



NLSC-110-11

110 年及 111 年 LiDAR 技術 更新數值地形模型成果測製工作 (第 2 作業區)

110 年工作總報告

Report of updating Taiwan DEM by LiDAR technique in 2021
(2nd Work zone)

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 111 年 4 月 29 日

公 共 工 程 專 業 技 師 簽 證 報 告

| | | | |
|-----|-------------|---|--|
| 一 | 案 名 | 名 稱：110 年及 111 年 LiDAR 技術更新數值地形模型成果測製工作採購案(第 2 作業區) | |
| | | 案 號：NLSC-110-11 | |
| 二 | 簽 證 技 師 | 姓名：邱俊榮 | |
| | | 科別：測量科 | |
| | | 執業執照字號：技執字第 006535 號 | |
| 三 | 簽 證 法 令 依 據 | 1. 公共工程專業技師簽證規則 2. 技師法第十二條第三項規定 | |
| 四 | 委 託 者 | 名稱：內政部國土測繪中心 | |
| | | 地址：408 臺中市南屯區黎明路 2 段 497 號 4F | |
| | | 電話：(04)2252-2966 | |
| 五 | 委 託 事 項 | 委託辦理數值地形模型測製 | 委託日期：110 年 1 月 19 日 |
| 六 | 受 委 託 廠 商 | 名稱：自強工程顧問有限公司 | |
| | | 地址：23545 新北市中和區新民街 112 號 5F | |
| | | 電話：(02)2225-2200 | 傳真：(02)3234-9980 |
| 七 | 簽 證 說 明 | 簽證範圍：本案相關成果 簽證項目： <input type="checkbox"/> 設計 <input type="checkbox"/> 監造 <input checked="" type="checkbox"/> 其他 簽證內容：本案各階段相關成果 | 執業圖記：  邱俊榮 技執字第 006535 號 測量工程師 |
| | | 簽證意見：所有簽證項目均符合和約工作規範之各項要求。 | |
| 八 | 日 期 | 中華民國 111 年 3 月 24 日 | 技師簽署：邱俊榮 |
| 備 註 | | 1. 公共工程於發包施工前，應檢附該工程委託相關科別技師辦理設計之簽證報告 2. 公共工程於施工廠商之各期計價、驗收（包括部分驗收）前及招標文件另有規定時，應檢附該工程委託相關科別技師辦理監造之簽證報告 3. 本表格如不敷使用，得以附件方式表達。 | |

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, 均需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, 在 110 年度共辦理臺北市、新北市、桃園市、新竹縣、新竹市、苗栗縣、台中市、宜蘭縣等區域, 總計 800 幅 (1/5,000) 範圍, 面積約 5,363 平方公里, 並分 3 作業區辦理。

110 年 DTM 成果更新作業第 2 作業區由自強工程顧問有限公司辦理, 計 266 幅 1/5000 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 158 條航線其總長為 3,452 公里, 總計執行 32 架次飛航掃瞄任務。使用總計 21 站 GNSS 基地站以及 165 點航帶平差控制點進行軌跡解算與點雲航帶平差作業, 第一子測區點雲平均密度為 3.98 點/m², 平差單位權中誤差為 3.5 公分; 第二子測區點雲平均密度為 5.85 點/m², 單位權中誤差為 5.1 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 266 幅, 低海拔各地類檢核精度在平均絕對誤差為 4.0 公分~14.9 公分之間, 均方根誤差為 5.1 公分~18.6 公分之間。低海拔橫斷面檢核精度在平均絕對誤差為 4.6 公分, 均方根誤差為 5.6 公分。中高海拔各地類檢核精度在平均絕對誤差為 5.1 公分~20.3 公分之間, 均方根誤差為 6.1 公分~29.4 公分之間。中高海拔橫斷面檢核精度在平均絕對誤差為 4.7 公分, 均方根誤差為 5.8 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 50%，總計使用 12,482 張影像，產製地面解析度 25 公分之正射影像共 266 幅，正射影像成果平面精度經現地檢核第一子測區均方根誤差為 19.0 公分，第二子測區均方根誤差為 19.9 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. In 2021, there are total 800 map sheets produced in three work zones, which contain the district of Taipei city, New Taipei City, Taoyuan City, Hsinchu County, Hsinchu City, Miaoli County, Taichung City and Yilan County with total area of 5,363 km².

In the project of 2021, there are 266 map sheets of maps in second 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.

32 flight missions, which have 158 flight lines with total length of 3,452 km, planned by using 50% sidelap, were executed by airborne laser scanner - Riegl LMS Q780. Using total 21 GNSS base stations for post-processing, and 165 ground control points for point cloud bundle adjustment. The point cloud density is 3.98 point/ m² in first area, 5.85 point/ m² in second area. Unit weight mean square error of point cloud bundle adjustment is 3.5cm in first area, 5.1cm in second area. And total 226 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 4.0~14.9cm, and root-mean-square deviation (RMSE) are between 5.1~18.6cm. And The cross section precision's MAE is 4.6cm, and RMSE is 5.6cm. In mid-high attitude area, DEM's MAE of classification precisions are between 5.1~20.3cm, and RMSE are between 6.1~29.4cm. And The cross section precision's MAE is 4.7cm, and RMSE is 5.8cm.

Phase One iXU-RS1000 camera with 50mm focal length was also used to take images simultaneously while collecting the LiDAR data. There are total 12,482 images, to producing 266 map sheets of orthophotos with Ground Sample Distance (GSD) 25cm. Combined with field checking, the horizontal accuracy of these orthophotos' RMSE is 19.0cm in first area, 19.9cm 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 | 2 |
| 1-3-1 作業說明 | 2 |
| 1-3-2 空載光達掃瞄飛航規劃與申請 | 2 |
| 1-3-3 空載光達掃瞄及航空攝影施測資料獲取 | 3 |
| 1-3-4 正射影像製作 (含空中三角測量) | 3 |
| 1-3-5 各項報告書、工作總報告 | 3 |
| 1-4 驗收辦法 | 4 |
| 1-5 其他相關規定 | 6 |
| 第二章 計畫執行方法與步驟 | 7 |
| 2-1 工作流程 | 7 |
| 2-2 儀器設備 | 8 |
| 2-2-1 空載光達掃瞄儀 | 8 |
| 2-2-2 高精度 IMU | 10 |
| 2-2-3 航空攝像機 PhaseONE iXU-RS 1000 | 11 |
| 2-2-4 GNSS 衛星定位儀 | 12 |
| 2-3 掃瞄飛航規劃 | 13 |
| 2-3-1 作業原則 | 13 |
| 2-3-2 航線規劃成果：5-2 測區 | 16 |
| 2-3-3 航攝實施計畫申請 | 18 |

| | |
|--------------------------------|----|
| 2-4 空載光達率定 | 19 |
| 2-4-1 率定場設置 | 19 |
| 2-4-2 率定作業內容 | 21 |
| 2-4-3 率定作業執行 | 25 |
| 2-5 控制測量 | 34 |
| 2-5-1 地面 GNSS 基地站 | 34 |
| 2-5-2 航帶平差控制點及平面控制點測量 | 36 |
| 2-6 空載雷射掃瞄施測資料獲取 | 44 |
| 2-6-1 飛航掃瞄作業流程 | 44 |
| 2-6-2 飛航掃瞄成果 | 44 |
| 2-7 雷射掃瞄點雲資料處理 | 47 |
| 2-7-1 原始點雲解算 | 48 |
| 2-7-2 點雲航帶平差 | 50 |
| 2-7-3 點雲分類 | 52 |
| 2-8 DEM 與 DSM 製作及圖幅鑲嵌處理 | 57 |
| 2-8-1 製作程序 | 58 |
| 2-8-2 檢核點檢查 | 59 |
| 2-8-3 DEM 成果外業檢核 | 70 |
| 2-8-4 圖幅接邊 | 71 |
| 2-8-5 正高轉換 | 72 |
| 2-8-6 資料儲存格式 | 72 |
| 2-8-7 詮釋資料製作 | 72 |
| 2-8-8 地面點空間分布檢核(地面點孔洞分析) | 73 |
| 2-8-9 成果展示 | 77 |
| 2-9 正射影像製作 | 78 |
| 2-9-1 空中三角測量 | 78 |
| 2-9-2 正射影像製作流程 | 81 |
| 2-9-3 正射影像成果 | 83 |
| 2-9-4 正射影像地物平面精度檢查 | 84 |

| | |
|------------------------|----|
| 2-9-5 正射影像詮釋資料製作 | 85 |
| 2-9-6 正射影像外部接邊 | 86 |
| 2-9-7 水域線與沙洲線劃設 | 86 |
| 第三章 成本因子分析 | 87 |
| 3-1 進度管制計畫 | 87 |
| 3-2 飛航掃瞄工作 | 87 |
| 3-3 點雲編修人力配置 | 88 |
| 3-4 影像處理人力配置 | 88 |
| 3-5 成本分析 | 89 |
| 第四章 執行團隊 | 90 |
| 4-1 團隊組織編制 | 90 |
| 4-2 性平統計 | 90 |
| 4-3 主要參與人員名冊 | 91 |
| 4-4 其他軟、硬體設備 | 92 |
| 4-4-1 軟體設備 | 92 |
| 4-4-2 硬體設備 | 93 |
| 第五章 檢討與建議 | 97 |
| 5-1 檢討 | 97 |
| 5-2 建議 | 99 |

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 平差控制點位檢測成果和調查表(電子檔)
- 附件九 地類檢核分析成果(電子檔)
- 附件十 地類檢核點遠近照(電子檔)
- 附件十一 空中三角測量平差報表(電子檔)
- 附件十二 資安政策與相關說明文件(電子檔)
- 附件十三 監審單位審查意見回復
- 附件十四 主辦機關審查意見回復

圖目錄

| | | |
|--------|---------------------------------|----|
| 圖 1-1 | 110 年第 2 作業區(5-2 測區)及子測區範圍..... | 2 |
| 圖 2-1 | 工作流程圖 | 7 |
| 圖 2-2 | 空載光達 Riegl LMS-Q780 實機照 | 8 |
| 圖 2-3 | 106 年 IGI IMU 原廠率定成果報告 | 10 |
| 圖 2-4 | PhaseONE iXU-RS 1000 實機照..... | 11 |
| 圖 2-5 | 地面 GNSS 衛星定位儀實際作業照 | 12 |
| 圖 2-6 | 地面點大孔洞範圍定義示意圖 | 15 |
| 圖 2-7 | 5-2 測區高程渲染圖日照陰影圖 | 16 |
| 圖 2-8 | 5-2 測區坡度圖套疊日照陰影圖 | 16 |
| 圖 2-9 | 5-2 測區地面孔洞分布圖套疊日照陰影圖 | 17 |
| 圖 2-10 | 5-2 測區航線規劃圖 | 17 |
| 圖 2-11 | 實施計畫書送監審函文(左)、審核通過函文(右)..... | 18 |
| 圖 2-12 | 內政部航攝申請與許可函文 | 19 |
| 圖 2-13 | 板橋率定場範圍 | 20 |
| 圖 2-14 | 南崗率定場範圍 | 20 |
| 圖 2-15 | 板橋率定場航線規劃示意圖 | 21 |
| 圖 2-16 | 南崗率定場航線規劃示意圖 | 22 |
| 圖 2-17 | Lever arm 量測作業照-P68C-TC | 23 |
| 圖 2-18 | 板橋率定場代入率定值前後點雲剖面圖 | 24 |
| 圖 2-19 | 南崗率定場代入率定值前後點雲剖面圖 | 24 |
| 圖 2-20 | 板橋率定場 GNSS 基地站分布圖 | 25 |
| 圖 2-21 | 南崗率定場 GNSS 基地站分布圖 | 26 |
| 圖 2-22 | 板橋率定場點雲成果展示圖 | 27 |
| 圖 2-23 | 南崗率定場點雲成果展示圖 | 28 |
| 圖 2-24 | 板橋率定場地面高程檢核點分布圖 | 29 |
| 圖 2-25 | 板橋率定場地面高程檢核點施測作業照 | 30 |
| 圖 2-26 | 南崗率定場地面高程檢核點分布圖 | 31 |
| 圖 2-27 | 南崗率定場地面高程檢核點施測作業照 | 31 |
| 圖 2-28 | GNSS 基地站分布及其 20 公里範圍圖 | 36 |
| 圖 2-29 | 控制點位分布圖 | 37 |

| | | |
|--------|-------------------------------------|----|
| 圖 2-30 | 平差控制點 VBS-RTK 工作照 | 37 |
| 圖 2-31 | 點位紀錄表示意圖(高程平差控制點) | 43 |
| 圖 2-32 | 空載雷射掃瞄施測資料獲取作業流程 | 44 |
| 圖 2-33 | 計畫範圍子測區點雲密度檢核成果 | 46 |
| 圖 2-34 | 各架次點雲涵蓋範圍圖 | 47 |
| 圖 2-35 | Riegl LMS-Q780 原始空載光達資料解算整體流程 | 48 |
| 圖 2-36 | Riegl RiPROCESS 展示全波形資料作業畫面 | 49 |
| 圖 2-37 | 點雲資料各別屬性展示圖 | 49 |
| 圖 2-38 | 點雲航帶平差作業流程 | 50 |
| 圖 2-39 | 點雲航帶平差作業畫面 | 51 |
| 圖 2-40 | 點雲航帶平差檢核成果-第一子測區(5-2-1 測區) | 51 |
| 圖 2-41 | 點雲航帶平差檢核成果-第二子測區(5-2-2 測區) | 52 |
| 圖 2-42 | 點雲資料所須包含儲存欄位檢查作業畫面 | 52 |
| 圖 2-43 | LiDAR 點雲分類困難區域 | 54 |
| 圖 2-44 | 以人工進行點雲分類前後示意圖 | 55 |
| 圖 2-45 | 點雲編修分類成果示意圖 | 55 |
| 圖 2-46 | 作業人員編修圖幅分布圖 | 56 |
| 圖 2-47 | 地類檢核點實地施測作業照 | 59 |
| 圖 2-48 | 低海拔及河川洪泛溢淹地區地類檢核點成果-裸露地 | 60 |
| 圖 2-49 | 低海拔及河川洪泛溢淹地區地類檢核點成果-矮植被 | 61 |
| 圖 2-50 | 低海拔及河川洪泛溢淹地區地類檢核點成果-植生地 | 61 |
| 圖 2-51 | 低海拔及河川洪泛溢淹地區地類檢核點成果-林地 | 62 |
| 圖 2-52 | 低海拔及河川洪泛溢淹地區地類檢核點成果-都會區 | 62 |
| 圖 2-53 | 低海拔及河川洪泛溢淹地區地類檢核點成果-濕地 | 63 |
| 圖 2-54 | 中高海拔山區地類檢核點成果-裸露地 | 64 |
| 圖 2-55 | 中高海拔山區地類檢核點成果-矮植被 | 64 |
| 圖 2-56 | 中高海拔山區地類檢核點成果-林地 | 65 |
| 圖 2-57 | 中高海拔山區地類檢核點成果-密林地 | 65 |
| 圖 2-58 | 中高海拔山區地類檢核點成果-植生地 | 66 |
| 圖 2-59 | 中高海拔山區地類檢核點遠近照檢視 | 67 |
| 圖 2-60 | 橫斷面檢核線位置分布 | 68 |
| 圖 2-61 | 橫斷面檢核點現場作業工作照 | 68 |

| | | |
|--------|------------------------------------|----|
| 圖 2-62 | 低海拔及河川洪泛溢淹測製地區-斷面檢核成果..... | 69 |
| 圖 2-63 | 中高海拔山區測製地區-斷面檢核成果..... | 69 |
| 圖 2-64 | DEM 成果外業檢核作業照 | 70 |
| 圖 2-65 | 110 年成果接邊分配圖 | 71 |
| 圖 2-66 | 內政部「詮釋資料建置系統」作業畫面 | 72 |
| 圖 2-67 | DEM 詮釋資料成果示意 | 73 |
| 圖 2-68 | 110 年 5-2 測區對應既有光達成果地面點孔洞分析圖 | 73 |
| 圖 2-69 | 110 年 5-2 測區地面點孔洞分析圖 | 74 |
| 圖 2-70 | 110 年 5-2 測區地面點孔洞變異圖 | 74 |
| 圖 2-71 | 圖幅號 96221090 位置圖 | 74 |
| 圖 2-72 | 圖幅號 96221090 範圍飛航測線位置圖 | 75 |
| 圖 2-73 | 中央氣象局福山站測站位置圖 | 75 |
| 圖 2-74 | 中央氣象局福山站測站歷史觀測資料圖 | 76 |
| 圖 2-75 | 110 年 5-2 測區 1m DEM 日照陰影圖 | 77 |
| 圖 2-76 | 110 年 5-2 測區 1m DSM 日照陰影圖 | 77 |
| 圖 2-77 | 空中三角測量作業流程 | 78 |
| 圖 2-78 | 空中三角測量作業區域圖 | 80 |
| 圖 2-79 | 航拍影像色調調整操作畫面 | 82 |
| 圖 2-80 | 正射影像鑲嵌作業畫面 | 83 |
| 圖 2-81 | 110 年 5-2 測區全區正射影像成果 | 83 |
| 圖 2-82 | 正射影像地物平面精度檢查外業檢核作業照 | 84 |
| 圖 2-83 | 正射影像詮釋資料製作畫面 | 85 |
| 圖 2-84 | 正射影像詮釋資料成果示意圖 | 85 |
| 圖 2-85 | 正射影像接邊示意圖 | 86 |
| 圖 2-86 | 110 年全區水域線與沙洲線成果 | 86 |
| 圖 4-1 | 團隊組織架構圖 | 90 |
| 圖 5-1 | 側風影響飛機飛航時航偏角示意圖 | 99 |

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..... | 8 |
| 表 2-2 | Riegl LMS-Q780 詳細規格(詳如附件三)..... | 9 |
| 表 2-3 | 高精度 IGI IMU 詳細規格表..... | 10 |
| 表 2-4 | PhaseONE iXU-RS 1000..... | 11 |
| 表 2-5 | 本團隊擁有之地面 GNSS 衛星定位儀形號與數量..... | 12 |
| 表 2-6 | 板橋率定飛航規劃資訊..... | 22 |
| 表 2-7 | 南崗率定飛航規劃資訊..... | 22 |
| 表 2-8 | 板橋率定場 GNSS 基地站坐標表..... | 26 |
| 表 2-9 | 南崗率定場 GNSS 基地站坐標表..... | 26 |
| 表 2-10 | 板橋率定場率定成果參數表..... | 28 |
| 表 2-11 | 南崗率定場率定成果參數表..... | 28 |
| 表 2-12 | 板橋率定場地地面高程檢核點坐標成果表..... | 29 |
| 表 2-13 | 南崗率定場地地面高程檢核點坐標成果表..... | 31 |
| 表 2-14 | 板橋率定場點雲高程檢核成果表(正規航線)..... | 32 |
| 表 2-15 | 南崗率定場點雲高程檢核成果(正規航線)..... | 32 |
| 表 2-16 | 板橋率定場點雲高程檢核成果表(確認航線)..... | 33 |
| 表 2-17 | 南崗率定場點雲高程檢核成果(確認航線)..... | 33 |
| 表 2-18 | 測區周圍 GNSS 基地站列表..... | 35 |
| 表 2-19 | 航帶平差高程控制點 TWD97[2020]成果..... | 38 |
| 表 2-20 | 航帶平差平面控制點 TWD97[2020]成果..... | 42 |
| 表 2-21 | 各架次執行航線資訊與審查結果..... | 45 |
| 表 2-22 | 編修人員作業編號及初驗不合格率統計表..... | 56 |
| 表 2-23 | 110 年第一子測區(5-2-1 測區)DEMLAS 分批提送時程與檢查結果.... | 57 |
| 表 2-24 | 110 年第二子測區(5-2-2 測區)DEMLAS 分批提送時程與檢查結果.... | 57 |
| 表 2-25 | 低海拔及河川洪泛溢淹地區地類檢核點總成果..... | 60 |
| 表 2-26 | 中高海拔山區地類檢核點總成果..... | 63 |
| 表 2-27 | 外業檢查誤差分析統計表..... | 70 |
| 表 2-28 | 空中三角測量連結點強度標準..... | 79 |
| 表 2-29 | 空三計算成果統計..... | 80 |
| 表 2-30 | 空三檢核點(AC)平差後計算成果..... | 81 |

| | |
|----------------------------|----|
| 表 2-31 正射影像平面精度檢查統計表 | 84 |
| 表 4-1 本案作業人員男女統計 | 90 |

第一章 前言

1-1 計畫緣起

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, 均需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)」, 規劃自 105 年度起, 分年委外以 LiDAR 技術更新 DTM 資料, 截至 109 年度止已辦理 3,177 個圖幅 (1/5000) 範圍數值地形模型更新作業, 110 年及 111 年依據「邁向 3D 智慧國土—國家底圖空間資料基礎建設計畫 (110-114 年)」繼續規劃以 LiDAR 技術辦理第 1 作業區 (551 幅)、第 2 作業區 (540 幅) 及第 3 作業區 (551 幅) DTM 更新範圍合計 1,642 圖幅 (1/5000), 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

本計畫第 2 作業區(編號 5-2 測區)面積包含 266 幅 1/5000 圖幅, 位於苗栗縣、新竹縣、新竹市、桃園市、新北市, 以及一小部分的宜蘭縣。另外依據作業規劃, 劃分為第 1 子測區(5-2-1)以及第 2 子測區(5-2-2), 其中第 1 子測區包含 118 幅 1/5000 圖幅(約 44%); 第 2 子測區包含 148 幅 1/5000 圖幅(約 56%), 兩子測區計畫範圍如圖 1-1。

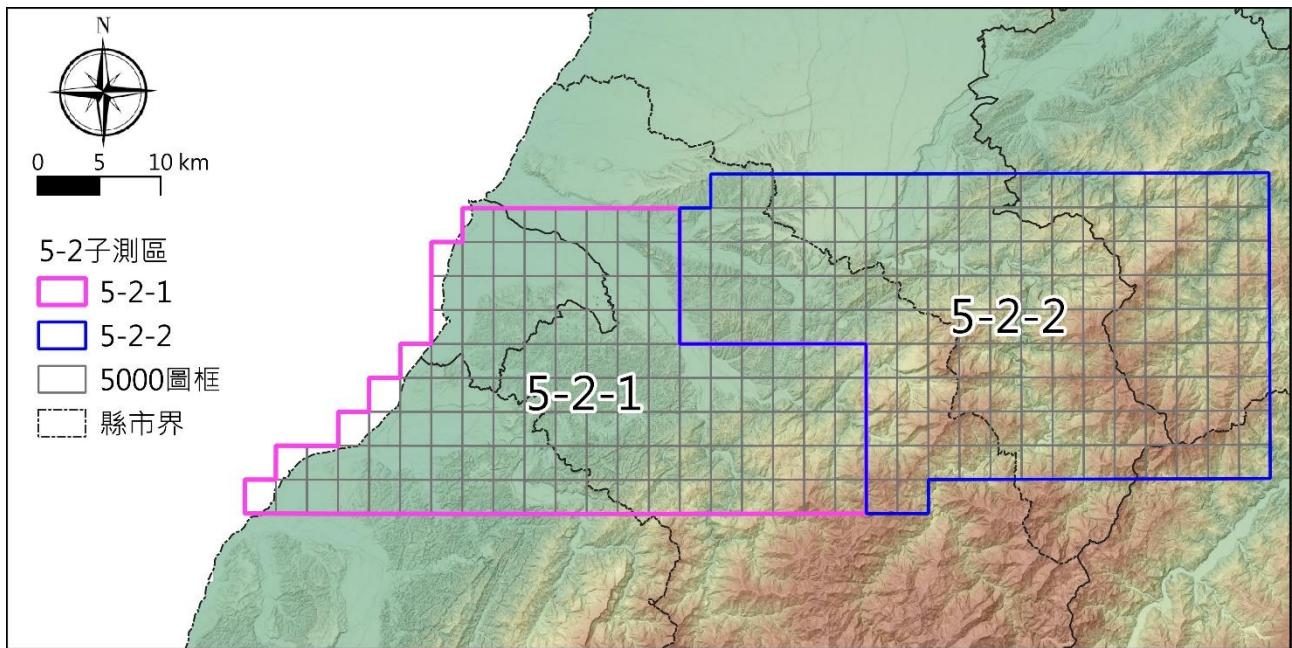


圖 1-1 110 年第 2 作業區(5-2 測區)及子測區範圍

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須配合事項等事宜。

1-3-1 作業說明

本案作業方法、精度及產製成果項目與格式應參照「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。

1-3-2 空載光達掃瞄飛航規劃與申請

- 一、實施計畫之申請：廠商應於決標後 20 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，檢附相關文件向中央主管機關以公文提出申請，並副知國土測繪中心。
- 二、廠商提出之實施計畫內容，其範圍應包含本案 110 年及 111 年測製區域，且應於實施計畫審核通過後，方能辦理空載光達掃瞄施測。
- 三、廠商另應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。

1-3-3 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應按照規劃航線飛行，廠商飛航掃瞄後之 14 日內，須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。
- 二、若因掃瞄測區為軍事飛航管制區域，廠商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，機關得按 1/5000 圖框面積比例計算廠商缺繳 DEM、DSM 及正射影像之數量後，自應付價金中扣抵對應之金額。

1-3-4 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。

1-3-5 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：廠商應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，廠商應指派計畫主持人或主要參與作業人員參加，由機關針對廠商各項工作辦理監督及檢查作

業，擇期召開工作會議，廠商應確實配合辦理，並依工作進度以書面通知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均包含 Microsoft Office Word 檔格式及 PDF 檔案格式，報告書面文件則採 A4 雙面列印（加註書背）。

五、本案各項成果須經執業測量技師依據「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，該執業測量技師需連帶負責。

1-4 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 及第 6 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。第

3 及第 7 階段辦理外業檢查，每一階段至少抽查 6 個圖幅、合計至少 30 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。

二、倘廠商繳交之成果、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，廠商得提出合理佐證，則該處不視為缺點，惟廠商應予以修正後並經監審廠商複查至合格為止。

三、機關針對廠商繳交成果實施現地檢查，檢查時使用之儀器、操作人員由廠商及監審廠商負責，並由機關派員督辦。

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，成果退回廠商，廠商應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機關測量隊辦理複查，監審廠商或機關測量隊應於接獲廠商修正成果次日起 14 個日曆天內複查完竣。複查通過後再提交至機關，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，廠商除全面檢測及修正外，將自驗收（含初驗）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須由廠商全額負擔，亦不得據以為延長工期之理由。

六、各式報告經機關審查後，廠商應依機關審查意見修訂報告內容，並於機關指定期限內重新提送修正後報告至機關。

1-5 其他相關規定

- 一、機關得於作業期間隨時派員監督了解各項作業辦理情形，如發現廠商作業疏失時提出糾正，廠商應立即改善，並將改善後結果提報機關。
- 二、本案作業期間，如需機關函文其他機關協調者，應以書面向機關提出。
- 三、廠商將本案相關成果、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，悉由廠商承擔，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，決標廠商不得因此要求調整單價及物價補貼，決標廠商應考量波動風險並確實核算工作成本。
- 六、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，廠商應於接獲機關通知 30 個日曆天內辦理補正並交由監審廠商檢查完竣，檢附證明資料送交機關，機關必要時得至實地確認。
- 七、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。

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，分別為掃描飛航規劃、空載光達系統率定、控制測量、空載光達掃描施測、點雲資料處理、DEM 與 DSM 製作及正射影像產製。本案範圍面積廣大，工作項目繁多，彙整各工作項目以及相關資料於工作流程圖(圖 2-1)。

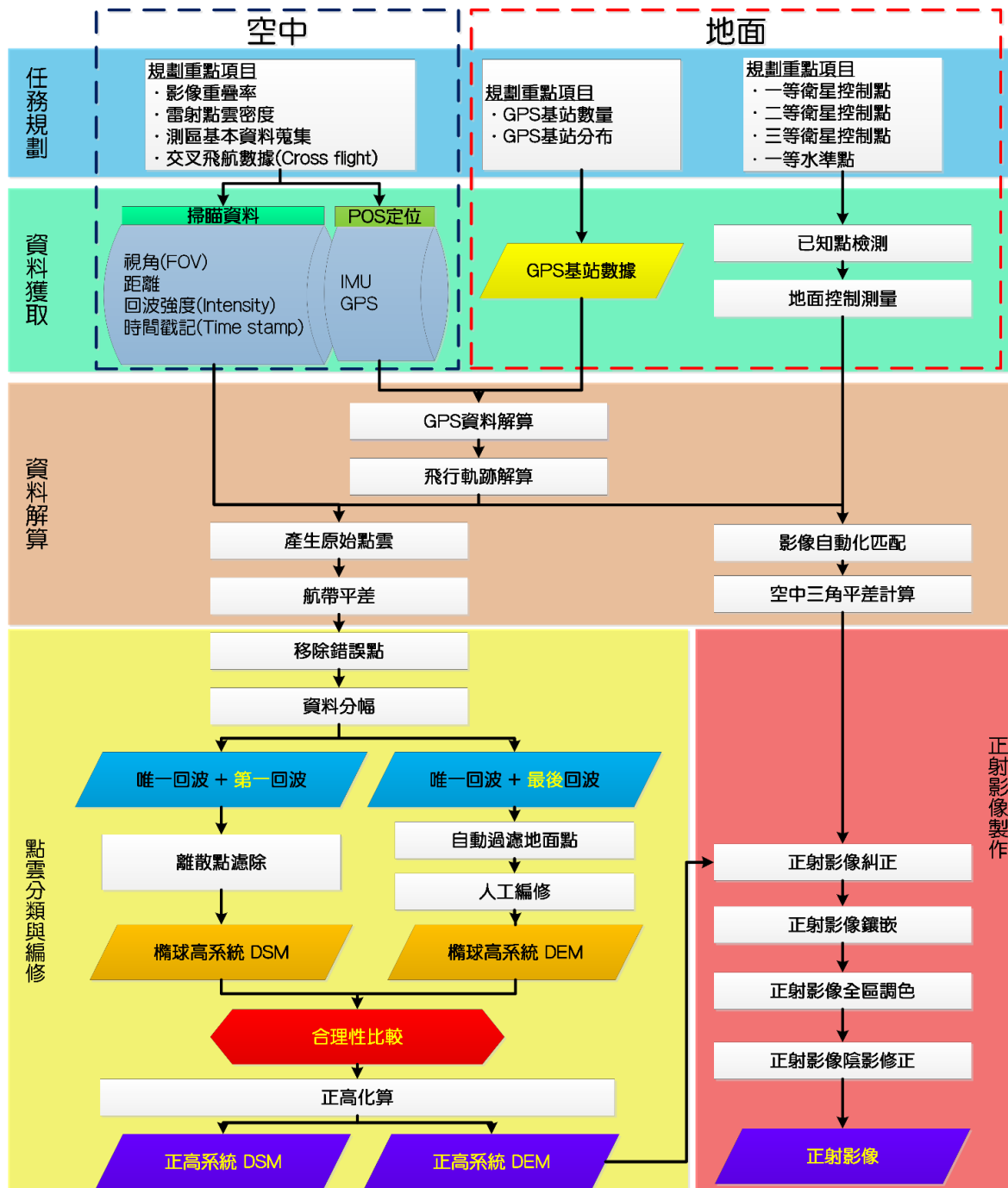


圖 2-1 工作流程圖

2-2 儀器設備

2-2-1 空載光達掃瞄儀

本團隊使用空載光達掃瞄設備 Riegl LMS-Q780 (圖 2-2)，依據本計畫空載光達掃瞄儀需求，彙整對照表如表 2-1，全數符合作業規範。其具有於 110 年 3 月 4 日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，符合作業規定(最近 2 年內)。其報告內容依據「空載光達測製數值地形模型作業說明(109 年 11 月版)」檢核合格(平面方向器差 16 cm；高程方向為 1.2 cm)，符合本計畫作業規範要求(應小於本規範之平面容許誤差 50 cm 以及高程基本精度 18 cm)，校正報告詳如附件三，儀器規格詳如表 2-2。

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 ⁸) | 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 (110.03) |



圖 2-2 空載光達 Riegl LMS-Q780 實機照

表 2-2 Riegl LMS-Q780 詳細規格(詳如附件三)

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

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 ⁻³ m / s (@ 128 Hz) resolution: 0.061 *10 ⁻³ 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 |
| IMU-55-002 | |
| 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. |
| Teilenummer 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 Xinmin Street, Zhonghe City, 235 Taipei 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 weiterverbreitet werden. Änderungen bedürfen der Genehmigung des Herausgebers. Kalibrierscheine ohne Unterschrift und Stempel haben keine Gültigkeit.
This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of IGI mbH. Calibration certificates without signature and seal are not valid.

| | | |
|--|---|---|
|  Datum Date 28.01.2017 | Aufsicht des Kalibrierungsprozesses Supervisor of calibration process Dr. rer. nat. J. Kremer | Bearbeiter Person in charge Th.Theile |
|--|---|---|

IGI mbH
Langenauer Straße 48
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 | |
| Order number | SV2017-365007 |
| Order number | |
| Auftraggeber | Strong Engineering |
| Customer | Consulting Co. Ltd. |
| | 5F, No.112 Xinmin |
| | Street, Zhonghe City |
| | 235 Taipei 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 ₄₁ = 26 | C ₄₂ = 112 | C ₄₃ = -74 |
| C ₀₁ = 28 | C ₀₂ = 112 | C ₀₃ = -74 |
| C ₀₁ = 45 | C ₀₂ = -281 | C ₀₃ = 343 |
| C ₇₁ = -10 | C ₇₂ = 178 | C ₇₃ = -4 |

Please check this coefficients in your AEROoffice-Setup.

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

1 億像素的辨識率：在 1 億像素的辨識率下，iXU 像機可提供 11,608 像素的橫向覆蓋範圍，同時在飛行中保持相同的地面採樣距離（GSD），提供高品質的影像成果，並於 110 年 3 月 5 日獲得內政部國土測繪中心測量儀器校正實驗室 TAF 校正報告，平面方向器差均方根值為 13 mm；高程方向器差均方根值為 19 mm，符合內政部「建置都會區一千分之一數值航測地形圖作業工作手冊」之「一千分之一數值航測地形圖測製作業規定」及「一千分之一數值航測地形圖成果檢查作業規定」作業規範製圖精度。相關實機照如圖 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、70mm | - |
| 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

本案於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。為彌補計畫範圍內可能有部分區域不能滿足計畫需求，廠商需於不足區域架設 GNSS 基地站，藉以獲得高品質飛航軌跡資訊。其 GNSS 基地站所使用之衛星定位儀規格需求，以及本團隊所有之相關儀器詳述如后。

一、計畫需求

- (一) 應至少為雙頻儀器。
- (二) 具有最近 3 年內經 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

本團隊擁有多部 GNSS 衛星定位儀 (表 2-5) 以及經驗豐富之外業作業小組，完整校正報告詳如附件三。主要使用之地面 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 本團隊擁有之地面 GNSS 衛星定位儀形號與數量

| 廠牌 | UniStrong | NetSurv | JAVAD | STONEX | HORIZON |
|----|-----------|---------|-------|--------|---------|
| 數量 | 2 | 2 | 2 | 6 | 2 |



圖 2-5 地面 GNSS 衛星定位儀實際作業照

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) 航拍影像 GSD（Ground Sample Distance）應優於或等於 25 公分。
- (六) 空載光達掃瞄之 FOV（Field of View）設定不應超過 50 度。
- (七) 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。

- (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 2-6)。

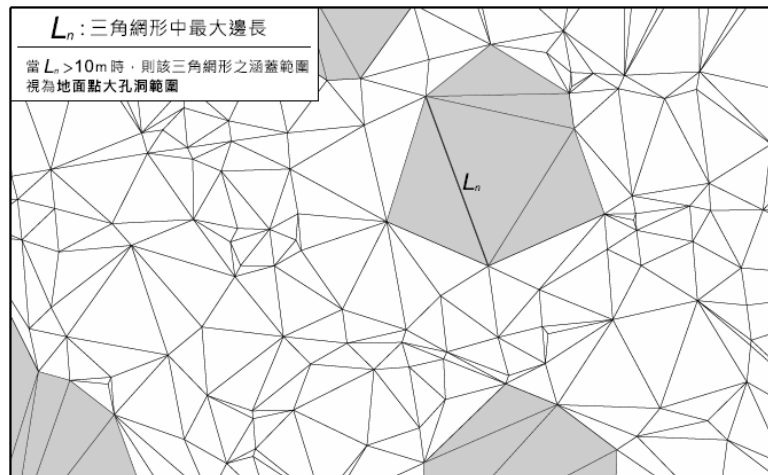


圖 2-6 地面點大孔洞範圍定義示意圖

- (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：5-2 測區

一、區域特性

本測區坐落於新竹市、新竹縣、桃園市、新北市、苗栗縣以及部分宜蘭縣。主要地形由西邊為新竹丘陵，向東邊則接到雪山山脈北段，橢球高程介於 18m ~ 2,136m。於雪山山脈地區有多條由北至南的上切河谷，故於該地區特別規劃南北走向的航線，並配合山脈與河谷地形，在飛航安全的情況下規劃不同航高，以確保點雲密度。海岸為砂質海岸，潮間帶廣闊，裸露地表範圍受潮汐影響較大，是為海岸重點特性。

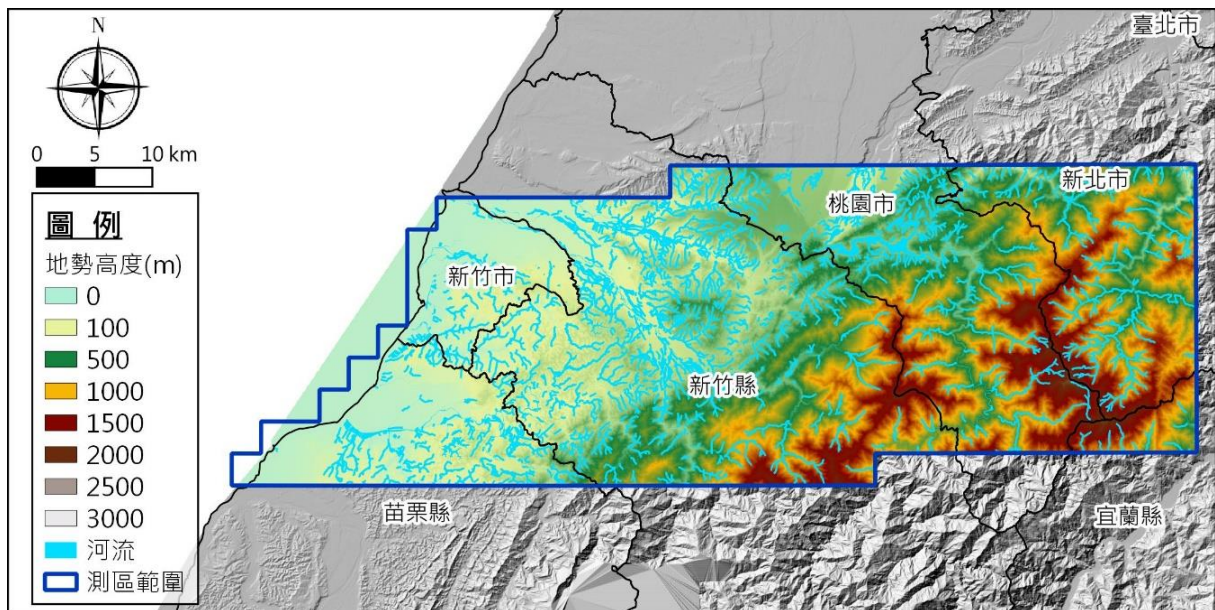


圖 2-7 5-2 測區高程渲染圖日照陰影圖

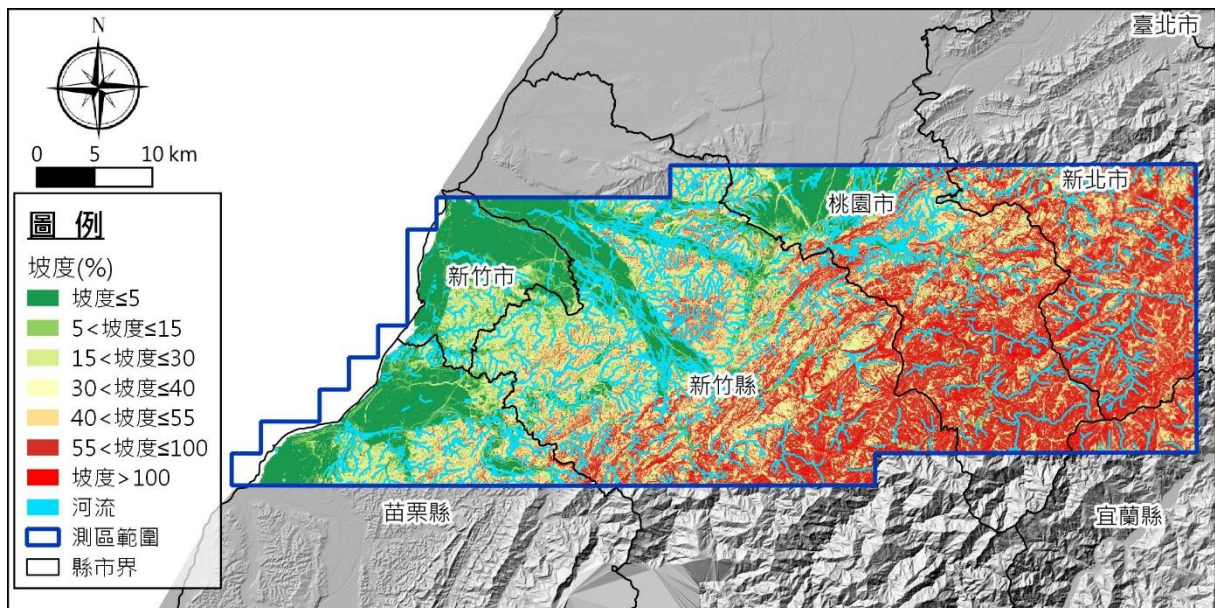


圖 2-8 5-2 測區坡度圖套疊日照陰影圖

二、地面點空間分布

針對地面點分布擁有檢核作業規範與標準。其中，可利用計畫測區內既有孔洞分布資訊（圖 2-9）評估測區空載光達點雲反射與穿透特性，進而於航線規劃時規劃時以較低的航線或提高點雲雷射強度的方式，補強地面孔洞較大區域的點雲穿透效率。

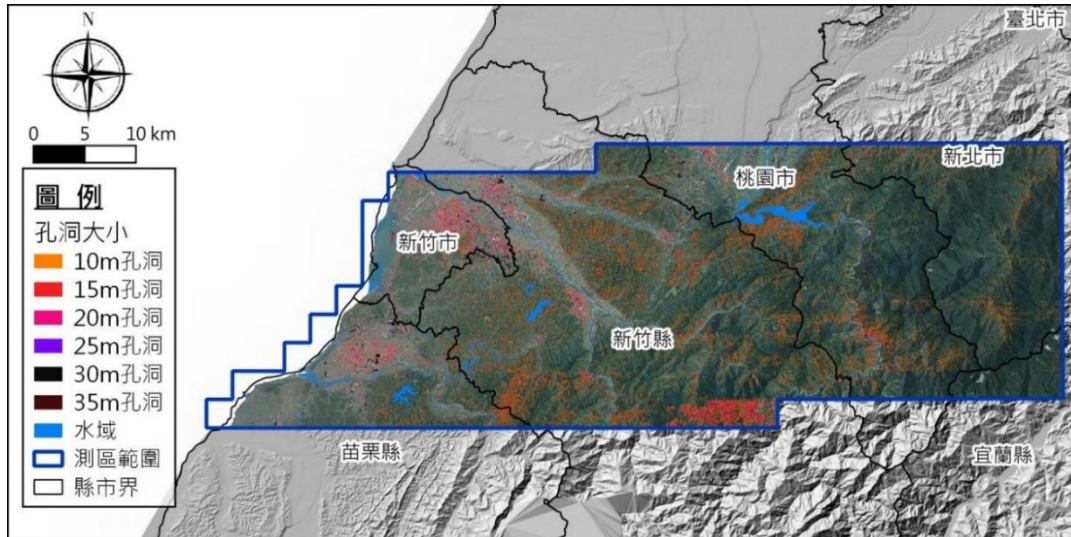


圖 2-9 5-2 測區地面孔洞分布圖套疊日照陰影圖

三、航線規劃

依據前述測區特性，共規劃 158 條航線，其中有 3 條潮間帶航線、6 條正規兼潮間帶航線；4 條交叉航線、6 條正規兼交叉航線；4 條加密航線，其航線橢球高為 2,200m~3,200m，航線總長為 3,425km，航線分布如圖 2-10，航線規劃參數如附件四，潮汐預報表(竹圍站、新竹站、外埔站)如附件五。

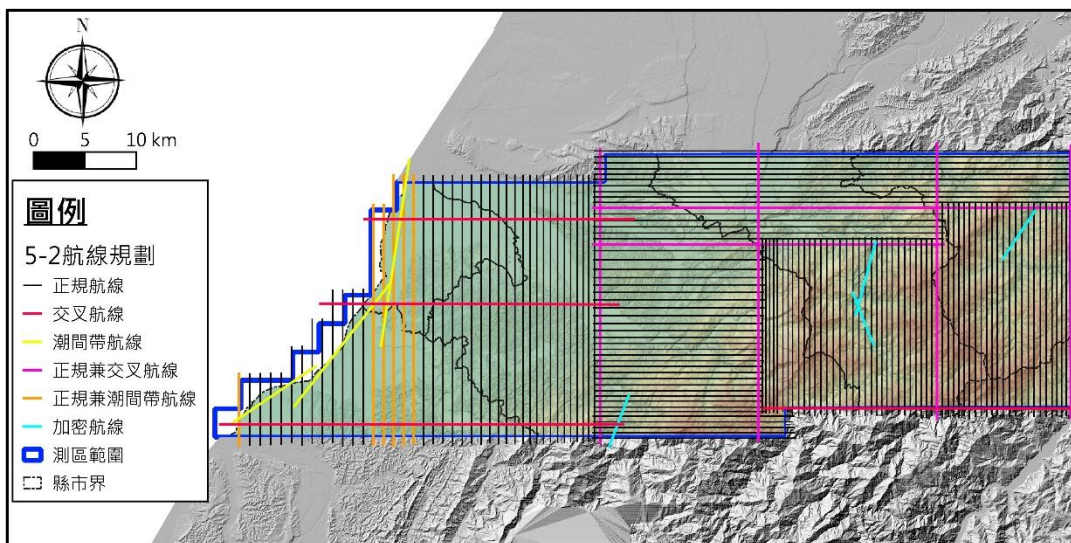


圖 2-10 5-2 測區航線規劃圖

2-3-3 航攝實施計畫申請

- 一、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。
- 二、依據「實施航空測量攝影及遙感探測管理規則」第 8 條規定略以，實施航攝或遙測獲取之影像，其內容經沖洗或影像處理，應經中央主管機關會同國防部審查。分別於 110 年、111 年各年度光達測製案計畫完成後，提送航攝成果予內政部辦理審查作業。
- 三、本案於 110 年 1 月 22 日提送航攝實施計畫予監審廠商(自工字第 110017050 號)，並於 110 年 1 月 25 日審核通過(成大產創字第 1101100245 號)，相關函文如圖 2-11。續於審核通過當日(110 年 1 月 25 日)提送內政部航攝申請(自工字第 110017056 號)，並於 110 年 3 月 11 日獲得內政部許可(台內地字第 1100108480 號)，相關函文如圖 2-12 以及附件一。

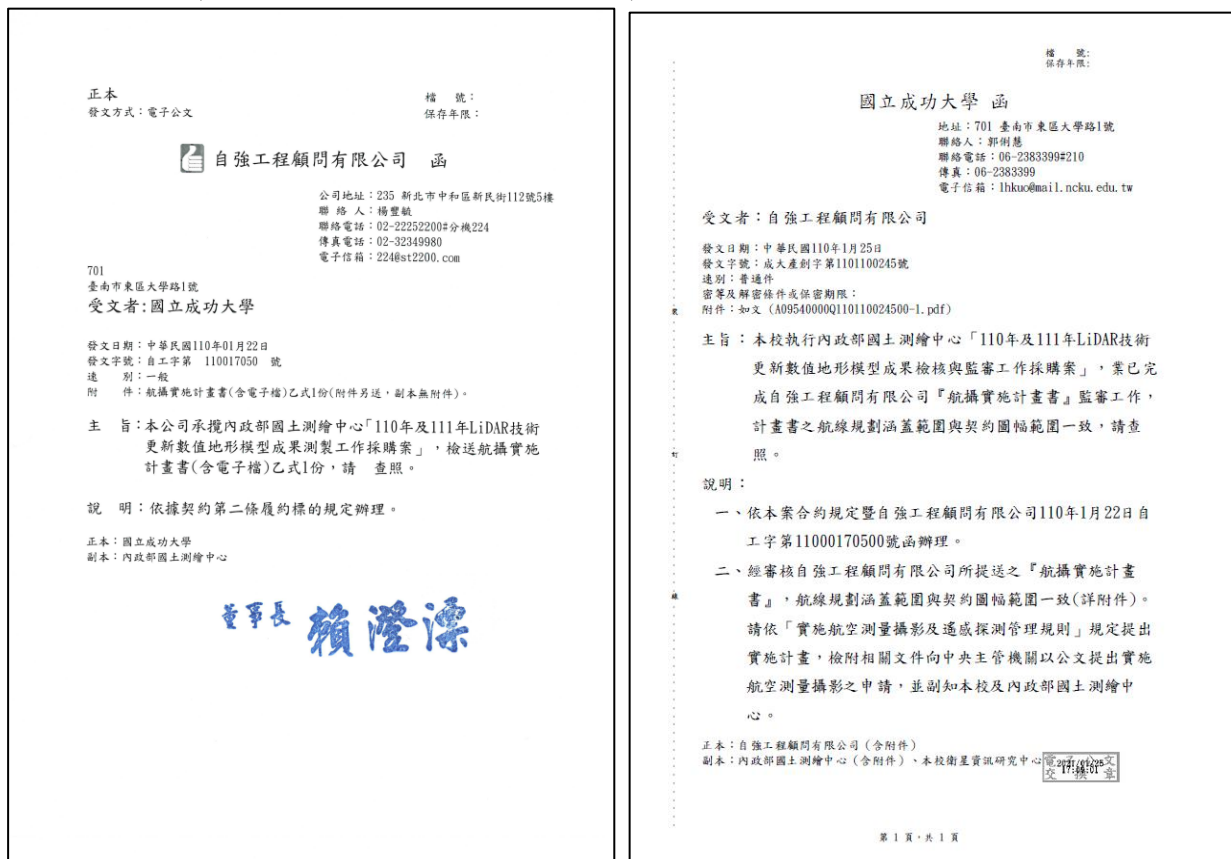


圖 2-11 實施計畫書送監審函文(左)、審核通過函文(右)

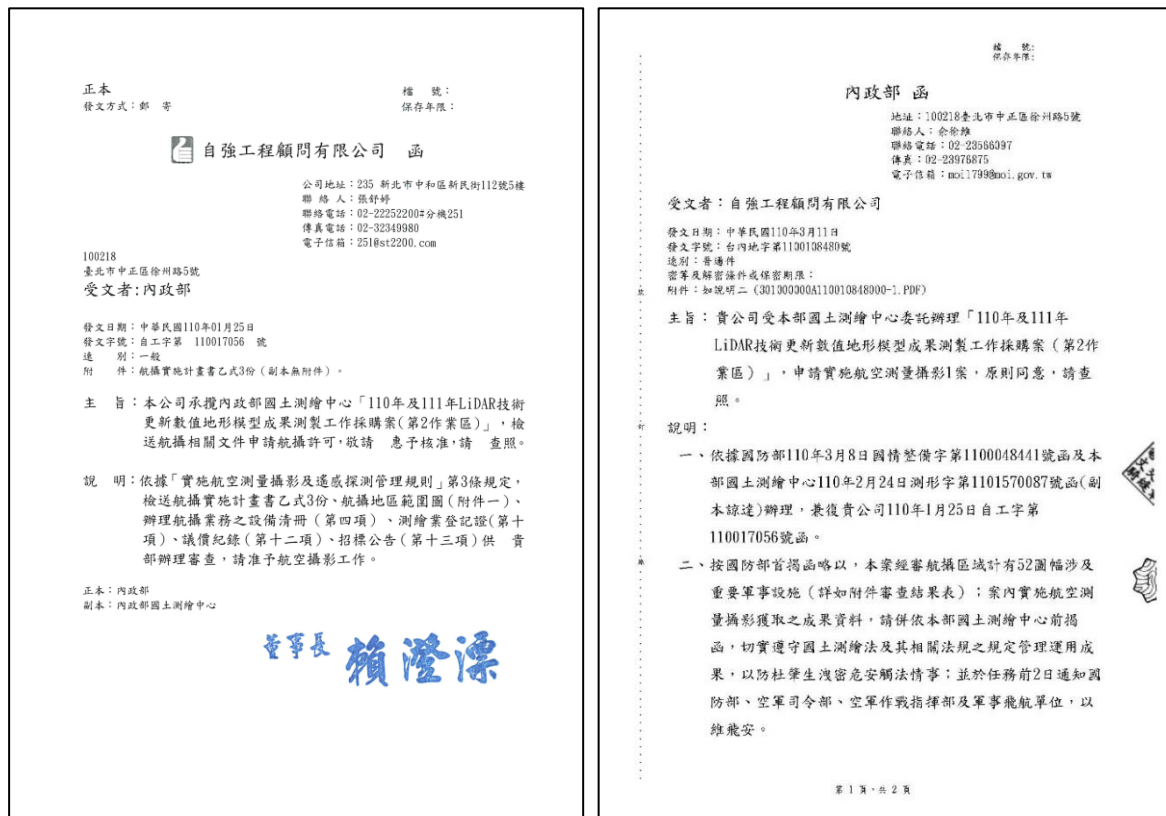


圖 2-12 內政部航攝申請與許可函文

2-4 空載光達率定

本計畫共執行兩次空載光達率定飛行，第一次於 110 年 3 月 15 日在板橋率定場執行，第二次於 110 年 5 月 12 日於南崗率定場執行，詳述如后。

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「新北市板橋區」長寬各約 1 公里範圍和「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 2-13 及圖 2-14)。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，適合做為空載光達率定作業場地。



圖 2-13 板橋率定場範圍

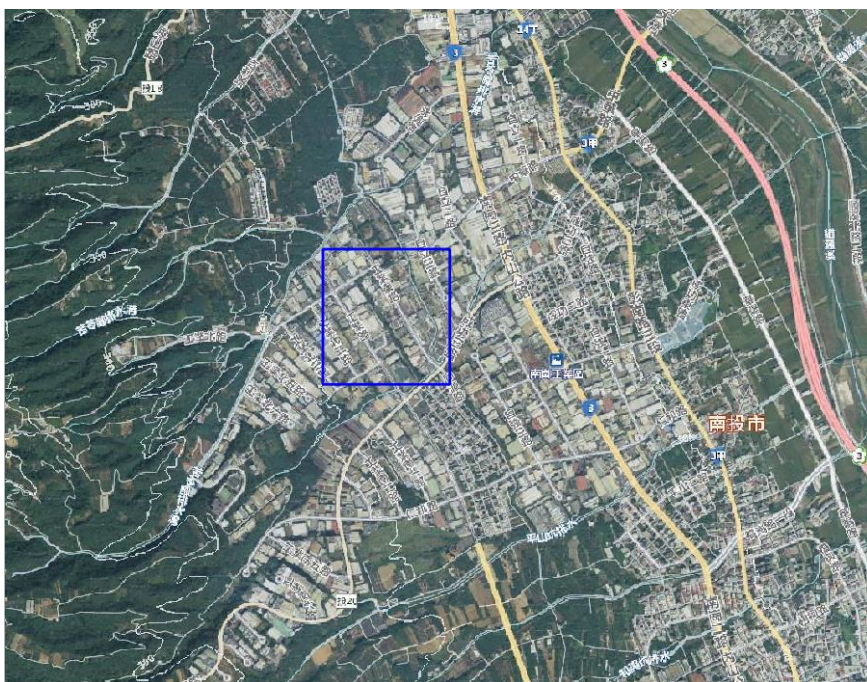


圖 2-14 南崗率定場範圍

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，板橋和南崗率定場皆採用 6 條正規航線 (3 條東西向、3 條南北向)，航高分別定為 800 和 1000 公尺，板橋率定場有 2 條確認飛行航線(東西向、南北向各 1 條)，而南崗率定場則有 1 條確認飛行航線(南北向 1 條)，雷射脈衝頻率則皆為 400kHz，詳細航線分布圖如圖 2-15 與圖 2-16，航線規劃資訊如表 2-6 與表 2-7。



圖 2-15 板橋率定場航線規劃示意圖

表 2-6 板橋率定飛航規劃資訊

| 項次 | 項目 | 內容 |
|----|----------|--|
| 1 | 航高 | 800 公尺 (航線 1~航線 6) 1000 公尺 (航線 7、8) |
| 2 | 雷射脈衝頻率 | 400 kHz |
| 3 | 航線方向 | 北-南 (航線 4~航線 6) |
| | | 西-東 (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% |

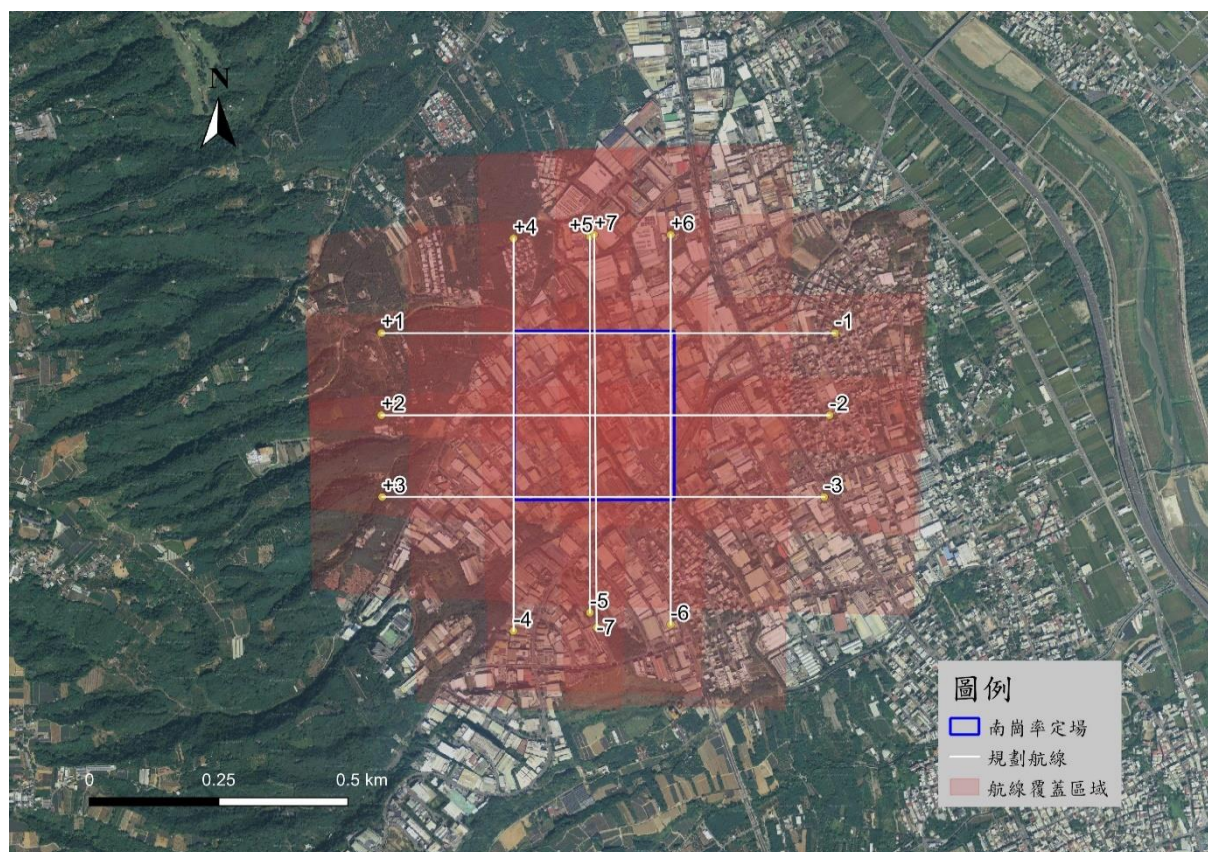


圖 2-16 南崗率定場航線規劃示意圖

表 2-7 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 |
| 3 | 航線方向 | 北-南 (航線 4~航線 6、航線 7) |
| | | 西-東 (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

因板橋率定場之地面 GNSS 基站為自選點架站，其平面坐標依據內政部「基本測量實施規則」加密控制點規定施測，橢球高程引測精度須小於 10 公分。採用靜態聯測方式進行測量，其靜態 GNSS 解算成果和基線解算成果均符合規範，詳如附件六。而南崗率定場之地面 GNSS 基站採用三等衛星控制點，其坐標值使用公告之 TWD97[2020]坐標成果。

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 (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 2-17 所示。



圖 2-17 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。

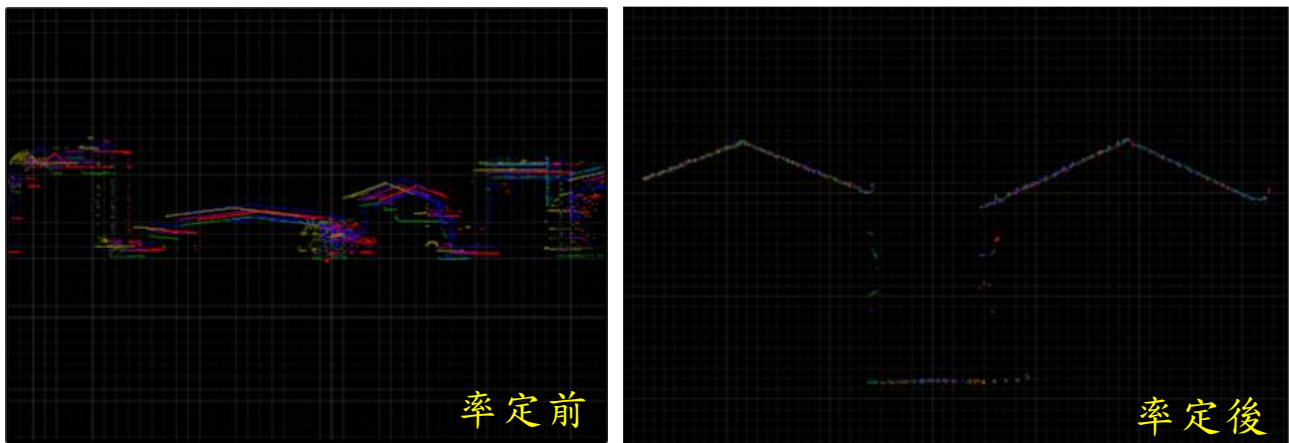


圖 2-18 板橋率定場代入率定值前後點雲剖面圖

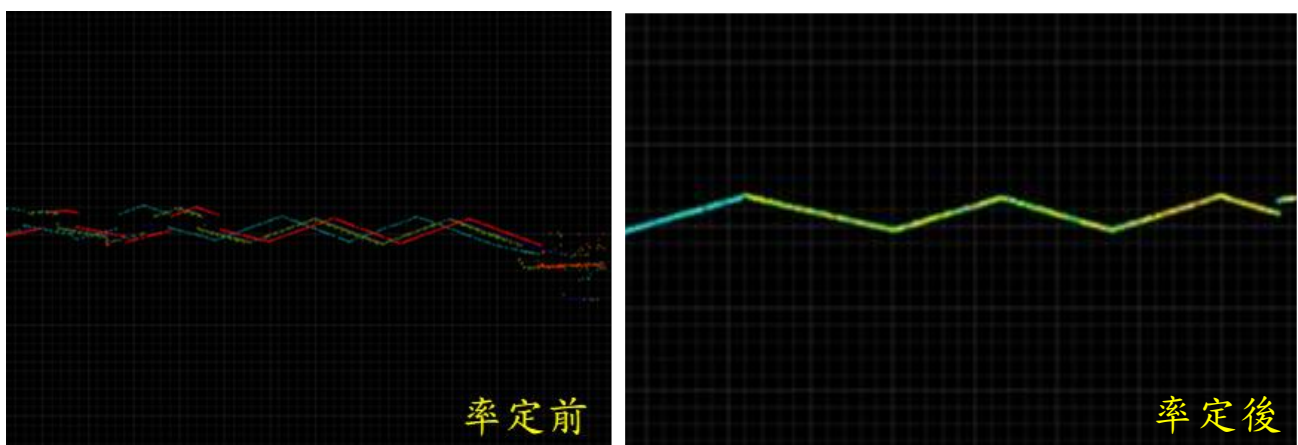


圖 2-19 南崗率定場代入率定值前後點雲剖面圖

2-4-3 率定作業執行

本計畫 110 年 3 月 15 日執行飛航率定掃瞄任務，續進行率定解算作業。另於 110 年 5 月 12 日於南崗工業區執行第二次率定作業，相關率定報告詳如附件六。

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：板橋率定場於自選點位架設而南崗率定場於內政部公告之三等衛星控制點 MX57 上架設，詳細位置分布圖如圖 2-20 與圖 2-21，GNSS 基地站坐標位置如表 2-8 與表 2-9，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。

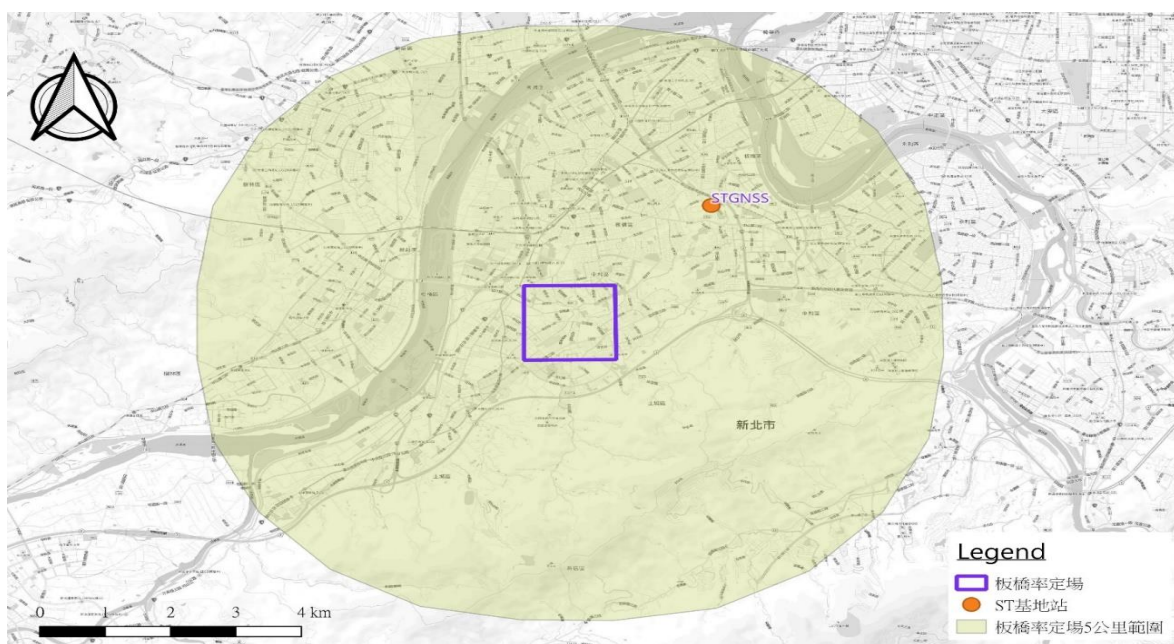


圖 2-20 板橋率定場 GNSS 基地站分布圖

表 2-8 板橋率定場 GNSS 基地站坐標表

| 點號 | 緯度 | 經度 | TWD97[2020] | | | 類型 |
|--------------|----------|-----------|-------------|-------------|--------|---------|
| | | | X | Y | 橢球高 | |
| STGNSS(A010) | 25.00848 | 121.48051 | 298500.691 | 2766802.869 | 57.234 | 已知加密控制點 |

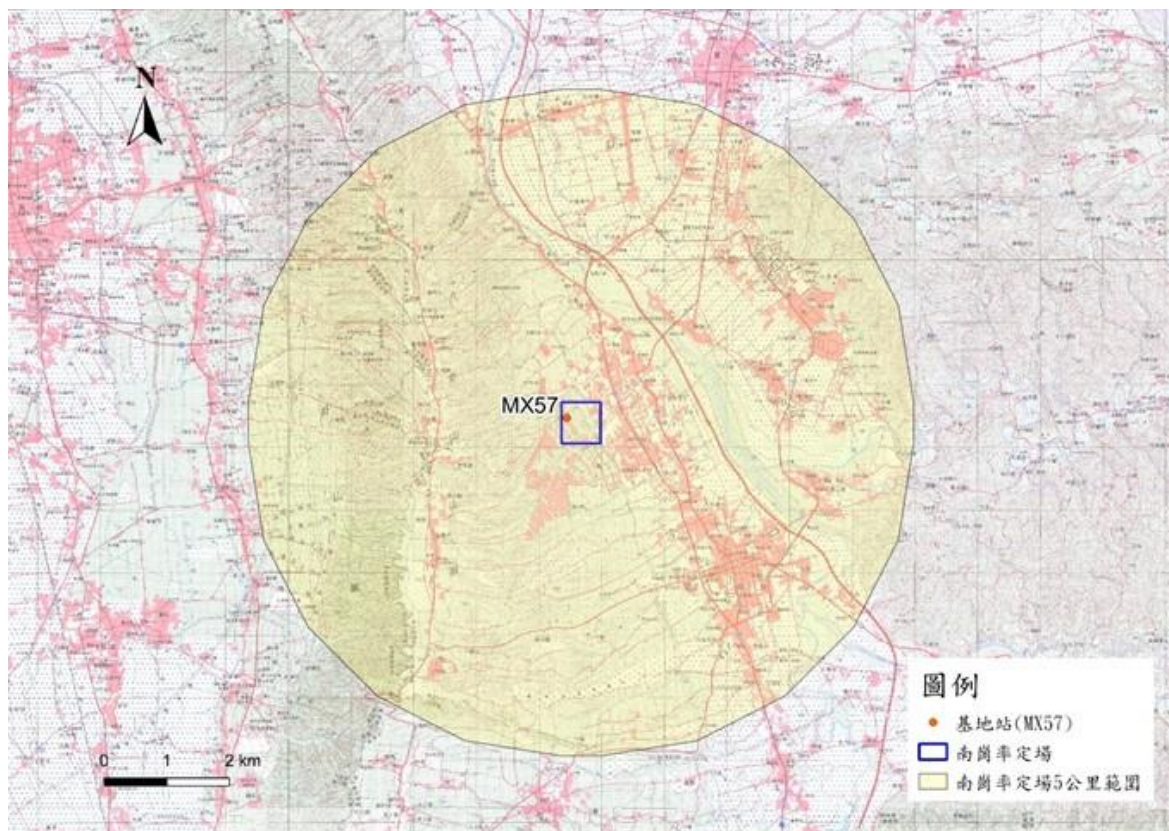


圖 2-21 南崗率定場 GNSS 基地站分布圖

表 2-9 南崗率定場 GNSS 基地站坐標表

| 點號 | 緯度 | 經度 | TWD97[2020] | | | 類型 |
|------|----------|-----------|-------------|-------------|---------|---------|
| | | | X | Y | 橢球高 | |
| MX57 | 23.92961 | 120.65886 | 215272.618 | 2647269.582 | 201.096 | 三等衛星控制點 |

- 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。

七、本計畫於 110 年 3 月 15 日執行板橋率定場率定飛行，點雲成果以航線分色展示如圖 2-22，率定解算成果如表 2-10，相關描述詳如附件六。

八、本計畫於 110 年 5 月 12 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 2-23，率定解算成果如表 2-11，相關描述詳如附件六。

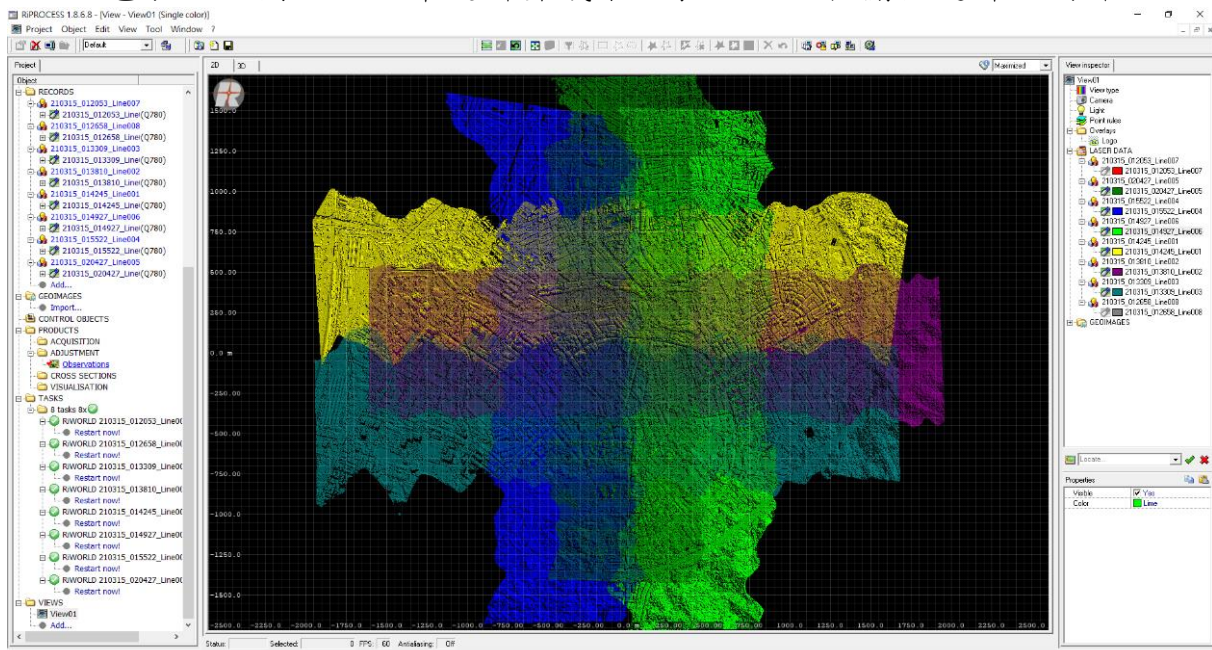


圖 2-22 板橋率定場點雲成果展示圖

表 2-10 板橋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 | 11308 | 率定解算結果 |
| | Error (Std. deviation) [m] | 0.0342 | |
| | Roll | -0.19660 | |
| | Pitch | 0.02362 | |
| | Yaw | 0.09729 | 以儀器規格計算 |
| | X | 0.057 | |
| | Y | 0.019 | |
| | Z | 0.271 | |

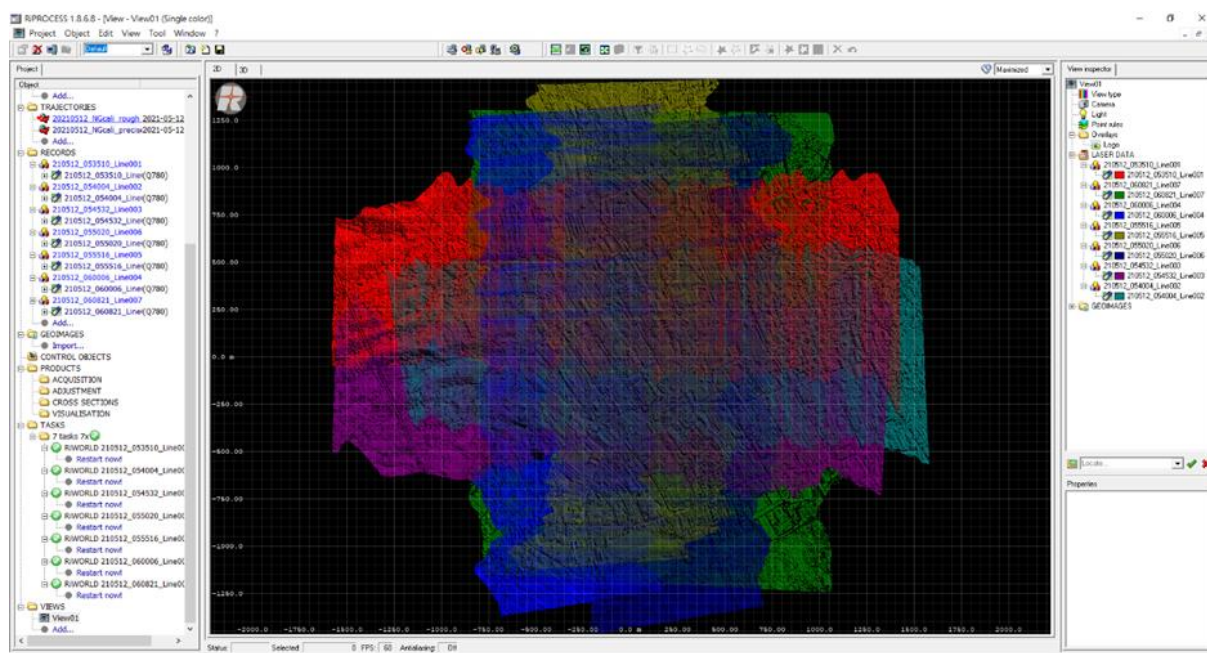


圖 2-23 南崗率定場點雲成果展示圖

表 2-11 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 | 85579 | 率定解算結果 |
| | Error (Std. deviation) [m] | 0.0399 | |
| | Roll | 0.02161 | |
| | Pitch | 0.14136 | |
| | Yaw | -0.22679 | 以儀器規格計算 |
| | X | 0.057 | |
| | Y | 0.019 | |
| | Z | 0.261 | |

九、率定成果檢核及驗證

(一) 地面控制點

兩個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 2-24 與圖 2-26 所示，測量成果如表 2-12 與表 2-13，各點位施測作業遠近照如圖 2-25 與圖 2-27，施測作業所使用之 GNSS 接收儀的 TAF 檢校資料詳見附件六之附件五。

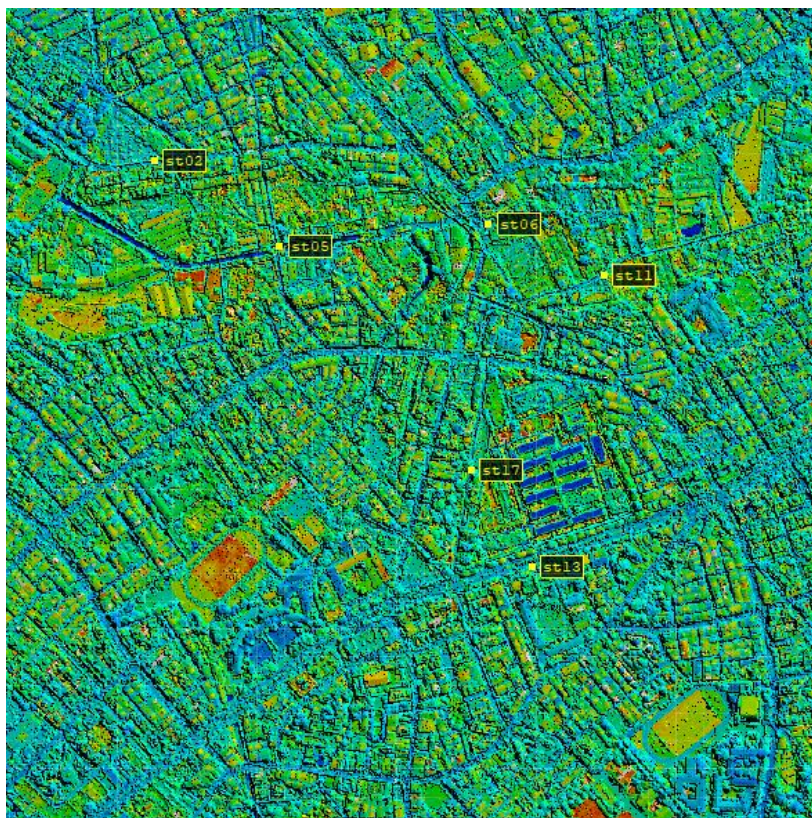


圖 2-24 板橋率定場地地面高程檢核點分布圖

表 2-12 板橋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 |
| ST02 | 295887.729 | 2764916.207 | 30.488 |
| ST05 | 296112.875 | 2764762.280 | 31.275 |
| ST06 | 296485.982 | 2764803.195 | 33.951 |
| ST11 | 296693.377 | 2764713.045 | 32.590 |
| ST13 | 296566.877 | 2764190.556 | 33.736 |
| ST17 | 296456.298 | 2764362.658 | 33.033 |

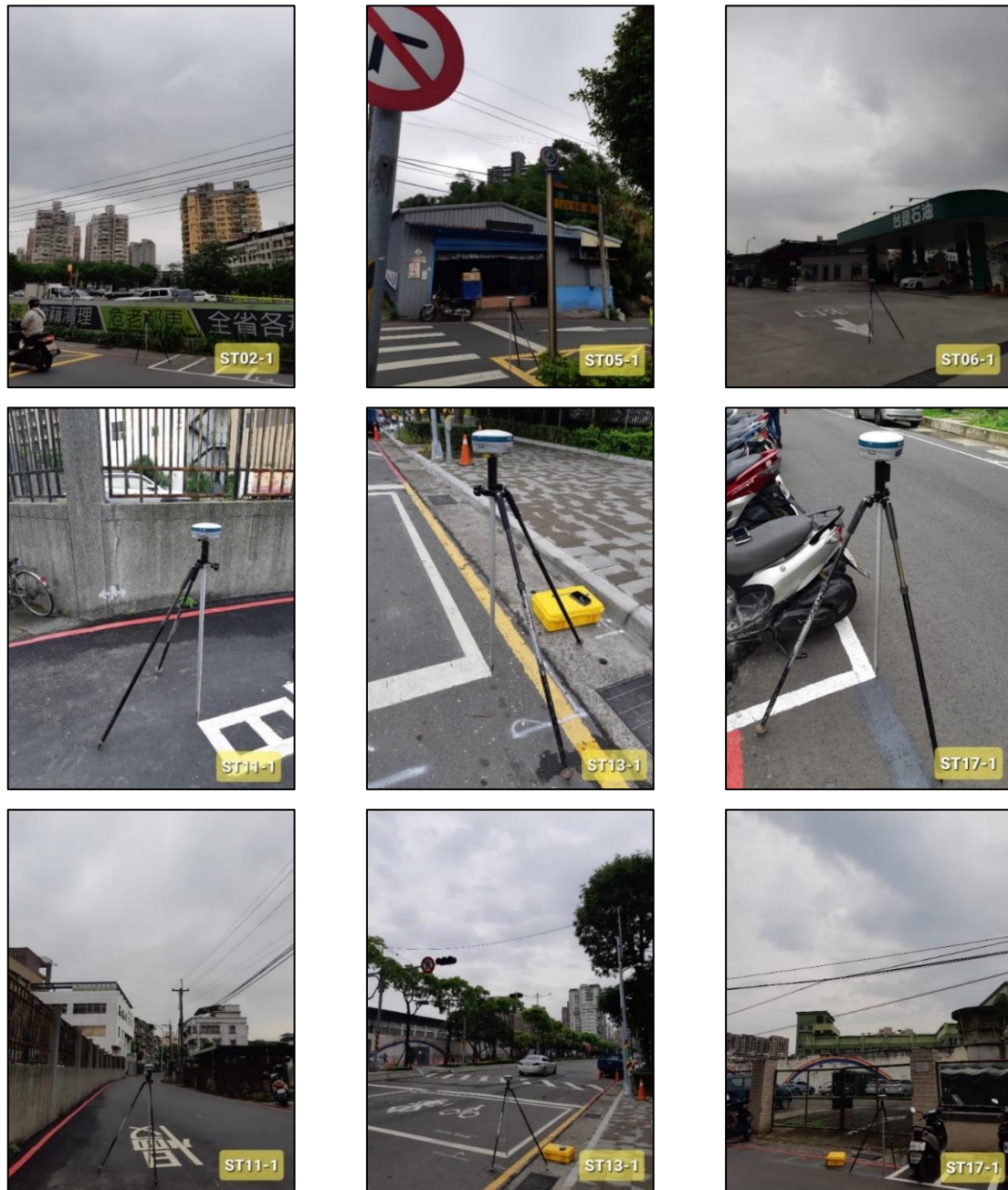


圖 2-25 板橋率定場地地面高程檢核點施測作業照

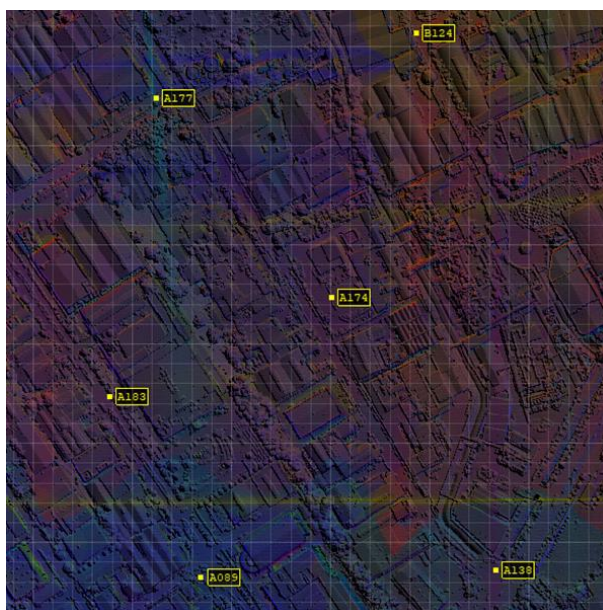


圖 2-26 南崗率定場地面高程檢核點分布圖

表 2-13 南崗率定場地面高程檢核點坐標成果表

| 點號 | 高程檢核點 | | |
|------|------------|-------------|---------|
| | E | N | 橢球高 |
| B124 | 215681.695 | 2647501.090 | 161.847 |
| A174 | 215595.306 | 2647234.029 | 180.620 |
| A183 | 215370.420 | 2647134.544 | 201.205 |
| A089 | 215462.198 | 2646951.875 | 194.860 |
| A138 | 215760.737 | 2646958.052 | 172.429 |



圖 2-27 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表點分類，再針對地表點執行 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)，高程檢核成果如表 2-14 與表 2-15。

表 2-14 板橋率定場點雲高程檢核成果表(正規航線)

| 點號 | 高程控制點 | | | 點雲高程 | 高程誤差 |
|------|------------|-------------|--------|--------|--------|
| | E | N | Z | | |
| ST02 | 295887.729 | 2764916.207 | 30.488 | 30.513 | 0.025 |
| ST05 | 296112.875 | 2764762.28 | 31.275 | 31.311 | 0.036 |
| ST06 | 296485.982 | 2764803.195 | 33.951 | 33.962 | 0.011 |
| ST11 | 296693.377 | 2764713.045 | 32.590 | 32.627 | 0.037 |
| ST13 | 296566.877 | 2764190.556 | 33.736 | 33.721 | -0.015 |
| ST17 | 296456.298 | 2764362.658 | 33.033 | 33.049 | 0.016 |

表 2-15 南崗率定場點雲高程檢核成果(正規航線)

| 點號 | 高程控制點 | | | 點雲高程 | 高程誤差 |
|------|------------|-------------|---------|---------|--------|
| | E | N | Z | | |
| B124 | 215681.695 | 2647501.090 | 161.847 | 161.844 | -0.003 |
| A174 | 215595.306 | 2647234.029 | 180.620 | 180.601 | -0.019 |
| A183 | 215370.420 | 2647134.544 | 201.205 | 201.212 | 0.007 |
| A089 | 215462.198 | 2646951.875 | 194.860 | 194.877 | 0.017 |
| A138 | 215760.737 | 2646958.052 | 172.429 | 172.425 | -0.004 |

(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)，確認飛行航線高程檢核成果如表 2-16 與表 2-17。

表 2-16 板橋率定場點雲高程檢核成果表(確認航線)

| 點號 | 高程控制點 | | | 點雲高程 | 高程誤差 |
|------|------------|-------------|--------|--------|--------|
| | E | N | Z | | |
| ST02 | 295887.729 | 2764916.207 | 30.488 | 30.493 | 0.005 |
| ST05 | 296112.875 | 2764762.28 | 31.275 | 31.321 | 0.046 |
| ST06 | 296485.982 | 2764803.195 | 33.951 | 33.978 | 0.027 |
| ST11 | 296693.377 | 2764713.045 | 32.590 | 32.629 | 0.039 |
| ST13 | 296566.877 | 2764190.556 | 33.736 | 33.722 | -0.014 |
| ST17 | 296456.298 | 2764362.658 | 33.033 | 33.048 | 0.015 |

表 2-17 南崗率定場點雲高程檢核成果(確認航線)

| 點號 | 高程控制點 | | | 點雲高程 | 高程誤差 |
|------|------------|-------------|---------|---------|--------|
| | E | N | Z | | |
| B124 | 215681.695 | 2647501.090 | 161.847 | 161.842 | -0.005 |
| A174 | 215595.306 | 2647234.029 | 180.620 | 180.602 | -0.018 |
| A183 | 215370.420 | 2647134.544 | 201.205 | 201.214 | 0.009 |
| A089 | 215462.198 | 2646951.875 | 194.860 | 194.876 | 0.016 |
| A138 | 215760.737 | 2646958.052 | 172.429 | 172.427 | -0.002 |

十、本計畫於 110 年 3 月 15 日執行空載光達率定作業，並於 110 年 6 月 2 日提送空載光達率定報告書，並於 110 年 6 月 10 日獲得監審單位審核通過，相關文件詳如附件一。

十一、本計畫於 110 年 5 月 12 日執行空載光達率定作業，並於 110 年 7 月 23 日提送空載光達率定報告書，並於 110 年 7 月 24 日獲得監審單位審核通過，相關文件詳如附件一。

2-5 控制測量

2-5-1 地面 GNSS 基地站

- 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 基地站，同步接收 GNSS 觀測量。
- 二、地面 GNSS 基地站應製作點位透空圖，並附上四方環景照片。基地站附近包含雷達、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地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。
- 三、地面 GNSS 基地站坐標成果
 - (一) 設置為固定站者：應於架設完成後，蒐集至少 2 天（48 小時）之觀測檔，並記錄儀器、天線盤型號及天線高等資料。
 - (二) 為移動站者：應辦理 GNSS 靜態觀測，重複觀測次數為 2 次以上（腳架重擺），每次觀測時間均大於 6 小時，且應同步聯測附近點位。
 - (三) 其他機關設置之連續追蹤站：應向該機關申請並取得至少 2 天（48 小時）之觀測檔，並記錄儀器、天線盤型號及天線高等資料。
 - (四) 全測區應統一進行坐標解算，以確保成果框架之一致性。
 - (五) 地面 GNSS 基地站採 GNSS 靜態測量，精度應符合內政部「基本測量實施規則」之加密控制測量規定。
- 四、繳交控制測量成果，應包含使用之地面 GNSS 基地站及航帶平差控制點分布圖及說明、點之記、地面 GNSS 基地站透空圖、GNSS 原始觀測數據等。
- 五、本計畫依據作業規範，測量區域航線皆滿足 20 公里內，有 2 站以上 GNSS 基地站。蒐集計畫測區 20 公里範圍內 GNSS 基地站資訊如表 2-18，並規劃於新北市烏來區、新竹縣橫山鄉分別架設單點雙站 GNSS 基地站（ST14、ST15、ST16、ST17）。

表 2-18 測區周圍 GNSS 基地站列表

| 點號 | 單位 | 站名 | 行政區 | N 坐標(概略) | E 坐標(概略) |
|------|---------|---------|---------|----------|----------|
| SHJU | 內政部測繪中心 | 南寮 | 新竹市南寮漁港 | 2748621 | 242112 |
| JUNA | 內政部測繪中心 | 竹南 | 苗栗縣竹南鎮 | 2730778 | 237388 |
| FUSI | 內政部測繪中心 | 復興 | 桃園市介壽區 | 2746021 | 285668 |
| YAME | 交通部氣象局 | 楊梅 | 桃園市楊梅區 | 2755651 | 268718 |
| KSHI | 交通部氣象局 | 關西 | 新竹縣關西鎮 | 2741053 | 267801 |
| CLAN | 交通部氣象局 | 棲蘭 | 宜蘭線大同鄉 | 2721820 | 301847 |
| BALN | 交通部氣象局 | 上巴陵 | 桃園市復興區 | 2732560 | 293117 |
| BANC | 交通部氣象局 | 板橋 | 新北市板橋區 | 2765591 | 294628 |
| FUSN | 交通部氣象局 | 奎輝 | 桃園市復興區 | 2743560 | 283513 |
| HSIN | 交通部氣象局 | 新竹 | 新竹縣竹北市 | 2746699 | 251442 |
| MIAO | 交通部氣象局 | 西山 | 苗栗縣苗栗市 | 2719655 | 230785 |
| NIUT | 交通部氣象局 | 牛鬥 | 宜蘭縣三星鄉 | 2725442 | 306854 |
| PENL | 交通部氣象局 | 蓬萊 | 苗栗縣南庄鄉 | 2714701 | 247573 |
| PLA2 | 交通部氣象局 | 白蘭 2 | 新竹縣五峰鄉 | 2719132 | 258748 |
| SFON | 交通部氣象局 | 新豐 | 新竹縣新豐鄉 | 2758345 | 251027 |
| SLNP | 交通部氣象局 | 雙連埤 | 宜蘭縣員山鄉 | 2738582 | 314290 |
| STA1 | 交通部氣象局 | 獅潭 1 | 苗栗縣南庄鄉 | 2725417 | 247900 |
| THAI | 交通部氣象局 | 泰崗 | 新竹縣尖石鄉 | 2722295 | 279932 |
| TOFN | 交通部氣象局 | 永和山水庫 | 苗栗縣頭份鎮 | 2728348 | 242390 |
| WIPN | 交通部氣象局 | 北埔外坪 | 新竹縣北埔鄉 | 2729742 | 255926 |
| YLSS | 交通部氣象局 | 三星國中 | 宜蘭縣三星鄉 | 2729154 | 316092 |
| ST14 | 自強工程 | 烏來區民宅 1 | 新北市烏來區 | 2749121 | 305696 |
| ST15 | 自強工程 | 烏來區民宅 2 | 新北市烏來區 | 2749121 | 305696 |
| ST16 | 自強工程 | 橫山鄉民宅 1 | 新竹縣橫山鄉 | 2733644 | 266938 |
| ST17 | 自強工程 | 橫山鄉民宅 2 | 新竹縣橫山鄉 | 2733644 | 266938 |
| CN03 | 其他單位 | CN03 | 新竹縣湖口鄉 | 2755956 | 250868 |
| CN17 | 其他單位 | CN17 | 新竹縣五峰鄉 | 2713457 | 261872 |

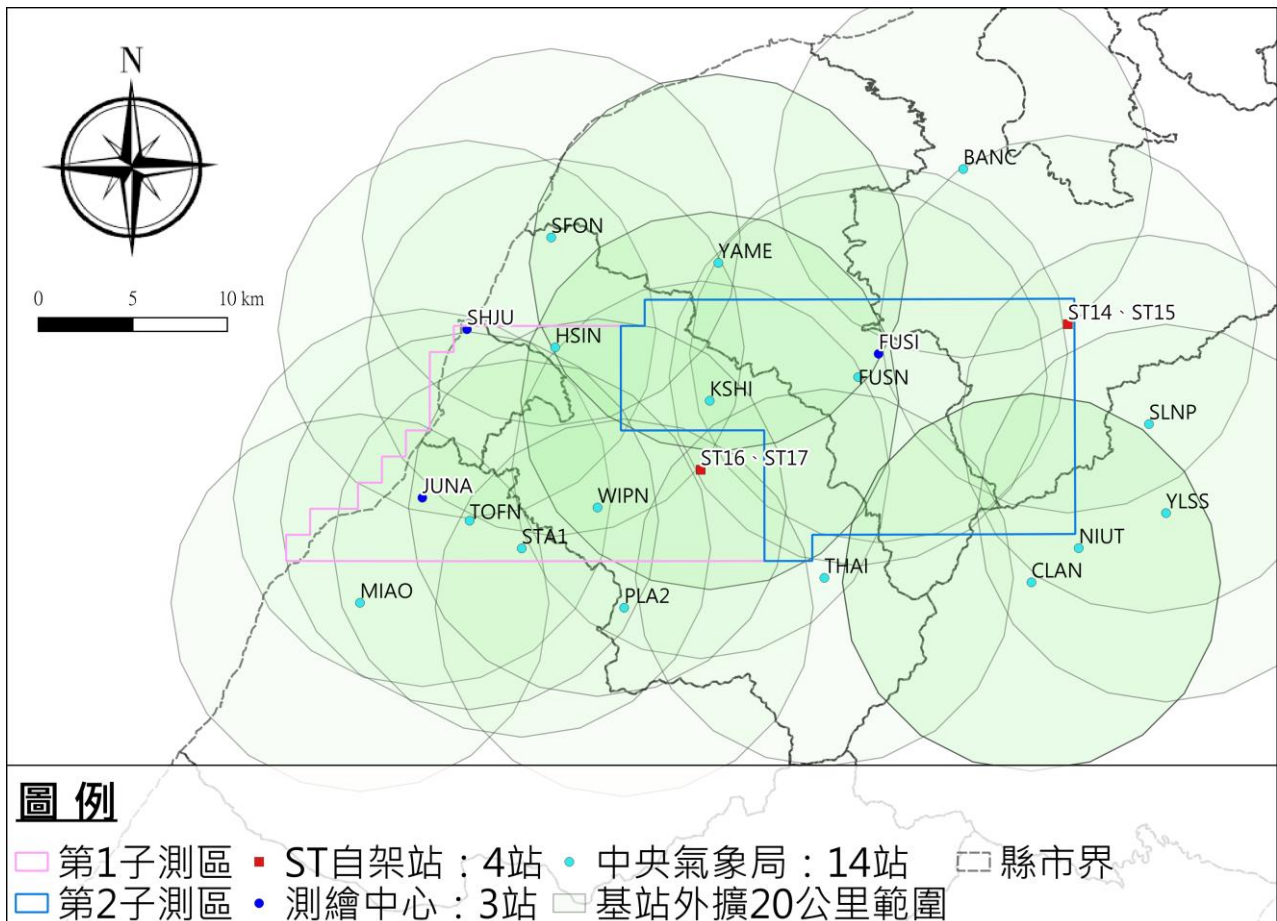


圖 2-28 GNSS 基地站分布及其 20 公里範圍圖

2-5-2 航帶平差控制點及平面控制點測量

- 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、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。
- 三、依據作業規範共測量航帶平差控制點 165 點，其中航帶平差高程控制點(A)134 點、航帶平差平面控制點(B)13 點及檢核點(AC)18 點，皆為 VBS-RTK 測點，另因部分航線頭中尾區域位處人車無法到達區域，採用立體製圖方式測製控制點共 91 點，上述控制點點位分布如圖 2-29，符合規範要求布設條件：測區之四角均有布設 1 組(2 個)全控點，以及每個航帶間都有至少 3 個高程控制點(航帶頭、中及尾各段至少 1 點)。
- 四、控制點採內政部國土測繪中心 e-GNSS[2019]系統進行 VBS-RTK 動態測量，重複觀測至少 2 次，每次收斂筆數應達 180 筆(圖 2-30)，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，成果如附件八，全數符合作業規範。其測量成果將兩次觀測坐標值取平均後再使用內政部國土測繪中心坐標轉換程式轉換至 TWD97[2020]，成果如表 2-19 至表 2-20，點位紀錄表如圖 2-31、附件八。其中 A 類點代表航帶平差高程控制點，B 類點代表航帶平差平面控制點。

五、測量航帶平差控制點 165 點於 110 年 4 月 15 日檢送監審方抽測，抽樣比例為 10% 以上，共抽測 46 點航帶平差程控制點，由監審方於 110 年 5 月 24 日至 110 年 7 月 17 日間進行抽驗測量，抽測點位平面精度與高程精度全數合格。

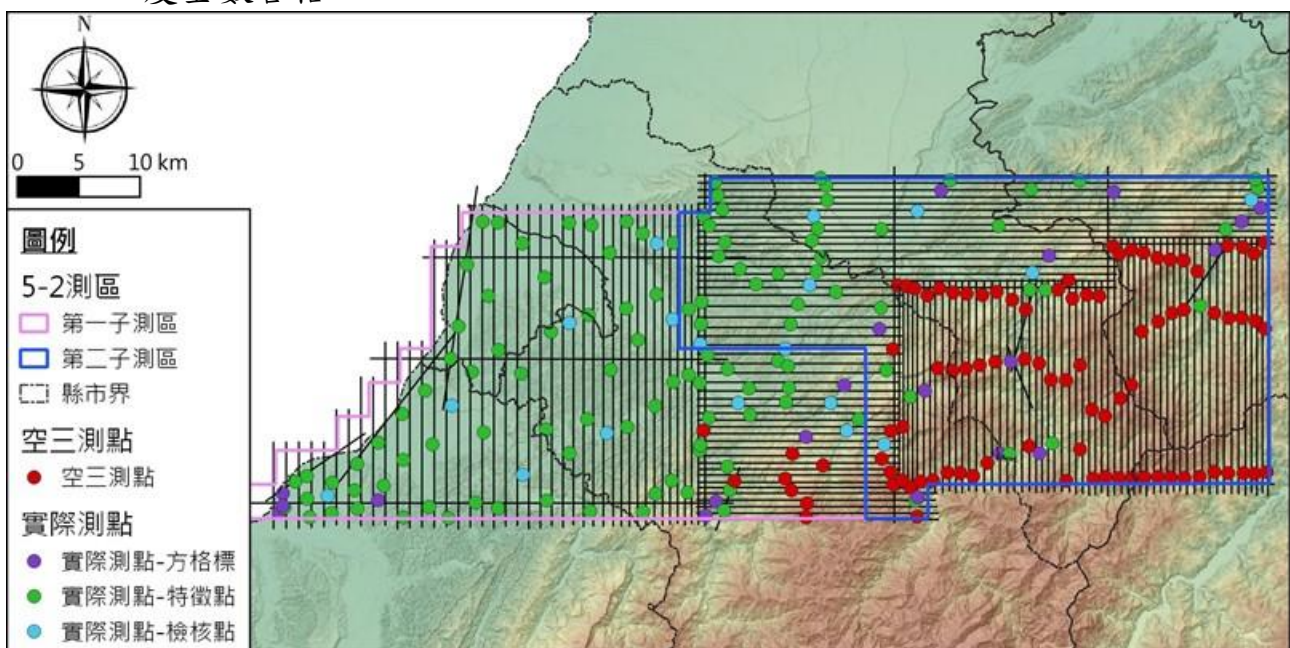


圖 2-29 控制點位分布圖



圖 2-30 平差控制點 VBS-RTK 工作照

表 2-19 航帶平差高程控制點 TWD97[2020]成果

| 點號 | 轉換前(e-GNSS[2019]) | | | 轉換後(TWD97[2020]) | | | |
|-----------|---------------------|------------|--------|--------------------|------------|--------|--------|
| | N | E | 橢球高 | N | E | 橢球高 | 正高 |
| 52-1001A | 2724571.844 | 225782.363 | 22.293 | 2724571.794 | 225782.646 | 22.280 | 3.266 |
| 52-0002A | 2724987.053 | 226209.633 | 22.687 | 2724987.003 | 226209.916 | 22.675 | 3.652 |
| 52-1003A | 2725101.544 | 226091.062 | 22.491 | 2725101.494 | 226091.345 | 22.479 | 3.466 |
| 52-1004A | 2726098.792 | 226087.415 | 24.228 | 2726098.742 | 226087.698 | 24.217 | 5.233 |
| 52-0005A | 2727089.736 | 227095.254 | 23.481 | 2727089.686 | 227095.537 | 23.472 | 4.431 |
| 52-0006A | 2727518.157 | 228037.591 | 26.891 | 2727518.108 | 228037.874 | 26.883 | 7.843 |
| 52-0007A | 2724175.373 | 228276.740 | 28.025 | 2724175.324 | 228277.023 | 28.013 | 8.853 |
| 52-0008A | 2725680.828 | 228065.332 | 28.094 | 2725680.779 | 228065.615 | 28.084 | 9.006 |
| 52-0009A | 2724529.971 | 230068.320 | 52.099 | 2724529.923 | 230068.603 | 52.089 | 32.825 |
| 52-1010AC | 2725937.447 | 229742.867 | 43.469 | 2725937.399 | 229743.150 | 43.461 | 24.281 |
| 52-0011A | 2726991.034 | 230120.324 | 46.424 | 2726990.986 | 230120.607 | 46.417 | 27.266 |
| 52-0012A | 2724864.723 | 232167.994 | 63.065 | 2724864.677 | 232168.276 | 63.057 | 43.653 |
| 52-0013A | 2726372.006 | 231937.723 | 60.937 | 2726371.959 | 231938.005 | 60.931 | 41.611 |
| 52-0014A | 2728520.950 | 232197.055 | 32.838 | 2728520.903 | 232197.337 | 32.835 | 13.625 |
| 52-1015A | 2725587.669 | 233945.176 | 54.368 | 2725587.624 | 233945.457 | 54.363 | 34.867 |
| 52-0016A | 2726723.104 | 234338.263 | 52.181 | 2726723.059 | 234338.544 | 52.178 | 32.724 |
| 52-0017A | 2730230.269 | 233890.397 | 22.298 | 2730230.222 | 233890.679 | 22.299 | 3.064 |
| 52-0018A | 2724158.437 | 235919.784 | 43.078 | 2724158.395 | 235920.063 | 43.072 | 23.379 |
| 52-0019A | 2728842.604 | 235916.773 | 23.253 | 2728842.560 | 235917.053 | 23.254 | 3.815 |
| 52-0020A | 2732563.581 | 235833.929 | 24.793 | 2732563.535 | 235834.211 | 24.798 | 5.541 |
| 52-0021A | 2725019.682 | 238023.913 | 42.387 | 2725019.643 | 238024.189 | 42.382 | 22.590 |
| 52-0022A | 2730055.072 | 238319.317 | 27.077 | 2730055.031 | 238319.595 | 27.080 | 7.517 |
| 52-0023A | 2734507.153 | 237709.891 | 62.236 | 2734507.109 | 237710.171 | 62.242 | 42.947 |
| 52-0024A | 2724152.712 | 239666.571 | 41.018 | 2724152.675 | 239666.845 | 41.013 | 21.037 |
| 52-1025AC | 2733253.310 | 239851.634 | 59.821 | 2733253.270 | 239851.910 | 59.826 | 40.338 |
| 52-0026A | 2737069.115 | 239776.941 | 28.709 | 2737069.072 | 239777.219 | 28.717 | 9.421 |
| 52-0027A | 2739719.106 | 240400.908 | 22.791 | 2739719.061 | 240401.187 | 22.800 | 3.591 |
| 52-0028A | 2725359.537 | 241809.155 | 59.155 | 2725359.504 | 241809.426 | 59.150 | 39.074 |
| 52-0029A | 2731088.390 | 242466.609 | 46.181 | 2731088.358 | 242466.878 | 46.181 | 26.430 |
| 52-0030A | 2735998.611 | 241495.044 | 30.816 | 2735998.570 | 241495.320 | 30.823 | 11.397 |
| 52-0031A | 2744741.081 | 241072.836 | 22.241 | 2744741.035 | 241073.117 | 22.251 | 3.214 |
| 52-0032A | 2724910.251 | 243629.493 | 52.151 | 2724910.216 | 243629.766 | 52.147 | 31.880 |
| 52-0033A | 2737714.429 | 243591.467 | 40.077 | 2737714.387 | 243591.743 | 40.086 | 20.617 |
| 52-0034A | 2742185.437 | 242772.207 | 31.040 | 2742185.391 | 242772.486 | 31.051 | 11.822 |
| 52-0035A | 2748164.065 | 242482.501 | 22.689 | 2748164.019 | 242482.783 | 22.697 | 3.705 |

| 點號 | 轉換前(e-GNSS[2019]) | | | 轉換後(TWD97[2020]) | | | |
|-----------|-------------------|------------|---------|------------------|------------|---------|---------|
| | N | E | 橢球高 | N | E | 橢球高 | 正高 |
| 52-0036A | 2748147.879 | 243629.537 | 23.339 | 2748147.832 | 243629.819 | 23.345 | 4.282 |
| 52-1037AC | 2727585.244 | 245700.306 | 124.048 | 2727585.208 | 245700.580 | 124.046 | 103.814 |
| 52-0038A | 2735866.982 | 245540.577 | 43.402 | 2735866.942 | 245540.851 | 43.410 | 23.753 |
| 52-0039A | 2746452.383 | 245617.586 | 28.695 | 2746452.334 | 245617.868 | 28.702 | 9.493 |
| 52-0040A | 2725526.539 | 247584.369 | 146.965 | 2725526.494 | 247584.652 | 146.965 | 126.399 |
| 52-0041A | 2731314.227 | 247543.114 | 142.761 | 2731314.192 | 247543.387 | 142.763 | 122.688 |
| 52-0042A | 2739273.484 | 247944.880 | 70.655 | 2739273.439 | 247945.157 | 70.667 | 51.032 |
| 52-0043A | 2743680.859 | 247426.740 | 42.368 | 2743680.809 | 247427.020 | 42.378 | 22.962 |
| 52-0044A | 2729383.228 | 249450.098 | 121.464 | 2729383.194 | 249450.372 | 121.464 | 101.093 |
| 52-1045AC | 2739970.720 | 249435.179 | 66.838 | 2739970.673 | 249435.458 | 66.850 | 47.168 |
| 52-0046A | 2748122.102 | 249402.936 | 37.667 | 2748122.051 | 249403.220 | 37.664 | 18.372 |
| 52-0047A | 2724707.441 | 251151.781 | 197.176 | 2724707.406 | 251152.057 | 197.174 | 176.187 |
| 52-0048A | 2732114.867 | 250904.995 | 95.169 | 2732114.835 | 250905.266 | 95.171 | 74.922 |
| 52-0049A | 2740614.755 | 251029.615 | 119.092 | 2740614.707 | 251029.895 | 119.103 | 99.373 |
| 52-0050A | 2747964.162 | 251206.294 | 44.457 | 2747964.111 | 251206.579 | 44.452 | 25.084 |
| 52-1051AC | 2731020.885 | 252501.452 | 99.664 | 2731020.858 | 252501.720 | 99.662 | 79.204 |
| 52-0052A | 2736183.775 | 252805.312 | 96.475 | 2736183.735 | 252805.589 | 96.485 | 76.405 |
| 52-0053A | 2745685.178 | 252728.468 | 56.133 | 2745685.128 | 252728.752 | 56.133 | 36.597 |
| 52-0054A | 2731539.538 | 254134.214 | 135.576 | 2731539.516 | 254134.479 | 135.572 | 115.031 |
| 52-0055A | 2741190.182 | 254077.279 | 111.469 | 2741190.134 | 254077.562 | 111.476 | 91.623 |
| 52-0056A | 2748312.622 | 254134.005 | 60.893 | 2748312.571 | 254134.291 | 60.884 | 41.394 |
| 52-0057A | 2738613.831 | 255031.404 | 210.522 | 2738613.786 | 255031.686 | 210.532 | 190.473 |
| 52-0058A | 2724600.367 | 255451.452 | 539.158 | 2724600.343 | 255451.719 | 539.151 | 517.709 |
| 52-0059A | 2747247.607 | 255409.088 | 59.577 | 2747247.557 | 255409.373 | 59.569 | 39.974 |
| 52-0060A | 2726077.550 | 256459.162 | 414.819 | 2726077.531 | 256459.426 | 414.810 | 393.437 |
| 52-0061A | 2733278.567 | 256568.777 | 157.777 | 2733278.542 | 256569.044 | 157.773 | 137.225 |
| 52-0062A | 2742313.706 | 256525.815 | 88.991 | 2742313.660 | 256526.098 | 88.991 | 69.081 |
| 52-1063AC | 2746498.708 | 256838.749 | 65.480 | 2746498.659 | 256839.034 | 65.472 | 45.772 |
| 52-0064A | 2727301.080 | 257587.264 | 324.291 | 2727301.063 | 257587.526 | 324.281 | 302.960 |
| 52-0065A | 2735197.426 | 257923.348 | 183.748 | 2735197.395 | 257923.621 | 183.745 | 163.285 |
| 52-1066AC | 2740257.743 | 257865.984 | 106.495 | 2740257.700 | 257866.265 | 106.494 | 86.389 |
| 52-0067A | 2746494.150 | 257942.867 | 73.730 | 2746494.102 | 257943.151 | 73.721 | 53.965 |
| 52-0068A | 2726225.869 | 259102.184 | 698.662 | 2726225.849 | 259102.448 | 698.653 | 677.088 |
| 52-0069A | 2735762.851 | 259174.756 | 147.379 | 2735762.819 | 259175.030 | 147.374 | 126.883 |
| 52-0070A | 2741116.531 | 259173.482 | 115.944 | 2741116.489 | 259173.763 | 115.938 | 95.810 |
| 52-1071A | 2724306.717 | 260547.390 | 490.935 | 2724306.694 | 260547.657 | 490.928 | 469.032 |

| 點號 | 轉換前(e-GNSS[2019]) | | | 轉換後(TWD97[2020]) | | | |
|-----------|---------------------|------------|---------|--------------------|------------|---------|---------|
| | N | E | 橢球高 | N | E | 橢球高 | 正高 |
| 52-0072A | 2724743.197 | 262045.589 | 403.715 | 2724743.173 | 262045.857 | 403.708 | 381.745 |
| 52-1073A | 2725461.924 | 261353.829 | 682.197 | 2725461.901 | 261354.096 | 682.189 | 660.372 |
| 52-0074A | 2726426.562 | 262515.721 | 284.864 | 2726426.538 | 262515.989 | 284.856 | 263.058 |
| 52-0075A | 2728300.764 | 262311.598 | 275.880 | 2728300.741 | 262311.866 | 275.871 | 254.315 |
| 52-0076A | 2729603.455 | 260057.825 | 226.270 | 2729603.435 | 260058.090 | 226.260 | 205.023 |
| 52-0077A | 2730030.691 | 260096.662 | 228.642 | 2730030.671 | 260096.927 | 228.632 | 207.444 |
| 52-0078A | 2732271.587 | 260790.688 | 223.048 | 2732271.562 | 260790.956 | 223.038 | 202.067 |
| 52-0079A | 2735128.541 | 259963.587 | 155.894 | 2735128.511 | 259963.860 | 155.887 | 135.262 |
| 52-1080AC | 2733452.601 | 263175.667 | 260.279 | 2733452.572 | 263175.940 | 260.268 | 239.248 |
| 52-0081A | 2732501.696 | 264157.084 | 465.902 | 2732501.667 | 264157.357 | 465.891 | 444.682 |
| 52-0082A | 2734647.189 | 264062.865 | 194.734 | 2734647.157 | 264063.140 | 194.721 | 173.763 |
| 52-0083A | 2736228.913 | 262315.226 | 159.921 | 2736228.880 | 262315.501 | 159.910 | 139.238 |
| 52-0084A | 2737353.399 | 260728.004 | 142.777 | 2737353.364 | 260728.280 | 142.769 | 122.294 |
| 52-1085AC | 2738258.375 | 260022.254 | 144.926 | 2738258.338 | 260022.532 | 144.919 | 124.560 |
| 52-0086A | 2739878.513 | 260150.571 | 169.903 | 2739878.473 | 260150.851 | 169.896 | 149.633 |
| 52-0087A | 2741707.830 | 260214.436 | 139.595 | 2741707.788 | 260214.717 | 139.586 | 119.431 |
| 52-0088A | 2733528.846 | 267063.375 | 241.252 | 2733528.813 | 267063.651 | 241.239 | 219.935 |
| 52-0089A | 2734707.605 | 267344.672 | 252.732 | 2734707.571 | 267344.949 | 252.718 | 231.528 |
| 52-1090A | 2730718.162 | 268710.303 | 693.568 | 2730718.129 | 268710.579 | 693.559 | 671.759 |
| 52-1091AC | 2733465.608 | 270734.275 | 312.498 | 2733465.572 | 270734.554 | 312.488 | 290.890 |
| 52-1092AC | 2731215.405 | 272039.658 | 419.250 | 2731215.368 | 272039.937 | 419.244 | 397.255 |
| 52-0093A | 2732177.228 | 273007.919 | 598.307 | 2732177.190 | 273008.199 | 598.301 | 576.351 |
| 52-1094AC | 2730115.092 | 275096.028 | 592.976 | 2730115.052 | 275096.309 | 592.975 | 570.596 |
| 52-1095A | 2734883.859 | 271825.097 | 351.513 | 2734883.821 | 271825.377 | 351.502 | 329.982 |
| 52-0096A | 2736119.457 | 275279.383 | 463.217 | 2736119.416 | 275279.665 | 463.211 | 441.521 |
| 52-0097A | 2733978.387 | 277214.257 | 690.549 | 2733978.346 | 277214.539 | 690.548 | 668.427 |
| 52-1098A | 2734461.431 | 278419.378 | 833.691 | 2734461.389 | 278419.660 | 833.691 | 811.527 |
| 52-0099A | 2736486.112 | 267255.595 | 231.954 | 2736486.076 | 267255.874 | 231.937 | 210.947 |
| 52-0100A | 2737003.457 | 266447.904 | 200.414 | 2737003.421 | 266448.183 | 200.397 | 179.507 |
| 52-1101AC | 2737887.216 | 267076.219 | 194.322 | 2737887.179 | 267076.499 | 194.303 | 173.472 |
| 52-0102A | 2739861.872 | 267472.121 | 155.160 | 2739861.833 | 267472.402 | 155.137 | 134.435 |
| 52-0103A | 2741465.318 | 268065.769 | 156.302 | 2741465.278 | 268066.052 | 156.278 | 135.663 |
| 52-0104A | 2744008.793 | 266473.279 | 152.027 | 2744008.751 | 266473.562 | 152.006 | 131.660 |
| 52-0105A | 2743080.150 | 264648.775 | 150.414 | 2743080.108 | 264649.057 | 150.395 | 130.088 |
| 52-0106A | 2744385.656 | 263351.862 | 107.426 | 2744385.613 | 263352.145 | 107.410 | 87.257 |
| 52-0107A | 2745419.695 | 261612.926 | 93.218 | 2745419.650 | 261613.209 | 93.204 | 73.202 |

| 點號 | 轉換前(e-GNSS[2019]) | | | 轉換後(TWD97[2020]) | | | |
|-----------|---------------------|------------|----------|--------------------|------------|----------|----------|
| | N | E | 橢球高 | N | E | 橢球高 | 正高 |
| 52-0108A | 2746599.733 | 262150.138 | 129.003 | 2746599.687 | 262150.422 | 128.988 | 109.017 |
| 52-0109A | 2747947.921 | 260558.269 | 109.203 | 2747947.874 | 260558.553 | 109.189 | 89.365 |
| 52-0110A | 2748714.167 | 260423.627 | 115.079 | 2748714.119 | 260423.912 | 115.065 | 95.281 |
| 52-0111A | 2749203.740 | 261901.202 | 125.990 | 2749203.693 | 261901.486 | 125.975 | 106.142 |
| 52-0112A | 2750279.501 | 261570.986 | 167.631 | 2750279.453 | 261571.271 | 167.616 | 147.842 |
| 52-0113A | 2751653.459 | 261223.263 | 262.480 | 2751653.410 | 261223.548 | 262.465 | 242.759 |
| 52-1114AC | 2743098.543 | 269001.969 | 195.509 | 2743098.501 | 269002.252 | 195.488 | 174.936 |
| 52-0115A | 2744226.524 | 269638.361 | 210.099 | 2744226.481 | 269638.644 | 210.079 | 189.555 |
| 52-0116A | 2744641.870 | 269896.072 | 222.546 | 2744641.827 | 269896.355 | 222.527 | 202.022 |
| 52-0117A | 2746693.991 | 269218.025 | 314.524 | 2746693.947 | 269218.308 | 314.506 | 294.169 |
| 52-0118A | 2747666.492 | 269685.542 | 320.363 | 2747666.448 | 269685.825 | 320.347 | 300.048 |
| 52-1119AC | 2748679.704 | 269347.371 | 316.966 | 2748679.659 | 269347.654 | 316.950 | 296.727 |
| 52-0120A | 2749819.532 | 270508.173 | 262.362 | 2749819.487 | 270508.456 | 262.348 | 242.130 |
| 52-0121A | 2751194.061 | 270311.115 | 264.211 | 2751194.015 | 270311.398 | 264.198 | 244.087 |
| 52-0122A | 2751780.199 | 269897.504 | 265.333 | 2751780.153 | 269897.786 | 265.320 | 245.261 |
| 52-0123A | 2742498.401 | 271161.927 | 228.073 | 2742498.359 | 271162.210 | 228.055 | 207.318 |
| 52-1124A | 2739497.691 | 274692.802 | 343.919 | 2739497.650 | 274693.084 | 343.910 | 322.633 |
| 52-0125A | 2741233.631 | 274881.481 | 295.387 | 2741233.589 | 274881.763 | 295.377 | 274.269 |
| 52-0126A | 2747570.956 | 274861.378 | 197.818 | 2747570.911 | 274861.661 | 197.809 | 177.288 |
| 52-1127AC | 2749229.981 | 277866.230 | 165.965 | 2749229.935 | 277866.513 | 165.960 | 145.406 |
| 52-1128A | 2750744.066 | 279756.140 | 225.733 | 2750744.018 | 279756.424 | 225.728 | 205.152 |
| 52-0129A | 2751593.549 | 280444.301 | 218.865 | 2751593.500 | 280444.585 | 218.859 | 198.329 |
| 52-0130A | 2750837.554 | 287061.704 | 171.895 | 2750837.502 | 287061.990 | 171.884 | 150.982 |
| 52-0131A | 2751607.027 | 291054.806 | 177.541 | 2751606.970 | 291055.094 | 177.519 | 156.548 |
| 52-1132A | 2750640.352 | 293778.894 | 234.866 | 2750640.294 | 293779.182 | 234.843 | 213.702 |
| 52-0133A | 2747867.860 | 284425.461 | 347.137 | 2747867.812 | 284425.745 | 347.139 | 326.102 |
| 52-1134A | 2745514.043 | 288835.916 | 381.565 | 2745513.993 | 288836.201 | 381.566 | 360.132 |
| 52-1135AC | 2744071.282 | 287180.659 | 295.337 | 2744071.234 | 287180.943 | 295.343 | 273.834 |
| 52-0136A | 2742831.493 | 286976.381 | 345.803 | 2742831.446 | 286976.665 | 345.809 | 324.223 |
| 52-0137A | 2742653.533 | 288237.084 | 388.231 | 2742653.485 | 288237.368 | 388.235 | 366.562 |
| 52-1138A | 2736839.220 | 285408.739 | 544.621 | 2736839.174 | 285409.023 | 544.627 | 522.476 |
| 52-0139A | 2730185.417 | 288812.809 | 600.894 | 2730185.370 | 288813.094 | 600.902 | 578.154 |
| 52-1140A | 2729384.270 | 287756.212 | 645.485 | 2729384.223 | 287756.497 | 645.494 | 622.690 |
| 52-0141A | 2729322.458 | 285272.950 | 753.841 | 2729322.412 | 285273.235 | 753.850 | 731.028 |
| 52-1142A | 2729363.438 | 284514.751 | 787.792 | 2729363.392 | 284515.036 | 787.800 | 764.974 |
| 52-1143A | 2725817.815 | 277796.188 | 1037.828 | 2725817.772 | 277796.471 | 1037.834 | 1014.807 |

| 點號 | 轉換前(e-GNSS[2019]) | | | 轉換後(TWD97[2020]) | | | |
|-----------|---------------------|------------|----------|--------------------|------------|----------|---------|
| | N | E | 橢球高 | N | E | 橢球高 | 正高 |
| 52-0144A | 2725495.182 | 277644.201 | 1001.966 | 2725495.139 | 277644.483 | 1001.973 | 978.914 |
| 52-0145A | 2751557.695 | 305317.614 | 143.041 | 2751557.631 | 305317.903 | 143.020 | 121.886 |
| 52-0146A | 2750997.250 | 305518.349 | 168.881 | 2750997.186 | 305518.638 | 168.861 | 147.696 |
| 52-1147AC | 2750001.015 | 305000.390 | 430.221 | 2750000.952 | 305000.679 | 430.202 | 408.970 |
| 52-1148A | 2749156.865 | 305661.064 | 241.616 | 2749156.802 | 305661.353 | 241.599 | 220.317 |
| 52-1149A | 2748226.108 | 304229.752 | 245.630 | 2748226.047 | 304230.040 | 245.614 | 224.250 |
| 52-0150A | 2747688.791 | 302862.850 | 283.058 | 2747688.731 | 302863.138 | 283.042 | 261.623 |
| 52-1151A | 2745935.469 | 302057.926 | 404.457 | 2745935.411 | 302058.214 | 404.444 | 382.895 |
| 52-0152A | 2741264.319 | 300948.327 | 406.590 | 2741264.264 | 300948.614 | 406.584 | 384.773 |

表 2-20 航帶平差平面控制點 TWD97[2020]成果

| 點號 | 轉換前(e-GNSS[2019]) | | | 轉換後(TWD97[2020]) | | | |
|----------|---------------------|------------|----------|--------------------|------------|---------|---------|
| | N | E | 橢球高 | N | E | 橢球高 | 正高 |
| 52-0008B | 2725786.715 | 228144.805 | 31.178 | 2725786.666 | 228145.088 | 31.168 | 10.676 |
| 52-0028B | 2725228.193 | 241567.298 | 61.123 | 2725228.160 | 241567.569 | 61.117 | 39.584 |
| 52-0044B | 2729725.637 | 248775.933 | 114.182 | 2729725.602 | 248776.207 | 114.183 | 92.538 |
| 52-0048B | 2732104.694 | 250910.837 | 98.584 | 2732104.662 | 250911.108 | 98.586 | 76.959 |
| 52-0052B | 2736185.431 | 252809.371 | 96.454 | 2736185.391 | 252809.648 | 96.463 | 76.374 |
| 52-0057B | 2738538.296 | 254907.308 | 209.010 | 2738538.251 | 254907.590 | 209.020 | 187.603 |
| 52-0065B | 2735171.820 | 257919.105 | 186.276 | 2735171.789 | 257919.377 | 186.273 | 165.815 |
| 52-0075B | 2728428.987 | 262222.619 | 278.297 | 2728428.964 | 262222.887 | 278.287 | 256.754 |
| 52-0078B | 2732275.535 | 260793.416 | 225.473 | 2732275.510 | 260793.684 | 225.464 | 204.492 |
| 52-0082B | 2734646.544 | 264057.668 | 197.344 | 2734646.512 | 264057.943 | 197.332 | 176.374 |
| 52-1035B | 2745299.255 | 285312.944 | 456.047 | 2745299.208 | 285313.227 | 456.055 | 434.730 |
| 52-1095B | 2734889.142 | 271827.441 | 354.1014 | 2734889.104 | 271827.721 | 354.091 | 332.571 |
| 52-1148B | 2749135.629 | 305700.814 | 232.465 | 2749135.566 | 305701.103 | 232.448 | 211.165 |

| 內政部國土測繪中心「110 年度及 111 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】 | | | A 全控點 | | |
| 點 號 | 52-0011A | | 圖 號 | 95222032 | |
| 所 在 地 | 苗栗縣後龍鎮 | | 點 別 | <input checked="" type="checkbox"/> 全控(A) <input type="checkbox"/> 高控(A) <input type="checkbox"/> 平控(B) <input type="checkbox"/> 檢核點(C) | |
| 平面坐標 | E | 230120.607 | 高 程 值 | 正 高 | 27.266 |
| | N | 2726990.986 | | 機球高 | 46.424 |
| 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 checked="" type="checkbox"/> 鋼釘 <input type="checkbox"/> 角點 <input 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 | 游勝宇 / 110 年 3 月 | | 內檢人員及日期 | 楊豐毓 / 110 年 4 月 | |
| 點位說明 (交通路線) | 由新竹出發往苗栗方向行省道台 61 線外車道至 98K+750,點即在左側路旁 | | | | |
| 位 置 圖 | | | 影 像 | | |
| | | | | | |
| 點位現地遠照 | | | 點位現地近照 | | |
| | | | | | |
| 說明與備註： | | | | | |

圖 2-31 點位紀錄表示意圖(高程平差控制點)

2-6 空載雷射掃瞄施測資料獲取

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 2-32。

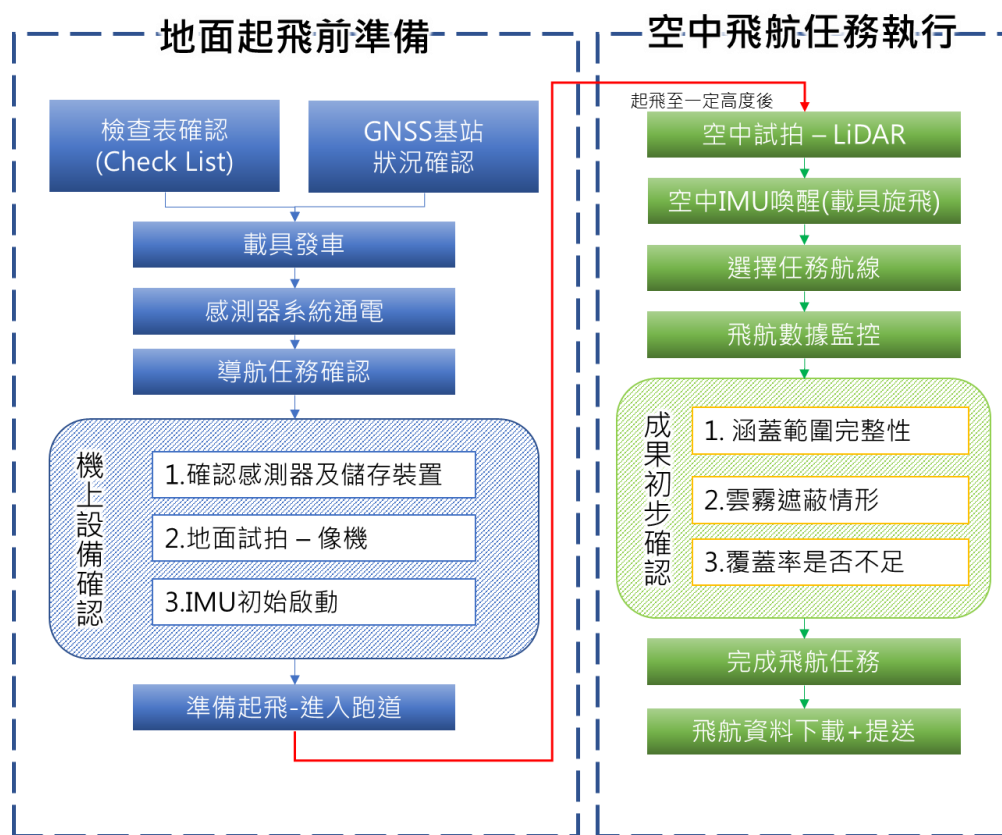


圖 2-32 空載雷射掃瞄施測資料獲取作業流程

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，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 32 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 2-21，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 2-21 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_2021032609 | 2+09 | 52021、52022、52023、52024 | 110.06.21 |
| 2 | P11M11_2021032710 | 3+03 | 52002、52003、52004、52005、52006、52007、52008、52009、52010、52011、52012、52013、52019、52020、52025、52026 | 110.06.21 |
| 3 | P11M11_2021040208 | 1+21 | 52001 | 110.06.21 |
| 4 | P11M11_2021041209 | 2+14 | 52082、52083、52084、52085、52086、52087 | 110.06.21 |
| 5 | P11M11_2021041310 | 1+48 | 52021[R1]、52022[R1] | 110.06.21 |
| 6 | P11M11_2021041710 | 2+45 | 52027、52028、52029、52030、52031、52032、52033、52034、52036 | 110.06.21 |
| 7 | P11M11_2021042107 | 3+17 | 52035、52037、52038、52039、52040、52041、52042、52201、52202[R0]、52203 | 110.07.13 |
| 8 | P11M11_2021042112 | 2+22 | 52014、52015、52016、52017、52018 | 110.06.19 |
| 9 | P11M11_2021042208 | 2+50 | 52202[R1]、52064、52065、52066、52070、52071、52072、52073、52074、52075 | 110.06.19 |
| 10 | P11M11_2021051008 | 2+10 | 52067、52079、52088、52089 | 110.07.17 |
| 11 | P11M11_2021051208 | 2+58 | 52068、52069、52076、52077、52078、52080、52081、52090、52091、52301 | 110.07.26 |
| 12 | P11M11_2021052108 | 2+36 | 52901、52902、52903、52904、52005 | 110.08.05 |
| 13 | P11M11_2021052407 | 2+12 | 52058、52059、52060、52061、52062、52063 | 110.07.26 |
| 14 | P11M11_2021052412 | 2+09 | 52801、52802、52803 | 110.07.26 |
| 15 | P11M11_2021052708 | 2+54 | 52057、52056、52055、52054、52053、52052 | 110.07.26 |
| 16 | P11M11_2021061108 | 1+46 | 52906 | 110.08.01 |
| 17 | P11M11_2021070307 | 2+42 | 52051、52050、52049、52048 | 110.08.01 |
| 18 | P11M11_2021082907 | 2+53 | 52092、52110、52111、52112、52113 | 111.03.07 |
| 19 | P11M11_2021091908 | 3+01 | 52043、52044、52116、52117、52118、52119、52120、52121、52122 | 111.03.07 |
| 20 | P11M11_2021092607 | 2+37 | 52093、52094、52095、52096、52097 | 111.03.07 |
| 21 | P11M11_2021092806 | 2+53 | 52045、52046 | 111.03.07 |
| 22 | P11M11_2021092906 | 2+32 | 52103、52104、52105、52106、52107、52108、52109、52114、52115 | 111.03.07 |
| 23 | P11M11_2021100607 | 2+49 | 52047、52098、52099、52100、52101、52102、520204、52302、52303、52304 | 111.03.07 |
| 24 | P11M11_2021100907 | 3+12 | 52907、52912 | 111.03.07 |
| 25 | P11M11_2021110507 | 3+12 | 52147、52146、52145、52144、52143、52142、52141 | 111.03.07 |

| 項次 | 飛航架次 | 執行時間 | 執行航線 | 審查合格日期 |
|----|-------------------|------|---|-----------|
| 26 | P11M11_2021110608 | 3+51 | 52140 | 111.03.07 |
| 27 | P11M11_2021111114 | 2+36 | 52908、52909 | 111.03.07 |
| 28 | P11M11_2021112107 | 2+44 | 52123、52124、52125、52126、52127、52128、52129、52130、52131 | 111.03.07 |
| 29 | P11M11_2021120308 | 3+02 | 52049[R1]、52050[R1]、52910、52911 | 111.03.07 |
| 30 | P11M11_2021121607 | 3+06 | 52132、52133、52134、52135、52136、52137、52138、52139、52304[R1]、52146[R1]、52147[R1]、52048[R1]、52049[R2]、52050[R2]、52051[R1]、52911[R1] | 111.03.07 |
| 31 | P11M11_2021121611 | 2+10 | 52140[R1]、520141[R1]、520142[R1]、520143[R1]、52144[R1]、52145[R1] | 111.03.07 |
| 32 | P11M11_2022011607 | 2+43 | 52141[R2]、52142[R2]、52143[R2]、52144[R2]、52145[R2] | 111.03.07 |

*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，第一子測區(5-2-1 測區)點雲密度成果為 3.98 點/m²，第二子測區(5-2-2 測區)點雲密度成果 5.85 點/m²，主要點雲密度不足區域為航線重疊區域因姿態改變所造成航帶重疊點雲降低，僅占作業區域內 0.1%~1.7%，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%)，成果詳如圖 2-33。

| 5-2-1測區 | | | | 5-2-2測區 | | | |
|--------------------|---------------|-----------------------|-------|--------------------|---------------|-----------------------|-------|
| | 方格內點密度 | 數量 | 百分比 | | 方格內點密度 | 數量 | 百分比 |
| 白 | D > 2.0 | 76,654 | 98.2% | 白 | D > 2.0 | 104,392 | 99.9% |
| 紅 | 2.0 > D > 1.0 | 1,301 | 1.7% | 紅 | 2.0 > D > 1.0 | 83 | 0.1% |
| 黃 | 1.0 > D | 89 | 0.1% | 黃 | 1.0 > D | 13 | 0.0% |
| 藍 | 水域 | 928 | ----- | 藍 | 水域 | 148 | ----- |
| 合計總格數 | | 78,972 | | 合計總格數 | | 104,636 | |
| D為方格內點密度，水域方格不納入統計 | | | | D為方格內點密度，水域方格不納入統計 | | | |
| 整區平均密度 | | 3.98 點/m ² | | 整區平均密度 | | 5.85 點/m ² | |

資料來源：成功大學衛星資訊研究中心(監審單位)

圖 2-33 計畫範圍子測區點雲密度檢核成果

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 2-34)。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 2-34。

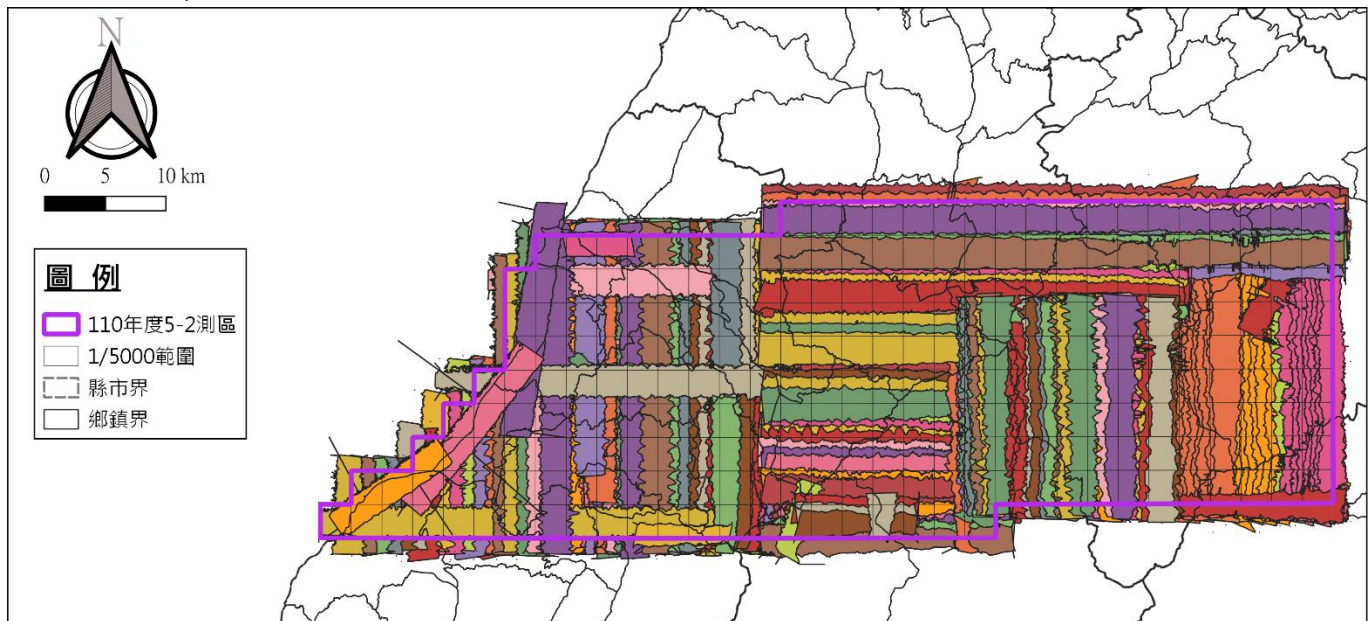


圖 2-34 各架次點雲涵蓋範圍圖

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

一、Riegl LMS-Q780 原始空載光達資料解算整體流程如圖 2-35，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。

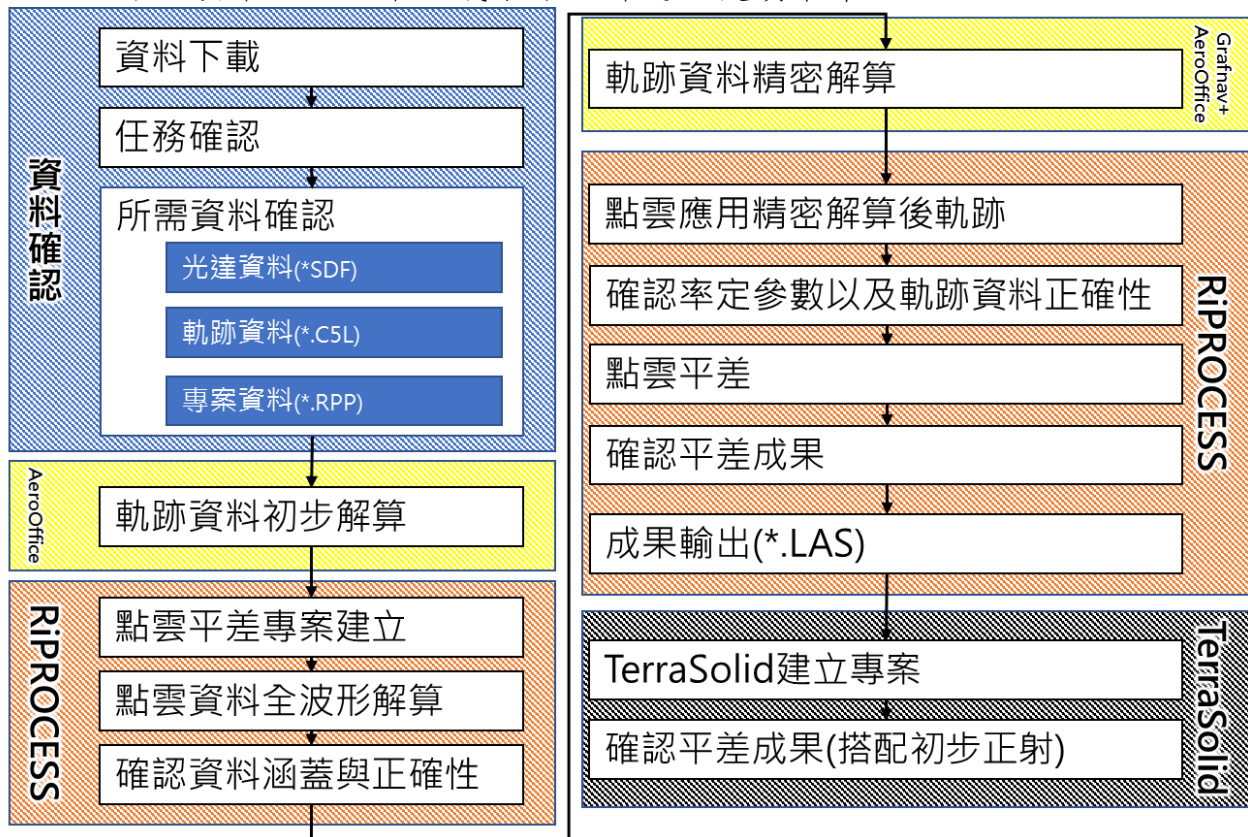


圖 2-35 Riegl LMS-Q780 原始空載光達資料解算整體流程

- (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)確認飛航掃瞄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 2-36)、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 基地站資料，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 2-37)。

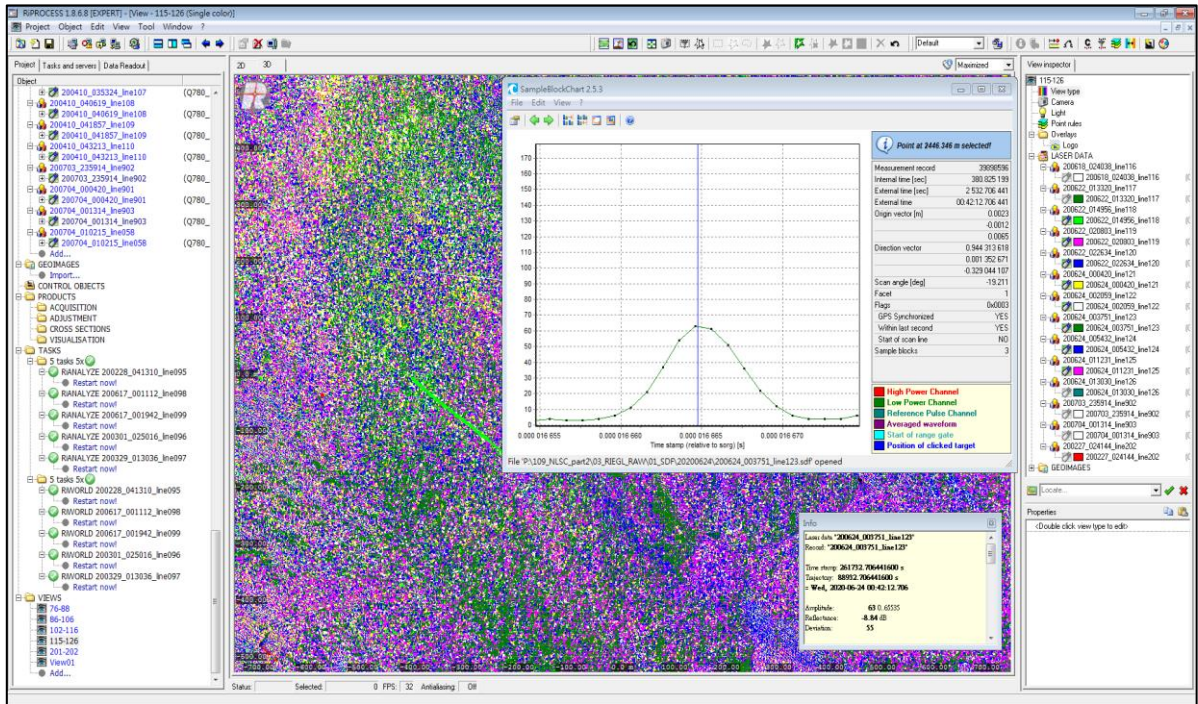


圖 2-36 Riegl RiPROCESS 展示全波形資料作業畫面

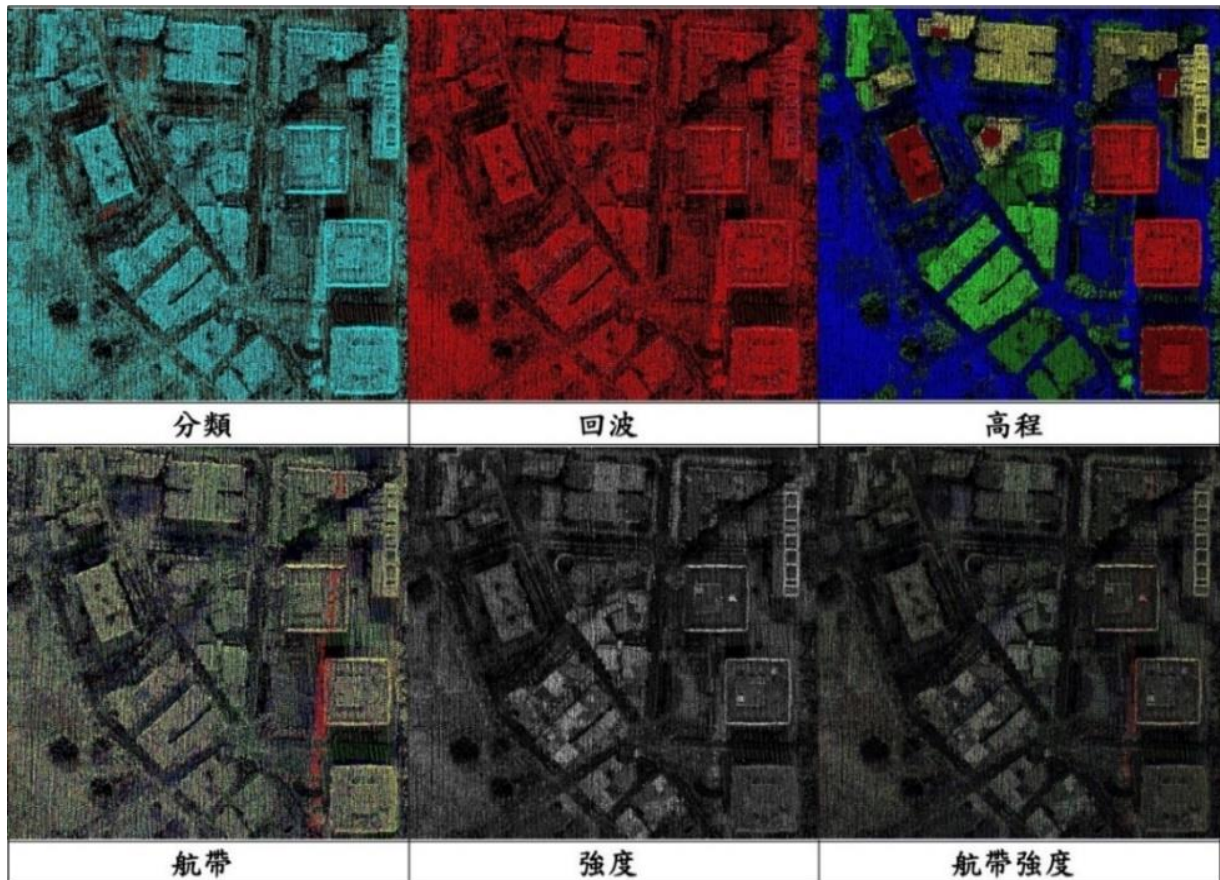


圖 2-37 點雲資料各別屬性展示圖

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 2-38。

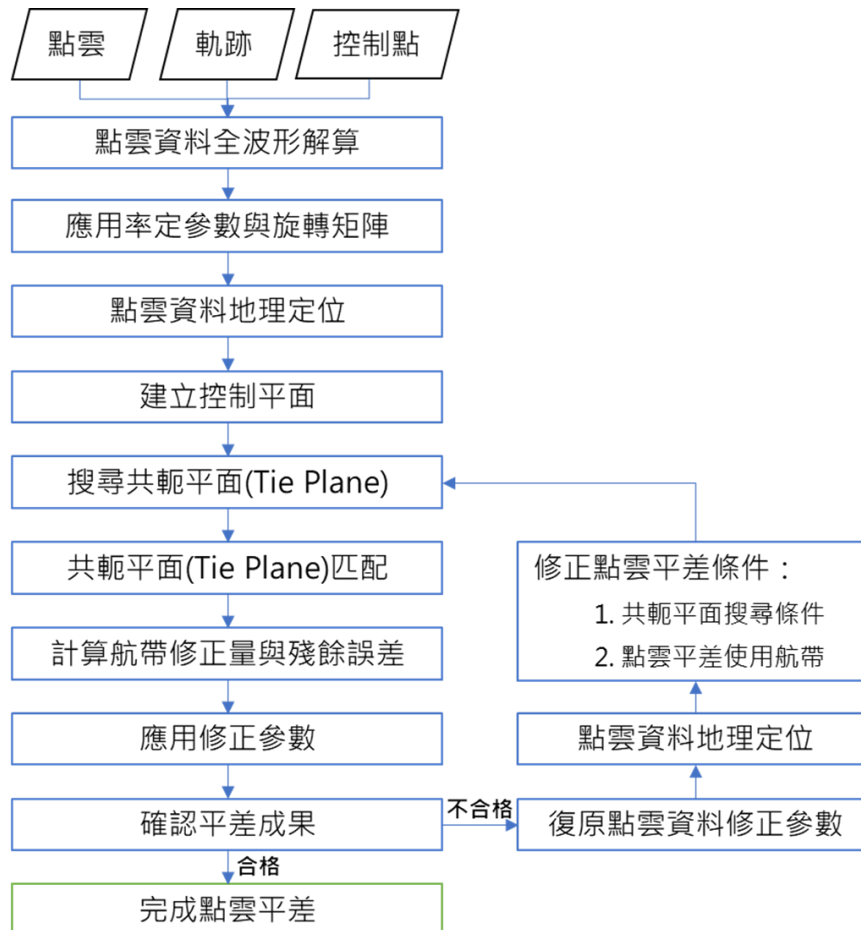


圖 2-38 點雲航帶平差作業流程

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 2-39。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 功能計算各航帶頭中尾控制點與航帶平差後點雲之高程中

誤差，本作業區點雲平差後高程中誤差為 5.4 公分，符合作業規範(應小於 10 公分)。

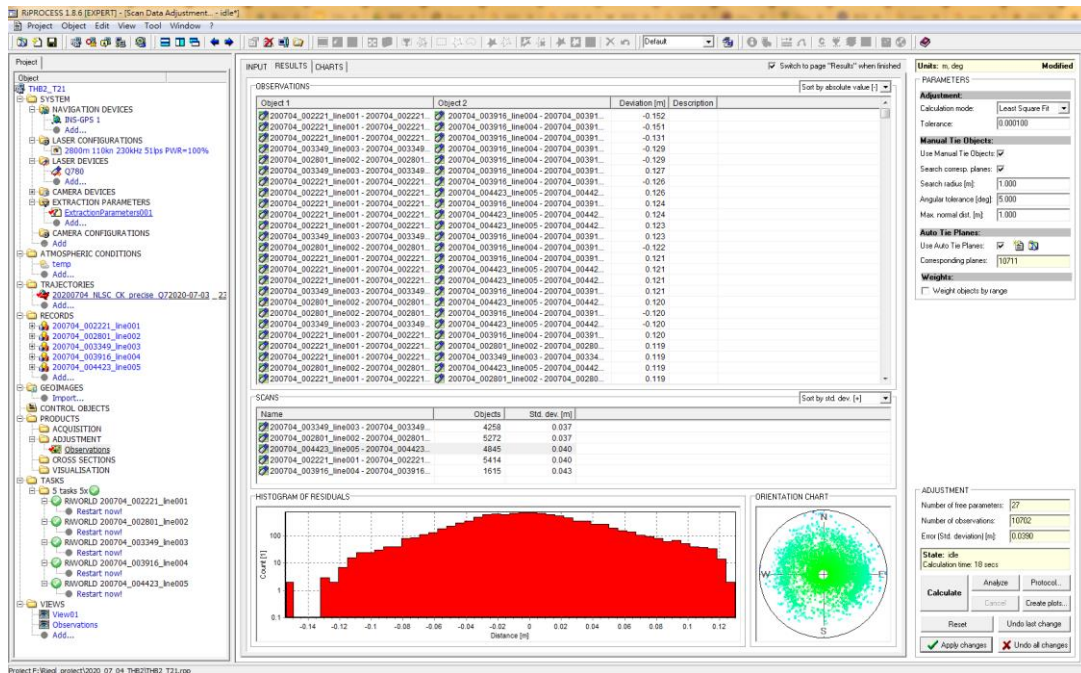
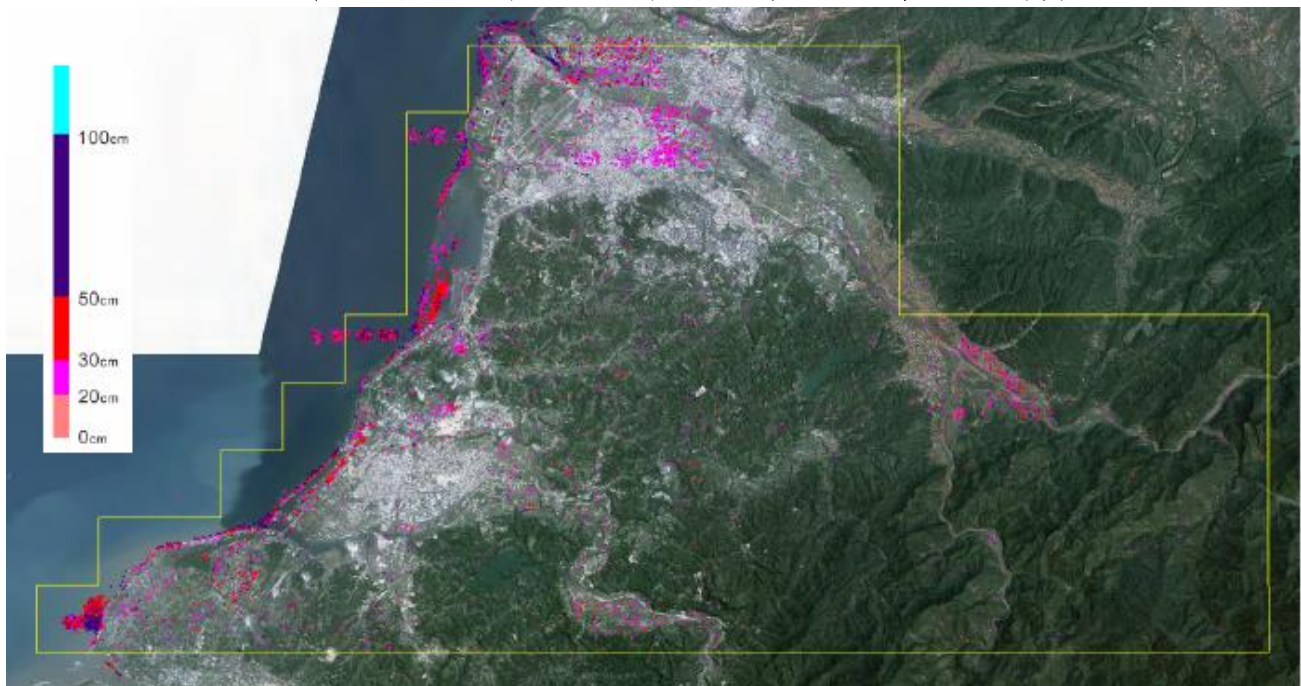


圖 2-39 點雲航帶平差作業畫面

二、完成航帶平差後，重新進行航帶間相對高程誤差檢核，各子測區分別簡述如下。

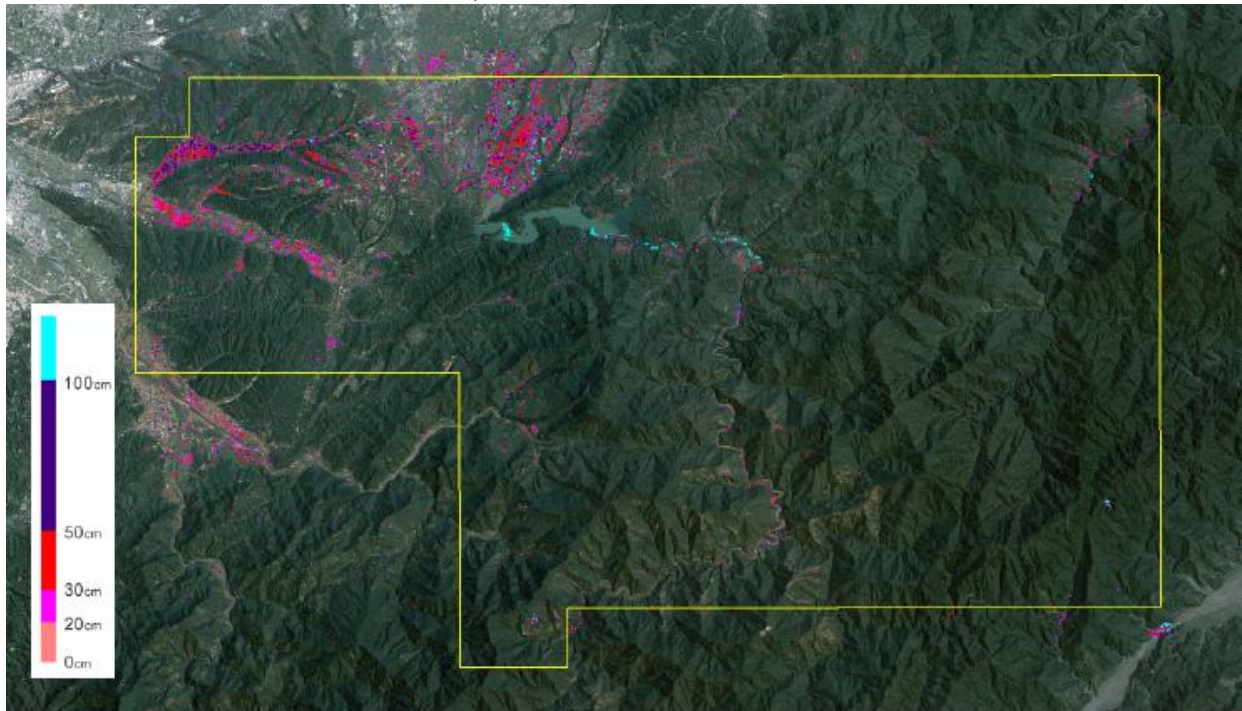
(一) 經監審單位審查後檢核成果，於第一子測區共有 70,251 個有效的檢測點，航帶間高程相對偏差量平均值為 8.7 公分，相關資訊如圖 2-40。



資料來源：成功大學衛星資訊研究中心(監審單位)

圖 2-40 點雲航帶平差檢核成果-第一子測區(5-2-1 測區)

(二) 經監審單位審查後檢核成果，第二子測區共有 29,330 個有效的檢測點，航帶間高程相對偏差量平均值為 11.7 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 2-41。



資料來源：成功大學衛星資訊研究中心(監審單位)

圖 2-41 點雲航帶平差檢核成果-第二子測區(5-2-2 測區)

2-7-3 點雲分類

LiDAR 點雲掃描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 2-42 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 點雲掃描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。

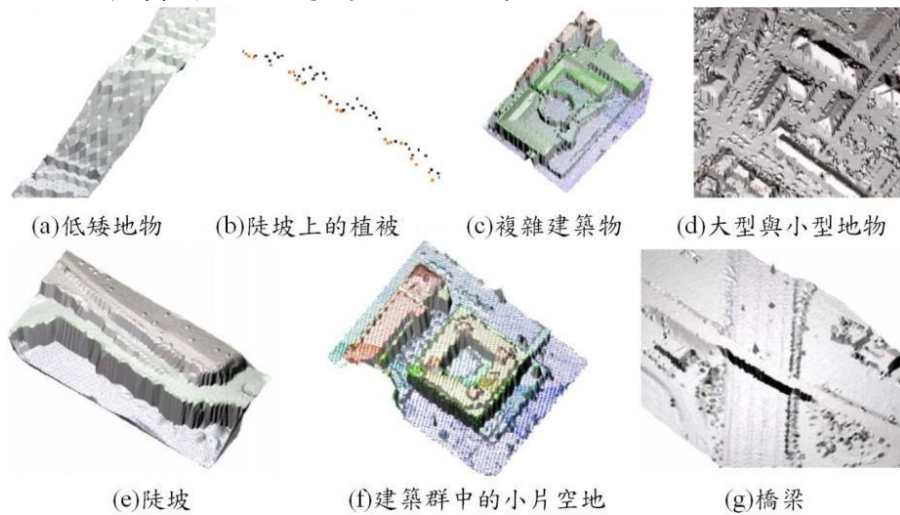


圖 2-43 LiDAR 點雲分類困難區域

(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表點，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

地表點/非地表點/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 2-44 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 2-45。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。

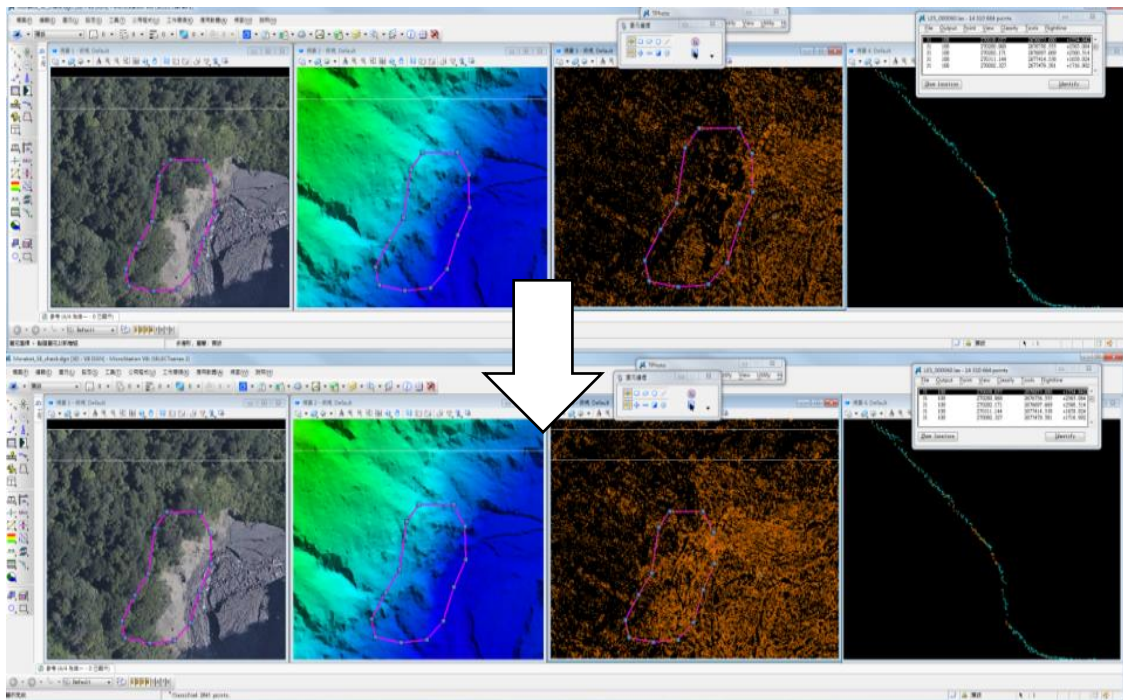


圖 2-44 以人工進行點雲分類前後示意圖

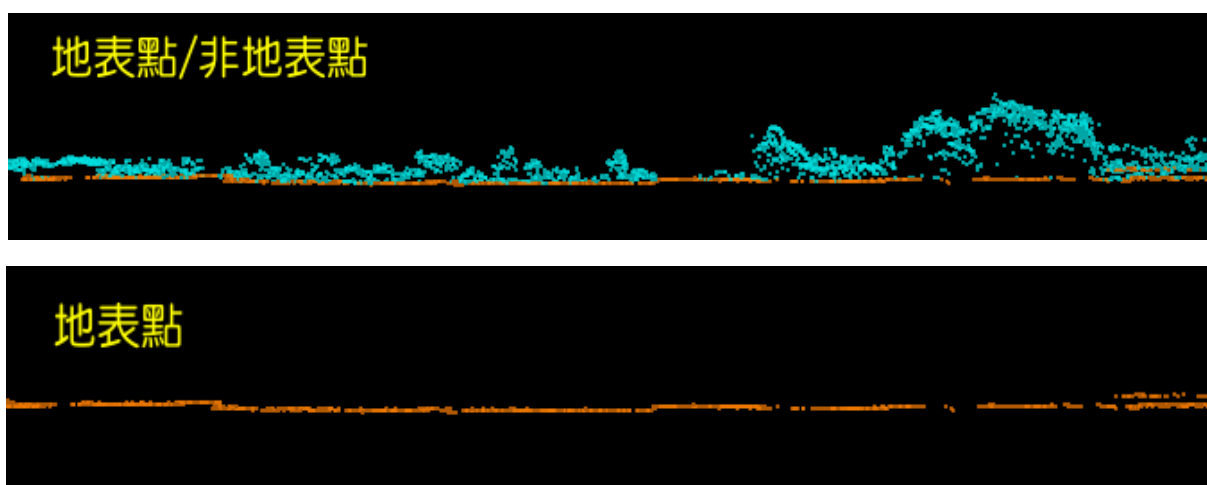


圖 2-45 點雲編修分類成果示意圖

(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，並將水域內之地表點雲經由 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 2-22 與圖 2-46 所示，於 110 年 9 月 7 日獲得第一子測區(5-2-1 測區)監審單位審查合格；於 111 年 1 月 25 日獲得第二子測區(5-2-2 測區)監審單位審查合格，提送以及檢核相關期程詳如表 2-23 以及表 2-24。

表 2-22 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-5-3-001 | 凌○晴 | 28 | 9 | 0 | 19 | 28 | 0.0% |
| OP-5-3-002 | 黃○婷 | 48 | 12 | 0 | 36 | 48 | 0.0% |
| OP-5-3-003 | 黃○玟 | 49 | 9 | 0 | 40 | 49 | 0.0% |
| OP-5-3-004 | 董○琪 | 45 | 7 | 0 | 38 | 45 | 0.0% |
| OP-5-3-005 | 周○宜 | 41 | 13 | 0 | 28 | 41 | 0.0% |
| OP-5-3-006 | 彭○淇 | 43 | 9 | 0 | 34 | 43 | 0.0% |
| OP-5-3-007 | 洪○慈 | 12 | 4 | 0 | 8 | 12 | 0.0% |

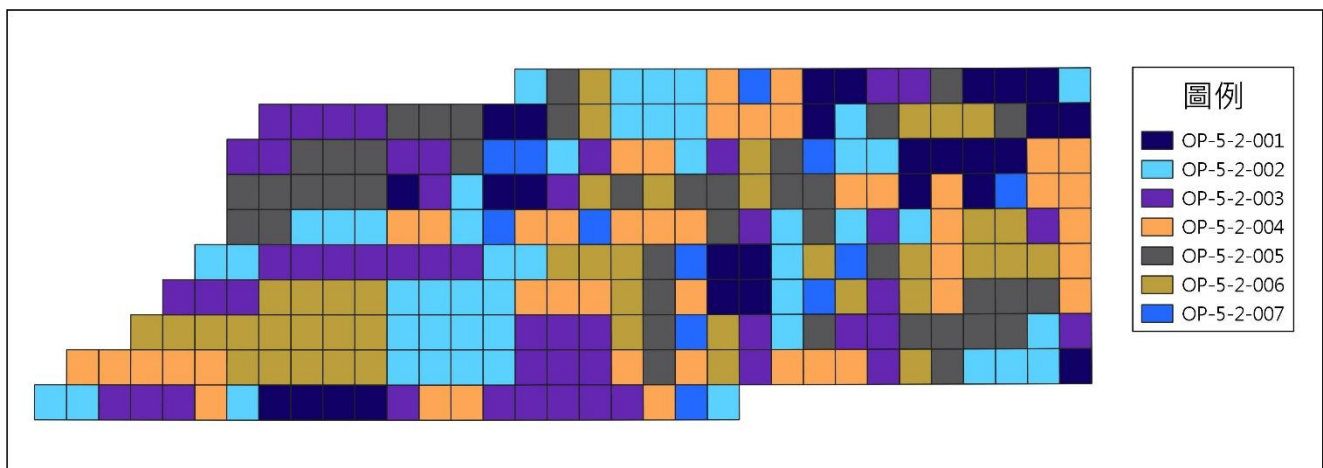


圖 2-46 作業人員編修圖幅分布圖

表 2-23 110 年第一子測區(5-2-1 測區)DEMLAS 分批提送時程與檢查結果

| 提送成果項目 | 提送數量 | 提送日期 | 檢查完成日期 | 檢查結果 |
|----------|--------------|-----------------------|----------|------|
| DEM 點雲分類 | 45 幅 | 110/7/8 | 110/8/4 | 通過 |
| | 31 幅 | 110/7/29 | 110/8/26 | 通過 |
| | 42 幅 | 110/8/18 | 110/9/7 | 通過 |
| 合計 | 118 幅 | 本項檢查完成日期 110/9/7 判定合格 | | |

資料來源：成功大學衛星資訊研究中心(監審單位)

表 2-24 110 年第二子測區(5-2-2 測區)DEMLAS 分批提送時程與檢查結果

| 提送成果項目 | 提送數量 | 提送日期 | 檢查完成日期 | 檢查結果 |
|----------|--------------|-------------------------|-----------|------|
| DEM 點雲分類 | 1 幅 | 110/11/10 | 110/12/08 | 通過 |
| | 20 幅 | 110/11/22 | 110/12/16 | 通過 |
| | 19 幅 | 110/11/29 | 110/12/17 | 通過 |
| | 15 幅 | 110/12/06 | 110/12/17 | 通過 |
| | 9 幅 | 110/12/08 | 110/12/21 | 通過 |
| | 25 幅 | 110/12/09 | 110/12/24 | 通過 |
| | 17 幅 | 110/12/21 | 110/12/29 | 通過 |
| | 14 幅 | 111/01/07 | 111/01/18 | 通過 |
| | 13 幅 | 111/01/19 | 111/01/24 | 通過 |
| | 15 幅 | 111/01/24 | 111/01/25 | 通過 |
| 合計 | 148 幅 | 本項檢查完成日期 111/01/25 判定合格 | | |

資料來源：成功大學衛星資訊研究中心(監審單位)

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：以現行五千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，並於鄰近區域以 VBS-RTK 作主站，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。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 2-47，檢核成果接續小節所述，全數符合本計畫作業規定。



(a) 裸露地



(b) 矮植被



(c) 植生地



(d) 林地



(e) 都會區



(f) 濕地

圖 2-47 地類檢核點實地施測作業照

(二) 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 2-25，繪製各類別統計分析圖如圖 2-48~圖 2-53，全數符合作業規範，各點檢核成果詳細資訊如附件九，各點位近景及遠景像片詳如附件十。

表 2-25 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 | 均方根誤差 |
|-----------|----------|-------------|---------------|-------------|-------------|-------|-------|
| 裸露地 | 30 | 0.008 | 0.040 | 0.093 | -0.141 | 0.051 | 0.051 |
| 矮植被 | 30 | 0.099 | 0.105 | 0.178 | -0.038 | 0.057 | 0.114 |
| 植生地 | 30 | 0.071 | 0.090 | 0.204 | -0.079 | 0.085 | 0.109 |
| 林地 | 30 | 0.110 | 0.149 | 0.409 | -0.246 | 0.153 | 0.186 |
| 都會區 | 30 | 0.029 | 0.046 | 0.125 | -0.099 | 0.048 | 0.056 |
| 濕地 | 30 | -0.043 | 0.067 | 0.173 | -0.159 | 0.068 | 0.080 |

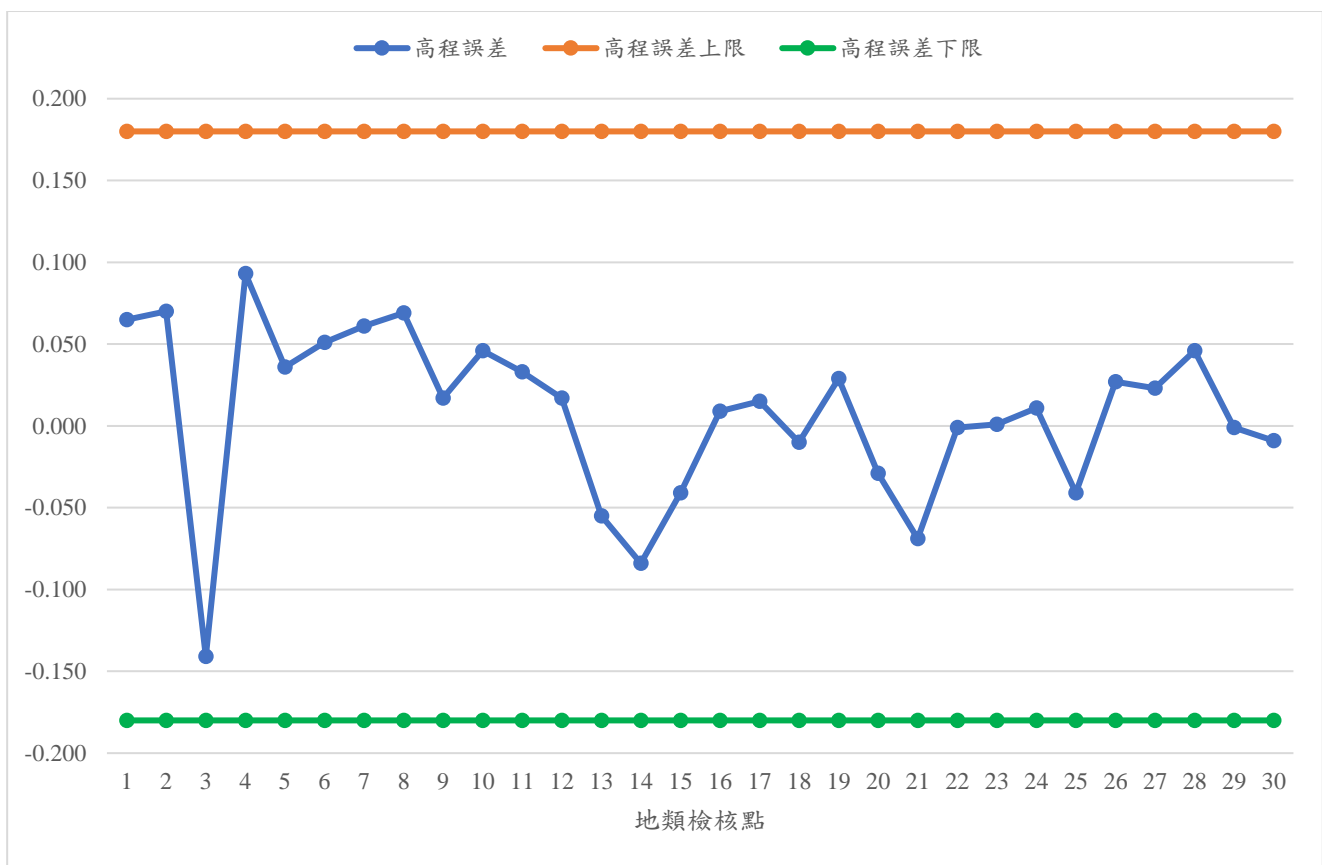


圖 2-48 低海拔及河川洪泛溢淹地區地類檢核點成果-裸露地

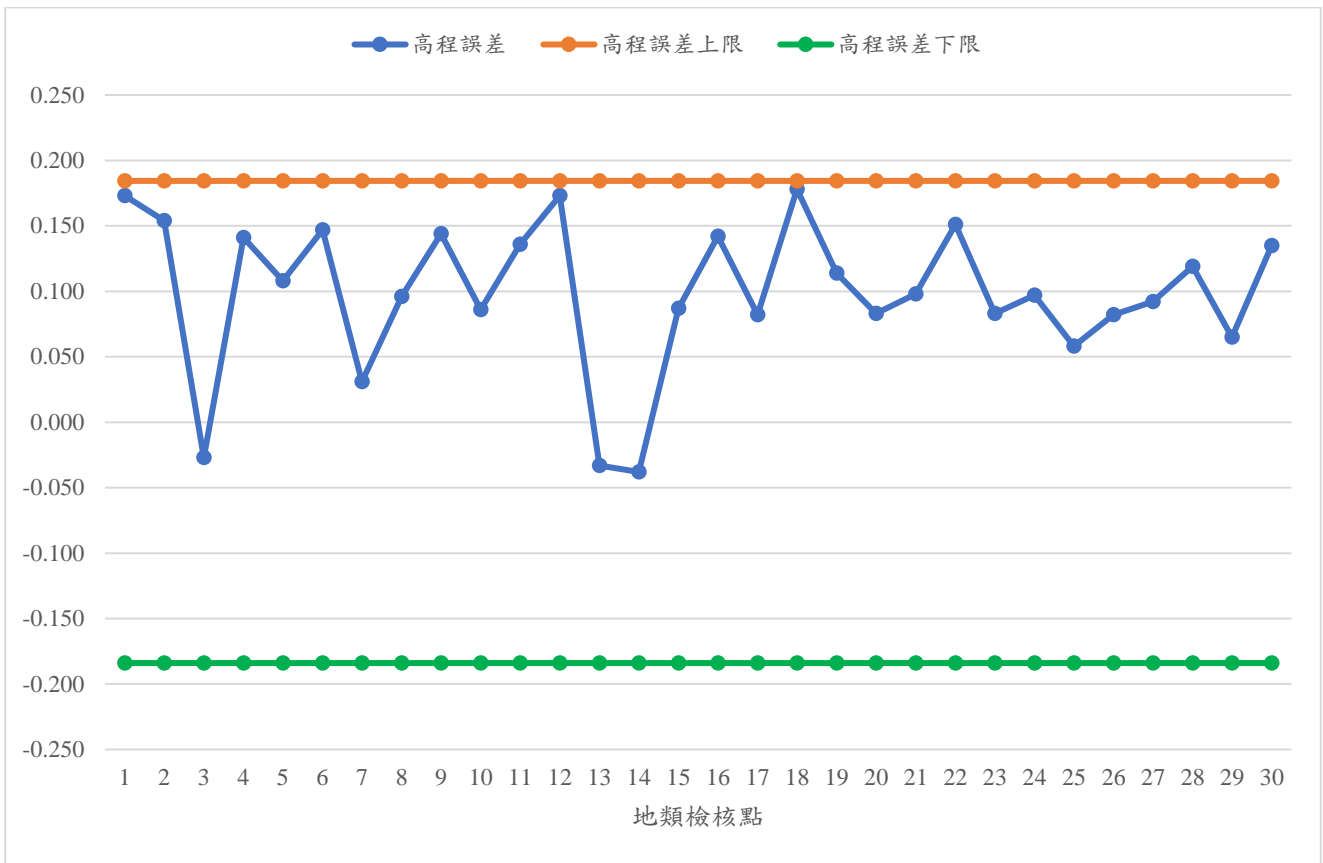


圖 2-49 低海拔及河川洪泛溢淹地區地類檢核點成果-矮植被

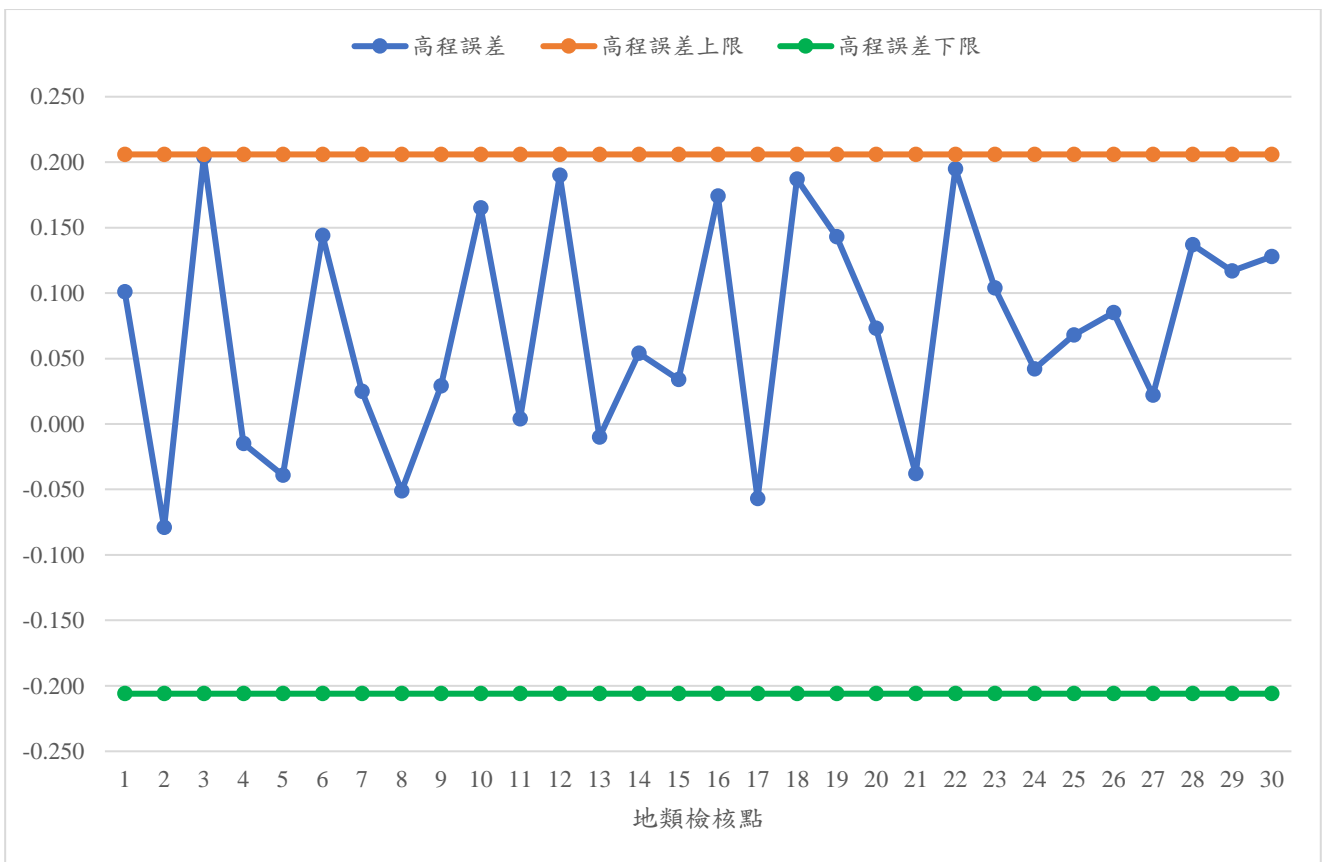


圖 2-50 低海拔及河川洪泛溢淹地區地類檢核點成果-植生地

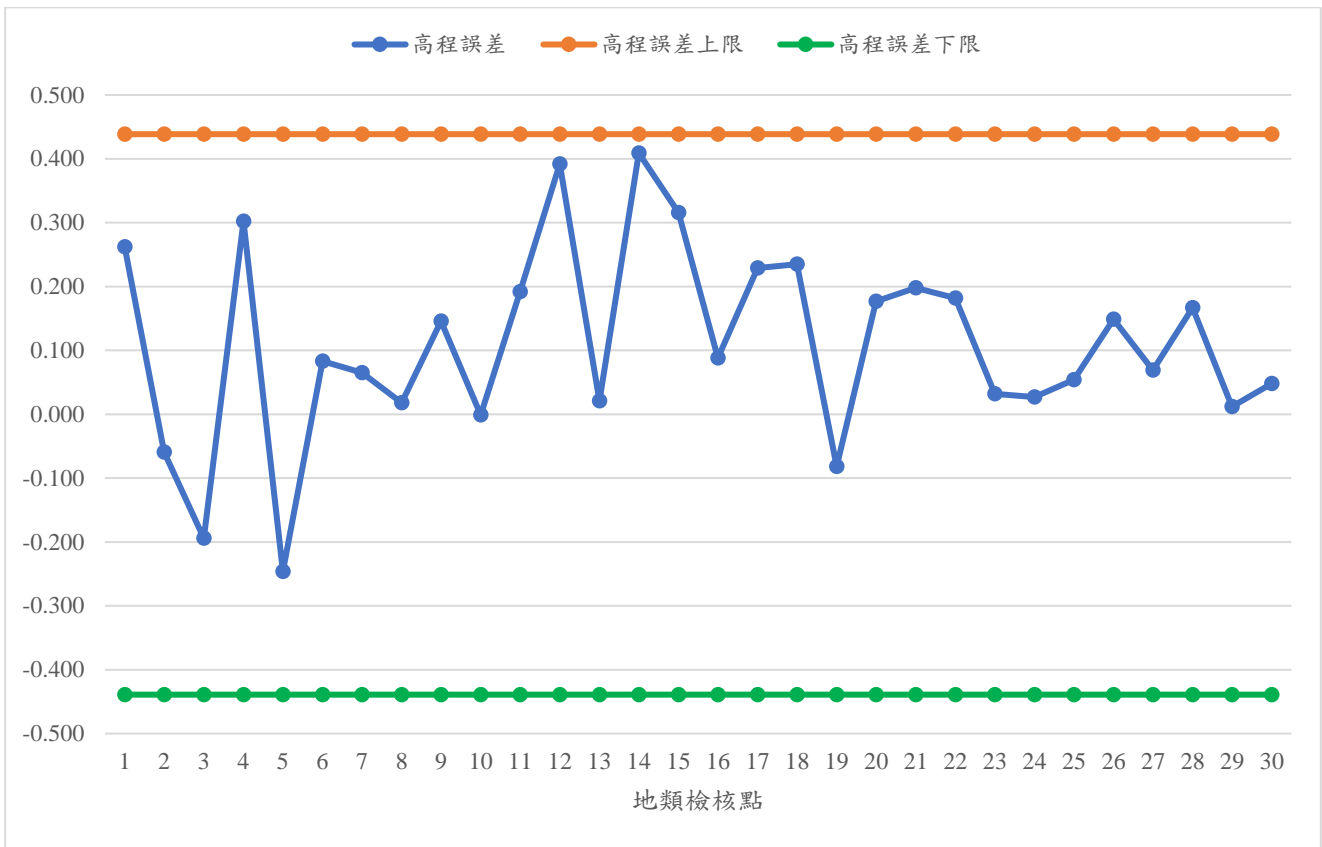


圖 2-51 低海拔及河川洪泛溢淹地區地類檢核點成果-林地

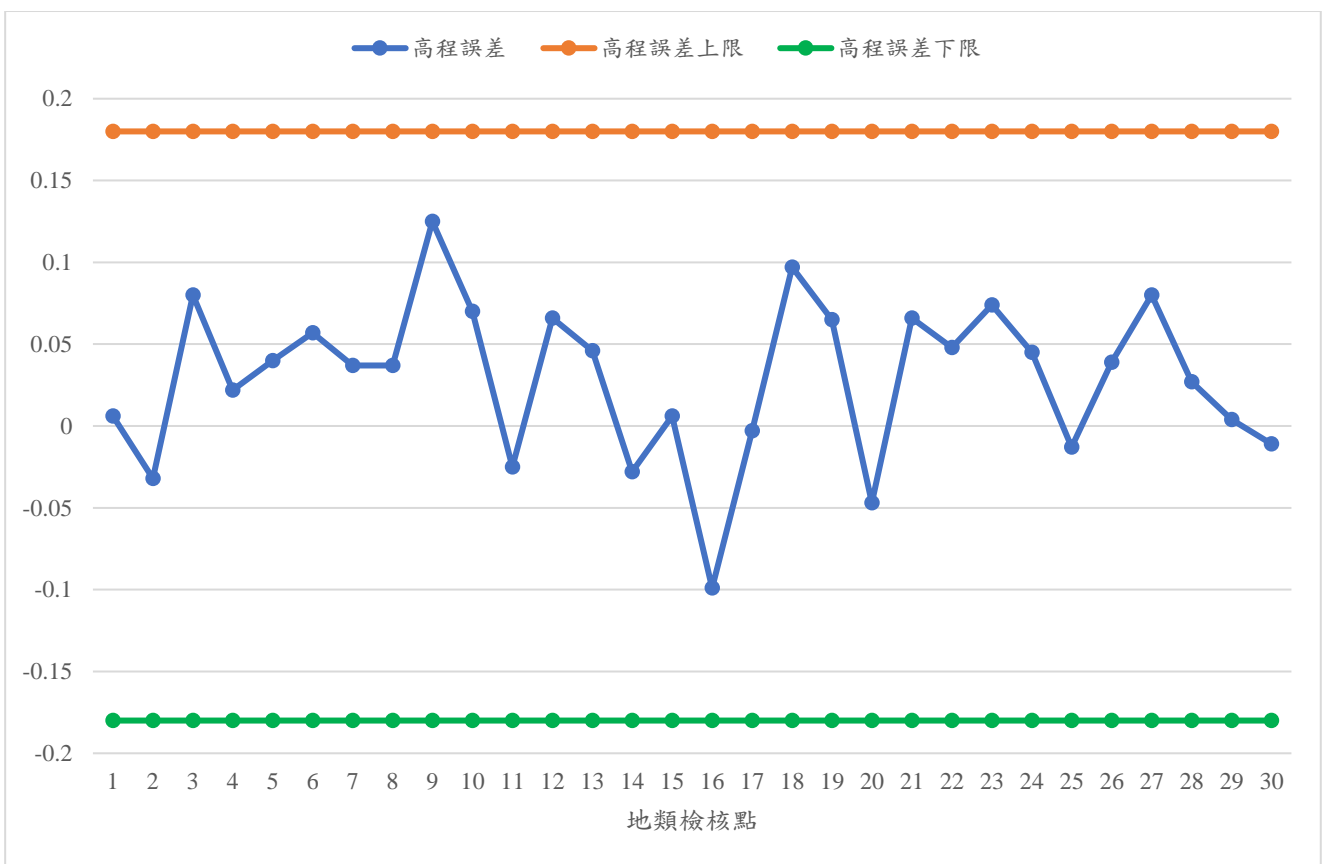


圖 2-52 低海拔及河川洪泛溢淹地區地類檢核點成果-都會區

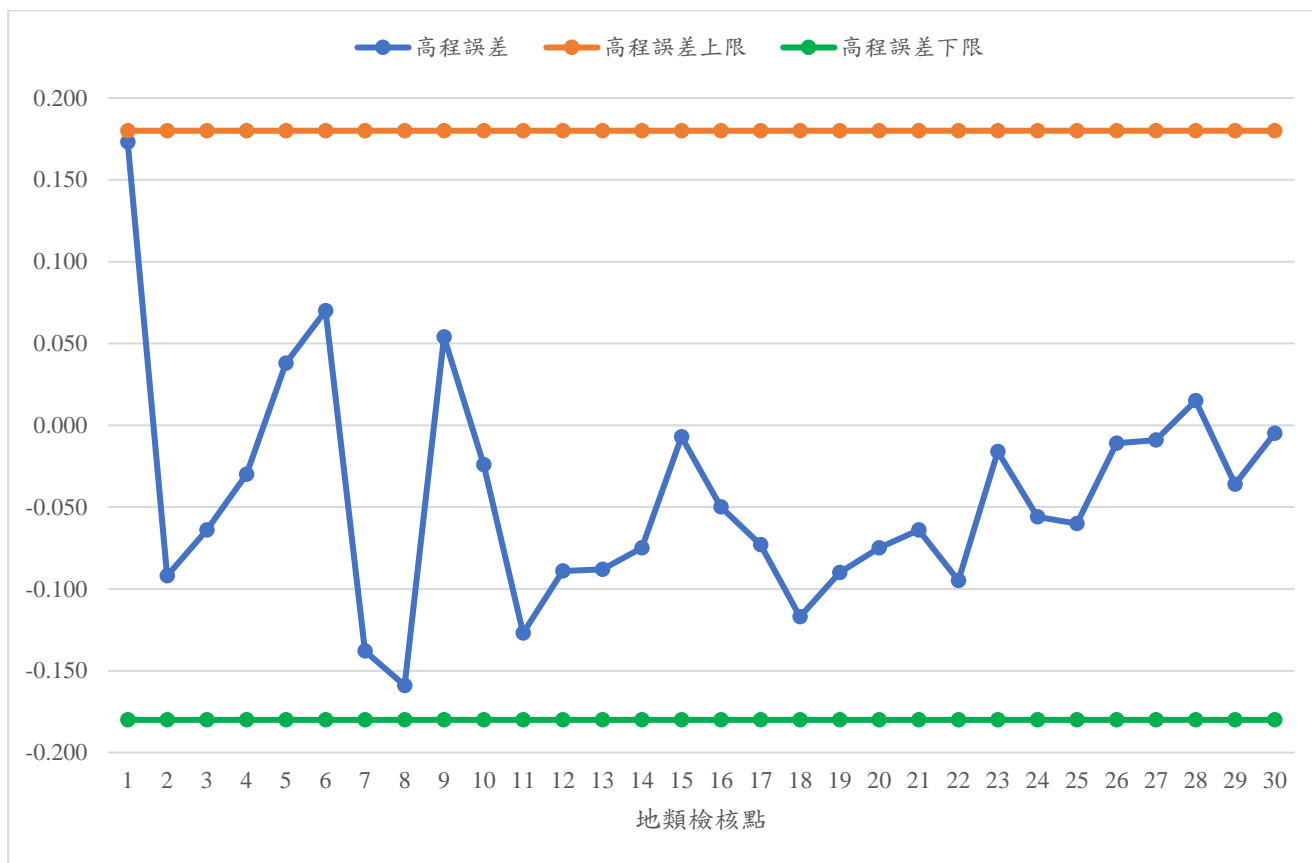


圖 2-53 低海拔及河川洪泛溢淹地區地類檢核點成果-濕地

(三) 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 2-25 以及附件九，繪製各類別統計分析圖如圖 2-54~圖 2-58，各點位近景及遠景像片詳如附件十。

表 2-26 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 | 均方根誤差 |
|-------|------|----------|-----------|----------|----------|-------|-------|
| 裸露地 | 30 | 0.001 | 0.051 | 0.110 | -0.095 | 0.062 | 0.061 |
| 矮植被 | 30 | -0.022 | 0.076 | 0.150 | -0.172 | 0.090 | 0.091 |
| 林地 | 30 | -0.021 | 0.153 | 0.399 | -0.444 | 0.205 | 0.203 |
| 密林地 | 30 | 0.014 | 0.203 | 0.854 | -0.617 | 0.299 | 0.294 |
| 植生地 | 30 | -0.036 | 0.079 | 0.152 | -0.195 | 0.088 | 0.093 |

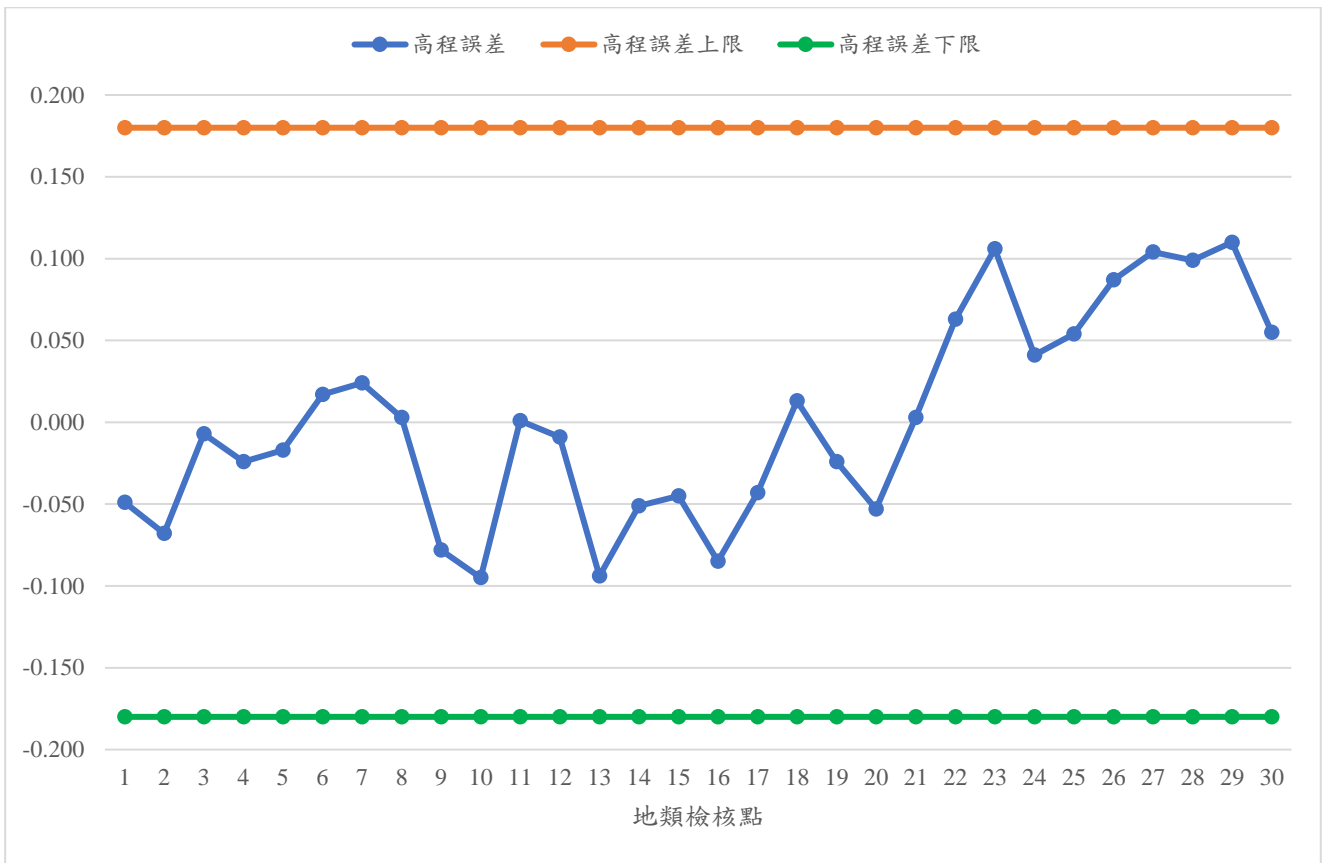


圖 2-54 中高海拔山區地類檢核點成果-裸露地

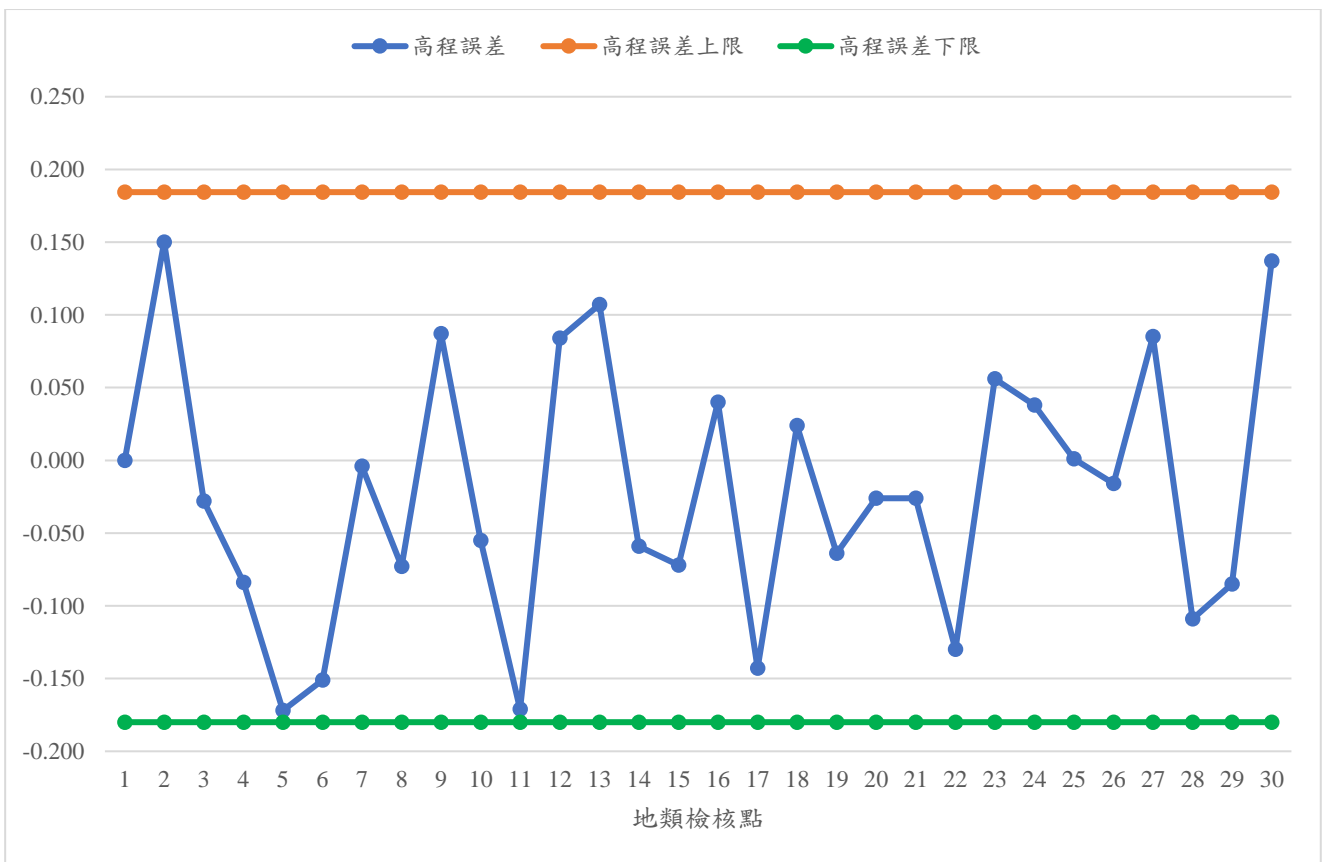


圖 2-55 中高海拔山區地類檢核點成果-矮植被

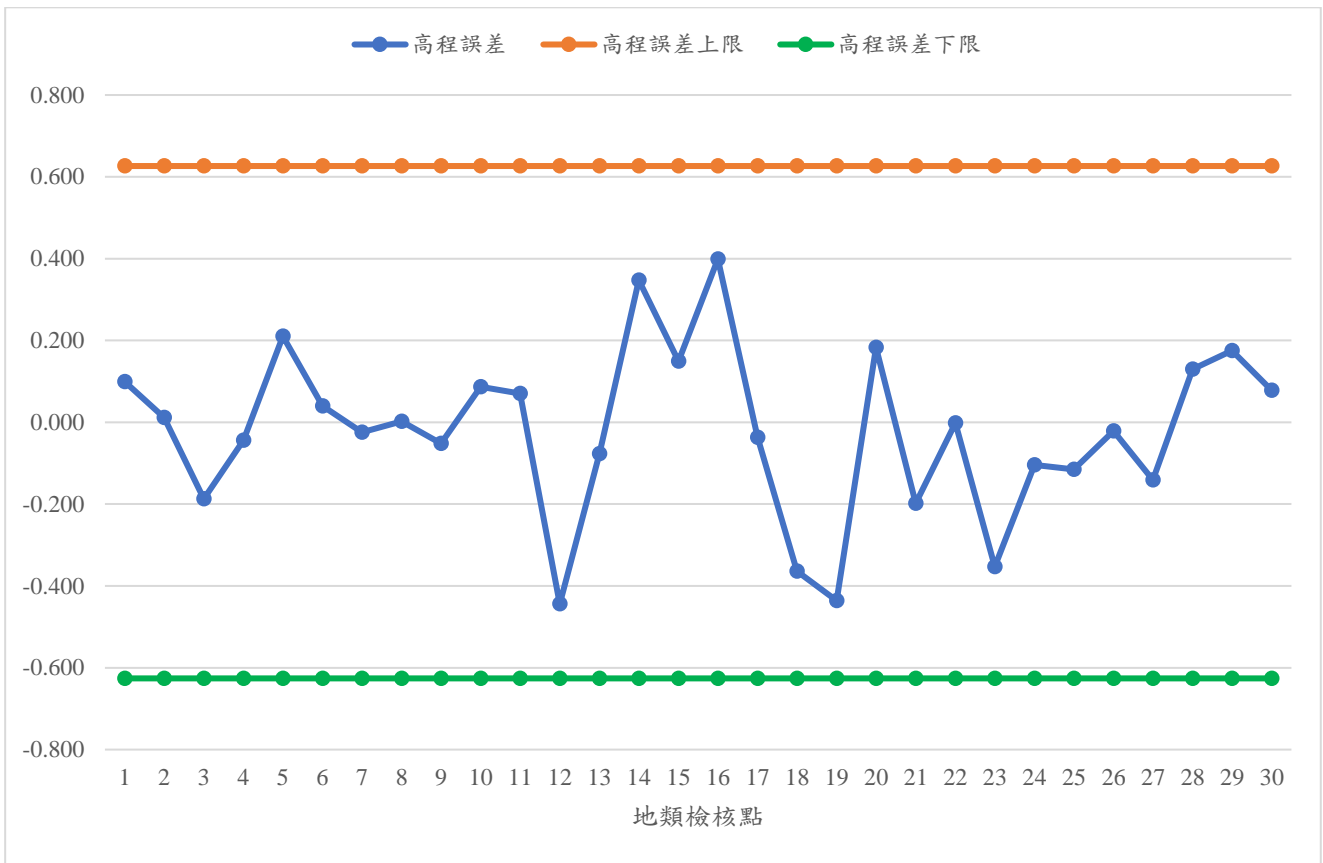


圖 2-56 中高海拔山區地類檢核點成果-林地

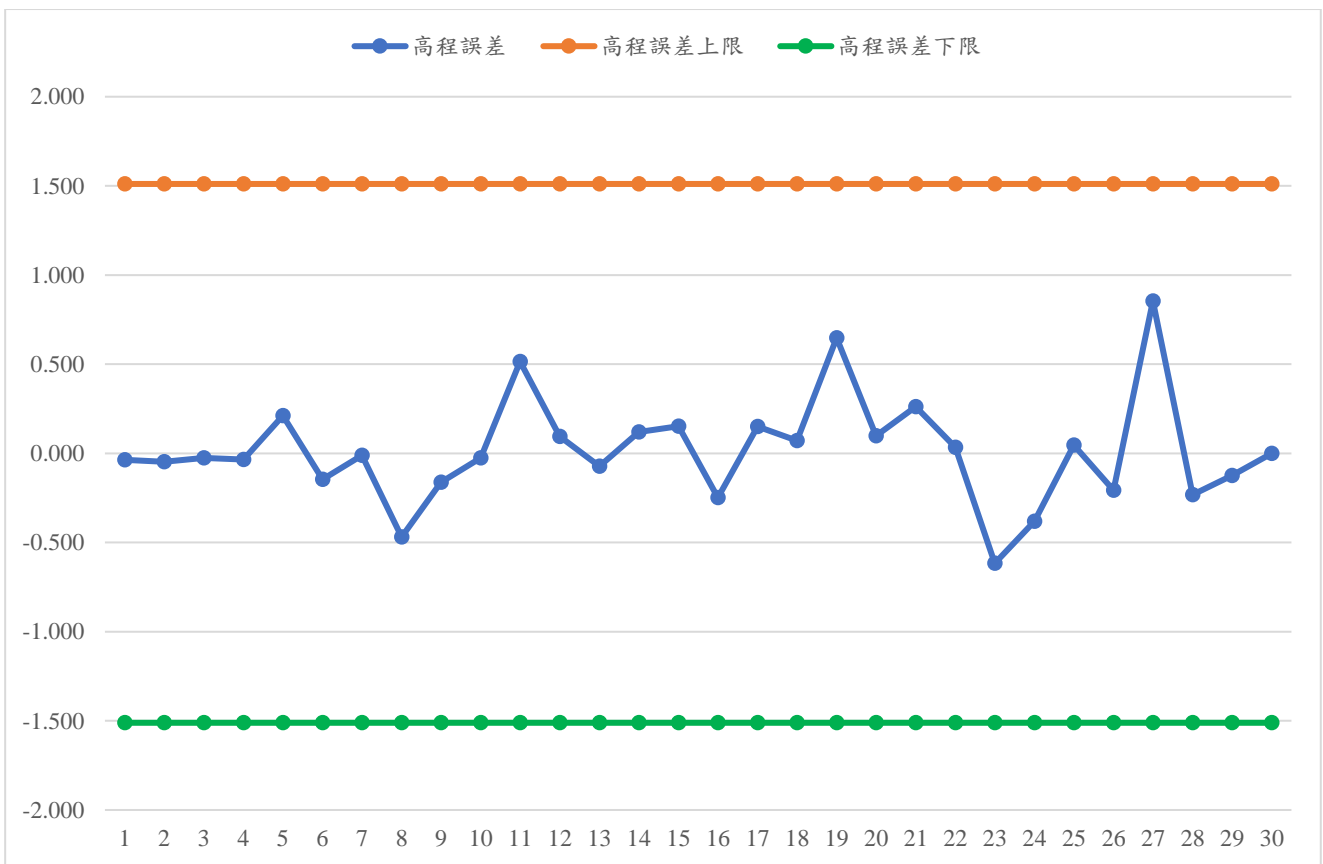


圖 2-57 中高海拔山區地類檢核點成果-密林地

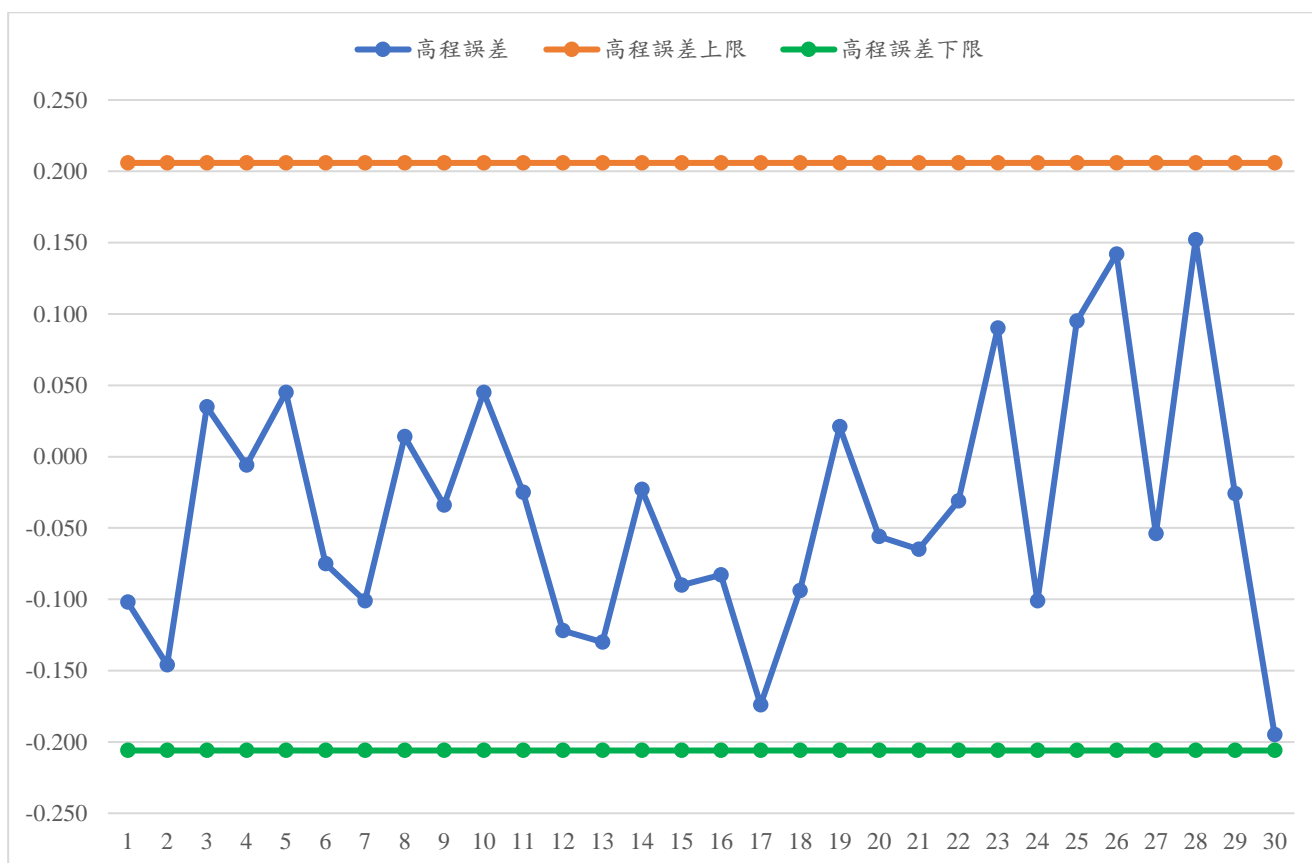


圖 2-58 中高海拔山區地類檢核點成果-植生地

中高海拔山區地類檢核點中於林地及密林地分類中有部分點位高差較大，經檢視差值較大點位(林地：52-2412：44.4 公分、52-2416：39.9 公分；密林地：52-2511：51.5 公分；52-2519：64.7 公分)現地照片，發現多為竹林周遭(如圖 2-59)，評估因竹林生長密度高光達點雲穿透不易，造成點雲比對時因為鄰近點位變少造成內插高程較易失真而使較差變大，各點位檢核成果如附件九，遠近照如附件十。



52-2412 近照



52-2412 遠照



52-2416 近照



52-2416 遠照



52-2511 近照



52-2511 遠照



52-2519 近照



52-2519 遠照

圖 2-59 中高海拔山區地類檢核點遠近照檢視

二、橫斷面(cross section)檢核測量

(一) 橫斷面檢核點測量

於 110 年 2 月 19 起至 4 月 12 日完成外業測量，採用 VBS-RTK 方式施測，共施測 101 點，其中 60 點為低海拔及河川洪泛溢淹區，41 點為中高海拔山區，相關分布如圖 2-60，外業工作照如圖 2-61。

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 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。

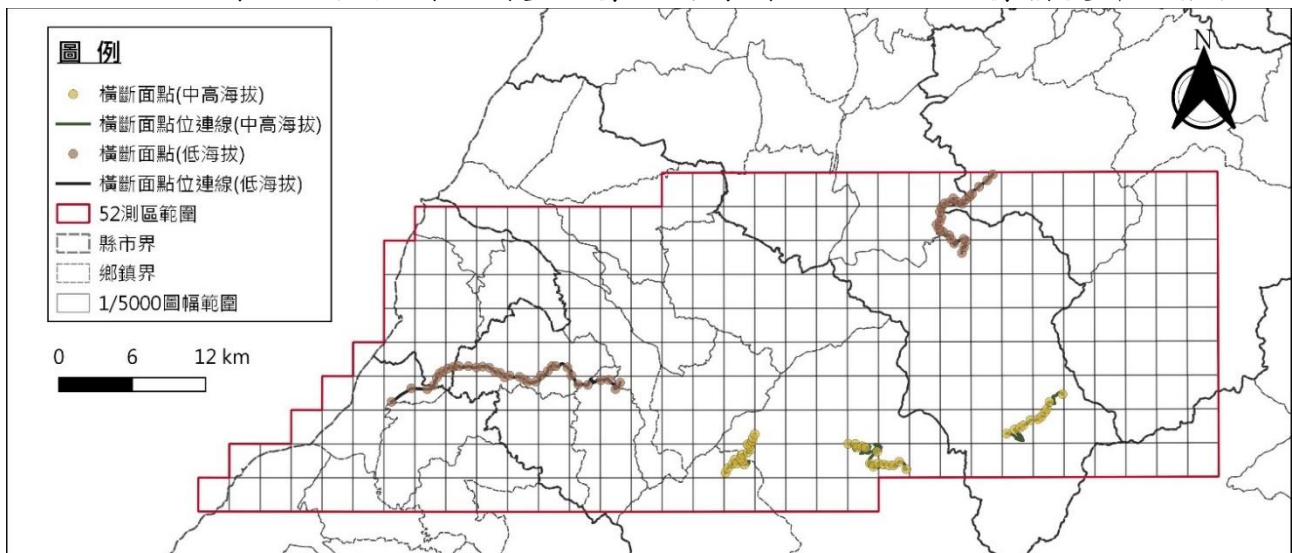


圖 2-60 橫斷面檢核線位置分布



圖 2-61 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 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，分析檢核成果如圖 2-62。



圖 2-62 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 41 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，其中有 2 點因鄰近點雲坡度過大無進行比較，其餘 39 點進行剖面 LiDAR 數據精度評估報告，分析檢核成果如圖 2-63。

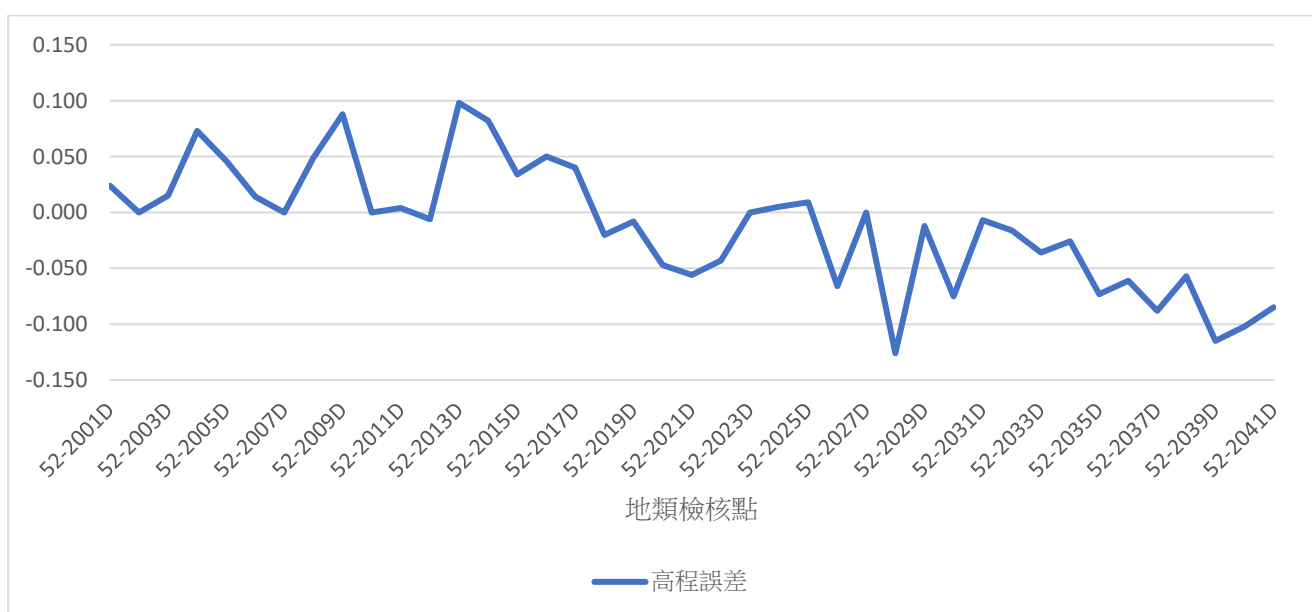


圖 2-63 中高海拔山區測製地區-斷面檢核成果

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 及第 6 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。第 3 及第 7 階段辦理外業檢查，每一階段至少抽查 6 個圖幅、合計至少 30 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。

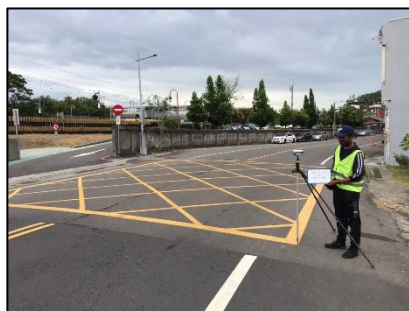
本計畫於 110 年 10 月 12 日至 110 年 10 月 13 日間進行第 2 階段外業檢查，計有檢核點共 23 點，平均值為 -0.8 公分，均方根誤差(RMSE)值為 3.6 公分，全數檢核合格。並於 111 年 3 月 21 日至 111 年 3 月 22 日間進行第 3 階段外業檢查，計有檢核點共 36 點，平均值為 0.8 公分，均方根誤差(RMSE)值為 8.9 公分，全數檢核合格，其誤差分析統計如表 2-29 所示，作業照片如圖 2-64 所示。

表 2-27 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(5-2-1) | 23 | -0.8 | 3.6 | 3.2 |
| 第 3 階段(5-2-2) | 36 | 0.8 | 8.9 | 6.2 |

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)



110.10.12



110.10.13



111.03.21



111.03.22

圖 2-64 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 110 年 4 月 7 日 109 年第 1 次工作會議紀錄(成大產創字第 1101100988 號)，各測製廠商完成 110 年度成果後，應進行內外部接邊分配方案如圖 2-65。詮華公司負責與歷年資料成果接邊；自強公司負責與詮華測區接邊作業；中興公司負責與自強測區接邊作業，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。

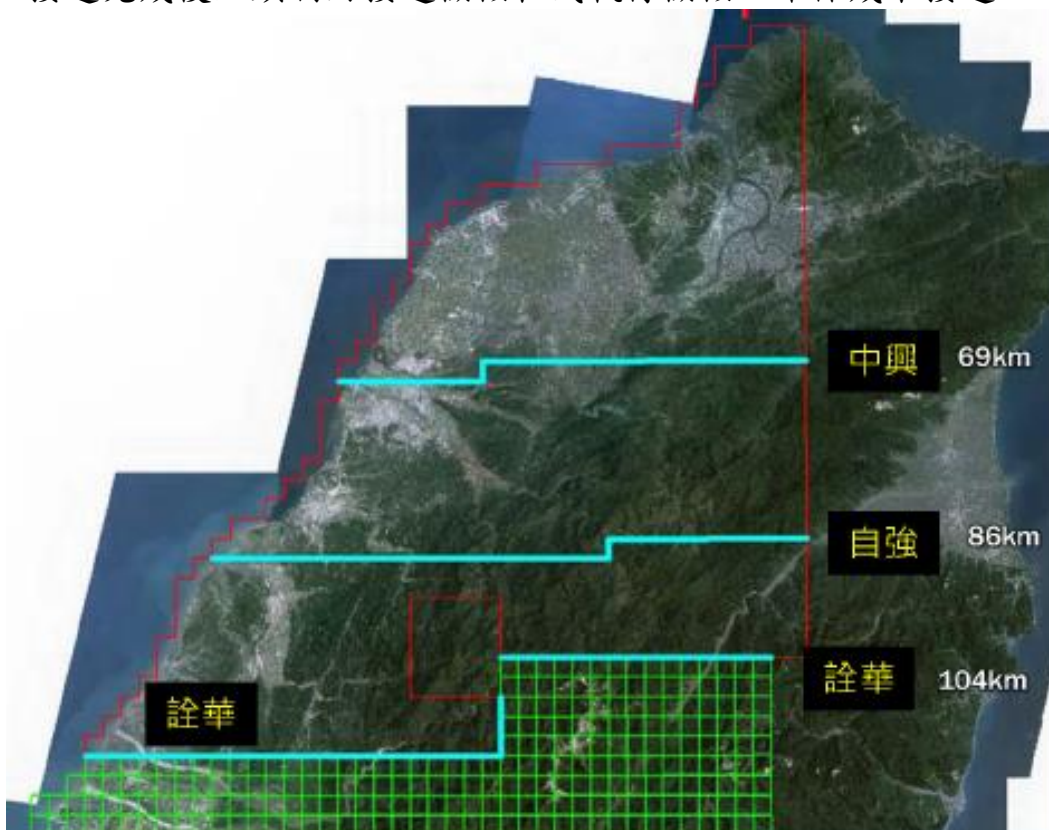


圖 2-65 110 年成果接邊分配圖

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 2-66，成果示意如圖 2-67。

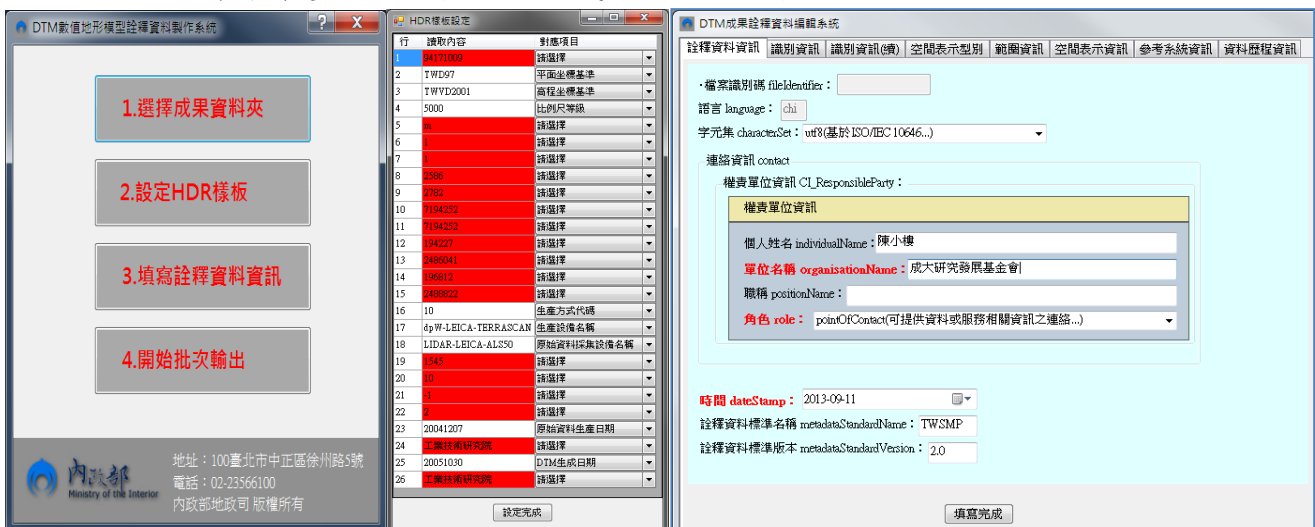


圖 2-66 內政部「詮釋資料建置系統」作業畫面

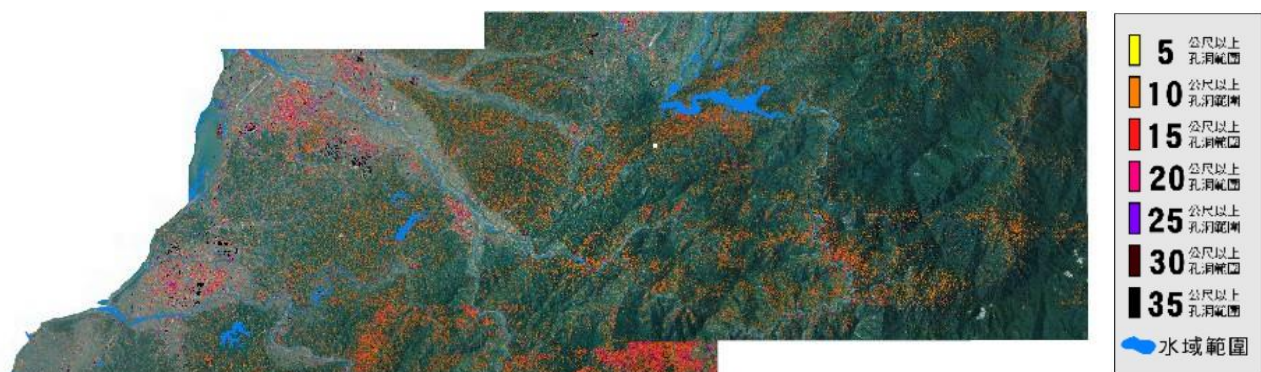


圖 2-67 DEM 詮釋資料成果示意

2-8-8 地面點空間分布檢核(地面點孔洞分析)

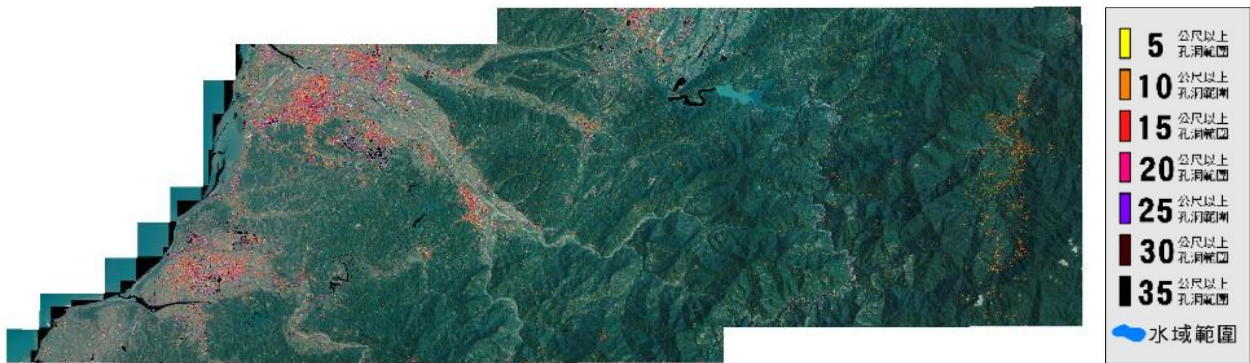
因應空載光達植被穿透或在地形落差大的區域獲取地面點的能力，對如何取得良好的地形表現來說，地面點的分布均勻十分重要，自 105 年度空載光達更新案後，監審單位依作業經驗，設計地面點空間分布之分析指標，用以反應地面點分布狀況。後續經多次工作會議討論，研擬地面點分布檢查之門檻及規範，並透過 109 年度實際試辦後，於 110 年度納入實際契約規範要求。

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 2-68 至圖 2-70 所示。本測區 266 幅範圍內除 34 幅位於平地坡度過小不納入統計外，計有 231 幅為通過(大孔洞 10%以下)，有 1 幅大孔洞比例超過 10%之圖幅，與既有成果比較後判定為相對通過(大孔洞比例增量相較既有成果小於 10%)。



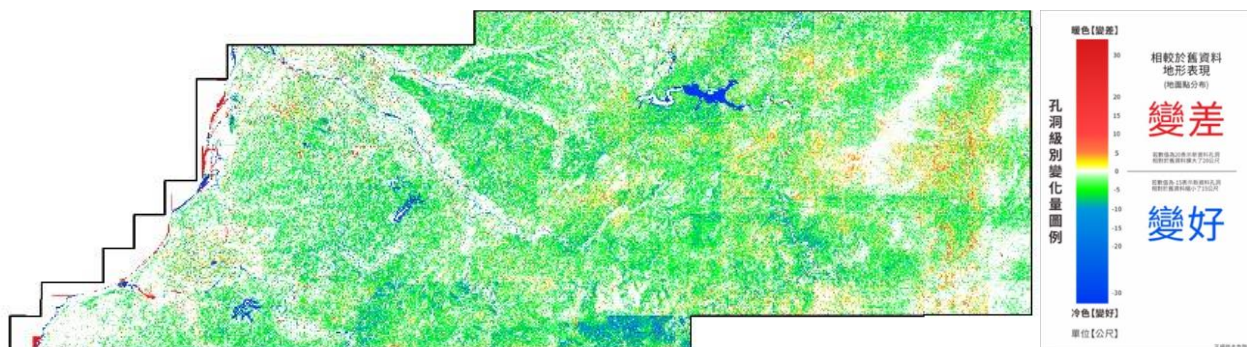
資料來源：成功大學衛星資訊研究中心(監審單位)

圖 2-68 110 年 5-2 測區對應既有光達成果地面點孔洞分析圖



資料來源：成功大學衛星資訊研究中心(監審單位)

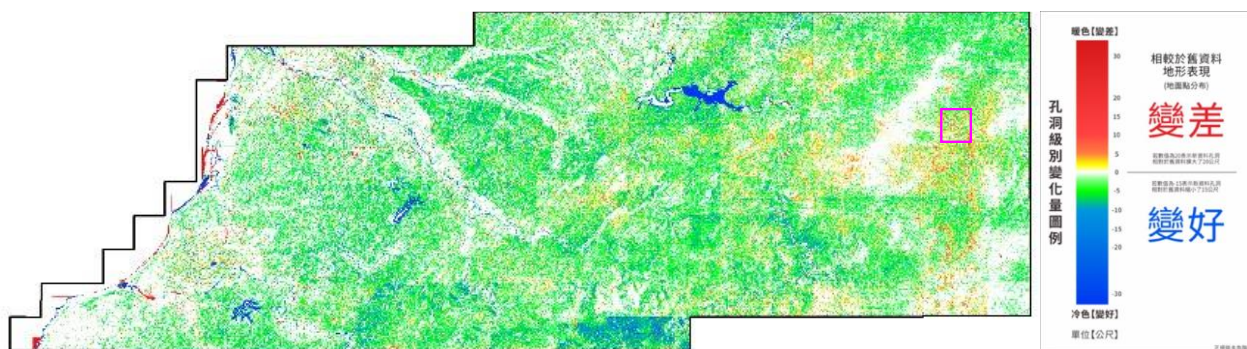
圖 2-69 110 年 5-2 測區地面點孔洞分析圖



資料來源：成功大學衛星資訊研究中心(監審單位)

圖 2-70 110 年 5-2 測區地面點孔洞變異圖

針對該幅相對通過圖幅(圖幅號：96221090)，其相對位置如圖 2-71 中紫框範圍，並清查該範圍飛航測線如圖 2-72 所示，可知道該圖幅範圍主要為正規航線 52133 ~ 52138、加密航線 52304，分別在 110 年 10 月 06 日 07:11 ~ 10:00 間飛航航線 52304 以及 110 年 12 月 16 日 07:39 ~ 10:45 間飛航航線 52133 ~ 52138，並使用中央氣象局歷史觀測資料查訊網：<https://e-service.cwb.gov.tw/HistoryDataQuery/> 查詢該兩日資料，使用測站為離該區域最近的福山站(如圖 2-73)，歷史觀測資料如圖 2-74 所示，可發現兩日此區上午的相對濕度極高，推測應是濕度太高影響光達穿透能力造成此區域雖然已有規劃加密航線，但仍有 1 幅區域地面點孔洞分析僅相對通過的原因。



資料來源：成功大學衛星資訊研究中心(監審單位)

圖 2-71 圖幅號 96221090 位置圖

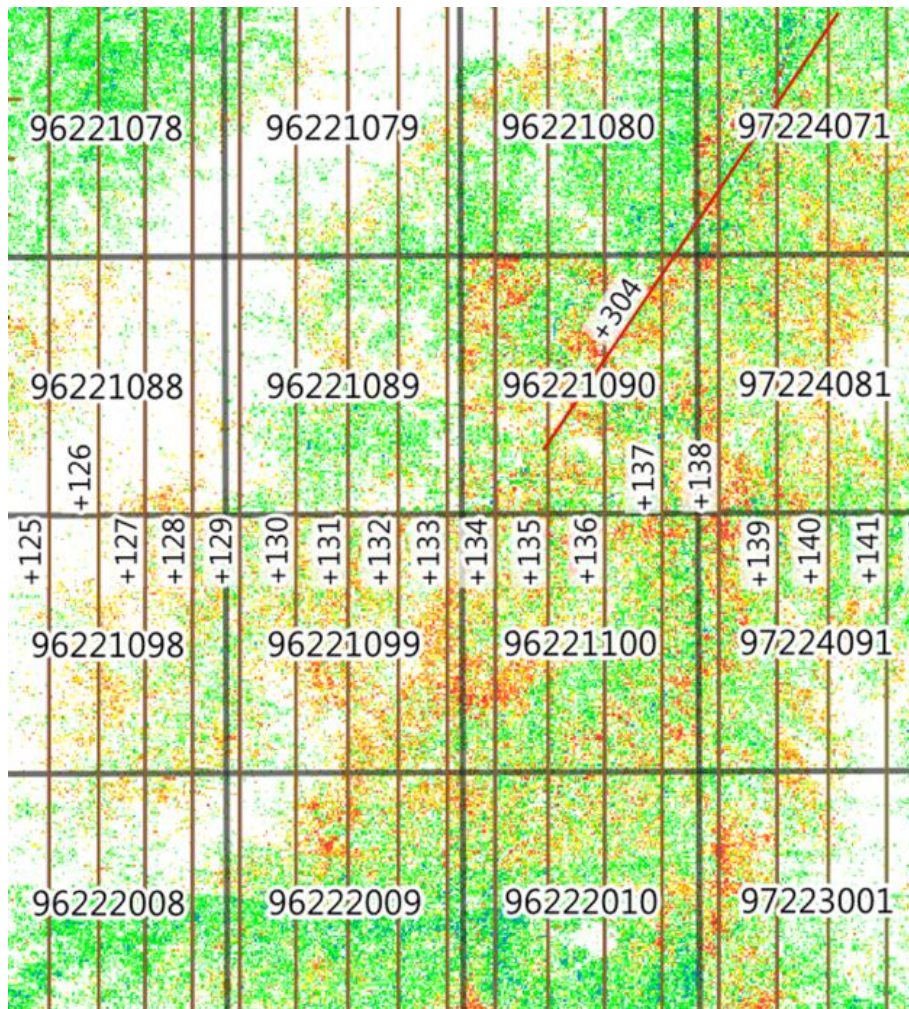


圖 2-72 圖幅號 96221090 範圍飛航測線位置圖

觀測資料查詢 CODiS
CWB Observation Data Inquire System

| | | | | | | |
|------------------|--------------------|----------------------|--------------------|-------------------|-----------------|----------|
| 全臺 Nationwide | 北部地區 North Area | 中部地區 Central Area | 南部地區 South Area | 東部地區 East Area | 離島地區 Islands | 農業 氣象 |
|------------------|--------------------|----------------------|--------------------|-------------------|-----------------|----------|

測站所在縣市:

測站:

資料類型:

資料格式:

時間:

[農業氣象觀測網監測系統](#)
[網頁說明 Readme](#) [購買雨量資料說明](#) [站況資訊](#)
[更新時間為每日 12:00 \(Updated Time: 12:00\)](#)

測站資訊 (station information)

福山 Fushan (COA560)

經度: 121.5028
 緯度: 24.7762
 海拔高度: 405m
 設站日期: 1987/05/01 ~
 地址: 新北市烏來區福山里李茂岸八號(福山國小旁)
 備註:

圖 2-73 中央氣象局福山站測站位置圖

日報表 (daily data) 測站:C0A560_福山 C0A560_福山 觀測時間:2021-10-06

| 觀測時間 (hour) | Press | | temperature | dew point | RH | WD/WS | | | | Precp | SunShine | | visibility | UVI | Cloud | |
|-------------|------------|-------------|-------------|--------------|----------|----------|----------------|------------|--------------------|----------|-----------|----------|-----------------------------|----------|-------|--------------|
| | 測站氣壓 (hPa) | 海平面氣壓 (hPa) | 氣溫 (°C) | 露點溫度 (°C) | 相對溼度 (%) | 風速 (m/s) | 風向 (360degree) | 最大陣風 (m/s) | 最大陣風風向 (360degree) | 降水量 (mm) | 降水時數 (h) | 日照時數 (h) | 全天空日射量 (MJ/m ²) | 能見度 (km) | 紫外線指數 | 總雲量 (0-10) |
| ObsTime | StnPres | SeaPres | Temperature | Td dew point | RH | WS | WD | WSGust | WDGust | Precp | PrecpHour | SunShine | GloblRad | Visb | UVI | Cloud Amount |
| 01 | 968.3 | ... | 19.8 | ... | 100 | 0.0 | 0 | ... | ... | 0.0 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 02 | 967.7 | ... | 19.2 | ... | 100 | 0.0 | 0 | ... | ... | 0.0 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 03 | 967.5 | ... | 18.7 | ... | 100 | 0.0 | 0 | ... | ... | 0.0 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 04 | 967.3 | ... | 19.0 | ... | 100 | 0.0 | 0 | ... | ... | 0.0 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 05 | 967.5 | ... | 19.2 | ... | 100 | 0.0 | 0 | ... | ... | 0.0 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 06 | 967.4 | ... | 18.9 | ... | 100 | 0.0 | 0 | ... | ... | 0.0 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 07 | 967.6 | ... | 19.4 | ... | 100 | 0.0 | 0 | ... | ... | 0.0 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 08 | 967.8 | ... | 23.0 | ... | 99 | 1.4 | 291 | ... | ... | 0.0 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 09 | 967.7 | ... | 25.7 | ... | 86 | 0.9 | 174 | ... | ... | 0.0 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 10 | 967.5 | ... | 26.1 | ... | 84 | 0.8 | 197 | ... | ... | 0.0 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 11 | 966.9 | ... | 26.4 | ... | 83 | 1.2 | 205 | ... | ... | 0.0 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |

110 年 10 月 06 日觀測資料

日報表 (daily data) 測站:C0A560_福山 C0A560_福山 觀測時間:2021-12-16

| 觀測時間 (hour) | Press | | temperature | dew point | RH | WD/WS | | | | Precp | SunShine | | visibility | UVI | Cloud | |
|-------------|------------|-------------|-------------|--------------|----------|----------|----------------|------------|--------------------|----------|-----------|----------|-----------------------------|----------|-------|--------------|
| | 測站氣壓 (hPa) | 海平面氣壓 (hPa) | 氣溫 (°C) | 露點溫度 (°C) | 相對溼度 (%) | 風速 (m/s) | 風向 (360degree) | 最大陣風 (m/s) | 最大陣風風向 (360degree) | 降水量 (mm) | 降水時數 (h) | 日照時數 (h) | 全天空日射量 (MJ/m ²) | 能見度 (km) | 紫外線指數 | 總雲量 (0-10) |
| ObsTime | StnPres | SeaPres | Temperature | Td dew point | RH | WS | WD | WSGust | WDGust | Precp | PrecpHour | SunShine | GloblRad | Visb | UVI | Cloud Amount |
| 01 | 971.7 | ... | 16.0 | ... | 100 | 0.1 | 0 | ... | ... | 0.0 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 02 | 971.5 | ... | 15.4 | ... | 100 | 0.1 | 0 | ... | ... | 0.0 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 03 | 971.3 | ... | 15.5 | ... | 100 | 0.0 | 0 | ... | ... | 0.0 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 04 | 971.1 | ... | 14.1 | ... | 100 | 0.0 | 0 | ... | ... | 0.0 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 05 | 971.5 | ... | 13.4 | ... | 100 | 0.0 | 0 | ... | ... | 0.0 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 06 | 971.8 | ... | 12.7 | ... | 100 | 0.0 | 0 | ... | ... | 0.0 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 07 | 972.1 | ... | 12.9 | ... | 100 | 0.0 | 0 | ... | ... | 0.0 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 08 | 972.4 | ... | 13.9 | ... | 100 | 0.3 | 181 | ... | ... | 0.0 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 09 | 972.4 | ... | 16.0 | ... | 100 | 0.4 | 177 | ... | ... | 0.0 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 10 | 971.9 | ... | 20.2 | ... | 86 | 0.0 | 0 | ... | ... | 0.0 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 11 | 970.9 | ... | 23.1 | ... | 73 | 0.3 | 178 | ... | ... | 0.0 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |

110 年 12 月 16 日觀測資料

圖 2-74 中央氣象局福山站測站歷史觀測資料圖

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 2-75、圖 2-76

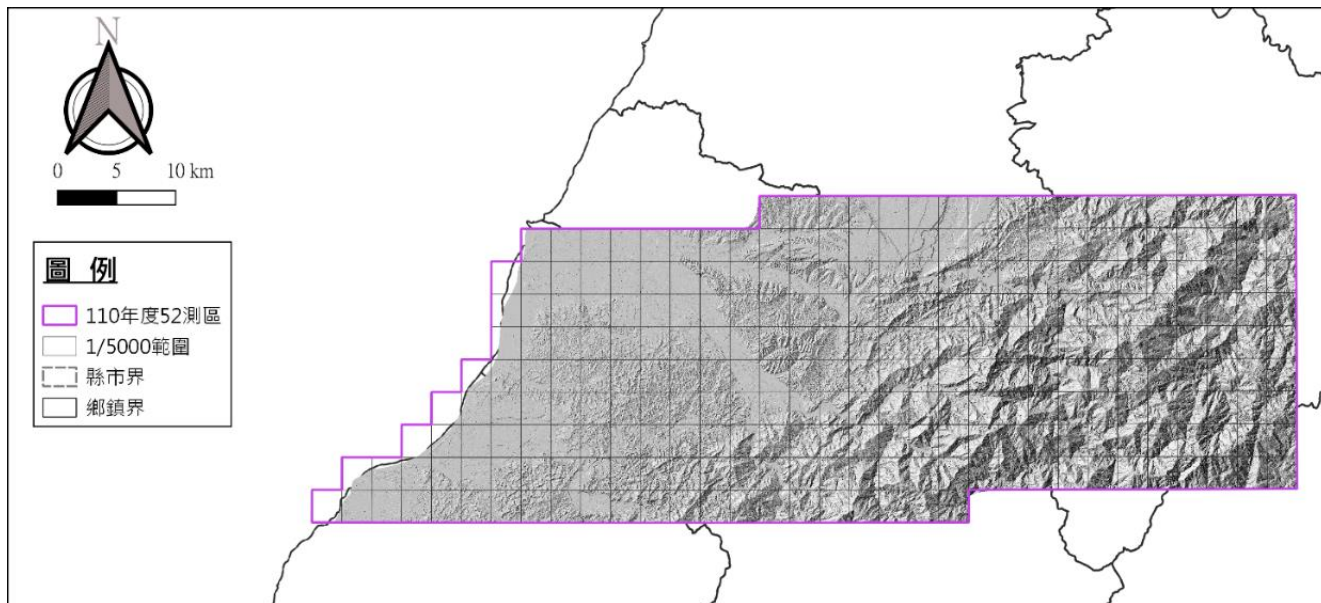


圖 2-75 110 年 5-2 測區 1m DEM 日照陰影圖

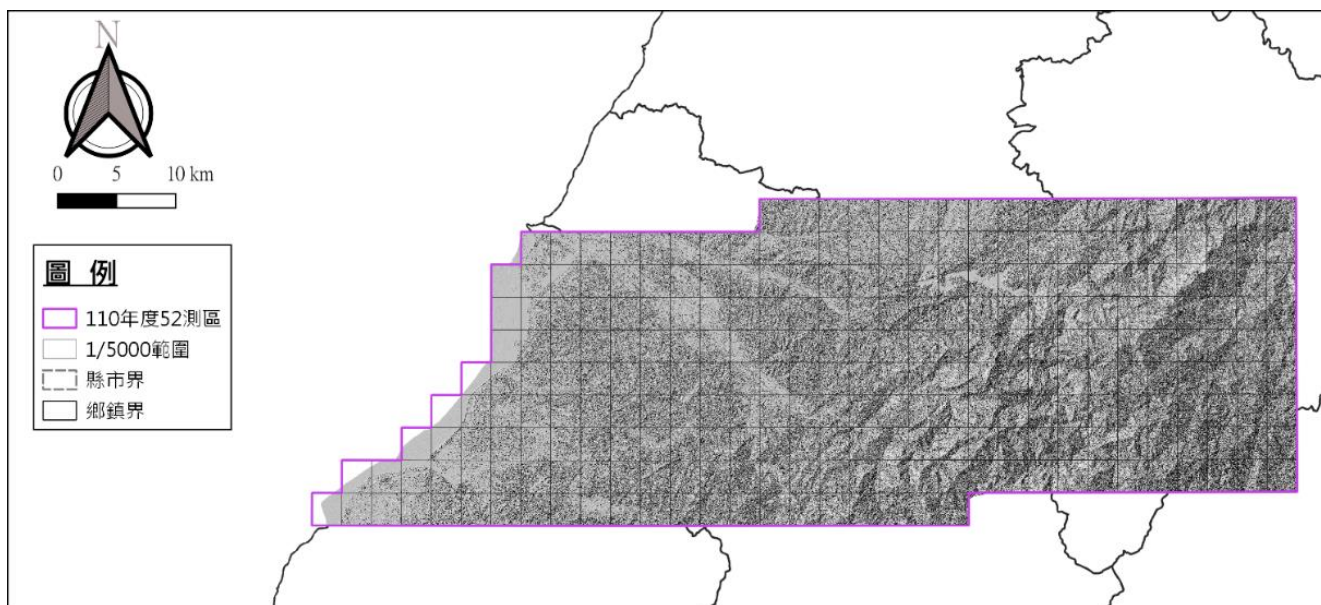


圖 2-76 110 年 5-2 測區 1m DSM 日照陰影圖

2-9 正射影像製作

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 2-77。

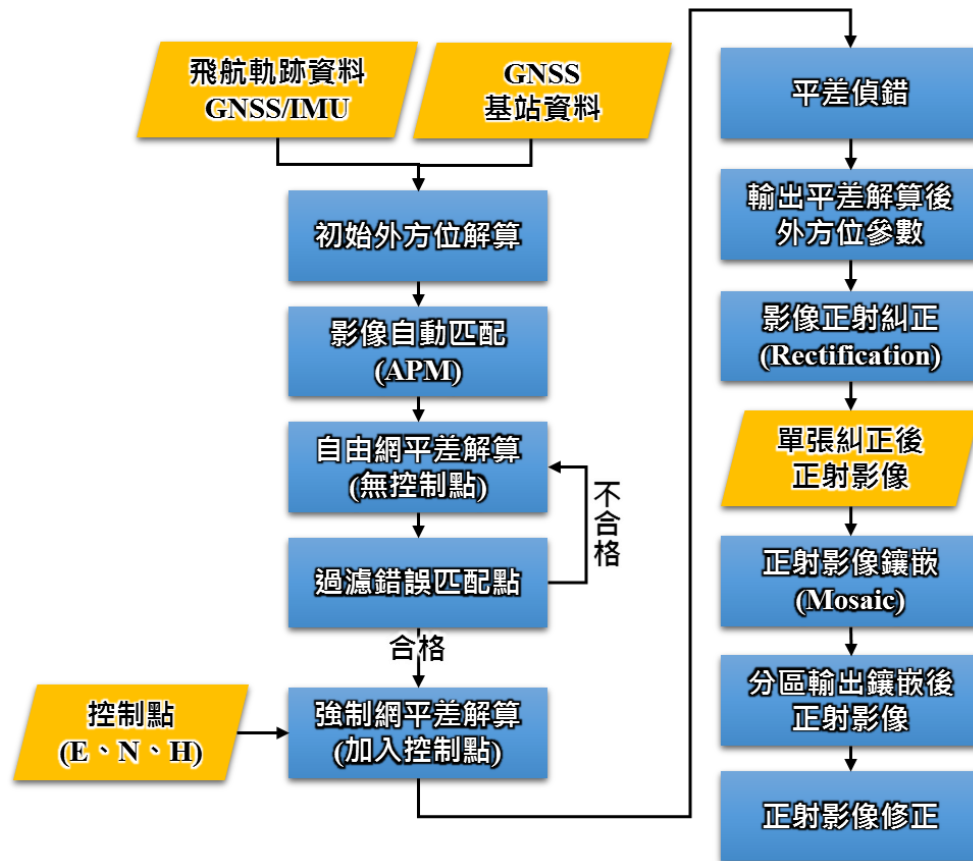


圖 2-77 空中三角測量作業流程

(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 2-28），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 2-28 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 (σ_0)
7. 連接點地面坐標標準偏差之 RMS (RMS_X 、 RMS_Y 、 RMS_Z)

(六) 本計畫空三計算以 5-2-1 作為一區，5-2-2 分為 4 小區，各分區分布圖如圖 2-78 所示，各項成果統計詳如表 2-29，並使用本計畫空三檢核點(控制點編號 AC)進行檢核，平面均方根差值為 9.5 公分，高程均方根差值為 19.4 公分，均小於 40 公分，檢核成果如表 2-30。

(七) 本計畫空中三角測量平差報表成果如附件十一。

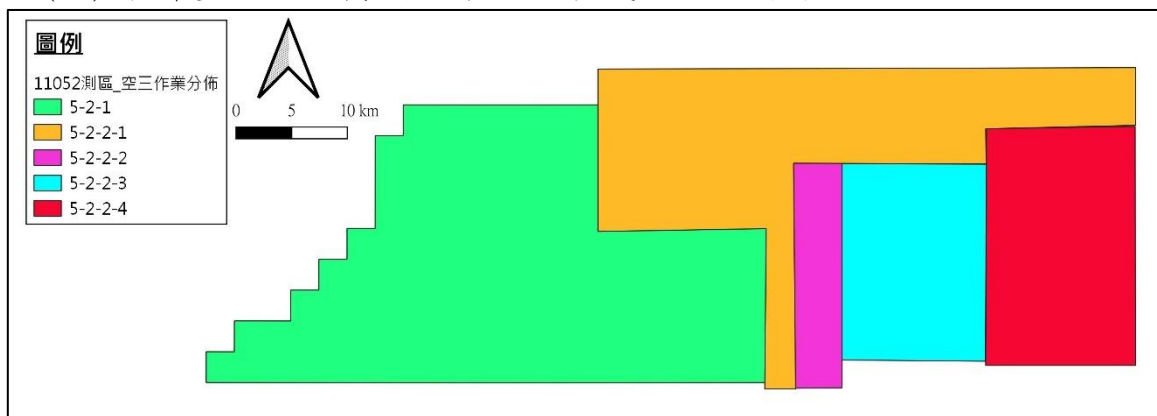


圖 2-78 空中三角測量作業區域圖

表 2-29 空三計算成果統計

| 測區 | 5-2-1 | 5-2-2-1 | 5-2-2-2 | 5-2-2-3 | 5-2-2-4 |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 影像張數 | 4,324 | 3,506 | 790 | 1,462 | 2,107 |
| 前後重疊率 | 80% | 80% | 80% | 80% | 80% |
| 總多餘觀測數 | 652,938 | 476,109 | 50,767 | 142,081 | 124,268 |
| 總觀測數 | 830,574 | 642,342 | 70,207 | 196,240 | 174,683 |
| 平均多餘觀測數 | 0.79 | 0.74 | 0.72 | 0.72 | 0.71 |
| 連結點總光線數 | 408,666 | 316,329 | 34,406 | 96,404 | 73,740 |
| 總連結點數 | 50,560 | 49,042 | 5,555 | 15,778 | 12,050 |
| 連結點平均光線數 | 8.08 | 6.45 | 6.19 | 6.11 | 6.12 |
| N | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| N 重光線以上 連結點數 | 46,183 | 22,585 | 3,207 | 7,216 | 6,093 |

| | | | | | |
|----------|--------|--------|-------|--------|--------|
| 總點數 | 50,560 | 49,042 | 5,555 | 15,778 | 12,050 |
| 連結點強度指標 | 0.91 | 0.46 | 0.58 | 0.46 | 0.51 |
| 是否符合作業規定 | 符合 | 符合 | 符合 | 符合 | 符合 |

表 2-30 空三檢核點(AC)平差後計算成果

| 點號 | 地面實測成果 | | | 空三解算成果 | | | 差值 | |
|-----------|------------|-------------|---------|------------|-------------|---------|-------|--------|
| | E | N | 正高 | E | N | 正高 | 平面 | 高程 |
| 52-1010AC | 229743.150 | 2725937.399 | 24.281 | 229743.066 | 2725937.453 | 24.547 | 0.100 | -0.266 |
| 52-1025AC | 239851.910 | 2733253.270 | 40.338 | 239851.944 | 2733253.182 | 40.276 | 0.094 | 0.062 |
| 52-1037AC | 245700.580 | 2727585.208 | 103.814 | 245700.498 | 2727585.156 | 103.576 | 0.097 | 0.238 |
| 52-1045AC | 249435.458 | 2739970.673 | 47.168 | 249435.324 | 2739970.687 | 46.966 | 0.134 | 0.202 |
| 52-1051AC | 252501.720 | 2731020.858 | 79.204 | 252501.785 | 2731020.921 | 78.958 | 0.090 | 0.246 |
| 52-1063AC | 256839.034 | 2746498.659 | 45.772 | 256839.020 | 2746498.581 | 45.764 | 0.080 | 0.008 |
| 52-1066AC | 257866.265 | 2740257.700 | 86.389 | 257866.291 | 2740257.777 | 86.254 | 0.081 | 0.135 |
| 52-1080AC | 263175.940 | 2733452.572 | 239.248 | 遮蔽 | | | | |
| 52-1085AC | 260022.532 | 2738258.338 | 124.560 | 260022.723 | 2738258.404 | 124.377 | 0.202 | 0.183 |
| 52-1091AC | 270734.554 | 2733465.572 | 290.890 | 遮蔽 | | | | |
| 52-1092AC | 272039.937 | 2731215.368 | 397.255 | 272039.952 | 2731215.364 | 397.237 | 0.016 | 0.018 |
| 52-1094AC | 275096.309 | 2730115.052 | 570.596 | 275096.092 | 2730115.413 | 570.743 | 0.421 | -0.147 |
| 52-1101AC | 267076.499 | 2737887.179 | 173.472 | 267076.452 | 2737887.175 | 173.737 | 0.047 | -0.264 |
| 52-1114AC | 269002.252 | 2743098.501 | 174.936 | 269002.093 | 2743098.590 | 175.179 | 0.182 | -0.243 |
| 52-1119AC | 269347.654 | 2748679.659 | 296.727 | 269347.713 | 2748679.823 | 296.890 | 0.174 | -0.163 |
| 52-1127AC | 277866.513 | 2749229.935 | 145.406 | 277866.477 | 2749229.891 | 145.696 | 0.057 | -0.290 |
| 52-1135AC | 287180.943 | 2744071.234 | 273.834 | 遮蔽 | | | | |
| 52-1147AC | 305000.679 | 2750000.952 | 409.512 | 305000.470 | 2750000.961 | 409.702 | 0.209 | -0.190 |

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分類至特定圖層，並且製作重要鑑識 DSM(Digital Building Model)，並作為影像正射微分糾正依據。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 2-79。

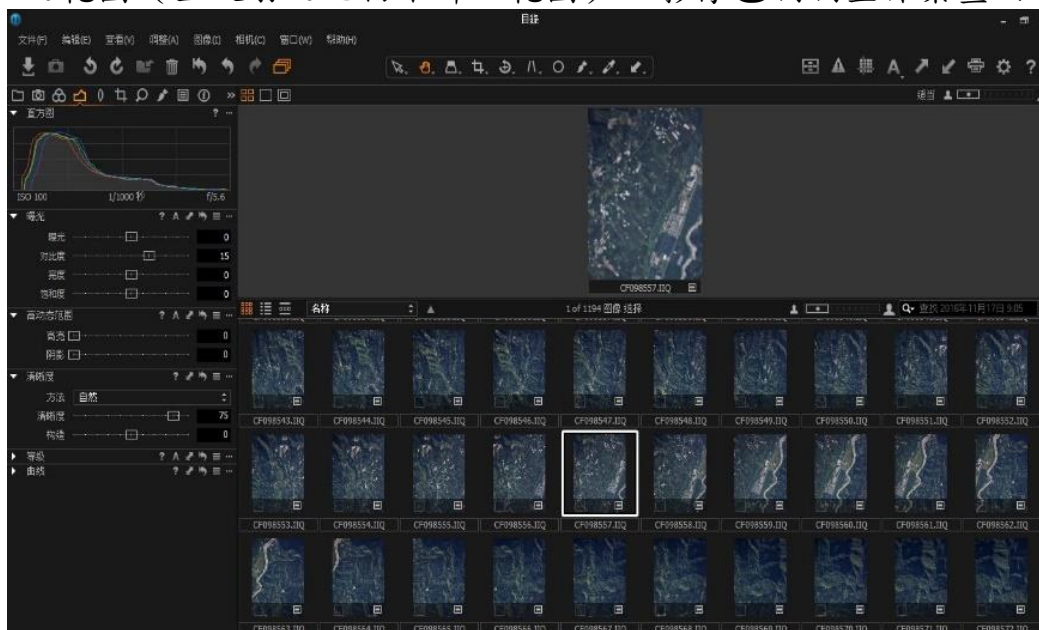


圖 2-79 航拍影像色調調整操作畫面

- 六、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。
- 七、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 2-80，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。

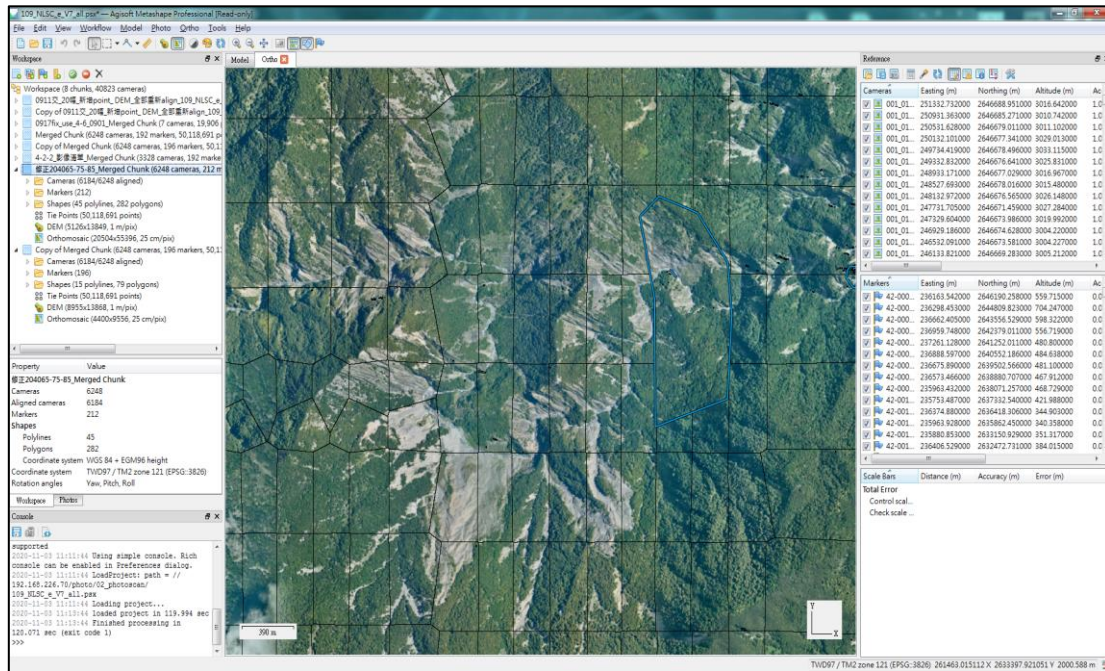


圖 2-80 正射影像鑲嵌作業畫面

2-9-3 正射影像成果

- 一、以 1/5000 圖幅範圍分幅（須外擴），共 266 幅，成果範圍與 DTM 成果範圍一致(圖 2-81)。
- 二、正射影像 GSD 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）。
- 四、包含對應之 Tfw 坐標檔。

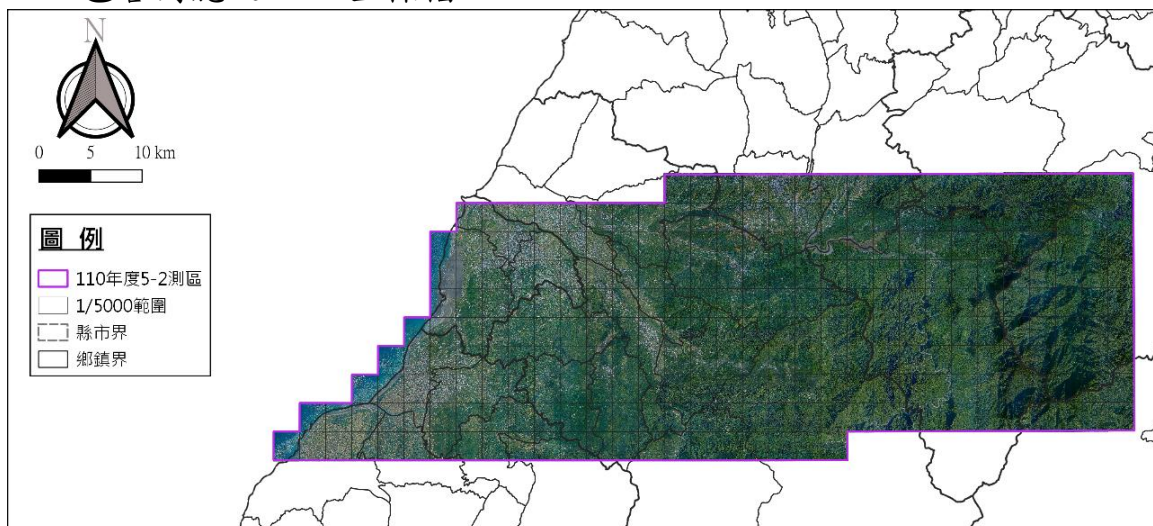


圖 2-81 110 年 5-2 測區全區正射影像成果

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 110 年 10 月 12 日至 110 年 10 月 13 日間進行第 2 階段外業檢查，計有檢核點共 23 點，均方根值為 19.0 公分，全數檢核合格。並於 111 年 3 月 21 日至 111 年 3 月 22 日間進行第 3 階段外業檢查，計有檢核點共 36 點，均方根值為 19.9 公分，全數檢核合格，其平面精度統計如表 2-31 所示，作業照片如圖 2-82 所示。

表 2-31 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 (5-2-1) | 23 | 23 | 0 | 0.0% | 19.0 | 3.0 | 11.7 | 3.1 | 14.4 |
| 第 3 階段 (5-2-2) | 36 | 36 | 0 | 0.0 | 19.9 | -4.6 | 13.4 | 6.6 | 12.2 |

資料來源：成功大學衛星資訊研究中心(監審單位)



110.10.12



110.10.13



111.03.21



111.03.22

圖 2-82 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 2-83，製作成果如圖 2-84。

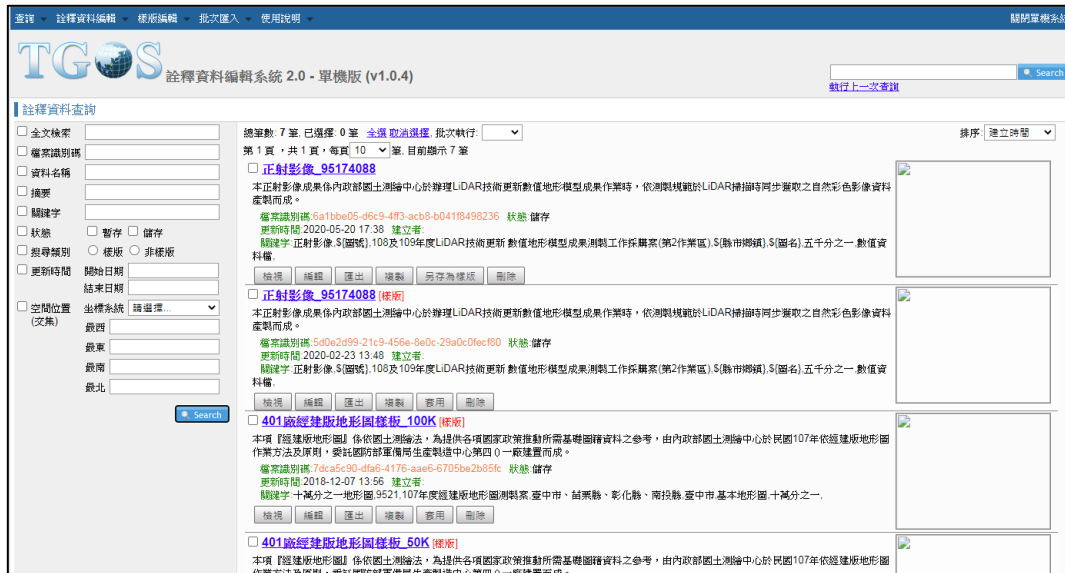


圖 2-83 正射影像詮釋資料製作畫面

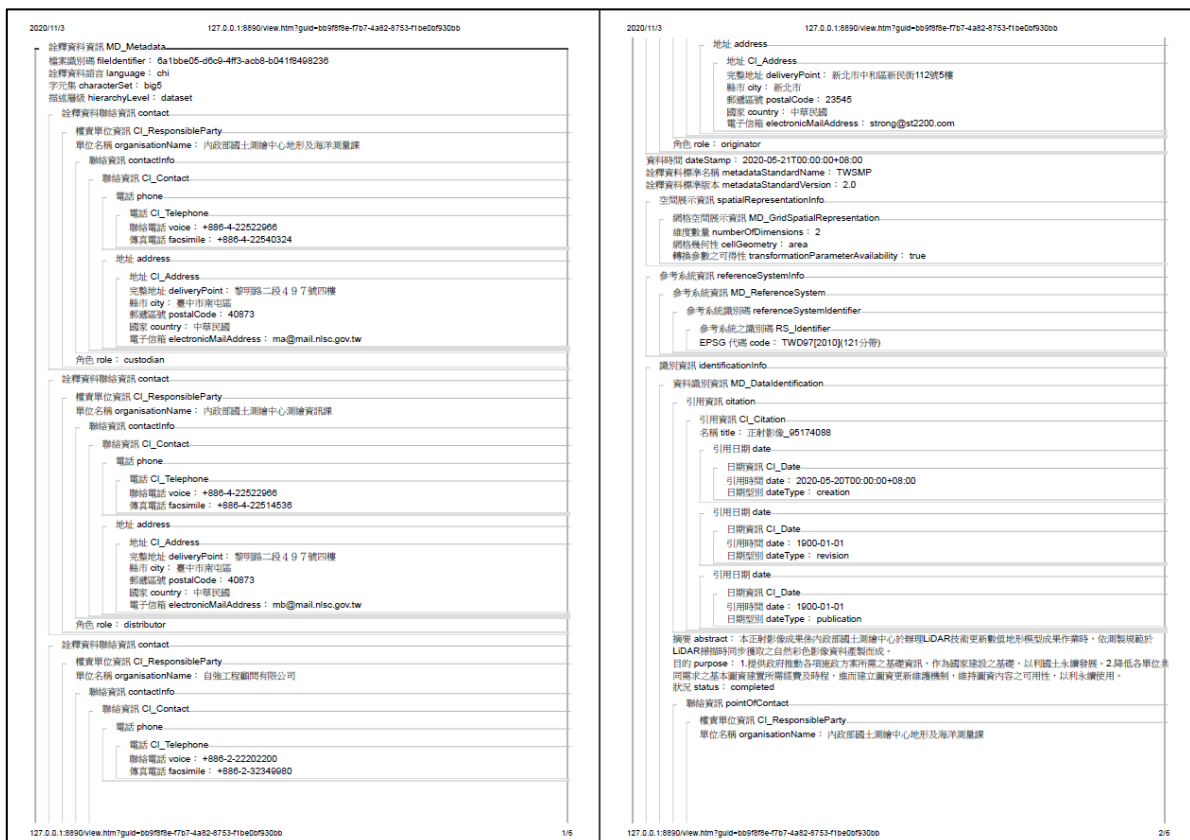


圖 2-84 正射影像詮釋資料成果示意圖

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 2-85。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。

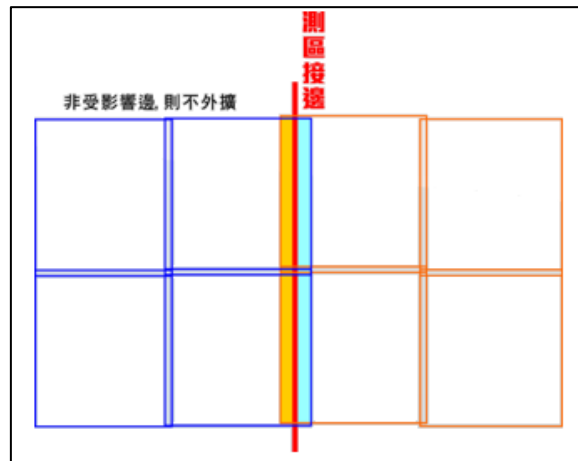


圖 2-85 正射影像接邊示意圖

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，將水域線內地表點雲分類為水點，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 2-86。

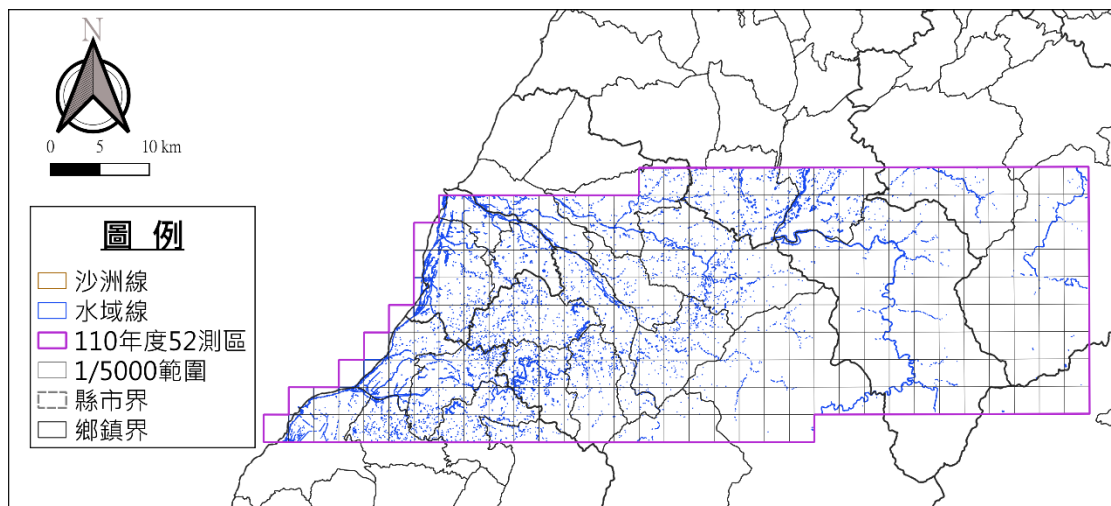


圖 2-86 110 年全區水域線與沙洲線成果

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。本計畫自 110 年 3 月 26 日獲得民航局許可飛航起至 111 年 1 月 16 日完成全部飛航任務止，期間統計待命 224 天、適合飛航日期 52 天與實際執行 29 天(有 3 天為單日 2 架次)，待命天數甚多主因如前所述，一般在有 5 成天氣機會即會要求待命，另部分適合飛航日未執行任務則有較多因素，如飛機保養、教官排休(不能連續執行任務超過 7 天)以及教官受傷與油量受限，後續部分請參考第五章。

本計畫共執行 2 次 LiDAR 系統及航拍像機率定，各分別使用 1 架次飛行，飛行時數均在 1.5 小時左右。LiDAR 掃瞄及航空攝影施測部分，本計畫共飛航 32 架次，總飛行時數共 84 小時又 37 分鐘，提送 32 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 3~4 日、每月工作 21 日計算，每月可編修圖幅約為 36 幅(6 人 x 21 天 / 3.5 天 1 幅)。第 2 階段(5-2-1 子測區)依計算需 2.5 個月。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 成本分析

| 項次 | 工作項目 | 單位 | 數量 | 單價 | 總價 | 備註 |
|----------|---------------------------|----|-----|-----------|-------------------|----|
| 一 | 空載光達掃瞄飛航規劃與申請 | | | | | |
| 1.1 | 工作計畫書擬訂 | 式 | 1 | 9,900 | 9,900 | |
| 1.2 | 飛航計畫規劃 | 式 | 1 | 29,900 | 29,900 | |
| 1.3 | 航拍許可申請 | 式 | 1 | 4,900 | 4,900 | |
| | 小計 | | | 44,700 | 44,700 | |
| 二 | 控制測量 | | | | | |
| 2.1 | 外業平差控制點測設 | 式 | 1 | 1,316,000 | 1,316,000 | |
| 2.2 | 地面檢測點測設 | 式 | 1 | 723,800 | 723,800 | |
| 2.3 | 橫斷面檢核測量 | 式 | 1 | 219,300 | 219,300 | |
| 2.4 | 地面GNSS基地站規劃 | 式 | 1 | 9,900 | 9,900 | |
| 2.5 | GNSS儀器TAF檢校 | 式 | 1 | 59,800 | 59,800 | |
| 2.6 | 地面GNSS基地站架設 | 式 | 1 | 239,200 | 239,200 | |
| 2.7 | 地面GNSS基地站網路架設 | 式 | 1 | 59,800 | 59,800 | |
| 2.8 | GNSS資料彙整及報告製作 | 式 | 1 | 9,900 | 9,900 | |
| | 小計 | | | 2,637,700 | 2,637,700 | |
| 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 | 266 | 29,900 | 7,953,400 | |
| 3.2 | LiDAR系統及航拍像機率定 | 幅 | 266 | 1,900 | 505,400 | |
| 3.3 | LiDAR掃瞄及航空攝影施測費 | 幅 | 266 | 16,300 | 4,335,800 | |
| 3.4 | LiDAR掃瞄及航拍影像資料繳交 | 幅 | 266 | 900 | 239,400 | |
| 3.5 | 飛航掃瞄報告書製作 | 幅 | 266 | 200 | 53,200 | |
| | 小計 | | | 49,200 | 13,087,200 | |
| 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 | 266 | 1,400 | 372,400 | |
| 4.2 | 航帶平差 | 幅 | 266 | 4,900 | 1,303,400 | |
| 4.3 | 點雲分幅、分類及人工編修 | 幅 | 266 | 13,900 | 3,697,400 | |
| 4.4 | 作業成果檢查 | 幅 | 266 | 3,900 | 1,037,400 | |
| 4.5 | 資料彙整及成果繳交 | 幅 | 266 | 900 | 239,400 | |
| | 小計 | | | 25,000 | 6,650,000 | |
| 五 | DEM/DSM製作(含圖幅接邊處理) | | | | | |
| 5.1 | DEM、DSM製作 | 幅 | 266 | 3,400 | 904,400 | |
| 5.2 | DEM精度評估 | 幅 | 266 | 900 | 239,400 | |
| 5.3 | 內部圖幅接邊 | 幅 | 266 | 1,900 | 505,400 | |
| 5.4 | 外部圖幅接邊 | 幅 | 266 | 1,900 | 505,400 | |
| 5.5 | 資料彙整及成果繳交 | 幅 | 266 | 900 | 239,400 | |
| | 小計 | | | 9,000 | 2,394,000 | |
| 六 | 正射影像製作(含空中三角測量) | | | | | |
| 6.1 | 航拍影像處理 | 幅 | 266 | 900 | 239,400 | |
| 6.2 | 空中三角平差計算 | 幅 | 266 | 5,900 | 1,569,400 | |
| 6.3 | 正射影像糾正、調色及鑲嵌處理 | 幅 | 266 | 5,900 | 1,569,400 | |
| 6.4 | 水域線數化 | 幅 | 266 | 1,900 | 505,400 | |
| 6.5 | 資料彙整及成果繳交 | 幅 | 266 | 900 | 239,400 | |
| | 小計 | | | 15,500 | 4,123,000 | |
| 七 | 各項報告書、工作總報告等 | | | | | |
| 7.1 | 各項成果報告製作 | 式 | 1 | 150,800 | 150,800 | |
| 7.2 | 工作總報告製作 | 式 | 1 | 42,600 | 42,600 | |
| | 小計 | | | 193,400 | 193,400 | |
| | 總計 | | | | 29,130,000 | |

第四章 執行團隊

4-1 團隊組織編制

本團隊擁有 7 名點雲編修以及正射影像製作的人力，並且設立「獨立審核測量組」(圖 4-1)，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。

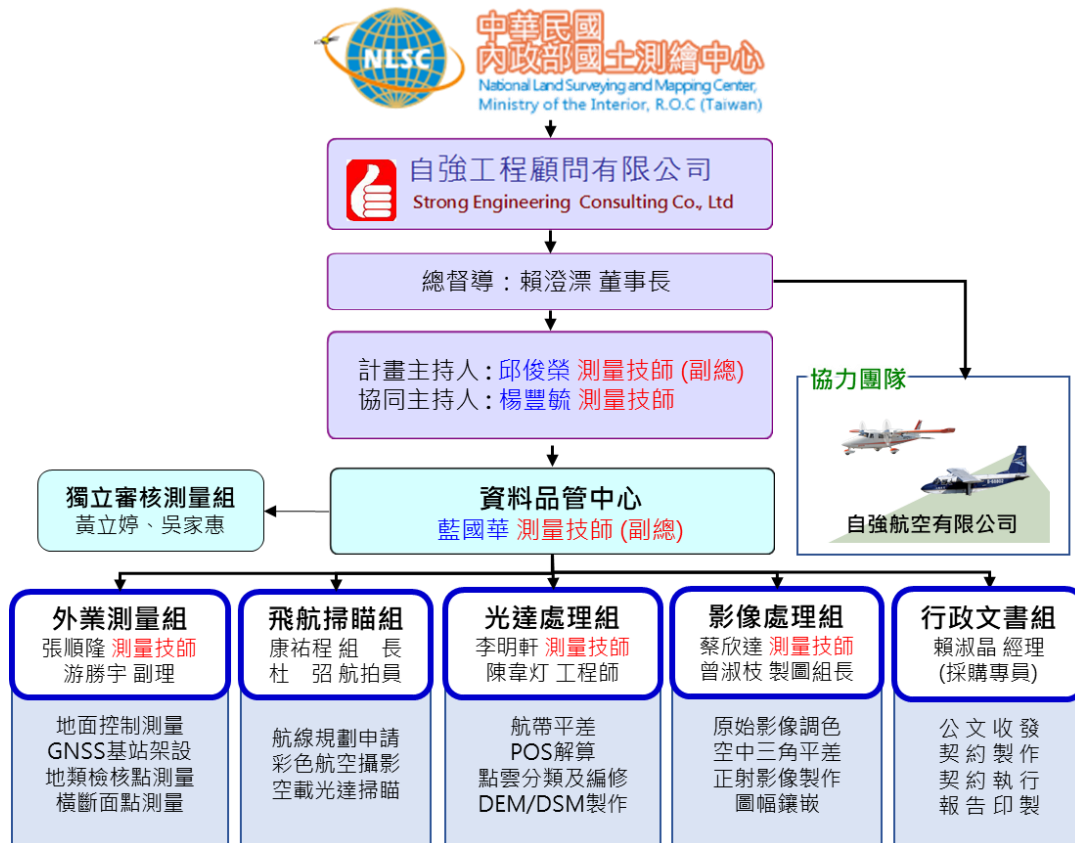


圖 4-1 團隊組織架構圖

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

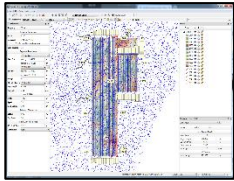
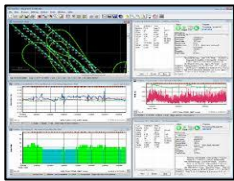
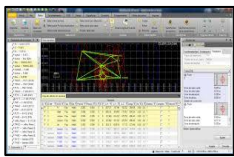
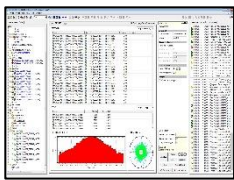
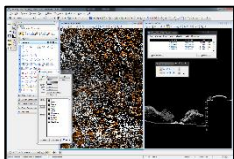
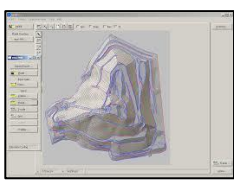

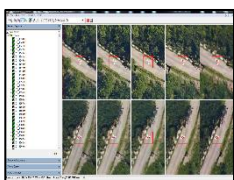
| 項次 | 作業項目 | 男(人數)：女(人數) |
|----|---------------|-------------|
| 1 | 空載光達掃瞄飛航規劃與申請 | 2：2 |
| 2 | 空載光達掃瞄飛航資料獲取 | 8：14 |
| 3 | 正射影像製作 | 2：8 |
| 4 | 各項報告書、工作總報告 | 4：2 |

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 | 綜合督導 | 賴澄漂 | 董事長 | 策略規劃/綜合督導 |
| 2 | | 綜合督導 | 賴澄燦 | 總經理 | 資安管理/技術研發/綜合督導 |
| 3 | 顧問 | 顧問/綜合督導 | 陳慈明 | 顧問 測量技師 | 航空攝影測量/空中三角測量 |
| 4 | 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 |
| 5 | | 協同主持人 | 楊豐毓 | 測量部副理/ 測量技師 | 航空攝影測量/空載光達掃瞄/專案管理 |
| 6 | 品質管制 | 品質管制組長 | 藍國華 | 副總經理/ 測量技師 | GNSS 測量/陸域測量 |
| 7 | | 品質管制組員 | 吳家惠 | 製圖副組長 | 影像處理 |
| 8 | | 品質管制組員 | 黃立婷 | 製圖副組長 | 點雲編修 |
| 9 | 資訊安全 | 資訊安全管理組長 | 吳秋芸 | 副總經理 | 資訊安全管理 |
| 10 | | 資訊安全管理組員 | 蔡宛諭 | 副理 | 資訊安全管理 |
| 11 | 行政文書 | 行政事務組長 | 賴淑晶 | 行政部經理 | 會計業務/行政業務/採購人員 |
| 12 | | 行政事務組員 | 林沂珊 | 行政部特助 | 會計業務/行政業務 |
| 13 | | 行政事務組員 | 廖煥貞 | 行政部助理 | 會計業務/行政業務 |
| 14 | 飛航掃瞄 | 飛航掃瞄組長 | 杜 弨 | 航拍組長 | 飛航任務執行 |
| 15 | | 飛航掃瞄副組長 | 康祐程 | 航拍組員 | 飛航任務執行 |
| 16 | | 飛航掃瞄組員 | 洪健嘉 | 航拍組員 | 飛航任務執行 |
| 17 | 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 |
| 18 | | 陸域測量副組長 | 游勝宇 | 測量部副理 | 陸域測量/GNSS 測量 |
| 19 | | 陸域測量副組長 | 林文凱 | 測量部副理 | 陸域測量/GNSS 測量 |
| 20 | | 陸域測量組員 | 陳冠宏 | 測量組長 | 陸域測量/GNSS 測量 |
| 21 | | 陸域測量組員 | 吳韶驊 | 測量副組長 | 陸域測量/GNSS 測量 |
| 22 | | 陸域測量組員 | 黃明江 | 測量副組長 | 陸域測量/GNSS 測量 |
| 23 | | 陸域測量組員 | 林育聖 | 測量副組長 | 陸域測量/GNSS 測量 |
| 24 | | 陸域測量組員 | 賴世豪 | 測量工程師 | 陸域測量/GNSS 測量 |
| 25 | 光達處理組 | 光達處理組長 | 李明軒 | 經理/ 測量技師 | 空載光達掃瞄資料後處理/專案管理 |
| 26 | | 光達處理副組長 | 陳韋灯 | 測量工程師 | 空載光達掃瞄資料後處理/專案管理 |
| 27 | | 光達處理副組長 | 陳俊偉 | 測量工程師 | 空載光達掃瞄資料後處理/專案管理 |
| 28 | | 光達處理組員 | 凌子晴 | 製圖工程師 | 點雲編修 |
| 29 | | 光達處理組員 | 黃潔玟 | 製圖工程師 | 點雲編修 |
| 30 | | 光達處理組員 | 周佩宜 | 製圖工程師 | 點雲編修 |
| 31 | | 光達處理組員 | 彭暄淇 | 製圖工程師 | 點雲編修 |
| 32 | | 光達處理組員 | 陳品蓉 | 製圖工程師 | 點雲編修 |
| 33 | | 光達處理組員 | 洪雨慈 | 製圖工程師 | 點雲編修 |
| 34 | 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 |
| 35 | | 影像處理副組長 | 曾淑枝 | 製圖組長 | 影像處理/立體製圖 |
| 36 | | 影像處理副組長 | 董秀琪 | 製圖組長 | 影像處理/立體製圖/點雲編修 |
| 37 | 影像處理組員 | 沈馨怡 | 測量工程師 | 影像處理/點雲編修 | |
| 38 | 備援 | 點雲處理組員 | 孫睦涵 | 製圖工程師 | 趕工計畫點雲編修 |
| 39 | | 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

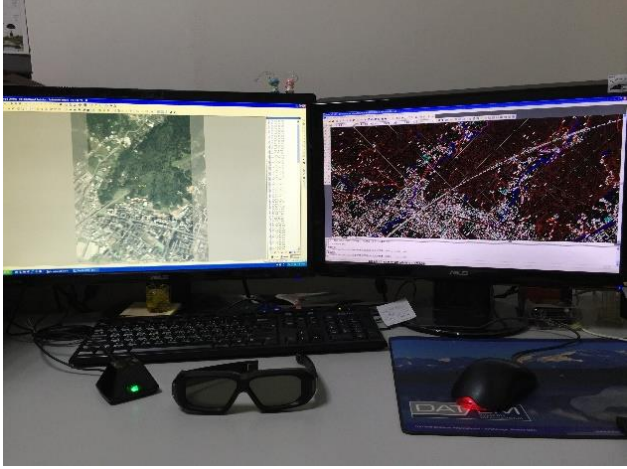
4-4-1 軟體設備

| 項次 | 軟體名稱 | 操作畫面 | 數量 |
|----|--|---|----|
| 1 | IGI Plan ：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 | GrafNav、IE ：GNSS 軌跡解算 高精度動態解算 ARTK 模式可提高解算成果精度。 |  | 2 |
| 3 | Trimble Business Center ：靜態 GNSS 解算 全方位的解算、測繪軟體，整合 GNSS 資料、空中三角測量、數值製圖等作業。 |  | 1 |
| 4 | Riegl 系列 ：點雲資料處理 結合 RiPROCESS、RiANALYZE、RiWORLD 系列軟體，解算空載光達波形資訊並進行點雲平差作業，擁有人性化操作介面以及圖表展示功能，提高作業效率。 |  | 4 |
| 5 | Microstation ：點雲資料處理/數值繪圖 TerraScan/ TerraModeler/ TerraMatch 點雲分類與編修。 |  | 6 |
| 6 | SCOP++ ：DEM/DSM 網格內插 專門為了數值地形模型內插、管理、以及視覺化應用的軟體，其最適性內插演算能呈現自然地形起伏與走勢，成果廣為國內各級單位肯定。 |  | 2 |
| 7 | Agisoft Metashape ：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 | ERDAS IMAGINE LPS Orima ：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 | STONEX 系列 GNSS 衛星定位儀 TAF 校正日期：109.01.04~109.08.27 靜態 GNSS 測量/快速靜態/動態/RTK 測量 Horizontal: $\pm(2.5\text{mm}+1\text{ppm}) \times (\text{baseline}) \text{ RMS}$ Vertical: $\pm(5\text{mm}+01\text{ppm}) \times (\text{baseline}) \text{ RMS}$ |  | 10 |
| | HORIZON Kronos 系列 GNSS 衛星定位儀 TAF 校正日期：109.08.27 靜態 GNSS 測量/快速靜態/動態/RTK 測量 Horizontal: $\pm(2.5\text{mm}+0.5\text{ppm}) \times (\text{baseline}) \text{ RMS}$ Vertical: $\pm(3.5\text{mm}+0.5\text{ppm}) \times (\text{baseline}) \text{ RMS}$ |  | 2 |
| | Leica 全測站儀 TAF 校正日期：109.03.13 地形測量/地類檢核點測量/橫斷面點測量 Leica TCR1205 全站式經緯儀 $\pm 3 \text{ mm}+1 \text{ ppm}$ |  | 2 |
| 飛 航 載 具 | P68C TC 專業航拍定翼機 由義大利製造之 P68C TC 定翼機，可同時搭載航空攝像機、空載光達掃瞄儀。相較其他機種，在高溫、高濕度、高海拔的地區時能更好地維持飛機性能，並於空域較擁擠的地區更具有靈活性、提高安全性。 |  | 1 |
| | BN2 系列專業航拍定翼機 能低速飛行並保持機身平穩，且能靈活地進入規劃航線，相當受航空攝影測量業界喜愛，可搭載全方位的航空測量儀器設備，具備穩定性、合適性極高的平台以供航空攝影測量作業使用。 |  | 3 |

| 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>數位像機(Phase One iXU-RS 1000)</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>數位像機(Phase One iXA 180)</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>IMU (慣性測量單元)</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>Airborne LiDAR 空載光達系統-Q780</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>Airborne LiDAR 空載光達系統-Q680i</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 | 3 | 自有 |  |
| 搭配硬體 | | 搭配軟體 | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ CPU：E3 ■ 3D MouseTrack ■ Z-Screen 同步式立體觀測裝置 | | <ul style="list-style-type: none"> ■ ERDAS 軟體 ■ TBC、Grafnav、IE 衛星解算平差軟體 ■ LEICA 廠 Orima 空中三角測量平差軟體 ■ LEICA 廠 LPS 立體影像量測軟體 ■ LEICA 廠 PRO600 立體影像測繪軟體 ■ OrthoVista V3.2.1 影像色差處理軟體 | | |
| 性能說明 | <ul style="list-style-type: none"> ■ LPS(Leica Photogrammetry Suite)為新一代的數位航測工作系統，能讀取各類類比掃瞄、空載掃瞄及衛星等數位影像資料，執行空三平差計算及偵錯，地面數值模型(DTM)自動匹配量測及正射糾正鑲嵌等功能。 ■ 空三推算：用 Intel®Core™ 2 Quad processor 四核心 CPU，提供高效能，穩定空三推算環境。 ■ 影像處理：使用 P4000 高階顯示卡，使其影像處理達最佳化。 ■ 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。 ■ 配合 ERDAS 軟體，可提供準確的立體測量，空三報表驗證。 | | | |
| 執行計畫經歷 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 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 ■ 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 ■ 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 ■ 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) ■ 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 ■ 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 ■ 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 ■ 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 | | | |

| 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"> ■ 使用雙 Quad-Core Intel® Xeon® processor 之 CPU，提供高效能之運算伺服器。 ■ 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。 ■ 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。 ■ 整合在線式(On-Line)UPS，提供穩定電源供應。 ■ 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。 ■ 完整之機房監控平台，提供穩定的運算環境。 | | | | |
|  | | | | | |

| 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"> ■ 特定人員出入管制 ■ 獨立儲存監視畫面 ■ 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。 | | | |
|  | | | | |

第五章 檢討與建議

5-1 檢討

一、天候因素

本計畫於執行初期飛航進度順利，於獲得民航局飛航許可後即刻執行飛航作業，於 110 年三月份執行 2 架次、四月份執行 5 架次、五月份執行 5 架次(含率定飛行)。依據本計畫飛航掃瞄預計進度，六月份至八月份是為最主要的飛航執行月份，然而因本計畫測區天候不佳，嚴重影響飛航進度，使得六月、七月以及八月皆僅執行各 1 架次飛航掃瞄，雖然九月份起積極趕辦飛航作業，執行 4 架次飛航任務，仍趕不及原定預期進度。十月份本計畫測區進入東北季風季節，僅執行 2 架次飛航掃瞄，難以補足 110 年六月份至八月份因天候因素影響所造成的飛航進度落後。在東北季風影響的情況下，因趕辦作業，降低掃瞄時對於雲覆要求，續於 110 年十一月份執行 2 架次、十二月份執行 3 架次，最後於 111 年 1 月 16 日完成最終補雲飛航掃瞄作業。

本計畫團隊積極趕辦相關作業，惟仍因新冠肺炎疫情影響作業進度，同時亦遭遇天候不佳造成飛航進度延遲，雖已盡最大能量積極待命飛航作業，卻依然未能於預定期程完成相關作業，可見天候因素實為本計畫最大的影響因子，未來將更為著重此一作業進度，避免造成類似進度延遲。

二、新冠肺炎連帶影響因子

(一)、全球航運延遲

110 年度間由於受疫情影響導致全球航運大亂，本公司飛航任務執行亦有因航空用油船班被多次更改延期而導致存油量緊張的情形發生，由於此部分屬於全球性影響且其多次延期之期程為非常時期之情事，雖較難以常態作業思維來思考但仍可作為危機處理來進行檢討，故當下處置與事後檢討有如下作為，請航空公司詳加評估油庫容量與接續之飛航訓練、飛航任務的用油量並再提早訂購時間，並協調增加機務與外業人員以車輛至飛機當下停放機場作業的頻率以降低飛機飛渡的次數，以及持續審慎評估天氣與各飛航任務之連貫性來達到最高效率的任務執行。

(二)、居家辦公與分流

110 年度間因應疫情以及配合防疫政策實施分流及居家辦公，實施方式主要依據團隊組織組別，再依據各組工作性質分配各組員進行分流上班或居家辦公。

計畫主持人、主辦人員、協辦人員主要工作為計劃管理與報告撰寫原則採居家辦公，若有事務得需要進公司方能辦理時則採分流方式，資料處理人員因本案資料屬機敏資料須在機敏作業室辦理，故採分流方式進行，由至少一名資深同仁帶領且同時會有光達處理組與影像處理組人員進行本案機敏資料處理，而在此時居家辦公者則以協助處理非機敏性資料為主。但由於資料處理工作量大，採分流後所缺少的工作量必須有人員配合趕工。

飛航掃瞄組由於必須頻繁出入機場恐接觸人群較為複雜，故無飛航任務時以居家辦公為主，飛行教官以 2 人固定一組搭配 1 位固定航拍員方式進行分流作業，飛航後資料則由航拍員帶至公司大樓門口後進行消毒交換，航拍員不進入公司大樓內以降低接觸風險。

(三)、飛行教官受傷

作業期間內(110 年 8 月 30 日)由於飛行教官於通勤時車禍受傷導致約 2 週餘時間無法待命，由於民航局對於各機型與其駕駛均有明確的規範，針對其初訓至資格取得考試以及後續的複訓均有詳盡規定與要求，均非短期內可以立即解決問題，針對此次事件經檢討後評估後續若有類似情況主要採短期與中長期 2 個方式進行，短期為更換設備至其他飛機，並重新執行率定飛行；中長期方式已請航空公司評估是否轉調現有其他機型飛行教官或者招聘新人來增加各機型飛行教官人數。

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：

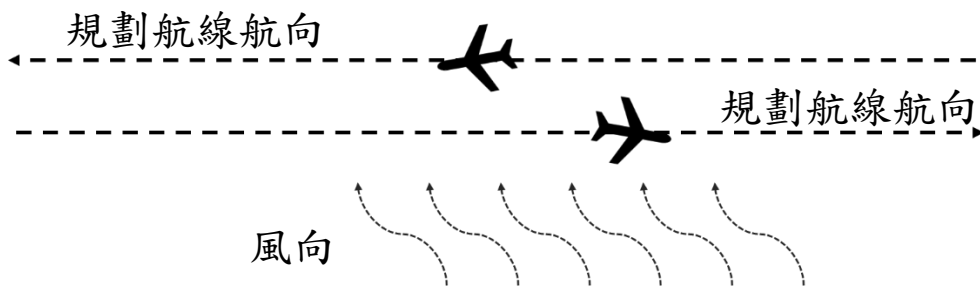


圖 5-1 側風影響飛機飛航時航偏角示意圖

(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° ，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° Roll : $\leq \pm 8.8^\circ$ 、Roll at 0° 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° 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。

內政部國土測繪中心

「110 年及 111 年 LiDAR 技術更新數值地形模型成果測製工作採購案」

(第 2 作業區)

110 年工作總報告(初稿)監審單位審查意見及回復說明

| 序列 | 審查意見 | 回復說明 |
|----|--|---|
| 1 | P.8、P.9 校正報告應為附件五。 | 已修正於 P.8、P.9。 |
| 2 | P.17 航線規劃參數應為附件六，並請增列潮汐預報表至附件中。 | 已修正 P.17 航線規劃參數應為附件六，並請列潮汐預報表至附件七。 |
| 3 | P.17 的二、地面點空間分布中利用既有孔洞分布資訊加強航線規劃，請補充說明有針對哪些區域進行補強作業，實施結果為何？ | 本計畫依據孔洞分布以及既有地形資料，規劃 4 條加密航線(請參考圖 2-10)，同時參考孔洞位置規劃正規航線方向，以減少孔洞比例，實際成效於大部分計畫範圍皆能獲得優於前期資料的孔洞成果。 |
| 4 | P.19 的 2-4-1 節率定場設置，自強工程於 110.03.15 及 110.5.12 各自於板橋及南崗工業區執行率定作業，但報告中僅說明 0315 板橋率定作業，是否補充說明二次率定結果？ | 於 P.24 補充說明第二次率定飛行作業，相關率定場以及執行成果詳如附件九。 |
| 5 | P.51 表 2-19，自第 18 項次後，審查合格日期為 111.03.07 請修正。 | 已修正 P.51-P.52 表 2-19。 |
| 6 | P.72 的 2-8-3 圖幅接邊作業僅說明作法，請補充說明接邊結果及接邊後是否一致。 | P.72 補充說明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。 |
| 7 | P.73 的 2-8-5 資料儲存格式請參考招標規格 P.42。 | 已修正 P.73 資料儲存格式。 |
| 8 | P.78 的 2-9-2 第二項提及相關空中三角作業說明詳如章節 2-5-2 第三項，此項目僅說明空三控制點數量，應為 2-9-1 節。且 110 年測製案中針對鐵路、公路及橋梁等對地圖判讀有重要意義的基礎建設，必進行正射微分糾正，請補充說明此項作業結果。 | 已修正 P.78 提及空中三角作業說明參照為 2-9-1 節。 |
| 9 | P.81 的 2-9-5 水域線與沙洲線劃設，倒數第二行”沙洲線內水點分類為地表點”，敘述有誤，應依沙洲線內之實際地形分類出地表點。 | 已修正 P.81 相關描述。 |
| 10 | P.84 圖 4-1 團隊組織架構圖請與 4-3 人員名冊相符(光達處理組)。 | 已修正 P.84 圖 4-1。 |
| 11 | P.24 的 2-4-3 第二行”第二次律定”，應為”第二次率定”。 | 已修正 P.24 相關文字。 |
| 12 | P.25 第三點，率定報告應為附件九。 | 已修正 P.25 相關文字。 |
| 13 | P.26 最後一行相關描述詳如附件八，應為附件九 | 已修正 P.26 相關文字。 |
| 14 | P.27 最後一行應為附件五。 | 已修正 P.27 相關文字。 |
| 15 | P.65、P.68 最後兩行的附件編號請查明。 | 已修正 P.65-68 相關文字。 |

內政部國土測繪中心

「110 及 111 年度 LiDAR 技術更新數值地形模型成果測製工作採購案」
(第 2 作業區)

110 年工作總報告主辦機關審查意見及回復說明

| 序列 | 審查意見 | 回復說明 |
|----|---|--|
| 1 | <p>PI，摘要，第 1 段文字「內政部報經行政院核定……合計 1,066 圖幅(1/5000)」，整段文字不完整，僅提到 108-109 年作業，請補充本案 110 年作業。建議參考文字：</p> <p>(1)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。(可參考 1-1 節第 2 段文字)</p> <p>(2)各年度作業之文字請描述辦理地區、總圖幅數等，範例如下：110 年辦理臺北市、新北市、桃園市、新竹縣、新竹市、苗栗縣等區域，總計 798 幅(1/5,000)範圍，面積約 5,363 平方公里，並分 3 作業區辦理。</p> | <p>已補充於 PI 摘要。</p> <p>(1) 已補充。</p> <p>(2) 已補充。</p> |
| 2 | <p>PI，摘要，第 2 段文字，「本計畫由自強工程顧問有限公司(以下簡稱測製廠商)辦理第 2 作業區 110 年度範圍共 266 幅 1/5000 圖幅」，建議修正為 110 年 DTM 成果更新作業第 2 作業區由自強工程顧問有限公司(以下簡稱測製廠商)辦理，計 266 幅 1/5000 圖幅。</p> | <p>已修正於 PI 摘要。</p> |
| 3 | <p>PI，摘要，對本案之主要成果項(DTM 及正射影像等)各作一整體性的簡要說明，說明中建議帶入所使用之光達及相機型號，目前文中已說明飛航架次、點雲密度、點雲平差精度等，請補充說明使用多少原始相片、完成多少幅 25 公分解析度之正射影像、平差精度或是檢核精度等。</p> | <p>已修正於 PI 摘要。</p> |
| 4 | <p>PIII，英文摘要，有關監審廠商文中出現「checking team」及「checking company」，請統一；主辦機關出現「agencies」及「employer」，也請統一。另外，英文摘要請配合中文摘要修正。</p> | <p>已修正並補充於 PIII 英文摘要。</p> |
| 5 | <p>P26，2-4-3 節，率定作業計有 2 次，漏列 5/12 日之率定解算成果，請補充。</p> | <p>已補充相關內容至 2-4 節。</p> |

| 序列 | 審查意見 | 回復說明 |
|----|--|--|
| 6 | P32, 2-5-2 小節, 標題「航帶平差控制點及平面控制點控制點測量」, 建議修正為「航帶平差控制點及平面控制點測量」, 另外, 請補充檢核方式(如監審廠商抽驗 10%已知點實測檢核)相關內容。 | 已修正標題名稱並補充相關資料於 2-5-2 小節。 |
| 7 | P34-P47, 表 2-15, 每一點 eGNSS-2019 之 2 次測量成果坐標比較及取平均係中間計算過程成果, 建議刪除並移至附錄, 只保留轉換至 TWD97[2020] 成果(表 2-16)。若如果表 2-15 要留於內文, 則請於內文中交代實測 eGNSS2019 坐標 2 次取平均, 再轉換至 TWD97[2020]之相關內容。 | 已將 e-GNSS[2019]成果移至附件, 並修正 2-5-2 節相關內文。 |
| 8 | P48-P49, 2-5-2 小節中「五、地類檢核點測量」及「六、橫斷面檢核點」, 與控制點性質不同, 建議獨立自成小節。 | 已將此部分併入 2-8-2 小節。 |
| 9 | P51, 表 2-19, 請增加各架次執行時間的欄位資料。 | 已補充於 P45 表 2-21。 |
| 10 | P56-P58, 2-7-2 小節第一點, 「並於平差後計算各控制點與點雲計算之中誤差」中之點雲計算所指為何?請補充描述(由那些資料進行計算、如何計算?)。另外 2 子測區之點雲平差中誤差分別為 8.7 公分及 11.7 公分, 與 P57、P58 頁中「航帶間高程相對偏差量平均值」8.7 公分及 11.7 公分相同, 兩者是相同的事件或是誤植, 請查明並補充說明。 | 此處指航帶平差後的點雲與本計畫頭中尾控制點 TerraScan 模組 Output control report 功能進行高程比對, 本作業區點雲平差後高程中誤差為 5.4 公分, 原 2 子測區之點雲平差中誤差分別為 8.7 公分及 11.7 公分為誤植, 已修正相關文字說明。 |
| 11 | P58, 2-7-3 節, 請補充本案作業人員點雲編修圖幅之分布圖、處理數量(圖幅數)及初驗合格率。 | 已補充相關內容於 2-7-3 節。 |
| 12 | P64-P71, 表 2-22 及表 2-23, 請增加檢核點之「平均絕對高差」、「最大高差」、「最小高差」、「標準偏差」及「均方根誤差」欄位資訊; 圖 2-43 至圖 2-55, 請改以各檢核點高差值之折線圖表現之。 | 已修正相關內容於 2-8-2 節。 |
| 13 | P67, 表 2-23, 中高海拔山區地類檢核點總成果中林地及密林地檢核成果雖符合作業規範, 但其較差相對較大, 請查明造成此結果之可能原因並於總報告補充說明。 | 經檢視差值較大(40 公分以上)點位照片多為竹林周遭, 評估因竹林生長密度高光達點雲穿透不易, 造成點雲比對時內插高程較易失真而使較差變大, 已補充相關說明於 2-8-2 節。 |
| 14 | P82, 第三章成本因子分析, 本章僅提到人力配置及作業能量, 未實際進行各項工作之成本分析(或估算), 請補充說明本案 110 年執行過程各項工作所佔之比重及其成本, 其中飛航掃瞄工作所占比重及成本均極重, 應多加分析說明(增加飛航待命及 | 已修正並補充於第三章。 |

| 序列 | 審查意見 | 回復說明 |
|----|---|--|
| | 可飛天數分析)。另外 3-2 節第 6 行「預計第 2 階段(5-2-1 子測區)需 2.5 個月」、3-3 節第 2 行「故預定時程皆是在局部區域點雲編修完竣後」，較不宜出現「預計」、「預定」等詞句，建議修正文字。 | |
| 15 | P77，2-9-1 第(六)點，請補充辦理空中三角測量區域(本案共分 5 區)分配圖。 | 已補充於 2-9-1 節。 |
| 16 | P77，表 2-26，請補充說明表中 AC 代表意義，以及平差後計算成果，判別合格與否之方式或標準。 | 已補充於 2-9-1 節。 |
| 17 | P75-P79，2-9 正射影像製作 1 節，請補充說明正射影像外部接邊處理。 | 已補充於 2-9-6 節。 |
| 18 | <p>P91，第五章檢討與建議，內容過於精簡，請補充。可納入檢討與建議之補充內容列舉如下：</p> <p>(1)針對 110 年空三及正射影像製作規定，包括地勢陡峭、地勢變化劇烈地區之影像糾正、影像鑲嵌，以及鐵路、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等，於作業過程曾遭遇那些困難或問題？必須新增加那些措施？及影響多少成本？</p> <p>(2)烏來測區因東北季風影響，曾建議光達(航偏角不設限)及影像航偏角分開檢查，並放寬影像航偏角之議題。</p> <p>(3)有關作業期間機師車禍受傷衍生替代人員問題及疫情造成航空用油取得延遲問題，可以檢討或提出因應做法。</p> <p>(4)因疫情實施分流上班及居家辦公，如何實施分流、加班計畫、內部控制管制等，另因本案資料屬機敏資料，須在機敏作業室辦理，難以配合居家辦公，後續人員趕工加班所造成成本增加等(此部分亦考納入 3-4 節成本分析)。</p> <p>(5)其他曾於 110 年工作會議中提出討論之相關意見，均可增列於此章節。</p> | <p>已補充相關內容於第三章與第五章。</p> <p>(1) 已補充於 3-3 節。</p> <p>(2) 已補充於 5-2 節。</p> <p>(3) 已補充於 5-1 節。</p> <p>(4) 已補充於 5-1 節。</p> <p>(5) 感謝建議，110 年間工作會議討論議題多已包含於上述建議。</p> |
| 19 | 請補充 110 年地面孔洞（地面點空間分布檢查）及雲洞之情形，經查 110 年第 2 子測區之孔洞分有 1 幅經審查為相對通過，亦請查明造成地面點大孔洞可能發生原因並補充說明。 | 經查該圖幅執行航線與日期，相對濕度極高，可能影響光達穿透能力，已補充相關說明於 2-8-8 節。 |
| 20 | 請補充說明航帶平差控制點之布設情形是否滿足測區之四角應布設 1 組（2 個）全控點，若無，請說明原因及相關配套作法。 | 本計畫滿足航帶平差控制點於測區之四角均有布設 1 組（2 個）全控點，已補充說明於 2-5-2 節。 |
| 21 | 請將空中三角測量報表資料放在光碟(列為附件)。 | 已補充於附件十一。 |

| 序列 | 審查意見 | 回復說明 |
|----|---|---|
| 22 | 補充 110 年甲方(本中心)外業驗收作業時間及工作照片。 | 已補充於 2-8-3 節與 2-9-4 節。 |
| 23 | <p>文字修正如下：</p> <p>(1)P1，第一章 1-2 節，「本計畫測區(5-2 測區)面積……」建議修正為「本計畫第 2 作業區(編號 5-2 測區)面積……」。</p> <p>(2)P64，圖 2-43 上方文字「低海拔及河川洪泛溢淹地區類檢核點：裸露地 Dz 分布」，請修正為「……溢淹地區地類檢核點……」。</p> <p>(3)P82，3-1 節，最後段文字「……支援及需配合事項等事宜」，請修正為「……支援及須配合事項等事宜。」號，另整段文字請調整為左右對齊。</p> <p>(4)P41，表 2-16 中欄位「轉換後(TWD97[2020])」：「正高」、「N」、「E」、「橢球高」與資料對應有誤，請修正。</p> <p>(5)P77，表 2-26 中欄位「N」、「E」資料互調，且部分欄位未顯示至小數點以下 3 位，請修正。</p> <p>(6)P62，表 2-20 中第 2 筆資料檢查完成日期漏列月份，請修正。</p> <p>(7)封面英文標題請修正為「Report of updating Taiwan DEM by LiDAR technique in 2021(2nd Work zone)」。(注意：nd 不要縮小上提)</p> <p>(8)封面下方日期請寫至日。</p> <p>(9)書脊「110 年度」修正為「110 年」。</p> | <p>(1) 已修正。</p> <p>(2) 已修正。</p> <p>(3) 已修正。</p> <p>(4) 已修正。</p> <p>(5) 已修正。</p> <p>(6) 已修正。</p> <p>(7) 已修正。</p> <p>(8) 已修正。</p> <p>(9) 已修正。</p> |