

**112 年及 113 年 LiDAR 技術更新數值  
地形模型成果測製工作（第 3 作業區）  
2023 and 2024 Government Procurement for  
Updating Taiwan DEM by LiDAR Technique  
3<sup>rd</sup> Work Zone**

112 年度工作總報告  
Final Report in 2023



標案案號：NLSC-112-12

主辦機關：內政部國土測繪中心

執行單位：自強工程顧問有限公司

中華民國 112 年 12 月 25 日

112  
年度

112年及113年 LIDAR 技術更新數值地形模型成果測製工作(第3作業區)

112  
年度工作總報告

內政部國土測繪中心



內政部國土測繪中心

地址：臺中市南屯區黎明路 2 段 497 號 4 樓

網址：<https://www.nlsc.gov.tw>

總機：(04) 22522966

傳真：(04) 22592533

## 摘要

數值地形模型(DTM，包括 DEM 及 DSM)資料為國家各項重大建設的基礎，舉凡遙測衛星影像糾正、水資源決策與管理、水文模擬應用、洪氾地區溢淹模式分析、工程設計與規劃、飛航安全管理等，均須有精確詳實之數值地形資料以茲應用。行政院於 102 年中央災害防救會報第 28 次會議裁示：高解析度 DTM 資料於災區潛在大規模崩塌調查成果，對於政府防減災規劃與國土保育，提供重要的決策資訊，應持續規劃短、中、長期工作，循年度及中長程施政計畫作業程序辦理。內政部推動「落實智慧國土—國土測繪圖資更新及維運計畫(105 至 109 年度)」，將數值地形模型成果更新工作列為分項計畫，並自 108 年度起交由內政部國土測繪中心執行，續於 110 年依據「邁向 3D 智慧國土—國家底圖空間資料基礎建設計畫(110 至 114 年)」持續辦理臺灣本島 DTM 成果更新工作，截至 111 年止已辦理 1,648 幅(1/5000 圖框)範圍數值地形模型更新作業。112 年及 113 年持續規劃更新範圍合計 1,701 圖幅。

112 年 DTM 成果更新作業第 3 作業區由自強工程顧問有限公司辦理，計 306 幅 1/5,000 圖幅，並分成 2 個子測區執行。計畫工作項目包括飛航掃瞄規劃、控制測量、點雲過濾、DTM 製作及正射影像製作等成果，並且由主辦機關另案委由專業服務廠商(以下簡稱監審單位)協助成果檢核與監審工作，各階段成果皆經過監審單位審查認可後交付主辦機關。

本計畫空載光達使用 Riegl LMS Q780 掃瞄儀進行，以左右重疊率 50%共規劃 130 條航線其總長為 2,953 公里，總計執行 35 架次飛航掃瞄任務。使用總計 20 站 GNSS 基站以及 183 點航帶平差控制點進行軌跡解算與點雲航帶平差作業，第 1 子測區點雲平均密度為 3.65 點/m<sup>2</sup>，平差單位權中誤差為 4.4 公分；第 2 子測區點雲平均密度為 4.57 點/m<sup>2</sup>，單位權中誤差為 5.9 公分，再利用經過自動化與人工編修後的點雲製作 1m 解析度 DEM/DSM 共 306 幅，低海拔各地類檢核精度在平均絕對誤差為 6.1 公分~12.4 公分之間，均方根誤差為 7.6 公分~14.6 公分之間。低海拔橫斷面檢核精度在平均絕對誤差為 4.9 公分，均方根誤差為 10.5 公分。中高海拔各地類檢核精度在平均絕對誤差為 7.1 公分~15.3 公分之間，均方根誤差為 9.5 公分~22.5 公分之間。中高海拔橫斷面檢核精度在平均絕對誤差為 10.6 公分，均方根誤差為 12.7 公分。

本計畫影像使用鏡頭焦距 50mm 之 Phase One iXU-RS1000 航攝像機同步進行拍攝，影像前後重疊率為 80%，左右重疊率約 56%，總計使用 10,216 張影像，產製地面解析度 25 公分之正射影像共 306 幅，正射影像成果平面精度經現地檢核第 1 子測區均方根誤差為 21.3 公分，第 2 子測區均方根誤差為 16.3 公分，本計畫全成果精度均經監審單位以及主辦機關審查後符合作業規範。

關鍵字：空載光達、數值地形模型、數值地表模型、數值高程模型

## Abstract

DTM, including both DEM and DSM, is the basic data of every major infrastructures in modern time. It can provide works such as satellite image rectification, water resource management, hydrological modeling, flood forecasting, engineering design, and flight management with much precise topographic data. Therefore, on the 28th Central Disaster Prevention and Response Council of 2013, Executive Yuan announced that, due to the capability of high resolution DTM, which can aid disaster prevention and environmental conservation in hazard prone area, government should put effort into short term, medium term, and long term project on producing DTM through annual administrative plan. As a result, Ministry of the interior (MOI) promote the < Implementation of Smart Homeland - National geospatial information updating & maintenance (2016 ~ 2020) >, put DTM renewing as part of project, and handed over to National Land Surveying and Mapping Center (NLSC) of MOI since 2019. After that based on < Moving Towards A 3D Smart Homeland – Building National Spatial Data Infrastructure(2021 ~ 2025)>, NLSC keep updating Taiwan mainland DTM. Till 2022, 1,648 map sheets DTM updates have been completed. The scope of continuous planning updates in 2023 to 2024 totaled 1,701 map sheets.

In the project of 2023, there are 306 map sheets of maps in third work zone, and split into two area. To achieve the goal, Strong Engineering Consulting Co., Ltd. planned to finish following works, including flight planning for laser scanning, control surveying, point cloud classification, DTM and orthophotos generating. In addition, an independent party of quality assurance and quality control (QA/QC) of the data, assigned by NLSC, will examine the effectiveness of project during progress. Every stage of result will be delivered to the NLSC after been approved by the QA/QC party.

35 flight missions, which have 130 flight lines with total length of 2,953 km, planned by using 50% sidelap, were executed by airborne laser scanner - Riegl LMS Q780. Using total 20 GNSS base stations for post-processing, and 183 ground control points for point cloud bundle adjustment. The point cloud density is 3.65 point/m<sup>2</sup> in first area, 4.57 point/m<sup>2</sup> in second area. Unit weight mean square error of point cloud bundle adjustment is 4.4 cm in first area, 5.9 cm in second area. And total 306 map sheets of 1m DEM/DSM derived from automatic and manual edited point cloud. In low attitude area, DEM's mean absolute error (MAE) of classification precisions are between 6.1 ~ 12.4

cm, and root-mean-square deviation (RMSE) are between 7.6 ~ 14.6 cm. And The cross section precision's MAE is 4.9cm, and RMSE is 10.5cm. In mid-high attitude area, DEM's MAE of classification precisions are between 7.1 ~ 15.3 cm, and RMSE are between 9.5 ~ 22.5 cm. And The cross section precision's MAE is 10.6 cm, and RMSE is 12.7 cm.

Phase One iXU-RS1000 camera with 50mm focal length was also used to take images simultaneously, while collecting the LiDAR data, planned by using 80% forward-overlap and 56% side-overlap. There are total 10,216 images, to producing 306 map sheets of orthophotos with Ground Sample Distance (GSD) 25cm. Combined with field checking, the horizontal accuracy of these orthophotos' RMSE is 21.3cm in first area, and 16.3cm in second area. All results mentioned above meet the standard under the supervision of QA/QC party and NLSC.

Keywords : Airborne LiDAR, Digital Terrain Model (DTM), Digital Surface Model (DSM), Digital Elevation Model (DEM)

# 目錄

摘要 .....	I
Abstract .....	III
目錄 .....	V
附件目錄 .....	VIII
圖目錄 .....	IX
表目錄 .....	XII
第一章 前言 .....	1
1-1 計畫緣起 .....	1
1-2 測製範圍 .....	1
1-3 工作項目 .....	3
1-3-1 空載光達掃瞄飛航規劃 .....	3
1-3-2 空載光達掃瞄及航空攝影施測資料獲取 .....	3
1-3-3 正射影像製作 (含空中三角測量) .....	3
1-3-4 各項報告書、工作總報告 .....	4
1-4 工作時程及應交付成果 .....	5
1-5 驗收辦法 .....	6
1-6 其他相關規定 .....	7
第二章 計畫執行方法與步驟 .....	8
2-1 工作流程 .....	8
2-2 儀器設備 .....	9
2-2-1 空載光達掃瞄儀 .....	9
2-2-2 高精度 IMU .....	11
2-2-3 航空攝像機 PhaseONE iXU-RS 1000 .....	12
2-2-4 GNSS 衛星定位儀 .....	13
2-3 掃瞄飛航規劃 .....	14
2-3-1 作業原則 .....	14
2-3-2 航線規劃成果： .....	17
2-3-3 航攝實施計畫申請 .....	19



2-4 空載光達率定 .....	20
2-4-1 率定場設置 .....	20
2-4-2 率定作業內容 .....	21
2-4-3 率定作業執行 .....	24
2-5 控制測量 .....	28
2-5-1 地面 GNSS 基站 .....	28
2-5-2 自架 GNSS 基地站 .....	32
2-5-3 地面 GNSS 基站成果 .....	35
2-5-4 控制點施測方法及分布 .....	39
2-5-5 控制點成果 .....	43
2-6 空載光達掃瞄及航空攝影資料獲取 .....	53
2-6-1 飛航掃瞄作業流程 .....	53
2-6-2 飛航掃瞄成果 .....	54
2-7 雷射掃瞄點雲資料處理 .....	58
2-7-1 原始點雲解算 .....	58
2-7-2 點雲航帶平差 .....	60
2-7-3 點雲分類 .....	63
2-8 DEM 與 DSM 製作及圖幅鑲嵌處理 .....	68
2-8-1 製作程序 .....	68
2-8-2 檢核點檢查 .....	70
2-8-3 DEM 成果外業檢核 .....	82
2-8-4 圖幅接邊 .....	83
2-8-5 正高轉換 .....	84
2-8-6 資料儲存格式 .....	84
2-8-7 詮釋資料製作 .....	84
2-8-8 地面點空間分布檢核(地面點孔洞分析) .....	85
2-8-9 成果展示 .....	88
2-9 正射影像製作 .....	90
2-9-1 空中三角測量 .....	90

2-9-2 正射影像製作流程.....	96
2-9-3 正射影像成果.....	98
2-9-4 正射影像地物平面精度檢查.....	99
2-9-5 正射影像詮釋資料製作.....	100
2-9-6 正射影像外部接邊.....	101
2-9-7 水域線與沙洲線劃設.....	101
第三章 成本因子分析.....	103
3-1 進度管制計畫.....	103
3-2 飛航掃瞄工作.....	103
3-3 點雲編修人力配置.....	104
3-4 影像處理人力配置.....	104
3-5 空中三角測量影像需求.....	105
3-6 空中三角測量成果檢核.....	106
3-7 成本分析.....	107
第四章 執行團隊.....	108
4-1 團隊組織編制.....	108
4-2 性平統計.....	108
4-3 主要參與人員名冊.....	109
4-4 其他軟、硬體設備.....	110
4-4-1 軟體設備.....	110
4-4-2 硬體設備.....	111
第五章 檢討與建議.....	115
5-1 檢討.....	115
5-2 建議.....	118

## 附件目錄

- 附件一 相關函文(電子檔)
- 附件二 DEM 高程容許誤差之計算方式(電子檔)
- 附件三 儀器規格、校正及率定文件(電子檔)
- 附件四 航線規劃參數表(電子檔)
- 附件五 潮汐預報表(電子檔)
- 附件六 空載光達率定報告書(電子檔)
- 附件七 各架次監審單位審查結果(電子檔)
- 附件八 GNSS 地面基站點位調查表(電子檔)
- 附件九 平差控制點位調查表(電子檔)
- 附件十 靜態聯測成果報表(電子檔)
- 附件十一 地類檢核分析成果(電子檔)
- 附件十二 地類檢核點遠近照(電子檔)
- 附件十三 空中三角測量平差報表(電子檔)
- 附件十四 資安政策與相關說明文件(電子檔)
- 附件十五 監審廠商審查意見回復
- 附件十六 主辦機關審查意見回復

## 圖目錄

圖 1-1	112 年第 3 作業區(2-3 測區)及子測區範圍.....	2
圖 2-1	工作流程圖 .....	8
圖 2-2	空載光達掃瞄儀 Riegl LMS-Q780 (2220651)實機照 .....	9
圖 2-3	106 年 IGI IMU 原廠率定成果報告 .....	11
圖 2-4	PhaseONE iXU-RS 1000 實機照.....	12
圖 2-5	地面點大孔洞範圍定義示意圖 .....	16
圖 2-6	2-3 測區 Riegl LMS-Q780 航線規劃圖 .....	18
圖 2-7	內政部與交通部民用航空局許可公文 .....	19
圖 2-8	南崗率定場範圍 .....	20
圖 2-9	南崗率定場航線規劃示意圖 .....	21
圖 2-10	率定場 GNSS 基站(MX34)分布圖 .....	22
圖 2-11	Lever arm 量測作業照-P68C-TC .....	23
圖 2-12	南崗率定場代入率定值前後點雲剖面圖 .....	24
圖 2-13	112 年 3 月 7 日率定場點雲成果展示圖 .....	25
圖 2-14	南崗率定場地面高程檢核點分布圖 .....	26
圖 2-15	南崗率定場地面高程檢核點施測作業照 .....	27
圖 2-16	既有 GNSS 基地站覆蓋不足範圍與 GNSS 自架站預選場址圖 .....	30
圖 2-17	GNSS 基地站分布及其 20 公里範圍圖 .....	31
圖 2-18	地面基站點位調查表(ST01).....	32
圖 2-19	點位透空圖(ST01).....	33
圖 2-20	點位透空環境圖(ST01).....	34
圖 2-21	控制點點位紀錄表 .....	40
圖 2-22	控制點位分布圖 .....	41
圖 2-23	控制點位分布套疊內政部國土測繪中心臺灣通用電子地圖 .....	42
圖 2-24	靜態聯測點位分布圖 .....	49
圖 2-25	空載雷射掃瞄施測資料獲取作業流程 .....	53
圖 2-26	各架次點雲涵蓋範圍圖 .....	57
圖 2-27	Riegl LMS-Q780 原始空載光達資料解算整體流程 .....	58
圖 2-28	Riegl RiPROCESS 展示全波形資料作業畫面 .....	59
圖 2-29	點雲資料各別屬性展示圖 .....	59

圖 2-30	點雲航帶平差作業流程 .....	60
圖 2-31	點雲航帶平差作業畫面 .....	61
圖 2-32	航帶間相對高程誤差檢核 (2-3 測區) .....	62
圖 2-33	點雲資料所須包含儲存欄位檢查作業畫面 .....	63
圖 2-34	LiDAR 點雲分類困難區域 .....	64
圖 2-35	以人工進行點雲分類前後示意圖 .....	66
圖 2-36	點雲編修分類成果示意圖 .....	66
圖 2-37	作業人員編修圖幅分布圖 .....	67
圖 2-38	地類檢核點實地施測作業照 .....	70
圖 2-39	地類檢核點分布圖 .....	71
圖 2-40	低海拔及河川洪泛溢淹地區地類檢核點成果-裸露地 .....	73
圖 2-41	低海拔及河川洪泛溢淹地區地類檢核點成果-矮植被 .....	73
圖 2-42	低海拔及河川洪泛溢淹地區地類檢核點成果-植生地 .....	74
圖 2-43	低海拔及河川洪泛溢淹地區地類檢核點成果-林地 .....	74
圖 2-44	低海拔及河川洪泛溢淹地區地類檢核點成果-都會區 .....	75
圖 2-45	低海拔及河川洪泛溢淹地區地類檢核點成果-濕地 .....	75
圖 2-46	中高海拔山區地類檢核點成果-裸露地 .....	76
圖 2-47	中高海拔山區地類檢核點成果-矮植被 .....	77
圖 2-48	中高海拔山區地類檢核點成果-植生地 .....	77
圖 2-49	中高海拔山區地類檢核點成果-林地 .....	78
圖 2-50	中高海拔山區地類檢核點成果-密林地 .....	78
圖 2-51	橫斷面檢核線位置分布 .....	79
圖 2-52	橫斷面檢核點現場作業工作照 .....	80
圖 2-53	低海拔及河川洪泛溢淹測製地區-斷面檢核成果 .....	80
圖 2-54	中高海拔山區測製地區-斷面檢核成果 .....	81
圖 2-55	DEM 成果外業檢核作業照 .....	82
圖 2-56	112 年度成果接邊分配圖 .....	83
圖 2-57	內政部「詮釋資料建置系統」作業畫面 .....	84
圖 2-58	DEM 詮釋資料成果示意 .....	85
圖 2-59	112 年 2-3 測區地面點孔洞分析圖 .....	86
圖 2-60	112 年 2-3 測區地面點孔洞變異圖 .....	87
圖 2-61	112 年 2-3 測區 1m DEM 日照陰影圖 .....	88

圖 2-62	112 年 2-3 測區 1m DSM 日照陰影圖.....	89
圖 2-63	空中三角測量作業流程.....	90
圖 2-64	空中三角測量平差分區圖.....	93
圖 2-65	航拍影像色調調整操作畫面.....	97
圖 2-66	正射影像鑲嵌作業畫面.....	97
圖 2-67	112 年 2-3 測區全區正射影像成果.....	98
圖 2-68	正射影像地物平面精度檢查外業檢核作業照.....	99
圖 2-69	正射影像詮釋資料製作畫面.....	100
圖 2-70	正射影像詮釋資料成果示意圖.....	100
圖 2-71	正射影像接邊示意圖.....	101
圖 2-72	112 年度全區水域線與沙洲線成果.....	102
圖 3-1	原始影像陰影示意圖.....	105
圖 4-1	團隊組織架構圖.....	108
圖 5-1	側風影響飛機飛航時航偏角示意圖.....	118

## 表目錄

表 2-1	空載光達掃瞄儀計畫需求與儀器特性對照表.....	9
表 2-2	Riegl LMS-Q780 詳細規格.....	10
表 2-3	高精度 IGI IMU 詳細規格表.....	11
表 2-4	PhaseONE iXU-RS 1000.....	12
表 2-5	地面 GNSS 衛星定位儀型號與用途.....	13
表 2-6	南崗率定飛航規劃資訊.....	22
表 2-7	率定場 GNSS 基站坐標位置.....	22
表 2-8	112 年 3 月 7 南崗率定場率定成果參數表.....	26
表 2-9	南崗率定場地面高程檢核點坐標成果表.....	26
表 2-10	測區周圍 GNSS 基地站列表.....	29
表 2-11	自架 GNSS 基地站使用儀器列表.....	32
表 2-12	112 年地面 GNSS 基站成果.....	36
表 2-13	STONEX 系列之 GNSS 衛星定位儀.....	39
表 2-14	航帶平差高程控制點(代碼 A)TWD97[2020]成果(臺灣本島區域).....	43
表 2-15	航帶平差平面控制點(代碼 B)TWD97[2020]成果(臺灣本島區域).....	46
表 2-16	檢核點(代碼 C)TWD97[2020]成果(臺灣本島區域).....	47
表 2-17	離島區域已知點精度檢核表.....	49
表 2-18	離島區域靜態聯測時段表.....	50
表 2-19	航帶平差高程控制點(代碼 A)TWD97[2020]成果(離島區域).....	51
表 2-20	航帶平差平面控制點(代碼 B)TWD97[2020]成果(離島區域).....	52
表 2-21	檢核點(代碼 C)TWD97[2020]成果(離島區域).....	52
表 2-22	各架次執行航線資訊與審查結果.....	54
表 2-23	編修人員作業編號及初驗不合格率統計表.....	67
表 2-24	112 年第 1 子測區(2-3-1 測區)DEMLAS 分批提送時程與檢查結果....	68
表 2-25	112 年第 2 子測區(2-3-2 測區)DEMLAS 分批提送時程與檢查結果....	68
表 2-26	低海拔及河川洪泛溢淹地區地類檢核點總成果.....	72
表 2-27	中高海拔山區地類檢核點總成果.....	76
表 2-28	外業檢查誤差分析統計表.....	82
表 2-29	空中三角測量連結點強度標準.....	91
表 2-30	空三計算成果統計.....	94

---

表 2-31	空三檢核點(C)平差後計算成果.....	95
表 2-32	正射影像平面精度檢查統計表.....	99
表 4-1	本案作業人員男女統計.....	109



# 第一章 前言

## 1-1 計畫緣起

數值地形模型〔(Digital Terrain Model, DTM)，包括 (Digital Elevation Model, DEM) 及 (Digital Surface Model, DSM)〕資料為國家各項重大建設的基礎，舉凡遙測衛星影像糾正、水資源決策與管理、水文模擬應用、洪氾地區溢淹模式分析、工程設計與規劃、飛航安全管理等，均須有精確詳實之數值地形資料以資應用。行政院於 102 年中央災害防救會報第 28 次會議裁示：高解析度 DTM 資料於災區潛在大規模崩塌調查成果，對於政府防減災規劃與國土保育，提供重要的決策資訊，應持續規劃短、中、長期工作，循年度及中長程施政計畫作業程序辦理。

內政部報經行政院核定推動「落實智慧國土-國土測繪圖資更新及維運計畫(105-109)」，自 105 年度起，分年規劃委外以 LiDAR 技術更新 DTM 資料，截至 109 年度止已辦理 3,177 幅 (1/5000 圖框) 範圍數值地形模型更新作業；另自 110 年度起續依據「邁向 3D 智慧國土-國家底圖空間資料基礎建設計畫(110-114 年)」持續辦理 DTM 資料更新，截至 111 年止已辦理 1,648 幅 (1/5000 圖框) 範圍數值地形模型更新作業。112 年及 113 年持續規劃更新範圍合計 1,701 圖幅，由測製案廠商辦理飛航掃瞄規劃、控制測量、點雲過濾、DTM 製作及檢核、正射影像製作等成果，由機關另案委由專業服務廠商 (以下簡稱監審廠商) 協助成果檢核與監審工作，俾達成計畫預期成效。

## 1-2 測製範圍

本計畫測區編號為 2-3 測區，範圍包含 306 幅 1/5000 圖幅，位於臺東縣與屏東縣，並包含外島區域蘭嶼與小蘭嶼。依據作業規劃，劃分為第 1 子測區(2-3-1)以及第 2 子測區(2-3-2)，其中第 1 子測區包含 123 幅 1/5000 圖幅(約 40.2%)；第 2 子測區包含 183 幅 1/5000 圖幅(約 59.8%)，兩子測區計畫範圍如圖 1-1。

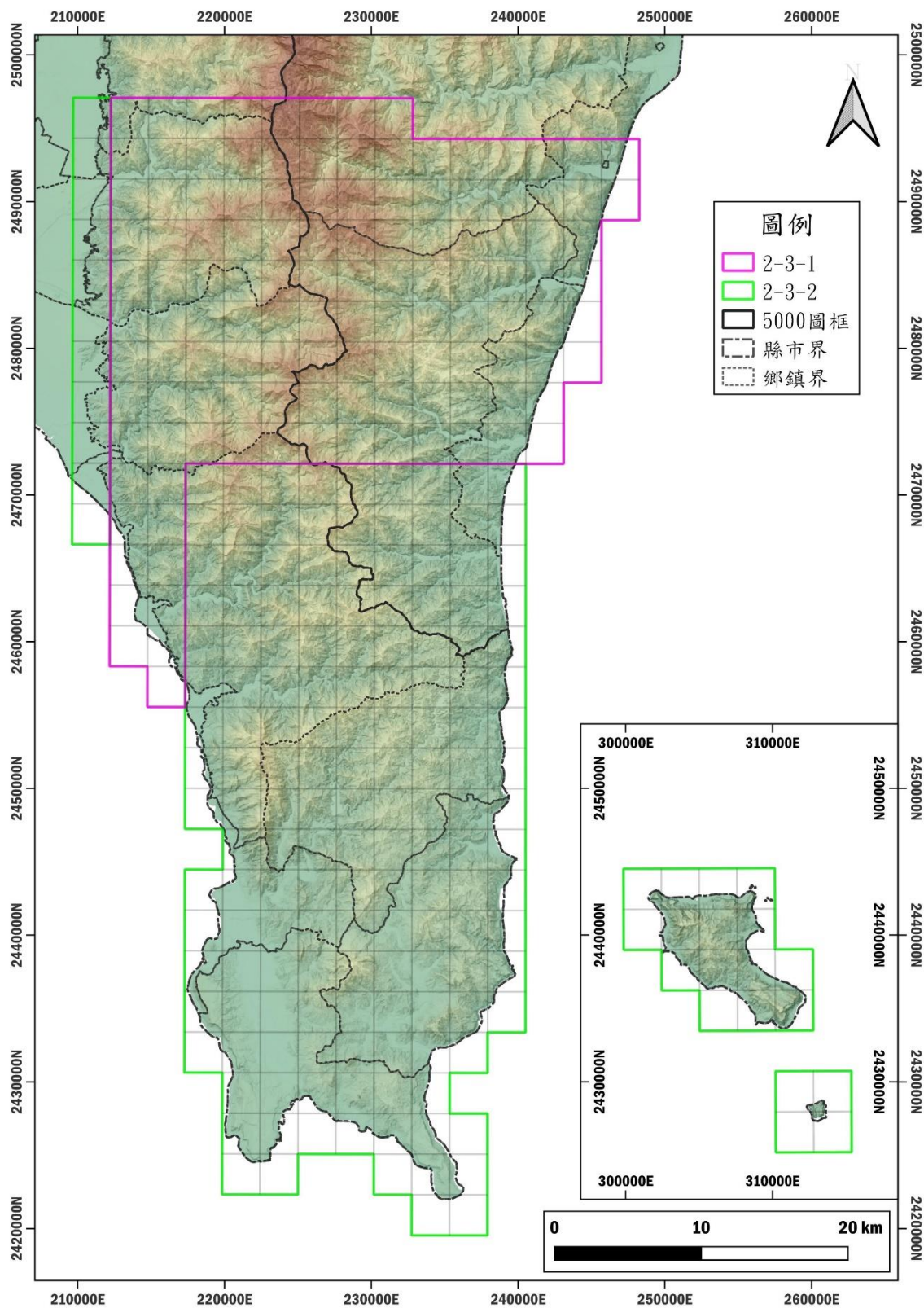


圖 1-1 112年第3作業區(2-3測區)及子測區範圍

### 1-3 工作項目

計畫執行期間配合主辦機關召開工作討論會議，討論工作進度、各階段執行成果、相關計畫的資料支援及需配合事項等事宜。

本案作業方法、精度及產製成果項目與格式參照「空載光達測製數值地形模型作業說明」辦理，包含掃瞄飛航規劃、空載光達率定、控制測量、空載光達掃瞄及航空攝影施測、點雲資料處理、DEM 與 DSM 製作、正射影像產製（含空中三角測量）等工作。

#### 1-3-1 空載光達掃瞄飛航規劃

- 一、實施計畫之申請：於決標後 15 日內，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，經監審廠商檢查後，檢附相關文件函送主辦機關，由主辦機關向中央主管機關提出申請。
- 二、提出之實施計畫內容，其範圍應包含本案 112 年及 113 年測製區域，且應於實施計畫審核通過後，方辦理空載光達掃瞄施測。
- 三、另於辦理空載光達掃瞄之前，將「空載光達測製數值地形模型作業說明」所規定之掃瞄飛航計畫（含掃瞄航線、參數設定、……等）送監審廠商審核通過後，依計畫辦理掃瞄作業。

#### 1-3-2 空載光達掃瞄及航空攝影施測資料獲取

- 一、空載光達掃瞄飛航及航空攝影按照規劃航線飛行，並於飛航掃瞄後之 14 日內，繳交該批執行之原始連續飛航掃瞄數據（含掃瞄儀器所下載未經處理前之資料及處理後之 LAS 格式檔）給監審廠商審查。
- 二、若因掃瞄測區為軍事飛航管制區域，無法辦理光達掃瞄及航空攝影致無法完整（依 1/5000 圖框）產製提供 DEM 及 DSM 成果及正射影像有減少履約事項情形，得按 1/5000 圖框面積比例計算所缺繳 DEM、DSM 及正射影像之數量後，自應付價金中扣抵對應之金額。

#### 1-3-3 正射影像製作（含空中三角測量）

製作正射影像使用之航拍影像，以辦理掃瞄飛航時同步取得為原則，空中三角測量相關作業規定詳如本案作業規定。

### 1-3-4 各項報告書、工作總報告

#### 一、提報作業計畫（含空載光達掃瞄飛航計畫）

作業計畫至少包含以下項目：

- (一) 各批次作業範圍規劃（作業區域應以連續接連為原則）
- (二) 作業項目、流程及方式說明。
- (三) 作業時程（含各項工作權重配比）及進度管控方式說明。
- (四) 精度檢核及品質管控方式。
- (五) 建議及配合事項。
- (六) 其他相關資料及附件。

#### 二、提報工作進度報告

- (一) 每月進度報告：於決標次月起每個月 28 日前提出當月之工作執行書面報告交付監審廠商檢查並副知主辦機關，內容包含預定及實際執行工作進度，作業與成果檢查情形，視需要提出工作協調事項及工作遭遇困難，並於召開工作會議時提出報告。
- (二) 監審廠商於作業期間視需要召開工作會議，由計畫主持人或主要參與作業人員參加，由主辦機關針對本公司各項工作辦理監督及檢查作業，擇期召開工作會議，均會確實配合辦理，並依工作進度以書面通知主辦機關據以辦理監督及檢核作業。

#### 三、提送工作總報告

工作總報告內容至少包含以下項目：

- (一) 中英文摘要（含關鍵字）。
- (二) 計畫概述。
- (三) 作業規劃及作業範圍特性分析（如工作項目、內容、作業期程規劃、作業程序及方法說明、執行情形）。
- (四) 工作項目、內容、執行方法、情形及成果。
- (五) 檢核方式及處理原則說明。
- (六) 成本分析（如成本因子說明、各項工作成本計算等）。
- (七) 檢討與建議。
- (八) 其他相關資料及附件（含檢查報表、各次工作會議結論與追蹤事項辦理情形及函文）。

- 四、作業計畫與工作總報告繳交電子檔為 PDF 檔案格式，報告書面文件則採 A4 雙面列印（加註書背）。
- 五、本案各項成果均經本公司執業測量技師依據「經營或受聘於測繪業之測量技師簽證規則」規定備齊應備文件並簽證方可繳交，所繳交成果如有虛偽不實，該執業測量技師須連帶負責。

#### 1-4 工作時程及應交付成果

- 一、本案作業期程自決標日次日起至 113 年 11 月 11 日止（本案履約期限皆以日曆天計算，其星期例假日、國定假日或其他休息日均計入）。本案分 8 階段辦理，各階段成果應經監審廠商檢查合格後繳交予主辦機關。成果繳送監審廠商辦理檢查時，以公文遞送並副知主辦機關。
- 二、第 5 階段成果，繳交 113 年度作業計畫（含空載光達掃瞄飛航計畫）成果，須提前於 112 年 12 月 20 日完成繳交主辦機關，以利辦理 113 年空載光達掃瞄點雲施測作業。
- 三、於第 2、3、6、7 階段應繳交之 DEM/DSM 成果係指橢球高系統、LAS 格式。有關 XYZ(含 HDR、XML)及 GeoTiff 格式，應於主辦機關於 LAS 格式成果驗收合格後，再由本公司據以轉製 XYZ(含 HDR、XML)及 GeoTiff 格式，並於收到主辦機關通知次日起 30 個日曆天內繳交經監審廠商審查通過之 XYZ 及 GeoTiff 格式(均含正高及橢球高)至主辦機關。
- 四、第 1、4、5、8 階段監審廠商審查時間為送交成果次日起 10 日個曆天，其餘各階段監審廠商審查時間為送交成果次日起 30 個日曆天。
- 五、各階段如有逾期，屬機關作業時間者得予扣除，另因監審廠商作業因素，無法於交付各批次成果資料次日起 30 個日曆天內辦理完竣，本公司應通知主辦機關，其逾期期間得予扣除。各項成果如檢查（複查）未通過時，應更正成果後送監審廠商複查至通過為止，複查作業次數超過 2 次以上時，所需檢查費用由本公司全額負擔。
- 六、倘因天候因素影響飛航掃瞄航拍工作執行，申請履約期限展延，展延天數核計以各年度掃瞄航拍作業起算日為計算依據，其中 112 年掃瞄航拍作業起算日為交通部民航局飛航許可函次日，113 年掃瞄航拍作業起算日為第 5 階段作業計畫審查合格日（合格文日期）加 20 個日曆天。
- 七、於各階段驗收合格後，第 2、3、6、7 階段成果以 USB 外接式硬碟 2 份、第 1、4、5、8 階段成果以光碟片 3 份交予主辦機關。

## 1-5 驗收辦法

### 一、驗收項目及辦理方式說明

#### (一) 外業檢查

##### 1. 檢查內容

(1) DEM/DSM 成果實地抽驗地面檢核點位。

(2) 正射影像地物平面位置精度檢查。

##### 2. 檢查數量

(1) DEM/DSM 成果實地抽驗地面檢核點位：第 2、3、6 及 7 階段辦理外業檢查，每一階段至少抽查 4 個圖幅、合計至少 20 個檢核點。

(2) 正射影像地物平面位置精度檢查：第 2、3、6 及 7 階段辦理外業檢查，每一階段至少抽查 4 個圖幅、合計至少 20 個檢核點。

##### 3. 通過標準

(1) DEM/DSM 成果外業檢查，檢核點除符合高程容許誤差規定（詳如附件二），合格率應達 90%(含)以上。

(2) 正射影像地物平面位置精度檢查，以檢核點位量測平面坐標與正射影像平面坐標之較差，計算均方根值，不得大於 2.5 公尺。

(二) 書面審查：各年度作業計畫。

(三) 召開審查會：各年度工作總報告，審查會議紀錄視為驗收紀錄。

二、倘繳交之成果、因產製時間點與檢查時間點不同，致實際其成果無法通過檢查標準，得提出合理佐證，則該處不視為缺點，惟應予以修正後並經監審廠商複查至合格為止。

三、主辦機關針對本公司繳交成果實施現地檢查，檢查時使用之儀器、操作人員由本公司及監審廠商負責，並由主辦機關派員督辦。

四、驗收得採初驗程序辦理，採初驗程序者，成果通過初驗後，由主辦機關召開審查會辦理驗收，審查會議紀錄視為驗收紀錄。

五、依據本案各項工作及成果檢查之作業規定，辦理成果外業之驗收（含初驗），各階段驗收（含初驗）未通過時，成果退回後，於機關指定期限內進行全面檢測及修正後，將各階段修正成果送監審廠商或交付主辦機關測量隊辦理複查，監審廠商或主辦機關測量隊應於接獲修正成果次日起 14 個日曆天內複查完竣。複查通過後再提交至主辦機關，得就不合格

項目辦理複驗工作，抽查圖幅不限前次已抽查圖幅；倘仍發生複驗未通過情形，本公司除全面檢測及修正外，將自驗收（含初驗）主辦機關通知限期改正之次日起計算逾期日數及計算逾期違約金，至後續複查所需檢查費用均由本公司全額負擔，亦不得據以為延長工期之理由。

六、各式報告經主辦機關審查後，依主辦機關審查意見修訂報告內容，並於指定期限內重新提送修正後報告至主辦機關。

## 1-6 其他相關規定

- 一、主辦機關得於作業期間隨時派員監督了解各項作業辦理情形，如發現作業疏失時提出糾正，本公司應立即改善，並將改善後結果提報主辦機關。
- 二、本案作業期間，如需主辦機關函文其他機關協調者，應以書面方式提出。
- 三、將本案相關成果、作業技術投稿相關期刊或研討會論文時，應徵得主辦機關同意。
- 四、各項檢查如因多次判定不合格而超過之複查次數（複查次數以 2 次為限，即每項檢核項目第一次繳交後審查連同複查最多審查 3 次），則後續複查所增加之審查費用及時間，悉由本公司承擔，亦不得據以為延長工期之理由。
- 五、本案如遇匯率或物價波動時，不得因此要求調整單價及物價補貼，考量波動風險並確實核算工作成本。
- 六、投保履約期間雇主意外責任險，保險單正本或保險機構出具之保險證明 1 份及繳費收據副本 1 份，於辦妥保險後即交主辦機關收執。
- 七、本案工作自第 8 階段驗收合格次日起 1 年內為保固期，保固期間內遇有成果疑義等情事，本公司須於接獲主辦機關通知 30 個日曆天內辦理補正並交由監審廠商檢查完竣，檢附證明資料送交主辦機關，必要時得至實地確認。
- 八、本公司對於履約所僱用之人員，遵守性別工作平等法之規定，保障其性別工作權之平等，不會有歧視婦女、原住民或弱勢團體人士之情事。
- 九、不使用大陸廠牌之測繪及資通訊產品於本案相關作業，且相關作業人員須排除境外人士（含陸生），並於決標後檢附切結書。

## 第二章 計畫執行方法與步驟

### 2-1 工作流程

應用空載光達技術測製數值地形模型之作業流程，主要可分為 7 個階段，分別為掃瞄飛行規劃、空載光達系統率定、控制測量、空載光達掃瞄施測、點雲資料處理、DEM 與 DSM 製作及正射影像產製，彙整各工作項目以及相關資料於工作流程圖(圖 2-1)。

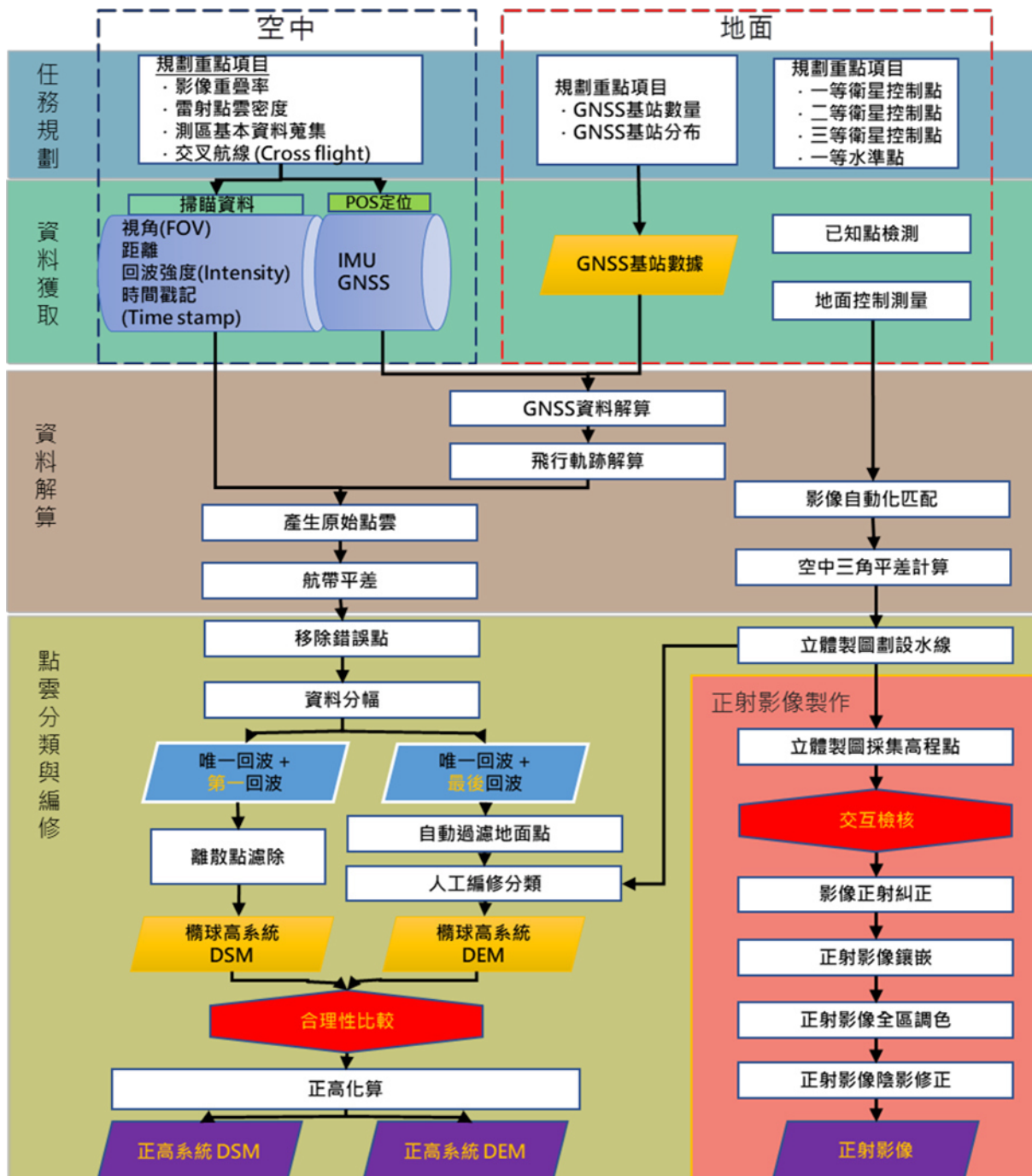


圖 2-1 工作流程圖



## 2-2 儀器設備

### 2-2-1 空載光達掃瞄儀

本公司於本作業區使用 Riegl LMS-Q780(儀器編號 2220651)，實機照如圖 2-2，空載光達掃瞄儀計畫需求與儀器特性對照表如表 2-1，詳細規格參數如表 2-2，全數符合作業規範。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校正成果，校正報告內容依據內政部國土測繪中心「空載光達測製數值地形模型作業說明(109 年 11 月版)」檢核通過(平面方向器差 390 mm；高程方向為 69 mm)，符合本計畫作業規範要求(應小於本規範之平面容許誤差 500 mm 以及高程基本精度 350 mm)。



圖 2-2 空載光達掃瞄儀 Riegl LMS-Q780 (2220651)實機照

表 2-1 空載光達掃瞄儀計畫需求與儀器特性對照表

項次	項目	內容	Q780
1	坐標有效位數	應至少記錄至公釐	符合
2	回波數目	可記錄之回波數目應至少 3 回波	符合
3	回波強度值	值域至少為 256 階(2 <sup>8</sup> )	符合
4	GNSS 時間	每一個回波均應記錄 GNSS 時間	符合
5	點雲記錄格式	應可轉換為美國航空測量及遙感探測學會 (American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, ASPRS) 制定的空載光達點雲資料記錄交換格式(簡稱 LAS)儲存	符合
6	全波形資料	可記錄全波形資料	符合
7	搭配 IMU 精度	滾動 Roll、顛頗 Pitch 之精度(RMS)應小於 0.015 度；偏航 Yaw 之精度(RMS)應小於 0.05 度。	符合
8	機載 GNSS	搭配之機載 GNSS 設備應至少為雙頻儀器	符合
9	品保依據	應具有最近 2 年內經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做為品保參據。其報告內容所列器差值之均方根誤差應小於本規範之附件高程基本精度。	符合

表 2-2 Riegl LMS-Q780 詳細規格

System Model	<b>LMS-Q780</b>		
Serial Number	2220651		
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 x 212 x 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	$\leq 0.25$ 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		

2-2-2 高精度 IMU

本計畫空載光達設備皆搭配高精度 IGI IMU，其儀器規格詳如表 2-3，皆符合本計畫作業需求(滾動 Roll、顛頗 Pitch 之精度應小於 0.015 度；偏航 Yaw 之精度應小於 0.05 度)。其中，本計畫所使用的 IGI IMU 於 106 年度回原廠進行維護與檢校，率定檢校成果報告如圖 2-3。

表 2-3 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 *10 <sup>-3</sup> m / s (@ 128 Hz) resolution: 0.061 *10 <sup>-3</sup> m / s (@ 256 Hz)
	Computer
	Data storage
	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
	PC card, 512 MB



Ingenieur-Gesellschaft für Interfaces mbH

### Kalibrierschein

Calibration Certificate

Service number	V2.1
Service number	IMU-55-002
Order number	02850

Gegenstand Object	Inertial Measurement Unit [ IMU ]	
Hersteller Manufacturer	Ingenieur-Gesellschaft für Interfaces mbH D-57223 Kreuztal	
Typ Type	IMU-ile	Für die Einhaltung einer angemessenen Frist zur Wiederholung der Kalibrierung ist der Benutzer verantwortlich.
Teller Nummer Part number	IMU-02-001-02704	
Fabrikat / Seriennummer Serial number	09-0120	
Datenrate Data rate	256 Hz	
Auftraggeber Customer	Strong Engineering Consulting Co. Ltd. 5F, No.112 Ximinh Street, Zhongze City, Zhongze Country, Taiwan (R.O.C.)	The user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.
Auftragsnummer Order number	SV2017-365007	
Datum der Kalibrierung Date of calibration	25.01.2017	
Anzahl der Seiten des Kalibrierscheines Number of pages of the certificate	2	


Dieser Kalibrierschein darf nur vollständig und unverändert wiederverbraucht werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung der Gesellschaft für Interfaces mbH. Kalibrierscheine ohne Unterschrift sind unbrauchbar. This calibration certificate may not be reproduced either than in full except with the permission of IGI mbH. Calibration certificate without signature and not one copy valid.

 Datum Date 26.01.2017	Aufsicht über Kalibrierungsprozesse Supervisor of calibration process  Dr. rer. nat. J. Kremer	Bearbeiter Person in charge  Th.Theile
--	---	---

IGI mbH  
Langenauer Straße 46  
57223 Kreuztal / Germany

Tel: +49(0)2732/5525-0  
Fax: +49(0)2732/5525-25  
e-mail: info@igi-systems.com





Ingenieur-Gesellschaft für Interfaces mbH

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

**Dieser Kalibrierschein dokumentiert folgende Prüfungen:**

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

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

**This calibration certificate documents the following tests:**

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

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

**Ergebnis der AEROoffice Koeffizienten:**  
Result of the AEROoffice coefficients:

AEROoffice coefficients		
C <sub>41</sub> = 28	C <sub>40</sub> = 112	C <sub>43</sub> = -74
C <sub>31</sub> = 28	C <sub>30</sub> = 112	C <sub>33</sub> = -74
C <sub>21</sub> = 45	C <sub>20</sub> = -281	C <sub>23</sub> = 343
C <sub>11</sub> = -10	C <sub>10</sub> = 179	C <sub>13</sub> = -4

Please check this coefficients in your AEROoffice-Setup.

\*Hinweis: Die Reihenfolge der Koeffizienten im AEROoffice Setup weicht je nach Einbau der IMU in Flugzeug von der hier angegebenen Reihenfolge ab. Deshalb sollte die Eintragung der Werte in das Programm nur durch Import des mitgelieferten Kalibrierungsergebnisses erfolgen.  
\*Note: The order of the coefficients in the AEROoffice setup depends on the mounting position of the IMU in the aircraft. Therefore the values should be introduced in the program by import of the issued calibration file only.

圖 2-3 106 年 IGI IMU 原廠率定成果報告

### 2-2-3 航空攝像機 PhaseONE iXU-RS 1000

Phase One iXU-RS 1000 像機於 111 年 10 月送返原廠進行設備維護更新並經過 Phase One 原廠率定，亦有 112 年 3 月 28 日獲內政部國土測繪中心測量儀器校正實驗室出具之 TAF 認證中像幅航攝數位像機校正報告做為品保參據，112 年校正報告內容依據內政部「一千分之一數值航測地形圖成果檢查作業規定」(111 年 12 月 14 日修訂)之內容為判斷標準，檢核合格（平面方向器差 20 mm；高程方向為 40 mm），符合規範要求（應小於平面容許誤差 250 mm 以及高程基本精度 300 mm），以確保本案成果經過最新校正成果驗證。實機照如圖 2-4，儀器詳細規格詳如表 2-4，校正報告詳如附件三。



圖 2-4 PhaseONE iXU-RS 1000 實機照

表 2-4 PhaseONE iXU-RS 1000

項次	項目	規格	備註
1	解析度	100 MP(11,608 x 8708)	-
2	動態範圍	>84 db	-
3	長寬比	4:3	-
4	像素大小	4.6 micron	-
5	感測大小	53.4 x 40.0 mm	符合作業規定 24 mm x 36 mm。
6	感光度(ISO)	50 - 6400	-
7	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
8	鏡頭	RS 鏡頭 50 mm	-
9	輸出格式	Phase One RAW, TIF, JPG 可輸出 8-bits、16bits	符合計畫作業所需成果應輸出 為 24 位元自然彩色影像(紅、 綠、藍各波段均為 8 位元)

## 2-2-4 GNSS 衛星定位儀

### 一、計畫需求

- (一) 應至少為雙頻儀器。
- (二) 具有最近 3 年內經全國認證基金會 (Taiwan Accreditation Foundation, TAF) 認證實驗室出具之校正報告做為品保參據。其報告內容所列中基線水平分量器差應小於 15 公分( $30 \text{ mm} + 6 \text{ ppm} \times 20 \text{ km}$ )，垂直分量應小於 37.5 公分( $75 \text{ mm} + 15 \text{ ppm} \times 20 \text{ km}$ )。

### 二、地面 GNSS 衛星定位儀

本計畫地面 GNSS 衛星定位儀總共使用在：112 年 3 月 7 日率定場飛行之 GNSS 基站架設、於屏東縣來義鄉所架設之單點雙站 GNSS 基站以及控制測量(本島使用 VBS-RTK 測量方式，而蘭嶼與小蘭嶼則使用靜態聯測方式)，總共使用 10 台(表 2-5)，完整校正報告詳如附件三。使用之地面 GNSS 儀器皆擁有 L1、L2 雙頻接收功能，並且支援主辦機關建構之 e-GNSS 即時動態定位系統以及三大類衛星(GPS、GLONASS 以及 BDS)資訊接收功能，可以利用無線上網的方式，在極短的時間內，獲得高精度之定位坐標成果，有效提高 GNSS 現地測量作業效率以及準確性。

表 2-5 地面 GNSS 衛星定位儀型號與用途

項次	廠牌	型號	序號	TAF 校正報告日期	備註
1	STONEX	SC200	SC20E0031015L PRO	112.03.02	自架站 ST01
2	STONEX	SC200	SC20E0031024L PRO	112.03.02	自架站 ST02
3	STONEX	S9 II	S920312120262RL AL	112.03.02	VBS-RTK
4	STONEX	S9 II	S920111800809RL STD	112.03.02	靜態聯測-儀器 1
5	STONEX	S9 II	S920111800815RL STD	112.03.02	靜態聯測-儀器 2
6	STONEX	S9 II	S920312020267RL AL	110.04.07	靜態聯測-儀器 3
7	STONEX	S9 II	S920312120131RL AL	111.03.31	靜態聯測-儀器 4
8	STONEX	S9 II	S920312120257RL AL	112.03.02	靜態聯測-儀器 5
9	STONEX	S9 II	S920312120126RL AL	112.04.28	靜態聯測-儀器 6、率定場 GNSS 基站
10	STONEX	S6 II	S620131900068BL	110.02.22	靜態聯測-儀器 7

## 2-3 掃瞄飛航規劃

### 2-3-1 作業原則

#### 一、航線規劃

- (一) 空載光達掃瞄範圍應包含測區全部範圍，航空攝影各航線前後應於測區外各多拍攝 2 個像對。
- (二) 飛機換航線之轉彎掃瞄資料及航拍影像資料，不得使用於後續空中三角平差、點雲航帶平差、正射影像及 DEM、DSM 之製作。
- (三) 點雲密度條件
  1. 掃瞄區以 100 公尺×100 公尺劃分網格單元。
  2. 以航帶重疊後之原始點雲數，計算該網格之平均點雲密度。
  3. 每平方公尺點雲密度以 2 點為原則，低於 2 點的網格數不得超過作業區全部網格數的 10%，低於 1 點的網格數不得超過作業區全部網格數的 5%。
- (四) 航空攝影方式採垂直連續攝影(攝影軸傾斜角應小於 15 度)，航線內相鄰影像重疊率(前後重疊)應大於 80%，航帶重疊率(左右重疊)應大於 40%。
- (五) 空載光達點雲掃瞄相鄰航帶應採 50%以上重疊進行規劃，並確實依規畫進行掃瞄，掃瞄成果經查驗，相鄰航帶點雲需滿足 40%以上重疊。
- (六) 航拍影像 GSD(Ground Sample Distance)應優於或等於 25 公分。
- (七) 空載光達掃瞄之 FOV(Field of View)設定不應超過 50 度。
- (八) 掃瞄海岸地區時，原則上為飛航當日低潮位前後 2 小時進行掃瞄，以蒐集最大面積海岸沙洲及潮間帶資料。

#### 二、交叉飛航數據(Cross Flight)條件

- (一) 作業區域範圍內各條航線之頭尾皆有交叉航線。
- (二) 每隔至多 25 公里，應進行垂直各航線之交叉掃瞄飛航。

#### 三、地面 GNSS 基站布設條件

- (一) 空載光達資料獲取同時，其掃瞄區域 20 公里範圍內，應至少有 2 個以上地面 GNSS 基站，同步接收 GNSS 觀測量。
- (二) 基站透空度：仰角 10 度以上無遮蔽。
- (三) 得使用各機關設置之連續追蹤站。

(四) 測區內如有人車抵達困難，致不易架設基站，測製單位應蒐集相關佐證資料，經委辦單位同意後，得放寬基站布設間距。

#### 四、航帶平差控制點布設條件

(一) 航帶平差控制點為辦理點雲航帶平差及影像空中三角平差所需之控制點。

(二) 航帶平差控制點布設條件

1. 測區之四角應布設 1 組(2 個)全控點。

2. 每個航帶間應有 3 個高程控制點(航帶頭、中及尾各段應至少 1 點)，除測區左右側邊外，高程控制點應以位於正常及交叉航線重疊區為原則；若於高程控制點位周圍有透空度良好的角點特徵時(如屋角點能於空載光達點雲中形成可辨識的角點特徵)，一併設置航帶平差所需之平面控制點。

3. 相鄰之測區接邊處應共用控制點。

4. 控制點位應設置鋼標(釘)，得視需要布設航空標，航空標之尺寸應配合航高、立體測圖儀量測標尺寸及測圖精度等條件之考量，以立體測繪時可清楚辨認為原則；亦可選擇自然點作為控制點。

5. 高程控制點之高程包含橢球高及正高。

(三) 為確保空中三角測量品質，應於測區中央布設 5%圖幅數(不得小於 10 個點)以上之檢核點，供驗證空中三角平差品質，若測區中因地形限制無法挑選規定數量之檢核點，經委辦單位同意後得調降檢核點之數量。

(四) 如測區內部分區域因不易到達，無法辦理地面控制測量作業，致控制點分布無法符合要求，經委辦單位同意後，得使用既有影像控制點成果，惟該點位坐標須經檢測合格。

(五) 實施計畫申請

1. 辦理單位應依內政部「實施航空測量攝影及遙感探測管理規則」第 3 條規定，向中央主管機關提出申請。實施計畫內容應符合前開規則所定之項目。

2. 應於實施計畫審核通過後，方能辦理空載光達掃瞄施測。

## 五、地面點空間分布

110 年起針對各測製廠商提送之分類後點雲資料，透過地面點空間分布評估指標檢視測製廠商所產製成果狀況，以確保其地形表現與成果品質。並透過比對歷年成果圖資，可於規劃階段了解區域特性並進行調整，以增進本項目的表現。

- (一) 地面點大孔洞區域定義：將各圖幅分類後點雲(DEMLAS)內之地面點雲，進行 Delaunay 三角剖分分析，剖分成數個三角形，當單一三角形之最大邊長超過 10 公尺，則該三角形所涵蓋區域即視為地面點大孔洞範圍(圖 2-5)。

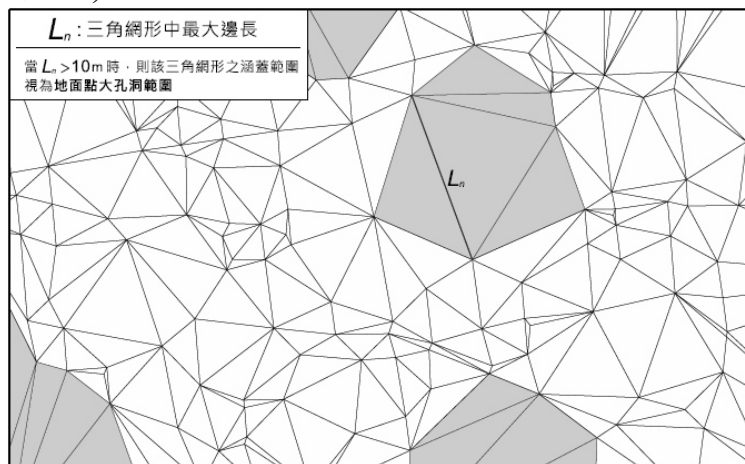


圖 2-5 地面點大孔洞範圍定義示意圖

- (二) 每幅 5,000 分之一圖幅扣除平坦地、水域及建物區後，剩餘面積超過 36 公頃以上(約 1/20 圖幅)，即視為有效檢核圖幅，面積未達 36 公頃之圖幅則不納入規範。(平坦地定義為：地形坡度小於 10° 之區域)
- (三) 針對有效檢核圖幅，統計地面點大孔洞範圍，當地面點大孔洞面積比例小於 10%(含)，則判定該圖幅為通過，計算比例時須扣除圖幅內平坦地、水域及建物區。
- (四) 當地面點大孔洞面積比例大於 10%時，採同圖幅既有成果(對照組)之地面點大孔洞面積比例進行比較，並額外賦予+10%之彈性容許門檻，即設定「對照組大孔洞比例+10%」為浮動門檻。當第(三)點之統計結果小於浮動門檻(含)，則視為相對通過，反之則視為不通過。如該圖幅無對應既有成果可進行比對時，則仍以 10%(含)為門檻判定地面點空間分布檢查是否通過。
- (五) 地面點大孔洞面積比例不得超過 30%上限，超過 30%則該圖幅一律判定不通過。



## 2-3-2 航線規劃成果：

### 一、區域特性

本測區坐落於臺東縣與屏東縣。依照地形可分為北側山區、南側丘陵，全區多為丘陵與山區，僅西南端有部分平原區域。

北側山區含括屏東縣來義鄉與春日鄉，以及臺東縣金峰鄉南部、達仁鄉北部與大武鄉北部，而南側丘陵北起屏東縣獅子鄉、臺東縣達仁鄉南部南至屏東縣恆春鎮，全測區橢球高程介於 15~2,557 公尺。

北側山區以北大武山向南延伸之山巒為測區地勢最高之處，一路向南有衣丁山、石可見山、大漢山至茶茶牙頓山，人車均難以到達，溪流眾多。而南側丘陵區則有南迴鐵路、南迴公路通過，並有雙流國家森林遊樂區、墾丁國家森林遊樂區、南仁山生態保護區等眾多自然保護區，除屏東縣車城鄉、恆春鎮外，多為自然林地，海岸線綿長，以沙岸為主。蘭嶼(含小蘭嶼)距離臺東市區約 80 公里，其中小蘭嶼目前為無人島。全島多山區樹林茂密，全島最高點為紅頭山 548 公尺，沿岸則多為礁石海岸。

### 二、航線規劃

北側山區評估整體山勢為南北向之走向且北邊為測區地勢最高之處，故規劃南北向航向之航線來執行此區域，並因應山勢起伏進行航高的調整，由於北側山區的北邊起伏過大，故有將中間區域的航線截斷以執行飛航高度較低的航線以保障資料的品質。

南側丘陵區域整體海拔高度較低，故以執行效率較高(飛航長度長，航線數少)的南北向航線進行規劃，而蘭嶼(含小蘭嶼)則規劃跨海相連航線以提高資料之一致性。

以 Riegl LMS-Q780 空載光達掃瞄儀共規劃 130 條航線，其中有 101 條正規航線(代號 A)合計長度為 2595.9 km、9 條交叉航線(代號 B)合計長度為 145.7 km、1 條潮間帶航線(代號 C)合計長度為 35.7 km、9 條潮間帶兼交叉航線(代號 CB)合計長度為 132.7 km，及 10 條加密航線(代號 D)合計長度為 43 公里，其航線橢球高為 1,100~ 4,000 公尺，航線總長為 2,953 公里，預計需執行 16~20 個架次(飛機起落為 1 架次)，實際執行包含補雲洞共執行 35 個架次，規劃航線分布如圖 2-6，航線規劃參數如附件四，潮汐預報表如附件五。

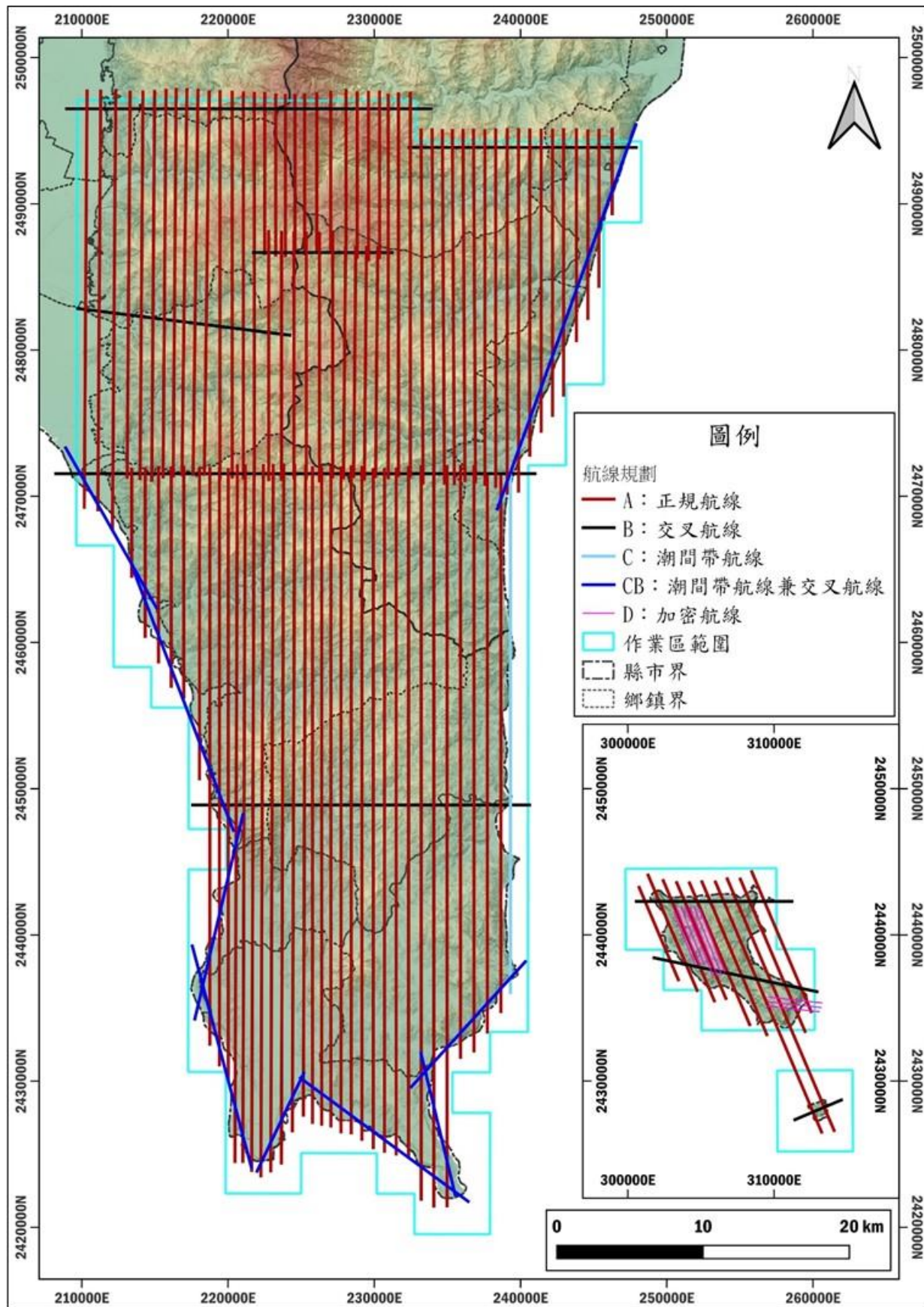


圖 2-6 2-3 測區 Riegl LMS-Q780 航線規劃圖

### 2-3-3 航攝實施計畫申請

- 一、於決標後 15 日內，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，經監審廠商檢查後，檢附相關文件函送主辦機關，由主辦機關向中央主管機關提出申請。
- 二、提出之實施計畫內容，其範圍應包含本案 112 年及 113 年測製區域，且應於實施計畫審核通過後，方辦理空載光達掃瞄施測。
- 三、業已於 112 年 2 月 7 日決標，並於 112 年 2 月 8 日提送航攝實施計畫(自工字第 112028722 號)予監審廠商，於 112 年 2 月 10 日收到監審廠商合格函(成大產創字第 1121100393 號)，並在同日提送主辦機關(自工字第 112028726 號)，並於 112 年 3 月 29 日收到內政部航空測量攝影實施公文(台內地字第 1120111553 號)，即在同日發文自強航空有限公司協請向交通部民用航空局(以下簡稱民航局)申請飛航許可，並在 112 年 4 月 18 日(空運管字第 1120014199 號)收到民航局飛航許可，上述相關函文如圖 2-7 以及附件一。

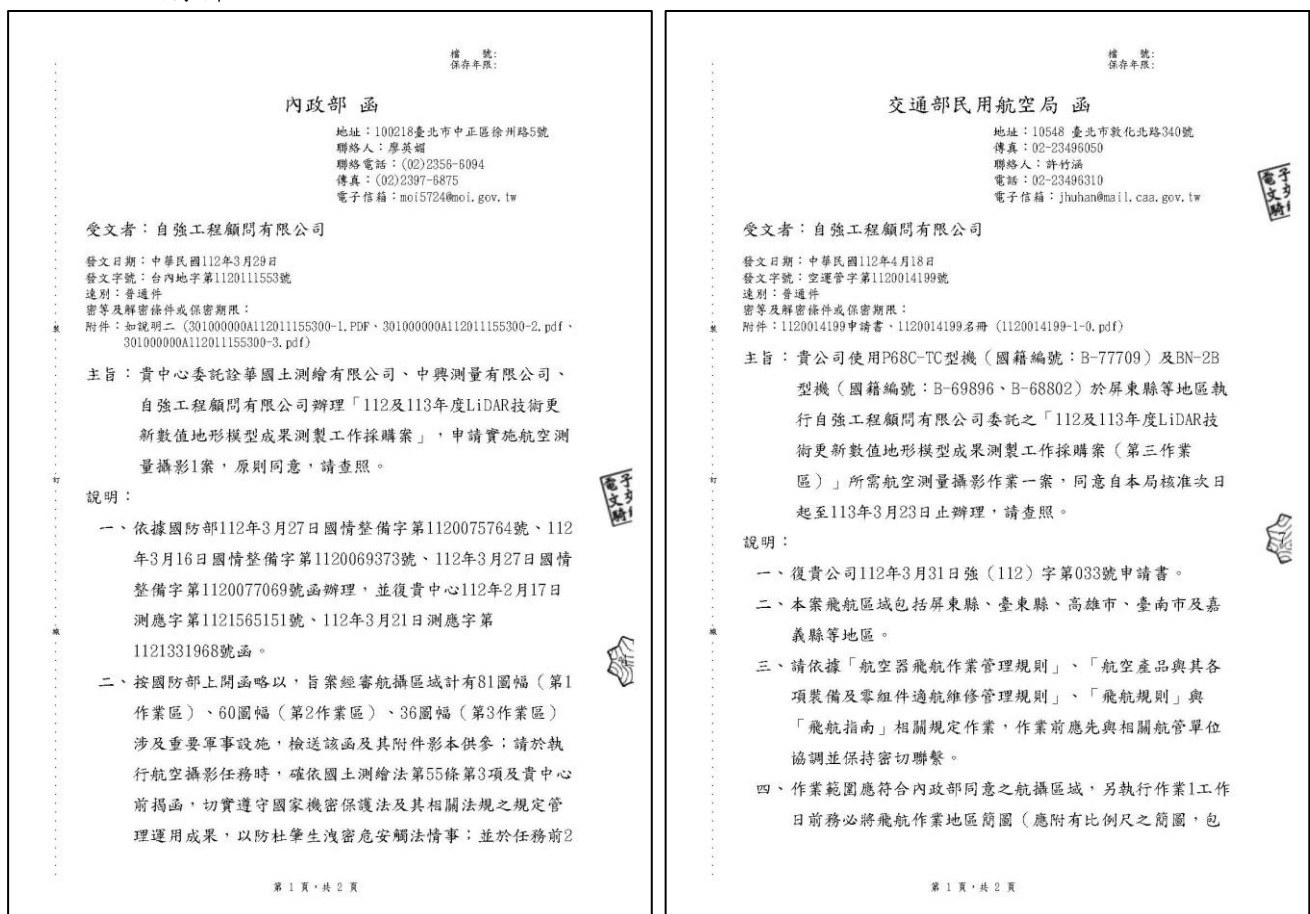


圖 2-7 內政部與交通部民用航空局許可公文

## 2-4 空載光達率定

本計畫空載光達率定飛行於 112 年 3 月 7 日在南崗率定場執行，率定設備為 Riegl LMS Q780，空載光達率定報告書與審查合格結果，詳見附件六與附件七，並概述如后。

### 2-4-1 率定場設置

#### 一、率定場地面 GNSS 基站設置方式

- (一) 仰角 10 度內無遮蔽之透空極佳處。
- (二) 避開車輛、電塔與基地台等干擾位置，且應避免接收訊號有多路徑反射效應。
- (三) 應設置在率定場或周圍 5 公里之範圍內。
- (四) 平面坐標之引測精度應符合內政部「基本測量實施規則」加密控制點之規定，橢球高之引測精度應優於 10 公分。

#### 二、率定場環境條件

- (一) 面積為長寬各約 1 公里範圍。
- (二) 率定場內之地表坡度應平緩。
- (三) 植被覆蓋率應小於 10%。
- (四) 應具有容易辨識之大型建物(平頂、斜頂)及道路標線等明顯特徵。
- (五) 避免例行班機航道、軍事要地、大規模開發或地層下陷區域。

依據前述條件，本團隊選定「南崗工業區」面積約 0.4 平方公里範圍作為空載光達率定場(圖 2-8)。區域內多山形屋頂以及平房，且尚無高壓鐵塔妨礙飛航安全之障礙，適合作為空載光達率定作業場地。

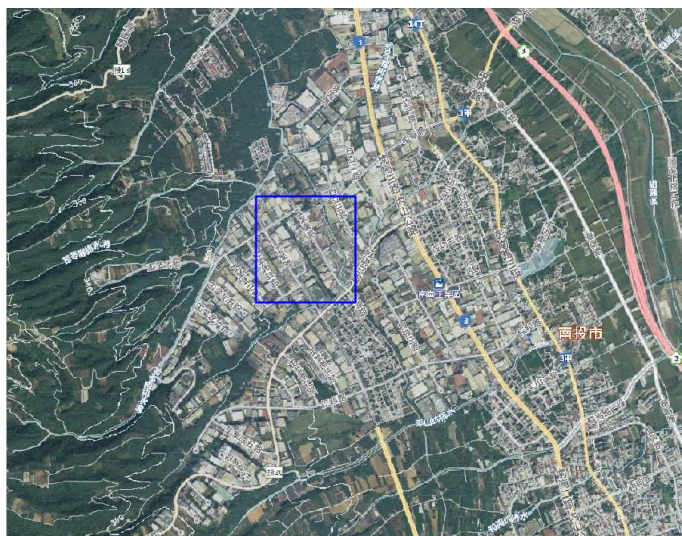


圖 2-8 南崗率定場範圍

## 2-4-2 率定作業內容

### 一、率定飛航應符合下列條件

- (一) 起飛及降落階段，均應使飛機停在機坪或跑道上之固定位置，維持 10 分鐘以上穩定接收 GNSS 訊號。
- (二) 自系統開機起至完成作業後關機之過程，POS 系統均不得有斷訊或其他錯誤訊息產生。
- (三) 掃瞄飛航過程中飛機之傾斜角(Roll、Pitch)亦須保持在 15 度以內。
- (四) 航線設計至少須包含 4 個不同航向及 2 個不同航高，或依原廠建議加以設定。
- (五) 須進行額外之確認飛行(verification)，以提供後續成果驗證。
- (六) 依據 Riegl 原廠建議率定說明文件，南崗率定場採用 6 條正規航線(3 條 90 度、3 條 180 度)，航高 1,000 公尺，雷射脈衝頻率為 400 kHz，以及 1 條確認飛行航線(1 條 180 度)，航高 1,800 公尺，雷射脈衝頻率為 205 kHz，詳細航線分布圖如圖 2-9，航線規劃資訊如表 2-6。

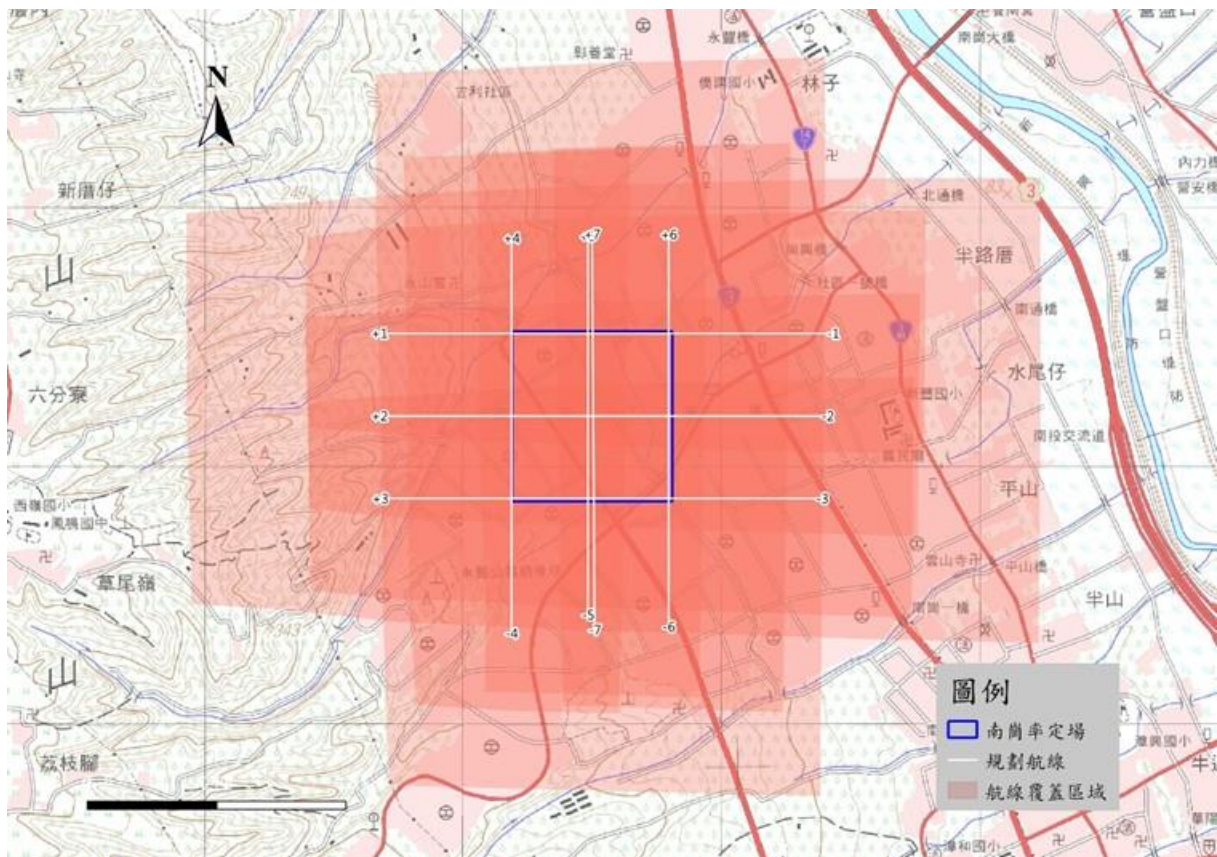


表 2-6 南崗率定飛航規劃資訊

項次	項目	內容
1	航高	1000 公尺(航線 1~航線 6) 1800 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、側向重疊率	大於 50%

## 二、地面 GNSS 基站

南崗率定場之地面 GNSS 基站架設於三等衛星控制點 MX34，其分布如圖 2-10，其坐標值使用公告之 TWD97[2020]坐標成果，如表 2-7 所示。

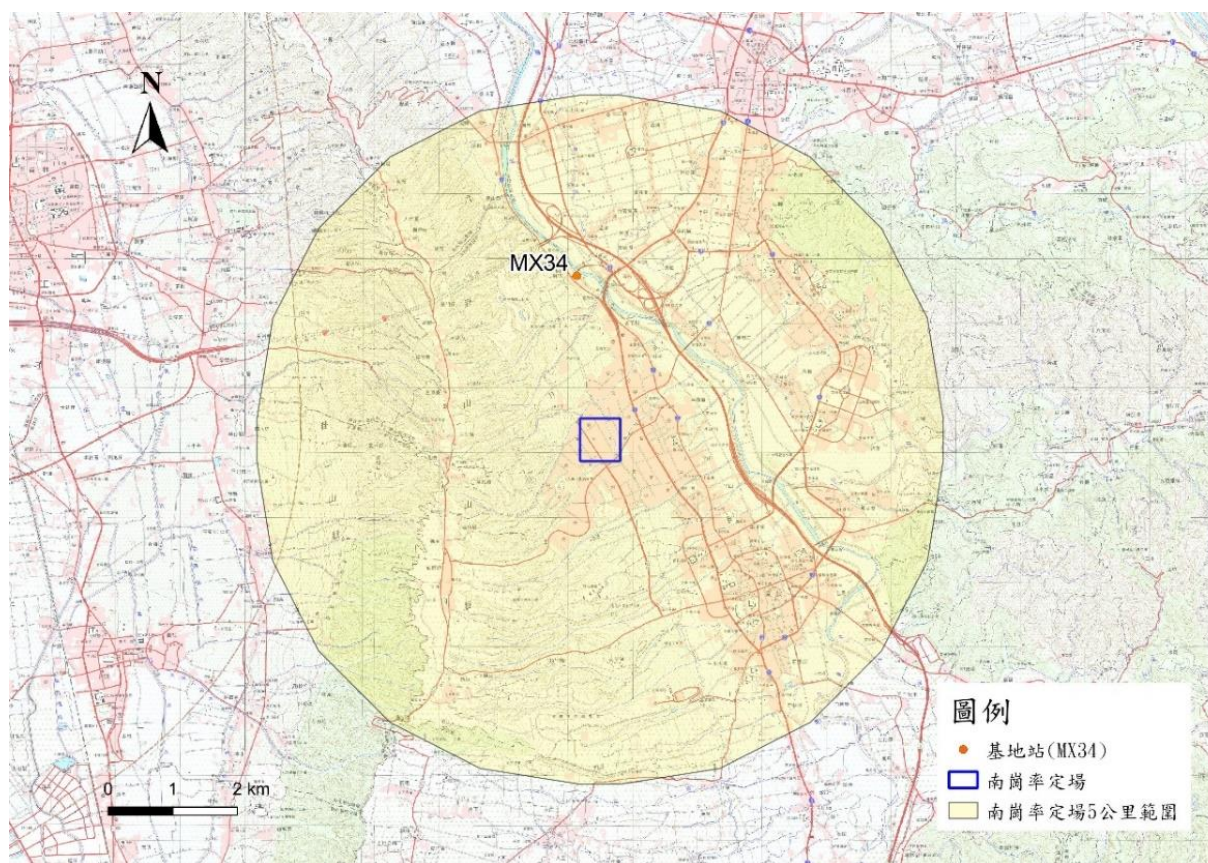


圖 2-10 率定場 GNSS 基站(MX34)分布圖

表 2-7 率定場 GNSS 基站坐標位置

點號	緯度	經度	TWD97[2020]			類型
			X	Y	橢球高	
MX34	23.95179	120.65751	215142.102	2649726.859	103.713	三等衛星控制點

三、率定參數應至少包含：空載光達設備中心與 GNSS 及 IMU 之位置偏差量 (Lever Arm)、視準率定(Boresight angles)。

(一) GNSS 天線位置(Lever Arm)量測

Lever Arm 為 GNSS 相位中心與 IMU 中心之三維空間之坐標差量，儀器裝設後以全測站進行測量，並於解算飛航軌跡時帶入，相關 Lever Arm 量測作業照如圖 2-11 所示。



圖 2-11 Lever arm 量測作業照-P68C-TC

(二) 視準軸角差(Boresight angles)率定

視準率定(Boresight Angles)作業的主要目的在於求解雷射掃瞄投影 LiDAR 系統元件間之安置誤差。整個系統由雷射掃瞄儀、全球定位系統(GNSS)、慣性量測單元(IMU)和飛行載具組成，整個 LiDAR 系統之誤差大多來自儀器率定不完善或三者之間的安置誤差，故此種誤差大部分為系統誤差(童俊雄，2005)，而執行光達系統之率定作業與進行航帶平差即為降低系統誤差影響的重要工作。

其中，雷射掃瞄儀中心與 IMU 中心的三軸旋轉角的差值(Roll, Pitch, Yaw)即為修正航帶平差作業中之系統誤差的參數，此參數用以作為航帶平差作業時濾除系統誤差的依據。根據求得之各率定參數重新代回解算點雲資料，選取不同航帶之各位置進行剖面及平面檢查，確認不同航帶間之點雲無明顯偏移。

四、率定成果檢核及驗證

(一) 成果檢核：根據求得之各率定參數重新代回解算點雲資料，選取不同航帶之各位置進行剖面及平面檢查，確認不同航帶間之點雲無明顯偏移，且與地面實測之高程坐標差值小於 10 公分。

(二) 確認飛行之驗證：根據求得之各率定參數解算確認飛行之點雲資料，確認不同航帶間之點雲無明顯偏移後，並再次與地面實測點比較，其高程坐標差值亦應小於 10 公分。

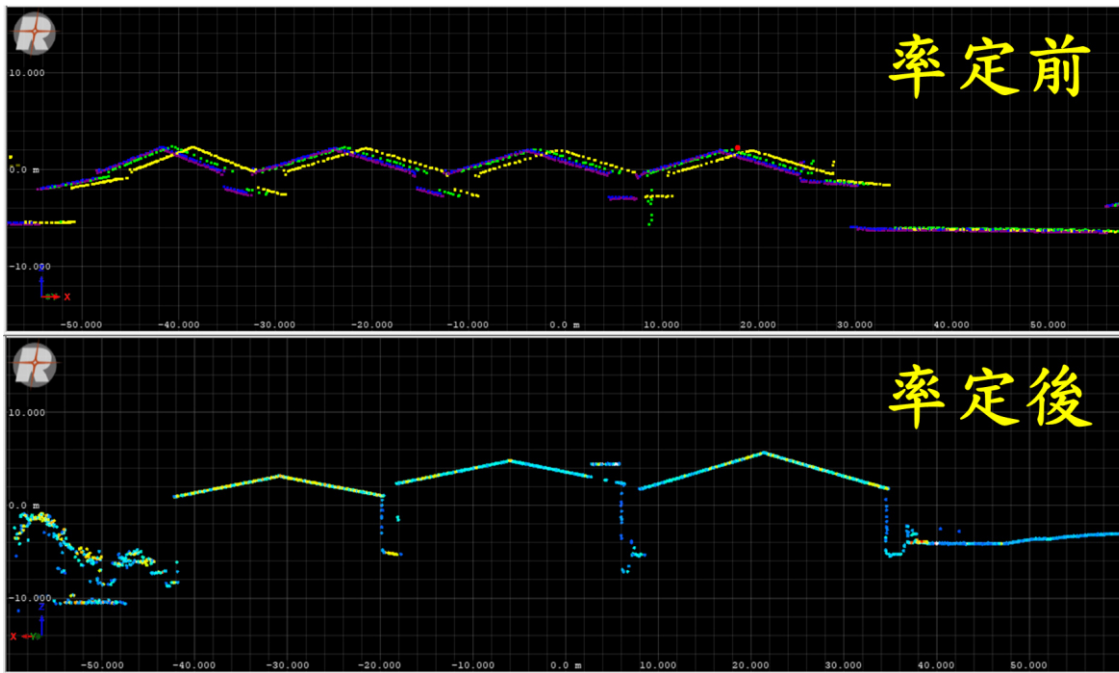


圖 2-12 南崗率定場代入率定值前後點雲剖面圖

### 2-4-3 率定作業執行

#### 一、率定飛航應符合下列條件

- (一) 起飛及降落階段，均應使飛機停在機坪或跑道上之固定位置，維持 10 分鐘以上穩定接收 GNSS 訊號。
- (二) 自系統開機起至完成作業後關機之過程，POS 系統均不得有斷訊或其他錯誤訊息產生。
- (三) 掃瞄飛航過程中飛機之傾斜角(Roll、Pitch)亦需保持在 15 度以內。
- (四) 航線設計至少須包含 4 個不同航向及 2 個不同航高，或依原廠建議加以設定。
- (五) 須進行額外之確認飛行(verification)，以提供後續成果驗證。

#### 二、地面 GNSS 基站：南崗率定場於內政部公告之三等衛星控制點 MX34 上架設，觀測均符合下列條件：

- (一) 觀測時段平均 PDOP 值應小於等於 4，且衛星數量大於 6 顆。
- (二) 接收頻率為 2 Hz。

#### 三、率定飛航之掃瞄參數應根據儀器特性及原廠建議進行設定，且必須完整記錄，詳述於附件六率定報告書中。

#### 四、飛航軌跡之解算如以正反算差值進行檢核，其 Combined Separation 值小於 20 公分，符合作業規範。



五、求解率定參數時，應使用率定飛行之點雲資料，而不可加入確認飛行之點雲資料。

六、率定參數應至少包含：空載光達設備中心與 GNSS 及 IMU 之位置偏差量 (LeverArm)、視準率定(Boresight angles)。

(一) GNSS 天線位置(Lever Arm)量測：Lever Arm 為 GNSS 相位中心與 IMU 中心之三維空間之坐標差量，儀器裝設後以全測站經緯儀進行測量，並於解算飛航軌跡時帶入，相關 Lever Arm 量測作業照。

(二) 視準軸角差(Boresight angles)率定：視準率定(Boresight Angles)作業的主要目的在於求解雷射掃描投影 LiDAR 系統元件間之安置誤差。整個系統由雷射掃描儀、全球定位系統(GNSS)、慣性量測單元(IMU)和飛行載具組成，整個 LiDAR 系統之誤差大多來自儀器率定不完善或三者之間的安置誤差，故此種誤差大部分為系統誤差(童俊雄，2005)，而執行光達系統之率定作業與進行航帶平差即為降低系統誤差影響的重要工作。

七、本計畫於 112 年 3 月 7 日執行南崗率定場率定飛行，點雲成果以航線分色展示如圖 2-13，率定解算成果如表 2-8，相關描述詳如附件六。

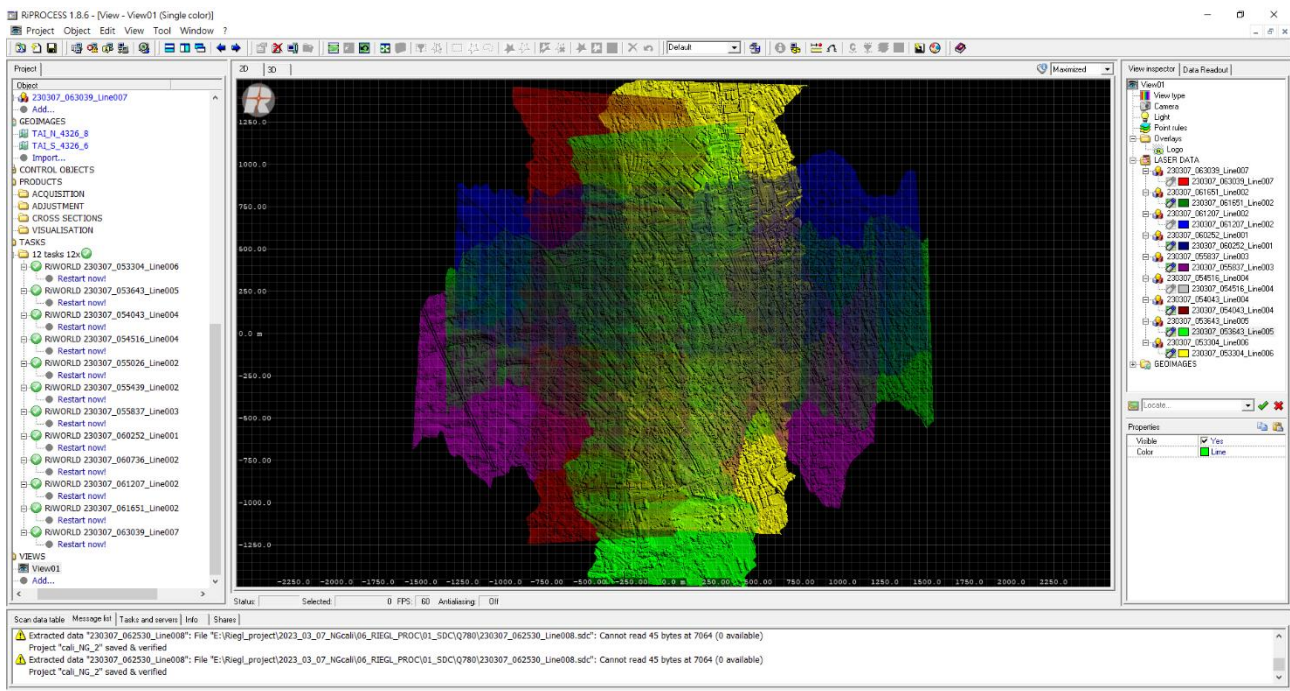


圖 2-13 112 年 3 月 7 日率定場點雲成果展示圖

表 2-8 112 年 3 月 7 南崗率定場率定成果參數表

儀器名稱	參數項目	率定場成果參數	備註
Scanner 1 (Q780, 2220651)	Number of observations	91692	率定解算結果
	Error (Std. deviation) [m]	0.0363	
	Roll	0.00708	
	Pitch	0.15088	
	Yaw	-0.04071	以儀器規格計算
	X	0.057	
	Y	0.019	
	Z	0.261	

## 八、率定成果檢核及驗證

## (一) 地面控制點

率定場範圍內均分別設有高程檢核點，並使用內政部國土測繪中心建置之 e-GNSS 即時動態衛星定位系統以 VBS-RTK 方式施測，解算後各檢核點分布如圖 2-14 所示，測量成果如表 2-9，各點位施測作業遠近照如圖 2-15。

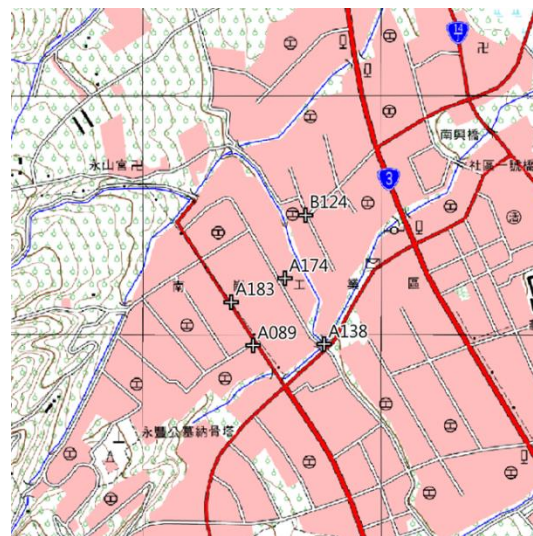


圖 2-14 南崗率定場地地面高程檢核點分布圖

表 2-9 南崗率定場地地面高程檢核點坐標成果表

點號	高程檢核點		
	E	N	橢球高
A089	215462.456	2646951.834	194.828
A138	215760.993	2646958.012	172.400
A174	215595.563	2647233.989	180.587
A183	215370.678	2647134.503	201.170
B124	215681.952	2647501.049	161.814



圖 2-15 南崗率定場地面高程檢核點施測作業照

### (二) 率定飛航掃瞄成果檢核

檢核作業首先將平差過後之各航帶點雲進行地面點分類，再針對地面點執行 TerraScan 模組之 Output control report 之功能比對輸出與控制點最近之光達測點，解算地面點點雲與控制點之高程誤差。成果檢查後均符合本案精度規範要求(與地面實測高程坐標差值小於 10 公分)，詳見附件六各率定報告書。

### (三) 確認飛行掃瞄成果檢核

以相同率定參數代入確認飛行航線後，一樣以 TerraScan 模組之 Output control report 功能解算其與控制點之高程誤差，成果同樣符合本案精度規範要求(與地面實測高程坐標差值小於 10 公分)，詳見附件六各率定報告書。

九、本計畫於 112 年 3 月 7 日執行空載光達率定作業，並於 112 年 3 月 24 日提送空載光達率定報告書，並於 112 年 4 月 28 日獲得監審單位審核通過，相關文件詳如附件七。

## 2-5 控制測量

地面控制測量之目的在於測量地面 GNSS 基站坐標及航帶平差所需的控制點及平面控制點坐標。控制測量平面採用 TWD97[2020]坐標系統，並採用內政部最新公布之坐標成果，高程成果則包括橢球高及正高系統。

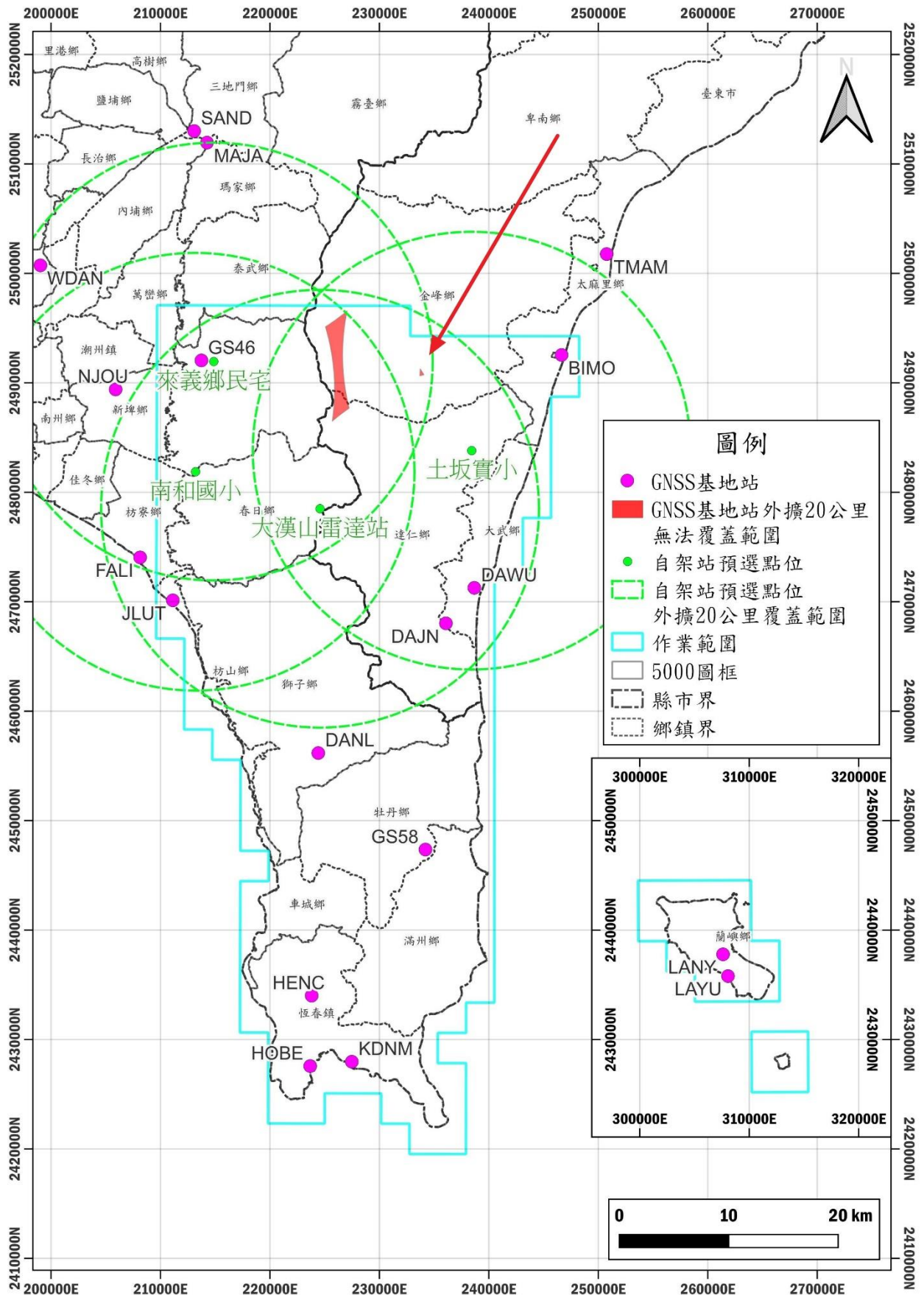
### 2-5-1 地面 GNSS 基站

- 一、空載光達資料獲取同時，其掃瞄區域內 20 公里範圍內，應至少有 2 點以上透空度佳(仰角 10 度以上無遮蔽)的地面 GNSS 基站，同步接收 GNSS 觀測量。
- 二、地面 GNSS 基站應製作點位透空圖，並附上四方環景照片。基站附近包含雷達、高壓電塔、電台等電訊設施，請一併註明其距離及方位角。採雙主站方式布設之基站若透空度類似則點之記內可共用透空圖，但仍須註明清楚雙主站之共點點號，本年度於屏東縣來義鄉架設單點雙站(ST01、ST02)。
- 三、繳交控制測量成果，應包含使用之地面 GNSS 基站及航帶平差控制點分布圖及說明、點之記、地面 GNSS 基站透空圖、GNSS 原始觀測數據等。
- 四、本計畫依據作業規範，測量區域航線須滿足 20 公里內，有 2 站以上 GNSS 基站。首先蒐集計畫測區 20 公里範圍內 GNSS 基地站，共計有 18 站(即表 2-10 中編號 1~18)，並套疊其外擴 20 公里範圍以確認包覆不足之範圍(如圖 2-16 紅色覆蓋區域僅有單一站點覆蓋)，並尋找人車可至且有可供電之場所做為自架 GNSS 基地站之預選場址(如圖 2-16 綠色點位)，共有 4 處。
- 五、預選 4 處人車可至的深山處作為自架 GNSS 基地站場址，分述如下：
  - (一) 來義鄉民宅：交通最為便利，利於基地站之架設與維護，以單點雙站方式架設可取代 GS46，並對作業區西北方之 GNSS 基地站分布有很大的幫助，但仍保留 GS46 以預防單點雙站因故同時故障。
  - (二) 南和國小：其 20 公里範圍無法完整涵蓋包覆不足之範圍，如圖 2-16 中之紅色箭頭所指之處。
  - (三) 大漢山雷達站：雖為人車可至之最深山處，分布位置也最佳，但其為軍事管制區無法進行自架站之架設。
  - (四) 土坂實小：可完整涵蓋包覆不足之範圍，但其位於東部區域，基地站之架設與維護較為不易。

六、綜上所述，經評估後於屏東縣來義鄉架設單點雙站 GNSS 基地站(ST01、ST02)，再加上原有 18 站，總計 20 站，並綜整如表 2-10，基地站外擴 20 公里範圍以及計畫區域套疊如圖 2-17。

表 2-10 測區周圍 GNSS 基地站列表

項次	點號	單位	行政區	站名
1	BIMO	中央氣象局	臺東縣太麻里鄉	賓茂國中
2	DAJN	中央氣象局	臺東縣達仁鄉	達仁
3	DANL	中央氣象局	屏東縣獅子鄉	丹路國小
4	HENC	中央氣象局	屏東縣恆春鎮	恆春
5	HOBE	中央氣象局	屏東縣恆春鎮	後壁湖
6	JLUT	中央氣象局	屏東縣枋山鄉	加祿堂
7	LANY	中央氣象局	臺東縣蘭嶼鄉	蘭嶼
8	NJOU	中央氣象局	屏東縣新埤鄉	南州冀箕湖
9	SAND	中央氣象局	屏東縣三地門鄉	三地門
10	WDAN	中央氣象局	屏東縣萬丹鄉	萬丹
11	DAWU	內政部國土測繪中心	臺東縣大武鄉	大武
12	FALI	內政部國土測繪中心	屏東縣枋寮鄉	枋寮
13	KDNM	內政部國土測繪中心	屏東縣恆春鎮	墾丁
14	LAYU	內政部國土測繪中心	臺東縣蘭嶼鄉	蘭嶼國小
15	MAJA	內政部國土測繪中心	屏東縣瑪家鄉	瑪家
16	TMAM	內政部國土測繪中心	臺東縣太麻里鄉	太麻里
17	GS46	經濟部中央地質調查所	屏東縣來義鄉	來義國小
18	GS58	經濟部中央地質調查所	屏東縣牡丹鄉	高士國小
19	ST01	自強工程	屏東縣來義鄉	來義民宅 1
20	ST02	自強工程	屏東縣來義鄉	來義民宅 2



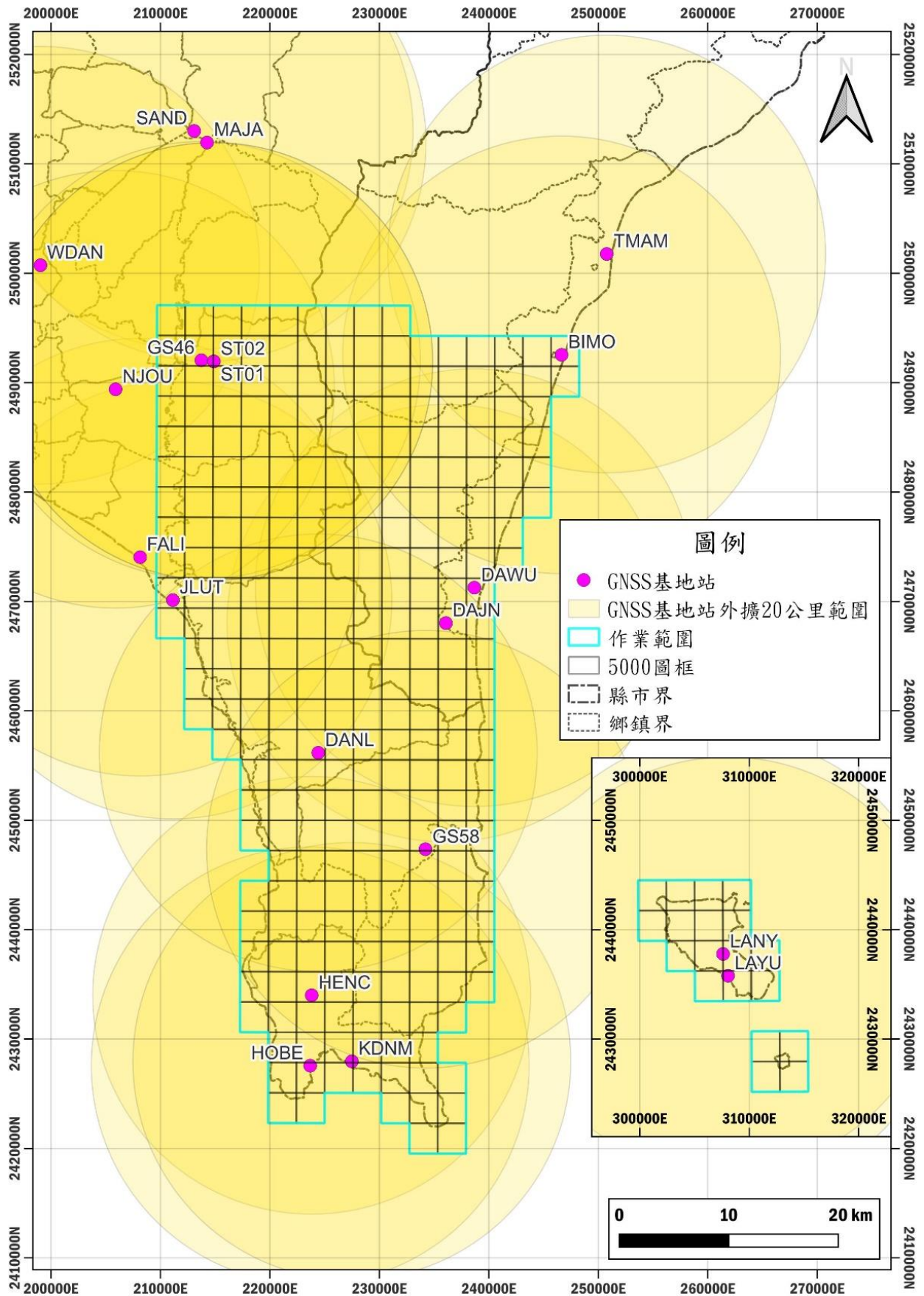


圖 2-17 GNSS 基地站分布及其 20 公里範圍圖

## 2-5-2 自架 GNSS 基地站

本計畫於屏東縣來義鄉架設單點雙站 GNSS 基地站(ST01、ST02)，於 112 年 3 月 8 日架設完畢，使用 GNSS 儀器列表如表 2-11 所示，其 TAF 校正報告請見附件三，並製作相關紀錄圖表以 ST01 為例，共有地面基站點位調查表如圖 2-18、點位透空圖如圖 2-19 以及點位透空環境圖如圖 2-20，詳如附件八。

表 2-11 自架 GNSS 基地站使用儀器列表

項次	點號	廠牌	型號	序號	TAF 校正 報告日期	是否符合作業規定(3 年內)
1	ST01	STONEX	SC200	SC20E0031015L	112.03.02	是
2	ST02	STONEX	SC200	SC20E0031024L	112.03.02	是

112 年及 113 年 LiDAR 技術更新數值地形模型成果測製工作採購案 (第 3 作業區) 【地面基站點位調查表】					
點 號	ST01		圖 號	95183087	
所 在 地	屏東縣來義鄉		點 別	<input type="checkbox"/> 高控 <input type="checkbox"/> 平控 <input checked="" type="checkbox"/> 全控	
平面坐標 TWD97	E	214841.922 m	高程值	正高	132.616 m
	N	2491920.568 m		橢球高	155.691 m
測 設 單 位	自強工程顧問有限公司				
點位種類	<input type="checkbox"/> 石樁 <input type="checkbox"/> 鋼樁 <input type="checkbox"/> 水泥樁 <input type="checkbox"/> 油漆		高程別	<input checked="" type="checkbox"/> GNSS 測算高程 <input type="checkbox"/> 全測站引測高程	
施測人員及日期	游勝宇 112 年 3 月 8 日		內檢人員及日期	陳韋鈺 112 年 3 月	
點 位 說 明 (交通路線)	由屏東縣來義國小沿屏 110 縣道往東行過來義大橋後左轉續行屏 110 縣道 300 米，點位即在道路右側法菲伊溪園地內綠色欄杆鐵皮建築屋頂上。				
位 置 圖(地圖)		位 置 圖(衛星影像)			
					
點位現地遠照		點位現地近照			
					
說明與備註：					

圖 2-18 地面基站點位調查表(ST01)



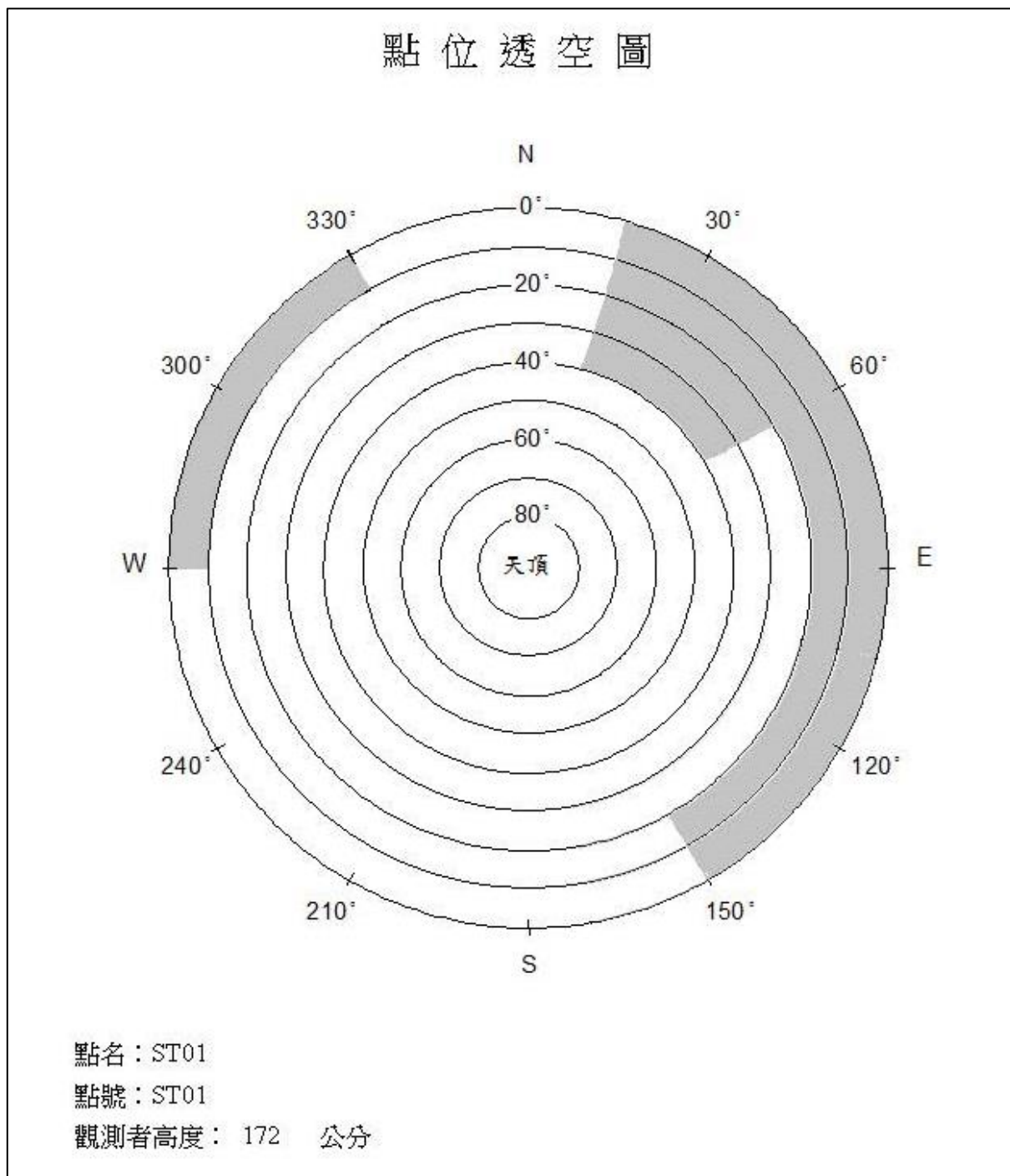


圖 2-19 點位透空圖(ST01)



點位透空環境 (E)

點位透空環境 (S)

點位透空環境 (W)

點位透空環境 (N)

圖 2-20 點位透空環境圖(ST01)

### 2-5-3 地面 GNSS 基站成果

依據本計畫監審廠商監審案的合約規定，控制測量的框架資料由監審廠商提供，測製廠商提供框架點及控制點的觀測資料予監審廠商，並由監審廠商進行解算後將成果提供測製廠商運用，以確保成果框架之一致性。

本團隊於 112 年 5 月 25 日提送地面 GNSS 基地站連續 72 小時資料予監審廠商，並於 112 年 6 月 12 日收到解算成果，相關公文如附件一，坐標成果如表 2-12 所示。

表 2-12 112 年地面 GNSS 基站成果

序號	點名	N (m)	E (m)	h 橢球高 (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)	經度			緯度			備註	
								度	分	秒	度	分	秒		
1	CHEN	2555119.477	288268.769	60.248	-3055984.365	5011702.044	2486670.231	121	22	24.87318	23	5	50.70351	外購站(非框架站)	
2	CHGO	2555221.633	288366.634	77.191	-3056055.451	5011630.123	2486770.623	121	22	28.32159	23	5	54.01642	TWD97[2020]框架站	約制點
3	CHUL	2558945.958	262871.620	465.925	-3033680.046	5023895.577	2490389.195	121	7	32.46437	23	7	56.51391	TWD97[2020]框架站	約制點
4	CHUN	2594486.193	290162.123	118.918	-3049617.324	4997428.383	2522855.041	121	23	35.16045	23	27	10.30495	TWD97[2020]框架站	約制點
5	CISH	2532151.049	196775.993	90.936	-2982137.592	5066459.758	2465495.071	120	28	52.42642	22	53	22.52853	TWD97[2020]框架站	約制點
6	CLON	2481233.758	206724.936	49.122	-3000786.372	5078177.986	2418517.552	120	34	46.56653	22	25	48.18115	TWD97[2020]框架站	放開約制
7	DAJN	2468031.468	236089.219	356.205	-3028755.275	5067708.656	2406474.390	120	51	53.91603	22	18	40.69959	外購站(非框架站)	
8	DANL	2456179.409	224420.948	148.054	-3020948.894	5077373.504	2395411.449	120	45	6.87350	22	12	14.86764	外購站(非框架站)	
9	DASU	2509839.012	191990.121	54.841	-2982450.047	5076271.755	2444893.234	120	26	7.48945	22	41	16.59323	TWD97[2020]框架站	放開約制
10	DAWU	2471272.742	238674.571	41.027	-3030190.208	5065075.207	2409355.292	120	53	24.17318	22	20	26.15240	TWD97[2020]框架站	約制點
11	DCHU	2567918.417	278716.532	251.039	-3045318.225	5012497.112	2498534.127	121	16	50.05020	23	12	47.48738	TWD97[2020]框架站	約制點
12	DNFU	2620236.129	299187.892	133.330	-3052027.957	4983914.450	2546439.504	121	28	56.24017	23	41	6.47054	TWD97[2020]框架站	約制點
13	DSIN	2614239.073	290611.570	178.185	-3045965.558	4990477.373	2540988.165	121	23	52.92829	23	37	52.38399	外購站(非框架站)	
14	DULI	2547164.553	283883.709	49.928	-3053837.242	5016643.445	2479356.042	121	19	50.13997	23	1	32.43383	TWD97[2020]框架站	約制點
15	FALI	2474055.128	208146.641	41.656	-3003415.022	5079792.136	2411880.698	120	35	36.96452	22	21	54.91483	TWD97[2020]框架站	約制點
16	FENP	2610650.736	303009.861	39.727	-3057224.924	4985143.995	2537608.138	121	31	9.91429	23	35	54.44510	TWD97[2020]框架站	約制點
17	FLNM	2627001.468	296215.564	138.503	-3048091.364	4983134.245	2552645.088	121	27	12.08517	23	44	46.70595	TWD97[2020]框架站	約制點
18	FONB	2610618.782	303165.604	51.356	-3057369.976	4985082.810	2537582.991	121	31	15.40383	23	35	53.38799	外購站(非框架站)	
19	FUG2	2521257.997	269809.082	41.605	-3046990.447	5032578.317	2455510.391	121	11	34.58937	22	47	31.00813	外購站(非框架站)	約制點
20	GS45	2516526.840	222082.213	759.192	-3007343.334	5059276.619	2451413.291	120	43	41.39223	22	44	56.77813	TWD97[2020]框架站	放開約制
21	GS46	2492008.352	213941.105	139.965	-3004914.425	5071037.310	2428526.307	120	38	58.04794	22	31	39.08856	TWD97[2020]框架站	放開約制


序號	點名	N (m)	E (m)	h 橢球高 (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)	經度			緯度			備註	
								度	分	秒	度	分	秒		
22	GS55	2527607.076	210008.909	143.070	-2994461.057	5061275.449	2461365.749	120	36	37.16708	22	50	56.12874	外購站(非框架站)	約制點
23	GS56	2511352.045	209912.647	106.315	-2997602.350	5066689.906	2446362.243	120	36	35.29369	22	42	7.65623	外購站(非框架站)	
24	GS58	2447361.563	234211.573	194.926	-3031093.015	5075244.727	2387273.870	120	50	49.03519	22	7	28.58617	外購站(非框架站)	
25	GS75	2531700.054	198096.326	66.989	-2983353.706	5065919.650	2465074.470	120	29	38.80844	22	53	8.01605	外購站(非框架站)	
26	GS78	2527530.811	195154.009	76.388	-2981658.772	5068812.009	2461226.701	120	27	56.10225	22	50	52.13713	外購站(非框架站)	
27	HENC	2434014.331	223820.828	46.535	-3024681.349	5084749.863	2374834.180	120	44	47.20840	22	0	14.16105	TWD97[2020]框架站	放開約制
28	HOBE	2427575.376	223684.069	25.998	-3025795.200	5086869.015	2368854.559	120	44	42.81362	21	56	44.79450	外購站(非框架站)	
29	HUYS	2665249.057	252990.306	855.830	-3003464.397	4992796.823	2587971.923	121	1	45.88393	24	5	32.39681	外購站(非框架站)	
30	JLUT	2470139.454	211142.296	29.985	-3006753.385	5079531.206	2408261.584	120	37	22.02215	22	19	47.85958	TWD97[2020]框架站	放開約制
31	JSU2	2598869.664	293281.078	121.403	-3051383.192	4994311.013	2526869.024	121	25	25.51333	23	29	32.51435	外購站(非框架站)	約制點
32	JULI	2582153.019	282533.904	178.667	-3045649.885	5005637.117	2511575.789	121	19	5.41633	23	20	29.98469	TWD97[2020]框架站	約制點
33	KASU	2523312.053	212323.137	189.328	-2997331.700	5061559.834	2457430.186	120	37	58.72017	22	48	36.68758	TWD97[2020]框架站	放開約制
34	KDNM	2427973.492	227485.140	58.384	-3028999.322	5084820.955	2369241.400	120	46	55.27143	21	56	57.92966	TWD97[2020]框架站	放開約制
35	KFN2	2653669.175	261884.664	1583.311	-3013858.913	4992820.234	2577685.524	121	7	0.48399	23	59	15.82767	TWD97[2020]框架站	放開約制
36	KUA2	2549781.957	266742.880	271.150	-3038753.310	5024822.185	2481878.165	121	9	48.18661	23	2	58.46613	外購站(非框架站)	
37	LANY	2437794.447	307610.053	347.987	-3095826.614	5040450.566	2378374.530	121	33	29.14749	22	2	14.35262	TWD97[2020]框架站	放開約制
38	LAYU	2435800.946	308065.590	47.449	-3096454.457	5040616.245	2376412.133	121	33	44.77776	22	1	9.48357	外購站(非框架站)	
39	LIKN	2517631.022	201518.432	63.406	-2989109.122	5068853.524	2452114.950	120	31	40.45738	22	45	30.99742	TWD97[2020]框架站	放開約制
40	LONT	2533915.673	263393.311	203.577	-3039043.860	5031810.443	2467245.544	121	7	50.01883	22	54	22.75224	TWD97[2020]框架站	約制點
41	MAJA	2511952.565	214254.859	211.877	-3001267.166	5064358.792	2446966.990	120	39	7.39811	22	42	27.53084	TWD97[2020]框架站	約制點
42	MFEN	2664133.340	267537.153	2237.075	-3016812.662	4986753.952	2587507.181	121	10	20.92458	24	4	55.78926	TWD97[2020]框架站	約制點
43	NHSI	2589339.090	296299.627	137.411	-3055921.978	4996003.360	2518122.698	121	27	10.84771	23	24	22.39723	外購站(非框架站)	

序號	點名	N (m)	E (m)	h 橢球高 (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)	經度			緯度			備註	
								度	分	秒	度	分	秒		
44	NIPU	2571288.056	292170.144	67.975	-3056043.861	5004225.508	2501529.279	121	24	43.58402	23	14	35.98862	外購站(非框架站)	
45	NJOU	2489413.039	205904.862	52.108	-2998472.082	5075918.757	2426075.628	120	34	17.06944	22	30	14.02983	TWD97[2020]框架站	約制點
46	PLIM	2652131.174	248168.831	582.742	-3001954.585	4999647.508	2575877.633	120	58	55.21941	23	58	25.98884	TWD97[2020]框架站	放開約制
47	PTUN	2505611.766	194468.520	40.547	-2985417.497	5076397.970	2440995.307	120	27	34.86117	22	38	59.46283	TWD97[2020]框架站	放開約制
48	SAND	2513020.830	213085.083	203.231	-3000044.678	5064595.604	2447946.617	120	38	26.31609	22	43	2.17079	外購站(非框架站)	
49	SLIN	2634257.199	294974.922	202.785	-3045555.733	4981322.370	2559314.991	121	26	29.06936	23	48	42.69076	外購站(非框架站)	
50	TMAM	2501771.644	250769.165	58.734	-3034565.199	5048871.021	2437550.596	121	0	26.93577	22	36	57.88998	TWD97[2020]框架站	約制點
51	TTCS	2558130.553	272033.025	313.044	-3041614.455	5019310.914	2489569.315	121	12	54.46326	23	7	29.65719	外購站(非框架站)	
52	TTUN	2518213.880	258287.762	100.276	-3037760.800	5039589.567	2452735.918	121	4	50.54594	22	45	52.38577	TWD97[2020]框架站	約制點
53	WARO	2634275.735	294926.492	210.291	-3045514.105	4981347.026	2559335.119	121	26	27.36029	23	48	43.29819	TWD97[2020]框架站	約制點
54	WDAN	2500747.064	199039.523	36.424	-2990316.042	5075675.052	2436517.876	120	30	15.53515	22	36	21.82425	TWD97[2020]框架站	放開約制
55	WULU	2563026.607	254246.159	928.467	-3025683.646	5027336.830	2494328.425	121	2	29.30231	23	10	9.33662	TWD97[2020]框架站	約制點
56	YUL1	2579902.389	280701.753	198.334	-3044552.084	5007367.566	2509520.344	121	18	0.74833	23	19	16.94669	外購站(非框架站)	
57	CH62	2516263.547	220303.839	364.508	-3005681.411	5059960.731	2451014.715	120	42	39.07314	22	44	48.10872	自架站(中興)	
58	RW01	2632167.160	244247.313	419.277	-3002678.428	5008467.388	2557552.778	120	56	36.77115	23	47	36.98580	自架站(詮華)	
59	RW02	2632165.214	244249.976	419.215	-3002681.088	5008466.642	2557550.973	120	56	36.86526	23	47	36.92256	自架站(詮華)	
60	ST01	2491920.568	214841.922	155.691	-3005713.769	5070618.621	2428453.163	120	39	29.58041	22	31	36.30232	自架站(自強)	
61	ST02	2491922.028	214843.030	155.690	-3005714.433	5070617.574	2428454.514	120	39	29.61907	22	31	36.34986	自架站(自強)	
62	BIMO	2492550.115	246645.5219	48.072	-3032848.126	5054020.677	2429030.271	120	58	2.59846	22	31	58.06481	外購站(非框架站)	

### 2-5-4 控制點施測方法及分布

- 一、航帶平差控制點及平面控制點採 VBS-RTK 動態測量方式，重複觀測至少 2 次，每次收斂筆數應達 180 筆，計算每次觀測之平均坐標值，檢核其坐標差平面方向應小於 4 公分，高程方向應小於 10 公分。如 VBS-RTK 測量無法收斂時，則應取得連續 20 分鐘以上、記錄頻率為 1 Hz 之靜態觀測資料，並以 VBS-RTK 後處理方式計算該點坐標。
- 二、離島區域(蘭嶼、小蘭嶼)則採 GNSS 靜態測量並依內政部「基本測量實施規則」之加密控制測量規定辦理，GNSS 靜態聯測時透過架設不動站搭配島上之 GNSS 連續追蹤站進行聯合解算，小蘭嶼則請蘭嶼鄉公所協尋船長並進行登島作業，因小蘭嶼為無人島並無道路或人工構造物特徵無法漆標與測量特徵物，故使用帆布標透過營釘固定於地上。
- 三、所使用的儀器為 STONEX 系列之 GNSS 衛星定位儀(如表 2-13)，並均有 TAF 校正成果如附件三。
- 四、採用內政部發布之臺灣地區大地起伏模型，將橢球高內插計算為正高值。
- 五、所有成果必須製作點位紀錄表，範例如圖 2-21，成果如附件九。
- 六、依據航線成果並套疊內政部國土測繪中心臺灣通用電子地圖進行評估，共規劃 233 個控制點，其中包括 140 點航帶平差高程控制點(代碼 A1)、50 點立製測量航帶平差高程控制點(代碼 A2)、23 點平面控制點(特徵角點)(代碼 B)與 20 點檢核點(代碼 C)，控制點位置分布以及套疊內政部國土測繪中心臺灣通用電子地圖如圖 2-22 與圖 2-23 所示。

表 2-13 STONEX 系列之 GNSS 衛星定位儀

儀器型式/儀器精度及規格	儀器照片	數量
<b>STONEX 系列 GNSS 衛星定位儀</b> TAF 校正日期：110.02.22 ~ 112.04.28 靜態 GNSS 測量/快速靜態/動態/RTK 測量 Horizontal: $\pm(2.5\text{mm}+1\text{ppm}) \times (\text{baseline}) \text{ RMS}$ Vertical: $\pm(5\text{mm}+01\text{ppm}) \times (\text{baseline}) \text{ RMS}$		10

內政部國土測繪中心「112 年度及 113 年度 LiDAR 技術更新數值地形模型成果測製工作採購案」					
【地面控制點點位調查表】			C 檢核點		
點 號	23-0101C		圖 號	95174015	
所 在 地	屏東縣新埤鄉		點 別	<input type="checkbox"/> 全控(A) <input type="checkbox"/> 高控(A) <input type="checkbox"/> 平控(B) <input checked="" type="checkbox"/> 檢核點(C)	
平面坐標	E	210725.130	高 程 值	正高	50.254
	N	2485117.445		橢球高	72.718
坐標框架	TWD97[2020]		高 程 別	<input checked="" type="checkbox"/> GNSS 測算高程 <input type="checkbox"/> 全測站引測 <input type="checkbox"/> 直接水準	
點位種類	<input type="checkbox"/> 鋼釘 <input type="checkbox"/> 角點 <input checked="" type="checkbox"/> 油漆 <input type="checkbox"/> 其他		大地起伏模式	<input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> 正高採_TWHYGEO2014_模式化算	
測設單位	自強工程顧問有限公司				
施測人員及日期	余秉翰 / 112 年 3 月		內檢人員及日期	陳章灯 / 112 年 5 月	
點位說明 (交通路線)	點位於屏東縣來義鄉望嘉村屏 118 縣道終點 8K+705m 與望嘉部落村莊前空地上。				
位 置 圖			影 像		
					
點位現地遠照			點位現地近照		
					
說明與備註：					

圖 2-21 控制點點位紀錄表



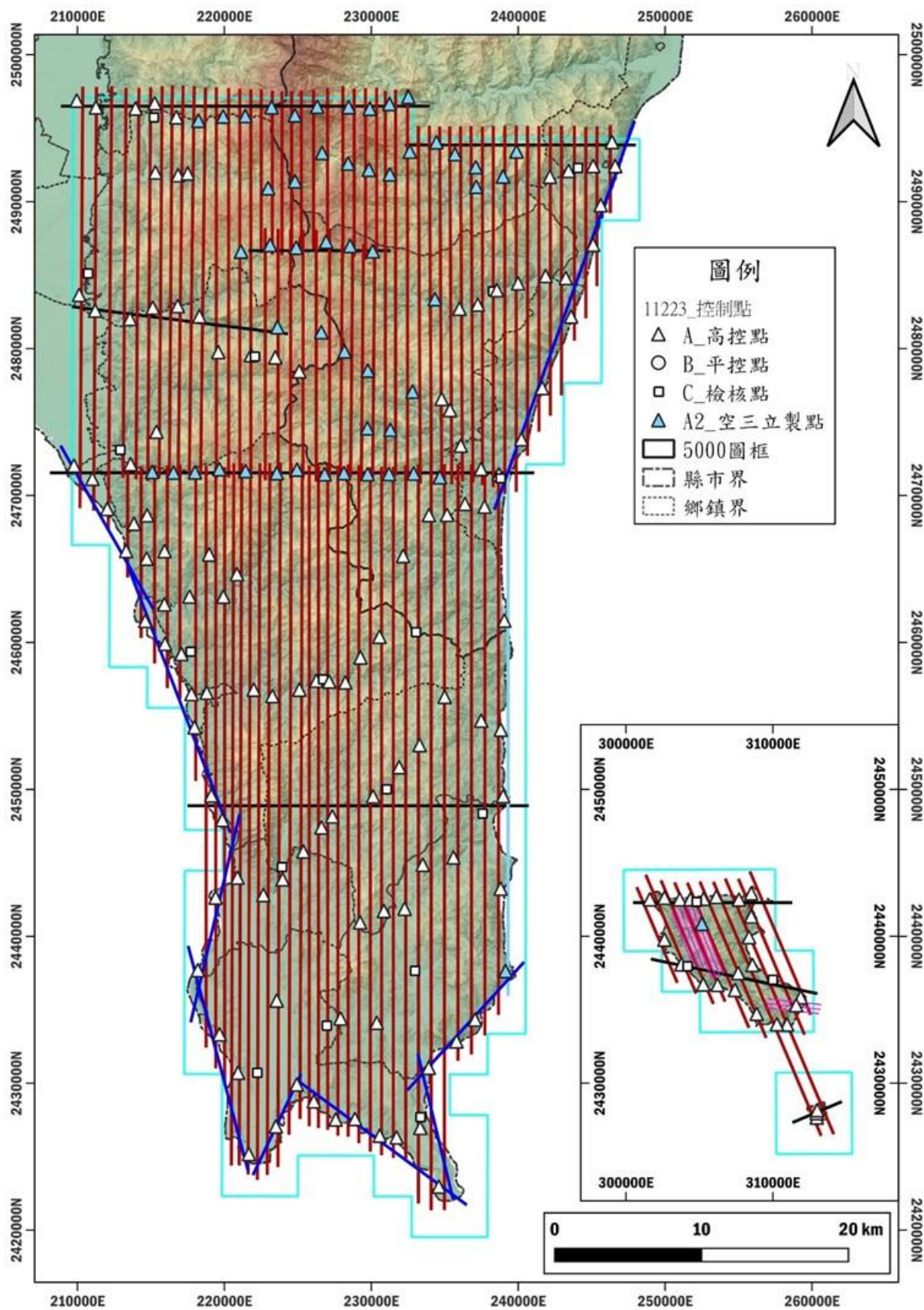


圖 2-22 控制點位分布圖

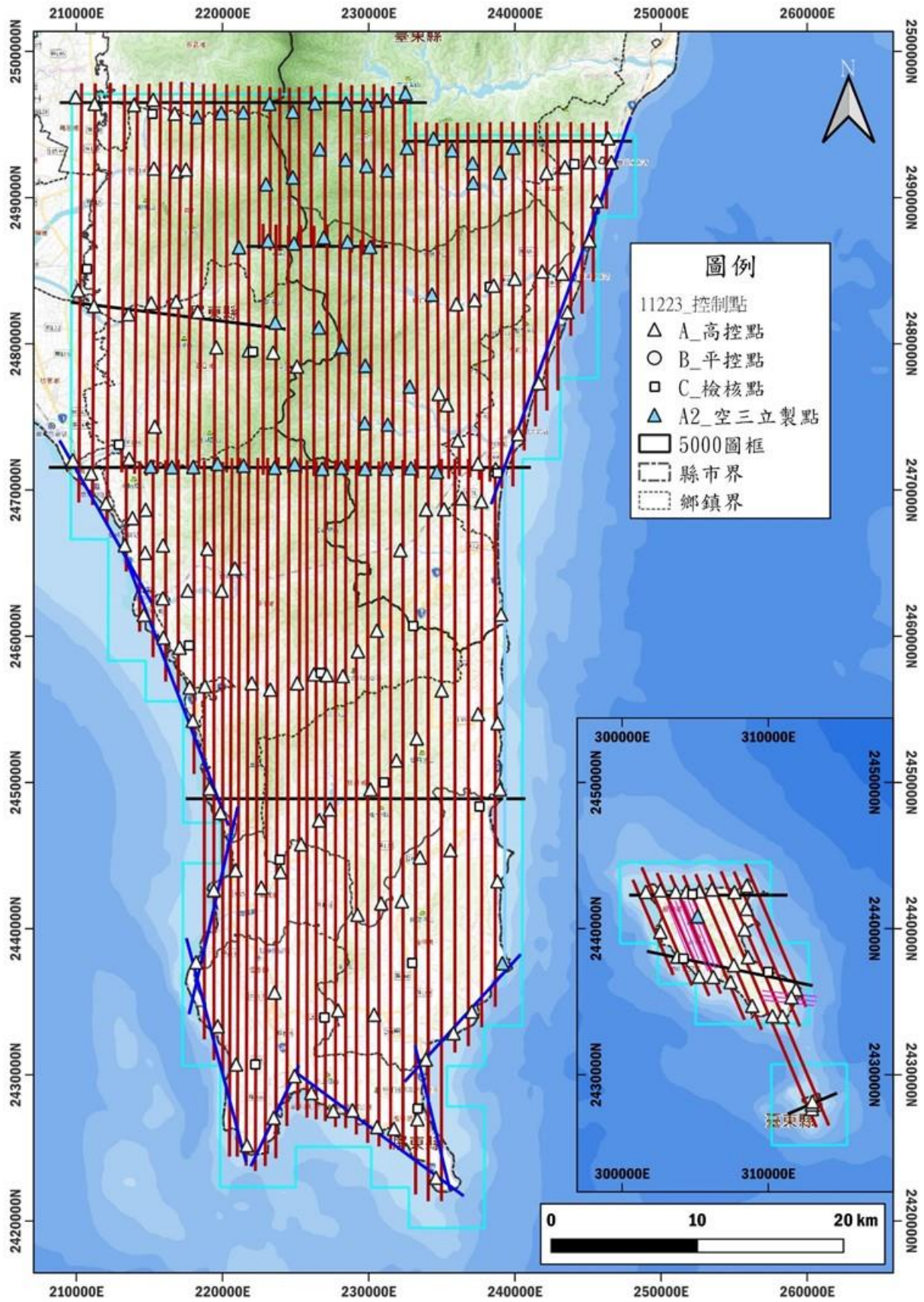


圖 2-23 控制點位分布套疊內政部國土測繪中心臺灣通用電子地圖

## 2-5-5 控制點成果

### 一、臺灣本島區域

臺灣本島區域航帶平差控制點及平面控制點採內政部國土測繪中心 e-GNSS 系統進行 VBS-RTK 動態測量，測量方式與使用儀器如上小節所述，測量時間從 112 年 3 月 21 日至 112 年 6 月 29 日間進行，其中 112 年 5 月 1 日以前的使用 e-GNSS[2021]坐標系統，112 年 5 月 1 日以後的使用 e-GNSS[2023]坐標系統，另有 VBS-RTK 測量無法收斂點位，則取得連續 20 分鐘以上、記錄頻率為 1 Hz 之靜態觀測資料，並以內政部國土測繪中心網頁後處理服務計算坐標。觀測成果利用測繪中心網頁版坐標轉換功能轉換至 TWD97[2020]如表 2-14 至表 2-16 所示。

**表 2-14 航帶平差高程控制點(代碼 A)TWD97[2020]成果(臺灣本島區域)**

點號	轉換前(e-GNSS)			轉換後(TWD97[2020])			
	N	E	橢球高	N	E	正高	橢球高
23-0001A	2496891.813	209947.100	52.651	2496891.770	209947.423	30.238	52.664
23-0002A	2496425.735	211253.606	58.667	2496425.696	211253.932	36.077	58.679
23-0003A	2496340.678	213947.676	472.357	2496340.653	213948.006	449.354	472.325
23-0004A	2496702.984	215255.972	344.299	2496702.963	215256.302	321.109	344.251
23-0006A	2495750.626	216728.577	258.083	2495750.598	216728.907	234.694	258.017
23-0007A	2494069.156	246385.307	177.558	2494069.101	246385.621	153.646	177.571
23-0008A	2491998.592	215303.084	162.836	2491998.548	215303.415	139.606	162.738
23-0009A	2491809.132	216842.337	201.005	2491809.090	216842.668	177.587	200.905
23-0010A	2491929.640	217501.149	227.231	2491929.599	217501.480	203.736	227.132
23-0011A	2491704.667	242154.565	128.184	2491704.603	242154.880	104.166	128.205
23-0012A	2492099.291	243426.546	82.463	2492099.229	243426.861	58.477	82.482
23-0014A	2492431.340	245103.211	54.081	2492431.282	245103.526	30.167	54.089
23-0015A	2492422.732	246601.179	40.851	2492422.677	246601.494	17.053	40.853
23-0016A	2489765.614	245620.180	129.556	2489765.555	245620.494	105.760	129.509
23-0017A	2487070.249	245099.222	37.647	2487070.190	245099.534	13.898	37.523
23-0102A	2483662.717	210111.248	66.614	2483662.665	210111.583	44.197	66.556
23-0103A	2482588.617	211203.742	135.004	2482588.570	211204.072	112.505	134.984
23-0104A	2482027.523	213567.368	128.166	2482027.474	213567.699	105.352	128.105
23-0105A	2482795.866	215121.858	161.371	2482795.816	215122.323	138.406	161.353
23-0106A	2482900.350	216823.035	193.129	2482900.300	216823.366	169.915	193.041
23-0107A	2482204.502	218292.623	250.399	2482204.452	218292.954	227.073	250.319
23-0108A	2479764.581	219581.210	912.362	2479764.531	219581.540	888.976	912.301

點號	轉換前(e-GNSS)			轉換後(TWD97[2020])			
	N	E	橢球高	N	E	正高	橢球高
23-0109A	2479558.920	221810.196	1026.446	2479558.854	221810.649	1002.898	1026.410
23-0111A	2479408.364	223460.389	1299.480	2479408.313	223460.717	1275.782	1299.426
23-0112A	2478464.163	225091.462	1593.187	2478464.111	225091.788	1569.432	1593.140
23-0113A	2482718.512	235998.515	214.357	2482718.402	235998.941	190.528	214.338
23-0114A	2483000.503	237246.756	189.657	2483000.440	237247.071	165.787	189.576
23-0116A	2483990.015	238552.927	154.957	2483989.953	238553.241	131.070	154.859
23-0117A	2484451.761	239990.909	158.441	2484451.648	239991.328	134.706	158.464
23-0118A	2484949.129	241863.202	80.093	2484949.068	241863.514	56.238	79.938
23-0119A	2484812.054	243238.694	55.687	2484811.994	243239.005	31.888	55.512
23-0120A	2482181.702	243601.858	36.714	2482181.640	243602.170	13.070	36.575
23-0201A	2476581.756	234786.311	538.778	2476581.692	234786.629	515.140	538.752
23-0202A	2475826.785	235355.522	480.085	2475826.720	235355.840	456.495	480.066
23-0203A	2477325.482	241636.887	92.778	2477325.416	241637.201	69.322	92.711
23-0204A	2474349.698	215368.592	431.891	2474349.652	215368.922	409.061	431.871
23-0205A	2473399.581	236090.346	102.972	2473399.518	236090.664	79.512	102.969
23-0206A	2473836.736	240220.206	30.999	2473836.670	240220.522	7.613	30.977
23-0207A	2472043.734	209758.008	31.407	2472043.691	209758.335	9.332	31.401
23-0208A	2471143.181	211011.023	33.068	2471143.137	211011.352	10.879	33.064
23-0210A	2472144.908	213612.349	85.282	2472144.865	213612.679	62.739	85.275
23-0211A	2471815.787	237469.130	89.469	2471815.727	237469.449	66.089	89.471
23-0212A	2471443.091	238680.968	33.982	2471443.033	238681.288	10.616	33.980
23-0214A	2469101.472	212025.404	29.409	2469101.428	212025.733	7.171	29.416
23-0215A	2468086.057	213838.269	45.542	2468086.014	213838.599	23.121	45.559
23-0216A	2468661.430	214740.694	74.305	2468661.388	214741.024	51.758	74.320
23-0217A	2466234.222	213308.270	27.093	2466234.179	213308.600	4.808	27.118
23-0218A	2465716.061	214705.336	67.041	2465716.019	214705.666	44.624	67.073
23-0219A	2466225.614	215924.088	140.906	2466225.573	215924.418	118.342	140.937
23-0220A	2465997.997	218963.382	197.187	2465997.956	218963.714	174.364	197.210
23-0221A	2464652.679	220849.952	159.058	2464652.637	220850.285	136.168	159.076
23-0222A	2461470.009	214606.715	28.256	2461469.963	214607.046	6.040	28.290
23-0223A	2462600.369	215912.301	43.295	2462600.325	215912.632	20.891	43.331
23-0224A	2463131.967	217621.655	64.029	2463131.923	217621.987	41.458	64.062
23-0225A	2463127.182	219927.820	91.297	2463127.139	219928.152	68.543	91.320
23-0226A	2459914.387	215954.324	28.970	2459914.338	215954.656	6.630	28.998
23-0227A	2459224.396	217071.116	43.292	2459224.346	217071.448	20.861	43.317
23-0301A	2456501.049	217755.968	31.663	2456500.999	217756.298	9.298	31.685

點號	轉換前(e-GNSS)			轉換後(TWD97[2020])			
	N	E	橢球高	N	E	正高	橢球高
23-0302A	2456589.102	218794.888	41.502	2456589.052	218795.218	19.053	41.522
23-0303A	2456798.538	221997.481	84.662	2456798.487	221997.808	61.909	84.673
23-0304A	2456360.146	223267.452	113.530	2456360.093	223267.777	90.706	113.536
23-0305A	2456794.365	225101.345	132.992	2456794.311	225101.670	110.066	132.993
23-0306A	2457408.953	226253.389	147.217	2457408.899	226253.715	124.218	147.214
23-0308A	2457341.561	227133.198	154.139	2457341.506	227133.524	131.093	154.131
23-0309A	2457285.087	228228.089	170.986	2457285.032	228228.415	147.882	170.965
23-0310A	2458985.489	229260.843	237.561	2458985.434	229261.167	214.332	237.514
23-0311A	2460394.795	230556.444	335.373	2460394.739	230556.765	312.099	335.296
23-0312A	2465893.100	232163.938	140.060	2465893.044	232164.258	116.685	140.009
23-0314A	2468672.172	233919.966	428.514	2468672.115	233920.286	405.123	428.500
23-0315A	2468695.684	235155.388	393.063	2468695.627	235155.708	369.712	393.059
23-0316A	2469443.190	236375.155	343.620	2469443.132	236375.475	320.285	343.622
23-0317A	2469245.133	237704.052	299.014	2469245.076	237704.372	275.710	299.009
23-0318A	2461498.346	239054.677	36.230	2461498.286	239054.991	12.979	36.116
23-0319A	2454227.156	217962.047	24.400	2454227.108	217962.376	2.106	24.421
23-0320A	2449595.231	219105.676	44.309	2449595.187	219106.003	22.026	44.323
23-0321A	2447940.049	219850.211	43.265	2447940.007	219850.538	20.972	43.275
23-0401A	2442647.459	219401.463	25.761	2442647.422	219401.792	3.682	25.767
23-0402A	2444004.039	220886.307	30.295	2444004.000	220886.634	8.043	30.293
23-0403A	2442823.482	222650.884	49.574	2442823.441	222651.219	27.215	49.553
23-0404A	2443884.686	223963.108	71.326	2443884.641	223963.441	48.846	71.303
23-0406A	2445779.717	225373.994	86.477	2445779.670	225374.324	63.870	86.465
23-0407A	2447422.007	226611.719	104.848	2447421.958	226612.048	82.138	104.843
23-0408A	2448173.913	227348.592	167.489	2448173.863	227348.921	144.719	167.486
23-0409A	2449535.350	230122.684	247.720	2449535.297	230123.013	224.808	247.717
23-0411A	2451517.870	231896.612	284.725	2451517.815	231896.946	261.707	284.713
23-0412A	2453018.458	233286.799	295.928	2453018.403	233287.136	272.856	295.901
23-0413A	2456304.333	234990.501	317.852	2456304.275	234990.825	294.640	317.751
23-0414A	2454686.510	237478.418	37.778	2454686.451	237478.740	14.627	37.694
23-0415A	2454070.005	238811.434	31.620	2454069.945	238811.754	8.508	31.542
23-0501A	2440954.653	229236.222	340.684	2440954.599	229236.546	317.993	340.653
23-0502A	2441737.114	230856.981	202.775	2441737.060	230857.301	180.038	202.767
23-0503A	2441887.223	232266.454	125.896	2441887.168	232266.772	103.123	125.893
23-0504A	2444883.243	233502.726	208.507	2444883.187	233503.044	185.716	208.509
23-0505A	2445378.401	235590.253	104.381	2445378.342	235590.569	81.558	104.378

點號	轉換前(e-GNSS)			轉換後(TWD97[2020])			
	N	E	橢球高	N	E	正高	橢球高
23-0507A	2443256.341	238804.997	24.640	2443256.279	238805.307	1.828	24.631
23-0508A	2449552.032	238977.186	31.933	2449551.971	238977.504	8.971	31.896
23-0601A	2437709.853	218190.710	30.177	2437709.814	218191.036	8.338	30.204
23-0602A	2435642.326	223558.744	45.180	2435642.275	223559.076	22.930	45.119
23-0604A	2434424.269	227906.178	124.494	2434424.212	227906.499	102.020	124.419
23-0605A	2434128.346	230367.988	54.397	2434128.290	230368.306	31.955	54.381
23-0607A	2431060.117	233910.179	35.795	2431060.056	233910.479	13.332	35.794
23-0608A	2432862.345	235798.056	30.223	2432862.281	235798.350	7.711	30.229
23-0609A	2434339.179	237065.122	117.770	2434339.115	237065.419	95.208	117.775
23-0701A	2433336.550	219668.816	36.418	2433336.514	219669.141	14.595	36.445
23-0702A	2430722.492	220925.640	38.182	2430722.453	220925.964	16.317	38.173
23-0704A	2425187.899	221663.798	39.713	2425187.847	221664.242	17.913	39.676
23-0705A	2427068.521	223502.708	27.060	2427068.479	223503.028	5.155	27.067
23-0706A	2429931.480	224928.459	46.508	2429931.427	224928.773	24.369	46.453
23-0707A	2428783.477	226083.822	32.473	2428783.421	226084.132	10.316	32.436
23-0708A	2427541.953	227573.640	34.232	2427541.898	227573.944	12.014	34.163
23-0709A	2427583.255	228886.431	31.888	2427583.198	228886.734	9.634	31.837
23-0710A	2426439.830	230569.400	37.540	2426439.773	230569.702	15.286	37.504
23-0711A	2426326.330	231720.319	28.936	2426326.272	231720.619	6.654	28.908
23-0713A	2426968.626	233331.011	97.933	2426968.566	233331.310	75.591	97.916
23-0714A	2422977.958	234596.975	34.915	2422977.899	234597.274	12.663	34.900

表 2-15 航帶平差平面控制點(代碼 B)TWD97[2020]成果(臺灣本島區域)

點號	轉換前(e-GNSS)			轉換後(TWD97[2020])			
	N	E	橢球高	N	E	正高	橢球高
23-0002B	2493277.210	211274.316	93.522	2493277.183	211274.800	70.930	93.529
23-0004B	2496704.938	215222.613	346.874	2496704.917	215222.943	323.689	346.827
23-0010B	2491924.215	217494.528	230.267	2491924.174	217494.859	206.773	230.168
23-0015B	2492488.071	245887.946	70.108	2492487.998	245888.353	46.261	70.127
23-0101B	2485049.336	210756.774	77.029	2485049.297	210757.248	54.566	77.033
23-0104B	2482030.838	213587.432	130.756	2482030.789	213587.763	107.939	130.695
23-0105B	2482656.642	214778.784	147.610	2482656.592	214779.116	124.621	147.527
23-0115B	2483934.597	238297.045	181.351	2483934.535	238297.359	157.462	181.257
23-0207B	2472028.464	209709.304	34.446	2472028.421	209709.631	12.377	34.441
23-0212B	2471287.504	238628.959	35.092	2471287.408	238629.381	11.742	35.100

點號	轉換前(e-GNSS)			轉換後(TWD97[2020])			
	N	E	橢球高	N	E	正高	橢球高
23-0218B	2465747.571	214684.456	68.074	2465747.529	214684.786	45.658	68.106
23-0302B	2456535.249	219051.527	44.665	2456535.199	219051.857	22.202	44.684
23-0308B	2457310.083	227133.456	156.956	2457310.028	227133.782	133.910	156.948
23-0315B	2468724.749	235139.038	398.968	2468724.692	235139.358	375.616	398.964
23-0404B	2443848.618	223938.389	80.607	2443848.573	223938.722	58.129	80.583
23-0410B	2450097.795	231176.405	267.715	2450097.741	231176.735	244.759	267.710
23-0508B	2448320.590	237828.871	37.260	2448320.475	237829.291	14.329	37.241
23-0607B	2430776.631	233842.060	37.470	2430776.534	233842.458	15.037	37.495
23-0704B	2426443.095	222297.266	76.590	2426443.044	222297.711	54.723	76.551
23-0709B	2427566.547	228811.792	34.147	2427566.491	228812.095	11.895	34.095

表 2-16 檢核點(代碼 C)TWD97[2020]成果(臺灣本島區域)

點號	轉換前(e-GNSS)			轉換後(TWD97[2020])			
	N	E	橢球高	N	E	正高	橢球高
23-0005C	2495730.175	215199.383	212.459	2495730.149	215199.713	189.280	212.406
23-0013C	2492295.828	244070.359	69.121	2492295.767	244070.674	45.154	69.135
23-0101C	2485117.498	210724.790	72.872	2485117.445	210725.130	50.254	72.718
23-0110C	2479462.542	222077.106	1045.634	2479462.491	222077.435	1022.043	1045.578
23-0115C	2483897.095	238287.228	177.112	2483896.983	238287.649	153.322	177.115
23-0209C	2473106.445	212915.788	72.424	2473106.401	212916.248	49.939	72.414
23-0213C	2471172.567	238806.215	29.976	2471172.509	238806.535	6.621	29.973
23-0228C	2459376.025	217705.677	55.052	2459375.975	217706.009	32.573	55.076
23-0307C	2457495.263	226719.086	157.034	2457495.208	226719.412	134.006	157.029
23-0313C	2460707.602	233045.547	476.593	2460707.545	233045.863	453.204	476.462
23-0405C	2444721.455	223921.402	83.513	2444721.410	223921.733	61.014	83.496
23-0406C	2448364.209	237578.141	35.096	2448364.149	237578.459	12.158	35.073
23-0410C	2450014.197	231053.143	259.556	2450014.143	231053.473	236.606	259.551
23-0603C	2433926.094	226972.934	100.069	2433926.038	226973.254	77.636	99.977
23-0606C	2437658.559	232973.373	73.291	2437658.501	232973.686	50.638	73.285
23-0703C	2430717.472	222239.579	46.495	2430717.430	222239.901	24.508	46.448
23-0712C	2427700.878	233353.221	92.043	2427700.818	233353.520	69.681	92.028

## 二、離島區域

離島區域(蘭嶼、小蘭嶼)採 GNSS 靜態測量聯測，有航帶平差高程控制點(代碼 A)計 25 點、檢核點(代碼 C)計 3 點與 1 點水準點(LY07)，共 29 點。靜態聯測時間為 112 年 3 月 15 日至 112 年 3 月 18 日，蘭嶼本島每站擺站時間 60 分鐘以上，小蘭嶼每站擺站 90 分鐘以上，並於獲得計畫控制框架成果坐標(詳 2-5-3 節)後，使用蘭嶼本島上之地面 GNSS 基地站：蘭嶼(LANY)、蘭嶼國小(LAYU)，此 2 站之監審方解算 TWD97[2020]成果坐標進行聯合解算。航帶平差平面控制點(代碼 B)則使用 RTK 方式進行測量，最後採用內政部發布之臺灣地區大地起伏模型，將橢球高內插計算為正高值。已知點精度檢測請見表 2-17，靜態聯測點位分布如圖 2-24，聯測時段表如表 2-18 所示，靜態聯測解算報表請見附件十，控制點坐標成果如表 2-19 至表 2-21 所示。



表 2-17 離島區域已知點精度檢核表

起點號	檢審方解算成果坐標		最小約制坐標		終點號	檢審方解算成果坐標		最小約制坐標		解算坐標 邊長(m)	最小約制 邊長(m)	距離差值 (mm)	容許經度 (mm)	是否 合格
	N	E	N	E		N	E	N	E					
LANY	2437794.447	307610.053	2437794.447	307610.053	LAYU	2435800.946	308065.590	2435800.928	308065.602	2044.886	2044.907	20.221	21.135	合格

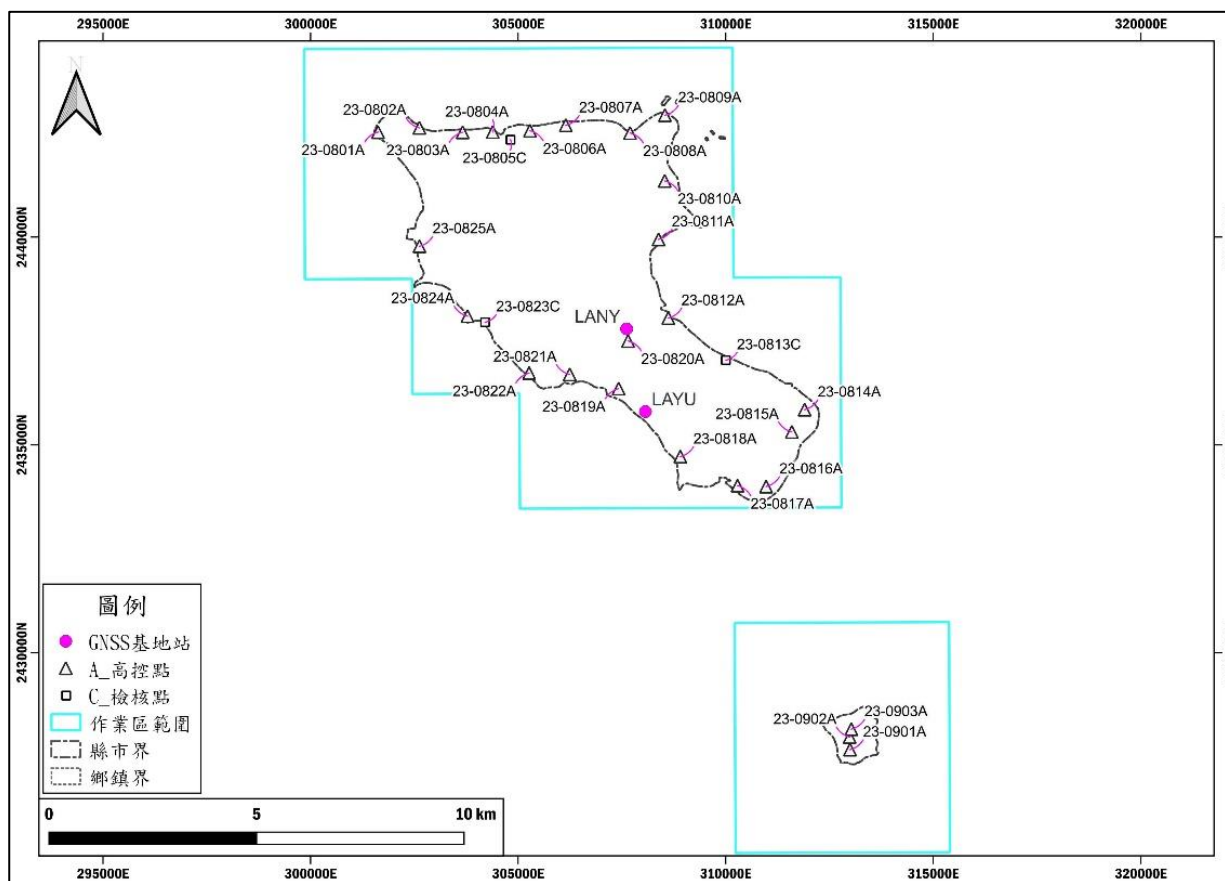


圖 2-24 靜態聯測點位分布圖

表 2-18 離島區域靜態聯測時段表

時段(日期)	項目	儀器 1	儀器 2	儀器 3	儀器 4	儀器 5	儀器 6	儀器 7
1(03/15)	點號	---	---	23-0802A	23-0808A	---	23-0816A	---
	儀高	---	---	1.435	1.537	---	1.527	---
	開機時間	---	---	13:33	13:07	---	13:36	---
	時段關機時間	17:00						
2(03/16)	點號	23-0803A	23-0807A	23-0802A	23-0825A	23-0801A	23-0808A	---
	儀高	1.578	1.779	1.543	1.537	1.573	1.587	---
	開機時間	07:41	07:55	07:36	07:13	07:34	07:27	---
	時段關機時間	09:00						
3(03/16)	點號	23-0805C	23-0806A	23-0802A	23-0825A	23-0804A	23-0808A	---
	儀高	1.670	1.767	1.543	1.537	1.622	1.587	---
	開機時間	09:11	09:10	07:36	07:13	09:14	07:27	---
	時段關機時間	10:15						
4(03/16)	點號	23-0811A	23-0809A	23-0802A	23-0825A	23-0810A	23-0808A	---
	儀高	1.671	1.714	1.543	1.537	1.641	1.587	---
	開機時間	10:36	10:31	07:36	07:13	10:32	07:27	---
	時段關機時間	11:40						
5(03/16)	點號	23-0811A	23-0812A	23-0802A	23-0825A	23-0813C	23-0808A	---
	儀高	1.671	1.675	1.543	1.537	1.630	1.587	---
	開機時間	10:36	12:02	07:36	07:13	11:57	07:27	---
	時段關機時間	13:05						
6(03/16)	點號	23-0820A	23-0818A	23-0802A	23-0825A	23-0813C	23-0808A	---
	儀高	1.574	1.659	1.543	1.537	1.63	1.587	---
	開機時間	13:22	13:32	07:36	07:13	11:57	07:27	---
	時段關機時間	14:35						
7(03/16)	點號	23-0814A	23-0818A	23-0802A	23-0825A	23-0813C	23-0808A	---
	儀高	1.635	1.659	1.543	1.537	1.630	1.587	---
	開機時間	14:56	13:32	07:36	07:13	11:57	07:27	---
	時段關機時間	16:00						
8(03/16)	點號	23-0814A	23-0816A	23-0802A	23-0825A	23-0815A	23-0808A	---
	儀高	1.635	1.569	1.543	1.537	1.631	1.587	---
	開機時間	14:56	16:12	07:36	07:13	16:10	07:27	---
	時段關機時間	17:15						

時段(日期)	項目	儀器 1	儀器 2	儀器 3	儀器 4	儀器 5	儀器 6	儀器 7
9(03/17)	點號	23-0903A	23-0901A	23-0802A	23-0816A	23-0902A	23-0808A	---
	儀高	1.307	1.397	1.400	1.600	1.327	1.568	---
	開機時間	11:33	10:15	06:42	07:42	10:46	06:30	---
	時段關機時間	13:10	13:27	17:00		13:16	17:00	
10(03/18)	點號	23-0822A	23-0824A	23-0802A	23-0808A	23-0811A	23-0823C	23-0825A
	儀高	1.616	1.694	1.412	1.549	1.668	1.621	1.431
	開機時間	09:14	08:53	08:48	08:55	09:09	09:14	09:21
	時段關機時間	10:25						
11(03/18)	點號	23-0822A	23-0818A	23-0802A	23-0808A	23-0819A	23-0821A	---
	儀高	1.616	1.659	1.412	1.549	1.651	1.628	---
	開機時間	09:14	10:53	08:48	08:55	10:49	10:37	---
	時段關機時間	11:50						
12(03/18)	點號	23-0816A	23-0818A	23-0802A	23-0808A	23-0814A	23-0817A	LY07
	儀高	1.499	1.659	1.412	1.549	1.691	1.592	1.431
	開機時間	12:18	10:53	08:48	08:55	12:14	12:10	12:21
	時段關機時間	13:25						
13(03/18)	點號	23-0816A	23-0818A	23-0802A	23-0808A	23-0814A	23-0815A	---
	儀高	1.499	1.659	1.412	1.549	1.691	1.569	---
	開機時間	12:18	10:53	08:48	08:55	12:14	13:38	---
	時段關機時間	14:40						

表 2-19 航帶平差高程控制點(代碼 A)TWD97[2020]成果(離島區域)

項次	點號	TWD97[2020]			
		N	E	正高	橢球高
1	23-0801A	2442525.541	301623.301	10.082	34.477
2	23-0802A	2442629.310	302619.047	7.406	31.819
3	23-0803A	2442523.011	303661.037	6.734	31.170
4	23-0804A	2442529.734	304386.240	10.431	34.885
5	23-0806A	2442559.544	305281.949	9.385	33.857
6	23-0807A	2442691.450	306145.068	8.798	33.280
7	23-0808A	2442505.332	307693.428	7.246	31.745
8	23-0809A	2442933.099	308532.928	8.143	32.643
9	23-0810A	2441352.981	308528.096	12.744	37.292
10	23-0811A	2439946.036	308380.042	2.085	26.669

項次	點號	TWD97[2020]			
		N	E	正高	橢球高
11	23-0812A	2438053.804	308614.234	3.318	27.959
12	23-0814A	2435849.974	311897.751	31.105	55.817
13	23-0815A	2435313.777	311590.160	19.854	44.583
14	23-0816A	2434000.242	310970.128	14.230	38.995
15	23-0817A	2434019.732	310281.752	12.560	37.317
16	23-0818A	2434721.055	308903.596	43.692	68.414
17	23-0819A	2436355.870	307417.843	12.551	37.201
18	23-0820A	2437502.059	307644.981	199.247	223.875
19	23-0821A	2436697.720	306239.669	16.998	41.596
20	23-0822A	2436729.800	305261.346	10.448	35.001
21	23-0824A	2438099.691	303777.693	16.784	41.243
22	23-0825A	2439780.208	302620.475	9.580	33.983
23	23-0901A	2427671.358	312991.197	24.234	49.160
24	23-0902A	2427973.334	312983.393	36.968	61.891
25	23-0903A	2428163.635	313022.768	29.439	54.361

表 2-20 航帶平差平面控制點(代碼 B)TWD97[2020]成果(離島區域)

項次	點號	TWD97[2020]			
		N	E	正高	橢球高
1	23-0804B	2442532.662	304306.308	12.672	39.056
2	23-0814B	2436328.401	311543.600	19.266	45.862
3	23-0825B	2440040.446	302584.044	14.170	40.434

表 2-21 檢核點(代碼 C)TWD97[2020]成果(離島區域)

項次	點號	TWD97[2020]			
		N	E	正高	橢球高
1	23-0805C	2442343.668	304813.017	7.270	31.734
2	23-0813C	2437039.997	310001.176	6.311	30.996
3	23-0823C	2437952.741	304201.231	15.361	39.843

## 2-6 空載光達掃瞄及航空攝影資料獲取

如 2-3-2 節所述，本計畫共規劃 130 條航線，航線總長為 2,953 公里，預計需執行 16~20 個架次（飛機起落為 1 架次），但實際執行包含補雲洞共執行 35 個架次，各架次處理流程與內容如下，並歸結實際執行與預計執行架次數量落差原因於 5-1 節。

### 2-6-1 飛航掃瞄作業流程

- 一、應依掃瞄飛航計畫書之點雲密度及航線設定參數辦理施測。
- 二、全程採全波形作業方式辦理飛行掃瞄及記錄。
- 三、掃瞄飛航應同時進行航拍影像的拍攝。為獲取品質良好之航拍影像，應於天氣晴朗無雲，無煙霧濛氣，能見度良好之時間拍攝，盡量減少陰影。
- 四、主要工作分為「地面起飛前準備」以及「空中飛航任務執行」，相關工作詳細內容與作業流程圖如圖 2-25。

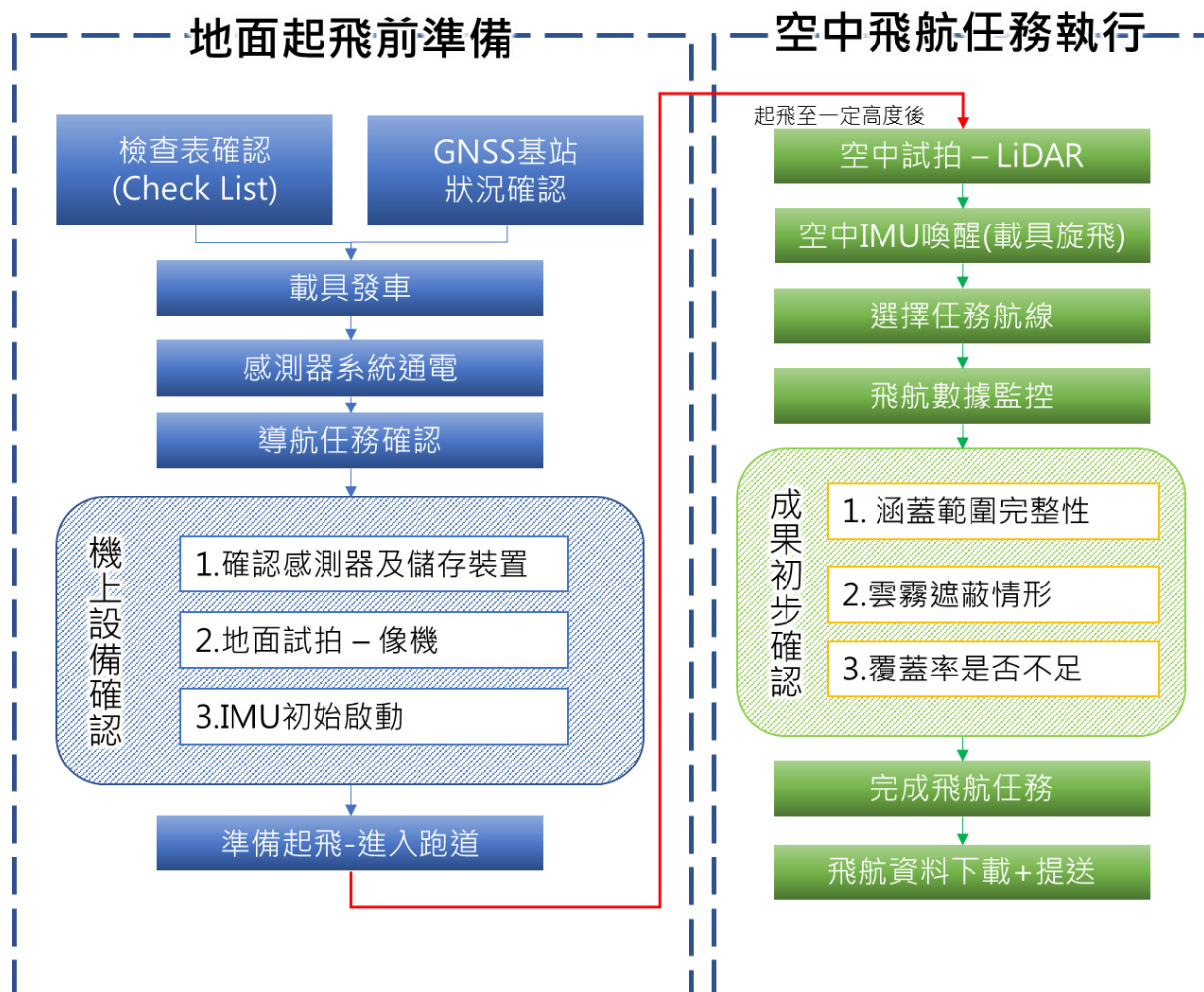


圖 2-25 空載雷射掃瞄施測資料獲取作業流程

## 2-6-2 飛航掃瞄成果

- 一、規劃之飛行時間起迄點需與本案契約簽定後之日期相符，施測資料包含實際飛航時間，結合 GNSS、IMU 與雷射掃瞄數據所取得之原始數據。
- 二、本計畫共執行 35 架次飛航掃瞄任務，全程採全波形掃瞄作業方式辦理飛行掃瞄及記錄，且全數依掃瞄飛航計畫書之點雲密度及航線設定參數辦理施測，各架次成果皆獲得監審單位審查合格，並列表如表 2-22，全數通過監審單位審查合格，各架次審查合格作業紀錄表詳如附件七。

**表 2-22 各架次執行航線資訊與審查結果**

項次	飛航架次	執行時間	執行航線	審查合格日期
1	P11M11-2023050307	2+09	23054、23055、23056、23057	112.06.29
2	P11M11-2023050406	2+30	23048、23049、23050、23051、23052、23053	112.06.29
3	P11M11-2023050606	3+07	23025、23026、23027、23028、23029、23030、23031、23032、23201、23203、23204、23205	112.06.29
4	P11M11-2023051711	1+58	23802、23803、23804、23805、23808、23809	112.06.29
5	P11M11-2023051806	2+28	23001、23002、23003	112.06.29
6	P11M11-2023051907	2+23	23004、23005、23006、23007、23008、23009、23010、23011、23012	112.06.29
7	P11M11-2023052107	2+14	23089、23090、23091、23092	112.06.29
8	P11M11-2023052111	2+44	23301、23302、23303、23304、23313	112.06.29
9	P11M11-2023052807	2+43	23013、23014、23015、23016、23017、23018、23019、23020、23021、23033、23034、23202	112.06.29
10	P11M11-2023052812	1+37	23022、23023、23024、23035、23036、23037	112.06.29
11	P11M11-2023060207	2+54	23058、23059、23060、23061、23062、23801	112.06.29
12	P11M11-2023060307	2+10	23086、23087、23088	112.06.29
13	P11M11-2023070412	2+10	23303[R1]、23304[R1]、23305、23306、23311、23312、23313[R1]	112.08.21
14	P11M11-2023070511	2+56	23301[R1]、23302[R1]、23307、23308、23309、23310	112.08.21
15	P11M11-2023070611	1+31	23022[R1]、23023[R1]、23024[R1]	112.08.21

項次	飛航架次	執行時間	執行航線	審查合格日期
16	P11M11-2023070814	3+01	23058[R1]、23061[R1]、23062[R1]、23063、23206、23304[R2]、23305[R1]、23309[R1]、23312[R1]	112.08.21
17	P11M11-2023070907	2+45	23035[R1]、23036[R1]、23037[R1]	112.08.21
18	P11M11-2023070911	3+16	23063[R1]、23064、23065、23066、23067、23068、23069	112.08.21
19	P11M11-2023071707	2+40	23054[R1]、23055[R1]、23084、23085、23086[R1]、23087[R1]、23089[R1]、23090[R1]、23091[R1]、23092[R1]	112.08.21
20	P11M11-2023072006	2+17	23043、23044	112.08.21
21	P11M11-2023072106	2+48	23038、23039、23040、23041、23042、23045、23046、23047、23205[R1]	112.08.21
22	P11M11-2023082211	1+54	23063[R2]	112.11.23
23	P11M11-2023082510	2+15	23057[R1]	112.11.23
24	P11M11-2023082607	2+32	23080、23081、23082、23083	112.11.23
25	P11M11-2023082706	2+48	23079、23206[R1]	112.11.23
26	P11M11-2023091306	2+17	23078	112.11.23
27	P11M11-2023091412	2+44	23070、23071、23072、23073、23074、23806、23807	112.11.23
28	P11M11-2023091807	3+15	23077、23082[R1]	112.11.23
29	P11M11-2023091906	2+40	23075、23076、23079[R1]、23080[R1]、23081[R1]、23083[R1]	112.11.23
30	P11M11-2023092006	1+38	23064[R1]	112.11.23
31	P11M11-2023092106	1+47	23065[R1]、23066[R1]、23084[R1]	112.11.23
32	P11M11-2023092206	1+32	23067[R1]、23068[R1]	112.11.23
33	P11M11-2023092907	3+06	23065[R2]、23066[R2]、23067[R2]、23069[R1]、23076[R1]、23077[R1]	112.11.23
34	P11M11-2023100206	1+51	23065[R3]、23066[R3]、23067[R3]、23069[R2]、23077[R2]、23079[R2]、23080[R2]、23081[R2]	112.11.23
35	P11M11-2023101913	3+01	23314、23314[R1]、23315、23315[R1]、23316、23316[R1]、23317、23317[R1]、23317[R2]、23318、23318[R1]、23319、23320、23321、23322、23323、23323[R1]	112.11.23

\*備註：執行時間為小時數+分鐘數。

[RX]註記為第 X 次重飛，無註記為首次飛航。

- 三、本計畫執行空載光達掃瞄飛航時，同步進行航拍影像的拍攝。為獲取品質良好之航拍影像，盡量於天氣晴朗無雲，無煙霧濛氣，能見度良好之時間拍攝，減少山區陰影，並獲得品質較為一致之成果。
- 四、本計畫點雲密度成果經監審單位審查後，第 1 子測區(2-3-1 測區)點雲密度成果為 3.65 點/m<sup>2</sup>，其點雲密度大於 2.0 的有 99%，大於 1.0 小於 2.0 的有 1%，低於 1.0 的為 0%。第 2 子測區(2-3-2 測區)點雲密度成果 4.57 點/m<sup>2</sup>，其點雲密度大於 2.0 的有 98.1%，大於 1.0 小於 2.0 的有 1.9%，低於 1.0 的有 0.0%。綜上所述點雲密度不足區域僅占作業區域內 0.0%~1.9%，全數符合作業規範(低於 2 點的網格數不得超過全部網格數的 10%，低於 1 點的網格數不得超過全部網格數的 5%)。
- 五、除水域外，應確認原始掃瞄飛航成果完整涵蓋測區範圍，所有架次點雲涵蓋範圍可完整涵蓋全測區(圖 2-26)。各航帶成果點雲提交監審單位後，監審單位利用已圈畫之點雲邊線，統計相鄰航帶點雲重疊率。其中，航帶重疊率未達 50% 處，採人工檢查，並經扣除補雲洞航帶及水體區域，檢查成果全數符合作業規範(重疊率須大於 40% 之規定)，檢核成果詳如圖 2-26。





圖 2-26 各架次點雲涵蓋範圍圖

## 2-7 雷射掃瞄點雲資料處理

包括雷射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。

本計畫利用 Waypoint Grafnav(IE)軟體及 AeroOffice 慣性姿態解算軟體，整合地面 GNSS 固定基站資料及 LiDAR 機組之動態 GNSS 與 IMU 數據資料，分別解算出三維移動軌跡坐標資料及三維飛航姿態軌跡資料。並利用 Riegl 公司的 RiPROCESS 軟體，整合前述資料與原始雷射掃瞄資料。由於地表之地物覆蓋的形態錯綜複雜，地表點雲覆蓋分類須利用 TerraSolid 軟體進行自動與人工的點雲濾除與分類步驟，將相關點雲資料分類成地面測點與非地面測點。

### 2-7-1 原始點雲解算

Riegl LMS-Q780 原始空載光達資料解算整體流程如圖 2-27，其中包含部分點雲平差以及平差成果確認詳述於後續章節。

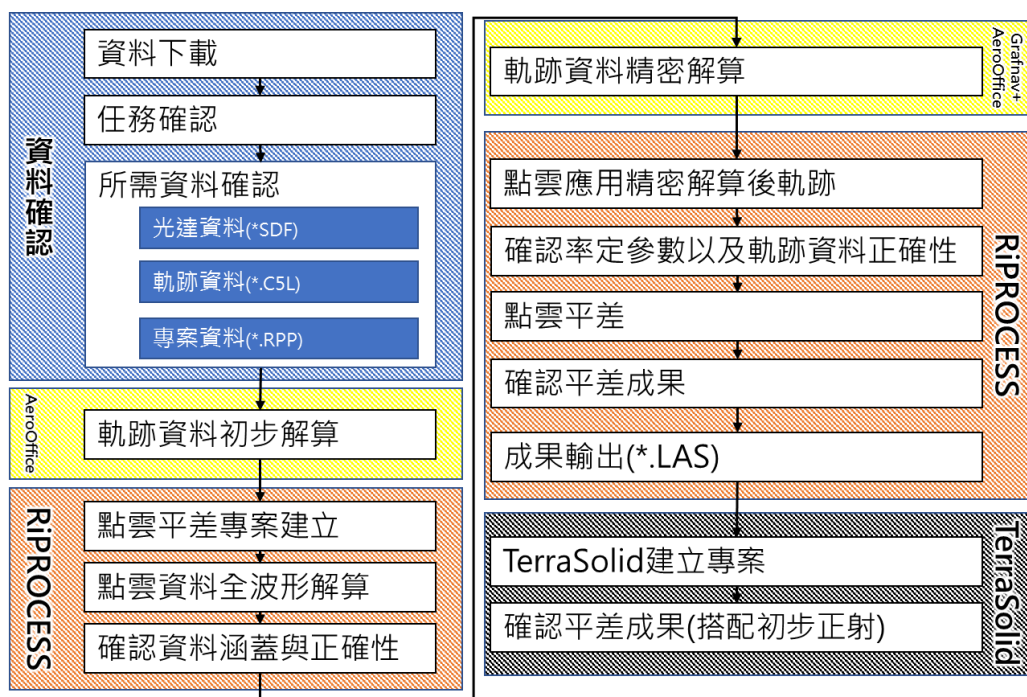


圖 2-27 Riegl LMS-Q780 原始空載光達資料解算整體流程

- 一、於飛航任務完成後先行確認執行任務，並清點所需原始資料是否完整下載。其中，原始資料包含光達原始資料(\*.SDF)、軌跡原始資料(\*.C5L)以及 Riegl 空載光達任務執行專案檔(\*.RPP)。
- 二、利用 AeroOffice 處理軌跡原始資料(\*.C5L)，依據飛航時所記錄之初步位置輸出初始軌跡資料。

- 三、依據原始下載資料(\*.RPP)確認飛航掃描航線資料以及相關紀錄是否正確對應，資料是否有缺漏，以及時間日期戳記是否正確，並且記錄飛航任務當天候狀況與資訊，建立點雲資料專案。
- 四、利用 Riegl RiPROCESS、RiANALYZE 以及 RiWORLD 進行點雲全波形解算(圖 2-28)、地理定位，並確認資料涵蓋範圍以及位置正確性。
- 五、於飛航任務執行後 1~3 日獲取飛航任務當日相應 GNSS 基站資料，利用 Grafnav(IE)結合 AeroOffice 解算精密解軌跡資料。
- 六、應用精密解算後軌跡資料以 RiWORLD 再次進行地理定位，續進行平差解算。輸出成果以 LAS 格式儲存，並包含計畫需求所列之資料內容(圖 2-29)。

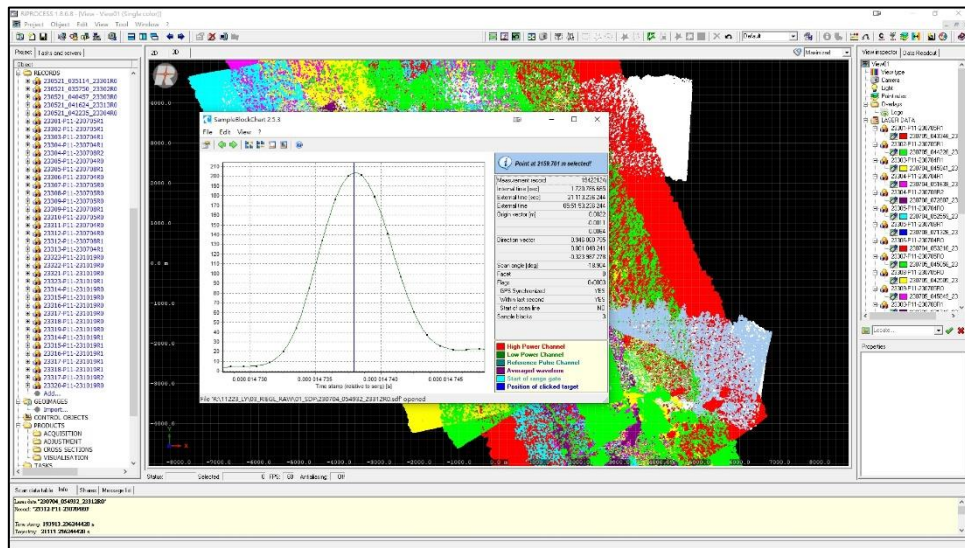


圖 2-28 Riegl RiPROCESS 展示全波形資料作業畫面

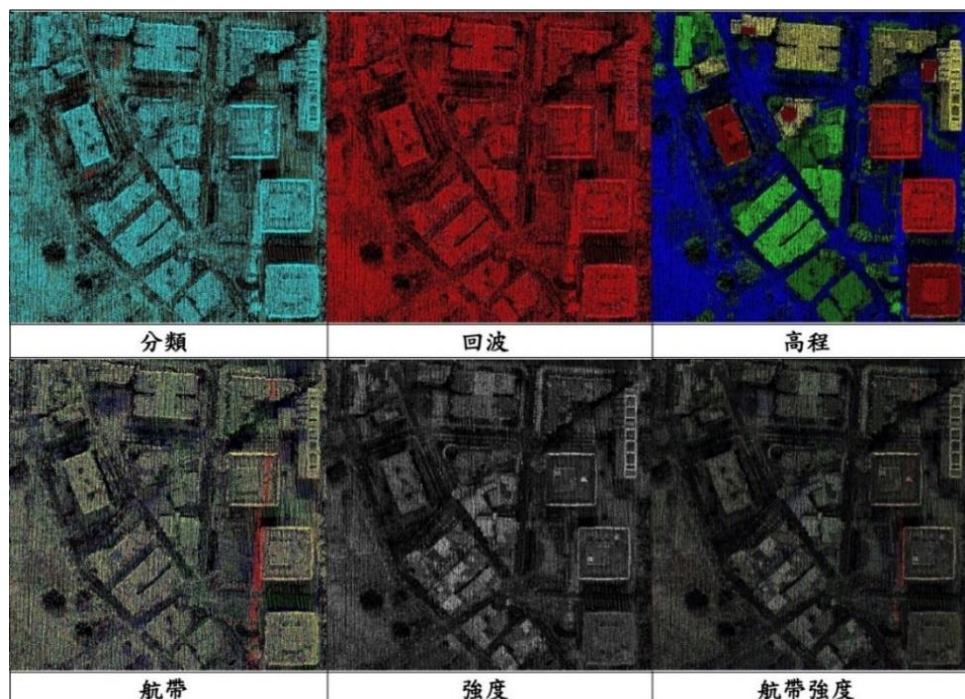


圖 2-29 點雲資料各別屬性展示圖

## 2-7-2 點雲航帶平差

空載光達資料經過點雲初始解算確認無誤後，續進行點雲平差解算，目的是依據真實獲得之地物測量點修正軌跡解算後可能因測距或大氣影響所導致的誤差，並且消除仍存在於軌跡的系統性誤差。另於點雲平差過程中加入實地測量所獲得的高程以及平差控制點，加強點雲資料與實地成果連結，可確保成果與使用坐標系統一致性，整體流程如圖 2-30。



圖 2-30 點雲航帶平差作業流程

### 一、平差作業

應用精密軌跡以及準確率定參數到航帶點雲上後，以航線分布圖為輔挑選重疊航線作為點雲平差作業目標，搜尋各航帶間共軛平面，並藉由共軛平面所獲得之三維殘差計算軌跡修正量，作業過程如圖 2-31。進行航帶平差時加入控制點，每航帶內有至少 3 個高程控制點(航帶頭、中及尾各段至少 1 點)，並於完成航帶平差後使用 TerraScan 模組 Output control report 功能計算各檢核點與航帶平差後點雲之高程中誤差，第 1 子測區點雲平差後高程中誤差為 4.4 公分，第 2 子測區點雲平差後高程中誤差為 5.9 公分，符合作業規範(應小於 10 公分)。

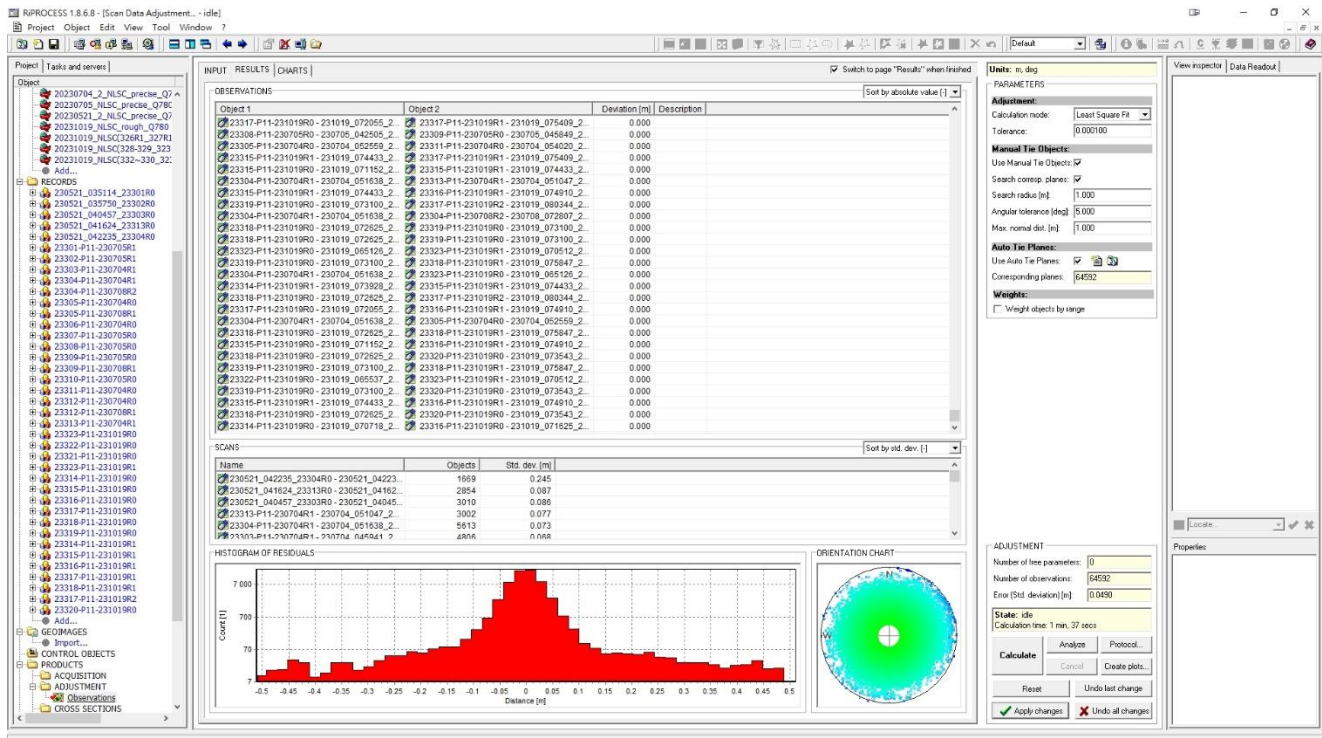


圖 2-31 點雲航帶平差作業畫面

## 二、航帶間相對高程誤差檢核

完成航帶平差後，重新進行航帶間相對高程誤差檢核，檢核方式使用 MstripAnalysis 軟體進行，由於高程取樣的方式，為避免因點雲的平面誤差導致航帶間相對高程的影響，檢核區之地形坡度估值須小於 10 度才可自動檢查，於第 1 子測區共有 11,930 個有效的檢測點，航帶間高程相對偏差量平均值為 11.6 公分。第 2 子測區共有 42,990 個有效的檢測點，航帶間高程相對偏差量平均值為 15.7 公分，成果符合作業規範(精度應小於 20 公分以內)，相關資訊如圖 2-32。

而本作業區山區面積約占 7 成，故大部分檢核點均坐落在平地區域與山區河谷內，而透過圖片可以發現高程較差大於 20 公分以上的點多座落於農田、灘岸區域，此些地方由於農作物的生長或者是海浪的淘刷等，地貌會隨著時間有較大的變化，進而導致不同時間點所掃瞄的航帶間有著較大的高程變化存在，而中央南端有較大區域超過 1 公尺區域則是牡丹水庫的水域範圍造成。如圖 2-30 平差成果均經人工以 TerraScan 進行全區域的點雲剖面檢查，除複查前述方法的檢核點位以外，針對坡度大於 10 度的範圍亦會以人工的方式進行檢查，經檢視本作業區於都市區域、機場、道路等區域高程檢核點均正常，而山區區域之航帶間相對高程較差均良好，點雲航帶平差成果良好。

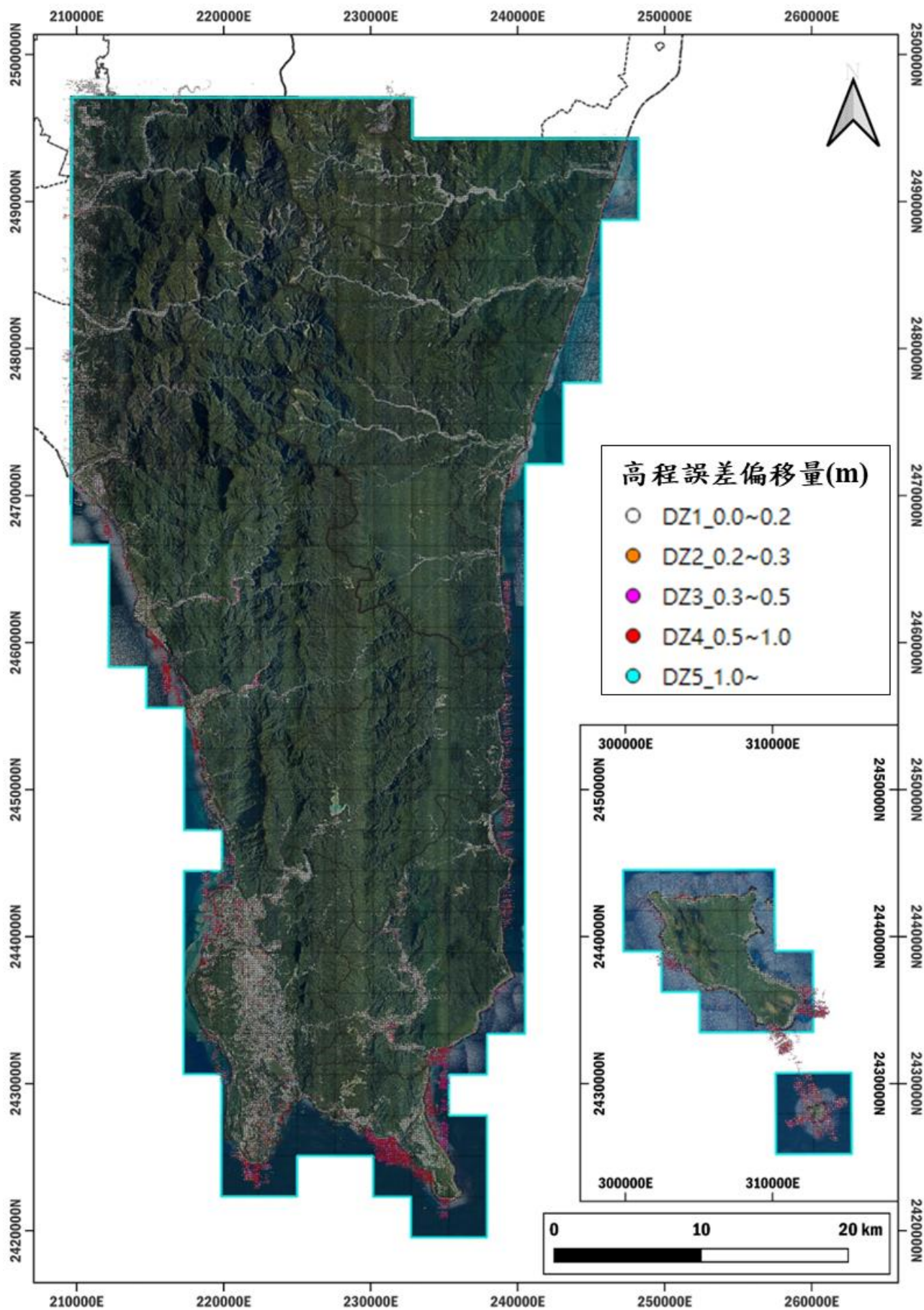


圖 2-32 航帶間相對高程誤差檢核 (2-3 測區)

### 2-7-3 點雲分類

LiDAR 點雲掃瞄資料是三維空間中呈不規則分布的點雲(Points Cloud)資料。這些點位代表真實地形表面、人工建築物(房屋、煙囪、塔、輸電線等)或自然植被(樹、草)的位置，有些則是粗差資訊(雜訊)。所以 LiDAR 資料的濾波是在點雲中進行地面資訊的分類或雜訊濾除的過程，錯誤點類型包括低點、孤立點、空中點等，相關作業規定詳如后述。

一、點雲航帶平差後，以五千分之一圖幅分幅辦理點雲分類，以 LAS 檔為儲存格式，並保留點雲的地面三維坐標值、反射強度值、及回波順序、GNSS 時間戳記等資料。

File	Output	Point	View	Classify	Tools	Flightline
31	4	2427.201635	Only	282001.620	2581000.315+163.975	118 +5 1/1
31	4	2427.201639	Only	282000.871	2581000.718+164.103	119 +5 1/1
31	4	2427.201643	Only	282000.192	2581001.085+164.230	100 +6 1/1
31	4	2427.185325	Only	282002.490	2581000.343+163.984	106 +5 1/1
31	4	2427.185329	Only	282001.773	2581000.734+164.139	97 +5 1/1

圖 2-33 點雲資料所須包含儲存欄位檢查作業畫面

二、作業時，一幅五千分之一圖幅範圍，由單一人員辦理。

三、點雲分類成果應符合 LAS 1.2 規範，區分以下 4 類

- (一) 編號 2：ground 記錄地面點。
- (二) 編號 9：water 記錄水面點。
- (三) 編號 30：ASPRS reserve 記錄不合理點雲及雜點。
- (四) 編號 31：ASPRS reserve 記錄非地面點。

四、點雲分類製作程序

LiDAR 點雲掃瞄資料是三維空間中呈不規則分布的點雲(Points Cloud)資料。這些點位代表真實地形表面、人工建築物(房屋、煙囪、塔、輸電線等)或自然植被(樹、草)的位置，有些則是粗差資訊(雜訊)。所以 LiDAR 資料的濾波是在點雲中進行地面資訊的分類或雜訊濾除的過程，錯誤點類型包括低點、孤立點、空中點等。LiDAR 資料過濾處理結果與實際地貌起伏及地物之分布有關，過濾演算法對困難地貌的處理會有不同的準確性與適應性的問題。

### (一) 點雲分類作業原則

1. 堤防或實心道路：應分類為地面點。
2. 地形反曲位置：應分類為地面點。
3. 消波塊：應分類為地面點。
4. 墓地：應分類為地面點。
5. 軍事掩體：應分類為非地面點。
6. 橋樑、高架道路：應分類為非地面點。
7. 涵洞：涵洞上方之道路應分類為非地面點。
8. 非永久性土堆：應分類為非地面點。
9. 水域：應分類為水面點。

### (二) 點雲分類困難地貌

1. 低矮地物和陡坡上的植被：這類地物的高程突變相對於地面高程突變的區別較小，很容易造成錯分，導致地平面局部上升。
2. 複雜建築物：這類地物形狀怪異(如球頂、中空)，加上多層次，在局部區域與地面難以區分而不易濾除。
3. 大型地物和小型地物混合：這類地物由於其自身尺寸與某些演算法中的視窗大小不匹配，造成處理不完整或削平陡峭山地的現象。
4. 地形不連續或與地形連接之特殊地物點：這類地形物包括陡坡、建築群中的小片空地或懸空橋梁等，本身與所屬類別的特徵有一定差異，在實際的過濾處理中造成困難。

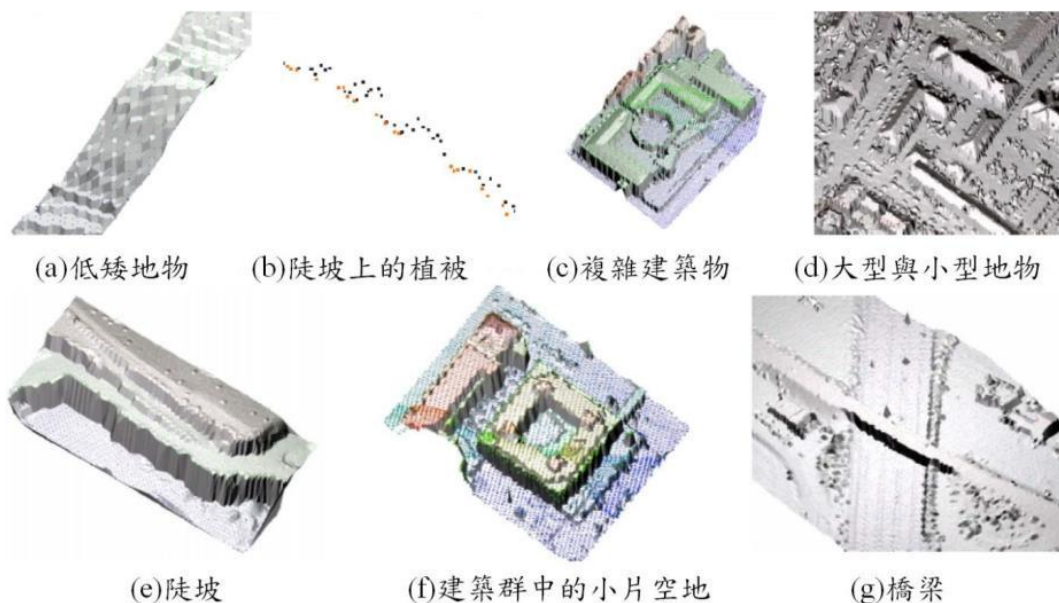


圖 2-34 LiDAR 點雲分類困難區域



### (三) 點雲自動分類

本計畫進行點雲之自動處理與過濾時，採用 TerraSolid 軟體執行，將點雲、航線等資料載入後，可先進行點雲初步過濾，即簡單分為地表高程以上(可用於後續 DEM 與 DSM 製作)之點雲和非地形資料之點，如錯誤點(Low Point)和偶然出現的鳥類等。

進行完上述處理後，點雲分類可經設定後由 TerraScan 自動進行分類。此工作是透過軟體內之內建功能巨集(Macro)，輔以人工設定過濾參數而達成。其演算法原理，主要透過選取範圍內的低點組成三角網模型，形成初始地表，透過人工設定三角網垂直距離(Iteration Distance)以及離最近三角網頂點夾角(Iteration Angle)之係數，判定其餘點是否為地面點，以達成地表與地物自動分類。

如果用編修時間來區分，一般巨集執行時間僅 5%左右，人工占比約 95%，但以編修範圍整體完成度來看巨集使用比例會是 50~70%，其餘為人工進行。影響編修所費時間主要因素是地形，以純山區來說，因地形變化較小，編修時間約 2 個工作天；但如果是地形變化多端，且多人工構造物或者有雲覆的區域，使用巨集所能達成的完成度就會較低，需仰賴更多人工判識，可能會花費到 4 個工作天。

### (四) 點雲人工分類

地面點/非地面點/雜點分類：藉由點雲自動分類完成初步地表分類，其分類結果準確度無法達成要求，尤其在地形變化複雜區域，誤判情況則更加嚴重，故初步處理結束後進行人工編修是必要的。圖 2-35 顯示以人工編修點雲之軟體畫面，分類前後剖面示意圖如圖 2-36。為正確將點雲分類，需要加入剖面、類別(Class)、反射值(Intensity)等點雲資訊輔助，如加入航拍影像則能提供更完整之資料，以辨識地物進行人工編修。

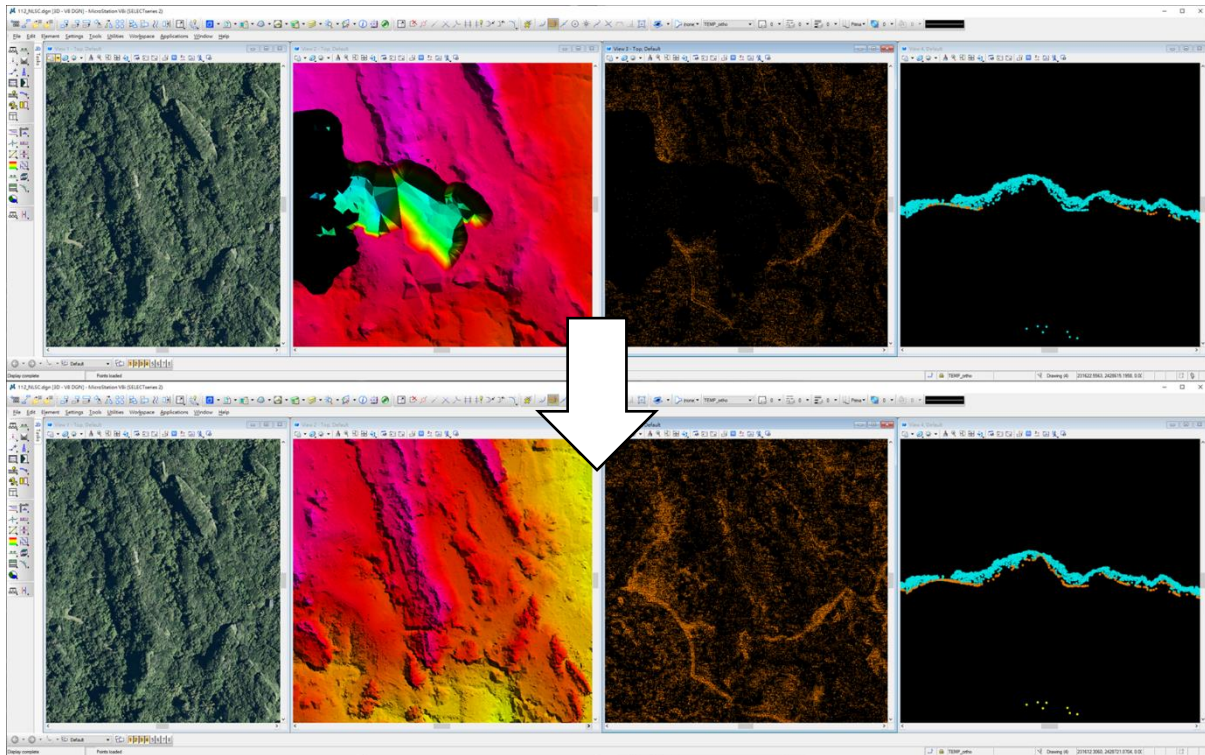


圖 2-35 以人工進行點雲分類前後示意圖

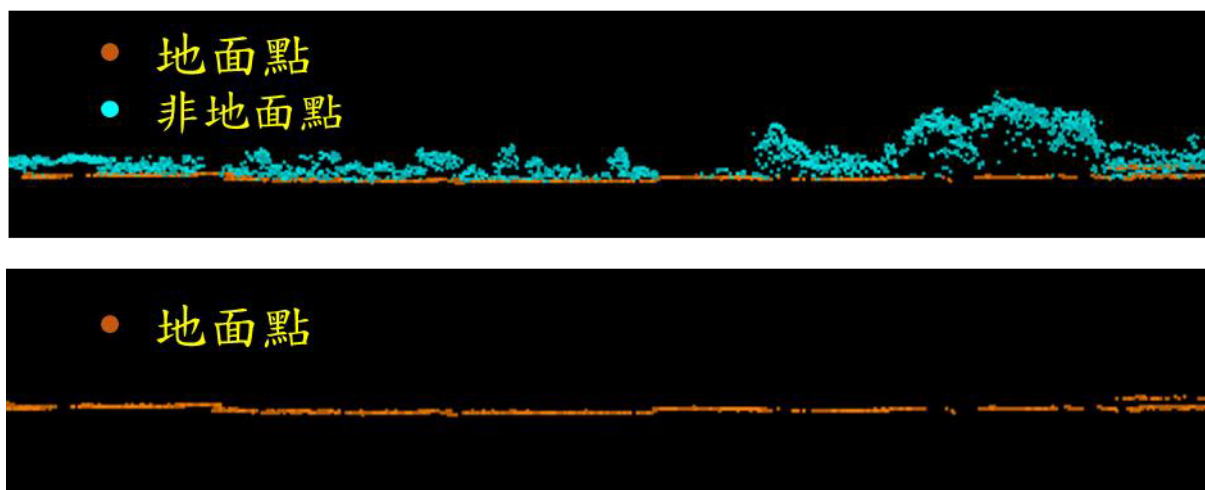


圖 2-36 點雲編修分類成果示意圖

#### (五) 水體點雲分類

利用正射影像製作測製範圍內水域數化成果，數化線段需閉合且沙洲、水域線及海域線等應分層紀錄，且水面點分類成果應與水域數化成果相符，並將水域內之地面點雲經由 TerraScan 悉數歸類為水點。本計畫點雲編修人員編號、負責圖幅範圍及各自初驗不合格率如表 2-23 與圖 2-37 所示，於 112 年 8 月 30 日獲得第 1 子測區(2-3-1 測區)監審單位審查合格；於 112 年 11 月 29 日獲得第 2 子測區(2-3-2 測區)監審單位審查合格，提送以及檢核相關期程詳如表 2-24 以及表 2-25。

表 2-23 編修人員作業編號及初驗不合格率統計表

編號	姓名	負責圖數	合格	不合格	待修正	已驗數	不合格率
OP-2-3-001	凌○晴	51	34	0	17	51	0.0%
OP-2-3-002	黃○婷	40	24	0	16	40	0.0%
OP-2-3-003	黃○玟	49	31	0	18	49	0.0%
OP-2-3-004	周○宜	38	26	0	12	38	0.0%
OP-2-3-005	彭○淇	34	14	0	20	34	0.0%
OP-2-3-006	陳○君	37	13	1	23	37	2.7%
OP-2-3-007	董○琪	57	19	0	38	57	0.0%

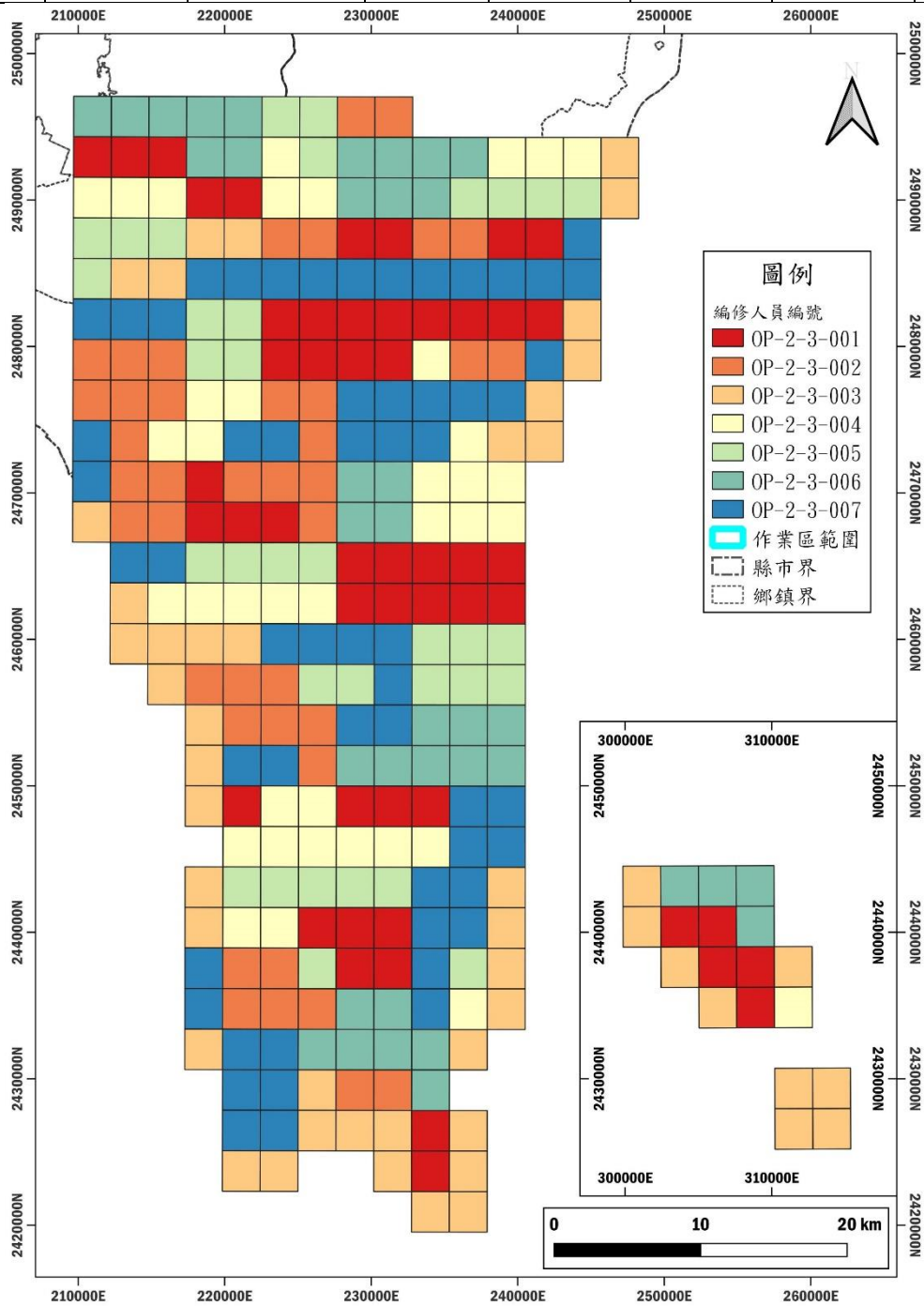


圖 2-37 作業人員編修圖幅分布圖

**表 2-24 112 年第 1 子測區(2-3-1 測區)DEMLAS 分批提送時程與檢查結果**

工作項目	圖幅數量	繳交日期	檢查合格日期	判定
DEM 點雲分類	36 幅	112/07/07	112/07/25	合格
	18 幅	112/07/21	112/08/02	合格
	30 幅	112/08/01	112/08/08	合格
	39 幅	112/08/11	112/08/17	合格
合計	123 幅	本項檢查完成日期 112/08/30 判定合格		

**表 2-25 112 年第 2 子測區(2-3-2 測區)DEMLAS 分批提送時程與檢查結果**

工作項目	圖幅數量	繳交日期	檢查合格日期	判定
DEM 點雲分類	40 幅	112/09/07	112/09/14	合格
	61 幅	112/10/23	112/11/07	合格
	28 幅	112/11/03	112/11/09	合格
	35 幅	112/11/10	112/11/14	合格
	19 幅	112/11/11	112/11/17	合格
合計	183 幅	本項檢查完成日期 112/11/29 判定合格		

## 2-8 DEM 與 DSM 製作及圖幅鑲嵌處理

於點雲分類完成，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，惟最後的成果亦須經過人工的檢核及編修程序。

### 2-8-1 製作程序

- 一、網格間距：1 公尺×1 公尺。平面坐標值應為網格間距之整數倍。
- 二、圖幅：以現行五分之一基本地形圖之圖幅為分幅之依據，實際涵蓋範圍應較標準圖幅框略大，以圖幅框 4 個圖隅點向外擴大至少 1 個網格點之四至坐標值(東、南、西、北邊界之極值)為矩形之範圍。各圖幅間得重疊，重疊區資料應重複且相同。
- 三、應採用一致之內插方法，產製 1 公尺間距之規則網格資料。
- 四、DEM 製作原則
  - (一) 將分類為地面點之不規則點雲，內插為規定間距之網格化成果。
  - (二) 若有地形特徵線則應匯入作為限制條件。

## 五、DSM 製作原則

- (一) 萃取第 1 回波之點雲，濾除不合理之空中點雲資料後，內插為規定間距之網格化成果。
- (二) 必要時應另進行適當編修(如：電力線、電塔等)。

六、陸域範圍之水域高程資料應由周邊地面點內插填滿。海域範圍應依判定合格海域線為準，海域範圍之高程資料應刪除。

## 七、精度評估

- (一) 高程容許誤差：受檢高程值與標準高程值之差(Dz)，應等於或介於高程容許誤差範圍之內。容許誤差計算數值包含 a、b、c 以及 t，其中 a 為固定值 0.18 m；c 為不同地類固定數值(裸露地 0.0、植生地 0.2、林地 0.3、密林地 0.5)；b 為坡度分及參數，坡度越大容許值越高，考量作業安全需求，以最嚴謹(容許誤差最小)之平地(地表坡度在 5 度以下)作為原則，全數設定為 0.0；t 為檢核點周圍樹高，由人為判釋作平均值評估(裸露地 0.0、矮植被 0.2、植生地 0.5、林地 2.0、都會區 0.0、濕地 0.0、密林地 3.0)。詳細高程容許誤差之計算方式詳附件二。
- (二) 平面容許誤差：受檢平面位置與標準位置之平均平面距離差，應等於或小於 0.5 公尺。

## 2-8-2 檢核點檢查

一、依據不同土地覆蓋分區進行檢核：

(一) 地類檢核點測量：先於測定點以 VBS-RTK 方式施測，並以 VBS-RTK 測量成果作為 RTK 主站之坐標，再以 RTK 方式施測待測點位，提升作業效率。依據不同土地覆蓋分區施測，每種土地覆蓋分區至少要有 30 個地面測量檢核點，選點盡可能均勻分布於各圖幅(如圖 2-39 所示)。應用地面檢核點分析不同土地覆蓋分區之精度，提出精度評估報告(需附各點檢測像片，包含近景及遠景)。各地類檢核點施測實地照片如圖 2-38，檢核成果接續小節所述，全數符合本計畫作業規定。

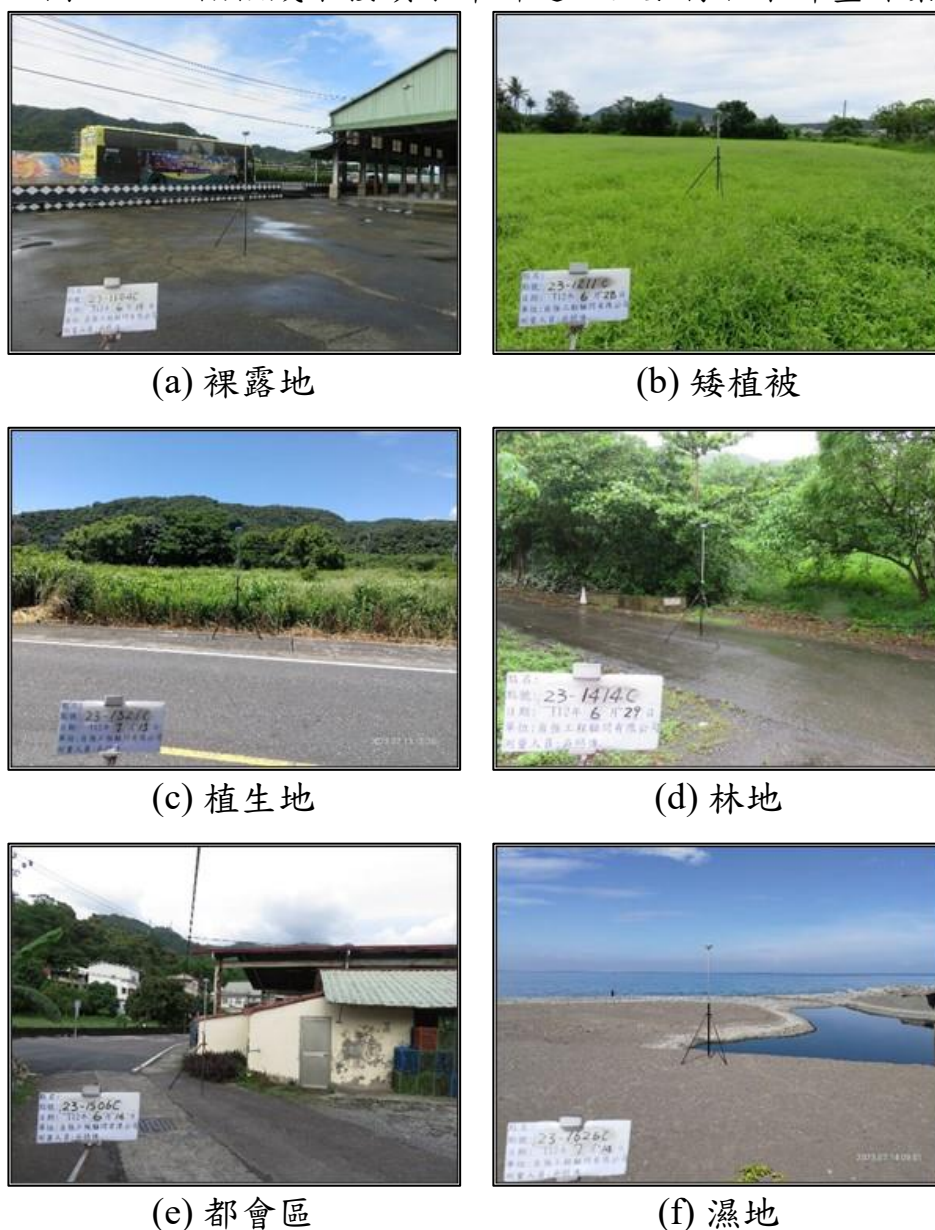


圖 2-38 地類檢核點實地施測作業照

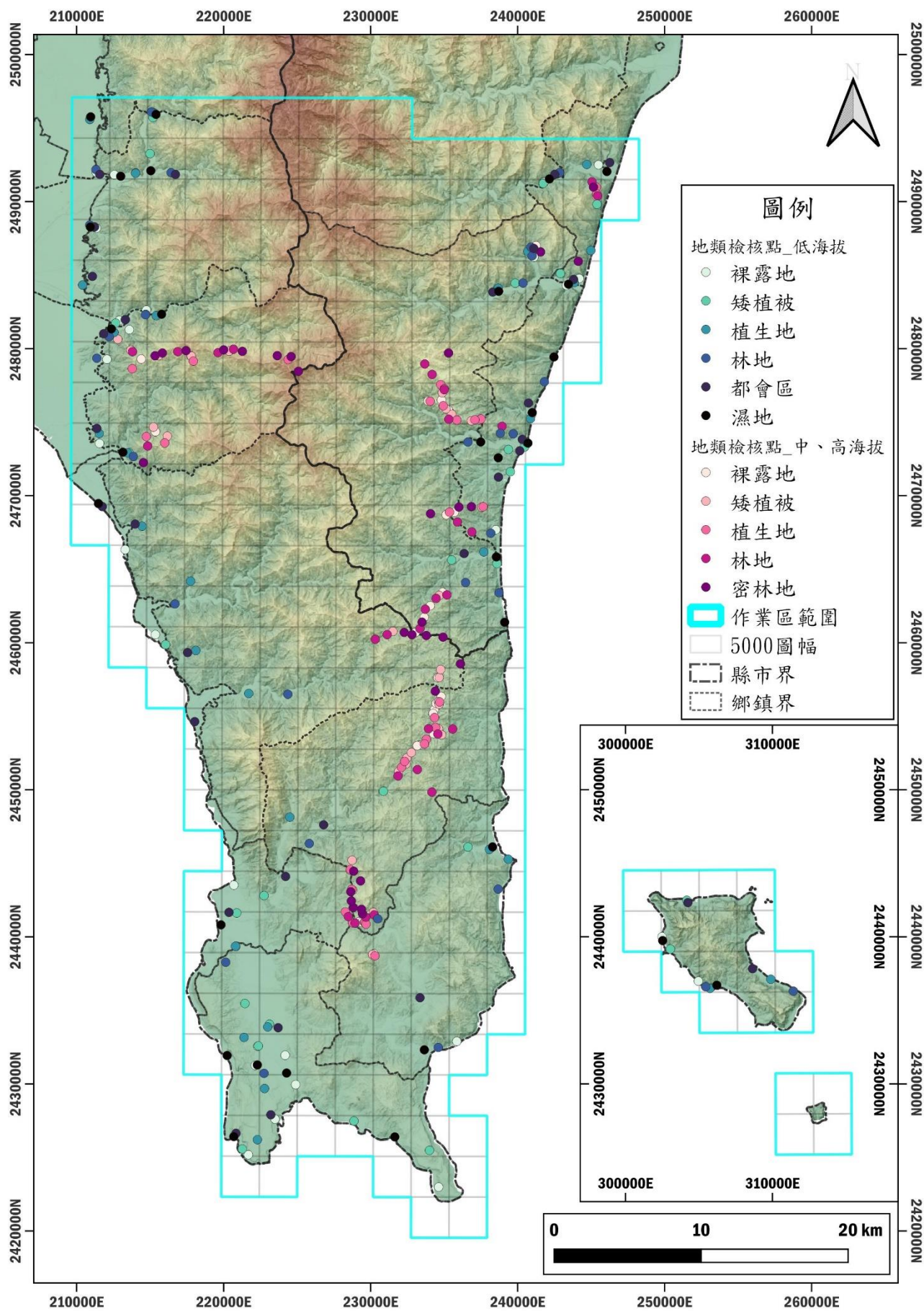


圖 2-39 地類檢核點分布圖

## 二、依據不同海拔高度分區：

地類檢核點與橫斷面檢核測量均有以海拔高度分區為：低海拔及河川洪泛溢淹地區測製地區、中高海拔山區。本測區因地形陡峭，山區佔了測區大部分面積且多為人車無法到達之處，且為了符合橫斷面檢核測量所要求 2 個海拔高度分區之檢核剖面長度均需超過 40 公里長，故在分析地形與人車可至路線後，擇定海拔高度 250 米(正高)，作為本作業區之海拔分界高度。

(一) 低海拔及河川洪泛溢淹地區測製地區：土地覆蓋分區檢核作業需包括裸露地、矮植被(周圍為高度不超過 1 公尺之草生地、矮樹群、茶區等)、植生地、林地、都會區、濕地。每種土地覆蓋分區至少要有 30 個地面測量檢核點。檢核成果相關資訊如表 2-26，繪製各類別統計分析圖如圖 2-40~圖 2-45，各點檢核成果詳細資訊如附件十一，各點位近景及遠景像片詳如附件十二。

**表 2-26 低海拔及河川洪泛溢淹地區地類檢核點總成果**

地類 檢核點	檢核 點數	平均高差 (m)	平均絕對 高差(m)	最大高差 (m)	最小高差 (m)	標準偏差 (m)	均方根誤差 (m)
裸露地	30	0.036	0.061	0.217	-0.123	0.068	0.076
矮植被	30	0.121	0.124	0.329	-0.026	0.078	0.144
植生地	30	0.078	0.115	0.367	-0.232	0.124	0.146
林地	30	0.044	0.077	0.283	-0.104	0.084	0.095
都會區	30	0.023	0.066	0.165	-0.223	0.077	0.081
濕地	30	-0.052	0.098	0.145	-0.322	0.115	0.127



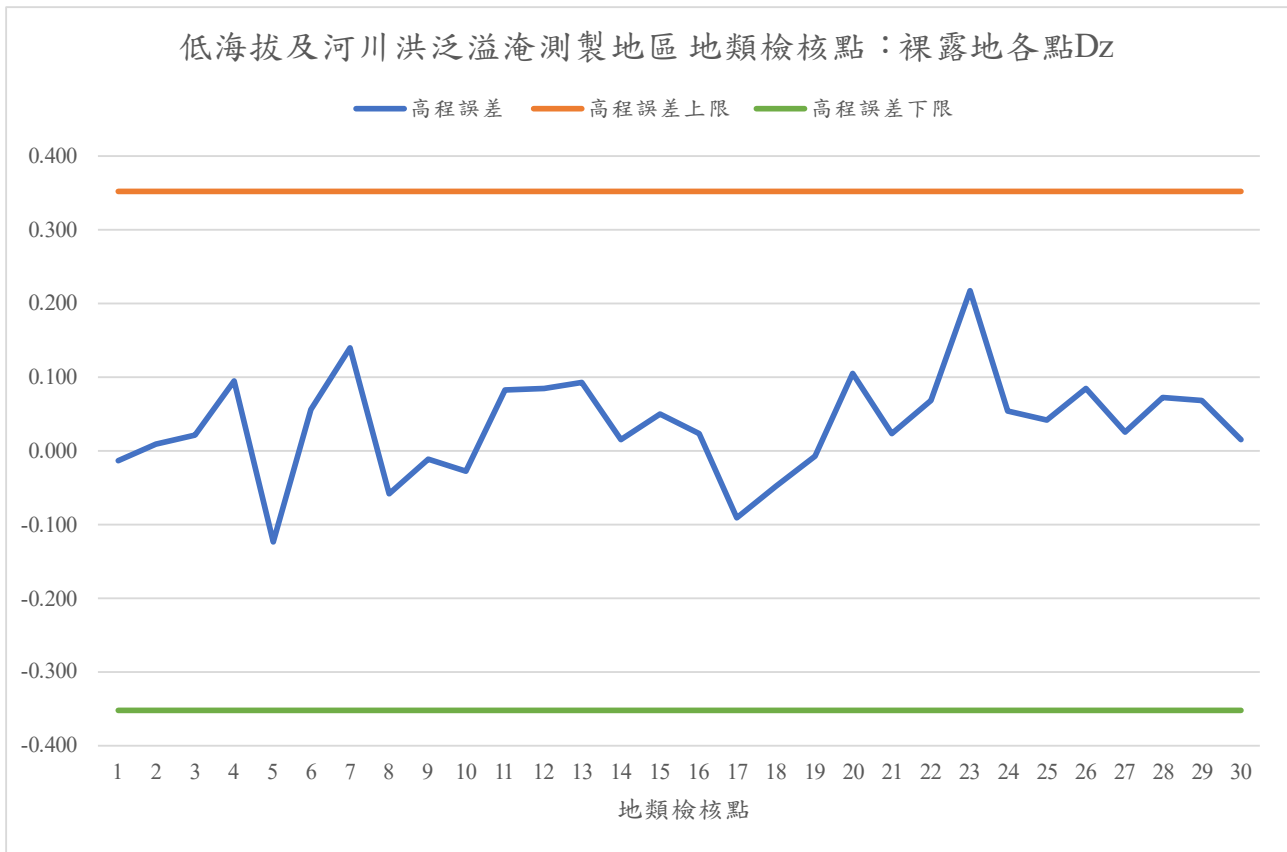


圖 2-40 低海拔及河川洪泛溢淹地區地類檢核點成果-裸露地

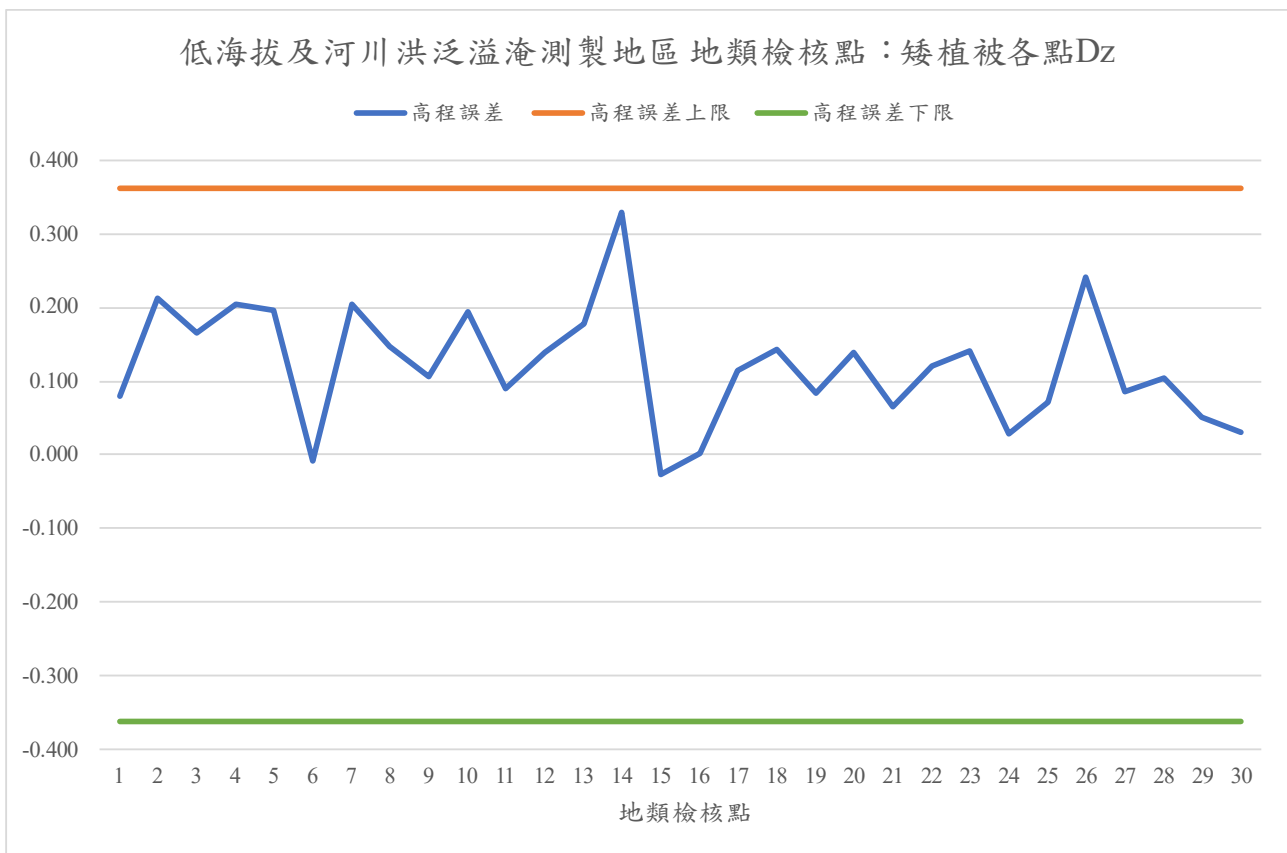


圖 2-41 低海拔及河川洪泛溢淹地區地類檢核點成果-矮植被

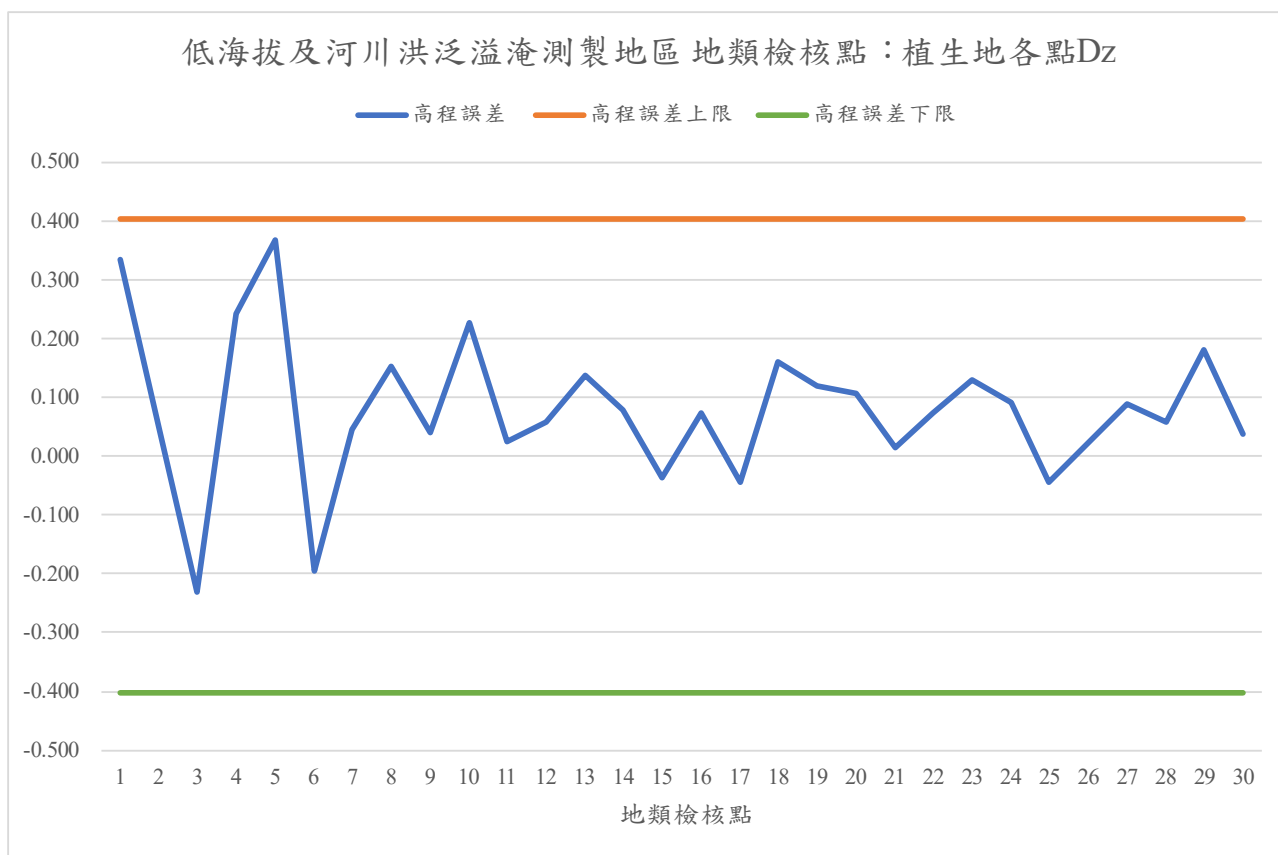


圖 2-42 低海拔及河川洪泛溢淹地區地類檢核點成果-植生地

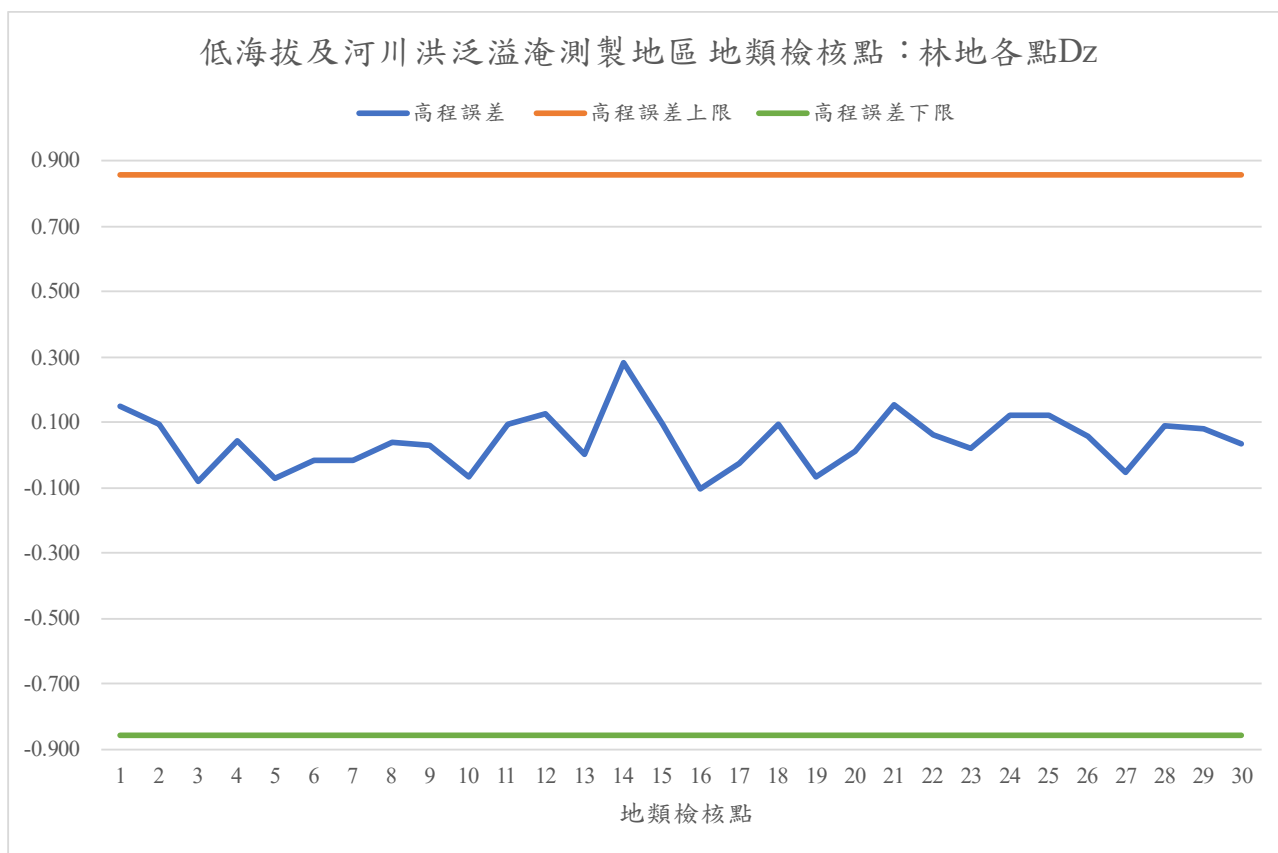


圖 2-43 低海拔及河川洪泛溢淹地區地類檢核點成果-林地

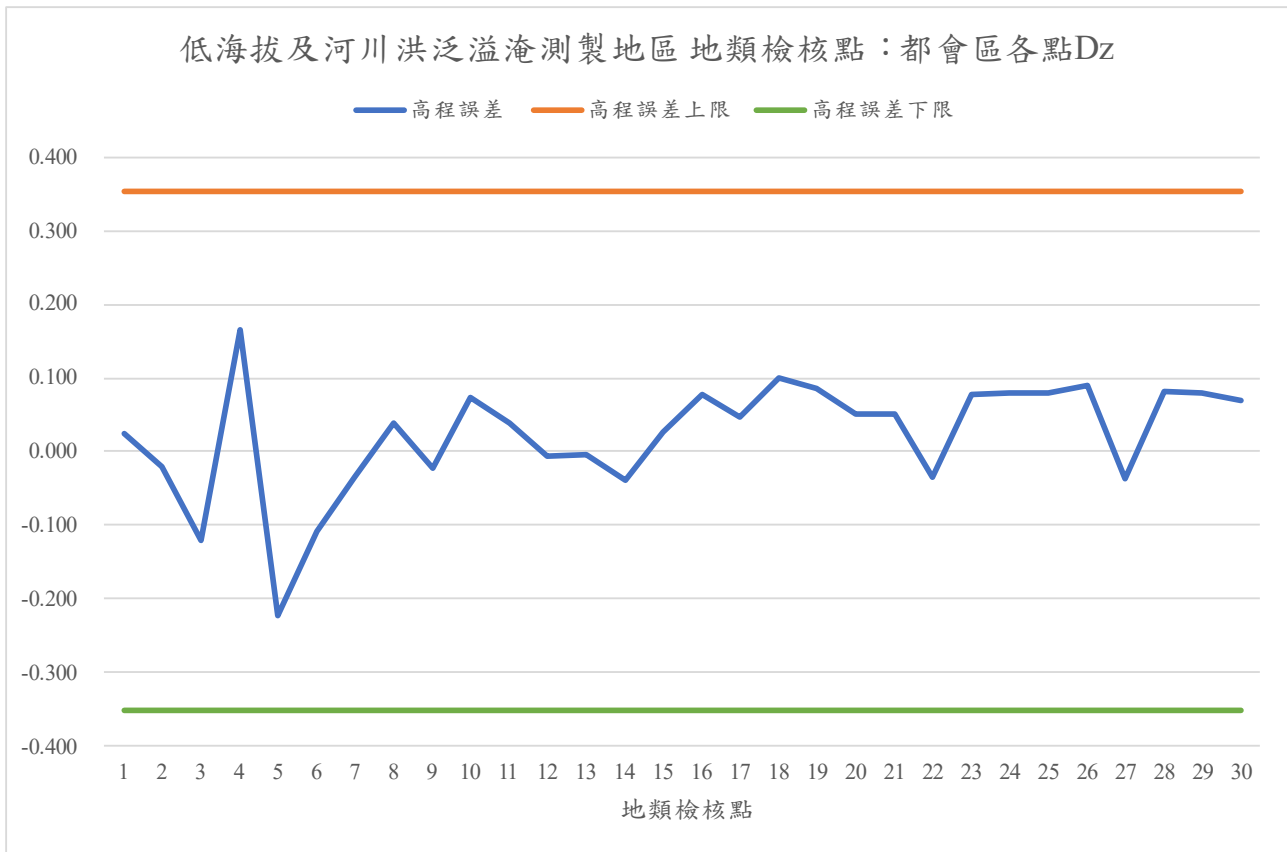


圖 2-44 低海拔及河川洪泛溢淹地區地類檢核點成果-都會區

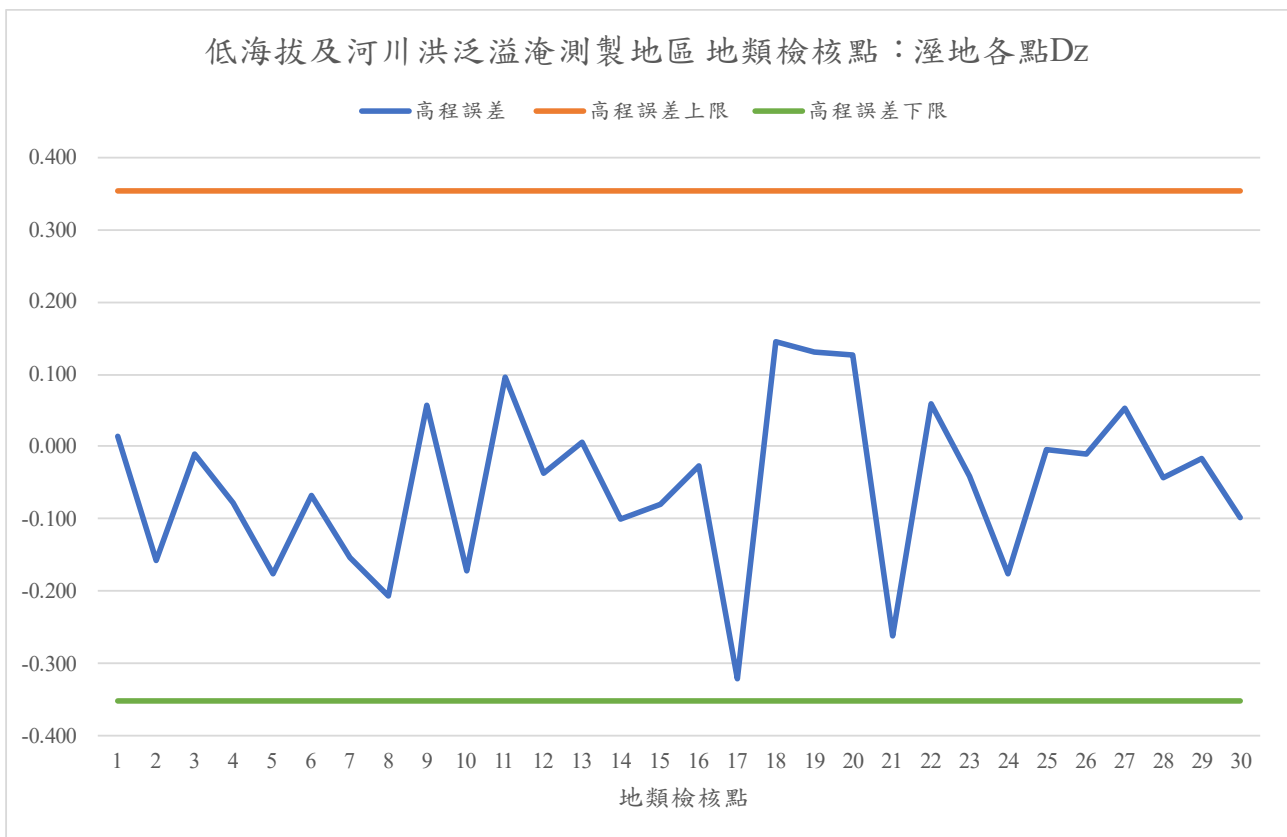


圖 2-45 低海拔及河川洪泛溢淹地區地類檢核點成果-濕地

(二) 對於中高海拔山區測製地區進行檢核作業，土地覆蓋分區檢核作業包括裸露地、矮植被(周圍為高度不超過 1 公尺之草生地、矮樹群、茶區等)、植生地、林地、密林地。每種土地覆蓋分區至少要有 30 個地面測量檢核點。檢核成果如表 2-27 以及附件十一，繪製各類別統計分析圖如圖 2-46~圖 2-50，各點位近景及遠景像片詳如附件十二。

表 2-27 中高海拔山區地類檢核點總成果

地類 檢核點	檢核 點數	平均高差 (m)	平均絕對 高差(m)	最大高差 (m)	最小高差 (m)	標準偏差 (m)	均方根誤差 (m)
裸露地	30	-0.027	0.071	0.289	-0.188	0.092	0.095
矮植被	30	-0.104	0.125	0.169	-0.344	0.109	0.151
植生地	30	-0.082	0.128	0.167	-0.315	0.125	0.149
林地	30	-0.028	0.093	0.430	-0.292	0.125	0.128
密林地	30	-0.067	0.153	0.531	-0.557	0.215	0.225

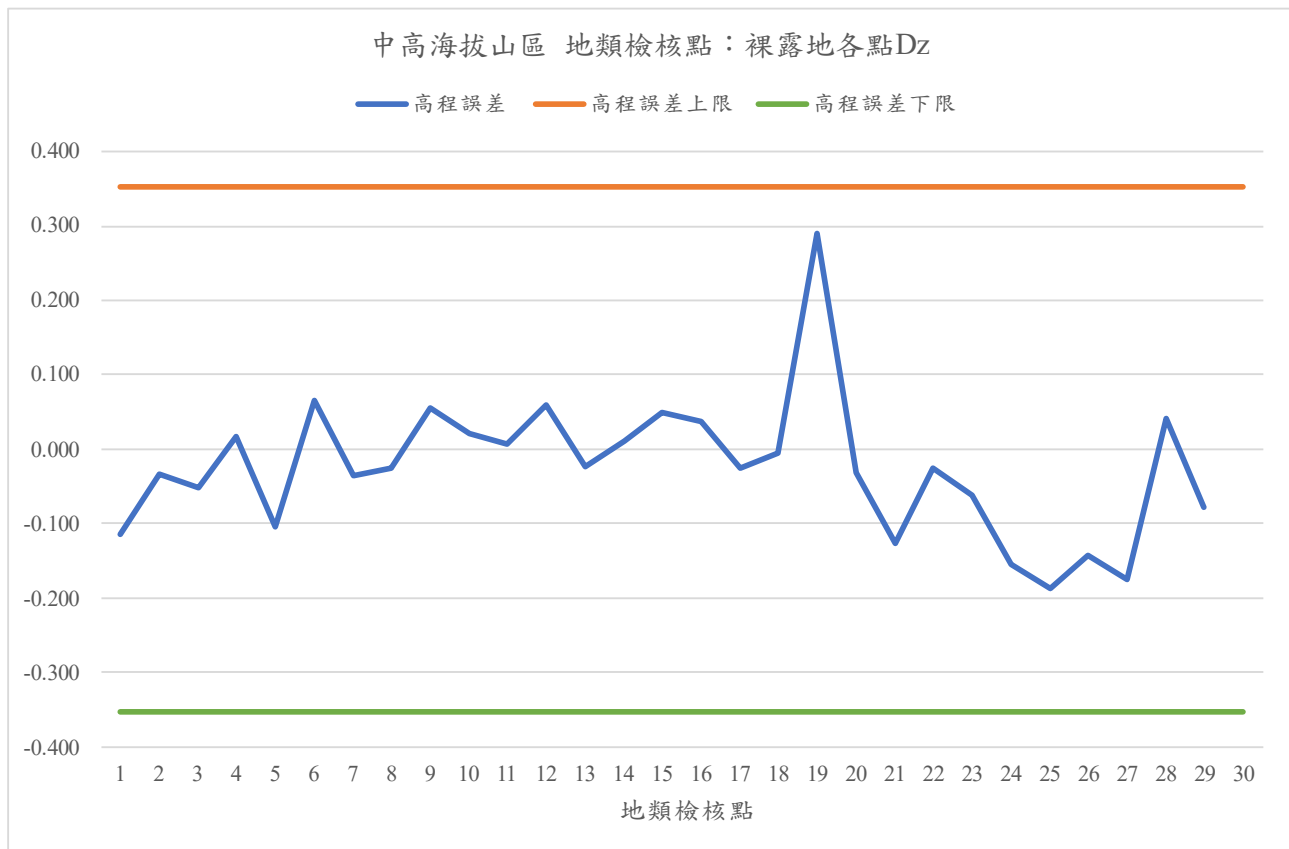


圖 2-46 中高海拔山區地類檢核點成果-裸露地

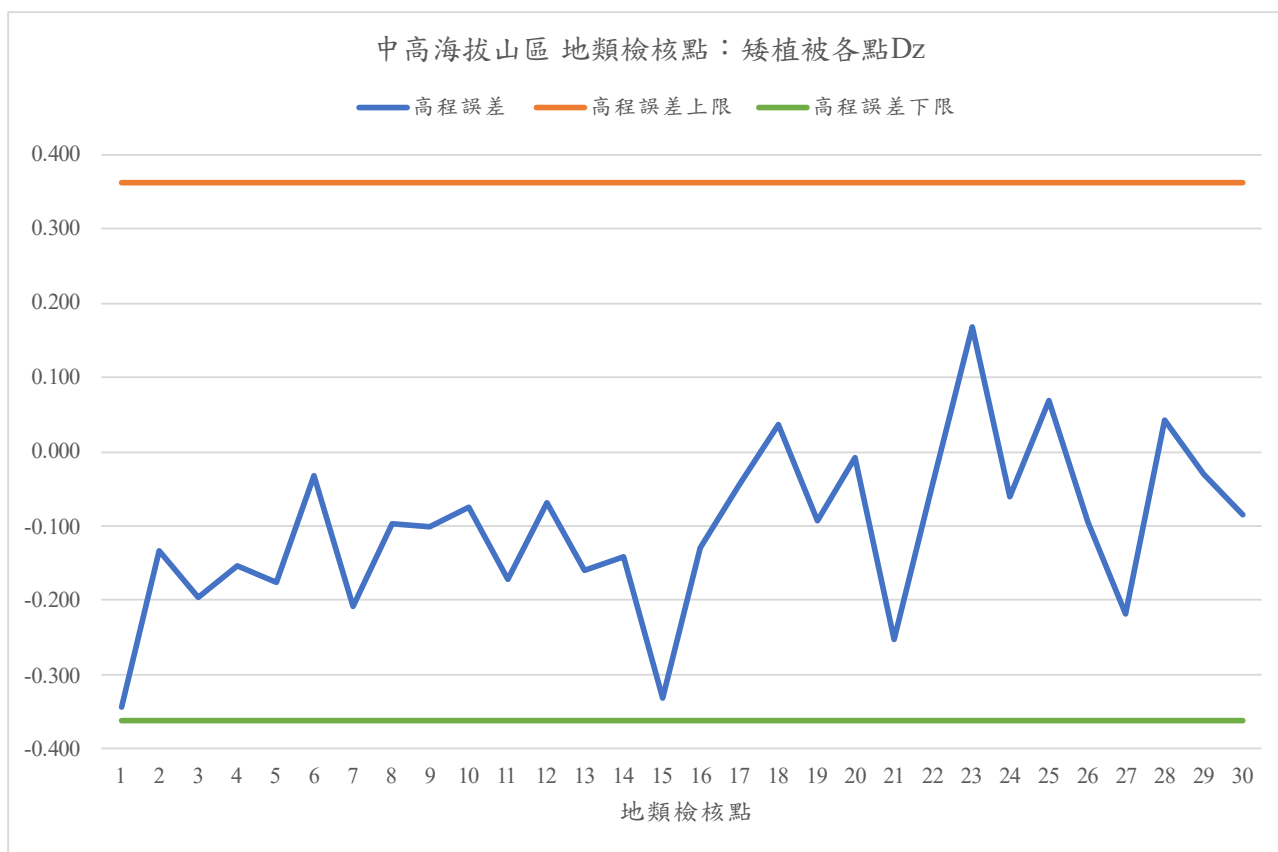


圖 2-47 中高海拔山區地類檢核點成果-矮植被

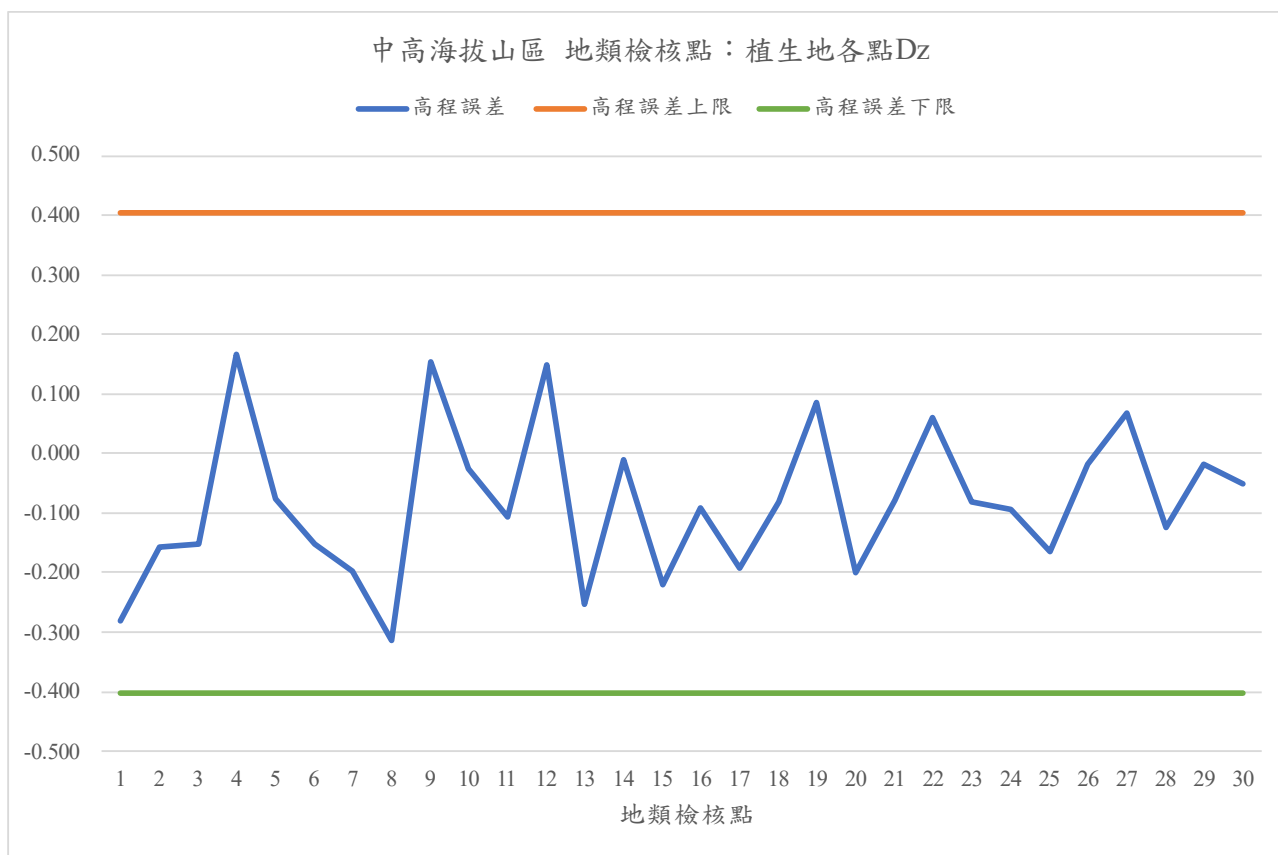


圖 2-48 中高海拔山區地類檢核點成果-植生地

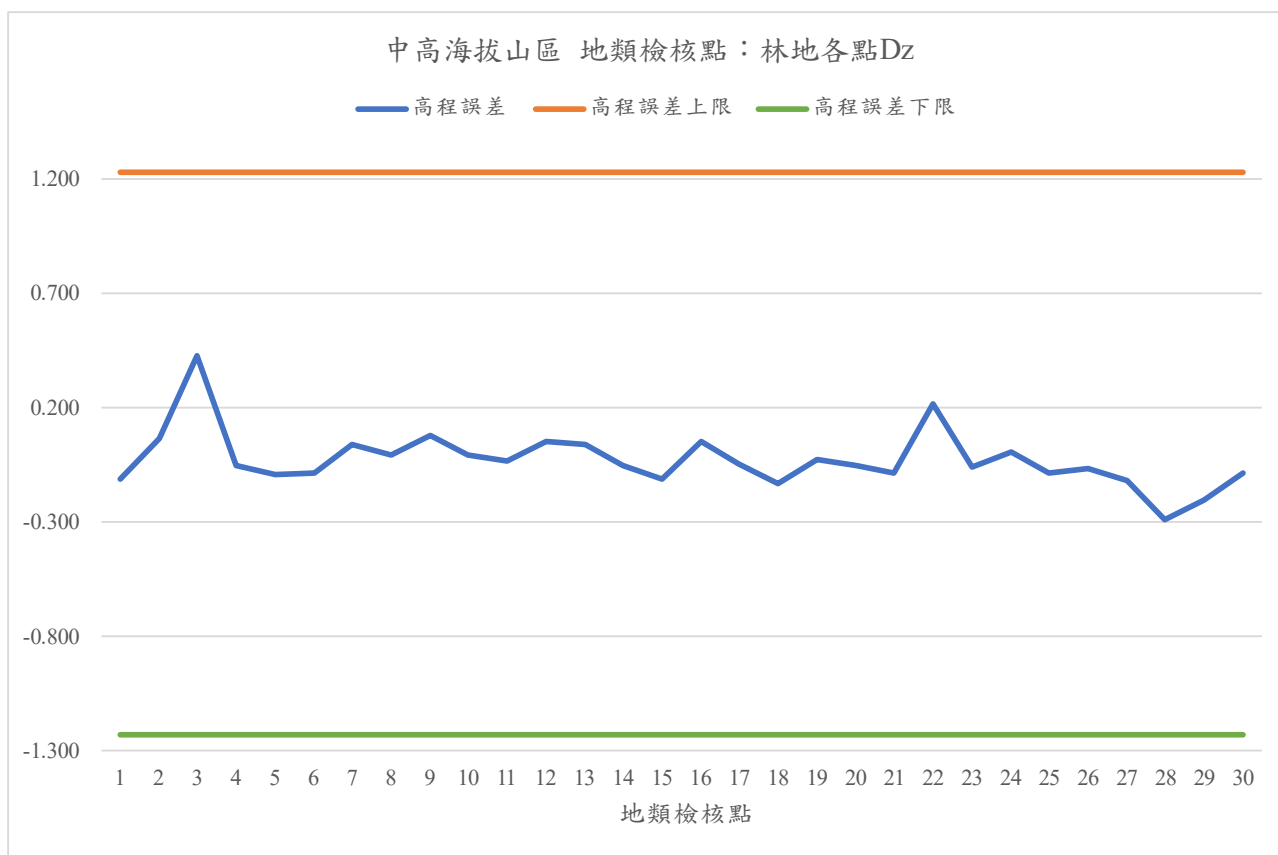


圖 2-49 中高海拔山區地類檢核點成果-林地

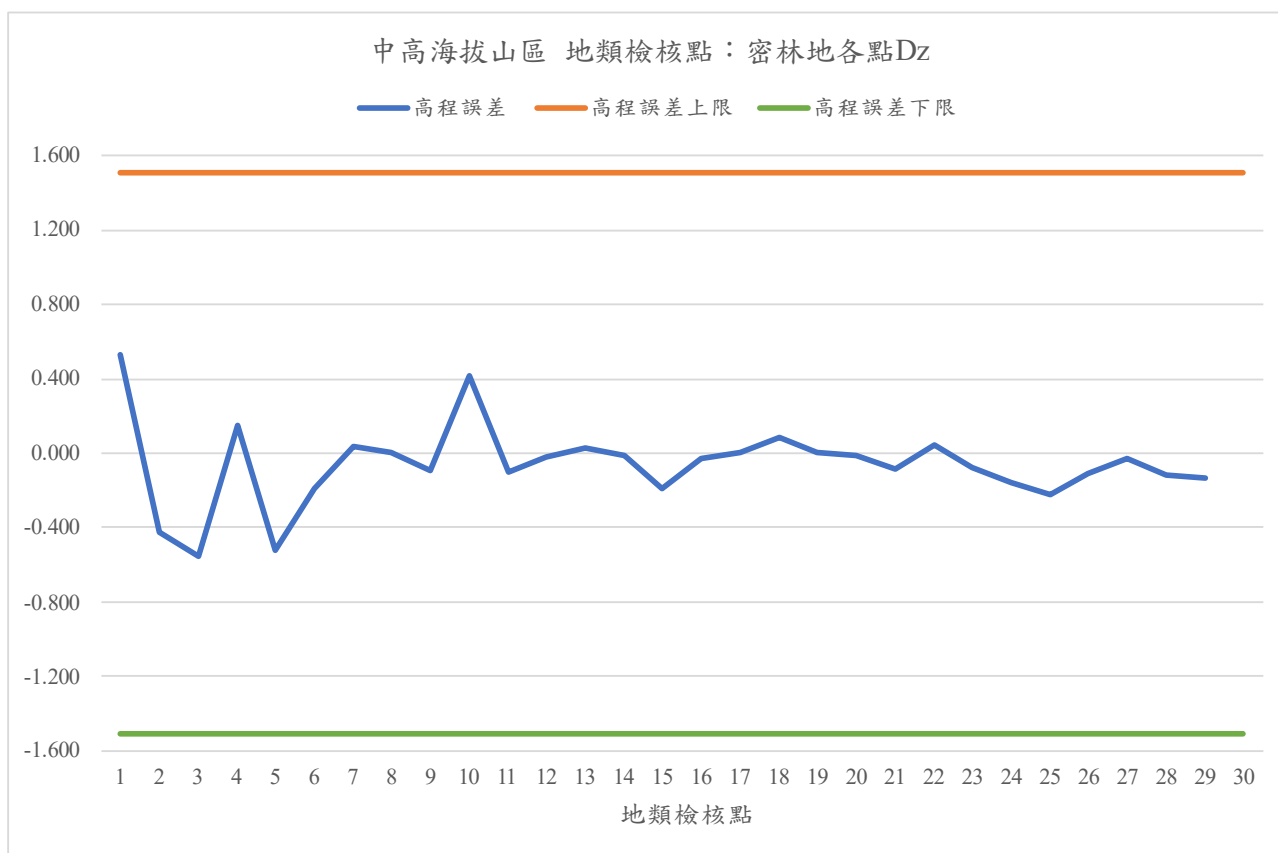


圖 2-50 中高海拔山區地類檢核點成果-密林地

### 三、橫斷面(cross section)檢核測量

#### (一) 橫斷面檢核點測量

於 112 年 3 月 21 日起至 6 月 29 日完成外業測量，採用 VBS-RTK 方式施測，共施測 107 點，其中 65 點為低海拔及河川洪泛溢淹區，42 點為中高海拔山區，相關分布如圖 2-51，外業工作照如圖 2-52。

1. 低海拔及河川洪泛溢淹測製地區：需施行橫互航線的地面檢核剖面，檢核剖面至少有 60 個檢核點，剖面長度總和需超過 40 公里。依據橫互航線地面檢核剖面測量數據，進行剖面 LiDAR 數據精度評估報告。剖面檢核測量點允許選擇透空平坦地進行大剖面檢核。
2. 中高海拔山區測製地區：需施行橫互航線的地面檢核剖面，檢核剖面至少有 40 個檢核點，剖面長度總和需超過 30 公里。依據橫互航線地面檢核剖面測量數據，進行剖面 LiDAR 數據精度評估報告。

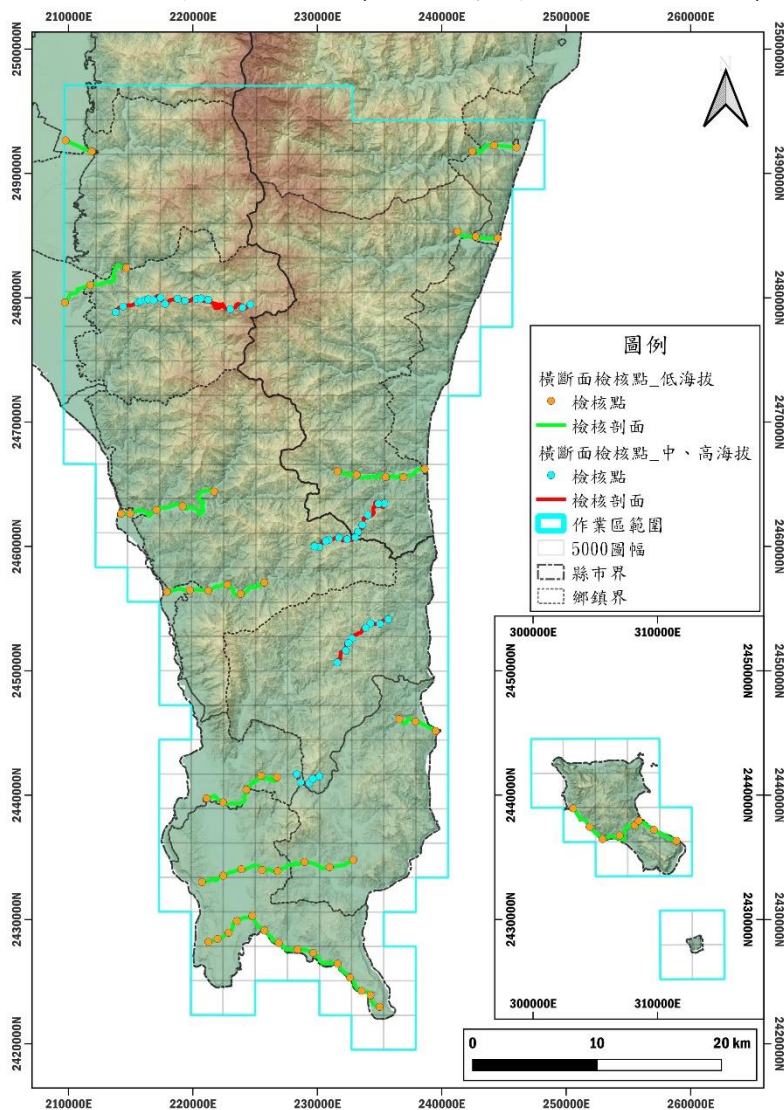


圖 2-51 橫斷面檢核線位置分布



圖 2-52 橫斷面檢核點現場作業工作照

(二) 低海拔及河川洪泛溢淹測製地區：需施行橫互航線的地面檢核剖面，檢核剖面為 65 個檢核點，剖面長度總和為 102.1 公里。依據橫互航線地面檢核剖面測量數據，進行剖面 LiDAR 數據精度評估報告，分析檢核成果如圖 2-53。



圖 2-53 低海拔及河川洪泛溢淹測製地區-斷面檢核成果



(三) 中高海拔山區測製地區：需施行橫互航線的地面檢核剖面，檢核剖面為 42 個檢核點，剖面長度總和為 36.2 公里。依據橫互航線地面檢核剖面測量數據，分析檢核成果如圖 2-54。

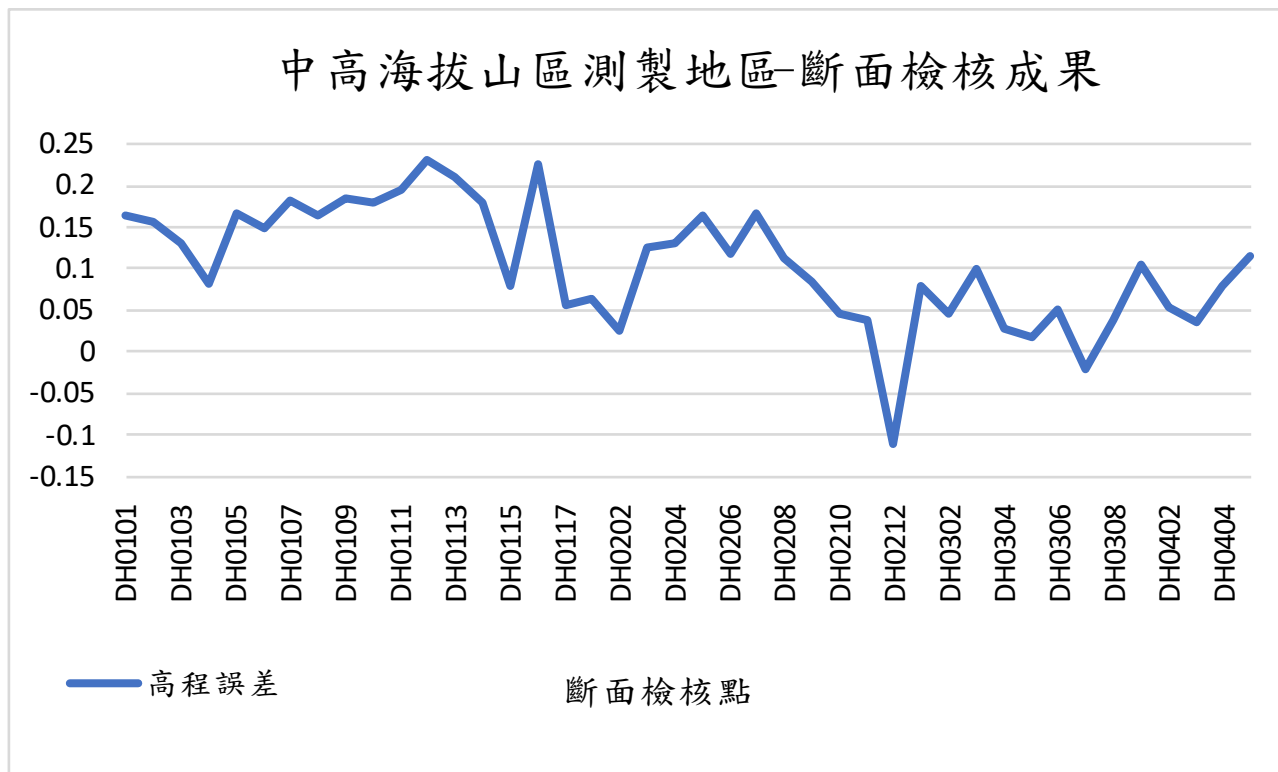


圖 2-54 中高海拔山區測製地區-斷面檢核成果

### 2-8-3 DEM 成果外業檢核

依契約書規定 DEM/DSM 成果實地抽驗地面檢核點位：第 2、3、6 及 7 階段辦理外業檢查，每一階段至少抽查 4 個圖幅、合計至少 20 個檢核點。其通過標準為檢核點除符合高程容許誤差規定(詳如附件二)，合格率應達 90%(含)以上。

本計畫於 112 年 9 月 19 日至 112 年 9 月 20 日間進行第 2 階段外業檢查，計有檢核點共 24 點，平均值為 8.3 公分，均方根誤差(RMSE)值為 11.5 公分，全數檢核合格。並於 112 年 12 月 6 日至 112 年 12 月 7 日間進行第 3 階段外業檢查，計有檢核點共 24 點，平均值為 5.3 公分，均方根誤差(RMSE)值為 9.5 公分，全數檢核合格。上述誤差分析統計如表 2-30 所示，作業照片如圖 2-55 所示。

表 2-28 外業檢查誤差分析統計表

測區	所有檢核點數 (e-GNSS)	平均值 (公分)	RMSE (公分)	平均誤差 t (公分)
第 2 階段(2-3-1)	24	8.3	11.5	9.9
第 3 階段(2-3-2)	24	5.3	9.5	7.7

資料來源：成功大學衛星資訊研究中心(監審單位)

表中之平均誤差為  $t = \frac{|D|}{n}$ ，(|D|=誤差絕對值總和，n=檢測數量)



112.09.19



112.09.20



112.12.06



112.12.07

圖 2-55 DEM 成果外業檢核作業照

#### 2-8-4 圖幅接邊

為使不同作業區間或不同年度的網格資料成果接邊一致，在進行圖幅接邊時會優先排除地形明顯變遷、水域等區域，再將重疊區域的網格資料重新內插，藉此產製較為契合之高程點，並視地形複雜程度貼回重疊區域的網格資料，以求有效解決不同作業區、不同年度間網格邊界處資料高差的問題。

- 一、測區內部及測區外部圖幅重疊區域之 DEM / DSM 網格資料成果應一致。
- 二、若測區銜接處，因掃瞄時間差距造成地形明顯變遷(如：河谷、崩塌地等)，無法製作一致之地形成果，應將不一致範圍圈選成向量檔案，經認定合理後，保留該處範圍存查。
- 三、依據中華民國 112 年 4 月 20 日 112 年第 1 次工作會議紀錄(成大產創字第 1121101240 號)，各測製廠商完成 112 年度成果後，應進行內外部接邊分配方案如圖 2-56。中興公司負責與歷年資料成果接邊；自強公司負責與 112 年度中興測區及歷年資料成果接邊；詮華公司負責與 112 年度中興測區及歷年資料成果接邊作業，以上分配皆包含 DEM/DSM/正射影像之接邊作業，並於接收到監審方通知後始得作業。
- 四、接邊完成後必須利用接邊檢核程式執行檢核，確保成果接邊一致。

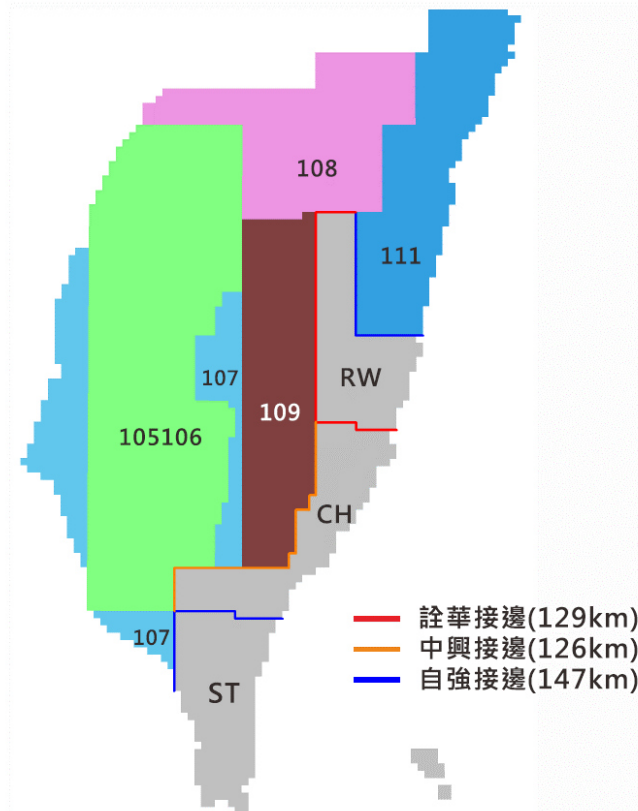


圖 2-56 112 年度成果接邊分配圖

## 2-8-5 正高轉換

- 一、於完成圖幅接邊後，應將 DEM / DSM 高程資料由橢球高轉換至正高。
- 二、轉換正高之方式應利用內政部公告之大地起伏模式進行轉換。

## 2-8-6 資料儲存格式

### 一、資料儲存格式

- (一) 內政部 XYZ 格式。
- (二) 規則網格之 LAS 檔。
- (三) GeoTIFF 格式。

二、資料建置完成後，應執行內政部「DTM 成果資料檢核程式」，輸出檢核成果報表，並應通過檢核。

三、DTM 海域之高程給值方式：為使本案成果有延續性，依循往例海域高程值不賦予任何值。

## 2-8-7 詮釋資料製作

一、依據內政部國土資訊系統之「地理資訊詮釋資料標準」(TaiWan Spatial MetadataProfile; TWSMP) 2.0 版相關規定填寫各項成果之詮釋資料。

二、利用內政部「詮釋資料建置系統」針對詮釋資料資訊、識別資訊、限制資訊、資料品質資訊、資料歷程資訊、空間展示資訊、供應資訊、範圍資訊、維護資訊、引用資訊、參考系統資訊等類別按規定之項目填寫，相關作業畫面如圖 2-57，成果示意如圖 2-58。

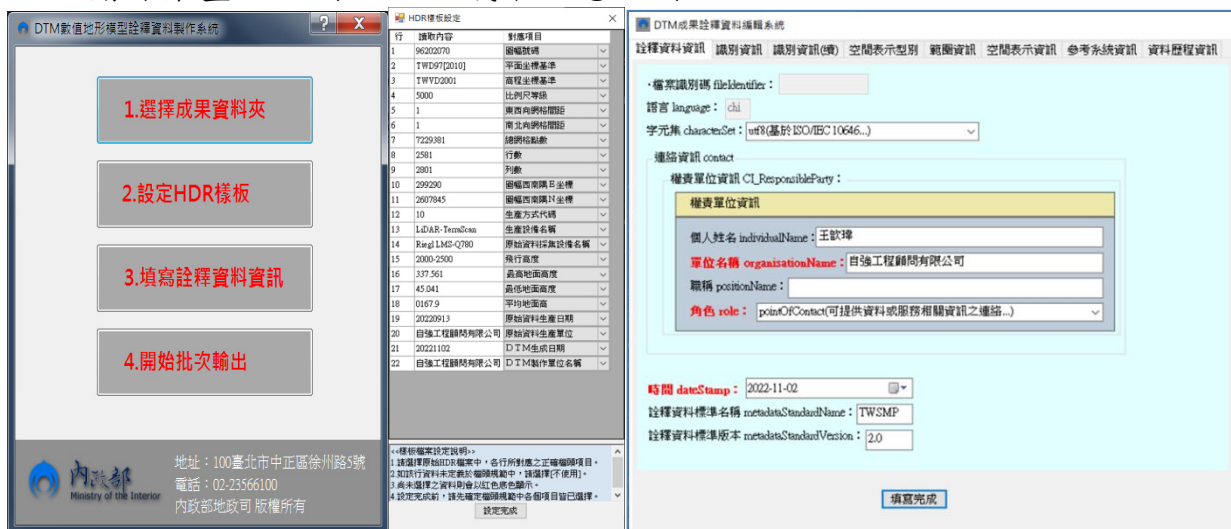


圖 2-57 內政部「詮釋資料建置系統」作業畫面

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<MD_Metadata xmlns:schemalocation="http://www.isotc211.org/2005/gmd http://www.isotc211.org/2005/gmd/metadataEntity.xsd" xmlns="http://www.isotc211.org/2005/gmd" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml" xmlns:geo="http://www.isotc211.org/2005/geo" xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink">
  <fileIdentifier>
    <gco:CharacterString>TW-09-96202070dsm</gco:CharacterString>
  </fileIdentifier>
  <language>
    <gco:CharacterString>chi</gco:CharacterString>
  </language>
  <characterSet>
    <MD_CharacterSetCode codeSpace="ISOTC211/19115" codeListValue="big5"
      codeList="http://www.isotc211.org/2005/resources/codeList.xml#MD_CharacterSetCode">big5</MD_CharacterSetCode>
    </characterSet>
  </characterSet>
  <hierarchyLevel>
    <MD_ScopeCode codeSpace="ISOTC211/19115" codeListValue="dataset" codeList="http://www.isotc211.org/2005/resources/codeList.xml#MD_ScopeCode">dataset</MD_ScopeCode>
  </hierarchyLevel>
  <contact>
    <CI_Responsibility>
      <individualName>
        <gco:CharacterString/>
      </individualName>
      <organisationName>
        <gco:CharacterString>自強工程顧問有限公司</gco:CharacterString>
      </organisationName>
      <positionName>
        <gco:CharacterString/>
      </positionName>
      <role>
        <CI_RoleCode codeSpace="ISOTC211/19115" codeListValue="originator" codeList="http://www.isotc211.org/2005/resources/codeList.xml#CI_RoleCode">originator</CI_RoleCode>
      </role>
    </CI_Responsibility>
  </contact>
  <dateStamp>
    <gco:Date>2022-09-29</gco:Date>
  </dateStamp>
  <metadataStandardName>
    <gco:CharacterString>TWSMP</gco:CharacterString>
  </metadataStandardName>
  <metadataStandardVersion>
    <gco:CharacterString>2.0</gco:CharacterString>
  </metadataStandardVersion>
  <spatialRepresentationInfo>
    <MD_Georectified>
  </MD_Georectified>
  </MD_Metadata>

```

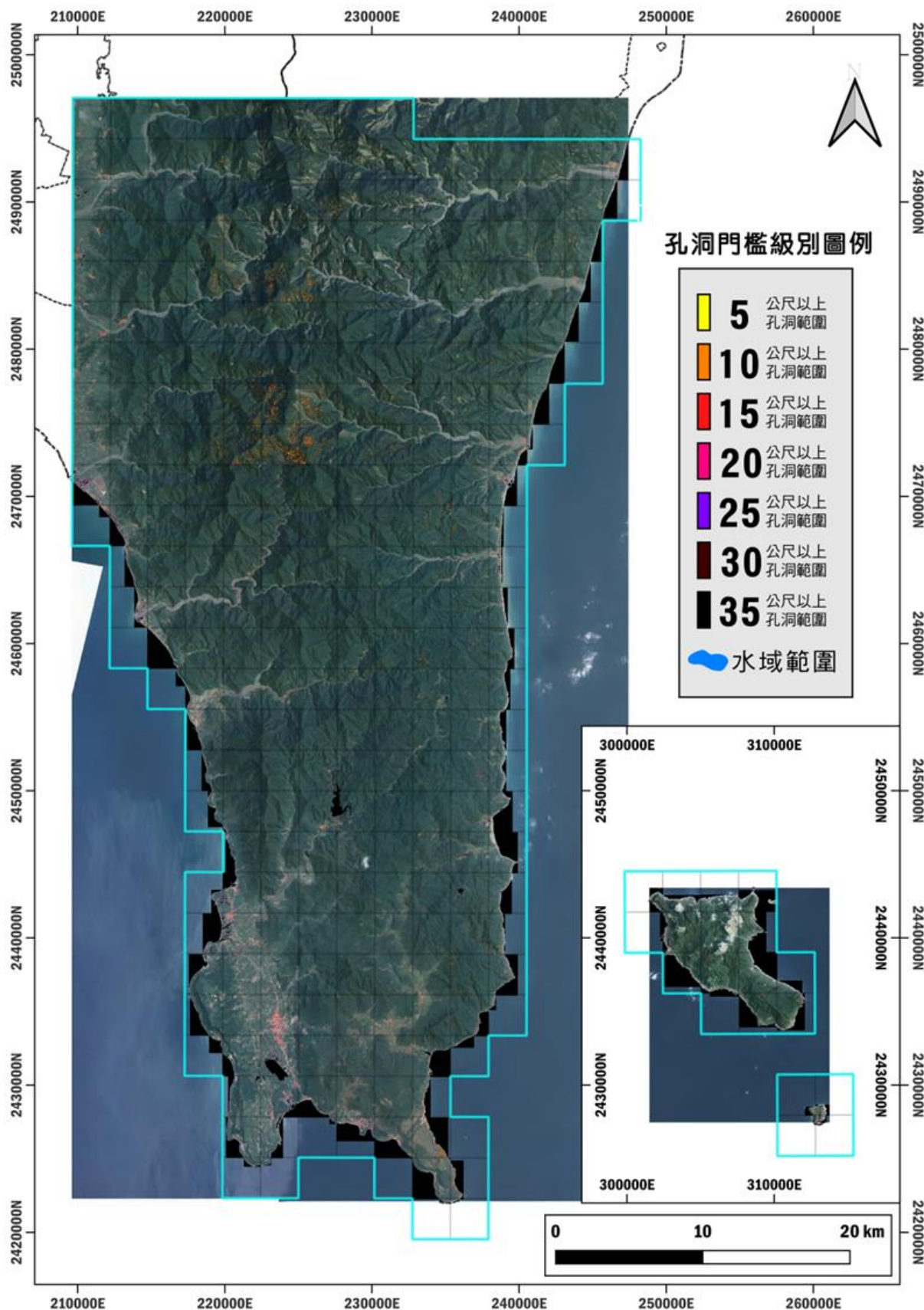
圖 2-58 DEM 詮釋資料成果示意

### 2-8-8 地面點空間分布檢核(地面點孔洞分析)

因應空載光達植被穿透或在地形落差大的區域獲取地面點的能力，對如何取得良好的地形表現來說，地面點的分布均勻十分重要，自 105 年度空載光達更新案後，監審單位依作業經驗，設計地面點空間分布之分析指標，用以反應地面點分布狀況。後續經多次工作會議討論，研擬地面點分布檢查之門檻及規範，並透過 109 年度實際試辦後，於 110 年度納入實際契約規範要求。

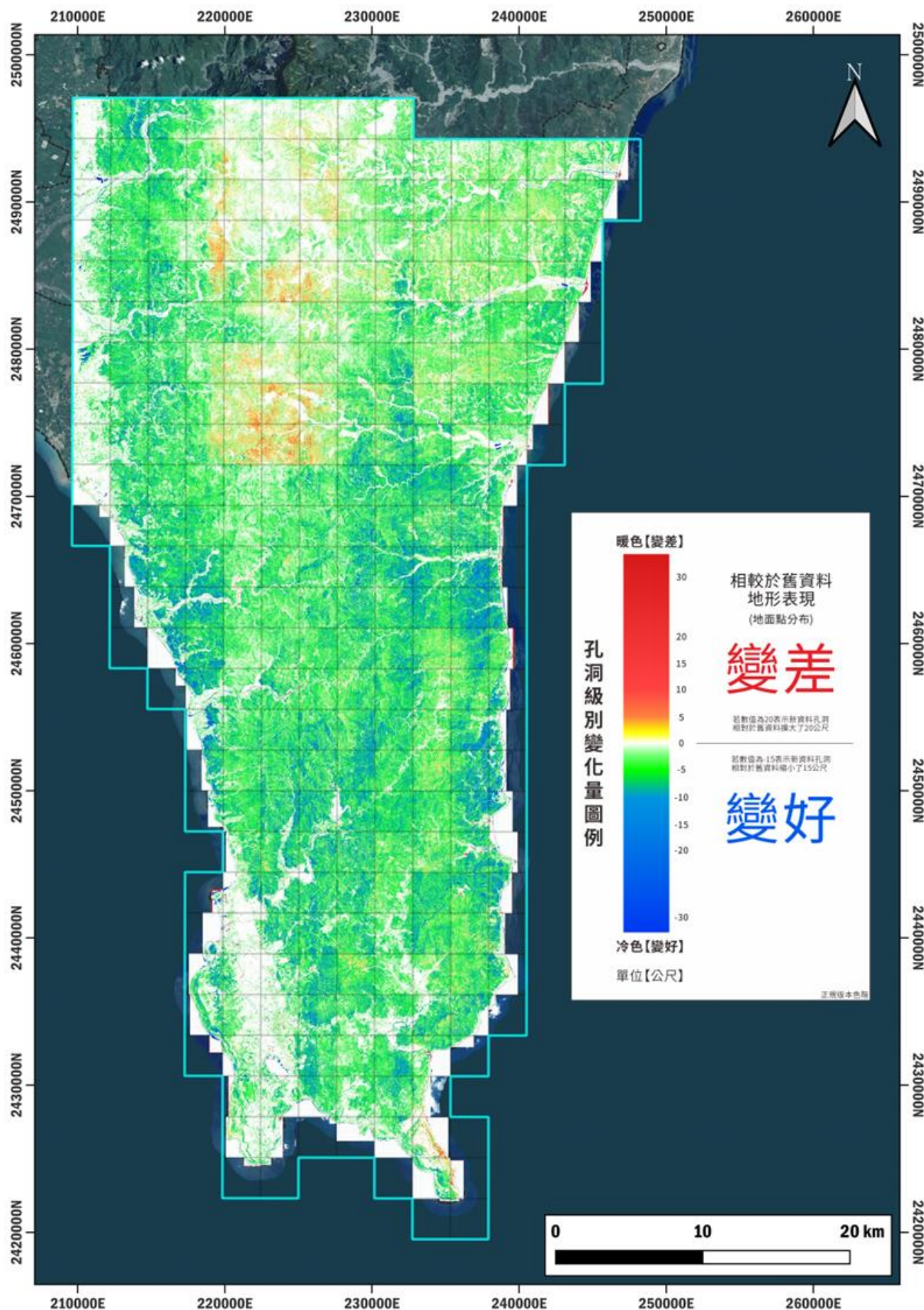
由於目前測區已有超過 1 期以上的歷史資料，依據中華民國 112 年 4 月 20 日 112 年第 1 次工作會議紀錄(成大產創字第 1121101240 號)，針對大孔洞比例大於 10% 之圖幅，須與既有成果比較，以賦予合理之彈性門檻；當有多期既有成果時，須選用歷年最佳者(大孔洞面積比例最小者)進行比對並一律與前一版成果進行更新成效之分析。本計畫地面點孔洞分析成果為監審單位分析後反饋成果，如圖 2-59 至圖 2-60 所示。本測區 306 幅範圍內除 1 幅海域範圍及 25 幅位於平地坡度過小不納入統計外，其餘 280 幅均為通過(大孔洞 10% 以下)。

而如圖 2-60 所示，測區中有部分區域地面點孔洞變異變差，經查主要為 112 年 6 月 4 日與 112 年 7 月 21 日此 2 架次的航線覆蓋區域，查詢大漢山氣象站此 2 架次前數天均有零星雨量，推測可能是此原因使得地面或空氣環境較潮濕，造成空載光達雷射反射能量變弱，造成地面點孔洞較往年差(但仍均符合契約規範要求)的情況。



資料來源：成功大學衛星資訊研究中心(監審單位)

圖 2-59 112 年 2-3 測區地面點孔洞分析圖



資料來源：成功大學衛星資訊研究中心(監審單位)

圖 2-60 112年2-3測區地面點孔洞變異圖

### 2-8-9 成果展示

本計畫成果產製 1m 解析度 DEM/DSM，成果展示如圖 2-61、圖 2-62。

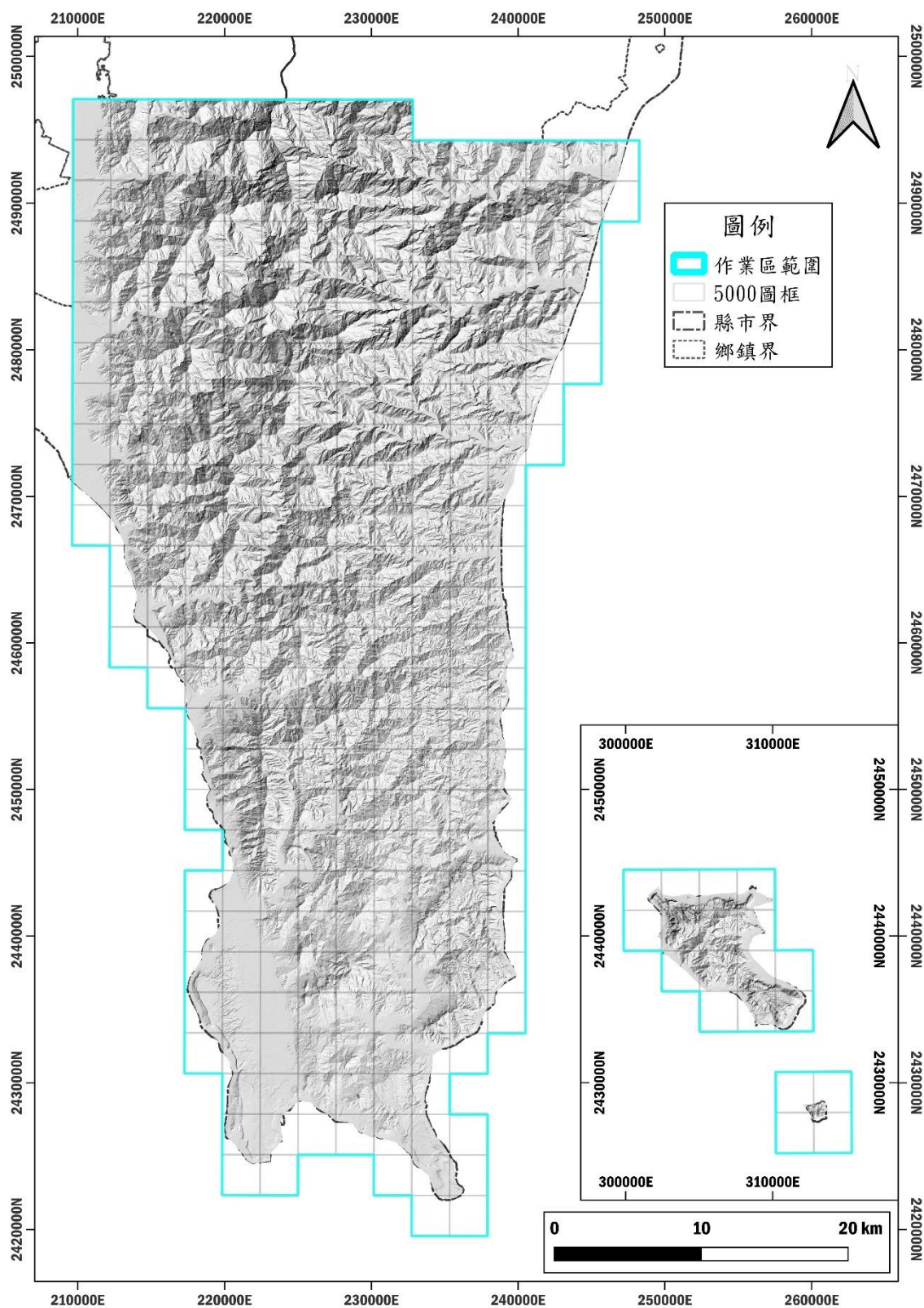


圖 2-61 112 年 2-3 測區 1m DEM 日照陰影圖



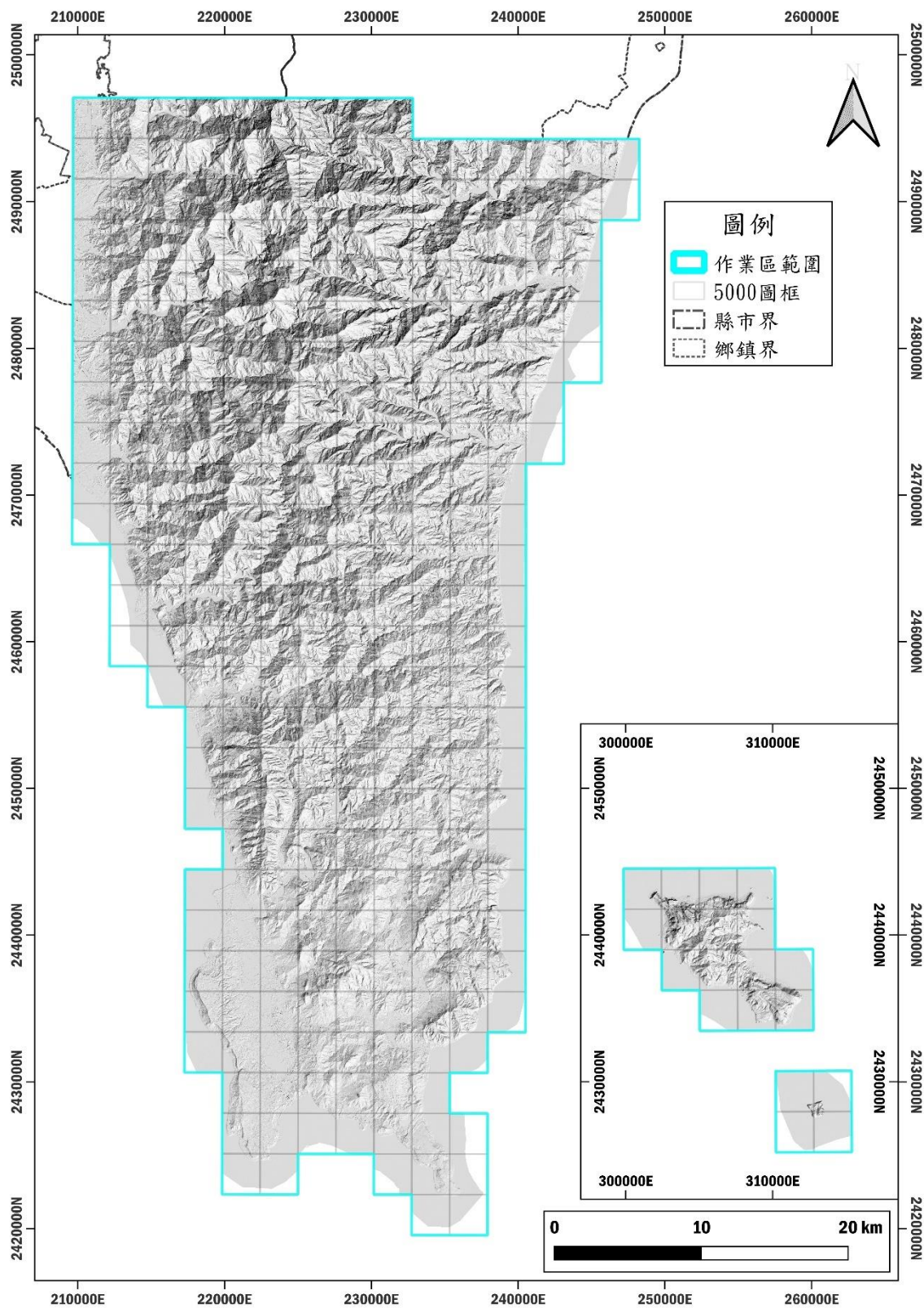


圖 2-62 112 年 2-3 測區 1m DSM 日照陰影圖

## 2-9 正射影像製作

本計畫使用 PhaseONE iXU-RS 1000 (焦距：50 mm) 中像幅航攝像機(詳見附件三)進行拍攝，航線規劃(詳見附件四)上影像拍攝使用左右重疊率 56%、前後重疊率 80% 進行作業，全航線平均 GSD 的平均值為 18.6 公分。

在第 1 子測區共挑選了 4,465 張影像進行空中三角測量，而在第 2 子測區共挑選了 5,839 張影像進行空中三角測量，而其間共有 88 張影像為兩個子測區空中三角測量均有使用的共用影像，故全作業區總計使用影像為 10,216 張，共用影像的空中三角測量外方位成果數值僅取其在單一空中三角測量作業區之外方位成果數值，每張航拍影像均有其獨立的空中三角測量外方位成果數值(詳見附件十三)。

### 2-9-1 空中三角測量

採用航測影像工作站量測空中三角連結點及航測控制點，本計畫採用軟體為 ERDAS IMAGINE LPS ORIMA，詳細作業流程如圖 2-63。

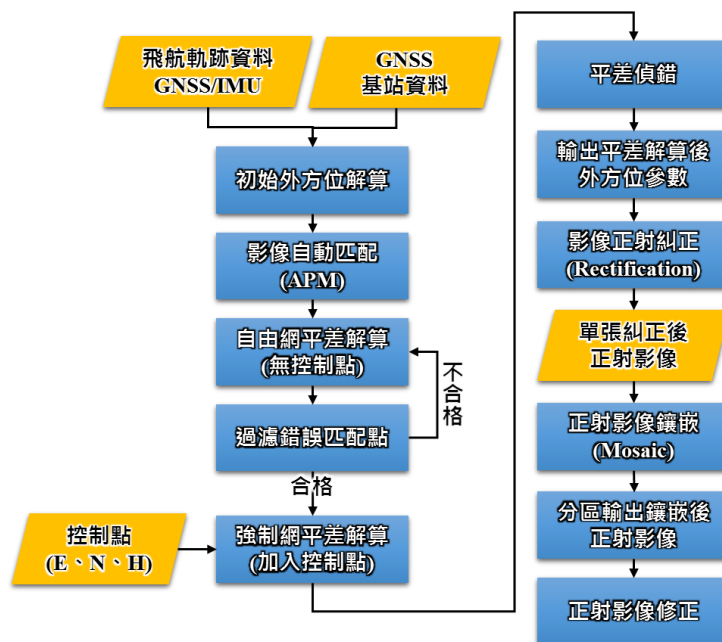


圖 2-63 空中三角測量作業流程

#### (一) 空中三角測量連結點分布

1. 每片的 9 個標準位置上至少量測 2 個點，每一標準位置至少有量測與同航帶或相鄰航帶像片上共軛點相連，不同鄰片允許以不同量測點連結。惟相鄰航帶連結點必須至少為 4 重點(4 光線束)。當航帶前後重疊大於標準 60%(例如為 80%)時，則相鄰航帶間之連結可以不

必每片之每一標準位置都與相鄰航帶相連，而可減至以前後重疊率 60% 計算之基線距離內，至少有一連結點為原則。

2. 如採影像匹配自動化量測空中三角連結點，得不以上述原則分析連結強度，惟其連結應符合以下標準(如表 2-29)，且相鄰航帶之間仍應達到以 60% 重疊率計算基線時，每一基線距離內至少有一 4 重以上點連結鄰航帶。
  3. 如因地形限制，連結點分布無法滿足以上規定，經監審單位確認後得酌降連結點數量。
- (二) 空中三角測量平差計算，須分 2 個過程進行。先以最小約制(或自由網)平差，進行粗差偵測並得到觀測值精度的估值，其次進行強制附合至控制點上平差，連結點觀測值之殘餘誤差均方根值不得大於 1.5 個像元，最大殘餘誤差不得大於 3 個像元。
- (三) 空中三角平差成果應繳交正高成果。
- (四) 空中三角平差成果格式

#### 1. 原始影像

(1) 應繳交【未糾正之原始影像 + 畸變差糾正參數】

(2) 繳交之影像應為無壓縮之 Tif 格式。

(3) 像機畸變差參數：請統一採用 Australis 模式糾正參數。

2. 空中三角測量平差結果：依規定格式填寫內、外方位資訊，並繳交其電子檔。

表 2-29 空中三角測量連結點強度標準

前後重疊率 可靠度指標	60%	80%	90%
平均多餘觀測數(總多餘觀測數/總觀測數)	≥0.55	≥0.6	≥0.7
連結點平均光線數(連結點總光線數/總連結點數)	≥4	≥6	≥7
連結點強度指標(N 重光線以上連結點數/總點數)	(4 重光線以上連結點數)/(總點數) ≥0.3	(6 重光線以上連結點數)/(總點數) ≥0.3	(8 重光線以上連結點數)/(總點數) ≥0.3

註 1：平均多餘觀測數：空中三角測量平差計算時，網系總多餘觀測數除以總觀測值個數後所得到之一個平均可靠度之指標。

註 2：連結點平均光線數：觀測同一連結點的總影像片數，即為該連結點的光線數，亦稱為連結點重點數。所有連結點的總光線數除以總連結點數，即為連結點平均光線數。

註 3：連結點強度指標：N 重光線以上連結點數(N 指自然數)除以總點數後所得到之一強度指標。

(五) 空中三角測量平差報表：為空中三角測量平差軟體直接輸出之成果報表，按解算軟體不同其格式不限，惟須包含下列資訊，以呈現空中三角測量品質。

1. 總觀測數
2. 多餘觀測數
3. 總連結點數
4. 總光線數
5. 多重光線之連結點數統計資料
6. 量測值像坐標中誤差( $\sigma_0$ )
7. 連接點地面坐標標準偏差之 RMS(RMS\_X、RMS\_Y、RMS\_Z)

本計畫空中三角平差測量作業將本作業區分為 8 區，其中各分區部分有再切分數個小區，各分區分布圖如圖 2-64 所示，各項成果統計詳如表 2-30，並使用本計畫空三檢核點(控制點編號 C)進行檢核，平面均方根差值為 10.1 公分，高程均方根差值為 15.2 公分，均小於 40 公分，檢核成果如表 2-31。

由於本作業區位於台灣本島最南端，除北區有部分山區外，其餘多位於地形平坦區域。空三分區將北部山區區域分為三個小區，南部平坦區域依據圖幅數量平均分散為四區。蘭嶼及小蘭嶼區域則分成一區。而為確保成果品質，本公司使用立體製圖方式，進行上機組模檢核。由於影像眾多在考量工作期程與人力時，全區採跳條方式檢核(基數條航線或偶數條航線檢核)，若有發現問題時，則會進行該區域的整體檢核，找出待修正區域後進行三角平差測量重新解算。

(六) 本計畫空中三角測量平差報表成果如附件十三。

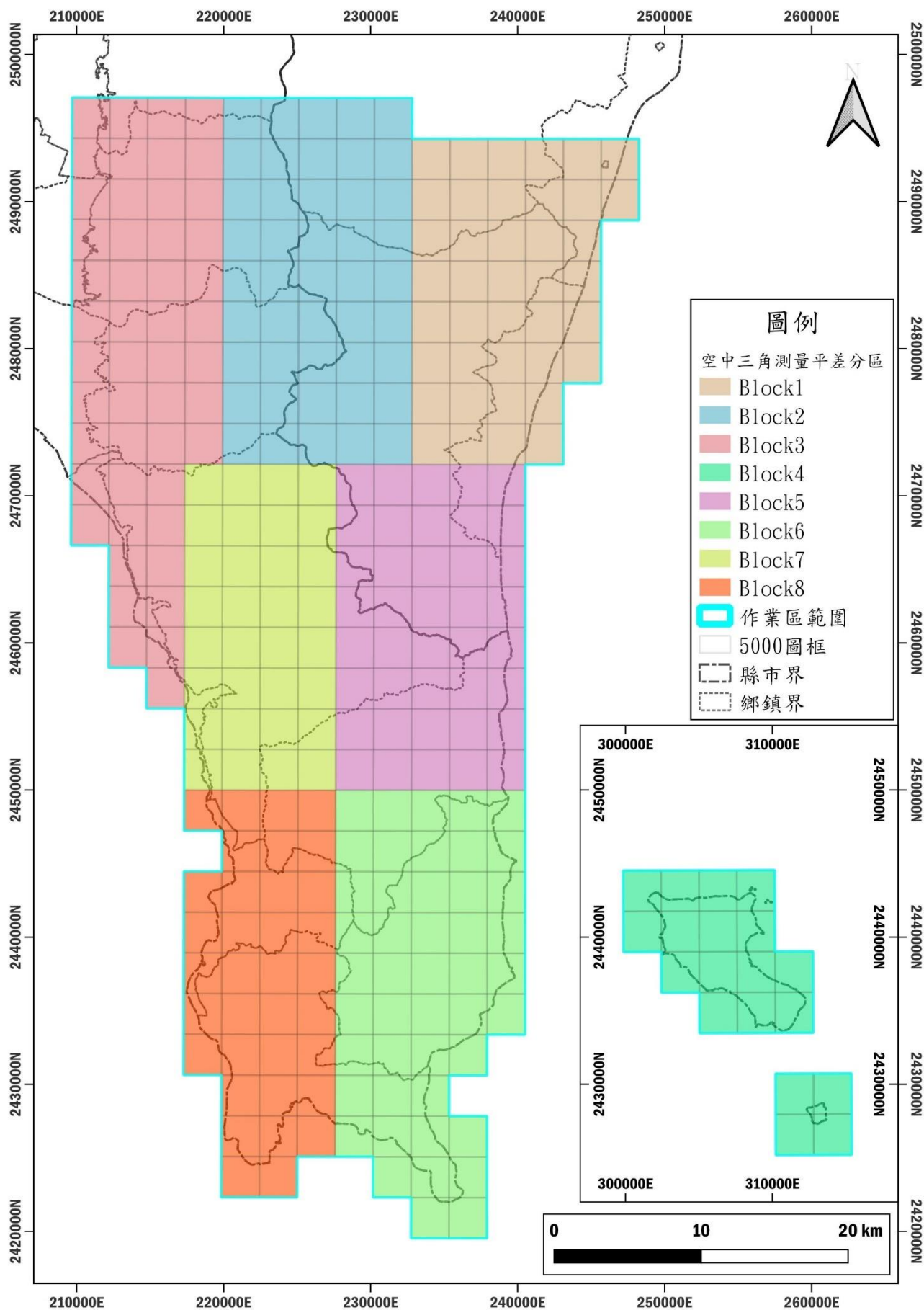


圖 2-64 空中三角測量平差分區圖

表 2-30 空三計算成果統計

測區	2-3-1	2-3-2	2-3-3	2-3-4
影像張數	1,470	1,054	1,355	847
前後重疊率	80%	80%	80%	80%
總多餘觀測數	267,841	268,812	120,498	69,895
總觀測數	369,628	395,451	141,664	83,010
平均多餘觀測數	0.72	0.68	0.85	0.84
連結點總光線數	190,326	242,497	70,832	41,505
總連結點數	30,985	38,599	7,275	4,363
連結點平均光線數	6.14	6.28	9.73	9.51
N	6	6	6	6
N 重光線以上 連結點數	13,285	13,991	5,248	31,09
總點數	30,985	38,599	7,275	4,363
連結點強度指標	0.43	0.36	0.72	0.71
是否符合作業規定	符合	符合	符合	符合

測區	2-3-5	2-3-6	2-3-7	2-3-8
影像張數	1,453	1,299	1,498	1,123
前後重疊率	80%	80%	80%	80%
總多餘觀測數	128,022	103,845	68,594	305,750
總觀測數	149,674	130,248	100,224	396,562
平均多餘觀測數	0.86	0.80	0.68	0.77
連結點總光線數	74,837	65,124	50,112	198,281
總連結點數	9,859	8,794	7,742	29,972
連結點平均光線數	7.59	7.41	6.47	6.62
N	6	6	6	6
N 重光線以上 連結點數	58,01	5,585	2,847	14,677
總點數	9,859	8,794	7,742	29,972
連結點強度指標	0.59	0.64	0.37	0.49
是否符合作業規定	符合	符合	符合	符合

表 2-31 空三檢核點(C)平差後計算成果

點號	地面實測成果			空三解算成果			差值	
	E (m)	N (m)	正高(m)	E (m)	N (m)	正高(m)	平面(m)	高程(m)
23-0005C	215199.713	2495730.149	189.28	215199.706	2495730.162	189.257	0.209	-0.102
23-0101C	210725.130	2485117.445	50.254	210725.122	2485117.447	50.243	0.156	-0.218
23-0813C	310001.176	2437039.997	6.311	310001.182	2437040.087	6.384	0.090	0.073
23-0805C	304813.017	2442343.668	7.270	304813.094	2442343.664	7.176	0.077	-0.094
23-0823C	304201.231	2437952.741	15.361	304201.175	2437952.716	15.381	0.061	0.020
23-0213C	238806.535	2471172.509	6.621	238806.541	2471172.508	6.593	0.075	-0.321
23-0313C	233045.863	2460707.545	453.204	233045.865	2460707.544	453.21	0.040	0.169
23-0410C	231053.473	2450014.143	236.606	231053.468	2450014.144	236.601	0.070	-0.027
23-0406C	237578.459	2448364.149	12.158	237578.431	2448364.132	12.148	0.129	-0.018
23-0606C	232973.686	2437658.501	50.638	232973.720	2437658.497	50.685	0.128	0.114
23-0712C	233353.520	2427700.818	69.681	233353.523	2427700.828	69.696	0.030	0.045
23-0603C	226973.254	2433926.038	77.636	226973.271	2433926.037	77.625	0.192	-0.205
23-0405C	223921.733	2444721.410	61.014	223921.723	2444721.415	61.012	0.056	0.037
23-0703C	222239.901	2430717.430	24.508	222239.899	2430717.439	24.576	0.046	0.251

## 2-9-2 正射影像製作流程

- 一、利用數值航測影像工作站或同等精度之航測儀器，配合數值地形模型資料作為正射糾正之高程控制資料，將中心透視投影之影像，逐點糾正成正射影像，並製作數值正射影像資料檔。
- 二、製作正射影像使用之航拍影像，以辦理空載光達掃瞄飛航時同步取得為原則。
- 三、正射影像製作，其每一像素以使用距離像主點最近之像素為原則產製檔案以五千分之一基本地形圖圖幅為單位，並涵蓋該圖幅範圍與五千分之一基本地形圖圖幅相配合，以每幅圖 1 個檔案為原則，其地元尺寸不得大於 25 公分，正射影像解析度之查核仍以原始影像解析度為準。
- 四、測製地區地勢陡峭，於影像較邊緣處投影位移大，加上地勢變化劇烈，正射影像上植被在糾正時有影像拉扯的現象，必須檢查數值地形模型成果，且儘量選擇合宜拍攝位置的空照影像來製作正射影像，並進行正射影像鑲嵌。若無合宜的影像可替換則仍使用原影像，不得在影像拉扯處直接填上重複的紋理影像。
- 五、鐵路、公路及橋樑等對地圖判讀有重要意義的基礎建設，於空載光達點雲編修階段時將其分類至特定圖層，並且製作 DBM(Digital Building Model) 以另外作為影像正射微分糾正之依據。
- 六、如因高度修正關係產生無影像之遮蔽區應以鄰影像補足，若無影像可供補足，得以黑色區塊填補。正射影像以彩色影像表示，並須進行無接縫鑲嵌(mosaic)且按正射影像之樣本進行調色處理，使全區影像色調、亮度趨於一致，整張正射影像的色調應均勻，其明亮度(intensity, brightness)的直方圖分布在 5~250 之範圍(全反射之地物不計入範圍)，影像色調調整作業畫面如圖 2-65。



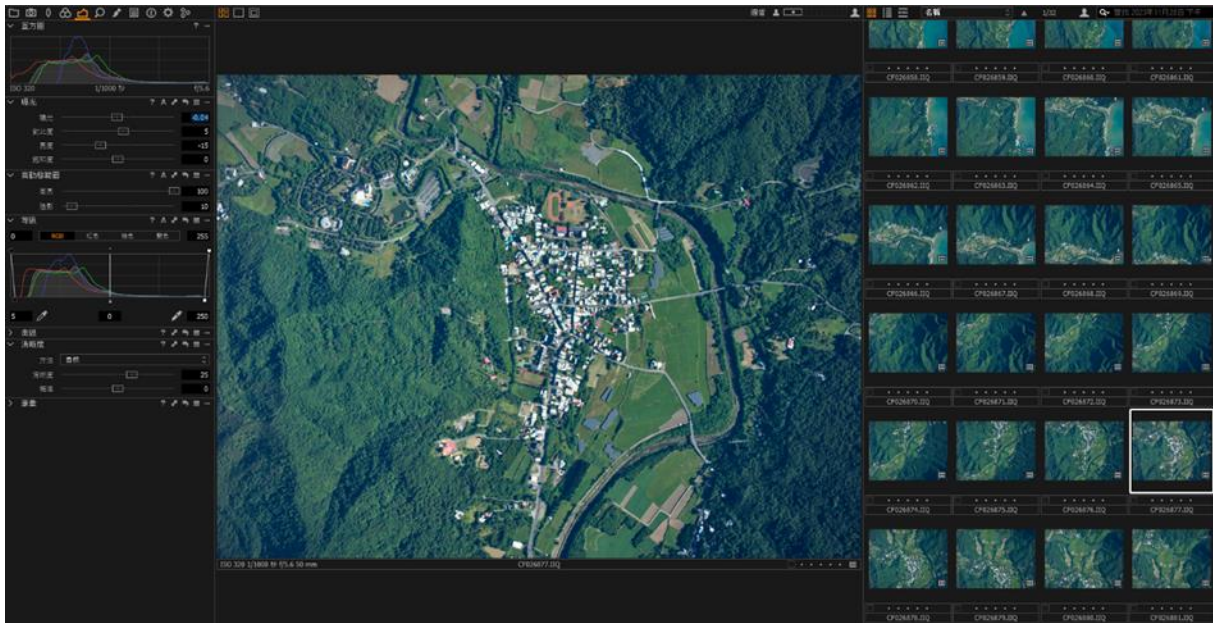


圖 2-65 航拍影像色調調整操作畫面

七、正射影像位於平坦地表面無高差移位的明顯地物點其平面位置精度應優於 2.5 公尺。

八、正射影像內部或測區內圖幅接邊處，所呈現之地物、地貌(如：建物、交通系統)，應無扭曲變形、色調連續一致，鑲嵌作業畫面如圖 2-66，鑲嵌線(seamline)成果並同正射影像成果繳交時一併提交主辦機關。



圖 2-66 正射影像鑲嵌作業畫面

### 2-9-3 正射影像成果

- 一、以 1/5000 圖幅範圍分幅(須外擴)，共 306 幅，成果範圍與 DTM 成果範圍一致(圖 2-67)。
- 二、正射影像解析度為 25 公分。
- 三、以彩色 24 位元之 TIFF 格式儲存(紅、綠、藍各波段均為 8 位元)，並包含對應之 tfw 坐標檔。
- 四、JPG 檔並包含對應之 jgw 坐標檔。

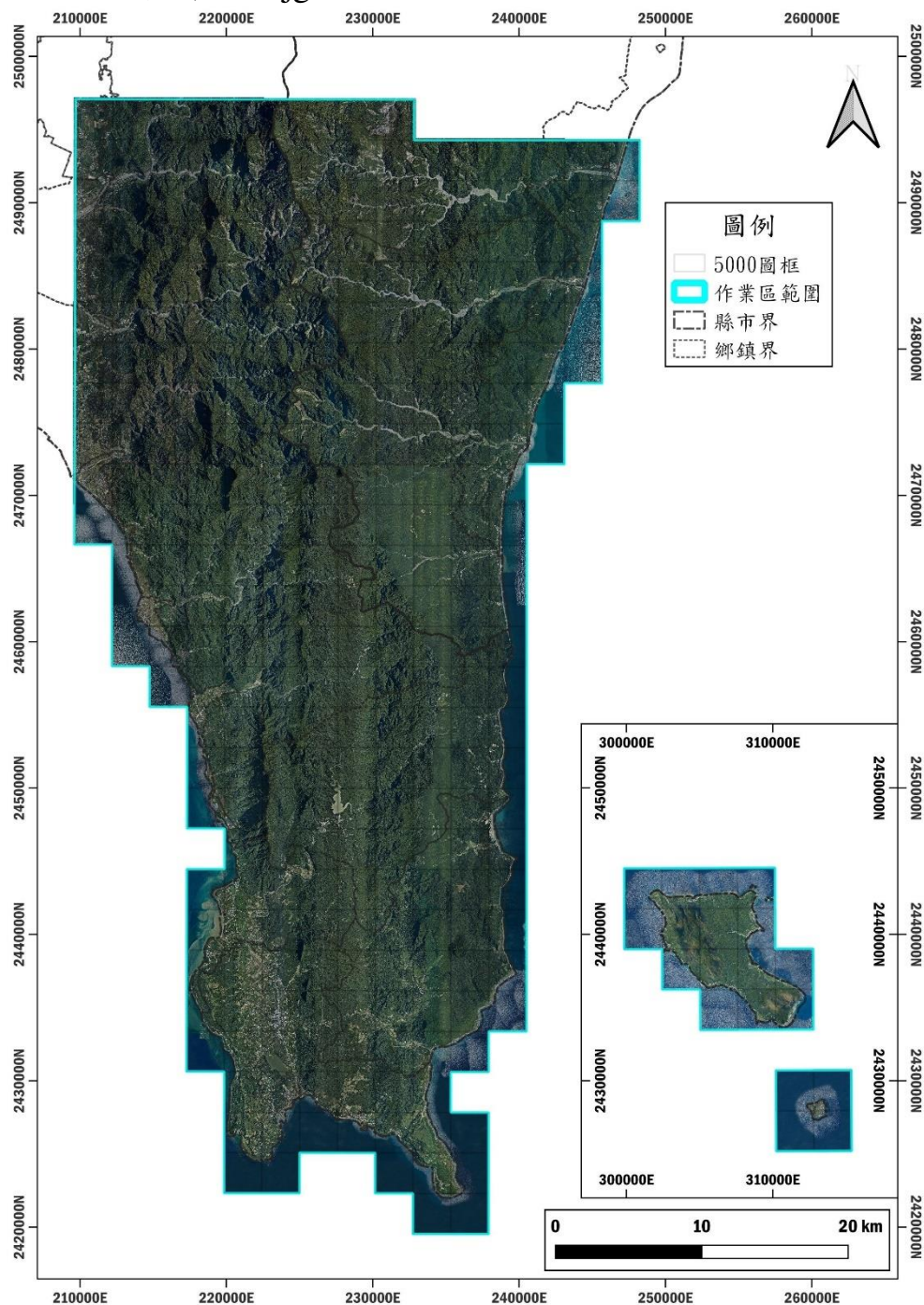


圖 2-67 112 年 2-3 測區全區正射影像成果

### 2-9-4 正射影像地物平面精度檢查

依契約書規定本計畫正射影像地物平面位置精度檢查：第 2、3、6 及 7 階段辦理外業檢查，每一階段至少抽查 4 個圖幅、合計至少 20 個檢核點。通過標準為以檢核點位量測平面坐標與正射影像平面坐標之較差，計算均方根值，不得大於 2.5 公尺。

本計畫於 112 年 9 月 19 日至 112 年 9 月 20 日間進行第 2 階段外業檢查，計有檢核點共 24 點，均方根值為 21.3 公分。並於 112 年 12 月 6 日至 112 年 12 月 7 日間進行第 3 階段外業檢查，計有檢核點共 24 點，平均值為 5.3 公分，均方根誤差(RMSE)值為 9.5 公分，全數檢核合格，全數檢核合格，其平面精度統計如表 2-32 所示，作業照片如圖 2-68 所示。

表 2-32 正射影像平面精度檢查統計表

測區	點數	合格點數	不合格點數	不合格率	RMSE (公分)	ΔE(公分)		ΔN(公分)	
						平均值	RMSE	平均值	RMSE
第 2 階段(2-3-1)	24	24	0	0.0%	21.3	-6.5	18.0	2.7	11.4
第 3 階段(2-3-2)	24	24	0	0.0%	16.3	0.5	12.3	2.9	10.7

資料來源：成功大學衛星資訊研究中心(監審單位)



112.09.19



112.09.20



112.12.06



112.12.07

圖 2-68 正射影像地物平面精度檢查外業檢核作業照

### 2-9-5 正射影像詮釋資料製作

配合主辦機關成果統整需求，利用主辦機關提供之詮釋資料製作程式，針對每一幅 1/5000 圖幅正射影像須製作相對應詮釋資料(\*.XML)，軟體操作畫面如圖 2-69，製作成果如圖 2-70。

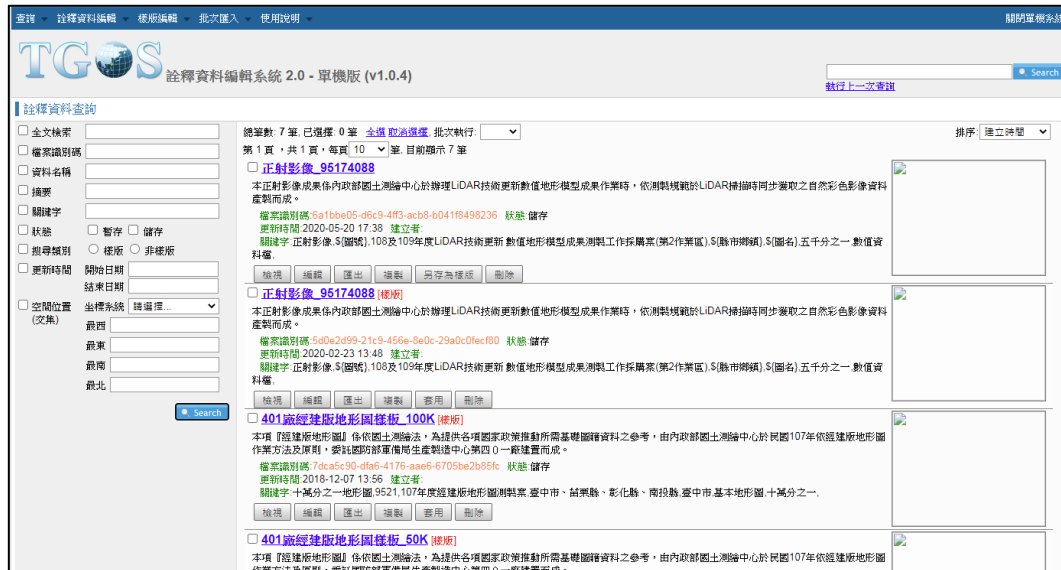


圖 2-69 正射影像詮釋資料製作畫面



圖 2-70 正射影像詮釋資料成果示意圖

### 2-9-6 正射影像外部接邊

本計畫圖幅接邊相關說明如 2-8-3 節所述，而為配合後續正射影像接邊需求，落於測區接邊處之圖幅，將外擴 100 公尺而非原先之 10 公尺，如圖 2-71。各家廠商將調色完成之外擴影像進行資料交換後，進行正射影像之接邊處理。透過圖幅影像之無縫鑲嵌，將接好之無縫影像回饋於原測區廠商，廠商再自行將圖幅切回原外擴 10 公尺之版本，並將成果提送監審方審查。

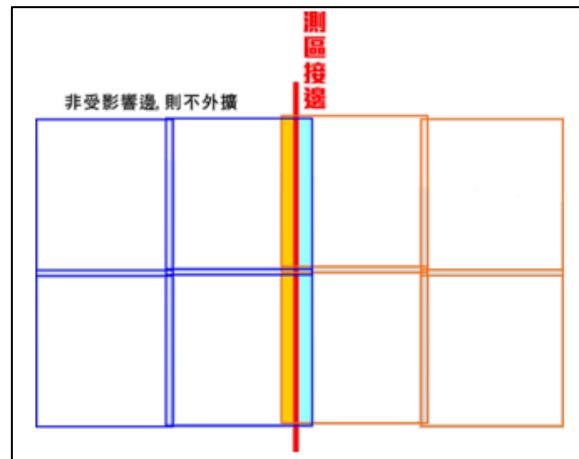


圖 2-71 正射影像接邊示意圖

### 2-9-7 水域線與沙洲線劃設

因應光達雷射遇到水體可能導致無反射回訊或因水面折射等因素影響成果精度之特性，本計畫利用與空載光達同步拍攝之影像所製作成的正射影像劃設水域以及沙洲範圍，並於點雲分類時作為水域分界線，將水域線內地面點雲分類為水點，沙洲線內則依實際地形進行分類，提供後續成果應用參考，本計畫範圍全區水域線以及沙洲線成果展示如圖 2-72。

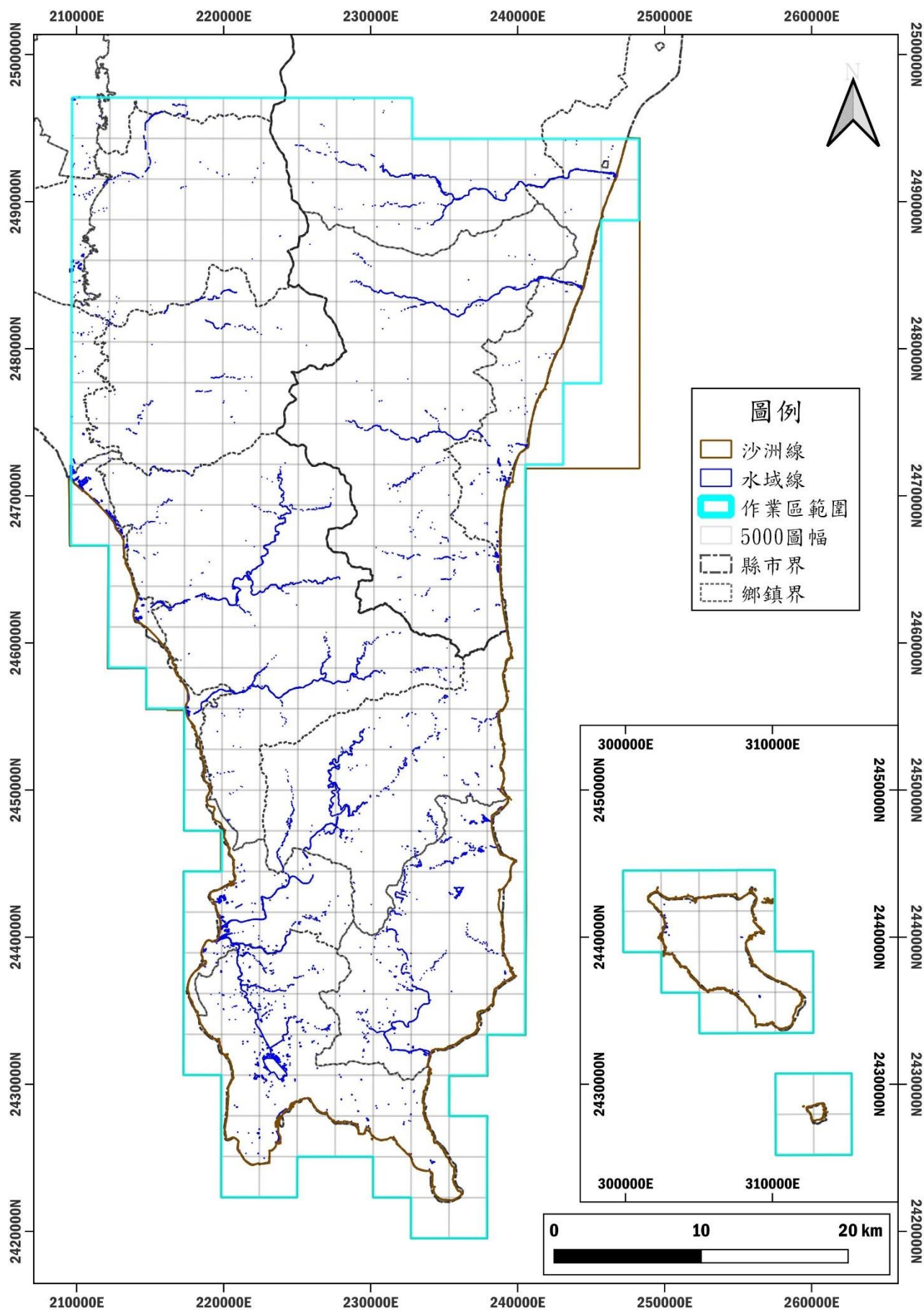


圖 2-72 112 年度全區水域線與沙洲線成果

## 第三章 成本因子分析

### 3-1 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、於主辦機關將召開定期之工作討論會議與不定期之工作會議中，討論工作進度、各階段執行成果、相關計畫的資料支援及須配合事項等事宜。

### 3-2 飛航掃瞄工作

本計畫空載光達掃瞄及航空攝影施測資料獲取工作所佔成本比重最高，主要有下列各項：飛航載具費用(含進駐外站費用)、LiDAR 系統及航拍像機率定、LiDAR 掃瞄及航空攝影施測、LiDAR 掃瞄及航拍影像資料繳交、飛航掃瞄報告書製作。

飛航載具費用(含進駐外站費用)此部分由於本計畫執行協力團隊自強航空有限公司(以下簡稱自強航空)董事長亦為本公司董事長，成本計算會較與其他通航公司簽約來的低，如是與一般通航公司簽約並有進駐外站且計算待命費用的話，此部分費用視飛航測區與駐點機場位置而定，會有大幅度的變化，但為確保計畫進行進度，一般在有 5 成天氣機會的情況下即會要求航空公司配合待命。而本計畫範圍位於北起屏東縣來義鄉南至屏東縣鵝鑾鼻，對於待命飛航來說高雄航空站為最適宜的位置，但因為自強航空主基站為台北松山航空站(人員主要駐地、飛機保養檢修地與設備倉儲地)，所以必須考量飛機停放申請、人員派遣、油車運送、空域協調以及飛航資料之下載與運輸等，且本作業區包含離島區域蘭嶼與小蘭嶼，考量飛航效益與天氣把握的情況下，必須進駐臺東航空站，並在臺東航空站起降方能在最快的時間到達蘭嶼以把握天氣，也能讓飛機返航計畫能有更充足的安全油量規劃，以增進能夠飛行的時間與航線數。

且由於 112 年度與 113 年度均位處臺灣東南側，本公司經多方考量直接在高雄航空站旁直接長租房子成立工務所，以利測量外業人員、航拍員與機組人員之各項作業以及生活起居。

本計畫共執行 1 次 LiDAR 系統及航拍像機率定，飛行時數約在 1.5 小時左右。空載光達掃瞄及航空攝影施測部分，本計畫共飛航 35 架次，提送 35 本飛航掃瞄報告書。

### 3-3 點雲編修人力配置

本計畫除飛航時程受限於天候之外，最大量工作落在 DEMLAS(點雲編修)，本計畫擁有 7 位點雲編修作業人員，其中 2 位為主要內部檢核人員(點雲編修經驗 10 年)，於作業前期加入點雲編修並交互檢核，中、後期由 1 位資深點雲編修人員作為主要內部檢核人，檢核其餘 6 位點雲編修人員編修後成果。依每人每幅 1/5000 圖幅編修時間平均約為 3 日、每月工作 22 日計算，每月可編修圖幅約為 51 幅(7 人 x 22 天 / 3 天 1 幅)。趕工作業期間可於星期一~五增加 2~4 小時加班，另於星期六(非國定假日)加班 8 小時趕工，每人每月可提升約 2~3 幅 1/5000 的作業量，每月約增加 10 幅進度；另外增加 2 位趕工計畫支援人員，每月約可編修 4 幅 1/5000 圖幅，於趕工期間可於每月增加 15~18 幅 1/5000 圖幅編修進度，相關人員配置詳如第四章執行團隊。

### 3-4 影像處理人力配置

本計畫正射影像製作皆是使用同步蒐集之點雲所產製的 DEM 作影像糾正，故其執行時程皆是在局部區域點雲編修完竣後，始得進行影像糾正、編修、分幅等工作。又因監審單位需以「已依據水線分類完水體的點雲編修成果」作審查，其中的水線又是依據正射畫設，正射影像製作人力成本通常落在階段後密集趕工。趕工製作主要工作人員有 4 位，每人每天約可編修 2~3 幅 1/5000 圖幅影像，4 位約 1 天 8~12 幅 1/5000 圖幅，一週(5 工作天)約為 40~60 幅。

另本計畫新增鐵路、公路及橋樑等對地圖判讀有重要意義的基礎建設，必須依其實際測量高度進行正射微分糾正之新規定，針對此工項必須於作業過程中增加使用實際測量高度的參考資料，此部分採用與影像拍攝同步的空載光達掃瞄資料來進行，唯過往正射影像均使用數值高程模型(DEM)進行影像糾正，而數值高程模型(DEM)並不包含高架鐵路、公路及橋樑之數據，故須額外使用數值地表模型(DSM)資料來作為此種區域的糾正資料。此過程需要大量的人力



進行編修，如以 6 幅 1/5000 圖幅範圍原需 3 個工作天處理，若在都會區有大量高架道路及橋樑區域約需 5 個工作天方能處理完畢，平均約需過往 1.2~1.5 倍的處理時間。

### 3-5 空中三角測量影像需求

在本計畫中，以航拍影像作為基礎資料之成果最主要分為兩項，一為正射影像製作，二為須供基本圖使用的空中三角測量外方位成果。此兩大項目對於原始影像的品質要求有所差異。

首先以正射影像為例，若影像有雲覆影響正射影像使用。由於航線規劃的高重疊率，可以使用鄰近航線影像透過鑲嵌的方式補足雲洞部分，無法補足的部分則須安排補飛航線。

再來以空中三角測量為例。首先，大塊的雲覆會導致兩像幅間之共軛點分配不均或是數量不足，致使平差解算不佳甚至是無法解算。再者，由於此空中三角測量成果將會提供基本圖繪製使用，小塊的雲覆會使繪製人員無法判定地物。因此，若雲覆在地物上則此原始影像仍不行使用。第三，山區或雲層的陰影會使地面特徵不明顯(圖 3-1)，使得共軛點取得不易，亦會使解算難以執行。第四，若拍攝時間差距過大，地物變化差異大時，亦會影響共軛點的產出，增添空中三角測量作業難度。

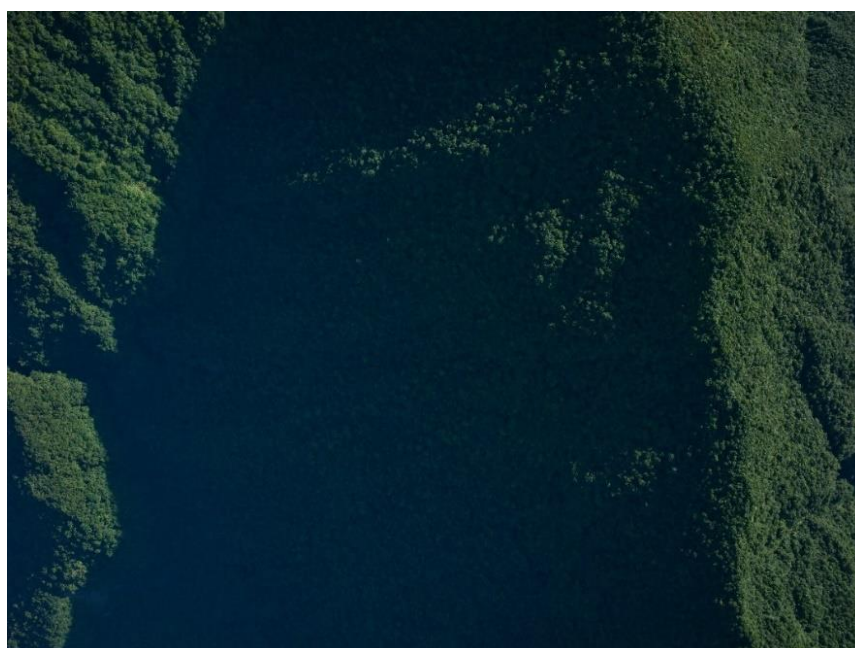


圖 3-1 原始影像陰影示意圖

總上所述，可以得知若空中三角測量成果需用於繪製地形圖則原始影像需考慮許多條件，原始影像需近乎無雲覆、無陰影才符合使用需求，較正射影像之需求嚴苛。

而本測區由於諸多空域管制的緣故，在 35 個架次中就有 12 個架次是早於上午 7 點前起飛，為的是在空域管制(一般為上午八點開始)前盡可能執行飛航任務，雖然較能保障計畫進度，但可能也會影響原始影像的陰影程度。

### 3-6 空中三角測量成果檢核

本案空中三角測量成果需滿足 1/5000 基本地形圖測製使用，為檢核成果滿足基本地形圖測製需求，本公司使用立體製圖方式來檢核空中三角測量之外方位成果，惟立體製圖檢核需花費大量人力與時間，由於本計畫使用中像幅像機拍攝，再加上航線規劃以光達左右重疊率為主要考量以確保點雲密度，故影像數量會較一般使用大像幅像機拍攝進行立體製圖的專案多許多，會使單一專案檔無法匯入所有張數的影像，必須拆分數個批次匯入，當數量過於龐大會導致開啟時間緩慢，且重新組模耗費時間長。

龐大的檢核工作量皆是人力取向工作。以立體製圖組模檢核為例，100 張影像會產生 98 個模組，礙於時間關係，無法每個模組都檢查完全，需要跳模檢查。此外，藉由點雲畫設對位線供檢核使用，一樣需要人工辨識，方可供立體製圖檢核使用，上述皆為人力介入且時間成本高，亦會提高本案成果製作之成本。

## 3-7 成本分析

項次	工作項目	單位	數量	單價	總價	備註
	空載光達掃瞄飛航規劃					
1.1	工作計畫書擬訂	式	1	10,000	10,000	
1.2	飛航計畫規劃	式	1	35,000	35,000	
	小計				45,000	
	二 控制測量					
2.1	外業平差控制點測設	式	1	1,042,000	1,042,000	
2.2	地面檢測點測設	式	1	600,000	600,000	
2.3	橫斷面檢核測量	式	1	180,000	180,000	
2.4	地面 GNSS 基站規劃	式	1	10,000	10,000	
2.5	GNSS 儀器 TAF 檢校	式	1	60,000	60,000	
2.6	地面 GNSS 基站架設	式	1	240,000	240,000	
2.7	地面 GNSS 基站網路架設	式	1	60,000	60,000	
2.8	GNSS 資料彙整及報告製作	式	1	10,000	10,000	
	小計				2,202,000	
	三 空載光達掃瞄及航空攝影施測資料獲取					
3.1	飛航載具費用(含進駐外站費用)	幅	306	22,200	6,793,200	
3.2	LiDAR 系統及航拍像機率定	幅	306	2,000	612,000	
3.3	LiDAR 掃瞄及航空攝影施測費	幅	306	12,000	3,672,000	
3.4	LiDAR 掃瞄及航拍影像資料繳交	幅	306	1,000	306,000	
3.5	飛航掃瞄報告書製作	幅	306	300	91,800	
	小計				11,475,000	
	四 空載光達掃瞄點雲資料處理					
4.1	LiDAR 點雲資料處理及解算	幅	306	1,400	428,400	
4.2	航帶平差	幅	306	4,600	1,407,600	
4.3	點雲分幅、分類及人工編修	幅	306	14,000	4,284,000	
4.4	作業成果檢查	幅	306	4,000	1,224,000	
4.5	資料彙整及成果繳交	幅	306	1,000	306,000	
	小計				7,650,000	
	五 DEM/DSM 製作(含圖幅接邊處理)					
5.1	DEM、DSM 製作	幅	306	3,500	1,071,000	
5.2	DEM 精度評估	幅	306	1,000	306,000	
5.3	內部圖幅接邊	幅	306	2,000	612,000	
5.4	外部圖幅接邊	幅	306	2,000	612,000	
5.5	資料彙整及成果繳交	幅	306	1,000	306,000	
	小計				2,907,000	
	六 正射影像製作(含空中三角測量)					
6.1	航拍影像處理	幅	306	1,000	306,000	
6.2	空中三角平差計算	幅	306	5,800	1,774,800	
6.3	正射影像糾正、調色及鑲嵌處理	幅	306	5,800	1,774,800	
6.4	水域線數化	幅	306	2,400	734,400	
6.5	資料彙整及成果繳交	幅	306	1,000	306,000	
	小計				4,896,000	
	七 各項報告書、工作總報告等					
7.1	各項成果報告製作	式	1	140,000	140,000	
7.2	工作總報告製作	式	1	25,000	25,000	
	小計				165,000	
	總計				29,340,000	

## 第四章 執行團隊

### 4-1 團隊組織編制

本團隊由邱俊榮測量技師擔任計畫主持人，並且設立「獨立審核測量組」，由經驗豐富之資深作業人員執行成果自主檢核，可充分發揮團隊人力調度彈性，獲得最為優質計畫成果，人員組織架構如圖 4-1。

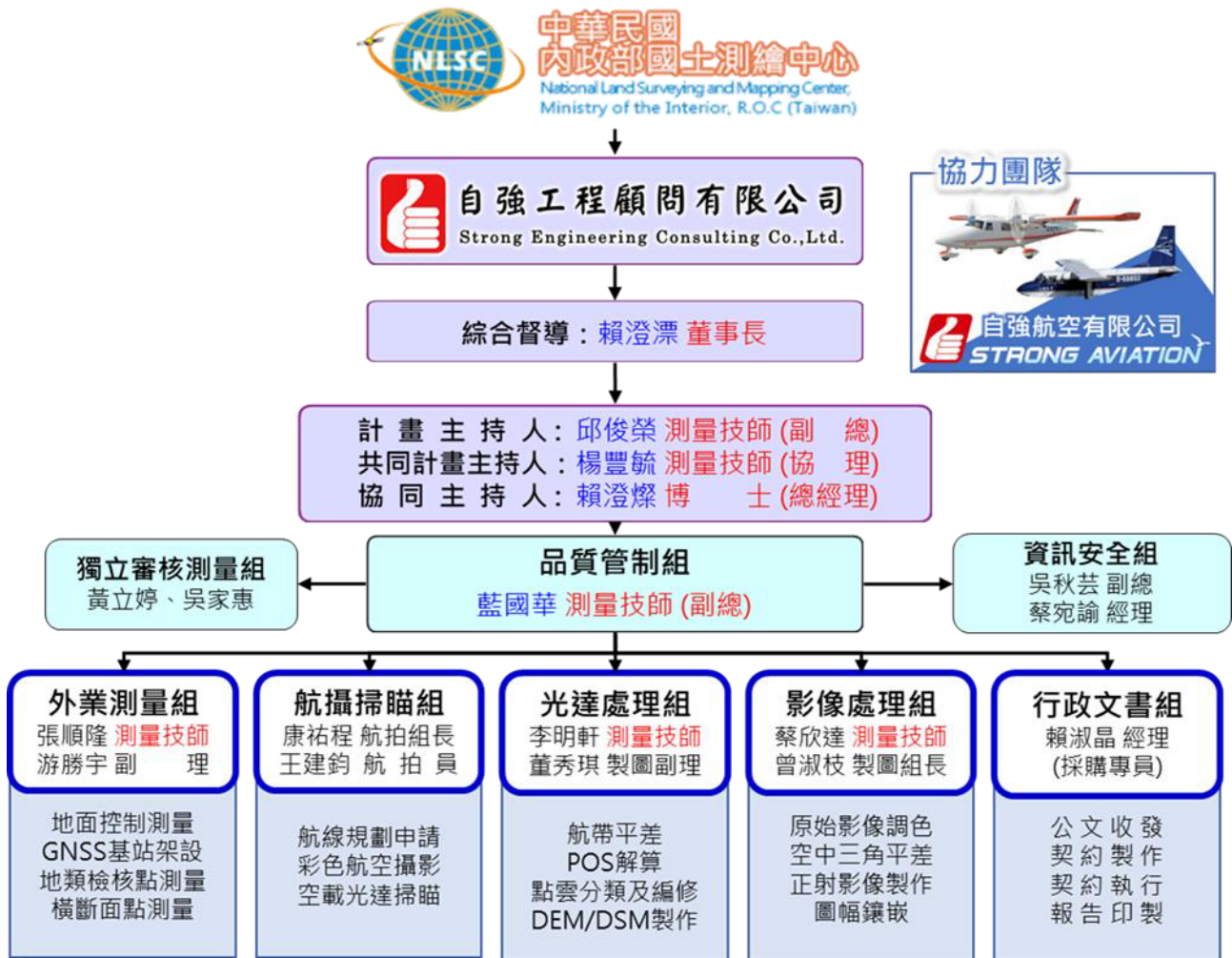


圖 4-1 團隊組織架構圖

### 4-2 性平統計

本案契約規定測製廠商對於履約所僱用之人員，應遵守性別工作平等法之規定，保障其性別工作權之平等，不得有歧視婦女、原住民或弱勢團體人士之情事，本案作業人員性別統計資訊如表 4-1。

表 4-1 本案作業人員男女統計

項次	作業項目	男(人數):女(人數)
1	空載光達掃瞄飛航規劃與申請	4:1
2	控制測量	10:1
3	空載光達掃瞄(含影像拍攝)	12:2
4	點雲航帶平差	2:2
5	點雲分類與 DTM 成果製作	2:7
6	正射影像製作	3:3
7	各階段報告	3:1
8	計畫行政控管	3:3

\*部分作業人員重疊，表內作業人員總數非實際人員總數

### 4-3 主要參與人員名冊

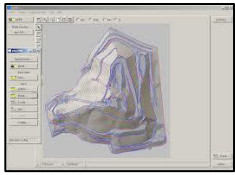

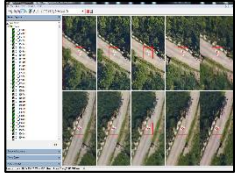
編號	組別	計畫專案職務	姓名	職稱	工作項目
1	綜合督導	總督導	賴澄漂	董事長	策略規劃/綜合督導
2	專案管理	計畫主持人	邱俊榮	副總經理/ 測量技師	航空攝影測量/空載光達掃瞄/專案管理
3		共同計畫主持人	楊豐毓	協理/ 測量技師	航空攝影測量/空載光達掃瞄/專案管理
4		協同主持人	賴澄燦	總經理	航空攝影測量/空載光達掃瞄/專案管理
5		專案主辦	陳韋灯	經理	航空攝影測量/空載光達掃瞄/專案管理
6		專案協辦	簡睿怡	專案組長	航空攝影測量/空載光達掃瞄/專案管理
7		專案協辦	王歆璋	專案副組長	航空攝影測量/空載光達掃瞄/專案管理
8		品質管制	品質管制組長	藍國華	副總經理/ 測量技師
9	品質管制組員		吳家惠	製圖組長	影像處理
10	品質管制組員		黃立婷	製圖組長	點雲編修
11	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
12		資訊安全管理組員	蔡宛諭	經理	資訊安全管理
13	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
14		行政事務組員	林沂珊	行政部特助	會計業務/行政業務
15		行政事務組員	高珮珊	行政部助理	會計業務/行政業務
16	航攝掃瞄	航攝掃瞄組長	康祐程	航拍組長	飛航任務執行
17		航攝掃瞄組員	王建鈞	航拍組員	飛航任務執行
18		航攝掃瞄組員	洪健嘉	航拍組員	飛航任務執行
19		航攝掃瞄組員	杜 詔	航拍組員	飛航任務執行
20	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/GNSS 測量
21		陸域測量副組長	游勝宇	測量部副理	陸域測量/GNSS 測量
22		陸域測量副組長	林文凱	測量部副理	陸域測量/GNSS 測量
23		陸域測量組員	陳冠宏	測量組長	陸域測量/GNSS 測量
24		陸域測量組員	余秉翰	測量組長	陸域測量/GNSS 測量
25		陸域測量組員	賴世豪	測量組長	陸域測量/GNSS 測量
26		陸域測量組員	林育聖	測量副組長	陸域測量/GNSS 測量
27		陸域測量組員	黃明江	測量副組長	陸域測量/GNSS 測量

編號	組別	計畫專案職務	姓名	職稱	工作項目
28	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/專案管理
29		光達處理副組長	董秀琪	製圖副理	點雲編修/影像處理/立體製圖
30		光達處理組員	黃潔玟	製圖副組長	點雲編修
31		光達處理組員	凌子晴	製圖工程師	點雲編修
32		光達處理組員	周佩宜	製圖工程師	點雲編修
33		光達處理組員	彭暄淇	製圖工程師	點雲編修
34		光達處理組員	陳怡君	製圖工程師	點雲編修
35		光達處理組員	洪雨慈	製圖工程師	影像處理/點雲編修
36	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/專案管理
37		影像處理副組長	曾淑枝	製圖組長	影像處理/立體製圖
38		影像處理組員	陳品蓉	製圖工程師	影像處理/立體製圖
39		影像處理組員	陳任頤	製圖工程師	影像處理
40		影像處理組員	王紹佟	製圖工程師	立體製圖/影像處理
41	備援	點雲處理組員	孫睦涵	製圖工程師	趕工計畫點雲編修
42		點雲處理組員	張玲玲	製圖工程師	趕工計畫點雲編修

#### 4-4 其他軟、硬體設備

##### 4-4-1 軟體設備

項次	軟體名稱	操作畫面	數量
1	<b>IGI Plan</b> ：空載雷射掃瞄飛航規劃 結合 IGI 系列 Areo Control 以及 CCNS4 導航器可依據 DEM 規劃空載光達以及像機飛航測線，並估算計畫成果。		1
2	<b>GrafNav、IE</b> ：GNSS 軌跡解算 高精度動態解算 ARTK 模式可提高解算成果精度。		2
3	<b>Trimble Business Center</b> ：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
4	<b>Riegl 系列</b> ：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
5	<b>Microstation</b> ：點雲資料處理/數值繪圖 TerraScan/ TerraModeler/ TerraMatch 點雲分類與編修。		6

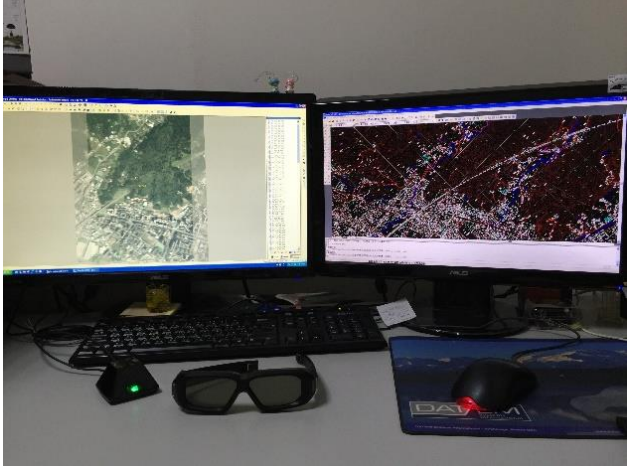
項次	軟體名稱	操作畫面	數量
6	<b>SCOP++</b> ：DEM/DSM 網格內插 專門為了數值地形模型內插、管理、以及視覺化應用的軟體，其最適性內插演算能呈現自然地形起伏與走勢，成果廣為國內各級單位肯定。		2
7	<b>Agisoft Metashape</b> ：影像處理/空三平差 新一代的數位航測工作系統，能讀取各類數位影像資料，執行空三平差計算及偵錯，地面數值模型自動匹配量測及正射糾正鑲嵌等功能。		2
8	<b>ERDAS IMAGINE LPS Orima</b> ：影像處理/空三平差 專業數位航測工作系統，能讀取各類數位影像資料，執行空三平差計算及偵錯，地面數值模型自動匹配量測及正射糾正鑲嵌等功能。		1

#### 4-4-2 硬體設備


用途	儀器型式/儀器精度及規格	儀器照片	數量
控制測量	<b>STONEX 系列 GNSS 衛星定位儀</b> TAF 校正日期：110.02.22~112.04.28 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		10
飛航載具	<b>P68C TC 專業航拍定翼機</b> 由義大利製造之 P68C TC 定翼機，可同時搭載航空攝像機、空載光達掃瞄儀。相較其他機種，在高溫、高濕度、高海拔的地區時能更好地維持飛機性能，並於空域較擁擠的地區更具有靈活性、提高安全性。		1
	<b>BN2 系列專業航拍定翼機</b> 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。		2

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	<p><b>數位像機(Phase One iXU-RS 1000)</b></p> <p>2018 年採購航測像機，具有 1 億像素(11,608 x 8,708)，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。</p>		5
	<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 x 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 Position 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
	<p><b>Airborne LiDAR 空載光達系統-Q680i</b></p> <p>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



名稱	用途類別	數量	自有或租賃	實體照片
立體影像工作站	空三解算 地形圖測製 正射影像製作	4	自有	
搭配硬體		搭配軟體		
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ CPU：i7-12700</li> <li>■ GPU：A2000</li> <li>■ 3D MouseTrack</li> <li>■ Z-Screen 同步式立體觀測裝置</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ERDAS 軟體</li> <li>■ TBC、Grafnav、IE 衛星解算平差軟體</li> <li>■ LEICA 廠 Orima 空中三角測量平差軟體</li> <li>■ LEICA 廠 LPS 立體影像量測軟體</li> <li>■ LEICA 廠 PRO600 立體影像測繪軟體</li> <li>■ Hexagon 廠 ISAT 軟體</li> </ul>		
性能說明	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ISAT(ImageStation Aerial Triangulation)專業空中三角測量軟體，執行連結點自動匹配量測、空三平差計算及偵錯等功能。</li> <li>■ 空三推算：用 12th Gen Intel®Core™ i9-12900K processor 二十四核心 CPU，提供高效能，穩定空三推算環境。</li> <li>■ 影像處理：使用 RTX 3080 Ti 高階顯示卡，使其影像處理達最佳化。</li> <li>■ 搭配 3D 立體眼鏡及可輸出 120Hz 更新頻率之螢幕，提供立體測量之功用。</li> <li>■ 配合 ERDAS 軟體，可提供準確的立體測量，空三報表驗證。</li> </ul>			
執行計畫經歷	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 桃園市政府地政局：桃園航空城航空測量攝影暨空載光達掃瞄作業</li> <li>■ 內政部國土測繪中心：106 年度擴充航遙測感應器系統校正作業採購案</li> <li>■ 行政院農業委員會林務局農林航空測量所：107 年度航攝數位影像採購案</li> <li>■ 行政院農業委員會林務局農林航空測量所：107 年度航攝數位影像採購案(二期稻作及冬季裡作)</li> <li>■ 海洋國家公園管理處：澎湖南方四島國家公園一千分之一數值航測地形圖測製</li> <li>■ 玉山國家公園管理處：玉山國家公園第 4 次通盤檢討計畫圖修正、地形圖及航空攝影圖資製作案</li> <li>■ 陽明山國家公園管理處：103 年度陽明山國家公園一千分之一數值航測地形圖測製-新北市部分案</li> <li>■ 彰化縣政府：102 年度彰化縣都市計畫區一千分之一數值航測 GIS 地形圖測製第 5 期計畫</li> </ul>			

名稱	用途類別	儀器型號名稱	容量	自有或租賃	實體照片
儲存設備	專案資料儲存	獨立運算伺服器	40T	自有	如下圖
性能說明	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 使用雙 Quad-Core Intel® Xeon® processor 之 CPU，提供高效能之運算伺服器。</li> <li>■ 專業的 Cluster 叢集運算、分散式運算環境，有效提供穩定，高效率之運算平台。</li> <li>■ 建置於 Giga 網路傳輸環境中，提供穩定且高速率之資料傳遞運算。</li> <li>■ 整合在線式(On-Line)UPS，提供穩定電源供應。</li> <li>■ 使用 Microsoft's Vexcel UltraMap 分散式運算軟體，提供穩定，高效率，低錯誤率之運算。</li> <li>■ 完整之機房監控平台，提供穩定的運算環境。</li> </ul>				
					

名稱	用途類別	儀器型號名稱	自有或租賃	實體照片
安全監控系統	專案工作室資安監控	人員進出管制計畫 監視器*2 整合型監控螢幕 監視影像獨立儲存設備	自有	如下圖
性能說明	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 特定人員出入管制</li> <li>■ 獨立儲存監視畫面</li> <li>■ 完整之機房監控平台，全面紀錄專案工作室內人員與電腦操作畫面。</li> </ul>			
				

## 第五章 檢討與建議

本計畫空載光達使用 Riegl LMS Q780 掃瞄儀進行，以左右重疊率 50% 共規劃 130 條航線其總長為 2,953 公里，總計執行 35 架次飛航掃瞄任務。使用總計 20 站 GNSS 基站以及 183 點航帶平差控制點進行軌跡解算與點雲航帶平差作業，地面點孔洞分析 306 圖幅全數通過，第 1 子測區點雲平均密度為 3.65 點/m<sup>2</sup>，平差單位權中誤差為 4.4 公分；第 2 子測區點雲平均密度為 4.57 點/m<sup>2</sup>，單位權中誤差為 5.9 公分，再利用經過自動化與人工編修後的點雲製作 1m 解析度 DEM/DSM 共 306 幅，低海拔各地類檢核精度在平均絕對誤差為 6.1 公分~12.4 公分之間，均方根誤差為 7.6 公分~14.6 公分之間。低海拔橫斷面檢核精度在平均絕對誤差為 4.9 公分，均方根誤差為 10.5 公分。中高海拔各地類檢核精度在平均絕對誤差為 7.1 公分~15.3 公分之間，均方根誤差為 9.5 公分~22.5 公分之間。中高海拔橫斷面檢核精度在平均絕對誤差為 10.6 公分，均方根誤差為 12.7 公分。DEM 現地驗收第 1 子測區均方根誤差(RMSE)值為 11.5 公分；第 2 子測區均方根誤差(RMSE)值為 9.5 公分，全數檢核合格。

本計畫影像使用鏡頭焦距 50mm 之 Phase One iXU-RS1000 航攝像機同步進行拍攝，影像前後重疊率為 80%，左右重疊率約 56%，總計使用 10,216 張影像，產製地面解析度 25 公分之正射影像共 306 幅，正射影像成果平面精度經現地檢核第 1 子測區均方根誤差為 21.3 公分，第 2 子測區均方根誤差為 16.3 公分。

### 5-1 檢討

#### 一、空域管制

本公司於 112 年 5 月 3 日即開始飛航至 112 年 10 月 19 日完成全部飛航任務，總計共執行 35 架次，然本作業區航線規劃僅 130 條，且航線總里程僅 2,953 公里，依照航線規劃之預估執行架次數量為 16~20 架次，造成實際飛航架次數量與預估數量有這麼大落差的主因為此區域的空域管制。

恆春半島經常性管制區域包括枋山、墾丁、太麻里以及屏東北面的空軍官校管制區，管制時間為周一到周五的早上 8:00 至傍晚 17:00，甚至連週六也會遇到管制情況，且管制時是至某區域之經緯度均不放行，由於數個管制區包圍測區，導致整個測區時常因空域管制導致飛機都無法進入。

為確保計畫進度，本公司主要採用提早起飛在管制開始前執行飛航掃瞄與降低天氣門檻以少量多飛的方式進行，故以本年度的飛航狀態來說 35 個架次總共飛航 4,103.6 公里，其中有 1,150.6 公里為補飛里程，平均每架次飛航 117.2 公里，總飛航時間為 85 小時 38 分鐘，平均每架次飛航 2 小時 27 分鐘，總線上掃瞄時間(僅計算飛行規劃航線)為 37 小時 9 分鐘，平均每架次線上掃瞄時間為 1 小時 4 分鐘。且 35 個架次中就有 12 個架次是在 7 點前就起飛，有 20 個架次線上掃瞄時間(僅計算飛行規劃航線)未足 1 小時，有 13 個架次當架次僅飛行 3 條航線以下。並以 112 年 7 月 9 日(星期日無空域管制)的第 2 架次進行比較，該架次飛航時間為 3 小時 16 分，線上掃瞄時間為 2 小時 20 分，總共飛航 7 條航線，共 338.2 公里，此為無空域管制且天氣情況良好時可達成的正常單架次飛航量，以此與上述平均數據或飛航狀態統計比較可知，本作業區受空域管制之影響。

## 二、蘭嶼天候

蘭嶼天氣容易受季風影響，島上山頭經常性有雲；且因為面積過小，在天氣雲圖上並不易見蘭嶼島上的雲；同時島上也無道路監視攝影機能夠協助判斷天氣，且蘭嶼全部航線皆為潮汐航線，飛航時尚需配合潮汐時段，此外臺東航空站南方即有太麻里空域管制，飛往蘭嶼的航路上也會遇到九棚火砲射擊管制，因此執行難度相當高。考量蘭嶼與本島的飛渡距離，由從臺東航空站飛渡至蘭嶼約 30 海浬，即需約 25 分鐘飛渡時間，故在欲執行蘭嶼期間，皆需進駐到臺東航空站以確保最佳天氣掌握及執行效率。

今年度在蘭嶼總共執行 5 架次，5 月執行第 1 架次，後續天氣皆不佳，直到 7 月才執行共 3 架次。雖已經執行 4 架次將全部航線飛過一輪並有執行補飛航線，但在同樣山頭的位置仍有雲覆情況。因此本公司於 8 月 17 日派員至蘭嶼東清架設現地攝影機，以確保能及時掌握天氣(但攝影機於 112 年 10 月 5 日被襲台的小犬颱風吹走)。並且規劃低航高加密航線以利在現地有雲的情況下，可以嘗試飛雲下的高度來完成補飛作業。

最後於 10 月 19 日以執行低航高加密航線完成補飛作業，但因為當下仍是有雲的情況，故總計規劃僅 10 條的加密航線，共飛行了 17 條，有 5 條航線飛行了 2 次，有 1 條航線飛行了 3 次，終於完成蘭嶼的補飛作業。

後續針對有經驗易起雲之處，建議於規劃時可考慮規劃兩版飛行高度的航線，一者為符合設備與計畫需求之正常航高，另者為降低航高，雖然會增加航線數量造成計畫執行效率降低，但可以增加實務執行之彈性。

### 三、航線規劃與實務執行

本作業區航線設計考量恆春半島走向，南邊多為約 40~50 公里的長航線，共 29 條，總計約 1,230 公里，佔全部里程數 40% 左右，但航線數僅佔全部 20%。長航線可以減少航線間轉彎時間，藉以提升飛行效率；但單一長航線的長度愈長，遇到雲覆的機會也會提升，或者飛到一半被空域管制驅離，進而導致後續補飛的需求增加。

雖然長航線於無空域管制且天氣均良好的情況下的飛行效率相對將相同長度分為 2 段的航線來得高(因為沒有飛機轉彎進航線的時間)，但當作業區如果是有空域管制且易起雲而且雲層散布時，長航線會因為需盡可能將航線飛行完畢(一般除非飛機會穿雲，會盡可能將航線飛行完畢，以避免內外業資料處理上的不便)，會使得作業彈性下降。

而本作業區共飛航補飛航線 52 條，扣除蘭嶼補飛航線為 42 條，其中長航線的補飛即有 26 條，由此可知超過半數的補飛航線都是補飛長航線。故後續於空域複雜或易起雲區域不集中的情況下，會再三評估航線長度與航線數量的平衡，以在規劃飛行效率與實際執行飛行彈性中取得平衡。

## 5-2 建議

### 一、建議空載光達(航偏角不設限)及影像(航偏角 15°)分開檢查：

依據「空載光達測製數值地形模型作業說明」中的肆、成果檢查 二、掃瞄飛航計畫檢查 (二)空載光達系統率定(含率定場)檢查：B.檢查航線掃瞄飛機姿態傾角(bank angle)圖形，飛航過程中飛機之傾斜角包含偏航(Yaw)、顛簸(Pitch)、滾動(Roll)亦須保持在 15 度以內。此規定之檢查一般透過安裝於飛機上的空載光達與航攝像機系統內的慣性導航單元(IMU)的讀數來進行檢查，因為此讀數為光達與影像於軌跡解算時的角度數據來源之一[其他如光達掃瞄器本體掃瞄鏡的角度紀錄與陀螺穩定平台(Gyro Stabilization Mount, GSM)所記錄修正角度]。

而此建議為與執行飛航掃瞄任務的飛行教官多次討論後所歸結，教官於飛航掃瞄任務執行時，主要工作為對準規劃航線進行飛航，然有一情況為飛行時有強側風導致教官必須頂風且須對準航線前行，此時就會出現飛機為歪頭(有航偏角度)但前進方向為依照規劃航線航向行進(如圖 5-1 所示)，此情況會造成當天氣為無雲但現場有側風時，飛行教官在能確保飛安但無法把控頂風的角度時，會因為要避免無效飛行(航偏角不合規範)而放棄無雲天氣，但承上節所述本計畫最大的影響因子即為能否在有限的天候下把握天氣，故有此建議並分為 2 點簡述如下：

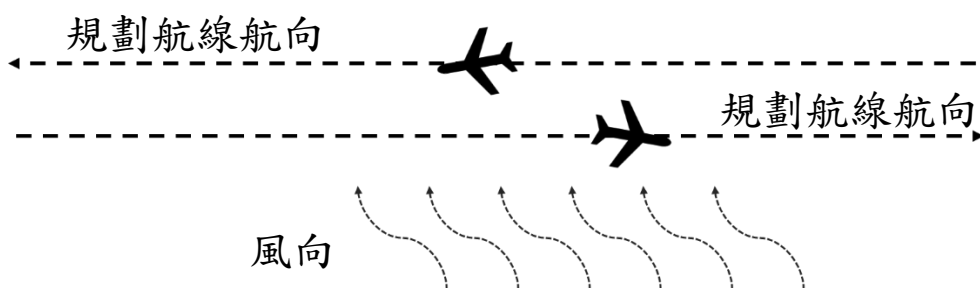


圖 5-1 側風影響飛機飛航時航偏角示意圖

#### (一) 空載光達航偏角不設限：

空載光達的成果產物為點雲，其生產過程概要為透過 GNSS 獲取位置後再加上 IMU 與掃瞄鏡的角度，再與雷射的測距資料解算成一個個的光達點，也就是說空載光達在飛機為不同的姿態角度時測量同一點位，對此點位來說就是雷射光透過不同的路徑射入並反射，當然在光斑足跡、距離、路徑等都會有約略不同，但是在飛機能安全作業的情況下，並不會對其點位精度造成明顯變化，而對後續點雲的平差

作業來說，各個共軌面仍會是相近的共軌面，只是形成兩者的點雲是透過不同的角度與測距所解算出，另本公司於他案有於強側風情況下進行飛航，部分航線航偏角經解算後大於  $15^\circ$ ，但是從平差作業、成果產製至外業現地驗收均完全符合規範的經驗。

## (二) 空載光達與影像的航偏角分開檢查：

為保證飛安與率定參數，設備均會與飛機做硬連接的安裝並經過民航局的構型認證，於過往多為單孔位(機腹上開單一孔位執行航攝)且光達與像機設備為同軸安裝，並透過飛控導航系統使用單 1 顆 IMU 時，空載光達、航攝像機與飛機三者的航偏角角度紀錄來源相同，故僅需一起檢查。然現執行任務之飛機機型多有雙孔位可分別安裝空載光達與像機，在此情況下可以分別記錄兩個傳感器的角度，亦即有了分開檢查的能力。

另在陀螺穩定平台此種設備的出現後，航攝儀器於飛航時可以大幅確保各個飛航角度的穩定，以本公司使用 SOMAG GSM3000 陀螺穩定平台搭配 Vexcel UltraCam 大像幅像機的飛航經驗，在設備補償角度(Pitch at  $0^\circ$  Roll： $\leq \pm 8.8^\circ$ 、Roll at  $0^\circ$  Pitch： $\leq \pm 7.0^\circ$ 、Yaw： $\leq \pm 25.0^\circ$ )的範圍內，影像曝光點都可以確保各個角度偏差量均在規劃的  $1^\circ$  內。

但若以現行主流航攝光達與像機系統搭配陀螺穩定平台來說，雖然各種像幅的航攝像機幾乎都有相對應的陀螺穩定平台可以整合，可空載光達設備約僅有半數以下的機型有相對應的支援。

綜上所述，本公司建議 貴中心可考量空載光達航偏角不設限，並且將空載光達與影像的航偏角分開檢查，主要緣由為能更加把握側風較強場域的任務執行，也能降低飛行教官於此情況飛行時擔心無效飛行的心理壓力，且在其他檢核規範不變的情況下，測製廠商仍須要符合在航偏角過大但無陀螺穩定平台補償，造成掃瞄帶寬變小時的重疊率與點密度等相關規範，並不會因此變化而造成計畫成果有精度品質下降的情況發生。或者當有此情事發生時可以於工作會議上進行討論，確認該架次相關成果能供給計畫使用。

## 二、建議不使用中像幅像機之成果製作須供基本圖繪製使用之空三成果

本計畫使用中像幅像機 Phase One iXU-RS 1000 (焦距：50 mm)進行航拍影像獲取，其空中三角測量以透過 IMU 數值所獲得之外方位做為初始值，並配合 GSD 25 公分之原始影像及地面控制點進行空三外方位解算，且必須提供做為基本圖繪製使用。然而因為本計畫性質，作業區涵蓋廣闊，此次山地面積約全作業區 7 成以上面積，不但多數地形陡峭且大部分區域均為人車無法到達之處，亦即無法布設地面控制點。

而本計畫針對航拍影像 GSD 之要求可至 25 公分，以 Phase One iXU-RS 1000 (焦距：50 mm)可飛航至 2,700 米(AGL)，但為配合空載光達掃瞄之點密度與穿透率等考量，本公司多以 2,200 米(AGL)進行航線規劃，此時的 GSD 約會在 20 公分左右，而飛行高度的降低也代表影像的覆蓋面積愈小，須要飛航的航線數量更多，需要計算的影像張數也愈多。且這也會造成在地形困難區域時地表特徵點辨識不易與像幅過多導致空三連結點數量龐大等問題，使得空中三角測量作業執行困難，需要極大量的人力時間成本。

若使用大像幅像機進行相同工作，以本公司之 UltraCam Osprey 4.1 為例，其相關規格如下所述，感光元件為 20,544\*14,016 個像元，像元大小為 3.76\*3.76 $\mu$ m，焦距為 79.6mm。在 GSD 為 20 公分的條件下，對地高約為 4,200 公尺，單一影像涵蓋長度約為 4,100 公尺，寬度約為 2,803 公尺，面積約為 11.49 平方公里。而中像幅像機 Phase One iXU-RS-1000 為例，其感光元件為 11,608\*8,708 個像元，像元大小為 4.6\*4.6 $\mu$ m，焦距為 50mm。在 GSD 需求為 25 公分的前提下，對地高約為 2,700 公尺，單一影像涵蓋長度約為 2,900 公尺，寬度約為 2,180 公尺，面積約為 6.32 平方公里。於此可知兩者於資料量以及解算難易度有著相當大的區別，且本計畫尚需考量空載光達掃瞄的要求，以本公司現有設備會需要再降低飛航高度，進而使航線增多、影像增多、影像涵蓋面積變小。



### 三、建議增加工作預算

#### (一) 國際情勢與通貨膨脹

全球通膨持續進行中，且因俄烏戰爭與以阿戰爭之影響，航空業的各種設備、用料與保險均大幅上漲，使得飛航掃瞄工作的成本持續增漲。

#### (二) 人事成本

本公司一直致力於實現綠色和永續發展，以促進公司長期永續經營，這也是我們的企業社會責任(CSR)。因此，我們一直在推行各種環境保護、社會責任和公司治理(ESG)政策，本公司薪資調整分為個人績效獎金與普遍性加薪，個人績效獎金著重在員工個人每季的工作表現、團隊溝通、工作態度等層面進行考核，普遍性加薪則考量公司獲利、政府最低基本薪資、公務人員薪資與通貨膨脹等層面，經管理部討論後由董事長進行公告。本公司於 111 年度尾牙由董事長宣布，公司全體員工加薪，亦使人事成本逐年增高。

#### (三) 執行效率與設備投資

近年來科技發展神速，許多工作都有大量的執行效率的提升，不過此執行效率的提升多也是憑藉著測繪儀器效能的提升，且隨著測繪儀器效能的提升連帶著相關處理硬體與軟體都要隨著更新，故廠商若要跟上契約需求的數量，則勢必需要不斷的更新儀器以及相對應的處理軟硬體，造成大量成本的產生。