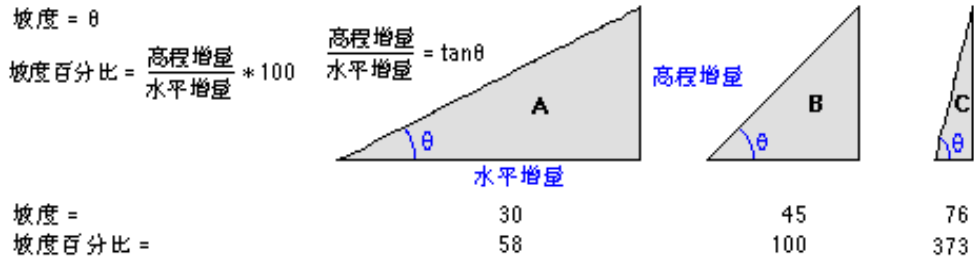


圖3-16 坡度示意圖(arcgis 使用手冊)

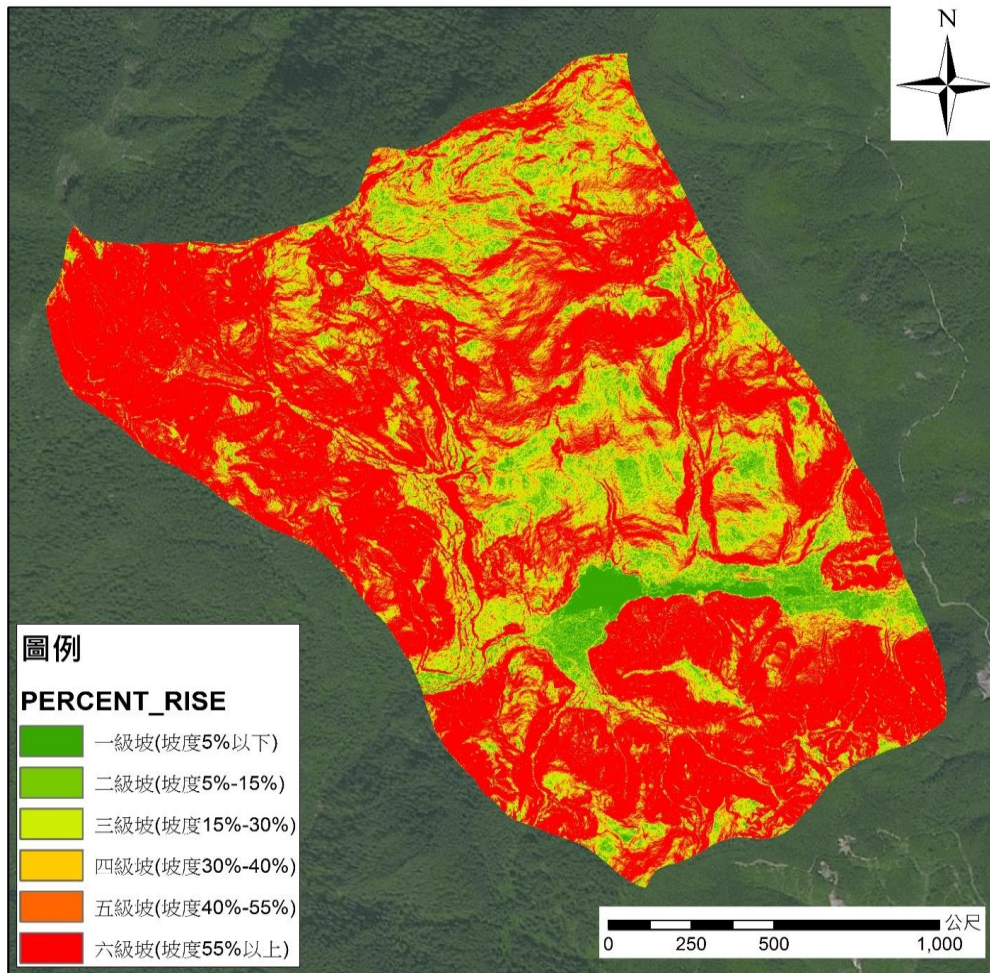


圖3-17 鴛鴦湖保留區坡度圖

二、坡向分析



坡向是以順時針方向從 0~360 度進行表示，如為平坦區域則值為-1，將資料分成北方、東北方、東方、東南方、南方、西南方、西方、西北方、北方等八個方向(圖 3-18)，以了解鴛鴦湖自然保留區坡向組成，如圖 3-19。

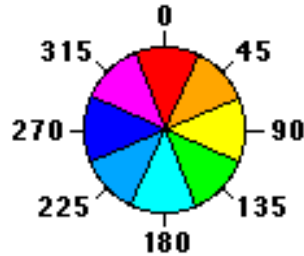


圖3-18 坡向定義(arcgis 使用手冊)

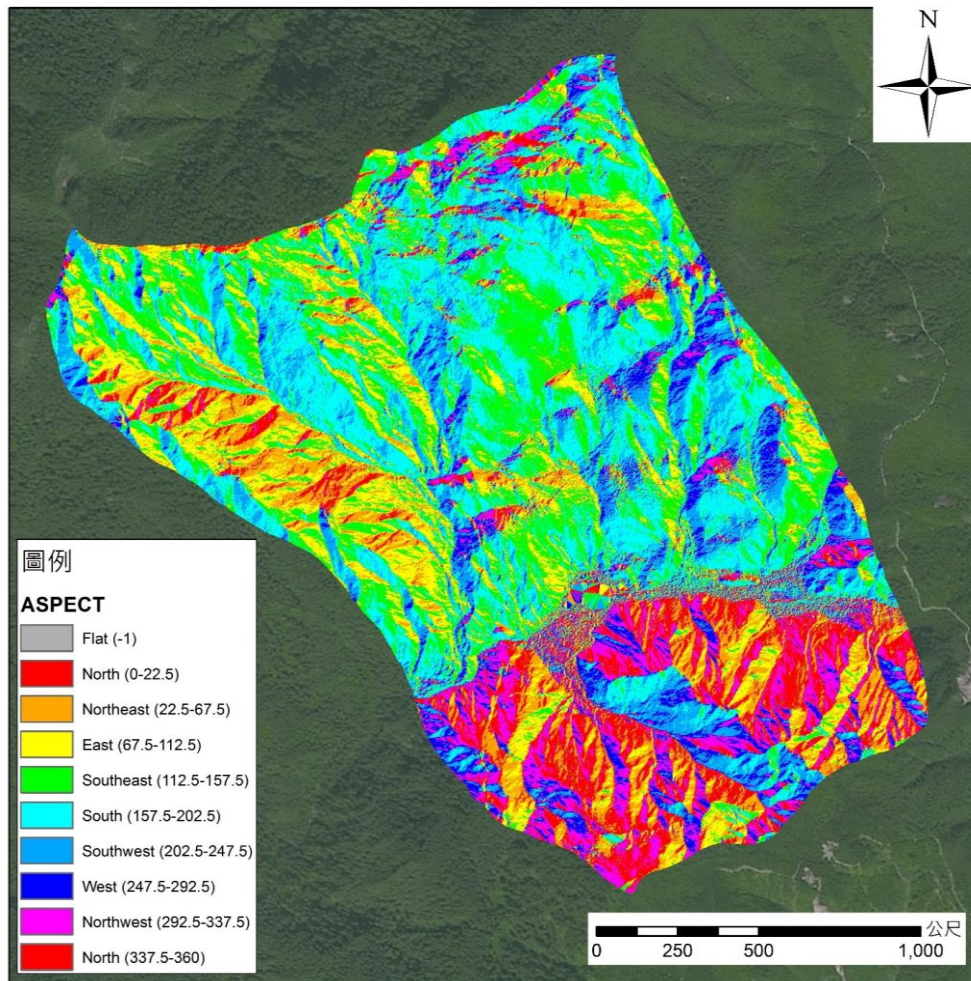


圖3-19 鴛鴦湖保留區坡向圖

3-4-2 森林結構分析

一、樹冠高度模型



鑒於鴛鴦湖自然保留區為原始天然林相森林鬱閉度高(圖 3-20)，單木枝幹分生彼此交錯無法明確界定立木位置，不適宜以單木為單位分析樹高。



圖3-20 鴛鴦湖步道林相

本案將以樹冠高度模型(CHM)資料進行分析，平均取得樹木高度變化進行統計，加以獲得保留區內不同樹高所佔比例；將透過收集文獻取得林分高度推估最佳 CHM 網格取樣尺寸。鴛鴦湖 CHM 點雲成果及航拍影像比較如圖 3-21。

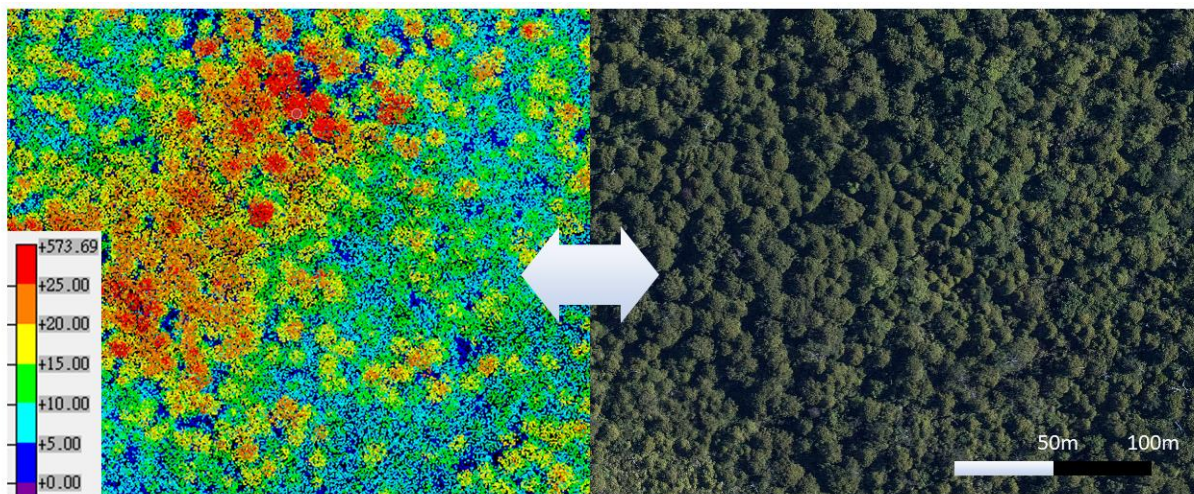


圖3-21 鴛鴦湖 CHM 點雲與正射影像比較圖(俯視)



二、鐵杉植群結構

鐵杉之樹形特徵為樹幹挺拔，枝桠呈水平向外開展，葉片即終於樹冠與枝桠末端，形似一把傘，可藉由 CHM 清楚辨識，如圖 3-22 與圖 3-23。鐵杉通常生於海拔 2,000m 雲霧帶以上，即西丘斯山東麓一帶。

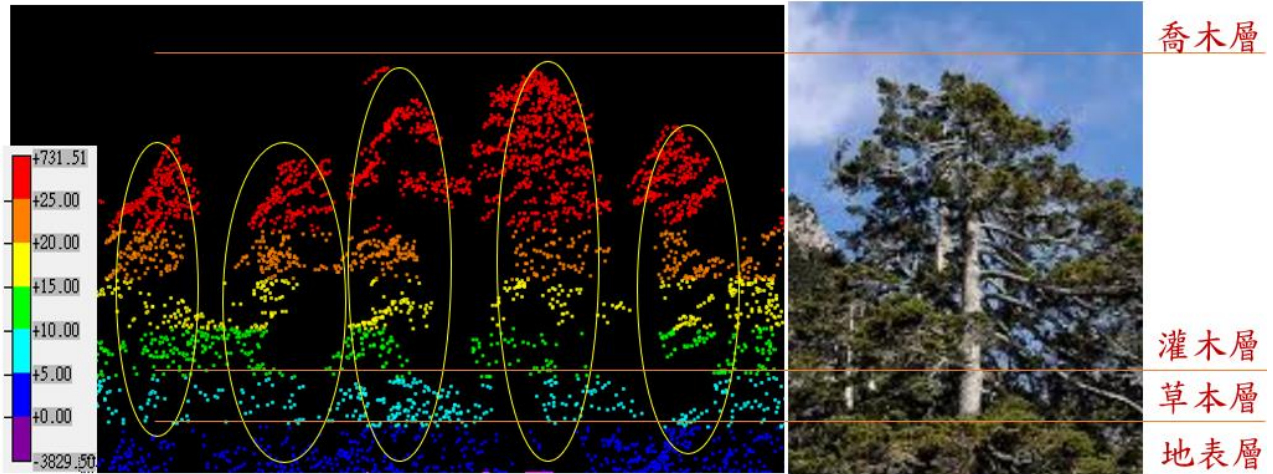


圖3-22 鐵杉林型垂直結構

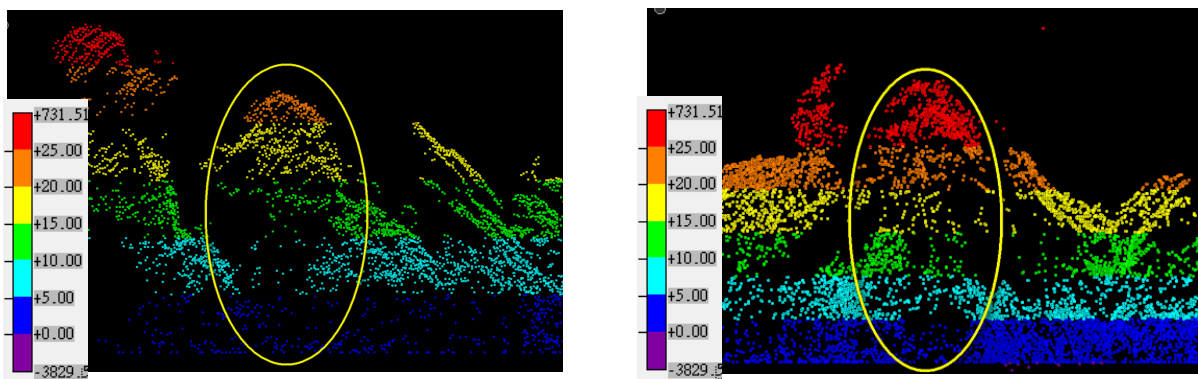


圖3-23 鐵杉點雲型態

三、臺灣杉植群結構

臺灣杉是臺灣最高喬木，有「撞到月亮的樹」的美名。樹形特徵為高聳挺拔，枝幹纖細獨立生長，樹冠明顯且略呈三角形，高度明顯高於本區原生檜木，可藉由 CHM 清楚辨識，如圖 3-24 所示。

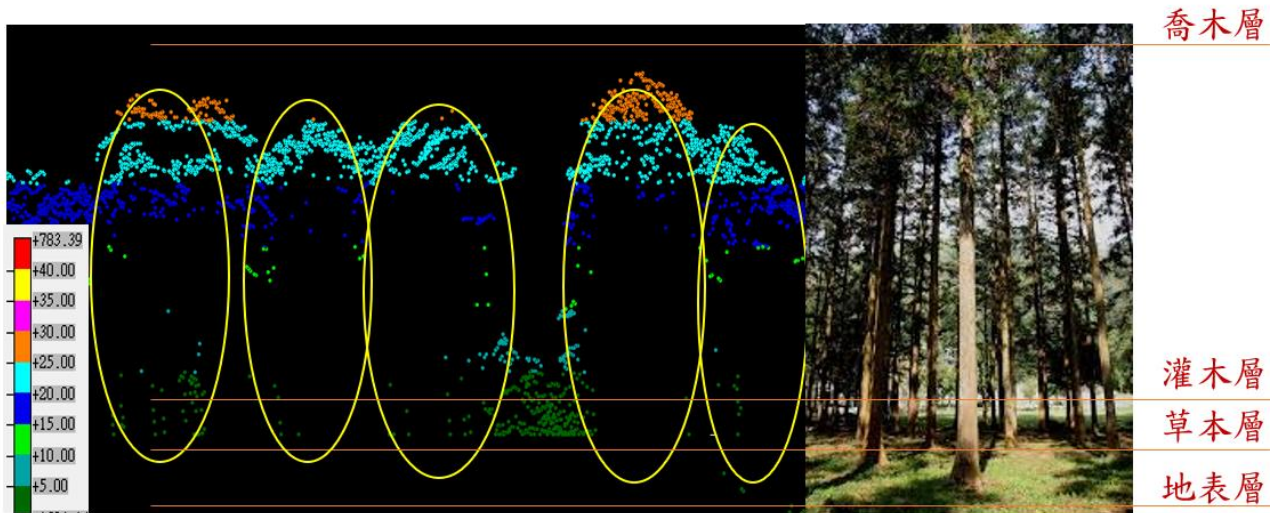


圖3-24 臺灣杉林型垂直結構

臺灣杉樹形高聳，枝幹細，點雲型態如圖 3-25。

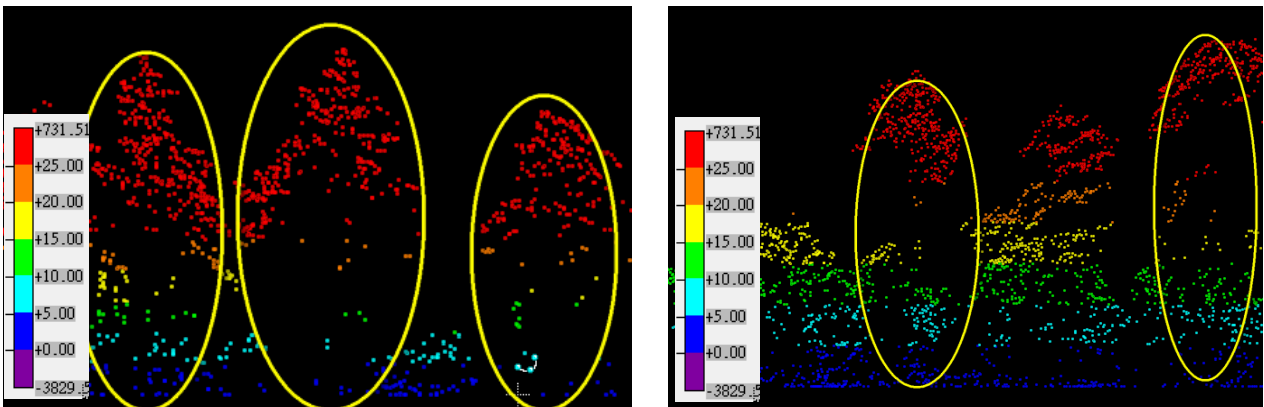


圖3-25 臺灣杉點雲型態

四、檜木植群(次生林)結構

檜木林相之樹形枝幹的延展較複雜，從點雲剖面上較難清楚辨識枝幹的走勢，有別於臺灣杉高聳的造型。叢生型態則點雲的呈現是塊狀或團狀，越接近地表密度越高。灌木植生也越濃密，如圖 3-26。接近湖區周邊以次生林為主，高度大多低於 20m。

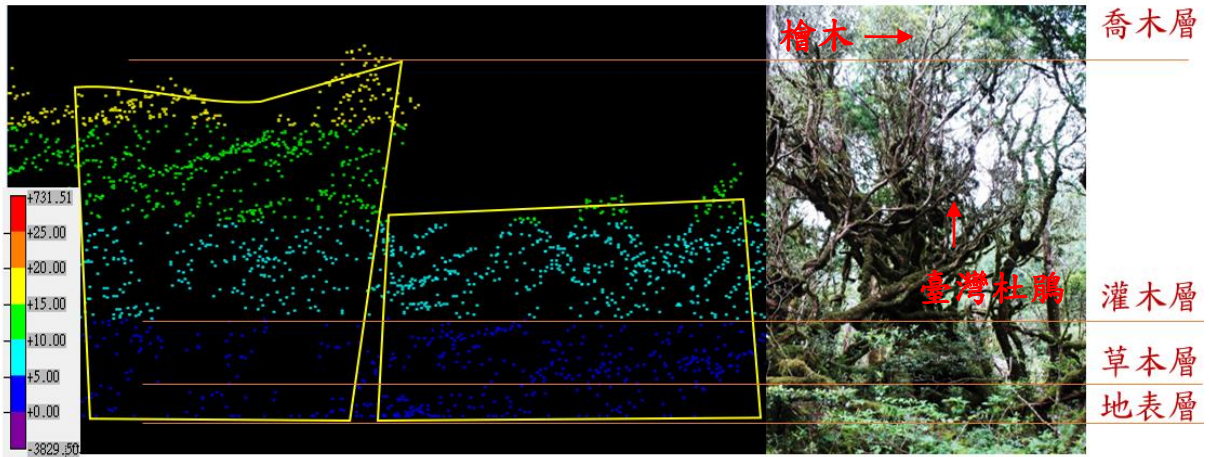


圖3-26 檜木植群(次生林)結構

檜木林相從點雲剖面上較難清楚辨識枝幹的走勢呈現是塊狀或團狀，如圖3-27。

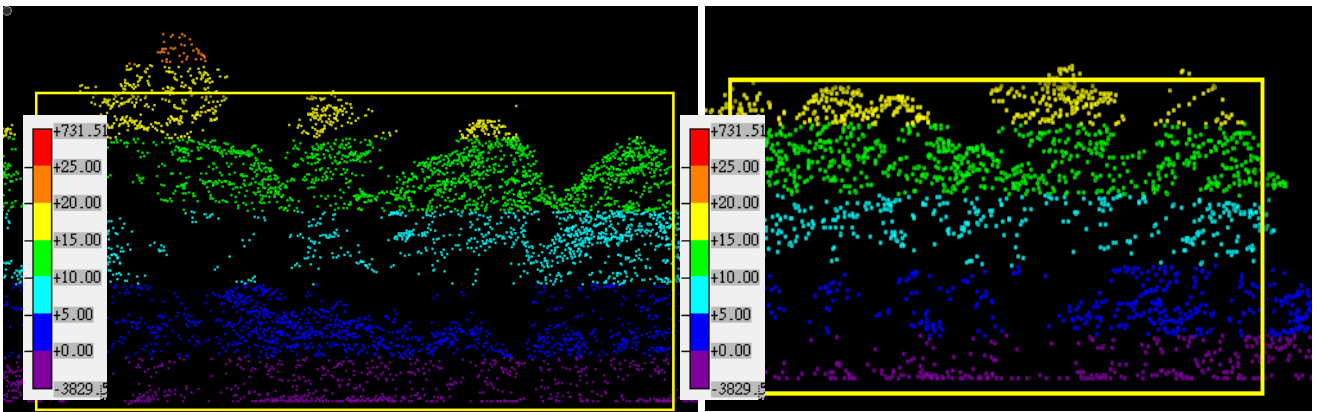


圖3-27 檜木植群(次生林)點雲型態

五、檜木植群(老熟林)結構

遠離湖區越往南、北側山坡上植群高度越來越高，樹冠高度逐漸超過 30m，如圖 3-28，也出現較多孤立木，是為老熟林的特徵。此區塊木老熟林普遍係臺灣杉與檜木混生林。

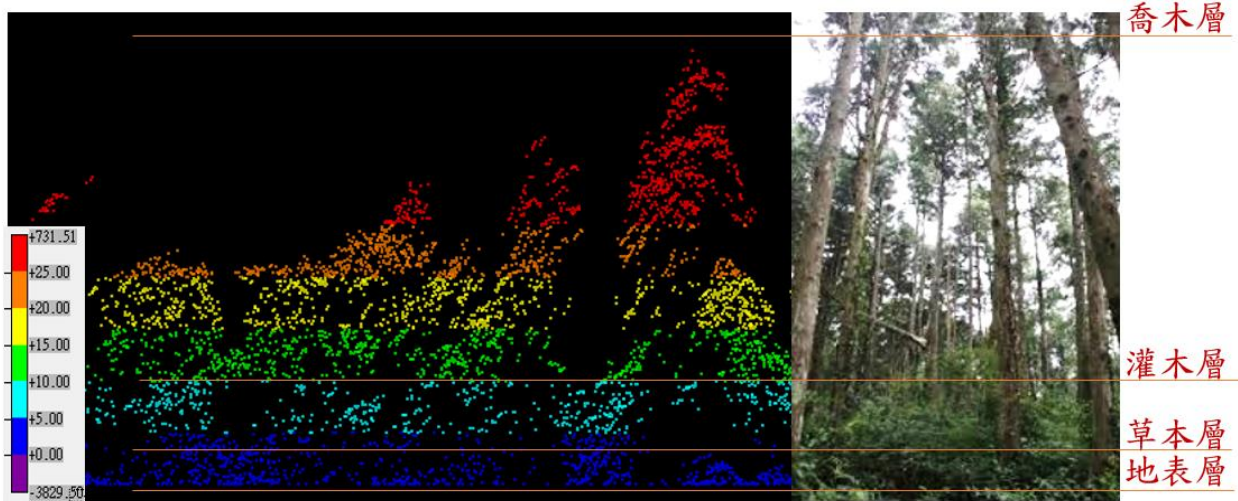


圖3-28 檜木植群(老熟林)結構

檜木老熟點雲型態除了超度較次生林稍高一些之外，會零星出現一些枯立木，顯現森林自然演替的過程，點雲型態如圖 3-29。

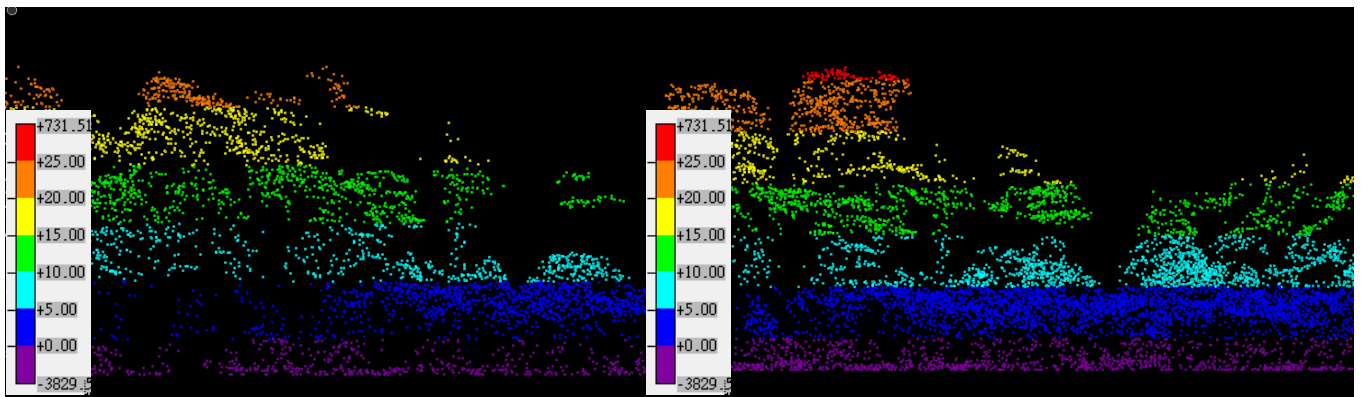


圖3-29 檜木植群(老熟林)點雲型態

3-4-3 孔隙分析

本次研究案以正射影像搭配 DEM 與 CHM 為基礎，以人工判釋尋找可能孔隙位置，本研究案的孔隙調查的步驟如下：

- 一、於處理軟體中同時開啟點雲與高解析影像，並且設定坐標同步。
- 二、以高解析度影像尋找可疑的孔隙型態
- 三、在該可疑位置上展開點雲剖面圖，設定 3-5m 的剖面深度以不同方向來回檢視點雲剖面，初步設定以下兩種條件：



(1) 孔隙寬度達 10m 以上

(2) 該疑似孔隙周圍樹木高度是其寬度的 2 倍以上

四、滿足以上條件者即在圖面上圈出、標註剖面方向與編號，最後截圖紀錄。

依上述步驟調查出鴛鴦湖周邊孔隙位置圖如圖 3-30 所示，共計 71 處。完整孔隙調查紀錄表詳附件一。

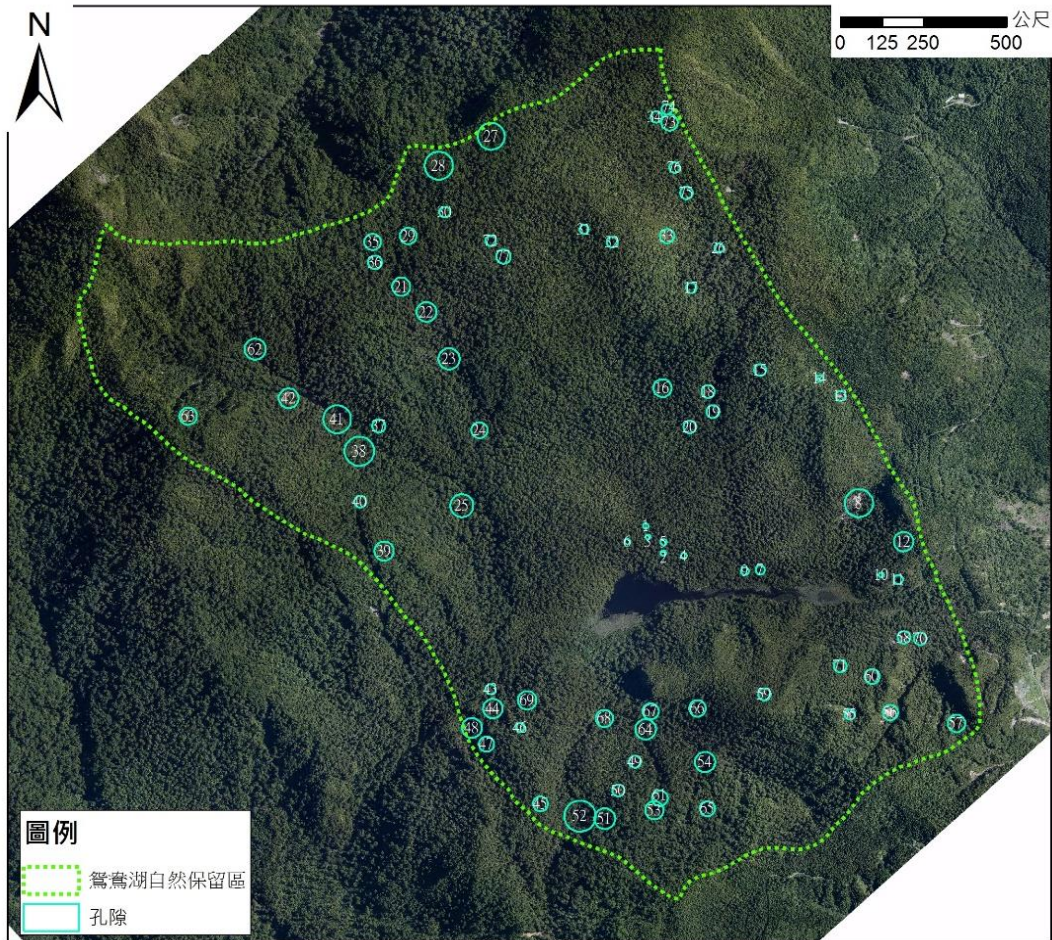


圖3-30 森林孔隙位置圖



圖3-31 孔隙無人機空拍影像

孔隙為影響森林結構、植被組成之重要因子，形成原因包含人為、自然擾動。探討保留區內孔隙成因，因此區為自然保留區，幾乎不存在人為影響，因此孔隙成因主要來自以下兩種自然擾動因素：

- 一、因豪雨或颱風造成的地滑事件，從本案空拍影像上可以清楚地辨識植被消失且地表明顯裸露，或是地滑發生時間較久之孔隙，只有零星草本或幼苗生長。
- 二、過去曾發生單株或多株冠層樹木倒伏的狀況，這些自然擾動含括了自然火災、病蟲害等可能性。
- 三、藉由本研究孔隙分布位置分析，顯示本區域孔隙多分布於山溝、谷地而少數分布於山坡面，整體呈現均勻之分布趨勢。

3-4-4 植群分析

鴛鴦湖涵蓋林務局三個林班範圍，包含大溪事業區第 89、90 及 91 林班，其中可再分為臺灣杉林型、檜木林型及湖中與沼澤地植物群落(內政部鴛鴦湖重要濕地(國家級)保育利用計畫(草案)2017)。

CHM 係由數值表面模型 DSM 減去數值高程模型 DEM 計算而成，保留了空載光達 full waveform 所有點雲資訊，卻可以除去地表起伏的干擾，著重於樹形判斷與林相結構分析。本案利用空載光達點雲剖面分層設色，並搭配 CHM 針對鴛鴦湖保留區範圍內臺灣杉以及檜木進行植群分析，藉由點雲剖面資料驗



證植群調查知可靠度。

光達掃瞄加高解析正射影像作為林相分析的方法已經普遍獲得學界與業界認同，唯此次管理處創新加入空拍 VR 影像除了提供了不同的飛行視角之外，更重要的是可以更直接、更近距離地地觀察林相結構，提供了森林學分析的全新工具。藉由這樣的調查方法，足以佐證鴛鴦湖地區林相分布在湖區為湖中與沼澤地植群，往南北方向往外擴為次生 20m 以下的檜木次生林型；再往外則多為檜木林型，其中保留區西面與南面則有零星是為檜木及闊葉樹混淆林型。到了西丘斯山海拔超過 2,000m 處則是鐵杉林型，如圖 3-32。區內除了檜木林相的變化，全區都存在零星散生的臺灣杉，在谷地區數量較密集，且高度也較高，形成潛在的巨木植群，相關說明如 3-5-1 節。

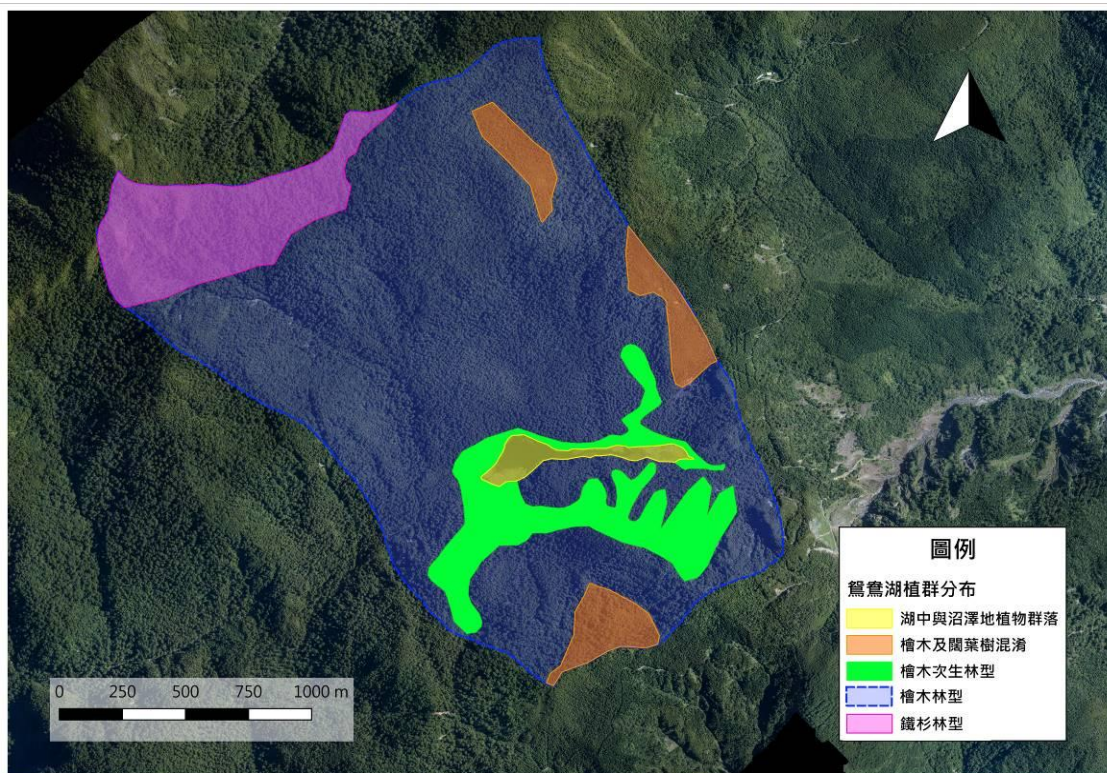


圖3-32 保留區內植群分布圖

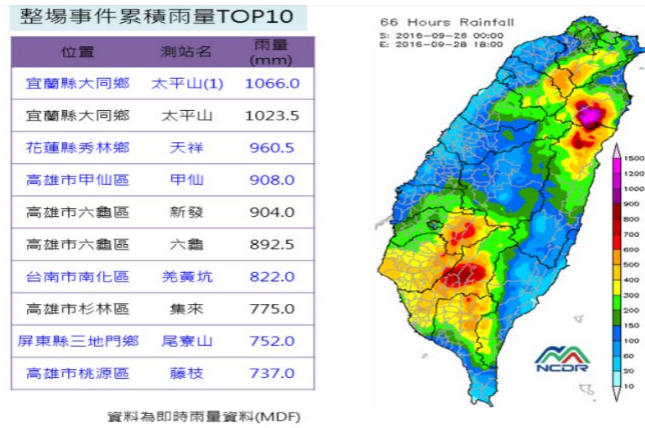
3-4-5 颱風影響說明

105 年 9 月 27 日中度颱風梅姬於花蓮市附近登陸，為東半部地區帶來豪大雨，尤其大同鄉境內累積雨量超過 1,000mm，位於棲蘭山以及鴛鴦湖地區森林環境也受到波及，造成部分地滑災害與植群損害。該風災事件雨量累積如圖



3-33。為理解梅姬颱風對鴛鴦湖地區的影響，本案遂利用 105 年級 106 年連續兩年拍攝之高解析正射影像與 DEM 資料針對重疊區域做比對，了解颱風過境前後林相與地形之差異。

105 年及 106 年航拍重疊區域位於棲蘭山神木園地區，如圖 3-34(黃框處)所示。因此本案選擇該地點作為樣區，比對颱風對於林相及地形之影響。



資料來源：國家災害防救科技中心(2016)2016 年梅姬颱風災害報告 p.5

圖3-33 梅姬颱風警報期間累積雨量分布圖

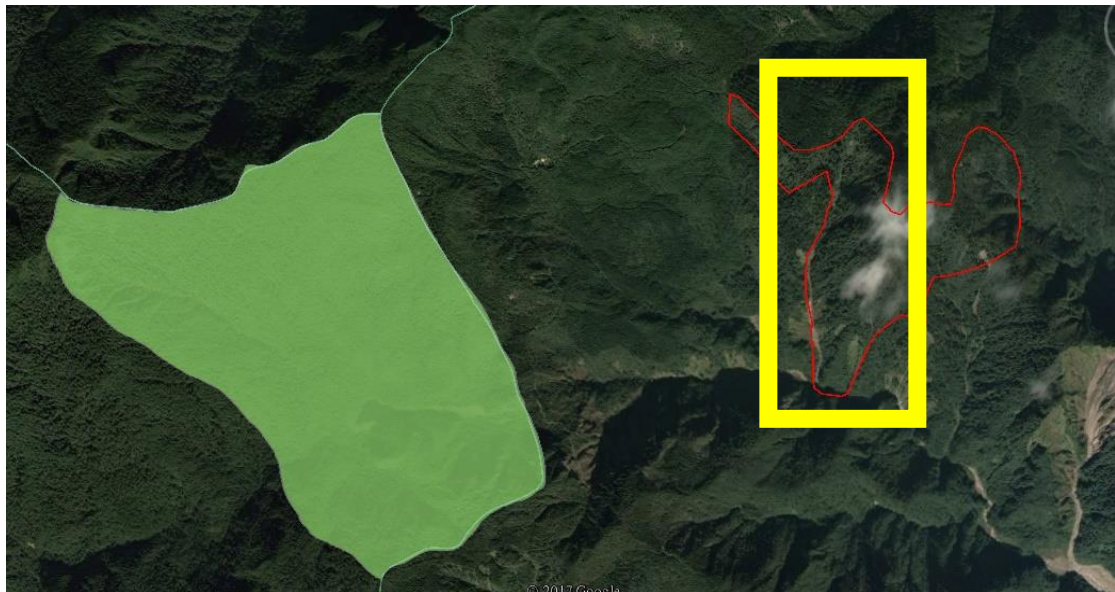


圖3-34 105 年航拍重疊重疊範圍

針對樣區首先以 105 及 106 年空拍影像作比對，圖 3-35 為棲蘭山神木園區內之石頭溪上游河谷地區，該處坐標為 X：293368、Y：2719953。



在 105 年的影像顯示雖已存在崩塌，但已有零星植被生長，逐步復原；但在 106 年最新的影像中同一區域植被不復存在，且 DEM 與坡度的變化也變得較為明顯，代表土石受到沖刷，推斷是颱風豪雨所造成。

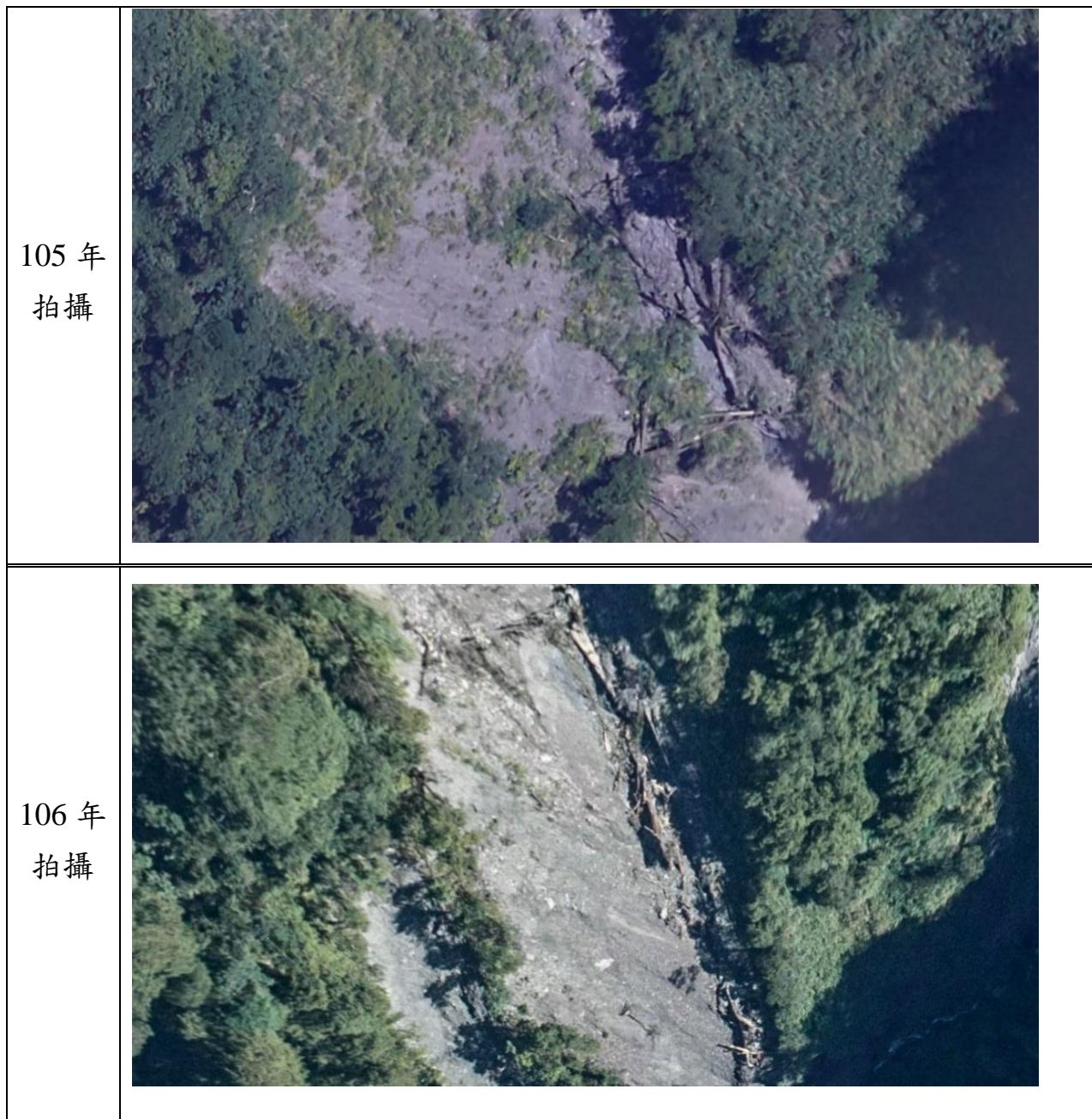


圖3-35 颱風影響對照圖

為了進一步求證，再利用 Sufer 軟體針對重疊樣區計算，以 106 年度之 DEM 與 DSM 減去 105 年度的資料，以色階圖顯示差異位置，如圖所示：

DEM 與 DSM 分析設定的條件為：



- (1) 模型四周有外插誤差的影響必須忽略不計。
- (2) 樣區範圍內航拍影像經檢視並無大規模地滑事件發生，因此單一狀的差異以及超過 10m 以上巨大高程的變動皆不符合事實，應視為點雲資料的雜點(Noise)。

可以發現該處 DEM 與 DSM 兩年度的差異如圖 3-36 與圖 3-37(紅圈處)所示，可以發現雖然在 DEM 上沒有明顯的差異，但在 DSM 上可以發現植被高度 106 年相較於 105 年降低了約 10-15m，可以佐證原本之植被受到豪雨沖刷而消失，符合影像上的現實情況。

上述之分析方法也足以證明光達掃瞄可充分揭露 DEM 與 DSM 的差異變化，配合高解析空拍影像的紀錄，這些資料對於風災豪雨等天災對林相與地形的影響分析是可靠且精確的。

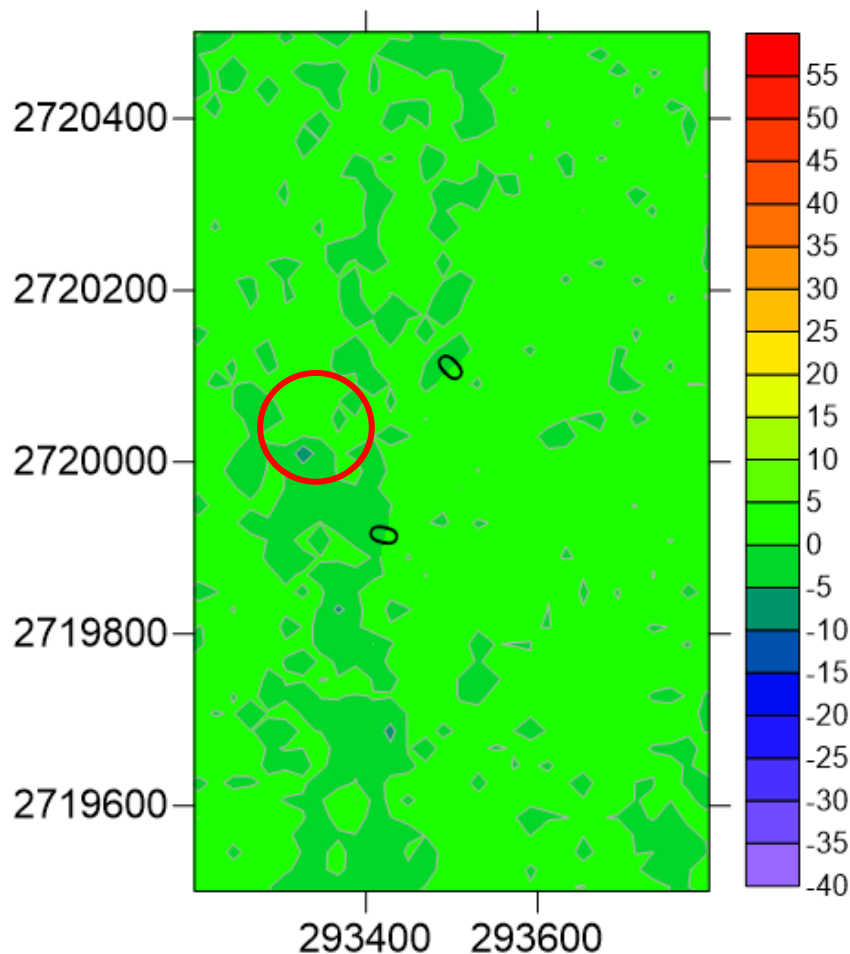


圖3-36 風災樣區 DEM 差異情形

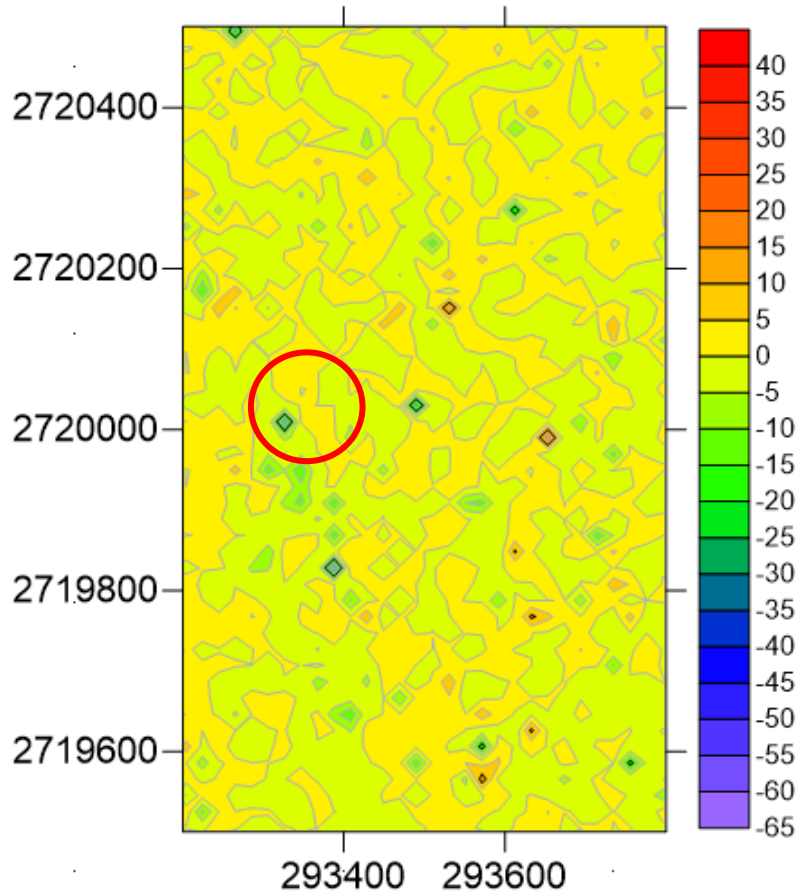


圖3-37 風災樣區 DSM 差異情形

3-4-6 VR 影像拍攝

本案除了使用航拍相機與空載光達建置基本圖資之外，另規劃使用無人空拍機以及地面環景相機前望鴛鴦湖地區實際拍攝，記錄植群、孔隙與生態資料，作為後續分析使用。

拍攝任務共分兩趟分別於 106 年 6 月 26 日、27 日與 9 月 19 日進行。工作照如圖 3-38 所示。



6月26日、27日

9月19日





6月26日、27日

9月19日



圖3-38 現場 VR 影像拍攝工作照

前述兩趟任務總共拍攝了 21 處的成果，相關內容整理如下表 3-2：

表3-2 VR 影像拍攝成果表

編號	類別	拍攝對象	備註
1	地面全景	登山休息站	15K 山屋，室內環景
2	地面全景	入口	
3	地面全景	中段告示牌倒木	鴛鴦湖告示牌
4	地面全景	孔隙區 01	
5	地面全景	孔隙區 02	
6	地面全景	孔隙區 03	
7	地面全景	孔隙區 04	
8	地面全景	孔隙區 05	
9	地面全景	孔隙區 06	
10	地面全景	孔隙區 A	疑似孔隙區
11	地面全景	孔隙區 C	疑似孔隙區
12	地面全景	湖畔	



編號	類別	拍攝對象	備註
13	地面全景	步道	
14	地面全景	湖畔倒木	天涯若比鄰告示牌
15	空中全景	登山休息站	15K 山屋
16	空中全景	入口	
17	空中全景	鴛鴦湖中段	
18	空中全景	鴛鴦湖	
19	空中全景	鴛鴦湖鳥瞰	
20	空中全景	中研院觀測儀	天涯若比鄰告示牌
21	空拍影片	鴛鴦湖全區	剪輯版

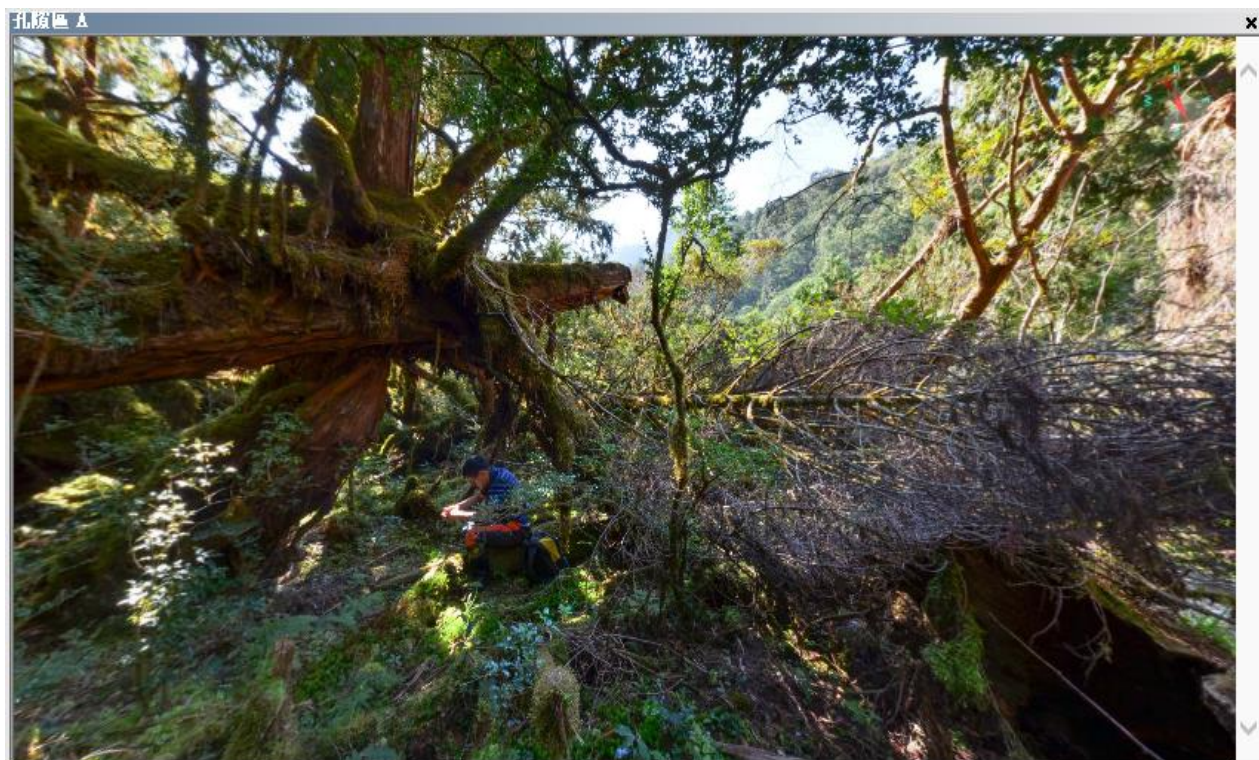


圖3-39 地面環景拍攝成果節錄(孔隙區 A)



圖3-40 空中環景拍攝成果節錄(鴛鴦湖中段)

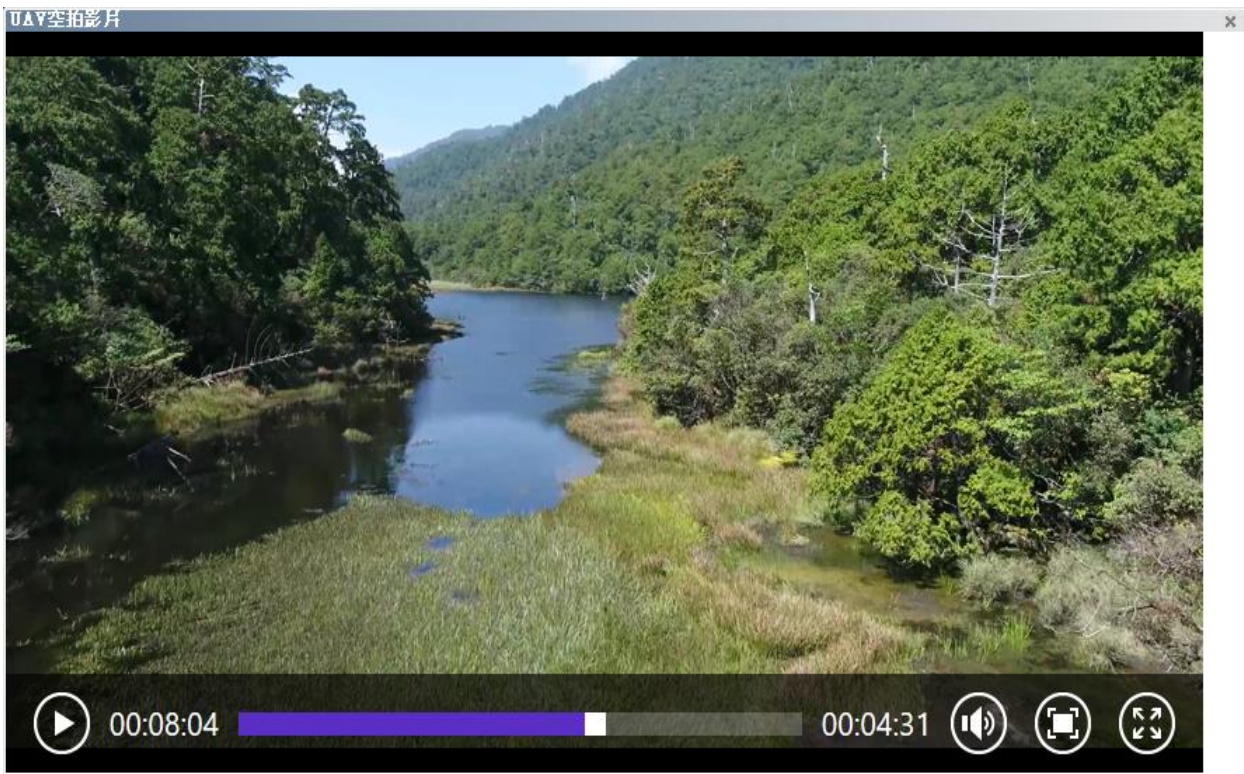


圖3-41 空拍影片節錄



3-4-7 Skyline 3D GIS 平台建置

利用本案取得正射影像、DEM 圖層等成果，建置 3D 地理資訊展示系統 (Geographic Information System, GIS)。此系統可在微軟視窗作業系統且沒有網路的環境下單機執行，並可經由系統安裝光碟安裝在執行微軟視窗作業系統的電腦上，不受商業軟體的版權限制。以下為此系統簡介及建置畫面：

Skyline 3D GIS 系統之串流速度與 Google Earth 相同，可飛行導覽地表景觀及觀看細緻的 3D 模型，可套疊的圖層如圖 3-42 所示，並可依管理或保密需求不同進行加密，呈現不同程度的資料量。

提供易操作之3D成果資料庫

- 互動式即時3度空間模擬平台
- 做六個自由度的隨意飛航
- 支援多種影像、向量、高程資料匯入
- 可針對指定圖層套疊
- 提供一般量測工具包含地形剖面線
- 截圖工具可支援大圖輸出
- 可錄製高解析DVD畫質影片
- 支援二次程式開發
- 專案成果可以Viewer包裝隨光碟自由發佈
- 高解析度影像與地形資料獨立封包

圖3-42 Skyline 3D GIS 圖層整合能力一覽

透過計畫取得圖資建置 Skyline 3D GIS 系統平台，具有圖資管理、地形擬真、高速瀏覽等優勢，結合分析功能，可作為保留區區劃、觀光、宣傳、展示之最佳利器。以下為 Skyline 3D GIS 系統平台成果展示，畫面圖 3-43~圖 3-49 所示。

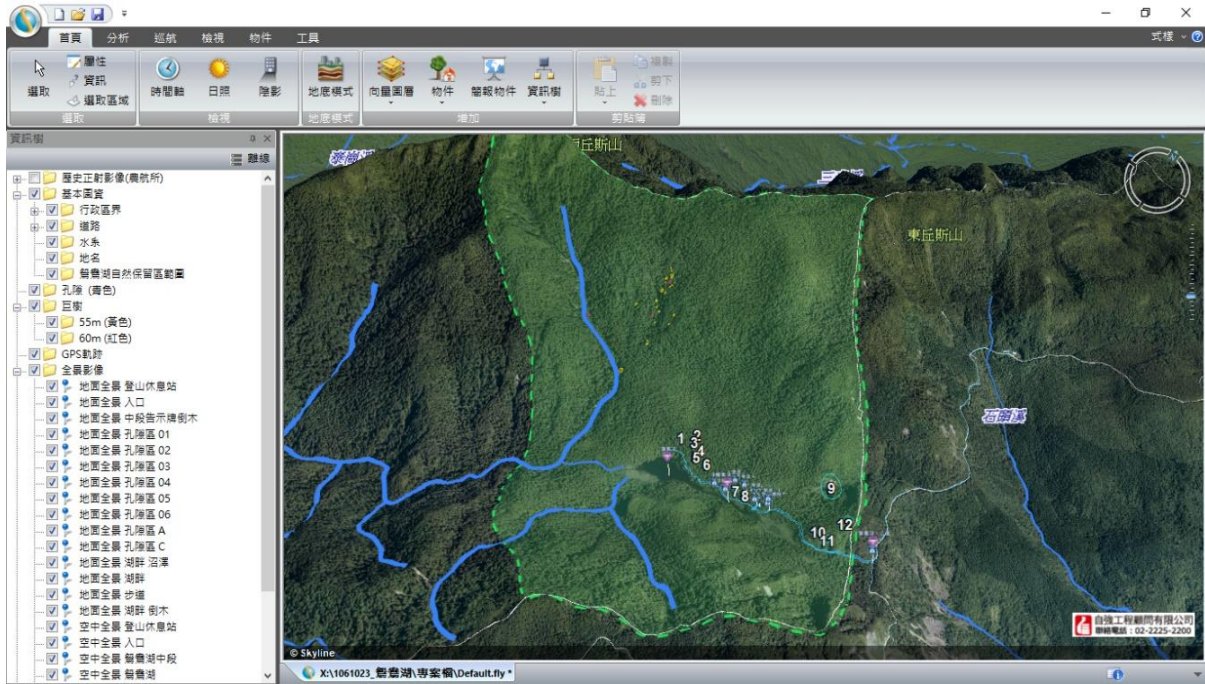


圖3-43 Skyline 3D GIS 系統平台展示基礎圖資

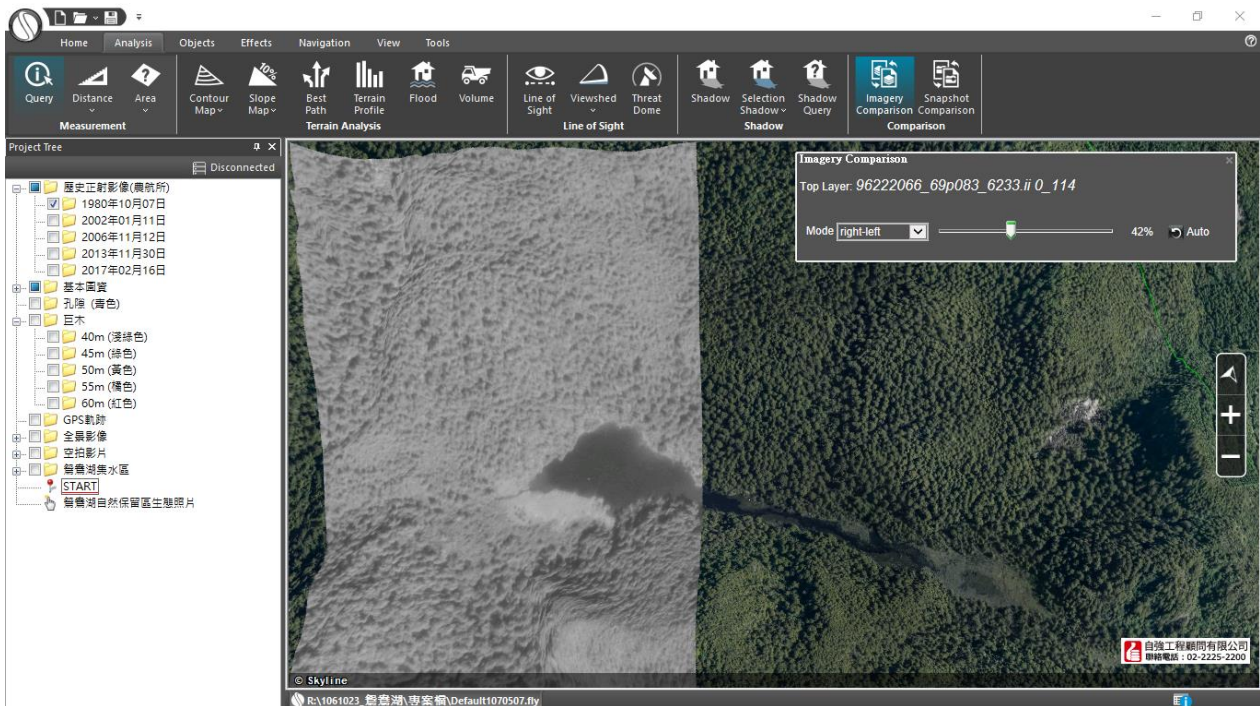


圖3-44 Skyline 3D GIS 系統平台展示可作歷史正射影像比對

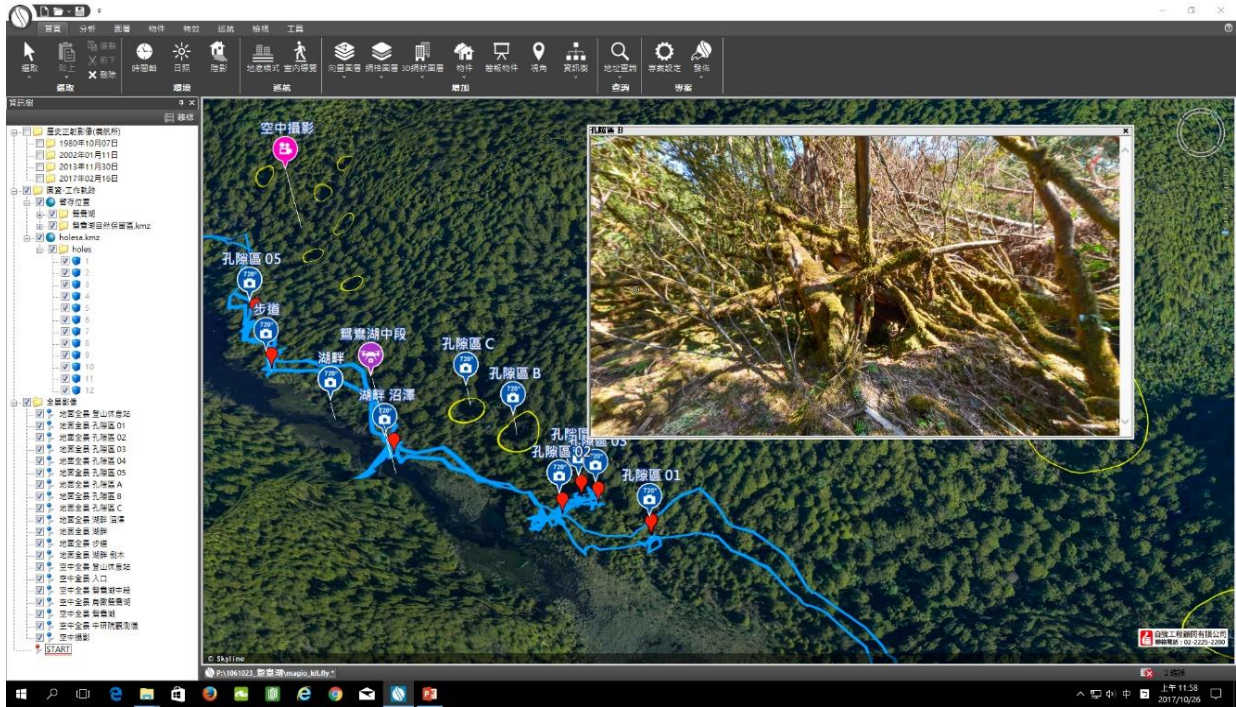


圖3-45 Skyline 3D GIS 系統平台整合 VR 環景影像(孔隙)

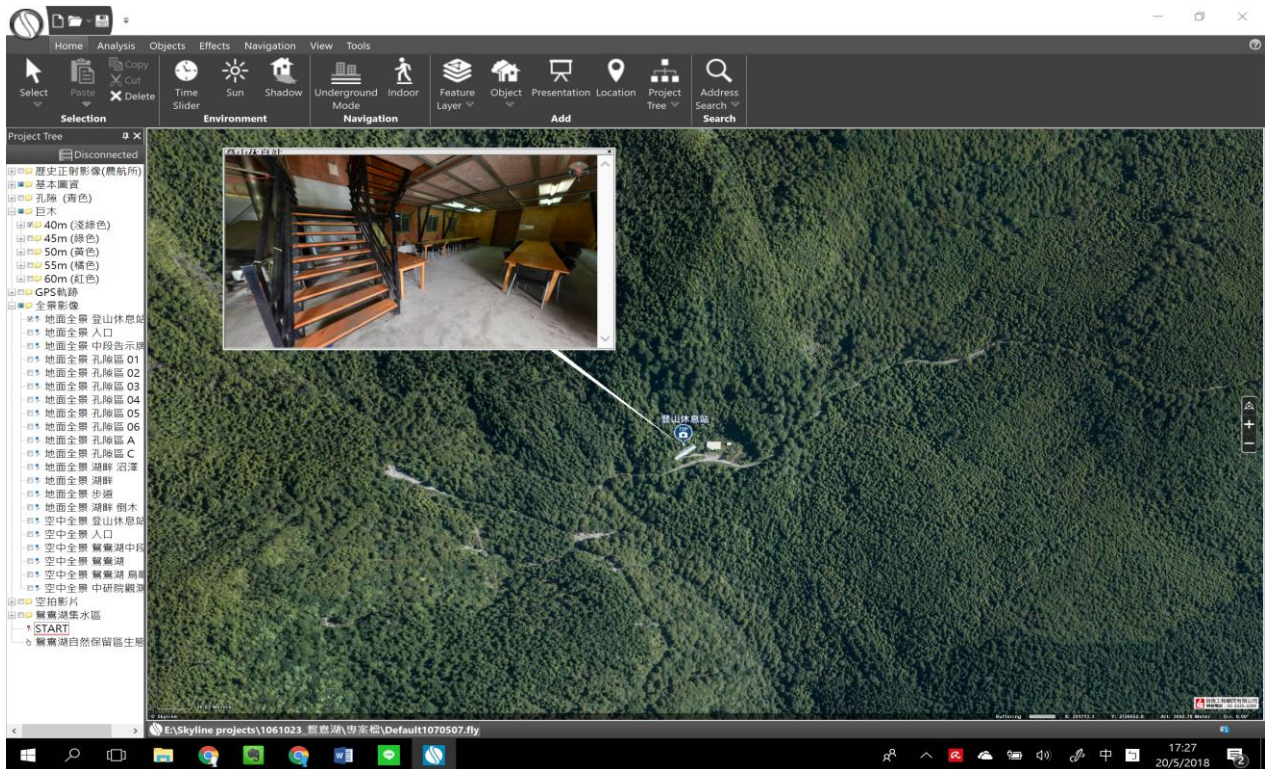


圖3-46 Skyline 3D GIS 系統平台整合 VR 環景影像(室內)

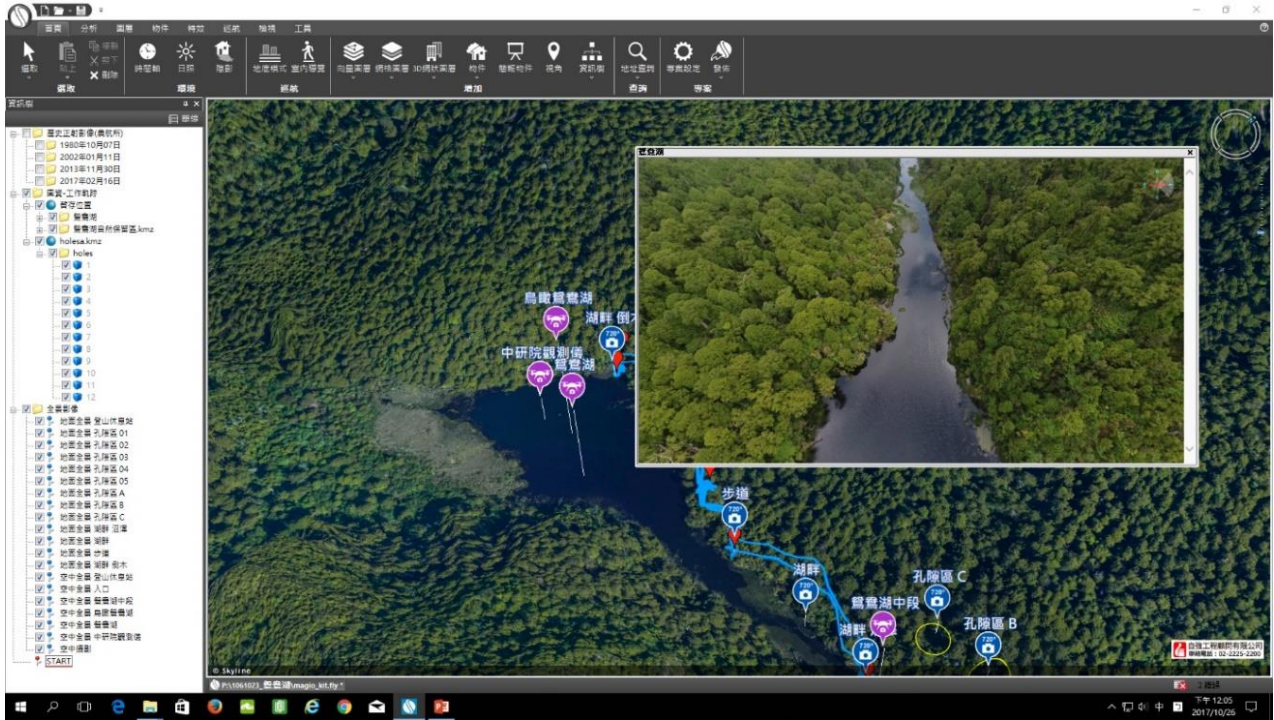


圖3-47 Skyline 3D GIS 系統平台展示多媒體空拍影片

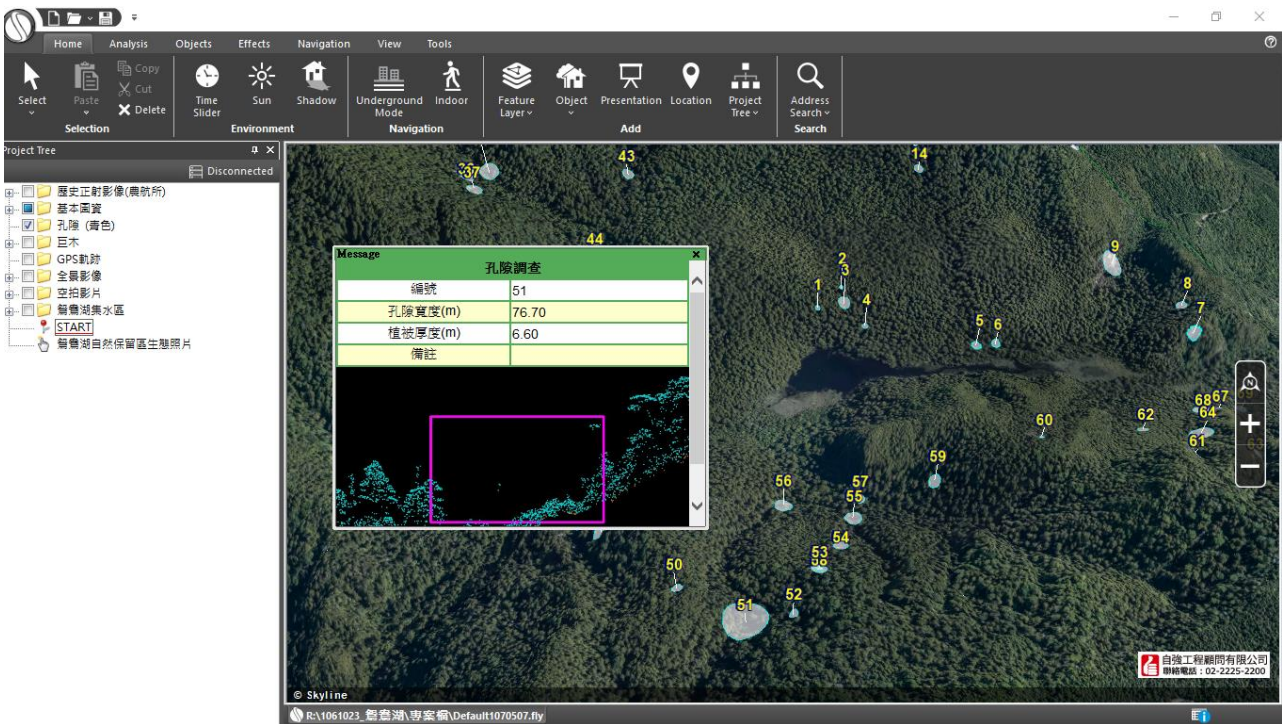


圖3-48 Skyline 3D GIS 系統平台成果查詢森林孔隆調查成果

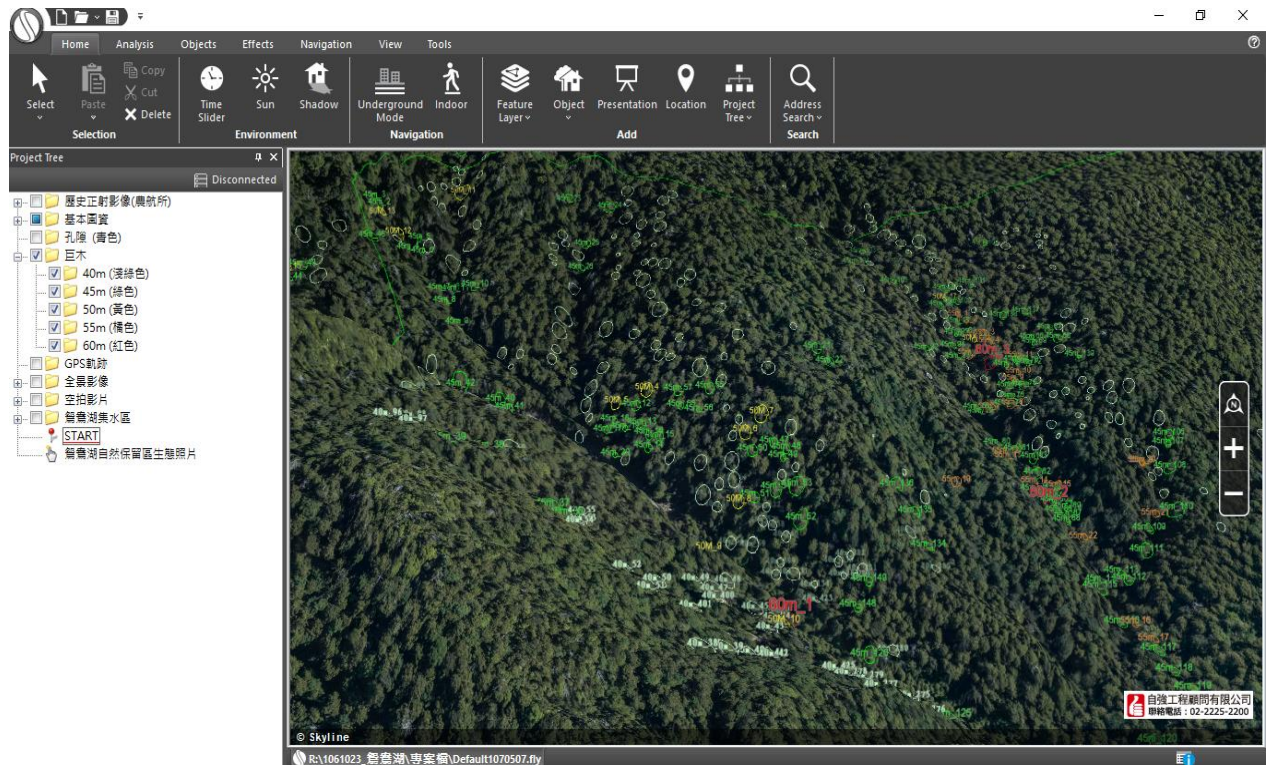


圖3-49 Skyline 3D GIS 系統平台標示潛在巨木位置

3-5 延伸重要分析成果

3-5-1 尋找潛在巨木

為了搜尋保留區內隱藏之巨木，方法係使用樹冠高度模型 CHM，分層設色，並且搭配高解析正射影像，以人工辨別，並於圖上直接量測坐標，依此步驟逐步完成全部保留區範圍內的搜尋工作。

本案巨木分類係以 40m 為門檻，每 5m 設為一個級別，共分 40m~45m、45m~50m、50m~55m、55m~60m 與 60m 以上，依點雲型態判斷應多為臺灣杉。各級別位置坐標列表詳附件二，說明如下：

一、高度 40m~45m

主要分布於西丘斯山東南側、湖區兩側山坡以及東保津寒山北側谷地。其中西丘斯山東南側區域生長密度最高，總數量達 427 棵。

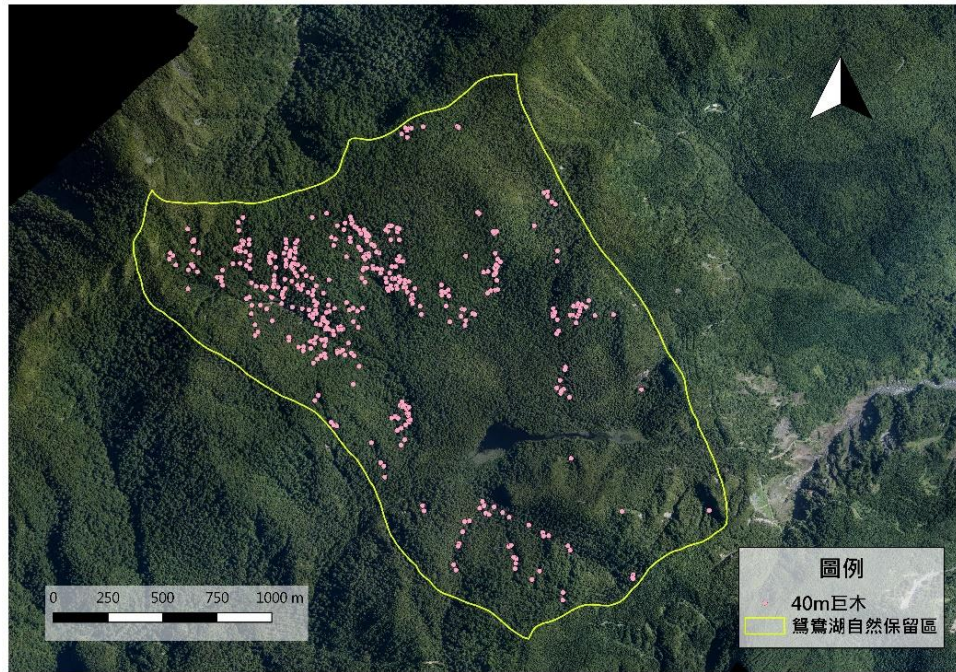


圖3-50 高度 40m~45m 巨木位置圖

二、高度 45m~50m

主要分布於西丘斯山東南側以及零星出現於東保津寒山北側山坡接近稜線的位置，總數量達 163 棵。

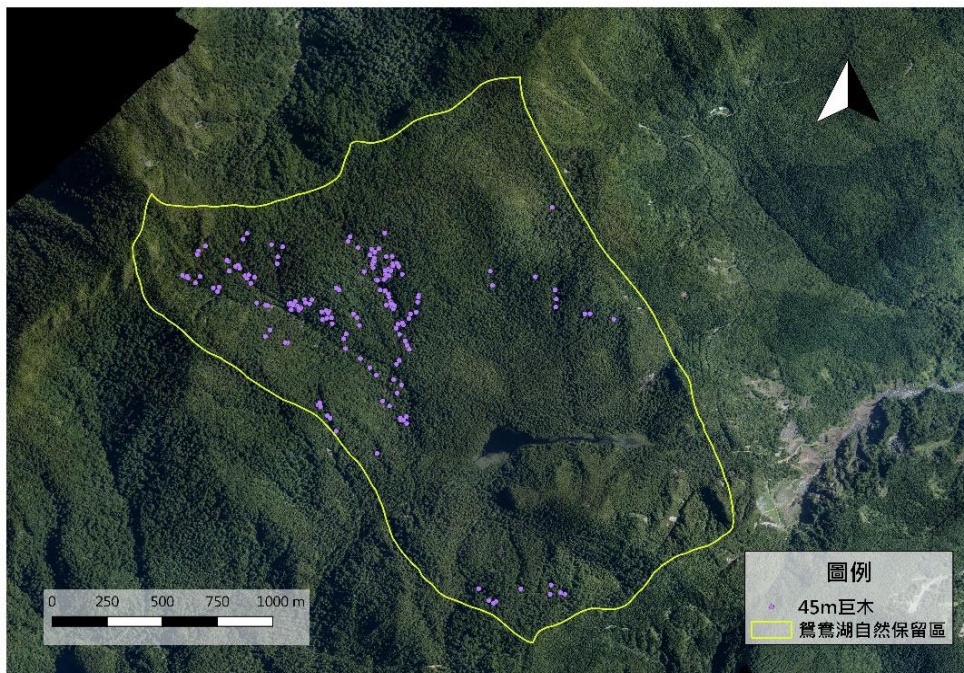


圖3-51 高度 45m~50m 巨木位置圖



三、高度 50m~55m

主要分布於西丘斯山東南側山谷以及零星出現於東保津寒山北側山坡接近稜線的位置，數量 17 棵。

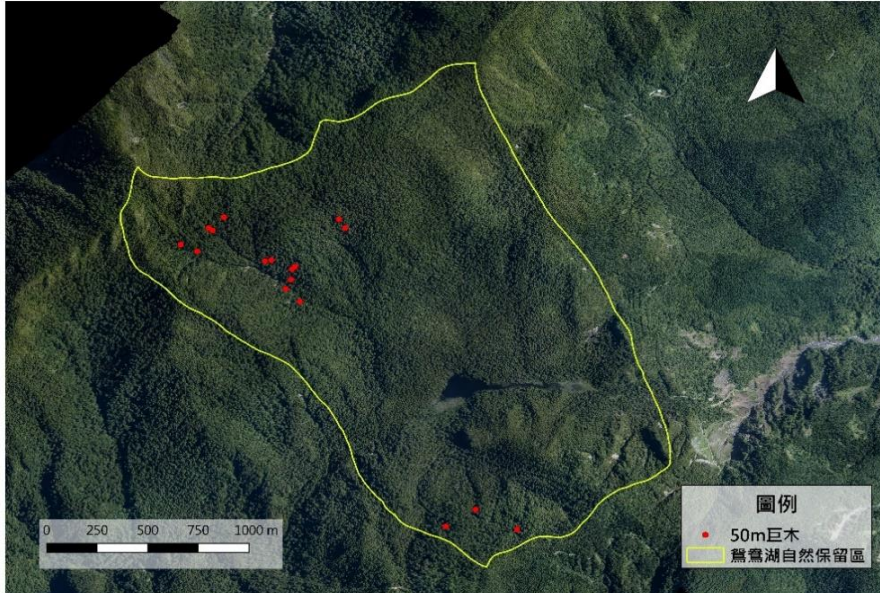


圖3-52 高度 50m~55m 巨木位置圖

四、高度 55m~60m

主要分布於湖區西北方山谷，總數量 24 棵。

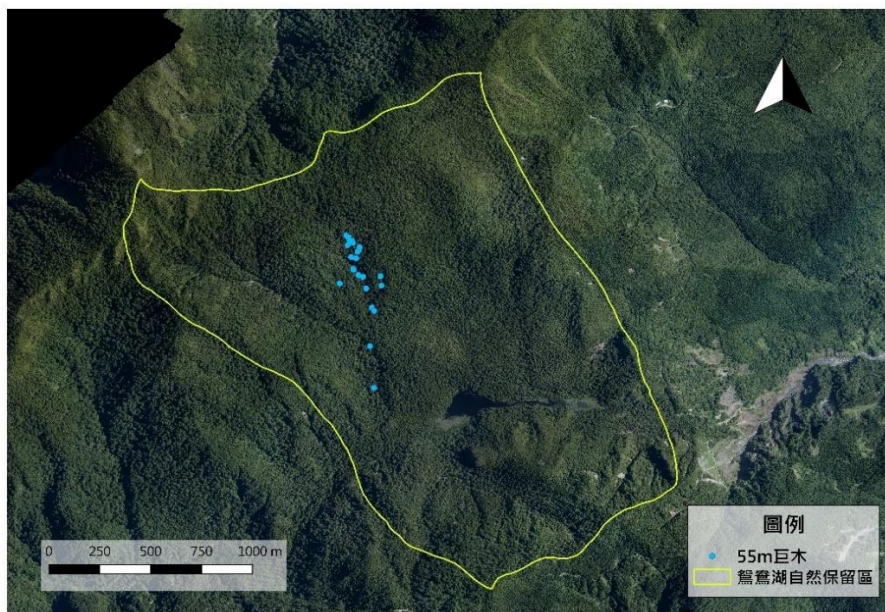


圖3-53 高度 55m~60m 巨木位置圖



五、高度 60m 以上

主要分布於湖區西北方山谷，總數量 3 棵。

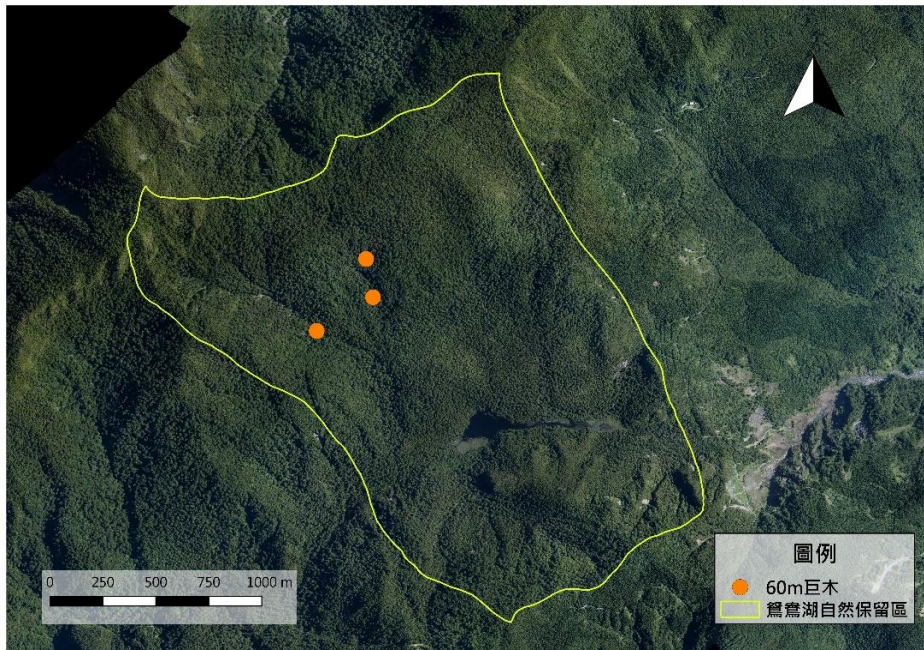


圖3-54 高度 60m 以上巨木位置圖

為了探究巨木植群出現之原因，與 DEM 地形資料疊合分析(圖 3-55)，可明顯發現該地區為一谷地，較能抵抗風力，推估因此取得樹種競爭優勢。

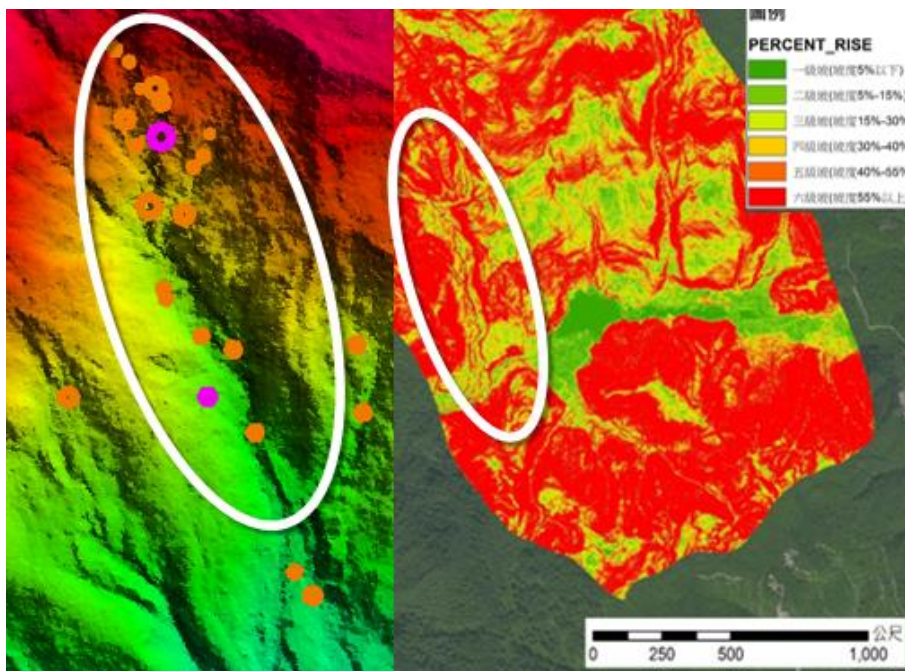


圖3-55 50m 以上巨木分布位置

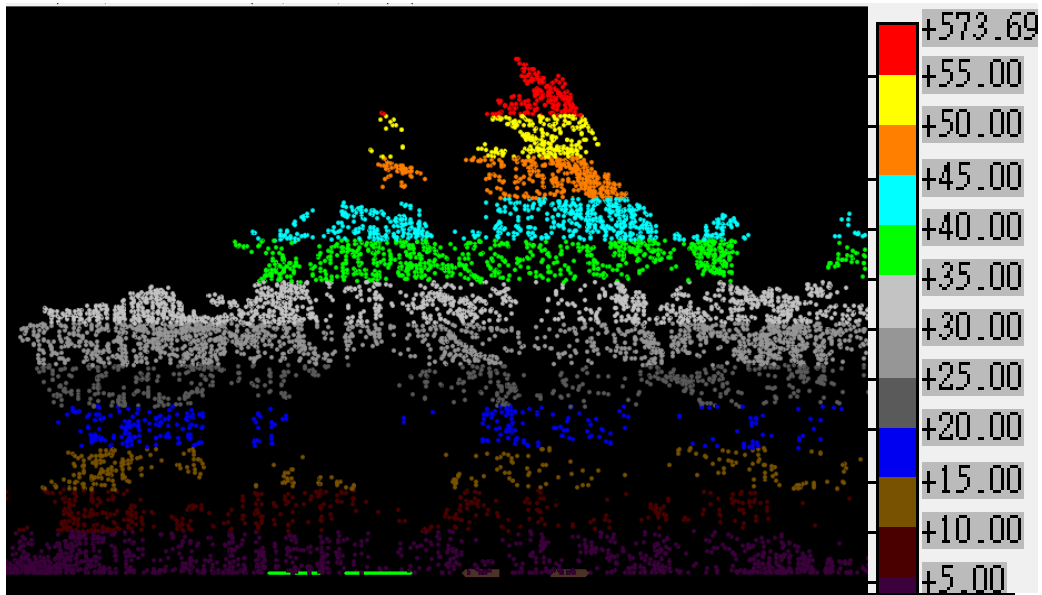


圖3-56 臺灣杉巨木 CHM 點雲圖

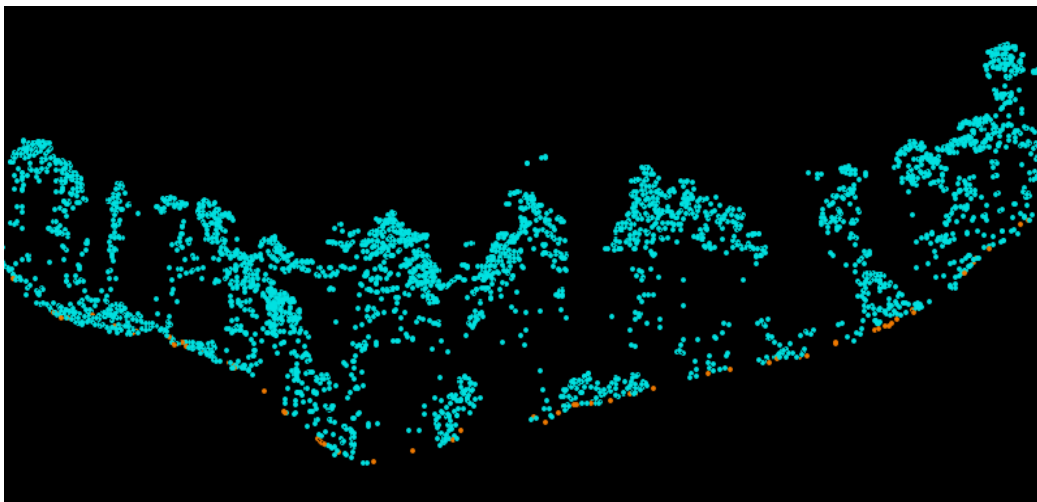


圖3-57 谷地巨木群地形點雲剖面圖

3-5-2 脈衝型湖泊理論驗證

一、脈衝型湖泊理論

脈衝(Pulse)是指「產品逐漸累積的轉變與極端消耗的一段很短的時間，這將物質回收提供為另一個循環的生產與消耗」。Odum (1969) 提出脈衝穩定性(Pulse Stability)理論，指出脈衝現象使得生態系發展維持在年輕與成熟狀態間擺盪，形成一種特殊之動態的穩定狀態。

宜蘭大學森林系應用 1980 年起迄今各類關於南澳神秘湖的遙測資料，進



行水生植物區域範圍的判讀與現地植群調查，瞭解其歷年的變化情形，以探討神秘湖演替的方向。結果初步推論神秘湖在近數十年之演替應較符合脈衝穩定理論，並臺灣地區暴雨與颱風頻仍，脈衝穩定現象應為湖沼之普遍現象，建議湖沼生態系保育上，應考慮脈衝機制對於生態系演替之影響(阮忠信等，2011)。

森林保育處於 106 年訂定之「鴛鴦湖自然保留區管理維護計畫」中提及：根據藍煜翔、王文正等人於 100 年調查顯示，鴛鴦湖湖泊區域共有六處入水口，可見地表逕流至湖中，出水口則僅有一處，湖面最深處平常約為 4.1~4.3m，即使有豪雨來，約兩天內即恢復原本的水位。水位之季節性變化模式為濕地生態系的主要外力演替因素，在許多濕地的水文期模式中，常有季節性發生遠高於平均水位的狀況發生，這多是季節豪雨或是暴雨、颱風所造成，在水位記錄圖上，可以清楚看到突然高起又下降的紀錄，在一般生態學中稱此類現象為「擾動」(disturbance)，在濕地生態學中，因為這與暴雨形成的洪氾有關，特稱此現象為洪氾脈衝。而鴛鴦湖即屬於洪氾脈衝型之湖泊。

鴛鴦湖屬高山型湖泊，為東西向的狹長型湖泊，根據文獻所知夏秋兩季鴛鴦湖深受颱風、豪雨影響，湖水擾動頻繁，而颱風、豪雨影響使水位快速上升與下降造成湖水大量溢流，劇烈且短暫的混合作用，意謂湖泊水體混合與全面更新，影響原有湖泊生物群族、數量及分布狀態(藍煜翔等人，2011)。

依據生態調查，鴛鴦湖存在水毛花以及稀有的挺水植物東亞黑三稜共生，可以與之形成共存的現象。這種現象同樣出現在神秘湖中，因為水位變化劇烈的脈衝現象，使得湖中的固著土壤與淤泥隨時間變化，而使得東亞黑三稜及水毛花共存於湖岸(陳子英等，2008)。

鴛鴦湖重要濕地具有豐富的生態，不但使專家學者趨之若鶩前來研究探索這完整保存的中海拔森林及高山湖泊生態系，同時也因地處石門水庫主要集水區，而成為研究水質、水文變化的重要地區。而鴛鴦湖平日雖有淤積的情形，卻不致陸化而消失，可能是受定期的洪氾脈衝機制，使湖水擾動頻繁，受颱風、豪雨影響使湖泊水體混合並進行全面更新，雖影響原有湖泊生物族群、數量及分布狀態，但也同時帶來更多的生物多樣性。

二、劃設湖面集水區域面積(A)

鴛鴦湖集水區劃設係依據水土保持法第 3 條第四項之說明：「集水區：係



指溪流一定地點以上天然排水所匯集地區。」，採用本案全新航拍之 10cm 解析度正射影像以及 1m 網格 DEM 作為基礎圖資，並參考坡向與等高線分析成果，劃設鴛鴦湖周邊天然稜線，作為本次分析之面積參數。

由保留區內地形初步推斷鴛鴦湖自然保留區之公告範圍應是依據可能之集水區範圍劃設，沿用至今。過去因缺乏精確地形圖資，天然稜線的位置誤差較大；而本案則是利用高解析 1m 網格解析度的 DEM 重新檢視湖面之集水區範圍。劃設結果如圖 3-58 所示，湖面集水區域之面積(A)計算結果為 265 公頃。

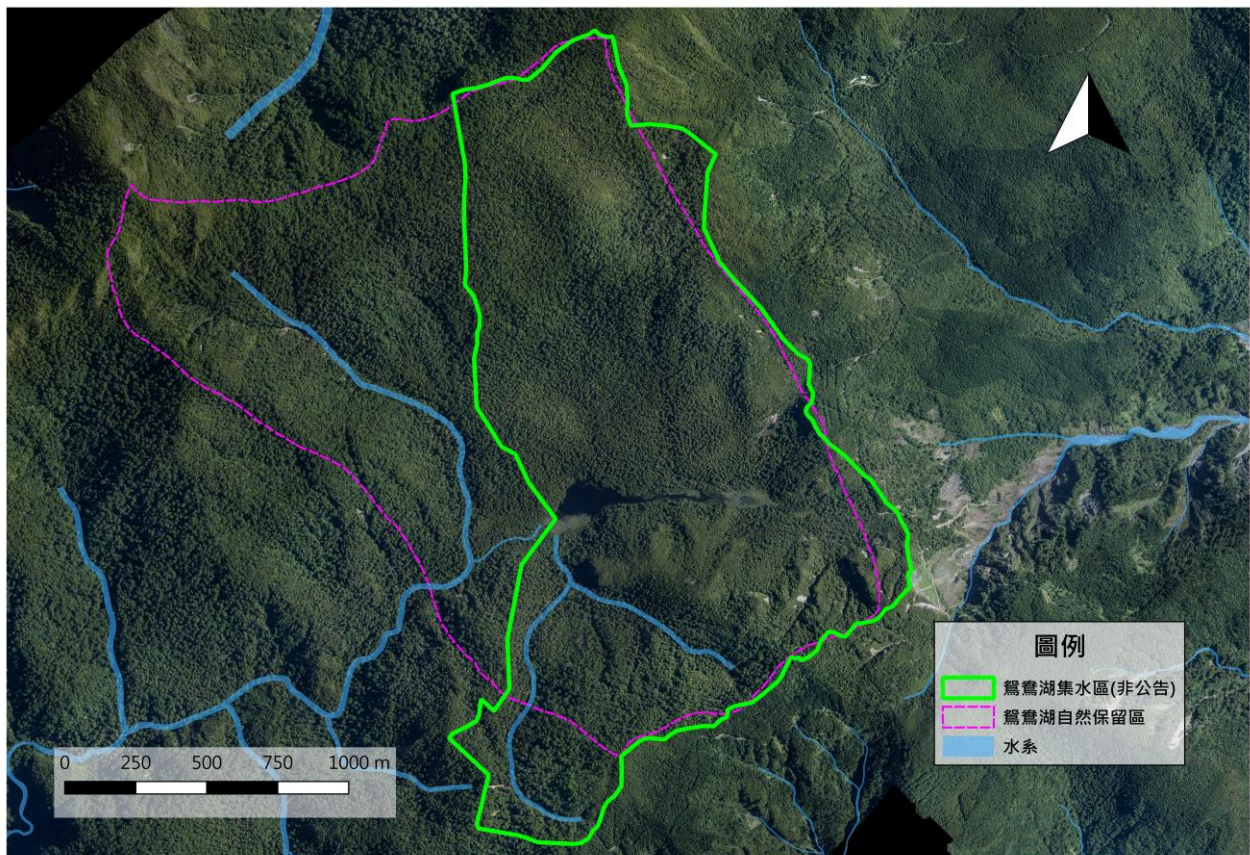


圖3-58 鴛鴦湖面集水區域(非公告版)

三、湖面集水區域劃設重點說明

西邊谷地之水並不會流入鴛鴦湖予以劃出集水區範圍，如圖 3-59 所示。

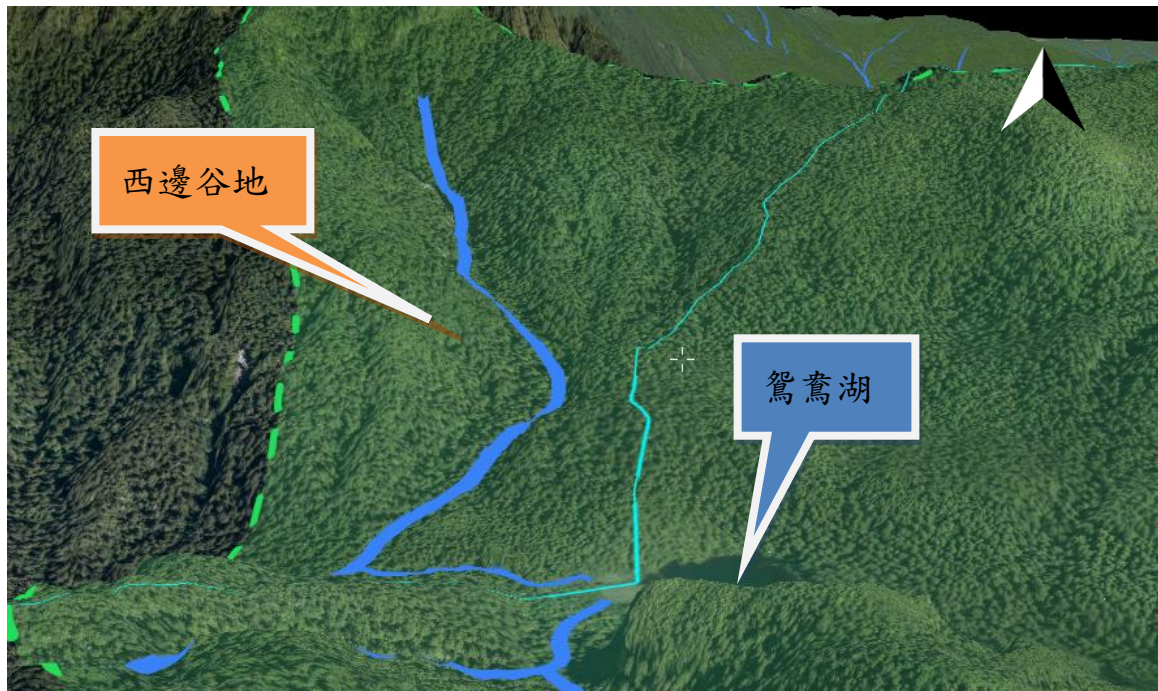


圖3-59 西邊谷地劃出集水區範圍

保留區西南側範圍的水會匯流進入鴛鴦湖，予以劃入湖面集水區域範圍內，如圖 3-60 所示。此外，東面部分稜線範圍也稍作修正。以更貼近天然稜線為原則。

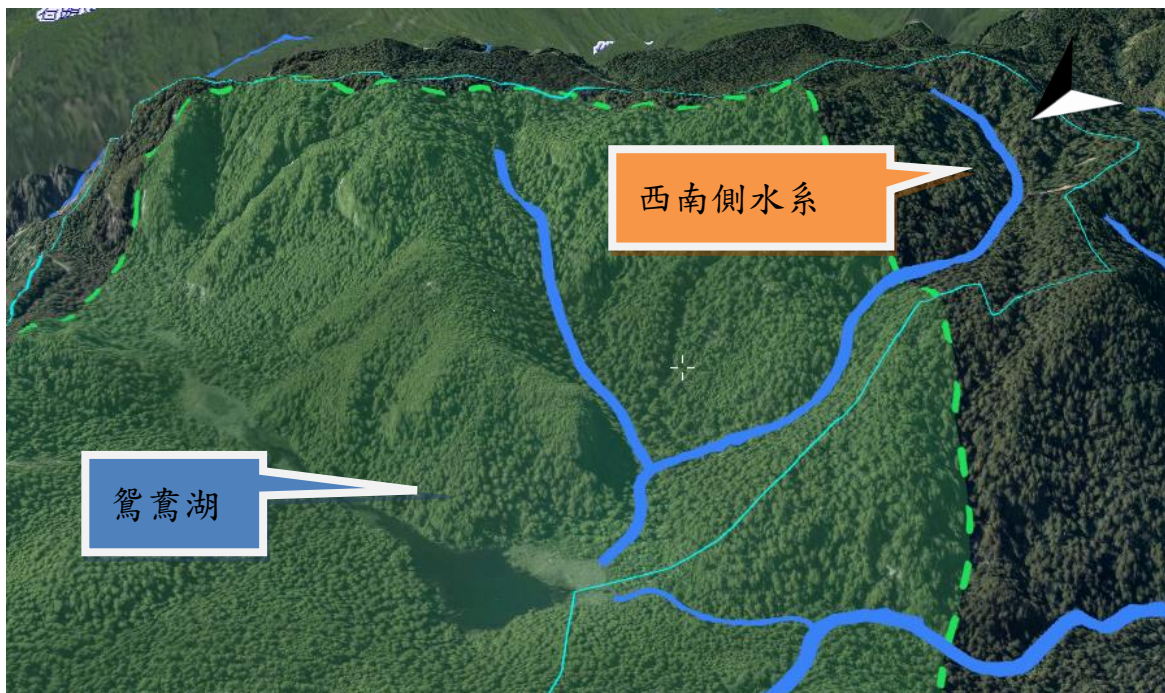


圖3-60 西南側範圍予以劃入集水區範圍



四、降雨強度估算

根據交通部中央氣象局宜蘭氣候站 97~105 年統計資料顯示，主要雨量集中 10 月期間，依據中央氣象局統計資料，1981-2010 年宜蘭平均降雨量為 2,837mm。

本案降雨強度採用無因次降雨強度公式，以重現期距 25 年，降雨延時 60 分鐘之降雨強度(I_{60}^{25})計算，公式如下：

$$I_{60}^{25} = \left(\frac{P}{25.29 + 0.094P} \right)^2$$

式中，

P=年平均降雨量 (mm)，2,837 (mm)

計算結果為 $I_{60}^{25} = 94.4$ (mm/hr)

五、合理化公式

依據水土保持技術規範洪峰流量之估算，有實測資料時，得採用單位歷線分析；面積在一千公頃以內者，無實測資料時，得採用合理化公式 (Rational Formula) 計算。合理化公式如下：

$$Q = \frac{1}{360} CIA$$

式中，

Q=洪峰流量 (cms)

C=逕流係數，本計畫區屬天然未開發區採用 0.50，如表 3-3 所示

I=降雨強度 (mm/hr)，94.4 (mm/hr)

A=集流面積 (ha)，265 (ha)



表3-3 逕流係數 C 採用參考表

集水區狀況	陡峻山地	山嶺區	丘陵地或森林	平坦耕地	非農業使用
無開發整地區之逕流係數	0.75~0.90	0.70~0.80	0.50~0.75	0.45~0.60	0.75~0.95
開發整地區整地後之逕流係數	0.95	0.90	0.90	0.85	0.95~1.00

洪水事件過程中，在水道某特定斷面之流量隨時間而變，漲水時流量先由小而大，退水時再由大變小，可藉由連續觀測繪製出水文歷線圖以描述在一個完整的降雨到流域出口的現象之中，其時間與流量的關係。在水文歷線圖的曲線中有一流量最大值，稱之為洪峰流量。本案依 25 年重現期距降雨強度，代入合理化公式計算所得鴛鴦湖集水範圍內洪峰流量 Q 值為 34.7 (cms/每秒立方公尺)。進一步說明，該公式定義為重現期距 25 年，也就是每 25 年有出現 1 次該洪峰流量的機率；換言之每年存在 4% 的機率出現 34.7 (cms/每秒立方公尺) 的洪峰流量。

推估出洪峰流量 Q 值後，應進一步計算在某一單位時間內的集水區總逕流量；而總逕流量則須在水文歷線圖中藉由計算逕流曲線與時間軸之間的面積求得，惟本案鴛鴦湖之水文歷線圖仍須在集水區內設置水文測站進一步連續觀測各點逕流量後計算並繪製而得。

六、平均湖水量估算

依據毛俊傑(2012)以自記式水位計量測之結果，鴛鴦湖的水位波動並不明顯，水位的平均高低差約為 15 公分，以夏季的平均水位 345.5 ± 1.47 公分 (mean±SD) 最高，秋季 334.1 ± 5.59 公分 (mean±SD) 最低。另外依據薛郁欣等(2010)調查顯示，鴛鴦湖湖泊區域共有 6 處入水口，可見地表逕流至湖中，出水口則僅有一處，湖面最深處平常約為 4.1~4.3 m，即使有豪雨來，約 2 天內即恢復原本的水位，估計鴛鴦湖平均湖水量約為 71,000 m³。

七、逕流量與湖水總量比較(以 2016 年梅姬颱風為例)

因目前缺少鴛鴦湖集水區內逕流量之直接觀測資料，本案以 2016 年梅姬颱風為例來評估逕流量與湖水總量之關聯：梅姬颱風期間，在 9 月 27 日上午 11 時至 9 月 28 日上午 11 時共 24 小時之間，總雨量累積達到近 300 mm(圖 3-61)，故鴛鴦湖集水區範圍內在該時段內總逕流量的量體值估算如下：



$$V = AP$$

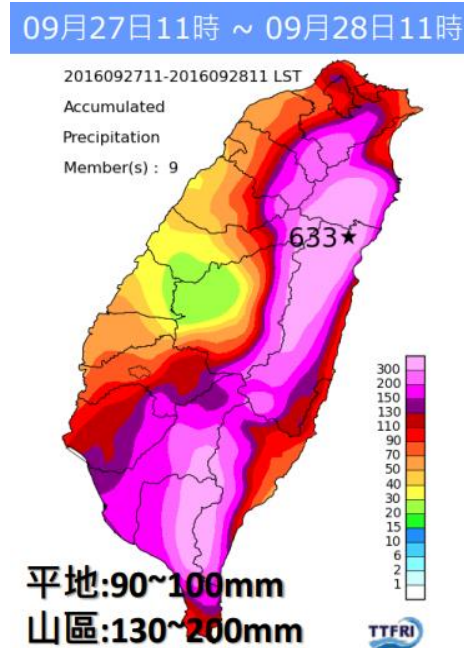
式中，

V = 單位時間內鴛鴦湖集水區內總逕流量 ($\text{m}^3/24 \text{ hr}$)

A = 鴛鴦湖集水區面積 $265 \text{ (ha)} = 2,650,000 \text{ m}^2$

P = 單位時間內累積總雨量 $300 \text{ (mm/24 hr)} = 0.3 \text{ m/24 hr}$

依據上式計算後 V 值為 $795,000 \text{ m}^3/24 \text{ hr}$ ，已顯著大於鴛鴦湖平均湖水量 $71,000 \text{ m}^3$ ，在這樣的情況之下梅姬颱風在一日之內總逕流量，即可置換鴛鴦湖中原有之湖水量數次之多。由此觀之，多數下雨形成的逕流都會集中到鴛鴦湖內；若不納入進、出流量大小的因素，由於鴛鴦湖只存在西側單一個出水口，湖區又地處多雨地帶，當強降雨事件發生時，縱有檜木林植被延遲集流時間，推測仍難以避免湖水量出現大幅擾動與置換。



資料來源：<http://www.yujing.gov.tw/tmp/1474879411.pdf>

圖3-61 梅姬颱風雨量分布圖

八、脈衝型湖泊推論

討論鴛鴦湖之洪氾脈衝機制，除了洪峰流量估算之外，必須再考量集流時間、延時等參數以及水文測站的直接觀測數據以繪製水文歷線，並量測進、出



口流量方能確切估算在脈衝機制下鴛鴦湖湖水的精確置換量。本案僅就現有估計值推斷，因鴛鴦湖地區雨量豐沛，年平均降雨量為 2,837mm；而據過往調查鴛鴦湖平均湖水量僅有 71,000 m³，以梅姬颱風為例，在一段時間內發生強降雨之情形下確有可能造成湖水大幅的擾動與置換，進而影響湖中的生態系統。

3-6 教育訓練暨成果發表會

本研究案成果係結合航空攝影測量、空載光達數據蒐集以及利用無人機(UAV)現地影像調查等先進技術，由調查結果產製正射影像及數值高程模型，並利用點雲(Point clouds)進行調查結果之數據分析，了解鴛鴦湖之地形、森林覆蓋等基礎資料，供後續經營管理運用，以維護自然保留區之珍貴性價值。

最終成果包含 Skyline 3D GIS 展示平台，為使相關人員能熟悉應用本案 Skyline 3D GIS 建置成果並進一步了解上述技術應用於林業調查與管理的研究成果，遂由於 107 年 5 月 8 日上午 9 點至 12 點假森保處大禮堂辦理 Skyline 3D GIS 系統教育訓練暨研究成果發表會，邀集相關林業與學術機關參與，說明各項研究成果並且安排無人機實機操作。



圖3-62 教育訓練暨成果發表會



第四章 結論

鴛鴦湖自然保留區自民國 75 年公告以來保存了許多珍稀的自然資源，包括保護洪氾脈衝型的高山湖泊、未受干擾的天然臺灣扁柏林以及稀有的動植物，並保存原有自然狀態，本案蒐集了最早 1980 年的歷史正射影像，互相對照可以佐證鴛鴦湖保留區為維護的良好狀態。

由於鴛鴦湖保留區完整保存了原始林相，本案藉由先進光達掃瞄與高解析航拍技術，產製 1m 解析度 DEM 與 10cm 解析度正射影像，並進一步完成了以下分析各項成果：

- 一、以點雲資料分析林相垂直結構，針對臺灣扁柏、鐵杉與臺灣杉不同樹種之間與次生林、老熟林等不同林相以點雲資料建立資料範本，做為後續分析研究的依據，其中並於保留區內第一次發現臺灣杉的蹤跡，零星散生於檜木林之中。
- 二、以正射影像與點雲剖面圖找到了 71 處疑似孔隙位置，所有孔隙都已經標定坐標與寬度，建議後續可依照坐標派員現地勘查，若與調查結果吻合則可選定適當地點以劃定樣區，研究鴛鴦湖地區森林演替過程。
- 三、藉由高解析影像與光達掃瞄技術，針對 105 年與 106 年重複拍攝的區域做比對，清楚發現 105 年梅姬風災對棲蘭山神木園植被與地形的影響，除了重疊區之外，也藉由高解析影像發現多新崩塌地，證明新技術確實可以有效作為觀察風災影響程度的探測工具。
- 四、本次也經由 CHM 搜尋全區的潛在 40m 以上巨木，並以不同高度分級，總共找到最低 40m、最高 60m 的巨木共 634 棵，經研判並實地勘查結果大部分為臺灣杉，成果斐然。另外藉由植群高度分層分析，可以歸納出保留區內樹木高度越高，越向背風面(東北季風)及山谷集中的趨勢
- 五、承上點，這些潛在巨木藉由點雲剖面及現地勘查的資料檢視，大多為臺灣杉的樹型。此次搜尋到保留區內潛在的臺灣杉巨木是本案的重要發現，臺灣杉是保留區內以及周邊的重要資產，後續建議依量測之坐標逐步現勘確認。



- 六、光達達掃瞄加高解析正射影像作為林相分析的方法已經普遍獲得學界與業界認同，唯此次管理處創新加入空拍 VR 影像除了提供了不同的飛行視角之外，更重要的是可以更直接、更近距離地地觀察林相結構，提供了森林學分析的全新工具。藉由這樣的調查方法，足以佐證鴛鴦湖地區保留區內其實多為存在檜木、鐵杉及闊葉林等不同林型存在，也佐證所使用的影像解析度越高對於提高林相調查工作的效率有顯著的效果。
- 七、由保留區內地形初步推斷鴛鴦湖自然保留區之公告範圍應是依據可能之集水區範圍劃設，沿用至今。過去因缺乏精確地形圖資，天然稜線的位置誤差較大；而本案則是利用高解析 1m 網格解析度的 DEM 重新檢視集水區範圍。
- 八、本案也利用集水區劃設的成果初步計算洪峰流量，以 2016 年梅姬颱風為例，最大總雨量達到近 300 mm/24 hr，集水區內逕流量參照集水區面積 265 公頃，經換算為 795,000 m³/24 hr，已顯著大於鴛鴦湖平均湖水量 71,000 m³，因此推論在強降雨之情形下確有可能造成湖水顯著的擾動與置換，初步驗證了鴛鴦湖為脈衝型湖泊之可能性。
- 九、除了資料的蒐集與分析之外，在本案所有成果資料包含地形、影像、影片與向量檔案都製作為 GIS 圖層，建置 Skyline 3D GIS 系統，其具有圖資管理、地形擬真、高速瀏覽等優勢，並結合多項分析功能。

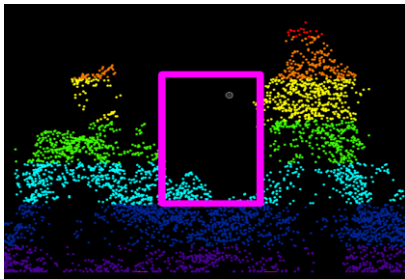
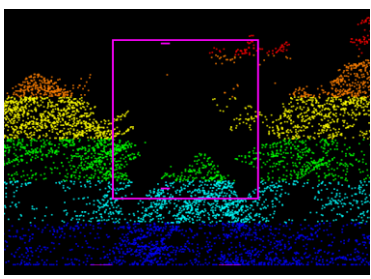
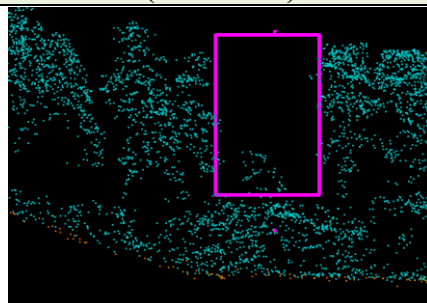
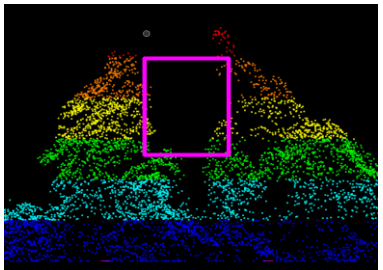
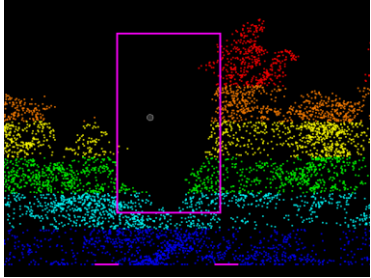
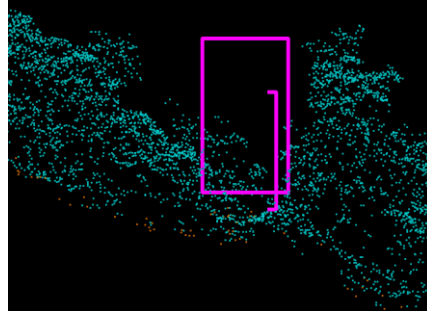
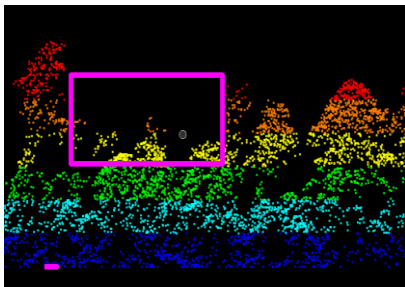
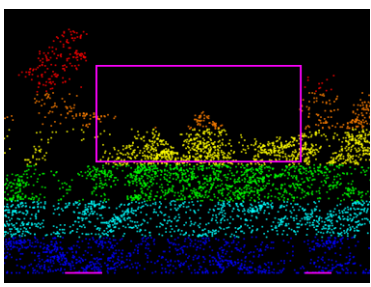
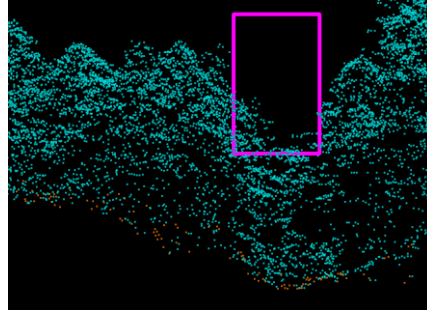
上述成果補足了許多保留區基礎圖資，值得後續推廣並應用在其他業管林場，做為生態保育的推廣以及林區經營、學術研究之用。

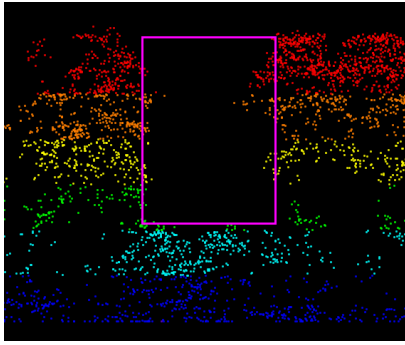
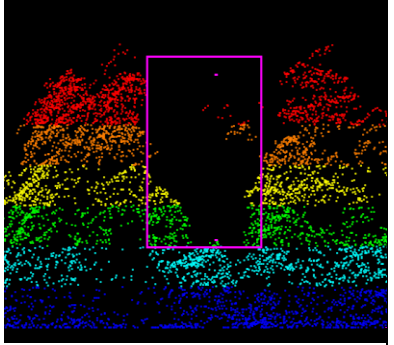
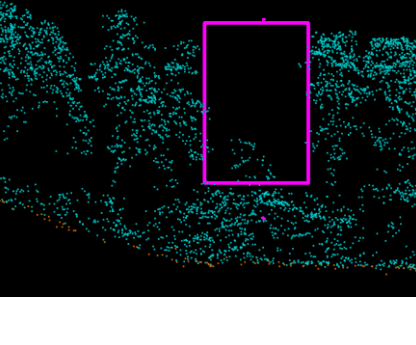
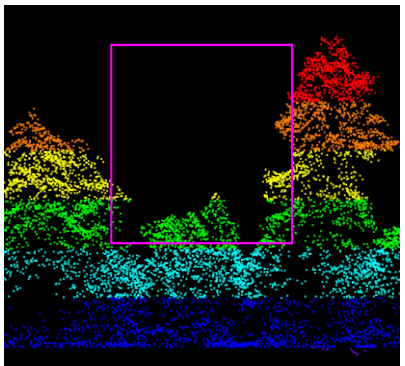
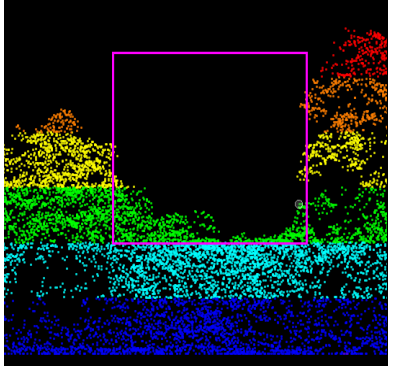
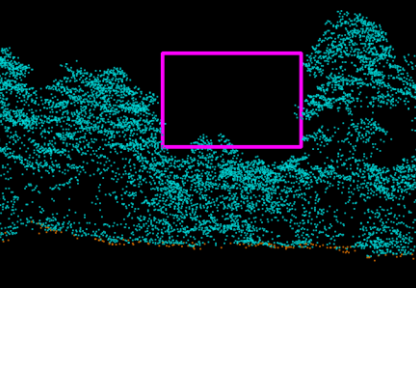
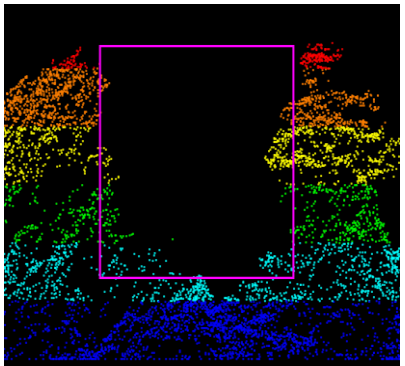
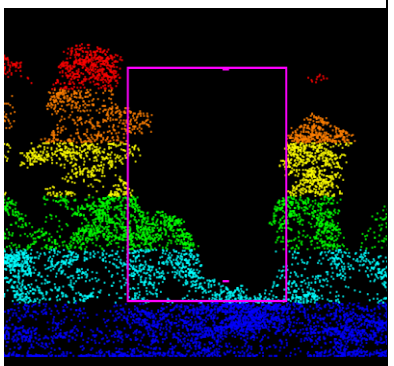
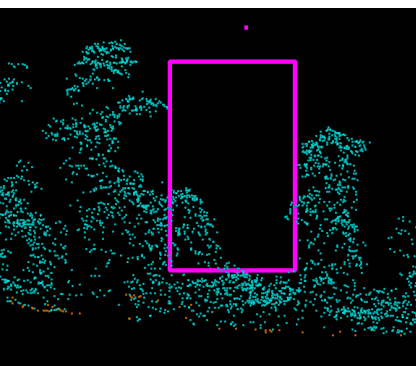
考量鴛鴦湖保留在自然生態上的珍貴價值，相信仍然潛藏許多值得研究的題材，有鑑於現代測繪技術的日益精進，未來鴛鴦湖地區可以利用無人機持續進行特定區域的空拍調查工作，甚至與棲蘭神木園區及周邊林區定期辦理數位航拍工作，建立影像資料庫。除此之外，鴛鴦湖地區水下生態與水深地形亦是值得調查之處，可以利用遙控船等輕型載具執行。

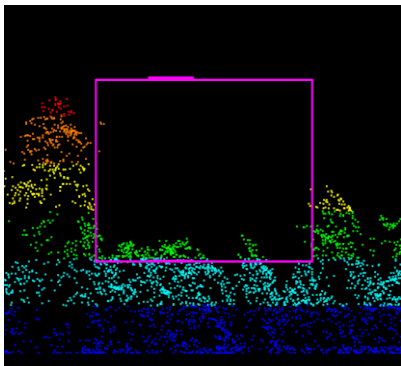
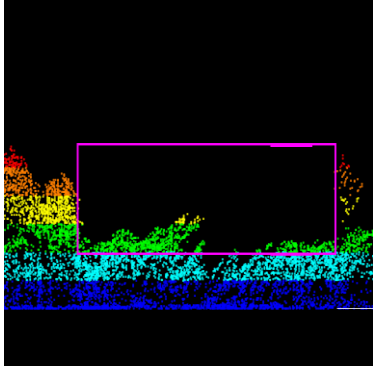
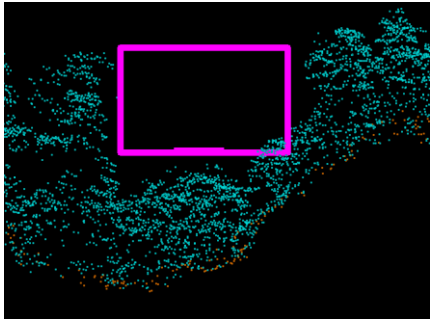
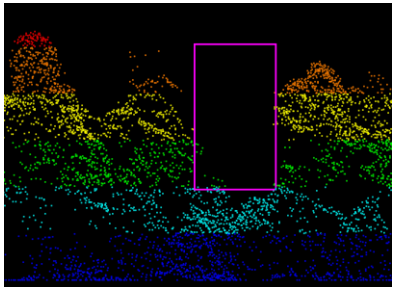
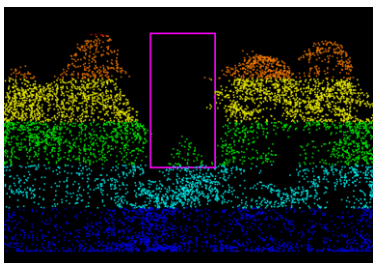
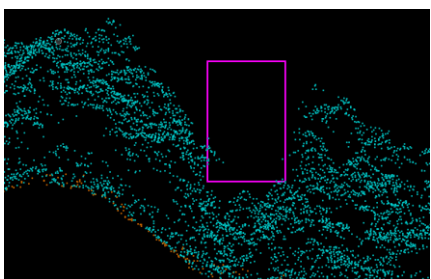
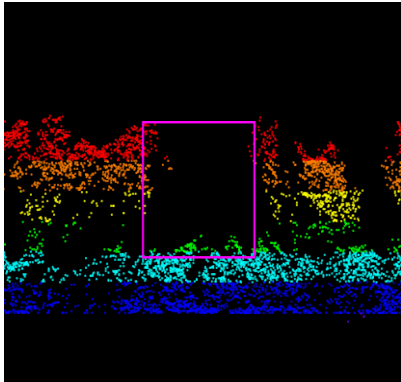
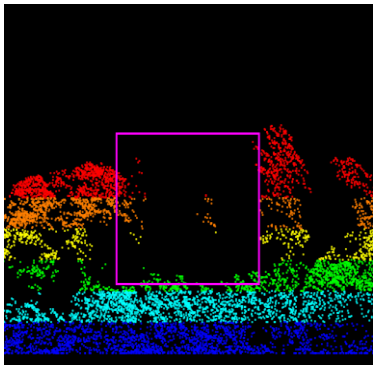
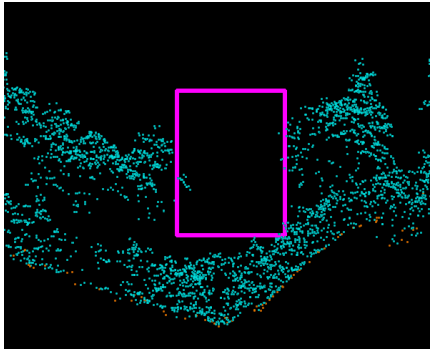
附件一

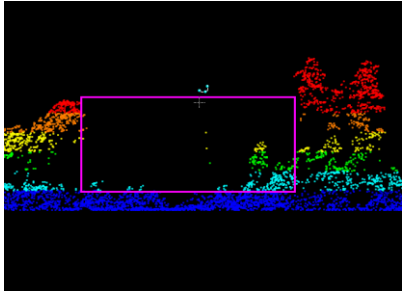
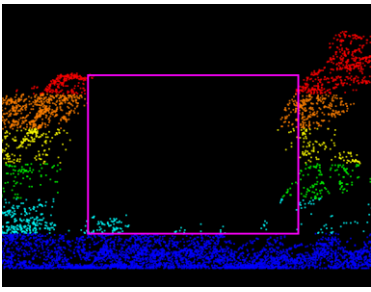
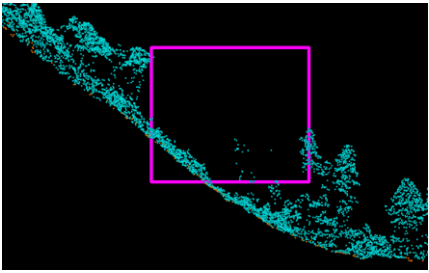
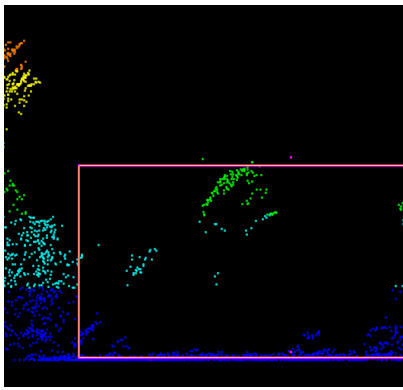
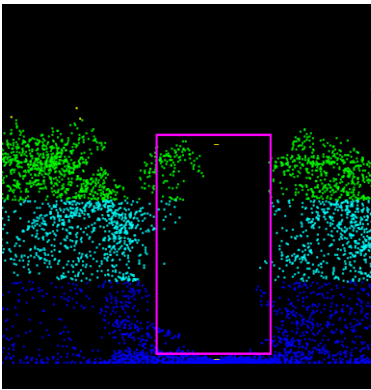
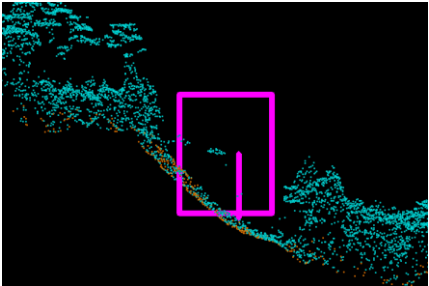
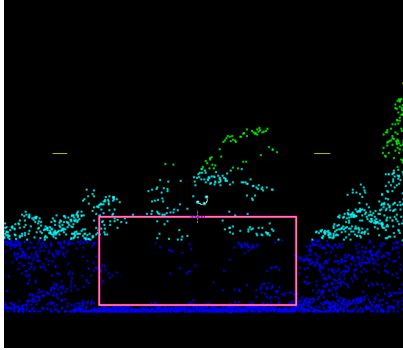
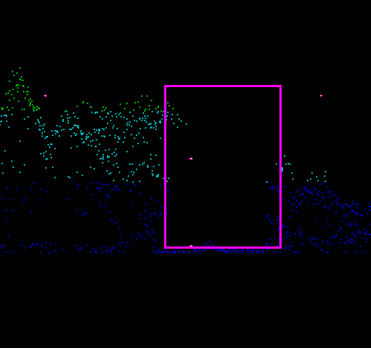
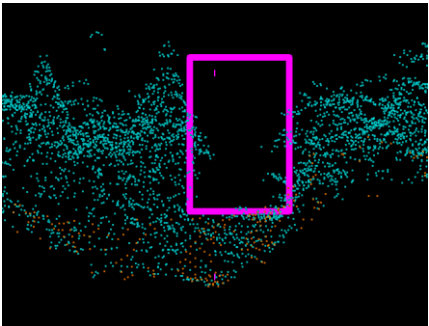
疑似孔隙調查紀錄表

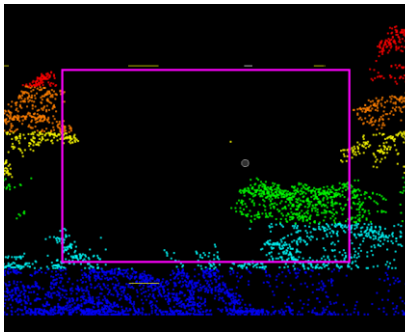
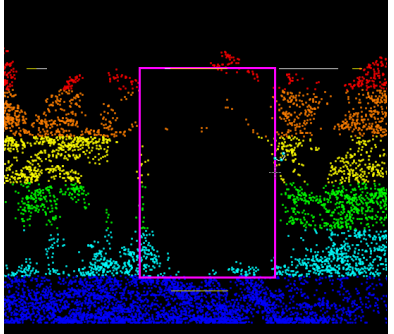
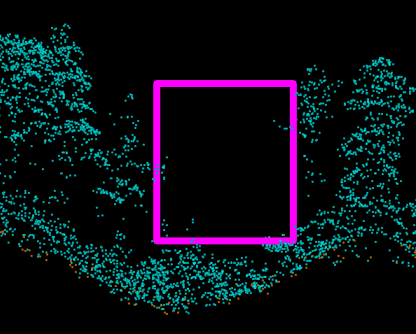
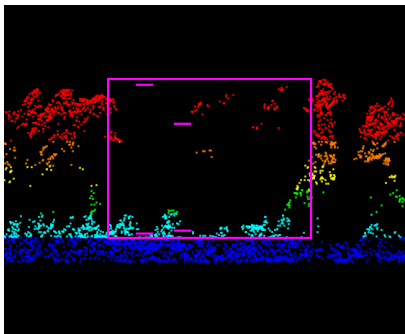
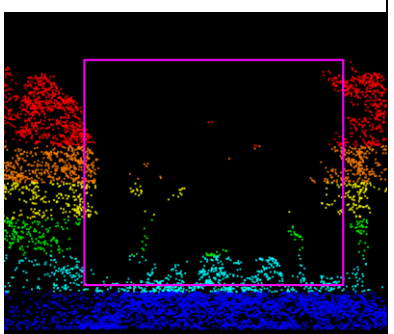
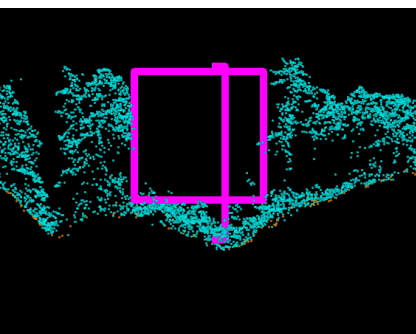
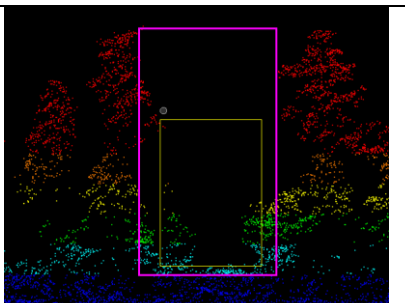
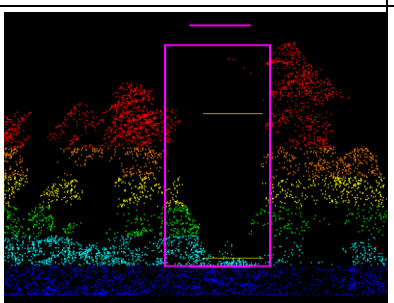
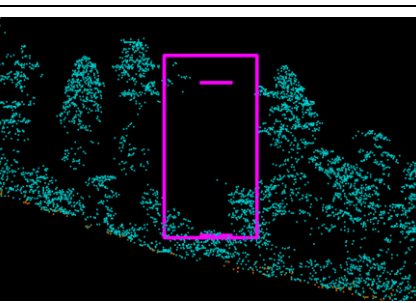
* 孔隙寬度與植被厚度係以 CHM 剖面圖上量測而得，採不同剖面寬度之量測平均值，僅供參考，請依現地情況為準

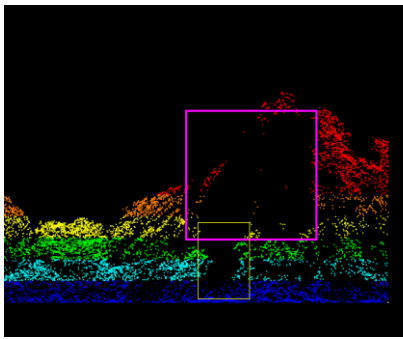
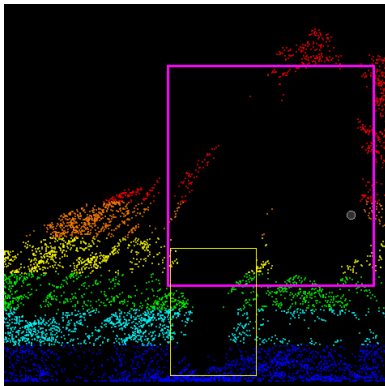
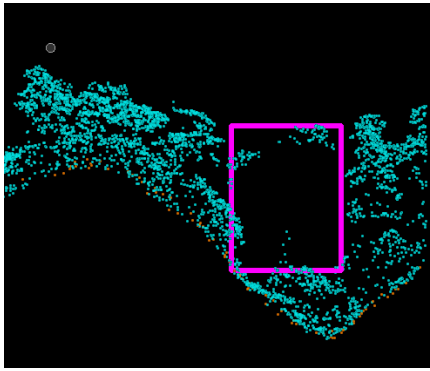
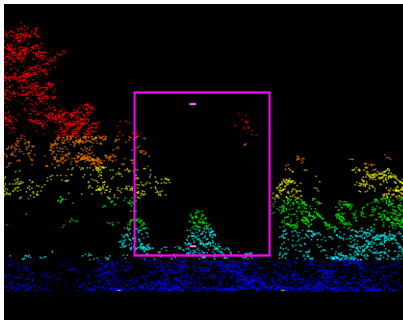
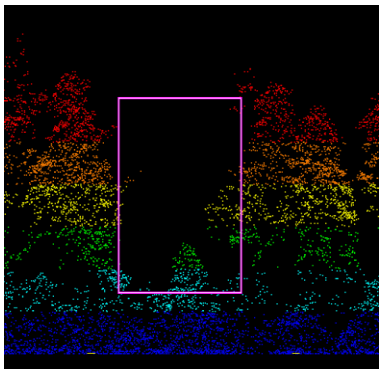
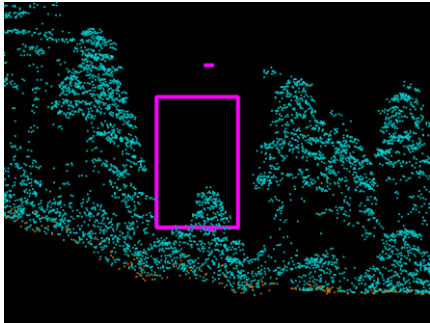
孔隙編號	孔隙寬度 (m)	植被厚度 (m)	CHM 剖面圖 (3m 寬度)	CHM 剖面圖 (5m 寬度)	原始點雲剖面 (3m 寬度)	備註
1	11.5	9.5				
2	9.1	13.2				
3	26.6	15.6				

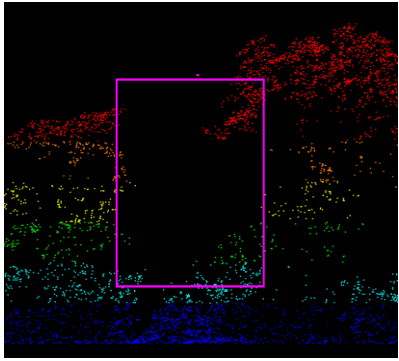
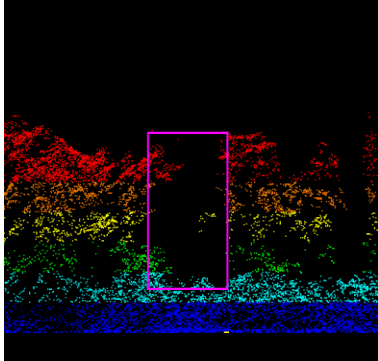
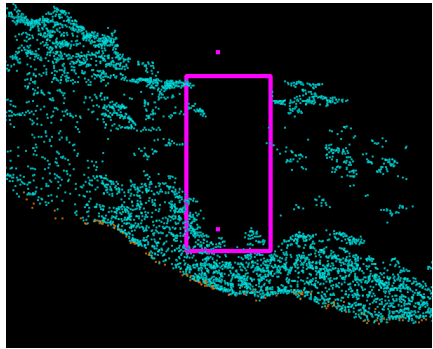
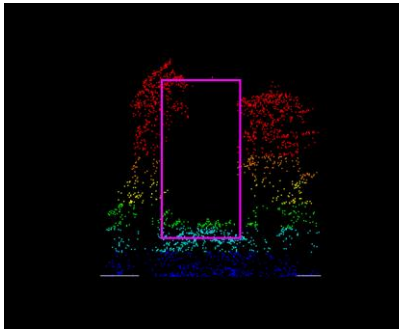
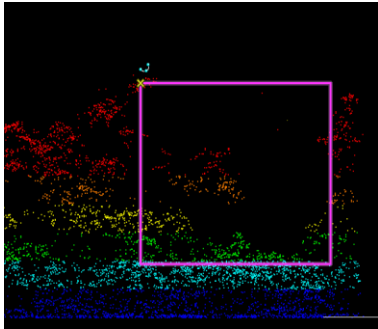
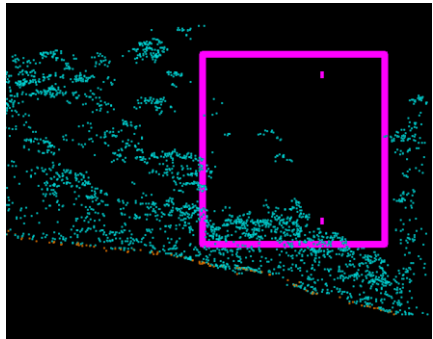
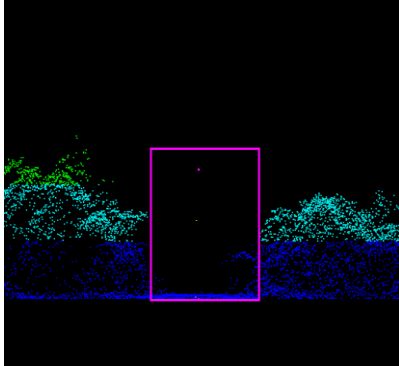
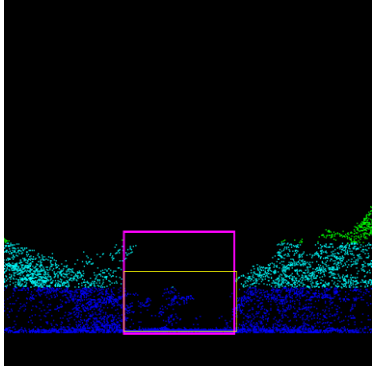
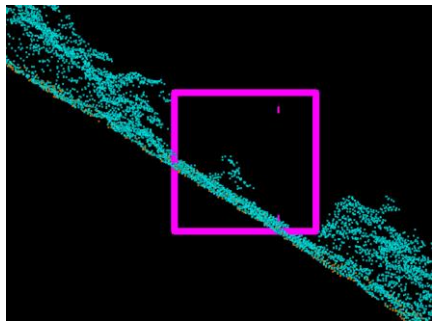
孔隙編號	孔隙寬度 (m)	植被厚度 (m)	CHM 剖面圖 (3m 寬度)	CHM 剖面圖 (5m 寬度)	原始點雲剖面 (3m 寬度)	備註
4	13.8	11				
5	21.5	10.6				
6	19.3	7.5				

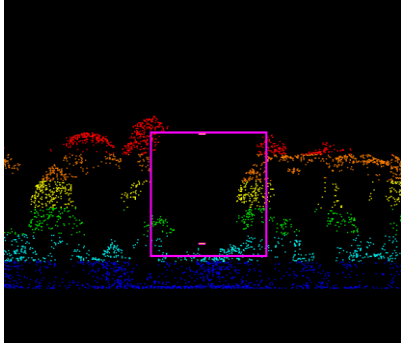
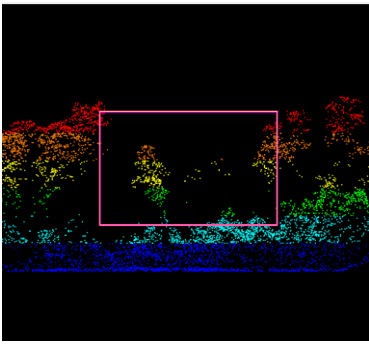
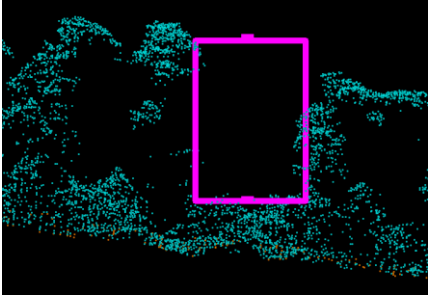
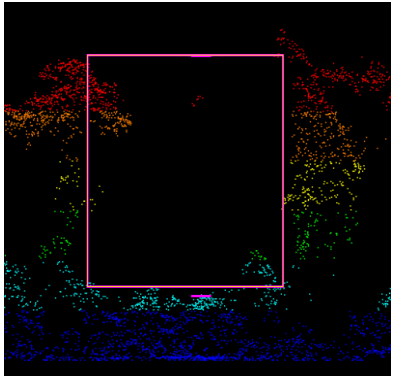
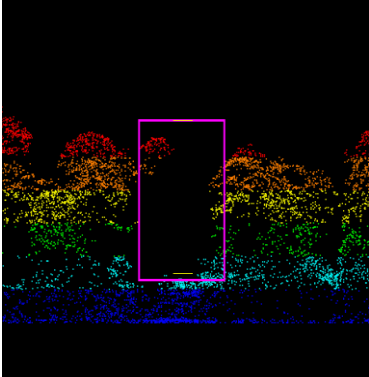
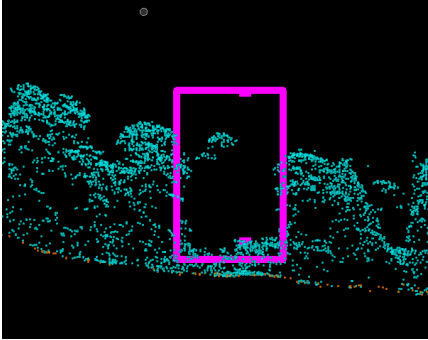
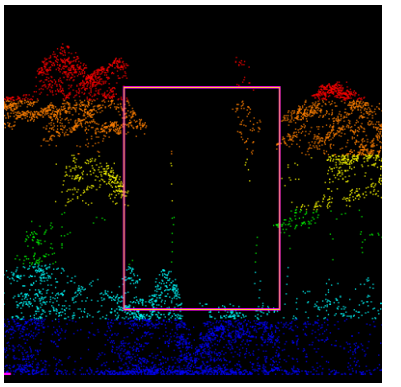
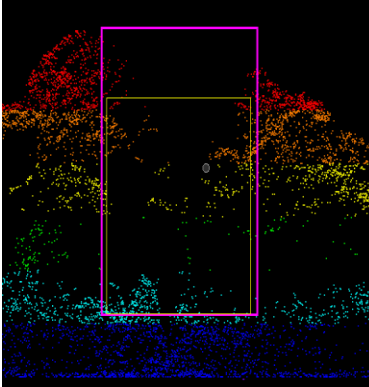
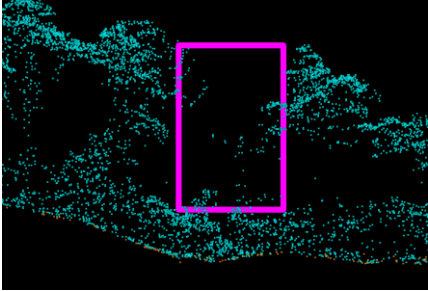
孔隙編號	孔隙寬度 (m)	植被厚度 (m)	CHM 剖面圖 (3m 寬度)	CHM 剖面圖 (5m 寬度)	原始點雲剖面 (3m 寬度)	備註
7	26.6	10.3				
7-1	18	10				
8	22.7	9.5				

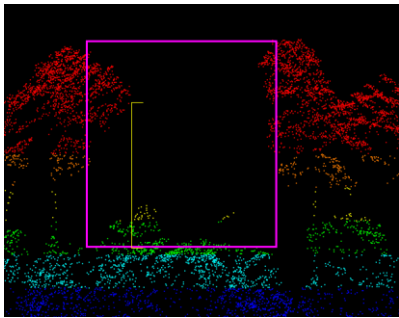
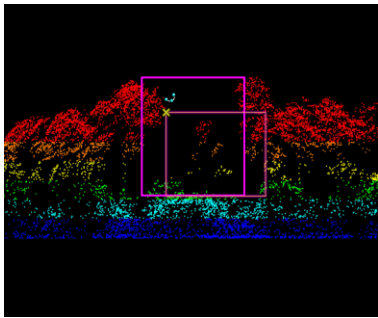
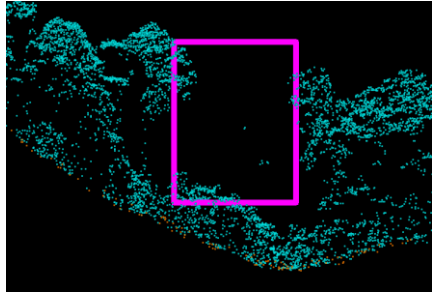
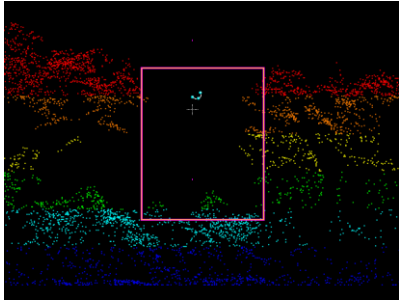
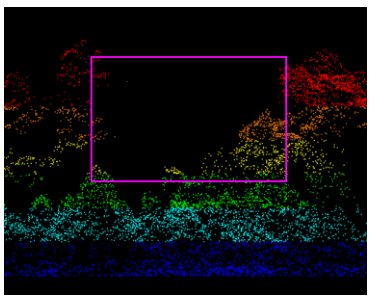
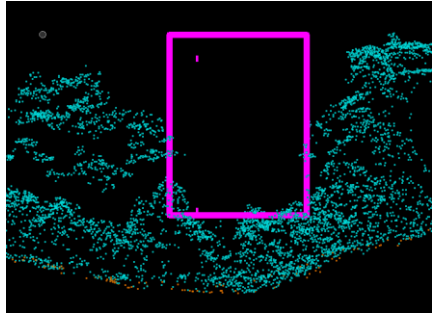
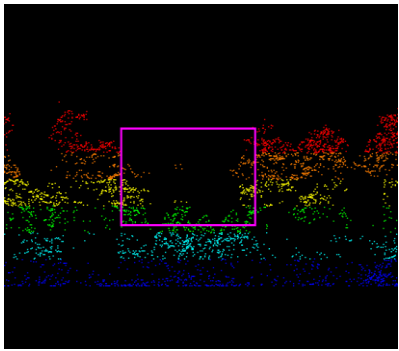
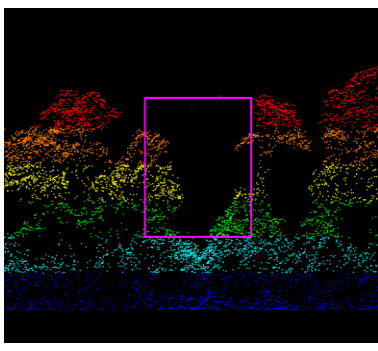
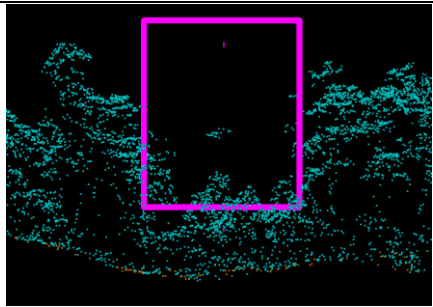
孔隙編號	孔隙寬度 (m)	植被厚度 (m)	CHM 剖面圖 (3m 寬度)	CHM 剖面圖 (5m 寬度)	原始點雲剖面 (3m 寬度)	備註
9	50.6	6.0				崩塌地
10	24	0				崩塌地
11	14	10				崩塌地

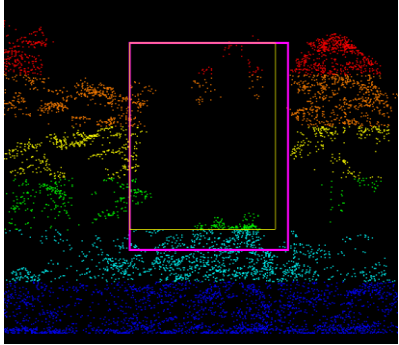
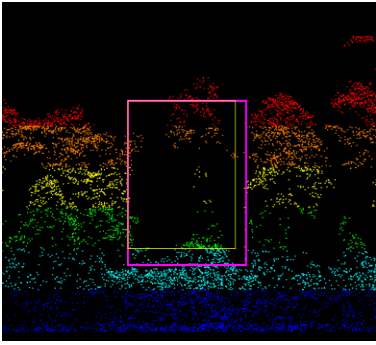
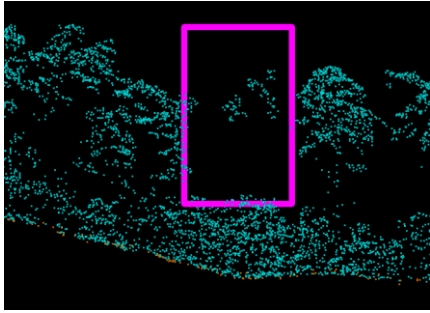
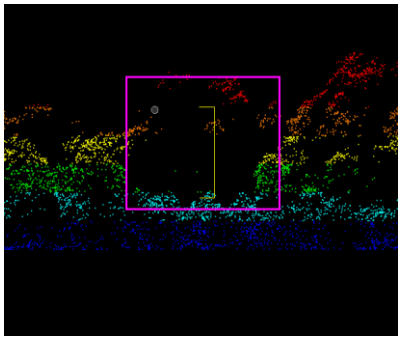
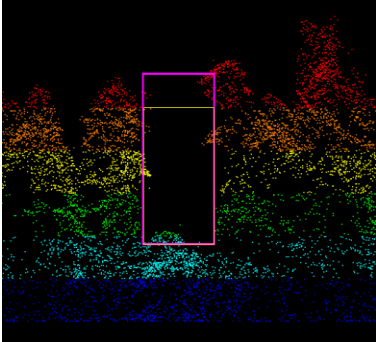
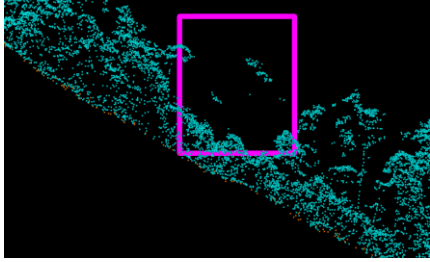
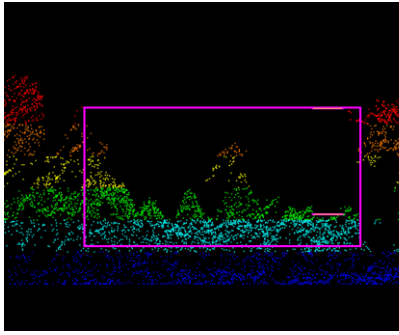
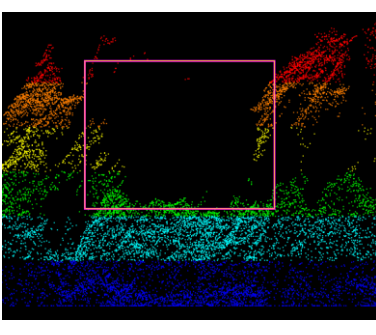
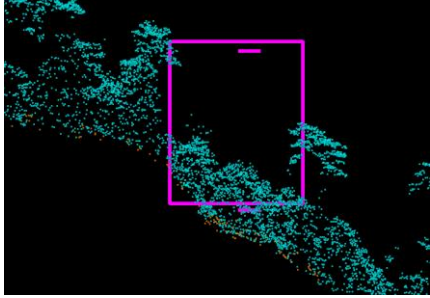
孔隙編號	孔隙寬度 (m)	植被厚度 (m)	CHM 剖面圖 (3m 寬度)	CHM 剖面圖 (5m 寬度)	原始點雲剖面 (3m 寬度)	備註
12	30	5.9				
13	42.4	5				
14	22.8	5.4				

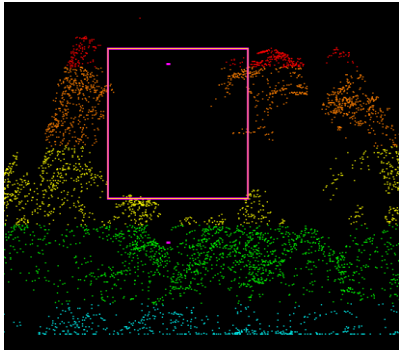
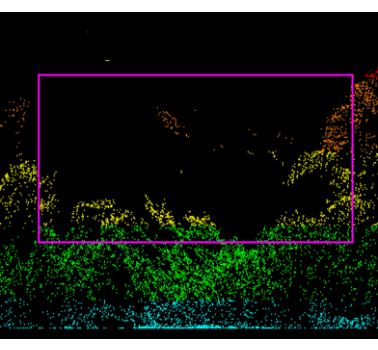
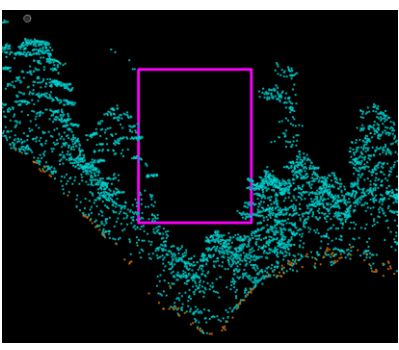
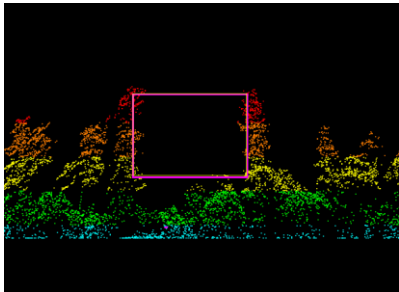
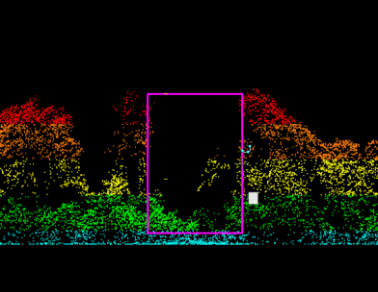
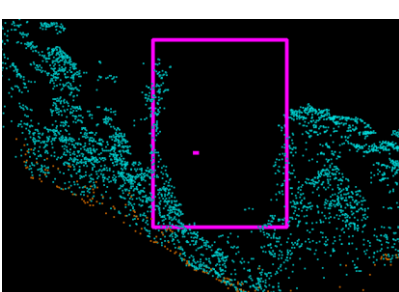
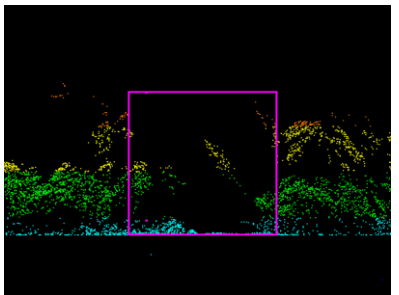
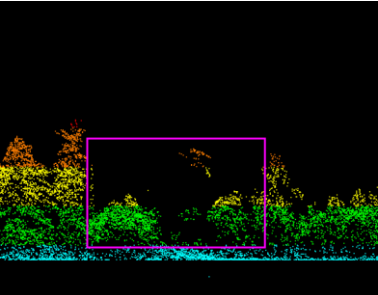
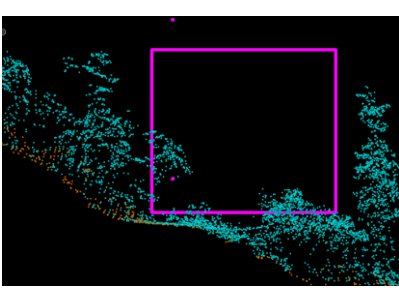
孔隙編號	孔隙寬度 (m)	植被厚度 (m)	CHM 剖面圖 (3m 寬度)	CHM 剖面圖 (5m 寬度)	原始點雲剖面 (3m 寬度)	備註
15	12	2.4	 A vertical cross-section of a canopy height model (CHM) for a 3m wide gap. The plot shows a dense canopy with a height of approximately 2.4m. A yellow box highlights the gap area, and a red box highlights a portion of the canopy above it.	 A vertical cross-section of a CHM for a 5m wide gap. The canopy height is consistent with the 3m profile. A yellow box highlights the gap, and a red box highlights a portion of the canopy above it.	 A vertical cross-section of the raw point cloud for a 3m wide gap. The point cloud shows the vertical structure of the canopy, with a height of approximately 2.4m. A red box highlights a portion of the canopy above the gap.	
16	24.7	6	 A vertical cross-section of a CHM for a 3m wide gap. The canopy height is significantly higher, at approximately 6m. A red box highlights a portion of the canopy above the gap.	 A vertical cross-section of a CHM for a 5m wide gap. The canopy height is consistent with the 3m profile, at approximately 6m. A red box highlights a portion of the canopy above the gap.	 A vertical cross-section of the raw point cloud for a 3m wide gap. The point cloud shows the vertical structure of the canopy, with a height of approximately 6m. A red box highlights a portion of the canopy above the gap.	

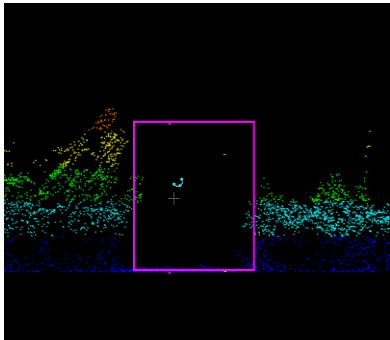
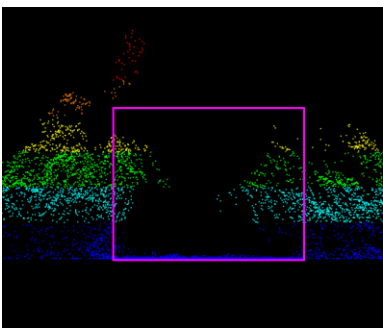
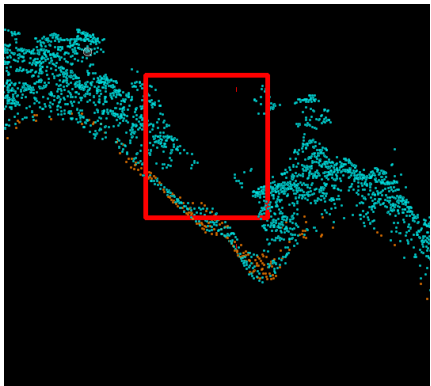
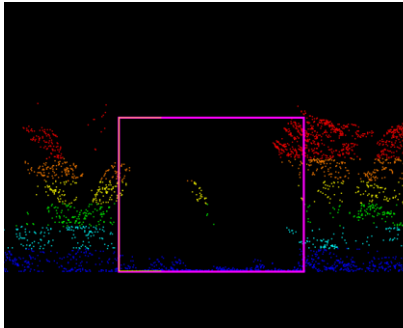
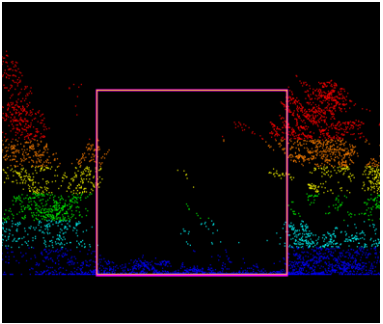
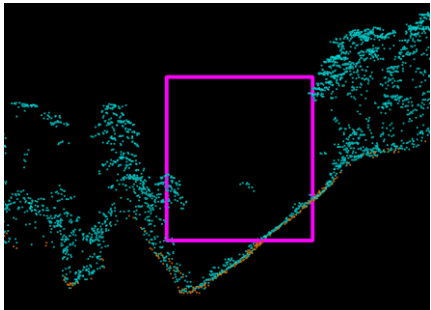
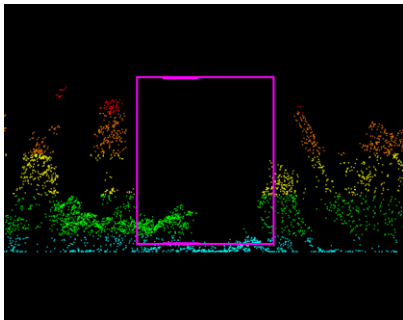
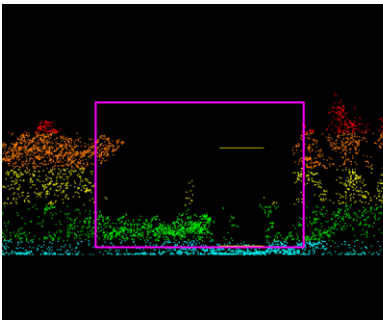
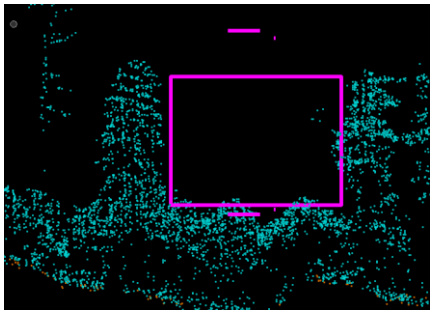
孔隙編號	孔隙寬度 (m)	植被厚度 (m)	CHM 剖面圖 (3m 寬度)	CHM 剖面圖 (5m 寬度)	原始點雲剖面 (3m 寬度)	備註
17	20.7	7.5				
18	16.4	8.9				
19	11	0				崩塌地

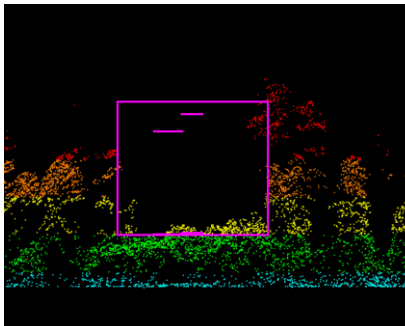
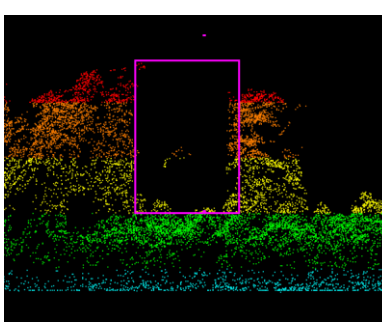
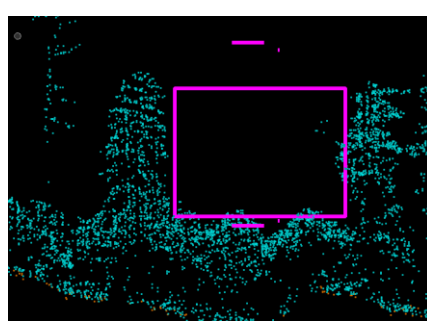
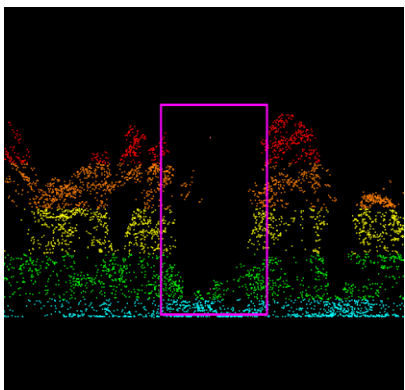
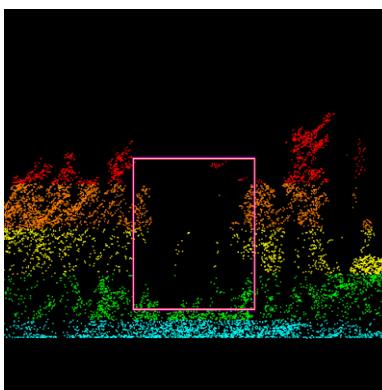
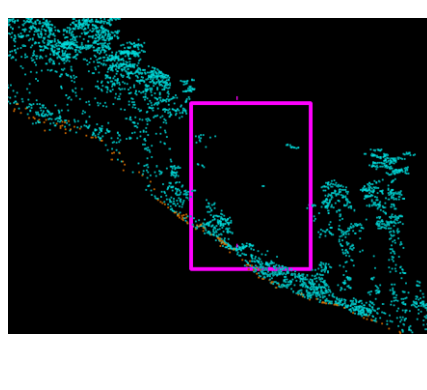
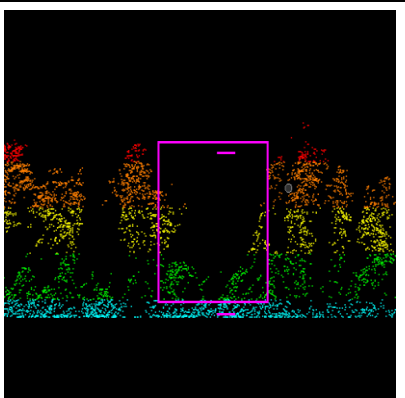
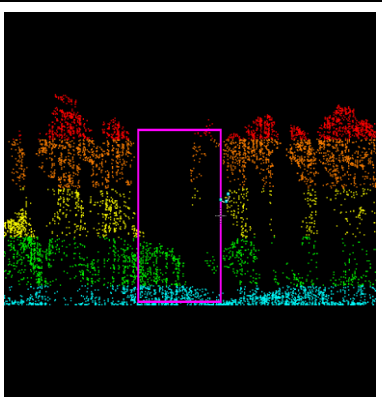
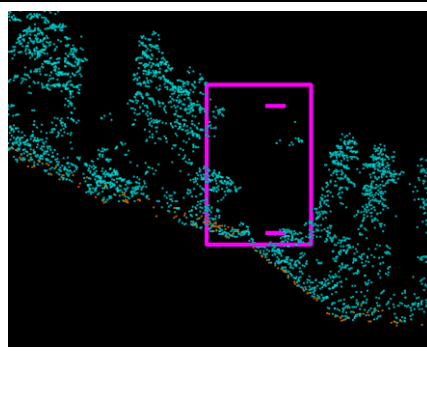
孔隙編號	孔隙寬度 (m)	植被厚度 (m)	CHM 剖面圖 (3m 寬度)	CHM 剖面圖 (5m 寬度)	原始點雲剖面 (3m 寬度)	備註
20	23.3	6.6				
21	23.9	8				
22	17.9	6.7				

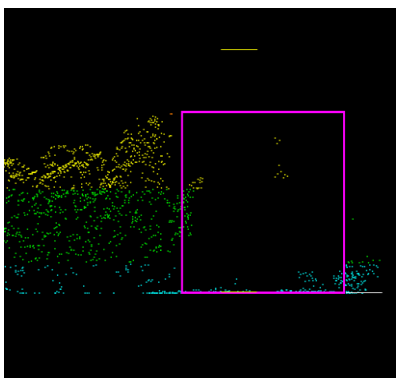
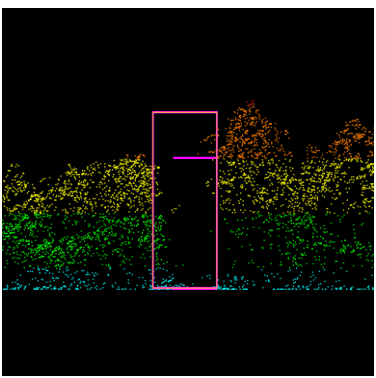
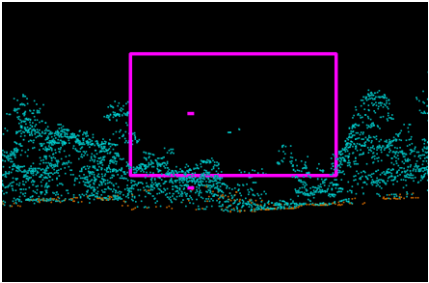
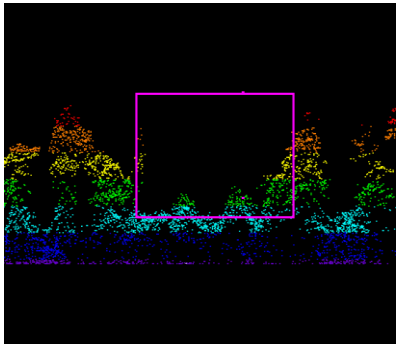
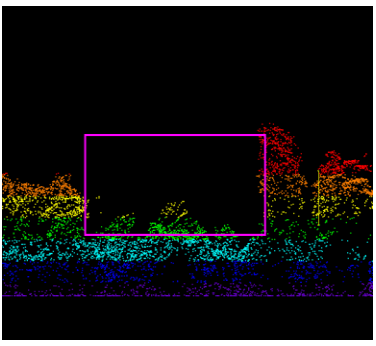
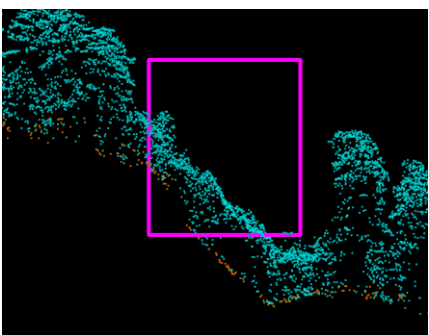
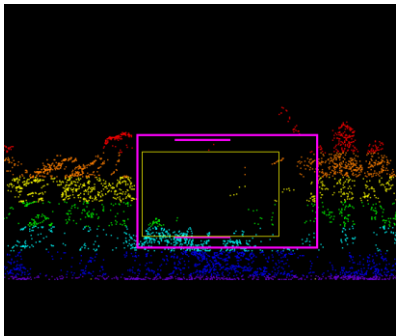
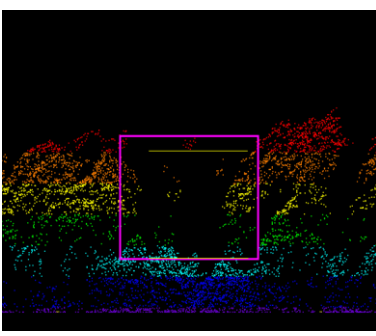
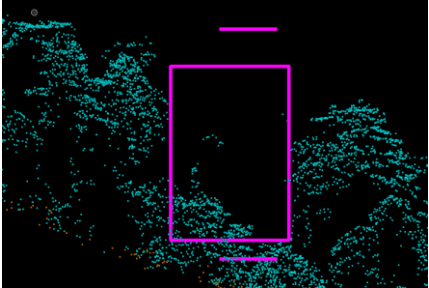
孔隙編號	孔隙寬度 (m)	植被厚度 (m)	CHM 剖面圖 (3m 寬度)	CHM 剖面圖 (5m 寬度)	原始點雲剖面 (3m 寬度)	備註
23	28.2	11				
24	15.3	9.1				
25	27.8	11.7				

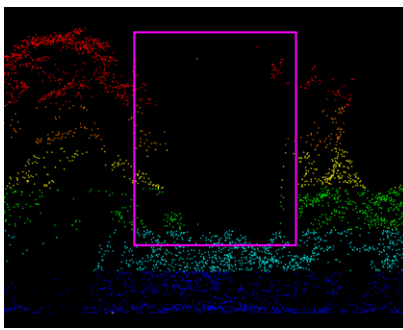
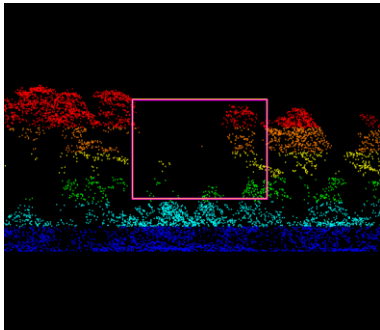
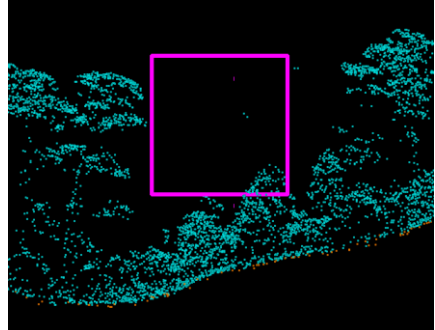
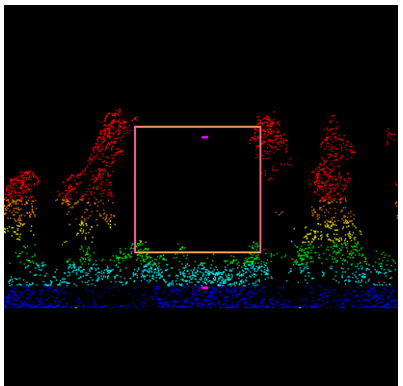
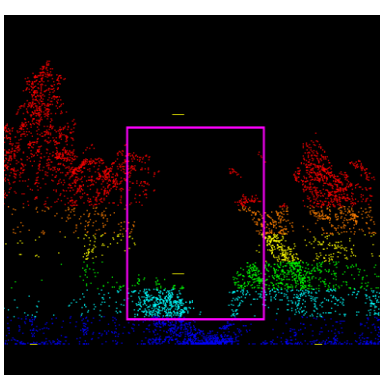
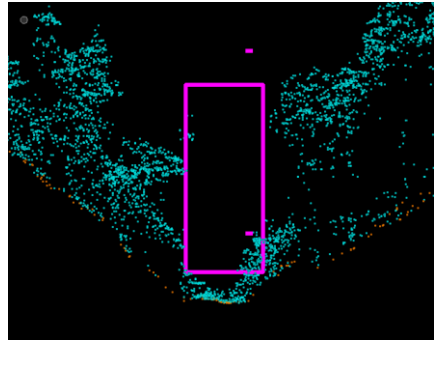
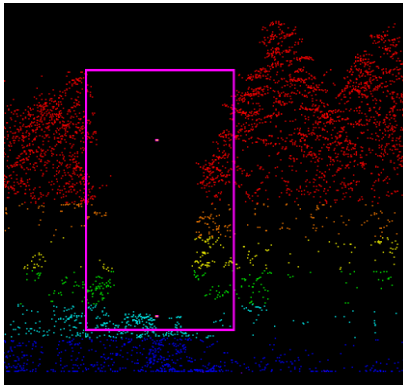
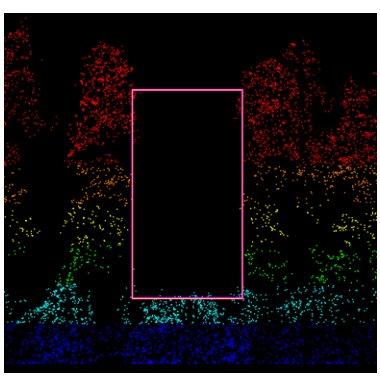
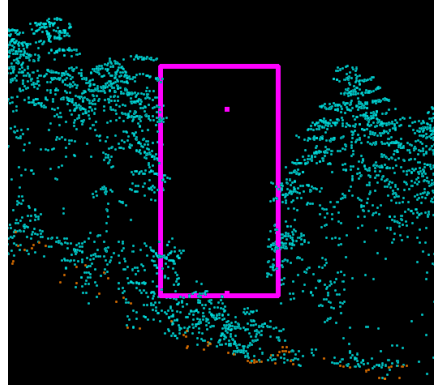
孔隙編號	孔隙寬度 (m)	植被厚度 (m)	CHM 剖面圖 (3m 寬度)	CHM 剖面圖 (5m 寬度)	原始點雲剖面 (3m 寬度)	備註
26	16.9	8.9				
27	28.5	7.3				
28	43.2	6.5				

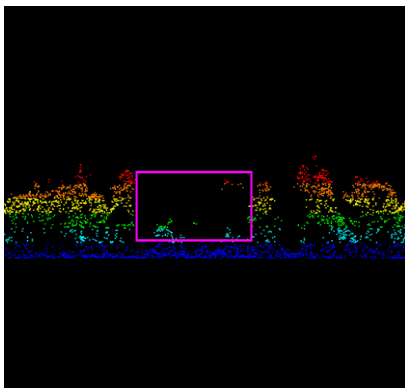
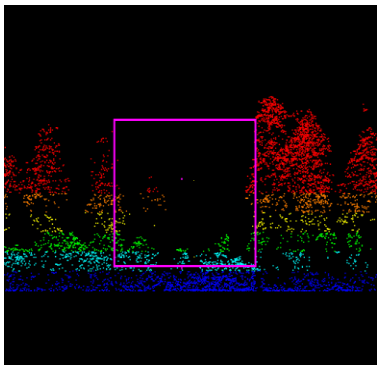
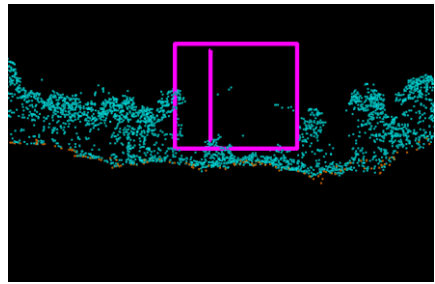
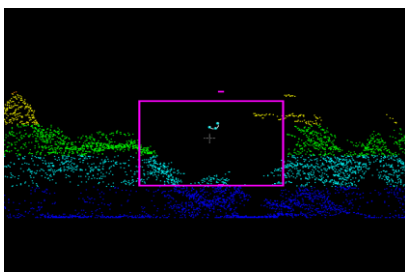
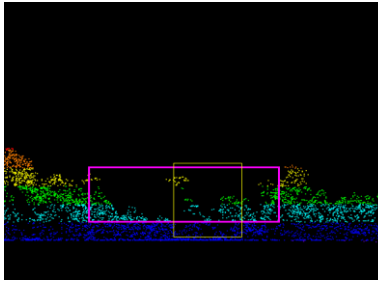
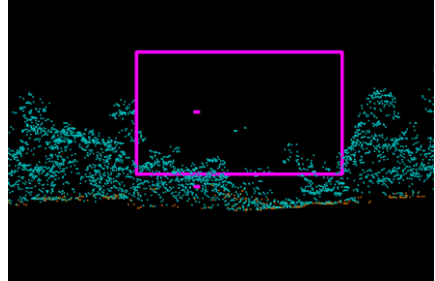
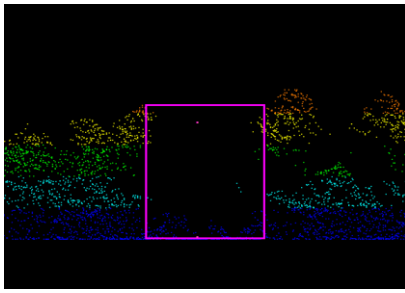
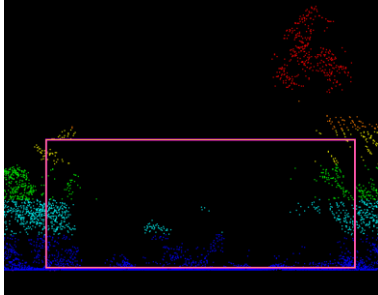
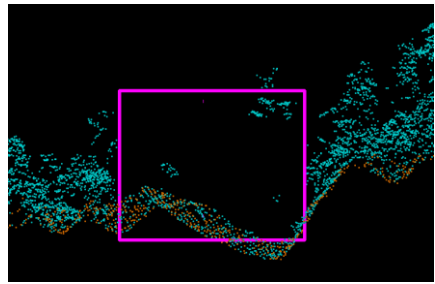
孔隙編號	孔隙寬度 (m)	植被厚度 (m)	CHM 剖面圖 (3m 寬度)	CHM 剖面圖 (5m 寬度)	原始點雲剖面 (3m 寬度)	備註
29	21.2	18.8				
30	33.6	19.7				
31	33.3	0				

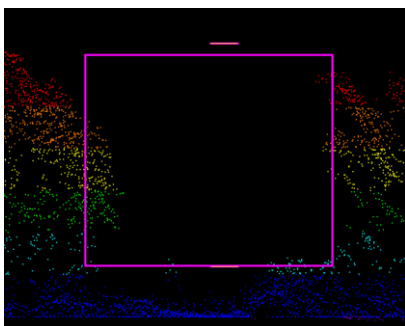
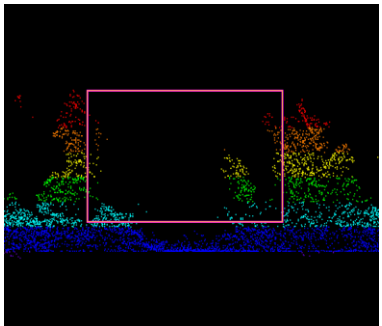
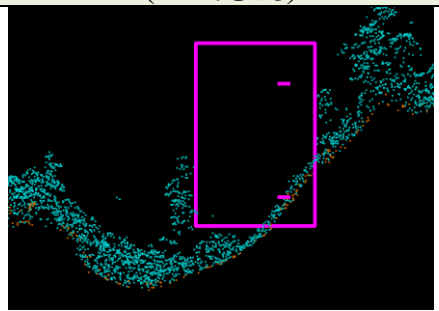
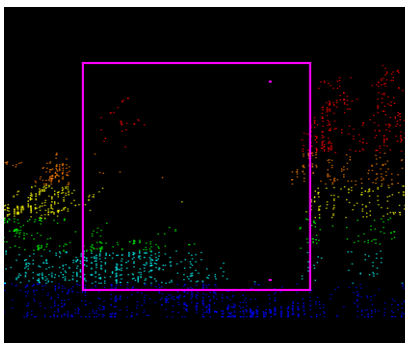
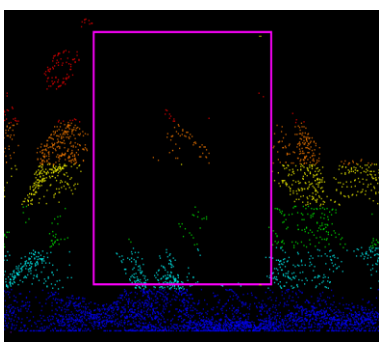
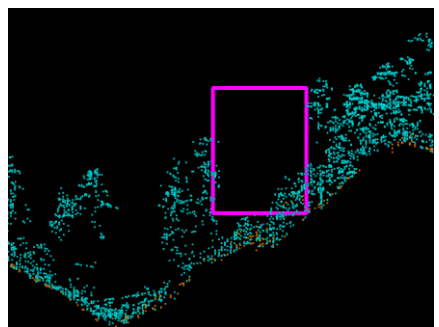
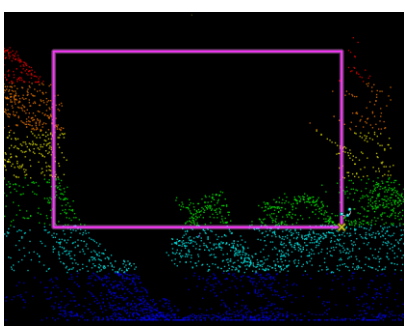
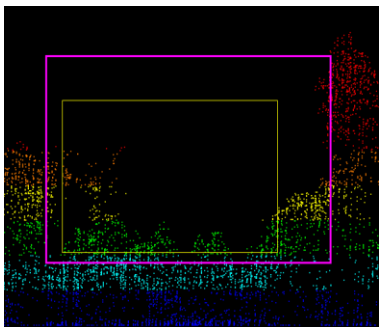
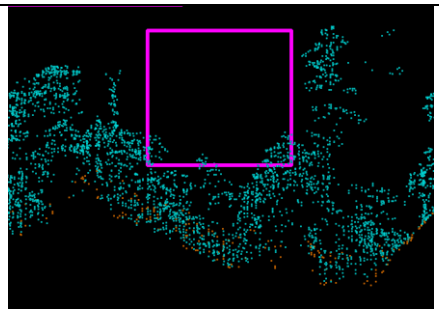
孔隙編號	孔隙寬度 (m)	植被厚度 (m)	CHM 剖面圖 (3m 寬度)	CHM 剖面圖 (5m 寬度)	原始點雲剖面 (3m 寬度)	備註
32	18.8	10				
33	41.2	0				
34	35.9	2.6				

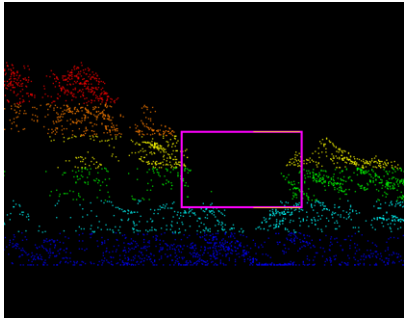
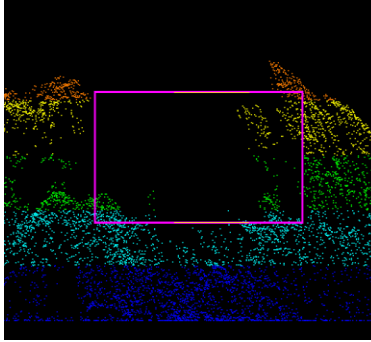
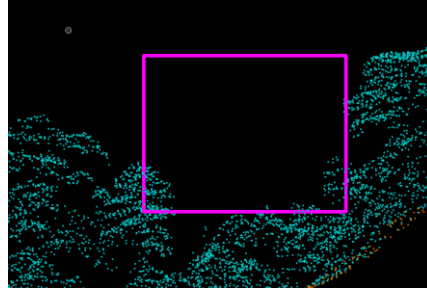
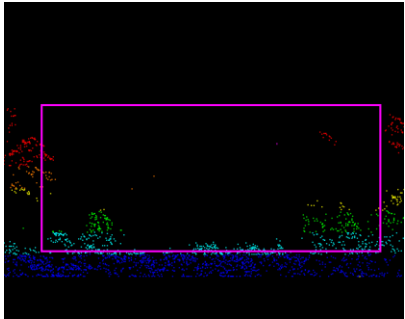
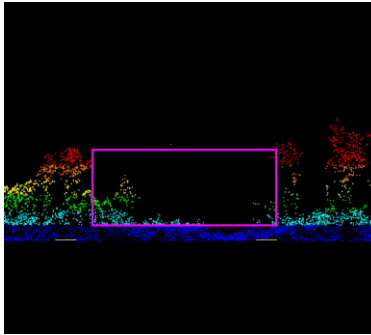
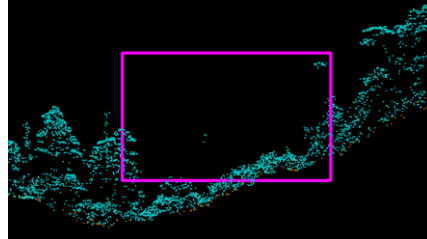
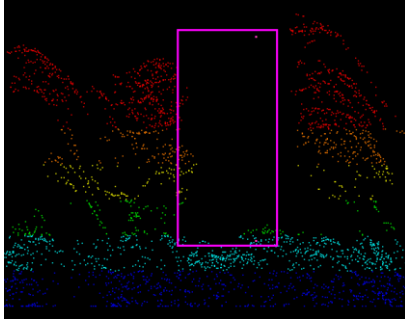
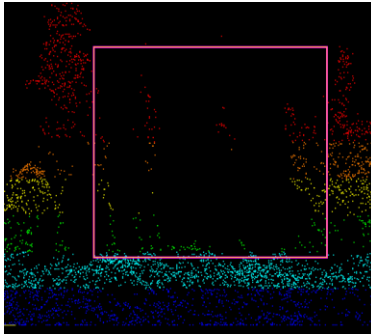
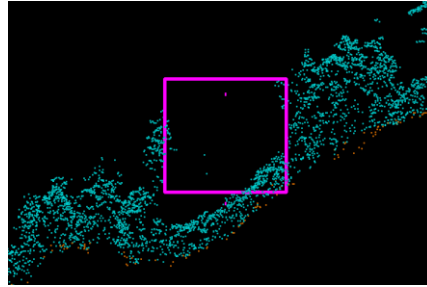
孔隙編號	孔隙寬度 (m)	植被厚度 (m)	CHM 剖面圖 (3m 寬度)	CHM 剖面圖 (5m 寬度)	原始點雲剖面 (3m 寬度)	備註
35	43.1	15.2				
36	30.7	0				
37	32.1	4.4				

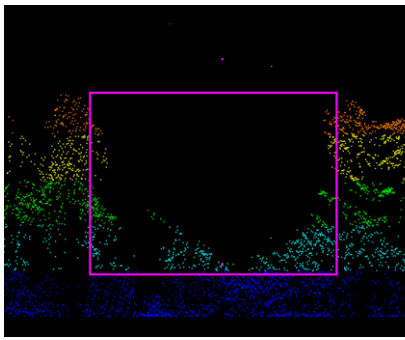
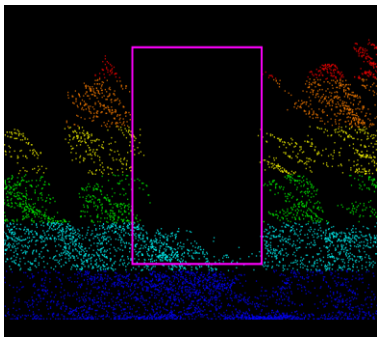
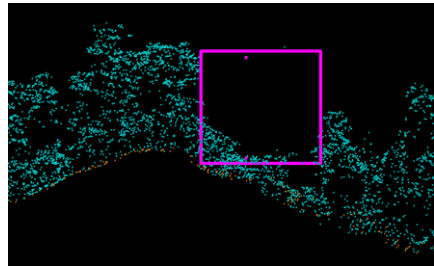
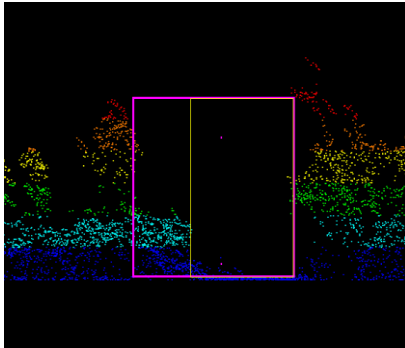
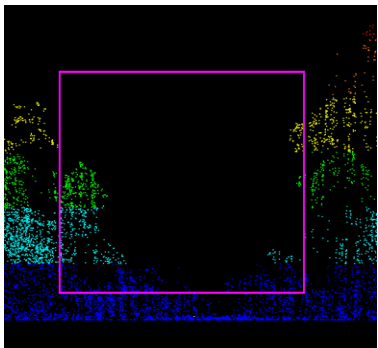
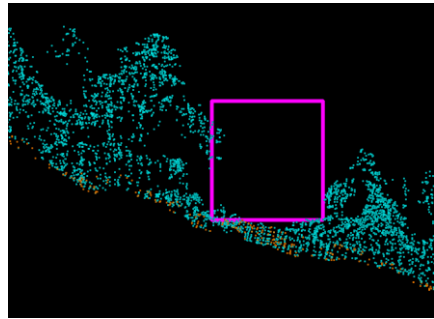
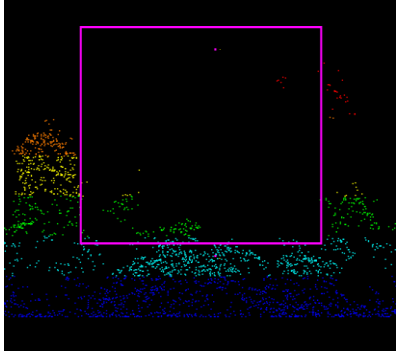
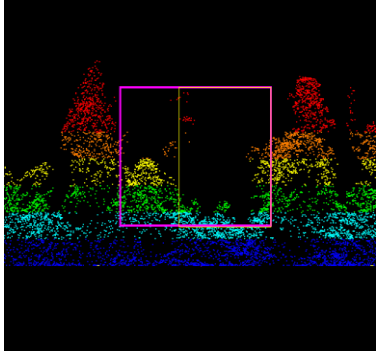
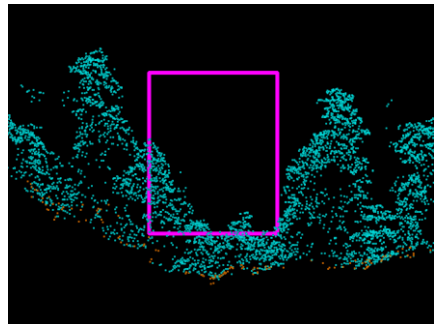
孔隙編號	孔隙寬度 (m)	植被厚度 (m)	CHM 剖面圖 (3m 寬度)	CHM 剖面圖 (5m 寬度)	原始點雲剖面 (3m 寬度)	備註
38	27.6	0				
39	39.5	11.2				
40	44.1	7				

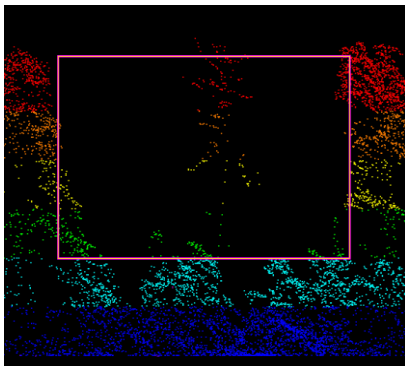
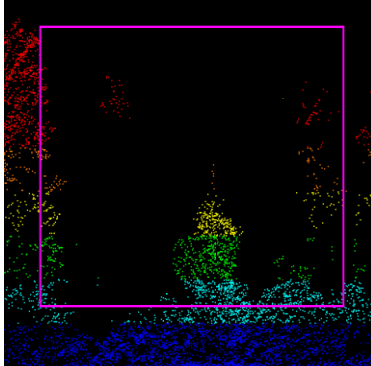
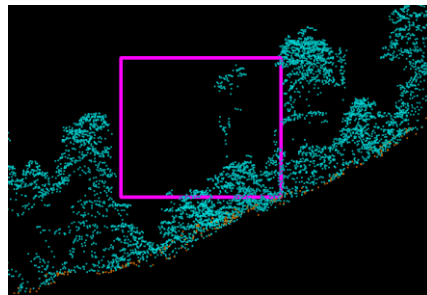
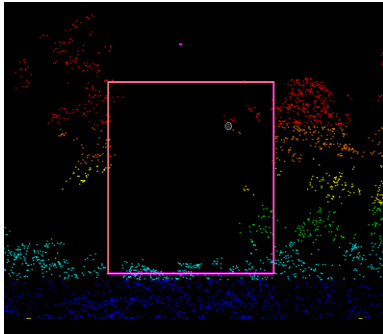
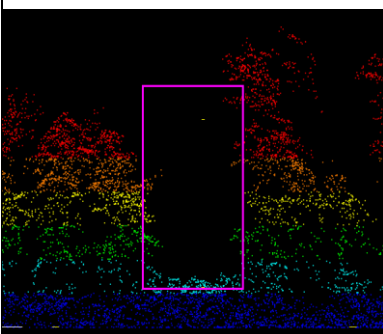
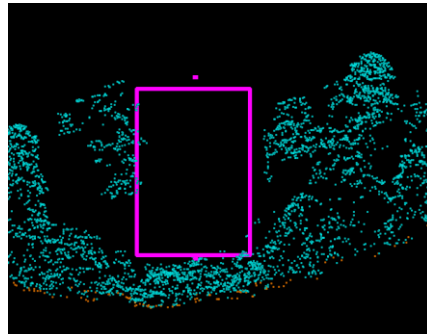
孔隙編號	孔隙寬度 (m)	植被厚度 (m)	CHM 剖面圖 (3m 寬度)	CHM 剖面圖 (5m 寬度)	原始點雲剖面 (3m 寬度)	備註
41	19	9				
42	35.7	13.8				
43	26.2	6.8				

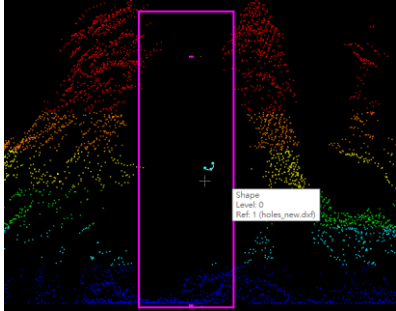
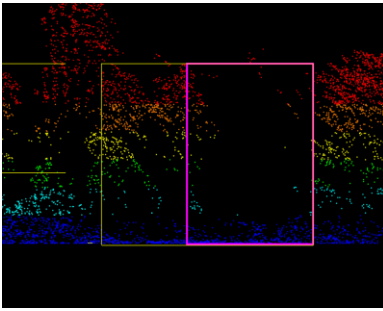
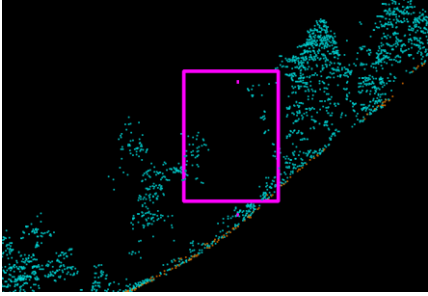
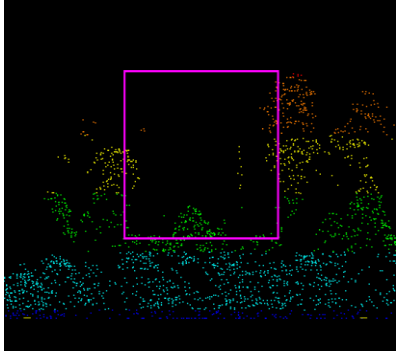
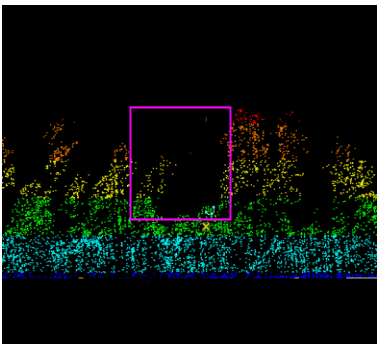
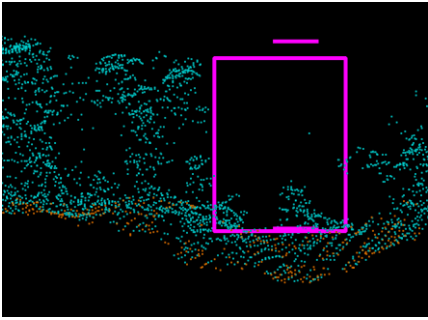
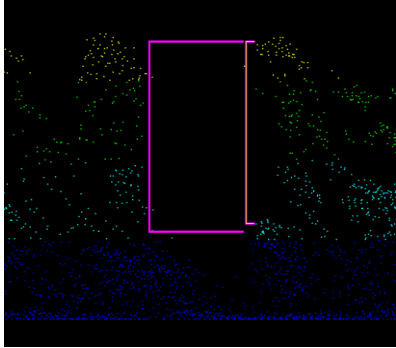
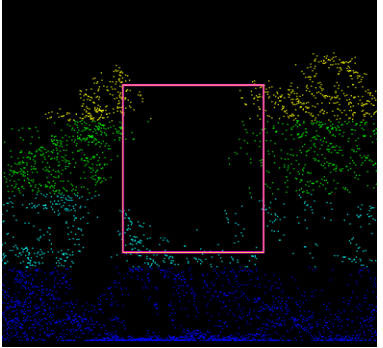
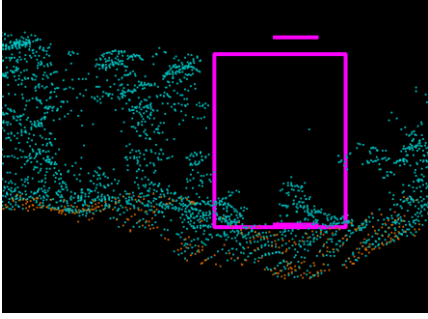
孔隙編號	孔隙寬度 (m)	植被厚度 (m)	CHM 剖面圖 (3m 寬度)	CHM 剖面圖 (5m 寬度)	原始點雲剖面 (3m 寬度)	備註
44	46	5.8				
45	19.1	5.3				
46	16.6	0				

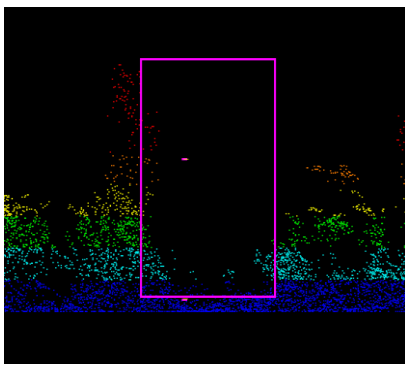
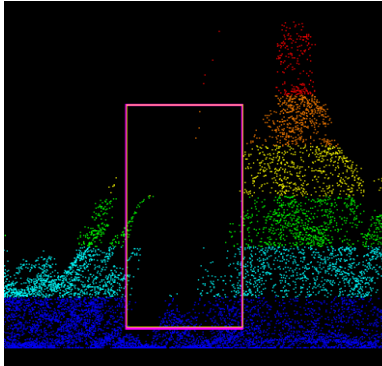
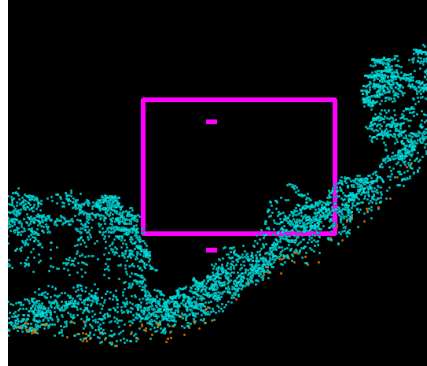
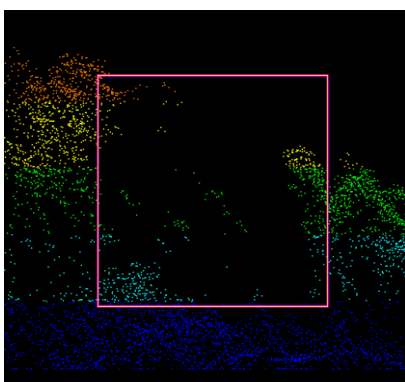
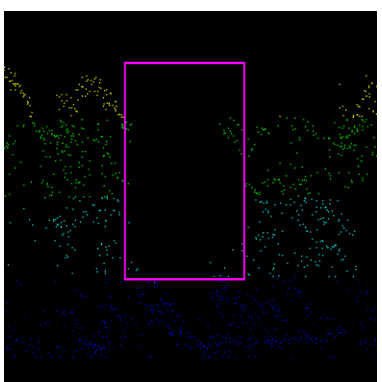
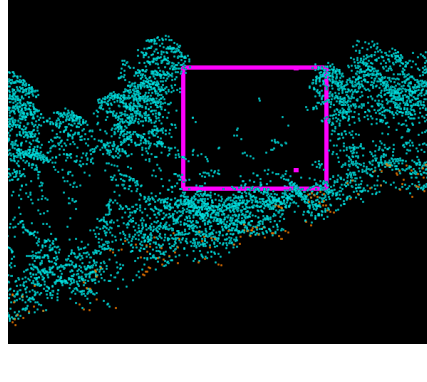
孔隙編號	孔隙寬度 (m)	植被厚度 (m)	CHM 剖面圖 (3m 寬度)	CHM 剖面圖 (5m 寬度)	原始點雲剖面 (3m 寬度)	備註
47	29.3	7.3				
48	35.6	5.9				
49	30.1	9.8				

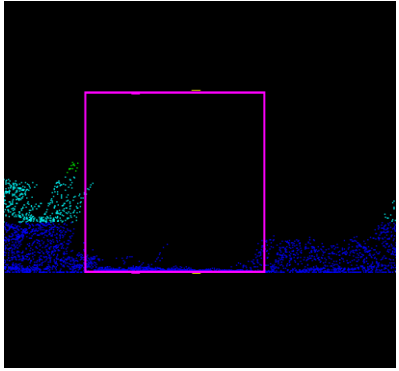
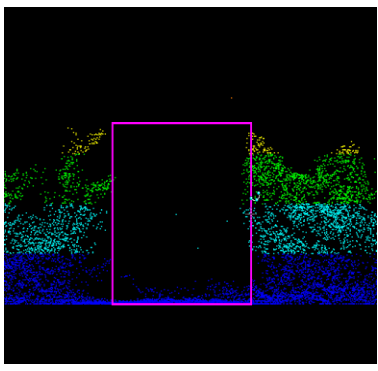
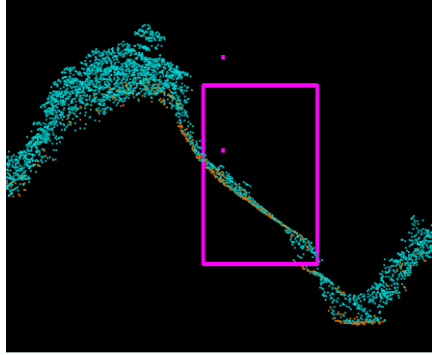
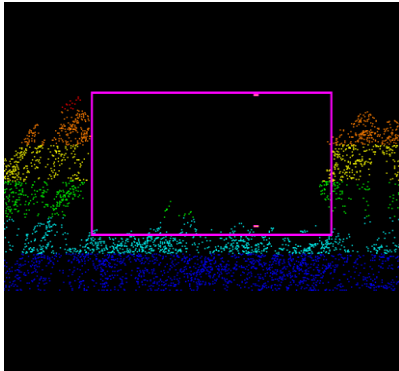
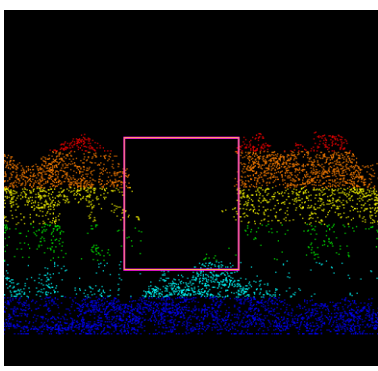
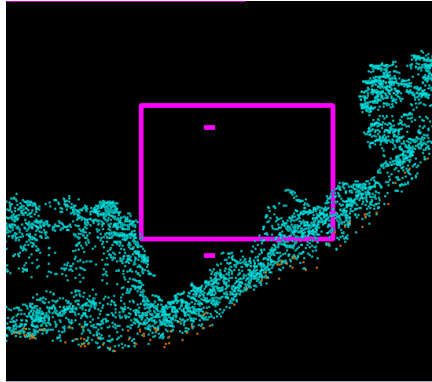
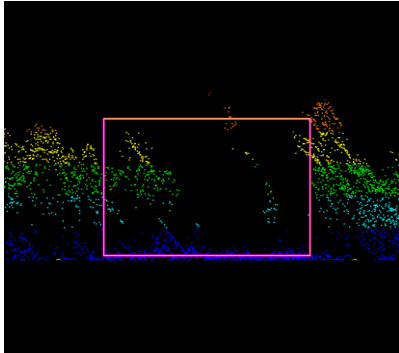
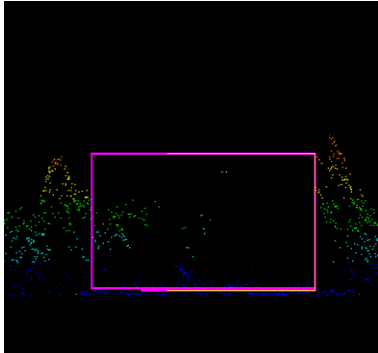
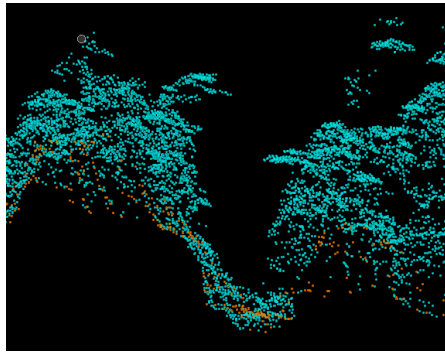
孔隙編號	孔隙寬度 (m)	植被厚度 (m)	CHM 剖面圖 (3m 寬度)	CHM 剖面圖 (5m 寬度)	原始點雲剖面 (3m 寬度)	備註
50	18.5	10				
51	76.7	6.6				
52	15.3	8.1				

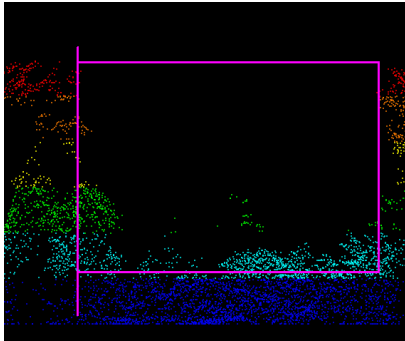
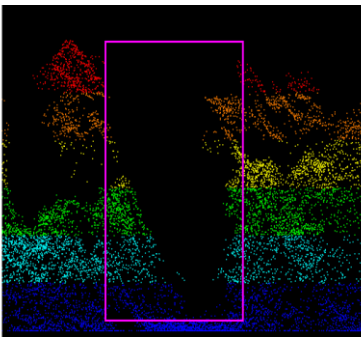
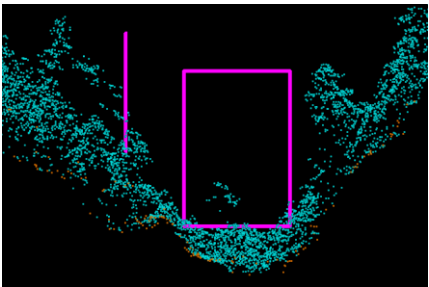
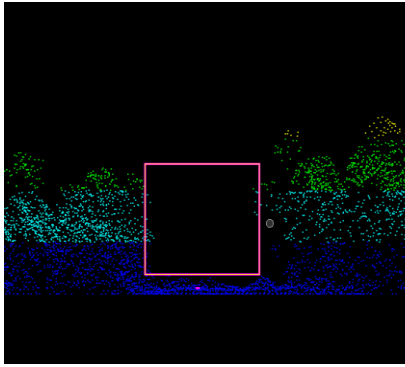
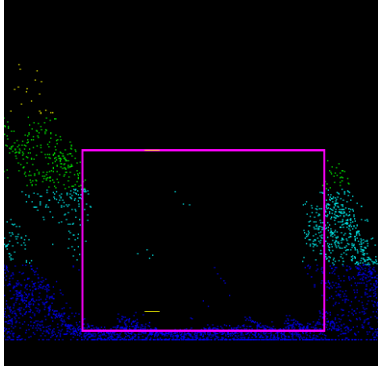
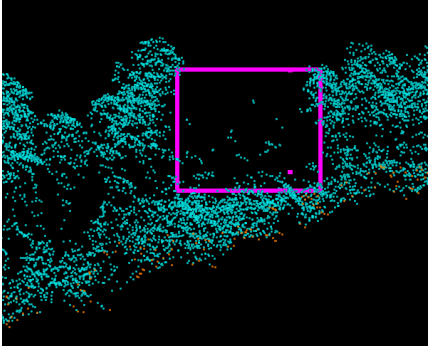
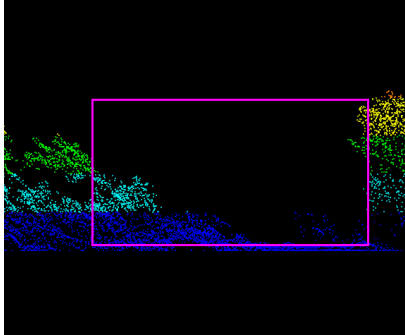
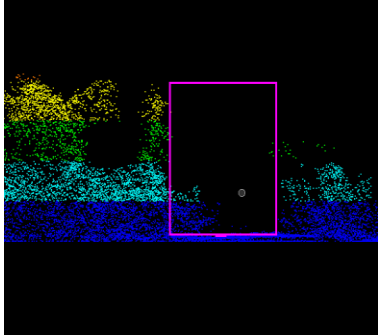
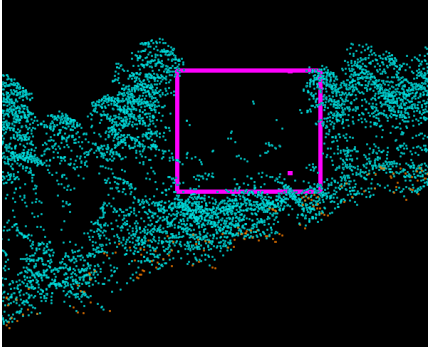
孔隙編號	孔隙寬度 (m)	植被厚度 (m)	CHM 剖面圖 (3m 寬度)	CHM 剖面圖 (5m 寬度)	原始點雲剖面 (3m 寬度)	備註
53	27.2	5				
54	27	0				
55	34	9.7				

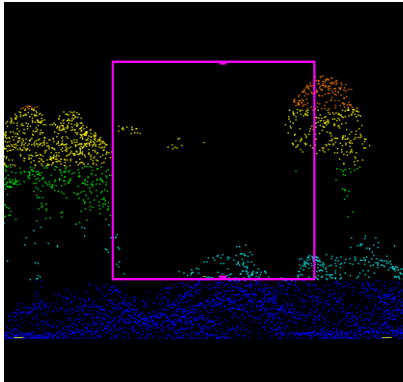
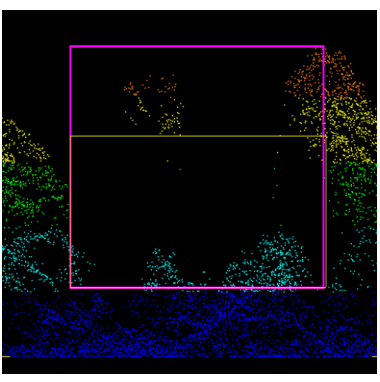
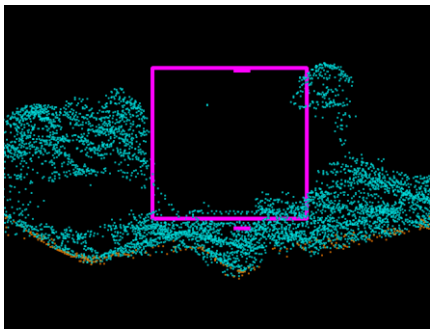
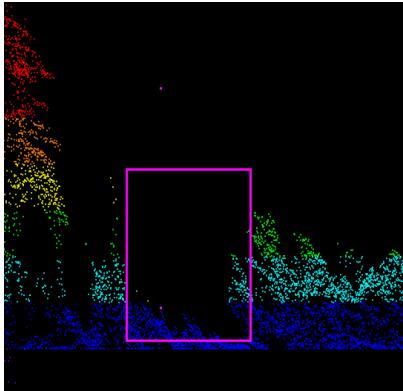
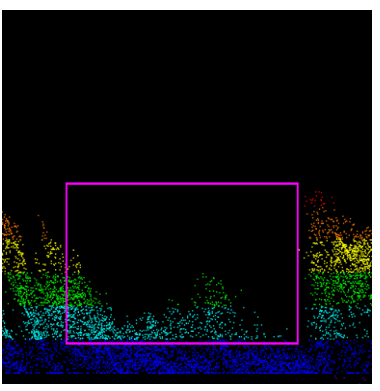
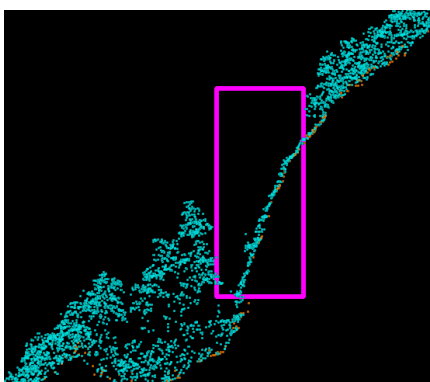
孔隙編號	孔隙寬度 (m)	植被厚度 (m)	CHM 剖面圖 (3m 寬度)	CHM 剖面圖 (5m 寬度)	原始點雲剖面 (3m 寬度)	備註
56	33.6	10.4				
57	20	6.1				

孔隙編號	孔隙寬度 (m)	植被厚度 (m)	CHM 剖面圖 (3m 寬度)	CHM 剖面圖 (5m 寬度)	原始點雲剖面 (3m 寬度)	備註
58	12	0				
59	22.2	10.5				
60	8.3	5.6				

孔隙編號	孔隙寬度 (m)	植被厚度 (m)	CHM 剖面圖 (3m 寬度)	CHM 剖面圖 (5m 寬度)	原始點雲剖面 (3m 寬度)	備註
61	23.4	2.7				
62	20	4.8				右圖剖面寬度為 1M

孔隙編號	孔隙寬度 (m)	植被厚度 (m)	CHM 剖面圖 (3m 寬度)	CHM 剖面圖 (5m 寬度)	原始點雲剖面 (3m 寬度)	備註
63	21.2	0				
64	39	8.5				
65	36.3	1.1				右圖剖面寬度為 1M

孔隙編號	孔隙寬度 (m)	植被厚度 (m)	CHM 剖面圖 (3m 寬度)	CHM 剖面圖 (5m 寬度)	原始點雲剖面 (3m 寬度)	備註
66	33.2	6.4				
67	12	2.4				
68	36	1				

孔隙編號	孔隙寬度 (m)	植被厚度 (m)	CHM 剖面圖 (3m 寬度)	CHM 剖面圖 (5m 寬度)	原始點雲剖面 (3m 寬度)	備註
69	20.2	5.4				
70	14.7	1.4				崩塌地

孔隙坐標

編號	E	N
1	290715.1836	2719122.6514
2	290770.7274	2719171.5472
3	290776.3618	2719138.7860
4	290823.2100	2719087.6554
5	291069.4070	2719032.8305
6	291113.9787	2719037.6932
7	291538.7915	2719019.2626
7-1	291477.7265	2719020.8429
8	291545.8141	2719124.0227
9	291407.9510	2719243.0846
10	291360.1710	2719566.6833
11	291295.4317	2719620.2663
12	291114.5650	2719643.7821
13	291081.6974	2719848.1613
14	290973.4718	2719517.3099
15	290967.2804	2719580.5329
16	290906.5597	2719896.9069
17	290926.2804	2719973.0440
18	290986.4130	2720018.5388
19	290834.5055	2720052.7206
20	290841.1942	2720393.3815
21	290831.7925	2720442.6872
22	290799.6890	2720413.3331
23	290298.1472	2720357.7619
24	290145.4463	2720261.3207
25	290052.8214	2720050.7053
26	290303.3882	2720038.5432
27	290586.1385	2720072.3364
28	289936.2456	2720040.1706
29	289947.8831	2719959.9056
30	289589.5942	2719702.8946
31	289433.5948	2719606.8669
32	289383.8344	2719505.9050
33	289694.6113	2719563.7997
34	289842.1369	2719516.8447

35	289949.8197	2719431.6993
36	289905.5628	2719396.8413
37	289932.3527	2719353.3871
38	289987.5843	2719092.7158
39	290014.9995	2719941.5449
40	290110.5574	2719819.5195
41	290340.1368	2719990.5234
42	290177.0216	2719680.2597
43	290269.1563	2719462.9941
44	290212.7108	2719225.9098
45	290299.2590	2718676.5756
46	290308.3454	2718617.5809
47	290246.5319	2718555.5618
48	290291.2475	2718517.2639
49	290408.4360	2718636.2138
50	290452.8139	2718333.8208
51	290568.9821	2718278.1996
52	290647.8077	2718280.0343
53	290692.7131	2718367.9675
54	290736.0600	2718452.8011
55	290766.2108	2718550.9394
56	290633.9594	2718586.2094
57	290782.7212	2718606.6662
58	290692.7131	2718367.9675
59	290925.8755	2718616.9430
60	291124.5631	2718660.8191
61	291388.4352	2718594.3963
62	291359.6066	2718743.0764
63	291504.0078	2718602.0214
64	291459.7580	2718710.8737
65	291706.7543	2718568.7616
66	291673.9342	2718639.9395
67	291548.9249	2718826.4358
68	291512.2352	2718820.0146
69	291600.0940	2718830.6292
70	291722.0321	2718768.5749

附件二

疑似孔隙現地勘查紀錄表

森林保育處棲蘭杉工作區勘查鴛鴦湖孔隙

勘查日期：106 年 11 月 1 日

勘查結果：



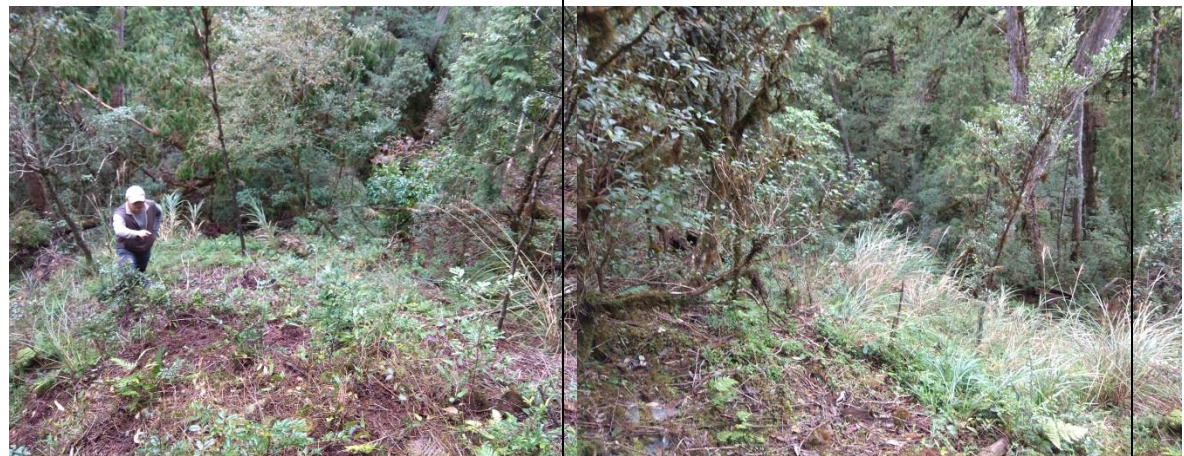
孔隙 9 經現場觀察為明顯崩塌地寬度及植被厚度符合資料，孔隙內尚未見有植物生長



孔隙 7-1 經現場觀察寬度大致符合資料，但植被厚度無法判斷(因可看見土壤)，且孔隙內可見有幼苗及草本植物生長



孔隙 7 經現場觀察寬度及植被厚度大致符合資料，孔隙內有草本植物生長



孔隙 8 經現場觀察寬度大致符合資料，但植被厚度無法判斷(因可看見土壤)，且
孔隙內可見有幼苗及草本植物生長

附件三

潛在巨木位置坐標表

40m-45m巨木坐標

編號	Name	E	N
1	40m_1	289562.8	2719965
2	40m_2	289541	2719943
3	40m_3	289557.5	2719860
4	40m_4	289564.8	2719856
5	40m_5	289561.2	2719843
6	40m_6	289550	2719831
7	40m_7	289537.6	2719825
8	40m_8	289526.3	2719821
9	40m_9	289542.7	2719814
10	40m_10	289551.3	2719811
11	40m_11	289575.2	2719808
12	40m_12	289595.3	2719791
13	40m_13	289590.9	2719767
14	40m_14	289577.9	2719746
15	40m_15	289549.7	2719756
16	40m_16	289468.8	2719725
17	40m_17	289469.9	2719655
18	40m_18	289444.6	2719692
19	40m_19	289462.7	2719691
20	40m_20	289462.7	2719674
21	40m_21	289326.1	2719751
22	40m_22	289354	2719717
23	40m_23	289334.8	2719742
24	40m_24	289225.5	2719775
25	40m_25	289241.3	2719791
26	40m_26	289255	2719748
27	40m_27	289360.4	2719803
28	40m_28	289334.7	2719815
29	40m_29	289330.6	2719854
30	40m_30	289229.4	2719802
31	40m_31	289308.8	2719912
32	40m_32	289594.2	2719731
33	40m_33	289601.2	2719667
34	40m_34	289622.8	2719651
35	40m_35	289648.7	2719650
36	40m_36	289668.9	2719646
37	40m_37	289660.4	2719637
38	40m_38	289884.4	2719299
39	40m_39	289902.8	2719317
40	40m_40	289919.3	2719333
41	40m_41	289935.5	2719342
42	40m_42	289939.2	2719324
43	40m_43	289935.3	2719378
44	40m_44	289941	2719401
45	40m_45	289921.4	2719405
46	40m_46	289940.8	2719409

40m-45m巨木坐標

47	40m_47	289885.7	2719402
48	40m_48	289896.8	2719418
49	40m_49	289870.3	2719398
50	40m_50	289840.6	2719374
51	40m_51	289838	2719354
52	40m_52	289816.8	2719372
53	40m_53	289773.8	2719411
54	40m_54	289773.4	2719403
55	40m_55	289772.3	2719418
56	40m_56	289896.6	2719479
57	40m_57	289926.4	2719495
58	40m_58	289935.8	2719492
59	40m_59	289917.4	2719475
60	40m_60	289948.8	2719484
61	40m_61	289953.4	2719565
62	40m_62	289895.7	2719561
63	40m_63	289895.5	2719540
64	40m_64	289898.4	2719526
65	40m_65	289867.9	2719517
66	40m_66	289882.1	2719506
67	40m_67	289883.7	2719524
68	40m_68	289864.6	2719542
69	40m_69	289696	2719492
70	40m_70	289897.7	2719654
71	40m_71	289930.3	2719619
72	40m_72	289859.7	2719623
73	40m_73	289882.3	2719610
74	40m_74	289828.4	2719636
75	40m_75	289816.6	2719642
76	40m_76	289878	2719688
77	40m_77	289851.5	2719699
78	40m_78	289842.3	2719735
79	40m_79	289832.3	2719726
80	40m_80	289811.5	2719697
81	40m_81	289786.2	2719674
82	40m_82	289754.3	2719683
83	40m_83	289706	2719699
84	40m_84	289704.6	2719679
85	40m_85	289712.3	2719737
86	40m_86	289758.2	2719865
87	40m_87	289760.4	2719849
88	40m_88	289802.3	2719849
89	40m_89	289811.8	2719860
90	40m_90	289977.7	2719837
91	40m_91	289985.2	2719866
92	40m_92	289967.1	2719875
93	40m_93	289945.4	2719984

40m-45m巨木坐標

94	40m_94	289994.4	2719928
95	40m_95	289879.3	2719965
96	40m_96	289617.9	2719425
97	40m_97	289630.8	2719442
98	40m_98	289617.6	2719474
99	40m_99	289600.2	2719525
100	40m_100	289602.5	2719563
101	40m_101	289577.9	2719594
102	40m_102	289591.7	2719601
103	40m_103	289670.9	2719547
104	40m_104	289642.5	2719564
105	40m_105	289310.4	2719639
106	40m_106	289813.2	2719749
107	40m_107	289799.4	2719752
108	40m_108	289789.6	2719754
109	40m_109	289790.6	2719730
110	40m_110	289800.4	2719713
111	40m_111	289758.4	2719742
112	40m_112	289760.3	2719752
113	40m_113	289757.8	2719771
114	40m_114	289776.5	2719787
115	40m_115	289749.1	2719802
116	40m_116	289775.8	2719800
117	40m_117	289802.3	2719806
118	40m_118	289780.2	2719813
119	40m_119	289760.1	2719825
120	40m_120	289709.3	2719785
121	40m_121	289689.3	2719803
122	40m_122	289694.2	2719793
123	40m_123	289682.1	2719785
124	40m_124	289590.1	2719843
125	40m_125	289590.9	2719865
126	40m_126	289543.5	2719907
127	40m_127	289704.1	2719659
128	40m_128	289701.3	2719648
129	40m_129	289745.8	2719599
130	40m_130	289833.5	2719548
131	40m_131	289955.8	2719453
132	40m_132	289939.6	2719453
133	40m_133	289998.2	2719462
134	40m_134	289975.6	2719445
135	40m_135	289982	2719549
136	40m_136	290054.7	2719967
137	40m_137	290057.5	2719956
138	40m_138	290061.5	2719947
139	40m_139	290060.3	2719937
140	40m_140	290030	2719940

40m-45m巨木坐標

141	40m_141	290023.8	2719910
142	40m_142	290073.4	2719923
143	40m_143	290084.9	2719918
144	40m_144	290094.1	2719907
145	40m_145	290117.1	2719909
146	40m_146	290221.8	2719640
147	40m_147	290238.9	2719654
148	40m_148	290242.9	2719638
149	40m_149	290228.4	2719631
150	40m_150	290217.8	2719669
151	40m_151	290216.5	2719688
152	40m_152	290245.7	2719686
153	40m_153	290258.7	2719685
154	40m_154	290265	2719651
155	40m_155	290267.5	2719639
156	40m_156	290115.7	2719733
157	40m_157	290129.2	2719734
158	40m_158	290111.2	2719725
159	40m_159	290157.2	2719741
160	40m_160	290158.7	2719731
161	40m_161	290163.1	2719730
162	40m_162	290122.5	2719795
163	40m_163	290137.2	2719800
164	40m_164	290139.5	2719789
165	40m_165	290120.8	2719776
166	40m_166	290114.9	2719785
167	40m_167	290102.5	2719817
168	40m_168	290091.3	2719831
169	40m_169	290054	2719855
170	40m_170	290052.5	2719873
171	40m_171	290102.2	2719891
172	40m_172	290132.9	2719888
173	40m_173	290125.9	2719892
174	40m_174	290126.4	2719880
175	40m_175	290138.1	2719880
176	40m_176	290129.8	2719859
177	40m_177	290268.8	2719906
178	40m_178	290269.3	2719899
179	40m_179	290269	2719917
180	40m_180	290277.5	2719913
181	40m_181	290225.6	2719902
182	40m_182	290215.4	2719908
183	40m_183	290228.2	2719925
184	40m_184	290242.7	2719928
185	40m_185	290277.8	2719863
186	40m_186	290238.4	2719863
187	40m_187	290277.7	2719786

40m-45m巨木坐標

188	40m_188	290277.4	2719765
189	40m_189	290267.5	2719772
190	40m_190	290294.4	2719765
191	40m_191	290262.5	2719741
192	40m_192	290244.2	2719741
193	40m_193	290233.6	2719711
194	40m_194	290348.4	2719640
195	40m_195	290314.1	2719624
196	40m_196	290308.3	2719645
197	40m_197	290296.9	2719646
198	40m_198	290303.2	2719664
199	40m_199	290322.2	2719672
200	40m_200	290301.9	2719677
201	40m_201	290277.9	2719693
202	40m_202	290284.4	2719679
203	40m_203	290278.9	2719670
204	40m_204	290336.5	2719612
205	40m_205	290338.9	2719596
206	40m_206	290331	2719589
207	40m_207	290338.9	2719572
208	40m_208	290379.7	2719522
209	40m_209	290373	2719559
210	40m_210	290470.9	2719627
211	40m_211	290488.7	2719622
212	40m_212	290502.2	2719634
213	40m_213	290471	2719656
214	40m_214	290473	2719610
215	40m_215	290505.4	2719606
216	40m_216	290492.8	2719560
217	40m_217	290565.3	2719545
218	40m_218	290583	2719494
219	40m_219	290613.2	2719525
220	40m_220	290623.1	2719522
221	40m_221	290716.6	2719633
222	40m_222	290728.4	2719634
223	40m_223	290696.6	2719630
224	40m_224	290682	2719619
225	40m_225	290724	2719677
226	40m_226	290710.4	2719702
227	40m_227	290721.3	2719712
228	40m_228	290714.1	2719734
229	40m_229	290720.9	2719728
230	40m_230	290727.3	2719741
231	40m_231	290721	2719748
232	40m_232	290727.4	2719774
233	40m_233	290741.6	2719762
234	40m_234	290717.7	2719802

40m-45m巨木坐標

235	40m_235	290684.7	2719718
236	40m_236	290663.9	2719715
237	40m_237	290582.3	2719789
238	40m_238	290896.2	2719928
239	40m_239	290724	2719903
240	40m_240	290712	2719892
241	40m_241	290708.3	2719900
242	40m_242	290642.8	2719982
243	40m_243	290636.3	2719988
244	40m_244	290575.7	2719544
245	40m_245	290983.1	2719549
246	40m_246	290979.6	2719523
247	40m_247	290980.5	2719514
248	40m_248	290986.1	2719518
249	40m_249	290991.6	2719532
250	40m_250	290998	2719433
251	40m_251	290998.9	2719186
252	40m_252	290578.8	2719471
253	40m_253	290561.3	2719513
254	40m_254	290509.1	2719488
255	40m_255	290291.4	2719122
256	40m_256	290282.1	2719105
257	40m_257	290292.7	2719099
258	40m_258	290303	2719104
259	40m_259	290311.2	2719089
260	40m_260	290322.1	2719096
261	40m_261	290318.7	2719059
262	40m_262	290313.3	2719070
263	40m_263	290320.7	2719068
264	40m_264	290259.7	2719055
265	40m_265	290272.8	2719046
266	40m_266	290307.1	2719016
267	40m_267	290320.5	2719035
268	40m_268	290323.8	2719029
269	40m_269	290329	2719039
270	40m_270	290284	2719001
271	40m_271	290286.9	2719001
272	40m_272	290242.7	2719047
273	40m_273	290067.3	2719202
274	40m_274	290094.1	2719284
275	40m_275	290058.5	2719344
276	40m_276	290070.4	2719333
277	40m_277	290028.9	2719336
278	40m_278	290004.4	2719350
279	40m_279	290019.7	2719359
280	40m_280	290044.5	2719391
281	40m_281	290020.2	2719456

40m-45m巨木坐標

282	40m_282	290009.5	2719466
283	40m_283	290002.9	2719452
284	40m_284	290013.8	2719452
285	40m_285	290090	2719463
286	40m_286	290067.9	2719489
287	40m_287	290087	2719537
288	40m_288	290110.2	2719550
289	40m_289	290066.7	2719550
290	40m_290	290049	2719541
291	40m_291	290036.8	2719576
292	40m_292	290035.6	2719786
293	40m_293	290106.8	2719688
294	40m_294	290121.9	2719669
295	40m_295	290197.4	2719727
296	40m_296	290192.7	2719710
297	40m_297	290176.9	2719731
298	40m_298	290185.9	2719802
299	40m_299	290173.6	2719808
300	40m_300	290160.1	2719839
301	40m_301	290163.7	2719834
302	40m_302	290151	2719841
303	40m_303	290333	2720375
304	40m_304	290319.5	2720371
305	40m_305	290313.2	2720364
306	40m_306	290288.4	2720348
307	40m_307	290314.6	2720333
308	40m_308	290305.4	2720376
309	40m_309	290387.1	2720380
310	40m_310	290543.3	2720382
311	40m_311	290957.8	2720084
312	40m_312	290940.4	2720079
313	40m_313	290957.5	2720062
314	40m_314	290975.5	2720038
315	40m_315	290992.6	2720026
316	40m_316	290549.6	2720378
317	40m_317	291349.4	2718331
318	40m_318	291345.9	2718317
319	40m_319	291348.1	2718311
320	40m_320	291028.2	2718249
321	40m_321	291026.8	2718213
322	40m_322	291050.5	2718462
323	40m_323	291060.1	2718442
324	40m_324	291297.4	2718621
325	40m_325	291697.4	2718625
326	40m_326	291064.7	2718862
327	40m_327	291087.9	2719483
328	40m_328	291092.3	2719512

40m-45m巨木坐標

329	40m_329	291100.2	2719524
330	40m_330	291070.6	2719519
331	40m_331	291060.1	2719519
332	40m_332	291104.6	2719536
333	40m_333	291106.5	2719555
334	40m_334	291089.9	2719560
335	40m_335	291097.1	2719572
336	40m_336	291075.7	2719560
337	40m_337	291115.1	2719566
338	40m_338	291133	2719557
339	40m_339	291174	2719516
340	40m_340	291145.2	2719585
341	40m_341	291259.2	2719520
342	40m_342	291386.8	2719178
343	40m_343	291058.6	2719142
344	40m_344	291017.3	2719160
345	40m_345	291030.6	2719179
346	40m_346	291020.5	2719171
347	40m_347	291014.3	2719220
348	40m_348	291036	2719270
349	40m_349	291038.8	2719281
350	40m_350	291007.9	2719447
351	40m_351	291001	2719497
352	40m_352	291001.5	2719813
353	40m_353	291000.9	2719765
354	40m_354	290269.3	2718990
355	40m_355	290302.3	2718948
356	40m_356	290286.3	2718923
357	40m_357	290150.7	2718934
358	40m_358	290192.5	2718844
359	40m_359	290207.7	2718827
360	40m_360	290576.3	2718573
361	40m_361	290599.7	2718577
362	40m_362	290712.2	2718641
363	40m_363	290666.7	2718645
364	40m_364	290658.9	2718666
365	40m_365	290646.3	2718635
366	40m_366	290673.5	2718611
367	40m_367	290688.9	2718605
368	40m_368	290781.2	2718593
369	40m_369	290751.4	2718615
370	40m_370	290871.5	2718558
371	40m_371	290934.7	2718524
372	40m_372	290938.7	2718507
373	40m_373	290962.3	2718509
374	40m_374	290920.2	2718347
375	40m_375	290885.9	2718308

40m-45m巨木坐標

376	40m_376	290808.4	2718357
377	40m_377	290811.1	2718382
378	40m_378	290814.2	2718403
379	40m_379	290801.5	2718410
380	40m_380	290779.1	2718459
381	40m_381	290790.3	2718465
382	40m_382	290391.5	2718622
383	40m_383	290384.2	2718646
384	40m_384	290568.6	2718527
385	40m_385	290551.6	2718473
386	40m_386	290547.7	2718461
387	40m_387	290526.9	2718376
388	40m_388	290537.2	2718351
389	40m_389	290211.6	2718777
390	40m_390	289788.3	2719554
391	40m_391	289516.5	2719754
392	40m_392	289744.6	2719624
393	40m_393	289741.1	2719611
394	40m_394	289836.2	2719656
395	40m_395	289811	2719655
396	40m_396	289884.3	2719632
397	40m_397	289958.1	2719536
398	40m_398	289944.6	2719532
399	40m_399	289943.9	2719463
400	40m_400	289890.3	2719389
401	40m_401	289872.7	2719366
402	40m_402	289907.1	2719152
403	40m_403	289985.2	2719015
404	40m_404	289965.9	2719028
405	40m_405	289991.5	2719010
406	40m_406	289312.1	2719726
407	40m_407	289337.3	2719857
408	40m_408	289336.6	2719863
409	40m_409	289691.5	2719601
410	40m_410	289695.1	2719599
411	40m_411	289739.8	2719572
412	40m_412	289756	2719640
413	40m_413	289723.5	2719646
414	40m_414	289782.4	2719741
415	40m_415	289684.3	2719766
416	40m_416	289687.3	2719758
417	40m_417	289797.9	2719777
418	40m_418	289801.1	2719824
419	40m_419	289956.2	2719680
420	40m_420	289901.7	2719574
421	40m_421	289888.7	2719584
422	40m_422	289929.9	2719507

40m-45m巨木坐標

423	40m_423	289978.1	2719427
424	40m_424	289994.7	2719355
425	40m_425	289993.7	2719346
426	40m_426	289890.8	2719127
427	40m_427	289977.1	2719014

45m-50m巨木坐標

編號	Name	E	N
1	45m_1	289389.4	2719850
2	45m_2	289491.9	2719781
3	45m_3	289486.3	2719785
4	45m_4	289525.3	2719757
5	45m_5	289537.8	2719762
6	45m_6	289544.2	2719748
7	45m_7	289568.4	2719714
8	45m_8	289577	2719702
9	45m_9	289594.8	2719680
10	45m_10	289610.8	2719707
11	45m_11	289585.3	2719718
12	45m_12	289795.4	2719598
13	45m_13	289803.5	2719577
14	45m_14	289811.7	2719557
15	45m_15	289821.9	2719568
16	45m_16	289811.2	2719567
17	45m_17	289766.6	2719585
18	45m_18	289774	2719589
19	45m_19	289785.7	2719580
20	45m_20	289777.5	2719559
21	45m_21	289980.9	2719659
22	45m_22	289994.3	2719649
23	45m_23	289687.9	2719857
24	45m_24	289738.1	2719846
25	45m_25	289716.6	2719801
26	45m_26	289713.6	2719770
27	45m_27	289559.4	2719882
28	45m_28	289577.2	2719908
29	45m_29	289357.2	2719827
30	45m_30	289296.3	2719710
31	45m_31	289285	2719716
32	45m_32	289311	2719703
33	45m_33	289305.7	2719711
34	45m_34	289343.3	2719682
35	45m_35	289364.8	2719710
36	45m_36	289761.5	2719408
37	45m_37	289750.3	2719409
38	45m_38	289682.6	2719466
39	45m_39	289660.4	2719438
40	45m_40	289662	2719581
41	45m_41	289671.2	2719578
42	45m_42	289621.2	2719590
43	45m_43	289450.9	2719663
44	45m_44	289444.1	2719642
45	45m_45	289424.6	2719659
46	45m_46	289496.9	2719735

45m-50m巨木坐標

47	45m_47	289936.9	2719554
48	45m_48	289948.8	2719550
49	45m_49	289945.8	2719544
50	45m_50	289915.5	2719549
51	45m_51	289918.2	2719514
52	45m_52	289963	2719495
53	45m_53	289959.6	2719522
54	45m_54	289938.6	2719520
55	45m_55	289870.6	2719605
56	45m_56	289860.5	2719585
57	45m_57	289838.5	2719604
58	45m_58	289842.2	2719591
59	45m_59	289899.7	2719123
60	45m_60	289906.8	2719134
61	45m_61	289909.8	2719116
62	45m_62	289940.2	2719075
63	45m_63	289954.2	2719063
64	45m_64	289980.5	2719003
65	45m_65	289351.8	2719811
66	45m_66	290236.1	2719768
67	45m_67	290256.3	2719771
68	45m_68	290263.8	2719757
69	45m_69	290238.1	2719760
70	45m_70	290225.8	2719742
71	45m_71	290215.3	2719745
72	45m_72	290228.5	2719737
73	45m_73	290202.9	2719738
74	45m_74	290204.3	2719718
75	45m_75	290219.5	2719714
76	45m_76	290205.1	2719706
77	45m_77	290197.8	2719697
78	45m_78	290163.3	2719694
79	45m_79	290168.7	2719693
80	45m_80	290180.3	2719649
81	45m_81	290202.2	2719646
82	45m_82	290219.4	2719617
83	45m_83	290217.5	2719631
84	45m_84	290227	2719589
85	45m_85	290227.5	2719595
86	45m_86	290233.7	2719573
87	45m_87	290243.7	2719571
88	45m_88	290239.9	2719563
89	45m_89	290244.2	2719578
90	45m_90	290232.2	2719586
91	45m_91	290208	2719580
92	45m_92	290107.7	2719733
93	45m_93	290148.1	2719750

45m-50m巨木坐標

94	45m_94	290144.6	2719767
95	45m_95	290149.8	2719779
96	45m_96	290154.3	2719782
97	45m_97	290153.4	2719795
98	45m_98	290134.7	2719809
99	45m_99	290141.5	2719836
100	45m_100	290156	2719822
101	45m_101	290174.3	2719838
102	45m_102	290201.1	2719909
103	45m_103	290044.5	2719893
104	45m_104	290035.1	2719871
105	45m_105	290080.5	2719842
106	45m_106	290355.3	2719624
107	45m_107	290353.2	2719617
108	45m_108	290349.6	2719593
109	45m_109	290317.2	2719540
110	45m_110	290343.3	2719546
111	45m_111	290309.3	2719518
112	45m_112	290285.1	2719490
113	45m_113	290280.5	2719499
114	45m_114	290260.4	2719492
115	45m_115	290252	2719474
116	45m_116	290267.8	2719446
117	45m_117	290293.6	2719417
118	45m_118	290301.6	2719396
119	45m_119	290312.3	2719377
120	45m_120	290266.1	2719328
121	45m_121	290254.4	2719310
122	45m_122	290240.1	2719240
123	45m_123	290163.1	2719260
124	45m_124	290132.9	2719294
125	45m_125	290090.5	2719336
126	45m_126	290022.9	2719381
127	45m_127	290191.7	2719142
128	45m_128	290273.6	2719056
129	45m_129	290271.3	2719063
130	45m_130	290300.3	2719039
131	45m_131	290299.6	2719071
132	45m_132	290256.8	2719178
133	45m_133	290276	2719215
134	45m_134	290086.1	2719487
135	45m_135	290076.4	2719523
136	45m_136	290058.8	2719540
137	45m_137	290234.4	2719802
138	45m_138	290208.3	2719802
139	45m_139	290280.2	2719721
140	45m_140	290974.7	2719571

45m-50m巨木坐標

141	45m_141	290977.9	2719607
142	45m_142	290972.1	2719648
143	45m_143	290882.3	2719709
144	45m_144	290678.6	2719735
145	45m_145	290688.2	2719669
146	45m_146	290287	2719055
147	45m_147	290222.4	2719119
148	45m_148	290015	2719426
149	45m_149	290026.1	2719448
150	45m_150	291237.9	2719515
151	45m_151	291106.7	2719540
152	45m_152	291130.6	2719540
153	45m_153	290958.9	2720027
154	45m_154	291016.2	2718259
155	45m_155	290949.7	2718258
156	45m_156	290954.4	2718300
157	45m_157	290998.1	2718265
158	45m_158	290817.4	2718283
159	45m_159	290704.3	2718225
160	45m_160	290673	2718229
161	45m_161	290693.6	2718218
162	45m_162	290626.4	2718284
163	45m_163	290166.1	2718902

50m-55m巨木坐標

編號	Name	E	N
1	50M_1	290668.4	2718244
2	50M_2	290815	2718331
3	50M_3	291020.9	2718229
4	50M_4	289805.4	2719610
5	50M_5	289773.8	2719605
6	50M_6	289907.9	2719564
7	50M_7	289923.9	2719577
8	50M_8	289902.9	2719510
9	50M_9	289876.6	2719463
10	50M_10	289947	2719397
11	50M_11	289571.1	2719831
12	50M_12	289514.8	2719763
13	50M_13	289495.8	2719775
14	50M_14	289357.4	2719690
15	50M_15	289439	2719655
16	50M_16	290171	2719775
17	50M_17	290139.7	2719819

55m-60m巨木坐標

編號	Name	E	N
1	55m_1	290154.9	2719806
2	55m_2	290164.8	2719798
3	55m_3	290183.1	2719779
4	55m_4	290187.4	2719770
5	55m_5	290161.9	2719758
6	55m_6	290322.9	2719602
7	55m_7	290178.6	2719698
8	55m_8	290203	2719692
9	55m_9	290209.6	2719725
10	55m_10	290216.2	2719732
11	55m_11	290220.8	2719748
12	55m_12	290188.6	2719641
13	55m_13	290190.2	2719634
14	55m_14	290214.9	2719608
15	55m_15	290237.2	2719599
16	55m_16	290279.8	2719444
17	55m_17	290292.4	2719428
18	55m_18	290271.6	2719252
19	55m_19	290122.7	2719566
20	55m_20	290322.9	2719602
21	55m_21	290327.2	2719555
22	55m_22	290252.3	2719541
23	55m_23	290172.4	2719779
24	55m_24	290290.7	2719043

60M以上巨木坐標

編號	Name	E	N
1	60m_1	289953.5	2719407
2	60m_2	290219.5	2719566
3	60m_3	290187.1	2719746

附件四

潛在巨木現地勘查紀錄表

編號	座標 X	座標 Y	樹種	DBH(cm)	備註
1	290146	2719815	台灣杉	114	
2	290163	2719798	台灣杉	141	
3	290180	2719779	台灣杉	124	
4	290185	2719771	香杉	150	
5	290168	2719779	台灣杉	120	
6	290159	2719754	台灣杉	90	
7	290186	2719749	台灣杉	170	
8	290169	2719739	台灣杉	110	
9	290176	2719696	台灣杉	130	
10	290200	2719699	台灣杉	116	
11	290224	2719745	台灣杉	120	
12	290216	2719730	台灣杉	96	
13	290210	2719725	台灣杉	102	
14	290188	2719641	台灣杉	127	
15	290190	2719635	台灣杉	73	
16	290215	2719608	台灣杉	54	
17	290237	2719599	台灣杉	102	
18	290218	2719566	台灣杉	134	
19	290252	2719543	台灣杉	127	
20	290323	2719605	台灣杉	92	
21	290330	2719559	台灣杉	159	
22	290278	2719445	台灣杉	146	
23	290291	2719429	台灣杉	131	
24	290272	2719252	台灣杉	153	
25	290292	2719043	台灣杉	140	
3-1	290182	2719779	台灣杉	88	3 號右邊
8-1	290155	2719736	台灣杉	100	

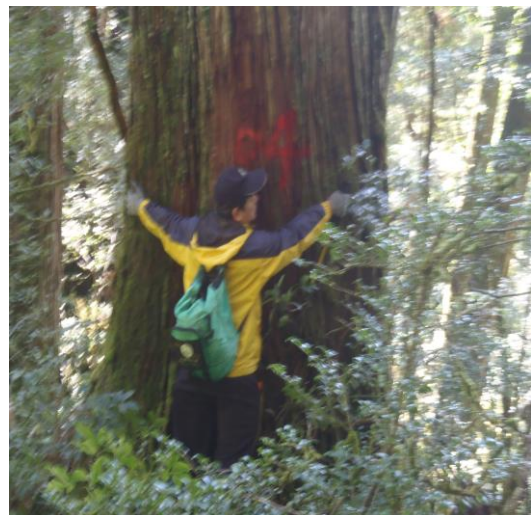
1 號



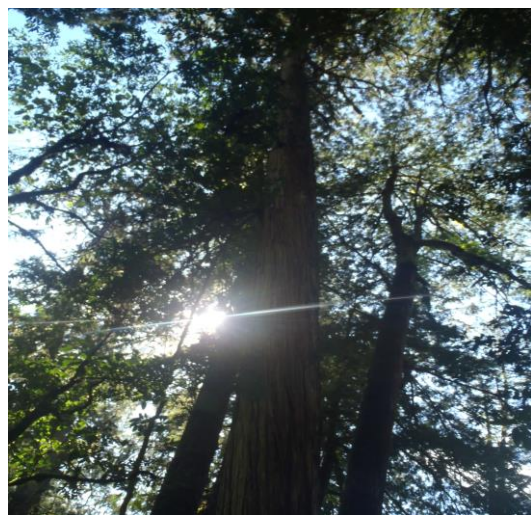
2 號



3 號



4 號



5 號



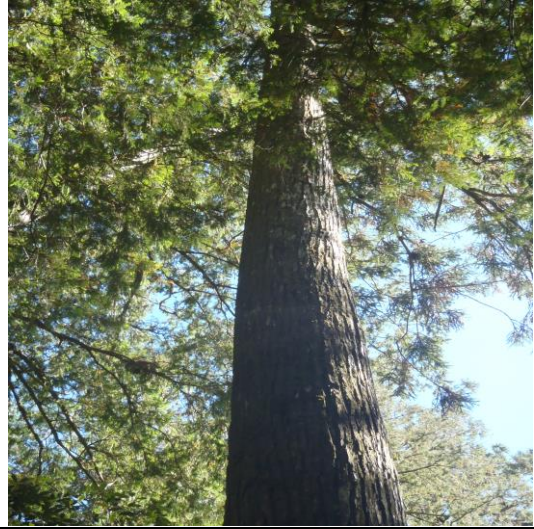
6 號



7 號



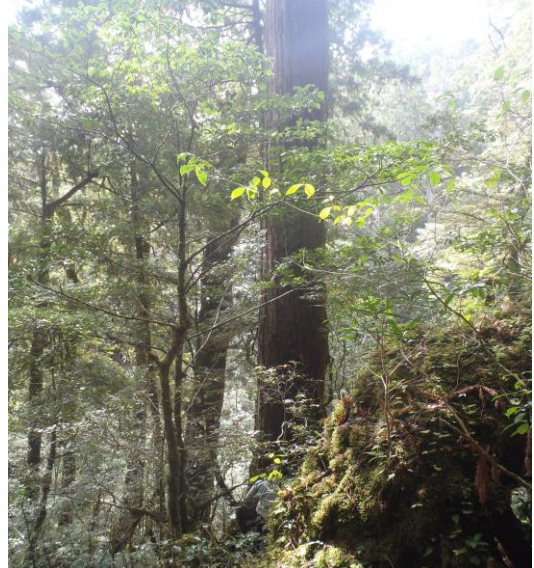
8 號



9 號



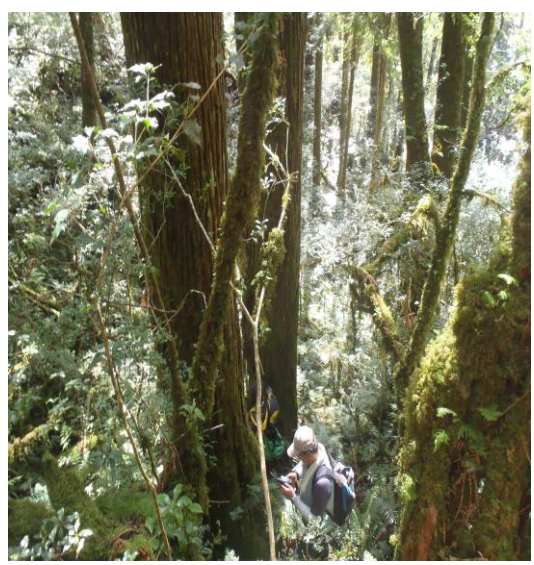
10 號



11 號



12 號



13 號



14 號



15 號



16 號



17 號



18 號



19 號



20 號



21 號



22 號



23 號



24 號



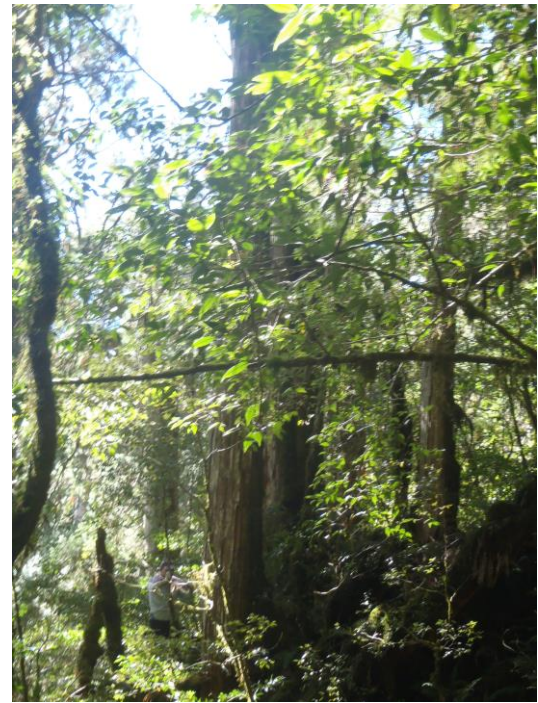
25 號



3-1



8-1

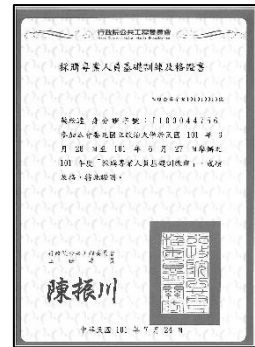


附件五

研究人員學經歷

計畫主持人 - 蔡欣達

姓名：蔡欣達
職稱：測量技師
學歷：國立政治大學地政系
土地測量與資訊組
(92.09~96.06)
經歷：自強工程顧問有限公司工程師 (102年9月~迄今)
政治大學總務處組員
(97.07~102.09)
資格：國家考試及格 - 執業測量技師
(技執字第 007588 號)
勞工安全衛生管理乙級技術士
(證號 103-037905)
政府採購專業人員訓練合格
(工程企專字第 101010016 號)
國貿業務丙級技術士
(證號 200-029827)
3Ds MAX 訓練合格
專長：航空測量、空載光達掃瞄、GPS 測量、地形測量、地籍測量、GIS 系統開發建置、勞安管理等



協同主持人

姓名：李明軒副理
擔任工作：協同主持人
學歷：成功大學測量及空間資訊研究所(98.09~100.06)
經歷：成大測量及空間資訊學系遙測實驗室(98.12~100.08)
自強工程顧問有限公司副理 (101.08~迄今)
資格：國家考試及格-測量技師 (技執字第 007764 號)
專長：移動測繪技術、陸域測量、軟體程式開發、GIS 系統規畫研擬



附件六

參考文獻

內政部(2017)鴛鴦湖重要濕地(國家級)保育利用計畫(草案)。

毛俊傑(2012)鴛鴦湖水生生物暨兩棲爬行類動物調查計畫。

薛郁欣、藍郁翔、蔡正偉、吳俊宗、柳文成、林芳邦、周秀美、邱志郁(2010)棲蘭山鴛鴦湖水體的分層與混和現象。

藍郁翔、王文正、蔡正偉、周秀美、林芳邦、柳文成、吳俊宗、邱志郁(2010)棲蘭山鴛鴦湖水體分層和混合作用對湖泊代謝之影響。

阮忠信、陳子英、毛俊傑、邱孟章、陳廷綱(2008)南澳神秘湖自然保留區湖沼演替之脈衝穩定性理論。

內政部國土測繪中心(2011)發展高程測量現代化技術。

內政部(2007)高精度及高解析度數值地形模型測製規範(草案)修訂(初稿)。

曾清涼及儲慶美(1999)GPS 衛星測量原理與應用，國立成功大學衛星資訊研究中心。

曾義星(2005)空載光達資料誤差分析、航帶平差及生產數值地形模型之研究(2/3)，行政院國家科學委員會專題研究計畫。

童俊雄(2005)空載光達系統誤差分析與航帶平差方法之探討，國立成功大學碩士論文。

蔡欣怡(2004)結合雷射測高與強度資料進行區域平差可行性之研究，國立成功大學測量及空間資訊研究所碩士論文。

Behan, A. 2000. On the Matching Accuracy of Rasterised Scanning Laser Altimeter Data. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol.33, part B2, Amsterdam, pp. 75-82.

Burman, H., 2000. Adjustment of Laser Scanner Data for Correction of Orientation Errors, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol.33, part B2, Amsterdam, pp. 125-132.

Crombaghs, M.J.E., Bruegelmann, R. and de Min, E.J., 2000. On the Adjustment of overlapping Strips of Laseraltimeter Height Data, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol.33, part B2, Amsterdam, pp. 230-237.

Fritsch, D. and J. Kilian, 1994. Filtering and Calibration of Laser Scanner Measurements, Paper presented at ISPRS Commission III Symp. Muenchen, Sept. 1994.

Kilian, J., Haala, N. and English, M., 1996. Capture and Evaluation of Airborne Laser Scanner Data, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vienna, Vol.31, part B3, pp. 383-388.

Latypov, D., 2002. Estimating relative LiDAR accuracy information from overlapping flight lines. ISPRS, 56, pp. 236-245.

Mass H.G., 2000. Least-Square Matching with Airborne Laserscanning Data in a TIN Structure. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. vol.33, Part 3A, pp. 548-555.

Mass H.G., 2002. Methods for measuring height and planimetry discrepancies in airborne laserscanner data. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. Vol.68(9),pp.933-940.

Morin, K. and N. El-Sheimy 2002. Post-Mission Adjustment Methods of Airborne Laser Scanning Data. FIG XXII International Congress, Washington, D.C.

Schenk, T., 2001. Modeling and Recovering Systematic Errors in Airborne Laser Scanners, OEEPE Workshop on Airborne Laserscanning and Interferometric SAR for Detailed Digital Elevation Models, Vol. OEEPE Publication no. 40, Stockholm, pp. 40-48.

Vosselman, G. and Maas, H.G., 2001. Adjustment and Filtering of Raw Laser Altimetry Data, OEEPE Workshop on Airborne Laserscanning and Interferometric SAR for Detailed Digital Elevation Models, Vol. OEEPE Publication no. 40, Stockholm, pp. 62-73.

Wehr, A. and Lohr, U., 1999. Airborne Laser Scanning - an Introduction and Overview, ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, Vol.54,pp. 68-82.