

# 玉山國家公園西南園區航空攝影 與光達掃描作業暨圖資製作案

## 成果報告書



內政部國家公園署  
玉山國家公園管理處

網址：<https://www.ysnp.gov.tw/>

地址：553208 南投縣水里鄉中山路1段515號

電話：049-277-3121

傳真：049-234-8274

契約編號：112-18

叢刊編號：1353

內政部國家公園署玉山國家公園管理處  
中華民國 112年 11月

# 目錄

目錄.....	I
附件目錄.....	II
圖目錄.....	III
表目錄.....	VI
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 繳交成果.....	3
第二章 工作規劃與執行方法.....	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規劃與申請.....	11
2-4 控制測量.....	21
2-5 空載光達掃瞄施測資料獲取.....	25
2-6 光達掃瞄點雲資料處理.....	28
2-7 數值高程模型(DEM)與數值地表模型(DSM)製作.....	29
2-8 樹冠高度模型(Canopy Height Model, CHM)製作.....	37
2-9 正射影像製作.....	44
2-10 圖幅接邊處理.....	49
2-11 影像自動匹配成果.....	51
2-12 執行成果展示影片製作.....	52
第三章 工作期程與管制維運計畫.....	53
3-1 計畫執行期程.....	53
3-2 進度管制計畫.....	55
第四章 品質管制與自主檢查.....	56
4-1 飛航計畫檢查.....	57
4-2 控制測量檢查.....	71

4-3 點雲及航帶平差檢查.....	71
4-4 點雲過濾成果檢查.....	80
4-5 航空攝影成果檢查.....	85
4-6 正射影像檢查.....	89
4-7 軟體設備.....	91
4-8 硬體設備.....	93
第五章 團隊組織及設備.....	94
5-1 團隊組織架構.....	94
5-2 人力總整表.....	95
第六章 結語.....	96
6-1 結論.....	96
6-2 建議.....	96

## 附件目錄

附件一	Riegl LMS-Q780 空載光達率定報告書
附件二	航空傾斜攝像機 UltraCam Osprey 4.1 原廠率定報告
附件三	原始航空影像縮圖(垂直攝影鏡頭)
附件四	自主檢查表
附件五	空中三角測量報告書
附件六	飛航掃瞄報告書
附件七	期中報告書審查意見與回復
附件八	期末報告書審查意見與回復

## 圖目錄

圖 1-1	112 年航拍執行範圍.....	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 .....	6
圖 2-4	多時段光達回波接收技術 .....	6
圖 2-5	數位全波形分析能力.....	7
圖 2-6	Riegl LMS-Q780 國土測繪中心校正報告 .....	8
圖 2-7	UltraCam Osprey 4.1 大像幅傾斜攝影像機實機照.....	9
圖 2-8	航空傾斜攝像機 UltraCam Osprey 4.1 原廠檢定報告.....	10
圖 2-9	航線規劃成果圖.....	12
圖 2-10	航攝申請公文.....	13
圖 2-11	內政部航攝申請許可公文.....	14
圖 2-12	內政部航攝申請許可公文(續).....	15
圖 2-13	民航局飛航申請公文.....	16
圖 2-14	民航局飛航許可公文.....	17
圖 2-15	民航局飛航許可公文(續).....	18
圖 2-16	率定場航線規劃資訊.....	19
圖 2-17	率定成果精度分析圖.....	20
圖 2-18	空載光達率定後點雲剖面圖 .....	20
圖 2-19	本案使用之 GNSS 基地站與計畫範圍分布圖 .....	21
圖 2-20	架次 1：112 年 5 月 6 日架次 GNSS 資料連續性 .....	23
圖 2-21	架次 2：112 年 6 月 25 日 GNSS 資料連續性 .....	23
圖 2-22	架次 3：112 年 6 月 27 日 GNSS 資料連續性 .....	23
圖 2-23	航線頭、中、尾控制點及地類控制點分布圖 .....	24
圖 2-24	BN2-B68802 執行玉山航拍實照.....	25
圖 2-25	架次 1：112 年 5 月 6 日.....	26
圖 2-26	架次 2：112 年 6 月 25 日.....	26
圖 2-27	架次 3：112 年 6 月 27 日.....	27

圖 2-28	空載光達掃瞄點雲成果初步展示(航線分色).....	28
圖 2-29	空載光達點雲解算處理流程 .....	28
圖 2-30	點雲人工編修畫面.....	30
圖 2-31	點雲編修分類成果圖.....	30
圖 2-32	SCOP++操作畫面 .....	31
圖 2-33	DEM/DSM 成果圖.....	31
圖 2-34	計畫範圍 1/2,500 及 1/5,000 圖幅分布位置 .....	32
圖 2-35	level 2B DEM 產品等級之處理流程 .....	35
圖 2-36	數值高程模型(DEM)成果展示圖 .....	36
圖 2-37	數值地表模型(DSM)成果展示圖 .....	36
圖 2-38	CHM 製作範圍及拍攝年度 .....	37
圖 2-39	CHM 去除地表起伏示意圖 .....	38
圖 2-40	CHM 單木分割成果示意圖 .....	38
圖 2-41	CHM 單木分割高度分層設色與正射影像比對圖 .....	39
圖 2-42	巨木分布熱點示意圖.....	39
圖 2-43	尋找巨木流程示意圖.....	40
圖 2-44	CHM 單木分割繳交檔案 .....	42
圖 2-45	CHM 單木分割 shapefile 屬性欄位資料.....	42
圖 2-46	垂直攝影鏡頭影像涵蓋範圍分布圖 .....	44
圖 2-47	使用 POS 數據進行影像自動匹配.....	45
圖 2-48	使用本次計畫範圍 DEM 製作正射影像之畫面 .....	46
圖 2-49	正射影像成果展示圖.....	46
圖 2-50	正射影像繳交圖幅分布 .....	47
圖 2-51	DEM/DSM 接邊成果.....	49
圖 2-52	正射影像接邊成果.....	50
圖 2-53	UltraCam Osprey 4.1 大像幅傾斜像機-拍攝示意圖.....	51
圖 2-54	ContextCapture Center 軟體影像 3D 建模畫面 .....	51
圖 2-55	執行成果展示影片.....	52
圖 3-1	工作進度甘特圖.....	54
圖 3-2	進度管制流程.....	55

圖 4-1	品質管制計畫流程圖.....	56
圖 4-2	飛航計畫書掃瞄範圍檢查畫面 .....	58
圖 4-3	光達系統率定(含率定場)率定計算過程檢查畫面.....	59
圖 4-4	光達系統率定(含率定場)GNSS 基站位置圖 .....	60
圖 4-5	飛航掃瞄報告書 GNSS 基站資訊檢查畫面 .....	61
圖 4-6	飛航掃瞄報告書機上 GNSS 資訊檢查畫面 .....	62
圖 4-7	飛航掃瞄報告書機上 GNSS 資訊檢查畫面(續).....	63
圖 4-8	112 年 5 月 06 日 12:00 至 13:00 航拍天氣資料(來源:中央氣象局).....	66
圖 4-9	112 年 6 月 25 日 08:00 至 09:00 航拍天氣資料(來源:中央氣象局).....	66
圖 4-10	112 年 6 月 27 日 08:00 至 09:00 航拍天氣資料(來源:中央氣象局).....	66
圖 4-11	GNSS 基站與航線頭中尾控制點分布 .....	71
圖 4-12	點雲檔案格式分析畫面 .....	72
圖 4-13	點雲覆蓋範圍檢查圖.....	73
圖 4-14	水域點雲與點雲分類檢查圖 .....	73
圖 4-15	點雲涵蓋範圍.....	74
圖 4-16	點密度檢查程式操作畫面 .....	76
圖 4-17	TerraSolid 軟體操作畫面.....	77
圖 4-18	空載光達點雲平差作業畫面 .....	78
圖 4-19	DTM 成果資料檢核程式操作畫面.....	80
圖 4-20	DEM 資料 ASCII 格式檢查成果表 .....	81
圖 4-21	DSM 資料 ASCII 格式檢查成果表 .....	82
圖 4-22	DEM 之 XYZ 檔案格式檢查畫面 .....	83
圖 4-23	玉山西南園區坡度圖.....	83
圖 4-24	垂直攝影鏡頭影像涵蓋範圍分布圖 .....	85
圖 4-25	正射影像檔案格式檢查 .....	89
圖 4-26	正射影像扭曲修正成果 .....	90
圖 4-27	正射影像邊緣線修正成果 .....	90
圖 5-1	計畫組織人力架構圖.....	94

## 表目錄

表 2-1	Riegl LMS-Q780 規格表 .....	7
表 2-2	UltraCam Osprey 4.1 大像幅傾斜攝影像機規格表 .....	9
表 2-3	航線規劃資訊.....	12
表 2-4	率定成果參數表.....	20
表 2-5	本案使用之 GNSS 基地站資訊 .....	22
表 2-6	計畫範圍涵蓋 27 幅 1/5,000 圖幅列表 .....	32
表 2-7	計畫範圍涵蓋 89 幅 1/2,500 圖幅列表 .....	33
表 2-8	高程基本精度 a (單位 m) .....	35
表 2-9	地形類別調整參數 b (單位 m) .....	35
表 2-10	地表植被覆蓋情形調整參數 c (無單位) .....	35
表 2-11	巨木熱點與臺灣巨木地圖資料比對表 .....	41
表 2-12	歷年單木分割成果統計表 .....	43
表 2-13	歷年正射影像成果地面解析度比較表 .....	48
表 4-1	飛航計畫書儀器規格檢查表 1 .....	57
表 4-2	飛航計畫書儀器規格檢查表 2 .....	57
表 4-3	飛航計畫書航線規劃資訊檢查表 .....	58
表 4-4	光達系統率定(含率定場)率定飛航規劃資訊檢查畫面.....	59
表 4-5	光達系統率定(含率定場)基站資訊.....	60
表 4-6	飛航掃瞄報告書飛航參數檢查表 .....	64
表 4-7	112 年 5 月 6 日航空攝影紀錄表.....	67
表 4-8	112 年 6 月 25 日航空攝影紀錄表.....	68
表 4-9	112 年 6 月 27 日航空攝影紀錄表.....	70
表 4-10	點雲檔案格式檢查成果表 .....	72
表 4-11	點雲航線重疊分析(面積單位: km <sup>2</sup> ) .....	75
表 4-12	航帶相對誤差檢查表格 .....	77
表 4-13	點雲平差作業畫面資訊表 .....	78
表 4-14	點雲平差成果控制點檢核成果表(單位: m) .....	79
表 4-15	DEM 地類檢核點成果表(單位: m).....	84

表 4-16	影像重疊率檢查.....	86
表 4-17	地面解析度檢查.....	88



### 1-3 服務項目

- 一、航空傾斜攝影及空載光達掃瞄飛航計畫規劃與申請。
- 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

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，應先徵得玉管處同意)	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
<p>(一)航空傾斜攝影作業暨空載光達掃瞄作業</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 航空攝影及光達掃瞄計畫。</li> <li>2. 航線涵蓋圖、航拍紀錄(攝影日期、天氣資料)。</li> <li>3. 航空測量攝影機之校正報告、LiDAR 系統率定報告。</li> <li>4. 飛機上 GNSS 及 IMU 原始資料。</li> <li>5. 攝影站坐標(GNSS 輔助空三需檢附基地站坐標)。</li> <li>6. 原始航拍影像(tiff 檔)及航空攝影自主檢查表。</li> <li>7. 原始光達詮釋資料及平差後原始空載點雲(las 檔)。</li> <li>8. 空中三角平差報表(含最小約制與強制符合)及解算資料。</li> <li>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)。</li> <li>10.分類後點雲資料。</li> </ol> <p>(二)正射影像及數值高程模型圖資製作</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> <li>3. 繳交 1/2500、1/5000 圖幅 DTM 成果(包含 DEM、DSM，資料欄位包括 XYZ 檔)。</li> <li>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)、網格式資料檔(.grd)。</li> <li>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)、網格式資料檔(.grd)。</li> </ol> <p>(三)影像自動匹配成果</p> <p>(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。</p> <p>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)。</p>	
<p>三、報告書內容、圖表成果之資料檔案</p> <p>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。</p>	

## 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航飛航計畫規劃與申請、地面 GNSS 基地站控制測量、航空傾斜攝影及空載光達掃瞄飛航計畫規劃與申請、飛航任務執行、航拍原始影像、空中三角測量、空載光達掃瞄成果、點雲航帶平差、點雲分類編修、1m×1m DEM/DSM、影像模型匹配、正射影像製作、三維模型、平差後原始空載點雲、分類後點雲資料、樹冠高度模型(CHM)、15cm 正射影像、執行成果展示影片製作等，彙整工作流程如圖 2-1。

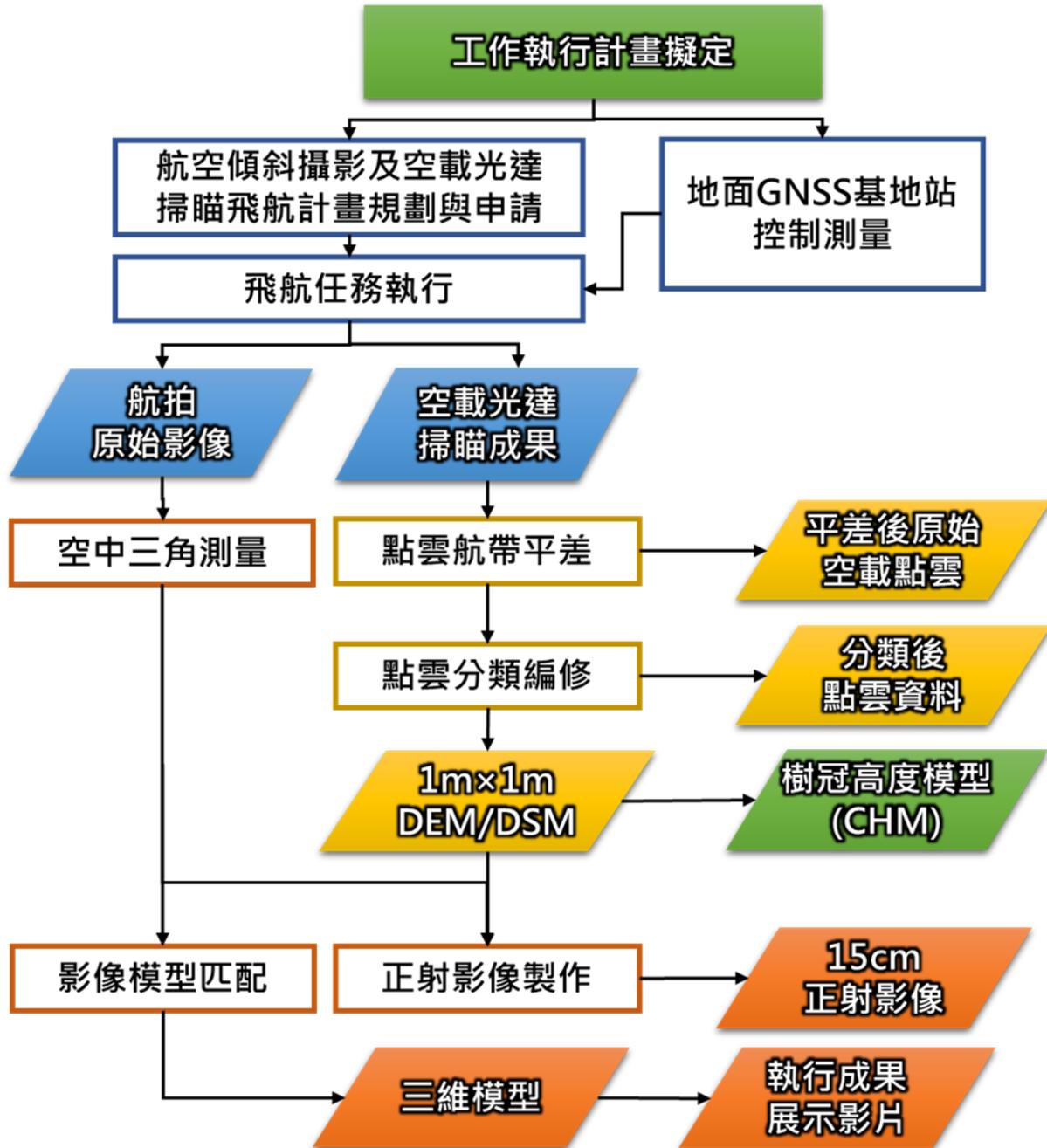


圖 2-1 工作計畫流程圖

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，詳細說明詳如本章節。

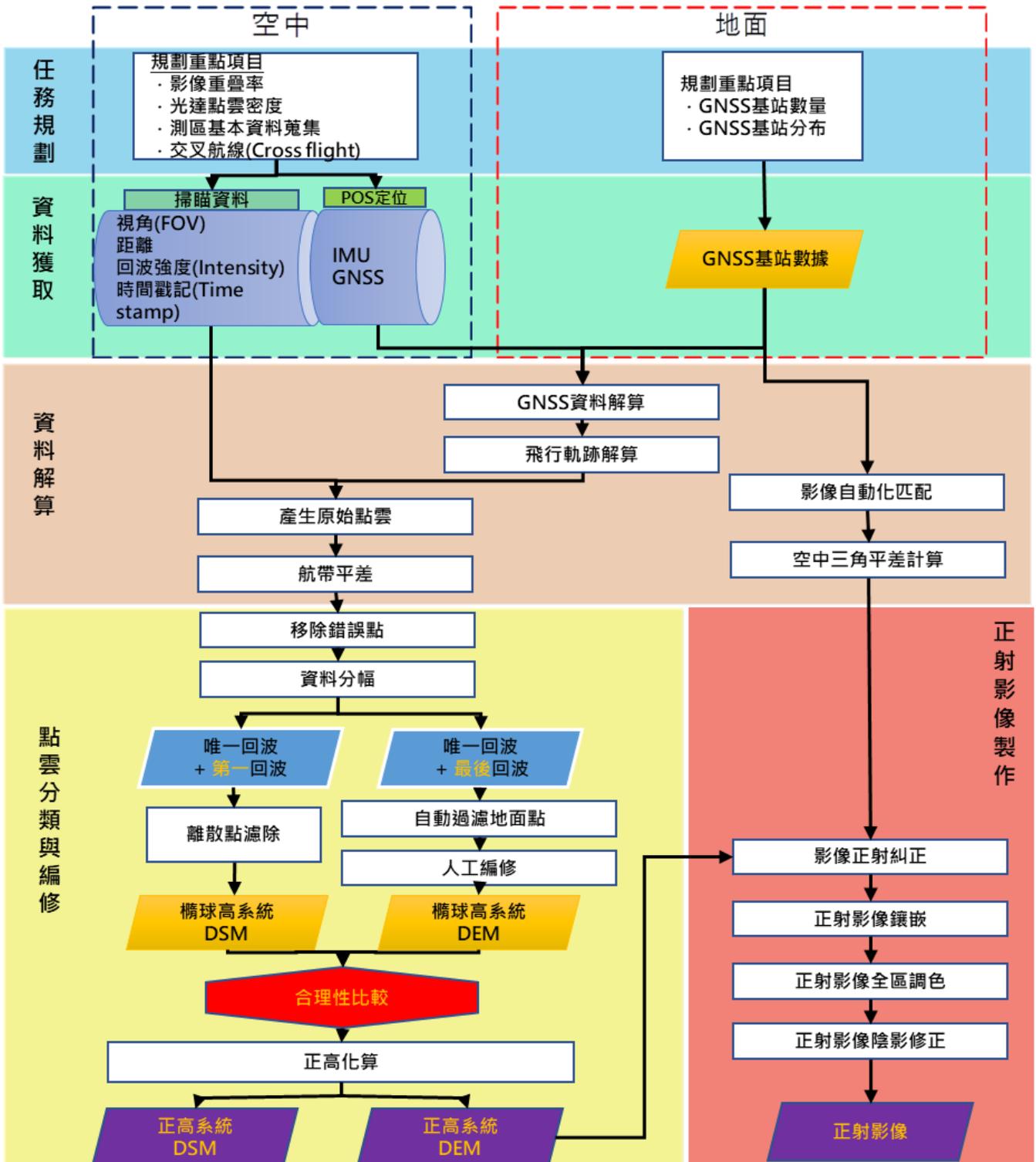


圖 2-2 空載光達及航空攝影工作流程圖

## 2-2 儀器設備

### 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 112 年 3 月 23 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 112 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」(111 年版)檢核合格(平面方向器差 39cm；高程方向為 6.9 cm)，且符合本計畫作業規範要求，儀器規格詳如表 2-1，校正報告如附件一。



圖 2-3 空載光達 Riegl LMS-Q780 實機照

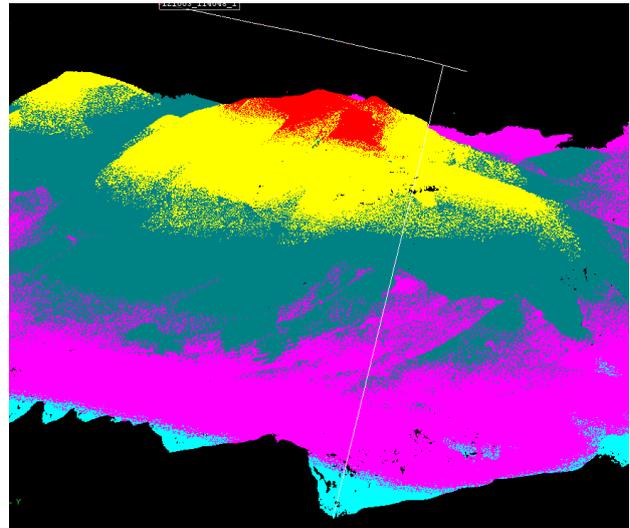
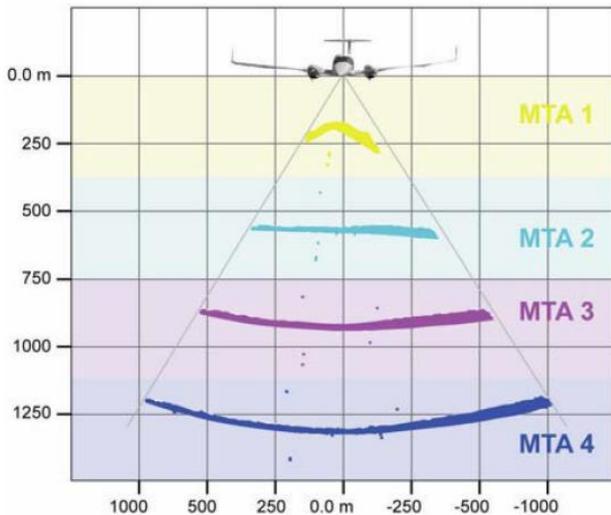


圖 2-4 多時段光達回波接收技術

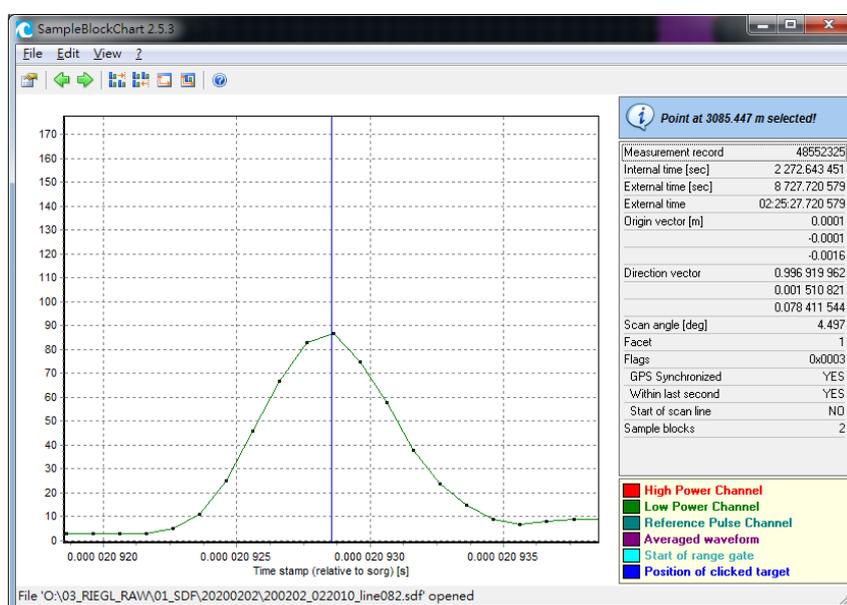
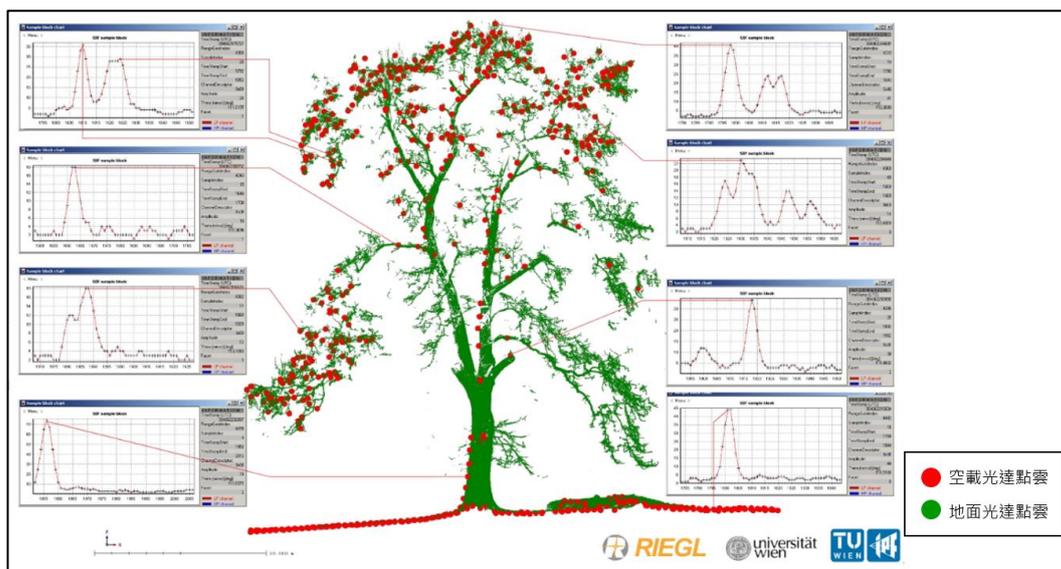


圖 2-5 數位全波形分析能力

表 2-1 Riegl LMS-Q780 規格表

項次	項目	規格
1	廠牌型號	Riegl LMS-Q780
2	光達等級	3B
3	掃描高度	50~4,700m AGL
4	掃描速率	100~400 kHz
5	光達回波數	沒有限制(Full Wave Form)
6	掃描範圍	60°
7	儲存設備	DR680
8	容量	3×800 GByte

# 校正報告

校正項目：空載光達

報告日期：112年03月23日

報告編號：I202212210101



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：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6頁內文，分離使用無效。



許展祥

報告簽署人



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 Riegl LMS-Q780 國土測繪中心校正報告

## 二、航空傾斜攝影像機- UltraCam Osprey 4.

本計畫使用 UltraCam Osprey 4.1 傾斜攝影像機如圖 2-7 所示，為奧地利製造生產之測量儀器，垂直與傾斜航拍影像解析度一致，加上多方向動態補償技術，可同時兼顧精緻模型紋理獲取與高解析正射影像需求。此外，20,544 像素的橫向覆蓋範圍搭配高解析的 3.76  $\mu\text{m}$  像元尺寸，大幅度提升飛航執行效率，在獲取大範圍影像資料擁有絕對優勢，所獲得高輻射解析度和高清晰度之像片，會用以製作本計畫正射影像及 3D 模型，規格如表 2-2 所示，原廠率定報告如圖 2-8 及附件二。



圖 2-7 UltraCam Osprey 4.1 大像幅傾斜攝影像機實機照

表 2-2 UltraCam Osprey 4.1 大像幅傾斜攝影像機規格表

垂直攝影主像機		傾斜攝影像機	
影像大小	20,544 x 14,016 pixels (三億像素)	影像大小	14,144 x 10,560 pixels (一億五千萬像素)
像素大小	3.76 $\mu\text{m}$ $\times$ 3.76 $\mu\text{m}$	像素大小	3.76 $\mu\text{m}$ $\times$ 3.76 $\mu\text{m}$
焦距	79.60 mm	焦距	123.38 mm
動態範圍	> 83 db	動態範圍	> 83 db
連拍時間	0.7s	連拍時間	0.7s
鏡頭畸變	<0.002mm	鏡頭畸變	<0.002mm
製造生產國家：奧地利 Austria. 詳細規格請參照附件二原廠率定報告			



VEXCEL  
IMAGING

# ULTRACAM

## Calibration Report



[www.vexcel-imaging.com](http://www.vexcel-imaging.com)

圖 2-8 航空傾斜攝像機 UltraCam Osprey 4.1 原廠檢定報告

## 2-3 空載光達掃瞄飛航計畫規劃與申請

空載光達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) 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 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 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 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 2-3，共 21 條航線，總長為 204km，航線 21 為因應河谷低處所規畫之河谷加密航線。全航線長度皆未超過 25km，不須規劃交叉航線，航線規劃成果以及計畫範圍套疊如圖 2-9。

表 2-3 航線規劃資訊

項次	項目	規劃資訊	備註	
1	飛航高度	3800~4200m		
2	航拍測線	21 條	-	
3	飛航長度	204km	-	
4	UltraCam Osprey 4.1	地面解析度	≤15cm	影像解析度
5		左右重疊	≒62%	需製作三維影像匹 配模型
6		前後重疊	≒83%	-
7	Riegl LMS- Q780	左右重疊	≒69%	FOV 40 度
8		發射頻率	210 kHz	距離地高：2200m
9		光達強度	100 %	-
10		密度	2 點/m <sup>2</sup>	-

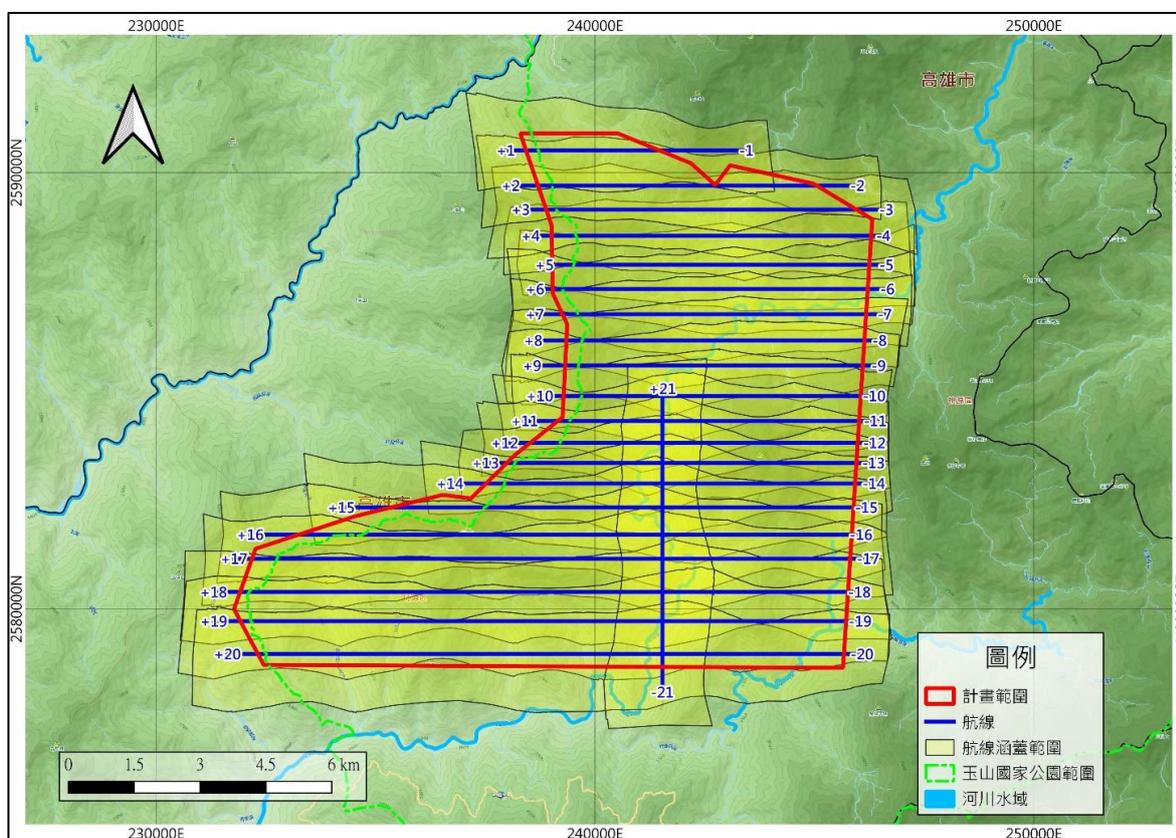


圖 2-9 航線規劃成果圖

### 三、航空傾斜攝影及空載光達掃瞄飛航計畫規劃申請

於決標當日 112 年 3 月 15 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 112038814 號)向內政部申請航攝許可並副知玉管處，於 112 年 4 月 18 日獲得內政部核准(台內地字第 1120113686 號)，於 112 年 4 月 18 日發文自強航空有限公司向民航局申請飛航許可(自工字第 112048915 號)，於 112 年 5 月 3 日獲得許可(空運管字第 1120015845 號，相關函文掃描檔如圖 2-10 至圖 2-15。

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：陳韋灯 聯絡電話：02-22252200#244 傳真電話：02-32349980 電子信箱：244@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112年03月15日 發文字號：自工字第 112038814 號 速 別：一般 附 件：航空測量攝影實施計畫書乙式3份。	
主 旨：本公司承攬玉山國家公園管理處之「玉山國家公園西南園區航空攝影與光達掃瞄作業暨圖資製作案」，檢送航攝相關文件申請航空測量攝影實施許可，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，檢送航空測量攝影實施計畫書乙式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，請准予航空測量攝影工作。	
正本：內政部 副本：玉山國家公園管理處(副本無附件)	
	

圖 2-10 航攝申請公文

檔 號：  
保存年限：

## 內政部 函

地址：100218臺北市中正區徐州路5號  
聯絡人：李偉菘  
聯絡電話：02-23565272  
傳真：02-23976875  
電子信箱：moi2153@moi.gov.tw

受文者：自強工程顧問有限公司

發文日期：中華民國112年4月18日  
發文字號：台內地字第1120113686號  
速別：普通件  
密等及解密條件或保密期限：  
附件：

主旨：貴公司受玉山國家公園管理處委託辦理「玉山國家公園西南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112年4月12日國情整備字第1120093957號函辦理，並復貴公司112年3月15日自工字第112038814號函。
- 二、貴公司實施航空測量攝影期間為核准次日起至112年11月15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。

第 1 頁，共 2 頁

圖 2-11 內政部航攝申請許可公文

- 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

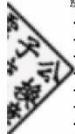
副本：國防部、交通部民用航空局、玉山國家公園管理處



裝

訂

線



第 2 頁，共 2 頁

圖 2-12 內政部航攝申請許可公文(續)

正本  
發文方式：傳 真

檔 號：  
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：陳韋灯  
聯絡電話：02-22252200#244  
傳真電話：02-32349980  
電子信箱：244@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112年04月18日  
發文字號：自工字第 112048915 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之「玉山國家公園西南園區航空攝影與光達掃瞄作業暨圖資製作案」，擬租用 貴公司P68C-TC航空器(國籍編號：B-77709)及BN-2B型航空器(國籍編號：B-68802、B-69896)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。
2. 預計作業時間為核准次日起至112年11月15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 2-13 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：10548 臺北市敦化北路340號  
傳真：02-23496050  
聯絡人：許竹涵  
電話：02-23496310  
電子信箱：jhuhan@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112年5月3日  
發文字號：空運管字第1120015845號  
速別：普通件  
密等及解密條件或保密期限：  
附件：1120015845申請書、1120015845名冊 (1120015845-1-0.pdf)

主旨：貴公司使用P68C-TC型機（國籍編號：B-77709）及BN-2B型機（國籍編號：B-68802、B-69896）於高雄市地區執行自強工程顧問有限公司委託之「玉山國家公園西南園區航空攝影與光達掃瞄作業暨圖資製作案」所需航空測量攝影作業一案，同意自本局核准次日起至112年11月15日止辦理，請查照。

說明：

- 一、復貴公司112年4月19日強（112）字第042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 2-14 民航局飛航許可公文

航空測量攝影及遙感探測管理規則」相關法規及內政部112年4月18日台內地字第1120113686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

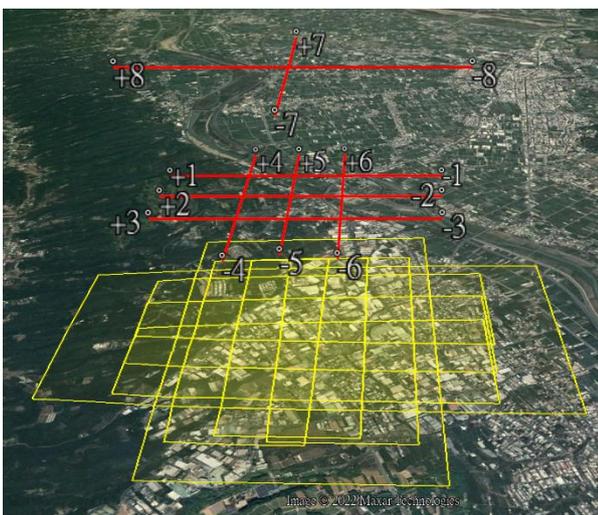
副本：自強工程顧問有限公司、國防部參謀本部情報參謀次長室、國防部參謀本部作戰及計畫參謀次長室（戰情中心）、國防部陸軍司令部戰備訓練處、陸軍航空特戰指揮部、國防部海軍司令部戰備訓練處、海軍艦隊指揮部、海軍陸戰隊指揮部、海軍反潛航空大隊、國防部空軍司令部、空軍作戰指揮部、內政部地政司、內政部警政署、內政部警政署航空警察局、飛航管制聯合協調中心、交通部民用航空局飛航服務總臺、交通部民用航空局高雄國際航空站（另含名冊）、交通部民用航空局臺中航空站（另含名冊）、飛航標準組、飛航管制組（均含附件）

電 2023/05/03 文  
交 18:58:58 章

圖 2-15 民航局飛航許可公文(續)

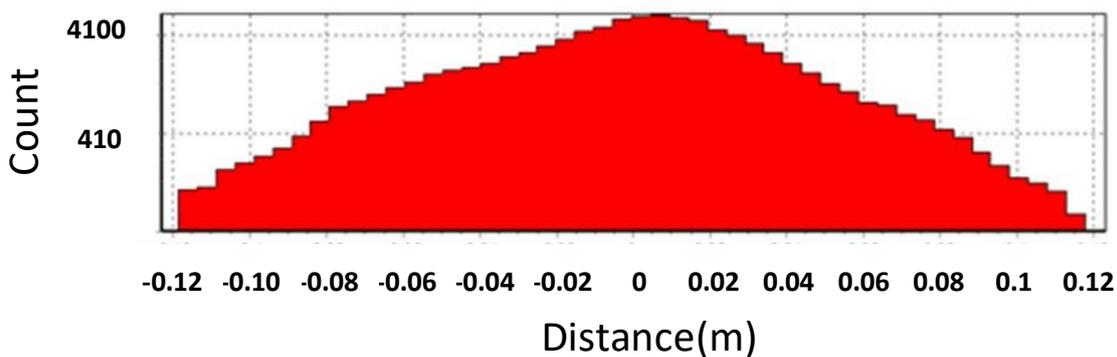
#### 四、空載光達率定作業

- (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 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，選定南投縣南投市南崗地區為率定場，規劃 6 條正規航線(3 條南北向、3 條東西向)，航高 1000 公尺，光達脈衝頻率為 400 kHz，以及 2 條確認飛行航線(南北向 1 條、東西向 1 條)，航高 1800 公尺，光達脈衝頻率為 205 kHz，詳細規劃資訊如圖 2-16。
- (三) 本計畫於 112 年 3 月 7 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 3.63cm 符合作業規定(中誤差小於 10 cm)，相關成果詳如圖 2-17、表 2-4 以及附件一 空載光達掃瞄率定報告書。
- (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，率定成果前後剖面示意圖如圖 2-18。

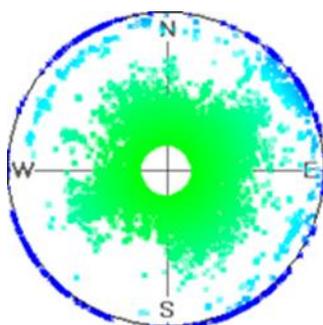


項目	內容
航高	1000m (航線 1~6) 1800m (航線 7、8)
光達脈衝 頻率	400 kHz(航線 1~6) 205 kHz(航線 7、8)
航線方向	180 度 (航線 4~6、7) 90 度 (航線 1~3、8)
點雲密度	大於 4 點/平方米
前後重疊、 左右重疊	大於 50%

圖 2-16 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(各共軛面法向量指向，分布越均勻，平差效果越好)

圖 2-17 率定成果精度分析圖

表 2-4 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	85044	率定解算結果
	Error (Std. deviation) [m]	0.0363	
	Roll [deg]	0.00708	
	Pitch [deg]	0.15088	
	Yaw [deg]	-0.04071	以儀器規格計算
	X [m]	0.057	
	Y [m]	0.019	
	Z [m]	0.261	

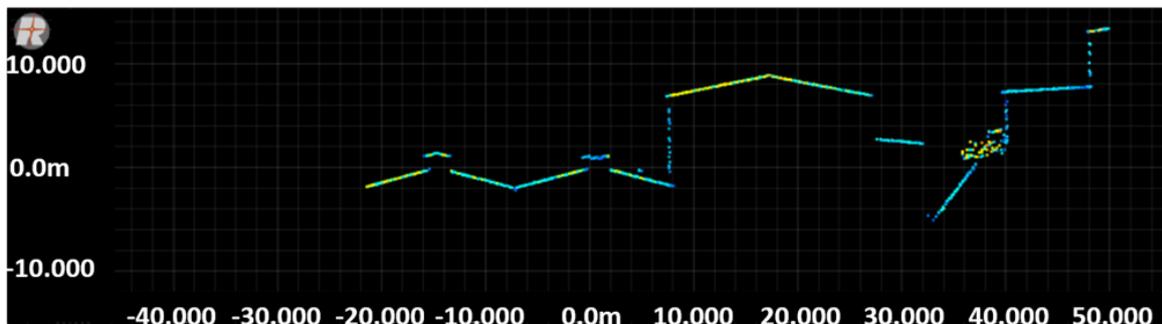


圖 2-18 空載光達率定後點雲剖面圖

## 2-4 控制測量

### 一、地面 GNSS 基地站

- (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，本案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 112 年 5 月 6 日、112 年 6 月 25 日、112 年 6 月 27 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 3 站(SINY、MAYA 及 WULU)，分布如圖 2-19，使用基地站相關資訊如表 2-5。

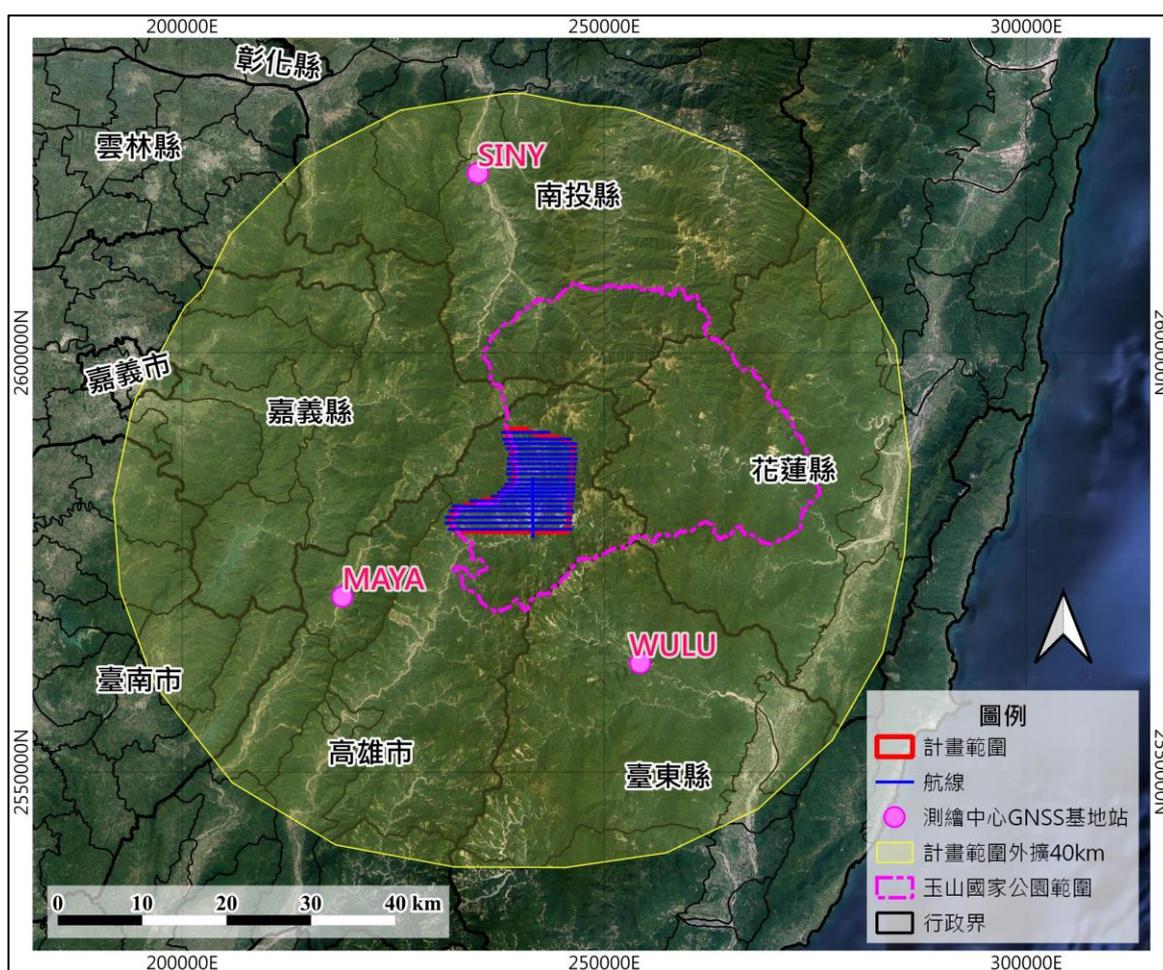


圖 2-19 本案使用之 GNSS 基地站與計畫範圍分布圖

表 2-5 本案使用之 GNSS 基地站資訊

項次	站碼	站名	行政區	e-GNSS【2023】坐標 (m)			單位
				N	E	橢高	
1	SINY	信義	南投縣 信義鄉	2511952.585	214254.355	211.873	內政部 國土測繪中心
2	MAYA	那瑪夏	高雄市 那瑪夏區	2570931.247	218967.369	608.372	內政部 國土測繪中心
3	WULU	霧鹿	臺東縣 海瑞鄉	2563026.657	254245.751	928.504	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 2-20、圖 2-21 以及圖 2-22。

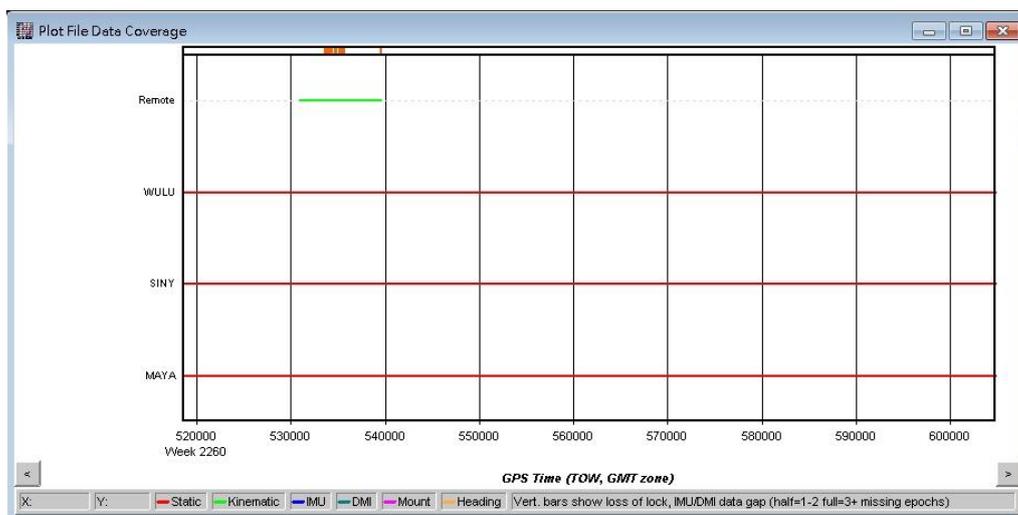


圖 2-20 架次 1：112 年 5 月 6 日架次 GNSS 資料連續性

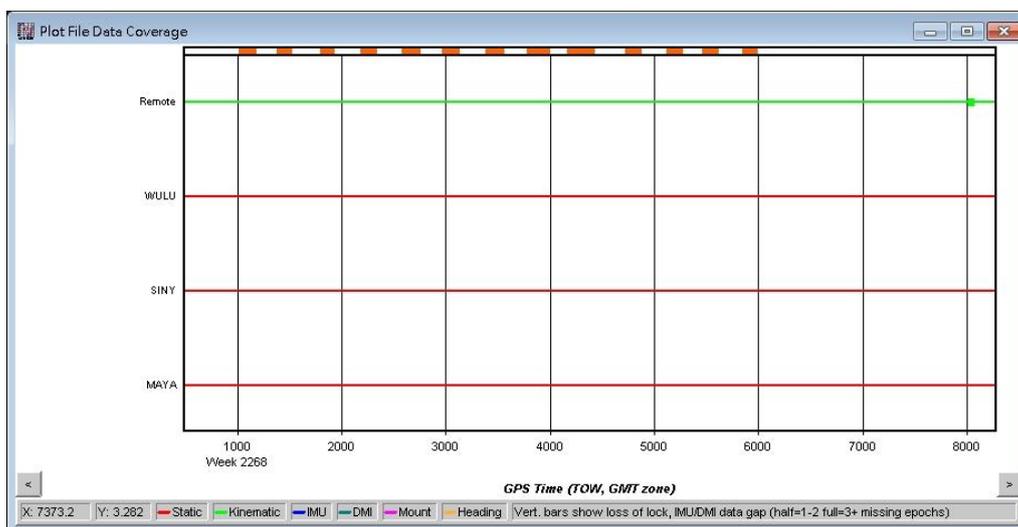


圖 2-21 架次 2：112 年 6 月 25 日 GNSS 資料連續性

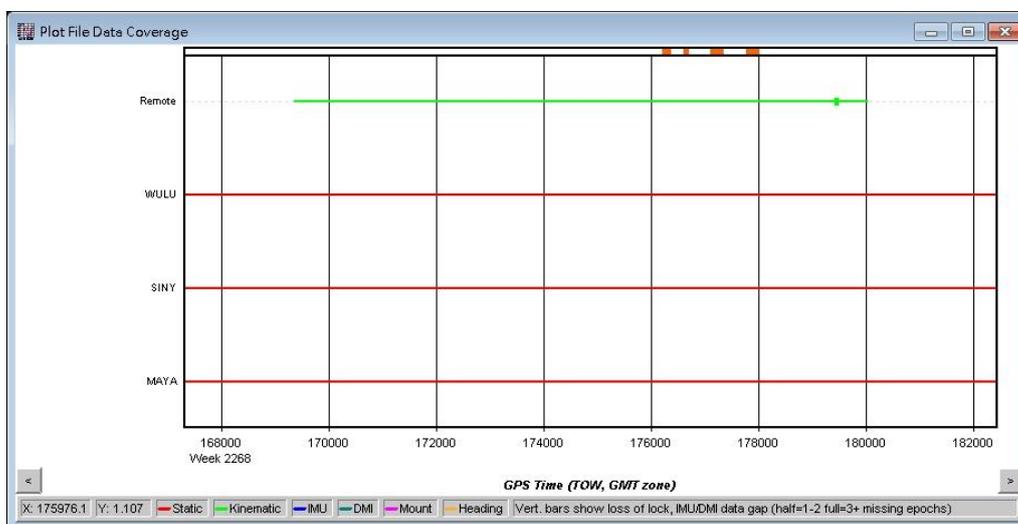


圖 2-22 架次 3：112 年 6 月 27 日 GNSS 資料連續性

## 二、地類檢核點測量

本計畫屬於高海拔區域(海拔高 800 米以上)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 DEM 成果之品質有無系統性偏差。

## 三、航線頭、中、尾控制測量

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，航線頭、中、尾控制點共 33 點，地類檢核點共 20 點，點位分布如圖 2-23。

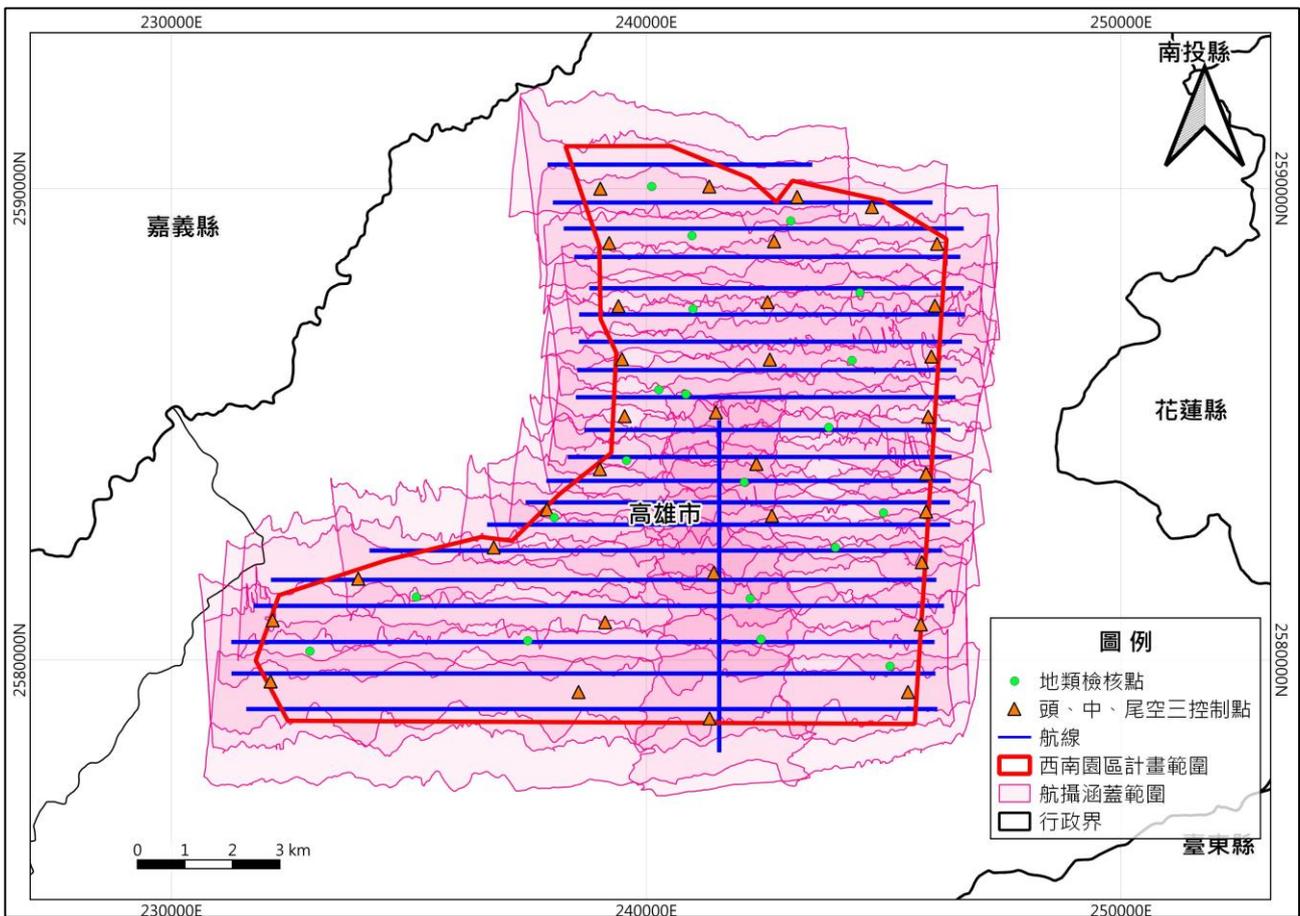


圖 2-23 航線頭、中、尾控制點及地類控制點分布圖

## 2-5 空載光達掃瞄施測資料獲取

- 一、採用 BN2-B68802 定翼機搭配全波形空載光達 Riegl LMS-Q780 與航空傾斜攝像機 UltraCam Osprey 4.1 同步拍攝掃瞄(如圖 2-24)，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，詳如附件一空載光達掃瞄率定報告書。



圖 2-24 BN2-B68802 執行玉山航拍實照

五、本計畫於 112 年 5 月 6 日、112 年 6 月 25 日、112 年 6 月 27 日均採用 BN2 系列定翼機共執行 3 架次飛航掃瞄作業，架次 1 航線 19 西側有雲於架次 3 補拍航線 19 西側，完成本計畫全測區無雲航拍任務，飛航軌跡如圖 2-25 至圖 2-27。

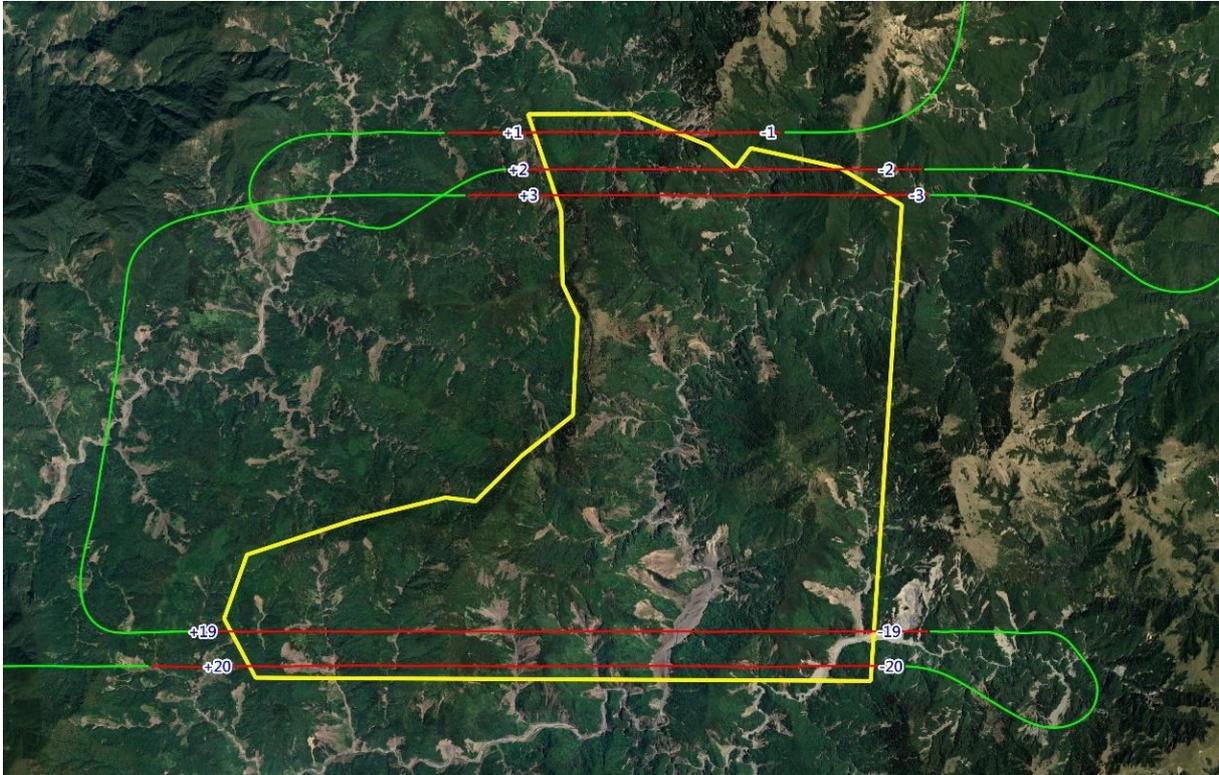


圖 2-25 架次 1：112 年 5 月 6 日

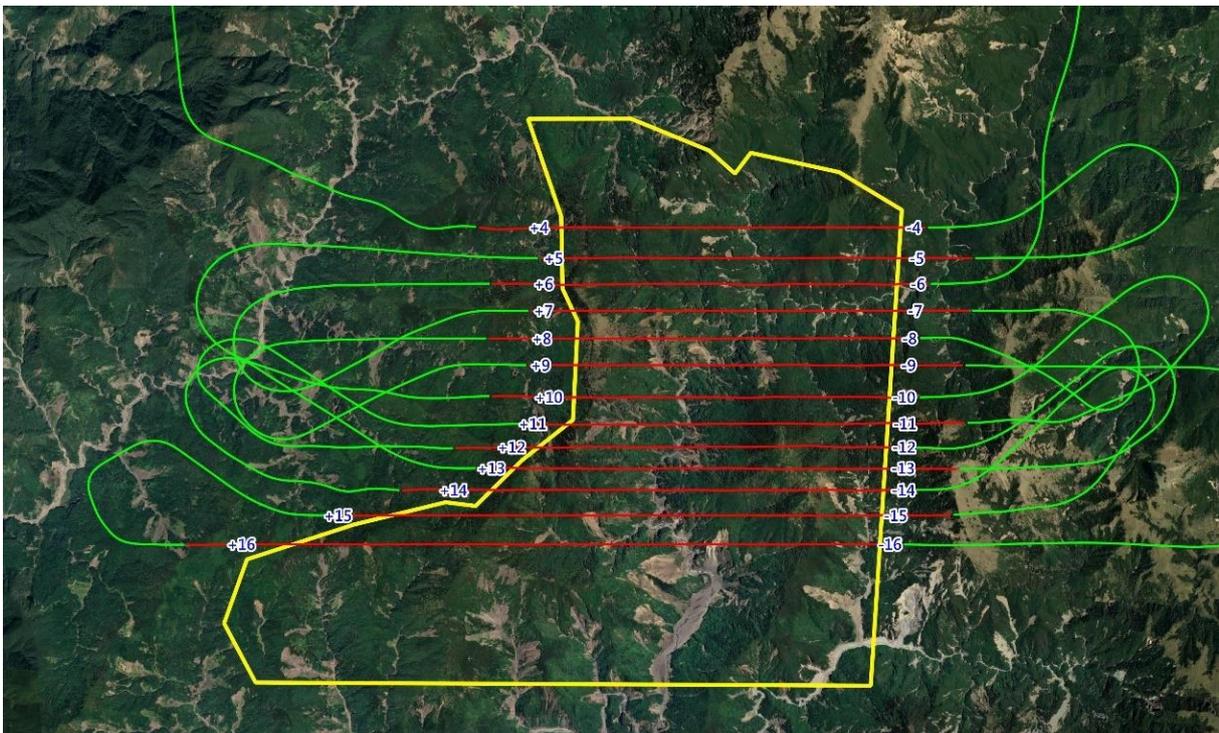


圖 2-26 架次 2：112 年 6 月 25 日

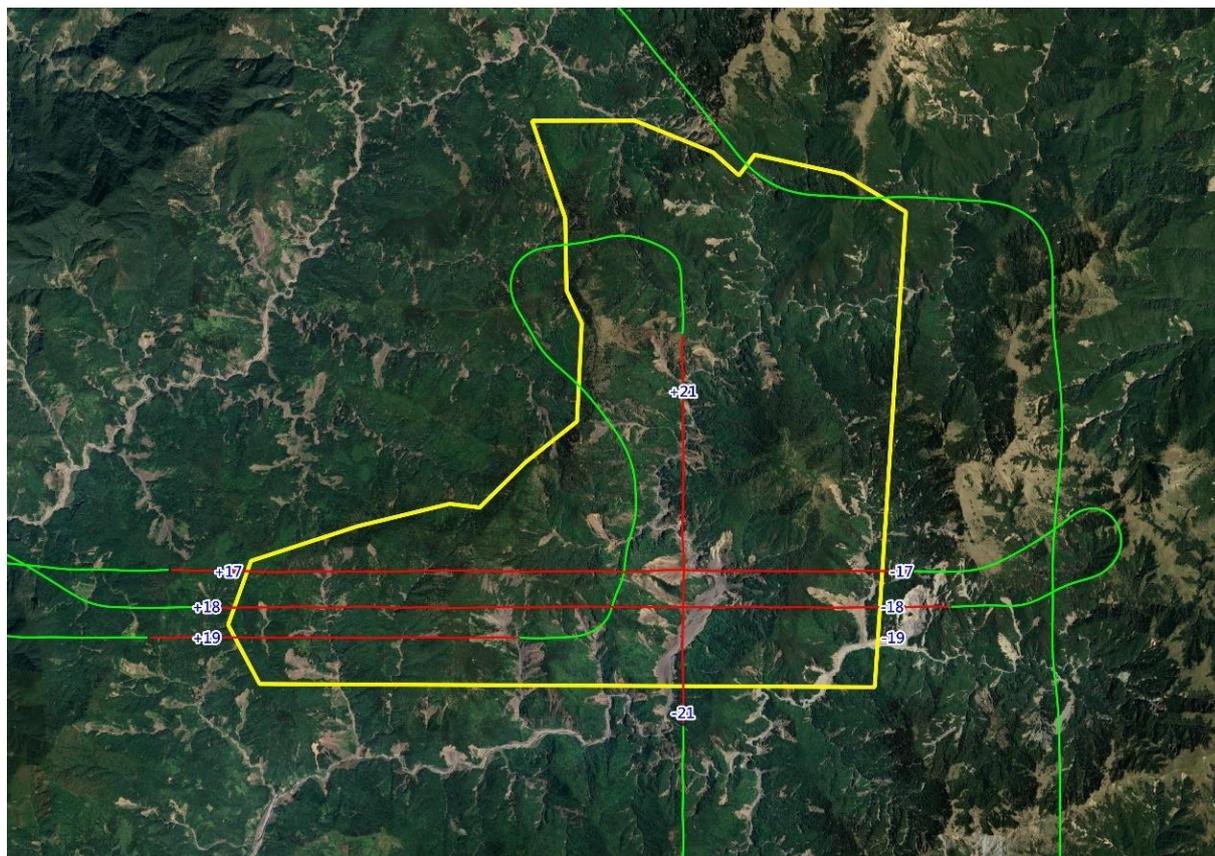


圖 2-27 架次 3：112 年 6 月 27 日

## 2-6 光達掃瞄點雲資料處理

一、本計畫共執行 21 條正規空載光達掃瞄航線，其中航線 19 因補拍有雲地區航拍了兩次，空載光達掃瞄點雲成果初步展示如圖 2-28。光達掃瞄點雲資料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 2-29。

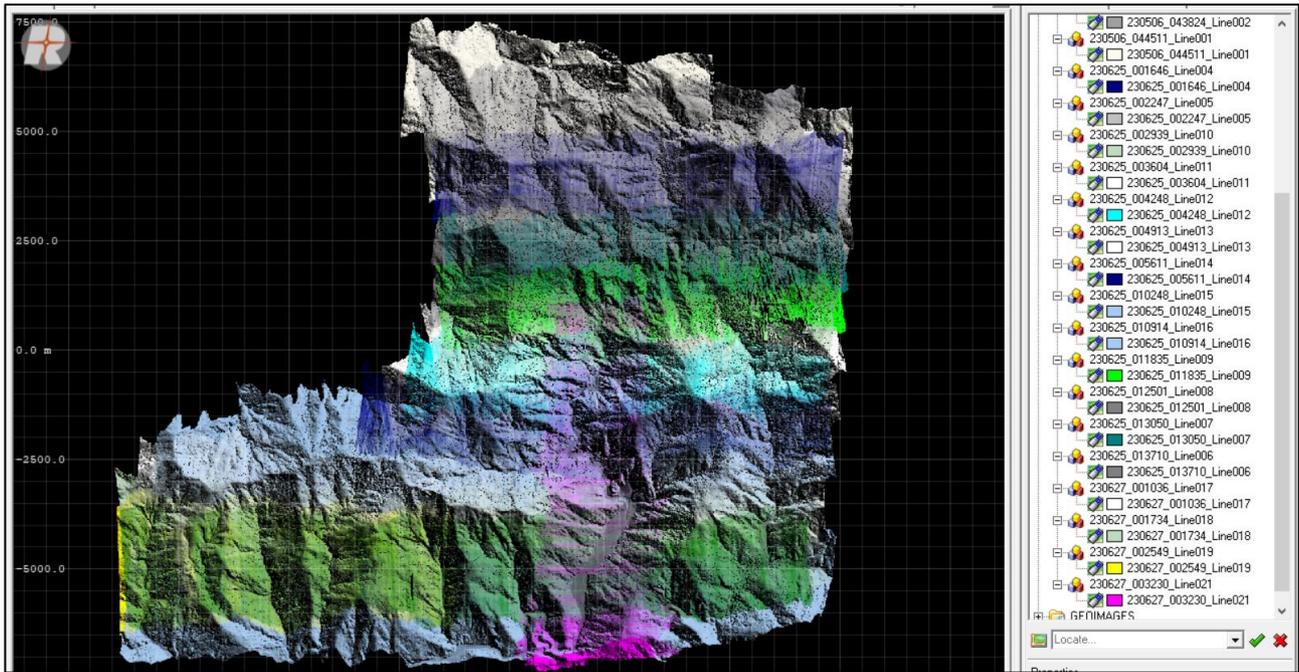


圖 2-28 空載光達掃瞄點雲成果初步展示(航線分色)

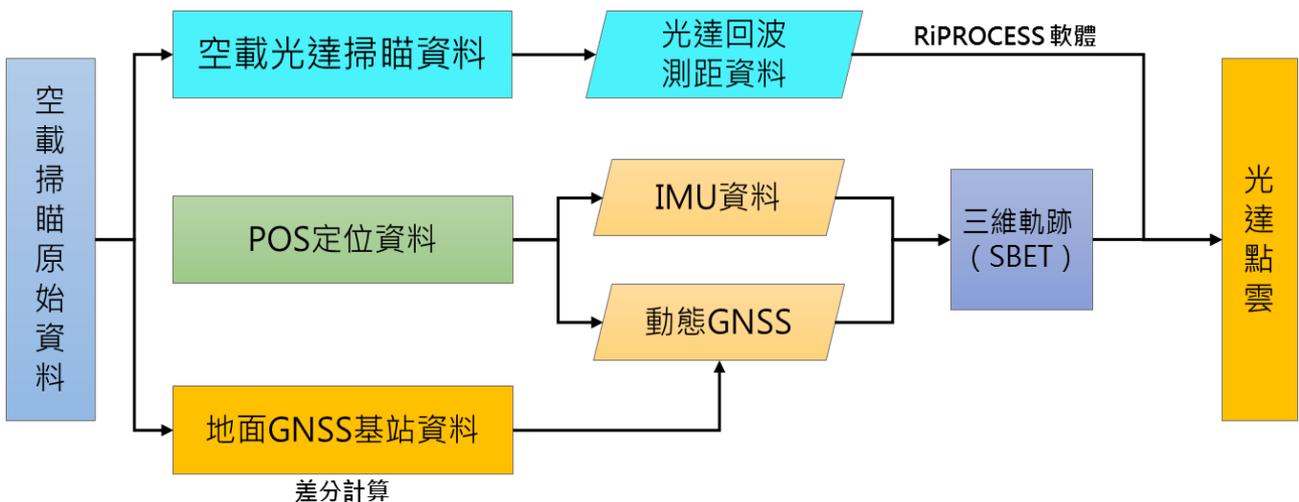


圖 2-29 空載光達點雲解算處理流程

二、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。

三、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。

## 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 2-30 以及圖 2-31。本次編修共投入 4 人花費 10 個工作天，本案測區裸露地較小，參考 2014 年航測及遙測學刊 第十九卷「比較各種空載光達儀器與飛航參數對於森林穿透率影響」， $\text{穿透率} = \frac{\text{穿透森林冠層雷射數量}}{\text{雷射發射數量}}$ ，其中本案穿透森林冠層雷射數量為 286,108,502 點，雷射發射數量為 1,269,534,192 點，平均穿透率為 22%。

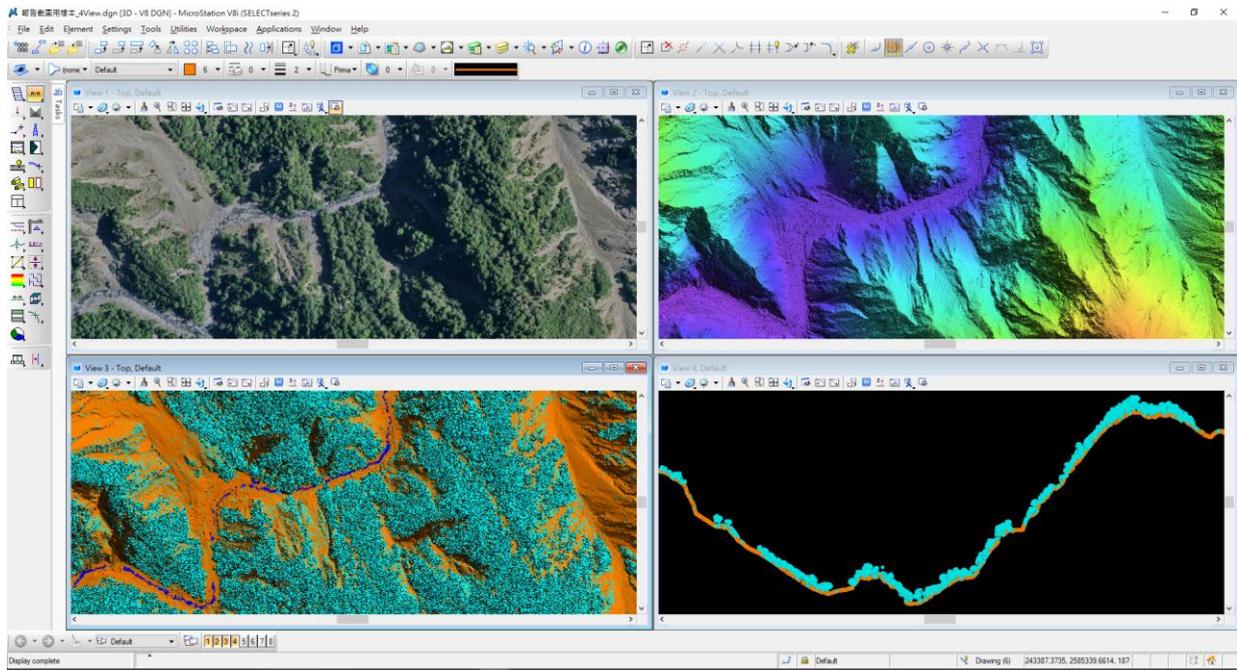


圖 2-30 點雲人工編修畫面

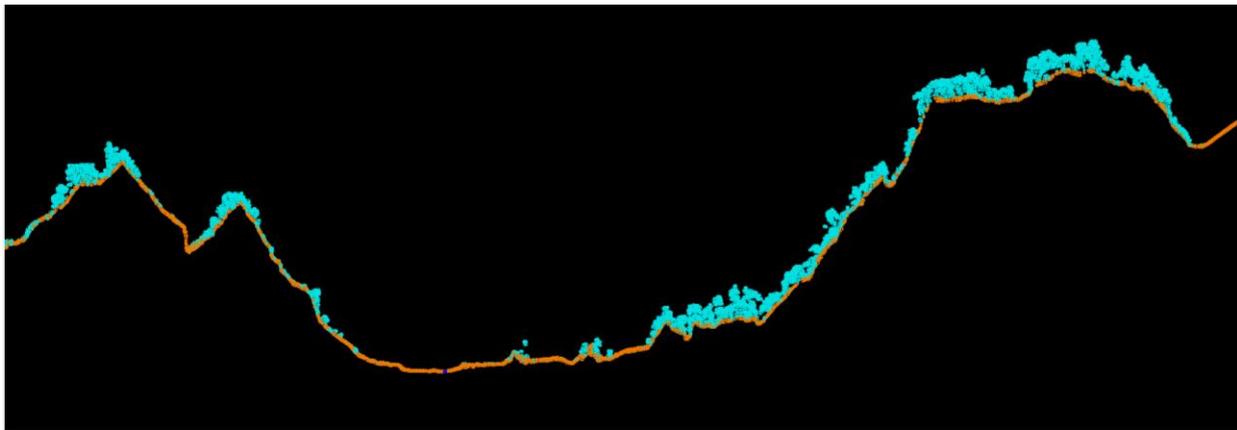


圖 2-31 點雲編修分類成果圖

四、正高改算：經人工邊修的點雲應將橢球高轉換至正高，本計畫使用 103 年內政部臺灣地區大地起伏模型成果進行轉換，大地起伏模型於本次測區之正確性因測區內並未實際布設控制點，故使用歷年資料與本次測區接邊部分進行驗證。

五、DEM/DSM 網格內插：本計畫使用 SCOP++軟體，在未輸入斷線和結構線的情況下，將分類後高密度點雲成果內插為 1 米之 DEM/DSM，減少於高程落差懸殊的地區(如懸崖、崩塌地等)誤差較大之情形發生，SCOP++操作畫面如圖 2-32，本案 DEM/DSM 成果如圖 2-33。



圖 2-32 SCOP++操作畫面

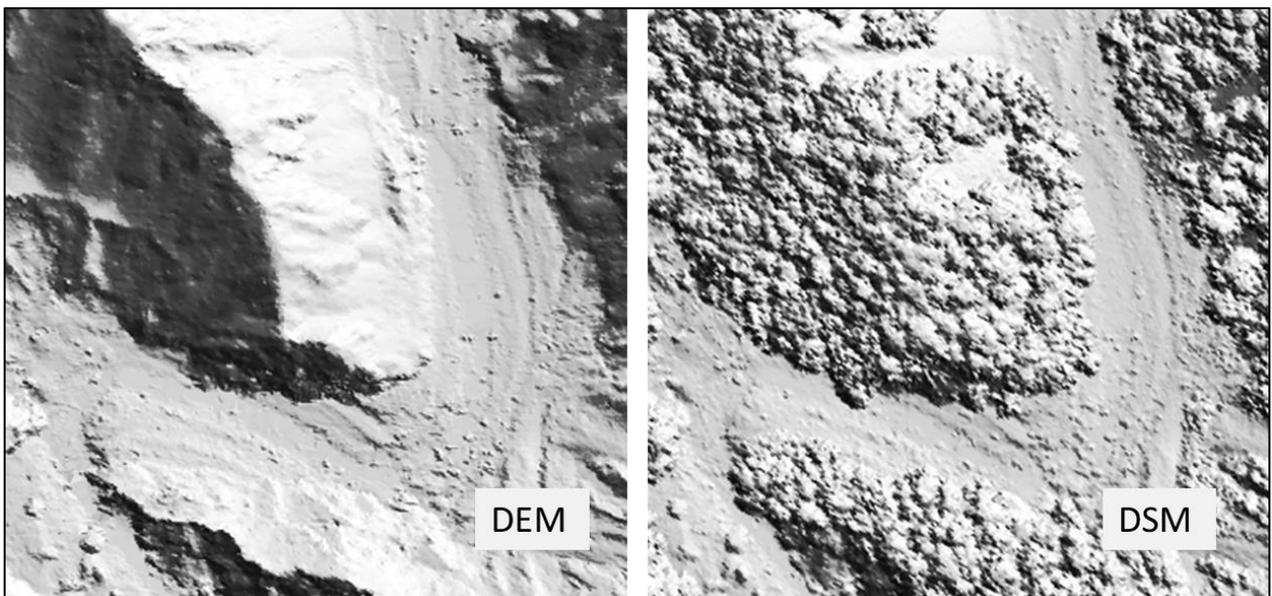


圖 2-33 DEM/DSM 成果圖

六、圖幅：原則上以現行 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，以能含括 4 個圖隅點，並向外擴大到 1m 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 2-34，共包含 27 幅 1/5,000 圖幅(表 2-6)及 89 幅 1/2,500 圖幅(表 2-7)。

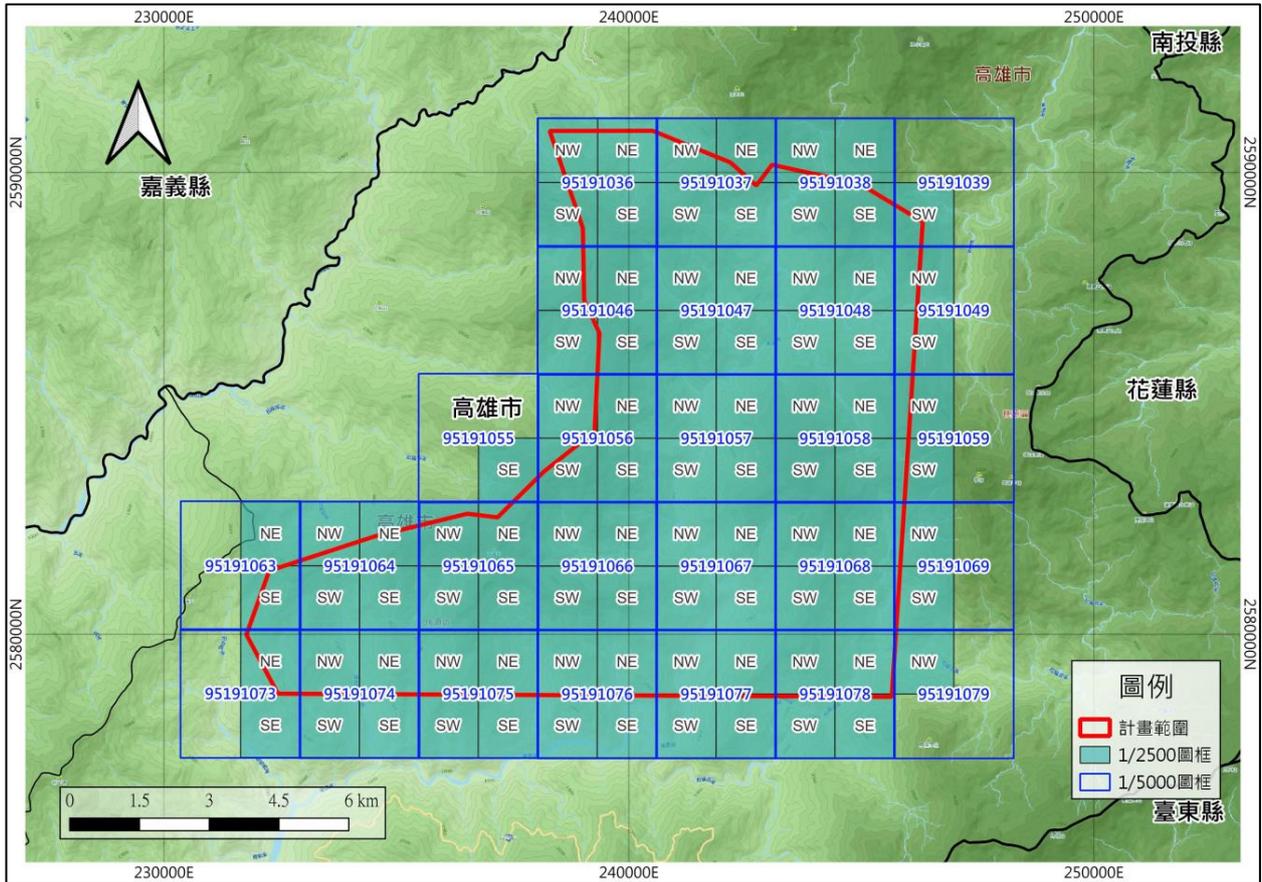


圖 2-34 計畫範圍 1/2,500 及 1/5,000 圖幅分布位置

表 2-6 計畫範圍涵蓋 27 幅 1/5,000 圖幅列表

序號	1/5000 圖號	序號	1/5000 圖號	序號	1/5000 圖號
1	95191079	10	95191067	19	95191055
2	95191078	11	95191066	20	95191049
3	95191077	12	95191065	21	95191048
4	95191076	13	95191064	22	95191047
5	95191075	14	95191063	23	95191046
6	95191074	15	95191059	24	95191039
7	95191073	16	95191058	25	95191038
8	95191069	17	95191057	26	95191037
9	95191068	18	95191056	27	95191036

表 2-7 計畫範圍涵蓋 89 幅 1/2,500 圖幅列表

序號	1/2500 圖號						
1	95191036SW	24	95191036NW	47	95191036NE	70	95191038SE
2	95191037SW	25	95191037NW	48	95191037NE	71	95191046SE
3	95191038SW	26	95191038NW	49	95191038NE	72	95191047SE
4	95191039SW	27	95191046NW	50	95191046NE	73	95191048SE
5	95191046SW	28	95191047NW	51	95191047NE	74	95191055SE
6	95191047SW	29	95191048NW	52	95191048NE	75	95191056SE
7	95191048SW	30	95191049NW	53	95191056NE	76	95191057SE
8	95191049SW	31	95191056NW	54	95191057NE	77	95191058SE
9	95191056SW	32	95191057NW	55	95191058NE	78	95191063SE
10	95191057SW	33	95191058NW	56	95191063NE	79	95191064SE
11	95191058SW	34	95191059NW	57	95191064NE	80	95191065SE
12	95191059SW	35	95191064NW	58	95191065NE	81	95191066SE
13	95191064SW	36	95191065NW	59	95191066NE	82	95191067SE
14	95191065SW	37	95191066NW	60	95191067NE	83	95191068SE
15	95191066SW	38	95191067NW	61	95191068NE	84	95191073SE
16	95191067SW	39	95191068NW	62	95191073NE	85	95191074SE
17	95191068SW	40	95191069NW	63	95191074NE	86	95191075SE
18	95191069SW	41	95191074NW	64	95191075NE	87	95191076SE
19	95191074SW	42	95191075NW	65	95191076NE	88	95191077SE
20	95191075SW	43	95191076NW	66	95191077NE	89	95191078SE
21	95191076SW	44	95191077NW	67	95191078NE		
22	95191077SW	45	95191078NW	68	95191036SE		
23	95191078SW	46	95191079NW	69	95191037SE		

- 七、資料格式：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」(分類代碼 9)，並於詮釋資料中加以說明。
- (一) 原始光達數據：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(依據美國攝影測量與遙感學會對於 LAS 檔的規範，2 為地表點，9 為水體，30 為雜訊點，31 為非地表點)。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：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)。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「西北園區、玉山主群峰及南二段北段區域 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。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，需達到重疊區域的坐標點與高程值一致。

八、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。

Level 2B 等級 DEM 產品，其處理流程如以及圖 2-35。各參數之數值如表 2-8 至表 2-10。

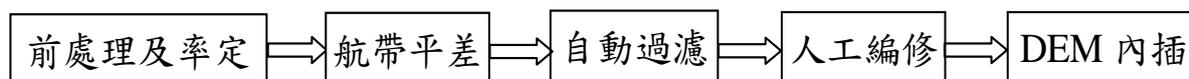


圖 2-35 level 2B DEM 產品等級之處理流程

表 2-8 高程基本精度 a (單位 m)

基本精度	Level 1	Level 2	Level 3
B	0.5	0.3	0.2

表 2-9 地形類別調整參數 b (單位 m)

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

表 2-10 地表植被覆蓋情形調整參數 c (無單位)

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

### 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 2-37、圖 2-38 及圖 2-39。

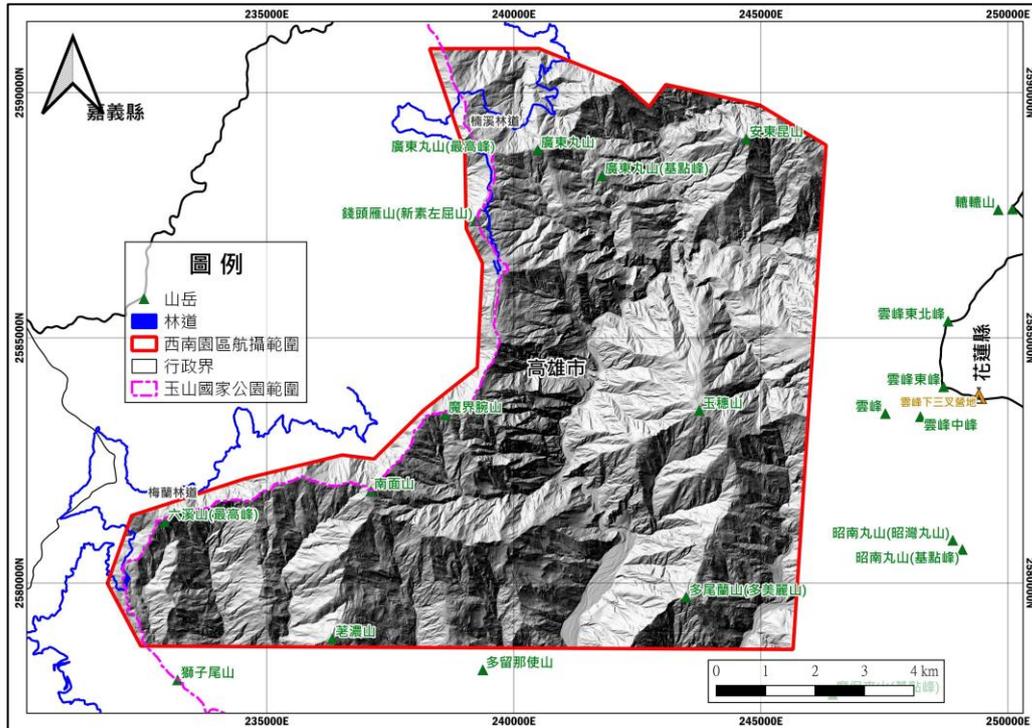


圖 2-36 數值高程模型(DEM)成果展示圖

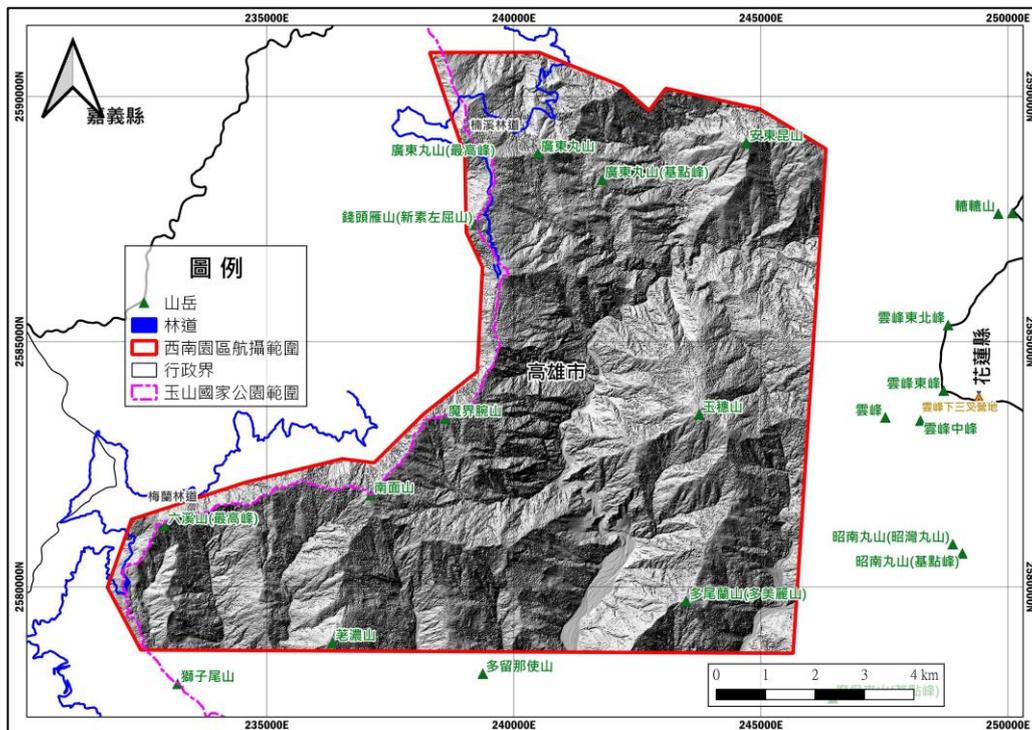


圖 2-37 數值地表模型(DSM)成果展示圖

## 2-8 樹冠高度模型(Canopy Height Model, CHM)製作

一、製作範圍：本次航空攝影與光達掃描作業範圍，結合玉管處歷年成果(包含玉山主群峰線、南二段北段、南二段南段、西北園區、南部園區及北部園區)，總面積約為 717 平方公里，製作範圍及拍攝年度如圖 2-38。

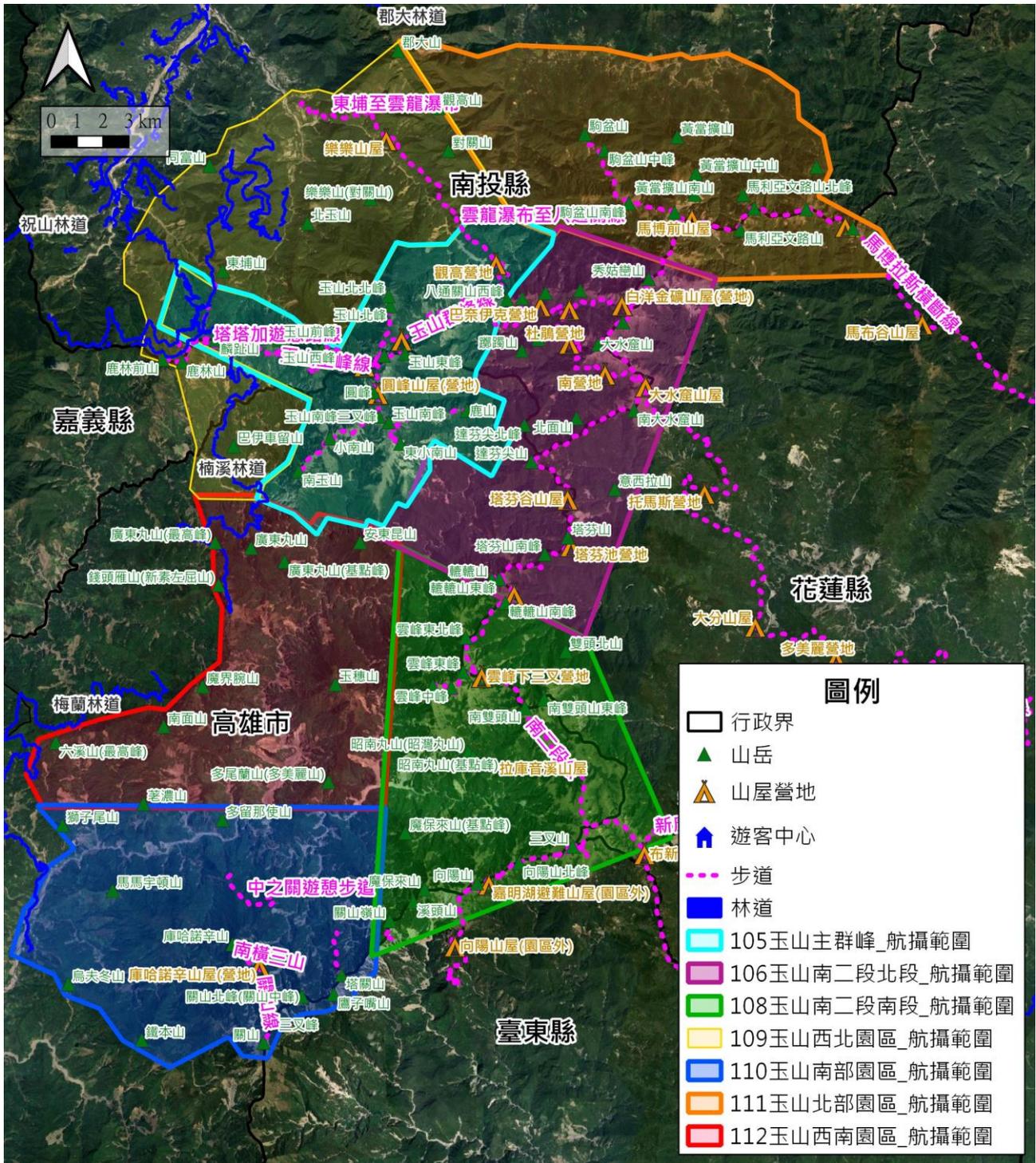


圖 2-38 CHM 製作範圍及拍攝年度

二、製作方法：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 2-39。

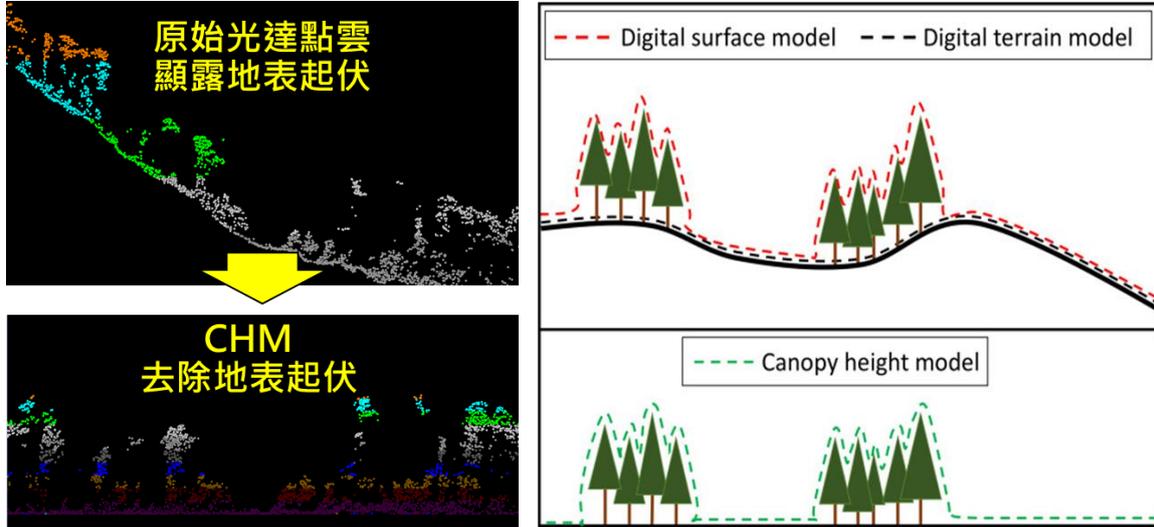


圖 2-39 CHM 去除地表起伏示意圖

三、產製成果：利用 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(圖 2-40)，後依高度分層設色展示，並搭配正射影像尋找巨木分布(圖 2-41)，最後製作巨木分布熱點圖，成果示意如圖 2-42。

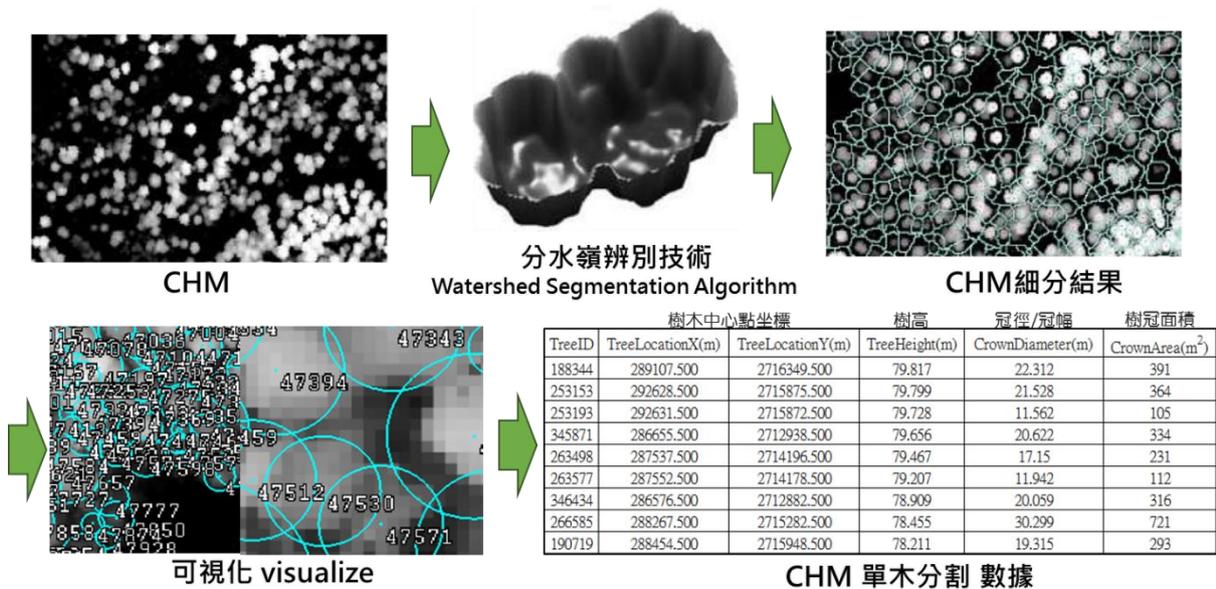


圖 2-40 CHM 單木分割成果示意圖

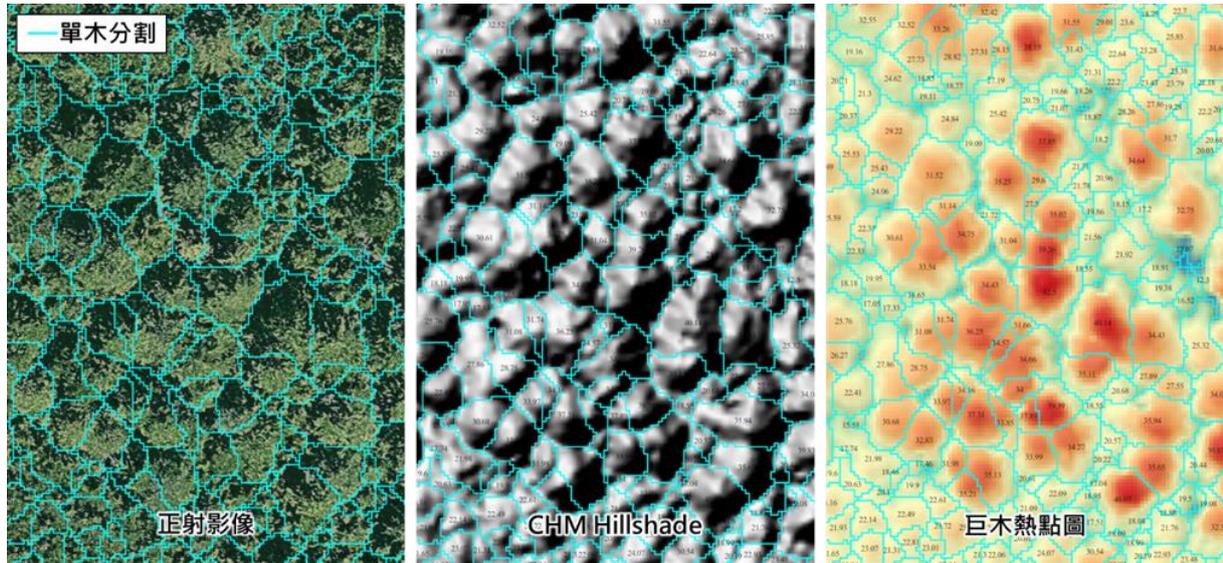


圖 2-41 CHM 單木分割高度分層設色與正射影像比對圖

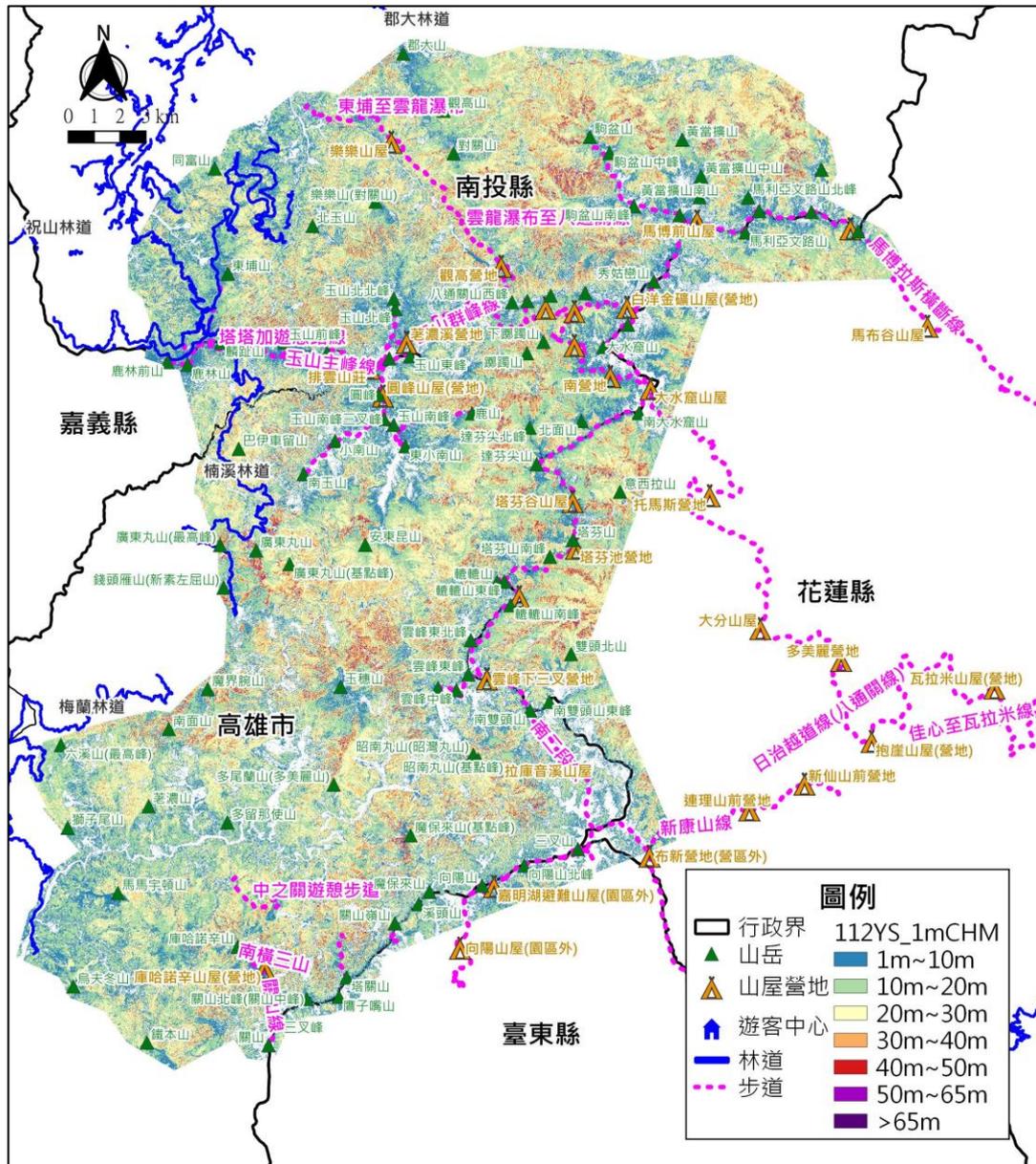


圖 2-42 巨木分布熱點示意圖

四、本案 1m × 1mCHM 之單木分割成果，依玉管處需求本案擬篩選單木分割樹高大於 65 公尺數據推測為巨木熱點，再與台灣巨木地圖之巨木資訊套疊，確認巨木位置與巨木熱點分布高度吻合，提供玉管處巨木熱點分布位置讓森林專家學者進行判釋及現地探勘，流程如圖 2-43，並綜整本計畫範圍內巨木熱點與臺灣巨木地圖資料比對，共 23 棵巨木與 CHM 成果吻合，相關成果綜整如表 2-11 所示。

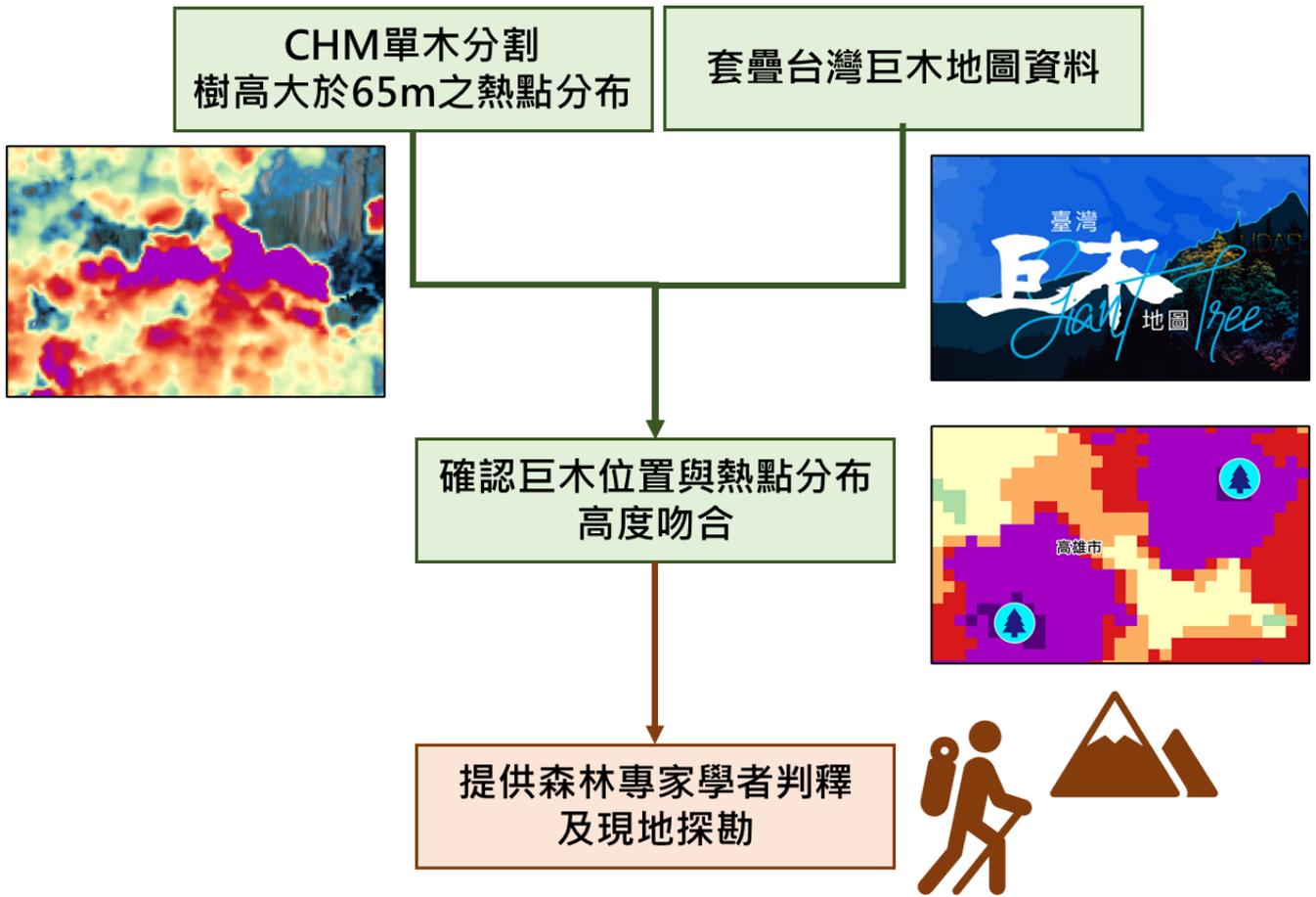


圖 2-43 尋找巨木流程示意圖

表 2-11 巨木熱點與臺灣巨木地圖資料比對表

序列	臺灣巨木地圖資訊		CHM 高程 (m)	差值(m)
	名稱	樹高_LiD(m)		
1	9519-1-037_008	68.54	66.47	-2.07
2	9519-1-037_011	70.53	74.79	4.26
3	9519-1-037_012	65.76	71.86	6.10
4	9519-1-037_026	68.29	73.58	5.29
5	9519-1-037_041	67.86	68.34	0.48
6	9519-1-037_043	65.98	68.17	2.19
7	9519-1-047_008	67.31	65.66	-1.65
8	9519-1-047_017	67.22	77.28	10.06
9	9519-1-047_030	66.47	66.33	-0.14
10	9519-1-047_037	67.26	65.90	-1.36
11	9519-1-047_041	65.90	64.71	-1.19
12	9519-1-048_007	65.11	67.63	2.52
13	9519-1-048_025	74.26	75.52	1.26
14	9519-1-048_027	65.32	66.48	1.16
15	9519-1-048_035	68.87	75.62	6.75
16	9519-1-056_007	66.82	67.25	0.43
17	9519-1-057_038	66.79	66.62	-0.17
18	9519-1-058_004	66.68	73.92	7.24
19	9519-1-058_017	65.93	70.49	4.56
20	9519-1-058_024	65.05	66.04	0.99
21	9519-1-058_025	65.53	65.92	0.39
22	9519-1-058_030	65.13	69.19	4.06
23	9519-1-058_038	67.14	67.44	0.30

(一) 本案單木分割成果繳交檔案有 105~112 年度之 shapefile 格式及 csv 格式如圖 2-44，屬性資料包含樹中心點坐標、樹高、冠徑、樹冠面積如圖 2-45，成果未來可套疊林班圖、植群圖來辨識貴重樹種分布。

名稱	修改日期	類型	大小
112YS1mCHMCHM Segmentation.csv	2023/11/8 下午 10:52	Microsoft Excel 逗...	250,935 KB
112YS1mCHMCHM Segmentation.dbf	2023/10/8 下午 01:27	OpenOffice.org 1...	290,241 KB
112YS1mCHMCHM Segmentation.prj	2023/10/8 下午 01:26	PRJ 檔案	0 KB
112YS1mCHMCHM Segmentation.shp	2023/10/8 下午 01:27	AutoCAD 原始造型	876,252 KB
112YS1mCHMCHM Segmentation.shx	2023/10/8 下午 01:27	AutoCAD 編譯造型	17,725 KB

圖 2-44 CHM 單木分割繳交檔案

TreeID	樹木中心點坐標(m)		樹高(m)	冠徑(m)	樹冠面積(m <sup>2</sup> )
	TreeLocationX	TreeLocationY	TreeHeight	CrownDiameter	CrownArea
1	239227.000	2590899.000	34.818	7.569	45.000
2	239238.000	2590899.000	22.540	4.918	19.000
3	239244.000	2590899.000	17.963	5.171	21.000
4	239246.000	2590899.000	16.308	1.596	2.000
5	239262.000	2590899.000	27.222	2.257	4.000
6	239272.000	2590899.000	30.286	5.971	28.000
7	238516.000	2590898.000	12.725	3.192	8.000
8	238520.000	2590898.000	14.205	5.412	23.000
9	238530.000	2590898.000	16.763	6.676	35.000
10	238533.000	2590898.000	17.133	5.171	21.000
11	238541.000	2590898.000	22.078	7.736	47.000
12	238553.000	2590898.000	21.744	3.385	9.000
13	238562.000	2590898.000	19.677	4.514	16.000
14	238578.000	2590898.000	21.865	6.077	29.000
15	238609.000	2590898.000	20.014	2.764	6.000
16	238617.000	2590898.000	22.206	3.909	12.000
17	238631.000	2590898.000	25.997	5.412	23.000
18	238635.000	2590898.000	28.720	4.514	16.000
19	238638.000	2590898.000	27.282	4.514	16.000
20	238646.000	2590898.000	26.280	4.514	16.000
21	238662.000	2590898.000	27.488	2.523	5.000
22	238696.000	2590898.000	21.687	4.068	13.000
23	238726.000	2590898.000	19.025	1.596	2.000
24	238736.000	2590898.000	16.457	1.596	2.000
25	238745.000	2590898.000	20.064	4.068	13.000
26	238772.000	2590898.000	20.750	2.764	6.000
27	238786.000	2590898.000	23.478	4.370	15.000
28	238793.000	2590898.000	25.364	4.514	16.000
29	238851.000	2590898.000	28.451	2.257	4.000
30	238853.000	2590898.000	28.266	1.128	1.000

圖 2-45 CHM 單木分割 shapefile 屬性欄位資料

(二) 本案將歷年單木分割成果資料，劃分為 A(105、106、109 年度)、B(108 年度)、C(110 年度)、D(111 年度)、E(112 年度)五區，做整合統計如表 2-12。

表 2-12 歷年單木分割成果統計表

分區		A區(105、106、109年度)		B區(108年度)		C區(110年度)	
分層	高度(m)	棵樹	比例	棵樹	比例	棵樹	比例
1	2~10	1,352,313	20.99%	458,381	23.22%	504,044	21.12%
2	10~20	1,986,318	30.83%	539,783	27.34%	803,776	33.69%
3	20~30	2,028,988	31.49%	614,415	31.12%	777,846	32.60%
4	30~40	834,809	12.96%	281,158	14.24%	239,288	10.03%
5	40~50	197,062	3.06%	66,742	3.38%	50,853	2.13%
6	50~60	37,725	0.59%	12,378	0.63%	8,895	0.37%
7	60~65	3,579	0.06%	1,110	0.06%	846	0.04%
8	65~70	1,116	0.02%	338	0.02%	290	0.01%
9	70以上	609	0.01%	187	0.01%	232	0.01%
共		6,442,519		1,974,492		2,386,070	

分區		D區(111年度)		E區(112年度)		五區整合(105~112年度)	
分層	高度(m)	棵樹	比例	棵樹	比例	棵樹	比例
1	2~10	335,365	13.70%	460,637	20.30%	2,650,103	17.08%
2	10~20	601,945	24.59%	510,152	22.49%	3,931,822	25.33%
3	20~30	949,790	38.81%	789,908	34.82%	4,371,039	28.17%
4	30~40	436,614	17.84%	384,879	16.96%	1,791,869	11.55%
5	40~50	94,888	3.88%	96,117	4.24%	409,545	2.64%
6	50~60	24,030	0.98%	23,799	1.05%	83,028	0.53%
7	60~65	3,156	0.13%	2,248	0.10%	8,691	0.06%
8	65~70	1,225	0.05%	689	0.03%	3,658	0.02%
9	70以上	506	0.02%	355	0.02%	1,889	0.01%
共		2,447,519		2,268,784		15,519,384	

## 2-9 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。

於 112 年 5 月 6 日、112 年 6 月 25 日、112 年 6 月 27 日共 3 架次，採用全波形空載光達 Riegl LMS-Q780 與大像幅傾斜像機 UltraCam Osprey 4.1 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 2-46，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 4,000×4,000 pixels。

本案使用大像幅傾斜像機 UltraCam Osprey 4.1，垂直攝影鏡頭像幅高達 20,544 x 14,016 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%，三架次航拍共取得 1090 張原始影像，彙整本計畫拍攝原始影像(垂直攝影鏡頭)詳如附件三。

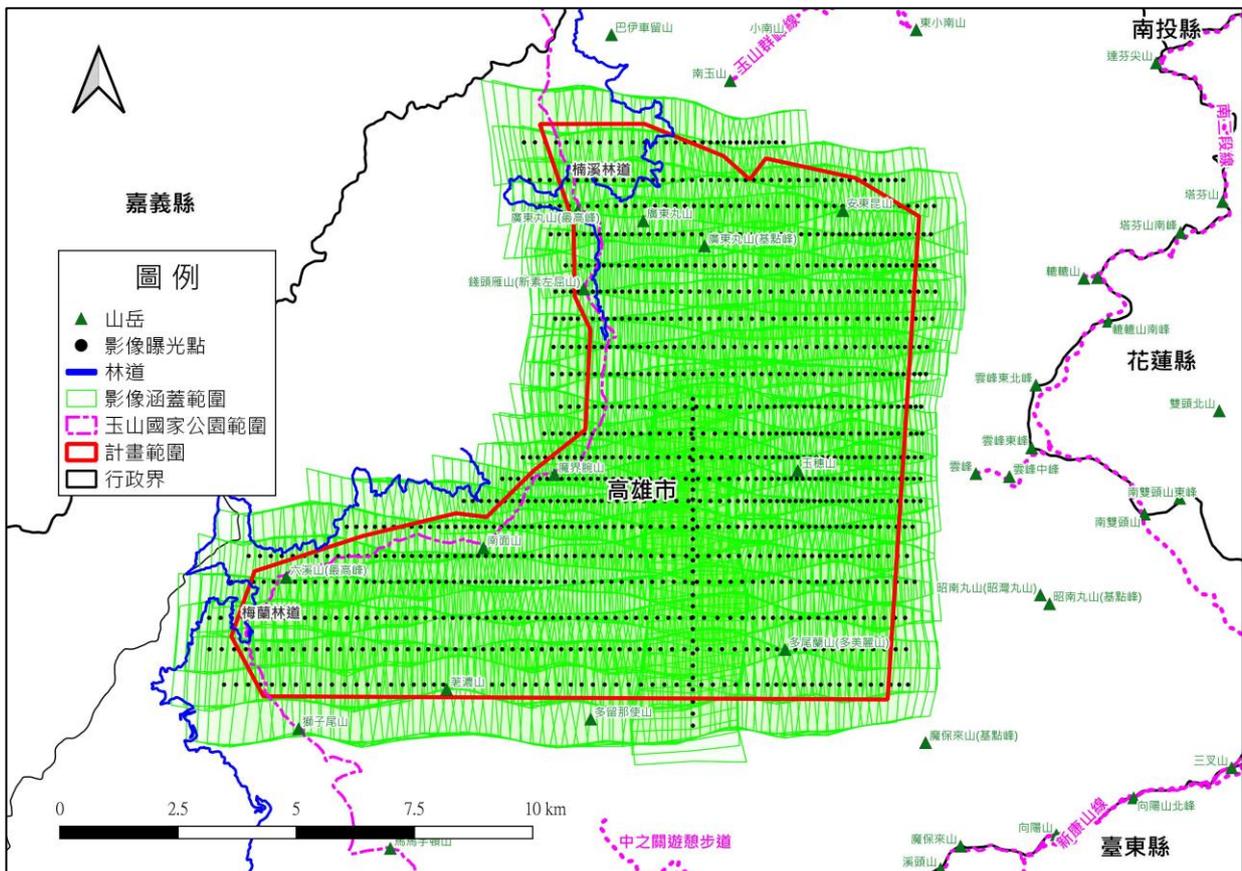


圖 2-46 垂直攝影鏡頭影像涵蓋範圍分布圖

## 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 2-47。利用本計畫製作 1m 數值高程模型(DEM)作為正射糾正使用之高程基礎資料，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且接邊處色調一致。

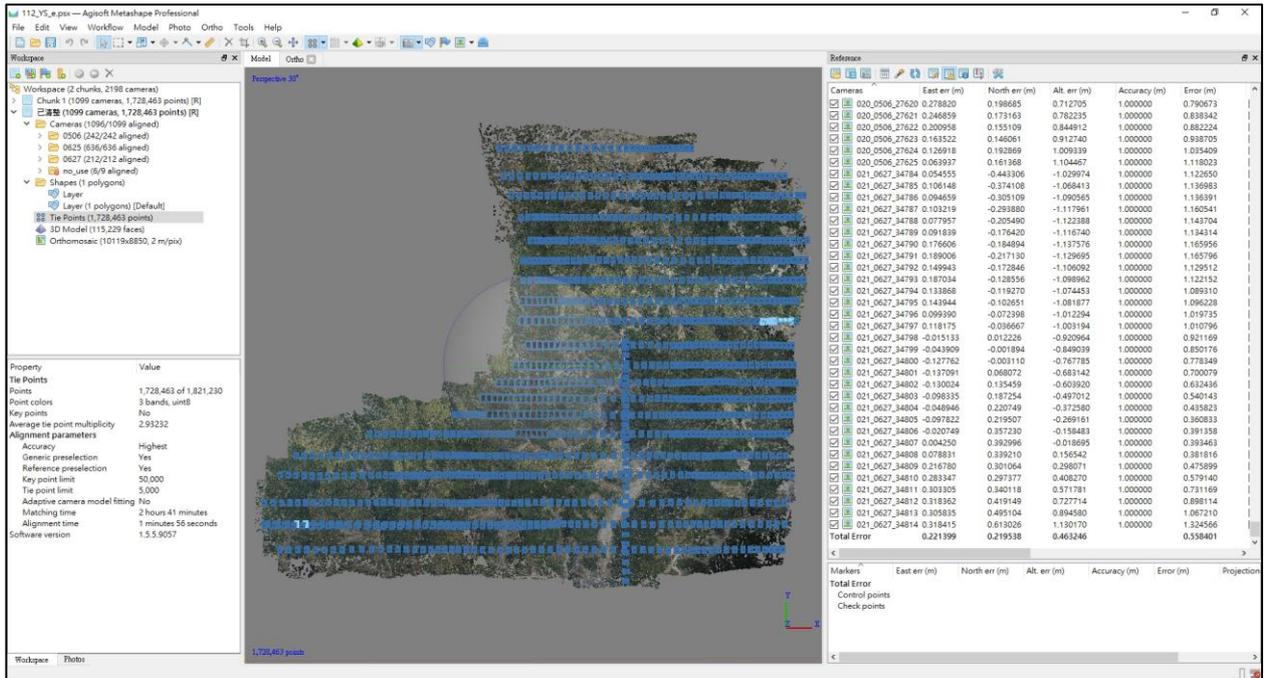


圖 2-47 使用 POS 數據進行影像自動匹配

(二) 使用本案空載光達掃瞄製作之 1m 數值高程模型(DEM)進行正射糾正，針對地表上地物造成的高差移位，可參考左右及前後重疊影像進行修正，如圖 2-48。

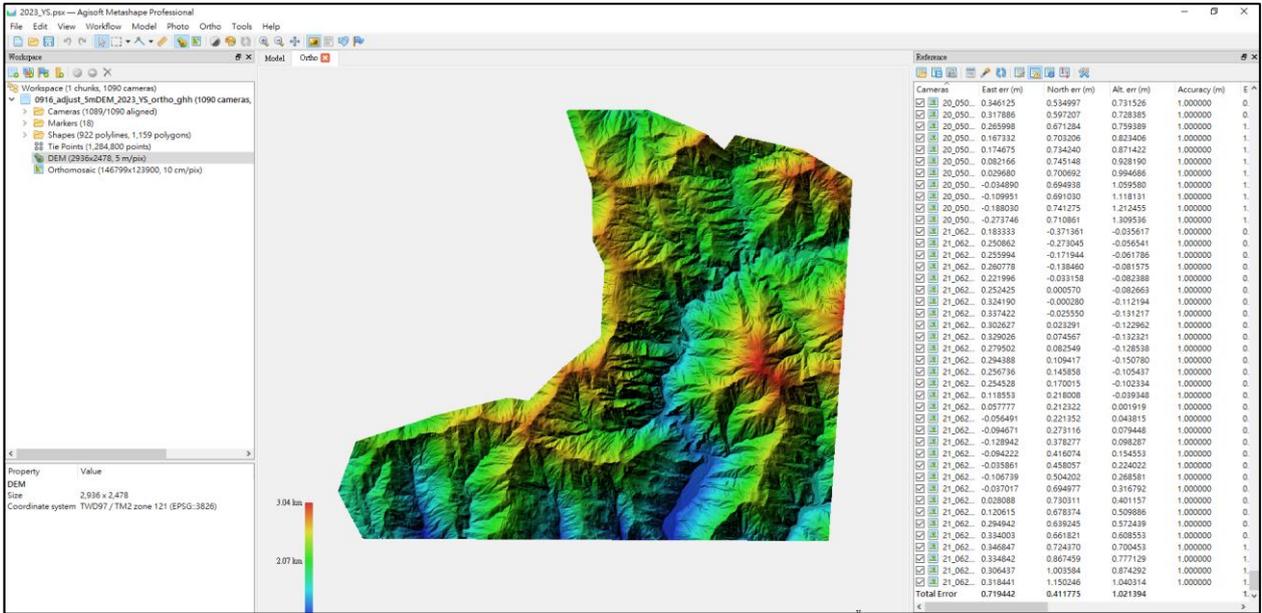


圖 2-48 使用本次計畫範圍 DEM 製作正射影像之畫面

(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，整張正射影像之色調應均勻，接邊處色調需一致，不應有人眼可辨識之邊緣線，成果展示如圖 2-49。

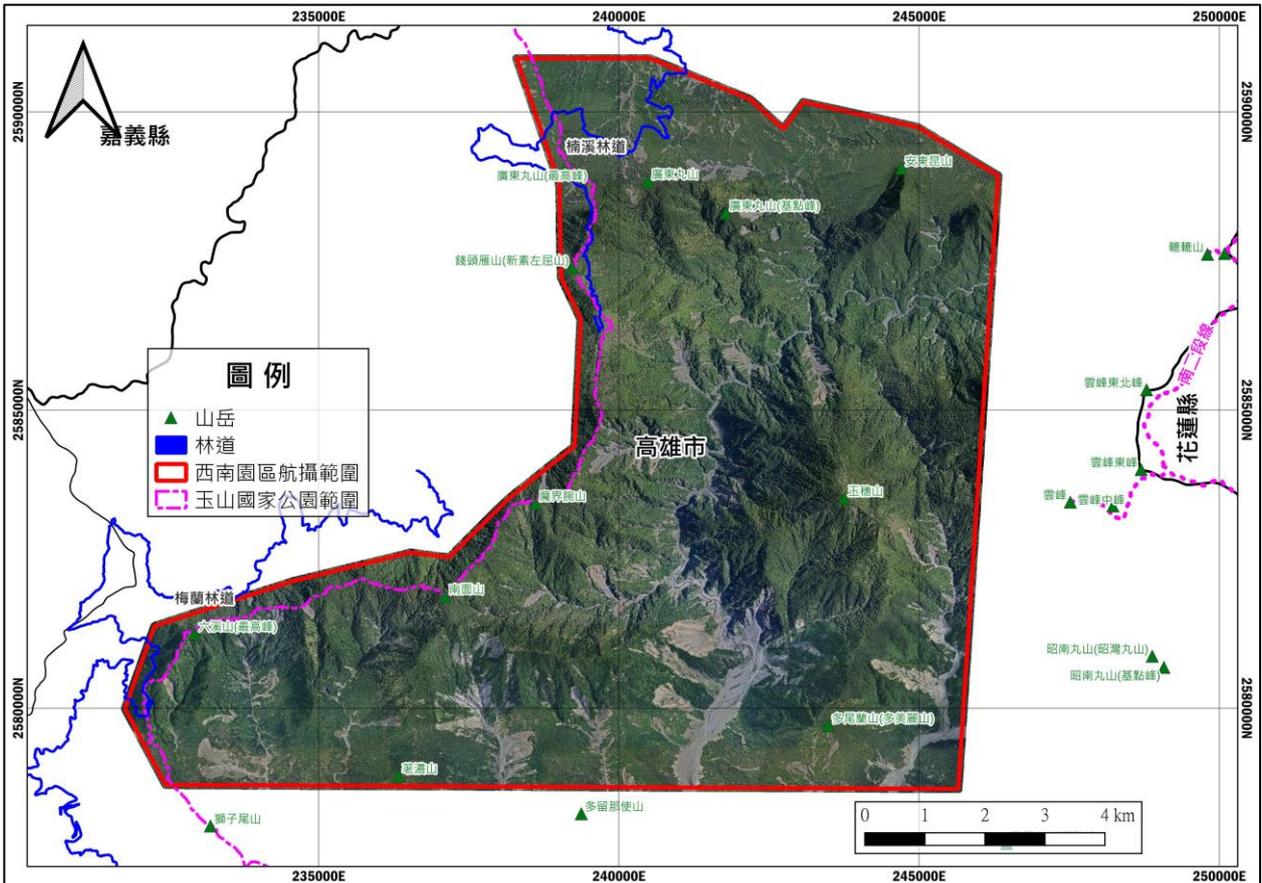


圖 2-49 正射影像成果展示圖

### 三、正射影像繳交成果

本案繳交地面解析度 15 公分彩色影像正射影像，以 8bit 之 tiff 格式儲存，並含坐標定位檔，以每幅圖 1 個檔案為原則。且依內政部基本圖 1/5,000 及 1/2,500 圖幅分幅正射影像資料，1/5,000 及 1/2,500 分幅如圖 2-50 與本案 DEM/DSM 繳交圖幅相同，共計 1/5,000 圖幅共 27 圖幅，1/2,500 圖幅共 89 圖幅。

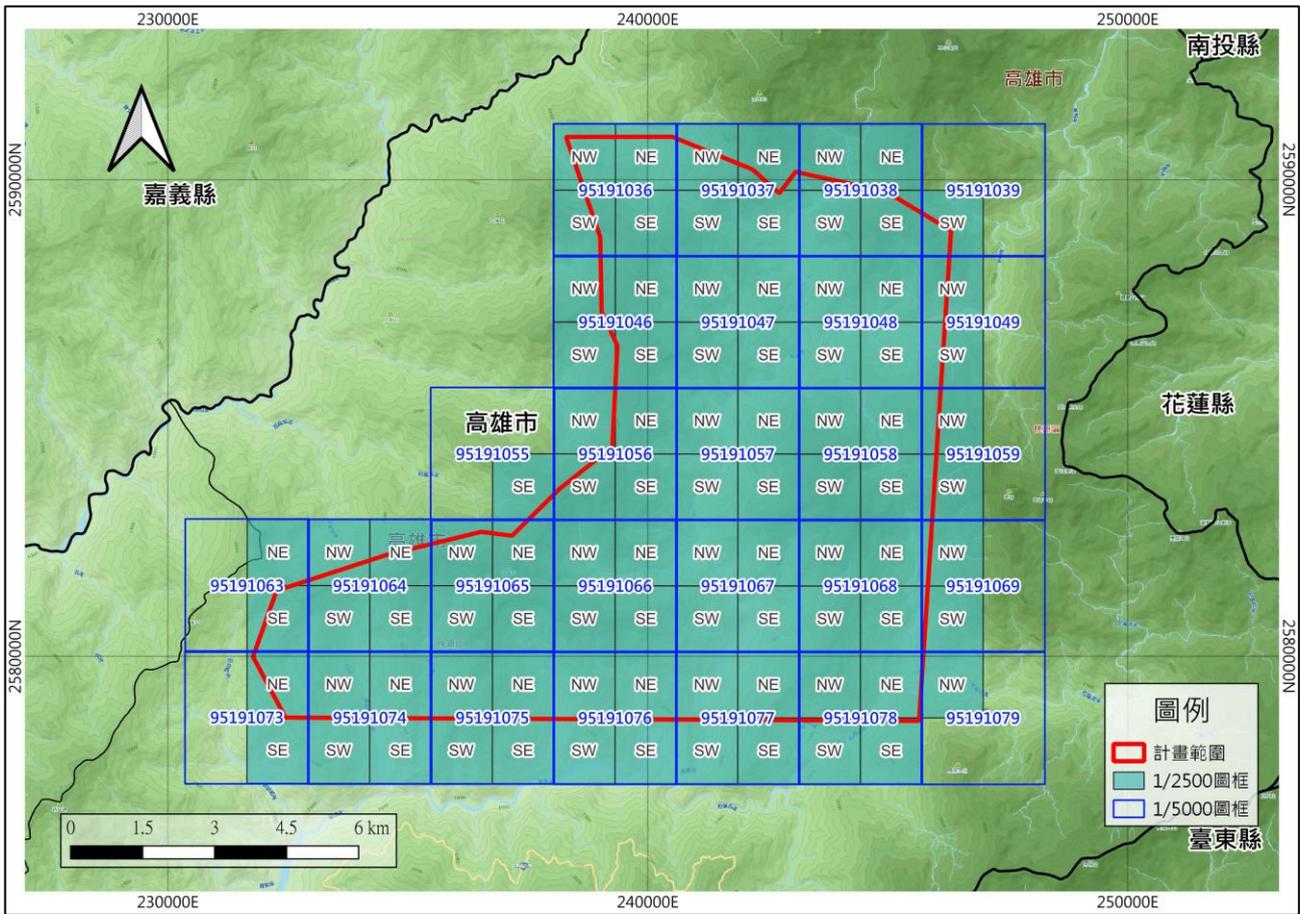


圖 2-50 正射影像繳交圖幅分布

## 四、歷年正射影像成果地面解析度比較

自 105 年至 112 年已執行航空攝影及光達掃瞄作業共 7 案，以下綜整各年度之正射影像地面解析度如表 2-13 所示。

表 2-13 歷年正射影像成果地面解析度比較表

年度	案名	正射影像 地面解析 度	使用 設備
105	玉山園區正射影像及數值高程模型製作、3D 立體建模案	12 公分	PhaseOne IQ180
106	106 年南二段北段及周邊區域航空傾斜攝影暨空載光達掃瞄作業	12 公分	PhaseOne IQ180
108	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	20 公分	PhaseOne iXU-RS1000
109	玉山國家公園西北園區航空攝影與光達掃描作業暨圖資製作案	20 公分	PhaseOne iXU-RS1000
110	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	20 公分	PhaseOne iXU-RS1000
111	玉山國家公園北部園區航空攝影與光達掃瞄作業暨圖資製作案	10 公分	UltraCam Osprey 4.1
112	玉山國家公園西南園區航空攝影與光達掃瞄作業暨圖資製作案	15 公分	UltraCam Osprey 4.1

## 2-10 圖幅接邊處理

圖幅接邊處理工作包含 DEM/DSM 及正射影像，除各年度範圍內部圖幅接邊之外，與不同年度資料的接邊均需達到重疊區域的坐標點、高程值及色調一致。本案 DEM/DSM 及正射影像完成內部圖幅接邊，與 105 玉山主峰、106 年度航攝南二段北段區域、108 年度玉山南二段南段區域及 109 年玉山西北園區區域接邊工作，成果展示如圖 2-51 及圖 2-52。

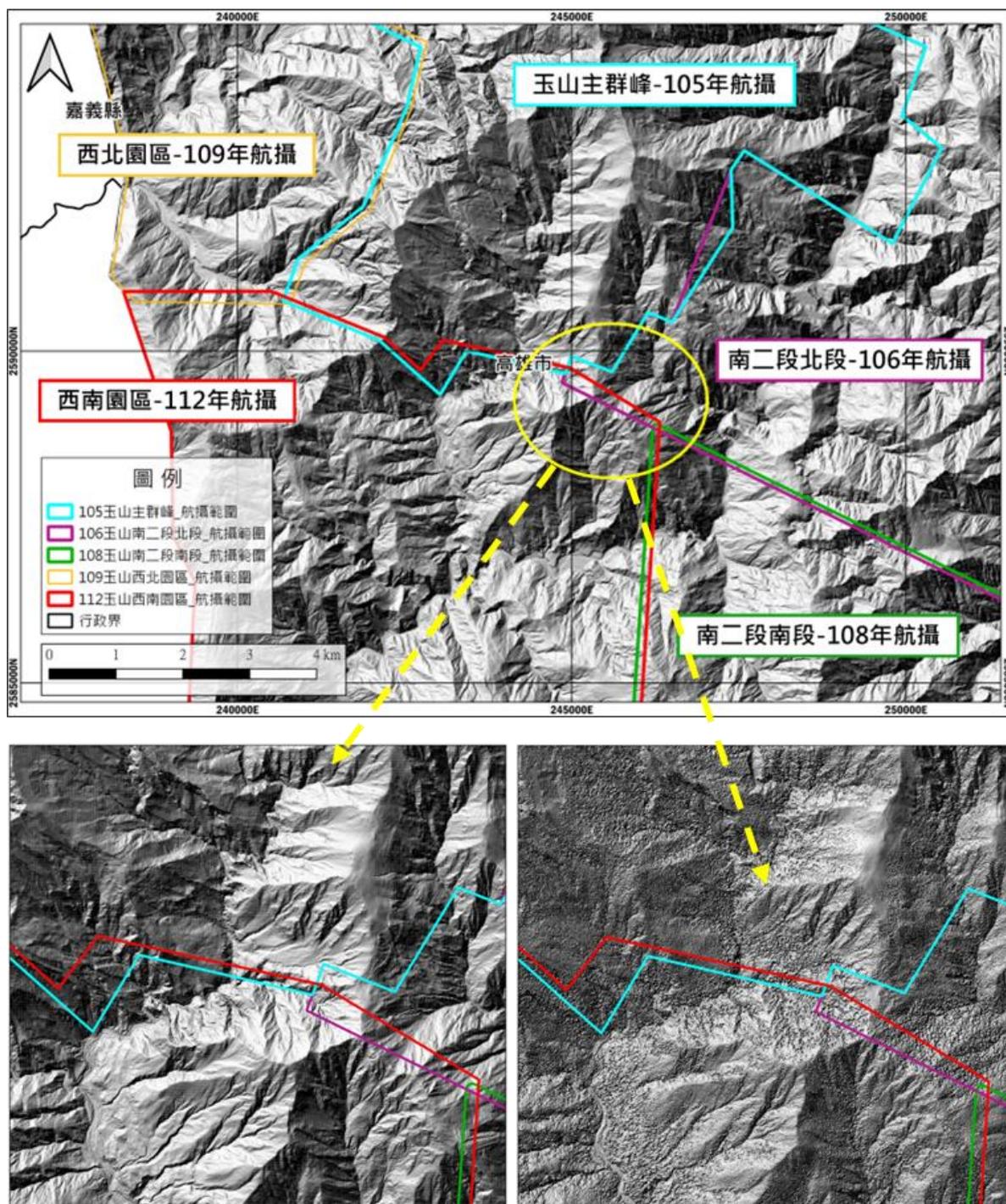
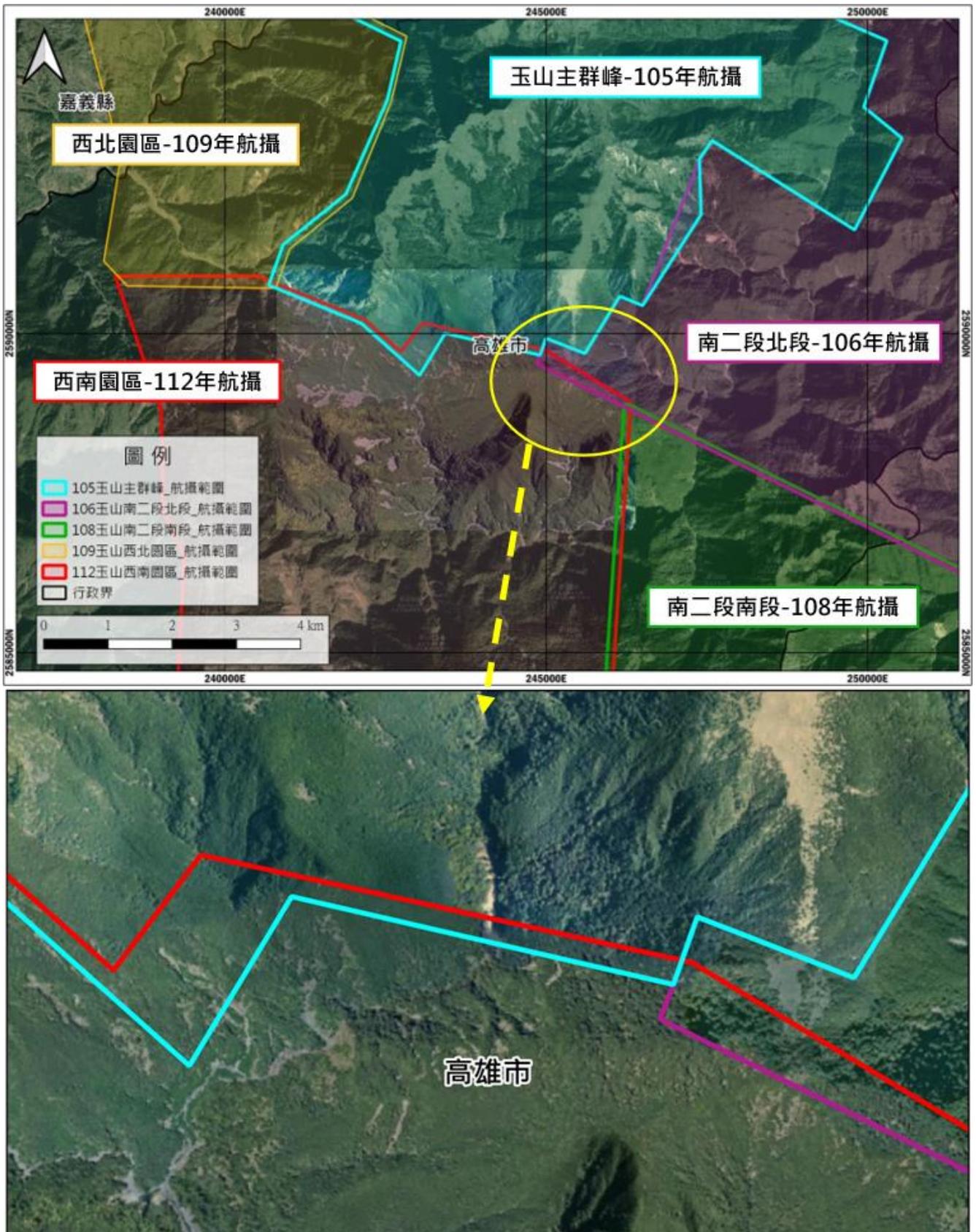


圖 2-51 DEM/DSM 接邊成果



## 2-11 影像自動匹配成果

本案以 UltraCam Osprey 4.1 大像幅傾斜像機(圖 2-53)，執行本案全區傾斜攝影。利用本案高解析之傾斜攝影成果，以 ContextCapture Center 軟體進行 3D 地貌重建(圖 2-54)，ContextCapture Center 具有影像解譯及平行處理能力，僅依靠影像資料，即可以創建逼真的 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。

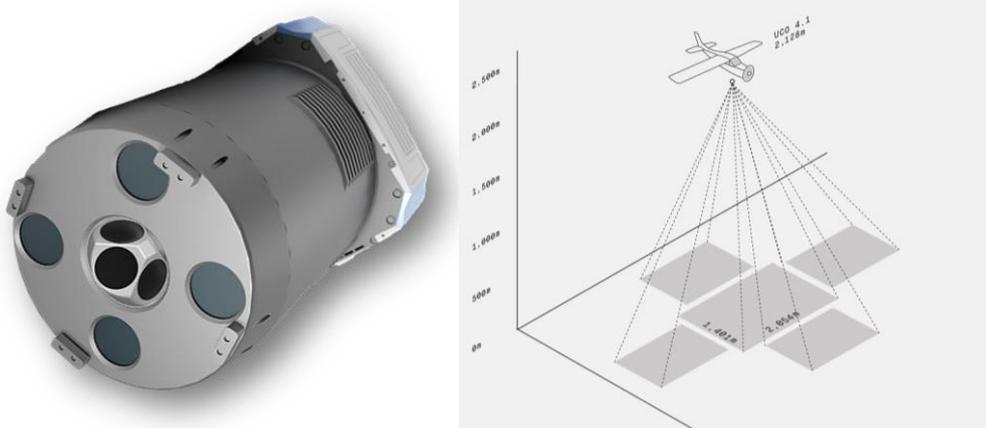


圖 2-53 UltraCam Osprey 4.1 大像幅傾斜像機-拍攝示意圖

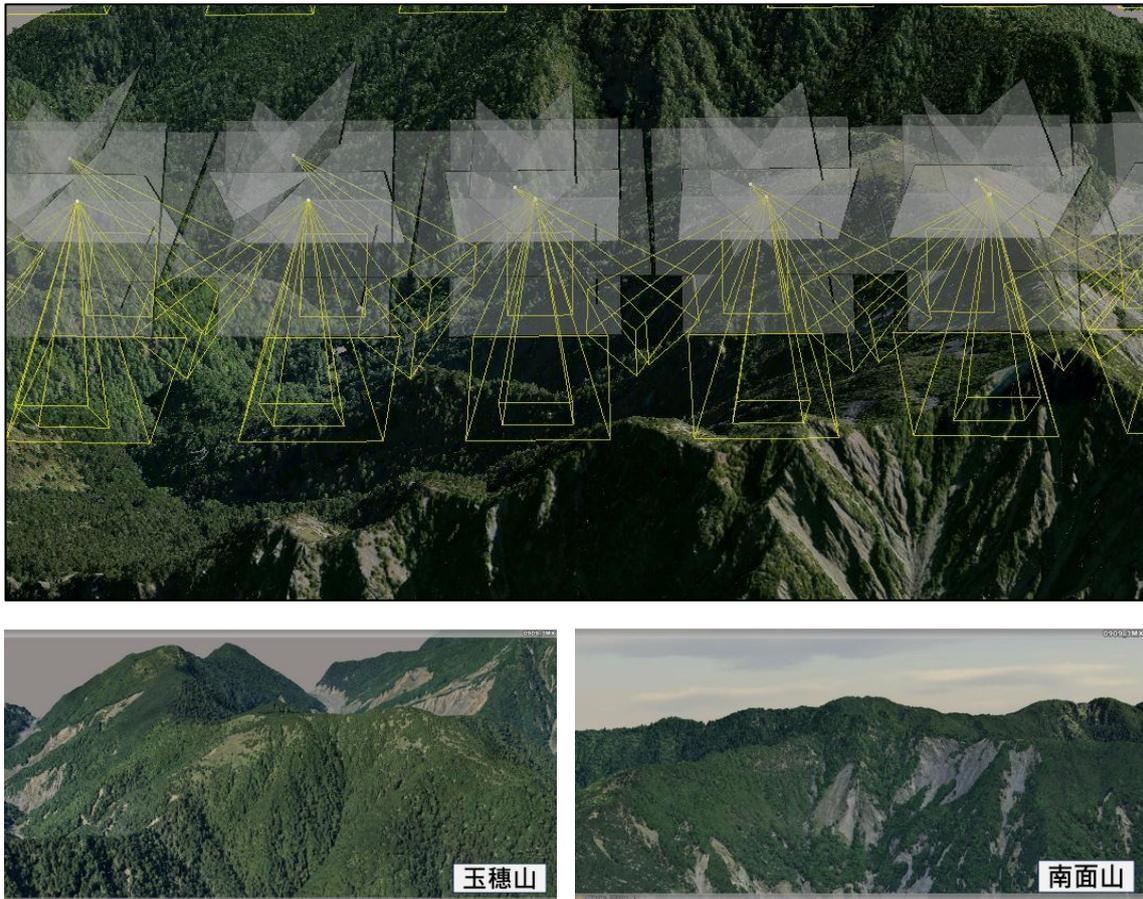


圖 2-54 ContextCapture Center 軟體影像 3D 建模畫面

## 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、林道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 2-55。



圖 2-55 執行成果展示影片

## 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 112 年 3 月 16 日至 112 年 11 月 15 日止。

二、分項工作進度

(一) 期初審查：於 112 年 4 月 11 日(自工字第 112048893 號)提出工作執行計畫書 1 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，且於 112 年 4 月 13 日審查通過(營玉企字第 1120001292 號)。

(二) 期中審查：

1. 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，自強公司提出期中報告 3 份。由玉管處擇期辦理期中簡報審查。
2. 於 112 年 7 月 27 日(自工字第 1120709172 號)提出期中報告書 3 份，並於 112 年 8 月 15 日辦理期中審查，且審查通過(營玉企字第 1121007767 號)。

(三) 期末審查：

1. 完成本計畫所有工作項目，自強公司提出期末報告 3 份。由玉管處擇期辦理期末簡報審查。
2. 於 112 年 10 月 13 日(自工字第 1121009371 號)提出期末報告書 3 份，並於 112 年 10 月 30 日辦理期末審查，依玉管處 112 年 11 月 8 日(玉企字第 1121010784 號)函-期末會議結論，於 112 年 11 月 15 日前(含)函送正式報告書 12 份、全案完整成果資料 3 份等。

三、彙整本計畫各工作項目、預計工作權重及進度如圖 3-1。

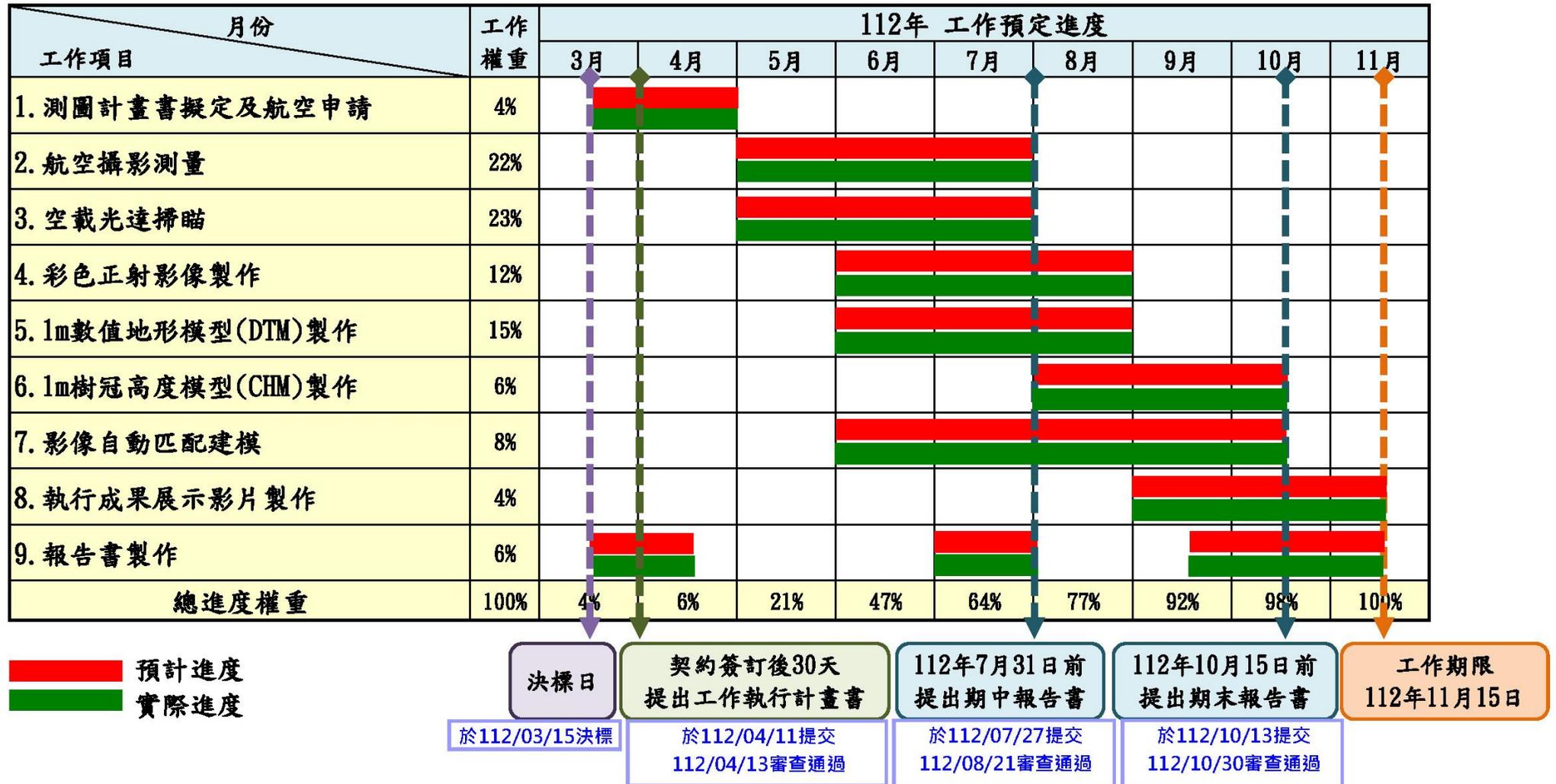


圖 3-1 工作進度甘特圖

### 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

## 第四章 品質管制與自主檢查

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 4-1。



圖 4-1 品質管制計畫流程圖

本計畫工作內容繁多，為真正落實成果之品質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如附件四，以下詳述目前階段完成工作之自主檢查內容：

#### 4-1 飛航計畫檢查

##### 一、空載光達掃瞄飛航計畫檢查表

檢查項目如附件四表 101，檢查畫面如表 4-1 至表 4-3 與圖 4-2。  
檢查結果:符合規範。

表 4-1 飛航計畫書儀器規格檢查表 1

廠牌型號	UltraCam Osprey 4.1
像機形式	陣列式(area array)數位式攝影機
影像大小 (像素)	20,544 × 14,016
像素大小 (微米)	3.76
焦距(mm)	80
視角	51.5°
連拍時間間隔 (秒)	0.7
彩色影像成像方式	CMOS

表 4-2 飛航計畫書儀器規格檢查表 2

廠牌型號	Riegl LMS-Q780
雷射等級	3B
掃瞄高度	50 ~ 4,700 m AGL
掃瞄速率	100 ~ 400 kHz
精度	2 cm
雷射回波數	Full Wave Form
掃瞄範圍	60°
儲存設備	DR680
容量	3 × 800 GByte

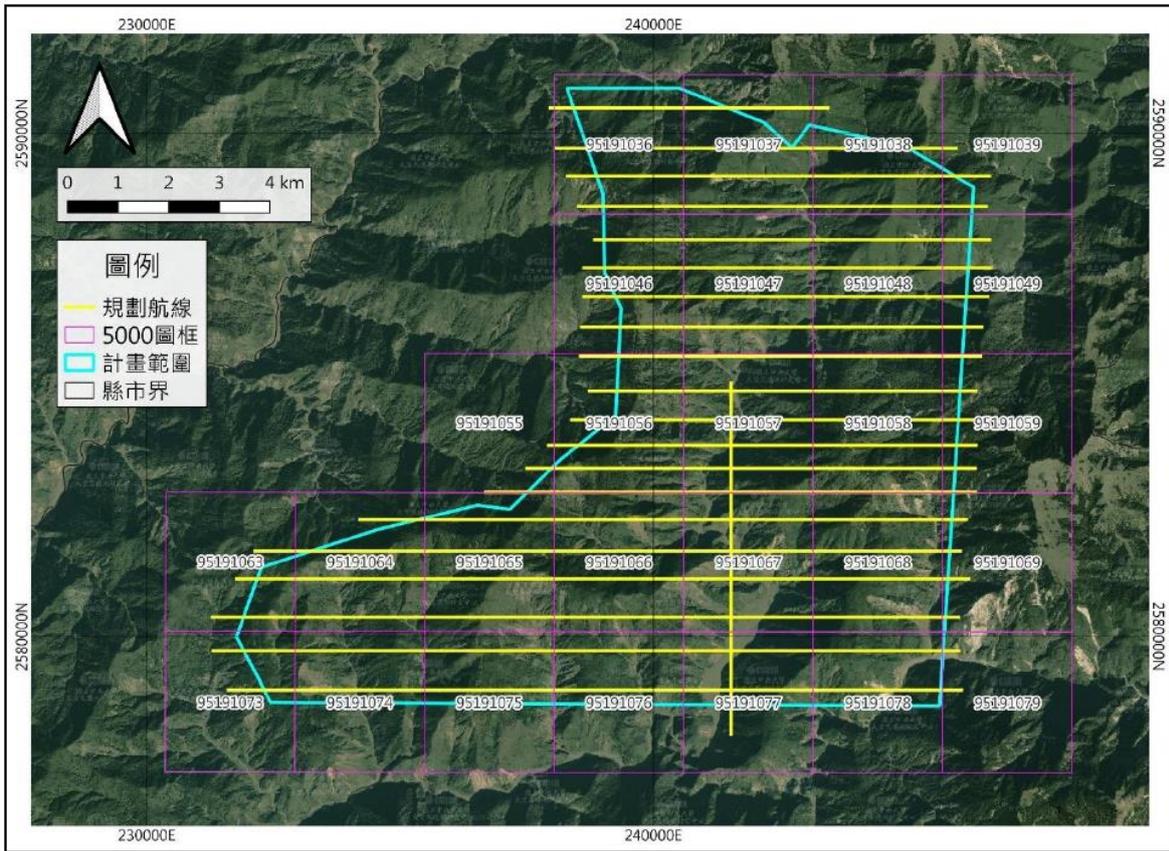


圖 4-2 飛航計畫書掃瞄範圍檢查畫面

表 4-3 飛航計畫書航線規劃資訊檢查表

項目	規劃資訊
飛機時速	110 節
飛航高度	3,800~4,200 公尺 AGL
航拍測線	21 條
總攝影長度	204 公里
地面解像力	≤15 公分
掃瞄頻率	210 kHz
影像前後重疊率	≒83%
影像左右重疊率	≒62%
點雲密度	2 點/m <sup>2</sup>
飛航比例尺	1/76,000~1/84,000

## 二、光達系統率定(含率定場)檢查

檢查項目如附件四表 102，率定報告詳如附件一，節錄檢查書面如表 4-4 至表 4-5 與圖 4-3 至圖 4-4。

檢查結果:成果中誤差為 3.63cm，符合規範(中誤差小於 10cm)。

表 4-4 光達系統率定(含率定場)率定飛航規劃資訊檢查畫面

項次	項目	內容
1	航高	1,000 公尺 (航線 1~航線 6) 1,800 公尺 (航線 7)
2	雷射脈衝頻率	400 kHz (航線 1~航線 6) 205 kHz (航線 7)
3	航線方向	180 度 (航線 4~航線 6、航線 7) 90 度 (航線 1~航線 3)
4	點雲密度	大於 4 點/平方公尺
5	前後、左右重疊率	大於 50%

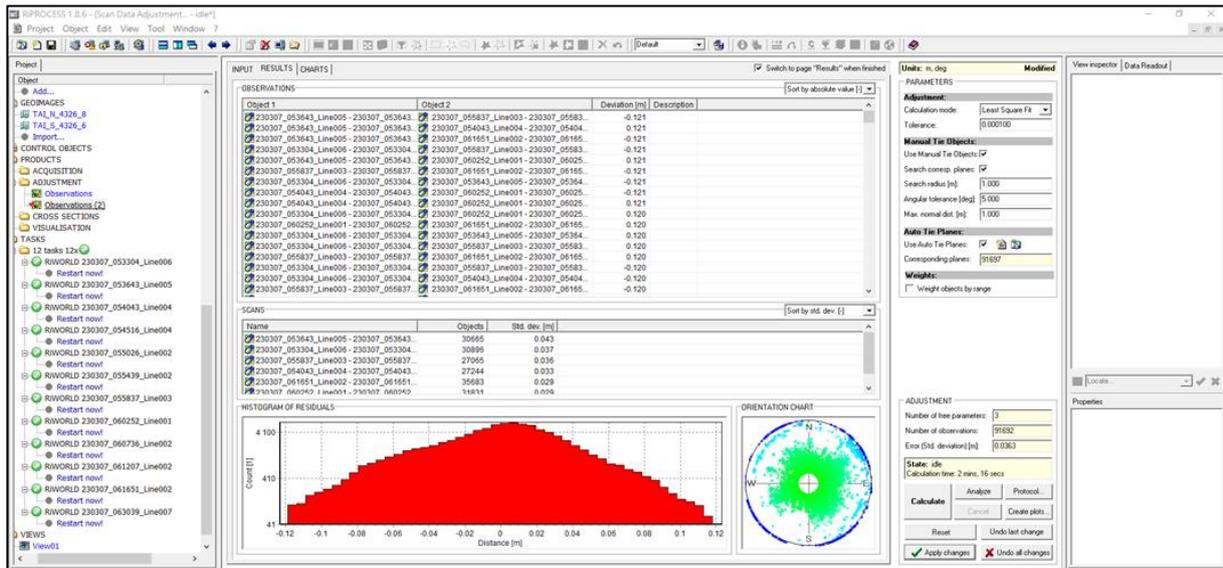


圖 4-3 光達系統率定(含率定場)率定計算過程檢查畫面

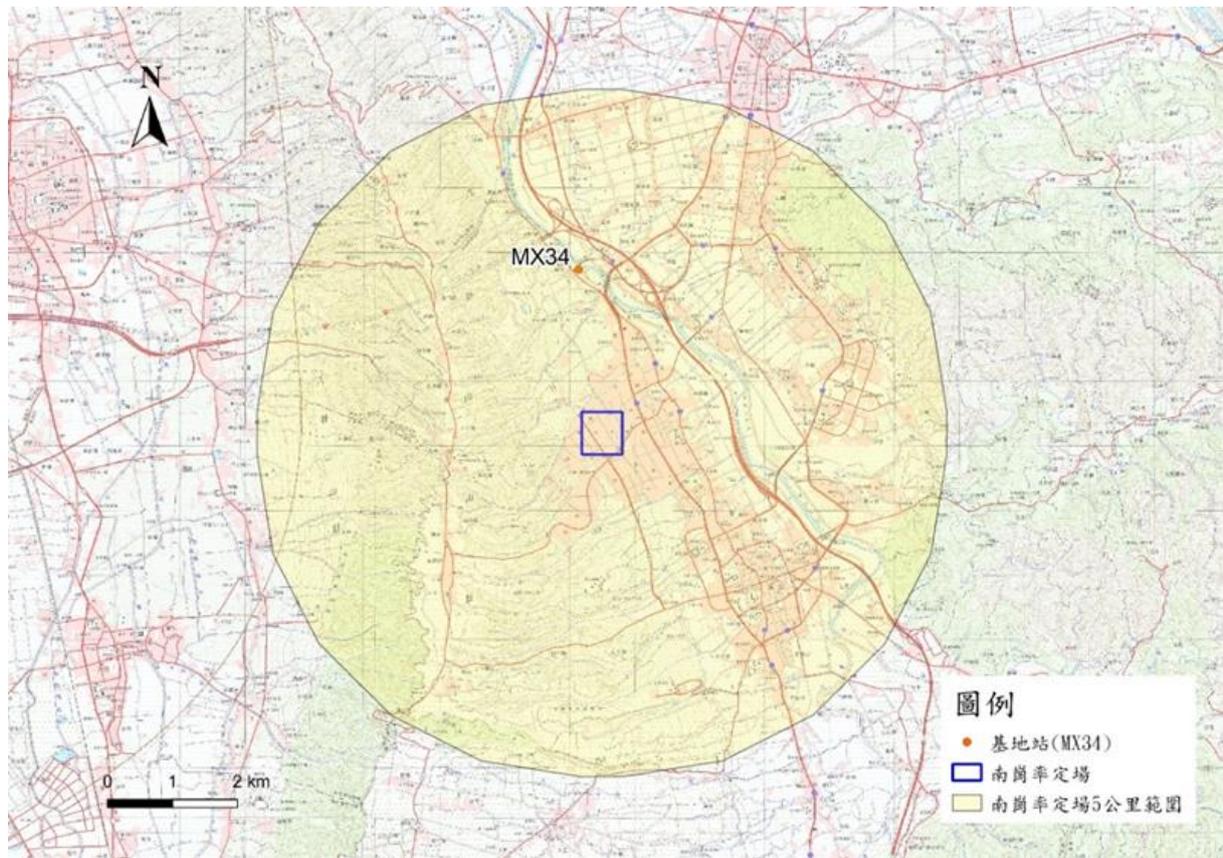


圖 4-4 光達系統率定(含率定場)GNSS 基站位置圖

表 4-5 光達系統率定(含率定場)基站資訊

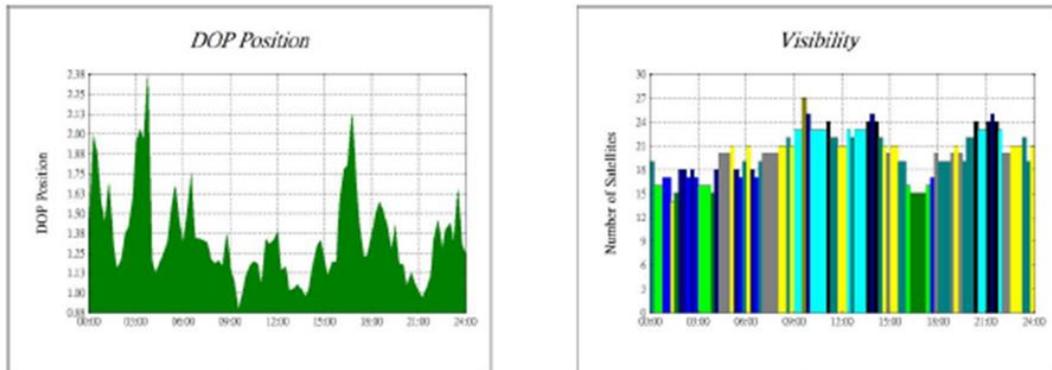
點號	緯度(deg)	經度(deg)	TWD97【2020】			類型
			X (m)	Y(m)	橢球高(m)	
MX34	23.95179	120.65751	215142.102	2649726.859	103.713	三等衛星控制點

點號	STGNSS
使用儀器	Stonex S9II
儀器序號	S920312120126RL AL
天線型號	STXS9CAM100
基站類型	已知加密控制點
接收形式	雙頻
接收頻率	2 Hz (0.5 秒接收一筆)
觀測時段	12 : 26 : 53 ~ 14 : 52 : 39

### 三、成果初步檢核與飛航掃瞄報告書檢查

檢查項目如附件四表 103，檢查畫面如圖 4-5 至圖 4-10 與表 4-6。

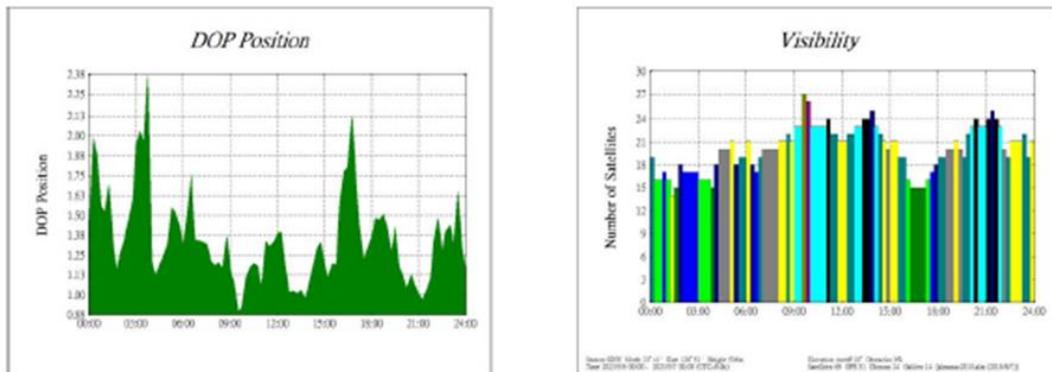
檢查結果:符合規範。



(1) PDOP

(2) 衛星顆數

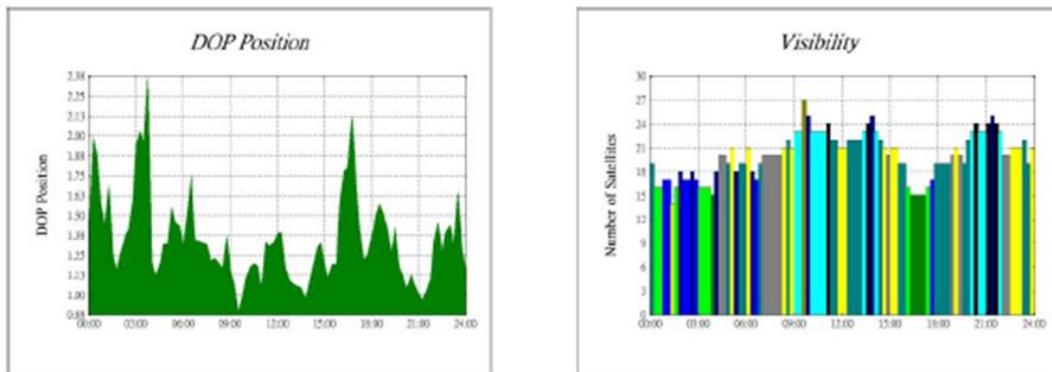
5月6日 GNSS 基地站—MAYA



(1) PDOP

(2) 衛星顆數

6月25日 GNSS 基地站—SINY

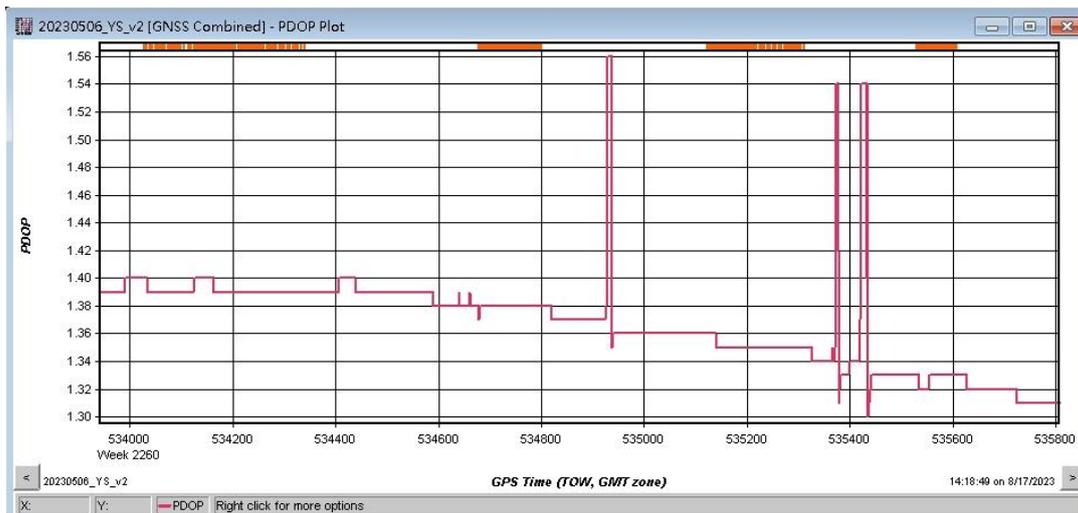


(1) PDOP

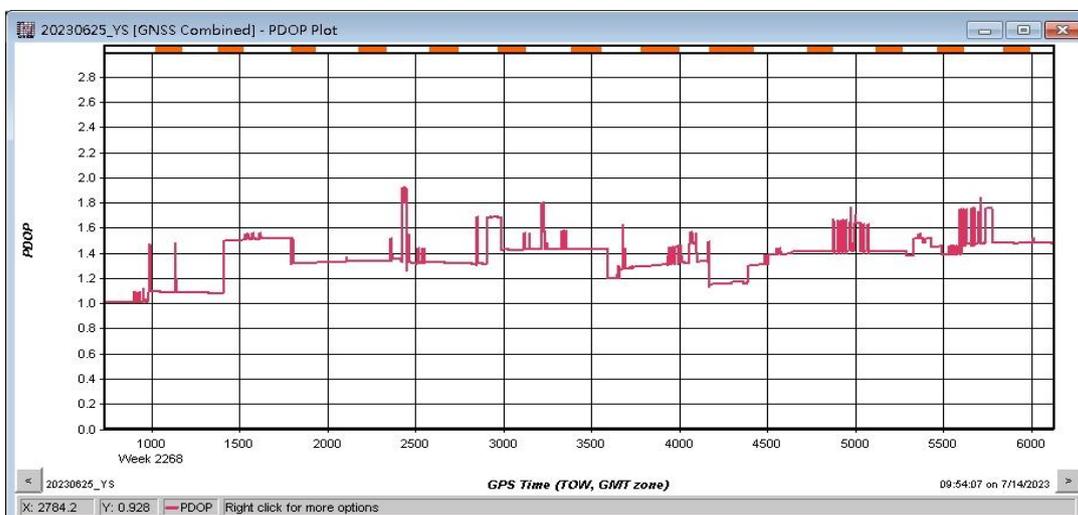
(2) 衛星顆數

6月27日 GNSS 基地站—WULU

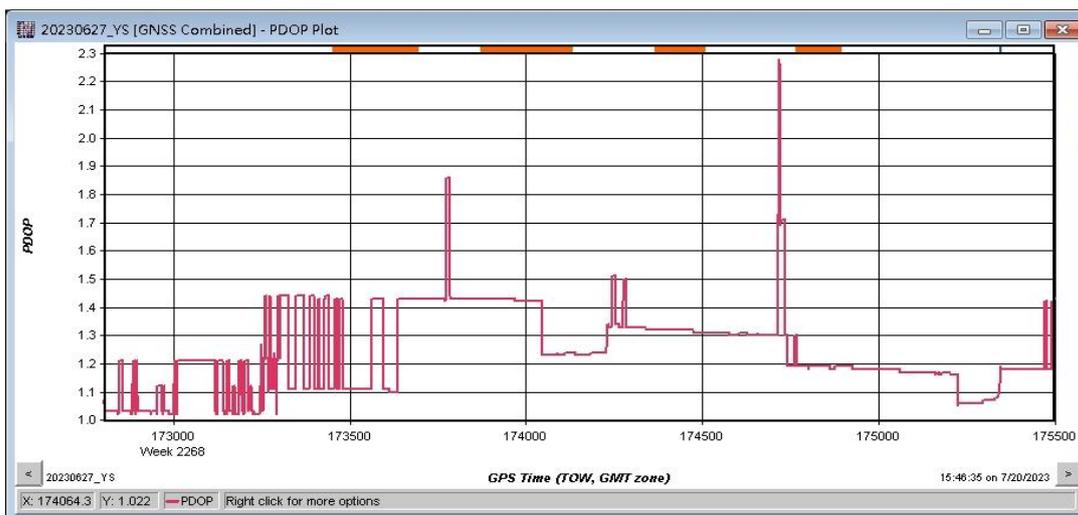
圖 4-5 飛航掃瞄報告書 GNSS 基站資訊檢查畫面



5月6日機載GNSS衛星觀測PDOP圖



6月25日機載GNSS衛星觀測PDOP圖



6月27日機載GNSS衛星觀測PDOP圖

圖 4-6 飛航掃瞄報告書機上GNSS資訊檢查畫面

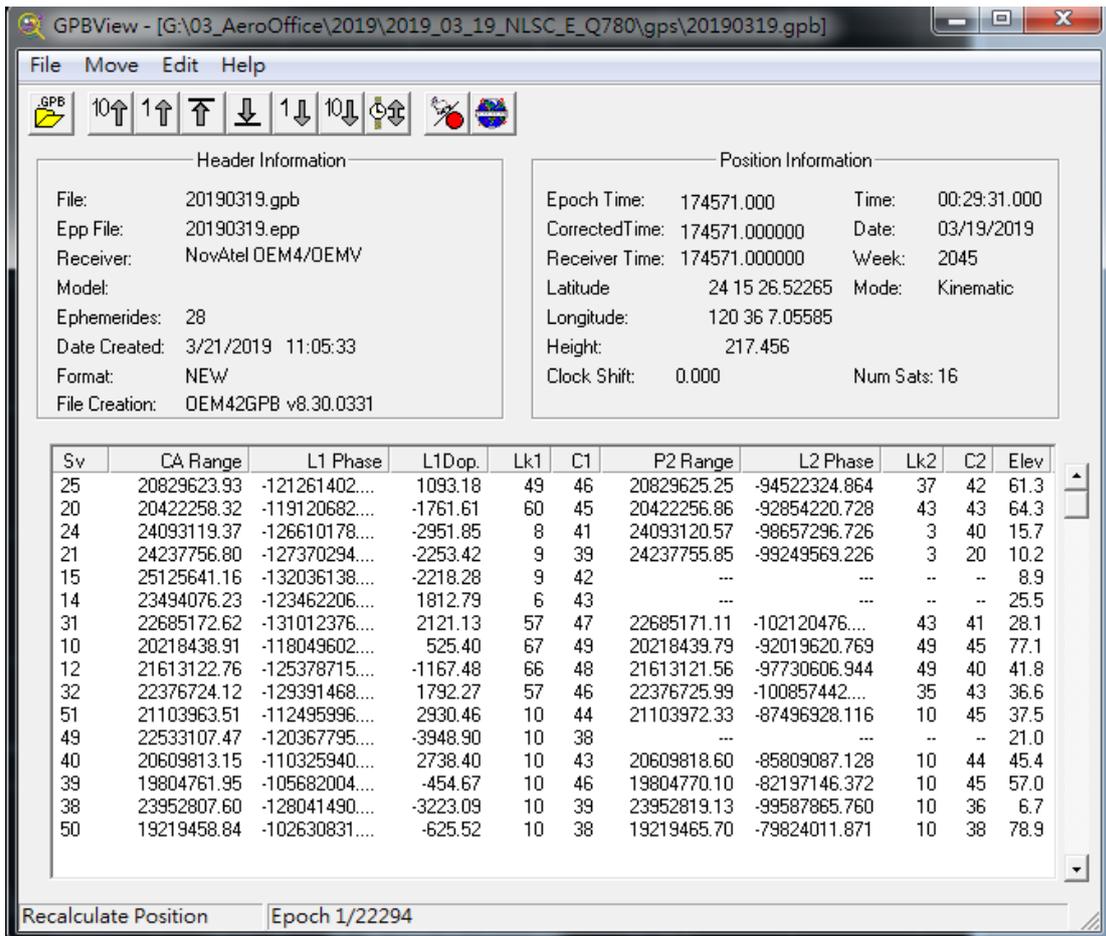


圖 4-7 飛航掃瞄報告書機上 GNSS 資訊檢查畫面(續)

表 4-6 飛航掃瞄報告書飛航參數檢查表

掃瞄日期	航線編號	起始時間	結束時間	高度Max	高度Min	Roll Max	Roll Min	Pitch Max	Pitch Min	Yaw Max	Yaw Min	航速	航向(度)	掃瞄角度	掃瞄頻率	雷射脈衝頻率	航線類型 <sup>1</sup>	GNSS基地站
20230506	Line001	12:45:14	12:46:53	4246.310	4216.136	1.659	-4.104	10.367	2.825	95.301	89.278	110	90	40	56	210kHz	A	MAYA 、 SINY 、 WULU
20230506	Line002	12:38:27	12:41:56	4233.492	4199.256	2.490	-9.812	9.418	3.395	271.507	264.726	110	270	40	56	210kHz	A	
20230506	Line003	12:31:03	12:33:25	4234.142	4209.922	2.420	-2.332	8.838	4.282	94.950	88.912	110	90	40	56	210kHz	A	
20230506	Line019	12:20:14	12:25:45	3940.318	3888.609	3.832	-2.628	8.959	0.048	269.689	262.629	110	270	40	56	210kHz	A	
20230506	Line020	12:13:24	12:17:17	3856.918	3805.452	11.297	-3.424	8.275	1.589	100.171	88.525	110	270	40	56	210kHz	A	
20230625	Line004	08:16:49	08:19:35	4048.225	4007.274	4.555	-4.850	9.593	0.537	98.572	90.424	110	90	40	56	210kHz	A	
20230625	Line005	08:22:51	08:25:24	4033.137	4006.100	4.932	-4.417	9.508	1.483	265.423	257.752	110	270	40	56	210kHz	A	
20230625	Line006	09:37:14	09:39:49	4004.572	3957.912	5.456	-7.159	6.105	0.945	100.443	92.012	110	91	40	56	210kHz	A	
20230625	Line007	09:30:54	09:33:35	3982.653	3951.992	4.542	-3.949	10.090	0.326	267.196	257.699	110	271	40	56	210kHz	A	
20230625	Line008	09:25:05	09:27:47	3980.003	3947.723	5.460	-6.206	13.509	0.848	103.602	94.719	110	90	40	56	210kHz	A	
20230625	Line009	09:18:38	09:21:14	3978.300	3921.239	7.369	-7.911	11.677	1.234	267.748	252.844	110	270	40	56	210kHz	A	
20230625	Line010	08:29:42	08:32:13	4032.484	4004.538	5.884	-2.930	7.484	1.033	99.591	92.439	110	90	40	56	210kHz	A	
20230625	Line011	08:36:07	08:38:53	4024.653	3970.423	7.471	-4.964	10.743	2.560	265.275	256.346	110	271	40	56	210kHz	A	
20230625	Line012	08:42:50	08:45:45	4035.264	3993.187	6.735	-3.171	10.348	2.185	102.200	93.011	110	90	40	56	210kHz	A	
20230625	Line013	08:49:16	08:52:08	4041.120	3987.851	4.020	-4.343	11.817	1.638	265.095	258.091	110	271	40	56	210kHz	A	

20230625	Line014	08:56:14	08:59:15	4053.686	3991.295	10.838	-3.094	9.765	-0.743	101.007	93.905	110	90	40	56	210kHz	A
20230625	Line015	09:02:51	09:06:38	4036.193	3990.353	4.971	-4.131	11.292	2.841	266.265	257.749	110	271	40	56	210kHz	A
20230625	Line016	09:09:17	09:13:37	4028.699	4006.863	5.048	-4.676	6.075	1.084	100.178	93.918	110	91	40	56	210kHz	A
20230627	Line017	08:10:38	08:14:58	4265.318	4236.691	5.652	-4.190	6.182	1.842	94.123	86.195	110	91	40	56	210kHz	A
20230627	Line018	08:17:37	08:22:13	4268.182	4236.965	5.735	-3.513	8.390	2.969	270.106	261.690	110	271	40	56	210kHz	A
20230627	Line019	08:25:52	08:27:59	4267.311	4249.281	5.037	-1.468	4.958	2.510	92.641	87.930	110	91	40	56	210kHz	A
20230627	Line021	08:32:33	08:35:00	4268.573	4245.367	5.752	-2.128	8.389	3.297	178.384	172.193	110	1	40	56	210kHz	B

#### 四、航拍天氣資料及航空攝影紀錄表

自強公司把握晴朗天氣，三架次完成本案航拍。三架次天氣資料及航空攝影紀錄表分別如圖 4-8 至圖 4-10 及表 4-7 至表 4-9 所示。

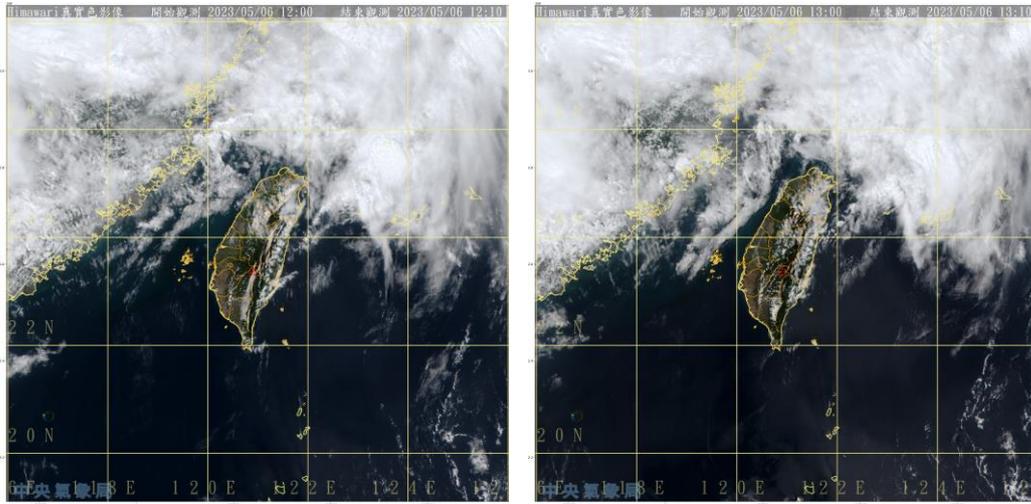


圖 4-8 112 年 5 月 06 日 12:00 至 13:00 航拍天氣資料(來源:中央氣象局)

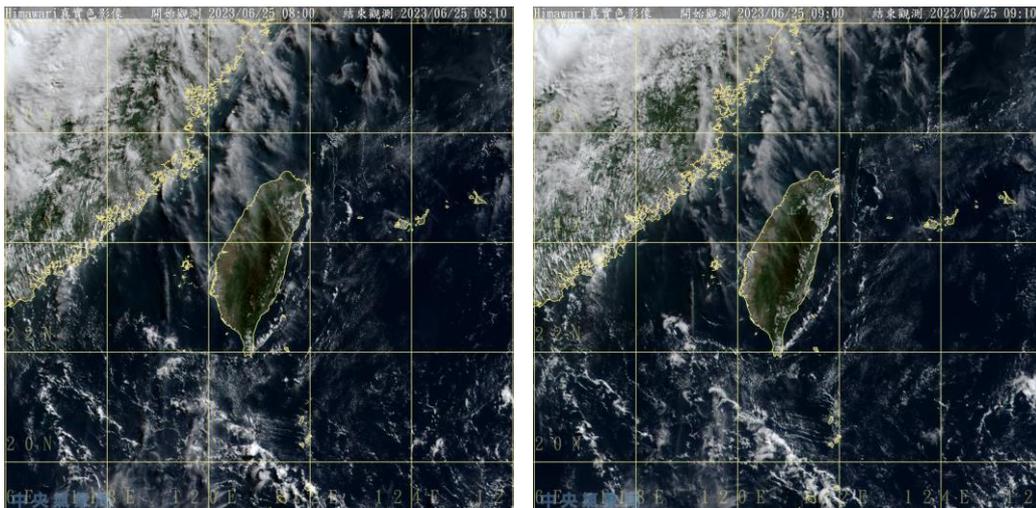


圖 4-9 112 年 6 月 25 日 08:00 至 09:00 航拍天氣資料(來源:中央氣象局)

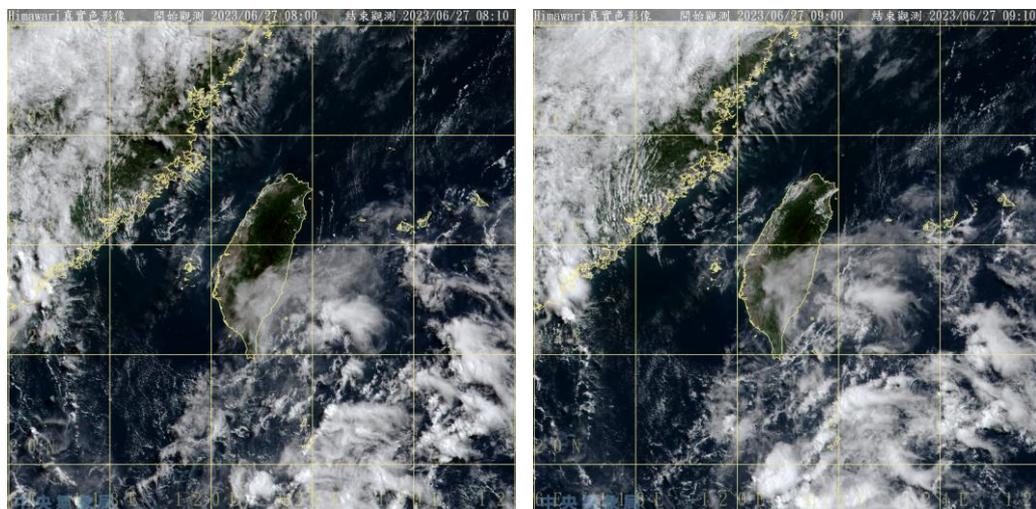


圖 4-10 112 年 6 月 27 日 08:00 至 09:00 航拍天氣資料(來源:中央氣象局)

表 4-7 112 年 5 月 6 日航空攝影紀錄表

地區：玉山		基地：高雄小港		攝影日期：民國 112 年 05 月 06 日						
任務編號	112-YS	攝影機	UCO	焦距	F=80mm		儲存設備	UCO_DU		
		委託機關	玉山國家公園管理處		飛行	曹明清				
攝影目的	影像/光達	航空器	BN-2	作業人員	機械	彭宏彬		作業時間	飛行	攝影機
比例尺	-		領航		王建鈞		2 時 41 分		0 時 36 分	
前後重疊度	80%	左右重疊度	62%		攝影	王建鈞			離場 11 時 07 分	開 12 時 13 分
					擺站	基站解算			到場 13 時 48 分	關 12 時 46 分
氣象	航線	GPS 高度	儀器高度	航向	攝影開始	攝影終止	像片號碼	空照區間	備註	
能見度	晴	20	3828	3800	90	12:13	12:17	27564-27625	玉山	
		19	3912	3900	270	12:20	12:25	27626-27691	玉山	
太陽高度	82°	3	4220	4200	90	12:30	12:33	27692-27734	玉山	
		2	4210	4200	270	12:38	12:41	27735-27777	玉山	
備註		1	4226	4200	90	12:45	12:46	27778-27807	玉山	

表 4-8 112 年 6 月 25 日航空攝影紀錄表

地區：玉山		基地：台中清泉崗			攝影日期：民國 112 年 06 月 25 日					
任務編號	112-YS	攝影機	UCO	焦 距	F=80mm		儲存設備	UCO_DU		
		委託機關	玉山國家公園管理處							
攝影目的	影像/光達	航空器	BN-2	作業人員	飛行	陳易靖	于守勳	作業時間	飛行	攝影機
比例尺	-		機械		彭宏彬		3 時 25 分		1 時 23 分	
前後重疊度	80%	左右重疊度	62%		領航	洪健嘉			離場 06 時 55 分	開 08 時 16 分
					攝影	洪健嘉			到場 10 時 20 分	關 09 時 39 分
				擺站	基站解算					
氣象	航線	GPS 高度	儀器高度	航向	攝影開始	攝影終止	像片號碼	空照區間	備註	
能見度	晴	4	4021	4000	90	8:16	8:19	32556-32599	玉山	
		5	4021	4000	270	8:22	8:25	32600-32643	玉山	
太陽高度	40°	10	4018	4000	90	8:29	8:32	32644-32686	玉山	
		11	4002	4000	270	8:36	8:38	32687-32732	玉山	
		12	4017	4000	90	8:42	8:45	32733-32781	玉山	
		13	4014	4000	270	8:49	8:52	32782-32832	玉山	
		14	4026	4000	90	8:56	8:59	32833-32886	玉山	
		15	4017	4000	270	9:02	9:06	32887-32953	玉山	

	航線	GPS 高度	儀器高度	航向	攝影開始	攝影終止	像片號碼	空照區間	備註
	16	4016	4000	90	9:09	9:13	32954-33023	玉山	
	9	3951	3950	270	9:18	9:21	33024-33068	玉山	
	8	3966	3950	90	9:24	9:27	33069-33112	玉山	
	7	3967	3950	270	9:30	9:33	33113-33154	玉山	
	6	3975	3950	90	9:37	9:39	33155-33198	玉山	

表 4-9 112 年 6 月 27 日航空攝影紀錄表

地區：玉山      基地：台中清泉崗      攝影日期：民國 112 年 06 月 27 日											
任務編號	112-YS	攝影機	UCO	焦 距	F=80mm			儲存設備	UCO_DU		
		委託機關	玉山國家公園管理處		作業人員	飛行	陳易靖				
攝影目的	影像/光達	航空器	BN-2	機械		彭宏彬		3 時 04 分	0 時 24 分		
比例尺	-			領航		洪健嘉				離場 06 時 57 分	開 08 時 10 分
前後重疊度	80%	左右重疊度	62%	攝影		洪健嘉		到場 10 時 01 分	關 08 時 34 分		
				擺站		基站解算					
氣象	航線	GPS 高度	儀器高度	航向	攝影開始	攝影終止	像片號碼	空照區間	備註		
能 見 度	晴	17	4251	4200	90	8:10	8:14	34603-34676	玉山		
		18	4225	4200	270	8:17	8:22	34677-34745	玉山		
太陽高度	38°	19	4253	4200	90	8:25	8:27	34746-34783	玉山		
		21	4252	4200	180	8:32	8:34	34784-34814	玉山		
備註											

## 4-2 控制測量檢查

### 一、控制測量成果書面資料檢查表

檢查項目如附件四表 111，本次計畫使用之 GNSS 基站與測區距離均小於 40km，控制點均勻分布於測區，符合作業規範，GNSS 基站與控制點分布圖如圖 4-11。

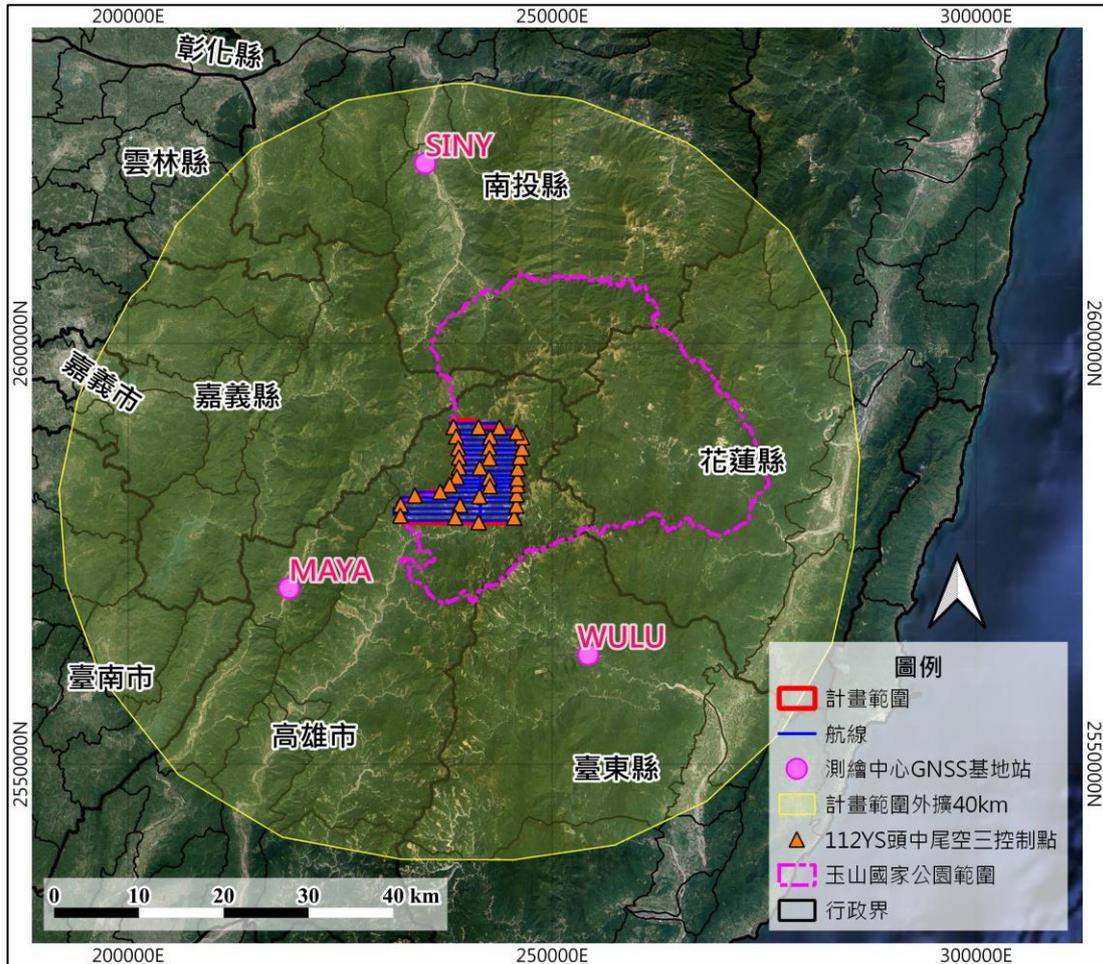


圖 4-11 GNSS 基站與航線頭中尾控制點分布

## 4-3 點雲及航帶平差檢查

### 一、點雲紀錄格式檢查表

檢查項目如附件四表 201，本計畫利用程式進行點雲檔案格式檢核，如圖 4-12，檢核項目包含檔案格式、回訊數目、點位紀錄有效格式、回波強度域值、重複點，各航帶檢查成果如表 4-10。

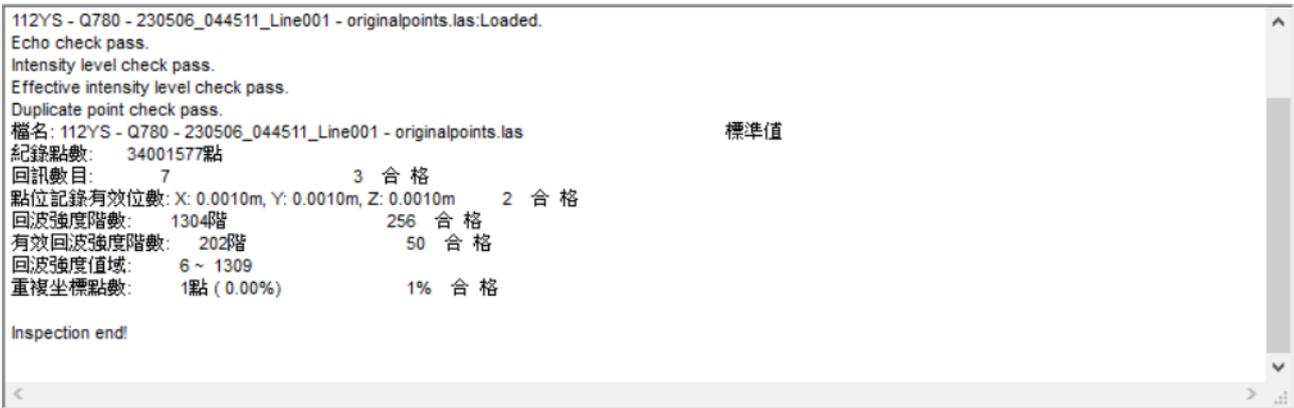


圖 4-12 點雲檔案格式分析畫面

表 4-10 點雲檔案格式檢查成果表

航帶編號	檔案格式	回訊數目	點位紀錄有效位數	回波強度值域	重複點檢驗	檢查結果 (Y/N)
1	las	7	0.0010m	OK	OK	Y
2	las	7	0.0010m	OK	OK	Y
3	las	7	0.0010m	OK	OK	Y
4	las	7	0.0010m	OK	OK	Y
5	las	7	0.0010m	OK	OK	Y
6	las	7	0.0010m	OK	OK	Y
7	las	7	0.0010m	OK	OK	Y
8	las	7	0.0010m	OK	OK	Y
9	las	7	0.0010m	OK	OK	Y
10	las	7	0.0010m	OK	OK	Y
11	las	7	0.0010m	OK	OK	Y
12	las	7	0.0010m	OK	OK	Y
13	las	7	0.0010m	OK	OK	Y
14	las	7	0.0010m	OK	OK	Y
15	las	7	0.0010m	OK	OK	Y
16	las	7	0.0010m	OK	OK	Y
17	las	7	0.0010m	OK	OK	Y
18	las	7	0.0010m	OK	OK	Y
19	las	7	0.0010m	OK	OK	Y
20	las	7	0.0010m	OK	OK	Y
21	las	7	0.0010m	OK	OK	Y

## 二、不合理點雲檢查表與點雲過濾及 DEM 成果檢查表

檢查項目如附件四表 202、表 304，點雲掃瞄範圍如圖 4-13，水域點雲檢查與點雲分類檔檢查畫面如圖 4-14，測區於拍攝時並無雲霧覆蓋，檢查成果符合作業規範。

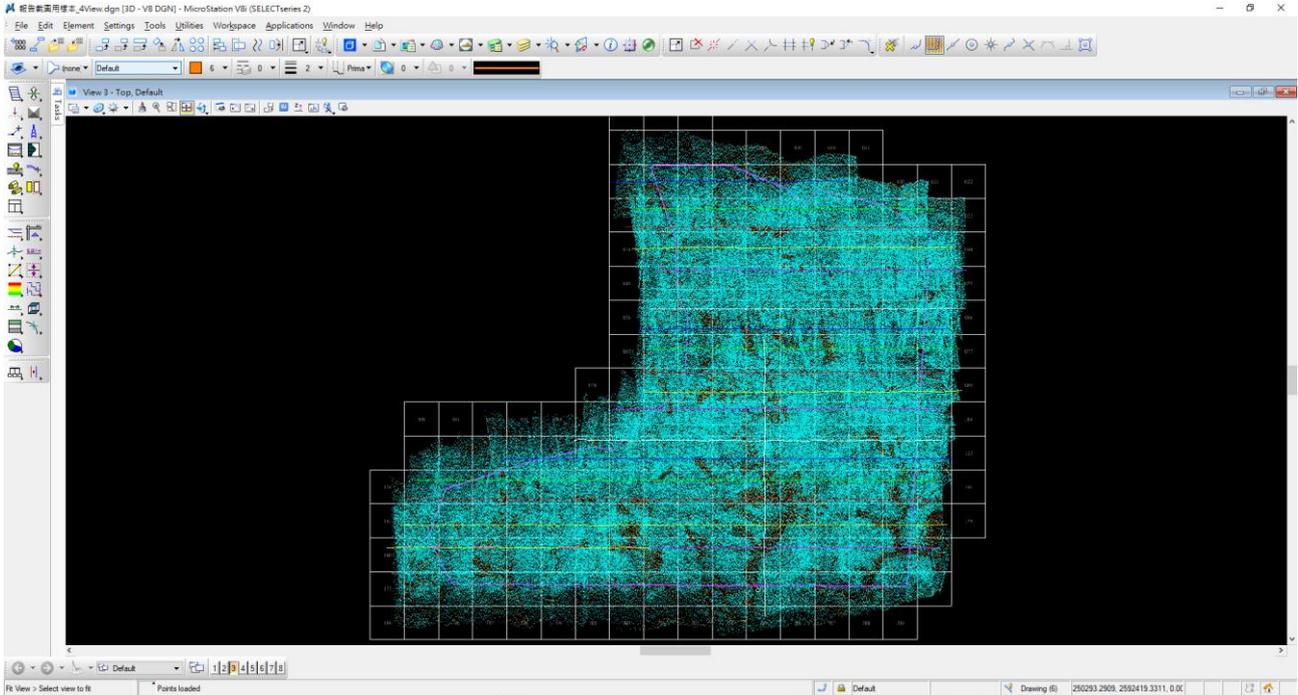


圖 4-13 點雲覆蓋範圍檢查圖

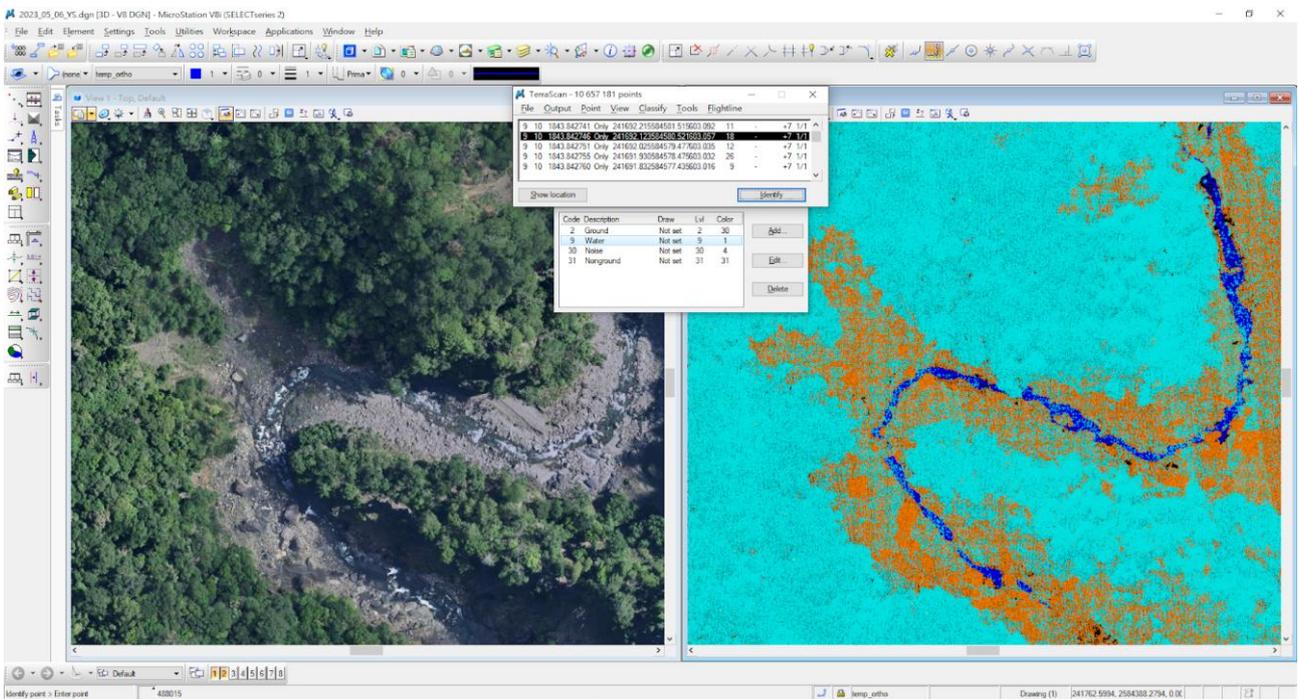


圖 4-14 水域點雲與點雲分類檢查圖

### 三、測區覆蓋完整度及相鄰航帶重疊率檢查表

檢查項目如附件四表 203，依據掃瞄成果計算點雲涵蓋範圍如圖 4-15，並計算相鄰平行航線重疊面積與重疊率如表 4-11，左右重疊率平均約為 69%，成果全數符合作業規範。

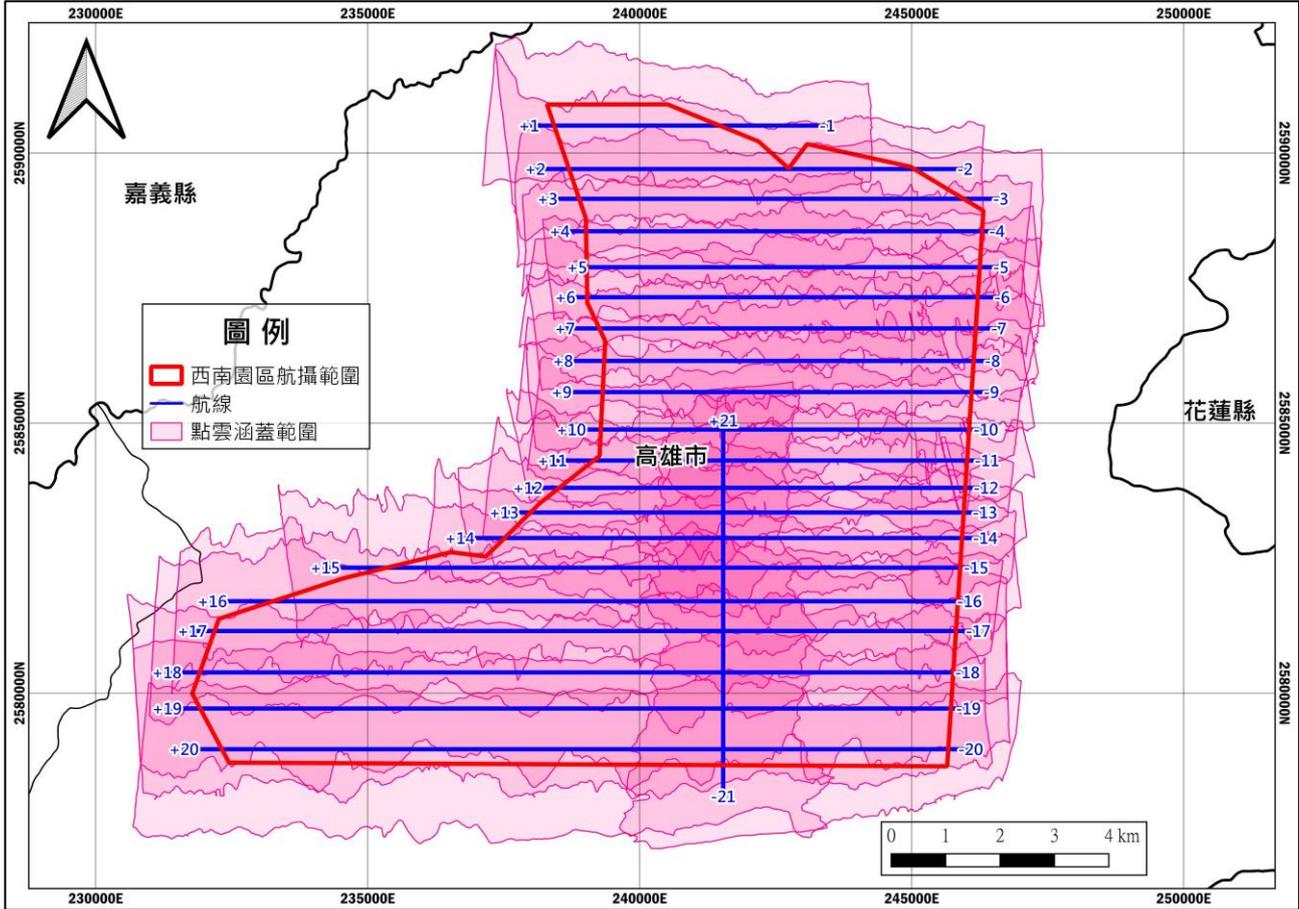


圖 4-15 點雲涵蓋範圍

表 4-11 點雲航線重疊分析(面積單位: km<sup>2</sup>)

航線編號	面積(km <sup>2</sup> )	重疊面積(km <sup>2</sup> )	百分比	作業規範	是否合格
1	15.278	-	-	-	-
		9.706	63.53%	30%	合格
2	18.173	12.655	69.64%	30%	合格
		12.966	63.62%	30%	合格
3	20.380	10.832	60.86%	30%	合格
		13.045	73.62%	30%	合格
4	17.798	12.342	68.27%	30%	合格
		13.306	74.18%	30%	合格
5	17.721	12.160	66.10%	30%	合格
		11.616	64.68%	30%	合格
6	18.080	10.962	64.06%	30%	合格
		12.338	73.73%	30%	合格
7	17.939	12.338	73.73%	30%	合格
		12.595	70.37%	30%	合格
8	18.396	12.595	63.60%	30%	合格
		14.922	71.59%	30%	合格
9	17.958	18.796	68.10%	30%	合格
		27.969	85.02%	30%	合格
10	17.110	26.826	66.46%	30%	合格
11	16.734				
12	17.898				
13	19.804				
14	20.843				
15	27.599				
16	32.895				
17	40.364				
18	44.833				

航線編號	面積(km <sup>2</sup> )	重疊面積(km <sup>2</sup> )	百分比	作業規範	是否合格
19	38.438	32.700	72.94%	30%	合格
		27.060	70.40%	30%	合格
20	40.395	-	-	-	-
		-	-	-	-

#### 四、點雲密度檢查表

檢查項目如附件四表 204，本計畫利用程式建立 100 m x 100 m 大小網格，計算網格內點雲數量，如圖 4-16，分析計畫範圍內各網格點雲密度成果共 10,385 格，平均密度為 3.92 點/m<sup>2</sup>，其中點雲密度 1~2 點/m<sup>2</sup> 共有 258 格(2.48%)，2 點/m<sup>2</sup> 以上共有 10,127 格(97.52%)，1 點/m<sup>2</sup> 以下共有 0 格(0%)，成果符合作業規範。

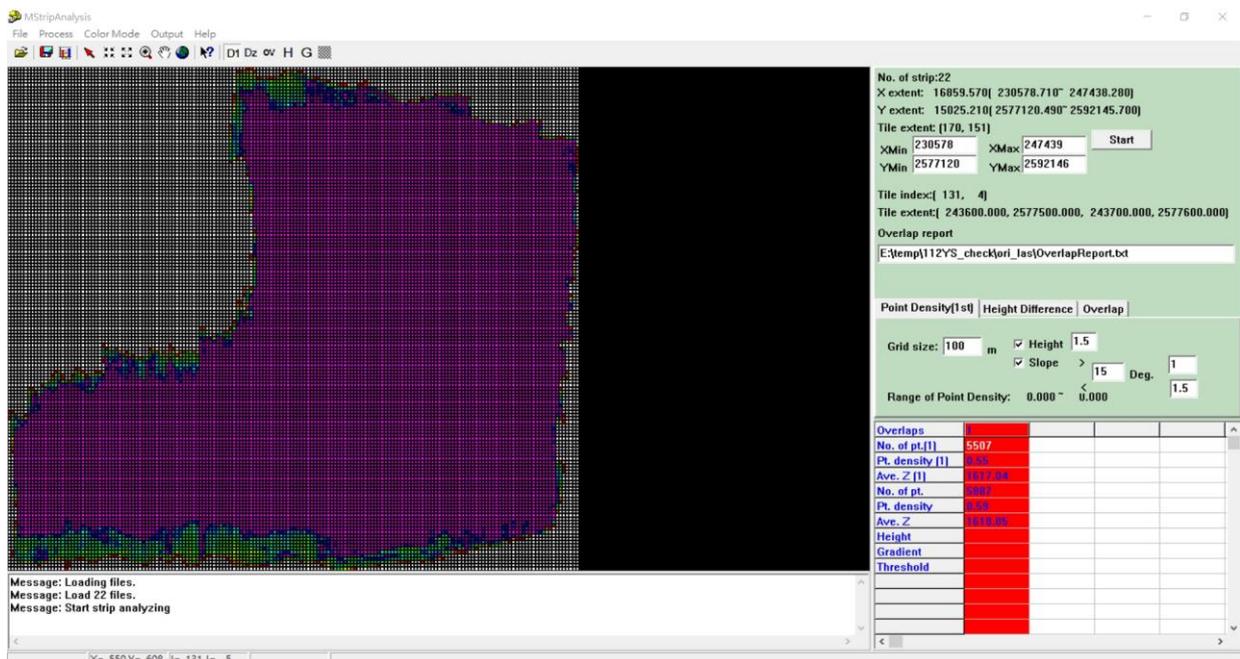


圖 4-16 點密度檢查程式操作畫面

#### 五、航帶相對誤差檢查表

檢查項目如附件四表 205，使用 TerraSolid 進行航帶相對誤差檢核，如圖 4-17，本次共進行 21 條航帶的全數檢核，通過標準為平差前高程偏差量平均值小於 20cm、平差後高程偏差量平均值小於 10cm，檢查結果如表 4-12，成果符合作業規範。

Statistics  
File View

Find Fluctuations  
Solved for elevation

Line	Minimum	Maximum	Average	Median	Avg mag	Std dev
1	-0.0116	+0.0027	-0.0039	-0.0042	0.0042	0.0035
2	-0.0049	+0.0073	+0.0017	+0.0022	0.0026	0.0026
3	-0.0049	+0.0091	+0.0030	+0.0029	0.0032	0.0027
4	-0.0087	+0.0057	-0.0007	-0.0009	0.0027	0.0033
5	-0.0096	+0.0053	-0.0015	-0.0014	0.0024	0.0029
6	-0.0135	+0.0061	-0.0004	-0.0008	0.0026	0.0033
7	-0.0083	+0.0102	-0.0002	+0.0003	0.0025	0.0034
8	-0.0085	+0.0055	-0.0008	-0.0013	0.0030	0.0036
9	-0.0282	+0.0697	+0.0016	+0.0021	0.0030	0.0068
10	-0.0080	+0.0056	-0.0011	-0.0021	0.0018	0.0023
11	-0.0069	+0.0085	+0.0000	+0.0006	0.0018	0.0025
12	-0.0102	+0.0066	-0.0013	-0.0015	0.0020	0.0028
13	-0.0073	+0.0148	+0.0005	+0.0009	0.0024	0.0035
14	-0.0052	+0.0104	+0.0005	-0.0001	0.0021	0.0028
15	-0.0085	+0.0082	+0.0002	+0.0004	0.0023	0.0026
16	-0.0091	+0.0058	-0.0010	-0.0005	0.0024	0.0027

圖 4-17 TerraSolid 軟體操作畫面

表 4-12 航帶相對誤差檢查表格

航帶編號	高程偏差量平均值(m)	
	平差前(m)	平差後(m)
1	+0.0062	-0.0039
2	-0.0038	+0.0017
3	+0.0088	+0.0030
4	-0.0034	-0.0007
5	-0.0098	-0.0015
6	+0.0031	-0.0004
7	+0.0002	-0.0002
8	-0.0001	-0.0008
9	+0.0028	+0.0016
10	-0.0012	-0.0011
11	-0.0025	+0.0000
12	+0.0008	-0.0013
13	-0.0006	+0.0005
14	+0.0042	+0.0005
15	+0.0005	+0.0002
16	+0.0042	-0.0010
17	-0.0036	-0.0016
18	-0.0089	+0.0008
19	-0.0012	+0.0028
20	+0.0081	+0.0014
21	-0.0038	-0.0022

六、航帶平差書面資料檢查

檢查項目如附件四表 206，本次航帶平差作業畫面如圖 4-18，平差成果如表 4-13，中誤差為 4.07cm，符合本計畫作業規定(20.0cm)。後續使用 TerraSolid 進行控制點檢核，控制點分布如 2-4 節圖 2-23 所示，檢查結果如表 4-14 所示，均小於 10cm 符合作業規範。

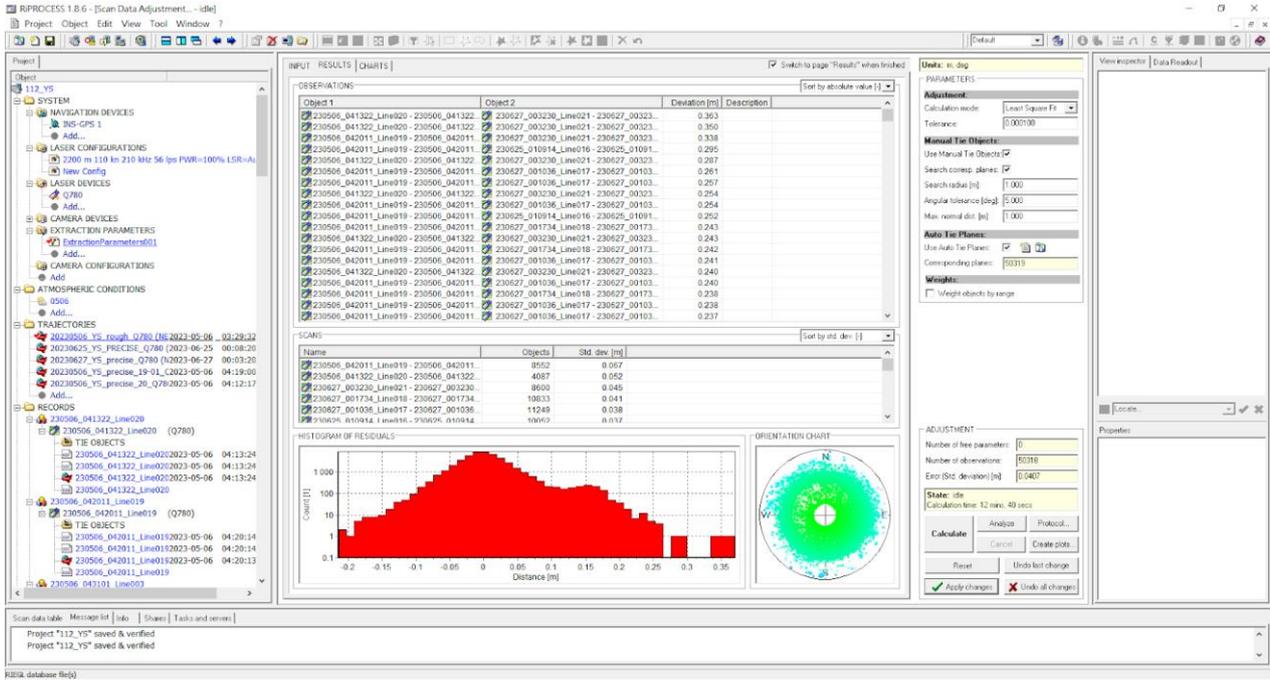


圖 4-18 空載光達點雲平差作業畫面

表 4-13 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	12 分 40 秒
3	計算方法	最小二乘平方法
4	總觀察量	50318
5	標準差 [m]	0.0407 m

表 4-14 點雲平差成果控制點檢核成果表(單位: m)

Number	Easting	Northing	Z	Laser Z	dZ	是否合格
point1	239030.949	2589997.821	2417.790	2417.772	-0.018	合格
point2	239216.860	2588845.172	2626.498	2626.480	-0.018	合格
point3	239412.067	2587506.612	2722.161	2722.210	0.049	合格
point4	239486.431	2586381.850	2602.544	2602.507	-0.037	合格
point5	239542.205	2585173.428	2650.234	2650.266	0.032	合格
point6	239021.654	2584048.665	2549.009	2549.016	0.007	合格
point7	237905.523	2583194.209	2645.342	2645.307	-0.035	合格
point8	236786.262	2582388.341	2500.016	2500.011	-0.005	合格
point9	233932.336	2581724.776	2169.841	2169.793	-0.048	合格
point10	232130.137	2580843.761	1870.869	1870.894	0.025	合格
point11	232085.366	2579545.419	1761.721	1761.678	-0.043	合格
point12	241330.461	2578761.936	1214.791	1214.747	-0.044	合格
point13	241420.002	2581851.096	1404.100	1404.104	0.004	合格
point14	241464.773	2585253.649	1693.831	1693.877	0.046	合格
point15	245510.901	2579321.566	1706.480	1706.453	-0.027	合格
point16	245779.523	2580754.220	1859.054	1859.053	-0.001	合格
point17	245801.908	2582074.948	2124.483	2124.477	-0.006	合格
point18	245891.449	2583149.439	2638.651	2638.615	-0.036	合格
point19	245891.449	2583955.307	2605.067	2605.074	0.007	合格
point20	245936.220	2585164.108	2801.300	2801.283	-0.017	合格
point21	246002.617	2586438.785	2096.987	2096.983	-0.004	合格
point22	246076.981	2587517.070	2140.262	2140.287	0.025	合格
point23	246123.459	2588827.743	2742.621	2742.606	-0.015	合格
point24	244751.009	2589607.795	2529.454	2529.488	0.034	合格
point25	243176.767	2589822.368	2293.579	2293.536	-0.043	合格
point26	241324.865	2590044.086	2514.420	2514.441	0.021	合格
point27	242690.363	2588880.054	2038.179	2038.171	-0.008	合格
point28	242552.803	2587592.596	2147.944	2147.967	0.023	合格
point29	242600.822	2586372.910	1756.218	1756.215	-0.003	合格
point30	242316.928	2584160.793	2120.572	2120.522	-0.050	合格
point31	242645.593	2583059.898	2522.207	2522.167	-0.040	合格
point32	239131.114	2580798.991	2490.991	2490.999	0.008	合格
point33	238571.483	2579321.566	1840.160	1840.140	-0.020	合格

## 4-4 點雲過濾成果檢查

### 一、DEM 資料 ASCII 格式檢查

檢查項目如附件四表 301，繳交 DEM 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 成果經過內政部「DTM 成果資料檢核程式」檢查，如圖 4-19，本次共進行全部 27 圖幅之資料檢核，檢核報表如圖 4-20，成果符合作業規範。



圖 4-19 DTM 成果資料檢核程式操作畫面

原始資料路徑	E:\temp\112YS_check\1mDEM_5000-ghh						
	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
95191036dem	0	0	0	0	0	0	0
95191037dem	0	0	0	0	0	0	0
95191038dem	0	0	0	0	0	0	0
95191039dem	0	0	0	0	0	0	0
95191046dem	0	0	0	0	0	0	0
95191047dem	0	0	0	0	0	0	0
95191048dem	0	0	0	0	0	0	0
95191049dem	0	0	0	0	0	0	0
95191055dem	0	0	0	0	0	0	0
95191056dem	0	0	0	0	0	0	0
95191057dem	0	0	0	0	0	0	0
95191058dem	0	0	0	0	0	0	0
95191059dem	0	0	0	0	0	0	0
95191063dem	0	0	0	0	0	0	0
95191064dem	0	0	0	0	0	0	0
95191065dem	0	0	0	0	0	0	0
95191066dem	0	0	0	0	0	0	0
95191067dem	0	0	0	0	0	0	0
95191068dem	0	0	0	0	0	0	0
95191069dem	0	0	0	0	0	0	0
95191073dem	0	0	0	0	0	0	0
95191074dem	0	0	0	0	0	0	0
95191075dem	0	0	0	0	0	0	0
95191076dem	0	0	0	0	0	0	0
95191077dem	0	0	0	0	0	0	0
95191078dem	0	0	0	0	0	0	0
95191079dem	0	0	0	0	0	0	0
圖幅總數	27						
檢驗日期	2023/10/4					權責機關 (請加蓋機關印信)	
檢核結果	<input type="checkbox"/> 不通過 <input checked="" type="checkbox"/> 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 4-20 DEM 資料 ASCII 格式檢查成果表

## 二、DSM 資料 ASCII 格式檢查表

檢查項目如附件四表 302，繳交 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)。DSM 成果經過內政部「DTM 成果資料檢核程式」檢查，本次共進行全部 27 圖幅之資料檢核，檢核報表如圖 4-21，成果符合作業規範。

原始資料路徑 E:\temp\112YS_check\1mDSM_5000-ghh							
圖幅號碼	檢核項目						
	1.檔案齊全	2.檔案名稱	3.檔案開啟	4.檔頭內容	5.網格式樣	6.網格內容	7.坐標檢核
95191036dsm	0	0	0	0	0	0	0
95191037dsm	0	0	0	0	0	0	0
95191038dsm	0	0	0	0	0	0	0
95191039dsm	0	0	0	0	0	0	0
95191046dsm	0	0	0	0	0	0	0
95191047dsm	0	0	0	0	0	0	0
95191048dsm	0	0	0	0	0	0	0
95191049dsm	0	0	0	0	0	0	0
95191055dsm	0	0	0	0	0	0	0
95191056dsm	0	0	0	0	0	0	0
95191057dsm	0	0	0	0	0	0	0
95191058dsm	0	0	0	0	0	0	0
95191059dsm	0	0	0	0	0	0	0
95191063dsm	0	0	0	0	0	0	0
95191064dsm	0	0	0	0	0	0	0
95191065dsm	0	0	0	0	0	0	0
95191066dsm	0	0	0	0	0	0	0
95191067dsm	0	0	0	0	0	0	0
95191068dsm	0	0	0	0	0	0	0
95191069dsm	0	0	0	0	0	0	0
95191073dsm	0	0	0	0	0	0	0
95191074dsm	0	0	0	0	0	0	0
95191075dsm	0	0	0	0	0	0	0
95191076dsm	0	0	0	0	0	0	0
95191077dsm	0	0	0	0	0	0	0
95191078dsm	0	0	0	0	0	0	0
95191079dsm	0	0	0	0	0	0	0
圖幅總數	27						
檢驗日期	2023/10/4					權責機關 (請加蓋機關印信)	
檢核結果	<input type="checkbox"/> 不通過 <input checked="" type="checkbox"/> 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 4-21 DSM 資料 ASCII 格式檢查成果表

### 三、DEM/DSM 資料其他檔案格式檢查表

檢查項目如附件四表 303，需檢查 DEM、DSM 之 XYZ 檔案格式，檢查畫面如圖 4-22，本次共進行 DEM、DSM 各 27 圖幅之 XYZ 檔案格式檢核，成果符合作業規範。

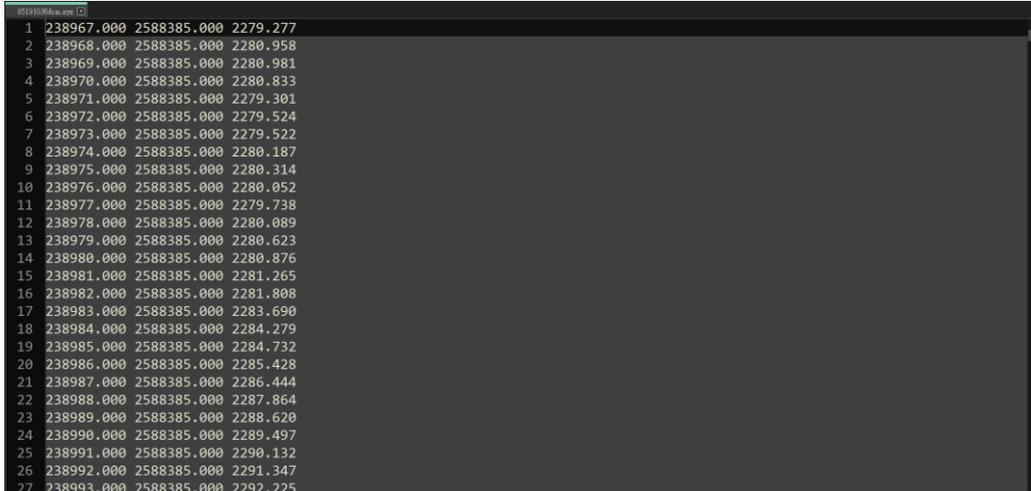


圖 4-22 DEM 之 XYZ 檔案格式檢查畫面

### 四、DEM 成果檢核表

檢查項目如附件四表 305，使用 TerraSolid 進行成果檢核，檢核標準依據『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，本計畫因測區人跡罕至，故以人工空中三角測量與立體製圖方式取得地面檢核點，所挑選的位置以裸露地為主，地表植被平均高度為 0，地形類別則由 1m DEM 計算坡度所得，坡度圖如圖 4-23，本次共進行 20 個抽樣點之檢核，成果如表 4-15，符合作業規範。

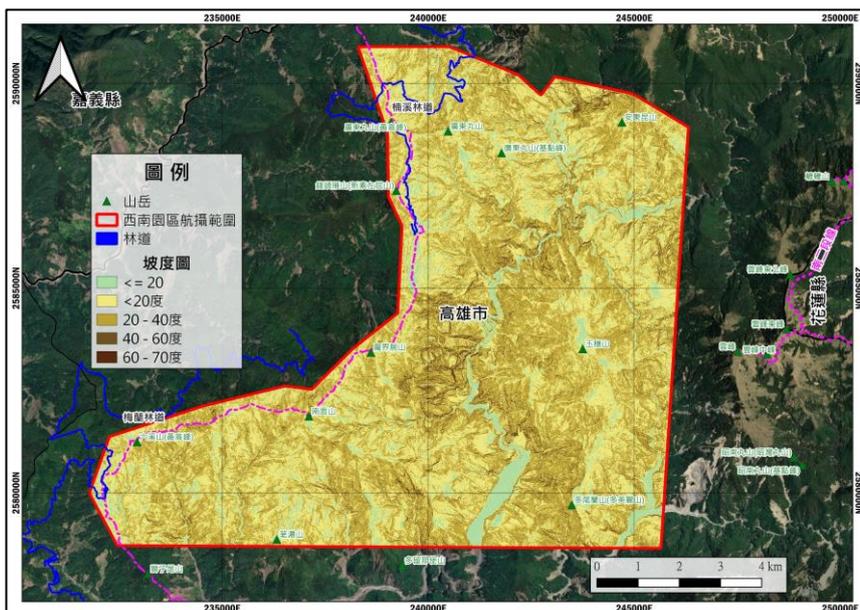


圖 4-23 玉山西南園區坡度圖

表 4-15 DEM 地類檢核點成果表(單位: m)

Number	Easting	Northing	Z	DEM Z	dZ	地形類別	高程容許誤差(m)	是否合格
point1	240113.760	2590042.556	2091.136	2091.433	0.297	丘陵地	0.5	合格
point2	243041.135	2589311.500	2007.836	2007.356	-0.480	陡峭山地	1.3	合格
point3	240961.677	2589000.195	2597.994	2598.488	0.494	山地	0.8	合格
point4	244499.193	2587792.741	2283.737	2284.028	0.291	山地	0.8	合格
point5	240982.375	2587444.158	2336.978	2337.361	0.383	陡峭山地	1.3	合格
point6	244330.712	2586353.382	2075.396	2075.125	-0.271	丘陵地	0.5	合格
point7	240262.937	2585731.500	2398.343	2397.886	-0.457	山地	0.8	合格
point8	240834.711	2585637.576	2171.171	2170.709	-0.462	丘陵地	0.5	合格
point9	243841.484	2584935.326	2564.871	2564.809	-0.062	山地	0.8	合格
point10	239582.715	2584231.986	2513.405	2513.838	0.433	山地	0.8	合格
point11	242063.104	2583770.355	1846.603	1846.899	0.296	丘陵地	0.5	合格
point12	244994.835	2583120.635	2680.777	2680.697	-0.080	陡峭山地	1.3	合格
point13	238061.657	2583021.627	2720.586	2720.515	-0.071	丘陵地	0.5	合格
point14	243981.281	2582387.883	2721.636	2722.130	0.494	山地	0.8	合格
point15	235153.891	2581335.839	2393.257	2393.305	0.048	山地	0.8	合格
point16	242187.529	2581304.854	1414.819	1414.796	-0.023	陡峭山地	1.3	合格
point17	232915.211	2580187.209	1869.388	1869.217	-0.171	山地	0.8	合格
point18	237504.166	2580408.462	2027.194	2027.467	0.273	丘陵地	0.5	合格
point19	242415.319	2580438.963	1396.841	1396.874	0.033	山地	0.8	合格
point20	245134.269	2579868.642	1712.968	1712.863	-0.105	山地	0.8	合格

## 4-5 航空攝影成果檢查

### 一、航拍影像涵蓋完整性檢查

檢查項目如附件四表 401，影像涵蓋如圖 4-24，影像重疊率依據航拍影像攝影中心坐標、像機像幅與地面解析度計算而得，前後影像重疊率平均達 83%，左右影像重疊率平均達 62%，表 4-16 節錄前後左右重疊率檢查，影像重疊率皆符合規範。

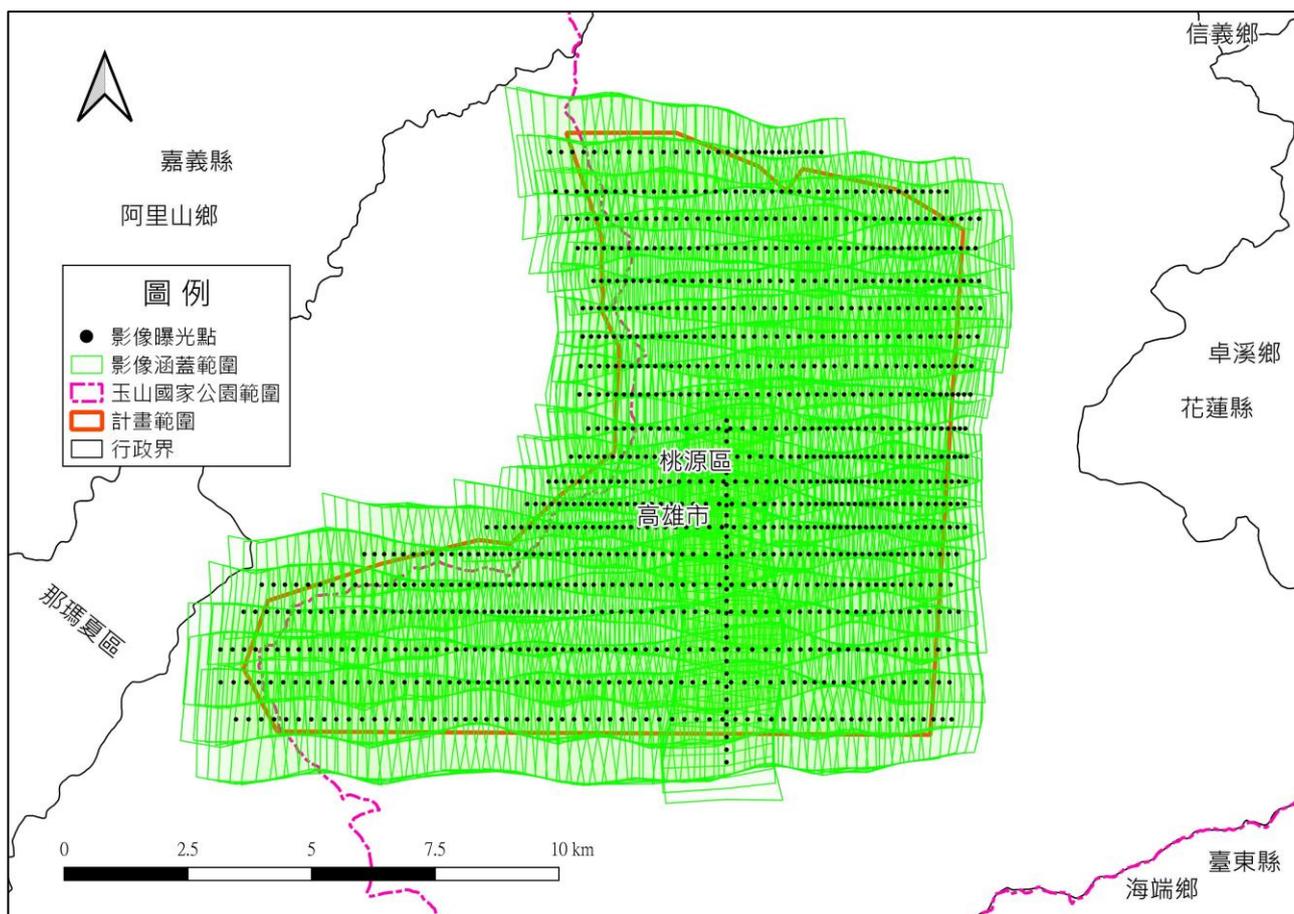


圖 4-24 垂直攝影鏡頭影像涵蓋範圍分布圖

表 4-16 影像重疊率檢查

像片名稱	曝光點坐標 TWD97 【2010】 (m)			左右重疊 相應影像	像片重疊率	
	X	Y	正高		前後	左右
01_0506_27781	238616.995	2590506.988	4203.317	02_0506_27775	83.12%	56.46%
01_0506_27793	241348.539	2590501.837	4204.699	02_0506_27762	84.46%	58.50%
03_0506_27703	240540.252	2589151.382	4194.967	04_0625_32567	79.71%	61.00%
03_0506_27725	244984.15	2589151.760	4197.216	04_0625_32589	79.65%	51.48%
04_0625_32572	241451.757	2588545.886	3987.821	05_0625_32628	81.57%	57.33%
04_0625_32596	246009.216	2588552.146	4001.398	05_0625_32604	79.52%	40.81%
05_0625_32607	245575.491	2587893.578	4004.741	06_0625_33191	86.94%	65.99%
05_0625_32612	244794.681	2587895.067	3996.202	06_0625_33187	86.08%	64.57%
06_0625_33163	239891.408	2587317.634	3950.807	07_0625_33147	81.32%	56.64%
06_0625_33180	243448.523	2587310.760	3940.993	07_0625_33130	82.27%	71.59%
07_0625_33118	245875.721	2586750.302	3939.371	08_0625_33107	87.08%	67.55%
07_0625_33148	239679.174	2586748.530	3949.270	08_0625_33076	78.84%	47.65%
08_0625_33086	241763.028	2586141.257	3950.580	09_0625_33051	80.03%	67.21%
08_0625_33092	243104.596	2586157.644	3939.990	09_0625_33045	86.14%	71.91%
09_0625_33045	243065.248	2585577.895	3926.610	10_0625_32665	84.92%	58.02%
09_0625_33061	239835.703	2585576.707	3931.984	10_0625_32650	80.97%	43.75%
10_0625_32650	239794.739	2584871.874	3990.562	11_0625_32724	79.40%	54.05%
10_0625_32675	244530.409	2584883.167	3984.096	11_0625_32699	83.81%	63.89%
13_0625_32792	244754.939	2583330.408	3969.291	14_0625_32877	80.42%	62.08%

13_0625_32826	238453.463	2583341.097	4003.228	14_0625_32843	79.96%	59.59%
14_0625_32839	237652.553	2582869.501	4020.099	15_0625_32935	81.73%	60.95%
14_0625_32858	241474.573	2582868.275	4001.406	15_0625_32915	81.75%	74.73%
15_0625_32898	244422.844	2582322.049	4008.382	16_0625_33014	83.65%	51.08%
15_0625_32917	240907.094	2582328.052	3982.552	16_0625_32997	84.40%	73.61%
16_0625_32960	233582.257	2581698.324	3992.803	17_0627_34611	80.90%	70.57%
16_0625_32988	238925.941	2581699.197	3980.014	17_0627_34641	84.51%	67.99%
17_0627_34617	234895.347	2581145.114	4221.999	18_0627_34729	85.80%	58.90%
17_0627_34635	237851.74	2581145.166	4227.792	18_0627_34713	84.82%	53.25%
18_0627_34683	244709.282	2580365.789	4216.045	19_0506_27632	86.00%	68.36%
18_0627_34717	237151.742	2580369.701	4224.903	19_0627_34771	88.62%	67.95%
19_0506_27643	242340.638	2579704.856	3894.065	20_0506_27607	83.30%	66.91%
19_0506_27677	234904.370	2579705.908	3900.726	20_0506_27576	81.68%	60.62%

## 二、航拍像機檢查

檢查項目如附件四表 402，本次計畫使用之像機 **Ultra Cam Osprey 4.1** 像幅大小為 20,544\*14,016 pixels，像素尺寸為 3.76 $\mu$ m，色彩濃度為 8-bit，符合本次作業規範。

## 三、航拍影像品質檢查

檢查項目如附件四表 403，地面解析度依據航拍影像攝影中心高程，減去地表面高程(由 1 米 DEM 所得)，獲得對地高度，並以本計畫使用之像機 UltraCam Osprey 4.1 參數計算而得。表 4-17 節錄像片名稱、像機焦距、像元尺寸、攝影中心坐標、地表面高程以及地面解析度，平均地面解析度小於 15 公分符合規範，天氣資訊詳如附件六飛航掃瞄報告書。

表 4-17 地面解析度檢查

像片名稱	像機焦距 (mm)	像元尺寸 ( $\mu\text{m}$ )	攝影中心坐標 TWD97【2010】 (m)			地表 面 高程	地面解 析度 (cm)
			X	Y	正高		
01_0506_27783	79.6	3.76	239043.272	2590510.660	4205.254	2180	9.57
02_0506_27740			245249.609	2589712.001	4182.706	2847	6.31
03_0506_27704			240754.942	2589148.928	4195.233	2522	7.9
04_0625_32563			239758.866	2588555.127	3991.720	2663	6.28
04_0625_32573			241646.217	2588546.102	3989.448	2454	7.25
05_0625_32632			240727.362	2587894.577	4000.902	2354	7.78
06_0625_33162			239727.840	2587316.297	3955.654	2671	6.07
06_0625_33196			246372.340	2587327.561	3952.035	1933	9.54
07_0625_33138			241564.129	2586749.724	3948.515	2128	8.6
08_0625_33077			239909.131	2586145.971	3945.161	2656	6.09
09_0625_33032			245314.478	2585561.409	3909.099	2435	6.96
09_0625_33051			241766.080	2585576.837	3950.447	1768	10.31
10_0625_32667			243364.224	2584879.901	3992.825	2577	6.69
11_0625_32699			244488.298	2584300.119	3991.070	2655	6.31
11_0625_32732			238417.654	2584300.842	3993.902	2310	7.95
12_0625_32738			238835.348	2583787.967	3986.522	2644	6.34
12_0625_32755			242343.143	2583807.052	3983.733	2067	9.05
13_0625_32784			246090.024	2583334.643	3973.081	2870	5.21
13_0625_32806			242683.375	2583347.605	3984.408	2392	7.52
14_0625_32886			246304.827	2582877.589	3977.639	2624	6.39
15_0625_32890			245758.857	2582327.263	3973.749	2268	8.06
15_0625_32912	242240.484	2582326.360	4006.946	2148	8.78		
16_0625_32995	240390.503	2581697.167	3986.070	1786	10.39		
17_0627_34651	241098.238	2581172.292	4229.949	1740	11.76		
18_0627_34705	239413.882	2580388.023	4235.264	2137	9.91		
19_0506_27666	237252.211	2579714.572	3893.083	1948	9.19		
20_0506_27597	239666.204	2578962.521	3779.640	1317	11.63		
21_0627_34811	241532.672	2578945.791	4229.540	1417	13.29		

## 4-6 正射影像檢查

### 一、正射影像格式及品質檢查

檢查項目如附件四表 411，正射影像檔案格式如圖 4-25，影像解析度皆小於 15 公分，色調為自然色，影像含雲率經人眼判釋均低於 5%，符合作業規範。

名稱	修改日期	類型	大小
95191036.tfw	2023/10/2 上午 10:27	TFW 檔案	1 KB
95191036.tif	2023/10/2 下午 02:10	TIF 檔案	937,290 KB
95191037.tfw	2023/10/2 上午 10:29	TFW 檔案	1 KB
95191037.tif	2023/10/2 下午 02:10	TIF 檔案	937,290 KB
95191038.tfw	2023/10/2 上午 10:30	TFW 檔案	1 KB
95191038.tif	2023/10/2 下午 02:10	TIF 檔案	935,489 KB
95191039.tfw	2023/10/2 上午 10:31	TFW 檔案	1 KB
95191039.tif	2023/10/2 下午 02:10	TIF 檔案	933,827 KB
95191046.tfw	2023/10/2 上午 10:33	TFW 檔案	1 KB
95191046.tif	2023/10/2 下午 02:11	TIF 檔案	937,201 KB
95191047.tfw	2023/10/2 上午 10:34	TFW 檔案	1 KB
95191047.tif	2023/10/2 上午 10:34	TIF 檔案	940,573 KB
95191048.tfw	2023/10/2 上午 10:36	TFW 檔案	1 KB
95191048.tif	2023/10/2 上午 10:36	TIF 檔案	940,573 KB
95191049.tfw	2023/10/2 上午 10:37	TFW 檔案	1 KB
95191049.tif	2023/10/2 下午 02:11	TIF 檔案	937,286 KB
95191055.tfw	2023/10/2 上午 10:39	TFW 檔案	1 KB
95191055.tif	2023/10/2 下午 02:11	TIF 檔案	937,285 KB
95191056.tfw	2023/10/2 上午 10:40	TFW 檔案	1 KB
95191056.tif	2023/10/2 下午 02:35	TIF 檔案	935,493 KB
95191057.tfw	2023/10/2 上午 10:42	TFW 檔案	1 KB
95191057.tif	2023/10/2 上午 10:42	TIF 檔案	940,573 KB
95191058.tfw	2023/10/2 上午 10:43	TFW 檔案	1 KB
95191058.tif	2023/10/2 上午 10:43	TIF 檔案	940,573 KB
95191059.tfw	2023/10/2 上午 10:45	TFW 檔案	1 KB
95191059.tif	2023/10/2 下午 02:12	TIF 檔案	937,286 KB

圖 4-25 正射影像檔案格式檢查

## 二、地物連續及合理性檢查

檢查項目如附件四表 412 正射影像之扭曲與邊緣線接已經過修正，如圖 4-26 與圖 4-27，抽樣樣本皆符合規範。



圖 4-26 正射影像扭曲修正成果

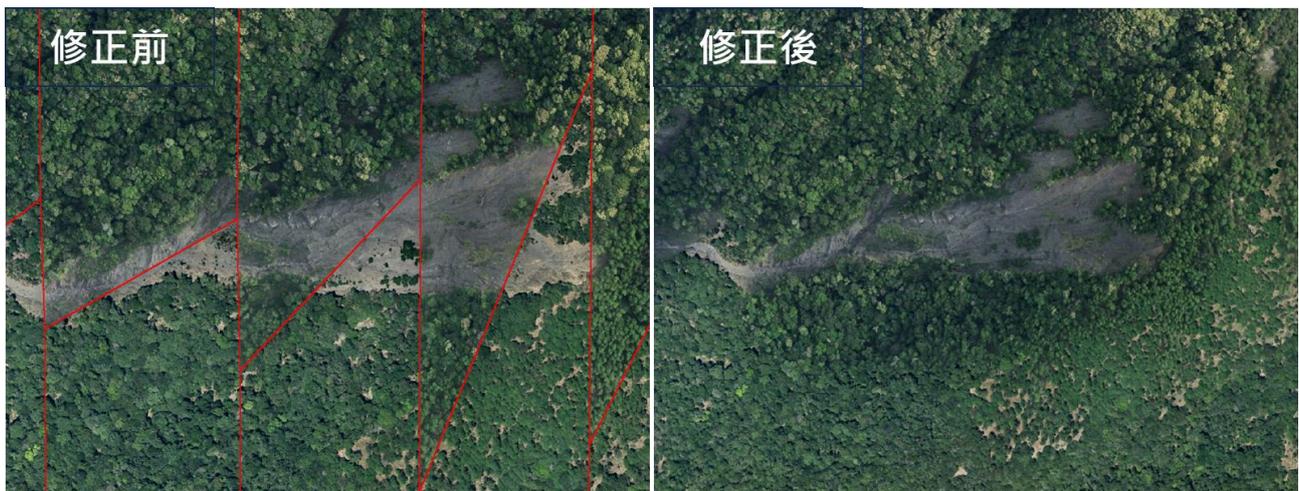
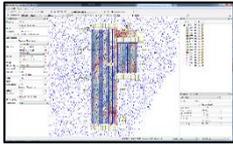
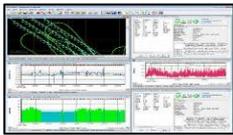
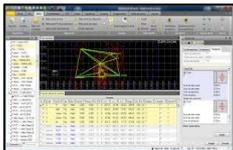
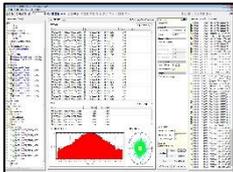
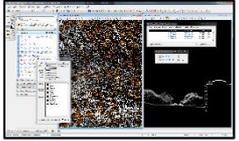
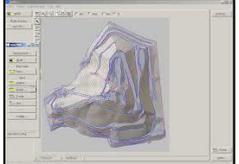
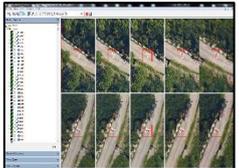


圖 4-27 正射影像邊緣線修正成果

4-7 軟體設備

項次	軟體名稱	操作畫面	數量
1	<p><b>IGI Plan</b>：空載光達掃瞄飛航規劃</p> <p>結合 IGI 系列 Areo Control 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。</p>		1
2	<p><b>GrafNav、IE</b>：GNSS 軌跡解算</p> <p>高精度動態解算 ARTK 模式可提高解算成果精度。</p>		2
3	<p><b>LeadSurvey</b>：自主研發地面控制測量軟體</p> <p>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</p>		1
4	<p><b>Trimble Business Center</b>：靜態 GNSS 解算</p> <p>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。</p>		1
5	<p><b>Riegl 系列</b>：點雲資料處理</p> <p>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。</p>		4

項次	軟體名稱	操作畫面	數量
6	<p><b>Microstation</b>：點雲資料處理/數值繪圖</p> <p>TerraScan/ TerraModeler/ TerraMatch 點雲分類與編修。</p>		6
7	<p><b>SCOP++</b>：DEM/DSM 網格內插</p> <p>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。</p>		2
8	<p><b>Agisoft Metashape</b>：影像處理/空三平差</p> <p>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。</p>		2
9	<p><b>ERDAS IMAGINE LPS ORIMA</b>：影像處理/空三平差</p> <p>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。</p>		1
10	<p><b>ContextCapture Center</b>：大規模 3D 實景建模軟體</p> <p>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。</p>		2

#### 4-8 硬體設備

用途	儀器型式/儀器精度及規格	儀器照片	數量
飛 航 載 具	<p><b>BN2 系列專業航拍定翼機</b></p> <p>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</p>		2
空 載 光 達 掃 瞄 與 航 空 攝 影 測 量	<p><b>數位像機(UltraCam Osprey4.1)</b></p> <p>2021 年採購之航測像機，為全世界最大像幅航空傾斜攝影機，創新多方向性之自適應動態補償技術，像元尺寸高達 3.76 μm 具有 2 億 8 千 7 百萬像，大幅提升影像品質，獲得最佳解析度影像。同時具有長焦朝天底(Nadir)攝像與傾斜(Oblique)鏡頭，同架次飛航可同時達到高精度製圖以及細緻建模等需求。</p>		1
	<p><b>數位像機(Phase One iXA 180)</b></p> <p>Phase One 航測像機(iXA 180)具有 8000 萬像素(10,320×7,752 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(0.7 秒)。</p>		1
	<p><b>IMU(慣性測量單元)</b></p> <p>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。</p>		2
	<p><b>Airborne LiDAR 空載光達系統-Q780</b></p> <p>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。</p>		1

## 第五章 團隊組織及設備

### 5-1 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、空載光達掃瞄資料處理以及 DEM/DSM 產製作業經驗，搭配自強公司自主研發能力，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 5-1。



圖 5-1 計畫組織人力架構圖

## 5-2 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	整合部協理/ 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	王歆瑋	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
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	經理	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	高珮珊	行政部助理	會計業務/行政業務
14	航攝與掃瞄	航攝掃瞄組長	陳韋灯	航測部經理	飛航任務執行
15		航攝掃瞄副組長	康祐程	航拍組長	飛航任務執行
16		航攝掃瞄組員	王建鈞	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	測量部經理	GNSS 測量/地類檢核點測量
21		陸域測量副組長	林文凱	測量部經理	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	航測部副理	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	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
31		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
32		影像處理組員	董秀琪	製圖組長	影像處理/正射影像製作
33		影像處理組員	王紹佟	製圖組長	影像處理/3D 模型建置
34		影像處理組員	陳任頤	製圖副組長	影像處理/3D 模型建置
35		影像處理組員	邱致軒	製圖工程師	影像處理/正射影像製作

## 第六章 結語

### 6-1 結論

為持續建置玉山國家公園重要區域之空間資訊，作為玉管處辦理通盤檢討計畫、工程規劃與自然保育業務推動之參考，以掌握園區重要服務據點及周邊區域之環境現況，本(112)年度規劃建置西南園區之範圍區域航空傾斜攝影暨空載光達掃瞄作業。

本計畫使用自有專業航攝飛行載具(BN2-B68802)、空載 LiDAR(Riegl LMS-Q780)以及全世界最大像幅之傾斜攝影像機(UltraCam Osprey 4.1)執行航空傾斜攝影作業暨空載光達掃瞄作業，於 112 年 5、6 月共執行 3 架次完成飛航任務，獲得高品質點雲、垂直及傾斜影像資料。

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)、15cm 正射影像、影像匹配 3D 地形地貌模型，正射影像成果精度優於內政部國土測繪中心及 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 DEM/DSM 資料製作樹冠高度模型(CHM)做為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。

### 6-2 建議

本計畫產製之 1m 樹冠高度模型(CHM)及單木分割成果會因地形(如斷崖等)造成樹高判斷誤差，雖已利用地形坡度進行篩選，仍建議將本案資料提供給森林系專業學者研擬篩選辦法，以利協助植群類型判斷、尋找園區內巨木等多方面運用。

本計畫於今年採用 UltraCam Osprey 4.1 執行航空傾斜攝影作業，正射影像解析度可達 15cm，優於國土測繪中心及 Google earth 公開影像，為提供最新型且優質的影像資料，建議未來可提高預算繼續採用高像素傾斜攝影像機於未拍攝或現有資料較舊之園區繼續執行相關計畫。