



NLSC-103-16

103 年度發展無人飛行載具航拍技術 作業

工作總報告書

主辦機關：內政部國土測繪中心

執行單位：經緯航太科技股份有限公司

中華民國 103 年 12 月 30 日

摘 要

103 年度「發展無人飛行載具航拍技術作業」案為「測繪科技發展後續計畫」工作項目之一，係 4 年期（100~103 年）之延續型計畫之第 4 年執行。主要工作項目為辦理 18 區 UAS 航拍及影像處理作業，製作快速幾何糾正鑲嵌影像、正射影像供各項應用參考及區域圖資更新；更新升級數值航測影像工作站圖資編修軟體、製作成果展示網頁與辦理教育訓練等工作。

本案總計完成 18 個航拍區域，面積超過 10000 公頃以上之 UAS 航拍及影像處理作業，產製成果並應用於緊急災害應變與局部區域圖資更新及提供其他政府機關以辦理特定區域國土監測等。另一方面，本案以國土測繪中心 UAS 標準作業流程為基礎，針對現有系統設計必須強化之處，運用專為 UAS 設計之 GNSS / IMU 整合式導航定位定向系統，輔助空中三角測量計算，加速產製正射影像作業。同時運用 UAS 之直接地理定位技術，在有效縮短影像幾何鑲嵌校正作業時間的同時，提高幾何校正成果精度。此技術於本年度已成功運用於高雄氣爆緊急災害應變拍攝任務，於 24 小時內完成 600 公頃災區拍攝與製作正射影像，快速提供緊急災害應變決策支援使用。

關鍵字：無人飛行載具系統、整合式導航定位定向系統、e-GPS 定位技術、直接地理定位技術

Abstract

This project "Development of UAS aerial mapping technology "is based on a four-year founding from National Science Council. Works of the project are building UAS (Unmanned Aircraft System) and standard operation procedures of aerial photogrammetric using UAS. The main purpose of this project is using of UAS as a platform to collect spatial information, evaluating of aerial image processing software and hardware.

In 2014, we develop GNSS / IMU integrated navigation positioning and orientation system for UAS based on NLSC existing UAS operation procedures, which can speed up the aerial triangulation calculations, and accelerate orthophoto production. Using e-GPS technology of NLSC assisted bundle adjustment with self-calibration of the UAS aerial images. We also analyze the effects of camera calibration methods on the accuracy of aerial triangulation. And further develop UAS direct geo-referencing technology to shorten operating time of image geometric correction, while improving the accuracy of geometric correction.

Keywords : Unmanned Aircraft System, Position and Orientation System, e-GPS, Camera calibration, Direct Georeference

目 錄

目 錄.....	I
圖目錄.....	III
表目錄.....	IX
第壹章 前言.....	1
第貳章 作業規劃、工作項目及內容.....	2
第一節 工作項目.....	2
第二節 工作時程及成果交付.....	5
第三節 作業規劃.....	8
第四節 UAS 航拍規劃與作業流程說明.....	14
第五節 空中三角測量及正射影像製作作業規劃.....	27
第六節 成果檢核.....	34
第七節 緊急災害應變及國土監測變異分析作業.....	39
第參章 UAS 航拍任務執行及影像處理作業成果.....	43
第一節 緊急災害應變航拍作業.....	48
第二節 正射影像測製作業.....	57
第三節 航遙測感應器系統校正場航拍作業.....	128
第四節 UAS 成果展示網頁.....	135
第肆章 UAS 直接地理定位技術研發改進.....	137
第一節 機電整合及定位定向系統設計.....	137
第二節 相機選定及內方位率定.....	138
第三節 地面控制場設置及率定.....	140
第四節 研究成果.....	141
第伍章 教育訓練.....	146
第陸章 結論與檢討建議.....	150
第一節 結論.....	150
第二節 檢討建議.....	152
參考文獻.....	156

縮寫符號一覽表	158
附錄.....	159
附錄一 教育訓練簽到簿與學員意見調查表	159
附錄二 每月工作會議紀錄	168
附錄三 第 1 階段工作計畫書審查紀錄與意見回覆表	182
附錄四 工作總報告書審查紀錄與意見回覆表	186
附錄五 相機及鏡頭率定報告	193

圖目錄

圖 2-1 專案執行進度甘特圖	7
圖 2-2 國土測繪一號定翼型 UAS	8
圖 2-3 國土測繪一號 UAS 系統架構	9
圖 2-4 Sky Arrow 55 UAS	10
圖 2-5 多旋翼型 UAS	12
圖 2-6 多旋翼型 UAS POS 原型設計	13
圖 2-7 IMU(ADIS16405)與 GPS(LEA-6T)模組	13
圖 2-8 UAS 航拍工作標準作業流程規劃	14
圖 2-9 UAS 操作使用程序標準作業流程	15
圖 2-10 委託空拍申請表及委託空拍空域審核建議表	18
圖 2-11 UAS 飛行任務勤前提示單	20
圖 2-12 UAS 飛行前檢查卡	21
圖 2-13 UAS 航拍任務執行紀錄	22
圖 2-14 航線規劃示意圖	23
圖 2-15 S 模式航線範例圖	24
圖 2-16 Z 模式航線範例圖	25
圖 2-17 O 模式航線範例圖	25
圖 2-18 UAS 品保流程	26
圖 2-19 選取後測控制點位置範例	27
圖 2-20 自然點選設現場照片	27
圖 2-21 空中三角測量示意圖	28
圖 2-22 弱匹配區手動加點列表示意圖	29
圖 2-23 像片網形連結範例圖	29
圖 2-24 製作彩色無縫正射影像鑲嵌流程圖	31
圖 2-25 正射影像糾正示意圖	32
圖 2-26 ImageStation Orthopro 空三資料	32
圖 2-27 ImageStation OrthoproDEM 資料	32

圖 2-28 正射影像鑲嵌示意圖	33
圖 2-29 正射影像編修前後比較（左邊為編修前、右邊為編修後）	33
圖 2-30 空三網形與統計圖	36
圖 2-31 直方圖兩端明度突然停止	37
圖 2-32 快速拼接處理流程圖	39
圖 2-33 Orthomosaic 程式主畫面	40
圖 2-34 點選控制點輔助幾何校正	40
圖 2-35 正射校正示意圖	41
圖 2-36 影像正射糾正功能設定	42
圖 2-37 影像拼接功能設定	42
圖 3-1 103 年度航拍任務區域分布	45
圖 3-2 花蓮縣萬榮鄉緊急航拍任務規劃點位	49
圖 3-3 起降場地瑞北村馬路旁架設多旋翼型 UAS 及導航裝備	49
圖 3-4 起降場地瑞北村馬路旁多旋翼型 UAS 起飛航拍	50
圖 3-5 瑞北村土石流側拍	50
圖 3-6 瑞北村土石流正射航照圖	51
圖 3-7 高雄市前鎮區緊急航拍任務規劃點位	53
圖 3-8 起降場地一心一路/瑞西街馬路口架設多旋翼型 UAS	53
圖 3-9 起降場地一心一路馬路側拍照片	54
圖 3-10 三多二路航拍原始影像	54
圖 3-11 一心一路/凱旋三路口航拍原始影像	55
圖 3-12 提供正射影像供救災決策支援使用	55
圖 3-13 氣爆災區全區正射影像	56
圖 3-14 屏東縣霧台鄉飛行航線規劃	57
圖 3-15 起降場地天氣，天候多雲晴朗	58
圖 3-16 屏東縣霧台鄉 UAS 影像分布圖	59
圖 3-17 屏東縣霧台鄉控制點分布圖	59
圖 3-18 屏東縣霧台鄉空三網型圖	60
圖 3-19 屏東縣霧台鄉正射鑲嵌影像成果	60

圖 3-20	南投縣國姓鄉飛行航線規劃	62
圖 3-21	起降場地南投國姓鄉台 14 馬路旁	63
圖 3-22	南投縣國姓鄉 UAS 影像分布圖	64
圖 3-23	南投縣國姓鄉控制點分布圖	64
圖 3-24	南投縣國姓鄉空三網型圖	65
圖 3-25	南投縣國姓鄉正射鑲嵌影像成果	66
圖 3-26	臺南市學甲區飛行航線規劃	67
圖 3-27	臺南市學甲區 UAS 影像分布圖	68
圖 3-28	臺南市學甲區控制點分布圖	69
圖 3-29	臺南市學甲區空三網型圖	69
圖 3-30	臺南市學甲區正射鑲嵌影像成果	70
圖 3-31	桃園縣桃園市飛行航線規劃	71
圖 3-32	起降場地桃園市中路計畫區內馬路旁	72
圖 3-33	桃園縣桃園市 UAS 影像分布圖	73
圖 3-34	桃園縣桃園市控制點分布圖	73
圖 3-35	桃園縣桃園市空三網型圖	74
圖 3-36	桃園縣桃園市正射鑲嵌影像成果	75
圖 3-37	臺南市南區飛行航線規劃	76
圖 3-38	臺南市南區 UAS 影像分布圖	77
圖 3-39	臺南市南區控制點分布圖	78
圖 3-40	臺南市南區空三網型圖	78
圖 3-41	臺南市南區正射鑲嵌影像成果	79
圖 3-42	嘉義縣大林鎮飛行航線規劃	80
圖 3-43	嘉義縣大林鎮任務區天氣多雲	81
圖 3-44	嘉義縣大林鎮 UAS 影像分布圖	82
圖 3-45	嘉義縣大林鎮控制點分布圖	82
圖 3-46	嘉義縣大林鎮空三網型圖	83
圖 3-47	嘉義縣大林鎮正射鑲嵌影像成果	84
圖 3-48	彰化縣福興鄉飛行航線規劃	85

圖 3-49 彰化縣福興鄉任務區天氣多雲晴朗.....	86
圖 3-50 彰化縣福興鄉 UAS 影像分布圖.....	86
圖 3-51 彰化縣福興鄉控制點分布圖.....	87
圖 3-52 彰化縣福興鄉空三網型圖.....	88
圖 3-53 彰化縣福興鄉正射鑲嵌影像成果.....	89
圖 3-54 雲林縣麥寮鄉飛行航線規劃.....	90
圖 3-55 起降場地天氣，天候晴朗有雲.....	91
圖 3-56 雲林縣麥寮鄉 UAS 影像分布圖.....	91
圖 3-57 雲林縣麥寮鄉控制點分布圖.....	92
圖 3-58 雲林縣麥寮鄉空三網型圖.....	93
圖 3-59 雲林縣麥寮鄉正射鑲嵌影像成果.....	94
圖 3-60 苗栗縣銅鑼鄉飛行航線規劃.....	95
圖 3-61 於飛行場進行起降，天氣晴朗.....	96
圖 3-62 苗栗縣銅鑼鄉 UAS 影像分布圖.....	97
圖 3-63 苗栗縣銅鑼鄉控制點分布圖.....	97
圖 3-64 苗栗縣銅鑼鄉空三網型圖.....	98
圖 3-65 苗栗縣銅鑼鄉正射鑲嵌影像成果.....	99
圖 3-66 南投縣仁愛鄉飛行航線規劃.....	100
圖 3-67 目標區當地天候.....	101
圖 3-68 南投縣仁愛鄉 UAS 影像分布圖.....	102
圖 3-69 南投縣仁愛鄉控制點分布圖.....	102
圖 3-70 南投縣仁愛鄉空三網型圖.....	103
圖 3-71 南投縣仁愛鄉正射鑲嵌影像成果.....	104
圖 3-72 臺南市麻豆區飛行航線規劃.....	105
圖 3-73 起降場地情形，天候多雲.....	106
圖 3-74 臺南市麻豆區 UAS 影像分布圖.....	107
圖 3-75 臺南市麻豆區控制點分布圖.....	107
圖 3-76 臺南市麻豆區空三網型圖.....	108
圖 3-77 臺南市麻豆區正射鑲嵌影像成果.....	109

圖 3-78 臺南市永康區飛行航線規劃.....	110
圖 3-79 起降場地於台南永康中正北路馬路旁.....	111
圖 3-80 臺南市永康區 UAS 影像分布圖.....	112
圖 3-81 臺南市永康區控制點分布圖.....	112
圖 3-82 臺南市永康區空三網型圖.....	113
圖 3-83 臺南市永康區正射鑲嵌影像成果.....	114
圖 3-84 花蓮縣秀林鄉飛行航線規劃.....	115
圖 3-85 任務起降狀況，目標區天候多雲.....	116
圖 3-86 花蓮縣秀林鄉 UAS 影像分布圖.....	117
圖 3-87 花蓮縣秀林鄉控制點分布圖.....	117
圖 3-88 花蓮縣秀林鄉空三網型圖.....	118
圖 3-89 花蓮縣秀林鄉正射鑲嵌影像成果.....	118
圖 3-90 嘉義縣東石鄉飛行航線規劃.....	119
圖 3-91 起降場地情況，天候晴朗.....	120
圖 3-92 嘉義縣東石鄉 UAS 影像分布圖.....	121
圖 3-93 嘉義縣東石鄉控制點分布圖.....	121
圖 3-94 嘉義縣東石鄉正射鑲嵌影像成果.....	122
圖 3-95 南投縣南投市飛行航線規劃.....	123
圖 3-96 南投縣南投市起降場地跑道情況.....	124
圖 3-97 南投縣南投市 UAS 影像分布圖.....	125
圖 3-98 南投縣南投市控制點分布圖.....	125
圖 3-99 南投縣南投市空三網型圖.....	126
圖 3-100 南投縣南投市正射鑲嵌影像成果.....	127
圖 3-101 南崗工業區航測攝影機校正場位置圖.....	128
圖 3-102 南崗校正場飛行航線規劃.....	129
圖 3-103 任務起降場地.....	130
圖 3-104 南崗校正場 UAS 影像分布圖.....	130
圖 3-105 南崗校正場控制點/檢核點分布圖.....	131
圖 3-106 南崗校正場空三網型圖.....	132

圖 3-107 南崗校正場正射鑲嵌影像成果	132
圖 3-108 南崗校正場 EO 及 POS 資料展點圖	133
圖 3-109 南崗校正場檢核點分布圖	134
圖 3-110 成果展示網頁架構圖	135
圖 3-111 成果展示網頁首頁與選單	135
圖 3-112 區域圖資更新成果前後期比較展示	136
圖 4-1 直接地理定位系統模組於機艙內分布情況	137
圖 4-2 EVK-6T 規格表	137
圖 4-3 ADIS16405 規格表	138
圖 4-4 相機 EOS 5D Mark II	138
圖 4-5 單相機率定法拍攝方式示意圖	139
圖 4-6 率定用影像及人造標辨識成果範例	139
圖 4-7 單相機率定光束交會情況	139
圖 4-8 台南公園地面控制場	140
圖 4-9 空三計算求得外方位參數率定成果	142
圖 4-10 POS 飛行軌跡	142
圖 4-11 直接地理定位程式介面	144
圖 5-1 同仁聆聽進階影像操作處理室內課程	148
圖 5-2 進行旋翼型 UAS 操作室內講解	148
圖 5-3 帶領國土測繪中心同仁進行 UAS 操作實習	149
圖 5-4 國土測繪中心同仁實際操作旋翼型 UAS 飛行	149
圖 6-1 GNSS 模組與 IMU 加資料紀錄器尺寸規畫圖	153
圖 6-2 GNSS 模組與 IMU 及紀錄器擺放方式	153
圖 6-3 具有 4 波段取像模組之無人飛行載台控制系統示意圖	155

表目錄

表 2-1 各階段檢核點交付成果說明	5
表 2-2 國土測繪一號系統特色	9
表 2-3 國土測繪一號載具規格表	9
表 2-4 SkyArrow 55 UAS 載具規格表	10
表 2-5 Sky Arrow55 UAS 載具特色	10
表 2-6 多旋翼型 UAS 規格表	12
表 2-7 航空攝影規劃範例	24
表 2-8 可靠度指標	29
表 2-9 正射影像自我檢核表	38
表 3-1 103 年度航拍作業區域彙整表	43
表 3-2 103 年度航拍作業成果一覽表	46
表 3-3 花蓮縣萬榮鄉任務執行概況	48
表 3-4 高雄市前鎮區任務執行概況	52
表 3-5 屏東縣霧台鄉任務執行概況	57
表 3-6 屏東縣霧台鄉空三計算精度表	60
表 3-7 南投縣國姓鄉任務執行概況	62
表 3-8 南投縣國姓鄉台 61 線空三計算精度表	65
表 3-9 臺南市學甲區任務執行概況	67
表 3-10 臺南市學甲區空三計算精度表	69
表 3-11 桃園縣桃園市任務執行概況	71
表 3-12 桃園縣桃園市台 61 線空三計算精度表	74
表 3-13 臺南市南區任務執行概況	76
表 3-14 臺南市南區空三計算精度表	78
表 3-15 嘉義縣大林鎮任務執行概況	80
表 3-16 嘉義縣大林鎮空三計算精度表	83
表 3-17 彰化縣福興鄉任務執行概況	85
表 3-18 彰化縣福興鄉空三計算精度表	87

表 3-19 雲林縣麥寮鄉任務執行概況.....	90
表 3-20 雲林縣麥寮鄉空三計算精度表.....	93
表 3-21 苗栗縣銅鑼鄉任務執行概況.....	95
表 3-22 苗栗縣銅鑼鄉空三計算精度表.....	98
表 3-23 南投縣仁愛鄉任務執行概況.....	100
表 3-24 南投縣仁愛鄉空三計算精度表.....	103
表 3-25 臺南市麻豆區任務執行概況.....	105
表 3-26 臺南市麻豆區空三計算精度表.....	108
表 3-27 臺南市永康區任務執行概況.....	110
表 3-28 臺南市永康區空三計算精度表.....	113
表 3-29 花蓮縣秀林鄉任務執行概況.....	115
表 3-30 花蓮縣秀林鄉空三計算精度表.....	118
表 3-31 嘉義縣東石鄉任務執行概況.....	119
表 3-32 南投縣南投市任務執行概況.....	123
表 3-33 南投縣南投市空三計算精度表.....	126
表 3-34 南崗校正場任務執行概況.....	128
表 3-35 南崗校正場空三計算精度表.....	131
表 3-36 南崗校正場 Pix4Dmapper 正射影像檢核成果.....	134
表 4-1 相機內方位參數率定成果.....	141
表 4-2 固定臂與軸角率定成果.....	142
表 4-3 直接地理定位成果.....	144
表 4-4 POS 估計誤差.....	145
表 5-1 UAS 操作與航拍課程時數規劃.....	146
表 5-2 UAS 操作與航拍課程配當表.....	147
表 6-1 光譜應用特性.....	154

第壹章 前言

「發展無人飛行載具航拍技術作業」案（以下簡稱本案）為「測繪科技發展後續計畫」工作項目之一，係 4 年期（100~103 年）之延續型計畫，主要工作項目為建置無人飛行載具系統（Unmanned Aircraft System，以下簡稱 UAS）、購置航拍影像處理軟硬體設備、辦理 UAS 航拍作業、研擬 UAS 航拍及影像處理標準作業流程、製作快速幾何糾正鑲嵌影像、正射影像供各項應用參考及局部測繪局部區域圖資更新，輔助國家經濟發展。本案主要目的為運用 UAS 作為蒐集空間資訊的平台，利用無人飛行載具自動化、精確、快速、安全與大範圍的特性，配合經過整體規劃的航拍程序，建立一種可以快速取得特定地點地理資訊之創新流程以藉此引進新測繪技術，應用於國土利用規劃、民生建設及防救災等領域，兼顧環保與輔助經濟發展，達到國土永續經營目標並供各界運用。

內政部國土測繪中心（以下簡稱 國土測繪中心）於 100 年度作業完成建置 1 套定翼型 UAS 及 5 區航拍與影像處理作業。101 年度完成 15 區航拍與影像處理作業、影像處理軟體整合作業及 UAS 航拍作業規範研擬。102 年度完成 10 區航拍與影像處理作業，及航遙測感應器系統校正場航拍作業並進行 e-GPS 定位技術進行輔助 UAS 航拍影像之自率光束法空中三角測量平差試驗，與探討分析相機率定方式對空中三角測量精度影響。

103 年度賡續辦理 18 區航拍及影像處理作業，以及數值航測影像工作站圖資編修軟體更新升級，並辦理 1 梯次進階 UAS 影像處理操作教育訓練。同時針對工作成果配合國土測繪中心製作 UAS 成果展示網頁，成果展示影片或相關展示海報。最後彙整 103 年度工作總報告書以及 100 至 103 年度工作總報告書。

第貳章 作業規劃、工作項目及內容

第一節 工作項目

一、UAS 航拍作業：

- (一) 辦理國土測繪中心指定 18 區之航拍作業，平均每區航拍面積以 4 平方公里為原則(總航拍面積應達 72 平方公里以上)，如有特殊情形則由國土測繪中心認定。航拍影像前後重疊率為 75%，側向重疊率為 35%，重疊率誤差應在 15% 以內，航拍時 UAS 皆需搭載 GNSS 與 IMU，影像解析度需達 25 公分以內。
- (二) 以國土測繪中心定翼型 UAS (國土測繪 1 號) 進行航拍為原則，必要時可以性能與酬載相當(含以上)之定翼型 UAS 辦理航拍，惟使用國土測繪 1 號拍攝面積需達總航拍面積 50% 以上，若航拍面積小於 1 平方公里(含)以下或經國土測繪中心同意後，可採旋翼型 UAS 辦理航拍，另本案 UAS 酬載相機均需辦理內方位參數率定作業。
- (三) 緊急災害應變航拍應於接獲國土測繪中心通知後，立即辦理航拍作業；一般航拍作業應於空域申請通過後 15 日內完成航拍作業(但如遇天候或不可抗力因素不在此限)。
- (四) 於本案執行期間遇緊急或特定航拍需求時，無償提供定翼型及旋翼型(或多旋翼型) UAS 至少各 1 套(含酬載相機)備用。

二、UAS 航拍影像處理作業：

(一) 緊急災害應變影像處理作業

配合緊急災害應變需求製作快速幾何糾正鑲嵌影像(或環景拼接影像)。緊急災害應變應於航拍完成後 24 小時內繳交原始影像及快速幾何糾正鑲嵌影像成果。

(二) 一般航拍影像處理作業

辦理空中三角測量並製作正射影像，正射影像解析度

(地元尺寸) 需達 25 公分以內，成果精度應達基本圖測製要求。一般航拍作業應於航拍完成 20 日內繳交原始影像、空中三角測量及正射影像成果至國土測繪中心，相關影像成果繳交不得逾各階段作業期限。

三、數值航測影像工作站圖資編修軟體更新升級：

- (一) 更新升級國土測繪中心數值航測影像工作站圖資編修軟體 (提供 ArcGIS 及 AutoCAD 單機版最新軟體各 2 套)，並檢附原廠合法授權書。
- (二) 購置 1 套飛行模擬軟體 (X-plane 最新版) 及 2 套可搭配飛行模擬軟體操作之搖桿 (每套應具備 4 個動作以上且可微調功能)。

四、UAS 成果展示

- (一) 配合國土測繪中心製作 UAS 成果展示網頁，網頁需具備文字敘述、UAS 介紹、航拍及影像處理流程、成果展示、檔案下載、動態展示 (如影片播放、環景影像展示) 及相關連結等內容與功能。
- (二) 配合本案航拍各項測試作業過程之實錄成果，製作 5 分鐘以上之展示影片。另廠商應配合國土測繪中心相關成果發表會流程內容，辦理 UAS 展示作業及製作相關展示海報，並支援 UAS 載運、架設、撤收及派員於展示場協助進行解說。

五、辦理教育訓練：

提出本案教育訓練計畫，送國土測繪中心審定合格後辦理 1 梯次教育訓練，訓練人數至少 10 人，訓練時數至少 6 小時，課程內容為 UAS 影像處理操作進階班，訓練課程需提供中文教材。訓練所需講師、教材、餐飲及場地等費用由本團隊負責。並於完成後將訓練簽到簿送國土測繪中心備查。

六、依本案各階段時程規範，於每月 30 日前提出每月工作執行書面報告、工作計畫書及 103 年度工作總報告書。並配合國土測繪中心撰寫 100 至 103 年「發展無人飛行載具航拍技術作業」案

工作總報告書。

七、執行其他配合事項

- (一) 每次執行任務前需檢查 UAS 功能是否正常，並填寫航拍任務紀錄表，記錄每次航拍日期、雲蓋率、風向、風速、飛航方向、飛行時間等資料。
- (二) 依 UAS 保養維護手冊相關內容辦理國土測繪中心 UAS 設備保養維護作業，保養維護時需填寫保養維護紀錄表，各項紀錄資訊需送交國土測繪中心。
- (三) 提供所有本案使用之數位相機之內方位率定報告。
- (四) 投稿研討會或期刊論文（初稿）至少 2 篇。

第二節 工作時程及成果交付

本案作業期限為決標次日（103 年 3 月 14 日）起 240 個日曆天內（103 年 11 月 8 日）辦理完成，共分為 4 階段辦理。各階段作業期間，國土測繪中心作業時間視為行政作業期間，如有逾期得予扣除。各階段應交付項目及期限如下表 2-1：

表 2-1 各階段檢核點交付成果說明

階段	成果繳交項目	單位	數量	成果繳交期限	發文繳交日期
第 1 階段	數位相機內方位率定報告 (含電子檔)	份	1	於決標次日起 30 個日曆天內 (103/4/12)	103/04/09
	工作計畫書	份	10		
第 2 階段	第 1 批次 UAS 實地航拍影像、各項原始數據資料；航拍區幾何糾正鑲嵌影像、空中三角測量、正射影像等成果（均含電子檔）。（2 航拍區）	式	1	於決標次日起 100 個日曆天內 (103/06/21)	103/06/17
	ArcGIS 軟體	套	2		
	AutoCAD 軟體	套	2		
	飛行模擬軟體	套	1		
	飛行模擬搖桿	套	2		
第 3 階段	第 2 批次 UAS 實地航拍影像、各項原始數據資料；航拍區幾何糾正鑲嵌影像、空中三角測量、正射影像等成果（均含電子檔）。（5 航拍區）	式	1	於決標次日起 150 個日曆天內 (103/08/10)	103/08/08
	第 3 批次 UAS 實地航拍影像、各項原始數據成果；航拍區幾何糾正鑲嵌影像、空中三角測量、正射影像等成果（均含電子檔）。（6 航拍區）	式	1	於決標次日起 180 個日曆天內 (103/09/09)	103/09/09
第 4 階段	100 至 103 年發展無人飛行載具航拍技術作業工作總報告書	份	10	於決標次日起 220 個日曆天內 (103/10/19)	103/10/17
	UAS 成果展示網頁	式	1		
	103 年度工作總報告書	份	20	於決標次日起	

階段	成果繳交項目	單位	數量	成果繳交期限	發文繳交日期
	第 4 批次 UAS 實地航拍影像及各項原始數據成果；航拍區影像成果（均含電子檔）。（5 航拍區）	式	1	240 個日曆天內 (103/11/08)	103/11/7
	各項作業過程之實錄成果原始影片及展示影片（電子檔）。	式	1		
	教育訓練	梯次	1		

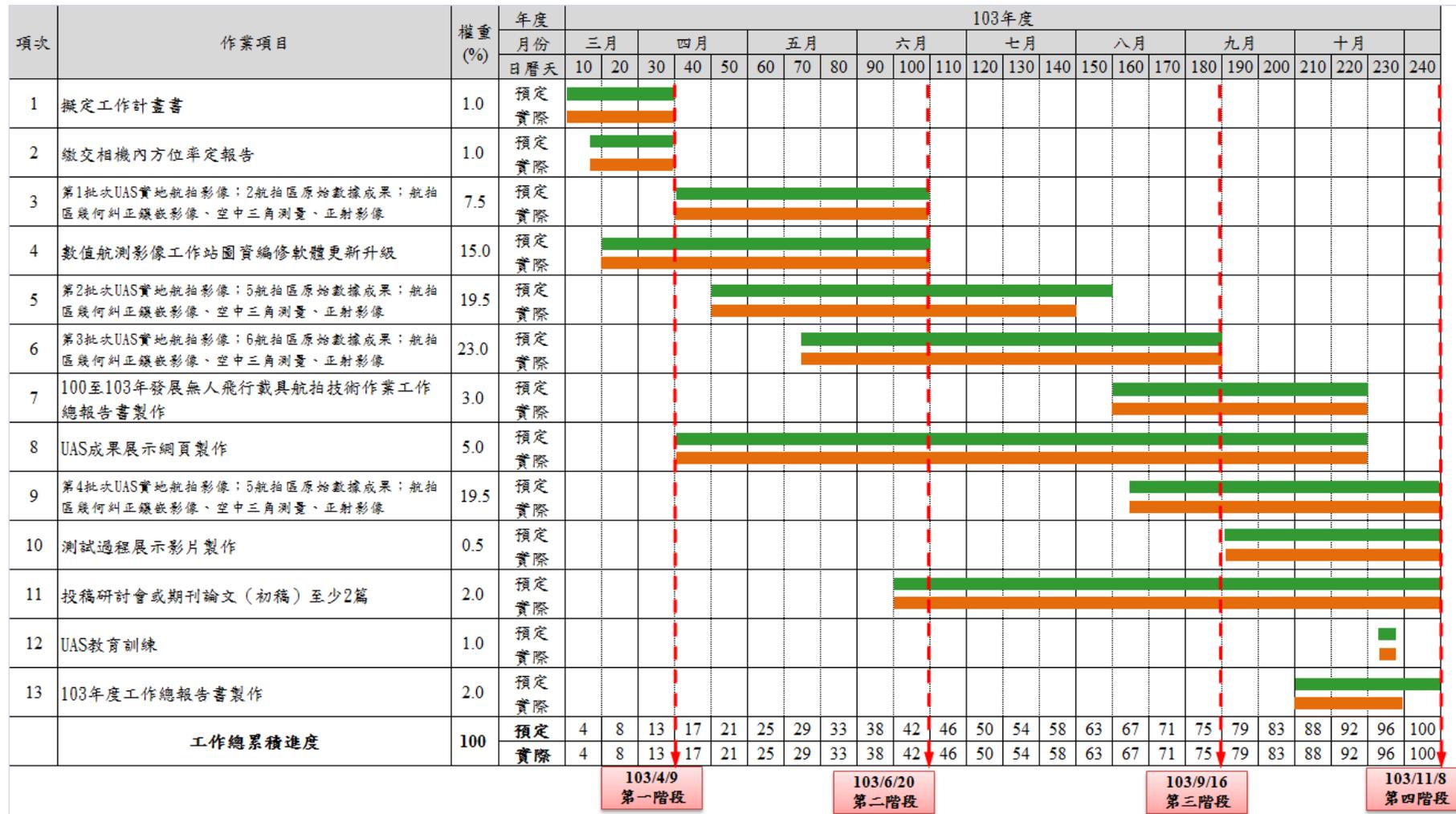


圖 2-1 專案執行進度甘特圖

第三節 作業規劃

本案之工作作業規劃執行，將於決標後起之第一階段針對國土測繪中心本年度 UAS 航拍作業進行訪談，確認今年度至少 18 區域航拍工作之執行細部需求，並作成紀錄以便追蹤，並提交工作計畫書。

本案各項航拍工作預定使用之設備規劃如下：

一、定翼型 UAS

UAS 航拍之作業規劃，採用國土測繪中心國土測繪一號定翼型 UAS（圖 2-2）進行航拍。國土測繪一號採用複合材料機身，翼展長 3.3 公尺，展弦比達 11，具有優越的滑降比與抗風性能，及 5 公斤的酬載能力，同時飛行時間可達 2 個小時以上。



圖 2-2 國土測繪一號定翼型 UAS

機體設計為可拆式機翼，方便收納與運輸，並搭載控制自主飛行之飛控系統及 Canon 5D MKII 全片幅相機，相機並搭配相容之 20mm、24mm 或 50mm 焦距鏡頭以因應不同任務的需求。動力系統設計為螺旋槳前拉式動力系統，採用 62cc 二行程引擎，實際測試之最大飛行高度達 3600 公尺。數位通訊資料鏈可傳輸 30 公里距離，類比影像傳送距離可達 15 公里。國土測繪一號 UAS 系統架構詳如圖 2-3 所示：

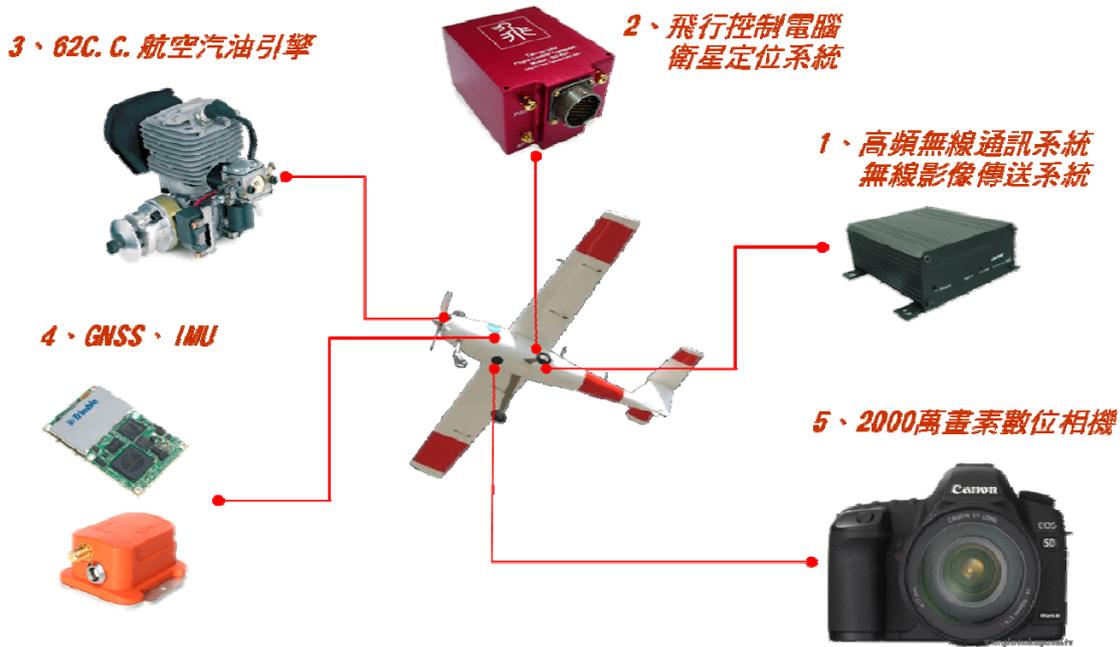


圖 2-3 國土測繪一號 UAS 系統架構

國土測繪一號系統特色如下表 2-2，各項詳細規格彙整如表 2-3：

表 2-2 國土測繪一號系統特色

項目	詳細說明
推進系統	採用以無鉛汽油為燃料之二衝程引擎，提供穩定之馬力。
巡航速度	90 公里
滯空時間	未掛副油箱（4.0 公升）2.5 小時以上、加掛副油箱（6.5 公升）4 小時以上。
抗風能力	可達蒲福風級 7 級風力
通訊	配備長距離數據通訊鏈路，控制半徑可達 30 公里以上，即時影像傳輸半徑可達 15 公里以上。
起降操作	傳統跑道滾行起飛（需 100 公尺柏油跑道），跑道降落。
酬載	可搭載與慣性量測設備與高畫素單眼相機或是高縮放倍率攝影模組。

表 2-3 國土測繪一號載具規格表

翼展	3.3 公尺	長度	2.0 公尺
最大重量	25 公斤	滯空時間	>2.5 小時
最高速度	125 km/hr	最大航程	>250 公里
巡航速度	90 km/hr	最大操作高度	3600 公尺
推進系統	ZENOAH G62PU 62 cc (4.22hp)		

有鑑於本案在緊急或特定航拍需求上，必須有百分之百之航拍載具妥善率，同時亦有多處同步拍攝的可能性，因此本團隊也提供一台自主開發設計的『天箭級』Sky Arrow 55 載具系統，專屬於本案所使用，做為備用之定翼型 UAS 載具。

Sky Arrow 55 為一款中航程後推式定翼型 UAS 載具，機體設計為後推式引擎設計(如圖 2-4)，可避免傳統前置式引擎運轉時產生之廢氣隨氣流向後汙染儀器與相機鏡頭，在機身設計上除符合空氣動力學效率外，亦兼具酬載重量大與酬載空間寬敞的特色，可快速更換不同酬載。載具基本規格資料如表 2-4 所示。



圖 2-4 Sky Arrow 55 UAS

表 2-4 SkyArrow 55 UAS 載具規格表

翼展	3.0 公尺	長度	2.4 公尺
最大重量	25 公斤	滯空時間	>3.5 hrs
最高速度	145 km/hr	最大航程	>350 公里
巡航速度	105 km/hr	最大操作高度	4000 公尺
推進系統	O.S GT-55 Gas Engine(5.5 BHP@7000rpm)		

Sky Arrow 55 UAS 在飛控電腦的控制下，可進行視距外遠距長程自主飛行。微波指令鏈路通訊範圍可達半徑 60 公里以上，並可供隨時更新飛航任務(On-The-Fly Command, OTFC)，加上長達 3.5 小時以上之有效滯空時間與針對航遙測應用的最佳化性能設計，使得 Sky Arrow 55 UAS 成為最適合航遙測應用的飛行載具。此型式的 UAS 酬載重量與空間可依任務需求做彈性調整，使任務的調度更為靈活，本機型 UAS 特色如表 2-5。

表 2-5 Sky Arrow55 UAS 載具特色

特色	詳細說明
推進系統	引擎型式為 O.S GT-55 Gas Engine 二行程汽油引擎，使用 92 無鉛汽油做為燃料，提供穩定的馬力輸出
巡航速度	105 公里(含)以上
滯空時間	可達 3.5 小時以上
抗風能力	蒲福風級 8 級風力(不含)以下(即風速 34 knot 以下)

特色	詳細說明
通訊	配備長距離數據通訊鏈路，控制半徑可達 50 公里(搭配指向性追蹤天線)
起降操作	傳統跑道 (起飛距離 30 公尺，降落距離 80 公尺)
酬載	有效酬載重量 > 5 公斤，可搭載： 1. 高畫素單眼相機與高縮放倍率攝影模組，及 GPS/INS 設備 2. 數據通訊與即時影像傳輸設備，可將資訊下傳至地面導控站儲存供後處理使用 3. 酬載安裝於機體內均配置被動防振機構，防止設備振動影響功能 4. 40*28*22 公分的極大化酬載空間，可快速安裝與更換不同酬載構型

二、旋翼(多旋翼)型 UAS

(一) 六旋翼型 UAS 航拍系統

本團隊所採用拍攝測區影像之旋翼型 UAS，為六旋翼型 UAS，全機直徑約 120cm，標準酬載設備可搭載 1800 萬畫素以上之數位相機(含影像發射模組)，如圖 2-5。旋翼型無人飛行載具的操作高度可達 500m，每次滯空拍攝作業時間可達 20 分鐘，可有效拍攝小範圍區域之高畫質影像。

多旋翼型 UAS 搭配全景攝影模組，除可拍攝航空照片，亦可進行 360 度全景照片拍攝。先使用 Autopana Giga 軟體將連續單張影像製作為全景拼接影像後，並利用 Pano2VR 軟體將全景拼接影像後製作為 720 度 VR 虛擬實境體驗網頁。除了傳統單一角度的正射影像外，可針對拍攝區域提供更為全方位且直覺有如親臨現場的現況展示。

表 2-6 多旋翼型 UAS 規格表

載具寬度	120 公分	最大航高	< 500 公尺
載具重量	5.0 公斤	載具飛行距離	< 1000 公尺
酬載重量	1.0 公斤	酬載搭配	Canon-5DM2 Canon-550D SONY-DV
滯空時間	< 20 分鐘		



圖 2-5 多旋翼型 UAS

(二) 旋翼型 UAS 用 POS(EVK-6T + ADIS16405)

本團隊也針對(多)旋翼型 UAS 系統設計簡易型 POS (如圖 2-6)，運用 GPS 模組與微機電等級之 IMU 整合設計而成。在 GPS 模組選擇方面，採用單頻載波相位接收儀 U-BLOX EVK-6T 模組 (如圖 2-7)；IMU 模組則選擇 ADIS16405，兩者優點皆是精度高、價格便宜、重量輕，很適合做為酬載重量相對較小的旋翼型 UAS 使用。此外本 GPS 模組亦支援外部 Time mark 記錄功能，可記錄拍攝時的 GPS 時間，做為相片與 POS 資料同步解算的基準。

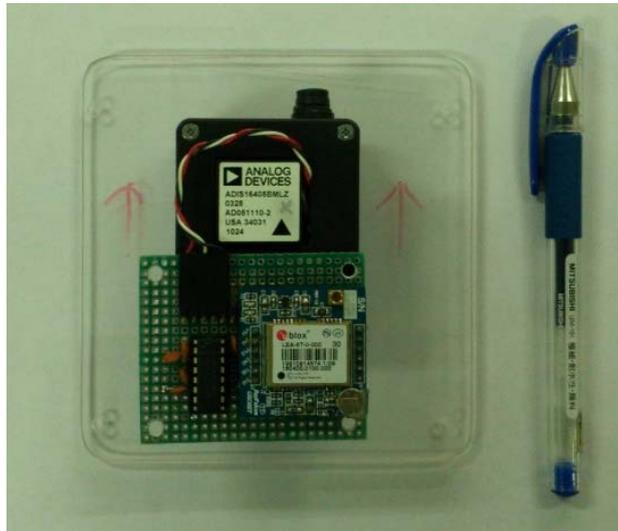


圖 2-6 多旋翼型 UAS POS 原型設計

	Item	ADIS16405
	Function	Accelerometer and Gyroscope
	Communication port	Its own PIN design
	Sample rate	100 Hertz
	Dimension	23 x 23 x 23 mm ³

	Item	EVK-6T
	Function	L1 carrier phase measurement and pseudo range
	Communication port	USB, RS232 port
	Sample rate	10 Hertz
	Voltage	5 V
	Dimension	74 x 54 x 24 mm ³

圖 2-7 IMU(ADIS16405)與 GPS(EVK-6T)模組

第四節 UAS 航拍規劃與作業流程說明

一、UAS 航拍標準作業流程

UAS 航拍工作的標準流程規劃，主要係依據「無人駕駛航空器系統(UAS)在臺北飛航情報區之作業」飛航情報相關 AIC 公告 (AIC 04/2012) 與「民用航空法」第三十四條以及「交通部民用航空局對機場四周禁止施放有礙飛航安全物體實施要點」等規定進行作業規劃。根據以上相關規範，並參考 97 年度 NLSC-97-28 探測感應器測繪平台架構規劃暨應用作業案之流程，綜整 UAS 航拍規劃標準作業流程如圖 2-8。

本案依契約書規定，在航拍區域確認後 5 日內提交申請資料、空域申請通過後 15 日內辦理航拍作業、航拍完成 20 日內繳交影像處理成果。

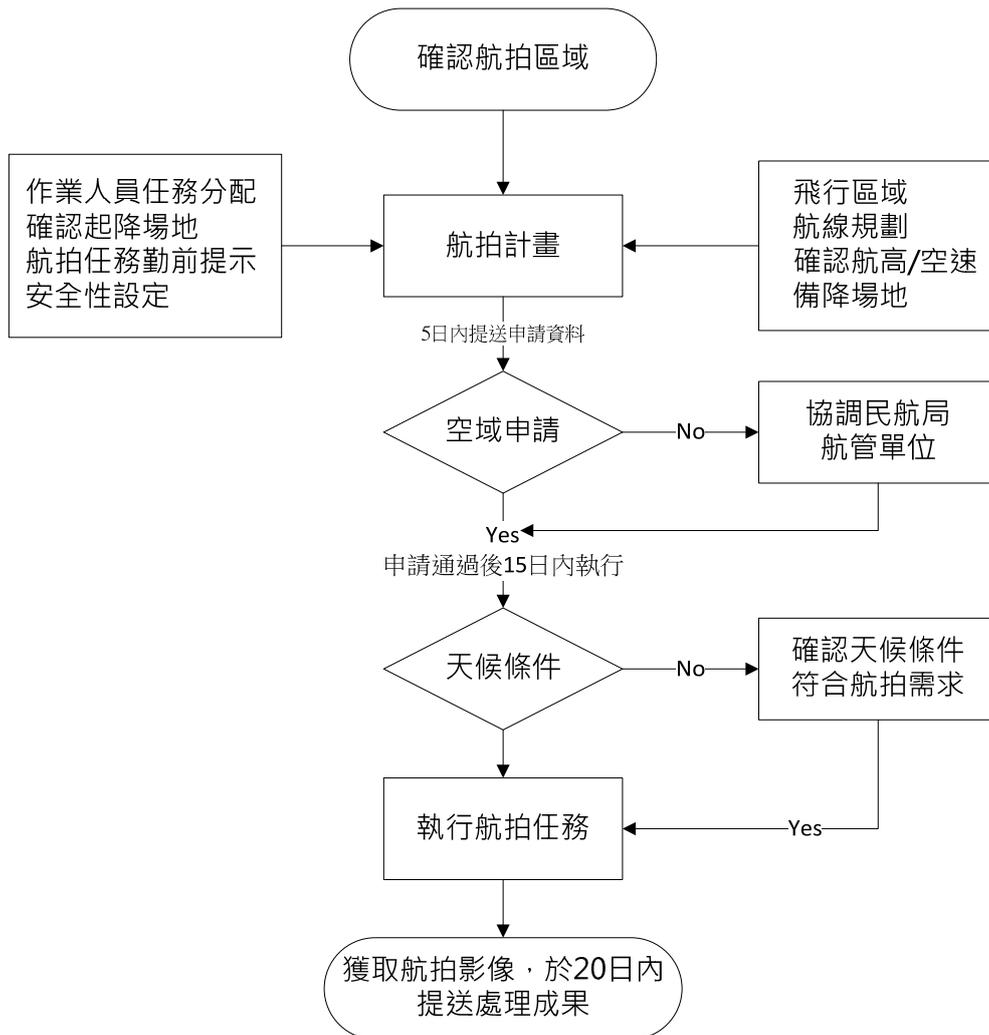


圖 2-8 UAS 航拍工作標準作業流程規劃

UAS 航拍作業依規定需在任務執行 15 天前提出空域申請，另外任務規劃與勤前提示與工作分配亦為重要的工作規畫，執行航拍任務時，還需視天候條件許可下方可執行任務，UAS 航拍任務標準作業流程規劃可參考圖 2-9。

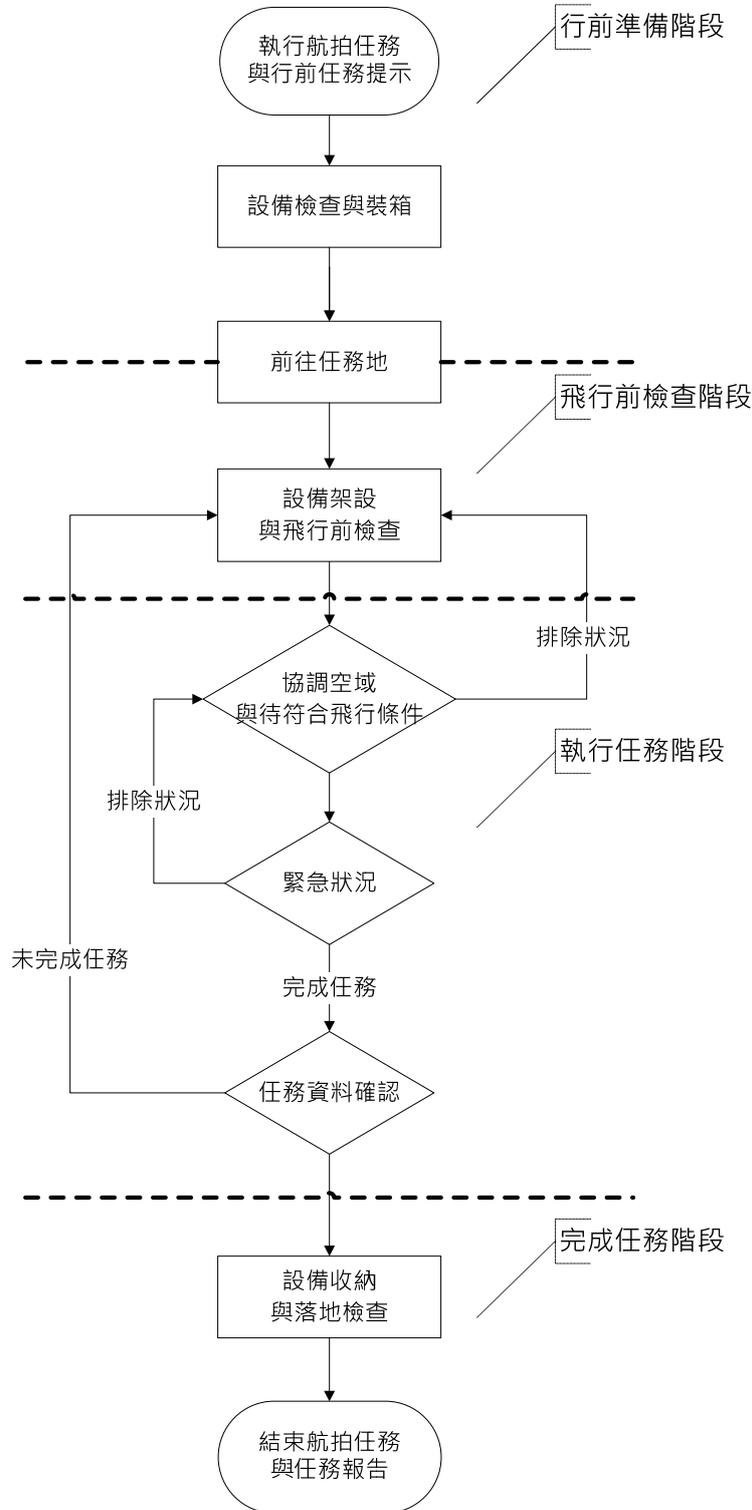


圖 2-9 UAS 操作使用程序標準作業流程

UAS 任務執行時的人力配置、操作程序與地面導控系統的任務模式，其說明如下：

(1) GCS(地面控制站)：

由一 GCS 系統、一位外部操作員 (EP、飛行員)、一位內部操作員 (IP、GCS 軟體操作員)，一位專案經理組成一 GCS 團隊。

(2) 任務自動導引程序：

該程序每次只會有一架飛機在執行，任務自動導引程序負責接替外部操作員降落(Landing)前及起飛(Take off)後的任務。

(3) 航拍任務：

可以採單架 UAS 的方式，前往指定區域，依航拍計畫航線做地毯式的影像拍攝，或是於同一時間、同地點但不同空層，進行不同的地面解析度的影像拍攝。

(4) 避走路線：

假如 UAS 要前往執行任務的路徑上，經過敏感性(Sensitivities)地區，地面站軟體會警示該路線為避走路線，且建議與規劃新航道提供給內部操作員參考，如內部操作員同意取代(Replace)原路徑，UAS 於執行任務時會繞過該敏感地區。

經過數年實務上的經驗累積，本團隊已針對航拍流程進行標準化，並針對流程各重要之步驟製作任務規劃、紀錄、檢核表格，總共分為以下幾步驟：

步驟 1：於確認航拍區域後，負責專案經理先依據航拍需求提交包含委託單位連絡方式、繳交期限、GSD、用途及空拍範圍的「委託空拍申請表」，並交由資深同仁評估後，回覆「委託空拍空域審核建議表」，對各空域進行航線評估，內容包含預畫航高、GSD 範圍、涵蓋線近航區/航道、航線說明及 KML 航線規劃圖，如圖 2-10。

SN : PA20141222-01

委託空拍申請表

最後更新日期：2014/12/22 14:27

委託單位

公司名稱：內政部國土測繪中心	統編：
公司電話：04-22522966	公司傳真：04-22540324
公司地址：	
聯絡人：施錦揮	職稱：
電話：#380	分機：
手機 1：	E-mail 1：23063@mail.nlsc.gov.tw
手機 2：	E-mail 2：
飛航作業名稱/工程名稱：103 年度發展無人飛行載具航拍技術作業	
飛航作業用途/用途名稱：圖資更新、103 年度專案工作項目(18 區航拍任務)	
委託單位/工程業主：	

空拍資料

繳交期限：103/06/6	申請類別： <input type="checkbox"/> 報價/評估 <input checked="" type="checkbox"/> 確定執行
GSD(cm)：25cm	重疊率(%) Endlap:80 Sidelap:40
空拍區域描述： 南投縣南投市 南崗校正場範圍，飛航公告編號 C0200/14，使用 20mm 鏡頭拍攝	
座標格式： <input checked="" type="checkbox"/> WGS-84 <input type="checkbox"/> UTM	
詳 KML	
相片： <input checked="" type="checkbox"/> 正射 <input type="checkbox"/> 側拍 <input type="checkbox"/> 特寫 <input type="checkbox"/> 內環景	解析 <input type="checkbox"/> 1000 <input type="checkbox"/> 1600 <input checked="" type="checkbox"/> 2100 萬畫素
<input type="checkbox"/> 外環景 <input type="checkbox"/> 其他(_____)	度： <input type="checkbox"/> 其他(_____)
影片： <input type="checkbox"/> 正射 <input type="checkbox"/> 側拍 <input type="checkbox"/> 內環景	解析 <input type="checkbox"/> HD(720p) <input type="checkbox"/> FullHD(1080p)
<input type="checkbox"/> 外環景 <input type="checkbox"/> 其他(_____)	度： <input type="checkbox"/> 其他(_____)
用途： <input type="checkbox"/> 風景照 <input type="checkbox"/> 工程 <input checked="" type="checkbox"/> 測繪 <input checked="" type="checkbox"/> 高精度 POS <input type="checkbox"/> 其他(_____)	
附件：	
1. <input checked="" type="checkbox"/> google earth kmz/kml 檔 檔名(103 航拍區 KML 彙整 0519. kmz)	
2. <input type="checkbox"/> 工程圖 檔名(_____)	
3. <input type="checkbox"/> 無人航空器系統作業申請表 檔名(_____)	

填表人	委託單位	專案經理
陳信安	內政部國土測繪中心	陳信安

SN : PAR20140526-1

區域編號： A 1	
難易度¹：	<input type="checkbox"/> 極高(3) <input checked="" type="checkbox"/> 高(2) <input type="checkbox"/> 普通(1) 工作天數²： 1
申請航高：	2500 ft 預劃航高： 700 m
地貌高度³	最高：330 m 預估 GSD 最好：13 cm 最低：90 m 最差：22 cm
起飛點：	502-02 台 14 丁 120.634386° 空拍方式： <input checked="" type="checkbox"/> 耕田 <input type="checkbox"/> 定點盤旋 24.001839°
航向：	N S E W 相片張數： 700
航帶間隔：	450 m 快門： 4.3 s/frame
人口密度：	75% 地面障礙物： 430 m
鏡頭：	Voigtlander COLOR-SKOPAR 20mm F/3.5 SLII
涵蓋限禁航區/航道(含目視航線)：	
1.	RNAV(GNSS) RWY36 360 deg (6.0) -3800ft
2.	目視走廊 C35 ▲彰化系統交流道(國道 1 號及國道 3 號交叉點) 1000FT 以國道三號為中心線，左右兩側各 2.5KM 寬 保持國道 3 號高速公路右側飛航。得採用 1000FT 至 3000FT。中興系統交流道 至古坑系統交流道，濁水溪南北岸高壓電塔障礙，得採用 1500FT 至 3000FT 飛航。
3.	空中運動及娛樂活動 大里 500FT(AGL) / 地面西南面與南投空域相接。週一至週五：始晚至 0130UTC, 0800UTC 至終昏 週六、週日及國定假日：始晚至終昏 南投 500FT(AGL) / 地面 東北面與大里空域相接，西面與北斗空域相接。 週六、週日及國定假日：始晚至終昏 北斗 500FT(AGL) / 地面 東北面與南投空域相接，南面與雲林空域相接 ，西南面與濁水溪空域相接，西面與二林空域相接每日:始晚至終昏
4.	新社訓練空域 3000FT / 地面/日間
航線說明/其他建議：	
1.	實際執行空拍任務前，會重新依照地行起伏，重新規劃航帶寬及飛行高度。
2.	任務區位於人口稠密區。
3.	航線重疊機場進場/離場航線。
4.	起降場地(馬路)需申請路權及交管。
5.	軍方常態訓練空域。

¹ 極高：任務執行有困難；高：可執行，但任務執行成本偏高；普通：一般難度任務

² 包含當次任務車程

³ 資料格式為 WGS-84

委託空拍空域審核建議_PAR20140526-01_103NLSC 南崗校正場.doc

圖 2-10 委託空拍申請表及委託空拍空域審核建議表

步驟 2：於任務確認後及任務執行前，為了讓任務執行單位充分了解工作內容，於任務執行前需由當次任務負責主管公告「UAS 飛行任務勤前提示單」，並對任務執行單位解說任務執行細節及流程，

其內容包含任務資訊、天氣預報、航點說明及任務預畫等任務執行細節，如圖 2-11。

SN：PS20140617-1

UAS 飛行任務勤前提示單

最後更新日期：2014/06/17 14:15

任務資訊	
Leader(PM)：	陳信安 連絡電話：0922-906820
GCS(IP)：	洪崇仁 連絡電話：0933-456181
Pilot(EP)：	詹文洲 連絡電話：0932-628646
Repeater(1)：	連絡電話：、
Repeater(2)：	連絡電話：、
預劃飛行日期：	2014/06/13 備用飛行日期：2014/06/14
UAV 起飛地點/座標：	彰化芬園-台 14 丁馬路 120.634386° 24.001839° 中繼站地點/座標：
GSD (cm)：	<16 cm 預估總飛行航程(km)：178 + 48 km
任務航高設定 (m)：	700 M 拍照間隔 (s/frame)：6.5 / 1.5
預劃起飛時間(hhmm)：	0730 預劃飛行時間 (min)：<200 min
地面起伏高度 (m)：	0~15 m 最高人口密度 (%)：<15
可通訊比例(%)	95 天線設備：全向形天線
飛航公告(NOTAM) ¹ ：	C0200/14 核准空域使用時段：1200~1630
進駐塔臺/近場台：	台北近場台 軍方/塔台電話：
近場台聯絡人姓名：	鍾禮竹 近場台聯絡人電話：03-3841060~1
飛航作業名稱/工程名稱：	103 年度發展無人飛行載具航拍技術作業
飛航作業用途/用途名稱：	圖資更新、103 年度專案工作項目(18 區航拍任務)
委託單位/工程業主：	內政部國土測繪中心
聯絡人：	施錦輝 連絡電話：04-22522966-380

任務區 天氣預報 ²	
預劃飛行日期：	2014/06/13 備用飛行日期：2014/06/14
天氣狀況/降雨率：	多雲時晴午後雷陣雨 /40% 天氣狀況/降雨率：多雲時晴午後雷陣雨/30%
風向/蒲福風級：	偏南風 /3 級 風向/蒲福風級：偏南風 /3 級
最高/最低 氣溫：	33 /28°C 最高/最低 氣溫：32 /27 °C
始曉/終昏時間 ³ ：	0517 /1845 始曉/終昏時間：0516 /1845
相對溼度：	88~79% 相對溼度：87~77%
潮汐時間 ⁴ ：	潮位 時間 潮高(cm) 潮位 時間 潮高(cm)
	滿潮 乾潮

¹ 參照飛航公告編號 查詢：[電子式飛航指南](#), [FAA NOTAM website](#), [NOTAM decoder](#)

² 天氣預報查詢：中央氣象局 ([鄉鎮預報](#))

³ 始曉/終昏時間查詢：中央氣象局 (首頁> 常識> 天文氣象> [日出日落](#))

⁴ 潮汐時間查詢：中央氣象局 (首頁> 預報 > 漁業氣象 > [潮汐預報](#))

SN：PS20140617-1

現場工作流程

時間	名稱	工作事項說明	位置/航點
1100	抵達起飛地點		起飛地點
	飛行前檢查	設備架設與飛行前檢查	
		架設地面站電腦	
		架設全向性天線	
		架設基站	
1120		裝載 POS System REV 1.0	
1130		確認酬載功能	
1135		完成任務整備	
1140	確認空域		
1145	Take off	起飛盤旋兩點測試	
		確認系統運作正常	
		上傳飛行計畫： 1.103NLSC 南崗校正場 Round3.1-1 20mm 700m-1.5s.txt 2.103NLSC 南崗校正場 Round3.1-2 20mm 700m-1.5s.txt 3.南投交流道 600M-NS-500m-5.2s .txt	
1150	執行任務	爬升高度至任務高度(700m)	WP 1 → WP 2
1155		開始執行空拍	WP 2
1200	抵達任務區上空		WP 3
1500	離開任務區上空		WP 18
1505		緩降高度	WP 18 → WP 19
1510	Lading		起飛地點
	落地檢查		
	任務資料確認	讀取飛行資料及酬載資料 與業主確認成果	
1530		任務報告	
1600		完成任務整備	

圖 2-11 UAS 飛行任務勤前提示單

步驟 3：於任務飛行前，必須先依「UAS 飛行前檢查卡」檢查 UAS 及地面站系統各個零組件，如機身結構、各個控制翼面、避震墊及飛控系統等功能是否正常，如圖 2-12 所示。

飛行前檢查項目

靜態檢查項目			
依檢查卡執行下列項目	檢查結果		維修
	正常	不正常	
機身外觀與檢查門有無損傷或鬆動			
空速管有無異物阻塞或鬆動			
鼻輪與主起落架組件與固定螺栓是否鬆動			
檢查輪胎外觀有無龜裂或損壞			
轉動輪胎觀察滾動是否正常，有無鬆動			
機翼與機身連接處裝置是否穩固，有無鬆動			
機翼結構樑裝置螺栓是否裝穩固，有無鬆動			
尾樺與機翼裝接處是否裝置穩固，有無鬆動			
垂直尾翼翼面與尾樺連接處是否穩固，有無鬆動			
水平尾翼翼面與尾樺連接處是否穩固，有無鬆動			
左、右副翼操縱面/舵角器/連樺與驅動裝置是否穩固，有無鬆動			
左、右垂直尾翼操縱面/舵角器/連樺與驅動裝置是否穩固，有無鬆動			
水平尾翼操縱面/舵角器/連樺與驅動裝置是否穩固，有無鬆動			
螺旋槳固定螺栓滑動標誌有無鬆動			
螺旋槳有無損傷、破裂			
油管油路裝置與化油器有無異物阻塞			
引擎排氣管裝置是否穩固，有無鬆動			
引擎汽缸頭裝置是否穩固，有無鬆動			
火星塞高壓線圈固定接頭是否穩固，有無鬆動			
引擎減震支柱與相關固定螺栓滑動標誌有無鬆動			
引擎座減震膠墊外觀是否正常，有無破損			
通訓鏈路與影像天線與接頭安裝是否穩固，有無鬆動			

填表人：

日期：

時間：

圖 2-12 UAS 飛行前檢查卡

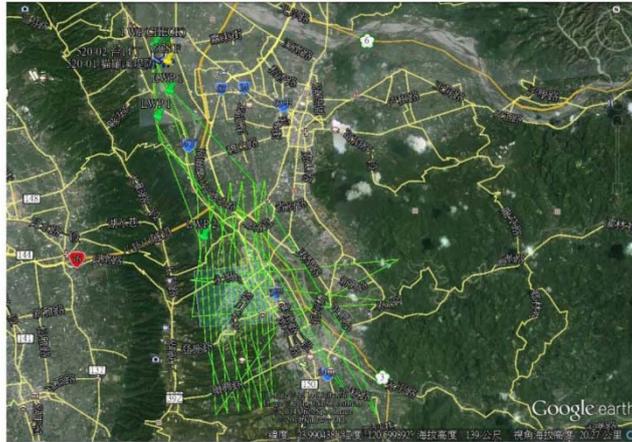
步驟 4：於每次任務結束後，任務執行單位必須填寫「UAS 航拍任務執行紀錄」，記錄任務執行狀況，如圖 2-13。

同時根據目前相關法規規範，規劃航拍工作區域時受以下限制：

- (1) 航拍區域若位於機場周圍禁、限航區，則無法執行任務。
- (2) 航拍區位於訓練空域、軍方管制空域、目視航線等，則需視與民航局及軍方單位協調後狀況方可執行任務。
- (3) 鄰近禁、限航區，可能影響民航機或軍機起降及其他航空器安全，亦需與相關單位協調後方能進行航拍。

UAV 航拍任務執行紀錄

- 一、航拍區域：南投市航遙測感應器校正場
- 二、日期時間：103/06/13 10:00-14:00
- 三、航線規劃：



- 四、天氣狀況：多雲午後雷陣雨(氣溫 30°C，降雨機率 40%)
- 五、風向/風級：偏南風/四級
- 六、航拍高度/雲層高度：700m/900m
- 七、現場狀況：
 1000 於南投-台 14 丁馬路旁現場待命起飛，於 1030 與台北近場台協調空域後，執行路面車輛管制 UAV 飛機起飛，第一架次任務飛行時間 107'54"後安全降落。讀取第一架次拍攝照片，並確認拍攝成果無誤後，與近場台重新協調空域，於 1240 再度起飛，第二架次任務飛行時間 51'35"後安全降落，與近場台告知本日飛行任務結束並讀取第二架次拍攝照片後確認無誤後，結束本日任務。



圖 1.起降場地跑道，台 14 丁。(朝南方，目標區位於左上方位置)



圖 2.起降場地跑道，台 14 丁。(朝北方，目標區位於後方位置)

圖 2-13 UAS 航拍任務執行紀錄

二、UAS 航拍計畫

UAS 航拍所使用之數位相機為 Canon 5D Mark II 全片幅數位單眼相機，相機感光元件為 5616×3744 pixels，相機感光元件尺寸為 3.6 公分 \times 2.4 公分，換算後可得到感光元件上每一像素之實際尺寸為 $6.4 \mu\text{m}$ (0.00064 公分)。由於每一像素之寬度與焦距長，相對於地面解析度 (GSD) 與航高 (AGL) 為相似三角形，因此可得下式 1：

$$\frac{\text{Pixel Size}}{\text{Focal Length}} = \frac{\text{GSD}}{\text{AGL}} \quad (1)$$

將相機鏡頭焦距、感光元件像素尺寸及需求之地面解析度帶入上式 1 中，即可計算出對應的航高。

以 1/5,000 比例尺航拍作業的航線規劃範例如下圖 2-14，各項航拍作業應規劃項目範例如表 2-7。經正確規劃後，航拍成果皆可達到 80% 以上的前後重疊率及 40% 以上之側向重疊率。

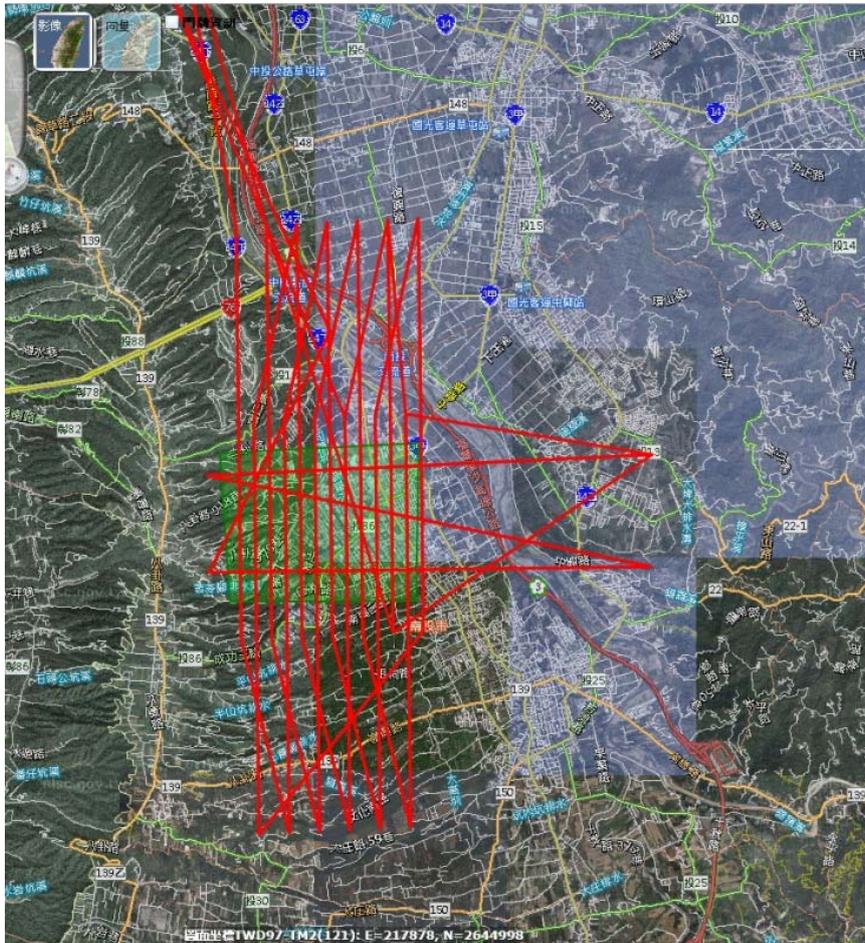


圖 2-14 航線規劃示意圖

表 2-7 航空攝影規劃範例

項目	資訊	備註
相機焦距	20 公釐	採用高素質 20mm 手動定焦鏡頭，避免 UAS 震動造成自動對焦位移。
像元解析度	6.4 μm	
航帶寬	約 840 公尺	航拍影像有效寬度
飛航高度	936 公尺	依照地形高程部分會有所調整
航線間距	700 公尺	確保側向重疊率>40%
側向重疊	> 40%	
前後重疊	>80%	提高前後重疊，降低後續立製時遮蔽情形及提高正射品質
航空攝影	以 GNSS/IMU 輔助	將提高空三及測圖等精度
地面解析度	25 公分	

而 GCS 介面的航線設定，本團隊已有開發航點產生工具，只要輸入特定參數，如範圍坐標、航帶間隔等參數，即可規劃出航線。軟體另有繪圖與標註、航線規劃（S、Z、O 模式）、航線延長縮短、航線位移、空拍重疊率及航線匯出/匯入等功能。

軟體共可提供 3 種不同模式航線規劃：

- S 模式：單向折返。如單一方向有山脈，可採此飛行方式。



圖 2-15 S 模式航線範例圖

- Z 模式：雙向折返。條件相同情況下（相同範圍與航高設定），所需航程，約為 S 飛法的一半左右。



圖 2-16 Z 模式航線範例圖

- O 模式：定點盤旋，對特定經緯度目標點做盤旋飛行。

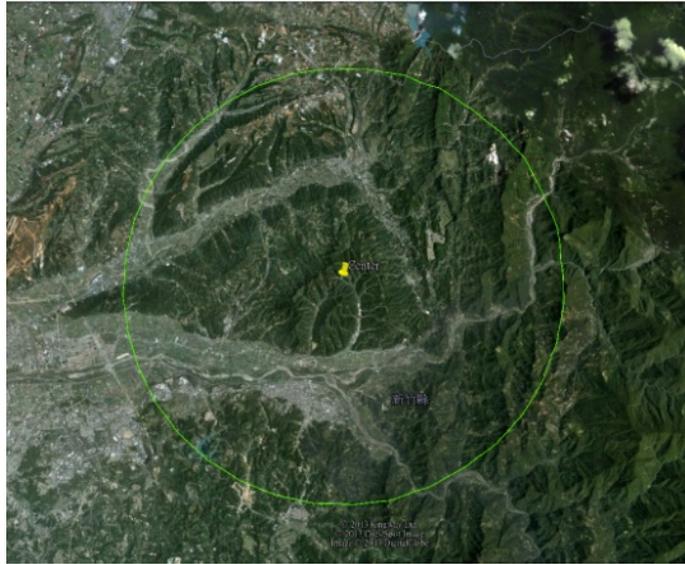


圖 2-17 O 模式航線範例圖

三、系統保養

為確保 UAS 之更高安全性，除了依照周期性檢查項目檢查各零組件外，本團隊並制定一套 UAS 品保流程，從各零組件出廠至系統組裝完成，與累計時數的維修與性能評估，以確保最高的系統安全性，如圖 2-18 所示。

於每次操作國土測繪中心 UAS 執行航拍作業時，除按操作手冊實施相關檢查外，並做成檢查與維護紀錄，另於每次執行任務時，按飛行前、中、後-檢查卡執行 UAS 相關保養維護與檢查工作，當載具飛行時數累積至週期檢查表所列之飛行時數時，按週期檢查與維護手冊執行相關零組件之保養與更換。另於執行航拍任務完成後，依照相關飛行紀錄資料綜整，整理成 UAS 航拍任務執行紀錄，以落實相關飛行文件與表格之建立。

第五節 空中三角測量及正射影像製作作業規劃

一、控制點量測規劃

本案所進行正射影像測製的航拍區域共有 16 區（另 2 區為緊急災害應變影像處理），大部分航測控制點皆選擇影像上可判釋之後測點。後測控制點選擇要件如下：

一、優先使用現有航空標及後測點：

清點本團隊於本案所挑選航拍區域可用之現有航空標及後測點於航拍影像中是否可清晰辨識，經與現況比對無誤後予以採用。於專案相片影像上選取與 UAS 拍攝影像之共同點，再經立體量測獲得共同點坐標當作控制點。控制點以選擇比較明顯、不會變動的固定地物、或屋角點為原則。後測控制點選取量測範例如圖 2-19。

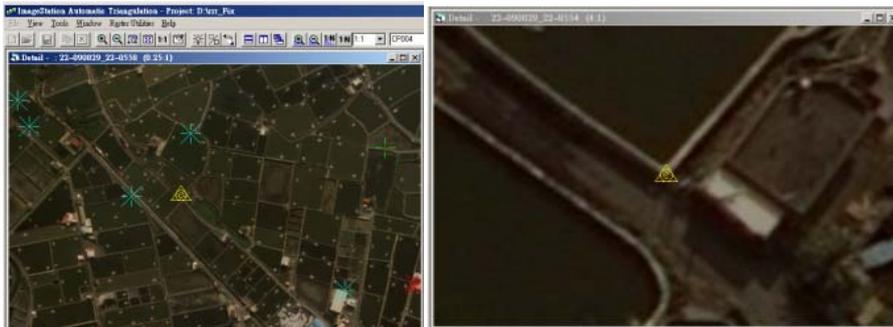


圖 2-19 選取後測控制點位置範例

二、輔以自然點加強控制：

對於上述測區航空標不足區域則以選擇自然點予以補足，自然點優先選取航拍影像上目標明顯、固定且易辨認之點位（如斑馬線、道路標線、運動場等，如圖 2-20），並避免選在樹下或樹林邊緣處等透空度不佳之處。



圖 2-20 自然點選設現場照片

如航拍區地貌變化過大，以至於無法取得足夠後測控制點之區域，則依規劃另行補測控制點，採用 e-GPS 進行控制測量作業。本團隊規劃採用 e-GPS 之作業方式，將以兩組作業人員分別由測區範圍東邊及西邊針對控制點進行量測，以符合作業規範重覆觀測至少需間隔 60 分鐘以上之規定。如遇通訊阻絕處，將改以衛星定位靜態測量，聯測該點位附近 4 個已知點，求解該點位坐標，成果精度並應符合規範相關要求。

二、空中三角測量作業方式

UAS 相片利用空中三角測量進行空間解算（如圖 2-21），係根據少量的現地控制點，再於室內新建相片間的匹配點位資訊，解算以求得點位之空間位置。

- 一、空中三角測量採用數值航測影像工作站，量測模型連接點及全部設有航空標之控制點、水準點之點位坐標。

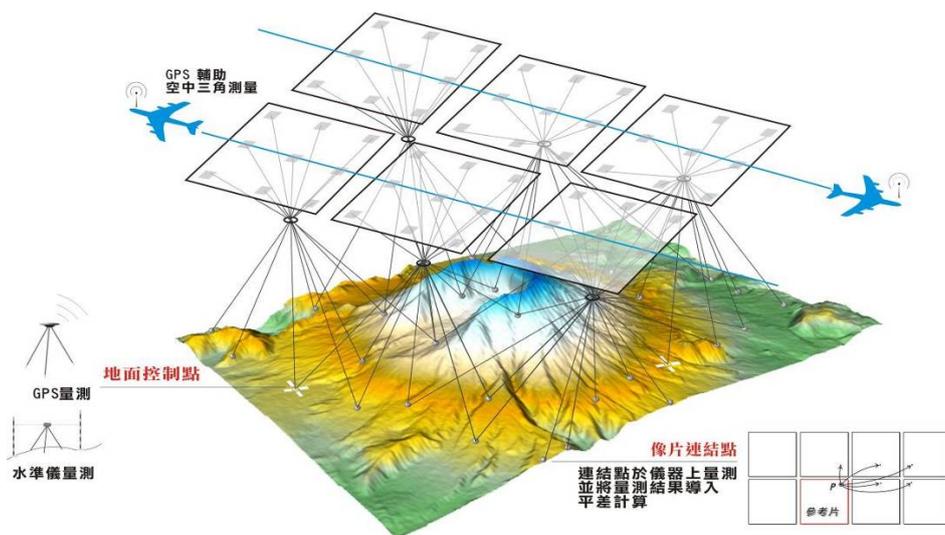


圖 2-21 空中三角測量示意圖

- 二、空中三角像片連結點需分布在每一像片九個標準點位上，先以影像匹配產生連結點，再檢查連結網形補缺漏。每一標準點位以二點以上為原則，空中三角平差偵錯後，每一標準點位至少留存一點。

- 三、航拍過程中全程採用 GNSS/IMU 輔助空中三角測量，GNSS

每 1 秒觀測 10 筆資料，IMU 每 1 秒觀測 20 筆資料以上，平差作業可加入每張航片經解算之高精度投影中心坐標及姿態角，以提升空三作業精度，並加速影像自動匹配作業時程，可大幅縮短人工選點作業時間與錯誤。

四、空中三角測量之連結點採自動匹配，自動匹配完後，會表列出匹配點不足處，稱之為弱匹配區；使用者可依表列之點號，手動加點，如圖 2-22。此外，尚會利用自行開發之網形檢核及可靠度計算程式，檢查每張像片間的連結點數以及連結情況（如圖 2-23），並參考地形圖測製規範之可靠度指標（如表 2-8），不足處以手動方式加點。

表 2-8 可靠度指標

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 點點數/總點數)	(4 重光線以上連結 點點數)/(總點數) \geq 0.3	(6 重光線以上連結 點點數)/(總點數) \geq 0.3	(8 重光線以上連結 點點數)/(總點數) \geq 0.3

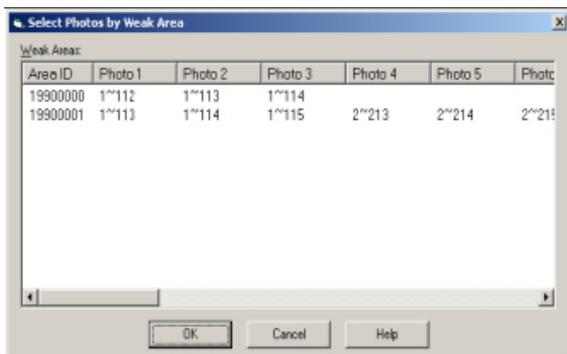


圖 2-22 弱匹配區手動加點列表示意圖

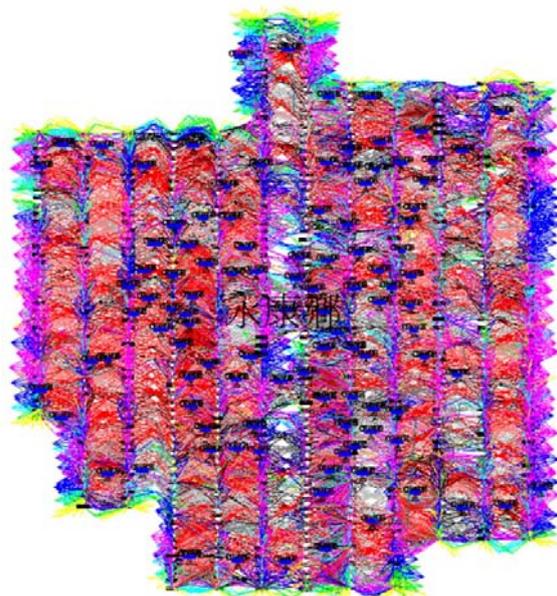


圖 2-23 像片網形連結範例圖

- 五、空中三角測量平差計算採用光束法，分二個過程進行計算，先以最小約制（或自由網）平差，以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。
- 六、自由網平差後所得觀測中誤差不超過 $10\mu\text{m}$ ，坡度達 IV 級以上之山地或植被達 IV 以上之平地中誤差不超過 $15\mu\text{m}$ ，強制附合地面控制點後，其驗後觀測值之 R.M.S.E 值不大於 $13\mu\text{m}$ ，坡度達 IV 級以上之山地或植被達 IV 以上之平地中誤差不超過 $20\mu\text{m}$ 。

三、正射影像製作方式

本案正射影像解析度（地元尺寸）至少需達 25 公分以內；產製精度將參考「基本地形圖測製規範」辦理：

- 一、每一像素以使用距離像主點最近之像素為原則。
- 二、正射影像位於平坦地表面無高差移位的明顯地物點其位置中誤差應小於 **2.5 公尺**，最大誤差應小於 **10 公尺**。如成果應用於通用版電子地圖局部區域正射影像更新，正射影像位於平坦地表面無高差移位的明顯地物點其位置中誤差應小於 **1.25 公尺**。鐵、公路、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，因而產生之無影像遮蔽區應以相鄰影像補足，若無影像可供補足，得以黑色區塊填補。
- 三、彩色正射影像資料圖幅接合處影像接合誤差，相鄰圖幅無高差地物影像接邊相對移位應小於 2.5 公尺。

下圖 2-24 為製作彩色無縫正射影像鑲嵌流程圖。

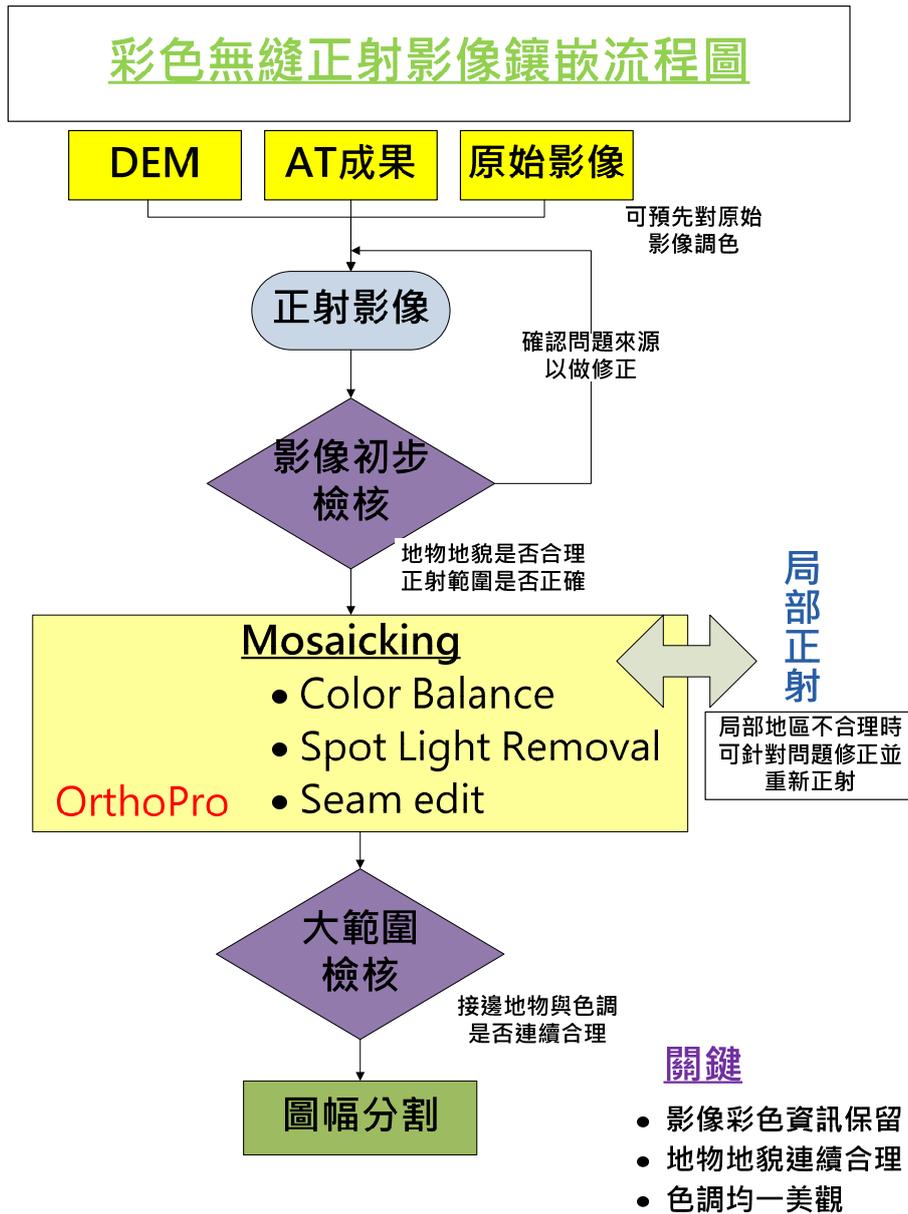


圖 2-24 製作彩色無縫正射影像鑲嵌流程圖

壹、正射影像糾正

(一) 利用數值航測影像工作站，配合數值高程模型(DEM)資料作為正射糾正之高程控制資料，將中心投影之航空像片，糾正成正射投影，消除像片上投影誤差，製作數位正射影像資料檔，記錄在光碟等電腦磁性媒體。圖 2-25 為正射影像糾正示意圖。

(二) 利用 ImageStation Orthopro 軟體將空三資料(圖 2-26)、數值高程資料(圖 2-27)、原始檔案載入，產生正射後的單張影像，在產生前需先設定是否將影像壓縮、影像格式(tif 或 jpg)、是否產生影像金字塔、影像定位檔(tfw 或 jgw)等。

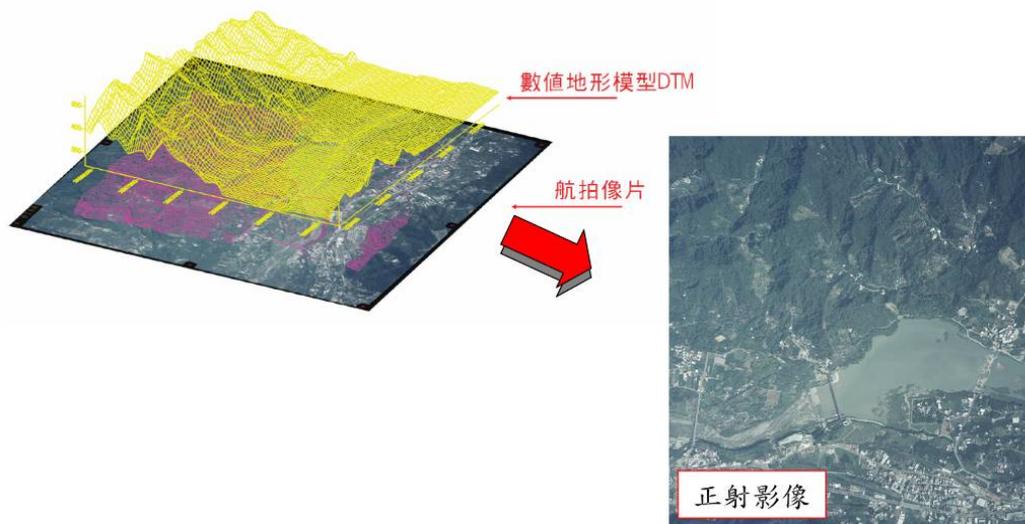


圖 2-25 正射影像糾正示意圖

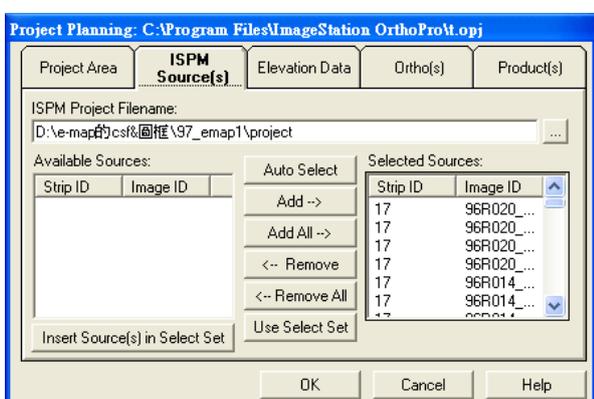


圖 2-26 ImageStation Orthopro 空三資料

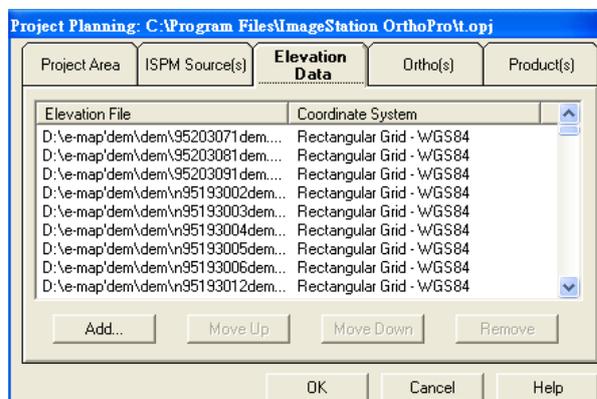


圖 2-27 ImageStation OrthoproDEM 資料

貳、正射影像鑲嵌作業

- (一) 將相鄰影像之數值正射影像切去其邊緣與重複部分，使之互相拼接而成一地表連續之影像，逐一鑲嵌製作成為一張無接縫的正射影像鑲嵌圖。
- (二) 正射影像需在影像工作站進行無縫式鑲嵌及全區影像色調均化處理，如圖 2-28 所示。
- (三) 正射影像應盡量選取像主點附近之影像，並避免傾斜位移大、陰影過長、陰影下影像模糊等區域，鑲嵌之接縫處宜位於水系、平面道路或空曠地區，注意重要地標（高架道路、明顯建物）之銜接，並應力求色調、亮度一致，影像避免反光，保持柔和及清晰。

- (四) 正射影像鑲嵌後如造成疊影、錯位、扭曲、雲遮蔽等狀況，都必須再行編修處理。
- (五) 正射影像鑲嵌後如造成疊影、錯位、扭曲、雲遮蔽等狀況，都必須再行編修處理，如圖 2-29。

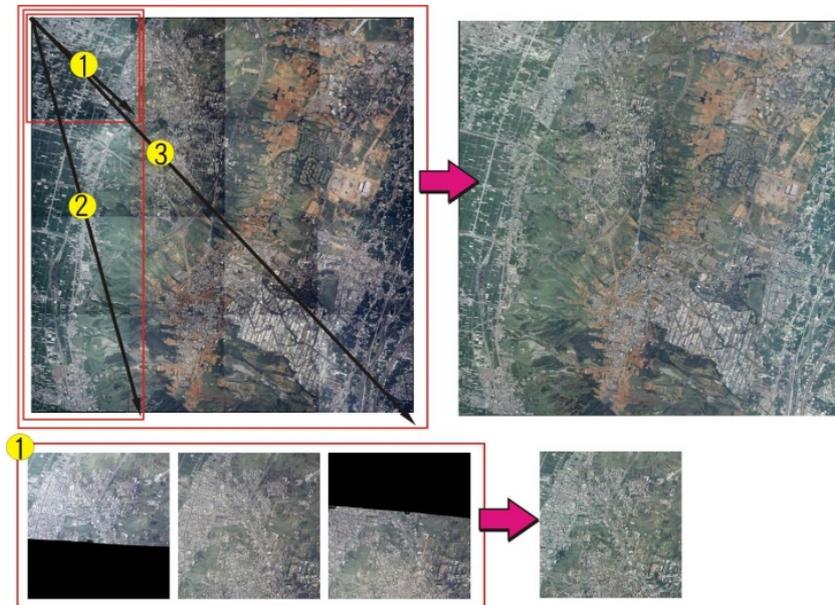


圖 2-28 正射影像鑲嵌示意圖



圖 2-29 正射影像編修前後比較（左邊為編修前、右邊為編修後）

第六節 成果檢核

本案依需求規格書規範之成果檢查作業說明，針對空三測量與正射影像必須完成的檢查項目如下：

一、原始航拍影像檢查

針對原始影像成果進行查核，項目如下：

- (一) 抽查項目及方式：採上機檢查，檢查影像品質（影像解析度、是否含雲）、影像重疊率等項目。
- (二) 抽查數量：抽查航拍目標區域影像總片數 5% 像片。
- (三) 通過標準：抽樣之影像有 1 項（含）以上不合格，則該片影像為不合格；抽查影像片數 90% 以上合格，則檢查通過。

二、空中三角測量檢查

- (一) 抽查項目及方式：採上機檢查，檢查空中三角測量成果重新計算、連結點重複量測及檢核點等項目。
- (二) 抽查數量：抽查空中三角測量所使用之影像總片數 1%。
- (三) 通過標準：抽樣之影像有 1 項（含）以上不合格，則該片影像為不合格；抽查影像片數 90% 以上合格，則檢查通過。

三、正射影像檢查

針對正射影像成果進行查核，說明如下：

- (一) 抽查項目及方式：採上機檢查，檢查影像解析度、色調及連續地物合理性（地物是否有扭曲變形、影像接邊情形是否連續無縫）等項目。正射影像地元尺寸是否達 0.25 公尺內。
- (二) 抽查數量：全面檢查。
- (三) 通過標準：每區缺點總數未超過 10 處，則該區視為合格；抽查區域數 90% 以上合格，則檢查通過。

因本案 UAS 正射影像成果精度應達基本地形圖測製規範要求，本團隊於精度檢核作業，將參考地形圖圖資精度檢核及品質管控流程

規劃進行：

壹、航空攝影影像品質管控及檢核

檢查項目：航線、航攝像片重疊率及影像品質。

航線規劃：檢查航線規劃是否涵蓋測區，每幅圖兩個像對，各航線兩端應多加拍攝兩像對。

航拍檢查：檢查航偏、航傾角及重疊率。

航拍檢查標準：

- (一) 航線方向以南北、東西或平行預定路線為原則。
- (二) 垂直連續攝影，檢查 POS 所記錄之角度資料，攝影軸傾斜應小於 8 度，各航線兩端應多攝兩個像對。
- (三) 是否重疊度不佳以致像對不能涵蓋全測區或影響製圖精度。
- (四) 攝影天氣：攝影天氣晴朗無雲，能見度良好，太陽高度大於三十度以上，以減少陰影。
- (五) 影像有雲，影像模糊，陰影過長，或不能完全消除視差，導致無法用於量測及製圖。

貳、空中三角測量及平差計算品質管控及檢核

空中三角測量作業之品質檢查，量測像片坐標時需對影像品質有檢核紀錄，空中作業完成後抽樣 1% 影像上機檢核紀錄之確實性。100% 檢查空中三角測量平差報表及生產單位對節點分布及連結情況所做的分析報告。

各項檢查要求：

- 一、空中三角像片連結點應分布於每一像片九個標準點位上。每一個位置二個，空中三角平差偵錯後，每一標準點位至少留存一點。
- 二、像片連結點之轉點：每一基線距離內至少有一種以上的點連結相臨航帶。
- 三、空中三角平差採用光束法計算，平差後所得之標準中誤差，最小約制平差後所得的觀測值中誤差不得超過 $10 \mu m$ 。

四、強制附合至地面控制點後中誤差之增加量應不超過上值之 $13 \mu m$ ，否則應重新檢核地面控制點之正確性。

五、連結點可靠度檢核，先將連結點重點數低的點刪除，再利用自行開發之網形檢核程式，檢查每張像片間的連結點數以及連結情況，不足處可手動加點，以達到可靠度規範要求，像片網形與統計資料如圖 2-30 所示。

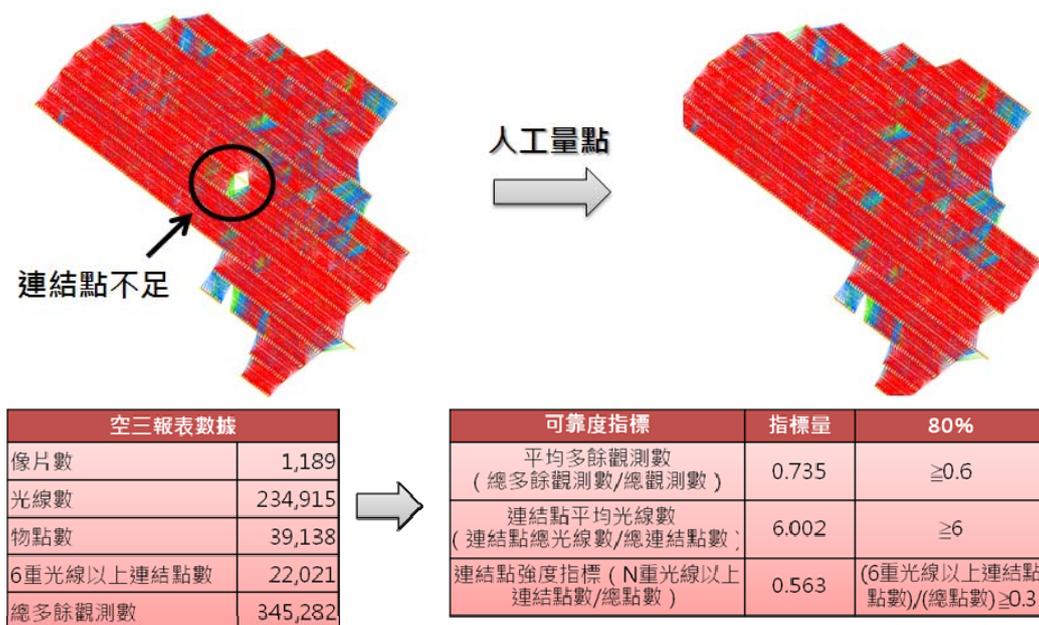


圖 2-30 空三網形與統計圖

參、彩色無縫鑲嵌正射影像製作品質控管及檢核

以測區需求範圍進行單區正射影像製作，範圍依據 DEM 範圍，且向四周擴大 50 公尺之重疊範圍，並進行無縫式鑲嵌製作，最後接合成一整張影像。

一、彩色無縫式鑲嵌正射影像品質控管

彩色無縫式鑲嵌品質控管分兩部分：

- (一) 單區正射影像鑲嵌產生之品質控管：單一區域之正射影像由多張影像鑲嵌而成。
- (二) 影像成果之品質檢查包含：
 1. 檢查影像地物是否扭曲變形、或影像中有雲或陰影、影像對比及色彩飽和度。

2. 彩色無縫鑲嵌正射影像地面解析度 0.25 公尺。
3. 檢核正射用之 DEM 重疊區高程一致性。
4. 正射影像資料檔以 TIFF 格式儲存，以每個區域一個檔案為原則。

二、正射影像製作精度要求

(一) 幾何精度

位於平坦地表面無高差移位的明顯地物點其位置中誤差應在 2.5 公尺以內，最大誤差應在 10 公尺以內。如成果應用於通用版電子地圖局部區域正射影像更新，正射影像位於平坦地表面無高差移位的明顯地物點其位置中誤差應小於 1.25 公尺。位於山坡地的中誤差值則應考量用為基準的 DEM 誤差因素，其界限值應參考相關的 DEM 規範。因建物高差引起的影像移位不得大於圖面上 2mm。

(二) 色調

整張正射影像的色調應均勻，其明亮度(intensity, brightness)的直方圖分布應在 5~250 之間，且直方圖的兩端不得有如圖 2-31 所示之突然停止的現象，亦不得有突然觸到兩端的現象。突然停止的現象可依最端點灰值的像元數 N_e 與其內側鄰近三個灰值平均像元數 N_i 之比值來判斷， N_e 必須小於 N_i 。不同張航拍影像的接邊處色調需一致，不得有肉眼能見到的邊緣。

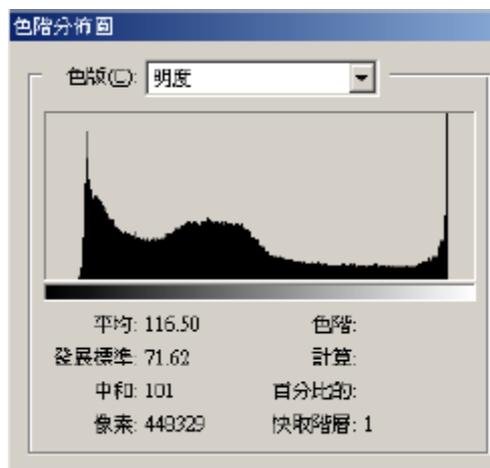


圖 2-31 直方圖兩端明度突然停止

(三) 色彩平衡

所謂色彩平衡就是不同張的正射影像上所顯示地物的色彩應於一致。但由於同一地物彩色在不同正射影像上看起來色彩都不一樣，因此色彩平衡要做到整區影像地物顏色連續且均勻自然。本團隊設計一「正射影像自我檢核表」(表 2-9) 檢核正射影像的色調、接縫、道路水系的修正。

表 2-9 正射影像自我檢核表

正射影像檢查表									
計畫名稱：103年度發展無人飛行載具航拍技術作業						檢查日期：			
檢查範圍：第 1 批次						檢查人員：			
成果區域	地物地貌扭曲錯開修正	接邊修正	橋墩平直無扭曲修正	影像對比色調修正	影像有雲修正	影像套道路水系修正	影像編修人員	QC人員	備註

第七節 緊急災害應變及國土監測變異分析作業

在部分特定的應用情況，如重大災害發生後，需緊急取得現況影像時，時效性被視為首要目標，其次方為資料精度。為了發揮 UAS 即時且機動的監測特性，如遇緊急災害而需快速提供影像時，可採用快速拼接之影像處理流程。配合使用影像拼接軟體將 UAS 航拍影像進行拼接，其特點為快速得到成果，成果精度約為公尺級。

快速拼接處理流程對於定翼型或旋翼型 UAS 所取得之影像皆可適用。利用 UAS 所搭載的 GNSS/IMU 資訊，於時效性緊迫需要緊急取像情況時，僅需取得該區域連續航拍影像及拍攝地區之 DEM 或 DSM 資料輔助即可立刻進行影像處理。圖 2-32 為快速拼接流程圖，其步驟如下：

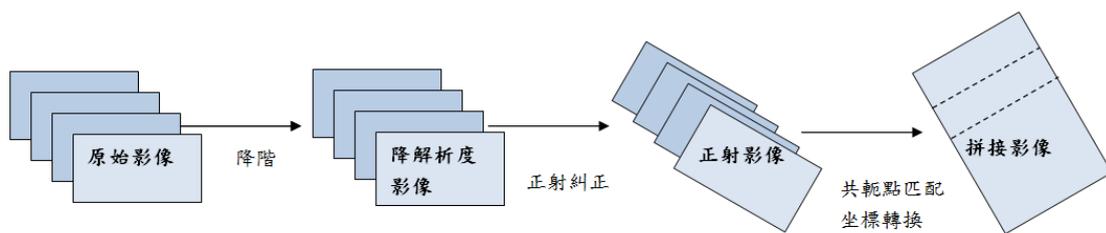


圖 2-32 快速拼接處理流程圖

1. 視影像數量決定是否先將影像解析度做降階處理，以增加拼接速度與一次可同時拼接數量，若在可處理範圍內則不做降階處理。
2. 配合 DEM/DSM 及 GNSS/IMU 資訊將影像逐一進行正射糾正。
3. 將正射影像進行影像匹配以選取影像間之共軌點並進行坐標轉換。
4. 進行影像拼接以取得全區域之拼接影像。

由於在災害緊急情況時，需要盡量縮短上述影像處理流程時間，並且可盡量提高影像幾何糾正的自動化程度。因此本團隊業已開發完成 OrthoMosaic 影像快速幾何糾正拼接鑲嵌程式。本程式採用單張影像共線式搭配 DEM/DSM 進行正射糾正，並運用 SURF 演算法匹配影像之共軌點後，以計算轉換參數拼接所有單張正射影像成全區之正射影像，並可進行自動化邊界調色，此外可由使用者手動選取增加控制點以提高幾何校正精度。

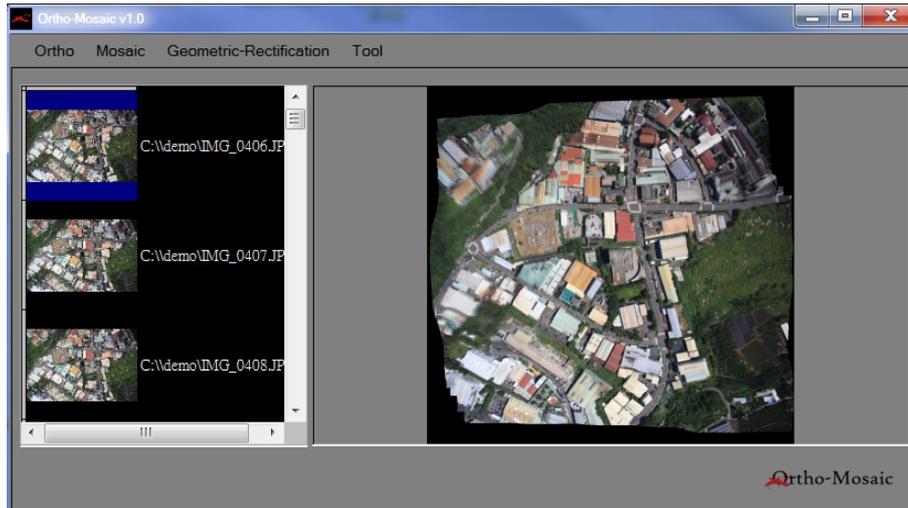


圖 2-33 Orthomosaic 程式主畫面

圖 2-33 為 Orthomosaic 程式執行影像調色鑲嵌產出成果示意，軟體左方欄可顯示所選擇要正射的影像清單，右方欄可顯示拼接成果。

最上方工具列可分為 **Orthorectification**、**Mosaic**、**Rectification**、**Option**，分別為批次單張正射、鑲嵌、影像糾正、參數調整四項功能，系統輸入參數：內外方位參數 (*.txt)、DEM/DSM (*.txt, *.XYZ)

- (1) Orthorectification：可批次處理影像進行單張影像正射化作業。
- (2) Mosaic：可進行數張正射影像之拼接並進行自動化邊界調色
- (3) Rectification：利用圖 2-34 的操作介面，可讓使用者點選拼接正射影像與既有正射影像上之共軛點做為校正控制點，最少只需三點便能計算仿射轉換參數以進行影像校正。

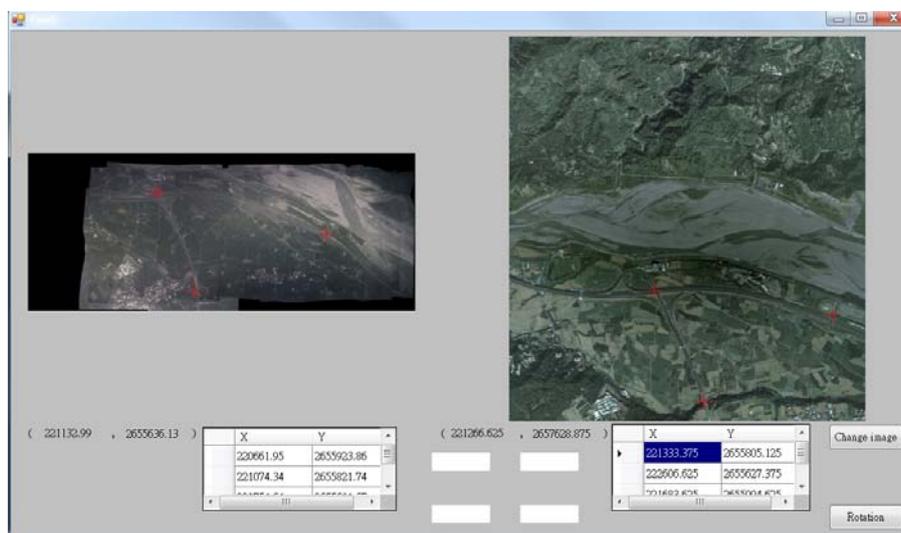


圖 2-34 點選控制點輔助幾何校正

影像正射糾正功能模組是利用定位定向系統 (POS) 所記錄的方位參數及相機經率定後的內方位參數，先以向量方式以假設高度推估真實的地表拍攝範圍，並假設相機在影像正上方，利用共線式原理(式 2) 反投影重新取樣製作而成，如圖 2-35 所示。

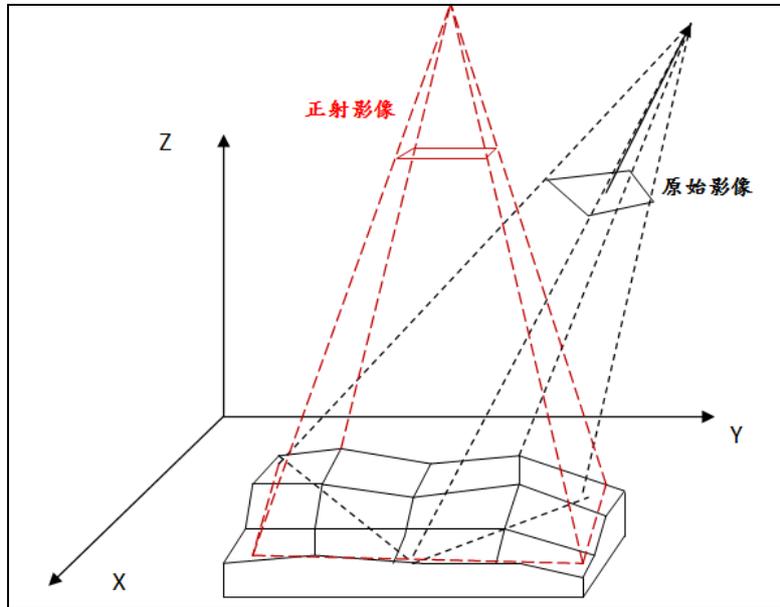


圖 2-35 正射校正示意圖

$$x' = x_0 - f \frac{m_{11}(X-X_C) + m_{12}(Y-Y_C) + m_{13}(Z-Z_C)}{m_{31}(X-X_C) + m_{32}(Y-Y_C) + m_{33}(Z-Z_C)} + \Delta x$$

$$y' = y_0 - f \frac{m_{21}(X-X_C) + m_{22}(Y-Y_C) + m_{23}(Z-Z_C)}{m_{31}(X-X_C) + m_{32}(Y-Y_C) + m_{33}(Z-Z_C)} + \Delta y \quad (2)$$

(x_0, y_0, f) 為內方位參數, (X_C, Y_C, Z_C) 為相機位置, $m_{11} \sim m_{33}$ 為相機姿態所構成的旋轉矩陣

影像正射糾正功能可供使用者輸入內方位參數、並選擇正射影像的縮放尺寸、以及影像輸入的位置，此外可供使用者讀入外方位參數、DEM 資料，並可對原始影像進行批次轉換，其解析度乃會依照原始影像之解析度輸出，如圖 2-36。

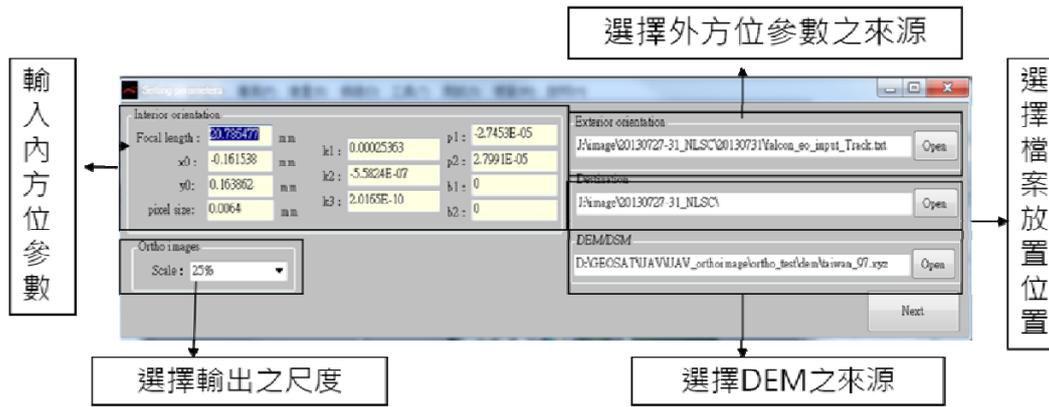


圖 2-36 影像正射糾正功能設定

影像鑲嵌係利用自動抓取影像共軛點(Homography matrix)的方式計算轉換參數以連結每張影像，利用此方式即可拼接每張正射影像，在拼接的過程中除了抓取共軛點計算影像間的轉換參數外，還必須對拼接影像進行調色，以使拼接影像的色調較為一致，如圖 2-37。

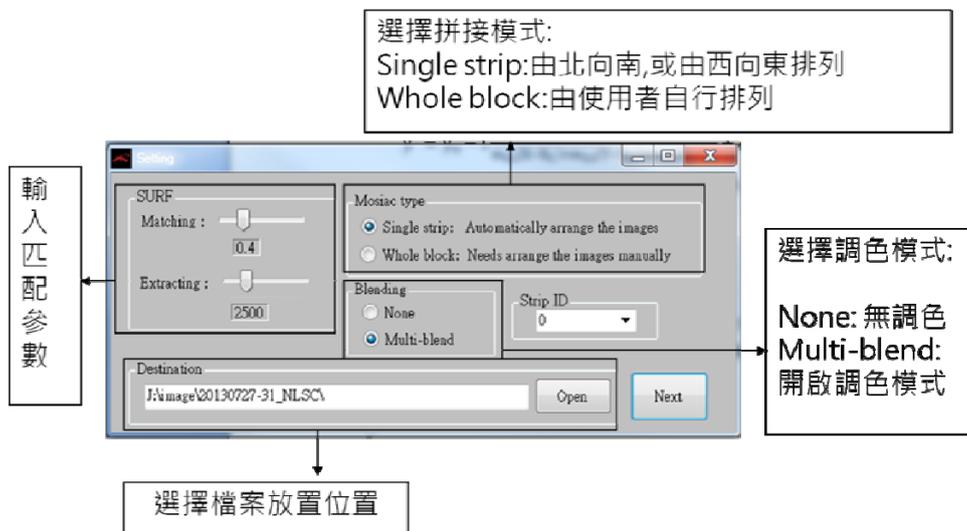


圖 2-37 影像拼接功能設定

第參章 UAS 航拍任務執行及影像處理作業成果

103 年度 UAS 航拍任務之執行，主要為配合國土測繪中心指定需求以 UAS 進行航拍及影像處理，航拍區域由中心依需求選定至少 18 區，平均每區航拍面積以 4 平方公里為原則（總航拍面積應達 72 平方公里以上）。

103 年度除國土測繪中心所選定之 12 處拍攝需求區域外，另有 4 處航拍區是配合其他機關單位需求協助拍攝並製作正射影像成果，另有 2 處航拍區為配合國家災害防救科技中心需求進行緊急應變航拍。相關成果完成後，由國土測繪中心函送予各航拍需求機關。18 區航拍區依影像處理作業內容分為：

- (1) 緊急災害應變航拍作業（2 區）。
- (2) 正射影像測製作業（15 區）。
- (3) 航遙測感應器系統校正場航拍作業（1 區）。

航拍作業區域彙整表如表 3-1，各航拍作業區位置分布如圖 3-1，作業成果彙整如表 3-2。各航拍區任務執行規劃與影像處理作業細節，詳述於本章各小節。

表 3-1 103 年度航拍作業區域彙整表

編號	航拍區域	用途	需求機關	面積 (公頃)	作業目的	需求項目	UAS 航拍日期
1	南投縣南投市 (航遙測校正場)	研究測試	NLSC	560	研究測試以直接地理定位方式產製正射影像成果精度	正射影像	103/6/13
2	屏東縣霧台鄉 (台 24 谷川大橋)	圖資更新	NLSC	240	更新通用版電子地圖正射影像	正射影像	103/5/8
3	南投縣國姓鄉 (國 6 北山交流道)	圖資更新	NLSC	30	更新通用版電子地圖正射影像	正射影像	103/4/15
4	臺南市學甲區 (台 84 線下營交流道)	圖資更新	NLSC	1600	更新通用版電子地圖正射影像	正射影像	103/5/26
5	桃園縣桃園市 (中路計畫區)	圖資更新	NLSC	60	更新通用版電子地圖正射影像	正射影像	103/6/20

編號	航拍區域	用途	需求機關	面積 (公頃)	作業目的	需求項目	UAS 航拍日期
	區段徵收)						
6	臺南市南區 (台 86 線)	圖資更新	NLSC	220	更新通用版電子 地圖正射影像	正射影像	103/8/23
7	嘉義縣大林鎮 (大埔美重劃 區)	圖資更新	NLSC	600	更新通用版電子 地圖正射影像	正射影像	103/7/10
8	彰化縣福興 (台 61 線)	圖資更新	NLSC	700	更新通用版電子 地圖正射影像	正射影像	103/5/12
9	雲林縣麥寮鄉 (台 61 線)	圖資更新	NLSC	1400	更新通用版電子 地圖正射影像	正射影像	103/8/20
10	苗栗縣銅鑼鄉 (銅鑼科學園 區)	圖資更新	NLSC	350	更新通用版電子 地圖正射影像	正射影像	103/7/4
11	南投縣仁愛鄉 (清境農場)	監測	NLSC	1200	更新通用版電子 地圖正射影像	正射影像	103/7/15
12	臺南市麻豆區	監測	委託拍攝	384	協助臺南市政府 地政局航拍以進 行地上物查估	正射影像	103/5/26
13	臺南市永康區	監測	委託拍攝	71	協助臺南市政府 地政局航拍以進 行地上物查估	正射影像	103/4/30
14	花蓮縣秀林鄉	監測	委託拍攝	1254	協助太魯閣國家 公園管理處航拍 以進行落石區監 測	正射影像	103/8/14
15	嘉義縣東石鄉	監測	委託拍攝	320	協助內政部營建 署城鄉發展分署 航拍以辦理特定 區域國土監測	正射影像	103/7/9
16	南投縣南投市 (國 3 南投交流 道)	圖資更新	NLSC	320	更新通用版電子 地圖正射影像	正射影像	103/6/13
17	花蓮縣萬榮鄉 (馬遠村土石 流)	緊急災 害應變	NCDR	100	配合國家災害防 救科技中心緊急 應變航拍任務協 助拍攝土石流災 點	快速拼接 影像	103/7/25
18	高雄市前鎮區 (氣爆事件)	緊急災 害應變	NCDR	600	配合國家災害防 救科技中心緊急 應變航拍任務協 助拍攝氣爆災點	快速拼接 影像	103/8/1



圖 3-1 103 年度航拍任務區域分布

表 3-2 103 年度航拍作業成果一覽表

No	航拍區域	面積 (公頃)	重疊率	UAS 類型	相機/ 鏡頭焦距	航高 (公尺)	GSD (公分)	成果空三 精度(μm)	使用相 片張數	成果檢查 通過日
1	南投縣南投市 (航遙測校正場)	560	前後 73% 側向 55%	定翼型 (國土測繪 1 號)	Canon 5D II 20mm	700	19	3.0	156	103/9/2
2	屏東縣霧台鄉 (台 24 谷川大橋)	240	前後 80% 側向 60%	定翼型 (國土測繪 1 號)	Canon 5D II 50mm	1400	19	6.5	45	103/8/11
3	南投縣國姓鄉 (國 6 北山交流道)	30	前後 85% 側向 70%	旋翼型	Canon 5D II 20mm	200	6	3.9	80	103/7/3
4	臺南市學甲區 (台 84 線下營交流 道)	1600	前後 77% 側向 47%	定翼型 (國土測繪 1 號)	Canon 5D II 20mm	750	23	2.3	136	103/9/2
5	桃園縣桃園市 (中路計畫區區段 徵收)	60	前後 75% 側向 35%	旋翼型	Canon 5D II 20mm	200	6	2.5	161	103/9/2
6	臺南市南區 (台 86 線)	220	前後 97% 側向 50%	定翼型	Canon 5D II 20mm	750	19	2.3	96	103/10/24
7	嘉義縣大林鎮 (大埔美重劃區)	600	前後 80% 側向 50%	定翼型	Canon 5D II 20mm	750	20	2.8	160	103/9/26
8	彰化縣福興 (台 61 線)	700	前後 75% 側向 45%	定翼型	Canon 5D II 20mm	750	23	2.0	283	103/8/11
9	雲林縣麥寮鄉 (台 61 線)	1400	前後 75% 側向 50%	定翼型 (國土測繪 1 號)	Canon 5D II 20mm	750	22	2.2	282	103/10/24
10	苗栗縣銅鑼鄉 (銅鑼科學園區)	350	前後 80% 側向 40%	定翼型 (國土測繪 1 號)	Canon 5D II 20mm	750	23	2.4	51	103/9/26
11	南投縣仁愛鄉 (清境農場)	1200	前後 80% 側向 40%	定翼型 (國土測繪 1 號)	Canon 5D II 50mm	3000	19	7.9	892	103/11/18
12	臺南市麻豆區	384	前後 80% 側向 47%	定翼型	Canon 5D II 20mm	750	23	2.3	36	103/8/11

No	航拍區域	面積 (公頃)	重疊率	UAS 類型	相機/ 鏡頭焦距	航高 (公尺)	GSD (公分)	成果空三 精度(μm)	使用相 片張數	成果檢查 通過日
13	臺南市永康區	71	前後 80% 側向 63%	旋翼型	Canon 5D II 20mm	200	5	3.3	321	103/7/3
14	花蓮縣秀林鄉	1254	前後 80% 側向 40%	定翼型 (國土測繪 1 號)	Canon 5D II 50mm	2340	24	2.1	341	103/11/18
15	嘉義縣東石鄉	320	前後 80% 側向 50%	定翼型	Canon 5D II 20mm	750	23	無	203	103/11/18
16	南投縣南投市 (國 3 南投交流道)	320	前後 76% 側向 30%	定翼型 (國土測繪 1 號)	Canon 5D II 20mm	700	19	2.3	85	103/9/2
17	花蓮縣萬榮鄉 (馬遠村土石流)	100	前後 80% 側向 60%	旋翼型	Canon 5D II 20mm	200	7.4	無	52	—
18	高雄市前鎮區 (氣爆事件)	600	前後 80% 側向 60%	旋翼型	Canon 5D II 20mm	200	5	無	251	—

第一節 緊急災害應變航拍作業

一、花蓮縣萬榮鄉（馬遠村土石流）

本區域為國土測繪中心配合國家災害防救科技中心（以下簡稱災防中心）提出之緊急災害應變航拍作業需求，針對花蓮縣萬榮鄉馬遠村的土石流邊坡崩塌災害進行快速應變航拍，提供該單位參考使用。航拍區相關任務執行與影像處理作業說明如下：

（一）航拍任務執行

103 年 7 月 24 日星期四中午，國土測繪中心以電子郵件函轉災防中心提出花蓮縣萬榮鄉馬遠國小周邊發生土石流災害（圖 3-2），有緊急應變影像拍攝需求。接獲通知後，本團隊隨即進行任務規劃與器材整備，當地山區地形變化複雜，且災害範圍為局部邊坡崩塌，故規劃以旋翼機進行緊急航拍。

整理並測試航拍裝備完畢後，於 103 年 7 月 25 日 07:00 時從台中出發，於 14:00 時到達瑞北村土石流災害現場，於 14:30 時與台北近場台協調空域完成，執行週遭車輛管制後，UAS 飛機起飛執行航拍任務，多旋翼型 UAS 飛行總架次為 3 架次，每次飛行時間約為 7-8 分鐘，飛機任務執行完畢安全降落後，與近場台告知本日飛行任務結束，並讀取拍攝照片及錄影影像後確認無誤，結束本日任務，任務概況如表 3-3。

表 3-3 花蓮縣萬榮鄉任務執行概況

項目	說明
一、航拍區域	花蓮縣萬榮鄉馬遠村
二、日期時間	103/07/25 07:00~16:00
三、UAS 載具	多旋翼型 UAS
四、航線規劃	依現場情形規劃旋翼機拍攝方式
五、天氣狀況	晴轉午後雷陣雨 (氣溫 33°C，降雨機率 20%)
六、風向/風級	偏南風/三級
七、航拍高度/雲層高度	200m/700m
八、地面解析度	7.4 公分



圖 3-2 花蓮縣萬榮鄉緊急航拍任務規劃點位



圖 3-3 起降場地瑞北村馬路旁架設多旋翼型 UAS 及導航裝備



圖 3-4 起降場地瑞北村馬路旁多旋翼型 UAS 起飛航拍



圖 3-5 瑞北村土石流側拍

(二) 影像處理作業

於 103 年 7 月 25 日星期五下午 2:30~16:00 進行空拍作業後，經快速拼接處理後，於當日 17:30 立即以電子郵件提送初步篩選後之現場原始空拍影像及正射影像成果（如圖 3-6）。並於 7 月 27 日星期一以 FTP 網路傳送交付全部拍攝成果至國土測繪中心。本次作業共拍攝影像成果面積約 100 公頃，以及動態空拍影片。

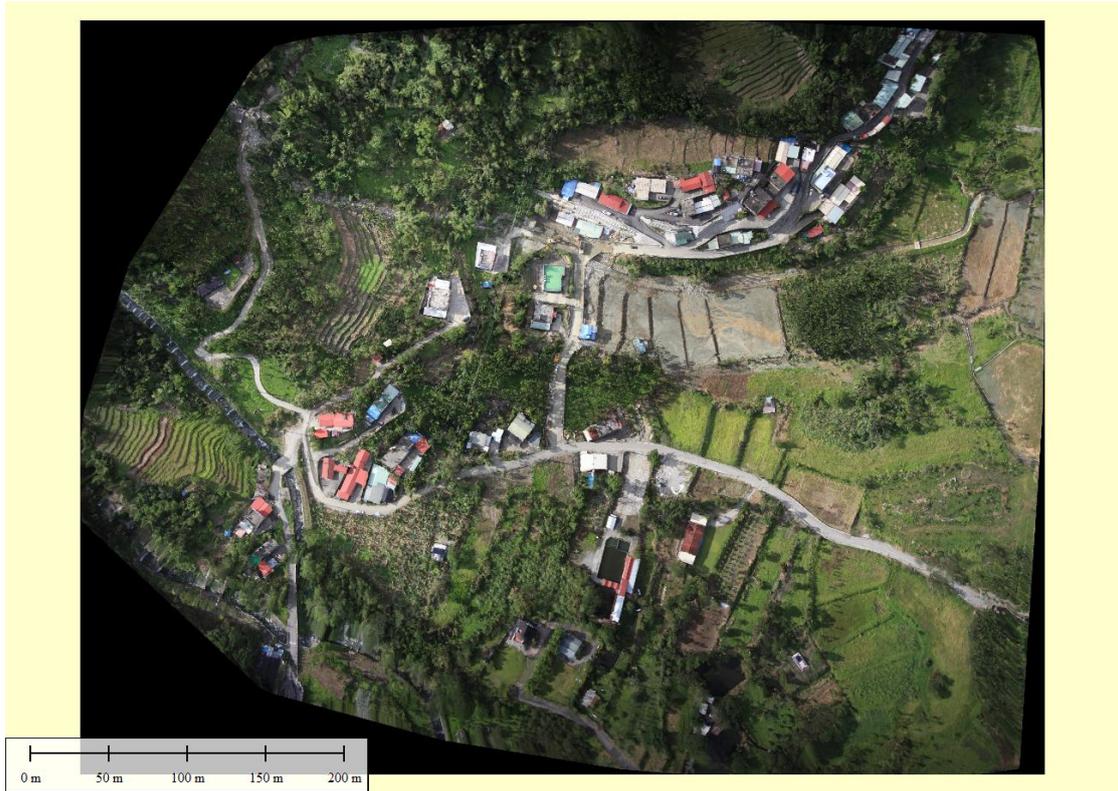


圖 3-6 瑞北村土石流正射航照圖

二、高雄市前鎮區（氣爆事件）

本區域為國土測繪中心配合國家災害防救科技中心（以下簡稱災防中心）提出之緊急災害應變航拍作業需求，針對 103 年 8 月 1 號凌晨發生之石化氣爆事件災害進行快速應變航拍，提供該單位參考使用。航拍區相關任務執行與影像處理作業說明如下：

（一）航拍任務執行

表 3-4 高雄市前鎮區任務執行概況

項目	說明
一、航拍區域	高雄市前鎮區、苓雅區
二、日期時間	103/08/01 08:00~16:00
三、UAS 載具	多旋翼型 UAS
四、航線規劃	依現場情形規劃旋翼機拍攝方式
五、天氣狀況	晴（氣溫 35°C，降雨機率 0%）
六、風向/風級	西南風/二級
七、航拍高度/雲層高度	250 公尺/800 公尺
八、地面解析度	5 公分

103 年 8 月 1 號凌晨高雄前鎮區、苓雅區發生嚴重石化氣爆意外，造成大範圍公共設施破壞與人員死傷，當日上午 08:00 災防中心即以電話聯繫，提出災害現場緊急應變拍攝需求。UAS 團隊隨即進行初步任務規劃與器材整備，09:30 團隊完成任務準備，前往高雄氣爆災區。UAS 團隊於 10:30 時收到中央災害應變中心傳真正式拍攝通報單，確認拍攝範圍（如圖 3-7），並由災防中心協調交通部民用航空局緊急發布 UAS 飛航公告。

團隊於 12:00 時到達高雄市區，於 12:30 時與高雄近場台協調空域完成，執行路面車輛管制後 UAS 飛機起飛執行航拍任務，多旋翼型 UAS 飛行總架次為 7 架次，每次飛行時間約為 7-8 分鐘，飛機任務執行完畢安全降落後與近場台告知後，本日飛行任務結束，並讀取拍攝照片及錄影影像後確認無誤，於 16:00 時結束本次緊急應變拍攝任務。



圖 3-7 高雄市前鎮區緊急航拍任務規劃點位



圖 3-8 起降場地一心一路/瑞西街馬路口架設多旋翼型 UAS



圖 3-9 起降場地一心一路馬路側拍照片

(二) 影像處理作業

團隊於 8 月 1 日 16:00 完成緊急應變航拍作業後，隨即進行影像資料整理，以及影像快速正射處理。於 18:30 便開始以 FTP 網路傳輸初步篩選後之現場原始空拍影像成果（圖 3-10、圖 3-11）予國土測繪中心使用。



圖 3-10 三多二路航拍原始影像



圖 3-11 一心一路/凱旋三路口航拍原始影像

並於 8 月 2 日上午 7:00 完成影像快速正射處理，產出地面解析度 10cm 之快速正射影像，並同樣以 FTP 網路傳輸至國土測繪中心，並轉提供予災防中心作為可供決策支援系統使用之基本圖資（圖 3-12）。本次作業共拍攝正射影像成果面積約 600 公頃（圖 3-13），以及動態空拍影片。



圖 3-12 提供正射影像供救災決策支援使用



圖 3-13 氣爆災區全區正射影像

第二節 正射影像測製作業

一、屏東縣霧台鄉（台 24 線谷川大橋）

本區域為國土測繪中心為滿足圖資更新之需求辦理協助航拍作業，測製正射影像成果，供更新通用版電子地圖影像底圖使用。航拍區相關任務執行與影像處理作業說明如下：

（一）航拍任務執行

屏東縣霧台鄉(省道台 24 線谷川大橋)航拍區規劃概況如表 3-5，拍攝範圍如圖 3-14，本區為國土測繪中心圖資更新需求拍攝區。

表 3-5 屏東縣霧台鄉任務執行概況

項目	說明
一、航拍區域	屏東縣霧台鄉
二、日期時間	103/05/08 10:00~13:00
三、UAS 載具	定翼型(國土測繪 1 號)
四、航線規劃	航線總航程約 110 公里
五、天氣狀況	多雲時晴(氣溫 35°C，降雨機率 0%)
六、風向/風級	偏北風/一級
七、航拍高度/雲層高度	1400 公尺/1500 公尺
八、地面解析度	19 公分

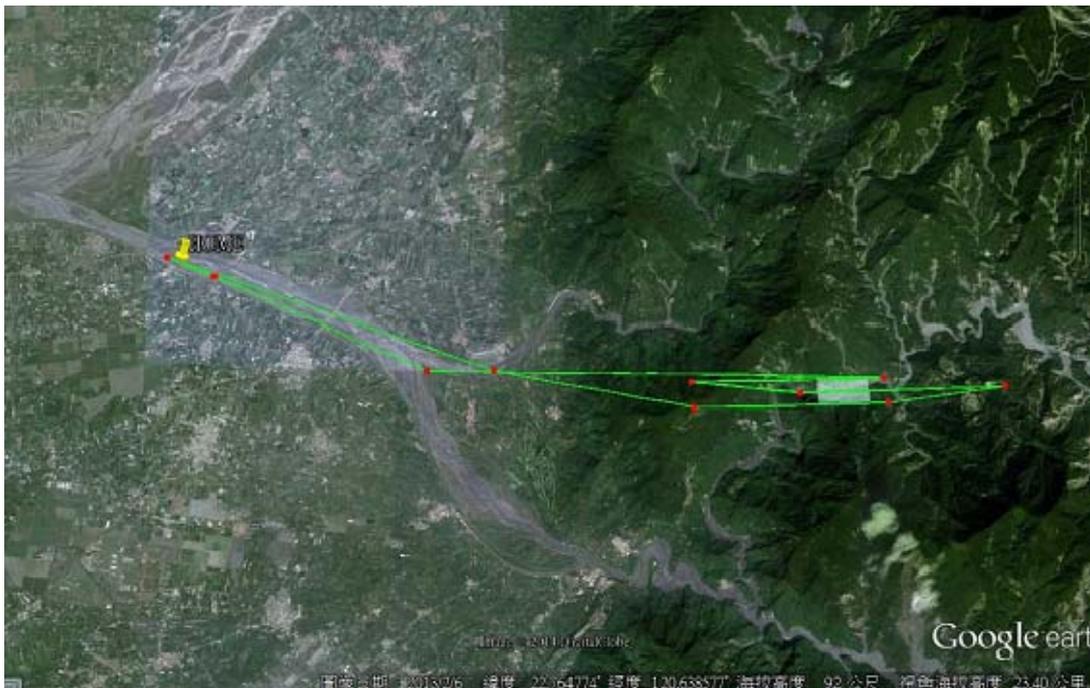


圖 3-14 屏東縣霧台鄉飛行航線規劃

任務作業於 103 年 5 月 8 日當日 10:00 時於規劃起降點屏東里港飛行場堤防旁現場待命起飛，於 11:00 時與高雄近場台協調空域完成，確認飛行場跑道無障礙後，UAS 飛機起飛執行航拍任務，飛行 63' 17" 後安全降落。與近場台告知本日飛行任務結束並讀取拍攝照片確認無誤後，結束本日任務。



圖 3-15 起降場地天氣，天候多雲晴朗

(二) 影像處理作業

屏東縣霧台鄉(省道台 24 線谷川大橋)航拍區範圍約 240 公頃，地表高程起伏約 250~450 公尺。本次航拍時使用 Canon EOS 5DII 數位相機搭配焦距約 50mm 的鏡頭。航高設定約 1400 公尺，航拍影像成果前後重疊率約 80%，左右重疊率約 60%，此區資料共使用 3 條航帶，如圖 3-16，地面解析力 GSD 約 19 公分。

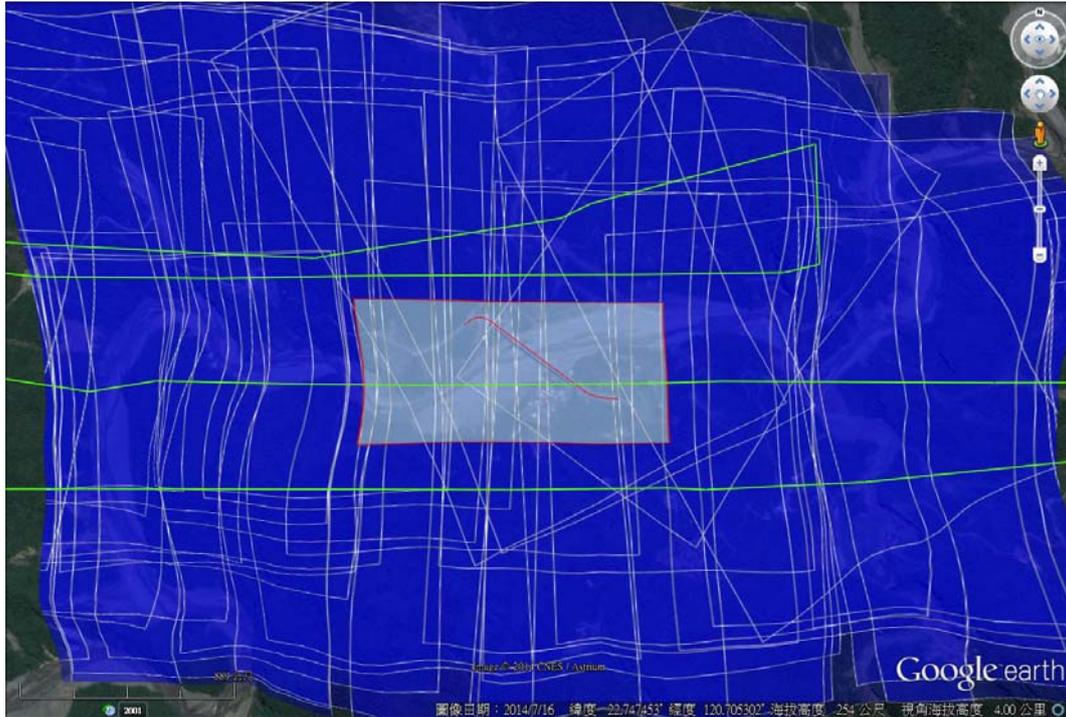


圖 3-16 屏東縣霧台鄉 UAS 影像分布圖

UAS 相片利用空三測量進行空間解算，係根據後測控制點，再於室內新建相片間的匹配點位資訊，解算以求得點位之空間位置。控制點位置分布如圖 3-17，空中三角測量成果精度及網形如下表 3-6，圖 3-18：

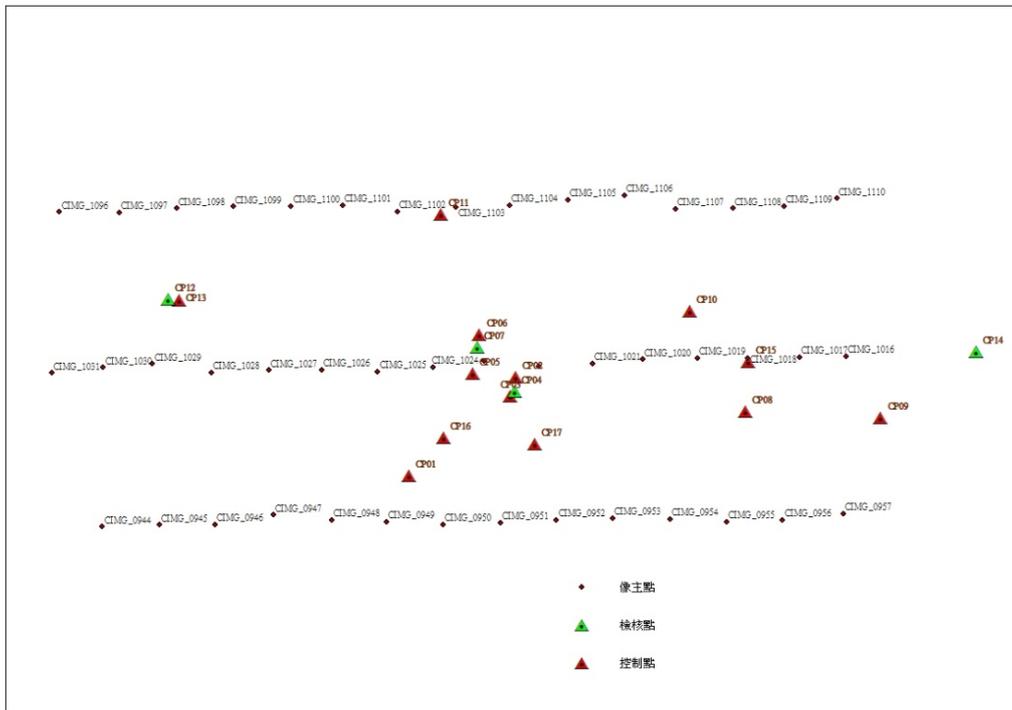


圖 3-17 屏東縣霧台鄉控制點分布圖

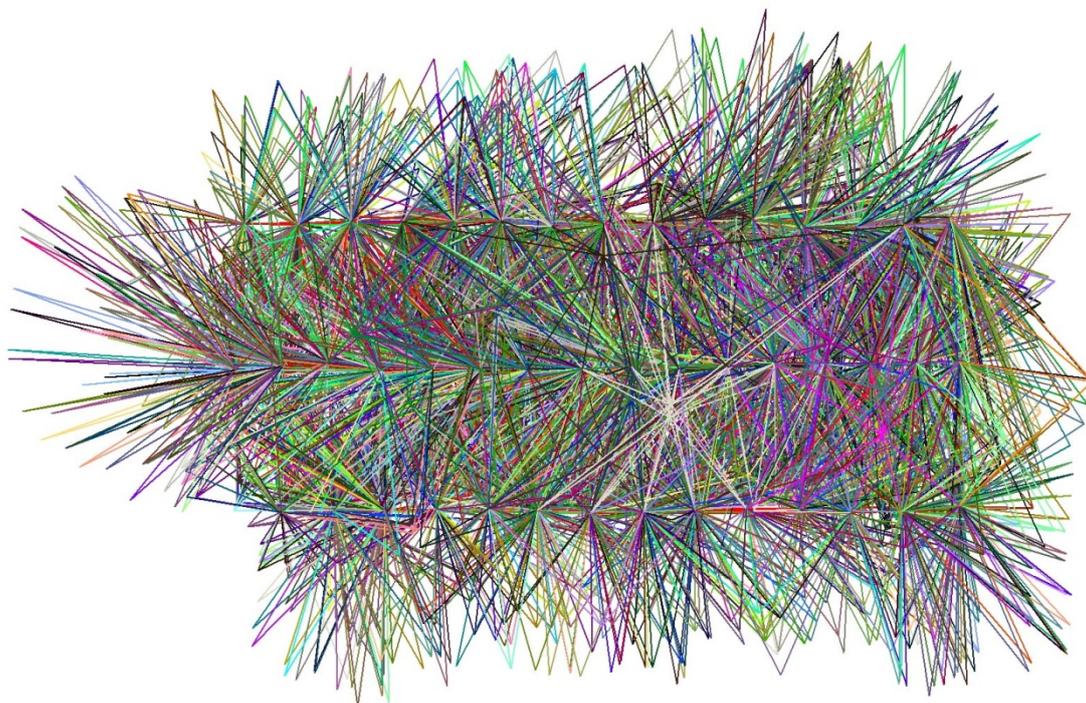


圖 3-18 屏東縣霧台鄉空三網型圖

表 3-6 屏東縣霧台鄉空三計算精度表

作業區	類型	計算成果成果	規範
屏東縣霧台鄉	自由網平差	6.5 μ m	$\leq 10 \mu$ m
	強制附和合平差	6.5 μ m	$\leq 12 \mu$ m

正射影像產製解析度為 25 公分，首先製作單張正射，再拼接為全區正射影像（如圖 3-19）。



圖 3-19 屏東縣霧台鄉正射鑲嵌影像成果

(三) 作業遭遇困難與解決方案

由圖 3-19 可見本測區僅右中小區包含較多可作為特徵點的人工建築物，故可選作後測控制點的區域也侷限於此，造成約制效果不佳，大多為平差外插的成果。

而測區西半部之道路與山坡疑似因崩塌及重鋪，與舊時期影像與 DEM 皆發現明顯差異，高程部分嚴重處有 40 公分等級之差異，同時佔畫面二分之一的河道為單調無特徵物之景色，使得本區匹配點分布極度不均勻，影響空三精度成果，造成本區空三成果精度與其他測區有顯著之差異。

為求改善此等單調無特徵物之測區空三成果，建議應於航拍前先以衛星影像進行測區研究，判斷於較不易匹配或者控制之處，布設航標進行 EGPS 測量，改善空三約制成果。另建議可嘗試於單調區擺設臨時人工特徵物，提高匹配效果，增加共軛點數量與連結點網型之完整度。

二、南投縣國姓鄉（國道 6 號北山交流道）

本區域為國土測繪中心為滿足圖資更新之需求辦理協助航拍作業，測製正射影像成果，供更新通用版電子地圖影像底圖使用。航拍區相關任務執行與影像處理作業說明如下：

（一）航拍任務執行

南投縣國姓鄉(國道 6 號北山交流道)航拍區規劃概況如表 3-7，拍攝範圍如圖 3-20，本區為國土測繪中心圖資更新需求拍攝區。

表 3-7 南投縣國姓鄉任務執行概況

項目	說明
一、航拍區域	南投縣國姓鄉
二、日期時間	103/04/15 11:00~12:00
三、UAS 載具	多旋翼型 UAS
四、航線規劃	航帶數:4，單一航線長度:600 公尺
五、天氣狀況	晴時多雲(氣溫 34°C，降雨機率 0%)
六、風向/風級	西北風/二級
七、航拍高度/雲層高度	200 公尺/1000 公尺
八、地面解析度	6 公分



圖 3-20 南投縣國姓鄉飛行航線規劃

任務作業於 103 年 4 月 15 日 11:00 時於南投國姓鄉台 14 線馬路旁現場待命起飛，確認周遭環境交通無礙後，多旋翼型 UAS 起飛執行航拍任務，多旋翼型 UAS 飛行總架次為 4 架次，每次飛行時間約為 7-8 分鐘，飛機任務執行完畢安全降落後，通報本日飛行任務結束，並讀取拍攝照片確認無誤後，結束本日任務。



圖 3-21 起降場地南投國姓鄉台 14 馬路旁

(二) 影像處理作業

南投縣國姓鄉航拍區範圍約 30 公頃，地表高程起伏約 310~390 公尺。該次航拍時使用 Canon EOS 5DII 數位相機搭配焦距約 20mm 的鏡頭。航高設定約 200 公尺，航拍影像成果前後重疊率約 85%，左右重疊率約 70%，此區資料共使用 4 條航帶，如圖 3-22，地面解析力 GSD 約 6 公分。

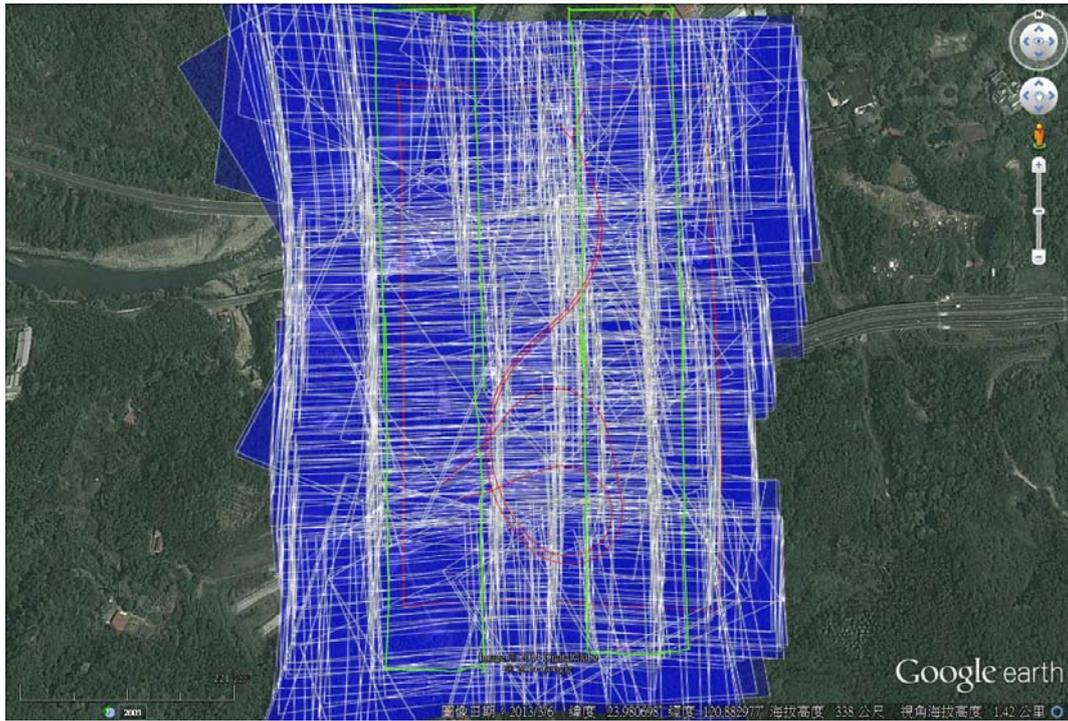


圖 3-22 南投縣國姓鄉 UAS 影像分布圖

UAS 相片利用空三測量進行空間解算，係根據後測控制點，再於室內新建相片間的匹配點位資訊，解算以求得點位之空間位置。控制點位置分布如圖 3-23，空中三角測量成果精度及網形圖如下表 3-8，圖 3-24：

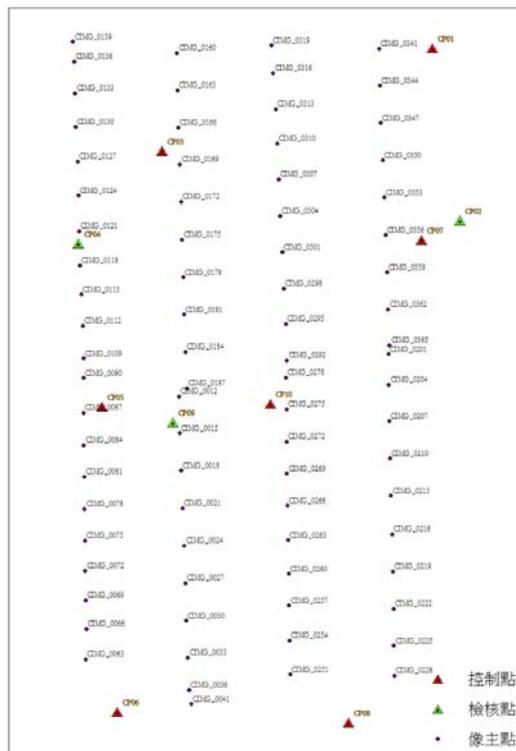


圖 3-23 南投縣國姓鄉控制點分布圖

表 3-8 南投縣國姓鄉台 61 線空三計算精度表

作業區	類型	計算成果	規範
南投縣國姓鄉	自由網平差	$3.8 \mu\text{m}$	$\leq 10 \mu\text{m}$
	強制附和合平差	$3.9 \mu\text{m}$	$\leq 12 \mu\text{m}$

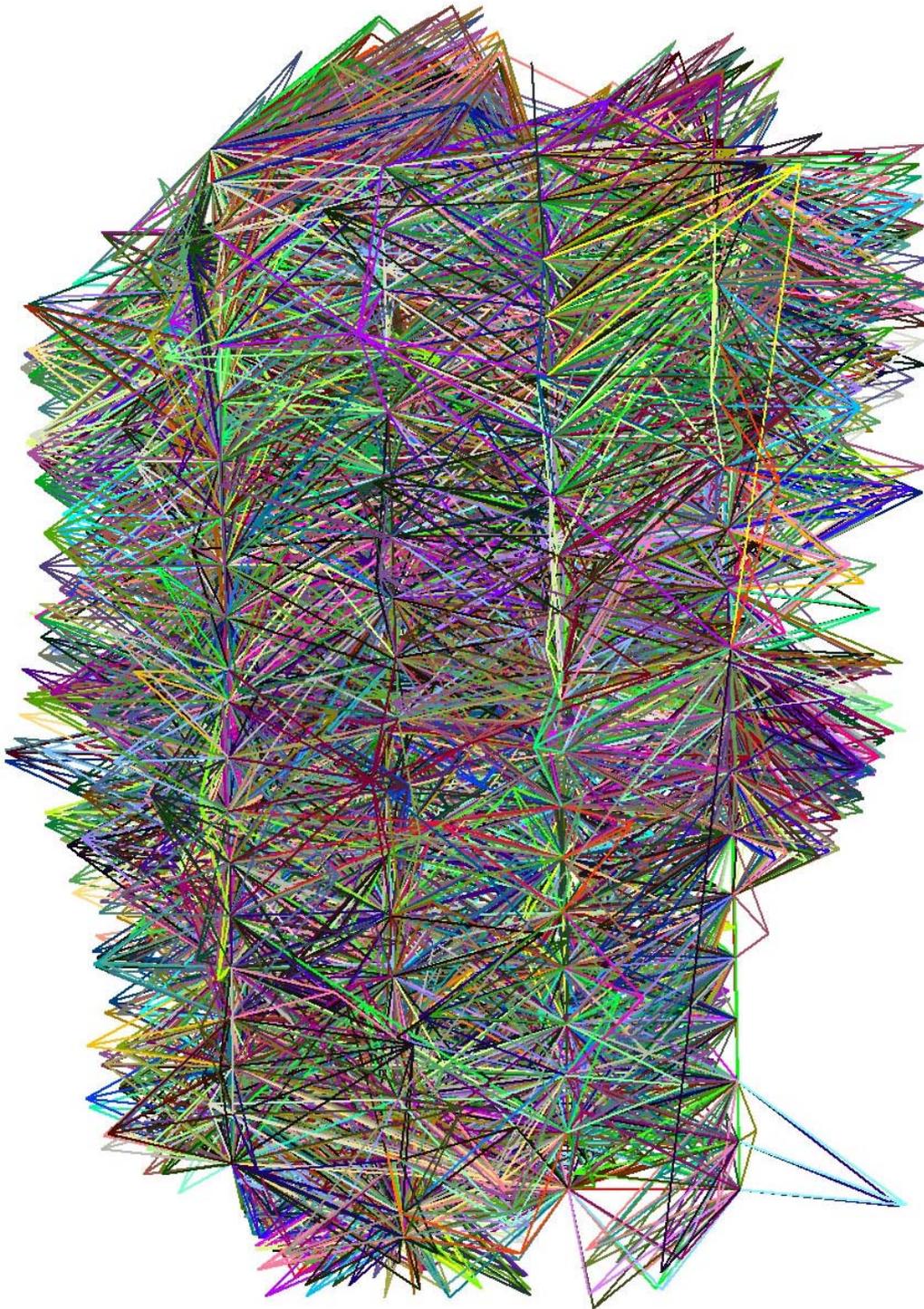


圖 3-24 南投縣國姓鄉空三網型圖

正射影像產製解析度為 25 公分，首先製作單張正射，再拼接為全區正射影像，如圖 3-25。



圖 3-25 南投縣國姓鄉正射鑲嵌影像成果

三、台南市學甲區（台 84 線下營交流道）

本區域為國土測繪中心為滿足圖資更新之需求辦理協助航拍作業，測製正射影像成果，供更新通用版電子地圖影像底圖使用。航拍區相關任務執行與影像處理作業說明如下：

（一）航拍任務執行

臺南市學甲區（台 84 線下營交流道）航拍區規劃概況如表 3-9，拍攝範圍如圖 3-26，本區為國土測繪中心圖資更新需求拍攝區。

表 3-9 臺南市學甲區任務執行概況

項目	說明
一、航拍區域	臺南市學甲區
二、日期時間	103/05/26 12:00~14:30
三、UAS 載具	定翼型(國土測繪 1 號)
四、航線規劃	航線總航程約 140 公里
五、天氣狀況	多雲(氣溫 35°C，降雨機率 0%)
六、風向/風級	偏南風/三級
七、航拍高度/雲層高度	750 公尺 / 1000 公尺
八、地面解析度	23 公分

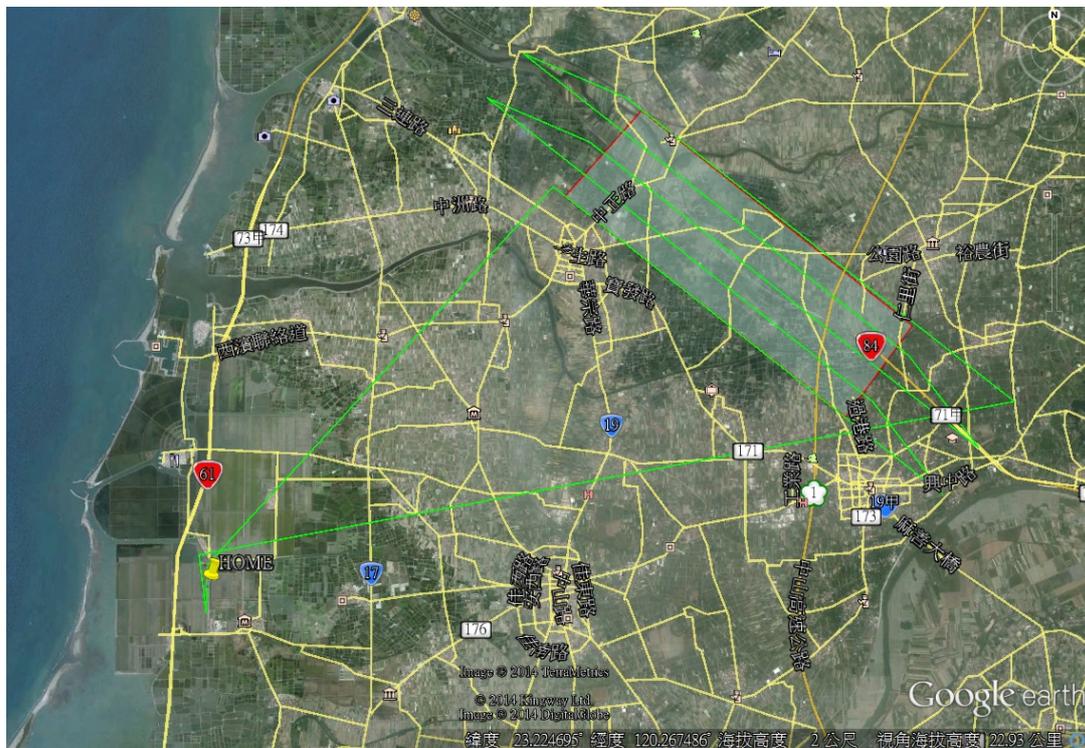


圖 3-26 臺南市學甲區飛行航線規劃

任務作業於 103 年 5 月 26 日 12:00 時於台南七股鹽田飛行場馬路旁現場待命起飛，於 12:20 時與高雄近場台協調空域完成，執行路面車輛管制後，UAS 飛機起飛執行航拍任務，飛行 81' 14" 後安全降落。與近場台告知本日飛行任務結束，並讀取拍攝照片確認無誤後，結束本日任務。

(二) 影像處理作業

臺南市學甲區航拍區範圍約 1600 公頃，地表高程起伏約 0~5 公尺。該次航拍時使用 Canon EOS 5DII 數位相機搭配焦距約 20mm 的鏡頭。航高設定約 750 公尺，航拍影像成果前後重疊率約 77%，左右重疊率約 47%，此區資料共使用 5 條航帶，如圖 3-27，地面解析力 GSD 約 23 公分。

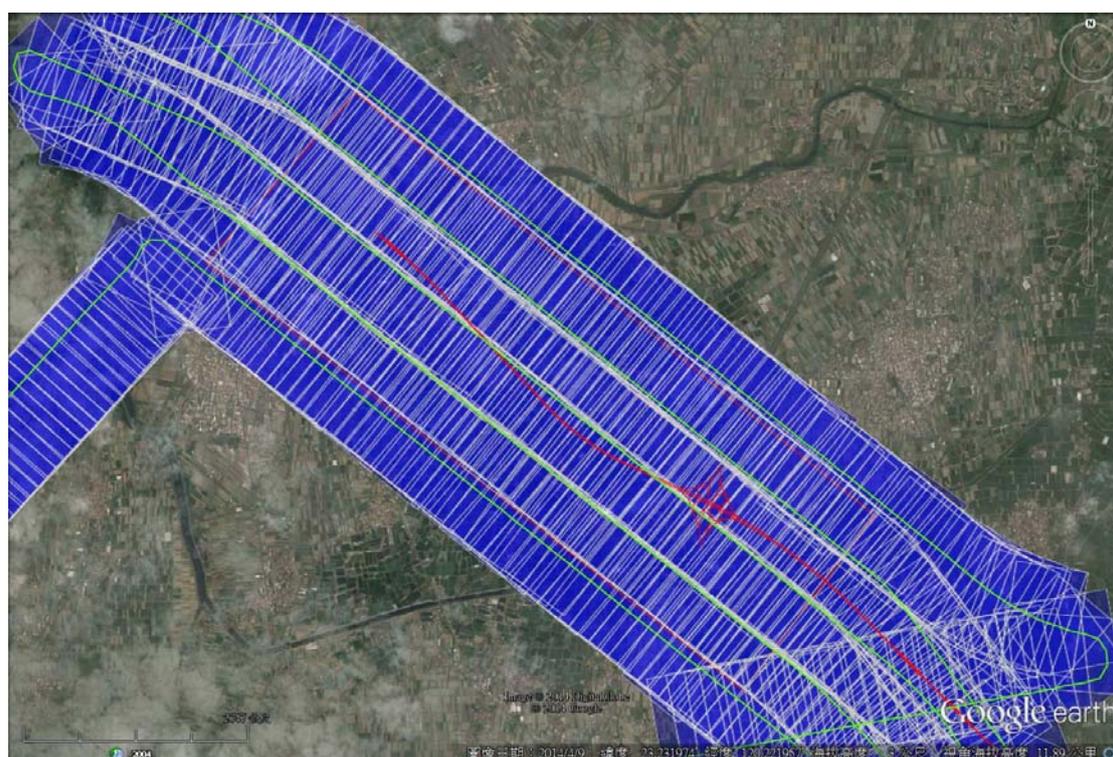


圖 3-27 臺南市學甲區 UAS 影像分布圖

UAS 相片利用空三測量進行空間解算，係根據後測控制點，再於室內新建相片間的匹配點位資訊，解算以求得點位之空間位置。控制點位置分布如圖 3-28，空中三角測量成果精度及網形圖如下表 3-10，圖 3-29：

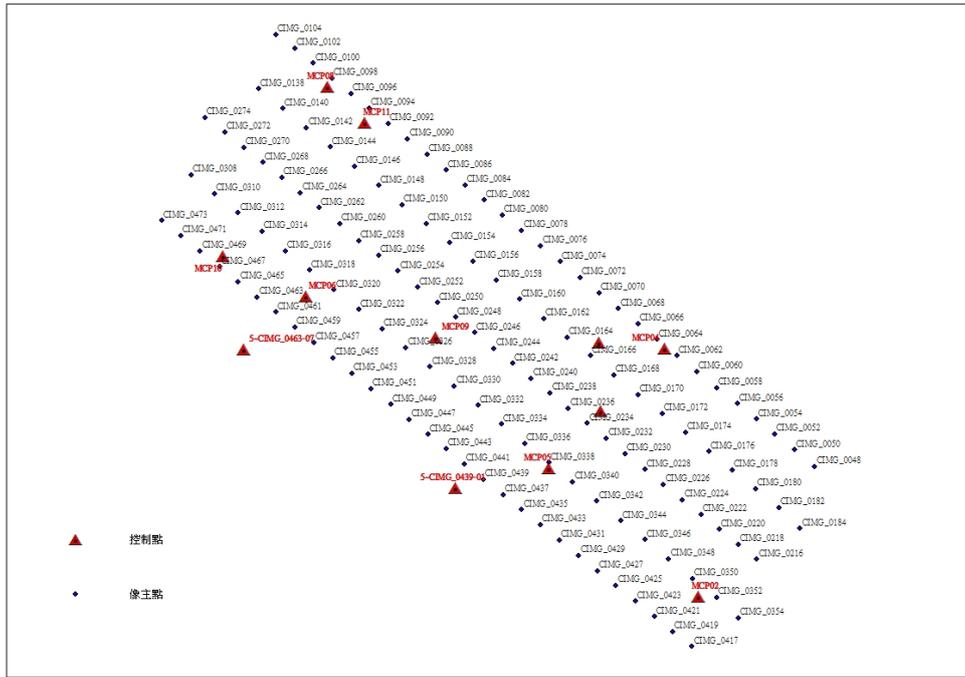


圖 3-28 臺南市學甲區控制點分布圖

表 3-10 臺南市學甲區空三計算精度表

作業區	類型	計算成果	規範
臺南市學甲區	自由網平差	1.4 μ m	$\leq 10 \mu$ m
	強制附合平差	2.3 μ m	$\leq 12 \mu$ m

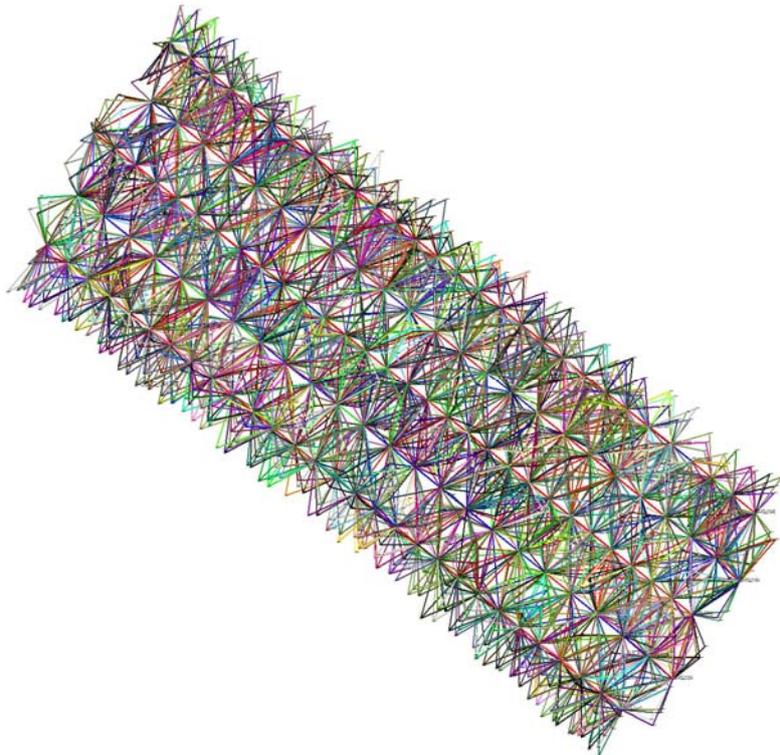


圖 3-29 臺南市學甲區空三網型圖

正射影像產製解析度為 25 公分，首先製作單張正射，再拼接為全區正射影像，如圖 3-30。



圖 3-30 臺南市學甲區正射鑲嵌影像成果

四、桃園縣桃園市（中路計畫區區段徵收）

本區域為國土測繪中心為滿足圖資更新之需求辦理協助航拍作業，測製正射影像成果，供更新通用版電子地圖影像底圖使用。航拍區相關任務執行與影像處理作業說明如下：

（一）航拍任務執行

桃園縣桃園市(中路計畫區區段徵收)航拍區規劃概況如表 3-11，拍攝範圍如圖 3-31，本區為國土測繪中心圖資更新需求拍攝區。

表 3-11 桃園縣桃園市任務執行概況

項目	說明
一、航拍區域	桃園縣桃園市
二、日期時間	103/06/20 11:00~14:00
三、UAS 載具	多旋翼型 UAS
四、航線規劃	航帶數:8，單一航線長度:950 公尺
五、天氣狀況	多雲時陰短暫陣雨 (氣溫 32°C，降雨機率 40%)
六、風向/風級	偏南風/三級
七、航拍高度/雲層高度	200 公尺/500 公尺
八、地面解析度	6 公分



圖 3-31 桃園縣桃園市飛行航線規劃

任務作業於 103 年 6 月 20 日當日 11:00 時於桃園市中路計畫區內馬路旁待命起飛，確認周遭環境交通無礙後，多旋翼型 UAS 起飛執行航拍任務，多旋翼型 UAS 飛行總架次為 8 架次，每次飛行時間約為 7-8 分鐘，飛機任務執行完畢安全降落後，通報本日飛行任務結束，並讀取拍攝照片確認正常後，結束本日任務。



圖 3-32 起降場地桃園市中路計畫區內馬路旁

(二) 影像處理作業

桃園縣桃園市航拍區範圍約 60 公頃，地表高程起伏約 90~100 公尺。該次航拍時使用 Canon EOS 5DII 數位相機搭配焦距約 20mm 的鏡頭。航高設定約 200 公尺，航拍影像成果前後重疊率約 75%，左右重疊率約 35%，此區資料共使用 8 條航帶，如圖 3-33，地面解析力 GSD 約 6 公分。



圖 3-33 桃園縣桃園市 UAS 影像分布圖

UAS 相片利用空三測量進行空間解算，係根據後測控制點，再於室內新建相片間的匹配點位資訊，解算以求得點位之空間位置。控制點位置分布如圖 3-34，空中三角測量成果精度及網形圖如下表 3-12，圖 3-35：



圖 3-34 桃園縣桃園市控制點分布圖

表 3-12 桃園縣桃園市台 61 線空三計算精度表

作業區	類型	計算成果	規範
桃園縣桃園市	自由網平差	$2.5 \mu\text{m}$	$\leq 10 \mu\text{m}$
	強制附合平差	$2.5 \mu\text{m}$	$\leq 12 \mu\text{m}$

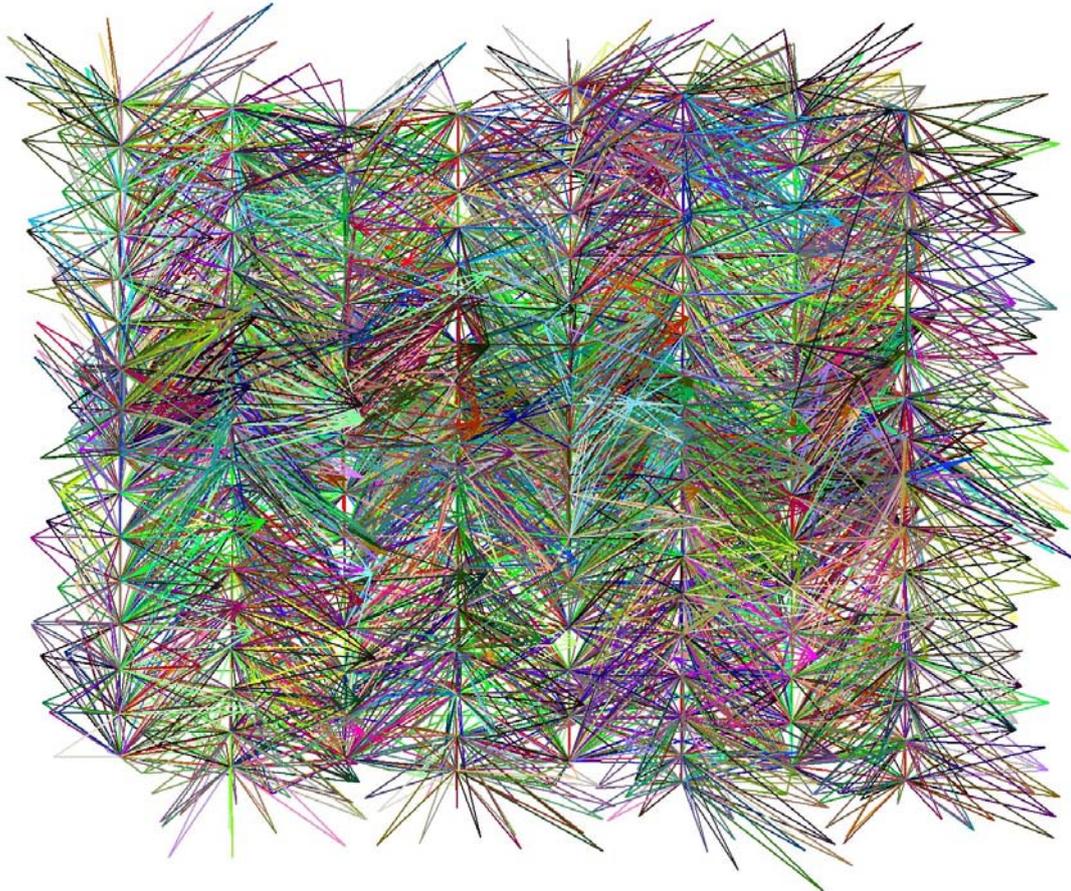


圖 3-35 桃園縣桃園市空三網型圖

正射影像產製解析度為 25 公分，首先製作單張正射，再拼接為全區正射影像。如圖 3-36。



圖 3-36 桃園縣桃園市正射鑲嵌影像成果

五、臺南市南區（台 86 線）

本區域為國土測繪中心為滿足圖資更新之需求辦理協助航拍作業，測製正射影像成果，供更新通用版電子地圖影像底圖使用。航拍區相關任務執行與影像處理作業說明如下：

（一）航拍任務執行

臺南市南區（台 86 線）航拍規劃概況如表 3-13，拍攝範圍如圖 3-37，本區為國土測繪中心圖資更新需求拍攝區。

表 3-13 臺南市南區任務執行概況

項目	說明
一、航拍區域	臺南市南區
二、日期時間	103/08/23 11:00~13:30
三、UAS 載具	定翼型
四、航線規劃	航線總航程約 67 公里
五、天氣狀況	晴時多雲(氣溫 35°C，降雨機率 0%)
六、風向/風級	西南風/四級
七、航拍高度/雲層高度	750 公尺/1500 公尺
八、地面解析度	19 公分

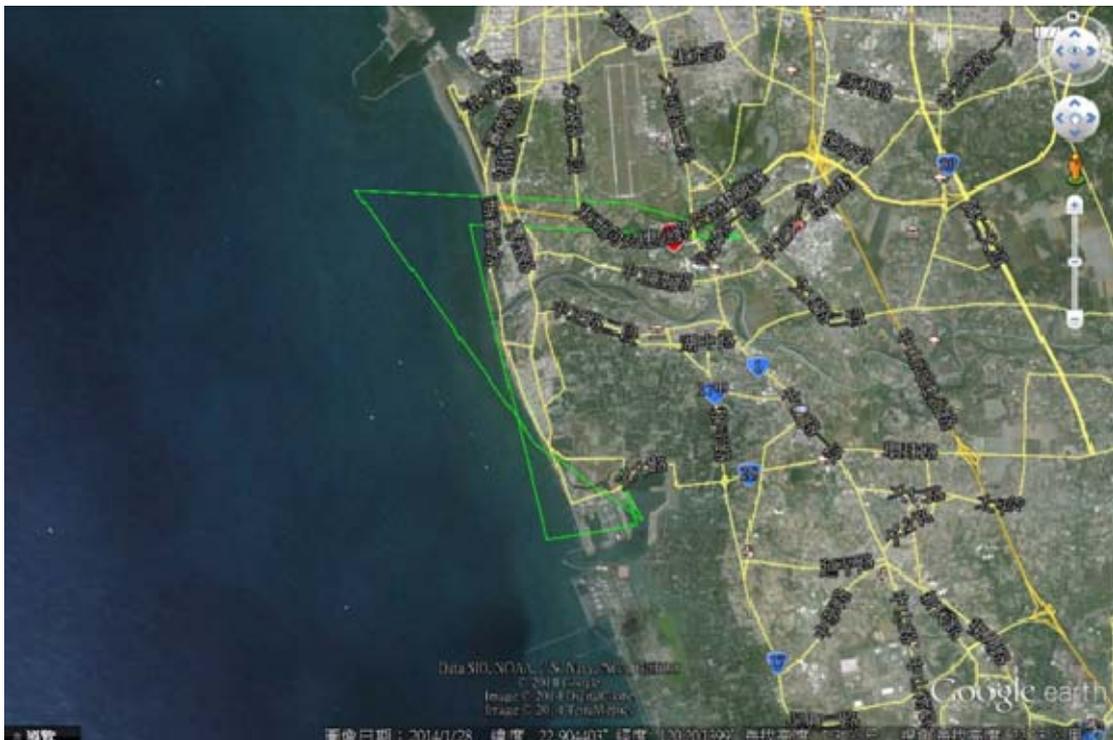


圖 3-37 臺南市南區飛行航線規劃

任務作業於 8 月 23 日當日 11:00 時於高雄興達港馬路旁現場待命起飛，於 12:00 時與高雄近場台協調空域完成，執行路面車輛管制後 UAS 飛機起飛執行航拍任務，飛行 38' 20" 後安全降落。與高雄近場台連絡官告知本日飛行任務結束，並讀取拍攝照片確認無誤後，結束本日任務。

(二) 影像處理作業

臺南市南區航拍區範圍約 220 公頃，地表高程起伏約 0~10 公尺。該次航拍時使用 Canon EOS 5DII 數位相機搭配焦距約 20mm 的鏡頭。航高設定為 750 公尺，航拍影像成果前後重疊率約 97%，左右重疊率約 50%，此區資料共使用 2 條航帶，如圖 3-38，地面解析力 GSD 約 19 公分。

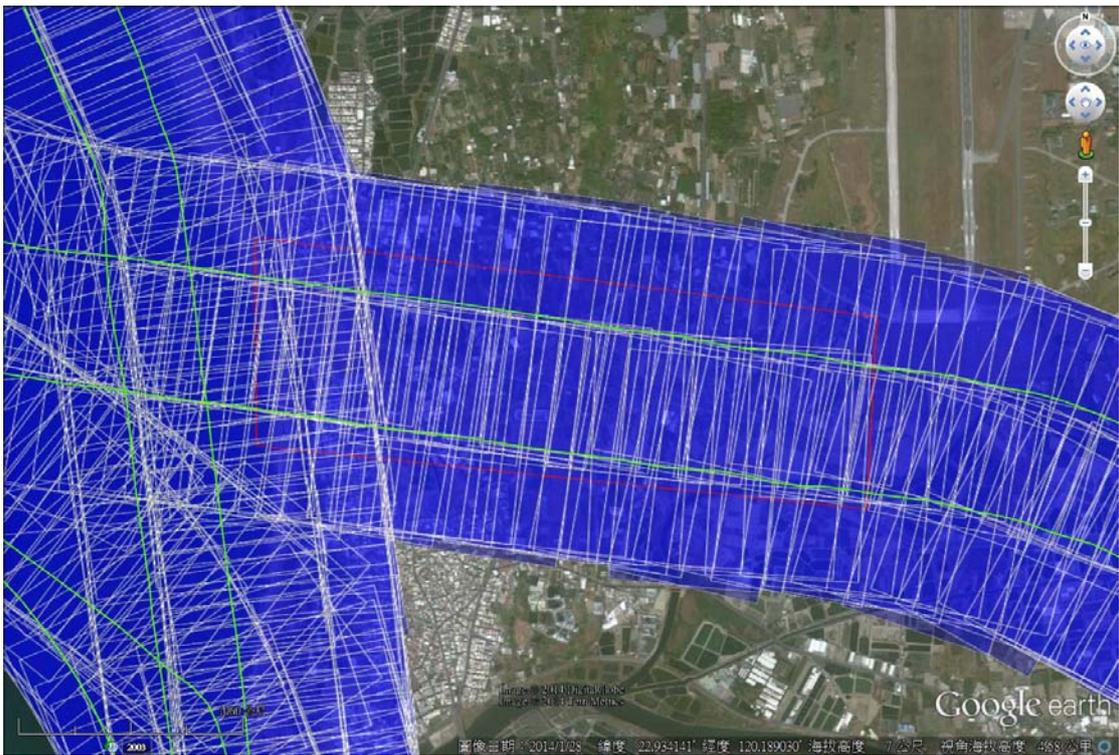


圖 3-38 臺南市南區 UAS 影像分布圖

UAS 相片利用空三測量進行空間解算，係根據後測控制點，再於室內新建相片間的匹配點位資訊，解算以求得點位之空間位置。控制點位置分布如圖 3-39，空中三角測量成果精度及網形圖如下表 3-14，圖 3-40：

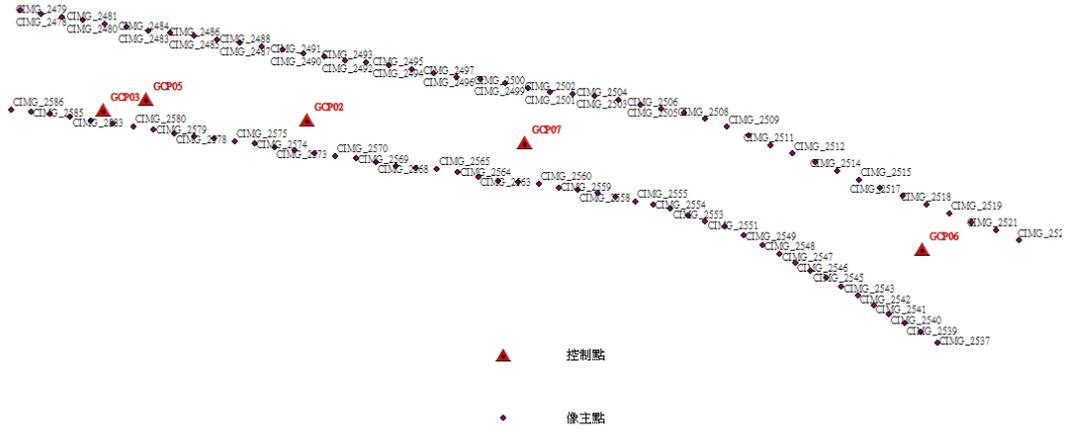


圖 3-39 臺南市南區控制點分布圖

表 3-14 臺南市南區空三計算精度表

作業區	類型	計算成果成果	規範
臺南市南區	自由網平差	2.2 μ m	$\leq 10 \mu$ m
	強制附和合平差	2.3 μ m	$\leq 12 \mu$ m

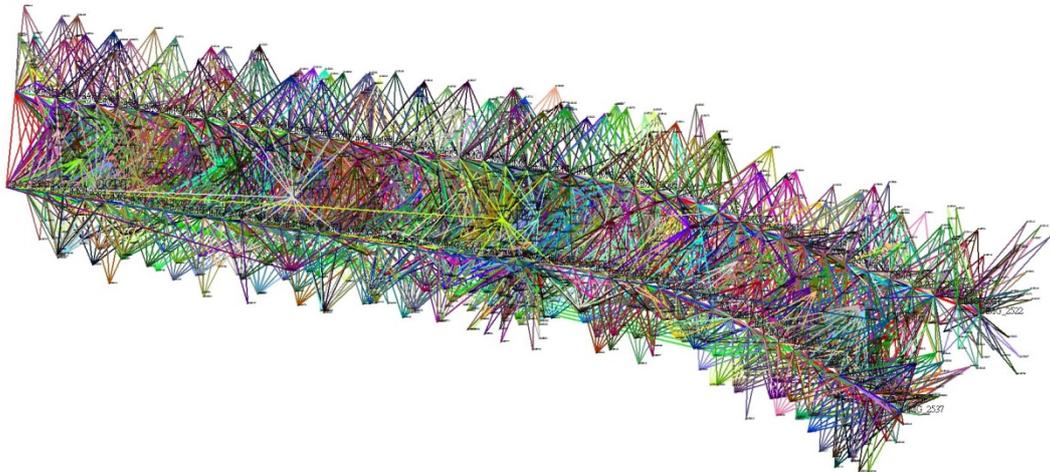


圖 3-40 臺南市南區空三網型圖

正射影像產製解析度為 25 公分，首先製作單張正射，再拼接為全區正射影像，如圖 3-41。

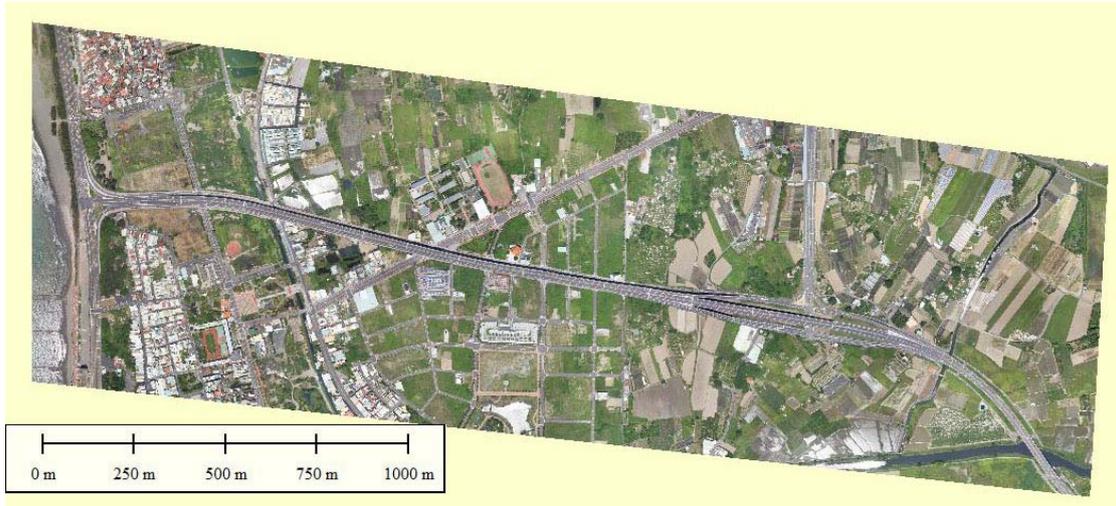


圖 3-41 臺南市南區正射鑲嵌影像成果

六、嘉義縣大林鎮（大埔美重劃區）

本區域為國土測繪中心為滿足圖資更新之需求辦理協助航拍作業，測製正射影像成果，供更新通用版電子地圖影像底圖使用。航拍區相關任務執行與影像處理作業說明如下：

（一）航拍任務執行

嘉義縣大林鎮（大埔美重劃區）航拍區規劃概況如表 3-15，拍攝範圍如圖 3-42，本區為國土測繪中心圖資更新需求拍攝區。

表 3-15 嘉義縣大林鎮任務執行概況

項目	說明
一、航拍區域	嘉義縣大林鎮（大埔美重劃區）
二、日期時間	103/07/10 13:00~16:00
三、UAS 載具	定翼型
四、航線規劃	航線總航程約 185 公里
五、天氣狀況	多雲(氣溫 33°C，降雨機率 0%)
六、風向/風級	西南風/四級
七、航拍高度/雲層高度	750 公尺/900 公尺
八、地面解析度	20 公分

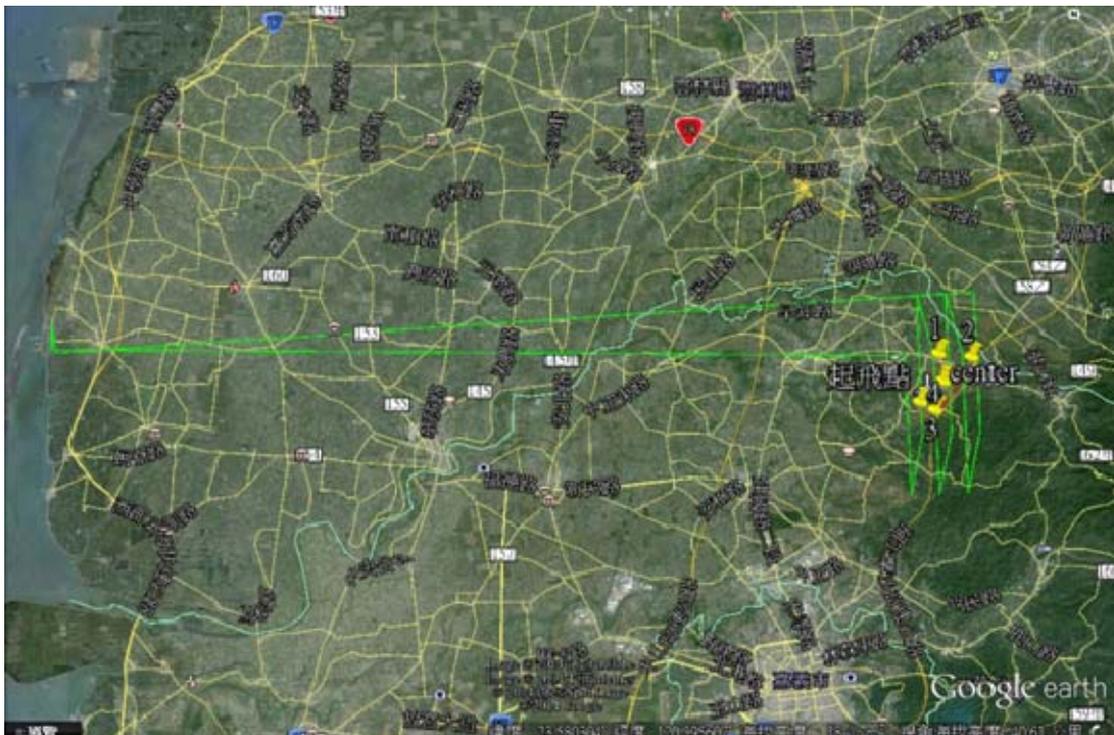


圖 3-42 嘉義縣大林鎮飛行航線規劃

任務作業於 103 年 7 月 10 日當日 13:00 時於雲林箔子寮漁港馬路旁現場待命起飛，於 13:20 時與高雄近場台協調空域完成，執行路面車輛管制後 UAS 飛機起飛執行航拍任務，飛行 107' 20" 後安全降落。與高雄近場台告知本日飛行任務結束並讀取拍攝照片確認無誤後，結束本日任務。



圖 3-43 嘉義縣大林鎮任務區天氣多雲

(二) 影像處理作業

嘉義縣大林鎮航拍區範圍約為 600 公頃面積，地表高程起伏約 55~120 公尺。該次航拍時使用 Canon EOS 5DII 數位相機搭配焦距約 20mm 的鏡頭。航高設定約 750 公尺，航拍影像成果前後重疊率約 80%，左右重疊率約 50%，此區資料共使用 5 條航帶，如圖 3-44，地面解析力 GSD 約 20 公分。



圖 3-44 嘉義縣大林鎮 UAS 影像分布圖

UAS 相片利用空三測量進行空間解算，係根據後測控制點，再於室內新建相片間的匹配點位資訊，解算以求得點位之空間位置。控制點位置分布如圖 3-45，空中三角測量成果精度及網形圖如下表 3-16，圖 3-46：



圖 3-45 嘉義縣大林鎮控制點分布圖

表 3-16 嘉義縣大林鎮空三計算精度表

作業區	類型	計算成果	規範
嘉義縣大林鎮 (大埔美重劃區)	自由網平差	$2.8 \mu\text{m}$	$\leq 10 \mu\text{m}$
	強制附合平差	$2.8 \mu\text{m}$	$\leq 12 \mu\text{m}$

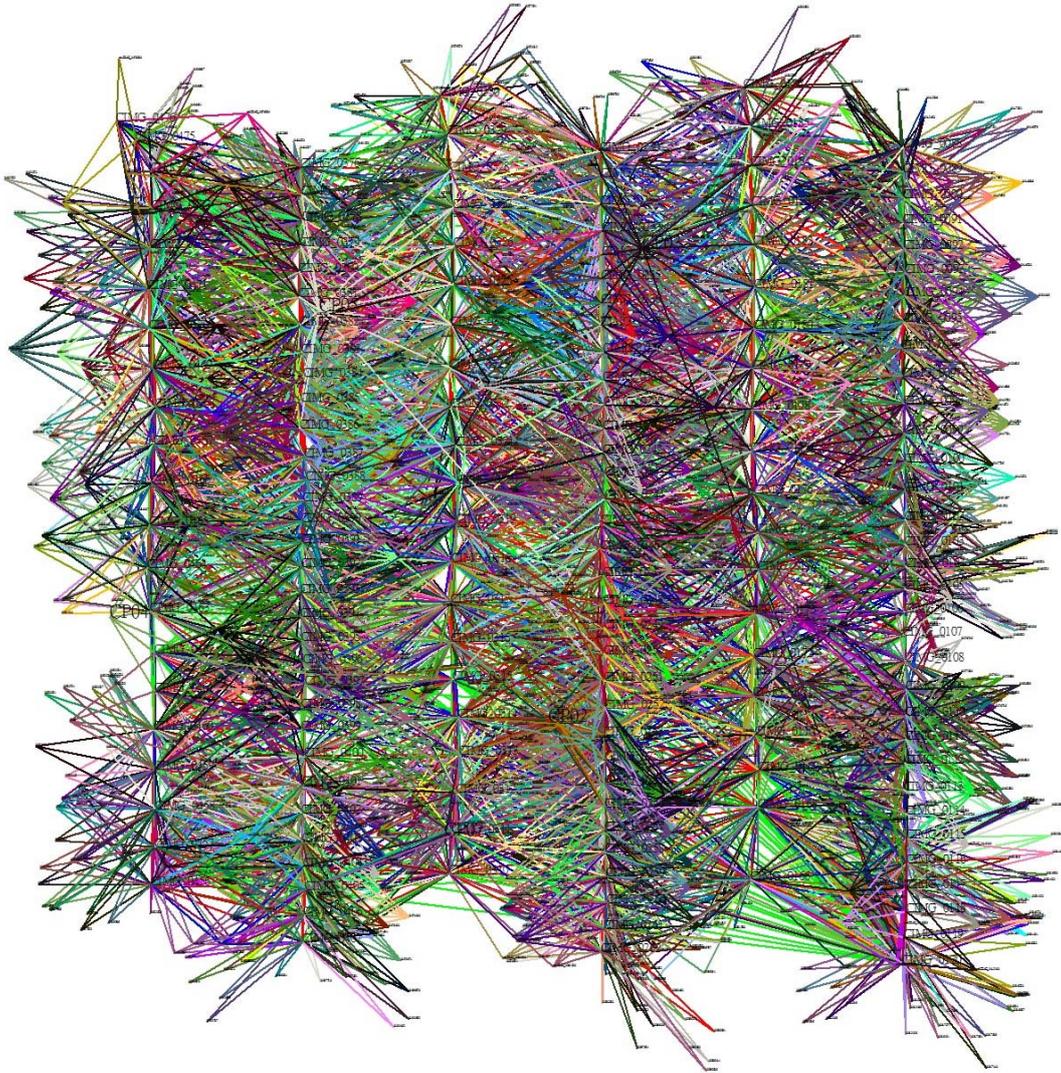


圖 3-46 嘉義縣大林鎮空三網型圖

正射影像產製解析度為 25 公分，首先製作單張正射，再拼接為全區正射影像，如圖 3-47。



圖 3-47 嘉義縣大林鎮正射鑲嵌影像成果

七、彰化縣福興鄉（台 61 線）

本區域為國土測繪中心為滿足圖資更新之需求辦理協助航拍作業，測製正射影像成果，供更新通用版電子地圖影像底圖使用。航拍區相關任務執行與影像處理作業說明如下：

（一）航拍任務執行

彰化縣福興鄉航拍區規劃概況如表 3-17，拍攝範圍如圖 3-48，本區為國土測繪中心圖資更新需求拍攝區。

表 3-17 彰化縣福興鄉任務執行概況

項目	說明
一、航拍區域	彰化縣福興鄉
二、日期時間	103/05/12 10:00~13:00
三、UAS 載具	定翼型
四、航線規劃	航線總航程約 150 公里
五、天氣狀況	多雲午後雷陣雨 (氣溫 32°C，降雨機率 20%)
六、風向/風級	偏南風/四級
七、航拍高度/雲層高度	750 公尺/850 公尺
八、地面解析度	23 公分

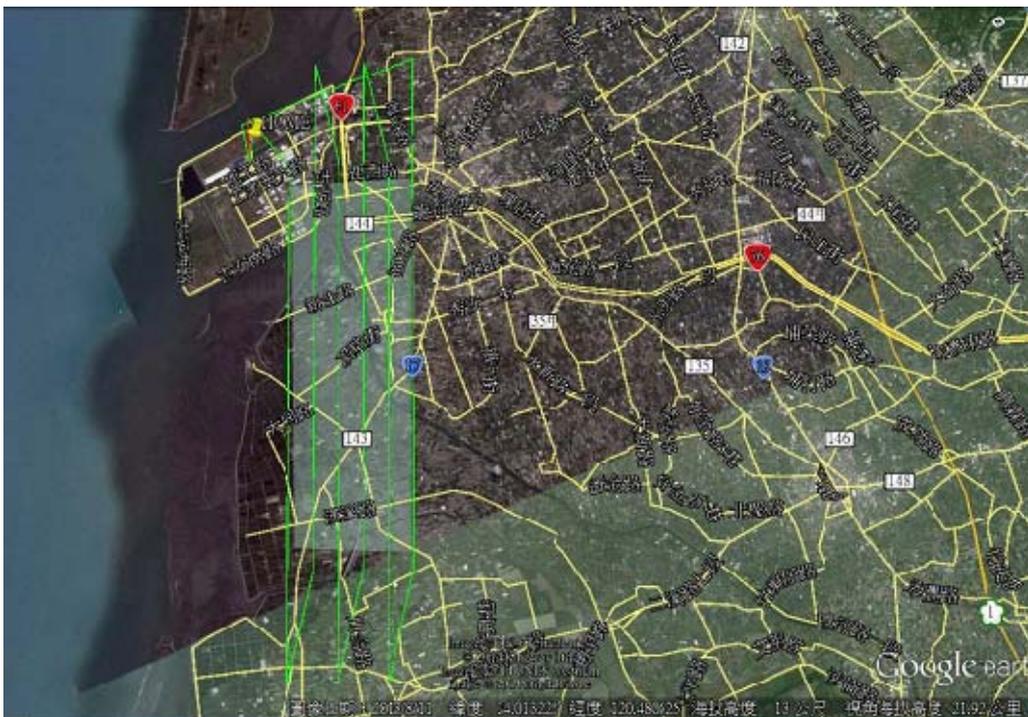


圖 3-48 彰化縣福興鄉飛行航線規劃

本次航拍作業於 9 月 4 日當日 10:00 於彰化彰濱工業區鹿工三路馬路旁現場待命起飛，於 11:10 與台北近場台協調空域後，執行路面車輛管制 UAS 飛機起飛，任務於飛行時間 86' 39" 後安全降落。讀取拍攝照片並確認拍攝成果無誤後，結束本日任務。



圖 3-49 彰化縣福興鄉任務區天氣多雲晴朗

(二) 影像處理作業

彰化縣福興鄉航拍區範圍約為 700 公頃面積，地表高程起伏約 0~10 公尺。該次航拍時使用 Canon EOS 5DII 數位相機搭配焦距約 20mm 的鏡頭。航高設定規劃為 750 公尺，航拍影像成果前後重疊率約 75%，左右重疊率約 45%，此區資料共使用 6 條航帶，如圖 3-50，地面解析力 GSD 約 23 公分。



圖 3-50 彰化縣福興鄉 UAS 影像分布圖

UAS 相片利用空三測量進行空間解算，係根據後測控制點，再於室內新建相片間的匹配點位資訊，解算以求得點位之空間位置。控制點位置分布如圖 3-51，空中三角測量成果精度及網形圖如下表 3-18，圖 3-52：



圖 3-51 彰化縣福興鄉控制點分布圖

表 3-18 彰化縣福興鄉空三計算精度表

作業區	類型	計算成果	規範
彰化縣福興鄉	自由網平差	2.0 μ m	$\leq 10 \mu$ m
	強制附合平差	2.0 μ m	$\leq 12 \mu$ m

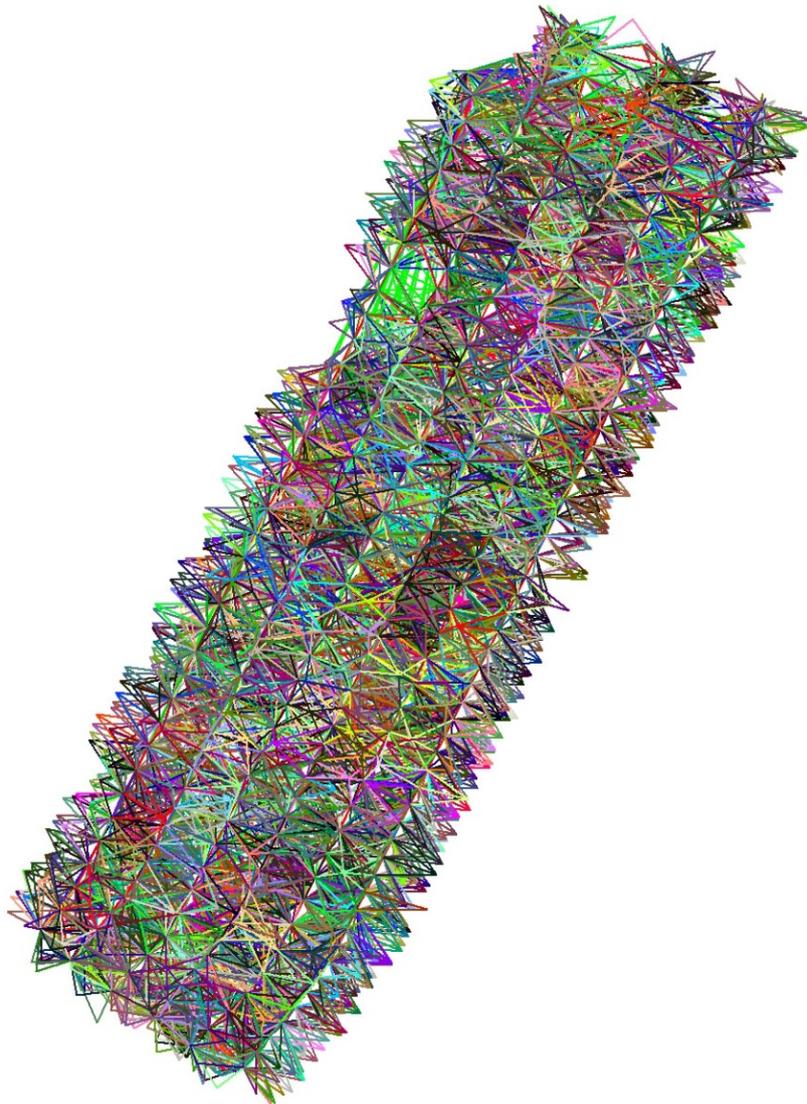


圖 3-52 彰化縣福興鄉空三網型圖

正射影像產製解析度為 25 公分，首先製作單張正射，再拼接為全區正射影像，如圖 3-53。



圖 3-53 彰化縣福興鄉正射鑲嵌影像成果

八、雲林縣麥寮鄉（台 61 線）

本區域為國土測繪中心為滿足圖資更新之需求辦理協助航拍作業，測製正射影像成果，供更新通用版電子地圖影像底圖使用。航拍區相關任務執行與影像處理作業說明如下：

（一）航拍任務執行

雲林縣麥寮鄉（台 61 線）航拍區規劃概況如表 3-19，拍攝範圍如圖 3-54，本區為國土測繪中心圖資更新需求拍攝區。

表 3-19 雲林縣麥寮鄉任務執行概況

項目	說明
一、航拍區域	雲林縣麥寮鄉
二、日期時間	103/08/20 14:00~16:00
三、UAS 載具	定翼型(國土測繪 1 號)
四、航線規劃	航線總航程約 127 公里
五、天氣狀況	多雲時晴(氣溫 33°C, 降雨機率 10%)
六、風向/風級	西南風/三級
七、航拍高度/雲層高度	750 公尺/900 公尺
八、地面解析度	22 公分

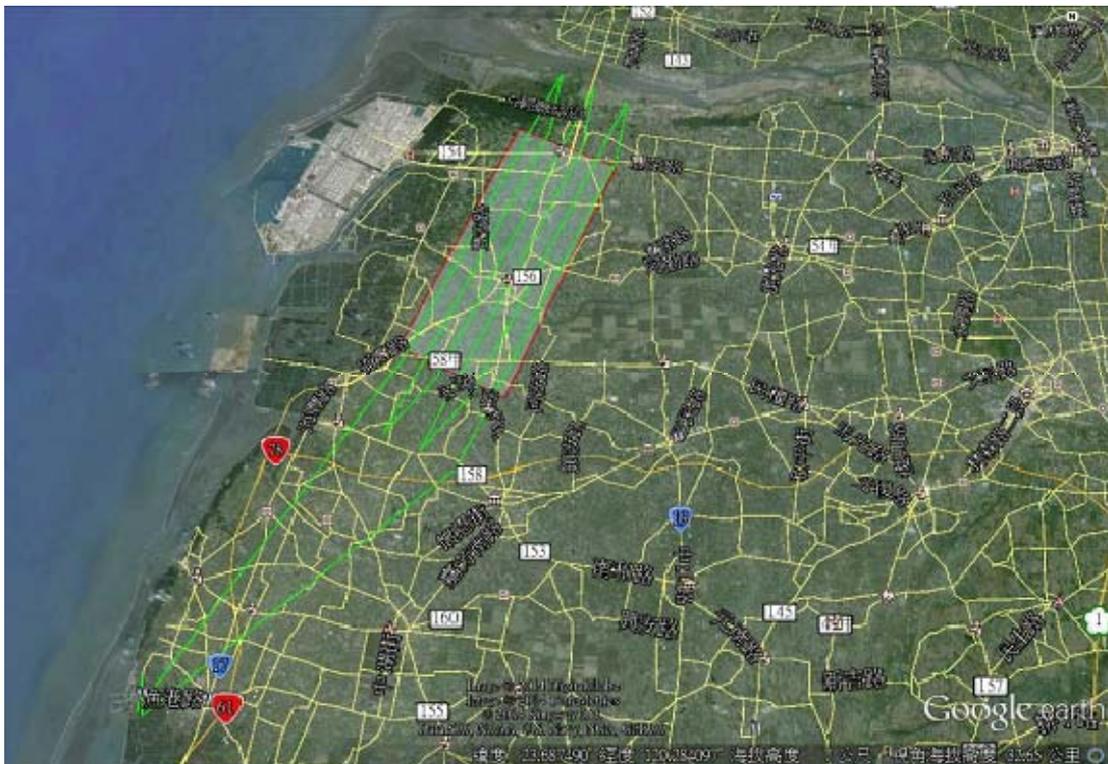


圖 3-54 雲林縣麥寮鄉飛行航線規劃

任務作業於 103 年 5 月 8 日當日 14:00 於雲林箔子寮漁港馬路旁現場待命起飛，於 14:30 與台北近場台協調空域後，執行路面車輛管制 UAS 飛機起飛，任務於飛行時間 72' 47" 後安全降落。讀取拍攝照片並確認拍攝成果無誤後，結束本日任務。



圖 3-55 起降場地天氣，天候晴朗有雲

(二) 影像處理作業

雲林縣麥寮鄉（台 61 線）航拍區範圍約 1400 公頃，地表高程起伏約 0~10 公尺。該次航拍時使用 Canon EOS 5DII 數位相機搭配焦距約 20mm 的鏡頭。航高設定約 750 公尺，航拍影像成果前後重疊率約 75%，左右重疊率約 50%，此區資料共使用 8 條航帶，如圖 3-56，地面解析力 GSD 約 22 公分。

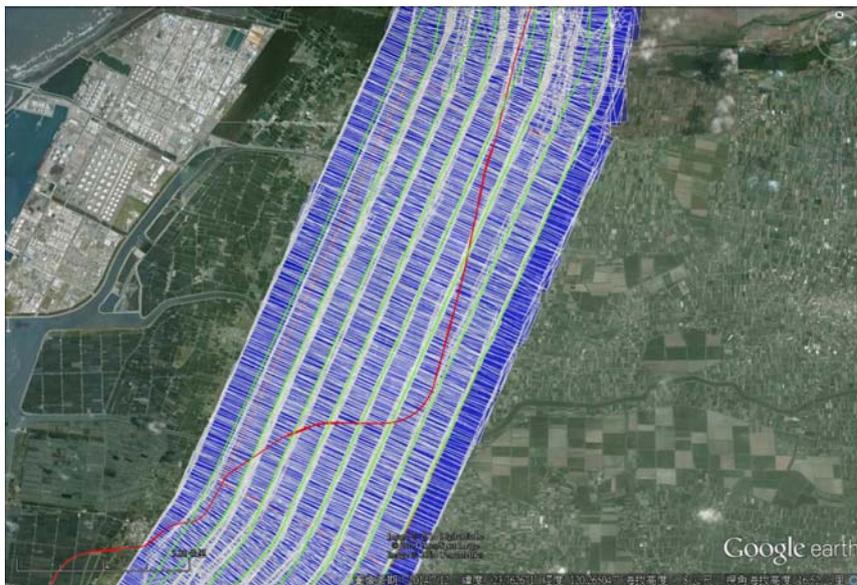


圖 3-56 雲林縣麥寮鄉 UAS 影像分布圖

UAS 相片利用空三測量進行空間解算，係根據後測控制點，再於室內新建相片間的匹配點位資訊，解算以求得點位之空間位置。控制點位置分布如圖 3-57，空中三角測量成果精度及網形如下表 3-20，圖 3-58：

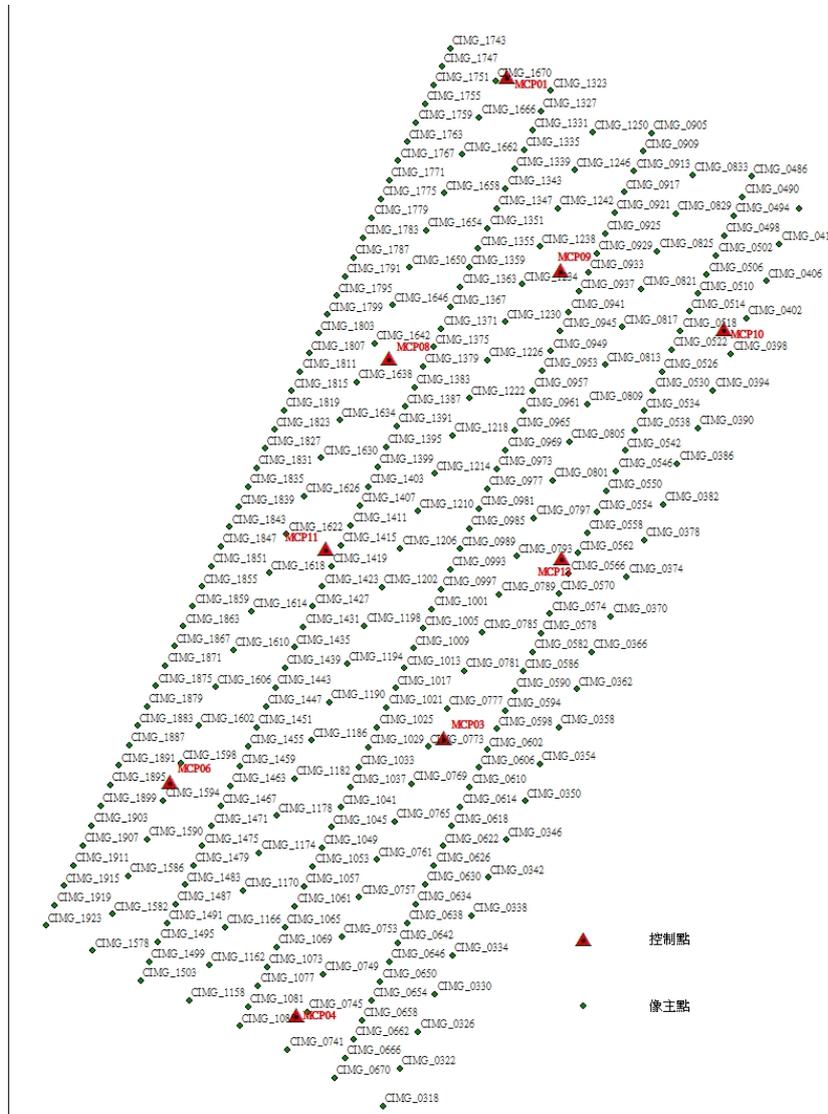


圖 3-57 雲林縣麥寮鄉控制點分布圖



圖 3-58 雲林縣麥寮鄉空三網型圖

表 3-20 雲林縣麥寮鄉空三計算精度表

作業區	類型	計算成果	規範
雲林縣麥寮鄉	自由網平差	2.0 μm	$\leq 10 \mu\text{m}$
	強制附和合平差	2.2 μm	$\leq 12 \mu\text{m}$

正射影像產製解析度為 25 公分，首先製作單張正射，再拼接為全區正射影像，如圖 3-59。



圖 3-59 雲林縣麥寮鄉正射鑲嵌影像成果

九、苗栗縣銅鑼鄉（銅鑼科學園區）

本區域為國土測繪中心為滿足圖資更新之需求辦理協助航拍作業，測製正射影像成果，供更新通用版電子地圖影像底圖使用。航拍區相關任務執行與影像處理作業說明如下：

（一）航拍任務執行

苗栗縣銅鑼鄉（銅鑼科學園區）航拍區規劃概況如表 3-21，拍攝範圍如圖 3-60，本區為國土測繪中心圖資更新需求拍攝區。

表 3-21 苗栗縣銅鑼鄉任務執行概況

項目	說明
一、航拍區域	苗栗縣銅鑼鄉
二、日期時間	103/07/04 13:00~16:00
三、UAS 載具	定翼型(國土測繪 1 號)
四、航線規劃	航線總航程約 110 公里
五、天氣狀況	多雲時晴(氣溫 35°C，降雨機率 0%)
六、風向/風級	西南風/三級
七、航拍高度/雲層高度	750 公尺/1500 公尺
八、地面解析度	23 公分

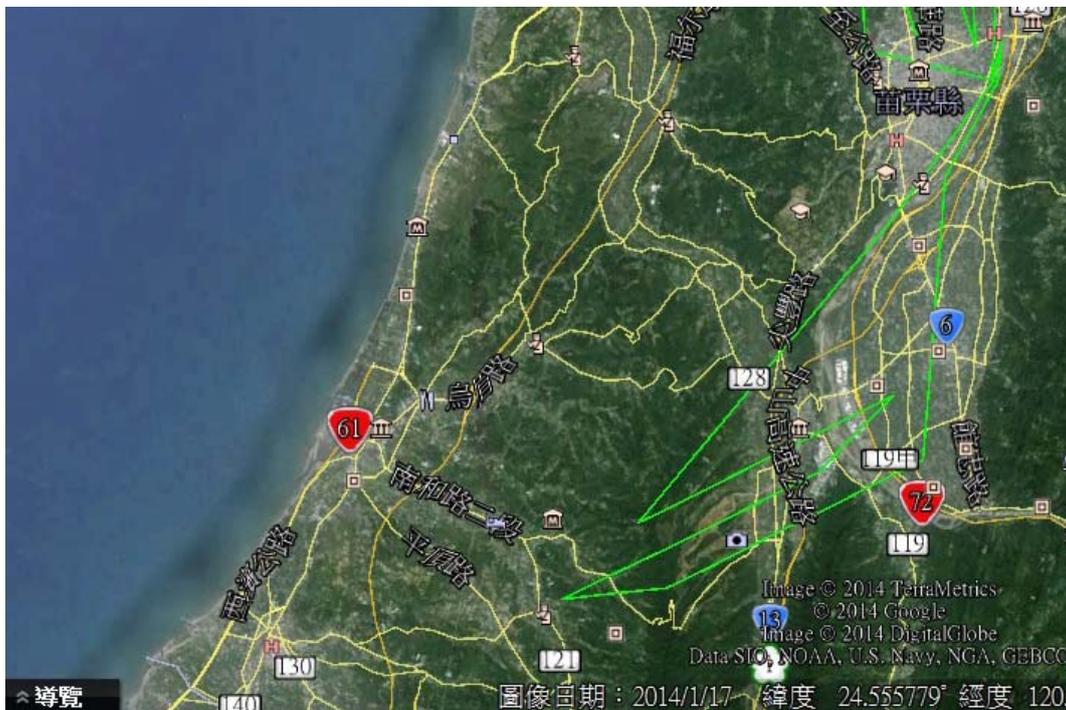


圖 3-60 苗栗縣銅鑼鄉飛行航線規劃

任務作業於 103 年 5 月 8 日 13:00 於苗栗後龍飛行場現場待命起飛，於 13:30 與台北近場台協調空域後，執行路面車輛管制 UAS 飛機起飛，第一趟任務飛行時數為 63' 37"，重新上傳第二趟任務後飛機繼續放飛。任務於總飛行時間 102' 09" 後安全降落。讀取拍攝照片並確認拍攝成果無誤後，結束本日任務。



圖 3-61 於飛行場進行起降，天氣晴朗

(二) 影像處理作業

苗栗縣銅鑼鄉航拍區航拍區範圍約 350 公頃，地表高程起伏約 150~350 公尺。該次航拍時使用 Canon EOS 5DII 數位相機搭配焦距約 20mm 的鏡頭。航高設定約 750 公尺，航拍影像成果前後重疊率約 80%，左右重疊率約 40%，此區資料共使用 3 條航帶，如圖 3-61，地面解析力 GSD 約 23 公分。



圖 3-62 苗栗縣銅鑼鄉 UAS 影像分布圖

UAS 相片利用空三測量進行空間解算，係根據後測控制點，再於室內新建相片間的匹配點位資訊，解算以求得點位之空間位置。控制點位置分布如圖 3-63，空中三角測量成果精度及網形如下表 3-22，圖 3-64：

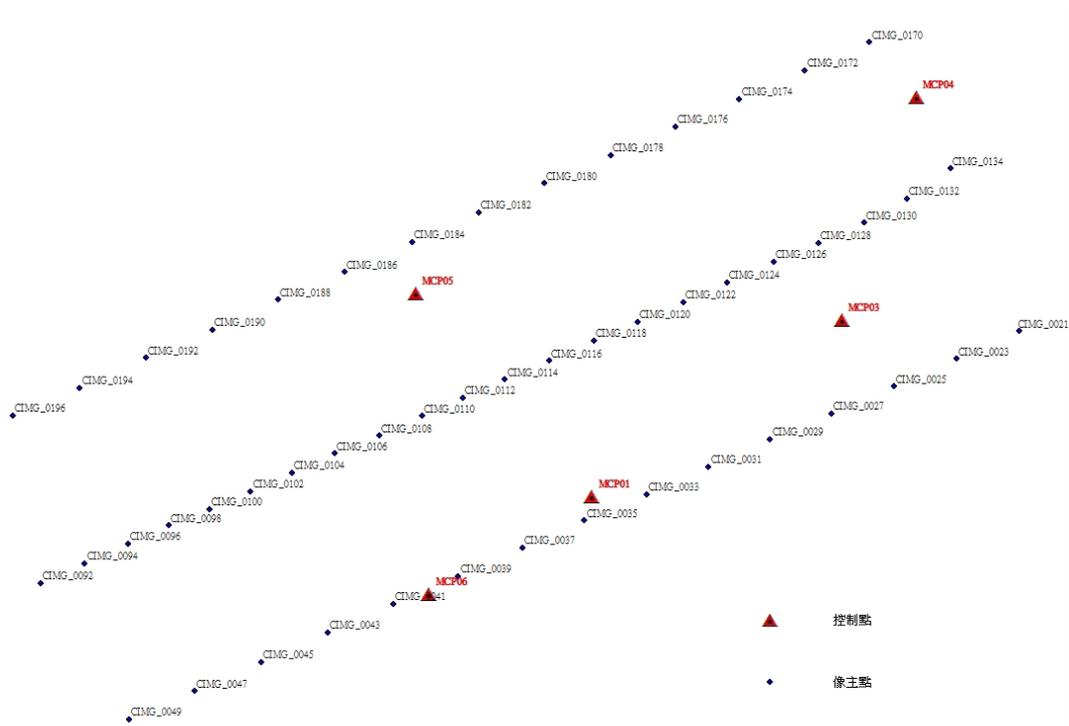


圖 3-63 苗栗縣銅鑼鄉控制點分布圖

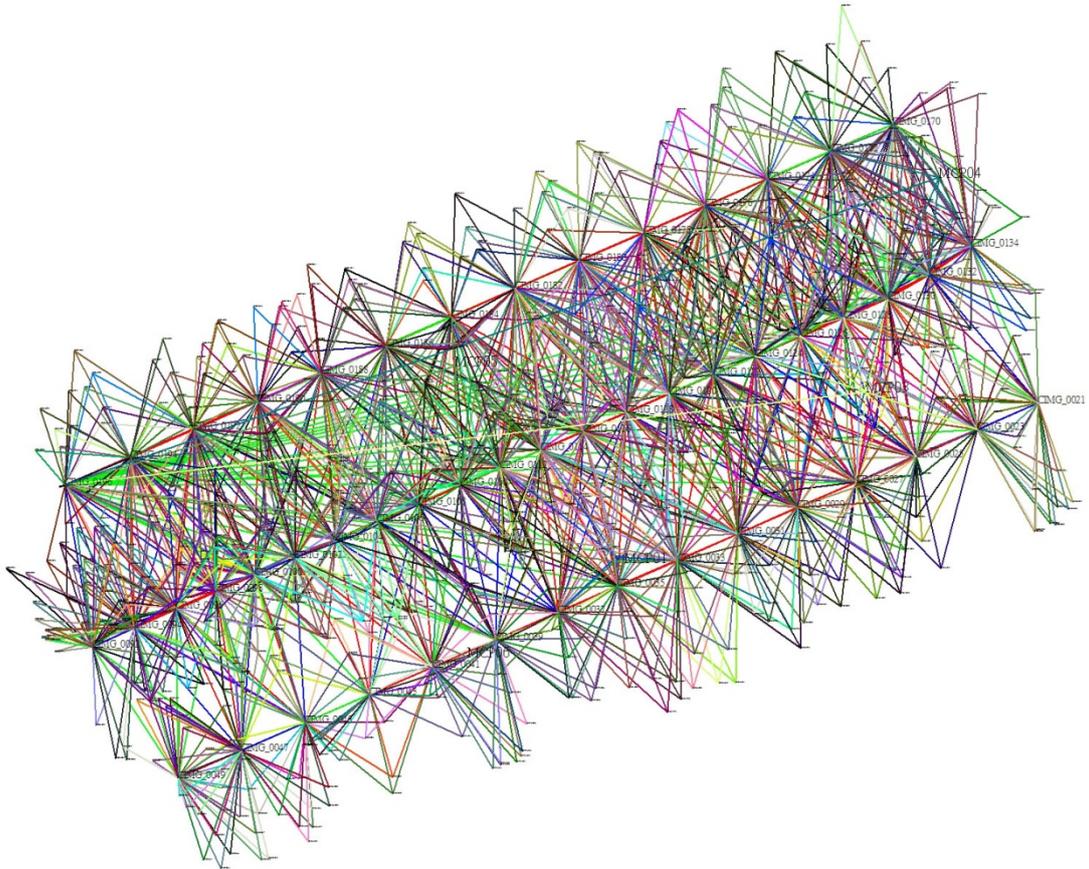


圖 3-64 苗栗縣銅鑼鄉空三網型圖

表 3-22 苗栗縣銅鑼鄉空三計算精度表

作業區	類型	計算成果成果	規範
苗栗縣銅鑼鄉	自由網平差	2.3 μ m	$\leq 10 \mu$ m
	強制附合平差	2.4 μ m	$\leq 12 \mu$ m

正射影像產製解析度為 25 公分，首先製作單張正射，再拼接為全區正射影像。經幾何正射糾正鑲嵌的影像成果圖示意如圖 3-65。

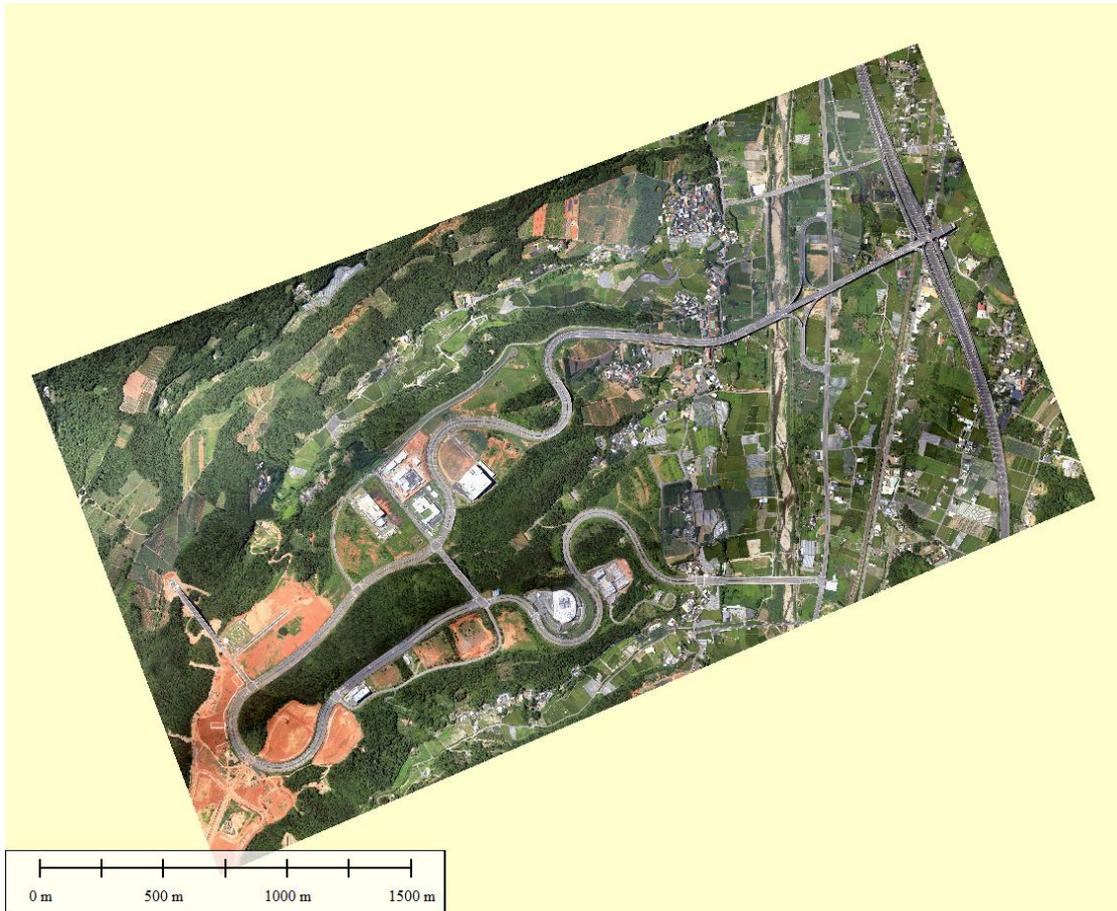


圖 3-65 苗栗縣銅鑼鄉正射鑲嵌影像成果

十、南投縣仁愛鄉（清境農場）

本區域為國土測繪中心為接受機關委託需求辦理 UAS 航拍作業，測製正射影像成果，提供該單位參考運用。航拍區相關任務執行與影像處理作業說明如下：

（一）航拍任務執行

南投縣仁愛鄉航拍區規劃概況如表 3-23，拍攝範圍如圖 3-66，該區為委託拍攝區域。

表 3-23 南投縣仁愛鄉任務執行概況

項目	說明
一、航拍區域	南投縣仁愛鄉
二、日期時間	103/07/14 05:00~09:00 103/07/15 05:00~09:00
三、UAS 載具	定翼型(國土測繪 1 號)
四、航線規劃	航線總航程約 336 公里
五、天氣狀況	晴
六、風向/風級	北風/二級
七、航拍高度/雲層高度	3000 公尺/4100 公尺
八、地面解析度	19 公分

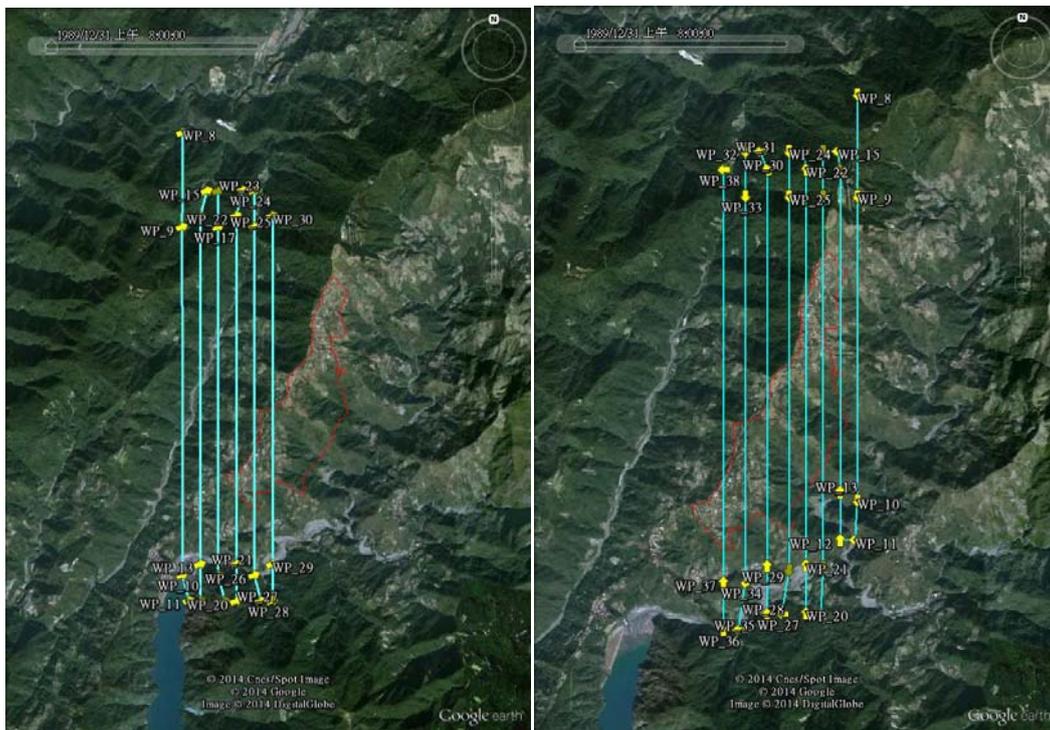


圖 3-66 南投縣仁愛鄉飛行航線規劃

任務執行於 103 年 7 月 14 日，當日清晨 05:00 到達台中市東勢區河濱公園預定起降點，任務整備完成後待命起飛，與高雄近場台協調空域等候起飛（預估飛行時間 120 分鐘），協調完成後任務於 05:52 起飛執行航拍，07:50 時飛機安全降落，與近場台告知任務結束並於現場讀取飛行照片確認無誤後，於 09:00 完成所有飛行設備整裝後，結束當天任務。7 月 15 日執行時間與前日相同。



圖 3-67 目標區當地天候

（二）影像處理作業

南投縣仁愛鄉航拍區範圍約 1200 公頃，地表高程起伏約 1100~2200 公尺。該次航拍時使用焦距 50mm 的 Canon EOS 5DII 數位相機。航高設定約 1400 公尺，航拍影像成果前後重疊率約 80%，左右重疊率約 40%，此區資料共使用 10 條航帶，如圖 3-68，地面解析力 GSD 約 19 公分。

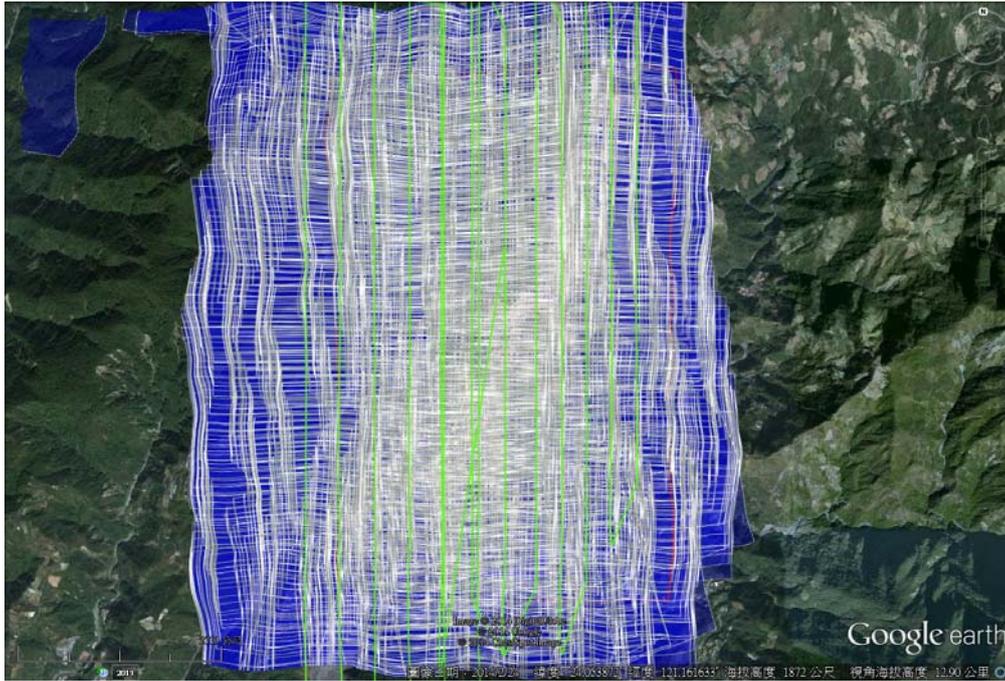


圖 3-68 南投縣仁愛鄉 UAS 影像分布圖

UAS 相片利用空三測量進行空間解算，係根據後測控制點，再於室內新建相片間的匹配點位資訊，解算以求得點位之空間位置。控制點位置分布如圖 3-69，空中三角測量成果精度及網形如下表 3-24，圖 3-70：

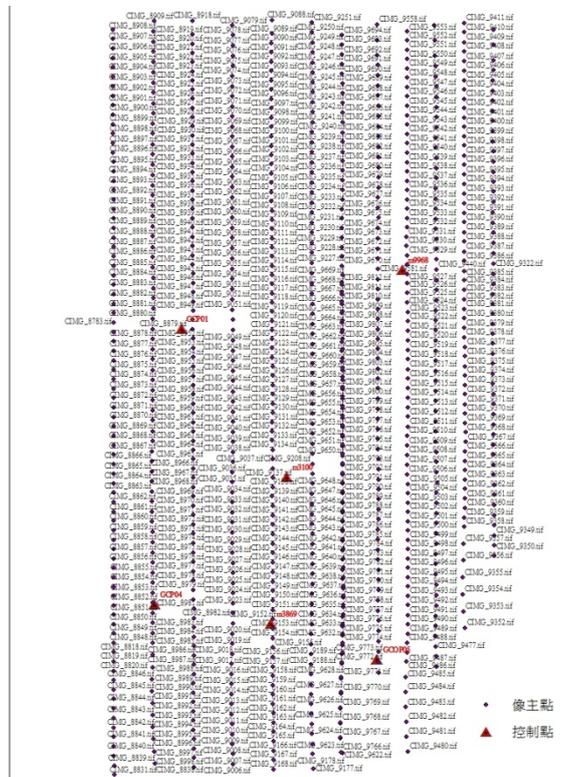


圖 3-69 南投縣仁愛鄉控制點分布圖

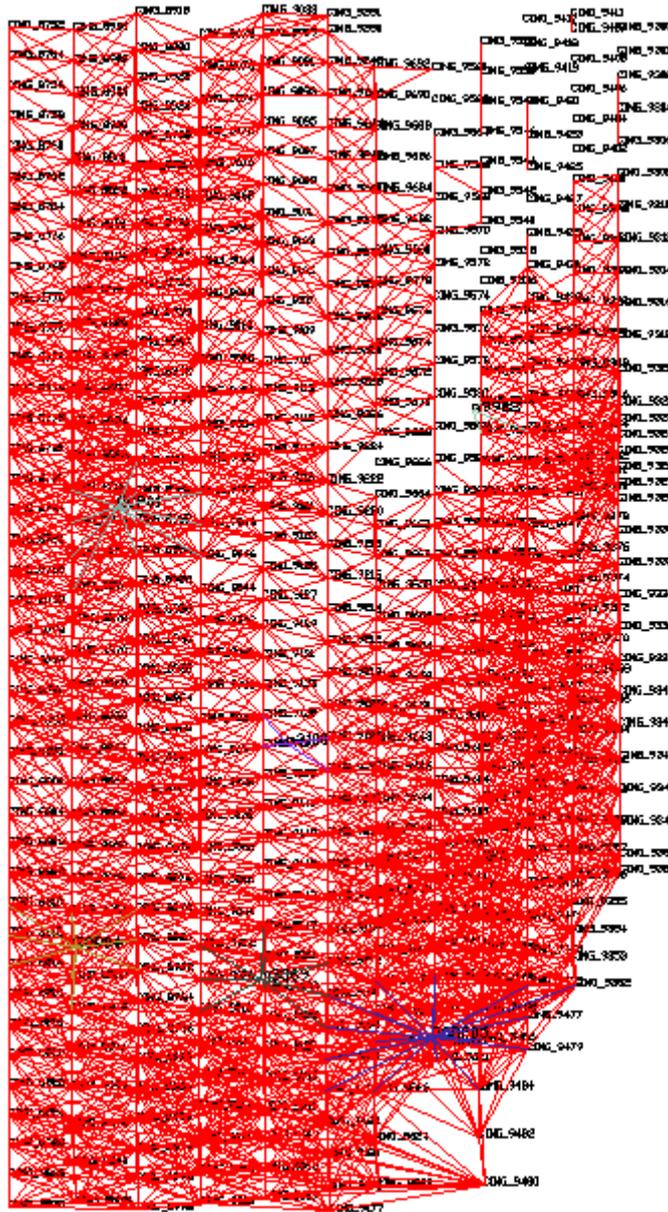


圖 3-70 南投縣仁愛鄉空三網型圖

表 3-24 南投縣仁愛鄉空三計算精度表

作業區	類型	計算成果成果	規範
南投縣仁愛鄉	自由網平差	7.2 μm	$\leq 10 \mu\text{m}$
	強制附和合平差	7.9 μm	$\leq 12 \mu\text{m}$

正射影像產製解析度為 25 公分，首先製作單張正射，再拼接為全區正射影像。經幾何正射糾正鑲嵌的影像成果圖示意如圖 3-71。



圖 3-71 南投縣仁愛鄉正射鑲嵌影像成果

(三) 作業遭遇困難與解決方案

本區域位於山區地勢較高，為避免受到雲霧影響，飛行任務搶在雲霧增加前於清晨進行，因時間較早，陽光不夠充足，本區域影像普遍存在亮度不足的狀況，尤其在背陽面的部分顏色偏暗，導致背陽面地區連結點的匹配困難。

另外，在本區域樹林佔全區域範圍一半以上，影像缺乏特徵點，導致影像匹配功能效果不顯著，故產生大量錯誤匹配，因此本團隊透過人工量取共軛點，增加影像連結點，但因樹林無顯著特徵、地物單調且重複，量測難度相當高而耗時耗力，僅能以樹冠約略的形狀進行共軛點量測，共軛點正確性的可靠度較低。本區域存在光線不足及連結點不足的情形，並受到山區地勢起伏影響共軛點判釋，空三平差作業連結強度不甚理想，導致空三平差作業精度相對較差。

十一、臺南市麻豆區

本區域為國土測繪中心為接受機關委託需求辦理 UAS 航拍作業，測製正射影像成果，提供該單位參考運用。航拍區相關任務執行與影像處理作業說明如下：

(一) 航拍任務執行

臺南市麻豆區航拍區規劃概況如表 3-25，拍攝範圍如圖 3-72，該區為機關委託拍攝區域。

表 3-25 臺南市麻豆區任務執行概況

項目	說明
一、航拍區域	臺南市麻豆區
二、日期時間	103/05/26 14:00~15:30
三、UAS 載具	定翼型
四、航線規劃	航線總航程約 97 公里
五、天氣狀況	多雲時晴(氣溫 35°C，降雨機率 0%)
六、風向/風級	偏南風/三級
七、航拍高度/雲層高度	750 公尺/1000 公尺
八、地面解析度	23 公分



圖 3-72 臺南市麻豆區飛行航線規劃

任務作業於 103 年 5 月 8 日當日 14:00 時於台南七股鹽田飛行場馬路旁現場待命起飛，於 14:10 時與高雄近場台協調空域完成，執行路面車輛管制後 UAS 飛機起飛執行航拍任務，飛行 55' 38" 後安全降落。與近場台告知本日飛行任務結束，並讀取拍攝照片確認無誤後，於 15:30 結束本日任務。



圖 3-73 起降場地情形，天候多雲

(二) 影像處理作業

臺南市麻豆區航拍區範圍約 384 公頃，地表高程起伏約 0-10 公尺。該次航拍時使用 Canon EOS 5DII 數位相機搭配焦距約 20mm 的鏡頭。航高設定約 750 公尺，航拍影像成果前後重疊率約 80%，左右重疊率約 47%，此區資料共使用 4 條航帶，如圖 3-74，地面解析力 GSD 約 23 公分。

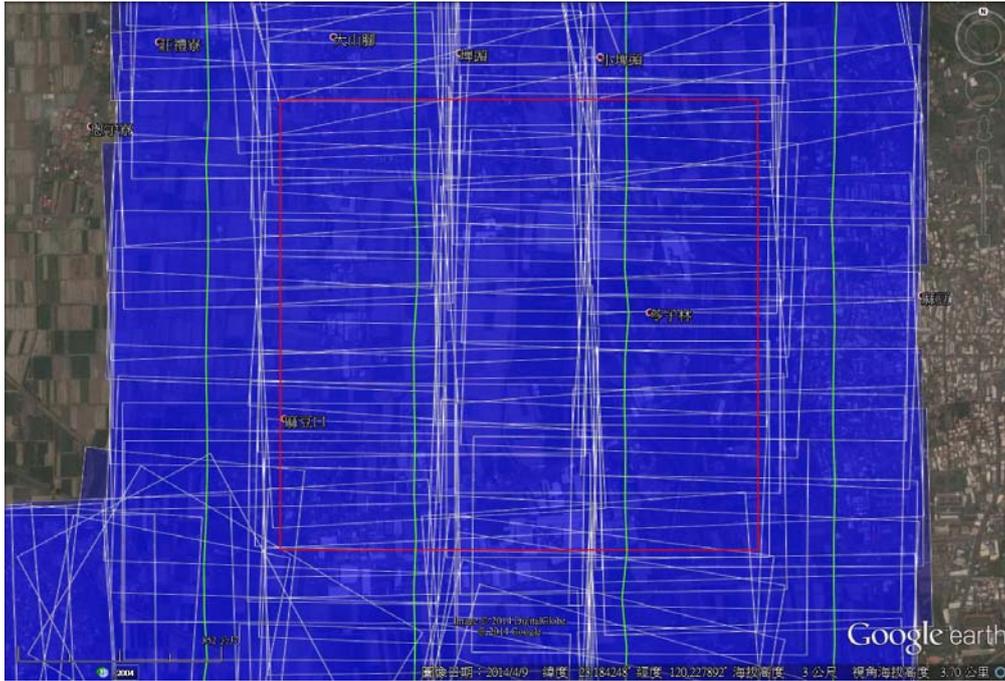


圖 3-74 臺南市麻豆區 UAS 影像分布圖

UAS 相片利用空三測量進行空間解算，係根據後測控制點，再於室內新建相片間的匹配點位資訊，解算以求得點位之空間位置。控制點位置分布如圖 3-75，空中三角測量成果精度及網形如下表 3-26，圖 3-76：



圖 3-75 臺南市麻豆區控制點分布圖

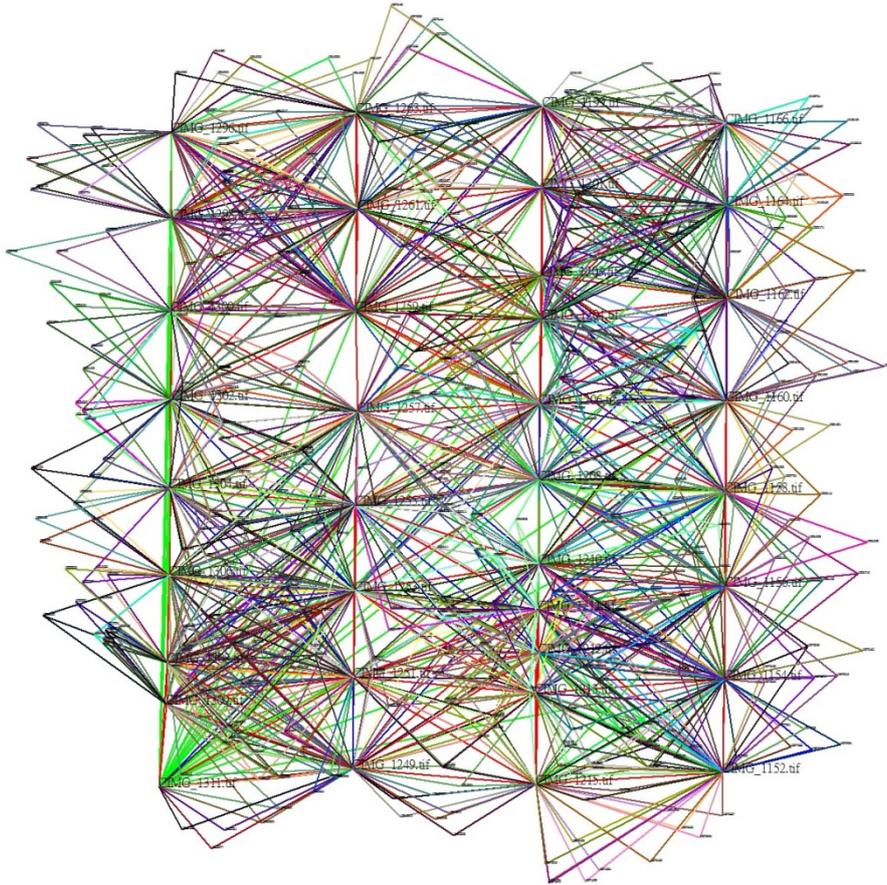


圖 3-76 臺南市麻豆區空三網型圖

表 3-26 臺南市麻豆區空三計算精度表

作業區	類型	計算成果成果	規範
臺南市麻豆區	自由網平差	2.4 μ m	$\leq 10 \mu$ m
	強制附合平差	2.3 μ m	$\leq 12 \mu$ m

正射影像產製解析度為 25 公分，首先製作單張正射，再拼接為全區正射影像，如圖 3-77。



圖 3-77 臺南市麻豆區正射鑲嵌影像成果

十二、臺南市永康區

本區域為國土測繪中心為接受機關委託需求辦理 UAS 航拍作業，測製正射影像成果，提供該單位參考運用。航拍區相關任務執行與影像處理作業說明如下：

(一) 航拍任務執行

臺南市永康區航拍區規劃概況如表 3-27，拍攝範圍如圖 3-78，該區為機關委託拍攝區域。

表 3-27 臺南市永康區任務執行概況

項目	說明
一、航拍區域	臺南市永康區
二、日期時間	103/04/30 11:00~15:00
三、UAS 載具	多旋翼型 UAS
四、航線規劃	航帶數:8，單一航線長度:1000 公尺
五、天氣狀況	多雲時陰午後雷陣雨 (氣溫 33°C，降雨機率 30%)
六、風向/風級	西南風/三級
七、航拍高度/雲層高度	200 公尺/500 公尺
八、地面解析度	5 公分



圖 3-78 臺南市永康區飛行航線規劃

任務作業於 103 年 4 月 30 日當日 11:00 時於永康區馬路旁現場待命起飛，確認周遭環境交通無礙後，多旋翼型 UAS 起飛執行航拍任務，多旋翼型 UAS 飛行總架次為 8 架次，每次飛行時間約為 7-8 分鐘，飛機任務執行完畢安全降落後，通報本日飛行任務結束，並讀取拍攝照片確認無誤後，結束本日任務。



圖 3-79 起降場地於台南永康中正北路馬路旁

(二) 影像處理作業

臺南市永康區航拍區範圍約 71 公頃，地表高程起伏約 0~15 公尺。該次航拍時使用 Canon EOS 5DII 數位相機搭配焦距約 20mm 的鏡頭。航高設定約 200 公尺，航拍影像成果前後重疊率約 80%，左右重疊率約 63%，此區資料共使用 8 條航帶，如圖 3-80，地面解析力 GSD 約 5 公分。

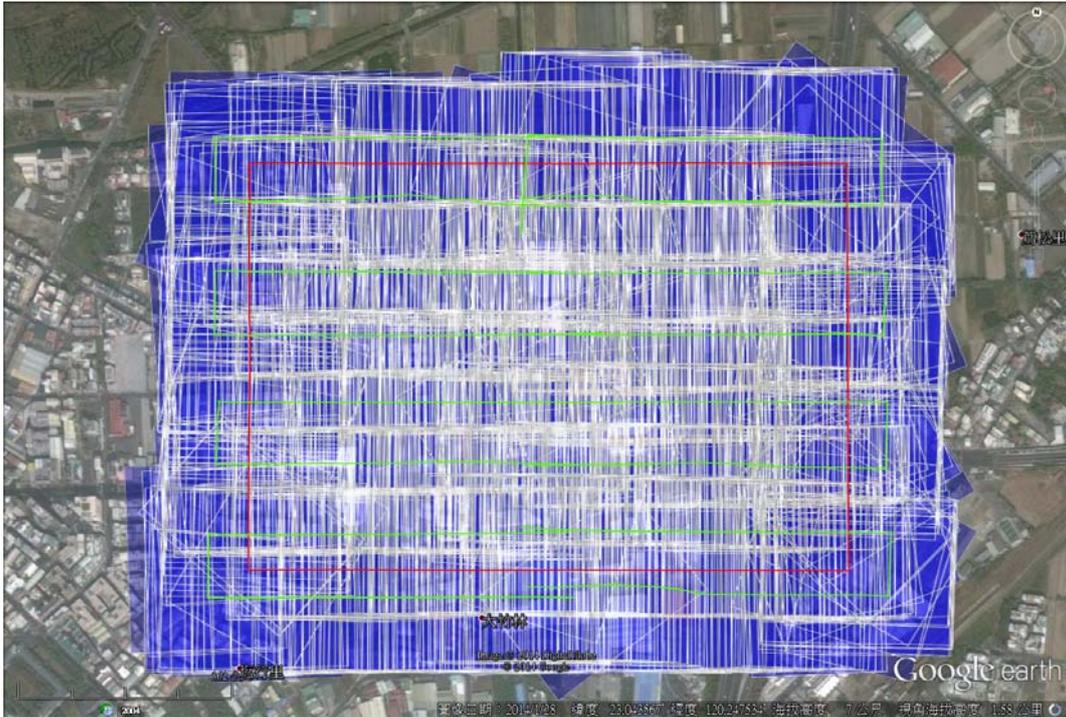


圖 3-80 臺南市永康區 UAS 影像分布圖

UAS 相片利用空三測量進行空間解算，係根據後測控制點，再於室內新建相片間的匹配點位資訊，解算以求得點位之空間位置。控制點位置分布如圖 3-81，空中三角測量成果精度及網形如下表 3-28，圖 3-82：

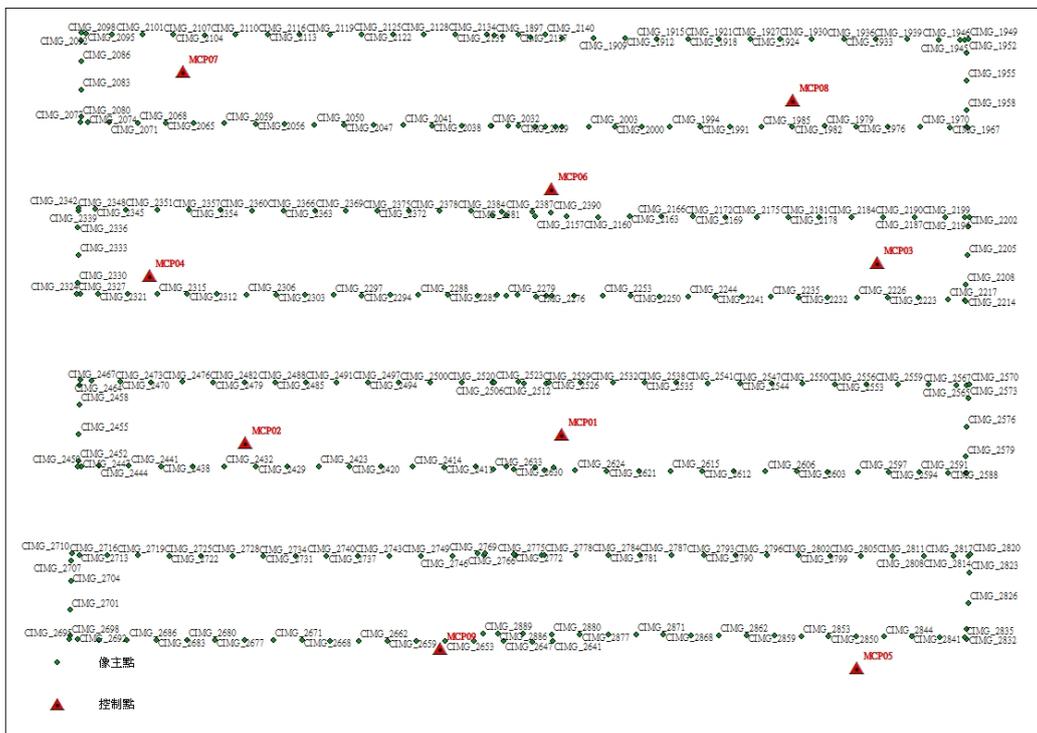


圖 3-81 臺南市永康區控制點分布圖

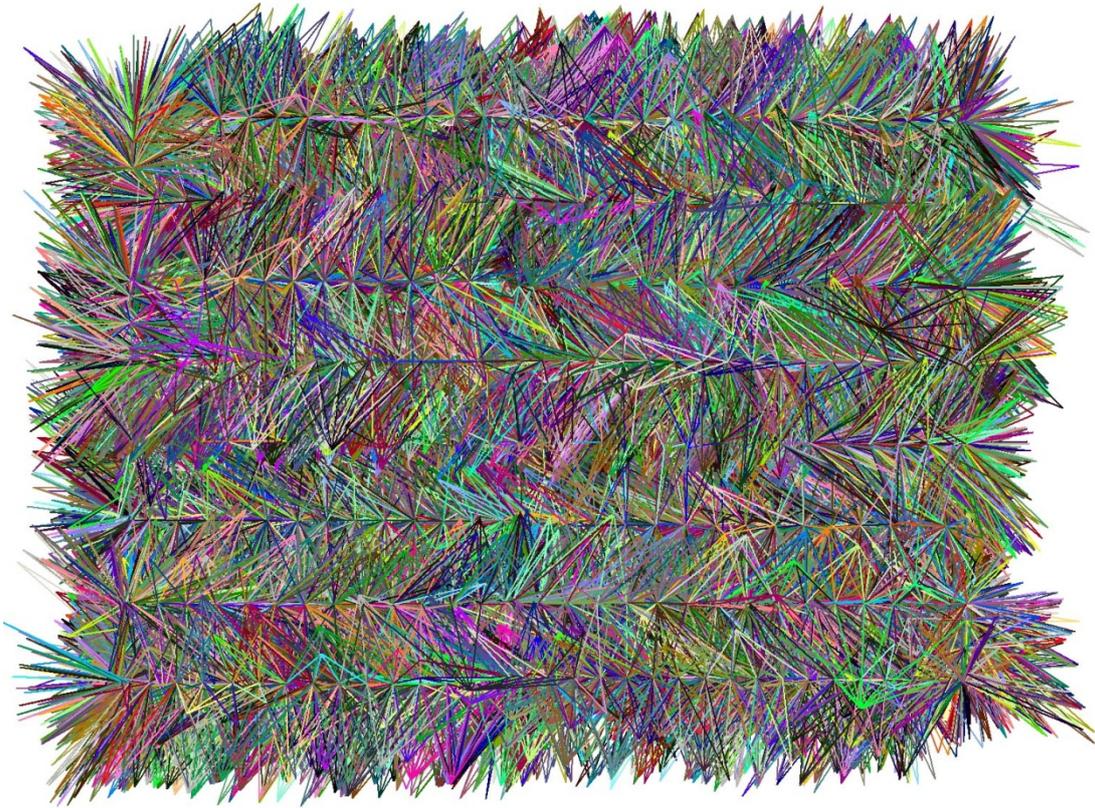


圖 3-82 臺南市永康區空三網型圖

表 3-28 臺南市永康區空三計算精度表

作業區	類型	計算成果	規範
臺南市永康區	自由網平差	3.2 μm	$\leq 10 \mu\text{m}$
	強制附合平差	3.3 μm	$\leq 12 \mu\text{m}$

正射影像產製解析度為 25 公分，首先製作單張正射，再拼接為全區正射影像，如圖 3-83。



圖 3-83 臺南市永康區正射鑲嵌影像成果

十三、花蓮縣秀林鄉

本區域為國土測繪中心為接受機關委託需求辦理 UAS 航拍作業，測製正射影像成果，提供該單位參考運用。航拍區相關任務執行與影像處理作業說明如下：

(一) 航拍任務執行

花蓮縣秀林鄉航拍區規劃概況如表 3-29，拍攝範圍如圖 3-84，該區為委託拍攝區域。

表 3-29 花蓮縣秀林鄉任務執行概況

項目	說明
一、航拍區域	花蓮縣秀林鄉
二、日期時間	103/05/08 10:00~13:00
三、UAS 載具	定翼型(國土測繪 1 號)
四、航線規劃	航線總航程約 113 公里
五、天氣狀況	晴，山區部分有雲
六、風向/風級	東風/四級
七、航拍高度/雲層高度	2340 公尺/2100 公尺
八、地面解析度	24 公分

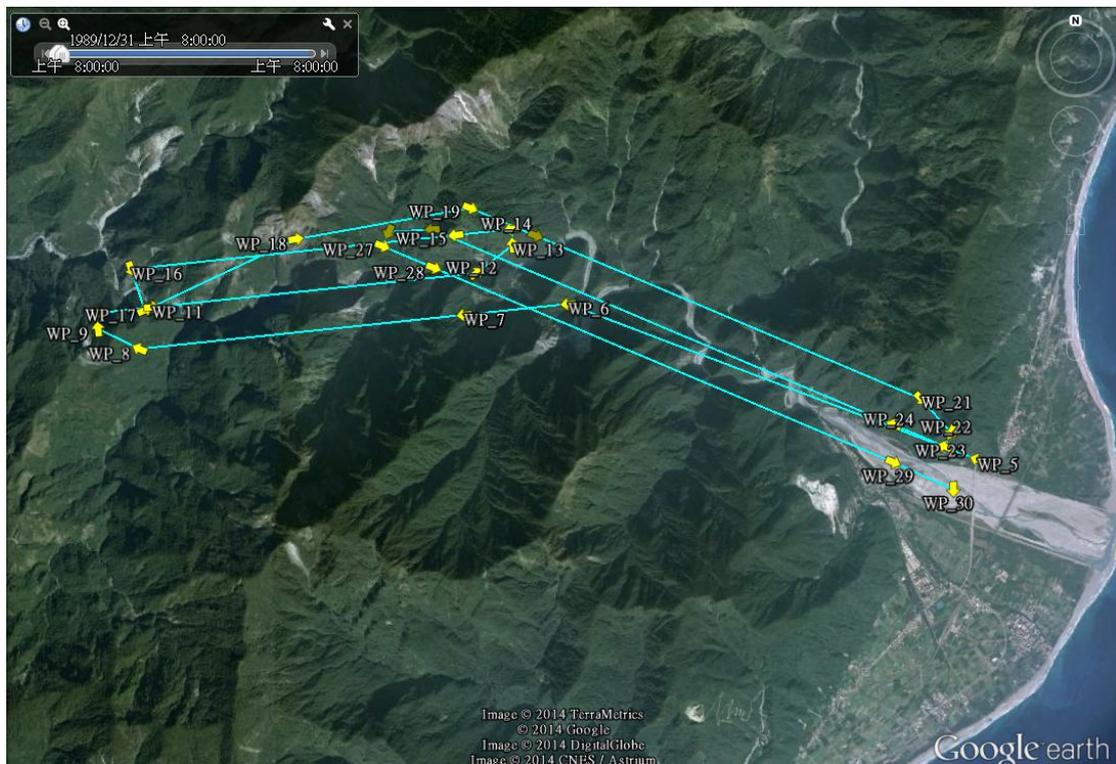


圖 3-84 花蓮縣秀林鄉飛行航線規劃

由於花蓮空軍基地於 07:00 開始進行訓練飛行，因此作業時間須於 06:50 前完成降落。任務執行於 103 年 8 月 14 日，當日清晨 04:30 到達花蓮縣吉安鄉華工三路旁停車場起降點，任務整備完成後待命起飛，與台北近場台協調空域等候起飛（預估飛行時間 72 分鐘），協調完成後任務於 05:26 起飛執行航拍，06:40 時飛機安全降落，與近場台告知任務結束並於現場讀取飛行照片確認無誤後，於 08:00 完成所有飛行設備整裝後，結束當天任務。



圖 3-85 任務起降狀況，目標區天候多雲

（二）影像處理作業

花蓮縣秀林鄉航拍區航拍區範圍約 1254 公頃，地表高程起伏約 500~1800 公尺。該次航拍時使用 Canon EOS 5DII 數位相機搭配焦距約 50mm 的鏡頭。航高設定約 2340 公尺，航拍影像成果前後重疊率約 80%，左右重疊率約 35%，此區資料共使用 3 條航帶，如圖 3-86，地面解析力 GSD 約 24 公分。

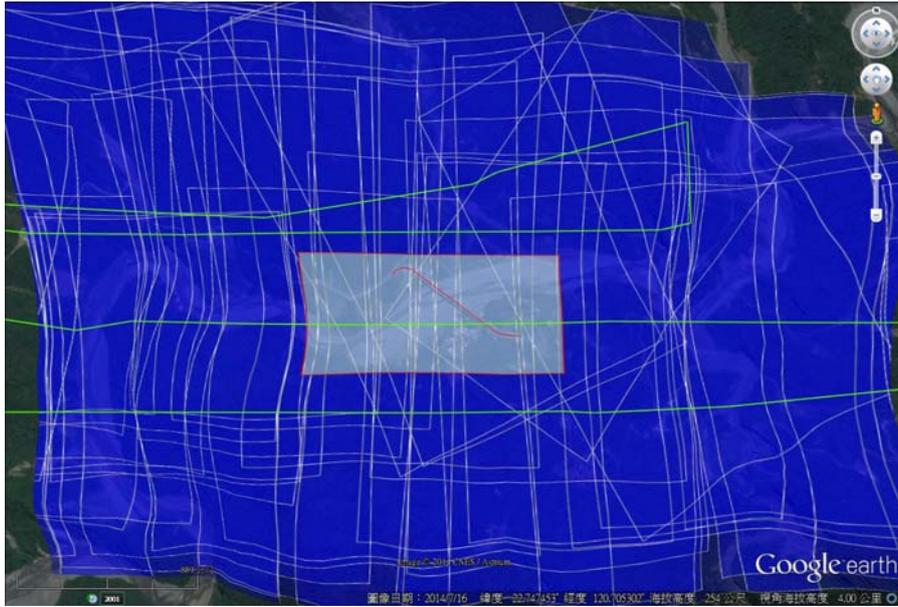


圖 3-86 花蓮縣秀林鄉 UAS 影像分布圖

UAS 相片利用空三測量進行空間解算，係根據後測控制點，再於室內新建相片間的匹配點位資訊，解算以求得點位之空間位置。控制點位置分布如圖 3-87，空中三角測量成果精度及網形如下表 3-30，圖 3-83：

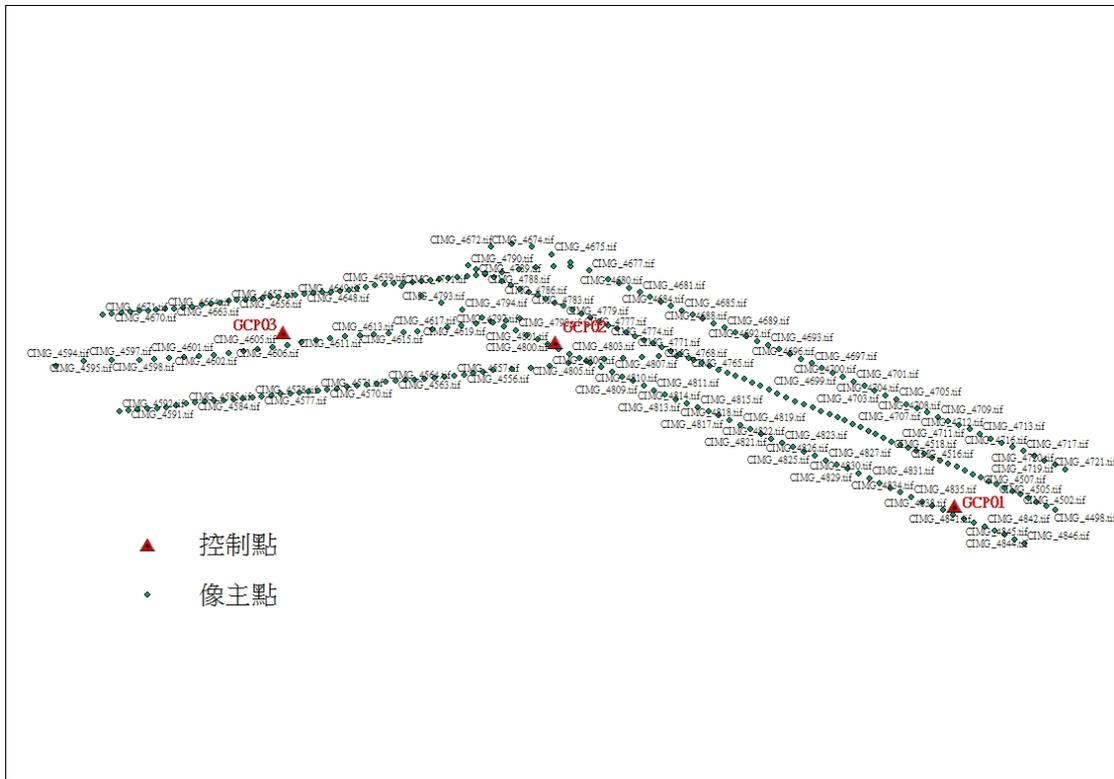


圖 3-87 花蓮縣秀林鄉控制點分布圖

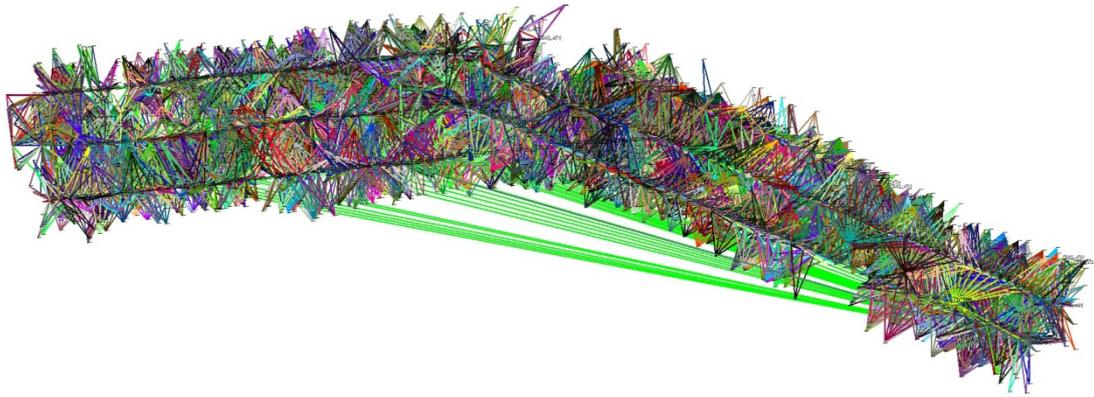


圖 3-88 花蓮縣秀林鄉空三網型圖

表 3-30 花蓮縣秀林鄉空三計算精度表

作業區	類型	計算成果成果	規範
花蓮縣秀林鄉	自由網平差	2.2 μ m	$\leq 10 \mu$ m
	強制附和合平差	2.1 μ m	$\leq 12 \mu$ m

正射影像產製解析度為 25 公分，首先製作單張正射，再拼接為全區正射影像，如圖 3-84。

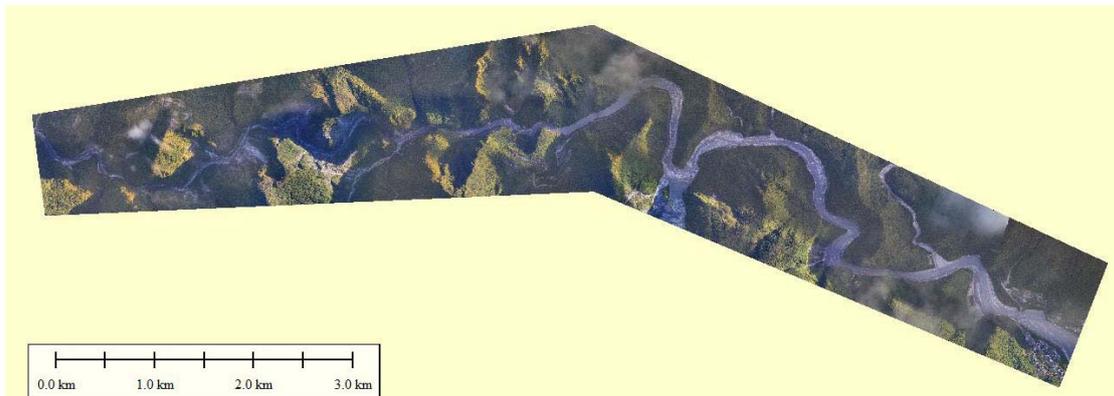


圖 3-89 花蓮縣秀林鄉正射鑲嵌影像成果

(三) 作業遭遇困難與解決方案

本區域位於山區，作業環境與本年度南投縣仁愛鄉相似，存在光線不足、特徵點不足及地勢起伏大導致影像特徵點判釋困難，需透過人工量取共軛點加強本區域連結點強度。此外本區域受到部分雲霧影響以及拍攝時間過早，光線變化較大，存在影像光線不均勻現象，導致正射影像顏色明暗不均，若非空域時段之因素影響，未來將避免於日出時間進行影像拍攝，尤其是地勢起伏較大區域。

十四、嘉義縣東石鄉

本區域為國土測繪中心為接受機關委託需求辦理 UAS 航拍作業，測製正射影像成果，提供該單位參考運用。航拍區相關任務執行與影像處理作業說明如下：

(一) 航拍任務執行

嘉義縣東石鄉航拍區規劃概況如表 3-31，拍攝範圍如圖 3-90，該區為委託拍攝區域。

表 3-31 嘉義縣東石鄉任務執行概況

項目	說明
一、航拍區域	嘉義縣東石鄉
二、日期時間	103/07/09 12:00~15:30
三、UAS 載具	定翼型
四、航線規劃	航線總航程約 214 公里
五、天氣狀況	晴天(氣溫 34°C，降雨機率 0%)
六、風向/風級	偏南風/三級
七、航拍高度/雲層高度	750 公尺/3000 公尺
八、地面解析度	23 公分

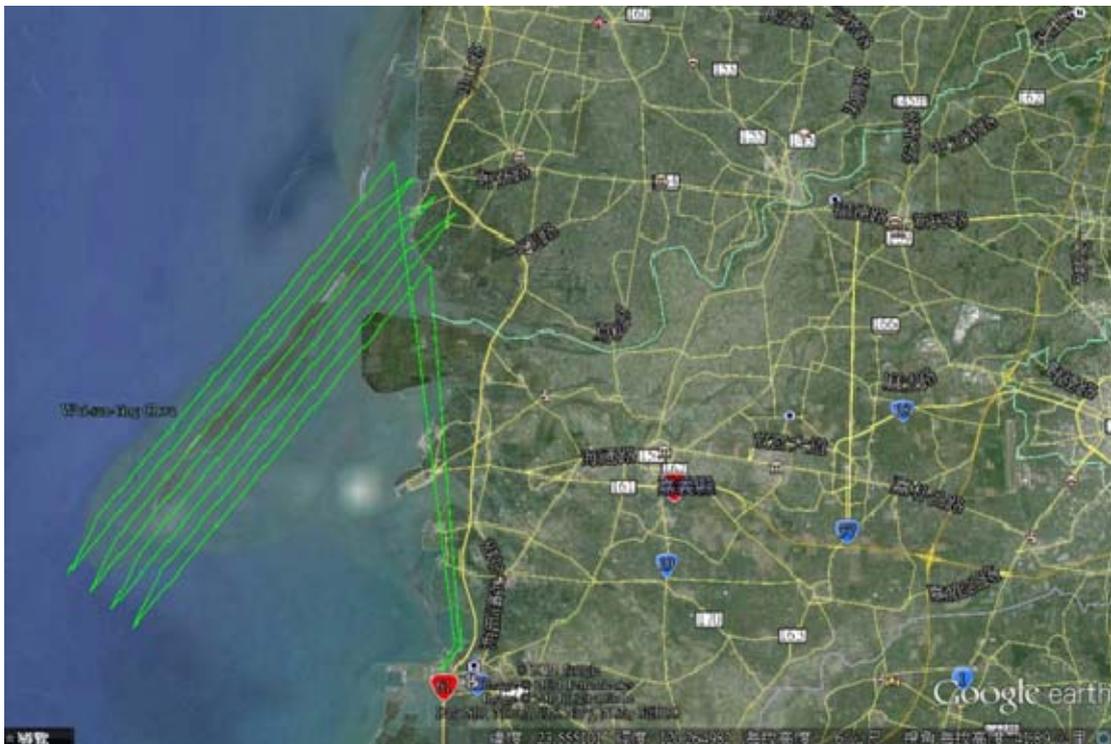


圖 3-90 嘉義縣東石鄉飛行航線規劃

任務作業於 103 年 7 月 9 日當日 12:00 於嘉義布袋漁港馬路旁現場待命起飛，於 12:30 與高雄近場台協調空域後，執行路面車輛管制後 UAS 飛機起飛，飛機於上空盤旋 10 分鐘正常後放飛進入自動導航執行航拍任務，任務於飛行時間 122' 29" 後安全降落。與高雄近場台報告後，讀取拍攝照片並確認拍攝成果無誤，於 15:30 結束本日任務。



圖 3-91 起降場地情況，天候晴朗

(二) 影像處理作業

嘉義縣東石鄉航拍區航拍區範圍約 320 公頃，地表高程起伏約為 0 公尺。該次航拍時使用 Canon EOS 5DII 數位相機搭配焦距約 20mm 的鏡頭。航高設定約 1400 公尺，航拍影像成果前後重疊率約 80%，左右重疊率約 50%，此區資料共使用 4 條航帶，如圖 3-92，地面解析力 GSD 約 23 公分。



圖 3-92 嘉義縣東石鄉 UAS 影像分布圖

UAS 相片係採用了多種利用電腦視覺處理影像匹配的軟體獲取影像連結點，配合後測控制點進行正射影像製作，再於室內新建相片間的匹配點位資訊，解算以求得點位之空間位置。控制點位置分布如圖 3-93。



圖 3-93 嘉義縣東石鄉控制點分布圖

正射影像產製解析度為 25 公分，首先製作單張正射，再拼接為全區正射影像，如圖 3-90。



圖 3-94 嘉義縣東石鄉正射鑲嵌影像成果

(三) 作業遭遇困難與解決方案

本區域為嘉義東石外海之外傘頂洲，其範圍皆落於海上，為獨立無控制點之作業區。外傘頂洲本體為沙洲，與海平面高度相近，缺乏明顯特徵點，亦缺乏固定特徵物，沙洲上可偵測的特徵點多為水面反光，隨海面的高低而有不同，不可做為共軛點使用。外傘頂洲外圍存在大量蚵架，雖然屬於明顯特徵，但蚵架隨海浪漂移，其位置及角度隨時變化，無法成為空三平差連結點所用。

故本區域透過人工點選高於海平面之無變化沙丘，並結合各種利用電腦視覺處理影像匹配的軟體獲取影像連結點，配合後測控制點進行正射影像製作。未來建議此類航拍區可嘗試拍攝前於外傘頂洲布設臨時控制點，並透過中大像幅像機增加影像涵蓋範圍，擴大航拍範圍至台灣本島海岸周圍，較能提供外傘頂洲影像控制作用。

十五、南投縣南投市（國 3 南投交流道）

本區域為國土測繪中心為接受機關委託需求辦理 UAS 航拍作業，測製正射影像成果，提供該單位參考運用。航拍區相關任務執行與影像處理作業說明如下：

（一）航拍任務執行

南投縣南投市（國 3 南投交流道）航拍區規劃概況如表 3-32，拍攝範圍如圖 3-95，該區為委託拍攝區域。

表 3-32 南投縣南投市任務執行概況

項目	說明
一、航拍區域	南投縣南投市
二、日期時間	103/06/13 09:00~10:30
三、UAS 載具	定翼型(國土測繪 1 號)
四、航線規劃	航線總航程約 55 公里
五、天氣狀況	多雲午後雷陣雨 (氣溫 30°C，降雨機率 40%)
六、風向/風級	偏南風/四級
七、航拍高度/雲層高度	700 公尺/900 公尺
八、地面解析度	19 公分

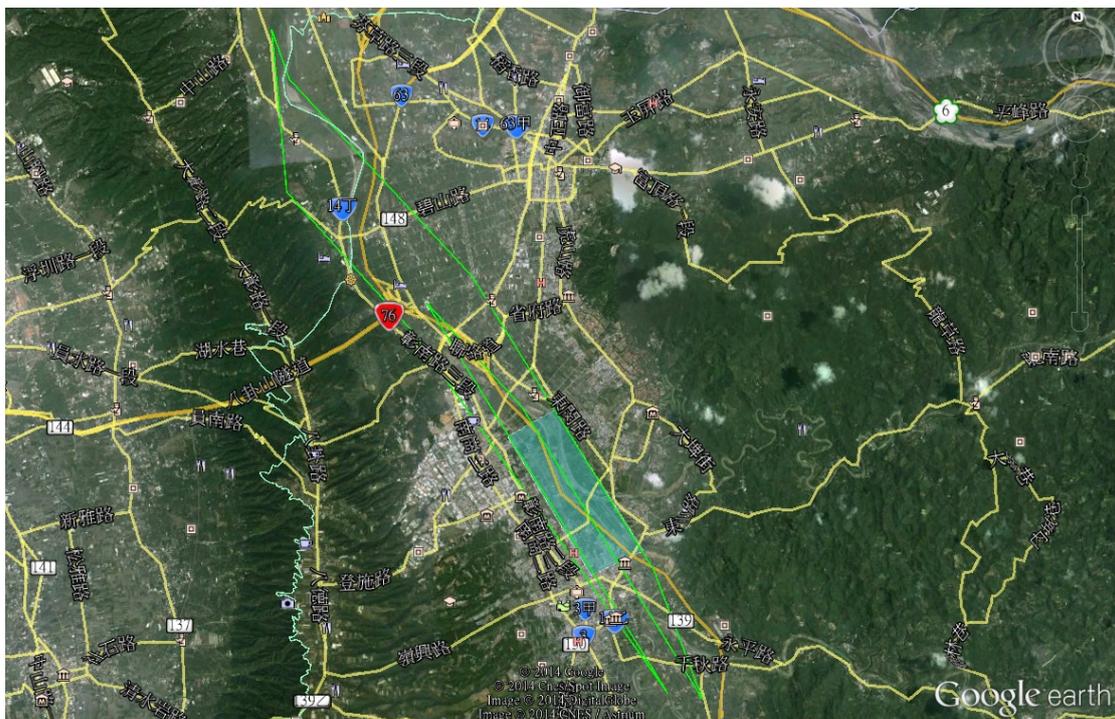


圖 3-95 南投縣南投市飛行航線規劃

任務作業於 103 年 6 月 13 日當日 09:00 於南投-台 14 丁馬路旁預定起降現場待命起飛，於 09:20 與台北近場台協調空域後，執行路面車輛管制後，UAS 飛機起飛，任務飛行時間 32' 11" 後安全降落。與近場台告知本次飛行任務結束，並讀取拍攝照片後確認無誤後，結束本次任務。



圖 3-96 南投縣南投市起降場地跑道情況

(二) 影像處理作業

南投縣南投市航拍區範圍約 320 公頃，地表高程起伏約 80~90 公尺。該次航拍時使用 Canon EOS 5DII 數位相機搭配焦距約 20mm 的鏡頭。航高設定約 1400 公尺，航拍影像成果前後重疊率約 76%，左右重疊率約 30%，此區資料共使用 3 條航帶，如圖 3-97，地面解析力 GSD 約 19 公分。

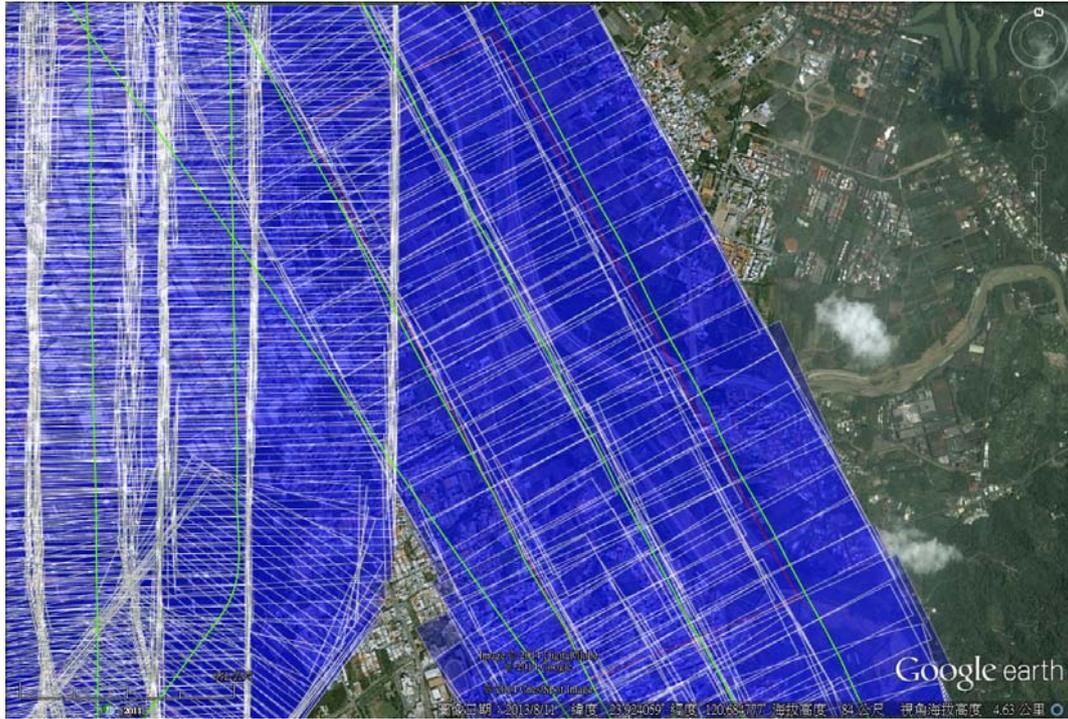


圖 3-97 南投縣南投市 UAS 影像分布圖

UAS 相片利用空三測量進行空間解算，係根據後測控制點，再於室內新建相片間的匹配點位資訊，解算以求得點位之空間位置。控制點位置分布如圖 3-98，空中三角測量成果精度及網形如下表 3-33，圖 3-99：

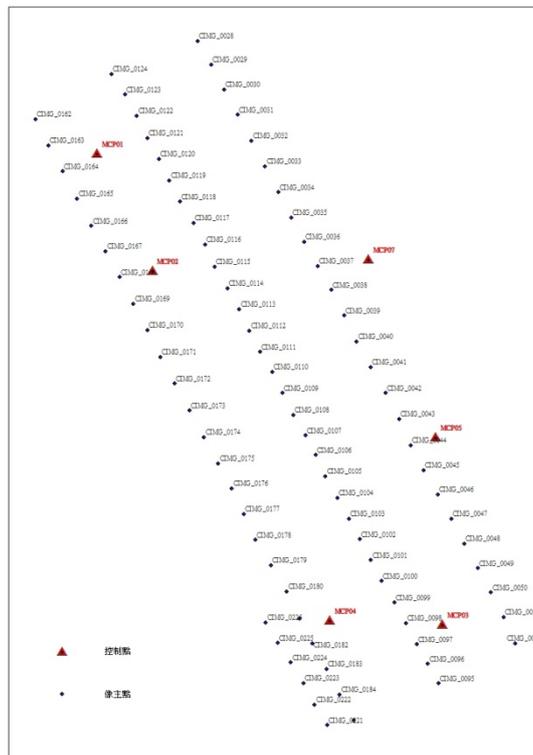


圖 3-98 南投縣南投市控制點分布圖

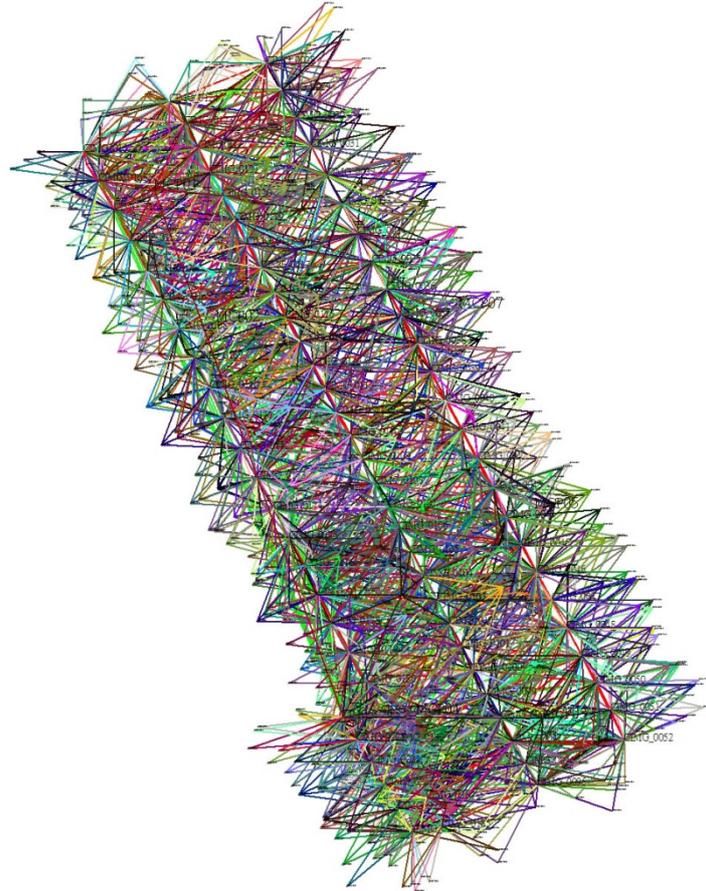


圖 3-99 南投縣南投市空三網型圖

表 3-33 南投縣南投市空三計算精度表

作業區	類型	計算成果成果	規範
南投縣南投市	自由網平差	2.4 μm	$\leq 10 \mu\text{m}$
	強制附合平差	2.3 μm	$\leq 12 \mu\text{m}$

正射影像產製解析度為 25 公分，首先製作單張正射，再拼接為全區正射影像，如圖 3-100。

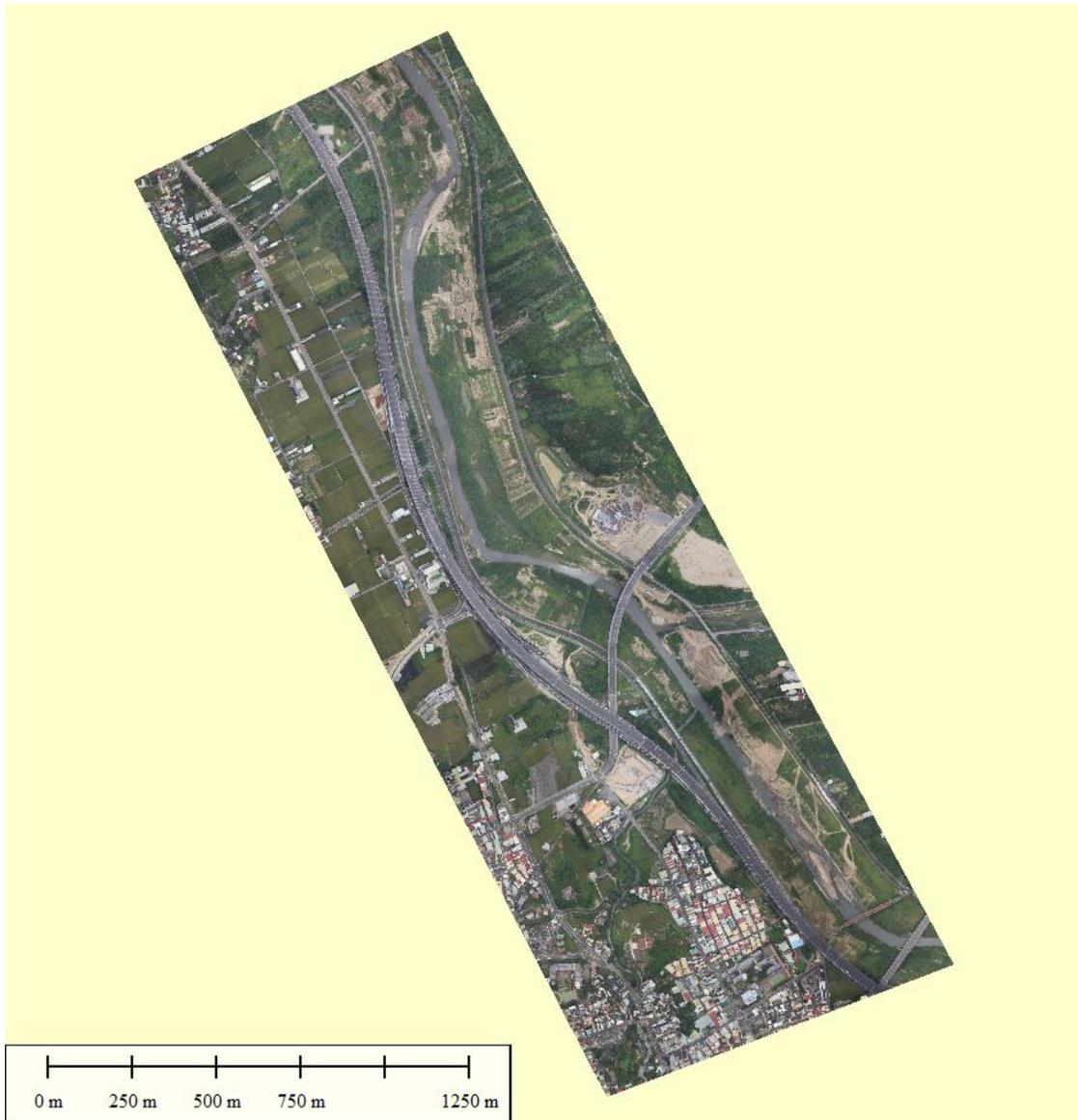


圖 3-100 南投縣南投市正射鑲嵌影像成果

項目	說明
六、風向/風級	偏南風/四級
七、航拍高度/雲層高度	700 公尺/900 公尺
八、地面解析度	19 公分

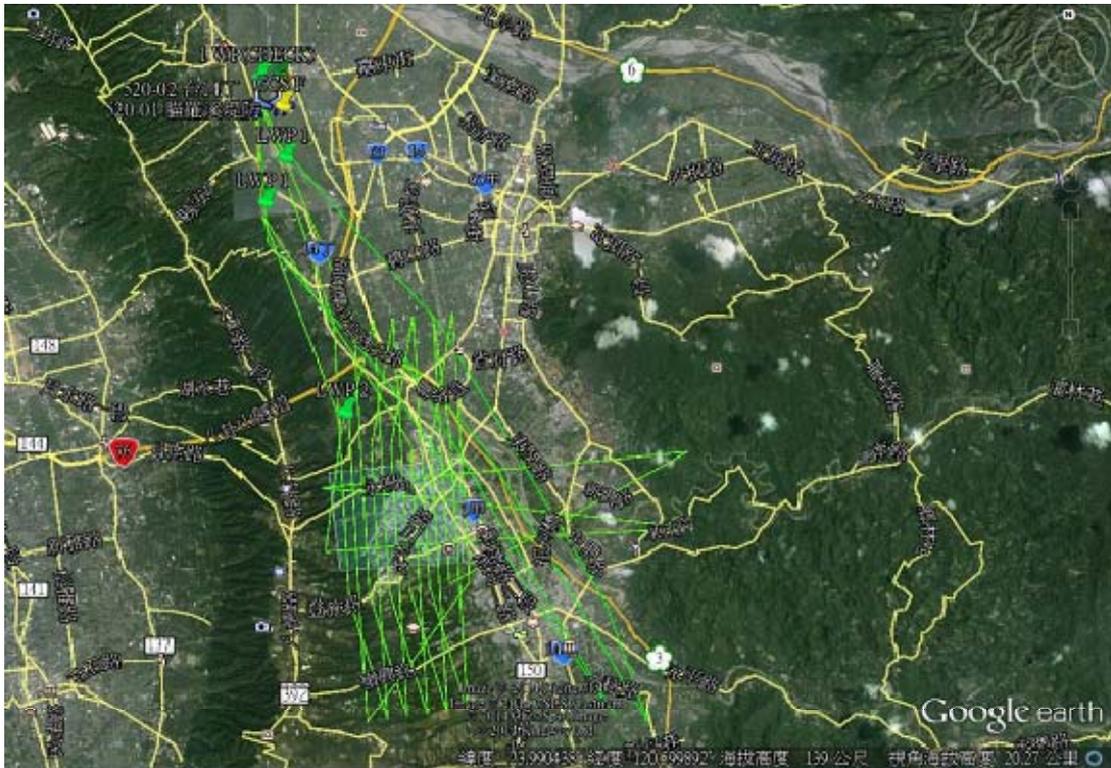


圖 3-102 南崗校正場飛行航線規劃

本次任務於 103 年 6 月 13 日 10:00 在起降點南投-台 14 丁馬路旁現場待命起飛，於 10:30 與台北近場台協調空域後，執行路面車輛管制以利 UAS 飛機起飛，第一架次任務飛行時間 107' 54" 後安全降落。讀取第一架次拍攝照片，並確認拍攝成果無誤後，與近場台重新協調空域，於 12:40 再度起飛，第二架次任務飛行時間 51' 35" 後安全降落，與近場台告知本日飛行任務結束並讀取第二架次拍攝照片確認無誤後，結束本日任務。



圖 3-103 任務起降場地

(二) 影像處理作業

南投市航遙測感應器校正場航拍區範圍約 560 公頃，地表高程起伏約 83~420 公尺不等。本次航拍時使用 Canon EOS 5DII 數位相機搭配焦距約 20mm 的鏡頭。航高設定 700 公尺，航拍影像成果前後重疊率約 73%，左右重疊率約 55%，此區資料共使用 12 條航帶，如圖 3-104。地面解析力 GSD 約 19 公分。

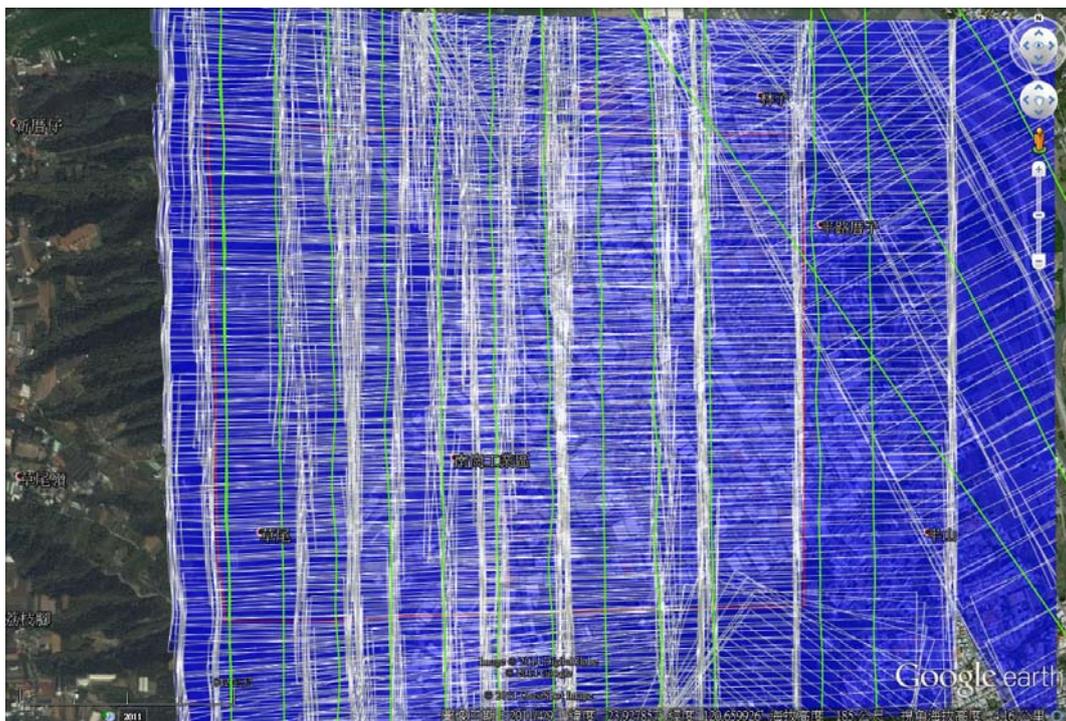


圖 3-104 南崗校正場 UAS 影像分布圖

UAS 相片利用空三測量進行空間解算，係根據後測控制點，再於室內新建相片間的匹配點位資訊，解算以求得點位之空間位置。控制點位置分布如圖 3-105，，成果空三計算精度（表 3-35），空三網形圖（圖 3-106）分列如下：

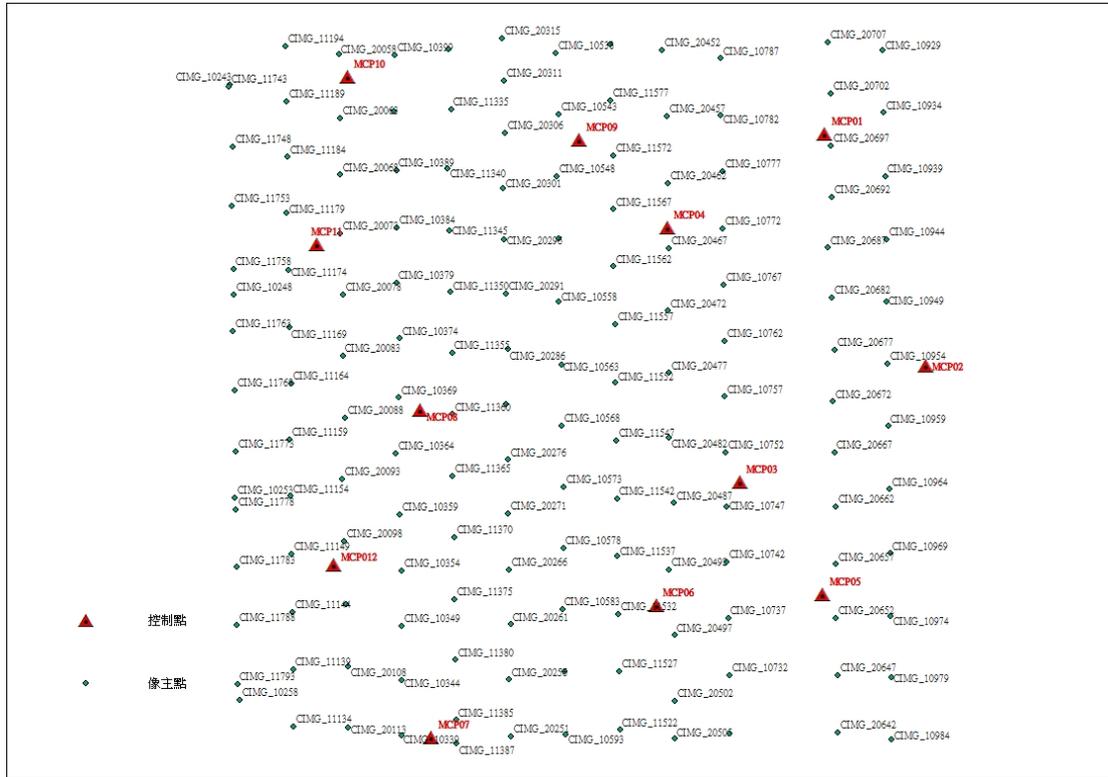


圖 3-105 南崗校正場控制點/檢核點分布圖

表 3-35 南崗校正場空三計算精度表

作業區	類型	計算成果成果	規範
南投縣南投市	自由網平差	2.9 μ m	$\leq 10 \mu$ m
	強制附合平差	3.0 μ m	$\leq 12 \mu$ m

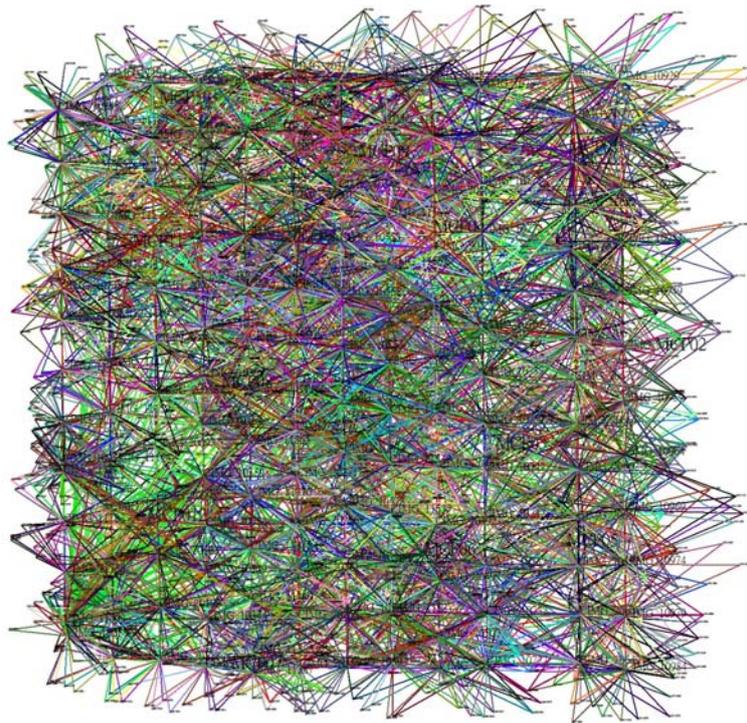


圖 3-106 南崗校正場空三網型圖

正射影像產製解析度為 25 公分，首先製作單張正射，再拼接為全區正射影像，如圖 3-108。



圖 3-107 南崗校正場正射鑲嵌影像成果

(三) 成果精度比較分析

比較經空三解算之外方位成果與 UAS 所搭載之 POS 所記錄原始外方位資料之間的差異，在 X、Y 及 Z 方向上平均偏差分別為-0.358 公尺、0.100 公尺及-19.591 公尺，而其坐標偏差中誤差在三軸方向分別為 2.132 公尺、12.839 公尺及 19.786 公尺，其中高程坐標的偏差量主要來自 GPS 受到衛星幾何影響造成 Z 方向定位精度較差。另外將空三解算外方位及 POS 記錄外方位展示如圖 3-109，在 Y 軸的部分，受到南北向飛行影響，其偏差方向隨飛行方向改變。另外 X 方向的部分，兩者間的差異無明顯系統性偏差，其偏差量相對較小。

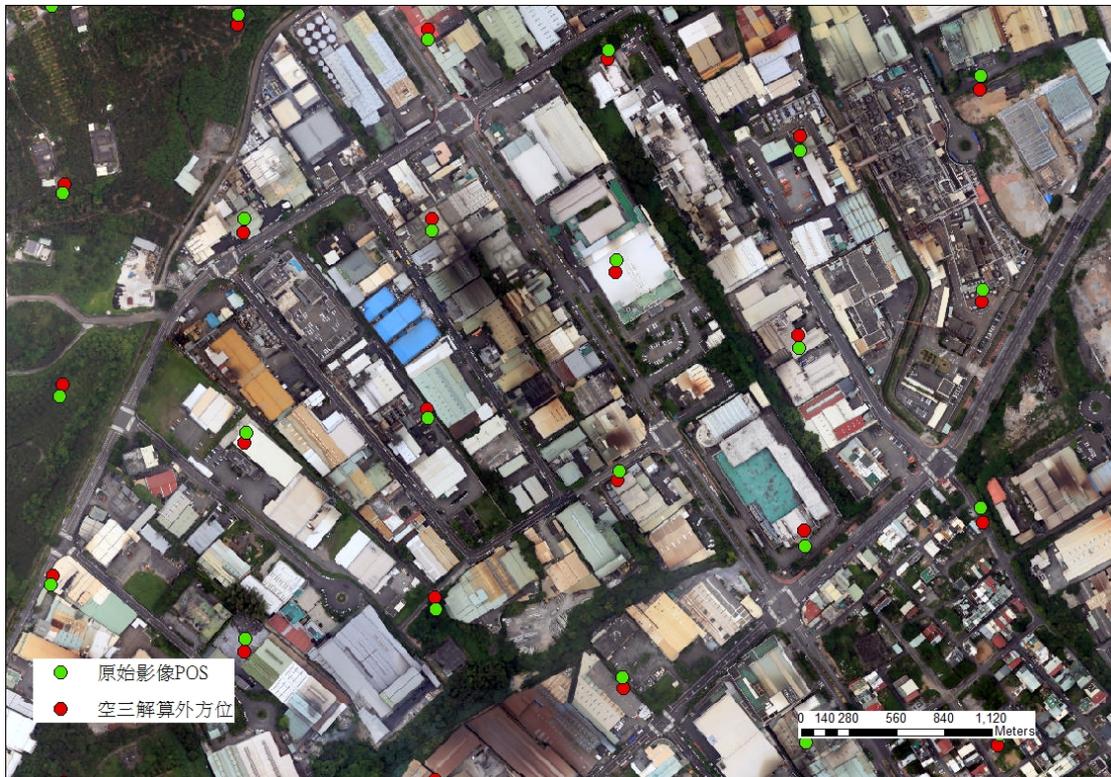


圖 3-108 南崗校正場 EO 及 POS 資料展點圖

另外採用 Pix4Dmapper 影像正射軟體，直接使用 UAS 所搭載之 POS 紀錄的初始外方位資料製作正射影像。在不使用地面控制點輔助的情況下，其地面解析度達 16.52 公分，各影像匹配點數量中數為 29313 個，正射影像製作精度達 0.104207 個像元。

利用校正場地地面檢核點檢核 Pix4Dmapper 正射影像成果，其檢核成果如表 3-37 所示，檢核點分布如圖 3-109。在三軸方向中誤差分別為 0.707 公尺、0.544 公尺及 15.781 公尺，其中 Z 軸方向，因為校正

場控制點高程為橢球高，而本專案高程採正高系統，各點偏差量皆落在-21 公尺左右，其原因應為受到大地起伏的影響。

表 3-36 南崗校正場 Pix4Dmapper 正射影像檢核成果

單位：公尺

Point Id	Given X	Given Y	Given Z	Computed X	Computed Y	Computed Z	VX	VY	VZ	V(XYZ)
A107	215583.684	2647136.049	181.606	215584.576	2647136.203	160.352509	0.892	0.154	-21.253	21.273
A144	215631.12	2647668.152	163.007	215632.436	2647668.355	142.055832	1.316	0.203	-20.951	20.993
B057	215206.028	2647482.837	192.536	215207.155	2647483.452	171.449387	1.127	0.615	-21.087	21.126
B085	214516.773	2647083.384	262.946	214517.303	2647084.819	241.435669	0.530	1.435	-21.510	21.565
B021	216081.906	2646743.839	160.873	216082.559	2646743.442	139.81929	-0.397	-21.054	21.068	B021
RMSE							0.707	0.544	15.781	15.806



圖 3-109 南崗校正場檢核點分布圖

第四節 UAS 成果展示網頁

本案配合國土測繪中心製作 UAS 成果展示專區網頁內容，網頁需具備文字敘述、UAS 介紹、航拍及影像處理流程、成果展示(動態展示如影片播放、環景影像展示等)及文件下載及等內容。影片播放與首頁選單及區域圖資更新成果前後期比較示意如圖 3-110、圖 3-111、圖 3-112。



圖 3-110 成果展示影片播放

計畫說明 | UAS介紹 | 航拍及影像處理作業流程 | 協助政府機關航拍服務流程 | 歷年航拍成果 | 文件下載 | 相關聯絡

無人飛行載具系統航拍成果資訊網

計畫說明

計畫緣起 | 100-103年中程發展計畫 | 104-107年中程發展計畫

測繪工作是國家建設的先鋒，對於政府各項施政建設有重大助益，世界各先進國家皆非常重視國土測繪作業，目前測繪科技日新月異，如全球導航衛星系統(GNSS)、精密重力測量、高解析力遙感探測等等新空測繪技術陸續發展成熟，另一方面朝向快速、大量、自動化蒐集地面資訊作業，如以測量車、無人飛行載具系統(Unmanned Aircraft System, UAS；以下簡稱UAS)等方法發展，快速獲取空測地形資料測繪，作為國土規劃管理、防救災、測繪工程、國土資訊、海洋、導航、科技研究及民生建設等領域之應用。

邇來，台灣地區自然災害頻傳，如莫拉克風災等發生時，傳統衛星測繪與載人飛機航拍因天候影響(如雲遮)與限制，無法能即時取得災區影像資料，影響災區救護行動，如何在臺灣地區特殊環境及氣候條件下，發展出一套快速獲取地面空間資訊航拍系統，以UAS搭載非量測型相機之航測系統似為解決之道，其除了具有機動快速的特性，且可以在低空低雲下作業，較一般航測影像所受天候及雲層影響程度小，可以更為迅速取得災區影像資料，使防救災體系更為完備。

本中心自97年度辦理「探測感應器測繪平台架構規劃暨應用作業案」，測試無人飛行載具搭載非量測相機執行航拍任務可行性，已成功產製正射影像及影像鑲嵌成果，所產製成果可供國土測繪資料更新參考；另於國道三號走山事件，以UAS所獲得影像，搭配地物特徵點予以控制，短時間內成功估量崩塌受災範圍及土石覆蓋量，證明UAS具有機動、快速獲取影像資料特性，可以提供高精度正射影像及相關地形資料，支援各項緊急救援作業。

爰此，配合國科會「測繪科技發展後續計畫」中程綱要計畫，規劃發展無人飛行載具系統(UAS)航拍技術作業項目，建立無人飛行載具搭載非量測型相機獲取地面影像資訊，並快速產製正射影像成果，供各界使用，並以前開成果試作國土測繪資訊之更新作業，前開工作項目於100-103年編列相關工作經費，由本中心執行，將藉此引進新測繪技術，強化測繪領域作為，成為數位化政府基礎測繪資料提供者，應用於國土利用規劃、民生建設及防救災等領域，兼顧環保與經濟發展，達到國土永續經營目標並供各界運用，輔助國家經濟發展，為利發展無人飛行載具航拍作業計畫順利推動，本中心爰訂定本執行計畫，作為執行依據。

長期目標

- 建立空間資訊平台，定期應用UAV航拍影像更新基礎圖資
- 建立UAV災害防救決策支援機制
- 建立UAV航拍影像快速處理機制，應用於國土監測及變異分析

圖 3-111 成果展示網頁首頁與選單

[計畫說明](#) | [UAS介紹](#) | [航拍及影像處理作業流程](#) | [協助政府機關航拍服務流程](#) | [歷年航](#)

[首頁](#) > [歷年航拍成果](#) > [局部圖資更新應用](#)

無人飛行載具系統航拍成果資訊網

歷年航拍成果

[潛勢災害區域應用](#) | [局部圖資更新應用](#) | [航拍測試區成果](#)

臺東縣大武鄉 區域圖資更新成果



[Show only before](#)

[Show only after](#)

圖 3-112 區域圖資更新成果前後期比較展示

第肆章 UAS 直接地理定位技術研發改進

第一節 機電整合及定位定向系統設計

本研究基於研究與開發相對低價位航拍系統，研究 UAS 搭載整合 GNSS/INS 的 POS。感應器的機電整合是利用整合高精度 INS 與 GNSS 相位接收的 POS，以利航拍解算之用，本年度所完成之機電整合項目已可於多旋翼型 UAS 中使用。圖 4-1 為本項研究所使用的直接地理定位模組於旋翼型 UAS 酬載時之分布情形。

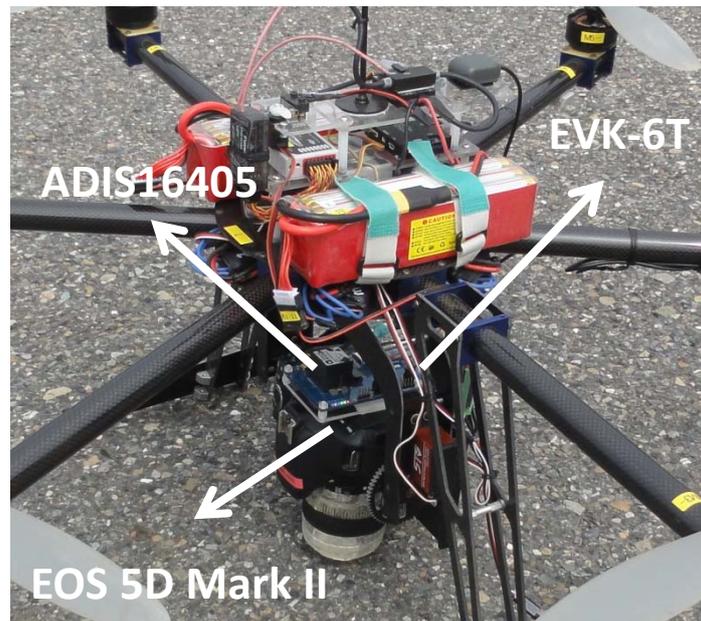


圖 4-1 直接地理定位系統模組於機艙內分布情況

■ 全球導航衛星系統(GNSS)

全球定位系統係採用與 102 年度研究案相同之單頻 GPS 模組 ublox EVK-6T，圖 4-2 所示為其規格表。

	Item	EVK-6T
	Function	L1 carrier phase measurement and pseudo range
	Communication port	USB, RS232 port
	Sample rate	10 Hertz
	Voltage	5 V
	Dimension	74 x 54 x 24 mm ³

圖 4-2 EVK-6T 規格表

■ 慣性導航系統(INS)

隨著 INS 不斷的進步，MEMS 等級的 INS 漂移量已可達到每小時小於 10 度，同時價格也愈來愈低。因此本研究研發的 POS，選用的 INS 為 ADIS16405，其相關資訊如圖 4-3 所示。

	Item	ADIS16405
	Function	Accelerometer and Gyroscope
	Communication port	Its own PIN design
	Sample rate	100 Hertz
	Dimension	23 x 23 x 23 mm ³

圖 4-3 ADIS16405 規格表

第二節 相機選定及內方位率定

圖 4-4 所示為本研究選用的相機，採用與國土測繪一號相同型號之 EOS 5D Mark II，以利本研究的相關成果後續可以直接應用於國土測繪一號所使用之相機。



圖 4-4 相機 EOS 5D Mark II

相機率定部分，本實驗室有設置一室內率定場，可達到全自動相機率定的目的。研究中設計一可旋轉的圓盤率定場，其上均勻佈置了不同高度的木柱與 Australis 編碼過之人造標(Fraser and Edmundson, 2000)，拍攝時每旋轉圓盤 30°~45°拍攝兩張相片，一張正拍，一張旋轉相機 90°以避免參數間之高相關性。經過此種拍攝程序後，其效果

如同環繞此圓盤四周以交會式拍攝的效果。圖 4-5 為拍攝程序之示意圖。

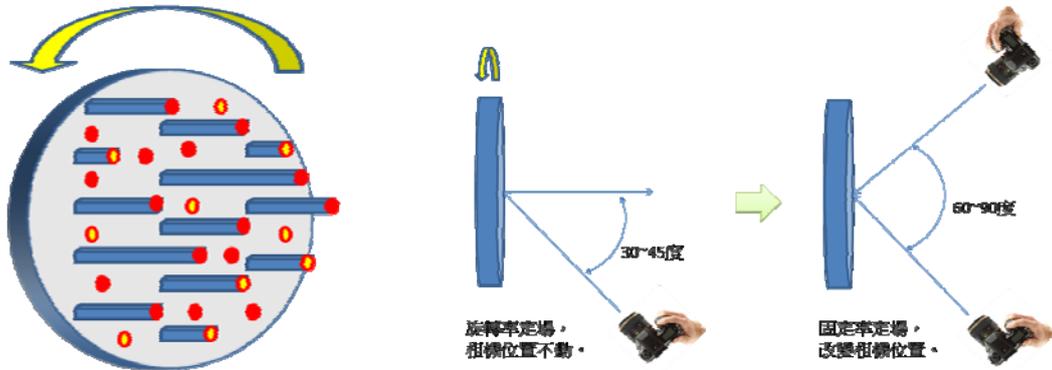


圖 4-5 單相機率定法拍攝方式示意圖

圖 4-6 則為某一率定用影像及人造標辨識成果之範例，其中較大的紅色及白色圓點乃是為了解析度較差的相機所設計，也可用以增加影像座標觀測量，但本研究並未使用。圖 4-7 則為控制場上一點被所有相機拍攝後光束交會情形。

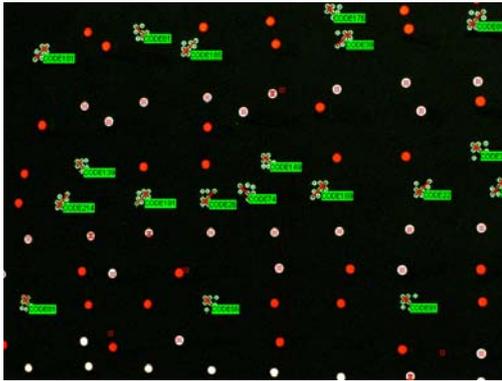


圖 4-6 率定用影像及人造標辨識成果範例

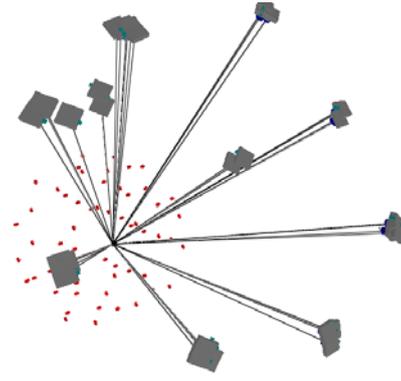


圖 4-7 單相機率定光束交會情況

由於每個標上是由八個特殊排列的白點所組成，因此軟體能透過白點之間的相對關係自動辨識出每個標的代碼，減少人工辨識的時間。除此之外，將部分的特殊標固定在長短不一柱子上，以產生三度空間的率定場，提高焦距率定之精度，而在拍攝時也考慮交會幾何強度，讓平差成果較穩定可靠且提高定位精度。相機拍攝時要考慮特殊標在影像中的位置，除了旋轉相機以外也要盡量使整個像幅佈滿標，以提供影像外圍之座標觀測量，適切的描述透鏡畸變狀況。

在 Australis 率定時，率定的有內方位元素包括焦距(c)、像主點位置座標(xp、yp)、對稱輻射透鏡畸變(K1、K2、K3)、切向透鏡畸變

(P1、P2)。率定選用的標，標上的白點直徑為 6 mm，進行附加條件方位求解後輸出的檔案有相機的內外方位參數和像座標，之後用 Auto-cal 自動辨識人造標及率定。此自動辨識的方法可減少許多人力的介入，增加工作效率。接著進行光束法區域平差，利用最小二乘法多次迭代平差計算出控制點和共軛點。某些相機之 x_p 和 y_p 與 P1 和 P2 會有高相關，所以可設定 P1 和 P2 為 0 再重新率定。

第三節 地面控制場設置及率定

本研究於臺南市北區台南公園內建置一地面控制場，每隔一百公尺左右設置控制點當作率定控制點與檢核點，如圖 4-8 所示。此控制場之選擇考量到足夠的透空度，減少 GNSS 訊號受到遮蔽或多路徑效應的影響，同時行人車輛稀少，控制點較不易被破壞。而在控制場控制點之三維坐標量測是以 GNSS 控制測量網形平差計算得到，其標準差約為 0.3 公分。



圖 4-8 台南公園地面控制場

第四節 研究成果

本章節針對 POS 測試資料進行計算，驗證直接地理定位的成果。透過影像拍攝，評估 POS 直接地理定位成果的精度分析。飛行高度設定為 200 公尺。由於多旋翼型 UAS 載重的限制，以及 UAS 受側風影響等因素，前後重疊率與側向重疊率提高設定為 80%與 60%，以確保相片能夠有足夠的重疊率。

■ 率定成果

表 4-1 所示為兩次實驗相機內方位率定成果。相機率定誤差於本階段已達需求，成果未來仍可依拍攝方式等做進一步的改善。完成前述內方位率定，將感測器裝設完成後，便可至室外控制場進行固定臂及軸角率定。

表 4-1 相機內方位參數率定成果

		Value	Accuracy
Principal distance	c (millimeter)	20.4967	0.001
Principal point offset in x-image coordinate	x_p (millimeter)	0.0467	0.000
Principal point offset in y-image coordinate	y_p (millimeter)	0.0242	0.000
3rd-order term of radial distortion correction	K1	2.43189e-04	2.2619e-07
5th-order term of radial distortion correction	K2	-4.96373e-07	1.1009e-09
7th-order term of radial distortion correction	K3	1.03515e-10	1.6940e-12
Coefficient of decentering distortion	P1	-4.4857e-06	2.796e-07
Coefficient of decentering distortion	P2	9.6876e-06	2.002e-07
No significant differential scaling present	B1	-5.7349e-05	4.868e-10
No significant non-orthogonality present	B2	-1.6704e-04	4.868e-10

圖 4-9 所示為空三解算得外方位率定成果。初步成果可知，當飛行高度為 200 公尺時，其影像參考精度為 0.48 個像元大小；影像三維定位精度約為 0.02 公尺。圖 4-10 所示為整合 GNSS/INS 的 POS 飛行軌跡。藉由兩者之間外方位資料比較，得固定臂及軸角率定成果。如表 4-2 所示為兩個系統於兩個不同航高得到的率定成果，並將時間

延遲量因素考慮進去得到新率定成果，表格內「Two-Step-Dynamic」成果即為二階段動態率定成果，其成果更接近真實情況。

Measurement Accuracy Summary			
Scale set?	Yes		
Estimated accuracy of 3D point coordinates (RMS 1-sigma level)			
X	0.0617	units, or	1:19300
Y	0.0602	units, or	1:19800
Z	0.0947	units, or	1:12600
Overall	0.0722	units, or	1:16500
Estimated accuracy of image referencing	0.48	pixels (RMS 1-sigma level)	
Quality of self-calibration (if applied)	see camera parameters dialog		

圖 4-9 空三計算求得外方位參數率定成果

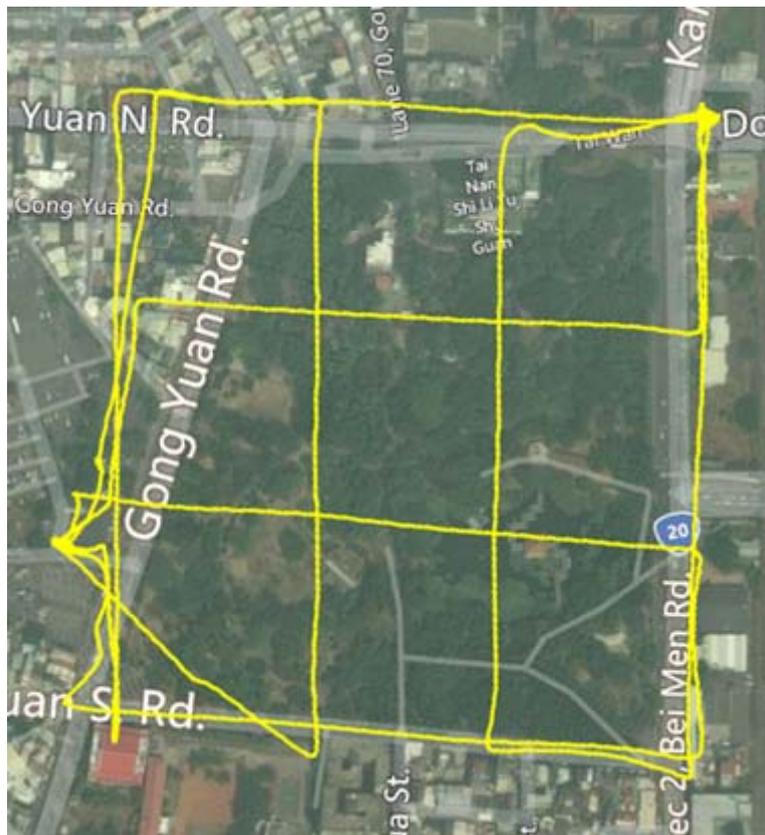


圖 4-10 POS 飛行軌跡

表 4-2 固定臂與軸角率定成果

x	-0.5577	omega	-1.2804387231
y	-0.3683	phi	4.9299610970
z	-0.1052	kappa	1.4176266113
x STD	0.1045	omega STD	4.7115064022
y STD	0.1621	phi STD	4.7129844945
z STD	0.1049	kappa STD	4.7112575662

完成率定實驗後，將進行系統直接地理定位能力評估，作為 UAS 之重要評估指標。系統直接地理定位能力測試仍於台南科學工業園區之檢定場進行。待此實驗資料彙整完畢，即使用自行研發軟體模組進行直接地理定位解算。

■ 直接地理定位成果分析

圖 4-11 為使用 Visual Studio 2008 C++ 所自行研發之直接地理定位模組，除可匯入地控點坐標、相機外方位及影像外方位資料外，程式具反投影及消除透鏡畸變誤差功能使欲量測之地控點坐標顯示在影像上，以減少量測之錯誤。並藉此概念，搜尋所有拍到此地控點之影像，一併顯示在視窗底處，以人工挑選適當間距與交會角之多張影像進行前方交會，以評估系統直接地理之定位精度。最後計算之坐標成果則顯現在模組視窗上，將地面測量之三維物空間資料作為參考坐標，並以足量檢核點進行比對，其成果即可作為本系統直接地理定位能力之指標。

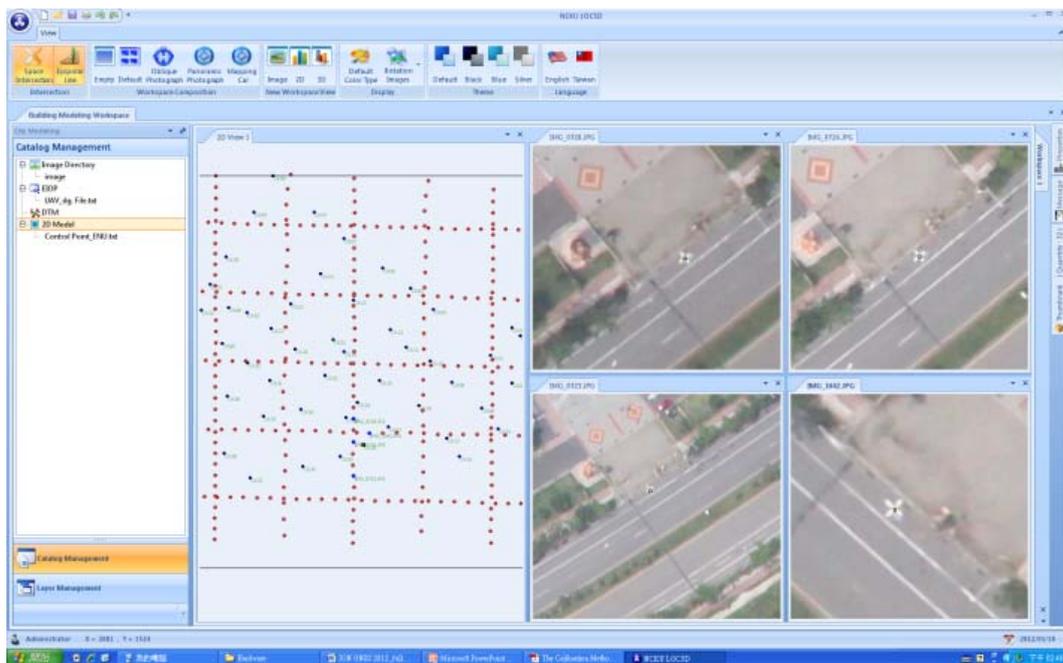


圖 4-11 直接地理定位程式介面

表 4-3 所示為直接地理定位成果。由表中可知，當飛行高度為 200 公尺時，ADIS16405/EVK6T 三軸方向定位精度 RMS 值約為 10.217、9.668、13.786 公尺；本研究成果主要利用單頻 L1 載波相位觀測量進行差分計算，並考慮時間延遲等影響，得到更佳精度的直接地理定位成果，此快速取得資料的能力與精度可應用於環境變遷監控、防救災應變、資源探測保護等各式應用上。

表 4-3 直接地理定位成果

Mode-TC		DX (m)	DY (m)	DZ (m)
DGNSS	Mean	3.067	-2.428	-6.332
	RMS	10.217	9.668	13.786
	STD	10.179	9.775	12.790

表 4-4 所示為 POS 的估計誤差表。此誤差可藉由搭載較佳的 INS、靜態率定、較低的飛行高度等進行改善。同時透過誤差表的統計計算，驗證本系統於直接地理定位誤差皆屬於合理範圍內。

表 4-4 POS 估計誤差

Error source	Magnitude	Impact on δr_1^m (DG error)
INS/GNSS Positional error	1-2 m	1-2 m
INS/GNSS Orientation error	0.5-1 degree	6-12 meters with 600 meters flight height
		3-6 meters with 300 meters flight height
Calibration error δR_m^b	0.5-1 degree	6-12 meters with 600 meters flight height
		3-6 meters with 300 meters flight height
Calibration error δa^b	0.05-0.1 m	1-2 meters with 600 meters flight height
		1-2 meters with 300 meters flight height
Synchronization error δT	1-2 msec	3.6-7.2 cm with 120 km/hr flying speed
		3.6-7.2 cm with 120 km/hr flying speed
Synchronization error $\omega \delta T$	1-2 msec	30-60 cm with 300 meters flight height when angular ω equals 30 deg/s
		30-60 cm with 300 meters flight height when angular ω equals 30 deg/s

■ 小結

UAS 乃不須人員於機上控制的載台，搭載整合導航定位與姿態感測器、成本相對低廉的數位相機、即時影像、無線通訊系統及多種感測器等，進行空拍任務，機動性極高，且相對安全而價廉，亦能獲取極高地面解析度的影像。雖然大部分的飛行控制皆搭載低成本的 GNSS/INS UAS 飛控系統。然而 UAS 攝影測量平台結合 GNSS/INS 整合定位與定向系統，可不需經由地面控制點而直接提供攝影時刻相機的外方位參數資料。

第五章 教育訓練

一、教育訓練課程簡介

本課程為 UAS 影像處理操作進階班教育訓練，主要為針對已瞭解傳統航空測量方法之使用者，教學如何完成 UAS 正射影像測製的流程與方法。以及如何運用新進的 UAS 影像處理軟體（以 Pix4D mapper 為例）對災害應變航拍影像執行快速正射處理。

二、UAS 影像處理操作進階班教育訓練

1. 航拍作業流程與任務規劃：

向學員講解 UAS 航拍作業的整體流程，與航線規劃，控制點布設、量測等作業規劃方法。

2. UAS 影像處理流程

向學員講解完整 UAS 影像處理流程。包含如何自 UAS 航拍相機下載航拍影像，進行前處理校正，以及空中三角測量計算以及正射影像製作與鑲嵌之作業流程講解。

3. UAS 影像快速正射處理：

示範如何使用新式影像處理軟體（Pix4dmapper）進行緊急應變拍攝作業之圖資快速正射處理。

4. 旋翼型 UAS 操作流程：

向學員講解如何操作旋翼型 UAS 進行環景影像拍攝，安排學員觀摩並現場實習旋翼型航拍作業，使每位學員能夠瞭解現場作業的情形。

三、教育訓練時數規畫

表 5-1 UAS 操作與航拍課程時數規畫

培訓課程	培訓時數 (小時)	培訓地點
1. 航拍作業流程與任務規劃	0.5	電腦教室
2. UAS 影像處理流程	1.5	電腦教室
3. UAS 影像快速正射處理	1	電腦教室
4. 旋翼型 UAS 操作與現場實習	3	台中市民廣場

表 5-2 UAS 操作與航拍課程配當表

內政部國土測繪中心「103 年度發展無人飛行載具航拍技術作業」案 教育訓練規劃課程配當表

日期 時間	103 年 10 月 23 日 (星期四)
08:30 ∩ 09:00	報到
09:00 ∩ 09:30	航拍作業流程及任務規劃 講師：經緯衛星資訊股份有限公司 陳信安
9:30 ∩ 10:00	UAS 影像處理流程 講師：經緯衛星資訊股份有限公司 謝佳諭
10:10 ∩ 11:00	
11:10 ∩ 12:00	UAS 影像快速正射處理 講師：經緯衛星資訊股份有限公司 謝佳諭
12:00 ∩ 13:30	午 餐
13:30 ∩ 16:30	旋翼型 UAS 操作與現場實習 講師：經緯衛星資訊股份有限公司 林智毅、陳信安、謝佳諭
16:30 ∩	賦 歸
備註	訓練場地：巨匠電腦公益店 403 教室 (台中市西區公益路 90 號)

三、教育訓練上課紀錄

本案在第 4 階段於 103 年 10 月 23 日順利完成 1 梯次教育訓練課程（含旋翼型 UAS 操作實習），上課實況如圖 5-1~圖 5-4，教育訓練學員簽到表紀錄與課程意見調查表請參考附錄二，教育訓練所獲得學員的滿意度評比為 93 分，堪稱成效良好。



圖 5-1 同仁聆聽進階影像操作處理室內課程



圖 5-2 進行旋翼型 UAS 操作室內講解



圖 5-3 帶領國土測繪中心同仁進行 UAS 操作實習



圖 5-4 國土測繪中心同仁實際操作旋翼型 UAS 飛行

第陸章 結論與檢討建議

第一節 結論

本案自 103 年 3 月 14 日起開始執行，至 11 月 7 日提交第 4 階段作業成果，全案共計執行 240 個日曆天，並完成以下各項工作項目：

- 執行 UAS 航拍及影像處理作業總計 18 區，總計面積達 10000 公頃以上。
- 數值航測影像工作站圖資編修軟體更新升級
- 進行多旋翼 UAS 直接地理定位技術之研發改進。
- 辦理 1 梯次 UAS 教育訓練。
- 配合國土測繪中心製作 UAS 成果展示網頁
- 配合本年度計畫航拍各項測試作業過程之實錄成果，製作 5 分鐘以上之展示影片。

綜整本案所完成各項工作與作業成果，歸納以下幾點結論：

- 一、本案總計完成 18 個區域的航拍與影像處理工作，18 個航拍區中包括配合國家災害防救科技中心需求之緊急災害應變作業 2 區、正射影像測製作業 15 區、航遙測感應器系統校正場航拍作業 1 區，分別取得各區域之所需求影像、姿態紀錄資料或空拍影片等資料與製作快速拼接影像及正射影像成果，相關成果並應用於緊急災害應變與局部區域圖資更新及提供其他政府機關以辦理特定區域國土監測等，進一步發揮支援防救災決策與提升圖資更新效率及增進政府機關橫向協調聯繫等成果效益。

在正射影像測製作業部分區域，依據 102 年度專案運用旋翼型 UAS 於低空（200 公尺以下）進行小區域航拍作業的成功經驗，繼續採用旋翼型 UAS 辦理其中 3 個區域的航拍作業，其中臺南市永康區面積更達 70 公頃以上，後續在 100 公頃以內的區域圖資更新，可規劃採用旋翼型 UAS 執行航拍任務，以節省航拍人力並提升作業效率。

- 二、本團隊研發之小型化 POS 模組，已安裝於旋翼機上進行實驗，研究成果顯示本案所設計之 UAS POS 酬載可以利用載波相位觀測量之提供，差分動態定位軌跡，同時具備精確的相機訊號驅動功能，可考量時間延遲所造成的影響，以進行資料的解算。初步成果顯示當飛行高度為 200 公尺時，POS 三維定位精度約為 10~15 公尺（無地面控制點情況），其可能造成的因素為多旋翼各螺旋槳之間有共振的情況發生，導致部分的照片拍攝品質不佳，影響空三的成果，進一步影響直接地理定位量測的誤差。未來若針對防震做加強且執行地面的率定作業，使用一階段率定的方式並提升軌跡精度，可望再進一步提升直接地理定位的精度。
- 三、本年度運用旋翼型 UAS 搭載本團隊研發之 POS，執行高雄氣爆災點的緊急航拍任務，於 103 年 8 月 1 日接獲通知後，不到 24 小時內就完成災害區域的拍攝，並利用 POS 資料解算 UAS 影像外方位姿態資料，結合直接地理定位技術快速完成解析度 10 公分之正射鑲嵌影像，於第一時間提供中央災害應變中心進行情資研判。本項快速取得資料的技術，特別是在地面控制點缺乏的森林等地區，可針對不同的需求，搭載不同等級的 POS 獲取影像資料，以進行環境變遷監控、資源探測保護等作業。
- 四、本團隊執行 103 年度作業案，完成超過 10000 公頃面積之航拍作業，航拍期間無發生任何失事或重大意外情形，在任務執行安全度上持續保持良好安全紀錄。

第二節 檢討建議

一、正射影像成果連續地物合理性缺失之改善建議

今年度航拍區正射影像成果多有連續地物合理性之檢查缺失，檢討分析其可能原因與解決策略綜整如下：

(一) 測區地勢有明顯變化時，因缺乏正確的 DEM 導致正射影像不連續

- 事先須進行適當的航標布設與量測，加強空中三角成果，以匹配成果模擬粗略的 DEM 進行正射影像製作。
- 若地勢變化崎嶇或起伏大，則需要上機繪製重要高程，使 DEM 符合真實地勢變化，改善正射效果。

(二) 測區內含有高架橋或大樓等高差位移嚴重區域

在航線可調整之前提下配合高架橋之方向進行拍攝，另外可提高航高，改使用長焦之鏡頭，減少高差位移的影響，可顯著提高正射成果。

(三) 測區含有新建設地物者，未來將規劃提早申請相關參考圖資

如前期影像、該測區之 DEM、新建道路向量、測區內所掌握已知控制點或航標，以上皆有利於空中三角測量作為後測控制點之選取。

二、航拍空域申請與飛航公告的時間安排彈性

今年度計畫一般航拍作業應於空域申請通過後 15 日內完成航拍作業，為減少與民航局之公文往返耗時，常有多個航拍區同時申請的情形。於實務上因一次同時通過多區申請，加上天候因素，如同時申請通過 3 個航拍區，均要於 15 天內完成拍攝常有實務上的困難。建議未來可先進行空域申請，但再視天候與航拍區優先順序的排程申請發布飛航公告 (NOTAM)，也可避免同時佔用過多無人機空域。

三、GNSS 接收模組與 IMU 機電整合工作

國土測繪中心前期計畫所完成之 GNSS 接收模組與 IMU 整合資料紀錄器及控制器的尺寸較大(約長 20x寬 15x高 6 公分),本團隊建議後續可重新優化設計 GNSS 與 IMU 的 POS 資料紀錄器及 IMU 資料同步模組的電路,可大幅縮小整合後之 POS 尺寸(約長 10x寬 4x高 2 公分)。另一方面,將 POS 尺寸縮小後(如圖 6-1),更有利國土測繪一號後續可因應不同任務需求搭載不同酬載設備(如圖 6-2 所示)。

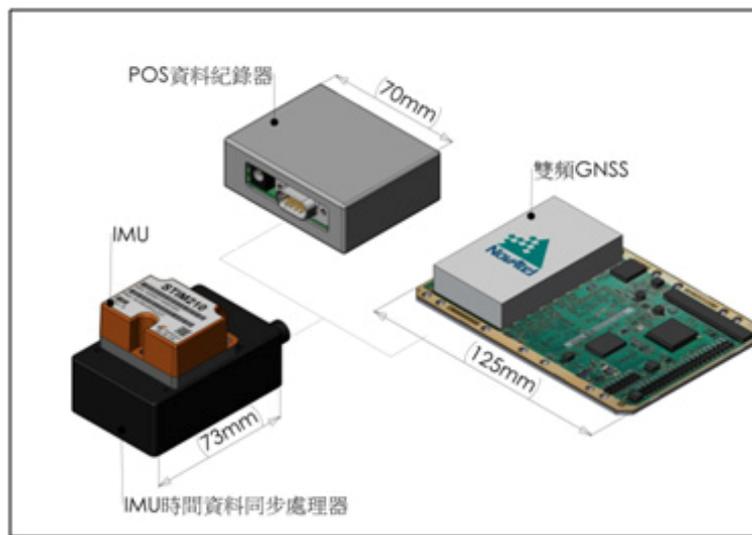


圖 6-1 GNSS 模組與 IMU 加資料紀錄器尺寸規畫圖

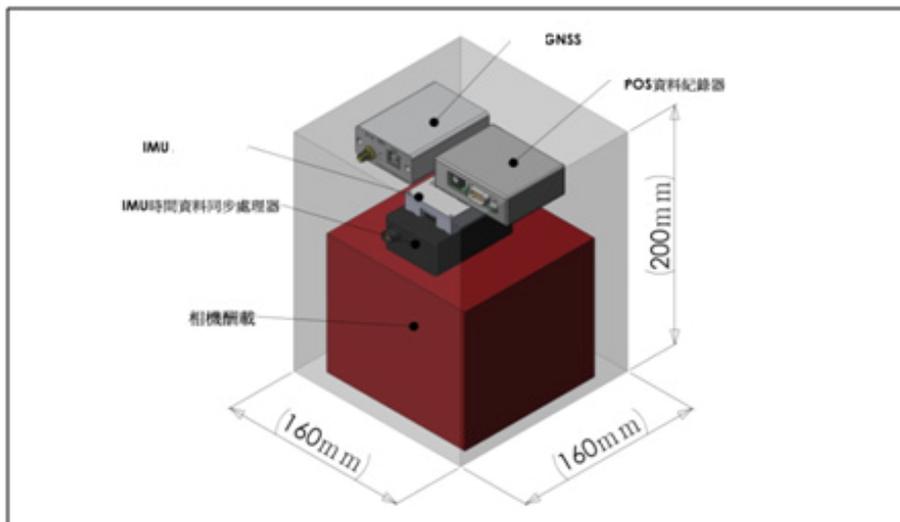


圖 6-2 GNSS 模組與 IMU 及紀錄器擺放方式

四、未來 UAS 任務執行推動

103 年度教育訓練課程內容，除進行 UAS 進階影像處理同時也針對國土測繪中心同仁進行旋翼型 UAS 操作流程講解與實際操作。主要是因旋翼型 UAS 之任務操作與系統保養維護均較定翼型 UAS 簡單，同時操作飛行之學習門檻也較低，由機關單位自主操作較為可行。另一方面，根據近年 UAS 任務執行經驗，定翼型 UAS 的操作與保養維護較為繁瑣，需花費長時間培養相關維修保養與操作技術人員，建議國土測繪中心未來維持目前委託專業團隊執行與維護的作業方式。

五、未來 UAS 酬載發展建議

國土涵蓋範圍包含陸地、海洋、領空等，陸地上之植物、湖泊、土壤等，海洋浮游物、鹽分等，領空上有大氣、懸浮粒子等多種物質，大部分物質多對可見光或紅外線光會產生特徵光譜，依照這些反射或穿透光譜反應，可以進一步進行土地利用分類調查等工作，不同波長光譜的應用特性如下表 6-1

表 6-1 光譜應用特性

可見光 光譜區	藍光光 譜區	0.485~0.505 μm	此波段對水的穿透力強、可應用於分辨土壤和植物，海洋水色遙測
	綠光光 譜區	0.505~0.550 μm	水的穿透力強、可應用於鑑別混濁水體的反射、評估植物活力、海洋水色遙測，亦可用於分辨土壤和植物
	紅光光 譜區	0.620~0.760 μm	葉綠素主要吸收紅光，可用於區分植物種類與覆蓋地面的面積
紅外線 光譜區	近紅外 線光譜 區	0.7~1.5 μm	植物之於近紅外有很強反射光譜，可區分植物類別與水體，亦可用於判斷病蟲害

因此使用 4 波段影像模組遠比傳統 RGB 三色影像模組有更多航拍取像資訊，所以若於定翼型 UAS 搭載高解析度 4 波段同步雙相機取像系統，可以進行長距離國土植作物觀測或勘災與國土復育植生情形。後續研發本團隊可推動國土測繪中心與財團法人國家研究院儀器科技研究中心進行合作，發展定翼型 UAS 搭載高解析度 4 波段同步雙相機取像系統(如圖 6-3)與國土資源觀測分析應用。

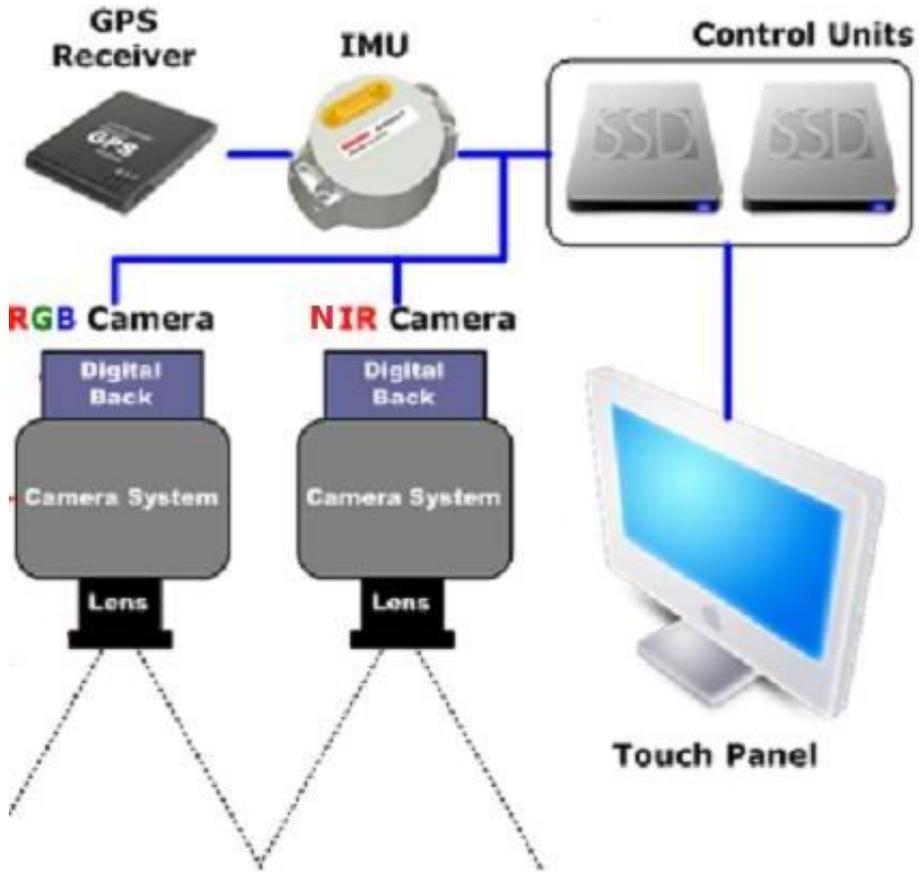


圖 6-3 具有 4 波段取像模組之無人飛行載台控制系統示意圖

參考文獻

1. Brown, R. G. and Hwang, P. Y. C., 1992, Introduction to random signals and applied Kalman filtering, John Wiley & Sons, Inc. New York.
2. Chiang, K.W., Noureldin, A. and El-Sheimy, N. (2004): A new weight updating method for INS/GPS integration architectures based on neural networks, Measurement Science and Technology 15(10): 2053-2061.
3. El-Sheimy, N. (2002): Introduction to inertial navigation, Thesis, Department of Geomatics Engineering, University of Calgary, Alberta, Canada.
4. Ellum, C. M. and El-Sheimy, N., 2003, The Calibration of Image-Based Mobile Mapping Systems, Proceedins of 6th Conference on Optical 3D Measurement Techniques, Switzerland, on CD-ROM, Sep. 22-25.
5. Fraser, C.S., and Edmundson, K.L., 2000, Design and implementation of a computational processing system for off-line digital close-range photogrammetry, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol.55, pp.94-104.
6. Gelb, A., 1974, Applied Optimal Estimation, The MIT Press.
7. Mostafa, M., 2002, Camera/INS Bore-sight Calibration: New Advances and Performance Analysis, in ASPRS Annual Meeting, Washington, D.C., USA.
8. Morin, K. W., 2002, Calibration of Airborne Laser Scanners, Master Degree Thesis, University of Calgary.
9. Pinto, L. and Forlani, G., 2002, A single step calibration procedure for INS/GPS in aerial photogrammetry, Photogrammetric Computer Vision, ISPRS Commission III, Graz, Austria.
10. Schenk, T., 2001, Modeling and Analyzing Systematic Errors in Airborne Laser Scanners", Technical Notes in Photogrammetry, No.19.

11. Shin, E.H., 2001, Accuracy Improvement of Low Cost INS/GPS for Land Application, (M.Sc. thesis), UCGE Report 20156, Department of Geomatics Engineering, The University of Calgary, Calgary, Canada.
12. Shin, E.H., 2005, Estimation Techniques for Low Cost Inertial Navigation, UCGE Report 20219, Department of Geomatics Engineering, The University of Calgary, Calgary, Canada.
13. Skaloud, J., 1999, Optimizing Georeferencing of Airborne Survey Systems by INS/DGPS, Ph.D Thesis, Geomatics Engineering, University of Calgary, Canada.

縮寫符號一覽表

縮寫	英文名稱	中文說明
AHRS	Attitude and heading reference system	姿態與航向參考系統
DEM	Digital elevation model	數值高程模型
DG	Direct Georeference	直接地理定位
DGPS	Differential Global Positioning System	差分全球定位系統
DSM	Digital surface model	數值表面模型
e-GPS	e-GPS	內政部國土測繪中心建構之高精度之電子化全球衛星即時動態定位系統名稱
EO	Exterior Orientation	外方位
EP	External Pilot	外部飛行員
GCS	Ground Control Station	地面控制站，使用無線電控制與監控 UAS 的狀態
GNSS	Global Navigation Satellite System	全球導航衛星系統
GPS	Global Positioning System	全球定位系統
IMU	Inertial measurement unit	慣性測量單元
IP	Internal Pilot	內部飛行員，主要負責 UAS 之任務控制
M-VRS	Moving Virtual Reference Stations	跟隨式虛擬主站技術
MMS	Mobile Mapping System	移動式測繪平台
MSL	Mean Sea Level	平均海平面高
POS	Position and Orientation System	定位定向系統
PPP	Precise Point Positioning	精密單點定位
RMSE	Root Mean Square Error	均方根誤差
UAV	Unmanned Aerial Vehicle	無人飛行載具，指 UAS 中的空中系統
UAS	Unmanned Aircraft Systems	無人飛行載具系統，包含相關的空中、地面系統
VRS GPS	Virtual Reference Stations (VRS)	虛擬參考站

附錄

附錄一 教育訓練簽到簿與學員意見調查表

103年度發展無人飛行載具航拍技術作業研習會						
						103/10/23
編號	單位	職稱	姓名	上午簽到	下午簽到	備註
1	企劃課	技正	梁朝億	梁朝億	梁朝億	
2	控制測量課	技士	吳峻宇	吳峻宇	吳峻宇	
3	地籍測量課	技士	魏瑞德	魏瑞德	魏瑞德	
4	地籍圖重測課	課員	王建得	王建得	王建得	
5	地形及海洋測量課	技士	施錦揮	施錦揮	施錦揮	
6	地形及海洋測量課	技士	林偉祥	林偉祥	林偉祥	
7	地形及海洋測量課	技士	岳志霖	岳志霖	岳志霖	
8	測繪資訊課	專員	林文亮	林文亮	林文亮	
9	測繪資訊課	技士	許晉嘉	許晉嘉	許晉嘉	
10	北區第一測量隊	技士	蕭宇辰	蕭宇辰	蕭宇辰	
11	北區第二測量隊	技士	王柏文	王柏文	王柏文	
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

講師：陳信安

工作人員：謝佳諭

95-6
85-2
81份
AK

93份

內政部國土測繪中心問卷調查

103 年度發展無人飛行載具航拍技術作業 UAS 影像處理操作進階班

103.10.23

親愛的學員：
感謝您的認真參與，這份無記名問卷是為了解各位學員對於本次研習班的滿意度及成效，並作為日後辦理教育訓練持續改進之參考，絕不會挪為他用，敬請放心填答。謝謝您的寶貴意見！
內政部國土測繪中心 敬啟

一、講座方面（針對教學方式及內容，請給 1~5 分）

5：非常滿意 4：滿意 3：普通 2：不滿意 1：非常不滿意

課 程 / 講 座	教 學 方 式	教 學 內 容	其 他 建 議
航拍作業流程及任務規劃 -陳信安、詹文洲	5	5	
UAS 影像處理流程 1 -謝佳諭、蔡憲裕	5	5	
UAS 影像處理流程 2 -謝佳諭、蔡憲裕	5	5	
UAS 影像快速正射處理-謝佳諭、蔡憲裕	5	5	
環景影像製作流程 -謝佳諭、蔡憲裕	5	5	

※以下各題均為單選，請在合適 中打勾，如有勾選非常不滿意，請說明原因，以作為我們改進的參考。

二、環境方面

教學環境及設備

非常滿意 滿意 普通 不滿意 非常不滿意 (原因: _____)

三、教學活動方面

1.教材提供

非常滿意 滿意 普通 不滿意 非常不滿意 (原因: _____)

2.課程時數安排

非常滿意 滿意 普通 不滿意 非常不滿意 (原因: _____)

四、工作相關性

1.本次講習內容與我的實際工作相關

非常同意 同意 普通 不同意 非常不同意

2.本次講習對於我的工作頗有助益

非常同意 同意 普通 不同意 非常不同意

五、整體方面

1.我對本次講習整體給予之評分

100-90 90-80 80-70 70-60 60 以下 (原因: _____)

2.我的其他建議

請於結訓後將問卷繳回，謝謝！！

內政部國土測繪中心問卷調查

103 年度發展無人飛行載具航拍技術作業 UAS 影像處理操作進階班

103.10.23

親愛的學員：

感謝您的認真參與，這份無記名問卷是為了解各位學員對於本次研習班的滿意度及成效，並作為日後辦理教育訓練持續改進之參考，絕不會挪為他用，敬請放心填答。謝謝您的寶貴意見！

內政部國土測繪中心 敬啟

一、講座方面（針對教學方式及內容，請給 1~5 分）

5：非常滿意 4：滿意 3：普通 2：不滿意 1：非常不滿意

課程 / 講座	教學方式	教學內容	其他建議
航拍作業流程及任務規劃 -陳信安、詹文洲	5	5	
UAS 影像處理流程 1 -謝佳諭、蔡憲裕	5	5	
UAS 影像處理流程 2 -謝佳諭、蔡憲裕	5	5	
UAS 影像快速正射處理-謝佳諭、蔡憲裕	5	5	
環景影像製作流程 -謝佳諭、蔡憲裕	5	5	

※以下各題均為單選，請在合適 中打勾，如有勾選非常不滿意，請說明原因，以作為我們改進的參考。

二、環境方面

教學環境及設備

 非常滿意 滿意 普通 不滿意 非常不滿意（原因：_____）

三、教學活動方面

1.教材提供

 非常滿意 滿意 普通 不滿意 非常不滿意（原因：_____）

2.課程時數安排

 非常滿意 滿意 普通 不滿意 非常不滿意（原因：_____）

四、工作相關性

1.本次講習內容與我的實際工作相關

 非常同意 同意 普通 不同意 非常不同意

2.本次講習對於我的工作頗有助益

 非常同意 同意 普通 不同意 非常不同意

五、整體方面

1.我對本次講習整體給予之評分

 100-90 90-80 80-70 70-60 60 以下（原因：_____）

2.我的其他建議

請於結訓後將問卷繳回，謝謝！！

內政部國土測繪中心問卷調查

103 年度發展無人飛行載具航拍技術作業 UAS 影像處理操作進階班

103.10.23

親愛的學員：
 感謝您的認真參與，這份無記名問卷是為了解各位學員對於本次研習班的滿意度及成效，並作為日後辦理教育訓練持續改進之參考，絕不會挪為他用，敬請放心填答。謝謝您的寶貴意見！
 內政部國土測繪中心 敬啟

一、講座方面（針對教學方式及內容，請給 1~5 分）

5：非常滿意 4：滿意 3：普通 2：不滿意 1：非常不滿意

課程 / 講座	教學方式	教學內容	其他建議
航拍作業流程及任務規劃 -陳信安、詹文洲	5	5	
UAS 影像處理流程 1 -謝佳諭、蔡憲裕	5	5	
UAS 影像處理流程 2 -謝佳諭、蔡憲裕	5	5	
UAS 影像快速正射處理-謝佳諭、蔡憲裕	5	5	
環景影像製作流程 -謝佳諭、蔡憲裕	5	5	

※以下各題均為單選，請在合適 中打勾，如有勾選非常不滿意，請說明原因，以作為我們改進的參考。

二、環境方面

教學環境及設備

非常滿意 滿意 普通 不滿意 非常不滿意（原因：_____）

三、教學活動方面

1.教材提供

非常滿意 滿意 普通 不滿意 非常不滿意（原因：_____）

2.課程時數安排

非常滿意 滿意 普通 不滿意 非常不滿意（原因：_____）

四、工作相關性

1.本次講習內容與我的實際工作相關

非常同意 同意 普通 不同意 非常不同意

2.本次講習對於我的工作頗有助益

非常同意 同意 普通 不同意 非常不同意

五、整體方面

1.我對本次講習整體給予之評分

100-90 90-80 80-70 70-60 60 以下（原因：_____）

2.我的其他建議

請於結訓後將問卷繳回，謝謝！！

內政部國土測繪中心問卷調查

103 年度發展無人飛行載具航拍技術作業 UAS 影像處理操作進階班

103.10.23

親愛的學員：

感謝您的認真參與，這份無記名問卷是為了解各位學員對於本次研習班的滿意度及成效，並作為日後辦理教育訓練持續改進之參考，絕不會挪為他用，敬請放心填答。謝謝您的寶貴意見！

內政部國土測繪中心 敬啟

一、講座方面（針對教學方式及內容，請給 1~5 分）

5：非常滿意 4：滿意 3：普通 2：不滿意 1：非常不滿意

課程 / 講座	教學方式	教學內容	其他建議
航拍作業流程及任務規劃 -陳信安、詹文洲			
UAS 影像處理流程 1 -謝佳諭、蔡憲裕	5	5	
UAS 影像處理流程 2 -謝佳諭、蔡憲裕	5	5	
UAS 影像快速正射處理-謝佳諭、蔡憲裕	5	5	
環景影像製作流程 -謝佳諭、蔡憲裕	5	5	

※以下各題均為單選，請在合適 中打勾，如有勾選非常不滿意，請說明原因，以作為我們改進的參考。

二、環境方面

教學環境及設備

非常滿意 滿意 普通 不滿意 非常不滿意（原因：_____）

三、教學活動方面

1.教材提供

非常滿意 滿意 普通 不滿意 非常不滿意（原因：_____）

2.課程時數安排

非常滿意 滿意 普通 不滿意 非常不滿意（原因：_____）

四、工作相關性

1.本次講習內容與我的實際工作相關

非常同意 同意 普通 不同意 非常不同意

2.本次講習對於我的工作頗有助益

非常同意 同意 普通 不同意 非常不同意

五、整體方面

1.我對本次講習整體給予之評分

100-90 90-80 80-70 70-60 60 以下（原因：_____）

2.我的其他建議

請於結訓後將問卷繳回，謝謝！！

內政部國土測繪中心問卷調查

103 年度發展無人飛行載具航拍技術作業 UAS 影像處理操作進階班

103.10.23

親愛的學員：
 感謝您的認真參與，這份無記名問卷是為了解各位學員對於本次研習班的滿意度及成效，並作為日後辦理教育訓練持續改進之參考，絕不會挪為他用，敬請放心填答。謝謝您的寶貴意見！
 內政部國土測繪中心 敬啟

一、講座方面（針對教學方式及內容，請給 1~5 分）

5：非常滿意 4：滿意 3：普通 2：不滿意 1：非常不滿意

課程 / 講座	教學方式	教學內容	其他建議
航拍作業流程及任務規劃 -陳信安、詹文洲	4	4	
UAS 影像處理流程 1 -謝佳諭、蔡憲裕	4	4	
UAS 影像處理流程 2 -謝佳諭、蔡憲裕	4	4	
UAS 影像快速正射處理-謝佳諭、蔡憲裕	4	4	
環景影像製作流程 -謝佳諭、蔡憲裕	4	4	

※以下各題均為單選，請在合適 中打勾，如有勾選非常不滿意，請說明原因，以作為我們改進的參考。

二、環境方面

教學環境及設備

非常滿意 滿意 普通 不滿意 非常不滿意 (原因: _____)

三、教學活動方面

1.教材提供

非常滿意 滿意 普通 不滿意 非常不滿意 (原因: _____)

2.課程時數安排

非常滿意 滿意 普通 不滿意 非常不滿意 (原因: _____)

四、工作相關性

1.本次講習內容與我的實際工作相關

非常同意 同意 普通 不同意 非常不同意

2.本次講習對於我的工作頗有助益

非常同意 同意 普通 不同意 非常不同意

五、整體方面

1.我對本次講習整體給予之評分

100-90 90-80 80-70 70-60 60 以下 (原因: _____)

2.我的其他建議

請於結訓後將問卷繳回，謝謝！！

內政部國土測繪中心問卷調查

103 年度發展無人飛行載具航拍技術作業 UAS 影像處理操作進階班

103.10.23

親愛的學員：

感謝您的認真參與，這份無記名問卷是為了解各位學員對於本次研習班的滿意度及成效，並作為日後辦理教育訓練持續改進之參考，絕不會挪為他用，敬請放心填答。謝謝您的寶貴意見！

內政部國土測繪中心 敬啟

一、講座方面（針對教學方式及內容，請給 1~5 分）

5：非常滿意 4：滿意 3：普通 2：不滿意 1：非常不滿意

課程 / 講座	教學方式	教學內容	其他建議
航拍作業流程及任務規劃 -陳信安、詹文洲	✓	✓	
UAS 影像處理流程 1 -謝佳諭、蔡憲裕	✓	✓	
UAS 影像處理流程 2 -謝佳諭、蔡憲裕	✓	✓	
UAS 影像快速正射處理-謝佳諭、蔡憲裕	✓	✓	
環景影像製作流程 -謝佳諭、蔡憲裕	✓	✓	

※以下各題均為單選，請在合適 中打勾，如有勾選非常不滿意，請說明原因，以作為我們改進的參考。

二、環境方面

教學環境及設備

非常滿意 滿意 普通 不滿意 非常不滿意（原因：_____）

三、教學活動方面

1.教材提供

非常滿意 滿意 普通 不滿意 非常不滿意（原因：_____）

2.課程時數安排

非常滿意 滿意 普通 不滿意 非常不滿意（原因：_____）

四、工作相關性

1.本次講習內容與我的實際工作相關

非常同意 同意 普通 不同意 非常不同意

2.本次講習對於我的工作頗有助益

非常同意 同意 普通 不同意 非常不同意

五、整體方面

1.我對本次講習整體給予之評分

100-90 90-80 80-70 70-60 60 以下（原因：_____）

2.我的其他建議

請於結訓後將問卷繳回，謝謝！！

內政部國土測繪中心問卷調查

103 年度發展無人飛行載具航拍技術作業 UAS 影像處理操作進階班

103.10.23

親愛的學員：
 感謝您的認真參與，這份無記名問卷是為了解各位學員對於本次研習班的滿意度及成效，並作為日後辦理教育訓練持續改進之參考，絕不會挪為他用，敬請放心填答。謝謝您的寶貴意見！
 內政部國土測繪中心 敬啟

一、講座方面（針對教學方式及內容，請給 1~5 分）

5：非常滿意 4：滿意 3：普通 2：不滿意 1：非常不滿意

課程 / 講座	教學方式	教學內容	其他建議
航拍作業流程及任務規劃 -陳信安、詹文洲	5	5	
UAS 影像處理流程 1 -謝佳諭、蔡憲裕	5	5	
UAS 影像處理流程 2 -謝佳諭、蔡憲裕	5	5	
UAS 影像快速正射處理-謝佳諭、蔡憲裕	5	5	
環景影像製作流程 -謝佳諭、蔡憲裕	5	5	

※以下各題均為單選，請在合適 中打勾，如有勾選非常不滿意，請說明原因，以作為我們改進的參考。

二、環境方面

教學環境及設備

非常滿意 滿意 普通 不滿意 非常不滿意 (原因: _____)

三、教學活動方面

1.教材提供

非常滿意 滿意 普通 不滿意 非常不滿意 (原因: _____)

2.課程時數安排

非常滿意 滿意 普通 不滿意 非常不滿意 (原因: _____)

四、工作相關性

1.本次講習內容與我的實際工作相關

非常同意 同意 普通 不同意 非常不同意

2.本次講習對於我的工作頗有助益

非常同意 同意 普通 不同意 非常不同意

五、整體方面

1.我對本次講習整體給予之評分

100-90 90-80 80-70 70-60 60 以下 (原因: _____)

2.我的其他建議

請於結訓後將問卷繳回，謝謝！！

內政部國土測繪中心問卷調查

103 年度發展無人飛行載具航拍技術作業 UAS 影像處理操作進階班

103.10.23

親愛的學員：

感謝您的認真參與，這份無記名問卷是為了解各位學員對於本次研習班的滿意度及成效，並作為日後辦理教育訓練持續改進之參考，絕不會挪為他用，敬請放心填答。謝謝您的寶貴意見！

內政部國土測繪中心 敬啟

一、講座方面（針對教學方式及內容，請給 1~5 分）

5：非常滿意 4：滿意 3：普通 2：不滿意 1：非常不滿意

課程 / 講座	教學方式	教學內容	其他建議
航拍作業流程及任務規劃 -陳信安、詹文洲	5	5	
UAS 影像處理流程 1 -謝佳諭、蔡憲裕	5	5	
UAS 影像處理流程 2 -謝佳諭、蔡憲裕	5	5	
UAS 影像快速正射處理-謝佳諭、蔡憲裕	5	5	
環景影像製作流程 -謝佳諭、蔡憲裕	5	5	

※以下各題均為單選，請在合適 中打勾，如有勾選非常不滿意，請說明原因，以作為我們改進的參考。

二、環境方面

教學環境及設備

非常滿意 滿意 普通 不滿意 非常不滿意（原因：_____）

三、教學活動方面

1.教材提供

非常滿意 滿意 普通 不滿意 非常不滿意（原因：_____）

2.課程時數安排

非常滿意 滿意 普通 不滿意 非常不滿意（原因：_____）

四、工作相關性

1.本次講習內容與我的實際工作相關

非常同意 同意 普通 不同意 非常不同意

2.本次講習對於我的工作頗有助益

非常同意 同意 普通 不同意 非常不同意

五、整體方面

1.我對本次講習整體給予之評分

100-90 90-80 80-70 70-60 60 以下（原因：_____）

2.我的其他建議

請於結訓後將問卷繳回，謝謝！！

附錄二 每月工作會議紀錄

內政部國土測繪中心

103 年度「發展無人飛行載具航拍技術作業」案
4 月份工作會議紀錄

- 一、時間：103 年 4 月 8 日（星期二）上午 10 時 00 分
- 二、地點：本中心地形及海洋測量課
- 三、主持人：林課長昌鑑
記錄：施錦揮
- 四、出席人員：如簽到簿。
- 五、廠商報告事項：如經緯公司辦理之 103 年度「發展無人飛行載具航拍技術作業」案 4 月份工作會議簡報（略）。
- 六、結論：
 - （一）依本案契約書規定，使用本中心國土測繪 1 號拍攝面積需達總航拍面積 50% 以上，請提早規劃相關航拍作業；另使用本中心國土測繪 1 號 UAS 航拍前，應完成相關檢查測試作業，並製作檢查測試紀錄後送交本中心。
 - （二）有關本年度航拍區之南投縣國姓鄉、臺南市學甲區、永康區等區域航拍作業，因面積較小建議可採旋翼型 UAS 辦理航拍，請儘速辦理航拍，並於 4 月底前完成航拍作業。
 - （三）配合 103 年 5 月 13 日「102 年度行政院災害防救應用科技方案成果研討會」議程，請派員協助本中心辦理相關展示及解說作業。
 - （四）本年度請協助改善本中心 IMU、GNSS 接收模組整合作業並完成進一步航拍研究測試。
 - （五）有關 UAS 成果展示網頁，請規劃網頁架構及呈現內容，並於下一次工作會議中提出討論。
- 七、散會：上午 11 時 15 分

內政部國土測繪中心 103 年度「發展無人飛行載具航拍技術作業」案

工作會議簽到簿

時間：103 年 4 月 8 日(星期二)上午 10 時 00 分		
地點：地形及海洋測量課		
主席：林課長昌鑑		記錄：施錦揮
出席人員(單位)	職稱	簽到處
地形及海洋測量課	課長	林昌鑑
	技正	李世安
	技士	施錦揮
經緯衛星資訊股份有限公司	專案經理	陳信安
	專案經理	謝任諭

內政部國土測繪中心
103 年度「發展無人飛行載具航拍技術作業」案
5 月份工作會議紀錄

一、時間：103 年 5 月 22 日（星期四）上午 10 時 00 分

二、地點：本中心地形及海洋測量課

三、主持人：林課長昌鑑

記錄：施錦揮

四、出席人員：如簽到簿。

五、廠商報告事項：如經緯公司辦理之 103 年度「發展無人飛行載具
航拍技術作業」案 5 月份工作會議簡報（略）。

六、結論：

- （一）本中心國土測繪 1 號 UAS 已完成檢查測試並辦理屏東縣霧臺鄉
航拍作業，請於函送屏東縣霧臺鄉成果時將檢查測試紀錄一併
提送本中心。
- （二）有關南投縣仁愛鄉、花蓮縣秀林鄉、嘉義縣東石鄉、南投縣南
投市、臺南市學甲區、麻豆區、南區等已通過空域申請區域，
請掌握時程辦理航拍作業，並請於航拍作業完成後依契約期程
繳交成果。
- （三）本月適逢梅雨季節，如因天候不佳致航拍完成日期逾契約規定
作業期限，請於成果繳交時檢附相關佐證資料提送本中心。
- （四）本案成果應用於更新本中心通用版電子地圖正射影像之航拍
區域，請於各區成果檢查合格後，協助更新該區完整圖幅正射
影像。

七、散會：上午 11 時 50 分

內政部國土測繪中心 103 年度「發展無人飛行載具航拍技術作業」案

工作會議簽到簿

時 間：103 年 5 月 22 日(星期四)上午 10 時 00 分		
地 點：地形及海洋測量課		
主 席：林課長昌鑑		記 錄：施錦揮
出席人員(單位)	職 稱	簽 到 處
地形及海洋測量課	課長	林昌鑑
	技正	李世賢
	技士	施錦揮
經緯衛星資訊股份有限公司	專案經理	陳信安

1

2

內政部國土測繪中心
103 年度「發展無人飛行載具航拍技術作業」案
6 月份工作會議紀錄

- 一、時間：103 年 6 月 25 日（星期三）上午 10 時 00 分
- 二、地點：本中心地形及海洋測量課
- 三、主持人：林課長昌鑑
記錄：施錦揮
- 四、出席人員：如簽到簿。
- 五、廠商報告事項：如經緯公司辦理之 103 年度「發展無人飛行載具航拍技術作業」案 6 月份工作會議簡報（略）。
- 六、結論：
 - （一）有關本年度協助改善本中心 IMU、GNSS 接收模組整合與航拍研究測試，請於 7 月工作會議中報告相關作業情形。
 - （二）南投縣仁愛鄉、花蓮縣秀林鄉、嘉義縣東石鄉、臺南市南區、嘉義縣大林鎮、雲林縣麥寮鄉、苗栗縣銅鑼鄉等已通過空域申請區域，請掌握時程加緊趕辦航拍作業，並請於航拍作業完成後依契約期程繳交成果。
 - （三）本案 UAS 成果展示網頁設計請參考本中心「國土利用調查成果資訊網」等網站，並應具備統計瀏覽人數相關功能。另請新增網站編修功能，以利本中心後續新增或修改網頁內容資訊。
 - （四）配合 103 年 8 月 14 日國家災害防救科技中心「103 年度方案訪視」與「第 33 屆測量及空間資訊研討會暨國土測繪成果發表會」議程，請協助本中心辦理相關展示及簡報等作業。
- 七、散會：上午 11 時 30 分

內政部國土測繪中心 103 年度「發展無人飛行載具航拍技術作業」案

工作會議簽到簿

時 間：103 年 6 月 25 日(星期三)上午 10 時 00 分		
地 點：地形及海洋測量課		
主 席：林課長昌鑑		記 錄：施錦揮
出席人員(單位)	職 稱	簽 到 處
地形及海洋測量課	課長	林昌鑑
	技正	李如雙
	技士	施錦揮
經緯衛星資訊股份有限公司	專案經理	陳信安
	專案經理	謝作諭

內政部國土測繪中心

103 年度「發展無人飛行載具航拍技術作業」案

7 月份工作會議紀錄

- 一、時間：103 年 7 月 31 日（星期四）上午 10 時 00 分
- 二、地點：本中心地形及海洋測量課
- 三、主持人：林課長昌鑑
記錄：施錦揮
- 四、出席人員：如簽到簿。
- 五、廠商報告事項：如經緯公司辦理之 103 年度「發展無人飛行載具航拍技術作業」案 7 月份工作會議簡報（略）。
- 六、結論：
 - （一）協助改善本中心 IMU、GNSS 接收模組整合與航拍研究測試，請於本案契約期限前完成相關作業。
 - （二）花蓮縣秀林鄉、臺南市南區、雲林縣麥寮鄉等已通過空域申請區域，請掌握時程加緊趕辦航拍作業，並請於航拍作業完成後依契約期程繳交成果。
 - （三）配合「第 33 屆測量及空間資訊研討會暨國土測繪成果發表會」議程，請協助本中心辦理簡報並於 8 月 7 日前提送簡報摘要至本中心。
- 七、散會：上午 11 時 30 分

內政部國土測繪中心 103 年度「發展無人飛行載具航拍技術作業」案

工作會議簽到簿

時 間：103 年 7 月 31 日(星期四)上午 10 時 00 分		
地 點：地形及海洋測量課		
主 席：林課長昌鑑		記 錄：施錦揮
出席人員(單位)	職 稱	簽 到 處
地形及海洋測量課		林昌鑑
		李世寬
		施錦揮
經緯衛星資訊股份有限公司	專案經理	陳信安

內政部國土測繪中心

103 年度「發展無人飛行載具航拍技術作業」案

8 月份工作會議紀錄

- 一、時間：103 年 8 月 29 日（星期五）上午 10 時 00 分
- 二、地點：本中心地形及海洋測量課
- 三、主持人：林課長昌鑑
記錄：施錦揮
- 四、出席人員：如簽到簿。
- 五、廠商報告事項：如經緯公司辦理之 103 年度「發展無人飛行載具航拍技術作業」案 8 月份工作會議簡報（略）。
- 六、結論：
 - （一）本年度協助改善本中心 IMU、GNSS 接收模組整合與航拍研究測試，請將相關測試結果納入本案工作總報告書中。
 - （二）本案 UAS 成果展示網頁請另參考本中心網站之地籍圖重測專區製作相關資料內容，並應具備動態成果展示功能。
 - （三）配合「第 33 屆測量及空間資訊研討會暨國土測繪成果發表會」簡報議程，請於 9 月 1 日前提送簡報資料檔至本中心。
- 七、散會：上午 11 時 00 分

內政部國土測繪中心 103 年度「發展無人飛行載具航拍技術作業」案

工作會議簽到簿

時 間：103 年 8 月 29 日(星期五)上午 10 時 00 分		
地 點：地形及海洋測量課		
主 席：林課長昌鑑		記 錄：施錦揮
出席人員(單位)	職 稱	簽 到 處
地形及海洋測量課	課長	林昌鑑
	技正	李世賢
	技士	施錦揮
經緯衛星資訊股份有限公司	專案經理	陳信宇
		謝任諭

內政部國土測繪中心
103 年度「發展無人飛行載具航拍技術作業」案
9 月份工作會議紀錄

一、時間：103 年 9 月 29 日（星期一）下午 3 時 00 分

二、地點：本中心地形及海洋測量課

三、主持人：林課長昌鑑

記錄：施錦揮

四、出席人員：如簽到簿。

五、廠商報告事項：如經緯公司辦理之 103 年度「發展無人飛行載具
航拍技術作業」案 9 月份工作會議簡報（略）。

六、結論：

- （一）嘉義縣東石鄉與南投縣仁愛鄉及花蓮縣秀林鄉等已完成航拍區域，請掌握時程加緊趕辦正射影像成果測製作業。
- （二）有關本中心協助申請南投縣仁愛鄉、花蓮縣秀林鄉數值地形模型資料作為正射影像製作參考，請於使用數值地形模型資料時務必遵守本中心機敏資料使用及管理注意事項相關規定。
- （三）本案成果應用於更新本中心通用版電子地圖正射影像之航拍區域，請於各區成果檢查通過後，協助更新該區涵蓋之完整五千分之一圖幅正射影像，並於提送各區修正成果時一併繳交。
- （四）有關教育訓練課程內容與辦理時間及地點，請預先規劃準備並於 10 月底前辦理完竣。

七、散會：下午 4 時 00 分

內政部國土測繪中心 103 年度「發展無人飛行載具航拍技術作業」案

工作會議簽到簿

時 間：103 年 9 月 29 日(星期一)下午 3 時 00 分		
地 點：地形及海洋測量課		
主 席：林課長昌鑑		記 錄：施錦揮
出席人員(單位)	職 稱	簽 到 處
地形及海洋測量課	課長	林昌鑑
	技士	施錦揮
經緯衛星資訊股份 有限公司		陳信宏
		謝佳諭

內政部國土測繪中心
103 年度「發展無人飛行載具航拍技術作業」案
10 月份工作會議紀錄

- 一、時間：103 年 10 月 27 日（星期一）下午 2 時 00 分
- 二、地點：本中心地形及海洋測量課
- 三、主持人：林課長昌鑑
記錄：施錦揮
- 四、出席人員：如簽到簿。
- 五、廠商報告事項：如經緯公司辦理之 103 年度「發展無人飛行載具
航拍技術作業」案 10 月份工作會議簡報（略）。
- 六、結論：
 - （一）有關本年度直接地理定位研究測試，請將作業方法、內容及相關測試成果彙整於工作總報告書中；另請將本案作業期間相關遭遇困難、解決方案與建議內容一併納入工作總報告書中。
 - （二）本案航拍作業執行紀錄請併同第 4 階段成果依契約規定期限提送至本中心。
 - （三）有關本中心提供之機敏正射影像成果資料，請於使用相關資料時務必遵守本中心機敏資料使用及管理注意事項相關規定。
- 七、散會：下午 3 時 00 分

內政部國土測繪中心 103 年度「發展無人飛行載具航拍技術作業」案

工作會議簽到簿

時 間：103 年 10 月 27 日(星期一)下午 2 時 00 分		
地 點：地形及海洋測量課		
主 席：林課長昌鑑		記 錄：施錦揮
出席人員(單位)	職 稱	簽 到 處
地形及海洋測量課	課長	林昌鑑
	技正	林世賢
	技士	施錦揮
經緯衛星資訊股份有限公司	經理	陳信安

附錄三 第 1 階段工作計畫書審查紀錄與意見回覆表

問題與意見	回覆說明	修正頁數對照
<ul style="list-style-type: none"> ● 報告書中多有「本案」、「本計畫等」請統一用詞為「本案」；「規畫」請統一修正為「規劃」；「旋翼機」、「旋翼型 UAS」、「旋翼型無人飛機」請統一用詞為「旋翼型 UAS」；請全面檢視修正。 	遵照辦理，統一修正計畫書內文所有用詞。	全文
<ul style="list-style-type: none"> ● 修正後數位相機內方位率定報告及工作計畫書內容之圖片請用彩色列印；另數位相機內方位率定報告請用雙面列印。 	遵照辦理，修正版報告書統一採用彩色雙面列印。	全文
<ul style="list-style-type: none"> ● P.1，第二節第 2 段文字「... (Unmanned Aircraft System, UAS；以下簡稱 UAS) ...」，因第 1 段文字已出現，此處建議刪除。 	遵照辦理，刪除重複文字。	P.1
<ul style="list-style-type: none"> ● P.6，2.1.1 第 1 段文字「... 翼展長 3.3 公尺...」，與表 2-2 中翼展 3.2 公尺之數據不同，請修正。 	已修正表 2-2 數據誤植，應為 3.3 公尺。	P.7
<ul style="list-style-type: none"> ● P.7，文字請修正為「國土測繪一號系統特色如下表 2-1」。另表 2-1 與表 2-4 各特色項目內容請對應。 	修正文字與特色項目對應。	P.7 P.9
<ul style="list-style-type: none"> ● P.8，倒數第 2 行，表 2-2 應修正為表 2-4。 	修正文字誤植。	P.8
<ul style="list-style-type: none"> ● P.9，旋翼(多旋翼)型 UAS。「經緯六旋翼機航拍系統」建議修正為「六旋翼型 UAS」。 	遵照辦理，修正對應文字內容。	P.9
<ul style="list-style-type: none"> ● P.10，「經緯旋翼型 UAS」建議修正為「單旋翼型 	遵照辦理，修正對應文字內容。	P.10

UAS」。		
<ul style="list-style-type: none"> ● P.12, 「UAS 操作使用程序標準作業流程規劃可參考可參考圖 2-10。」。另本節 UAS 航拍規劃作業流程內容, 請補充本年度契約規定相關航拍作業時程, 如 5 日內提送空域申請資料、空域申請通過後 15 日內辦理航拍作業、航拍完成 20 日內繳交影像處理成果等, 且於作業流程圖中一併補充。 	修正重複文字, 並補充契約規定相關作業時程。	P.12
<ul style="list-style-type: none"> ● P.21, 「根據上式, 帶入拍攝像機鏡頭焦距、相機感光元件規格, 及低空攝影航照地面解析度的需求。配合鏡頭焦距規格, 帶入計算後, 即可計算出對應的航高規劃高度(AGL)。」語意不順, 建議修正為「將相機鏡頭焦距、感光元件像素尺寸及需求之地面解析度帶入上式 1 中, 即可計算出對應的航高」。 	遵照辦理, 修正文句內容。	P.21
<ul style="list-style-type: none"> ● P.22, 無表 2-7 文字說明內容, 請補充。另「即可幸與規劃出航線」、「軟體共可提供之3 種不同模式航線規劃」。 	於 P.21 補充表 2-7 文字說明內容, 並修正 P.22 贅字。	P.21 P.22
<ul style="list-style-type: none"> ● P.24, 「於每次執行航拍作業時, 於操作 貴中心 UAS 系統時」, 建議修正為「於每次操作 貴中心 UAS 執行航拍作業時」。 	遵照辦理, 修正文句內容。	P.24
<ul style="list-style-type: none"> ● P.29, 「UAS 相片利用空三測量進行空間解算」, 建議 	遵照辦理, 修正文句內容。	P.29

修正為「UAS 相片利用空中三角測量（以下簡稱空三）進行空間解算」。		
<ul style="list-style-type: none"> ● P.30, 「強制附合地面控制點後，其驗後觀測值之 R.M.S.E 值不大於 12μm，坡度達 IV 級以上之山地或植被達 IV 以上之平地中誤差不超過 18μm」與基本圖測製說明規定不符，應分別為 13μm 及 20μm，請修正。最後一行，「基本地形圖測製說明」請修正為「基本地形圖測製規範」，另文字內容建議修正為「產製精度將參考「基本地形圖測製規範」辦理」。 	遵照辦理，修正各項數據與文字。	P.30
<ul style="list-style-type: none"> ● P.34, 第 6 行「…其特點為快速得到成果…」。 	遵照辦理，修正文句錯字。	P.34
<ul style="list-style-type: none"> ● P.35, 倒數第 2 行「…可讓使用者點選拼接後成與與既有正射…」等語意不順，請修正。 	遵照辦理，修正語句內容。	P.35
<ul style="list-style-type: none"> ● P.37, 3.4.2 「一日六小時」的數字請修正為阿拉伯數字。 	遵照辦理，修正為阿拉伯數字。	P.37
<ul style="list-style-type: none"> ● P.38, 作業進度表各項目請對應契約規定項目，如項次 1 擬定作業計畫應修正為擬定工作計畫書。另各階段作業期限請修正為預定日期，如 D+30 應修正為 4 月 12 日。 	遵照辦理，修正作業項目內容與契約規定一致，並修正各階段作業期限為預定日期。	P.38
<ul style="list-style-type: none"> ● P.43, 「每一基線距離內至少有一種以上的點連結相鄰航帶」。 	遵照辦理，修正文句錯字。	P.43
<ul style="list-style-type: none"> ● P.44, 倒數第 10 行「…檢查色溫…」，其色溫如何檢 	此項目為內容誤植，已修正此段文字說明。影像成果品	P.44

查，請補充說明。	質檢查為進行檢查色差及接邊情況，無檢查色溫。	
● P.47，最後 1 段，五個工作小組人數與 P.48-49 人力配置表格之人數不符，請修正。	遵照辦理，修正各工作小數人數說明文字。	P.47
● P.59，建議刪除附錄二工作同意書與在職證明等資料。	遵照辦理，刪除附錄之工作同意書與在職證明等資料	--
● 數位相機內方位率定報告：P.4，最後 1 段文字建議刪除。	遵照辦理，刪除最後 1 段文字內容。	--

附錄四 工作總報告書審查紀錄與意見回覆表

委員	問題與意見	回覆說明	修正頁數對照
張嘉強委員	1. 103 年度工作總報告書中英文摘要之置放位置請依規定辦理，並增列成果簡述之內容。	遵照辦理，並補充摘要內容。	摘要頁
	2. 工作項目中之成果展示部分(含影片、海報等)是否納入報告書內，請考量。	感謝委員意見，成果展示內容補充於參、四小節。	P.135
	3. 旋翼型 UAS 採用 POS 系統之 GNSS 元件規格(機型)前後文不一致，請釐清。	感謝委員意見，修正 GNSS 模組規格。	P.13
	4. 第參章內容宜針對作業特性先行分類再行歸納陳述。	遵照辦理，修改第參章章節歸納方式。	第參章
	5. 第參章所述之各次航拍任務執行概況表可增加作業目的之簡述。	感謝委員意見，已於表 3-1 增加作業目的簡述。	P.43~44
	6. 部分任務之空三計算成果精度稍差，宜分析其原因。	遵照辦理，補充於參、二小節。	參、二
	7. 簡報中有關 GNSS 與 IMU 同步處理之內容可補充納入第肆章。	感謝委員意見，此部份於計畫書已有提報，業務單位建議不再贅述。	無
	8. 第肆章多項表格之字型與大小不一致，請修正。	遵照辦理，修正內容格式。	第肆章
	9. 本案任務之後續推動方式宜採委外或由國土測繪中心自主運作，與其在教育訓練內容上之規劃會有所關連，建議補充相關內容。另此項規劃之評估與建議可納入 103 年度工作總報告書第陸章中。	感謝委員意見，補充建議於陸、二。	P.154
	10. 100 至 103 年度工作總報告書部分，建議可獨列一章陳述本案有關研發部分之成果。	感謝委員建議，研發成果於研究測試結果章節做陳述。	詳見 100 至 103 年工作總報告書

委員	問題與意見	回覆說明	修正頁數對照
楊明德委員	1. 摘要中的說明無法瞭解本計畫具體成果，應加強補充。	遵照辦理，並補充摘要內容。	摘要頁
	2. 今年航拍總面積達 10000 公頃以上，影像製圖之平面、高程誤差如何？	感謝委員意見，本案主要成果為製作正射影像，正射影像平面精度均符合本案契約書 1.25 公尺誤差之規定。	P.37
	3. 目前本計畫使用鑲嵌正射的軟體程式是否自行開發？若為商用軟體有無 license 問題？	感謝委員意見，貳、七小節所使用之軟體為本團隊自行開發，無版權問題。	P.40
	4. UAS 影像之儲存、展示等儲存機制為何？詮釋資料有無建置？	感謝委員意見，部份 UAS 影像已更新國土測繪中心通用版電子地圖正射影像，可至相關網站圖臺瀏覽查詢。另本年度無建置詮釋資料，未來可規劃納入工作項目辦理建置。	無
	5. UAS 影像拍攝任務目的應先確定，以利拍攝計畫擬定，如高程、範圍、時間等。	感謝委員意見，於表 3-1 已增加作業目的簡述。	P.43~44
	6. 100 至 103 年總報告書內容之圖 1-1 應顯示各年度之重點與銜接性。	遵照辦理，修改內容圖片。	詳見 100 至 103 年工作總報告書
	7. 執行完 4 年的科專計畫後，對 UAS 在測繪發展並無具體規劃與建議，請補充。 8. 科專計畫 KPI 中不只是勞務(如攝影)對產業、社會貢獻皆須有清楚描述，建議應補充相關內容。	感謝委員建議，後續發展建議等，補充於陸、二 檢討建議。	P.152~155
吳水吉委員	1. 摘要過於簡略無法看出計畫重要成果。	遵照辦理，並補充摘要內容。	摘要頁
	2. 快速拼接處理流程當中，降解析度作業是否有需要？是否有相關規範？	感謝委員意見，若在電腦記憶體一次可處理範圍內，不超過上千張影像時，可不需做降階處理，已修改內容文字。	P.39

委員	問題與意見	回覆說明	修正頁數對照
	3. 檢討建議中有提到地勢變化崎嶇或起伏大的地區，正射影像成果比較不佳，在都會區高樓部分的鑲嵌作業是否會有錯位的現象，要如何解決？	感謝委員意見，建議方案補充於陸、二小節。	P.152
	4. 未來發展提到要使用雙相機以取得4波段影像，在雙相機取像後RGB影像和NIR影像對位通常會有錯位問題，應如何解決？請先考量。	感謝委員意見，未來發展將規劃雙相機的率定方式後，建立影像對位的計算方程式。	無
	5. 總報告書的結論與建議應該加強補充UAS未來可能的發展方向內容。	感謝委員意見，建議方案補充於陸、二小節。	陸、二
周天穎委員	1. 100至103年度工作總報告書P.9-P.10中有關UAS在越野航拍案例所提之限制，如今科技大多已克服且實際執行，建議修正。	感謝委員建議，修正內容文句。	詳見100至103年工作總報告書
	2. 如遇突發之機件故障，是否具備簡易維修、排除初階機件故障能力？	感謝委員意見，目前已有建立作業前、中、後檢查SOP，如有突發的機件故障，可依循SOP進行排除。	無
	3. 現今電腦效能及雲端運算能力迅速更新，緊急災害應變空拍後之影像處理應考慮不需調降影像解析度。	感謝委員建議，若在電腦記憶體一次可處理範圍內，不超過上千張影像時，可不需做降階處理，已修改內容文字。	P.39
	4. 旋翼及定翼UAS是否採用相同之成果檢核標準？	感謝委員意見，旋翼及定翼型UAS於執行一般正射影像測製作業之成果檢核標準是相同的。	無
	5. 災害緊急應變任務申請空域及拍攝作業時期過長，建議可調整縮短，以滿足緊急應變需求。	感謝委員建議，災害緊急應變任務的空域申請是由國家災害防救科技中心統一進行緊急空域協調申請，以高雄氣爆災點航拍為例，自申請至拍攝可在24小時內完成。	無
	6. 建議成果展示網站應對外開放。	感謝委員建議，國土測繪中心目前即規劃於中心網	無

委員	問題與意見	回覆說明	修正頁數對照
		頁以專區方式呈現相關成果提供外界瀏覽。	
林志清委員	<p>1. 第 149 頁第二節檢討建議中，針對高架橋或大樓等高差位移處理，報告書只針對高架橋部分予以闡述，未對大樓部分如何處理予以說明，且其採配合高架橋方向拍攝方式，似乎只是將高差位移予以隱藏，不是治本也不是治標方式？請補充說明解決方式。</p>	<p>感謝委員建議，首先大樓部分之高差位移現象本團隊以提高航帶重疊率之拍攝方式，減少高樓因偏離拍攝中心而產生之高差位移。目前經實際案例執行顯示該作法可有效減少大樓之高差位移。但高架橋為連續之地物，與大樓情況不相同，提高重疊率之拍攝方式無法完全減少高差位移，連續的相片皆具有不同之高差位移，會造成鑲嵌線與正射影像編修之困難，高差位移為使用中心投影航拍時因地形地物高程差異所必定產生之物理現象，在未更改中心投影航拍方式或利用真實數值地表模型之前提下，無法將高差位移完全修正，因此本團隊提出以配合高架橋方向拍攝之方式，將高架橋置於投影中心，可大幅減少高差位移量，減少編修困難。 未來可嘗試以多角度拍攝先行建立數值地表模型後改正高差位移，獲取真實正射影像。</p>	無
	<p>2. UAS 於緊急航拍作業，常需在雨天下進行航拍，其實施作業有無需要注意處，請補充。</p>	<p>感謝委員意見，目前因國土測繪一號影像酬載為可見光相機，若於下雨時拍攝通常無法取得可用影像。因此緊急航拍作業仍會等待天候穩定，無下雨時才執行，以提高拍攝任務成功率與降低風險。</p>	無
	<p>3. 本案有許多儀器升級，如 GNSS 與 IMU 及中幅相機，其是否可以放入本中心國土測繪 1 號內？予以升級國土測繪 1 號呢？</p>	<p>感謝委員意見，GNSS 與 IMU 未來升級是配合國土測繪一號酬載空間規劃，將可搭配進行升級。</p>	無

委員	問題與意見	回覆說明	修正頁數對照
	4. 本案有許多作法如系統時間同步技術或 GNSS 與 IMU 整合作業，似有其獨創或首創，建議申請專利，並將本中心納入專利申請人。	感謝委員建議，此部分將於業務單位討論未來專利申請方式，並納入中心為共同申請人。	無
	5. 由表 3-2 航拍作業成果一覽表(第 46 頁及第 47 頁)發現編號 2 及編號 11 作業，其空三精度與其他航拍作業有顯著差異，其原因為何？請補充說明，並納入結論或建議中。	感謝委員意見，此兩航拍區之遭遇困難與解決方式已補充於對應的小節。	P.61 P.104
	6. 另編號 15 嘉義縣東石鄉航拍作業，其拍攝地區為雲林縣外傘頂洲，該區域似乎沒有明顯特徵物，惟其空三精度仍屬不錯，空三作業方式如何？有特別處理方式，請補充說明。	感謝委員意見，本區其範圍皆落於海上，為獨立無控制點之作業區。係利用電腦視覺處理影像匹配的軟體獲取影像連結點，配合後測控制點進行正射影像製作，本節作業方式已修正並補充說明。	P.119~ 122
蔡季欣委員	1. 本中心於南投市南崗工業區有設置航遙測感應器系統校正場，校正場內並有大量的地面控制點可供測試運用，建議直接地理定位等研究可利用該校正場進行相關測試作業。	感謝委員建議，本年度因採用旋翼機進行直接地理定位研究，考量交通因素因此就近使用台南公園做為校正場。未來定翼機之相關測試作業將採用南崗工業區校正場進行。	無
	2. 工作總報告書內容有關各區域航拍與影像處理作業陳述上，建議應補充不同區域所遭遇困難點與解決方式等較特殊部分。	感謝委員意見，補充遭遇困難及解決方案之內容於各區對應的小節。	P.104 P.118 P.122
	3. 100 至 103 工作總報告書第參章 UAS 介紹與應用案例部分是舊有資訊，建議更新補充。	感謝委員建議，修正內容文句。	詳見 100 至 103 年工作總報告書
	4. 結論與檢討建議內容部分應加強，如重點式補充作業成果特點與成果效益及 UAS 未來發展建議等部分。	感謝委員意見，建議方案補充於陸、二小節。	陸、二

業務單位初擬審查意見回應

問題與意見	回覆說明	修正頁數對照
1. 「貴中心」、「國土測繪中心」請統一用詞為「國土測繪中心」。「旋翼型 UAS」、「旋翼機」、請統一用詞為「旋翼型 UAS」。	遵照辦理，統一報告書內容用詞。	全文
2. 報告書請補充 UAS 成果網頁相關內容。	遵照辦理，補充於參、四小節。	P.135
3. P.8，倒數第 5 行，本案有使用 20mm 相機鏡頭，文字建議修正為「相機並搭配相容之 20mm 或 24mm 或 50mm 焦距鏡頭……」。	遵照辦理，修正內容文字。	P.8
4. P.14，第 2 段第 1 行，文字請修正為「本案依 <u>契約書</u> 規定……」。	遵照辦理，修正內容文字。	P.14
5. P.15，第 3 行，文字建議修正為「UAS <u>航拍任務標準作業流程</u> ……」。	遵照辦理，修正內容文字。	P.15
6. P.16，第 7 行，「該程序每次只會有一架飛機在執行該程序」。	遵照辦理，修正內容文字。	P.16
7. P.17-20，圖 2-10、2-11、2-13，建議使用本年度表格。	遵照辦理，替換表格為今年度內容。	P.17~20
8. P.30，第 13 行，本案部分航拍區域主要作為更新通用版電子地圖局部圖資，正射影像成果位於平坦地表面無高差移位的明顯地物點其位置中誤差應小於 1.25 公尺，請補充說明。	遵照辦理，補充說明內容文字。	P.30
9. P.31，倒數第 1 行，「world file」請修正為「影像定位檔」。	遵照辦理，修正內容文字。	P.31
10. P.36-37，因本案正射影像製作以區域為單位，請修正本小節相關文字說明，如單「幅」請改成單「區」。	遵照辦理，修正內容文字。	P.36~37
11. P.39，倒數第 3 行，請修正為「以計算轉換參數 <u>拼接所有單張正射影像成全區之正射影像</u> 」。	遵照辦理，修正內容文字。	P.39
12. P.42，第 1 行，「影像共軛點」。	遵照辦理，修正內容文字。	P.42

問題與意見	回覆說明	修正頁數對照
13. P.52，本小節建議補充空三解算之外方位與影像初始外方位之比較結果；另補充直接使用初始外方位製作之正射影像以校正場地檢核點檢核成果精度為何？	遵照辦理，補充內容於參、三小節。	P.133~134
14. P.125，第 7 行，「……以 email 電子郵件……」	遵照辦理，修正內容文字。	P.48
15. P.129，第 2 段，「……當日上午 08:00 災害防中心即以電話聯繫……」；另文字內容建議修正為「 <u>UAS 團隊</u> 於 10:30 時收到中央災害應變中心傳真正式拍攝通報單，確認拍攝範圍（如圖 3-102），並由 <u>災防中心</u> 協調 <u>交通部民用航空局</u> 緊急發布 UAS 飛航公告」。	遵照辦理，修正內容文字。	P.52
16. P.134，第 7 行，文字建議修正為「本項研究所使用的直接地理定位模組於 <u>多旋翼型 UAS 酬載時之分布情形</u> 」	遵照辦理，修正內容文字。	P.137
17. P.138，第 5 行，「前後重疊率 endlap 與側向重疊率 sidelap 提高設定為 80% 與 60%」；倒數第 4 行，「影像三維定位精度」。	遵照辦理，修正內容文字。	P.141
18. P.143，第 12 行，「包含如何自 UAS 航拍相機 確 下載航拍影像」。	遵照辦理，修正內容文字。	P.146
19. 有關嘉義縣東石鄉、花蓮縣秀林鄉及南投縣仁愛鄉等航拍區域，本年度於航拍或影像處理部分皆耗費許多人力及時間，請補充遭遇困難及解決方案相關內容。	遵照辦理，補充遭遇困難及解決方案之內容於對應的小節。	P.104 P.118 P.122

附錄五 相機及鏡頭率定報告

Canon 5D II + 20mm lens

CAMERA CALIBRATION REPORT

PROJECT DETAILS

Camera: Canon EOS 5D Mark II

Filename: C:\IOP\IOP_20mm_case1.aus

Calibration Date: 27/03/2014 13:35pm

METRIC CALIBRATION PARAMETERS

Resolution = 5616 x 3744 pixels

Pixel width = 0.0064mm, Pixel height = 0.0064mm

	VALUE	STANDARD ERROR
Principal distance	c = 20.4967mm	0.001mm
Principal point offset in x-image coordinate	xp = 0.0467mm	0.000mm
Principal point offset in y-image coordinate	yp = 0.0242mm	0.000mm
3rd-order term of radial distortion correction	K1 = 2.43189e-04	2.2619e-07
5th-order term of radial distortion correction	K2 = -4.96373e-07	1.1009e-09
7th-order term of radial distortion correction	K3 = 1.03515e-10	1.6940e-12
Coefficient of decentering distortion	P1 = -4.4857e-06	2.796e-07
Coefficient of decentering distortion	P2 = 9.6876e-06	2.002e-07
Differential scaling between x & y	B1 = -5.7349e-05	4.868e-10
Non-orthogonality between x & y axes	B2 = -1.6704e-04	4.868e-10

STANDARD CORRECTION EQUATION

The corrected image coordinates $x(\text{corr})$ & $y(\text{corr})$ can be calculated from the measured coordinates $x(\text{meas})$ & $y(\text{meas})$ by using the formulas:

$$x = x(\text{meas}) - xp$$

$$y = y(\text{meas}) - yp$$

x and y are now with respect to the principal point,

$$r^2 = x^2 + y^2$$

$$dr = K1 \cdot r^3 + K2 \cdot r^5 + K3 \cdot r^7$$

$$x(\text{corr}) = x(\text{meas}) - xp + x \cdot dr/r + P1 \cdot (r^2 + 2x^2) + 2 \cdot P2 \cdot x \cdot y$$

$$y(\text{corr}) = y(\text{meas}) - yp + y \cdot dr/r + P2 \cdot (r^2 + 2y^2) + 2 \cdot P1 \cdot x \cdot y$$

CAMERA CALIBRATION REPORT

GAUSSIAN RADIAL DISTORTION CORRECTION PROFILE (dr)

For principal distance c , Gaussian radial distortion correction dr (microns) is given for any radial distance r (mm) as:

$$dr = K1 \cdot r^3 + K2 \cdot r^5 + K3 \cdot r^7$$

$$\text{correction } dx = x \cdot dr/r$$

$$\text{correction } dy = y \cdot dr/r$$

	VALUE	STANDARD ERROR
$c =$	20.497mm	0.0008mm
$K1 =$	2.43189e-04	2.2619e-07
$K2 =$	-4.96373e-07	1.1009e-09
$K3 =$	1.03515e-10	1.6940e-12

r(mm)	dr(microns)
0.00	0.0
2.00	1.9
4.00	15.1
6.00	48.7
8.00	108.5
10.00	194.6
12.00	300.4
14.00	411.3
16.00	503.4
18.00	543.7
20.00	489.6

CAMERA CALIBRATION REPORT

BALANCED RADIAL DISTORTION CORRECTION PROFILE(dr)

For 'balanced' principal distance cb , radial distortion correction dr (microns) is given for any radial distance r (mm) as:

$$dr = K0 \cdot r + K1 \cdot r^3 + K2 \cdot r^5 + K3 \cdot r^7$$

$$cb = 19.8829\text{mm}$$

$$K0 = -2.99463\text{e-}02$$

$$K1 = 2.35906\text{e-}04$$

$$K2 = -4.81508\text{e-}07$$

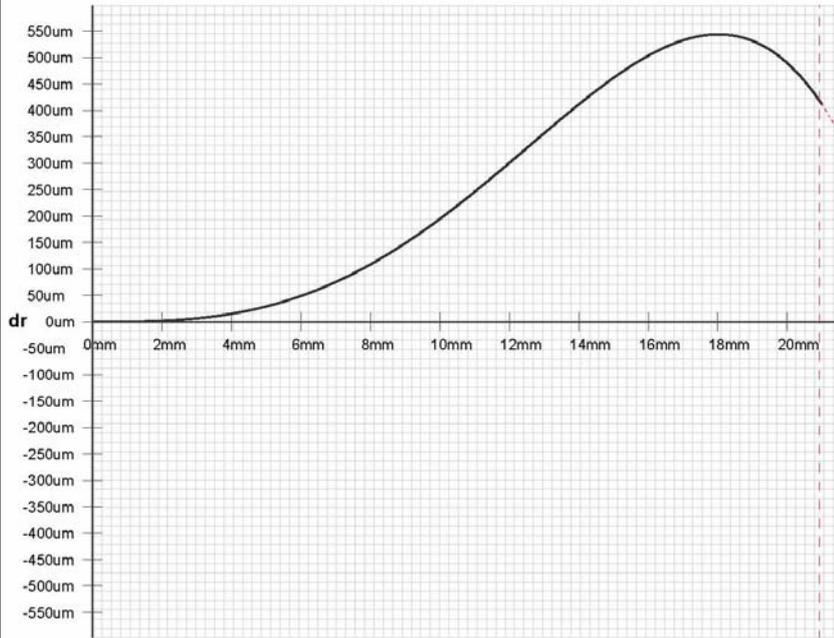
$$K3 = 1.00415\text{e-}10$$

r(mm)	dr(microns)
0.00	0.0
2.00	-58.0
4.00	-105.2
6.00	-132.4
8.00	-134.4
10.00	-110.7
12.00	-67.9
14.00	-20.3
16.00	9.2
18.00	-11.6
20.00	-124.0

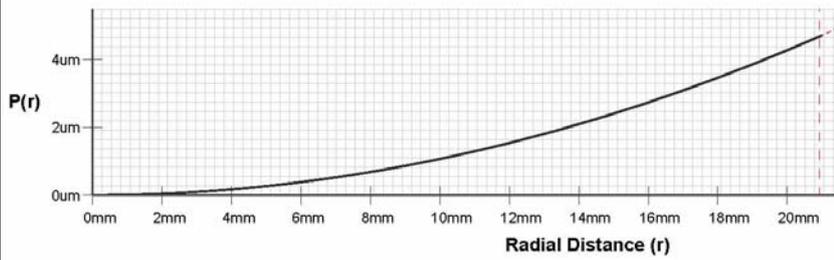
Distortion profile is 'balanced' ($dr = 0.0$) about a radial distance of $r = 15.1\text{mm}$

CAMERA CALIBRATION REPORT

GAUSSIAN RADIAL DISTORTION PLOT [dr shown in micrometres]



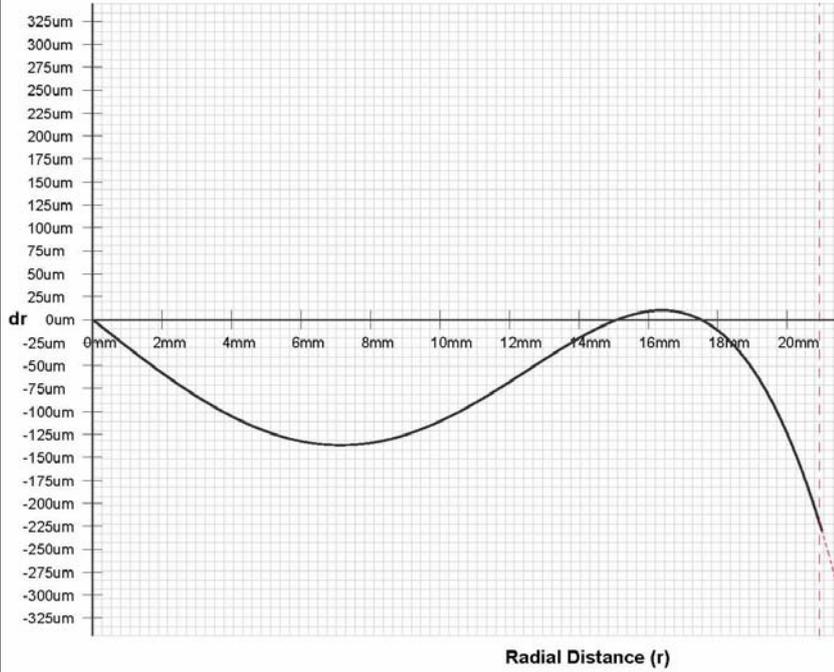
DECENTRING DISTORTION PLOT [$P(r)$ shown in micrometres]



(If present, - - - indicates the maximum radial distance encountered in the self-calibration.)

CAMERA CALIBRATION REPORT

BALANCED RADIAL DISTORTION PLOT [dr shown in micrometres]



(If present, - - - indicates the maximum radial distance encountered in the self-calibration.)

Canon 5D II + 50mm lens

CAMERA CALIBRATION REPORT

PROJECT DETAILS

Camera: Canon EOS 5D Mark II
 Filename: C:\IOP\IOP50v1.aus
 Calibration Date: 30/04/2014 12:05pm

METRIC CALIBRATION PARAMETERS

Resolution = 5616 x 3744 pixels
 Pixel width = 0.0064mm, Pixel height = 0.0064mm

	VALUE	STANDARD ERROR
Principal distance	c = 51.8632mm	0.001mm
Principal point offset in x-image coordinate	xp = -0.0006mm	0.001mm
Principal point offset in y-image coordinate	yp = 0.0531mm	0.001mm
3rd-order term of radial distortion correction	K1 = 5.09430e-05	1.3977e-07
5th-order term of radial distortion correction	K2 = 2.21899e-09	6.4733e-10
7th-order term of radial distortion correction	K3 = -2.05552e-11	9.5304e-13
Coefficient of decentering distortion	P1 = -1.9868e-06	1.645e-07
Coefficient of decentering distortion	P2 = -2.7679e-06	1.126e-07
Differential scaling between x & y	B1 = 1.3603e-05	2.776e-06
Non-orthogonality between x & y axes	B2 = -5.4852e-05	2.776e-06

STANDARD CORRECTION EQUATION

The corrected image coordinates x(corr) & y(corr) can be calculated from the measured coordinates x(meas) & y(meas) by using the formulas:

$$x = x(\text{meas}) - x_p$$

$$y = y(\text{meas}) - y_p$$

x and y are now with respect to the principal point,

$$r^2 = x^2 + y^2$$

$$dr = K1 \cdot r^3 + K2 \cdot r^5 + K3 \cdot r^7$$

$$x(\text{corr}) = x(\text{meas}) - x_p + x \cdot dr / r + P1 \cdot (r^2 + 2x^2) + 2 \cdot P2 \cdot x \cdot y$$

$$y(\text{corr}) = y(\text{meas}) - y_p + y \cdot dr / r + P2 \cdot (r^2 + 2y^2) + 2 \cdot P1 \cdot x \cdot y$$

CAMERA CALIBRATION REPORT

GAUSSIAN RADIAL DISTORTION CORRECTION PROFILE (dr)

For principal distance c , Gaussian radial distortion correction dr (microns) is given for any radial distance r (mm) as:

$$dr = K1 \cdot r^3 + K2 \cdot r^5 + K3 \cdot r^7$$

$$\text{correction } dx = x \cdot dr/r$$

$$\text{correction } dy = y \cdot dr/r$$

	VALUE	STANDARD ERROR
$c =$	51.863mm	0.0015mm
$K1 =$	5.09430e-05	1.3977e-07
$K2 =$	2.21899e-09	6.4733e-10
$K3 =$	-2.05552e-11	9.5304e-13

$r(\text{mm})$	$dr(\text{microns})$
0.00	0.0
2.00	0.4
4.00	3.3
6.00	11.0
8.00	26.1
10.00	51.0
12.00	87.8
14.00	138.8
16.00	205.5
18.00	288.7
20.00	388.3

CAMERA CALIBRATION REPORT

BALANCED RADIAL DISTORTION CORRECTION PROFILE(dr)

For 'balanced' principal distance cb , radial distortion correction dr (microns) is given for any radial distance r (mm) as:

$$dr = K0 \cdot r + K1 \cdot r^3 + K2 \cdot r^5 + K3 \cdot r^7$$

$$cb = 51.2743\text{mm}$$

$$K0 = -1.13568\text{e-}02$$

$$K1 = 5.03645\text{e-}05$$

$$K2 = 2.19379\text{e-}09$$

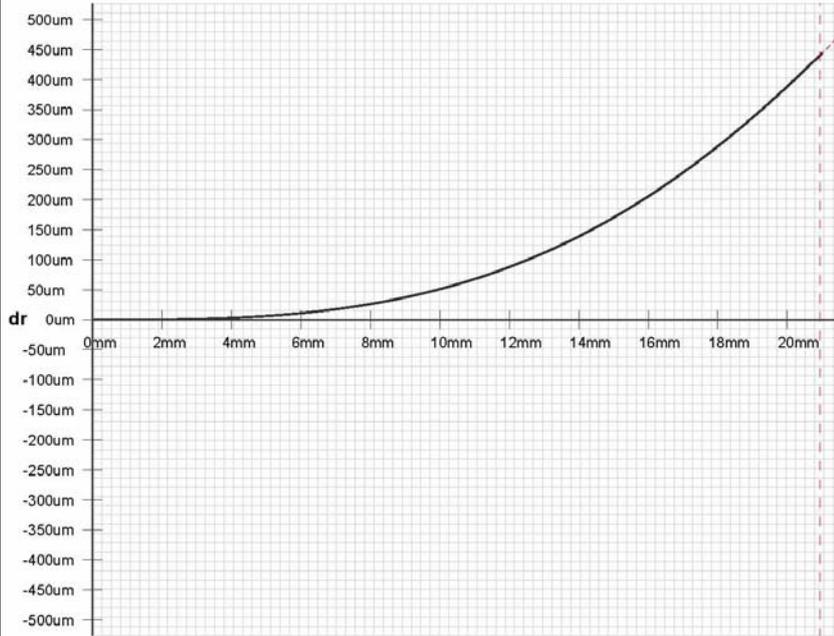
$$K3 = -2.03218\text{e-}11$$

r(mm)	dr(microns)
0.00	0.0
2.00	-22.3
4.00	-42.2
6.00	-57.3
8.00	-65.0
10.00	-63.2
12.00	-49.4
14.00	-21.8
16.00	21.4
18.00	81.0
20.00	156.8

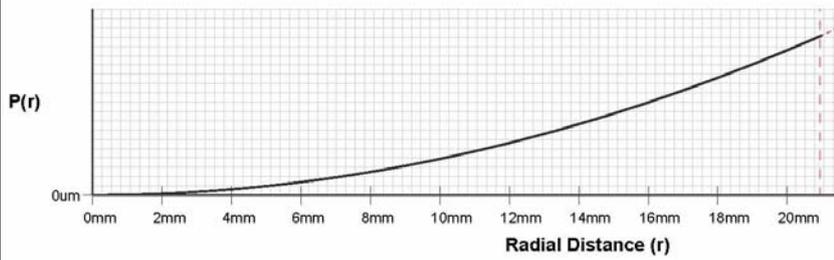
Distortion profile is 'balanced' ($dr = 0.0$) about a radial distance of $r = 15.1\text{mm}$

CAMERA CALIBRATION REPORT

GAUSSIAN RADIAL DISTORTION PLOT [dr shown in micrometres]



DECENTRING DISTORTION PLOT [$P(r)$ shown in micrometres]



(If present, - - - indicates the maximum radial distance encountered in the self-calibration.)

CAMERA CALIBRATION REPORT

