玉山國家公園管理處

55344 南投縣水里鄉中山路一段 515 號
網址：http://www.ysnp.gov.tw/
無障礙環境：電子信箱：tmc@ysnp. gov. tw
電話：(049) 2348-237
總機：(049) 2773-121 (代表)
傳真：(049) 2348-214
契約編號：110-20
玉山國家公園叢刊編號：1332

1332

玉山國家公園南部園區航空攝影與光達掃描作業暨圖資製作案 成果報告書

玉山國家公園管理處（110年）

1332

玉山國家公園南部園區航空攝影與光達掃描作業暨圖資製作案

成果報告書

玉山國家公園管理處
中華民國 110年11月

目錄

目錄 I
附件目錄 II
圖目錄 III
表目錄 VII
第一章 計畫概述 1
1-1 計畫緣起及目的 1
1-2 工作範圍 1
1-3 工作項目 2
1-4 繳交成果 3
第二章 執行方法及工作成果 4
2-1 工作流程 4
2-2 儀器設備 6
2-3 空載光達掃瞄飛航計畫與申請 14
2-4 控制測量 23
2-5 空載光達掃瞄施測資料獲取 34
2-6 光達掃瞄點雲資料處理 36
2-7 數值高程模型(DEM)與數值地表模型(DSM)製作 42
2-8 樹冠高度模型(Canopy Height Model,CHM)製作 54
2-9 正射影像製作 62
2-10 圖幅接邊處理 66
2-11 影像自動匹配成果 68
2-12 執行成果展示影片製作 70
第三章 工作期程與管制維運計畫 71
3-1 計畫執行期程 71
3-2 進度管制計畫 73
3-3 品質管制與自主檢查 73
3-4 軟體設備 75

3-5 硬體設備 76
第四章 人力配置 78
4-1 團隊組織架構 78
4-2 人力總整表 79
第五章 結論與建議 80
5-1 結論 80
5-2 建議 80

附件目錄

附件一　航空攝像機 Phase One iXU-RS 1000 國土測繪中心校正報告

附件二　空載光達掃瞄率定報告書

附件三　航測標點位紀錄表

附件四　地類檢核點點位遠近照

附件五　原始航空影像縮圖(垂直攝影鏡頭)

附件六　自主檢查表

附件七　期中報告書審查意見及回復

附件八　期末報告書審查意見及回復

圖目錄

圖 1-1　計畫範圍 1
圖 2-1　工作計畫流程圖 4
圖 2-2　空載光達及航空攝影工作流程圖 5
圖 2-3　空載光達 Riegl LMS-Q780 實機照 7
圖 2-4　多時段光達回波(MTA, Multiple-Time-Around)接收技術 7
圖 2-5　數位全波形分析(Digital full waveform analysis)能力 8
圖 2-6　測量儀器校正實驗室-Q780 校正報告(110 年 3 月 4 日) (詳如附件二-空載光達掃瞄率定報告書之附錄四) 9
圖 2-7　106 年 IGI IMU 原廠率定成果報告 10
圖 2-8　Phase One iXU- RS 1000 實機照 11
圖 2-9　iX Controller 結合 GNSS/IMU 觸發與迅速儲存設備 12
圖 2-10　Phase One iXU-RS 1000 國土測繪中心校正報告(110 年 3 月 5 日) (詳如附件一) 13
圖 2-11　航線規劃成果圖 15
圖 2-12　內政部航攝申請公文 16
圖 2-13　內政部航攝申請許可公文 17
圖 2-14　民航局飛航申請公文 18
圖 2-15　民航局飛航許可公文(第 1 頁) 19
圖 2-16　民航局飛航許可公文(第 2 頁) 20
圖 2-17　板橋率定場航線規劃資訊 21
圖 2-18　率定成果精度分析圖 22
圖 2-19　空載光達率定後點雲剖面圖 22
圖 2-20　本案使用之 GNSS 基地站與計畫範圍分布圖 23
圖 2-21　架次 1：110 年 5 月 16 日架次 GNSS 資料連續性 24
圖 2-22　架次 2：110 年 5 月 22 日 GNSS 資料連續性 24
圖 2-23　架次 3：110 年 5 月 23 日 GNSS 資料連續性 24
圖 2-24　地類檢核點分布圖 25

圖 2-25　地類檢核點工作照 26
圖 2-26　航線頭、中、尾控制點規劃位置 27
圖 2-27　航測標規格 28
圖 2-28　航測標現地標註照片 28
圖 2-29　已知控制點與航測標分布圖 29
圖 2-30　GNSS 靜態解算作業流程 30
圖 2-31　GNSS 網形圖 32
圖 2-32　航測標點位紀錄表(詳如附件三) 33
圖 2-33　架次 1：110 年 5 月 16 日 34
圖 2-34　架次 2：110 年 5 月 22 日 35
圖 2-35　架次 3：110 年 5 月 23 日 35
圖 2-36　空載光達掃瞄點雲成果初步展示(航線分色) 36
圖 2-37　空載光達點雲解算處理流程 36
圖 2-38　空載光達點雲平差作業畫面 37
圖 2-39　點雲涵蓋範圍 38
圖 2-40　MStripAnalysis 軟體操作畫面 40
圖 2-41　空載光達點密度統計圖 41
圖 2-42　點雲密檢核成果圖 41
圖 2-43　點雲人工編修畫面 42
圖 2-44　點雲編修分類成果 42
圖 2-45　SCOP++內插作業畫面 43
圖 2-46　DEM/DSM 成果圖(梅山地區) 43
圖 2-47　計畫範圍 1/5000 及 1/2500 圖幅分布位置 44
圖 2-48　level 2A DEM 產品等級之處理流程 47
圖 2-49　level 2B DEM 產品等級之處理流程 47
圖 2-50　地類檢核點成果-裸露地 48
圖 2-51　地類檢核點成果-植生地 49
圖 2-52　地類檢核點成果-林地 49
圖 2-53　地類檢核點成果-密林區 49

圖 2-54 DEM 26 幅全數通過檢核 50
圖 2-55 DSM 26 幅全數通過檢核 51
圖 2-56 數值高程模型(DEM)成果展示圖 52
圖 2-57 數值高程模型(DEM)局部放大展示圖 52
圖 2-58 數值地表模型(DSM)成果展示圖 53
圖 2-59 數值地表模型(DSM)局部放大展示圖 53
圖 2-60 CHM 製作範圍及拍攝年度 54
圖 2-61 CHM 去除地表起伏示意圖 55
圖 2-62 LiDAR360 CHM 製作畫面 56
圖 2-63 玉山巨木分布熱點圖(CHM 高度分層設色圖) 57
圖 2-64 CHM 點雲高度分層設色與正射影像比對圖 58
圖 2-65 CHM 點雲高度分層設色與正射影像比對圖(含步道地標) 58
圖 2-66 CHM 單木分割製作方法 59
圖 2-67 CHM 單木分割 A、B、C 區域 59
圖 2-68 CHM 單木分割套疊圖(局部呈現) 60
圖 2-69 CHM 單木分割繳交檔案 60
圖 2-70 CHM 單木分割 shapefile 屬性欄位資料 60
圖 2-71 巨木熱點圖與原始光達點雲比對 61
圖 2-72 影像正射糾正概念示意圖 62
圖 2-73 正射影像製作流程 62
圖 2-74 垂直攝影鏡頭影像涵蓋範圍分布圖 63
圖 2-75 使用 POS 數據進行影像自動匹配 64
圖 2-76 使用 DEM 製作正射影像之畫面 64
圖 2-77 正射影像製作畫面 65
圖 2-78 正射影像繳交圖幅分布 65
圖 2-79 DEM/DSM 接邊成果 66
圖 2-80 正射影像接邊成果展示 67
圖 2-81 AOS-5 傾斜像機實機照 68
圖 2-82 ContextCapture Center 軟體影像 3D 建模畫面 68

圖 2-83　本案模型成果展示-梅山地區 69
圖 2-84　本案模型成果展示-中之關停車場及台 20 線 69
圖 2-85　本案模型成果展示-天池及長青祠 69
圖 2-86　執行成果展示影片節錄 70
圖 3-1　工作進度甘特圖 72
圖 3-2　進度管制流程 73
圖 3-3　品質管制計畫流程圖 74
圖 3-4　六大自主檢查表(詳如附件六) 74
圖 4-1　計畫組織人力架構圖 78

表目錄

表 2-1　雙飛機、雙系統儀器資訊 6
表 2-2　Riegl LMS-Q780 規格表 8
表 2-3　高精度 IGI IMU 詳細規格表 10
表 2-4　Phase One iXU-RS 1000 11
表 2-5　航線規劃資訊 15
表 2-6　率定成果參數表 22
表 2-7　本案使用之 GNSS 基地站資訊 23
表 2-8　地類檢核點資訊 26
表 2-9　已知控制點資訊 29
表 2-10　已知控制點邊條件檢核成果 31
表 2-11　已知控制點角條件檢核成果 31
表 2-12　航測標測量成果 33
表 2-13　點雲平差作業畫面資訊表 37
表 2-14　點雲航線重疊率分析 38
表 2-15　計畫範圍涵蓋 26 幅 1/5,000 圖幅列表 45
表 2-16　計畫範圍涵蓋 89 幅 1/2,500 圖幅列表 45
表 2-17　高程基本精度a（單位 m） 47
表 2-18　地形類別調整參數b（單位 m） 47
表 2-19　地表植被覆蓋情形調整參數c（無單位） 47
表 2-20　DEM 地類檢核點總成果 48
表 2-21　A、B、C 三區(105~110 年度)CHM 單木分割統計表 61

第一章　計畫概述

1-1　計畫緣起及目的

為獲取較大尺度之空間資訊及提升圖資準確度，玉山國家公園管理處（以下簡稱為玉管處）已完成西北園區、玉山主群峰及南二段周邊區域共 399.82 km^2 之航空傾斜攝影暨空載光達掃瞄作業，產製高精度正射影像及數值高程模型圖資，為持續建置園區重要區域之空間資訊，並做為玉管處辦理通盤檢討計畫底圖參考，以掌握園區重要服務據點及周邊區域之環境現況，本(110)年度規劃建置南部園區之範圍區域，爰辦理此案。

1-2　工作範圍

本次規劃於玉山國家公園南部園區(含南橫公路)進行航空傾斜攝影暨空載光達掃瞄作業、彩色正射影像、數值地形模型(DTM)等圖資製作，執行範圍如圖 1-1 紅線範圍所示，面積約 105 km^2。

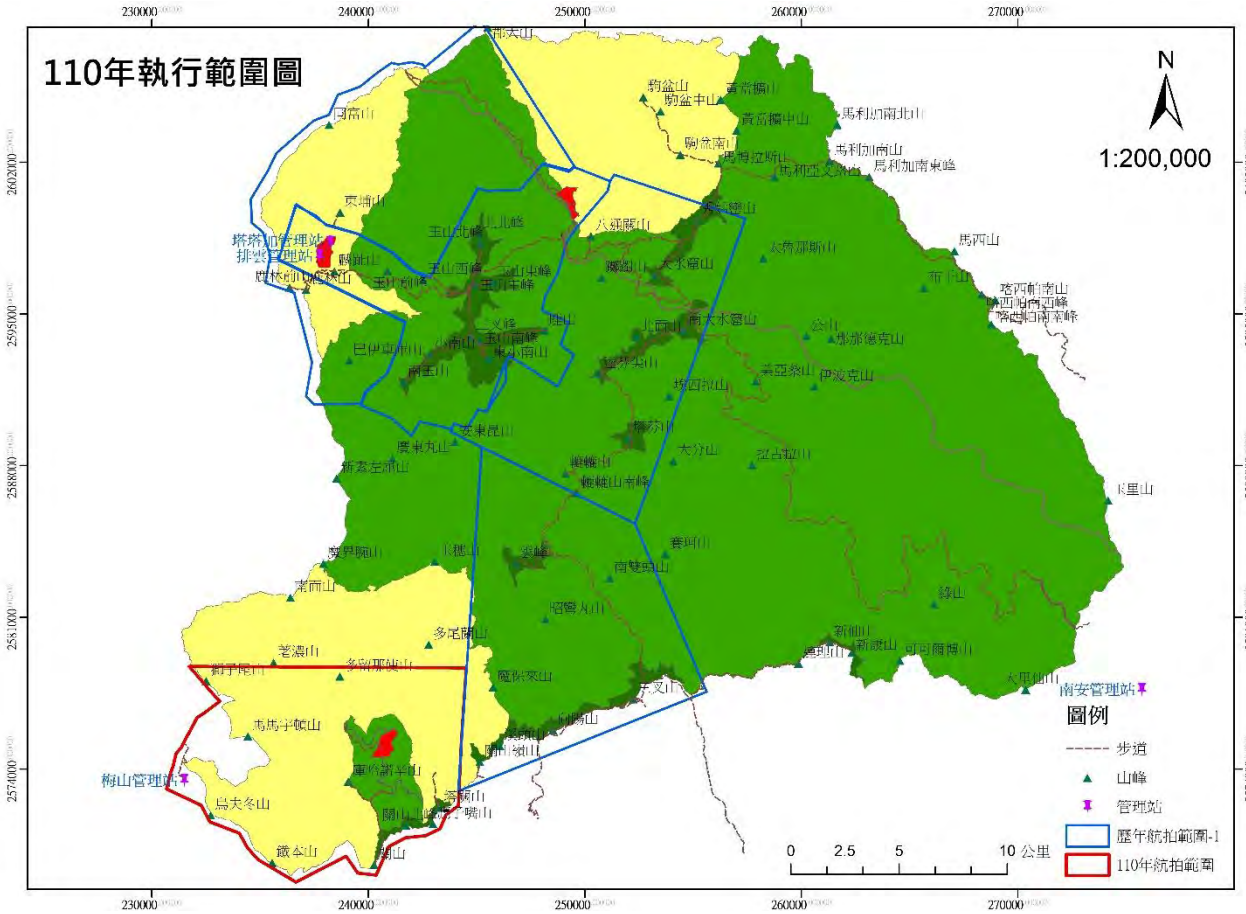


圖 1-1　計畫範圍

1-3 工作項目

一、航空傾斜攝影及空載光達掃瞄飛航計畫與申請。

二、地面 GNSS 基地站控制測量。

三、航空傾斜攝影及空載光達掃瞄施測資料獲取(以同步取得為原則)。

四、光達掃瞄點雲資料處理。

五、數值高程模型(DEM)與數值地表模型(DSM)製作、正高改算、人工檢核與編修及圖幅鑲嵌處理等。

六、樹冠高度模型(CHM)製作。

七、航空傾斜攝影原始資料處理與正射影像製作。

八、影像自動匹配建模。

九、圖幅接邊處理。

1-4 繳交成果

<table>
<tr><th>繳交項目</th><th>份數</th></tr>
<tr><td>一、成果報告書(印刷定稿本之樣式、紙張、彩色照片、圖幅等，應徵得貴處同意)</td><td>12 份</td></tr>
<tr><td>二、完整成果資料(電子檔以 USB 外接式硬碟方式繳交)</td><td>3 份</td></tr>
<tr><td colspan="2">(一)航空傾斜攝影作業暨空載光達掃瞄作業
1. 航空攝影及光達掃瞄計畫。
2. 航線涵蓋圖、航拍紀錄(攝影日期、天氣資料)。
3. 航空測量攝影機之校正報告、LiDAR 系統率定報告。
4. 飛機上 GNSS 及 IMU 原始資料。
5. 攝影站坐標(GNSS 輔助空三需檢附基地站坐標)。
6. 原始航拍影像(tiff 檔)及航空攝影自主檢查表。
7. 原始光達詮釋資料及平差後原始空載點雲(las 檔)。
8. 空中三角平差報表(含最小約制與強制附合)及解算資料。
9. 空載光達檢核密度圖、空三成果自我檢核紀錄(至少有 5 個檢核點)。
10.分類後點雲資料。
(二)正射影像及數值高程模型圖資製作
1. 分幅 1/2500、1/5000 彩色正射影像(tiff 檔，含坐標定位檔)，提供 TWD97【2010】及 WGS84 經緯度等兩種坐標系統。
2. 產製 1m DTM 數值地形模型(包含 DEM、DSM)，提供 TWD97【2010】及 WGS84 經緯度等 2 種坐標系統。
3. 繳交 1/2500、1/5000 圖幅 DTM 成果(包含 DEM、DSM，資料欄位包括 XYZ 檔)。
4. 繳交 1/5000 圖幅之 DEM 及 DSM 成果相關檢核明細、成果列表。前項成果檔案，至少包含:檔案清單、詮釋資料檔(.xml)、檔頭資料檔(.hdr)、網格資料檔(.grd)。
5. 繳交樹冠高度模型(含渲染圖)等成果。網格式成果檔案至少包含:檔案清單、詮釋資料檔(.xml)、檔頭資料檔(.hdr)、網格資料檔(.grd)。
(三)影像自動匹配成果
(四)執行成果展示影片製作(內容包含所有成果資料，執行範圍需套疊遊客中心、山岳、山屋、公路及視需要標示重要地標)，片長約 3 分鐘，以常用的檔案格式.WMV 繳交。
以上繳交之圖資成果雖驗收合格後，仍需再經玉管處委由第三方機關(團體)等單位協助進行成果檢查，如有不符內政部相關規定或修正建議者，應於接獲玉管處函請依契約工作項目及期限之 30 日內，完成無償修改及檢附修正後之自主檢查資料送玉管處備查，俟無待解決事項後 30 日內發還履約保證金(如無辦理則免)。</td></tr>
<tr><td colspan="2">三、報告書內容、圖表成果之資料檔案
報告書電子檔應包含內文檔、封面檔(*.jpg)且內文、封面之*.docx 檔及*.pdf 檔應各合併為 1 個檔案、各階段簡報(*.pptx 檔)等本案成果電子檔資料。</td></tr>
</table>

第二章　執行方法及工作成果

2-1　工作流程

本計畫依據各項工作項目包括航飛航計畫與申請、地面 GNSS 基地站控制測量、航空傾斜攝影及空載光達掃瞄施測資料獲取與處理、數值高程模型(DEM)與數值地表模型(DSM)製作、樹冠高度模型(CHM)製作、影像自動匹配建模及執行成果展示影片製作等，彙整工作流程如圖 2-1。

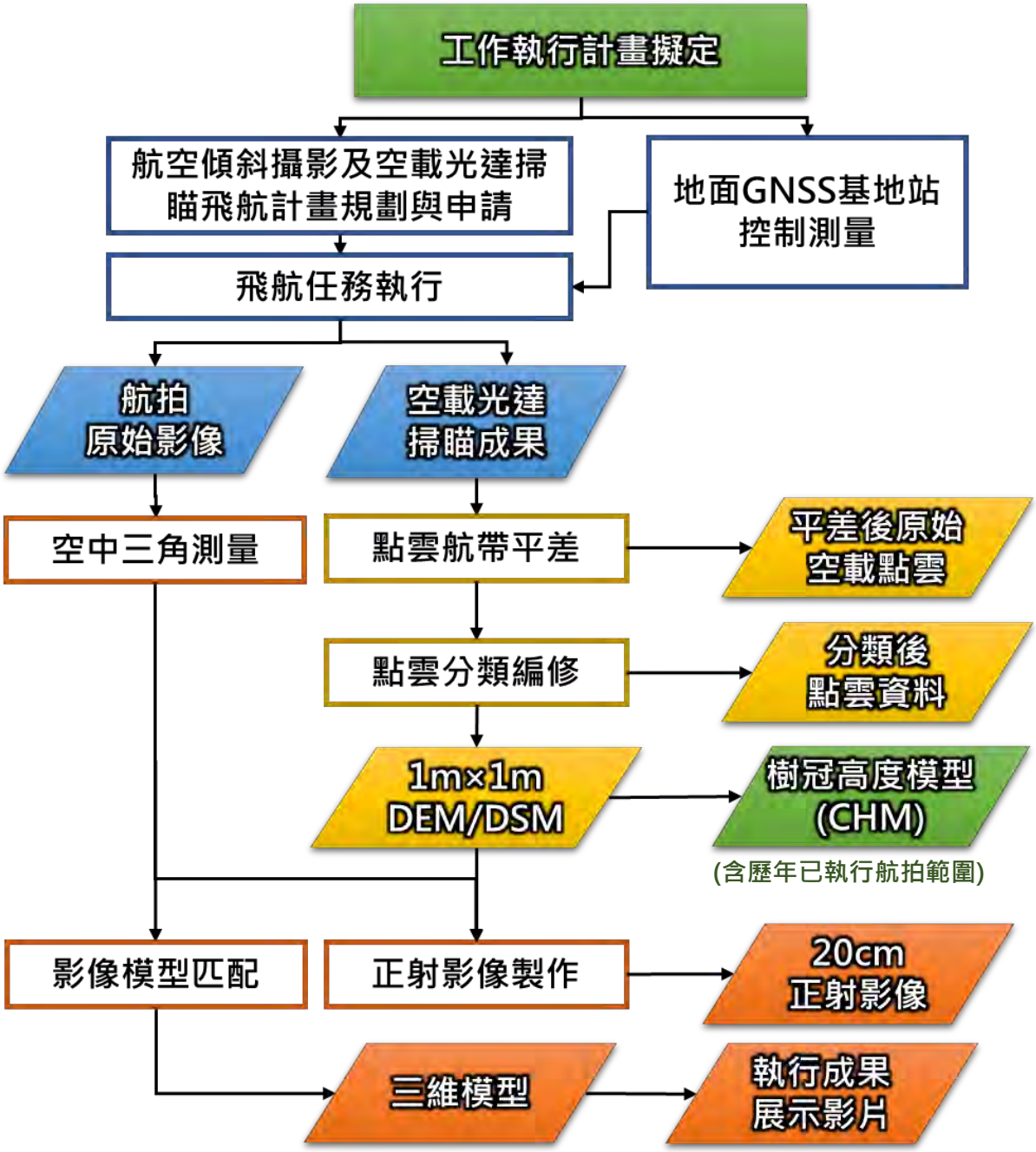


圖 2-1　工作計畫流程圖

本計畫空載光達掃瞄、航空攝影測量以及控制測量等作業較為繁複，特整理相關作業流程如圖 2-2，其中包含空中與地面之任務規劃、資料獲取、資料解算以及相關成果產製流程，詳如本章節。

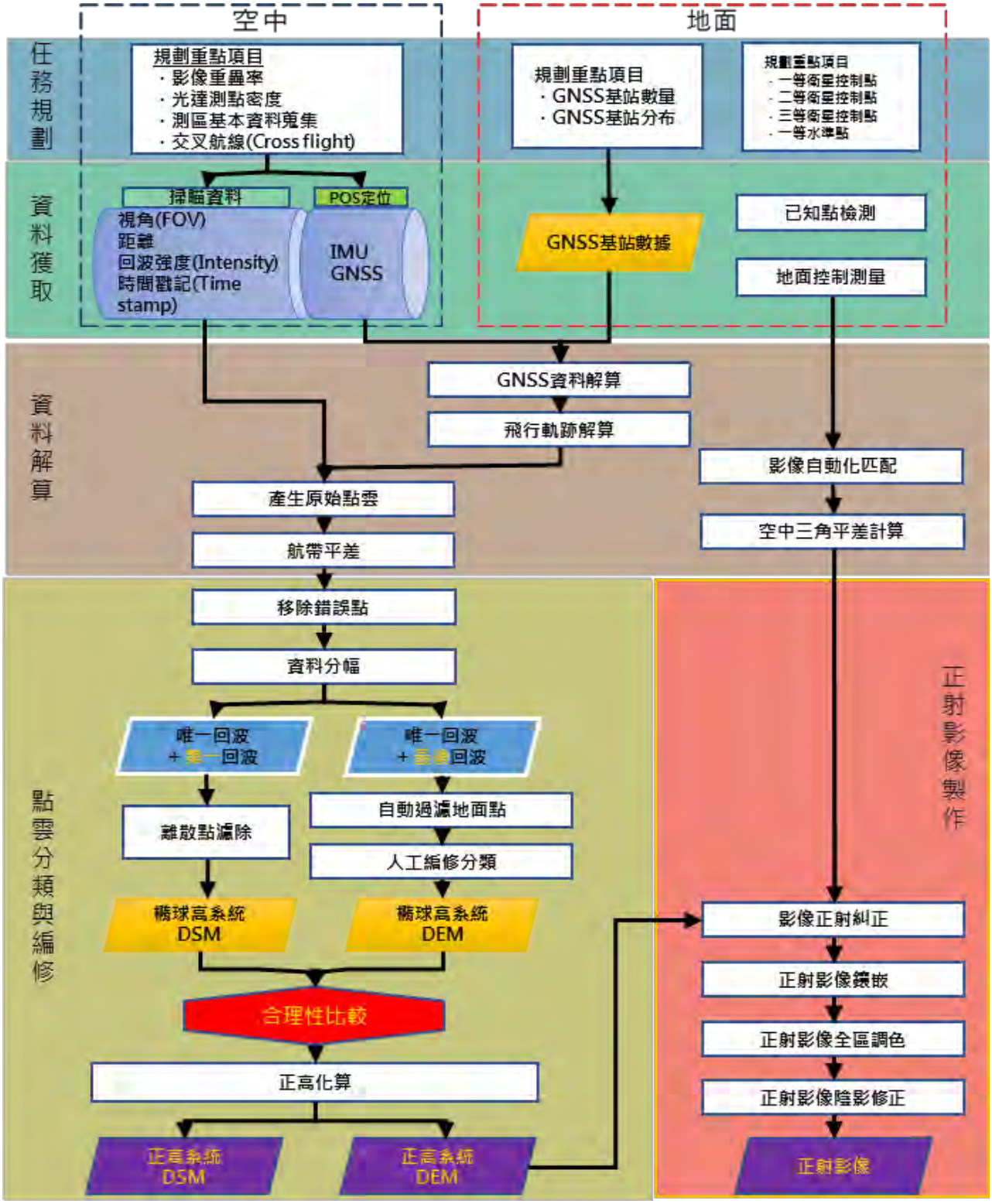


圖 2-2　空載光達及航空攝影工作流程圖

2-2 儀器設備

擁有四架飛機、雙光達掃瞄儀，搭配五台 Phase One iXU-RS 1000 以及第六台航空攝影機 Phase One iXA 180，可建置兩套具有執行能力之飛航掃瞄及航空攝影作業系統，提供完整備援。所建構之雙系統架構及儀器如表 2-1，本計畫所使用的儀器資訊詳如後述。

表 2-1 雙飛機、雙系統儀器資訊

儀器	系統架構 1	系統架構 2
飛航載具	P68C TC 定翼機(1 架) 優越爬升能力，克服陡峭山勢 	BN2 系列定翼機(3 架) 雙孔位，可乘載多種感測器
空載光達掃瞄儀	Riegl LMS-Q780 	Riegl LMS-Q680i
航空攝影像機	Phase One iXU-RS 1000 2018 年 2 月添購 5 台，並擁有完整備援。 	
	Phase One iXA 180 Phase One 航測像機(iXA 180)具有 8000 萬像素(10320×7752 像素)，並採用 TDI 時間延遲積分方法進行像移補償，可克服光線較不理想的天候時間，應對山區天氣變化迅速，機身質量相對輕巧，飛航任務更多彈性。	
專門技術人員	陳俊佑 組長 航攝作業/儀器維護經歷 9 年 杜 弨 組員 航攝作業經歷 12 年 洪健嘉 組員 航攝作業經歷 9 年 康祐程 組員 航攝作業/儀器維護經歷 3 年 顏梓修 組員 航攝作業/儀器維護經歷 2 年	

一、空載光達掃瞄儀 Riegl LMS-Q780

本案使用 Riegl LMS-Q780 空載光達掃瞄設備(圖 2-3)，具有多時段光達回波接收技術(圖 2-4)以及數位全波形分析能力(圖 2-5)，這兩項技術的結合大幅提升在複雜的地形執行掃瞄任務的作業效率，並獲得真實地表高程成果。此外，本儀器於今年 3 月 4 日獲得內政部國土測繪中心測量儀器校正實驗室出具之校正報告(圖 2-6)，確保本案成果經過最新校正成果驗證。其中 110 年度校正報告內容依據內政部國土測繪中心「空載光達測製數值地形模型作業說明」(109 年 11 月版)檢核合格(平面方向器差 16cm；高程方向為 1.2 cm)，且符合本計畫作業規範要求，儀器規格詳如表 2-2，校正報告如附件二-空載光達掃瞄率定報告書之附錄四。

圖 2-3　空載光達 Riegl LMS-Q780 實機照

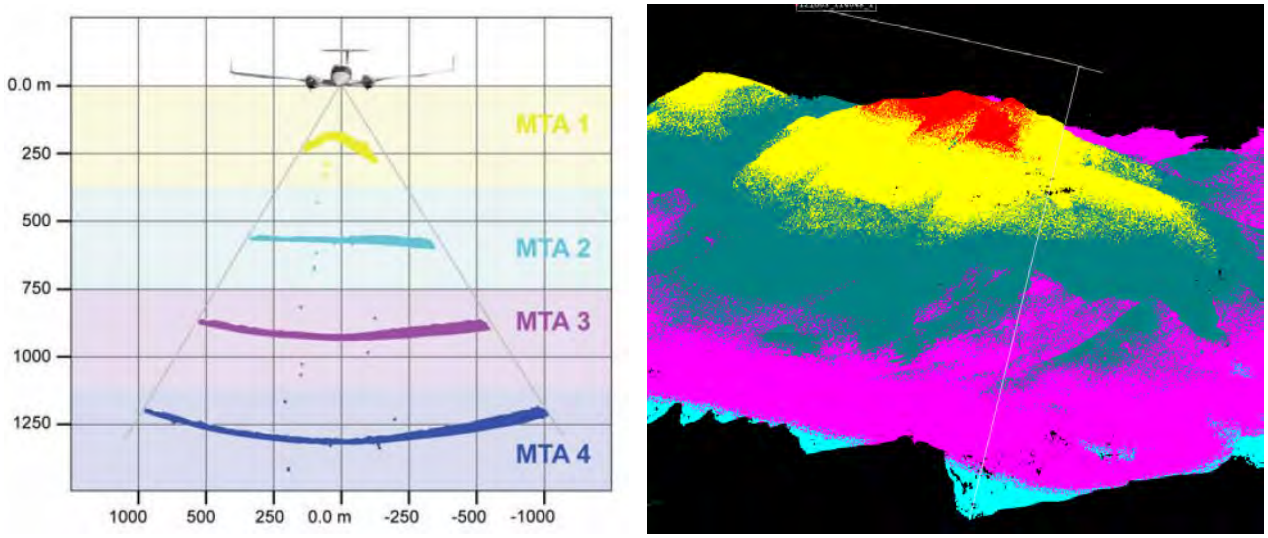


圖 2-4　多時段光達回波(MTA, Multiple-Time-Around)接收技術

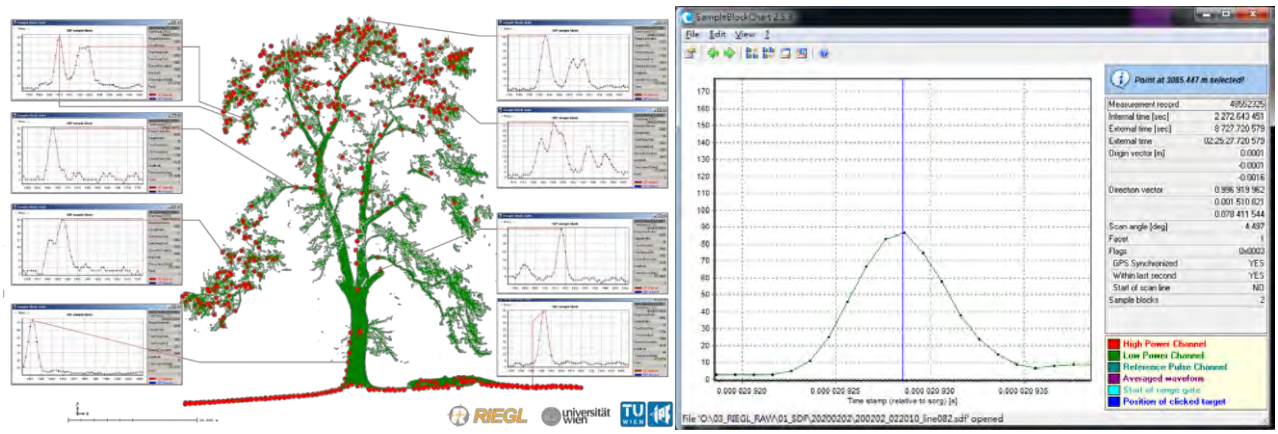


圖 2-5　數位全波形分析(Digital full waveform analysis)能力

表 2-2　Riegl LMS-Q780 規格表

<table>
<tr><td>System Model</td><td>LMS-Q780</td></tr>
<tr><td>Main Dimensions (L x W x H)</td><td>480 × 212 × 279 mm</td></tr>
<tr><td>Weight</td><td>approx. 20 kg</td></tr>
<tr><td>Max. Flight Altitude</td><td>18500 ft (5600 m) above MSL
*) Note: Data Recorder DR680 useable in operation up to 18,000 ft (5,500 m), DR560 useable in operation up to 16,500 ft (5,000 m), DR560-RD up to 10,000 ft (3,050 m).</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Temperature Range</td><td>-5ºC up to +40ºC (Operation)</td></tr>
<tr><td>-10ºC up to +50ºC (Storage)</td></tr>
<tr><td>Mounting of IMU-Sensor</td><td>Steel thread inserts on both sides of the laser scanner, rigidly connected to the inner structure of the scanning mechanism</td></tr>
<tr><td colspan="2">Full Laser Power (Laser Power Level: 100%)</td></tr>
<tr><td>Max. Measurement Performance</td><td><table>
<tr><td>Laser Pulse Repetition Rate</td><td>Natural Targets ρ ≥ 20%</td><td>Natural Targets ρ ≥ 60%</td></tr>
<tr><td>100 kHz</td><td>4100 m</td><td>5800 m</td></tr>
<tr><td>200 kHz</td><td>3500 m</td><td>5100 m</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>Accuracy</td><td>20 mm</td></tr>
<tr><td>Laser Pulse Repetition Rate</td><td>up to 400 kHz</td></tr>
<tr><td>Laser Wavelength</td><td>Near Infrared</td></tr>
<tr><td>Laser Beam Divergence</td><td>≤ 0.25 mrad</td></tr>
<tr><td>Number of Targets per Pulse</td><td>Digitized waveform processing: unlimited (practically limited only by the maximum data rate allowed for the RIEGL Data Recorder)</td></tr>
<tr><td>Scan Angle Range</td><td>± 30º = 60º total</td></tr>
<tr><td>Scan Speed</td><td>14 - 200 lines/sec (laser power level ≥ 50%)
10 - 200 lines/sec (laser power level < 50%)</td></tr>
</table>

註：ρ 為反射率

校 正 報 告

校正項目：空載光達

報告日期：110 年 3 月 4 日

報告編號：I202101060101

ilac-MRA TAF Calibration Laboratory 2218

儀器名稱	空載光達
廠牌型號	RIEGL/Q780
儀器序號	2220651
送校單位	自強工程顧問有限公司
地　　址	23545 新北市中和區新民街 112 號 5 樓

上述儀器經本實驗室校正，結果如內文。

本報告含封面及 7 頁內文，分離使用無效。

SURVEY INSTRUMENT CALIBRATION LABORATORY, NLSC 內政部 國土測繪中心 測量儀器 校正實驗室 臺中市南屯區黎明路2段497號4樓

報告簽署人

NLSC 內政部國土測繪中心

內政部國土測繪中心測量儀器校正實驗室

臺中市南屯區黎明路 2 段 497 號 4 樓

圖 2-6　測量儀器校正實驗室-Q780 校正報告(110 年 3 月 4 日)

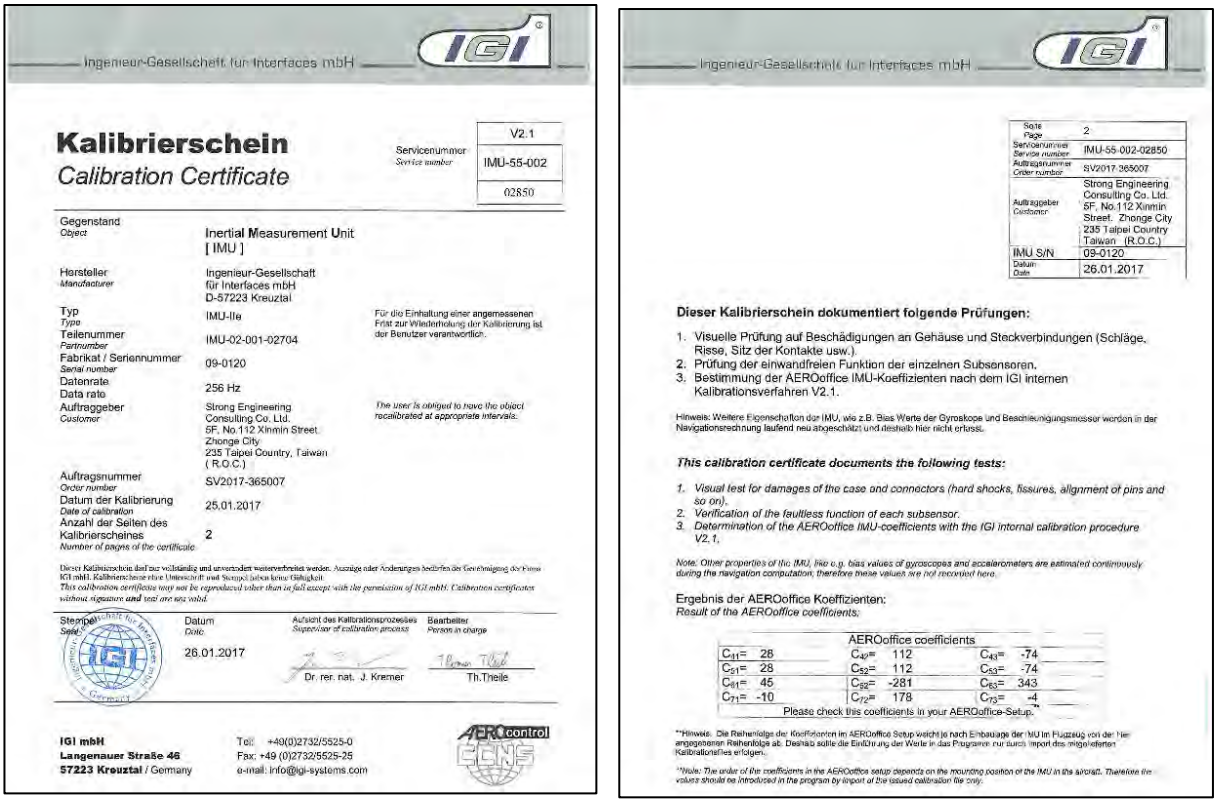
(詳如附件二-空載光達掃瞄率定報告書之附錄四)

二、高精度 IMU-IGI IMU

本計畫空載光達設備搭配高精度 IGI IMU，其儀器規格詳如表 2-3，其滾動 Roll、顛頗 Pitch 之精度優於 0.015 度；偏航 Yaw 之精度優於 0.05 度。其中，本計畫所使用的 IGI IMU 於 106 年度重回原廠進行維護與檢校，率定檢校成果報告如圖 2-7。

表 2-3　高精度 IGI IMU 詳細規格表

項目		
慣性導航儀(IMU)	高性能光纖陀螺儀(FOG)，專門為了於高頻振動環境使用的高耐用度設計，並透過過渡板與傳感器固定連接。	
	紀錄頻率	64Hz 128Hz 256Hz
	陀螺儀-偏差： 陀螺儀-隨機誤差： 解析度： 解析度：	0.1 deg / h 0.02 deg /$\sqrt{h}$ 0.0038 mrad (@128 Hz) 0.0019 mrad (@256 Hz)
	加速度計偏差： 解析度： 解析度：	0.5 mg 0.122*10-3 m / s (@128 Hz) 0.061*10-3 m / s (@256 Hz)
處理器	內含 72 頻 L1/L2/L-band 三頻 GPS+GLONASS 接收器，低噪音，原始數據 2 Hz，具 DGPS，帶有抗震裝置。	
存儲方式	PC card, 512 MB	



Ingenieur-Gesellschaft für Interfaces mbH

Kalibrierschein
Calibration Certificate

Servicenummer / *Service number*: V2.1 / IMU-55-002 / 02850

Gegenstand / *Object*	Inertial Measurement Unit [IMU]
Hersteller / *Manufacturer*	Ingenieur-Gesellschaft für Interfaces mbH D-57223 Kreuztal
Typ / *Type*	IMU-IIe
Teilenummer / *Partnumber*	IMU-02-001-02704
Fabrikat / Seriennummer / *Serial number*	09-0120
Datenrate / Data rate	256 Hz
Auftraggeber / *Customer*	Strong Engineering Consulting Co. Ltd. 5F, No.112 Xinmin Street Zhonge City 235 Taipei Country, Taiwan (R.O.C.)
Auftragsnummer / *Order number*	SV2017-365007
Datum der Kalibrierung / *Date of calibration*	25.01.2017
Anzahl der Seiten des Kalibrierscheines / *Number of pages of the certificate*	2

Für die Einhaltung einer angemessenen Frist zur Wiederholung der Kalibrierung ist der Benutzer verantwortlich.

The user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.

Dieser Kalibrierschein darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung der Firma IGI mbH. Kalibrierscheine ohne Unterschrift und Stempel haben keine Gültigkeit.
This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of IGI mbH. Calibration certificates without signature and seal are not valid.

Stempel / *Seal* — Datum / *Date*: 26.01.2017 — Aufsicht des Kalibrationsprozesses / *Supervisor of calibration process*: Dr. rer. nat. J. Kremer — Bearbeiter / *Person in charge*: Th.Thielle

IGI mbH
Langenauer Straße 46
57223 Kreuztal / Germany
Tel: +49(0)2732/5525-0
Fax: +49 (0)2732/5525-25
e-mail: info@igi-systems.com

Ingenieur-Gesellschaft für Interfaces mbH

Seite / *Page*	2
Servicenummer / *Service number*	IMU-55-002-02850
Auftragsnummer / *Order number*	SV2017-365007
Auftraggeber / *Customer*	Strong Engineering Consulting Co. Ltd. 5F, No.112 Xinmin Street. Zhonge City 235 Taipei Country Taiwan (R.O.C.)
IMU S/N	09-0120
Datum / *Date*	26.01.2017

Dieser Kalibrierschein dokumentiert folgende Prüfungen:

1. Visuelle Prüfung auf Beschädigungen an Gehäuse und Steckverbindungen (Schläge, Risse, Sitz der Kontakte usw.).
2. Prüfung der einwandfreien Funktion der einzelnen Subsensoren.
3. Bestimmung der AEROoffice IMU-Koeffizienten nach dem IGI internen Kalibrationsverfahren V2.1.

Hinweis: Weitere Eigenschaften der IMU, wie z.B. Bias Werte der Gyroskope und Beschleunigungsmesser werden in der Navigationsrechnung laufend neu abgeschätzt und deshalb hier nicht erfasst.

This calibration certificate documents the following tests:

1. *Visual test for damages of the case and connectors (hard shocks, fissures, alignment of pins and so on).*
2. *Verification of the faultless function of each subsensor.*
3. *Determination of the AEROoffice IMU-coefficients with the IGI internal calibration procedure V2.1.*

Note: Other properties of the IMU, like e.g. bias values of gyroscopes and accelerometers are estimated continuously during the navigation computation, therefore these values are not recorded here.

Ergebnis der AEROoffice Koeffizienten:
Result of the AEROoffice coefficients:

AEROoffice coefficients

C_{11}=	28	C_{43}=	112	C_{43}=	-74
C_{51}=	28	C_{53}=	112	C_{53}=	-74
C_{61}=	45	C_{63}=	-281	C_{63}=	343
C_{71}=	-10	C_{73}=	178	C_{73}=	-4

Please check this coefficients in your AEROoffice-Setup.**

**Hinweis: Die Reihenfolge der Koeffizienten im AEROoffice Setup weicht je nach Einbauage der IMU im Flugzeug von der hier angegebenen Reihenfolge ab. Deshalb sollte die Eingabe der Werte in das Programm nur durch Import des mitgelieferten Kalibrationsfiles erfolgen.

***Note: The order of the coefficients in the AEROoffice setup depends on the mounting position of the IMU in the aircraft. Therefore the values should be introduced in the program by import of the issued calibration file only.

圖 2-7　106 年 IGI IMU 原廠率定成果報告

三、航空像機- Phase One iXU-RS 1000

1 億像素解析度：1 億像素的解析度下，iXU 像機可提供 11,608 像素的橫向覆蓋範圍，同時在飛行中保持相同的平均地面採樣距離(GSD)，提供高品質的影像成果。相關實機照如圖 2-8，儀器詳細規格詳如表 2-4。

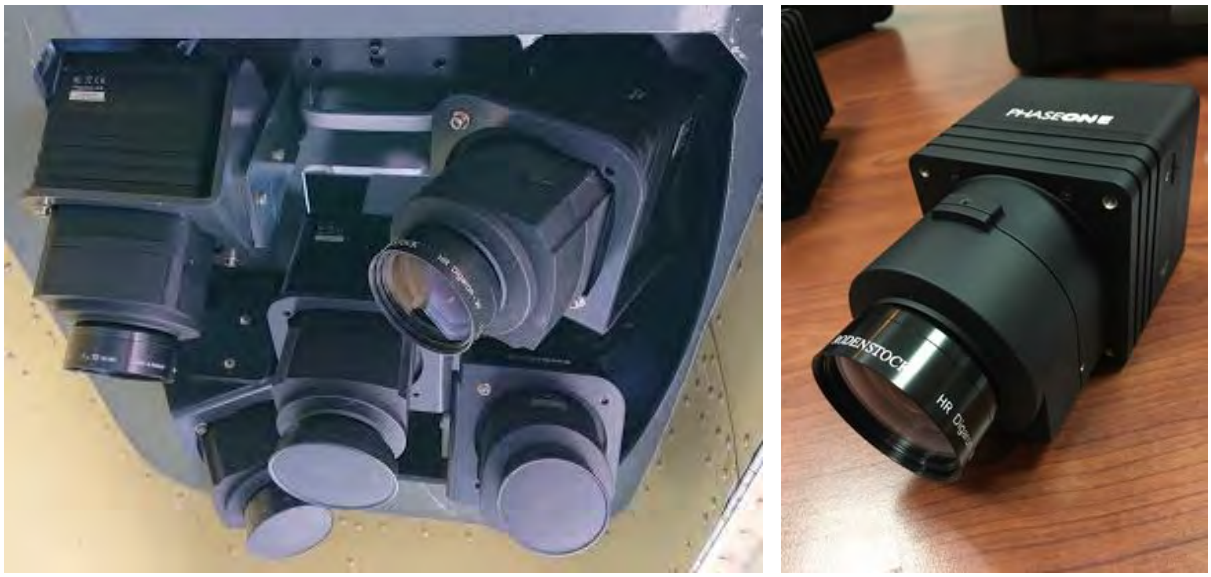


圖 2-8　Phase One iXU- RS 1000 實機照

表 2-4　Phase One iXU-RS 1000

項次	項目	規格	備註
1	解析度	一億畫素(11,608 x 8708)	
2	長寬比	4:3	
3	像素大小	4.6 micron	
4	感測大小	53.4 x 40.0 mm	符合作業規定 24 mm × 36 mm。
5	感光度(ISO)	50 - 6400	
6	像機類型	用於航空攝影的中像幅像機	符合計畫作業所需精密測圖用之數位式攝影機
7	鏡頭	RS 鏡頭 50、70mm	
8	快門速度	高達 1/2500 秒	
9	輸出格式	Phase One RAW，TIFF，JPG 可輸出 8-bits、16bits	符合繳交成果提供原始航拍影像(.tif 檔)

Phase One iXU-RS 1000 像機的 CMOS 技術能夠持續捕獲 6400 像素的影像，搭配 iX Controller 以及 SSD 高速儲存設備，在惡劣的天氣條件下，可獲得高品質航攝影像成果(圖 2-9)。

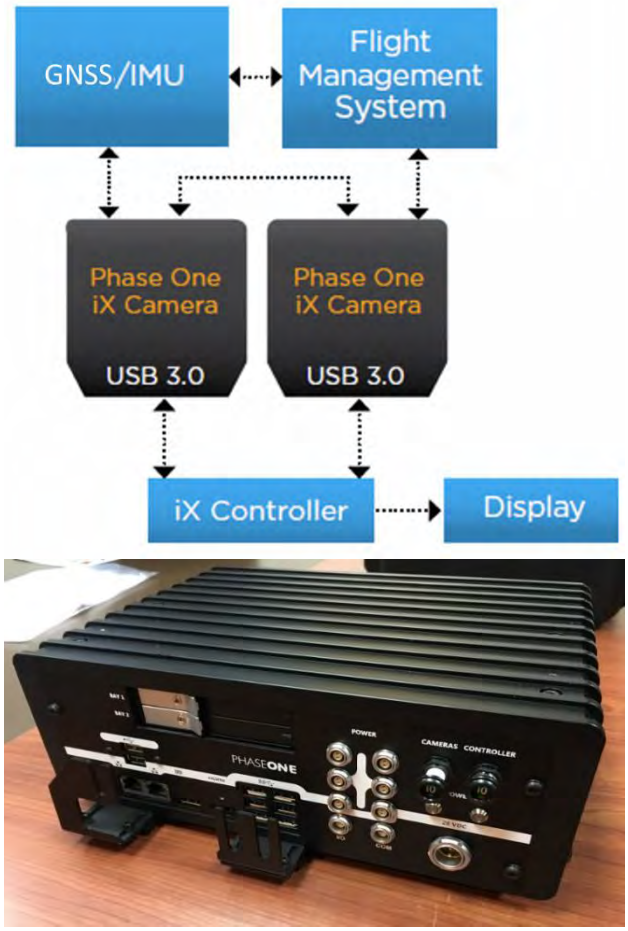


圖 2-9　iX Controller 結合 GNSS/IMU 觸發與迅速儲存設備

每台 Phase One 像機設計與組合的過程都經過嚴格的振動和溫度測試，而攝像機和鏡頭相對位置的一致性可以為測繪和其他應用提供精確的測量數據。五台 iXU-RS 1000 像機皆經過 Phase One 原廠校正。其中，垂直攝影主像機於今年 3 月 5 日獲內政部國土測繪中心測量儀器校正實驗室出具之 TAF 認證中像幅航攝數位像機校正報告做為品保參據(附件一)，確保本案成果經過最新校正成果驗證。於今年校正報告中，平面方向器差均方根值為 1.3 cm；高程方向器差均方根值為 1.9 cm，符合內政部「建置都會區一千分之一數值航測地形圖作業工作手冊」之「一千分之一數值航測地形圖測製作業規定」及「一千分之一數值航測地形圖成果檢查作業規定」作業規範製圖精度。

校 正 報 告

校正項目：航空測量攝影機

報告日期：110 年 3 月 5 日

報告編號：F202101060201

ilac-MRA

TAF Calibration Laboratory 2218

儀器名稱：	航空測量攝影機
廠牌型號：	Phase One/IXU-RS-1000
儀器序號：	YC030264
送校單位：	自強工程顧問有限公司
地　　址：	23545 新北市中和區新民街 112 號 5 樓

上述儀器經本實驗室校正，結果如內文。

本報告含封面及 9 頁內文，分離使用無效。

SURVEY INSTRUMENT CALIBRATION LABORATORY, NLSC 內政部 國土測繪中心 測量儀器 校正實驗室 臺中市南屯區黎明路2段497號4樓

報告簽署人

NLSC

內政部國土測繪中心測量儀器校正實驗室

臺中市南屯區黎明路 2 段 497 號 4 樓

圖 2-10　Phase One iXU-RS 1000 國土測繪中心校正報告(110 年 3 月 5 日)

(詳如附件一)

2-3 空載光達掃瞄飛航計畫與申請

空載光達掃瞄飛航計畫與申請為符合本計畫之基本需求，廠商申請之飛航計畫範圍及航線規劃應包含全部工作區域。規劃之飛行時間起迄點需與本案契約簽定後之日期相符。

一、航線規劃成果與作業規定

（一）本案首次飛航前及每次儀器經拆卸後之首次飛航前，均需進行光達系統率定。率定報告至少需包含系統率定方法、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、率定結果共軛平面標準差不得超過 10cm)及成果精度說明等相關資料。

（二）飛機換航線之轉彎掃瞄資料，不得使用於後續航帶平差及 DEM、DSM 之製作。

（三）光達測點密度：本案掃瞄區域所有航帶重疊後之原始數據之第一或最後回波 100×100 m^2 之平均密度，於中高海拔地區(高程 800 m 以上)應高於 2 點/m^2，至於低海拔及河川洪泛溢淹地區(高程 800 m 以下)應高於 1 點/m^2。

（四）航帶重疊比例：其重疊率應大於 30%。

（五）每條航線至少應有 2 個 GNSS 基站同步接收 GNSS 觀測量。所用之 GNSS 接收儀須為雙頻儀器，每秒至少接收 1 筆數據，且基站與航線的距離應小於 40km。飛航時光達掃瞄之 FOV 設定不應超過 40 度。依據『內政部 LiDAR 測製數值高程模型及數值地表模型標準作業程序(草案)』規定，進行率定場之率定作業時，地面 GNSS 基站接收頻率皆須達 2Hz；其餘飛航掃瞄時地面 GNSS 基站接收頻率應達 1Hz。

（六）交叉航線(Cross Flight)：作業區域範圍內各條航線每隔至多 25km，應進行垂直各航線之交叉飛航掃瞄。

二、航線規劃成果

依據前述航線規劃作業規定，規劃本計畫測區航線相關資訊如表 2-5，共 22 條航線，總長為 227 km，航線規劃成果以及計畫範圍套疊如圖 2-11。

表 2-5　航線規劃資訊

項次	項　目		規 劃 資 訊	備　註
1	飛航高度		3300~4600 m	
2	航拍測線		22 條	-
3	飛航長度		227 km	-
4	iXU RS 1000 影像	GSD	≦20 cm	影像解析度
5		左右重疊	≧53 %	需製作三維影像匹配模型
6		前後重疊	≧80 %	-
7	Riegl LMS-Q780	左右重疊	≧30 %	FOV 40 度
8		發射頻率	230 kHz	-
9		光達強度	100 %	-
10		密度	≧2 點/m^2	-

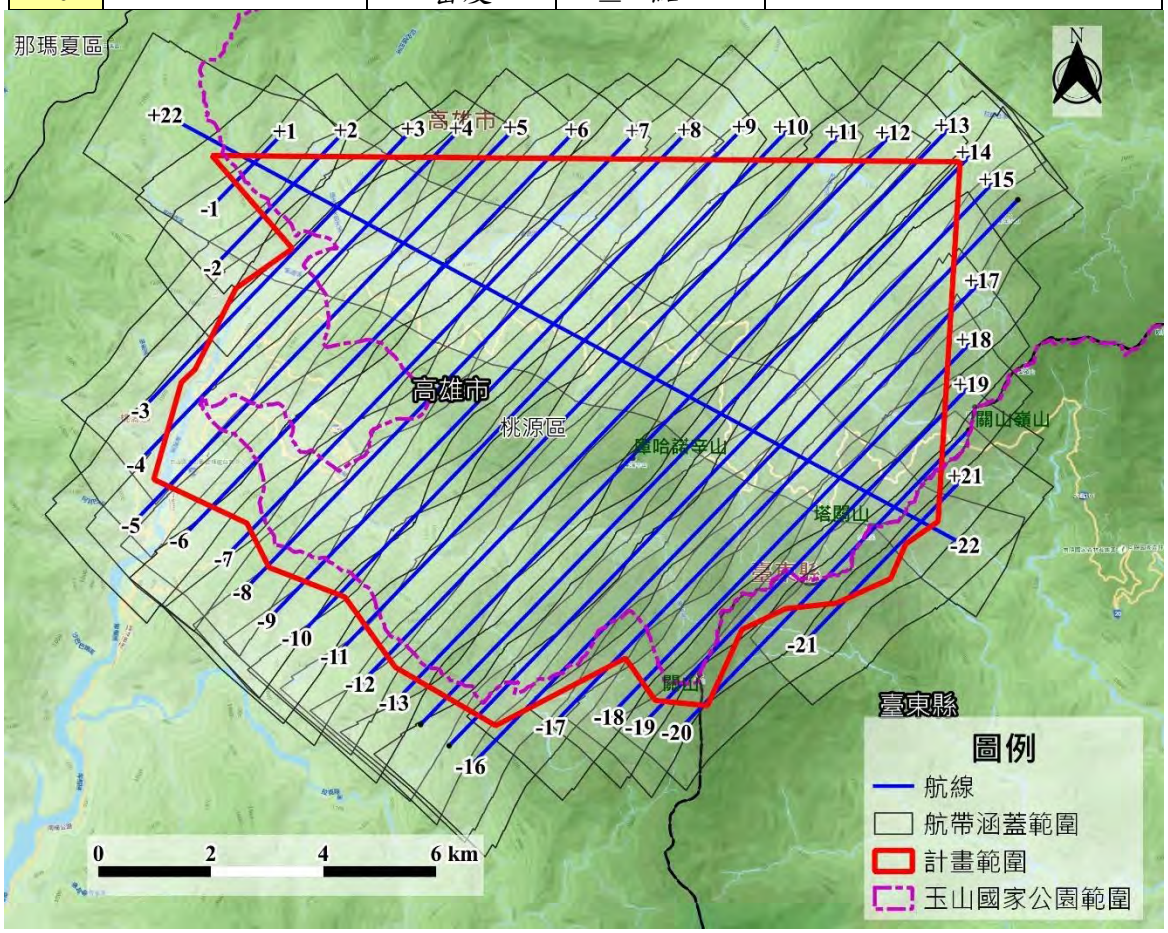


圖 2-11　航線規劃成果圖

三、航空傾斜攝影及空載光達掃瞄飛航計畫申請

本計畫於決標當日 110 年 3 月 8 日依「實施航空測量攝影及遙感探測管理規則」規定，提出實施計畫以公文(自工字第 110037131 號)向內政部申請航攝許可並副知玉管處，於 110 年 4 月 9 日獲得內政部核准(台內地字第 1100111796 號)當日發文請自強航空有限公司向民航局申請飛航許可(自工字第 110047242 號)，並於 110 年 4 月 15 日獲得許可(空運管字第 1100010045 號)，相關函文掃描檔如圖 2-12~圖 2-16。

正本　　檔　號：
發文方式：郵　寄　　保存年限：

自強工程顧問有限公司　函

公司地址：235 新北市中和區新民街112號5樓
聯 絡 人：楊豐毓
聯絡電話：02-22252200#分機224
傳真電話：02-32349980
電子信箱：224@st2200.com

100218
臺北市中正區徐州路5號
受文者:內政部

發文日期：中華民國110年03月08日
發文字號：自工字第　110037131　號
速　　別：一般
附　　件：航攝實施計畫書乙式3份（副本無附件）。

主　旨：本公司承攬玉山國家公園管理處「玉山國家公園南部園區航空攝影與光達掃描作業暨圖資製作案」，檢送航攝相關文件申請航攝許可，敬請　惠予核准，請　查照。

說　明：依據「實施航空測量攝影及遙感探測管理規則」第3條規定，檢送航攝實施計畫書乙式3份、航攝地區範圍圖（附件一）、辦理航攝業務之設備清冊（第四項）、測繪業登記證(第十項)、議價紀錄（第十二項）、招標公告（第十三項）供　貴部辦理審查，請准予航空攝影工作。

正本：內政部
副本：玉山國家公園管理處

董事長 賴澄漂

圖 2-12　內政部航攝申請公文

內政部 函

地址：100218臺北市中正區徐州路5號
聯絡人：覃美芳
聯絡電話：02-23566106
傳真：02-23976875
電子信箱：moi1986@moi.gov.tw

受文者：自強工程顧問有限公司

發文日期：中華民國110年4月9日
發文字號：台內地字第1100111796號
速別：普通件
密等及解密條件或保密期限：
附件：

主旨：有關貴公司受玉山國家公園管理處委託辦理「玉山國家公園南部園區航空攝影與光達掃描作業暨圖資製作案」，申請實施航空測量攝影1案，原則同意，請查照。

說明：

一、依據國土測繪法第55條規定及國防部110年3月31日國情整備字第1100067528號函辦理，並復貴公司110年3月8日自工字第110037131號函。

二、貴公司實施航空測量攝影期間為核准次日起至110年10月31日止，本案實施航空測量攝影獲取成果，請依「實施航空測量攝影及遙感探測管理規則」第8條及第9條規定，於沖洗或影像處理後，提送本部會同國防部審查，以完備程序；並於執行任務完竣後60日內編製相關文件送本部備查。

三、請依「普通航空業管理規則」第9條規定於執行航空攝影作業5工作日前，檢附相關文件向交通部民用航空局申請核准，並應依據飛航規則、飛航指南等相關規定飛航。

四、另請於執行航空攝影任務時，勿涉軍事機敏設施，並於任務前2日通知國防部、空軍司令部、空軍作戰指揮部及軍事飛航單位，以維飛安。

五、貴公司對本處分如有不服，應於接到本處分書次日起30日內，繕具訴願書送由本部陳轉行政院提起訴願。

正本：自強工程顧問有限公司
副本：國防部、交通部民用航空局、玉山國家公園管理處 電子公文交換章 2021/04/09 10:06:23

圖 2-13　內政部航攝申請許可公文

正本　　檔　號：
發文方式：傳　真　　保存年限：

自強工程顧問有限公司　函

公司地址：235 新北市中和區新民街112號5樓
聯 絡 人：張舒婷
聯絡電話：02-22252200#分機251
傳真電話：02-32349980
電子信箱：251@st2200.com

10548
台北市松山區敦化北路340-15號
受文者:自強航空有限公司

發文日期：中華民國110年04月09日
發文字號：自工字第　110047242　號
速　　別：一般
附　　件：機上工作人員名冊乙式乙份

主　旨：本公司欲執行玉山國家公園管理處委託之「玉山國家公園南部園區航空攝影與光達掃描作業暨圖資製作案」一案，擬租用　貴公司P68C-TC航空器及BN-2型航空器執行航攝工作，請　貴公司協助辦理民航局飛航許可，請　查照。

說　明：1.作業範圍為高雄市、台東縣。
2.預計作業時間為核准次日起至110年10月31日。
3.檢附機上工作人員名冊乙式乙份。

正本：自強航空有限公司
副本：

董事長 賴澄漂

圖 2-14　民航局飛航申請公文

檔　　號:
保存年限:

交通部民用航空局 函

地址：台北市敦化北路340號
傳真：(02)23496050
聯絡人：李紀樺
聯絡電話：(02)23496047
電子郵件：chli0918@mail.caa.gov.tw

受文者：自強工程顧問有限公司

發文日期：中華民國110年4月15日
發文字號：空運管字第1100010045號
速別：普通件
密等及解密條件或保密期限：
附件：如文(1100010045申請書、1100010045名冊)(1100010045-0-0.pdf)

主旨：貴公司使用BN-2型機（國籍編號：B-68802）及P68C-TC型機（國籍編號：B-77709）於高雄市及臺東縣等地區執行自強工程顧問有限公司委託之「玉山國家公園南部園區航空攝影與光達掃描作業暨圖資製作案」所需航空測量攝影作業一案，同意自本局核准次日起至110年10月31日止辦理，請查照。

說明：

一、復貴公司110年4月12日強 (110)字第053號申請書。

二、請依據「航空器飛航作業管理規則」、「航空產品與其各項裝備及零組件適航維修管理規則」、「飛航規則」、「飛航指南」等相關規定作業，作業前應先與相關航管單位協調並保持密切聯繫。

三、作業範圍應符合內政部同意之航攝區域，另執行作業1工作日前務必將飛航作業地區簡圖（應附有比例尺之簡圖，包括：飛行路徑及作業範圍）送交本局飛航服務總臺。

四、本案因涉及航空測量作業，請依「國土測繪法」、「實施

第 1 頁，共 2 頁

圖 2-15　民航局飛航許可公文(第 1 頁)

航空測量攝影及遙感探測管理規則」相關法規及內政部110年4月9日台內地字第1100111796號函辦理。

五、執行航空攝影任務時，勿涉軍事機敏設施，並於任務前2日通知國防部、空軍司令部、空軍作戰指揮部、當地軍方起降基地、當地航空站、軍事飛航單位及飛航管制聯合協調中心（ＪＣＣ）等單位。另將本案空照成果送交國防部情報參謀次長室檢查。如涉機密資料部分，請按「國家機密保護法」、「要塞堡壘地帶法」及其相關法規之規定妥慎處理。

六、嚴禁未依核准之作業項目實施作業、無故在未經核准之臨時性起降場所起降或搭載未經核准之乘員，否則依民用航空法第112條之6規定，處新臺幣6萬元以上30萬元以下罰鍰。

正本：自強航空有限公司

副本：自強工程顧問有限公司、國防部參謀本部情報參謀次長室、國防部參謀本部作戰及計畫參謀次長室（戰情中心）、國防部陸軍司令部戰備訓練處、陸軍航空特戰指揮部、國防部海軍司令部戰備訓練處、海軍艦隊指揮部、海軍陸戰隊指揮部、海軍反潛航空大隊、國防部空軍司令部、空軍作戰指揮部、內政部地政司、內政部警政署、內政部警政署航空警察局、飛航管制聯合協調中心、交通部民用航空局飛航服務總臺、交通部民用航空局高雄國際航空站（另含名冊）、交通部民用航空局臺中航空站（另含名冊）、交通部民用航空局花蓮航空站（另含名冊）、交通部民用航空局臺東航空站（另含名冊）、本局飛航標準組、飛航管制組

電子公文交換章 2021/04/15 14:41:02

第 2 頁，共 2 頁

圖 2-16　民航局飛航許可公文(第 2 頁)

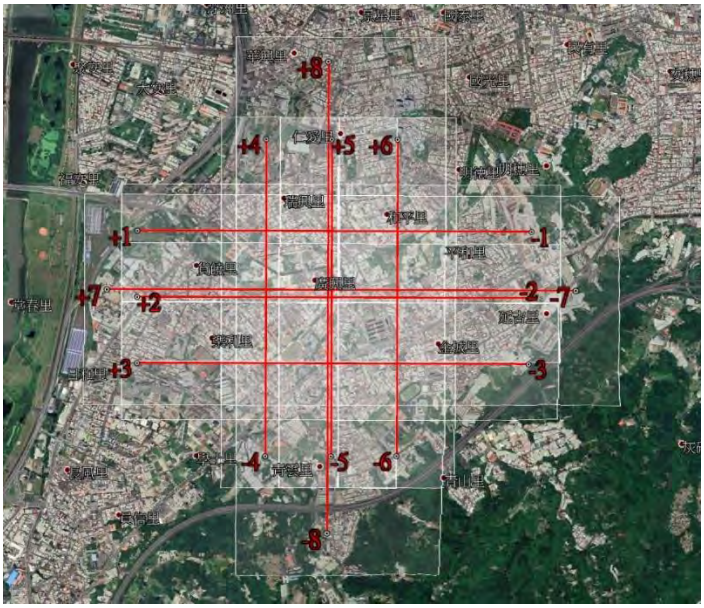
四、空載光達率定作業

（一）首次飛航前及每次儀器經拆卸後之首次飛航前應進行光達系統率定，藉以確認後續施測任務之資料品質。率定後可校正率定前不穩定資料至正確位置。本計畫光達率定方法及規範參考空載光達掃瞄儀器原廠建議率定說明文件、內政部之光達測製數值高程模型及數值地表模型標準作業程序(草案)及本計畫契約書規定辦理。

（二）本計畫選用 Riegl LMS-Q780，依據 Riegl 原廠建議率定說明文件，選定新北市板橋區為率定場，規劃 6 條航線(航高 800 m)，並增加航線 7、8 確認飛行(航高 1000 m)檢核率定成果，詳細規劃資訊如圖 2-17。

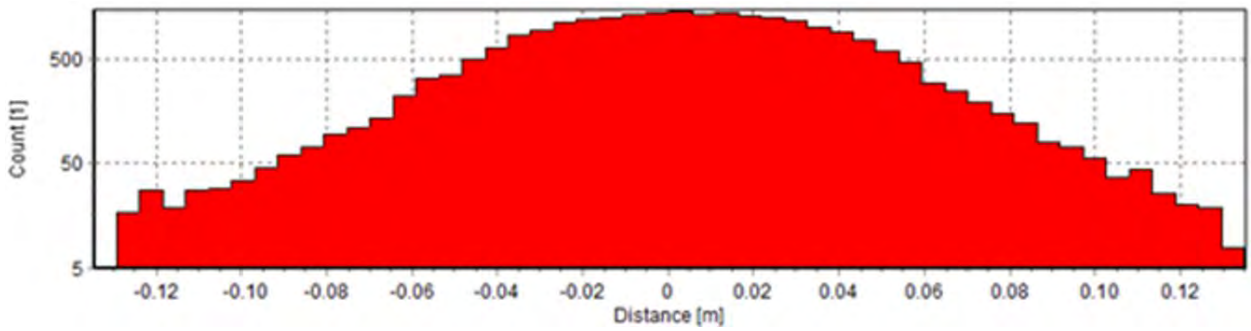
（三）本計畫於 110 年 3 月 15 日執行飛航率定掃瞄任務，共 8 條航線(含正規率定航線與確認飛行)，並使用 Riegl RiPROCESS 軟體進行率定解算作業，成果中誤差為 3.4cm 符合作業規定(中誤差小於 10 cm)，相關成果詳如圖 2-18、表 2-6 以及附件二 空載雷射掃瞄率定報告書。

（四）本計畫空載光達率定報告書內容包含率定作業規劃、率定作業執行、率定計算成果、確認飛行成果以及控制點檢核成果，率定後成果剖面圖如圖 2-19。

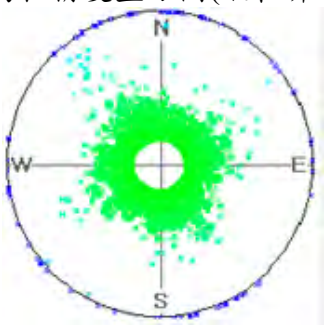


項目	內容
航高	800 m(航線 1～6) 1000 m (航線 7～8)
光達脈衝頻率	400 KHz
航線方向	東－西(航線 1～3、7)
	南－北(航線 4～6、8)
點密度	大於 4 點/m^2
側向重疊	大於 50%

圖 2-17　板橋率定場航線規劃資訊



(a) 高程精度直方圖(縱軸非等比)



(b) 平面精度方向分布

圖 2-18　率定成果精度分析圖

表 2-6　率定成果參數表

儀器名稱	參數項目	率定場成果參數	備註
Scanner 1 (Q780, 2220651)	Number of observations	11308	率定解算結果
	Error (Std. deviation) [m]	0.034	
	Roll [deg]	-0.19660	
	Pitch [deg]	0.02362	
	Yaw [deg]	0.09729	
	X [m]	0.057	以儀器規格計算
	Y [m]	0.019	
	Z [m]	0.271	

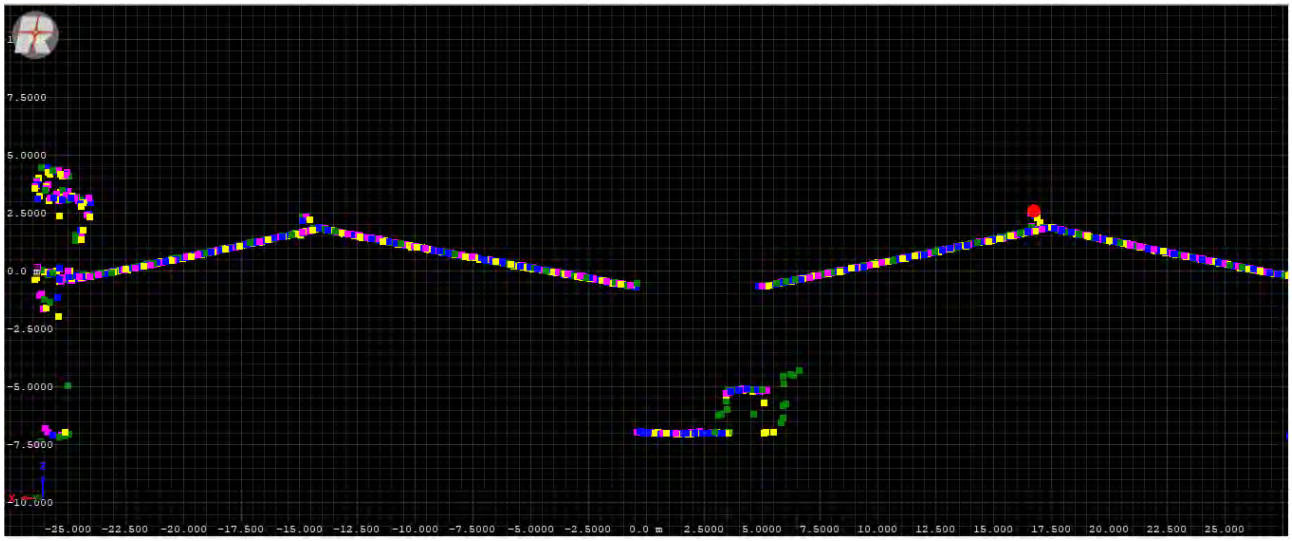


圖 2-19　空載光達率定後點雲剖面圖

2-4 控制測量

一、地面 GNSS 基地站(衛星追蹤站)

（一）空載光達資料獲取同時，應於掃瞄區域內 40 km 範圍內，選取 2 點以上之透空度佳(仰角 10 度以上無遮蔽)的地面 GNSS 基地站，優先選擇品質穩定之內政部國土測繪中心 GNSS 即時動態定位系統全國衛星追蹤站。

（二）本計畫於 110 年 5 月 16 日、110 年 5 月 22 日、110 年 5 月 23 日共執行 3 架次飛航掃瞄作業，使用測繪中心地面基地站共 2 站(TAYN 及 WULU)，基地站與計畫範圍分布圖如圖 2-20，使用基地站相關資訊如表 2-7。

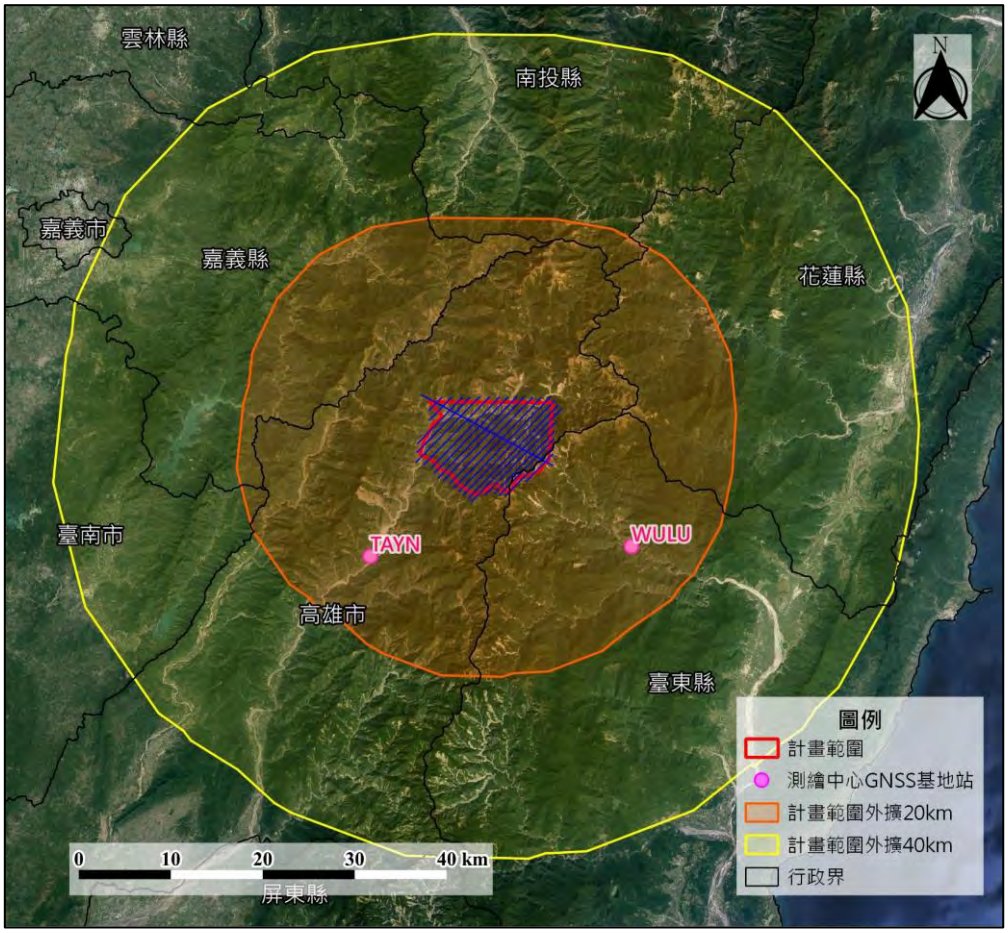


圖 2-20 本案使用之 GNSS 基地站與計畫範圍分布圖

表 2-7 本案使用之 GNSS 基地站資訊

項次	站碼	站名	行政區	概略橢球高程	單位
1	TAYN	桃源	高雄縣桃源鄉	646 m	內政部國土測繪中心
2	WULU	霧鹿	臺東縣海端鄉	928 m	內政部國土測繪中心

（三）使用 GNSS 基地站資料於各架次起飛前後皆有完整資料接收與涵蓋如圖 2-21、圖 2-22 以及圖 2-23。

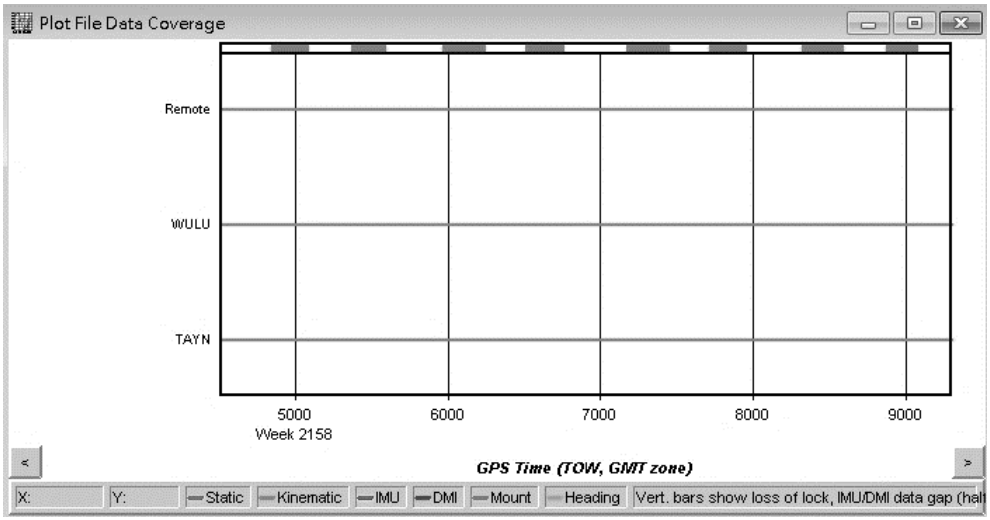


圖 2-21　架次 1：110 年 5 月 16 日架次 GNSS 資料連續性

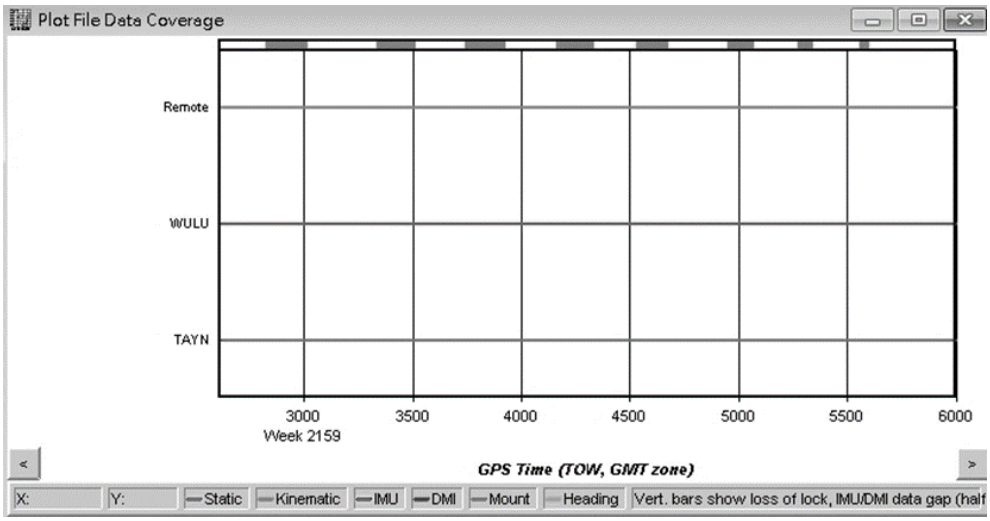


圖 2-22　架次 2：110 年 5 月 22 日 GNSS 資料連續性

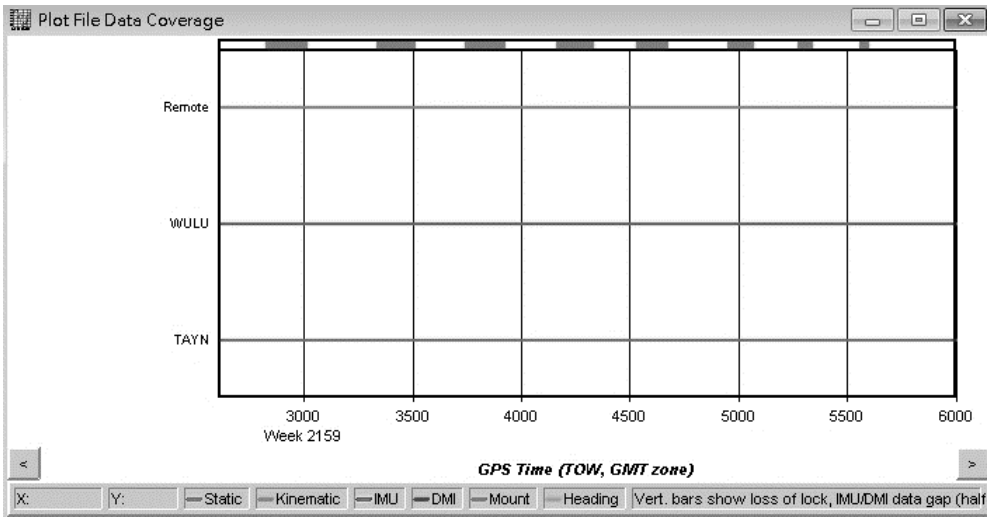


圖 2-23　架次 3：110 年 5 月 23 日 GNSS 資料連續性

二、地類檢核點測量

（一）地表植被覆蓋情形於本計畫區域(海拔高 800 m 以上)分別為裸露地、植生地、林地、密林地，其定義為以任一點為中心，半徑在 10 個 1m 網隔間距的範圍內受植被覆蓋之面積，以概估該範圍內可看到地面的面積來與範圍所包圍的總面積比計算。

（二）本計畫於 110 年 4 月 21 至 22 日位於人車可以抵達區域(台 20 線南橫公路)，採用 VBS-RTK 方式施測不同地物類別各 20 點，分布如圖 2-24，後續於點雲編修完成後檢核內插後網格成果，並繪製誤差分布圖。綜整地類檢核點資訊如表 2-8，相關工作照如圖 2-25，詳細點位遠近照如附件四。

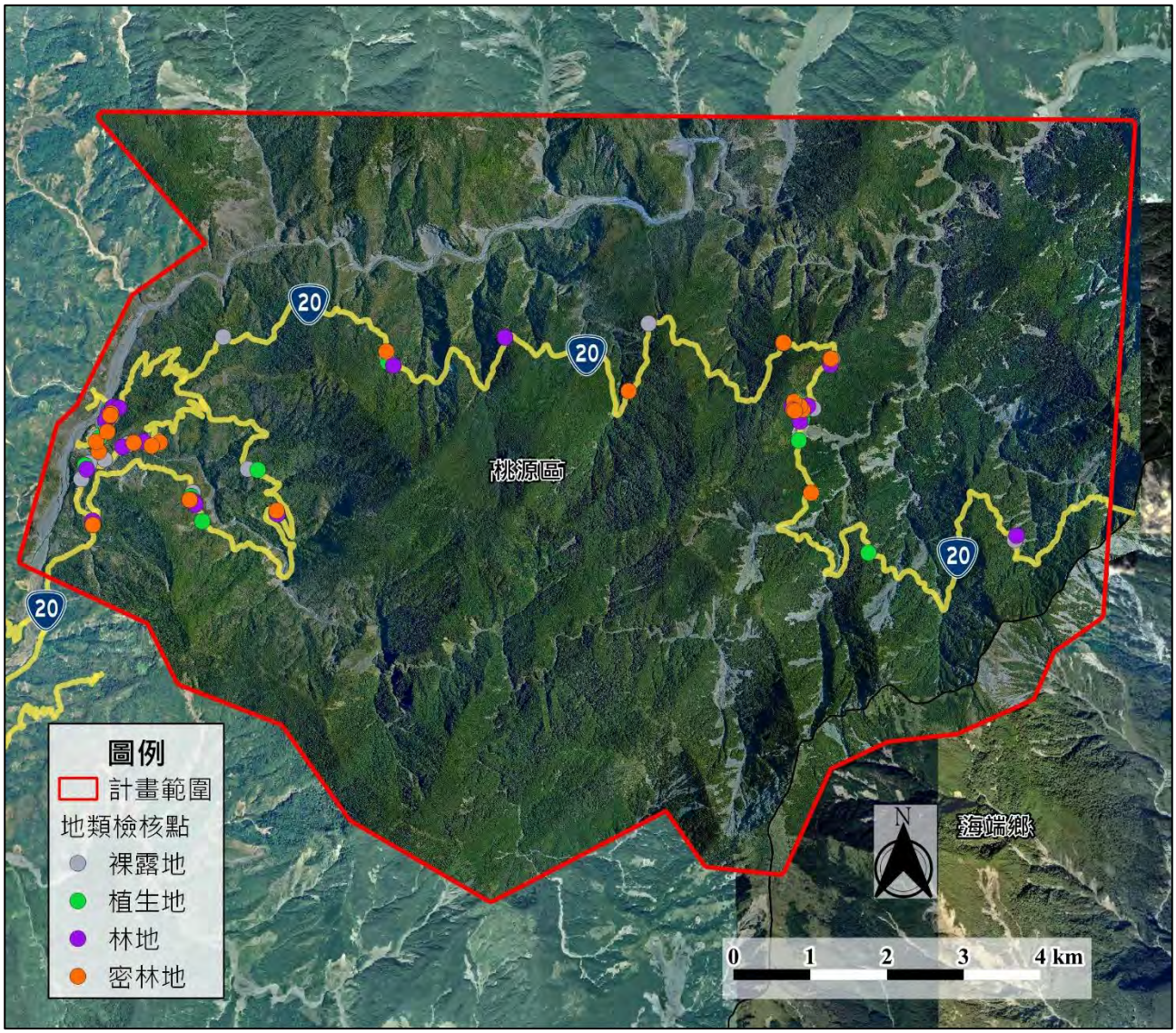


圖 2-24　地類檢核點分布圖

表 2-8　地類檢核點資訊

類　型	定　義	數　量	點　號
裸露地	植被覆蓋之面積少於 25%者	20	1001C~1020C
植生地	植被覆蓋之面積介於 25%~50%者	20	2001C~2020C
林地	植被覆蓋之面積介於 50%~75%者	20	3001C~3020C
密林地	植被覆蓋之面積大於 75%者	20	4001C~4020C

裸露地		
植生地		
林地		
密林地		

圖 2-25　地類檢核點工作照

三、航線頭、中、尾控制測量

（一）控制點規劃：依據本計畫空載光達航線規劃作業規範，各航線頭、中、尾皆需有控制點進行點雲平差作業，規劃分布如圖 2-26。依據人車是否可到達分為兩大區域，人車可到區域布設航測標，而於人車無法抵達區域以空中三角測量方式量測，以下分別針對不同區域控制測量作業方式進行說明。

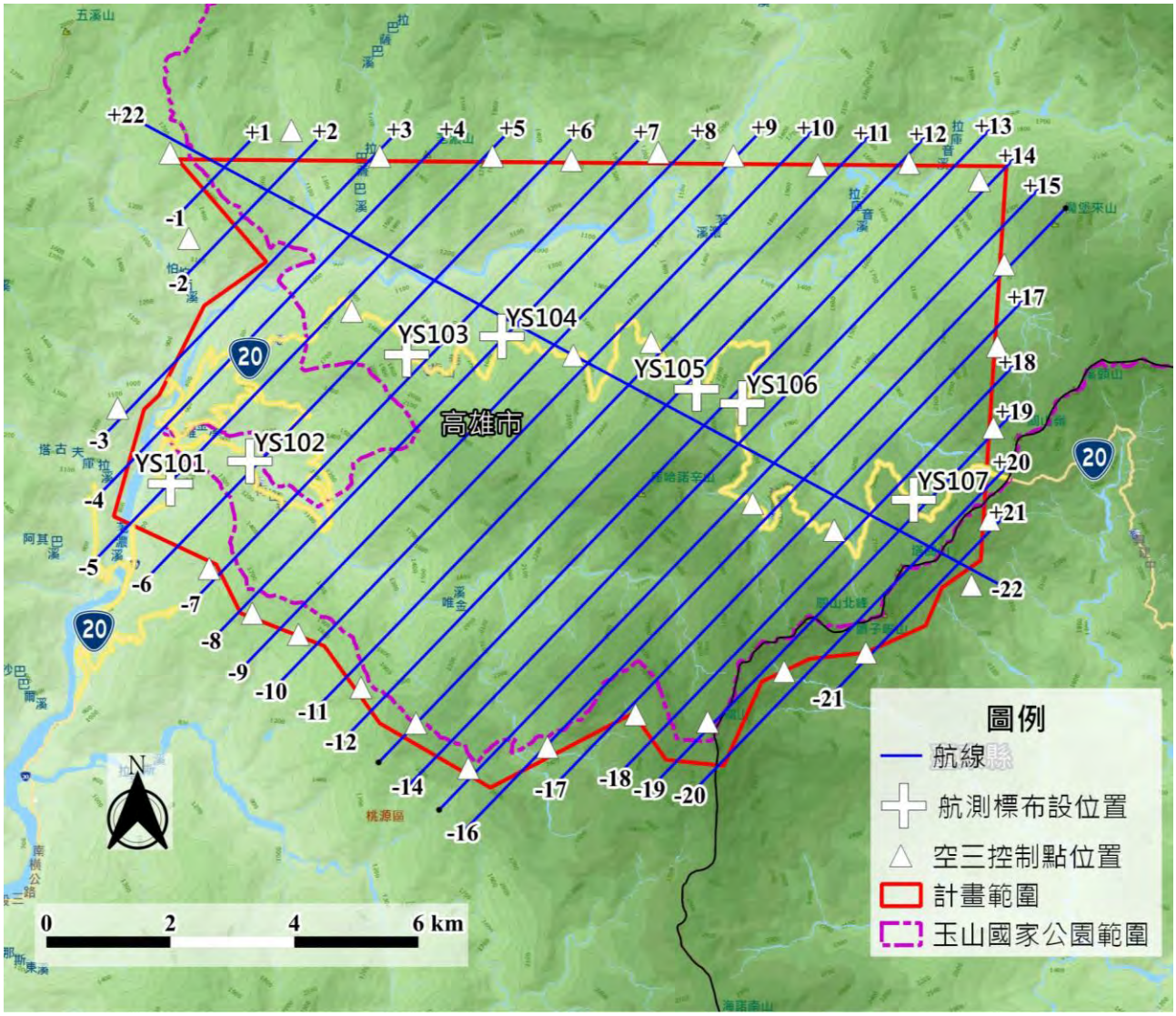


圖 2-26　航線頭、中、尾控制點規劃位置

1. 人車可以抵達區域：

本計畫於 110 年 4 月 21 至 22 日位於人車可以抵達區域(台 20 線南橫公路)在透空良好處布設航測標，共布設 7 支航測標(YS101~YS107)位置如圖 2-26。使用靜態 GNSS 施測 TWD97【2010】三維坐標資訊，並經由內政部公告之 Geoid2014 轉換至 TWVD2001 正高系統，測量完成後針對航測標製作點位紀錄表詳如附件三。

依據玉管處需求，為避免遊客與用路人誤會地面畫設的航測標為惡意塗鴉，本計畫擬設計航測標規格如圖 2-27，並於現地航測標旁標記「航測標」以及相應點號字樣，相關現地工作照如圖 2-28。

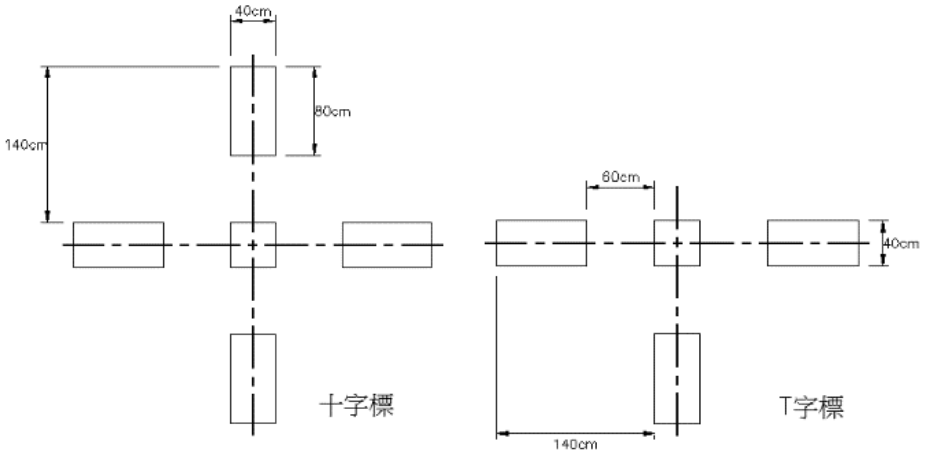


圖 2-27　航測標規格

圖 2-28　航測標現地標註照片

2. 人車無法抵達區域：

因本計畫區域多屬人車無法到達區域，本計畫預計以空中三角測量方式，針對裸露地表進行高程測量，獲取航線頭、中、尾控制點位三維坐標成果，初步規劃空三控制點分布如圖 2-26。

（二）已知控制點檢核

1. 本計畫人車可以抵達區域(台 20 線南橫公路)於透空良好處布設航測標共 7 支，使用內政部公告之三等衛星控制點(MZ21、SZ04、SZ56)及衛星追蹤站(WULU)共 4 點，使用靜態 GNSS 方式施測，已知控制點相關資訊如表 2-9，已知控制點與航測標控制點分布如圖 2-29。

表 2-9　已知控制點資訊

編號	點號	內政部公告坐標 TWD97【2010】			類型
		X 橫坐標(m)	Y 縱坐標(m)	橢球高(m)	
1	MZ21	238753.782	2599967.818	2530.926	三等衛星控制點
2	SZ04	226388.875	2564025.126	712.343	三等衛星控制點
3	SZ56	232391.865	2574940.588	825.867	三等衛星控制點
4	WULU	254246.418	2563026.722	901.579	衛星追蹤站

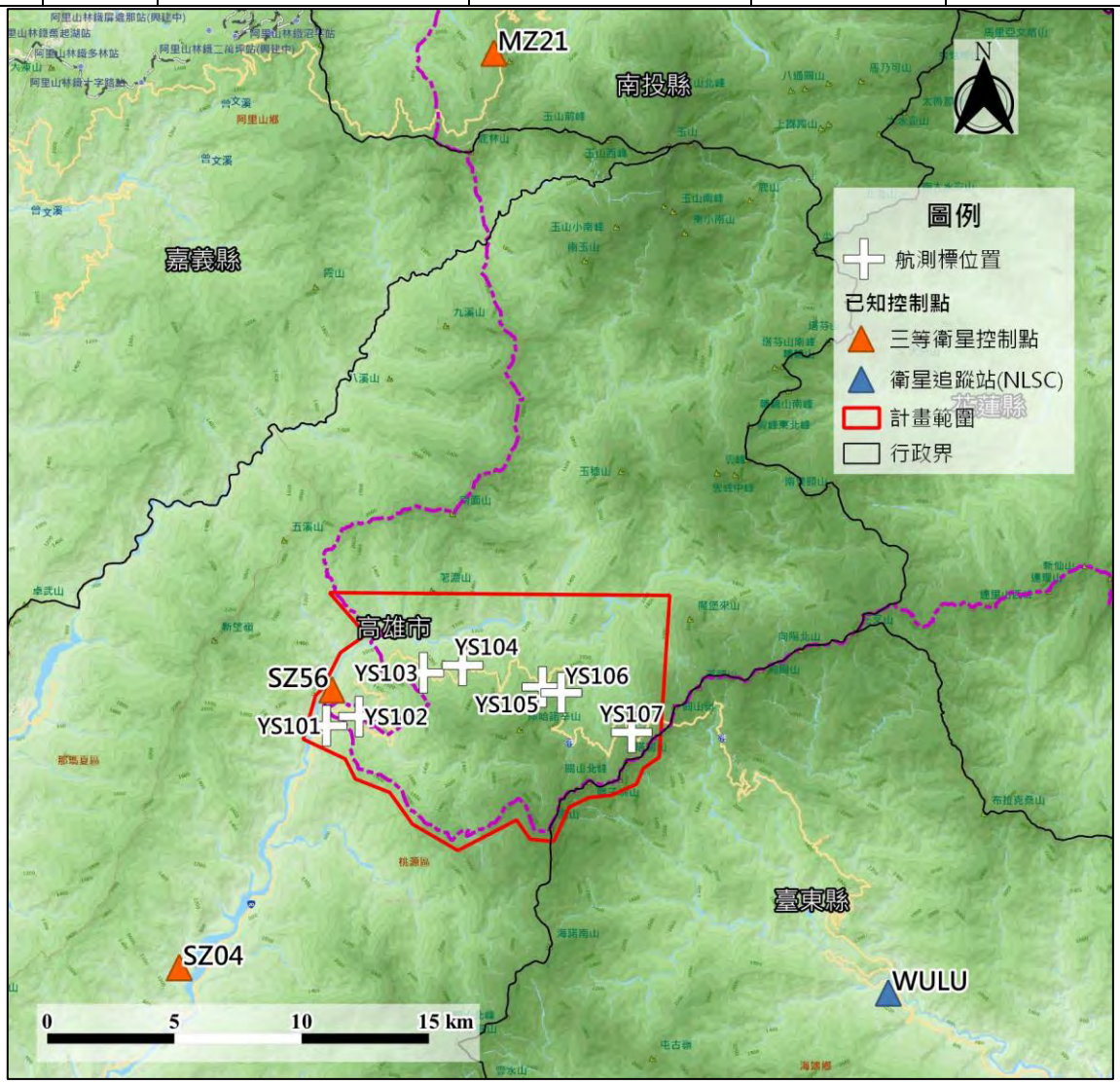


圖 2-29　已知控制點與航測標分布圖

2. GNSS 靜態作業內容包含最小約制以及強制附合兩階段(圖 2-30)，其中，於最小約制階段需固定一至二站已知控制點坐標，解算其餘已知點三維坐標，並與內政部公告之坐標值比較公告基線與解算基線差異(邊條件)、公告方位角與解算方位角差異(角條件)數值，做為最小約制檢核依據，以邊條件不得大於二萬分之一、角條件不得大於 20 秒為標準規範，通過檢核規範的已知點方可用於後續強制套合作業。

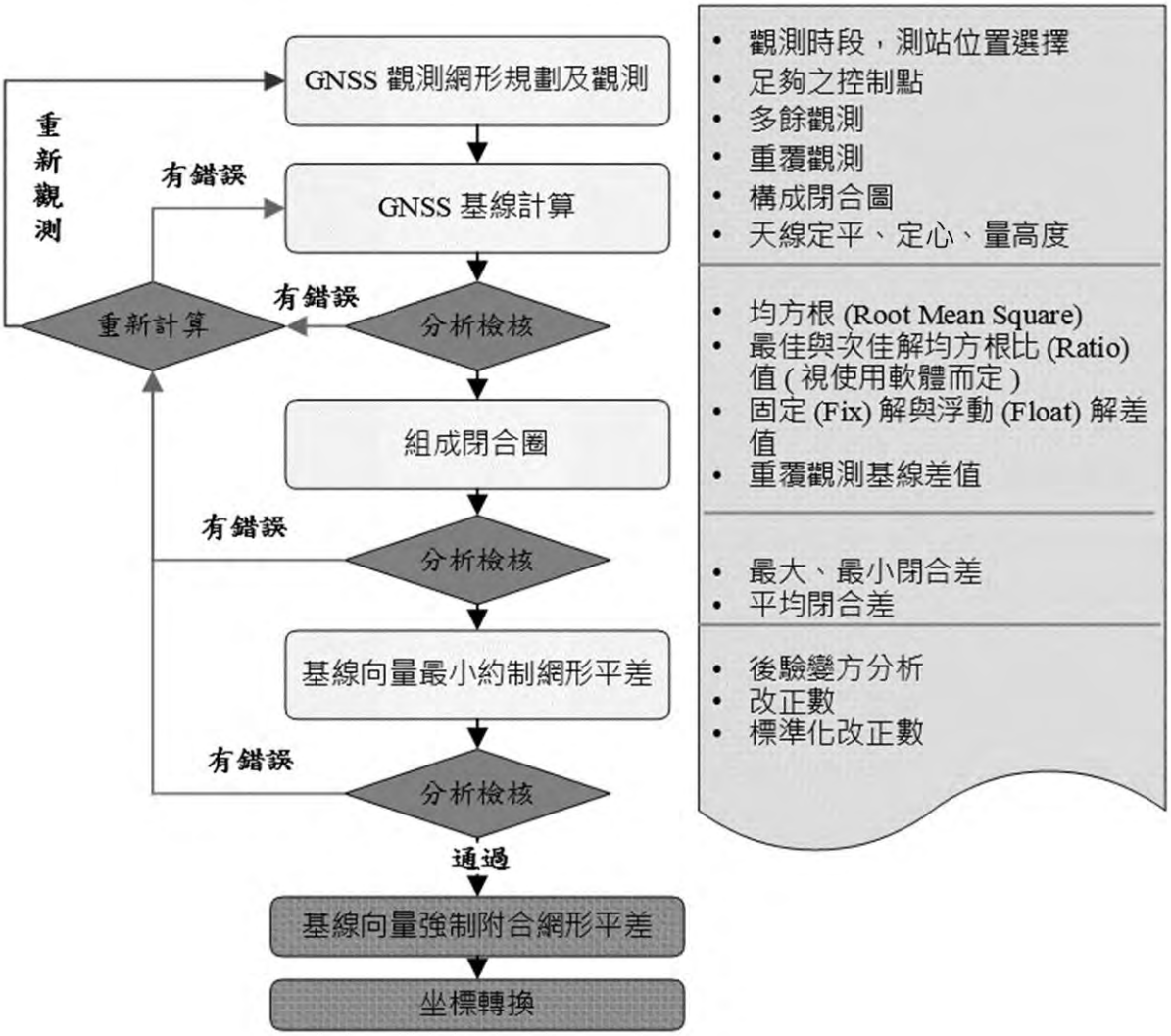


圖 2-30　GNSS 靜態解算作業流程

3. 本計畫所使用之內政部公告已知控制點邊條件以及角條件檢核成果如表 2-10 以及表 2-11，全數通過檢核，續加入強制套合網形平差作業，解算航測標控制點坐標成果。

表 2-10　已知控制點邊條件檢核成果

起點號	終點號	公告坐標邊長 (m)	最小約制邊長 (m)	距離差值 (m)	最小約制邊長精度	容許精度	是否合格
MZ21	SZ04	38010.104	38010.158	-0.054	1/704,804	1/20,000	合格
MZ21	SZ56	25823.172	25823.190	-0.018	1/1465,025	1/20,000	合格
MZ21	WULU	40058.287	40058.234	0.053	1/756,513	1/20,000	合格
SZ04	SZ56	12457.255	12457.293	-0.038	1/323,851	1/20,000	合格
SZ04	WULU	27875.428	27875.426	0.002	1/13608,831	1/20,000	合格
SZ56	WULU	24890.996	24890.944	0.052	1/479,958	1/20,000	合格

表 2-11　已知控制點角條件檢核成果

起點號	終點號	公告坐標方位角			最小約制方位角			方位角差值 (秒)	容許精度	是否合格
		度	分	秒	度	分	秒			
MZ21	SZ04	198	59	2.768	198	59	2.684	0.083	20 秒	合格
MZ21	SZ56	194	15	44.982	194	15	44.823	0.159	20 秒	合格
MZ21	WULU	157	14	50.746	157	14	50.637	0.109	20 秒	合格
SZ04	SZ56	28	48	31.399	28	48	31.389	0.010	20 秒	合格
SZ04	WULU	92	3	9.291	92	3	8.455	0.836	20 秒	合格
SZ56	WULU	118	35	48.191	118	35	47.680	0.511	20 秒	合格

（三）航測標控制測量

依據前述通過最小約制檢核之已知控制點，進行航測標控制點強制套合解算，相關 GNSS 網形分布圖如圖 2-31，解算後三維坐標成果如表 2-12，彙整點位近照、遠照以及點位說明等資訊，製作航測標點位紀錄表如圖 2-32 以及附件三。

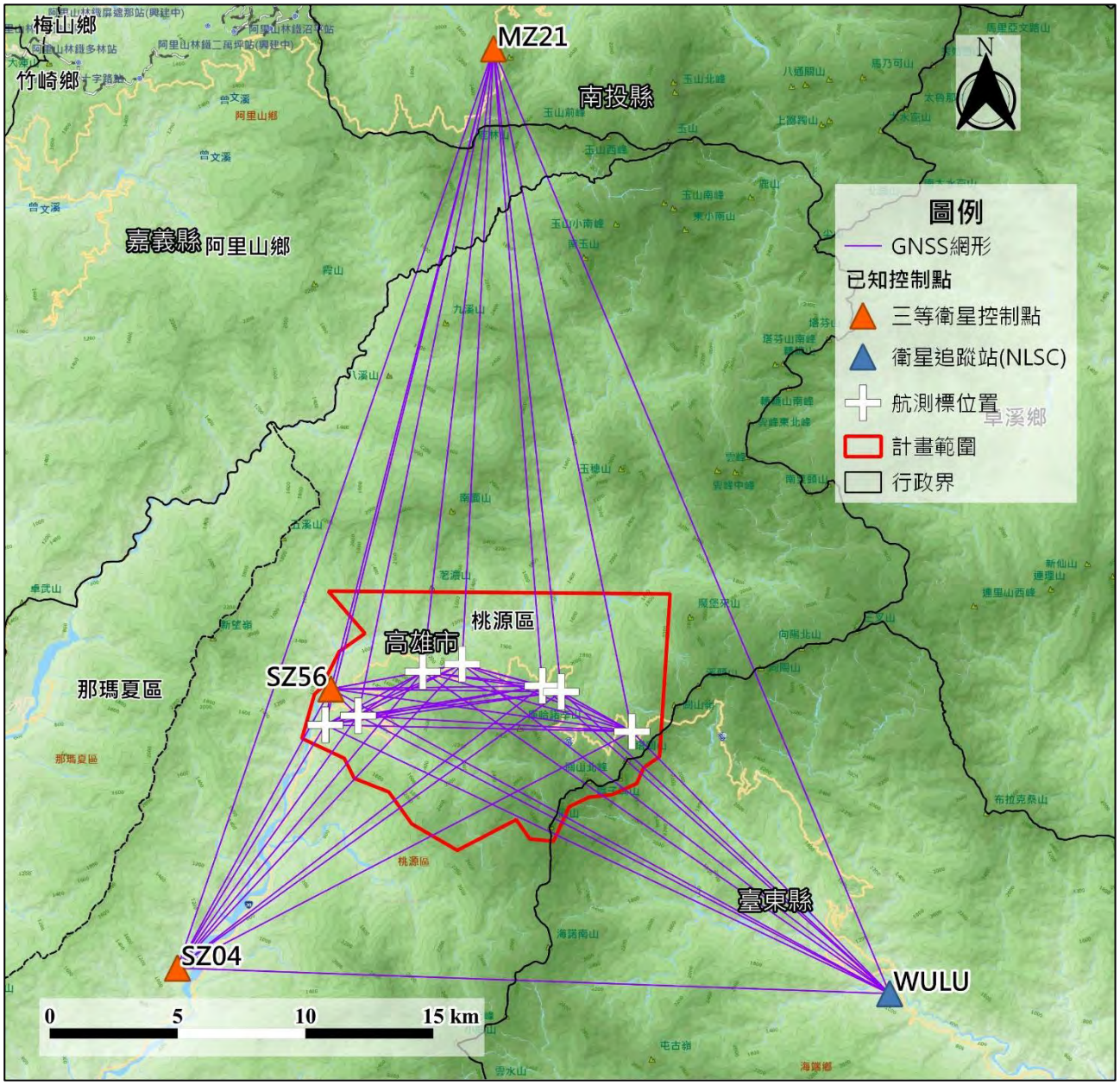


圖 2-31　GNSS 網形圖

表 2-12　航測標測量成果

點號	TWD97【2010】			內政部公告	轉換後
	X 橫坐標(m)	Y 縱坐標(m)	橢球高(m)	大地起伏(m)	正高(m)
YS101	232174.055	2573532.673	918.426	26.289	892.137
YS102	233457.053	2573893.729	1037.476	26.428	1011.048
YS103	235985.871	2575613.109	1582.639	26.667	1555.972
YS104	237522.570	2575907.331	1742.930	26.891	1716.039
YS105	240662.717	2575058.640	2095.585	27.251	2068.334
YS106	241401.896	2574827.751	2271.637	27.300	2244.337
YS107	244164.759	2573272.579	2641.107	27.585	2613.522

玉山國家公園南部園區航空攝影與光達掃描作業暨圖資製作案
【航測標點位紀錄表】

點　號	**YS105**		**圖　號**	95191087	
所 在 地	高雄市桃源區		**點　別**	□高控 □平控 ■全控	
平面坐標 TWD97【2010】	E	240662.717m	**高程值**	正高	2068.334m
	N	2575058.640m		橢球高	2095.585m
測 設 單 位	自強工程顧問有限公司				
點位種類	油漆十字標		**高程別**	靜態 GNSS	
施測人員及日期	游勝宇，110 年 4 月		**檢查人員及日期**	簡睿怡，5 月	
點 位 說 明 (交通路線)	由梅山青年活動中心(梅山巷 55 號)往北走南橫公路(台 20 線)約 22.2 公里點位即在路邊。				

位置略圖

詳圖

點位現地遠照

點位現地近照

說明與備註：正高為 GNSS 高程轉換

圖 2-32　航測標點位紀錄表(詳如附件三)

2-5 空載光達掃瞄施測資料獲取

一、採用 BN2 系列定翼機搭配全波形空載光達 Riegl LMS-Q780 與傾斜像機 AOS-5 同步拍攝掃瞄，完整獲取相應航拍影像之地形資訊，能記錄 1ns 取樣之波形資料，需包含發射脈衝（transmitted pulse）與接收回波之波形，以及 8bit（含）以上之反射強度資訊，掃瞄成果需能輸出回波波形相關屬性資料，如波形寬度（width）、振幅（amplitude）值等。

二、施測資料包含實際飛航時，結合 GNSS、IMU 所取得之原始軌跡數據。

三、航線掃瞄 GNSS 數據 PDOP 圖形：展示 GNSS 數據 PDOP 圖形，用以說明每條掃瞄航線掃瞄當時 GNSS 之幾何條件。地面 GNSS 基站之 PDOP 之規範平均小於 3，飛航時定位光達掃瞄成果之 GNSS 之原始 PDOP 值不得大於 4。

四、LiDAR 系統率定報告：報告內容至少包括系統率定方法、日期、地點、成果精度說明。率定方式可參照各硬體設備製造商之標準程序進行，惟率定後之高程中誤差不得大於 10 cm，詳如附件二。

五、本計畫於 110 年 5 月 16 日、110 年 5 月 22 日、110 年 5 月 23 日均採用 BN2 系列定翼機共執行 3 架次飛航掃瞄作業，完成本計畫航拍任務，飛航軌跡如圖 2-33 至圖 2-35。

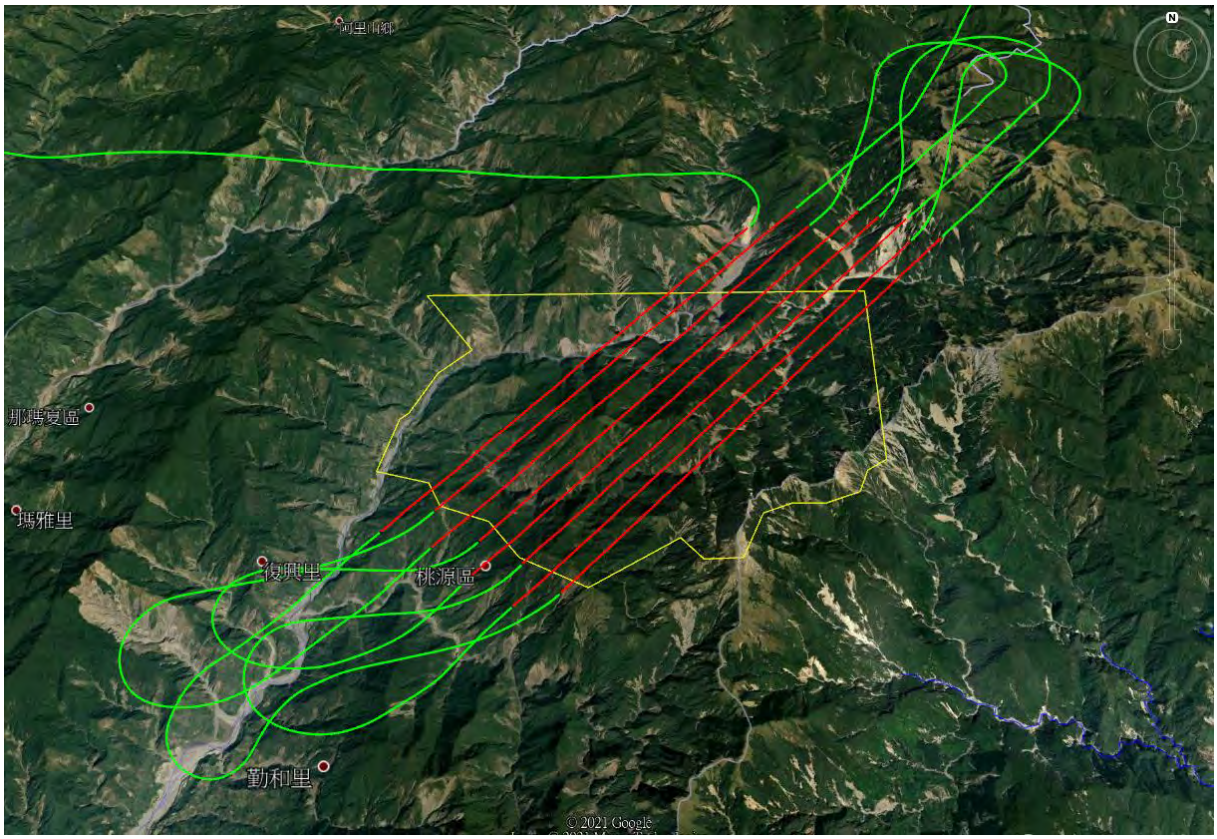


圖 2-33　架次 1：110 年 5 月 16 日

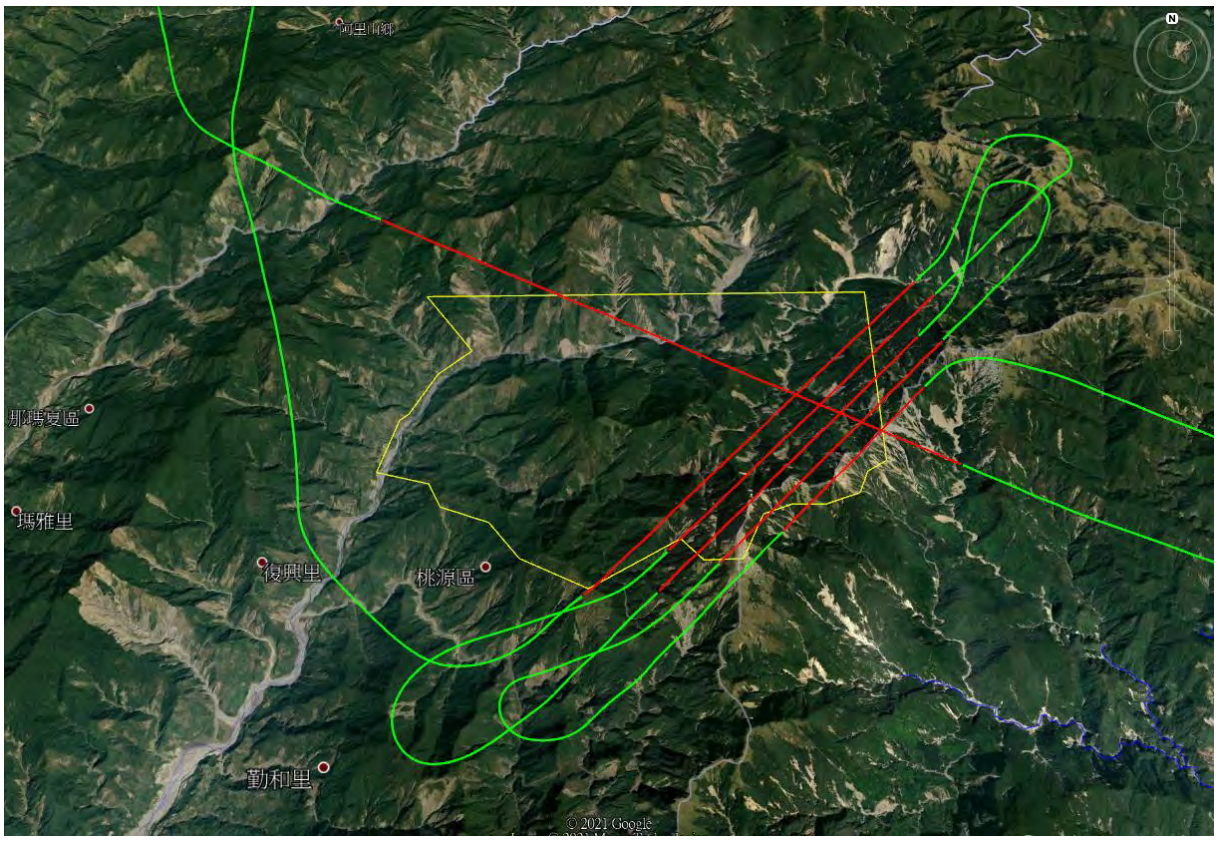


圖 2-34　架次 2：110 年 5 月 22 日

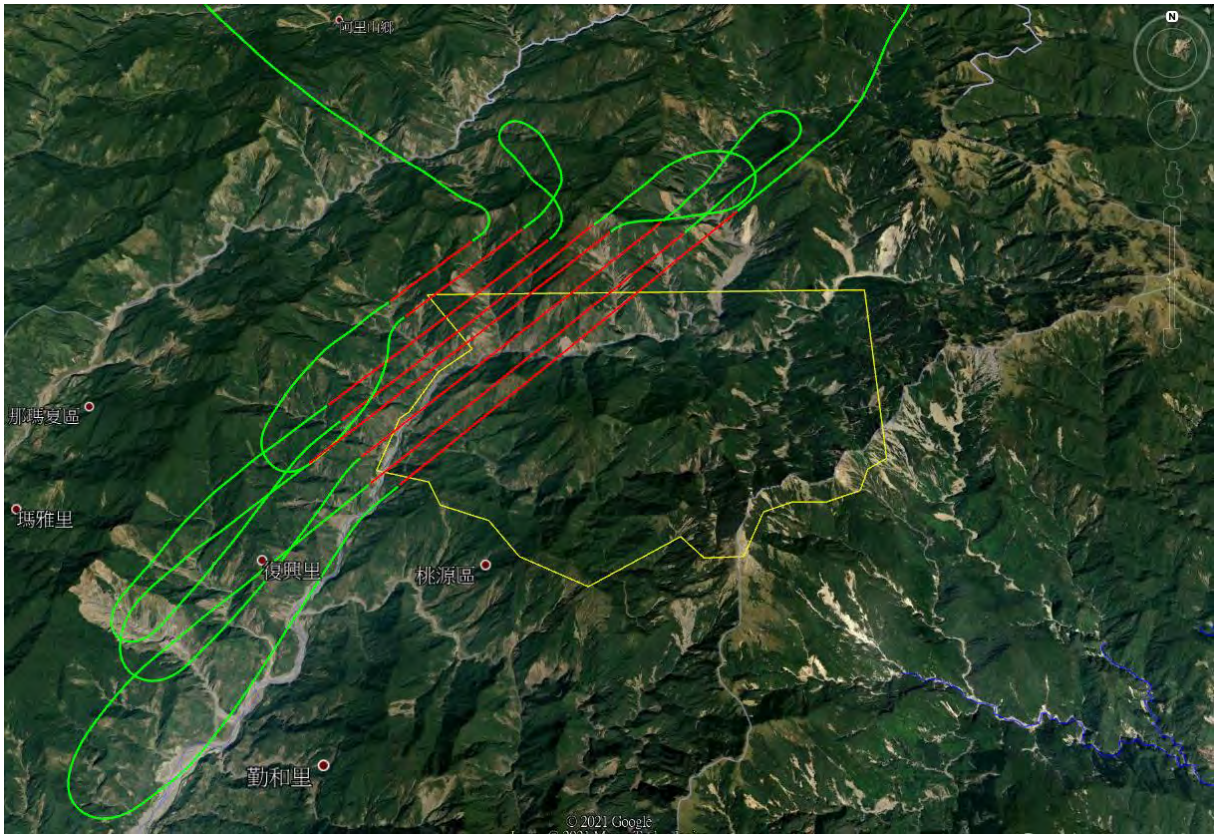


圖 2-35　架次 3：110 年 5 月 23 日

2-6 光達掃瞄點雲資料處理

本計畫共執行 22 條空載光達掃瞄航線(如**圖 2-36**)，作業內容包括光達掃瞄點雲資料前處理、解算與航帶平差、掃瞄點雲資料後處理、掃瞄作業成果檢查、點雲資料分幅、分類及編修等處理，相關作業流程如**圖 2-37**。

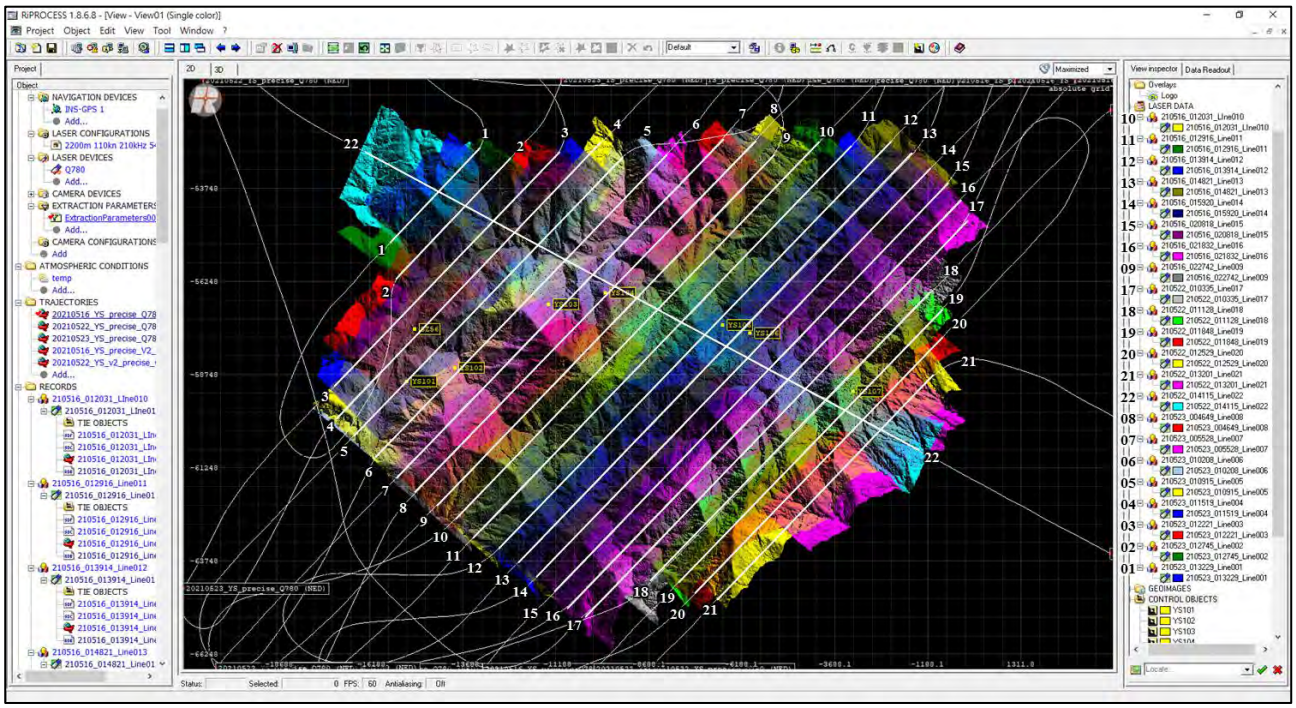


圖 2-36 空載光達掃瞄點雲成果初步展示(航線分色)

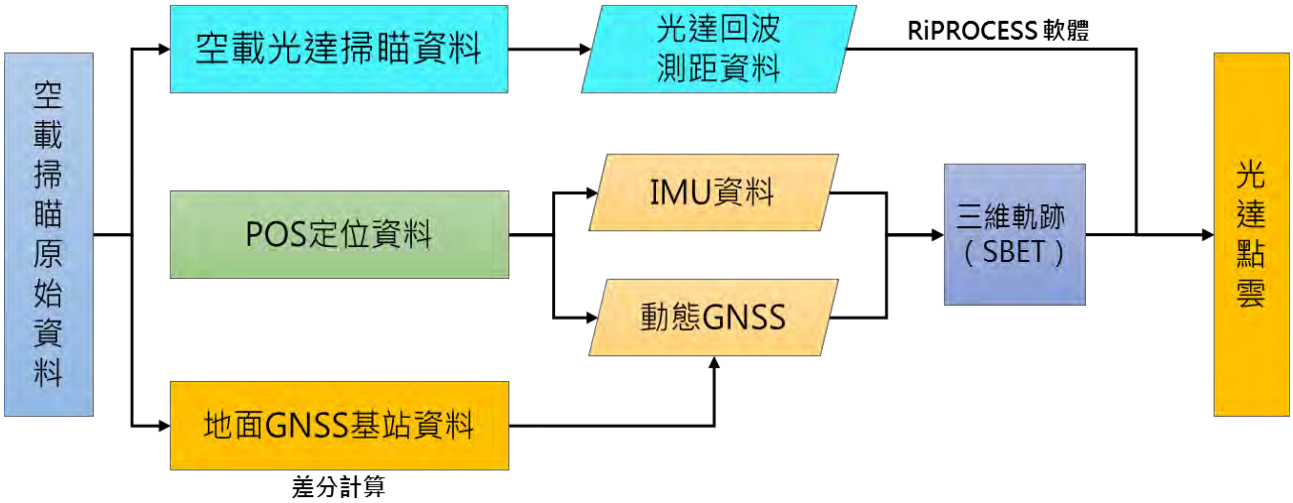


圖 2-37 空載光達點雲解算處理流程

一、應用航帶重疊數據與交叉飛航數據誤差分析：依據航帶間重疊數據進行誤差分析評估，並提出重疊數據內部精度與誤差分析評估報告。

二、應進行航帶平差，並以航帶平差之成果進行精度分析，以及資料之整合。作業畫面如圖 2-38，平差成果如表 2-13，測量中誤差為 5.5 cm，符合本計畫作業規定(20.0 cm)。

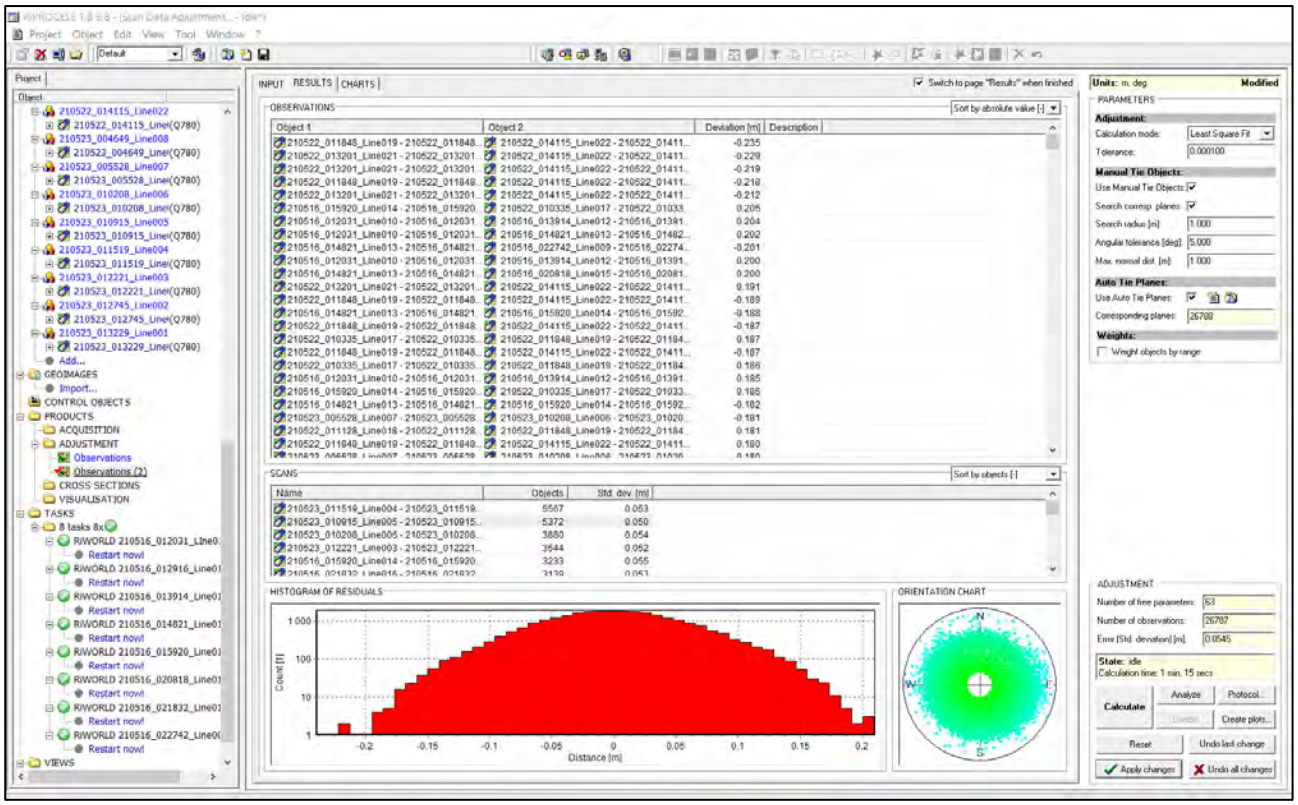


圖 2-38　空載光達點雲平差作業畫面

表 2-13　點雲平差作業畫面資訊表

項次	項目	平差結果
1	計算模式	Analyze
2	計算時間	1 分 15 秒
3	計算方法	最小二乘平方法
4	總觀察量	26787 個數
5	標準差 [m]	0.055 m

三、本計畫工作規範規定航線左右重疊不得小於 30%，依據掃瞄成果計算點雲涵蓋範圍(圖 2-39)，並計算相鄰平行航線重疊面積與重疊率如表 2-14，**成果全數符合作業規範**。

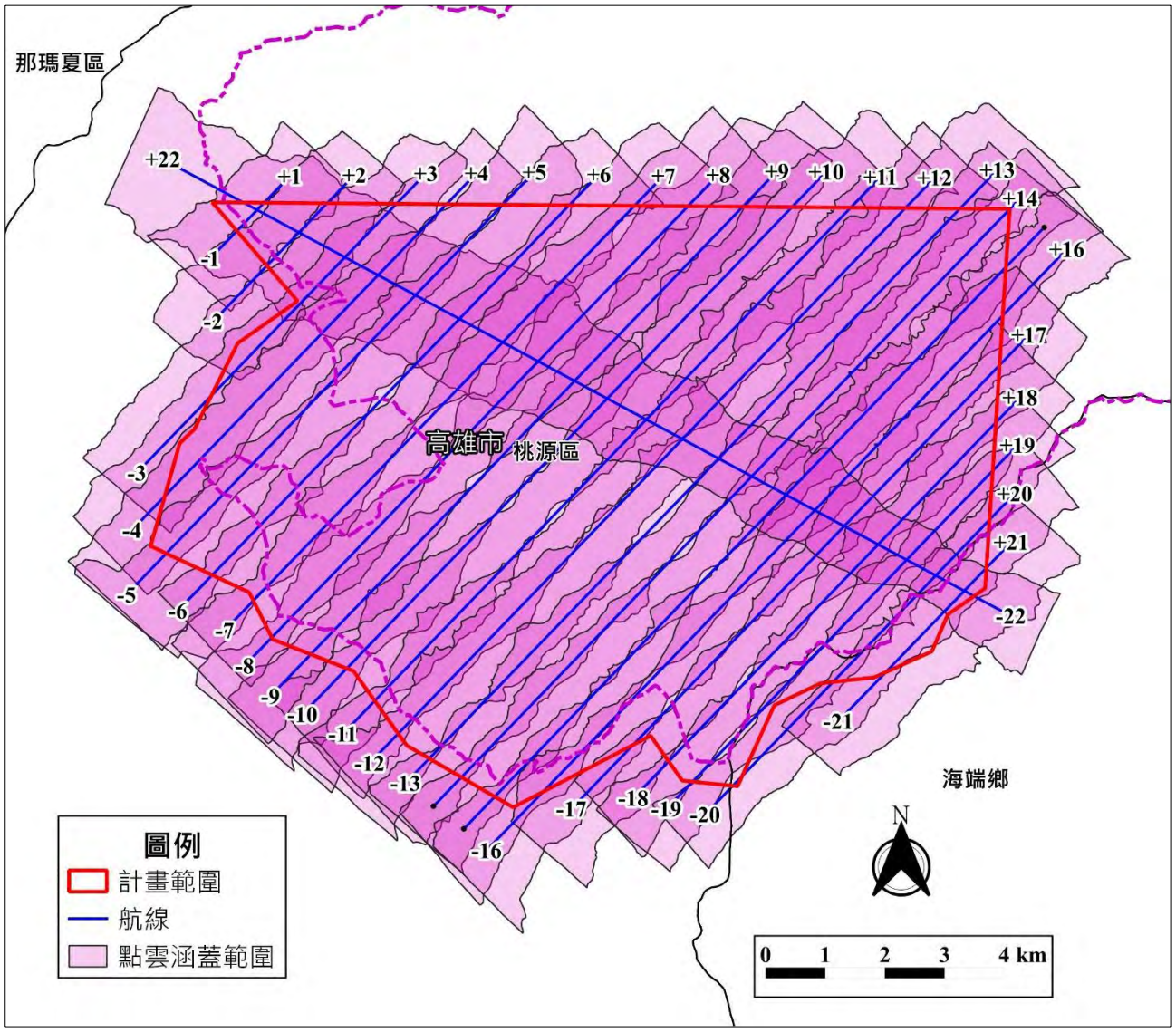


圖 2-39　點雲涵蓋範圍

表 2-14　點雲航線重疊率分析

航線編號	面積(km^2)	重疊面積(km^2)	百分比	作業規範	是否合格
1	4.463	-	-	-	-
		2.343	52.49%	30%	合格
2	7.67				
		4.112	53.61%	30%	合格
3	13.221				
		9.098	68.82%	30%	合格
4	15.93				

航線編號	面積(km^2)	重疊面積(km^2)	百分比	作業規範	是否合格
5	21.114	10.708	67.22%	30%	合格
6	21.835	12.808	60.66%	30%	合格
7	21.5	11.811	54.93%	30%	合格
8	24.802	14.85	69.07%	30%	合格
9	25.627	16.56	66.77%	30%	合格
10	27.129	16.353	63.81%	30%	合格
11	26.181	17.335	66.21%	30%	合格
12	25.155	14.362	57.10%	30%	合格
13	29.15	17.865	71.02%	30%	合格
14	25.351	15.911	62.76%	30%	合格
15	25.014	16.741	66.93%	30%	合格
16	22.977	14.752	64.20%	30%	合格
17	21.486	14.248	66.31%	30%	合格
18	16.309	10.777	66.08%	30%	合格
19	14.085	8.878	63.03%	30%	合格
20	12.311	6.892	55.98%	30%	合格
21	8.59	5.256	61.18%	30%	合格
		-	-	-	-

四、點密度

（一）規範

1. 依據本案作業規定，於中高海拔地區(高程 800m 以上) 應高於 2 點/m^2，至於低海拔及河川洪泛溢淹地區(高程 800m 以下)應高於 1 點/m2。
2. 依據內政部國土測繪中心「110 年及 111 年 LiDAR 技術更新數值地形模型成果測製工作」規定，點密度條件：

(1) 掃描區以 100m × 100m 劃分網格單元。

(2) 以航帶重疊後之原始點數，計算該網格之平均點密度。

(3) 以 2 點/m^2 為原則，低於 2 點的網格數不得超過作業區全部網格數的 10%，低於 1 點的網格數不得超過作業區全部網格數的 5%。

（二）

本計畫利用 MStripAnalysis 軟體建立 100m x 100m 大小網格，計算網格內點數量，如圖 2-41，分析計畫範圍內各網格點密度成果共 11419 格，平均密度為 3.02 點/m^2，其中點密度 1~2 點/ m^2 共有 583 格(5.14%)，2 點/m^2 以上共有 10763 格(94.85%)，1 點/m^2 以下共有 1 格(0.01%)，網格計算成果統計資訊如圖 2-42，<u>**成果符合作業規範**</u>。

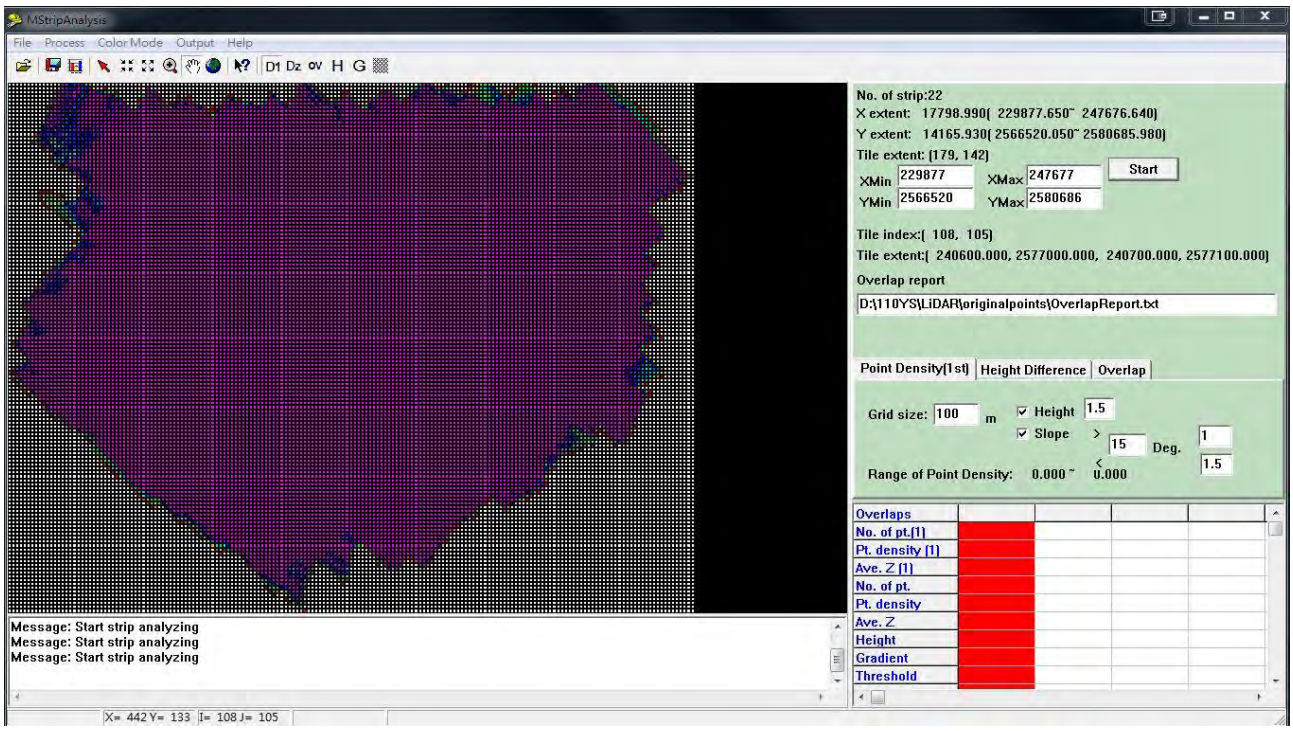


圖 2-40　MStripAnalysis 軟體操作畫面

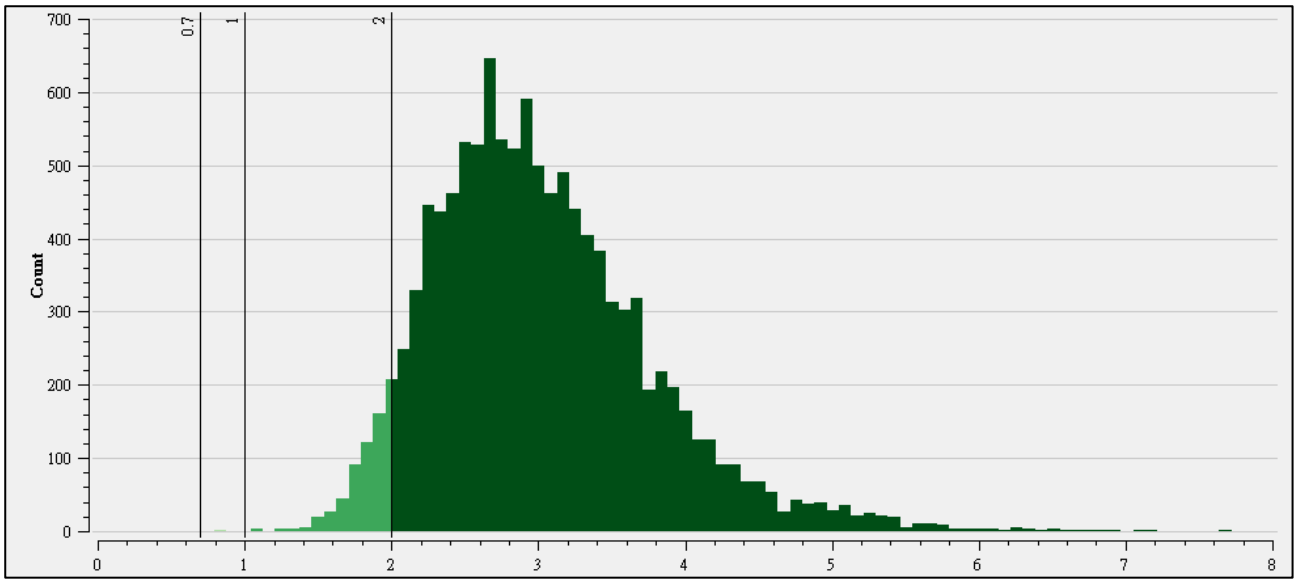


圖 2-41　空載光達點密度統計圖

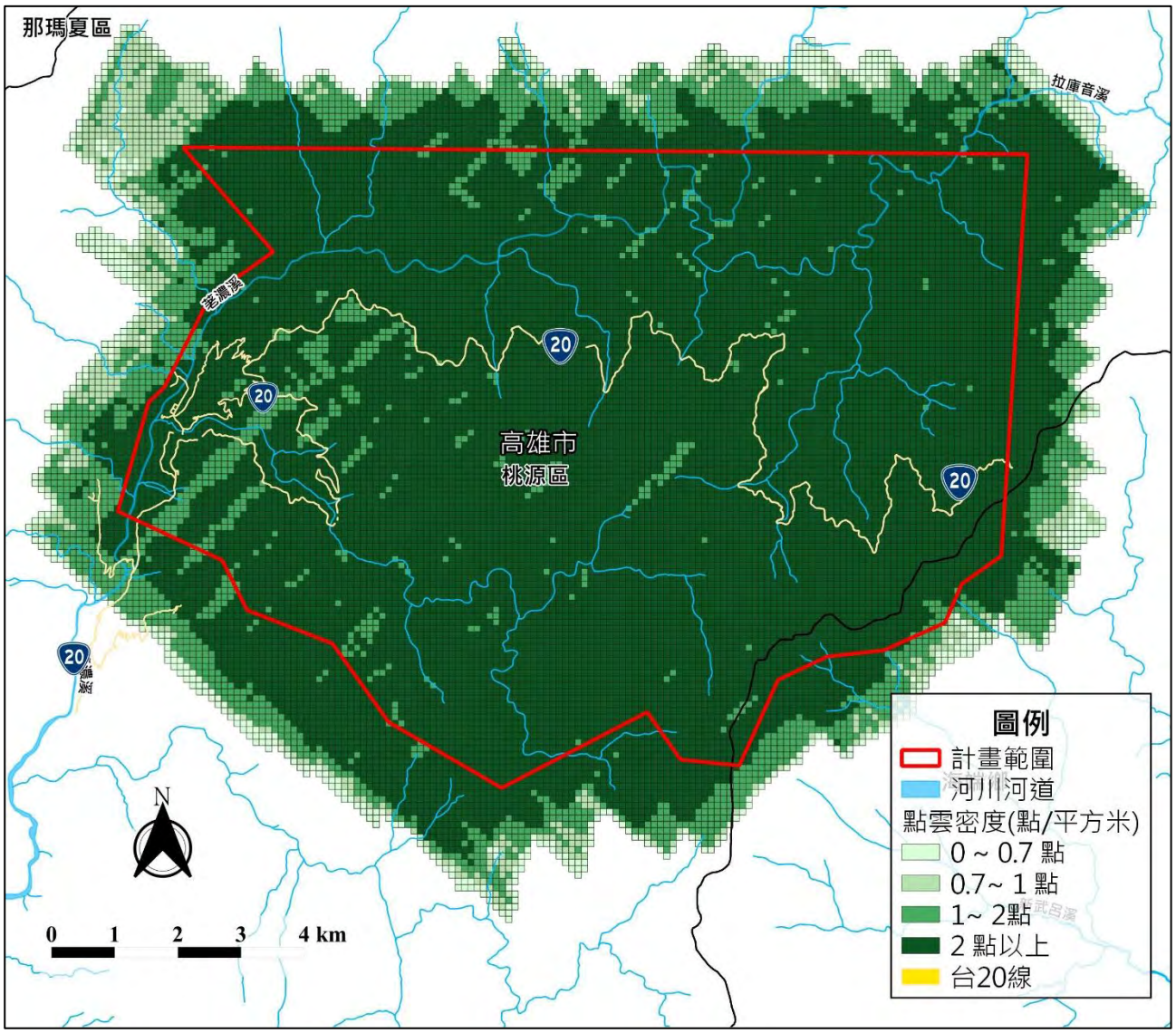


圖 2-42　點雲密檢核成果圖

2-7 數值高程模型(DEM)與數值地表模型(DSM)製作

一、製作內容：包含人工編修與檢核、正高改算、網格計算以及圖幅鑲嵌處理等。

二、製作程序：應於航帶平差工作完成，且經檢核通過後，方可進行 DEM 及 DSM 製作之工作。可採自動化過濾方法製作 DEM 及 DSM，但最後的成果應經過人工的檢核及編修程序。

三、人工編修與檢核：利用 Terrascan 模組進行點雲自動分類，其演算法原理主要利用選取範圍內的低點組成三角網模型，形成初始地表，接續以人工設定三角網垂直距離(iteration distance)，判定其餘點是否為地表點，自動分類地表點雲與非地表點雲。藉由點雲自動分類完成初步地表分類，接續以人工編修獲取完整地表資料，人工編修畫面如圖 2-43 以及圖 2-44。

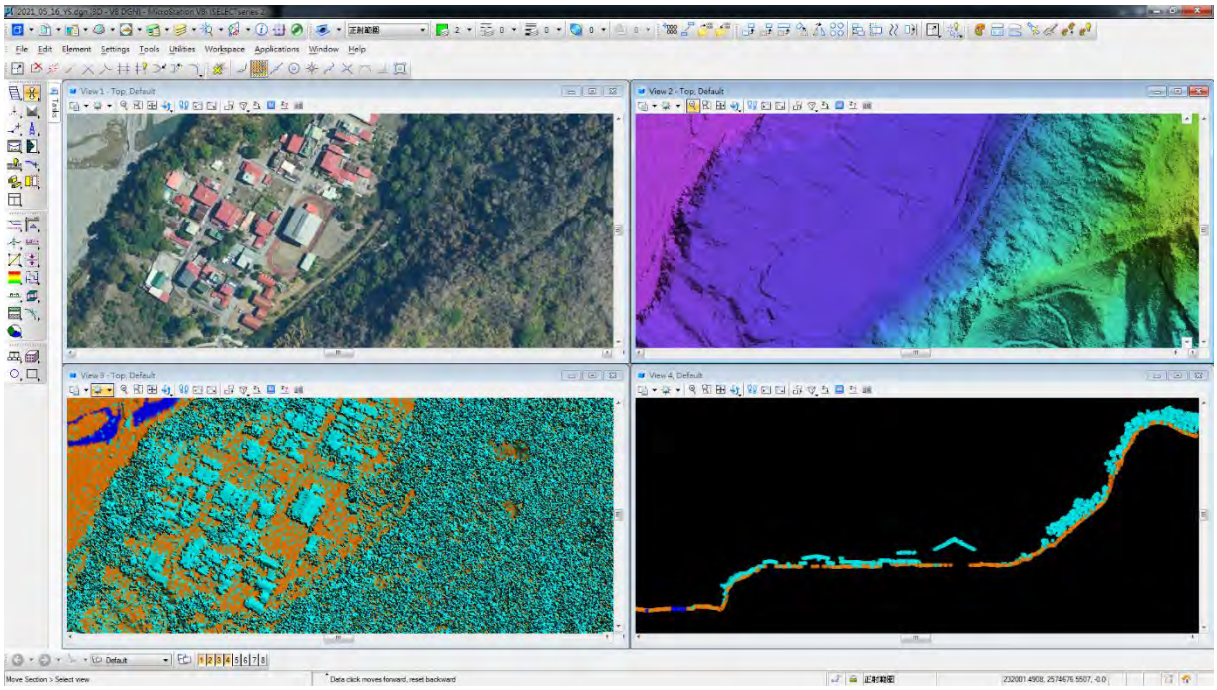


圖 2-43　點雲人工編修畫面

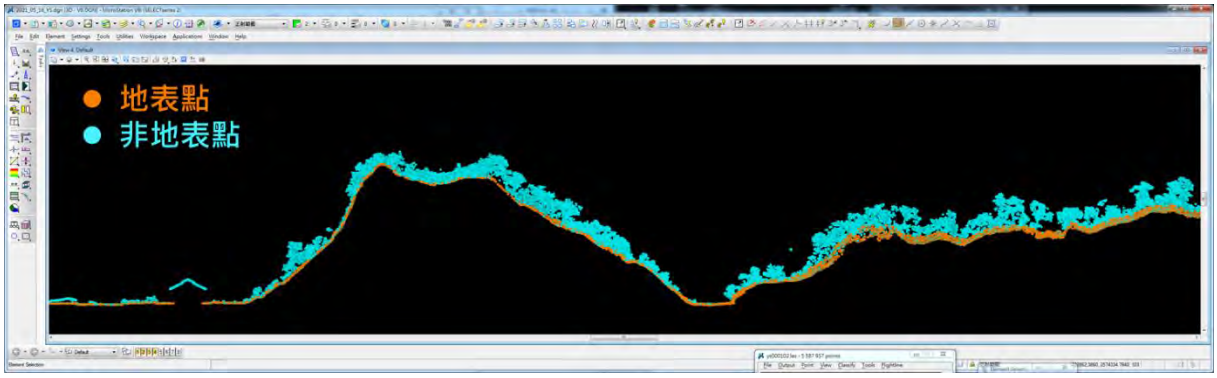


圖 2-44　點雲編修分類成果

四、DEM/DSM 網格內插：本計畫使用 SCOP++軟體，將分類後點雲成果內插為 1 m 之 DEM/DSM，SCOP++操作畫面如**圖 2-45**，本案 DEM/DSM 成果截取梅山地區展示如**圖 2-46**。

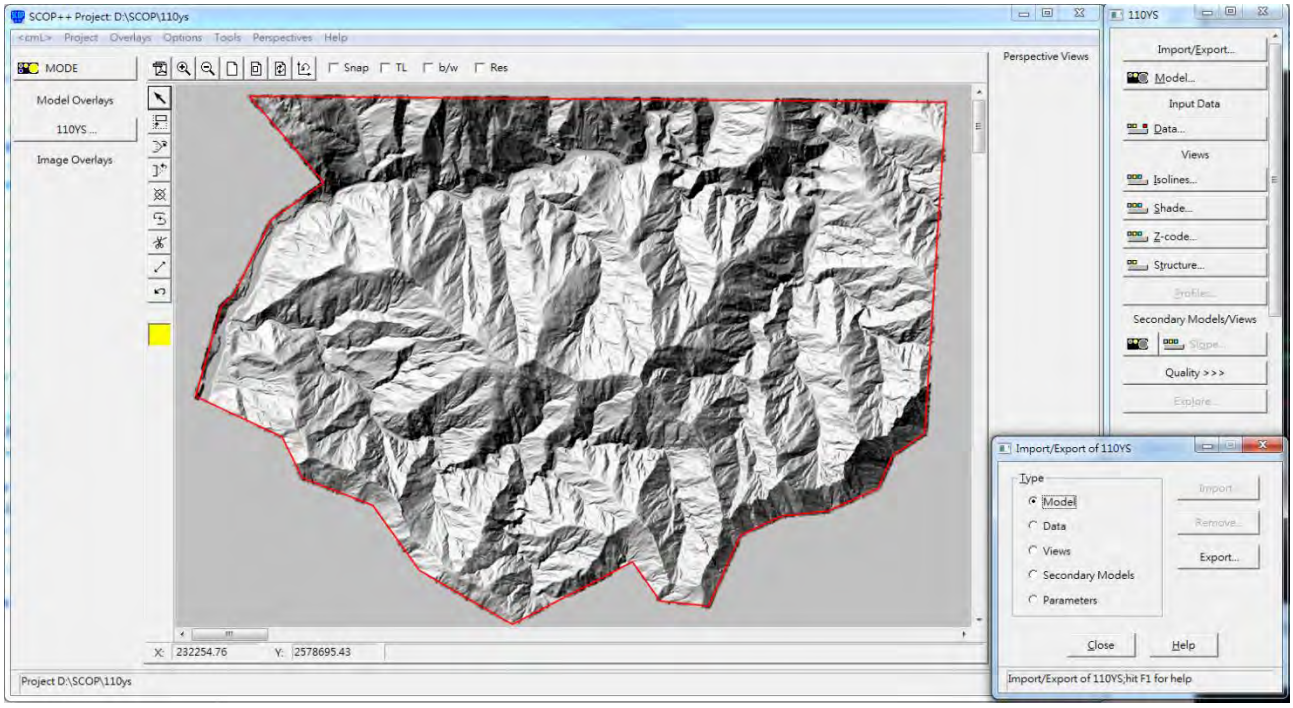


圖 2-45　SCOP++內插作業畫面

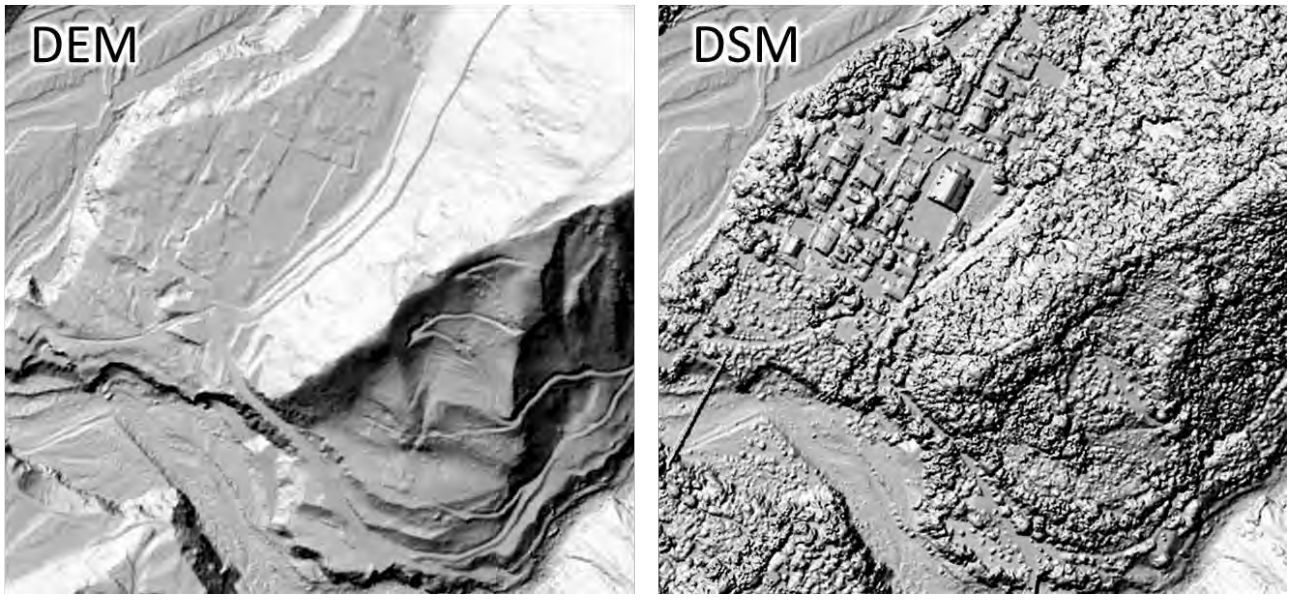


圖 2-46　DEM/DSM 成果圖(梅山地區)

五、圖幅：以現行 1/5000 像片基本圖之圖幅為分幅之依據，並向外擴大到 1 m 整倍數坐標值之網格點所連接之矩形為準。各圖幅間得重疊，重疊區資料應重複且相同。本案需繳交 1/2,500、1/5,000 圖幅 DEM/DSM 成果，圖幅與計畫範圍分布如圖 2-47，共包含 26 幅 1/5,000 圖幅(表 2-15)及 89 幅 1/2,500 圖幅(表 2-16)。

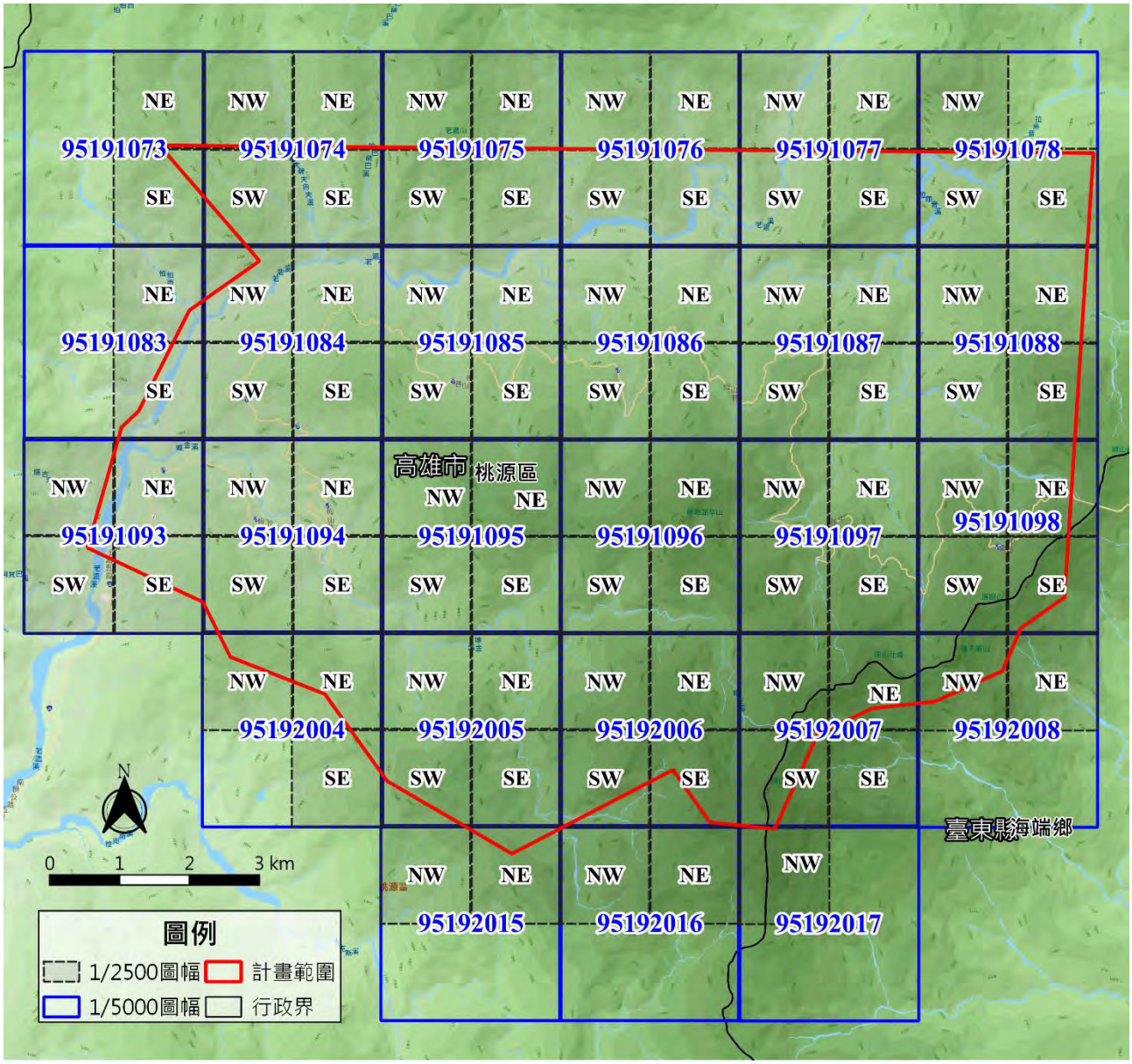


圖 2-47　計畫範圍 1/5000 及 1/2500 圖幅分布位置

表 2-15　計畫範圍涵蓋 26 幅 1/5,000 圖幅列表

序號	1/5000 圖號	序號	1/5000 圖號
1	95191073	14	95191094
2	95191074	15	95191095
3	95191075	16	95191096
4	95191076	17	95191097
5	95191077	18	95191098
6	95191078	19	95192004
7	95191083	20	95192005
8	95191084	21	95192006
9	95191085	22	95192007
10	95191086	23	95192008
11	95191087	24	95192015
12	95191088	25	95192016
13	95191093	26	95192017

表 2-16　計畫範圍涵蓋 89 幅 1/2,500 圖幅列表

序號	1/2500 圖號	序號	1/2500 圖號	序號	1/2500 圖號	序號	1/2500 圖號	序號	1/2500 圖號
1	95191073NE	19	95191078NW	37	95191087NW	55	95191095SW	73	95192005SE
2	95191073SE	20	95191078SE	38	95191087SE	56	95191096NE	74	95192005SW
3	95191074NE	21	95191078SW	39	95191087SW	57	95191096NW	75	95192006NE
4	95191074NW	22	95191083NE	40	95191088NE	58	95191096SE	76	95192006NW
5	95191074SE	23	95191083SE	41	95191088NW	59	95191096SW	77	95192006SE
6	95191074SW	24	95191084NE	42	95191088SE	60	95191097NE	78	95192006SW
7	95191075NE	25	95191084NW	43	95191088SW	61	95191097NW	79	95192007NE
8	95191075NW	26	95191084SE	44	95191093NE	62	95191097SE	80	95192007NW
9	95191075SE	27	95191084SW	45	95191093NW	63	95191097SW	81	95192007SE
10	95191075SW	28	95191085NE	46	95191093SE	64	95191098NE	82	95192007SW
11	95191076NE	29	95191085NW	47	95191093SW	65	95191098NW	83	95192008NE
12	95191076NW	30	95191085SE	48	95191094NE	66	95191098SE	84	95192008NW
13	95191076SE	31	95191085SW	49	95191094NW	67	95191098SW	85	95192015NE
14	95191076SW	32	95191086NE	50	95191094SE	68	95192004NE	86	95192015NW
15	95191077NE	33	95191086NW	51	95191094SW	69	95192004NW	87	95192016NE
16	95191077NW	34	95191086SE	52	95191095NE	70	95192004SE	88	95192016NW
17	95191077SE	35	95191086SW	53	95191095NW	71	95192005NE	89	95192017NW
18	95191077SW	36	95191087NE	54	95191095SE	72	95192005NW		

六、資料格式採數據以 m 為單位，光達掃瞄如遭遇水體而無反射資料，以致沒有水體面高程數據，於本案仍屬可接受。規則網格 DEM 及 DSM 在水體面無高程數據者，使用同一識別碼識別「無數據」，並於詮釋資料中加以說明。

（一）原始光達數據採 WGS84 坐標系統，屬不規則離散測點，資料格式為 LAS 檔，資料欄位包括 X,Y,Z 三維坐標、光達反應值(intensity)、多重回波之數據紀錄及分類後類別之代碼。每幅數據需有詮釋資料文件。

（二）分類後地面測點與非地面測點數據：WGS84 坐標系統，屬不規則離散測點，資料格式為 LAS 檔，資料欄位包括 X,Y,Z 三維坐標、測點光達反應值(intensity)。每幅數據需有詮釋資料文件。

（三）DEM 及 DSM 規則網格資料：資料格式依內政部「高精度及高解析度數值地形模型測製規範」(草案)規定辦理。

（四）數值地形資料鑲嵌：執行範圍施測之成果必須與「南二段北段區域 LiDAR 高解析度數值地形製作」計畫已執行完畢之區域進行接邊資料的銜接，並重新加以編修，使鑲嵌之成果平滑化。

七、資料精度：DEM 之品質依地形類別及地表植被覆蓋情形而分別訂定如下，本案之 DEM 處理過程屬於 Level 2B 等級，詳細內容依據『高精度及高解析度數值地形模型測製規範』草案之規定方式辦理。

（一）精度標準

以基本精度加上地形類別及地表植被覆蓋情形之精度調整參數而得，計算公式如下：

$$\sigma = a + b + c \times t$$

式中 a 為基本精度；

b 為地形類別調整參數；

c 為地表植被覆蓋情形調整參數；

t 為地表植被平均高度。

1. DEM 產品分成兩類，定義為 level 2A 及 2B，其處理流程如圖 2-48 以及圖 2-49。本案之處理過程屬於 Level 2 B 等級，精度取該等級之參數計算。以下依空載光達生產的 DEM 產品等級，列出上述各參數之數值如表 2-17 至表 2-19。

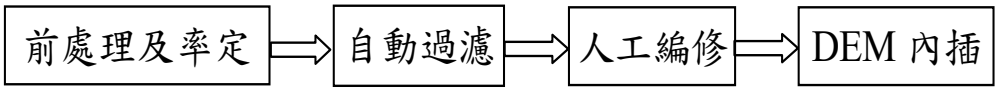


圖 2-48　level 2A DEM 產品等級之處理流程

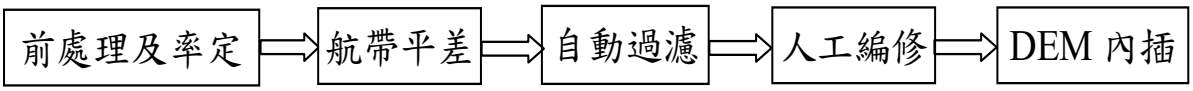


圖 2-49　level 2B DEM 產品等級之處理流程

表 2-17　高程基本精度a（單位 m）

基本精度	Level 1	Level 2	Level 3
A	0.8	0.6	0.5
B	0.5	0.3	0.2

表 2-18　地形類別調整參數b（單位 m）

地形類別	Level 1	Level 2	Level 3
平地	0.2	0.0	0.0
丘陵	0.5	0.2	0.2
山地	1.0	0.5	0.5
陡峭山地	2.0	1.0	1.0

表 2-19　地表植被覆蓋情形調整參數c（無單位）

植被覆蓋類別	Level 1	Level 2	Level 3
裸露地	0.1	0.0	0.0
植生地	0.3	0.2	0.2
林地	0.5	0.3	0.3
密林地	1.0	0.5	0.5

1. 地形類別分為平地、丘陵地、山地及陡峭山地，其定義如后。
   (1) 平地－地表坡度在 5°以下的地區。
   (2) 丘陵地－地表坡度在 5°～15°之間的地區。
   (3) 山地－地表坡度在 15°～30°之間的地區。
   (4) 陡峭山地－地表坡度在 30°以上的地區。
2. 地表植被覆蓋情形分為裸露地、植生地、林地及密林地等類別，計算方式如后。
   (1) 裸露地－以任一點為中心，半徑在 10 個網格間距的範圍內，其受植被覆蓋之面積少於 25%者，則在該範圍內視為裸露地。

(2) 植生地－以任一點為中心，半徑在 10 個網格間距的範圍內，其受植被覆蓋之面積介於 25%～50%者，則在該範圍內視為植生地。

(3) 林地－以任一點為中心，半徑在 10 個網格間距的範圍內，其受植被覆蓋之面積介於 50%～75%者，則在該範圍內視為林地。

(4) 密林地－以任一點為中心，半徑在 10 個網格間距的範圍內，其受植被覆蓋之面積大於 75%，且範圍內樹冠平均高度達 DEM 或 DSM 規範中誤差之 4 倍以上者，則視為密林地。

（二）檢核結果

本計畫於 110 年 4 月 21 至 22 日位於人車可以抵達區域(台 20 線南橫公路)，採用 VBS-RTK 方式施測不同地物類別各 20 點，檢核成果如表 2-20 以及附件四，繪製各類別統計分析圖如圖 2-50~圖 2-53，各點位近景及遠景像片詳如附件四。

表 2-20　DEM 地類檢核點總成果

項次	地類檢核點	測設數量	檢核成果	均方根(RMS)	作業規範	是否合格
1	裸露地	20	-0.141m ~ 0.010m	0.043m	±0.3m	合格
2	植生地	20	-0.285m ~ 0.215m	0.097m	±0.4m	合格
3	林地	20	-0.267m ~ 0.417m	0.102m	±0.9m	合格
4	密林地	20	-0.556m ~ 0.125m	0.145m	±1.8m	合格

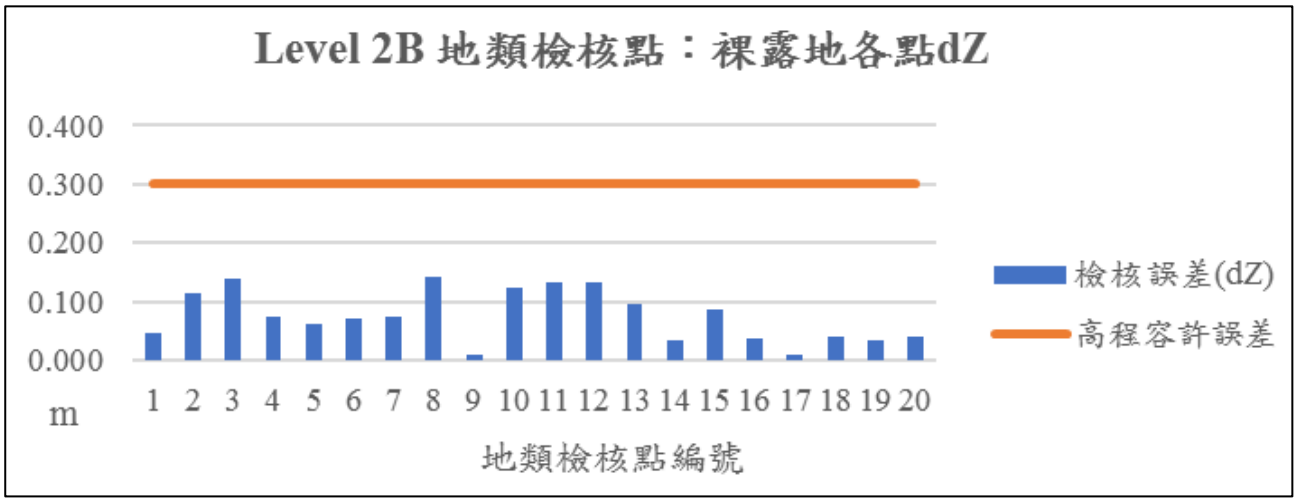


圖 2-50　地類檢核點成果-裸露地

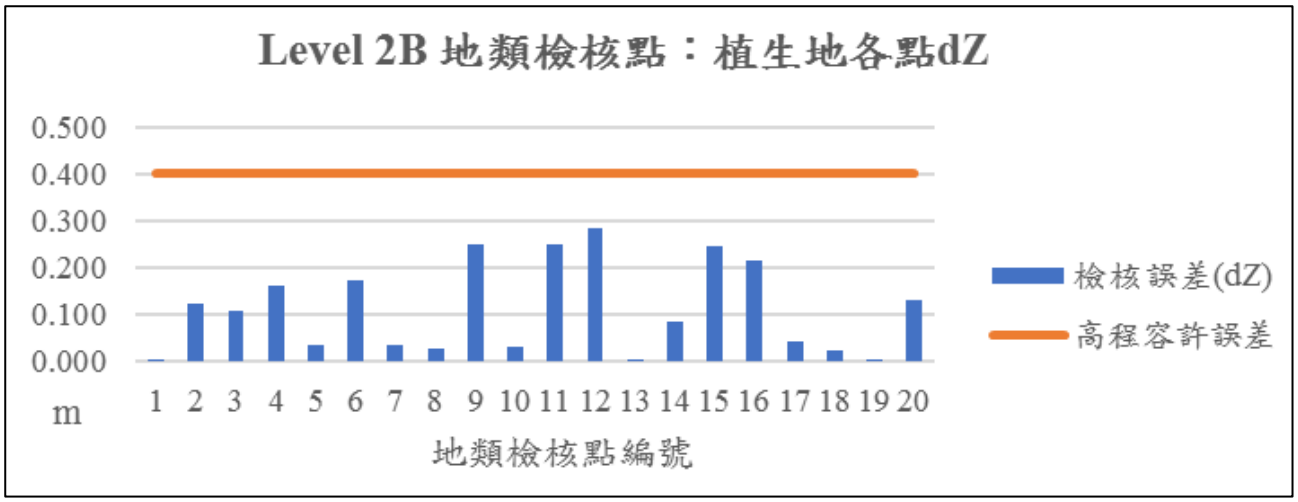


圖 2-51　地類檢核點成果-植生地

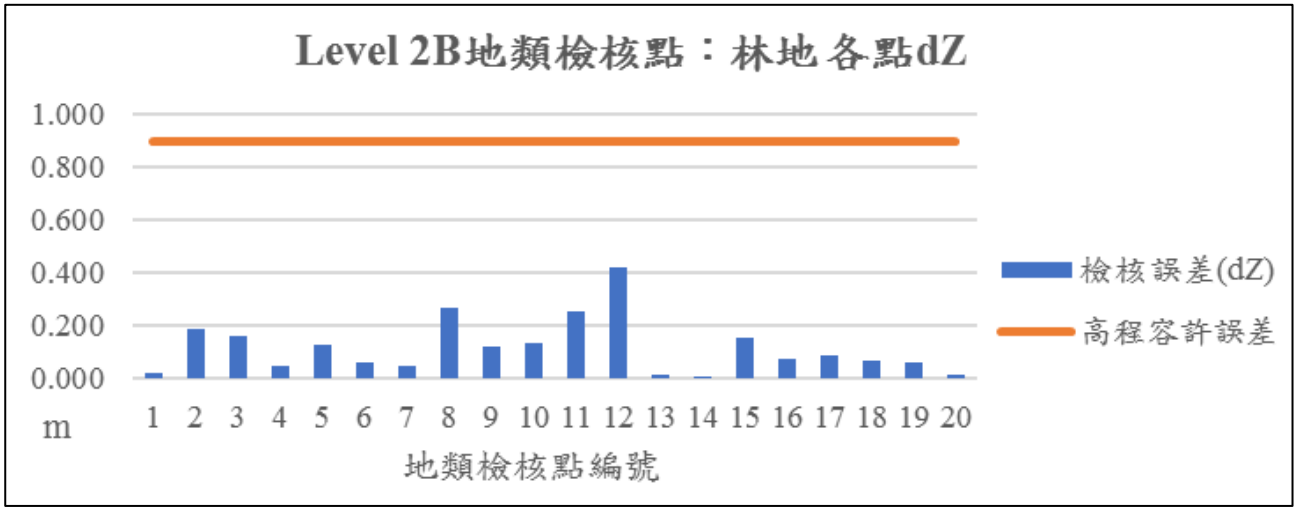


圖 2-52　地類檢核點成果-林地

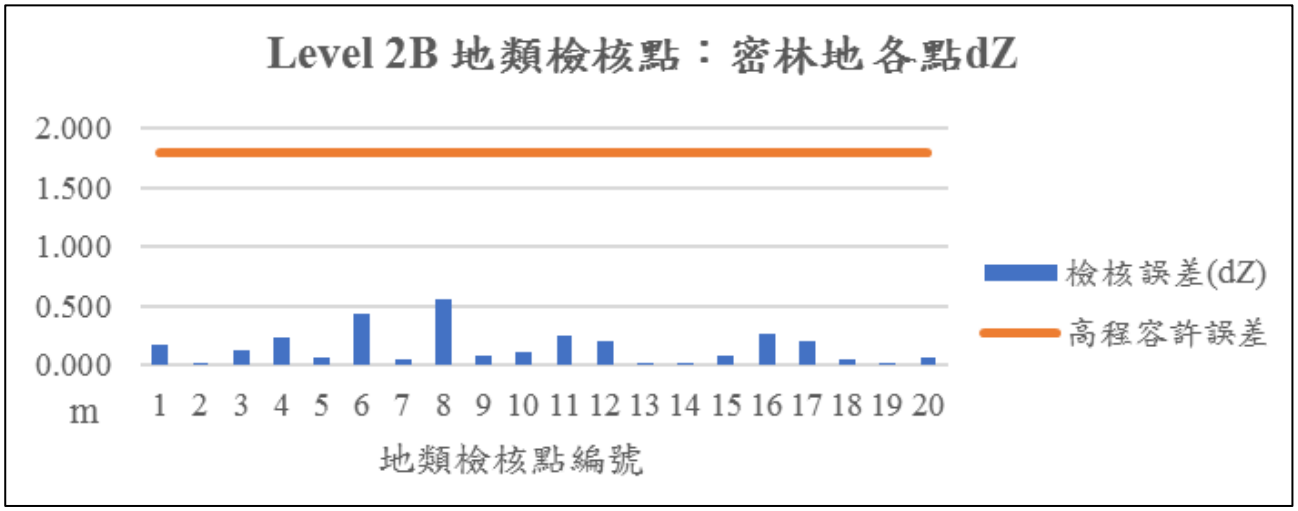


圖 2-53　地類檢核點成果-密林區

八、內政部數值地形模型資料流通供應平台格式

繳交 1/5000 圖幅之 DEM 及 DSM 成果相關檢核明細、成果列表。前項成果檔案，至少包含:檔案清單、詮釋資料檔(.xml)、檔頭資料檔(.hdr)、網格資料檔(.grd)。DEM 及 DSM 成果均經過內政部 DTM 成果資料檢核程式檢核，並全數通過檢核如圖 2-54 及圖 2-55。

原始資料路徑	D:\00_YS\110YS\110YS_1mDEM_5000						
	檢核項目						
圖幅號碼	1.檔案齊全	2.檔案名稱	3.檔案開啟	4.檔頭內容	5.網格格式	6.網格內容	7.坐標檢核
95191073dem	O	O	O	O	O	O	O
95191074dem	O	O	O	O	O	O	O
95191075dem	O	O	O	O	O	O	O
95191076dem	O	O	O	O	O	O	O
95191077dem	O	O	O	O	O	O	O
95191078dem	O	O	O	O	O	O	O
95191083dem	O	O	O	O	O	O	O
95191084dem	O	O	O	O	O	O	O
95191085dem	O	O	O	O	O	O	O
95191086dem	O	O	O	O	O	O	O
95191087dem	O	O	O	O	O	O	O
95191088dem	O	O	O	O	O	O	O
95191093dem	O	O	O	O	O	O	O
95191094dem	O	O	O	O	O	O	O
95191095dem	O	O	O	O	O	O	O
95191096dem	O	O	O	O	O	O	O
95191097dem	O	O	O	O	O	O	O
95191098dem	O	O	O	O	O	O	O
95192004dem	O	O	O	O	O	O	O
95192005dem	O	O	O	O	O	O	O
95192006dem	O	O	O	O	O	O	O
95192007dem	O	O	O	O	O	O	O
95192008dem	O	O	O	O	O	O	O
95192015dem	O	O	O	O	O	O	O
95192016dem	O	O	O	O	O	O	O
95192017dem	O	O	O	O	O	O	O
圖幅總數	26						
檢驗日期	2021/10/12					權責機關 （請加蓋機關印信）	
檢核結果	□不通過 ■通過第 3 級檢核						
檢核說明	1、 任一圖幅之檢核項目1～3有錯誤情形，判定為「不通過」。 2、通過第1級檢核者：即通過檢核項目1～3。 3、通過第2級檢核者：即通過檢核項目1～5。 4、通過第3級檢核者：即通過檢核項目1～7。 5、欲了解各圖幅之檢核情形，請查對各圖幅所對應之檢核成果明細(＊.chk)檔						

圖 2-54　DEM 26 幅全數通過檢核

原始資料路徑	D:\00_YS\110YS\110YS_1mDSM_5000						
	檢核項目						
圖幅號碼	1.檔案齊全	2.檔案名稱	3.檔案開啟	4.檔頭內容	5.網格格式	6.網格內容	7.坐標檢核
95191073dsm	O	O	O	O	O	O	O
95191074dsm	O	O	O	O	O	O	O
95191075dsm	O	O	O	O	O	O	O
95191076dsm	O	O	O	O	O	O	O
95191077dsm	O	O	O	O	O	O	O
95191078dsm	O	O	O	O	O	O	O
95191083dsm	O	O	O	O	O	O	O
95191084dsm	O	O	O	O	O	O	O
95191085dsm	O	O	O	O	O	O	O
95191086dsm	O	O	O	O	O	O	O
95191087dsm	O	O	O	O	O	O	O
95191088dsm	O	O	O	O	O	O	O
95191093dsm	O	O	O	O	O	O	O
95191094dsm	O	O	O	O	O	O	O
95191095dsm	O	O	O	O	O	O	O
95191096dsm	O	O	O	O	O	O	O
95191097dsm	O	O	O	O	O	O	O
95191098dsm	O	O	O	O	O	O	O
95192004dsm	O	O	O	O	O	O	O
95192005dsm	O	O	O	O	O	O	O
95192006dsm	O	O	O	O	O	O	O
95192007dsm	O	O	O	O	O	O	O
95192008dsm	O	O	O	O	O	O	O
95192015dsm	O	O	O	O	O	O	O
95192016dsm	O	O	O	O	O	O	O
95192017dsm	O	O	O	O	O	O	O
圖幅總數	26						
檢驗日期	2021/10/13					權責機關 （請加蓋機關印信）	
檢核結果	□不通過 ■通過第 3 級檢核						
檢核說明	1、 任一圖幅之檢核項目1～3有錯誤情形，判定為「不通過」。 2、通過第1級檢核者：即通過檢核項目1～3。 3、通過第2級檢核者：即通過檢核項目1～5。 4、通過第3級檢核者：即通過檢核項目1～7。 5、欲了解各圖幅之檢核情形，請查對各圖幅所對應之檢核成果明細(＊.chk)檔						

圖 2-55　DSM 26 幅全數通過檢核

九、DEM/DSM 成果展示

以日照陰影圖(Hillshade)並加上山岳、重要地標、道路及步道位置，展示本案 1 m 之數值高程模型(DEM)與數值地表模型(DSM)製作成果，如圖 2-56 及圖 2-58，將重要景點局部放大展示如圖 2-57 及圖 2-59。

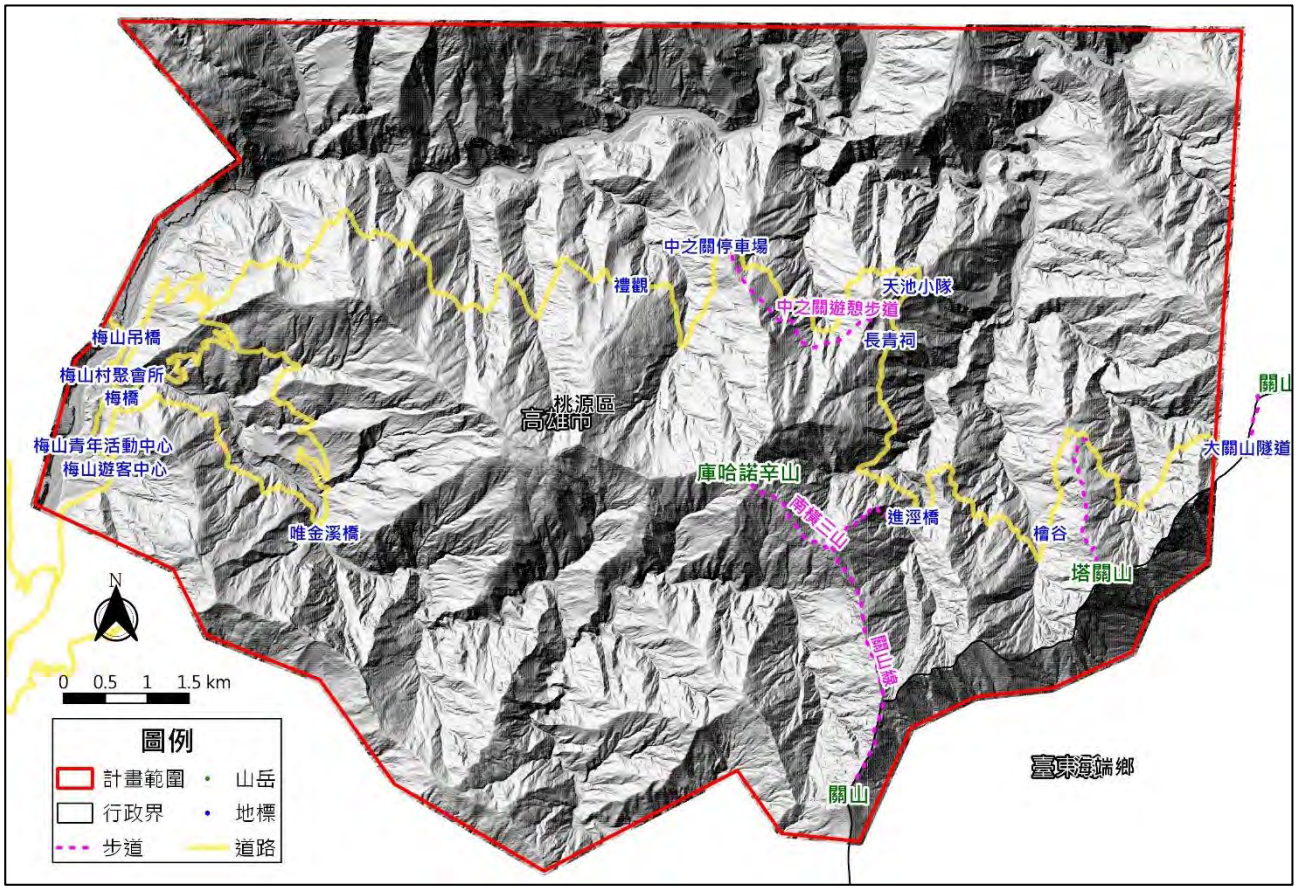


圖 2-56　數值高程模型(DEM)成果展示圖

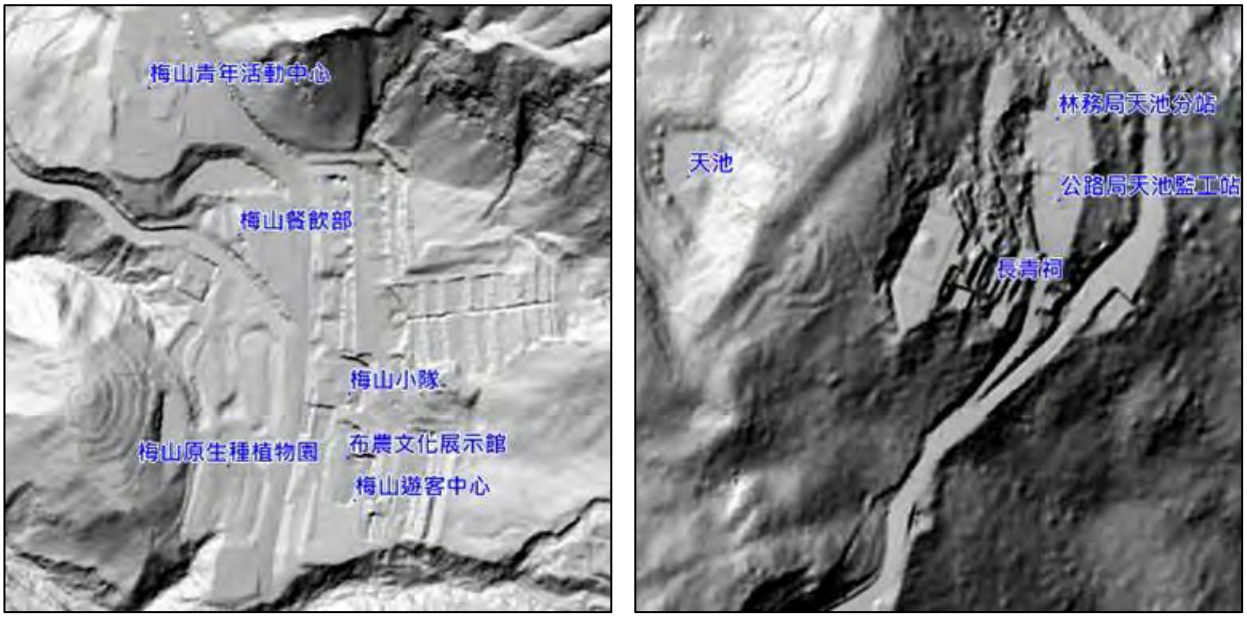


圖 2-57　數值高程模型(DEM)局部放大展示圖

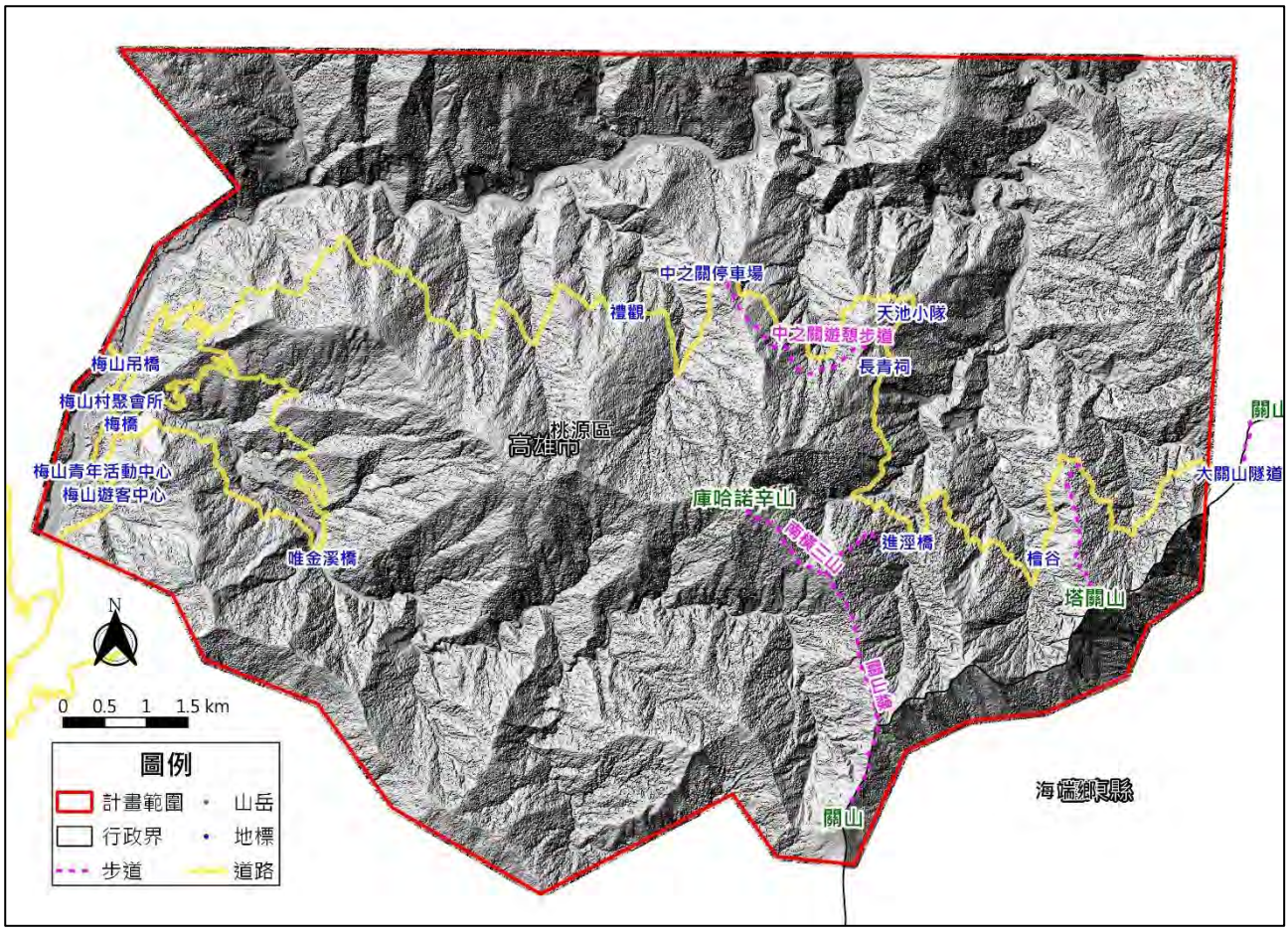


圖 2-58　數值地表模型(DSM)成果展示圖

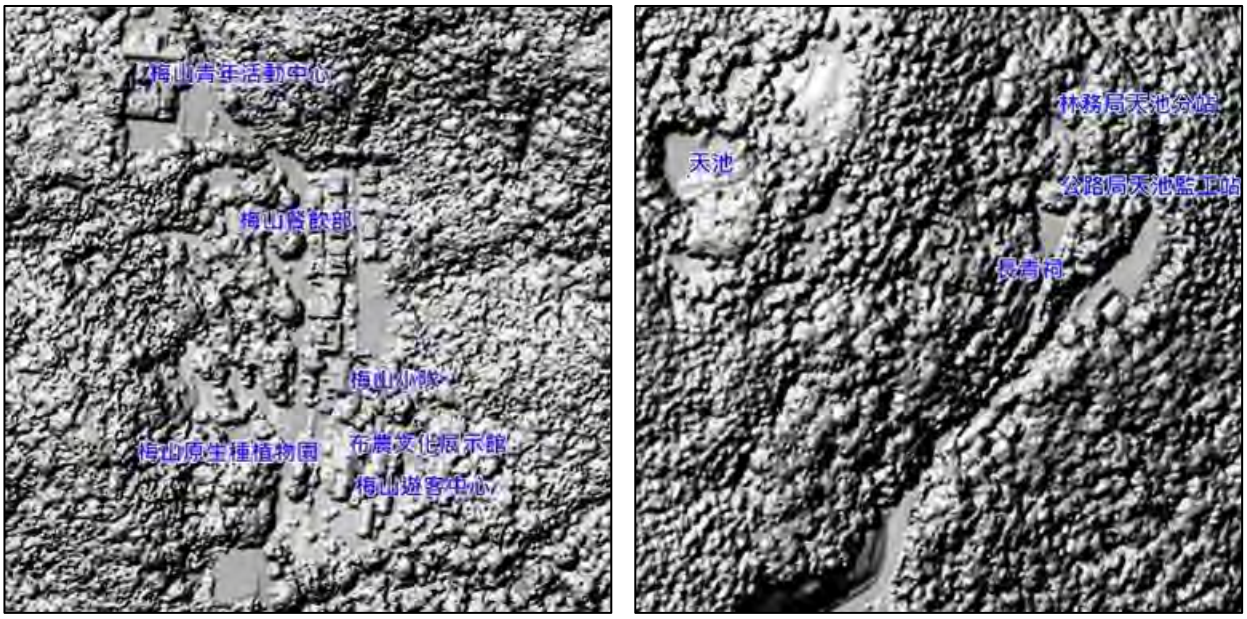


圖 2-59　數值地表模型(DSM)局部放大展示圖

2-8　樹冠高度模型(Canopy Height Model,CHM)製作

一、製作範圍：玉管處歷年及本次航空攝影與光達掃瞄作業範圍，包含玉山主群峰線、南二段北段、南二段南段、西北園區以及南部園區，總面積約為 510 km^2，製作範圍及拍攝年度如圖 2-60。

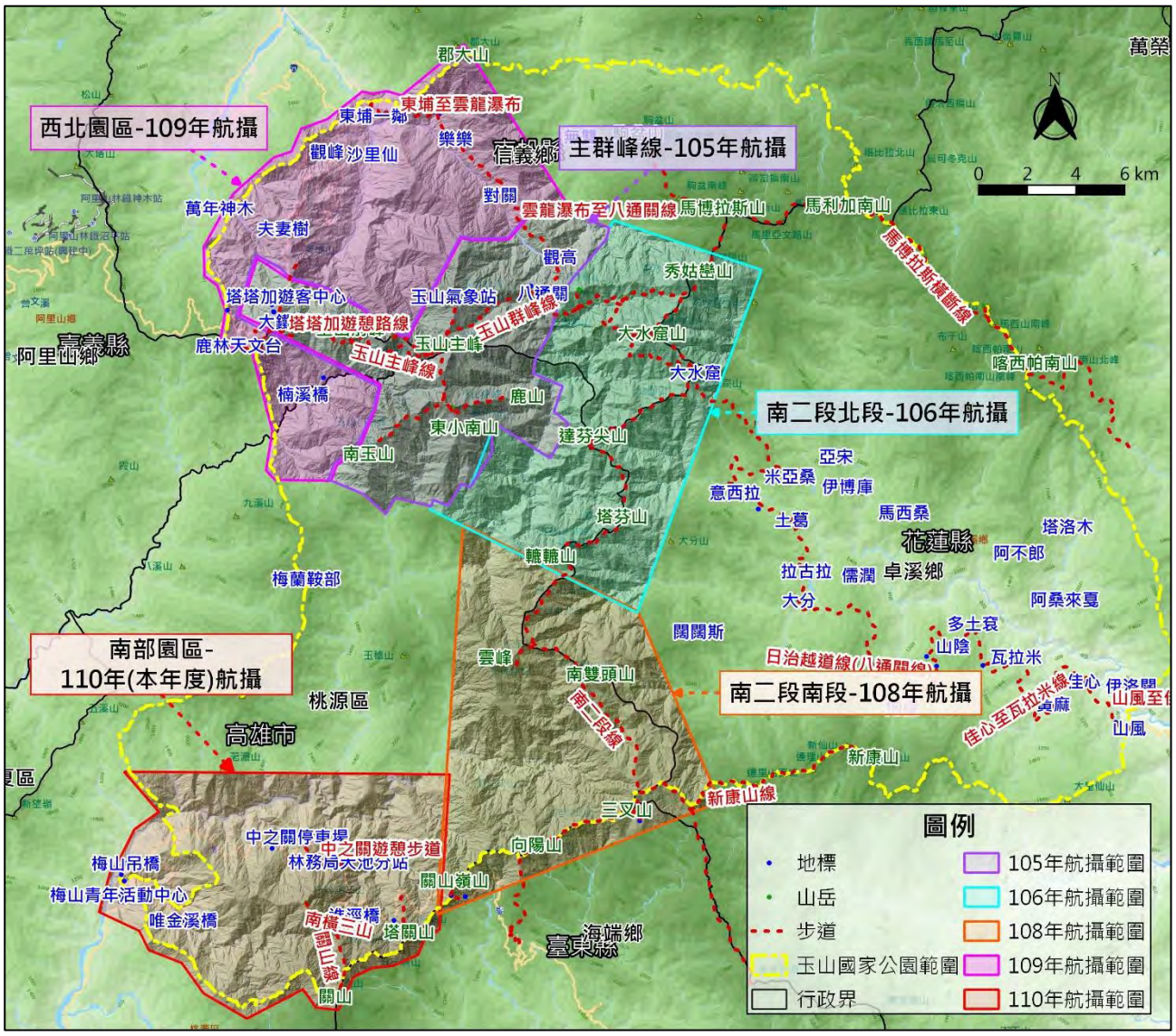


圖 2-60　CHM 製作範圍及拍攝年度

二、製作方法：

（一）樹冠高度模型(Canopy Height Model,CHM)係由數值地表模型(Digital Surface Model,DSM)和數值高程模型(Digital Elevation Model, DEM)相減而得，除了保留空載光達 full waveform 點雲資訊，也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，如圖 2-61。

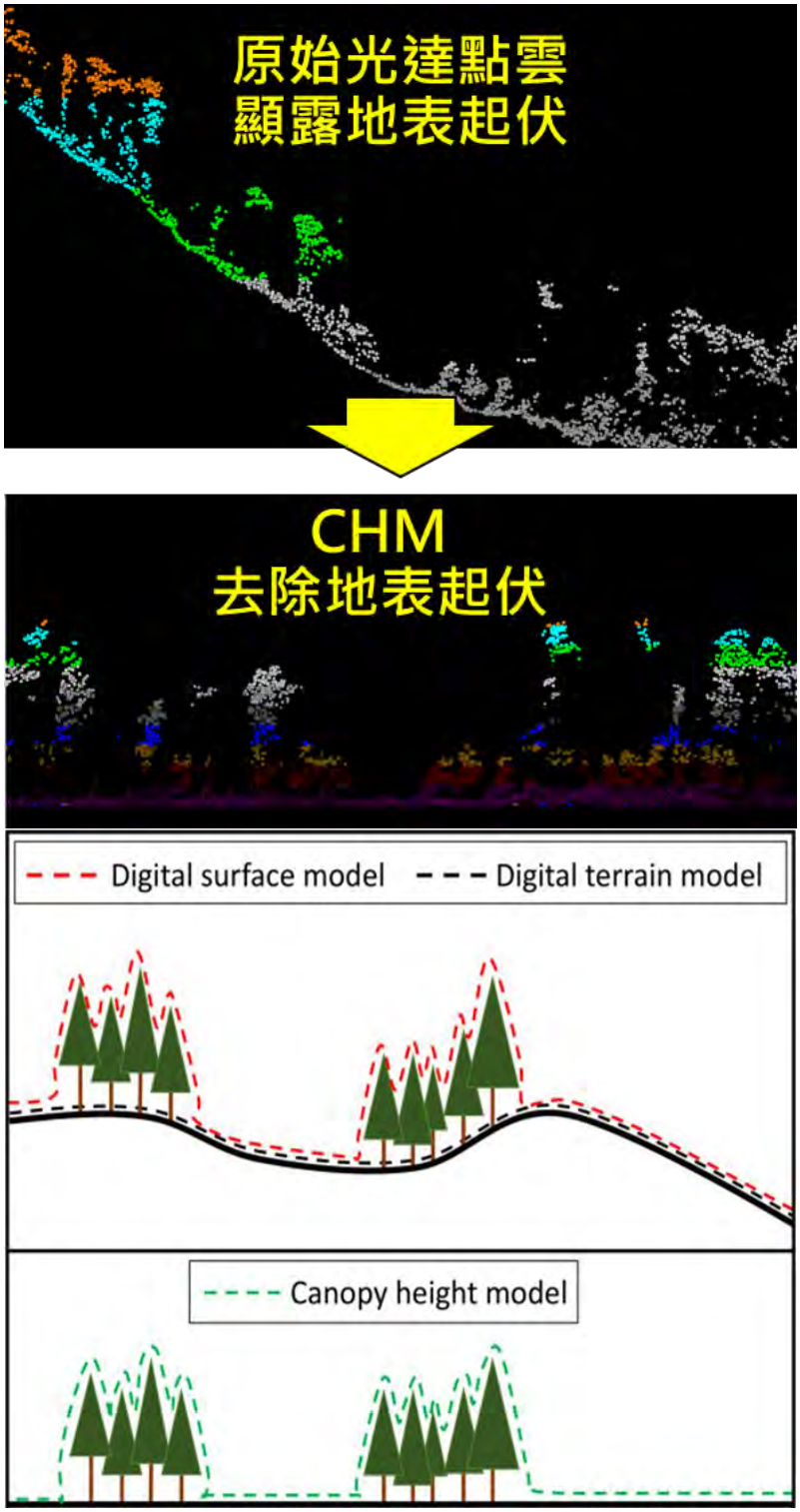


圖 2-61　CHM 去除地表起伏示意圖

（二）將歷年範圍之 1m x 1m DEM 及 1m x 1m DSM 成果，使用 LiDAR360 點雲處理軟體功能製作 1m x 1m CHM，製作畫面及成果如圖 2-62。本案 CHM 成果將繳交帶有地理定位及高程資料之 GeoTIFF 資料檔案。

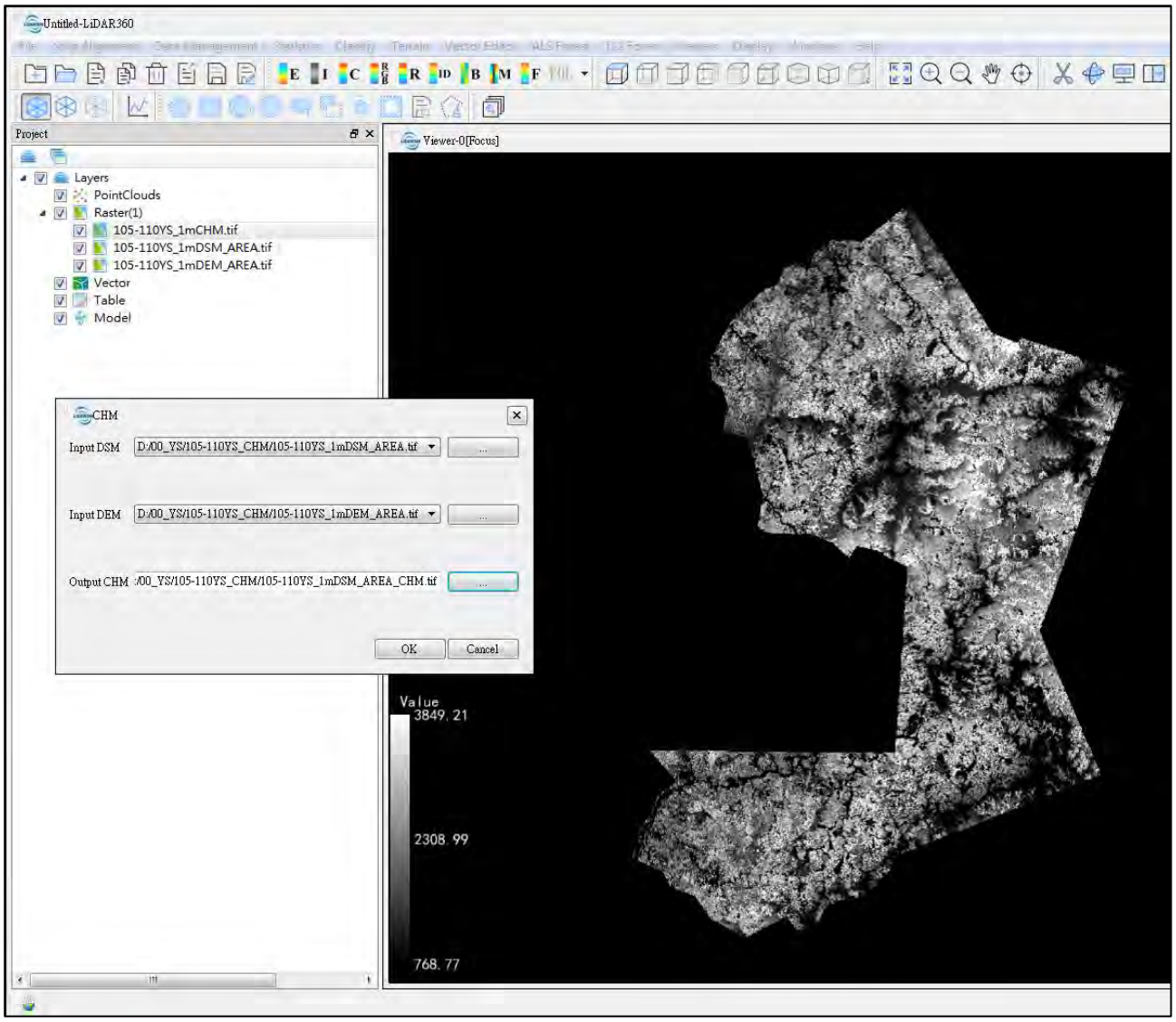


圖 2-62　LiDAR360 CHM 製作畫面

三、巨木分布熱點圖

使用製作完成 1m x 1m CHM 依高度分 6 階層設色展示，並套疊玉山地標、山岳及步道位置製作出巨木分布熱點圖(圖 2-63)。成果可以搭配正射影像查看巨木分布，如圖 2-64 至圖 2-65。

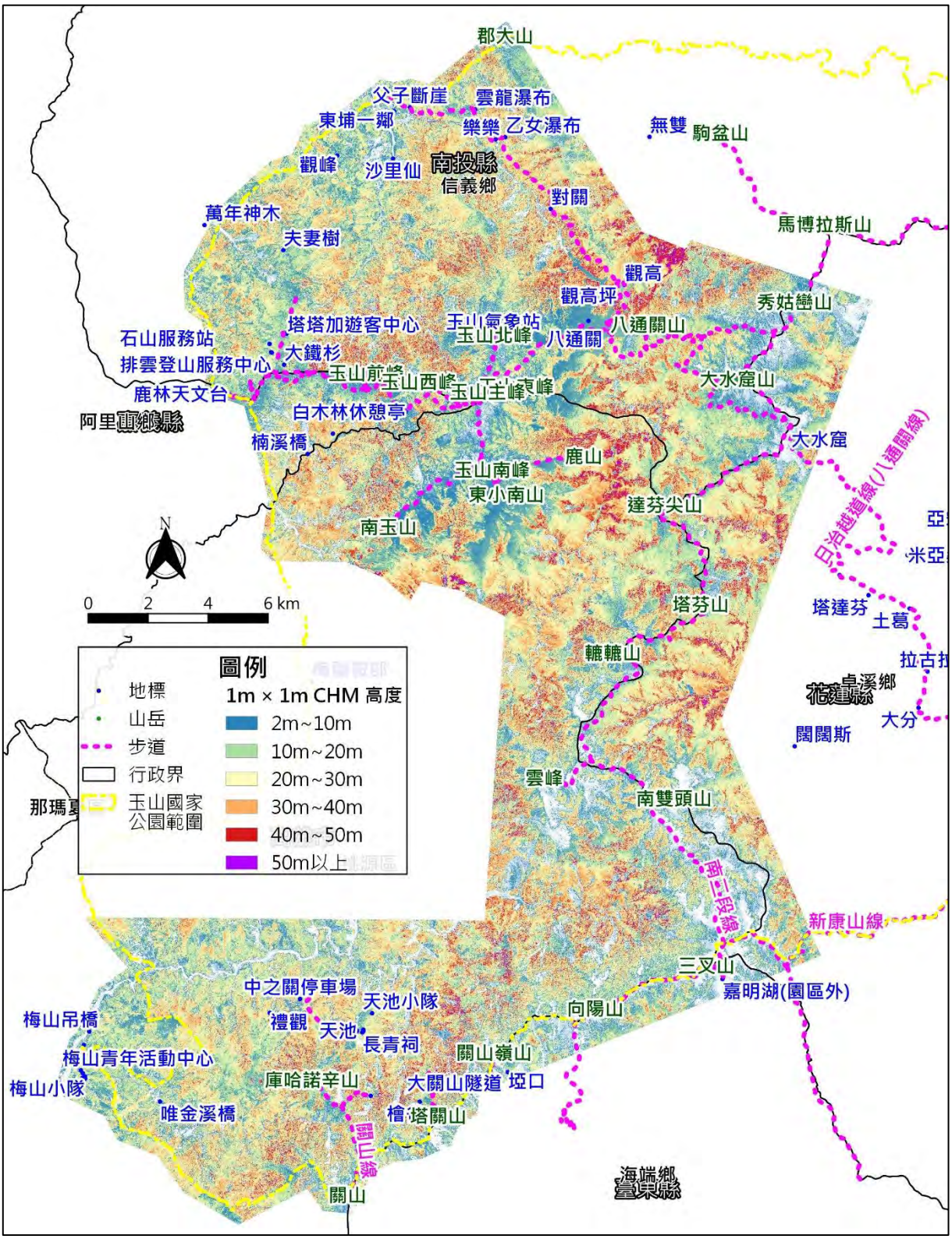


圖 2-63　玉山巨木分布熱點圖(CHM 高度分層設色圖)

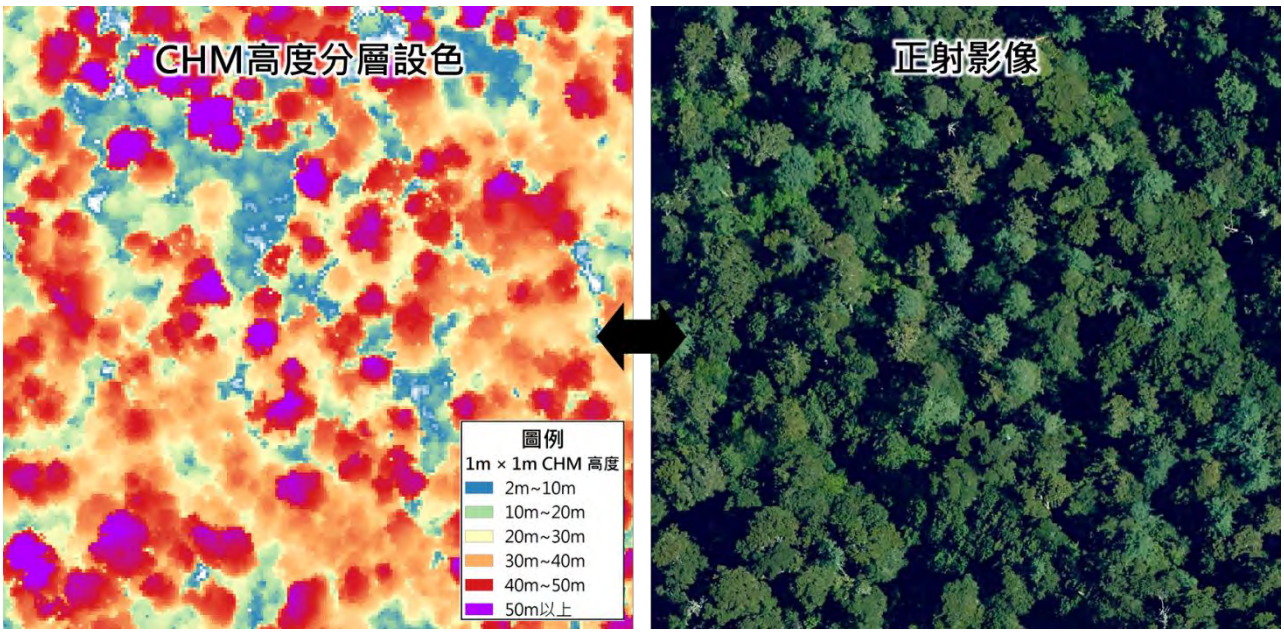


圖 2-64　CHM 點雲高度分層設色與正射影像比對圖

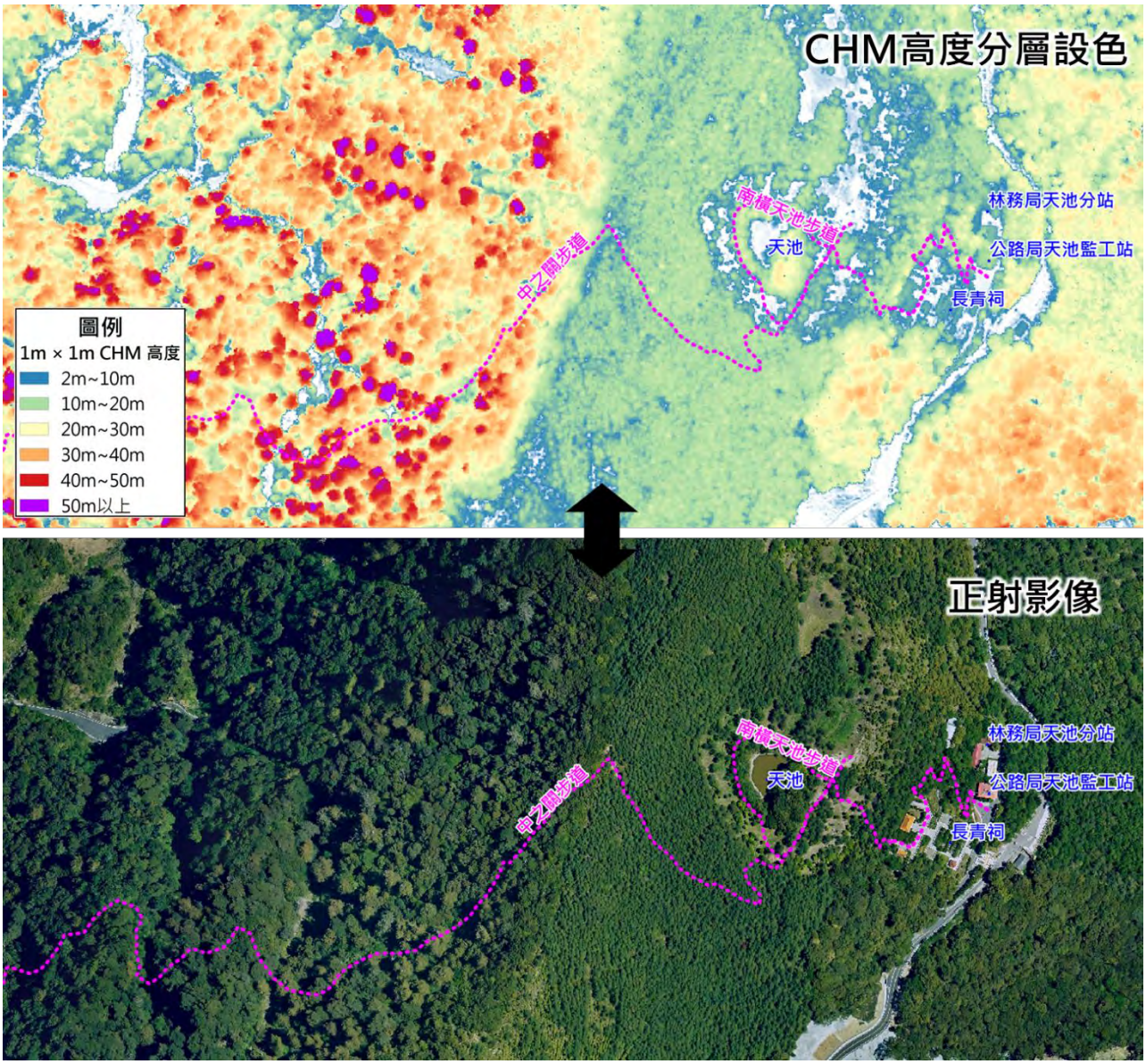
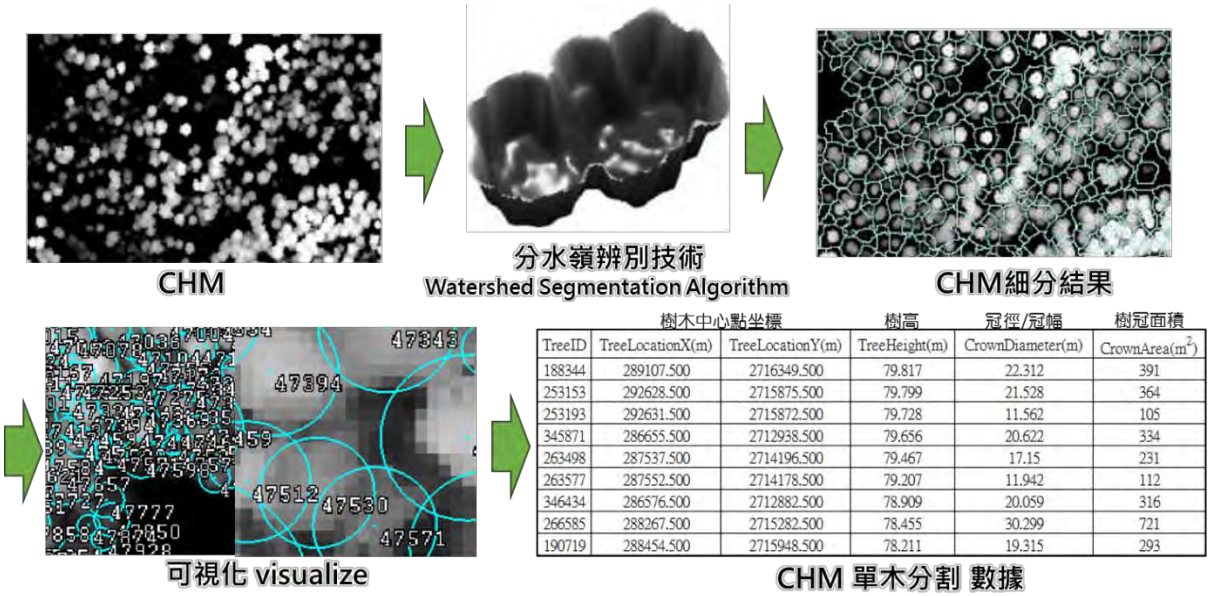


圖 2-65　CHM 點雲高度分層設色與正射影像比對圖(含步道地標)

四、單木分割

（一）使用 LiDAR360 點雲處理軟體將 CHM 成果進行單木分割(segmentation)，採用分水嶺辨別技術(Watershed Segmentation Algorithm)分離出影像物件邊緣，製作方法如圖 2-66。



	樹木中心點坐標		樹高	冠徑/冠幅	樹冠面積
TreeID	TreeLocationX(m)	TreeLocationY(m)	TreeHeight(m)	CrownDiameter(m)	CrownArea(m^2)
188344	289107.500	2716349.500	79.817	22.312	391
253153	292628.500	2715875.500	79.799	21.528	364
253193	292631.500	2715872.500	79.728	11.562	105
345871	286655.500	2712938.500	79.656	20.622	334
263498	287537.500	2714196.500	79.467	17.15	231
263577	287552.500	2714178.500	79.207	11.942	112
346434	286576.500	2712882.500	78.909	20.059	316
266585	288267.500	2715282.500	78.455	30.299	721
190719	288454.500	2715948.500	78.211	19.315	293

圖 2-66　CHM 單木分割製作方法

（二）本案 CHM 製作範圍大，分為 A、B、C 三區進行單木分割，如圖 2-67。

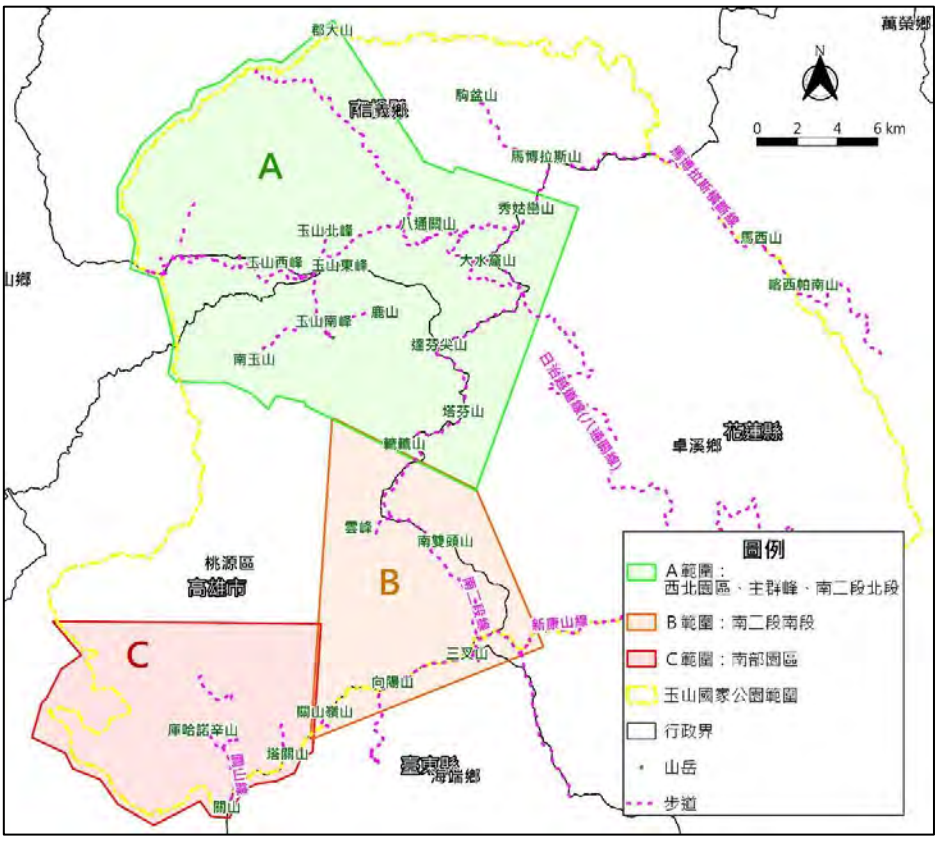


圖 2-67　CHM 單木分割 A、B、C 區域

（三）將單木分割成果與正射影像、CHM 及巨木熱點圖套疊呈現，例圖 2-68。

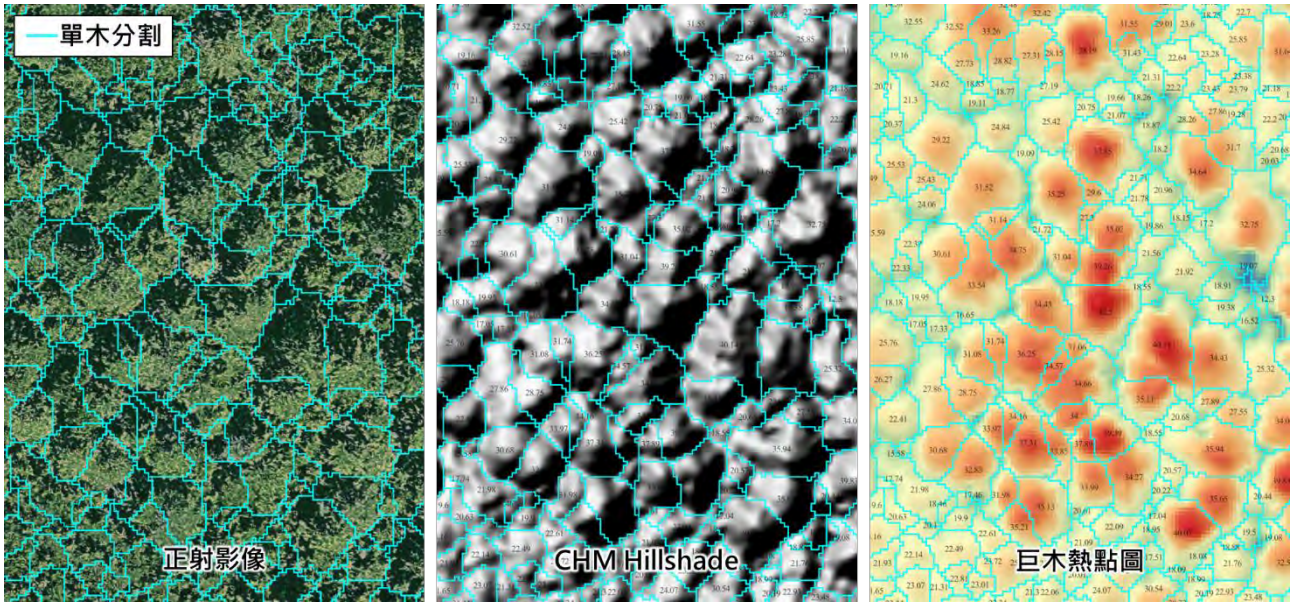


圖 2-68　CHM 單木分割套疊圖(局部呈現)

（四）本案單木分割成果繳交檔案有 shapefile 格式及 csv 格式(圖 2-69)，屬性資料包含樹中心點坐標、樹高、冠幅、樹冠面積(圖 2-70)，成果未來可套疊林班圖、植群圖來辨識貴重樹種分布。

名稱	類型	大小
105-106_110YS_1mCHM_Segmentation.shx	AutoCAD 編譯造型	26,922 KB
105-106_110YS_1mCHM_Segmentation.shp	AutoCAD 原始造型	1,815,564 KB
105-106_110YS_1mCHM_Segmentation.prj	PRJ 檔案	0 KB
105-106_110YS_1mCHM_Segmentation.dbf	DBF 檔案	440,845 KB
105-106_110YS_1mCHM_Segmentation.csv	Microsoft Excel ...	194,977 KB

圖 2-69　CHM 單木分割繳交檔案

	樹木中心點坐標(m)		樹高(m)	冠徑/冠幅(m)	樹冠面積(m²)
TreeID	TreeLocationX	TreeLocationY	TreeHeight	CrownDiameter	CrownArea
1	251477.50	2597407.50	25.55	4.07	13.00
2	251493.50	2597407.50	26.29	4.79	18.00
3	251474.50	2597406.50	25.87	4.07	13.00
4	251506.50	2597405.50	29.31	5.05	20.00
5	251487.50	2597403.50	27.80	13.54	144.00
6	251498.50	2597403.50	26.43	7.31	42.00
7	251440.50	2597402.50	36.19	4.22	14.00
8	251513.50	2597402.50	30.98	5.53	24.00
9	251463.50	2597401.50	30.05	2.52	5.00
10	251409.50	2597400.50	29.75	6.77	36.00
11	251443.50	2597400.50	36.14	9.31	68.00
12	251395.50	2597399.50	20.43	4.65	17.00
13	251405.50	2597399.50	30.12	14.36	162.00
14	251452.50	2597399.50	32.11	4.37	15.00
15	251460.50	2597399.50	30.08	2.76	6.00
16	251467.50	2597399.50	31.09	10.34	84.00
17	251491.50	2597399.50	25.41	6.28	31.00

圖 2-70　CHM 單木分割 shapefile 屬性欄位資料

（五）將 A、B、C 三區之單木分割成果資料，做整合統計如表 2-21。其中找到最高的樹高度為 79m，可使用巨木熱點圖、單木分割向量資料及原始光達點雲交叉比對巨木位置，比對畫面如圖 2-71 所示，確實有高達 79m 巨木。

表 2-21　A、B、C 三區(105~110 年度)CHM 單木分割統計表

分區		A 區(105、106、109 年度)		B 區(108 年度)		C 區(110 年度)		三區整合(105~110 年度)	
分層	高度(m)	顆樹	比例	顆樹	比例	顆樹	比例	顆樹	比例
1	2~10	805,224	23.37%	244,638	21.28%	359,495	16.25%	1,409,357	20.70%
2	10~20	999,830	29.01%	324,773	28.25%	783,436	35.40%	2,108,039	30.96%
3	20~30	1,051,501	30.51%	359,820	31.30%	769,868	34.79%	2,181,189	32.04%
4	30~40	450,600	13.08%	170,410	14.82%	238,831	10.79%	859,841	12.63%
5	40~50	111,860	3.25%	40,913	3.56%	50,862	2.30%	203,635	2.99%
6	50~60	23,091	0.67%	7,819	0.68%	8,941	0.40%	39,851	0.59%
7	60~70	3,413	0.10%	1,000	0.09%	1,135	0.05%	5,548	0.08%
8	70~80	468	0.01%	125	0.01%	234	0.01%	827	0.01%
共		**3,445,987**		**1,149,498**		**2,212,802**		**6,808,287**	

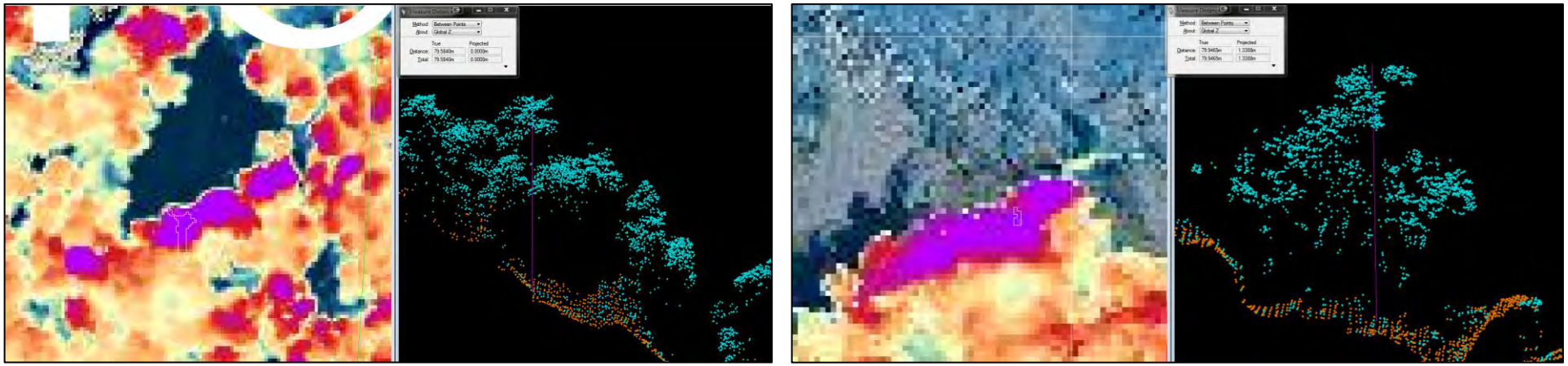


圖 2-71　巨木熱點圖與原始光達點雲比對

2-9 正射影像製作

本計畫正射影像製作工作依據內政部「基本圖測製說明」作業規範執行。利用本計畫製作 1 m 數值高程模型做為正射糾正使用之高程基礎資料，將中心投影的航空像片糾正為正射投影，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(圖 2-72)，正射作業製作流程如圖 2-73。

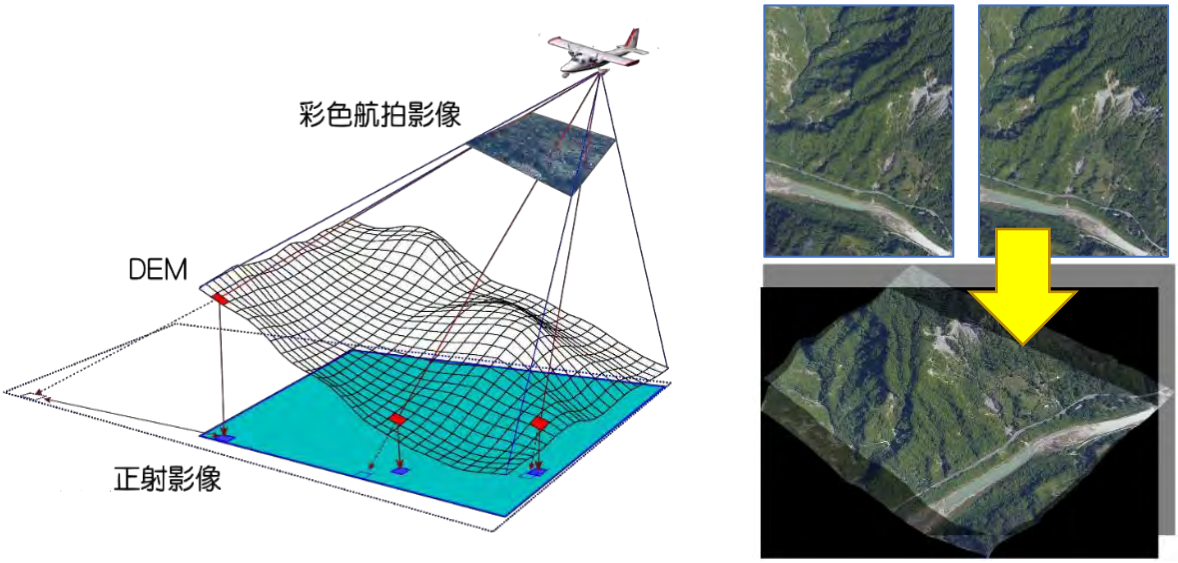


圖 2-72　影像正射糾正概念示意圖

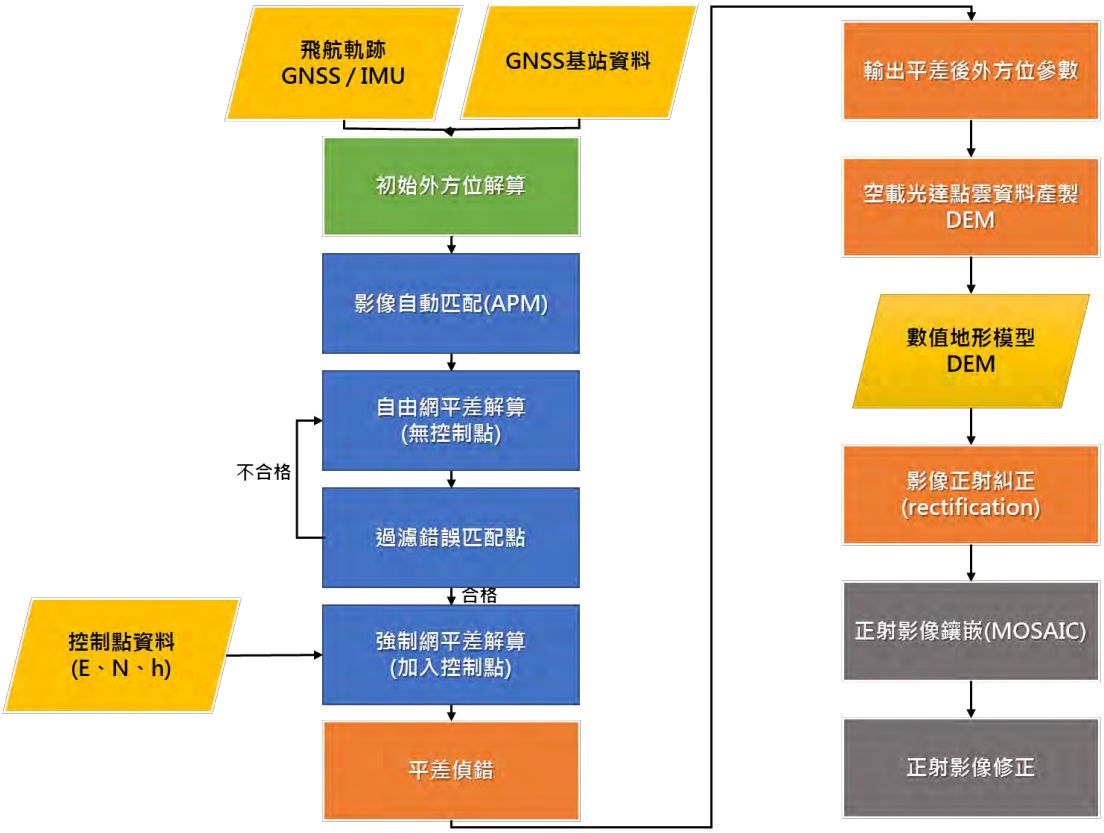


圖 2-73　正射影像製作流程

一、航空攝影

（一）彩色航照與 LiDAR 資料以同步取得為原則。

於 110 年 5 月 16 日、110 年 5 月 22 日、110 年 5 月 23 日共 3 架次，採用全波形空載光達 Riegl LMS-Q780 與傾斜像機 AOS-5 同步拍攝掃瞄，完成同步取得本案彩色航照與 LiDAR 資料，影像涵蓋範圍如圖 2-74，重疊區域完整涵蓋計畫範圍，符合作業規範。

（二）像機：像機像幅應大於 4,000x4,000 pixel。

本案使用 PhaseONE iXU-RS 1000 像機，像幅 11,608 x 8708 pixels，符合作業規範。

（三）航空攝影應於天氣晴朗、能見度較佳時實施為原則。航拍影像含雲率均低於 5%，彙整本計畫拍攝原始影像(垂直攝影鏡頭)詳如附件五。

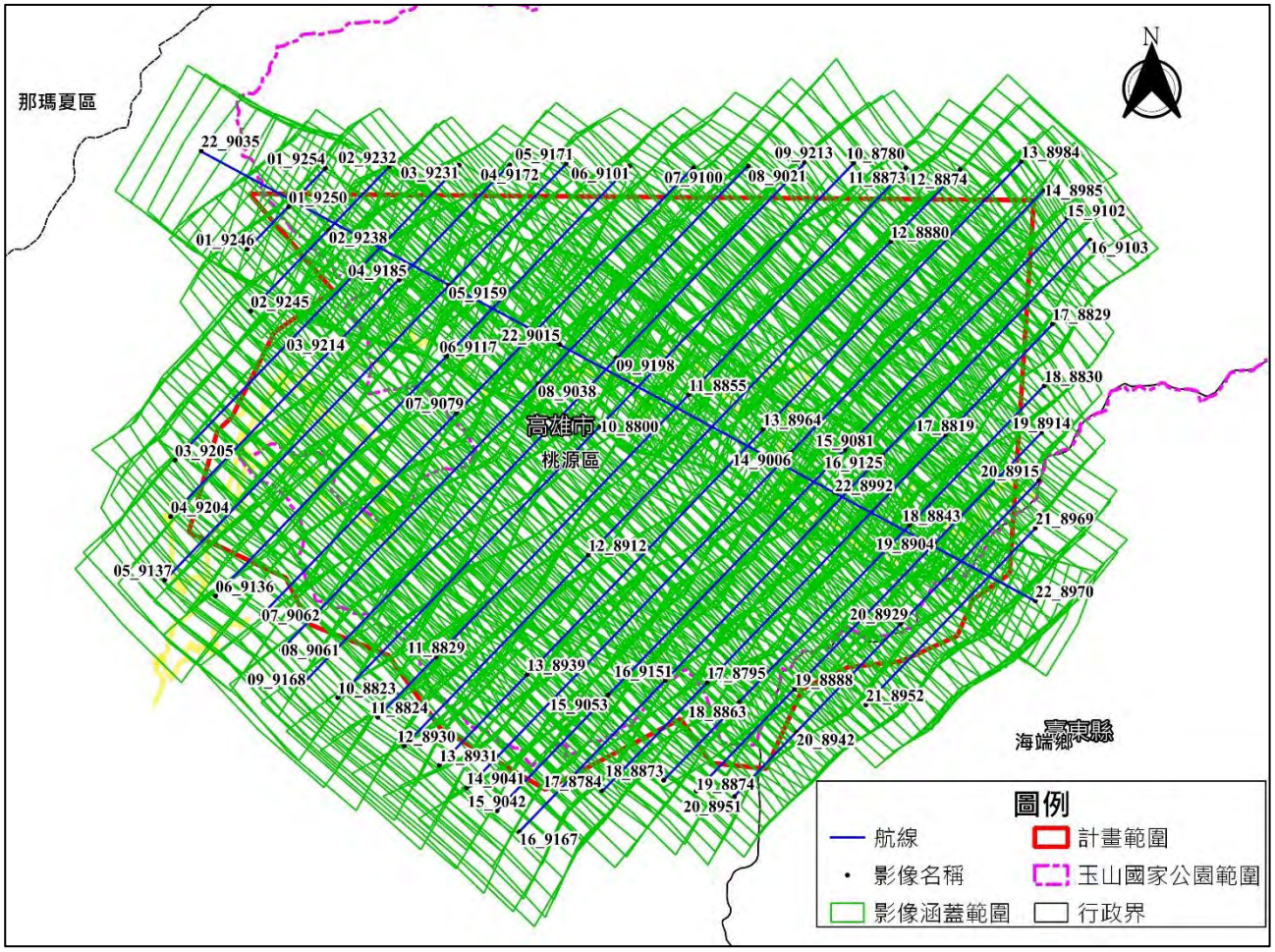


圖 2-74　垂直攝影鏡頭影像涵蓋範圍分布圖

二、正射影像製作

（一）使用 Metashape 軟體製作正射影像，匯入 GNSS+IMU 精密解算外方位(POS)數據進行影像自動匹配及空中三角測量，如圖 2-75。

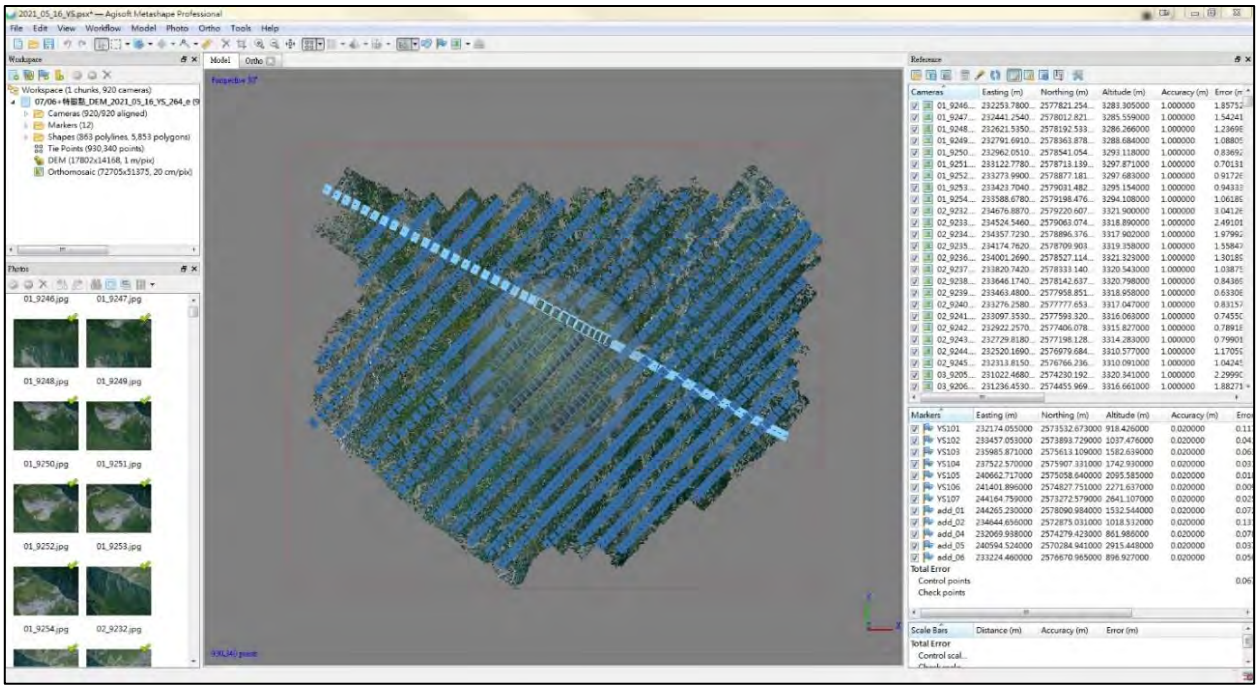


圖 2-75　使用 POS 數據進行影像自動匹配

（二）使用本案空載光達掃瞄製作之 1 m 數值高程模型(DEM)進行正射糾正，如圖 2-76。

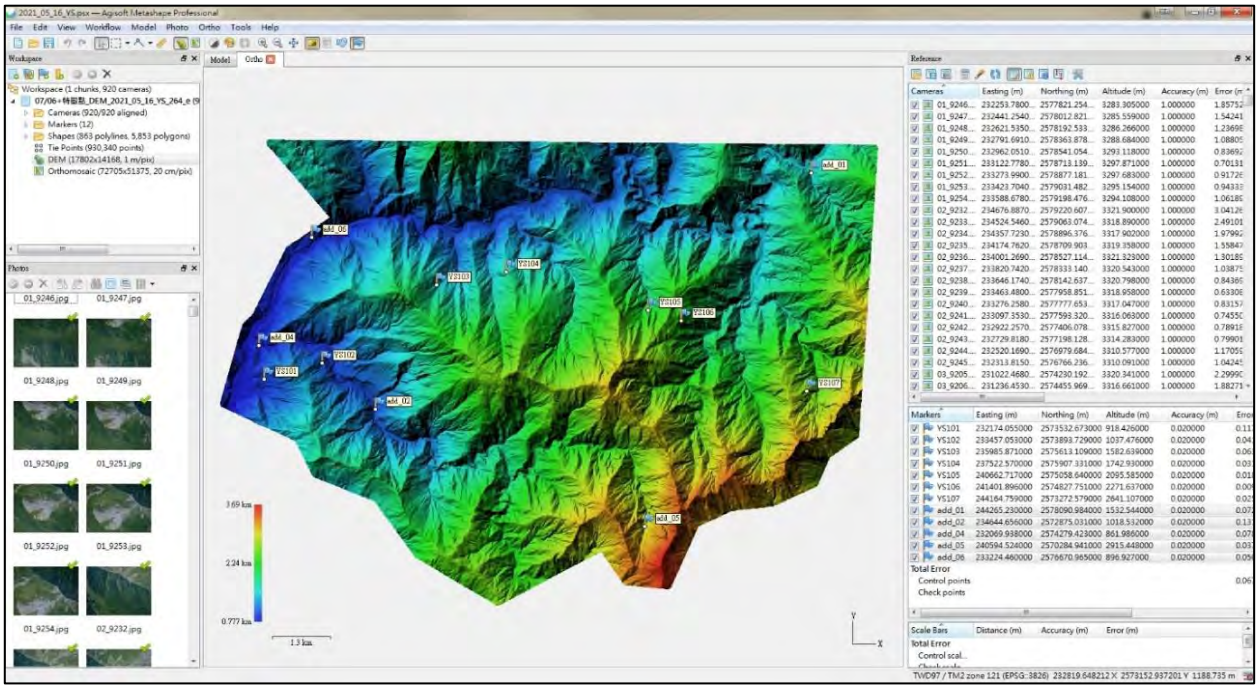


圖 2-76　使用 DEM 製作正射影像之畫面

（三）數值正射影像以彩色影像表示，並進行無接縫鑲嵌及調整全區影像之色調、亮度一致，整張正射影像的色調應均勻，接邊處色調需一致，不應有人眼可辨識之邊緣線。製作畫面如圖 2-77。

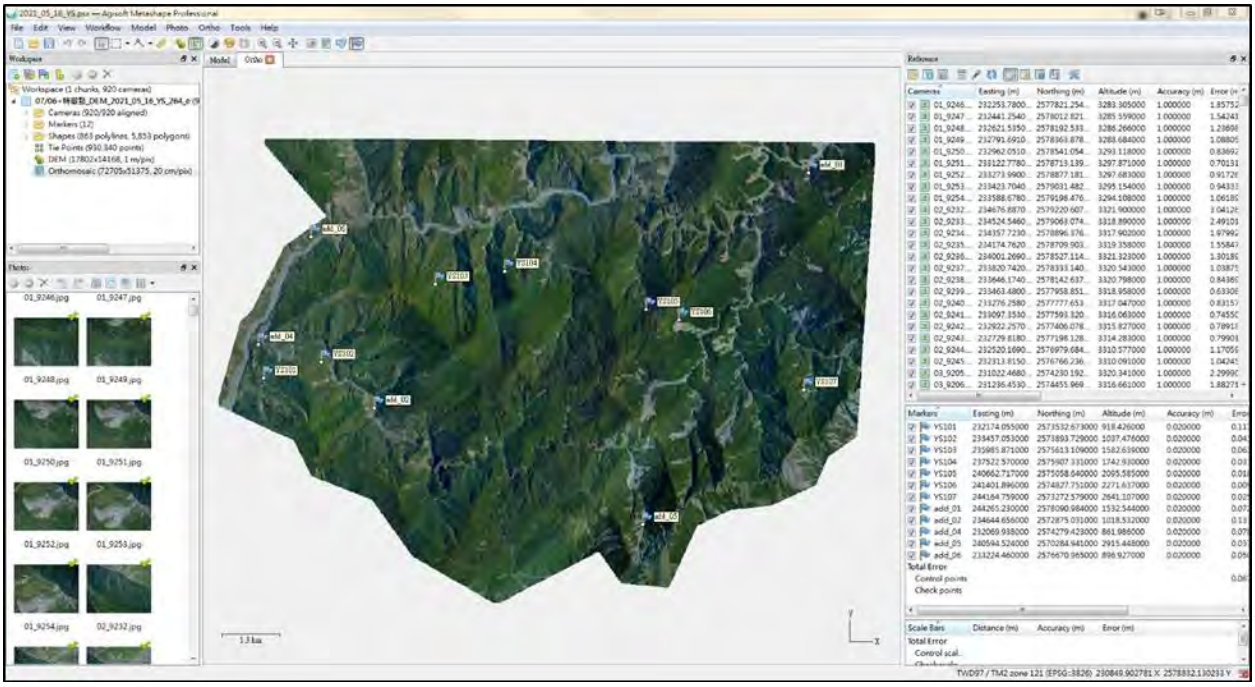


圖 2-77　正射影像製作畫面

（四）本案繳交地面解析度 20 cm 彩色正射影像，以 8bit 之 tiff 格式儲存，並含坐標定位檔。且依內政部基本圖 1/5,000 圖幅分幅正射影像資料，1/5,000 及 1/2,500 分幅如圖 2-78 與本案 DEM/DSM 繳交圖幅相同。

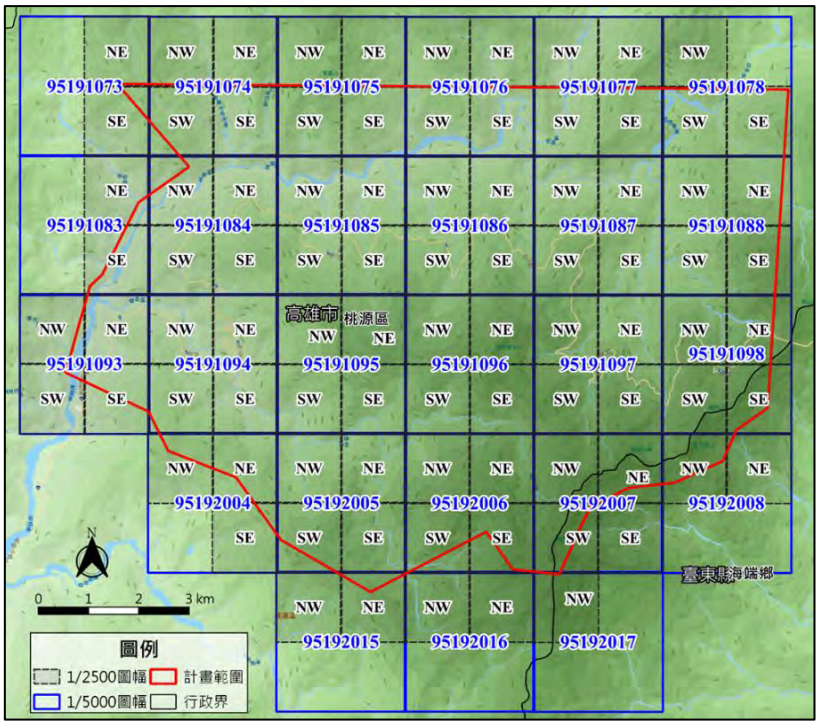


圖 2-78　正射影像繳交圖幅分布

2-10 圖幅接邊處理

一、DEM/DSM 接邊

圖幅接邊處理工作包含 DEM/DSM，除各年度範圍內部圖幅接邊之外，各年度分區接邊與不同年度資料的接邊，需達到重疊區域的坐標點與高程值一致。本案 DEM/DSM 完成內部圖幅接邊及與 108 年度航攝南二段南段區域之接邊工作，成果展示如圖 2-79。

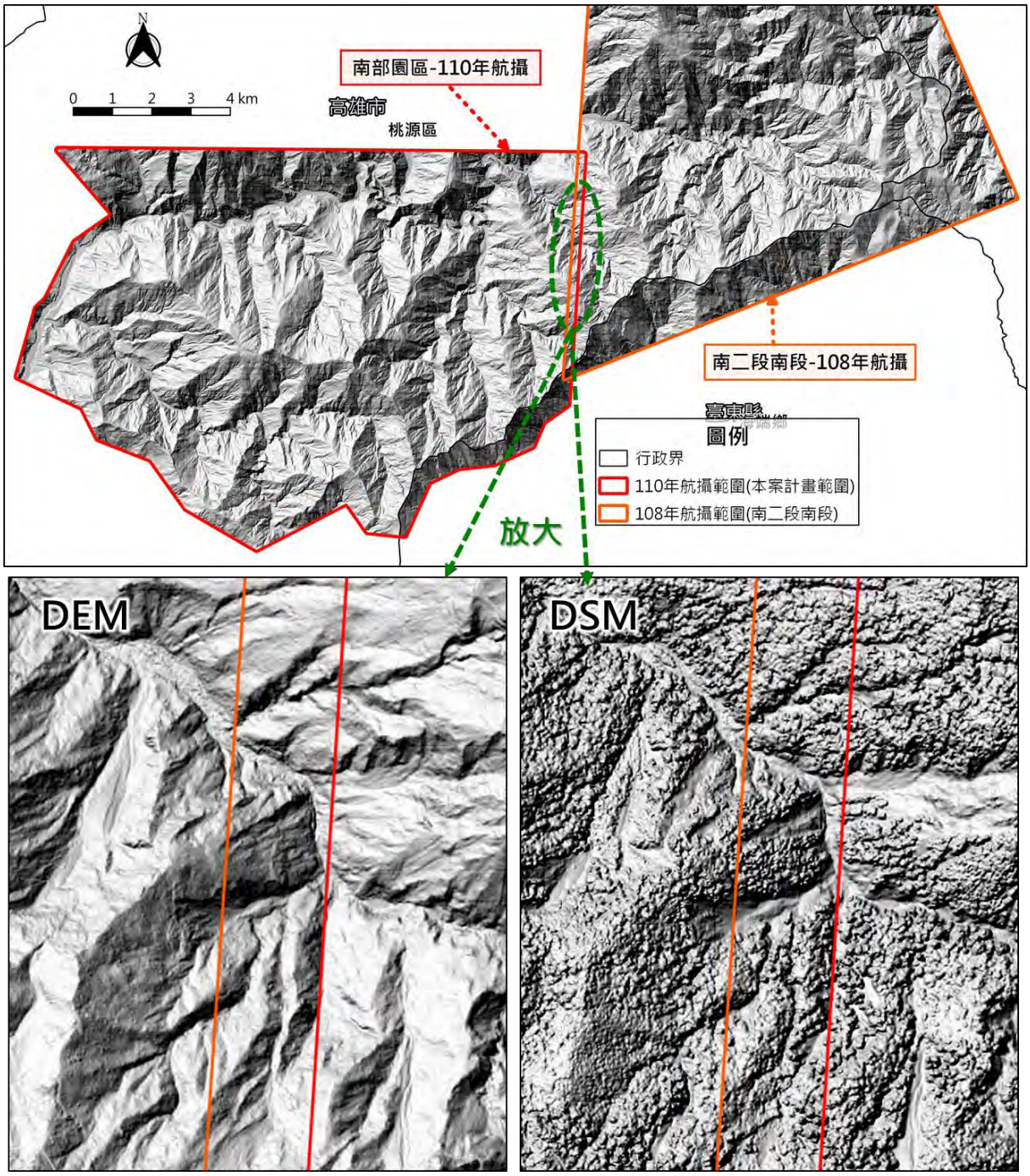


圖 2-79 DEM/DSM 接邊成果

二、正射影像接邊

本案正射影像成果與玉管處 108 年「玉山南二段南段」既有正射影像成果接合，依據色彩較飽和美觀之色調修正各期影像，本期與 108 年影像色調已調整協調一致正射影像接邊成果展示如圖 2-80。

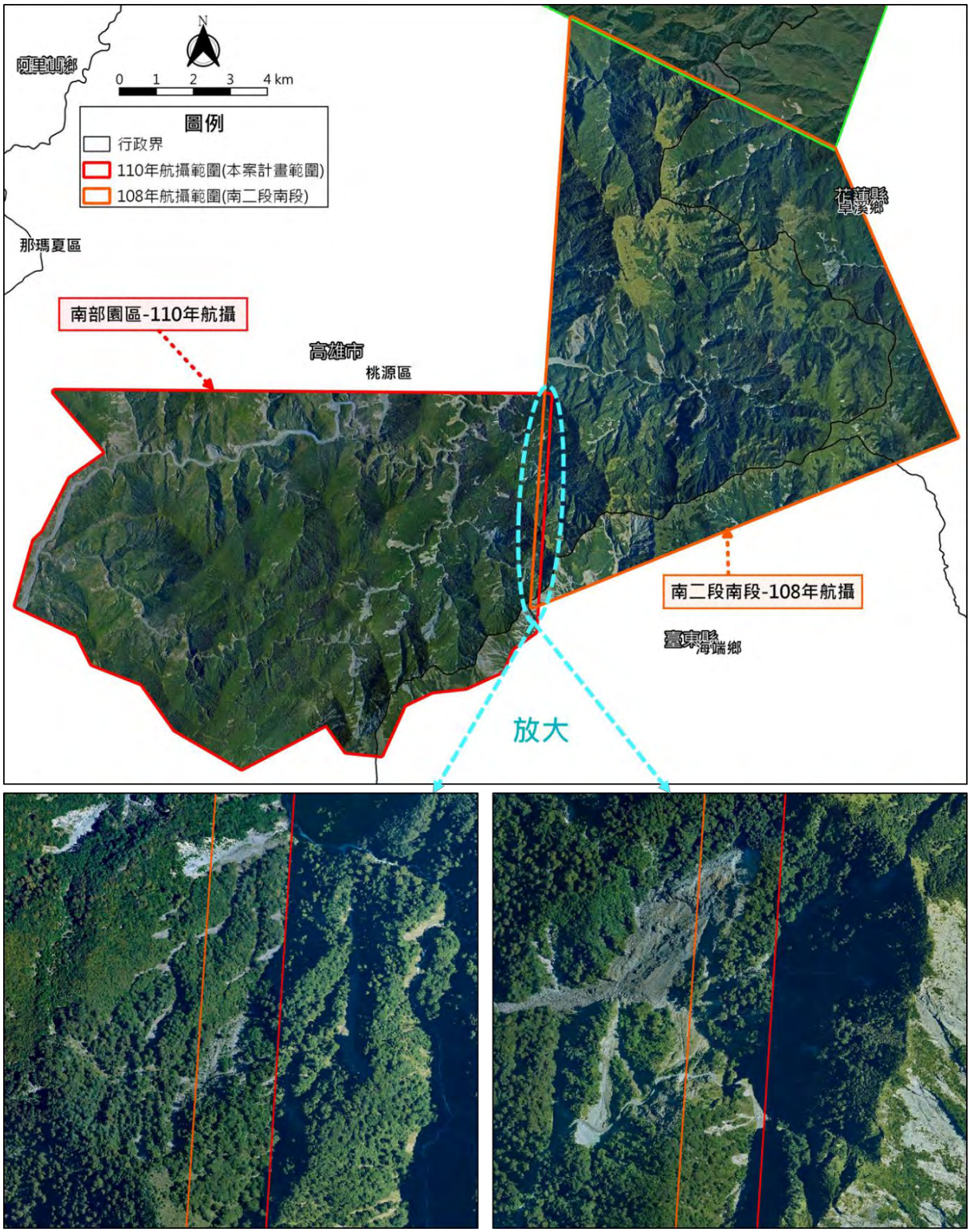


圖 2-80　正射影像接邊成果展示

2-11 影像自動匹配成果

本案以五台各 1 億畫素航測像機(Phase ONE iXU-RS 1000)組成 AOS-5 傾斜像機（圖 2-81），執行本案全區傾斜攝影。利用傾斜攝影成果，使用 ContextCapture Center 軟體進行 3D 地貌重建(圖 2-82)，使用影像資料創建逼真的 3D 建模場景，在精度、自動化、適應性及流暢性等方面都有著相當高的優勢。本案局部放大成果如圖 2-83 至圖 2-85。

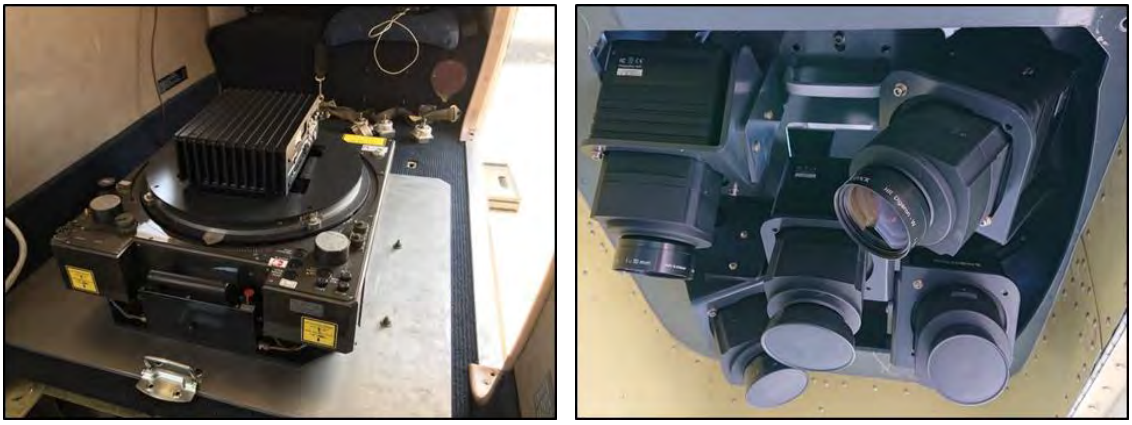


圖 2-81　AOS-5 傾斜像機實機照

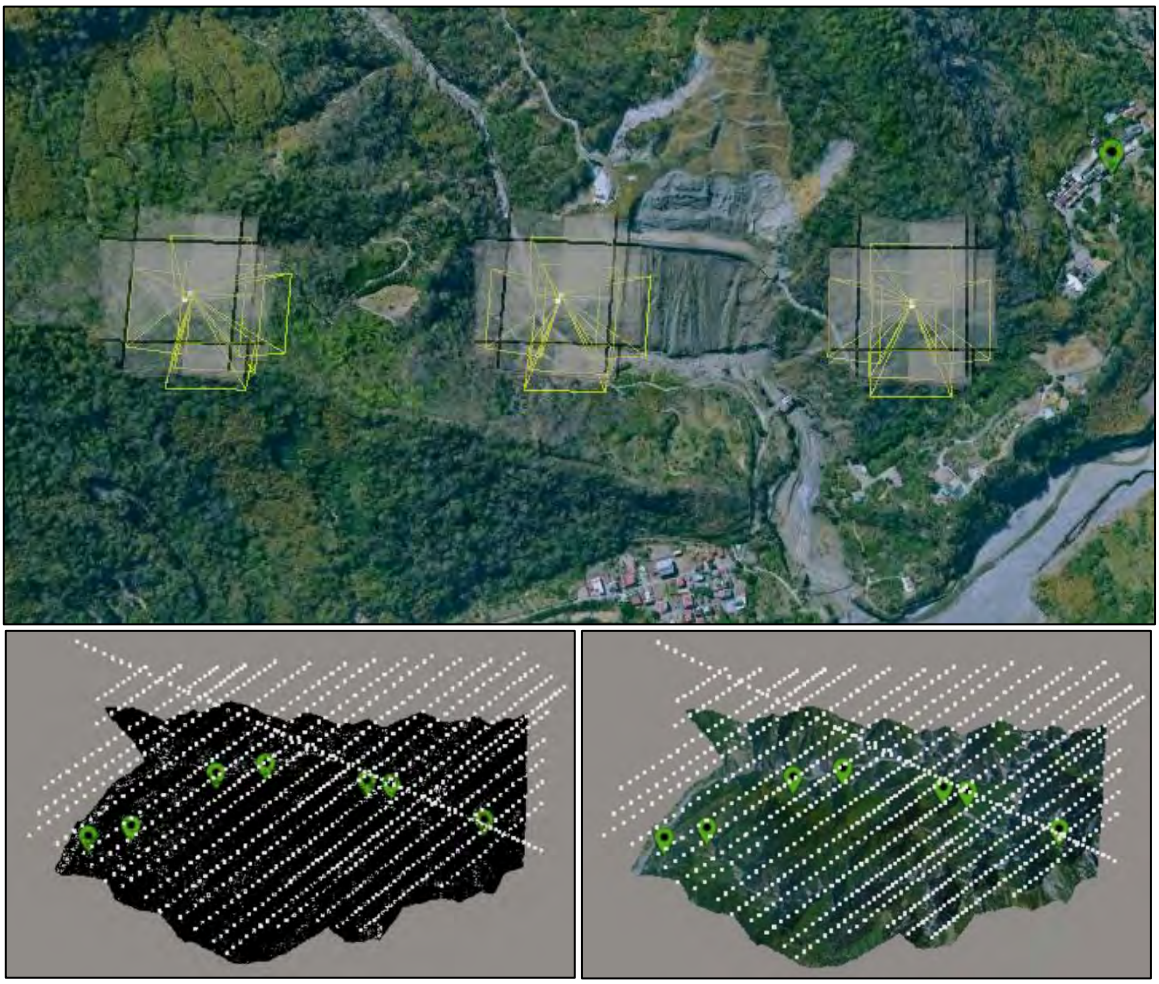


圖 2-82　ContextCapture Center 軟體影像 3D 建模畫面

圖 2-83　本案模型成果展示-梅山地區

圖 2-84　本案模型成果展示-中之關停車場及台 20 線

圖 2-85　本案模型成果展示-天池及長青祠

2-12 執行成果展示影片製作

影片內容包含所有成果資料(正射影像、DEM/DSM、3D 模型、CHM)，執行範圍套疊山岳、山屋及視需要標示重要地標，片長約 3 分鐘，以常用的.WMV 檔案格式繳交，影片畫面如圖 2-86。

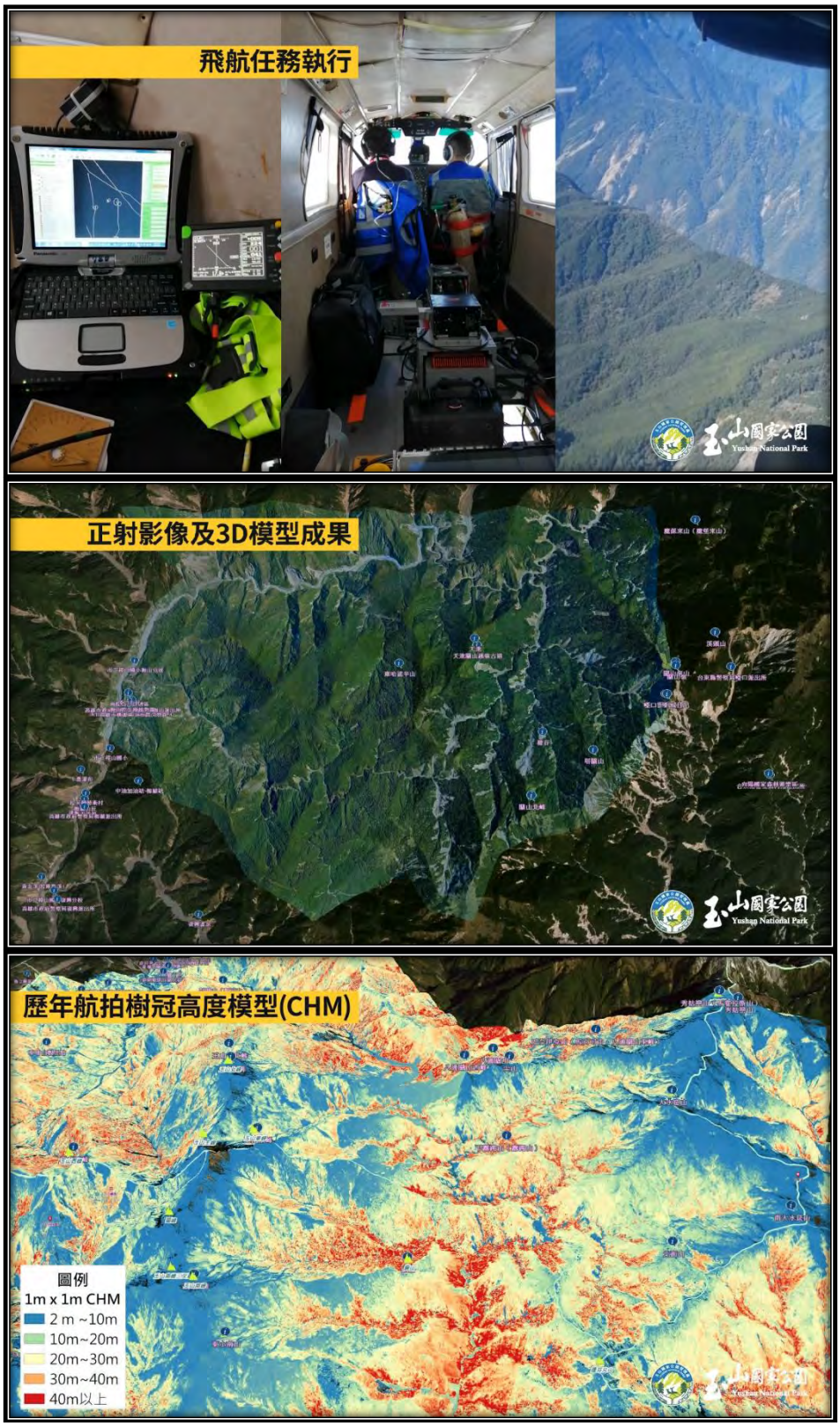


圖 2-86 執行成果展示影片節錄

第三章　工作期程與管制維運計畫

3-1　計畫執行期程

一、工作期限：自 110 年 3 月 9 日(決標次日)起至 110 年 11 月 19 日(展延工期)止。

二、分項工作進度

（一）期初審查：於 110 年 3 月 31 日(自工字第 110037198 號)提出工作執行計畫書 3 份，並擬訂航空攝影計畫，符合契約簽定後 30 日內。貴處續辦理工作執行計畫書書面審查，且審查通過(110 年 4 月 7 日營玉企字第 1100002912 號)。

（二）期中審查：於 110 年 7 月 16 日(自工字第 110077464 號)提出期中報告 12 份，取得相關航拍申請許可並已完成航空傾斜攝影及空載光達掃瞄作業等初步航拍及產製圖資成果，符合作業規定。由玉管處於 110 年 8 月 4 日辦理期中簡報審查，且審查通過(110 年 8 月 10 日營玉企字第 1101007014 號)。

（三）期末審查：完成本計畫所有工作項目，提送期末報告書 12 份，由玉管處擇期辦理期末簡報會議審查。因受嚴重特殊傳染性肺炎疫情影響，本計畫為配合防疫需求啟動居家辦公，影響本計畫履約進度及正常人力調度。本計畫於 110 年 7 月 23(自工字第 1100774770 號)向玉管處申請展延期末及履約期限，並於 110 年 7 月 29 日獲得玉管處核可(營玉企字第 1100004405 號)，期末報告展延至 110 年 10 月 20 日，及履約期限展延 110 年 11 月 19 日止。110 年 10 月 20 日(自工字第 110107658 號)提出期末報告 12 份，由玉管處於 110 年 11 月 2 日辦理期末簡報審查，且審查通過(110 年 11 月 5 日營玉企字第 1101009837 號)。

三、彙整本計畫各工作項目、預計工作權重及進度如圖 3-1。

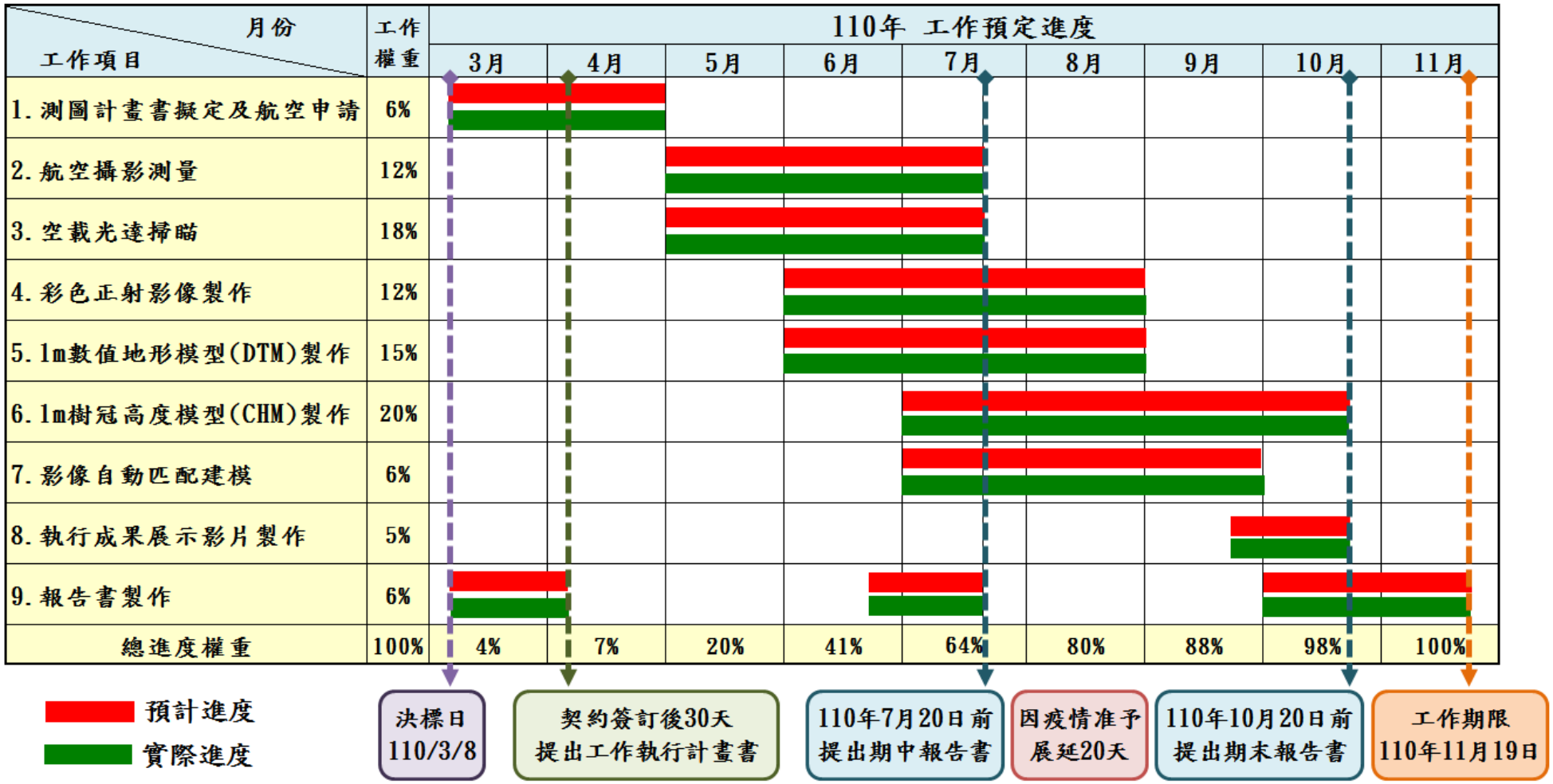


圖 3-1　工作進度甘特圖

3-2 進度管制計畫

（一）每週進度檢討：設立週報表回報制度，確實掌握各工作小組織作業進度，並由計畫主持人每週或不定期召開工作會議，檢討工作進度、資源使用狀況及潛在疑義問題，負責之組長回報作業情形及工作成果，再經稽核人員(品管審核組)確認，以確保成果之正確性。

（二）每月進度檢討：每月由計畫主持人召開，探討遭遇問題解決對策與進度報告討論，確保工作方針與需求契合。

（三）問題處理：首先彙整各項問題，以問題的來源、性質及處理時限來區分，於每週進度檢討時開會討論作成問題處理決議，並將問題做一經驗的傳承，避免日後重複犯錯。

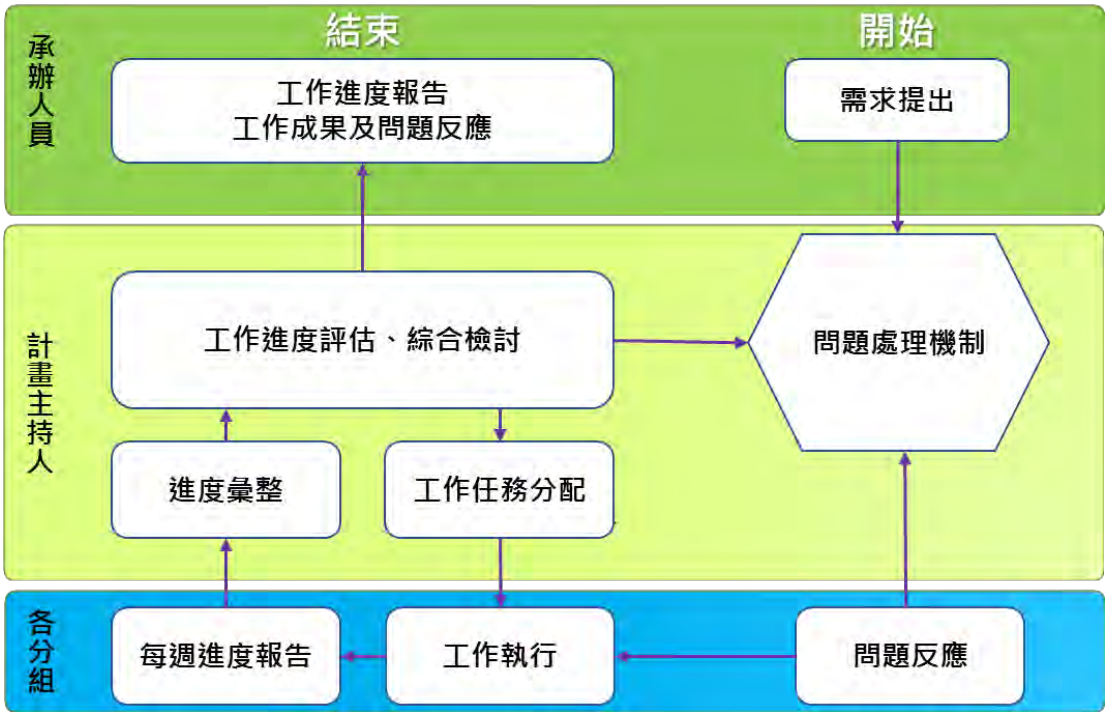


圖 3-2 進度管制流程

3-3 品質管制與自主檢查

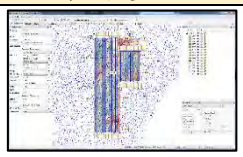
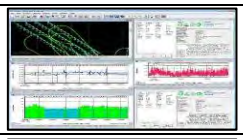
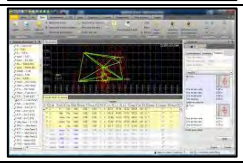
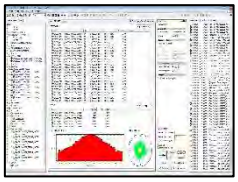
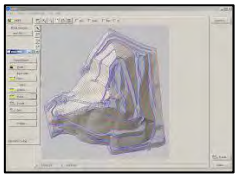
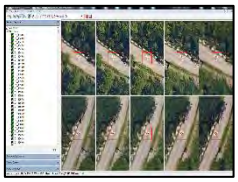
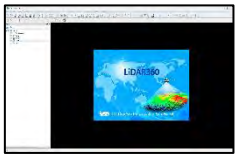
一、為提供玉管處最完善的成果，特別設立「品管小組」管制成果品質，組長為藍國華測量技師，組員皆有豐富之點雲編修及 DEM 製作經驗，並獨立於資料成果製作，經由分工合作及交互檢核下，確保檢核效率及避免檢核盲點，品質管制流程如圖 3-3。

二、本計畫工作內容繁多，為真正落實成果之品管審核將擬定各項工作之自主檢查表，本計畫提出六大項自主檢查成果表，詳如圖 3-4 以及附件六。

圖 3-3　品質管制計畫流程圖

圖 3-4　六大自主檢查表(詳如附件六)

3-4 軟體設備

項次	軟體名稱	操作畫面	數量
1	**IGI Plan**：空載光達掃瞄飛航規劃 結合 IGI 系列 Areo Controller 以及 CCNS4 導航器可依據 DEM 規劃空載光達及像機飛航測線，並計算成果數據。		1
2	**GrafNav、IE**：GNSS 軌跡解算 高精度動態解算 ARTK 模式可提高解算成果精度。		2
3	**LeadSurvey**：自主研發地面控制測量軟體 自主研發測量計算管理系統，可應用於導線、水準、數值地形、斷面測量…等各項作業		1
4	**Trimble Business Center**：靜態 GNSS 解算 全方位的解算、測繪軟體，整合 GNSS 資料、空中三角測量、數值製圖等作業。		1
5	**Riegl 系列**：點雲資料處理 結合 RiPROCESS、RiANALYZE、RiWORLD 系列軟體，解算空載光達波形資訊並進行點雲平差作業，擁有人性化操作介面以及圖表展示功能，提高作業效率。		4
6	**Microstation**：點雲資料處理/數值繪圖 TerraScan/ TerraModeler/ TerraMatch 點雲分類與編修。		6
7	**SCOP++**：DEM/DSM 網格內插 專門為了數值地形模型內插、管理、以及視覺化應用的軟體，其最適性內插演算能呈現自然地形起伏與走勢，成果廣為國內各級單位肯定。		2
8	**ERDAS IMAGINE LPS ORIMA**：影像處理/空三平差 新一代的數位航測工作系統，能讀取各類數位影像資料，執行空三平差計算及偵錯，地面數值模型自動匹配量測及正射糾正鑲嵌等功能。		2
9	**LiDAR 360**：點雲處理軟體 點雲數據管理和分析，擁有多種演算法及編輯工具，能同時處理超過 300GB 的點雲數據，提高地形應用的工作效率。		3
10	**ContextCapture Center**：大規模 3D 實景建模軟體 具有高分辨率且自動化演算機制，可使用照片或點雲進行大範圍 3D 實景建模。		2

3-5 硬體設備

用途	儀器型式/儀器精度及規格	儀器照片	數量
地形與控制測量	**Uni Strong 系列 GNSS 衛星定位儀** TAF 校正日期：109.08.27 靜態 GNSS 測量/快速靜態/動態/RTK 測量 Horizontal: ±(2.5mm+1ppm x L) Vertical: ±(5mm+1ppm x L)		2
	STONEX 系列 GNSS 衛星定位儀 TAF 校正日期：109.01.04~109.08.27 靜態 GNSS 測量/快速靜態/動態/RTK 測量 Horizontal: ±(2.5mm+1ppm x L) Vertical: ±(5mm+1ppm x L)		10
	HORIZON Kronos 系列 GNSS 衛星定位儀 TAF 校正日期：109.08.27 靜態 GNSS 測量/快速靜態/動態/RTK 測量 Horizontal: ±(2.5mm+0.5ppm x L) Vertical: ±(3.5mm+0.5ppm x L)		2
	Leica 全測站儀 TAF 校正日期：109.03.13 地形測量/地類檢核點測量/橫斷面點測量 Leica TCR1205 全站式經緯儀 ±(3 mm+1 ppm x L)		2
飛航載具	**P68C TC 專業航拍定翼機** 由義大利製造之 P68C TC 定翼機，可同時搭載航空攝像機、空載光達掃瞄儀。相較其他機種，在高溫、高濕度、高海拔的地區時能更好維持飛機性能，並於空域較擁擠的地區更具有靈活性、提高安全性。		1
	BN2 系列專業航拍定翼機 能低速飛行並保持機身平穩，且能靈活地進入規劃航線，相當受航空攝影測量業界喜愛，可搭載全方位的航空測量儀器設備，具備穩定性、合適性極高的平台以供航空攝影測量作業使用		3

註：L 為基線長度，單位為公里

用途	儀器型式/儀器精度及規格	儀器照片	數量
空載光達掃瞄與航空攝影測量	**數位像機(Phase One iXU-RS 1000)** 2018 年採購航測像機，具有 1 億像素(111,608 x 8708)，並採用 CMOS 感光元件，快門可達 1/2500，可克服光線較不理想的天候時間，應對山區天氣變化迅速，機身質量相對輕巧，飛航任務更多彈性。		5
	數位像機(Phase One iXA 180) Phase One 航測像機(iXA 180)具有 8000 萬像素(10320×7752 像素)，並採用 TDI 時間延遲積分方法進行像移補償，可克服光線較不理想的天候時間，應對山區天氣變化迅速，機身質量相對輕巧，飛航任務更多彈性，最小曝光間隔(1.5 秒)。		1
	IMU(慣性導航儀) 使用 IGI 公司之產品，IMU 用在需要進行運動控制的設備，內裝有三軸的陀螺儀和三個方向的加速度計，來測量物體在三維空間中的角速度和加速度，並以此解算出物體的姿態。		2
	Airborne Lidar 空載光達系統-Q780 使用 Riegl LMS-Q780，系統整合了雙頻衛星定位器(Global Navigation Satellite System, GNSS)、慣性導航儀(Inertial Measurement Unit, IMU)、光達掃瞄儀、量測型數位像機及機上電腦系統(computer rack)五部份，以即時獲取大量的地形高程點空間資料。		1
	Airborne Lidar 空載光達系統-Q680i Riegl LMS-Q680i 做為空載光達備援機，整合了雙頻衛星定位器(Global Navigation Satellite System, GNSS)、慣性導航儀(Inertial Measurement Unit, IMU)、光達掃瞄儀、量測型數位像機及機上電腦系統(computer rack)五部份，以即時獲取大量的地形高程點空間資料。		1

第四章　人力配置

4-1　團隊組織架構

本計畫由邱俊榮 測量技師/副總經理 擔任計畫主持人，由楊豐毓 測量技師擔任計畫共同主持人，並由具有研發能力以及博士學位之賴澄燦總經理擔任計畫協同主持人。前述主持人皆擁有豐富的航空攝影測量、空載光達光達掃瞄資料處理以及 DEM/DSM 產製作業經驗，擁有自主研發能力，提高作業效率以及準確性。此外，特別邀請 藍國華 測量技師/副總經理擔任本計畫品質管制中心組長，配合獨立運作的資料審核小組，定可提供玉管處最為優質的成果。

綜合前述主要工作人員說明，本計畫組織人力架構圖如圖 4-1。

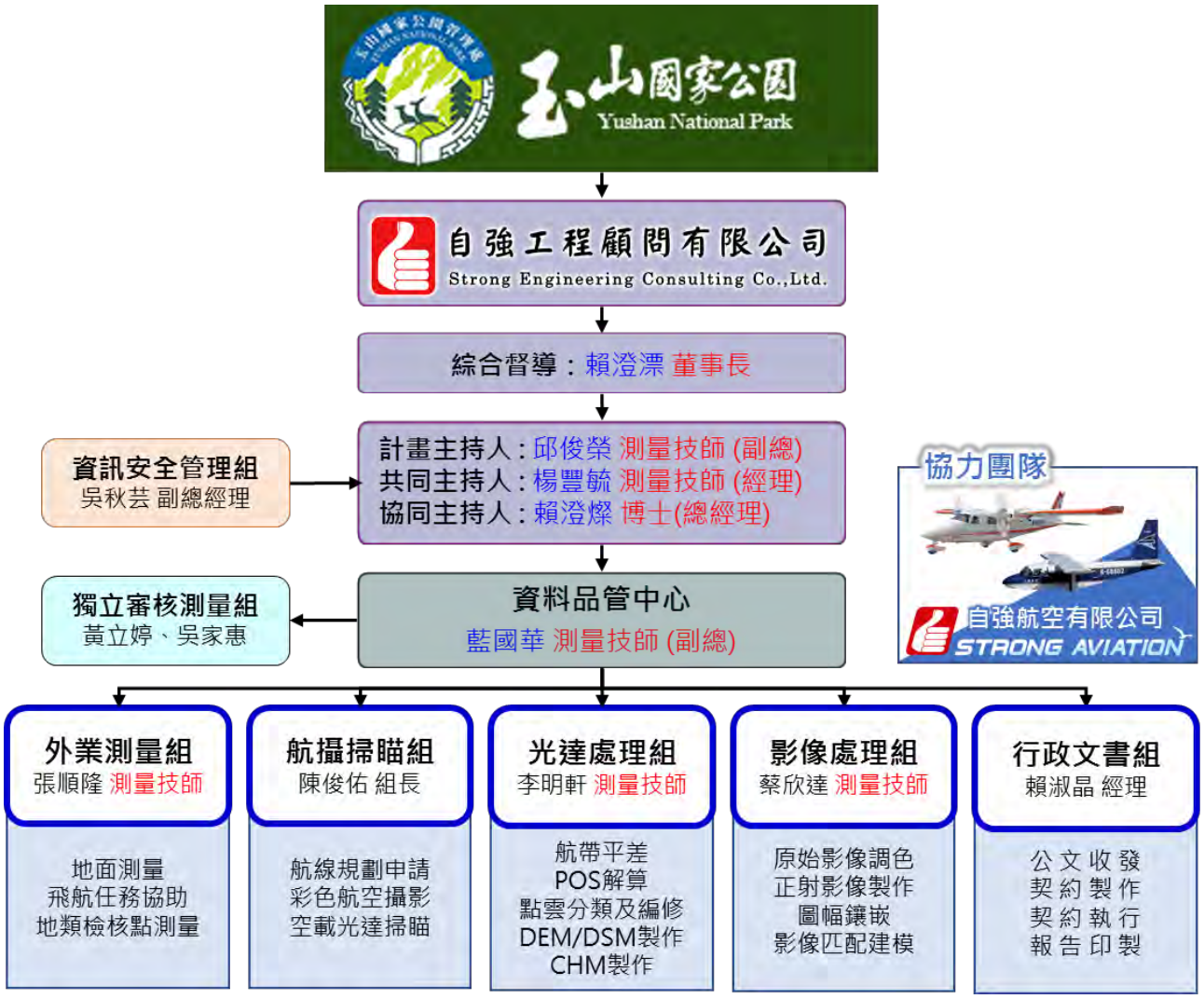


圖 4-1　計畫組織人力架構圖

4-2 人力總整表

編號	組別	計畫專案職務	姓名	職稱	工作項目
1	綜合督導	綜合督導	賴澄漂	董 事 長	策略規劃/綜合督導
2	專案管理	計畫主持人	邱俊榮	副總經理/測量技師	航空攝影測量/空載光達掃瞄/專案管理
3		共同主持人	楊豐毓	測量部經理/測量技師	航空攝影測量/空載光達掃瞄/專案管理
4		協同主持人	賴澄燦	總經理/博士	資安管理/技術研發/綜合督導
5		專案承辦人	簡睿怡	專案副組長	專案負責/成果製作
6	品質管制	品質管制組長	藍國華	副總經理/測量技師	GNSS 測量/陸域測量
7		品質管制組員	吳家惠	製圖副組長	影像處理
8		品質管制組員	黃立婷	製圖副組長	點雲編修
9	資訊安全	資訊安全管理組長	吳秋芸	副總經理	資訊安全管理
10		資訊安全管理組員	蔡宛諭	副理	資訊安全管理
11	行政文書	行政事務組長	賴淑晶	行政部經理	會計業務/行政業務/採購人員
12		行政事務組員	林沂珊	行政部特助	會計業務/行政業務
13		行政事務組員	廖煥貞	行政部助理	會計業務/行政業務
14	航空攝影與掃瞄	航攝掃瞄組長	陳俊佑	航拍組長	飛航任務執行
15		航攝掃瞄副組長	康祐程	航拍副組長	飛航任務執行
16		航攝掃瞄組員	顏梓修	航拍組員	飛航任務執行
17		航攝掃瞄組員	洪健嘉	航拍組員	飛航任務執行
18		航攝掃瞄組員	杜　弨	航拍組員	飛航任務執行
19	外業測量組	陸域測量組長	張順隆	副總經理/測量技師	GNSS 測量/地類檢核點測量
20		陸域測量副組長	游勝宇	測量部副理	GNSS 測量/地類檢核點測量
21		陸域測量副組長	林文凱	測量部副理	GNSS 測量/地類檢核點測量
22		陸域測量組員	林育聖	測量副組長	GNSS 測量/地類檢核點測量
23		陸域測量組員	賴世豪	測量工程師	GNSS 測量/地類檢核點測量
24	光達處理組	光達處理組長	李明軒	經理/研發長/測量技師	空載光達掃瞄資料後處理
25		光達處理副組長	陳俊偉	測量工程師	空載光達掃瞄資料後處理
26		光達處理組員	凌子晴	製圖工程師	點雲編修/DTM 製作/CHM 製作
27		光達處理組員	黃潔玟	製圖工程師	點雲編修/DTM 製作/CHM 製作
28		光達處理組員	周佩宜	製圖工程師	點雲編修
29		光達處理組員	彭暄淇	製圖工程師	點雲編修
30		光達處理組員	洪雨慈	製圖工程師	點雲編修
31	影像處理組	影像處理組長	蔡欣達	經理/測量技師	航空攝影測量/3D 模型建置
32		影像處理副組長	曾淑枝	製圖組長	原始影像調色/正射影像製作
33		影像處理組員	董秀琪	製圖組長	影像處理/正射影像製作
34		影像處理組員	陳品蓉	製圖組員	影像處理/3D 模型建置
35		影像處理組員	涂茵蘋	製圖組員	影像處理/3D 模型建置

第五章　結論與建議

5-1　結論

為持續建置玉山國家公園重要區域之空間資訊及提升圖資準確度，以掌握園區重要服務據點及周邊區域之環境現況，本(110)年度規劃玉山國家公園南部園區之範圍航空傾斜攝影暨空載雷射掃瞄作業。

本計畫團隊使用自有專業航攝飛行載具、空載 LiDAR(Riegl LMS-Q780)以及五部各 1 億畫素航測像機(Phase ONE iXU-RS 1000)組成 AOS-5 傾斜像機執行航空傾斜攝影作業暨空載光達掃瞄作業，於 110 年 5 月以 3 架次完成飛航任務，獲得高品質點雲及影像資料。

本計畫製作相關成果包含 1m 數值高程模型(DEM)與數值地表模型(DSM)、20cm 正射影像、影像匹配 3D 地貌模型，正射影像成果精度優於測繪中心及 Google earth 公開影像，提供玉管處最新型且優質的空載光達掃瞄資料以及影像建模技術成果，且利用歷年 DEM/DSM 資料製作樹冠高度模型(CHM)在未來做植群類型判斷或植被覆蓋率計算等之應用，套疊正射影像資料及原始空載光達點雲資料可了解玉山國家公園內樹木種類及巨木分布情形。本案豐富成果定能成為玉管處規劃、評估、展示、執行最佳利器。

5-2　建議

本計畫產製之 1m 數值高程模型(DEM)與數值地表模型(DSM)、20cm 正射影像、影像匹配 3D 地貌模型、樹冠高度模型(CHM)及單木分割成果，建議匯入玉管處既有 3D 整合圖台內。亦可將本案資料提供給森林系專業學者協助植群類型判斷、尋找園區內巨木等多方面運用。

本計畫成果豐碩，建議玉管處仍能編列預算執行其餘範圍之航空傾斜攝影及空載光達掃瞄作業，逐年完成玉山國家公園範圍最新正射影像、高精度數值高程模型及影像匹配 3D 地形地貌模型等成果。