



101 年度發展無人飛行載具航拍技術作業

工作總報告書

委託單位：內政部國土測繪中心

採購案號：NLSC-101-21

建置單位：智飛科技有限公司

國立台灣大學

國立政治大學

印製日期：民國 101 年 11 月

中文摘要

「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，主要工作項目為建置無人飛行載具系統（Unmanned Aerial Vehicle 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。

關鍵字： 無人飛行載具，航拍，測繪

Abstract

This project "Development of UAS aerial mapping technology " based on a four-year founding from National Science Council. Works of the project are building UAS (Unmanned Aerial Vehicle 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, UAS aerial operations, developing UAS aerial photography and image processing standard operating procedures, corrective making rapid geometric mosaic image for each orthophoto.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicle System, UAS, aerial photogrammetric, Mapping

目錄

目錄.....	V
圖目錄.....	IX
表目錄.....	XVII
第壹章、前言.....	1
第貳章 作業分工規劃、工作項目及內容.....	3
第一節 分工規劃.....	3
第二節 工作項目.....	4
一、需求訪談.....	5
二、UAS 航拍及後製處理作業.....	5
三、研擬 UAS 航拍作業規範.....	5
四、UAS 及影像處理軟硬體升級作業.....	6
五、提升 UAS 任務執行安全機制方案.....	6
六、UAS 航拍影像處理整合作業.....	6
七、成本分析.....	6
八、教育訓練.....	7
九、專案配合事項.....	7
第三節 工作時程.....	8
第參章 UAS 硬體及影像處理軟體升級.....	11
第一節 UAS 硬體升級.....	11
一、UAS 硬體升級.....	11
(一) 可接收雙頻以上之 GNSS 硬體設備.....	11
(二) 慣性量測元件(IMU).....	12
二、GNSS 與 IMU 系統整合.....	13
三、GNSS 接收模組驗證.....	16
第二節 UAS 影像處理軟體升級.....	32
一、影像處理軟體升級.....	32
二、ERDAS LPS e-ATE 測試.....	33
第肆章 定翼型 UAS 航拍任務執行與影像處理.....	43
第一節 緊急災害應變及國土監測變異分析作業.....	43
一、南投縣信義鄉和社溪.....	45
二、高雄市茂林區.....	51
三、台中市南屯重劃區.....	53

第二節 正射影像測製作業.....	55
一、苗栗縣卓蘭鎮.....	56
二、臺東縣太麻里鄉.....	63
三、彰化二水、雲林荊桐.....	69
四、彰化二水、雲林西螺.....	76
五、臺南市關廟砲校.....	83
六、高雄市仁武區.....	91
七、桃園機場捷運.....	98
八、苗栗縣後龍海岸線.....	107
九、嘉義縣朴子東石.....	117
十、本案協助其他機關航拍之成效.....	123
第三節 基本圖測製作業.....	125
一、花蓮縣壽豐鄉.....	127
二、花蓮壽豐新豐平大橋.....	140
第四節 航遙測感應器系統校正場航拍作業.....	153
一、南投縣南崗工業區校正場.....	153
第伍章 影像處理軟體整合系統.....	157
第一節 航拍影像處理流程整合.....	160
一、航拍任務規劃流程整合.....	161
二、影像快速鑲嵌拼接流程整合.....	165
三、災區空間資訊流程整合.....	170
四、局部區域圖資更新流程整合.....	174
第二節 開發影像快速鑲嵌拼接軟體.....	177
一、影像快速鑲嵌之處理流程.....	177
二、軟體介面.....	184
三、實際測試與分析.....	186
第陸章 提升 UAS 安全機制方案與研擬 UAS 航拍作業規範.....	191
第一節 提升 UAS 安全機制方案.....	191
一、UAS 作業安全機制考量.....	191
二、UAV 傘降之評估.....	197
第二節 研擬 UAS 航拍作業規範.....	203
一、無人飛行載具系統系統要求.....	204
二、數位相機要求.....	206
三、UAS 航拍作業程序與方法.....	207

四、UAS 航拍工作項目與精度規範.....	210
五、成果檢查.....	213
第柒章 教育訓練與成本分析.....	217
第一節 教育訓練.....	217
第二節 成本分析.....	221
一、UAS 出勤成本分析.....	221
二、UAS 保養管理維護成本分析.....	224
三、UAS 影像處理成本分析.....	225
第捌章 結論與建議.....	227
第一節 結論.....	227
第二節 建議.....	228
一、空域申請與協調.....	228
二、緊急航拍注意事項.....	229
參考文獻.....	231
縮寫符號一覽表.....	235
附錄.....	237
附錄 A 工作計畫書審查意見回覆表.....	239
附錄 B 101 年需求訪談會議簽到簿、紀錄.....	247
附錄 C 第一階段成果審查工作小組意見回覆表.....	251
附錄 D 期中報告委員審查意見回覆表.....	257
附錄 E 期中報告工作小組意見回覆表.....	269
附錄 F 工作總報告委員審查意見回覆表.....	275
附錄 G 工作總報告工作小組審查意見回覆表.....	287
附錄 H 工作會議記錄.....	295
附錄 I 教育訓練簽到表.....	303
附錄 J 空域申請表格填寫範例.....	305
附錄 K 空域協調會議填寫範例.....	307
附錄 L Canon EOS 5D Mark II 24mm 鏡頭率定報告書.....	309
附錄 M Canon EOS 5D Mark II 50mm 鏡頭率定報告書.....	315
附錄 N UAS 起降跑道整理表.....	321
附錄 O 研討會論文題目與摘要.....	323
附錄 P 國土測繪 1 號失事報告書.....	325

圖目錄

圖 2-1 團隊架構.....	3
圖 2-2 專案執行流程圖.....	3
圖 2-3 本案之專案甘特圖.....	10
圖 3-1 Trimble BD970 GNSS OEM board 接收模組.....	11
圖 3-2 XSens MTI-G 姿態參考系統.....	12
圖 3-3 100 年度專案之 UAS 拍攝資訊記錄流程.....	13
圖 3-4 101 年度 UAS 拍攝記錄流程.....	14
圖 3-5 1PPS 時間訊號同步圖示.....	15
圖 3-6 1PPS 時間訊號同步時序圖.....	15
圖 3-7 e-GPS 定位示意圖 (內政部國土測繪中心, 2010(a)).....	19
圖 3-8 全台 e-GPS 基準站分布圖 (圖片來源: 國土測繪中心網站).....	20
圖 3-9 BD970”靜置”試驗區.....	22
圖 3-10 圖 1 BD970 e-GPS 定位功能”靜置”之實地測試情況.....	22
圖 3-11 位於政大綜合院館 16 樓樓頂之 GPS 主站 (左圖為主站位置; 右圖為 GPS 主站近照).....	23
圖 3-12 移動站之 GPS 天線靜置於車頂.....	26
圖 3-13 BD970 之 e-GPS 即時解算畫面.....	27
圖 3-14 L1/L2 DGPS 後處理之定位軌跡.....	27
圖 3-15 快速移動下 BD970 之 e-GPS 即時定位軌跡.....	27
圖 3-16 快速移動下 BD 970 之 e-GPS 與 L1/L2 DGPS 定位成果套疊.....	28
圖 3-17 快速移動下 BD 970 之 e-GPS 與 L1/L2 DGPS 之差值.....	29
圖 3-18 快速移動下 BD 970 之 e-GPS 與 L1/L2 DGPS 定位成果三方向差 異直方圖(上圖)與直方圖局部放大圖(下圖).....	30
圖 3-19 差值離群資料挑選.....	31
圖 3-20 ERDAS LPS e-ATE 運用範例.....	32
圖 3-21 LPS Terrain Editor 螢幕擷取畫面.....	33
圖 3-22 特三試驗區.....	33
圖 3-23 影像重疊圖.....	34
圖 3-24 e-ATE 操作視窗.....	34
圖 3-25 e-ATE 參數設定視窗.....	35
圖 3-26 e-ATE 執行狀態圖示.....	35
圖 3-27 e-ATE 產生的 DEM 成果圖示.....	36

圖 3-28 進入 Terrain Editor 編修模組 DEM 編修視窗畫面.....	36
圖 3-29 DEM 匯入檔案操作視窗.....	37
圖 3-30 DEM 設定同一高程操作視窗畫面.....	38
圖 3-31 正射糾正參數設定視窗.....	39
圖 3-32 正射糾正完成圖.....	39
圖 3-33 正射影像鑲嵌高程來源選取視窗畫面.....	40
圖 3-34 正射影像鑲嵌調色和接縫處理方法選取視窗畫面.....	40
圖 3-35 正射鑲嵌成果圖.....	41
圖 4-1 南投和社溪緊急航拍任務規劃.....	45
圖 4-2 UAV 準備起飛.....	47
圖 4-3 6 月 14 日航拍任務之含雲影像.....	47
圖 4-4 6 月 14 日作業現場.....	48
圖 4-5 運用多旋翼 UAS 拍攝堰塞湖之航線.....	49
圖 4-6 堰塞湖區域快速拼接成果.....	50
圖 4-7 堰塞湖區域空中之環景拍攝套疊成果.....	50
圖 4-8 高雄茂林區任務執行路徑.....	51
圖 4-9 高雄茂林 UAS 影像產製之幾何正射影像.....	52
圖 4-10 台中黎明重劃區任務執行路徑.....	53
圖 4-11 台中南屯重劃區 UAS 影像產製之幾何正射糾正鑲嵌影像.....	54
圖 4-12 苗栗縣卓蘭鎮任務區執行範圍.....	57
圖 4-13 苗栗縣卓蘭鎮 UAS 航拍影像分布圖.....	58
圖 4-14 苗栗縣卓蘭鎮航拍區控制點與檢核點分布圖示.....	58
圖 4-15 苗栗縣卓蘭鎮 UAS 影像自率光束法空三平差連結點分布概略 圖.....	59
圖 4-16 苗栗縣卓蘭鎮 UAS 影像自率光束法空三平差網形圖.....	59
圖 4-17 苗栗縣卓蘭鎮 UAS 影像自率光束法空三平差結果.....	60
圖 4-18 苗栗縣卓蘭鎮 UAS 影像產製之 5m*5m 的 DEM.....	60
圖 4-19 苗栗縣卓蘭鎮 UAS 影像產製之幾何正射糾正鑲嵌圖.....	61
圖 4-20 苗栗縣卓蘭鎮 UAS 影像正射鑲嵌檢核點分布圖.....	61
圖 4-21 臺東縣太麻里任務執行路徑圖.....	63
圖 4-22 臺東縣太麻里 UAS 航拍影像分布圖.....	64
圖 4-23 臺東縣太麻里航拍區控制點與檢核點分布圖示.....	65
圖 4-24 臺東縣太麻里 UAS 影像自率光束法空三平差連結點分布概略 圖.....	65

圖 4-25 臺東縣太麻里 UAS 影像自率光束法空三平差網形圖.....	66
圖 4-26 臺東縣太麻里 UAS 影像自率光束法空三平差結果.....	66
圖 4-27 臺東縣太麻里 UAS 影像產製之 5m*5m 的 DEM.....	67
圖 4-28 臺東縣太麻里 UAS 影像產製之幾何正射糾正鑲嵌圖.....	67
圖 4-29 臺東縣太麻里 UAS 影像正射鑲嵌檢核點分布圖.....	68
圖 4-30 彰化二水拍攝路徑.....	70
圖 4-31 彰化二水 UAS 航拍影像分布圖.....	71
圖 4-32 彰化二水航拍區控制點與檢核點分布圖示.....	72
圖 4-33 彰化二水 UAS 影像自率光束法空三平差連結點分布概略圖...	73
圖 4-34 彰化二水 UAS 影像自率光束法空三平差網形圖.....	73
圖 4-35 彰化二水 UAS 影像自率光束法空三平差結果.....	73
圖 4-36 彰化二水 UAS 影像產製之 5m*5m 的 DEM.....	74
圖 4-37 彰化二水 UAS 影像產製之幾何正射糾正鑲嵌圖.....	75
圖 4-38 彰化二水 UAS 影像正射鑲嵌檢核點分布圖.....	75
圖 4-39 彰化二水航拍區任務範圍示意圖.....	77
圖 4-40 彰化二水 UAS 航拍影像分布圖.....	78
圖 4-41 彰化二水航拍區控制點與檢核點分布圖示.....	78
圖 4-42 彰化二水 UAS 影像自率光束法空三平差連結點分布概略圖...	79
圖 4-43 彰化二水 UAS 影像自率光束法空三平差網形圖.....	79
圖 4-44 彰化二水 UAS 影像自率光束法空三平差結果.....	80
圖 4-45 彰化二水 UAS 影像產製之 5m*5m 的 DEM.....	81
圖 4-46 彰化二水 UAS 影像產製之幾何正射糾正鑲嵌圖.....	81
圖 4-47 彰化二水 UAS 影像正射鑲嵌檢核點分布圖.....	82
圖 4-48 臺南關廟砲校航拍任務執行路徑.....	84
圖 4-49 臺南關廟砲校 UAS 航拍影像分布圖.....	85
圖 4-50 臺南關廟砲校航拍區控制點與檢核點分布圖示.....	86
圖 4-51 臺南關廟砲校 UAS 影像自率光束法空三平差連結點分布概略圖	87
圖 4-52 臺南關廟砲校 UAS 影像自率光束法空三平差網形圖.....	87
圖 4-53 臺南關廟砲校 UAS 影像自率光束法空三平差結果.....	88
圖 4-54 臺南關廟砲校 UAS 影像產製之 5m*5m 的 DEM.....	89
圖 4-55 臺南關廟砲校 UAS 影像產製之幾何正射糾正鑲嵌圖.....	89
圖 4-56 臺南關廟砲校 UAS 影像正射鑲嵌檢核點分布圖.....	90
圖 4-57 高雄仁武區航拍路徑.....	91

圖 4-58 高雄市仁武區 UAS 航拍影像分布圖.....	92
圖 4-59 高雄市仁武區航拍區控制點與檢核點分布圖示.....	93
圖 4-60 高雄市仁武區 UAS 影像自率光束法空三平差連結點分布概略圖	94
圖 4-61 高雄市仁武區 UAS 影像自率光束法空三平差網形圖.....	94
圖 4-62 高雄市仁武區 UAS 影像自率光束法空三平差結果.....	95
圖 4-63 高雄市仁武區 UAS 影像產製之 5m*5m 的 DEM.....	96
圖 4-64 高雄市仁武區 UAS 影像產製之幾何正射糾正鑲嵌圖.....	97
圖 4-65 高雄市仁武區 UAS 影像正射鑲嵌檢核點分布圖.....	97
圖 4-66 桃園機場捷運 A7 站航拍路徑.....	99
圖 4-67 A7 區拍攝雲蓋率大於 30%.....	99
圖 4-68 A7 區拍攝照片.....	100
圖 4-69 桃園機場捷運線 A7 UAS 航拍影像分布圖.....	101
圖 4-70 桃園機場捷運航拍區控制點與檢核點分布圖示.....	102
圖 4-71 桃園機場捷運 UAS 影像自率光束法空三平差連結點分布概略 圖.....	103
圖 4-72 桃園機場捷運 UAS 影像自率光束法空三平差網形圖.....	103
圖 4-73 桃園機場捷運 UAS 影像自率光束法空三平差結果.....	104
圖 4-74 桃園機場捷運 UAS 影像產製之 5m*5m 的 DEM.....	105
圖 4-75 桃園機場捷運 UAS 影像產製之幾何正射糾正鑲嵌圖.....	106
圖 4-76 桃園機場捷運 UAS 影像正射鑲嵌檢核點分布圖.....	106
圖 4-77 苗栗後龍海岸航線規劃示意圖.....	108
圖 4-78 苗栗後龍航拍區 UAS 航拍影像分布圖.....	110
圖 4-79 苗栗後龍航拍區控制點與檢核點分布圖示.....	111
圖 4-80 苗栗後龍 UAS 影像自率光束法空三平差連結點分布概略圖.....	112
圖 4-81 苗栗後龍 UAS 影像自率光束法空三平差網形圖.....	112
圖 4-82 苗栗後龍 UAS 影像自率光束法空三平差結果.....	113
圖 4-83 苗栗後龍 UAS 影像產製之 5m*5m 的 DEM.....	114
圖 4-84 苗栗後龍 UAS 影像產製之幾何正射糾正鑲嵌圖.....	115
圖 4-85 苗栗後龍 UAS 影像正射鑲嵌檢核點分布圖.....	115
圖 4-86 苗栗後龍海岸線繪製成果圖.....	116
圖 4-87 嘉義縣朴子東石任務拍攝路徑.....	118
圖 4-88 嘉義縣朴子東石 UAS 航拍影像分布圖.....	119
圖 4-89 嘉義縣朴子東石航拍區控制點與檢核點分布圖示.....	119

圖 4-90 嘉義縣朴子東石 UAS 影像自率光束法空三平差連結點分布概略圖.....	120
圖 4-91 嘉義縣朴子東石 UAS 影像自率光束法空三平差網形圖.....	120
圖 4-92 嘉義縣朴子東石 UAS 影像自率光束法空三平差結果.....	120
圖 4-93 嘉義縣朴子東石 UAS 影像產製之 5m*5m 的 DEM.....	122
圖 4-94 嘉義縣朴子東石 UAS 影像產製之幾何正射糾正鑲嵌影像.....	122
圖 4-95 嘉義朴子東石 UAS 影像正射鑲嵌檢核點分布圖.....	123
圖 4-96 花蓮縣壽豐航拍路徑.....	127
圖 4-97 花蓮縣壽豐 UAS 航拍影像分布圖.....	128
圖 4-98 花蓮縣壽豐航拍區控制點與檢核點分布圖示.....	129
圖 4-99 花蓮縣壽豐 UAS 影像自率光束法空三平差連結點分布概略圖.....	130
圖 4-100 花蓮縣壽豐 UAS 影像自率光束法空三平差網形圖.....	130
圖 4-101 花蓮縣壽豐 UAS 影像自率光束法空三平差結果.....	131
圖 4-102 花蓮縣壽豐 UAS 影像產製之 5m*5m 的 DEM.....	132
圖 4-103 花蓮縣壽豐 UAS 影像產製之幾何正射糾正鑲嵌圖.....	133
圖 4-104 花蓮縣壽豐 UAS 影像正射鑲嵌檢核點分布圖.....	133
圖 4-104-2 花蓮壽豐橋 UAS 航拍影像立體測圖成果.....	135
圖 4-105 花蓮縣壽豐 GPS 輔助自率光束法空三平差控制點與檢核點分布圖示.....	136
圖 4-106 花蓮縣壽豐 UAS 影像 GPS 輔助自率光束法空三平差連結點分布概略圖.....	137
圖 4-107 花蓮縣壽豐 UAS 影像 GPS 輔助自率光束法空三平差網形圖.....	138
圖 4-108 花蓮縣壽豐 UAS 影像 GPS 輔助自率光束法空三平差結果... 138	138
圖 4-109 花蓮壽豐新豐平大橋任務路徑.....	141
圖 4-110 花蓮壽豐新豐平大橋 UAS 航拍影像分布圖.....	142
圖 4-111 花蓮壽豐新豐平大橋航拍區控制點與檢核點分布圖示.....	143
圖 4-112 花蓮壽豐橋 UAS 影像自率光束法空三平差連結點分布概略圖.....	144
圖 4-113 花蓮壽豐橋 UAS 影像自率光束法空三平差網形圖.....	144
圖 4-114 花蓮壽豐新豐平大橋 UAS 影像自率光束法空三平差結果... 145	145
圖 4-115 花蓮壽豐橋 UAS 影像產製之 5m*5m 的 DEM.....	146
圖 4-116 花蓮壽豐新豐平大橋 UAS 影像產製之幾何正射糾正鑲嵌影像	

.....	147
圖 4-117 花蓮壽豐新豐平大橋 UAS 影像正射鑲嵌檢核點分布圖.....	147
圖 4-118 花蓮壽豐橋 UAS 航拍影像立體測圖成果.....	148
圖 4-119 花蓮壽豐橋 GPS 輔助自率光束法空三平差控制點與檢核點分布圖示.....	149
圖 4-120 花蓮壽豐橋 UAS 影像 GPS 輔助自率光束法空三平差連結點分布概略圖.....	150
圖 4-121 花蓮壽豐橋 UAS 影像 GPS 輔助自率光束法空三平差網形圖.....	150
圖 4-122 花蓮壽豐橋 UAS 影像 GPS 輔助自率光束法空三平差結果...	151
圖 4-123 南投航遙測校正場航拍區任務路徑.....	154
圖 4-124 南投南崗工業區 UAS 航拍影像.....	154
圖 5-1 航拍影像處理系統架構圖.....	159
圖 5-2 系統使用者界面圖.....	160
圖 5-3 航線規劃流程圖.....	161
圖 5-4 航拍任務規劃之主選單.....	162
圖 5-5 航拍計畫計算軟體解算之結果.....	163
圖 5-6 以 UAV-MP 讀取航拍計畫計算軟體之飛行計畫.....	163
圖 5-7 以 Google Earth 檢視三維飛行計畫.....	164
圖 5-8 快速影像鑲嵌拼接之作業流程圖.....	165
圖 5-9 快速影像鑲嵌拼接之主選單.....	167
圖 5-10 影像外方位參數轉檔.....	168
圖 5-11 相機內方位參數設定.....	168
圖 5-12 影像匯入畫面.....	169
圖 5-13 利用 ORIMA 進行自動連結點量測及匹配.....	169
圖 5-14 系統提供 HTML 格式之使用說明.....	170
圖 5-15 UAS 應用於災區空間資訊之作業流程.....	171
圖 5-16 災區空間資訊之主選單.....	172
圖 5-17 高程差異計算之功能畫面.....	173
圖 5-18 影像變遷分析之功能畫面.....	174
圖 5-19 局部區域圖資更新標準作業流程.....	175
圖 5-20 局部區域圖資更新之主選單.....	176
圖 5-21 快速影像鑲嵌之處理流程.....	178
圖 5-22 初始匹配成果.....	180

圖 5-23 特徵描述元之匹配結果.....	182
圖 5-24 加入核線幾何及 RANSAC 演算法之匹配結果.....	182
圖 5-25 核線幾何.....	183
圖 5-26 像對影像之拼接結果.....	184
圖 5-27 影像快速鑲嵌拼接軟體介面.....	185
圖 5-28 多張影像選取介面.....	185
圖 5-29 影像瀏覽介面.....	186
圖 5-30 測試區一 UAV 影像.....	187
圖 5-31 影像套合成果.....	187
圖 5-32 測試區二 UAV 影像.....	188
圖 6-1 UAS 遠端監控軟體介面.....	195
圖 6-2 小型電動 UAV 開傘，並因風力影響掉入河床.....	198
圖 6-3 靶機四號回收傘.....	199
圖 6-4 橘鷹測試機.....	199
圖 6-5 回收傘傘衣的放置折疊說明.....	200
圖 6-6 引導放置折疊說明.....	201
圖 6-7 橘鷹測試機傘降.....	202
圖 7-1 航拍影像處理實作上課照片.....	220
圖 7-2 飛行勤務執行階段圖.....	221
圖 7-3 UAS 出勤工作分配圖.....	223

表目錄

表 2-1 工作項目與章節對照表.....	4
表 2-2 成果繳交項目與工作期程.....	8
表 3-1 GPS RTK 測得點位坐標(單位：公尺).....	24
表 3-2 BD970 e-GPS 定位功能”靜置”時之測量成果(單位：公尺)	24
表 3-3 BD970 e-GPS 定位功能”靜置”時與 GPS RTK 測量成果之坐標 差異量.....	25
表 3-4 BD970 e-GPS 定位功能”靜置”時 RMSE(單位：公尺).....	25
表 3-5 差值統計量(單位：公尺).....	29
表 3-6 方式一粗差別除後之差值統計量(單位：公尺).....	30
表 3-7 方式二粗差別除後之差值統計量(單位：公尺).....	31
表 4-1 南投縣信義鄉和社溪航拍區任務執行概況.....	45
表 4-2 高雄茂林區任務執行概況.....	51
表 4-3 台中黎明重劃區任務執行概況.....	53
表 4-4 正射影像測製區航拍任務執行概況.....	55
表 4-5 苗栗縣卓蘭鎮任務執行概況.....	56
表 4-6 苗栗縣卓蘭鎮 UAS 影像自率光束法空三平差精度檢核表.....	60
表 4-7 苗栗縣卓蘭鎮影像鑲嵌圖的幾何精度檢核表(單位：公尺).....	62
表 4-8 臺東縣太麻里任務執行概況.....	63
表 4-9 臺東縣太麻里 UAS 影像自率光束法空三平差精度檢核表.....	66
表 4-10 臺東縣太麻里影像鑲嵌圖的幾何精度檢核表(單位：公尺)	68
表 4-11 彰化二水、溪洲、雲林荊桐航拍區任務執行概況.....	69
表 4-12 彰化二水 UAS 影像自率光束法空三平差精度檢核表.....	74
表 4-13 彰化二水影像鑲嵌圖的幾何精度檢核表(單位：公尺).....	75
表 4-14 彰化二水、溪洲、雲林西螺航拍區任務執行概況.....	76
表 4-15 彰化二水 UAS 影像自率光束法空三平差精度檢核表.....	80
表 4-16 彰化二水影像鑲嵌圖的幾何精度檢核表(單位：公尺).....	82
表 4-17 臺南關廟砲校航拍區任務執行概況.....	83
表 4-18 臺南關廟砲校 UAS 影像自率光束法空三平差精度檢核表.....	88
表 4-19 臺南關廟砲校影像鑲嵌圖的幾何精度檢核表(單位：公尺)	90

表 4-20 高雄仁武區航拍區任務執行概況.....	91
表 4-21 高雄市仁武區 UAS 影像自率光束法空三平差精度檢核表.....	95
表 4-22 高雄市仁武區影像鑲嵌圖的幾何精度檢核表 (單位：公尺)	97
表 4-23 桃園機場捷運線 A7 航拍區任務執行概況.....	98
表 4-24 桃園機場捷運 UAS 影像自率光束法空三平差精度檢核表.....	105
表 4-25 桃園機場捷運影像鑲嵌圖的幾何精度檢核表 (單位：公尺)	106
表 4-26 苗栗後龍海岸線航拍區任務執行概況.....	107
表 4-27 中央氣象局 101 年度苗栗外埔潮汐預測表.....	109
表 4-28 苗栗後龍 UAS 影像自率光束法空三平差精度檢核表.....	113
表 4-29 苗栗後龍海岸線影像鑲嵌圖的幾何精度檢核表 (單位：公尺)	115
表 4-30 台 82 線朴子至東石段任務執行概況.....	117
表 4-31 嘉義縣朴子東石 UAS 影像自率光束法空三平差精度檢核表.....	121
表 4-32 嘉義朴子東石正射鑲嵌影像幾何精度檢核表 (單位：公尺)	123
表 4-33 協助航拍區數據統計.....	124
表 4-34 花蓮縣壽豐任務執行概況.....	127
表 4-35 花蓮縣壽豐 UAS 影像自率光束法空三平差精度檢核表(單位： 公尺).....	131
表 4-36 花蓮縣壽豐正射影像鑲嵌圖的幾何精度檢核表 (單位：公尺)	134
表 4-37 花蓮縣壽豐 UAS 影像 GPS 輔助自率光束法空三平差精度檢核表	139
表 4-38 花蓮壽豐橋任務執行概況.....	140
表 4-39 花蓮壽豐新豐平大橋 UAS 影像自率光束法空三平差精度檢核表 (單位：公尺).....	145
表 4-40 花蓮壽豐橋正射影像鑲嵌圖的幾何精度檢核表 (單位：公尺)	148
表 4-41 花蓮壽豐橋 UAS 影像 GPS 輔助自率光束法空三平差精度檢核表	151
表 4-42 南投航遙測校正場航拍區任務執行概況.....	153
表 6-1 DoDo Pro UAS 任務執行狀況處理建議表.....	194

表 7-1 教育訓練課程表 11 月 14 日	218
表 7-2 教育訓練課程表 11 月 15 日	219
表 7-3 UAS 出勤 1 次成本分析	224
表 7-4 UAV 定期保養週期表	225
表 7-5 影像處理成本分析	225
表 7-6 桃園捷運線 A7 影像處理成本範例	226

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 Aerial Vehicle 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。本計畫主要延續97年度「探測感應器測繪平台架構規劃暨應用作業案」進行後續UAV應用更進一步的研究與測試，長期目標為應用UAS航拍影像於測繪圖資更新、防救災快速應變及定期國土監測等三個主要領域，期望達成三大主要目標，分述如下：

一、 建立空間資訊平台，定期應用UAS航拍影像更新基礎圖資

國土利用調查、電子地圖與基本圖修測為國土測繪中心主要業務，這些業務皆以航拍影像為底圖進行測繪製圖，後續維護及更新是延續成果使用效益的重要方法，但實際情形，修測或更新範圍內並非全部地形地物皆有所變動，考量修測更新效率與成本，可以UAS針對發展快速、變異大地區，進行局部圖資修測補丁更新作業。未來UAS建置完成並建立空間資訊平台，可定期空拍影像提供作為各項基礎圖資底圖。

二、 建立災害防救決策支援機制

當各種災害發生時，災區資訊獲取為首要，災區資訊完整性影響救災與救人效率。災害發生主要分為前、中、後期，UAS 主要可應用於災害發生前、中期，衛星影像與載人航拍主要應用於災害發生中、後期，三種遙測資訊在救災及災後重建階段均可發揮重要之功效，未來 UAS 建置完成，將可完成災區資訊獲取的最後一塊拼圖，建立完整災害防救決策支援機制，提供災害應變重要決策參考依據。

三、 建立 UAV 航拍影像快速提供機制，應用於國土監測及變異分析

台灣隨著經濟發展及社會變遷，土地利用型態漸趨複雜，對自然環境的破壞及土地資源的不當使用情形也日趨嚴重，如何有效運用遙測技術來管理土地資源，以達到永續使用的目的，為當前重要國土政策之一。UAV 低空雲下航拍作業及空拍影像解析度高優勢，對於應用於國土監測及變異分析有相當大的助益，相較於衛星與載人飛機遙測，天候影響程度低，並且影像解析度高，更有利於地形地物的判釋分析，雖然現階段仍以衛星影像作為國土監測主要手段，但未來以 UAS 建立完成影像快速提供機制，將可提供國土監測更即時及有利判釋的影像資料，進一步提昇國土規劃、經營與管理整體效益。為達上述長期目標和願景，本計畫主要為規劃建置 UAS 與影像處理系統兩部分。系統建置完成後朝向國土環境監測、防救災緊急航拍應用及局部圖資修測等三種不同應用方向，辦理相關應用作業。

在 100 年度專案中，完成 UAS 需求訪談與資料蒐集、定翼型無人飛行載具系統建置、一般航拍任務執行、規劃 UAS 任務執行安全機制、無人飛行載具系統航拍影像處理系統規劃、UAS 成本分析與辦理教育訓練等工作，成功的建立的運用 UAS 執行航拍的基礎能量。本案為 100 年度專案之延續，旨在升級 UAS 及影像處理軟硬體、執行 UAS 航拍作業、辦理影像處理整合作業、研擬航拍作業規範與任務執行安全機制，並參照專案相關成果與規劃，進一步提升相關技術與精確度。

第貳章 作業分工規劃、工作項目及內容

第一節 分工規劃

本案由智飛科技有限公司、國立臺灣大學土木系與國立政治大學地政學系成員共同執行，分別就無人飛行載具系統軟、硬體升級、航拍任務執行、航拍影像處理、航拍作業規範研擬與影像處理流程整合等計畫項目進行工作劃分，請參考圖 2-1，執行流程請參考圖 2-2。



圖 2-1 團隊架構

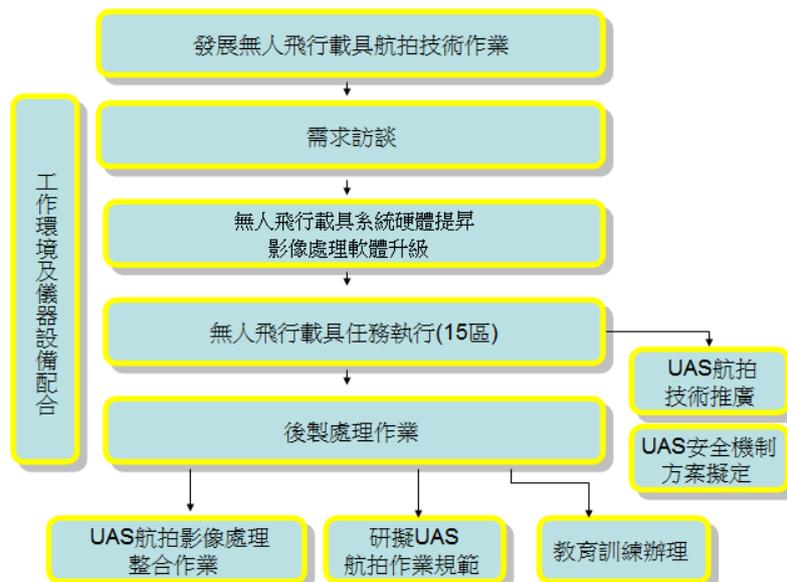


圖 2-2 專案執行流程圖

第二節 工作項目

本案主要為 100 年度專案之延續，並參照專案相關成果與規劃，進一步提升相關技術與精確度。主要工作項目計有：

- 需求訪談
- UAS 航拍及影像處理作業
- 研擬 UAS 航拍作業規範
- 升級 UAS 及影像處理軟硬體
- 研擬提升 UAS 任務執行安全機制方案
- UAS 航拍影像處理整合作業
- 作業成本分析
- 教育訓練辦理

本案應執行之工作項目及內容如表 2-1 所列：

表 2-1 工作項目與章節對照表

工作項目	章節對照
需求訪談	附錄 B
UAS 航拍及後製處理作業	第肆章
研擬 UAS 航拍作業規範	第陸章、第二節
升級國土測繪中心 UAS 及影像處理軟硬體	第參章
研擬提升 UAS 任務執行安全機制方案	第陸章、第一節
UAS 航拍影像處理整合作業	第伍章
成本分析	第柒章、第二節
辦理教育訓練	第柒章、第一節
其他配合事項	第貳章、第柒章

其中在 UAS 航拍及影像處理作業項目中，必須針對緊急災害應變及國土監測變異、正射影像測製作業、基本圖測製作業、航遙測感應器系統校正場等項目進行拍攝，藉由實際的製作來驗證整個流程的可行性、精確性與時效性，並據此將 UAS 推廣於實務運用上。

本案各工作內容說明如下：

一、需求訪談

需於決標次日起 20 日內至國土測繪中心進行需求訪談並作成會議紀錄，決標次日起 30 日內將訪談紀錄送交。

二、UAS 航拍及後製處理作業

本項工作乃配合國土測繪中心需求以國土測繪中心建置或相同規格機型及酬載之定翼型 UAS 進行航拍及資料處理，航拍區域由國土測繪中心選定至少 15 區以上，每區航拍面積至少 3 平方公里相關之任務執行方法與內容請參考第肆章定翼型 UAS 任務規劃執行與影像處理。UAS 航拍及後製處理作業內容簡述如下：

- 緊急災害應變及國土監測變異分析作業
- 正射影像測製作業
- 基本圖測製作業
- 航遙測感應器系統校正場航拍作業

三、研擬 UAS 航拍作業規範

本項工作項目將參考國、內外相關 UAS 作業標準及規範，同時依據國內 UAS 之技術發展、應用情形、及相關軟硬體發展、以及本團隊執行 UAS 航拍之相關作業結果，進行 UAS 航拍作業規範之制定。因本案利用 UAS 進行航拍作業主要是利用定翼及旋翼型 UAS 搭載數位相機進行國土監測變異分析、正射影像測製、及基本圖測製等三項應用，因此本案今年度制定規範時，以能夠滿足上述三項應用之作業需求為主要考量。相關作業規範請參考第陸章說明。

四、UAS 及影像處理軟硬體升級作業

- 升級裝載於 UAS 上可接收雙頻以上之全球導航衛星(Global Navigation Satellite System，以下簡稱 GNSS)接收模組與慣性量測元件(Inertial Measurement Unit，以下簡稱 IMU)
- 提供 ERDAS LPS e-ATE、Terrain Editor 之 DEM 製作與編修軟體

五、提升 UAS 任務執行安全機制方案

研擬提升 UAS 任務執行安全機制方案，並評估緊急狀況時傘降功能可行性。詳細說明請見第陸章。

六、UAS 航拍影像處理整合作業

本工作項目為針對本案進行 UAS 航拍影像處理時之各項工作訂定相關標準作業流程，並以 ERDAS 軟體為基本平台，進行各項處理流程之整合作業。詳細說明請見第伍章。

七、成本分析

針對 UAS 影像處理成本與 UAS 保養管理維護成本進行分析。相關分析請見第柒章。

八、教育訓練

本案需辦理 2 梯次教育訓練。2 梯次訓練人數合計至少 10 人且訓練時數合計至少 12 小時(1 日以不超過 6 小時為限)，教育訓練辦理情形請見第柒章。

九、專案配合事項

需辦理相關航拍任務規劃，包含找尋起降點、緊急降落場地備案、航線規劃等作業，並需無償提供定翼型及旋翼型無人飛行載具系統各 1 套，供緊急或特定航拍需求使用。另每次執行任務前需檢查 UAS 系統功能是否正常，並填寫航拍任務紀錄表，記錄每次航拍時雲蓋率、風向、風速、航行軌跡、相機曝光位置、各項飛行姿態。此外需確實進行 UAS 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。本案所使用之數位相機需先行進行室內率定，並將相機之內方位參數報告交與國土測繪中心。

本案之各項作業已製作成製作 5 分鐘以上之展示影片，並配合 2012 年國土測繪中心測繪成果發表暨展示會，辦理無人飛行載具展示作業。除舉辦教育訓練進行推廣外，亦以定翼型 UAV 影像立體測圖之精度探討一文投稿第 31 屆測量及空間資訊研討會，用以彰顯本專案技術發展成果。綜整本年度之相關配合成果如下：

- 花蓮航拍區動態飛行模擬。
- 作業過程之實錄成果原始影片及展示影片。
- UAS 航拍影像處理操作手冊及 UAS 保養維護手冊。
- 第 31 屆測量及空間資訊研討會論文一篇。
- 教育訓練兩場次

第三節 工作時程

本案業完成 3 階段工作，各項成果繳交與工作期程請參閱表 2-2，本案之甘特圖如圖 2-3。

表 2-2 成果繳交項目與工作期程

階段	成果繳交項目	單位	數量	成果預定繳交日期	成果實際繳交日期
第 1 階段	需求訪談會議紀錄、數位相機內方位室內率定報告(含電子檔)。	份	1	101 年 5 月 13 日	101 年 5 月 10 日
	影像處理整合作業設計與航拍工作計畫書	份	10	101 年 5 月 13 日	101 年 5 月 10 日
第 2 階段	GPS、IMU 及 ERDAS LPS e-ATE、Terrain Editor 影像處理軟體。	套	1	101 年 7 月 12 日	101 年 7 月 11 日
	UAS 實地航拍影像及各項原始數據成果(含電子檔)。	式	1	101 年 8 月 13 日	101 年 8 月 13 日
	期中報告書初稿	份	20	101 年 8 月 13 日	101 年 8 月 13 日
第 3 階段	工作總報告書初稿	份	20	101 年 11 月 19 日	101 年 11 月 19 日
	所有航拍區 UAS 實地航拍影像及各項原始數據成果(含電子檔)。	式	1	101 年 11 月 19 日	101 年 11 月 19 日
	航拍區幾何糾正鑲嵌影像、空中三角測量、正射影像、數值地形模型、立體製圖等成果(含電子檔)。	式	1	101 年 11 月 19 日	101 年 11 月 19 日
	航拍區動態飛行模擬(電子檔)。	式	1	101 年 11 月 19 日	101 年 11 月 19 日

階段	成果繳交項目	單位	數量	成果預定繳交日期	成果實際繳交日期
	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	101年11月19日	101年11月19日
	UAS 航拍影像處理操作手冊及 UAS 保養維護手冊。	份	1	101年11月19日	101年11月19日
	影像處理整合作業功能成果。	式	1	101年11月19日	101年11月19日
	研討會或期刊論文(初稿)至少一篇。	篇	1	101年11月19日	101年11月19日
	教育訓練	梯次	2	101年11月19日	101年11月19日

圖 2-3 本案之專案甘特圖

NLSC		Project Leader: 林永仁		Project: NLSC 101 UAV (100 年度 發展無人飛行載具航拍技術作業)												Date: 2012/04/13						
Objectives		Major Tasks		權重 (%)	進度	Project Completed By: date												Owner / Priority				
		第一階段				6月1日			7月12日			8月11日			11月19日							
○		1	需求訪談會議紀錄	0.4%	預定 實際	●	●	●										A	B	B		
	○	2	數位相機內方位室內率定報告(含電子檔)	0.4%	預定 實際	●	●	●												A		
	○	3	影像處理整合作業設計	0.4%	預定 實際	●	●	●												A		
○		4	航拍工作計畫書	0.4%	預定 實際	●	●	●										A	B	B		
		第二階段																				
	○	5	GPS、IMU及ERDAS LPS E-ATE、Terrain Editor影像	31.3%	預定 實際		●	●	●	●	●							B	B	A		
○		6	UAVS實地航拍影像及各項原始數據成果(含電子檔)	20.2%	預定 實際				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	A	B	B
○	○	7	期中報告書初稿	0.4%	預定 實際					●	●							A	A	A		
		第三階段																				
○	○	8	工作總報告書初稿	0.6%	預定 實際											●	●	●	A	A	A	
○		9	所有航拍區UAVS實地航拍影像及各項原始數據成果	7.7%	預定 實際							●	●	●	●	●	●	●	B	A		
○		10	航拍區幾何糾正鑲嵌影像、空中三角測量、正射影像	7.7%	預定 實際							●	●	●	●	●	●	●	B	A		
○		11	航拍區動態飛行模擬(電子檔)	7.7%	預定 實際							●	●	●	●	●	●	●	B	A		
○		12	各項作業過程之實錄成果原始影片及展示影片(電子)	0.5%	預定 實際							●	●	●	●	●	●	●	A	B	B	
	○	13	UAVS航拍影像處理操作手冊及UAVS保養維護手冊	0.5%	預定 實際							●	●	●	●	●	●	●	A			
	○	14	影像處理整合作業功能成果	20.2%	預定 實際	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	A			
	○	15	研討會或期刊論文(初稿)至少一篇	0.5%	預定 實際				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	A	A		
	○	16	教育訓練	1.4%	預定 實際											●	●	●	A	A	A	
○	○	A	每月工作進度會報			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●				
○	○	B	協同工作流暢度(團隊)			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●				
○	○	C	專案溝通			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●				
		累積進度		預定	100.0%	12.1%	27.5%	50.6%	72.9%	91.1%	100.0%											
		實際		100.0%		12.1%	27.4%	46.14%	56.8%	67.6%	100.0%											
		# People working on the project:																				
		主要任務																				
		目標日期				2011 04	2011 05	2011 06	2011 07	2011 08	2011 09	2011 10	2011 11						智飛科技	台灣大學	政治大學	NLSC

第參章 UAS 硬體及影像處理軟體升級

第一節 UAS 硬體升級

本年度添購下列設備以提升現行UAS航拍的資料處理之精確性、效率與連貫性，並進行相關系統整合與時間同步等作業，茲就UAS硬體設備升級說明如下：

一、UAS 硬體升級

(一) 可接收雙頻以上之 GNSS 硬體設備

本年度增購接收雙頻載波相位觀測之 GNSS 硬體設備，欲以雙頻載波相位觀測進行差分定位以提升飛航軌跡之精確定位，目前採購的 GNSS 接收引擎為 Trimble 的 BD970 OEM board 接收模組（請參考圖 3-1），並搭配使用專為飛行設計的飛行天線，以進行精確定位。



圖 3-1 Trimble BD970 GNSS OEM board 接收模組

(二) 慣性量測元件(IMU)

本年度除使用 GNSS 接收模組提升定位精度外，亦採用 GPS 輔助運算的姿態與角度參考系統 (Attitude and Heading Reference System, 以下簡稱 AHRS) 作為航拍影像資料處理之姿態資料來源。相較於 100 年度使用的 AHRS 系統，使用 GPS 定位輔助的 AHRS 系統可以運用 GPS 精確的定位結果來修正慣性量測元件因感測器漂移、感測器誤差與溫度變化產生的系統誤差，進而獲得較佳的精度。本案所購置的姿態感測系統 XSens MTI-G 主要規格如下(請參考圖 3-2)。



圖 3-2 XSens MTI-G 姿態參考系統

- 靜態精度(roll/pitch) : < 0.5 deg。
- 靜態精度(heading) : < 1 deg。
- 動態精度 : 1 deg RMS。
- 角度分辨率 : 0.05 deg。
- 動態範圍 : Pitch ± 90 deg ; Roll/Heading ± 180 deg。
- 定位精度 2.5m。
- 計時精度 : 1 ppm。
- 最大更新率 : 120 Hz。
- 可接收 GPS 資料。
- GPS 時間精度 50 ns RMS。
- GPS 更新率 : 4Hz。

二、GNSS 與 IMU 系統整合

100 年度專案之拍攝資料記錄流程如圖 3-3 所示，使用這個流程的優勢在於飛控電腦可以精確的下達拍攝指令，所有的資料集中由飛控電腦管理，資料流程與系統設定可單純化。但其缺點在於飛控電腦所使用的 GPS 接收機系統為普通導航等級，無法提供更精確之定位資訊。再者目前使用之姿態航向參考系統 AHRS 在高動態的時候可能會有姿態估測錯誤的情形，在穩態時也存在系統誤差。另外，在同步處理所有相關資料時，是以飛控電腦的時間為基準與 GPS 時間仍可能存在系統誤差。

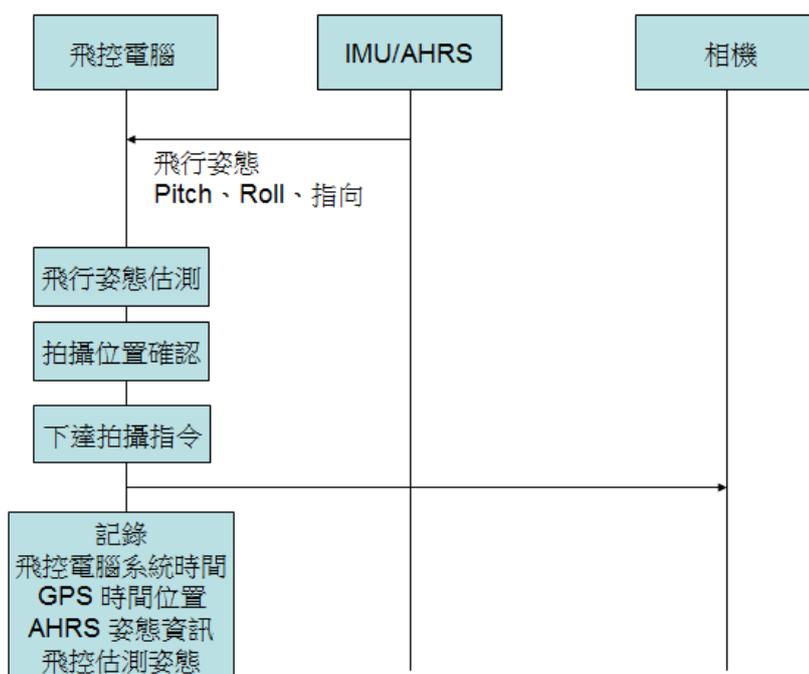


圖 3-3 100 年度專案之 UAS 拍攝資訊記錄流程

為了改善上述缺點，並提升照片拍攝位置紀錄的精確度，本案採購可接收雙頻載波相位觀測資料之雙頻 GNSS 接收模組與具有 GPS 輔助之 AHRS 系統。在拍照時間與其他資訊紀錄的資料同步改善上，目前採用方法流程如圖 3-4：

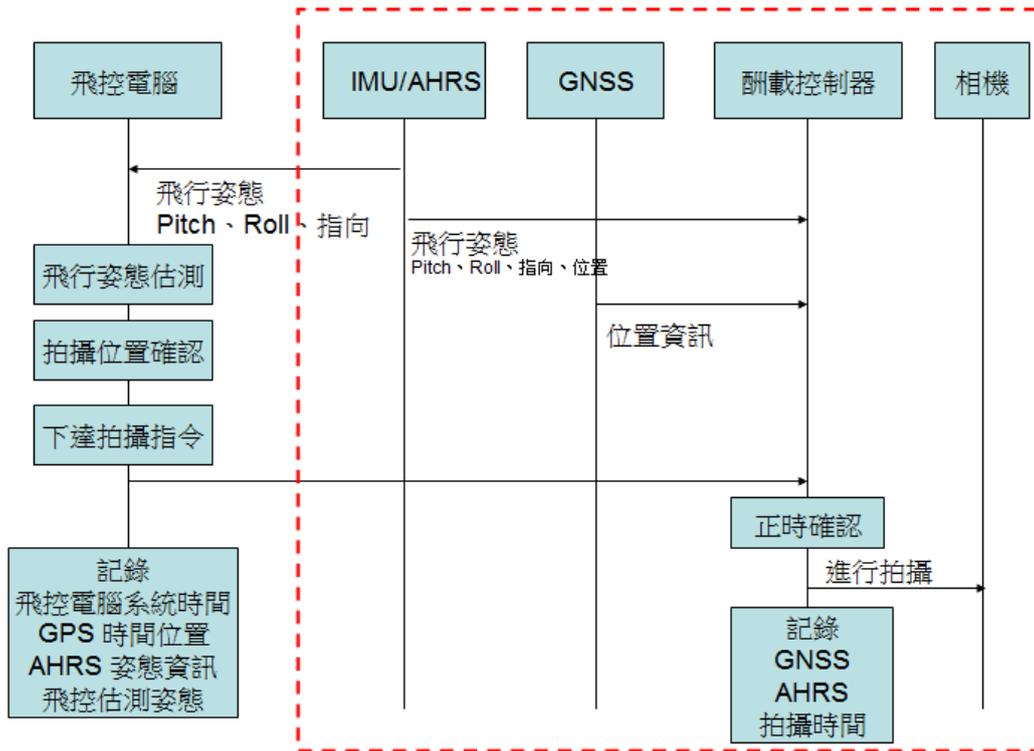


圖 3-4 101 年度 UAS 拍攝記錄流程

在圖 3-4 的資料流程中，加入了可接收雙頻載波相位觀測資料之 GNSS、具有 GPS 輔助的 AHRS 與酬載控制器。虛線框內即是新的資料處理流程，虛線左側的資料處理流程與 100 年度專案之處理流程相同。本設計與 100 年度專案最大的不同在於系統時間的同步與資料紀錄由飛控電腦轉移至酬載控制器。酬載控制器由 GNSS、AHRS 取得飛航時之經度、緯度、高度、速度、航向、姿態角等資訊後，運用 GNSS 產生的秒脈衝信號 (One Pulse Per Second, 以下簡稱 1PPS) 訊號進行時間的計算基準。在酬載記錄器收到來自飛控電腦的拍攝指令後，酬載控制器會根據正確的系統 1PPS 時間切分來作相機觸發的基準，也就是相機會在標準的時間間隔上觸發，亦即相機的拍攝時間與記錄資料的時間會更為準確。下圖 3-5 與圖 3-6 說明 1PPS 訊號的使用與時間同步的機制。另一方面，目前選用的 GNSS 接收模組也具備接收 RTCM (Radio Technical Commission for Maritime) 的修正格式，也可經由酬載控制器轉送至 GNSS 模組中，用以提升飛航之定位精確度。

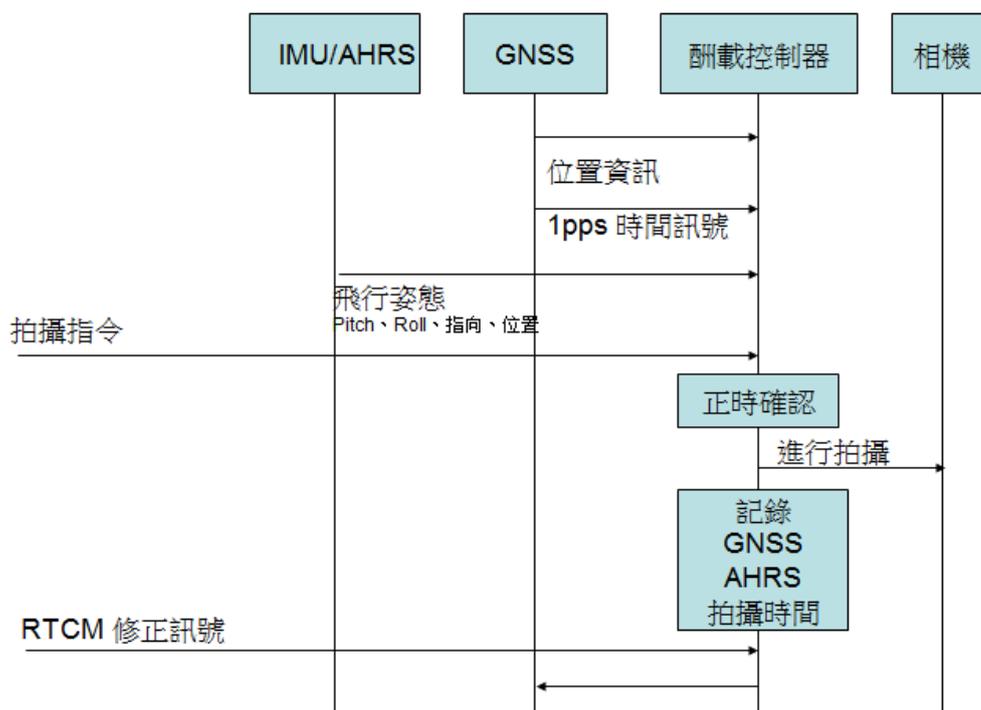


圖 3-5 1PPS 時間訊號同步圖示

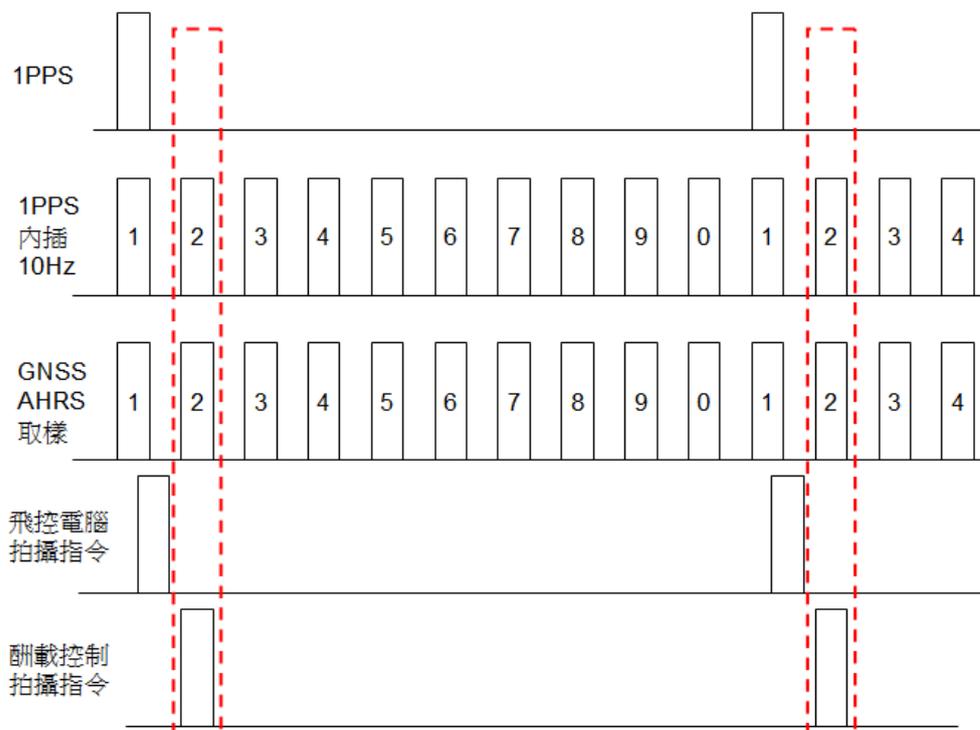


圖 3-6 1PPS 時間訊號同步時序圖

三、GNSS 接收模組驗證

(一) GNSS 接收模組規格

本案購置由 Trimble 設計開發之 BD970 GNSS OEM board (以下簡稱 BD970) GNSS 接收模組並搭載於 UAS 上，可接收 GPS、GLONASS 及 Galileo 雙頻訊號。BD970 採用整合型多工低雜訊放大器(Low Noise Amplifier, LNA)，可以使用單一天線接收多頻率訊號，同時處理 GPS、GLONASS、Galileo 及 SBAS 衛星訊號，並交由 220 頻道相關器引擎進行電碼及載波比對，進而得到觀測量與衛星星曆。

BD970 具備 760 MIPS 高速 32 位元嵌入式系統晶片，該晶片功能為統籌接收模組之運作，並可管理接收模組之各輸出入介面，提供使用者與接收模組雙向資料溝通之功能。BD970 並具備 220 個頻道可接收及輸出 GPS、GLONASS 及 Galileo 等 3 種不同星系之 L1、G1 及 E1 頻率之原始電碼及載波相位觀測資料。BD970 可容許接收頻段之規格如下列：

- GPS： Simultaneous L1 C/A, L2E, L2C, L5
- GLONASS： Simultaneous L1 C/A, L1 P, L2 C/A (GLONASS M Only), L2 P
- SBAS： Simultaneous L1 C/A, L5
- GIOVE-A： Simultaneous L1 BOC, E5A, E5B, E5A1tBOC1
- GIOVE-B： Simultaneous L1 CBOC, E5A, E5B, E5A1tBOC1

註：L2E 為 Trimble 模組 L2P 訊號之追蹤訊號格式。

另外，BD970 的主要特色說明如下：

- 具備 SBAS 星基增強系統接收能力。
- 具備輸出 GNSS 原始載波相位觀測量及虛擬距離觀測量之功能。
- 可輸出廣播星曆調制之導航訊息(navigation message)。
- 具備 2 組(含)以上 RS-232 序列埠輸出/輸入功能及 1 組 USB 傳輸埠。
- 具備內建及可外接天線功能。
- 具備1組LAN Ethernet port：
- 支援連接至10BaseT/100BaseT網路。
- 所有功能將透過單一 IP 位置進行同步web GUI 介面和資料流之存取。
- Network Protocols支援包括HTTP (web GUI)、FTP Server (when data logging is enabled)、FTP Push (when data logging is enabled)、NTPServer及 NMEA…等。

(二) GNSS 接收模組測試

本案針對 BD970 精度與模擬 UAS 快速移動下其接收狀況與精度進行測試。本案採購 BD970 目的，在於提升 UAS 酬載 GPS 之定位精度，並以其輔助 UAS 航拍影像之空中三角測量作業(以下簡稱空三)，減少地面控制點人工布設與量測工作。傳統的航空攝影測量執行 GPS 輔助空三時必須於一個已知點上架設固定站，且飛機上移動站位置與主站間的距離不得超過 20 公里，此方式用於 UAS 航拍時，需再尋找一適當位置架設固定站，將增加工作量。而配合國土測繪中心已經發展成熟的 e-GPS 電子化全球衛星即時動態定位系統技術，結合 BD970 的功能，若其定位精度足夠，可不必要於已知點上架設固定站，亦不須後處理即可得知 UAS 航拍時天線中心的軌跡。本案研究以 e-GPS 輔助 UAS

航拍影像進行自率光束法空三平差作業，並將進一步應用於 UAS 航拍影像製圖。在配合 e-GPS 的服務中，Trimbel BD970 需要收到修正訊號才得以進行 RTK 修正，如果 UAV 與 GCS 失去通訊，就無法使用 e-GPS 服務，因此本年度先在平原區使用該服務進行相關測試，用以確定系統之特性。

本案研究以 e-GPS 輔助 UAS 航拍影像自率光束法空三平差，後文先說明 e-GPS 定位理論，接下來測試並分析 BD970 ”靜置”時的精度、與模擬 UAS 快速移動下 BD970 的接收狀況與精度。試驗過中平面坐標系統採用 TWD97 坐標系，高程系統採用橢球高系統。

根據「100 年度發展無人飛行載具航拍技術作業」執行經驗，若相機參數以室內方式率定時，物距不夠遠無法視為無窮遠，造成所率定之相機像主距與酬載於 UAS 上航拍取像時，成像時之像主距會有差異，因此時成像物距至少 500 公尺，物距可視為無窮遠，因此成像之像主距幾乎等於焦距，造成以室內率定之像主距與取像時之像主距不同，其差異量足以影響高程精度；此外，室內環境與航拍取像的環境不同，因此以室內方式率定之像機參數無法描述取像當時的像機狀況。因此在目前自動匹配技術可匹配涵蓋整張影像的情形下以及高重疊率的取像，應用自率光束法平差可解決上述問題，至於參數之間高相關與自率光束法空三平差使用上之限制則有待將來更進一步探討。但以目前成果而言，自率光束法空三平差的確可提升空三平差精度。

在 IMU 的資料運用上，因目前所採用之 IMU 精度不足，若於空三平差過程加入，對於連結點自動匹配反而造成困擾，且因其精度不佳即使作為適當的觀測量加入平差仍無法提升空三平差精度，因此不納入空三平差。

1. e-GPS 定位服務

e-GPS 定位服務是由主控站在接收到分布在各地之參考站即時連續蒐集的衛星觀測量後，利用已知坐標產生對衛星誤差源的修正模組，其中包含了衛星的星曆軌道誤差修正、衛星的時鐘誤差修正與電離層、對流層的誤差修正。對其進行分析，並且產生對衛星誤差源的修正模組與監控衛星的訊號，然後，主控站產生符合國際規範的訊號，主要為修正量，其中包含了衛星的星曆誤差修正、衛星的時鐘誤差修正與電離層的誤差修正(Chao *et. al.*, 1995; Tsai *et. al.*, 1995)。同時，此訊號也包含使用修正量後殘餘誤差的信心範圍(confidence bound)，以及提供完整度服務資訊，以上產生的所有資訊將透過通訊網路傳遞給 GNSS 使用者，如圖 3-7。

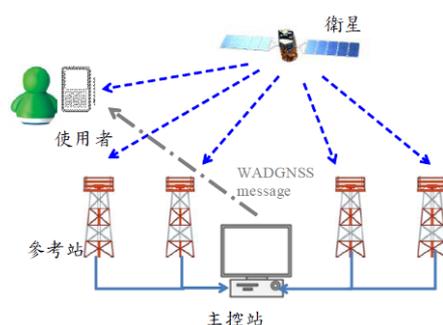


圖 3-7 e-GPS 定位示意圖 (內政部國土測繪中心，2010(a))

本案使用國土測繪中心已經發展成熟的 e-GPS 電子化全球衛星即時動態定位系統技術，其參考站為 e-GPS 基準站。e-GPS 基準站為國土測繪中心建置於臺灣地區的 GPS 定位服務系統，基準站具備廣域差分定位系統參考站所需的已知精確位置與地理幾何分布，且網絡遍佈臺灣本島及離島地區，並擁有雙頻衛星觀測量的接收能力，全台共計 78 處 e-GPS 基準站如圖 3-8。

e-GPS 衛星定位基準網

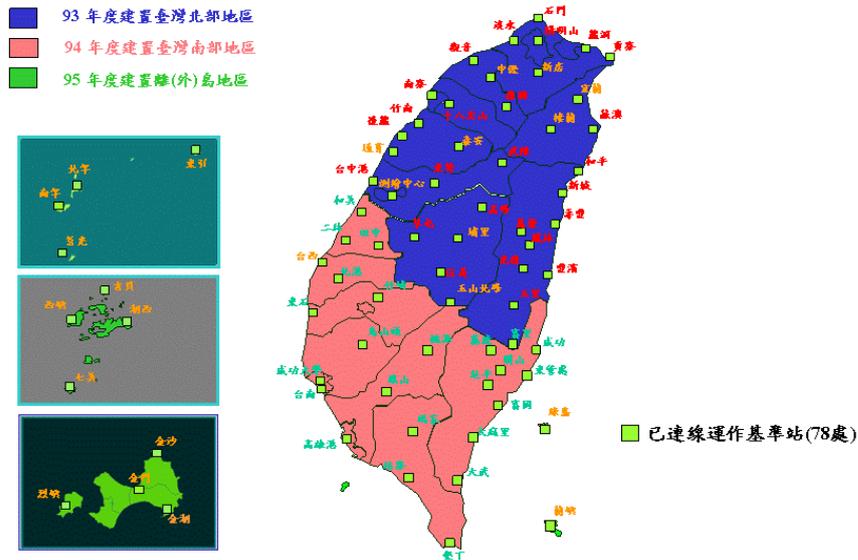


圖 3-8 全台 e-GPS 基準站分布圖 (圖片來源：國土測繪中心網站)

本案使用 e-GPS 即時動態定位系統，其優點為：

- (1) 使用國土測繪中心建置之 e-GPS 即時動態定位系統當作參考站，不需再另外架設天線和雙頻 GNSS 接收器，可大幅減少參考站之硬體設備成本與建構時間，使用者毋須架設區域性主站，單人單機即可作業。
- (2) 以 VRS GPS 技術建置 e-GPS，只需使用少數參考站，運用這些參考站所建置出修正訊息之服務範圍即可遍及全臺，不論海域或是陸域使用者皆可受惠，使涵蓋在此廣域差分定位系統下之使用者皆可以獲得精準且安全之定位資訊。
- (3) 不需要透過昂貴與建置困難的同步衛星來發送廣域差分修正資訊訊號，只需使用現有之網路或廣播即可。以美國為例，由美國所發展的廣域增強系統，在產生修正訊息後，須將修正訊息傳送

給同步衛星，再由同步衛星將修正資訊傳送給使用者；因現今臺灣沒有廣域差分定位系統專用之同步衛星，故使用網路傳輸之方式，除可降低其成本，還可大幅降低維護成本。

- (4) 可擴大有效作業範圍，提高定位精度及可靠度，不像 DGPS 定位精度會隨基線變長而導致精度降低，測量誤差及初始化時間亦不因距離增長而增加。

2. BD970 之 e-GPS 定位功能靜置精度

本案測試 BD970 之 e-GPS 定位功能於靜置時之精度，試驗地區位於政治大學旁河堤及堤外運動場，共計測量 10 點，其位置分布如圖 3-9。BD970 之 e-GPS 定位頻率為 5Hz，即一秒記錄 5 筆資料，每點停留 1 分鐘，因此每個觀測點接收 300 筆觀測量。圖 3-10 為使用 BD970 之 e-GPS 定位功能靜置實驗之實測情況，利用一標竿上接 GNSS 接收天線，並用 RS232 線路將接受訊號傳至 BD970 接收模組，再利用無線設備連線國土測繪中心之 e-GPS 網站，使用 e-GPS 定位服務，即時求得點位坐標。

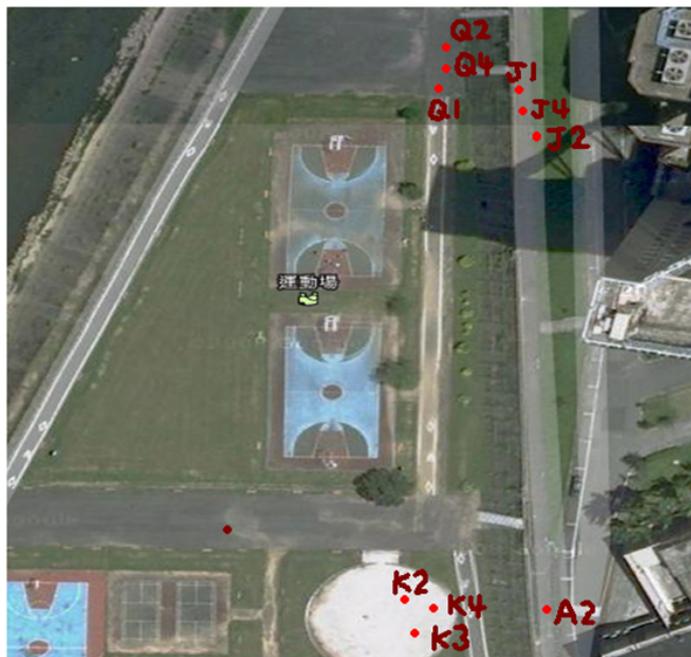


圖 3-9 BD970”靜置”試驗區



圖 3-10 圖 1 BD970 e-GPS 定位功能”靜置”之實地測試情況

本次試驗之檢核資料則是以 GPS RTK 測得圖 3-9 中之 10 個點位，GPS RTK 施測時主站位於政治大學綜合院館 16F 樓頂，如圖 3-11，而施測 10 個點位距離參考主站皆不到 100 公尺，可消除大部分誤差，因此將 GPS RTK 施測坐標成果視為參考值。觀測時間與 e-GPS 相同，觀測時設定 2DCQ 需在 2 公分以下，3DCQ 則是在 4 分以下，連續靜置 1 分鐘，表 3-1 是以 GPS RTK 所測得之點位坐標。BD970 e-GPS 定位

功能靜置時測得點位坐標如表 3-2，含內部精度及平均值。表 3-3 則是 BD970 e-GPS 定位功能”靜置”時所測得之平均值與 GPS RTK 測得點位坐標相減之差異量表，表 3-4 為所計算之均方根誤差(Root Mean Square Error, RMSE)，平面精度約 6 公分，高程精度約 5 公分。表 3-3 中 E、N、h 三方向差值符號皆一致，判斷其系統偏差來自於天線中心與點位中心並不一致，因天線是直接用膠布固定於標竿上，其差量約 2 公分，且每個位置觀測時 BD970 及筆記型電腦皆概略位於天線右方，使得天線中心相對於點位中心之方位約略相似，導致出現此系統誤差，排除該系統誤差之影響，BD970 e-GPS 定位功能靜置時之定位精度尚屬合理。



圖 3-11 位於政大綜合院館 16 樓樓頂之 GPS 主站
(左圖為主站位置；右圖為 GPS 主站近照)

表 3-1 GPS RTK 測得點位坐標(單位：公尺)

point	E	N	h
A2	307865.577	2764248.617	42.903
J2	307862.926	2764356.246	42.954
J4	307860.945	2764357.031	42.985
J1	307861.458	2764360.558	43.020
K4	307847.859	2764247.553	37.391
Q4	307848.057	2764368.171	37.473
K2	307844.856	2764246.570	37.362
Q2	307849.073	2764371.033	37.486
K3	307846.862	2764245.583	37.376
Q1	307849.387	2764365.545	37.464

表 3-2 BD970 e-GPS 定位功能”靜置”時之測量成果(單位：公尺)

point	E	N	H	point	E	N	H
K3	標準差			J4	標準差		
	0.005	0.008	0.010		0.010	0.011	0.015
	平均值				平均值		
	307846.883	2764245.515	39.427		307860.965	2764356.952	45.089
K2	標準差			J2	標準差		
	0.009	0.010	0.020		0.014	0.008	0.013
	平均值				平均值		
	307844.863	2764246.551	39.450		307862.935	2764356.177	45.087
K4	標準差			A2	標準差		
	0.006	0.007	0.007		0.008	0.007	0.012
	平均值				平均值		
	307847.876	2764247.518	39.488		307865.602	2764248.573	45.033
J1	標準差			Q1	標準差		
	0.007	.016	0.008		0.006	0.006	0.014
	平均值				平均值		
	307861.466	2764360.516	45.118		307849.3947	2764365.534	39.62494667
Q2	標準差			Q4	標準差		

point	E	N	H	point	E	N	H
	0.008	0.007	0.031		0.006	0.008	0.033
	平均值				平均值		
	307849.122	2764370.977	39.593		307848.083	2764368.147	39.581

表 3-3 BD970 e-GPS 定位功能”靜置”時與 GPS RTK 測量成果之坐標差異量
(單位：公尺)(e-GPS 定位時之天線高：2.07 m)

point	E	N	h	h - 天線高
K3	0.021	-0.068	2.051	-0.019
K2	0.007	-0.019	2.088	0.018
K4	0.017	-0.035	2.097	0.027
J1	0.008	-0.042	2.098	0.028
J4	0.020	-0.079	2.104	0.034
J2	0.009	-0.069	2.133	0.063
A2	0.026	-0.044	2.130	0.060
Q1	0.008	-0.011	2.161	0.091
Q2	0.049	-0.056	2.107	0.037
Q4	0.026	-0.024	2.108	0.038

表 3-4 BD970 e-GPS 定位功能”靜置”時 RMSE(單位：公尺)

	E	N	h - 天線高
RMSE	0.024	0.052	0.049
	平面		高程
RMSE	0.062		0.049

3. 快速移動下 BD970 接收狀況與 e-GPS 定位精度

除測試 BD970 靜態時之定位精度，本案亦測試快速移動下 BD970 接收狀況與 e-GPS 定位精度。測試時將 BD970 之 GNSS 接收天線架設於汽車車頂上方(圖 3-12)，將 GNSS 接收天線與 BD970 串接，同樣以無線上網方式登入國土測繪中心 e-GPS 網站，使用 e-GPS 定位服務。而 BD970 之 e-GPS 定位資料頻率仍設定為 5Hz，即一秒記錄 5 筆即時定位資料。實驗路線為安坑交流道至-國立政治大學，實驗時必須讓

GNSS 接收儀初始化約 5~10 分鐘，即可確定週波未定值，當週波未定值求解正確後，便可開始正確求解未知點之三維坐標以進行即時定位，車子行駛時以約每小時 100 公里的速度前進以模擬 UAS 之飛行速度，然因 3 號國道實驗路線位於山區，因此遭遇地形及隧道遮蔽影響，無法每個時刻皆定出三維坐標，但日後以 UAS 執行航拍任務時，UAV 於空中時之透空度良好，應不會發生此遮蔽情形。



圖 3-12 移動站之 GPS 天線靜置於車頂

由於本試驗定位過程皆為動態，雖 BD970 之 e-GPS 功能可即時獲得每個位置之三維坐標（如圖 3-13），但實驗中無法確定每個定位點之真值，因此在此實驗 BD 970 與架於國立政治大學社科院 16 樓樓頂 GPS 主站（如圖 3-11）將同時接收之雙頻載波相位觀測資料（L1/L2），並以 DGPS 差分定位後處理之定位結果（簡稱 L1/L2 DGPS）與 e-GPS 之定位成果比較分析，計算 E、N、H 三方向之差值與 RMSE。圖 3-14 為 L1/L2 DGPS 解算軌跡展繪於 Google Earth 底圖。圖 3-15 則為快速移動下 BD970 之 e-GPS 即時定位軌跡展繪於 Google Earth 底圖，圖 3-16 則將兩者套疊至 Google earth 底圖並拉近放大，以視覺方式檢視，顯示兩者差異並不大。



BD970
SN: 5023431125

	Receiver Status - Position		
<ul style="list-style-type: none"> Receiver Status Home Identity Receiver Options Activity Position Position (Graph) Vector Google Earth Satellites Receiver Configuration I/O Configuration Network Configuration Security Firmware Help 	<p>Position: Lat : 24° 59' 18.30326" N Lon : 121° 34' 25.27119" E Hgt : 40.303 [m] Type : RTK Float Datum : WGS-84</p> <p>Position Solution Detail: Position Dimension : 3D Position Type : Phase Diff Motion Info : Roving Augmentation : GPS RTK Solution : Normal RTK Init : Float RTK Mode : Low Latency RTK Network Mode : Network Age of Corrections : 1.4 [Sec] Height Mode : Normal</p>	<p>Satellites Used:6 GPS(6): 1, 7, 8, 11, 17, 20</p> <p>Satellites Tracked:11 GPS (6) : 1, 7, 8, 11, 17, 20 GLONASS (3): 13, 14, 24 SBAS (2): 129, 137</p> <p>Receiver Clock: GPS Week : 1697 GPS Seconds : 120383 Offset : -0.36676 [msec] Drift : -0.99015 [ppm]</p> <p>Multi-System Clock Offsets: Master Clock System : GPS GLONASS Offset : 56.8 [ns] GLONASS Drift : 0.178 [ns/s]</p>	<p>Velocity: East : -0.26 [m/s] North : 0.04 [m/s] Up : -0.35 [m/s]</p> <p>1-Sigma Estimates: East : 0.269 [m] North : 0.051 [m] Up : 0.327 [m] Semi Major Axis : 0.270 [m] Semi Minor Axis : 0.046 [m] Orientation : 94.541°</p> <p>Dilutions of Precision: PDOP : 3.1 HDOP : 1.3 VDOP : 2.9 TDOP : 2.1</p>

圖 3-13 BD970 之 e-GPS 即時解算畫面

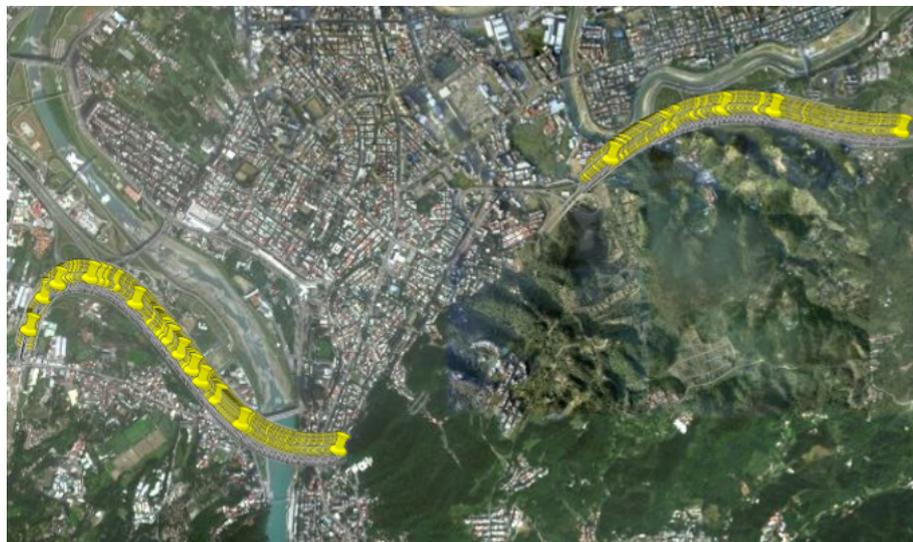


圖 3-14 L1/L2 DGPS 後處理之定位軌跡

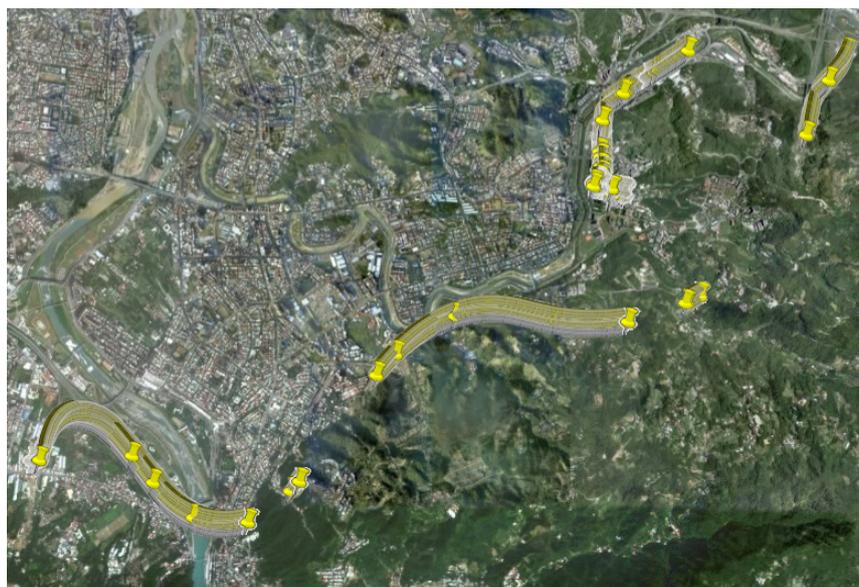


圖 3-15 快速移動下 BD970 之 e-GPS 即時定位軌跡



圖 3-16 快速移動下 BD 970 之 e-GPS 與 L1/L2 DGPS 定位成果套疊

將快速移動下 BD 970 之 e-GPS 定位成果減去 L1/L2 DGPS 定位成果，其差值如圖 3-17。因定位點數資料多達 640 筆，圖 3-17 僅列出局部成果差值，後續並計算平均值、最大值、最小值、RMSE 等差值統計量，如表 3-5。最後將差值依 E、N、h 三方向繪製成直方圖，如圖 3-18。

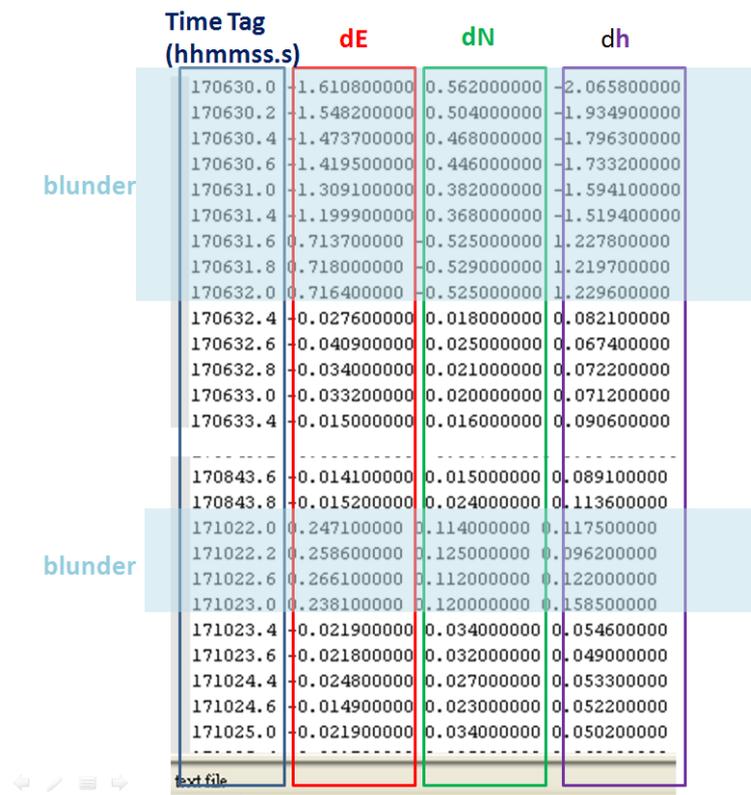


圖 3-17 快速移動下 BD 970 之 e-GPS 與 L1/L2 DGPS 之差值

表 3-5 差值統計量(單位：公尺)

	dE	dN	dh
平均值	-0.028	0.033	0.054
最小值	-1.611	-0.529	-2.185
最大值	0.718	0.562	1.230
RMSE	0.157	0.069	0.235

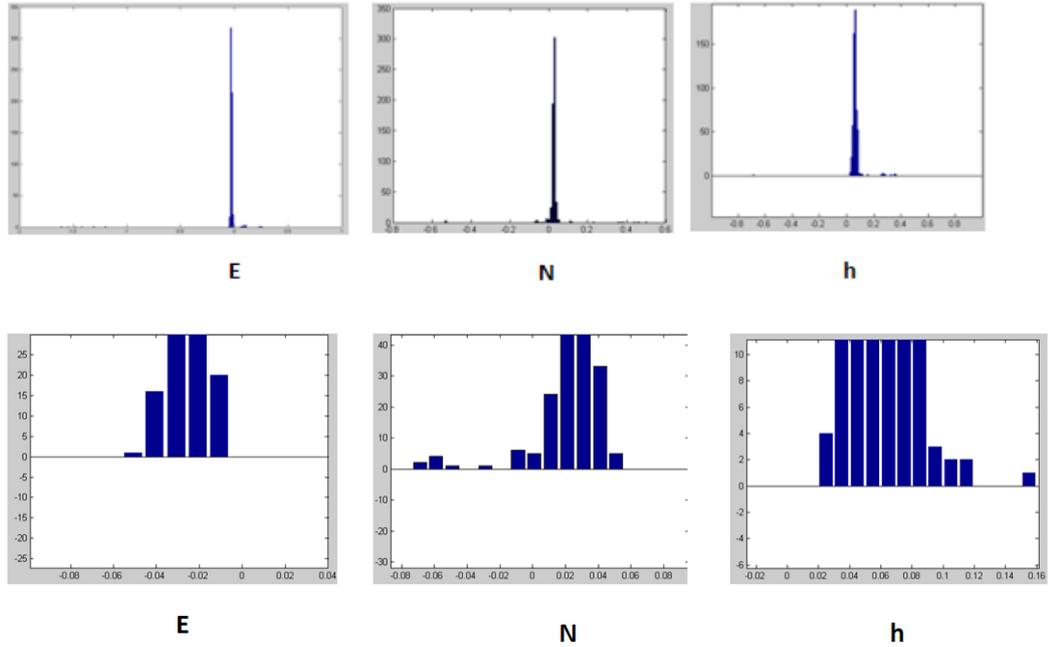


圖 3-18 快速移動下 BD 970 之 e-GPS 與 L1/L2 DGPS 定位成果三方向差異直方圖(上圖)與直方圖局部放大圖(下圖)

不論從圖或表，甚至是直方圖，都可發現定位成果中存有粗差，在此測試資料採用兩種粗差別除方式。方法一是檢視平面坐標差值，於正常情況下差值絕對值應不會大於 6 公分，高程差值絕對值不會大於 30 公分，因此將 dE、dN 絕對值超過 6 公分，dh 絕對值超過 30 公分之觀測量剔除，共剔除 77 筆資料(占總量之 12%)。依此方式剔除粗差後，其差值統計量計算結果如表 3-6，RMSE 平面在 4 公分以下，高程約 12 公分。

表 3-6 方式一粗差別除後之差值統計量(單位：公尺)

	dE	dN	dh
平均值	-0.022	0.032	0.062
最小值	-0.041	-0.007	-2.185
最大值	-0.002	0.059	0.114
RMSE	0.022	0.033	0.118

方法二則是將差值為離群之觀測資料剔除，依差值直方圖找出剔除條件，如圖 3-19。將條件設為 dE、dN 絕對值大於 6 公分，dh 絕對值大於 12 公分之觀測量剔除，共剔除 77 筆(占總量之 12%)。依此方式剔除粗差後，其差值統計量計算結果如表 3-7，RMSE 平面在 4 公分以下，高程約 7 公分。兩種粗差剔除方式在平面皆可達到相同精度，差異僅在高程 RMSE，約相差 1.7 倍。

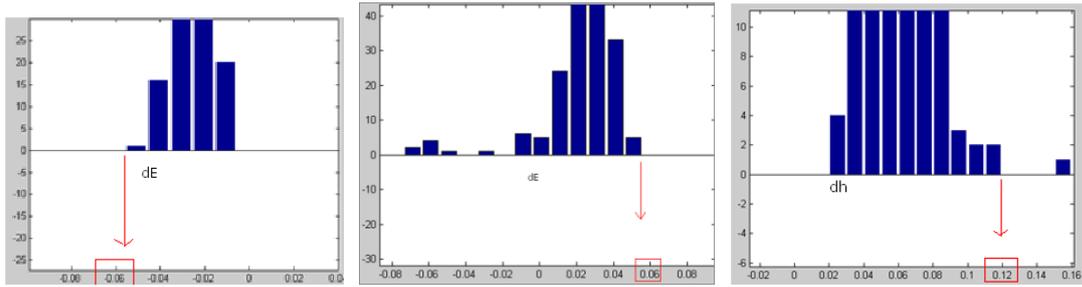


圖 3-19 差值離群資料挑選

表 3-7 方式二粗差剔除後之差值統計量(單位：公尺)

	dE	dN	dh
平均值	-0.022	0.032	0.067
最小值	-0.041	-0.007	0.029
最大值	-0.002	0.059	0.114
RMSE	0.022	0.033	0.068

由上述結果分析可確定於快速移動下 BD970 接收所得 e-GPS 定位精度尚屬合理，說明 BD970 安裝於 UAS 後接收所得之 e-GPS 定位成果將可用於後續 GPS 輔助空三平差。

第二節 UAS 影像處理軟體升級

一、影像處理軟體升級

為配合 UAS 航拍影像處理整合作業之執行，本案購置 ERDAS LPS e-ATE（參考圖 3-20）與 Terrain Editor 之 DEM（參考圖 3-21）製作與編修軟體。e-ATE(enhanced Automatic Terrain Extraction) 是一種從立體像對萃取地面資料的進階工具，e-ATE 提供了高度的靈活性和自動產生高密度的地形表面的功能，並可從重疊影像區內萃取準確、高密度的地面高程資料。一般傳統地面資料萃取演算法產生 DEM 的工具，要從影像萃取高密度地面點資料非常耗時並且錯誤較多、品質較差，但 e-ATE 可以有效率的處理大量的地面點資訊且使用多種型式的資料來源來處理和改善 DEM 的品質。e-ATE 的原理是使用 Robust 演算法，藉由比較兩張影像並尋找在兩張影像重疊區域內相同點特徵的位置(即數值影像匹配)，以計算點位的三維空間坐標。因為欲產生較多且較高精度的地面點位資料，所以會需要大量的處理計算。此外，e-ATE 可依所要求的精度去降低匹配點的密度或是濾除不同地表種類的匹配點位，例如樹和建物，並且能輸出不同的成果格式，如網格式資料(TIF 或 IMG)，也有大量點或點雲資料，如 3D ASCII, LTF, 3D Shape, and LAS v1.2 等檔案格式。

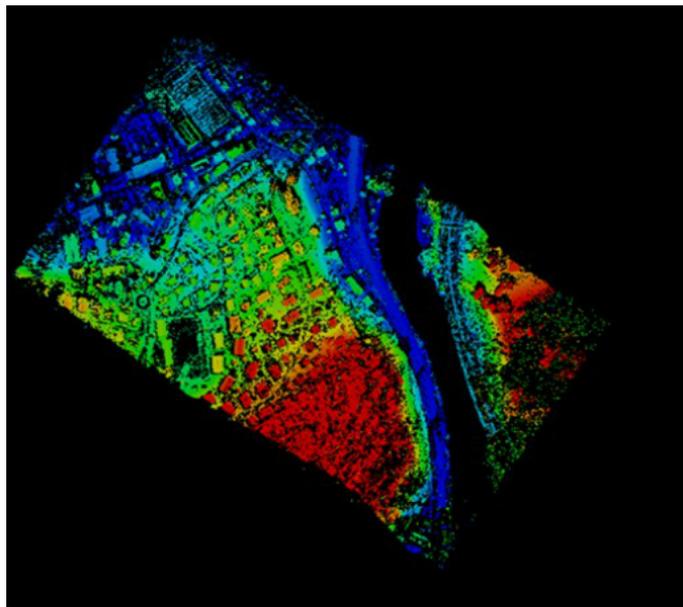


圖 3-20 ERDAS LPS e-ATE 運用範例

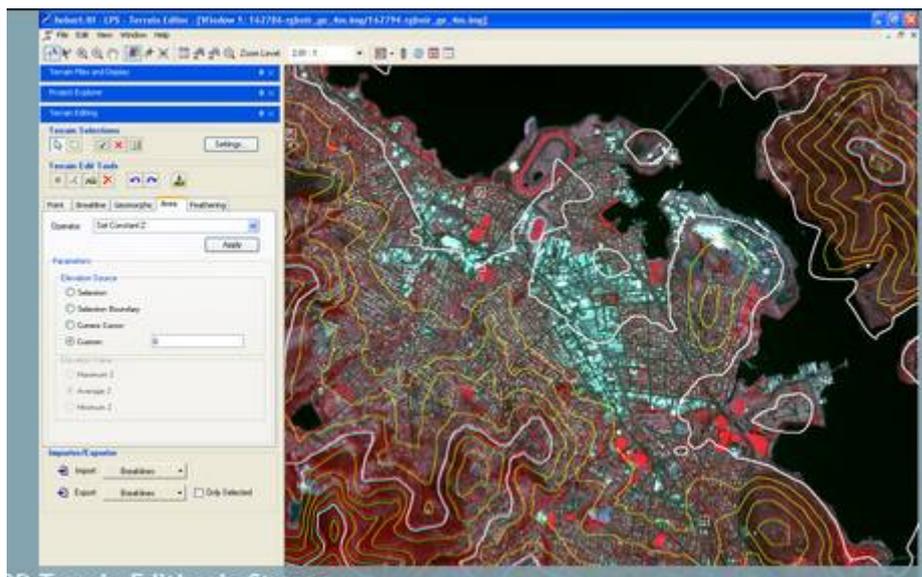


圖 3-21 LPS Terrain Editor 螢幕擷取畫面

二、ERDAS LPS e-ATE 測試

本案針對升級之 ERDAS LPS e-ATE 模組進行測試，目的在於了解整個 e-ATE 模組的功能並利於軟體整合系統程式撰寫。以去年度計畫所執行之台中特三號道路航拍區(圖 3-22)為試驗資料，採用兩條航帶中前後重疊率為 60%，左右重疊率 20%的 4 張相片(圖 3-23)，進行 e-ATE 之功能測試。



圖 3-22 特三試驗區

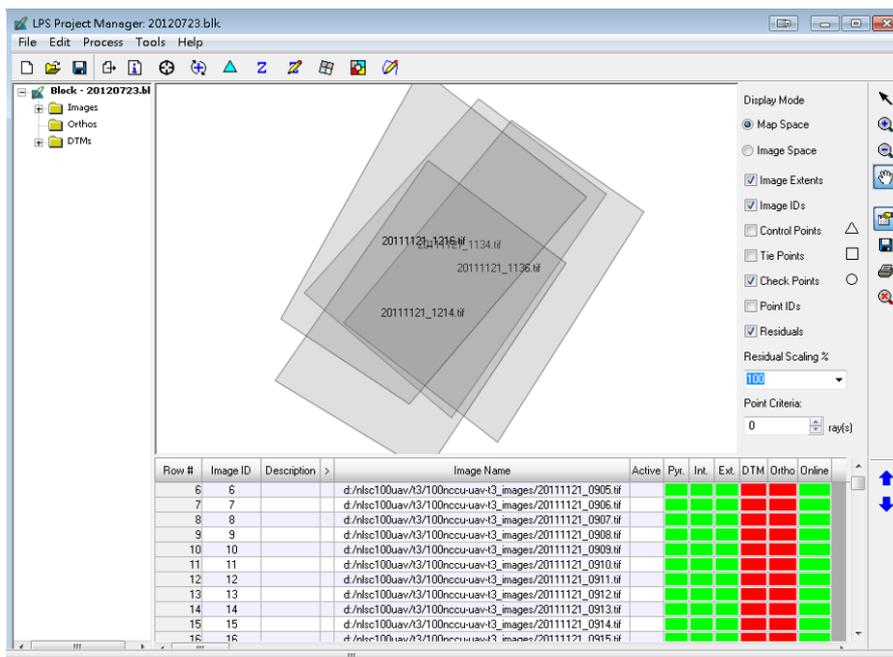


圖 3-23 影像重疊圖

測試區影像資料空三平差解算完成後，進入e-ATE操作視窗（圖3-24）。

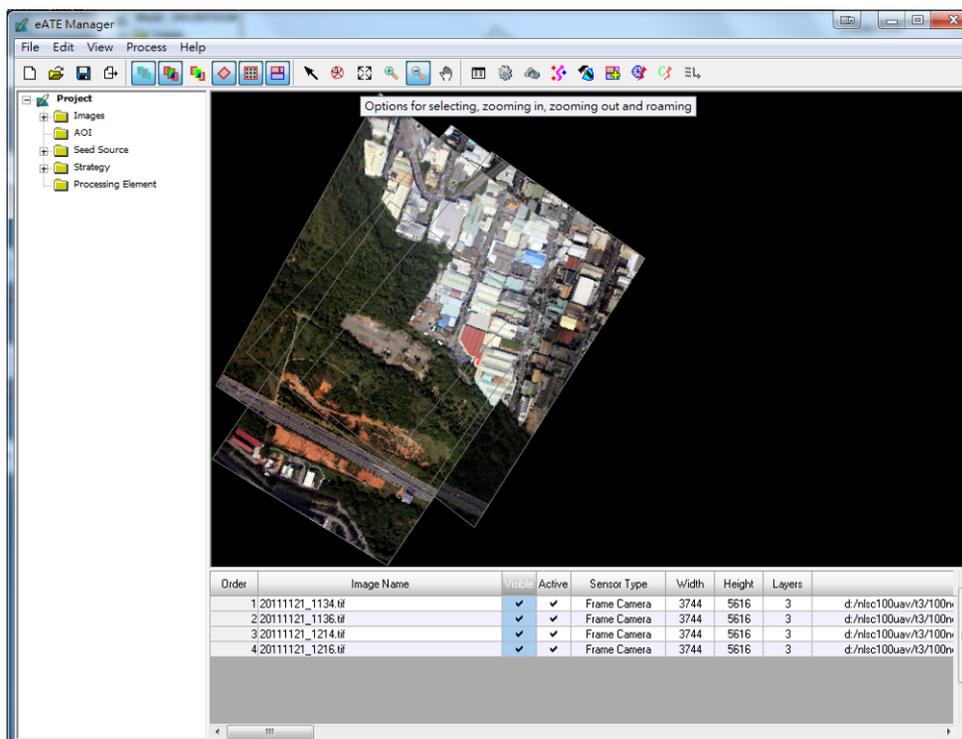


圖 3-24 e-ATE 操作視窗

e-ATE 的執行是根據使用者定義區域的策略參數，來處理地形資料。在設定 DEM 匹配策略時，可以設定使用整個區域或設定欲匹配特

定區域或排除特定區域，若欲進行匹配的區域沒有顯著的特徵或是土地
 地使用明顯變化者，可採單一匹配策略，設定參數視窗如圖 3-25。

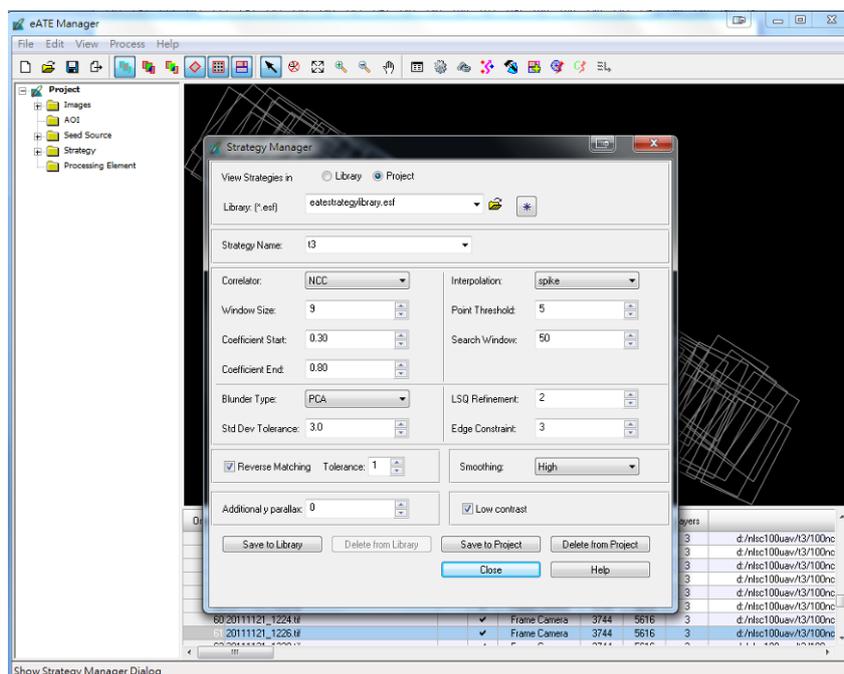


圖 3-25 e-ATE 參數設定視窗

一般參數設定使用預設值即可，設定完成後，即可執行 e-ATE。
 當 Progress 皆顯示為綠色 100%時(如圖 3-26)，即完成 DEM 處理，並
 可開啟 DEM 成果圖(圖 3-27)。

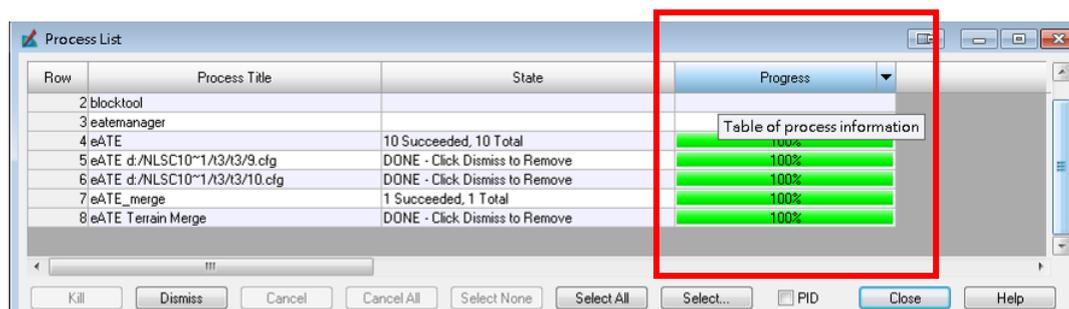


圖 3-26 e-ATE 執行狀態圖示

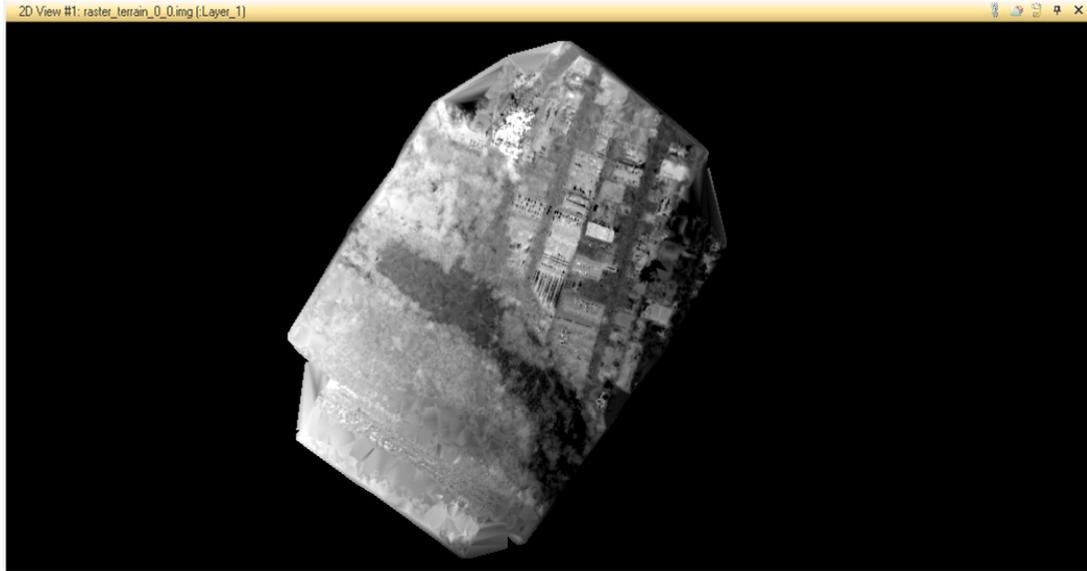


圖 3-27 e-ATE 產生的 DEM 成果圖示

e-ATE 完成自動匹配 DEM 後，則匯入 LPS 以 Terrain Editor 編修模組進行編修。先將影像從 Project Explorer 清單中拖曳至黑色框（目前影像是採 split 顯示模式）中，左側將呈現左像，右側將呈現右像（請如圖 3-28）。

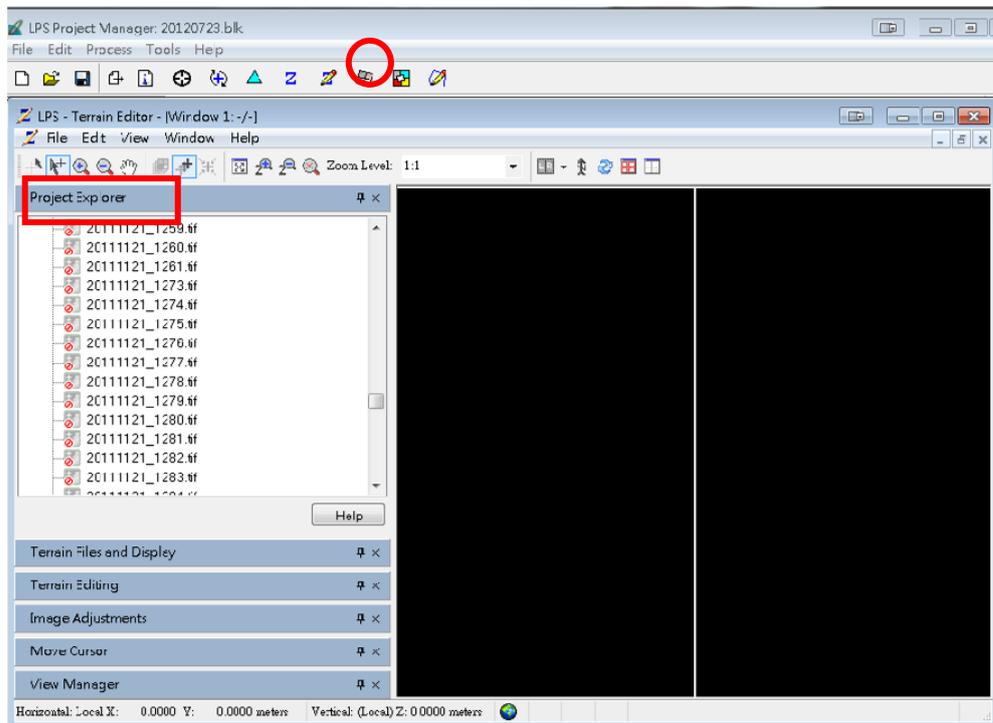


圖 3-28 進入 Terrain Editor 編修模組 DEM 編修視窗畫面

接著點選左列功能表 Terrain Files and Display 將 DEM 的檔案匯入 (如圖 3-29)。

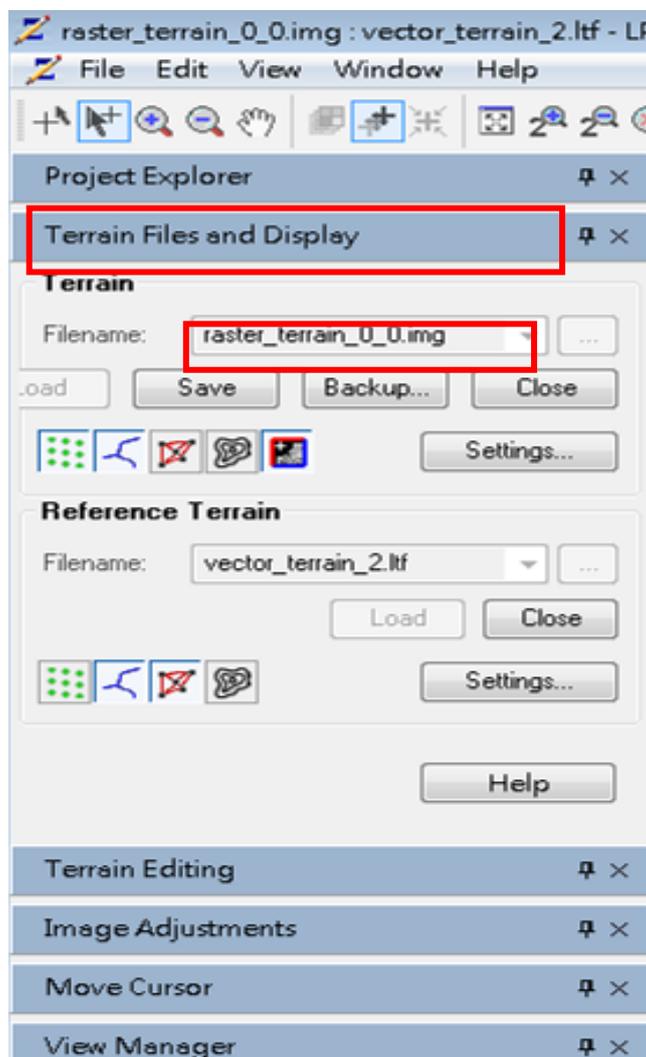


圖 3-29 DEM 匯入檔案操作視窗

Terrain Editor 模組具有可選擇點、線、面三種編修方式的選項。常見的編修方式是使用面編修，圈選某一區塊後，可將該區塊高程點全部設定為同一高程。如圖 3-30 所示，先點選左列功能表 Terrain Editor，再按此鍵  以執行面的編修，最後按下 apply 即完成編修工作。

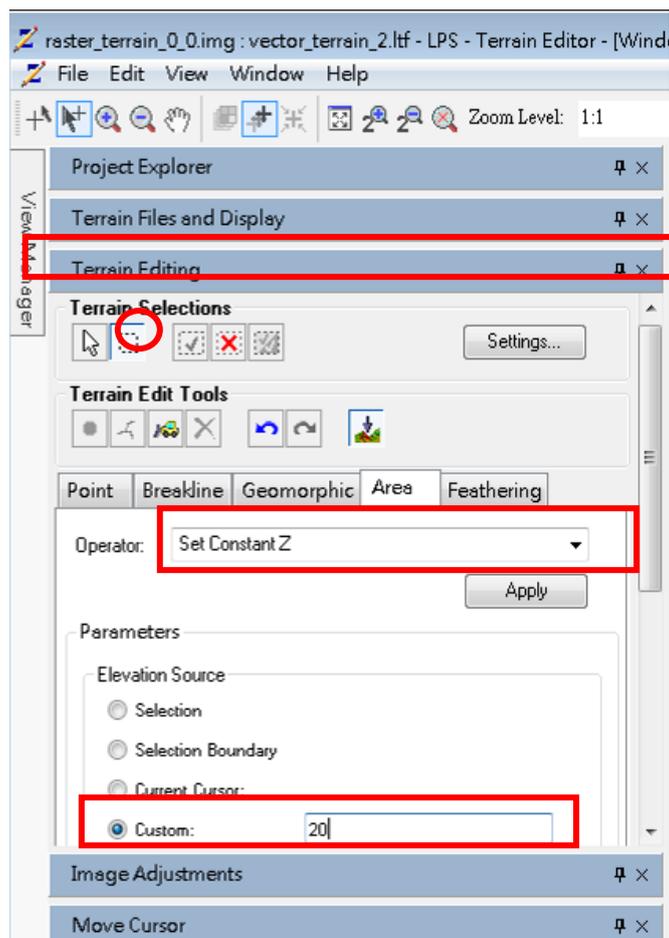


圖 3-30 DEM 設定同一高程操作視窗畫面

完成 DEM 後，即可執行影像正射糾正處理。回到 LPS 操作主畫面，按下 ，並匯入 DEM 來源，依圖 3-31 所示設定相關參數並選擇欲輸出的網格大小，利用雙線性取樣完成正射糾正(如圖 3-32 所示)。

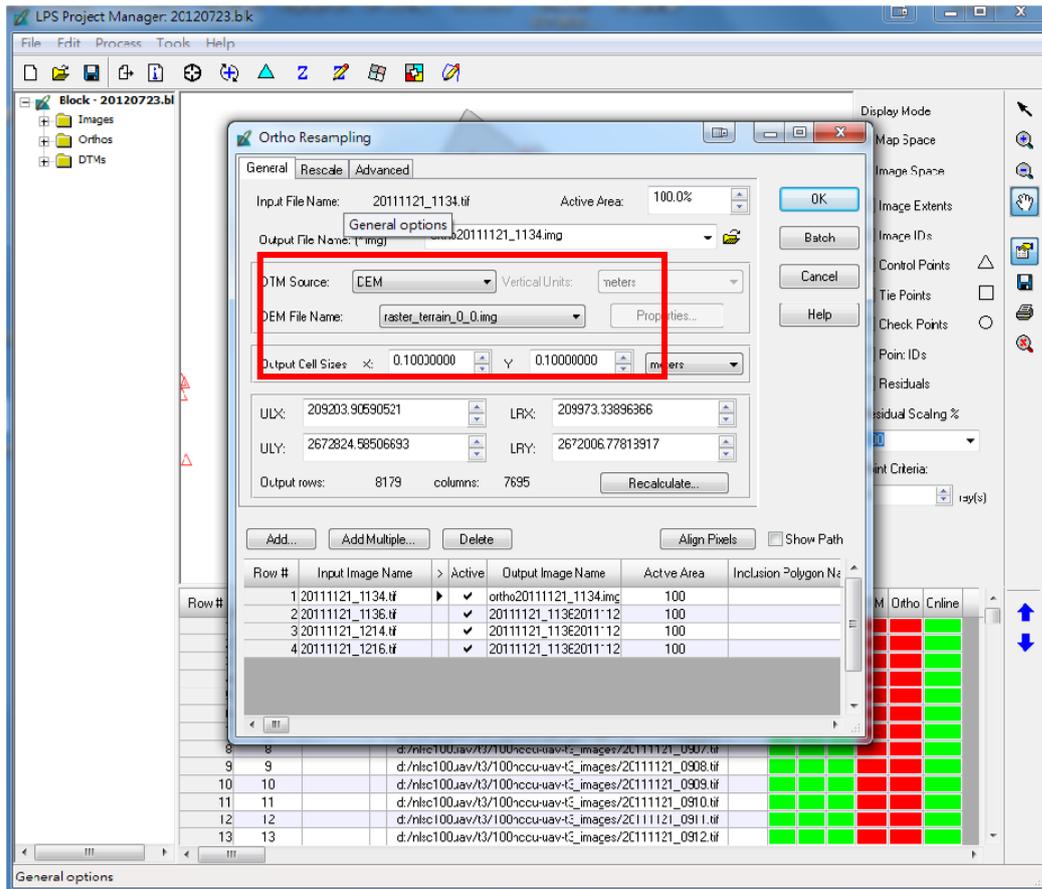


圖 3-31 正射糾正參數設定視窗

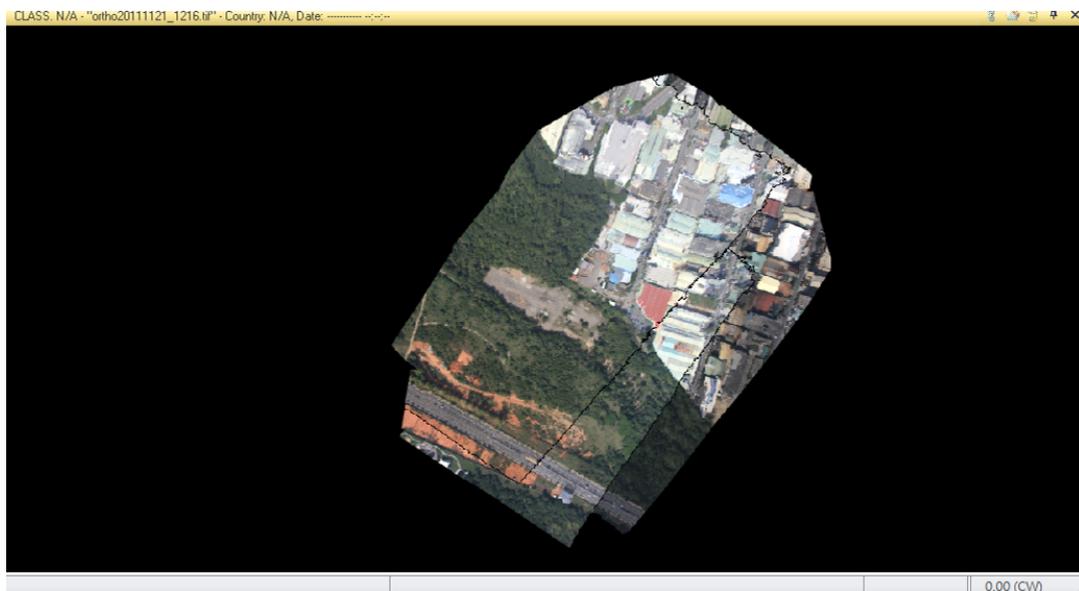


圖 3-32 正射糾正完成圖

正射糾正完成後，接著執行影像鑲嵌作業。執行鑲嵌程序前，須輸入高程依據，並選擇 DEM file(如圖 3-33)。選擇完成後，進一步進行調色和接縫處理設定(如圖 3-34)，即完成鑲嵌程序(如圖 3-35)。

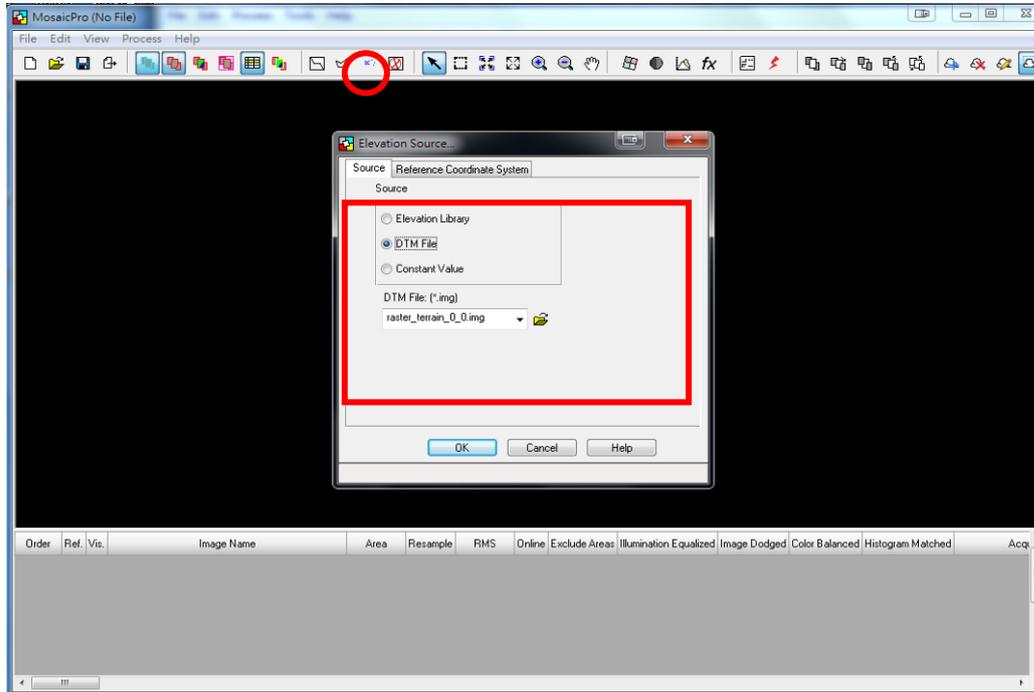


圖 3-33 正射影像鑲嵌高程來源選取視窗畫面

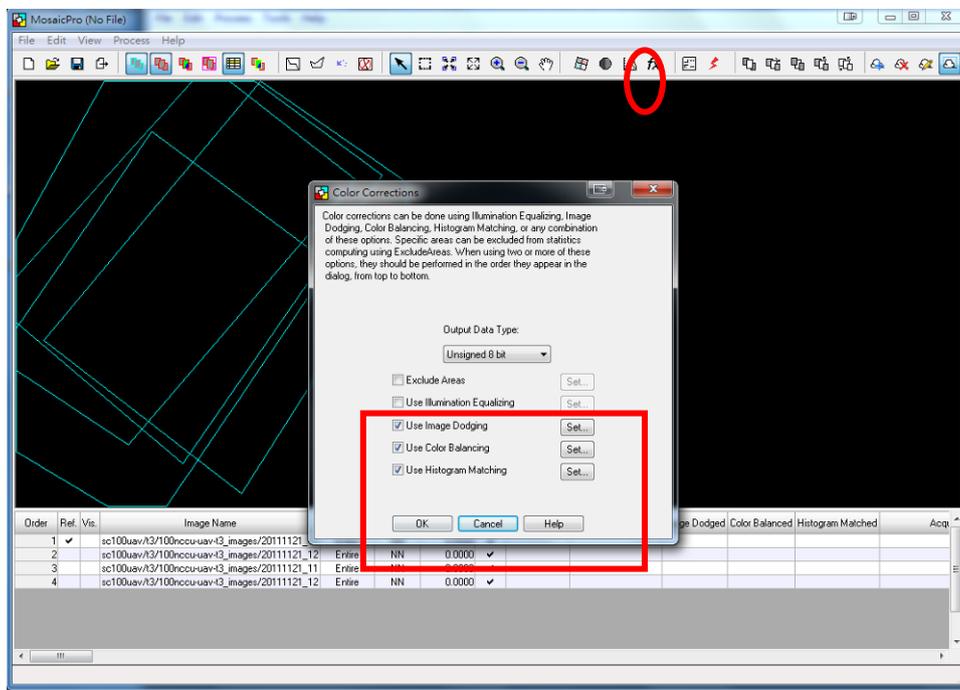


圖 3-34 正射影像鑲嵌調色和接縫處理方法選取視窗畫面

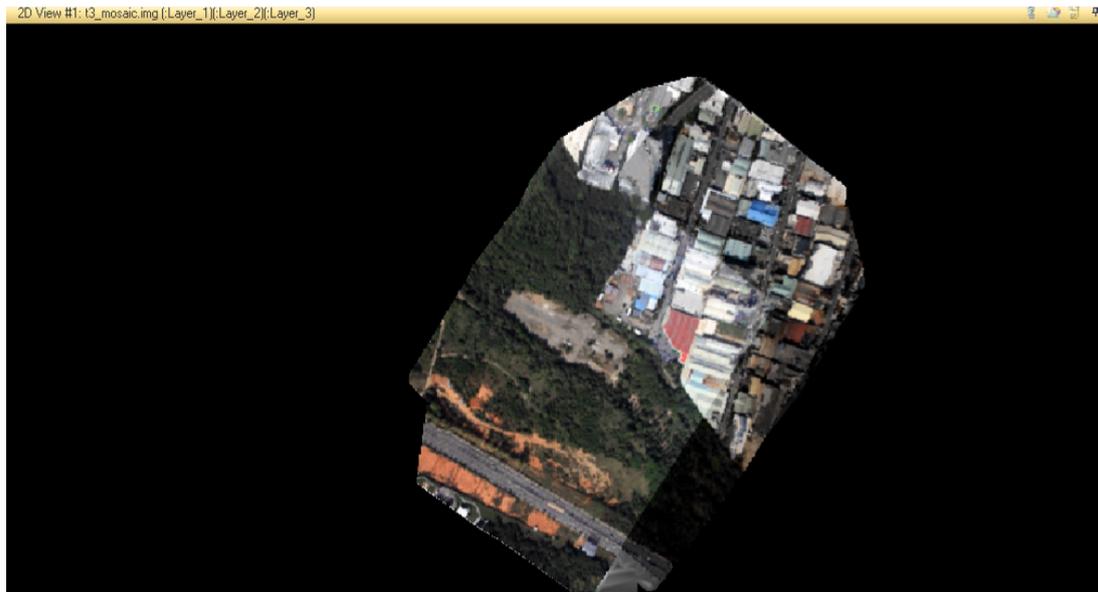


圖 3-35 正射鑲嵌成果圖

由上述測試結果顯示新購之 e-ATE 模組將可取代國土測繪中心原 MatchT 模組產製 DEM，並由 Terrain Editor 模組編修之後繪入影像正射鑲嵌模組，製作正射鑲嵌影像。

第四章 定翼型 UAS 航拍任務執行與影像處理

本項工作乃配合國土測繪中心需求以國土測繪中心建置或相同規格機型及酬載之定翼型 UAS 進行航拍及資料處理，航拍區域由國土測繪中心選定至少 15 區以上，每區航拍面積至少 3 平方公里。本年度除國土測繪中心所選定之 9 處拍攝區域外，另有 6 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，相關成果完成後，由國土測繪中心函送予各航拍需求機關。15 區航拍區依影像處理作業內容分為：(1) 緊急災害應變及國土監測變異分析作業 (3 區)。(2) 正射影像測製作業 (9 區)。(3) 基本圖測試作業 (2 區)。(4) 航遙測感應器系統校正場航拍作業 (1 區)。其中 (2) 正射影像測製作業 (9 區) 以及 (3) 基本圖測試作業 (2 區) 各航拍區影像處理之坐標系統於平面坐標系統採用 TWD97 坐標系，高程系統採用 TWVD2001 正高系統。處理過程中則使用國土測繪中心所提供以嚴密地面衛星定位控制測量方式完成空三平差的影像，於基高比大於 0.3 的立體像對中重複量測平面及高程坐標三次取平均值做為正射影像測製作業以及基本圖測試作業所需之控制點與檢核點。而控制點、檢核點之分佈與點數則依據國土測繪中心「101 年基本圖測製說明」之規定辦理，其中空三成果之檢核依據「空三成果自我檢核紀錄 (至少有 5 個檢核點)」規定選取 5 個檢核點計算平面及高程之 RMSE，而正射影像亦同樣選取至少 5 個檢核點檢核正射影像精度。

各航拍區與影像處理作業詳細內容說明如下。

第一節 緊急災害應變及國土監測變異分析作業

緊急災害應變作業航拍主要為運用 UAS 於災害發生後快速的取得特定目標區之大範圍的影像，並製作快速幾何糾正鑲嵌影像，作為防救災應變參考。因此在求快速完成的前提下，影像精確度為次要考量。就 UAS 取像的觀點而言，要加速取像時間就得減少飛行時間，減少飛行時間的方式就是減少任務的航帶數目，換句話說，就是以提高航高來使每條航帶可涵蓋更大的面積區域，以減少航拍區域的航帶數目，但此舉將會同時降低相片的空間解析力。在災害發生期間或災害

發生後，通常極需瞭解災區相關資訊，以在最短時間內進行相關災害救援或應變之決策。此時即可以簡單的影像處理方式快速製作災區之鑲嵌影像，雖然幾何精度並不高，但應可以滿足大部分災害判釋及分析之需求。本團隊擬以改良過的尺度不變特徵轉換法(Scale-Invariant Feature Transform, SIFT)演算法找出影像特徵點，經特徵點除錯及匹配之後，進行影像快速匹配及鑲嵌。鑲嵌過的影像再與其他具有坐標資訊的影像或圖資進行簡單套合後，可進行精度分析及評估，提供後續應用之參考，最後可與災害前圖資或影像進行比較，以進行國土監測變異分析。

因此以快速執行航拍任務為前提，應先決定相片的空間解析力再進行航線的設計。參考去年度的拍攝經驗，建議可以直接採用高於該區平均海拔高度加上 800 公尺之飛行高度飛行。在此高度下使用 Canon 5D MKII 搭配 24mm 焦距之鏡頭航拍，可獲取地面解析度約 22 公分的影像，可以在解析度與飛行時間上取得平衡；但若該區地形高低起伏過大，則可將航拍飛行高度提升至 1000 公尺並使用 Canon 5D MKII 搭配 50mm 焦距之鏡頭航拍，獲取地面解析度約 13 公分的影像。另外，若需考慮雲層高度或是地形因素，則需引用其他資訊作為路徑規劃之參考。

本案原規劃 3 區辦理緊急災害應變及國土監測變異分析作業，因本年度僅 6 月 15 日由國土測繪中心接獲國家災害防救科技中心通報後，通知本團隊拍攝南投縣和社溪堰塞湖；其後至 10 月底止，皆無接獲緊急災害應變拍攝任務，國土測繪中心乃選定台中黎明重劃區、高雄市茂林區，進行航拍作業。各航拍區相關任務執行與影像處理作業分述如下：

一、南投縣信義鄉和社溪

本案於 101 年 6 月 15 日配合中央災害應變中心需求進行南投和社溪堰塞湖航拍，並製作快速拼接影像供參考。

(一) 航拍任務執行

南投和社溪任務執行概況請參考表 4-1 與圖 4-1。

表 4-1 南投縣信義鄉和社溪航拍區任務執行概況

項目	說明
拍攝區域	南投縣信義鄉和社溪
拍攝完成時間	101 年 6 月 15 日
需求機關 (單位)	中央災害應變中心
用途	緊急災害應變需求
拍攝面積 (公頃)	300
地面解析度 (公分/像素)	10
航拍高度 (公尺)	2000
影像處理成果	快速拼接影像

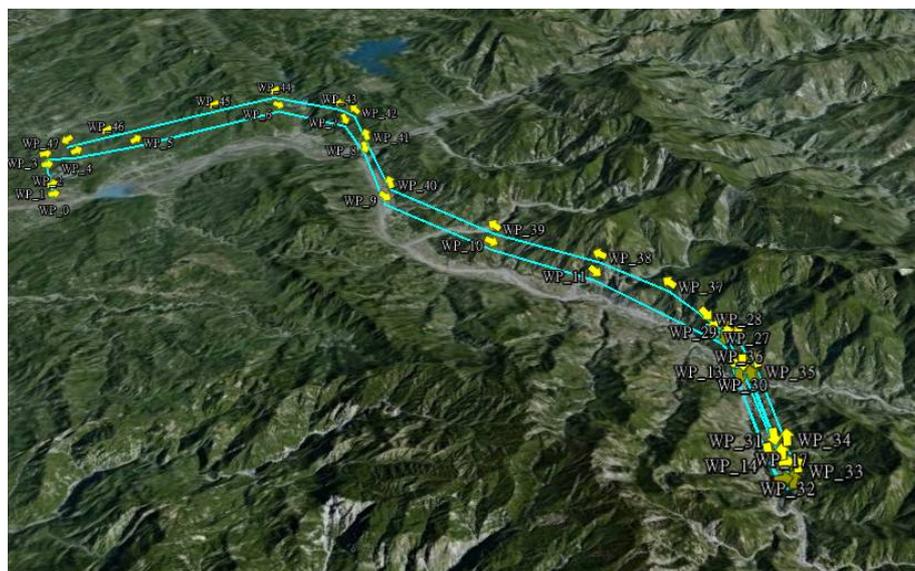


圖 4-1 南投和社溪緊急航拍任務規劃

101 年 6 月 12 日，因連日豪雨造成部份山區傳出災情。為快速的掌握災區情況，國土測繪中心指示需進行緊急航拍，並選定南投

和社溪作為主要任務區。

本團隊接獲指示後，立即整裝待發，同時持續監控天候狀況，並經由蒐集中央氣象局網站、氣象預測網站 WindGuru、當地氣象站、當地派出所等資料，瞭解沿路之氣象狀態（請參考附錄 P），並做成初步緊急航拍任務規劃，如圖 4-1。

101 年 6 月 14 日，飛行團隊確認進行南投和社溪空拍任務，並以南投集集堤防道路作為起降場地。因該日天氣雨勢難以掌控，在 9:50 確定有一飛行天候窗口後，立即起飛執行任務（請參考圖 4-2）。當日之天候狀況請參考附錄 P。

UAV 在起降場爬升至 2000 公尺後開始進入任務航線，起降場上空之雲高約為 1200 公尺（請參考圖 4-3）。當飛機持續往任務區前進時，因飛行團隊目視遠方開始下雨，決定中止航拍任務並召回 UAV，於 10:54 順利降落回收（請參考圖 4-4）。該次任務 UAV 之引擎運轉時間為 61 分鐘。



圖 4-2 UAV 準備起飛



圖 4-3 6月14日航拍任務之含雲影像



圖 4-4 6 月 14 日作業現場

101 年 6 月 15 日，飛行團隊趁空中無雨天候即刻起飛執行任務，UAV 於 7:16 起飛，在起降場上空盤旋一圈後，開始爬升。7:27 地面接收站開始收不到 UAV 訊號，當時飛行高度 1135 公尺(當地海拔高度約 185 公尺)。飛行團隊起初判斷為地面控制軟體發生偶發性無法收到訊號的現象，但是重新按鈕無效，並確定通訊用無線電之接收強度無反應，判定為 UAV 出現機件故障問題，同一時間觀察相機是否持續拍照，但發現監控畫面並無反應，畫面維持在斷訊前的同一個畫面。

IP 在進行緊急重新啟動程序後，仍然無法與飛機通聯，由於飛機於目視範圍內，因此將控制權轉交予 EP。EP 嘗試接手失效，重複嘗試仍無法接手，地面控制站亦無法收到 UAV 監控訊號，此時目視飛機狀態為呈逆時針盤旋姿態滑降。

最後 UAV 在撞擊樹木後翻轉 180 度掉入附近草叢，造成機翼分離、引擎破損、水平安定面斷裂、背部酬載空間位移等損害。相關失事報告請參考附錄 P。飛行團隊目視檢查損失狀況，並測試酬載相機是否損壞，初步證實可進行拍攝，但後續仍需進行相關檢測。失事後

相機重新率定之報告請參考附錄 L、附錄 M。

在定翼型 UAS 執行任務同時，另一組人員攜行小型垂直起降多旋翼 UAS 由台 21 線進入現場附近，運用下雨間隔完成三次拍攝任務，航線圖如圖 4-5 所示。多旋翼 UAS 拍攝時所採用之控制方式為半自動模式，即載具自動鎖定機頭方向與飛行高度，由地面控制人員控制航向。在此模式下，飛控電腦每兩秒會自動觸發拍照一次，讓地面操作人員得以專注於目標點之拍攝。



圖 4-5 運用多旋翼 UAS 拍攝堰塞湖之航線

(二) 航拍影像處理

在取得和社溪航拍影像後，立刻經由網路傳輸至後端進行處理，使用 Microsoft ICE 軟體進行影像快速鑲嵌拼接作業，拼接結果如圖 4-6 所示，影像處理時間約 2 個小時。此外，本次任務亦運用 UAS 取得的側拍影像完成該區之環景影像（如圖 4-7），作為另一種影像參考資訊。因南投和社溪堰塞湖在 UAV 航拍前的下雨期間已有多台挖土機進行緊急挖掘疏通，當 UAV 於天候許可完成航拍時，該堰塞湖已大部分消退；另外，該次任務的另一個拍攝重點在於找尋堰塞湖形成來源，經國家災害防救科技中心辨識後，確認堰塞湖土石的由來，並由成果影像判定該堰塞湖對下游可能產生之危害已經解除。



圖 4-6 堰塞湖區域快速拼接成果

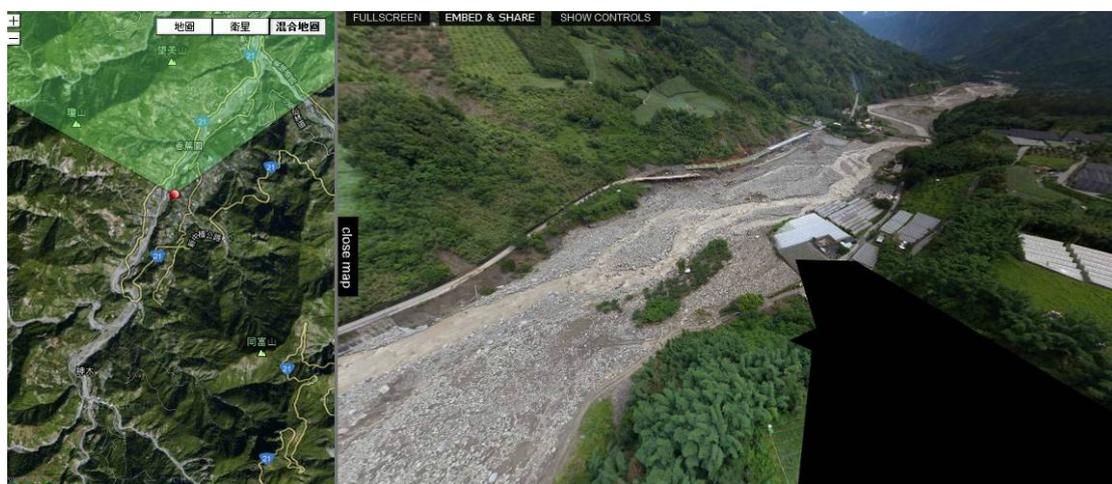


圖 4-7 堰塞湖區域空中之環景拍攝套疊成果

二、高雄市茂林區

高雄市茂林區航拍區為配合國家災害防救科技中心重點監測需求進行航拍作業，相關航拍影像成果可作為災前影像資料參考。

(一) 航拍任務執行

高雄市茂林區航拍區之執行概況如表 4-2，任務執行路徑如圖 4-8。

表 4-2 高雄茂林區任務執行概況

項目	說明
拍攝區域	高雄縣茂林區
拍攝完成時間	101 年 11 月 16 日
需求機關 (單位)	國土測繪中心
用途	監測
拍攝面積 (公頃)	300
地面解析度 (公分/像素)	24
航拍高度 (公尺)	1400
影像處理成果	正射影像

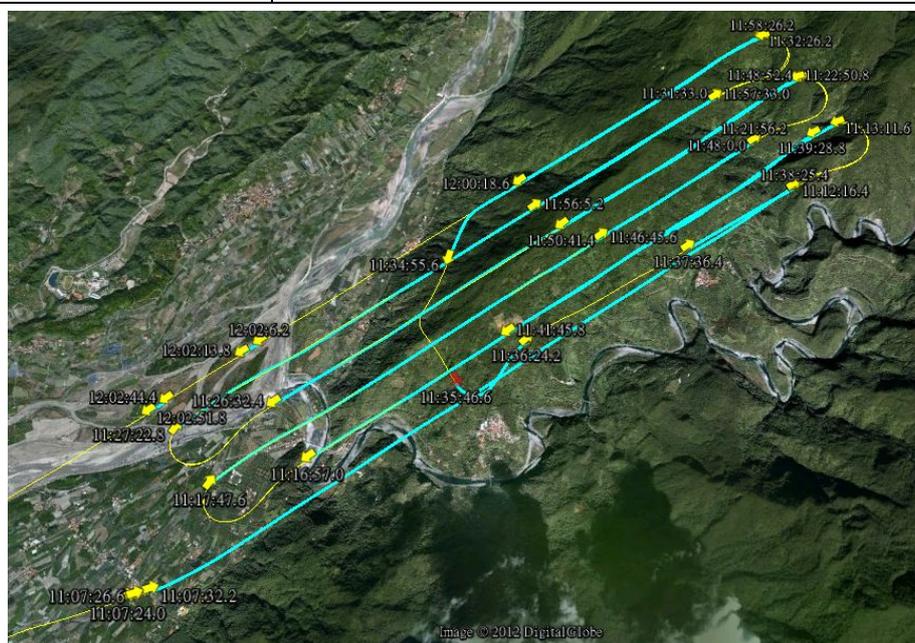


圖 4-8 高雄茂林區任務執行路徑

(二) 航拍影像處理

高雄縣茂林區航拍區約 300 公頃，地表平均高程約 500 公尺。本區採用幾何糾正鑲嵌方式進行後製，結果如圖 4-9 所示。



圖 4-9 高雄茂林 UAS 影像產製之幾何正射影像

三、台中市南屯重劃區

台中市黎明重劃區因重劃完成，區域內土地陸續開發，國土測繪中心為掌握土地開發變異情形，選定此區辦理航拍作業。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

台中黎明重劃區之執行概況如表 4-3，任務執行路徑如圖 4-10。該區為人口稠密區，執行需注意清泉崗機場空域限制。

表 4-3 台中黎明重劃區任務執行概況

項目	說明
拍攝區域	台中黎明重劃區
拍攝完成時間	101 年 11 月 15 日
需求機關 (單位)	國土測繪中心
用途	監測
拍攝面積 (公頃)	300
地面解析度 (公分/像素)	20
航拍高度 (公尺)	800
影像處理成果	正射影像

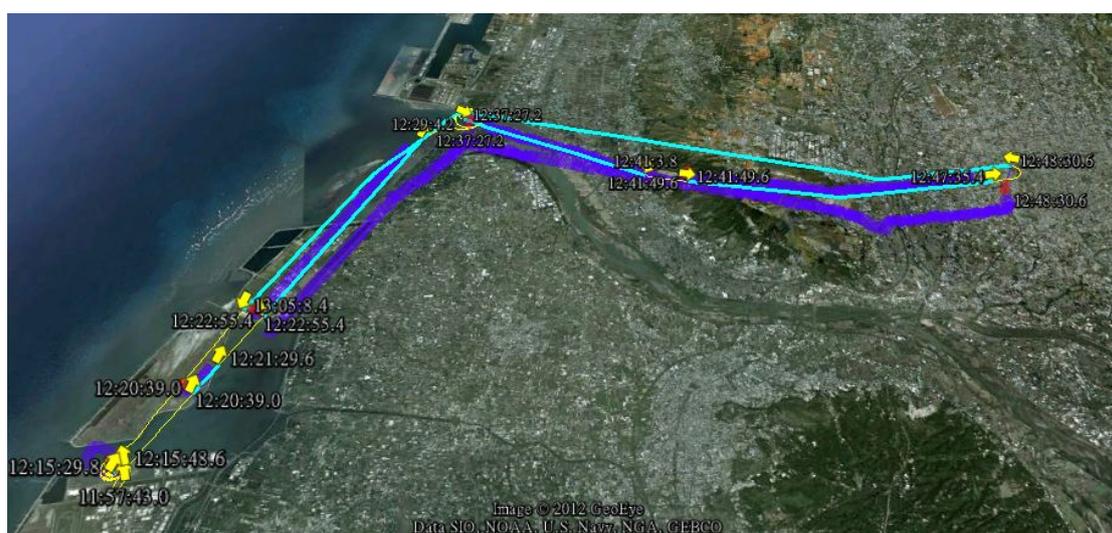


圖 4-10 台中黎明重劃區任務執行路徑

(二) 航拍影像處理

台中南屯航拍區約 300 公頃，地表平均高程約 60 公尺。本區採用快速正射拼接方式進行後製，結果如圖 4-11 所示。



圖 4-11 台中南屯重劃區 UAS 影像產製之幾何正射糾正鑲嵌影像

第二節 正射影像測製作業

本項工作中(二)正射影像測製作業、(三)基本圖測製作業、與(四)航遙測感應器系統校正場航拍作業等細項工作均需擬定測圖計畫、航測控制點布設、航空攝影、控制測量、空中三角測量，若進行正射影像測製則需進行數值地形模型測製；若進行基本圖測製，等高線測繪、地物測繪、調繪補測、編纂。

本案 101 年度 15 區航拍區中，其中有 9 區需製作正射影像成果的正射影像作業航拍需求為，航拍影像前後重疊率 80%，側向重疊率 40%，重疊率誤差應在 15% 以內，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規範要求，亦即「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」之規定。依據「100 年度發展無人飛行載具航拍技術作業」計畫案的執行經驗，本案 Canon 5D MKII 雖有 24mm 與 50mm 兩款不同焦距之定焦鏡頭，在同樣獲取地面解析度需滿足至少 25 公分影像之條件下，飛行航高離地面平均海拔高度約 800 公尺，使用 24mm 焦距鏡頭航拍之單張影像所涵蓋地面面積，較使用 50mm 焦距鏡頭為大，且所需航帶數目也較航高離平均地面海拔高 500 公尺少；此時影像解析度約 22 公分，所以採用 24mm 焦距鏡頭不但可以減少拍攝的時間與減少相片數，亦可減少後續處理的難度與所需之時間，效益考量下建議以使用 Canon 5D MKII 搭配 24mm 廣角鏡頭為原則。正射影像測製作業航拍區域如表 4-4。

表 4-4 正射影像測製區航拍任務執行概況

編號	航拍區域	用途	需求機關（單位）	面積（公頃）
1	苗栗縣卓蘭鎮	監測	經濟部水利署工務組	693
2	臺東縣太麻里	監測	經濟部水利署工務組	651
3	彰化縣二水、溪洲、雲林荊	監測	經濟部水利署水文組	780

編號	航拍區域	用途	需求機關(單位)	面積 (公頃)
	桐等			
4	彰化縣二水、 溪洲雲林西螺 等	監測	行政院農委會農糧署	300
5	臺南市關廟砲 校	開發監測	臺南市政府地政局	1440
6	高雄市仁武區	開發監測	高雄市政府地政局	900
7	桃園機場捷運 A7 站週邊土 地	土地開發 監測	國土測繪中心	620
8	苗栗後龍	海岸線最 低潮位線	國土測繪中心	300
9	嘉義朴子東石 台 82 縣	局部圖資 更新	國土測繪中心	450

一、苗栗縣卓蘭鎮

本區為國土測繪中心配合經濟部水利署工務組提出之監測需求辦理協助航拍作業，測製正射影像成果，提供該單位監測參考。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

苗栗縣卓蘭鎮之航拍執行概況如表 4-5，任務執行範圍如圖 4-12。該區為經濟部水利署工務組需求拍攝區。

表 4-5 苗栗縣卓蘭鎮任務執行概況

項目	說明
拍攝區域	苗栗縣卓蘭鎮
拍攝完成時間	101 年 10 月 24 日
需求機關(單位)	經濟部水利署工務組

項目	說明
用途	監測
拍攝面積 (公頃)	693
地面解析度 (公分/像素)	22
航拍高度 (公尺)	1200
影像處理成果	正射影像

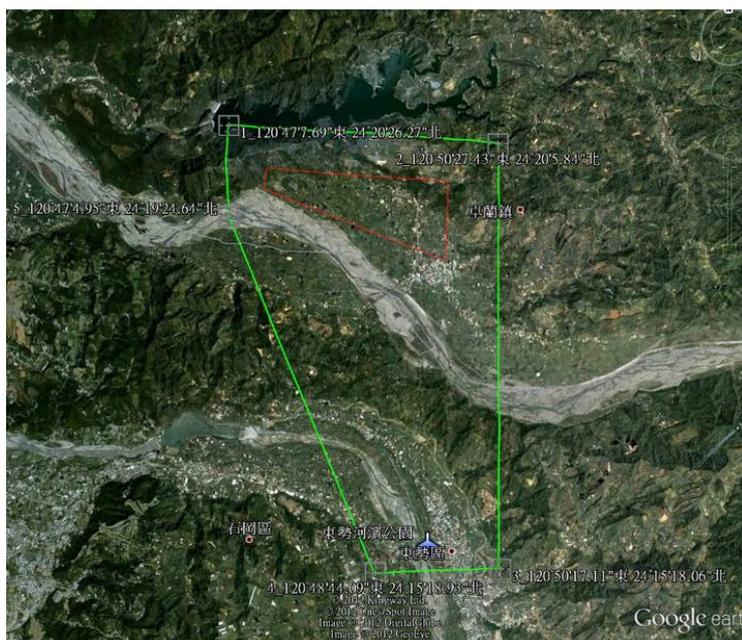


圖 4-12 苗栗縣卓蘭鎮任務區執行範圍

(二) 航拍影像處理

苗栗縣卓蘭鎮航拍區範圍約 693 公頃，地表平均高程約 202 公尺。處理過程中則使用國土測繪中心所提供以嚴密地面衛星定位控制測量方式完成空三平差的影像，於基高比大於 0.3 的立體像對中重複量測量測平面及高程坐標三次取平均值獲取所需之地面控制點與檢核點。

影像於101年10月24日航拍取得。UAS航拍時搭載使用焦距24mm 鏡頭之Canon EOS 5DII數位相機。航拍航高約1200公尺，前後重疊率約80%，左右重疊率約45%，共7條航帶，取像73張(分布狀況如圖 4-13)，地面解析力GSD約22公分。影像處理過程空三平差採用11個地面控制點，6個地面檢核點(分布狀況如圖4-14)。

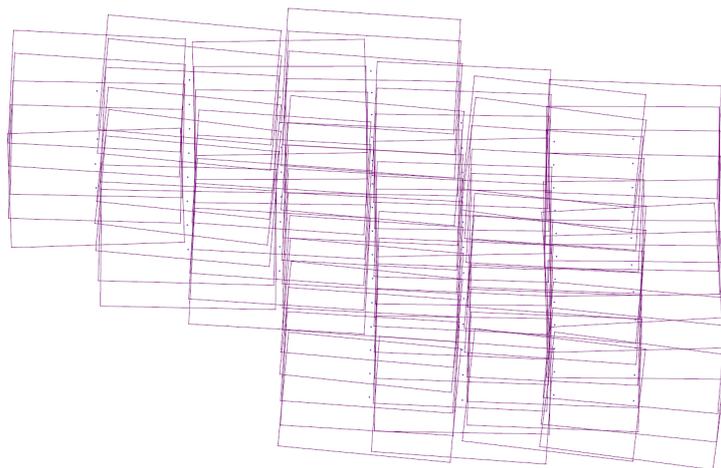
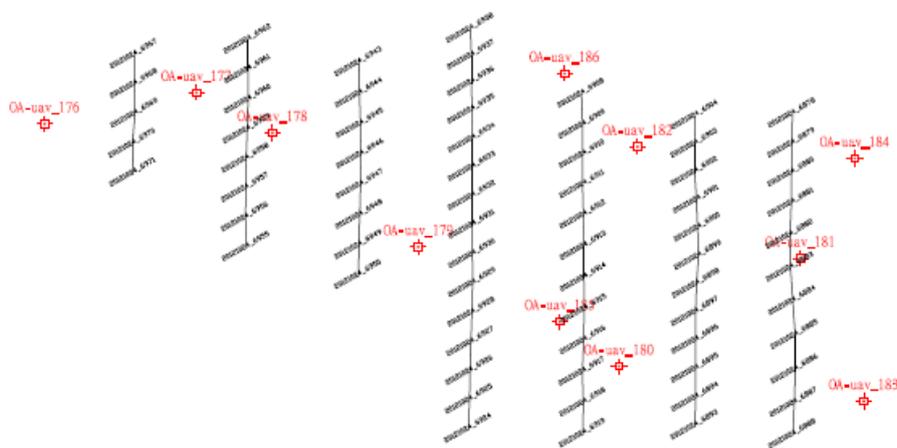
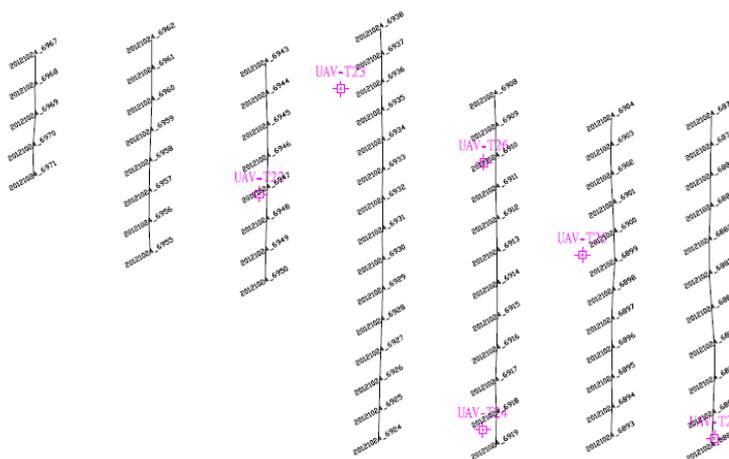


圖 4-13 苗栗縣卓蘭鎮 UAS 航拍影像分布圖



(a) 控制點分布圖



(b) 檢核點分布圖

圖 4-14 苗栗縣卓蘭鎮航拍區控制點與檢核點分布圖示

航拍區資料以 ORIMA 執行自率光束法空三平差計算時連結點分布情形以及網形狀況如圖 4-15，圖 4-16。圖 4-17 則顯示自率光束法空三平差結果如圖 4-17。自率光束法空三平差檢核點各方向 RMSE 如表 4-6。

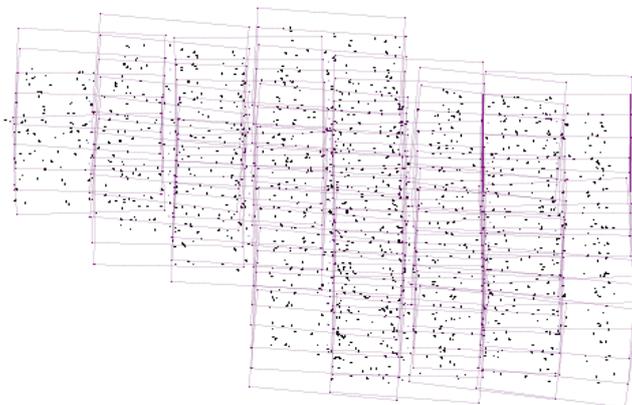


圖 4-15 苗栗縣卓蘭鎮 UAS 影像自率光束法空三平差連結點分布概略圖

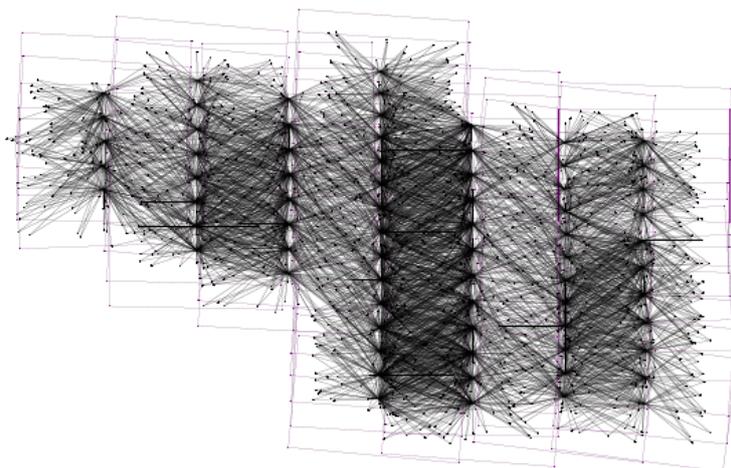


圖 4-16 苗栗縣卓蘭鎮 UAS 影像自率光束法空三平差網形圖

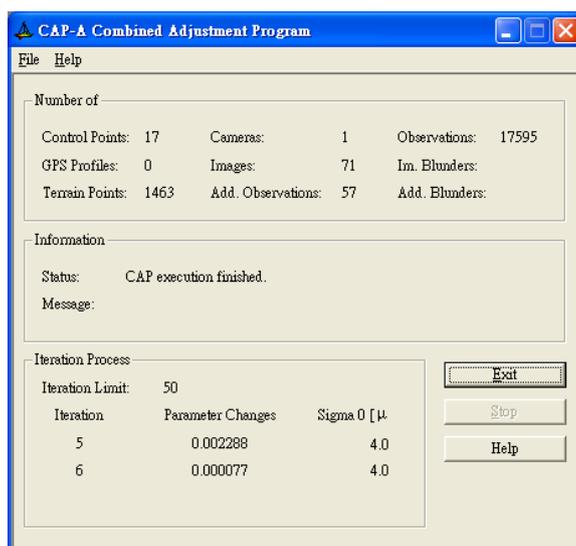


圖 4-17 苗栗縣卓蘭鎮 UAS 影像自率光束法空三平差結果

表 4-6 苗栗縣卓蘭鎮 UAS 影像自率光束法空三平差精度檢核表

點號	橫坐標較差	縱坐標較差	高程較差
UAV-T22	-0.02	0.04	-0.06
UAV-T23	-0.17	-0.29	-0.47
UAV-T24	0.05	0.22	0.56
UAV-T25	-0.17	-0.02	-0.41
UAV-T26	-0.15	0.04	-0.10
UAV-T27	-0.24	0.13	-0.30
RMSE	0.13	0.14	0.32

單位：公尺

以 ORIMA 執行完自率光束法空三平差後，以 e-ATE 自動匹配產生 5m*5m DEM 並進行經編修（如圖 4-18）。

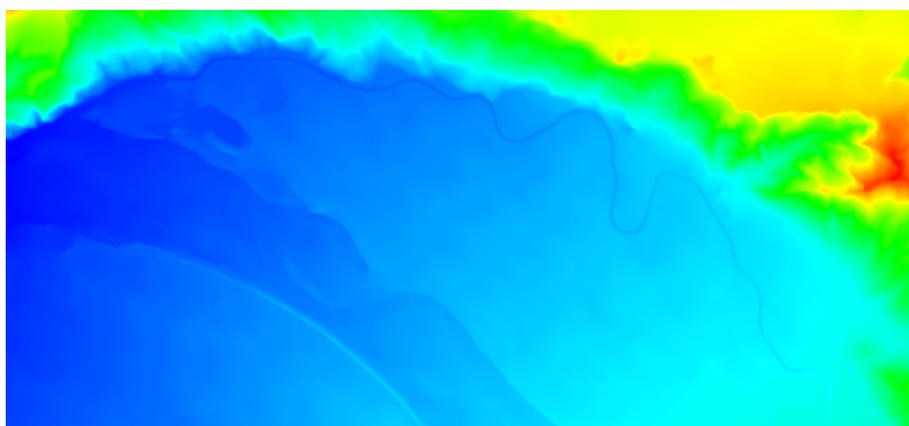


圖 4-18 苗栗縣卓蘭鎮 UAS 影像產製之 5m*5m 的 DEM

將產製之 5m*5m 的 DEM 以 ERDAS LPS 模組，開啟 Ortho Resampling 功能並設定 Output Cell Sizes 25 公分產生正射影像，以 Mosaic Tool 進行鑲嵌。圖 4-19 是經幾何正射糾正鑲嵌的影像成果圖。選取均勻分布的 5 個檢核點(如圖 4-20)進行檢核，得到如表 4-7 的精度檢核表。X 方向 RMSE 為 0.33 公尺，Y 方向 RMSE 為 0.63 公尺。考量檢核點之平面誤差約 0.50 公尺，本航拍區正射平面精度 0.71 公尺，仍符合「基本圖測製規範」中規定「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」之規定。



圖 4-19 苗栗縣卓蘭鎮 UAS 影像產製之幾何正射糾正鑲嵌圖

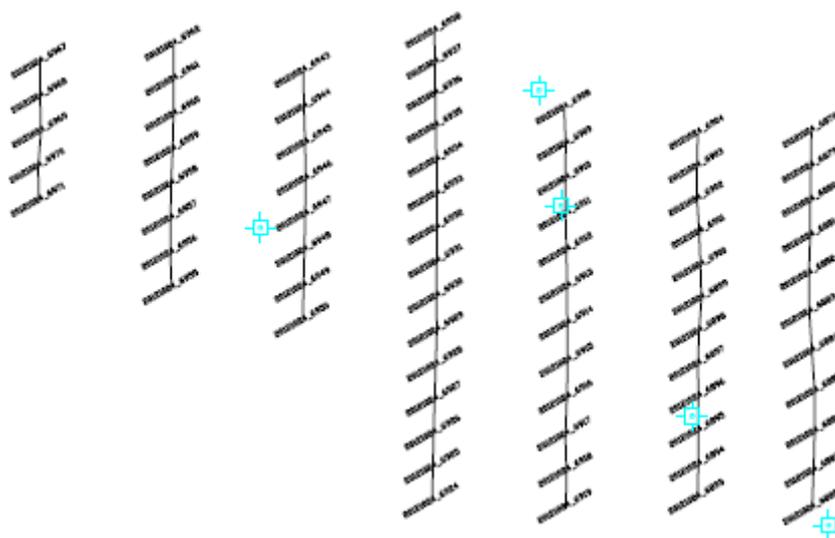


圖 4-20 苗栗縣卓蘭鎮 UAS 影像正射鑲嵌檢核點分布圖

表 4-7 苗栗縣卓蘭鎮影像鑲嵌圖的幾何精度檢核表 (單位：公尺)

橫坐標 E 之 RMSE	縱坐標 N 之 RMSE	平面 RMSE
0.33	0.63	0.71

二、臺東縣太麻里鄉

本區為國土測繪中心配合經濟部水利署工務組提出之監測需求辦理協助航拍作業，測製正射影像成果，提供該單位監測參考。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

臺東縣太麻里之規劃概況如表 4-8，拍攝範圍如圖 4-21，該區為經濟部水利署工務組需求拍攝區。

表 4-8 臺東縣太麻里任務執行概況

項目	說明
拍攝區域	臺東縣太麻里鄉
拍攝完成時間	101 年 10 月 26 日
需求機關 (單位)	經濟部水利署工務組
用途	監測
拍攝面積 (公頃)	651
地面解析度 (公分/像素)	17
航拍高度 (公尺)	850
影像處理成果	正射影像

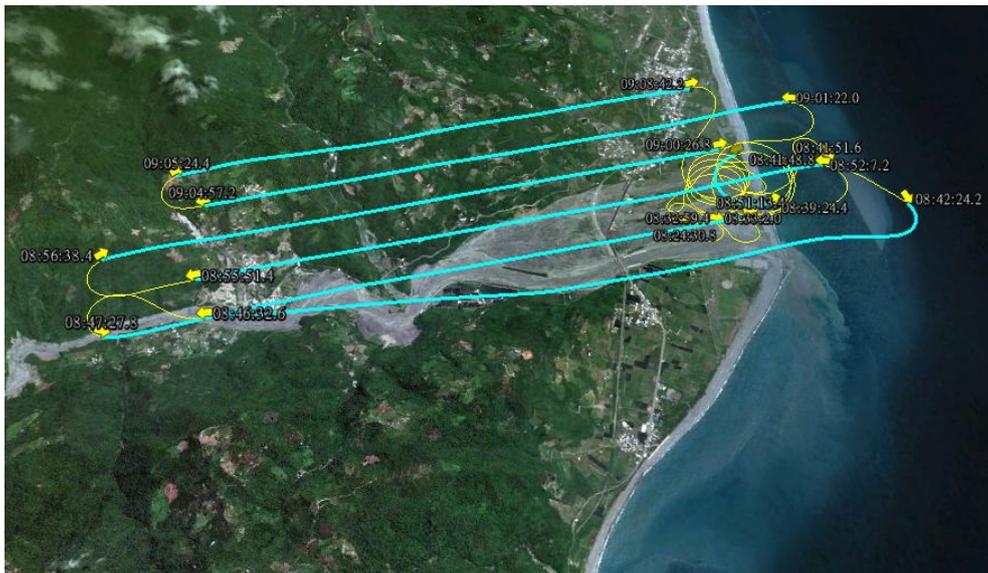


圖 4-21 臺東縣太麻里任務執行路徑圖

(二) 航拍影像處理

臺東縣太麻里航拍區範圍約 651 公頃，地表平均高程約 110 公尺。處理過程中則使用國土測繪中心所提供以嚴密地面衛星定位控制測量方式完成空三平差的影像，於基高比大於 0.3 的立體像對中重複量測量測平面及高程坐標三次取平均值獲取所需之地面控制點與檢核點。

該次航拍時使用焦距約 24mm 的 Canon EOS 5DII 數位相機。航拍航高約 850 公尺，前後重疊率約 80%，左右重疊率約 45%，測試資料共 6 條航帶，取像 233 張(分布狀況如圖 4-22)，地面解析力 GSD 約 17 公分。試驗過程空三平差採用 12 個地面控制點，5 個地面檢核點(分布狀況如圖 4-23)。

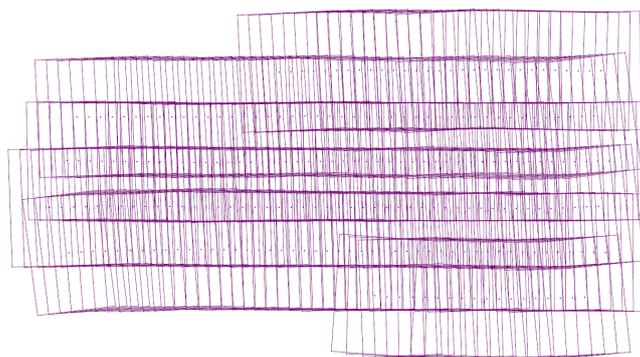
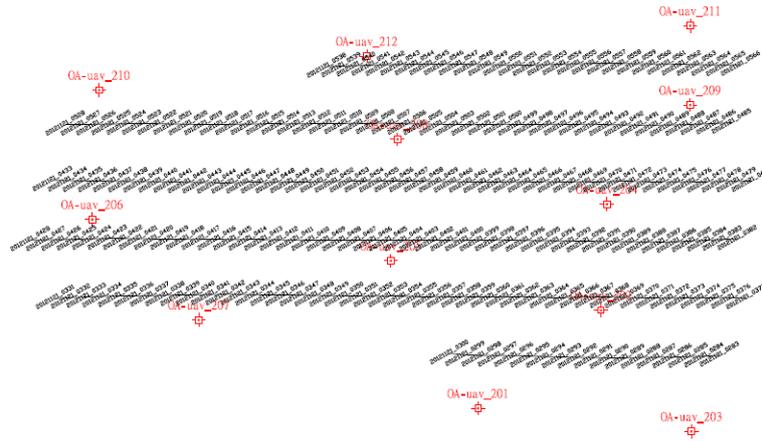
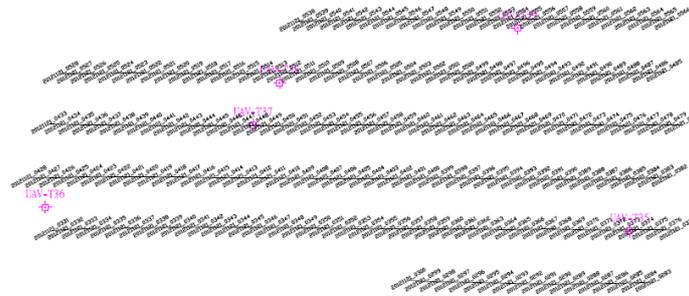


圖 4-22 臺東縣太麻里 UAS 航拍影像分布圖



(a) 控制點分布圖



(b) 檢核點分布圖

圖 4-23 臺東縣太麻里航拍區控制點與檢核點分布圖示

圖 4-24 和圖 4-25 顯示整個試驗過程航拍區資料以 ORIMA 執行自率光束法空三平差計算時連結點分布情形以及網形狀況。圖 4-26 則顯示自率光束法空三平差結果。自率光束法空三平差檢核點各方向 RMSE 如表 4-9。

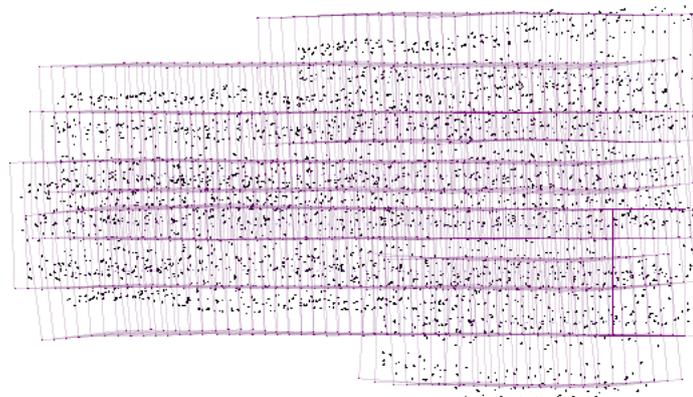


圖 4-24 臺東縣太麻里 UAS 影像自率光束法空三平差連結點分布概略圖

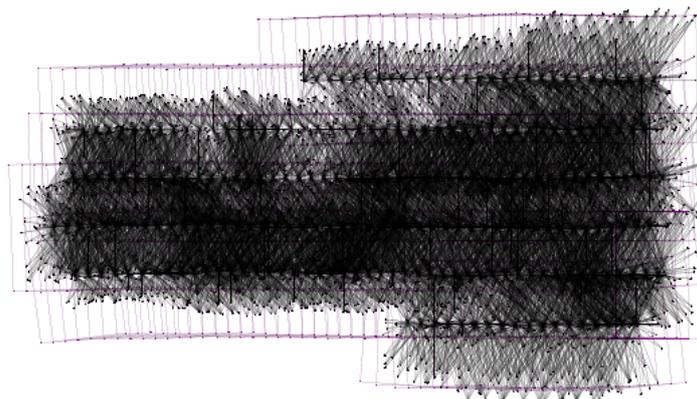


圖 4-25 臺東縣太麻里 UAS 影像自率光束法空三平差網形圖

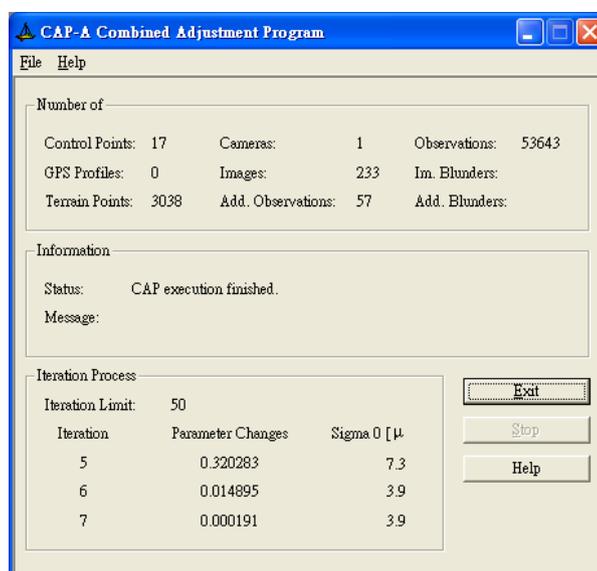


圖 4-26 臺東縣太麻里 UAS 影像自率光束法空三平差結果

表 4-9 臺東縣太麻里 UAS 影像自率光束法空三平差精度檢核表

點號	橫坐標較差	縱坐標較差	高程較差
UAV-T35	0.05	-0.05	-0.08
UAV-T36	0.16	-0.04	1.19
UAV-T37	0.01	-0.57	-0.37
UAV-T38	-0.22	-0.45	-0.21
UAV-T39	-0.72	0.41	0.35
RMSE	0.29	0.32	0.49

單位：公尺

以 ORIMA 執行完自率光束法空三平差後，以 e-ATE 自動匹配產生並經編修後之 5m*5m DEM (如圖 4-27)。

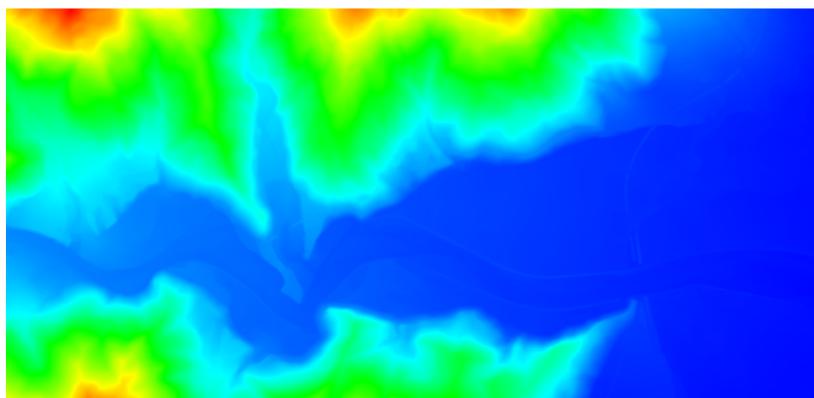


圖 4-27 臺東縣太麻里 UAS 影像產製之 5m*5m 的 DEM

將產製之 5m*5m 的 DEM 以 ERDAS LPS 模組，開啟 Ortho Resampling 功能並設定 Output Cell Sizes 25 公分產生正射影像，以 Mosaic Tool 進行鑲嵌。圖 4-28 是經幾何正射糾正鑲嵌的影像成果圖。選取均勻分布的 5 個檢核點(如圖 4-29)進行檢核，得到如表 4-10 的精度檢核表。橫坐標 E 之 RMSE 為 0.65 公尺，縱坐標 N 之 RMSE 為 0.55 公尺。考量檢核點之平面誤差約 0.50 公尺，本航拍區正射平面精度 0.85 公尺，仍符合「基本圖測製規範」中規定「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」之規定。



圖 4-28 臺東縣太麻里 UAS 影像產製之幾何正射糾正鑲嵌圖

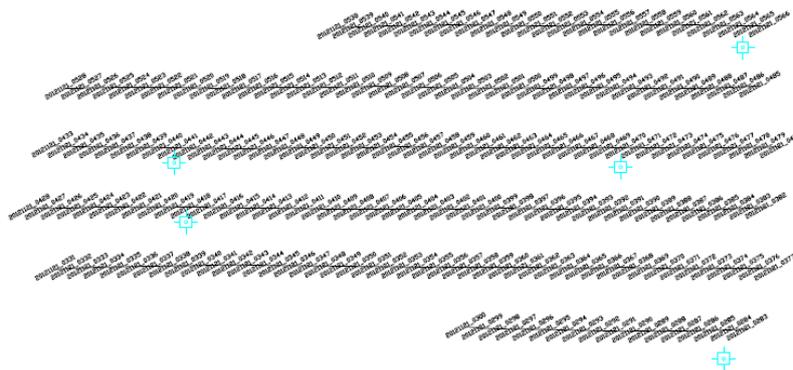


圖 4-29 臺東縣太麻里 UAS 影像正射鑲嵌檢核點分布圖

表 4-10 臺東縣太麻里影像鑲嵌圖的幾何精度檢核表 (單位：公尺)

橫坐標 E 之 RMSE	縱坐標 N 之 RMSE	平面 RMSE
0.65	0.55	0.85

三、彰化二水、雲林荊桐

本區為國土測繪中心配合經濟部水利署水文組提出之監測需求辦理協助航拍作業，測製正射影像成果，提供該單位監測參考。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

彰化二水、溪洲、雲林荊桐之規劃概況執行概況如表 4-11，拍攝範圍如圖 4-30。該區為經濟部水利署水文組之需求拍攝區。

表 4-11 彰化二水、溪洲、雲林荊桐航拍區任務執行概況

項目	說明
拍攝區域	彰化二水、溪洲、雲林荊桐
拍攝完成時間	101 年 10 月 23 日
需求機關 (單位)	經濟部水利署水文組
用途	監測
拍攝面積 (公頃)	300
地面解析度 (公分/像素)	21
航拍高度 (公尺)	800
影像處理成果	正射影像

因本區任務與第四區「彰化二水」農糧署需求航拍區任務地點相鄰，因此航拍取像時於同一架次任務中執行航拍取像，航線規劃如下圖所示。

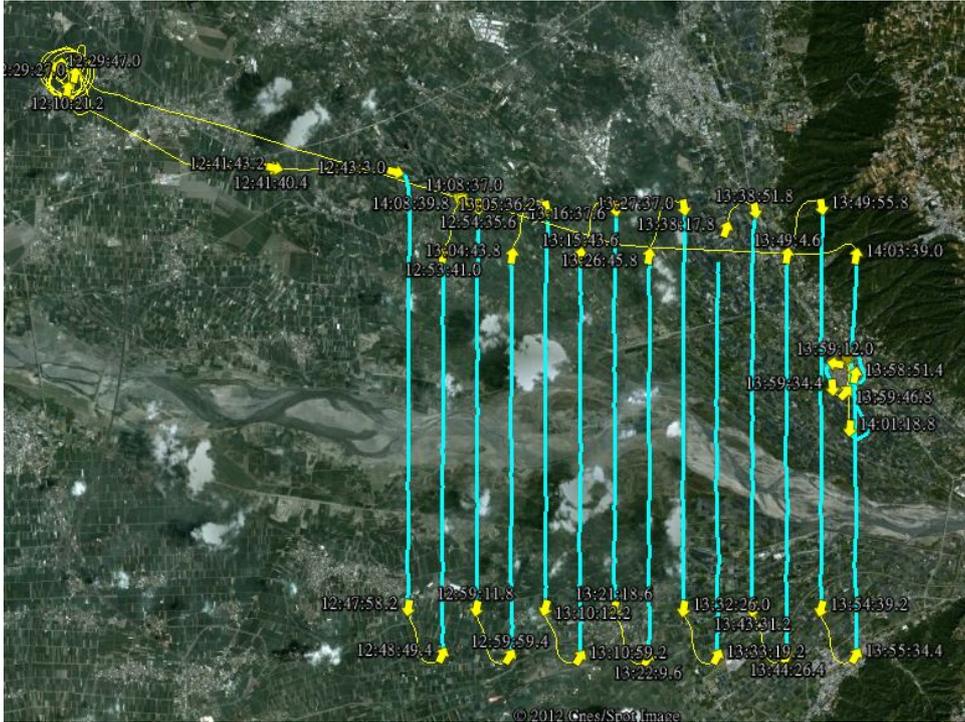


圖 4-30 彰化二水拍攝路徑

(二) 航拍影像處理

彰化二水、溪洲、雲林荊桐航拍區範圍約 300 公頃，地表平均高程約 25 公尺。因本區任務與第四區「彰化二水」農糧署需求航拍區任務地點相鄰，因此航拍影像處理時與第四區「彰化二水航拍」航拍影像一併處理。以下詳述航拍影像處理過程。處理過程中則使用國土測繪中心所提供以嚴密地面衛星定位控制測量方式完成空三平差的影像，於基高比大於 0.3 的立體像對中重複量測量測平面及高程坐標三次取平均值獲取所需之地面控制點與檢核點。

影像於 101 年 10 月 23 日航拍取得。航拍時使用焦距約 24mm 的 Canon EOS 5DII 數位相機。航拍航高約 800 公尺，前後重疊率約 80%，左右重疊率約 45%，測試資料共 14 條航帶，取像 556 張(分布狀況如圖 4-31)，地面解析力 GSD 約 21 公分。試驗過程空三平差採用 52 個地面控制點，8 個地面檢核點(分布狀況如圖 4-32)。

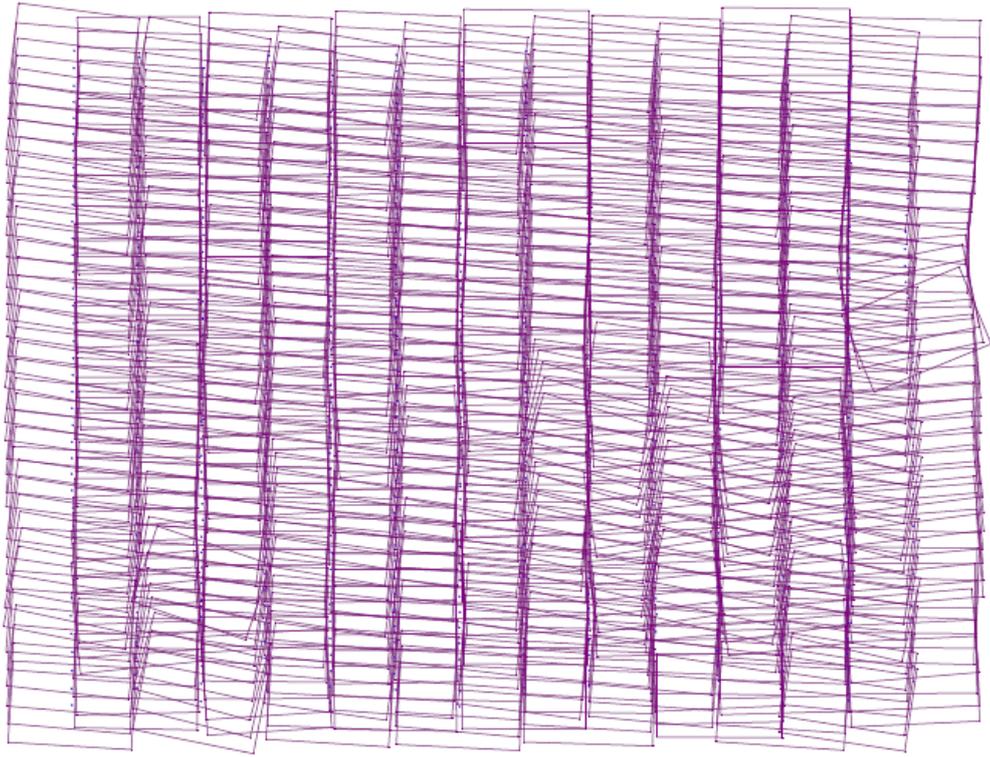
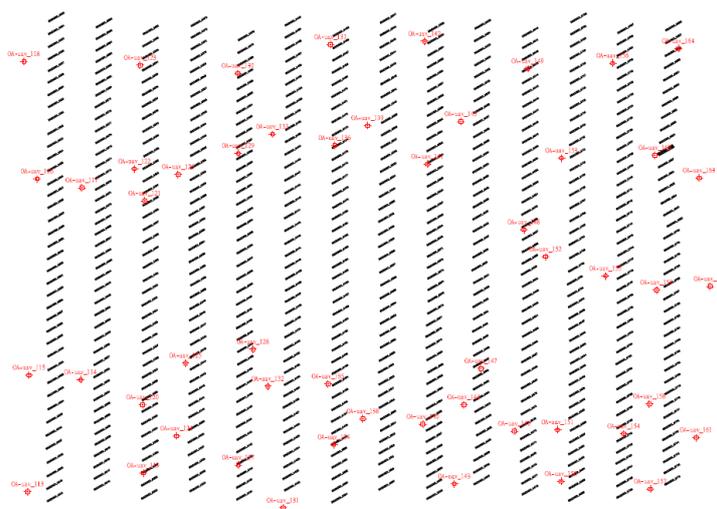
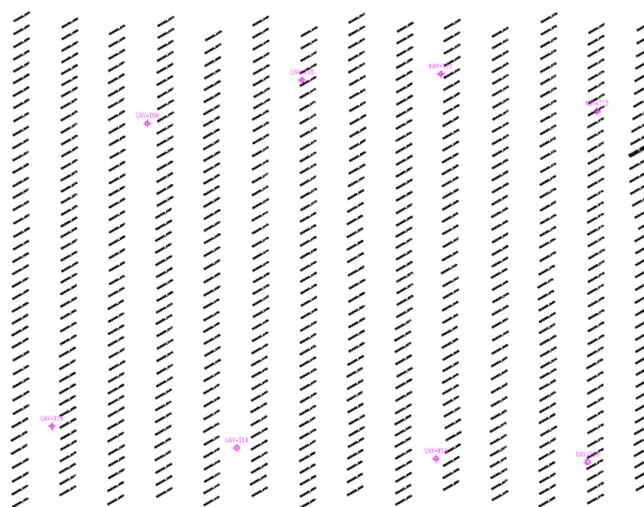


圖 4-31 彰化二水 UAS 航拍影像分布圖



(a) 控制點分布圖



(b) 檢核點分布圖

圖 4-32 彰化二水航拍區控制點與檢核點分布圖示

圖 4-33 和圖 4-34 顯示整個試驗過程航拍區資料以 ORIMA 執行自率光束法空三平差計算時連結點分布情形以及網形狀況。圖 4-35 則顯示自率光束法空三平差結果。自率光束法空三平差檢核點各方向 RMSE 如表 4-12。

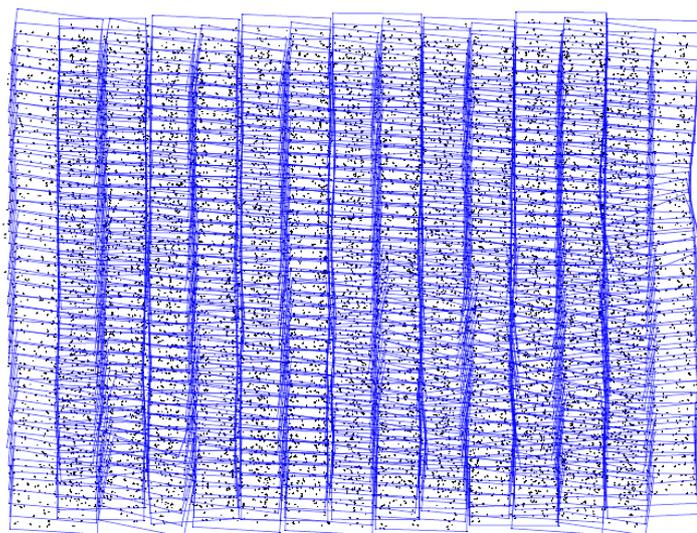


圖 4-33 彰化二水 UAS 影像自率光束法空三平差連結點分布概略圖

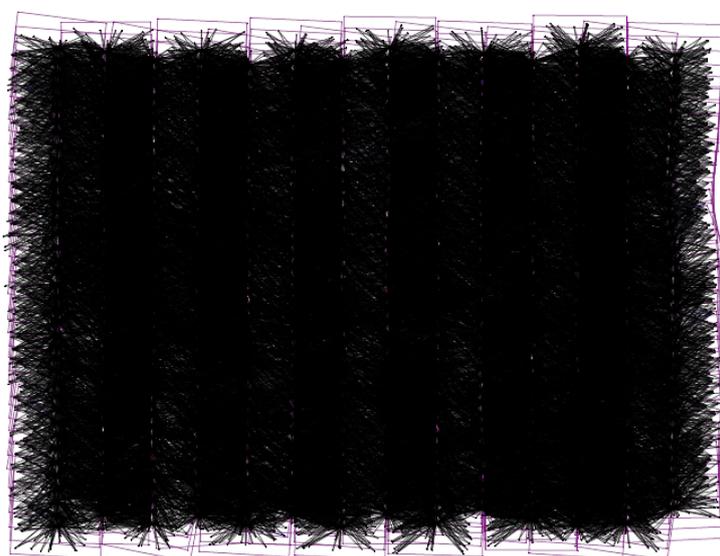


圖 4-34 彰化二水 UAS 影像自率光束法空三平差網形圖

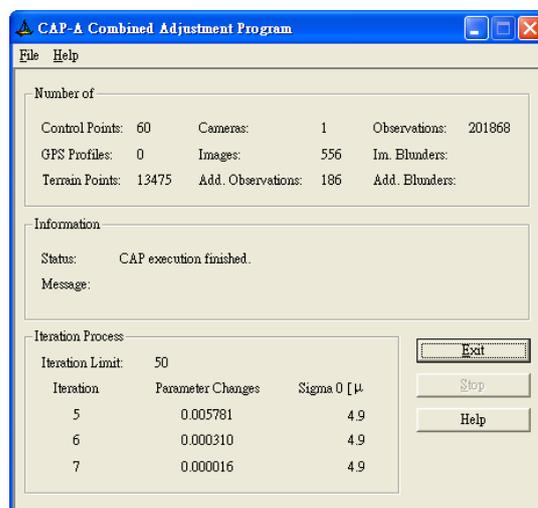


圖 4-35 彰化二水 UAS 影像自率光束法空三平差結果

表 4-12 彰化二水 UAS 影像自率光束法空三平差精度檢核表

點號	橫坐標較差	縱坐標較差	高程較差
UAV-T09	-0.05	0.04	0.54
UAV-T10	0.03	0.43	0.41
UAV-T11	0.18	0.31	-0.87
UAV-T12	0.41	-0.51	0.24
UAV-T13	-0.30	-0.10	-0.59
UAV-T14	-0.25	0.10	-0.48
UAV-T15	-0.52	0.07	-0.82
UAV-T16	-0.62	-0.14	1.26
RMSE	0.35	0.27	0.72

單位：公尺

以 ORIMA 執行完自率光束法空三平差後，以 e-ATE 自動匹配產生並經編修後之 5m*5m DEM (如圖 4-36)。

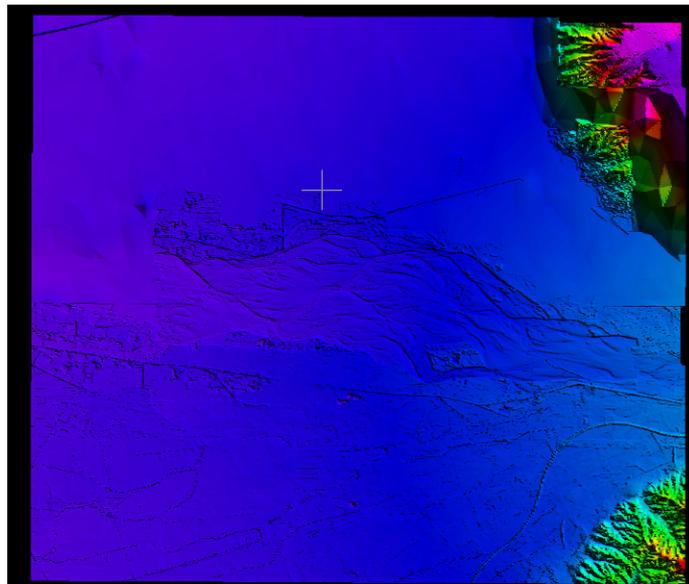


圖 4-36 彰化二水 UAS 影像產製之 5m*5m 的 DEM

將產製之 5m*5m 的 DEM 以 ERDAS LPS 模組，開啟 Ortho Resampling 功能並設定 Output Cell Sizes 25 公分產生正射影像，以 Mosaic Tool 進行鑲嵌。圖 4-37 是經幾何正射糾正鑲嵌的影像成果圖。選取均勻分布的 5 個檢核點(如圖 4-38)進行檢核，得到如表 4-13 的精度檢核表。橫坐標 E 之 RMSE 為 0.34 公尺，縱坐標 N 之 RMSE 為 0.63 公尺。考量檢核點之平面誤差約 0.50 公尺，本航拍區正射平面精度 0.72 公尺，仍符合「基本圖測製規範」中規定「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」之規定。



圖 4-37 彰化二水 UAS 影像產製之幾何正射糾正鑲嵌圖

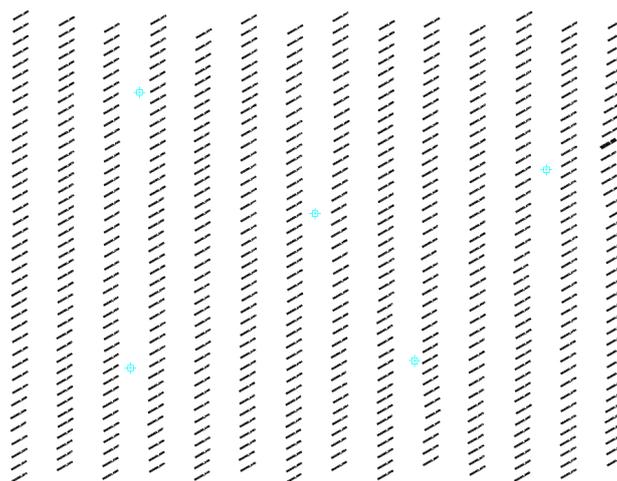


圖 4-38 彰化二水 UAS 影像正射鑲嵌檢核點分布圖

表 4-13 彰化二水影像鑲嵌圖的幾何精度檢核表 (單位：公尺)

橫坐標 E 之 RMSE	縱坐標 N 之 RMSE	平面 RMSE
0.34	0.63	0.72

四、彰化二水、雲林西螺

本區為國土測繪中心配合行政院農委會農糧署提出之監測需求辦理協助航拍作業，測製正射影像成果，提供該單位監測參考。如前所述本區任務與第三區水利署需求航拍區任務地點相鄰，因此航拍取像時於同一架次任務中執行航拍取像。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

任務區之規劃概況如表 4-14，拍攝範圍如圖 4-39。該區為行政院農委會農糧署需求拍攝區。

表 4-14 彰化二水、溪洲、雲林西螺航拍區任務執行概況

項目	說明
拍攝區域	彰化二水、溪洲、雲林西螺
拍攝完成時間	101 年 10 月 23 日
需求機關（單位）	行政院農委會農糧署
用途	監測
拍攝面積（公頃）	300
地面解析度 （公分/像素）	21
航拍高度（公尺）	800
影像處理成果	正射影像



圖 4-39 彰化二水航拍區任務範圍示意圖

(二) 航拍影像處理

航拍區範圍約 300 公頃，地表平均高程約 25 公尺。如前所述本區任務與第三區第三區水利署需求航拍區任務地點相鄰，因此航拍影像處理時與第三區水利署需求航拍區之航拍影像一併處理。以下詳述航拍影像處理過程。處理過程中則使用國土測繪中心所提供以嚴密地面衛星定位控制測量方式完成空三平差的影像，於基高比大於 0.3 的立體像對中重複量測量測平面及高程坐標三次取平均值獲取所需之地面控制點與檢核點。

影像於 101 年 10 月 23 日航拍取得。UAS 航拍時使用搭載焦距 24mm 鏡頭之 Canon EOS 5DII 數位相機。航拍航高約 800 公尺，前後重疊率約 80%，左右重疊率約 45%，測試資料共 14 條航帶，取像 556 張(分布狀況如圖 4-40)，地面解析力 GSD 約 21 公分。試驗過程空三平差採用 55 個地面控制點，8 個地面檢核點(分布狀況如圖 4-41)。

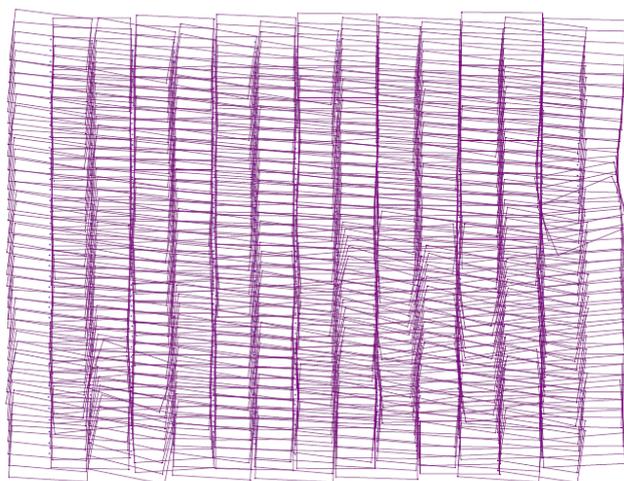
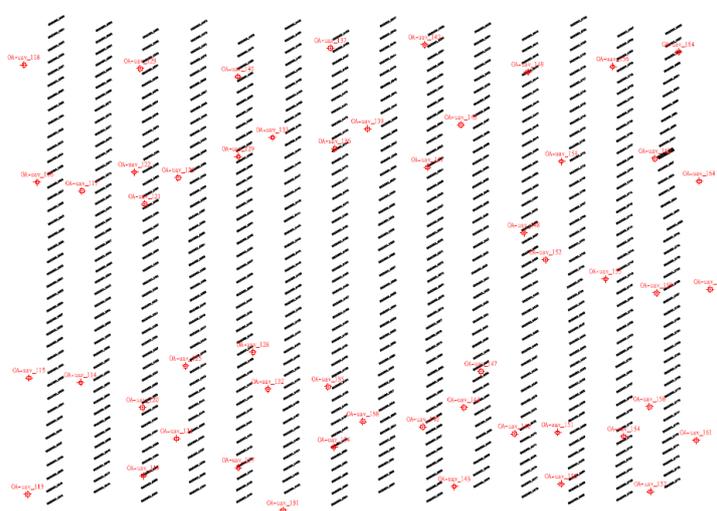
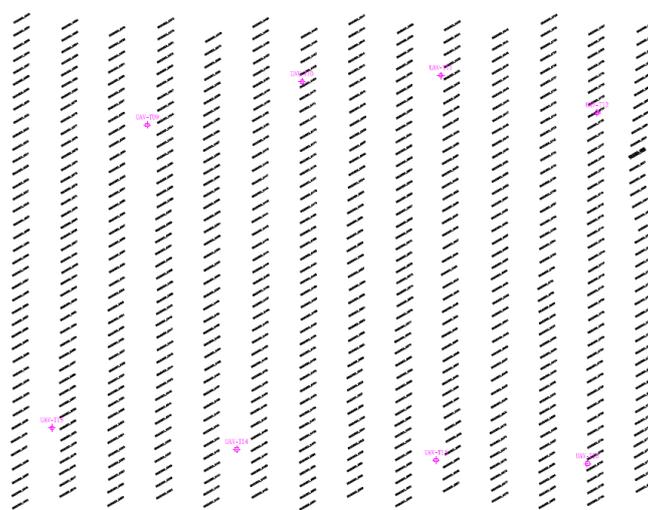


圖 4-40 彰化二水 UAS 航拍影像分布圖



(a) 控制點分布圖



(b) 檢核點分布圖

圖 4-41 彰化二水航拍區控制點與檢核點分布圖示

圖 4-42 和圖 4-43 顯示整個試驗過程航拍區資料以 ORIMA 執行自率光束法空三平差計算時連結點分布情形以及網形狀況。圖 4-44 則顯示自率光束法空三平差結果。自率光束法空三平差檢核點各方向 RMSE 如表 4-15。

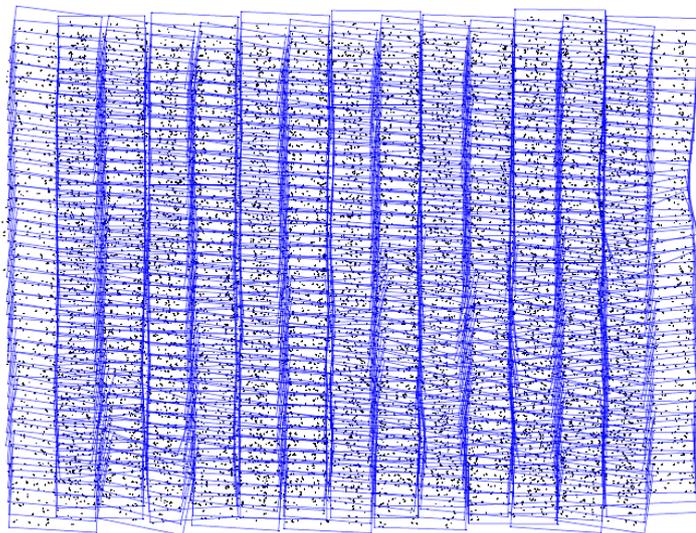


圖 4-42 彰化二水 UAS 影像自率光束法空三平差連結點分布概略圖

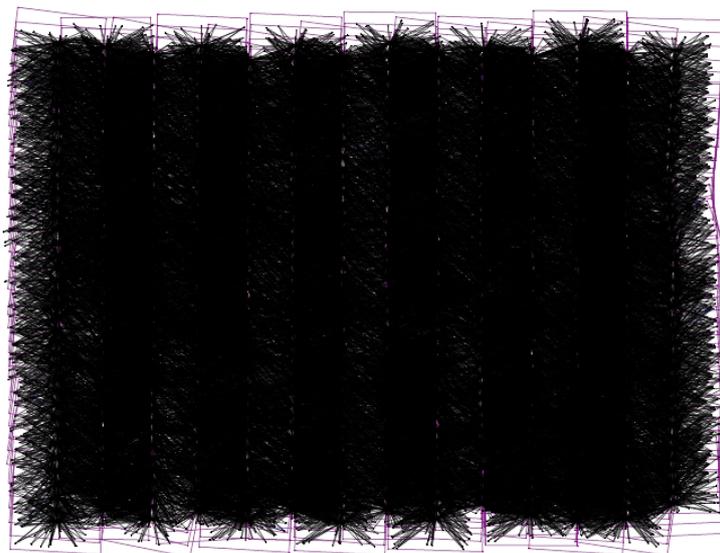


圖 4-43 彰化二水 UAS 影像自率光束法空三平差網形圖

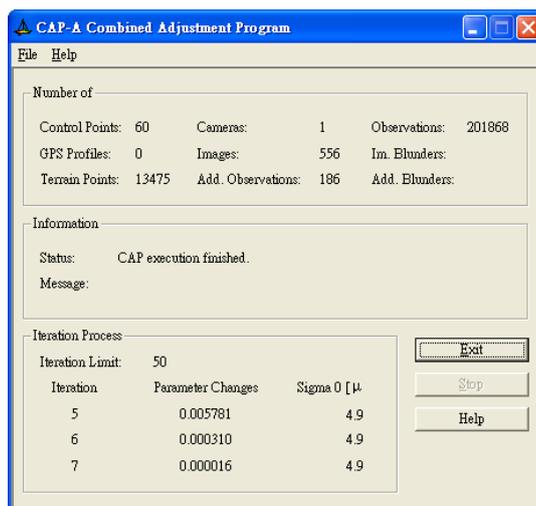


圖 4-44 彰化二水 UAS 影像自率光束法空三平差結果

表 4-15 彰化二水 UAS 影像自率光束法空三平差精度檢核表

點號	橫坐標較差	縱坐標較差	高程較差
UAV-T09	-0.05	0.04	0.54
UAV-T10	0.03	0.43	0.41
UAV-T11	0.18	0.31	-0.87
UAV-T12	0.41	-0.51	0.24
UAV-T13	-0.30	-0.10	-0.59
UAV-T14	-0.25	0.10	-0.48
UAV-T15	-0.52	0.07	-0.82
UAV-T16	-0.62	-0.14	1.26
RMSE	0.35	0.27	0.72

單位：公尺

以 ORIMA 執行完自率光束法空三平差後，以 e-ATE 自動匹配產生並經編修後之 5m*5m DEM (如圖 4-45)。

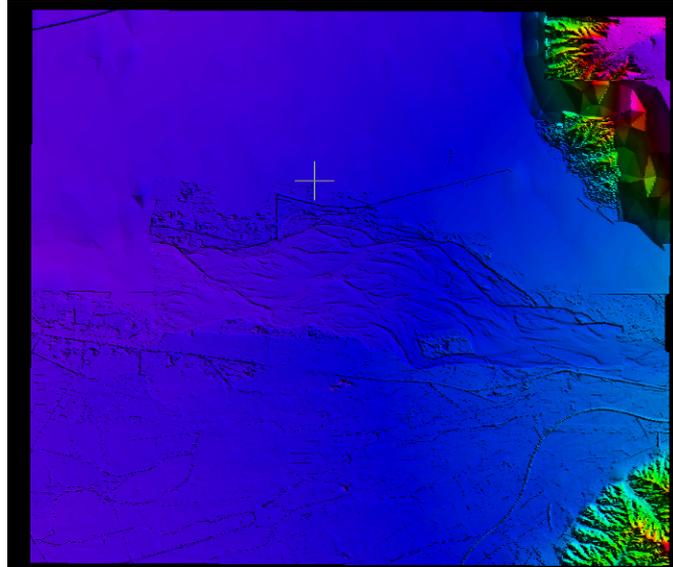


圖 4-45 彰化二水 UAS 影像產製之 5m*5m 的 DEM

將產製之 5m*5m 的 DEM 以 ERDAS LPS 模組，開啟 Ortho Resampling 功能並設定 Output Cell Sizes 25 公分產生正射影像，以 Mosaic Tool 進行鑲嵌。圖 4-46 是經幾何正射糾正鑲嵌的影像成果圖。選取均勻分布的 5 個檢核點(如圖 4-47)進行檢核，得到如表 4-16 的精度檢核表。橫坐標 E 之 RMSE 為 0.34 公尺，縱坐標 N 之 RMSE 為 0.63 公尺。考量檢核點之平面誤差約 0.50 公尺，本航拍區正射平面精度 0.72 公尺，仍符合「基本圖測製規範」中規定「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」之規定。



圖 4-46 彰化二水 UAS 影像產製之幾何正射糾正鑲嵌圖

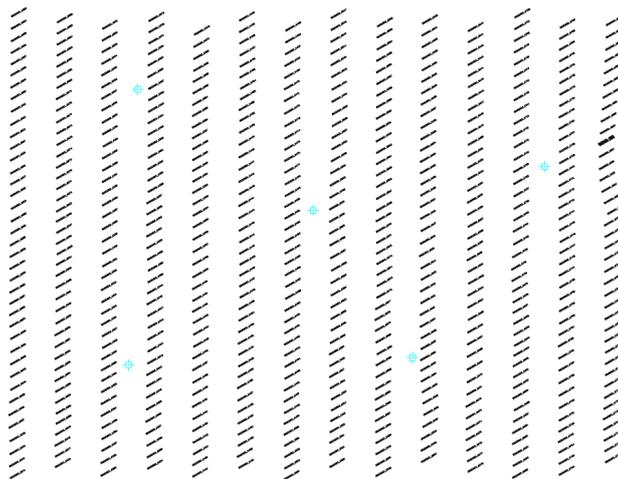


圖 4-47 彰化二水 UAS 影像正射鑲嵌檢核點分布圖

表 4-16 彰化二水影像鑲嵌圖的幾何精度檢核表 (單位：公尺)

橫坐標 E 之 RMSE	縱坐標 N 之 RMSE	平面 RMSE
0.34	0.63	0.72

五、臺南市關廟砲校

本區為國土測繪中心配合臺南市政府地政局提出之土地開發監測需求辦理協助航拍作業，測製正射影像成果，提供該單位監測參考。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

臺南關廟砲校之規劃概況執行概況如表 4-17，航拍範圍請參考圖 4-48。航拍區附近無起降場，由里港起飛進入航拍區。

表 4-17 臺南關廟砲校航拍區任務執行概況

項目	說明
拍攝區域	臺南關廟砲校
拍攝完成時間	101 年 11 月 11 日
需求機關 (單位)	臺南市政府地政局
用途	監測
拍攝面積 (公頃)	1440
地面解析度 (公分/像素)	20
航拍高度 (公尺)	900
影像處理成果	正射影像

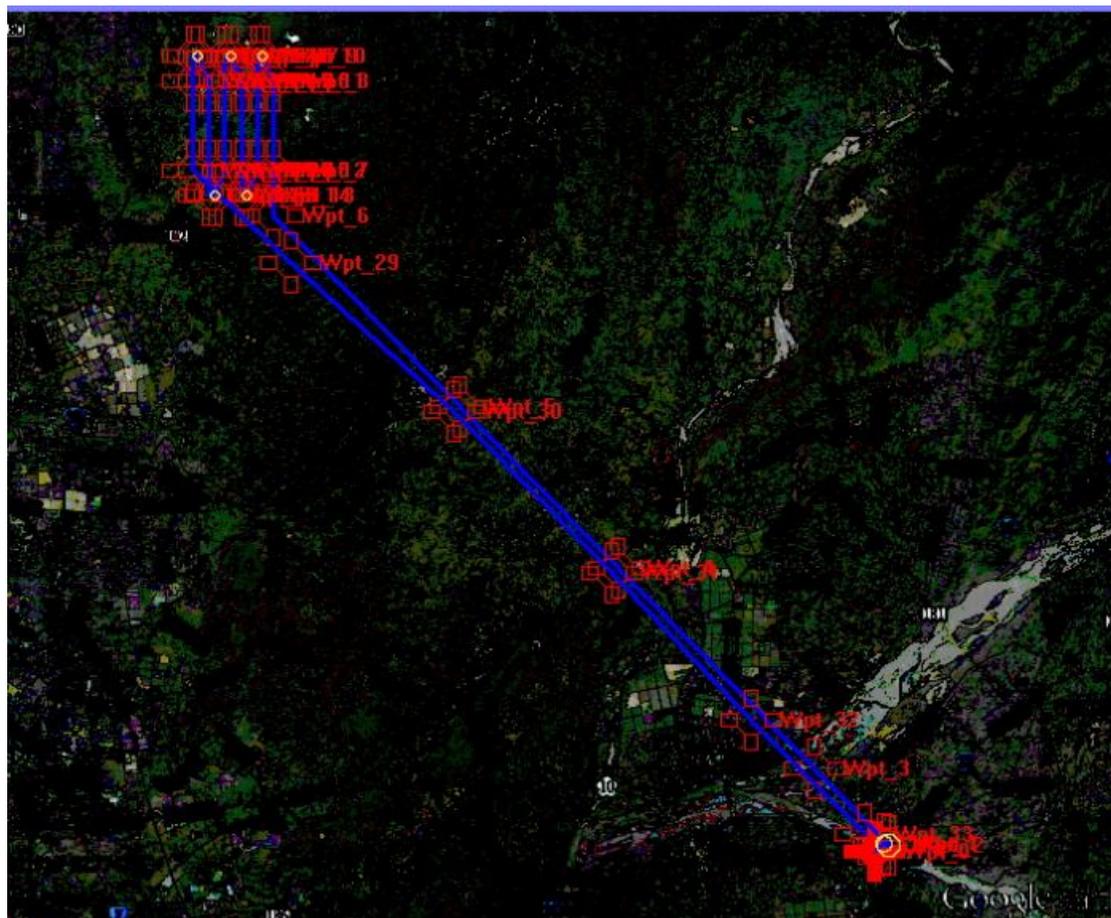


圖 4-48 臺南關廟砲校航拍任務執行路徑

(二) 航拍影像處理

臺南關廟砲校航拍區範圍約 1440 公頃，地表平均高程約 60 公尺。處理過程中則使用國土測繪中心所提供以嚴密地面衛星定位控制測量方式完成空三平差的影像，於基高比大於 0.3 的立體像對中重複量測量測平面及高程坐標三次取平均值獲取所需之地面控制點與檢核點。

影像於101年11月11日航拍取得。UAS航拍時使用搭載焦距24mm 鏡頭之Canon EOS 5DII數位相機。航拍航高約900公尺，前後重疊率約80%，左右重疊率約55%，測試資料共7條航帶，取像179張(分布狀況如圖4-49)，地面解析力GSD約20公分。試驗過程空三平差採用11個地面控制點，5個地面檢核點(分布狀況如圖4-50)。

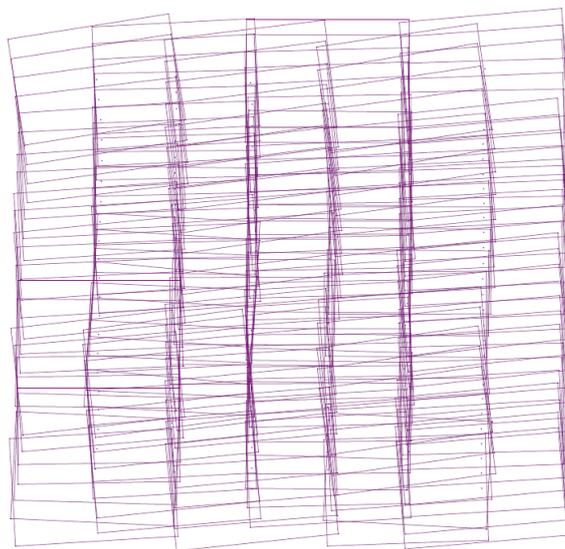
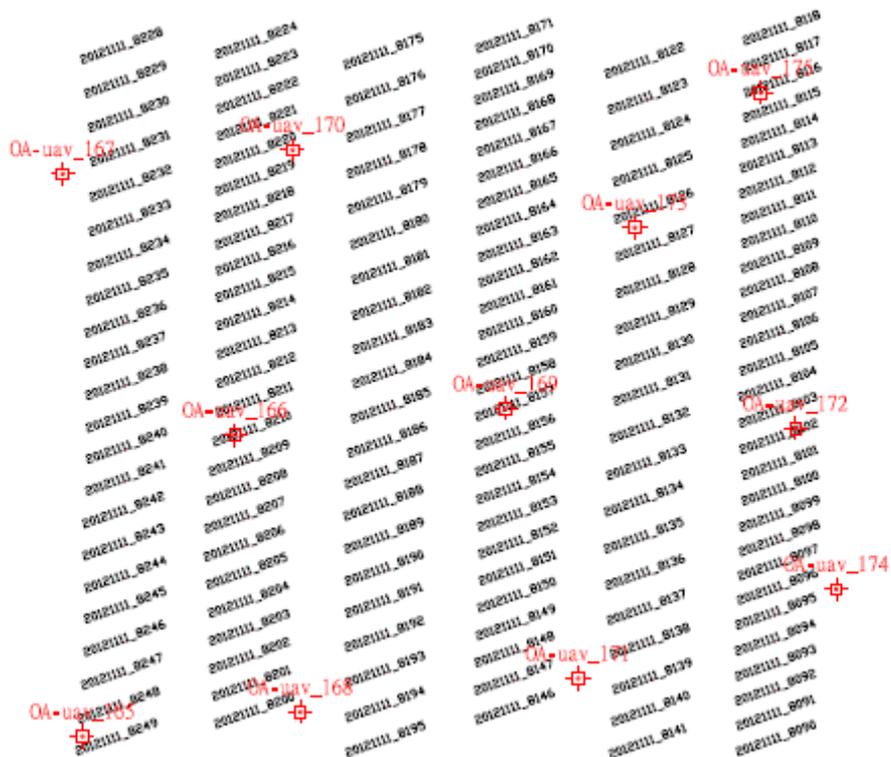


圖 4-49 臺南關廟砲校 UAS 航拍影像分布圖



(a) 控制點分布圖



(b) 檢核點分布圖

圖 4-50 臺南關廟砲校航拍區控制點與檢核點分布圖示

圖 4-51 和圖 4-52 顯示整個試驗過程航拍區資料以 ORIMA 執行自率光束法空三平差計算時連結點分布情形以及網形狀況。圖 4-53 則顯示自率光束法空三平差結果。自率光束法空三平差檢核點各方向 RMSE 如表 4-18。

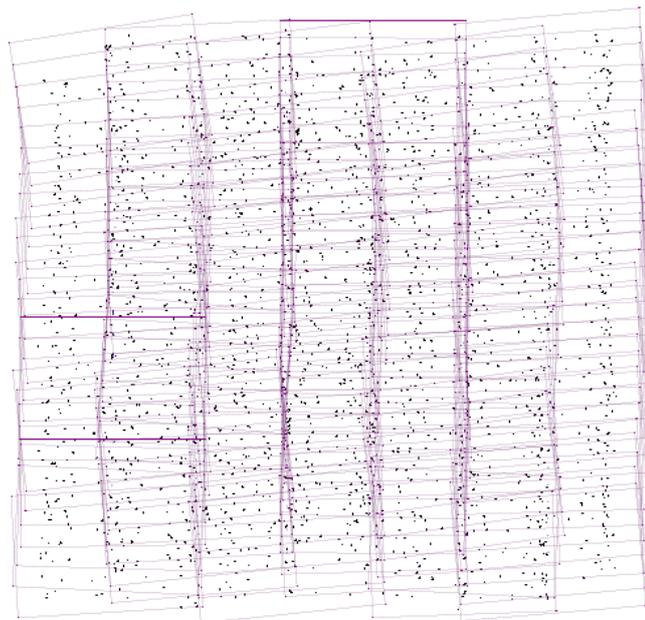


圖 4-51 臺南關廟砲校 UAS 影像自率光束法空三平差連結點分布概略圖

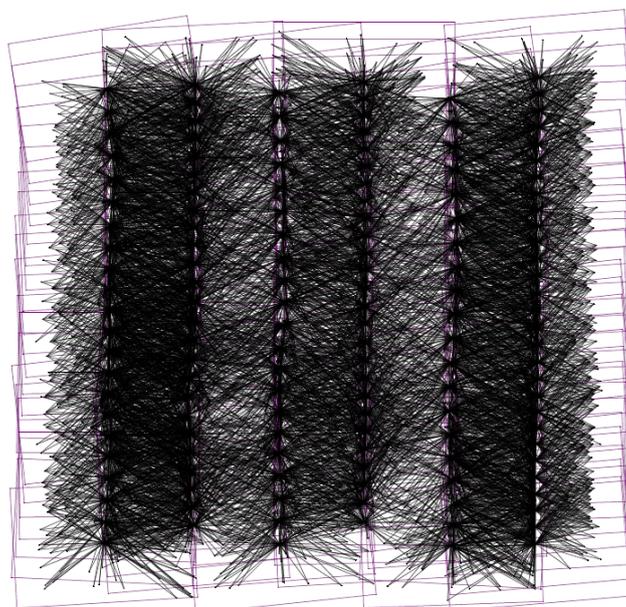


圖 4-52 臺南關廟砲校 UAS 影像自率光束法空三平差網形圖

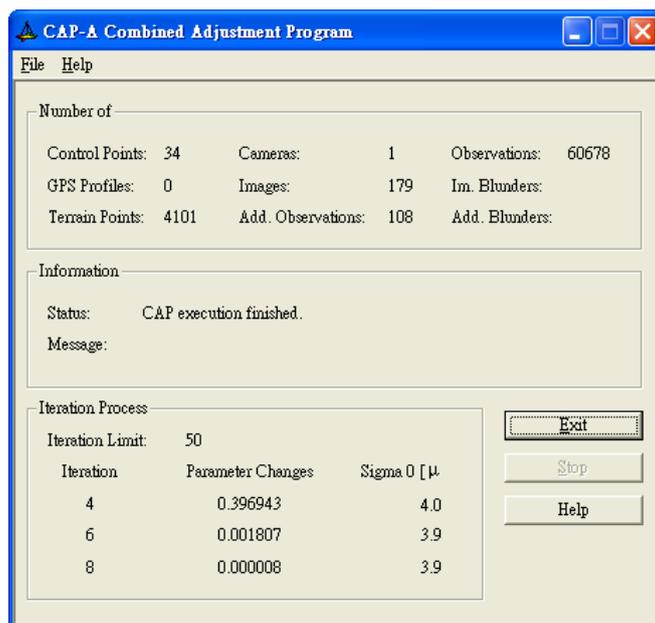


圖 4-53 臺南關廟砲校 UAS 影像自率光束法空三平差結果

表 4-18 臺南關廟砲校 UAS 影像自率光束法空三平差精度檢核表

點號	橫坐標較差	縱坐標較差	高程較差
UAV-T17	0.68	0.08	0.14
UAV-T18	0.14	-0.29	0.19
UAV-T19	0.34	0.07	0.02
UAV-T20	0.06	0.38	-0.28
UAV-T21	0.19	0.11	0.37
RMSE	0.33	0.21	0.21

單位：公尺

以 ORIMA 執行完自率光束法空三平差後，以 e-ATE 自動匹配產生並經編修後之 5m*5m DEM (如圖 4-54)。

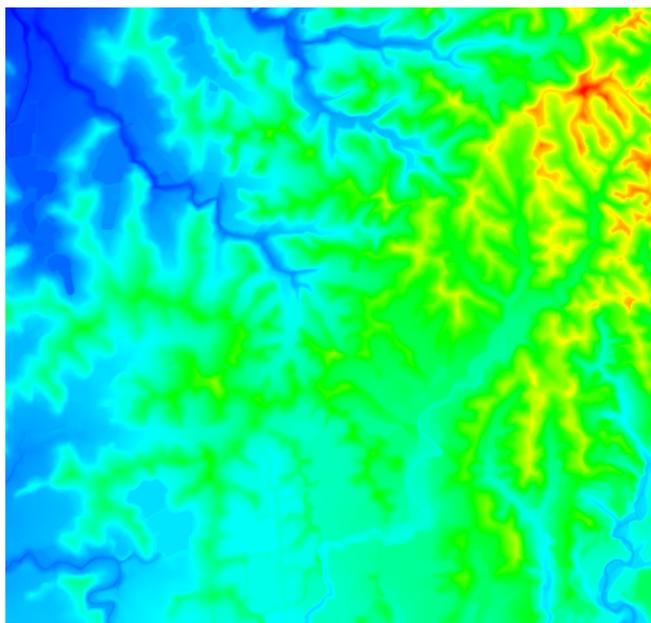


圖 4-54 臺南關廟砲校 UAS 影像產製之 5m*5m 的 DEM

將產製之 5m*5m 的 DEM 以 ERDAS LPS 模組，開啟 Ortho Resampling 功能並設定 Output Cell Sizes 25 公分產生正射影像，以 Mosaic Tool 進行鑲嵌。圖 4-55 是 G 經幾何正射糾正鑲嵌的影像成果圖。選取均勻分布的 5 個檢核點(如圖 4-56 進行檢核，得到如表 4-19 的精度檢核表。橫坐標 E 之 RMSE 為 0.66 公尺，縱坐標 N 之 RMSE 為 0.21 公尺。考量檢核點之平面誤差約 0.50 公尺，本航拍區正射平面精度 0.70 公尺，仍符合「基本圖測製規範」中規定「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」之規定。

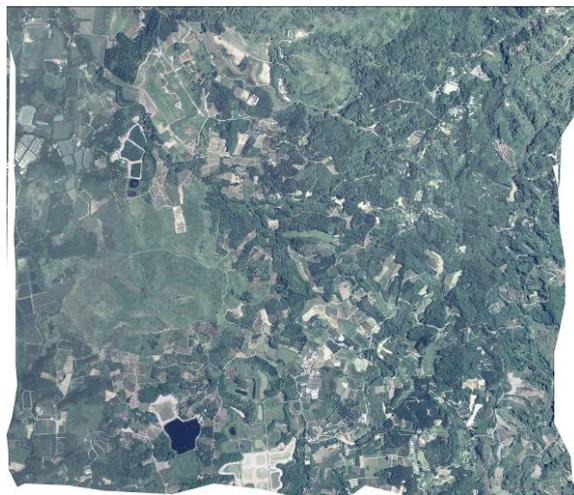


圖 4-55 臺南關廟砲校 UAS 影像產製之幾何正射糾正鑲嵌圖



圖 4-56 臺南關廟砲校 UAS 影像正射鑲嵌檢核點分布圖

表 4-19 臺南關廟砲校影像鑲嵌圖的幾何精度檢核表 (單位：公尺)

橫坐標 E 之 RMSE	縱坐標 N 之 RMSE	平面 RMSE
0.66	0.21	0.70

六、高雄市仁武區

本區為國土測繪中心配合高雄市政府地政局提出之土地開發監測需求辦理協助航拍作業，測製正射影像成果，提供該單位土地開發現況變更監測參考。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

高雄仁武區之規劃概況執行概況如表 4-20，拍攝範圍如圖 4-57。該區為高雄市政府地政局需求拍攝區。

表 4-20 高雄仁武區航拍區任務執行概況

項目	說明
拍攝區域	高雄市仁武區
拍攝完成時間	101 年 9 月 28 日
需求機關 (單位)	高雄市政府地政局
用途	監測
拍攝面積 (公頃)	900
地面解析度 (公分/像素)	20
航拍高度 (公尺)	780
影像處理成果	正射影像

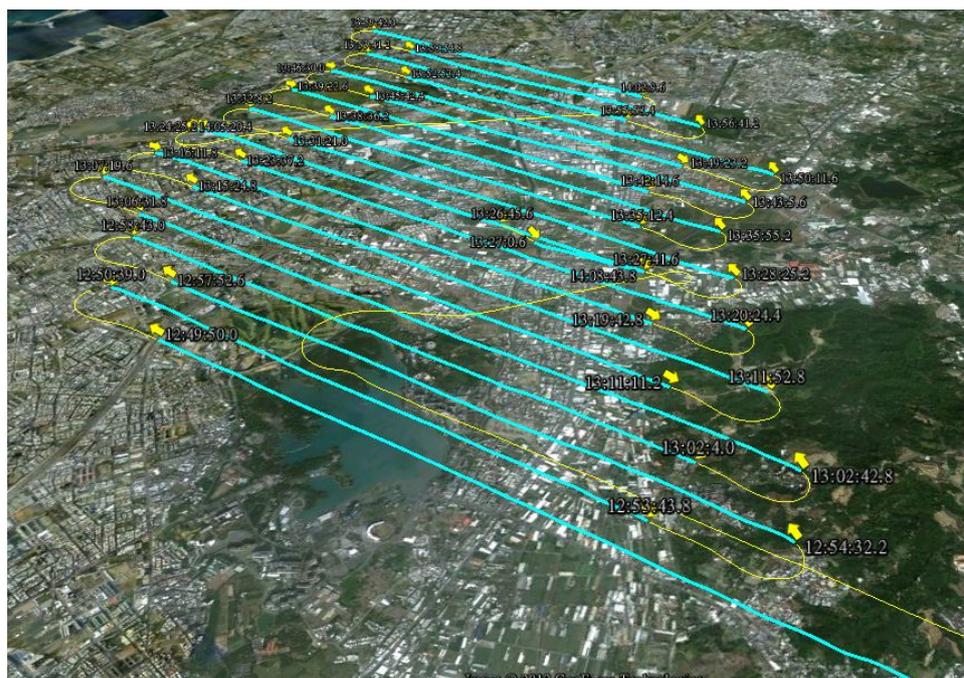


圖 4-57 高雄仁武區航拍路徑

(二) 航拍影像處理

高雄市仁武航拍區範圍約 900 公頃，地表平均高程約 25 公尺。處理過程中則使用國土測繪中心所提供以嚴密地面衛星定位控制測量方式完成空三平差的影像，於基高比大於 0.3 的立體像對中重複量測量測平面及高程坐標三次取平均值獲取所需之地面控制點與檢核點。

影像於 101 年 9 月 28 日航拍取得。航拍時使用焦距 50mm 的 Canon EOS 5DII 數位相機。航拍航高約 780 公尺，前後重疊率約 80%，左右重疊率約 40%，測試資料共 20 條航帶，取像 108 張(分布狀況如圖 4-58)，地面解析力 GSD 約 20 公分。試驗過程空三平差採用 71 個地面控制點，7 個地面檢核點(分布狀況如圖 4-59)。

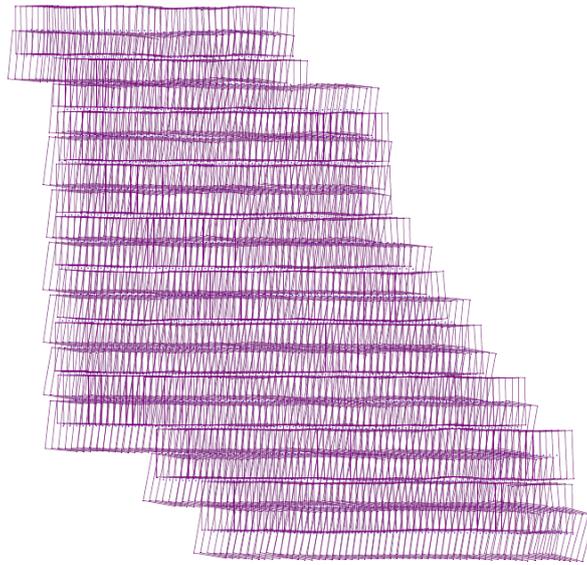
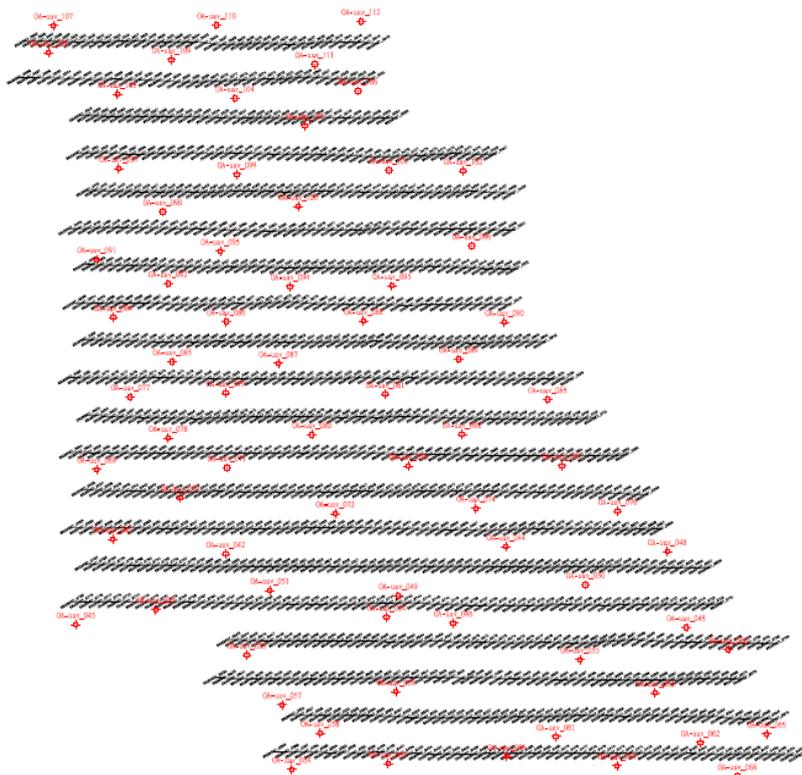
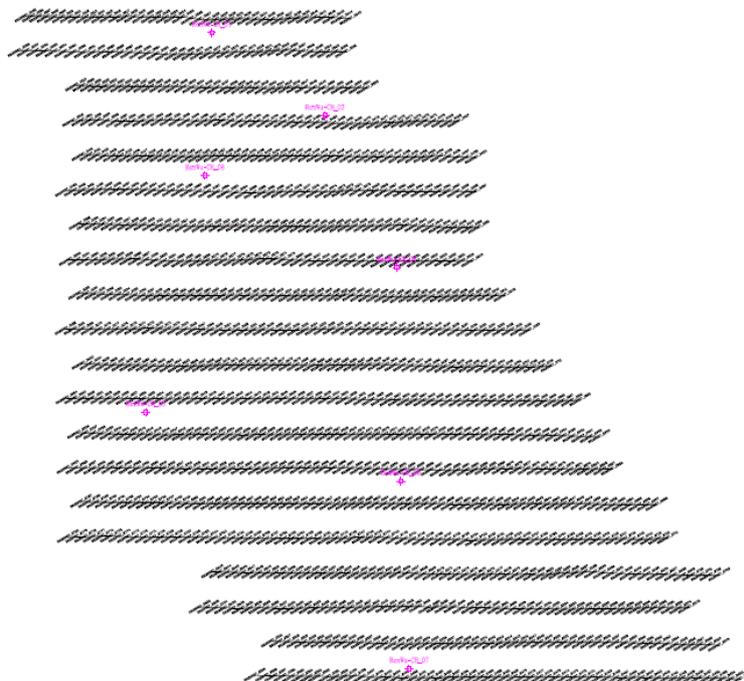


圖 4-58 高雄市仁武區 UAS 航拍影像分布圖



(a) 控制點分布圖



(b) 檢核點分布圖

圖 4-59 高雄市仁武區航拍區控制點與檢核點分布圖示

圖 4-60 和圖 4-61 顯示整個試驗過程航拍區資料以 ORIMA 執行自率光束法空三平差計算時連結點分布情形以及網形狀況。圖 4-62 則顯示自率光束法空三平差結果。自率光束法空三平差檢核點各方向 RMSE 如表 4-21。



圖 4-60 高雄市仁武區 UAS 影像自率光束法空三平差連結點分布概略圖

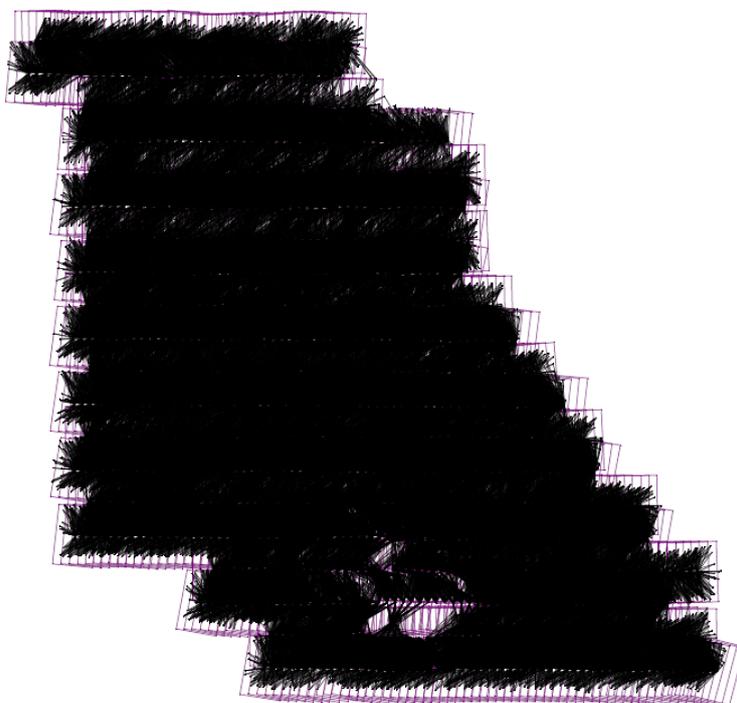


圖 4-61 高雄市仁武區 UAS 影像自率光束法空三平差網形圖

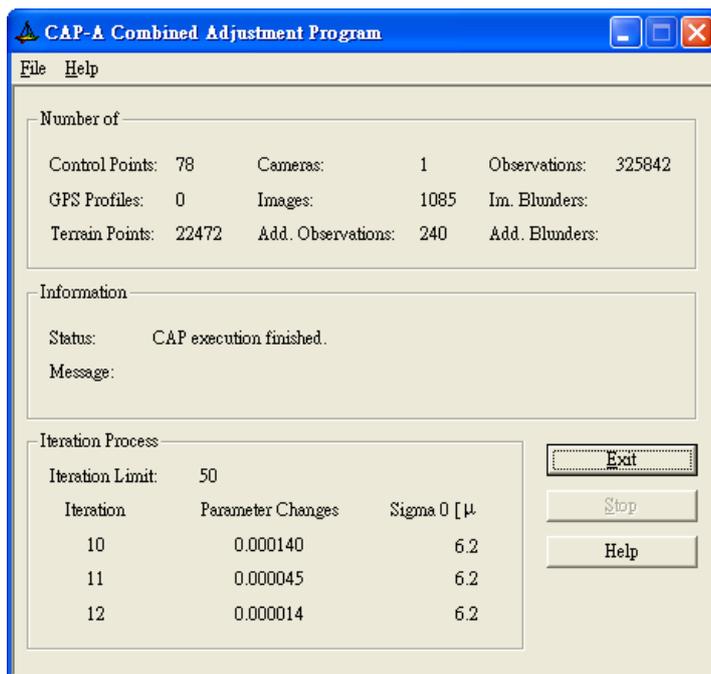


圖 4-62 高雄市仁武區 UAS 影像自率光束法空三平差結果

表 4-21 高雄市仁武區 UAS 影像自率光束法空三平差精度檢核表

點號	橫坐標較差	縱坐標較差	高程較差
RenWu-CH_01	-0.06	-0.20	0.22
RenWu-CH_02	0.00	0.04	-0.25
RenWu-CH_03	-0.01	-0.09	-0.22
RenWu-CH_04	-0.35	-0.07	-0.07
RenWu-CH_05	0.18	0.03	-0.46
RenWu-CH_06	-0.20	-0.10	0.21
RenWu-CH_07	0.44	-0.62	-0.44
RMSE	0.24	0.25	0.30

單位：公尺

以 ORIMA 執行完自率光束法空三平差後，以 e-ATE 自動匹配產生並經編修後之 5m*5m DEM (如圖 4-63)。

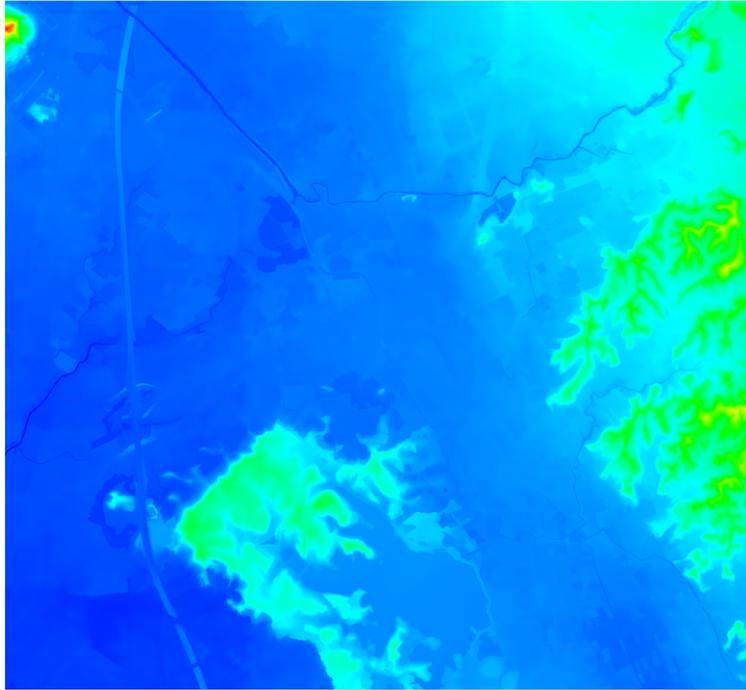


圖 4-63 高雄市仁武區 UAS 影像產製之 5m*5m 的 DEM

將產製之 5m*5m 的 DEM 以 ERDAS LPS 模組，開啟 Ortho Resampling 功能並設定 Output Cell Sizes 25 公分產生正射影像，以 Mosaic Tool 進行鑲嵌。圖 4-64 是經幾何正射糾正鑲嵌的影像成果圖。選取均勻分布的 5 個檢核點(如圖 4-65)進行檢核，得到如表 4-22 的精度檢核表。橫坐標 E 之 RMSE 為 0.63 公尺，縱坐標 N 之 RMSE 為 0.45 公尺。考量檢核點之平面誤差約 0.50 公尺，本航拍區正射平面精度 0.77 公尺，仍符合「基本圖測製規範」中規定「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」之規定。



圖 4-64 高雄市仁武區 UAS 影像產製之幾何正射糾正鑲嵌圖

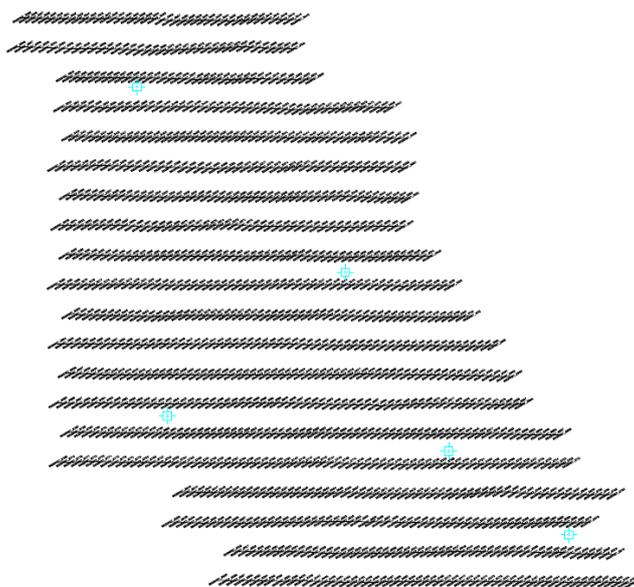


圖 4-65 高雄市仁武區 UAS 影像正射鑲嵌檢核點分布圖

表 4-22 高雄市仁武區影像鑲嵌圖的幾何精度檢核表 (單位：公尺)

橫坐標 E 之 RMSE	縱坐標 N 之 RMSE	平面 RMSE
0.63	0.45	0.77

七、桃園機場捷運

本區為國土測繪中心配合內政部針對桃園機場捷運線 A7 站週邊土地開發監測需求辦理協助航拍作業，測製正射影像成果，提供該單位土地開發監測參考。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

桃園機場捷運線 A7 航拍區任務規劃概況執行概況與執行，該任務區首次於 101 年 4 月 13 日執行，執行該日天氣晴朗有雲，飛行至任務區時發現該區雲高約 750 公尺，初步拼接後發現整體雲蓋率約 30%（請參考圖 4-67、圖 4-68），因此於 101 年 11 月 13 日重新拍攝（如表 4-23、圖 4-66）。

表 4-23 桃園機場捷運線 A7 航拍區任務執行概況

項目	說明
拍攝區域	桃園機場捷運 A7 站週邊土地
拍攝完成時間	101 年 11 月 23 日
需求機關（單位）	國土測繪中心
用途	監測
拍攝面積（公頃）	620
地面解析度 （公分/像素）	15
航拍高度（公尺）	660
影像處理成果	正射影像

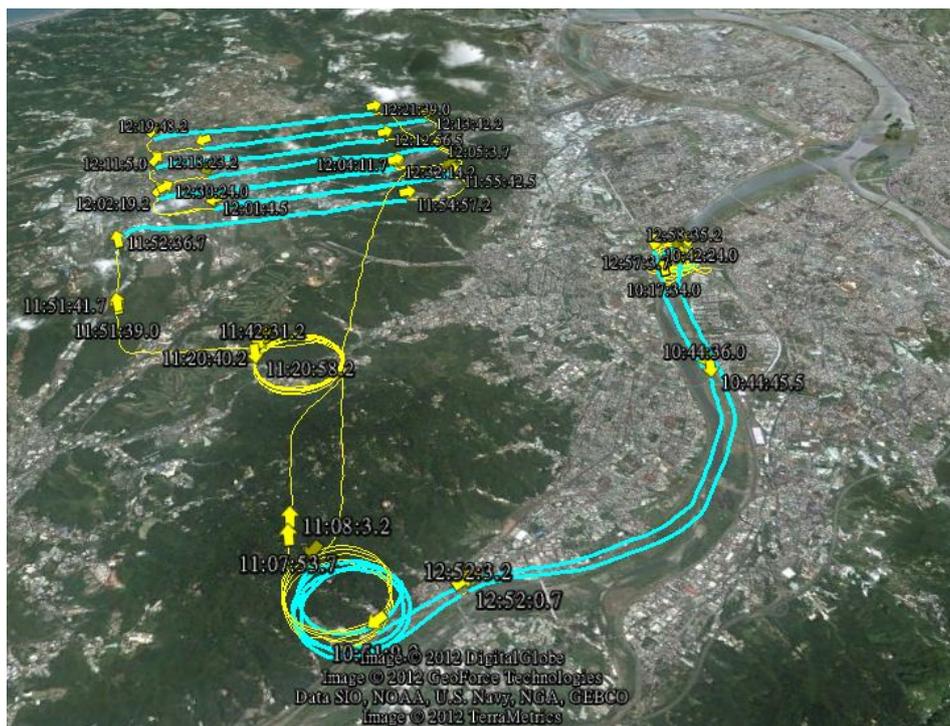


圖 4-66 桃園機場捷運 A7 站航拍路徑



圖 4-67 A7 區拍攝雲蓋率大於 30%



圖 4-68 A7 區拍攝照片

(二) 航拍影像處理

桃園機場捷運線 A7 航拍區範圍約 620 公頃，地表平均高程約 220 公尺。處理過程中則使用國土測繪中心所提供以嚴密地面衛星定位控制測量方式完成空三平差的影像，於基高比大於 0.3 的立體像對中重複量測量測平面及高程坐標三次取平均值獲取所需之地面控制點與檢核點。

影像於 101 年 11 月 13 日航拍取得。航拍時使用焦距約 24mm 的 Canon EOS 5DII 數位相機。航拍航高約 660 公尺，前後重疊率約 80%，左右重疊率約 45%，測試資料共 7 條航帶，取像 235 張(分布狀況如圖 4-69)，地面解析力 GSD 約 15 公分。試驗過程空三平差採用 14 個地面控制點，7 個地面檢核點(分布狀況如圖 4-70)。

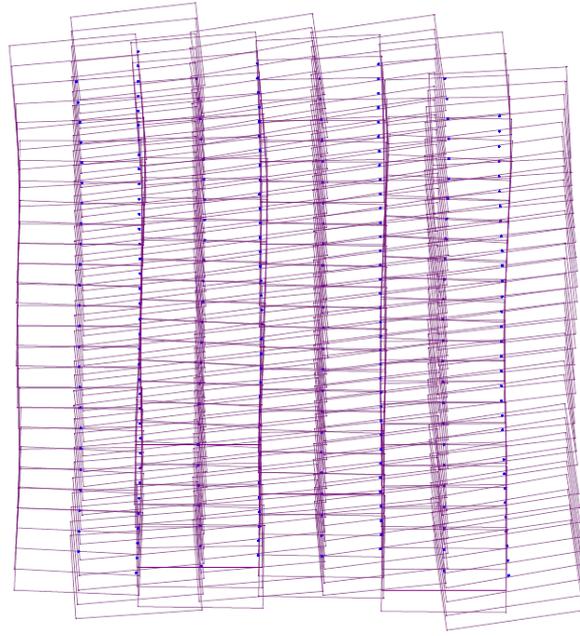
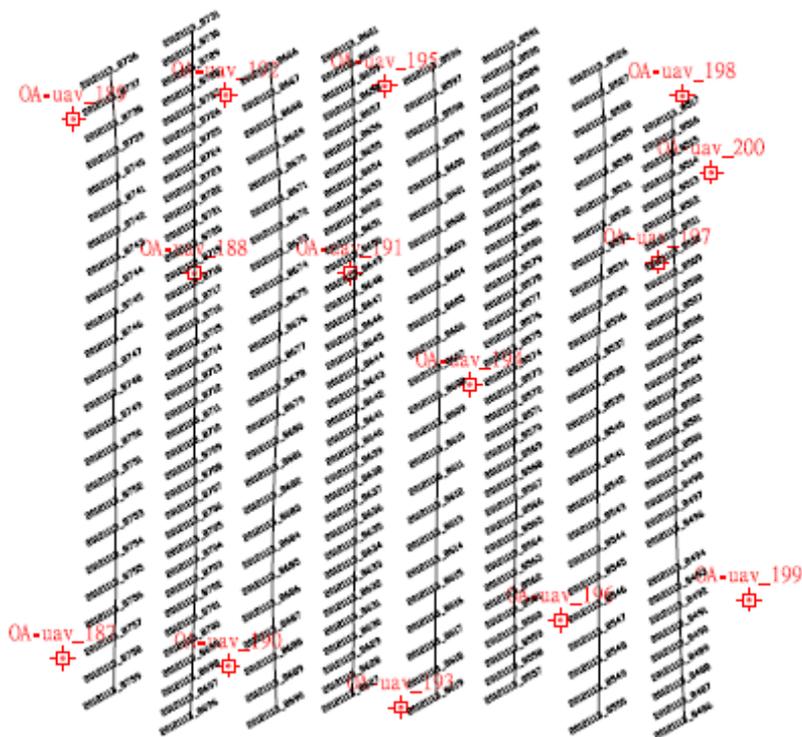
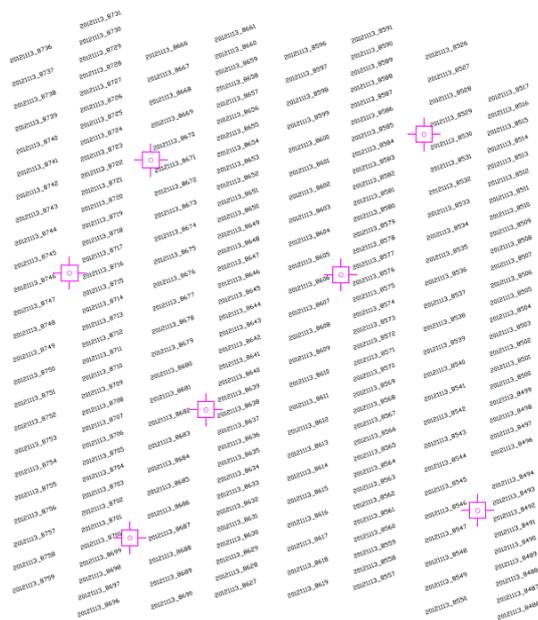


圖 4-69 桃園機場捷運線 A7 UAS 航拍影像分布圖



(a) 控制點分布圖



(b) 檢核點分布圖

圖 4-70 桃園機場捷運航拍區控制點與檢核點分布圖示

圖 4-71 和圖 4-72 顯示整個試驗過程試驗區資料以 ORIMA 執行自率光束法空三平差計算時連結點分布情形以及網形狀況。圖 4-73 則顯示自率光束法空三平差結果。自率光束法空三平差檢核點各方向 RMSE 如表 4-24。

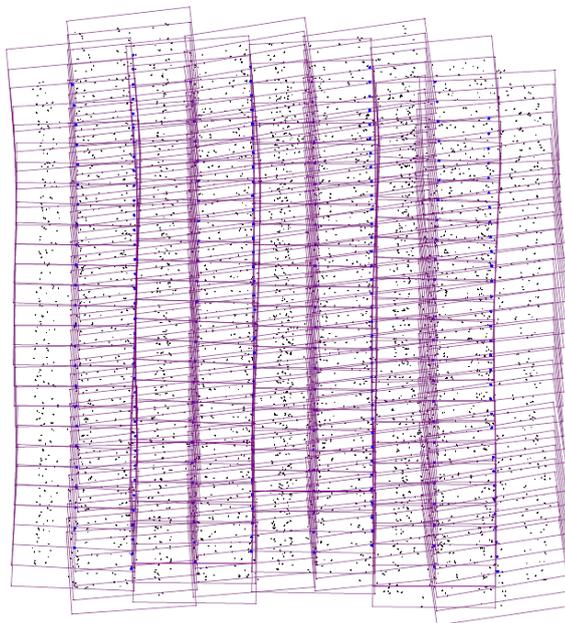


圖 4-71 桃園機場捷運 UAS 影像自率光束法空三平差連結點分布概略圖

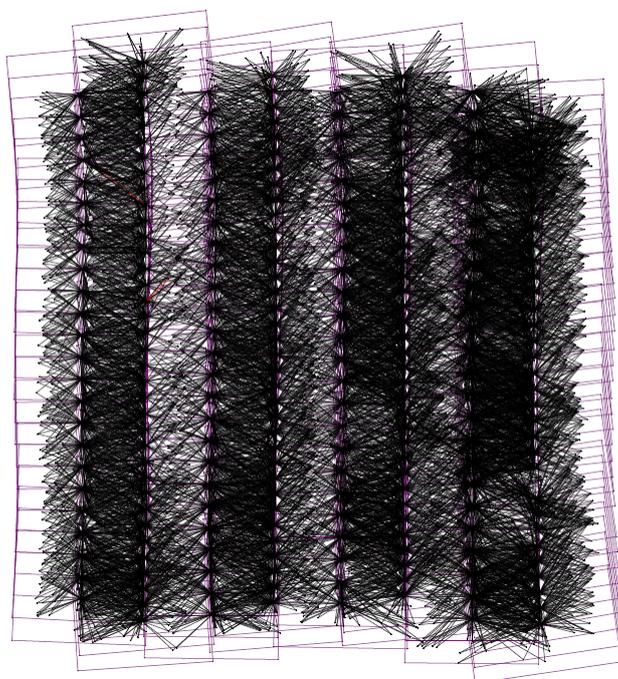


圖 4-72 桃園機場捷運 UAS 影像自率光束法空三平差網形圖

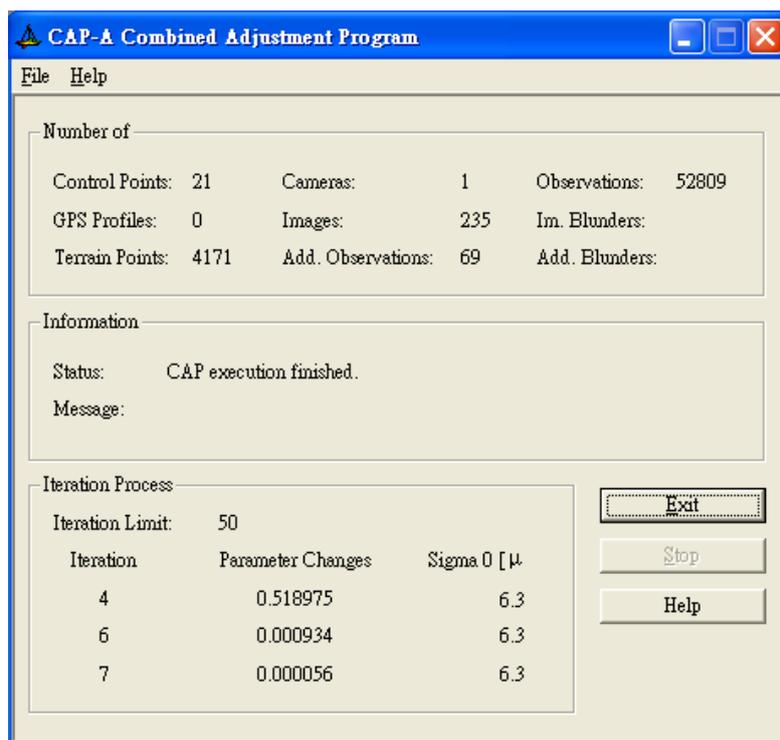


圖 4-73 桃園機場捷運 UAS 影像自率光束法空三平差結果

表 4-24 桃園機場捷運 UAS 影像自率光束法空三平差精度檢核表

點號	橫坐標較差	縱坐標較差	高程較差
A7-01	0.03	0.57	0.99
A7-02	0.38	0.30	0.03
A7-03	0.13	0.21	0.08
A7-04	0.41	-0.06	-0.02
A7-05	0.40	0.37	0.39
A7-06	0.25	0.13	0.48
A7-07	0.16	0.48	0.36
RMSE	0.29	0.35	0.46

單位：公尺

以 ORIMA 執行完自率光束法空三平差後，以 e-ATE 自動匹配產生並經編修後之 5m*5m DEM (如圖 4-74)。

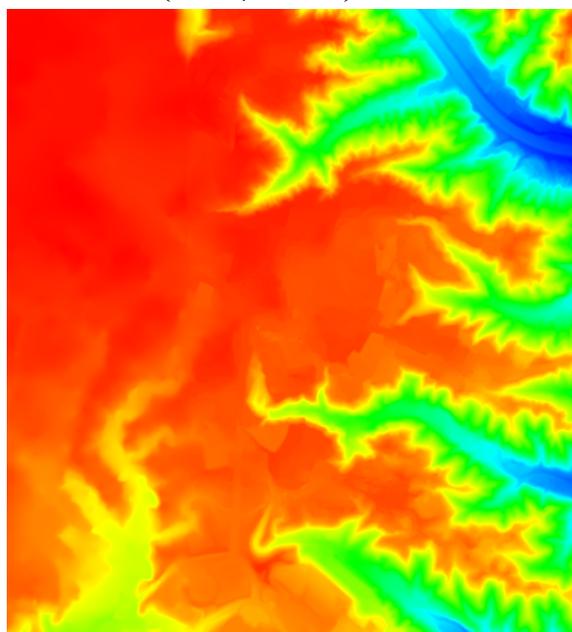


圖 4-74 桃園機場捷運 UAS 影像產製之 5m*5m 的 DEM

將產製之 5m*5m 的 DEM 以 ERDAS LPS 模組，開啟 Ortho Resampling 功能並設定 Output Cell Sizes 25 公分產生正射影像，以 Mosaic Tool 進行鑲嵌。圖 4-75 是經幾何正射糾正鑲嵌的影像成果圖。選取均勻分布的 5 個檢核點(如圖 4-76)進行檢核，得到如表 4-25 的精度檢核表。橫坐標 E 之 RMSE 為 0.54 公尺，縱坐標 N 之 RMSE 為 0.36 公尺。考量檢核點之平面誤差約 0.50 公尺，本航拍區正射平面精度 0.65 公尺，仍符合「基本圖測製規範」中規定「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」之規定。



圖 4-75 桃園機場捷運 UAS 影像產製之幾何正射糾正鑲嵌圖

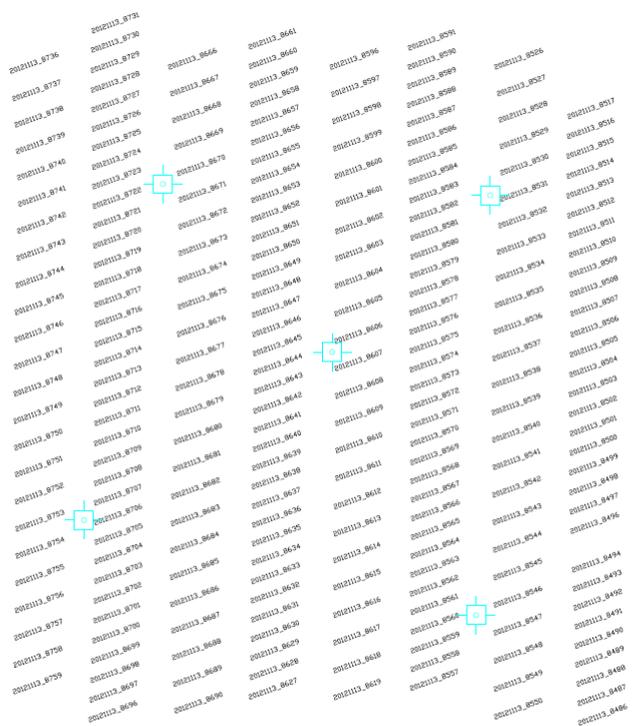


圖 4-76 桃園機場捷運 UAS 影像正射鑲嵌檢核點分布圖

表 4-25 桃園機場捷運影像鑲嵌圖的幾何精度檢核表 (單位: 公尺)

橫坐標 E 之 RMSE	縱坐標 N 之 RMSE	平面 RMSE
0.54	0.36	0.65

八、苗栗縣後龍海岸線

本區配合國土測繪中心需求進行海岸線最低潮位線航拍作業，選定苗栗縣後龍海岸線辦理航拍作業。海岸線最低潮位線拍攝的主要困難在於須掌握拍攝區的最低潮位發生時間進行航拍，最低潮位出現的日期可以參考中央氣象局之潮汐表，以利掌握該區之潮汐週期，並盡可能提前進行空域申請與跑道找尋的相關前置工作。另外，由於航測只能測得水涯線，因此需透過事先規劃確保所測水涯線即為海岸線之最低潮位線。

(一) 航拍任務執行

苗栗後龍海岸線航拍區之規劃概況執行概況如表 4-26，拍攝路徑如圖 4-77。該區之最低潮位出現在 101 年度 2 月（請參考表 4-27），但因配合專案期程，已於 101 年 10 月 4 日完成航拍任務。

表 4-26 苗栗後龍海岸線航拍區任務執行概況

項目	說明
拍攝區域	苗栗後龍海岸
拍攝完成時間	101 年 10 月 22 日
需求機關（單位）	國土測繪中心
用途	海岸線最低潮位線
拍攝面積（公頃）	300
地面解析度 （公分/像素）	20
航拍高度（公尺）	780
影像處理成果	正射影像



圖 4-77 苗栗後龍海岸航線規劃示意圖

表 4-27 中央氣象局 101 年度苗栗外埔潮汐預測表

外埔潮汐預報表
Forecast Times and Heights of High and Low Waters at Waipu

GMT + 8:00
24°39'05"N 120°46'17"E

民國101年(2012)

十月OCT			十一月NOV			十二月DEC		
潮時 Time	潮高 Height		潮時 Time	潮高 Height		潮時 Time	潮高 Height	
00:09	217	442 H	00:32	186	411 H	05:44	-219	6 L
06:20	-189	36 L	06:49	-199	25 L	12:37	219	444 H
12:18	223	448 H	17:46	-182	43 L	18:48	-164	61 L
18:44	-193	31 L	23:36	234	459 H	19:14	-176	49 L
00:41	216	441 H	00:59	183	408 H	00:37	207	432 H
06:54	-193	32 L	12:10	-200	24 L	06:29	-206	18 L
12:54	223	448 H	13:37	195	430 H	13:26	210	434 H
19:17	-189	36 L	19:42	-172	53 L	19:35	-156	69 L
01:07	212	436 H	01:28	178	403 H	01:26	195	420 H
07:23	-196	29 L	07:40	-201	24 L	07:23	-193	32 L
13:26	219	443 H	14:08	188	412 H	14:13	197	422 H
19:44	-184	41 L	20:11	-166	59 L	20:22	-147	78 L
01:34	205	430 H	01:58	172	396 H	02:15	180	405 H
07:48	-198	27 L	08:12	-199	25 L	08:24	-180	45 L
13:59	210	435 H	14:42	177	402 H	15:02	182	407 H
20:11	-177	48 L	20:43	-155	69 L	21:11	-137	88 L
02:02	197	421 H	02:31	162	387 H	03:05	162	387 H
08:16	-198	27 L	07:51	-194	31 L	09:24	-167	58 L
14:33	197	421 H	15:19	164	389 H	15:54	167	391 H
20:39	-167	58 L	21:19	-142	83 L	22:10	-127	98 L
02:32	184	409 H	03:07	149	374 H	04:02	143	367 H
08:49	-195	30 L	09:25	-183	42 L	10:33	-152	72 L
15:10	179	404 H	16:00	151	376 H	16:53	151	376 H
21:12	-151	74 L	22:01	-127	98 L	23:30	-122	103 L
03:06	168	392 H	03:50	135	360 H	05:13	127	351 H
09:24	-186	39 L	10:08	-168	57 L	12:24	-146	79 L
15:51	160	384 H	16:47	140	365 H	18:07	141	365 H
21:50	-130	95 L	22:54	-115	110 L	00:55	-131	94 L
03:43	148	372 H	04:47	122	346 H	06:40	125	349 H
10:03	-170	55 L	11:01	-150	75 L	13:34	-152	73 L
16:39	140	365 H	17:46	135	359 H	19:25	141	366 H
22:37	-106	119 L	00:06	-114	111 L	02:01	-149	76 L
04:31	127	352 H	06:07	120	344 H	07:52	134	359 H
10:51	-150	75 L	12:37	-138	86 L	14:29	-158	66 L
17:38	127	351 H	18:58	141	366 H	20:28	148	372 H
23:46	-89	136 L	01:21	-130	95 L	02:57	-168	57 L
05:43	113	338 H	07:24	137	362 H	08:54	145	369 H
12:08	-132	92 L	14:06	-148	77 L	15:19	-162	63 L
18:53	126	351 H	20:00	159	384 H	21:20	154	379 H
01:13	-92	133 L	02:19	-157	67 L	03:48	-183	42 L
07:09	121	346 H	08:23	164	389 H	09:54	154	379 H
13:51	-137	88 L	14:51	-161	64 L	16:08	-163	62 L
20:01	143	367 H	20:51	182	407 H	22:06	158	383 H
02:17	-114	111 L	03:06	-186	39 L	04:34	-192	33 L
08:12	147	372 H	09:15	190	415 H	10:54	164	389 H
14:47	-153	72 L	15:37	-172	53 L	16:55	-162	63 L
20:53	168	392 H	21:36	201	426 H	22:48	160	385 H
03:07	-143	82 L	03:47	-209	16 L	05:15	-196	29 L
09:03	178	403 H	10:06	210	434 H	11:42	172	397 H
15:33	-167	57 L	16:22	-176	48 L	17:38	-163	62 L
21:38	193	418 H	22:19	214	439 H	23:24	161	386 H
03:50	-171	54 L	04:26	-222	3 L	05:49	-196	29 L
09:51	206	431 H	10:57	221	445 H	12:19	178	403 H
16:16	-177	47 L	17:08	-176	49 L	18:15	-165	60 L
22:19	214	439 H	23:03	219	443 H	23:57	163	388 H
04:29	-194	31 L	05:04	-225	0 L	06:16	-196	28 L
10:38	229	454 H	11:48	224	448 H	12:49	181	406 H
17:00	-182	43 L	17:57	-171	54 L	18:47	-166	58 L
22:57	228	453 H	23:49	216	440 H	00:28	166	390 H
06:41	-198	27 L	06:09	-195	30 L	13:18	182	407 H
13:18	182	407 H	13:18	182	407 H	19:17	-168	57 L
19:17	-168	57 L	19:25	-158	67 L	00:59	169	393 H
00:59	169	393 H	01:15	187	411 H	07:09	-200	25 L
07:09	-200	25 L	07:11	-182	43 L	13:46	182	407 H
13:46	182	407 H	14:03	191	416 H	19:46	-167	58 L
19:46	-167	58 L	20:12	-156	69 L	01:31	169	394 H
01:31	169	394 H	02:03	179	403 H	07:42	-201	24 L
07:42	-201	24 L	08:24	-175	50 L	14:17	179	403 H
14:17	179	403 H	14:47	184	409 H	20:18	-164	61 L
20:18	-164	61 L	20:58	-155	70 L	02:04	167	392 H
02:04	167	392 H	03:42	152	370 H	08:17	-199	25 L
08:17	-199	25 L	09:17	-168	57 L	14:49	174	398 H
14:49	174	398 H	15:32	174	398 H	20:52	-159	66 L
20:52	-159	66 L	21:47	-153	72 L	02:39	162	386 H
02:39	162	386 H	03:42	152	370 H	08:54	-195	30 L
08:54	-195	30 L	11:19	-144	81 L	15:25	167	392 H
15:25	167	392 H	17:16	143	368 H	22:43	-149	75 L
22:43	-149	75 L	23:53	-148	77 L	03:20	153	378 H
03:20	153	378 H	04:41	134	359 H	09:34	-185	39 L
09:34	-185	39 L	11:19	-144	81 L	16:04	161	386 H
16:04	161	386 H	17:16	143	368 H	22:15	-151	74 L
22:15	-151	74 L	23:53	-148	77 L	04:09	143	367 H
04:09	143	367 H	05:53	120	344 H	10:20	-171	54 L
10:20	-171	54 L	12:43	-135	90 L	16:50	155	380 H
16:50	155	380 H	18:24	129	354 H	23:08	-152	73 L
23:08	-152	73 L	01:10	-152	73 L	05:12	135	360 H
05:12	135	360 H	07:09	114	339 H	11:20	-154	71 L
11:20	-154	71 L	13:47	-133	92 L	17:49	151	376 H
17:49	151	376 H	19:35	124	349 H	00:14	-159	66 L
19:35	124	349 H	02:15	-162	63 L	06:28	137	362 H
02:15	-162	63 L	08:17	116	341 H	12:55	-145	80 L
08:17	116	341 H	14:41	-133	92 L	19:01	155	380 H
14:41	-133	92 L	20:33	125	350 H	01:24	-175	50 L
20:33	125	350 H	03:10	-173	52 L	07:39	151	376 H
03:10	-173	52 L	09:22	122	347 H	14:09	-152	73 L
09:22	122	347 H	15:32	-135	90 L	20:05	169	393 H
15:32	-135	90 L	21:23	129	354 H	02:23	-196	28 L
21:23	129	354 H	03:59	-180	44 L	08:41	169	393 H
03:59	-180	44 L	10:27	132	357 H	15:03	-160	65 L
10:27	132	357 H	16:20	-139	86 L	21:00	184	408 H
16:20	-139	86 L	22:07	134	359 H	03:12	-214	11 L
22:07	134	359 H	04:42	-185	40 L	09:39	183	408 H
04:42	-185	40 L	11:21	147	371 H	15:53	-164	60 L
11:21	147	371 H	17:06	-146	79 L	21:50	194	419 H
17:06	-146	79 L	22:49	142	367 H	03:57	-222	3 L
22:49	142	367 H	05:21	-188	37 L	10:36	193	417 H
05:21	-188	37 L	12:01	159	384 H	16:43	-165	60 L
12:01	159	384 H	17:47	-154	70 L	22:39	198	423 H
17:47	-154	70 L	23:28	152	376 H	04:39	-220	5 L
23:28	152	376 H	05:56	-190	34 L	11:34	198	422 H
05:56	-190	34 L	12:32	170	395 H	17:37	-162	63 L
12:32	170	395 H	18:24	-163	62 L	23:31	197	421 H
18:24	-163	62 L	00:04	162	387 H	05:22	-209	15 L
00:04	162	387 H	06:28	-194	31 L	12:29	199	424 H
06:28	-194	31 L	13:00	178	403 H	18:33	-160	65 L
13:00	178	403 H	18:56	-169	55 L	00:38	172	397 H
18:56	-169	55 L	06:58	-197	28 L	08:58	-197	28 L
06:58	-197	28 L	13:26	183	408 H	13:26	183	408 H
13:26	183	408 H	19:27	-174	51 L	19:27	-174	51 L

潮高：前者以當地當年中等潮位為基準，後者以當年最低低潮位為基準，相當於最大比例尺海圖基準面，單位均為厘米(cm)
Height: The former is relative to local Annual Mean Water Level and the latter is relative to chart datum. Both are shown in centimeters.
H:高潮 High tide L:低潮 Low tide ●上弦 1st quarter ○滿月 Full moon ●下弦 3rd quarter ●新月 New Moon

中央氣象局海象測報中心
Marine Meteorology Center, CWB

(二) 航拍影像處理

苗栗後龍海岸線航拍區範圍約 300 公頃，地表平均高程約 25 公尺。處理過程中則使用國土測繪中心所提供以嚴密地面衛星定位控制測量方式完成空三平差的影像，於基高比大於 0.3 的立體像對中重複量測量測平面及高程坐標三次取平均值獲取所需之地面控制點與檢核點。

影像於101年10月22日航拍取得。UAS航拍時使用搭載焦距24mm 鏡頭之Canon EOS 5DII數位相機。航拍航高約750公尺，前後重疊率約80%，左右重疊率約50%，測試資料共3條航帶，取像73張(分布狀況如圖4-78)，地面解析力GSD約20公分。試驗過程空三平差採用9個地面控制點，5個地面檢核點(分布狀況如圖4-79)。

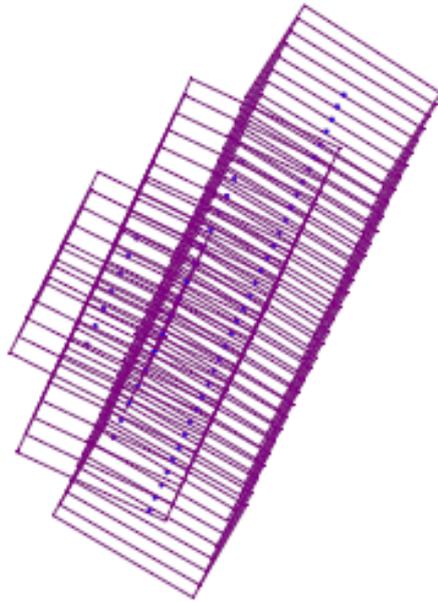
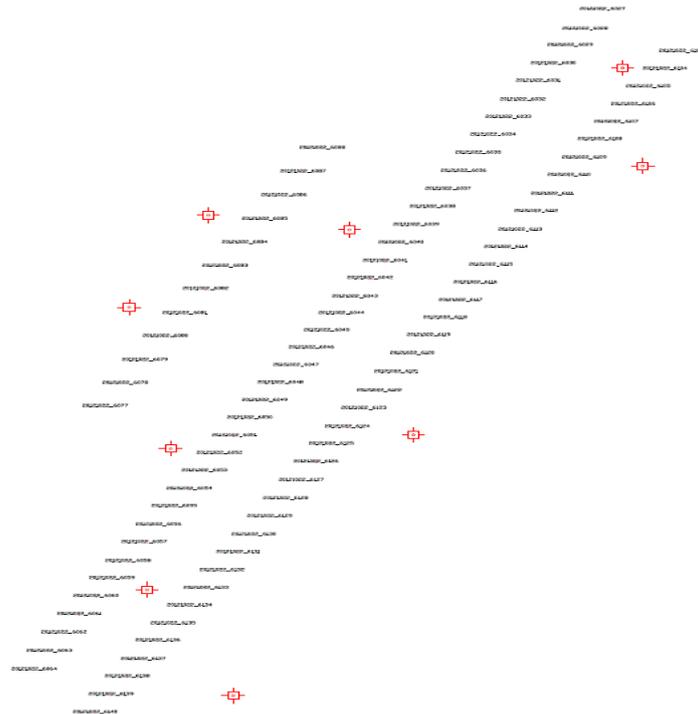
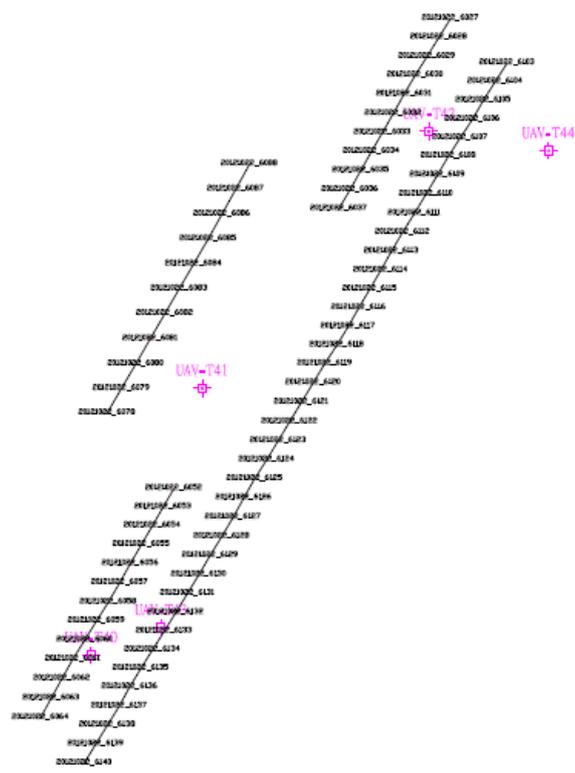


圖 4-78 苗栗後龍航拍區 UAS 航拍影像分布圖



(a) 控制點分布圖



(b) 檢核點分布圖

圖 4-79 苗栗後龍航拍區控制點與檢核點分布圖示

圖 4-80 和圖 4-81 顯示整個試驗過程航拍區資料以 ORIMA 執行自率光束法空三平差計算時連結點分布情形以及網形狀況。圖 4-82 則顯示自率光束法空三平差結果。自率光束法空三平差檢核點各方向 RMSE 如表 4-28。

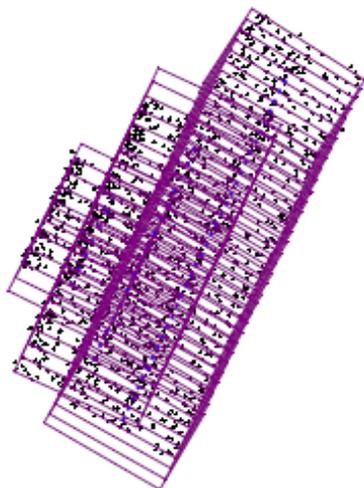


圖 4-80 苗栗後龍 UAS 影像自率光束法空三平差連結點分布概略圖

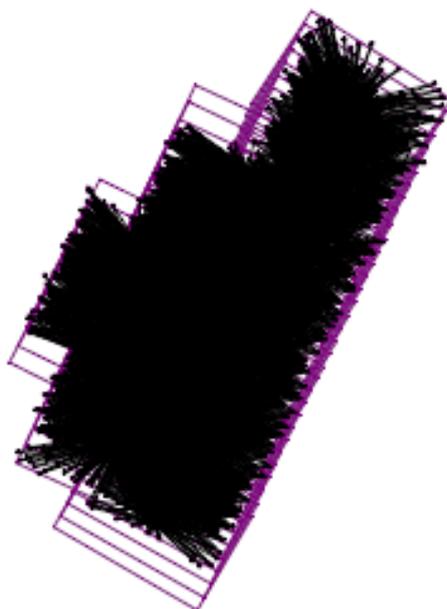


圖 4-81 苗栗後龍 UAS 影像自率光束法空三平差網形圖

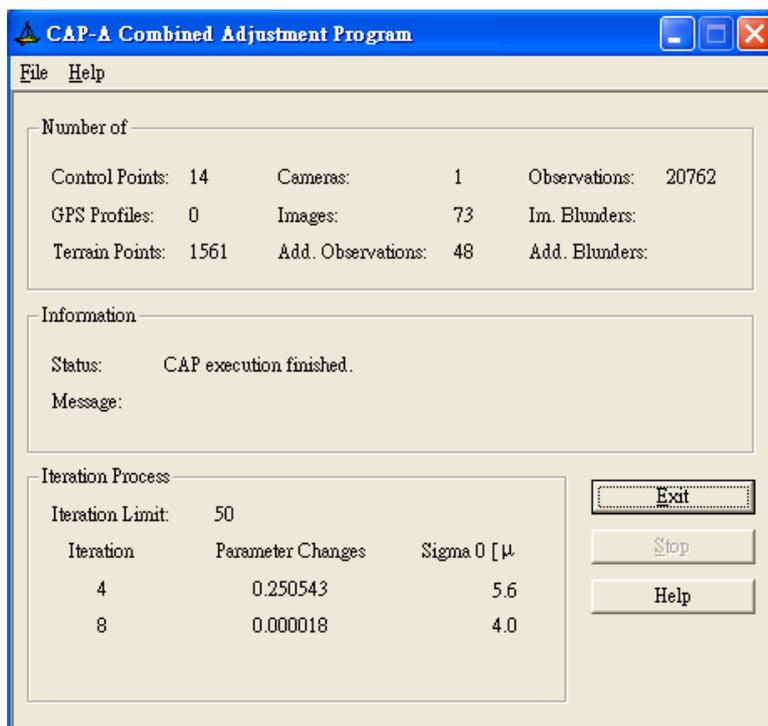


圖 4-82 苗栗後龍 UAS 影像自率光束法空三平差結果

表 4-28 苗栗後龍 UAS 影像自率光束法空三平差精度檢核表

點號	橫坐標殘差	縱坐標殘差	高程殘差
UAV-T40	-0.09	-0.28	-0.17
UAV-T41	0.36	-0.37	0.65
UAV-T42	-0.25	-0.05	-0.46
UAV-T43	-0.35	-0.06	0.32
UAV-T44	-0.20	0.00	-0.51
RMSE	0.23	0.18	0.38

單位：公尺

以 ORIMA 執行完自率光束法空三平差後，以 e-ATE 自動匹配產生並經編修後之 5m*5m DEM (如圖 4-83)。

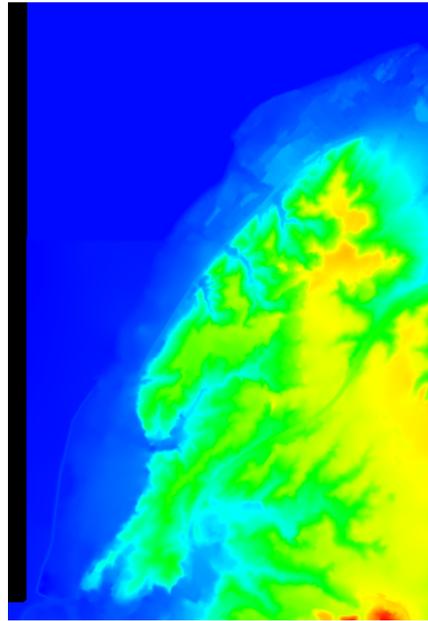


圖 4-83 苗栗後龍 UAS 影像產製之 5m*5m 的 DEM

將產製之 5m*5m 的 DEM 以 ERDAS LPS 模組，開啟 Ortho Resampling 功能並設定 Output Cell Sizes 25 公分產生正射影像，以 Mosaic Tool 進行鑲嵌。圖 4-84 是經幾何正射糾正鑲嵌的影像成果圖。選取均勻分布的 5 個檢核點(如圖 4-85)進行檢核，得到如表 4-29 的精度檢核表。橫坐標 E 之 RMSE 為 0.76 公尺，縱坐標 N 之 RMSE 為 0.34 公尺。考量檢核點之平面誤差約 0.50 公尺，本航拍區正射平面精度 0.83 公尺，仍符合「基本圖測製規範」中規定「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」之規定。



圖 4-84 苗栗後龍 UAS 影像產製之幾何正射糾正鑲嵌圖

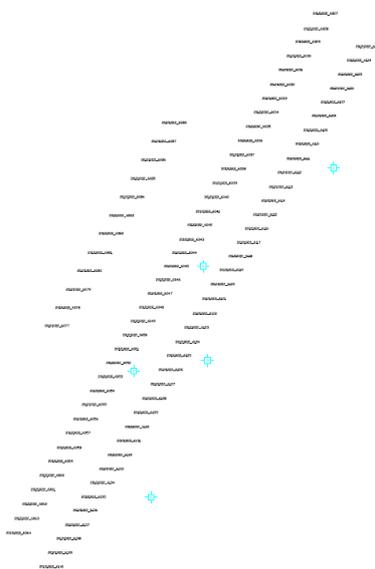


圖 4-85 苗栗後龍 UAS 影像正射鑲嵌檢核點分布圖

表 4-29 苗栗後龍海岸線影像鑲嵌圖的幾何精度檢核表 (單位: 公尺)

橫坐標 E 之 RMSE	縱坐標 N 之 RMSE	平面 RMSE
0.76	0.34	0.83

本航拍區所繪製之海岸線如下圖 4-86 所示。

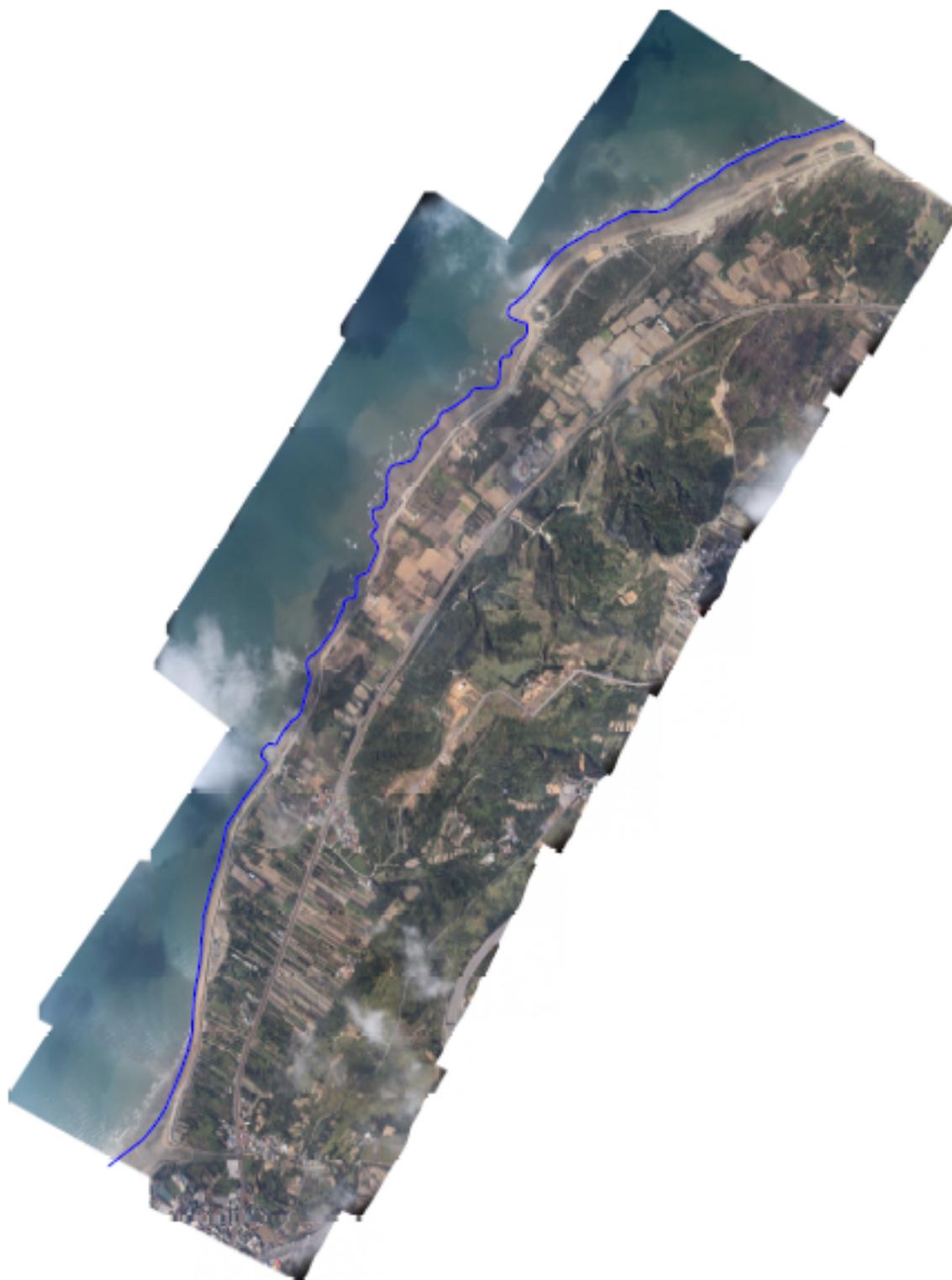


圖 4-86 苗栗後龍海岸線繪製成果圖

九、嘉義縣朴子東石

本區因東西向快速公路台 82 線東石嘉義線即將於 101 年 11 月全線通車，國土測繪中心為進行相關影像與圖資更新作業流程驗證，選定此區辦理航拍作業。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

嘉義朴子、東石任務區之規劃概況執行概況如表 4-30，範圍請參考圖 4-87。該區為國土測繪中心需求拍攝區。

表 4-30 台 82 線朴子至東石段任務執行概況

項目	說明
拍攝區域	嘉義縣朴子東石
拍攝完成時間	101 年 10 月 4 日
需求機關（單位）	國土測繪中心
用途	局部圖資更新
拍攝面積（公頃）	450
地面解析度 （公分/像素）	21
航拍高度（公尺）	800
影像處理成果	正射影像



圖 4-87 嘉義縣朴子東石任務拍攝路徑

(二) 航拍影像處理

嘉義朴子、東石（台 82 線）航拍區約 450 公頃，地表平均高程約 12 公尺。處理過程中則使用國土測繪中心所提供以嚴密地面衛星定位控制測量方式完成空三平差的影像，於基高比大於 0.3 的立體像對中重複量測量測平面及高程坐標三次取平均值獲取所需之地面控制點與檢核點。

影像於 101 年 10 月 4 日航拍取得。UAS 航拍時使用搭載焦距 24mm 鏡頭之 Canon EOS 5DII 數位相機。航拍航高約 800 公尺，前後重疊率約 80%，左右重疊率約 50%，測試資料共 6 條航帶，取像 291 張（分布狀況如圖 4-88），地面解析力 GSD 約 21 公分。試驗過程空三平差採用 41 個地面控制點，8 個地面檢核點（分布狀況如圖 4-89）。

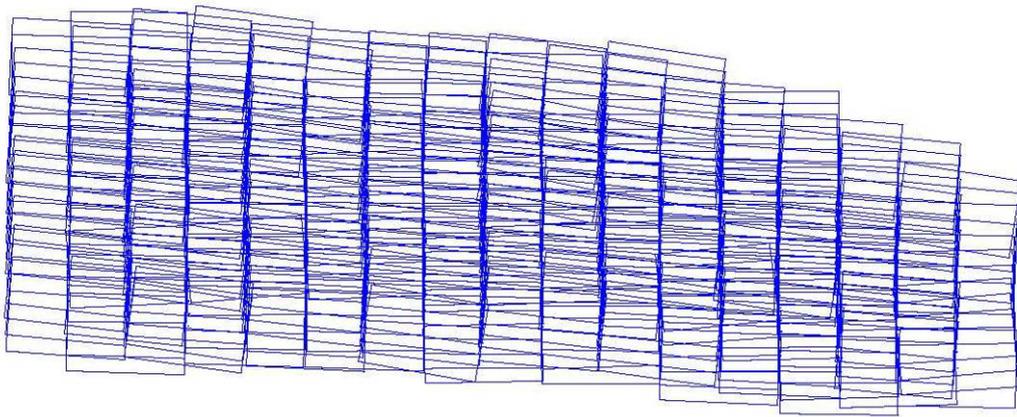
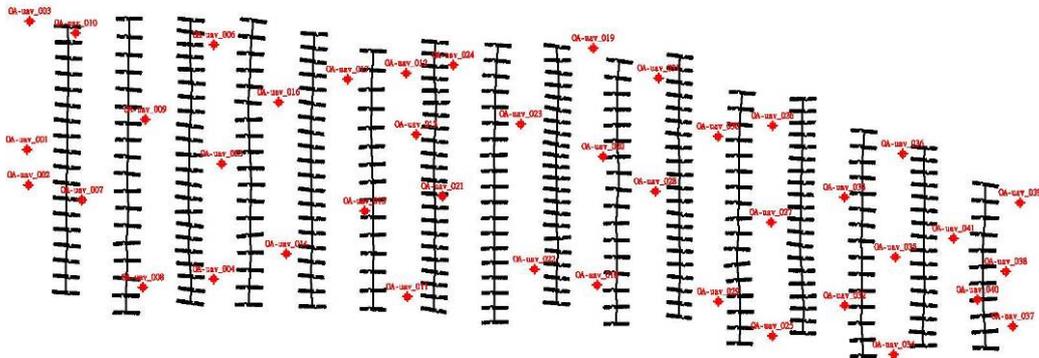
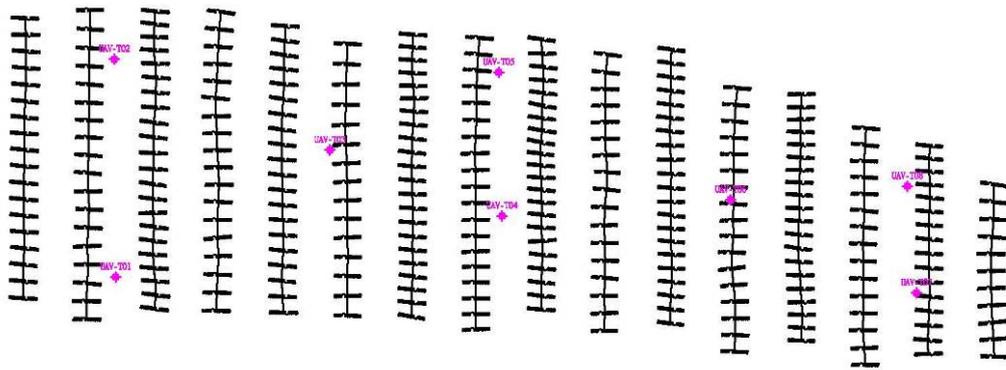


圖 4-88 嘉義縣朴子東石 UAS 航拍影像分布圖



(a) 控制點分布圖



(b) 檢核點分布圖

圖 4-89 嘉義縣朴子東石航拍區控制點與檢核點分布圖示

圖 4-90 和圖 4-91 顯示整個處理過程航拍區資料以 ORIMA 執行自率光束法空三平差計算時連結點分布情形以及網形狀況。圖 4-92 則顯示自率光束法空三平差結果。自率光束法空三平差檢核點各方向 RMSE 如表 4-31。

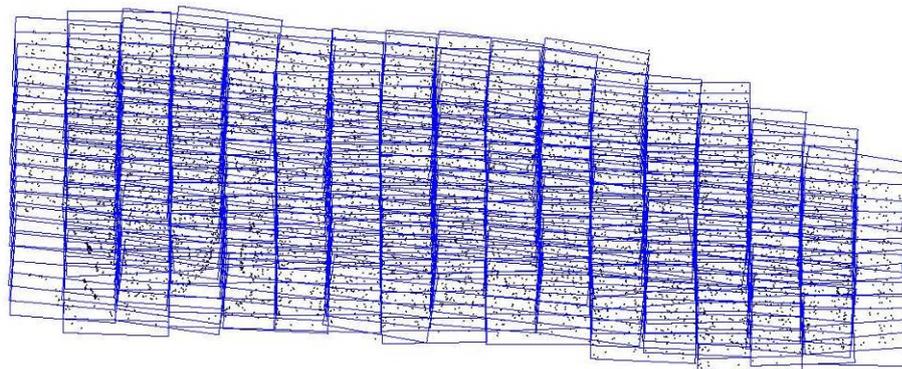


圖 4-90 嘉義縣朴子東石 UAS 影像自率光束法空三平差連結點分布概略圖

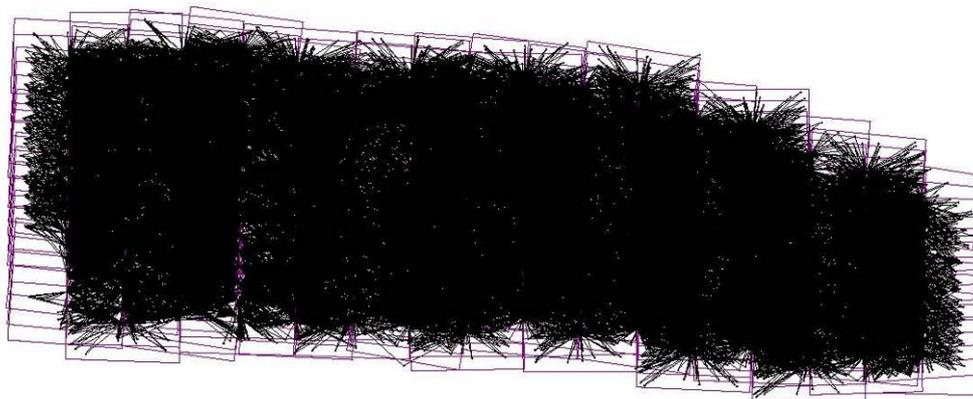


圖 4-91 嘉義縣朴子東石 UAS 影像自率光束法空三平差網形圖

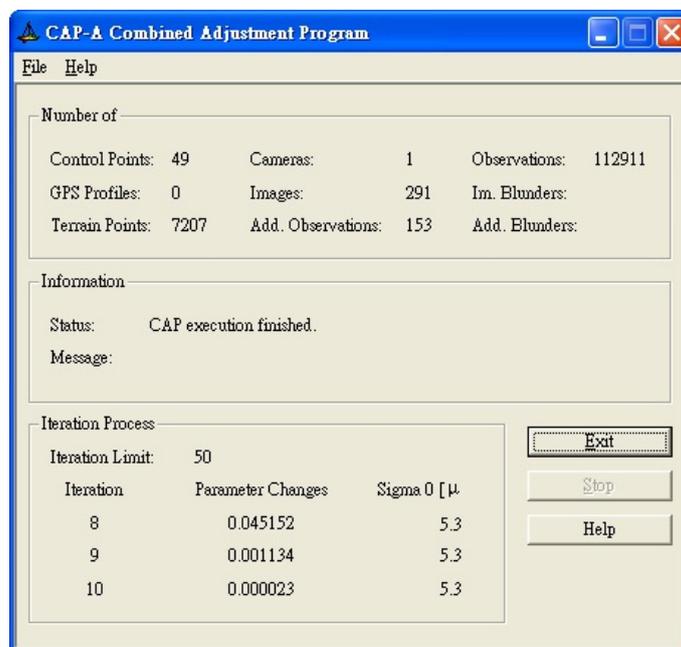


圖 4-92 嘉義縣朴子東石 UAS 影像自率光束法空三平差結果

表 4-31 嘉義縣朴子東石 UAS 影像自率光束法空三平差精度檢核表

點號	橫坐標較差	縱坐標較差	高程較差
UAV-T01	0.70	0.37	0.78
UAV-T02	-0.02	-0.70	0.08
UAV-T03	-0.06	0.05	0.73
UAV-T04	-0.26	0.02	0.90
UAV-T05	-0.37	0.40	-0.41
UAV-T06	0.22	-0.08	-0.20
UAV-T07	-0.28	-0.14	-0.97
UAV-T08	0.09	0.11	0.58
RMSE	0.32	0.32	0.65

單位：公尺

以 ORIMA 執行完自率光束法空三平差後，以 e-ATE 自動匹配產生並經編修後之 5m*5m DEM (如圖 4-93)。

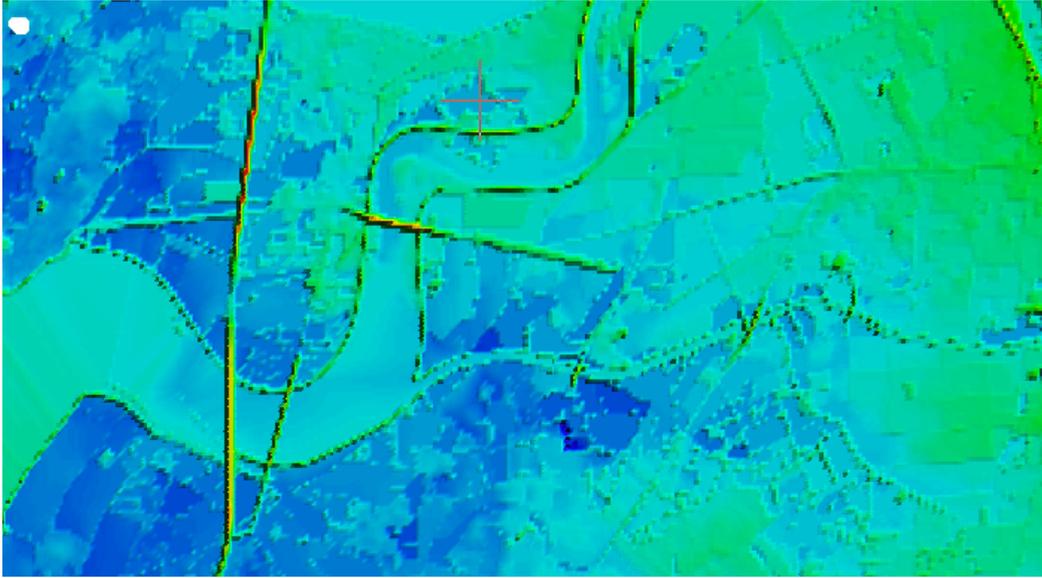


圖 4-93 嘉義縣朴子東石 UAS 影像產製之 5m*5m 的 DEM

將產製之 5m*5m 的 DEM 以 ERDAS LPS 模組，開啟 Ortho Resampling 功能並設定 Output Cell Sizes 25 公分產生正射影像，以 Mosaic Tool 進行鑲嵌。圖 4-94 是經幾何正射糾正鑲嵌的影像成果圖。選取均勻分布的 5 個檢核點(如圖 4-95)進行檢核，得到如表 4-32 的精度檢核表。橫坐標 E 之 RMSE 為 0.45 公尺，縱坐標 N 之 RMSE 為 0.32 公尺。考量檢核點之平面誤差約 0.50 公尺，本航拍區正射平面精度 0.55 公尺，仍符合「基本圖測製規範」中規定「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」之規定。



圖 4-94 嘉義縣朴子東石 UAS 影像產製之幾何正射糾正鑲嵌影像

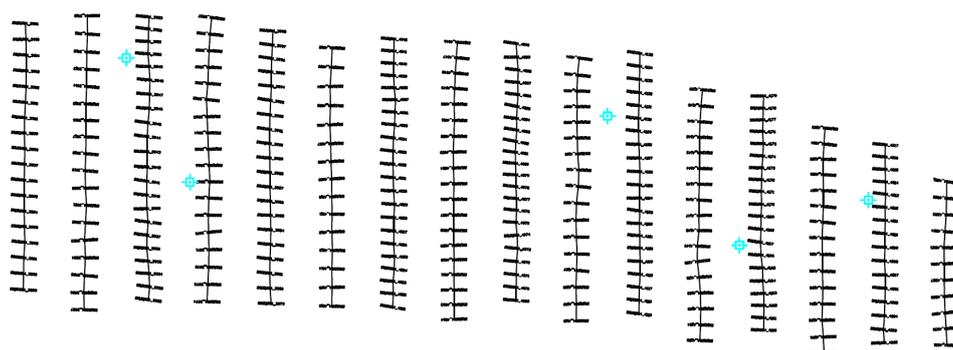


圖 4-95 嘉義朴子東石 UAS 影像正射鑲嵌檢核點分布圖

表 4-32 嘉義朴子東石正射鑲嵌影像幾何精度檢核表 (單位：公尺)

橫坐標 E 之 RMSE	縱坐標 N 之 RMSE	平面 RMSE
0.45	0.32	0.55

十、本案協助其他機關航拍之成效

各航拍成果，除南投和社溪製成快速鑲嵌供中央災害應變中心緊急災害應變之外，其餘 6 區航拍成果均產製正射影像共 4746 公頃供需求單位進行變異監測或土地開發監測使用(請見表 4-33)。

除南投和社溪是以多旋翼航拍取像外，其他六區之航拍取像若以業界以一般有人駕駛飛機航空攝影取像平均每公里單價 1 萬元，六區飛行總里程約 587 公里，因此共需約 587 萬元；而以 UAS 航拍取像，每出一趟任務約 8.4 萬元(含 UAS 定期保養成本)，共計約 50 萬元，因此僅是航拍取像成本即可節省約 537 萬元。

至於影像後製產製正射影像，在控制點採用影像控制實體(亦即以製作五千分之一地形圖時完成空三平差的航拍影像資料進行立體模型量測所需地面控制點與地面檢核點)的情形下，此時不計控制與檢核點測量成本，則目前業界產製正射影像平均每公頃要價與以 UAS 航拍取像製作正射影像成本每公頃平均單價相同，因此此次作業區六區，影像後處理費用不列入比較評估。

由上述經費分析可知，若可以增加政府各部門橫向聯繫，由國土測繪中心統籌局部區域監測、開發監測等圖資需求，協調政府機關航拍與影像處理作業，以國土測繪中心之 UAS 進行航拍取像及影像後處理，不僅可以避免資源浪費，亦可大大節省政府圖資製作之經費支出。

表 4-33 協助航拍區數據統計

編號	航拍區域	飛航里程	用途	後製影像類型	需求機關(單位)	面積(公頃)
1	苗栗縣卓蘭鎮	113.6km	監測	正射影像	經濟部水利署工務組	693
2	臺東縣太麻里	56km	監測	正射影像	經濟部水利署工務組	651
3	彰化二水、溪洲、雲林荊桐等	156.4km	監測	正射影像	經濟部水利署水文組	780
4	彰化二水、溪洲雲林西螺等		監測	正射影像	行政院農委會農糧署	300
5	臺南關廟砲校	68.6km	開發監測	正射影像	臺南市政府地政局	1440
6	高雄市仁武區	157.4km	開發監測	正射影像	高雄市政府地政局	900

第三節 基本圖測製作業

本項工作的目的在於配合 101 年度基本圖修測作業。將由該範圍選定 2 區辦理航拍任務，用以製作正射影像、數值地形模型與基本地形圖測製，作為區域基本圖更新應用。相關修測作業需依基本圖測製規範之作業流程辦理。

此航拍規劃與正射影像作業航拍任務的規劃相同，均需依據影像解析力、重疊度等要求進行航線設計。配合 101 年度購置之 GNSS 接收模組與 AHRS 可以同時驗證 GPS 輔助空三的方法是否也可符合修測需求。

採用 GPS 輔助空中三角測量時，測區四角各布設一組 2 個全控制點，並於測區首尾（航線端處）布設橫貫測區的高程控制鍊，除測區左右側邊外，鍊上之高程控制點應位於航線重疊區內。高程控制鍊得以增加橫貫飛行航帶的方式取代，惟此作為高程控制之橫貫航帶內，每片 9 個標準點位中，至少有 5 個必須與原測圖用航帶連結。除布設控制點外，測區中央尚必須均勻測設 5 個以上檢核點，供驗證空中三角測量品質之用。

本項工作兩測區以影像處理採 GPS 輔助空中三角測量時，採測區四角布設 1 個全控制點的影像控制實體，並於測區首尾（航線端處）布設橫貫測區的全控點控制鍊，此控制鍊除位於測區左右側邊外，全控點應位於航線重疊區內。除布設控制點外，測區中央則依據測制規範均勻測設 5 個以上控制實體之檢核點，供驗證空中三角測量品質之用。

基本圖測製作業需辦理航空攝影、空中三角測量、數值地形模型測製、等高線測繪、地物測繪等作業。本年度空中三角測量細項工作將以 GPS 輔助自率光束法空三平差，並將結果與未採用 GPS 輔助空中三角測量平差成果相互比較供後續應用之用。空中三角測量完成後產

製數值地形模型時先量測地形特徵點（如山頂、山窪、鞍部等）、地形特徵線（如山脊線、山谷線）及地形斷線（地面傾斜角劇烈變化分界線）等資料，接著產製網格間距 5 公尺規則格網之數值地形模型。之後利用數值航測影像工作站，配合數值地形模型資料作為正射糾正之高程控制資料，將中心透視投影之影像，逐點糾正成正射影像，並製作數值正射影像資料檔，正射影像地元尺寸為 25 公分以內。

於基本圖測製時，依據基本地形測製規範進行等高線繪製與地物繪製。等高線以數值航測影像工作站或其他同等精度之航測儀器直接測繪，或運用數值高程模型資料，以內插計算方式產生，此時，應考量地形特徵點、特徵線及地形斷線等資料。所內插之等高線間隔首曲線為 5 公尺，計曲線為 25 公尺。

地物測繪係利用數值航測影像工作站或其他同等精度之航測儀器以數值立體測圖方式施測。測圖前應先將各地物、地類、地貌以分類編碼，並依其性質分層施測。地物、地類、地貌之分層分類參照「基本地形資料分類編碼說明」進行分類編碼，其圖式依內政部頒佈之「基本地形圖資料庫圖式規格表」規定辦理。每個立體模型採用像對基高比（B/H）不小於 0.3 之立體像對，以保障立體測圖精度。測繪時主要道路、水系、房屋、地類均須測繪，並依分層分類編碼規則製作向量檔。

立體測圖所得之向量及編碼資料依地物、地類、地貌等屬性予以分類分層編輯，繪製稿圖，攜赴實地調繪，以修正立體測圖之錯誤、補充立體測圖時無法辨認、遺漏或因影像受遮蔽未能於立測時測繪之地物地貌。調繪補測以確認攝影當時情形為原則，並調查地物、地名、交通系統、水系、人工構造物、地類等名稱，製成調繪稿圖，以供基本圖編輯使用。調繪補測完成後依據基本地形圖測製規範進行基本圖編繪，完成基本圖測繪。

基本圖測製作業選定花蓮縣 2 區域辦理測製，相關航拍任務執行與影像處理說明如下：

一、花蓮縣壽豐鄉

(一) 航拍任務執行

花蓮縣壽豐任務區規劃概況如表 4-34，拍攝範圍如圖 4-96。該區為國土測繪中心需求拍攝區，空域為有條件開放。

表 4-34 花蓮縣壽豐任務執行概況

項目	說明
拍攝區域	花蓮縣壽豐
拍攝完成時間	101 年 10 月 27 日
需求機關 (單位)	國土測繪中心
用途	局部區域圖資更新
拍攝面積 (公頃)	300
地面解析度 (公分/像素)	12
航拍高度 (公尺)	550
影像處理成果	正射影像、製圖

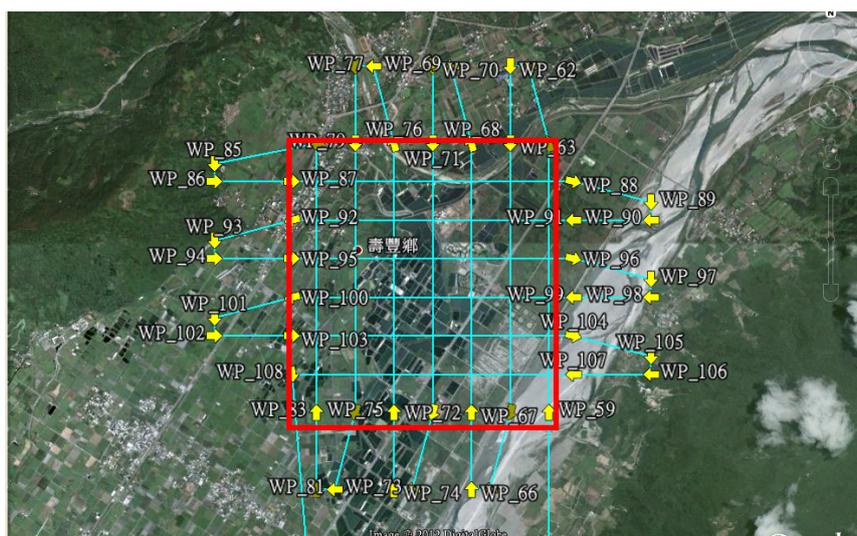


圖 4-96 花蓮縣壽豐航拍路徑

(二) 航拍影像處理

花蓮壽豐航拍區範圍約 300 公頃，地表平均高程約 32 公尺。處理過程中則使用國土測繪中心所提供以嚴密地面衛星定位控制測量方式完成空三平差的影像，於基高比大於 0.3 的立體像對中重複量測量測平面及高程坐標三次取平均值獲取所需之地面控制點與檢核點。

影像於101年10月27日航拍取得。UAS航拍時使用搭載焦距24mm 鏡頭之Canon EOS 5DII數位相機。航拍航高約520公尺，前後重疊率約80%，左右重疊率約45%，測試資料共7條航帶，取像204張(分布狀況如圖4-97)，地面解析力GSD約12公分。試驗過程空三平差採用42個地面控制點，7個地面檢核點(分布狀況如圖4-98)。

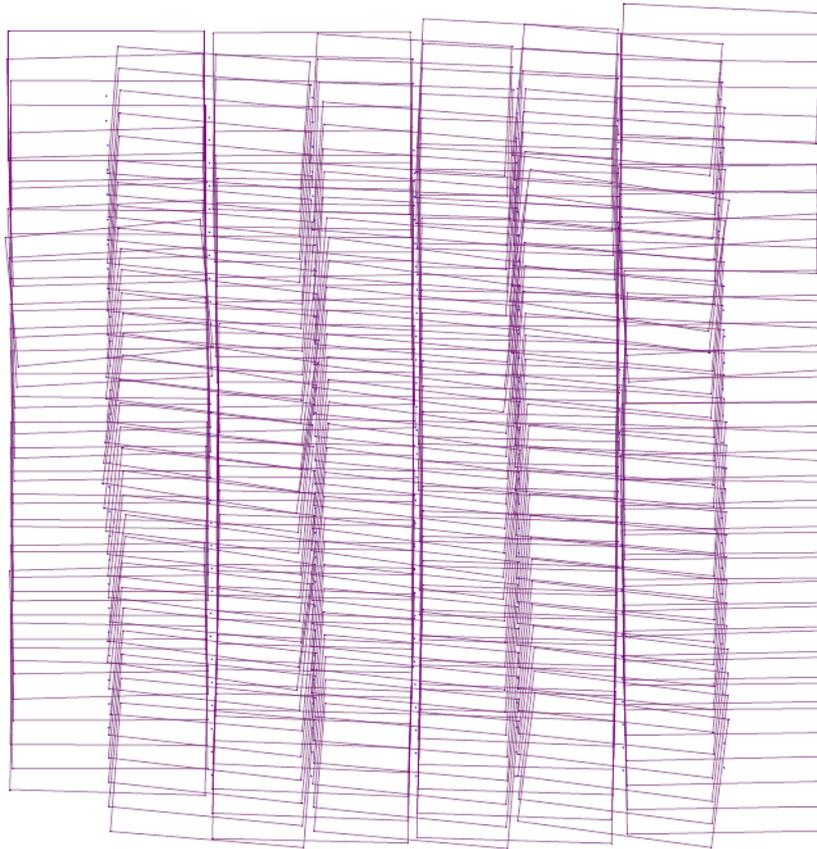
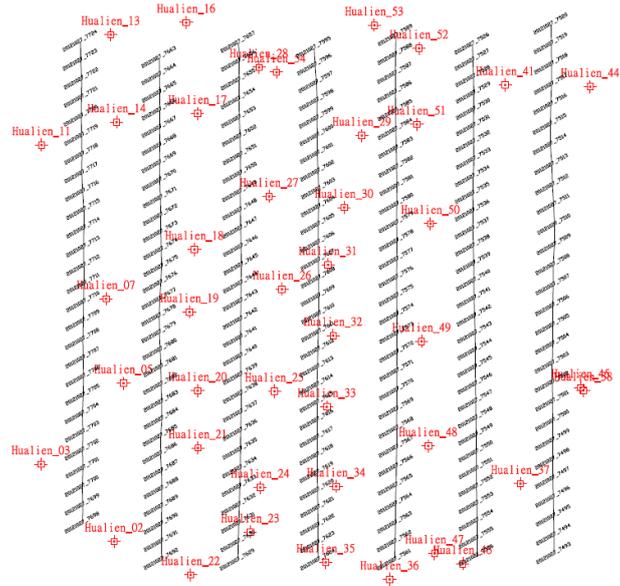
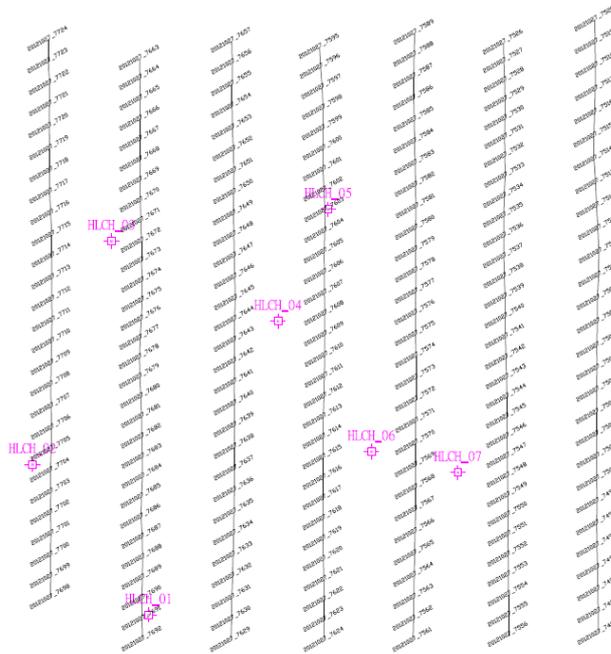


圖 4-97 花蓮縣壽豐 UAS 航拍影像分布圖



(a) 控制點分布圖



(b) 檢核點分布圖

圖 4-98 花蓮縣壽豐航拍區控制點與檢核點分布圖示

圖 4-99 和圖 4-100 顯示整個試驗過程航拍區資料以 ORIMA 執行自率光束法空三平差計算時連結點分布情形以及網形狀況。圖 4-101 則顯示自率光束法空三平差結果。自率光束法空三平差檢核點各方向 RMSE 如表 4-35。

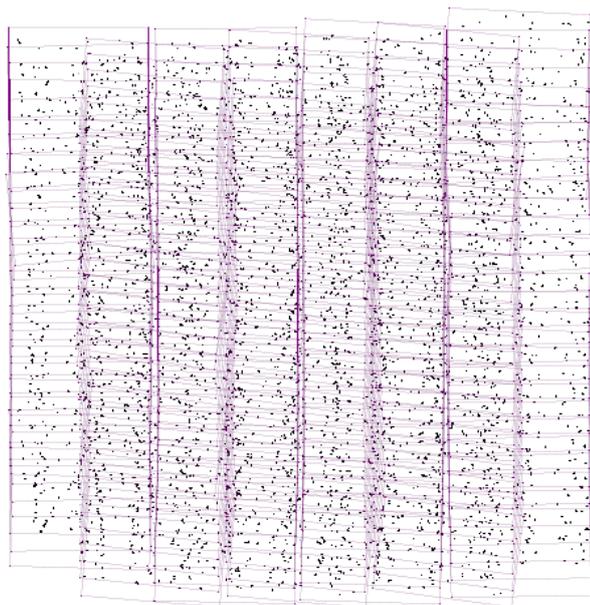


圖 4-99 花蓮縣壽豐 UAS 影像自率光束法空三平差連結點分布概略圖

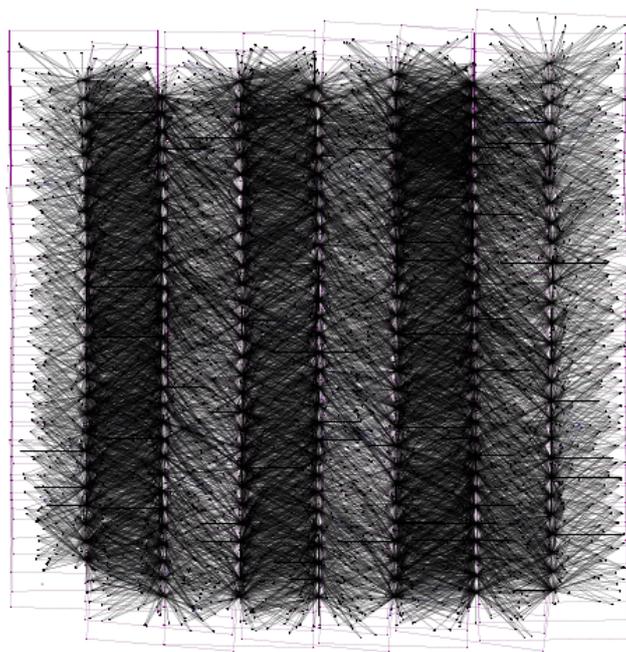


圖 4-100 花蓮縣壽豐 UAS 影像自率光束法空三平差網形圖

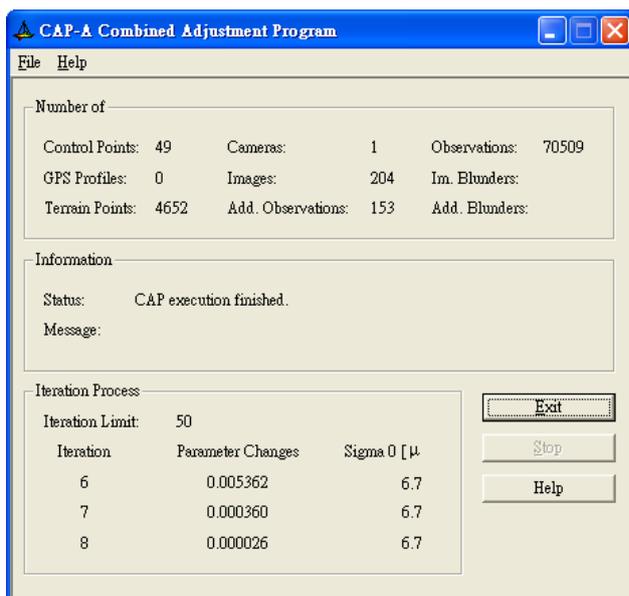


圖 4-101 花蓮縣壽豐 UAS 影像自率光束法空三平差結果

表 4-35 花蓮縣壽豐 UAS 影像自率光束法空三平差精度檢核表(單位：公尺)

點號	橫坐標較差	縱坐標較差	高程較差
FHLCH_01	-0.01	0.17	0.73
FHLCH_02	0.26	0.37	0.42
FHLCH_03	-0.46	-0.01	0.06
FHLCH_04	0.10	-0.11	0.21
FHLCH_05	-0.04	0.10	0.20
FHLCH_06	0.00	0.00	0.00
FHLCH_07	-0.08	0.47	-0.05
RMSE	0.21	0.24	0.34

以 ORIMA 執行完自率光束法空三平差後，以 e-ATE 自動匹配產生並經編修後之 5m*5m DEM (如圖 4-102)。

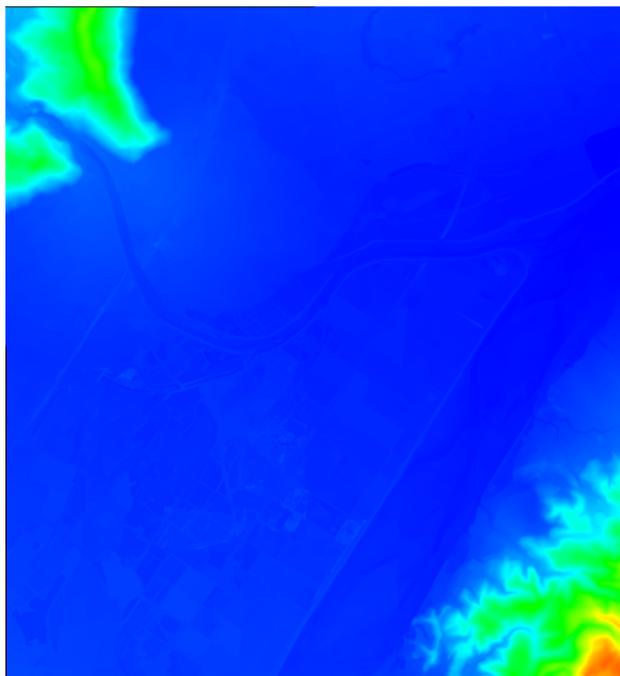


圖 4-102 花蓮縣壽豐 UAS 影像產製之 5m*5m 的 DEM

將產製之 5m*5m 的 DEM 以 ERDAS LPS 模組，開啟 Ortho Resampling 功能並設定 Output Cell Sizes 25 公分產生正射影像，以 Mosaic Tool 進行鑲嵌。圖 4-103 是經幾何正射糾正鑲嵌的影像成果圖。選取均勻分布的 5 個檢核點(如圖 4-104)進行檢核，得到如表 4-36 的精度檢核表。X 方向 RMSE 為 0.65 公尺，Y 方向 RMSE 為 0.33 公尺。本航拍區正射平面精度符合『基本圖測製規範(草案)』。



圖 4-103 花蓮縣壽豐 UAS 影像產製之幾何正射糾正鑲嵌圖

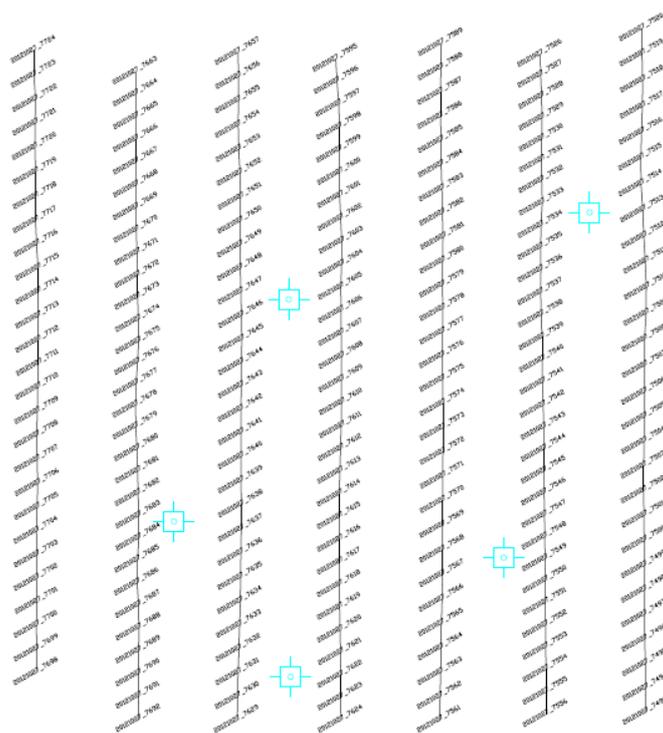


圖 4-104 花蓮縣壽豐 UAS 影像正射鑲嵌檢核點分布圖

表 4-36 花蓮縣壽豐正射影像鑲嵌圖的幾何精度檢核表 (單位：公尺)

橫坐標 E 之 RMSE	縱坐標 N 之 RMSE	平面 RMSE
0.65	0.33	0.73

由於所使用的相機屬非量測型數位相機，雖經自率光束法空三平差改善其以近景攝影測量率定所得相機參數無法描述實際航拍時相機狀況之問題，但測圖過程中仍發現於整張影像周圍之鏡頭畸變差仍存在且會影響立體測圖作業，因此本次試辦過程中，嘗試以模型的有效測製範圍解決上述問題。所謂模型的有效測製範圍是由每兩相鄰影像以其中心 70%涵蓋範圍所組成的模型，如圖 4-104-1 是一上下重疊的立體像對所組的立體模型，以第一張影像為中心的 70%範圍為淺綠色、以第二張影像為中心的 70%範圍為紅色，兩張影像 70%範圍重疊的區域(即圖中虛線框所圍之紅色區域)即為模型的有效測製範圍。

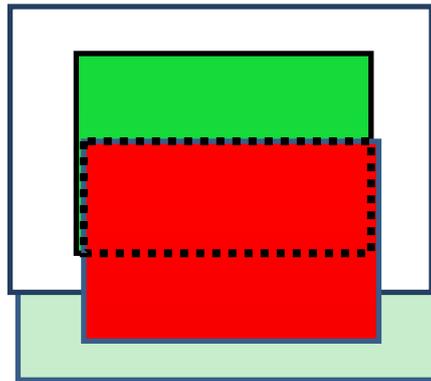


圖 4-104-1 UAS 航拍影像模型有效測繪範圍示意圖

花蓮壽豐橋 UAS 航拍影像以模型有效測製範圍立體測圖成果如圖 4-104-2 所示。

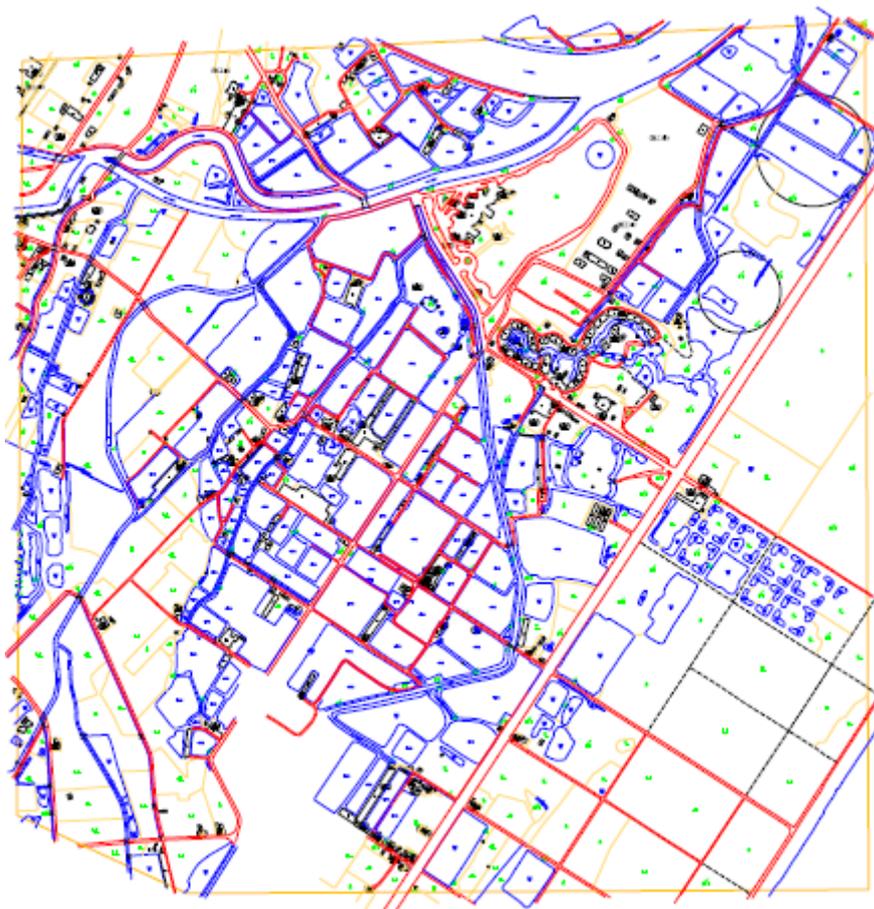
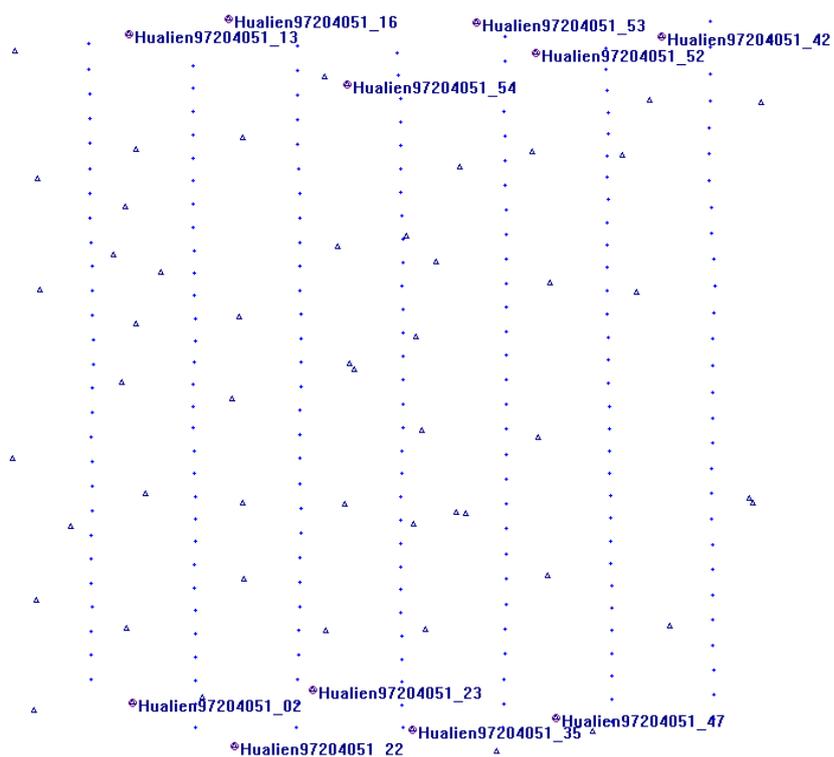


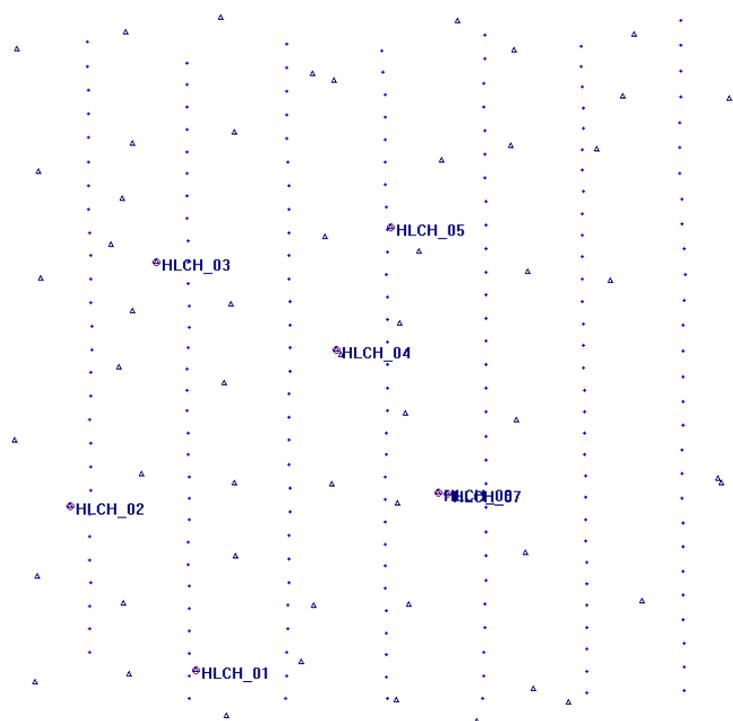
圖 4-105 花蓮壽豐橋 UAS 航拍影像立體測圖成果

以 GPS 輔助自率光束法空三平差之成果如下：

試驗過程空三平差採用11個地面控制點，7個地面檢核點(分布狀況如圖4-105)。



(a) 控制點分布圖



(b) 檢核點分布圖

圖 4-106 花蓮縣壽豐 GPS 輔助自率光束法空三平差控制點與檢核點分布圖示

圖 4-106 和圖 4-107 顯示整個試驗過程航拍區資料以 ORIMA 執行 GPS 輔助自率光束法空三平差計算時連結點點分布情形以及網形狀況。圖 4-108 則顯示 GPS 輔助自率光束法空三平差結果。GPS 輔助自率光束法空三平差檢核點各方向 RMSE 如表 4-37。

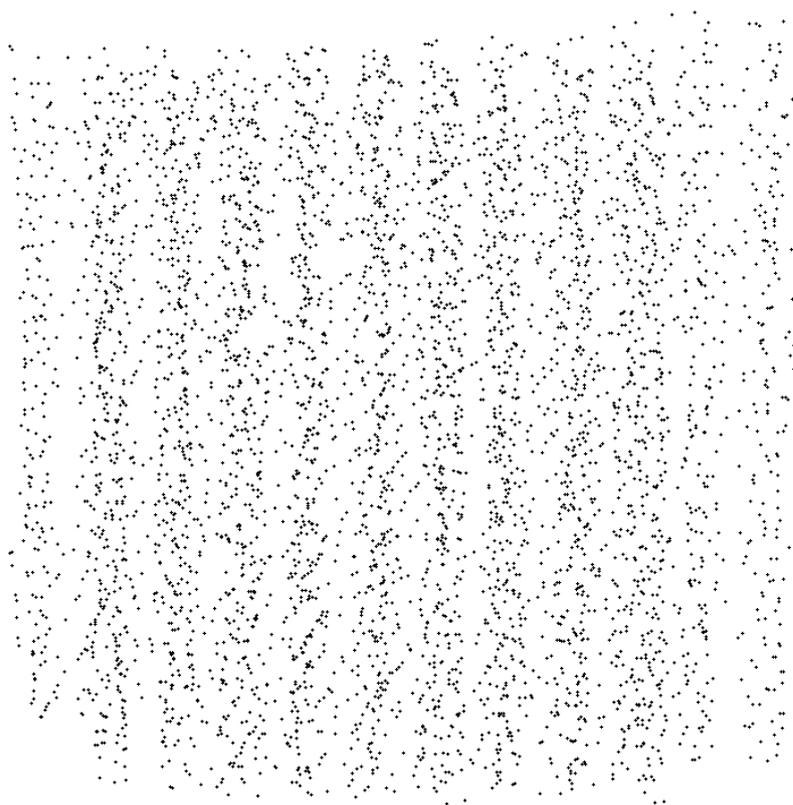


圖 4-107 花蓮縣壽豐 UAS 影像 GPS 輔助自率光束法空三平差連結點分布概略圖

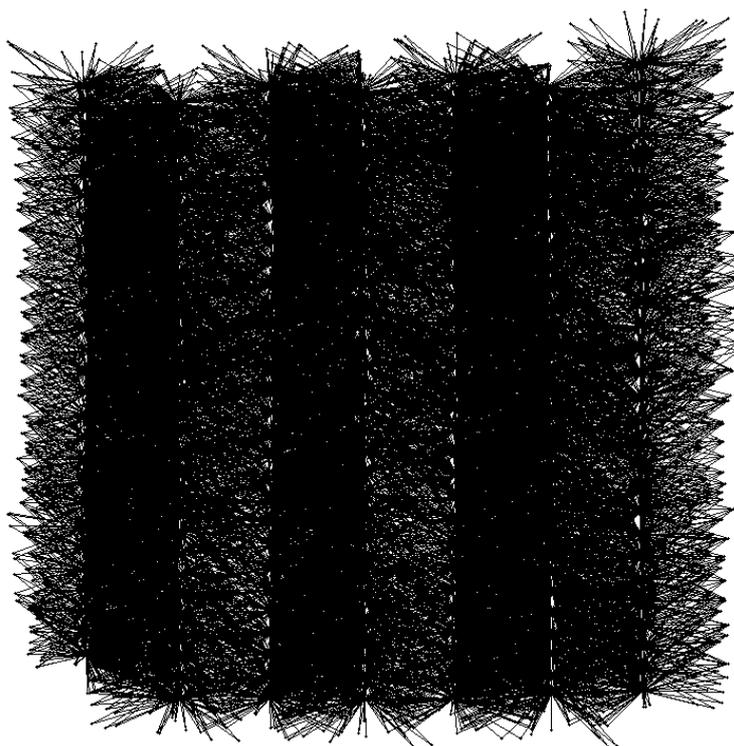


圖 4-108 花蓮縣壽豐 UAS 影像 GPS 輔助自率光束法空三平差網形圖

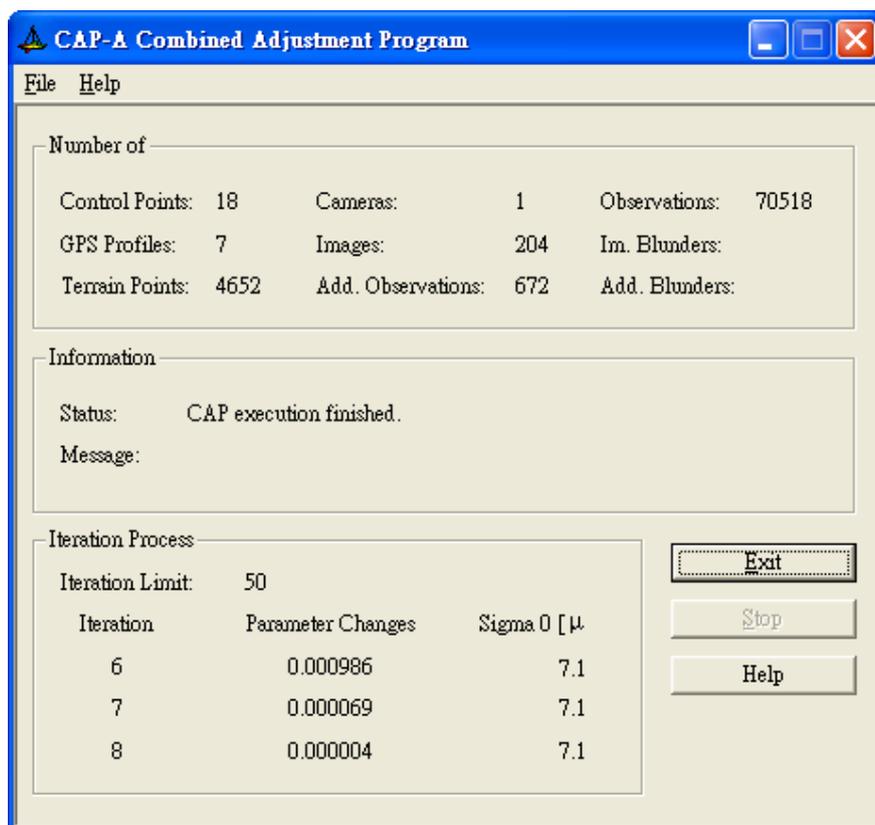


圖 4-109 花蓮縣壽豐 UAS 影像 GPS 輔助自率光束法空三平差結果

表 4-37 花蓮縣壽豐 UAS 影像 GPS 輔助自率光束法空三平差精度檢核表

點號	橫坐標較差	縱坐標較差	高程較差
FHLCH_01	0.03	0.57	0.99
FHLCH_02	0.38	0.30	0.03
FHLCH_03	0.13	0.21	0.08
FHLCH_04	0.41	-0.06	-0.02
FHLCH_05	0.40	0.37	0.39
FHLCH_06	0.25	0.13	0.48
FHLCH_07	0.16	0.48	0.36
RMSE	0.29	0.35	0.46

由表 4-35 與表 4-37 顯示花蓮壽豐橋 UAS 影像以 GPS 輔助自率光束法空三平差結果與不以 GPS 輔助自率光束法空三平差結果成果相近，說明本年度以 GPS 輔助自率光束法空三平差結果可供後續影像處理使用。

二、花蓮壽豐新豐平大橋

本區域配合 101 年度基本圖修測作業，因台 9 線拓寬工程跨越壽豐溪之新豐平大橋於 101 年 8 月 11 日通車，基本圖使用之航拍影像為 100 年 6 月 4 日航拍之新豐平大橋完工前舊影像，國土測繪中心因此遂選定本區辦理航拍作業，並製作正射影像、數值高程模型、向量圖等成果以作為局部區域圖資更新使用。

(一) 航拍任務執行

花蓮壽豐鄉、鳳林鎮橋任務區之航拍規劃執行概況如表 4-38，拍攝範圍如圖 4-109。

表 4-38 花蓮壽豐橋任務執行概況

項目	說明
拍攝區域	花蓮壽豐（新豐平大橋）
拍攝完成時間	101 年 10 月 27 日
需求機關（單位）	國土測繪中心
用途	局部區域圖資更新
拍攝面積（公頃）	300
地面解析度 （公分/像素）	12
航拍高度（公尺）	600
影像處理成果	正射影像、製圖



圖 4-110 花蓮壽豐新豐平大橋任務路徑

(二) 航拍影像處理

花蓮壽豐橋航拍區範圍約 300 公頃，地表平均高程約 130 公尺。處理過程中則使用國土測繪中心所提供以嚴密地面衛星定位控制測量方式完成空三平差的影像，於基高比大於 0.3 的立體像對中重複量測量測平面及高程坐標三次取平均值獲取所需之地面控制點與檢核點。

UAS 航拍時使用搭載焦距 24mm 鏡頭之 Canon EOS 5DII 數位相機。航拍航高約 600 公尺，前後重疊率約 80%，左右重疊率約 45%，測試資料共 7 條航帶，取像 179 張(分布狀況如圖 4-110)，地面解析力 GSD 約 12 公分。試驗過程空三平差採用 29 個地面控制點，5 個地面檢核點(分布狀況如圖 4-111)。

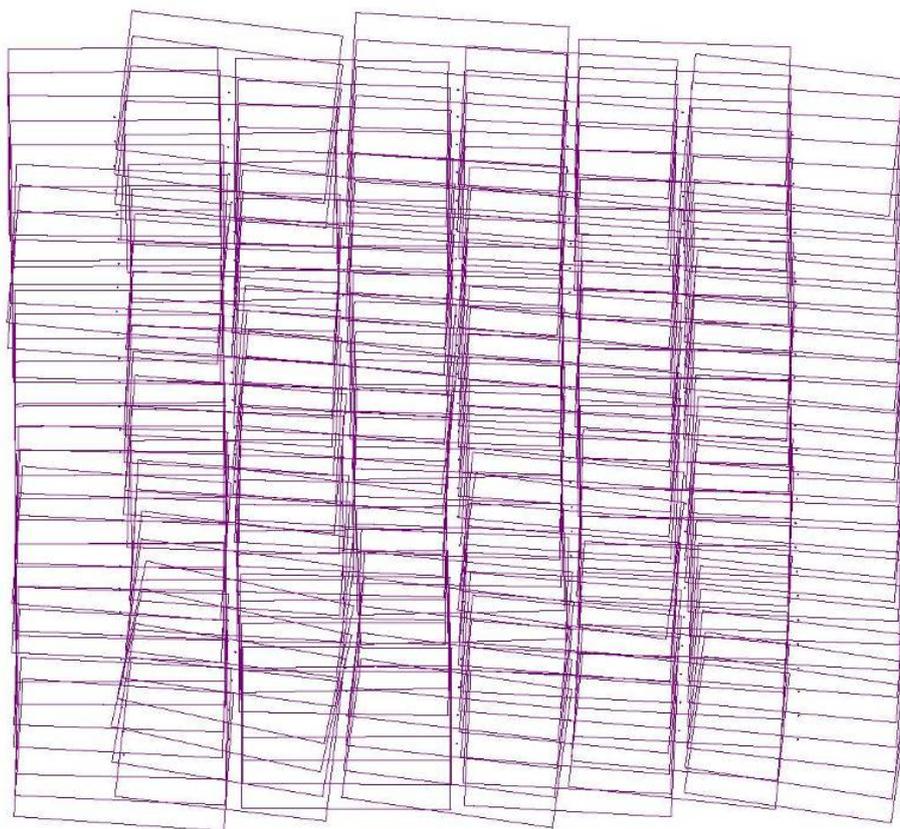
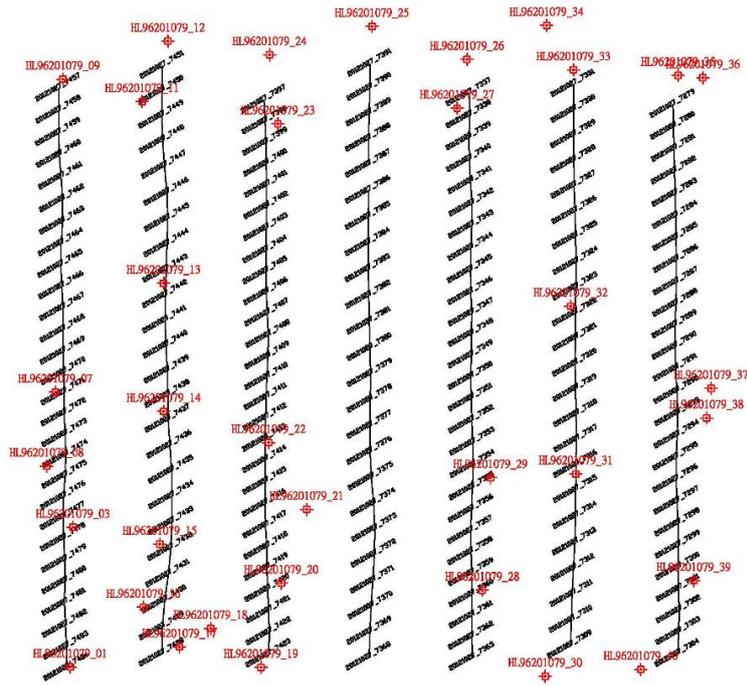
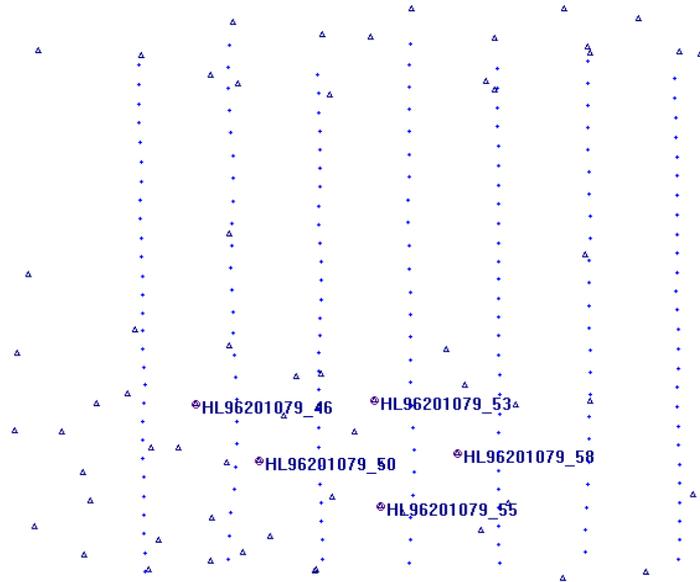


圖 4-111 花蓮壽豐新豐平大橋 UAS 航拍影像分布圖



(a) 控制點分布圖



(b) 檢核點分布圖

圖 4-112 花蓮壽豐新豐平大橋航拍區控制點與檢核點分布圖示

圖 4-112 和圖 4-113 顯示整個試驗過程航拍區資料以 ORIMA 執行自率光束法空三平差計算時連結點、控制點分布情形以及網形狀況。圖 4-114 則顯示自率光束法空三平差結果。自率光束法空三平差檢核點各方向 RMSE 如表 4-39。

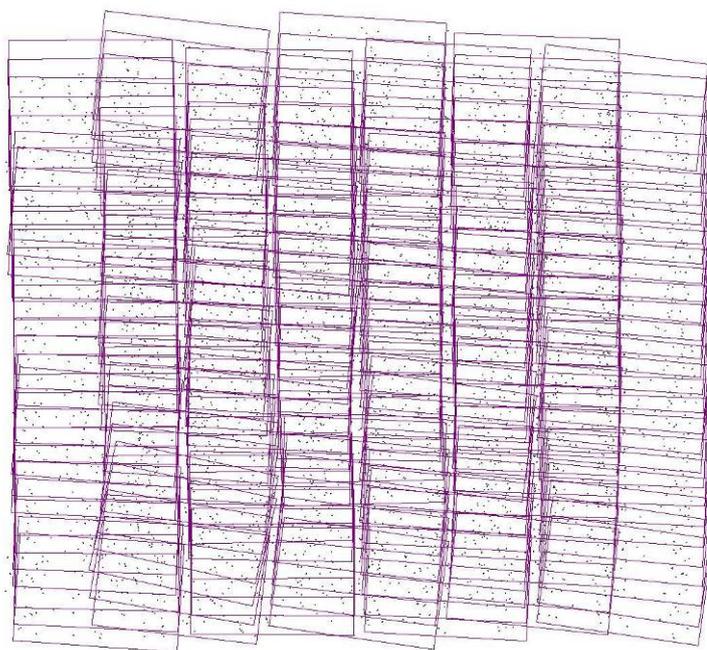


圖 4-113 花蓮壽豐橋 UAS 影像自率光束法空三平差連結點分布概略圖

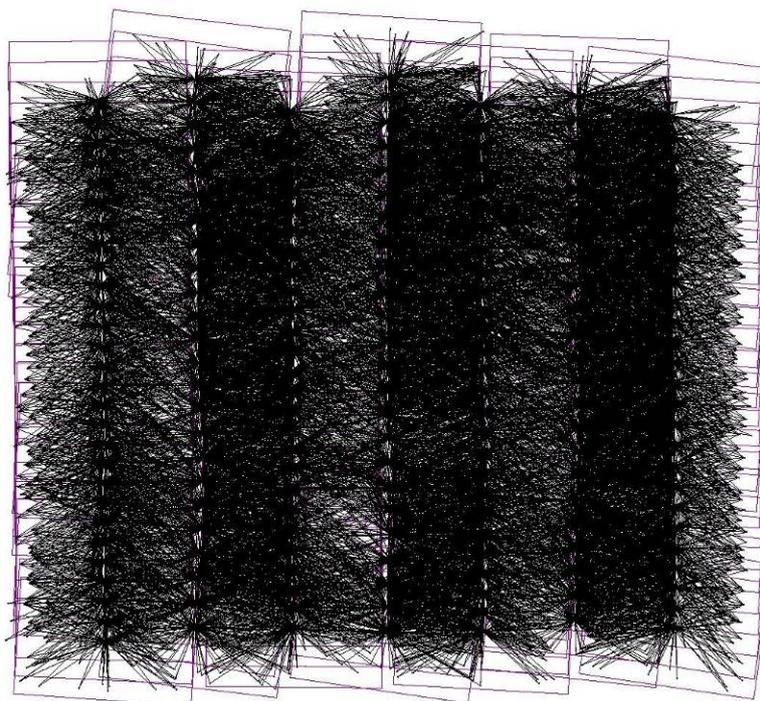


圖 4-114 花蓮壽豐橋 UAS 影像自率光束法空三平差網形圖

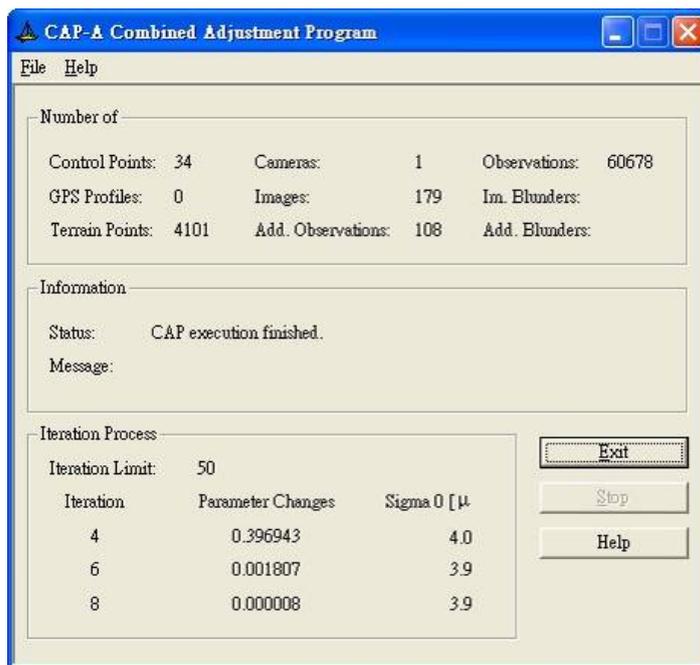


圖 4-115 花蓮壽豐新豐平大橋 UAS 影像自率光束法空三平差結果

表 4-39 花蓮壽豐新豐平大橋 UAS 影像自率光束法空三平差精度檢核表(單位：公尺)

點號	橫坐標較差	縱坐標較差	高程較差
HL96201079_46	-0.10	-0.05	-0.21
HL96201079_50	0.27	0.24	0.51
HL96201079_53	0.10	-0.15	0.48
HL96201079_55	-0.13	-0.16	0.01
HL96201079_58	0.11	0.11	0.19
RMSE	0.16	0.15	0.34

以 ORIMA 執行完自率光束法空三平差後，以 e-ATE 自動匹配產生並經編修後之 5m*5m DEM (如圖 4-115)。

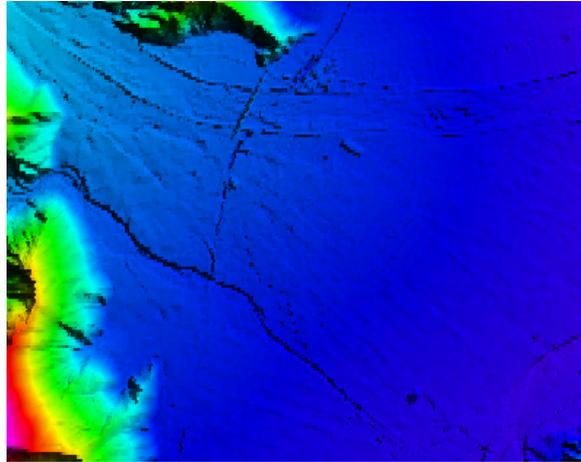


圖 4-116 花蓮壽豐橋 UAS 影像產製之 5m*5m 的 DEM

將產製之 5m*5m 的 DEM 以 ERDAS LPS 模組，開啟 Ortho Resampling 功能並設定 Output Cell Sizes 25 公分產生正射影像，以 Mosaic Tool 進行鑲嵌。圖 4-116 是經幾何正射糾正鑲嵌的影像成果圖。選取均勻分布的 5 個檢核點(如圖 4-117)進行檢核，得到如表 4-40 的精度檢核表。橫坐標 E 之 RMSE 為 0.44 公尺，縱坐標 N 之 RMSE 為 0.32 公尺。考量檢核點之平面誤差約 0.50 公尺，本航拍區正射平面精度 0.54 公尺，仍符合「基本圖測製規範」中規定「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」之規定。



圖 4-117 花蓮壽豐新豐平大橋 UAS 影像產製之幾何正射糾正鑲嵌影像

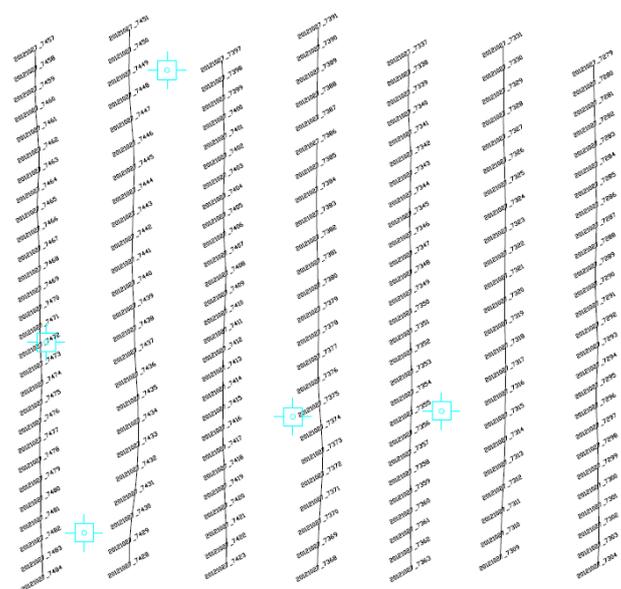


圖 4-118 花蓮壽豐新豐平大橋 UAS 影像正射鑲嵌檢核點分布圖

表 4-40 花蓮壽豐橋正射影像鑲嵌圖的幾何精度檢核表 (單位:公尺)

橫坐標 E 之 RMSE	縱坐標 N 之 RMSE	平面 RMSE
0.44	0.32	0.54

花蓮壽豐新豐平大橋 UAS 航拍影像以模型有效測製範圍立體測圖成果如圖 4-118 所示。

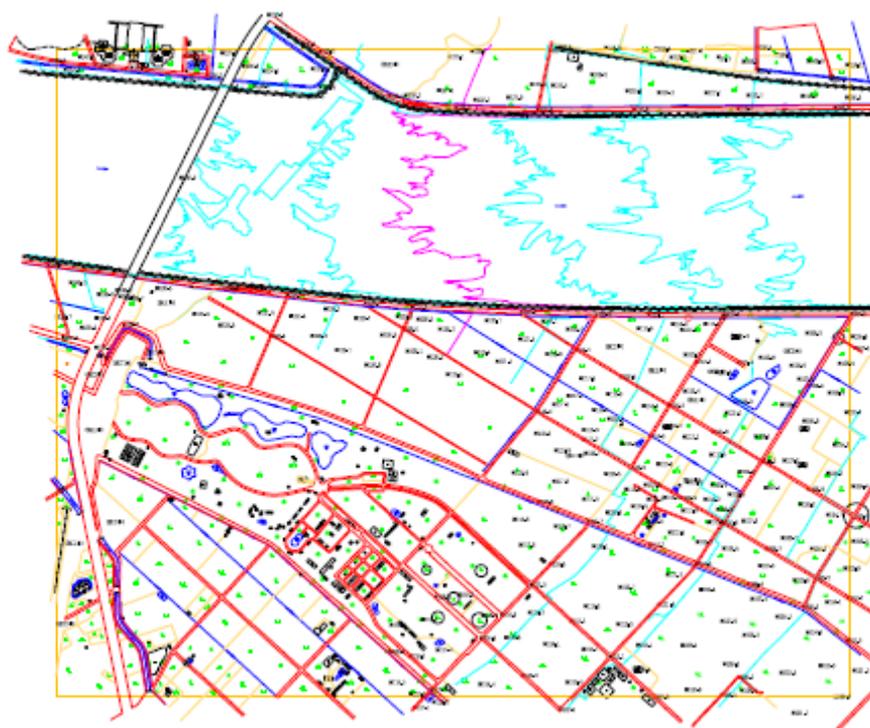
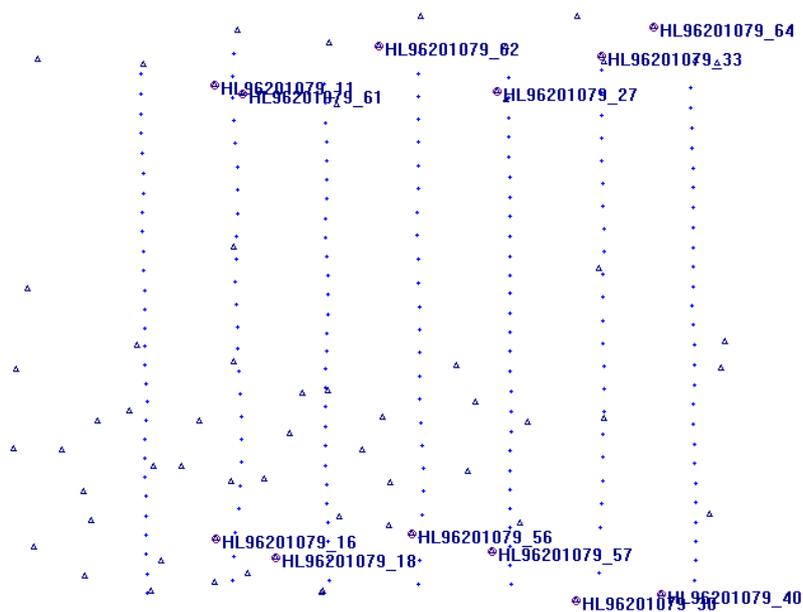
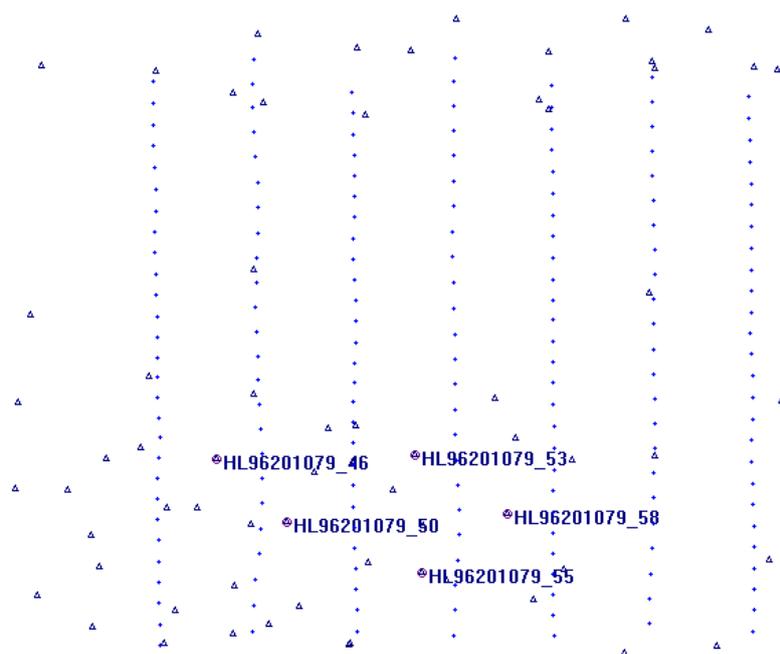


圖 4-119 花蓮壽豐橋 UAS 航拍影像立體測圖成果

以 GPS 輔助自率光束法空三平差之成果如下，試驗過程空三平差採用 12 個地面控制點，5 個地面檢核點(分布狀況如圖 4-119)。



(a) 控制點分布圖



(b) 檢核點分布圖

圖 4-120 花蓮壽豐橋 GPS 輔助自率光束法空三平差控制點與檢核點分布圖示

圖 4-120 和圖 4-121 顯示整個試驗過程航拍區資料以 ORIMA 執行 GPS 輔助自率光束法空三平差計算時連結點分布情形以及網形狀況。圖 4-122 則顯示 GPS 輔助自率光束法空三平差結果。GPS 輔助自率光束法空三平差檢核點各方向 RMSE 如表 4-41。

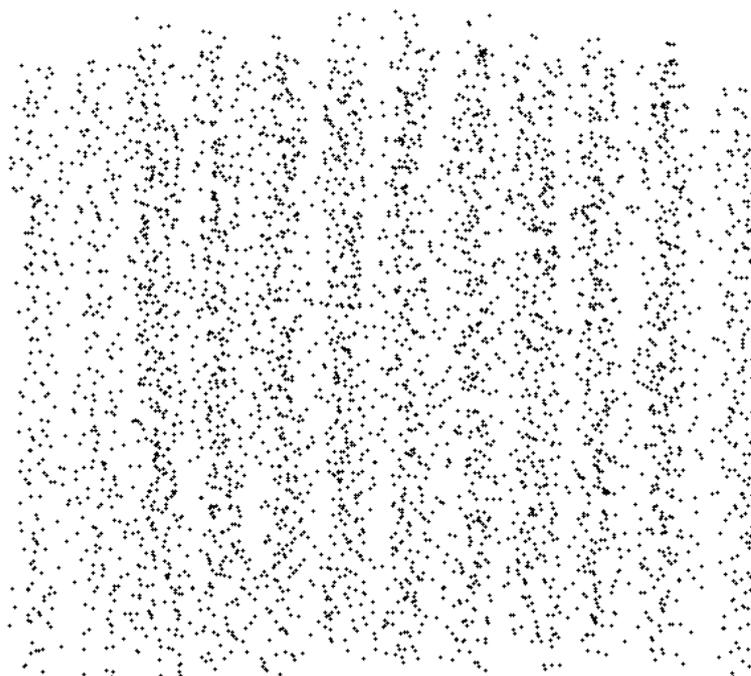


圖 4-121 花蓮壽豐橋 UAS 影像 GPS 輔助自率光束法空三平差連結點分布概略圖

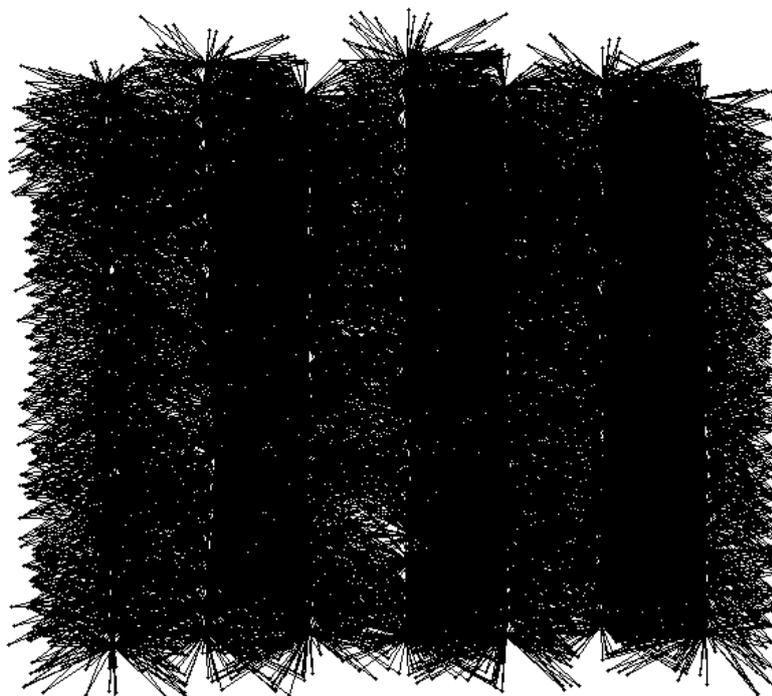


圖 4-122 花蓮壽豐橋 UAS 影像 GPS 輔助自率光束法空三平差網形圖

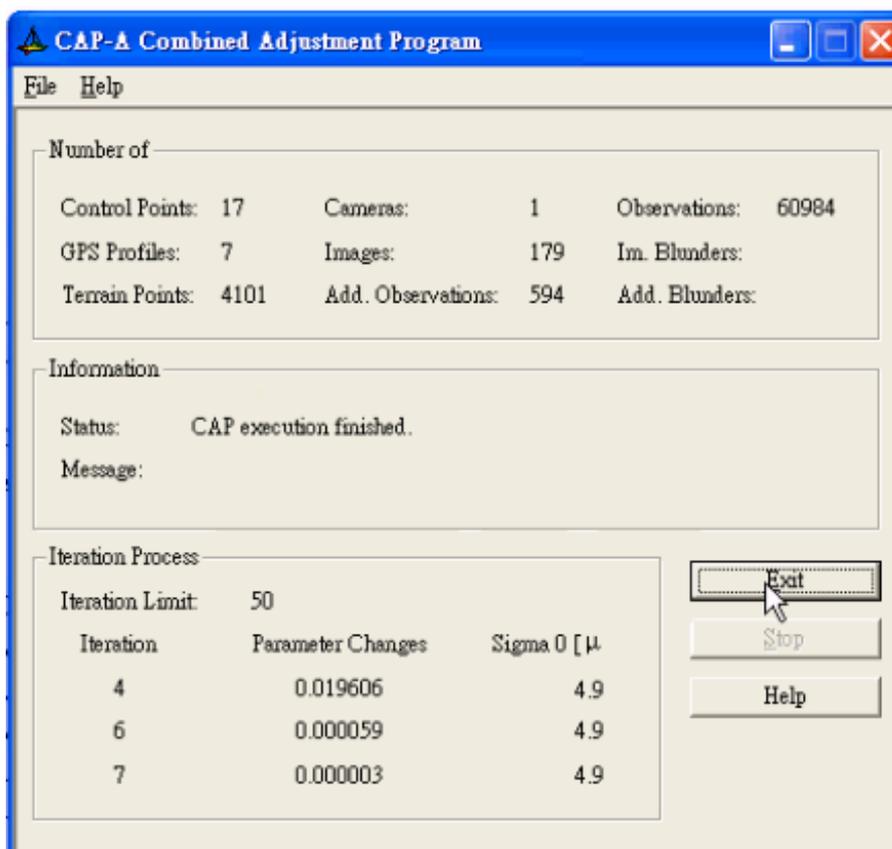


圖 4-123 花蓮壽豐橋 UAS 影像 GPS 輔助自率光束法空三平差結果

表 4-41 花蓮壽豐橋 UAS 影像 GPS 輔助自率光束法空三平差精度檢核表

點號	橫坐標較差	縱坐標較差	高程較差
HL96201079_46	-0.11	-0.01	-0.82
HL96201079_50	0.27	0.28	-0.20
HL96201079_53	-0.03	-0.13	-0.25
HL96201079_55	-0.23	0.02	0.36
HL96201079_58	-0.03	0.15	-0.13
RMSE	0.17	0.14	0.39

由表 4-39 與表 4-41 顯示花蓮壽豐新豐平大橋 UAS 影像以 GPS 輔助自率光束法空三平差結果與不以 GPS 輔助自率光束法空三平差結果成果相近，說明本年度以 GPS 輔助自率光束法空三平差結果可供後續影像處理使用。

由上述花蓮兩區 GPS 輔助自率光束法空三平差結果與不以 GPS 輔助自率光束法空三平差結果成果相近，說明本年度以 GPS 輔助自率光束法空三平差結果的確可供後續影像處理使用。其意義在於使用 GPS 輔助空三將可減少地面控制點數量，不僅可節省成本，亦可提升影像處理效率

第四節 航遙測感應器系統校正場航拍作業

本項作業配合國土測繪中心「航遙測感應器系統校正場」案航拍南投南崗工業區校正場，用以檢定相機成像品質。目前本區飛行任務的規劃與正射影像製作之航拍任務相同，但航線規劃以可確保涵蓋以通過最多地面控制點與拍攝到幾何校正標並確保拍攝到校正場之輻射檢定標為設計目標。以下針對任務執行與獲取航拍影像進行說明：

一、南投縣南崗工業區校正場

(一) 航拍任務執行

南投航遙測校正場航拍區(請如圖 4-123)之規劃任務執行概況如表 4-42。

表 4-42 南投航遙測校正場航拍區任務執行概況

項目	說明
拍攝區域	南投南崗工業區
拍攝完成時間	101 年 10 月 2 日
用途	遙測校正場拍攝
需求機關(單位)	國土測繪中心
拍攝面積(公頃)	350
地面解析度 (公分/像素)	20
航拍高度(公尺)	900
影像處理成果	交予校正場建置計畫使用

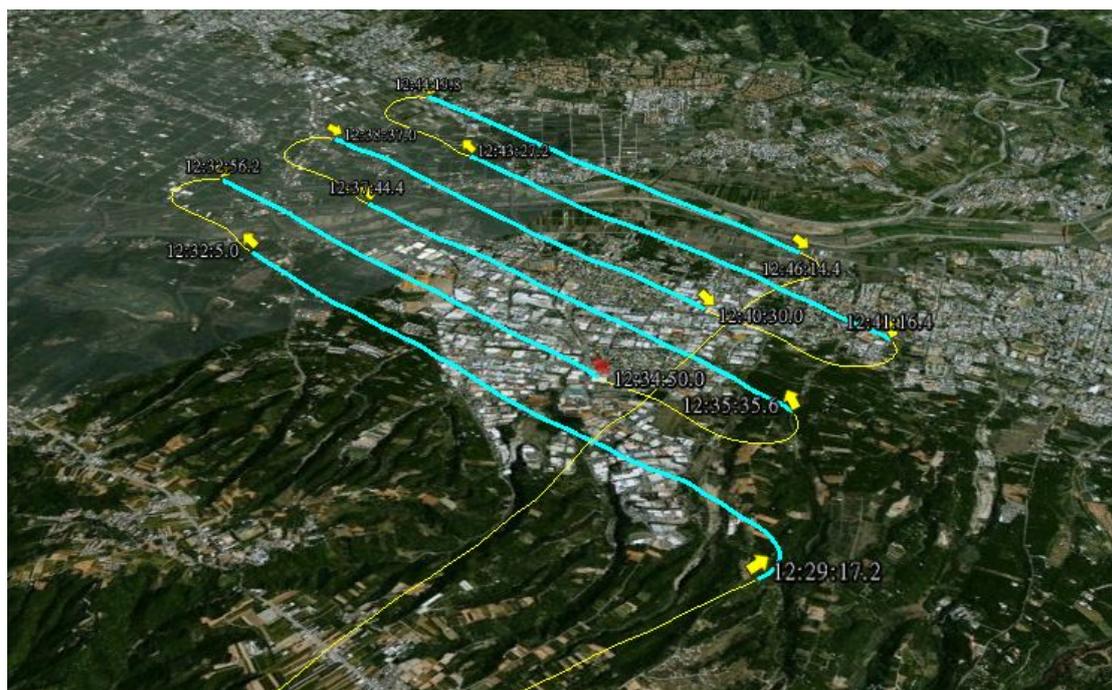


圖 4-124 南投航遙測校正場航拍區任務路徑

(二) 航拍影像處理

南投南崗工業區航拍區範圍約 300 公頃，地表平均高程約 130 公尺。校正場任務中依契約規定僅需取得影像，並交由校正場建置專案使用，航拍影像請參考圖 4-124。

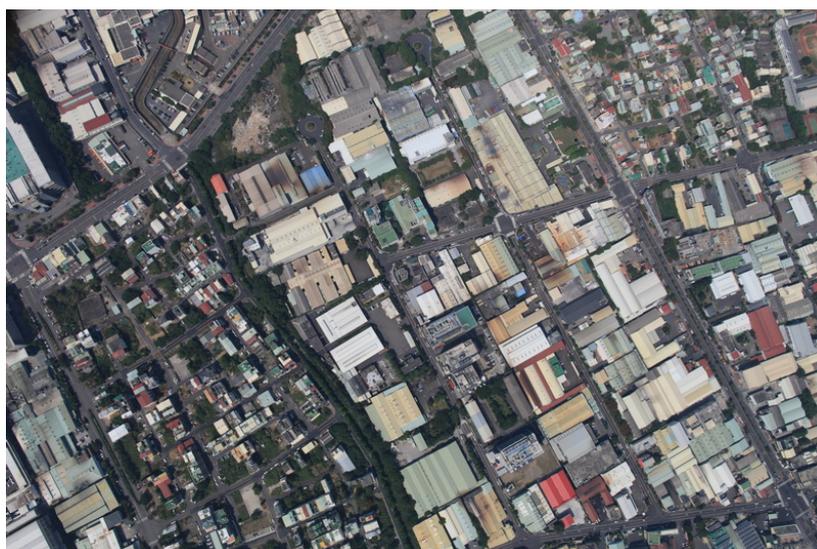


圖 4-125 南投南崗工業區 UAS 航拍影像

本年度航拍任務執行與影像處理共完成：(1) 緊急災害應變及國土監測變異分析作業 (3 區)。(2) 正射影像測製作業 (9 區)。(3) 基本圖測試作業 (2 區)。(4) 航遙測感應器系統校正場航拍作業 (1 區)。

其中 (2) 正射影像測製作業 (9 區) 以及 (3) 基本圖測試作業 (2 區)，其完成之正射影像於考量檢核點之平面誤差約 0.50 公尺，所有航拍區正射平面精度均符合「基本圖測製規範」中規定「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」之規定。

此外，正射影像測製作業有 6 個航拍區屬於協助航拍區，總計拍攝公里數約 600 公里，協助航拍面積達 4,764 公頃，初步達成運用國土測繪 1 號 UAS 協助其他政府機關進行航拍的目標。

在不考慮航拍取像時間，影像處理花費人力與時間因拍攝區域不同與航拍高度、甚至與地形而有相當大之差異，因此依目前處理經驗概算，欲完成一幅 1/5000 圖幅範圍之正射與地形圖，若控制與檢核採控制實體約需花 1 天/人；空中三角測量約 6 天/人；DEM 製作與編修約 5 天/人；正射影像製作與鑲嵌約 4 天/人；地形圖製作約 10 天/人。

第五章 影像處理軟體整合系統

影像處理整合作業的主要目的是配合國土測繪中心航拍影像處理需求辦理各種處理流程的整合，包括航拍任務規劃、影像快速鑲嵌拼接、災區空間資訊、局部區域圖資更新等，並能輸出 KML 或 KMZ 檔等功能。影像處理整合作業需以 ERDAS 軟體為基本平台。

本團隊於 100 年度專案中，已針對快速影像幾何鑲嵌、防救災應用影像處理、局部區域圖資更新等作業訂定標準作業流程，並於教育訓練時，提供相關作業之操作手冊。本年度已根據實際 UAS 航拍影像處理結果，針對影像幾何正鑲嵌、空中三角測量、及正射影像製作等訂定標準作業流程，並對去年已完成之操作手冊進行修正及擴充，以提供較完整之 UAS 航拍影像處理操作手冊。本專案所提「影像快速鑲嵌拼接」即針對緊急災害應變需求所設計之流程，而「災區空間資訊」除了針對災後的勘查及分析之外，亦具有國土變異監測之功能。

100 年度規劃整合系統之主要目的為整合 LPS、ORIMA 及 MATCH-T 等不同軟體之功能，同時提供檔案轉換及流程介面方便測繪中心使用。因本年度已另採購 e-ATE 軟體，其與 LPS 及 ORIMA 同樣架構於 IMAGINE 系統底下，因此已沒有檔案轉換之問題，故本年度僅針對流程介面進行整合，同時提供軟體操作說明供使用者隨時查閱。另第五章之整合系統之內容已包含「航拍任務規劃」、「影像快速鑲嵌拼接」、「災區空間資訊」、以及「局部區域圖資更新」等功能。至於自動影像快速影像鑲嵌為本團隊另行開發之軟體，可獨立於 IMAGINE 系統執行影像快速拼接，並無其他功能。

依據 100 年度專案之規劃，本案將發展一「航拍影像處理整合系統」，以整合 UAS 航拍影像處理之各項工作流程。本系統主要分成 4 項作業流程，分別為「航拍任務規劃」、「影像快速鑲嵌拼接」、「災區空間資訊」、及「局部區域圖資更新」等，其架構如圖 5-1 所示，各工作流程說明如下：

一、航拍任務規劃

此工作流程主要目的是根據航拍目標區範圍及相關航拍任務參數進行任務規劃，並產生飛行計畫檔，供實際航拍作業使用。系統將提供航線規劃、航線瀏覽與修正及飛行計畫檔輸出等功能。

二、影像快速鑲嵌拼接

此工作流程之主要目的是在取得 UAS 影像之後，快速進行影像鑲嵌拼接，以供拍攝區域之快速檢視或提供災害判釋及分析之用。此工作流程包括影像前處理、影像共軛點偵測及匹配、影像鑲嵌、套合及輸出等功能。

三、災區空間資訊

此工作流程的主要目的是以較嚴密的航測處理方式進行空中三角測量，並完成數值地形模型及鑲嵌正射影像等製作，以在災害發生後，可以進行精確的災害判釋及分析，如土方計算、變遷分析、災害地圖製作等等。土方計算及變遷分析功能中，將與國土測繪中心目前既有的地形資料及相關圖資進行比較。

四、局部區域圖資更新

此工作流程的主要目的是以嚴密的航測處理方式進行空中三角計算，並針對欲更新之區域進行地形圖之立體測繪及等高線測繪，最後對舊有圖資進行局部更新。

於 100 年度專案的系統規劃中，因採 Match-T 進行 DEM 計算，其與 ERDAS LPS 及 ORIMA 軟體係屬不同廠商開發之軟體，資料格式及介面皆有很大的差異，故 100 年度的規劃中特別針對兩種不同軟體之資料及流程介接進行整合設計。但今年度因已另行採購 ERDAS e-ATE 軟體取代 Match-T，e-ATE 同屬 ERDAS LPS 系統之軟體，故無去年度

所述資料及介面整合之問題，同時也降低了本影像處理流程整合工作之困難度。

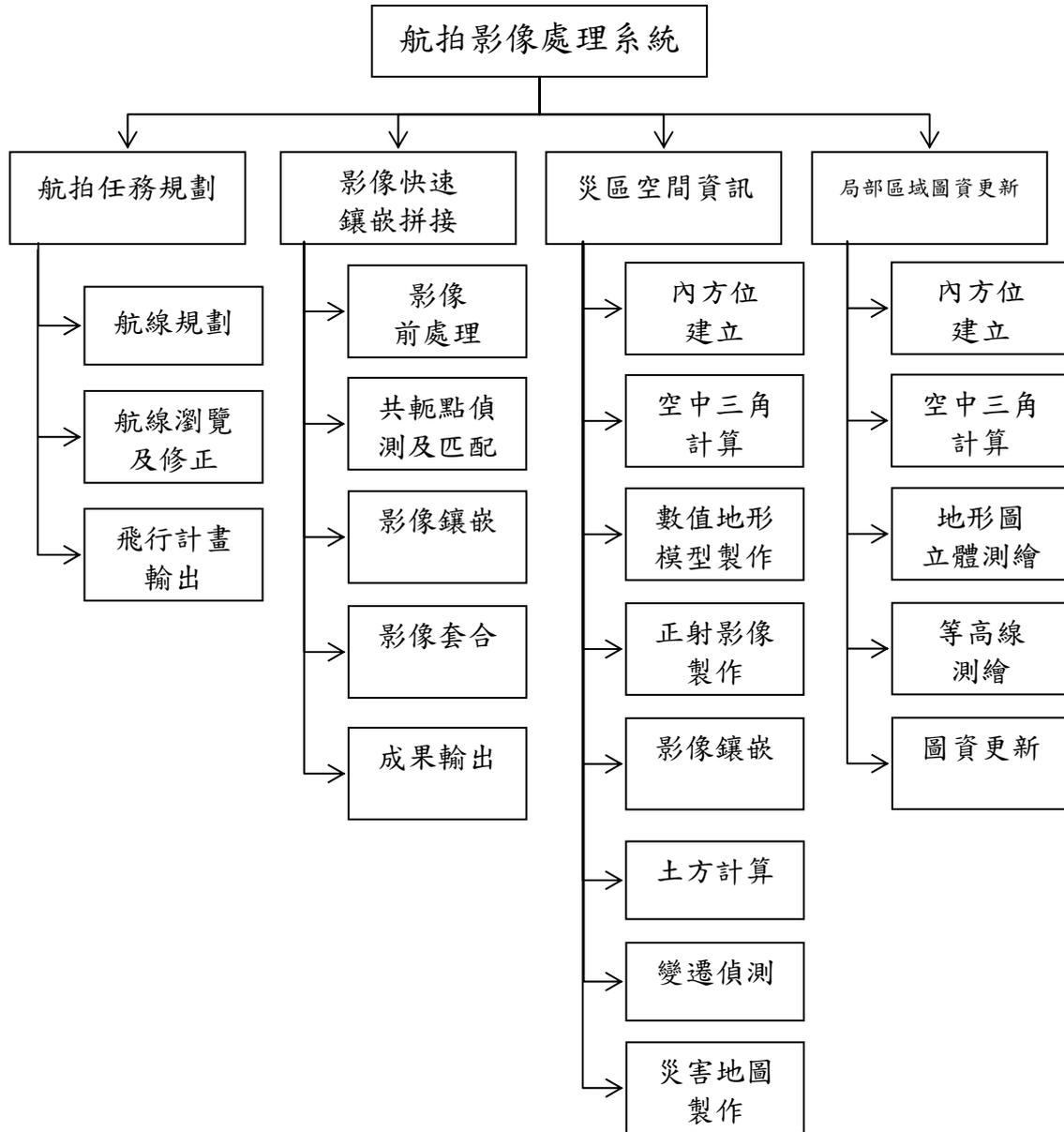


圖 5-1 航拍影像處理系統架構圖

另外，根據 101 年 4 月 27 日需求訪談紀錄：「影像處理整合之影像快速鑲嵌拼接子系統應開發自有程式，需能在不使用 LPS 軟體情況下獨立完成影像拼接作業」。為達此目的，本案特別針對圖 5-1 中的「影像快速鑲嵌拼接」處理流程，自行撰寫相關影像處理模組，開發影像快速鑲嵌拼接軟體，可獨立於 ERDAS 平台之外執行。相關細節請參考本章第二節。

第一節 航拍影像處理流程整合

影像處理整合作業係以 ERDAS 軟體為基本平台，利用 ERDAS IMAGINE 所提供的使用者介面將各個處理流程整合起來。圖 5-2 所示為利用 IMAGINE 的 Rinnon 介面，於 ERDAS IMAGINE 主程式選單中加入一個選單項目 UAVIPS (UAV Image Processing System)，並於其下一層選當當，分別加入航拍任務規劃(Mission Planning)、影像快速鑲嵌拼接(Image Mosaic)、災區空間資訊(Hazards Investigation)、及局部區域圖資更新(Mapping)等四個子系統。

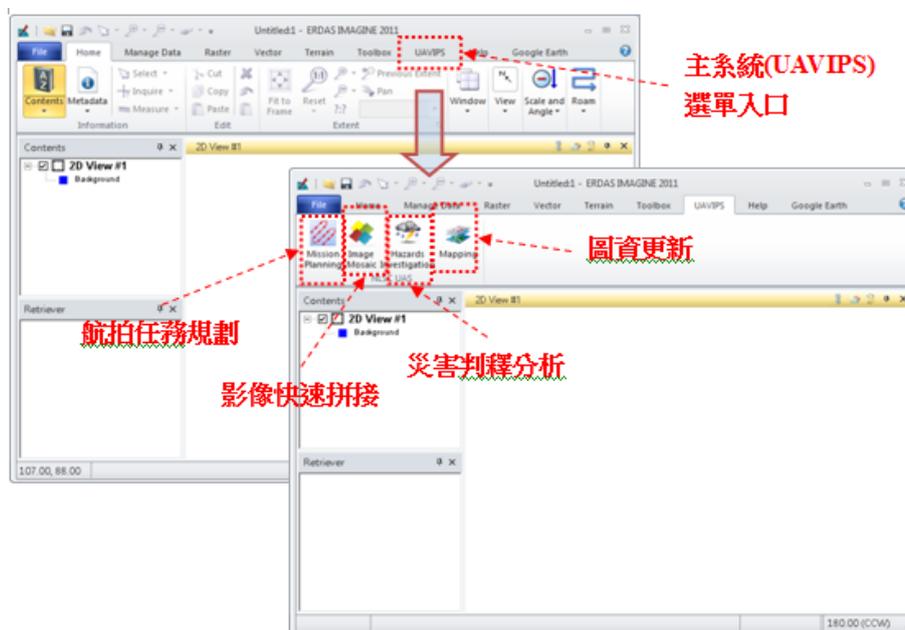


圖 5-2 系統使用者界面圖

一、航拍任務規劃流程整合

圖 5-3 所示為 100 年度所規劃之航線規劃作業流程圖，使用者輸入空拍區資訊、相機資訊及航拍任務參數後，利用本團隊所開發之航拍計畫計算軟體(EP, Easy Planning)及 UAV-MP (Mission Planner) 進行航線規劃，輸出飛行計畫之後可利用 Google Earth 瀏覽，亦可根據不同航拍任務需求更新飛行計畫。

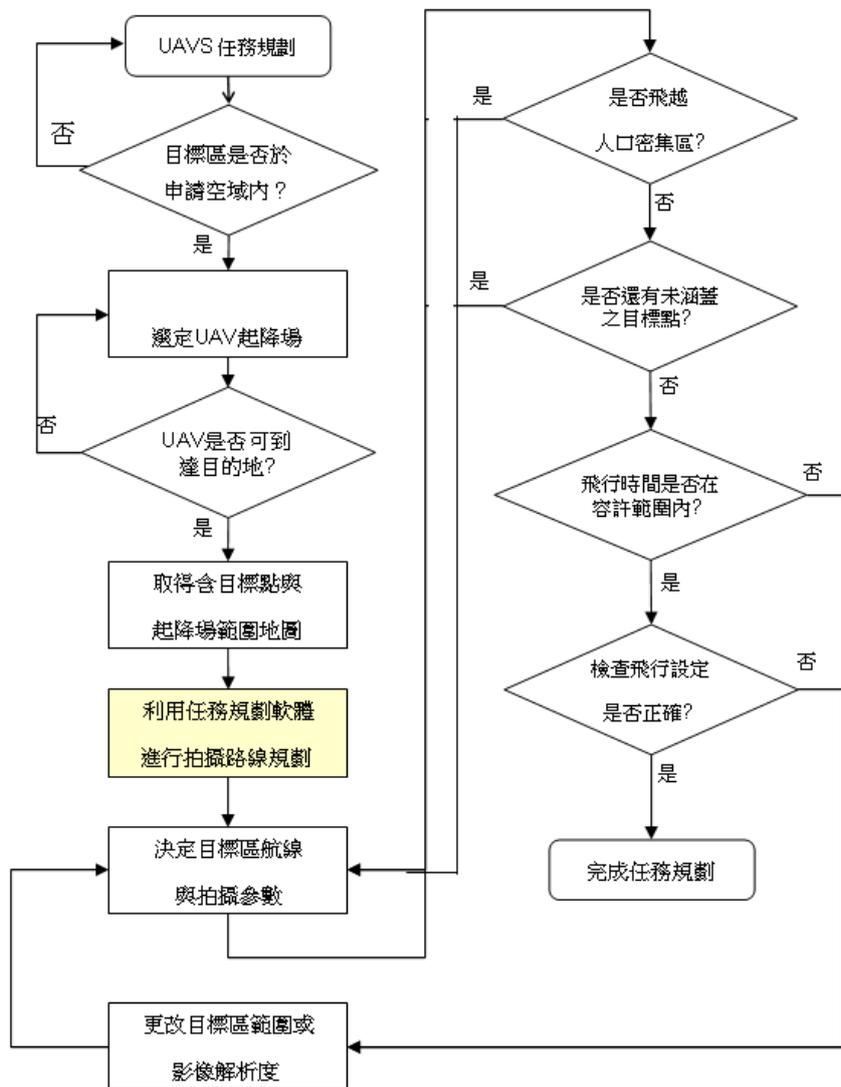


圖 5-3 航線規劃流程圖

根據此作業流程圖，所設計之航拍任務規劃功能選單如圖 5-4 所示。使用者先利用「航拍計畫計算軟體」建立基本飛行計畫後(如圖 5-5 所示)，再利航拍任務規劃軟體(UAV-MP)進行基本航線進一步的編輯及輸出，例如增加航點、調整飛行時間等、輸出成 kml 檔等，如圖 5-6。最後使用者可利用 Google Earth 顯示此飛行計畫於三度空間中之航路規劃。利用 Google Earth 三度空間之旋轉功能，可以輔助使用者從多方面檢視整個飛行計畫，如圖 5-7，確認飛行路徑上沒有地形衝突的疑慮。另外，如果飛行路線位於山區的話，也可以確認飛行路徑與周遭有衝突可能的地形。

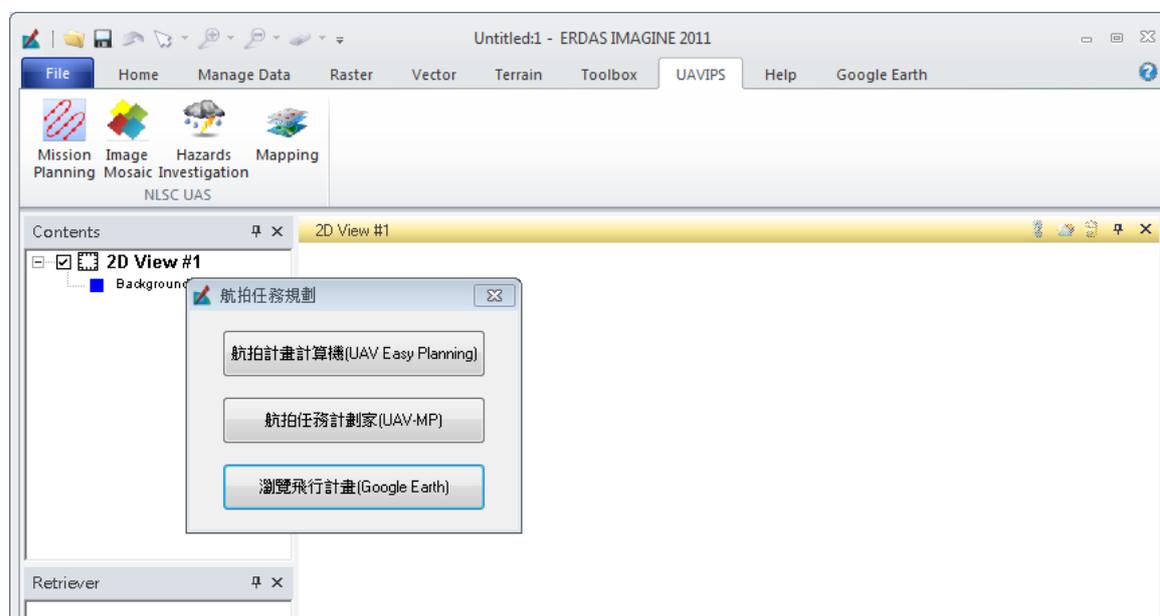


圖 5-4 航拍任務規劃之主選單

航拍計畫_計算機 v.3.3 (c) YZU_2011_1225 黃藍底覆位 => 輸入...

航拍區	121.45	23.67	離地高	749	航道長	4445	面寬	4071		
起降點	200	121.41	23.63	37	相片寬	1123	航帶數	6.96		
目標高	50	121.45	23.67	50	1562	29	面積	18.1		
緩衝長	2000	空速	54	相片高	749	時間距	4.1	航向	180	
	2200	1013	25	161.3	80	83	180	轉向	CCW	
	800	半徑	279	解析度	20	相片數	266			
	1	20	10.44	1/790	15	173	287			
總時間	76	像素	21.0	攝角	74	53	焦距	24	相機	5D-II
	27	6.4								

UAV 航拍計畫：空拍點 121.410, 23.670, AGL 749, 面積 4.4 x 4.1 = 18.1 平方公里
 航帶寬 562, 重疊 50%, 相片 83%, 航向 180, 轉向 CCW, 總衝 800

29, 航點總數
 1, 回收盤旋點, AGL 250 m, 空拍 27 min, 52 km, 飛行時間 76 min, 總航程 129 km
 1, 重複開始點
 29, 回收條件, 通過點數 相機 5D-II, 21 百萬像素, 24 mm, 解析度 20 cm
 86, 回收條件, 開機時間 [min] 相片面積 1123 x 749 m = 84.1 公頃, 相片總數 = 287

編號	經度	緯度	高度	空速	圈數	半徑	昇降率	PCU	說明
0	121.450000	23.670000	50	0	0	0	3.0	0	起降
1	121.447694	23.670965	300	54	2.0	210	3.0	0	起點 旁邊 250 m
2	121.445387	23.671930	2463	48	17.0	278	3.0	0	盤旋 爬升?
3	121.413429	23.685299	2749	48	0	250	3.0	0	
4	121.413429	23.671800	2749	54	0	1	3.0	29	航拍 起點
5	121.413429	23.628198	2749	54	0	1	3.0	22	時距 4.1 秒, 相片 83%
6	121.416209	23.620999	2749	54	-0.44	279	3.0	0	
7	121.418950	23.620999	2749	54	0	200	3.0	0	
8	121.418950	23.628198	2749	54	0	1	3.0	29	時距 8.9 秒, 相片 62%
9	121.418950	23.671800	2749	54	0	1	3.0	22	快門 0.2 秒
10	121.421730	23.678999	2749	54	0.44	279	3.0	0	

圖 5-5 航拍計畫計算軟體解算之結果

mission_planning_V6 421.vi

飛行總距離(km) 54.98 估算總飛行時間(min) 33.00

回收盤旋點 1 重複開始點 1

回收分數數 47 回收判斷航點 20

編號	經度	緯度	高度	空速	圈數	半徑	昇降率	p.1	p.2	地高	昇降率 (ft/min)
H	120.548000	22.778000	50	40	0.00	0	3.0	0	0	0.0	0.25
1	120.545700	22.777200	300	55	2.00	220	3.0	0	0	0.0	4.37
2	120.533400	22.814960	900	48	2.50	246	3.0	0	0	0.0	1.50
3	120.548050	22.814960	900	55	0.00	1	3.0	28	0	0.0	4.81
4	120.549490	22.814960	900	55	0.00	1	3.0	22	0	0.0	0.83
5	120.602760	22.817010	900	55	-0.44	247	3.0	0	0	0.0	0.25
6	120.602760	22.819230	900	55	0.00	200	3.0	0	0	0.0	0.80
7	120.549490	22.819230	900	55	0.00	1	3.0	28	0	0.0	4.81
8	120.548050	22.819230	900	55	0.00	1	3.0	22	0	0.0	0.83
9	120.540240	22.821270	900	55	0.44	247	3.0	0	0	0.0	0.25
10	120.540240	22.823490	900	55	0.00	200	3.0	0	0	0.0	0.80
11	120.548050	22.823490	900	55	0.00	1	3.0	28	0	0.0	4.81
12	120.549490	22.823490	900	55	0.00	1	3.0	22	0	0.0	0.83
13	120.602760	22.825540	900	55	-0.44	247	3.0	0	0	0.0	0.25
14	120.602760	22.827760	900	55	0.00	200	3.0	0	0	0.0	0.80
15	120.549490	22.827760	900	55	0.00	1	3.0	28	0	0.0	4.81
16	120.548050	22.827760	900	55	0.00	1	3.0	22	0	0.0	0.83

圖 5-6 以 UAV-MP 讀取航拍計畫計算軟體之飛行計畫



圖 5-7 以 Google Earth 檢視三維飛行計畫

二、影像快速鑲嵌拼接流程整合

圖 5-8 所示為 100 年度所規劃之影像快速鑲嵌拼接之作業流程圖，其主要目的是在 UAS 影像拍攝之後，快速進行影像空中三角解算、並完成影像鑲嵌或製作正射影像。

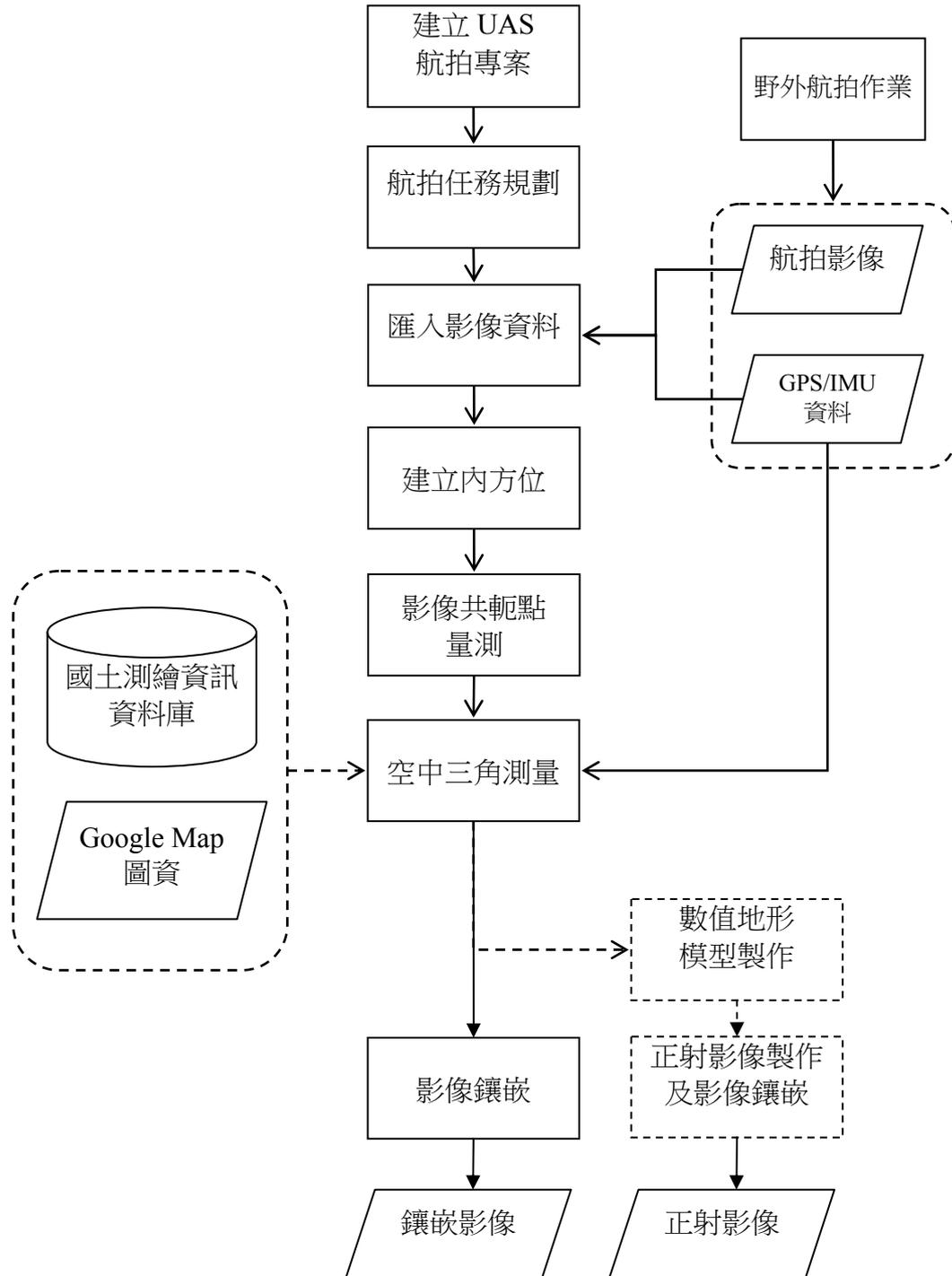


圖 5-8 快速影像鑲嵌拼接之作業流程圖

在圖 5-8 的流程圖中，使用者輸入包括 UAS 航拍影像、GPS/IMU 觀測資料，相機內方位資訊及少量的控制點等，系統主要功能包括影像初始方位資訊轉檔、影像連結點量測、空中三角計算、數值地形模型製作及影像鑲嵌等，輸出則為鑲嵌正射影像。上述功能中，除影像方位資訊轉檔程式由本團隊自行開發之外，其餘功能則由 ERDAS IMAGINE、LPS 及 ORIMA 軟體所完成。

圖 5-9 所示為影像快速鑲嵌拼接之功能選單，當取得 UAS 航拍影像及影像序號檔時，則可利用此功能進行方位參數轉檔，由於 GPS 定位坐標為 WGS84 坐標系統因此程式中會將 WGS84 經緯度坐標轉成 TWD97 直角坐標，並記錄成 LPS 的影像方位參數格式，如圖 5-10 所示。取得影像起始方位參數之後，即可依據 LPS 及 ORIMA 之操作流程，進行相機內方位參數設定、影像匯入、影像連結點量測及空中三角計算等步驟。圖 5-11 所示為輸入相機焦距、像主點等內方位參數，圖 5-12 為影像匯入畫面，之後根據所輸入之影像起始方位參數而建立之影像空間分布示意圖，檢查無誤之後，再利用 ORIMA 所提供之連結點量測功能（可以人工或自動化量測），進行連結點自動量測及匹配，如圖 5-13 所示。由於自動連結點量測可能產生匹配錯誤之情形，此時必須依賴使用者進一步進行檢查並除錯後，再進行空中三角測量計算，相關程序屬於 LPS 及 ORIMA 之操作過程，此於本案所提供之操作手冊中已有詳細說明，此處不再予以贅述。

由於大部分的操作流程及功能皆為軟體所提供，本系統僅提供大項流程之整合，無法深入到 LPS 及 ORIMA 軟體之細節操作，為了讓使用者更熟悉影像處理流程及軟體操作，本系統另製作 HTML 格式之使用手冊及輔助說明，並對應到特定的執行步驟，以方便使用者隨時查閱使用，如圖 5-14 所示。

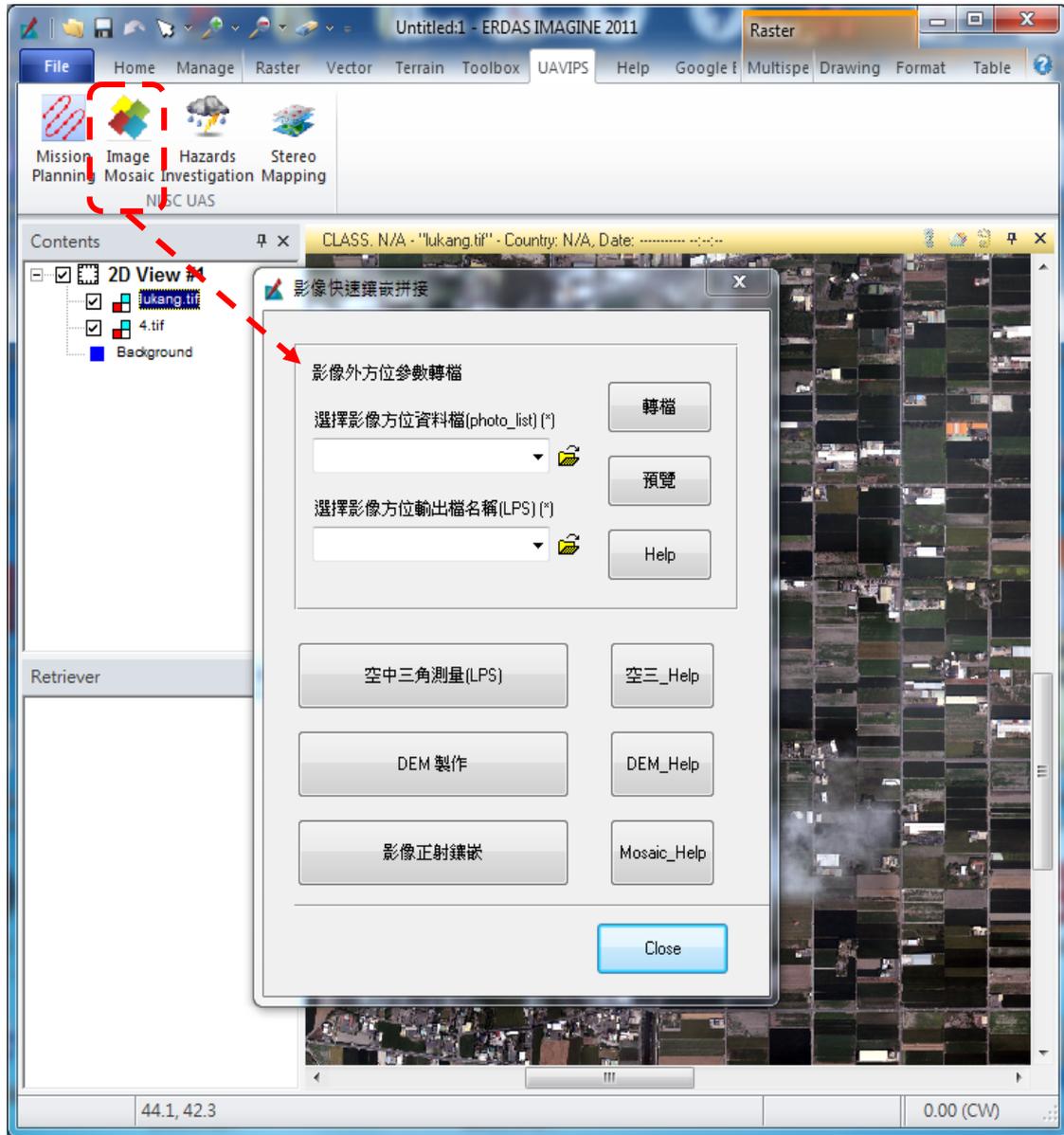


圖 5-9 快速影像鑲嵌拼接之主選單

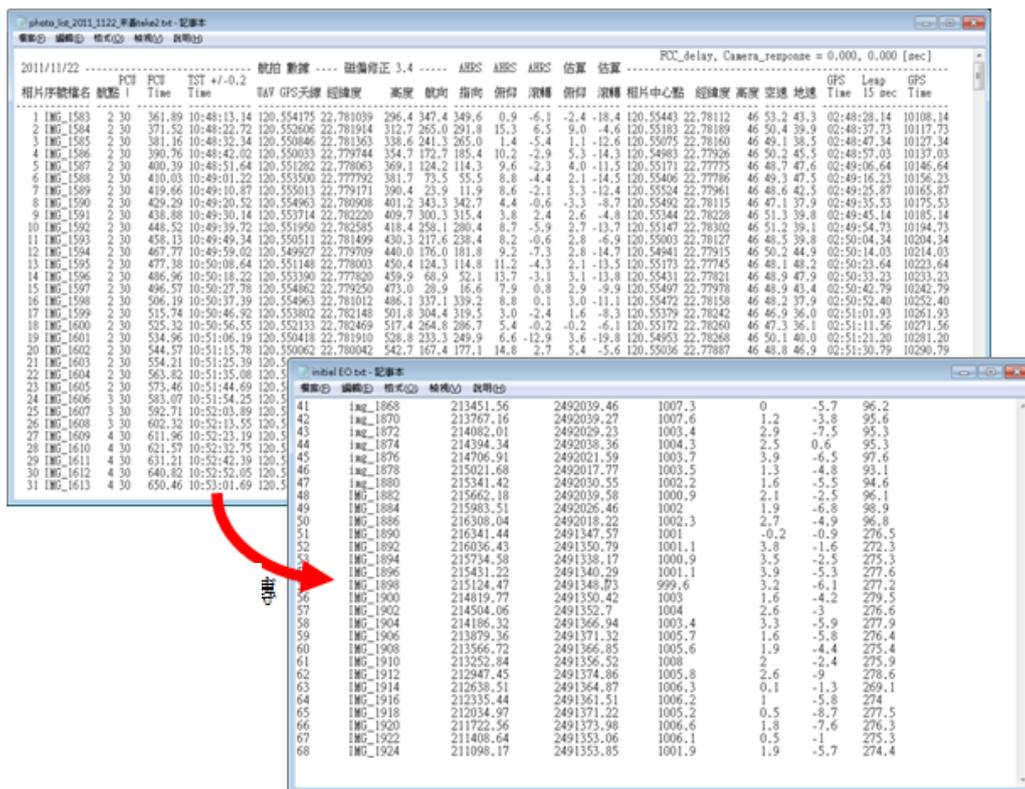


圖 5-10 影像外方位參數轉檔

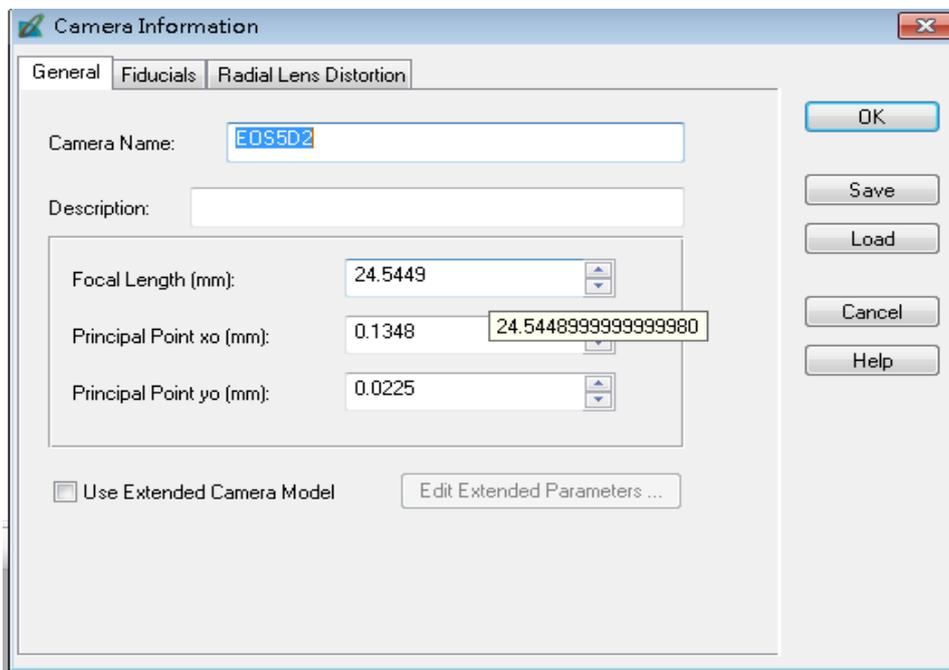


圖 5-11 相機內方位參數設定

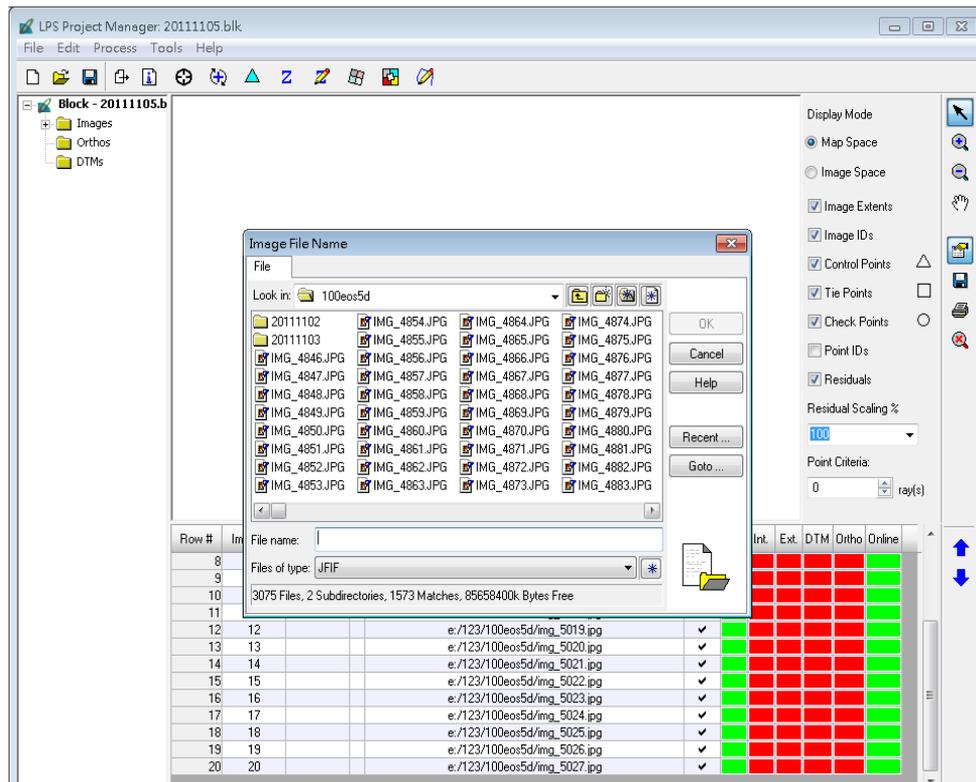


圖 5-12 影像匯入畫面

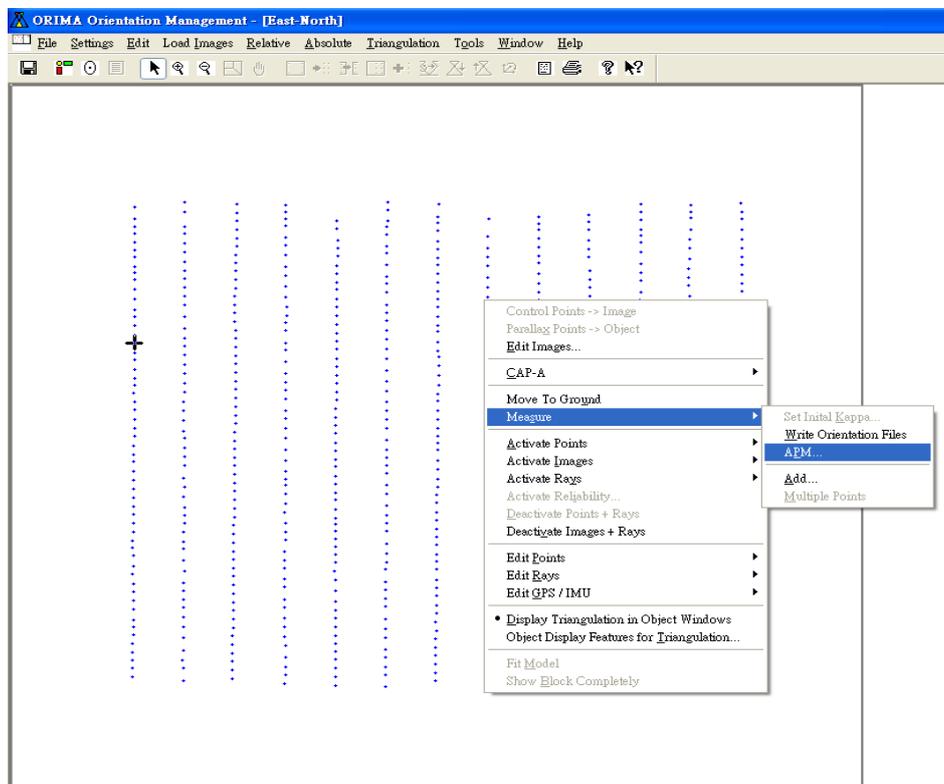


圖 5-13 利用 ORIMA 進行自動連結點量測及匹配

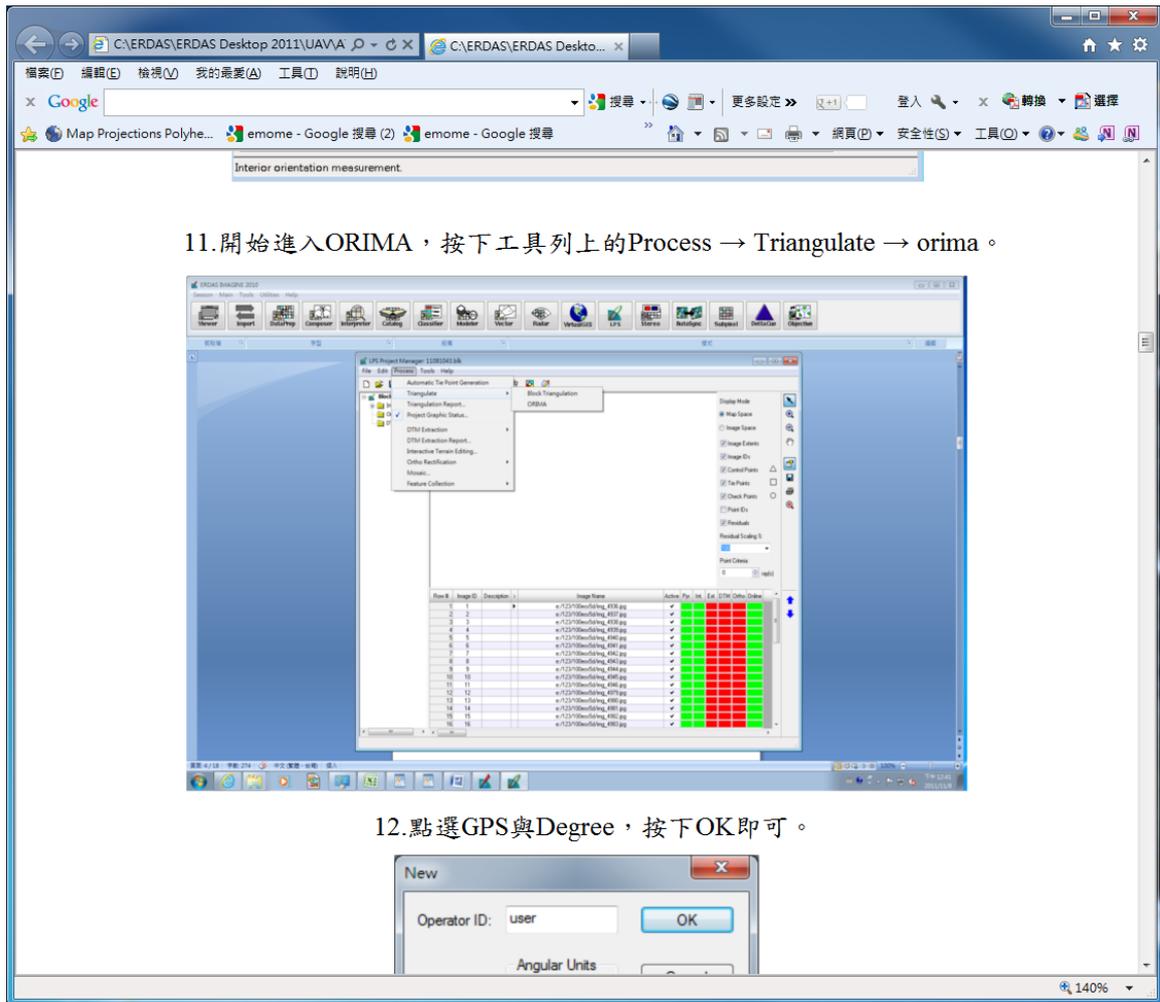


圖 5-14 系統提供 HTML 格式之使用說明

三、災區空間資訊流程整合

圖 5-15 為「災區空間資訊」之作業流程，其主要目的是以較嚴密方式進行空中三角平差，並完成數值地形模型及鑲嵌影像之製作，以提供災害判釋及分析之用，如土方計算、變遷分析、災害地圖製作等等。當掌握初步災情資訊後，若欲產製災區之三維空間資訊以利更進一步進行災情判釋分析與評估之時，可採用本子系統。此作業流程需要建立或蒐集已知控制點來供緊急測繪使用。

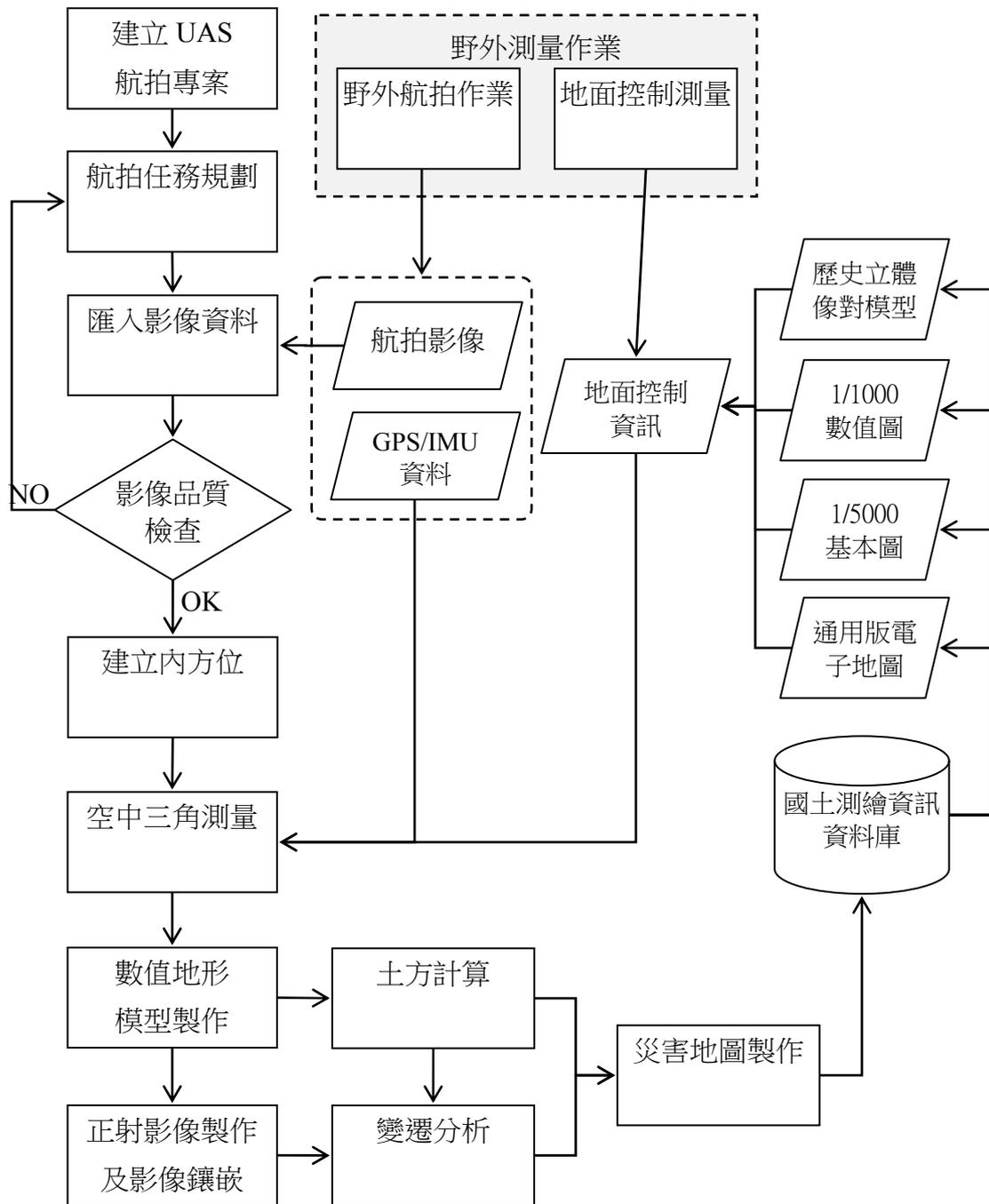


圖 5-15 UAS 應用於災區空間資訊之作業流程

由圖 5-15 可知，本系統的輸入將包括 UAS 航拍影像及 GPS 觀測資料，相機內方位資訊及足夠的控制點資訊，控制點資料可來自地面測量（測量事先布設好的人造航測標，或事後對自然點進行測量）、1/1000 及 1/5000 基本圖、通用版電子地圖或對歷史航照資料進行立

體觀測取得物體空間坐標等。系統功能包括空中三角計算、數值地形模型製作、及影像正射及鑲嵌等，若有相對應的前期 DEM 資料及正射影像，即可進行土方計算（DEM 差異量）及影像變遷分析等災害判釋之工作，其輸出成果為數值地形模型、正射及鑲嵌影像、土方計算結果及災害地圖等，可進一步應用於防救災之圖資。

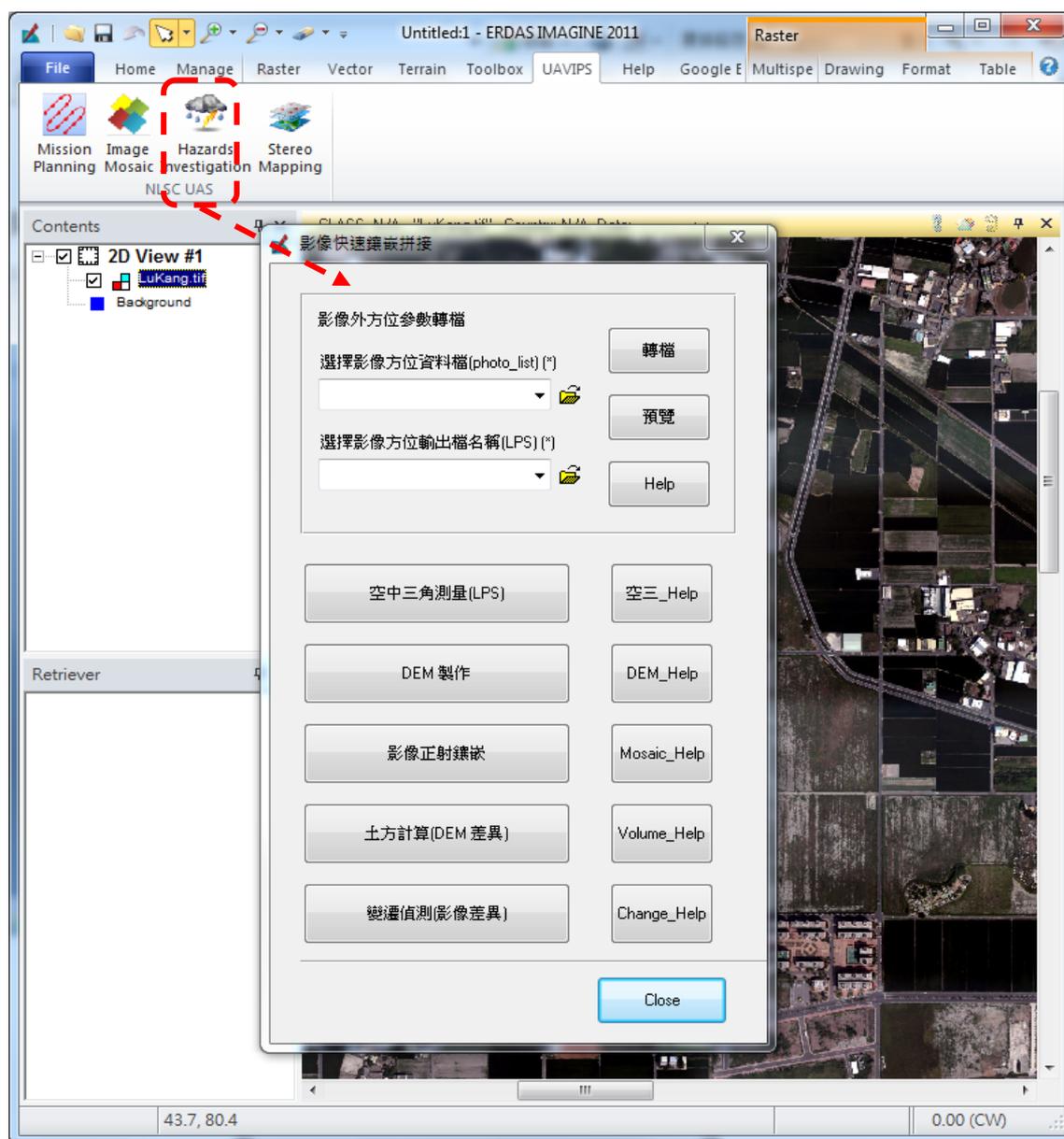


圖 5-16 災區空間資訊之主選單

圖 5-16 所示為災區空間資訊子系統之功能選單，當取得 UAS 影像後，先進行空中三角計算並製作 DEM 及正射影像後，即可與前期影像及 DEM 資料進行比較分析。圖 5-17 為 ERDAS IMAGEINE 所提供之 DEM 差異量計算之功能，使用者輸入前、後期 DEM 資料即可算出其差異量，並計算出土方崩塌或堆積位置。圖 5-18 為影像變遷分析之功能畫面，使用者輸入前、後期影像之後，即可進行影像差異比較，並輸出有變異之地點，亦可輸出 GIS 向量檔，以供進一步製作災害地圖或進行其他分析使用。

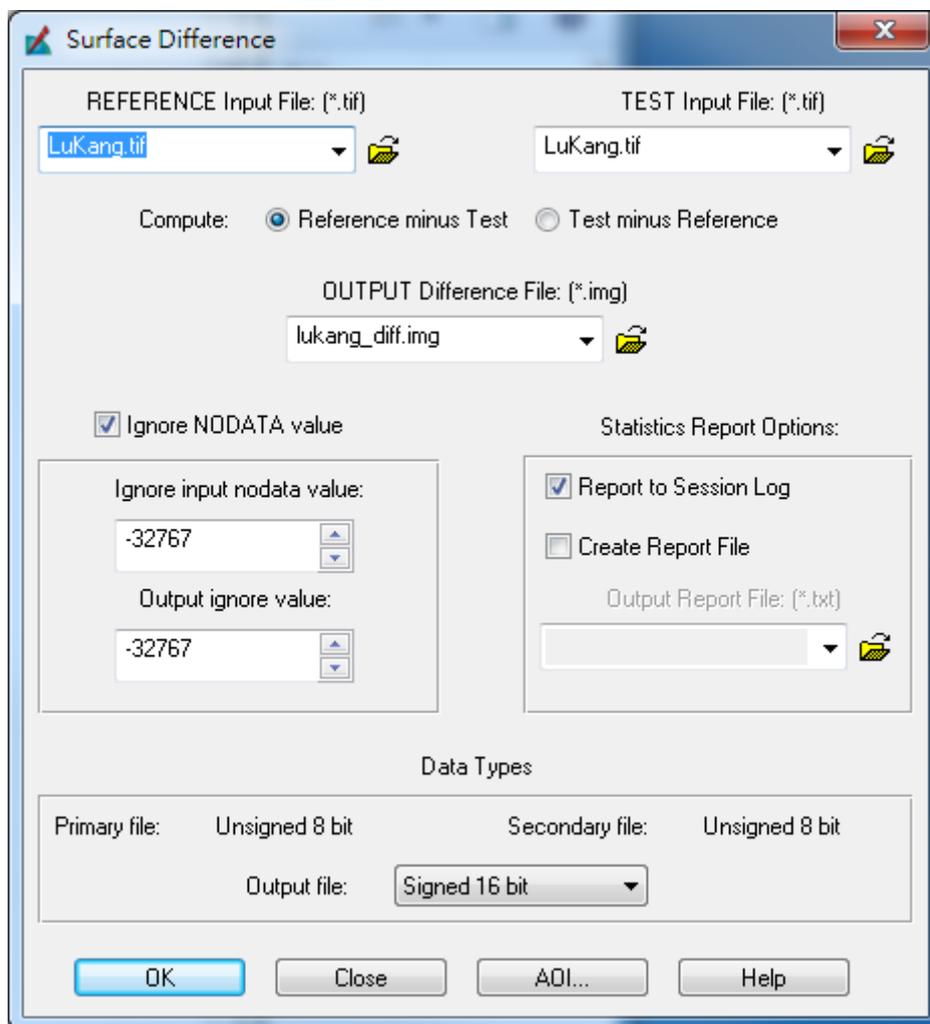


圖 5-17 高程差異計算之功能畫面

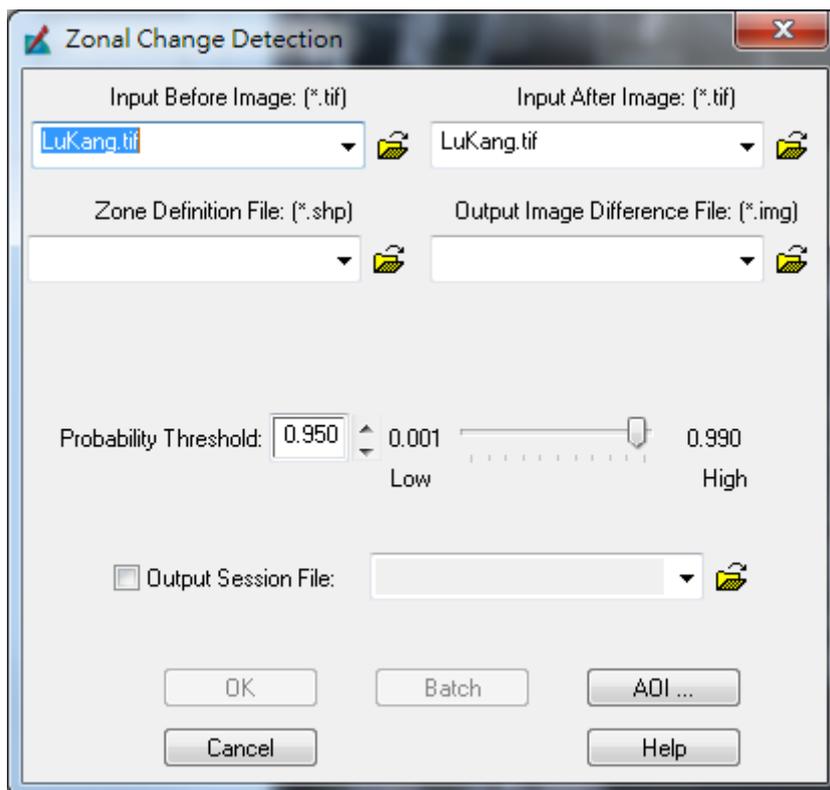


圖 5-18 影像變遷分析之功能畫面

四、局部區域圖資更新流程整合

圖 5-19 為局部區域圖資更新之作業流程，其主要目的是以嚴密方式進行空中三角計算，並針對欲更新之區域進行平面圖之立體測繪及等高線測繪，最後對舊有圖資進行局部更新。此作業流程需精度較高的地面控制資料，因此地面控制測量部分需依基本圖測製規範辦理，以符合控制點精度需求。

由圖 5-19 可知，本系統的輸入將包括 UAS 航拍影像及 GPS 觀測資料，相機內方位資訊及足夠的地面控制點資料，控制點資料需來自地面控制測量。系統功能包括空中三角測量、立體測繪平面圖、測繪等高線及更新圖資等。其輸出則為依據不同等級之基本圖測製規範所製作之地形圖，以更新特定之舊有圖資。

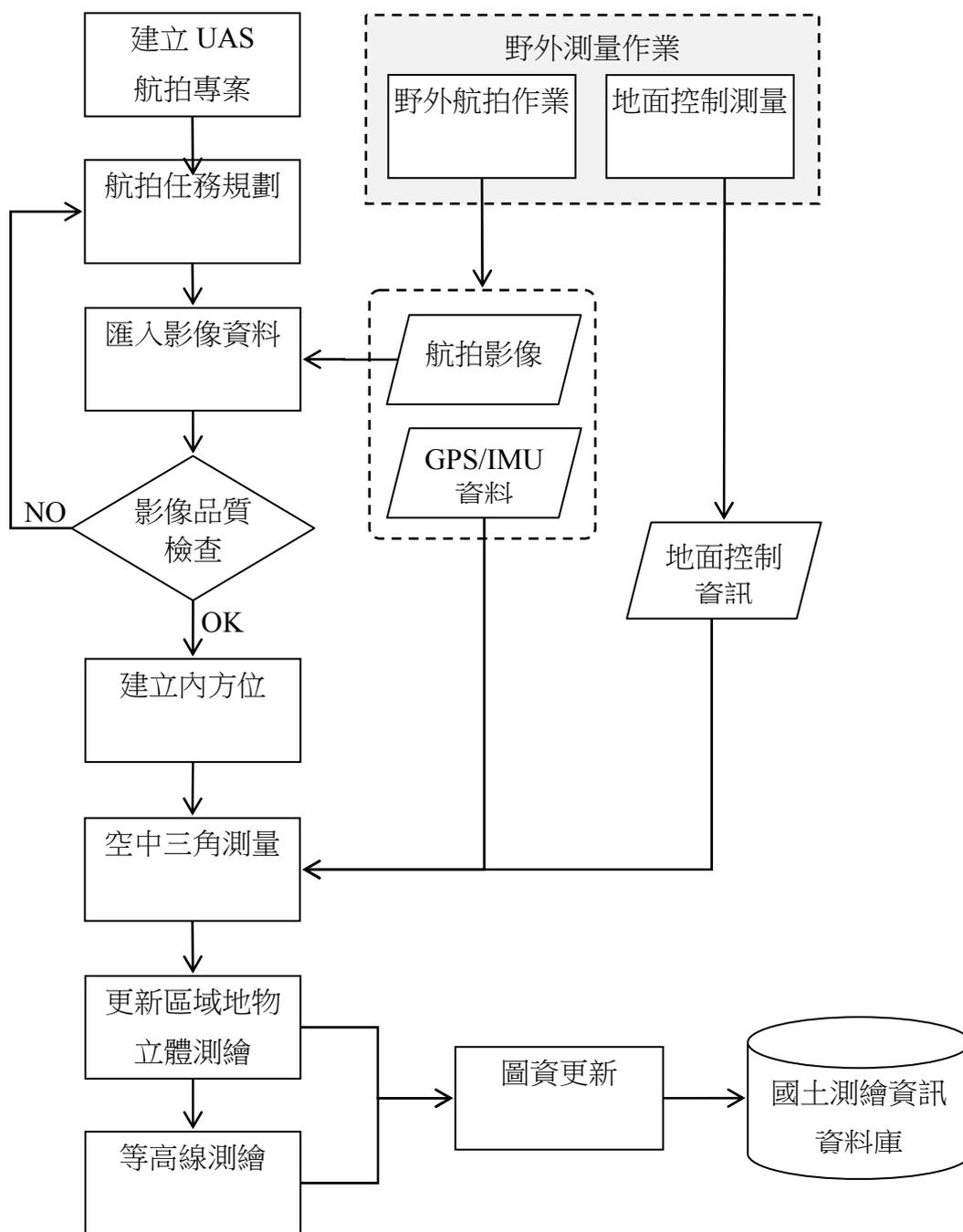


圖 5-19 局部區域圖資更新標準作業流程

圖 5-20 所示為局部區域圖資更新子系統之功能選單，當取得 UAS 影像後，先進行空中三角計算後，即可利用 ERDAS 軟體所提供之 Stereo Analyst 模組進行立體製圖之工作。

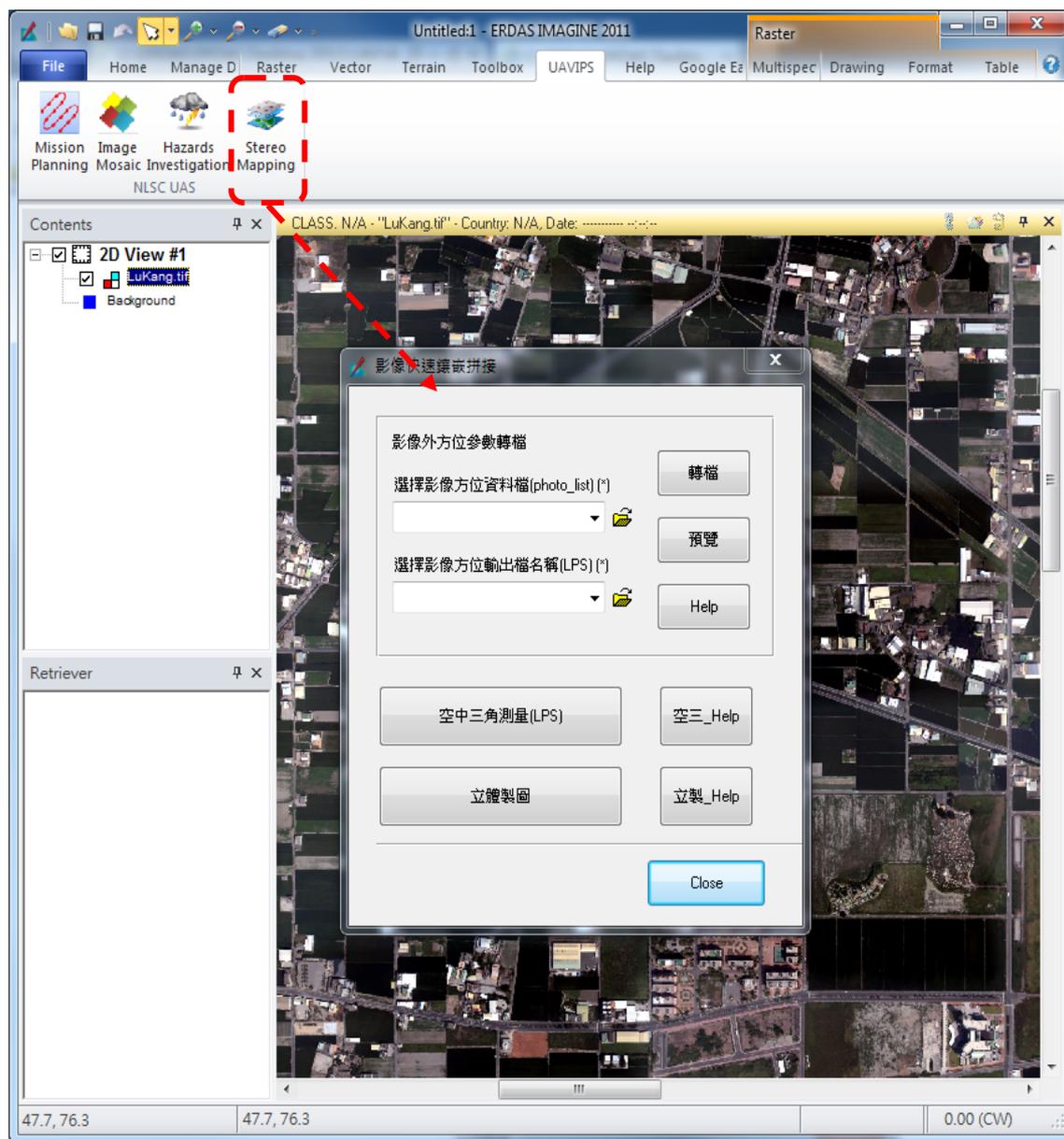


圖 5-20 局部區域圖資更新之主選單

第二節 開發影像快速鑲嵌拼接軟體

一、影像快速鑲嵌之處理流程

根據 101 年 4 月 27 日需求訪談記錄：「影像處理整合之影像快速鑲嵌拼接子系統應開發自有程式，需能在不使用 LPS 軟體情況下獨立完成影像拼接作業」。為達此目的，本案特別針對「影像快速鑲嵌拼接」處理流程，自行撰寫相關影像處理模組，開發影像快速鑲嵌拼接軟體，可獨立於 ERDAS 系統之外執行。

本案所使用之影像快速鑲嵌拼接流程如圖 5-21 所示。首先匯入 UAS 航拍影像，藉由 SURF (Speeded Up Robust Feature) 演算法 (Bay et al., 2008) 進行多張影像特徵萃取及匹配，同時進行錯誤特徵點偵測及濾除以獲得可靠之影像共軛特徵點資訊，最後藉由影像重疊關係之建立，選取最佳基準影像以進行影像鑲嵌作業。本程式目前僅利用 SURF 演算法即可計算影像間之相對方位並直接進行影像匹配，GPS 及 IMU 僅用來判斷重疊區域及挑選影像，後續將會考量其他影像匹配方法及整合 GPS/IMU 之效能。本項工作所使用之演算法簡要說明如下：

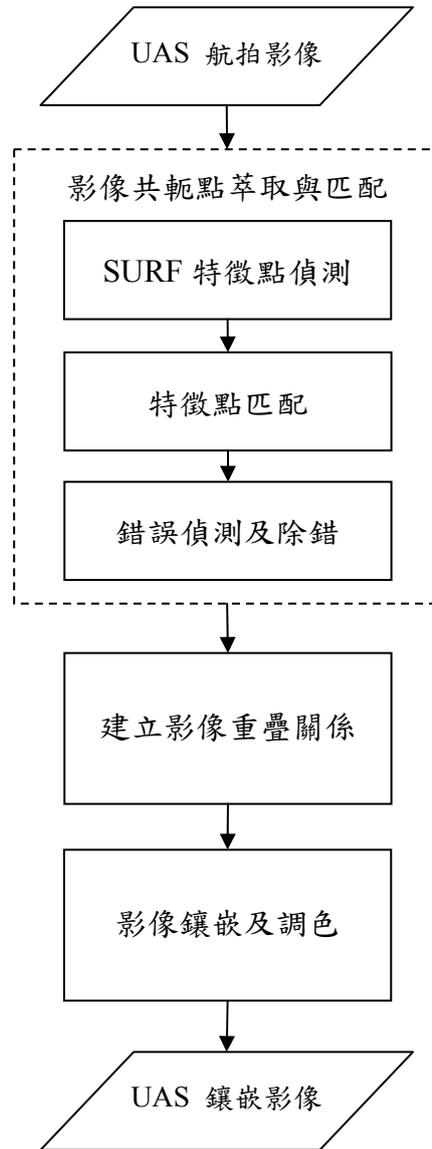


圖 5-21 快速影像鑲嵌之處理流程

(一) 影像共軛點萃取與匹配

本案利用SURF演算法進行影像特徵偵測並利用不同影像間各特徵點描述元中的描述向量(descriptor vector)進行共軛點匹配。理論上，不同影像上的一組共軛特徵點應具有一致的特徵描述向量；藉由計算兩特徵描述向量間的歐基里德距離可量化兩待匹配點之相似性並作為匹配依據。因此，特徵匹配程序包含全部影像特徵點之計算與比較，藉以找出所有可能的最佳共軛匹配對。特徵匹配結果目前已經可以用來解算相對方位，並計算影像對之間的投影轉換關係，對於影

像快鑲嵌之應用已經足夠。未來將進一步用來進行空三平差解算，以獲得更好的幾何改正。以下分別針對兩個主要階段程序進行說明：

1. SURF 特徵點偵測

SURF 特徵偵測是在尺度空間中尋找特徵明顯的候選點，其主要過程如下：

(1) 建構尺度空間與計算近似Hessian 矩陣的行列式值：

利用逐步放大的近似高斯濾波器對輸入影像之積分影像進行摺積(convolution)操作，形成輸入影像的尺度空間。SURF 尺度空間的建構不是基於影像逐步縮小進行的，而是用不同大小的濾波器對同一幅影像進行操作以確保影像高頻資訊的保留，再藉由近似 Hessian 矩陣的行列式作為特徵點強度值。

(2) 極值點偵測和定位：

針對尺度空間中的每個像元(每一階的第一層和最後一層除外)與該像元同層的相鄰八個像元以及上下兩層的九個相鄰像元進行比較後得到局部極大值和極小值點。然後利用三維二次方程的泰勒展開式進行曲面擬合藉以確定特徵點精確位置，並紀錄該特徵點坐標及尺度以便後續進行確定特徵點之主方向及特徵向量的確立。

待確定各特徵點位置後，根據特徵點鄰近區域範圍內的灰度統計資訊計算主方向和特徵向量來建構該點位之特徵描述元，其程序說明如下：

(1) 確定 SURF 特徵點之主方向：

以該特徵點為圓心，針對半徑為 6σ 的圓形區域內所有像元 (σ 為特徵點所在的尺度)，統計 x 和 y 方向上的 Haar 小波回應 d_x

與 d_y ，使每個像元都有一個對應的 Haar 小波回應值 $H_p(d_x, d_y)$ 。其中，Haar 小波回應是利用相應的 Haar 小波濾波器和積分影像進行摺積而得，然後通過一個大小為 3π 的扇形滑動視窗對所有小波回應計算總和，取長度最長的方向作為特徵點主方向。

(2) 基於 Haar 小波回應建構特徵描述元：

SURF 特徵點的特徵向量是以特徵點為中心針對與主方向平行的方形區域進行處理。為確保獲得的特徵向量具有旋轉不變性，需旋轉該方形區域使之與特徵點的主方向平行，然後將此方形區域建構出 64 維的特徵向量，亦或擴展至 128 維使描述元更具有特徵代表性。然而利用 128 維的描述元進行匹配可提高可靠度和穩健性，但相對匹配時間會大幅度提高而影響匹配效率。

圖 5-22 為 SURF 特徵點萃取之結果，因為影像成像之幾何關係及拍攝角度、日照條件之影像，造成前後或左右重疊率之兩張影像的亮度或對比性並不一致，使得找出來的 SURF 特徵亦會有不一致的結果。。

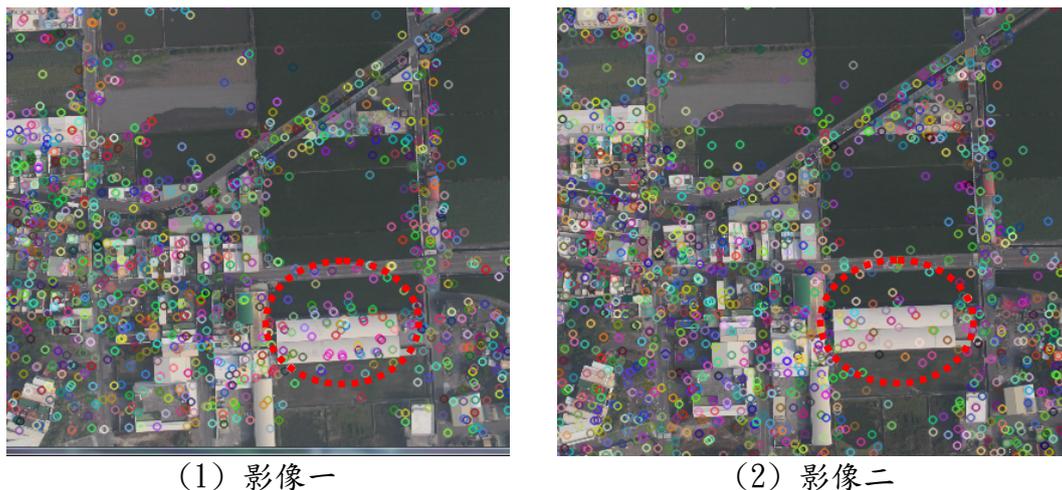


圖 5-22 初始匹配成果

2. 特徵點描述元匹配

SURF 特徵點的描述元匹配(descriptor matching)是以兩特徵點間之描述元向量距離相似性作為判斷依據。為加快匹配點搜尋效率，可利用結構式搜尋演算法如 K-D 樹，找到與待匹配點距離最小和次最小之特徵點，再根據最小距離與次最小距離的比率判斷是否接受為匹配點對。然而，若影像內容包含重複或相似物件樣式(如同調紋理等)，則特徵點位之特徵向量可能不會為獨特且唯一，如此將造成此大量錯誤的匹配成果，直接影響後續影像快速套合之成效。圖 5-22 呈現一對影像之 SURF 匹配成果，其中黃色點為匹配點而藍色與紅色分別為各影像偵測之特徵點位；白色虛線則標示出具錯誤匹配區域。因此，為獲得可靠且正確影像共軛點，必須對 SURF 初始匹配成果進行錯誤偵測及濾除。

(二) 錯誤點之偵測及消除

1. 核線幾何

本案利用影像對之間的核線條件建立兩影像之間的透視投影關係，核線的示意圖如圖 5-23 所示， O_L 及 O_R 分別為左右兩張影像的透視中心位置，在物空間中點位 P 分別投影至兩張影像之 p_L 及 p_R ， B 為兩張影像的攝影基線，並且分別與兩張影像的延伸平面交於 e_L 與 e_R 點，此點為稱之為核極(epipole)，同時也是兩個透視中心在另一張影像上的成像位置。左像投影中心 O_L 與物點 P 的連線 O_L-P 投影到左像時為一個點 p_L ，但直線 O_L-P 投影到右像時卻是一條直線，即圖中投影點 p_L 與核極 e_R 的連線 p_R-e_R ，此線即稱之為核線(epipolar line)。由於中心透視投影的關係，空間中所有點的核線皆交會於該影像上的核極。

在雙像投影幾何中，兩影像共軛點間的對應關係可用一基礎矩陣(fundamental matrix) F 來描述，若左像點 p_L 對應到右像的核線表示為 Fp_L ，又右像共軛點 p_R 必定位在此核線上，因此得核線約制條件為：

$$p_R^T F p_L = 0$$

若 p_L 之影像坐標為 (u_L, v_L) ，則上式可表示為

$$\begin{bmatrix} u_L & u_R & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_{11} & F_{12} & F_{13} \\ F_{21} & F_{22} & F_{23} \\ F_{31} & F_{32} & F_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_R \\ v_R \\ 1 \end{bmatrix}$$

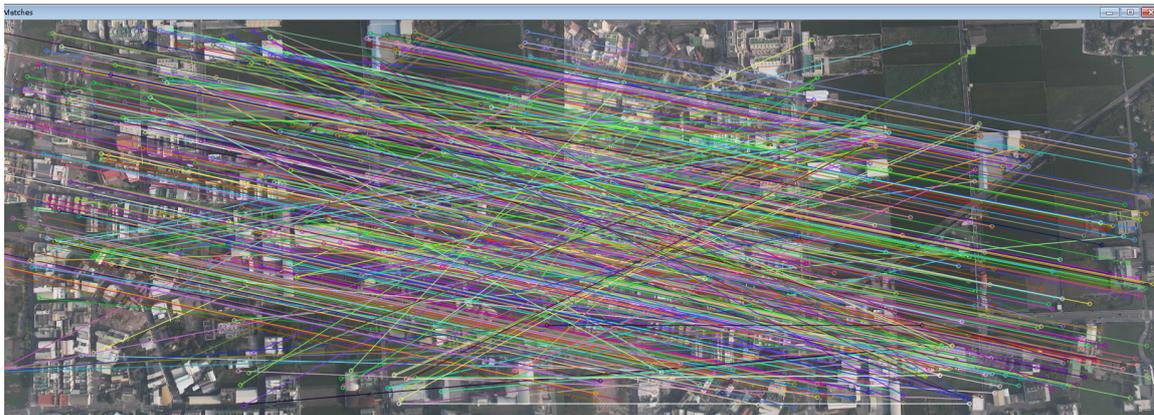


圖 5-23 特徵描述元之匹配結果

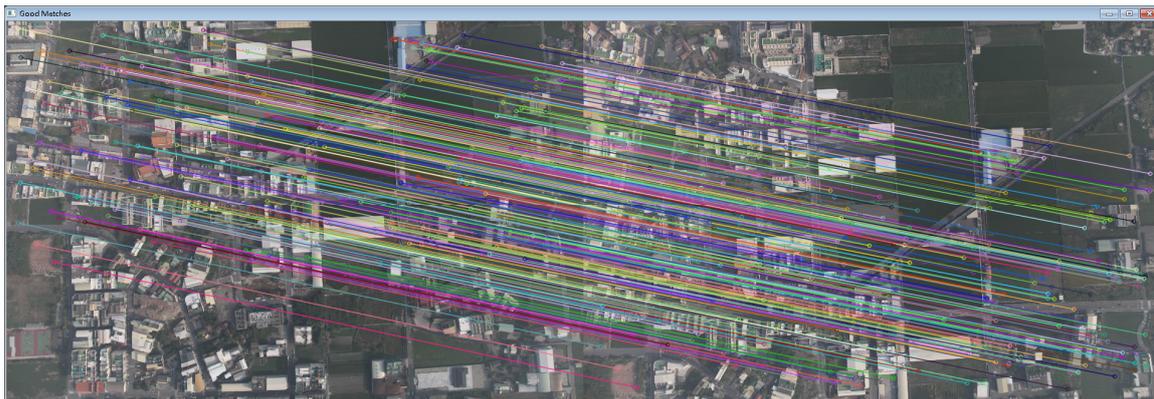


圖 5-24 加入核線幾何及 RANSAC 演算法之匹配結果

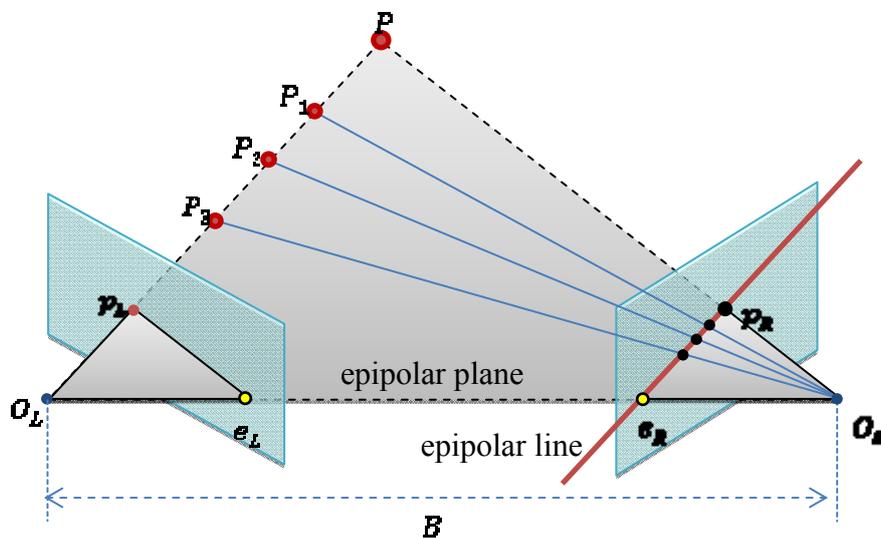


圖 5-25 核線幾何

2. 隨機抽樣一致演算法 (RANSAC) 除錯

隨機抽樣一致演算法(RANdom SAmples Consensus, RANSAC) 由 Fischler 和 Bolles 於 1981 年所提出。其利用利用迭代及隨機取樣的方式，從一組包含有錯誤或「離群」(outliers)的資料中，估算出特定數學模型中待求解之未知參數。將 RANSAC 運用於核線幾何時，首先隨機選取兩個點形成一條直線，離這條直線一定距離的點稱為內群(inliers)，經隨機選擇重複之後，具有最大內群特徵點的直線即被當做是待求的直線。圖 5-24 呈現相同位置濾除錯誤後的成果。其中，白色三角網端點為原匹配點位，紅色點代表錯誤濾除後的正確匹配點。

(三) 建立影像間重疊關係

完成多張影像特徵偵測與匹配後，即可建立各影像間的相對方位並進行鑲嵌。然而本專案之 UAS 航拍影像無論是前後重疊率或航帶重疊率皆相當高，若每一像對皆進行特徵匹配及相對方位計算，勢必花費相當多時間。因此，如何挑選適當的影像進行匹配及鑲嵌為快速影像鑲嵌的關鍵議題。由於每一張 UAS 航拍影像皆記錄有拍攝時之位置及姿態等定位資訊，因此可利用此定位資訊挑選適當的影像進行影像匹配及拼接，以提升鑲嵌速度。若無定位資訊，亦可利用前述所計算之影像轉換關係進行各影像之間的關聯分析，並找出一張基準影像後即可進行影像鑲嵌。



圖 5-26 像對影像之拼接結果

二、軟體介面

本案所開發「影像快速鑲嵌拼接軟體」之介面相當簡潔，圖 5-27 所示為其程式介面，使用者僅需開啟影像，一次選擇多張影像後，即可由軟體自動進行特徵點萃取、匹配及拼接之工作如圖 5-28 所示。使用者可於此軟體介面中瀏覽原始影像或拼接影像。拼接後之影像可儲存下來供後續分析使用。

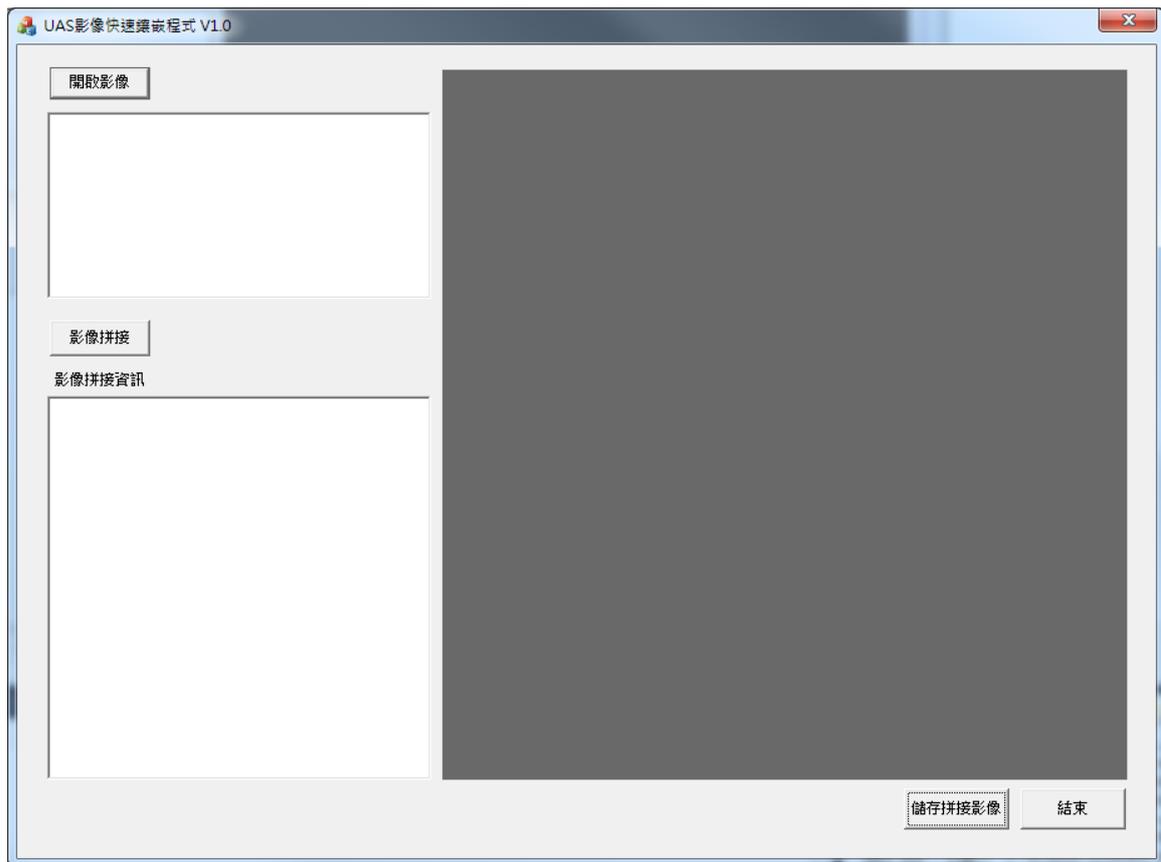


圖 5-27 影像快速鑲嵌拼接軟體介面

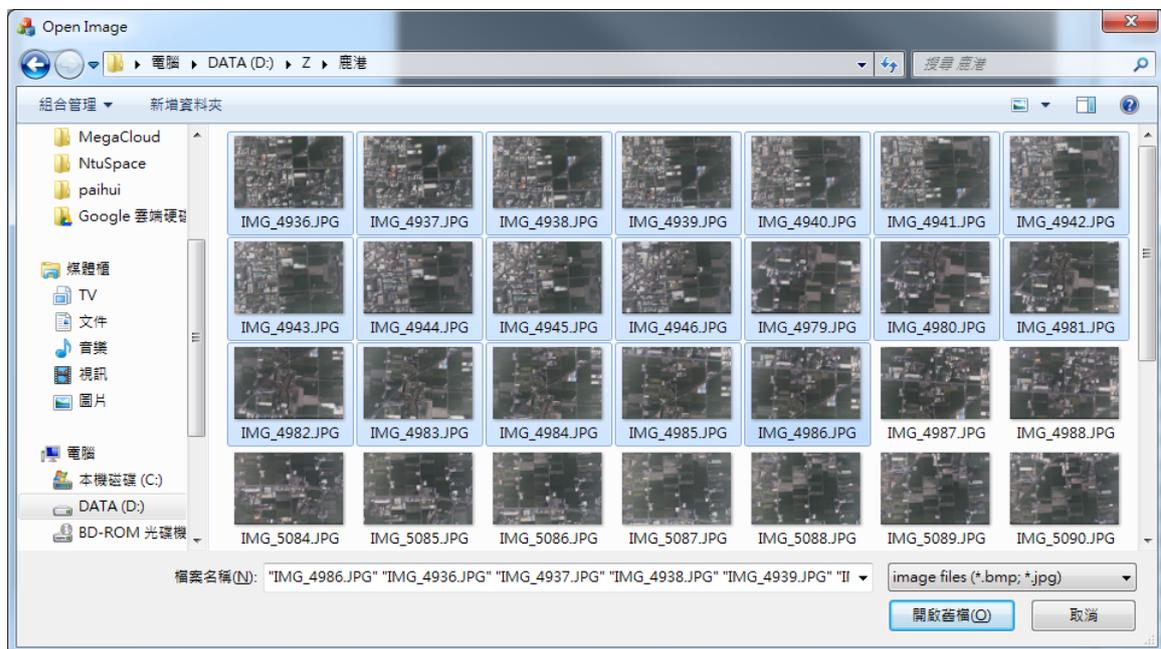


圖 5-28 多張影像選取介面

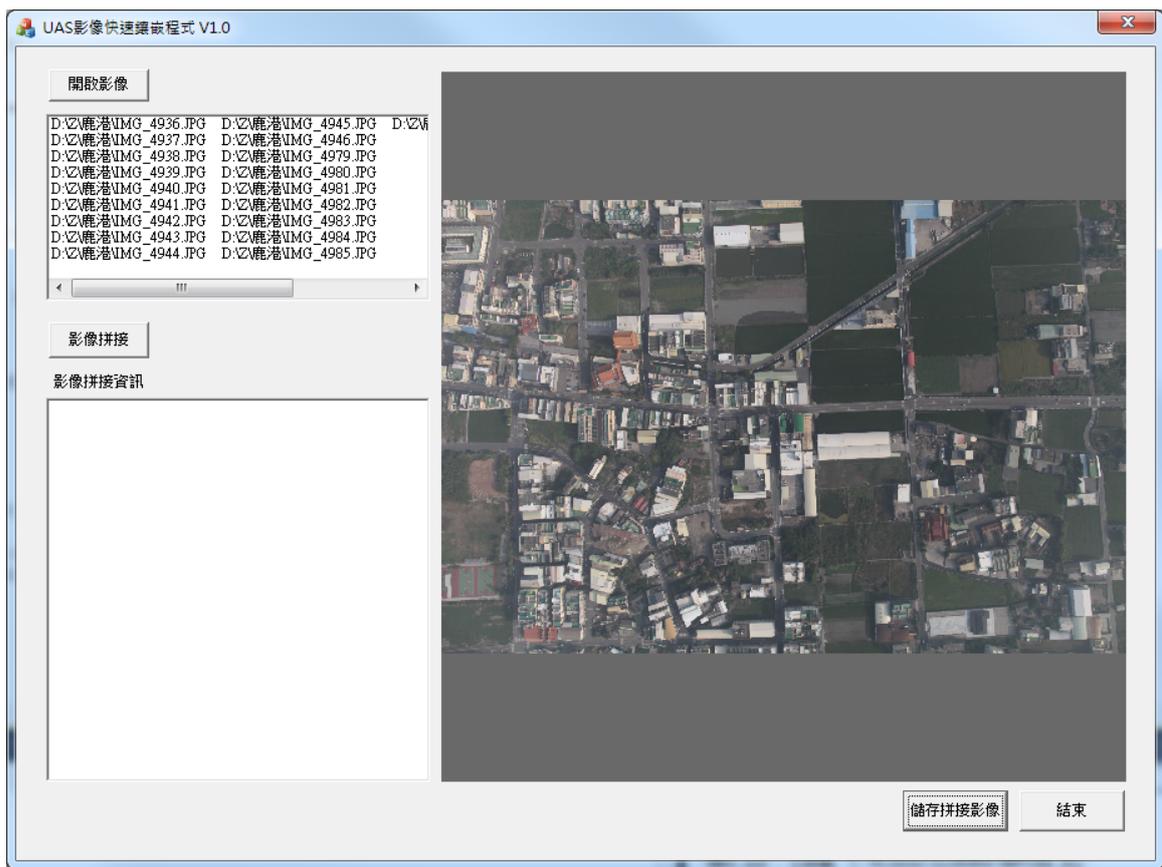


圖 5-29 影像瀏覽介面

三、實際測試與分析

為驗證所發展之快速影像自動鑲嵌之處理流程，以下從 100 年度鹿港地區之 UAS 航拍影像資料中挑選兩區域影像進行測試，測試成果說明於下。

(一) 測試區一

測試區一中使用 21 張影像，如圖 5-30 所示。此階段影像為 UAS 爬升階段所拍攝之影像，各影像僅能描述局部小區域且姿態變異較明顯，單憑各張影像並無法有效了解場景資訊，因此希望藉由本自動快速影像鑲嵌程序提供該區域較完整的視覺化呈現。影像套合成果如圖 5-31 所示，約需 46 秒完成鑲嵌程序。



圖 5-30 測試區一 UAV 影像

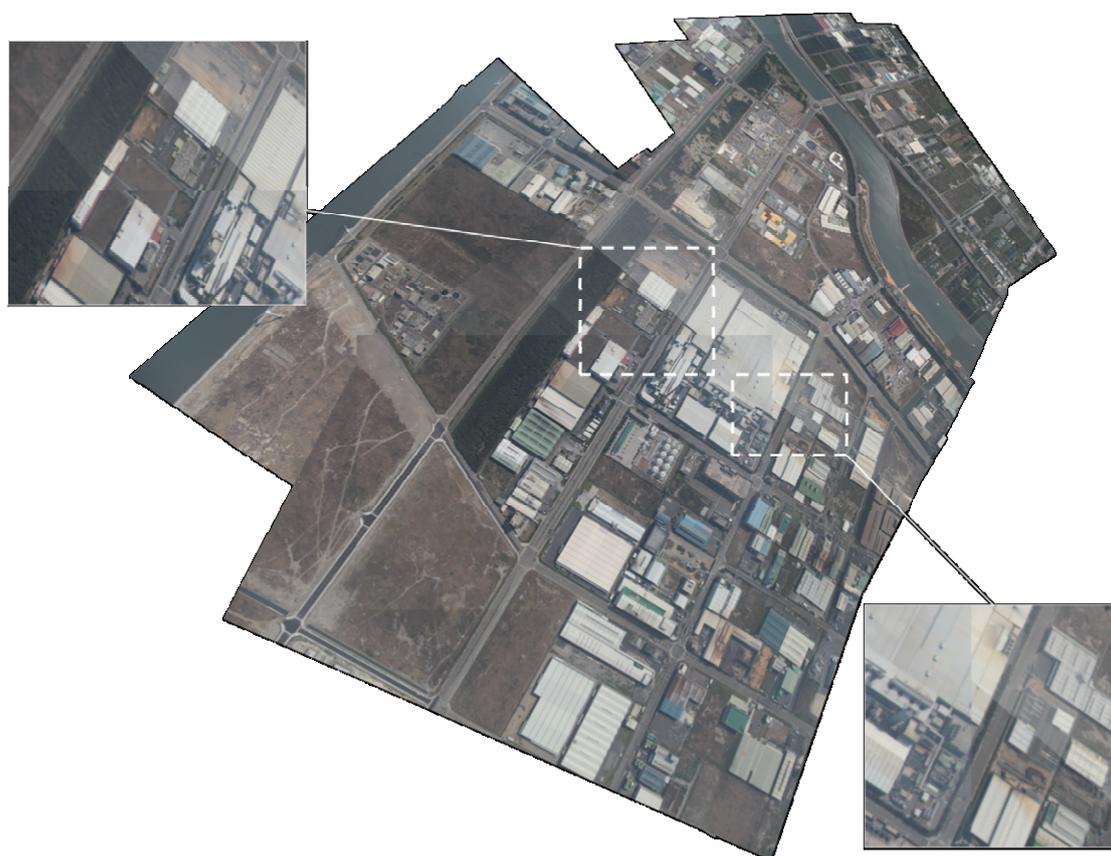


圖 5-31 影像套合成果

(二) 測試區二

測試區二包含單一航帶具有高重疊率之 40 張影像，如圖 5-32 所示。其中，影像中具有部分較大的幾何變異(因 UAS 載具改變航向)，希望藉由此測試驗證鑲嵌程序之實用性，並測試目前程序處理多張影

像資料之成效。影像套合成果如圖 5-33 所示。

測試中 40 張影像約需 78 秒完成套合程序，由圖 5-33 中局部放大區域可發現大部分影像接合邊緣在幾何連接上皆呈現一致性。然而部分區域恐因該影像邊緣區域缺乏共軛點特徵加以約制，造成邊緣接合不一致。目前影像鑲嵌程序僅考量影像連接關係便全部進行鑲嵌，未嚴謹考量影像品質或幾何，後續建議可在滿足涵蓋區域範圍的前提下，針對待鑲嵌影像進行自動篩選，如影像品質、影像幾何變異(可由轉換參數判讀)，藉由符合篩選機制的組合進行影像套合則可獲得較佳的視覺成果。



圖 5-32 測試區二 UAV 影像



圖 5-33 影像套合成果

第陸章 提升 UAS 安全機制方案與研擬 UAS 航拍作業規範

第一節 提升 UAS 安全機制方案

UAS 的作業安全是由許多的環節串連而成，除了 UAS 本身的可靠度外，作業人員也需要遵守作業流程，並定期的進行機體的維護以確保任務的執行安全。本章節就 UAV 機體、UAV 起飛、降落階段的注意事項與天候、空域等問題及遇緊急情況採用傘降的替代方案進行探討，作為後續執行任務或設計系統時的參考。

運用 UAS 執行航拍任務，因沒有作業人員於飛機上直接監控任務，如何確保任務之安全，為 UAS 作業重大課題之一。本團隊執行 UAS 任務達 700 次以上，累積飛行時數亦達 700 小時以上。任務內容包含海上、陸上、山區之各種監控與航拍任務，執行期間亦曾因機械故障、飛控電腦程式錯誤或飛行控制失誤等原因造成 UAV 之失事，本團隊由錯誤經驗中學習並累積提升整體可靠度之方式。

一、UAS 作業安全機制考量

UAV 本體部分，包含飛機的外殼，各舵面之連桿，發動機（引擎）之性能與起落架之強度直接影響到飛機本身的控制性、剛性與重複使用性。本案中所採用之 UAV 係由複合材料打造之機體結構，在強度與剛性上面足夠提供一定之均一性，確保飛機在相同的狀態下進行拍攝任務。此外強化的舵面與連桿機構，也讓飛機的入場保養時間可以延長至每 50 個飛行小時回廠檢修一次。

UAS 係由電腦自動控制飛行之飛行器，需克服當時環境之影響，諸如風力、陣風、溫度與因高度產生的空氣密度差異，才能取得良好之影像拍攝品質。因此不論是飛機機體本身或是飛控電腦本身，都需要具備合理之可靠度。一般飛行器之可靠度的評量方式為幾個飛行小時/失事，並以這個指標來衡量一架飛行器的可靠度。飛控電腦除控制飛行與酬載相機之拍攝外，尚須處理意外狀況，諸如發動機熄火、

GPS 衛星定位訊號漏失、強陣風反應等。本案 UAS 之飛控電腦歷經 500 小時以上的實際任務驗證後，已可掌握實際可飛行之氣候極限，因此可以在安全的前提下正確的執行任務。另一方面，因為曾經有 GPS 定位訊號漏失之狀況發生，本案所提供之飛控電腦安裝有兩套 GPS 衛星接收機，以防止類似情況再次發生。

UAS 的飛行安全除了依靠機具的可靠度外，操作人員的經驗亦屬重要關鍵之一，目前就現場人員之操作經驗與緊急應變程序，已擬定標準訓練計畫與緊急事件處置表，避免人為之疏失產生。UAS 在空中執行任務，一旦發生問題無法像地面車輛一般，可停靠於路邊等待救援，因此執行團隊需要在事先擬定相關的緊急處理程序，以因應可能發生的意外。

UAS 進行飛行任務時，最可能發生的問題為 UAS 系統問題、作業天候問題與空域侵入問題，針對這些問題，本節將探討如何提升定翼型 UAS 任務可靠度之細節，茲說明如下：

（一） UAS 系統問題

UAS 在任務期間，主要由飛行電腦進行操作，地面控制人員經由無線電訊號監看 UAS 的飛行狀況與即時任務影像。如果 UAS 在任務中發生問題，地面人員需在第一時間進行問題排除，否則將會導致 UAS 故障，甚至墜毀的情勢。為避免操作人員無法在第一時間進行處理，必須擬定相關處理程序，本案中使用之 UAS 狀況處理建議表如表 6-1：

（二） 作業天候問題

根據過去之作業經驗，本專案所使用之國土測繪1號同型機種，實際飛行之最大抗風級數為8級以下。因為風力分佈呈梯度分佈，因此地面風速大於巡航速度之1/2 以上時，即不建議進行任務運作。國土測繪 1 號之巡航速度為 50 海里，因此地面風速大於 25 海里時即

不建議進行飛行任務。

在另一方面，國土測繪 1 號與同型機種在設計當初並無防水設計，且木製螺旋槳在大雨中會有被雨滴打裂之可能性，因此現階段並不建議在雨中進行飛行。

表 6-1 DoDo Pro UAS 任務執行狀況處理建議表

UAS 任務執行狀況處理建議程序		
狀況	可能原因	處理方式
GPS 衛星警示	鎖定衛星小於 4 顆	等待重新定位
GPS 鎖定警示	接收機未定位	等待重新定位
長時間不壓線飛行	陀螺儀振動過大	召回 UAV，切換成手動模式
UAV 未按應有軌跡飛行	導航端當機	切回手動模式，手動控制 UAV 降落
UAV 不追點	GPS 接收異常	檢查 GPS 定位，若仍有異常召回 UAV
RC 電壓不足	伺服系統電壓不足	緊急召回 UAV 手動模式
AP 電壓不足	飛控電腦電壓不足	緊急召回 UAV，並切回手動模式
RF 電壓不足	無線電電壓不足	估計回收時間，待 UAV 進入回收區後切回手動模式
Gyro 振動過大	手動飛行振動過大	等待切入導航模式並觀察一段時間，若仍舊過高召回 UAV
Gyro 值卡在 9.21	Gyro 值卡在 9.21	重置飛控電腦
RSSI_dbm 低於 -85	訊號強度不足	在此狀況下將暫停傳送指令，以避免造成上傳資料錯誤
RSSI_dbm 高於-85 但無接收資料	數據無線電當機	重置數據無線電
RVCB 警示	UAV 未接收到遙控器訊號	下指令讓 UAV 到回收點，確認遙控器所有狀況是否正常
影像接收不清晰	影像接收天線固定過低	將影像天線調至與天線座垂直
	天線接收方位不正	若軟體仰角顯示為"-":表示高度設定過高
		天線方位修正(Offset):-10~+10
天線無法自動追蹤	天線驅動馬達燒毀	更換驅動馬達
	驅動馬達連接線斷裂	重新連接
	車頭方向與任務方向同向	轉向機構已到達極限，需改變車頭方向才可解決。
飛行器失控	UAV 系統故障	確認最後出現點，根據飛行軌跡研判可能失事地點，快速移動至該點進行回收與後續處理。
飛行器失控後無法尋回	UAV 系統故障	聯絡當地派出所
目標區空域過於繁忙	當天氣良好時，載人飛行器亦可能會爭取時間進行航拍，導致空域繁忙	考慮停止執行該次任務，或等待載人機完成任務
現場干擾太多	外力影響地面人員進行操作	立即停止執行該次任務
油料不足	因特殊原因造成載具滯空時間過長	考慮緊急迫降

目前 UAS 執行任務時，除現場 IP 可以立即進行載具的監控外，本案也同時導入遠端即時監看功能。遠端監看除了可以提供即時的 UAV 飛行動態外，也可輸出到 Google Earth 圖台進行三維的動態顯示（請參考圖 6-7）。

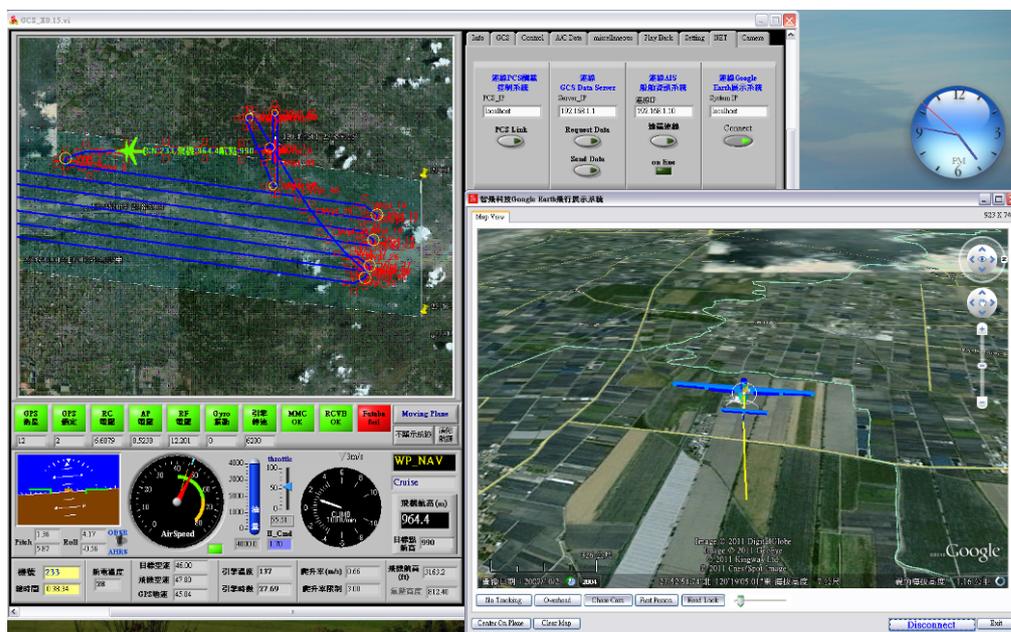


圖 6-1 UAS 遠端監控軟體界面

導入遠端即時監控的優點有三：(1) 除 IP 本身進行載具的任務監控外，有一名或是多名人員同時進行監控可以增加任務的安全性。(2) 可以遠端多人同時進行任務監控，省去舟車勞頓，提升任務執行效率。(3) 任務紀錄可以透過該系統進行回放，可以用於進行各種任務解說或是後續資料分析。

(三) 空域侵入問題

為確保 UAS 執行任務的合法性與安全性，目前每次任務皆依程序向交通部民航局申請安全飛行空域，以維護載人飛行器的飛行安全。除現場人員持續的監聽目視航道無線電頻率外，派駐於塔台的聯絡人員也需持續的與現場作業人員進行聯繫。

雖然有上述的程序確保 UAS 的飛行安全，但載人飛行器仍有可能在不知情的狀況下飛入作業空域，因現場作業人員無法直接聯絡該飛行載具，此時的建議作法如下：

1. 確認該機機型與可能前進路徑。
2. 聯絡塔台或近場台，請航管人員儘速通知在該範圍內的作業載具注意與迴避，並同時報請入侵航機回報當時作業之海拔高度 (MSL)。
3. 若可目視確認入侵航機的高度，需視情況調整 UAV 的作業高度。
4. 若無法確認入侵航機的作業高度，則維持目前作業高度。
5. 若該區域之載人飛行器飛航活動過於頻繁，建議放棄該時段任務，因航管作業皆是以載人飛行器為優先。

(四) 作業事故報告與後續檢討改善措施

在本年度的南投和社溪緊急航拍任務中，因雨中飛行而造成飛控電腦故障進而導致 UAV 失事，相關失事報告請參考附錄 P。

二、UAV 傘降之評估

UAS 的任務最危險之階段為飛機起飛與降落階段，其中尤以降落階段最容易發生狀況。本案使用之 UAS 採取傳統之滾行起飛與輪式落地，相較於彈射起飛的機體高加速度與降落傘降落的落點不確定性，使用傳統方式進行起降的機體與酬載設備損傷會達到最小，落地的精確度最高，但缺點是必須在任務區附近找到起降跑道。為了改善此一缺點，增加任務執行效率，本團隊依據之前的任務執行經驗擬定起降場地選擇標準，已經在全臺灣標定多個合格之起降跑道可供使用，請參考附錄 N。以本案 100 年度 11 月 29 日阿里山任務為例，UAV 可以在彰化二水起降場起飛，進入阿里山山區完成航拍任務後歸航，該起降場地的有效作業半徑可達 56 公里，亦可解決在緊急狀況時還需深入災區進行起降場找尋的問題。

若 UAS 進入完全無法控制之狀態，使用降落傘進行緊急降落應該是唯一之方法。為確保 UAS 執行任務之可靠性，除在一般保養時進行週期性檢查外，在擬定飛行任務的同時亦須事先選定緊急迫降點，並進行模擬演練。當真正有突發事件發生時，若是沒有事先的周全考量，貿然進行開傘降落，極有可能造成地面目標之危險。因此界定降落傘的使用與否及使用時機，也是本案需討論的課題之一。

開傘降落主要用於三種情況，一為沒有跑道時降落方式、一為 UAS 原來就設計成傘降降落、一為緊急狀態時之迫降方式。一般使用開傘降落時，降落地點需要有開闊的場地，周圍應避免障礙物，諸如高壓電塔、植物聚落、人工建築物等以免飛機被障礙物勾住。另一方面也需注意地面是否平整，以免飛機落地時因地面不平整而受損。

開傘降落的開傘高度決定了回收傘是否可以正常開啟並發揮功能，一般小型 UAS 所使用的圓形回收傘需在至少離地 100 公尺處開傘，以確保回收傘可以正常開啟。圓形回收傘並不具備控制功能，因此在進行開傘回收前需對該空域高層的風速與預期的降落地點進行

評估，以避免降落於非預期地區而造成損失（請參考 6-1）。



圖 6-2 小型電動 UAV 開傘，並因風力影響掉入河床

回收傘的主要原理是利用傘面面積來產生足夠的阻力，讓載具維持一個安全的垂直速度下降。若垂直速度可以控制在機體設計範圍內，理論上並不會受損。但若因為開傘後飛機被障礙物阻擋、或是降落時以不正常的姿態著陸，都容易造成載具的損傷。

參照一般 UAS 降落傘的設計規格，一般軍用 UAS 的傘降終端速度約為每秒 5 公尺。降落傘的面積可根據下列公式(6-1)進行初步的計算：

$$W = (\rho V_y^2 * Sum * CDum) / 16 \quad (6-1)$$

其中 W 為 UAV 的質量（公斤）， ρ 為空氣密度（ kg/m^3 ）， V_y 為 UAV 的觸地速度（公尺/秒），Sum 為傘衣面積（平方公尺）， $CDum$ 為阻力係數。根據機體的強度來選擇是否要加裝緩衝設備，諸如充氣氣囊等。

在回收傘的測試項目上，國內有專業廠商生產回收傘，但因需要訂做，且需打板與打樣費用，經過費用計算與詢問，最後選定使用現有之靶機四號回收傘作為測試標的。四號回收傘為軍方靶機使用之回收傘，有效之承受重量為 12~ 15 公斤，本體重量約 1.5 公斤。因該傘大量製作且可以經由模型廠商自由取得，價格約合台幣 4250 元。另外購入測試用飛機「橘鷹」，該機為木製結構機體，價格約新台幣 4.5 萬元，起飛重量約 12 公斤，作為後續傘降測試用機種。



圖 6-3 靶機四號回收傘



圖 6-4 橘鷹測試機

回收傘成功釋放的關鍵在於施放機構與施放高度，而使用回收傘成功降落的關鍵在於施放的時機與著陸的狀態。在此進一步進行說明。

回收傘的折疊方式需讓傘在進行釋放的時候順利脫出，因此在收納的過程中，需要注意傘艙內的平整(請參考圖 6-4)，不能有任何的突出物可以勾住傘衣與傘繩。傘繩的收納需要利用之字形方式排列，以防止可能產生的打結。在四號傘的運用中，需使用引導傘進行傘衣的前導(請參考圖 6-5)，因此回收傘的釋放機構需要可以在第一時間將引導傘彈開，並運用引導的力量將傘衣整件拖出。回收傘與 UAV 機體結合的固定點，需讓回收傘在完全展開後讓 UAV 機體可以維持平衡，因此多固定在 UAV 的主翼固定點四周。

回收傘一旦被拖出後，傘衣需要一段時間進行伸展，建議需要離地高 50 公尺以上進行施放，以確保回收傘開啟後，可以有效的減緩降落速度。但若在 100 公尺以上開傘，可能會因為風力的影響造成降落點預估上的困難。



圖 6-5 回收傘傘衣的放置折疊說明



圖 6-6 引導放置折疊說明

目前 UAV 本體的起落架設計的降落垂直速度約每秒 3 公尺左右，一般良好的降落速度應該在每秒 1 公尺以下。在每秒 3 公尺這個速度降落下，起落架還可以承受瞬間的撞擊，若超過這個速度，就可能會有起落架變形或是機體接合處龜裂的可能。因此，在使用回收傘進行降落的情況下，就需要計算讓回收傘可以使終端速度控制在每秒 3 到 5 公尺以內。根據實際使用經驗，當終端速度較快的情況下，比較容易預估降落地點，因此多數的 UAV 多採用每秒 3 公尺以上的快速降落速度，來換取降落可以預測性。但是在另一方面，就要強化機體的結構，讓 UAV 在落地的瞬間，可以承受瞬間的撞擊力道。本案之 UAV 在設計之初並未設計降落傘之掛載硬點與存放空間，因此並不建議加裝降落傘。但在未來的新設計中，會根據任務的種類來考量是否安裝降落傘。



圖 6-7 橘鷹測試機傘降

第二節 研擬 UAS 航拍作業規範

UAS 載具的規格、種類繁多，如依其形式可簡單區分為定翼型及旋翼型 UAS，旋翼型又可區分為單旋翼及多旋翼。而依據不同之應用，UAS 可搭載不同的酬載或監測儀器，如攝影機、數位相機、熱像儀或高光譜儀等，此外不同的應用需求亦會有不同的航拍規劃及後續的影像及資料處理流程。為因應不同的 UAS 航拍作業及應用需求，有必要訂定一個標準的作業規範，以供國土測繪中心或相關單位執行 UAS 業務之參考依據。

本作業規範參考國、內外相關 UAS 作業標準及規範、同時依據國內 UAS 之技術發展、應用情形、及相關軟硬體發展、以及本研究團隊執行 UAS 航拍之相關作業結果，進行 UAS 航拍作業規範之制定。因本案利用 UAS 進行航拍作業主要是利用定翼及旋翼型 UAS 搭載數位相機進行緊急災害應變、國土監測變異分析、正射影像測製、及基本圖測製等四項應用，因此本案今年度制定規範時，將以能夠滿足上述四項應用之作業需求為主要考量。

緊急災害應變作業航拍主要為運用 UAS 於災害發生後快速取得特定區域之大範圍影像，並製作快速幾何糾正鑲嵌影像，作為防救災應變及決策之參考。在災害發生期間或災害發生後，通常極需瞭解災區相關資訊，以在最短時間內進行相關災害救援或應變之決策。此時即可以簡單的影像處理方式快速製作災區之鑲嵌影像，雖然幾何精度並不高，但應可以滿足大部分災害判釋及分析之需求。因此在求快速完成的前提下，影像精確度為次要考量。就 UAS 取像的觀點而言，要加速取像時間及降低影像處理時間，最直接的方式就是減少任務的航帶數目，此可以提高航高的方式來達成，航高提高將使每條航帶可涵蓋更大的面積區域，並減少航拍區域的航帶數目，但此舉亦會降低相片的空間解析度。本規範將針對快速幾何糾正鑲嵌作業研擬相關規範。

除緊急災害應變作業之外，國土監測變異分析、正射影像測製、

及基本圖測製等三項作業均需擬定測圖計畫、航測控制點布設、航空攝影、控制測量、空中三角測量，若進行正射影像測製，則需進行數值地形模型測製；若進行基本圖測製，則需進行等高線測繪、地物測繪、調繪補測、編纂。國土監測變異分析則是依據不同時期之正射影像或地形圖測製成果進行影像或地形變遷分析，或是根據不同時期之數值地形模型進行地表高程變異分析。由於正射影像及地形圖測製之作業程序有很高之重疊性，在精度要求一致的狀況下，本規範將正射影像與地形圖測製合併予以規範。

本案進行作業規範制定時，分別考量了無人飛行載具系統要求、數位相機要求、正射影像及基本圖局部修測作業程序、及快速幾何糾正鑲嵌作業程序，分別說明如下：

一、定翼型無人飛行載具要求

(一) 酬載能力

UAS 之酬載重量(含相機及穩定平台)需至少大於三公斤。

(二) 導航能力

UAS 需具備自動導航及自主飛行能力，所酬載之 GPS 及 IMU 應滿足以下要求：

1. GPS 定位能力

導航定位之 GPS 必須滿足以下要求：

- (1) GPS 之輸出頻率應大於 4Hz。
- (2) 可使用載波相位式雙頻 GPS 進行差分定位，以輔助空中三角測量。

2. 慣性導航裝置

- (1) 可使用慣性測量元件(Inertial Measurement Unit, IMU) 輔助空中三角測量之計算。
- (2) 若用於直接地理定位之測圖目的，則 IMU 之測角精度需滿足側滾角及俯仰角誤差小於 0.01 度，航偏角小於 0.02 度。

(三) 續航能力

定翼型 UAS 之續航時間應大於 2 小時。

(四) 飛行速度

UAS 於航空攝影時，其飛行速度應介於 100 公里/小時及 160 公里/小時之間。

(五) 飛行高度

1. 離地高(相對航高)應介於 300 公尺與 2000 公尺之間。
2. 平原及丘陵等地區之絕對高度應不小於 3000 公尺，高原及高山地區應不小於 6000 公尺。

(六) 抗風

定翼型 UAS 應可抵抗 6 級以下之風力。

(七) 監控範圍

定翼型 UAS 需能由地面控制站監控及操作，其監控半徑應大於 20 公里。

(八) 起降能力

定翼型 UAS 起飛時，可採輪式或彈射方式；降落時，可採傳統滑降降落，或以降落傘（回收傘）進行回收。

二、旋翼型無人飛行載具要求

(九) 酬載能力

UAS 之酬載重量（含相機及穩定平台）需至少大於 0.5 公斤。

(十) 導航能力

UAS 需具備自動導航及自主飛行能力，所酬載之 GPS 及 IMU 應滿足以下要求：

1. GPS 定位能力

導航定位之 GPS 必須滿足以下要求：

- (1) GPS 之輸出頻率應大於 4Hz。
- (2) 可使用載波相位式雙頻 GPS 進行差分定位，以輔助空中三角測量。

2. 慣性導航裝置

(1) 可使用慣性測量元件(Inertial Measurement Unit, IMU) 輔助空中三角測量之計算。

(2) 若用於直接地理定位之測圖目的，則 IMU 之測角精度需滿足側滾角及俯仰角誤差小於 0.01 度，航偏角小於 0.02 度。

(十一) 續航能力

旋翼型 UAS 之續航時間應大於 10 分鐘。

(十二) 飛行速度

UAS 於航空攝影時，其飛行速度應介於 20 公里/小時及 90 公里/小時之間。

(十三) 飛行高度

1. 離地高(相對航高)應介於 100 公尺與 2000 公尺之間。
2. 平原及丘陵等地區之絕對高度應不小於 500 公尺，高原及高山地區應不小於 3000 公尺。

(十四) 抗風

旋翼型 UAS 應可抵抗 3 級以下之風力。

(十五) 監控範圍

旋翼型 UAS 需能由地面控制站監控及操作，其監控半徑應大於 500 公尺。

(十六) 起降能力

旋翼型 UAS 需為垂直起降。

三、數位相機要求

UAS 所酬載之數位相機必須滿足以下規格：

1. 相機需採用定焦鏡頭，且對焦於無窮遠處。
2. 相機感光元件須為全片幅 (36x24 mm) 以上，像元總數不得小於 2000 萬像元。
3. 快門速度不得低於 1/1000 秒。
4. 相機記憶體容量至少需能儲存 800 張影像。

5. 影像需儲存彩色影像，單一波段影像之輻射解析度至少為 8bit。
6. 影像儲存時可採用壓縮格式，壓縮率不得小於 20%。
7. 相機電池至少能連續供應 2 個小時以上。

此外，UAS 所酬載之數位相機必須經過嚴密率定，率定方法可於室內或室外檢校場進行率定，並滿足以下條件：

1. 相機率定參數至少需包含相機焦距、像主點及鏡頭畸變差等內方位參數。
2. 像主點坐標中誤差應小於 10 μm ，焦距中誤差應小於 5 μm ，鏡頭畸變誤差應小於 0.3 個像元。

四、正射影像及基本圖局部修測作業程序

- (一) 基本圖，係包含主要地物、地貌及地理資料之二維基本地形圖。基本圖局部修測作業之主要目的為進行區域基本圖更新，包括數值地形模型產製、正射影像製作及基本地形圖繪製。
- (二) 比例尺訂為五千分之一。
- (三) 圖幅訂為東西經距 1 分 30 秒，南北緯距 1 分 30 秒。
- (四) 測量基準：
 1. 平面基準：採用 1997 坐標系統 (TWD97)
 2. 高程基準：採用 2001 高程系統 (TWVD2001)
- (五) 前條所述基準為理論定義，基本圖測製時，應以強制套合至國家法定基準點而實現該定義。
- (六) 作業區內測繪資料應與外圍已測繪基本圖資料作接邊整合。
- (七) 數值資料檔包括數值正射影像資料檔、向量資料檔及數值地形模型資料檔等 3 種。

- (八) 本規範之主要目的為訂定利用 UAS 航拍影像進行基本圖局部修測之作業程序，除所使用之無人飛行載具、酬載、及所衍生之作業程序由本規範訂定之外，其餘需依據內政部「基本圖測製說明」之作業程序辦理。

正射影像測製作業與基本圖測製作業大致類似，均需擬定測圖計畫、航測控制點布設、航空攝影、控制測量、空中三角測量，若進行正射影像測製則需進行數值地形模型測製；若進行基本圖測製，等高線測繪、地物測繪、調繪補測、編纂。兩者之作業程序及工作項目有很高之重疊性，因此予以共同規範。

進行正射影像及基本圖測製之作業程序如圖 6-7 所示。因 UAS 及感測元件技術持續進步，且使用之軟、硬體有所不同，在不降低本規範訂定之品質及內容標準下，圖 6-7 之部分程序或工作項目得酌予合併或調整。

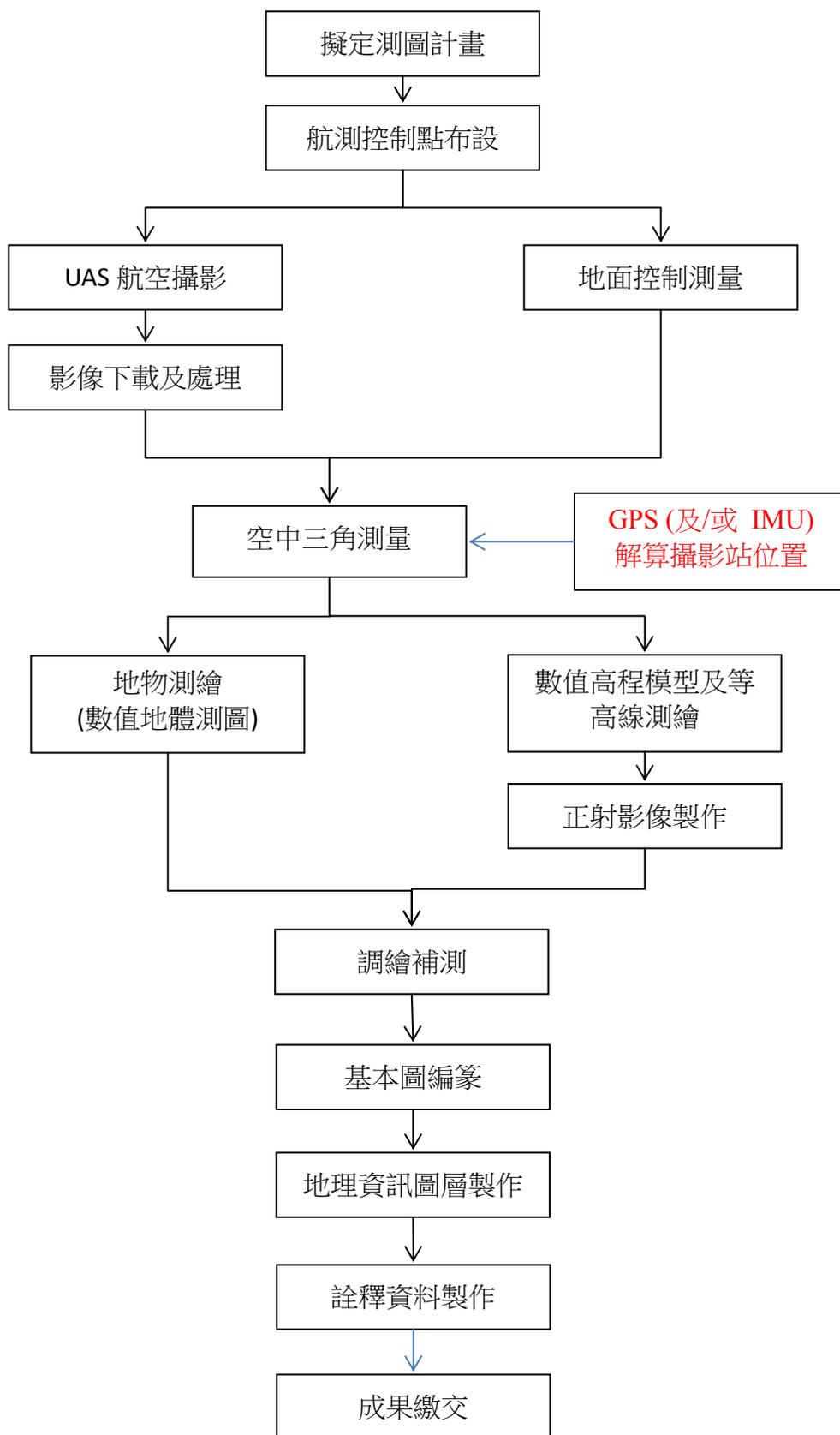


圖 6-7、UAS 航拍之作業程序及方法

(一) 工作項目與精度規範

基本圖局部修測作業之主要目的為進行區域基本圖更新，包括數值地形模型產製、正射影像製作及基本地形圖繪製。因本案主要針對正射影像測製及五千分之一基本圖測製進行作業規範之研擬，因此大部分的工作項目及精度規範係依循內政部「基本圖測製說明」之規定。以下僅針對相關重點及配合 UAS 所修訂之部分進行說明：

1. 擬定測圖計畫

進行正射影像測製或五千分之一基本圖測製前，需依據年度修測計畫涵蓋地區及工作數量，先期規劃工作進度、人員調派、儀器設備及材料準備等工作，並蒐集控制點及相關圖籍等資料。UAS 航拍前應先以航拍規劃軟體進行航線規劃，航線以南北、東西向為原則。原始像元地面解析度應優於 25 公分為原則，再依據測區範圍內之地形及飛行航高限制，決定所使用相機解析度及鏡頭焦距。航線內相鄰影像重疊率（前後重疊）為 80%；航線間相鄰影像重疊率（左右重疊率）為 40%；實際影像重疊率不得低於以上規定之重疊率 15%。

依據去年度與本年度之 UAS 航拍執行經驗，本案 Canon 5D MKII 可以選擇使用 24mm 與 50mm 兩款不同焦距之定焦鏡頭，在同樣獲取地面解析度需滿足至少 25 公分影像之條件下，飛行航高離地面平均海拔高度約 800 公尺，使用 24mm 焦距鏡頭航拍之單張影像所涵蓋地面面積，較使用 50mm 焦距鏡頭為大，且所需航帶數目也較航高離平均地面海拔高 500 公尺少；此時影像解析度約 22 公分，所以採用 24mm 焦距鏡頭不但可以減少拍攝的時間與減少相片數，亦可減少後續處理的難度與所需之時間，效益考量下建議以使用 Canon 5D MKII 搭配 24mm 廣角鏡頭為原則。但相對的，廣角鏡頭之透鏡畸變差也比較大，故必須確實進行相機率定作業，或於空中三角計算時加入自率條件，以確保後續影像量測及製圖精度。

2. 航空攝影

- (1) 航空攝影時，將所規劃之航線計畫輸入 UAS 之飛行控制電腦中，以進行自動導航及自主飛行。
- (2) 攝影方式採垂直連續攝影，攝影軸傾斜角小於 10 度，航偏角小於 20 度，各航線前後應於測區外各多拍攝 2 個像對。
- (2) 航空攝影時，須架設地面監控站，隨時掌控 UAS 之飛行狀況，並詳實記錄飛行軌跡、曝光站位置、導航資訊等。

3. 控制測量

地面控制點檢測、平面控制測量及高程控制測量悉依循「基本圖測製說明」辦理。

4. 空中三角測量

空中三角測量需採用航測影像工作站量測空中三角連結點及設有空標之平面、高程控制點。上述點位量測方式可採人工量測或電腦自動量測及影像自動匹配方式進行。有關連結點分布、量測精度、空中三角解算精度等悉依循「基本圖測製說明」辦理。空中三角測量一般採區域光束法嚴密平差，必要時得採自率光束法，以消除相機內方位率定不全所造成之誤差。

5. 立體製圖

UAS 航拍影像之地物測繪需採用數值航測影像工作站或其他同等精度之航測儀器以數值立體測圖方式施測。測圖前應先將各地物、地類、地貌以分類編碼，並依其性質分層施測。地物、地類、地貌之分層分類請參照「基本地形資料分類編碼說明」進行分類編碼，其圖式依內政部頒布之「基本地形圖資料庫圖式規格表」規定辦理。

6. 數值高程模型製作及等高線測繪

數值高程模型高程點之分布採規則方格網，網格間距以 5 公尺為原則，且應量測地形特徵點（如山頂、山窪、鞍部等）、地形特徵線（如山脊線、山谷線）及地形斷線（地面傾斜角劇烈變化分界線）等資料。等高線可利用數值航測影像工作站或其他等同精度之航測儀器直接測繪，或運用數值高程模型，以內插方式計算產生，並製作成數值等高線檔。

7. 調繪補測

調繪補測以確認現地情形為原則，並調查地物、地名、房屋構造類別與層數、水系、交通系統、人工構造物、地類等名稱，製成調繪稿圖，以供數值地形圖編纂使用。

8. 正射影像製作

- (1) 正射影像製作使用之數值高程模型資料，其網格間距為地面 5 公尺以內。
- (2) 正射影像地元尺寸比例尺一千分之一不得大於 10 公分，亦不得大於原始掃描像素尺寸乘原像片比例尺；比例尺二千五分之一不得大於 25 公分。
- (3) 正射影像位於平坦地且表面無高差位移之明顯地物點，其位置中誤差應小於 50 公分，最大誤差應小於 2 公尺。

9. 數值地形圖編纂

調繪補測完成後，應按內政部「基本地形資料分類編碼說明」及「基本地形圖資料庫圖式規格表」規定分幅編纂及圖面整飾（含圖元類別與註記、圖式線號、圖例、圖廓、方格線、方格線坐標、圖號、比例尺、地名、行政界線、圖幅接合表等）整理成數值地形圖（向量資料檔）。

10. 數值地形圖地理資訊圖層製作

數值地形圖向量成果 (CAD 格式) 可轉成地理資訊圖層以供後續應用。其主要工作包括圖形物件、屬性資料及位相關係等資料處理，轉置數值地形圖地理資訊圖層，共分為控制點、行政界、房屋、地標、交通系統、水系、公共事業網路、地貌、都市計畫、圖幅共 10 類主題圖層，各圖層轉置內容以原地形圖向量成果內容為原則，有關圖層內容架構，請參閱「建置都會區一千分之一數值航測地形圖作業工作手冊」附錄 3「十三、數值地形圖地理資訊圖層製作」。

11. 詮釋資料製作

依據內政部國土資訊系統之「地理資訊詮釋資料標準」(Taiwan Spatial Metadata Profile; TWSMP) 相關規定填寫各項成果之詮釋資料，並利用內政部「詮釋資料建置系統」針對詮釋資料資訊、識別資訊、限制資訊、資料品質資訊、資料歷程資訊、空間展示資訊、供應資訊、範圍資訊、維護資訊、引用資訊、參考系統資訊等類別之「必要項目 (Mandatory; M)」填寫，其中一千分之一地形圖、五千分之一地形圖及正射影像以建置案全區各填寫 1 筆 (測製日期為全案完成審核驗收日期)；另數值地形圖地理資訊圖層每圖層填寫詮釋資料。

12. 測量工作報告書

內容至少包含計畫緣起、計畫範圍、工作項目及內容、各項工作執行方法及情形、測製成果、遭遇困難及解決對策、結論與建議及其他相關資料及附件等。

(三) 成果檢查

利用 UAS 航拍技術所獲取之數值地形圖各項成果品質檢查，仍應依作業相關規定並參照「基本圖測製說明」之成果檢查作業項目及方法辦理，並就各工作項目做成檢查紀錄備查。

五、快速幾何糾正鑲嵌作業程序

快速幾何修正鑲嵌作業之主要目的是運用 UAS 於災害發生後快速的取得特定目標區之大範圍的影像，並製作鑲嵌影像，作為防救災緊急應變及決策之參考。由於本項作業之特性在於快速獲取特定目標區域之鑲嵌影像，以能順利執行 UAS 航拍任務及快速獲取目標區影像為主，地面解析度（或影像比例尺）、航高、測區範圍等需依任務需求及目標區域狀況而定，影像定位精度等亦無特定要求。

進行快速幾何修正鑲嵌作業程序如圖 6-8 所示。因 UAS 及感測元件技術持續進步，且使用之軟、硬體有所不同，在不降低本規範訂定之品質及內容標準下，圖 6-8 之部分程序或工作項目得酌予合併或調整。

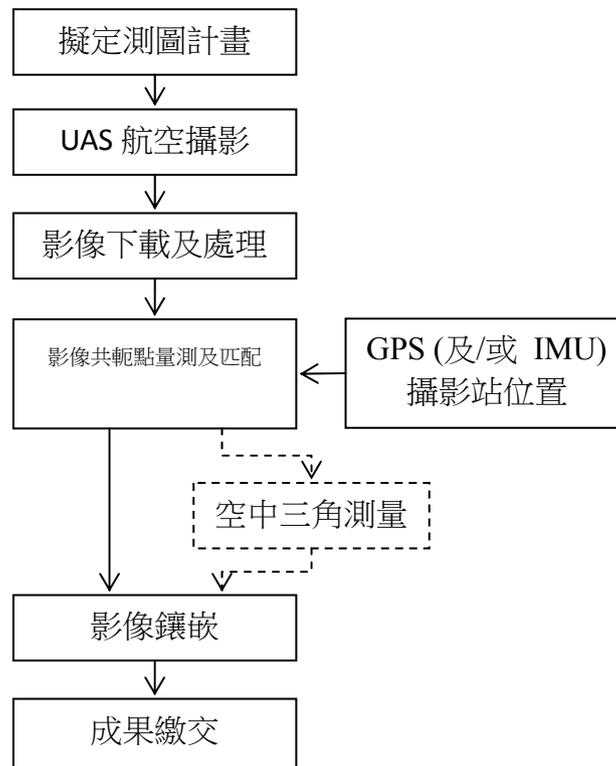


圖 6-8、UAS 航拍之作業程序及方法

(一) 工作項目與方法

1. 擬定測圖計畫

在以快速執行航拍任務為前提之下，應先決定相片的空間解析度再進行航線的設計。參考本案的拍攝經驗，建議可以直接採用高於該區平均海拔高度加上 800 公尺之飛行高度飛行。在此高度下使用 Canon 5D MKII 搭配 24mm 焦距之鏡頭航拍，可獲取地面解析度約 22 公分的影像，可以在解析度與飛行時間上取得平衡；但若該區地形高低起伏過大，則可將航拍飛行高度提升至 1000 公尺並使用 Canon 5D MKII 搭配 50mm 焦距之鏡頭航拍，獲取地面解析度約 13 公分的影像。另外，若需考慮雲層高度或是地形因素，則需引用其他資訊作為路徑規劃之參考。

2. 航空攝影

- (1) 航空攝影時，將所規劃之航線計畫輸入 UAS 之飛行控制電腦中，以進行自動導航及自主飛行。
- (2) 攝影方式採垂直連續攝影，攝影軸傾斜角小於 10 度，航偏角小於 20 度。航線間相鄰影像重疊率(左右重疊)為 30%，航線內相鄰影像重疊率(前後重疊)為 60%；攝影完成後，應繪製像片涵蓋圖。
- (3) 因災害所賦予之緊急航拍任務可能遭遇天氣狀況、路況、地形條件不佳之情形，攝影時機仍應盡量選擇天氣狀況良好、或雲高高於航高，能見度佳、並在安全無虞之狀況下執行攝影任務，必要時得由現場航拍人員依據現場狀況判斷是否執行航拍任務。
- (4) 航空攝影時，須架設地面監控站，隨時掌控 UAS 之飛行狀況，並詳實記錄飛行軌跡、曝光站位置、導航資訊等。
- (5) 航空攝影後，應輸出影像清單及曝光站位置，並繪製涵蓋圖表示影像重疊情形及涵蓋範圍。如無法涵蓋全測區或原始影像有雲層嚴重遮蔽、模糊不清、陰影過長及其他因素造成無法用於快速幾

何糾正鑲嵌時，應重新攝影或補攝。

3. 影像共軛點量測及匹配

影像共軛點量測可利用航測影像工作站進行連結點之量測。量測方式可採人工量測或電腦自動量測及影像自動匹配方式進行。

4. 空中三角測量

如時間允可，現場亦存在有可用之地面控制點或自然點時，可進行空中三角測量，以增加影像幾何糾正之精度。空中三角測量可採用航測影像工作站量測空中三角連結點具有地面坐標之平面、高程控制點或自然點之影像坐標。上述點位量測方式可採人工量測或電腦自動量測及影像自動匹配方式進行。本作業所完成之拼接影像若不具絕對空間坐標，可強制附合至已知地面控制點或自然點以獲得絕對坐標。

5. 影像鑲嵌

- (1) 根據影像共軛點或連節點坐標，即可建立相對方位及影像投影關係，進行影像鑲嵌。
- (2) 鑲嵌影像地元尺寸以不大於 50 公分為原則，得依目標區狀況及航拍影像品質進行調整。

(二) 成果檢查

快速幾何糾正鑲嵌之成果雖不對幾何精度有所規範，但成果仍可針對已知地面控制點或其他參考圖資進行比對，並計算檢核點之均方根誤差，以提供應用單位或使用者參考。

第柒章 教育訓練與成本分析

第一節 教育訓練

本案需辦理 2 梯次教育訓練。2 梯次訓練人數合計至少 10 人且訓練時數合計至少 12 小時(1 日以不超過 6 小時為限)，訓練課程需提供中文教材，並應至少提供 10 套以上訓練教材；訓練所需講師、教材費用、餐飲費用及場地費用應由本團隊自行負責。根據本案之需求，目前教育訓練之項目與時數定為 12 小時(請參考表 7-1, 7-2)，宗旨為訓練相關人員了解整體作業之流程，教育訓練之簽到表請參考附錄 I：

- UAS 系統與任務執行 (3 小時)
- UAS 航拍影像處理基礎 (3 小時)
- UAS 航拍影像處理流程 (6 小時)

表 7-1 教育訓練課程表 11 月 14 日

日期 時間	101 年 11 月 14 日 (星期三)
08:40 § 09:10	報到
09:10 § 10:00	UAS 航拍簡介 講師：智飛科技有限公司 林永仁總經理
10:10 § 11:00	UAS 操作及航線規劃 講師：智飛科技有限公司 林永仁總經理
11:10 § 12:00	
12:00 § 13:30	午 餐
13:30 § 14:20	航拍影像處理原理 講師：臺灣大學 徐百輝教授
14:30 § 15:20	
15:30 § 16:20	UAS 航拍影像快速鑲嵌實作 講師：臺灣大學 徐百輝教授
16:20 §	賦 歸
備註	1. 本次訓練課程內容以 UAV 影像資料處理訓練為主 2. 訓練場地：本中心第 2 會議室

表 7-2 教育訓練課程表 11 月 15 日

日期 時間	101 年 11 月 15 日 (星期四)
08:40 § 09:10	報 到
09:10 § 10:00	UAS 航拍影像處理 講師：政治大學 邱式鴻教授
10:10 § 11:00	
11:10 § 12:00	
12:00 § 13:30	午 餐
13:30 § 14:20	空中三角測量實作 講師：政治大學 邱式鴻教授
14:30 § 15:20	正射糾正鑲嵌實作 講師：政治大學 邱式鴻教授
15:30 § 16:20	數值地形模型實作 講師：政治大學 邱式鴻教授
16:20 §	賦 歸
備註	1. 本次訓練課程內容以 UAV 影像資料處理訓練為主 2. 訓練場地：國立政治大學綜合院館 GIS 教室



圖 7-1 航拍影像處理實作上課照片

第二節 成本分析

一、UAS 出勤成本分析

(一) UAS 可出勤次數分析

UAS 的飛行勤務主要可以分成 3 個階段，第 1 階段為確認飛行任務區、第 2 階段為任務空域申請，第 3 階段為任務執行(如圖 7-2)，在完成第 3 階段後即進入影像處理階段。每個階段所需要的時間不等，下面就各階段的時程與可能造成延誤的因素進行說明。

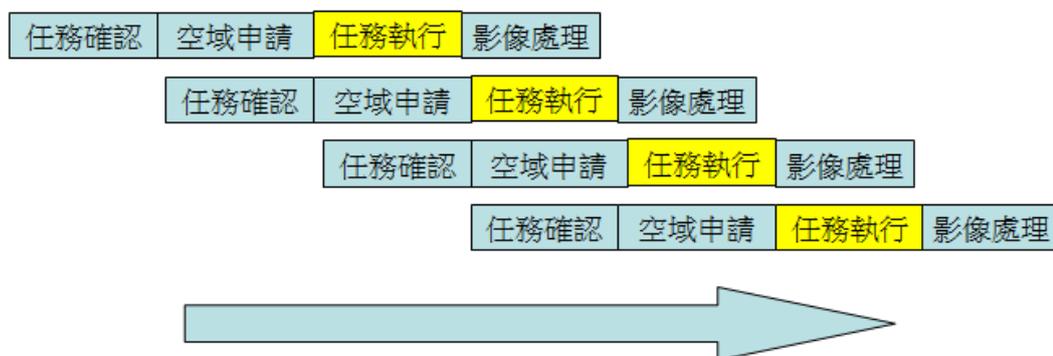


圖 7-2 飛行勤務執行階段圖

第 1 階段為飛行任務確認階段，在此階段中，主要的目的在於確認委託單位的航拍需求與航拍範圍。因各委託單位所需之影像解析力與作業範圍會依據運用而有所差別，有些單位甚至無法正確提出所需之影像品質需求，這時執行團隊就需針對委託單位的實際需求，進行執行建議。在業務往來的過程中，所需要的時間是比較難掌握的。若還有公文往來或是開標的要求，時間可能更無法掌握。就過去的執行經驗來說，由業務商談到確認執行的時間從 1 天到數個月都曾經遇過。

第 2 階段為空域申請階段，空域的申請難易度會依據任務的性質與範圍而有所變化。若該任務的目的為製圖，則在申請空域之前就需將航拍計畫報請內政部核准，這個過程可能需要 1 個月以上的時間。若該任務不牽涉製圖，則一般空域的申請需於航拍執行 2 個星期前向民航局提出申請。

為了有效的控管 UAS 的飛行，民航局在 101 年 11 月 1 日假民航局國際會議廳舉行「臺北飛航情報區無人駕駛航空器系統 (UAS) 航空公報修正草案公聽會」並於會中針對國防與公務用 UAS 進行相關的運用規範。該公聽會針對下列主題進行說明並徵求各與會人士意見。

- UAS 操作組員資格
- 申請方式
- 作業限制
- 事件/事故報告程序
- 其他注意事項

若該規範修正通過，對於 UAS 的運用限制會更加的嚴格，但另一方面，也將同時提昇 UAS 在運用上的可靠度與安全性水平。

第 3 階段為任務執行階段。在這個階段中，會影響執行期程的因素是天氣與執行環境。在天候部份，一般的航拍需要避開雲層進行拍攝，因此若天氣無法符合需求，就會延誤拍攝的期程。在執行環境的影響中，主要在於起降場地的變異與執行空域的重疊。起降場地的變

異指的是原本已經選定的場地在任務執行當天無法使用，例如本案第一次執行機場捷運線 A7 拍攝時，起降場地因活動管制而無法使用。另一方面，即使空域已經正常申請，也可能因為該空域臨時有載人飛行器進入而被迫取消。

綜整上述流程，任務的執行週期其實變因很多，因此如果要估計一年可以執行多少次航拍任務確實有其困難度。從經驗的法則來看，本團隊過去執行屏東縣政府環保局監控專案時，曾經連續兩年每年執行 160 天次任務。因此可以說，UAS 專案在空域、執行環境、執行標的與 UAS 妥善率都很確定的前提之下，UAS 出勤次數一年超過百次是可能達成的目標。另外，若將會計年度、業務取得的不確定性、空域申請與本案 UAS 單機妥善率等等因素考量進來，單機、單一操作團隊 1 年完成 40 次以上的航拍任務，應無困難。但若 1 年執行 40 次航拍任務，後續的影像處理工作量將會是一大負荷。因此如果有 2 個影像處理團隊同時處理，1 年內可以執行的任務次數應該可以大於 40 次。若影像處理時間以平均 7 個工作天來計算，40 次的任務總共需要 280 個工作天。因此，在影像處理能量尚未提昇之前，目前本案所使用之 UAS 一年可執行之總工作量已達飽和，可以暫時不用添購第二套 UAS。

(二) UAS 出勤成本分析

一次 UAS 任務的執行需要的人員至少有四人、其分工模式可參考下圖 7-3，其經費預估如表 7-5 所示。

人員職責	中心人員	PM 任務指揮官	IP 內部飛行員	EP 外部飛行員
1. 空域確認與申請	任務指派	任務協調	空域申請	起降點確認
2. 出勤前	出勤確認	塔台作業	任務規劃	裝備準備
3. 任務中	協同作業	空域監聽	任務執行	飛機起降
4. 任務終了	資料預覽	任務結束通報	資料備份	撤站
5. 資料整理	資料處理	任務報告建立	資料彙整 任務資料建立	裝備維護 飛行紀錄建立

圖 7-3 UAS 出勤工作分配圖

表 7-3 UAS 出勤 1 次成本分析

項 目	單位	單價	數量	總價	備註
外部飛行員	人/時	1500	6	9,000	
內部飛行員	人/時	1500	6	9,000	
任務指揮員	人/時	1600	6	9,600	
塔台聯絡員	人/時	1000	6	6,000	
交通費用	次	3000	1	3,000	
出勤耗材費用	次	5000	1	5,000	
UAS 保養維護費	次	13000	1	13,000	
折舊攤提	次	30000	1	30,000	
合計				84,600	

二、UAS 保養管理維護成本分析

UAS 的保養項目與載人飛機的需求類似，機械機構需要定時的保養，更新零件，航空電子系統亦需定期檢查更新。依據歷年的操作經驗，機體曾發生的問題包含機體損傷，起落架在降落時的撞擊損傷，引擎汽缸磨損、主軸油封鬆脫、消音器排氣管破裂等導致推力大幅降低的現象、舵面傳動機構磨損造成間隙鬆動，舵面傳動機構中推拉桿斷裂等事件，都需要詳實的起飛前、降落後檢查，以及累計飛行時數 25 小時的定時大檢修等標準作業流程（SOP），才能確保飛行安全。在航電系統上，除累計飛行時數 25 小時的定時大檢修之外，現行做法為每飛行 100 小時即全面更換所有的航電系統與線束以確保飛安，機載電池則每年汰換。因此，在 UAS 的管理上，所有的飛機以及組件都必須詳實的記錄使用時數，以便追蹤維護，相關 UAS 定期保養保養成本請參考表 7-4。

保養費用之計算與任務執行次數有相關，以執行 40 次任次計算，若飛行時數超過 50 小時，則 UAV 的線束、引擎、伺服馬達都需要視情況整修或替換，估計維護成本約 8 萬元左右。

在 UAV 的飛行保險方面，目前保險公司僅就飛行器所造成的第三

責任險進行承保，機體本身因為無先例與賠則，因此不予承保。

表 7-4 UAV 定期保養週期表

檢修項目	檢修週期	檢修方式	預估價格(元)
UAV 機體與機構	每次飛行前後	目視檢查與拉動 是否有異常	0
UAV 系統檢修	25 小時	全系統檢修	30,000
UAV 發動機	50 小時	保養與更換	30,000
UAV 機體	100 次起降	目視檢查與複材 脫層檢查	150,000
UAV 舵面機械	50 小時	更換	50,000
UAV 飛控電腦	100 小時	更換	300,000

三、UAS 影像處理成本分析

根據不同航拍區域與影像處理成果，如幾何糾正鑲嵌、空中三角測量、正射影像、數值地形模型、立體製圖等都需要不同的內業作業時間。本案因屬延續性研發案，需配合預算金額進行相關經費運用，實際上業界的報價會有不同，本案分析表以每平方公里為計價單位列出各航拍區每次影像處理的相關作業成本（如表 7-5）。

表 7-5 影像處理成本分析

項 目	單位	單價(元)	備註
控制點佈設測量 及檢核點測量	1 平方公里	\$2,000	
空中三角測量	1 平方公里	\$2,300	空中三角像片連接點應分佈於每一像片 9 個標準點上，每一位置九點，即每一像片共有 81 個連接點為原則(不含地面控制點)。空中三角平差計算偵錯

			後，每一標準點位至少有 7 點。
數值地形模型	1 平方公里	\$3,000	網格間距五公尺 x 五公尺
正射影像製作	1 平方公里	\$1,500	正射影像之解析度為相對於地面應小於 0.5 公尺以內。
立體測圖	1 平方公里	\$6,000	
調繪補測	1 平方公里	\$3,000	
編輯及圖幅整飾	1 平方公里	\$2,000	
出圖	1 平方公里	\$1,000	

以本案桃園捷運線 A7 航拍區之拍攝為例，初步估計之影像處理費用如下表 7-6：

表 7-6 桃園捷運線 A7 影像處理成本範例

項 目	單位	單價(元)	數量	總價	備註
空中三角測量	1 平方公里	\$2,300	6.2	\$14,260	
數值地形模型	1 平方公里	\$3,000	6.2	\$18,600	
正射影像製作	1 平方公里	\$1,500	6.2	\$9,300	
合計				\$42,160	未稅

第捌章 結論與建議

第一節 結論

本案 101 年度已完成下列工作項目：

- 15 區航拍任務
- UAS 及影像處理軟硬體升級
- UAS 航拍影像處理操作手冊及 UAS 保養維護手冊
- 影像處理整合作業功能
- UAV 緊急狀況傘降評估及 UAS 航拍作業規範研擬
- 投稿第 31 屆測量及空間資訊研討會 1 篇(請見附錄 O)
- 辦理兩梯次教育訓練

綜合本案相關測試作業與成果，歸納數點具體結論，分述如下：

- 一、在任務的執行上，本案完成 15 區之航拍任務，並取得相關原始影像。15 區航拍區中，包含緊急災害應變與國土監測拍攝作業 3 區、正射影像測製作業 9 區、基本圖測製作業 2 區、航遙測感應器系統校正場航拍作業 1 區。其中緊急災害應變航拍業於 101 年 6 月 15 日由國土測繪中心首度配合救災作業，接受國家災害防救科技中心緊急災害應變的任務，並在本團隊配合下，快速完成南投縣和社溪堰塞湖航拍作業，立即製作成影像成果，提供中央災害應變中心作災情研判的參考，對於國內救災勤務發揮了高度的效用。另外，正射影像測製作業有 6 個航拍區屬於協助航拍區，總計拍攝公里數約 600 公里，協助航拍面積達 4,764 公頃，初步達成運用國土測繪 1 號 UAS 協助其他政府機關進行航拍的目標。未來若

持續由國土測繪中心協助相關需求機關航拍，不僅可增加政府各部門橫向聯繫，由國土測繪中心統籌局部區域監測、開發監測等圖資需求，協調政府機關間航拍與影像處理作業，以國土測繪中心之 UAS 進行航拍取像及影像後處理，亦可以避免資源浪費，節省政府之經費支出。

二、本案完成 UAS 及影像處理軟硬體升級，所採購的 BD970 模組業已完成功能測試，並於花蓮航拍區任務中首次啟用。e-GPS 整合 GCS 進行虛擬修正量上傳已完成地面測試，將實際上機測試 e-GPS 輔助 UAS 航拍影像之空中三角測量平差試驗，若能順利完成，將是國內首次採用 e-GPS 進行航拍的先例。

三、本案完成影像處理軟體整合作業及自動化快速影像鑲嵌，所發展的自動化快速影像鑲嵌程序經實驗測試後已驗證其可行性與正確性。藉由產製之成果可有效提供 UAS 影像視覺化之資訊，給予現地區域空間幾何之描述。

四、本案之 UAV 在設計之初並未設計降落傘之掛載硬點與存放空間，因此並不建議加裝降落傘。但在未來的新設計中，會根據任務的種類來考量是否安裝降落傘。

第二節 建議

在歷次的任務執行經驗中，本團隊發現目前運用 UAS 進行任務區拍攝的幾個問題點，提出相關建議，說明如下：

一、空域申請與協調

目前民航局對於 UAS 之空域管制措施漸趨嚴格，因此如果可以調整飛行計畫，就必須儘量避免經過人口稠密區上空。今年選定之航拍區域，有超過 50% 會經過人口稠密區，本案各航拍區亦因民航局空域緊縮問題致航拍時程有延誤，在國土測繪中心於 8 月 31 日前往民

航局討論空域問題與 UAS 實務作業方式並獲致共識下，本案空域申請與航拍作業始得順利進行。因在空域劃設與航線規劃上需盡可能避開人口稠密區，所以執行團隊在進行航拍任務規劃時，就必須在起降點評估與航線規劃上花費更多的時間。100 年的航拍任務多數都在人口稠密區外，因為有了過去幾年的運用經驗，本案欲將 UAS 航拍技術導入更多的運用，勢必會有進入人口稠密區拍攝的趨勢。未來在安全與有效率運用 UAS 執行航拍任務上，必須有更多配套方案，這必須由法規面、UAS 可靠度與任務的安排、規劃上進行權衡。

二、緊急航拍注意事項

執行緊急航拍任務的時機，多半都是處於天候不佳的狀況。因此執行任務的主要考量點，即在於是否可以快速且安全的取得該任務區影像資訊。以 101 年度 6 月執行之南投和社溪緊急航拍任務來說，所遭遇的問題有：

(一) 目前之 UAS 並無雨中作業能力

專案目前使用之國土測繪一號 (DoDo Pro 型 UAV) 主要設計於無雨天候進行飛行，因此在雨中飛行就有相當大的風險。且因 UAS 主要在視距外進行操作，在前往任務區航線上就有可能會經過下雨區。為了降低 UAS 可能在雨天飛行的風險，目前的對策即是在任務前完整掌握整個飛行區域的天候狀況，若天候狀況不佳且評估可能經過下雨區，建議暫停任務執行，視天候狀況許可再行辦理航拍。

(二) 目前使用之固定翼 UAS 仍需起降跑道才能作業

由於目前定翼型 UAV 需要起降跑道才可以執行任務，因此在任務的規劃、申請與執行上就會受制於起降跑道的所在位置。對於長距離的任務，目前所使用的國土測繪 1 號可以滿足半徑 60 公里以內之任務，但是往往會因為 UAV 在飛往任務區的途中經過人口稠密區而需要變動原本之飛行計畫。

(三) 目前之 UAS 系統，並無全域通訊能力

有鑑於台灣地區多山的地形，UAV 一進入山區後，可能就會面臨通訊中斷的可能。過去的解決方案，即是在適當地點選定中繼站，在 UAV 與基地站失聯後，可以運用中繼站與 UAV 繼續進行通聯監控動作。但選定中繼站方式較適用於一般的航拍任務，可以預先規劃由多組的人員進行任務，如果要執行緊急任務，勢必無法事先投入這麼多資源。為解決此一問題，後續建議可以在 UAV 上加裝衛星通訊設備，讓後端控制人員可以掌握 UAV 的基本動態，增加任務執行的安全性與可靠度。

參考文獻

1. 內政部，2007，基本測量實施規則，中華民國九十六年十一月十五日。
2. 內政部國土測繪中心，2009，探測感應器測繪平台架構規劃暨應用作業工作總報告書（修正版），中華民國九十八年十一月。
3. 內政部，2010，建置都會區一千分之一數值航測地形圖作業工作手冊，中華民國 99 年 1 月。
4. 內政部國土測繪中心，2010(a)，內政部國土測繪中心「測繪科技發展後續計畫」-發展無人飛行載具航拍技術作業執行計畫（100 年~103 年），中華民國 99 年 12 月。
5. 內政部國土測繪中心，2010(b)，研發廣域差分定位系統作業工作總報告書，中華民國 99 年 12 月。
6. 周尚弘，2005，GPS 與 INS 結合同軸數位量測相機之外方位精度分析，國立成功大學地球科學研究所碩士論文。
7. 國家測繪局，2010(a)，無人機航攝安全作業基本要求，中國大陸測繪行業標準化指導性技術文件，CH/Z 3001-2010。
8. 國家測繪局，2010(b)，無人機航攝系統技術要求，中國大陸測繪行業標準化指導性技術文件，CH/Z 3002-2010。
9. 國家測繪局，2010(c)，低空數字航空攝影內業規範，中國大陸測繪行業標準化指導性技術文件，CH/Z 3003-2010。
10. 國家測繪局，2010(d)，低空數字航空攝影外業規範，中國大陸測繪行業標準化指導性技術文件，CH/Z 3004-2010。
11. 國家測繪局，2010(e)，低空數字航空攝影規範，中國大陸測繪行業標準化指導性技術文件，CH/Z 3005-2010。
12. 國家測繪局，2010(f)，數字航攝儀檢定規程，中國大陸測繪行業標準，CH/T 8021-2010。
13. 魏瑞軒、李學仁，無人機系統及作戰使用，國防工業出版社，2009
14. Cox, T. H., Somers, I. and Fratello, D. J., 2006, "Earth observations and the role of UAS: A capabilities assessment version 1.1," Civil UAV Assessment Team, NASA, Hanover, MD.
15. Eisenbeiss, H., 2008. "The Autonomous Mini Helicopter: A powerful Platform for Mobile Mapping, " The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII, Part B1, Beijing, pp. 977-983.
16. Eisenbeiss, H., 2009, "UAV Photogrammetry", PhD. Thesis,

- Institute of Geodesy and Photogrammetry, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, Switzerland.
17. Eugster, H. and Nebiker, S., 2008, "UAV-based augmented monitoring - real-time georeferencing and integration of video imagery with virtual globes," The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII, Part B1, Beijing, pp. 1229-1236.
 18. Biler, M., Honkavaara, E. and Jaakkola, J., 1988, "GPS supported aerial triangulation using untargeted ground control", ISPRS Commission III Symposium, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 32(3/1) pp 2-9.
 19. Chao, Y.C., Tsai, Y.J., Walter, T., and Kee, C., "The Ionospheric Delay Model Improvement for the Stanford WAAS Network", Proceedings of ION National Technical Meeting 95, Anaheim, CA., Jan. 18-20, 1995.
 20. Cramer, M. (2005). Digital Airborne Cameras-Status and Future. ISPRS Hannover Workshop on High resolution Earth imaging for geospatial information, Proceedings, Volume XXXVI Commission I WGI/1, ISPRS Hanover workshop, Hanover 17-20 May, ISSN No. 1682-1777.
 21. Grenzdörffer, G. J., Engel, A. and Teichert, B., 2008, "The photogrammetric potential of low-cost UAS in forestry and agriculture," The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII, Part B1, Beijing, pp.1207-1214.
 22. Haarbrink, R. B. and Eisenbeiss, H., 2008, "Accurate DSM production from unmanned helicopter systems," The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B1. Beijing., pp. 1259-1264.
 23. Lin, Z., 2008, "UAV for mapping—low altitude photogrammetric survey," The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B1. Beijing, pp. 1183-1186.
 24. Lowe, D.G., 1999. Object recognition from local

- scale-invariant features. In: Proceedings of the International Conference on Computer Vision, pp. 1150 - 1157, Corfu, Greece.
25. Lucieer, A, Robinson, S., Turner, D., 2011, "Unmanned aerial vehicle (UAV) remote sensing for hyperspatial terrain mapping of antarctic moss beds based on structure from motion (SfM) point clouds", Proceedings of the 34th International Symposium on Remote Sensing of Environment (ISRSE34), Sydney, Australia.
 26. Tsai, Y. J., Chao, Y. C., Walter, T., and Kee, C., "Evaluation of Orbit and Clock Models for Real-Time WAAS", Proceedings of the National Technical Meeting, The Institute of Navigation, Anaheim, California, 1995.
 27. QinetiQ achieves UK's first unmanned flight for agricultural crop monitoring , on the web site : <http://www.qinetiq.com>

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
DGPS	Differential Global Positioning System	差分全球定位系統
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
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 UAV 的狀態
GPS	Global Positioning System	全球定位系統
IMU	Inertial measurement unit	慣性測量單元
GNSS	Global Navigation Satellite System	全球導航衛星系統
IP	Internal Pilot	內部飛行員，主要負責 UAV 之任務控制
LPS	Erdas LPS Core	Erdas 平台中的 LPS 核心模組，用於進行航拍後製處理，詳見 http://www.erdas.com/products/LPS/LPSCore/Details.aspx
MSL	Mean Sea Level	平均海平面高
POS	Position and Orientation System	位置與姿態系統
RMSE	Root Mean Square Error	均方根誤差
SIFT	scale invariant feature transform	是一種電腦視覺的演算法用來偵測與描述影像中的局部性特徵，它在空間尺度中尋找極值點，並提取出其位置、尺度、旋轉不變數，此演算法由 David Lowe 在 1999 年所發表

縮寫	英文名稱	中文說明
SURF	Speeded Up Robust Feature	加速穩健特徵演算法
UAV	Unmanned Aerial Vehicle	無人飛行載具，指 UAS 中的空中系統
UAS	Unmanned Aerial Vehicle System	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 A 工作計畫書審查意見
- 附錄 B 101 需求訪談會議簽到簿、紀錄
- 附錄 C 第一階段成果審查工作小組意見回覆表
- 附錄 D 期中報告委員審查意見回覆表
- 附錄 E 期中報告工作小組意見回覆表
- 附錄 F 工作總報告委員審查意見回覆表
- 附錄 G 工作總報告工作小組意見回覆表
- 附錄 H 工作會議紀錄
- 附錄 I 教育訓練簽到表
- 附錄 J 空域申請表格填寫範例
- 附錄 K 空域協調會議填寫範例
- 附錄 L Canon EOS 5D Mark II 24mm 鏡頭率定報告書
- 附錄 M Canon EOS 5D Mark II 50mm 鏡頭率定報告書
- 附錄 N UAV 起降跑道整理表
- 附錄 O 研討會論文題目與摘要
- 附錄 P 國土測繪 1 號失事報告書

附錄 A 工作計畫書審查意見回覆表

問題與意見	回覆說明	對應章節
1. 請將服務建議書委員及工作小組意見與需求訪談會議記錄及回覆辦理情形檢附於附件。	1. 遵照辦理	附錄 A 附錄 B
2. 報告書中多有「本案、本案、本計畫等」請統一用詞，建議使用「本案」；「執行團隊」建議修改成「本團隊」；「無人飛行載具、無人飛機；無人飛行載具系統、無人飛機系統」建議統一修改成「無人飛行載具(系統)」；「相機、像機」建議統一修改成「相機」；報告書中多有「內政部國土測繪中心、土地測繪中心、土測中心、貴中心、中心等」請統一用詞為「貴中心」。	1. 已修正。	
3. 有關 GPS/INS 機電整合規劃設計及建議搭載 GPS/INS 型號敘述較少，請補充說明。	1. 目前 IMU 與酬載系統的結合使用的方法是利用飛控電腦來紀錄所有的 IMU、GPS 定位、拍攝時間等各項參數，並於飛行降落後下載該次飛行的所有參數。這個方式的好處在於可以簡化系統的複雜度，缺點在於只要更改不同的 IMU/INS 設備後，飛控電腦的程式就需要在更動一次。因此不管選擇的 IMU/INS 的種類為何，要更換硬體設備時，就需要針對不同的軟硬體介面進行修改，但不會影響到其他機內設備的配接。本案今年度將	3.3.3 P.23

問題與意見	回覆說明	對應章節
	採用有多次飛行資料的 MicroStrain 3DM GX1 作為測試基礎，並據此建立相關性能參數的評估流程以作為後續選用具有 GPS 輔助的 AHSR 設備的標準。	
4. 作業計畫書修正版圖片請用彩色列印。	1. 遵照辦理。	
5. 計畫書中部分資料引用圖片，圖片品質不佳且文字部分模糊不清（如 P27 圖 2.9），請全部重新檢視修正。	1. 已修正。	
6. P.2 第一段文字內容為服務建議書寫法，建議刪除。	1. 已修正。	
7. P.7「詳細作業項目請詳服務建議徵求書」，P.54（第三段）出現服務建議書文字不適宜，請刪除。	1. 已修正。	
8. 若選定航拍測試區內無航測標，請補充說明進行布標作業內容（如航測標的大小與數量）為何？	1. 航拍測試時所需航測控制點原則上由中心所指定試驗區內提供現有航測標，其平面坐標基準採用 1997 坐標系統（TWD97）；高程坐標基準採用 2001 高程系統（TWVD2001），航測控制點分布，為適合空中三角區域平差之要求，於平地測試區規劃每 4 個空中攝影基線（基線長以重疊 60% 為準計算）佈設一航測標，航測標佈設規定除依建置都會區一千分之一數值航測地形圖作業工作手冊規定之外（內政部，2010），空標之尺寸應配合航高、立體測圖儀量測標尺寸及測圖精	

問題與意見	回覆說明	對應章節
	<p>度等條件之考量，以可清楚辨認且同時適用於兩不同飛行高度為原則，空標設置完成後，需製作空標紀錄表。</p> <p>2. 於不易佈標處或如山區測試區則儘量依據 4 個空中攝影基線（基線長以重疊 60%為準計算）為原則選取明確自然點（地面特徵點）取代空標作為空三控制點，以確保空中三角測量精度要求。</p>	
<p>9. P.14 資料保全部分，內容請再加強。</p>	<p>1. 專案已採購兩顆 1TB 硬碟作為資料保存與交換使用。另個次飛行與影像處理之成果將個別儲存於硬碟與光碟中，以確保資料的安全性。而密等資料將使用上述硬碟提供之 ASE128 編碼技術利用密碼進行保護。</p>	
<p>10. P.17，...皆是利用流程工具來進行限制並提升系統可靠度的作為，請補充所用流程工具為何？</p>	<p>1. 以修正文字為”皆是利用表單與系統軟體工具來進行限制並提昇系統可靠度的作為”較能貼和預表達之意義。</p>	<p>3.3.2 P.14</p>
<p>11. P.23 「...無人飛機曾於東北季風時出海作業...」，建議修改為「DoDoPro UAV 曾於東北季風時出海作業...」。</p>	<p>1. 已修正。</p>	
<p>12. P.25（第 7 行）「...才有可能到達規格所宣稱之精度...」，建議修改為「才能符合本案所要求精度」。</p>	<p>1. 已修正。</p>	
<p>13. P.28（倒數 1-6 行）建議修改為「由於 UAV 航拍任務可能於山區執行拍攝，為</p>	<p>1. 已修正。</p>	

問題與意見	回覆說明	對應章節
<p>避免發生如碰撞山壁情形等飛安問題，本執行團隊使用的航線規劃軟體內建有全台灣 100 公尺解析度 DEM 資料，可於航線規劃時即了解任務區內的地形起伏情形，隨時進行飛行高度或航線調整，確保任務順利且安全執行，並可將完成規劃的航線分布圖輸出至其他圖台如 Google Earth 或其他地形繪製軟體進行比對」。</p>		
<p>14. P.35 (倒數第 2 行) 對於側風處理部分，提出可增加一個軸向之雲台，請補充說明執行團隊目前選用解決方案。</p>	<p>1. 單軸向雲台的設計是針對載具之偏航軸進行修正。飛控控制電腦參考 GPS 定位資訊的航向訊號並與 AHRS 系統之磁羅盤的量測值比對。根據這個差值調整次一單軸雲台，使航偏角對拍攝的差異有效的減小，理論上可以減少側向風對於飛行航偏角的影響。目前市面上並無販售適用於本案之單軸雲台，因此將就目前選定之 Canon 5D MKII 相機為基準，進行該雲台的設計。</p>	<p>3.3.2 P.31</p>
<p>15. P.36 (第三段) 與 P37 (第 2 段) 內容部分重複，建議整併撰寫。</p>	<p>1. 已修正。</p>	
<p>16. P.37，在全台灣標定多個合格之起降跑道可供使用，請補充圖片說明位置所在。</p>	<p>1. 以補充於附錄 D</p>	<p>附錄 D</p>
<p>17. P.38 (表 10) 提出建立標準之緊急事件處置流程，</p>	<p>1. 已補充說明於 3.3.4。</p>	<p>3.3.4 P.42</p>

問題與意見	回覆說明	對應章節
請於適當章節補充相關處置流程。		
18. P.41 與 P.43 (表 11) 內容部分重複，建議整併撰寫。	1. 已修正。	3.3.3
19. P.47，請補充說明地面解析度 16 公分與 32 公分是使用何種焦距？	1. 該解析度為使用 20mm 鏡頭為基準所計算之結果。	3.3.3 P.38
20. P.48，請補充旋翼機相關規劃之航拍測試與應用說明。(局部修測的拍攝、環景...)	1. 已補充於 3.3.3 小節中。	3.3.3 P.41
21. P.50 目前中心購置 DTM 軟體為 Mach-T，並非 LPS ATE、LPS TE 等，請修改。	1. 已修正。	3.3.5 P.48
22. P.55，自率光束法相機率定，係針對哪些內方位元素進行率定？自率光束法空三平差，對於提升空三精度，請補充較詳細說明，建議可將引述之論文重點部分摘錄；...控制點及檢核點由已完成空三立體模型量測...，請補充說明實際作法。	1. 相機率定只要是率定像主距、像主點、以及鏡頭畸變差參數。其餘說明詳見已修正之計畫書 3.3.5 小節。	3.3.5 P.50
23. P.55 提到自率光束法區域平差精度比光束法空三平差好，但 P54 (第 2 段) 還是提出以光束法空三平差進行空三平差計算，是否有其他考量，請補充說明。	1. 詳見已修正之計畫書 3.3.5 小節。	3.3.5 P.51
24. P.56 (第 2 段)「在 LPS 軟體中打開已建立內、外方	1. 已修正。	3.3.5 P.53

問題與意見	回覆說明	對應章節
位之政大專案」，「政大專案」文字請修正調整。		
25. P.65，圖 41 系統架構圖有誤，野外航拍作業與地面控制測量應分開進行，請修正。	1. 已修正。	3.3.6 P.62
26. P.68，有關教育訓練部分，建議提出較具體之日期、時間與地點規劃內容。	1. 已修正。	3.3.7 P.65
27. 建議計畫書中各項空白檢核表格（如 P.77~81）可置於附件中。因本案無監審單位，各檢查表中有關監審單位字詞請刪除。另 P.80~81 檢查表單位，因測試區以 1 幅大小為原則，資料檢查應以格來劃分，建議將幅修改為格。	1. 已修正，並將表格移至附錄 E。	4.2
28. P.70（第 1 段、第 6 段）內容部分重複，建議整併撰寫。	1. 已修正。	
29. P.83，請於專案進度時程表成果繳交日期右側加 1 欄位，項目為實際完成日期	1. 已修正。	P.73
30. P.84，計畫執行甘特圖，請於每一項工作項目後面加註百分比配比（如第 1 階段工作（25%）...），並加列實際進度長條圖，另查核點請標註於圖中	1. 已修正。	P.74
31. P.89~P97 是否要寫計畫	1. 已修正。	

問題與意見	回覆說明	對應章節
經費估算，請考量		
32. P.99~P121 廠商背景及人員組成經歷，內容請酌以縮減擇要撰寫。	1. 遵照辦理	7.2-7.4
33. 計畫書中多處錯、漏字部分，如 P.15，...系統建制(置);P.17，...禁線(限)航區限制功能，請全面檢視修正。計畫書封面部分，作業計畫書請修改成作業計畫書，投標單位請修改成建置單位，印製日期請修改成民國 100 年 6 月。	1. 已修正。	
34. 有關計畫書內容格式部分，請全面檢視修正：(1) 段落首行請空 2 格。(2) 段落間距多處不一致，請修正。(3) 表格說明格式請置中對齊。(4) P.89，陸、計畫經費估算，本章內容字體大小與其他章節明顯不一致。	1. 已修正。	
35. 執行團隊為作業管控及溝通，提出以 Google 文件專案控管平台部分，可增列納入作業計畫書。	1. 已將協作平台之運用增列於 5.3 進度管理小節。	5.3 P.77
36. 對於航線規劃軟體是否會整合併於本案開發的平台上不太明確，請補充說明。	1. 航線規劃軟體所產出的航線規畫檔 (*.plan) 將會與後續開發的平台進行整合。因此未來在平台的使用上可以直接引入航線規畫檔，作為後續處理之參考基準。	3.3.3 P.35

101 年度「發展無人飛行載具航拍技術作業」案需求訪談會議紀錄

日期：民國 101 年 4 月 27 日

地點：內政部國土測繪中心

討論議題	回覆與辦理方式
<p>一、升級本中心 UAS 及影像處理軟硬體設備</p>	
<p>1.1 說明 GNSS 與 IMU 機電整合作法。</p>	<p>GNSS 接收機與 IMU、飛控電腦之間可以透過一個中介的機制來進行資料同步，確保每筆資料皆可正確安置時序標籤 (Time Tag)。</p>
<p>1.2. 說明如何解決 GNSS 定位與相機拍照時間同步問題。</p>	<p>可運用 GPS 接收機之 1PPS 同步訊號進行資料整合，並提前進行測試。</p>
<p>1.3. 本年度執行航拍任務原則上 UAV 應搭載升級後之 GNSS 與 IMU 設備，建議 GNSS 與 IMU 設備採購儘速進行。</p>	<p>遵照辦理。</p>
<p>二、執行 UAS 航拍任務及影像處理。</p>	
<p>2.1 配合本中心需求選定 4 區辦理航拍任務，並製作快速幾何糾正鑲嵌影像，作防救災及監測應用。</p>	<p>遵照辦理。</p>
<p>2.2 配合本中心需求選定 8 區辦理航拍任務，並製作正射影像成果，作區域正射影像更新應用。其中 1 區預定辦理海岸線最低潮位線航拍作業與產製相關成果。</p>	<p>遵照辦理。</p>
<p>2.3 配合本中心 101 年度基本圖修測作業 (花</p>	<p>遵照辦理。</p>

討論議題	回覆與辦理方式
<p>蓮地區)，選定 2 區辦理航拍任務，並製作正射影像、數值地形模型與向量圖等成果，作區域基本圖更新應用。相關修測作業應依基本圖測製規範之作業流程辦理。</p>	
<p>2.4 配合本中心航遙測感應器系統校正場（1 區）辦理航拍任務。</p>	<p>遵照辦理。</p>
<p>2.5 航拍任務執行區域以至少 15 區為原則，各航拍區域與產製之影像成果仍應視本中心實際業務情況作調整。</p>	<p>遵照辦理。</p>
<p>三、航拍影像處理軟體整合</p>	
<p>3.1 影像處理整合之影像快速鑲嵌拼接子系統應開發自有程式，需能在不使用 LPS 軟體情況下獨立完成影像拼接作業。</p>	<p>遵照辦理</p>
<p>3.2 需提供本中心完整影像處理操作手冊。</p>	<p>遵照辦理</p>
<p>四、其他事項</p>	
<p>4.1 第 3 階段成果之展示影片，請製作 2 份： （1）3~5 分鐘，可放置在本中心網頁影音區。（2）5 分鐘以上。</p>	<p>遵照辦理</p>
<p>4.2 提供 3 套模擬飛行控</p>	<p>遵照辦理</p>

討論議題	回覆與辦理方式
制器，供本中心操作訓練及展示會展示使用。	

附錄 C 第一階段成果審查工作小組意見回覆表

問題與意見	回覆說明	對應章節
<p>2. 建議計畫書架構部分修正為壹、前言，貳、航拍前置作業與任務規劃（包含 2.1 航拍申請、2.2 空域申請、2.3 相機率定、2.4 機電整合、2.5 航線規劃原則與方法、2.6 航拍區域及後製處理作業規劃等小節），參、影像處理整合作業設計。</p>	<p>已修正。</p>	
<p>3. 建議前言部分，可增列說明本（101）年度作業案係 4 年期（100~103 年度）計畫延續性工作，將會參照 100 年度作業案所規劃成果辦理本案相關測試及分析工作，另說明本年度工作摘要及 101 年度航拍任務執行區域將會依據 101 年 4 月 23 日需求訪談紀錄原則辦理，進行至少 15 區以上的拍攝作業。另對於已確認要拍攝地區，建議可納入工作計畫書。原 1.2</p>	<p>已修正。</p>	<p>第壹章</p>

問題與意見	回覆說明	對應章節
101 年度拍攝標的與 1.3 需求訪談紀錄，建議可以整併至「貳、航拍前置作業與任務規劃」之章節中。		
37. 文中對於本計畫、本案；100 年度專案、100 年度專案等用詞不一，請統一修正。另有 UAV、UAS，請統一使用「UAS」；「國土測繪中心、貴中心」，請統一用詞為「貴中心」。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 統一修正為 100 年度專案。 2. UAV、UAS 統一改為 UAS。 3. 統一改稱為貴中心。 	
38. P1，「101 年主要的拍攝項目為…」文字建議修正為「101 年主要設定拍攝區域與產製成果」。	已修正。	
39. P4，路徑規劃流程圖如圖 2，程序之說明歸納為如表 1；流程圖內容有誤請修正。 40. P5，表格中作業流程 1. 之步驟說明二，「…可參考空域申請流程…」，建議修正為「…可參考 2.2 空域申請流程…」。	已修正。	
41. P6，「並可根據風向…路徑時使用。」建議修正為「並具備可依據風向調整航向的功能。」	已修正。	
42. P7~8，圖 4 與圖 5 相似，建議刪除圖 4。第一段	1. 已將圖 5 更換為產生飛行計畫後之畫面。	

問題與意見	回覆說明	對應章節
<p>「正射影像製作航拍計畫計算機」軟體建議修正為「正射影像製作航拍規劃」軟體。第二段，應修正為「1. 需求設定視窗」。</p>	<p>2. 已修正為正射影像製作航拍規劃軟體。</p> <p>3. 已修正。</p>	
<p>43. P18 (第二段), 「使用者可以多加利用」等口語化文字建議刪除。空域申請流程請補充說明由團隊提供相關申請資料並由本中心協助申請。</p>	<p>已修正。</p>	
<p>44. P19~P20 提出相關航拍任務可使用 Canon5DMKII 搭配 24mm 鏡頭辦理，但是 P28 相機率定章節又提出 Canon5DMKII 搭配 50mm 鏡頭的率定方式及結果，建議應先說明何種任務型態需使用 Canon5DMKII 搭配 50mm 鏡頭，避免閱讀誤解。第二段，「因此在快速完成的前提下可以犧牲影像精確度的要求」建議修正為「因此在快速完成的前提下，影像精確度為次要考量」。</p>	<p>已修正。</p>	
<p>45. P20 (倒數第 2 行) GNSS 及 AHRS 請補充中文及英文名詞說明。第一段，「減少像幅數」應修正為「減</p>	<p>已修正。</p>	

問題與意見	回覆說明	對應章節
少相片數」。「水涯線」應修正為「水涯線」。		
46. P21 提出對於本中心航遙測感應器校正場航拍規劃，因前開校正場相關點位已確認，建議可以實際校正場校正標點位分布，預先進行航拍規劃；另請針對101年檢定作業部分補充說明。	因目前尚未進行該區之起降點選取，相關規劃將於期中報告中一併說明。	
47. P23 (第一段) 提出布設由 8 個黑點所組成的 20 個黑白的率定標，但實際對應 (圖 20) 為 10 個不同分布組合的率定標，P21 實際為布設 20 個率定標，請說明布設不同點位組合的原則，方便閱讀瞭解。	已修改並補充說明。	
48. P24(倒數第 2 段)P27(第一段) 文字內容重複，請刪除 P27 文字。像元的寬與高為 0.0064mm，是率定的結果或是以相機原本規格反算所得，請補充說明。另請補充率定時像距對焦距離 (是否對焦無限遠?) 及光圈設定值為多少。	已補充說明。	
49. P27，率定日期建議修正為一般常用格式，如 101/05/19(年/月/日)。	已修正。	
50. P31 (第一段)，「後文簡稱為 AHRS」請修正為「以	已修正。	

問題與意見	回覆說明	對應章節
<p>下簡稱為 AHRS」。</p>		
<p>51. P32 (倒數第 4 行) 1PPS 訊號的使用與時間正時的機制,「正時」是否為圖 29、圖 30 提到的「同步」?建議文字統一;另文中對於英文名詞引用時,請增加中文說明及後續縮寫,方便閱讀。「紅框內的…」建議修正成「虛線框內…」或圖片使用彩色列印。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 已修正為”同步”。 2. 以補充中文名稱與簡稱說明。 3. 已修正為虛線框內…。 	
<p>52. P35 提出將參照 100 年規劃發展「航拍影像處理系統」,但所列 4 項系統作業流程(如航拍任務規劃、影像快速鑲嵌拼接、災害判釋分析及圖資更新)與 100 年度 3 項(快速影像幾何鑲嵌、防救災應用影像處理及圖資更新)不同,請補充說明;另請補充說明整合系統運作環境與軟硬體需求。「歸畫」請修正為「規劃」。</p>	<p>已補充說明於第陸章整合系統運作環境與軟硬體需求小節。</p>	
<p>53. P40, 本案如何作影像品質檢查?請補充說明。</p>	<p>已補充於第陸章影像品質評估小節。</p>	
<p>54. P. 42, 圖 35「航拍影像處理系統…」。</p>	<p>已修正。</p>	
<p>55. 若發生緊急事件,需同時執行 2 區以上航拍任務,團隊如何執行?是否有</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 依目前執行團隊之人力,可同時進行 2 區以上之任務執行。但單 	<p>附錄 D 緊急任務執</p>

問題與意見	回覆說明	對應章節
<p>足夠人力執行？請補充說明任務執行構想。</p>	<p>次任務所需支援人員數仍需視任務種類與難度而定。</p> <p>2. 緊急事故發生時，主要的考量點在於對應該任務區的起降場地是否可以使用。若該任務區內之前已有使用過之起降場地，且該場地可以正常使用，則任務執行的考量就會在天候與空域的限制。</p> <p>3. 緊急任務執行流程可參考附錄 D。</p>	<p>行 檢 查 流 程 圖</p>
<p>56. 建議增列工作進度章節，方便整體進度及品質管控。</p>	<p>已增列工作進度章節。</p>	<p>增列於壹、二小節</p>

附錄 D 期中報告委員審查意見回覆表

期中報告書委員意見回覆表

問題與意見	回覆說明	章節對照
王成機委員		
1. 報告中相關圖表，請以能清晰表示為原則，如 P. 9 表 3 及 P. 60 表 22 應修正。	遵照辦理。	P.10 P.64
2. 報告書中參考文獻註記與文後之參考文獻並不相符，如 P. 18，請全面檢視修正。	原期中報告P.18之參考文獻(Chao, et.al, 1995 ; Tsai, et.al, 1995)已增列於參考文獻中，其餘不相符處已修正完畢。	參考文獻
3. BD970 靜置精度分析中，GPS-RTK 每 1 點位施測時間，請於表中呈現每 1 點位精度。	已補充說明，主要文字修正為”……觀測時設定2DCQ需在2公分以下，3DCQ則是在4公分以下，連續靜置1分鐘，……”	P.22
4. 表 6，e-GPS 與 RTK 之差異，E 值均為正、N 值均為負，是否有系統誤差，請分析。	已補充說明，主要文字修正為”E、N、h三方向差值符號皆一致，判斷其系統偏差來自於天線是直接膠布固定於標竿上，因此天線中心與點位中心並不一致，其差量約2公分，且每個位置觀測時BD970及筆記型電腦皆概略位於天線右方，使得天線中心相對於點位中心之方位約略相似，導致出現此系統誤差，”	P.23
5. 簡報中有呈現精度分析，而報告書中並未呈現，請補充。	已經修正補充。	P. 28- P. 31

問題與意見	回覆說明	章節對照
6. 動態測試精度分析係以 e-GPS 成果與 DGPS 後處理成果比較，請補充說明 DGPS 後處理方式。	已補充。	P.26
7. P. 25「e-ATE 原理.....轉換成更高精度的 XYZ 坐標」，如僅涉及坐標換算，不可能提高精度，請敘述清楚。	此為文字敘述筆誤，已刪除。	
8. 本案進度似乎落後，請團隊提出因應作法。	本年度的飛行任務區有部分空域涵蓋人口稠密區，民航局對於人口稠密區空域管制較嚴格，申請過程中多數空域需縮小範圍避開人口稠密區後重新申請，因此在進行空域申請過程中有所延誤。目前任務空域多已核可，後續的作業是協調空域的使用與任務的執行，航拍任務執行時程規劃參見表 11。任務的執行以不需協調空域的任務區為優先，並同時進行其他區域的空域協調，期能在專案期限之前，完成相關的飛行任務。	P. 43-P.44

問題與意見	回覆說明	章節對照
張哲豪委員		
1. 請工作團隊於後續規範或是作業程序中考	遵照辦理，將於期末報告中一併提出程序。	

問題與意見	回覆說明	章節對照
<p>量人員訓練（包含操控），以及事故損失載具之處理或是潛在成本。</p>		
<p>2. 針對緊急災害應變及國土監測變異的需求，各步驟時間點需要在案例中，多加以記錄與說明，同時也需要包括驗證精度。</p>	<p>本專案所提「影像快速鑲嵌拼接」即針對緊急災害應變需求所設計之流程，而「災害判釋分析」除了針對災後的勘查及分析之外，亦具有國土變異監測之功能。本專案後續將針對不同案例詳細記錄各步驟執行之先後順序及時間點，以供參考。另在有充足的已知地面控制資料或其他已知輔助資料的前提下，將進行精度驗證。</p>	<p>P.85</p>
<p>3. 裝置 Trimble BD970 於 UAS 上是否會有困難？採用 e-GPS 於較為山區中，是否仍能發揮效用。</p>	<p>Trimbel BD970 本身之體積不大，並不會造成安裝上的困難。在配合 e-GPS 的服務中，Trimbel BD970 需要收到修正訊號才得以進行 RTK 修正，因此如果 UAV 與 GCS 失去通訊，就無法使用 e-GPS 服務。在本年度的規劃中，預計先行在平原區使用該服務進行測試，用以確定系統之特性。</p>	<p>P.18</p>
<p>4. UAV、UAS 請考慮其用途，是否需要統一或加以區隔來使用。</p>	<p>UAS 一詞用於描述無人飛行載具系統整體，包含飛行載具、地面控制站、酬載系統等。而 UAV 一詞主要用於描述飛行載具本體。相關說明已補充於 P.113 縮寫符號一覽表。</p>	<p>P. 115，縮寫一覽表</p>

問題與意見	回覆說明	章節對照
劉正千委員		
1. 自行開發的快速鑲嵌軟體只有交代使用 SURF 法進行匹配，未交代如何應用 GPS 和 IMU 資料去進行投影，請詳細列出式子。	此自行開發之軟體為因應國土測繪中心之額外需求，並不在契約書規定之工作項目中，其主要目的主要是提供一個不需在 ERDAS 環境下，隨時隨地可以執行的影像拼接程式。根據國土測繪中心之需求，此程式需在僅有影像資料的情形下進行快速影像拼接，主要目的是快速了解拍攝區域之整體狀況，於第一時間內可提供防救災單位緊急應變之參考，精度或幾何變形並不在考慮範圍內。本程式目前僅利用 SURF 演算法即可計算影像間之相對方位並直接進行影像匹配，GPS 及 IMU 僅用來判斷重疊區域及挑選影像，後續將會考量其他影像匹配方法及整合 GPS/IMU 之效能。至於本專案利用 ERDAS LPS 所整合之「災害判釋分析」流程，則充分應用 GPS 及 IMU 資訊做為空三計算之起始資料，並可獲得災害區域之正射影像。此流程因需要較多處理時間，故於第二階段完成後再提供相關單位參考。	P.97
2. 多數圖號有錯誤，如 P. 92，請檢視修正。	遵照辦理。	
3. P. 97，圖 66，影像套合結果不理想，原因為何？	此為特地選擇 UAS 載具改變航向時所拍攝的影像進行測試，旨在測試多張非垂直拍攝，且幾何變異較大的影像拼接效果。當影像為垂直拍攝，或姿態沒有較大變化時，並無此問題。	P.106，圖 82
4. P. 96~97 之圖 64、65，看來扭曲的相當	此為 UAS 爬升時所拍攝之影像，其目的是在測試當影像比例尺不一致時之	P.104-P.105，圖 80、81

問題與意見	回覆說明	章節對照
嚴重，為何不是近垂直拍攝？還是未使用多視點 (multiple viewpoint) 的方式來拼接影像？	影像拼接成果，當影像比例尺一致時，並無此問題。另影像拼接為不同位置不同姿態之重疊影像接合成果，即相當於多視點方式。	
5. 緊急拍攝的影像，為何沒看到堰塞湖？	南投和社溪堰塞湖在UAV航拍前的下雨期間已有多台挖土機進行緊急挖掘疏通，UAV於天候許可完成航拍時，該堰塞湖已大部分消退；該次任務的另一個拍攝重點在於找尋堰塞湖形成來源，由拍攝影像中可以清楚辨認。	P.50-51
6. SURF 結果雜點濾除正確率為何？是否仍需手動濾除雜點？是否查過其他方法？	本專案以局部仿射轉換之參數聚集性，可刪除掉大部分的錯誤點，最後再利用統計平差原理進行偵錯及除錯，不需手動除錯。後續將再尋找是否有更好的除錯方法。	P.101-102
7. 空域管制問題為何到8月31日才進行協調？	空域之申請按照一般程序進行需時2週到1個月，本案共有15個任務區因此申請時間也較長。本年度之15區飛行空域多涵蓋人口稠密區，民航局對於人口稠密區空域管制漸趨嚴格，申請過程中多數空域需縮小範圍避開人口稠密區後重新申請，因此在進行空域申請過程中有所延誤。國土測繪中心在接到民航局公文通知後即前往民航局進行討論協調，並於8月31日達成共識。	
8. 大家對此案都寄予厚望，國土測繪實在需要朝向 UAV 發展，請執行團隊努力。	感謝委員。	

問題與意見	回覆說明	章節對照
9. P. 47, 圖 30, 看來並不是按規劃航線拍攝的, 而是大量隨機觸發快門而拍攝得到的影像, 請說明原因。	該次任務起飛架次共三次, 並根據當時之天候狀況與需求運用UAV進行拍攝。該圖拍攝時所採用之控制方式為半自動模式, 即載具自動鎖定機頭方向與飛行高度, 由地面控制人員控制航向。在此模式下, 飛控電腦每兩秒會自動觸發拍照一次, 讓地面操作人員得以專注於目標點之拍攝。	P.50

問題與意見	回覆說明	章節對照
吳水吉委員		
1. 報告書內許多圖的編號與文不符。	已針對編排問題進行修改。	
2. P. 25 頁內提到 e-ATE 的特性, 寫的不是很清楚, 請補充。	已修正。	P.32
3. P. 44 頁的航線圖中, 看不到航線的展現。	已針對該圖呈現進行修改。	P.50
4. 緊急災害鑲嵌後, 是否有作災害的判釋? 若有, 如何做?	緊急災害鑲嵌旨在提供提供災害區域之影像總覽, 由人工迅速判釋災害位置, 不作其他災害判釋。	
5. 山區飛行路線之規劃, 是否可以加入 DEM 資料, 確保規劃航線的可用性。	目前在規劃航線後, 會導入Google Earth 進行航線確認, 因此通常不會有撞山之危險性。	
6. 快速鑲嵌接邊會有錯動的問題, ERDAS 上有	於ERDAS軟體所整合的影像快速鑲嵌拼接功能中, 即有利用到ERDAS之影	

問題與意見	回覆說明	章節對照
修補的功能，可以參考使用。	像鑲嵌功能。但在自行開發之軟體中，目前尚無解決此問題之功能。	
7. 一次拍攝的影像如何計算土方量與變遷分析，是否是必要的工作項目？	土方計算及變遷分析功能中，將與國土測繪中心目前既有的地形資料及相關圖資進行比較。另計算土方量與變遷分析，並非本案必要的工作項目。	P.86
8. 山區影像匹配的困難在基本圖修測上的可用性如何？提升 IMU 功能有多少幫助？	由去年阿里山航拍影像測試得知山區影像匹配的確困難，難度在於山區多為植被區，導致以區域式的匹配方式(如NCC與LSM)容易失敗，需要人工介入，此與影像匹配演算法較相關與提升IMU的精度較不相關，由去年阿里山航拍影像處理經驗得知，UAV於山區的正射影像精度已經達到1/5000之精度，但於基本圖修測上的可用性仍待後續更多的測試經驗驗證。	

問題與意見	回覆說明	章節對照
陳哲俊委員		
1. 整體而言，本期中報告對於成果繳交項目（第2階段）皆能如期或提前完成，值得肯定。	感謝委員。	
2. 本報告最大問題在於圖文、編碼錯置，參考文獻不完整等筆誤。	已針對錯誤處進行修改。	

問題與意見	回覆說明	章節對照
<p>(1) P. 26~96，只有少數圖文號碼正確外，至少有20幾個圖文編碼錯置，請全面檢視修正。</p> <p>(2) P. 55，缺拍攝範圍示意圖。</p> <p>(3) P. 18，「Chao, et. al. ..., 1995」未列入P. 103參考文獻，而參考文獻中英文參雜，建議重整。</p>		<p>(1) 遵照辦理。</p> <p>(2) P.61</p> <p>(3) P.111</p>
<p>3. P. 3，圖2專案執行流程圖右側「UAS 航拍技術推廣」既非P. 1之8項工作項目，內容也未提及。建議改為「安全機制方案擬定」；左下有「UAS 航拍影像...」建議改為「UAS 航拍影像處理整合作業」。</p>	<p>UAS 航拍技術推廣亦為本年度重點工作之一，因此列出。其他部份已修改。</p>	<p>P.3</p>
<p>4. 依國土測繪中心規範，DTM 應一律改為</p>	<p>已修正為DEM。</p>	<p>第參章第二節影像處理軟硬體升級</p>

問題與意見	回覆說明	章節對照
DEM。		與測試

問題與意見	回覆說明	章節對照
鄭彩堂委員		
1. P. 9 表 3 及 P. 60 表 22 之文字太小無法閱讀，請修正。	已修正。	P. 10 P. 67
2. P. 18，圖 9 引用作者姓名似有誤，且該篇未列入參考文獻中，其他亦有參考文獻與本文未對應情形，請再全面重新檢視。另參考文獻 4 引用本中心測繪科技後續計畫(草案)，應修正為正確名稱。另 P71 所列降落傘面積公式，是否引用別人研究？若是，宜註明出處，併其傘降測試結果，請列入期末報告及安全機制中。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 原P.18圖9之引用文獻已修正。其餘參考文獻均已修正。 2. 降落傘公式係引用魏瑞軒、李學仁，無人機系統及作戰使用一書，已列入參考文獻中。 3. 相關測試將列入期末報告中一併說明。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. P111-113 2. P.111
3. P. 14，圖 6 敘述紅框左側…，惟係黑白列印；P30，圖 24 黑白列印，一片漆黑，無	已修正。	

問題與意見	回覆說明	章節對照
法判釋，請改進。		
4. P. 33 圖 28 及以後圖次與本文多有不符，請更正。	已修正。	
5. 100, 101 年均有 UAV 失事，其原因有所不同，請分析彙整其原因，並蒐集相關文獻資料，研訂對 UAV 出任務之環境限制條件，如在何種天候狀況可出、建議不出或限制不許出任務…、出發前需測試項目…回來後需保養項目等後，列入安全機制及相關作業規範與保養手冊內。	將於期末報告中一併呈現。	
6. P. 73 狀況處理建議表部分欄位空白(天線無法自動追蹤之處理方式空白)，請補齊；另部分內容需作修正(如 RSSI_dbm 低於 -85，其處理方式為「不建議傳送任何指	已修正。	P. 80

問題與意見	回覆說明	章節對照
<p>令??」；空域過於繁忙，其原因為「天氣良好??」)及部分表格需整併。</p>		
<p>7. P. 23, GNSS 驗證中，所敘測試以車載 TRIMBLE 接收狀況有遮蔽，但以 UAV 執行時則不會發生遮蔽情形，兩者之關聯似有不足，請補充說明(或引述出自何文獻)。</p>	<p>已修正，主要文字敘述為”車子行駛經3號國道時以車速約每小時100公里的速度前進模擬UAS之飛行速度，然因3號國道實驗路線位於山區，因此遭遇地形遮擋及隧道影響，無法每個時刻皆定出三維坐標，但日後以UAS執行航拍任務時，因UAV於空中執行航拍時其透空度良好，此遮蔽情形應不會發生。”</p>	<p>P.25</p>
<p>8. 期中報告書所列第3階段需繳交成果項目，似有遺漏，請再檢視合約規定。</p>	<p>遵照辦理，並將於期末報告中一併呈現。</p>	
<p>9. 第3階段需繳交成果項目眾多，請預為規劃並儘量在期限內分階段繳交。已完成空拍許可申請地區，請儘速籌劃空拍事宜。</p>	<p>遵照辦理；已完成空拍許可地區已規劃航拍時程，如表11。</p>	<p>P.44</p>
<p>10. 頁首與本文距離太近，頁首可不分行。部分為單面列印，請改為雙面列印。報告</p>	<p>已修正。</p>	

問題與意見	回覆說明	章節對照
書封面本中心出現 3 次，請調整。		
11. P. 12, P. 13, AHRS 及 GNSS 未在第 1 次出現時，列出全名，反而在後面才列出，請再全面檢視修正。	已修正。	P.5,P.12
12. 本案工作計畫書審查紀錄請一併列為附件，並倘委員意見回復內容有修正者，請一併修正。	遵照辦理，並將於期末報告中一併呈現。	

附錄 E 期中報告工作小組意見回覆表

問題與意見	回覆說明	對應章節
1. 建議補充縮寫符號一覽表	已新增。	縮寫符號一覽表
2. 報告書中出現「中心」「貴中心」「測繪中心」「國土測繪中心」用詞請統一修正為「國土測繪中心」；「E-ATE」、「eATE」、「e-ATE」請統一修正為「e-ATE」。	已修正。	
3. P. 3, 圖 2 中 UAVS 請統一修正為 UAS。	已修正。	P.3
4. P. 4, 第 1 段工作項目及內容標號後文字請對齊。	已修正。	P.4
5. P. 6, 「規畫」請修正為「規劃」。教育訓練應合計至少 12 小時, 訓練預定表僅 6 小時, 請補充; 另教育訓練項目應包含 UAS 操作及航線規劃等課程, 請補充。	已修正。	P.6
6. P. 9, 表 3 專案進度表字體太小, 內容不易閱讀, 請修正。	已修正。	P.10
7. P. 12, 第 1 段最後 1 行「... 請參考錯誤! 找不到參照來源。」請修正。	已修正。	

問題與意見	回覆說明	對應章節
8. P. 13~14, 採購雙頻全球導航衛星系統, 建議修正為採購雙頻全球導航衛星系統接收模組。圖 5、6、7 中, 「紀錄」應修正為「記錄」。	已修正。	
9. P. 18, 第 1 段第 3 行, 「... 並進一步提供測試 UAS 航拍影像製圖的可行性探討。」建議修正為「並進一步應用於 UAS 航拍影像製圖。」	已修正。	P.18
10. P. 21, 「因此天線中心與點位中心並不一致」, 請修正。	已修正。	P.23
11. P. 23, 最後 1 行, 「... 計算 E、N、h 三方向之差值, 計算均方根誤差」, 均方根誤差結果是否為表 7, 請補充說明。	此為”快速移動下 Trimble BD970 接收狀況與精度”與”表 7”無關, ”快速移動下 Trimble BD970 接收狀況與精度”之精度分析已經補充說明。見修正後章節內容。	P.25 - P.31
12. P. 30~31, 段落間距格式請修正; 圖 25 框線位置偏差, 請修正。	已修正。	P.33 - P.36
13. P. 42, 圖 26、27, 「6 月 14 日任務航拍效果」, 建議修正為「6 月 14 日航拍任務之含雲影像」。	已修正。	P. 48

問題與意見	回覆說明	對應章節
14. P. 44, 「另一組人馬攜行小型垂直起降 UAV 由...」建議修正為「另一組人員攜帶小型垂直起降多旋翼 UAV 由...」。	已修正。	P.50
15. P. 45~46, 建議於「二、航拍影像處理」後新增「三、航拍預備區」1 節, 並將(二)台中黎明重劃區(預備區)、(三)台中北屯大里(預備區)內容整併於「三、航拍預備區」中。	已修正。	P.52-54
16. P. 46, 第 2 段「本次任務亦運用 UAV 取得的側拍...」, 請修正文字。	已修正。	P. 50
17. P. 66, 第一段, 「將貴中心透視投影之影像, 逐點糾正成正射影像...」。	已修正。	P. 73
18. P. 67, 第 3 段「南投航遙測校正場航拍區之規劃...」字體大小不一致, 請修正。	已修正。	P.74
P. 69, 倒數第五行, 「已經在全台灣標定多個合格之起降跑道可供使用。」, 建議增加圖片輔助說明, 並標示起降跑道所在的區域、位置。	已增列於附錄 K。	附錄 K

問題與意見	回覆說明	對應章節
19. P. 71, 第 1 行, 參照一般 UAS 降落傘的設計規格【11】, ……。其中【11】所代表為何, 請補充說明。	原為參考文獻對照符號, 已經修正。	P.78
20. P. 77, 「 <u>四</u> 、圖資更新」。 「 <u>任務歸畫</u> 」應修正為「 <u>任務規劃</u> 」。「 <u>拍測區域</u> 」應修正為「 <u>拍攝區域</u> 」。	已修正。	P.86
21. P. 78, 倒數第 4 行所提平面圖及 P79 流程圖中的平面圖立體測繪建議將「 <u>平面圖</u> 」文字改成「 <u>地形圖</u> 」。	已修正。	P.86 P.87
22. P. 81, 圖 49 <u>航線規劃活動圖</u> , 建議修正為 <u>航線規劃流程圖</u> 。	已修正圖 65。	P.89
23. P. 86, 第 2 段, 「因此程式中會將 <u>GPS84</u> 經緯度坐標轉成 TW97 直角坐標...」應修正為「因此程式中會將 <u>WGS84</u> 經緯度坐標轉成 TW97 直角坐標...」	已修正。	P.94
24. P. 105, 附錄 E 應為空域協調會議填寫範例, 請修正文字。	已修正。	附錄 G

問題與意見	回覆說明	對應章節
25. 附錄 F 之相機率定報告，應為失事之後所進行率定作業，建議應於 P. 43 文中補充相關說明。	已修正。	附錄 H 附錄 I P. 49-50
26. 建議將每月工作會議紀錄補充於附錄中。	已修正。	附錄 J
27. 報告書中段落間距格式與多數圖號有誤，如 P. 30~31、P. 34~35，請全面檢視修正。	已修正。	
28. 目前部分預定航拍區域空域已核可，建議補充相關航拍時程規劃。	補充於表 11。	P.44

附錄 F 工作總報告委員審查意見回覆表

工作總報告審查委員意見彙整表

問題與意見	回覆說明	章節對照
王成機委員		
<p>1. 表 3-1、表 3-2 有呈現 E、N、h 坐標，建議在報告中適當地方說明坐標系統及高程系統；另表 3-2，A2 及 Q1 點位坐標有效位數之取捨應與其他點位一致。</p>	<p>已於對應章節中說明使用之平面與高程坐標系統；表 3-2，A2 及 Q1 點位坐標有效位數已取捨與其他點位一致。</p>	<p>P.18 P.24</p>
<p>2. 各航拍區執行概況表請加一項目，說明拍攝日期及時間。</p>	<p>已修正。</p>	<p>第肆章</p>
<p>3. 緊急災害應變及國土監測變異分析作業 3 區及航遙測感應器系統校正場 1 區，只說明航拍任務執行情形，並未見任何分析，請補充說明。</p>	<p>依據原先預定之工作項目，本專案僅分別提供適合緊急災害應變、國土監測變異分析、及航遙測感應器系統校正場使用之 UAS 航拍影像，以供國土測繪中心後續分析使用。</p> <p>航遙測感應器系統校正場任務中依契約規定取得影像後交由國土測繪中心交由其他單位進行。</p>	<p>P.43 P.44</p>
<p>4. 正射影像測製作業區，建議說明控制點及檢核點之布設及測量，否則無法了解其後分析之精度檢核；</p>	<p>控制點及檢核點之布設及測量、及所需數量已補充說明於「第肆章 定翼型 UAS 航拍任務執行與影像處理」第二段文字中。各成果分析時，已將所有檢核點點數全數納入計算 RMSE。</p>	<p>P.43</p>

問題與意見	回覆說明	章節對照
<p>另檢核點數量不是很多，最後只選取 5 個檢核點來分析精度，建議可全數納入分析。</p>		
<p>5. 報告中各幾何精度檢核表皆缺單位，另表中及報告中 X、Y，建議修正為 E、N，以使報告陳述一致。</p>	<p>幾何精度檢核表均加註單位，已將報告中 X、Y，建議修正為 E、N。</p>	<p>第肆章</p>
<p>6. 正射影像作業編號 3 及編號 4 作業區，航拍及內容、報表、圖皆相同，建議編號 4 僅說明為何同編號 3 即可。</p>	<p>於第肆章第二節 正射影像作業編號3 與編號4作業區中之(一)航拍任務執行與(二)航拍影像處理中補充說明因兩區任務地點相鄰，因此航拍取像時於同一架次任務中執行；且航拍取像航拍影像一併處理，所以航拍及內容、報表、圖皆相同。</p>	<p>P.69</p>
<p>7. 基本圖測製作業 2 區，成果敘述與正射影像作業區相同，應有不同之成果。</p>	<p>基本圖測製作業2區，成果除正射影像之外，尚有地形圖與GPS輔助自率光束法空三平差與自率光述法空三平差成果比較，均已於適當位置加以補充說明。</p>	<p>P.126</p>
<p>8. 第 5 章整合系統實際測試與分析，似乎只說明自動快速影像鑲嵌程序，整合系統之效益應不只此項。</p>	<p>前一年度規劃整合系統之主要目的為整合LPS、ORIMA及MATCH-T等不同軟體之功能，同時提供檔案轉換及流程介面方便測繪中心使用。因本年度已另採購e-ATE軟體，其與LPS及ORIMA同樣架構於IMAGINE系統底下，因此已沒有檔案轉換之問題，故本年度僅針對流程介面進行整合，同時提供軟體操作說明供使用者隨時查閱。另第五章之整合系統之內容已包</p>	<p>P.157</p>

問題與意見	回覆說明	章節對照
	含「航拍任務規劃」、「影像快速鑲嵌拼接」、「災區空間資訊」、以及「局部區域圖資更新」等功能，可簡化軟體切換操作程序。至於自動影像快速影像鑲嵌為本團隊另行開發之軟體，可獨立於IMAGINE系統執行影像快速拼接。	
9. 參考文獻中引用中國國家測繪局之文獻時，建議使用中國大陸名稱。	已修正。	P.231

問題與意見	回覆說明	章節對照
張哲豪委員		
1. 15 個案例與各項標準製作程序的關連性，建議能夠加強敘述。	已補充三種不同影像處理作業中所需進行之工作與說明。	P43, P55
2. 所擬交付之各項標準製作程序，建議能夠明列項目，並於結論中敘明。	針對三種不同影像處理作業之製作程序，可以參考第伍章第一節，實際作業結果可參考第肆章各小節。	第肆章 第伍章

問題與意見	回覆說明	章節對照
周天穎委員		
1. 建議後續發展 UAV 應先確認目的，並訂定國土測繪中心 UAV 執行之任務，建議目的可朝向輔助異動較大	將配合中心之目標進行。	

問題與意見	回覆說明	章節對照
或較頻繁之1/2500 或1/5000 地形圖或通用版電子地圖之製作。		
2. 建議後續鏡頭應儘量使用非廣角式，因現行軟體處理已不限影像張數且可迅速完成，已可不用拍攝單張大面積範圍，而可以多張小範圍方式拍攝。	非廣角相機取像較適合正射作業，但廣角相機若選取合適區域亦能製作品質佳的正射影像；但若欲製圖則需考慮影像之基線航高比，此時以廣角相機較適合。此外，若於相同航高下取像，且重疊率均相同情況下，以目前相機鏡頭50mm取得之影像數約是24mm鏡頭取像片數之兩倍，若欲製作正射影像時均需先進行空三平差，依據經驗50mm鏡頭航拍影像空三平差所花費之時間至少是24mm鏡頭航拍影像處理時間的兩倍以上，因此基於處理效率與後續製圖之考量，仍建議使用寬角相機。	
3. 報告書中有關航拍任務次數計算可補充說明同區不同任務之內容。	在15次任務中，彰化與花蓮任務區因為相鄰區域，因此在同一日、同一航程中完成作業，但仍屬於不同之航拍區。	
4. 報告書中提及回收傘部分字眼建議修正。	已修正。	P.202
5. 簡報中針對定翼及旋翼之系統要求，可再參考目前各家廠商硬體精度修正，建議對旋翼部分可再區分為微型、小型、中型等，因國內已有多家產業界有比表中系統高出	已補充。	P.204 P.205

問題與意見	回覆說明	章節對照
許多能量之能力。		

問題與意見	回覆說明	章節對照
吳水吉委員		
1. 若本報告設定為總報告，應整合 2 年度的成果，然在文章中常會提到本年度，尤其只在前言以 100 年度延續計畫撰寫，建議補充說明。	在100年度專案中，完成UAS需求訪談與資料蒐集、定翼型無人飛行載具系統建置、一般航拍任務執行、規劃UAS任務執行安全機制、無人飛行載具系統航拍影像處理系統規劃、UAS成本分析與辦理教育訓練等工作，建立運用UAS 執行航拍的基礎能量。101年度專案旨在升級UAS及影像處理軟硬體、執行UAS航拍作業、辦理影像處理整合作業、研擬航拍作業規範與任務執行安全機制，並參照專案相關成果與規劃，進一步提升相關技術與精確度。	P.1
2. 建議應該補充摘要，包括中、英文摘要。	已補充。	中英文摘要
3. P. 8，第 3 階段成果繳交項目編排格式有誤，請修正。	已修正。	P.8
4. 成本分析太簡單，應該從 15 個案例詳細經費來作平均，再加上飛機折舊經費，才能符合實際民間一般的航拍案成本分析。	本案屬於統包形式，且研究性質較高，較難跟一般業界實際之作業成本進行比較。目前僅取桃園捷運A7一區進行說明。一般業界在進行估價時，會考量單一任務區會因為各種因素影響而無法在一次任務中完成拍攝作業，因此通常會較本案之成本估算為高。	
5. 影像變遷分析，幾乎	依據原先規劃之工作項目，本專案僅	

問題與意見	回覆說明	章節對照
沒有提到如何處理，分析目標是什麼？或目前影像可能遇到問題？請補充說明。	提供適合緊急災害應變及國土監測變異分析之DEM資料及正射影像，以供國土測繪中心後續分析使用。本專案並不涉及實際之變遷分析。	
6. UAV 在緊急應用上，不應該設定固定高度，建議應視天候狀況而定。	在執行緊急運用時，會因雲高與地形高差的因素而動態調整飛行高度，不會限制在固定高度上飛行。	

問題與意見	回覆說明	章節對照
曾義星委員		
1. 因內方位元素具高度相關，採用自率光束法平差應有良好的3維分布控制場條件，而本案採用自率光束法平差，其原因為何？請補充說明。	根據「100年度發展無人飛行載具航拍技術作業」執行經驗，若相機參數以室內方式率定時，物距不夠遠無法視為無窮遠，造成所率定之相機像主距與酬載於UAS上航拍取像時，成像時之像主距會有差異，因此時成像物距至少500公尺，物距可視為無窮遠，因此成像之像主距幾乎等於焦距，造成已室內率定之像主距與取像時之像主距不同，其差易量足以影響高程精度；此外，室內環境與航拍取像的環境不同，因此以室內方式率定之像機參數無法描述取像當時的像機狀況。因此在目前自動匹配技術可匹配涵蓋整張影像的情形下以及高重疊率的取像，應用自率光束法平差可解決上述問題，至於參數之間高相關與自率光束法空三平差使用上之限制則有待將來更進一步探討。但以目前成果而言，自率光束法空三平差的確可提升空三平差精度。	P.18

問題與意見	回覆說明	章節對照
2. 將 GPS 觀測結果納入空三解算是較有效率的作法，平台中尚有 IMU 觀測量，是否也應納入空三平差？請補充說明。	因IMU精度不足，若於空三平差過程加入，對於連結點自動匹配反而造成困擾，且因其精度不佳即使作為適當的觀測量加入平差仍無法提升空三平差精度，因此不納入空三平差。	P.18
3. 是否可將特徵匹配的結果進行空三平差解算？請補充說明。	特徵匹配結果目前已經可以用來解算相對方位，並計算影像對之間的投影轉換關係，對於影像快鑲嵌之應用已經足夠。未來將進一步用來進行空三平差解算，以獲得更好的幾何改正。	P.178

問題與意見	回覆說明	章節對照
艾群委員		
1. P.190 中，數位像機要求，其中「像機」宜改為「相機」，後文亦同。	已修正。	
2. P.188 中作業規範只有 8 頁，似乎未交代清楚，宜以軟體、硬體及技術 3 個面向來規範。	已補充。	P.203
3. 15 區航拍資料中，有些區缺少航拍日期，請補正之。	已修正。	第肆章
4. 本案採用國土測繪中心之 e-GPS 定位參考，然全台有 78 處	e-GPS 所上傳之修正資料為根據測點目前位置所計算出的虛擬修正資料，因此不僅只有78處基準站資料可供使用。另外一筆修正資料的有效期限為	

問題與意見	回覆說明	章節對照
e-GPS 基準站，惟在不同地點時，是否會有基準站切換之問題，請補充說明。	10秒，因此應該不會有類似過去行動電話基地台因使用者移動產生基地台切換 (handover) 時產生的資料不連續現象。	
5. 整體而言，該研發團隊對 UAV 之航拍技術作業成果多能如期達成計畫之要求。	謝謝委員。	

問題與意見	回覆說明	章節對照
白敏思委員		
1. P. 30，有關 BD970 靜置及快速移動下定位測試，結果如表 3-5～表 3-7 所列，惟未說明測試結果結論，請補充。	BD970靜置及快速移動下定位測試結果已經補充。	P.31
2. P. 4，表 2-1 列出其他配合事項及章節對照與 P. 7 文字說明內容有所不同，請修正。	已修正。	P.4
3. 相關文字修正意見已提供予業務單位彙整，請一併修正。	遵照辦理。	

問題與意見	回覆說明	章節對照
鄭彩堂委員		
1. 報告書有多頁空白，如 P2、P10、P282、	部份空白頁為排版需求，其他部份已變更。	

問題與意見	回覆說明	章節對照
P285、P286...；另附錄M及UAS保養手冊亦有多頁空白，頁碼亦未依順序編列，請修正。		
2. P4 本案應執行工作項目已於P7敘明(其他配合事項)，而表2-1有所遺漏，請補列規格書九—其他配合事項(三)~(七)，並於總報告相關章節中補述辦理情形。如投稿對象及摘要...等。	遵照辦理。	P.4 P.7 附錄 O
3. P9 甘特圖比例太小，請放大後置於P10。	遵照辦理。	P.10
4. 第3、4、5章，屬本案影像成果圖部分，請以彩色呈現，如圖3-9、圖3-14~3-16、圖3-20~3-2、圖3-24、圖3-27、圖3-32、圖3-35、圖4-1~4-11、圖5-6、圖5-7、圖5-9.....。P61圖4-23(a)、(b)及P66圖4-32(a)、(b)不在同一頁，請修正。	已修正。	P.65 P.72
5. P53 以後敘述本案航	1. 彩色鑲嵌正射影像製作規範已改為	

問題與意見	回覆說明	章節對照
<p>拍正射影像製作，有關平面精度係依「彩色鑲嵌正射影像製作規範」，其標準值為何？另 P192，UAS 航拍精度規範則引述 1/1000 地形圖規範，如平面控制測量及空三等，可否達到該精度？是否引用有誤？請再查明。</p>	<p>基本圖測製規範（草案）。</p> <p>2. 審查會議中所提之 1/1000 主要是參考國外之文獻，國內之地形起伏大，是否可以達到 1/1000 地形圖之需求，尚須進行更進一步的研究與測試。</p>	
<p>6. P147 圖 5-3、P151 圖 5-8、P157 圖 5-15、P161 圖 5-19 出現 UAVS；另 P216 UAS 英文縮寫與保養手冊之英文全名不同，請修正。</p>	<p>已修正。</p>	<p>P.161</p> <p>P.165</p> <p>P.171</p> <p>P.175</p>
<p>7. P188、P189，UAS 航拍規範研訂定翼與旋翼兩種機型，其中酬載重量，定翼與旋翼機均為 3KG 以上，惟依本案 100 年總報告內容 P18 所敘，大型旋翼機酬載重量為 1KG 以上，小型旋翼機甚至僅有 0.2KG？另旋翼機續航時間應大於</p>	<p>因各種載具之實際負載能力與滯空時間多有差異，若想訂立共同參考標準有其困難之處。在實際運用上，搭載酬載較重時，滯空時間就會減少。如果要同時增加酬載重量與滯空時間，載具的體積與重量就會變大，將會影響實際操作。此外，不同的作業需求所需之滯空時間與需要搭載的相機種類也不同，因此如果要完整定義載具的能力，還需要從其所要執行的任務來進行劃分，否則會有規格範圍太大的情況發生。</p>	<p>P.203</p>

問題與意見	回覆說明	章節對照
10 分鐘是否足夠？請再查明 UAV 發展情形，予以補充修正。		
8. 保養手冊請依：平時保養：一般（級）；二級：出任務前；三級：出任務 25 小時及定期更換項目，並依時間先後(25HR、50HR、100HR)次序修正附錄 D 零件定期更換與價目表。另 UAS 航拍作業規範可與保養手冊合併裝訂成冊。	遵照辦理。	
9. 本次期末報告口頭簡報有更新內容者及各委員意見之辦理情形，請列入修正後報告附件。	遵照辦理。	

附錄 G 工作總報告工作小組審查意見回覆表

工作總報告書工作小組意見回覆表

問題與意見	回覆說明	章節對照
內容問題與意見		
1. P. 9, 圖 2-3, 甘特圖太小, 內容不易閱讀, 請修正。	已修正。	P.10
2. P. 30, 建議補充 BD970 快速移動接收狀況測試結果之結論。	已經補充說明。	P.31
3. P. 40, 建議補充 E-ATE 測試結果之結論。	已經補充說明。	P.41
4. P. 42, 第肆章應補充影像處理花費人力與時間。各航拍區控制點與檢核點文字說明點數與圖上顯示的點數不符且航拍高度文字說明與表格中飛行高度不一致, 請全面檢視修正。另空三平差網形圖建議放大, 以利閱讀。	<p>1. 若不考慮航拍取像時間, 影像處理花費人力與時間因拍攝區域不同與航拍高度、甚至與地形而有相當大之差異, 因此只能概算。依目前處理經驗, 欲完成一幅1/5000圖幅範圍之正射與地形圖, 若控制與檢核採控制實體約需花1天/人; 空中三角測量約6天/人; DEM製作與編修約5天/人; 正射影像製作與鑲嵌約4天/人; 地形圖製作約10天/人。已補充說明於第肆章文末。</p> <p>2. 各航拍區控制點與檢核點文字說明點數與圖上顯示的點數不符之處均已修正; 航拍高度文字說明與表格中飛行高度不一致, 已修正。</p> <p>3. 空三平差相關圖已放大。</p>	
5. P. 45, 圖 4-2 與圖 4-3 皆為含雲影像示意, 建議可保留	已將圖4-2替換為UAV 起飛照片。	P. 47

問題與意見	回覆說明	章節對照
圖 4-2,刪除圖 4-3。		
6. P. 47,「該次任務的另一個拍攝重點在於找尋堰塞湖形成來源,由拍攝影像中可以清楚辨認。」請補充說明如何從影像中判釋堰塞湖形成來源。	已補充。	P.49
7. P. 107,圖 4-86,海岸線繪製成果圖線段不明顯,請修正。	已修正。	P.116
8. P. 113,「其餘六區航拍取像成果均產製 DEM 及正射影像共 4746 公頃供需求單位監測或開發監測...。」文字建議修正為「其餘 6 區航拍成果均產製正射影像共 4746 公頃供需求單位進行變異監測或土地開發監測使用...。」	已修正。	P.123
9. P. 127,表 4-35 與表 4-37 數值相同,但 RMSE 值不同,請檢視修正。	已修正。	P.131 P.140
10. P. 128,使用 GPS 輔助空三跟未使用 GPS 輔助空三的差異在於控制點量測數量的多寡,使用 GPS 輔助空三可以使用較少控制點,達到相近的空三成	已補充說明。	P.153

問題與意見	回覆說明	章節對照
<p>果精度，換句話說，可提升影像處理效率，兩者間的差異與使用 GPS 輔助空三的目的應於文中補充說明。</p>		
<p>11. P. 183~187，有關 UAV 傘降評估，應補充說明評估結果，如本案 UAV 是否安裝降落傘？安裝或不安裝理由為何？</p>	<p>本案之UAV在設計之初並未設計降落傘之掛載硬點與存放空間，因此並不建議加裝降落傘。但在未來的新設計中，會根據任務的種類來考量是否安裝降落傘。</p>	<p>第六章 第一節</p>
<p>12. P. 192，依本案契約規定，本年度為研擬 UAS 航拍作業規範，請針對 UAS 系統技術與安全作業要求補充相關規範研擬之內容。</p>	<p>已補充說明。</p>	<p>第肆章 第 2 節</p>
<p>13. P. 205~206，表 7-5 與表 7-6 成本計算如何對應？請補充說明。另表 7-4 是否包含人力經費？若以 1 年執行 40 次航拍任務計算，需花費多少保養費用？請補充說明。表 7-5 正射影像製作是否重複計價？請檢視修正。</p>	<p>1. 表7-5正射影像製作誤植於空中三角測量欄位中，已經移除；另表7-5與表7-6成本計算方式已重新調整，並以文字補充說明。</p> <p>2. 保養費用之計算與任務執行次數有相關，以執行40次任次計算，若飛行時數超過50小時，則UAV的線束、引擎、伺服馬達都需要視情況整修或替換，估計維護成本約8萬元左右。</p>	<p>P.225 P.226</p>
<p>14. P. 207，請補充投稿研討會名稱，並補充投稿內容摘要於附錄。</p>	<p>已補充說明。</p>	<p>附錄0</p>

問題與意見	回覆說明	章節對照
15. P. 210, 文字說明建議修正為「後續建議可以在 UAV 上加裝衛星通訊設備, 讓後端控制人員可以掌握 UAV 的基本動態...」。	已修正。	第捌章 第二節
16. 報告書中出現「UAVS」請統一修正為「UAS」; 「eATE」、「e-ATE」請統一修正為「e-ATE」。	已修正。	
文字、圖、表相關錯漏整理如下		
1. P. 3, 執行流程參考如 于 圖 2-2。	已修正。	P.3
2. P. 4, 本案應執行之工作項目及內容如 于 表 2-1 所列。	已修正。	P.4
3. P. 5, 以及本 研 究團隊執行 UAS 航拍之相關作業結果。	已修正。	P.5
4. P. 13, 並提升照片拍攝位置紀錄的精確度; 在拍照時間與其他資訊紀錄的資料同步改善上。	已修正。	P.13
5. P. 14, 圖 3-4, 101 年度 UAS 拍攝記錄流程; 亦即相機的拍攝時間與記錄資料的時間會更為準確。	已修正。	P.14
6. P. 28, 圖 3-17 快速移動下 BD 970 之 e-GPSe -GPS 與	已修正。	P.28

問題與意見	回覆說明	章節對照
L1/L2 DGPS 之差值。		
7. P. 41, 將會由國土測繪中心函送予各協助航拍需求機關;... 基本圖測製作業...; 參考去年度的拍攝經驗, 建議可以直接採用高於該區平均海拔高度加上 800 公尺之飛行高度飛行。	已修正。	
8. P. 44, 並做成初步緊急航拍任務規劃, 如圖 4-1 二 。	已修正。	P.46
9. P. 59, 表 4-7 苗栗縣卓蘭鎮影像鑲嵌圖的幾何精度檢核表, 請補充(單位: 公尺), 相關表格請全面檢視修正。	已修正。	第肆章
10. P. 61, 試驗過程空三平差採用 12 個地面控制點, 5 個地面檢核點(分布狀況如圖 4-23)。	已修正。	P.64
11. P. 72, 航拍影像前後重疊率約 80%, 左右重疊率約 45% ...。	已修正。	第肆章各相關小節皆有修改
12. P. 99, 表 4-26, 因需拍攝最低潮位線, 需配合海象資料進行拍攝日期選擇, 依據資料研判, 目前 最適合進行拍攝之窗口為	已修正。	P.107

問題與意見	回覆說明	章節對照
101 年 度 9 月到 10 月。		
13. P. 109，試驗過程空三平差採用 41 個地面控制點，8 個地面檢核點(分布狀況如圖 4-89)。	已修正。	P.118
14. P. 145，圖 5-1，「 <u>局</u> 部區域圖資更新」。	已修正。	P.159
15. P. 146，根據 101 年 4 月 27 日需求訪談紀錄...。	已修正。	P.160
16. P. 147，航拍計畫計算軟體(EP, Easy Planning)...。	已修正。	P.161
17. P. 159，使用者輸入前、後期 DEM 資料即可算出期差異量...。	已修正。	P.173
18. P. 161，即可利用 ERDAS...。	已修正。	P.175
19. P. 177，「第陸章 提升 UAS 安全機制方案與 UAS 航拍作業規範」建議修正為「第陸章 提升 UAS 安全機制方案與 <u>研擬</u> UAS 航拍作業規範」。P. 188，亦請一併修正為「第二節 <u>研擬</u> UAS 航拍作業規範」。	已修正。	P.191 P.203
20. P. 188，如依其形式可簡單區分為定翼 <u>型</u> 及旋翼型 UAS...；為因應不	已修正。	P.203

問題與意見	回覆說明	章節對照
同的 UAS 航拍作業及應用需求...。		
21. P. 192，因此大部分的工作項目及精度規範係依循...。	已修正。	P.210
22. P. 201，第 3 階段為任務執行(請如圖 7-2)。	已修正。	P.221
23. P. 204，在 UAS 的管理上，所有的飛機以及組件都必須詳實的記錄使用時數，以便追蹤維護，相關 UAS 定期保養請參考表 7-6。基於飛安考量，亦須規劃與估算此項目中人力、物力所需的成本。表 7-3 UAS 出勤 1 次成本分析。	已修正。	P.224

附錄 H 工作會議記錄

內政部國土測繪中心

101 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：101 年 5 月 30 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：蔡課長季欣

記錄：施錦揮

四、出席人員：如簽到簿。

五、廠商報告事項：如智飛團隊辦理之 101 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）有關基本地形圖局部修測測試區域，已選定圖幅號為 97204003、97204005 等 2 區辦理，因修測區域需申請航拍計畫，請儘速檢附相關資料並辦理申請作業。

（二）有關桃園機場捷運 A7 站週邊土地航拍作業之空域申請業已通過，請儘速籌備並辦理相關航拍作業；使用本中心 UAS 執行航拍任務前，請事先進行相關飛行測

試，並將測試記錄與結果送交本中心。

- (三) 為配合本中心 10 月份測繪成果展示作業，請提供 1 套旋翼型無人飛行載具系統及 2 套飛行模擬軟硬體設備供本中心使用。
- (四) 有關配合本中心航遙測感應器系統校正場與海岸線最低潮位線執行航拍任務，請預先規劃航拍相關作業。
- (五) 請儘速辦理本案新購置之 GNSS 與 IMU 機電整合作業，以利後續航拍作業進行。

七、散會：上午 11 時 45 分

內政部國土測繪中心

101 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

二、時間：101 年 6 月 28 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：蔡課長季欣

記錄：施錦揮

四、出席人員：如簽到簿。

五、廠商報告事項：如智飛團隊辦理之 101 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）UAV 航拍和社溪失事事件，請詳細調查原因後撰寫失事報告書並儘速送交本中心；另數位相機於航拍前應重新進行率定作業，並將率定結果報告送交本中心。

（二）依契約書規定，廠商應製作 1 架 UAV 新機並送交本中心；新機製作完成後，辦理系統相關測試時應通知本中心人員到場。

（三）有關協助航拍區域請廠商儘速評估航拍可行性，並將空域申請資料提送本中心，俾協助辦理空域申請作業。

- (四) 有關廠商建議後續採購衛星通訊設備，以避免因地形產生之通訊屏蔽，增加 UAV 的使用涵蓋範圍，未來可參考評估列入 102 年度工作項目規劃中。
- (五) 有關 GNSS 與 IMU 機電整合之系統時間同步，應於執行航拍任務前完成相關測試。

七、散會：上午 11 時 45 分

內政部國土測繪中心

101 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

三、時間：101 年 7 月 31 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：蔡課長季欣

記錄：施錦揮

四、出席人員：如簽到簿。

五、廠商報告事項：如智飛團隊辦理之 101 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）有關本中心 10 月份辦理之國土測繪成果發表暨展示會，請廠商配合提供 1 套旋翼型 UAS，並展示 UAS 拍攝之即時動態影像。

（二）執行基本圖測製作業之花蓮縣吉安、壽豐區域相關航拍任務時，應搭載本案新購置並整合完成之 GNSS 與 IMU。

（三）本案航拍區域目前皆已在空域申請階段，請預先規劃航拍相關作業，俟空域申請核可後儘速辦理航拍，以

免影響作業期程。

(四) 有關 UAV 備用機已辦理相關功能測試合格，請於執行

本案航拍任務時，加強注意飛行安全。

七、散會：上午 11 時 40 分

內政部國土測繪中心

101 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

四、時間：101 年 10 月 3 日（星期三）下午 2 時 00 分

二、地點：本中心地形及海洋測量課

三、主持人：蔡課長季欣

記錄：

施錦揮

四、出席人員：如簽到簿。

五、廠商報告事項：如智飛團隊辦理之 101 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）本案航拍作業進度落後，請智飛團隊積極趕辦，規劃 15 區航拍區中除已完成航拍區域及台中黎明重劃區、台中北屯大里之航拍預備區外請於 10 月底前航拍完竣。
- （二）花蓮基本圖航拍區因需進行立體製圖相關作業，影像處理耗時，請儘速優先執行航拍作業，以避免影響契約時程。
- （三）本案第 3 階段成果繳交項目眾多，請規劃分批繳交成

果；如 UAS 航拍影像處理操作手冊、UAS 保養維護手冊、影像處理整合作業功能等項目，建議可提早完成並繳交。

(四) 有關本案教育訓練時間、地點與課程內容請儘早規劃，並請廠商於辦理訓練前將教育訓練規劃書送交本中心審視。

七、散會：下午 3 時 20 分

附錄 I 教育訓練簽到表

發展無人飛行載具航拍技術作業案操作及影像處理研習會 (第1梯次)						101/11/14
編號	單位	職稱	姓名	上午簽到	下午簽到	備註
1	測繪資訊課	技士	鍾文彥			
2	北區第二測量隊	專員	蔡汶諭			
3	南區第一測量隊	專員	鄒慶敏			
4	南區第二測量隊	技士	黃品瑜			
5	東區測量隊	約聘人員	李榮鵬			
6	地形及海洋測量隊	技正	林世賢			
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

講師：林永仁
徐百輝

工作人員：張錦輝、陳和光

發展無人飛行載具航拍技術作業案操作及影像處理研習會 (第2梯次)						101/11/15
編號	單位	職稱	姓名	上午簽到	下午簽到	備註
1	地形及海洋測量課	技正	林世賢	林世賢	林世賢	
2	地形及海洋測量課	技士	施錦揮	施錦揮	施錦揮	
3	地形及海洋測量課	技士	游政恭	游政恭	游政恭	
4	北區第一測量隊	技士	陳政明	陳政明	陳政明	
5	北區第一測量隊	技佐	方紹宇	方紹宇	方紹宇	
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

講師： 邱大鴻

工作人員： _____

附錄 J 空域申請表格填寫範例

無人航空器系統作業申請表 UAS Operation Application Form

- 一、 飛航作業名稱 Title : 莫拉克颱風災後重建區航攝數位影像
- 二、 飛航作業用途 Purpose : 無人飛行載具航拍
- 三、 委託單位 Delegation : _____ (無委託者免填 Disregard if none)
- 四、 申請單位 Application Unit : 內政部國土測繪中心
- 五、 申請單位承辦人姓名 Name of Applicant : OOO、電話 TEL :
04-22522966-OOO
- 六、 飛航作業日期及時間 Operation Period (Time and Date) :
From 101 年 Y 4 月 M 25 日 D 起至 to 101 年 Y 5 月 M 31
日 D 止，每日 From 08 時 H 00 分 M 起 to 至 17 時 H 00 分
M 止 Daily
- 七、 空域範圍各點連線 WGS-84 經緯度 Airspace Uses Coordinate WGS-84 of
Each Connection Points :
 1. 東經 E 120 度 D 49 分 M 38.66 秒 S、北緯 N 23 度 D 55 分 M 23.30 秒 S
 2. 東經 E 120 度 D 49 分 M 38.66 秒 S、北緯 N 23 度 D 28 分 M 43.31 秒 S
 3. 東經 E 120 度 D 34 分 M 8.03 秒 S、北緯 N 23 度 D 28 分 M 43.31 秒 S
 4. 東經 E 120 度 D 34 分 M 8.03 秒 S、北緯 N 23 度 D 45 分 M 30.88 秒 S
 5. 東經 E 120 度 D 26 分 M 38.70 秒 S、北緯 N 23 度 D 47 分 M 4.96 秒 S
 6. 東經 E 120 度 D 26 分 M 38.70 秒 S、北緯 N 23 度 D 55 分 M 23.30 秒 S
- 八、 飛行高度 Operation Altitude (AMSL, Above Mean Sea Level) :
From 0 英呎 Feet to 至 6000 英呎 Feet
- 九、 無人航空器系統起降地點及 WGS-84 經緯度(應位於空域範圍內) Location
and Coordinate WGS-84 of UAS Takeoff/Landing (Shall be within Operation
Airspace) :
起飛地點名稱 Name of Takeoff Location : 彰化縣埤頭鄉陸嘉農場
東經 E 120 度 D 28 分 M 28.20 秒 S、北緯 N 23 度 D 51 分 M 28.87 秒 S
降落地點名稱 Name of Landing Location : _____ (同上
者免填 Disregard if same as above)
東經 E _____ 度 D _____ 分 M _____ 秒 S、北緯 N _____ 度 D _____ 分 M _____ 秒 S (同
上者免填 Disregard if same as above)

十、 作業範圍中心點 WGS-84 經緯度 Center Point Coordinate WGS-84 of Operation Area :

東經 E 120 度 D 39 分 M 17.76 秒 S、北緯 N 23 度 D 42 分 M 54.63 秒 S

十一、涵蓋作業範圍最大半徑 Maximum Radius of Operation Area : 17 海哩 Nautical Mile(s)

十二、飛航作業現場聯絡人員姓名 Name of On-Site Liaison

Personnel : aaa 、電話 TEL : 0973-xxx-119

Personnel : bbb 、電話 TEL : 0986-xxx-755

Personnel : ccc 、電話 TEL : 0986-xxx-966

Personnel : ddd 、電話 TEL : 0986-xxx-013

備註 Note：本申請表填寫時，請自行依實際需要調整欄位，並應於實施飛航作業前十五天，向交通部民用航空局提出申請。Please adjust columns as required while filing this form, and shall be submitted to CAA in 15 days before operation.

茲聲明以上所填資料均屬實無誤，並確實遵守國土測繪法、國家機密保護法、要塞堡壘地帶法及使用國家通訊傳播委員會核准專用頻道等相關規定，且保證飛航作業絕不影響航空器飛航安全或地面人員及財產安全，並同意依交通部民用航空局、航管單位及軍方相關單位指示事項進行飛航作業，倘有違反前述之情事，願負一切法律責任。

I hereby declare that all the stated information are true, and if these statements were made of willful false statements or the likely so made shall be punishable by fine or imprisonment, or both, under "Land Surveying and Mapping Act"; "The Classified National Security Information Protection Act"; "Vital Area Regulations" when using the dedicated channel approved by NCC. I also assure that UAS operation do not endanger the operation of other users in Taipei FIR or compromise the safety of persons or property on the ground, in the observance of CAA, ATC, and related military facilities instruction.

申請單位 Application Unit: _____ (蓋章 Sign or Stamp here)

年 Y _____ 月 M _____ 日 D _____

附錄 K 空域協調會議填寫範例

內政部國土測繪中心『發展無人飛行載具航拍技術作業』空域申請協調會

壹、時間：100 年 0 月 0 日 上午 0 時 00 分

貳、地點：空軍作戰指揮部

參、與會人員：

空軍作戰指揮部

內政部國土測繪中心

智飛科技有限公司

肆、協商內容：

討論內政部國土測繪中心申請 100 年 11 月 03 日至 11 月 30 日止，每日 07:00 至 16:00 於彰化縣濁水溪沿岸執行彰化縣鹿港、秀水、福興及嘉義縣阿里山等地區空中航拍任務，空域位置協調，請准予飛行案（空域座標如附件資料）。

伍、協商結論：

1. 依民航局來函規定，空域採協調使用，飛行當日需派員至高雄近場管制臺進行協調作業。
2. 執行任務前一日需與空軍作戰指揮部聯繫。

附錄 L Canon EOS 5D Mark II 24mm 鏡頭率定報告書

iWitness Project Summary (2012/08/09 11:29am)

Project Name: .

Camera name(s): Canon EOS 5D Mark II (unique ID: default)

Scale Set?: Warning, no scale set

Number of images: 9

Number of referenced points: 104

Number of cameras: 1

Quality of geometry: 1.0 (good)

Minimum number of points on an image: 492 on image: IMG_0621.JPG

Minimum point intersection angle: 13 degs for point: BW10_B11

Number of points referenced on:

2 images only: 0

3 or more images: 104

4 or more images: 104

6 or more images: 96

Estimated accuracy of 3D point coordinates (RMS 1-Sigma):

X: 0.0870 units, or 1:28900

Y: 0.1597 units, or 1:15700

Z: 0.0567 units, or 1:44300

Overall: 0.1011 units, or 1:24800

Estimated accuracy of image referencing: 0.13 pixels

Quality of self-calibration (if applied): 1.0

3D coordinate text file: N/A.

3D coordinate DXF file: N/A

Camera Name: Canon EOS 5D Mark II

Unique ID: default

Calibration Date: 09/08/2012 11:29am

Resolution: Width = 5616 pixels, pixel width = 0.0064 mm
Height = 3744 pixels, pixel height = 0.0064 mm

Principal Distance $c = 24.5982$ mm

Principal Point Offsets $x_p = 0.1222$ mm
 $y_p = 0.1739$ mm

Radial Distortion $K_1 = 1.2676e-004$
 $K_2 = -3.4274e-007$
 $K_3 = 3.0652e-010$

Decentering Distortion $P_1 = 5.7896e-006$
 $P_2 = 3.7399e-006$

Affinity Parameter $B_1 = -3.016e-005$
 $B_2 = 1.545e-004$

Radial Distortion Correction Profile

r (mm)	dr (microns)
0.0	+0.0
2.0	+1.0
4.0	+7.8
6.0	+24.8
8.0	+54.3

10.0	+95.6
12.0	+144.7
14.0	+195.8
16.0	+242.1
18.0	+279.3
20.0	+309.7

Project 3D Points

Label	X	Y	Z	SX	SY	SZ
BW3_3	754.8969	2510.5016	818.8324	0.0520	0.1523	0.0555
BW3_2	742.7187	2510.1189	818.3855	0.0519	0.1522	0.0555
BW3_1	730.6018	2509.4303	817.9484	0.0618	0.1659	0.0655
BW3	743.2676	2508.3013	806.4677	0.0519	0.1520	0.0551
BW3_B1	731.2269	2507.6778	806.0744	0.0518	0.1519	0.0550
BW3_B13	755.9661	2506.5839	794.9798	0.0520	0.1518	0.0547
BW3_5	743.8265	2506.1469	794.5236	0.0519	0.1518	0.0546
BW3_B5	732.5690	2504.8005	790.2686	0.0517	0.1516	0.0545
BW9_2	-163.3698	2267.9958	98.7433	0.0471	0.1292	0.0373
BW9_1	-175.4676	2268.6798	98.8347	0.0471	0.1292	0.0373
BW9_3	-151.2970	2268.6806	98.3167	0.0470	0.1293	0.0373
BW9	-163.5260	2266.2029	86.8768	0.0471	0.1290	0.0373
BW9_B1	-175.6602	2266.9080	87.0911	0.0472	0.1290	0.0372
BW9_B15	-152.0631	2266.0789	82.7731	0.0471	0.1290	0.0373
BW9_5	-163.6692	2264.6886	75.0923	0.0471	0.1288	0.0372
BW9_B9	-161.0339	2263.0684	63.4627	0.0471	0.1286	0.0372
BW13_3	388.3867	2244.9151	-117.2227	0.0488	0.1280	0.0423
BW13_B15	404.2253	2244.9896	-117.7490	0.0489	0.1280	0.0423
BW13_5	412.2758	2242.7636	-128.9992	0.0489	0.1277	0.0425
BW13	400.3739	2242.5736	-129.0794	0.0489	0.1277	0.0425
BW13_2	388.4279	2242.4480	-129.2104	0.0488	0.1278	0.0425
BW13_B7	422.5684	2242.0752	-135.3323	0.0490	0.1276	0.0426
BW13_B3	408.4380	2240.9761	-140.2647	0.0489	0.1275	0.0426
BW13_1	388.5210	2241.2577	-141.1913	0.0488	0.1276	0.0426
BW2_3	506.8475	2328.4077	-290.7248	0.0460	0.1334	0.0434
BW2_2	494.8485	2328.1596	-291.0014	0.0459	0.1334	0.0434
BW2_1	482.7148	2327.6140	-291.1751	0.0457	0.1334	0.0434

101 年度發展無人飛行載具航拍技術作業

BW2	495.1478	2325.2938	-302.6031	0.0458	0.1331	0.0437
BW2_B1	483.0023	2325.2885	-302.8762	0.0457	0.1331	0.0437
BW2_5	495.4504	2323.6176	-314.4542	0.0458	0.1329	0.0439
BW2_B5	484.1388	2323.4631	-318.6806	0.0457	0.1329	0.0440
BW2_B11	505.1031	2322.5640	-321.6514	0.0459	0.1328	0.0440
BW1_B1	-225.1983	2268.8788	-557.8740	0.0440	0.1245	0.0452
BW1_1	-213.1746	2269.4000	-557.8150	0.0440	0.1246	0.0453
BW1_B5	-241.0477	2267.7154	-558.6363	0.0440	0.1243	0.0451
BW1_5	-237.0590	2266.3850	-569.8929	0.0439	0.1241	0.0453
BW1	-225.0544	2267.0259	-569.8602	0.0439	0.1242	0.0454
BW1_2	-213.0886	2267.0431	-569.6891	0.0440	0.1243	0.0455
BW1_B9	-248.6799	2265.1711	-572.6957	0.0439	0.1240	0.0452
BW1_3	-213.0194	2265.4685	-581.7430	0.0439	0.1241	0.0456
BW6_3	692.1947	2155.8316	-725.3530	0.0460	0.1167	0.0487
BW6_B13	716.1091	2155.9739	-725.9368	0.0460	0.1167	0.0487
BW6_2	691.9365	2153.6697	-737.1525	0.0460	0.1165	0.0489
BW6	703.8718	2153.6730	-737.4205	0.0460	0.1165	0.0488
BW6_5	715.7883	2153.8347	-737.7215	0.0460	0.1165	0.0488
BW6_B7	725.8164	2153.6308	-744.4451	0.0459	0.1165	0.0489
BW6_1	691.5780	2152.4866	-749.1977	0.0459	0.1164	0.0490
BW6_B1	703.5302	2152.2538	-749.4530	0.0459	0.1163	0.0490
BW4_3	-392.0915	1714.1480	-734.1615	0.0639	0.0829	0.0453
BW5_B1	245.2521	2084.1472	-805.0578	0.0461	0.1099	0.0484
BW5_1	257.2618	2084.6757	-805.2965	0.0461	0.1100	0.0484
BW4_B15	-376.1066	1715.3731	-736.0034	0.0634	0.0830	0.0453
BW5_B7	222.9927	2082.4431	-810.1133	0.0461	0.1097	0.0483
BW5_5	233.0974	2081.4069	-816.7006	0.0461	0.1096	0.0484
BW5	245.0664	2081.6994	-816.8985	0.0461	0.1097	0.0485
BW4_2	-392.7371	1712.1854	-746.0866	0.0638	0.0826	0.0456
BW5_2	257.0388	2081.9338	-817.0653	0.0462	0.1097	0.0485
BW4	-380.7179	1713.3796	-746.9644	0.0635	0.0826	0.0456
BW4_5	-368.5939	1714.5890	-747.8811	0.0632	0.0827	0.0456
BW5_B11	225.3985	2079.3483	-825.9607	0.0461	0.1094	0.0485
BW5_3	256.7685	2079.8985	-829.0910	0.0462	0.1095	0.0487
BW4_1	-393.4450	1710.6306	-758.0584	0.0638	0.0822	0.0460
BW4_B1	-381.4056	1711.6138	-758.9524	0.0634	0.0823	0.0459
BW4_B5	-365.2919	1713.3650	-759.4668	0.0630	0.0824	0.0459
BW19_1	-521.2445	2331.4669	527.8982	0.0457	0.1362	0.0399

BW19_B5	-547.9672	2329.2761	519.0014	0.0452	0.1360	0.0397
BW19_2	-517.6507	2329.1460	516.5566	0.0458	0.1360	0.0399
BW19	-529.1966	2328.1569	513.0186	0.0456	0.1359	0.0398
BW19_5	-540.7184	2327.0623	509.5297	0.0454	0.1358	0.0397
BW19_3	-514.0796	2327.7565	504.9995	0.0459	0.1358	0.0399
BW19_B15	-529.5583	2326.6338	500.9596	0.0457	0.1357	0.0398
BW19_B11	-545.0457	2325.3542	498.3022	0.0454	0.1356	0.0396
BW14_1	-830.6612	2305.9038	-352.9282	0.0375	0.1343	0.0418
BW14_B3	-850.2664	2304.0720	-356.1905	0.0367	0.1349	0.0417
BW14_2	-828.9411	2303.0895	-364.4294	0.0376	0.1341	0.0418
BW14	-840.6979	2302.3327	-366.1706	0.0371	0.1345	0.0418
BW14_5	-852.4721	2302.0409	-367.9011	0.0365	0.1349	0.0417
BW14_B9	-863.7244	2301.6123	-372.2738	0.0360	0.1354	0.0417
BW14_3	-827.2627	2301.3857	-376.2637	0.0376	0.1340	0.0418
BW14_B13	-850.7844	2299.8946	-379.5982	0.0366	0.1348	0.0418
BW10_B11	-1154.2336	2111.1428	-737.6465	0.2649	0.3695	0.1299
BW10_5	-1144.3465	2109.6066	-744.3675	0.2624	0.3677	0.1303
BW10_B15	-1155.0618	2108.5103	-753.0501	0.2651	0.3691	0.1320
BW10	-1143.6565	2108.1689	-756.1792	0.2622	0.3673	0.1319
BW10_B1	-1131.5827	2108.8264	-755.6352	0.2592	0.3657	0.1313
BW10_1	-1130.9892	2108.3170	-767.3517	0.2592	0.3655	0.1329
BW10_2	-1142.8620	2106.8497	-767.9963	0.2620	0.3669	0.1334
BW10_3	-1154.7147	2106.6075	-768.6764	0.2650	0.3687	0.1341
BW12_3	478.7271	2348.4163	512.3614	0.0491	0.1375	0.0446
BW12_2	483.0776	2346.5044	501.3408	0.0491	0.1373	0.0445
BW12_1	487.3538	2344.9761	490.0782	0.0492	0.1372	0.0444
BW12	494.2901	2347.2174	505.5473	0.0492	0.1374	0.0445
BW12_B13	501.3213	2349.9442	520.8071	0.0560	0.1468	0.0497
BW12_5	505.5297	2348.3715	509.7717	0.0492	0.1374	0.0445
BW12_B3	505.8670	2346.8374	497.8360	0.0492	0.1373	0.0444
BW12_B7	517.3136	2348.8226	507.1684	0.0493	0.1374	0.0445
BW15_B15	1189.2285	2255.4284	-157.6630	0.0607	0.1361	0.0433
BW15_3	1189.3266	2253.4379	-173.6346	0.0606	0.1359	0.0435
BW15_B9	1197.0256	2258.4713	-137.7031	0.0608	0.1364	0.0432
BW15_5	1200.2833	2256.6934	-149.2087	0.0608	0.1363	0.0433
BW15	1200.9262	2254.8355	-161.0449	0.0608	0.1361	0.0434
BW15_2	1201.4822	2253.2613	-173.0254	0.0607	0.1359	0.0435
BW15_B3	1211.8758	2256.5909	-152.7224	0.0609	0.1363	0.0433

101 年度發展無人飛行載具航拍技術作業

BW15_1	1213.4837	2254.3892	-172.6658	0.0608	0.1361	0.0436
--------	-----------	-----------	-----------	--------	--------	--------

附錄 M Canon EOS 5D Mark II 50mm 鏡頭率定報告書

iWitness Project Summary (2012/08/07 20:18pm)

Project Name: .

Camera name(s): Canon EOS 5D Mark II (unique ID: default)

Scale Set?: Warning, no scale set

Number of images: 9

Number of referenced points: 72

Number of cameras: 1

Quality of geometry: 2.0 (average)

Minimum number of points on an image: 72 on image: IMG_0488.JPG

Minimum point intersection angle: 16 degs for point: BW20_B15

Number of points referenced on:

2 images only: 0

3 or more images: 72

4 or more images: 72

6 or more images: 40

Estimated accuracy of 3D point coordinates (RMS 1-Sigma):

X: 0.2278 units, or 1:23100

Y: 0.4706 units, or 1:11100

Z: 0.4760 units, or 1:11000

Overall: 0.3915 units, or 1:13400

Estimated accuracy of image referencing: 0.18 pixels

Quality of self-calibration (if applied): 2.0

3D coordinate text file: N/A.

3D coordinate DXF file: N/A

Camera Name: Canon EOS 5D Mark II

Unique ID: default

Calibration Date: 07/08/2012 20:17pm

Resolution: Width = 5616 pixels, pixel width = 0.0064 mm

Height = 3744 pixels, pixel height = 0.0064 mm

Principal Distance $c = 51.6891$ mm

Principal Point Offsets $x_p = 0.0156$ mm

$y_p = 0.1053$ mm

Radial Distortion $K_1 = 4.9368e-005$

$K_2 = 2.0496e-009$

$K_3 = -3.6845e-011$

Decentering Distortion $P_1 = 1.0103e-005$

$P_2 = -2.9057e-007$

Affinity Parameter $B_1 = -4.411e-005$

$B_2 = -1.341e-004$

Radial Distortion Correction Profile

r (mm)	dr (microns)
0.0	+0.0
2.0	+0.4
4.0	+3.2
6.0	+10.7
8.0	+25.3

10.0	+49.2
12.0	+84.5
14.0	+132.7
16.0	+194.5
18.0	+269.2
20.0	+354.3

Label	X	Y	Z	SX	SY	SZ
BW12_B7	1830.8362	6147.9987	-2098.7402	0.1061	0.4379	0.3680
BW12_5	1788.2487	6152.9649	-2083.9233	0.1009	0.4340	0.3682
BW12_B13	1778.3854	6165.5041	-2042.1211	0.1000	0.4403	0.3644
BW12_B3	1783.1429	6138.8237	-2126.7195	0.1003	0.4256	0.3733
BW12	1744.2190	6149.8737	-2093.4170	0.0963	0.4257	0.3713
BW12_1	1710.1458	6135.6091	-2145.8791	0.0947	0.4113	0.3783
BW12_2	1700.1927	6147.9923	-2103.4647	0.0929	0.4175	0.3742
BW12_3	1690.3841	6161.3410	-2061.7296	0.0918	0.4235	0.3702
BW7_B1	1136.1648	6136.2513	-2199.3758	0.0743	0.3310	0.4067
BW7_1	1136.5443	6122.5384	-2242.3940	0.0758	0.3241	0.4121
BW7_B7	1114.4206	6163.5198	-2120.7451	0.0717	0.3414	0.3976
BW7_5	1090.2959	6151.8397	-2157.1683	0.0719	0.3333	0.4035
BW7	1090.8759	6137.9868	-2200.1734	0.0732	0.3265	0.4089
BW7_2	1091.5305	6124.7180	-2243.5397	0.0747	0.3196	0.4143
BW7_B15	1047.5579	6143.0967	-2186.8797	0.0717	0.3246	0.4095
BW7_3	1045.9102	6125.5807	-2244.3292	0.0736	0.3154	0.4167
BW20_1	1164.3716	5598.5686	-4459.3214	0.2540	0.4527	0.9479
BW20_2	1159.8327	5557.2377	-4477.3747	0.2495	0.4514	0.9581
BW20_3	1155.4781	5517.0379	-4497.0892	0.2456	0.4508	0.9695
BW20	1115.0506	5562.7411	-4478.9799	0.2444	0.4550	0.9576
BW20_B15	1096.4950	5525.3562	-4496.0755	0.2386	0.4550	0.9673
BW20_5	1069.8588	5566.3478	-4477.1963	0.2388	0.4578	0.9560
BW20_B11	1038.7426	5537.8603	-4492.6566	0.2326	0.4595	0.9645
BW20_B7	1034.1777	5590.7737	-4463.9109	0.2364	0.4604	0.9486
BW1_1	576.2404	5958.6332	-2821.0015	0.0808	0.2314	0.5317
BW1_2	577.6821	5944.6792	-2864.0715	0.0823	0.2316	0.5403
BW1_3	579.2318	5931.2016	-2907.5763	0.0840	0.2327	0.5493
BW1_B1	531.2786	5959.2025	-2823.1844	0.0803	0.2321	0.5349
BW1	532.8319	5945.7002	-2866.2453	0.0817	0.2326	0.5434

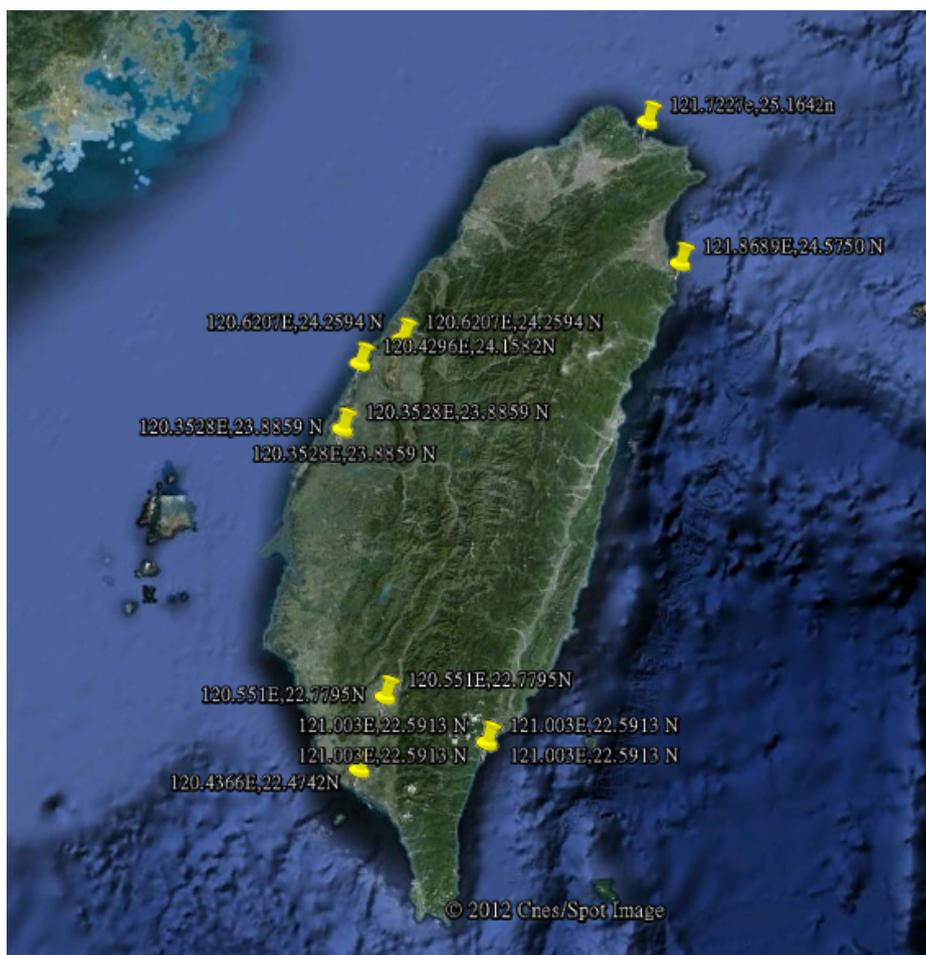
101 年度發展無人飛行載具航拍技術作業

BW1_5	487.9837	5946.2972	-2868.3260	0.0812	0.2340	0.5465
BW1_B5	471.6998	5959.5116	-2828.5856	0.0799	0.2337	0.5395
BW1_B9	444.5707	5943.7914	-2880.4685	0.0811	0.2360	0.5517
BW15_1	-1527.8009	5125.5184	-137.5736	0.5605	0.7249	0.5114
BW15_B3	-1529.5893	5148.4899	-65.4361	0.5631	0.7376	0.4959
BW15_2	-1572.9936	5126.3925	-137.1588	0.5649	0.7245	0.5126
BW15	-1572.4630	5139.8676	-93.9223	0.5663	0.7322	0.5034
BW15_5	-1572.1244	5154.1900	-51.1547	0.5678	0.7397	0.4940
BW15_3	-1618.7276	5128.0399	-137.0878	0.5692	0.7243	0.5138
BW15_B9	-1581.7944	5169.2535	-9.4913	0.5701	0.7469	0.4850
BW15_B15	-1615.5956	5145.5034	-79.6925	0.5711	0.7346	0.5015
BW6_B13	294.3882	7163.6721	-366.8804	0.1055	0.5121	0.0573
BW6_3	204.9535	7165.3777	-368.6709	0.1011	0.5072	0.0540
BW6_5	294.9547	7149.9335	-409.6930	0.1053	0.5071	0.0641
BW6	250.3140	7150.9033	-410.6039	0.1030	0.5046	0.0627
BW6_2	205.4022	7151.1474	-411.4587	0.1010	0.5021	0.0613
BW6_B7	333.3765	7141.9561	-432.1609	0.1073	0.5068	0.0690
BW6_B1	250.6346	7136.2849	-453.6469	0.1029	0.4995	0.0698
BW6_1	205.8667	7137.5953	-454.6642	0.1009	0.4970	0.0690
BW5_3	1139.0655	6597.4632	-744.9234	0.0854	0.5676	0.1750
BW5_2	1093.4738	6596.6832	-747.9070	0.0832	0.5622	0.1749
BW5_1	1048.4227	6597.4131	-751.2904	0.0813	0.5565	0.1746
BW5	1096.9353	6582.8805	-790.6258	0.0822	0.5576	0.1826
BW5_B1	1051.7685	6583.1792	-794.0403	0.0804	0.5519	0.1825
BW5_5	1100.1708	6569.0598	-833.0189	0.0813	0.5530	0.1901
BW5_B11	1138.1367	6560.8756	-857.6029	0.0824	0.5545	0.1946
BW5_B7	1078.8176	6557.1642	-871.2981	0.0797	0.5460	0.1966
BW16_B15	-1226.2594	6489.5744	-1330.0477	0.1985	0.4604	0.3391
BW16_3	-1286.1000	6492.5817	-1329.8321	0.2031	0.4667	0.3410
BW16_B11	-1167.4219	6486.9779	-1335.6992	0.1936	0.4544	0.3381
BW16_5	-1195.1185	6476.6034	-1369.8773	0.1952	0.4559	0.3463
BW16	-1240.1700	6479.4442	-1371.6419	0.1985	0.4606	0.3479
BW16_2	-1285.2863	6480.1011	-1373.0323	0.2021	0.4654	0.3499
BW16_B3	-1209.1819	6461.8953	-1410.2339	0.1913	0.4426	0.3432
BW16_1	-1284.3868	6466.5241	-1416.4435	0.2013	0.4641	0.3591
BW13_3	-124.9623	6733.5120	-1765.3730	0.0950	0.3589	0.3223
BW13_2	-170.5717	6734.0678	-1766.5872	0.0951	0.3611	0.3245
BW13_1	-215.9106	6735.5543	-1768.0533	0.0955	0.3636	0.3265

BW13	-169.2713	6720.5839	-1809.0247	0.0951	0.3604	0.3328
BW13_B15	-125.8138	6714.7157	-1821.7801	0.0949	0.3578	0.3337
BW13_B3	-211.1506	6711.7934	-1839.0932	0.0953	0.3625	0.3407
BW13_5	-168.0118	6706.6356	-1851.7834	0.0950	0.3598	0.3414
BW13_B7	-191.3384	6695.6700	-1889.0211	0.0951	0.3611	0.3498

附錄 N UAS 起降跑道整理表

位置	經度(東經)	緯度(北緯)	附註
基隆海洋大學	121.7227	25.1642	理工學院旁堤防
彰濱工業區	120.4296	24.1582	彰濱工業區旁堤防
屏東鹽埔港	120.4366	22.4742	漁港旁道路
屏東白砂	120.7127	21.9453	屏 143 道路
宜蘭蘇澳	121.8689	24.5750	海邊堤防
南投集集	120.6207	24.2594	堤防道路
彰化二林	120.3528	23.8859	二林飛行場
里港堤防	120.551	22.7795	高屏溪堤防
太麻里堤防	121.003	22.5913	太麻里堤防
花蓮起降點	121.3055	23.2753	秀姑巒溪堤防



UAS 起降場位置圖

附錄 O 研討會論文題目與摘要

定翼型 UAV 影像立體測圖之精度探討 Study on the Stereo Mapping Accuracy of Fixed Wing UAV Images

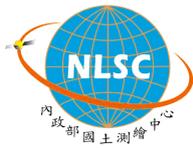
摘要

基本地形圖測繪為國土基本資料建置項目之一，提供國土保育、規劃、防救災、民生經濟建設等高度共通性圖資。測製方式多以大型航空攝影飛機搭載量測型相機為航空攝影測量取像來源，並依據比例尺、精度、區域及需求作適當配置。而以定翼型無人飛行載具 UAV(Unmanned Aerial Vehicle) 航拍影像作為基本地形圖局部修測，為目前內政部國圖測繪中心發展的重點工作之一，但因定翼型 UAV 因酬載能力有限，搭載取像設備以非量測型相機為主，而非量測型數位相機光學鏡頭設計上因機械及電子結構不若量測型數位相機設計嚴謹，導致於室內以近景攝影測量程序率定的相機參數結果極不穩定。故航拍取像後必須透過自率光束法空中三角測量平差，改善因相機參數率定結果不穩定所造成精度不佳之影響(顏怡和等人，2011)，然後才能進行後續工作。而本研究旨在探討定翼型 UAV 影像完成自率光束法空中三角測量後立體測圖之精度。

影響航空攝影測量立體測圖精度因素眾多，大多由像對基高比(Base-Height Ratio)及影像之地面取像距離 GSD(Ground Sample Distance)決定。藉由提高像對基高比提升空間前方交會精度，選擇適當攝影高度減少影像 GSD 增加影像判釋率，可提升測製精度。本研究將以實際作業過程中應注意的事項加以分析探討，並藉由精度檢核分析定翼型 UAV 拍攝之航空影像測製基本地形圖之可行性。

關鍵詞：定翼型無人飛行載具、立體測圖、基高比、地面取像距離

附錄 P 國土測繪 1 號失事報告書



內政部國土測繪中心

發展無人飛行載具航拍技術作業

NLSC-101-21

UAV 失事報告

委託單位：內政部國土測繪中心

採購案號：NLSC-101-21

建置單位：智飛科技有限公司

國立台灣大學

國立政治大學

報告日期：民國 101 年 7 月

目錄

目錄.....	3
圖目錄.....	5
表目錄.....	7
第壹章 報告摘要.....	9
第貳章 事實資料.....	11
第一節 名詞說明.....	11
第二節 事實資料.....	11
(一) 執行背景.....	11
(二) 事實資料.....	12
第參章 事故分析.....	17
第一節 失事原因分析.....	17
(一) 飛控電腦失效.....	17
(二) 雨中飛行.....	18
第二節 損失分析.....	18
第肆章 後續改進事項.....	19
第一節 執行流程改善.....	19
(一) 飛行氣候確認.....	19
(二) 任務後機體確認.....	20
(三) 緊急任務執行流程建立.....	21
第二節 飛行器性能改善建議.....	22
(一) 基礎防水功能.....	22
(二) 增加衛星通訊功能.....	23
(三) 後續飛行任務執行建議.....	23
附錄 A 101 年 6 月 14 日飛行天候資料.....	27
附錄 B 天候觀測聯繫與參考資料.....	29
B.1 任務沿線警局聯繫電話.....	29
B.2 各地氣象站聯絡方式.....	30
B.3 WinGuru 氣象預測網站.....	32
B.4 中央氣象局.....	33

圖目錄

圖 1	6月14日任務航拍效果.....	13
圖 2	6月14日任務航拍效果2.....	13
圖 3	6月14日作業現場.....	14
圖 4	失事現場照片1.....	15
圖 5	失事現場照片2.....	15
圖 6	失事現場照片3.....	16
圖 7	失事現場照片4.....	16
圖 8	失事現場之飛控電腦狀態.....	17
圖 9	LM2940 電源轉換 IC.....	17
圖 10	緊急事故執行檢查流程圖	21
圖 11	小型衛星通訊模組.....	23

表目錄

表 1 名詞解釋.....	11
表 2 6月15日事件時序表.....	12
表 3 IP 防水防塵等級表.....	22

第壹章 報告摘要

標 題： 國土測繪中心 101 年度「發展無人飛行載具航拍技術作業」案 UAV 失事事件
事故類型： 飛行器飛行控制電腦失效
機 型： DoDo Pro UAV
發生時間： 101 年 6 月 15 日 上午 7:42
發生地點： 集集邊防道路
事故簡介： UAV 因飛控電腦失效，失事於集集堤防旁樹叢。

本專案使用之 DoDo Pro UAV 於 101 年 6 月 15 日進行南投信義鄉和社溪流域緊急航拍，該機起飛後 1400 秒後飛控電腦停止運作，飛機依據最後飛行的軌跡盤旋滑降，最後撞擊樹木，翻轉 180 度後停止，造成機翼分離、引擎破損、水平安定面斷裂、背部酬載空間位移等損害，現場無第三人之財產損失。經後續驗證，發現 UAV 失控的主要原因在於飛控電腦之電源晶片失效造成飛控電腦失去主電源，飛控電腦因而無法繼續運作，造成本次失事。

1. 報告摘要

第貳章 事實資料

第一節 名詞說明

在此說明報告內使用名詞之解釋。

表 1 名詞解釋

簡稱	名詞解釋	備註
EP	External Pilot，內部飛行員	主要負責 UAV 之任務控制
IP	Internal Pilot，外部飛行員	主要負責 UAV 之起降作業
UAV	Unmanned Aerial Vehicle, 無人飛行載具	此次使用之 UAV 為 DoDo Pro 型 UAV
MSL	Mean Sea Level，平均海平面高	此次任務之飛行高度為海平面高 1100 公尺

第二節 事實資料

(一) 執行背景

任務日期：101 年 6 月 15 日 (星期五)

任務目標：南投信義鄉和社溪緊急航拍任務

天 候：陰有雨

起降地點：集集邊防道路

作業人員：智飛科技 陳冠志 (IP)、羅欣志 (EP)、
林世賢 技正 (國土測繪中心)

(二) 事實資料

表 2 6月15日事件時序表

時間	UAV 狀態	事件說明
7:16	起飛	在本場上空盤旋一圈後，開始爬升
7:27	GCS 收不到 UAV 訊號	MSL 高度 1135m(原場高度約 185m)
7:42	UAV 墜毀	墜毀於跑道頭

101年6月12日，因連日豪雨造成部份山區傳出災情。為快速的掌握災區情況，中心指示需進行緊急航拍，並選定以廬山與南投和社溪作為主要任務區。

飛行團隊經接獲指示後，立即整裝待發，同時持續監控天候狀況，並經由中央氣象局網站、氣象預測網站 WindGuru，當地氣象站，當地派出所等資料，收集沿路之氣象狀態（請參考附錄 B）。

101年6月14日，飛行團隊確認進行南投和社溪空拍任務，並以南投集集邊旁道路作為起降作業基地。該日之天候狀況請參考附錄 A。該日天氣雨勢難以掌控，在 9:50 確定有一飛行天候窗口後，立即起飛執行任務。

UAV 在原場爬高至 2000m 後脫離，開始進入任務航線，原場上空之雲高約為 1200m（請參考圖 1）。飛機持續往任務區前進。飛行團隊目視遠方開始下雨，因此決定召回 UAV，並於 10:54 順利降落回收（請參考圖 2），任務中止。該次任務 UAV 5 之引擎時數為 61 分鐘。



圖 1 6月14日任務航拍效果



圖 2 6月14日任務航拍效果2



圖 3 6月14日作業現場

101年6月15日，飛行團隊趁空中無雨天候進行起飛任務，UAV於7:16起飛，在本場上空盤旋一圈後，開始爬升。7:27地面接收站開始收不到訊號，當時高度1135m(地面約185m)。飛行團隊起初判斷為地面控制軟體又發生偶發性無法收到訊號，但是重新按鈕無效，經確定通訊用無線電之接收強度無反應，判定UAV出現機件故障問題，同一時間觀察相機是否持續拍照，但發現並無反應，畫面維持在斷訊前的同一個畫面。

IP在進行緊急重新啟動程序後，仍然無法與飛機通聯，由於飛機於目視範圍內，因此將控制權轉交予EP。EP嘗試接手失效，重複嘗試無法接手，此時地面控制站無法收到UAV監控訊號，遂以目視飛機以盤旋姿態慢慢下降，呈逆時針盤旋姿態滑降。

最後UAV在撞擊樹木後翻轉180度跌入附近草叢，造成機翼分離、引擎破損、水平安定面斷裂、背部酬載空間位移等損害。飛行團隊目視檢查損失狀況，並測試酬載相機是否損壞，初步證實可進行拍攝，但仍需進行相關檢測。事故現場照片請參考圖4~圖7。



圖 4 失事現場照片 1



圖 5 失事現場照片 2

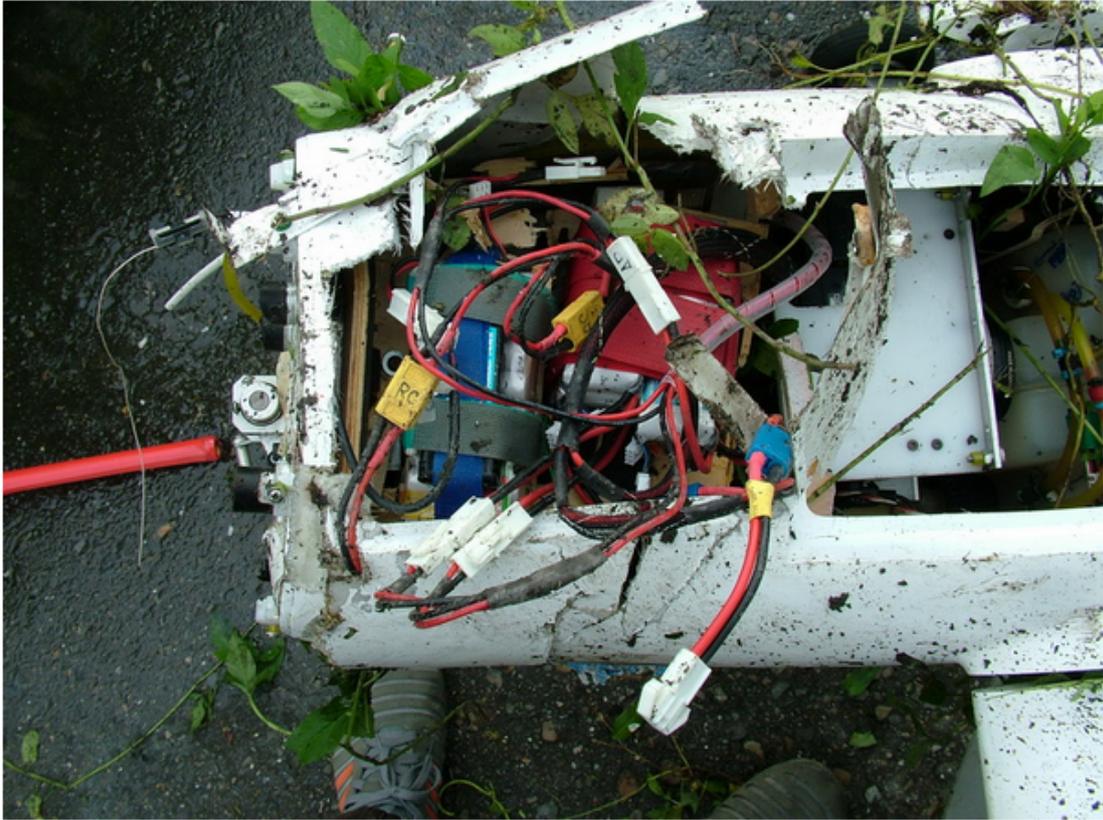


圖 6 失事現場照片 3



圖 7 失事現場照片 4

第參章 事故分析

第一節 失事原因分析

(一) 飛控電腦失效

整個飛控電腦系統在失事過程中並無重大損毀（請參考圖 8），經查驗飛控電腦系統，發現飛控電腦中，用於進行電源轉換之 LM2940 電源轉換 IC（請參考圖 9）在通電後可以短暫供電 10 秒鐘，爾後進入失效狀態。加上判讀飛行失事紀錄後也證實，飛控電腦於系統時間 1400 秒後沒有再紀錄任何飛行資料，因此確認飛控電腦的失效原因在於電源轉換晶片 LM2940 失效。

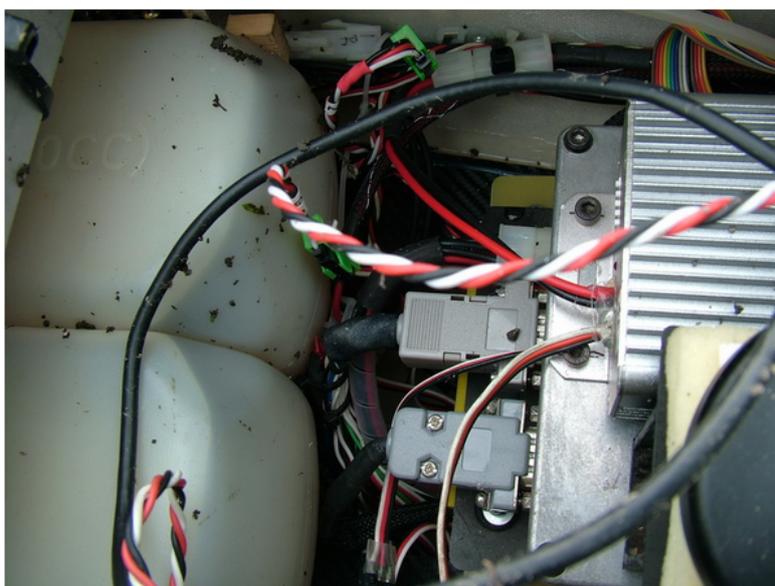


圖 8 失事現場之飛控電腦狀態

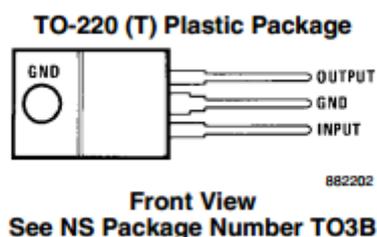


圖 9 LM2940 電源轉換 IC

對照過往智飛科技各次之失事原因，並無因為此晶片功能失效之前例，且該飛控電腦之飛行時數 5.93 小時，可能的失效原因為(1) 晶片本身故障，或是(2)因外界因素造成。

(二) 雨中飛行

DoDo Pro UAV 系列之機體原本就沒有針對雨中飛行進行相關的設計與驗證，因此之前雖有多次雨中飛行的經驗，但多屬於飛行任務中天氣突然轉壞之狀況。在本次 6 月 14 日任務也屬於飛行任務期間天氣突然轉壞，並開始落雨。飛機在落地後經目視檢查無異狀後，即送上車輛進行收納，並無進行詳細之內部檢視。因此是否為電子零件受潮造成故障，也列入飛控電腦失效之可能因素。

第二節 損失分析

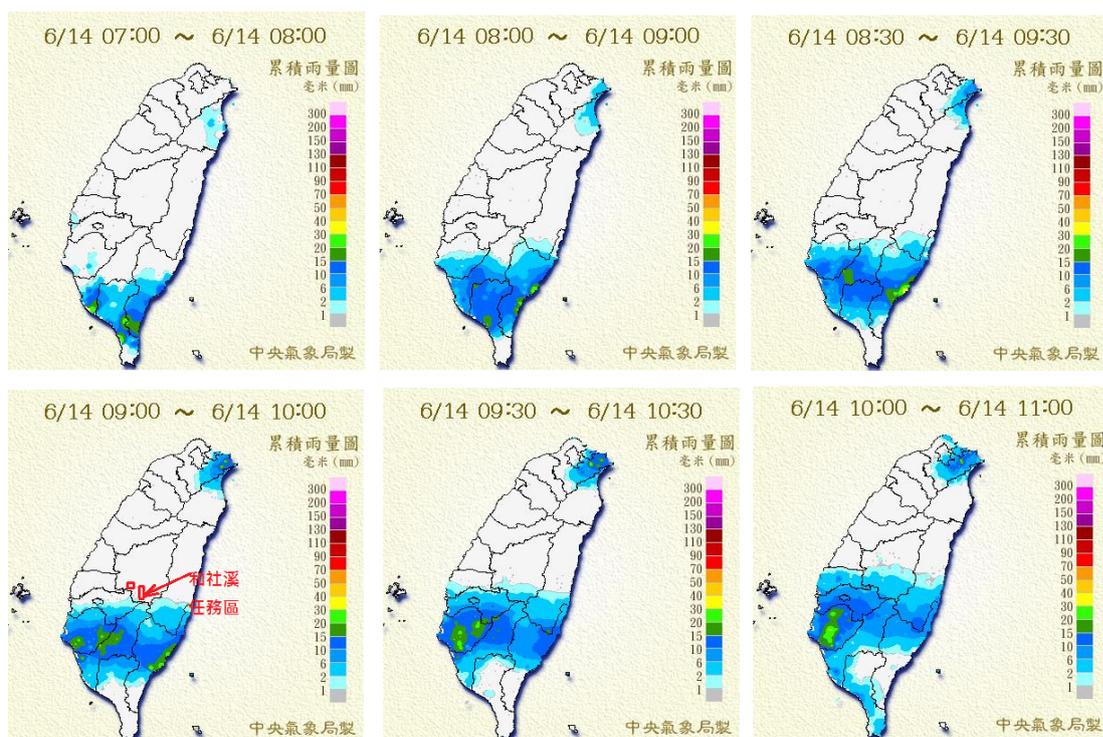
項次	項目	損失情況	價格 (萬元)
1	UAV 機身	機身斷裂，需重新製作	23
2	UAV 發動機	化油器損壞，需更新	2
3	UAV 控制伺服	內部定位齒輪損壞，需更換	3
4	航空電子設備	重新更換	30

第肆章 後續改進事項

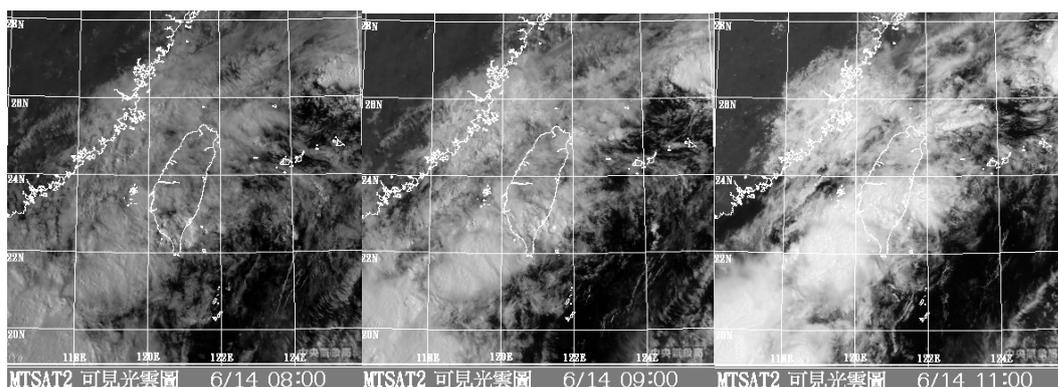
第一節 執行流程改善

(一) 飛行氣候確認

由中央氣象局網站之小時累積雨量資料顯示，6月14日降雨區自清晨07:00開始逐漸向北移動，和社溪任務區自10:00開始降雨，已不適合執行航拍任務。



UAV 航高 2000m 的航拍相片顯示，集集攔河堰與水里市區南方之山坡上方雲高約在 1500 m 以下，雲層顏色並非陽光反射的亮白色，顯示 UAV 上方仍有厚雲，UAV 係飛行在高低兩層雲的中間，高雲層的雲底在 2000m 以上。如下衛星雲圖顯示：



就本次的經驗進行討論，因 UAV 本身並無防雨措施，因此飛行團隊在任務前就各種不同的氣象資訊進行蒐集與判讀（請參考附錄 B），用以確保飛行路徑上的天候狀況。由於時間緊迫，僅能在空中出現飛行窗口時進行任務。任務的執行時間視該任務區大小、遠近與地面解析力而定，因此最佳的執行時機為天候晴朗之時機，如此才能有較多的餘裕進行任務的調整。在此次事故前一天的任務中，因飛行路徑上開始落雨，必須召回 UAV，因而無法繼續執行任務。

（二）任務後機體確認

本次任務地點在南投，在完成 6 月 14 日之任務後，因雨無法立即回廠對 UAV 進行完整檢視與查修，在 6 月 15 日任務執行前，僅就基本檢查程序進行檢查，但該機在啟動後 1400 秒才進入失效狀況，一般的起飛前檢查程序尚無涵蓋此檢查項目。

(三) 緊急任務執行流程建立

本次的飛行任務因屬緊急航拍任務，引此在空域的協調上，與往常不同。在空域的協調上，是由行政院災害防救科技中心進行空域協調，所以在空域的運用上更有效率。下面是針對緊急任務執行擬定的緊急任務執行流程，將持續的根據實際狀況進行修正。

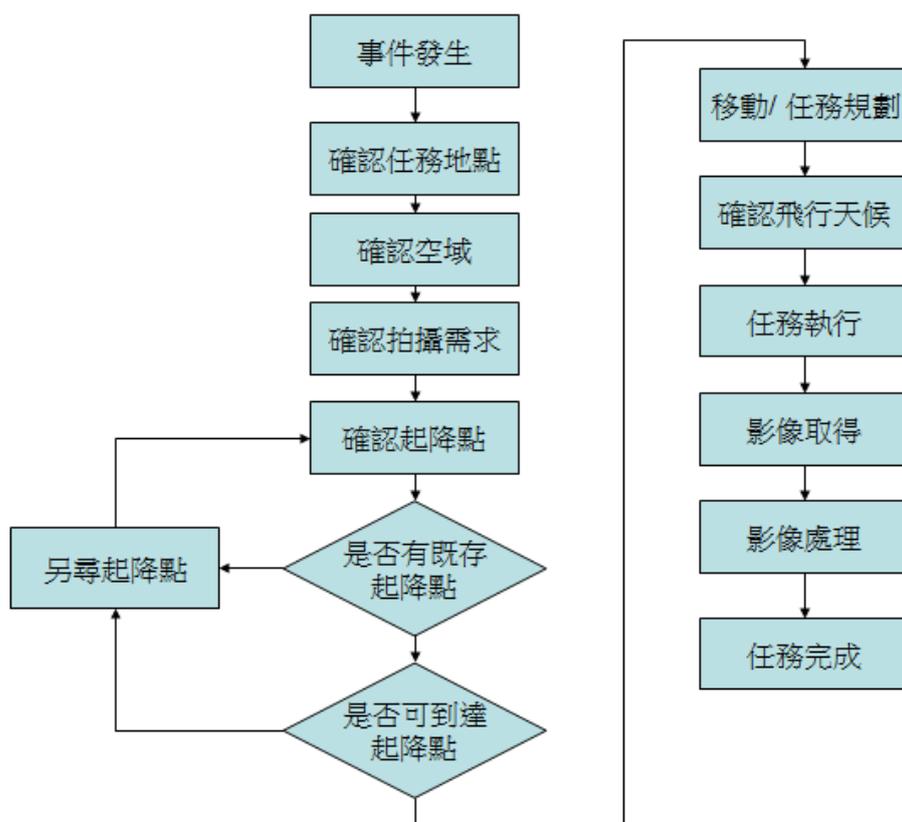


圖 10 緊急事故執行檢查流程圖

第二節 飛行器性能改善建議

(一) 基礎防水功能

目前 DoDo Pro 之設計並未特別考量防水之性能，若往之任務種類中緊急航拍為主要任務，則需將 UAV 雨中飛行的規格列入考量。參考目前市面機種的防水防塵標準，可以依據防水防塵試驗來進行相關的檢驗。如市面上一款多旋翼載具號稱可以在小雨中飛行，其規格為 IP45，亦即防塵效果第四級、防水效果第五級，請參考下表 3。

表 3 IP 防水防塵等級表

數字	第一個數字 ---- 固體	第二個數字 ---- 液體
0	沒有保護	沒有保護
1	可抵禦超過 50 毫米的固體物質，例如，手部意外觸摸	可經受垂直落下來的水點
2	可抵禦直徑超過 12 毫米直徑、長度不超過 80 毫米的固體物質，例如手指	可經受呈 15°垂直角的水花的直接噴射
3	可抵禦超過 2.5 毫米的固體物質，如工具或金屬絲	可經受呈 60°垂直角的水花的直接噴射
4	可抵禦超過 1.0 毫米的固體物質，如細小金屬絲	可經受從任何方向射來的水花 -- 有限的進入是允許的
5	防塵，有限進入(無有害堆積物)	可經受來自所有方向的低壓水柱噴射 --- 允許有限進入
6	灰塵難以進入，完全防塵	可經受強力水柱噴射，允許有限的進入
7	不合用	允許短暫放入 15 厘米至 1 米深的水中，時間可長達 30 分鐘
8	不合用	可經受壓力下長期浸泡

(二) 增加衛星通訊功能

就 100 年度計畫執行經驗，大部分的山區任務皆會因地形因素造成通訊死角，為了讓整個任務的監控更加完整與安全，建議可以採購衛星通訊設備加以補強。目前 DoDo Pro 所使用的無線電在通視 (line of sight, LOS) 條件下，通訊距離超過 50 公里，但在有遮蔽的情況下，即會發生通訊中斷。依據目前民用市場之衛星通訊模組發展情況來看，未來幾年將有陸續推出小型且可靠之衛星通訊模組可供 UAV 進行使用。



圖 11 小型衛星通訊模組

(三) 後續飛行任務執行建議

因後續飛行任務需繼續執行，在接替之 UAV 尚未完成驗收前，建議可以採用智飛科技之另一型 FATDoDo UAV，該機之飛行性能參數與 DoDo Pro 相同，主要的差異在於該機為木製機身，且油箱容量較 DoDo Pro 多 1 公升，因此在續航力方面較 DoDo Pro 為佳。

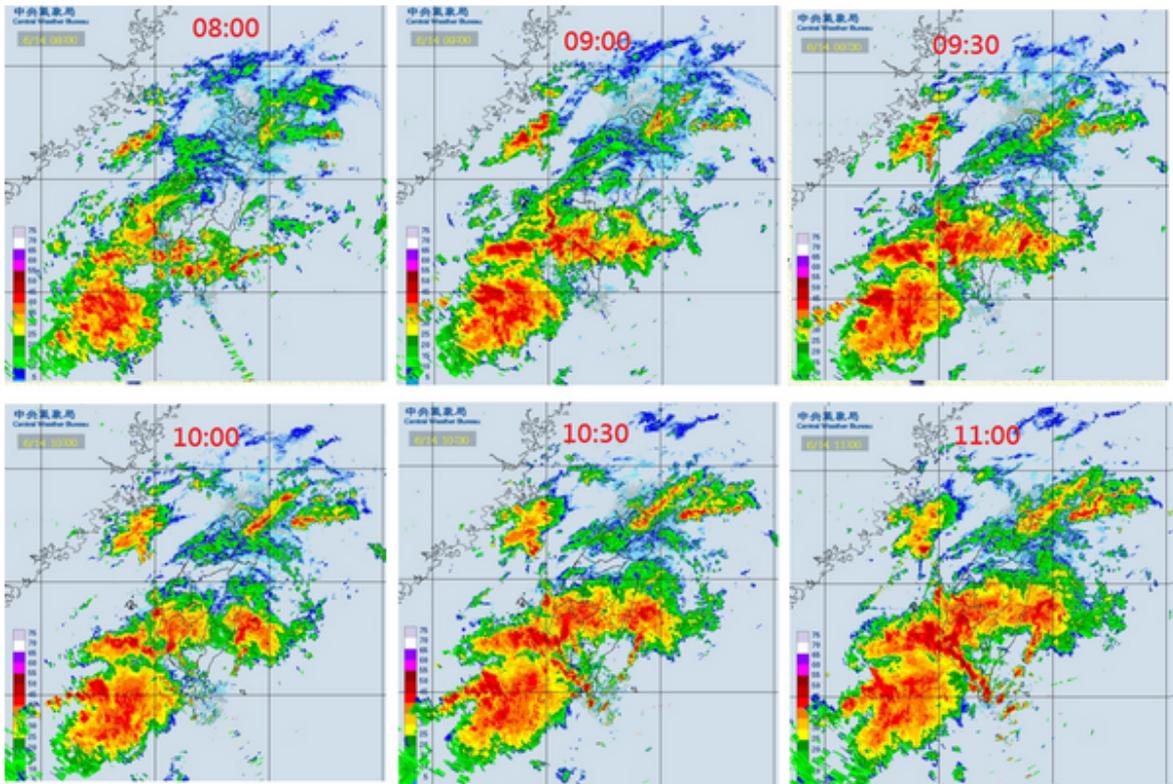
4. 後續改進事項

附錄

附錄 A 101 年 6 月 14 日 飛行天候資料

附錄 B 天候觀測聯繫與參考資料

附錄 A 101 年 6 月 14 日 飛行天候資料



A.1 101 年 6 月 14 日 雷達回波圖

鼠標滾輪縮放圖片 ? [] X

南投縣信義鄉 縣市/鄉鎮 南投縣 信義鄉 確定

天氣現況 2012-06-14 09:00

氣溫 24 °C
 相對濕度 89%
 小時雨量 0 mm
 日出 05:10 AM
 日沒 18:46 PM

逐時預報 一週預報 精簡資料

項目	一週預報													
時間	06/14 今晚至明晨	06/15 星期五白天	06/15 星期五晚上	06/16 星期六白天	06/16 星期六晚上	06/17 星期日白天	06/17 星期日晚上	06/18 星期一白天	06/18 星期一晚上	06/19 星期二白天	06/19 星期二晚上	06/20 星期三白天	06/20 星期三晚上	
天氣狀況	陣時多雲 陣雨或雷雨	陣時多雲 陣雨或雷雨	陣時多雲 陣雨或雷雨	陣時多雲 陣雨或雷雨	陣時多雲 陣雨或雷雨	多雲午後 短暫雷陣雨	多雲	多雲午後 短暫雷陣雨	多雲	多雲午後 短暫雷陣雨	多雲	多雲午後 短暫雷陣雨	多雲	
最高溫		25°C		26°C										
最低溫	21°C		21°C		21°C		21°C		20°C		21°C		21°C	
相對濕度	90%	89%	90%	93%	93%	90%	90%	89%	91%	88%	91%	87%	89%	
平均風 風向風級	偏南風 1	偏南風 1	東南風 1	偏西風 1	偏東風 1	西北風 2	偏南風 1	偏西風 1	東南風 1	偏西風 1	東南風 1	偏西風 2	東南風 1	
降雨機率	60%	80%	70%	100%	50%									

A.2 101 年 6 月 14 日 中央氣象局精緻預報

Taiwan - 信義鄉和社溪 (tmt68tom)																						Options					
Forecast		2D		Map		Webcams		Wind reports																			
GFS 13.06.2012 18 UTC		Th 14. 05h	Th 14. 08h	Th 14. 11h	Th 14. 14h	Th 14. 17h	Th 14. 20h	Fr 15. 05h	Fr 15. 08h	Fr 15. 11h	Fr 15. 14h	Fr 15. 17h	Fr 15. 20h	Sa 16. 05h	Sa 16. 08h	Sa 16. 11h	Sa 16. 14h	Sa 16. 17h	Sa 16. 20h	Su 17. 05h	Su 17. 08h	Su 17. 11h	Su 17. 14h	Su 17. 17h			
Wind speed (knots)		3	2	2	3	5	6	4	4	7	7	5	4	3	2	3	5	4	2	2	3	0	1	2			
Wind gusts (knots)		5	4	5	6	8	10	6	6	9	9	8	6	4	3	5	7	6	3	3	6	3	4	6			
Wind direction		↑	↗	→	↖	↑	↑	↑	↑	↗	↗	↗	↑	↑	↑	↗	↗	↗	↖	↖	↖	↖	↖	↖			
*Temperature (°C)		19	20	21	20	19	19	19	21	21	21	20	20	19	21	21	21	21	20	19	22	23	23	21			
Cloud cover (%)		99	99	97	96	100	100	96	95	96	98	100	100	100	98	90	91	92	91	91	93	84	81	84			
high / mid / low		94	90	86	89	99	99	90	81	83	84	94	95	75	77	80	83	85	87	69	61			12			
*Precip. (mm/3h)		10.6	10.5	17.5	33.7	50.8	30.3	1.2	1.2	10.9	22.4	30.4	31.1	6.5	11.5	17.6	28.2	22.1	8.3	0.5		1.3	2.7	5			
Windguru rating																											
GFS 13.06.2012 18 UTC		Su 17. 20h	Mo 18. 05h	Mo 18. 08h	Mo 18. 11h	Mo 18. 14h	Mo 18. 17h	Mo 18. 20h	Tu 19. 05h	Tu 19. 08h	Tu 19. 11h	Tu 19. 14h	Tu 19. 17h	Tu 19. 20h	We 20. 05h	We 20. 08h	We 20. 11h	We 20. 14h	We 20. 17h	We 20. 20h	Th 21. 05h	Th 21. 08h	Th 21. 11h	Th 21. 14h			
Wind speed (knots)		2	3	3	4	4	2	2	4	4	6	6	3	1	2	4	6	6	4	3	4	5	6	7			
Wind gusts (knots)		4	5	4	5	5	4	3	6	5	6	6	3	3	5	6	7	7	5	5	9	9	9	10			
Wind direction		←	↙	↓	↓	↓	↓	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↑	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
*Temperature (°C)		20	17	22	24	22	22	21	19	22	24	24	22	20	19	22	24	23	22	21	20	21	22	22			
Cloud cover (%)		81	28	23	22	26	34	39	65	60	65	68	84	80	73	78	66	64	57	66	92	92	94	94			
high / mid / low		81			9	43	72	72	81	50			13	47	54	68	52	58	65	71	70	71	68	73	74		
*Precip. (mm/3h)		1			0.5	3.4	3	1.6					0.6	0.9	1.7			2.4	5	4.1	2.5	2.1	6.2	15.1	19.3		

A.3 101 年 6 月 14 日 WinGuru 天氣預測

附錄 B 天候觀測聯繫與參考資料

B.1 任務沿線警局聯繫電話

<p>十字派出所 23°29'29.72"北 120°45'15.06"東</p> <p>嘉義縣阿里山鄉十字路 28 號</p> <p>(05) 251 1223</p>
<p>阿里山派出所</p> <p>嘉義縣阿里山鄉中正村東阿里山 62 號</p> <p>05-2679975</p>
<p>和社派出所 23°34'2.24"北 120°52'26.94"東</p> <p>南投縣信義鄉同富村同和巷 6 號</p> <p>049-2701304 049-2701304</p>

B.2 各地氣象站聯絡方式

http://www.cwb.gov.tw/V7/about/station_loc.htm

機關名稱	聯絡地址	電話
局本部	臺北市公園路 64 號	(02)2349-1000
氣象儀器檢校中心	新北市新店區莒光路 29 號	(02)2212-2251
臺灣南區氣象中心	臺南市中西區公園路 21 號	(06)3459-234
宜蘭氣象站	宜蘭市力行街 3 號	(03)9322-054
蘇澳氣象站	宜蘭縣蘇澳鎮港區路 1 號 6 樓(蘇澳港行政大 樓 6 樓)	(03)9964-654
花蓮氣象站	花蓮市花崗街 24 號	(03)8322-025
花蓮氣象雷達站	花蓮市海岸路 15-1 號	(03)8223-101
金門氣象站	金門縣金城鎮金水里 西海路一段 250 號	(082)373-357
玉山氣象站	南投縣信義鄉東埔村 1 鄰玉山北峰 1 號	(0910)750-497 (05)2679-728
日月潭氣象站	南投縣魚池鄉水社村 中山路 270 巷 14 號	(049)2855-148
恆春氣象站	屏東縣恆春鎮天文路 50 號	(08)8892-037
墾丁氣象雷達站	屏東縣恆春鎮燈塔路 51 巷 33 號	(08)8851-570
高雄氣象站	高雄市前鎮區漁港南	(07)8213-373

	二路 4 號	
彭佳嶼氣象站	基隆市中正區彭佳嶼 路 2 號	(0910)252-481
基隆氣象站	基隆市仁愛區港西街 6 號 6 樓(海港大樓 6 樓)	(02)2422-4240
馬祖氣象站	連江縣南竿鄉四維村 86 號	(0836)26457
新竹氣象站	新竹縣竹北市光明五 街 60 號	(03)5512-153
嘉義氣象站	嘉義市北新里海口寮 路 56 號	(05)2320-143
阿里山氣象站	嘉義縣阿里山鄉中正 村 4 鄰東阿里山 73 之 1 號	(05)2679-980
臺中氣象站	臺中市北區精武路 295 號	(04)2222-2505
梧棲氣象站	臺中市梧棲區中棲路 三段 2 號海港大樓 6 樓	(04)2656-2481
鞍部氣象站	臺北市陽明山竹子湖 路 111 號	(02)2861-1533
竹子湖氣象站	臺北市陽明山竹子湖 路 2 號	(02)2861-6030
臺北氣象站	新北市板橋區大觀路 二段 265 巷 62 號	(02)2968-3883
五分山氣象雷達站	新北市瑞芳區八分寮 路 50 號	(02)2495-8445

臺東氣象站	臺東市大同路 106 號	(089)322-139
大武氣象站	臺東縣大武鄉大武街 115 號	(089)791-005
成功氣象站	臺東縣成功鎮公民路 84 號	(089)851-038
蘭嶼氣象站	臺東縣蘭嶼鄉紅頭村 2 號	(089)732-587
澎湖氣象站	澎湖縣馬公市新興路 2 號	(06)9272-018
東吉島氣象站	澎湖縣望安鄉東吉村 156 號	(06)9991-103

B.3 WinGuru 氣象預測網站

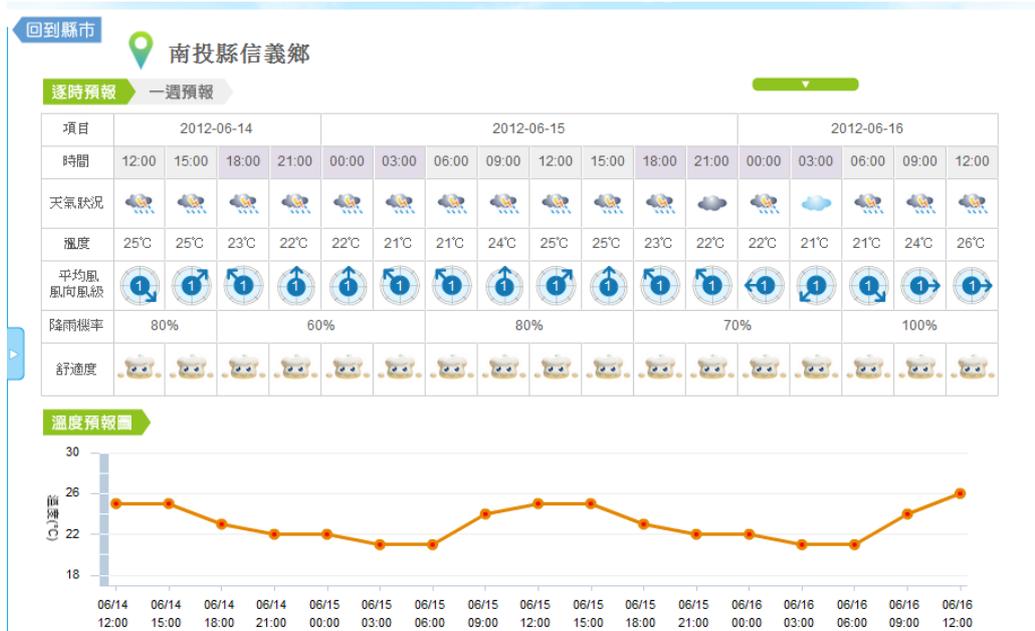
Taiwan - 信義鄉-和社溪 (tmt68tom)																						Options					
Forecast		2D		Map		Webcams		Wind reports																			
GFS 13.06.2012 18 UTC	Th	Th	Th	Th	Th	Th	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Sa	Sa	Sa	Sa	Sa	Sa	Su	Su	Su	Su	Su				
	14.	14.	14.	14.	14.	14.	15.	15.	15.	15.	15.	15.	16.	16.	16.	16.	16.	16.	17.	17.	17.	17.	17.				
	05h	08h	11h	14h	17h	20h	05h	08h	11h	14h	17h	20h	05h	08h	11h	14h	17h	20h	05h	08h	11h	14h	17h				
Wind speed (knots)	3	2	2	3	5	6	4	4	7	7	5	4	3	2	3	5	4	2	2	3	0	1	2				
Wind gusts (knots)	5	4	5	6	8	10	6	6	9	9	8	6	4	3	5	7	6	3	3	6	3	4	6				
Wind direction	↑	↗	→	↖	↑	↑	↑	↑	↗	↗	↗	↑	↑	↑	↗	↗	↗	↑	↖	↖	↖	↓	←				
*Temperature (°C)	19	20	21	20	19	19	19	21	21	21	20	20	19	21	21	21	21	20	19	22	23	23	21				
Cloud cover (%)	99	99	97	96	100	100	96	95	96	98	100	100	100	98	90	91	92	91	91	93	84	81	84				
high / mid / low	94	90	86	89	99	99	90	81	83	84	94	95	75	77	80	83	85	87	69	61			12				
86	84	82	85	93	93	62	66	72	73	74	77	65	66	68	71	79	76	64	38	65	71	83					
*Precip. (mm/3h)	10.6	10.5	17.5	33.7	50.8	30.3	1.2	1.2	10.9	22.4	30.4	31.1	6.5	11.5	17.6	28.2	22.1	8.3	0.5		1.3	2.7	5				
Windguru rating																											
GFS 13.06.2012 18 UTC	Su	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo	Tu	Tu	Tu	Tu	Tu	Tu	We	We	We	We	We	We	Th	Th	Th	Th				
	17.	18.	18.	18.	18.	18.	18.	19.	19.	19.	19.	19.	19.	20.	20.	20.	20.	20.	20.	21.	21.	21.	21.				
	20h	05h	08h	11h	14h	17h	20h	05h	08h	11h	14h	17h	20h	05h	08h	11h	14h	17h	20h	05h	08h	11h	14h				
Wind speed (knots)	2	3	3	4	4	2	2	4	4	6	6	3	1	2	4	6	6	4	3	4	5	6	7				
Wind gusts (knots)	4	5	4	5	5	4	3	6	5	6	6	3	3	5	6	7	7	5	5	9	9	9	10				
Wind direction	←	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖				
*Temperature (°C)	20	17	22	24	22	22	21	19	22	24	24	22	20	19	22	24	23	22	21	20	21	22	22				
Cloud cover (%)	81	28	23	22	26	34	39	65	60	65	68	84	80	73	78	66	64	57	66	92	92	94	94				
high / mid / low	15																		46	55	52	63	81	81			
81			9	43	72	72	81	50				13	47	54	68	52	58	65	71	70	71	68	73	74			
*Precip. (mm/3h)	1			0.5	3.4	3	1.6					0.6	0.9	1.7			2.4	5	4.1	2.5	2.1	6.2	15.1	19.3			

WinGuru 氣象預測網站

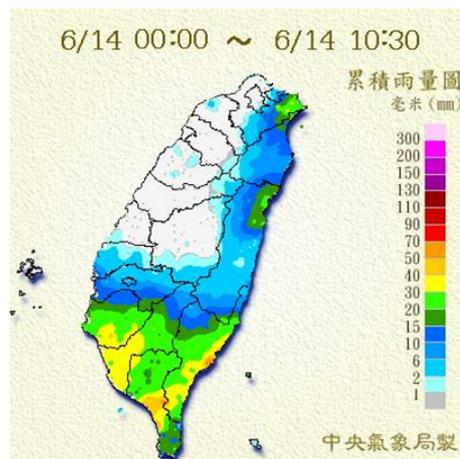
B.4 中央氣象局

目前可參考中央氣象局所提供的資料有：

1. 鄉鎮氣象觀測與預報

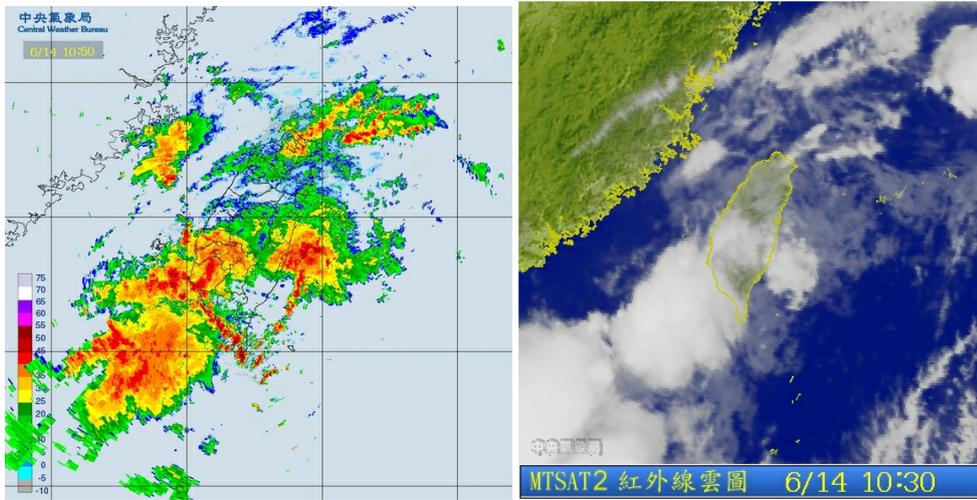


鄉鎮氣象觀測與預報



累積雨量圖

2. 遙測資料



雷達回波與衛星雲圖

3. 即時影像資料

首頁 > 觀測 > 即時影像

The screenshot shows a web interface for real-time video data. On the left is a map of Taiwan with Nantou County highlighted in green. To the right of the map is a list of locations in Nantou County: 合歡山小風口, 奧萬大, 麒麟潭, 塔塔加, 玉山主峰, and 清境農場. Further right is a video player window titled "即時影像" (Real-time Image) showing a live video feed of Yushan Main Peak, with a timestamp of 2012/07/05 10:36:53.