

玉山國家公園南二段南段區域
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

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) 2348-274

契約編號：108-27

玉山國家公園叢刊編號：1316



玉山國家公園管理處

中華民國108年12月

目錄

目錄	I
附件目錄	II
圖目錄	III
表目錄	V
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 服務項目	2
1-4 預期成果與效益	2
第二章 工作規劃與執行方法	3
2-1 工作流程	3
2-2 儀器設備	5
2-3 空載雷射掃瞄飛航計畫規劃與申請	9
2-4 控制測量	13
2-5 空載雷射掃瞄施測資料獲取	19
2-6 雷射掃瞄點雲資料處理	21
2-7 數值高程模型(DEM)與數值地表模型(DSM)製作	25
2-8 正射影像製作	31
2-9 圖幅接邊處理	35
2-10 影像自動匹配成果	36
第三章 工作期程與管制維運計畫	37
3-1 計畫執行期程	37
3-2 進度管制計畫	37
3-3 品質管制與自主檢查	38
第四章 人力計畫及配置	42
4-1 組織架構	42
4-2 人力總整表	43
第五章 結論與建議	44

附件目錄

- 附件一 空載光達掃描儀 Riegl LMS-Q780 原廠檢校報告
- 附件二 空載光達掃描儀 Riegl LMS-Q780 測繪中心校正報告
- 附件三 航空攝像機 PhaseONE iXU RS1000 原廠校正報告
- 附件四 航空攝像機 PhaseONE iXU RS1000 測繪中心校正報告
- 附件五 相關函文掃描檔
- 附件六 空載光達率定報告書
- 附件七 航空影像縮圖(正攝方向)
- 附件八 自主檢查表
- 附件九 工作執行計畫書審查會議紀錄
- 附件十 期中報告書審查會議紀錄
- 附件十一 期末報告書審查會議紀錄

圖目錄

圖 1-1	計畫範圍.....	1
圖 2-1	工作計畫流程圖.....	3
圖 2-2	工作流程圖.....	4
圖 2-5	PhaseONE IXU-RS 1000 實機照.....	7
圖 2-6	Phase One iXU-RS 1000 內政部國土測繪中心校正報告.....	8
圖 2-7	航線規劃成果圖.....	10
圖 2-8	航攝申請公文.....	11
圖 2-9	航攝申請許可公文.....	12
圖 2-10	率定場航線規劃資訊.....	13
圖 2-11	率定場解算作業畫面.....	13
圖 2-12	GNSS 基地站與計畫範圍分布圖.....	14
圖 2-13	空中三角測量作業畫面.....	15
圖 2-14	地類檢核點分布圖(套疊 DEM 成果).....	16
圖 2-15	航線頭、中、尾控制點分布.....	17
圖 2-16	各架次飛航軌跡成果.....	20
圖 2-17	空載光達點雲各條航線分色成果.....	21
圖 2-19	空載光達點雲平差作業畫面.....	22
圖 2-20	點雲涵蓋範圍.....	23
圖 2-21	空載光達點雲密度統計圖.....	24
圖 2-22	點雲密度檢核成果圖.....	25
圖 2-23	點雲人工編修畫面.....	26
圖 2-24	SCOP++內插作業畫面.....	26
圖 2-25	計畫範圍 DEM 成果展示.....	27
圖 2-26	計畫範圍 1/5000 圖幅分幅範圍.....	28
圖 2-27	level 2A DEM 產品等級之處理流程.....	29
圖 2-28	level 2B DEM 產品等級之處理流程.....	29
圖 2-30	影像曝光位置分布圖.....	32

圖 2-30	正攝方向航拍影像涵蓋範圍分布圖	33
圖 2-29	正攝方向航拍影像部分成果	33
圖 2-29	正射影像製作流程.....	34
圖 2-31	計畫範圍正射影像成果展示	35
圖 3-1	工作進度干特圖.....	錯誤! 尚未定義書籤。
圖 3-2	六大自主檢查表.....	38
圖 4-1	計畫組織人力架構圖.....	42

表目錄

表 2-1	Riegl LMS-Q780 詳細規格	6
表 2-2	高精度 IGI IMU 詳細規格表	7
表 2-3	PhaseONE IXU-RS 1000.....	8
表 2-4	航線規劃資訊.....	10
表 2-5	計畫範圍 40 公里範圍內 GNSS 全國衛星追蹤站	14
表 2-6	空中三角測量網形平差成果	15
表 2-7	地類檢核點量測成果.....	16
表 2-8	航線頭、中、尾控制點資訊	18
表 2-9	點雲平差成果資訊.....	22
表 2-10	點雲航線重疊率分析(面積單位：平方公里).....	23
表 2-11	計畫範圍涵蓋 28 幅 1/5000 圖幅列表	27
表 2-12	高程基本精度 a (單位 m)	29
表 2-13	地形類別調整參數 b (單位 m)	30
表 2-14	地表植被覆蓋情形調整參數 c (無單位).....	30
表 2-15	平面精度標準 (單位 m)	31
表 2-16	高程檢核結果.....	31
表 2-17	平面檢核結果.....	31
表 2-17	各架次執行時間與拍攝航線	32
表 2-17	空中三角平差成果總表	34

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，貴處已完成玉山主群峰線區域及南二段北段及周邊區域共 180 平方公里之航空傾斜攝影暨空載光達掃描作業，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，並作為貴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(108)年度規劃建置南二段南段區域之範圍，爰辦理此案。

1-2 工作範圍

本次規劃於玉山園區南二段南段及周邊區域進行航空傾斜攝影暨空載光達掃描作業、彩色正射影像與數值高程模型(DEM)等圖資製作，如圖 1-1. 紅線範圍所示，面積約 110 平方公里(大致範圍左上：246263.051, 2588846.084、左下：245191.486, 2572971.052、右上：253353.898, 2585313.889、右下：256674.426, 2577548.353，TWD97 坐標)。



圖 1-1 計畫範圍

1-3 服務項目

- 一、空載雷射掃描飛航計畫規劃與申請。
- 二、地面 GPS 基地站控制測量。
- 三、空載雷射掃描施測資料獲取。
- 四、雷射掃描點雲資料處理。
- 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、正射影像製作。
- 七、圖幅接邊處理。
- 八、影像自動匹配成果

1-4 預期成果與效益

繳交項目	份數
一、成果報告書(印刷定稿本之樣式、紙張、彩色照片、圖幅等，應先徵得 貴處同意)	12 份
二、完整成果資料（電子檔以 USB 外接式硬碟方式繳交）	3 份
(一) 航空傾斜攝影作業暨空載光達掃描作業 ■ 航空攝影計畫 ■ 航線涵蓋圖、航拍紀錄(攝影日期、天氣資料) ■ 航空測量攝影機之校正報告、LiDAR 系統率定報告 ■ 飛機上 GPS 及 IMU 原始資料 ■ 攝影站坐標(GPS 輔助空三需檢附基地站坐標) ■ 原始航拍影像(tiff 檔)及航空攝影自主檢查表。 ■ 繳交成果需含平差後原始空載點雲(las 檔)、 ■ 空中三角平差報表(含最小約制與強制符合)及解算資料。 ■ 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) (二)正射影像及數值高程模型圖資製作 ■ 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。 ■ 產製 1m DEM 數值高程模型，提供 TWD97[2010]及 WGS84 經緯度 2 種坐標系統。 ■ 繳交 1/2500、1/5000 圖幅 DEM 成果(含 DSM 圖資，資料欄位包括 XYZ 檔)。 ■ 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)。 (三)影像自動匹配成果 以上繳交之圖資成果雖驗收合格後，仍需再經 貴處委由第三方機關(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 貴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 貴處備查，俟無待解決事項後 30 日內發還履約保證金(如無辦理則免)。	
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*.doc 檔及*.pdf 檔應各合併為 1 個檔案、各階段簡報(*.ppt 檔)等本案成果電子檔資料。	

第二章 工作規劃與執行方法

2-1 工作流程

本計畫依據各項工作項目包括空載雷射掃描飛航計畫規劃與申請、地面 GPS 基地站控制測量、空載雷射掃描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、正高改算、人工檢核 與編修及圖幅鑲嵌處理等，彙整工作流程如圖 1-1。

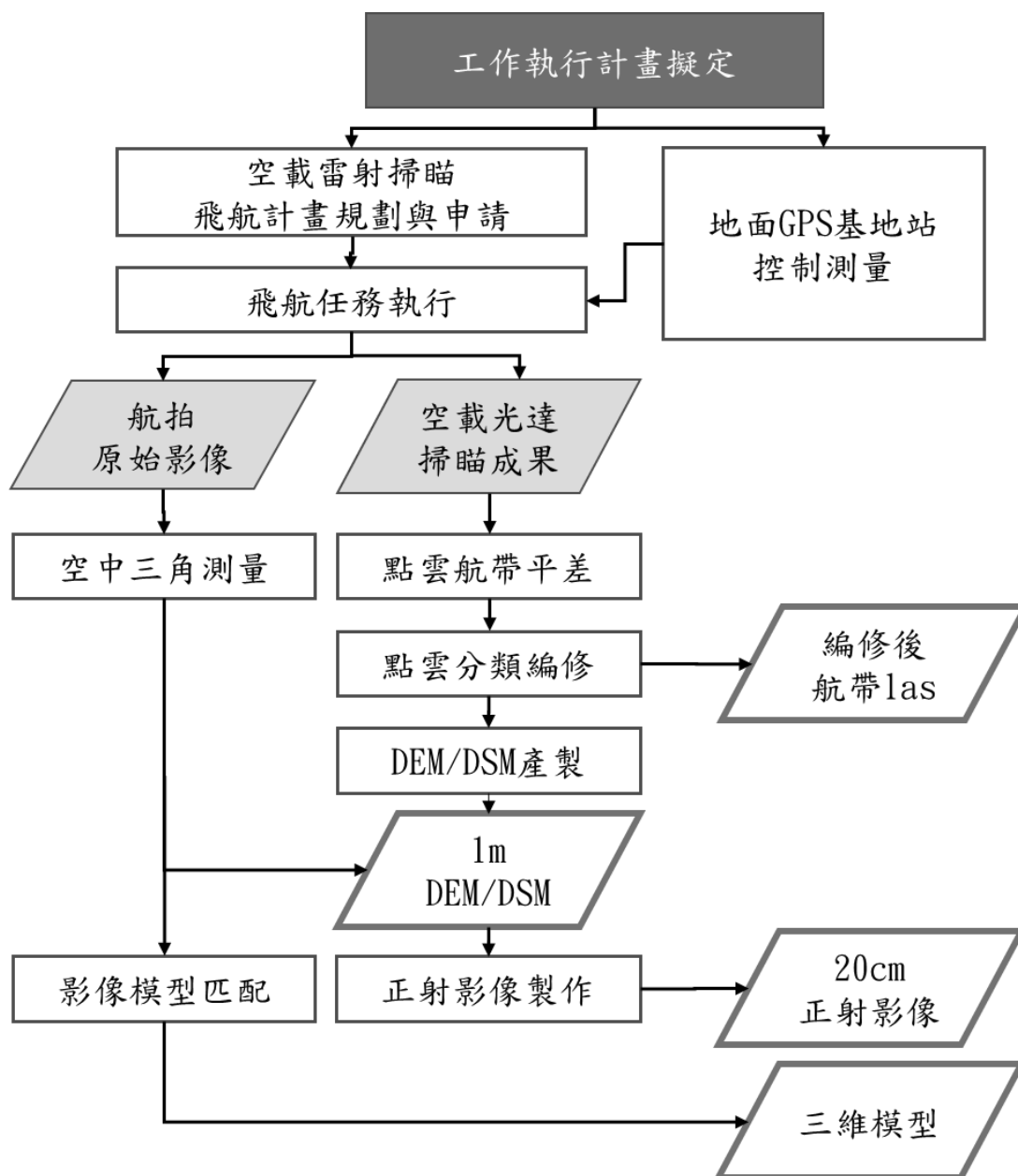


圖 2-1 工作計畫流程圖

本計畫空載光達掃描、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，詳細說明詳如本章節。

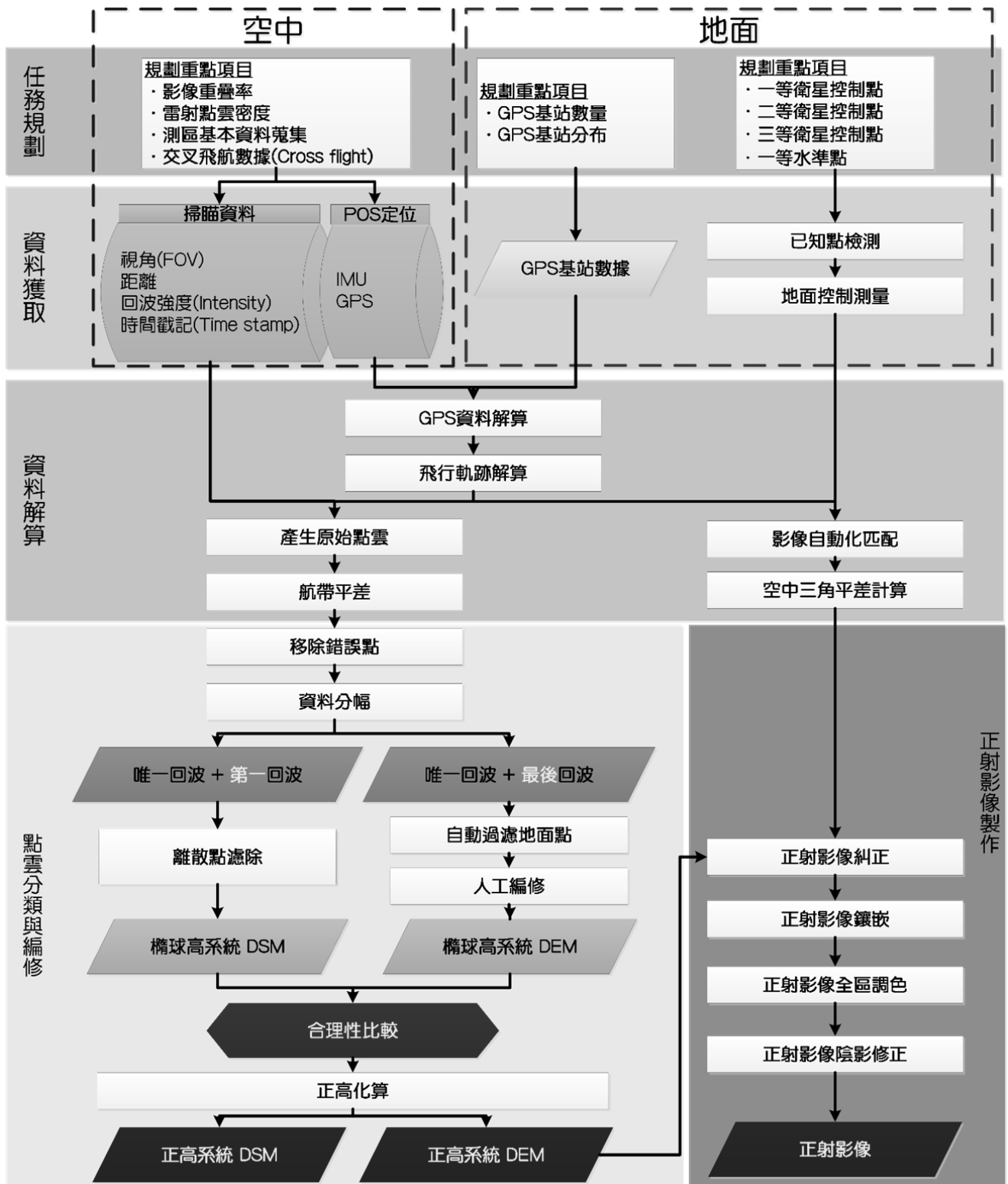


圖 2-2 工作流程圖

表 2-1 Riegl LMS-Q780 詳細規格

System Model	LMS-Q780		
Serial Number	2220561		
Laser Product Classification	Class 3B Laser Product according to IEC60825-1:2007 The following clause applied for instruments delivered into the United States: Complies with 21 CFR 1040.10 and 1040.11 except for deviations pursuant to Laser Notice No.50, dated June 24, 2007.		
Intensity Measurement	For each echo signal, high-resolution 16-bit intensity information is provided which can be used for target discrimination and/or identification/classification.		
Power Supply	18 - 32 VDC/approx. 7 A @ 24 VDC		
Main Dimensions (L x W x H)	480 × 212 × 279 mm		
Weight	approx. 20 kg		
Protection Class	IP54		
Max. Flight Altitude	18500 ft (5600 m) above MSL - operating 18500 ft (5600 m) above MSL - not operating		
Temperature Range	-5°C up to +40°C (Operation)		
	-10°C up to +50°C (Storage)		
Mounting of IMU-Sensor	Steel thread inserts on both sides of the laser scanner, rigidly connected to the inner structure of the scanning mechanism		
Full Laser Power (Laser Power Level: 100%)			
Max. Measurement Performance	Laser Pulse Repetition Rate	Natural Targets $\rho \geq 20\%$	Natural Targets $\rho \geq 60\%$
	100 kHz	4100 m	5800 m
	200 kHz	3500 m	5100 m
	300 kHz	3000 m	4500 m
	400 kHz	2700 m	4100 m
Minimum Range	50 m		
Accuracy	20 mm		
Laser Pulse Repetition Rate	up to 400 kHz		
Laser Wavelength	Near Infrared		
Laser Beam Divergence	≤ 0.25 mrad		
Number of Targets per Pulse	Digitized waveform processing: unlimited (practically limited only by the maximum data rate allowed for the <i>RIEGL</i> Data Recorder)		
	monitoring data output: first pulse		
Scanning Mechanism	Rotating Polygon Mirror		
Scan Pattern	Parallel Scan Lines		
Scan Angle Range	$\pm 30^\circ = 60^\circ$ total		
Scan Speed	14 - 200 lines/sec (laser power level $\geq 50\%$) 10 - 200 lines/sec (laser power level $< 50\%$)		
Angle Measurement Resolution	0.001°		
Scan Sync	Option for synchronizing scan lines to external timing signal		
Configuration	TCP/IP Ethernet (10/100 MBit), RS232 (19.2 kBd)		
Monitoring Data Output	TCP/IP Ethernet (10/100 MBit)		
Digitized Data Output	High speed serial data link to <i>RIEGL</i> Data Recorder		
Synchronization	Serial RS232 interface, TTL input for 1 pps synchronization pulse, accepts different data formats for GNSS-time information		

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 2-2，其滾動 Roll、顛頗 Pitch 之精度小於 0.015 度；偏航 Yaw 之精度小於 0.05 度。

表 2-2 高精度 IGI IMU 詳細規格表

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: $0.122 \times 10^{-3} \text{ m / s} (@ 128 \text{ Hz})$ resolution: $0.061 \times 10^{-3} \text{ m / s} (@ 256 \text{ Hz})$
	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
Computer	
Data storage	PC card, 512 MB

三、航空攝像機- PhaseONE iXU-RS 1000

1 億像素的辨識率：在 1 億像素的辨識率下，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 2-5，儀器詳細規格詳如表 2-3。



圖 2-5 PhaseONE iXU-RS 1000 實機照

表 2-3 PhaseONE iXU-RS 1000

項次	項目	規格	備註
1	解析度	100 MP (11,608 x 8708)	
2	像素大小	4.6 micron	
3	感測大小	53.4 x 40.0 mm	符合作業規定 24 mm × 36 mm。
4	像機類型	用於航空攝影的中畫幅像機	符合計畫作業所需精密測圖用 之數位式攝影機
5	快門速度	高達 1/2500 秒	

(一) 高強度的準確性

本團隊計畫所使用之像機於 107 年出場時獲得原場校正報告(附件三)，108 年 3 月獲得內政部國土測繪中心校正報告，其平面方向器差為 2.3 公分；高程方向器差為 6 公分，皆符合內政部公告之「一千分之一數值航測地形圖測製作業規定」，相關報告如圖 2-6 以及附件四。

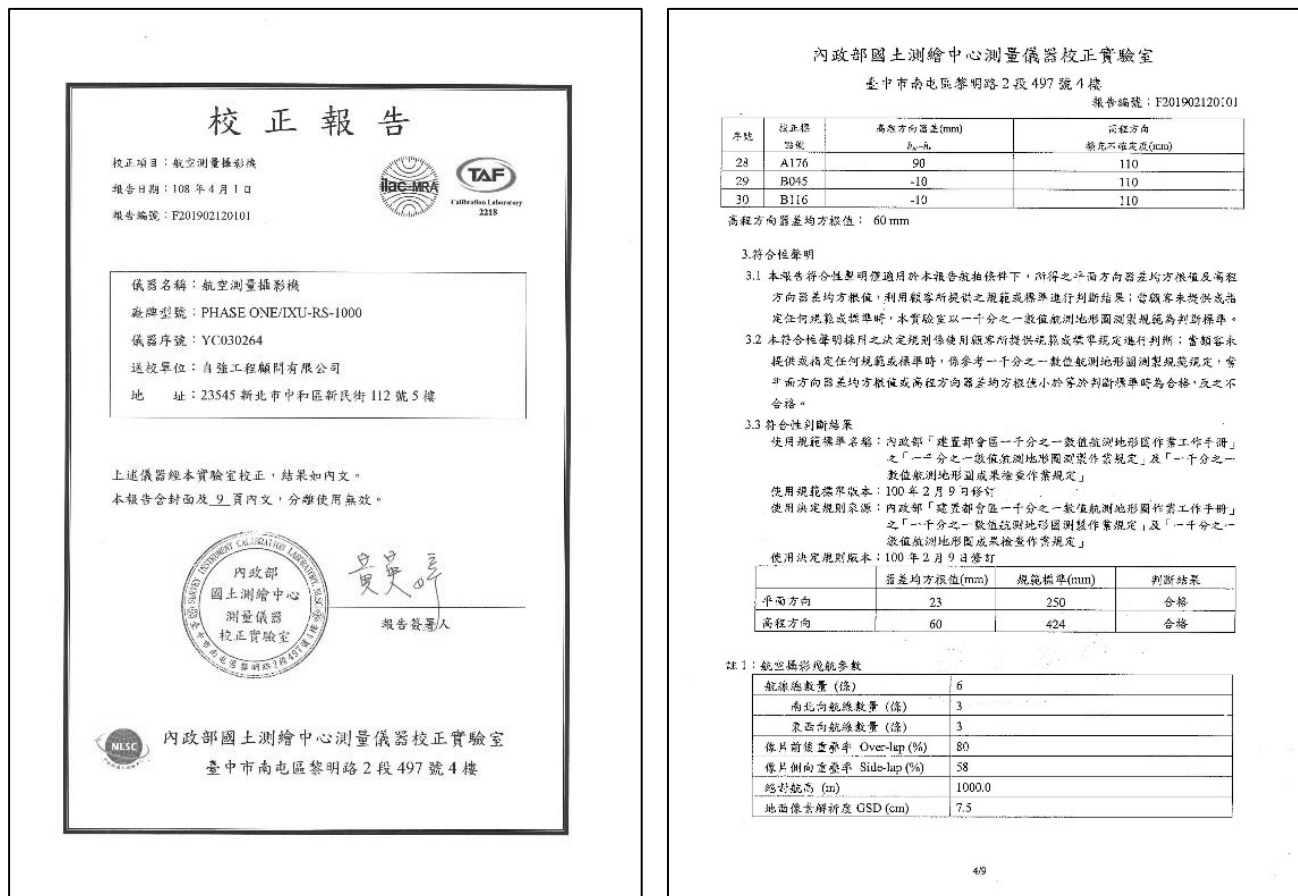


圖 2-6 Phase One iXU-RS 1000 內政部國土測繪中心校正報告

2-3 空載雷射掃瞄飛航計畫規劃與申請

空載雷射掃瞄飛航計畫規劃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、率定結果校差不得超過 10 公分)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) 雷射測點密度：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 平方米之平均密度，於中高海拔地區(高程 800 米以上)應高於每平方米 2 點，至於低海拔及河川洪泛溢淹地區(高程 800 米以下)應高於每平方米 1 點。
- (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 GPS 基站同步接收 GPS 觀測量。所用之 GPS 接收儀須為雙頻儀器，每秒至少接收 1 筆數據，且基站與航線範圍的距離應小於 40 公里。飛航時定位光達掃瞄之 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 GPS 基站接收頻率皆須達 2Hz；其餘飛航掃瞄時地面 GPS 基站接收頻率應達 1Hz。
- (六) 交叉飛航數據(Cross Flight)：作業區域範圍內各條航線每隔至多 25 公里，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 2-4，共 20 條航線，總長為 254 公里，航線規劃成果以及計畫範圍套疊如圖 2-7。

表 2-4 航線規劃資訊

項次	項 目		規 劃 資 訊	備 註
1	飛航高度		4200、4600 m	1~19:4600m / 20:4200m
2	航拍測線		20 條	-
3	飛航長度		254 公里	-
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 %	-
8		發射頻率	250 kHz	距離地高：1980 m
9		雷射強度	100 %	-
10		密度	2 點/m ²	-

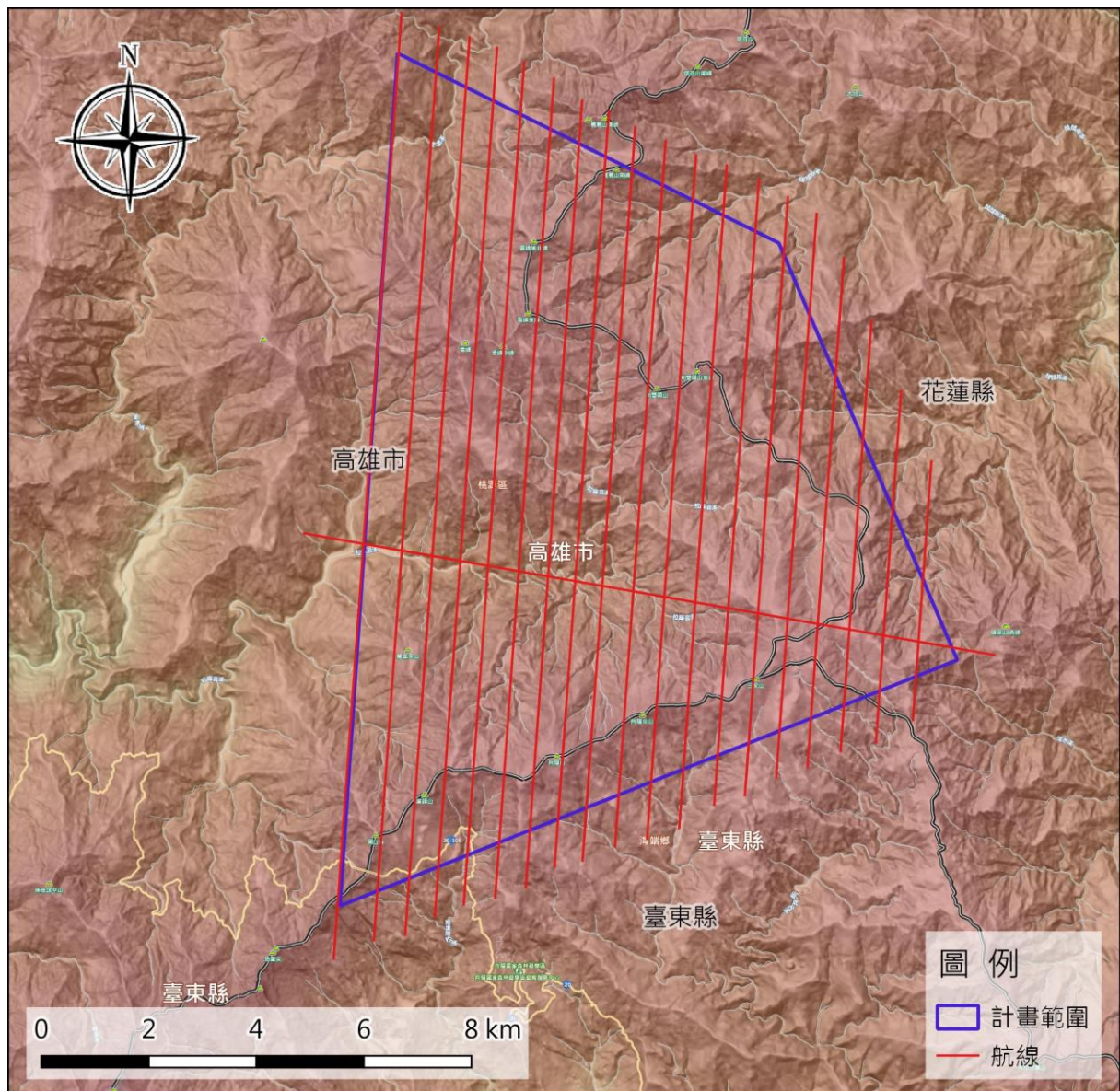


圖 2-7 航線規劃成果圖

三、航線規劃申請

實施計畫之申請：本計畫於 108 年 5 月 21 日(自工字第 108055482 號)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，符合作業規定(決標後 20 日內，108 年 5 月 31 日)，並於 108 年 6 月 25 日獲得內政部核准(台內地字第 1080125448 號)，續於 108 年 6 月 26 日向民航局申請飛航許可(自工字第 108065582 號)，並於 108 年 7 月 5 日獲得許可(空運管字第 1080016158 號)，相關函文如圖 2-8 以及附件五。

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：張宇含
聯絡電話：02-22252200#分機243
傳真電話：02-32349980
電子信箱：243@st2200.com

10017
台北市中正區徐州路5號
受文者：內政部

發文日期：中華民國108年05月21日
發文字號：自工字第 108055482 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「玉山國家公園南二段南段區域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拍許可，復如說明敬請 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）、營利事業登記證（第十項）、測繪業登記證（第十一項）、議價紀錄（第十二項）以及招標公告（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 賴澄深

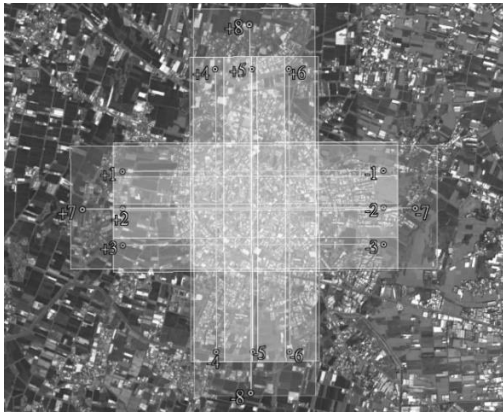
圖 2-8 航攝申請公文

機 密: 保存期限: 內政部 函 地址：10017臺北市中正區徐州路5號 聯絡人：連以諾 聯絡電話：02-23565272 傳真：02-23976875 電子郵件：moi1912@moi.gov.tw 受文者：自強工程顧問有限公司 發文日期：中華民國108年6月25日 發文字號：台內地字第1080125443號 送別：普通件 密等及解密條件或解密期限： 附件： 主旨：貴公司受玉山國家公園管理處委託辦理「玉山國家公園南二段南段區域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、依國土測繪法第55條規定及國防部108年6月21日國情整備字第1080001638號函辦理，並復貴公司108年5月21日自工字第108055482號函。 二、貴公司實施航空測量攝影期間為核准次日起至108年12月10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；並請於執行任務完竣後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。 第 1 頁，共 2 頁	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 第 2 頁，共 2 頁
--	--

圖 2-9 航攝申請許可公文

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描儀器原廠建議率定說明文件、內政部之 LiDAR 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，選定彰化縣和美都市計畫區為率定場，規劃 6 條航線(航高 500m)，並增加航線 7、8 確認飛行（航高 1000m）檢核率定成果，詳細規劃資訊如圖 2-10。
- (三) 本計畫於 108 年 8 月 26 日執行空載光達率定報作業，相關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，詳如附件六，成果皆符合本計畫作業規範，率定解算作業畫面如圖 2-11。其中本計畫執行航攝期間內並無拆卸空載光達掃描系統，適用於相同的空載光達率定成果。



項目	內容
航高	500m (航線 1~6) 1000m (航線 7~8)
雷射脈衝頻率	400 KHz
航線方向	東—西 (航線 1~3) 南—北 (航線 4~6)
點雲密度	大於 4 點/平方米
側向重疊	大於 50%

圖 2-10 率定場航線規劃資訊

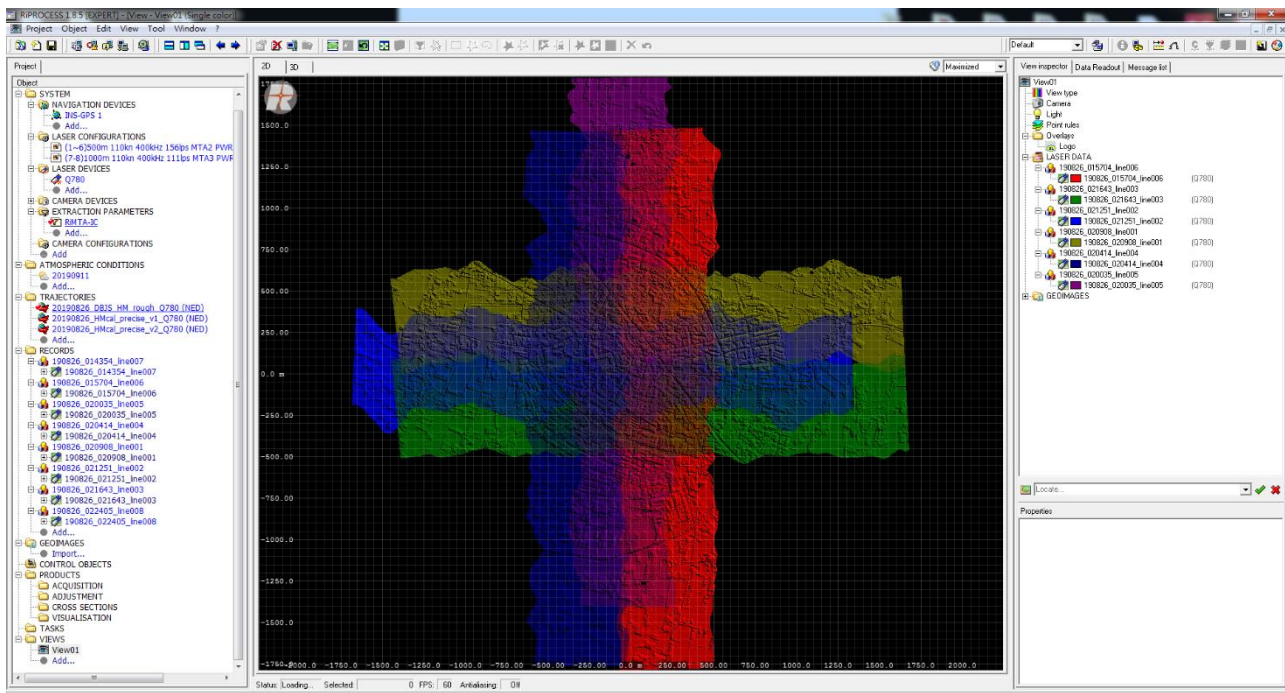


圖 2-11 率定場解算作業畫面

2-4 控制測量

一、地面 GNSS 基地站

(一) 空載光達資料獲取同時，於掃描區域內 40 公里範圍內選取 6 點透空度佳(仰角 10 度以上無遮蔽)的地面 GNSS 基地站，同步接收 GNSS 觀測資料，展繪 GNSS 基地站與計畫範圍分布圖如圖 2-12，GNSS 基地站相關資訊如表 2-5。

(二) 本計畫飛航過程中使用前述 GNSS 基地站資料解算飛航掃描軌跡程序，以及解算過程所獲得之相關資料後續撰寫於飛航掃描報告書。

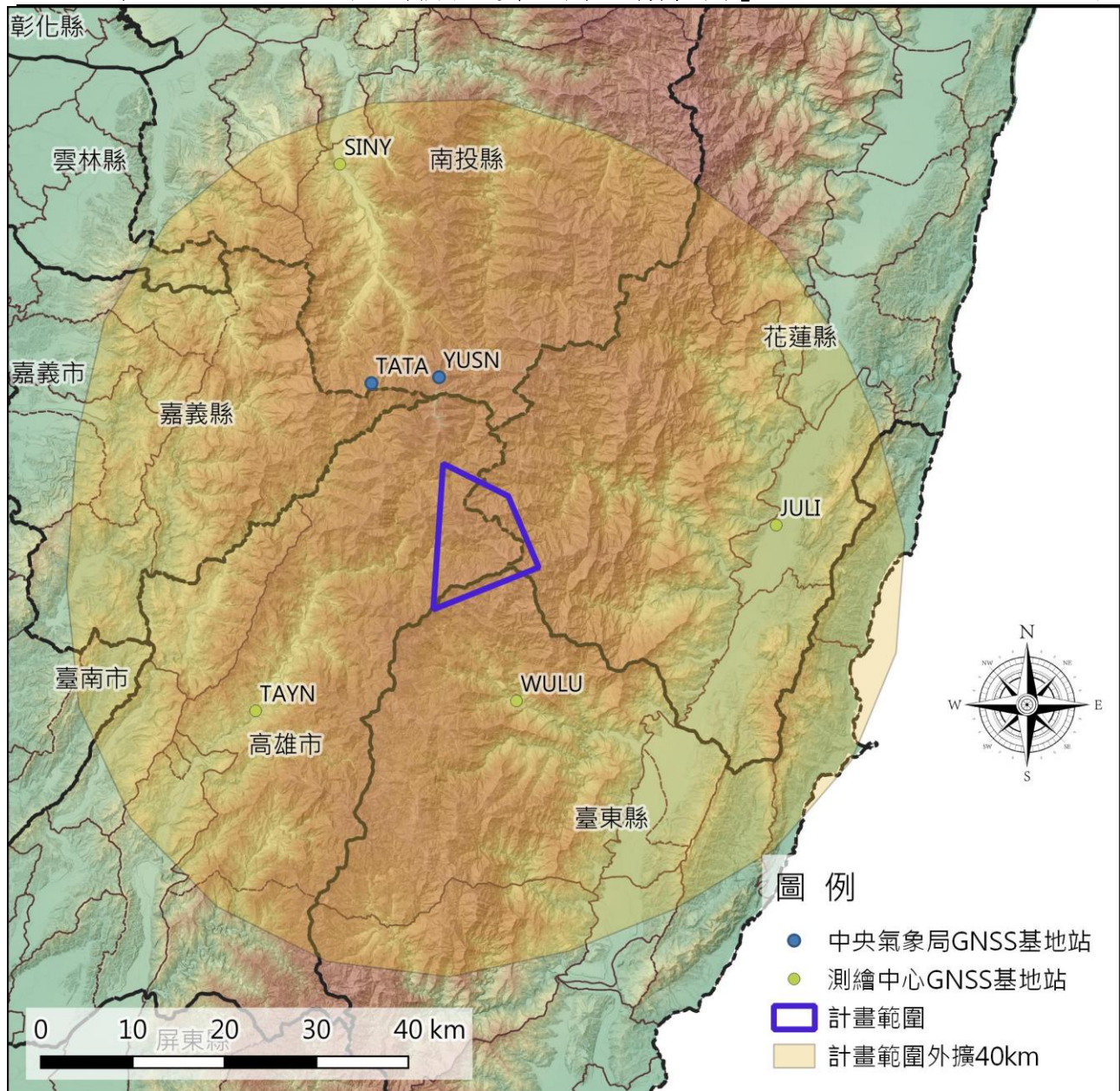


圖 2-12 GNSS 基地站與計畫範圍分布圖

表 2-5 計畫範圍 40 公里範圍內 GNSS 全國衛星追蹤站

項次	站碼	站名	行政區	概略橢球高程	單位
1	YUSN	玉山	南投縣信義鄉	3880	交通部氣象局
2	TATA	塔塔加	南投縣信義鄉	2651	交通部氣象局
3	TAYN	桃源	高雄市桃源區	646	內政部國土測繪中心
4	JULI	玉里	花蓮縣玉里鎮	178	內政部國土測繪中心
5	SINY	信義	南投縣信義鄉	536	內政部國土測繪中心
6	WULU	霧鹿	臺東縣海端鄉	928	內政部國土測繪中心

二、地類檢核點測量

- (一) 本計畫屬於高海拔區域(海拔高 800 米以上)，多為人車無法到達區域，為能檢核編修後地表點雲高程成果，本計畫以空中三角測量方式，針對裸露地表進行高程測量，藉以檢核點雲編修成果有無系統性偏差。
- (二) 空中三角測量針對正攝方向影像以 ERDAS IMAGINE LPS ORIMA 進行空中三角測量，作業畫面如圖 2-13。其中，因本計畫區域非為都市計畫區，且多為植被覆蓋，未能有明確有效之人工構造物作網形連結，故不強制要求網形連結點強度，僅依據內政部公告「建置都會區一千分之一數值航測地形圖作業工作手冊」規定，以整體最小約制觀測值之殘餘誤差均方根值不得大於 10 微米，強制附合後不得大於 12 微米作約束。本計畫最小約制成果量測中誤差為 1.4 微米，強制附合量測中誤差為 1.4 微米，整體成果如表 2-6，符合前述作業規定。

表 2-6 空中三角測量網形平差成果

項次	項目	成果
1	影像張數	1,101
2	總連結點數/總觀測數	34,665 / 263,756
3	最小約制觀測值之殘餘誤差均方根值(不得大於 10 微米)	1.4 微米
4	強制附合後觀測值之殘餘誤差均方根值(不得大於 12 微米)	1.4 微米

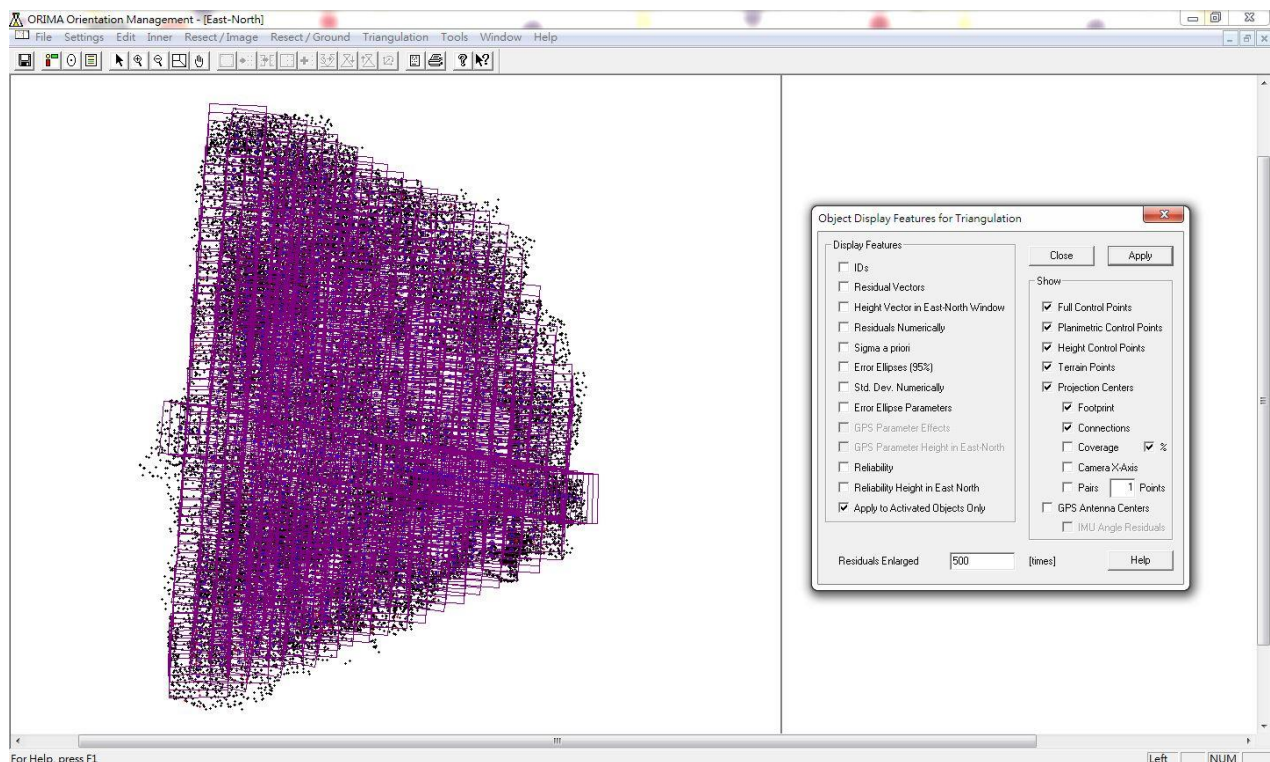


圖 2-13 空中三角測量作業畫面

(三) 本計畫依據高程以及平面檢核作業規定，測定 10 點檢核點(表 2-7)，其中包含 6 點高程檢核點以及 6 點平面檢核點，分布如圖 2-14。

表 2-7 地類檢核點量測成果

項次	點號	類型	坡度	X 坐標	Y 坐標	高程
1	C01	裸露地	0	246069.201	2573534.355	2754.798
2	C02	裸露地	0	246627.240	2573703.424	2720.107
3	C03	裸露地	0	247323.039	2574019.093	2600.019
4	C04	裸露地	0	247575.721	2574404.379	2628.533
5	C05	裸露地	0	247629.499	2574086.500	2605.408
6	C06	裸露地	0	248592.899	2574477.679	3355.797
7	D01	屋角點	-	246578.199	2573664.604	2740.689
8	D02	屋角點	-	247303.788	2573969.758	2601.124
9	D03	屋角點	-	247348.657	2574127.030	2616.995
10	D04	屋角點	-	247373.594	2574315.256	2640.669
11	D05	屋角點	-	252622.878	2580641.453	2730.665
12	D06	屋角點	-	253401.425	2577038.461	3409.026

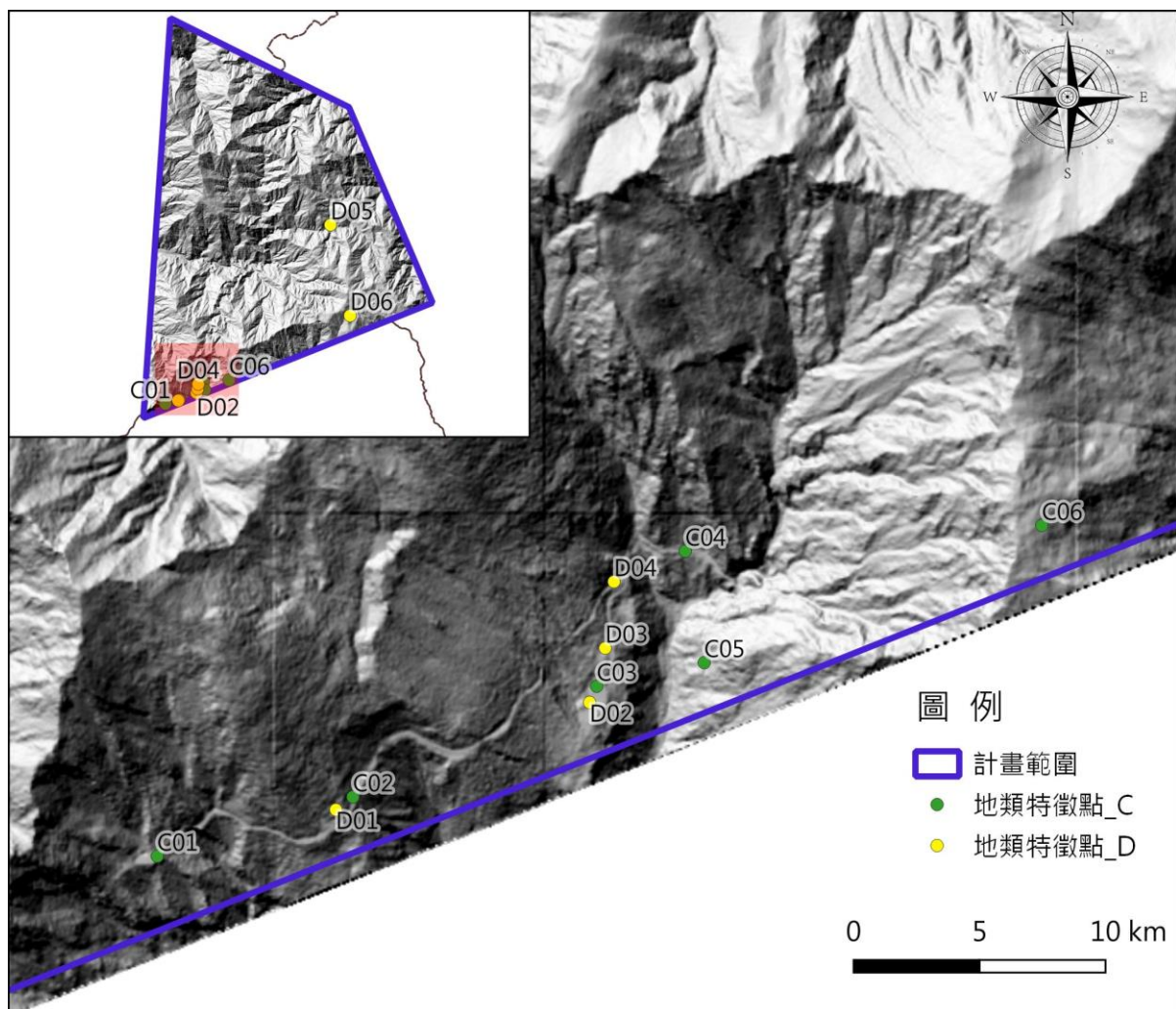


圖 2-14 地類檢核點分布圖(套疊 DEM 成果)

三、航線頭、中、尾控制測量

- (一) 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。其中，因本計畫區域多屬人車無法到達區域，本計畫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，其中空中三角測量作業與地類檢核點作業方式相同
- (二) 本計畫航線頭、中、尾控制測量成果分布如圖 2-15，量測成果以及相關資訊如表 2-8。

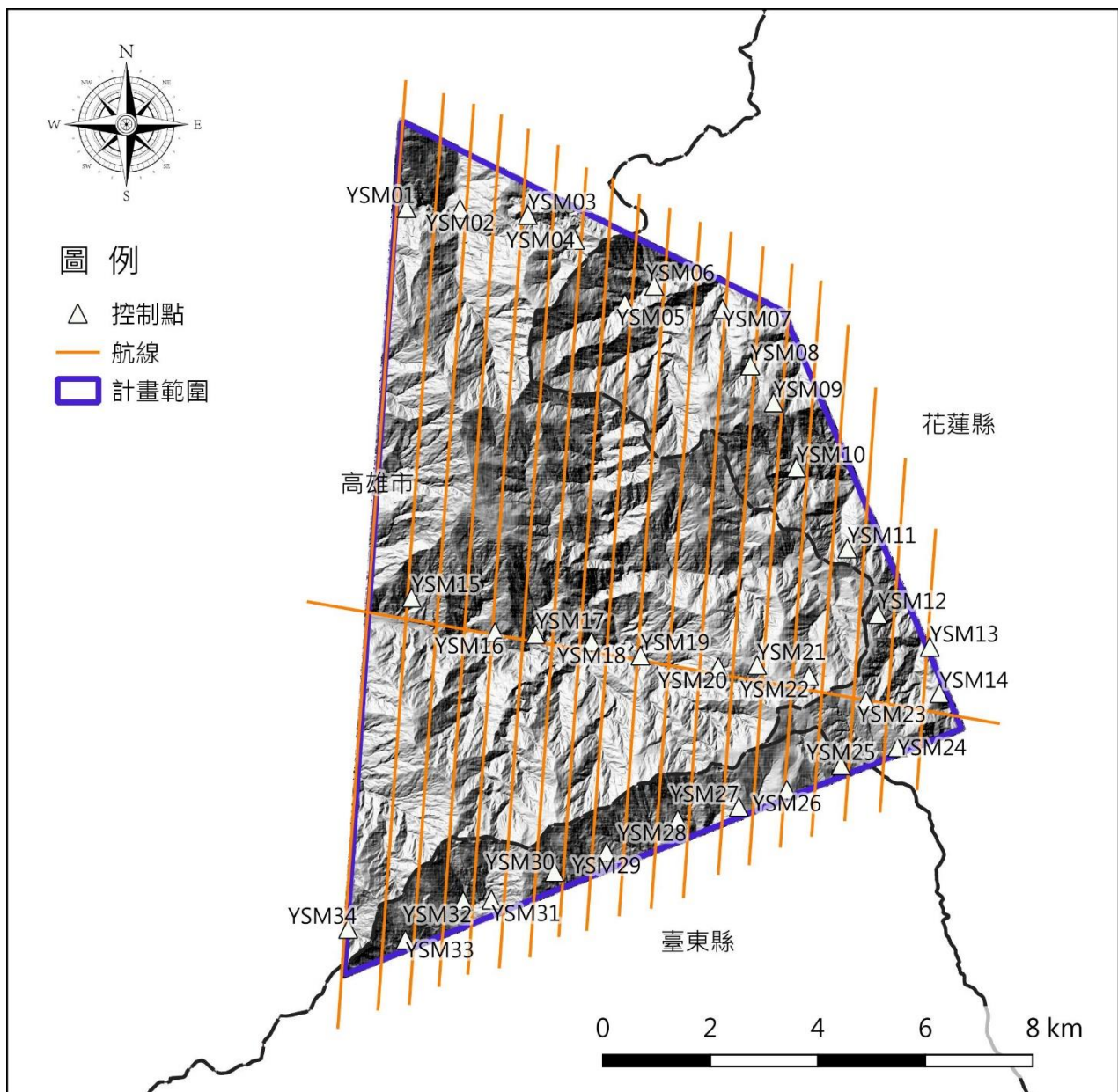


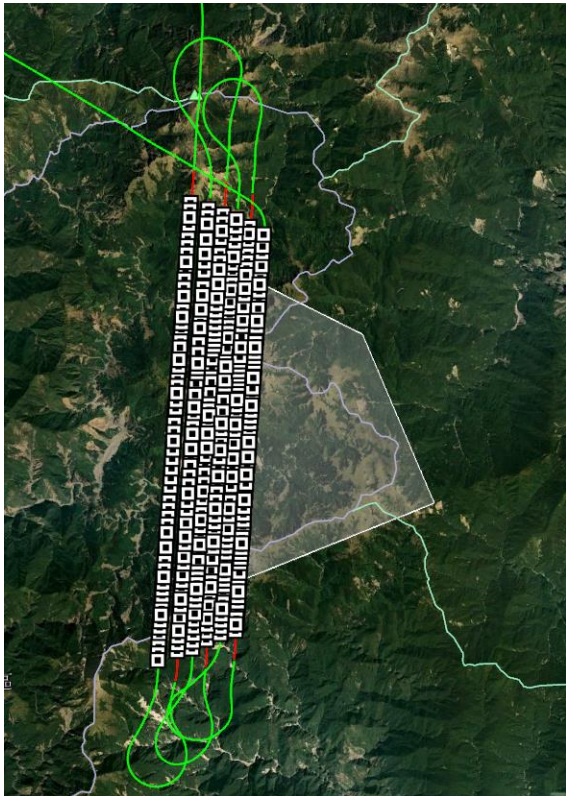
圖 2-15 航線頭、中、尾控制點分布

表 2-8 航線頭、中、尾控制點資訊

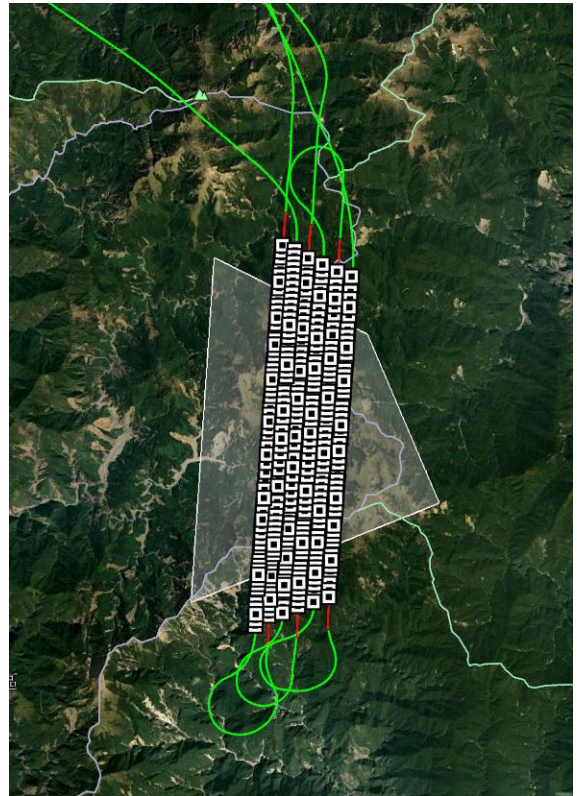
項次	點號	X 坐標	Y 坐標	高程
1	YSN01	246349.263	2587229.089	1904.473
2	YSM02	247202.906	2586982.145	2026.381
3	YSM03	248606.139	2587103.441	2778.550
4	YSM04	249484.282	2586638.777	2874.692
5	YSM05	250412.587	2585451.983	2541.844
6	YSM06	250957.554	2585785.408	2405.698
7	YSM07	252229.474	2585354.516	2377.625
8	YSM08	252745.928	2584300.667	2779.550
9	YSM09	253178.672	2583615.094	3080.347
10	YSM10	253601.815	2582402.982	2511.048
11	YSM11	254551.857	2580900.742	2734.891
12	YSM12	254836.397	2579713.601	3036.743
13	YSM13	256084.306	2579068.106	2635.658
14	YSM14	256264.038	2578207.469	3034.334
15	YSM15	246443.457	2579986.208	1839.849
16	YSM16	248024.353	2579161.068	1765.667
17	YSM17	248750.568	2579306.944	1859.482
18	YSM18	249790.064	2579162.695	1974.324
19	YSM19	250703.437	2578907.569	2188.080
20	YSM20	252152.001	2579372.502	3082.209
21	YSM21	252871.126	2578729.895	3296.467
22	YSM22	253837.961	2578529.017	3213.439
23	YSM23	254898.099	2578069.617	3349.720
24	YSM24	255484.631	2577201.839	3209.867
25	YSM25	254430.842	2576866.215	3260.672
26	YSM26	253425.244	2576410.364	3363.460
27	YSM27	252532.799	2576091.745	3175.445
28	YSM28	251396.918	2575857.906	3012.007
29	YSM29	250068.623	2575252.075	3233.287
30	YSM30	249101.124	2574883.057	3195.329
31	YSM31	247726.650	2574281.353	2619.641
32	YSM32	247404.680	2574342.098	2635.773
33	YSM33	246329.295	2573621.712	2734.997
34	YSM34	245263.942	2573821.906	2745.809

2-5 空載雷射掃瞄施測資料獲取

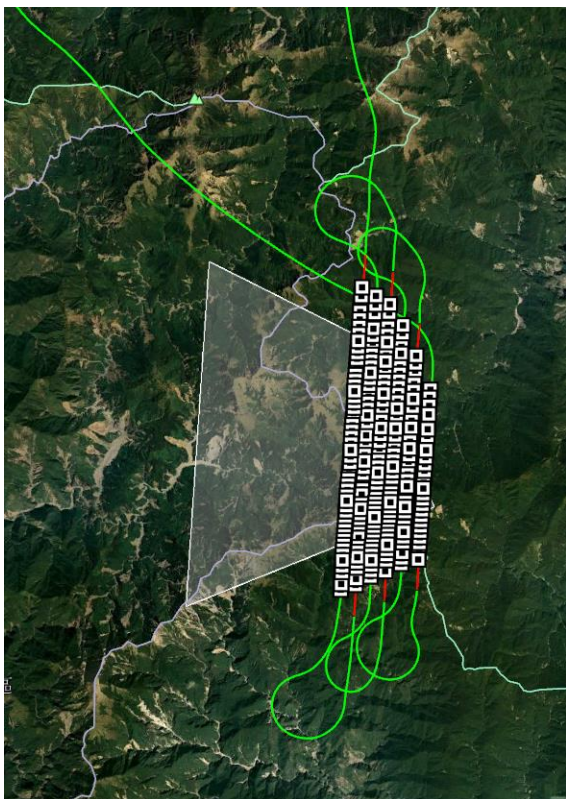
- 一、採用全波形空載光達 Riegl LMS-Q780 與傾斜像機 AOS-5 同步拍攝掃瞄，完整獲取相應航拍影像之地形資訊，能記錄 1ns 取樣之波形資料，需包含發射脈衝（transmitted pulse）與接收回波之波形，以及 8bit（含）以上之反射強度資訊，掃瞄成果需能輸出回波波形相關屬性資料，如波形寬度（width）、振幅（amplitude）值等。
- 二、施測資料包含實際飛航時，結合 GPS、IMU 所取得之原始軌跡數據。
- 三、航線掃瞄 GNSS 數據 PDOP 圖形：展示 GPS 數據 PDOP 圖形，用以說明每條掃瞄航線掃瞄當時 GPS 之幾何條件。地面 GPS 基站之 PDOP 之規範平均小於 3，飛航時定位光達掃瞄成果之 GPS 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 公分，詳如附件六。
- 五、除水體外，應統計施測區域內原始飛航掃瞄中因為雲霧遮蔽而導致無數數據之面積。
- 六、本計畫共執行 4 架次飛航掃瞄任務(8 月 27 日、9 月 26 日、10 月 2 日、10 月 5 日)，各架次飛航軌跡如圖 2-16，相關數據圖表後續撰寫於飛航掃瞄報告書，其中飛航掃瞄報告書應包含下列成果：
 - (一) 航線圖：使用內政部 1/25,000 比例尺地形圖為底圖，繪製航線圖、控制點分布、成果圖索引圖，並掃瞄製作成電子檔。
 - (二) 飛航參數與掃瞄參數：配合航線圖說明每條航線之日期、航高、航速、航向、掃瞄角度 FOV、掃瞄頻率、雷射脈衝頻率、每條航線計算 GPS 所使用之地面控制點、使用儀器之規格等有關掃瞄參數與飛航參數及儀器資訊等。
 - (三) 本作業期程內之天氣(必須繳交作業區內民航局塔台資料以資佐證)、當日低潮位時間及航管資料。
- 七、飛航掃瞄應同時進行航照影像的拍攝，單幅影像之含雲量應低於 5% 之影像，此處所指之影像明訂為原始影像含雲量 5% 以下，而非指正射影像含雲量 5% 以下。



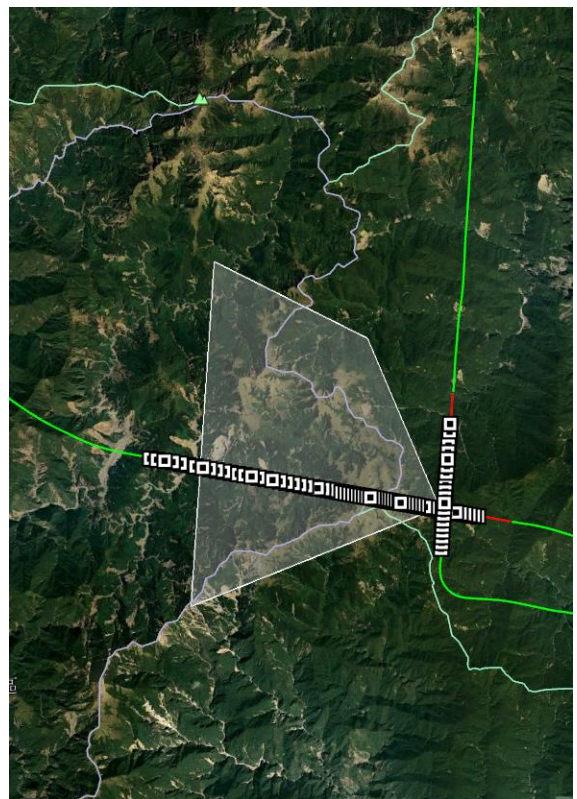
(a) 8 月 27 日飛航軌跡



(b) 9 月 26 日飛航軌跡



(c) 10 月 2 日飛航軌跡



(d) 10 月 5 日飛航軌跡

圖 2-16 各架次飛航軌跡成果

2-6 雷射掃描點雲資料處理

本計畫共執行 20 條空載光達掃描航線(圖 2-17)，作業內容包括雷射掃描點雲資料前處理、解算與航帶平差、掃描點雲資料後處理、掃描作業成果檢查、點雲資料分幅、分類及編修等處理，相關作業流程如圖 2-18。

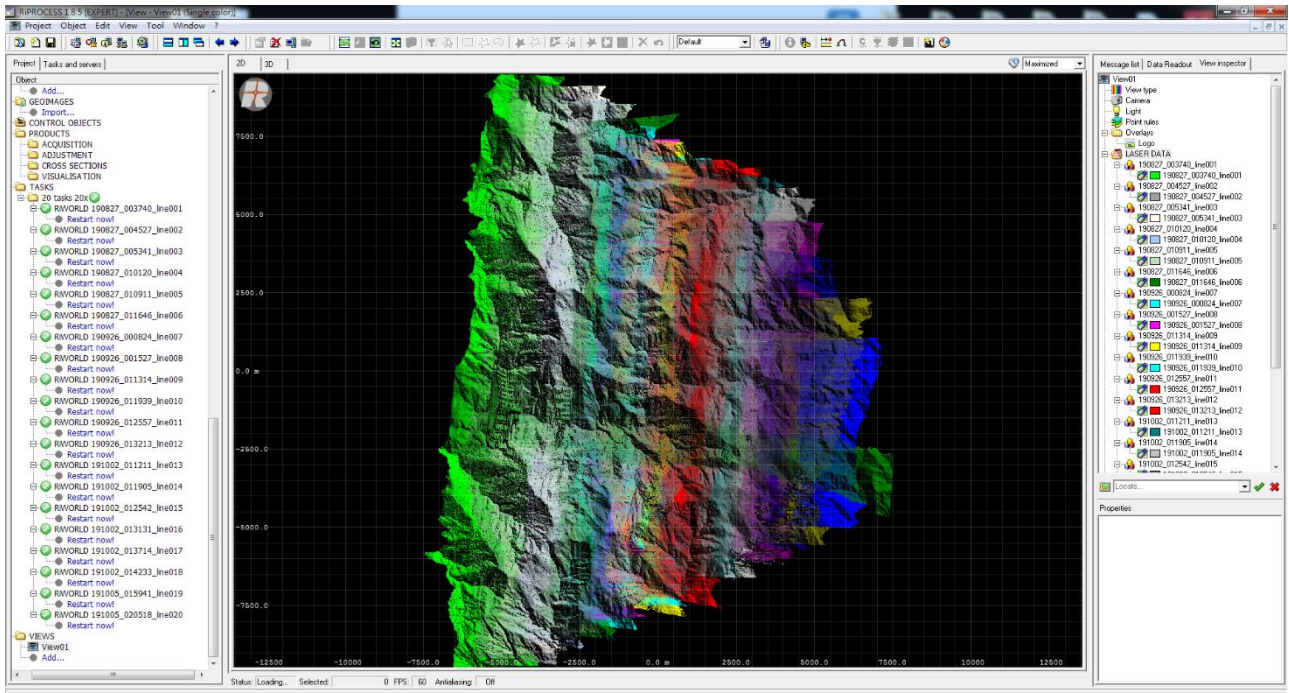


圖 2-17 空載光達點雲各條航線分色成果

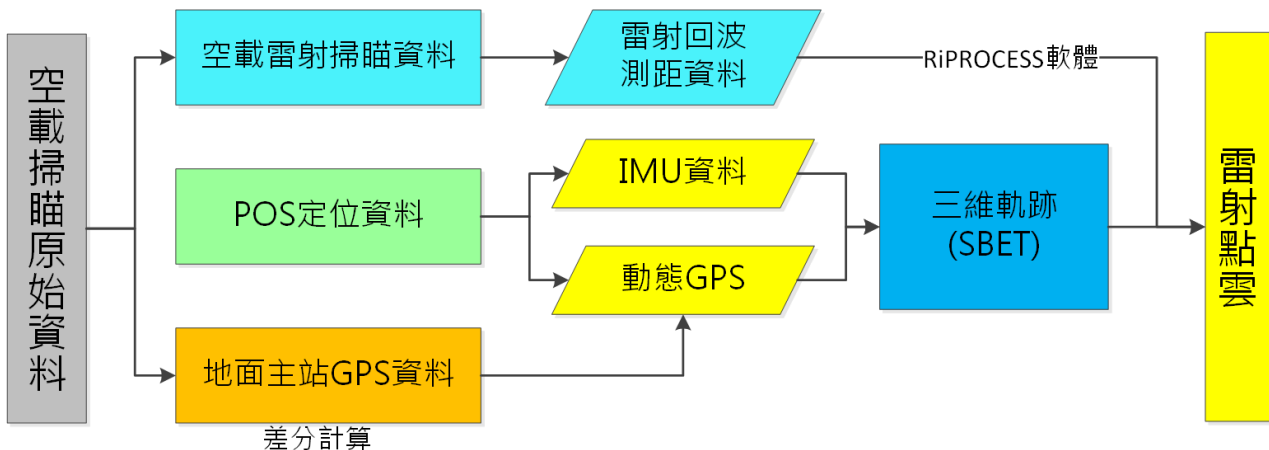


圖 2-18 空載光達點雲解算處理流程

- 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 2-19，平差成果如表 2-9，測量中誤差為 5.5 公分，符合本

計畫作業規定(20cm)。進行航帶平差時應加入控制點，每航帶間應有 3 個控制點(包括頭、中及尾各 1 點)。

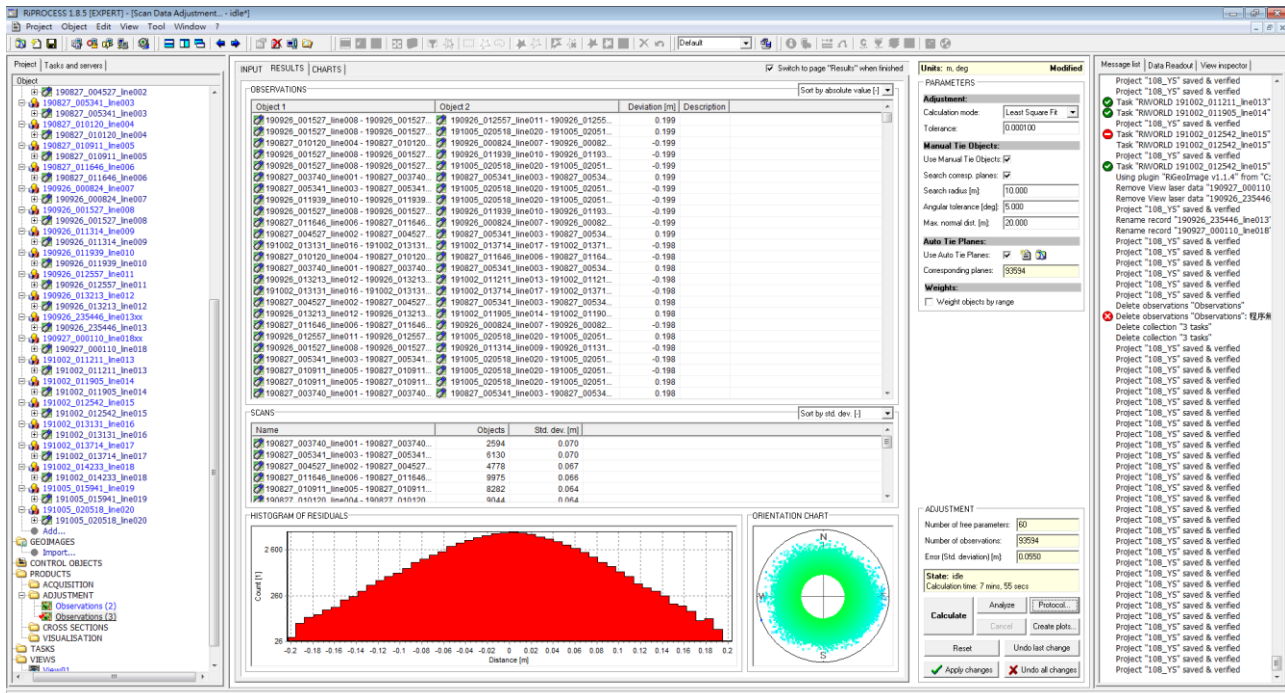


圖 2-19 空載光達點雲平差作業畫面

表 2-9 點雲平差成果資訊

項次	項目	平差結果
1	Calculation mode:	Analyze
2	Calculation time:	7 mins, 55 secs
3	Calculation mode:	Least Square Fit
4	Tolerance:	0.000100
5	Observations active:	True
6	Number of observations:	93594
7	Error (Std. deviation) [m]:	0.0550 m

三、本計畫工作規範規定航線左右重疊不得小於 30%，依據掃描成果計算點雲涵蓋範圍(圖 2-20)，並計算相臨平行航線重疊面積與重疊率如表 2-10，成果全數幅合作業規範。

四、本計畫工作規範點雲密度，利用 MStripAnalysis 軟體建立 100 尺 x 100 公尺大小網格，計算網格內點雲數量，分析計畫範圍內各網格點雲密度成果共 11301 格，平均密度為 3.85 點/m²，其中點雲密度 2 點以上共有 11077 格(98.02%)，網格計算成果統計資訊如圖 2-19，成果符合作業規範。

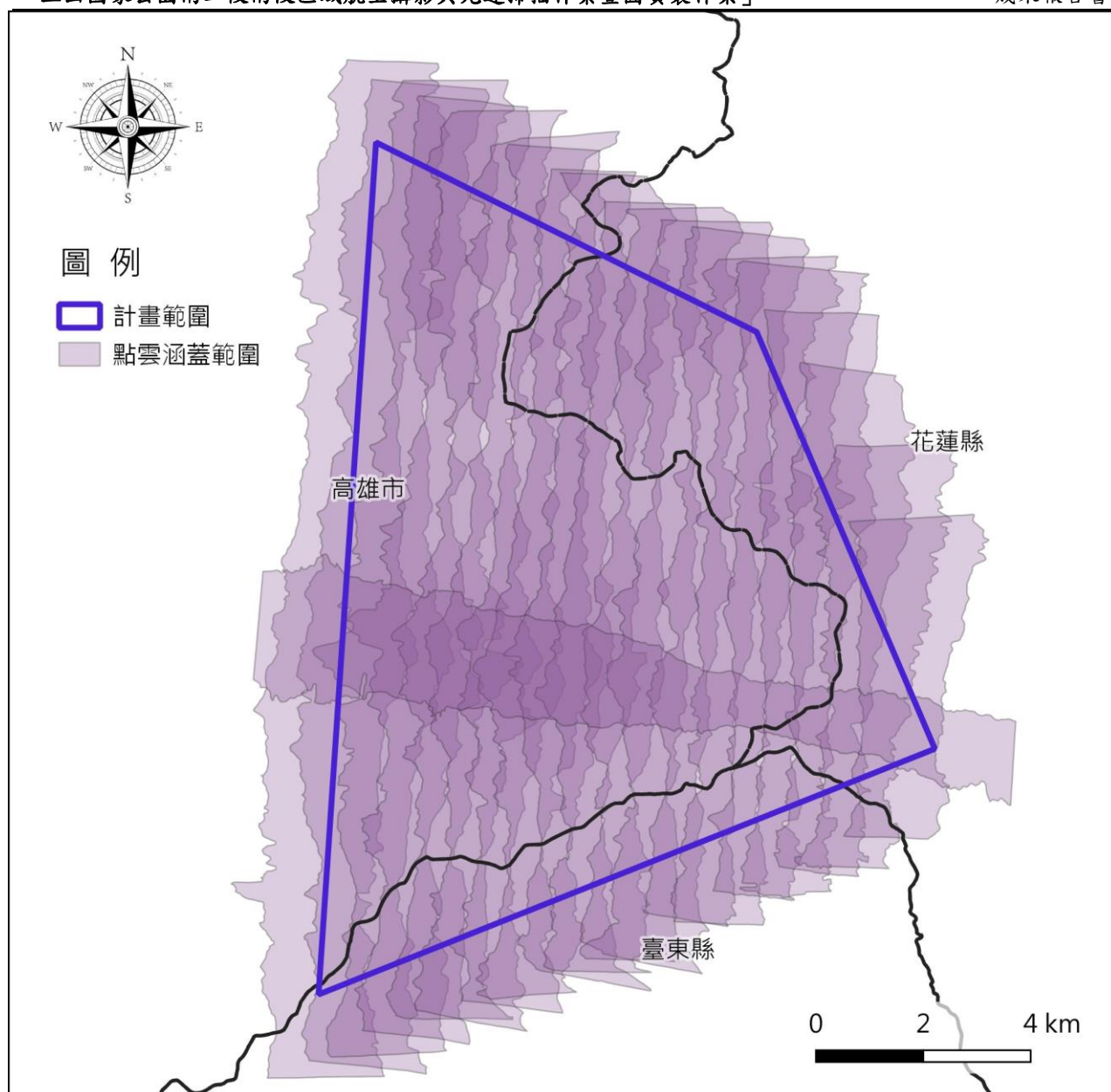


圖 2-20 點雲涵蓋範圍

表 2-10 點雲航線重疊率分析(面積單位：平方公里)

項次	航線編號	面積	重疊面積	百分比	作業規範	是否合格
1	1	39.48852				
			25.38868	64.29%	30%	合格
2	2	36.6497				
			24.20036	69.27%	30%	合格
3	3	34.34286				
			23.23474	66.03%	30%	合格
4	4	31.33884				
			19.84916	70.47%	30%	合格
5	5	29.31898				
			18.44318	67.66%	30%	合格

項次	航線編號	面積	重疊面積	百分比	作業規範	是否合格
6	6	28.03211	17.22253	65.79%	30%	合格
7	7	26.85127		61.44%	30%	合格
8	8	25.48385	18.93046	64.14%	30%	合格
9	9	25.11277		70.50%	30%	合格
10	10	24.78814	16.30107	74.28%	30%	合格
11	11	23.45729		63.97%	30%	合格
12	12	23.39695	16.91834	64.91%	30%	合格
13	13	20.9473		67.37%	30%	合格
14	14	20.14272	14.92931	68.25%	30%	合格
15	15	19.10341		60.23%	30%	合格
16	16	17.53642	15.92279	63.64%	30%	合格
17	17	15.95319		67.88%	30%	合格
18	18	13.73298	12.65905	68.06%	30%	合格
19	19	10.63941		54.11%	30%	合格
			13.0224	60.43%	30%	合格
				62.17%	30%	合格
			11.89703	64.65%	30%	合格
				59.06%	30%	合格
			11.23337	62.28%	30%	合格
				58.80%	30%	合格
			9.555743	64.06%	30%	合格
				54.49%	30%	合格
			8.386696	59.90%	30%	合格
				52.57%	30%	合格
			6.07676	61.07%	30%	合格
				44.25%	30%	合格
				57.12%	30%	合格

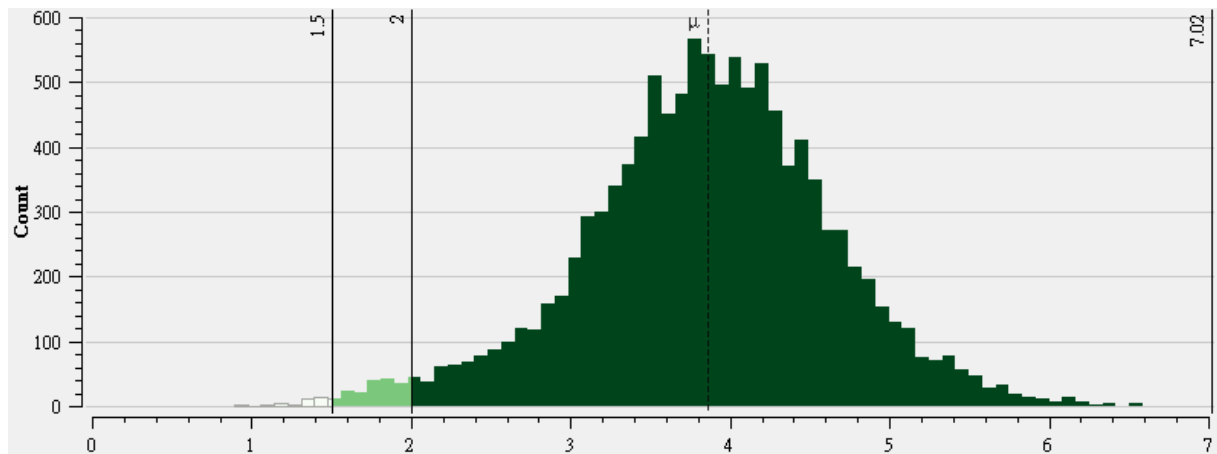


圖 2-21 空載光達點雲密度統計圖

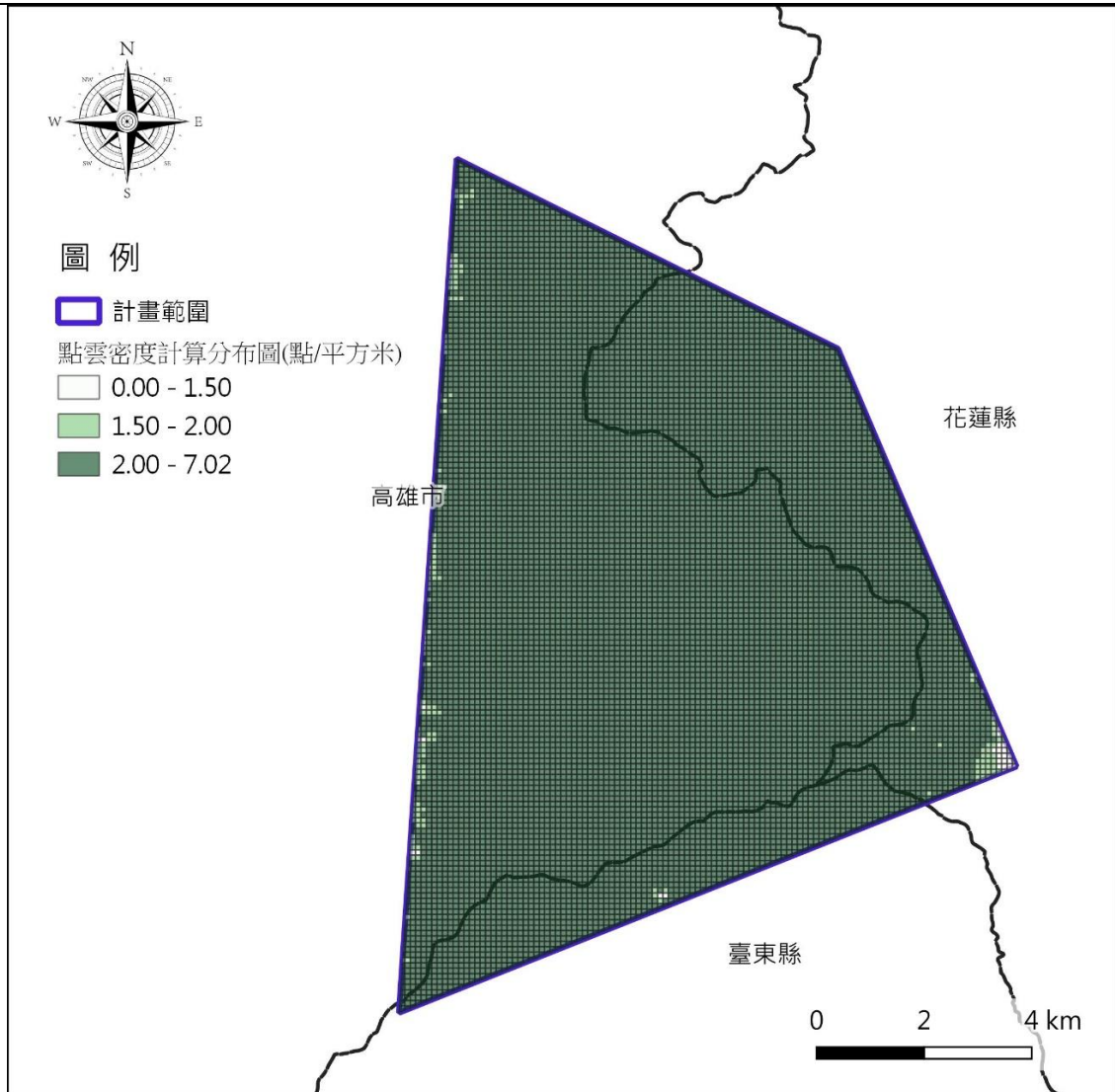


圖 2-22 點雲密度檢核成果圖

五、資料整合後之坐標系統：平面採用 TWD97【2010】坐標系統，高程採 WGS84 橢球高系統，正高轉換計算使用內政部公告之大地起伏模式 Geo2014 為之，另外需提供以 WGS84 為約制框架之成果。

六、GPS 軌跡以雙頻載波相位動態解算模式解算。

七、繳交成果應包含：各航帶點雲 LAS 檔。

八、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，不應只保留高程資訊。

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 2-23。

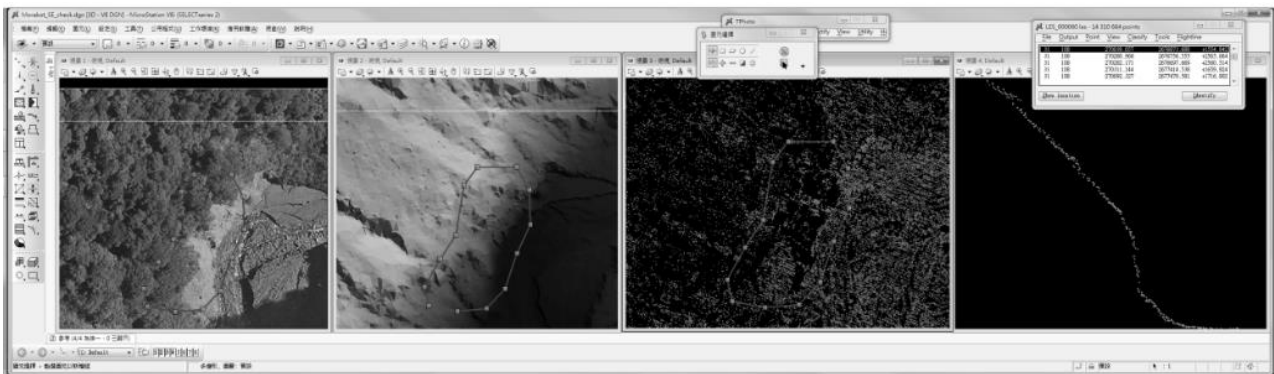


圖 2-23 點雲人工編修畫面

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 米之 DEM/DSM，SCOP++操作畫面如圖 2-24，全區 DEM 成果套疊計畫範圍展示如圖 2-25。

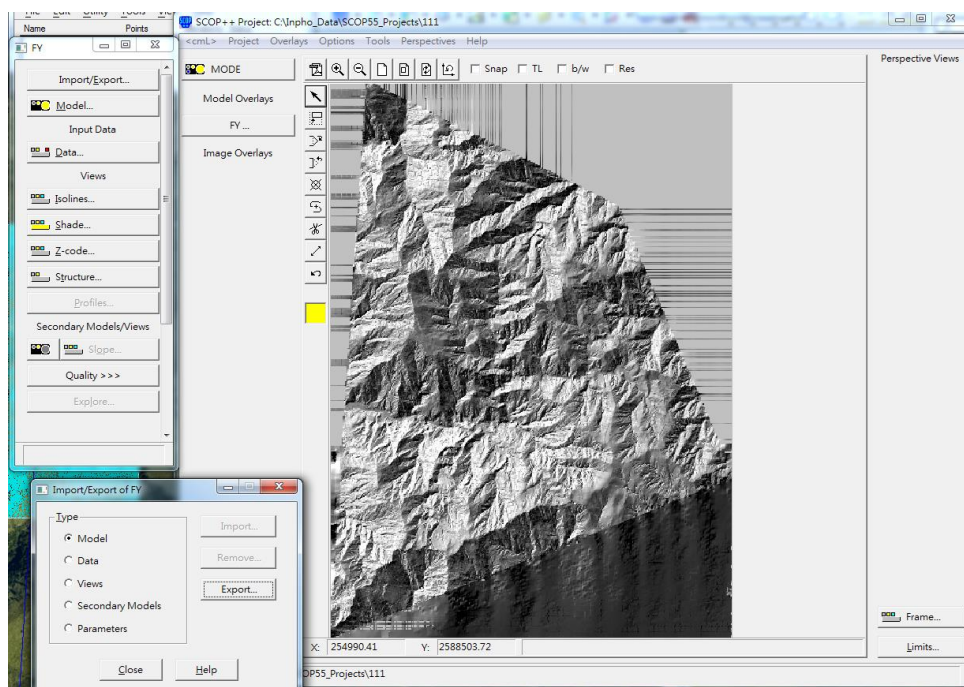


圖 2-24 SCOP++內插作業畫面

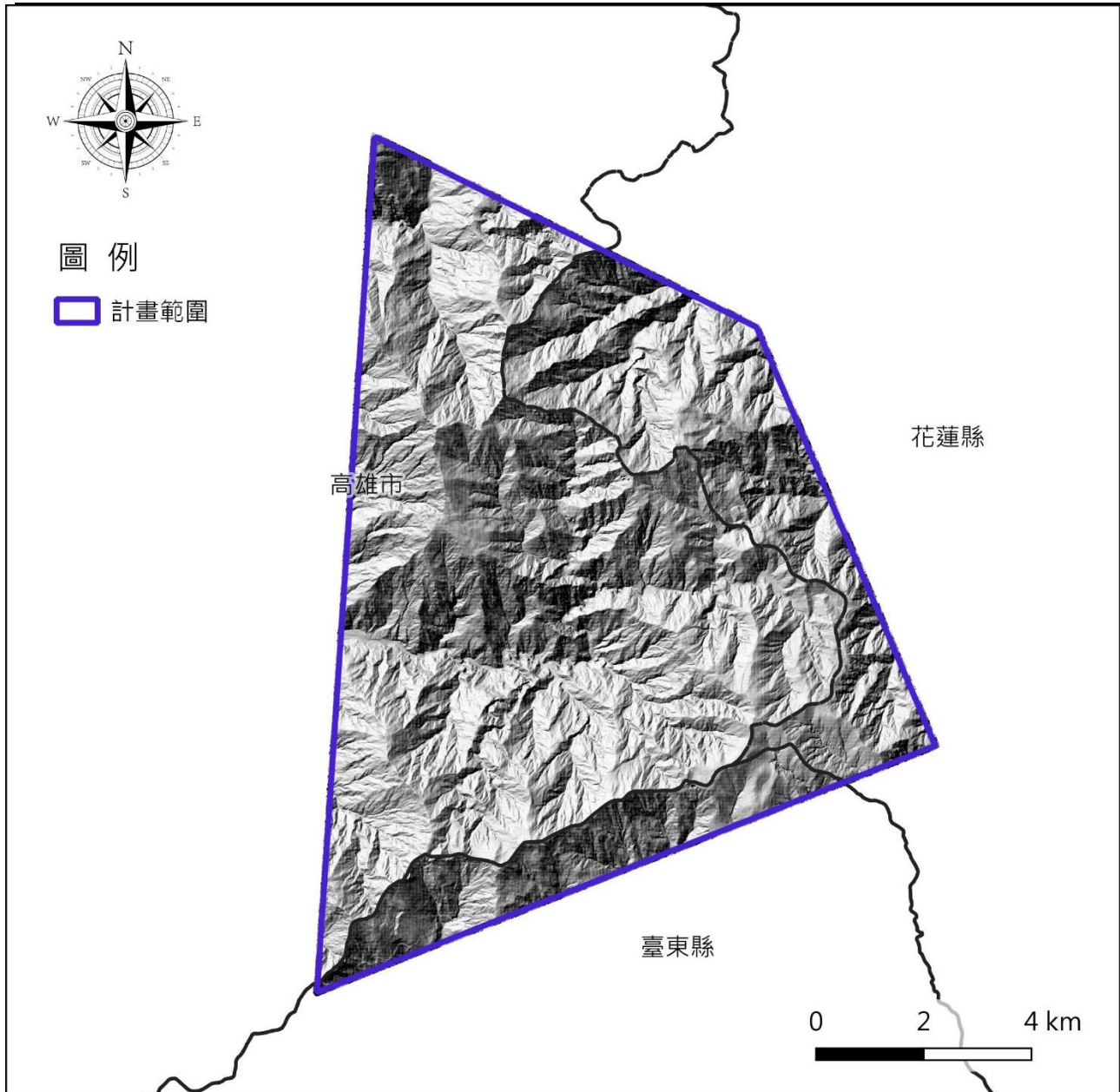


圖 2-25 計畫範圍 DEM 成果展示

五、以現行 1/5,000 像片基本圖之圖幅為分幅之依據，實際涵蓋範圍應較基本圖略大，以能包括 4 個圖隅點，並向外擴大到 1 米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。本計畫範圍共包含 28 幅 1/5000 圖幅(表 2-11)，圖幅範圍分布如圖 2-26。

表 2-11 計畫範圍涵蓋 28 幅 1/5000 圖幅列表

96194083	96194082	96194081	96194073	96194072	96194071	96194062	96194061
96194052	96194051	96194041	95191100	95191099	95191098	95191090	95191089
95191088	95191080	95191079	95191078	95191070	95191069	95191068	95191060
95191059	95191050	95191049	95191039	-	-	-	-

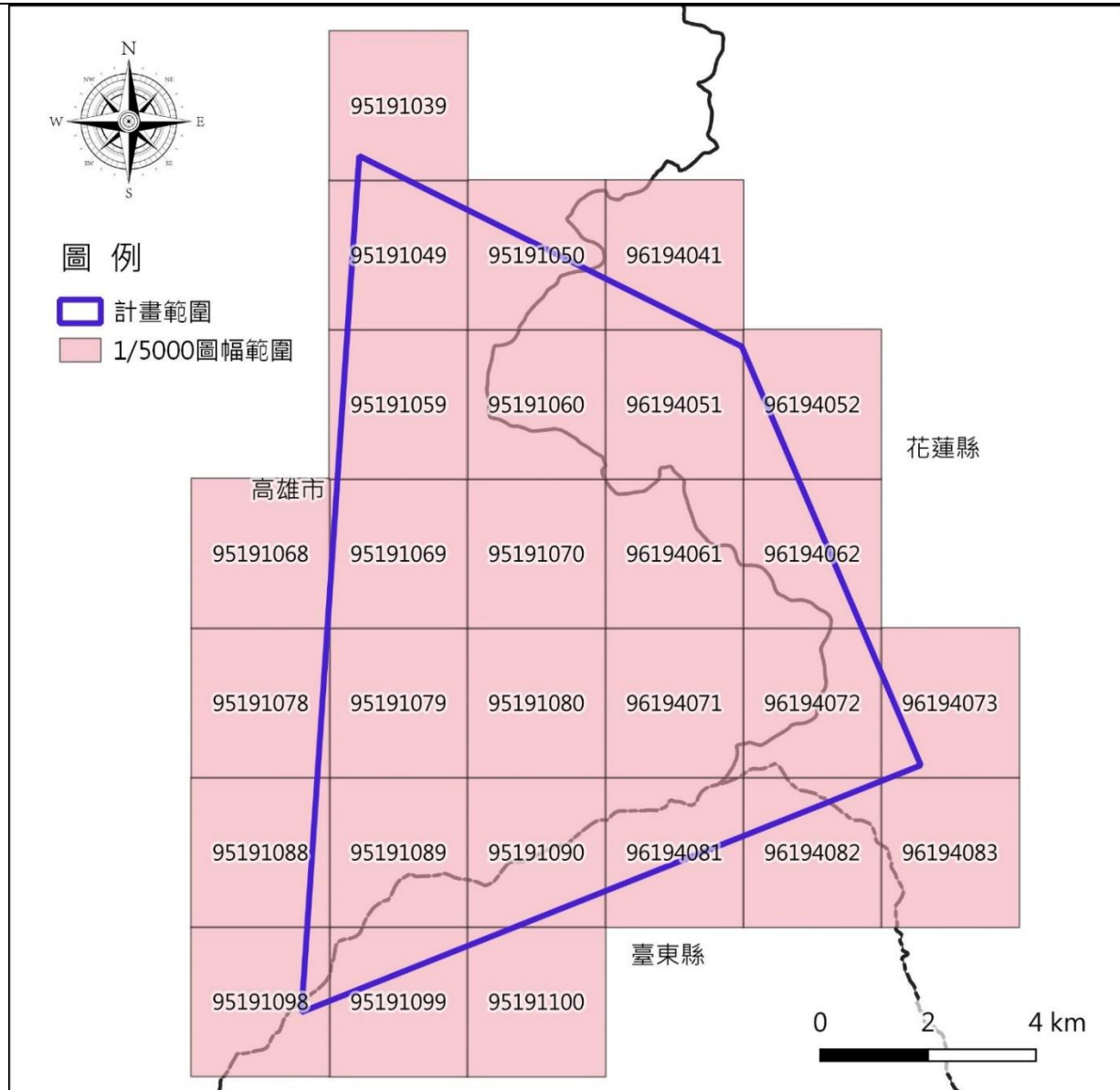


圖 2-26 計畫範圍 1/5000 圖幅分幅範圍

六、資料格式：數據以米為單位，雷射掃描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：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、雷射反應值(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、測點雷射反應值(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需與「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后，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) 高程精度標準

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：

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

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 2-27 以及圖 2-28。本案之處理過程屬於 Level 2B 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 2-12 以及表 2-13。

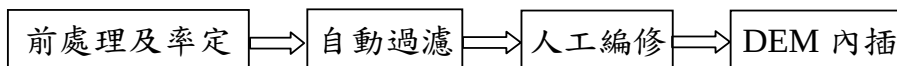


圖 2-27 level 2A DEM 產品等級之處理流程

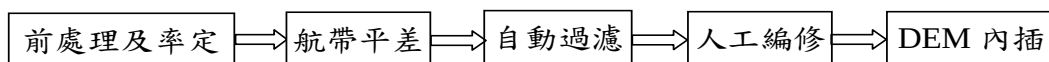


圖 2-28 level 2B DEM 產品等級之處理流程

表 2-12 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 2-13 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 2-14 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 $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 之間的地區。
- (3) 山地—地表坡度在 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 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

- (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) 平面精度標準

1. 空載光達點位的平面誤差主要為系統性誤差，因此平面精度的標準是以基本的雷射量測精度，加上可能的系統誤差而得。以下依空載光達生產的 DEM 產品等級訂定平面精度的標準。

表 2-15 平面精度標準 (單位 m)

基本精度	Level 1	Level 2	Level 3
A	1.0	1.0	1.0
B	0.5	0.5	0.5

(三) 檢核結果

1. 高程：比對空載光達點雲以及地類特徵點高程成果如表 2-16，成果全數幅合作業規範。

表 2-16 高程檢核結果

點號	類型	X 坐標	Y 坐標	高程	點雲 Y 坐標	高程差 值	作業 規範	是否 合格
C01	裸露地	246069.201	2573534.355	2754.798	2754.835	-0.037	0.3m	合格
C02	裸露地	246627.240	2573703.424	2720.107	2720.051	0.056	0.3m	合格
C03	裸露地	247323.039	2574019.093	2600.019	2599.826	0.193	0.3m	合格
C04	裸露地	247575.721	2574404.379	2628.533	2628.712	-0.179	0.3m	合格
C05	裸露地	247629.499	2574086.500	2605.408	2605.473	-0.065	0.3m	合格
C06	裸露地	248592.899	2574477.679	3355.797	3355.747	0.05	0.3m	合格

2. 平面：比對空載光達點雲特徵物以及正射影像成果如表 2-17，成果全數幅合作業規範。

表 2-17 平面檢核結果

點號	空三量測 X 坐標	空三量測 Y 坐標	點雲 X 坐標	點雲 Y 坐標	平面 差值	作業 規範	是否合 格
D01	246578.199	2573664.604	246578.230	2573664.759	0.158	0.5m	合格
D02	247303.788	2573969.758	247303.925	2573969.882	0.185	0.5m	合格
D03	247348.657	2574127.030	247348.734	2574126.793	0.249	0.5m	合格
D04	247373.594	2574315.256	247373.597	2574315.377	0.121	0.5m	合格
D05	252622.878	2580641.453	252625.868	2580641.830	0.377	0.5m	合格
D06	253401.425	2577038.461	253403.113	2577037.661	0.200	0.5m	合格

2-8 正射影像製作

一、航空攝影

- (一) 彩色航照與 LiDAR 資料以同步取得為原則。
- (二) 航空攝影應於天氣晴朗、能見度較佳時實施為原則。
- (三) 航拍影像含雲率應低於 5%。

(四) 本計畫於 108 年 10 月 5 日完成所有飛航作業，共執行 4 架次，正攝方向航拍影像部分成果如圖 2-31，完整成果詳如附件七，影像涵蓋範圍如圖 2-30，重疊區域完整涵蓋計畫範圍，符合作業規範。

表 2-18 各架次執行時間與拍攝航線

項次	拍攝日期	內容
1	108.08.27	航線 1、2、3、4、5、6，共 6 條(6/20)
2	108.09.26	航線 7、8、9、10、11、12，共 6 條(12/20)
3	108.10.02	航線 13、14、15、16、17、18，共 6 條(18/20)
4	108.10.05	航線 19、20，完成(20/20)

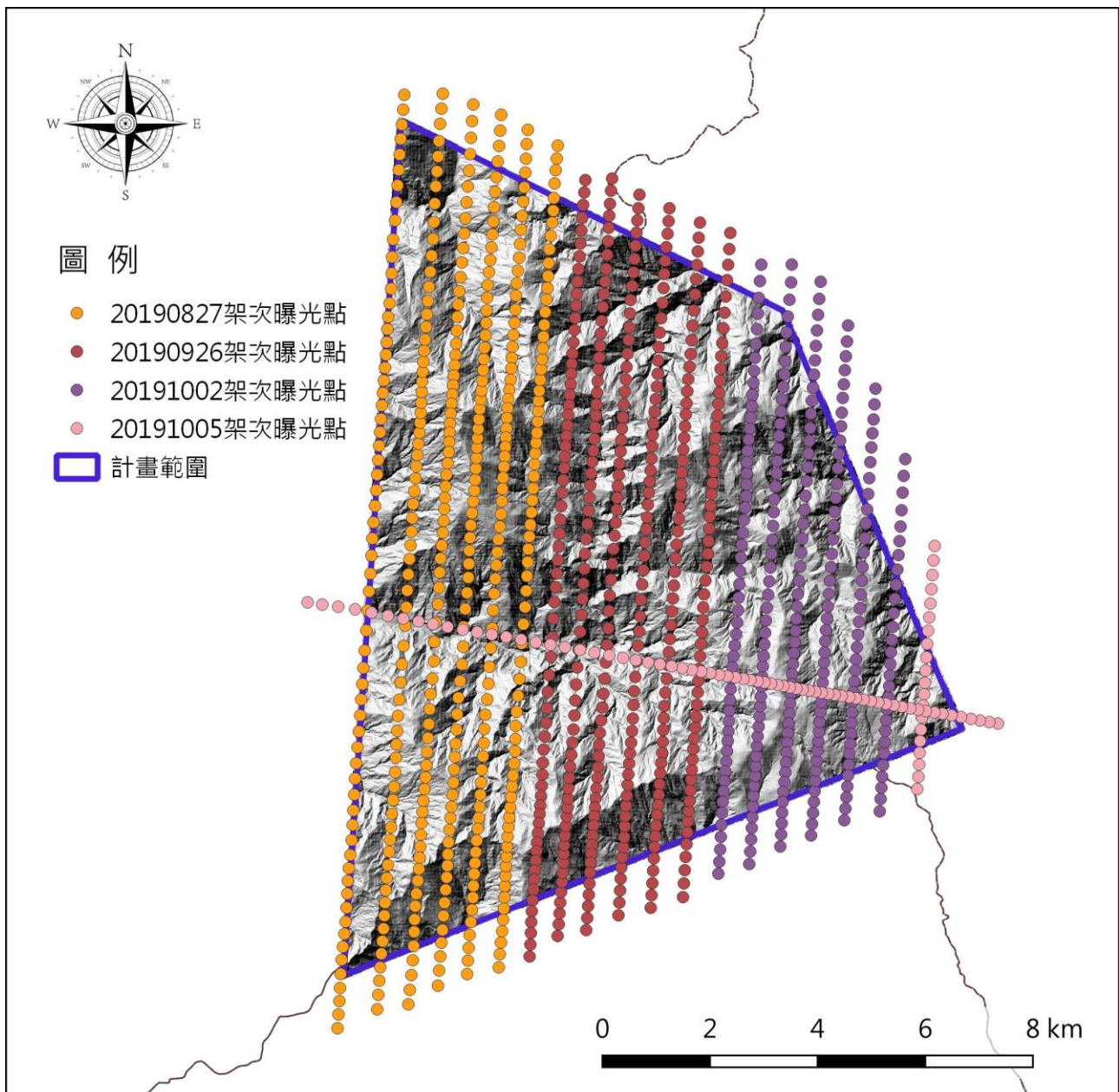


圖 2-29 影像曝光位置分布圖

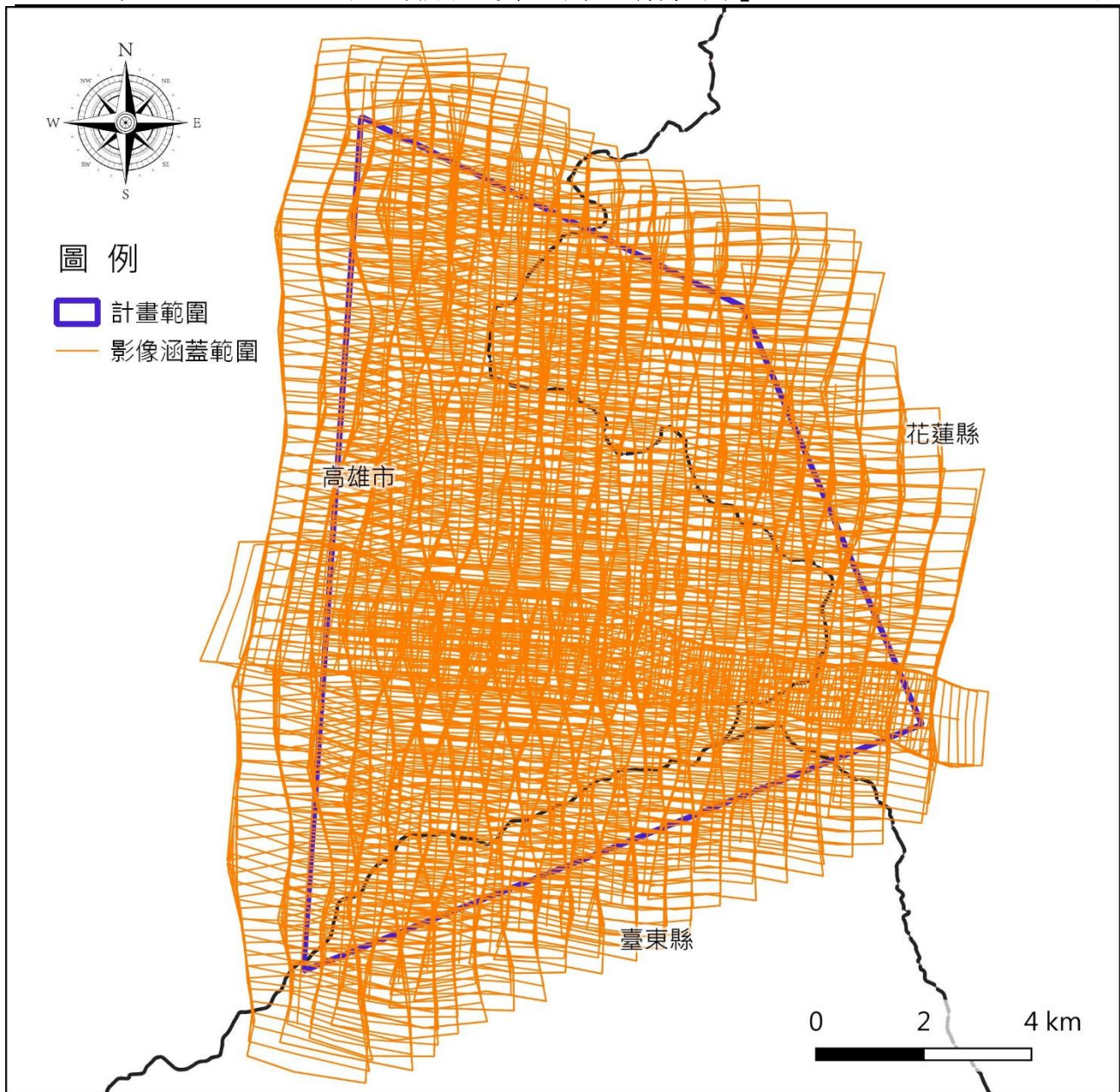


圖 2-30 正攝方向航拍影像涵蓋範圍分布圖

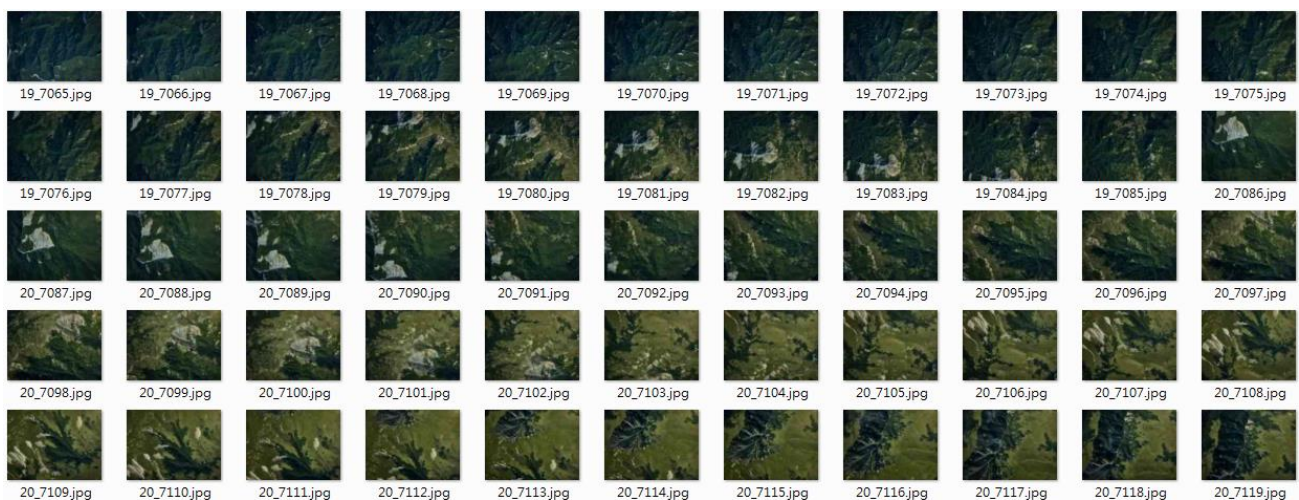


圖 2-31 正攝方向航拍影像部分成果

二、正射影像糾正

- (一) 因本計畫區域非為都市計畫區，且多為植被覆蓋，未能有明確有效之人工構造物作網形連結，故不強制要求網形連結點強度，僅依據內政部公告「建置都會區一千分之一數值航測地形圖作業工作手冊」規定，以整體最小約制觀測值之殘餘誤差均方根值不得大於 10 微米，強制附合後不得大於 12 微米作約束。本計畫執行空中三角平差(含最小約制與強制符合)，成果如表 2-19，符合前述作業規範。

表 2-19 空中三角平差成果總表

【基礎資料】 像片數：1,104 地表點數量：34,529	【最小約制】 總觀測值量測中誤差：0.0014mm 【強制附合】 總觀測值量測中誤差：0.0014mm
--	--

- (二) 正射影像地面解析度為 20 公分之彩色影像。
- (三) 正射影像資料檔以 8bit 之 tiff 格式儲存，並產製坐標定位檔，以每幅圖 1 個檔案為原則，圖名與內政部基本圖之圖名相同。
- (四) 本計畫正射影像製作依據內政部「基本圖測製說明」作業規範執行，利用本計畫製作 1 米數值高程模型作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，作業流程如圖 2-32。

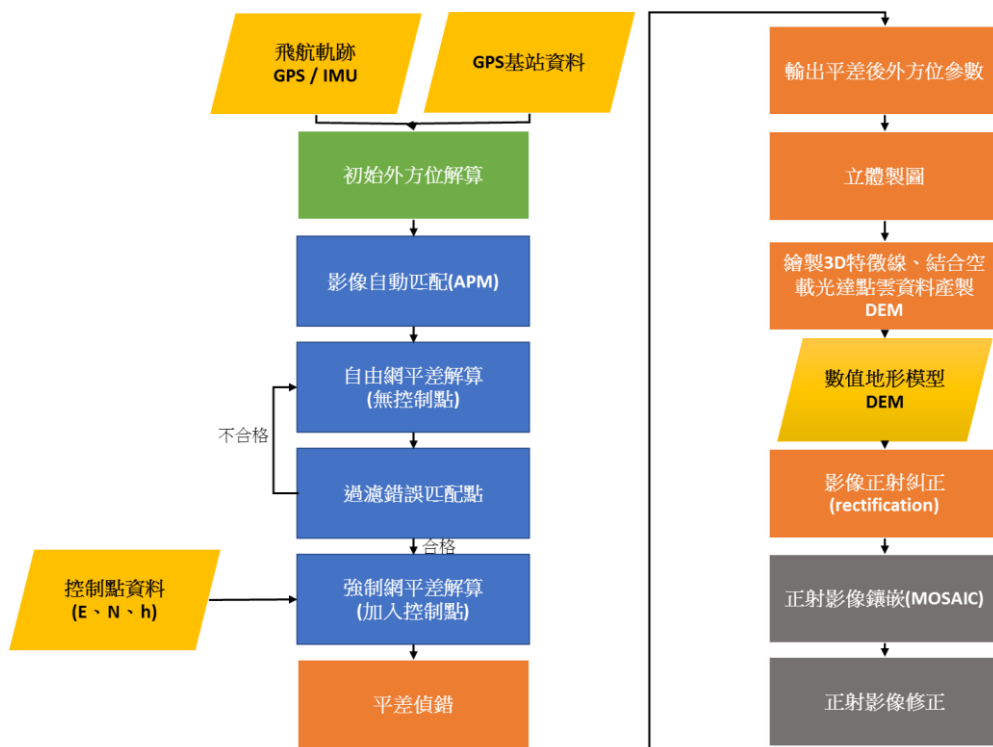


圖 2-32 正射影像製作流程

(五) 數值正射影像以彩色影像表示，並進行無接縫鑲嵌 (mosaic) 及調整全區影像之色調、亮度一致，整張正射影像之色調應均勻，成果如圖 2-33。

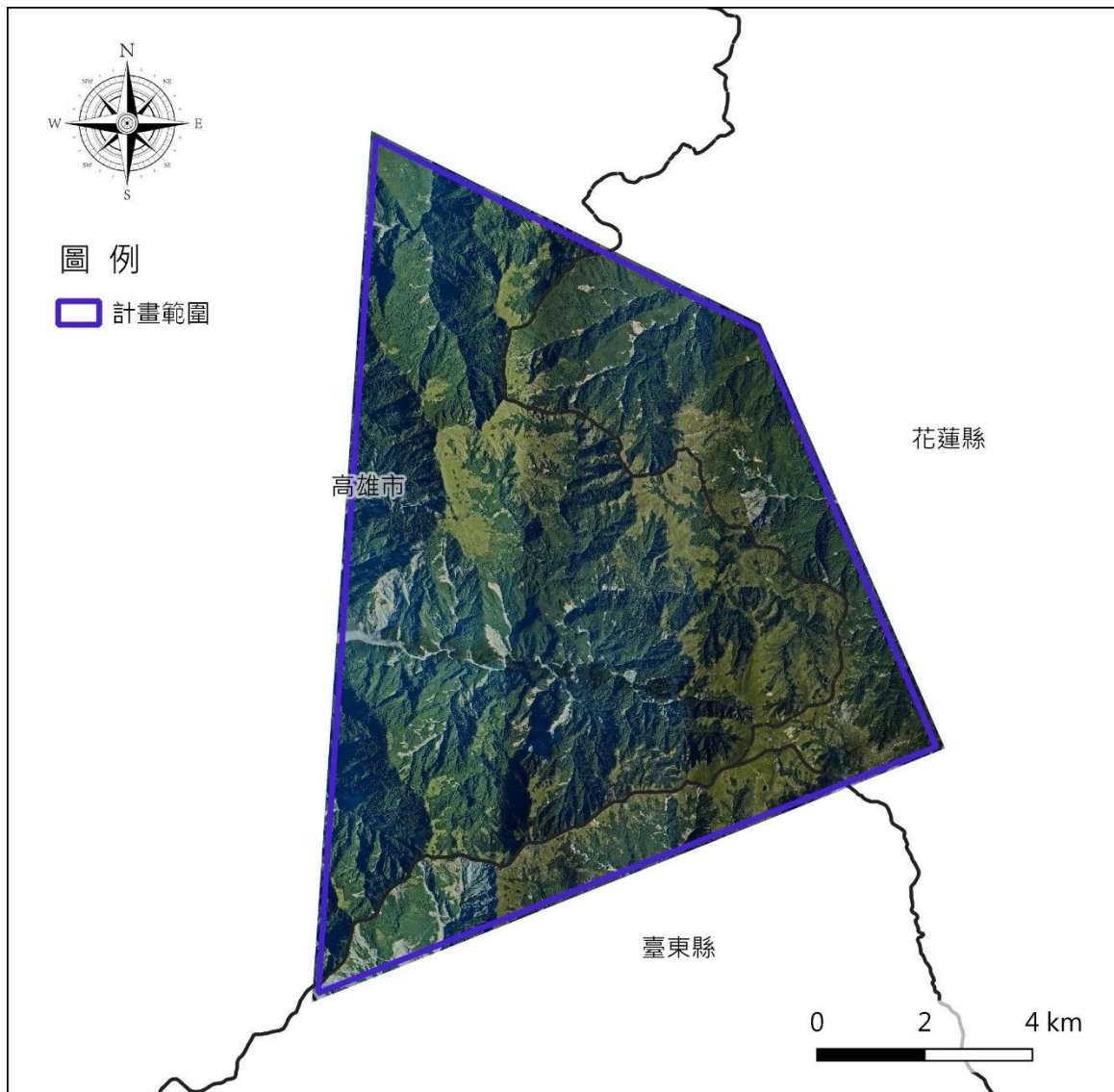


圖 2-33 計畫範圍正射影像成果展示

2-9 圖幅接邊處理

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工作，務必達到重疊區域的坐標點與高程值一致。若測區銜接因掃描時間差距、地形變化過大(如河谷、崩塌地等)，無法製作一致之地形成果，得與 貴處協調後續作業事宜。

2-10 影像自動匹配成果

本公司以 107 年最新添購五台 1 億畫素航測像機（Phase ONE iXU-RS 1000）組成 AOS-5 傾斜像機，加值回饋本案全區傾斜攝影，以 Skyline Photomesh 軟體進行 3D 地貌重建，成果如圖 2-34。



圖 2-34 計畫範圍模型成果

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：自決標次日(108 年 5 月 22 日)起至 108 年 12 月 10 日止。

二、分項工作進度

(一) 期初審查：本計畫已於 108 年 6 月 5 日(自工字第 108065531 號)提出工作執行計畫書 10 份，並擬訂航空攝影計畫，符合作業規定(契約簽訂後 30 日內，108 年 6 月 21 日前)，並於 108 年 6 月 13 日辦理工作執行計畫書簡報審查，續於 108 年 6 月 19 日獲得 貴處同意備查(營玉企字第 1081001604 號)，相關審查會議紀錄詳如附件九。

(二) 期中審查：因飛航掃描進度受天候影響甚鉅，本計畫於 108 年 8 月 20(自工字第 108085722 號)、108 年 9 月 26 日(自工字第 108095811 號)向 貴處申請本階段作業期限展延，並獲得 貴處核可，展延本階段作業期限至 108 年 10 月 25 日，續於 108 年 10 月 23 日提送期中報告 12 份(自工字第 108105881 號)，符合作業規定，相關函文掃描檔如附件五。其中，本階段作業已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描作業等初步航拍及產製圖資成果。後續由 貴處擇期辦理期中簡報審查，並於審查同意後得請契約價金總額 30%。

(三) 期末審查：本計畫於 108 年 11 月 14 日提出期末報告書 12 份(自工字第 108115948 號)，完成本計畫所有工作項目，由委託單位擇期辦理期末簡報會議審查，符合作業規定(應於 108 年 11 月 15 日前提出)。受託承商應於契約期限內提送成果報告書及成果資料，並經驗收完成後得請領契約價金總額 40%。

三、工作會報：雙方得視實際工作需要，不定期加開特定主題工作會報，其時間地點由委託機關另行通知。

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。

3-3 品質管制與自主檢查

- 一、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。
- 二、本計畫工作內容繁多，提出六大項自主檢查成果表，成果詳如圖 3-1 以及附件八。

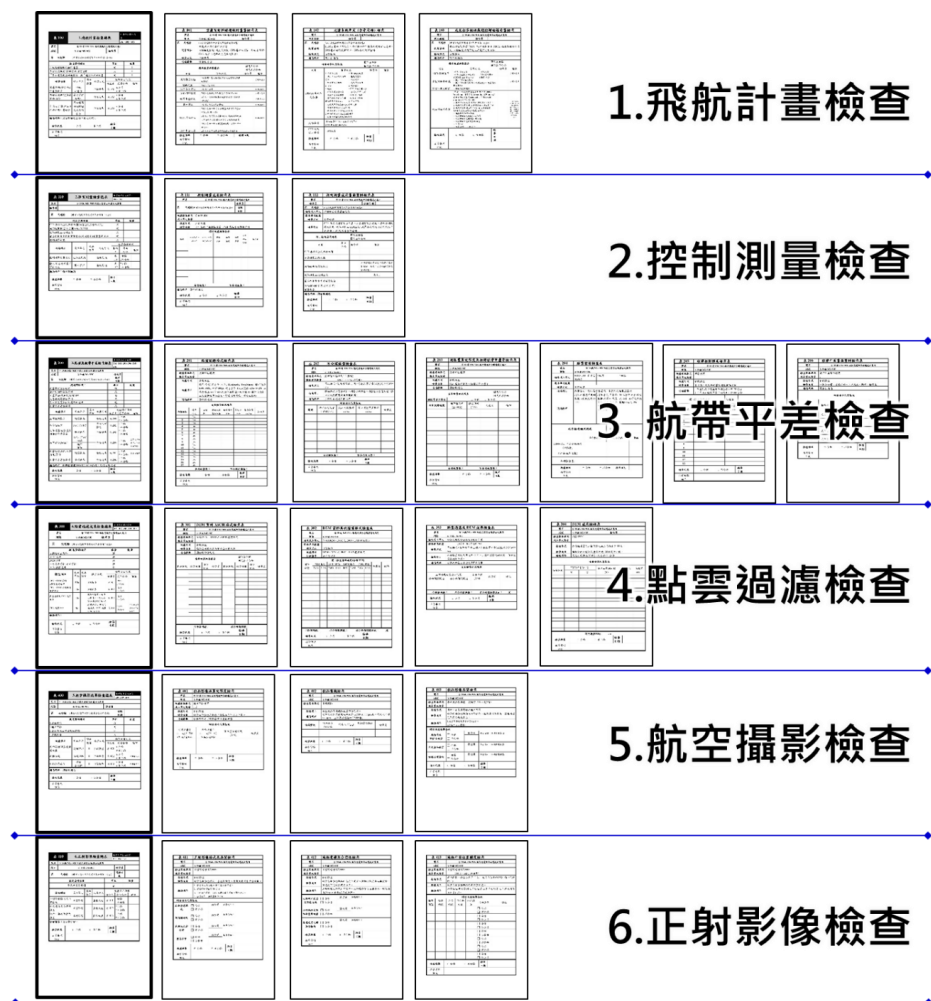
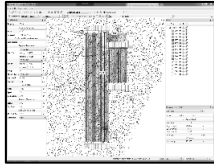
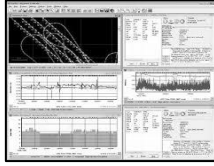
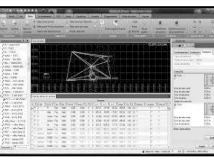
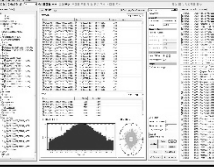
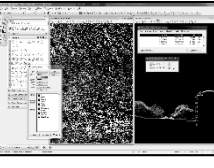
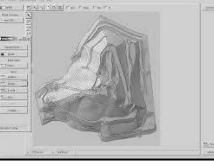


圖 3-1 六大自主檢查表

3-4 軟體設備

項次	軟體名稱	操作畫面	數量
1	IGI Plan ：空載雷射掃瞄飛航規劃 結合 IGI 系列 Aero Controller 以及 CCNS4 導航器可依據 DEM 規劃空載光達以及像機飛航測現，並估算計畫成果。		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
4	LeadSurvey ：自主研發地面控制測量 本公司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
5	Trinble 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
6	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
10	Microstation ：點雲資料處理/數值繪圖 TerraScan/ TerraModeler/ TerraMatch 點雲分類與編修、		6
14	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，其最是性內插演算能呈現自然地地形起伏與走勢，成果廣為國內更急單位肯定。		2
15	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

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：106.03.17-106.03.18 靜態 GNSS 測量/快速靜態/動態/RTK 測量 Horizontal: $\pm(2.5\text{mm}+1\text{ppm}) \times (\text{baseline})$ RMS Vertical: $\pm(5\text{mm}+01\text{ppm}) \times (\text{baseline})$ RMS		2
	NetSurv 系列 GNSS 衛星定位儀 TAF 校正日期：106.04 靜態 GNSS 測量/RTK 測量 Horizontal: $\pm(5\text{mm}+1\text{ppm}) \times (\text{baseline})$ RMS Vertical: $\pm(10\text{mm}+1\text{ppm}) \times (\text{baseline})$ RMS		2
	JAVAD 系列 GNSS 衛星定位儀 TAF 校正日期：107.01.30、107.02.01 靜態 GNSS 測量/快速靜態/動態/RTK 測量 Horizontal: $\pm(3\text{mm}+0.5\text{ppm}) \times (\text{baseline})$ RMS Vertical: $\pm(5\text{mm}+0.5\text{ppm}) \times (\text{baseline})$ RMS		7
	STONEX 系列 GNSS 衛星定位儀 TAF 校正日期：107.01.30、107.12.11、107.12.13 靜態 GNSS 測量/快速靜態/動態/RTK 測量 Horizontal: $\pm(2.5\text{mm}+1\text{ppm}) \times (\text{baseline})$ RMS Vertical: $\pm(5\text{mm}+01\text{ppm}) \times (\text{baseline})$ RMS		6
	HORIZON Kronos 系列 GNSS 衛星定位儀 TAF 校正日期：107.12.11、107.12.13 靜態 GNSS 測量/快速靜態/動態/RTK 測量 Horizontal: $\pm(2.5\text{mm}+0.5\text{ppm}) \times (\text{baseline})$ RMS Vertical: $\pm(3.5\text{mm}+0.5\text{ppm}) \times (\text{baseline})$ RMS		2
	Leica 全站儀 Leica 1100 系列 全站式經緯儀 $\pm 3 \text{ mm}+1 \text{ ppm}$ Leica 1200 系列 全站式經緯儀 $\pm 3 \text{ mm}+1 \text{ ppm}$ TAF 校正日期：107.06.06、107.06.05 地形測量/地類檢核點測量/橫斷面點測量		4

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	P68C-TC 專業航拍定翼機 由義大利製造之全新 P68C-TC 定翼機，可同時取得高解析影像與高密度點雲成果，用以產製高解析度正射影像及高精度數值地形模型，提高正射影像以及地形圖精度。		1
	數位像機(PhaseOne ixu-rs 1000) 2018 年全新購買 Phase One 航測像機(IXU-RS 10000)具有 10000 萬像素(111,608 x 8708 像素)，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(PhaseOne) PhaseOne 航測像機(IXA180)具有 8000 萬像素(10320x 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，最小曝光間格(1.5 秒)。		1
	慣性穩定平台(Ultramount GSM3000) 用於慣性導航系統，其功能為使裝載於其上之數位像機維持水平和方位的一致性。內部配有加速度計、電子線路(積分器)、陀螺力矩器及電子油壓系統。		1
	IMU (慣性測量單元) 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 Position System, GNSS)、慣性導航儀(Inertial Measurement Unit, IMU)、光達掃描儀、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 作為本公司空載光達備援機，整合了雙頻衛星定位器(Global Position System, GNSS)、慣性導航儀(Inertial Measurement Unit, IMU)、光達掃描儀、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 人力計畫及配置

4-1 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、空載光達雷射掃描資料處理以及 DEM/DSM 產製作業經驗，搭配本公司自主研發能力，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檢核小組，定可提供 貴處最為優質的成果。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。

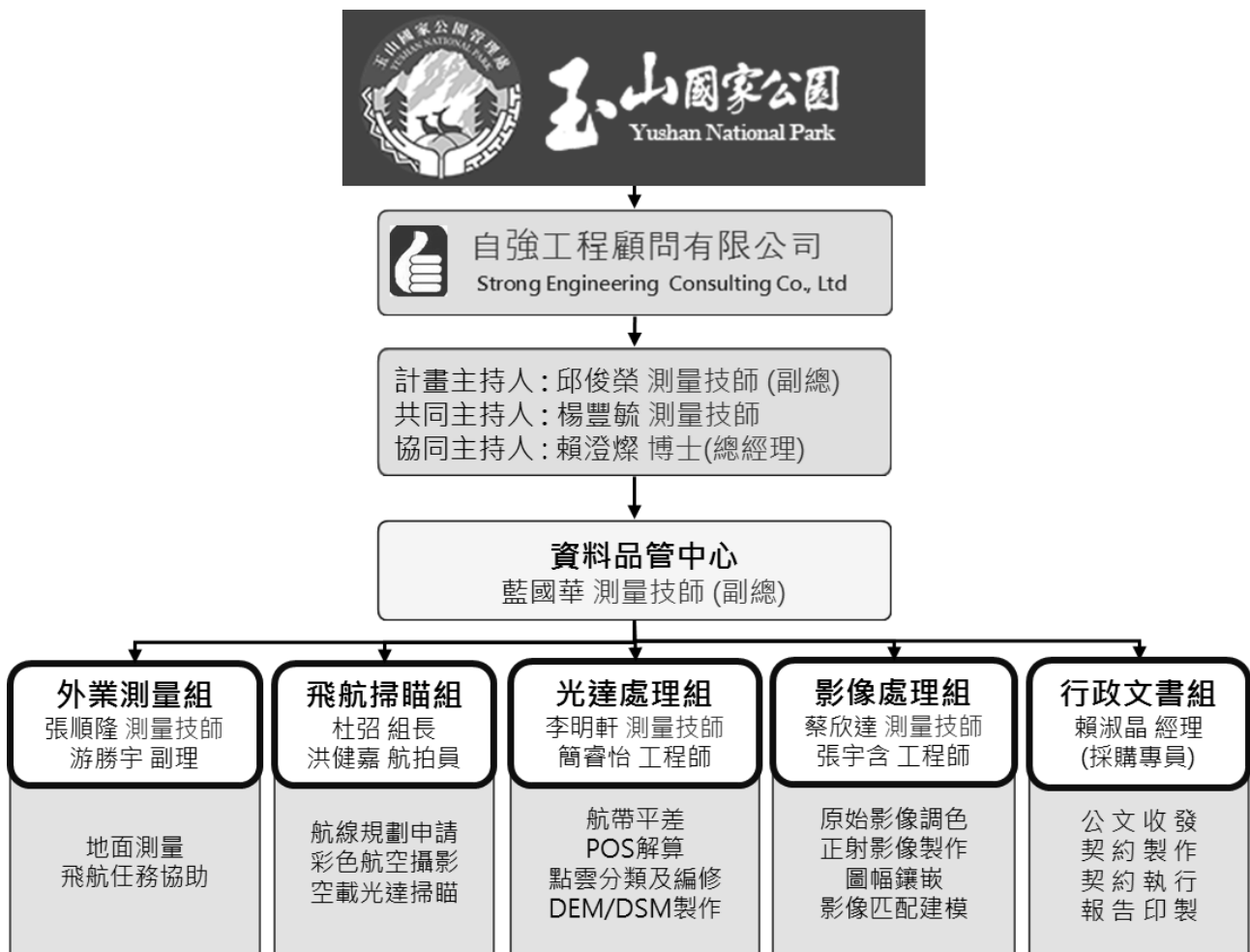


圖 4-1 計畫組織人力架構圖

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/空載光達掃描 /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/空載光達掃描 /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	品質管制	品質管制組長	藍國華	副總經理/測量技師	GPS 測量/陸域測量
6		品質管制組員	吳家惠	製圖副組長	影像處理
7		品質管制組員	黃立婷	製圖副組長	點雲編修
8	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
9		資訊安全管理組員	蔡宛諭	副理	資訊安全管理
10	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
11		行政事務組員	林沂珊	行政部特助	會計業務/行政業務
12		行政事務組員	廖煥貞	行政部助理	會計業務/行政業務
13	飛航掃描	飛航掃描組長	杜 弨	航拍組長	飛航任務執行
14		飛航掃描副組長	陳俊佑	航拍組員	飛航任務執行
15		飛航掃描組員	洪健嘉	航拍組員	飛航任務執行
16	外業測量組	陸域測量組長	張順隆	副總經理/ 測量技師	陸域測量/飛航任務協助
17		陸域測量副組長	游勝宇	測量部副理	陸域測量/飛航任務協助
18		陸域測量副組長	林文凱	測量部副理	陸域測量/飛航任務協助
19		陸域測量組員	林育聖	測量副組長	陸域測量/飛航任務協助
20		陸域測量組員	賴世豪	測量工程師	陸域測量/飛航任務協助
21	光達處理組	光達處理組長	李明軒	經理/測量技師	空載光達掃描資料後處理
22		光達處理副組長	簡睿怡	測量工程師	空載光達掃描資料後處理
23		光達處理組員	凌子晴	製圖工程師	點雲編修
24		光達處理組員	陳文婷	製圖工程師	點雲編修
25		光達處理組員	陳嘉欣	製圖工程師	點雲編修
26		光達處理組員	陳威愷	製圖工程師	點雲編修
27		光達處理組員	黃潔玟	製圖工程師	點雲編修
28	影像處理組	影像處理組長	蔡欣達	副理/測量技師	航空攝影測量/3D 模型建置
29		影像處理副組長	董秀琪	測量工程師	航空攝影測量/3D 模型建置
30		影像處理副組長	康祐程	測量工程師	航空攝影測量/3D 模型建置
31		影像處理副組長	曾淑枝	製圖組長	影像處理/立體製圖
32		影像處理組員	楊子瑄	製圖組長	影像處理/立體製圖
33		影像處理組員	陳品蓉	製圖組員	影像處理/3D 模型建置
34		影像處理組員	陳嘉欣	製圖組員	影像處理

第五章 結論與建議

為持續建置園區重要區域之空間資訊，並作為 貴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(108)年度規劃南二段南段區域之範圍航空傾斜攝影暨空載光達掃描作業，產製高精度正射影像及數值高程模型圖資。

本計畫團隊自有專業航攝飛行載具(P68C-TC)、空載 LiDAR(Riegl LMS-Q780)以及五部最新添購億萬畫素航測像機(Phase ONE iXU-RS 1000)執行本案，加值回饋 AOS-5 傾斜像機航空攝影，以 Skyline Photomesh 建置 3D 地形地貌模型。本計畫雖受天候影響飛航作業進度，仍於天候許可的條件下完成本計畫全區飛航掃描作業，並製作本計畫相關成果包含 1mDEM/DSM 以及 20cm 正射影像，其成果精度遠高於 Google 地圖之影像成果，提供 貴處最新型且優質的空載光達掃描資料以及影像建模技術成果，所產製圖資在未來可評估做植群類型判斷或植被覆蓋率計算等之應用，定能成為 貴處規劃、評估、展示、執行最佳利器。