

106年「南二段北段及周邊區域 航空傾斜攝影暨空載光達掃瞄作業」

成果報告書



玉山國家公園管理處

55344 南投縣水里鄉中山路一段 515 號

網址：<http://www.ysnp.gov.tw/>

無障礙環境：電子信箱：tmc@ysnp.gov.tw

電話：(049) 2348-237

總機：(049) 2773-121 (代表)

傳真：(049) 2774-846

玉山國家公園叢刊編號：1301



玉山國家公園管理處

中華民國106年12月

摘要

玉山國家公園管理處自 104 至 105 年，已完成玉山園區 80 平方公里航空攝影及空載光達掃描，並製作正射影像與數值高程模型，本年(106 年)賡續利用高規格航空像機及空載光達，進行南二段北段及周邊區域航空傾斜攝影暨空載光達掃描作業，面積達 100 平方公里。主要工作項目為測圖計畫書擬定、航空申請、航空傾斜攝影與空載光達掃描，繳交原始檔資料包含：原始航拍影像、飛機 GPS 與 IMU 資料與平差後原始空載光達點雲。另加值提供 3D GIS Skyline 平台，包含排雲山莊建模與室內、室外環景攝影與擴增實境展示。

關鍵字：航空攝影、航空照片、空載光達、點雲、玉山國家公園

目錄

| | |
|----------------------------|------|
| 摘要 | I |
| 目錄 | II |
| 附件目錄 | IV |
| 圖目錄 | V |
| 表目錄 | VIII |
| 第一章 計畫概述 | 1 |
| 1-1 規劃緣起與目的 | 1 |
| 1-2 計畫範圍 | 1 |
| 第二章 工作項目 | 2 |
| 2-1 工作項目 | 2 |
| 2-2 完成工作項目表 | 3 |
| 第三章 工作方法及成果 | 4 |
| 3-1 測圖計畫書及航拍申請 | 4 |
| 3-2 玉山國家公園入園與入山許可申請 | 6 |
| 3-3 控制測量 | 9 |
| 3-4 傾斜航空攝影 | 12 |
| 3-4-1 航空攝影儀器規格 | 12 |
| 3-4-2 傾斜航空攝影作業規劃 | 17 |
| 3-4-3 飛航姿態與像片曝光點位置解算 | 19 |
| 3-4-4 航空攝影成果 | 21 |

| | |
|----------------------------|-----------|
| 3-5 空載光達掃描..... | 23 |
| 3-5-1 空載光達儀器規格 | 23 |
| 3-5-2 空載光達作業規劃 | 25 |
| 3-5-3 資料解算與航帶平差 | 26 |
| 3-5-4 空載光達掃描成果 | 26 |
| 3-6 影像匹配建模..... | 27 |
| 3-6-1 UAV 儀器規格 | 28 |
| 3-6-2 UAV 航拍規劃 | 29 |
| 3-6-3 影像匹配成果 | 29 |
| 第四章 管制計畫 | 32 |
| 4-1 時程管制計畫 | 32 |
| 4-2 品質管制計畫 | 33 |
| 4-2-1 傾斜攝影品質管制 | 33 |
| 4-2-2 空載光達品質管制 | 35 |
| 第五章 加值服務 | 36 |
| 5-1 高解析 GSD 12 公分航拍影像..... | 36 |
| 5-2 空載光達點雲密度 2 點/平方公尺..... | 36 |
| 5-3 排雲山莊建模..... | 37 |
| 5-4 排雲山莊環景攝影..... | 38 |
| 第六章 結論與建議 | 42 |
| 6-1 結論 | 42 |

| | |
|---------------|----|
| 6-2 建議..... | 42 |
| 第七章 參考文獻..... | 43 |

附件目錄

- 附件一 傾斜像機(AOS-7)率定文件
- 附件二 空載光達(Q780)率定文件
- 附件三 傾斜攝影像片姿態成果表
- 附件四 傾斜攝影像片清冊
- 附件五 工作執行計畫書審查意見回覆
- 附件六 期末報告書審查意見回覆
- 附件七 往來公文紀錄

圖目錄

| | |
|--|----|
| 圖 1-1 測區範圍 | 1 |
| 圖 3-1 航拍作業流程圖 | 4 |
| 圖 3-2 航拍申請與許可公文 | 5 |
| 圖 3-3 玉山入園申請窗口網站圖 | 6 |
| 圖 3-4 警政署入山申辦系統圖 | 7 |
| 圖 3-5 入山許可證 | 8 |
| 圖 3-6 入山人員清冊 | 8 |
| 圖 3-7 航線與 GPS 基地站位置圖 | 9 |
| 圖 3-8 飛機 GPS 與地面基站同時接收之衛星分布情形圖 | 10 |
| 圖 3-9 測量時段衛星數量統計圖 | 10 |
| 圖 3-10 飛航軌跡誤差估計圖 | 11 |
| 圖 3-11 GPS 之 DOP 值誤差估計圖 | 11 |
| 圖 3-12 傾斜航空攝影工作流程圖 | 12 |
| 圖 3-13 傾斜像機 AOS-7 實機安裝照片圖 | 12 |
| 圖 3-14 航測數位式攝影機 (PhaseOne) 率定合格報告書 | 13 |
| 圖 3-15 國家實驗研究院儀器科技研究中心率定合格報告書 (節錄) .. | 14 |
| 圖 3-16 P68C-TC 定翼機實體照 | 15 |
| 圖 3-17 BN-2B-20 定翼機實體照 | 15 |
| 圖 3-18 自強公司與大鵬航空租用合約圖 | 16 |
| 圖 3-19 傾斜航空規劃 IGIPlan 系統操作圖 | 17 |
| 圖 3-20 規劃飛行路線圖 | 18 |

| | |
|---|----|
| 圖 3-21 實際飛行路線圖..... | 18 |
| 圖 3-22 飛航軌跡與曝光點位置成果圖 | 19 |
| 圖 3-23 儀器位置測量現場照片圖 | 20 |
| 圖 3-24 Phase ONE 垂直攝影拍攝成果圖(節錄)..... | 21 |
| 圖 3-25 Phase ONE 垂直攝影拍攝細部成果圖(節錄)..... | 21 |
| 圖 3-26 傾斜攝影拍攝影像成果圖(節錄)..... | 22 |
| 圖 3-27 傾斜攝影拍攝細部成果圖(節錄)..... | 22 |
| 圖 3-28 空載光達作業流程圖 | 23 |
| 圖 3-29 Riegl LMS-Q780 點雲 | 24 |
| 圖 3-30 IGIPlan Q780 點雲密度規劃設定操作示意圖..... | 25 |
| 圖 3-31 空載光達原始資料 (依航帶分類) | 26 |
| 圖 3-32 空載光達原始資料 (依點雲密度分類) | 26 |
| 圖 3-33 Skyline Photomesh 3D 影像建模流程圖 | 27 |
| 圖 3-34 Lod 建物等級說明圖 (Biljecki, F.,2013)..... | 28 |
| 圖 3-35 Phantom 4 Advanced 無人機圖 | 28 |
| 圖 3-36 UAV 航線規劃圖 | 29 |
| 圖 3-37 原始 UAV 影像 | 29 |
| 圖 3-38 原始 UAV 照片(節錄)..... | 30 |
| 圖 3-39 影像匹配成果圖..... | 30 |
| 圖 3-40 影像匹配建模成果圖(排雲山莊)..... | 31 |
| 圖 4-1 工作進度圖..... | 32 |
| 圖 4-2 影像地面解析度計算示意圖 | 33 |

| | |
|--|----|
| 圖 4-3 影像涵蓋圖-左右重疊率 | 34 |
| 圖 4-4 影像涵蓋圖-前後重疊率 | 34 |
| 圖 4-5 空載光達點雲密度檢核圖 | 35 |
| 圖 5-1 Riegl LMS-Q780 全波形 (Full waveform) 示意圖 | 36 |
| 圖 5-2 排雲山莊建模成果圖 | 37 |
| 圖 5-3 環景影像製作流程圖 | 38 |
| 圖 5-4 環景原始影像成果圖 | 39 |
| 圖 5-5 環景影像融合與水平調整操作圖 | 39 |
| 圖 5-6 影像補丁成果圖 | 39 |
| 圖 5-7 環景影像成果圖 | 40 |
| 圖 5-8 擴增實境(AR)網頁成果圖 | 41 |

表目錄

| | |
|--|----|
| 表 2-1 完成工作項目表..... | 3 |
| 表 3-1 隊伍申請規劃表..... | 6 |
| 表 3-2 登山行程表..... | 6 |
| 表 3-3 GPS 基地站坐標表..... | 9 |
| 表 3-4 AOS-7 多像機傾斜空拍系統規格表..... | 13 |
| 表 3-5 P68C-TC 規格表..... | 14 |
| 表 3-6 IGI IMU 規格表（最高頻率可達 256Hz/s）..... | 16 |
| 表 3-7 傾斜航空攝影作業規劃表..... | 17 |
| 表 3-8 影像姿態成果表(節錄)..... | 20 |
| 表 3-9 空載光達掃瞄儀 Riegl LMS-Q780 規格表..... | 24 |
| 表 3-10 空載光達航線規劃資訊表..... | 25 |
| 表 3-11 UAV 與像機規格表..... | 28 |

第一章 計畫概述

1-1 規劃緣起與目的

玉山國家公園管理處自 104 至 105 年間已分別完成 80 平方公里（8000 公頃）航空攝影及空載光達掃瞄，並製作正射影像、1 m 數值高程模型（DEM）及 3D 模型，已充分應用為登山安全規劃、環境資源保育及經營管理等重要參考依據。爰此，本（106）年度擬賡續利用高規格航空像機及空載光達同步進行航拍及掃瞄作業，未來規劃逐次建置園區完整正射影像及數值高程模型等圖資成果，作為本處通盤檢討、工程施工、景觀保育、地形地貌演變、環境教育解說及數位典藏等多目標應用。

1-2 計畫範圍

本次規劃作業範圍為玉山園區南二段北段及周邊區域，如圖 1-1 紅線範圍所示，面積約 100 平方公里（10,000 公頃）。

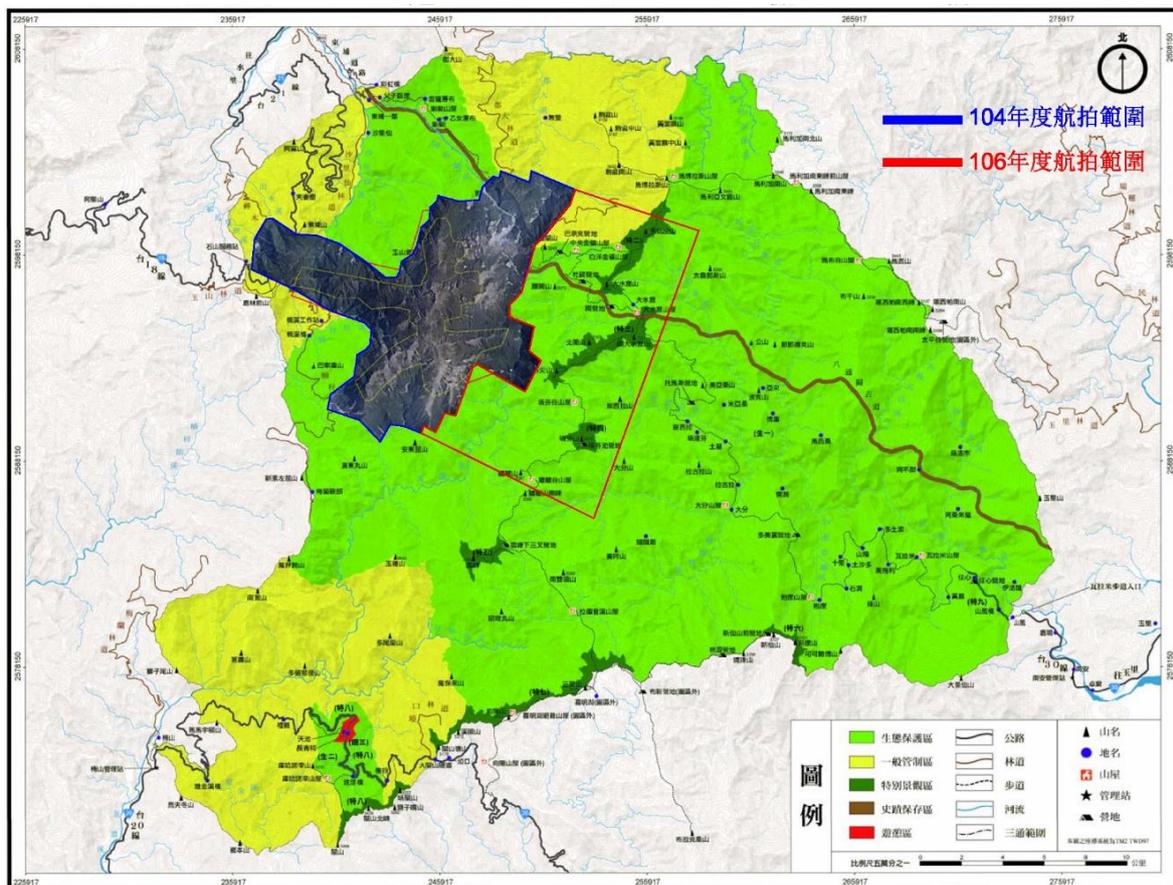


圖 1-1 測區範圍

第二章 完成工作項目

2-1 工作項目

本計畫工作項目以及其內容如下：

(一) 測圖計畫書擬定及航空申請

為順利執行本項工作計畫之需求，須擬定測圖計畫書向內政部申請飛航許可，所規劃之飛行時間起迄點需與本案契約簽定後之日期相符。

(二) 航空傾斜攝影

1. 航空傾斜攝影及空載光達掃瞄需同步執行。
2. 於衛星影像圖上規劃航線，航線方向以地形狀況斟酌決定，航線設計必須確保涵蓋整個測區範圍。
3. 航拍影像左右重疊需達 30%，前後重疊需達 80%。
4. 航拍影像地面解析度原則上需達 20 公分，考量測區地形起伏甚大，於山谷部分解析度可放寬至 25 公分。
5. 繳交成果需含原始航拍影像（tif 檔）、GPS 及 IMU 原始資料。

(三) 空載光達掃瞄

1. 空載點雲平均密度需達 1 點/平方公尺。
2. 繳交成果需含平差後原始空載點雲（las 檔）。

(四) 成果製作

1. 成果報告書。
2. 完整成果資料。

2-2 完成工作項目表

表2-1 完成工作項目表

| 項次 | 項目 | 儲存方式 | 數量 | 繳交時間 | 備註/格式 |
|------|--------------------|------|------|-----------|-------|
| 1 | 工作執行計畫書 | 紙本 | 10 份 | 106.10.11 | |
| 成果繳交 | | | | | |
| 2 | 期末報告書 | 紙本 | 10 份 | 106.12.8 | |
| 3 | 成果報告書 | 紙本 | 12 份 | 106.12.19 | |
| 4 | 原始航拍影像 | 隨身硬碟 | 3 份 | 106.12.19 | *.tif |
| | 飛機上 GPS 及 IMU 原始資料 | | | | *.C5L |
| | 平差後原始空載光達點雲 | | | | *.las |
| | 報告書內容、圖表成果之資料檔案 | | | | 含簡報檔 |

第三章 工作方法及成果

本計畫工作內容包括測圖計畫書擬定及航拍申請、航空傾斜攝影測量、空載光達掃瞄以及成果製作。以多像機傾斜空拍系統 (AOS-7) 獲取平均地面解析度 GSD 12 公分之航拍影像，並同時以空載光達掃瞄密度 2 點/平方公尺之點雲成果，作業內容詳述如後。

3-1 測圖計畫書及航拍申請

採用航空飛行器搭載傾斜式相機進行航拍作業，為取得真實地形資料，同樣以航空飛行器搭載空載光達進行地形資訊之掃瞄作業。於航拍作業進行前，依「國土測繪法」及「實施航空測量攝影及遙感探測管理規則」等相關規定擬訂航空攝影計畫，並檢附相關文件向內政部申請實施航空測量攝影，依據計畫涵蓋地區及工作數量，先期規劃工作進度、人員調配、儀器設備及材料準備等工作，工作流程如圖 3-1。

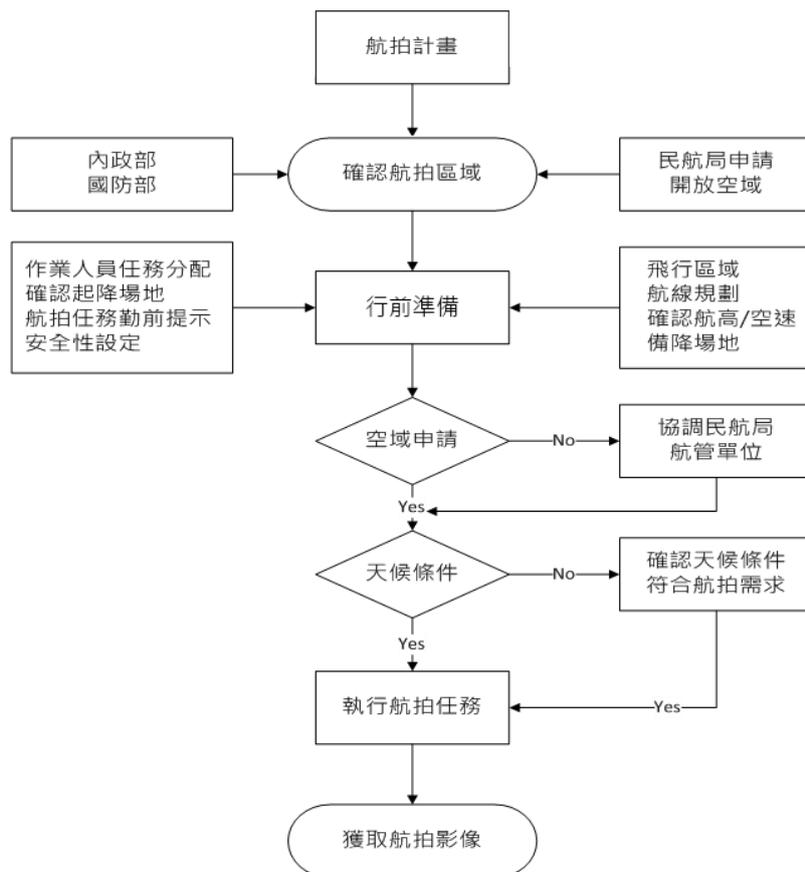


圖3-1 航拍作業流程圖

本案於執行任務前均取得內政部航拍許可，與民航局航拍許可，核可與申請公文如圖 3-2。

正本
發文方式：郵寄

權號：
保存年限：

自強工程顧問有限公司 函

公司地址：235 新北市中和區新街112號5樓
聯絡人：張宇含
連絡電話：02-22252200#分機243
傳真電話：02-32349880
電子信箱：243net2200.com

10655
台北市徐州路5號
受文者：內政部

發文日期：中華民國106年09月12日
發文字號：自工字第 106094330 號
送別：一般
附 件：航攝實地計畫書乙式3份（副本無附件）。

主 旨：本公司承攬玉山國家公園管理處委託「106年南二段北段及周邊區域航空傾斜攝影暨空載光達掃描作業」案，檢送航攝相關文件申請航拍許可，復如說明敬請 惠予核准，請 查照。

說 明：依據「實施航空測量攝影及遙感探測管理規則」第3條規定，檢送航攝實地計畫書乙式3份、航攝地區範圍圖（附件一）、辦理航攝業務之設備清冊（第四項）、營利事業登記證（第十項）、測繪業登記證（第十一項）、招標公告（第十二項）以及報價紀錄（第十三項）供 貴部辦理審查，請准予航空攝影工作。

正本：內政部
副本：玉山國家公園管理處

董事長 賴澄源

內政部航拍申請公文

正本
發文方式：傳真

權號：
保存年限：

自強工程顧問有限公司 函

公司地址：235 新北市中和區新街112號5樓
聯絡人：張宇含
連絡電話：02-22252200#分機251
傳真電話：02-32349880
電子信箱：251st2200.com

10548
台北市松山區敦化北路340-10號
受文者：大鵬航空股份有限公司

發文日期：中華民國106年10月17日
發文字號：自工字第 106104396 號
送別：一般
附 件：機上工作人員名冊乙式乙份。

主 旨：本公司欲執行玉山國家公園管理處委託之「106年南二段北段及周邊區域航空傾斜攝影暨空載光達掃描作業」，擬使用本公司P-68C-TC飛行器及租賃 貴公司BN-2型飛行器執行航攝工作，請 貴公司協助辦理民航局飛航展延，請 查照。

說 明：1. 作業範圍為南投縣、高雄市及花蓮縣。
2. 預計作業時間為106年10月28日至106年11月30日。
3. 檢附機上工作人員名冊乙式乙份。

正本：大鵬航空股份有限公司
副本：

董事長 賴澄源

民航局航拍申請公文

內政部 函

地址：10017臺北市中正區徐州路5號
聯絡人：李妹儀
聯絡電話：02-23565275
傳真：02-23976875
電子信箱：moi6172@moi.gov.tw

受文者：自強工程顧問有限公司

發文日期：中華民國106年10月17日
發文字號：台內地字第1060430748號
送別：普通件
密等及解密條件或保密期限：
附件：

主旨：貴公司受玉山國家公園管理處委託「106年南二段北段及周邊區域航空傾斜攝影暨空載光達掃描作業」，申請實施航空測量攝影案，原則同意，請查照。

說明：
一、依據國土測繪法第55條規定及國防部106年10月12日國情整備字第1060002444號函辦理，並復貴公司106年9月12日自工字第106094330號函。
二、貴公司實施航空測量攝影期間為核准次日起至106年12月1日止，本案實施航空測量攝影獲取之成果請依「實施航空測量攝影及遙感探測管理規則」第8條規定，於沖洗或影像處理後，提送本部會同國防部審查。另於執行任務完竣60日內，依該規則第9條規定檢送相關文件過部備查。
三、請於執行航空攝影任務時，勿涉軍事機敏設施，於任務前一週向交通部民用航空局申請發布飛航公告，並於任務前2日通知國防部、空軍司令部、空軍作戰指揮部及軍事飛航單位，以維飛安。
四、貴公司對本處分如有不服，應於接到本處分書次日起30日

內政部航拍許可公文

交通部民用航空局 函

地址：台北市敦化北路340號
傳真：(02)23496050
聯絡人：張景惠
聯絡電話：(02)23496347
電子郵件：ckbibi@mail.caa.gov.tw

受文者：自強工程顧問有限公司

發文日期：中華民國106年10月27日
發文字號：空運管字第1060024628號
送別：普通件
密等及解密條件或保密期限：
附件：如文(飛航作業申請書)(1060024628-0-0.pdf)

主旨：貴公司擬使用使用BN-2型機（國籍編號：B-68802）及P68 C-TC型機（國籍編號：B-77709）於南投縣、高雄市及花蓮縣等地區執行自強工程顧問有限公司委託辦理玉山國家公園管理處「106年南二段北段及周邊區域航空傾斜攝影暨空載光達掃描作業」案所需航空測量攝影作業乙案，同意自106年10月28日至106年11月30日止辦理，請查照。

說明：
一、復貴公司106年10月19日鵬(106)字第126號函。
二、請依據「航空器飛航作業管理規則」、「航空產品與各項裝備及零組件適航維修管理規則」、「飛航規則」與「飛航指南」相關規定作業，作業前應先與相關航管單位協調並保持密切聯繫。
三、作業範圍應符合內政部同意之航攝區域，另執行作業一工作日前務將飛航作業地區範圍（應附有比例尺之簡圖，包括：飛行路徑及作業範圍）送交本局飛航服務總室，並通知空軍司令部、當地軍方起降基地、當地航空站及飛航管制聯合協調中心（JCC）等單位。

民航局航拍許可公文

圖3-2 航拍申請與許可公文

3-2 玉山國家公園入園與入山許可申請

依據國家公園法第 19 條之規定，進入國家公園生態保護區，應經國家公園管理處之許可，本計畫需至排雲山莊進行作業，依規定辦理入園許可，申請窗口網站如圖 3-3。



圖3-3 玉山入園申請窗口網站圖

入園路線將由塔塔加遊客服務中心，進入登山路線，後攀登至排雲山莊，隊伍申請規劃如表 3-1，登山行程如表 3-2。

表3-1 隊伍申請規劃表

| | |
|-------|------------------------------------|
| 路線規劃 | 玉山主峰 |
| 時程規畫 | 入園日期 2017/10/11 出園日期 2017/10/13 |
| 隊伍名稱 | 自強工程顧問有限公司 |
| 隊伍識別碼 | 106GG638678 |
| 申請時間 | 2017/09/21 17:07:30 |

表3-2 登山行程表

| 日期 | 時間 | 行程 |
|-----------|-------|---------------|
| 106.10.11 | 17:00 | 夜宿鹿林小屋 |
| 106.10.12 | 09:00 | 登山口=>排雲山莊 |
| 106.10.12 | 17:00 | 夜宿排雲山莊 |
| 106.10.13 | 07:00 | 排雲山莊=>主峰=>登山口 |

生態保護區大部份屬山地管制區，因此進入國家公園活動除需辦理入園許可外，亦需依國家安全法辦理入山許可。

警政署入/出山地管制區之申請網站如圖 3-4，於民國 106 年 10 月 3 號完成入山申辦，入山證許可證如圖 3-5，入山人員清冊如圖 3-6。



圖3-4 警政署入山申辦系統圖

| 山地管制區入山許可證 | | | | 嘉縣警保山證字第 106BN09108149 號 | |
|-----------------|---------------------------------------|-------|-------------------------|--------------------------|---|
| 106 年 10 月 03 日 | | | | | |
| 姓名 | 性別 | 出生年月日 | 身分證號/ 護照號碼 (居留證號) | 電話 | 住址 |
| ■■■■ | ■■ | ■■■■ | ■■■■■■■■■■ | ■■■■■■■■■■ | 新北市中和區新民街 112 號五樓 |
| 入山事由 | 因公務需要 | | | 停留期間 | 自 106 年 10 月 11 日 至 106 年 10 月 13 日 |
| 前往地點 | 玉山主西峰(嘉義縣阿里山鄉) | | | 附註 | 「入山時建議攜帶衛星電話、GPS 衛星定位儀及無線電，並避免單獨 1 人入山，遇有亟待救援情形，可撥打緊急事故聯繫電話 112 及 119。」 |
| 入山人數 | 5 人(附名冊) | | | | |
| 備考 | 本證交入山之檢查所收存二年，於有效期間臨時出入山者，檢查所應於本證註記之。 | | | | |

凡進入國家公園生態保護區者，應向各國家公園管理處申請入園許可。

| 山地管制區入山許可證副本 | | | | 嘉縣警保山證字第 106BN09108149 號 | |
|-----------------|---|-------|-------------------------|--------------------------|---|
| 106 年 10 月 03 日 | | | | | |
| 姓名 | 性別 | 出生年月日 | 身分證號/ 護照號碼 (居留證號) | 電話 | 住址 |
| ■■■■ | ■■ | ■■■■ | ■■■■■■■■■■ | ■■■■■■■■■■ | 新北市中和區新民街 112 號五樓 |
| 入山事由 | 因公務需要 | | | 停留期間 | 自 106 年 10 月 11 日 至 106 年 10 月 13 日 |
| 前往地點 | 玉山主西峰(嘉義縣阿里山鄉) | | | 附註 | 「入山時建議攜帶衛星電話、GPS 衛星定位儀及無線電，並避免單獨 1 人入山，遇有亟待救援情形，可撥打緊急事故聯繫電話 112 及 119。」 |
| 入山人數 | 5 人(附名冊) | | | | |
| 備考 | 本證交入山之檢查所收存二年，於有效期間臨時出入山者，檢查所應於本證註記之。 | | | | |
| 注意 | 1. 持有本證者須連同身分證明文件交檢查所檢查相符加蓋檢查印戳後自行收妥備查。 2. 本證有效期間內臨時出入山，應將本證交檢查所於背面填寫臨時出入山檢查紀錄後始得進出。 3. 本證期滿或工作結束出山時，應即繳交檢查所註銷。 | | | | |

圖3-5 入山許可證

| 入山人員名冊一覽表 | | | | | | | | | |
|-------------------------------|----|----|----------|--------------------------|------------|------------|-----|-----------|----|
| 製表日期：106 年 10 月 03 日 | | | | | | | | | |
| 許可證號：嘉縣警保山證字第 106BN09108149 號 | | | | | | | | | |
| 頁次：1 / 1 | | | | | | | | | |
| 編號 | 姓名 | 性別 | 出生日期 | 身分證號 / 護照號碼 (居留證號) | 住址 | 電話 | 聯絡人 | 聯絡人 電話 | 備註 |
| 1 | 張毅 | 男 | 071/■■■■ | ■■■■■■■■■■ | ■■■■■■■■■■ | 09■■■■■■■■ | | | |
| 2 | 黃江 | 男 | 078/■■■■ | ■■■■■■■■■■ | ■■■■■■■■■■ | 09■■■■■■■■ | | | |
| 3 | 周凱 | 男 | 080/■■■■ | ■■■■■■■■■■ | ■■■■■■■■■■ | 09■■■■■■■■ | | | |
| 4 | 余翰 | 男 | 082/■■■■ | ■■■■■■■■■■ | ■■■■■■■■■■ | 09■■■■■■■■ | | | |
| 5 | 邱榮 | 男 | 066/■■■■ | ■■■■■■■■■■ | ■■■■■■■■■■ | 09■■■■■■■■ | | | |

共計 5 人

圖3-6 入山人員清冊

3-3 控制測量

配合飛航拍攝時間，選擇地面 GPS 基站接收情況較佳測站與較佳之相對關係，採用信義（SINY）、玉里（JULI）及桃源（TAYN）基站，作為航空攝影及空載光達點雲平差解算之控制依據。地面 GPS 基地站坐標資料如表 3-3，航線與 GPS 基地站位置與如圖 3-7。

表3-3 GPS 基地站坐標表

| 點號 | 點名 | e-GNSS 【2017】 坐標 | | |
|------|----|------------------|------------|---------|
| | | N | E | h |
| SINY | 信義 | 2621419.078 | 235030.013 | 536.431 |
| JULI | 玉里 | 2582153.638 | 282533.954 | 177.849 |
| TAYN | 桃源 | 2561947.659 | 225855.718 | 645.809 |

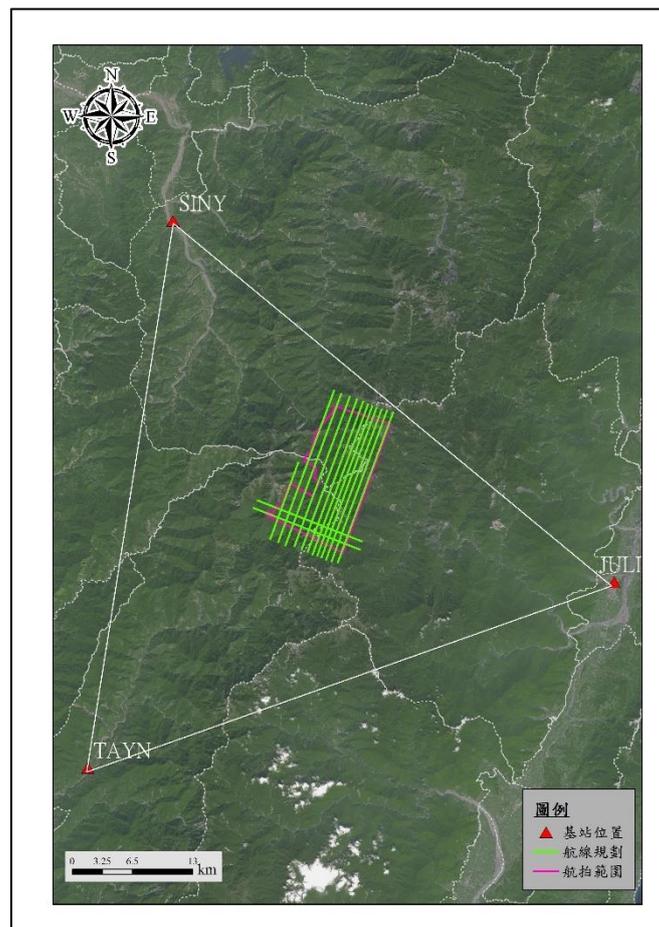


圖3-7 航線與 GPS 基地站位置圖

控制點平面採用 TWD97【2010】坐標系統，高程則採用橢球高系統。

依據飛機自有 GPS 資料配合 IMU(慣性測量單元)與 GPS 地面基站，解算飛航軌跡與姿態角，GPS 資訊如圖 3-8 與圖 3-9，軌跡誤差與衛星接收狀況如圖 3-10 與圖 3-11。

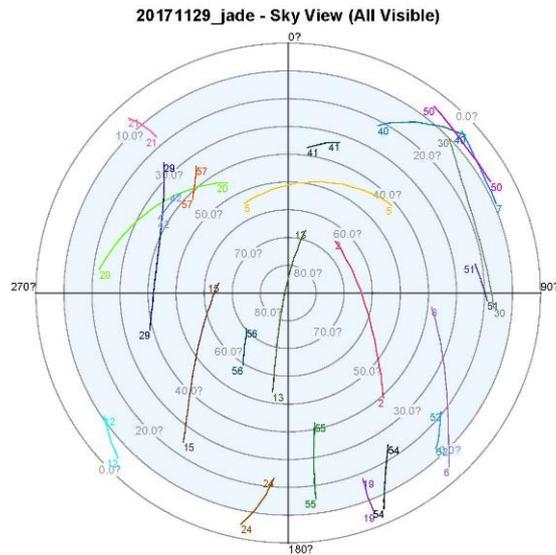


圖3-8 飛機 GPS 與地面基站同時接收之衛星分布情形圖

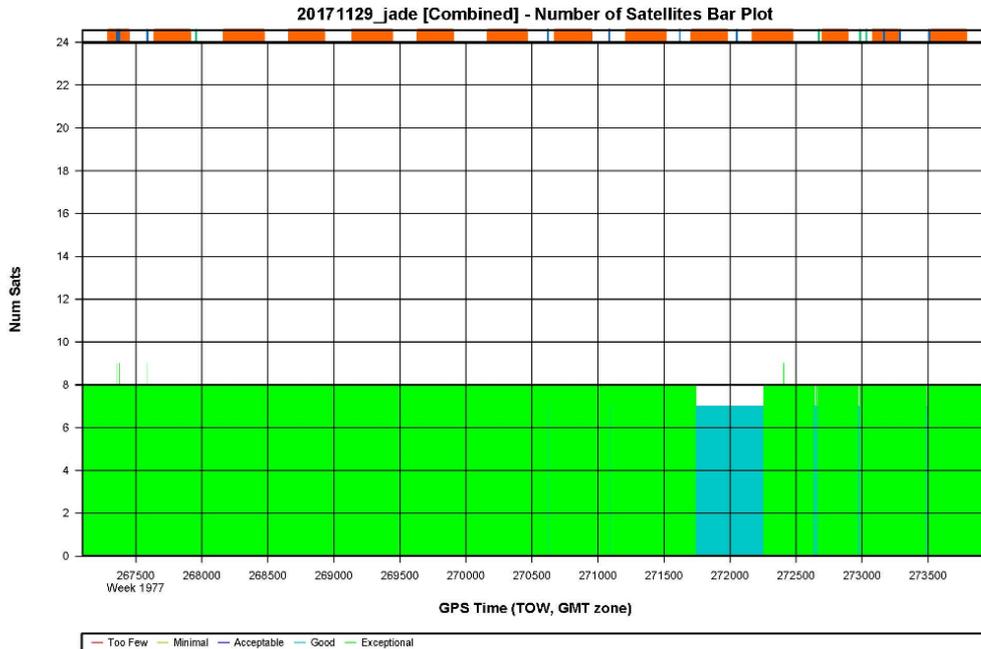
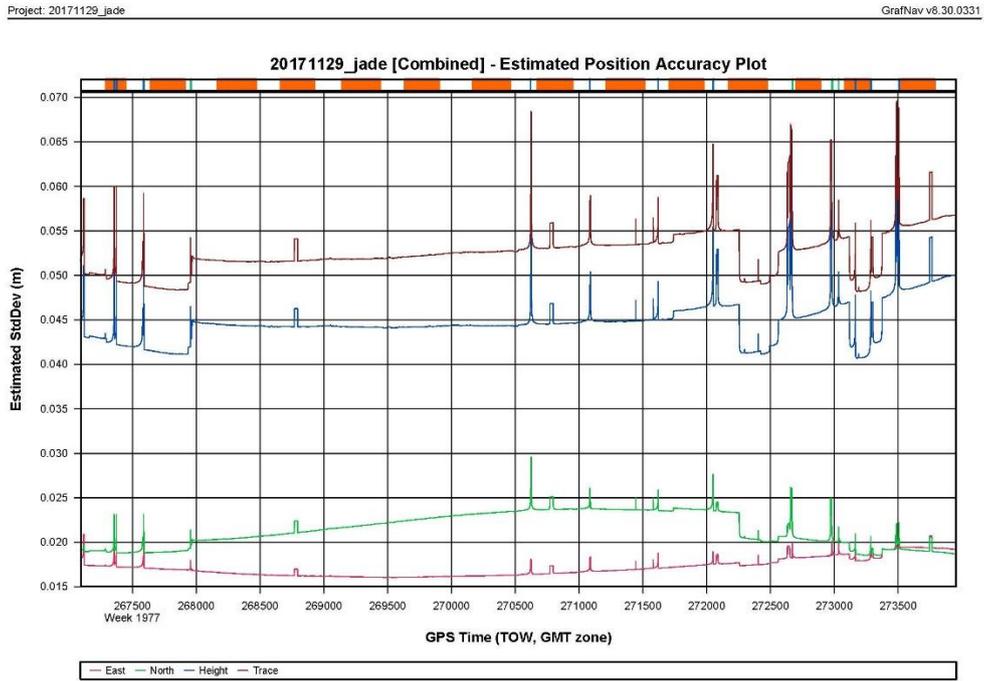


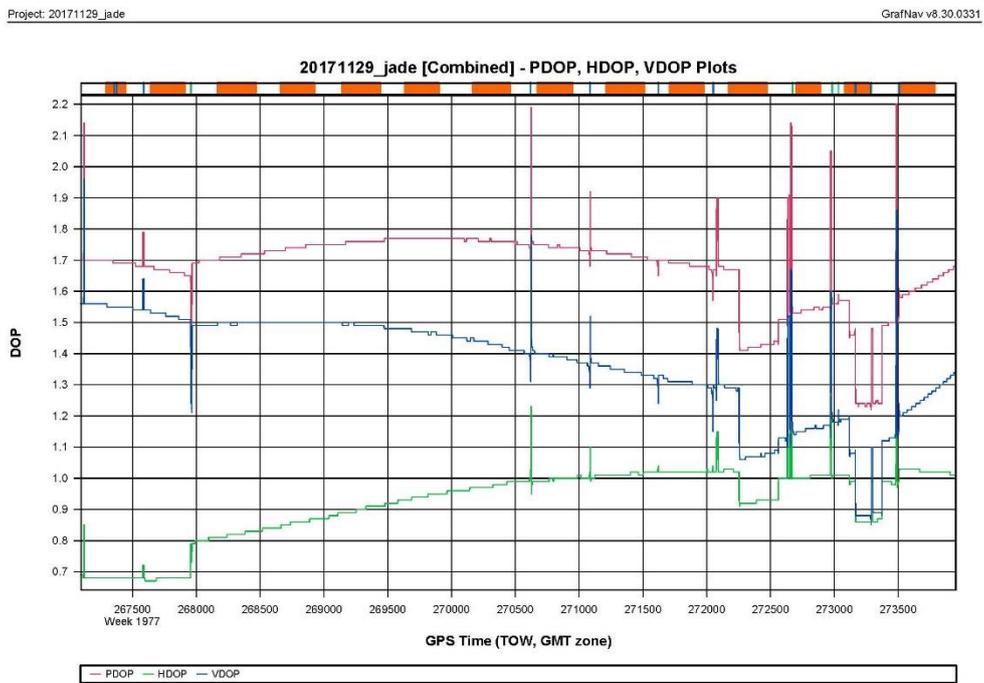
圖3-9 測量時段衛星數量統計圖



12/05/2017

Page 1

圖3-10 飛航軌跡誤差估計圖



12/05/2017

Page 1

圖3-11 GPS 之 DOP 值誤差估計圖

3-4 傾斜航空攝影

傾斜航空攝影主要流程如下，經飛航許可，後飛機依據規劃之測線進行飛行與攝影。其次，透過飛機原始 IMU、GPS 資料與地面 GPS 基站資料計算飛航軌跡，以獲得影像曝光點資訊，流程如圖 3-12。

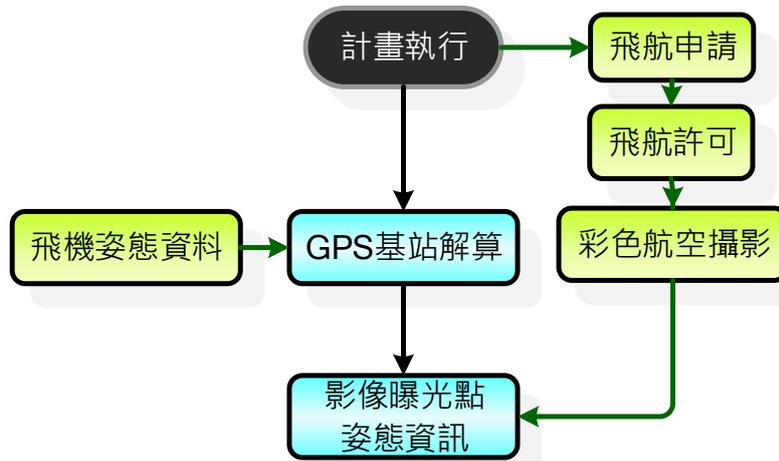


圖3-12 傾斜航空攝影工作流程圖

3-4-1 航空攝影儀器規格

AOS-7 (Aerial Multi-Cameras Oblique photography System-7) 為多像機傾斜空拍系統，以專業航拍像機 Phase One 作為垂直攝影像機 (8,000 萬像素)，配合 Nikon D800E 作為傾斜攝影像機(3,680 萬畫素)。AOS-7 實機安裝示意照如圖 3-13，規格如表 3-4。像機均經「國家實驗研究院儀器科技研究中心」檢定，如圖 3-14 與圖 3-15，詳如附件一、傾斜像機(AOS-7)率定文件。



圖3-13 傾斜像機 AOS-7 實機安裝照片圖

表3-4 AOS-7 多像機傾斜空拍系統規格表

| 像機規格 | | | 地面涵蓋範圍圖 | 照片 |
|-----------|----------------|-------------|---------|----|
| 像機 | PhaseONE IQ180 | Nikon D800E | | |
| 數量 | 1 台 | 6 台 | | |
| 像元 | 0.0052mm | 0.0049mm | | |
| 焦距 | 55mm | 85 mm | | |
| 感光元件 (mm) | 53.70 x 40.35 | 35.9 x 24.0 | | |
| 成像方式 | CCD | CMOS | | |
| 像素 | 10328 x 7760 | 7360 x 4912 | | |
| 總像素 | 8000 萬像素 | 3680 萬畫素 | | |

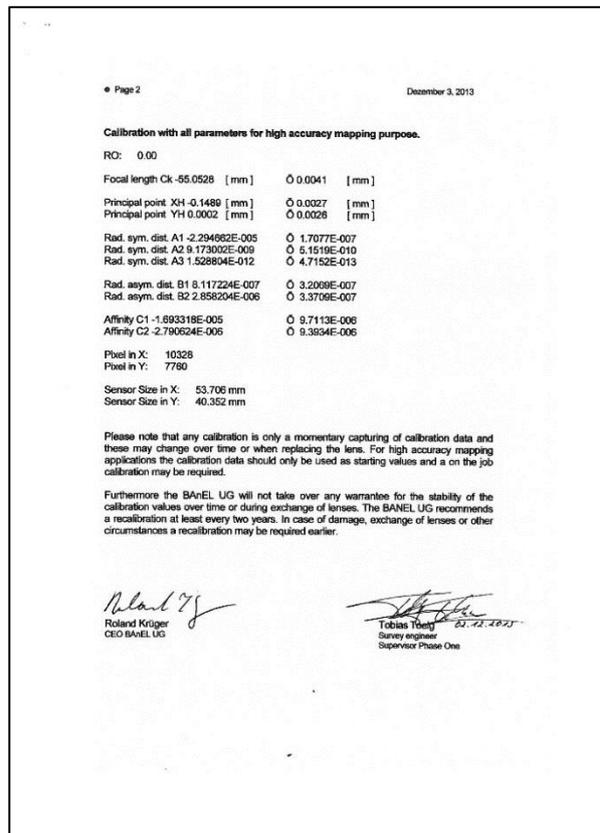
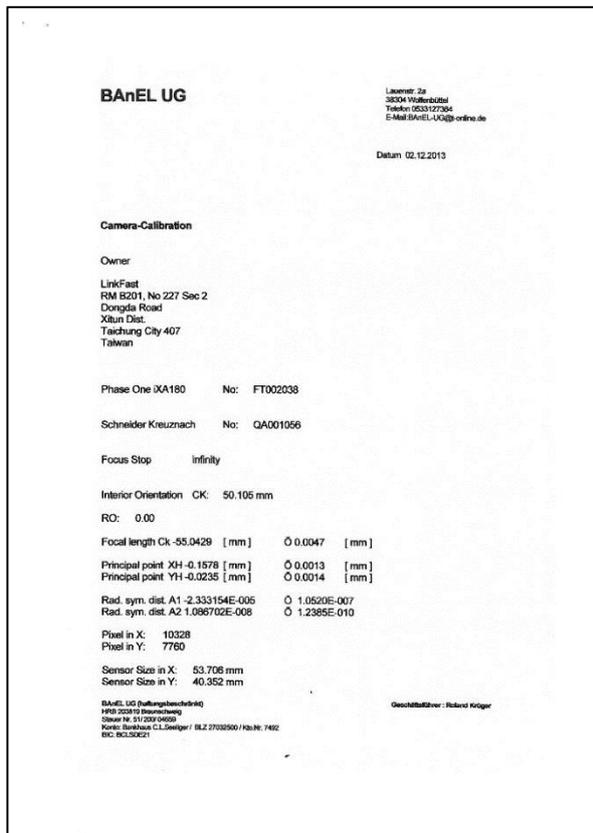


圖3-14 航測數位式攝影機 (PhaseOne) 率定合格報告書

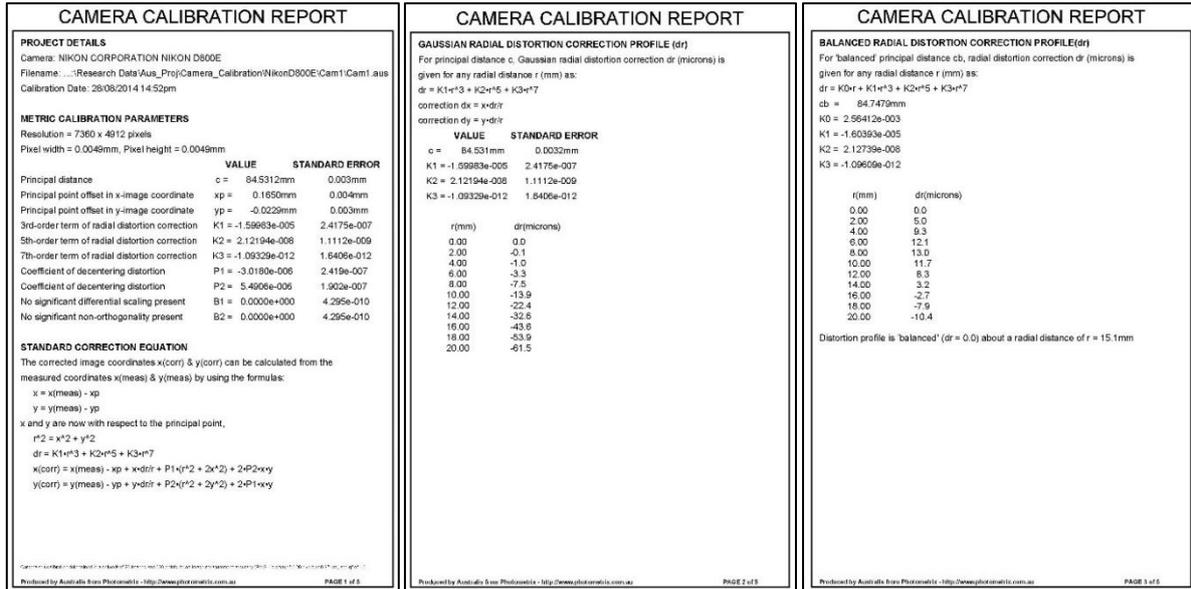


圖3-15 國家實驗研究院儀器科技研究中心率定合格報告書（節錄）

本計畫以自強公司自有 P68C-TC 雙引擎飛機（飛機編號 B-77709）執行航拍計畫，其具有兩具 210 匹馬力之活塞渦輪增壓引擎，規格如表 3-5，實體照如圖 3-16，並以大鵬航空英國製八人座 BN-2B-20 雙引擎飛機（飛機編號 B-68802）為備援機如圖 3-17，租用合約如圖 3-18。

表3-5 P68C-TC 規格表

| 項次 | 項目 | 內容 |
|----|---------|-----------|
| 1 | 有效負重 | 680 公斤 |
| 2 | 有效的電力供應 | 130 A |
| 3 | 座位 | 6 席 |
| 4 | 最高時速 | 315 公里/小時 |
| 5 | 飛行高度 | 6100 米 |
| 6 | 最大巡航範圍 | 2280 公里 |
| 7 | 起飛距離 | 230 米 |
| 8 | 側滑長度 | 200 米 |
| 9 | 航行時間 | 8 小時 |



圖3-16 P68C-TC 定翼機實體照



圖3-17 BN-2B-20 定翼機實體照

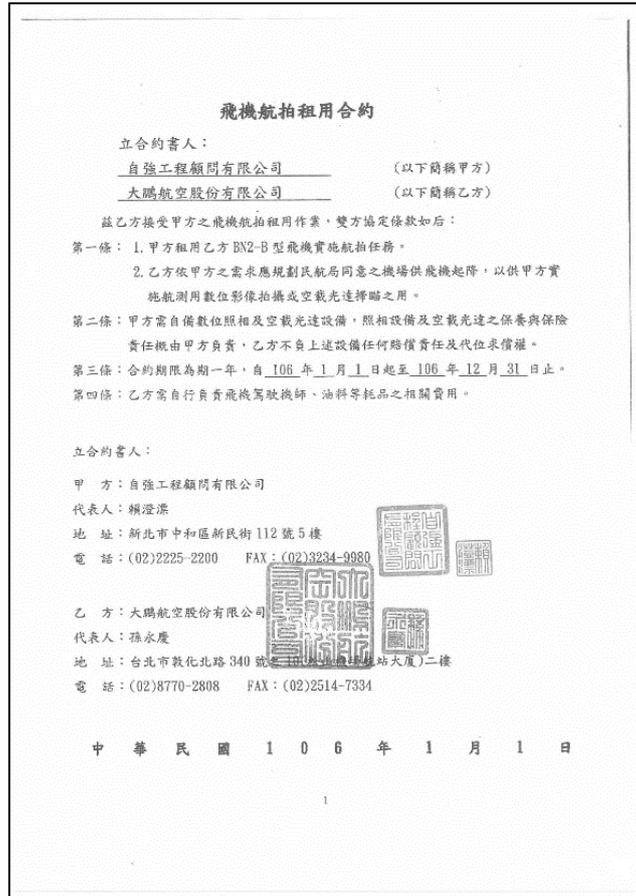


圖3-18 自強公司與大鵬航空租用合約圖

航空攝影全程將以 GPS 輔助導航，並以高精度 GPS 及高頻率 IMU (IGI IMU，規格如表 3-6) 輔助航拍。

表3-6 IGI IMU 規格表 (最高頻率可達 256Hz/s)

| 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 |

3-4-2 傾斜航空攝影作業規劃

規劃南二段北段及周邊區域範圍約 100 平方公里，為確保飛航安全與影像品質，本計畫規劃航高 4500 公尺，並劃設 14 條航線。其中，左右重疊率規劃為 30%，前後重疊率為 80%，以獲得平均解析度 12 公分之原始航空照片，航空攝影作業規劃如表 3-7 及圖 3-19，預計航拍作業計畫範圍與實際飛航範圍如圖 3-20 及圖 3-21 所示。

表3-7 傾斜航空攝影作業規劃表

| 項次 | 項目 | 資訊 | 備註 |
|----|----------|---------|------------|
| 1 | 飛行高度 | 4500 公尺 | 離海平面高度 |
| 2 | 航線 | 14 條 | |
| 3 | 飛行長度 | 225 公里 | |
| 4 | 航拍影像前後重疊 | 80% | |
| 5 | 航拍影像左右重疊 | 30% | |
| 6 | 影像解析度 | 12 公分 | 優於規範 20 公分 |

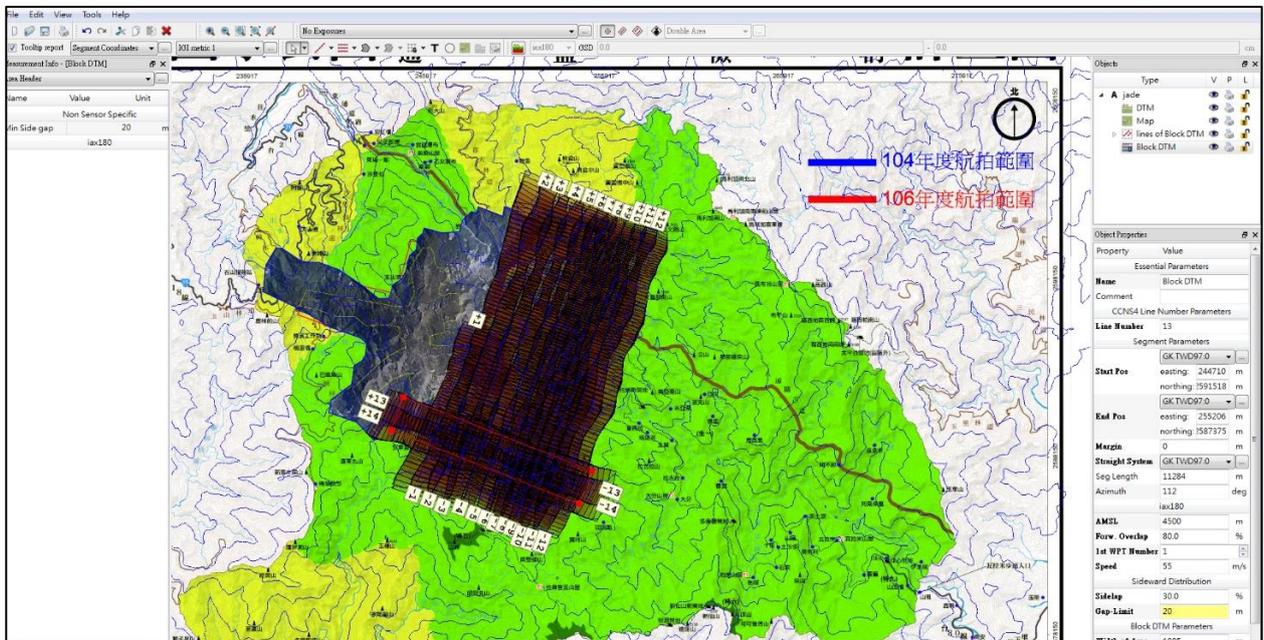


圖3-19 傾斜航空規劃 IGIPlan 系統操作圖

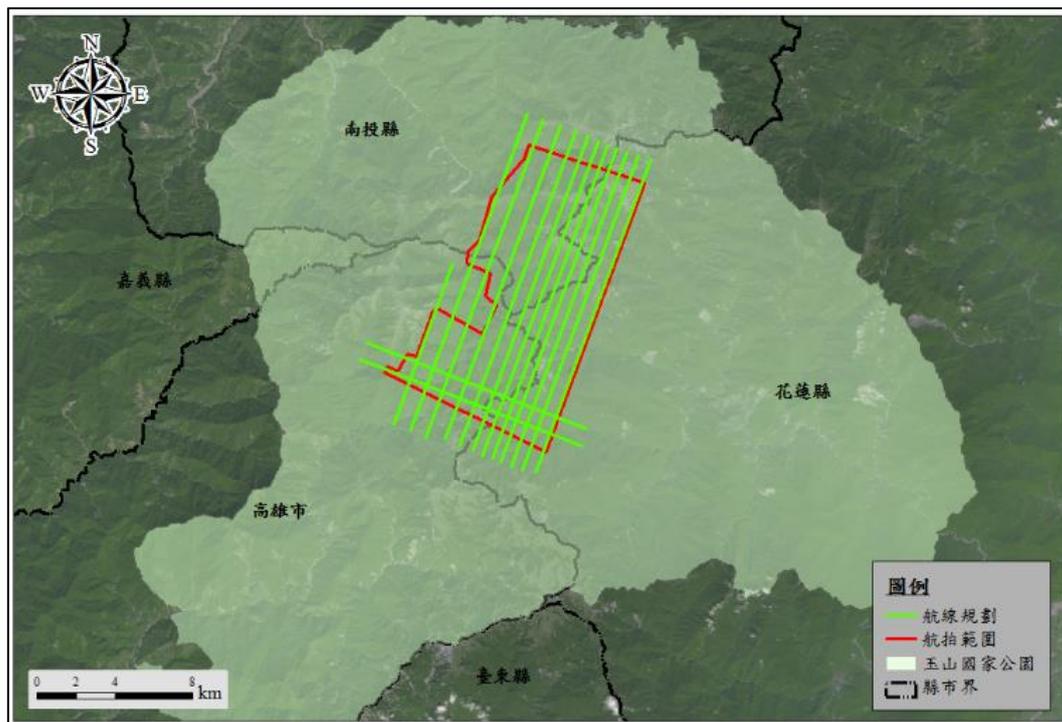


圖3-20 規劃飛行路線圖

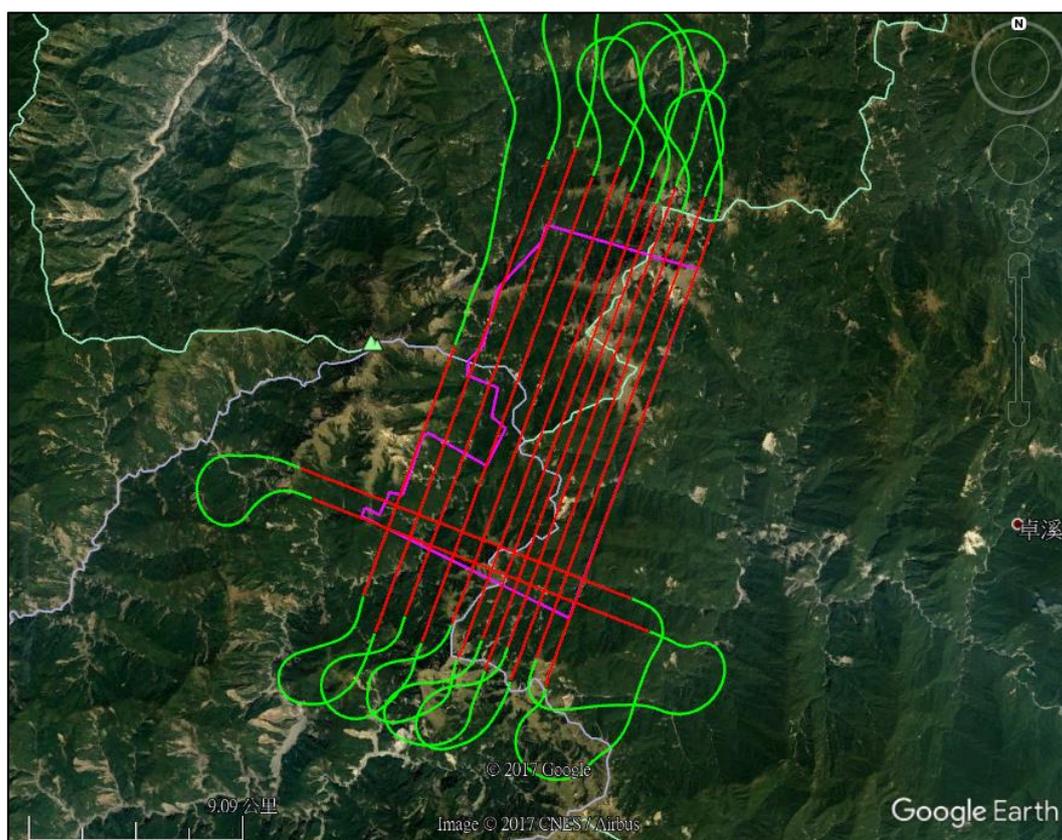


圖3-21 實際飛行路線圖

3-4-3 飛航姿態與像片曝光點位置解算

將 IMU 原始資料(.C5L)配合 GPS 基站，以 GrafNav 軟體(Version 8.30.0331)解算飛機飛航姿態，獲得飛機在不同時間點的姿態，記錄頻率可達 256Hz/s。配合影像拍攝時間，即可取得原始像片曝光點位置即時飛機姿態，像片曝光點位置如圖 3-22。

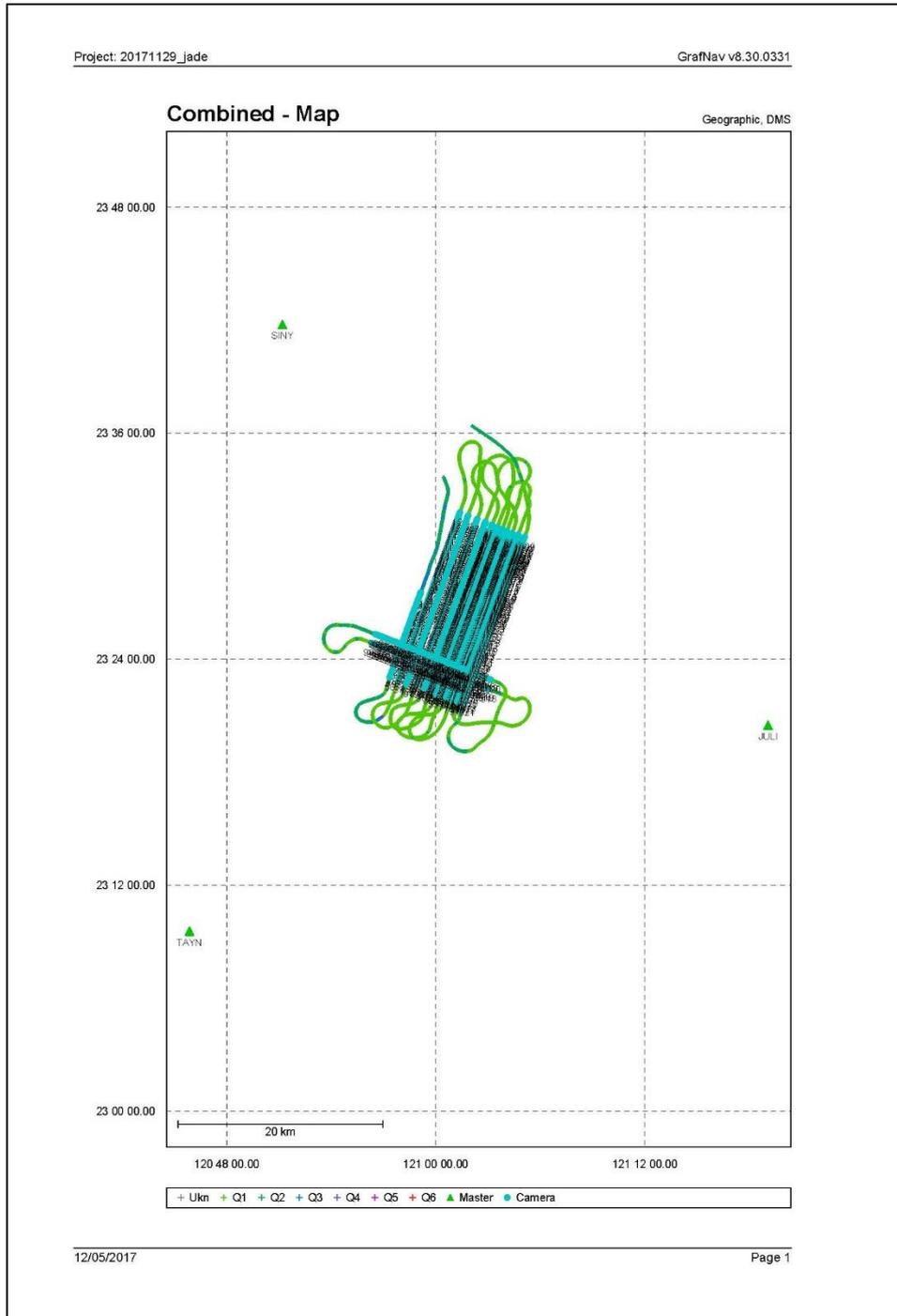


圖3-22 飛航軌跡與曝光點位置成果圖

解算飛機 GPS 資料時，需加入飛機儀器架設相對位置作為修正。儀器架設資訊於每次拆裝後都進行測量，以確保解算成果之精度，儀器位置測量現場照片如圖 3-23。



圖3-23 儀器位置測量現場照片圖

軌跡資料與曝光點資料結合後，即可獲得像片曝光點即時位置與姿態，如表 3-8，詳細請參考附件三、傾斜攝影像片姿態成果表。

表3-8 影像姿態成果表(節錄)

| 航線 | ID | GPStime | X | Y | Z(正高) | Z(橢高) | Roll(deg) | Pitch(deg) | Yaw(deg) |
|----|----------|------------|------------|-------------|----------|----------|-----------|------------|----------|
| | 1_1_1340 | 267290.238 | 248531.668 | 2595128.721 | 4483.186 | 4509.453 | -1.796 | 1.768 | -164.168 |
| | 1_1_1341 | 267293.941 | 248464.217 | 2594932.365 | 4479.309 | 4505.575 | -0.398 | 1.283 | -163.111 |
| | 1_1_1342 | 267297.85 | 248391.123 | 2594723.161 | 4473.059 | 4499.323 | -0.125 | 1.306 | -162.249 |
| | 1_1_1343 | 267301.437 | 248319.726 | 2594531.047 | 4469.93 | 4496.192 | 0.047 | 3.244 | -161.611 |
| | 1_1_1344 | 267305.029 | 248245.805 | 2594341.381 | 4472.122 | 4498.382 | 0.459 | 3.214 | -161.148 |
| | 1_1_1345 | 267308.339 | 248179.106 | 2594167.86 | 4471.5 | 4497.758 | -1.535 | 2.766 | -163.346 |
| | 1_1_1346 | 267311.633 | 248116.518 | 2593994.623 | 4470.906 | 4497.163 | -0.814 | 3.941 | -164.116 |
| | 1_1_1347 | 267315.037 | 248053.869 | 2593816.984 | 4472.923 | 4499.178 | 2.075 | 5.251 | -163.8 |
| | 1_1_1348 | 267318.74 | 247983.542 | 2593627.968 | 4476.461 | 4502.715 | 1.176 | 3.569 | -162.446 |
| | 1_1_1349 | 267322.127 | 247916.675 | 2593456.922 | 4475.808 | 4502.06 | 1.414 | 3.751 | -162.871 |
| | 1_1_1350 | 267325.439 | 247851.38 | 2593290.124 | 4476.726 | 4502.976 | -1.671 | 4.176 | -165.272 |
| | 1_1_1351 | 267328.623 | 247794.065 | 2593129.008 | 4480.059 | 4506.308 | -1.246 | 4.211 | -165.899 |
| | 1_1_1352 | 267331.636 | 247743.373 | 2592976.002 | 4483.348 | 4509.596 | 1.167 | 3.879 | -165.232 |
| | 1_1_1353 | 267334.636 | 247692.285 | 2592823.596 | 4484.922 | 4511.17 | 1.511 | 2.975 | -161.923 |
| | 1_1_1354 | 267337.634 | 247637.926 | 2592671.216 | 4485.572 | 4511.818 | -0.075 | 3.244 | -161.723 |
| | 1_1_1355 | 267340.727 | 247579.95 | 2592513.879 | 4487.981 | 4514.226 | -0.707 | 3.578 | -161.309 |

3-4-4 航空攝影成果

以 Phase One 拍攝影像共計 1092 張，影像節錄如圖 3-24 與圖 3-25，詳細成果如附件四、傾斜攝影像片清冊。



圖3-24 Phase ONE 垂直攝影拍攝成果圖(節錄)

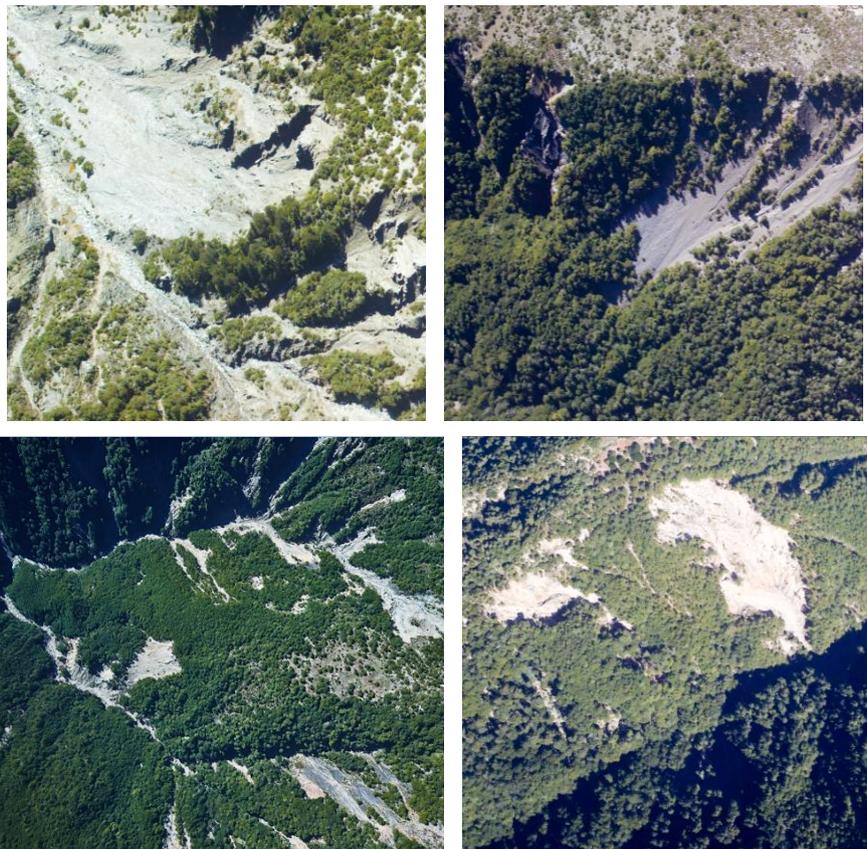


圖3-25 Phase ONE 垂直攝影拍攝細部成果圖(節錄)

以 Nikon D800E 拍攝傾斜影像，分為 6 個像機，拍攝 6552 張照片，影像節錄如圖 3-26 與圖 3-27，詳細成果如附件四、傾斜攝影影像片清冊。

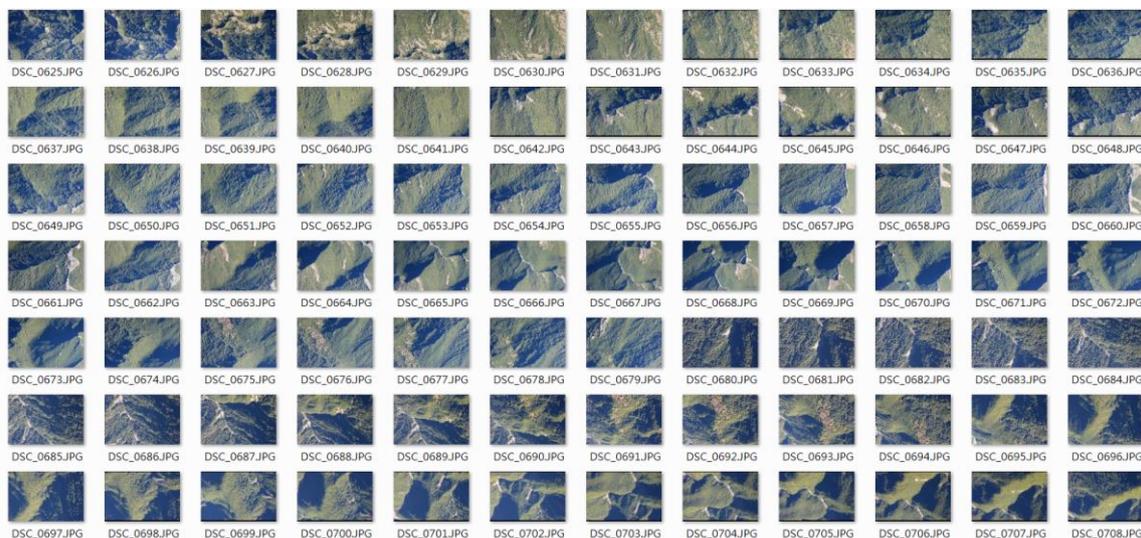


圖3-26 傾斜攝影拍攝影像成果圖(節錄)

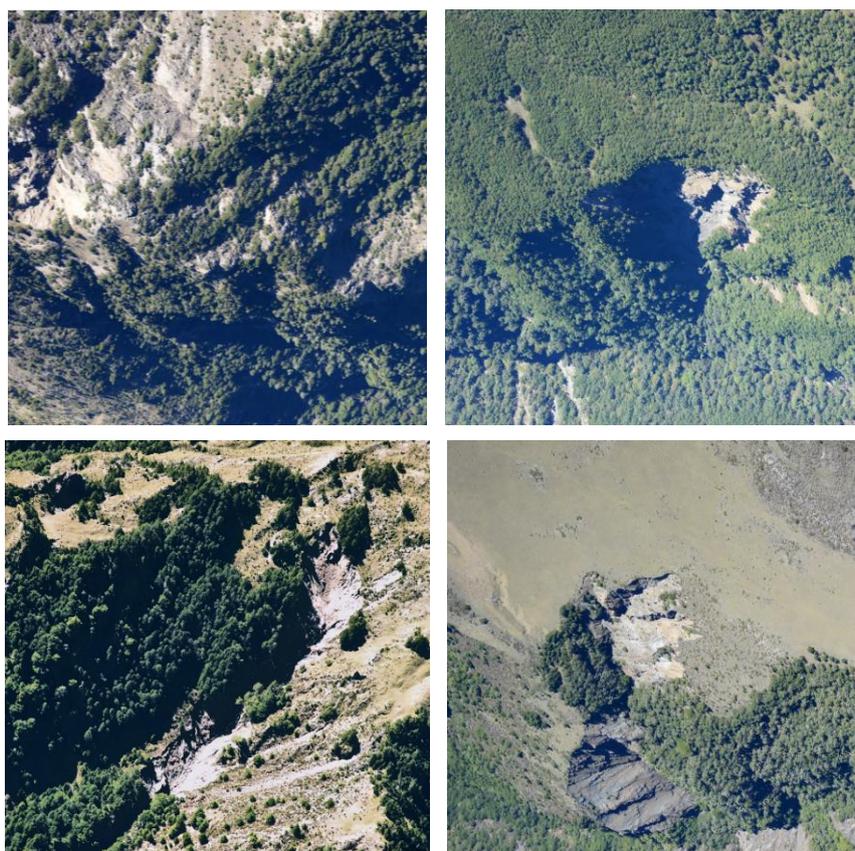


圖3-27 傾斜攝影拍攝細部成果圖(節錄)

3-5 空載光達掃瞄

空載光達掃瞄主要流程如下，經飛航許可後飛機依據規劃之測線進行飛行與掃瞄。其次，透過飛機原始 IMU、GPS 資料與地面 GPS 基站資料計算飛行軌跡，結合相同時間之飛航姿態與光達接收資料，匯出原始點雲，並進行不同航帶之平差確認，流程如圖 3-28。

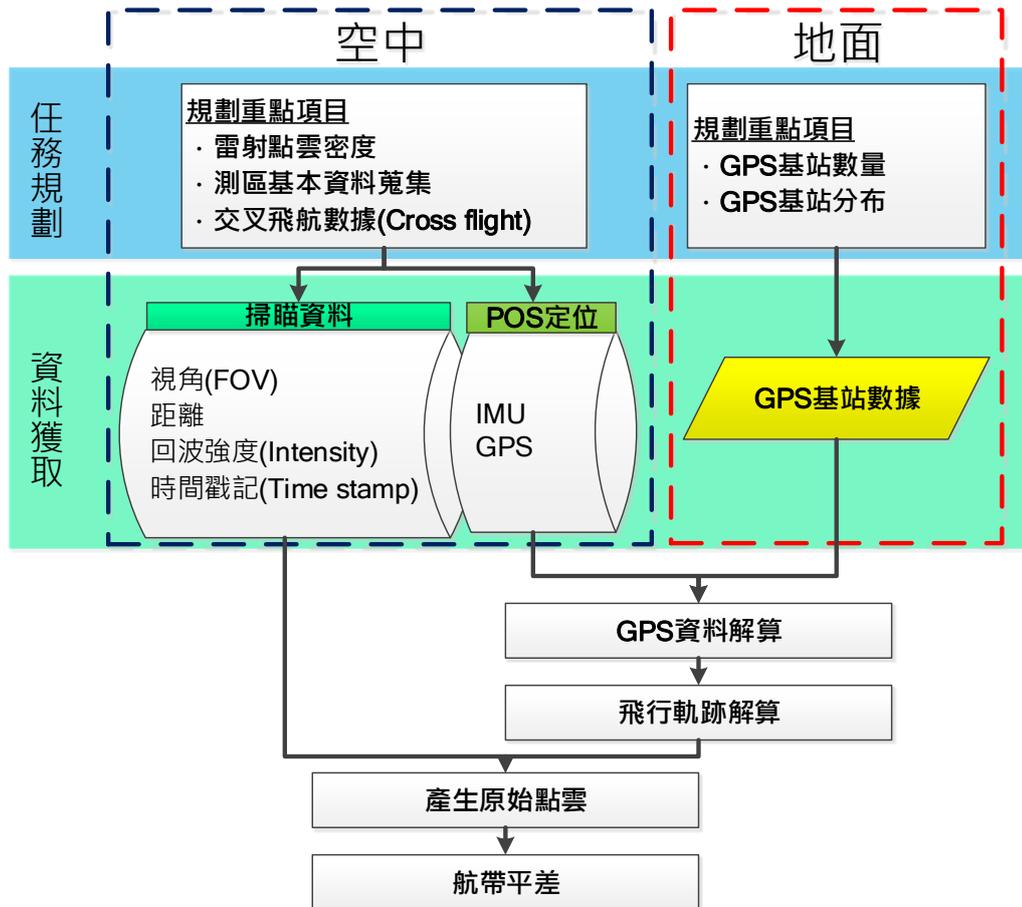


圖3-28 空載光達作業流程圖

3-5-1 空載光達儀器規格

採用全波形 (Full waveform) 空載光達 Riegl LMS-Q780 與像機同步拍攝掃瞄，完整獲取 GPS、IMU 與雷射掃瞄數據。Riegl LMS-Q780 規格表及實機照如表 3-9，點雲示意圖如圖 3-29，空載光達於和美率定場率定成果，請參考附件二、空載光達(Q780)率定文件。

表3-9 空載光達掃瞄儀 Riegl LMS-Q780 規格表

| 項次 | 項目 | 內容 | 照片 |
|----|-------|----------------------|--|
| 1 | 廠牌型號 | Riegl LMS-Q780 |  |
| 2 | 雷射等級 | 3B* | |
| 3 | 掃瞄高度 | 30~4000 m AGL | |
| 4 | 掃瞄速率 | 100~400 kHz | |
| 5 | 精度 | 2 公分 | |
| 6 | 雷射回波數 | 沒有限制(Full Wave Form) | |
| 7 | 掃瞄範圍 | 60° | |
| 8 | 儲存設備 | DR-680RD | |
| 9 | 容量 | 2 ×1TByte | |

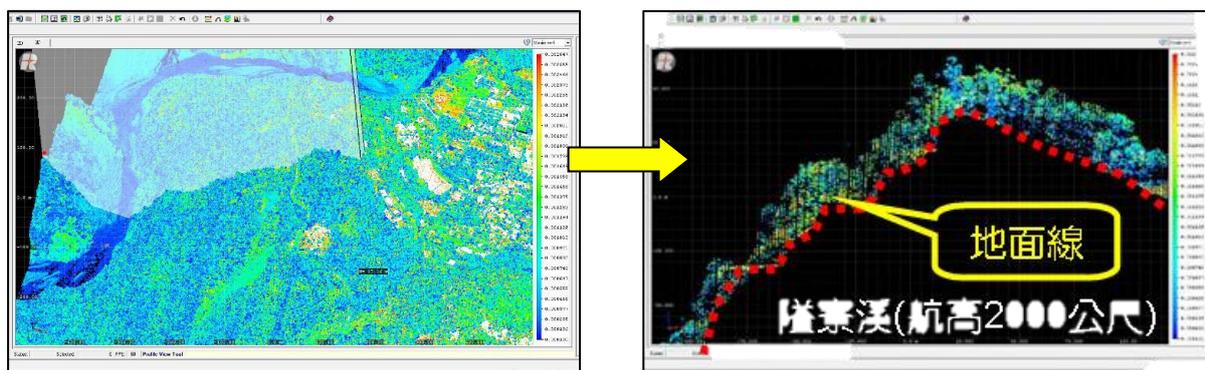


圖3-29 Riegl LMS-Q780 點雲

3-5-2 空載光達作業規劃

依衛星影像圖與地形走勢方向，設計規劃 14 條航線。為確保飛航安全與點雲密度，航高設定為 4500 公尺，LiDAR 左右重疊率則為 40%，規劃如表 3-10 與圖 3-30，本計畫於航空攝影同時進行空載光達點雲掃描。

表3-10 空載光達航線規劃資訊表

| 項次 | 項目 | 資訊 | 備註 |
|----|------------|----------|---------------|
| 1 | 飛行高度 | 4500 公尺 | 離海平面高度 |
| 2 | 航線 | 14 條 | |
| 3 | 飛行長度 | 225 公里 | |
| 4 | LiDAR 左右重疊 | 40% | 高重疊獲得高密度地表點 |
| 5 | 點雲密度 | 2 點/平方公尺 | 優於規範 1 點/平方公尺 |

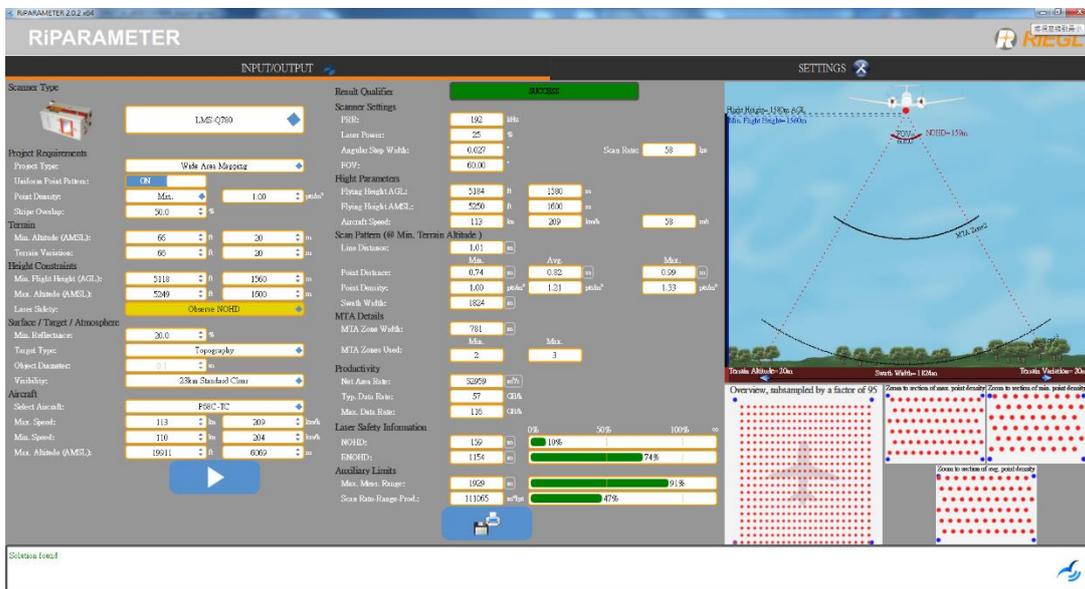


圖3-30 IGIPlan Q780 點雲密度規劃設定操作示意圖

3-5-3 資料解算與航帶平差

經 GPS 與 IMU 解算後的飛航軌跡資料，即可進行航帶平差作業。此工作項目主要為確保各航帶間資料一致性，原始資料依航帶分類如圖 3-31。

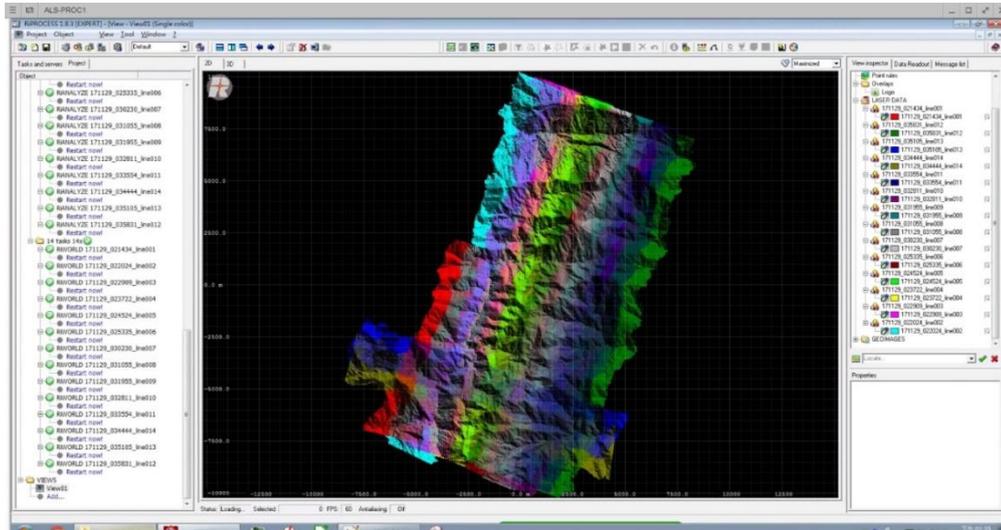


圖3-31 空載光達原始資料（依航帶分類）

3-5-4 空載光達掃描成果

本計畫共計 14 條航線，綜合各航線之空載光達成果如圖 3-32，可做為後續點雲編修與數值地形模型之基礎資料，測區範圍(100 平方公里)內共計 1,021,560,986 點，每平方公尺達 10.2 點。

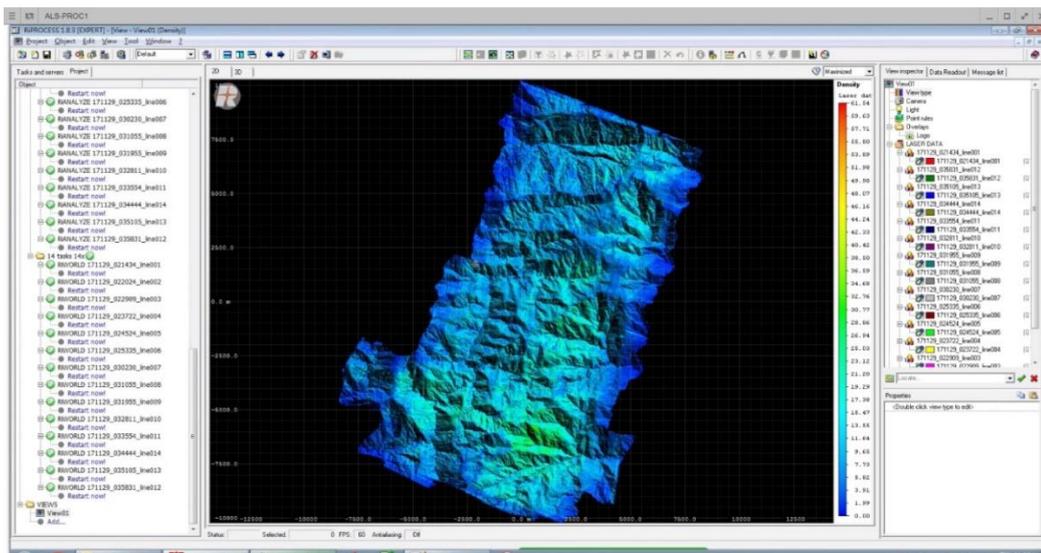


圖3-32 空載光達原始資料（依點雲密度分類）

3-6 影像匹配建模

排雲山莊模型，透過 UAV 拍攝航空照片，以 PhotoMesh 軟體進行建模，其技術採用「從運動恢復結構-多視立體」(SfM-MVS)攝影測量方法，獲取稠密點匹配並進行三維重建，最後透過網格化(Mesh)與紋理貼圖(Texture Mapping)完成三維模型表面重建，製作流程如圖 3-33。其細節表現比起僅以貼圖製作模型更佳精緻。依據內政部三維建物模型資料標準格式，對房屋模型細緻度等級(Level of Detail, LOD)分成四級：LOD1：塊狀模型、LOD2：具屋頂結構模型、LOD3：外部建築模型、LOD4：內部建築模型，如圖 3-34，本計畫成果可達 LOD3 之等級。

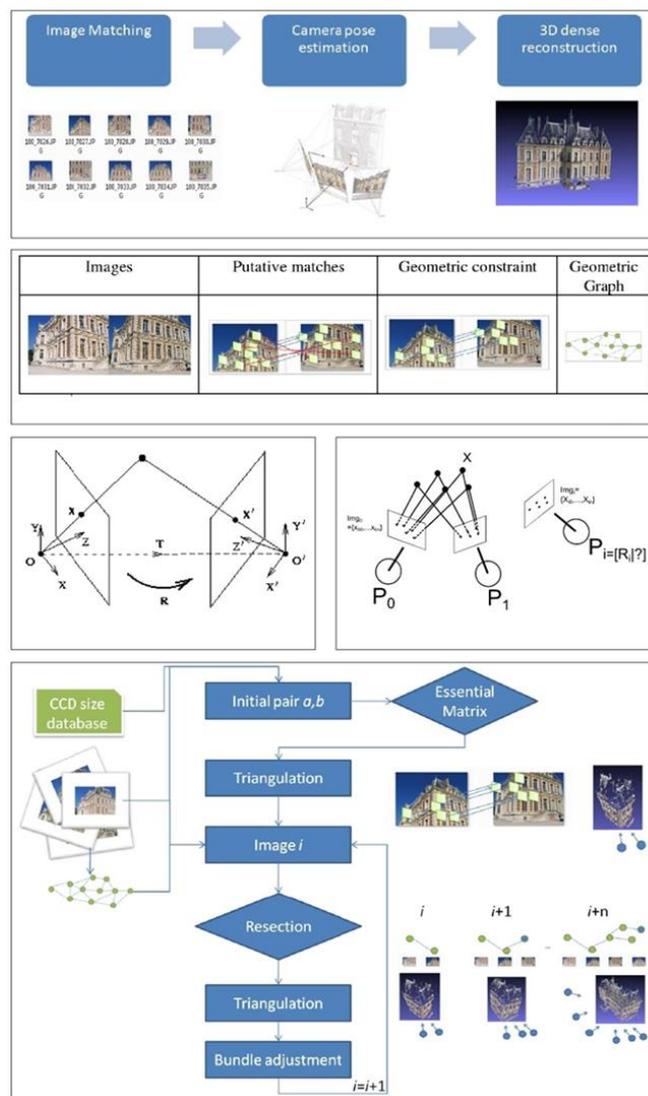


圖3-33 Skyline Photomesh 3D 影像建模流程圖

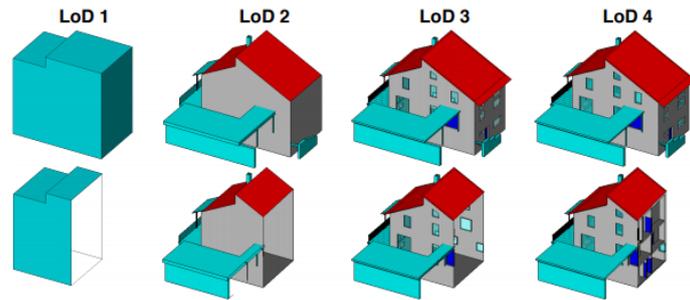


圖3-34 Lod 建物等級說明圖 (Biljecki, F.,2013)

3-6-1 UAV 儀器規格

採用 DJI Phantom 4 Advanced 配備 1 吋 CMOS 感光元件，有效拍攝畫素達 2,000 萬，續航時間則可達 30 分鐘，無人機照片如圖 3-35，詳細規格如表 3-11。



圖3-35 Phantom 4 Advanced 無人機圖

表3-11 UAV 與像機規格表

| 飛行器 | 像機 |
|--|--|
| 重量：1368g 軸距：350mm 最大上升速度：6m/s 最大水平飛行速度：72km/h 最大可傾斜角度：42 度 最大旋轉角度：250 度/s 最大飛行海拔高度：6000m 最大可承受風速：10m/s 最大飛行時間：約 30 分鐘 衛星定位模組：GPS/GLONASS 雙模 | 感光元件大小：1 英吋 有效像素：2000 萬像素 感光元件種類：CMOS 最大解像度：4096 x 2160 快門速度：1/2000 至 8 秒 ISO 感光值：100~3200 (自動) 鏡頭：FOV 84 度 8.8mm/24mm f/2.8-f/11 自動對焦(對焦距離 1m-無窮遠) |

3-6-2 UAV 航拍規劃

依據拍攝主體進行 UAV 飛航規劃，設定照片重疊率達 80% 以上，航線規劃成果如圖 3-36，實際執行上受限於山區風勢強勁，由本團隊專業飛手進行手動操作飛行。

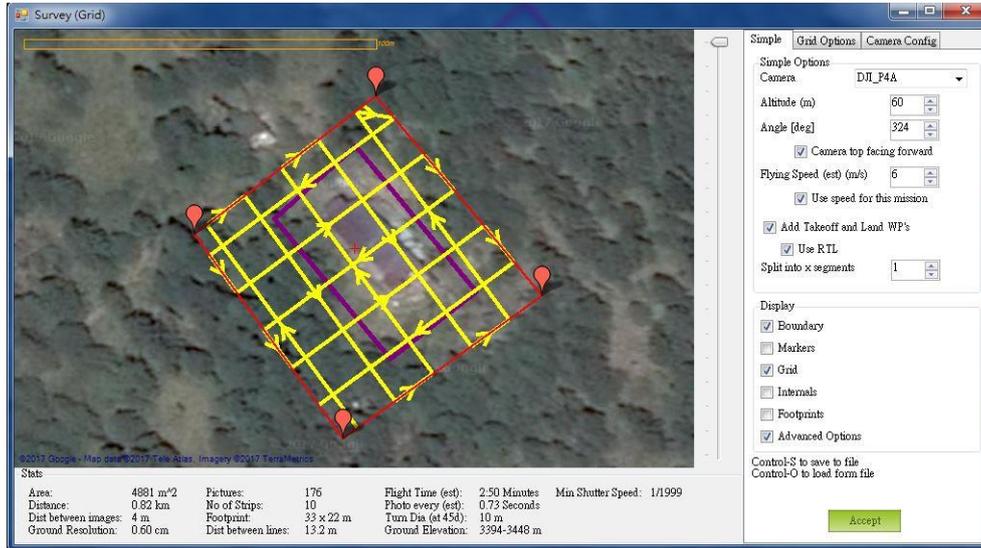


圖3-36 UAV 航線規劃圖

3-6-3 影像匹配成果

匯入 UAV 航拍照片，如圖 3-37 與圖 3-38，透過 PhotoMesh 解算照片位置、特徵點擷取、稠密點匹配、網格化與紋理貼圖，如圖 3-39，成果如圖 3-40。

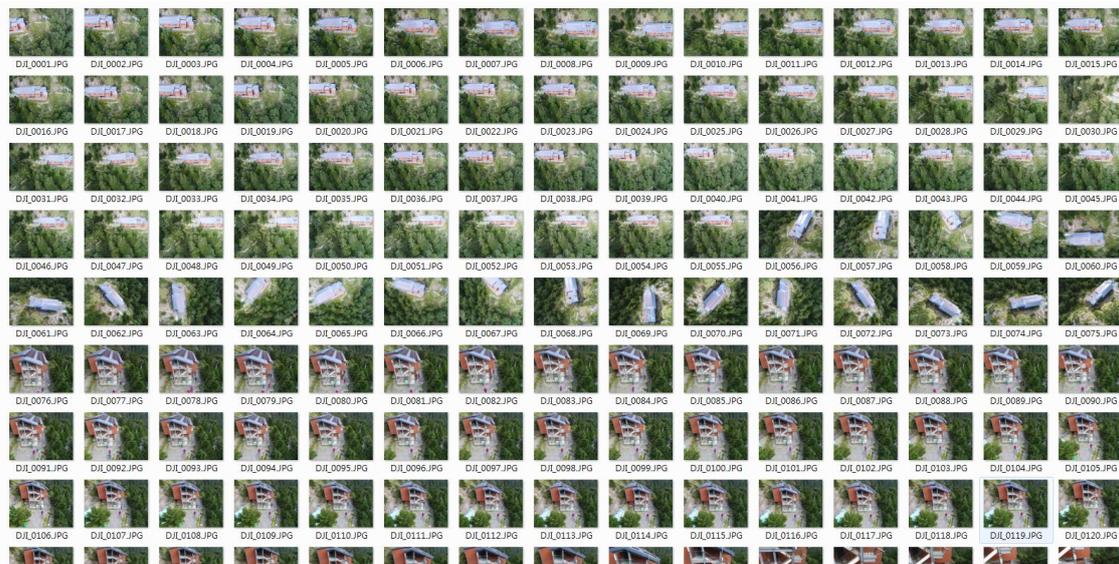


圖3-37 原始 UAV 影像

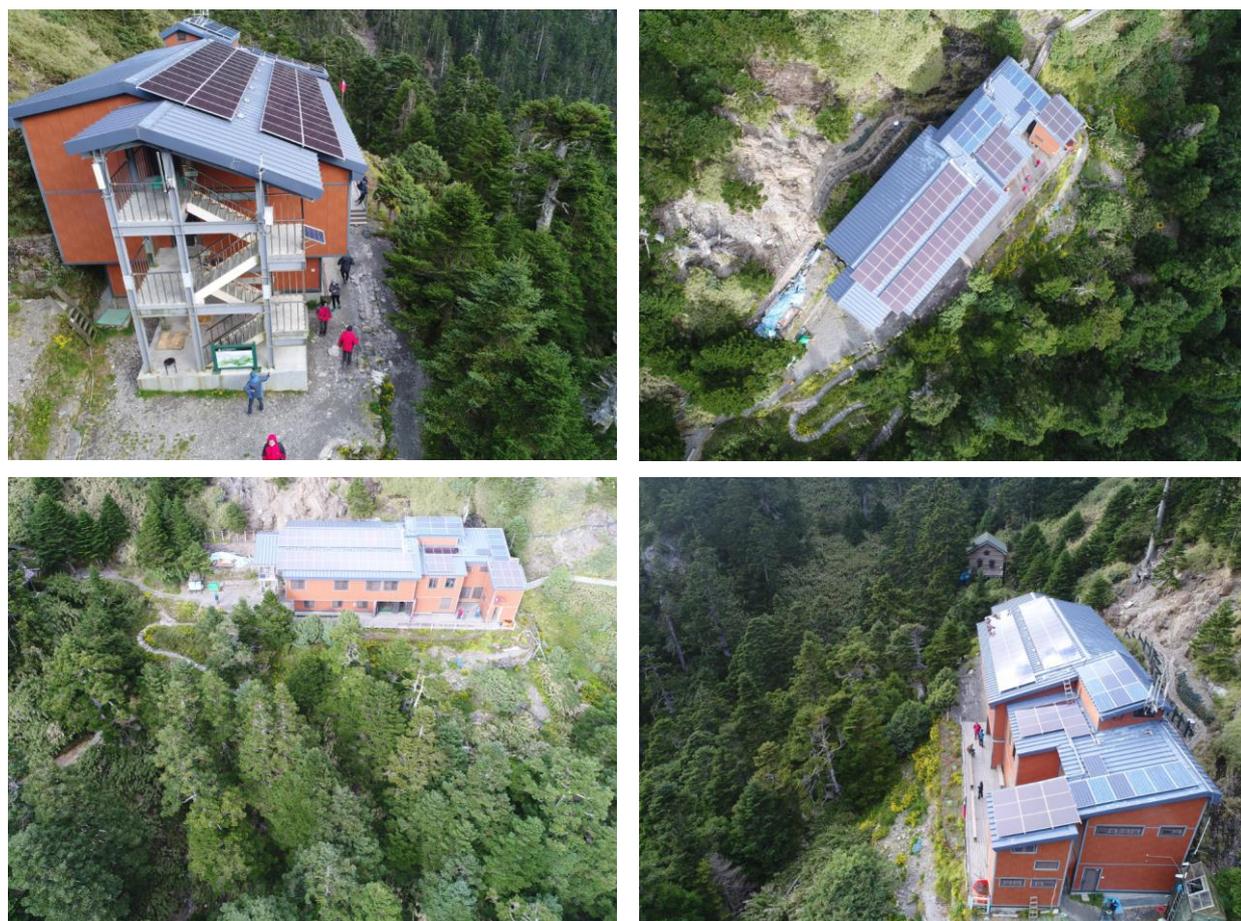


圖3-38 原始 UAV 照片(節錄)

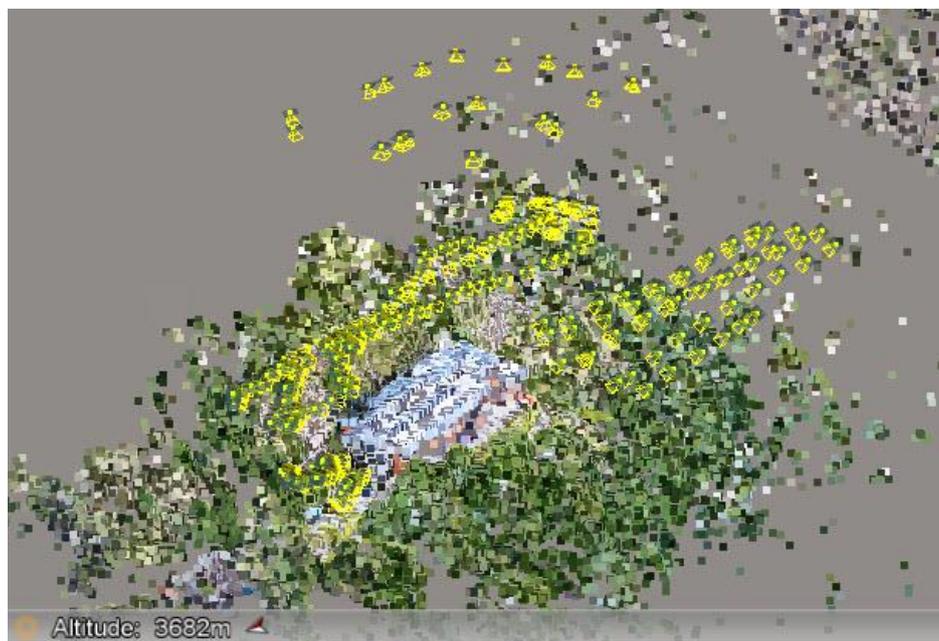


圖3-39 影像匹配成果圖

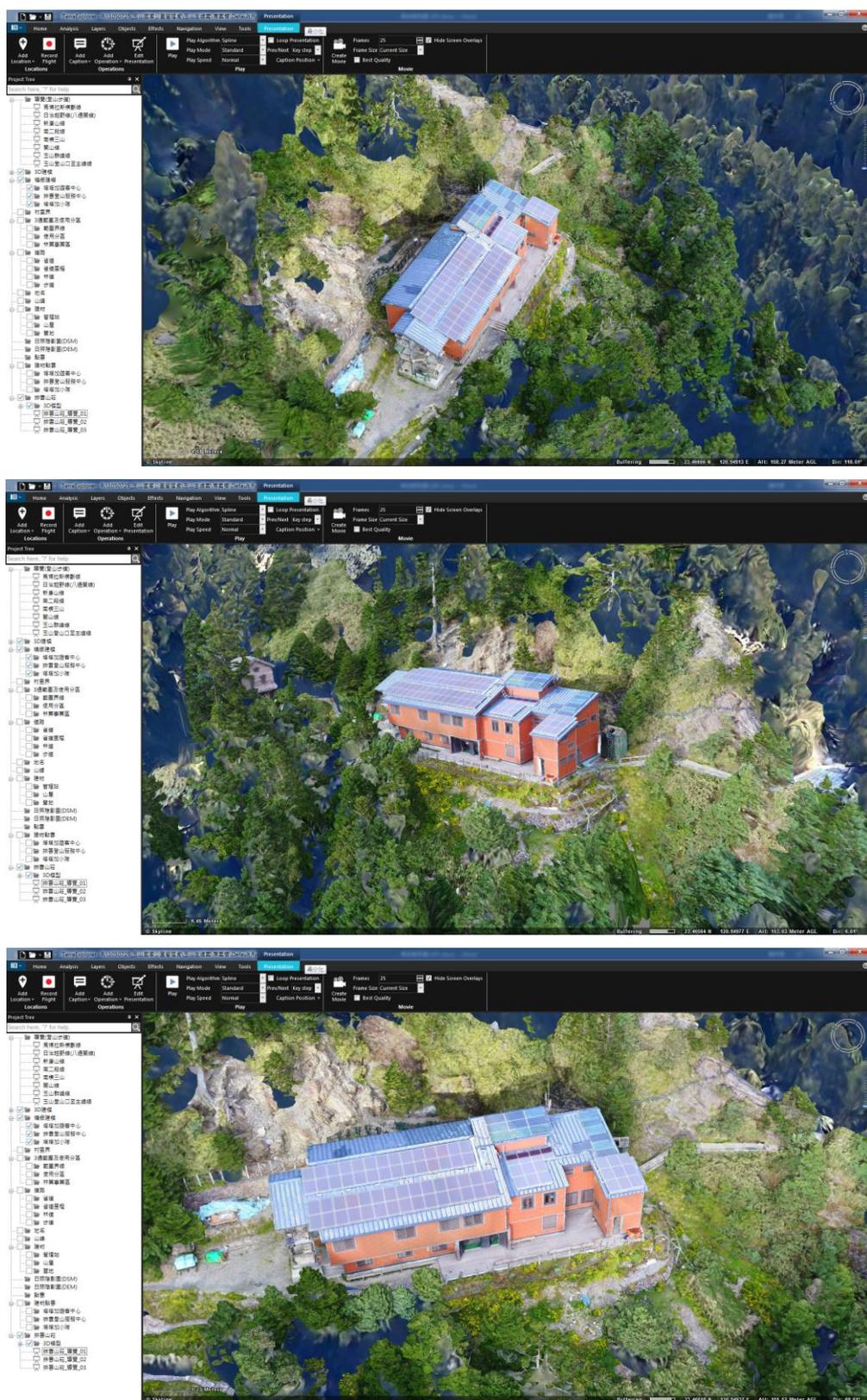


圖3-40 影像匹配建模成果圖(排雲山莊)

第四章 管制計畫

4-1 時程管制計畫

本計畫工作期限自決標日起至民國 106 年 12 月 25 日止，各階段工作進度如下所示：

(一) 工作執行計畫書審查

於 106 年 9 月 13 日簽訂契約，契約簽訂後 30 日內提出工作執行計畫書 10 份，於 106 年 10 月 20 日進行工作執行計畫書簡報審查通過。

(二) 期末報告書審查

於 106 年 12 月 10 日前提出期末報告書 10 份，完成本計畫所有工作項目及其成果，106 年 12 月 14 日期末簡報會議審查通過。

(三) 成果報告提送

於 106 年 12 月 19 日提送成果報告書 12 份及完整成果資料 3 份。

(四) 各階段工作進度如下圖 4-1 所示，詳細文件請參考附件七、往來公文紀錄。

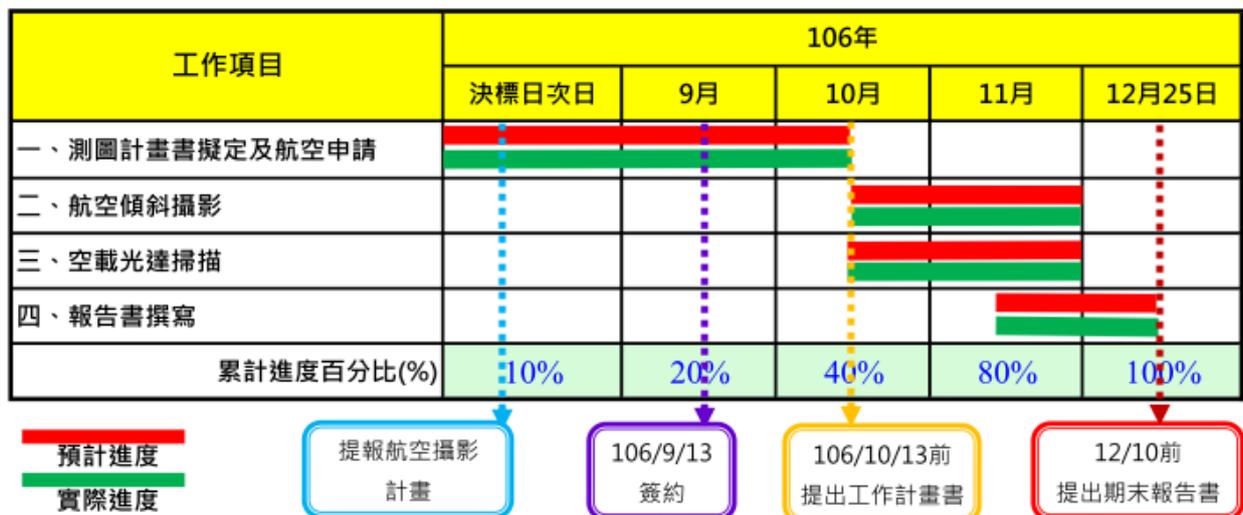


圖4-1 工作進度圖

4-2 品質管制計畫

4-2-1 傾斜攝影品質管制

原始航拍影像解析度，可透過影像曝光點位置，配合像機焦距與感光像元大小進行計算，如圖 4-2。例如：航高海拔 4500 公尺，曝光點海拔 3500 公尺，此時的距地高為 1000 公尺；像機感光像元 0.0052mm，焦距 55mm；以 0.0052mm 比上 55mm 會等於地面解析度比距地高，此時的地面解析度即為 0.095 公尺，故地面解析度可達 9.5 公分，本計畫平均解析度達 12 公分，詳細成果請參考附件三、傾斜攝影影像片姿態成果表。

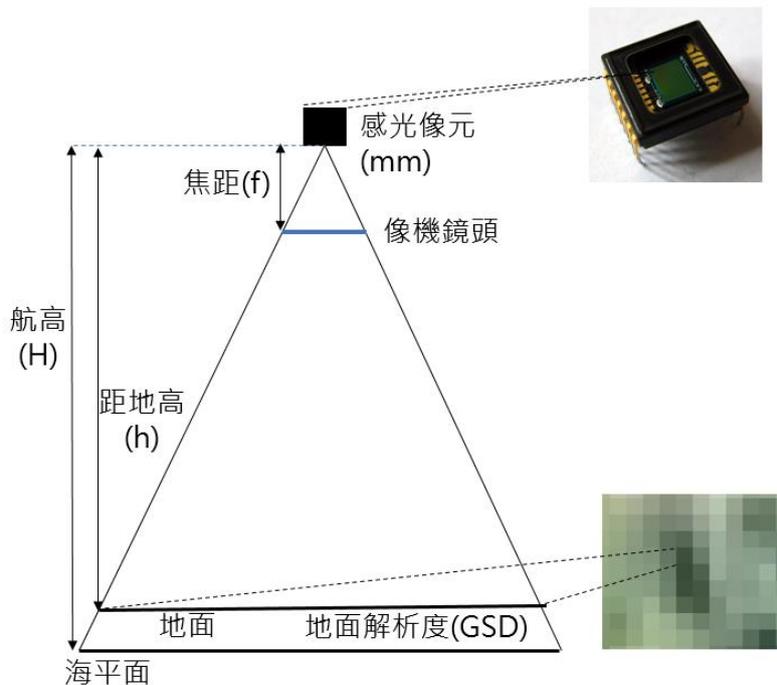


圖4-2 影像地面解析度計算示意圖

航拍影像之重疊率依規範左右重疊需達 30%，前後重疊需達 80%，計算方式如圖 4-3 及圖 4-4，本計畫成果左右重疊率達 49%，前後重疊率達 84%。

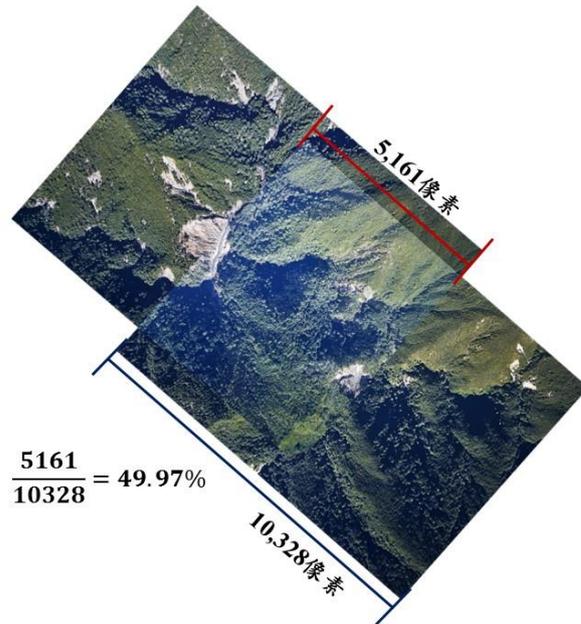


圖4-3 影像涵蓋圖-左右重疊率

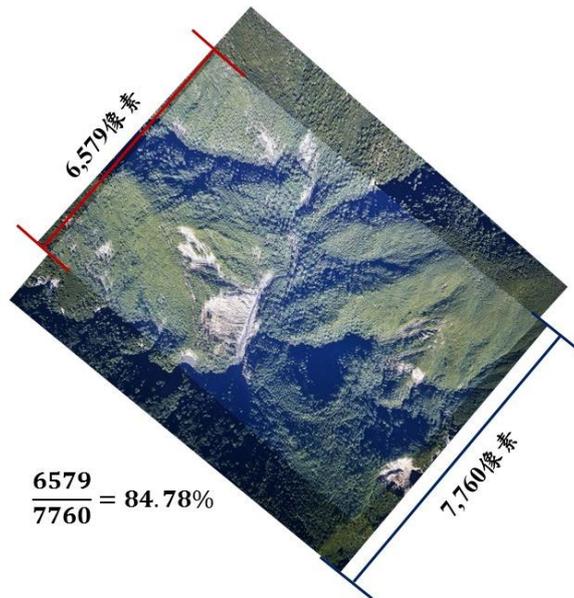


圖4-4 影像涵蓋圖-前後重疊率

4-2-2 空載光達品質管制

空載光達點雲密度，透過軟體計算範圍內點雲密度，其計算方式為框選固定範圍除以點雲數量。本計畫平均點雲密度均達每平方公尺 10.2 點，如圖 4-5(藍色至紅色部分)。

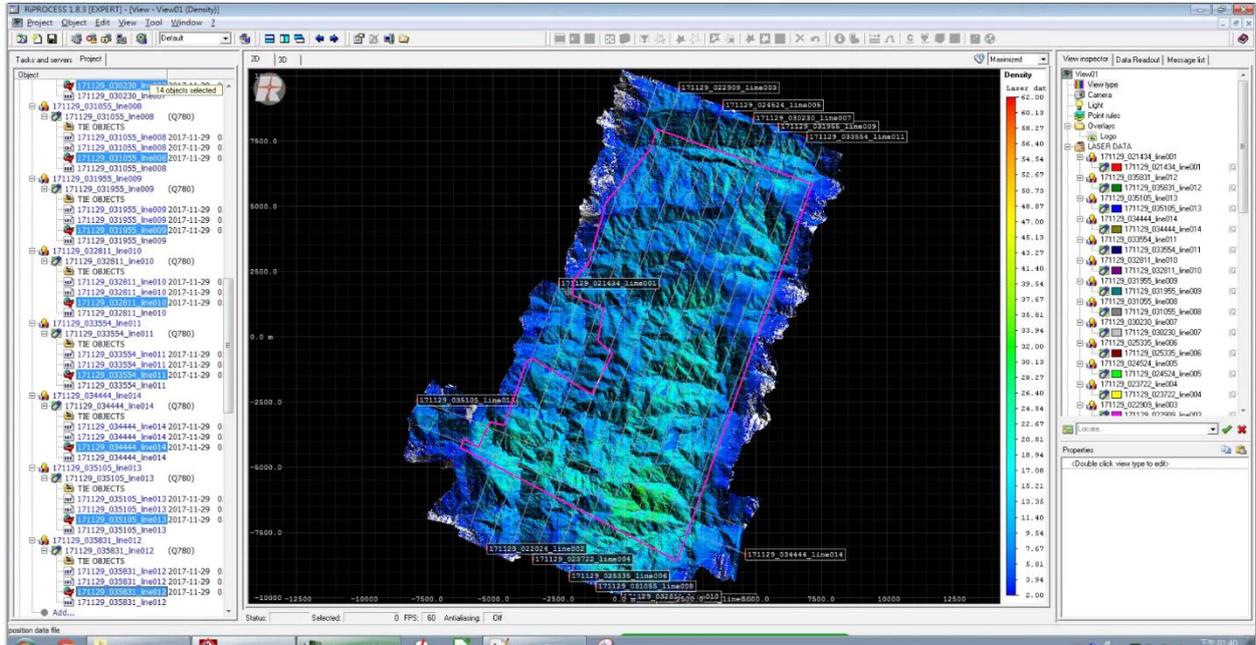


圖4-5 空載光達點雲密度檢核圖

第五章 增值服務

優規拍攝平均地面解析度 (GSD) 12 公分彩色航拍影像 (優於規範之 20 公分), 以空載光達掃瞄獲得密度 2 點/平方公尺之點雲成果, 於玉山國家公園排雲山莊, 用 Skyline-Photomesh 軟體進行影像匹配生成模型, 達到 3D 地貌建置成果, 以完整掌握計畫區域現況與地形地貌。

5-1 高解析 GSD 12 公分航拍影像

為提升本案影像成果效益, 增值回饋拍攝本計畫測區平均 GSD 12 公分 (優於規範 20 公分) 之彩色航拍影像, 有助於提高後續產製正射影像、DEM 及其他影像相關增值服務之細緻度。

5-2 空載光達點雲密度 2 點/平方公尺

採用空載光達設備『Riegl LMS-Q780』, 其具有多時段雷射回波接收技術 (MTA, Multiple-Time-Around) 以及數位全波形分析 (digital full waveform analysis), 如圖 5-1, 這兩項技術結合讓掃瞄任務可以在不同飛行高度執行, 可順利完成本計畫複雜的地形掃瞄任務, 並達到真正獲得地表高程的成果。本計畫規劃點雲密度達每平方公尺 2 點, 作為通盤檢討、工程施工、景觀保育等各項規劃之使用。

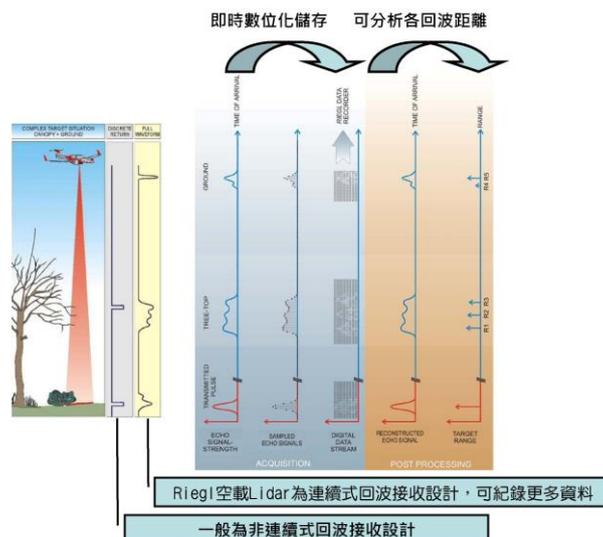


圖5-1 Riegl LMS-Q780 全波形 (Full waveform) 示意圖

5-3 排雲山莊建模

玉山國家公園排雲山莊，採用 Skyline-Photomesh 軟體進行影像匹配，建立三維影像模型，達到 3D 地貌建置成果。

三維影像模型產製過程中，首先進行影像匹配，在這個過程必須將影像特徵點辨識，經過反覆的運算，還原每張像片的相互關係與拍攝位置，再組成網格化(Mesh)與紋理貼圖(Texture Mapping)完成三維模型表面重建，如圖 5-2。本計畫所使用 photomesh 三模模型所建置之三維模型可清楚辨識建築物等，並設置地面控制點，生成具有坐標與真實尺寸之三維模型，並能與各階段產出之 BIM 模型相套疊，達到 3D 地貌建置成果需求。



圖5-2 排雲山莊建模成果圖

5-4 排雲山莊環景攝影

於排雲山莊內部與外部拍攝 7 處環景照片，透過環景影像製作軟體 Autopano 進行影像融合與匯出，流程如圖 5-3。將原始影像匯入，如圖 5-4 後，進行影像匹配、融合、水平調整與影像補丁，如圖 5-5 與圖 5-6。最後，輸出環景影像，如圖 5-7。並以網頁與坐標結合成擴增實境 (AR) 呈現，製作互動式介面成果，如圖 5-8。

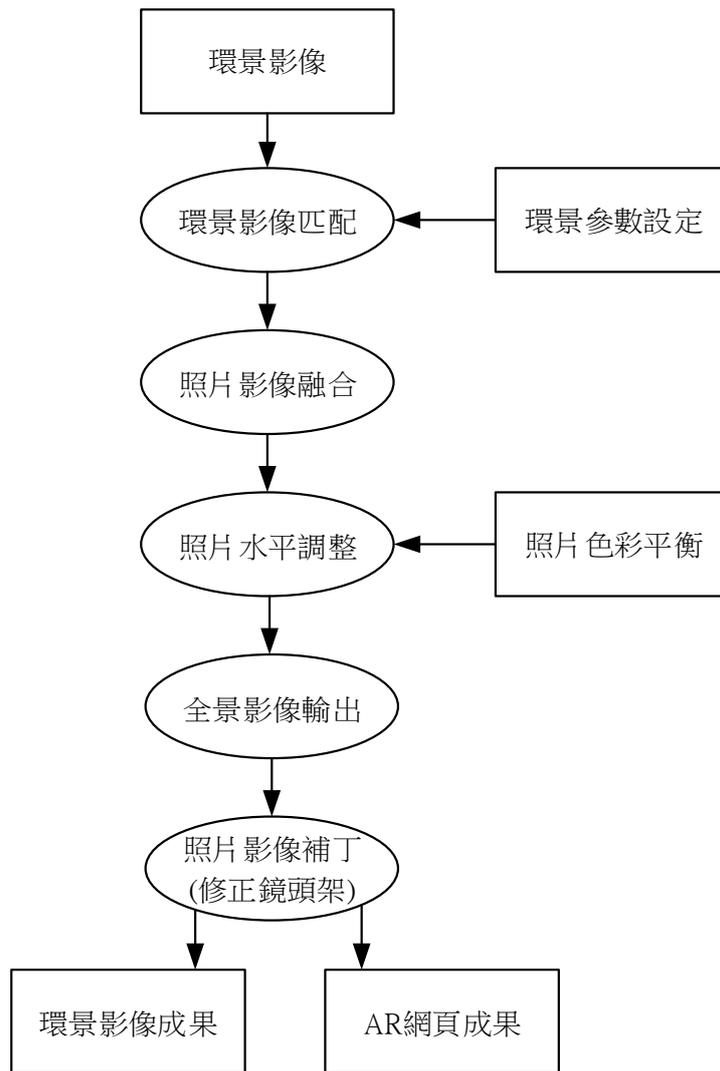


圖5-3 環景影像製作流程圖

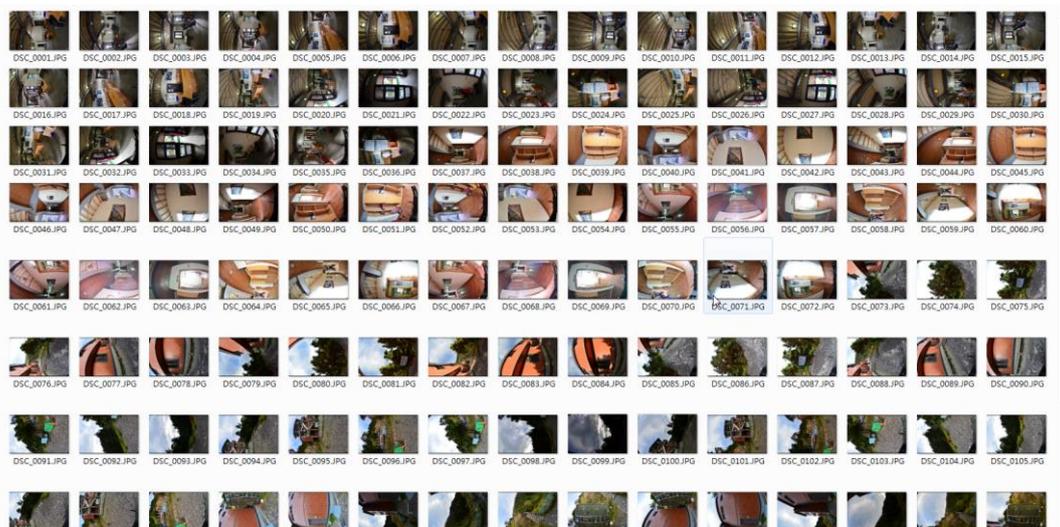


圖5-4 環景原始影像成果圖

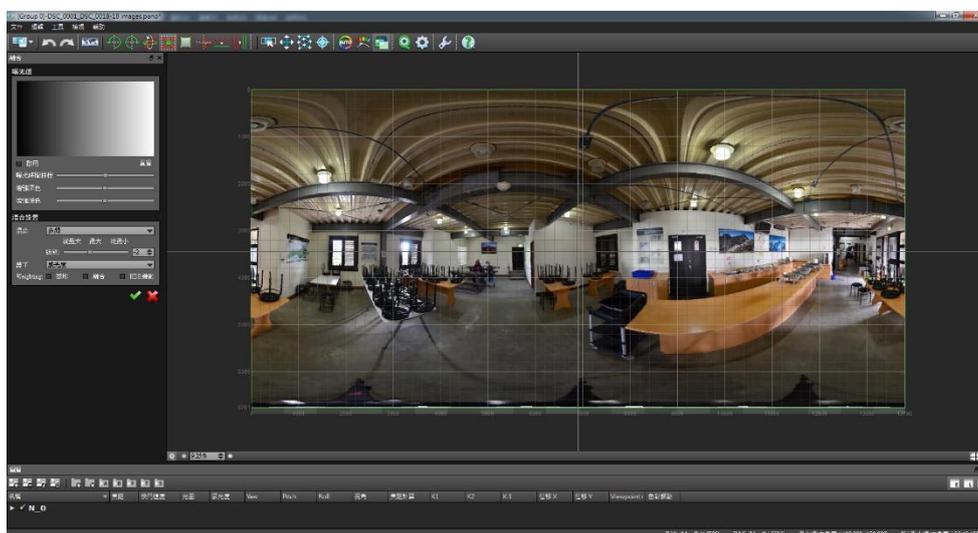


圖5-5 環景影像融合與水平調整操作圖

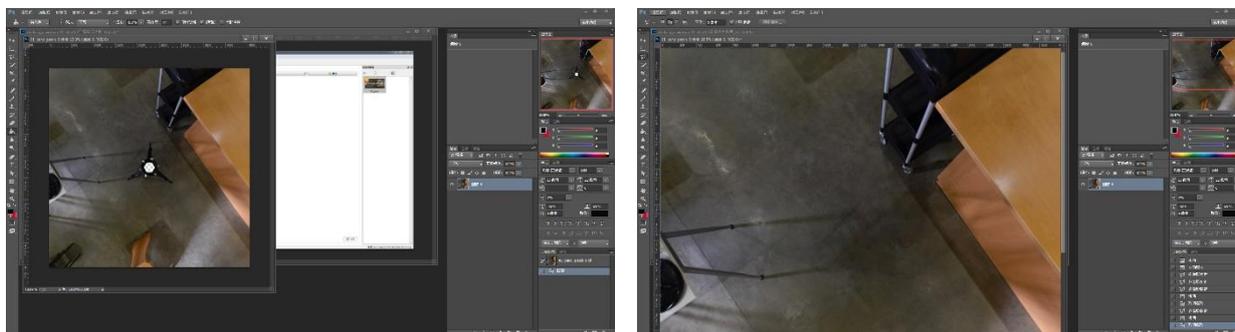


圖5-6 影像補丁成果圖

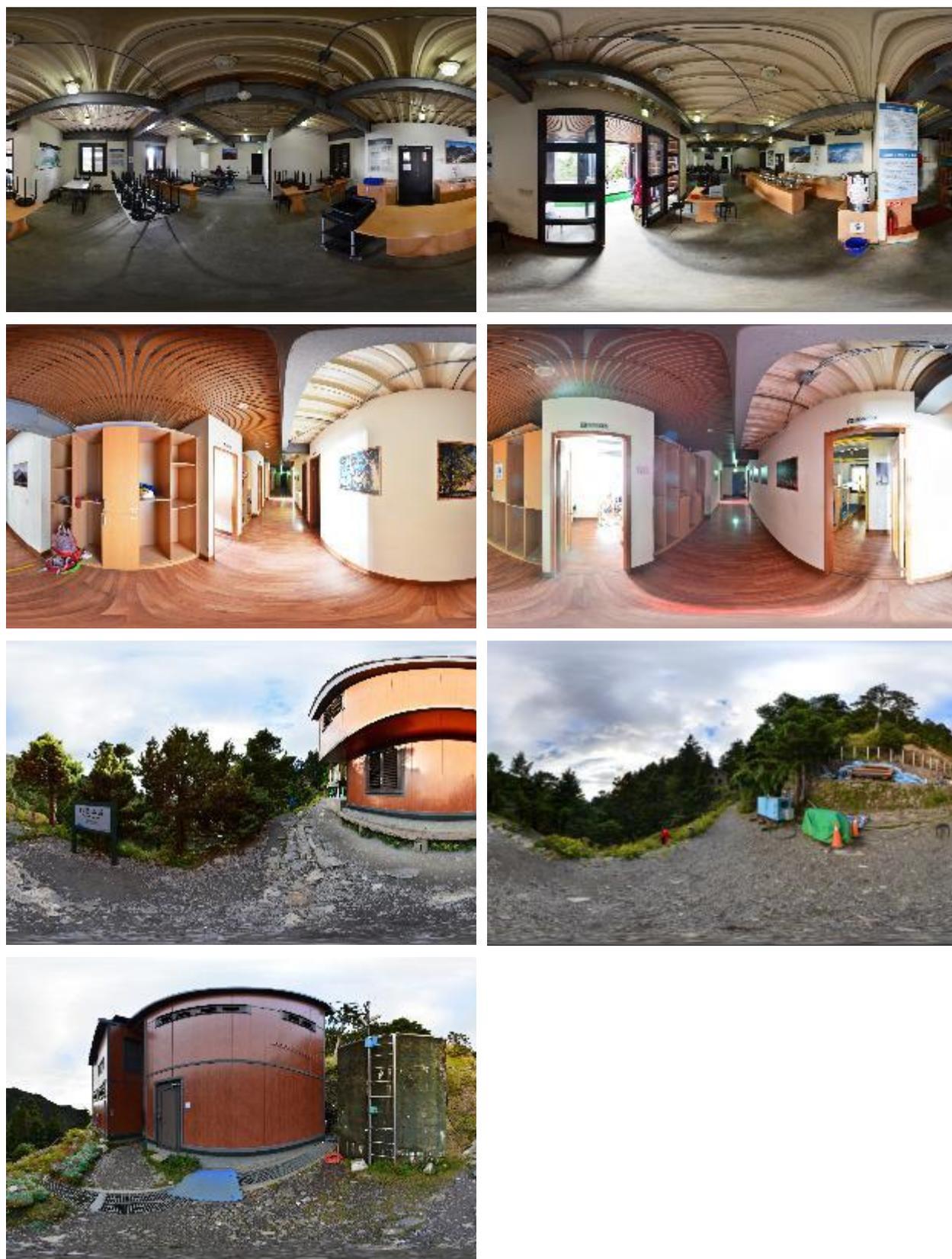


圖5-7 環景影像成果圖



圖5-8 擴增實境(AR)網頁成果圖

第六章 結論與建議

6-1 結論

- (一) 以傾斜航空像機拍攝獲得計畫地區平均地面解析度 12 公分之航空影像。
- (二) 以空載光達獲得計畫區域點雲密度 2 點/平方公尺之高密度高精度點雲資料。
- (三) 透過 UAV 進行排雲山莊影像匹配建模，其成果達 LOD3 等級，可作為未來保育導覽、路線簡介一大利器。
- (四) 以環景拍攝手法進行排雲山莊內部與外部共 7 處環景攝影，並結合擴增實境，連結各環景拍攝位置進行展示。
- (五) 本案蒐集之基礎資訊可作為通盤檢討、工程施工、景觀保育、地形地貌演變、環境教育解說、登山安全規劃及數位典藏等多目標應用。

6-2 建議

- (一) 本計畫已收集傾斜航空像機，拍攝之高解析度影像，後續可透過空中三角測量，配合數值地形模型製作正射影像。
- (二) 本計畫已收集空載光達點雲資料，後續可透過點雲分類，確認地表點並製作數值地形模型，提供後續分析使用。

第七章 參考文獻

- (一) 內政部，2007。高精度及高解析度數值地形模型測製規範(草案)修訂(初稿)。
- (二) 曾清涼、儲慶美。1999。GPS 衛星測量原理與應用，國立成功大學衛星資訊研究中心。
- (三) 曾義星，2005。空載光達資料誤差分析、航帶平差及生產數值地形模型之研究(2/3)，行政院國家科學委員會專題研究計畫。
- (四) 童俊雄，2005。空載光達系統誤差分析與航帶平差方法之探討，國立成功大學碩士論文。
- (五) 蔡欣怡，2004。結合雷射測高與強度資料進行區域平差可行性之研究，國立成功大學測量及空間資訊研究所碩士論文。
- (六) Biljecki, F. 2013. The concept of level detail in 3D city models: PhD Research Proposal. GISt Report No. 62.ISO 690
- (七) Behan, A. 2000. On the Matching Accuracy of Rasterised Scanning Laser Altimeter Data. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol.33, part B2, Amsterdam, pp. 75-82.
- (八) Crombaghs, M.J.E., Bruegelmann, R. and de Min, E.J., 2000. On the Adjustment of overlapping Strips of Laseraltimeter Height Data, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol.33, part B2, Amsterdam, pp. 230-237.
- (九) Fritsch, D. and J. Kilian, 1994. Filtering and Calibration of Laser Scanner Measurements, Paper presented at ISPRS Commision III Symp. Muenchen, Sept. 1994.