



NLSC-106-34

# 106 及 107 年度發展車載移動測繪 系統(MMS)作業

## 工作總報告

主辦機關：內政部國土測繪中心

執行單位：經緯航太科技股份有限公司

中華民國 107 年 11 月 6 日

## 摘要

內政部國土測繪中心近年來致力於引進測繪新科技輔助基本地形圖、國土利用調查等基礎核心圖資建置及更新維護工作。車載移動測繪系統(Mobile Mapping System, MMS)可結合精密整合式定位定向系統及多種數位影像感測器，具有高機動特性，可補足航遙測資料獲取的空隙，加速空間資料獲取。106 及 107 年度發展光達(Lidar)技術，期能掌握先進測量技術並發揮其測繪能量，以達到圖資快速更新，提供國家經建政策規劃推動及防救災領域所需即時且正確的基礎圖資。

本案以國土測繪中心提供之公務車輛為載具，搭載高精度高速相位式雷射掃描儀資料，建置光達式移動測繪系統，系統配置將原有 910 萬畫素彩色工業級相機，設計由 7 部相機組成環景影像。此光達移動測繪系統為國人自行組裝，使用者僅需駕駛車輛及簡易系統操作，即可進行長時間且高效率的外業資料蒐集工作，可減低外業作業成本，提高外業作業效率。同時開發無線遙控操作之推車光達系統，推車系統的使用及操作都將以使用安全為第一考量，同時將車內空間重整，讓出推車放置及載運空間，可方便運送至測區範圍進行外業作業。

光達移動測繪系統率定作業於成功大學歸仁校區辦理，其固定臂 X、Y、Z 及軸角 Roll、Pitch、Heading 分別為-0.044、-0.345、0.335 公尺及-0.05246、45.04371、90.16786 度。將上述軸角/固定臂成果輸入至點雲資料處理流程，量測檢驗場牆面已知點坐標，車載光達移動測繪系統平面精度小於 10 公分、三維精度小於 15 公分、三維最大誤差約為 23 公分；推車式光達移動測繪系統平面精度小於 6 公分、三維精度小於 10 公分、三維最大誤差約 18 公分，相關精度可應用於國土利用調查及臺灣通用電子地圖圖資更新等作業。

本案利用車載及推車式光達移動測繪系統進行點雲掃描圖資更新試辦成果，車載系統配合國土測繪中心指定之圖資測繪作業區域為臺中市知高橋，推車式系統為國土測繪中心指定之法院囑託鑑測區域位於臺南市永康區永中街。同時利用影像式移動測繪系統進行 100 公里圖資更新，試辦成果主要用於道路邊線數化，並比較光達及影像式作業流程、精度、成本等差異。

配合國土測繪中心成果發表會，協助製作成果影片、海報、立牌等，並將相關成果投稿研討會或期刊論文，並於 106 及 107 年度各辦理光達移動測繪系統教育訓練，相關說明請參閱工作總報告內容。

## 目 錄

摘要.....	I
目錄.....	II
圖目錄.....	IV
表目錄.....	XII
第壹章 前言.....	1
第一節 計畫名稱.....	1
第二節 計畫緣起.....	1
第三節 工作項目及內容.....	1
第四節 工作時程及交付成果.....	4
第貳章 近五年國內外 MMS 實例介紹.....	7
第一節 移動測繪系統實例介紹.....	7
第二節 空間資訊及製圖領域應用實例介紹.....	17
第三節 防救災應用實例介紹.....	23
第參章 光達移動測繪系統.....	29
第一節 車載移動測繪系統整體架構.....	29
第二節 資料擷取系統.....	30
第三節 定位定向系統.....	31
第四節 機電系統.....	34
第五節 系統配置規劃.....	44
第六節 推車式移動測繪系統整體架構.....	49
第肆章 即時監控及後處理軟體.....	55
第一節 即時監控軟體.....	55
第二節 後處理軟體.....	61
第伍章 光達資料處理、率定作業、精度分析.....	71
第一節 Z+F 原始資料處理.....	71
第二節 TerraSolid 光達資料處理.....	93
第三節 光達率定作業及精度分析.....	99
第四節 影像率定作業.....	109

第陸章 光達移動測繪系統試辦成果 .....	111
第一節 試辦光達道路圖資更新作業 .....	111
第二節 試辦法院鑑測區域光達資料蒐集 .....	124
第柒章 指定區域拍攝及圖資更新作業 .....	144
第捌章 成果展示作業及教育訓練 .....	158
第一節 成果展示作業 .....	158
第二節 辦理教育訓練 .....	162
第玖章 結論及未來建議 .....	167
第一節 結論 .....	167
第二節 未來建議 .....	169
第拾章 附錄.....	172
附錄一 工作總報告委員審查意見回覆說明表 .....	172
附錄二 工作總報告工作小組審查意見回覆說明表 .....	179
附錄三 規劃點雲資料處理模式報告委員審查意見回覆說明表 .....	183
附錄四 規劃點雲資料處理模式報告工作小組審查意見回覆說明表 .....	189
附錄五 作業計畫書甲方工作小組意見回覆說明表 .....	194
附錄六 服務建議書委員審查意見回覆說明表 .....	196
附錄七 服務建議書甲方工作小組之意見回覆說明表 .....	203
附錄八 各次工作會議紀錄回覆說明表 .....	206
附錄九 相關成果投稿研討會或期刊論文(初稿) .....	213
附錄十 參考文獻 .....	215

## 圖目錄

圖 2-1 國土測繪中心建置之車載移動測繪系統.....	8
圖 2-2 國立成功大學第一代鷹眼平台 .....	10
圖 2-3 國立成功大學第二代鷹眼平台 .....	10
圖 2-4 歷年工作項目目的及關係圖 .....	10
圖 2-5 推車式移動測繪系統 .....	11
圖 2-6 光達整合系統 .....	11
圖 2-7 Google Street View 介面(摘自 <a href="http://maps.google.com.tw/">http://maps.google.com.tw/</a> ).....	13
圖 2-8 Google 街景車(摘自 <a href="http://maps.google.com.tw/">http://maps.google.com.tw/</a> ) .....	14
圖 2-9 三維建模與數碼城市(摘自 <a href="http://www.optech.ca/">http://www.optech.ca/</a> ).....	14
圖 2-10 新一代 Google 街景車(摘自 <a href="http://maps.google.com.tw/">http://maps.google.com.tw/</a> ) .....	14
圖 2-11 VMX-250 車載移動測繪系統(摘自 <a href="http://www.riegl.com/">http://www.riegl.com/</a> )....	15
圖 2-12 Trimble 個人攜行移動測繪系統(摘自 <a href="http://www.trimble.com">http://www.trimble.com</a> ) .....	15
圖 2-13 Google 手機級室內製圖系統(摘自 <a href="http://www.google.com/atap/projecttango/">http://www.google.com/atap/projecttango/</a> ) .....	15
圖 2-14 VIAMETRIS 光達推車平台(摘自 <a href="http://www.viametris.com">http://www.viametris.com</a> )	16
圖 2-15 Leica 可攜式光達背包系統(摘自 <a href="http://leica-geosystems.com">http://leica-geosystems.com</a> ) .....	16
圖 2-16 點雲資料(摘自 Haala et.al., 2011) .....	16
圖 2-17 (左)下水道移動測繪系統；(右)光達掃瞄成果(摘自 Neumann et al., 2014) .....	17
圖 2-18 車載道路調查系統 MoSES(摘自 Graefe, 2011).....	17
圖 2-19 公路建設與周圍建物點雲結果(摘自 Graefe, 2011) .....	18
圖 2-20 鐵路隧道調查應用(摘自 Graefe, 2011) .....	18
圖 2-21 RIEGL 車載光達移動測繪系統(摘自 <a href="http://www.riegl.com/">http://www.riegl.com/</a> ).19	
圖 2-22 車載光達掃瞄成果(摘自 <a href="http://www.riegl.com/">http://www.riegl.com/</a> ).....	19
圖 2-23 隧道內測試及成果(摘自 <a href="http://www.riegl.com/">http://www.riegl.com/</a> ).....	19
圖 2-24 光達點雲資料(左)強度值；(右)高程值(摘自 Toschi et al., 2015) .....	20
圖 2-25 交通標誌自動化辨識流程圖(摘自 Shahbazi et al., 2012).....	21
圖 2-26 MX-8 車載移動測繪系統(摘自 Takahashi et al., 2016) .....	21
圖 2-27 MX-8 光達掃瞄範例(摘自 Takahashi et al., 2016) .....	22
圖 2-28 交通標誌掃瞄成果(摘自 Takahashi et al., 2016) .....	22
圖 2-29 移動測繪系統(摘自 Kukko et.al., 2012).....	23
圖 2-30 移動測繪系統建立之 20 公分網格 DEM(摘自 Kukko et.al., 2012) .....	23

圖 2-31 Leica 可攜式光達背包系統(摘自 <a href="http://leica-geosystems.com">http://leica-geosystems.com</a> )	24
圖 2-32 災損評估應用(摘自 <a href="http://leica-geosystems.com">http://leica-geosystems.com</a> )	24
圖 2-33 災損評估應用(摘自 Zanini et. Al, 2017)	24
圖 2-34 車載遙測製圖系統應用於日本 311 大地震(摘自 Hatake et al., 2011)	25
圖 2-35 車載遙測製圖系統應用於日本 311 大地震成果(摘自 Hatake et al., 2011)	25
圖 2-36 車載遙測製圖系統應用於日本 311 大地震(摘自 Koarai et al., 2012)	26
圖 2-37 測試區域(摘自 Koarai et al., 2012)	26
圖 2-38 分析結果(摘自 Koarai et al., 2012)	26
圖 2-39 林邊國小淹水現況調查(摘自 Li, 2010)	27
圖 2-40 甲仙斷橋現況調查(摘自 Li, 2010)	27
圖 2-41 高雄氣爆事件現場 VR720 實景圖(摘自 <a href="http://super720.com/">http://super720.com/</a> )	28
圖 2-42 車載遙測製圖技術災損地區重建影像記錄	28
圖 3-1 104 及 105 年度建置之車載移動測繪系統	29
圖 3-2 選用之光達系統(摘自 <a href="http://pentaxsurveying.eu.com/en/">http://pentaxsurveying.eu.com/en/</a> )	30
圖 3-3 選用之相機及鏡頭	31
圖 3-4 選用之衛星定位儀	32
圖 3-5 選用之天線盤	32
圖 3-6 選用之慣性量測元件	33
圖 3-7 選用之輪速計	33
圖 3-8 輪速計安裝情形	33
圖 3-9 系統架構方塊圖	34
圖 3-10 主控電腦 ASUS 迷你型電腦	35
圖 3-11 環景相機電腦系統架構方塊圖	36
圖 3-12 環景相機電腦 ASUS 迷你型電腦	36
圖 3-13 相機同步模組	37
圖 3-14 環景相機電腦作業流程圖	37
圖 3-15 即時監控電腦 ACER 筆記型電腦	38
圖 3-16 MMS 系統同步模組系統架構方塊圖	39
圖 3-17 MMS 系統同步模組	39
圖 3-18 MMS 系統同步測試示意圖	40
圖 3-19 MMS 系統同步測試情形	40
圖 3-20 電力系統系統架構方塊圖	41
圖 3-21 電池外型	42

圖 3-22 電源充電器 .....	42
圖 3-23 電壓檢視計 .....	42
圖 3-24 BMS 監控系統畫面 .....	43
圖 3-25 電力系統開關 .....	43
圖 3-26 充電插頭 .....	43
圖 3-27 系統配置設計(側視圖) .....	44
圖 3-28 系統配置設計(俯視圖) .....	45
圖 3-29 光達掃描示意圖 .....	45
圖 3-30 光達掃描示意圖(左)掃描至車身；(右)掃描範圍不佳 .....	45
圖 3-31 車頂避震裝置 .....	46
圖 3-32 環景相機系統架構尺寸及相機組裝情形 .....	46
圖 3-33 Thule 車頂架 .....	47
圖 3-34 車輛安全檢測基準審查報告 .....	47
圖 3-35 車載光達移動測繪系統安裝情形 .....	48
圖 3-36 車內空間配置設計圖 .....	49
圖 3-37 車內電池安裝情形 .....	49
圖 3-38 推車系統設計 .....	50
圖 3-39 推車系統馬達 .....	51
圖 3-40 推車系統離合器桿 .....	51
圖 3-41 推車式移動測繪系統開發情形 .....	51
圖 3-42 推車式移動測繪系統配置設計 .....	52
圖 3-43 推車式移動測繪系統配置組裝情形 .....	52
圖 3-44 推車式光達掃描示意圖 .....	52
圖 3-45 系統架構方塊圖 .....	54
圖 3-46 推車式電力系統系統架構方塊圖 .....	54
圖 4-1 IE 瀏覽器監控光達操作畫面 .....	55
圖 4-2 光達資訊(Info)畫面 .....	56
圖 4-3 光達狀態(Status)畫面 .....	56
圖 4-4 光達掃瞄設定(Scan predefined 或 Scan)畫面 .....	56
圖 4-5 光達掃瞄管理(Scan management)畫面 .....	57
圖 4-6 光達問題協助(Help)畫面 .....	57
圖 4-7 光達與 GNSS 連接情形畫面 .....	57
圖 4-8 光達設定參數畫面 .....	58
圖 4-9 Point Grey FlyCapture2 主畫面 .....	58
圖 4-10 Point Grey FlyCapture2 相機設定畫面 .....	59
圖 4-11 NovAtel Connect 主畫面 .....	60
圖 4-12 NovAtel Connect 慣性導航狀態視窗 .....	60

圖 4-13 GEOSAT-RTMS 主畫面 .....	61
圖 4-14 Z+F SynCaT 主畫面 .....	62
圖 4-15 TerraSolid 主畫面 .....	63
圖 4-16 TerraScan 點雲分類(摘自 <a href="http://www.terrasolid.com">http://www.terrasolid.com</a> ) .....	63
圖 4-17 TerraScan 三維向量資料數化(摘自 <a href="http://www.terrasolid.com">http://www.terrasolid.com</a> ) .....	64
圖 4-18 TerraMatch 應用於(左)改正前；(右)改正後點雲結果(摘自 <a href="http://www.terrasolid.com">http://www.terrasolid.com</a> ) .....	64
圖 4-19 TerraModeler(左)表面陰影；(中)輪廓線；(右)特徵線結果(摘自 <a href="http://www.terrasolid.com">http://www.terrasolid.com</a> ) .....	65
圖 4-20 影像拼接主畫面 .....	65
圖 4-21 影像拼接成果 .....	65
圖 4-22 影像拼接未調色結果輸出 .....	66
圖 4-23 影像拼接調色後結果輸出 .....	66
圖 4-24 影像模糊化 .....	66
圖 4-25 影像貼 LOGO .....	67
圖 4-26 影像成果輸出展示於 Google Earth .....	67
圖 4-27 GeoPoint 主畫面 .....	68
圖 4-28 PMMS-DG 模組 .....	68
圖 4-29 PMMS-DG 模組主畫面 .....	69
圖 4-30 PMMS-DG 輸出內外方位資料 .....	69
圖 4-31 GMMS 主畫面 .....	70
圖 5-1 系統功能架構圖 .....	71
圖 5-2 Z+F SynCaT 畫面 .....	72
圖 5-3 資料處理流程圖 .....	72
圖 5-4 Project 設定方式 1 .....	73
圖 5-5 Project 設定方式 2 .....	73
圖 5-6 Scanner management 設定方式 1 .....	74
圖 5-7 Scanner management 設定方式 2 .....	74
圖 5-8 Scanner management 介面 .....	75
圖 5-9 新增掃描裝置 .....	75
圖 5-10 加入光達原始資料 .....	75
圖 5-11 輸入固定臂/軸角成果 .....	76
圖 5-12 Projection 設定方式 1 .....	76
圖 5-13 Projection 設定方式 2 .....	77
圖 5-14 Projection settings 介面 .....	77
圖 5-15 Ellipsoid 設定介面 .....	78
圖 5-16 Datum shift 設定介面 .....	78



圖 5-17 Projection 設定介面.....	79
圖 5-18 Geoid correction 設定介面.....	79
圖 5-19 大地起伏改正匯入資料格式.....	79
圖 5-20 Constant offset 設定介面.....	80
圖 5-21 Trajectory 設定方式 1.....	81
圖 5-22 Trajectory 設定方式 2.....	81
圖 5-23 Trajectory settings 介面及格式欄位設定.....	81
圖 5-24 Visualization 設定方式.....	82
圖 5-25 Load point cloud 介面.....	82
圖 5-26 Transformation 設定方式.....	83
圖 5-27 Load point cloud 介面.....	83
圖 5-28 Calibration 設定方式.....	84
圖 5-29 Trajectory correction 設定方式.....	84
圖 5-30 Load point cloud 介面.....	85
圖 5-31 Trajectory correction 介面.....	85
圖 5-32 Shift 改正.....	86
圖 5-33 Set time window 選擇改正時間區間.....	87
圖 5-34 Load ground control points (GCP's)介面.....	87
圖 5-35 匯入控制點格式.....	88
圖 5-36 Match ground control points (GCP's)介面.....	88
圖 5-37 量測控制點.....	89
圖 5-38 Start correction process.....	89
圖 5-39 Trajectory correction 改正量計算完成.....	90
圖 5-40 Show error bounds 介面.....	90
圖 5-41 Projected trajectory to ASCII-File 設定方式.....	91
圖 5-42 Preferences 設定方式.....	91
圖 5-43 Preferences 功能設定選項.....	92
圖 5-44 Preferences 功能設定選項.....	92
圖 5-45 Z+F SynCaT 軟體介紹.....	93
圖 5-46 匯出光達資料.....	93
圖 5-47 TerraSolid 主畫面.....	94
圖 5-48 TerraSolid 設定坐標系統.....	95
圖 5-49 TerraSolid 匯入軌跡資料.....	95
圖 5-50 TerraSolid 匯入光達點雲資料.....	96
圖 5-51 TerraScan 點雲分類.....	96
圖 5-52 TerraScan 選擇單點執行點雲分類.....	96
圖 5-53 TerraScan 框選範圍執行點雲分類.....	97

圖 5-54 輸出 DSM 成果 .....	97
圖 5-55 輸出 DEM 成果 .....	98
圖 5-56 輸出等高線成果 .....	98
圖 5-57 輸出土方計算成果 .....	99
圖 5-58 室外率定檢核場 .....	99
圖 5-59 室外率定檢核場牆面控制點位置 .....	100
圖 5-60 軸角/固定臂作業流程圖 .....	101
圖 5-61 Calibration 設定方式 .....	102
圖 5-62 Load point cloud 介面 .....	102
圖 5-63 Calibration 介面 .....	102
圖 5-64 選擇二段軌跡區間 .....	103
圖 5-65 選擇區間點雲 .....	103
圖 5-66 選擇二段軌跡區間各自之點雲資料 .....	104
圖 5-67 Calibration management 介面 .....	104
圖 5-68 量測特徵點 .....	104
圖 5-69 量測 8 個以上特徵點 .....	105
圖 5-70 軸角/固定臂率定成果 .....	105
圖 5-71 車載光達率定及精度檢核作業情形 .....	106
圖 5-72 推車式光達精度檢核作業情形 .....	106
圖 5-73 車載光達作業軌跡 .....	106
圖 5-74 推車式光達作業軌跡 .....	106
圖 5-75 車載光達點雲展示 .....	107
圖 5-76 推車式光達點雲展示 .....	107
圖 5-77 牆面控制點光達掃描點雲展示 .....	108
圖 6-1 試辦光達道路圖資更新作業流程 .....	111
圖 6-2 試辦光達道路圖資更新作業外業情形 .....	114
圖 6-3 試辦光達道路圖資更新作業路線軌跡 .....	115
圖 6-4 試辦光達道路圖資更新作業點雲展示 1 .....	115
圖 6-5 試辦光達道路圖資更新作業點雲展示 2 .....	116
圖 6-6 試辦光達道路圖資更新作業點雲展示 3 .....	116
圖 6-7 試辦光達道路圖資更新作業數化成果 .....	117
圖 6-8 試辦光達道路圖資更新作業影像 360 度拼接成果 1 .....	117
圖 6-9 試辦光達道路圖資更新作業影像 360 度拼接成果 2 .....	117
圖 6-10 往返點雲展示錯位情形範例(非本次知高橋試辦案資料) .....	118
圖 6-11 往返點雲展示錯位修正後情形範例(非本次知高橋試辦案資 料) .....	118
圖 6-12 以街景影像輔助道路線線辨識情形 .....	119

圖 6-13 試辦光達道路圖資更新作業檢核點分佈.....	119
圖 6-14 試辦光達道路圖資更新作業檢核點量測作業情形 1.....	120
圖 6-15 試辦光達道路圖資更新作業檢核點量測作業情形 2.....	120
圖 6-16 試辦法院鑑測區光達資料蒐集作業流程.....	125
圖 6-17 試辦法院鑑測區光達資料蒐集作業外業情形.....	127
圖 6-18 試辦法院鑑測區光達資料蒐集作業路線軌跡.....	128
圖 6-19 試辦法院鑑測區光達資料蒐集作業點雲展示 1.....	129
圖 6-20 試辦法院鑑測區光達資料蒐集作業點雲展示 2.....	129
圖 6-21 試辦法院鑑測區光達資料蒐集作業點雲展示 3.....	130
圖 6-22 試辦法院鑑測區光達資料蒐集作業數化成果.....	130
圖 6-23 試辦法院鑑測區光達資料蒐集作業影像 360 度拼接成果 1131	
圖 6-24 試辦法院鑑測區光達資料蒐集作業影像 360 度拼接成果 2131	
圖 6-25 試辦法院鑑測區光達資料蒐集作業控制點反饋量測控制點分佈.....	132
圖 6-26 控制點反饋量測情形(以 GCP3 為例).....	132
圖 6-27 控制點反饋量測情形(以 GCP1 為例).....	133
圖 6-28 點雲搭配影像作業情形.....	133
圖 6-29 試辦法院鑑測區數化圖資套疊地測資料情形.....	134
圖 6-30 試辦法院鑑測區數化圖資套疊地測資料系爭界線.....	135
圖 6-31 試辦法院鑑測區光達點雲、數化圖資、地測資料套疊情形.....	135
圖 6-32 試辦法院鑑測區光達點雲及三維向量數化圖成果展示 1...135	
圖 6-33 試辦法院鑑測區光達點雲及三維向量數化圖成果展示 2...136	
圖 6-34 試辦法院鑑測區光達點雲及三維向量數化圖成果展示 3...136	
圖 6-35 推車式載具於狹小巷弄外業情形.....	137
圖 6-36 試辦法院鑑測區光達資料蒐集作業地表數值模型.....	137
圖 6-37 試辦法院鑑測區光達資料蒐集作業等高線成果.....	138
圖 6-38 試辦法院鑑測區光達資料蒐集作業檢核點分佈情形.....	139
圖 6-39(左)圖根點及(右)界址點影像.....	141
圖 6-40 圖根點及實地現況光達點雲掃描成果(107 年 8 月 14 日)...141	
圖 6-41 影像 360 度拼接成果單站無法拍攝地物範圍.....	141
圖 7-1 臺中市大甲區幸福里作業路線.....	145
圖 7-2 臺南市南區道路工程作業路線.....	145
圖 7-3 臺南市楠西區南 186 線作業路線.....	146
圖 7-4 彰化市與和美鎮東谷路國道車行箱涵作業路線.....	147
圖 7-5 臺中市霧峰區萬峰里作業路線.....	148
圖 7-6 臺中市西屯區國道一號旁作業路線.....	148

圖 7-7 臺南市新化區高鐵沙崙站橋下道路作業路線.....	149
圖 7-8 國道大雅交流道聯絡道拓寬工程作業路線.....	150
圖 7-9 嘉義市湖子內重劃區作業路線.....	150
圖 7-10 高雄市第 77 期市地重劃作業路線.....	151
圖 7-11 屏東縣內埔鄉光明市地重劃作業路線.....	152
圖 7-12 鹽埔漁港 7 號道路作業路線.....	153
圖 7-13 高 84 期仁武區北屋段公辦市地重劃作業路線.....	153
圖 7-14 西濱快速公路八棟寮至九塊厝作業路線.....	154
圖 7-15 中興新村作業路線.....	156
圖 7-16 台 61 線房裡大安及大安大甲作業路線.....	155
圖 7-17 嘉義東石鄉及布袋鎮資料蒐集影像.....	157
圖 8-1 內政部 106 年政府服務獎實地輔導(106 年 8 月 29 日).....	158
圖 8-2 內政部 106 年政府服務獎實地輔導(106 年 12 月 8 日).....	158
圖 8-3 行政院國家發展委員會第 1 屆「政府服務獎」實地評審(107 年 4 月 9 日).....	159
圖 8-4 第 36 屆測量及空間資訊研討會海報.....	159
圖 8-5 第 37 屆測量及空間資訊研討會海報.....	160
圖 8-6 第 37 屆測量及空間資訊研討會立牌.....	161
圖 8-7 影片製作成果截取片段畫面.....	162
圖 8-8 106 年光達移動測繪系統教育訓練現場.....	164
圖 8-9 107 年光達移動測繪系統教育訓練現場.....	166
圖 9-1 高精地圖範例.....	171

## 表目錄

表 1-1 各階段檢核點交付成果說明 .....	5
表 1-2 工作項目對應章節及頁碼 .....	5
表 2-1 國內移動測繪系統規格比較 .....	7
表 2-2 國外移動測繪系統規格比較 .....	12
表 2-3 GeoMasterNeo 籌載規格(摘自 Hatake et al., 2011).....	25
表 3-1 可搭載之各式感測器(摘自 El-Sheimy, 1996) .....	29
表 3-2 國土測繪中心提供車輛車體規格 .....	30
表 3-3 選用之光達系統 .....	31
表 3-4 選用之相機系統規格 .....	31
表 3-5 選用之衛星定位儀規格 .....	32
表 3-6 選用之慣性量測元件規格 .....	33
表 3-7 主控電腦 ASUS 迷你型電腦規格 .....	35
表 3-8 即時監控電腦 ACER 筆記型電腦規格 .....	38
表 4-1 選用之光達解算軟體規格 .....	62
表 5-1 光達軸角/固定臂率定成果表 .....	107
表 5-2 車載光達移動測繪系統精度分析 .....	108
表 5-3 推車式光達移動測繪系統精度分析 .....	109
表 5-4 相機內方位率定成果 .....	109
表 5-5 影像軸角/固定臂率定成果表 .....	110
表 6-1 試辦光達道路圖資更新作業精度分析檢核表 .....	121
表 6-2 試辦光達道路圖資更新作業成本分析彙整表 .....	121
表 6-3 試辦光達道路圖資更新作業外業資料蒐集時間表 .....	122
表 6-4 試辦光達道路圖資更新作業內業資料處理時間表 .....	122
表 6-5 試辦法院鑑測區光達資料蒐集作業精度分析檢核表 .....	140
表 6-6 試辦法院鑑測區光達資料蒐集作業成本分析彙整表 .....	142
表 6-7 試辦法院鑑測區光達資料蒐集作業外業資料蒐集時間表 .....	142
表 6-8 推車式光達圖資更新作業時間表 .....	143
表 7-1 作業路線及路線長度列表 .....	144
表 7-2 臺中市大甲區幸福里來回測試檢核表 .....	145
表 7-3 臺南市南區道路工程來回測試檢核表 .....	146
表 7-4 臺南市楠西區南 186 線來回測試檢核表 .....	146
表 7-5 彰化市與和美鎮東谷路國道車行箱涵來回測試檢核表 .....	147
表 7-6 臺中市霧峰區萬峰里來回測試檢核表 .....	148
表 7-7 臺中市西屯區國道一號旁來回測試檢核表 .....	148
表 7-8 臺南市新化區高鐵沙崙站橋下道路來回測試檢核表 .....	149
表 7-9 國道大雅交流道聯絡道拓寬工程來回測試檢核表 .....	150

表 7-10 嘉義市湖子內重劃區來回測試檢核表 .....	150
表 7-11 高雄市第 77 期市地重劃來回測試檢核表 .....	151
表 7-12 屏東縣內埔鄉光明市地重劃來回測試檢核表 .....	152
表 7-13 鹽埔漁港 7 號道路來回測試檢核表 .....	153
表 7-14 高 84 期仁武區北屋段公辦市地重劃來回測試檢核表 .....	153
表 7-15 西濱快速公路八棟寮至九塊厝來回測試檢核表 .....	154
表 7-16 中興新村來回測試檢核表 .....	156
表 7-17 台 61 線房裡大安及大安大甲來回測試檢核表 .....	155
表 8-1 106 年光達移動測繪系統教育訓練時間表 .....	163
表 8-2 106 年光達移動測繪系統教育訓練簽到表 .....	164
表 8-3 107 年光達移動測繪系統教育訓練時間表 .....	165
表 8-4 107 年光達移動測繪系統教育訓練簽到表 .....	166



## 第壹章 前言

### 第一節 計畫名稱

本計畫名稱為『106 及 107 年度發展車載移動測繪系統(MMS)作業採購案』(以下簡稱本案)。

### 第二節 計畫緣起

內政部國土測繪中心(以下簡稱國土測繪中心)近年來致力於引進測繪新科技輔助基本地形圖、國土利用調查等基礎核心圖資建置及更新維護工作。車載移動測繪系統(Mobile Mapping System, MMS)可結合精密整合式定位定向系統及多種數位影像感測器，具有高機動特性，可補足航遙測資料獲取的空隙，加速空間資料獲取。

國土測繪中心於 104 及 105 年度完成影像式車載移動測繪系統建置，106 及 107 年度將發展光達(Lidar)技術，期能掌握先進測量技術並發揮其測繪能量，以達到圖資快速更新，提供國家經建政策規劃推動及防救災領域所需即時且正確的基礎圖資。

### 第三節 工作項目及內容

#### 一、提報各項報告書：

- (一) 需求訪談：於決標次日起 10 日曆天內派員至國土測繪中心辦理需求訪談，並於決標次日起 30 日曆天內將訪談紀錄送交國土測繪中心。
- (二) 資料蒐集：蒐集近 5 年國內、外與本案相關之技術應用文獻。
- (三) 作業計畫書：於決標次日起 30 日曆天內，依本案工作項目內容、規格標審查與會人員意見及需求訪談紀錄等撰擬作業計畫書，經國土測繪中心審定通過後依計畫書內容實行相關作業，作業計畫書至少應包含本案各項工作期程規劃、工作項目、工作方法及步驟、對於本案執行之建議事項等。
- (四) 月執行進度與工作會議：於決標次月起，每月 25 日前以公文提出當月工作執行書面報告交付國土測繪中心，內容包含預定及實際執行工作進度，並視需要提出工作協調事項及工作遭遇困難，於工作會議時提出報告，工作會議以每月 1 次為原則，並視實際需要調整。
- (五) 工作總報告書：配合各階段作業進度、工作項目及內容，



撰寫工作總報告書，報告書至少包含前言、作業規劃、工作項目及內容、各項工作執行方法、情形、成果分析、結論與建議、未來建議發展項目。

(六) 論文：與本案相關成果投稿研討會或期刊論文(初稿)，106 年度至少 1 篇，107 年度至少 1 篇。

二、規劃點雲資料處理模式：規劃以國土測繪中心既有影像式移動測繪系統相關設備，改裝成光達式移動測繪系統(載具包含汽車及推車)，並研提硬體改裝設計及規劃購置軟體、光達點雲資料處理方式，系統率定方式。

三、發展光達技術：

(一) 建置車載光達移動測繪系統：

1. 整合式平臺：將國土測繪中心既有之 GNSS、IMU 及本案規劃購置之光達等多個感測器組裝於一個獨立平臺上，所需電力及儲存設備可使用國土測繪中心既有之設備，或由本公司提供，平臺設計需考量堅固穩定、防震防水、易於拆裝與維護等原則，且可安裝於多種載具，以滿足不同的測繪需求。

2. 光達設備 1 部：

(1) 雷射等級：一級安全雷射。

(2) 掃瞄點數：至少 1,000,000 點/秒。

(3) 測量距離：至少 100 公尺。

(4) 測距精度：優於(含)1mm。

(5) 雷射光束發散角度(Beam divergence)：小於 0.5mrad。

(6) 掃瞄頻率(Rotation speed)：至少(含)50 赫茲。

3. 點雲資料處理軟體 1 套：

(1) 結合本案 POS 成果、點雲及像片資料。

(2) 點雲資料編輯管理。

(3) 點雲資料平差，且可使用外部控制點擬合與坐標轉換。

(4) 可繪製等高線、產製 DSM 及土方計算。

4. 移動測繪系統監控軟體 1 套：提供即時介面，可於測繪車上即時顯示點雲及像片資料接收狀況。

5. 將國土測繪中心既有之工業級相機重新組裝成可拍攝 360 度影像之設備，並提供自動調色、組成全景影像、轉成 KML 格式等工具，於電子地圖上同步顯示拍攝位置，並可達到等同 Google 街景及可連續撥放之展示方式。

6. 率定作業軟體：研提本案載具相關感測器之率定程序，並提供率定作業所需之軟體。

- 7.調整國土測繪中心測繪車內部空間，俾利放置推車式載具。
- 8.向量成果整體精度標準偏差應小於(含)20 公分，最大誤差 40 公分。
- 9.各項硬體設備改裝應符合道路交通安全規則規定。

(二) 建置推車式移動光達測繪系統：

- 1.建置推車式載具：設計原則需搭載本案建置之整合式平臺、資料儲存設備、電力設備、360 度攝影設備(可使用國土測繪中心既有之設備，或由本公司提供)，並考量安全性(煞車)及可收納於前開車載光達移動測繪系統載具內。
- 2.推車移動測繪應用於地籍測量，其圖根點至界址點位置誤差，標準偏差應小於(含)10 公分，最大誤差 20 公分。

(三) 車載光達移動測繪系統經國土測繪中心驗收合格後，本公司須試辦國土測繪中心指定之圖資測繪作業(長度約 1 公里)，並分析其與原影像式移動測繪系統定位精度、內外業作業時間之差異。

(四) 推車式光達移動測繪系統經國土測繪中心驗收合格後，本公司須試辦國土測繪中心指定之法院囑託鑑測區域光達資料蒐集，繪製該區域之等高線，並分析其作業精度。

(五) 本案建置之車載及推車式光達移動測繪系統如驗收未符本案精度要求，國土測繪中心將不收受整合式平臺、光達設備、移動測繪系統監控軟體、推車式載具、率定作業軟體等項成果，相關試辦作業將不執行，且本公司應於契約期間內無條件回復國土測繪中心車載移動測繪系統原有功能，不得要求支付相關改裝費用。

四、辦理指定區域拍攝及製圖：

- (一) 辦理國土測繪中心指定路線之圖資測繪(例如新闢道路路邊線)，本公司應於國土測繪中心通知後 30 日內使用自有之測繪車完成國土測繪中心指定路線之拍攝及圖資繪製，指定圖資更新之路線長度每年度 50KM，合計 100KM。
- (二) 每次測繪車拍攝區域需量測至少 5 個檢查點，檢查點重複觀測的平面坐標較差應小於 50 公分。
- (三) 車載移動測繪系統需搭載全景相機，全景相機正下方無法拍攝之處需以國土測繪中心 logo 貼附。

五、成果展示作業：

- (一) 配合國土測繪中心相關成果發表會流程內容，辦理車載移動測繪系統展示作業及製作相關展示海報，並派員於展示

場協助進行解說。。

- (二) 配合本案各項測試作業過程之實錄成果，製作至少 5 分鐘之成果展示影片。

#### 六、辦理教育訓練：

- (一) 本公司 106 及 107 年度應各辦理 1 梯次移動測繪系統教育訓練，每梯次訓練人數至少 6 人，且訓練時數至少 6 小時，教育訓練課程表及場地需經國土測繪中心同意；訓練所需講師、教材、餐飲及場地等費用應由本公司自行負責，教育訓練完成後應將訓練簽到簿送國土測繪中心。
- (二) 視需求本公司提供車載移動測繪系統技術諮詢服務，或派員至指定地點協助實務操作服務。

#### 七、車輛保養、驗車、保險：

- (一) 本公司應負責操作期間工作車輛油料、國道高速公路電子收費(Electronic Toll Collection, ETC)、車輛保養維修(每 5,000 公里辦理 1 次，需送回原廠保養)、車輛相關耗材(須使用原廠指定材料)。於契約期間如有損耗，本公司應無條件更換。
- (二) 本公司需投保甲式車體損失險、竊盜損失險(自負額 10%)、第三人體傷(每一個人傷害至少 400 萬元，每一意外事故之總額至少 800 萬)、第 3 人財損(至少 50 萬)、乘客險(每一個人體傷至少 200 萬元)、汽車強制險、天災險(含颱風、地震、海嘯、冰雹、洪水或因雨積水等)及儀器保險(電子設備綜合保險、災變及竊盜等)等所需費用，如操作期間發生任何事故，各項保險所需之自負額由本公司支付，另保險理賠不足時須由本公司負完全責任。因車載移動測繪系統之車輛為國土測繪中心所有，故保險費用由本公司將費用繳交至國土測繪中心，再由國土測繪中心進行代繳，投保期間自決標日之次月起(如 106 年 4 月 30 日決標，則保險繳納起始日為 106 年 5 月 1 日)至滿 2 年(如 108 年 4 月 30 日)為止。

本公司需協助本案測繪車進行驗車事宜，並負擔驗車費用。車輛驗車後，應辦理軸角及固定臂率定。

### 第四節 工作時程及交付成果

作業期限為決標次日起 500 日曆天，本案分 5 階段辦理，每階段應交付項目、期限如下表：

表 1-1 各階段檢核點交付成果說明

階段	交付項目	單位	數量	成果繳交日期
第 1 階段	作業計畫書 (含訪談紀錄)	份	10	106/6/2(於決標次日起 30 個日曆天內繳交)
	各式保單	式	1	
第 2 階段	規劃點雲資料處理模式報告	份	10	106/8/31(於決標次日起 120 個日曆天內繳交)
第 3 階段	指定區域拍攝及製圖(50 公里)	式	1	106/11/19(於決標次日起 200 個日曆天內繳交)
	教育訓練簽到簿校及檢校報告書	式	1	
第 4 階段	整合式平臺	部	1	107/4/18(於決標次日起 350 個日曆天內繳交)
	光達設備 (含原廠型錄、原製造廠出廠證明書、海關進口提貨單、率定報告書)	部	1	
	移動測繪系統監控軟體	套	1	
	推車式載具	部	1	
	率定作業軟體	套	1	
	點雲處理軟體(含原廠合法授權文件)	套	1	
	車載光達移動測繪系統試辦成果 (LAS 及 DWG 或 DGN 格式)	式	1	107/6/27(於決標次日起 420 個日曆天內繳交)
推車光達移動測繪系統試辦成果 (LAS 及 DWG 或 DGN 格式)	式	1		
第 5 階段	教育訓練簽到簿	式	1	107/9/15(於決標次日起 500 個日曆天內繳交)
	指定區域拍攝及製圖 (50 公里)	式	1	
	成果展示影片	式	1	
	工作總報告書	份	16	

表 1-2 工作項目對應章節及頁碼

工作項目	章節	頁碼
建置車載光達移動測繪系統	第參章	P.29 ~ P.49
整合式平臺	第參章第五節	P.44 ~ P.48
光達設備	第參章第二節	P.30 ~ P.31
點雲資料處理軟體	第肆章第二節、 第伍章第一節、 第伍章第二節	P.61 ~ P.65 P.71 ~ P.93 P.93 ~ P.99
移動測繪系統監控軟體	第肆章第一節	P.55 ~ P.61
工業相機重組成可拍攝 360 度影像	第參章第五節、 第肆章第二節	P.44 ~ P.48 P.65 ~ P.67
率定作業軟體	第伍章第三節	P.99 ~ P.105
調整測繪車內部空間，俾利放置推車式載具	第參章第五節	P.48 ~ P.49

向量成果整體精度標準差應小於(含)20 公分，最大誤差 40 公分	第伍章第三節	P.107 ~ P.109
各項硬體設備改裝應符合道路交通安全規則規定	第參章第五節	P.44 ~ P.49
建置推車式載具	第參章第六節	P.49 ~ P.54
推車移動測繪應用於地籍測量，其圖根點至界址點位置誤差，標準偏差應小於(含)10 公分，最大誤差 20 公分	第伍章第三節	P.107 ~ P.109
試辦車載光達圖資測繪作業，並分析其與原影像式移動測繪系統定位精度、內外業作業時間之差異	第陸章第一節	P.111 ~ P.124
試辦推車式光達移動測繪系統，指定之法院囑託鑑測區域光達資料蒐集，繪製該區域之等高線，並分析其作業精度	第陸章第二節	P.124 ~ P.143
辦理國土測繪中心指定路線之圖資測繪	第柒章	P.144 ~ P.155
月執行進度與工作會議	附錄八	P.204 ~ P.210
論文投稿	附錄九	P.211 ~ P.212
成果展示作業	第捌章第一節	P.156 ~ P.160
辦理教育訓練	第捌章第二節	P.160 ~ P.164

## 第貳章 近五年國內外 MMS 實例介紹

為達到圖資快速更新，提供國家經建政策規劃推動及防救災領域所需及時且正確的基礎圖資，本案完成車載移動測繪系統，辦理光達資料蒐集、指定區域圖資更新等。以下各節將分別從國內外實例介紹、硬體介紹、硬體組裝測試、軟體功能介紹及各項試辦作業進行說明。

### 第一節 移動測繪系統實例介紹

#### 一、國內車載移動測繪系統

近年來國內致力於車載移動測繪系統(Mobile Mapping System, MMS)技術發展及應用，搭載相機、光達系統、全球導航衛星系統(Global Navigation Satellite System, GNSS)接收儀、慣性量測元件(Inertial Measurement Unit, IMU)、輪速計、控制電腦等，使用者僅需駕駛車輛及簡易系統操作，即可進行長時間且高效率的外業資料蒐集工作，可減低外業作業成本，提高外業作業效率，並增加外業作業之安全性及舒適性。由發展趨勢可知，車載移動測繪系統確實是能夠滿足空間資訊相關領域，日漸迫切需求的快速採集資料解決方案，提供圖資建置及更新維護工作。近年來國內車載移動測繪系統之實例如表 2-1 所示，擇要介紹如下。

表 2-1 國內移動測繪系統規格比較

使用機關/廠商	型號	相機	定位定向系統精度(公尺)	光達
	車載移動測繪系統應用項目			
	網址			
國土測繪中心	自主開發	8	0.020-0.050	--
	辦理測繪圖資更新、街景資料蒐集及整合、國土利用調查、臺灣通用電子地圖圖資更新			
	<a href="http://www.nlsc.gov.tw">http://www.nlsc.gov.tw</a>			
成功大學	自主開發	6	0.020-0.060	--
	學術研究使用			
	<a href="http://www.geomatics.ncku.edu.tw">http://www.geomatics.ncku.edu.tw</a>			
經緯航太科技	自主開發	10	0.020-0.060	Pentax S-2100 (Z+F 9012)
	地標調查、道路設施調查、管線資料調查、道路圖資更新、環景影像資料建置			
	<a href="http://www.geosat.com.tw">http://www.geosat.com.tw</a>			
中興測量	Optech	4	0.050	Lynx M1
	邊坡維護、公路基本資料建置、護坡擋土牆調查、圖資更新、數值地形模型、海岸線變化、特徵物萃取、電力線間距、三維都市模型			
	<a href="http://www.chsurvey.com.tw">http://www.chsurvey.com.tw</a>			
詮華國土測繪	RIEGL	6	0.020-0.050	VMX-250
	數值地形測量、光達掃描、都市計畫樁位及土地使用分區圖整理製作、道路調查及公共設施管線測繪、都市計畫支援決策輔助、三維數位城市建模			
	<a href="http://www.chuanhwa.com.tw">http://www.chuanhwa.com.tw</a>			
	RIEGL	6	0.020-0.050	VMX-250

自強工程顧問	道路設施調查與建檔、地形圖調繪補測、數位城市建模、室內導覽與虛擬實境、等高線地形成果等項目發展			
	<a href="http://www.strongco.url.tw">http://www.strongco.url.tw</a>			
勤崙國際科技	樂客導航王	8	--	--
	電子地圖製作及 GIS 系統開發服務，透過地理資訊、衛星影像、航空測量，測繪車等技術，提供各項客製化系統開發服務			
	<a href="http://www.kingwaytek.com">http://www.kingwaytek.com</a>			

## 二、內政部國土測繪中心

內政部國土測繪中心近年來致力於引進測繪新科技輔助基本地形圖、國土利用調查、臺灣通用電子地圖等基礎核心圖資建置及更新維護工作。車載移動測繪系統可結合精密整合式定位定向系統及多種數位影像感測器，具有高機動特性，可補足航遙測資料獲取的空隙，加速空間資料獲取。97 年度國土測繪中心辦理「探測感應器測繪平臺架構規劃暨應用作業」案，針對車載移動測繪系統架構進行初步探討，101 年度辦理「以移動載具(MMS)輔助辦理測繪圖資更新之研究」自行研究案，進一步了解車載移動測繪系統之應用層面與辦理國土測繪中心現有測繪圖資更新作業之可行性研究，104 及 105 年度辦理「發展車載移動測繪系統(MMS)作業採購案」，建置車載移動測繪系統如圖 2-1 所示，並試辦街景資料蒐集及整合、試辦國土利用調查成果及臺灣通用電子地圖圖資更新作業等，期能掌握先進測量技術並發揮其測繪能量，以達到圖資快速更新，提供國家經建政策規劃推動及防救災領域所需即時且正確的基礎圖資。



圖 2-1 國土測繪中心建置之車載移動測繪系統

104 及 105 年度作業採購案以國土測繪中心提供之車輛為載具，建置搭載 8 部 910 萬畫素彩色工業級相機、定位定向系統、控制電腦等設備，可進行長時間且高效率的外業資料蒐集工作，減低外業作業成本，提高外業作業效率，並增加外業作業之安全性及舒適性。內業資料處理開發車載移動測繪系統後處理軟體，包含定位定向解算軟體 GeoPoint 以及像片量測處理軟體暨客製化圖資處理軟體 GMMS，使用者可輕鬆進行車載移動測繪系統之外業蒐集資料處理，取得定位定向解算資料，並進行各式影像量測工作，以及圖資更新作業，影像量

測精度符合臺灣通用電子地圖之精度要求。車載移動測繪系統之高機動性及高效率特性，可於短時間內完成圖資更新，提供民眾即時地圖資訊，讓民眾便於進行相關圖資應用。

104 及 105 年度作業採購案利用車載移動測繪系統進行臺灣通用電子地圖主要針對道路及地標資料更新，其試辦成果在道路資料更新成果精度符合臺灣通用電子地圖作業精度要求。車載移動測繪系統因拍攝視角適用於進行道路屬性(如道路名稱)以及路標資訊的更新，並配合航空攝影的方式進行臺灣通用電子地圖圖資更新，可用於新闢道路資料的即時更新。

104 及 105 年度作業採購案亦針對車載移動測繪系統所拍攝之影像進行個資及機敏地區提供自動模糊化工具，以避免未來相關應用時產生不必要之疑慮，更確保民眾及國家之資訊安全。此外，針對車載移動測繪系統拍得影像，提供自動化影像拼接工具，使用者可快速瀏覽真實街景，而其調色功能則可避免影像色彩不佳影響使用者判斷。

### 三、國立成功大學

國內車載遙測製圖系統相關完整研發工作始於 2008 年，國立成功大學於 2008 年起在科技部資助下，嘗試自主研發車載移動遙測製圖技術(含軟硬體)，目前成果顯示無控制點直接平面定位精度(均方根誤差)為 15 公分，三維定位精度為 28 公分(Li, 2010)。該系統使用的整合式定位定向系統為高階戰術等級微機電陀螺儀之慣性測量儀(陀螺飄移 10 度/小時)、GNSS 接收儀、輪速計等自行組裝之原型系統，如圖 2-2 所示。該系統平台包含多感測器系統整合與觀測量同步、機電設計、精密定位定向演算法、感測器系統率定、直接定位模組等自主研發的移動測圖關鍵技術，也成功為國家訓練相關的技術人才。

同時科技部於 2011 年起進一步資助該測繪車，驗證車載遙測製圖系統與無人機載遙測製圖系統於防災減災之相關應用，並因應災區崎嶇地形，將第一代發展之鷹眼平台重新安裝至四輪傳動車上，以提高災區作業機動性。



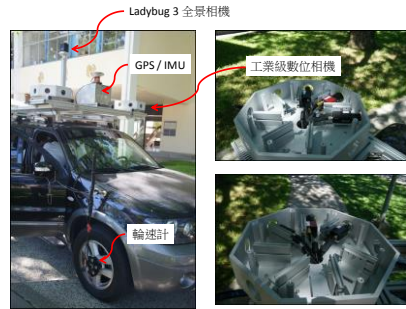


圖 2-2 國立成功大學第一代鷹眼平台

圖 2-3 國立成功大學第二代鷹眼平台

國立成功大學於 2011 年起參與內政部地政司 100 年度至 104 年度多平台製圖技術工作案，各年度作業項目如圖 2-4 所示，致力於各項多平台製圖技術開發，包含多平台定位定向系統整合及其解算模式演算法設計開發、評估不同衛星系統對於製圖平台製圖應用效益，更結合傾斜攝影、直升機及無人機進行製圖技術開發，對於國內多平台製圖技術有相當大的貢獻，並為國內多平台製圖技術建立各種作業規範。

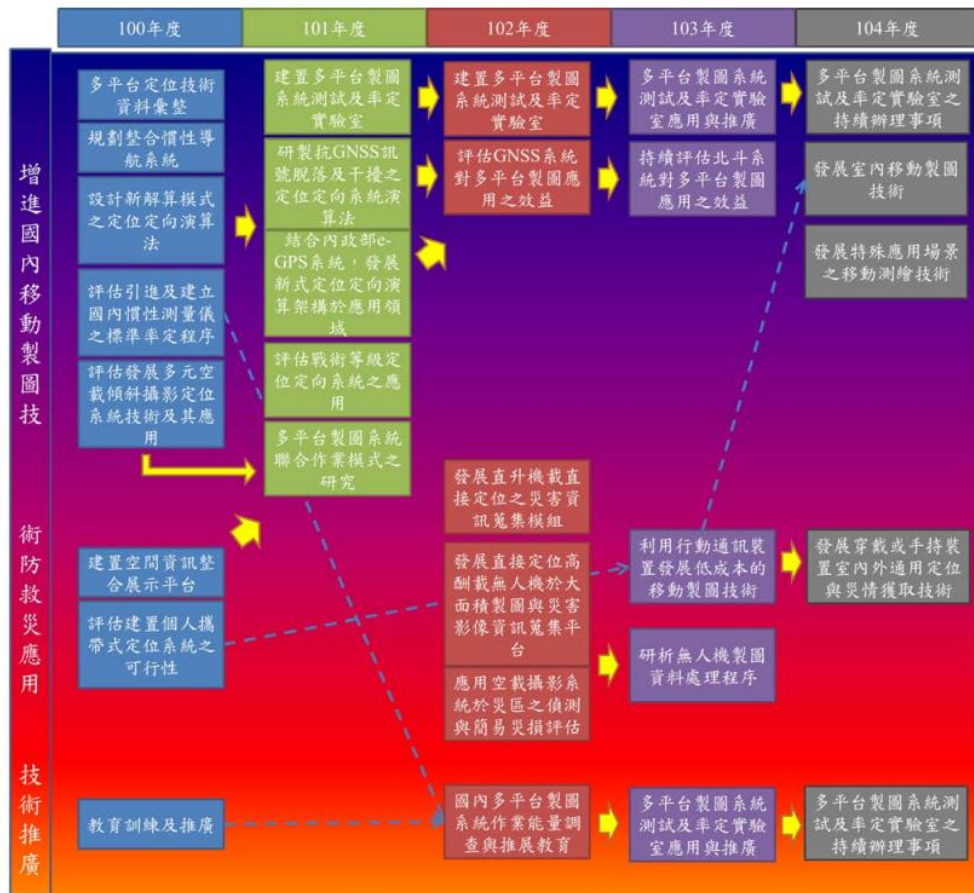


圖 2-4 歷年工作項目目的及關係圖

國立成功大學於 105 年度執行新的內政部地政司移動載台測量製圖技術發展工作案，延續 100 至 104 年度基礎，持續研發適用不同平台之移動製圖技術如圖 2-5 所示，藉由攝影測量製圖、整合定位定向系統、多種感測器等，實現快速即時移動式多平台製圖技術。該計畫擬試辦移動製圖技術應用於地籍測量，並透過車載及無人控制載具的直接地理定位技術，達到即時監控、定位、量測技術，未來對於防救災等緊急應變措施有極大效益。另一方面，開發行動裝置式低成本室內移動製圖與導航定位技術，未來可與其他載台聯合作業，對於室內環境中有極大的發展可能性。



圖 2-5 推車式移動測繪系統

為了提升移動測繪系統的效率與效能，國立成功大學進一步搭載光達製圖系統與開放軟體 Open Source Lidar，發展光達式移動測繪系統。透過光達三維點雲資料處理技術可快速地重建與管理龐大的點雲資料，達到三維製圖與自動化之目的，該技術所包含的大多數核心項目與室外車載導航與移動測繪技術大多相同，光達整合系統如圖 2-6 所示。



圖 2-6 光達整合系統

國立成功大學於 106 年移動載台測量製圖技術發展工作案，延續 105 年成果持續擴充研究，包含完成多模式與多情境之室內與室外移動定位技術，使用者可於不同情境間無縫接軌，並開發相關適地性服務與應用。另一目標為自動化的路網向量圖產生技術，其做法為透過影像辨識技術，從已知室內平面圖中分辨線與平面之間的關係，自動產生節點，並依據節點間是否存在線段，決定兩點間是否存在連通關係，目前已完成第一代演算法，可自動化萃取相關路網。後續將與行動裝置進行連結設定路徑規劃，期望可提升其正確性與運算效率。

#### 四、國外車載移動測繪系統

目前各國家空間資訊領域學界與產業界亦積極地發展車載移動測繪系統，由發展趨勢可知，車載移動測繪系統確實是能夠滿足空間資訊相關領域，日漸迫切需求的快速採集資料解決方案。而近年來國外商用車載移動測繪系統之實例如表 2-2 所示，擇要介紹如下。

表 2-2 國外移動測繪系統規格比較

使用機關/廠商	型號	光達			定位定向系統	相機
		感測器	範圍 (公尺)	精度 (公尺)	精度 (公尺)	
TOPCON	IP-S3	1 scanner	100	0.050	0.015-0.025	Spherical camera 8000 x 4000 px
TRIMBLE	MX8	1-2 VQ-250	500	0.010	0.020-0.025	Up to 7 camera 5 Mpx
RIEGL	VMX-250	2 VQ-250	500	0.010	0.020-0.050	Up to 6 camera 5 Mpx
RENISHAW	Dynascan S250	1-2 scanner	250	0.010	0.020-0.050	--
TELEDYNE OPTTECH	Lynx SG1	2 scanner	250	0.005	0.050	Up to 5 camera 5 Mpx
	Lynx MG1	1 scanner	250	0.005	0.200	Panoramic camera
	<a href="http://www.teledyneoptech.com">http://www.teledyneoptech.com</a>					
MITSUBISHI ELECTRIC	MMS-X	2-4 scanner	65	0.010	0.060	Up to 6 camera 5 Mpx
	MM5-X320R	2 scanner 1 long-range scanner	65 200	0.010 0.010	0.060	Up to 6 camera 5 Mpx 3 camera

						5 Mpx
	MMS-K320	2 scanner	65	0.010	0.060	3 camera 5 Mpx
<a href="http://www.mitsubishielectric.com/bu/mms/">http://www.mitsubishielectric.com/bu/mms/</a>						
LEICA GEOSYSTEMS	Leica Pegasus	Z+F 9012	119	0.010	0.015- 0.020	8 camera 2000 x 2000 px
	Leica P20 Pegasus: Two Mobile Reality Capture	Leica Scanstation P20	120	0.006	0.015- 0.020	8 camera 2000 x 2000 px
	<a href="http://leica-geosystems.com">http://leica-geosystems.com</a>					
Asia Air Survey Co., Ltd.	GeoMasterNeo	2 VQ-250	500	0.010	0.020- 0.050	1.2M Nikon & Olympus Ladybug 3
	<a href="https://www.ajiko.co.jp/">https://www.ajiko.co.jp/</a>					

## 五、Google Street View

Google 於 2007 年 5 月開始進行名為 Google Street View 計畫，該計畫主要是針對 Google Earth 以及 Google Maps 增加街景導覽的功能，該功能可給予使用者身歷其境的感覺，只要於地圖街道上選定一點，即可透過 Street View 得知該地點實地的 360 度全景影像，這些全景影像資料便是透過 Google 自行發展的街景車於世界各地蒐集資料而來。目前 Google Street View 功能在 Google Maps 的介面如圖 2-7 所示。



圖 2-7 Google Street View 介面(摘自 <http://maps.google.com.tw/>)

2008 年底開始於臺灣進行拍攝工作的 Google 街景車基本配備含有 GNSS、8 臺平面與 1 臺向上拍攝魚眼相機、光達，如圖 2-8 所示，如此一來可確保高角度的建物(如台北 101 大樓)都能完整入鏡，同時八個方向加上魚眼相機可完整拍到 720 度無縫畫面，達成最佳實景效果。360 度全景景象的產生過程主要是透過相機拍攝，並將相機拍攝時間與 GNSS 軌跡的時間同步處理，GNSS 資料提供拍攝相片時所在的位置，像片則組成拍攝位置的全景景象，此即 Street View 的基本運作原理。相機下方裝有德國 SICK AG 公司所生產的 LMS291 系列型號的光達儀器，用來掃瞄道路輪廓與測量道路邊緣，藉由周遭建物的形狀和車子間的距離，判斷畫面中建築物位置，可用來建立三維的建物模型或數碼城市，如圖 2-9 所示。



圖 2-8 Google 街景車(摘自 <http://maps.google.com.tw/>)

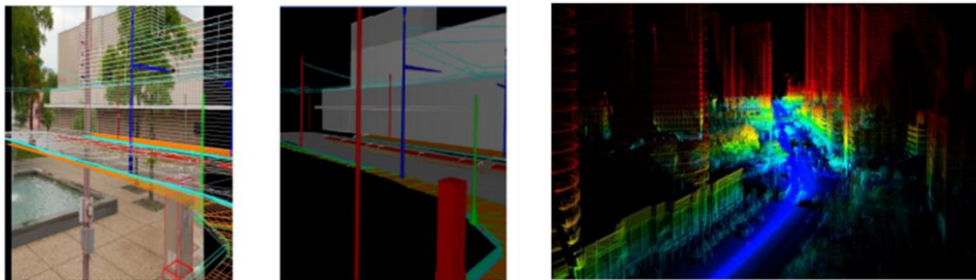


圖 2-9 三維建模與數碼城市(摘自 <http://www.optech.ca/>)

近年來，Google 進一步搭載全新的 GNSS 系統、高分辨率全景相機、多臺 SICK 感測器，如圖 2-10 所示，SICK 感測器目的為收集光達點雲資料，可用於三維模型視覺化展示，並將此模型顯現於 Google Map 與 Google Earth 上，藉由光達高精度與高密度之點雲資料，與影像進行結合，提供使用者更佳的街景影像及街景三維模型。

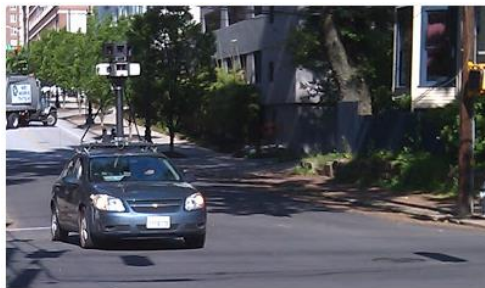


圖 2-10 新一代 Google 街景車(摘自 <http://maps.google.com.tw/>)

## 六、奧地利 RIEGL 公司

奧地利 RIEGL 公司發表 VMX-250 MMS 移動測繪系統，其包含定位定向系統、2 臺雷射掃描儀、6 臺數碼相機，搭配符合空氣動力形狀的防護罩，並將相機視野可依需求進行調整，具備快速採集三維數據能力，提供高精度、高分辨率、多方面之應用，如交通設施測繪、城市建模、大範圍地形測繪等。圖 2-11 為 VMX-250 車載移動測繪系統。



圖 2-11 VMX-250 車載移動測繪系統(摘自 <http://www.riegl.com/>)

## 七、個人攜行移動測繪系統

近年來，Trimble 與 Google 也對個人攜行移動測繪系統展現高度興趣。圖 2-12 所示為 Trimble 所發展的個人攜行室內移動製圖系統 (Trimble Indoor Mobile Mapping Solution)，此系統搭載慣性導航系統 (Inertial Navigation System, INS)、輪速計、全景相機、光達等。圖 2-13 所示為 Google Tango 計畫所發展中的手機級室內製圖系統，平台上搭載慣性導航系統、磁力計、氣壓計、彩色與景深相機、電腦視覺處理器 etc. 然而上述兩個平台系統主要應用於室內製圖，因此皆未使用 GNSS 接收儀。



圖 2-12 Trimble 個人攜行移動測繪系統(摘自 <http://www.trimble.com>)

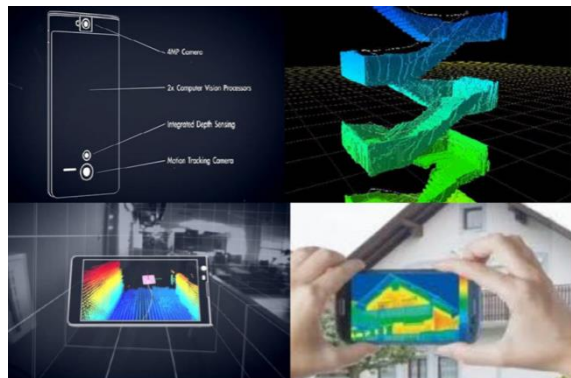


圖 2-13 Google 手機級室內製圖系統(摘自 <http://www.google.com/atap/projecttango/>)

VIAMETRIS 開發推車系統，可應用於室內外作業環境，如圖 2-14 所示，其搭載了定位定向系統，並藉由及時定位與製圖技術 (Simultaneous Localization And Mapping, SLAM) 提升與穩定系統效能。另一方面，Leica 也開發可攜式光達整合系統，藉由搭載兩個光達、不同方向的廣角相機、GNSS 輔助、配合電腦視覺與 SLAM 技術等減少人體移動時產生的晃動與誤差，其可針對室外與室內不同場景產製高精度三維點雲資料，可攜式光達背包系統如圖 2-15 所示。



圖 2-14 VIAMETRIS 光達推車平台(摘自 <http://www.viametris.com>)



圖 2-15 Leica 可攜式光達背包系統(摘自 <http://leica-geosystems.com>)

文獻 Haala 等人(2011)利用微機電等級的慣性量測單元與低成本的景深相機，發展室內個人攜行移動測繪系統。由於 IMU 於室內時無法接收 GNSS 衛星訊號進行更新，因而採用零速更新(Zero Velocity Updates, ZUPT)做為輔助資料來源，並搭載低成本景深相機 Kinect，其可透過 RGB(Red, Green, Blue)彩色攝影機擷取彩色影像、紅外線發射器與 CMOS(Complementary Metal-Oxide Semiconductor)攝影機建構三維深度影像、聲音訊號等，透過系統整合可得每個位置掃描得到的深度資訊，進而推得影像每個像元對應於空間中點位資訊，搭配彩色影像的顏色，建構出空間的點雲資訊，圖 2-16 所示為其成果圖。未來對於精度要求較低的製圖需求，如大型展覽場平面圖的建置、公共設施分佈示意圖等，可快速取得所需資訊，更可進一步規劃行走動線規劃，對於室內製圖應用有很大的幫助。

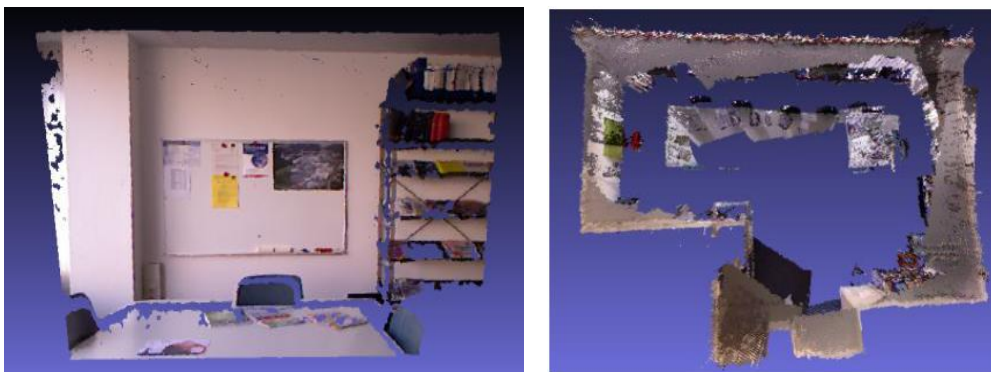


圖 2-16 點雲資料(摘自 Haala et.al., 2011)

另一方面，移動測繪系統可應用於下水道環境中，圖 2-17(左)所示為適應下水道環境的移動測繪系統酬載，該系統搭載定位定向系統、輪速計、相機、光達等，提升 SLAM(Simultaneous Localization And

Mapping)之精度。定位定向系統可得載體位置和姿態，相機可藉由輔助光源拍攝照片提升製圖精度，圖 2-17(右)為光達掃瞄成果，可建置三維下水道圖資，針對下水道環境毀損管線進行監測。

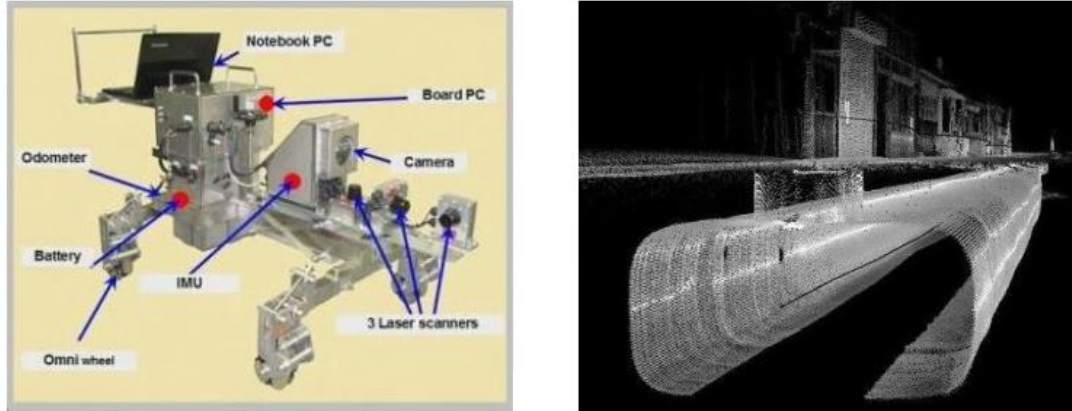


圖 2-17 (左)下水道移動測繪系統；(右)光達掃瞄成果(摘自 Neumann et al., 2014)

## 第二節 空間資訊及製圖領域應用實例介紹

### 一、車載道路調查系統

圖 2-18 所示為 Graefe(2011)開發移動式車載道路調查系統(Mobile Road Mapping System, MoSES)，其搭載整合定位定向系統與里程計數器、影像感測器包含高性能掃描儀與多台照相機等，因應不同的測量任務需求，設計可彈性的系統模組。該系統已應用於公路建設與周圍建物的監測、鐵路隧道調查等應用，相關成果如圖 2-19 及 2-20 所示。而實驗成果顯示，搭載多台相機與掃描儀可成功取得道路平面資料，也可於隧道內取得環狀 360 度完整的資訊，其平面與高程定位精度皆可達到小於公分等級，未來車載道路調查系統可應用於更多艱困的地區，包含道路建設、隧道監控與製圖、機器人轉向等開發研究。



圖 2-18 車載道路調查系統 MoSES(摘自 Graefe, 2011)





圖 2-19 公路建設與周圍建物點雲結果(摘自 Graefe, 2011)



圖 2-20 鐵路隧道調查應用(摘自 Graefe, 2011)

RIEGL 公司自 2009 年起開發光達移動測繪系統，藉由整合高精度定位定向系統與光達，並由率定得兩者之相對關係，可得直接地理定位之點雲資料，圖 2-21 所示為車載移動測繪系統光達掃瞄後之成果，其驗證成果精度，於目標物 50 公尺時，光達系統掃瞄點雲精度可達 1.5 毫米。圖 2-22 與圖 2-23 為其相關研究與測試結果，其實驗結果可知，光達設備搭配定位定向系統相關輔助設備資訊適當之演算法，於不同環境下(如隧道)可得高精度點雲資料，其環境可應用於不同平台上，如車載、空載、船載等。文獻 Toschi 等人(2015)利用 RIEGL VMX-450 系統，成功取得建物三維點雲資料，如圖 2-24 所示，精度可達公分以下等級。

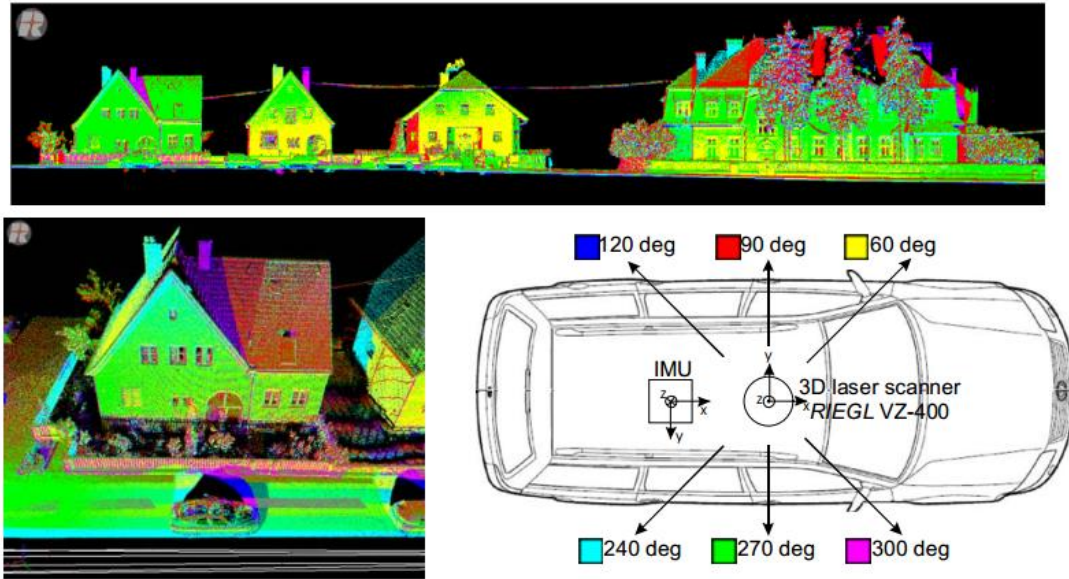


圖 2-21 RIEGL 車載光達移動測繪系統(摘自 <http://www.riegl.com/>)

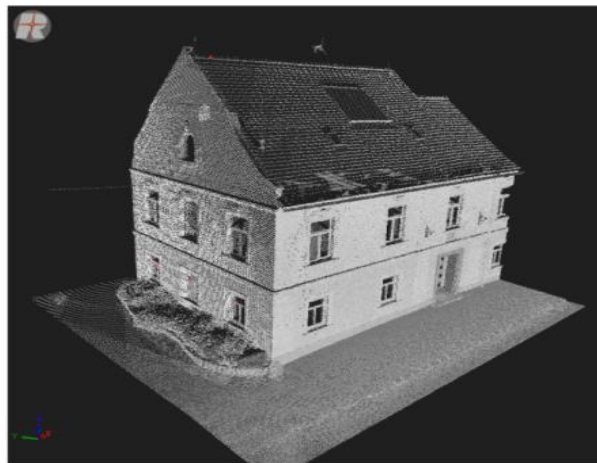


圖 2-22 車載光達掃瞄成果(摘自 <http://www.riegl.com/>)

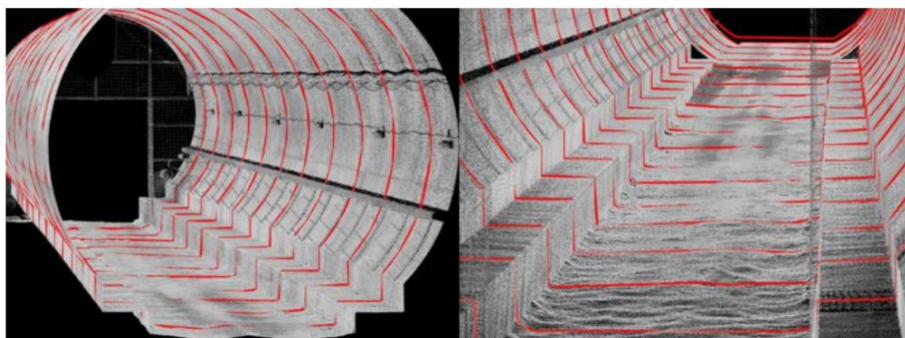


圖 2-23 隧道內測試及成果(摘自 <http://www.riegl.com/>)

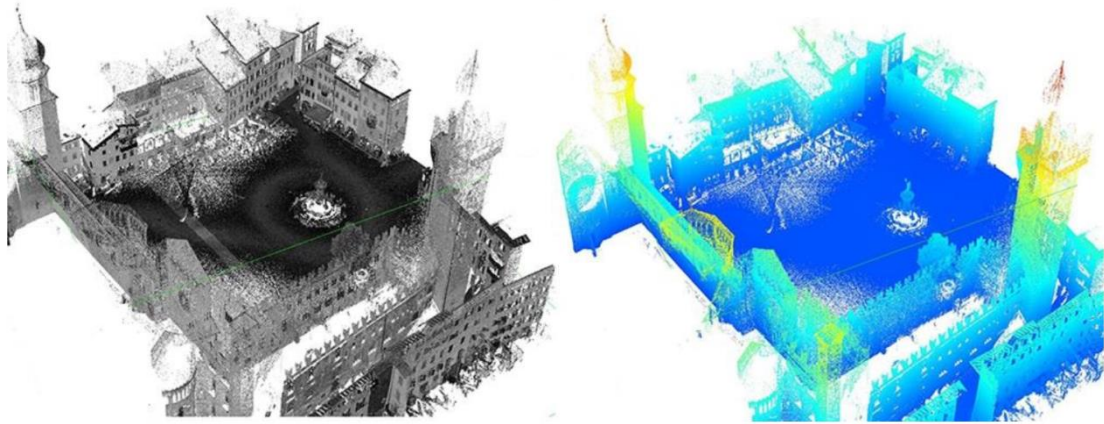


圖 2-24 光達點雲資料(左)強度值；(右)高程值(摘自 Toschi et al., 2015)

## 二、公路交通設施及交通標誌檢測實例

文獻 Li 等人(2011)發表陸基移動遙測製圖系統(L-MMS)，搭載雙頻 GNSS 接收機、慣性測量儀、CCD(Charge-Coupled Device)攝影機與相機，進行公路交通設施與交通標誌自動化檢測與分析。經由初步成果顯示，系統可成功接收公路硬體設施，並可成功檢測到小於數十公分的道路裂縫，於標記損壞成功辨識比例不低於 85%，成功偵測交通標誌比例超過 90%，其交通標誌測量精度可達 2 至 5 公分。

文獻 Shahbazi 等人(2012)同樣利用車載移動測繪系統進行交通標誌的自動化定位、偵測、辨識分析等，針對不同形狀的交通標誌，包含圓形、方形、三角形等進行評估。其成果顯示量測精度可達 10 公分左右，更進一步可針對標誌內之圖形進行分析，如圖 2-25 所示，可藉由大量資料的蒐集，建立相關係數資料庫，未來可自動化偵測路上交通標誌並得知其標誌內容。

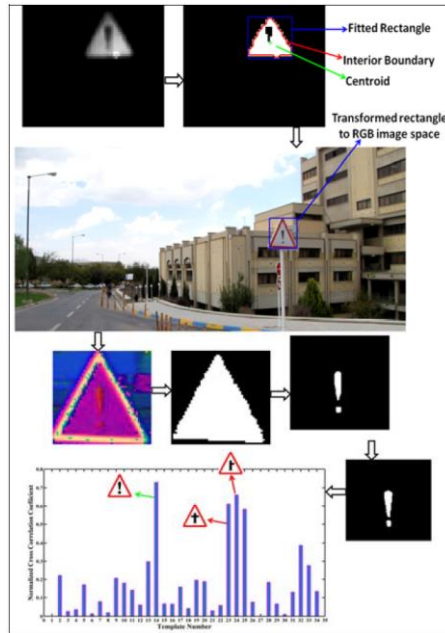


圖 2-25 交通標誌自動化辨識流程圖(摘自 Shahbazi et al., 2012)

文獻 Takahashi 等人(2016)利用車載光達測繪系統與先進人工智慧技術，應用於提升數位地圖資訊精度，包含交通標誌及設施資訊數位化。本研究選用 Trimble MX-8 系統如圖 2-26 所示，其上搭載 2 臺 RIEGL VQ250 光達雷射掃瞄儀，提供高精度三維坐標資訊，掃瞄結果如圖 2-27 所示。作業流程為資料蒐集、濾波去除雜訊、萃取所需之點雲資料、繪出點雲之線及面資訊、取得交通標誌資訊如圖 2-28 所示，相關成果除了可提升地圖數位化精度，未來可提供自動駕駛無人車更多輔助資訊，協助相關產業發展。



圖 2-26 MX-8 車載移動測繪系統(摘自 Takahashi et al., 2016)

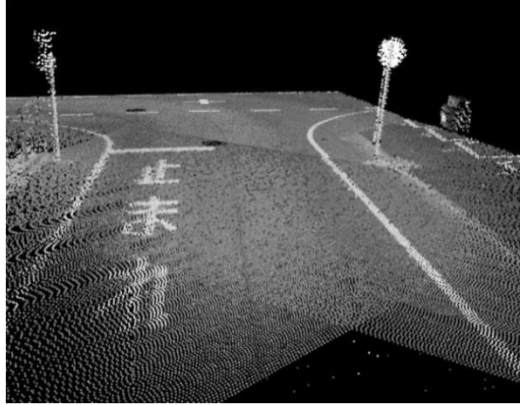


圖 2-27 MX-8 光達掃瞄範例(摘自 Takahashi et al., 2016)

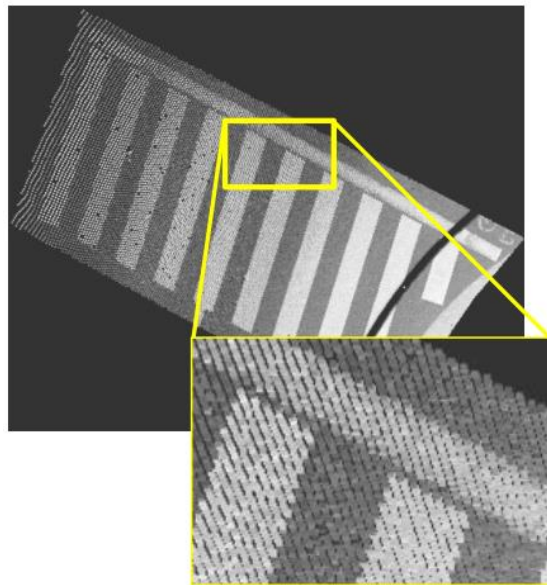


圖 2-28 交通標誌掃瞄成果(摘自 Takahashi et al., 2016)

### 三、多平台移動測繪系統

文獻 Kukko 等人(2012)搭載整合定位定向系統、相機、雷射掃描儀安裝於固定平台支架上，將移動測繪系統安裝於車載平台，進行市區三維點雲資料建立；同時可將移動測繪系統平台裝卸，並放置於船載平台，可針對海岸線、湖面、河道變化進行資料建置；更進一步遇到雪地、草地、崎嶇路面時，可採用雪橇、越野車、推車或後揹形式做為個人攜行移動測繪系統，如圖 2-29 所示。圖 2-30 所示為利用移動測繪系統點雲資料，後處理內插建立之 20 公分網格大小的 DEM(Digital Elevation Model)資料，高密度點雲之絕對精度為公分等級。此系統可快速應用於人口密集的都市區、古蹟掃描重建、農業利用、森林與海岸地形變化等，並提供高密度且高精度的點雲資料，對於空間資訊蒐集與製圖測繪領域有很大的幫助。



圖 2-29 移動測繪系統(摘自 Kukko et.al., 2012)

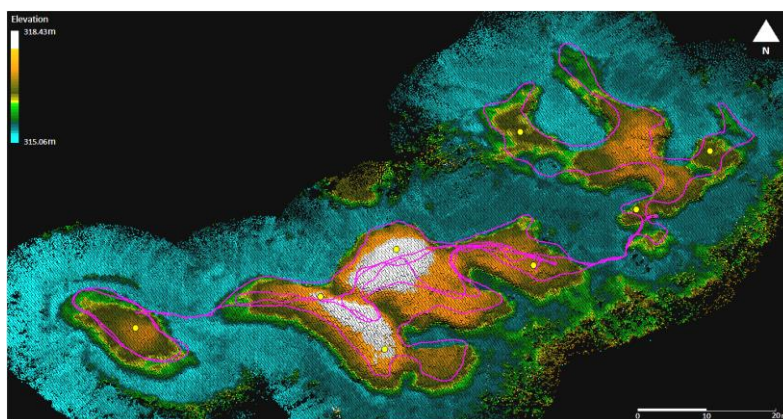


圖 2-30 移動測繪系統建立之 20 公分網格 DEM(摘自 Kukko et.al., 2012)

### 第三節 防救災應用實例介紹

#### 一、2015 年義大利龍捲風

2015 年 7 月 8 日藤田級數(Fjijita Scale)4 之龍捲風重創北義大利 Brenta 河域地區，造成 72 人員受傷、250 棟房屋損毀、超過數千萬歐元損失。由於該地區無法使用車載移動測繪系統，Leica 公司利用自行開發個人攜行移動測繪系統如圖 2-31 所示，優點為易於進入災區蒐集資料，掃瞄因龍捲風造成的傷害程度，快速提供政府機關詳細的點雲資訊和測量災損區域供相關人員進行評估，如圖 2-32 及圖 2-33 所示。



圖 2-31 Leica 可攜式光達背包系統(摘自 <http://leica-geosystems.com>)



圖 2-32 災損評估應用(摘自 <http://leica-geosystems.com>)



圖 2-33 災損評估應用(摘自 Zanini et. Al, 2017)

## 二、2011 年日本 311 大地震

日本於 2011 年 3 月 11 日發生日本有觀測紀錄以來規模最大的地震，隨後引起的海嘯也是最為嚴重的一次，加上引發的火災與核能洩露事故，導致日本東北地區地方機能與經濟癱瘓。日本當局於發生地震後，初期採用空載遙測製圖系統進行資料蒐集與初步評估，接著採用車載遙測製圖系統(GeoMasterNeo)進行災損評估等相關工作(Hatake et al., 2011)。圖 2-34 所示為協助日本 311 大地震災損評估所使用的車載遙測製圖系統，其上搭載整合定位定向系統、輪速計、數位相機、環景相機、光達等進行資料蒐集，其系統規格如表 2-3 所示。當 GNSS 訊號優良時其定位精度約為 5 公分，其定位精度可滿足日本

國家 1:500 地圖要求。圖 2-35 所示為資料處理後成果展示。



圖 2-34 車載遙測製圖系統應用於日本 311 大地震(摘自 Hatake et al., 2011)

表 2-3 GeoMasterNeo 籌載規格(摘自 Hatake et al., 2011)

Issue	Remarks
Vehicle	TOYOTA Rush 1500 CC: compact mini van
GNSS	12 channel L1/L2, 2Hz
IMU	TerraControl: Roll/Pitch 0.004 degree, Heading 0.01degree
Laser	RIEGL VQ250 * 2pcs
Pulse reception rate	300KHz/Scanning rate 100 scans/sec
Point density (40km/hr)	900 points/m <sup>2</sup> (range 5 m)
Odometer	Optical
Digital camera	1.2M Nikon & Olympus
Omni directional camera	Ladybug 3

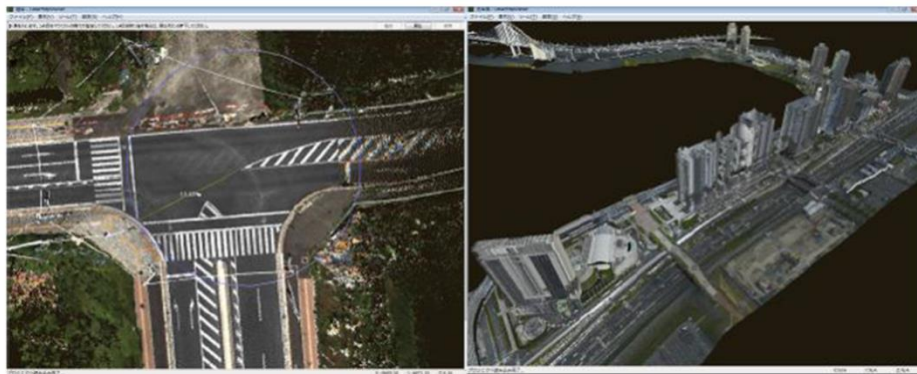


圖 2-35 車載遙測製圖系統應用於日本 311 大地震成果(摘自 Hatake et al., 2011)

Koarai 等人(2012)更進一步將車載遙測製圖系統應用於 311 大海嘯後淹水區域的評估與調查作業，如圖 2-36 所示，其上搭載定位定向系統、6 臺相機組成環景相機。圖 2-37 與圖 2-38 所示為資料蒐集區域與其成果分析。經由資料成果顯示，大地震引發海嘯影響範圍可由海岸線往陸地延伸約 5 公里左右，其中距離 1 公里內的區域完全被淹沒摧毀，距離海岸線愈遠破壞程度愈低，同時與地勢起伏變化、土



壤土質也有密切關聯，因此透過車載遙測製圖系統，不僅可進行現況災損的評估，未來也可針對需加強防災部分進行分析處理。



圖 2-36 車載遙測製圖系統應用於日本 311 大地震(摘自 Koarai et al., 2012)



圖 2-37 測試區域(摘自 Koarai et al., 2012)

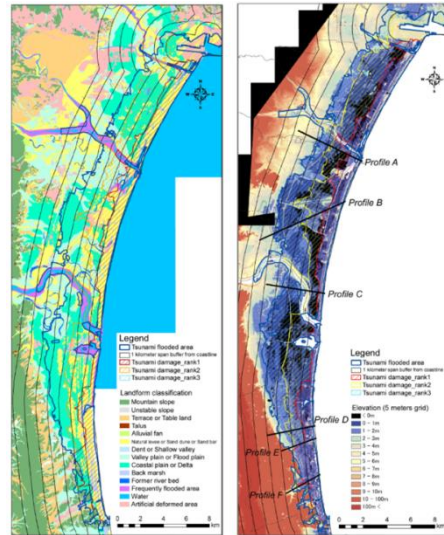


圖 2-38 分析結果(摘自 Koarai et al., 2012)

### 三、國內莫拉克風災應用實例

臺灣屬天災頻繁之島，天災的預防技術發展固然重要，有效的災損評估與救援系統之發展有其必要性。過去成功大學於莫拉克颱風過後，進入災區蒐集資料，探討車載移動測繪系統應用於快速救災評估可行性分析，並藉由相關影像分析災害發生可能之原因，提供未來天災快速災損評估與救援能力(Li, 2010)。勘災行程包含屏東林邊與高雄甲仙，總里程數約 60 公里，拍攝相片數超過 20,000 張。由成果展示，其可結合 Google Map 介面，達成無縫定位軌跡，檢視沿軌跡災損情

況。同時透過直接定位技術引入，所拍攝的照片可提供無控制點之近景攝影測量，提供數位化直接災損評估。圖 2-39 與圖 2-40 為林邊國小與甲仙斷橋現況調查拍攝影像。

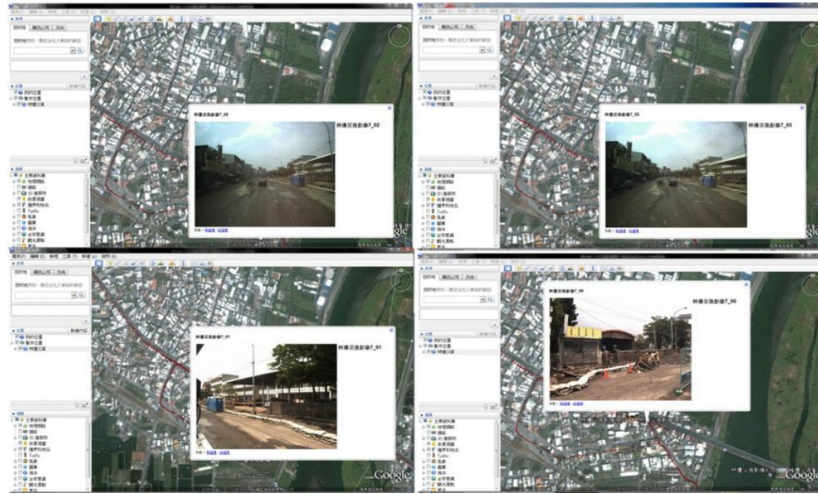


圖 2-39 林邊國小淹水現況調查(摘自 Li, 2010)



圖 2-40 甲仙斷橋現況調查(摘自 Li, 2010)

#### 四、國內高雄氣爆應用實例

民國 103 年 8 月 1 日凌晨間，高雄市發生氣爆事件，影響範圍約 2 至 3 平方公里，凱旋三路、二聖路、瑞隆路、三多一路、崗山南路一帶重要道路嚴重損壞，高雄一家 Google BusinessPhoto 民間技術合作單位，其攝影師以 720 度環景攝影方式，記錄災區樣貌，搭配 GNSS 定位設備，將拍攝點以 Google Map 地圖方式呈現，如圖 2-41 所示。成大團隊於事後進行現場，藉由車載移動測繪系統進行災損地區重建記錄工作，如圖 2-42 所示，藉由定位定向系統提供之軌跡與影像記

錄，可即時掌握各地方公共設施與建物重建進度，更新數位化地理資訊，未來可做為災害損失評估的借鏡。



圖 2-41 高雄氣爆事件現場 VR720 實景圖(摘自 <http://super720.com/>)



圖 2-42 車載遙測製圖技術災損地區重建影像記錄

## 第參章 光達移動測繪系統

### 第一節 車載移動測繪系統整體架構

車載移動測繪系統包含資料擷取系統、定位定向系統、機電系統三個子系統：

- 一、資料擷取系統：蒐集作業期間行經路線之空間資訊，裝載之各式感測器如表 3-1 所示，其中以相機或雷射掃描儀作為空間資料蒐集感測器最為常見，本案以相機與光達為資料蒐集來源。
- 二、定位定向系統：GNSS、IMU 及輪速計，系統作業時提供定位定向資料，透過資料解算得到高精度位置及姿態資料。
- 三、機電系統：提供主系統各項儀器之系統監控、訊息傳遞、資料儲存、足夠電力需求等，整體系統設計配合簡易拆裝功能採用分散式電腦系統，並採用電池提供充足電力，避免影響作業效率，減少儀器損害。

表 3-1 可搭載之各式感測器(摘自 El-Sheimy, 1996)

感測器種類	資料屬性	資料特性
CCD 相機	影像/幾何	影像，幾何精度取決於解析度
雷射掃描儀	影像/幾何	影像、距離與方位角
GNSS 定位及定向技術	幾何	高精度之位置與中精度之姿態訊息(需多天線陣列)
慣性定位定向技術	幾何	低至高精度位置與姿態訊息(精度取決於慣性測量儀等級)
輪速計	幾何	距離(精度與行走距離有關)

本案以國土測繪中心所提供車輛(型號:Toyota INNOVA 2.7)為載具建置車載移動測繪系統，相關車體規格如表 3-2 所示。104 及 105 年度完成車載移動測繪系統建置如圖 3-1 所示，以下各節將分別從硬體介紹、硬體組裝測試、系統操作方法以及相關作業辦法說明。



圖 3-1 104 及 105 年度建置之車載移動測繪系統

表 3-2 國土測繪中心提供車輛車體規格

車身型式	休旅車
車門數	5 門
座位數	5 人座
車長	4555 mm
車寬	1770 mm
車高	1745 mm
車重	1615 kg
軸距	2750 mm

## 第二節 資料擷取系統

### 一、光達系統

近年來測量與空間資訊技術多元發展，製圖技術中光達可提供較高精度且高密度之資料，許多學界與業界紛紛投入進行開發相關產品與研究。光達系統技術原理為利用近紅外光之脈衝雷射進行掃瞄，紀錄脈衝雷射之發射角度及接收時間差與回波，轉換為量測距離與反射強度，加上其反射回波特性，可同時獲取地表及其地上物之資料。如同攝影測量前方交會方式得三維地理坐標，光達資料處理同樣為傳統直接地理定位核心原理，藉由定位定向系統與事先率定慣性測量儀與光達間之相對平移與旋轉關係，資料蒐集時可由慣性測量儀中心投影至光達中心，進一步求得三維點雲坐標。

本案選用之光達系統為 Pentax 公司之 S-2100，提供高精度高速相位式雷射掃描儀資料，系統及其規格如圖 3-2 與表 3-3 所示。點雲資料儲存於光達系統內建儲存裝置，資料儲存格式為原廠自訂格式(zfs)，可藉由原廠程式進行資料解譯成 LAS 或 ASCII 格式。參考規格書說明，光達系統內建記憶體空間 128GB 可滿足作業時間 8 小時。



圖 3-2 選用之光達系統(摘自 <http://pentaxsurveying.eu.com/en/>)

表 3-3 選用之光達系統

項目	本案規範	本公司採用光達	是否符合或優於規範
雷射等統	一級	一級	符合
掃瞄點數	至少 1,000,000 點/秒	1,016,000 點/秒	優規
測量距離	至少 100 公尺	119	優規
測距精度	優於(含)1mm	優於 1mm	符合
雷射光束發散角度	小於 0.5mrad	小於 0.5mrad	符合
掃瞄頻率	至少(含)50 赫茲	200 赫茲	優規

## 二、影像感測器

本案影像感測器延續國土測繪中心提供之加拿大 Point Grey Research, Inc.所開發之 910 萬畫素彩色工業級相機 GS3-U3-91S6C-C 搭配日本 VS Technology 公司製造之 8 mm 定焦鏡頭 VS-0814H1，該工業相機之水平、垂直、對角線拍攝 FOV(Field Of View)角度分別為 77.3、61.9、90 度，相關規格如圖 3-3 與表 3-4 所示。相機系統配置由 7 部工業相機組成環景，平均每部相機以水平約 17.3 度重疊率拍攝，加 1 部向上拍攝的垂直影像，拼接成 360 度影像。同時影像於資料後處理時可提供點雲顏色資訊，當光達、影像、定位定向系統彼此相對關係已建立，當光達雷射射出時經由光束穿過相片，可得該光束落在相片某個像元上，經內插可得該點之 RGB 值，進而得到該點雲顏色。



圖 3-3 選用之相機及鏡頭

表 3-4 選用之相機系統規格

項目	本案採用相機
相機像素	3376 x 2704 (910 萬)
鏡頭焦距	8 mm
感光元件	CCD
像素尺寸	3.69 x 3.69 $\mu$ m
最大解析度相幅速度	9FPS

## 第三節 定位定向系統

定位定向系統主要由 GNSS、IMU、輪速計等輔助資訊來源、核心演算法等所組成，整合定位定向系統可互相補足各自之缺點，其優

點如下：

- 長時間測量時，高精度的 GNSS 可用來修正 IMU，避免 IMU 誤差隨時間累積。
- 高頻率輸出之 IMU 訊息，可於 GNSS 相鄰兩次觀測值更新之間，內插提供精確位置資訊。
- 整合 GNSS 及 IMU 可提供精確姿態資訊。
- IMU 資料可用於 GNSS 訊號週波脫落的偵測及改正。
- IMU 的輔助可加強系統抗干擾能力。

而本案車載移動測繪系統主要以直接地理定位方式進行測繪作業，因此決定車載移動測繪平台定位精度之主要關鍵在於系統所使用之 IMU。本案採用之定位定向系統，如以下說明：

#### 一、衛星定位儀及天線盤

本案延續國土測繪中心提供之加拿大 NovAtel 衛星定位儀 ProPak6TM 搭配 ANT-702-GG 天線盤做為本案車載移動測繪系統定位資訊感測器，系統如圖 3-4、圖 3-5、表 3-5 所示。



圖 3-4 選用之衛星定位儀



圖 3-5 選用之天線盤

表 3-5 選用之衛星定位儀規格

項目	本案採用衛星定位儀
衛星接收	GPS、GLONASS
衛星接收頻率	L1、L2、L2C、L5
資料輸出頻率	100 Hz
頻道(Channels)	240
具備功能	RTK
即時輸出格式	具備 CMR、CMR+、RTCM2.X/3.X 格式
輸出資料	NMEA 資料
相對精度	10 mm + 1 ppm

## 二、慣性量測元件

本案延續國土測繪中心提供之加拿大 NovAtel 慣性量測元件 IMU-FSAS，如圖 3-6 與表 3-6 所示，做為本案車載移動測繪系統定向資訊感測器。



圖 3-6 選用之慣性量測元件

表 3-6 選用之慣性量測元件規格

項目	本案採用慣性量測元件
陀螺儀漂移穩定度(Gyro Drift Rate)	0.75 deg/hr
加速度計漂移穩定度(Accelerometer Bias Stability)	1 mg
資料輸出頻率	200 Hz

## 三、輪速計

本案延續國土測繪中心提供之德國 CORRSYS-DATRON 所開發的 Incremental Wheel Pulse Transducer (WPT)，如圖 3-7 與圖 3-8 所示，輪速計安裝於汽車之輪胎內側側邊，為車載移動測繪系統應用，安裝於汽車非驅動輪胎以避免裝設驅動輪胎時輪速計記錄多餘無效轉彎之距離。此輪速計解析度為 1,000 脈衝/圈，即輪胎每轉 1 圈，輪速計將送出 1,000 個脈衝，藉由確認輪胎周長計算行駛距離。安裝輪速計優點為當 GNSS 訊號不良或斷訊的時候，輪速計的資料可提供後續方位資料解算參考，同時本案以輪速計作為後續等距離同步觸發相機拍照的依據。



圖 3-7 選用之輪速計



圖 3-8 輪速計安裝情形



## 第四節 機電系統

系統架構方塊圖如圖 3-9 所示，本案搭載原有之影像感測器及定位定向系統，並增加光達系統，配合簡易拆裝功能採用分散式電腦系統，設計上包含主控電腦、環景相機電腦三部分，電力系統包含主機電源供應器、充電器、電壓檢視計等，以下針對各部分做說明。

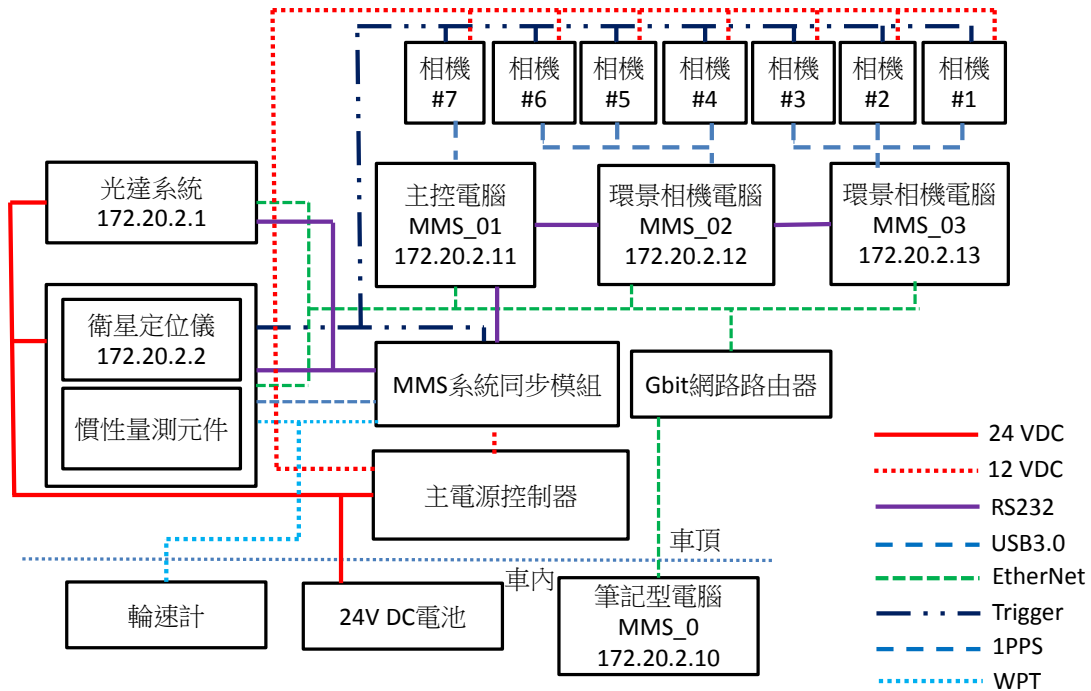


圖 3-9 系統架構方塊圖

### 一、主控電腦

主控電腦選擇 ASUS VC66 迷你型電腦如圖 3-10 及表 3-7 所示，以系統時序控制器、快門時間標籤及記錄器加上與 Pentax S-2100 介面的內建記憶體組成，以 RS232、乙太網路、USB 介面與定位定向系統進行資料傳遞，並與光達系統內建儲存裝置及環景相機電腦硬碟進行連接同步儲存點雲及相片資料至主控電腦硬碟裡，依照最佳方式選擇其一進行互聯及交換相關資訊。藉由乙太網路與光達系統、影像感測器、MMS 系統同步模組、即時監控電腦互聯傳遞指令及資料，負責統計各設備的品質管理資料供系統操作人員使用。與 MMS 系統同步模組連接之時間同步藉由 GNSS 提供之 1 PPS (Pulse Per Second) 信號，送至車載移動測繪系統同步模組及光達系統作為同步基礎，同時 GNSS 提供的相關資訊將送至主控電腦解碼及光達系統作為坐標的計算。



圖 3-10 主控電腦 ASUS 迷你型電腦

表 3-7 主控電腦 ASUS 迷你型電腦規格

項目	本案採用 ASUS 迷你型電腦
CPU	Intel Core i7-7700
作業系統	Windows 10
記憶體	4G RAM
硬碟	512G SSD

## 二、環景相機電腦

國土測繪中心提供之工業相機水平、垂直、對角線拍攝 FOV 角度分別為 77.3、61.9、90 度，本案由 7 部工業相機組成環景，平均每部相機以水平約 17.3 度重疊率拍攝，加 1 部向上拍攝的垂直影像，拼接成 360 度影像，其環景相機電腦系統架構方塊圖如圖 3-11 所示。

圖 3-12 所示為環景相機電腦 ASUS VC66 迷你型電腦，設計 3 台迷你型電腦負責處理整個系統的元件管理，包含接受快門指令、影像感測器設定與快門控制、蒐集及儲存影像感測器拍攝後的記憶儲存及以時間標籤的檔案管理，並透過乙太網路及 RS232 與其他系統介接傳遞指令，記憶體為 3 顆實體 500G SSD (Solid State Drive) 硬碟。依過去實際外業任務，單張照片記憶體最大約 1MB，車速均速約為時速 60 公里，連續作業 8 小時，5 公尺拍攝 1 張照片，7 臺相機需使用約 672GB，故 500GB SSD 2 顆可滿足 8 小時工作儲存容量。當環景相機電腦啟動後，主控器傳輸相關設定至相機，包含相機資訊(Camera Information)、影像處理模式選擇(Image Process Selection)、相機設定(Camera Setting)、拍照錄影模式(Customer Video Mode)、進階相機資訊(Advance Camera Information)、快門設定(Trigger/Strobe)等，並回傳告知使用者其設定完成以執行後續作業。

相機同步模組如圖 3-13 所示，模組之主控時序相鎖迴路將與 MMS 系統同步模組進行互聯，將 MMS 系統同步模組 1 PPS 時序以 RS232 介面傳至各迷你型電腦，並由本案新增之拍攝時序紀錄器，於觸發拍攝後，紀錄影像感測器快門拍照時間，並以快門完成拍攝時序

標籤，紀錄儲存於相機記憶體內，並依順序編號，同時比對相機同步模組原始接收 MMS 系統同步模組傳送之時間，確認快門拍攝與否，作業流程圖如圖 3-14 所示。環景相機電腦內之主控器以乙太網路與主控電腦互聯，即時影像、即時光達影像及系統網管資訊將傳送至主控電腦，再透過即時監控程式，由遠端監控筆記型電腦以乙太網路介面(IP 分別為 172.20.2.11、172.20.12、172.20.13)連接。

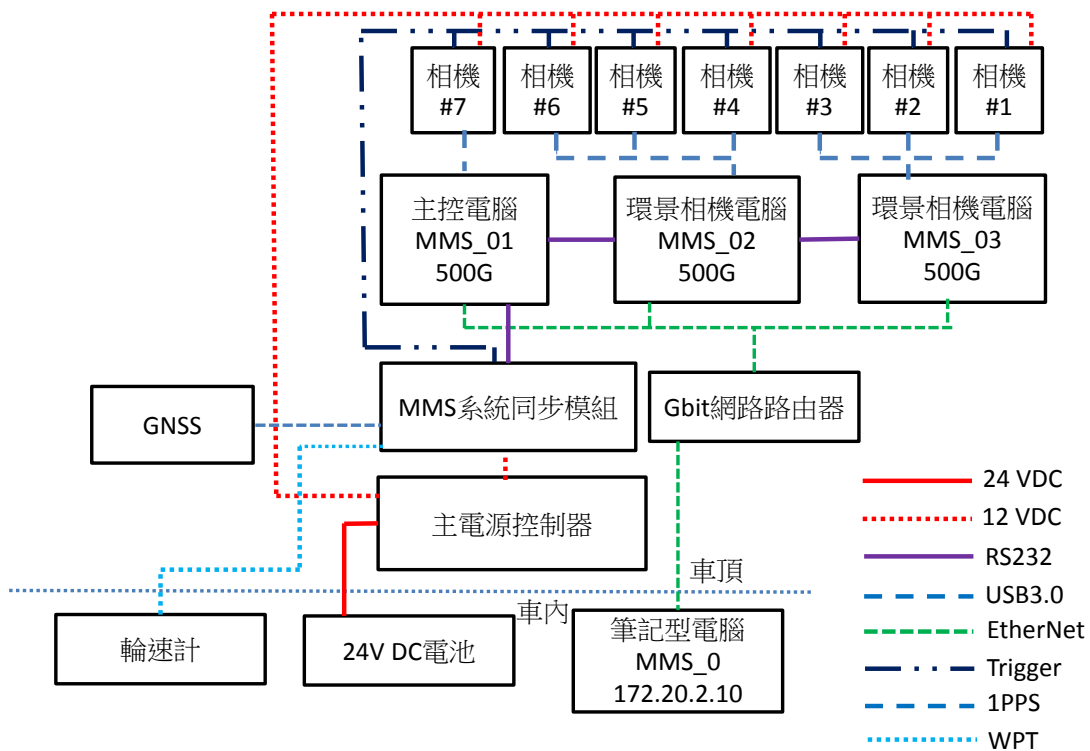


圖 3-11 環景相機電腦系統架構方塊圖



圖 3-12 環景相機電腦 ASUS 迷你型電腦

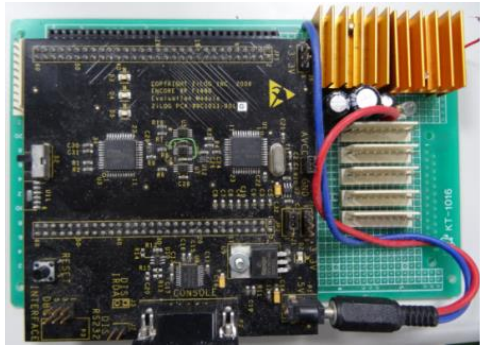


圖 3-13 相機同步模組

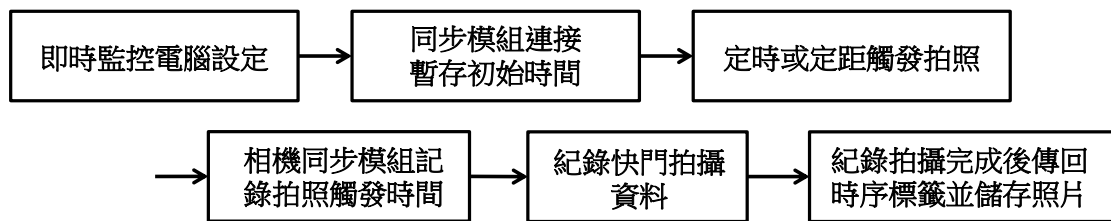


圖 3-14 環景相機電腦作業流程圖

環景相機測試作業由即時監控電腦設定，透過乙太網路連接主控電腦設定車載移動測繪系統同步模組，選擇模式包含以時間模式或距離觸發環景拍攝。當選擇時間模式時，模擬時速 60 公里情況，每隔 5 公尺拍攝，換算時間約每秒 3 張做為測試基準，完成測試將分析 Trigger 之 log 檔及相片數是否相符。選擇模式為距離時，由即時監控電腦設定，透過乙太網路連接主控電腦設定同步模組，設定為輪速計觸發，測試時以每 5 公尺觸發為原則。

### 三、即時監控電腦

因應分散型架構設計及使用者操作方便性選擇筆記型電腦 ACER TravelMate Spin B118 Series 做為即時監控電腦如圖 3-15 及表 3-8 所示，優點為主機、儲存裝置、螢幕、滑鼠、鍵盤等集中一體，毋需另製作螢幕架子、滑鼠及鍵盤放置操作平台，減少所需使用之空間，特別是推車式移動測繪系統，可減輕搭載於推車之設備及重量，增加操作便利性。操作時使用者僅需透過網路線與整合系統做連結，因此可於任何地方操作監控光達移動測繪系統。

即時監控電腦安裝相關軟體，使用者可透過監控軟體與主控電腦連接，即時獲取 GNSS(原始資料與 e-GNSS 監控中心即時解算結果)、IMU、影像感測器、光達狀態等資訊，藉由監看所有感測器畫面，確保資料接收品質。此外亦可透過監控軟體進行感測器資料擷取方式設定，使資料可依照使用者需求於固定距離或固定時間擷取資料。本系

統除採用影像感測器及定位定向系統原廠提供之監控軟體外，本團隊自行開發即時監控軟體，整合上述軟體為 Geosat RTMS，並結合本團隊自行開發之系統同步控制，使影像感測器及定位定向系統可透過使用者輸入條件進行同步觸發，透過監控畫面展示資料紀錄狀況。



圖 3-15 即時監控電腦 ACER 筆記型電腦

表 3-8 即時監控電腦 ACER 筆記型電腦規格

項目	本案採用 ACER 筆記型電腦
CPU	Intel Celeron N3450
作業系統	Windows 10
記憶體	4G RAM
硬碟	128G SSD

#### 四、MMS 系統同步模組

本案自行開發 MMS 系統同步模組系統架構方塊圖如圖 3-16 所示，以 GNSS 提供的 1PPS 信號及 UTC 時間為參考訊息，1PPS 將分別傳送至環景相機、系統同步控制器及光達系統進行時間同步。驅動相機拍照可藉由設定固定距離(以輪速計資料為依據)、固定時間間距、固定頻率數，同時對光達、相機、定位定向系統提供觸發訊號，於光達及相機曝光後及定位定向系統紀錄瞬時時間，儲存於控制電腦。圖 3-17 為 MMS 系統同步模組。

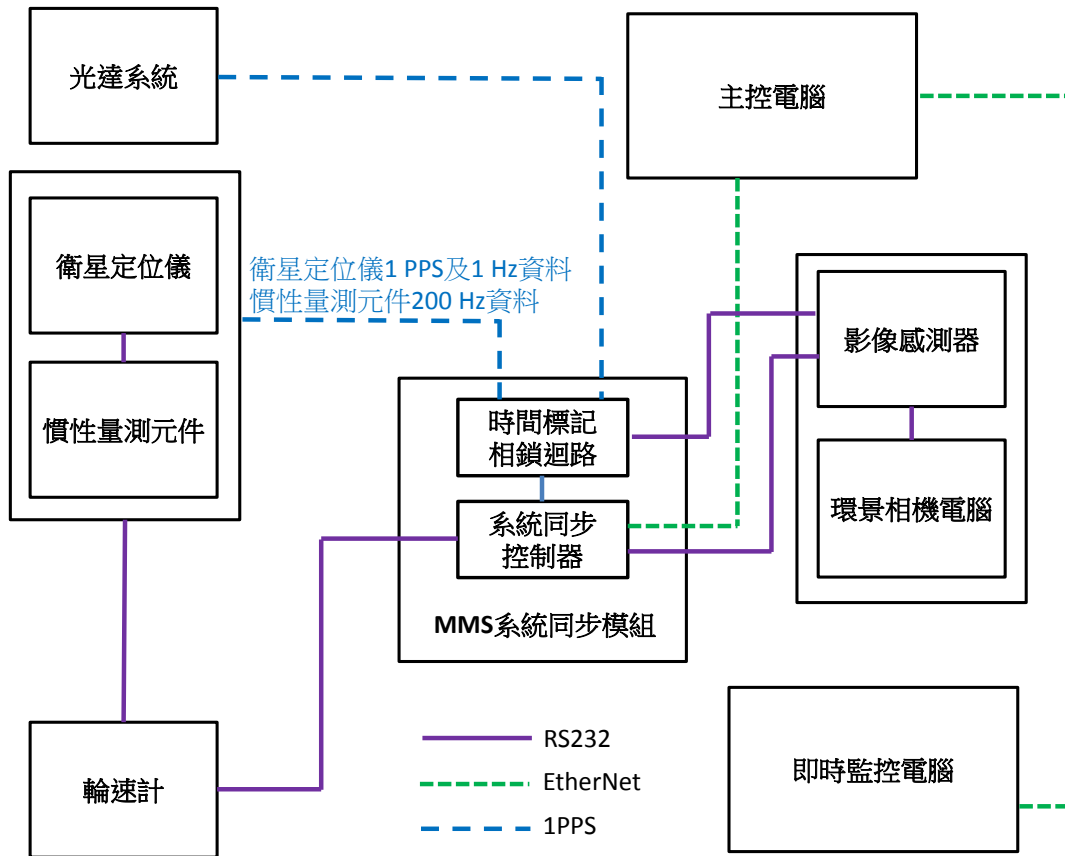


圖 3-16 MMS 系統同步模組系統架構方塊圖



圖 3-17 MMS 系統同步模組

針對 MMS 系統同步模組控制測試，本團隊利用示波器進行測試，以示波器之最高採樣頻率每秒 10 萬筆訊號測試同步控制電路板訊號分別到達影像感測器及定位定向系統間的時間差，如圖 3-18 及圖 3-19 所示，得其時間差為 0，顯示系統同步達 0.00001 秒。

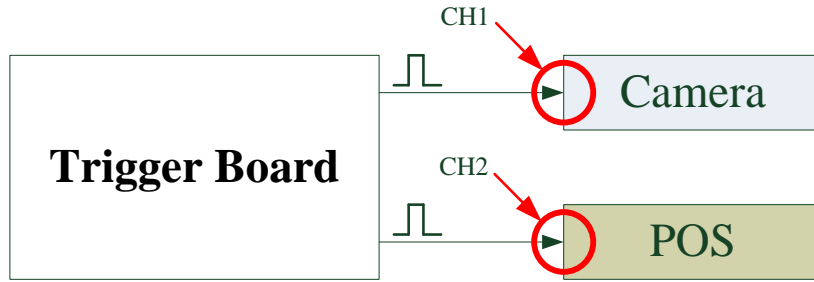


圖 3-18 MMS 系統同步測試示意圖

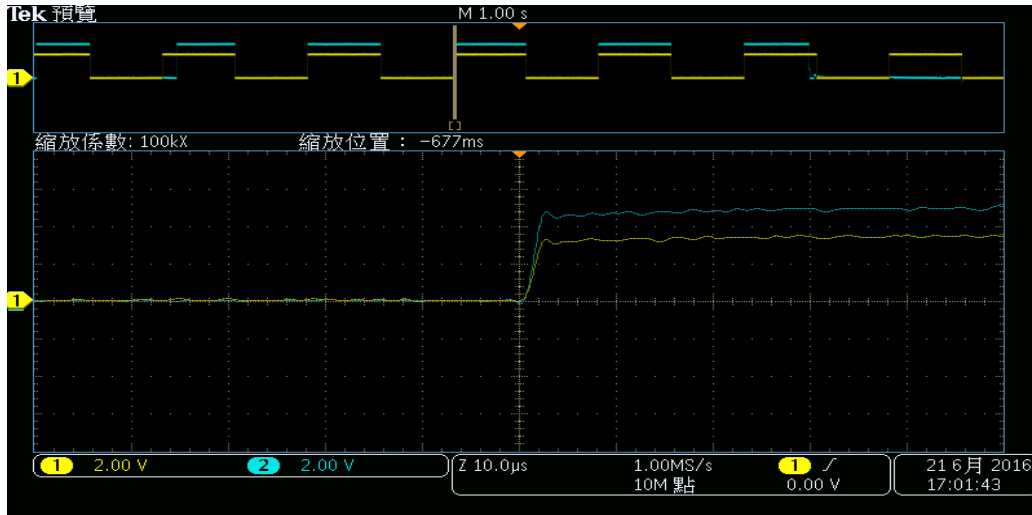


圖 3-19 MMS 系統同步測試情形

## 五、電力系統

車載移動測繪系統裝載各種感測器及電腦，為使各項設備順利運作，針對過去幾種電力系統設計方式做分析：

- (一) 使用載具自身電力系統：優點為不需額外加掛電池增加重量，載具運作時會自動充電電力系統，然而載具電力系統設計為針對車量原廠設備電力需求進行規劃，未經原廠車廠測試評，可能危害車量電力系統減少使用年限，電力系統可能也會因而不穩定。
- (二) 獨立電池並連接載具電力系統：該系統主要由獨立電池提供電力需求，經過設計可由載具電力系統進行電池充電，僅需使用少量 1 至 2 顆電池即可滿足系統需求，然而缺點同(一)設計，未經原廠車廠測試評，可能危害車量電力系統減少使用年限，電力系統可能也會因而不穩定。
- (三) 獨立電池：優點為電力供給為獨立系統，依據評估搭載足夠之電池、設計良好之電流逆變轉換及電力控制、警示系統、

開關設備等，提供任務執行中穩定電量，缺點為需使用多顆電池增加整體系統重量，任務結束後需使用充電器進行充電作業。本案採用該方式。

- (四) 發電機：優點同(三)設計，可提供穩定電力，使用後僅需補足一般汽油即可，缺點為發電機運轉噪音及排放廢氣，造成車內作業人員不適。

為了避免任務執行中因電池電量不足而造成系統電力不穩定，及減少對車量電力系統危害，本案採用獨立電池作業方式，提供車載移動測繪系統中與電力系統相關之設備包含光達模組、環景像機、即時監控系統、電力供應系統及充電設備。電力系統架構方塊圖如圖 3-20 所示。機電系統整合設備用電狀況，將以 24VDC 為主，將原設備 12V 電池串聯後再並聯提供全系統用電，電池後端設置有 DC 轉 DC 的電源供給器，提供系統其他用電需求(如 12V、5V 等)。考量誤接造成儀器毀損等問題，各設備設計不同電源接線接頭及防呆設計(電源接頭外部採軍規公母接頭，內部以 XT-60 為 12V 接頭，XT-90 為 24V 接頭區分)，並標示標籤，避免誤接情形發生。各部分硬體元件以下做說明。

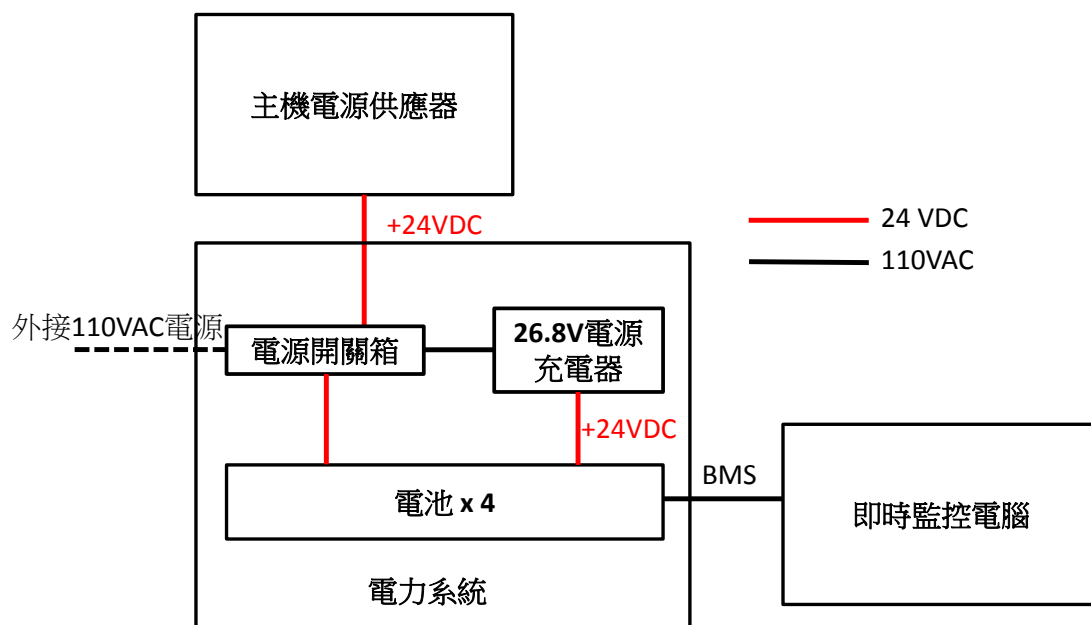


圖 3-20 電力系統系統架構方塊圖

本案延續國土測繪中心提供之臺灣昇陽國際半導體股份有限公司為本案客製化生產之 102 安培小時鋰鐵電池，其中 4 顆供車載移動測繪系統 8 小時作業所需電力，鋰鐵電池外型如圖 3-21 所示。





圖 3-21 電池外型

充電器為提供外部電源對系統電力充電之設備，延續國土測繪中心提供之臺灣明緯企業股份有限公司生產之 1500 瓦單輸出電源供應器，外部電源連接此充電器即可對系統電池進行充電，並於充電完成後自動停止充電，充電器外觀如圖 3-22 所示。



圖 3-22 電源充電器

電力系統經長時間作業後，電池儲存電力可能不足以後續作業使用，建議操作人員應於作業完畢後對電池進行充電，亦可透過電壓檢視計及 BMS 監控系統確認剩餘電力，如圖 3-23 及圖 3-24 所示。本系統提供外部電源充電功能，將電力系統開關切換為充電模式，並將已連接電力系統之插頭接至外部電源，即可對電力系統充電。圖 3-25 與圖 3-26 分別為電力系統開關及充電插頭。



圖 3-23 電壓檢視計

	電池組#1	電池組#2	電池組#3		
1:	3.357	3.35	0	輸出電壓(V):	26.8
2:	3.347	3.347	0	推車動力電池(V):	0
3:	3.34	3.357	0	電池溫度#1:	30.1
4:	3.353	3.353	0	電池溫度#2:	30.5
5:	3.357	3.353	0	電池溫度#3:	-
6:	3.35	3.343	0		
7:	3.343	3.35	0		
8:	3.353	3.347	0		

圖 3-24 BMS 監控系統畫面



圖 3-25 電力系統開關

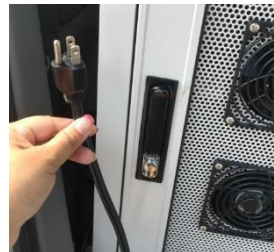


圖 3-26 充電插頭

車載移動製圖平台上裝置感測器、電腦及相關輔助設備，本案使用 4 顆 102 安培小時/12 伏特的鋰鐵電池作為車載移動測繪系統的主要電力，電力符合 8 小時運作，最大設備可用電力計算如下：

電力使用為 70.7%

$$120\text{AH} \times 0.707 = 84.84\text{AH}@12\text{V} \quad (3-1)$$

2 顆串聯供電至 24V

$$84.84\text{AH} \times 2 = 169.68\text{AH}@24\text{V} \quad (3-2)$$

2 組並聯供電

$$84.84\text{AH} \times 2 = 169.68\text{AH}@24\text{V} \quad (3-3)$$

連續供電 8 小時

$$169.68\text{AH} / 8 = 21.21\text{AH}@24\text{V} \quad (3-4)$$

目前全系統使用瞬間最大用電為 23A@24V，平均用電為 20A@24V，系統足以提供 8 小時運作。

針對電力系統測試，包含即相機及光達狀態即時顯示、各系統參數設定是否正常、系統時間及位置姿態等狀態。電力系統充放電狀態監控及分析為系統將透過 RS485 介面與各電池組連接，BMS (Battery Management System) 提供電壓及溫度，計算分析電壓對使用時間的積分值及單位時間電壓變化量  $\Delta V$ ，以分析整個電池的電量評估。

## 第五節 系統配置規劃

本案車載光達系統設備以能快速拆裝為目的，進行系統設備體與重量輕量化，並將原工業級電腦採分散式電腦系統，包含主控電腦、環景相機電腦、即時監控電腦，以下為系統配置說明。

### 一、車頂配置設計

光達整合系統配置如圖 3-27 及圖 3-28 所示，由 6 臺相機組成 360 度影像，並裝設 1 臺向上拍攝之相機，增加拍攝視野涵蓋。光達裝設於車體後方，參考國外光達車配置方式，設置角度進行掃描，目的為可得較大掃描範圍，同時減少拍攝到其他設備如相機、車體等，如圖 3-29 及圖 3-30 所示。殼內裝置定位定向系統、系統同步控制器、主控器等，資料及電力藉由傳輸線連接至車內電池組及即時監控電腦。

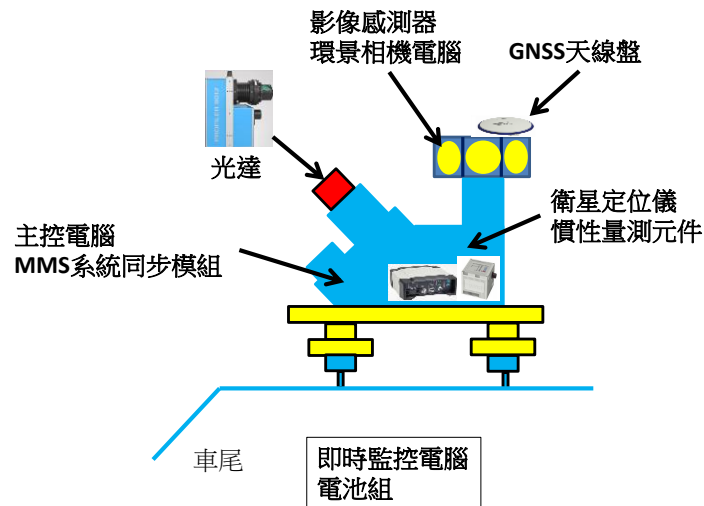


圖 3-27 系統配置設計(側視圖)

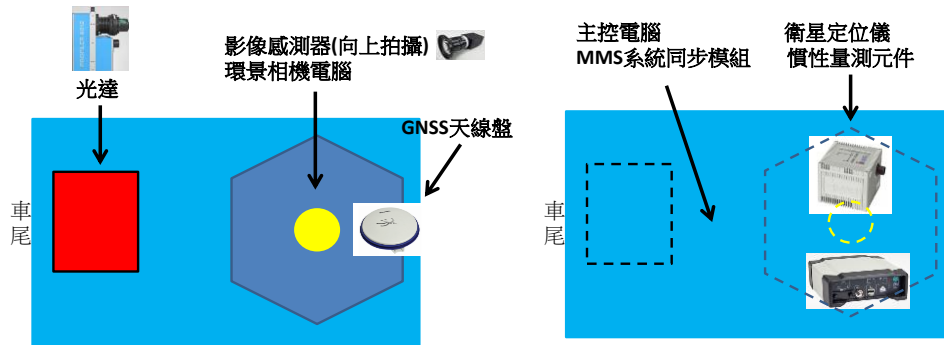


圖 3-28 系統配置設計(俯視圖)

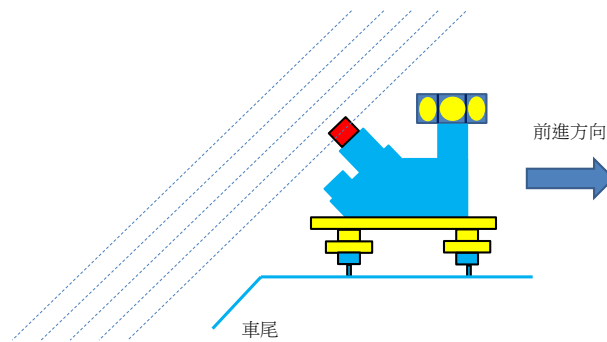


圖 3-29 光達掃描示意圖

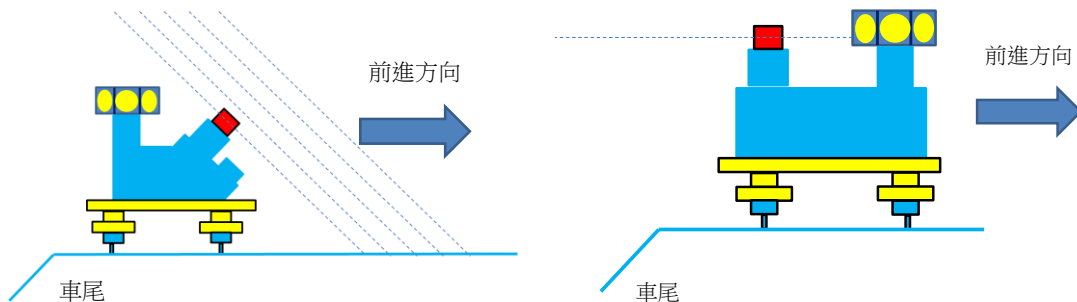


圖 3-30 光達掃描示意圖(左)掃描至車身；(右)掃描範圍不佳

機構設計主要以鋁材組成剛性架構，外殼配置覆蓋導流罩，剛性主結構可確保各設備相關位置的一致性，外殼的整流罩將降低風阻。各機殼以上蓋覆蓋下蓋、前件扣後件方式組成，接縫處以耐熱膠條隔絕，同時設備與外殼間有排水線設計使自然排水，內部設備亦做防水處理。機構內溫度處理採內部循環上下對流方式進行，配合主控制器內的溫度偵測器，溫度過高時使用 ASUS 迷你電腦內建循環風扇，散熱片為機殼，機構底部與車頂之空間作為散熱排除熱空氣之空間，車輛運行時空氣流通帶走熱能。另搭配輔助避震裝置減震，如圖 3-31 所示。



圖 3-31 車頂避震裝置

整體系統尺寸及輕量化規劃以人力可完成拆裝為原則，整體約 70 公斤其中光達系統為 13.5 公斤、相機約 1.4 公斤、定位定向系統約 5 公斤。因應國土測繪中心提供之公務車(Toyota Innova 2.7)車寬為 1.77 公尺，為配合交通安全規範車高不得超過 2.655 公尺(包含車體高度為 1.745 公尺)，系統架構尺寸為 800 x 600 x 600 毫米，環景相機尺寸為 560 x 560 x 200 毫米如圖 3-32 所示，整體實際高度為 2.580 公尺符合交通安全規範。光達系統配置設置於後段部分，下方為主控電腦及同步控制器；環景相機置於前段部分，下方為定位定向系統，藉由 RS232、乙太網路、24VDC 線材等與車內電池及遠端筆記型電腦即時監控整個系統。



圖 3-32 環景相機系統架構尺寸及相機組裝情形

本案新購瑞典 Thule 車頂架做為整體系統車頂架之主要重量支撐，該款車頂架可負重 150 公斤，並符合財團法人車輛安全審驗中心(VSCC)之車輛安全檢測，其車頂架及審查報告如圖 3-33 及圖 3-34 所示，可合法安裝於汽車車頂。該車頂架透過更換 Toyota Innova 專用車頂架扣片及其橡膠座即可符合國土測繪中心提供之車輛使用。圖 3-35 所示為完整組裝於車頂情形。



圖 3-33 Thule 車頂架



圖 3-34 車輛安全檢測基準審查報告



圖 3-35 車載光達移動測繪系統安裝情形

## 二、車內空間配置

車內空間配置如圖 3-36 所示，將原系統裝置電腦的機櫃移除，以分散式電腦取代原工業電腦的架構，新設置系統傳輸線材，包含 24 伏特電源線、乙太網路線。車內空間進行重整讓出電池櫃及推車等載運空間，電池櫃內配置 4 顆 102 安培小時/12 伏特鋰鐵電池及充電控制單元等，圖 3-37 所示為車內電池安裝情形，整體系統設備約 70 公斤，車內電池及推車式載具約 100 公斤，加上可乘坐人員(3 人)，以每人 80 公斤估計為 240 公斤，整體載重為 410 公斤，低於車體載重限制 600 公斤。

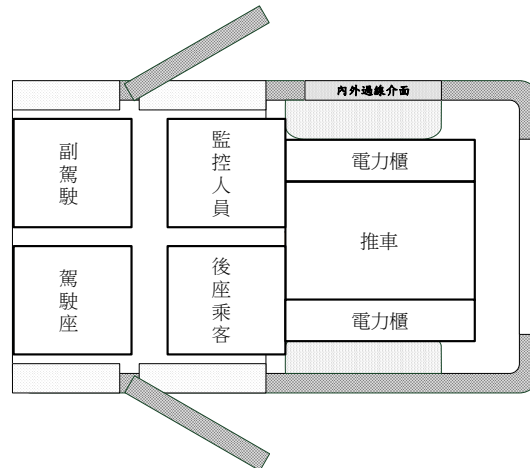


圖 3-36 車內空間配置設計圖



圖 3-37 車內電池安裝情形

## 第六節 推車式移動測繪系統整體架構

本案提供一電動操作的推車光達系統，推車系統的使用及操作都以使用安全為第一考量，尤其在整合了新的光達系統後，其設計除滿足作業需求外，煞車與控制是最重要的課題，同時考慮快速拆裝及高機動性，以分散式電腦取代原工業電腦的架構，使車內空間重整，讓出推車放置及載運空間。

推車上光達的配置採前置方式，後置環景相機。推車尺寸為 950 x 800 x 300 毫米，如圖 3-38 所示，採用四輪架構(前輪與後輪直徑分別為 33 及 22 公分)，模組包含有刷馬達、減速機、電磁煞車等如圖 3-39 所示，並具備機械式離合器控制桿如圖 3-40 所示。推車動力為雙前拉式，轉向時利用前輪差速設計，以差動方式改變後輪自由輪控制方向，轉向最大可執行原地旋轉。操控方式以無線遙控器方式進行控制整輛推車，電動操作時需鎖上機械式離合器控制桿，離合器桿鎖上時推車煞車組為自動運作，當無油門信號時為煞車狀態，偵測油門啟動時即解除煞車；現行設計的減速比為 1:38，未供電時無法滑動，需將離合器鬆開，以人工手動方式操控。最大負載量約 180 公斤，時速因應安全考量及資料蒐集等因素設定為最快每小時 2 公里。避震機



構主要使用充氣式輪胎提供設備避震功能，並於後輪橫桿部分加裝簡易彈簧，可協助推車因地形變化時整體系統平衡及部分避震功能。四周如紅色方塊所示加裝防撞條等裝置，圖 3-41 所示為推車式移動測繪系統開發情形。

推車上的機電系統與車裝系統相同且為同一套設備，惟推車上配置單獨的電力系統、簡單式輪速計為獨立新建置設備，該簡單式輪速計為使用簡單的磁簧開關計算輪子行進狀況，於輪子上固定一磁鐵，機身裝置磁簧開關作為輪周長的計算；電力系統除使用 1 顆原系統 102 安培小時/12 伏特鋰鐵電池外，並新購 1 顆 102 安培小時/12 伏特鋰鐵電池串聯做為系統電池，另推車動力電池部分則新購 2 顆 35 安培小時/12 伏特鉛酸電池，以供整個推車系統行進使用，該電池泛用於汽車等交通工具，所以易於取得及維護，電池充電相關設備則與車載移動測繪系統電池組均沿用原系統的充電裝置。

第參章

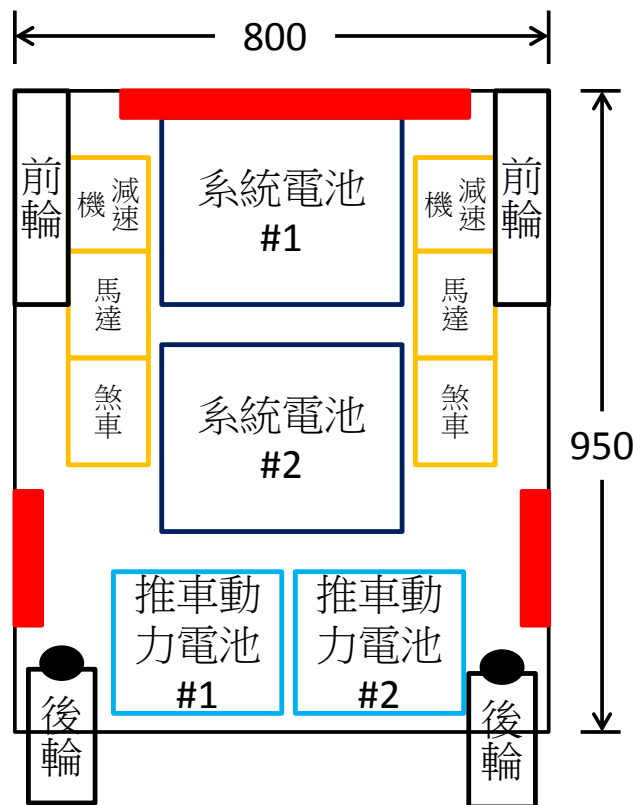


圖 3-38 推車系統設計



圖 3-39 推車系統馬達

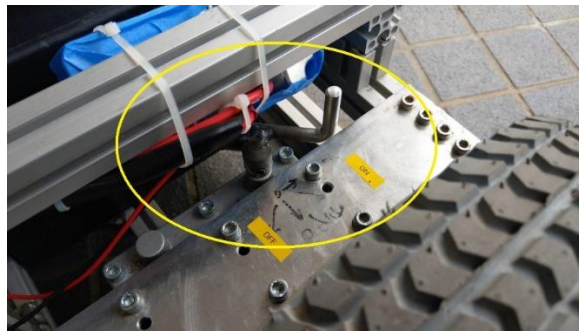


圖 3-40 推車系統離合器桿



圖 3-41 推車式移動測繪系統開發情形

推車式系統配置規劃及實際組裝情形如圖 3-42 及 3-43 所示，總高度約 0.98 公尺，配置與車載移動測繪系統相似，設置角度進行掃描，目的為可得較大掃描範圍，同時減少拍攝到其他設備如相機、車體等，如圖 3-44 所示。因應操作者身高問題，將加設一平台以墊高光達系統，其設計高度需儘可能避開掃描至操作者，而因設備集中於上半部將造成頭重腳輕之情況，為了達成平衡需加重下半部之重量，違背輕量化之目的，然而降低高度可能導致資料擷取不足問題。考量

整體因素仍以降低高度達到安全為首要，並藉由多次來回蒐集資料方式，補足因人工遮蔽造成資料不足之處。

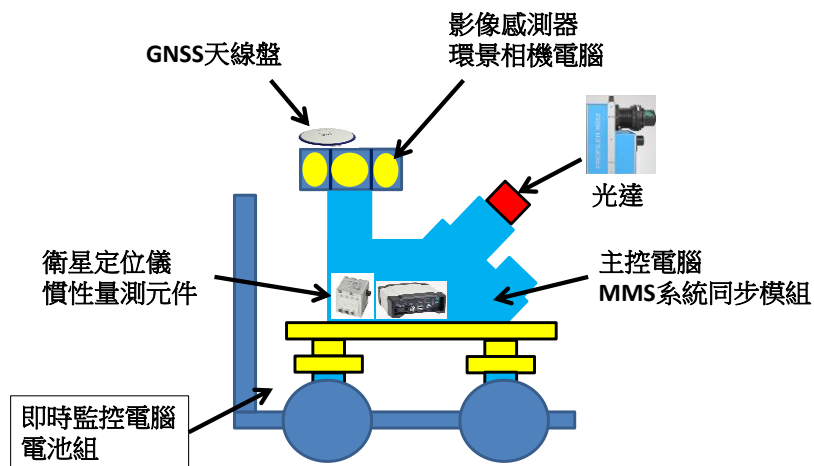


圖 3-42 推車式移動測繪系統配置設計



圖 3-43 推車式移動測繪系統配置組裝情形

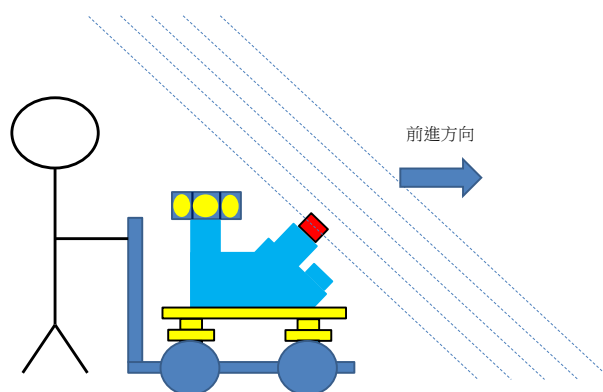


圖 3-44 推車式光達掃描示意圖

推車式系統方塊圖如 3-45 所示，系統延用車載移動測繪系統，並加裝推車機構含煞車及方向控制考量。推車的載移動製圖平台上裝

置感測器、電腦及相關輔助設備，本案使用 2 顆 102 安培小時/12 伏特的鋰鐵電池串聯成 24VDC 作為推車式移動測繪系統的主要電力。電力也需符合 2 小時運作，最大設備可用電力計算如下：

電力使用為 70.7%

$$120\text{AH} \times 0.707 = 84.84\text{AH}@12\text{V} \quad (3-5)$$

2 顆串聯供電至 24V

$$84.84\text{AH} \times 2 = 169.68\text{AH}@24\text{V} \quad (3-6)$$

2 組並聯供電

$$84.84\text{AH} \times 2 = 169.68\text{AH}@24\text{V} \quad (3-7)$$

連續供電 2 小時

$$169.68\text{AH} / 2 = 84.84\text{AH}@24\text{V} \quad (3-8)$$

目前全系統使用瞬間最大用電為 23A@24V，平均用電為 20A@24V，系統足以提供 2 小時運作。

圖 3-46 所示為推車機電系統方塊圖，測試功能與車載移動測繪系統機電系統測試相似，僅推車無輪速計改用簡易型輪轉偵測器。

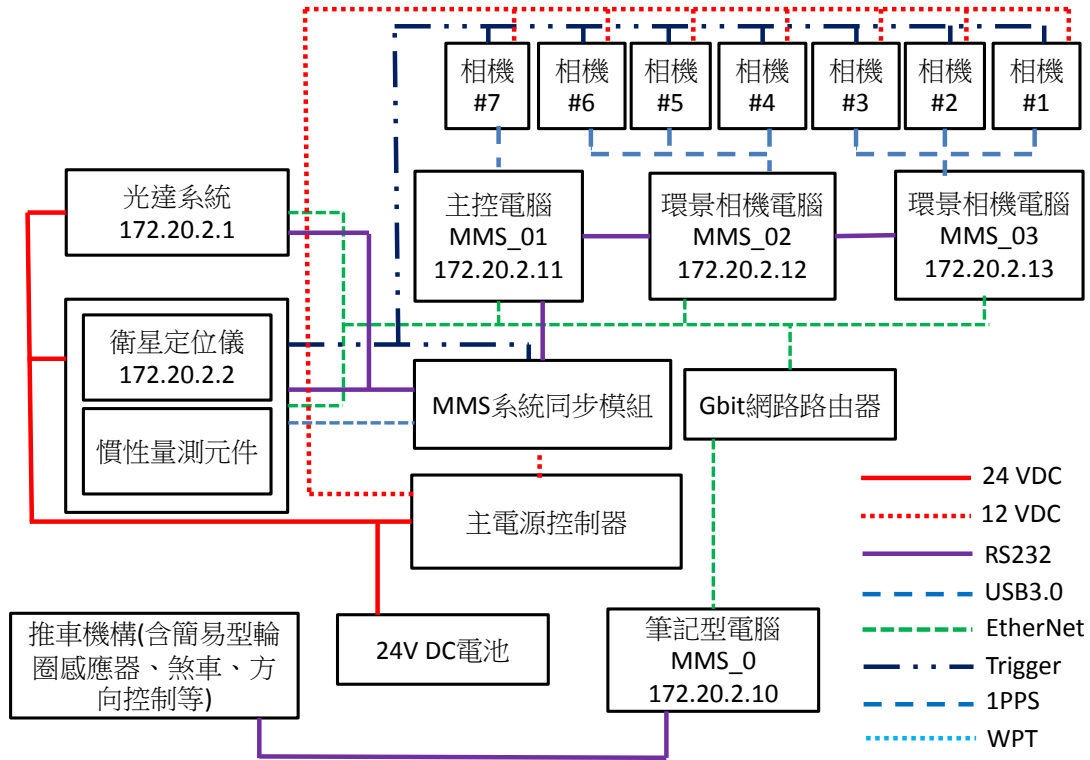


圖 3-45 系統架構方塊圖

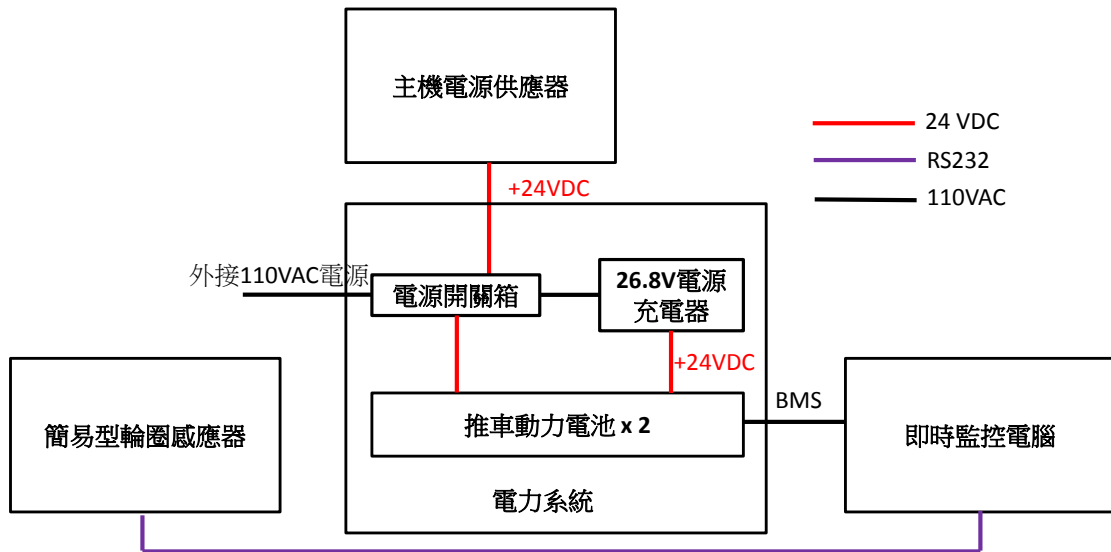


圖 3-46 推車式電力系統系統架構方塊圖

## 第肆章 即時監控及後處理軟體

任務執行時，使用者可透過監控軟體即時獲取資料擷取系統、定位定向系統、機電系統等資料蒐集及系統自身狀態，藉由監看所有感測器畫面，以確保資料接收品質，亦可透過監控軟體進行感測器資料擷取方式設定，評估系統當下是否正常運作。本案採用影像感測器原廠提供之監控軟體 Point Grey FlyCapture 2 及定位定向系統 NovAtel Connect，新增光達系統監控軟體 Z+F Scan API，同時自行開發即時監控軟體，整合上述軟體為 Geosat RTMS，並配合本案自行開發之 MMS 系統同步模組，使資料擷取系統及定位定向系統可透過使用者輸入條件進行同步觸發，透過監控畫面展示資料紀錄狀況。

車載移動測繪系統資料蒐集完成後，後處理軟體系統提供使用者進行相片相關量測工作，透過直接地理定位進行點位量測，更進一步進行長度、高度及面積的量測，減少外業工作時間及人力。光達資料為原始資料解譯、點雲分類及過濾、平差、編輯、繪製等高線及產生 DEM 等資料更新等。以下為說明。

### 第一節 即時監控軟體

#### 一、光達系統監控軟體

光達系統監控方式主要使用 Internet Explorer (IE) 瀏覽器執行 Z+F 光達運作，於網址列輸入「http://<IP>」即可進入主畫面如圖 4-1 所示，點選左側欄位分別為資訊(Info)、狀態(Status)、掃描設定(Scan predefined 或 Scan)、掃描管理(Scan management)、問題協助(Help)，各視窗如圖 4-2 至圖 4-6 所示。於網址列輸入「http://<IP>/gps」檢查光達與 GNSS 連接情形如圖 4-7 所示；於網址列輸入「http://<IP>/config」檢查光達設定參數如圖 4-8 所示。

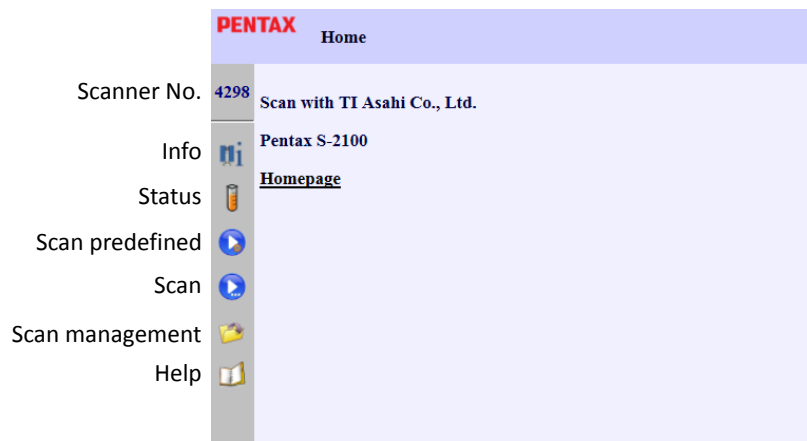


圖 4-1 IE 瀏覽器監控光達操作畫面

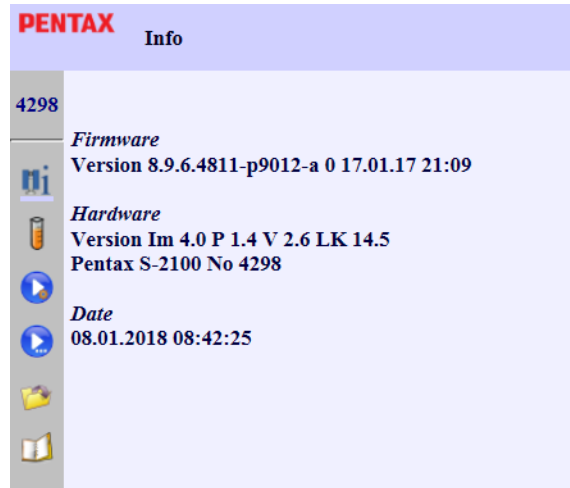


圖 4-2 光達資訊(Info)畫面

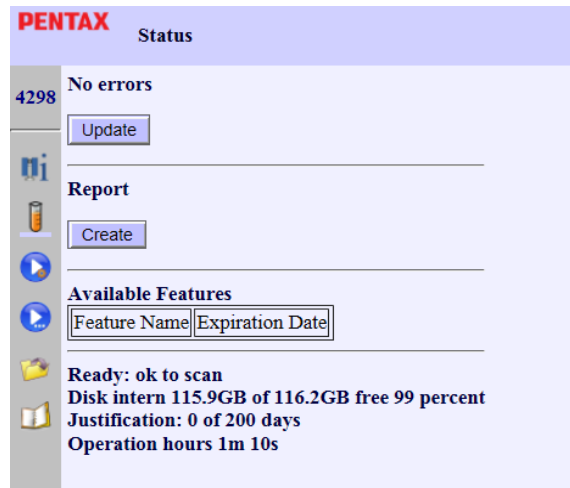


圖 4-3 光達狀態(Status)畫面

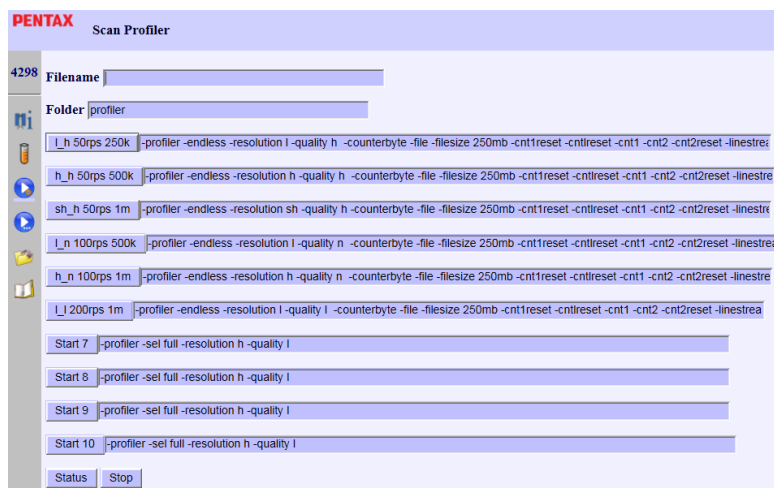


圖 4-4 光達掃瞄設定(Scan predefined 或 Scan)畫面

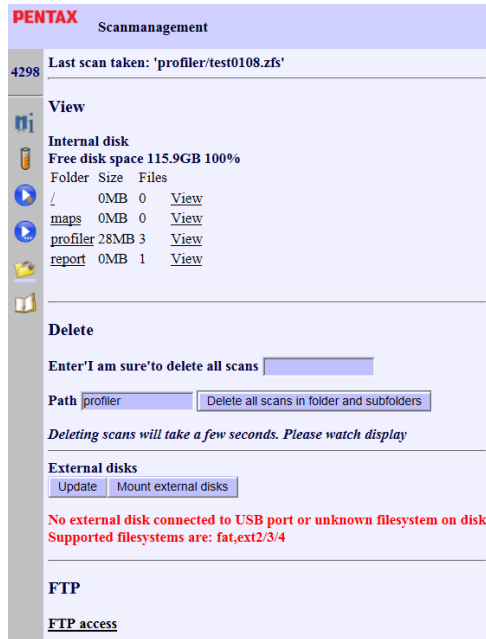


圖 4-5 光達掃描管理(Scan management)畫面

## Manual

[English](#)

[Deutsch](#)

圖 4-6 光達問題協助(Help)畫面

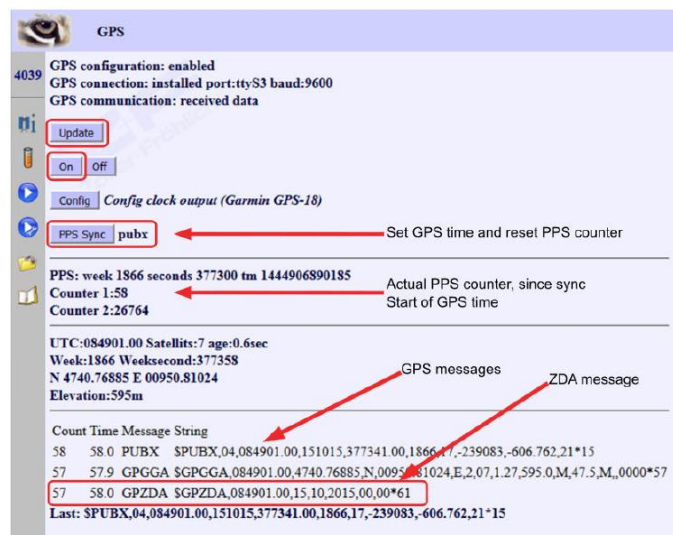


圖 4-7 光達與 GNSS 連接情形畫面



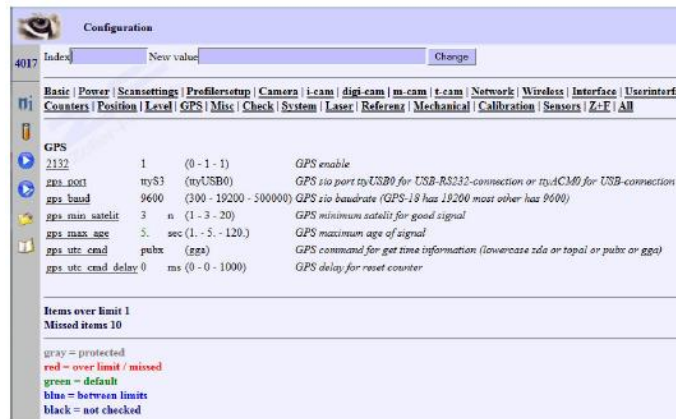


圖 4-8 光達設定參數畫面

## 二、相機控制軟體

Point Grey FlyCapture2 為 Point Grey 原廠提供之專屬相機控制軟體，主要分為工具列、資訊視窗、影像視窗，如圖 4-9 及圖 4-10 所示，資訊視窗及影像視窗分別展示拍攝瞬刻之相關資訊以及影像。



圖 4-9 Point Grey FlyCapture2 主畫面

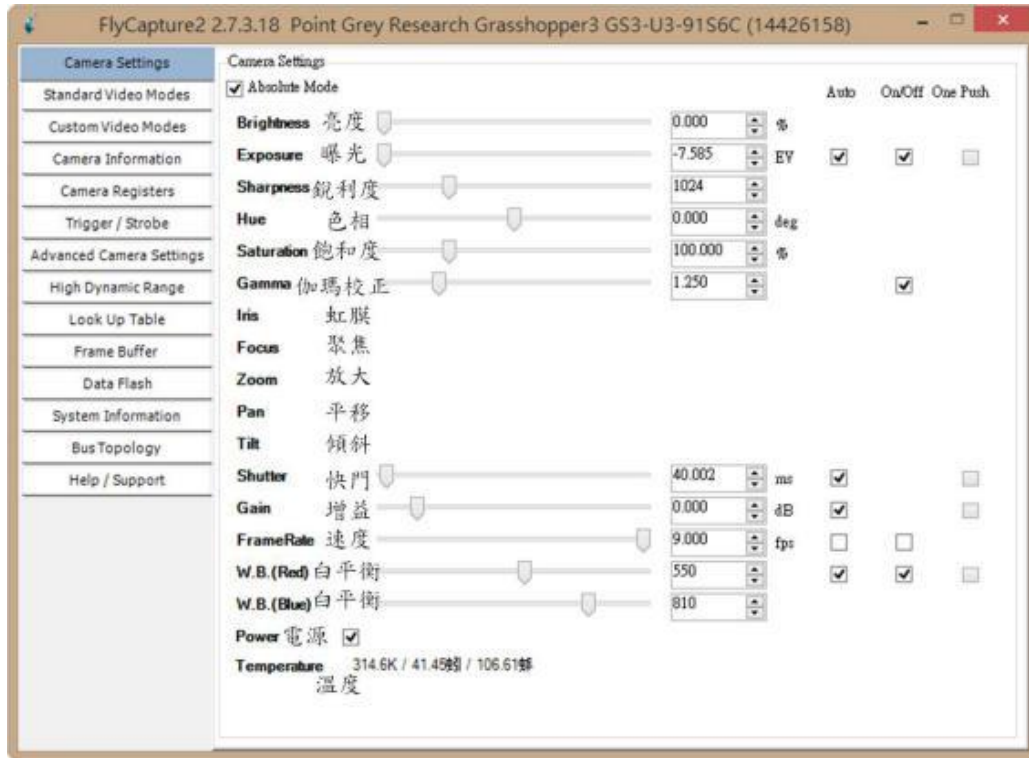


圖 4-10 Point Grey FlyCapture2 相機設定畫面

### 三、定位定向資料監控軟體

NovAtel Connect 為定位定向系統 NovAtel 原廠所提供專為定位定向系統之控制軟體，軟體主畫面如圖 4-11 所示，分為衛星分佈視窗、位置資訊視窗、即時位置分佈視窗、衛星狀態品質視窗、衛星分佈資訊 DOP (Dilution Of Precision)值視窗以及指令輸入視窗。選取 NovAtel Connect 主畫面上方「Wizards」選單，點選「SPAN Alignment」，即可進入系統初始化設定，包含軸角及固定臂相對關係、輪速計相關資訊、初始化條件門檻等，設定完畢則產生慣性導航系統狀態視窗，顯示慣性導航系統各項資訊，如圖 4-12 所示。



圖 4-11 NovAtel Connect 主畫面

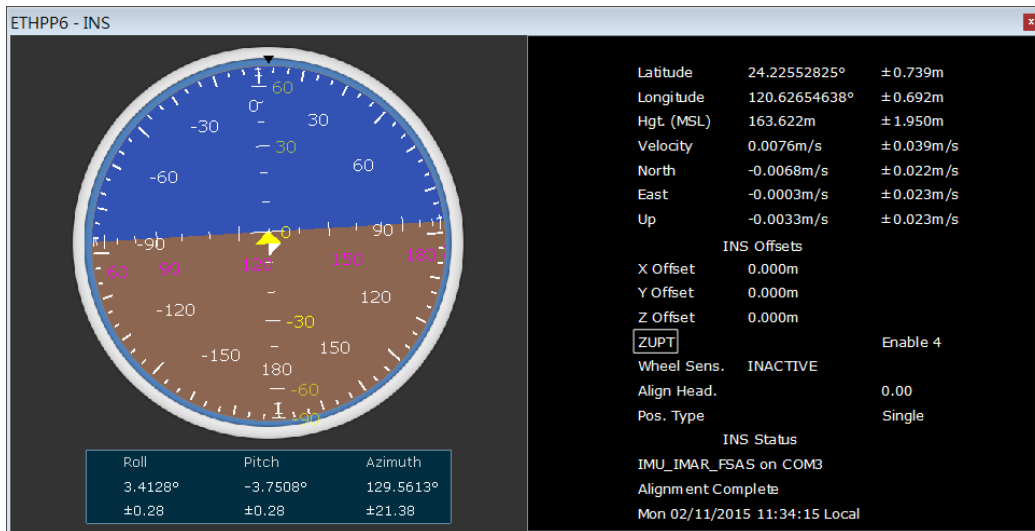


圖 4-12 NovAtel Connect 慣性導航狀態視窗

#### 四、GEOSAT-RTMS 即時監控軟體

GEOSAT-RTMS 為本團隊專為本案車載移動測繪系統開發之監控系統，主畫面如圖 4-13 所示，整合定位定向系統、相機控制、光達系統、機電系統等資訊顯示於即時監控軟體，並結合開發之系統同步控制板進行車載移動測繪系統作業控制。即時監控軟體可針對各項作業進行相關設定，顯示系統工作狀態，包含影像拍攝數量，資訊視窗顯示衛星狀態以及電力使用狀況資訊。人機介面則可對系統進行開關機與設定。

資料讀取內容如下說明：光達系統針對其 SDK 與 App 輸出之資訊如點雲距離、角度、強度值等，顯示於主畫面。影像資訊讀取環景相機電腦傳回至即時監控電腦之相片，依設定模式如每張即時或固定

間隔輸出，影像包含平面 6 張及向上拍攝 1 張共 7 張，並與定位定向系統之 Trigger 資料進行比對，確定筆數是否一致。定位定向系統需於 NovAtel Connect 監控軟體設定相關資訊如 GPGGA 或 TIMEA 等，藉由讀取設定連接埠輸出之即時資訊進行解譯，將位置或速度等訊息顯示於 GEOSAT-RTMS 之上。機電及電力系統等根據其系統工作狀態，與即時監控電腦進行互聯並顯示於軟體主畫面上。

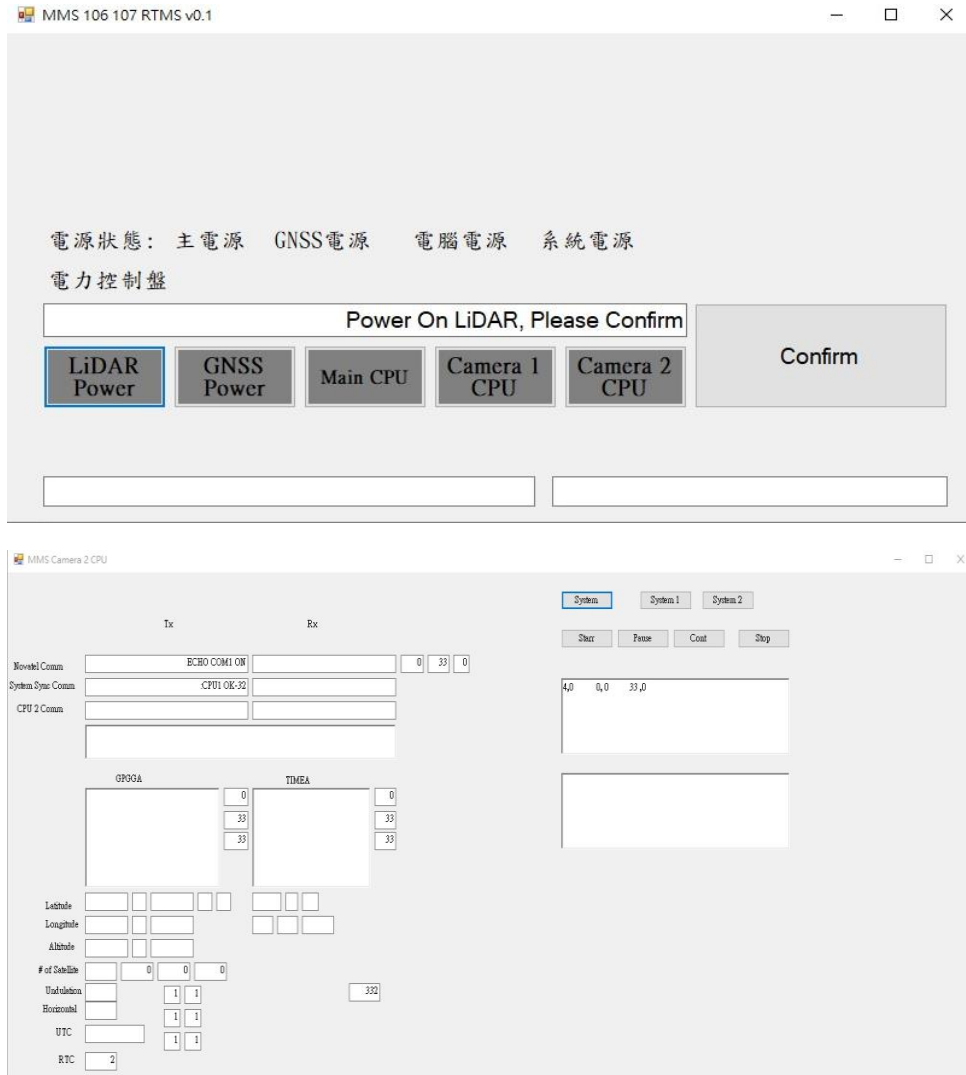


圖 4-13 GEOSAT-RTMS 主畫面

## 第二節 後處理軟體

### 一、光達系統解算軟體

光達點雲處理軟體包含光達率定程式及點雲資料處理兩部分。率定程式為率定光達與定位定向系統各自坐標系統相對關係，包含三軸方向之平移量與旋轉偏移，將於第五章做說明。點雲資料處理選用 Z+F SynCaT(包含 Synchronization、Correction)、TerraSolid(包含

TerraScan、TerraMatch、TerraModeler)，選用之光達解算軟體規格如表 4-1 所示。Z+F SynCaT-Synchronization 目的為解譯光達原始資料並與定位定向系統資料進行同步，建置三維點雲資料，主畫面如圖 4-14 所示。Z+F SynCaT-Correction 為藉由控制點坐標資料，平差計算其誤差進行補償，得真實高精度三維點雲。

表 4-1 選用之光達解算軟體規格

本案規範	本公司規劃軟體	是否符合或優於規範
需可結合本案 POS 成果、點雲及像片資料	Z+F SynCaT	符合
點雲資料編輯管理	Z+F SynCaT、TerraScan	符合
點雲資料平差，且可使用外部控制點擬合與坐標轉換	TerraScan、TerraMatch	符合
可繪製等高線、產製 DSM 及土方計算	TerraModeler	符合

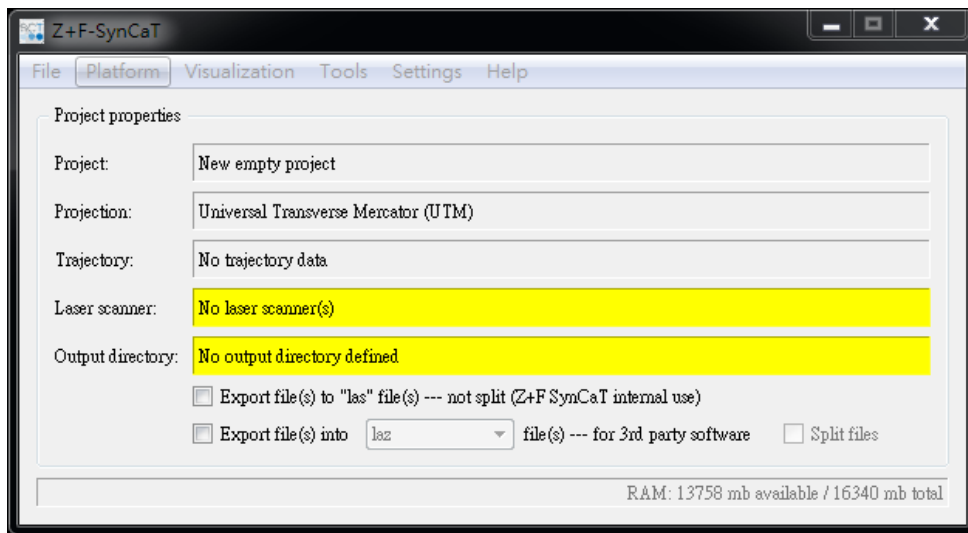


圖 4-14 Z+F SynCaT 主畫面

將 Z+F SynCaT 輸出之點雲 LAS 格式、原始影像、上述定位定向資料解算軟體計算之影像外方位參數等資訊，匯入至 TerraSolid 系列軟體，可執行彩色點雲編輯及平差作業，另可藉由外部控制點擬合輔助，提升三維點雲精度。TerraSolid 需於 MicroStation 底下執行，主畫面如圖 4-15 所示，以下為軟體介紹。

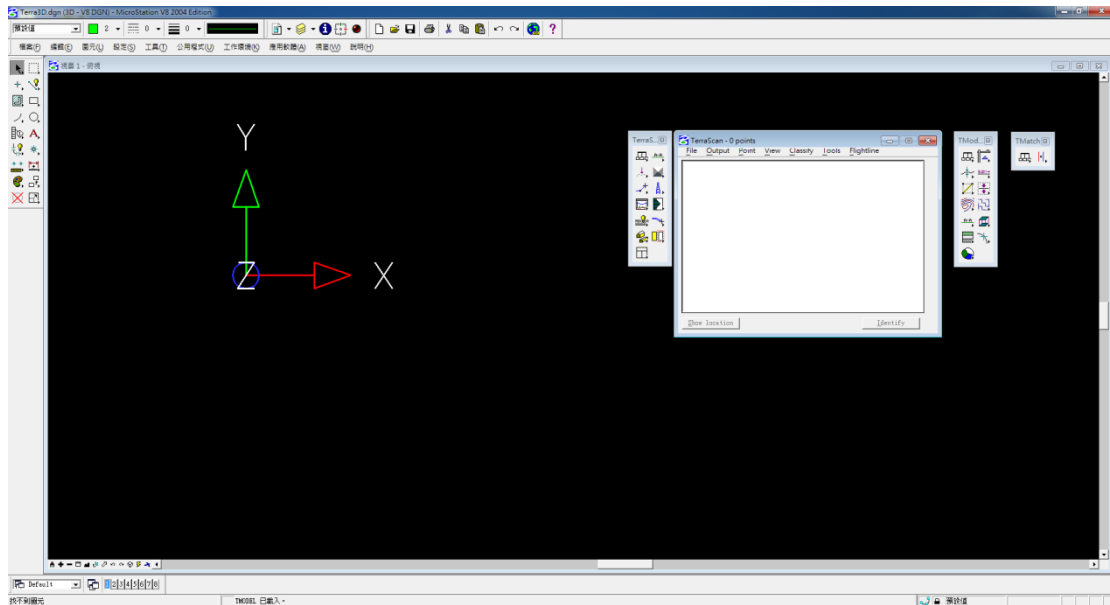
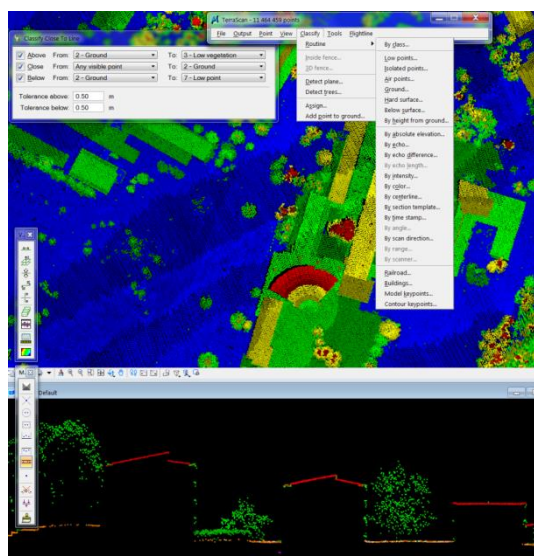


圖 4-15 TerraSolid 主畫面

TerraScan 為根據 Axelsson 改進的迭代加密三角網的方式，透過最鄰近法建立不規則三角網，進而進行點雲分類及過濾(Sithole, 2001)，TerraScan 提供分類的類別包含地面點、低矮植被、中等植被、高植被及建築物等，使用者亦可依照需求新增類別，TerraScan 點雲分類如圖 4-16 所示，另可配合商用軟體 MicroStation 針對點雲進行三維向量資料數化及編輯，如圖 4-17 所示。後續可應用於點雲資料分類及過濾，產生表面模型(Triangulated Irregular Networks, TINs)，包含 Binary 的雷射點、載入其他點雲資料或文字檔，更可編輯及應用所產生的表面模型，提供製圖相關應用。

圖 4-16 TerraScan 點雲分類(摘自 <http://www.terrasolid.com>)

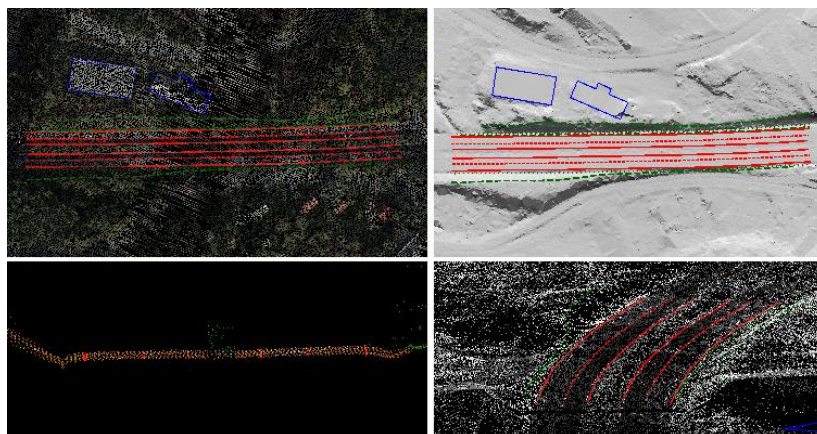


圖 4-17 TerraScan 三維向量資料數化(摘自 <http://www.terrasolid.com>)

TerraMatch 為點雲自動平差軟體，提升原始光達點雲品質及精度，透過不同測站間重疊範圍進行點雲匹配，加入已知幾何資訊進行點雲校正，並進行點雲平差取得較佳點雲坐標，適合應用於地面車載光達移動測繪系統。當地面光達系統運作時，角度未經初始化校準，TerraMatch 於後處理時可對資料進行檢查及改正，提升初始資料正確性，減少誤差傳播造成後續資料錯誤情況發生；作業進行對地物做重覆觀測，TerraMatch 可針對定位定向系統提供之資訊及光達點雲資料等，計算未經初始化角度及位置誤差改正量，進一步改善原始光達點雲精度，改正前後應用如圖 4-18 所示。

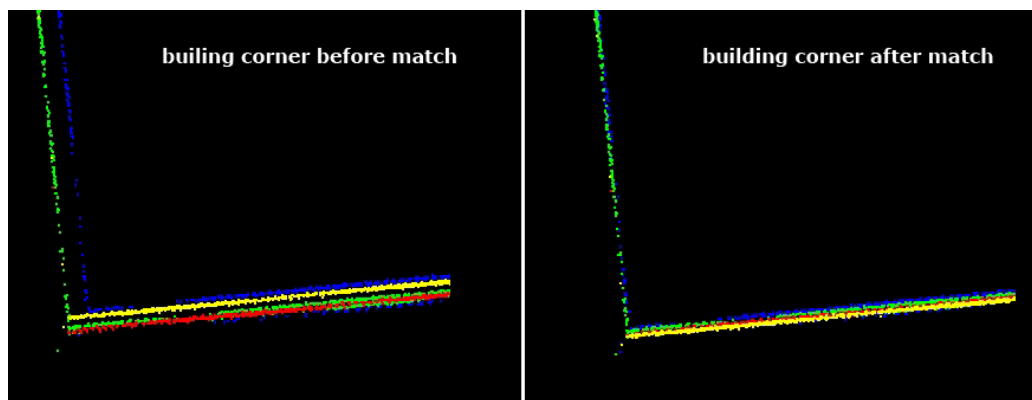


圖 4-18 TerraMatch 應用於(左)改正前；(右)改正後點雲結果(摘自 <http://www.terrasolid.com>)

TerraModeler 為點雲地形模型處理軟體，功能如下：由各種不同的來源可以產生表面模型(TINs)，包括 Binary 的雷射點、TerraScan 中載入的點雲資料、XYZ 文字檔等；編輯及應用所產生的表面模型(TINs)，以不同顯示方式顯示地形模型，如輪廓線、網格、三角形、高程、斜率等；於指定區域插入斷點或高程點編輯地形模型；新增、刪除、合併多個地形模型產生新地形模型；針對地形模型之高程值、

高程差、斜率等進行視覺分析；繪製地表高程向量、斜坡、標示區域等。相關成果如圖 4-19 所示。

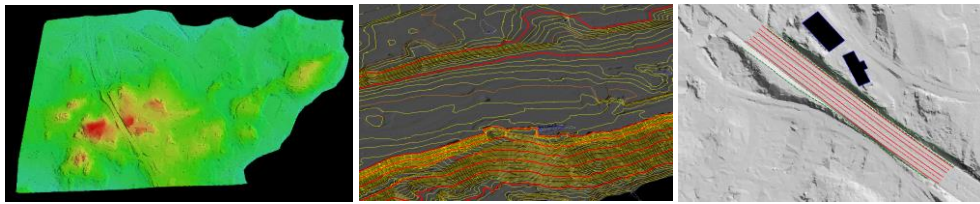


圖 4-19 TerraModeler(左)表面陰影；(中)輪廓線；(右)特徵線結果(摘自 <http://www.terrasolid.com>)

## 二、影像拼接軟體

本團隊提供可將本案建置移動測繪系統之影像成果拼接組成 360 度環景影像，軟體主畫面如圖 4-20 所示，拼接及調色功能提供單組或批次影像拼接，成果如 4-21 所示，同時可選擇是否進行影像調色，調色成果前後比較如圖 4-22 及 4-23 所示。影像模糊化及貼 LOGO 如圖 4-24 及 4-25 所示。後續成果轉成 KML 格式並於電子地圖上同步顯示拍攝位置，如圖 4-26 所示。

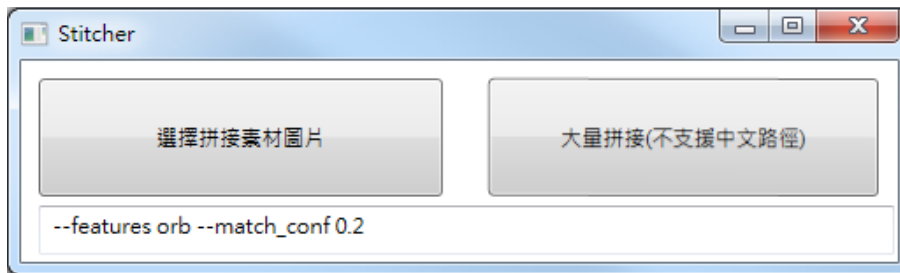


圖 4-20 影像拼接主畫面



圖 4-21 影像拼接成果





圖 4-22 影像拼接未調色結果輸出



圖 4-23 影像拼接調色後結果輸出



圖 4-24 影像模糊化

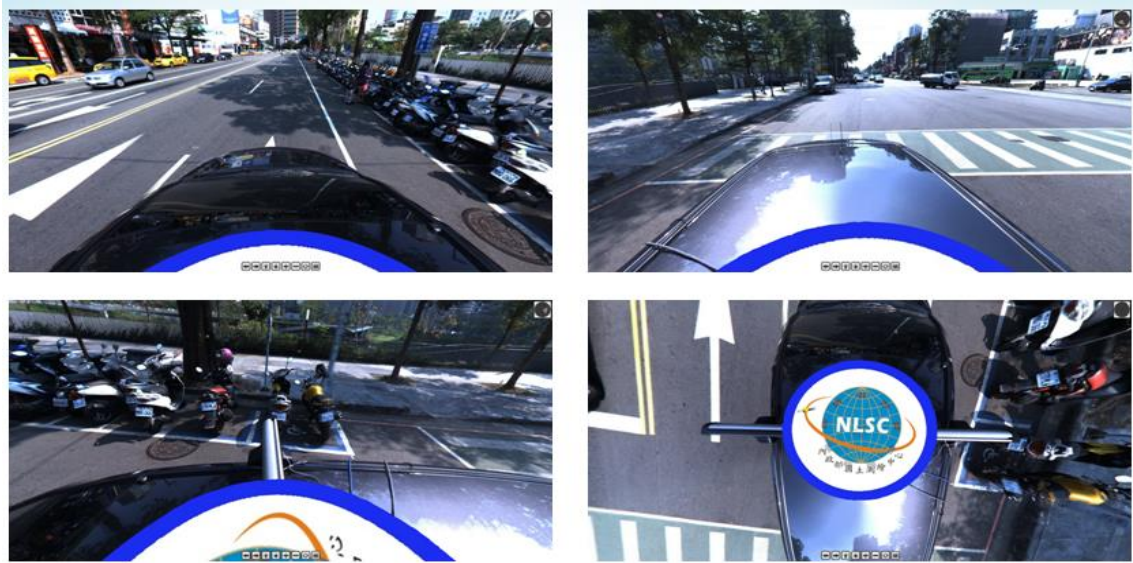


圖 4-25 影像貼 LOGO



圖 4-26 影像成果輸出展示於 Google Earth

### 三、定位定向資料解算軟體

本案延續國土測繪中心提供之定位定向演算法處理軟體 GeoPoint，其開發環境為 Windows 7 作業系統，透過 Visual Studio 2010 以 C#及 C++語言進行開發，軟體主畫面如圖 4-27，主要分為應用程式功能區、資料管理區、地圖展示區、成果展示區及輔助功能區，應用程式主功能區即包含軟體之主要功能，如資料解算、地圖顯示設定及資料匯出等設定；資料管理區則顯示各筆解算資料之詳細內容；地圖展示區底圖為國土測繪中心之臺灣通用電子地圖，解算成果可圖形顯示於其上；成果展示區則以折線圖展示解算成果之高程資料，其橫

軸為資料時間，縱軸為資料高程；輔助功能區提供使用者利用已知坐標進行地圖搜尋。

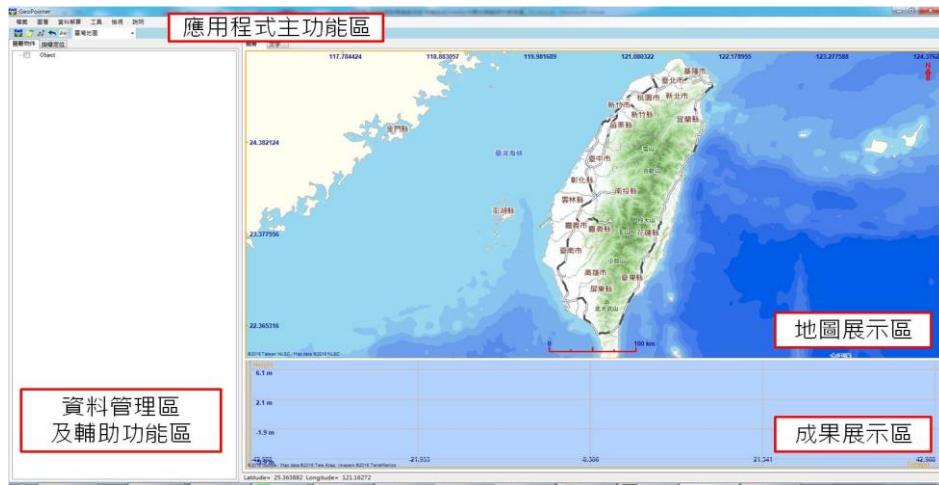


圖 4-27 GeoPoint 主畫面

為了產生後續像片量測軟體所需之方位資料，GeoPoint 附掛一資料轉換模組 PMMS-DG，可透過 GeoPoint 主程式開啟，如圖 4-28 所示，PMMS-DG 模組主畫面如圖 4-29 所示，主要功能為將 GeoPoint 解算後之軌跡資料加入系統觸發時間進行內插，再加入影像資訊及軸角及固定臂率定成果輸出 GMMS 所需之內方位資料，成果如圖 4-30 所示。

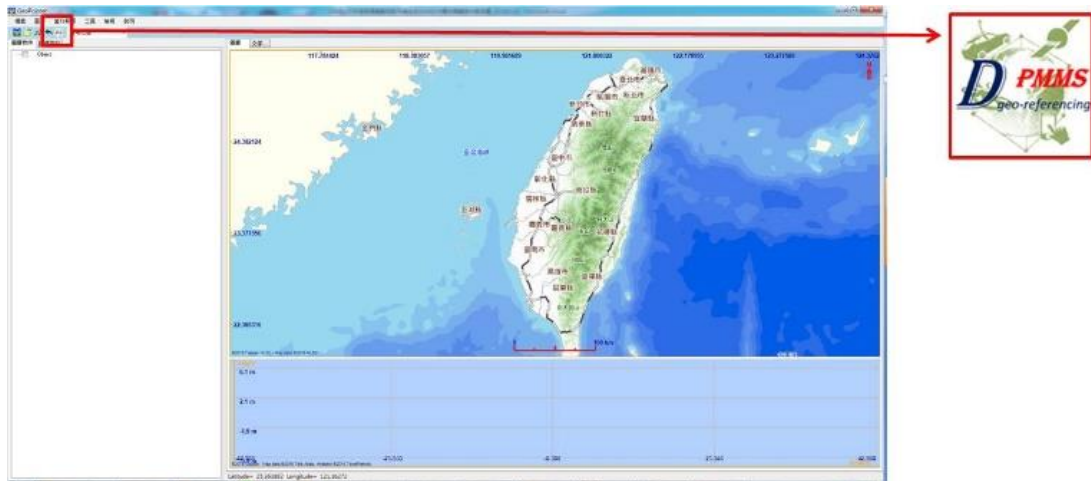


圖 4-28 PMMS-DG 模組

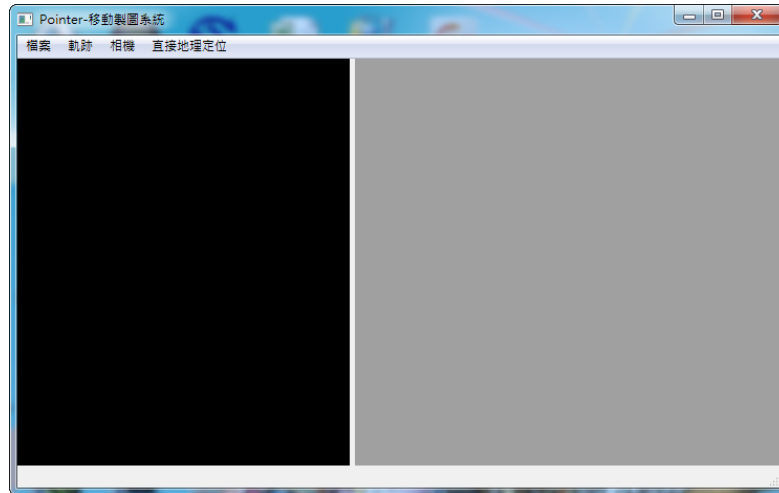


圖 4-29 PMMS-DG 模組主畫面

```

8.1973
-0.1031
-0.0486
0.000000e+000
2.847800e-003
-1.614540e-005
-1.222390e-007
1.667700e-005
4.849800e-005
0.000000e+000
0.000000e+000
0.000000e+000
16984
3376
2704
0.003699

1 0_20151022131036709_00002.jpg 1 175423.2589114690 2537470.6874499900 36.109 0.6723121030 -0.73979311480 -0.0281827060 0.0264375917
1 0_20151022131046006_00003.jpg 1 175423.2589388880 2537470.6963614700 36.103 0.6722654290 -0.7397725208 -0.0283052754 0.0264821621
1 0_20151022131046490_00004.jpg 1 175423.2603582810 2537470.6963266400 36.103 0.6722408855 -0.7397906713 -0.0283378336 0.0265253917
1 0_20151022131047084_00005.jpg 1 175423.2603582030 2537470.6963040400 36.103 0.6722258680 -0.7398024205 -0.0283683100 0.0265686612
1 0_20151022131047600_00006.jpg 1 175423.2603519900 2537470.6963227100 36.104 0.6722377345 -0.7397895462 -0.0284228011 0.0265822999
1 0_20151022131511087_00007.jpg 2 175423.7488157700 2537470.7800330900 36.146 0.7226764565 -0.6904203076 -0.0325351814 0.0260173229
1 0_20151022131514072_00008.jpg 3 175426.3672266660 2537473.3091821700 36.215 0.9918096099 0.1269694811 -0.0139438958 0.0169354318
1 0_20151022131515962_00009.jpg 2 175425.8725794740 2537477.0366725300 36.239 0.4995634715 0.8660495605 -0.0193212798 0.0148404093
1 0_20151022131517572_00010.jpg 2 175422.8142986110 2537479.9536557700 36.212 -0.0717984348 0.9974189526 -0.0006468186 0.0031484301
1 0_20151022131519072_00011.jpg 3 175419.0356720920 2537482.0653959700 36.164 -0.3117629105 0.9501352597 -0.0068465998 -0.0105963895
1 0_20151022131520572_00012.jpg 1 175414.7450356970 2537483.5234247200 36.124 -0.4823795453 0.8759247855 -0.0081082890 -0.0051005626
1 0_20151022131521869_00013.jpg 1 175410.7033974980 2537483.855927800 36.093 -0.7060401044 0.7081716143 0.0005794075 -0.0148565726
1 0_20151022131523275_00014.jpg 2 175406.5704011350 2537482.3108137700 36.040 -0.9541804096 0.2991662463 0.0062692108 -0.0049715850
1 0_20151022131524572_00015.jpg 2 175404.1399487800 2537479.1198292700 36.019 -0.9696130220 -0.2445248187 0.0076289394 0.0162700760
1 0_20151022131525894_00016.jpg 2 175403.8424941390 2537475.2763677500 35.997 -0.7000871308 -0.7140579355 0.0003199532 0.0263046535
    
```

圖 4-30 PMMS-DG 輸出內外方位資料

#### 四、像片量測軟體

本案延續國土測繪中心提供之像片量測軟體 GMMS，其軟體開發環境為 Windows 10 作業系統，透過 Visual Studio 2015 以 C# 語言進行開發，並使用 Microsoft SQL server 進行資料庫建置，主要功能分為專案設定、量測工具、資源管理三部分，其中專案設定包含作業專案所存放之資料庫位置以及專案名稱；量測工具為 GMMS 之核心，包含點位前方交會、各種幾何量測以及圖層設定，使用者可透過 2 張以上影像點選興趣點，進行點位前方交會計算，得該點位之物空間三維坐標，並儲存至該點位之分類圖層，而點位之幾何屬性則可透過幾何量測工具進行長度、寬度、面積等量測，自動帶入該點位對應屬性欄位，另外幾何量測亦包含線型資料數化，一般常用以數化道路之邊線或道路中心線；資源管理部分包含影像設定、相機參數以及外部資料，可加入用以量測之影像資料，並匯入影像資料對應之方位資料，影像即可配合方位資料於軟體中展示，另外可加入具有地理資訊之外

部資料，做為各項量測工作參考。軟體主畫面如圖 4-31 所示，包含影像操作區、地圖展示區、屬性資料展示區、圖資及圖層管理區以及應用程式主功能區等。

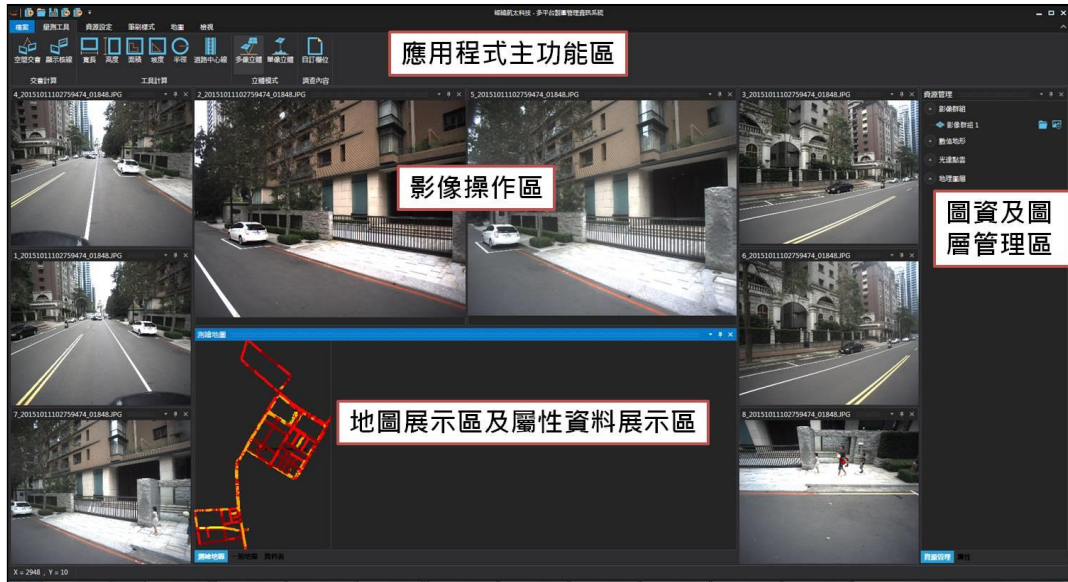


圖 4-31 GMMS 主畫面

## 第五章 光達資料處理、率定作業、精度分析

Z+F SynCaT 為 Z+F 開發的原廠資料格式轉換軟體，將 Pentax 或 Z+F 光達原始\*.zfs 資料、定位定向系統軌跡資料、軸角/固定臂率定成果轉換為通用格式\*.las、\*.laz、\*.txt 資料，亦可解算光達及定位定向系統軸角/固定臂相對關係，匯入及量測控制點修正軌跡及點雲提升精度。

TerraSolid 為處理光達點雲資料軟體，包含 TerraScan、TerraMatch、TerraModeler 模組。將 Z+F SynCaT 輸出之點雲\*.las 格式、定位定向資料、原始影像等資訊，匯入至 TerraSolid 系列軟體，可執行彩色點雲編輯及平差作業，另可藉由外部控制點擬合輔助，提升三維點雲精度。

本案提供光達點雲資料處理軟體功能架構圖如圖 5-1 所示，Z+F SynCaT 其所需之環境包含 Windows 7 以上作業系統、8GB 記憶體、顯示卡支援 OpenGL V1.5 Direct-X 及 1GB 記憶體、200MB 硬碟空間。TerraSolid 需於 MicroStation V8 或 V8i 底下執行，Windows 2000 以上作業系統、3GB 記憶體、10MB 硬碟空間。

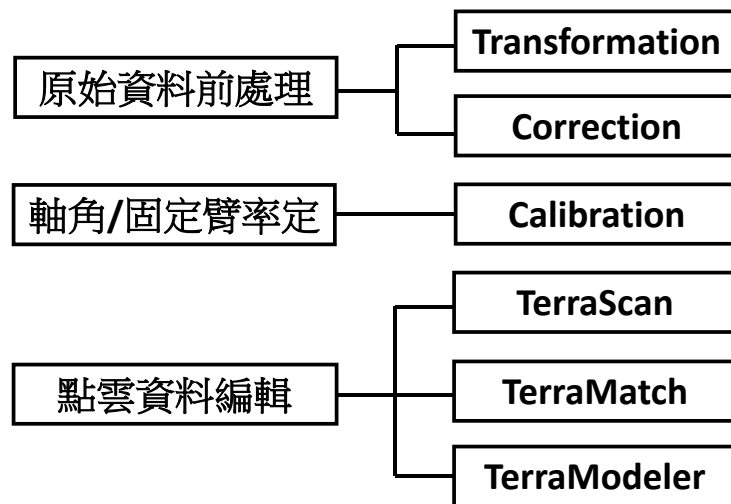


圖 5-1 系統功能架構圖

### 第一節 Z+F 原始資料處理

原始資料前處理使用軟體為 Z+F SynCaT，主要功能為 Transformation、Calibration、Correction，系統畫面如圖 5-2 所示。資料處理流程如圖 5-3 所示，包含資料匯入光達原始檔案、率定解、定位定向系統軌跡資料；設定坐標系統如橢球參數、平移量、地圖投影

選擇等；輸出資料夾路徑、檔案格式選擇等，各功能介紹如下所示。

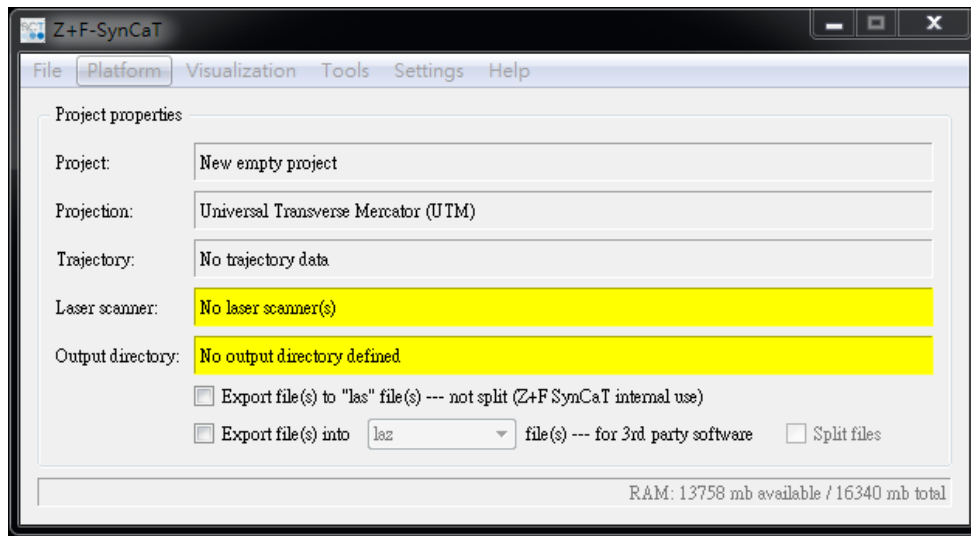


圖 5-2 Z+F SynCaT 畫面

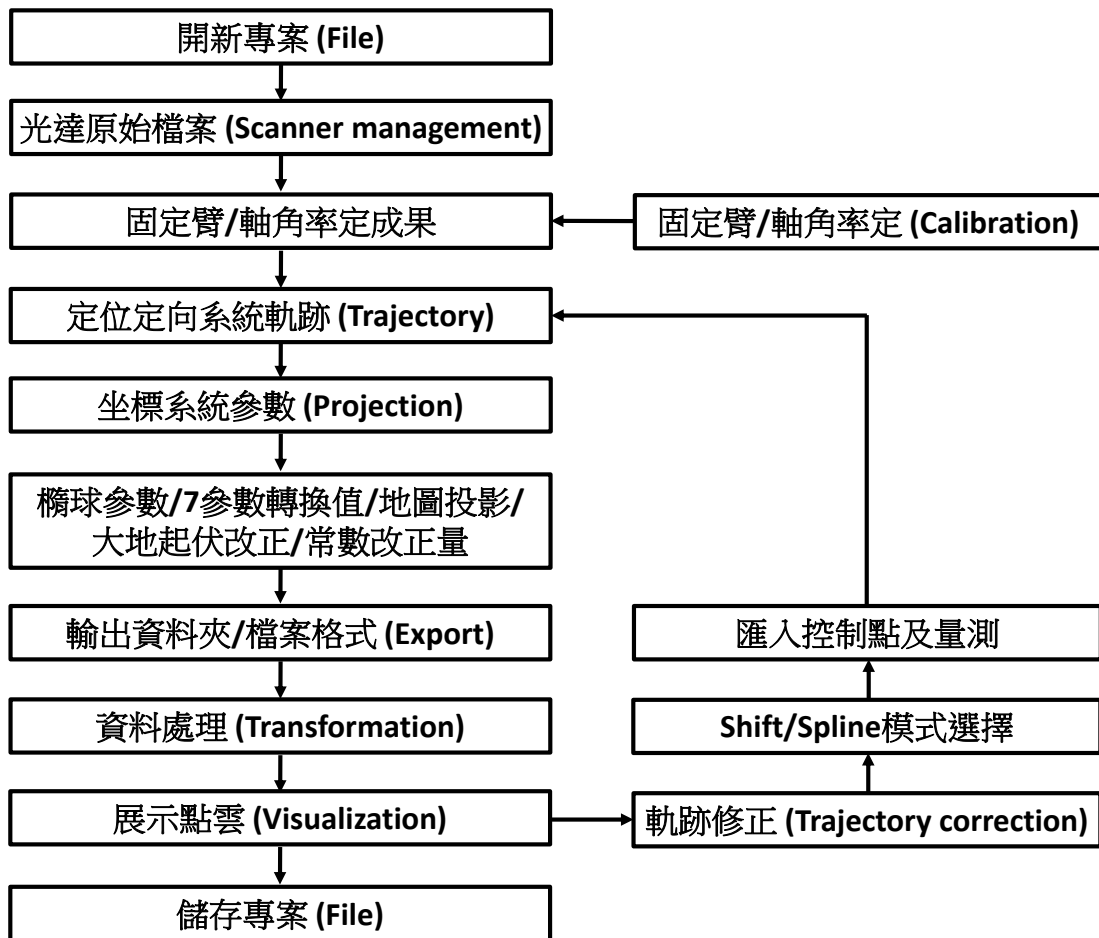


圖 5-3 資料處理流程圖

## ■ File

File 功能為新增(New)、開啟(Open)、儲存(Save 或 Save as)、結束(Exit)專案，開啟設定方式如圖 5-4 及 5-5 所示。

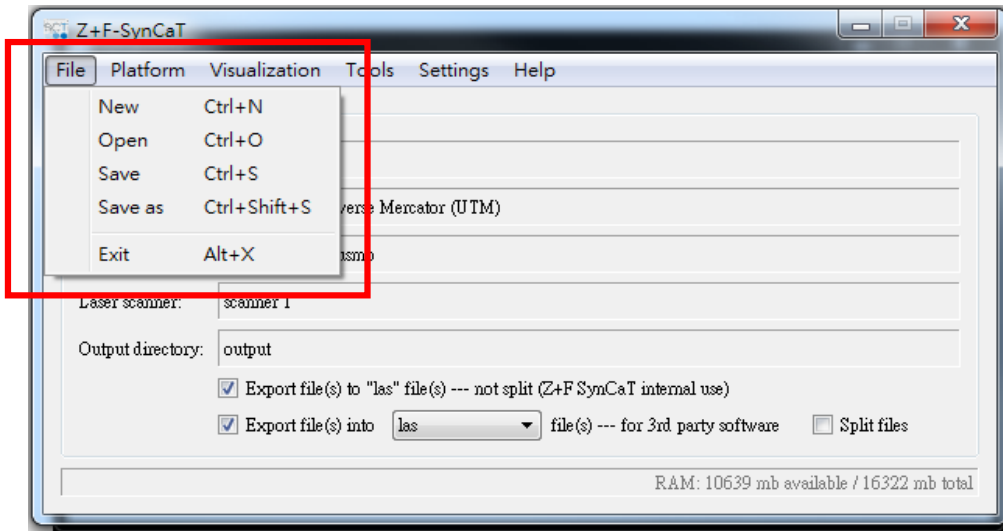


圖 5-4 Project 設定方式 1

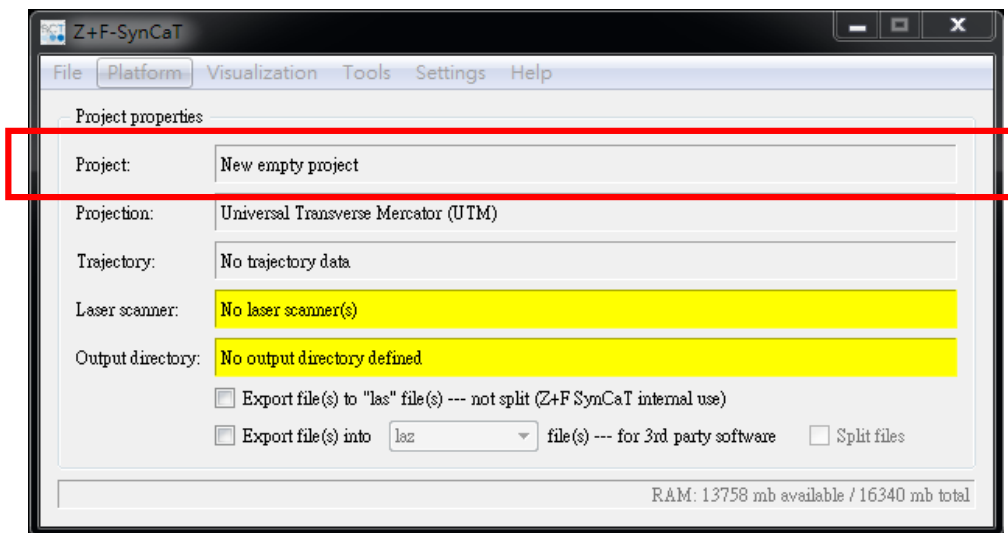


圖 5-5 Project 設定方式 2

## ■ Platform/Scanner management

Scanner management 功能為匯入光達原始資料、軸角/固定臂成果、時間平移等，開啟設定方式如圖 5-6 及 5-7 所示。



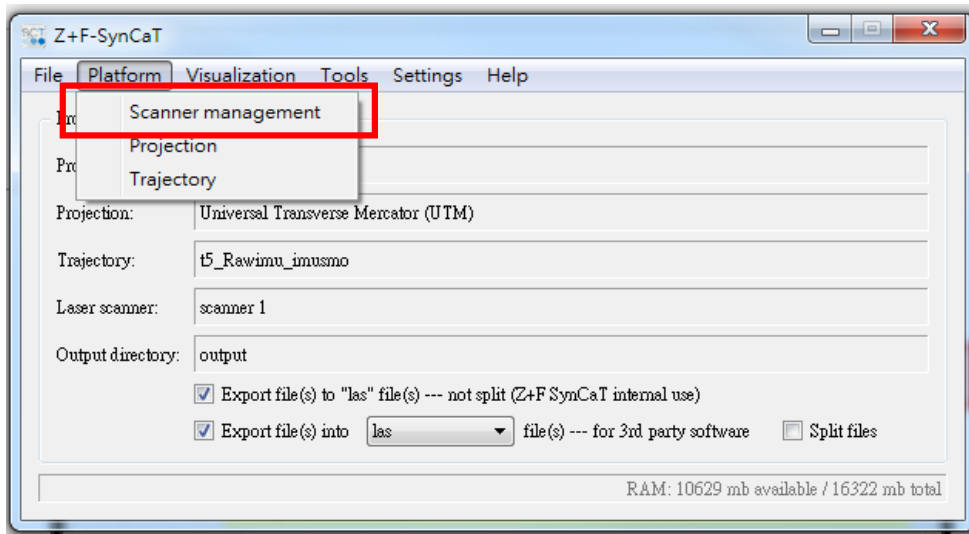


圖 5-6 Scanner management 設定方式 1

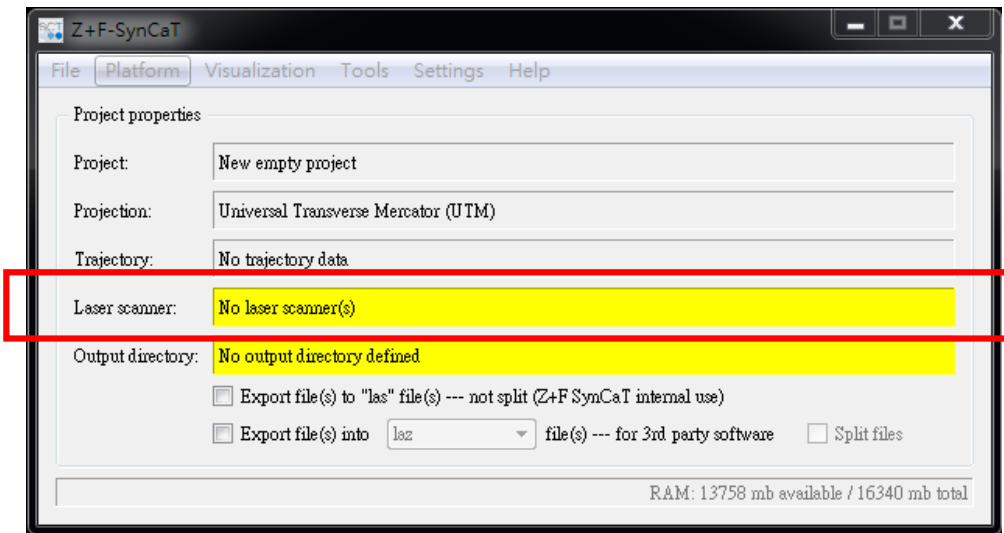


圖 5-7 Scanner management 設定方式 2

點選後開啟介面如圖 5-8 所示，於 Scanners and data files 下方空白處點選滑鼠右鍵，選擇 Add new scanner 如圖 5-9 所示，新增一掃描裝置 scanner 1，再於其上點選滑鼠右鍵，選擇 Add data file(s) 如圖 5-10 所示，加入 Z+F 光達原始資料\*.zfs 檔案，輸入模組 Calibration 計算之固定臂及軸角資訊即可完成設定，如圖 5-11 所示。

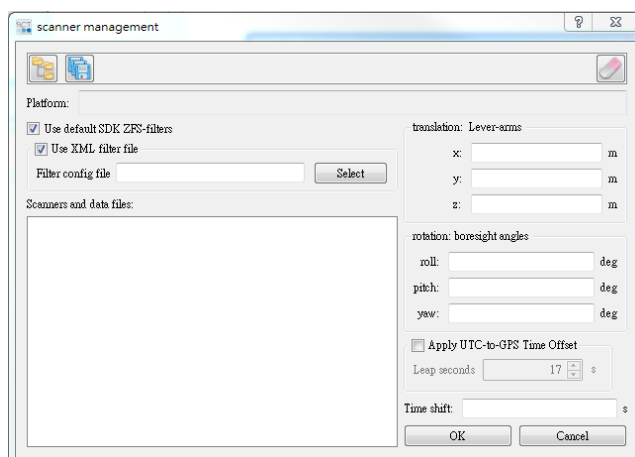


圖 5-8 Scanner management 介面

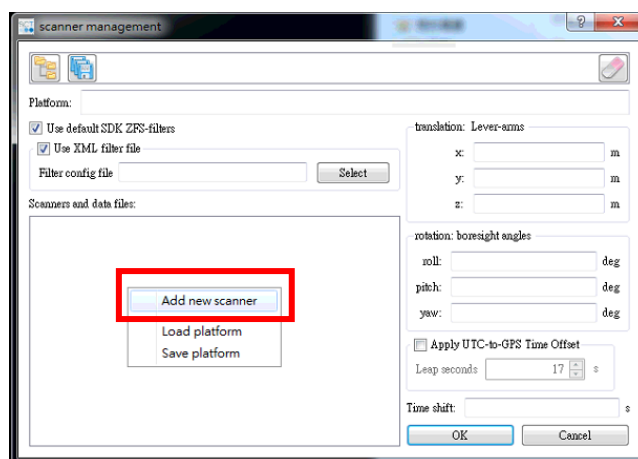


圖 5-9 新增掃描裝置

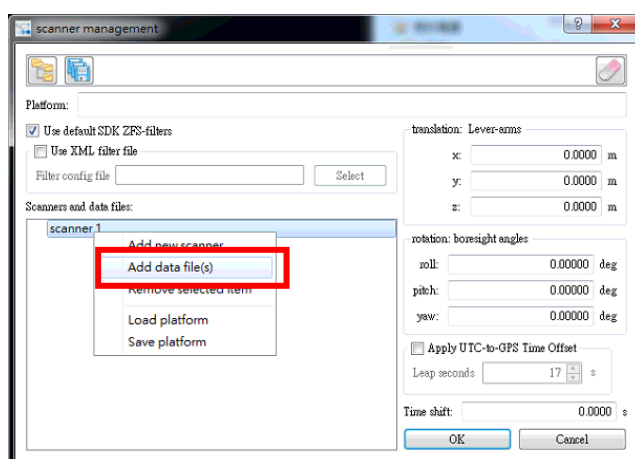


圖 5-10 加入光達原始資料

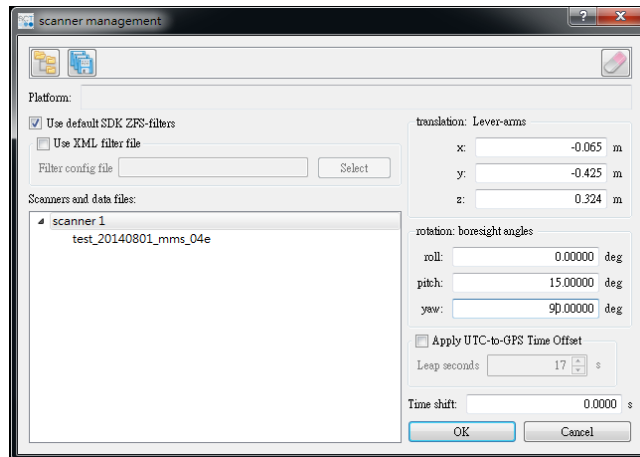


圖 5-11 輸入固定臂/軸角成果

## ■ Platform/Projection

Projection 為設定坐標系統如橢球參數、平移量、地圖投影選擇等，開啟設定方式如圖 5-12 及 5-13 所示。點選 Projection 開啟 Projection settings 介面如圖 5-14 所示，包含 Ellipsoid、Datum shift、Projection、Geoid correction、Constant offset，以下為說明。

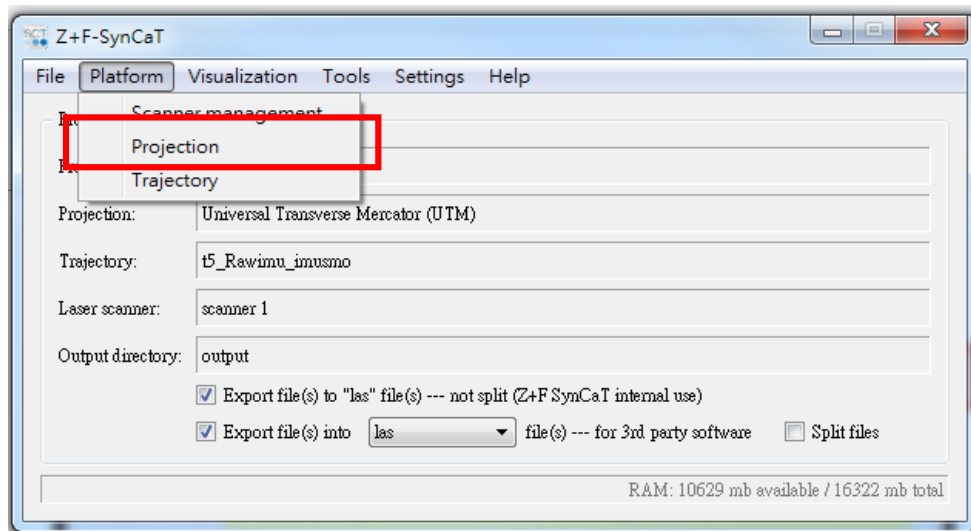


圖 5-12 Projection 設定方式 1

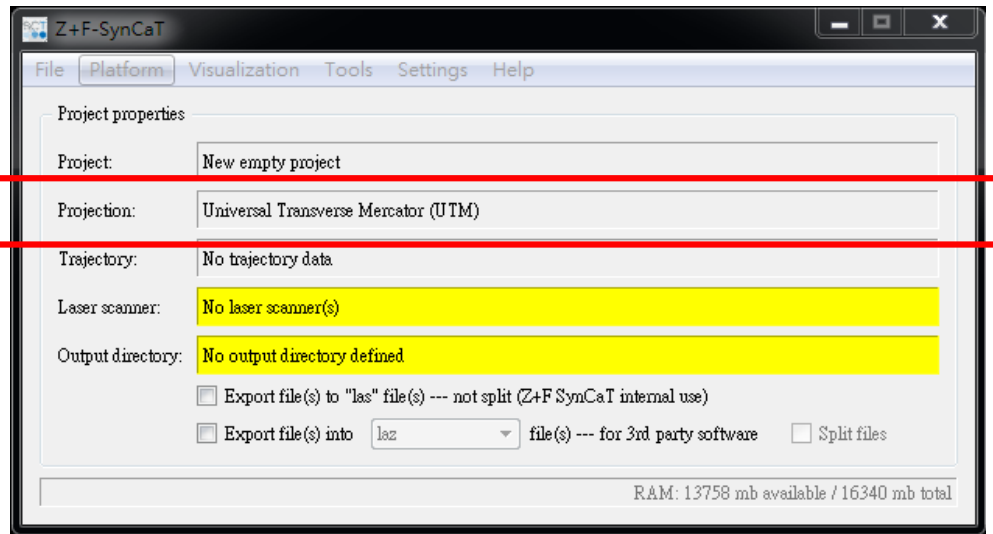


圖 5-13 Projection 設定方式 2

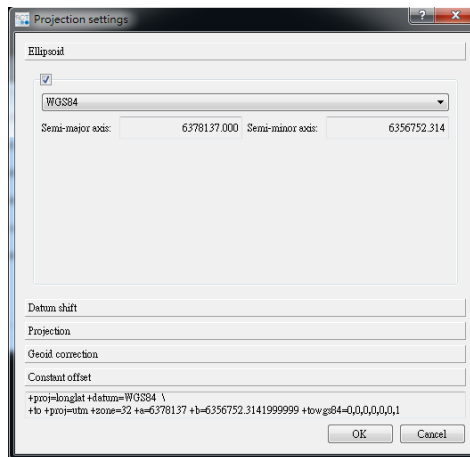


圖 5-14 Projection settings 介面

Ellipsoid 功能為設定橢球參數，如圖 5-15 所示，選項包含 WGS84、GRS\_80、BESSEL、BESSEL NEU、WGS2000、WGS66、WGS72、AIRY、AUSTRALIAN、CLARKE\_1858、CLARKE\_1866、CLARKE\_1880、GLARKE\_IGN、DANISH、DELAMBRE6376428.000、EVEREST、FISCHER、HYAFORD、HELMERT、HOUGH、IAU、INTERNATIONAL\_ED50、IUGG、KRASSOWSKY、MERCURY、INTERNATIONAL\_NEW、PLESSIS、SOUTHEAST\_ASIA、STRUVE、WALBECK、165、BESSEL\_BOEHM。本案選用 WGS84 做為設定值，其長軸及短軸分別為 6378137.000 及 6356752.314。

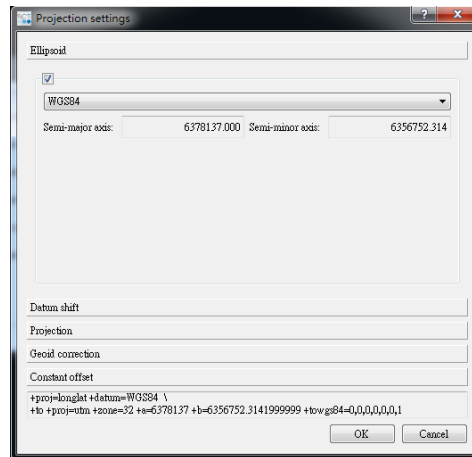


圖 5-15 Ellipsoid 設定介面

Datum shift 功能為 WGS84 及其他區域坐標系統間 7 參數轉換值，包含 3 個平移量、3 個旋轉量、1 個尺度，如圖 5-16 所示，選項包含 default、WGS84(UTM)、GERMANY global、GERMANY north、GERMANY middle、GERMANY south。本案使用 WGS84 為基礎，選用 default 做為設定值即可。

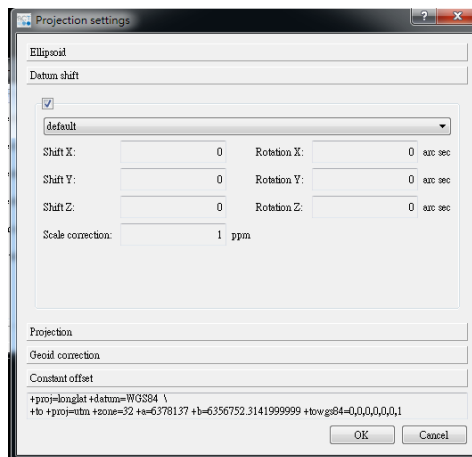


圖 5-16 Datum shift 設定介面

Projection 功能為設定地圖投影方式，如圖 5-17 所示，選項包含 Stereographic、Universal Transverse Mercator (UTM)、Lambert Conic Conformal (2SP)、Mercator、Cassini-Soldner、Transverse Mercator、Oblique Mercator。本案選用 Transverse Mercator 做為設定值，Longitude of natural origin 中央經線設定為 121 度，Scale factor at natural origin 尺度為 0.9999，False easting 橫坐標平移 250,000 公尺。

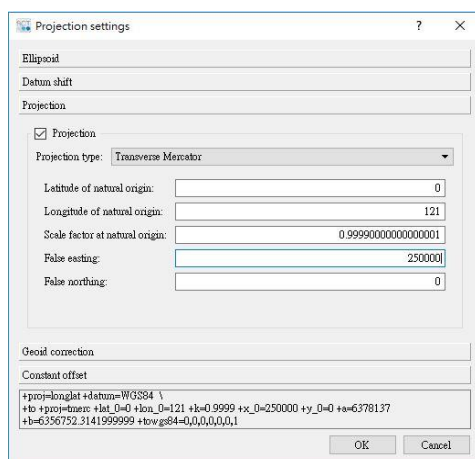


圖 5-17 Projection 設定介面

Geoid correction 功能為大地起伏改正，如圖 5-18 所示，改正量格式為經度、緯度、高程改正量，範例如圖 5-19 所示。本案使用橢球高，不需進行改正。

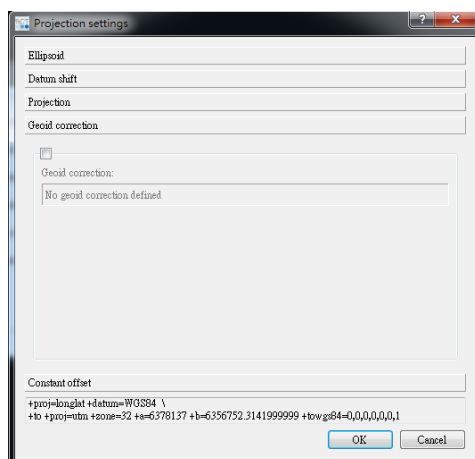
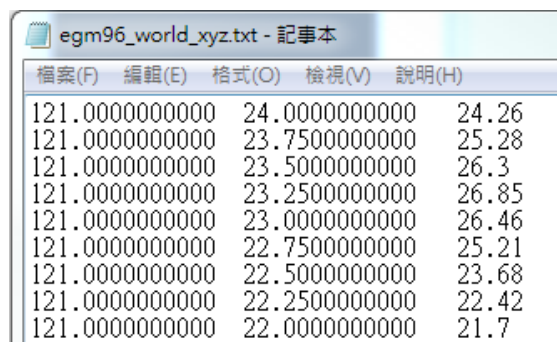


圖 5-18 Geoid correction 設定介面



Longitude	Latitude	Elevation Correction
121.0000000000	24.0000000000	24.26
121.0000000000	23.7500000000	25.28
121.0000000000	23.5000000000	26.3
121.0000000000	23.2500000000	26.85
121.0000000000	23.0000000000	26.46
121.0000000000	22.7500000000	25.21
121.0000000000	22.5000000000	23.68
121.0000000000	22.2500000000	22.42
121.0000000000	22.0000000000	21.7

圖 5-19 大地起伏改正匯入資料格式

Constant offset 功能為常數改正量修正，如圖 5-20 所示，當系統存在一固定常數平移量時，或由已知控制點得到一全區固定平移量時，可輸入進行點雲資訊的平移，以提高精度。本案預設為 0，不需輸入此項目資訊。

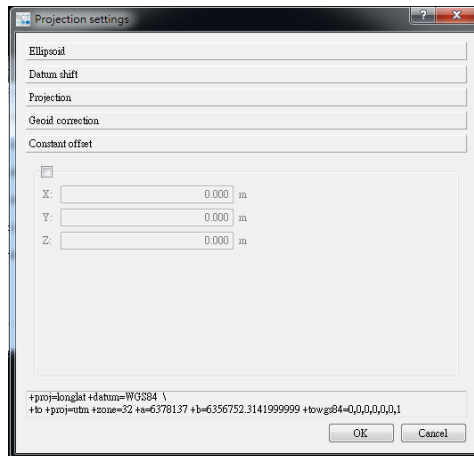


圖 5-20 Constant offset 設定介面

## ■ Platform/Trajectory

Trajectory 功能為匯入定位定向系統軌跡資料，開啟設定方式如圖 5-21 及 5-22 所示。點選 Trajectory 開啟 Trajectory settings 介面如圖 5-23 所示，匯入資料後依據格式定義各欄位名稱，可選擇欄位為時間、位置、姿態、未使用四種類型。本案定位定向系統軌跡為 GeoPoint 格式，如圖 5-23 所示，第 1 欄為 GPS time，第 2 至 4 欄分別為 Latitude、Longitude、Ell. Height，第 5 至 7 欄為 Unused，第 8 至 10 欄分別為 Roll、Pitch、Heading，第 11 至 13 欄為 Unused。

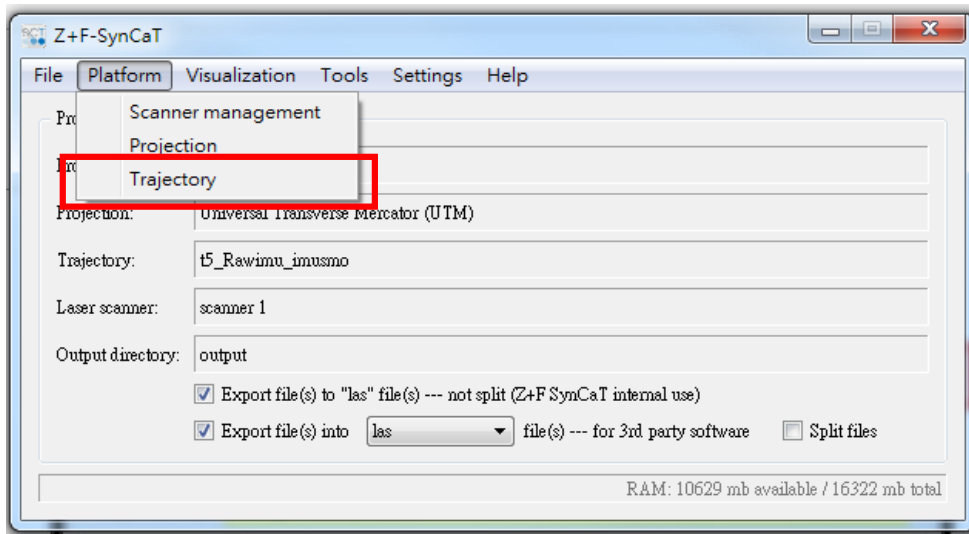


圖 5-21 Trajectory 設定方式 1

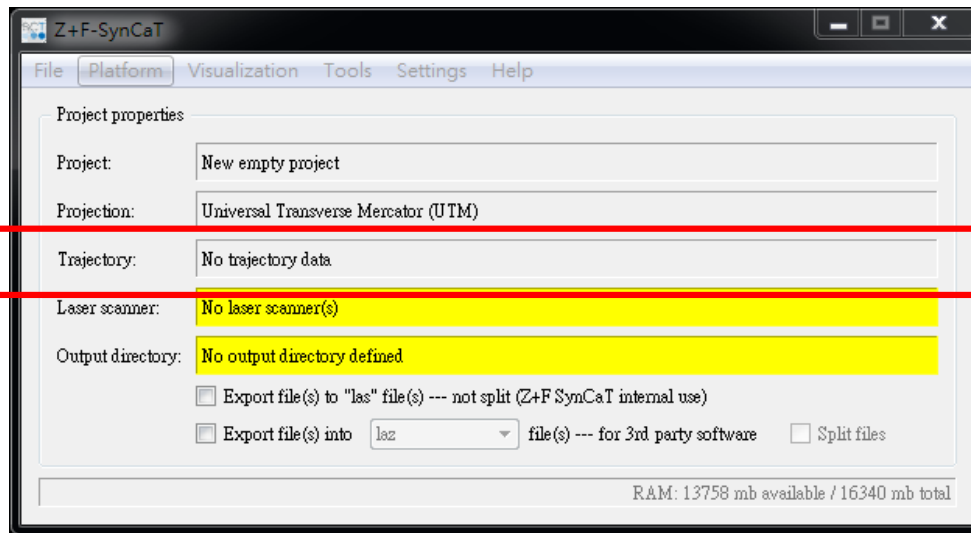


圖 5-22 Trajectory 設定方式 2

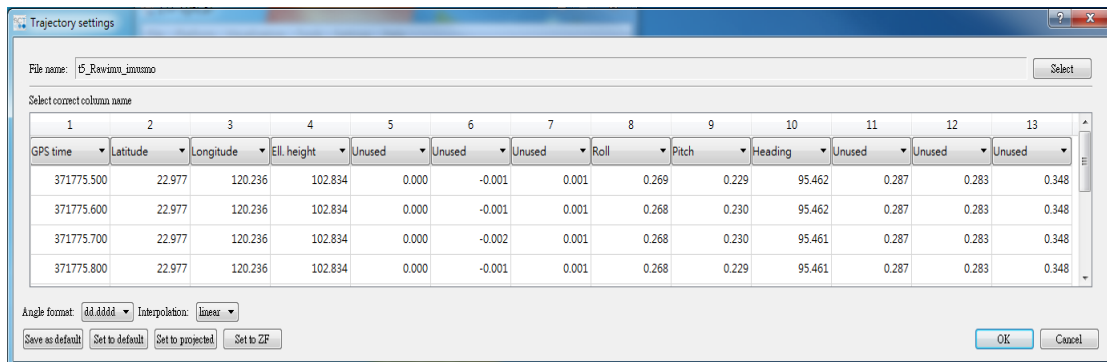


圖 5-23 Trajectory settings 介面及格式欄位設定



## ■ Visualization

Visualization 功能為展示點雲視窗及關閉展示，開啟設定方式如圖 5-24 所示。點選 Load point cloud 後開啟介面圖 5-25，設定每幾個點匯出於展示介面。

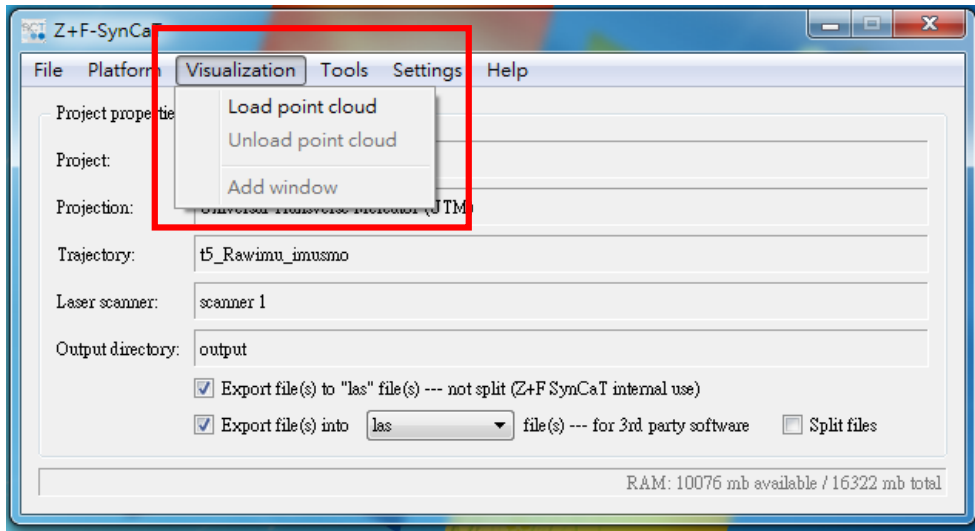


圖 5-24 Visualization 設定方式

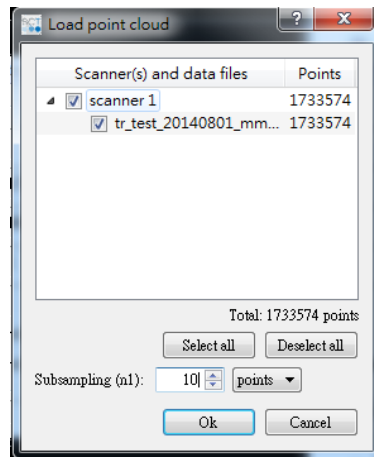


圖 5-25 Load point cloud 介面

## ■ Tools/Transformation

Transformatio 功能為整合定位定向系統軌跡檔、原始光達檔案、率定成果，將\*.zfs 檔案轉換成通用格式\*.las、\*.laz、\*.txt 資料，開啟設定方式如圖 5-26 所示。點選 Transformation 後開啟介面圖 5-27，轉換設定包含當時速 0 至 v2 設定值每 n2 設定值逐點進行轉換，時速

v2 至 v1 全部點進行轉換，時速大於 v1 設定值時每 n1 設定值逐點進行轉換，最後將轉換後的成果寫至通用格式檔案。另可依據時間區間進行資料格式轉換，如圖 5-27 中 Time Range 所示。

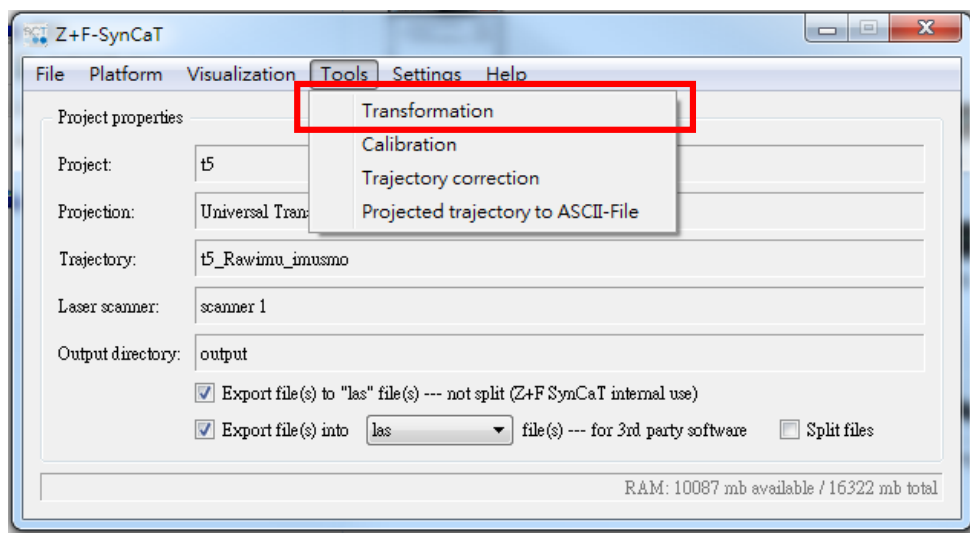


圖 5-26 Transformation 設定方式

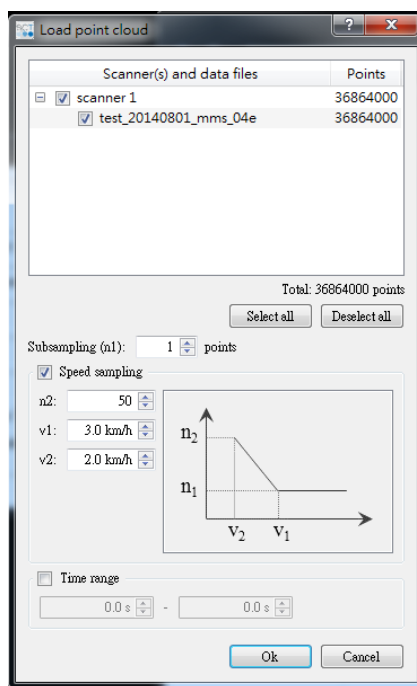


圖 5-27 Load point cloud 介面

## ■ Tools/Calibration

Calibration 功能為求得光達與定位定向系統之相對關係-軸角及

固定臂，開啟設定方式如圖 5-28 所示，詳細介紹於第五章第二節軸角/固定臂率定做說明。

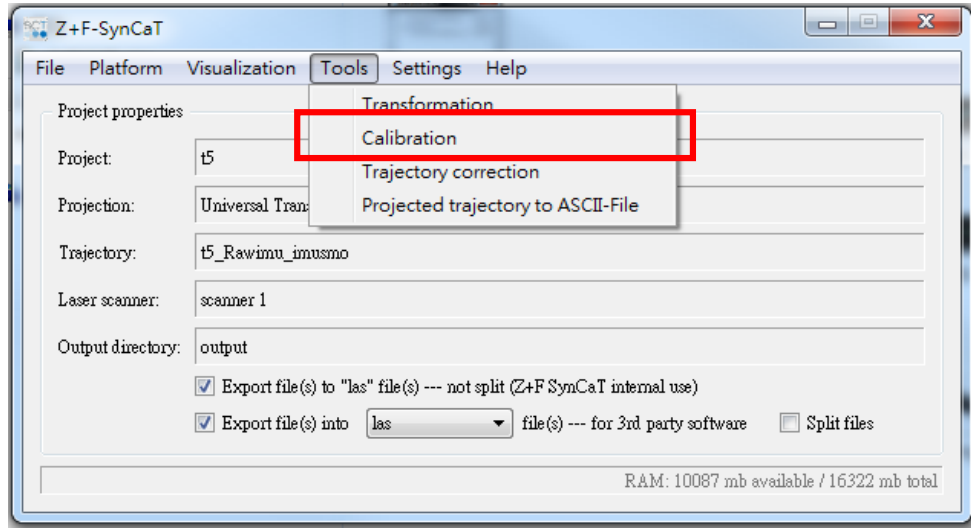


圖 5-28 Calibration 設定方式

#### ■ Tools/Trajectory correction

Trajectory correction 功能為藉由匯入及量測控制點修正軌跡及點雲提升精度，開啟設定方式如圖 5-29 所示。點選 Trajectory correction 後開啟介面圖 5-30 所示，選擇載入欲修正的點雲，顯示介面 Trajectory correction 如圖 5-31 所示。

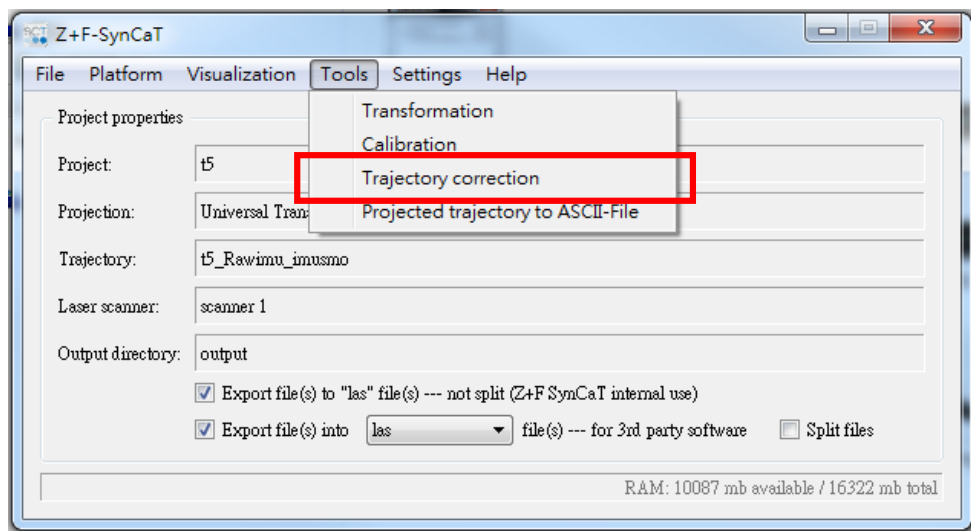


圖 5-29 Trajectory correction 設定方式

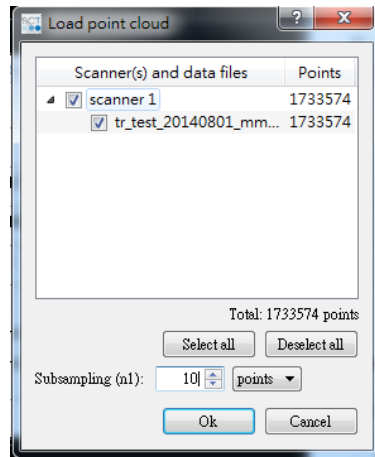


圖 5-30 Load point cloud 介面

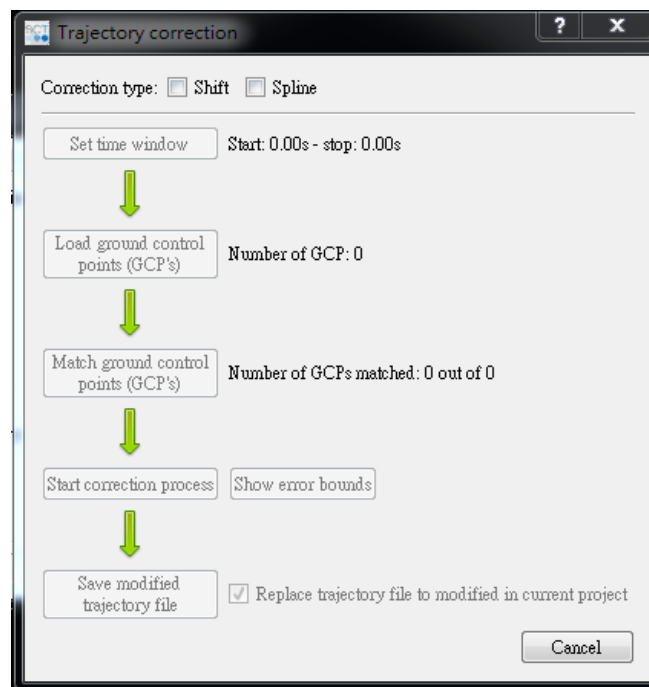


圖 5-31 Trajectory correction 介面

Trajectory correction 修正模式有二種：Shift 及 Spline。Shift 為利用控制點取得改正量，將全區軌跡進行平移，進一步修正點雲三維資訊，提升精度，其作業流程如下：(1)首先勾選 Correction type 中的 Shift 改正模式如圖 5-32 所示；(2)點選 Set time window 開啟介面如圖 5-33 所示，選擇改正時間區間，建議選擇位置為軌跡的開始及結束位置，點選方式為鍵盤 Shift 加上滑鼠右鍵點選 2 次；(3)點選 Load ground control points (GCP's)如圖 5-34 所示，匯入地面控制點如圖 5-35 所示，欄位包含 Name、Easting、Northing、Elevation、Unused；(4)點選 Match

ground control points (GCP's)如圖 5-36 所示，開啟介面如圖 5-37 所示量測控制點；(5)點選 Start correction process 如圖 5-38 所示，求得軌跡改正量；(6)完成後如圖 5-39 所示，點選 Show error bounds 顯示其誤差分析如圖 5-40 所示，點選 Save modified trajectory file 即可改正軌跡並儲存。

Spline 改正作業流程與 Shift 相似，同樣利用控制點取得改正量，而改正範圍僅為選擇的軌跡區間進行平移，常使用於隧道或 GNSS 無訊號的區間段，僅步驟(1)改選擇 Spline，步驟(2)選擇時間區間僅選擇欲改正軌跡區段即可，若選擇時間區間為開始及結束位置，則改正與 Shift 相同為全部軌跡進行改正。

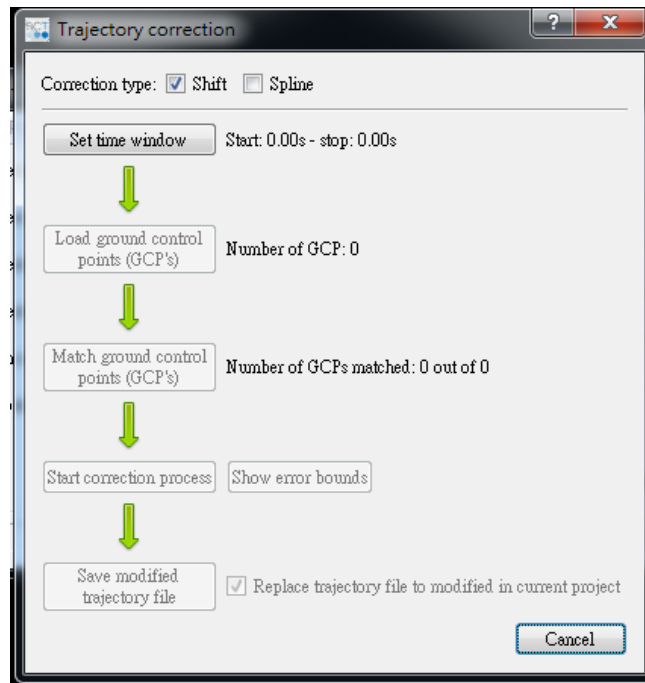


圖 5-32 Shift 改正

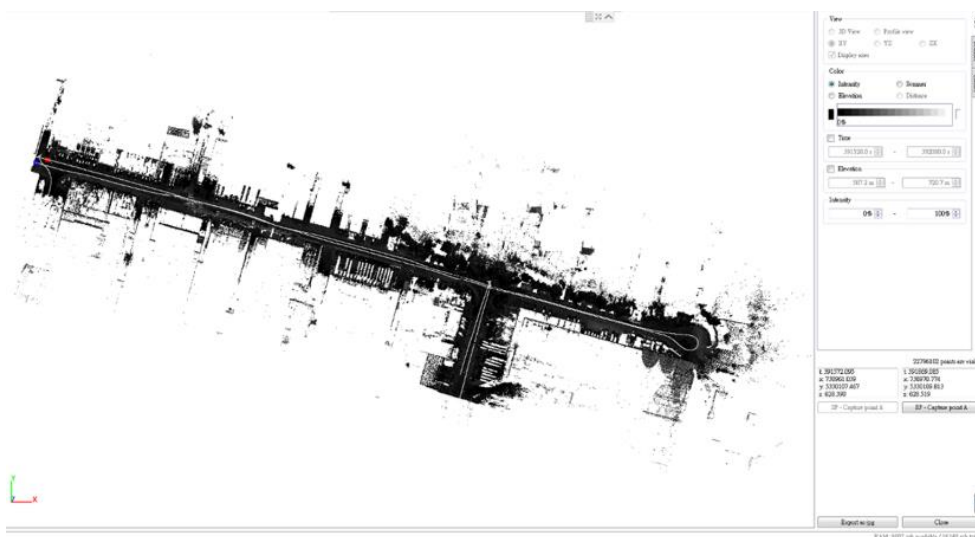


圖 5-33 Set time window 選擇改正時間區間

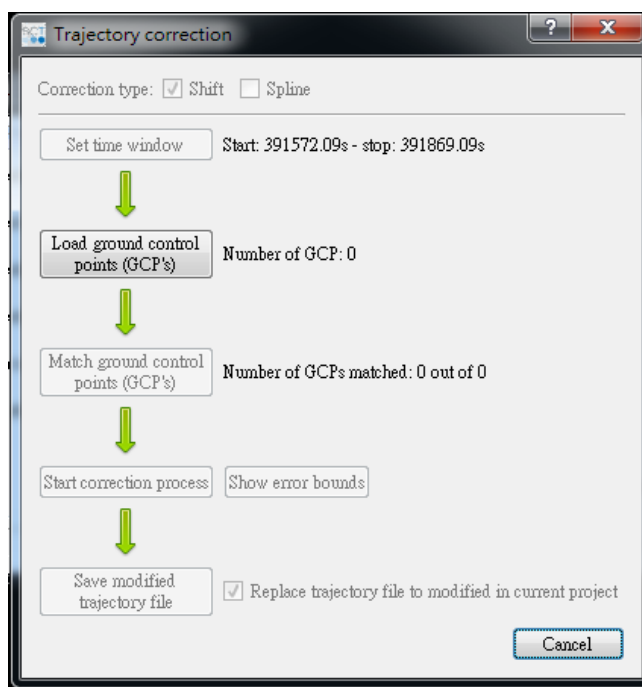


圖 5-34 Load ground control points (GCP's)介面

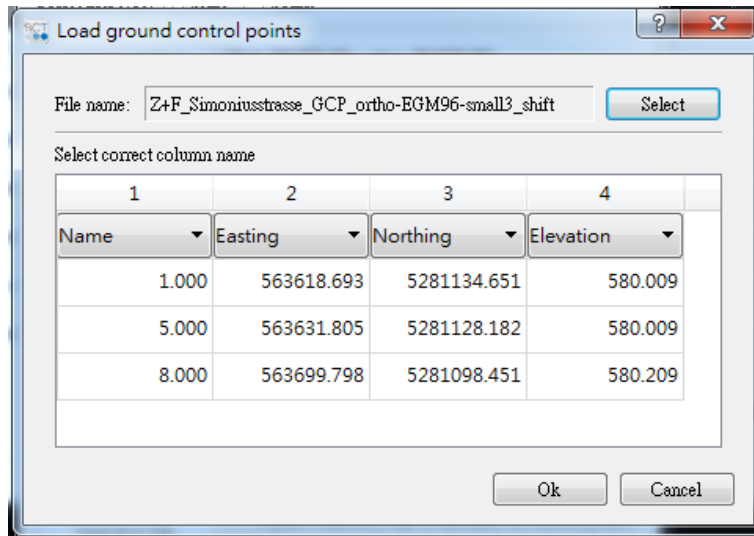


圖 5-35 匯入控制點格式

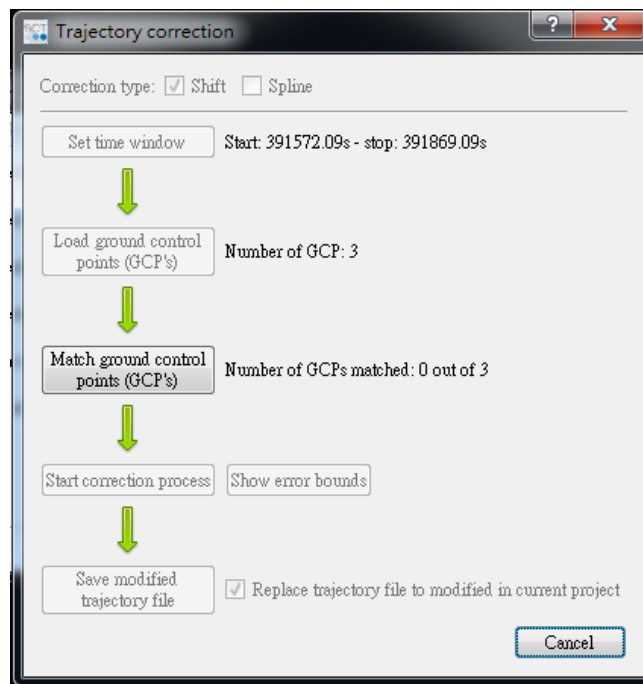


圖 5-36 Match ground control points (GCP's)介面

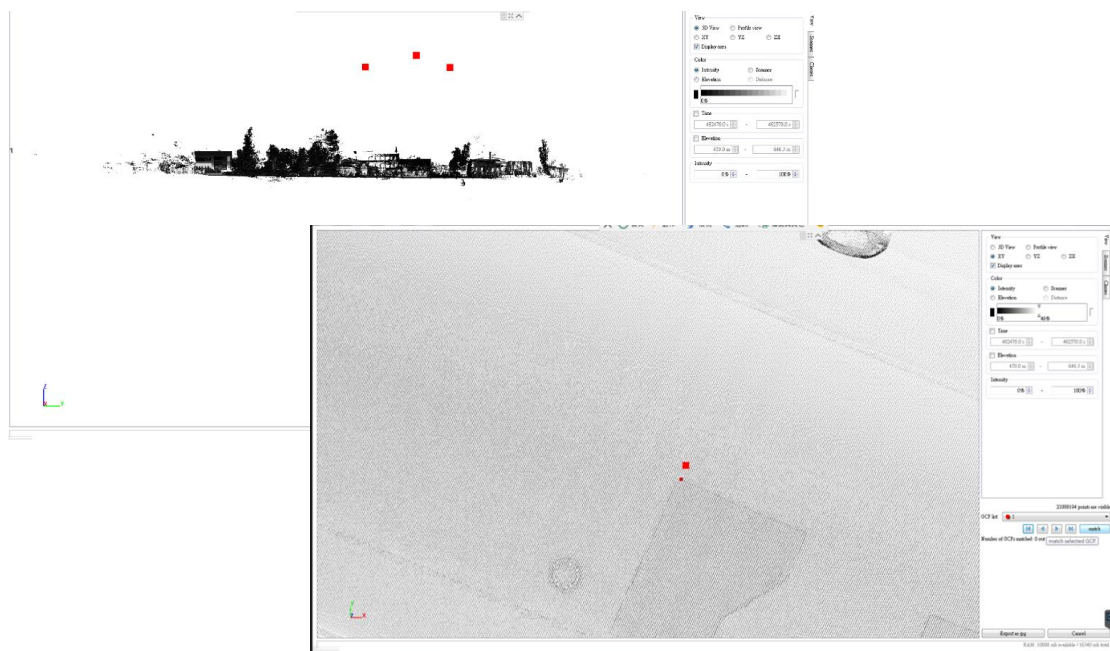


圖 5-37 量測控制點

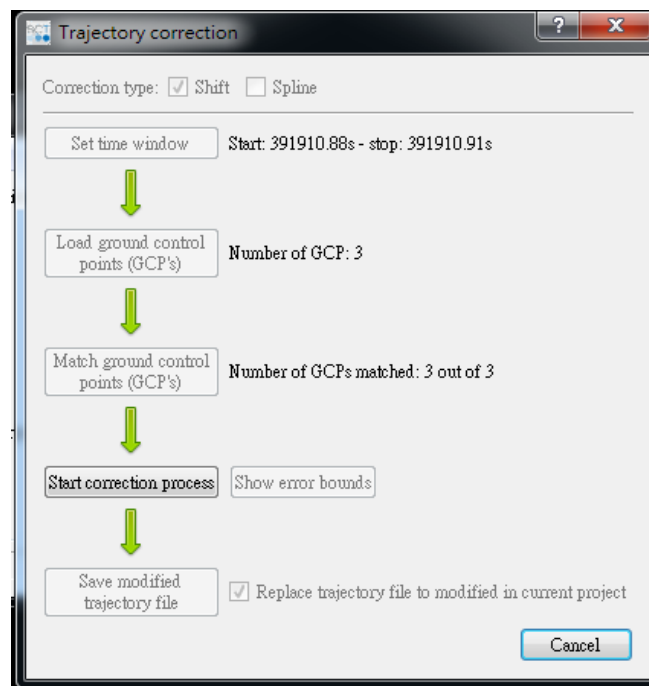


圖 5-38 Start correction process



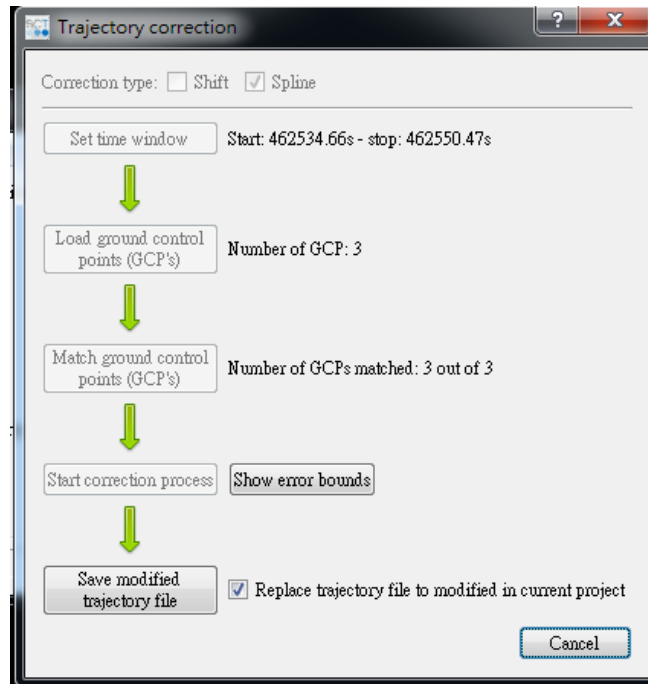


圖 5-39 Trajectory correction 改正量計算完成

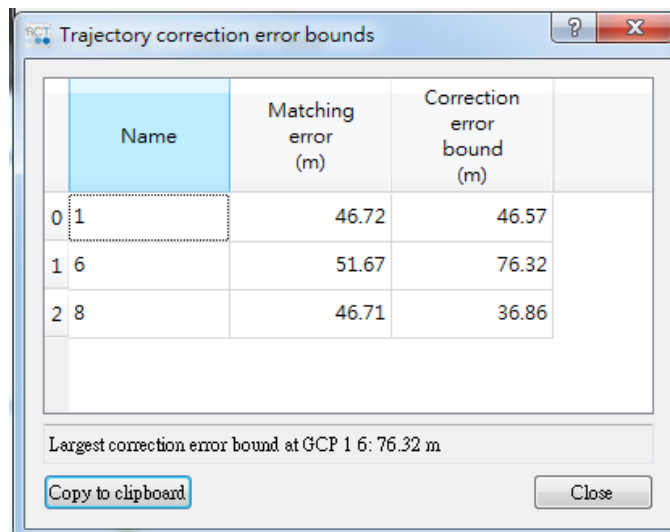


圖 5-40 Show error bounds 介面

#### ■ Tools/Projected trajectory to ASCII-File

Projected trajectory to ASCII-File 功能為以文字檔方式匯出軌跡資料，開啟設定方式如圖 5-41 所示。

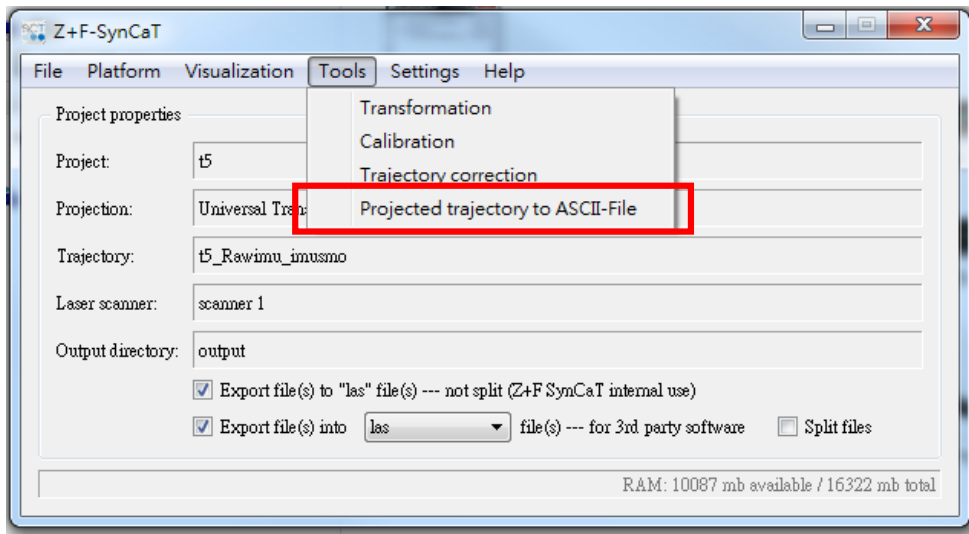


圖 5-41 Projected trajectory to ASCII-File 設定方式

## ■ Settings/Preferences

Preferences 功能為相關展示設定，開啟設定方式如圖 5-42 所示，包含 Application 內之是否有音效、Visualization 之滑鼠設定及展示預設顏色、Calibration 設定、Processing Options 設定等如圖 5-43 所示。

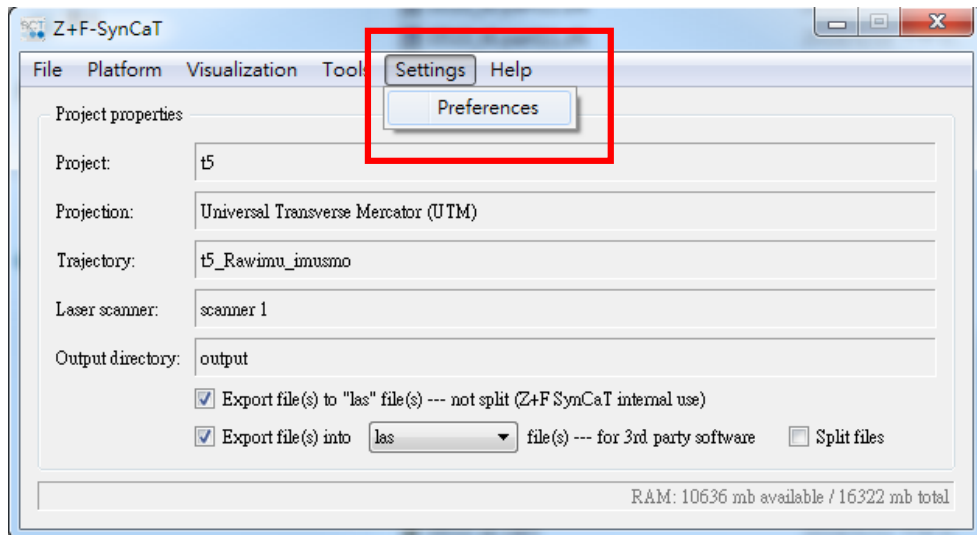


圖 5-42 Preferences 設定方式

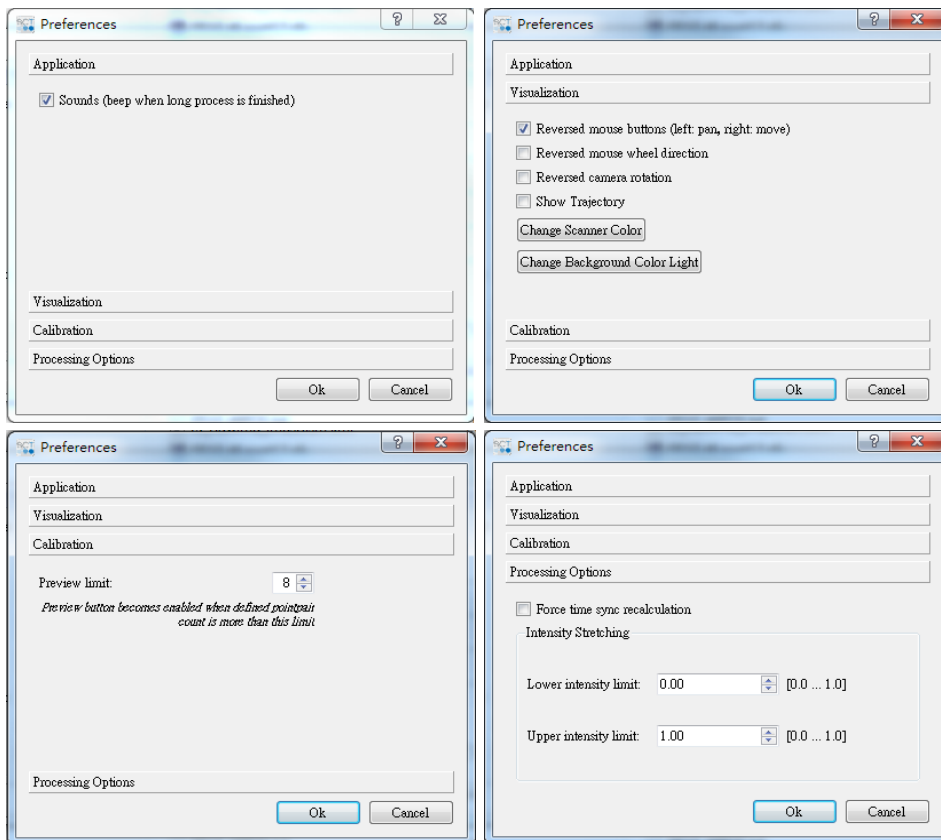


圖 5-43 Preferences 功能設定選項

## ■ Help/About

About 功能為 Z+F SynCaT 開發團隊及版本說明，開啟設定方式如圖 5-44 所示，說明如圖 5-45 所示。

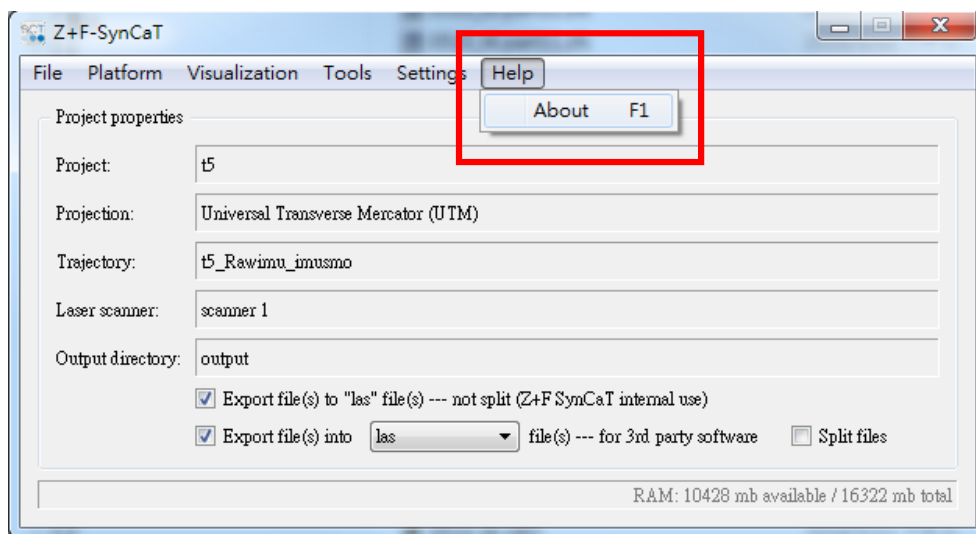


圖 5-44 Preferences 功能設定選項

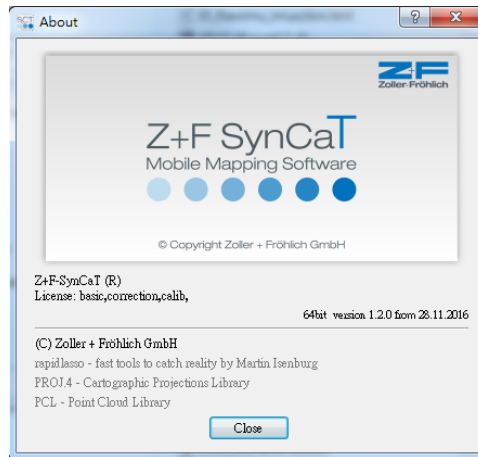


圖 5-45 Z+F SynCaT 軟體介紹

## ■ Export

Export 功能為匯出光達 las 等格式資料如圖 5-46 所示。Export file(s) to “las” file(s) --- not split (Z+F SynCaT internal use)為匯出 Z+F 預設之 las 格式檔案；Export file(s) into laz/las/txt file(s) --- for 3<sup>rd</sup> party software 為輸出選擇之 laz/las/txt 格式之檔案，當勾選時可選擇 Split files 為是否分割檔案。

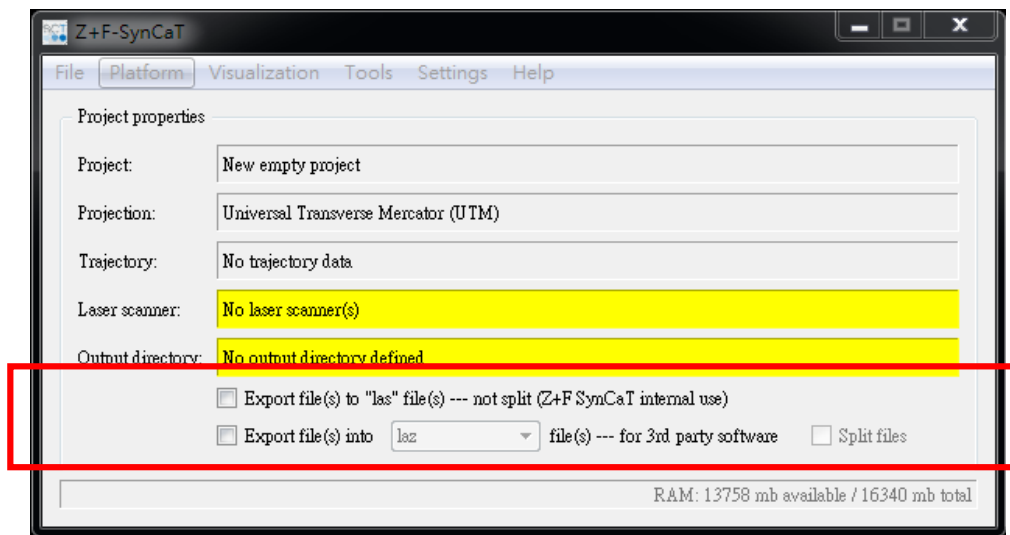


圖 5-46 匯出光達資料

## 第二節 TerraSolid 光達資料處理

TerraSolid 模組需於 MicroStation 底下執行，主畫面如圖 5-47 所示，依需求載入 TerraScan、TerraMatch、TerraModeler 等模組。作業開始後需依序設定坐標系統、載入及設定定位定向系統欄位、點雲

LAS 格式資料等。圖 5-48 所示為坐標系統設定，預設為 WGS84 坐標系統，需依所在地選擇內建好之坐標投影模式，或輸入坐標轉換參數建立自有的坐標系統。完成坐標系統設定後，即可匯入軌跡及點雲資料，依照定位定向系統解算軟體輸出之格式，依序設定 TerraScan 各欄位，即可展示軌跡如圖 5-49 所示，同理依照點雲格式(如 LAS、Binary、Ascii 等)匯入資料如圖 5-50 所示，即可進行點雲資料處理區域分割，若為空載光達大都以飛行航帶進行分區塊。開啟 TerraMatch 進行點雲平差作業，透過不同測站間重疊範圍進行點雲匹配，車載移動測繪系統可藉由多次來回觀測，類似空載航線重疊概念，取得單一物件多筆資料，進行重覆觀測資料匹配及平差，剔除錯誤資料，取得改正量修正點雲及軌跡，提升原始光達點雲品質及精度。並藉由外部控制點擬合，匯入及量測控制點，坐標轉換取得三維點雲真實位置。完成點雲資料前置處理後，可藉由 TerraScan 進行點雲分類及點雲編輯等作業。

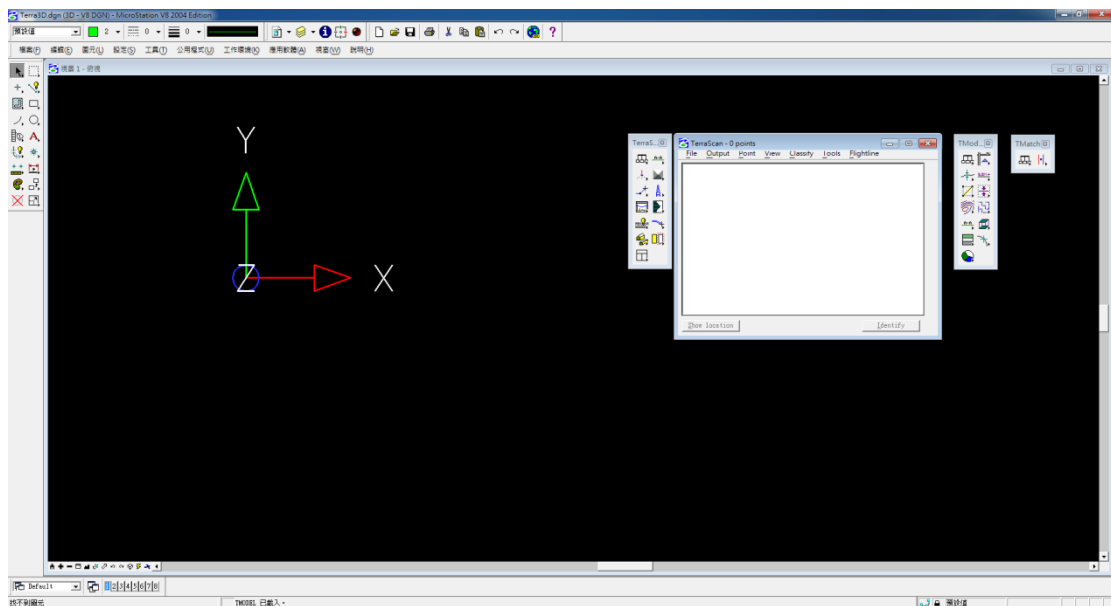


圖 5-47 TerraSolid 主畫面



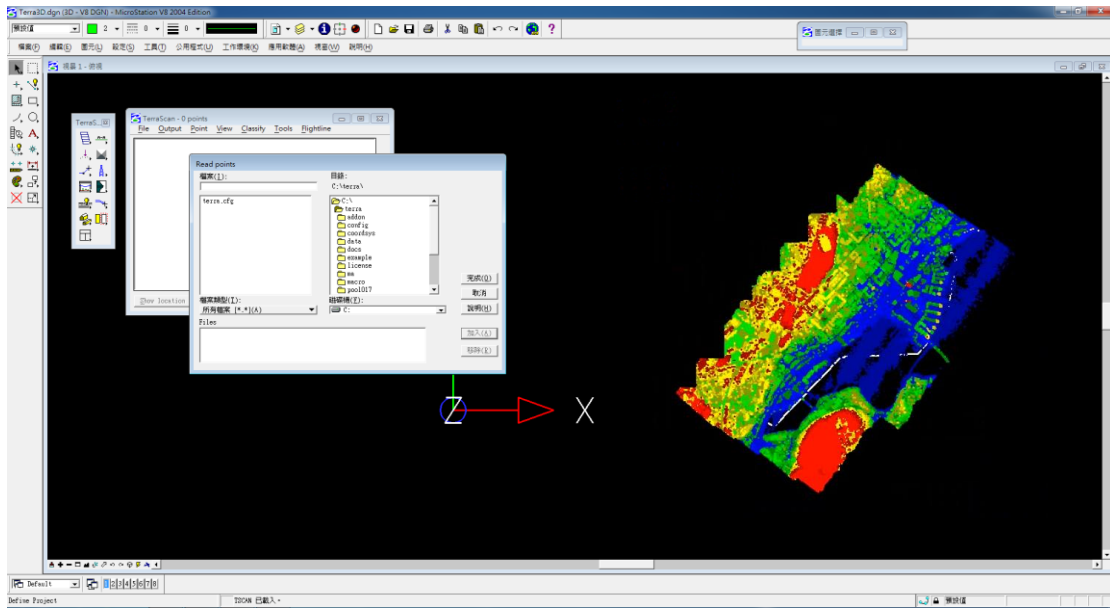


圖 5-50 TerraSolid 匯入光達點雲資料

原始光達點雲資料為不規則離散測點，需執行點雲過濾與分類步驟，如圖 5-51 所示，依照選擇單點(如圖 5-52)或框選範圍(如圖 5-53)等方式進行點雲分類，選擇初步將點雲分類成地面點、非地面點、雜訊三部分。點雲之分類及成果產製需逐一檢核對照，檢核資訊包含原始點雲密度、地面點密度、自動分類參數合理性、人工分類數化記錄與分類成果圖等。



圖 5-51 TerraScan 點雲分類

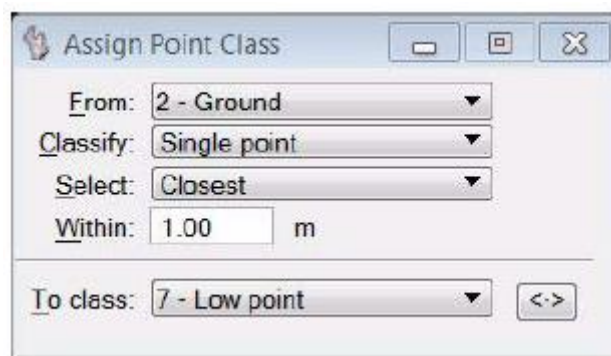


圖 5-52 TerraScan 選擇單點執行點雲分類

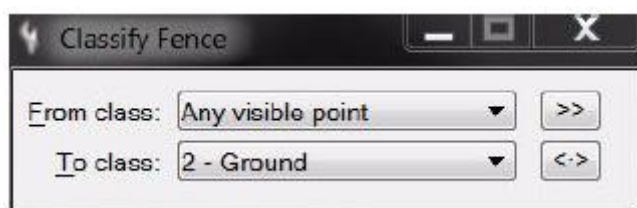


圖 5-53 TerraScan 框選範圍執行點雲分類

經過分類後的地表面與地形面點雲資料，選擇 Export lattice model 功能，設定 1 x 1 公尺整數網格的 DSM 及 DEM 資料，以 TerraScan 及 TerraModeler 模組，將地面點與地表覆蓋資訊組成地表覆蓋面(預設為 0 - Class 0)即可輸出 DSM 如圖 5-54 所示，當設定為地面高程(預設為 2 - Ground)即可輸出 DEM 如圖 5-55 所示。

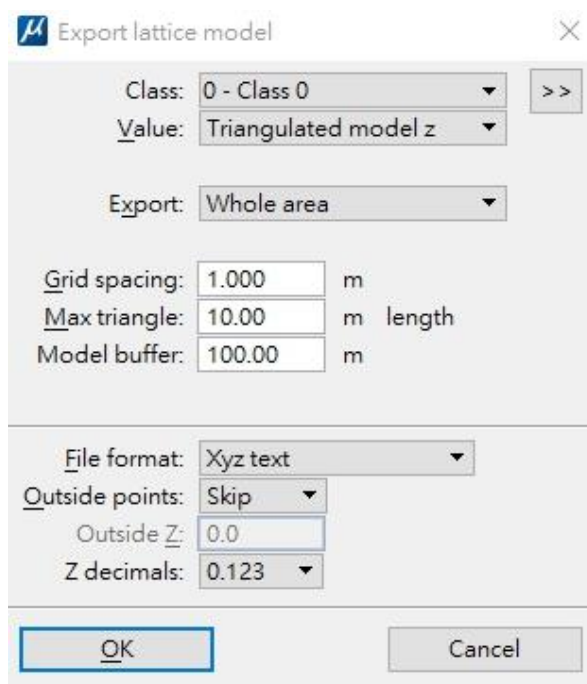


圖 5-54 輸出 DSM 成果



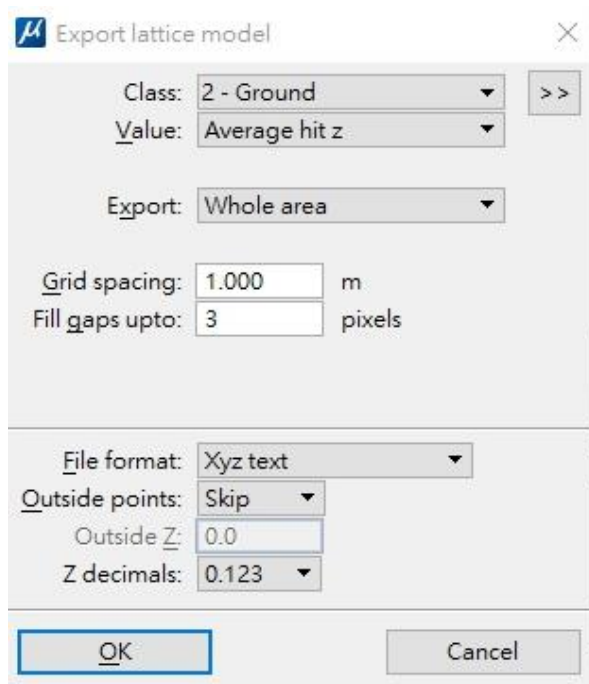


圖 5-55 輸出 DEM 成果

TerraSolid 模組提供繪製等高線及土方計算功能，選擇 Display contours 功能可依選擇的分類點雲類別繪製等高線，介面如圖 5-56 所示，相關成果請參考第陸章；土方計算需提供前後兩次資料，進行比對得土方計算成果，介面如圖 5-57 所示。

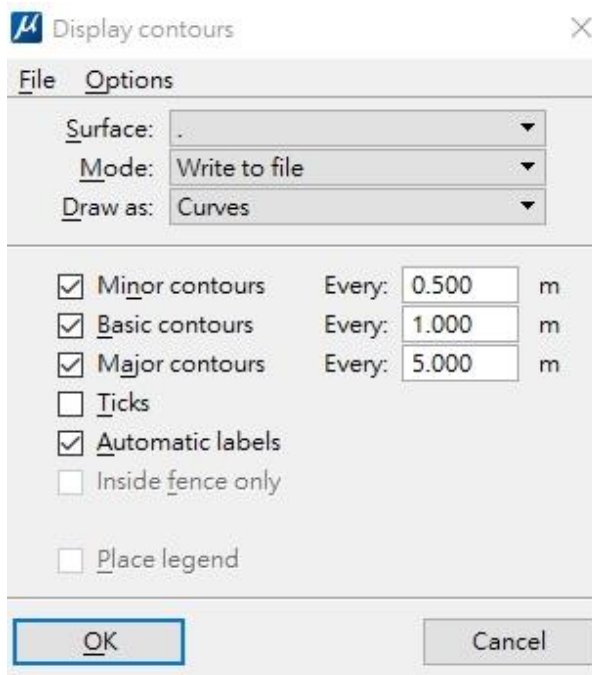


圖 5-56 輸出等高線成果

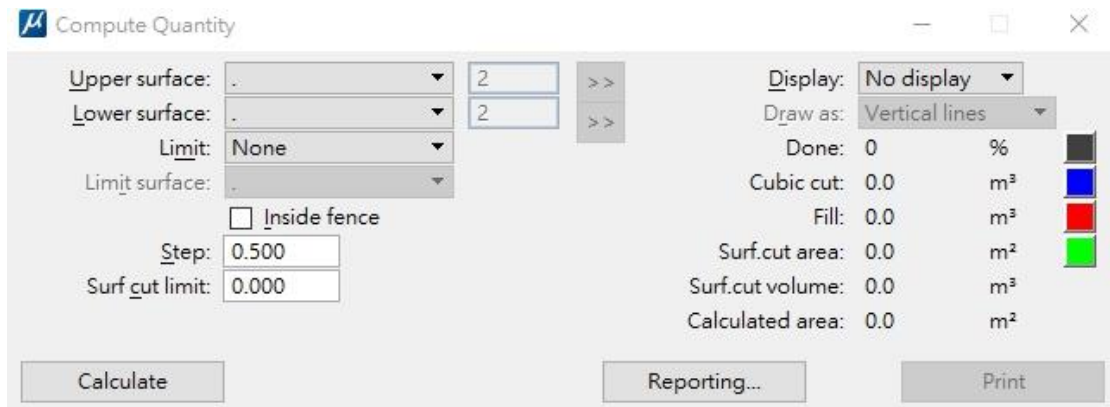


圖 5-57 輸出土方計算成果

### 第三節 光達率定作業及精度分析

#### 一、外業資料蒐集

本案於成功大學歸仁校區之室外率定場進行軸角及固定臂率定作業，如圖 5-58 所示，該率定場四周有低矮建物且無樹木，其透空度可達 50 度以上，適合 GNSS 接收且可減少 GNSS 訊號受到遮蔽或多路徑效應影響。率定場四周建物包含大量特徵點位，如圖 5-59 所示，這些點位為建物牆壁上磁磚交界處所形成之十字，透過高精度測量方法取得這些特徵點之三維坐標作為牆面控制點，其量測方法首先透過 GNSS 控制測量、導線測量、三邊測量方法實施加密控制測量及水準高程控制測量取得地面控制點，並於歸仁校區主要道路兩旁的水泥樁上布設檢核點，最後以全站儀採光線法三維定位量測牆面控制點及檢核點，並計算求得坐標，完成控制場之設置，共計量測 231 個牆面控制點，平均分布於六面牆，點位三維坐標標準差均為毫米等級，差異量小於 0.03 公尺。

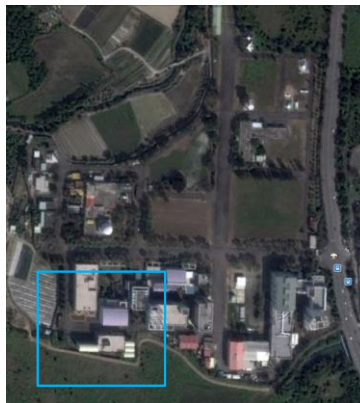


圖 5-58 室外率定檢核場

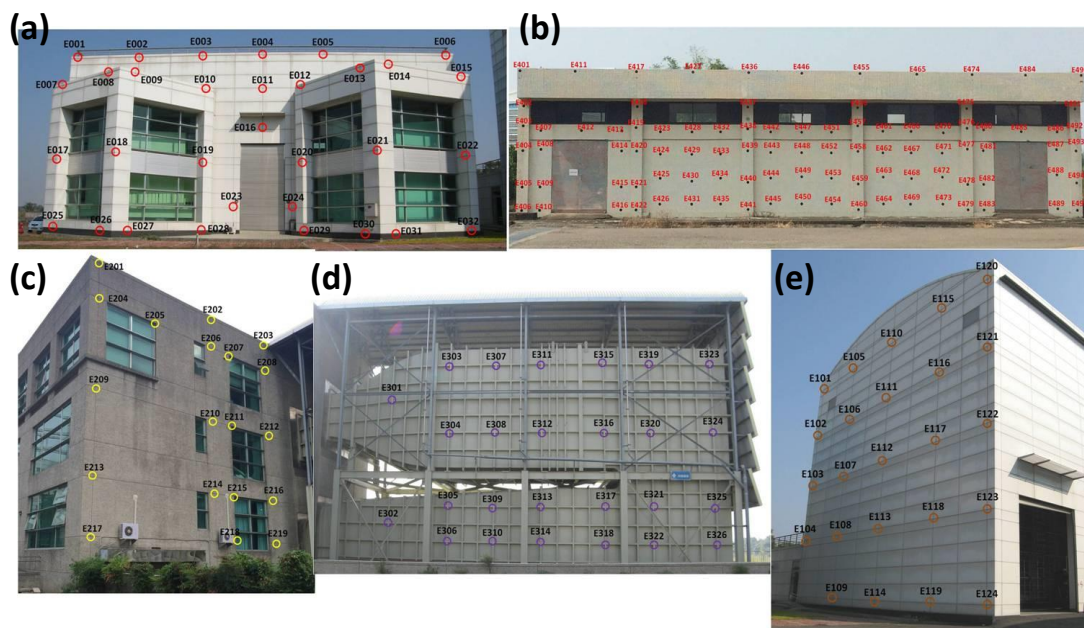


圖 5-59 室外率定檢核場牆面控制點位置

光達與定位定向系統軸角及固定臂率定作業流程說明如下，首先針對這些牆面控制點進行掃描，掃描重點為目標物需為明顯特徵物、控制點平均分佈於測區內、掃描特徵點及控制點與光達存在不同距離達較佳幾何條件、由 2 個以上方向掃描同一點位成為 1 個點對、至少存在 8 個點對，依據上述條件，使用圖 5-59 之牆面控制點進行率定作業。該率定場控制點分佈情形分為二種：第一種如圖 5-59(a)、5-59(b)、5-59(d)所示，該控制點位於明顯屋角上，光達掃描時較易辨識其控制點位置；第二種如圖 5-59(c)、5-59(e)所示，控制點所在位置材質與周圍不同，可藉由掃描時反射率不同做為依據，辨識控制點位置，待系統整合完成後進行實際測試驗證。另光達點雲可藉由來回多次掃描提高密度，增加成功辨識控制點可能性。

## 二、內業解算流程

完成外業作業後，以光達率定軟體 Z+F SynCaT-calibration 軟體，計算光達與定位定向系統之相對關係-軸角及固定臂，率定作業流程如圖 5-60 所示。開啟設定方式如圖 5-61 所示，以下為率定作業流程：(1)點選 Calibration 開啟介面圖 5-62 所示，選擇載入欲修正的點雲；(2)率定項目顯示介面 Calibration 如圖 5-63 所示，選擇軸角或固定臂進行率定程序；(3)選擇二段軌跡區間，兩段軌跡需有重覆掃描相同特徵物方可進行特徵點量測，建議選擇同一路線往返軌跡，如圖 5-64 所示；(4)匯入選擇路線軌跡之點雲如圖 5-65 所示，點選按鈕 Arrange

point cloud windows 開啟雙介面，顯示二段軌跡各自點雲資料如圖 5-66 所示；(5)點選圖 5-66 內之 Measurement overview 顯示介面 Calibration management 如圖 5-67 所示，針對雙介面相同的特徵點進行量測，結果顯示於 Calibration management 介面，如圖 5-68 所示；(6)點選 Continue 續續量測特徵點，當至少 8 個特徵點以上量測完成時如圖 5-69 所示，選擇 Calculate 進行軸角/固定臂率定成果解算，完成後如圖 5-70 所示，點選 Done 即完成率定解算，並可匯入至光達點雲 Scanner management；(7)若需選擇新的軌跡區間，點選圖 5-70 上之 New interval 即回到步驟(3)，重覆(3)至(6)作業；(8)若選擇圖 5-70 上之 Abort，即為取消率定作業。

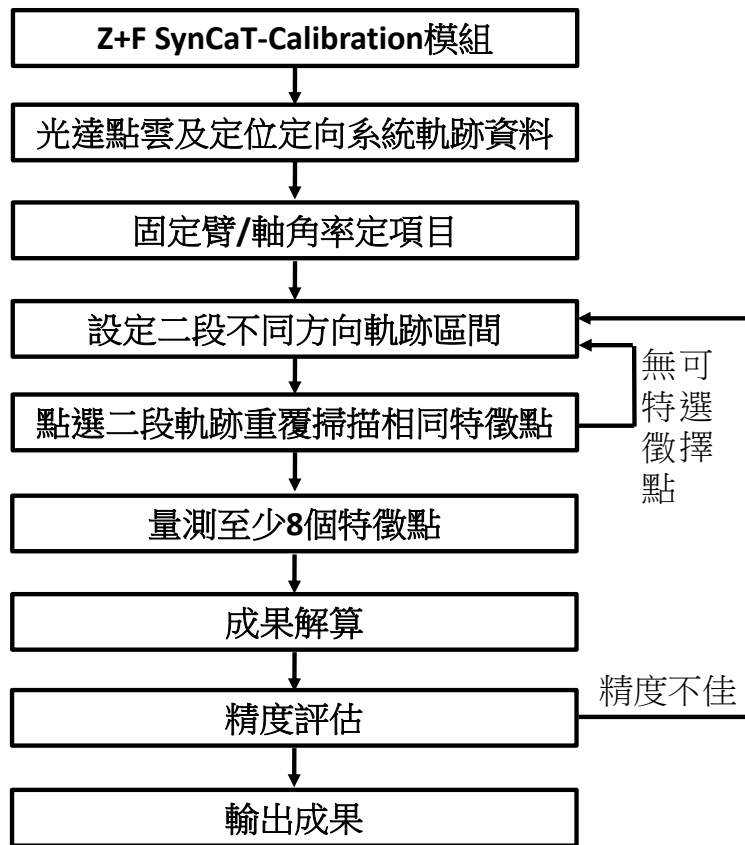


圖 5-60 軸角/固定臂作業流程圖

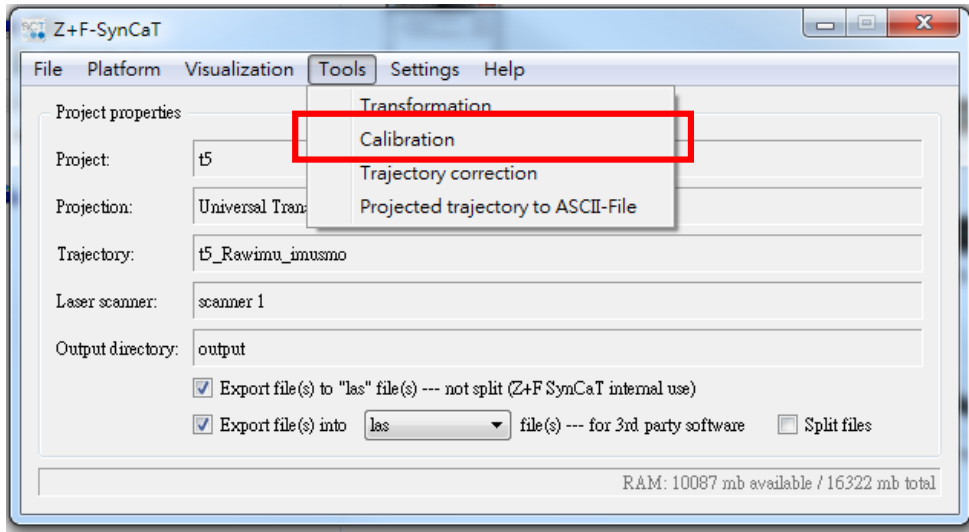


圖 5-61 Calibration 設定方式

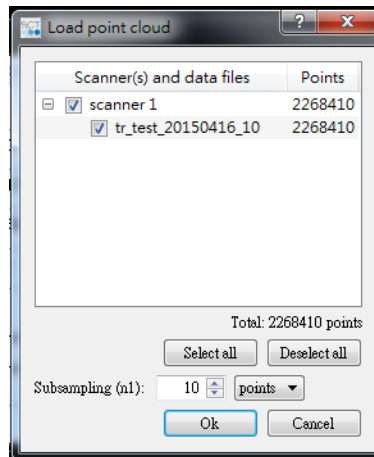


圖 5-62 Load point cloud 介面

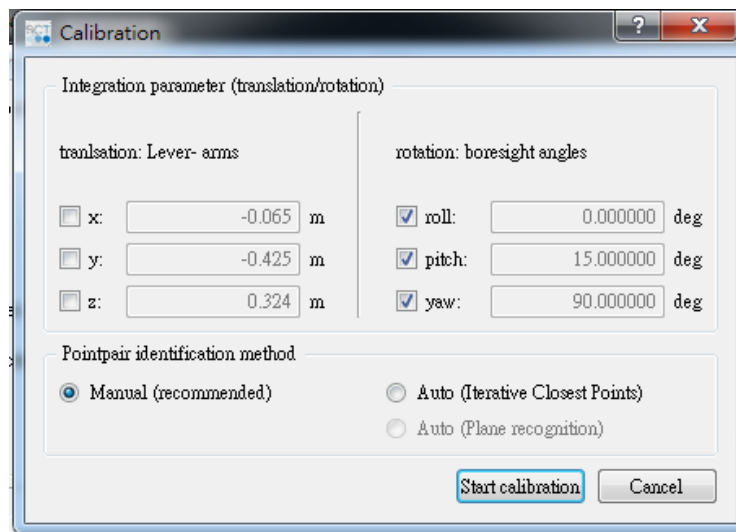


圖 5-63 Calibration 介面

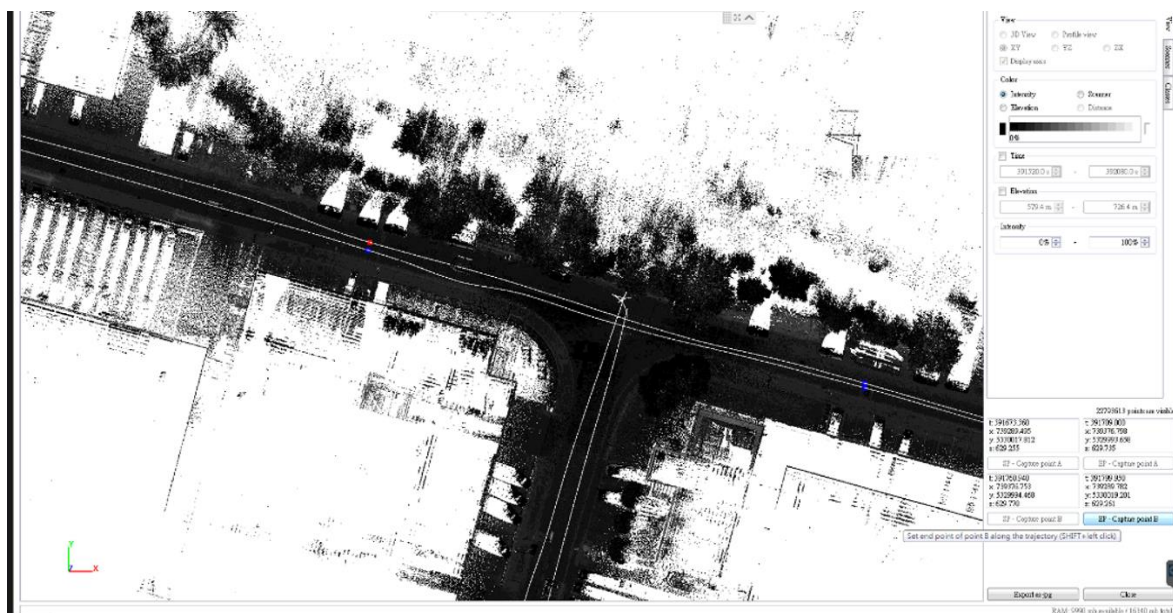


圖 5-64 選擇二段軌跡區間



圖 5-65 選擇區間點雲

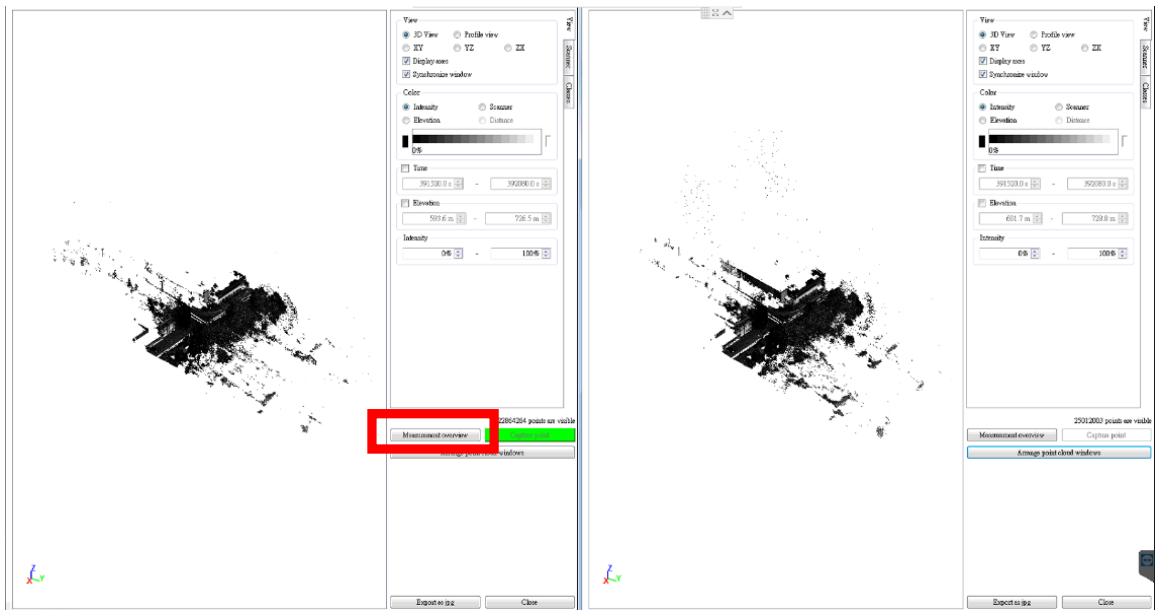


圖 5-66 選擇二段軌跡區間各自之點雲資料

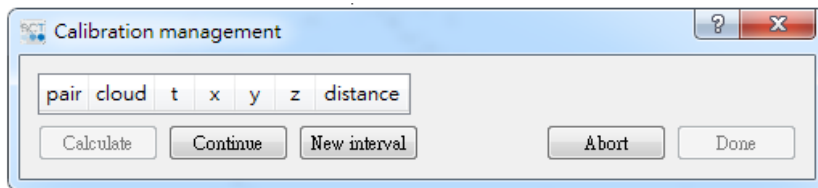


圖 5-67 Calibration management 介面

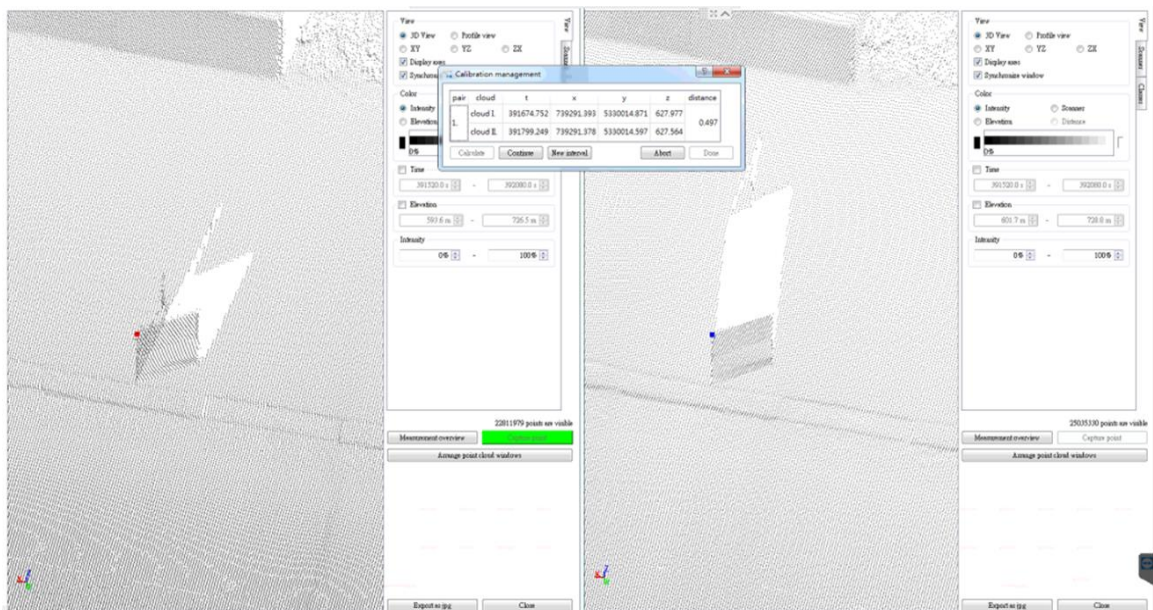


圖 5-68 量測特徵點

pair	cloud	t	x	y	z	distance
8.	cloud I	391707.327	739370.805	5329992.861	627.964	0.433
	cloud II	392001.860	739370.590	5329993.211	627.826	
7.	cloud I	391692.674	739326.194	5329965.633	629.371	0.442
	cloud II	391987.058	739325.782	5329965.484	629.425	
6.	cloud I	391689.910	739318.181	5329965.225	629.203	0.468
	cloud II	391986.337	739317.768	5329965.026	629.295	
5.	cloud I	391674.752	739291.393	5330014.869	627.981	0.454
	cloud II	392003.748	739291.568	5330014.474	628.121	
4.	cloud I	391707.276	739370.802	5329992.873	628.423	0.021
	cloud II	391763.685	739370.805	5329992.894	628.418	

圖 5-69 量測 8 個以上特徵點

pair	cloud	t	x	y	z	distance	corr.dist.
8.	cloud I	391707.327	739370.805	5329992.861	627.964	0.433	0.023
	cloud II	392001.860	739370.590	5329993.211	627.826		
7.	cloud I	391692.674	739326.194	5329965.633	629.371	0.442	0.024
	cloud II	391987.058	739325.782	5329965.484	629.425		
6.	cloud I	391689.910	739318.181	5329965.225	629.203	0.468	0.006
	cloud II	391986.337	739317.768	5329965.026	629.295		
5.	cloud I	391674.752	739291.393	5330014.869	627.981	0.454	0.027
	cloud II	392003.748	739291.568	5330014.474	628.121		
4.	cloud I	391707.276	739370.802	5329992.873	628.423	0.021	0.286
	cloud II	391763.685	739370.805	5329992.894	628.418		

x: -0.065 m y: -0.425 m z: 0.324 m  
 roll: -0.125024 deg pitch: 15.154749 deg yaw: 89.492037 deg

圖 5-70 軸角/固定臂率定成果

### 三、軸角/固定臂率定成果

本案於 107 年 7 月 6 日至內政部於多平台製圖技術工作案中所建置之檢校場(位於成功大學歸仁校區) 辦理光達系統軸角/固定臂率定及精度分析之資料蒐集，為增加點雲密度，車行速度維持時速 10 公里以下，率定作業情形如圖 5-71 及圖 5-72 所示，定位定向系統軌跡如圖 5-73 及圖 5-74 所示，光達點雲資料展示如圖 5-75 及圖 5-76 所示，計算軸角/固定臂成果如表 5-1 所示





圖 5-71 車載光達率定及精度檢核作業情形



圖 5-72 推車式光達精度檢核作業情形



圖 5-73 車載光達作業軌跡



圖 5-74 推車式光達作業軌跡

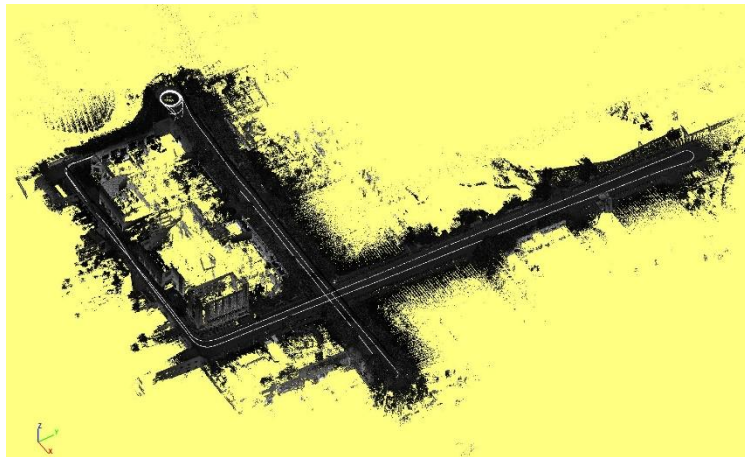


圖 5-75 車載光達點雲展示

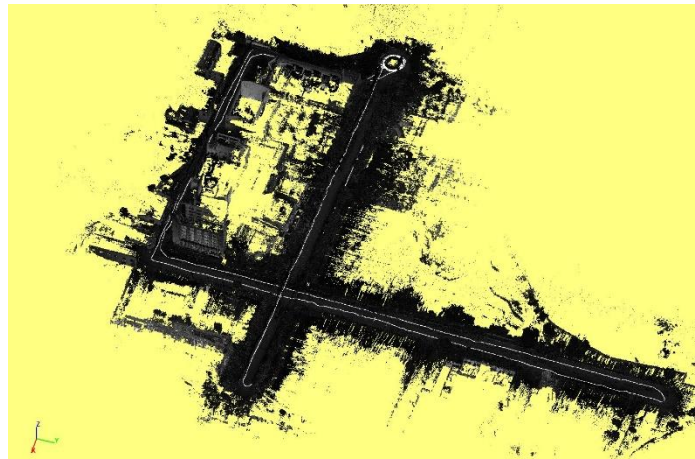


圖 5-76 推車式光達點雲展示

表 5-1 光達軸角/固定臂率定成果表

X(公尺)	Y(公尺)	Z(公尺)	Roll(度)	Pitch(度)	Heading(度)
-0.044	-0.345	0.335	-0.05246	45.04371	90.16786

#### 四、精度分析

將上述表 5-1 軸角/固定臂成果輸入至點雲資料處理流程，量測檢驗場牆面已知點坐標如圖 5-77 所示，進行精度分析。初步成果顯示如表 5-2 及表 5-3 所示，車載光達移動測繪系統平面精度小於 10 公分、三維精度小於 15 公分、三維最大誤差約為 23 公分，相關精度可應用於國土利用調查及臺灣通用電子地圖圖資更新等作業；推車式光達移動測繪系統平面精度小於 6 公分、三維精度小於 10 公分、三維最大誤差約 18 公分，精度符合於地籍測量農地及山地圖根點至界址點之位置誤差(農地位置及最大誤差分別為 7 公分及 20 公分；山地為 15 公分及 45 公分)，可應用於農地及山地法院囑託鑑測案件。

然而光達誤差來源主要為率定誤差、定位定向系統軌跡誤差、人為量測誤差，可藉由設定外業資料蒐集方式更進一步提升定位定系統軌跡精度，如降低車速提高點雲密度，減少點選之點雲非真實位置等提升精度；內業分析作業範圍因透空不佳之市區導致軌跡成果不佳時，需利用控制點反饋修正軌跡及點雲等，未來可應用於高精地圖應用。

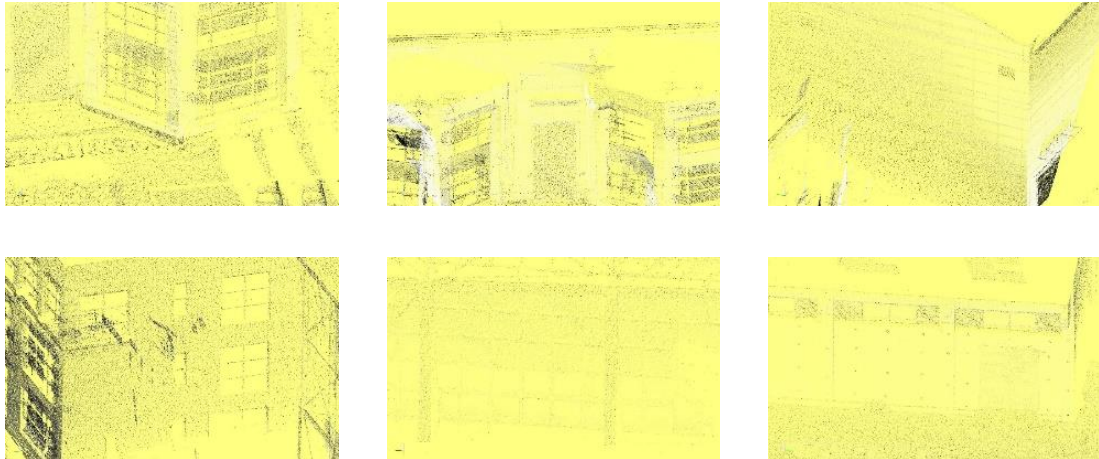


圖 5-77 牆面控制點光達掃描點雲展示

表 5-2 車載光達移動測繪系統精度分析

點號	已知值			量測值		
	X	Y	Z	X	Y	Z
E011	175456.927	2537386.218	44.957	175456.884	2537386.008	44.838
E016	175456.928	2537386.220	41.956	175456.839	2537386.016	41.838
E020	175459.803	2537384.023	39.460	175459.867	2537383.970	39.415
E021	175463.871	2537378.974	39.466	175463.872	2537378.968	39.414
E023	175454.680	2537386.336	36.459	175454.672	2537386.262	36.334
E311	175456.915	2537337.871	46.410	175457.067	2537337.825	46.373
E312	175456.918	2537337.873	42.414	175456.837	2537337.842	42.402
E315	175452.944	2537338.009	46.424	175452.876	2537337.984	46.306
E323	175445.957	2537338.474	46.400	175445.884	2537338.347	46.277
E324	175445.964	2537338.487	42.397	175446.009	2537338.473	42.374
E444	175424.414	2537365.005	35.629	175424.404	2537365.050	35.506
E453	175424.530	2537367.230	35.628	175424.516	2537367.137	35.582
E458	175424.737	2537368.169	36.571	175424.764	2537368.185	36.433
E468	175424.666	2537370.163	35.624	175424.687	2537370.170	35.489
E479	175424.936	2537372.173	34.542	175424.933	2537372.165	34.411
E488	175424.949	2537375.518	35.777	175424.801	2537375.439	35.823
E495	175425.142	2537376.166	34.544	175425.000	2537376.087	34.605
平面	AVG	0.096	三維	AVG	0.142	
	STD	0.069		STD	0.056	
	RMSE	0.118		RMSE	0.152	

表 5-3 推車式光達移動測繪系統精度分析

點號	已知值			量測值		
	X	Y	Z	X	Y	Z
E016	175456.928	2537386.220	41.956	175456.839	2537386.261	41.985
E021	175463.871	2537378.974	39.466	175463.789	2537379.021	39.489
E022	175470.784	2537380.957	39.457	175470.668	2537380.995	39.428
E117	175479.207	2537373.125	44.463	175479.128	2537373.172	44.481
E123	175478.963	2537368.630	39.960	175478.984	2537368.684	39.946
E311	175456.915	2537337.871	46.410	175456.991	2537337.920	46.407
E312	175456.918	2537337.873	42.414	175456.970	2537337.897	42.422
E315	175452.944	2537338.009	46.424	175453.018	2537337.939	46.435
E323	175445.957	2537338.474	46.400	175446.061	2537338.514	46.391
E324	175445.964	2537338.487	42.397	175446.038	2537338.513	42.404
E444	175424.414	2537365.005	35.629	175424.426	2537365.004	35.639
E453	175424.530	2537367.230	35.628	175424.524	2537367.222	35.641
E458	175424.737	2537368.169	36.571	175424.745	2537368.186	36.629
E468	175424.666	2537370.163	35.624	175424.662	2537370.128	35.674
E479	175424.936	2537372.173	34.542	175424.932	2537372.170	34.574
E488	175424.949	2537375.518	35.777	175424.950	2537375.525	35.799
E495	175425.142	2537376.166	34.544	175425.131	2537376.190	34.566
平面	AVG	0.059	三維	AVG	0.068	
	STD	0.041		STD	0.035	
	RMSE	0.072		RMSE	0.076	

#### 第四節 影像率定作業

本案相機內方位率定於 106 年 6 月 12 日至室內相機率定場進行相機內方位率定，率定成果如表 5-4 所示。相機及定位定向系統軸角/固定臂率定作業於 107 年 7 月 12 日完成，率定成果如表 5-5 所示。

表 5-4 相機內方位率定成果

相機編號	1	2	3
相機型號	GS3-U3-91S6C-C	GS3-U3-91S6C-C	GS3-U3-91S6C-C
產品序號	14426160	14426172	14426182
解析度(pixels)	3376 x 2704	3376 x 2704	3376 x 2704
像元大小(mm)	0.0037	0.0037	0.0037
焦距 c (mm)	8.1786	8.1753	8.1660
像主點 xp (mm)	-0.1484	-0.0096	0.0545
像主點 yp (mm)	-0.0276	-0.0904	-0.0111
輻射畸變 K1	2.50127e-03	2.49371e-03	2.53933e-03
輻射畸變 K2	-1.53436e-05	-1.54173e-05	-1.80669e-05
輻射畸變 K3	-1.42062e-07	-1.36039e-07	-1.02420e-07
離心畸變 P1	-2.5706e-05	1.8249e-05	1.2969e-05
離心畸變 P2	-1.3615e-05	-1.1322e-05	2.5773e-05
相機編號	4	5	6
相機型號	GS3-U3-91S6C-C	GS3-U3-91S6C-C	GS3-U3-91S6C-C
產品序號	14426183	14426157	14426158

解析度(pixels)	3376 x 2704	3376 x 2704	3376 x 2704
像元大小(mm)	0.0037	0.0037	0.0037
焦距 c (mm)	8.2004	8.1770	8.2094
像主點 xp (mm)	-0.0537	-0.0517	0.0149
像主點 yp (mm)	0.0015	0.0001	-0.0574
輻射畸變 K1	2.48035e-03	2.49805e-03	2.36999e-03
輻射畸變 K2	-1.53493e-05	-1.63355e-05	-1.35661e-05
輻射畸變 K3	-1.29553e-07	-1.22571e-07	-1.43048e-07
離心畸變 P1	-5.0449e-06	1.9763e-05	-1.6238e-05
離心畸變 P2	-6.2477e-05	-3.0990e-05	3.6437e-05
相機編號	7	8	
相機型號	GS3-U3-91S6C-C	GS3-U3-91S6C-C	
產品序號	14426159	14340449	
解析度(pixels)	3376 x 2704	3376 x 2704	
像元大小(mm)	0.0037	0.0037	
焦距 c (mm)	8.1566	8.2147	
像主點 xp (mm)	-0.0134	-0.1001	
像主點 yp (mm)	-0.0967	-0.0458	
輻射畸變 K1	2.46545e-03	2.61257e-03	
輻射畸變 K2	-1.63310e-05	-1.81310e-05	
輻射畸變 K3	-1.15087e-07	-1.01698e-07	
離心畸變 P1	2.9095e-05	-7.6965e-06	
離心畸變 P2	-1.1073e-04	7.2537e-06	

表 5-5 影像軸角/固定臂率定成果表

Camera	x(公尺)	y(公尺)	z(公尺)	LeverArm(公尺)	Omega(度)	phi(度)	kappa(度)
1	-0.014	0.308	0.373	0.484	89.933	0.097	-0.221
2	0.156	0.209	0.374	0.457	89.641	-60.112	-0.244
3	0.155	0.015	0.375	0.406	-89.871	-60.178	-179.762
4	-0.014	-0.085	0.377	0.387	-89.993	0.211	179.997
5	-0.183	0.014	0.376	0.419	-89.774	59.995	179.670
6	-0.186	0.210	0.376	0.469	89.655	60.058	0.277

## 第陸章 光達移動測繪系統試辦成果

### 第一節 試辦光達道路圖資更新作業

#### 一、作業流程

為達到圖資快速更新，提供國家經建政策規劃推動及防救災領域所需及時且正確的基礎圖資，本案使用車載光達移動測繪系統，辦理光達資料蒐集及指定區域道路圖資更新(長度約 1 公里)。圖資更新作業資料蒐集及整合作業流程如圖 6-1 所示，可分為需求確認、任務規劃、率定作業、外業工作、內業處理、資料檢核與成果產出等步驟。

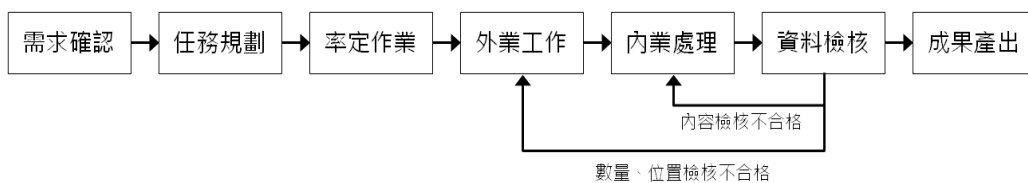


圖 6-1 試辦光達道路圖資更新作業流程

#### (一)需求確認

於試辦作業開始前進行需求確認，包含試辦作業所需資料之蒐集與確認、資料格式確認、作業範圍確認與作業方式確認。本次作業範圍為臺中市知高橋，使用載具為車載移動測繪系統，資料蒐集內容包含定位定向資料、光達點雲、相機影像。

#### (二)任務規劃

依照需求確認結果進行任務規劃，訂定資料蒐集路線。本項作業規劃使用整合光達系統、定位定向系統、輪速計、工業級相機之移動測繪系統進行資料蒐集，初始化地點為臺中市五權西路二段及向上路三段交叉路口旁空地，完成後即前至臺中市知高橋進行資料蒐集。

#### (三)率定作業

率定作業分為相機內方位率定與軸角及固定臂率定、光達軸角及固定臂。相機內方位規劃於佈滿率定標之室內率定場，以 Australis 軟體求得各相機之內方位參數。光達及相機軸角及固定臂率定於成功大學歸仁校區之室外率定場進行。

#### (四)外業作業

車載移動測繪系統外業作業前，應先確認天氣狀況，若中央氣象

局天氣預報，作業地區降雨機率大於 40% 或車載移動測繪系統停放地區正在下雨，則不進行外業資料蒐集作業，並回報任務負責人，重新調整外業資料蒐集作業時間。如於作業過程中遇到下雨，則應儘快結束作業，並將車輛停放至不被雨淋的場所，以避免系統受雨淋影響。

外業作業流程如下：開啟定位定向系統，進行初始化作業(靜態 5 分鐘及動態繞圈 5 分鐘)，完成定位定向系統初始化作業後，即開始儲存定位定向系統資料，並接續開啟光達系統，待光達系統自行初始校正完成後，系統開始自動儲存光達點雲資料，即可執行外業作業。完成外業作業後，停止儲存及關閉光達系統，進行定位定向系統反向初始化作業(動態繞圈 5 分鐘及靜態 5 分鐘)，完成後停止儲存及關閉定位定向系統，檢查資料，確認無誤後完成本次外業任務。

#### (五)內業處理

外業資料蒐集作業完畢，於控制電腦下載定位定向系統、光達系統、相機影像資料。定位定向資料原始檔案需透過 NovAtel 原廠之格式轉換軟體 NovAtel Convert，將 GNSS 資料轉換為通用之 O 檔(觀測量資料檔案)及 N 檔(GPS 導航資料)或其他衛星導航資料，亦透過該格式轉換軟體將 IMU 原始資料匯出 IMU 紀錄資料、系統同步觸發時間以及輪速計資料。檢查定位定向系統儲存資料時間是否與外業相符，照片及觸發時間筆數是否一致，光達儲存資料是否合理(1 分鐘約 225MB 資料量)。

定位定向資料解算需配合參考站資料，其取得方式可透過自行於已知點架設 GNSS 參考站，或向國土測繪中心 e-GNSS 申請鄰近作業範圍之參考站，參考站資料格式應為通用之 O 檔及 N 檔。本次任務選擇向國土測繪中心申請參考站資料。

GeoPoint 解算軟體可針對 GNSS 及 IMU 資料進行定位定向資料解算，得固定頻率(每秒 1 筆)之軌跡資料，加入系統觸發時間，則可將軌跡內插至各觸發時間之定位定向資料，再加入軸角及固定臂率定成果，即可推得各觸發時間每部相機之外方位資料，並產生像片量測軟體所需之方位資料格式。光達資料使用 Z+F SynCaT 進行處理，其為 Z+F 開發之原廠資料格式轉換軟體，將 Z+F 光達原始\*.zfs 資料、GeoPoint 解算定位定向系統軌跡資料、軸角/固定臂率定成果轉換為通用格式\*.las、\*.laz、\*.txt 資料。

TerraSolid 為處理光達點雲資料軟體，將 Z+F SynCaT 輸出之點

雲\*.las 格式，匯入執行點雲編輯及分類等作業。針對分類後之點雲，於 AutoCAD 軟體進行點雲數化，產製電子地圖做為圖資更新應用，本案主要繪製範圍為臺中知高橋及其周圍道路。

#### (六)資料檢核

成果檢核主要分為數量、位置與內容，數量的部分可透過拍攝距離與拍攝間距評估成果數量是否有明顯缺漏，內容部分檢核方式由檢核人員進行抽樣品質檢核。在數量及位置部分若確認有缺漏或檢核不合格時，將進行部分補拍，必要時進行重拍以達到資料完整性及正確性。光達資料檢核主要為數化是否有明顯缺漏部分，抽樣數化之點位是否有錯誤情形發生。

#### (七)成果產出

藉由 AutoCAD 數化之地理圖資可透過 GIS(Geographic Information System)軟體進行資料展示及再編輯，亦可輸出之地理圖資為 SHP 格式檔案。

### 二、作業情形

本案利用車載及推車式光達移動測繪系統進行點雲掃描圖資更新試辦成果，車載系統配合國土測繪中心指定之圖資測繪作業區域為臺中市知高橋，首先至臺中市五權西路二段及向上路三段交叉路口旁空地執行初始化作業，接著至臺中市知高橋進行資料蒐集，為了提高點雲資料密度，速度控制在時速 20 公里左右，完成資料蒐集後至國土測繪中心附近大業路上進行反向初始化作業，結束任務下載及檢查資料，確認無誤後回報專案經理。圖 6-2 所示為現場作業情形。





圖 6-2 試辦光達道路圖資更新作業外業情形

利用定位定向資料解算軟體 GeoPoint 解算作業路線軌跡，成果如圖 6-3 所示，藉由 Z+F SynCaT 光達點雲資料處理軟體，藉由時間同步軌跡及光達點雲資料，將 Z+F 原始格式輸出通用格式 las 格式，點雲展示成果如圖 6-4 至圖 6-6 所示。光達資料匯入至 TerraSolid 前需針對點雲進行相關平差作業，藉由分段檢查光達點雲是否錯位情況，若往返點雲資料誤差達 40 公分以上需使用控制點反饋方式修正軌跡，藉由修正軌跡重新轉換點雲資料得修正點雲三維位置資訊，本案使用之定位定向系統為高精度系統，作業區域透空良好，往返點雲誤差小於 10 公分，經檢查後無需進行控制點反饋作業，可直接進行點雲數化。

Z+F SynCaT 軟體完成光達點雲資料前處理及轉檔輸出至 las 格式，將點雲資料匯入至 TerraSolid 等點雲編輯軟體，可進行點雲分類作業，主要分類成地表、地上物、雜訊三類。並經由 AutoCAD 讀取 las 格式之軟體，依道路邊線進行圖資數化，同時利用不同視角檢視選取之點雲，增加數化作業正確性。圖資更新成果如圖 6-7 所示，輸出格式為 LAS 及 DWG 格式。另外本案建置移動測繪系統之影像成果拼接組成 360 度環景影像，車載系統影像拼接成果如圖 6-8 至圖 6-9 所示。

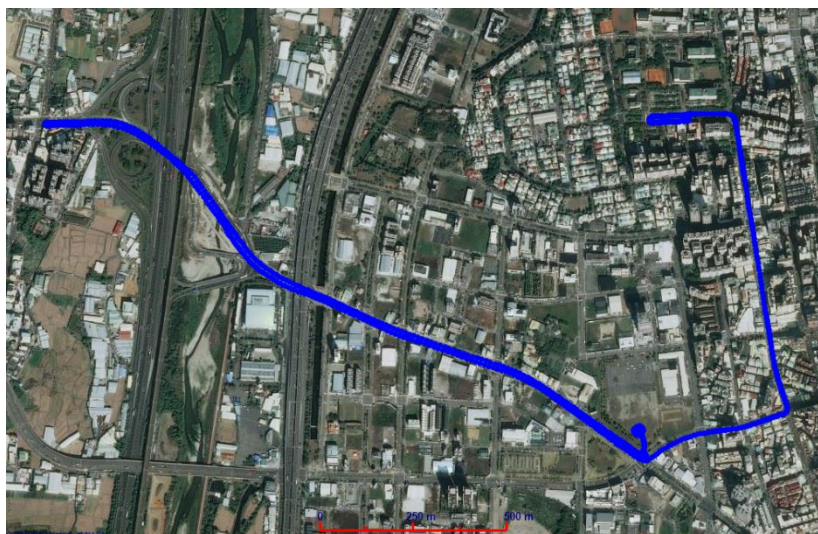


圖 6-3 試辦光達道路圖資更新作業路線軌跡

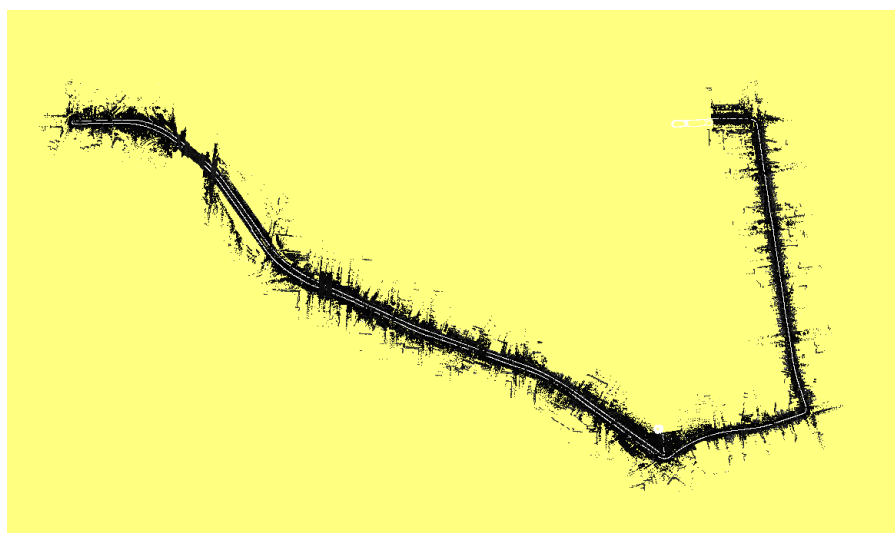


圖 6-4 試辦光達道路圖資更新作業點雲展示 1

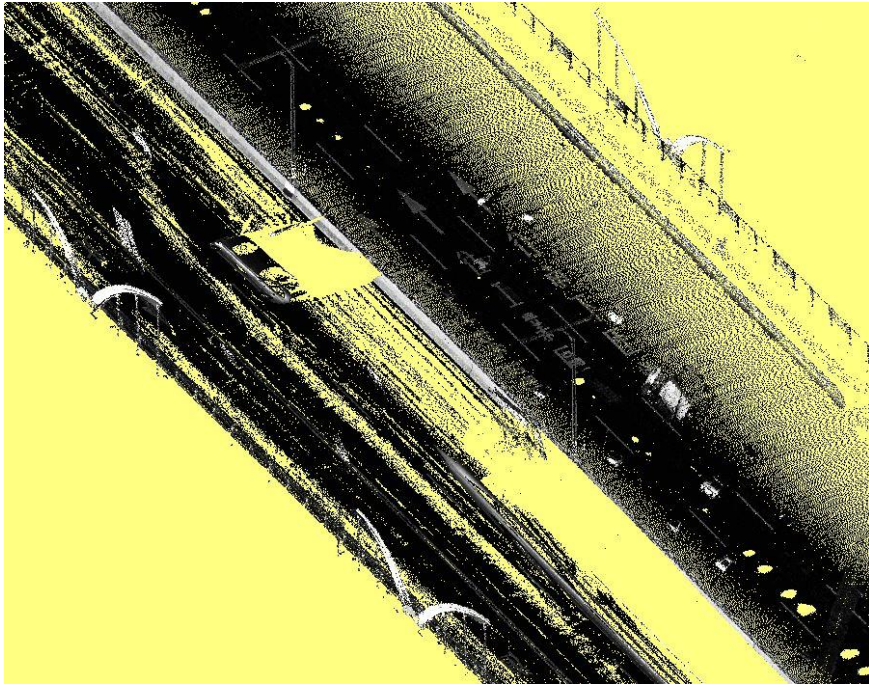


圖 6-5 試辦光達道路圖資更新作業點雲展示 2

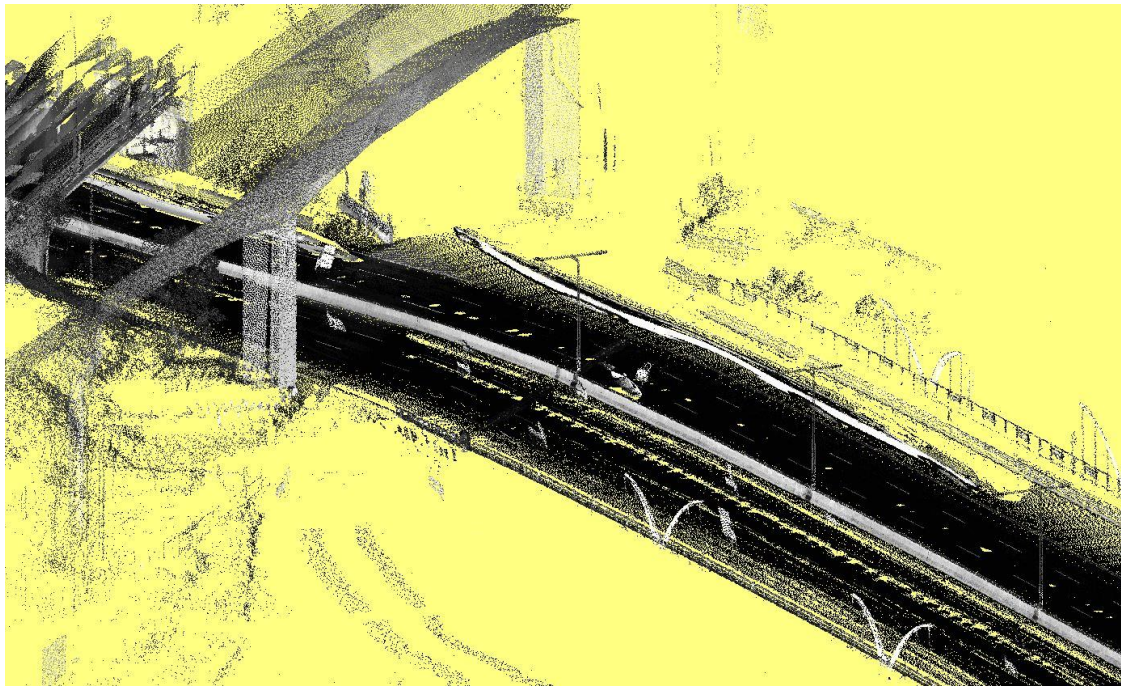


圖 6-6 試辦光達道路圖資更新作業點雲展示 3

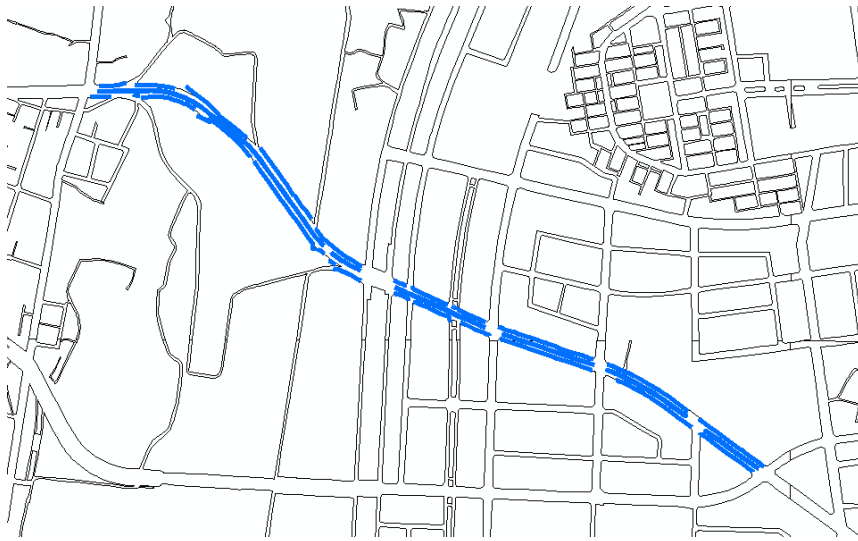


圖 6-7 試辦光達道路圖資更新作業數化成果

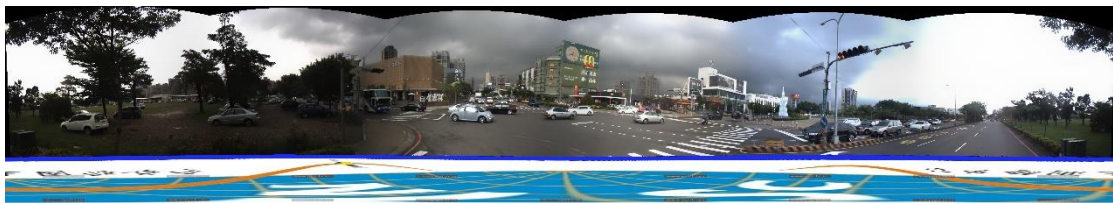


圖 6-8 試辦光達道路圖資更新作業影像 360 度拼接成果 1



圖 6-9 試辦光達道路圖資更新作業影像 360 度拼接成果 2

### 三、作業分析

本團隊首先針對定位定向系統軌跡進行檢查，確定軌跡皆位於道路上，無明顯行駛於房子內等錯誤情況，即初步完成定位定向系統檢查，亦可利用 GeoPoint 軌跡解算成果資料進行分析，可將 GNSS 訊號受遮蔽或透空較差之區段，即衛星數量小於 4 顆，透過設定 GNSS outage 方式，利用 IMU 短時間高精度之特性，解算得較佳軌跡成果。

完成定位定向系統檢查後，逐段檢查光達往返點雲誤差是否達 40 公分以上，倘若往返點雲相對誤差大，如圖 6-10 所示為往返點雲錯位情形範例(非本次知高橋示範案)，需針對 GeoPoint 往返相對較差之軌跡，進行控制點反饋，藉由修正軌跡重新轉換點雲資料得修正點雲三維位置資訊，重新檢查光達往返點雲誤差，若修正成果良好如圖 6-

11 所示，即可進行後續點雲編輯及數化作業，若否需再執行控制點反饋修正其他軌跡，或增加控制點數量，反覆操作直到誤差小於 40 公分。修正方式請參考第五章第一節 Trajectory correction 功能。

本案車載測試區域臺中市知高橋透空良好，定位定向系統軌跡成果佳，道路邊線與人行道皆有明顯高低差，可明顯辨識道路邊線，如圖 6-12 所示，經由操作 AutoCAD 沿著道路邊線進行數化。

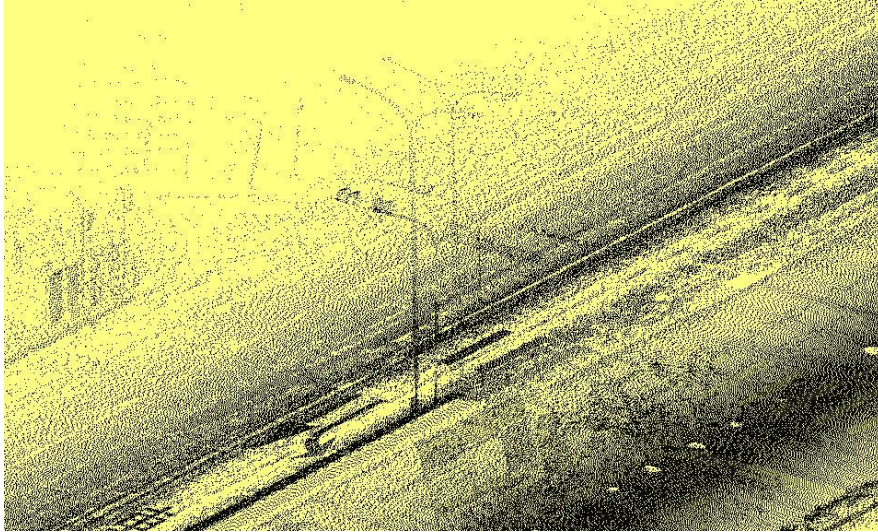


圖 6-10 往返點雲展示錯位情形範例(非本次知高橋試辦案資料)



圖 6-11 往返點雲展示錯位修正後情形範例(非本次知高橋試辦案資料)



圖 6-12 以街景影像輔助道路線線辨識情形

本案利用往返軌跡量測點雲進行自我檢核與精度分析，量測檢核點共 10 個，其分佈如圖 6-13 所示，往返軌跡相同地物量測作業情形如圖 6-14 及圖 6-15 所示，地物選擇明顯地物或是道路標線，地上物可藉由物體自身特徵點而標線需透過反射率不同進行辨識量測，精度檢核表如表 6-1 所示。由表 6-1 可知，往返檢核精度小於 10 公分，最大誤差為 12 公分，其精度符合需求，可將相關成果應用於圖資更新。

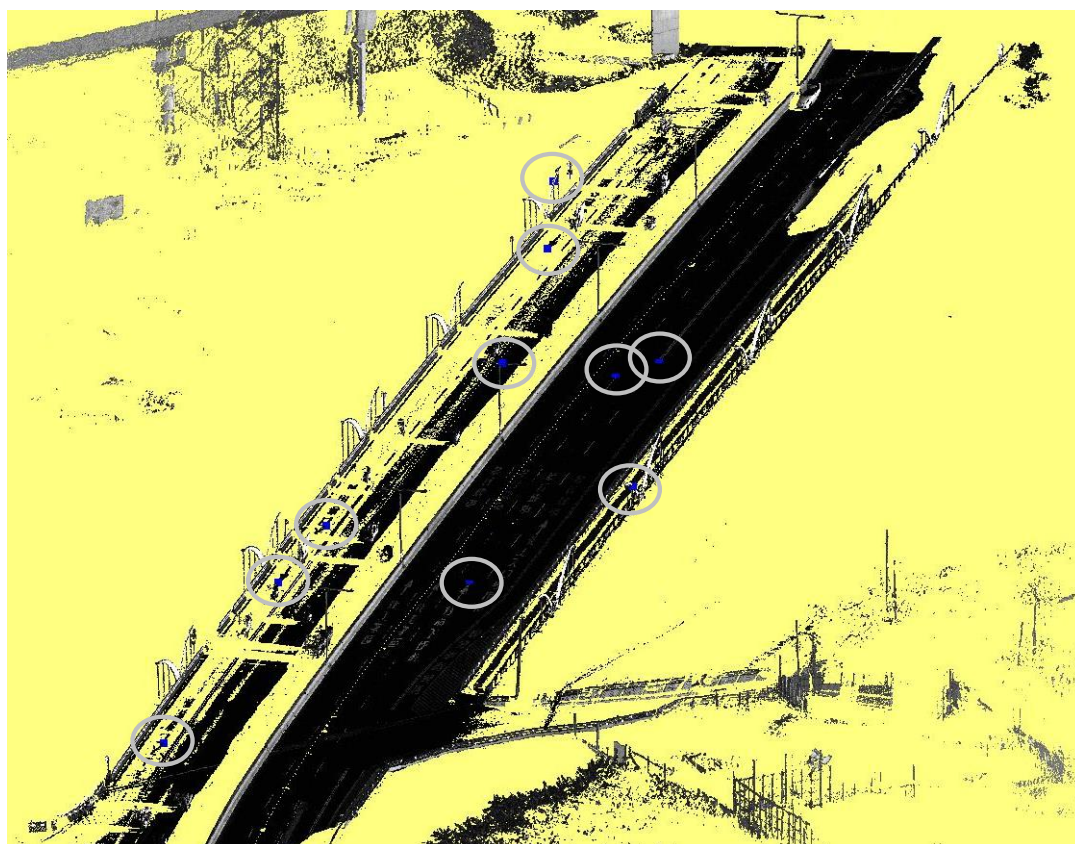


圖 6-13 試辦光達道路圖資更新作業檢核點分佈

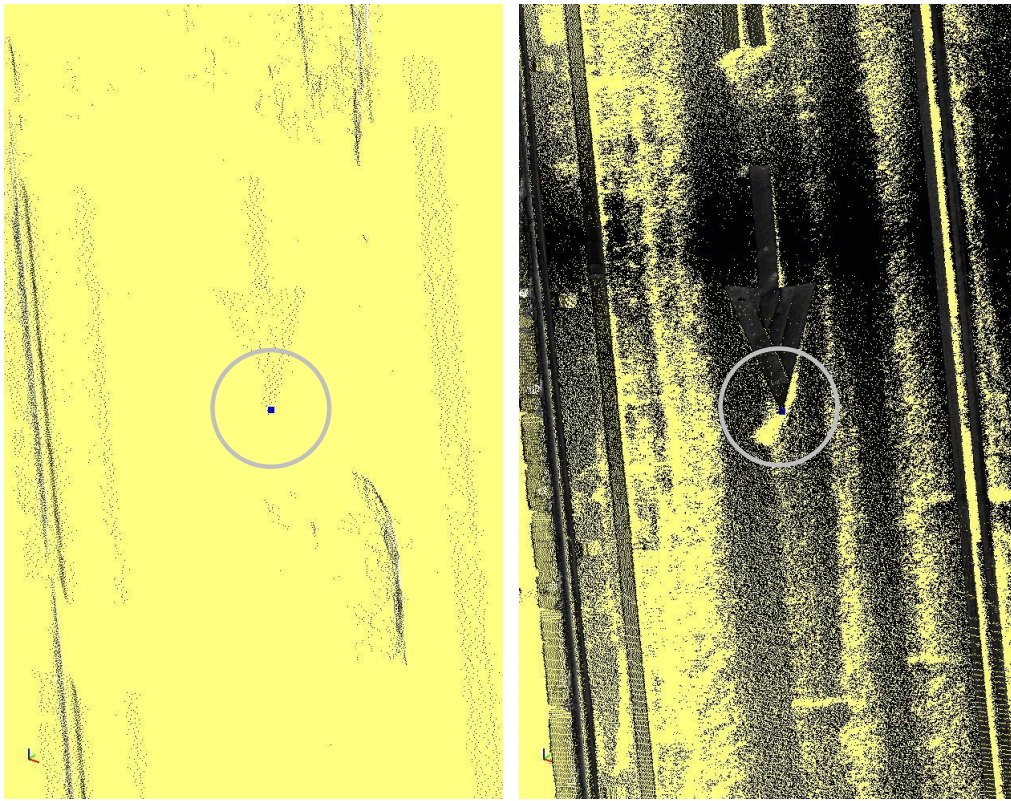


圖 6-14 試辦光達道路圖資更新作業檢核點量測作業情形 1

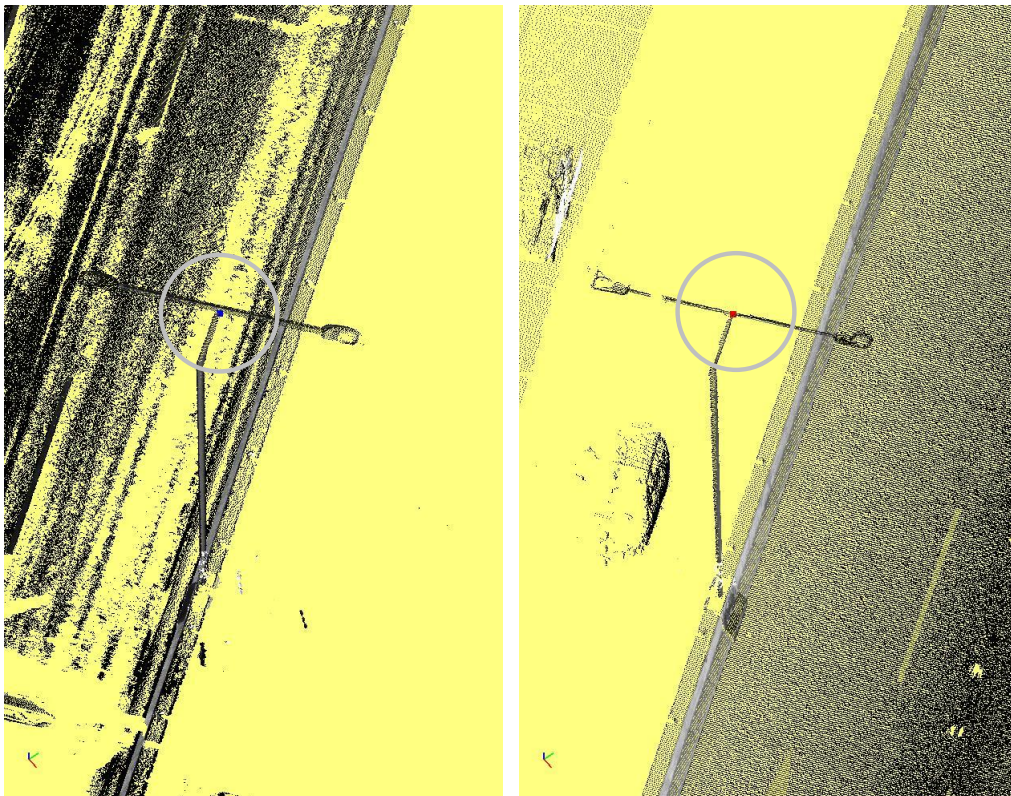


圖 6-15 試辦光達道路圖資更新作業檢核點量測作業情形 2

表 6-1 試辦光達道路圖資更新作業精度分析檢核表

編號	往			返			三維差值
	E	N	H	E	N	H	
1	211559.096	2671793.433	84.634	211559.083	2671793.502	84.639	0.070
2	211521.189	2671844.193	85.703	211521.120	2671844.236	85.696	0.082
3	211484.370	2671857.107	88.688	211484.316	2671857.164	88.686	0.079
4	211535.016	2671791.789	84.898	211534.973	2671791.773	84.879	0.049
5	211524.176	2671806.134	85.229	211524.154	2671806.202	85.221	0.072
6	211517.057	2671872.072	86.471	211516.980	2671872.173	86.450	0.128
7	211508.850	2671867.222	85.637	211508.745	2671867.257	85.627	0.111
8	211540.177	2671805.684	94.343	211540.131	2671805.753	94.260	0.117
9	211471.393	2671880.649	85.021	211471.332	2671880.623	85.060	0.077
10	211563.756	2671752.608	83.396	211563.662	2671752.662	83.403	0.108
三維	AVG			0.089			
	STD			0.025			
	RMS			0.092			

#### 四、成本分析

本案試辦光達道路圖資更新作業，所花費成本包含作業人事成本、工作車輛油料、驗車費用、保養維修費、各式保險費用等如表 6-2 所示，以下將針對各別細項做說明。

表 6-2 試辦光達道路圖資更新作業成本分析彙整表

成本項目(元)	車載系統	備註
任務規劃	4,000	1 天
外業作業	8,000	1 天
內業作業	8,000	2 天
成果檢查	1,000	0.25 天，1 天約可檢查 12 公里資料
相機內方位率定作業	600	以 1 年 20 次外業進行計算，每次外業任務需攤提 600(元)之費用。
軸角/固定臂率定作業	1,800	以 1 年 20 次外業進行計算，每次外業任務需攤提 1,800(元)之費用。
車輛油料費用	1,000	1 天
各式保險	2,681	以 1 年 20 次外業進行計算，每次外業任務需分攤約 2,681(元)之費用。

##### (一) 外業作業成本

外業作業成本主要受作業路線長度及路線複雜度影響，表 6-3 為本次試辦作業各路線外業資料蒐集時間，並計算各作業路線平均每公里作業時間。作業準備時間包含系統架設、系統初始化作業等，實際作業時間包含往返初始化地點至實際作業地點及作業範圍資料蒐集



之交通時間。

表 6-3 試辦光達道路圖資更新作業外業資料蒐集時間表

載具	作業範圍	路線長度(公里)	交通時間(分鐘)	準備時間(分鐘)	實際作業時間(分鐘)	平均每公里作業時間(分鐘/公里)
車載	臺中市知高橋	3	100	25	25	8.33

車載光達移動測繪系統每公里作業時間約為 8.33 分鐘，考量交通時間以及作業人員休憩時間，實際作業為 1 個工作天計算，外業人事費用即為  $1(\text{天}) \times 4,000(\text{元/人,天}) \times 2(\text{人}) = 8,000(\text{元})$ 。

光達式移動測繪系統外業準備時間約為 20 分鐘，包含系統初始化及系統初始化地點至實際作業地點之交通時間，而每公里作業時間同樣受路線長度及複雜度影響，平均約為每公里 10 分鐘，系統所用載具均為國土測繪中心公務車輛，因此光達外業作業成本與 104 及 105 年計畫之影像式 MMS 系統相似。

## (二) 內業作業成本

內業作業成本主要包含資料處理解算及圖資更新兩部分，資料處理解算作業包含原始資料下載、基站資料申請及下載、定位定向系統解算、光達資料處理，作業時間約為 1 天。

圖資更新人事成本主要受路線長度、路線複雜度、光達點雲資料辨識難易度影響，表 6-4 為車載圖資更新作業時間統計，並計算各作業範圍平均每 1 公里作業時間。本案影像式測繪系統作業時間平均每公里約需 60 分鐘，光達圖資更新作業時間相對較長達 320 分鐘，主要原因在於軟體操作熟悉度及點雲判讀經驗不足影響，於作業過程中需反覆確認實際位置，造成作業時間增加。

參考本案作業為例，車載光達內業作業時間為 2 天，費用為  $2(\text{天}) \times 4,000(\text{元/天}) = 8,000(\text{元})$ 。

表 6-4 試辦光達道路圖資更新作業內業資料處理時間表

載具	作業範圍	路線長度(公里)	作業時間(分鐘)	平均每公里作業時間(分鐘/公里)
車載	臺中市知高橋	3	960	320.00

圖資更新作業除了前述作業外亦包含任務規劃及成果檢查等人事費用，分別說明如下。

任務規劃一般由任務負責人進行，其作業時間以作業區為單位，1 個作業區域之任務規劃時間約為 1 個工作天，因此本案試辦作業車載需 1 個工作天，其人事費用為  $1(\text{天}) \times 4,000(\text{元}/\text{天}) = 4,000(\text{元})$ 。

成果檢查作業時間主要受到路線長度以及資料複雜程度影響，依本案試辦工作，成果檢查共花費 2 小時，包含 0.25 個工作天，其人事費用為  $0.25(\text{天}) \times 4,000(\text{元}/\text{天}) = 1,000(\text{元})$ 。

### (三) 率定作業費用

率定作業包含相機內方位率定、慣性量測元件及相機與光達相對關係即軸角與固定臂率定等。相機內方位率定 1 臺約需 1 小時，本案共 8 臺相機需 1 個工作天，人事費用為  $1(\text{天}) \times 4,000(\text{元}/\text{人}, \text{天}) \times 3(\text{人}) = 12,000(\text{元})$ 。以 1 年 20 次外業進行計算，相機內方位率定每次外業任務需攤提 600(元)之費用。

軸角與固定臂率定外業需 3 人進行作業，1 人開車、1 人操作系統、1 人協助佈設人工控制點並確認作業期間不受車輛移動而變形，其率定作業外業人事費用為  $1(\text{天}) \times 4,000(\text{元}/\text{人}, \text{天}) \times 3(\text{人}) = 12,000(\text{元})$ 。內業包含影像空三計算及率定成果計算，影像空三計算必須完成影像中牆面控制點連結，依本團隊作業經驗約需 5 個工作天，其人事費用為  $5(\text{天}) \times 4,000(\text{元}/\text{人}, \text{天}) \times 1(\text{人}) = 20,000(\text{元})$ ；而率定成果解算包含軌跡解算與軸角及固定臂成果求解，其人事費用為  $1(\text{天}) \times 4,000(\text{元}/\text{人}, \text{天}) \times 1(\text{人}) = 4,000(\text{元})$ ，因此 1 次軸角及固定臂率定之人事成本共需  $12,000(\text{元}) + 20,000(\text{元}) + 4,000(\text{元}) = 36,000(\text{元})$ 。以 1 年 20 次外業進行計算，軸角與固定臂率定每次外業任務需攤提 1,800(元)之費用。

率定作業施作時機及建議率定之頻率說明如下：當相機鏡頭及機身進行拆裝或焦距調整後，需重新進行內方位率定作業；若設備進行拆裝或機構修改導致相對關係可能改變時，需重新進行軸角/固定臂率定作業。倘若整體設備組裝後長時間未做更動，建議每一年需重新做相機內方位及系統相對關係軸角/固定臂率定，確保系統不會因長期載具震動或其他因素造成之微量變化，進而影響率定成果及最終圖資更新精度。本案內方位率定及軸角與固定臂率定外業各進行 1 次作業後系統未做更動，總費用如上說明共 48,000(元)，平均 1 次外業需攤提 2,400(元)。

### (四) 其他相關費用

利用車載移動測繪系統進行圖資更新作業，除了作業過程中花費

之各項作業人事費用，亦包含車輛油料費用、車輛檢驗費用、車輛保養維修費用、各式保險以及為了使系統可連線 e-GNSS 之通信費，各式相關費用說明如下。

1. 車輛油料費用：本團隊針對本案圖資更新作業，統計外業作業時所花費的車輛油料費用，共計約 1,000 元。
2. 各式保險：本案所使用之車輛保險除包含甲式車體損失險外，另針對系統各式設備加保儀器保險費，以及第三人責任附加駕駛人傷害保險，相關保險費用共計花費 53,613 元，以 1 年 20 次外業進行計算，每次外業任務需攤提約 2,681(元)。

## 第二節 試辦法院鑑測區域光達資料蒐集

### 一、作業流程

目前國土測繪中心受理的法院鑑測案件有地籍圖及地形圖鑑測兩種，地籍圖鑑測主要是以地面測量方式測出系爭位置之現況，再與地籍圖套疊分析，以確定系爭界址的位置。地形圖鑑測主要是以地測方式測量法官指定範圍之地物及地貌，並繪製含有等高線之大比例尺地形圖，供法院計算土方或坡度使用。

地面測量方式，是以電子測距經緯儀測得地物點之角度與距離，搭配光線法計算坐標，因此，僅測量人員有施測的點位才有坐標；光達可快速獲得地表上高精度、高密度的三維點雲，只要是光達掃描過的區域均可計算出三維坐標，可用於保存法院鑑測區域之現況，藉由三維點雲的呈現，亦可讓法院鑑測成果更直觀地呈現，讓不懂地籍圖當事者可藉由三維地物了解系爭界線所在位置；倘測量人員於有遺漏點位未施測，綿密的三維點雲成果可提供該點位坐標，輔助法院鑑測案件圖書補充與製作；另亦可利用高密度的三維點雲繪製等高線，供地形圖鑑測使用。

本案試辦法院囑託鑑測區域光達掃描作業，因測繪車不易進入狹小巷弄，選擇利用推車式光達移動測繪系統進行外業資料蒐集，內業包含圖資數化及繪製該區域之等高線等，套疊地測資料可呈現法院鑑測區域不同來源之資訊，藉由三維點雲可更直觀呈現當時現地情況，達到資訊保存，後續提供法院鑑測區域所需圖資。資料蒐集及整合作業流程如圖 6-16 所示，可分為需求確認、任務規劃、率定作業、外業工作、內業處理、資料檢核與成果產出等步驟。

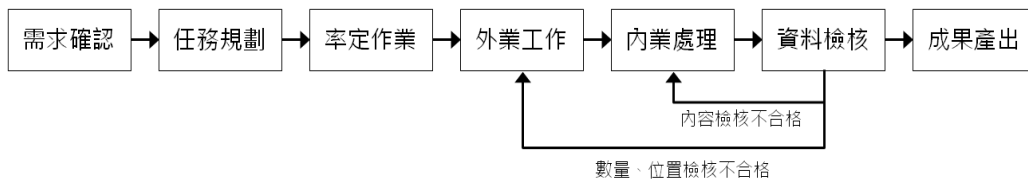


圖 6-16 試辦法院鑑測區光達資料蒐集作業流程

### (一)需求確認

於試辦作業開始前進行需求確認，包含試辦作業所需資料之蒐集與確認、資料格式確認、作業範圍確認與作業方式確認。本次作業範圍為臺南市永中街，使用載具為推車式移動測繪系統，資料蒐集內容包含定位定向資料、光達點雲、相機影像。

### (二)任務規劃

依照需求確認結果進行任務規劃，訂定資料蒐集路線。本項作業規劃使用整合光達系統、定位定向系統、工業級相機之移動測繪系統進行資料蒐集，初始化地點為臺南市永中街及永平街交叉路口旁空地，完成後至臺南市永中街進行資料蒐集。

### (三)率定作業

率定作業分為相機內方位率定與軸角及固定臂率定、光達軸角及固定臂。相機內方位規劃於佈滿率定標之室內率定場，以 Australis 軟體求得各相機之內方位參數。光達及相機軸角及固定臂率定於成功大學歸仁校區之室外率定場進行。

### (四)外業作業

移動測繪系統外業作業前，應先確認天氣狀況，若中央氣象局天氣預報，作業地區降雨機率大於 40% 或移動測繪系統停放地區正在下雨，則不進行外業資料蒐集作業，並回報任務負責人，重新調整外業資料蒐集作業時間。如於作業過程中遇到下雨，則應儘快結束作業，並將移動測繪系統停放至不被雨淋的場所，以避免系統受雨淋影響。

外業作業流程如下：開啟定位定向系統，進行初始化作業(靜態 5 分鐘及動態繞圈 5 分鐘)，完成定位定向系統初始化作業後，即開始儲存定位定向系統資料，並接續開啟光達系統，待光達系統自行初始校正完成後，系統開始自動儲存光達點雲資料，即可執行外業作業。完成外業作業後，停止儲存及關閉光達系統，進行定位定向系統反向初始化作業(動態繞圈 5 分鐘及靜態 5 分鐘)，完成後停止儲存及關閉

定位定向系統，檢查資料，確認無誤後完成本次外業任務。

### (五)內業處理

外業資料蒐集作業完畢，於控制電腦下載定位定向系統、光達系統、相機影像資料。定位定向資料原始檔案需透過 NovAtel 原廠之格式轉換軟體 NovAtel Convert，將 GNSS 資料轉換為通用之 O 檔(觀測量資料檔案)及 N 檔(GPS 導航資料)或其他衛星導航資料，亦透過該格式轉換軟體將 IMU 原始資料匯出 IMU 紀錄資料、系統同步觸發時間以及輪速計資料。檢查定位定向系統儲存資料時間是否與外業相符，照片及解發時間筆數是否一致，光達儲存資料是否合理(1 分鐘約 225MB 資料量)。

定位定向資料解算需配合參考站資料，其取得方式可透過自行於已知點架設 GNSS 參考站，或向國土測繪中心 e-GNSS 申請鄰近作業範圍之參考站，參考站資料格式應為通用之 O 檔及 N 檔。本次任務選擇向國土測繪中心申請參考站。

GeoPoint 解算軟體可針對 GNSS 及 IMU 資料進行定位定向資料解算，得固定頻率(每秒 1 筆)之軌跡資料，加入系統觸發時間，則可將軌跡內插至各觸發時間之定位定向資料，再加入軸角及固定臂率定成果，即可推得各觸發時間每部相機之外方位資料，並產生像片量測軟體所需之方位資料格式。

光達資料使用 Z+F SynCaT 進行處理，其為 Z+F 開發之原廠資料格式轉換軟體，將 Z+F 光達原始\*.zfs 資料、定位定向系統軌跡資料、軸角/固定臂率定成果轉換為通用格式\*.las、\*.laz、\*.txt 資料。本法院鑑測區位於狹小巷弄內，檢查定位定向系統軌跡及光達點雲資料，部分 GNSS 訊號受遮蔽，針對往返點雲資料誤差達 20 公分以上執行控制點反饋作業修正軌跡，重新解算得修正點雲三維位置資訊。

TerraSolid 為處理光達點雲資料軟體，將上述 Z+F SynCaT 處理後輸出之點雲\*.las 格式，匯入執行點雲編輯及分類等作業，再進行點雲數化及圖資更新，並依據分類成果繪製 DSM(地表及地上物)或 DEM(地表)及等高線等成果，同時可套疊地測資料，呈現不同來源資料情形。

### (六)資料檢核

成果檢核主要分為數量、位置與內容，數量的部分可透過拍攝距

離與拍攝間距評估成果數量是否有明顯缺漏，內容部分檢核方式由檢核人員進行抽樣品質檢核。在數量及位置部分若確認有缺漏或檢核不合格時，將進行部分補拍，必要時進行重拍以達到資料完整性及正確性。光達資料檢核主要為數化是否有明顯缺漏部分，抽樣數化之點位是否有錯誤情形發生。

### (七)成果產出

藉由 AutoCAD 數化之地理圖資可透過 GIS(Geographic Information System)軟體進行資料展示及再編輯，亦可輸出之地理圖資為 SHP 格式檔案。

## 二、作業情形

至臺南市永中街及永平街交叉路口旁空地準備推車及光達設備，檢查系統正常後執行初始化作業，接著至永中街執行法院鑑測標的附近及週邊建物道路資料蒐集，完成後回到原空地進行反向初始化作業，結束任務下載及檢查資料。圖 6-17 所示為現場作業情形。



圖 6-17 試辦法院鑑測區光達資料蒐集作業外業情形

內業作業為軌跡解算及點雲資料處理，利用定位定向資料解算軟體 GeoPoint 解算作業路線軌跡，成果如圖 6-18 所示，藉由 Z+F SynCaT 光達點雲資料處理軟體，藉由時間同步軌跡及光達點雲資料，將 Z+F 原始格式輸出通用格式 las 格式，點雲展示成果如圖 6-19 至圖 6-21 所示。本區域位於巷弄街道內，GNSS 訊號易受遮蔽等影響，同第陸



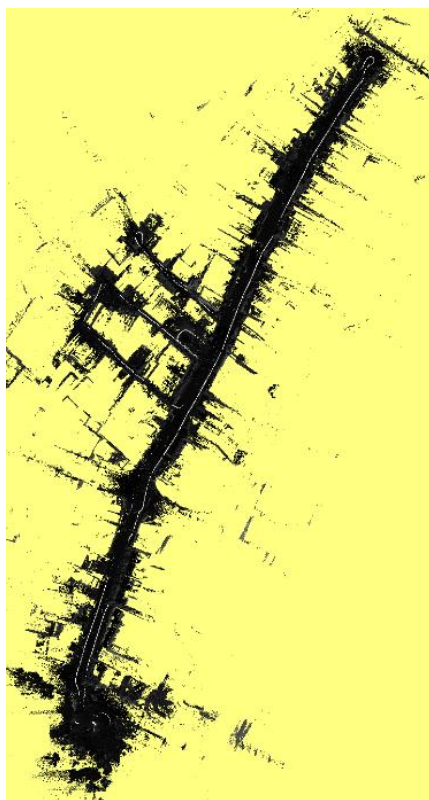


圖 6-19 試辦法院鑑測區光達資料蒐集作業點雲展示 1

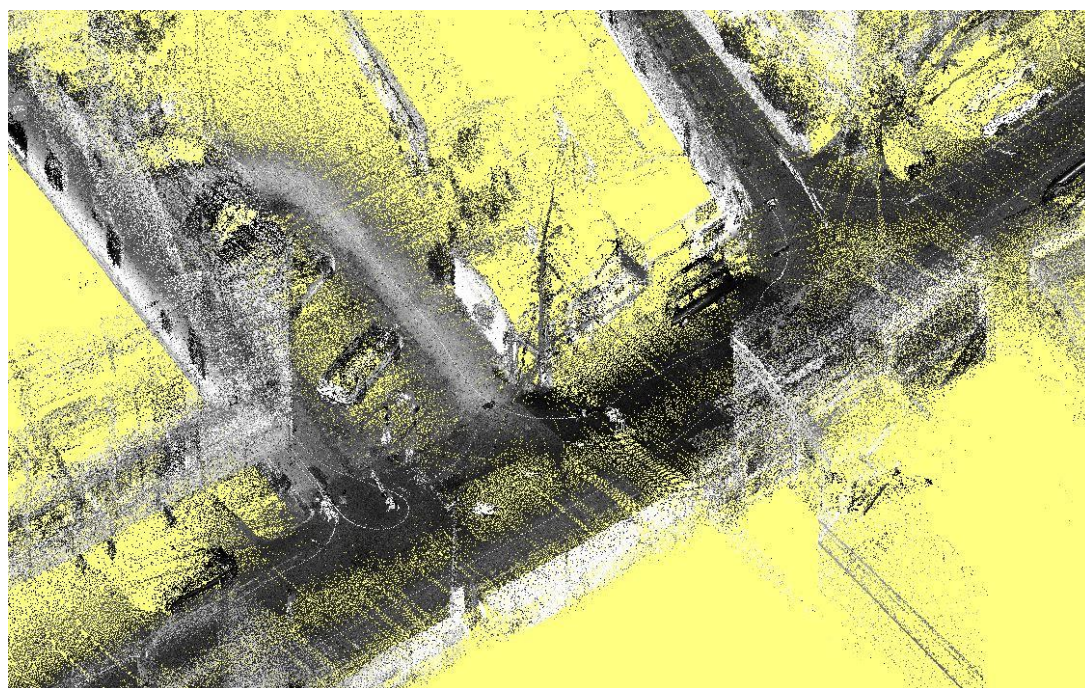


圖 6-20 試辦法院鑑測區光達資料蒐集作業點雲展示 2



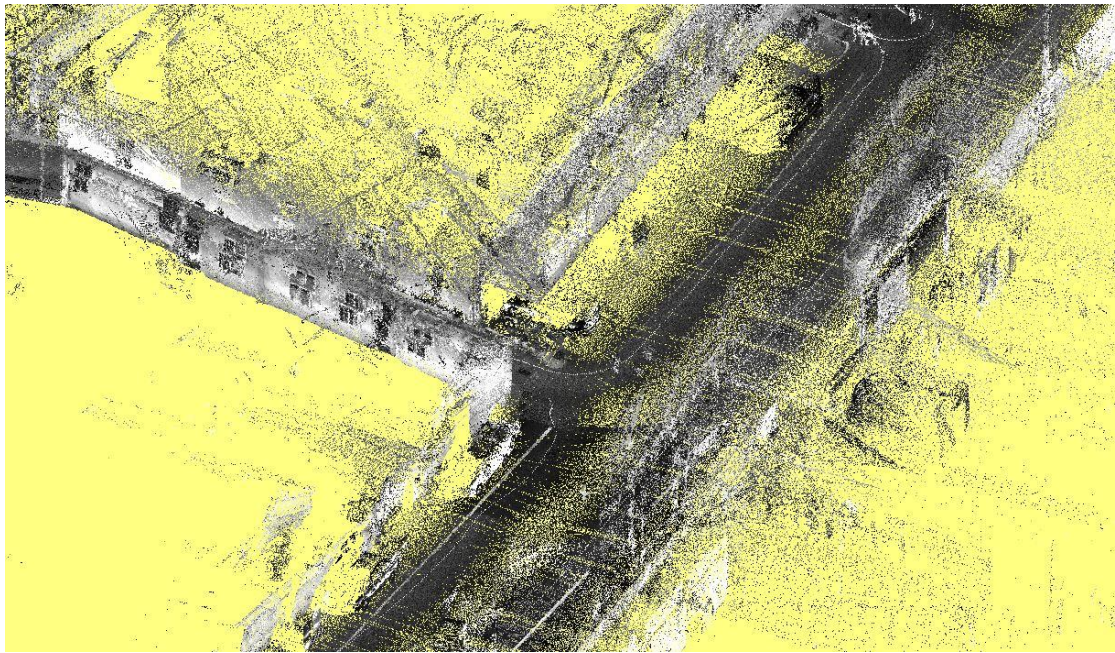


圖 6-21 試辦法院鑑測區光達資料蒐集作業點雲展示 3

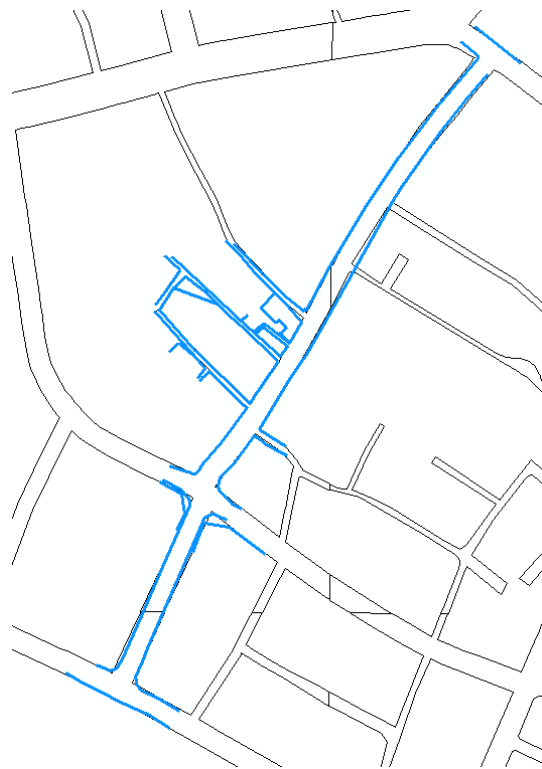


圖 6-22 試辦法院鑑測區光達資料蒐集作業數化成果



圖 6-23 試辦法院鑑測區光達資料蒐集作業影像 360 度拼接成果 1



圖 6-24 試辦法院鑑測區光達資料蒐集作業影像 360 度拼接成果 2

### 三、作業分析

推車式光達系統同車載光達檢核方式，先利用 GeoPoint 軌跡解算成果資料進行分析，再利用人工逐段檢查光達往返點雲是否錯位，進行控制點反饋修正定位定向系統軌跡，進一步修正點雲資料，修正方式請參考第五章第一節 Trajectory correction 功能。圖 6-25 所示為選擇控制點反饋之點位分佈位置，選擇點位為屋角(圖 6-25 中 GCP1 及 GCP2)或牆角(圖 6-25 中 GCP3 及 GCP4)等明顯特徵，針對各控制點進行點位量測如圖 6-26 所示，同一點位往返重覆掃描，需針對不同區段之軌跡及點雲各別量測如圖 6-27 所示，圖中綠色點位為控制點坐標位置，紅色點為量測點位，藉由控制點反饋取得改正量修正軌跡及點雲三維位置，持續檢查及控制點反饋直到點雲無明顯錯位即完成。

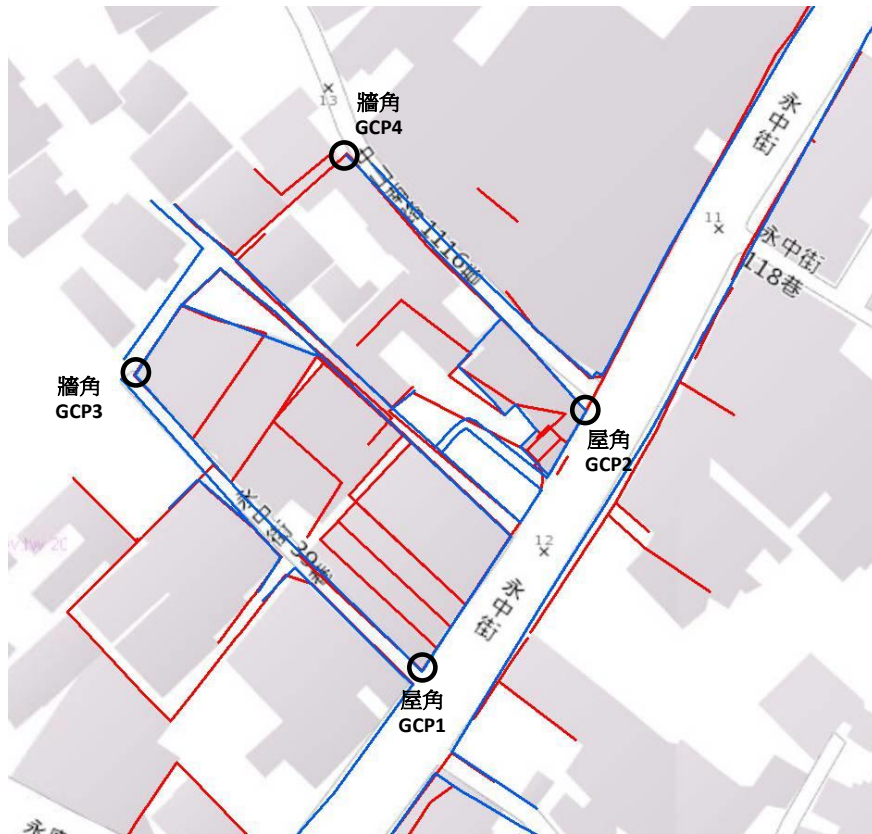


圖 6-25 試辦法院鑑測區光達資料蒐集作業控制點反饋量測控制點分佈

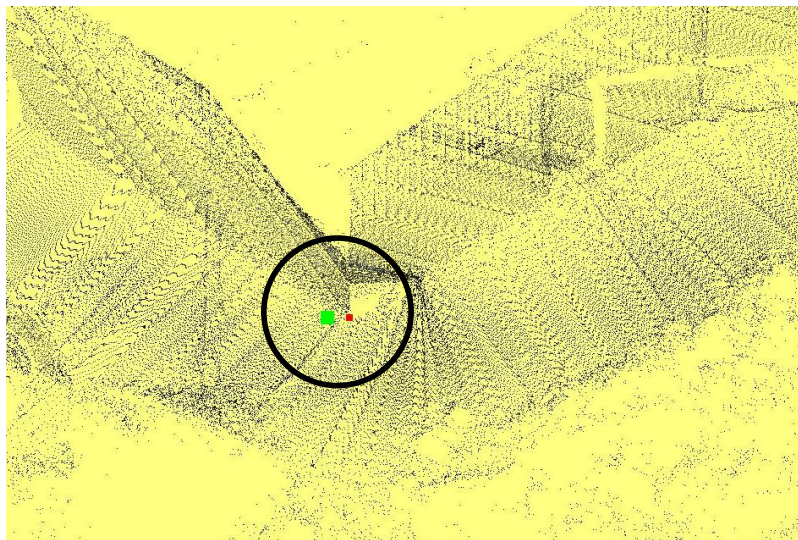


圖 6-26 控制點反饋量測情形(以 GCP3 為例)

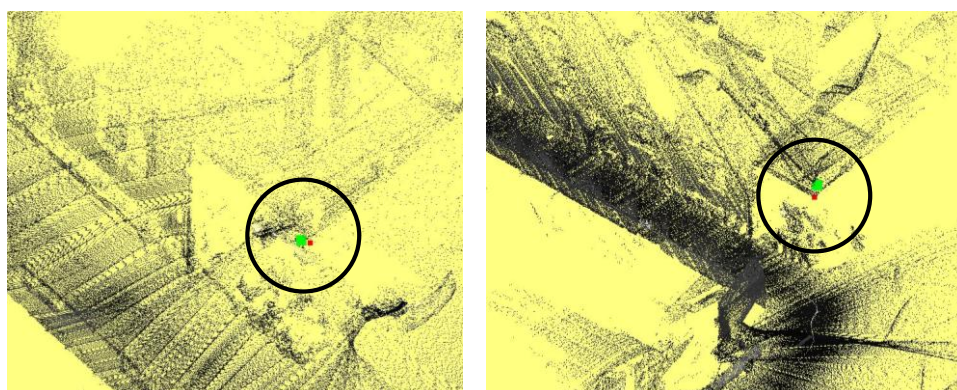


圖 6-27 控制點反饋量測情形(以 GCPI 為例)

完成點雲前處理無明顯錯位情況後，即可進行點雲圖資數化作業，然而光達點雲為利用近紅外光之脈衝雷射進行掃瞄，可獲取大量地表及其地上物之資料，道路邊線數化時亦可搭配影像進行判識如圖 6-28 所示，同時需利用不同視角檢視選取之點雲，增加數化作業正確性。若數化受到道路邊線定義不明及道路邊線受遮蔽等因素影響時，則以道路最大範圍進行繪製，盡可能使道路邊線平順不崎嶇為原則。建物數化方式同樣可依據影像協助數化作業，建物平面數化部分亦需參考道路邊線情況，兩者之邊界處應重合為原則；建物側邊牆面三維數化，應檢查是否垂直地面為原則，若否則應參考現地情況及影像進行比對，是否數化有誤；屋頂部分若有完整掃描點雲資料，因以合理為原則進行數化。



圖 6-28 點雲搭配影像作業情形

圖 6-29 所示為點雲數化圖資成果套疊法院鑑測區域相關圖資情形，圖中藍線為點雲數化成果，紅線為地測資料，藉由掃描資料呈現鑑測區域之系爭界線如圖 6-30 綠線所示。圖 6-31 所示為光達點雲、圖資數化、法院鑑測區圖資進行套疊情形，圖中藍、紅、綠線分別為點雲數化、地測資料、系爭界線，水藍色線條為點雲數化三維資訊(建物輪廓線)，圖資蒐集除了過去二維平面資訊，可增加牆面或牆柱等三維向量資訊，未來區域地上物改變時，仍可依據光達點雲及三維向量圖資還原現場情形，以利相關分析及判識作業。圖 6-32 及圖 6-34 為三維點雲向量圖成果。

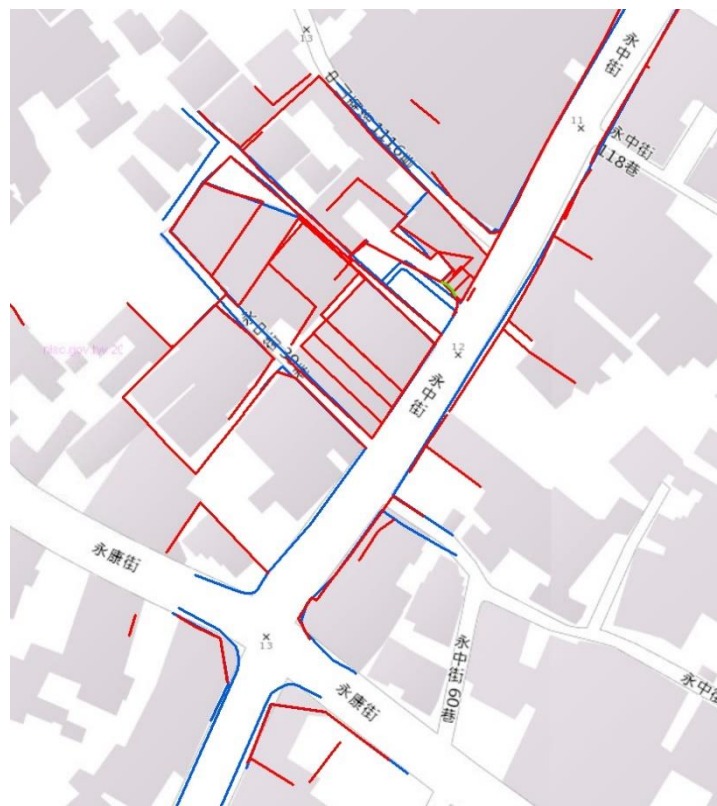


圖 6-29 試辦法院鑑測區數化圖資套疊地測資料情形

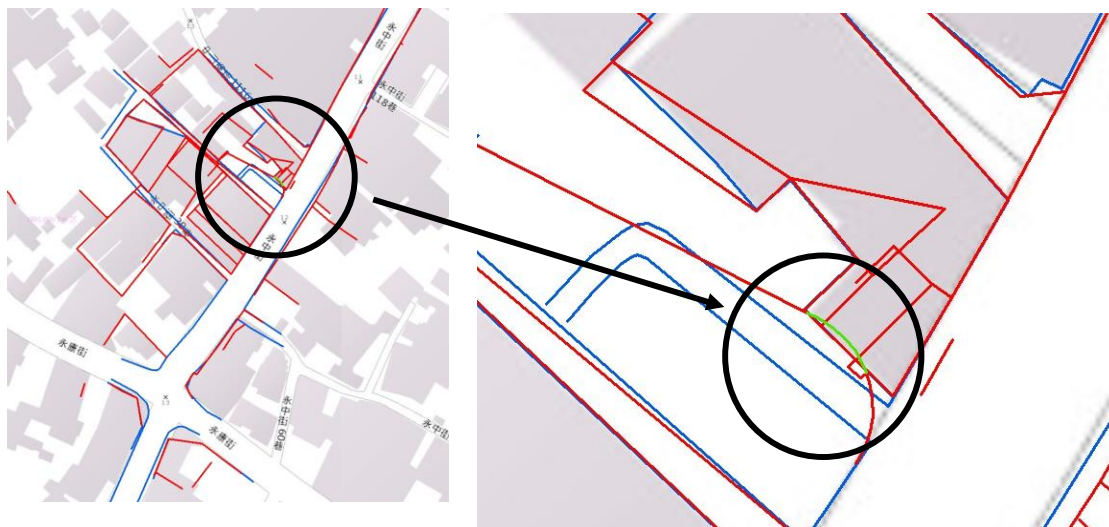


圖 6-30 試辦法院鑑測區數化圖資套疊地測資料系爭界線

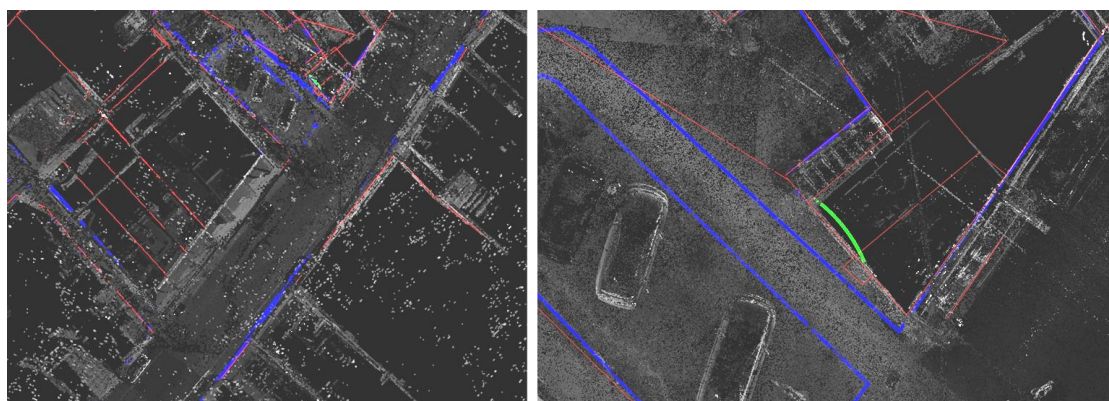


圖 6-31 試辦法院鑑測區光達點雲、數化圖資、地測資料套疊情形

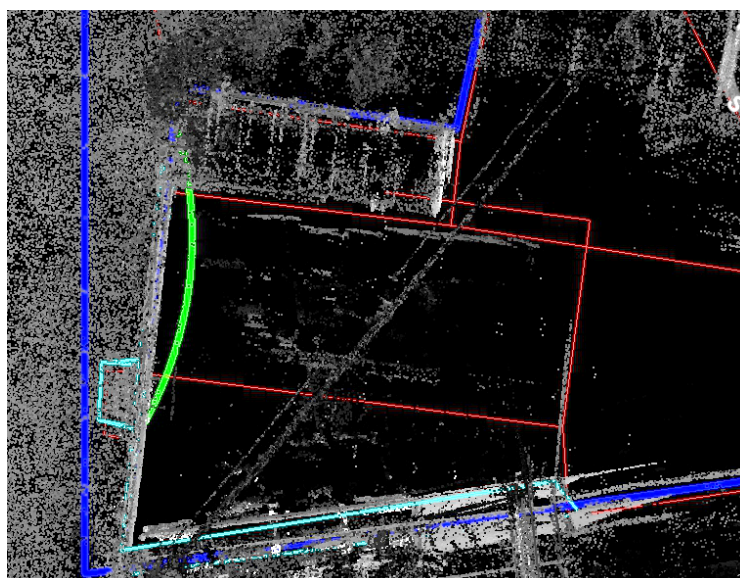


圖 6-32 試辦法院鑑測區光達點雲及三維向量數化圖成果展示 1

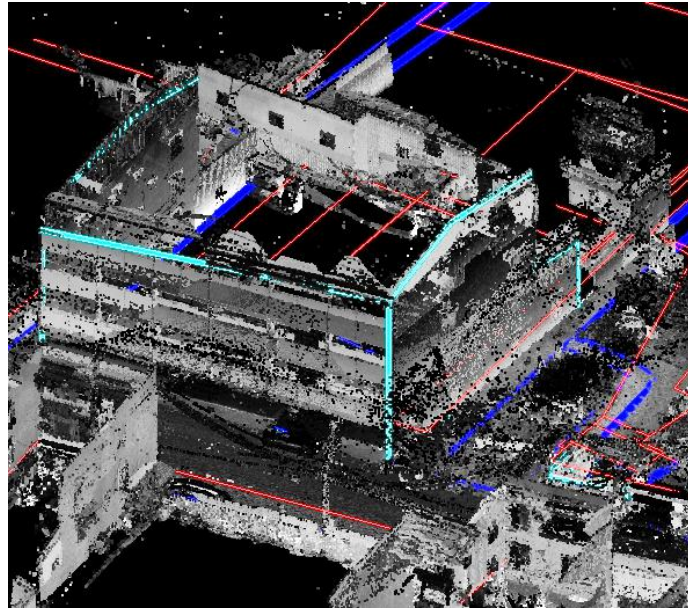


圖 6-33 試辦法院鑑測區光達點雲及三維向量數化圖成果展示 2

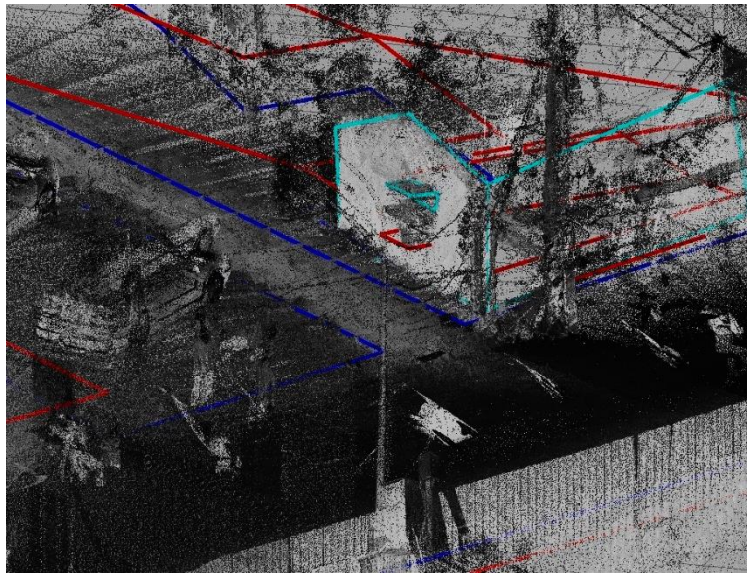


圖 6-34 試辦法院鑑測區光達點雲及三維向量數化圖成果展示 3

利用本案推車光達設備所蒐集空間資訊，除了可發揮推車載具的體積小優勢，於測繪車出入不易的狹小巷弄進行小區域範圍作業外(如圖 6-35 所示)，並可快速大量的蒐集鑑測區域內地形地物點雲資料，這些資料均具有高精度三維空間資訊，先將點雲成果資料經分類處理，再萃取出地表三維資料，進一步繪製出該區域中之 DSM 及等高線等地形圖資料如圖 6-36 及圖 6-37 所示。本方法後續可用於法院囑託鑑測地形測量繪製及相關土方計算等作業應用，同時也大幅縮短作業人員外業時間，提升測繪作業效率。



圖 6-35 推車式載具於狹小巷弄外業情形

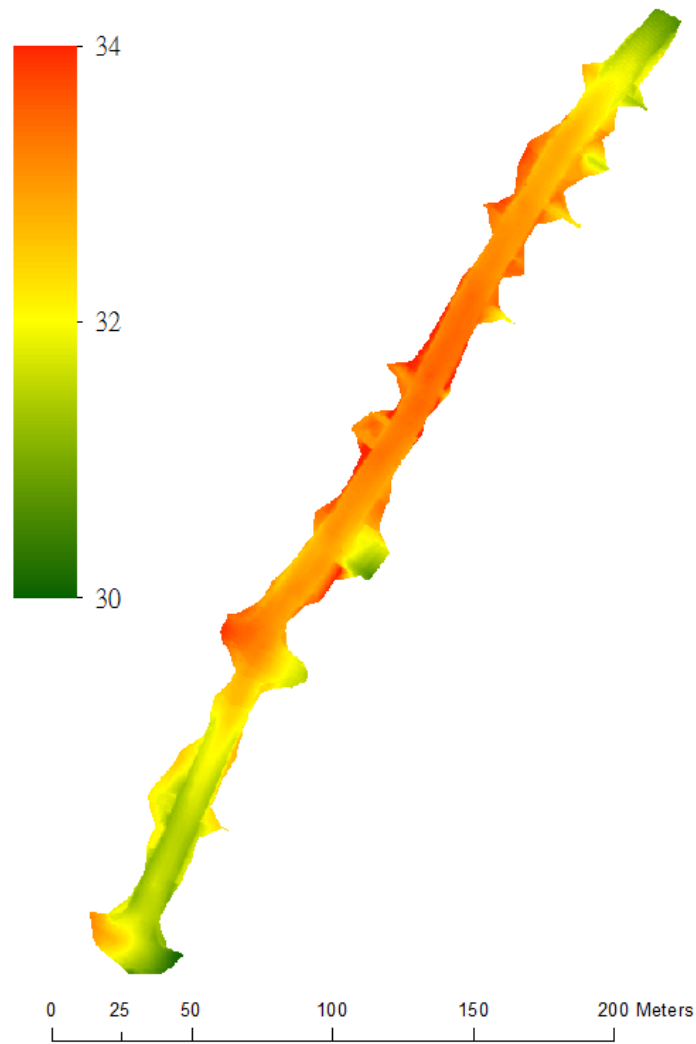


圖 6-36 試辦法院鑑測區光達資料蒐集作業地表數值模型



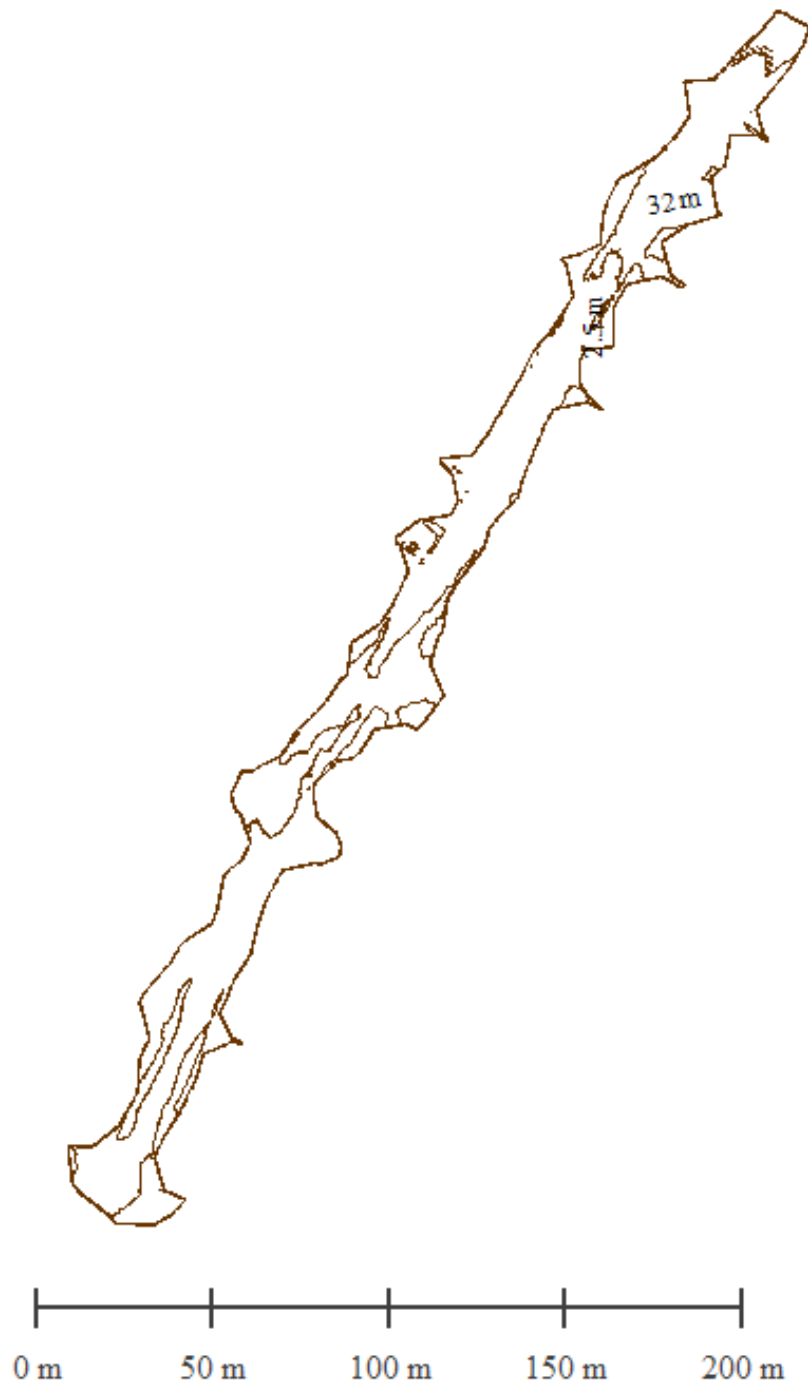


圖 6-37 試辦法院鑑測區光達資料蒐集作業等高線成果

本案試辦法院鑑測區光達資料蒐集作業檢核與精度分析為利用房屋屋角現況點及牆壁中心線垂距進行，檢核點共 20 點其分佈情形如圖 6-38 所示，圖中圓點(●)為現況點，三角形(▲)為相鄰 2 棟房屋牆壁中心線垂距檢核，表 6-5 所示為精度檢核表。由表 6-5 可知，精度約為 7 公分，依照地籍測量實施規則第 73 條之規定「戶地測量採

數值法測繪者，其圖根點至界址點之位置誤差不得超過下列限制：一、市地：標準誤差二公分，最大誤差六公分。二、農地：標準誤差七公分，最大誤差二十公分。三、山地：標準誤差十五公分，最大誤差四十五公分。」，因此本案開發推車式光達移動測繪系統可應用於農地及山地等法院囑託鑑測案件現況資料蒐集及保存作業。

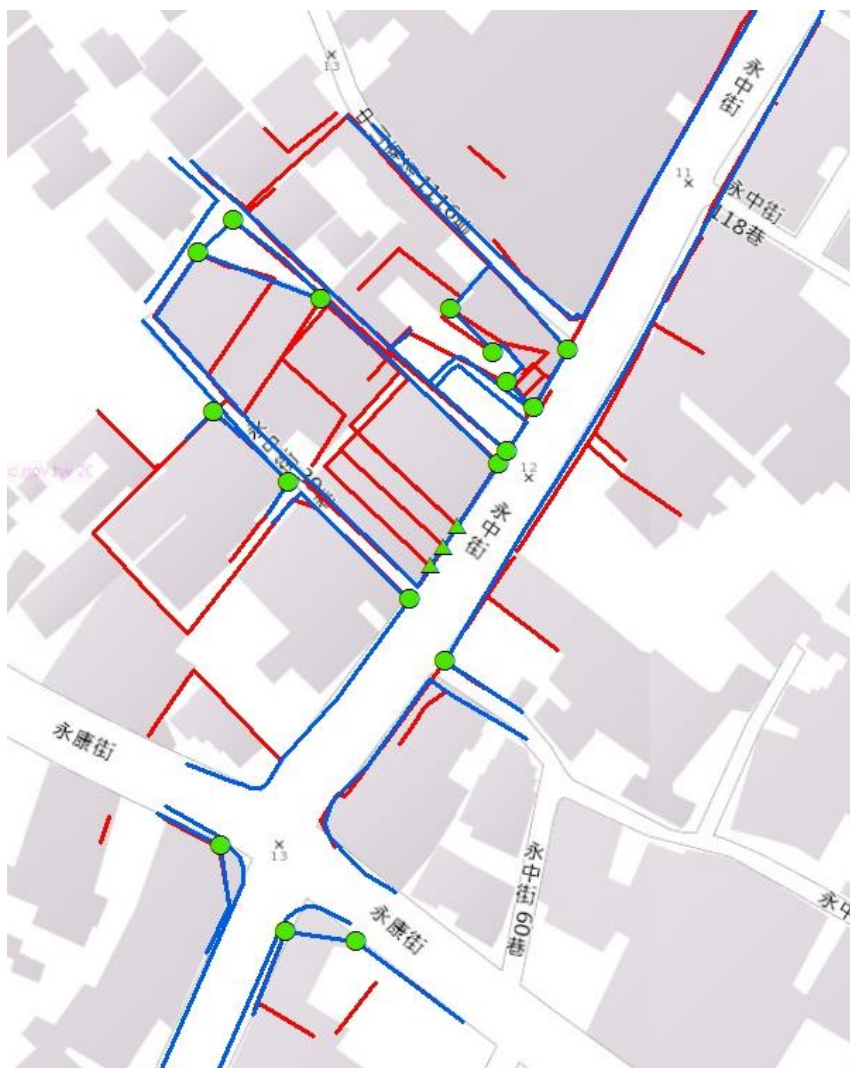


圖 6-38 試辦法院鑑測區光達資料蒐集作業檢核點分佈情形

表 6-5 試辦法院鑑測區光達資料蒐集作業精度分析檢核表

量測值		已知值		平面較差	備註
E	N	E	N		
173908.472	2547170.713	173908.472	2547170.752	0.039	現況點
173868.781	2547235.680	173868.867	2547235.591	0.124	現況點
173925.323	2547196.127	173925.315	2547196.177	0.050	現況點
173938.123	2547217.449	173938.093	2547217.513	0.070	現況點
173873.017	2547124.188	173872.954	2547124.131	0.085	現況點
173885.245	2547108.068	173885.323	2547108.157	0.119	現況點
173898.620	2547106.203	173898.636	2547106.281	0.080	現況點
173915.149	2547159.048	173915.153	2547158.947	0.102	現況點
173926.853	2547198.509	173926.821	2547198.438	0.078	現況點
173926.821	2547211.418	173926.843	2547211.371	0.052	現況點
173931.778	2547206.524	173931.734	2547206.597	0.085	現況點
173892.022	2547226.958	173892.008	2547226.895	0.064	現況點
173875.490	2547241.877	173875.521	2547241.799	0.083	現況點
173871.671	2547205.695	173871.735	2547205.630	0.091	現況點
173885.820	2547192.470	173885.774	2547192.574	0.114	現況點
173924.196	2547216.942	173924.188	2547216.848	0.094	現況點
173916.212	2547225.213	173916.237	2547225.117	0.100	現況點
173912.601	2547176.847	-	-	0.064	牆壁中心線垂距
173915.040	2547180.541	-	-	0.021	牆壁中心線垂距
173917.504	2547184.273	-	-	0.048	牆壁中心線垂距
AVG				0.078	
STD				0.023	
RMS				0.082	

#### 四、作業建議

推車式移動測繪系統執行法院鑑測區及週圍道路建物光達資料蒐集作業，傳統地測以鋼釘設立之圖根點及界址點如圖 6-39 所示，透過影像雖可成功辨識點位位置，然而因光達掃描頻率、載具移動速度、鋼釘大小等，光達掃描圖根點至界址點點雲較不易辨識如圖 6-40 所示。因此建議選擇光達資料中明顯地物特徵點做控制點，搭配地測資料成果進行三維坐標轉換，使光達點雲資料與法院鑑測資料坐標一致，以利後續點雲成果數化及展示作業。另未來為成功辨識點雲執行圖資數化，應添購點雲上色軟體，賦予點雲真實色彩，有利於內業人員進行點雲資料分類及後續數化作業。



圖 6-39(左)圖根點及(右)界址點影像  
(國土測繪中心外業人員 107 年 3 月 31 日拍攝)



圖 6-40 圖根點及實地現況光達點雲掃描成果(107 年 8 月 14 日)

推車式系統因安全因素，外業人員約在推車後方 3 至 5 公尺執行推車操控，單站環景相片易拍攝到人員約佔 10%範圍，如圖 6-41 所示，建議可藉由往返拍攝方式，「往」的行徑路線受到人員遮蔽區域透過「返」的行徑路線拍攝填補相關區域影像；同時影像拍攝為連續性，可藉由前後站紀錄之影像，由其他張未遮蔽部分影像補充本站無法拍攝的範圍。



圖 6-41 影像 360 度拼接成果單站無法拍攝地物範圍

## 五、成本分析

本案試辦法院鑑測區光達資料蒐集作業，所花費成本包含作業人

事成本、工作車輛油料、各式保險費用等如表 6-6 所示，以下將針對各別細項做說明。

表 6-6 試辦法院鑑測區光達資料蒐集作業成本分析彙整表

成本項目(元)	車載系統	備註
任務規劃	4,000	1 天
外業作業	8,000	1 天
內業作業	16,000	4 天
成果檢查	1,000	0.25 天，1 天約可檢查 12 公里資料
相機內方位率定作業	600	以 1 年 20 次外業進行計算，每次外業任務需攤提 600(元)之費用。
軸角/固定臂率定作業	1,800	以 1 年 20 次外業進行計算，每次外業任務需攤提 1,800(元)之費用。

### 一、外業作業成本

外業作業成本主要受作業路線長度及路線複雜度影響，表 6-3 為本次試辦作業各路線外業資料蒐集時間，並計算各作業路線平均每公里作業時間。作業準備時間包含系統架設、系統初始化作業等，實際作業時間包含往返初始化地點至實際作業地點及作業範圍資料蒐集之交通時間。

表 6-7 試辦法院鑑測區光達資料蒐集作業外業資料蒐集時間表

載具	作業範圍	路線長度(公里)	交通時間(分鐘)	準備時間(分鐘)	實際作業時間(分鐘)	平均每公里作業時間(分鐘/公里)
推車	臺南市永康區永中街	0.7	20	25	30	42.85

推車式光達系統每公里作業時間約為 42.85 分鐘，考量交通時間以及作業人員休憩時間，實際作業為 1 個工作天計算，外業作業費用即為  $1(\text{天}) \times 4,000(\text{元/人,天}) \times 2(\text{人}) = 8,000(\text{元})$ 。

### 二、內業作業成本

內業作業成本主要包含資料處理解算及圖資更新兩部分，資料處理解算作業包含原始資料下載、基站資料申請及下載、定位定向系統解算、光達資料處理，作業時間約為 1 天。

圖資更新人事成本主要受路線長度、路線複雜度、光達點雲資料辨識難易度影響，表 6-8 為車載圖資更新作業時間統計，並計算各作業範圍平均每 1 公里作業時間。本案影像式測繪系統作業時間平均每

公里約需 60 分鐘，光達圖資更新作業時間相對較長達 1920 分鐘，主要原因在於軟體操作熟悉度及點雲判讀經驗不足影響，於作業過程中需反覆確認實際位置，造成作業時間增加。

推車式系統點雲繪製數值地形模型及等高線作業，需針對點雲進行分類，初步分類為地表及地上物兩類，未來視需要需再細分為建物、植被等類別。此次推車式作業距離較短，故點雲分類時間約為 1.5 天，繪製數值地形模型及等高線作業時間約為 1.5 天。

參考本案作業為例，推車式光達內業作業時間為 4 天，費用為  $4(\text{天}) \times 4,000(\text{元}/\text{天}) = 16,000(\text{元})$ 。

表 6-8 推車式光達圖資更新作業時間表

載具	作業範圍	路線長度 (公里)	作業時間 (分鐘)	平均每公里作業時間 (分鐘/公里)
推車	臺南市永康區 永中街	0.7	1920	2742.86

圖資更新作業除了前述作業外亦包含任務規劃及成果檢查等人事費用，分別說明如下。

任務規劃一般由任務負責人進行，其作業時間以作業區為單位，1 個作業區域之任務規劃時間約為 1 個工作天，因此本案試辦作業推車式需 1 個工作天，其人事費用為  $1(\text{天}) \times 4,000(\text{元}/\text{天}) = 4,000(\text{元})$ 。

成果檢查作業時間主要受到路線長度以及資料複雜程度影響，依本案試辦工作，成果檢查共花費 2 小時，包含 0.25 個工作天，其人事費用為  $0.25(\text{天}) \times 4,000(\text{元}/\text{天}) = 1,000(\text{元})$ 。

### 三、率定作業費用

率定作業包含相機內方位率定、慣性量測元件及相機與光達相對關係即軸角與固定臂率定等，各式相關費用與車載移動測繪系統共用，參閱第陸章第一節成本分析內容說明。

### 五、其他相關費用

利用推車式移動測繪系統進行圖資更新作業，除了作業過程中花費之各項作業人事費用，亦包含車輛油料費用、車輛檢驗費用、各式保險以及為了使系統可連線 e-GNSS 之通信費，各式相關費用與車載移動測繪系統共用，參閱第陸章第一節成本分析內容說明。

## 第七章 指定區域拍攝及圖資更新作業

本團隊使用自有之車載移動測繪系統辦理國土測繪中心指定之 100 公里路線之圖資更新、空間資料蒐集及支援防救災任務等作業，作業範圍及路線長度如表 7-1 所示，總計 100.1 公里。

表 7-1 作業路線及路線長度列表

項次	作業範圍	路線長度(公里)	備註
1	臺中市大甲區幸福里	3.8	圖資更新
2	臺南市南區道路工程	0.6	圖資更新
3	臺南市楠西區南 186 線	1.5	圖資更新
4	彰化市與和美鎮東谷路國道車行箱涵	0.5	圖資更新
5	臺中市霧峰區萬峰里	1.0	圖資更新
6	臺中市西屯區國道一號旁	1.0	圖資更新
7	臺南市新化區高鐵沙崙站橋下道路	4.5	圖資更新
8	國道大雅交流道聯絡道拓寬工程	1.0	圖資更新
9	嘉義市湖子內重劃區	19.0	圖資更新
10	高雄市第 77 期市地重劃	6.0	圖資更新
11	屏東縣內埔鄉光明市地重劃	0.6	圖資更新
12	鹽埔漁港 7 號道路	0.4	圖資更新
13	高 84 期仁武區北屋段公辦市地重劃	3.0	圖資更新
14	西濱快速公路八棟寮至九塊厝	7.2	圖資更新
15	台 61 線房裡大安及大安大甲	11.5	圖資更新
16	中興新村	30.0	空間資料蒐集
17	嘉義東石鄉及布袋鎮	8.5	支援防救災任務
合計：		100.1	

### 一、圖資更新

配合國內重大工程建設完工辦理臺灣通用電子地圖局部圖資更新作業，依據國土測繪中心所指定之路線進行 MMS 拍攝及測繪作業，測繪成果之檢核係於作業區域內量測至少 5 個檢查點，各檢查點以重複觀測的平面坐標較差小於 50 公分為原則；另作業時也會向外擴大適當範圍，作為新測成果與既有道路成果比較及檢核。以期利用 MMS 高機動性的空間資料蒐集能力，強化圖資更新效能。

#### (一) 臺中市大甲區幸福里

於臺中市大甲區幸福里東明路至中苗六線高鐵下東側綠地美化及新闢道路選擇 3.8 公里的路線進行圖資更新作業。



圖 7-1 臺中市大甲區幸福里作業路線

表 7-2 臺中市大甲區幸福里來回測試檢核表

	N1(m)	E1(m)	N2(m)	E2(m)	較差(cm)
1	2695374.244	218780.309	2695374.244	218780.322	1.2
2	2695595.622	218769.035	2695595.665	218769.013	4.8
3	2695800.122	218643.495	2695800.107	218643.519	2.7
4	2696555.014	217626.850	2696555.039	217626.785	6.9
5	2696856.418	217217.338	2696856.442	217217.335	2.4
6	2697147.035	216824.739	2697147.095	216824.723	6.2
7	2697499.261	216349.013	2697499.278	216349.014	1.7
8	2697583.300	215771.532	2697583.328	215771.474	6.5

## (二) 臺南市南區道路工程

於臺南市南區 SC-50-10M 道路後段連接 SC-244-12M 道路工程 (喜樹路 340 巷以東) 選擇 0.6 公里的路線進行圖資更新作業。

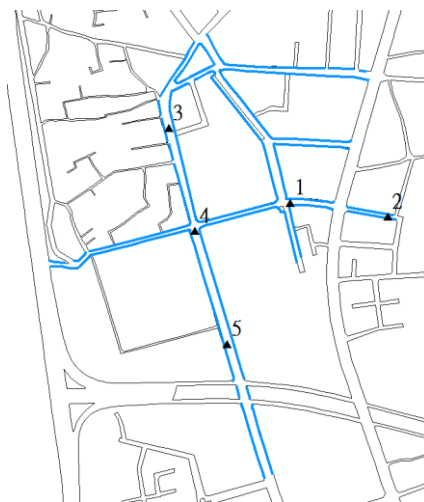


圖 7-2 臺南市南區道路工程作業路線



表 7-3 臺南市南區道路工程來回測試檢核表

	N1(m)	E1(m)	N2(m)	E2(m)	較差(cm)
1	2537747.133	165917.736	2537747.116	165917.663	7.5
2	2537722.976	166084.697	2537722.886	166084.766	11.3
3	2537874.583	165709.837	2537874.742	165709.774	17.0
4	2537698.835	165755.143	2537698.901	165755.077	9.3
5	2537505.413	165809.907	2537505.368	165809.934	5.2

### (三) 臺南市楠西區南 186 線

於臺南市楠西區南 186 線 3 公里處工程選擇 1.5 公里的路線進行圖資更新作業。

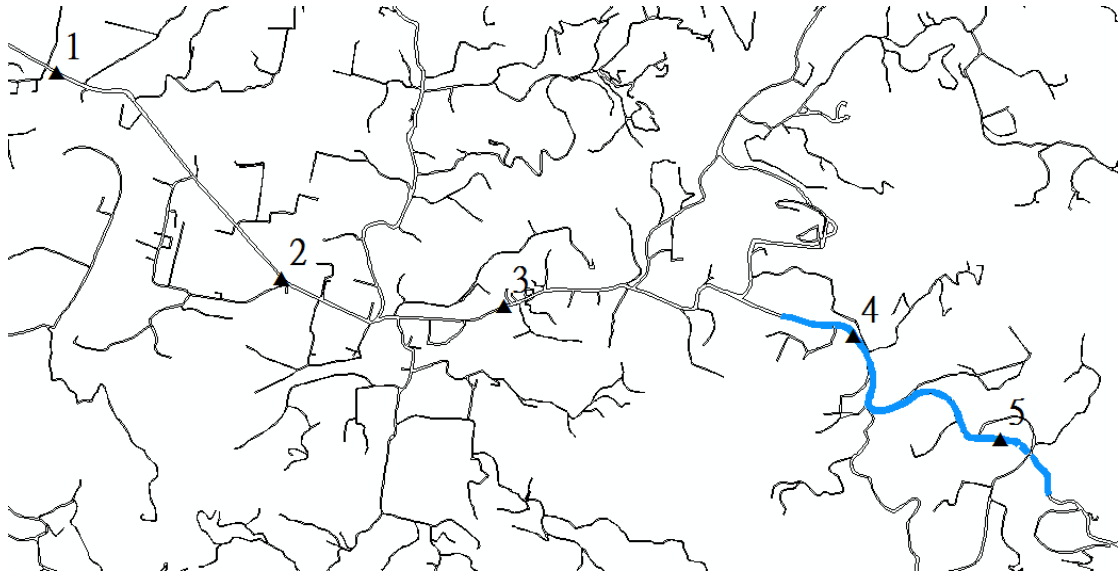


圖 7-3 臺南市楠西區南 186 線作業路線

表 7-4 臺南市楠西區南 186 線來回測試檢核表

	N1(m)	E1(m)	N2(m)	E2(m)	較差(cm)
1	2560033.685	197252.586	2560033.692	197252.391	19.5
2	2559396.462	197949.908	2559396.347	197949.932	11.7
3	2559309.479	198640.227	2559309.491	198640.317	9.0
4	2559216.571	199726.072	2559216.445	199726.133	13.9
5	2558897.452	200182.000	2558897.448	200182.151	15.1

### (四) 彰化市與和美鎮東谷路國道車行箱涵

於彰化市與和美鎮東谷路國道車行箱涵選擇 0.5 公里的路線進行圖資更新作業。

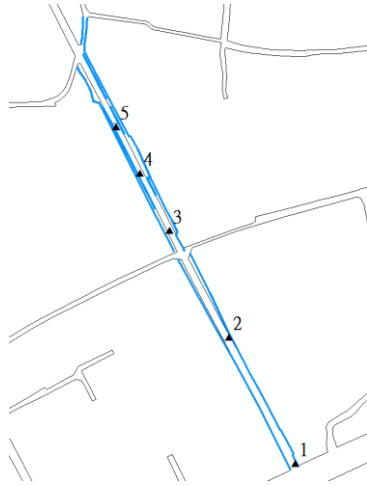


圖 7-4 彰化市與和美鎮東谷路國道車行箱涵作業路線

表 7-5 彰化市與和美鎮東谷路國道車行箱涵來回測試檢核表

	N1(m)	E1(m)	N2(m)	E2(m)	較差(cm)
1	2665600.129	203429.242	2665600.248	203429.186	13.1
2	2665744.982	203352.949	2665744.831	203353.026	17.0
3	2665867.534	203284.465	2665867.584	203284.505	6.3
4	2665933.455	203250.868	2665933.461	203250.808	6.0
5	2665986.597	203223.588	2665986.709	203223.489	14.9

#### (五) 臺中市霧峰區萬峰里

為了配合國內重大工程更新，於臺中市霧峰萬峰里豐營巷選擇 1.0 公里的路線進行圖資更新作業。

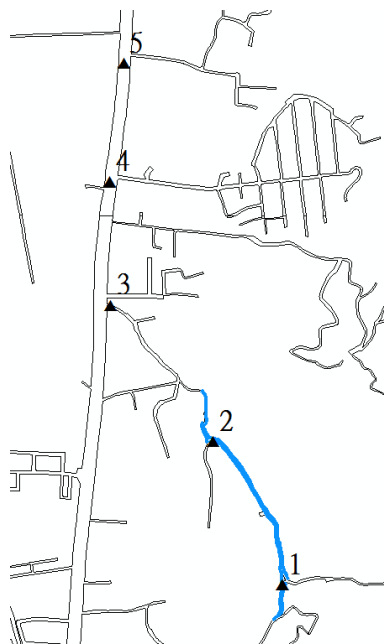


圖 7-5 臺中市霧峰區萬峰里作業路線

表 7-6 臺中市霧峰區萬峰里來回測試檢核表

	N1(m)	E1(m)	N2(m)	E2(m)	較差(cm)
1	2656940.868	219454.666	2656940.836	219454.581	9.1
2	2657212.005	219324.308	2657212.033	219324.373	7.0
3	2657470.463	219130.043	2657470.411	219130.251	21.3
4	2657704.149	219128.939	2657703.950	219129.115	26.5
5	2657928.274	219154.845	2657928.276	219154.782	6.3

(六) 臺中市西屯區國道一號旁

於臺中市西屯區國道一號旁闢建道路選擇 1.0 公里的路線進行圖資更新作業。

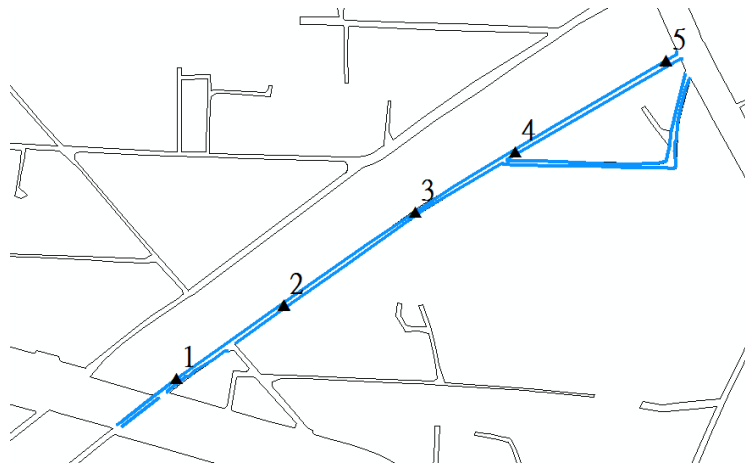


圖 7-6 臺中市西屯區國道一號旁作業路線

表 7-7 臺中市西屯區國道一號旁來回測試檢核表

	N1(m)	E1(m)	N2(m)	E2(m)	較差(cm)
1	2677306.600	214302.018	2677306.687	214302.094	11.5
2	2677375.208	214402.660	2677375.235	214402.676	3.1
3	2677462.306	214525.681	2677462.361	214525.726	7.1
4	2677518.764	214619.956	2677518.791	214619.974	3.2
5	2677603.844	214761.058	2677603.787	214761.075	5.9

(七) 臺南市新化區高鐵沙崙站橋下道路

於臺南市新化區高鐵沙崙站橋下道路第 2 期後續工程選擇 4.5 公里的路線進行圖資更新作業。



圖 7-7 臺南市新化區高鐵沙崙站橋下道路作業路線

表 7-8 臺南市新化區高鐵沙崙站橋下道路來回測試檢核表

	N1(m)	E1(m)	N2(m)	E2(m)	較差(cm)
1	2550565.272	177176.716	2550565.212	177176.633	10.2
2	2550616.826	177239.250	2550616.943	177239.392	18.4
3	2550692.415	177343.792	2550692.562	177343.833	15.2
4	2550787.378	177478.467	2550787.405	177478.535	7.3
5	2550881.411	177610.323	2550881.289	177610.288	12.8

#### (八) 國道大雅交流道聯絡道拓寬工程

於國道大雅交流道聯絡道拓寬工程選擇 1.0 公里的路線進行圖資更新作業。

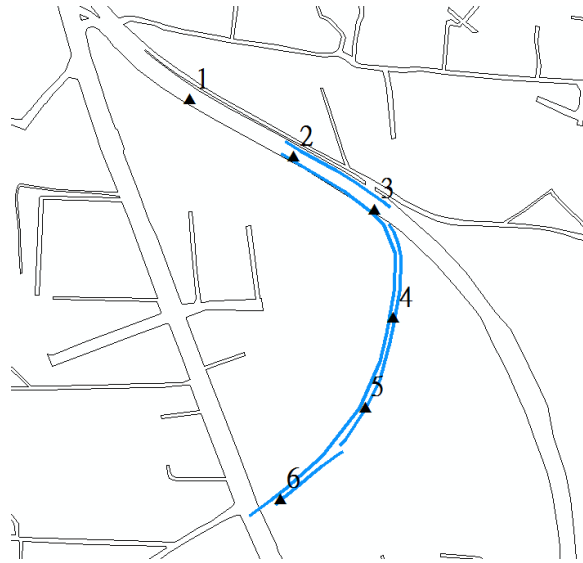


圖 7-8 國道大雅交流道聯絡道拓寬工程作業路線

表 7-9 國道大雅交流道聯絡道拓寬工程來回測試檢核表

	N1(m)	E1(m)	N2(m)	E2(m)	較差(cm)
1	2678208.496	214680.665	2678208.480	214680.718	5.5
2	2678134.382	214814.660	2678134.361	214814.710	5.4
3	2678065.994	214919.671	2678065.926	214919.832	17.4
4	2677925.796	214944.204	2677925.778	214944.200	1.8
5	2677810.064	214907.589	2677809.932	214907.546	13.9
6	2677691.717	214798.056	2677691.740	214798.054	2.3

(九) 嘉義市湖子內重劃區

於嘉義市湖子內重劃區選擇 19.0 公里的路線進行圖資更新作業。

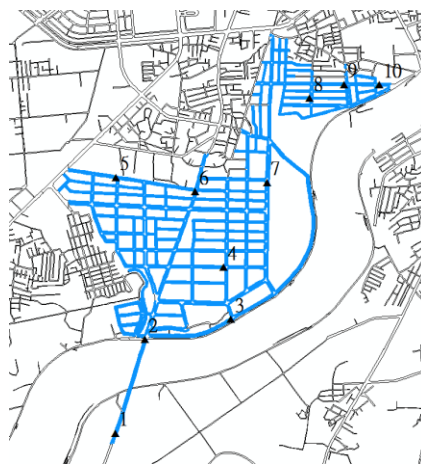


圖 7-9 嘉義市湖子內重劃區作業路線

表 7-10 嘉義市湖子內重劃區來回測試檢核表

	N1(m)	E1(m)	N2(m)	E2(m)	較差(cm)
1	2592693.920	192410.102	2592693.952	192410.157	6.4
2	2593358.432	192621.120	2593358.575	192621.173	15.2
3	2593502.908	193233.356	2593502.984	193233.425	10.3
4	2593871.699	193183.470	2593871.711	193183.520	5.1
5	2594508.587	192415.798	2594508.514	192415.846	8.7
6	2594406.981	192981.082	2594407.110	192981.069	13.0
7	2594471.686	193490.144	2594471.780	193490.139	9.4
8	2595070.281	193792.892	2595070.301	193792.763	13.1
9	2595167.982	194038.585	2595168.001	194038.702	11.8
10	2595164.930	194288.551	2595164.931	194288.621	7.0

(十) 高雄市第 77 期市地重劃

於高雄市第 77 期市地重劃選擇 6.0 公里的路線進行圖資更新作業。



圖 7-10 高雄市第 77 期市地重劃作業路線

表 7-11 高雄市第 77 期市地重劃來回測試檢核表

	N1(m)	E1(m)	N2(m)	E2(m)	較差(cm)
1	2498761.677	182827.292	2498761.594	182827.341	9.6
2	2499286.308	182847.748	2499286.515	182847.613	24.7
3	2499565.833	182616.088	2499565.753	182616.007	11.4
4	2499193.900	182645.748	2499193.886	182645.614	13.4
5	2499047.074	182543.099	2499047.251	182543.034	18.8
6	2498755.520	182635.631	2498755.488	182635.767	13.9

(十一) 屏東縣內埔鄉光明市地重劃

於屏東縣內埔鄉光明市地重劃選擇 0.6 公里的路線進行圖資更新作業。



圖 7-11 屏東縣內埔鄉光明市地重劃作業路線

表 7-12 屏東縣內埔鄉光明市地重劃來回測試檢核表

	N1(m)	E1(m)	N2(m)	E2(m)	較差(cm)
1	2501861.554	206115.059	2501861.619	206115.154	11.5
2	2501873.109	206185.717	2501873.225	206185.629	14.5
3	2501902.600	206365.740	2501902.679	206365.536	21.8
4	2501818.695	206278.374	2501818.659	206278.482	11.3
5	2501746.083	206215.268	2501746.014	206215.325	8.9
6	2501667.573	206202.458	2501667.461	206202.593	17.5
7	2501644.904	206334.006	2501644.859	206333.911	10.5

(十二) 鹽埔漁港 7 號道路

於鹽埔漁港 7 號道路選擇 0.4 公里的路線進行圖資更新作業。

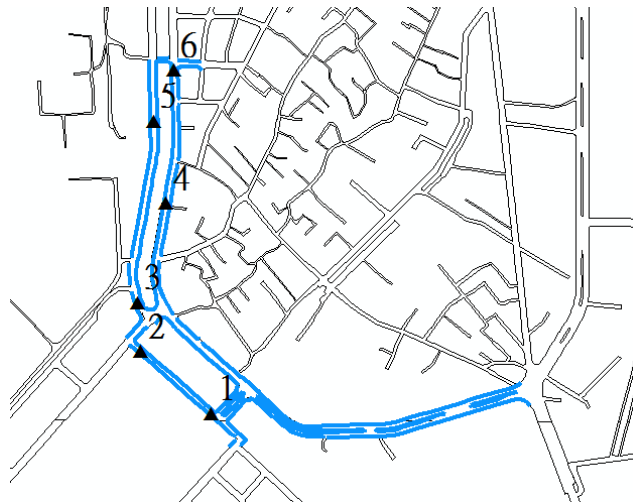


圖 7-12 鹽埔漁港 7 號道路作業路線

表 7-13 鹽埔漁港 7 號道路來回測試檢核表

	N1(m)	E1(m)	N2(m)	E2(m)	較差(cm)
3	2486087.040	192267.445	2486086.811	192267.522	24.2
4	2486202.824	192135.734	2486202.722	192135.838	14.5
1	2486293.311	192128.791	2486293.346	192128.847	6.6
5	2486478.511	192182.124	2486478.296	192182.037	23.2
6	2486631.452	192158.809	2486631.291	192158.839	16.4
2	2486726.885	192196.371	2486726.691	192196.371	19.4

(十三) 高 84 期仁武區北屋段公辦市地重劃

於高 84 期仁武區北屋段公辦市地重劃選擇 3.0 公里的路線進行圖資更新作業。

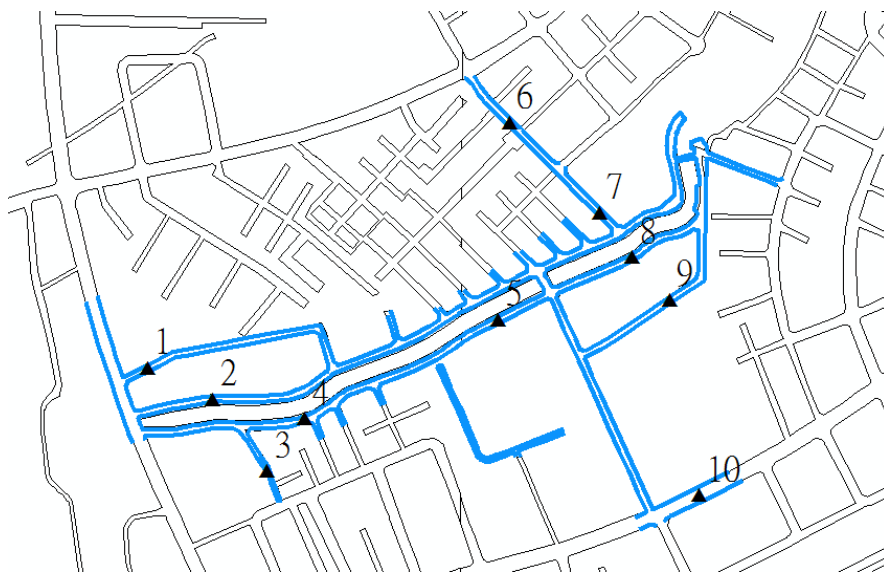


圖 7-13 高 84 期仁武區北屋段公辦市地重劃作業路線

表 7-14 高 84 期仁武區北屋段公辦市地重劃來回測試檢核表

	N1(m)	E1(m)	N2(m)	E2(m)	較差(cm)
1	2509039.089	181152.854	2509039.104	181152.906	5.5
2	2509007.279	181218.864	2509007.243	181218.937	8.2
3	2508934.983	181273.869	2508934.977	181273.822	4.8
4	2508988.146	181312.099	2508988.146	181312.164	6.5
5	2509087.936	181507.964	2509087.881	181507.979	5.7
6	2509286.740	181518.863	2509286.671	181518.841	7.2
7	2509196.074	181609.928	2509195.986	181609.988	10.7



8	2509151.028	181643.179	2509151.019	181643.200	2.3
9	2509108.090	181681.088	2509108.061	181681.111	3.7
10	2508910.724	181710.921	2508910.759	181711.034	11.9

(十四) 西濱快速公路八棟寮至九塊厝

於西濱快速公路八棟寮至九塊厝選擇 7.2 公里的路線進行圖資更新作業。

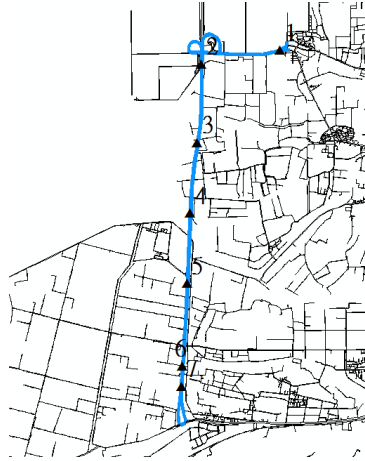


圖 7-14 西濱快速公路八棟寮至九塊厝作業路線

表 7-15 西濱快速公路八棟寮至九塊厝來回測試檢核表

	N1(m)	E1(m)	N2(m)	E2(m)	較差(cm)
1	2561519.842	158237.472	2561519.836	158237.541	6.9
2	2561259.296	156759.563	2561259.263	156759.532	4.5
3	2559778.069	156681.023	2559778.112	156680.982	5.9
4	2558447.761	156542.905	2558447.692	156542.880	7.4
5	2557126.025	156488.486	2557126.034	156488.449	3.8
6	2555574.009	156396.738	2555574.030	156396.694	4.9
7	2555192.411	156381.860	2555192.300	156381.910	12.2

(十五) 台 61 線房裡大安及大安大甲

於台 61 線房裡大安及大安大甲選擇 11.5 公里的路線進行圖資更新作業。



圖 7-15 台 61 線房裡大安及大安大甲作業路線

表 7-16 台 61 線房裡大安及大安大甲來回測試檢核表

	N1(m)	E1(m)	N2(m)	E2(m)	較差(cm)
1	2703143.775	212818.337	2703143.806	212818.341	3.1
8	2702941.375	212655.369	2702941.334	212655.374	4.1
2	2702618.050	212239.816	2702618.088	212239.844	4.7
3	2702118.479	211611.457	2702118.450	211611.390	7.3
4	2701592.606	211368.418	2701592.564	211368.391	5.1
5	2700937.055	211171.749	2700937.032	211171.714	4.2
7	2700550.173	211017.252	2700550.186	211017.276	2.7
6	2700232.604	210928.286	2700232.558	210928.263	5.2

## 二、空間資料蒐集

### 中興新村

配合國家發展委員會委託國土測繪中心辦理「中興新村國有財產清查與盤點」專案，於 107 年 1 月 31 日赴中興新村進行 MMS 拍攝作業，拍攝範圍包含作業區主要道路及文化資產保存建築，成果含 MMS 工業相機拍攝影像、街景影像及道路圖層，計 30 公里。

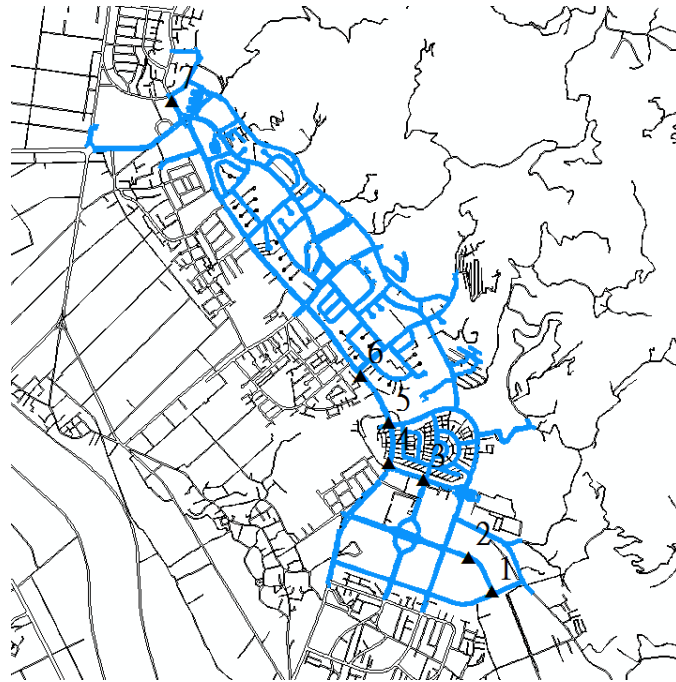


圖 7-16 中興新村作業路線

表 7-17 中興新村來回測試檢核表

	N1(m)	E1(m)	N2(m)	E2(m)	較差(cm)
3	2647617.236	219777.614	2647617.176	219777.576	7.2
5	2647809.270	219648.478	2647809.213	219648.513	6.6
7	2648248.219	219394.302	2648248.160	219394.355	7.9
1	2648343.650	219199.815	2648343.692	219199.827	4.4
6	2648568.785	219199.404	2648568.796	219199.390	1.7
4	2648836.562	219041.227	2648836.494	219041.254	7.3
2	2650386.379	217976.292	2650386.329	217976.295	5.0

### 三、 支援防救災任務

#### 嘉義東石鄉及布袋鎮

為配合中央災害應變中心空間情報任務小組任務指派，於 107 年 8 月 29 日前往嘉義縣東石鄉(栗仔崙、掌潭村)、布袋鎮(考試里)等 3 處淹水災區，辦理影像蒐集任務，作業長度約 8.5 公里。

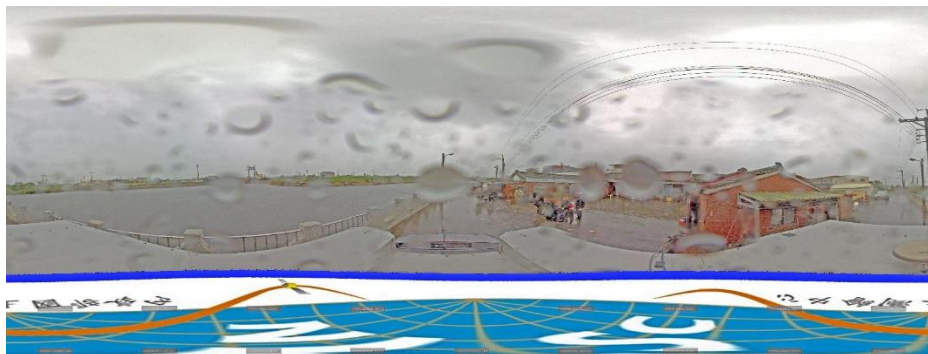


圖 7-17 嘉義東石鄉及布袋鎮資料蒐集影像

## 第捌章 成果展示作業及教育訓練

### 第一節 成果展示作業

根據本案契約要求，配合測繪中心相關成果發表會流程內容，協助辦理車載移動測繪系統展示作業及製作相關展示海報，並派員於展示場協助進行解說，並將各項測試作業過程之實錄成果，製作至少 5 分鐘之成果展示影片。本案分別於 106 年 8 月 29 日及 12 月 8 日協助辦理內政部 106 年政府服務獎實地輔導及評審作業展示場展示如圖 8-1 及圖 8-2 所示，並於 107 年 4 月 9 日協助辦理 107 年行政院國家發展委員會第 1 屆「政府服務獎」實地評審展示場展示，如圖 8-3；於第 36 屆及 37 屆測量及空間資訊研討會協助製作海報及立牌如圖 8-4 至圖 8-6 所示，圖 8-7 為製作之成果展示影片截取片段畫面，相關成果已繳交至測繪中心。



圖 8-1 內政部 106 年政府服務獎實地輔導(106 年 8 月 29 日)



圖 8-2 內政部 106 年政府服務獎實地輔導(106 年 12 月 8 日)



圖 8-3 行政院國家發展委員會第 1 屆「政府服務獎」實地評審(107 年 4 月 9 日)

## 車載移動測繪系統

為發展測繪新技術，提升空間資料蒐集效率，本中心於104年度建置車載移動測繪系統 (Mobile Mapping System, MMS)，俾利用其高機動性的空間資料蒐集能力，強化圖資更新效能。車載移動測繪系統係採用本中心公務車改裝，搭載高精度定位定向元件(全球導航衛星系統GNSS、慣性導航元件IMU)、8部工業級相機(910萬像素)及輪速計等，並以導流外罩包覆儀器設備，兼顧保護設備及行車安全，並將該系統用於輔助國土利用調查、通用版電子地圖等基礎核心圖資建置及更新維護工作。

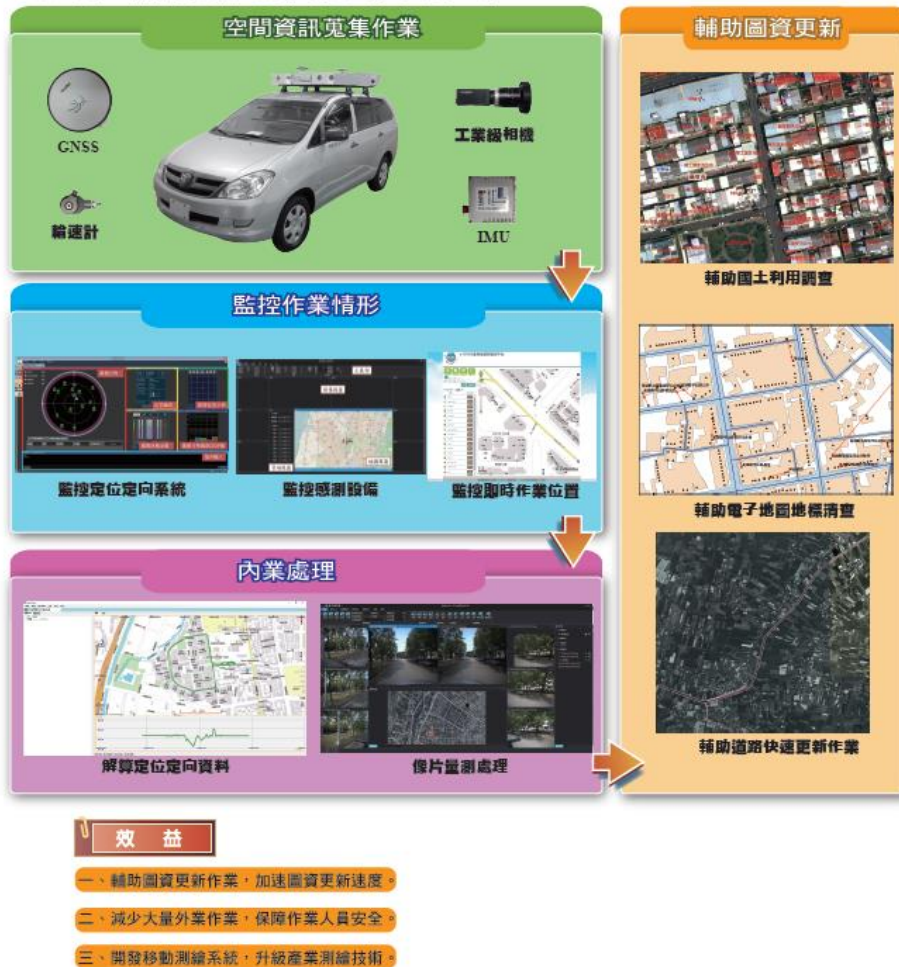


圖 8-4 第 36 屆測量及空間資訊研討會海報

## 車載移動測繪系統

車載移動測繪系統(Mobile Mapping System, MMS)可結合精密整合式定位定向系統、光達、數位影像感測器等，具有高機動特性，可補足航遙測資料獲取的空隙，加速空間資料獲取。國土測繪中心於106及107年度完成光達移動測繪系統建置，期能掌握先進測量技術並發揮其測繪能量，以達到圖資快速更新，提供國家經建政策規劃推動及防救災領域所需即時且正確的基礎圖資。

空間資訊蒐集作業

GNSS

光達

MU

工業級相機

輪速計

監控作業情形

監控定位定向系統

監控感測設備

監控光達系統

監控即時作業位置

內業處理

解算定位定向資料

像片量測處理

光達成果

輔助圖資更新

輔助圖土利用調查

輔助電子地圖地庫清查

輔助道路快速更新作業

**效益**

- 一、輔助圖資更新作業，加速圖資更新速度。
- 二、減少大量外業作業，保障作業人員安全。
- 三、相關系統自行開發，國內產業技術升級。

內政部國土測繪中心  
www.nlsc.gov.tw

圖 8-5 第 37 屆測量及空間資訊研討會海報

# 車載移動測繪系統

## Mobile Mapping System, MMS

車載移動測繪系統結合精密整合式定位定向系統、光達、數位影像感測器等，其高機動性特性，可應用於街景資料蒐集、國土利用調查及臺灣通用電子地圖圖資更新，期能提供國家經建政策規劃推動及防救災領域所需即時且正確的基礎圖資。

### 應用領域

- 圖資更新
- 道路巡查作業
- 公共管線調查
- 三維地理資訊系統





設備名稱	設備廠牌及型號	規格說明
衛星定位儀	NovAtel ProPak6TM	可接收雙星雙頻衛星訊號
慣性量測元件	NovAtel IMU-FSAS	陀螺儀飄移穩定度為 0.75 度 / 時
輪速計	CORFSYS-DATRON WPT	採樣解析度為 1000 脈衝 / 轉
工業級相機	Point Grey GC34U3-91S6C-C	910 萬畫素搭配 8mm 定焦鏡頭
光達系統	Pentax S-2100	高精度三維雷射掃描資料



圖 8-6 第 37 屆測量及空間資訊研討會立牌





圖 8-7 影片製作成果截取片段畫面

## 第二節 辦理教育訓練

根據合約要求，本案應於第 3 及 5 階段完成教育訓練，本案已於 106 年 11 月 14 日進行光達移動測繪系統第一次教育訓練，時間表如表 8-1 所示，地點位於本公司中科廠房，教育訓練簽到表如表 8-2 所示，教育訓練情形如圖 8-8 所示。

表 8-1 106 年光達移動測繪系統教育訓練時間表

內政部國土測繪中心 106 年度教育訓練  
106 及 107 年度發展車載移動測繪系統 (MMS) 光達移動測繪系統訓練  
課程配當表

日期 時間	106 年 11 月 14 日 (星期二)
9:00 § 9:10	報到
9:10 § 10:00	車載移動測繪系統發展(1hr) 講師：謝佳諭
10:10 § 12:00	光達移動測繪系統設計及點雲資料處理規劃(2hr) 講師：蔡孟倫
12:00 § 13:00	午休
13:00 § 13:50	定位定向解算軟體介紹及操作說明(1hr) 講師：蔡孟倫
14:00 § 14:50	影像拼接處理軟體介紹及操作說明(1hr) 講師：謝佳諭
15:00 § 15:50	點雲處理軟體介紹及操作說明(1hr) 講師：蔡孟倫
備註	1. 本次訓練課程內容為車載移動測繪系統 (MMS) 移動測繪系統介紹及操作訓練。 2. 訓練人數：國土測繪中心各業務課，計 6 人。 3. 訓練場地：經緯航太科技股份有限公司臺中分公司辦理。 (地址：臺中市大雅區科雅路 43 號 3 樓)

表 8-2 106 年光達移動測繪系統教育訓練簽到表

11/14 106及107年度車載移動測繪系統(MMS)作業採購教育訓練案						106/11/14
編號	單位	職稱	姓名	上午簽到	下午簽到	備註
1	企劃課	技正	鄒慶敏			
2	控制測量課	專員	黃華尉			
3	地形及海洋測量課	技正	林世賢			
4	地形及海洋測量課	技士	鍾文彥			
5	地形及海洋測量課	測量助理	許吉川			
6	測繪資訊課	技士	郭淑蕙			

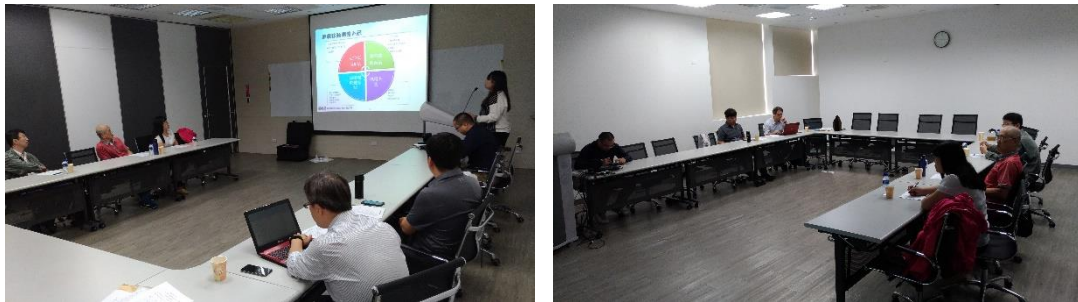


圖 8-8 106 年光達移動測繪系統教育訓練現場

第二次教育訓練已於 107 年 9 月 14 日完成，時間表如表 8-3 所示，地點位於國土測繪中心至善樓 1 樓(系統操作實習)及 5 樓(系統簡介及應用發展)，教育訓練簽到表如表 8-4 所示，教育訓練情形如圖 8-9 所示。

表 8-3 107 年光達移動測繪系統教育訓練時間表

內政部國土測繪中心 107 年度教育訓練  
106 及 107 年度發展車載移動測繪系統 (MMS) 光達移動測繪系統訓練  
課程配當表

日期 時間	1 0 7 年 9 月 1 4 日 ( 星 期 五 )
9:00 § 9:10	報到
9:10 § 10:00	車載移動測繪系統簡介及應用發展(1hr) 講師：謝佳諭
10:10 § 12:00	車載及推車式光達系統設計及操作(2hr) 講師：蔡孟倫
12:00 § 13:00	午休\
13:00 § 13:50	點雲資料處理操作流程及軟體介紹說明(1hr) 講師：蔡孟倫
14:00 § 14:50	定位定向系統及光達系統外業操作實習(1hr) 講師：蔡孟倫
15:00 § 15:50	光達處理軟體內業解算實習(1hr) 講師：蔡孟倫
備註	1. 本次訓練課程內容為車載移動測繪系統 (MMS) 移動測繪系統介紹及操作訓練。 2. 訓練人數：國土測繪中心地形及海洋測量課，計 6 人。 3. 訓練場地：本中心至善樓 1F 及 5F 辦理。 (地址：臺中市南屯區黎明路 2 段 497 號 1F 及 5F)

表 8-4 107 年光達移動測繪系統教育訓練簽到表

9/14 106及107年度發展車載移動測繪系統 (MMS) 光達移動測繪系統訓練						107/09/14
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	課員	許展祥	許展祥	許展祥	
3	地形及海洋測量課	技士	施錦揮	施錦揮	施錦揮	
4	地形及海洋測量課	技士	朱德原	朱德原	朱德原	
5	地形及海洋測量課	技士	鍾文彥	鍾文彥	鍾文彥	
6	地形及海洋測量課	技士	游政恭	游政恭	游政恭	



圖 8-9 107 年光達移動測繪系統教育訓練現場

## 第玖章 結論及未來建議

### 第一節 結論

#### 一、整合光達系統車載移動測繪系統

本案參考國內外相關文獻與 104 及 105 年度發展影像式車載移動測繪系統經驗，以國土測繪中心提供之公務車輛為載具，搭載高精度高速相位式雷射掃描儀資料，建置光達式移動測繪系統，系統配置將原有 910 萬畫素彩色工業級相機，設計由 7 部相機組成環景影像。此光達移動測繪系統為國人自行組裝，使用者僅需駕駛車輛及簡易系統操作，即可進行長時間且高效率的外業資料蒐集工作，可減低外業作業成本，提高外業作業效率，並增加外業作業之安全性及舒適性。

光達系統選用 Pentax S2100，雷射等級達一級、掃瞄點數達 1,016,000 點/秒、測量距離可達 119 公尺、雷射光束發散角度小於 0.5mrad、掃瞄頻率為 200 赫茲、測距精度優於 1 毫米，搭配原有高解析度相機、高規格 GNSS 接收儀、慣性量測元件，可得高量測精度。

機電系統配合簡易拆裝功能採用分散式電腦系統，設計上包含主控電腦、環景相機電腦、即時監控電腦三部分。主控電腦負責連結、記錄、儲存、解析各子系統原始資料，並傳遞相關資訊於各子系統，使用透過即時監控電腦人機介面設定子系統。環景相機電腦為檢查相機系統參數，驅動相機拍照及儲存影像，並將相關參數回傳至即時監控電腦供使用者監控。即時監控電腦為取得各子系統相關資訊，藉由人機介面提供系統參數設定與維護、即時運作畫面包含即時影像、時間、坐標、電池使用等情況。

為了車輛使用安全，電力系統採獨立設計，根據系統實際用電設計符合本案 MMS 使用之電力系統，採用 4 顆 102 安培小時鋰鐵電池做為電力提供，並經測試符合 8 小時系統作業用電，電力系統設計無虞。此外，提供專用充電器，使用者可透過外部電源對系統電力進行充電，其充電模式採取較安全之定電壓充電，系統不因充電產生多餘熱能，亦符合本案作業模式。

系統配置整體尺寸約 800 x 600 x 600 毫米，以鋁材組成剛性架構，外殼配置覆蓋導流罩，接縫處以耐熱膠條隔絕，溫度處理採內部循環對流方式，並加裝輔助避震裝置減震，減少因劇烈晃動造成設備損傷。並根據國內現行法規(如道路交通安全條例)進行 MMS 組裝，包含 MMS 尺寸、輪速計安裝、車頂架安裝、車輛檢驗作業等，皆符合相關法令要求。

## 二、無線遙控推車式移動測繪系統

本案提供一無線遙控操作之推車光達系統，推車系統的使用及操作都將以使用安全為第一考量。推車設計以四輪架構，推車動力為雙前拉式，方向控制設置於後輪，以無線遙控器操控方式，時速設定每小時 2 公里，搭配獨立電源，避免與系統設備共用電源時產生不穩定因素，並將原測繪車車內空間重整，讓出推車放置及載運空間，可方便運送至測區範圍進行外業作業。

## 三、即時監控及後處理軟體

任務執行時，使用者可透過監控軟體即時獲取資料擷取系統、定位定向系統、機電系統等資料蒐集及系統自身狀態，藉由監看所有感測器畫面，以確保資料接收品質，亦可透過監控軟體進行感測器資料擷取方式設定，評估系統當下是否正常運作。本案自行開發即時監控軟體，整合軟體為 Geosat RTMS，配合自行開發之 MMS 系統同步模組，使資料擷取系統及定位定向系統可透過使用者輸入條件進行同步觸發，透過監控畫面展示資料紀錄狀況。

後處理軟體系統提供使用者進行相片資料相關量測工作，透過直接地理定位進行點位量測，減少外業工作時間及人力。光達資料亦可透過量測工作取得 SHP 檔案，另增加點雲分類、過濾、平差、編輯等作業，供後續繪製等高線及產生 DEM 等資料更新。

本案建置 7 臺工業相機影像成果拼接組成 360 度環景影像，軟體功能包含拼接、調色、模糊化、貼國土測繪中心 LOGO，後續成果轉成 KML 格式並於電子地圖上同步顯示拍攝位置。

## 四、光達移動測繪系統率定作業及精度分析

光達移動測繪系統率定作業於成功大學歸仁校區辦理，為增加點雲密度，車行速度維持時速 10 公里以下，其固定臂 X、Y、Z 及軸角 Roll、Pitch、Heading 分別為-0.044、-0.345、0.335 公尺及-0.05246、45.04371、90.16786 度。將上述軸角/固定臂成果輸入至點雲資料處理流程，量測檢驗場牆面已知點坐標，車載光達移動測繪系統平面精度小於 10 公分、三維精度小於 15 公分、三維最大誤差約為 23 公分；推車式光達移動測繪系統平面精度小於 6 公分、三維精度小於 10 公分、三維最大誤差約 18 公分，相關精度可應用於國土利用調查及臺灣通用電子地圖圖資更新等作業。

## 五、試辦光達移動測繪系統進行圖資更新作業

本案利用車載及推車式光達移動測繪系統進行點雲掃描圖資更新試辦成果。車載系統配合國土測繪中心指定之圖資測繪作業區域為臺中市知高橋，車載移動測繪系統利用往返軌跡量測點雲進行自我檢核與精度分析，量測檢核點共 10 個，往返檢核精度小於 10 公分，最大誤差為 12 公分，其精度符合需求，可將相關成果應用於圖資更新。另推車式系統為國土測繪中心指定之法院囑託鑑測區域位於臺南市永康區永中街，法院囑託鑑測區試辦成果檢核精度約為 7 公分，按地籍測量實施規則第 73 條之規定「戶地測量採數值法測繪者，其圖根點至界址點之位置誤差不得超過下列限制：一、市地：標準誤差二公分，最大誤差六公分。二、農地：標準誤差七公分，最大誤差二十公分。三、山地：標準誤差十五公分，最大誤差四十五公分。」，因此本案開發推車式光達移動測繪系統可應用於農地及山地等法院囑託鑑測案件現況資料蒐集及保存作業。

利用車載移動測繪系統進行圖資更新，試辦成果主要用於道路邊線數化，然而光達點雲為利用近紅外光之脈衝雷射進行掃描獲取大量地表及其地上物之資料，道路邊線數化時可搭配影像進行判識，並利用不同視角檢視選取之點雲，增加數化作業正確性。

本案光達點雲資料選用 Z+F SynCaT (Synchronization、Correction、Calibration 模組)及 TerraSolid (TerraScan、TerraMatch、TerraModeler 模組)做為點雲資料處理軟體，成果顯示點雲處理軟體可匯入光達資料及定位定向系統，匯出高精度三維點雲資料、依照地表及地上物等分類，成功繪製數值地表模型或等高線等。

## 第二節 未來建議

### 一、光達整合系統輕量化

本案因應操作人員能快速拆裝以提高運用為原則，將光達系統、定位定向系統、影像擷取系統、機電系統等集中為一體，並將影像擷取系統重組為可組成全景影像為原則設計，考量整體結構安全性其主結構及外殼使用較厚實堅固設計，整體重量包含設備約 70 公斤。未來以不影響結構安全及拆裝方便等綜合因素，建議可採用兩件式或多件式組裝方式，人員可更容易抬起各組件至車頂進行安裝。

系統安裝部分，當操作人員安裝光達整合系統至車頂時，因車子高度約 1.8 公尺，較不易將設備推入至定點，建議可搭配摺梯或升降梯使用。任務出發前及結束後可使用升降梯方便安裝設備，降低人員抬起設備所需高度，提高作業、人員、設備安全；任務執行中如遇降



雨等突發狀況，人員可使用簡易摺梯進行設備保護如蓋上帆布減少設備淋雨的情形。進一步於溝漕加裝滑輪等設備，人員將設備裝入卡榫後透過滑輪更易安裝至定點。

## 二、監控電腦無線遠端操控

即時監控作業考慮使用者操作方便性，本案選擇筆記型電腦做為監控電腦，優點為主機、儲存裝置、螢幕、滑鼠、鍵盤等集中一體，毋需另製作螢幕架子、滑鼠及鍵盤放置操作平台，減少所需使用之空間，使用者僅需透過網路線與整合系統做連結，因此可於任何地方操作監控光達移動測繪系統。未來可進一步發展為無線 wifi 等方式，透過無線連線方式與光達整合系統進行資訊傳遞，使用者毋需受限網路線長度，即可於任何時刻及地點監控整合系統。

## 三、推車無線遙控性能提升

本案推車式載具採用無線遙控進行控制，初步驗證其控制功能包含前進、左右轉、原地旋轉等皆正常，未來參考人員外業實務經驗調整相關參數，如遙控桿往前幅度搭配適當的速度、左右轉時旋轉角度量設定等；另增加相關安全機制設定，當推車靜止時，遙控指令為全速向前時無法操作，僅可正常加速，減少推車暴衝情形發生，增加人員及設備安全。

## 四、點雲上色

本案光達點雲資料選用 TerraSolid (TerraScan、TerraMatch、TerraModeler 模組)做為點雲資料處理軟體，成果顯示點雲處理軟體可成功繪製等高線、產製數值地形模型、圖資更新等，未來搭配工業相機或全景相機等彩色影像，可得到上色後彩色點雲，符合真實樣貌的三維點雲模型，圖資數化更新亦因點雲存在 RGB 資訊，更易於辨識。

## 五、車載與空載光達資料整合

本案開發之光達移動測繪系統進行圖資更新，試辦成果可用於道路邊線數化、建置 DEM 及等高線等應用。為了提升移動遙測製圖系統的效率與效能，未來建議整合車載與空載光達資料，以 UAS 搭載光達製圖系統提供大範圍地表、屋頂、樹冠等資訊，車載及推車式系統可提供地面及地物側面資訊，透過光達資料處理技術可快速地重建與管理龐大點雲資料，藉由三維點雲資料輔助達到三維製圖與自動化目的。依據國內外先行研究顯示，相關研究除了投入於室外三維點雲資料蒐集與三維環境重建外，於室內製圖及導航應用發展存在相當多

的發展空間。如大型商場等應用，可採用空載雷射掃描儀取得大範圍點雲資訊，透過車載光達增加地面資訊，推車式可取得商場週圍人行道及綠地，或是室內空間點雲取得等，可精確的建構出真實環境，提供相關單位製圖應用。

## 六、高精地圖((High Definition Map)

因應自駕車時代來臨，國內外許多研究機構及業者紛紛投入高精地圖研發，藉由光達移動測繪系統蒐集點雲及影像資料，經由資料後處理建立公分級高精地圖，未來協助自駕車掌握道路上所有鉅細靡遺資訊，如車道線、交通標誌、分隔島、路肩等如圖 9-1 所示。本案開發之車載光達移動測繪系統三維精度小於 15 公分，推車式光達移動測繪系統三維精度小於 10 公分，未來可應用於高精地圖測繪作業，建立臺灣自駕車自主研發能量，提供後續新創團隊開發智慧城鄉創新應用。

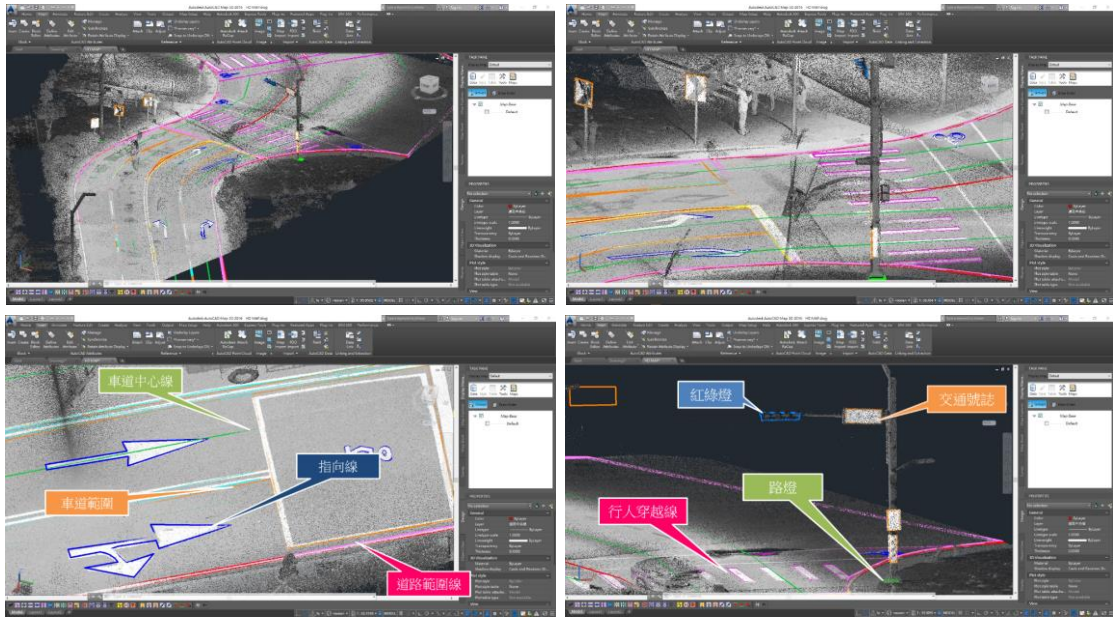


圖 9-1 高精地圖範例

## 第拾章 附錄

### 附錄一 工作總報告委員審查意見回覆說明表

委員	審查意見	意見答覆
鄭委員彩堂	106 年及 107 年投稿情形請補充列入期末報告。	補充 106 及 107 年度成果投稿研討會或期刊論文(初稿)內容，如 P.211 及 P.212 說明。
	組裝光達後全車長寬高之具體數據及法規限制值為何?請列明。	依道路交通安全規範第 38 條規定車輛尺寸，汽車全長無明確規定，僅規定附掛之拖長不得超過 7 公尺；全寬不得超過 2.5 公尺；全高不得超過全寬之 1.5 倍，其最高不得超過 2.85 公尺，本案使用車輛全寬為 1.77 公尺，因此最高不得超過其 1.5 倍即 2.655 公尺。本案光達移動測繪系統長寬高尺寸分別為 0.8、0.6、0.6 公尺，長與寬均未超過車身本體，高度含車身為 2.580 公尺，未超過法規限制值 2.655 公尺。系統設備約 70 公斤，車內電池及推車式載具約 100 公斤，加上可乘坐人員(3 人)，以每人 80 公斤估計為 240 公斤，整體載重為 410 公斤，低於車體載重限制 600 公斤，如 P.44 至 P.49 說明。
	P111 表 6-1 及表 6-2 有關車載及推車式光達測試精度，推車式似較車載為低？與原規劃恰相反，其原因為何？另表 6-2 推車式光達測試最大誤差為 25.6 公分，是否超過合約要求不得高於 20 公分之限制？	本案車載及推車式光達試辦成果搭載光達設備進行資料蒐集，其中試辦車載光達道路圖資更新作業精度分析，經檢測往返光達點雲資料，檢核精度小於 10 公分，最大誤差為 12 公分，符合本案道路圖資更新作業之精度需求，檢核表如表 6-1；另試辦法院鑑測區推車式光達資料蒐集作業精度分析，利用控制點反饋方式提升整體精度後，經比較地測資料與光達

		點雲數化資料結果，精度約為 7 公分，符合本案法院囑託鑑測區域所需之精度需求，檢核如表 6-5。
	P113 及 P114 表 6-3 與表 6-4 外業及圖資更新作時間之計算基準，一為分鐘，一為小時？單位是否誤植？	修正時間單位，如 P.122 及 P.142 說明。
	P129 及 P131 表 8-2 及表 8-4 訓練簽到簿為何刪除？	因應個資法疑慮故先以黑線覆蓋，已修改為原簽到表樣式，如 P.162 及 P.164 說明。
	本案車載與推車式光達之精度經測試結果為何？及推車式光達應用在法院囑託鑑測區域資料蒐集與分析情形？宜於期末報告中將相關結果列表說明。	本案推車式光達移動測繪系統精度分析，初步成果於 GNSS 透空良好情況，平面精度小於 6 公分、三維精度小於 10 公分、三維最大誤差約 18 公分。當作業區域為訊號遮蔽較多的市區時，可利用已知點控制點反饋方式修正軌跡及點雲，提升點雲精度。本案為第一次試辦作業，精度符合於地籍測量農地及山地圖根點至界址點之位置誤差(農地位置及最大誤差分別為 7 公分及 20 公分；山地為 15 公分及 45 公分)，可應用於農地及山地法院囑託鑑測案件。如 P.107 至 P.109 及 P.124 至 P.143 說明。
	部分圖表太小，請予以放大以利閱讀，如 P44 圖 3-33。	修正全文圖表大小，以利閱讀。
	公釐請修正為毫米。	全文修正為毫米。
	修正後紙本報告請以彩色列印。	依規定修正格式，並繳交彩色印製報告書 5 份。
邱委員式鴻	本報告書眾多工作項目及內容需完成，建議於第 1 章末列表說明對應之章節及對應頁碼。	新增工作項目對應章節及頁碼，如 P.5 及 P.6 說明。
	光達資料處理軟體是否能建置 DEM 及土方計算？請再詳述其軟體功能。	補充建置 DEM/DSM、等高線、土方計算等說明，如 P.93 至 P.99 說明。
	重新組裝可拍攝 360 度影像工作亦請於報告中說明。	本案建置由 7 部工業相機組成環景，平均每部相機以水平約 17.3 度重疊率拍攝，影像成果拼接組成 360 度環景

		<p>影像。尺寸為 560 x 560 x 200 毫米，配合交通安全規範不超過 2.655 公尺，同時避免光達掃描面掃描到環景相機機構為原則，如 P.44 至 48 說明。車載及推車式光達移動測繪系統進行點雲掃描圖資更新試辦成果，影像拼接成果如 P.117 及 P.131 說明。</p>
	<p>本報告書精度評估均以重覆觀測平面較差小於 50CM 為標準，但向量成果整體精度標準偏差應小於(含)20CM，最大誤差 40CM，均未描述，請再補充，而推車式 MMS 要求之圖根點至界址點位置誤差，亦未說明，請補充。</p>	<p>本案車載及推車式光達試辦成果同時搭載光達及工業相機進行資料蒐集，原表 6-1 及表 6-2 主要使用影像進行來回測試，平面較差小於 50 公分為標準，初步評估移動測繪系統軌跡是否合理。光達向量成果整體精度，車載應小於(含)20CM，最大誤差 40CM，推車式應小於(含)10CM，最大誤差 20CM。本案車載光達移動測繪系統平面精度小於 10 公分、三維精度小於 15 公分、三維最大誤差約為 23 公分；推車式光達移動測繪系統平面精度小於 6 公分、三維精度小於 10 公分、三維最大誤差約 18 公分皆符合精度要求。</p> <p>推車式移動測繪系統執行法院囑託鑑測區域作業，因光達掃描頻率、載具移動速度、鋼釘大小等，光達掃描圖根點至界址點點雲較不易辨識，參考屋角及牆壁中心線垂距驗證精度，精度符合於地籍測量農地及山地圖根點至界址點之位置誤差(農地位置及最大誤差分別為 7 公分及 20 公分；山地為 15 公分及 45 公分)，可應用於農地及山地法院囑託鑑測案件。未來界址點至圖根點建議選擇明顯地物或地面標線</p>

		做為已知點，相關補充如 P.124 至 P.143 說明。
	車載光達 MMS 需與影像式 MMS 成果精度、內外業作業時間之差異未見評估。	補充光達與影像式 MMS 差異評估，如 P.111 至 P.124 說明。
	P100 及 101，精度分析方式與本案要求精度有所不同，建議增加 RMSE 比較，原分析成果應存在系統誤差，是否有改善空間。	增加 RMSE 比較，如 P.108 及 P.109 說明。光達誤差來源主要為率定誤差、定位定向系統軌跡誤差、人為量測誤差，未來藉由設定外業資料蒐集方式提升定位定系統軌跡精度，如降低車速提高點雲密度，減少點選之點雲非真實位置等提升精度；內業分析作業範圍因透空不佳之市區導致軌跡成果不佳時，需利用控制點反饋修正軌跡及點雲等。
	本案要求提供之率定軟體是否包含影像率定軟體?若是，是否已提供。	本案主要針對光達進行系統整合，已提供相關率定軟體。
	請再確認推車式光達 MMS 是否真能應用於法院鑑測案件。	本案推車式光達移動測繪系統精度分析，初步成果於 GNSS 透空良好情況，平面精度小於 6 公分、三維精度小於 10 公分、三維最大誤差約 18 公分。當作業區域為訊號遮蔽較多的市區時，可利用已知點控制點反饋方式修正軌跡及點雲，提升點雲精度。本案為第一次試辦作業，精度符合於地籍測量農地及山地圖根點至界址點之位置誤差(農地位置及最大誤差分別為 7 公分及 20 公分;山地為 15 公分及 45 公分)，可應用於農地及山地法院囑託鑑測案件。未來建議多次實際驗證比對其精度是否符合，做為評估是否可應用於法院鑑測案件之依據，相關補充如 P.124 至 P.143 說明。
李委員振燾	具體增列成果繳交清單、硬體、套裝軟體、開發軟體測試作業、率定作業及精度	新增工作項目對應章節及頁碼，如 P.5 及 P.6 說明。

	分析是否符合需求、投稿論文、成果展示、測試實錄影像等，並附上對應頁碼。	
	P6, 表 2-1 請增列說明經緯航太公司研發之移動測繪系統內容及日本 GeoMasterNeo 之內容。	新增經緯航太公司及日本 GeoMasterNeo 內容，如 P.7 至 P.8 及 P.12 至 P.13 說明。
	P28, 表 3-1 搭載之各式感測屬於文獻回顧的部分，本表僅列本案所用光達移動測繪系統搭載之感應器即可。	修正表格內容，如 P.29 說明。
	P41, 增列說明鋰電池預估使用壽限及目前剩餘壽期。	鋰鐵電池原廠建議充放電次數約為 3000 次，依工作任務需求狀況及妥善保持有電狀態評估壽期至少為 5 年。
	P115, 增列光達圖資更新成本分析彙整表。	新增光達圖資更新成本分析彙整表，如 P.121 及 P.142 說明。
陳委員立文	P42, 第 2-3 行「計算分析電壓對使用時間的積分值及單位時間電壓變化量 $\Delta V$ ，以分析整個電池的電量評估。」這一段不知道在量測電池的什麼？因為 SOC 和 SOH 都不是這樣估測的，請說明更清楚一點。	因電池蕊內部化學能及等效內阻主要依靠電壓來呈現，電池管理系統選擇電壓進行計算及分析，系統將利用單位時間的電壓變化量進行評估 (DOD, Deep Of Discharge), 評估電池蕊的狀態，而 SOC (State Of Charge) 為 DOD 的逆向數據，本電池管理系統將用平衡電路及運算式作為各電池蕊的平衡方式。而 SOH (State Of Health) 同時將依 DOD 的數據進行評估。
	推車式移動測繪系統的推車依目前的趨動架構和輪轉訊號產生方式，很可能在直線行進時會發生行進方式偏斜的問題，若發生此問題如何調整？	本案電動推車後輪配備平衡器，因應不同地形調體四輪的平衡與接地面，遙控器操作以 Direct access 方式運作，藉由操作者直接修正方式操作，若有偏離操作者預定之航向，目前仍依遙控器傳來操作桿訊號修正。
	P46, 推車上測繪系統所用的電池是使用 1 顆原系統 12V 電池外加 1 顆新購 12V 電池串聯，是否是用 1 顆新電池再加 1 顆舊電池串聯供電？若如此會產生電池平衡問題，若充電時不採平衡充電會使電池壽命降低。	本案電池充電時皆在配備有平衡器的電池管理系統下運作，因此可避免電池壽命降低。

	<p>請說明推車上的離合器是機械式的離合馬達輸出軸端?或是提供電磁剎車裝置以解除煞車?</p>	<p>本案選用之離合器桿為具備機械式離合器控制桿，當鎖上時推車煞車組為自動運作，即為煞車狀態，偵測油門信號時方可解除煞車。</p>
	<p>推車式移動測繪系統是否有避震機構?</p>	<p>本案推車式移動測繪系統主要使用充氣式輪胎提供設備避震功能，並於後輪橫桿部分加裝簡易彈簧，可協助推車因地形變化時整體系統平衡及部分避震功能。</p>
<p>梁委員旭文</p>	<p>P7 及 P9，本中心及內政部歷年的 MMS 研究成果部分，請於附件七補列相關參考文獻。</p>	<p>補充相關參考文獻，如 P.213 至 P.215 說明。</p>
	<p>P70，圖 5-3 資料處理流程圖，請補充說明控制點匯入之相關步驟。</p>	<p>補充控制點修正軌跡及點雲成果相關步驟，如 P.72 及 P.84 至 P.90 說明。</p>
	<p>利用往返資料檢核成果機制，請問檢核點如何選擇?其數量及分布原則為何?是否需要實地檢測?</p>	<p>往返資料主要為針對影像進行定位定向系統軌跡檢查，檢核點選擇方式為平均每 1 公里進行 1 至 2 處進行量測，並盡量均勻分布於整區作業路線，檢查點來回測試平面坐標較差應小於 50 公分。檢核點主要為自我評估之依據，選擇點位需往返均可清楚辨識之特徵點。</p>
	<p>針對往返點錯位情形，經緯團隊建議要以不同軌跡成果作反饋部分，請問 MMS 系統是單點定位抑或是採用本中心 e-GNSS 方式定位?如為後者，建議可利用 e-GNSS 定位服務所提供精度資料作為是否修正成果的參據，取代以人工方式檢視。</p>	<p>定位定向系統軌跡使用 e-GNSS 後處理軟體差分解算方式，輸出包含位置、速度、姿態、位置及姿態標準差等，可做為定位精度之參考依據，未來將規劃相關作業流程，快速尋找可能精度較差之路段。</p>
	<p>P110，推車式光達 MMS 試辦成果部分點位精度較差，請說明原因為何。</p>	<p>本案車載及推車式光達試辦成果同時搭載光達及工業相機進行資料蒐集，原表 6-1 及表 6-2 主要使用影像進行來回測試，初步評估移動測繪系統軌跡是否合理，本案車載測試區域臺中市知高橋透空良好，推車式區域臺南市</p>



		永康區永中街為巷弄道路，GNSS 訊號易受遮蔽影響，故推車式區域影像來回測試較車載不佳。推車區域建議藉由控制點反饋方式，提升整體精度，符合法院囑託鑑測區域所需之精度需求。
--	--	---

## 附錄二 工作總報告工作小組審查意見回覆說明表

審查意見	意見答覆
請增加本報告之摘要。	增加工作總報告摘要，如 P.I 說明。
P9，圖 2-4 地政司歷年工作項目僅列 104 年度以前，請補充 105 年度及 106 年度作業項目。	補充 105 及 106 年度相關作業項目，如 P.11 及 P.12 說明。
設備規格補充說明：P33、ASUS VC66 迷你電腦，P39、本案電源接線接頭及防呆設計規格，P36、ACER Travel Mate Spin B118 Series 之相關規格，P46、推車動力電池。	補充電腦、接線接頭、電池等規格，如 P.35、P.38、P.41、P.50 說明。
P41，電力設計為何以 70.7% 原則？請補充說明。另 (3-1) 式 $120AH \times 0.707=84.86AH@12V$ ，及 (3-3) 式 $84.86AH \times 2=169.68AH@24V$ ，計算式有誤，請併 P49 中(3-5)式及(3-6)式修正。	電力設計以 70.7% 為計算基礎考量因素如下：設備的耗電量主要以正常使用電量均值作為基礎，考慮設備使用時(如開機時)的瞬間用電或最大用電的峰值，加上電力供應機組如電池亦隨著使用時間有老化現象，為了確保系統運作在這些變動因素的影響下仍能正常運作，故於電力計算時的電力組容量以 70.7% 做為評估計算。 修正可用電力公式(3-1)至(3-4)及(3-5)至(3-8)，如 P.43 至 P.44 及 P.53 說明。
P42，請補充 BMS (Battery Management System) 提供電壓及溫度之監看系統畫面。	補充 BMS 監控畫面，如 P.43 說明。
P44，已經敘明設計高度符合交通安全規範，仍請說明實際測繪車含光達設備之實量高度為何，以確認完全合法使用。	依道路交通安全規範第 38 條規定車輛尺寸，汽車全長無明確規定，僅規定附掛之拖長不得超過 7 公尺；全寬不得超過 2.5 公尺；全高不得超過全寬之 1.5 倍，其最高不得超過 2.85 公尺，本案使用車輛全寬為 1.77 公尺，因此最高不得超過其 1.5 倍即 2.655 公尺。本案光達移動測繪系統長寬高尺寸分別為 0.8、0.6、0.6 公尺，長與寬均未超過車身本體，高度含車身為 2.580 公尺，未超過法規限制值 2.655 公尺。系統設備約 70 公斤，車內電池及推車式載具約 100 公斤，加上可乘坐人員(3 人)，以每人 80 公斤估計為 240 公斤，整體載重為 410 公斤，低於車體載重限制 600 公斤，如 P.44 至 P.49 說明。
P48，請說明推車實際環景相機之實際	補充推車式移動測繪系統總高度為

<p>高度，另請估算作業時單站環景相片地面無法拍攝的範圍，並補充相關改善建議。</p>	<p>980mm，實際環景相機拍攝實際高度為900mm，如 P.51 說明。 推車式系統因安全因素，外業人員約在推車後方 3 至 5 公尺執行推車操控，單站環景相片易拍攝到人員約佔 10% 範圍，建議可藉由往返拍攝方式，「往」的行徑路線受到人員遮蔽區域透過「返」的行徑路線拍攝填補相關區域影像；同時影像拍攝為連續性，可藉由前後站紀錄之影像，由其他張未遮蔽部分影像補充本站無法拍攝的範圍。相關內容補充如 P.141 說明。</p>
<p>P52，第肆章、即時監控及後處理軟體一章，內容近似軟體操作手冊，請專章列於附件，本章節擇重點說明即可。</p>	<p>修正文字內容，如 P.55 至 P.70 說明。</p>
<p>P93，內業解算流程已有文字說明，請增加作業流程圖較為清楚。</p>	<p>新增軸角/固定臂作業流程圖，如 P.101 說明。</p>
<p>P99-101，請問精度分析所列之初步成果是否加入地面控制點之成果，請補充說明。</p>	<p>本案車載及推車式精度分析為直接地理定位成果，利用差分解算及卡曼濾波/平滑器整合求得之位置及姿態，考慮軸角/固定臂率定成果，得光達點雲三維位置。量測光達點雲掃描之地面控制點，比較坐標分析其精度。</p>
<p>P103-113，第陸章光達移動測繪系統試辦成果僅針對光達圖資更新作業說明，並未描述地籍圖法院鑑測資料蒐集作業，請補充描述作業流程、方法、作業情形及精度分析，並說明該作業注意事項及遭遇困難，例如：光達測繪成果與不同坐標系統間如何處理因應(尤其是地籍測量應用上)、地面圖根點如何於點雲資料中有效辨識出來……等，以為本中心後續應用之重要參考依據。</p>	<p>推車式移動測繪系統執行法院囑託鑑測區域作業補充作業流程、方法、作業情形、精度分析、作業注意事項及遭遇困難等如 P.124 至 P.144 說明。光達掃描圖根點至界址點點雲因光達掃描頻率、載具移動速度、鋼釘大小等因素較不易辨識，未來界址點至圖根點建議選擇明顯地物或地面標線做為已知點，相關補充如 P.140 至 P.141 說明。</p>
<p>P114，請補充率定作業施作時機及建議率定之頻率。</p>	<p>補充率定作業施作時機及建議率定之頻率，如 P.123 說明。當相機鏡頭及機身進行拆裝或焦距調整後，需重新進行內方位率定作業；若設備進行拆裝或機構修改導致相對關係可能改變時，需重新進行軸角/固定臂率定作業。倘若整體設備組裝後長時間未做更動，建議每一年需重新做相機內方位及系統相對關係軸角/固定臂率定，確保系統不會</p>

	因長期載具震動或其他因素造成之微量變化，進而影響率定成果及最終圖資更新精度。
P116，表 7-1 各作業範圍請依本中心核定長度計列，另請增加年度及合計欄位。	作業範圍依中心核定長度計列，並新增合計欄位，如 P.144 至 P.155 說明。
P135，請增加點雲資料快速 3D 建模、車載與空載光達資料整合之相關建議。	增加車載與空載光達資料整合應用相關建議，如 P.168 至 P.169 說明。
全冊，本中心簡稱為「國土測繪中心」，且無需挪抬。	修正為「國土測繪中心」。
P1，通用版電子地圖誤繕，請修正。	修正文字內容，如 P.1 說明。
P30 及 P34，部分內容相同請調整，另以 6 部工業相機以水平約 17.3 度重疊率拍攝易造成混淆，建議修正為平均每部相機以水平約 17.3 度重疊率拍攝。	修正文字內容，如 P.31 及 P.35 說明。
P6，表 2-1 標題列「廠牌」，請修正為「使用機關/廠商」。	修正為「使用機關/廠商」，如 P.7 及 P.12 說明。
P7-P8，文中本作業採購案實際是指 104 年度及 105 年度採購案，請清楚標示，避免與本案(106 年度及 107 年度)混淆。	修正文字內容，如 P.8 及 P.9 說明。
P11，表 2-2 LEICA GEOSYSTEMS 型號應為 Leica P20 Pegasus:「Two Mobile reality capture」。	修正表格內容，如 P.12 及 P.13 說明。
P29，漏字，請修正「資料儲存格式為原廠自訂格式(zfs)」。	修正為「資料儲存格式為原廠自訂格式(zfs)」，如 P.30 說明。
P29，漏字，請修正「.....光達系統內建記憶體空間 128GB.....」。	修正為「光達系統內建記憶體空間 128GB」，如 P.30 說明。
P46 及 47，推車電池請修正為「推車動力電池」避免混淆。	修正「推車電池」為「推車動力電池」，如 P.49 至 P.54 說明。
P40 圖 3-20 及 P51 圖 3-44，其中電源充電器前者為 30V，後者為 26.8V，為何有不一致情形?另請補充推車動力電池充電方式。	修正圖 3-20 文字內容，電源充電器為 26.8V，誤值為 30V，如 P.41 說明。推車動力電池使用之電池與光達移動測繪系統電池相同，充電方式亦相同，本案配有電源開關箱，僅需外接 110VAC 電源，即可進行推車動力電池充電作業。
P56，圖 4-10 及 P58 圖 4-13 系統畫面文字太小，不易閱讀，請修正。	修正圖示內容，如 P.59 及 P.61 說明。
P80，0 至 v2 設定值每 n2 設定值「個點」進行轉換，請修正為「逐點」。	修正為「逐點」，如 P.82 及 P.83 說明。

P98，圖說文字錯誤，圖 5-59 應為「車載光達率定及精度檢核作業情形」，另圖 5-60 應為「推車式光達精度檢核作業情形」。	修正圖示文字內容，如 P.106 說明。
P103，「本公司將至國土測繪中心進行需求確認」、「訂定專案作業流程與每日資料蒐集路線」，誤繕請修正。	修正文字內容，如 P.111 說明。
P109，圖 6-11 臺南市永康區永中街(推車式)圖資更新，應修正為法院囑託鑑測區資料蒐集。	修正文字內容，如 P.130 說明。
P110，圖 6-12 及圖 6-13 內容不明顯，請再增加局部放大圖。	修正圖示內容，如 P.137 至 P.138 說明。

### 附錄三 規劃點雲資料處理模式報告委員審查意見回覆說明表

委員	審查意見	意見答覆
鄭委員彩堂	請將本案重要工作項目及其實際執行情形列入甘特圖。	本案工作項目甘特圖修正為計畫進度甘特圖說明計畫各階段執行進度，規劃點雲資料處理模式時程甘特圖說明硬、韌、軟體開發進度，如 P.70 至 P.72 說明。
	請掌握本案各階段作業期程，依規定期限完成各項應辦理項目(如論文 1 篇及教育訓練)。	謝謝委員提出之建議。
	本案契約明確規定車載及推車式光達系統測量精度及相關驗收標準，目前所規劃採用之相關光達等設備，在國內外是否有實際執行案例或有何精進方法，以符合本案要求？	國內外如 LEICA 已針對相關光達設備進行整合，蒐集相關文獻也有實際執行案例。當定位定向系統精度良好使用情況，精度可達公分等級；若於 GNSS 定位不佳環境下，配合已知控制點進行解算，精度仍可符合本案要求。
邱委員式鴻	本次報告書未明顯說明本案應達成的工作項目及未來工作項目,請補充。	修正報告書第肆章內容，如 P.68 至 P.72 說明。
	甘特圖未顯示預定及目前實際進度應加強補充說明。	修正甘特圖內容，如 P.70 至 P.72 說明。
	第肆章內容建議改寫，以期中報告方式呈現。	修正報告書第肆章內容，如 P.68 至 P.72 說明。
	同步機制於此系統非常重要，但報告書中圖示(如圖 2-20 及圖 2-22)部分，均未加入光達系統，且說明不清，請補充說明。	新增光達系統同步機制內容及圖示說明，系統同步以 GNSS 提供的 1PPS 信號及 UTC 時間為參考訊息，1PPS 將分別傳送至光達系統、環景相機、系統同步控制器，如 P.29 至 P.30 說明。
	即時監控系統軟體(GEOSAT-RTMS)中顯示那些重要訊息可使操作人員即時監看掃描拍照、GNSS、IMU 接收(運作品質)等狀況，有無參考商用測量車之即時監控功能畫面，建議以圖形方式顯示監控內容。	謝謝委員提出之建議。即時監控系統軟體提供操作人員顯示訊息項目包含：影像數量、快門數量、定位定向系統接收資訊、各系統運作情況、電池用電等。未來將依照所訂定之規則以顏色或圖形方式顯示，如電池電量小於 50% 時顯示黃色、小於

		30%時顯示紅色等。更進一步可規劃採用語音回饋等方式，更快速提醒操作人員系統使用情形。介面視窗參考各操作人員需求及經驗，調整監控內容，包含必要及可調整項目，如 P.47 說明。
	IMU 將來運作時，是否需要初始化?如何執行?如何確保品質?	系統於每次作業時，皆需做初始化作業，參考使用手冊建議及國內外廠商經驗，執行流程如下：首先靜止 5 分鐘，提升位置精度，並藉由偵測地球自轉及重力得初始姿態角；完成後進行繞圈或 8 字形移動 5 分鐘，藉由速度及旋轉角度變化，提升速度及姿態精度，直到系統顯示 INS_SOLUTION_GOOD 時，完成初始化作業，執行外業任務。而任務完成後仍需反向操作初始化流程，流程為先繞圈或 8 字形移動 5 分鐘，再靜止 5 分鐘，方可結束，其目的為卡曼濾波器運算執行正算與反算時，其作業模式皆包含靜止與繞圈移動，提升位置、速度、姿態精度，確保資料品質。
	P50，影像拼接軟體針對本案是否適用?	影像拼接軟體使用 104 及 105 年度影像式測繪車拍攝之影像，可成功進行拼接及調色等功能。106 及 107 年度工業相機組裝成可拍攝 360 度影像之設備，其影像可適用於影像拼接成全景影像、自動調色、轉成 KML 格式等，待系統整合完成後進行實際測試驗證。
	P63，率定作業描述是否有誤?圖 3-37 應加強文字描述，建議詳細說明光達及相機率定模式(含公式)。	已修正文字描述及新增率定公式，如 P.59 至 P.60、P.63 至 P.67 說明。
	環景相機之攝影中心應納入率定作業。	系統率定包含兩部分：系統自身率定包含已完成之相機

		<p>內方位參數、定位定向系統及光達系統原廠率定報告書等；另一為各系統整體相對關係軸角/固定臂率定，新增相機與定位定向系統率定流程，調整光達與定位定向系統文字描述，整體率定待系統整合完成後將進行實際測試驗證，如 P.63 至 67 說明。</p>
<p>李委員振燾</p>	<p>有關本案設計圖建議可採 3D 繪圖方式，可針對光達角度、GNSS 天線配置及環景相機視角有更明確的掌握。</p>	<p>新增系統配置設計側視圖及俯視圖，如 P.21、P.35 至 36 說明。</p>
	<p>光達設備選用之建議，是否有以前使用之案例？另光達擺放位置及掃描方向角度設計，建議可以先行實驗方式，找出為最適當角度。</p>	<p>國內外如 LEICA 已針對相關光達設備進行整合，蒐集相關文獻也有實際執行案例，精度仍可符合本案要求。光達擺放位置及掃描角度設計將以不掃描至車體及車頂設備，同時可取得最大掃描成果做為評估，謝謝委員指教，於系統整合完成後，將測試驗證找出最適當位置及角度。</p>
	<p>目前規劃影像式感測器以傳統方式針對各鏡頭方式率定，未見到整體環景相機的率定，請補充。</p>	<p>系統率定包含兩部分：系統自身率定、各系統整體相對關係軸角/固定臂率定，針對率定作業新增文字描述，整體率定待系統整合完成後將進行實際測試驗證，如 P.63 至 67 說明。</p>
	<p>監控系統應再審慎設計，非僅把所有感測訊號放在同一畫面顯示，報告書中的 APP 如何監控系統搭配運作？請說明。</p>	<p>謝謝委員提出之建議。即時監控系統軟體提供操作人員顯示訊息，未來將依照所訂定之規則以顏色或圖形方式顯示，如電池電量小於 50% 時顯示黃色、小於 30% 時顯示紅色等。介面視窗參考各操作人員需求及經驗，調整監控內容，包含必要及可調整項目，如 P.47 說明。相關系統操作及監控軟體皆已聯絡原廠取得相關 SDK，藉由程式撰寫整合至即時監</p>



		控系統及軟體 GEOSAT-RTMS 內，另也可藉由相關執行安裝程式或 App 應用程式操作光達、相機、定位定向系統等。
	圖 2-31 避震裝置僅示意?規劃之車載及推車式是否採相同避震裝置?倘 2 者不同請分別說明。	圖 2-33 避震裝置為參考示意圖，現行規劃之車載設備結構架設於類似的避震裝置，同時兼具散熱，而推車規劃利用車輪避震減少運行時發生之震動。
陳委員立文	報各書中未提及各裝置的耗電量，致無法評估鋰鐵電池所提供的電量是否足夠，請提出說明或簡單計算式。	本案的設計目標為輕量化，因而以小型電腦取代原有的工業電腦，並以直流電源供電，相關設備選用仍在決定及開發中，最後用電分析將於期末報告提出完整說明。而用電預估計算式為：最大實用用電量(W)*1.414=用電預估(W)， $24V*102A*2/$ 用電預估=使用小時(H)。以本案規範 8 小時為例，用電預估= $24*102*2/8=612W$ ，最大實用用電量(W)=432W。
	推車上所用的「簡易型輪轉偵測器」為何作用?其規格為何?	簡易型輪轉偵測器為使用簡單磁簧開關計算輪子行進的狀況，於輪子上固定一磁鐵，機身裝置磁簧開關作為輪周長的計算供應後續分析使用。
	推車時速 2KM/h 是否為固定?抑或是最高時速?是否有爬坡能力?其驅動馬達功率為何?是否可採無刷馬達?推車所用的電磁煞車，是否採斷電即煞車的方式?	推車時速 2KM/h 為最高時速，並具備爬坡能力。選用 350W 馬達，後輪雙驅動模式驅動，而採用有刷馬達的主要原因為耗料取得容易。所用之電磁煞車採斷電即煞車，為 2 牛頓力的電磁煞車機制。
	轉向控制是控制前輪轉向角?還是後輪轉速?後輪的 2 個驅動輪在轉向時是否有差速設計?	轉向控制為前輪轉向，最大可達 40 度，後輪的 2 個驅動輪在轉向時有差速設計。
	2 個後驅動輪在直線前進時是採獨立方式驅動，還是有回授控制，使得左右驅動	推車式採用遙控車設計方式，除車體運動規劃外，加

	<p>轉速一致?</p>	<p>入人員操控元素，因此 2 個後驅動輪在直線前進時採雙控制器獨立驅動，因地面狀況及各輪子著地力、摩擦力等狀態不一定相同，藉由加速度計提供回授性信號控制，控制數據經車載主控電腦分析後產生控制信號，控制前輪轉向控制器及右輪馬達控制器，因其為非線性系統，僅需考量運動方向一致性即可。</p>
	<p>鉛酸電池應注意其放電電流避免傷害電池壽命，另應注意其放電深度，若放電太深，則須採更大容量電池或深度放電電池。</p>	<p>謝謝委員提出之建議。</p>
<p>林委員志清</p>	<p>利用兩組馬達來驅動車子，倘有一組馬達壞了，是否是影響測量作業，要如何因應？倘無法進行測量時，應有提示訊息供參考。</p>	<p>馬達故障將提供告警訊息，提醒操作人員停止作業，避免推車系統損壞，並需將推車送回維修。</p>
	<p>利用 1 組 35 安培 24 伏特鉛酸電池來支撐推車動力，而推動馬達為 350 瓦，一次 1 小時作業即會消耗完電力，所配置電池將很快陣亡，建議改採鋰鐵電池等。</p>	<p>謝謝委員提出之建議。推車運作目標為 2 小時，經評估該 35 安培 24 伏特鉛酸電池應可達預設目標，待系統整合完成後將進行實際測試驗證，評估是否需更換為鋰鐵電池。</p>
	<p>以後輪作為轉向輪，推車前進方向穩定性，如何克服？</p>	<p>本案設計為前輪為轉向輪、後輪為動力輪，當下達方向控制命令時，前輪依遙控器指示轉動，後輪則分為驅動輪與跟隨輪，讓車體運動。車體回授除車體運動控制模組計算外，也列入操作人員的遙控信號模式之修正參數，進行系統整體控制評估。</p>
	<p>光達軸角及固定臂率定部分，由今天簡報說明將利用光達測點對測量標反射率不同來測定測量標位置，進一步作率定作業，此方法可能涉及測量標大小與光達點雲密度，在成大率定場現有條件是否可行？需要進一步釐清！</p>	<p>成大率定場牆面上控制點分佈位置情況有二種：第 1 種為建物屋角處，可藉由光達掃描成功辨識控制點位置；第 2 種為牆面上，所在位置材質與周圍不同，可藉由掃描時反射率不同做為依據，</p>

		<p>辨識控制點位置，待系統整合完成後進行實際測試驗證，參考委員建議評估是否需另佈設測量標及考慮其大小。光達點雲可藉由來回多次掃描提高密度，增加成功辨識控制點可能性，如 P.64 說明。</p>
--	--	---

## 附錄四 規劃點雲資料處理模式報告工作小組審查意見回覆說明表

審查意見	意見答覆
請補充本中心移動測繪系統建置發展現況(影像式及光達式)及本期作業重點,文中設備屬本中心既有或規劃擴充者,應清楚標示。	已新增內政部國土測繪中心移動測繪系統建置發展現況,並針對規劃點雲資料處理模式文中設備來源做說明,如 P.5 至 P.6、第貳章說明。
P.2, 表 1-1 已針對國內車載移動測繪系統規格比較,請再補充表列各測繪車目前應用情形。	已新增車載移動測繪系統應用項目情形,如 P.2 說明。
為明確描述本規劃之目標及方向,並使報告書前後具連貫性,應於第貳章說明本案需求規格內容。	已新增本計畫工作項目及需求規格內容,如 P.18 至 P.19 說明。
P16-17, 一、光達系統,相關點雲資料規劃如何儲存?格式為何?要滿足連續 8HR 作業,資料儲存量設計容量為何?請補充。	點雲資料儲存於光達系統內建儲存裝置,並與主控電腦連接同步儲存於硬碟,資料儲存格式為 Z+F 自訂格式,可藉由原廠程式進行資料解譯成 LAS 或 ASCII 格式。參考規格書說明,光達系統記憶體空間 128GB 可滿足作業時間 8 小時。
本案採用本中心提供既有 NovaTel GNSS 天線盤 2 支,惟第貳章定位系統規劃僅使用其中 1 支 GNSS 天線盤(如 P31),請修正設計規劃。	本計畫整體架構設計以快速拆裝及高機動性為考量,加裝 2 支天線並考量其雙天線基線長度,將增加整體架構體積及重量。故本計畫將於車載移動測繪系統載具適當處另組裝 1 支 GNSS 天線盤,光達系統機構仍以原設計為主。
第貳章、第三節、機電系統,光達設備是使用 24V 升壓器供電,請補充升壓器相關規格;另機電系統中 12V 及 24V 等 2 種電源並存,相關設備拆裝時,如何避免誤接造成儀器燒毀?	機電系統整合設備用電狀況,改以 24VDC 為主,將原設備 12V 電池串聯後再並聯提供全系統用電,電池後端設置有 DC 轉 DC 的電源供給器,提供系統其他用電需求(如 12V、5V 等),相關圖表已做修改。考量誤接造成儀器毀損等問題,各設備設計不同電源接線接頭及防呆設計,並標示標籤,避免誤接情形發生。
因本案光達系統規劃車載及推車等 2 種方式並用,其電源線及訊號傳輸線後續將頻繁拔插使用,相關電源線及訊號線接頭之設計應採整合式(含防呆設計)之規劃,以利操作並確保使用安全。	參考審查小組意見,針對各設備設計相關電源線及訊號線接頭,採整合式、防呆設計、加註標籤等方式,確保操作正確性及使用安全。
P22, 本案規劃由 6 部工業級相機以水平拍攝,加 1 部向上拍攝的垂直影像,	本計畫延續國土測繪中心提供之工業相機,其水平、垂直、對角線拍攝 FOV

<p>因採本中心既有鏡頭(VH-0814H1)進行改裝，受限影像 FOV 角度，是否可順利完整拼接全景影像?影響範圍如何?是否有方法改善?</p>	<p>角度分別為 77.3、61.9、90 度，以 6 部工業相機水平拍攝，各相機以 17.3 度重疊率拍攝，可順利拼接成 360 度影像。向上垂直拍攝影像與平面影像存在至少 20 度無重疊區域。</p>
<p>P23，圖 2-13 規劃相機記憶體為 500G SSD 2 顆，是否足夠 8 小時工作儲存容量?</p>	<p>依實際外業任務，單張照片記憶體最大約 1MB，車速均速約為時速 60 公里，連續作業 8 小時，5 公尺拍攝 1 張照片，7 臺相機需使用約 672GB，故 500G SSD 2 顆可滿足 8 小時工作儲存容量。</p>
<p>P31，機構內溫度處理採內部循環對流方式進行，此設計散熱效果是否足夠?另散熱片設置於底部，是否會影響系統之整體防水性?</p>	<p>系統外殼各組件接合處以上殼覆蓋下殼、前件扣後件，類似屋簷設計方式及組合，接縫處藉由防水膠條進行防水處理及水流縫設計。外殼機構設計為密閉空間，溫度內部循環為上下對流方式，並利用外殼與車頂之空間，車輛運行時空氣流通帶走熱能，熱量計算將依整體系統最終電路評估最大用電量，再進行機構修正，待第 4 階段成果繳交時提供相關細節設計資料。</p>
<p>P34，多電腦切換器 KVM (Kernel Virtual Machine)係屬系統終端設備部分，該切換器如何與其他系統裝置(主控電腦、監控電腦等)連接，請補充。</p>	<p>本計畫使用者操控以監控電腦為主，並透過 RS232、乙太網路、USB 與各電腦等進行指令溝通及資料傳遞，因此原有設備多電腦切換器 KVM 做為擴充設備使用。</p>
<p>P32，依道路交通安全規則第 38 條對小型車高度限制為「小型車不得超過全寬之 1.5 倍，其最高不得超過 2.85 公尺」，Toyota Innova 2.7 車寬為 1.77 公尺，故其高度限制為 2.655 公尺，查系統及環景相機尺寸總合高度為 0.8 公尺，<math>2.655-1.745(\text{Toyota Innova 2.7 車高})-0.8=0.11</math>，因此車頂架、車頂緩衝裝置及 GNSS 天線盤等 3 項裝置高度僅存 0.11 公尺的高度，裝置空間是否足夠?</p>	<p>本計畫外殼規劃高度為 0.6 公尺，其中包含環景相機尺寸高度 0.2 公尺，故高度限制 2.655 公尺扣除車高及外殼高度仍有 0.31 公尺，天線盤高度約 0.07 公尺，裝置空間足夠。外殼實際製作時仍有空間可做縮減，裝置空間可再增加。</p>
<p>P35 及 37，第五節、推車式移動測繪系統，推車搭配獨立電源 35 安培小時/24 伏特鉛酸電池，電池可能產生硫酸氣體，恐造成人員健康疑慮，且與本案服務建議書規劃使用 1 顆 102 安培小時/12 伏特的鋰鐵電池不同，原因為何?</p>	<p>本計畫推車選用之鉛酸電池型號為 YUASA12V35A，該設備大量使用於汽機車等移動載具，正常使用下對人員健康無疑慮。本計畫服務建議書規劃使用 102 安培小時/12 伏特鋰鐵電池為沿用原中心設備，提供儀器光達系統使用。</p>
<p>P35，推車之操控方式以遙控器方式進</p>	<p>本計畫規劃推車用動力組之煞車組為</p>

<p>行控制整輛推車，其操控動作(含前進/後退、停止、轉向等)規劃為何?採有線或無線控制?是否需要另搭配軟硬體?煞車系統規劃為電磁煞車，建議加裝一具手動煞車功能，以確保人車操作之安全。另推車電力計算未考量動力馬達及轉向控制系統等部分之能耗，請補充相關設計規格資料。</p>	<p>自動運作，當無油門信號時將自動啟動即煞車狀態，現行設計的減速比為1:50，當未供電時無法滑動。而推車電力設計，其設備及推車用電各自獨立，詳細用電因推車部分機構仍在設計中，待第4階段成果繳交時提供相關細節設計資料。</p>
<p>GNSS、IMU、光達及環景相機等感測器所蒐集的資料，如何從整合式光達設備中下載(匯出)取出資料?</p>	<p>定位定向系統資料儲存於主控電腦硬碟，點雲資料儲存於光達系統內建儲存裝置並與主控電腦連接同步儲存於硬碟，相機資料儲存於環景相機電腦硬碟並與主控電腦連接同步儲存於硬碟。使用者僅需於主控電腦端即可取得各感測器所蒐集之資料。</p>
<p>P58，本案規劃利用成功大學歸仁校區室外率定場進行本案光達設備率定，是否適合本案車載及推車方式系統之率定?有無其他國外光達移動測繪系統率定案例?</p>	<p>國內外針對系統率定作業目的為建立各系統間(定位定向系統、光達、相機等)相對關係，依據各廠商解算軟體設定訂定匯入率定成果之格式。參考Z+F原廠解算軟體及手冊訂定之率定流程，歸仁校區率定場牆面提供足夠且平均分佈之控制點提供光達資料解算，率定場透空良好提供定位定向系統解算高精度成果，可做為室外率定場選擇。</p>
<p>P48-54、光達系統解算軟體，規劃使用Z+F Sycat、Terra Scan、Terra Match、Terra Modeler等軟體處理點雲資料，雖已分別介紹各軟體功能，惟缺整體點雲處理流程設計，含原始資料(GNSS、IMU、輪速計、點雲、環景相機等資料)如何匯入?各軟體間處理之先後順序及如何分工?處理期間是否有中繼檔需做轉換及該如何處理?至最終測繪成果如何產出及呈現?</p>	<p>已新增光達系統解算軟體作業流程，如P.54至P.58、P.68說明，包含資料匯入、平差處理、剔除錯誤、改正點雲及軌跡、點雲上色、點雲分類、繪製等高線、產製DSM、土方計算等。資料匯入、傳遞、輸出皆以LAS或ASCII格式進行轉換。</p>
<p>P-65，時程甘特圖，已列硬體採購及組裝時程，惟缺軟體開發(或採購)及整合測試時程規劃，請補充。</p>	<p>已修正甘特圖內容，各作業時程皆包含硬、韌、軟體程式開發。另新增軟體操作，為資料後處理Z+F SynCat及TerraSolid測試解算，如P.69說明。</p>
<p>全冊，掃瞄，應為「掃描」、NVIDIA應為「NVIDIA」。</p>	<p>已修正為「掃描」、「NVIDIA」。</p>
<p>P3，該計畫擬試辦移動，贅字請刪除。</p>	<p>已刪除贅字，如P.4說明。</p>
<p>P8，機器人轉向等開發研究，語意與不清。</p>	<p>此文字為誤植，已刪除，如P.9說明。</p>

P15, 圖 1-29 左圖與應用災損評估關聯性較弱, 請提供更明顯的範例圖檔。	已修正及新增範例圖檔, 如 P.17 說明。
P16, Z+F Profiler 9012, 提供高精度高速相位式三維雷射掃瞄儀資料, 原廠資料為 2D Laser scanner, 請修正。	已修正, 如 P.20 說明。
P18, 表 2-2 相機畫素, 請分別表示水平及垂直畫素。	已新增為 3376 x 2704 (910 萬), 如 P.22 說明。
P22, 水平、垂直、對角線角度分別為 77.3、61.9、90 度。	已修正角度值, 如 P.22、P.26 說明。
p23, 圖 2-13 +12/24 VDC, 應修正為 +12 VDC, 另相機電源應由系統外部供應, 請補充電源線路。	已修正圖中電力部分, 如 P.25 說明。
P23, 圖 2-14 環景相機主控器 NVIDEA, 請修正「NVIDIA TX2」, P61 亦須修正。	已修正為「NVIDIA」, 如 P.27、P.66 說明。
P24, 圖 2-16 環景相機電腦作業流程圖, 其中「比對資料確認快門是否拍攝」請修正為「紀錄快門拍攝資料」。	已修正為「紀錄快門拍攝資料」, 如 P.28 說明。
P32 及 P34, 工程車, 應修正為公務車。	已修正為「公務車」, 如 P.36、P.38 說明。
P43, 平面 6 張、向上拍攝 1 張、即時拼接成環景影像 1 張, 共 8 張, 應修正為 7 張。	已修正為 7 張, 如 P.47 說明。
P44 及 P46, Windows7 及 10 不一致, 請統一。	定位定向資料解算軟體與像片量測軟體為兩套不同之軟體, 開發環境不同, 故不一致。
P47-P48, 圖 3-14 至圖 3-16 影像拼接軟體均以寬景影像範例, 非 360 度全景影像, 請更替相關範例照片。	360 度全景影像工作項目於 106-107 年度進行開發, 尚無實際 360 度拍攝影像, 待第 4 階段成果繳交時提供。
P53 及 54, <a href="http://www.zf-laser.com">http://www.zf-laser.com</a> 應為 <a href="http://www.terrasolid.com">http://www.terrasolid.com</a> 。	已修正為「 <a href="http://www.terrasolid.com">http://www.terrasolid.com</a> 」, 如 P.57 至 P.58 說明。
P56, 表 3-2 請標註相機率定日期。	已新增率定日期為 106 年 6 月 12 日, 如 P.60 說明。
P59, 幾合條件, 應為幾何條件。	已修正為「幾何條件」, 如 P.63 說明。
P60, 圖 3-36, 圖面過暗, 無法看出內容。	已修正, 如 P.64 說明。
P62, PLL 應統一以中文表示相鎖迴路。	已修正為「相鎖迴路」, 如 P.66 說明。
P62, GNSS 提供 100Hz 資訊。	MMS 系統同步模組為使用 GNSS 1PPS 訊號進行時間同步, 故 GNSS 為 1Hz 資訊。
P63, 環景相機尺寸高度與 P32 之高度不同, 請查明。	已修正環景相機尺寸為 560 x 560 x 200 毫米, 如 P.67 說明。

P65，甘特圖字跡太小，不易辨識。

已修正甘特圖內容，如 P.69 說明。



### 附錄五 作業計畫書甲方工作小組意見回覆說明表

審查意見	意見答覆
P5, 第貳章 近 5 年國內外 MMS 實例介紹, 請增加目前國內光達式測繪車之使用情形及統計資料。	新增標題國內車載移動測繪系統, 蒐集國內廠商 MMS 使用情形, 如 P.5 說明。
P9, 三、Google Street View 一節, 標題與文字及表 2-1 內容不完全相符, 請修正標題並請增加表 2-1 註明統計期間及出處。	新增標題國外車載移動測繪系統, 並註明資料來源網址, Google Street View 另獨立一節, 如 P.9 說明。
P26, 圖 3-1「各系統坐標系統相對關係示意圖」及文字說明, 未包含本案之光達設備, 請修正相關圖文資料。	新增光達系統相對關係示意圖及文字, 如 P.26 說明。
P32, 圖 3-15 系統方塊圖, 不同系統(如電力、乙太網路、RS-232 訊號、USB 訊號)之相關連接線請以不同顏色標示, 另圖中以虛線區隔之用意為何?請一併補充說明。	修正報告內方塊圖, 依虛線分隔車內及車頂部分。橘色為車內設備, 即時監控電腦、電力系統等; 綠色為架設於車頂設備, 主控電腦、定位定向系統、光達等; 藍色為架設於車頂工業相機等設備。
P33, 環景像機拍攝各部件操作流程請再增加操作流程圖更為明確。	新增環景相機作業流程圖, 如 P.33 說明。
P35, Z+F Scan App 可利用手機設定究是利用 wifi、藍芽或 internet 傳輸方式?有效距離若干?請補充。又該 App 是否可即時監看其他感測器資料?	Z+F Scan App 利用 wifi 傳輸方式, 連接手機及光達系統, 有效距離為 20 公尺, 如 P.35 說明。該 App 為 Z+F 原廠提供之軟體, 僅供 Z+F 光達系統使用。
P36-37, 「二、充電器、...逆變器電力指示(如圖 3-26)...」, 該圖中並無該項逆變器設備, 請予查明。另依本案電池配置規劃, 電池正常 8 小時使用完畢後, 需多少時間充電?請補充。	已修正系統充電文字內容, 如 P.37 至 P.38 說明。本案規劃電池於正常使用 8 小時後, 需充電至少 6 小時以提供系統足夠電力。
P39 及 P44, 公式(3-6 式)及(3-9 式)應修正為 $42.43A \times 12V = 509W$ 。	已修正, 如 P.40 及 P.45 說明。
P41, 請分別補充工業相機敘述水平、垂直、對角線之 FOV 之角度。	補充說明工業相機水平、垂直、對角線之 FOV 角度分別為 90、77.3、61.9 度, 如 P.42 說明。
P42, 圖 3-35, 15V 電源供應器為何, 是否為 P36 所稱之充電器, 若 2 者不同, 請補充說明, 另圖中標示提供 12V 電源至車頂設備, 惟 Z+F 9012 光達設備工作電壓為 24VDC(見 P32, 圖 3-15), 是否有誤植或遺漏?請修正或補充說明。	已修正圖 3-36 之 15V 為電源充電器。圖 3-36 為圖 3-15 之電力系統細部設計規劃, 圖 3-36 之 12V 電源至車頂設備即為圖 3-15 之 12V 電力系統至主機電源供應器, 將於主機電源供應器升壓至 24V。
P45, 第七節系統軸角及固定臂率定 1 節, 請補充光達設備率定作業流程圖。	新增光達率定作業流程圖, 如 P.47 說明。
P58, 教育訓練請增加規劃購買軟體(如 TerraSoild)供應廠商提供之相關教育訓練。	新增購買之軟體(如 TerraSoild)代理廠商若有提供相關教育訓練, 另新增時數進行軟體操作教學, 如 P.60 說明。

P60，進度甘特圖除了以 D+XXX 天表示外，表格上方請增加實際辦理月份，表格下方請增加每月的預定進度，較為明確。	新增實際辦理月份及預定進度，如第 P.62 說明。
P63，表 5-1，光達設備電壓為 12V，與第三章敘述 24DCV 不同，請檢視修正。	已修正為 24V，如 P.65 說明。
P80 林委員志清所提「系統輕量化後整體，整體設備重量為何？」及「本案是否規劃相關散熱方式？」等 2 問題，貴公司回復內容請納入 MMS 硬體設備規劃相關章節內。	系統輕量化以人力可完成拆裝為原則，規劃以 40 至 50 公斤為考量。機構內溫度處理採內部循環對流方式進行，配合主控制器內的溫度偵測器，溫度過高時啟動內循環風扇，散熱片設置於底部，機構底部與車頂之空間作為散熱排除熱空氣之空間。相關內容如 P.39 說明。
「台灣」請修正為「臺灣」。	已修正。
報告書中(含圖目錄及圖說明)「貴中心」請統一修正為「國土測繪中心」，且無須挪抬。	已修正。
P9，請於「Google 於 2007 年...」前方增加「四、Google Stree View」標題，後續各節請一併修正標號。	新增標題國外車載移動測繪系統，Google Street View 另獨立一節，如 P.9 說明。
P38，KVM 應指「KVM 切換器」(Keyboard、Video、Mouse switch，KVM switch)，請修正。	已修正，如 P.38 說明。
P40，圖 32「電力櫃與電腦」請修正「電力櫃與即時監控電腦」，避免與其他工作電腦混淆。	已修正，如 P.41 說明。
P56，第七節 外業調查檢核一節，標號「壹」及「貳」請修正為「一」、「二」。	已修正，如 P.66 至 P.67 說明。

### 附錄六 服務建議書委員審查意見回覆說明表

委員	審查意見	意見答覆
尤委員瑞哲	<p>規劃點雲處理模式闕如，請補充說明。</p>	<p>點雲處理模式規劃包含作業前光達率定程式及實際作業彩色點雲資料處理兩部分。光達系統軸角及固定臂率定如第參章第七節說明。完成系統率定後於內業處理將定位定向系統軌跡資料、光達與定位定向系統軸角及固定臂率定解，經解算後由 Z+F SynCaT 軟體選擇輸出點雲 LAS 格式供 TerraSolid 軟體使用。進一步將選擇輸出點雲 LAS 格式、影像、影像外方位、軸角/固定臂率定結果、其他輔助資訊(如控制點)匯入至 TerraSolid 軟體，透過不同測站間重疊範圍進行點雲匹配，加入已知幾何資訊進行點雲校正，並進行點雲平差取得較佳點雲坐標，如第參章第八節與第參章第九節說明。</p>
	<p>軟硬體之整合流程及測試方式闕如，請補充說明。</p>	<p>軟硬體之整合流程及測試方法補充如第參章第五節說明。</p>
	<p>推車式移動光達測繪系統的硬體配置的考量為何，推車的設計及規格闕如，請補充說明。</p>	<p>推車式移動測光達系統硬體配置設計補充如第參章第六節說明。</p>
	<p>推車式移動式光達測繪系統如何應用於地籍測量未提及。如何檢核最後整合系統是否能達到需求規格書的要求?請補充說明。</p>	<p>推車式光達移動測繪系統應用於地籍測量作業，光達系統可快速得到三維點雲資料，建構地表地物之點、線、面特徵，相機可快速取得現地資訊、拼接成環景影像、與光達結合成彩色點雲。後續進行三維向量資料數化及編輯、分類及過濾，產生表面模型。協助圖根測量點位之坐標及位置略圖、戶地測量之宗地位置及界址等、計算面積、製圖等。</p>

		建物車載式和推車式系統精度檢核方式，皆以光達系統掃瞄資料解算後成果，與地面已知點位進行比較分析精度。
李委員振燾	請說明移動測繪系統監控及率定作業軟體，推車式移動光達測繪系統等是否為自行開發?如何與套裝軟體搭配?使用經驗為何?	車載與推車式移動測繪系統硬體整合為同一套系統皆為自行規劃整合開發，針對各系統輸出資料格式、檔名等，配合需求或各套裝軟體皆訂出規範及作業流程，相關細節將於工作總報告書說明。光達資料處理軟體 Z+F SynCaT 軟體於購入光達系統時皆同步取得 SDK 等程式，將針對整套系統開發適合介面。監控軟體以 104 及 105 年度開發之監控軟體 Geosat RTMS 為基礎，新增光達監控並針對過去使用者不便之處修正改進。
	請說明為系統輕量化，而整合光達、定位定向、同步控制器、相機、主控器於一體，如將電力線與乙太網路並置是否會產生訊號干擾情形?	機電系統各子系統連接介面包含+12VDC 電源線、乙太網路線、RS-232(115.2K Baud Rate)、RS-485(電源 BMS)，其皆為獨立線材，無干擾情形。
	請說明本案採分散式控制電腦-主控器、環景相機、即時監控器，是否會產生時間延遲，不同步情形?	如第參章第五節系統測試流程說明，將會針對系統同步及 1 PPS 誤差測試，可評估時間是否有延遲情況發生，分析對精度影響程度為何。
	請說明系統電力負載規劃是否包含備援電力?	電力負載規劃評估以電力使用之 70.7%做為考量，針對該電力限制評估仍符合連續供電 2 小時運作，故本電力規劃可滿足其需求。
	請說明車載式和推車式系統精度檢核方式是否相同?	車載式和推車式系統精度檢核方式相同，皆以光達系統掃瞄資料解算後成果，與地面已知點位進行比較分析精度。
王委員成機	本案車載光達系統仍安裝於 MMS 測繪	本案車載光達系統設備以能

	<p>車上，是否可與影像式 MMS 系統併用？抑或是拆除重裝？機電設備是否併用？或是拆除重裝？</p>	<p>快速拆裝為目的，進行系統設備體與重量輕量化，並將原工業級電腦規劃採分散式電腦系統，包含主控電腦、環景相機電腦、即時監控電腦，兩者整體架構、系統配置、外殼設計等皆不同，故無法與影像式 MMS 系統併用，需重新進行拆裝。</p>
	<p>服務建議書介紹 Rigel 光達系統定位精度可達 1.5mm，日本車載光達系統可達 5mm，本案係採用德國 Z+F profiler 9012 光達設備，服務建議車載光達系統標準偏差 20CM，推車式光達 10CM，精度可否再提高？</p>	<p>針對光達系統精度，已修正說明為掃瞄點雲精度可達毫米等級，並非光達點雲直接地理定位精度可達毫米。而車載光達系統影響精度來源包含定位定向系統、光達系統、率定成果、量測誤差等，其中影響較為明顯為定位定向系統，於透空良好 GNSS 無斷訊之區域可達到高精度之成果。然而臺灣市區多屬高樓大廈密集區域，GNSS 訊號不佳將導致定位誤差較大，進而影響光達點雲精度，可利用輔助資訊如已知地面控制點及點雲平差方式等，修正點雲資料以提升精度，評估其改善情況。</p>
	<p>106 年度經費 282 萬元，其中規劃點雲資料處理模式費用達 232 萬元，其細部工作目為何？</p>	<p>106 年主要為系統前中期設計規劃及測試，107 年度為整合完成後之測試及繳交驗收。規劃點雲資料處理模式工作項目包含光達及軟體購入前之租賃測試費用、分散式電腦系統設備、相機影像處理器拼接作業、資料儲存裝置、硬體整合設計如同步控制系統優化、材料及耗材如資料傳輸及電源線、輕量簡易化外殼架構設計等。另作業流程含系統設計前中期測試作業，加強車載光達測繪系統穩定性及可靠度，改善測試過程中發生之缺失，</p>

	<p>106 年度及 107 年度皆有指定區域拍攝及製圖工作，其工作內容及設備是否有所不同？</p>	<p>達成所需規範。 因原影像式移動測繪系統需進行光達系統整合測試及改裝，故 106 及 107 年度指定區域拍攝及製圖工作規劃以公司自有車載移動測繪系統執行任務，其功能及規格與測繪中心提供之系統相似，符合精度要求。</p>
	<p>本案車載光達系統與推車式光達系統是否各配置一套軟硬體設備？</p>	<p>106 及 107 年度光達系統規劃為高機動性及輕量化，可快速拆裝以裝載於不同之載具上如車載或推車，故本案車載與推車式光達系統配置同一套系統，另因應不同載具特性，規劃適合裝設方式，以獲取較多資料。</p>
<p>曾委員耀賢</p>	<p>P.22，圖 3-1，圖中 IMU 設置在車內是否有誤？IMU 將據以推算 Lidar 發射中心之位置及角度，倘車頂架裝避震腳架，是否會改變二者間相對位置？</p>	<p>圖 3-1 中系統關係圖依據真實配置情況做修正，如 P.26 說明。定位定向系統、光達、相機皆置於同一平台上，裝設避震設備其平台晃動模式一致，故不會改變各系統間相對關係。</p>
	<p>P.35，規劃於成功大學歸仁校區設率定場，未來系統移交本中心後，是否應於本中心附近設置 1 率定場？另請問每次拆裝 1 次是否需要率定 1 次？</p>	<p>率定場設置地點建議為：透空良好(GNSS 不易發生斷訊)、四週有足夠的特徵點(空三較易成功匹配)、人煙稀少(不影響路上交通)等，成功大學歸仁校區符合相關條件，過去許多單位機關執行計畫皆使用該率定場，最終成果精度符合需求，故建議以成功大學歸仁校區率定場為首選，未來於經費充足情況，可於彰濱工業區或相關適合地點進行率定場建置。 系統率定作業時機：(1)建議每年做一次系統率定，確保相對關係為正確；(2)單一系統拆裝後，若為整體平台拆裝則可不需重新率定，未來</p>

		若累積足夠率定成果，需評估若僅螺絲拆裝儀器，率定值改變所產生的誤差，傳播至直接地理定位是否仍有足夠量測精度，以減少率定作業次數。
	106 年度 50KM 測繪作業係應用相機系統，107 年度除另測繪 50KM 外(以光達系統)，建議於 106 年辦理範圍擇 1 區段以光達辦理作比對。	謝謝委員指教。106 及 107 年度各執行 50 公里區域拍攝及製圖工作，光達測試路線將從中擇 1 公里進行圖資測繪作業，比較其與影像式移動測繪系統定位精度、內外業作業時間等差異。
	P.59，106 年第二項規劃點雲資料處理模式單價 232 萬元，請說明作業內容為何？	106 年主要為系統前中期設計規劃及測試，107 年度為整合完成後之測試及繳交驗收。規劃點雲資料處理模式工作項目包含光達及軟體購入前之租賃測試費用、分散式電腦系統設備、相機影像處理器拼接作業、資料儲存裝置、硬體整合設計如同步控制系統優化、材料及耗材如資料傳輸及電源線、輕量簡易化外殼架構設計等。另作業流程含系統設計前中期測試作業，加強車載光達測繪系統穩定性及可靠度，改善測試過程中發生之缺失，達成所需規範。
林委員志清	系統輕量化後，整體設備重量為何？	系統輕量化以人力可完成拆裝為原則，規劃以 40 至 50 公斤為考量，其中定位定向系統約 5 公斤、光達系統為 13.5 公斤、相機約 1.4 公斤，總重約 20 公斤
	推車式是否可規劃自走式設計？	光達系統規劃為高機動性及輕量化，以可快速拆裝為考量，然而考量推車式設備高度、重量、安全性等整體因素，仍以人為手動操作為主。
	測繪車內部作業環境有溫度過高情形，本案是否有規劃相關散熱方式？	機構內溫度處理採內部循環對流方式進行，配合主控制

		器內的溫度偵測器，溫度過高時啟動內循環風扇，散熱片設置於底部，機構底部與車頂之空間作為散熱排除熱空氣之空間。
鄭召集人彩堂	服務建議書案所附本案參與人員之研發替代役證明及在職證明較舊，請補附新的證明。	已修正。
	國外實績介紹部分，建議再蒐集近 1、2 年 MMS 成果應用實例。	已新增國內外 MMS 實例介紹，如第貳章說明。
	在建工程部分有遺漏，請補列貴公司近期參與本中心及其他機關相關標案；另本案實際作業人員已參與其他案件，其人力調配為何?如何確保本案順利執行，請補充說明。	在建工程已新增近期相關標案，如第陸章第四節說明。目前公司承攬的計畫絕大部分人力偏重於立製編輯與測繪等相關人員。與無人飛行載具系統採購案人員重複部分主要為系統規劃、討論、測試工作等。相關機電整合部分如同步控制器等，開發之元件可同時應用於車載與空載需求，此部分人力重複。主要技術研發人員如光達系統整合開發，人力使用重疊性不高，故人力調度無影響。
	本次建置之推車式光達測繪系統規劃將應用於地籍測量作業，其要求精度較高，請問有無具體研究成果案例或構想，能符合精要求?	光達移動測繪系統影響精度來源包含定位定向系統、光達系統、率定成果、量測誤差等，其中影響較為明顯為定位定向系統，於透空良好 GNSS 無斷訊之區域可達到高精度之成果，光達系統掃瞄精度達毫米，另利用輔助資訊如已知地面控制點及點雲平差方式等，修正點雲資料以提升精度。參考國內外實例，其精度可達公分等級，故可符合精度要求。
	貴公司於 104 年度及 105 年度建置 MMS 之電力系統，係直流電與交流電轉換達成電力轉換，造成電力耗損，本次有何精進構想?	電力系統將改由直流電為主，減少電力耗損，機電系統方塊圖如圖 3-35 與圖 3-38 所示。
推車式測繪系統以 2 小時電力規劃，電量是否足夠? 有何精進方案?	電力負載規劃評估以電力使用之 70.7%做為考量，針對	



		<p>該電力限制評估仍符合連續供電 2 小時運作，故本電力規劃可滿足其需求。</p>
	<p>104 年度及 105 年度建置原 MMS 系統車頂外罩有滲水情形，如何在本次改善？</p>	<p>機構設計內部以鋁材組成剛性架構，外殼配置覆蓋導流罩，剛性主結構可確保各設備相關位置的一致性，外殼的整流罩將降低風阻。各機殼以上蓋覆蓋下蓋方式組成，接縫處以耐熱膠條隔絕，同時設備與外殼間有排水線設計使自然排水，內部設備亦做防水處理。</p>
<p>陳委員立文 (書面提供)</p>	<p>本次標案的電池採昇陽公司的電池，但電量的檢測仍靠電壓並不是鋰系列電池常用的做法。應該是一併向昇陽公司採購此電池的管理系統(BMS)以及對應的監視或顯示裝置以管理並顯示電池的電量狀態(state of charge, SOC)、溫度、電壓及電流輸出入的情況。一般說來，有些 BMS 是做在電池的盒子內，則電池盒上一定會有 BMS 的接頭輸出。若此電池內並未含 BMS，則一定要加裝 BMS，以控制充放電的情況並監測電池，以免影響電池壽命甚而發生危險。</p>	<p>本案沿用原系統電池(臺灣昇陽國際半導體股份有限公司為本案客製化生產之 102AH 鋰鐵電池)內建 BMS，RS485 介面可讀取電池提供之電壓及溫度資訊。</p>
	<p>若昇陽並無對應的 BMS，則最低限度充電器及逆變器上應有限流設計以設定合理的充放電電流，且應請電池廠商及充電器廠商出具技術文件或證明，以確定充電器的充電程序是符合本電池的要求。</p>	<p>本案沿用原系統電池(臺灣昇陽國際半導體股份有限公司為本案客製化生產之 102AH 鋰鐵電池)內建 BMS，RS485 介面可讀取電池提供之電壓及溫度資訊。</p>

## 附錄七 服務建議書甲方工作小組之意見回覆說明表

審查項目	審查意見	意見答覆
(一) 作業規劃：	本項詳見於 P.5-8，廠商提出本案 5 項關鍵課題及因應對策，並於 P.18-20 概述本機關 104 年及 105 年度執行成果，對本案具一定了解程度。	謝謝工作小組提出之建議。
	內容章節尚屬完整可行。	謝謝工作小組提出之建議。
	業依服務建議書製作規定撰寫。	謝謝工作小組提出之建議。
(二) 作業項目及程序：	本項詳第參章(P.21~44)，廠商已針對各作業項目研擬具體對策，並說明本案工作項目、方法、作業流程，符合本案規格需求。	謝謝工作小組提出之建議。
	每年度指定區域拍攝及製圖 50 公里：僅於工作進度甘特圖(P.44)說明辦理時程，作業內容請補充說明。	新增影像式車載移動測繪系統作業內容，如第參章第十節說明。
	光達系統率定作業：P.35-37 規劃以成功大學歸仁校區之室外率定場進行軸角及固定臂率定作業，該率定場部分標靶為影像式光學系統率定使用是否適用於光達系統率定？另 P.38 資料處理軟體包含 Z+F SynCaT-Synchronization 及 Correction，如何用於光達系統進行率定，請補充說明。	成功大學歸仁校區室率定場控制點分佈位置於四周建物上，其建物牆面並非為完整之平面，存在凹凸不面之紋理，另較平面之牆面規劃設計率定標，以提升特徵點掃描成功辨識率。如第參章第七節說明。 Z+F SynCaT Synchronization 用於解譯光達原始資料並與定位定向系統進行同步，得以 POS 為基準之光達點雲位置；Correction 可平差計算修正點雲進行補償，得高精度三維點雲；Calibration 可量測控制點與連結點得地面控制點為基準之光達點雲位置，比較得軸角與固定臂率定成果。
	系統配置 P.35 圖 3-28 推車式移動測繪系統配置設計，若設計高度不足可能導致取景因操作者遮蔽甚多情形，請補充說明。	推車式光達系統規劃除了高機動性、輕量化、可快速拆裝為考量外，安全性為最重要的因素，因應人工身高問題，設計高度需儘可能避開掃瞄至人，而因設備集中於上半部將造成頭重腳輕之情況，為了達成平衡需加重下

		半部之重量，違背輕量化之目的；然而降低高度可能導致資料擷取不足問題。考量整體因素，未來將以適當高度為優先考慮，並藉由多次來回蒐集資料方式，補足因人工遮蔽造成資料不足之處。
	電力規劃為 4 顆車用，另 1 顆為推車使用，目前充電裝置僅 1 組，充電作業時如何執行?請補充說明。	充電裝置規劃車載與推車系統各有一充電設備，各自獨立分開執行充電作業。
(三)工作進度及品質管控：	本項內容詳第四章(P.44-48)，廠商提出工作項目、各項監控管理規劃方案及時程規劃甘特圖，符合本案規格需求。	謝謝工作小組提出之建議。
	第 48 頁，僅描述本案光達成果進行內業編輯檢核，缺本案指定區域拍攝及製圖作業相關內業編輯之檢核說明；另外業調查檢核作業如何執行?是否訂定合格標準為何?請補充說明。	指定區域拍攝及製作相關內業編輯檢核、執行方式、合格標準如第五章第六節至第五章第八節說明，初期檢查量測至少 5 個檢查點，檢查點重複觀測的平面坐標較差應小於 50 公分，編輯完成後由品質保證與稽核組組長抽檢至少 20 處，包含成果種類、名稱、數量、圖形資料等，正確率達 90% 以上視為合格。
(四)廠商背景及相關經驗：	本項內容詳第陸及第柒章(P.49-58)，廠商提列編制組織、人力配置編組(計 12 人，分工如表 6-2，工作人員學經歷及專長證明文件如附錄七、壹)、業績及經驗作說明(49 案)、目前承辦中工作(6 案)、計畫主持人學經歷資格、環境及軟硬體設備及資料保全，均符合本案需求。	謝謝工作小組提出之建議。
	廠商未提近年建置 MMS 或以 MMS 技術參與各項政府機關之工作，請補充說明。	本公司承辦政府專案相關業績經驗與在建工程中，包含以 MMS 技術參與之計畫，如臺南市公路系統制定與設施清查、高雄市道路設施調查暨系統擴充計畫等。
	廠商本年度亦參與本機關「106 年及 107 年度發展無人飛行載具系統採購案」，與本案所提人力是否重複情形?請補充說明。	本案與無人飛行載具系統採購案人員重複部分主要為系統規劃、討論、測試工作等。相關機電整合部分如同步控

		制器等，開發之元件可同時應用於車載與空載需求，此部分人力重複。主要技術研發人員如光達系統整合開發，人力使用重疊性不高，故人力調度無影響。
	P105、106，編號第 34~36 及 47~48 項等實績未見可對應之證明文件，另 P.120 空白無資料，請補充說明。	P.120 為檔案轉檔產生格式錯誤，以致印刷時 P.120 為空白情況，實則無此頁，即 P.119 接續 P.121。相關實績、參與人員證明、資格文件等皆已作修正。
	P.49，圖 6-1 專案團隊組織架構所列人數誤植，與本案實際參與人數不一致，請補充說明。	專案團隊組織架構人數已修正為計畫主持人、品質保證與稽核組 2 人、機電整合組 3 人、系統開發組 6 人。
(五) 交付本案購置設備：	本項內容詳第陸章及附件柒，廠商規劃採用光達系統規格(P.23、P.86~87)符合本案需求，部分規格為優規，見 P23，表 3-3。另規劃採用軟體規格(P.38~41、P.90~92)符合本案需求，見 P.41 及表 3-6。	謝謝工作小組提出之建議。
	軟硬體整合程度及圖資更新軟體設計及規劃詳見第三章第十一節(P.37-41)，符合本案需求。	謝謝工作小組提出之建議。

### 附錄八 各次工作會議紀錄回覆說明表

第 1 次工作會議	
時間：106 年 6 月 9 日(星期四) 下午 3 時	
地點：內政部國土測繪中心第 2 會議室	
會議結論	辦理情形
1 請於本年 6 月 30 日前完成驗車，並定期辦理車輛保養作業。	於 106/6/14 及 106/6/15 完成測繪車保養及驗車，106/6/16 歸還至測繪中心。
2 測繪車之拍攝觸發器(Trigger)仍發生異常情形，請於新系統改裝前，了解發生問題原因，並徹底解決此項問題，提高系統穩定度。	經測試結果，異常情形並非來自於輪速計或定位定向系統，推測僅為拍攝觸發器硬體或韌體異常，106 及 107 年度將搭載光達系統，拍攝觸發器需重新設計並進行韌體更新，此異常情況將於更新版本改善。
3 車載光達測繪系統之設計，應完全符合道路交通安全規則，並將裝拆及搬運之便利性納入設計考量。	根據 104-105 年度發展移動測繪系統(MMS)作業採購案說明，本案建置之車載移動測繪系統暫不申請為特種車輛；另根據交通部公路總局 95 年監牌字第 0951006759 號函，車頂置放架若為非固定式，無須變更行照；此外，經與監理單位確認，車頂架上方承載設備皆認定為裝載物，故所承載之設備無特殊規定，唯全車尺寸(含承載設備)仍須符合道路交通安全規則第 38 條規定。 本案使用車輛全寬為 1.77 公尺，因此最高不得超過其 1.5 倍即 2.655 公尺，車體高度 1.745 公尺，設計時支架外殼以不超過 0.900 公尺為原則。
4 本案規劃採購 TerraSolid 系列軟體，請先了解軟體註冊方式，另倘軟體供應廠商有提供軟體操作課程，請通知本中心派員一併參與。	軟體於測試階段將安裝於本公司之電腦，待 107 年 3 月軟體更新 License 時，向原廠提出更換至測繪中心作業電腦即可。
5 系統架構及操作流程請妥為規劃，另需自行開發軟體部分，亦請儘速規劃執行。	自行開發軟體部分為光達及相機 SDK、匯入 TerraSolid 系列軟體之軌跡及影像外方位檔案格式轉換，將於 7 月取得 TerraSolid 軟體及 9 月光達 SDK 後進行規劃、開發、測試。
6 請修正人臉及車牌模糊化程式，避免本中心後續對外發布之街景資料，有侵犯民眾隱私之虞。	根據 104-105 年度發展移動測繪系統(MMS)作業採購案說明，為了降低人工介入程度，作業將把可能為個資部都模糊化，再藉由人工方式補足未模糊之資訊。目前國內外相關單位皆遇到模糊化議題，尚無公司可完全克服自動化個資模糊化作業並百分之百無錯誤，仍需派遣大量人力進行人工模糊化。
7 本案所採購之軟、硬體設備，請於設備到貨後，發文通知本中心辦理查驗作業。	光達資料處理 TerraSolid 預計 7 月取得；光達硬體設備預計 9 月取得。



8	為撰寫本中心 108 年至 111 年科技發展計畫，請協助提供測繪車未來發展之建議。	多平台移動測繪系統聯合作業；室內導航及製圖技術；室內外導航應用。
9	第 36 屆測量及空間資訊研討會訂於 9 月 1 日於成大舉行，屆時請依契約規定，協助 MMS 及 UAS 之展示作業，另請於下次工作會議前提供可於該研討會發表之主題。	針對過去完成的系統架構設計及實際內外業作業，提出之題目與方向為：車載移動測繪系統設計與圖資更新作業。
<b>第 2 次工作會議</b>		
時間：106 年 7 月 18 日(星期二) 上午 10 時		
地點：內政部國土測繪中心第 2 會議室		
會議結論		辦理情形
1	本案各項作業辦理進度及情形，請於下次工作會議改善，以利掌握本案工作進度。	遵照辦理。
2	測繪中心近期辦理 104 及 105 年度街景成果匯入本中心 3D 地圖展示平臺系統時遭遇困難，無法以連續撥放方式展示，請協助問題排除。	該作業項目為 106 及 107 年度工作項目，持續進行開發，將於階段繳交日期前完成。
3	本案指定區域拍攝及製圖作業，請於接獲測繪中心通知後 30 日內完成測繪中心指定路線之拍攝及圖資繪製。	接獲中心指定路線作業規劃如簡報 P.23 至 P.27 所示。
4	配合第 36 屆測量及空間資訊研討會，請協助 MMS 及 UAS 之展示作業，含摘要、展示海報及展示影片等製作。	遵照辦理如簡報 P.28 所示。
5	本案第 2 階段應於 106 年 8 月 31 日繳交之「規劃點雲資料處理模式報告」成果，請掌握辦理期程，並於 8 月工作會議說明規劃方式及辦理情形。	規劃點雲資料處理模式報告成果如簡報 P.8 至 P.22 所示。
<b>第 3 次工作會議</b>		
時間：106 年 8 月 17 日(星期四) 上午 11 時		
地點：內政部國土測繪中心第 2 會議室		
會議結論		辦理情形
1	請就本案各細項作業(如自行開發程式及採購軟、硬體組裝、測試等)列出辦理規劃期程、負責人員、實際進度等資訊，以利本	如簡報第 9 至 22 頁所示。

	中心掌握本案工作進度。	
2	環景相機組裝及推車高度設計，請分析不同方案之優缺點，提供本中心擇優製作。	如簡報第 17 頁所示。
3	本案第 3 階段第 2 批指定區域拍攝及製圖作業，請於本(106)年 8 月 31 日繳交成果。	於 106 年 8 月 31 日發文繳交。
4	因颱風侵臺，致本案第 2 階段作業受到影響，本中心已同意展延 2 天，仍請掌握辦理期程，於本年 9 月 2 日繳交「規劃點雲資料處理模式報告」成果。	於 106 年 9 月 1 日發文繳交。
5	配合本年 8 月 28 日內政部 106 年政府服務獎實地輔導作業，請經緯公司協助 MMS 實車展示(上午 8 時 30 分前就位完畢)。	遵照辦理。
6	配合第 36 屆測量及空間資訊研討會，請協助 MMS 簡報檔製作，並於 8 月 25 日前送達本中心。	遵照辦理。
<b>第 4 次工作會議</b>		
時間：106 年 10 月 5 日(星期四) 上午 10 時		
地點：內政部國土測繪中心第 2 會議室		
	會議結論	辦理情形
1	本案各細項作業執行進度表仍有部分工作項目缺漏(如作業起訖日期、開發人員、軟硬體採購或開發等作業)請補充後再送本中心，以利本中心掌握本案工作進度。	遵照辦理，補充相關說明後送交測繪中心。
2	本案繳交之全景影像須達等同 Google 街景方式展示，請掌握時程積極辦理該程式開發。	遵照辦理。
3	106 年度教育訓練包含 6 小時契約規定課程及 TerraSolid 系統介紹及操作課程，請預為安排，並掌握時程於限期內完成訓練。	預定於 106 年 11 月 14 日辦理教育訓練，地點為經緯航太科技股份有限公司台中分公司。
4	本案第 3 階段第 3 批指定區域拍攝及製圖作業，請於本(106)	第 3 及 4 批成果分別於 106 年 10 月 19 日及 11 月 7 日發文繳交。現場實測調查作業拍攝測繪車作業中



<p>年 10 月 19 日前繳交成果。另第 4 批指定區域拍攝及製圖作業，請配合本年 10 月 13 日交通部公路總局「西濱快速公路八棟寮至九塊厝(台 61 線 298K+613~305K+750 路段)」現場實測調查作業，並拍攝測繪車作業中動態及靜態影像，以納入本案成果展示素材。</p>	<p>動態及靜態影像，遵照辦理，如簡報第 30 頁說明。</p>
<p><b>第 5 次工作會議</b></p>	
<p>時間：106 年 11 月 8 日(星期三) 下午 4 時</p>	
<p>地點：內政部國土測繪中心第 2 會議室</p>	
<p>會議結論</p>	<p>辦理情形</p>
<p>1 請經緯依所光達移動測繪系統開發時程規劃表，掌握時程積極辦理各項細部作業，並於 107 年 2 月底前完成推車式光達移動測繪系統建置作業，俾利本案第 4 階段順利進行。</p>	<p>遵照辦理。</p>
<p>2 106 年度教育訓練預定於本(106)年 11 月 14 日(星期二)於經緯公司臺中分公司辦理，計 6 小時契約規定課程。另請經緯公司就本案採購 TerraSolid 軟體部分，另安排相關系統介紹及操作課程。</p>	<p>軟體教育訓練於 106 年 11 月 14 日及 12 月 20 日辦理相關系統介紹及操作課程，如簡報 P.29 所示。</p>
<p>3 針對經緯公司規劃台南成功大學歸仁校區作為本案光達移動測繪系統場地，請再評估該場地是否可行。</p>	<p>率定場地建議於透空良好、人煙稀少、大量特徵點、可佈設大量控制點為佳，過去許多計畫皆使用該率定場，成果精度符合需求，評估為率定作業建議場地，如簡報 P.32 所示。</p>
<p>4 內政部 106 年政府服務獎實地評審作業預定於本年 12 月 8 日下午 1 時 30 分辦理，請經緯公司協助 MMS 實車展示(上午就位完畢)。</p>	<p>於 106 年 12 月 8 日協助 MMS 實車展示，如簡報 P.33 所示。</p>
<p>5 本案相關成果投稿研討會或期刊論文部分，請於本年底前內完成。</p>	<p>已投稿地籍測量學會，如簡報 P.34 所示。</p>
<p><b>第 6 次工作會議</b></p>	
<p>時間：107 年 1 月 25 日(星期四) 上午 11 時</p>	
<p>地點：內政部國土測繪中心第 3 會議室</p>	
<p>會議結論</p>	<p>辦理情形</p>



1	請經緯公司依 106 年 12 月 15 日所提改善方案，積極購置符合契約規定之 Z+F Profiler 9012 光達設備，並於取得光達設備時，通知本中心辦理查驗事宜。另為避免採購行政作業冗長，致整體開發作業延誤情形，請貴公司把握作業期程，並利用自有光達設備辦理本案儀器組裝、系統整合及測試作業，俾本案如期完成。	遵照指示辦理，整合進度如簡報 P.9 至 P.17 所示。
2	為配合國家發展委員會委託本中心辦理「中興新村國有財產清查與盤點」專案，請經緯公司執行中興新村地面街景及 MMS 拍攝作業，拍攝範圍應包含作業區主要道路及 11 棟文化資產保存建築。	MMS 拍攝作業於 107 年 1 月 31 日完成外業作業，提供貴中心相關資訊進行資料處理，如簡報 P.18 所示。
3	有關本案環景相機架設作業，建議朝天頂方向裝置魚眼鏡頭，以補足原廣角鏡頭無法涵蓋範圍，並且可有效與水平 6 台相機組成更完整之環景影像，俾利後續點雲處資料成果上色作業及街景資料運用。	此建議將改變系統架購設計，魚眼鏡頭與一般鏡頭影像拼接需另投入大量人力工時進行研究，是否可於階段繳交期限內完成，需再評估。
4	有關本案成果投稿事宜，請經緯公司依本案契約規定「論文填列機關共同作者之人選，應先徵得本機關同意，並於文末敘明本案經費來源」辦理，於投稿前函知本中心，俟本中心同意後再行投稿。	遵照指示辦理，如簡報 P.20 所示。

第 7 次工作會議

時間：107 年 4 月 24 日(星期二) 上午 10 時

地點：內政部國土測繪中心第 2 會議室

會議結論		辦理情形
1	車載及推車式光達移動測繪系統組裝測試工作進度延宕，請加緊趕辦，並於本(107)年 5 月底前依本次會議意見完成修正後交付本中心，以利後續精度測試作業進行，確保本案於年度內辦竣。	整合進度如簡報 P.9 至 P.20 所示。
2	對於經緯公司為提高光達設備高速運轉穩定度，重新設計強化車	系統設計朝減輕重量或多件式方向規劃，可減輕多少重量及平臺結構重新設計細節評估中。

	載整合式平臺結構，致超出原設計重量(40KG)達 70KG，考量後續尚須配合任務需求進行整合式平臺上下架或拆裝使用，為降低設備組裝及上下架之困難度及危險性，請經緯公司以 2 件式(或多件式)模組方向修正設計，以兼具堅固穩定、易於拆裝維護之設計目標。	
3	定位系統功能之正常與否攸關本案成敗關鍵，有關 GNSS 自動進入休眠模式情形，請務必找出發生原因並徹底解決。	原廠提出 NovAtel Connect V2.0 版本仍存在許多問題，使用原 V1.8 版本測試並無問題，建議使用原 V1.8 版本操作系統。
4	推車式載具請儘速依規劃點雲資料處理模式報告(本中心 106 年 10 月 27 日驗收合格)施作方案辦理，並於本年 4 月 30 日前以 mail 方式提出目前辦理情形，俾利執行進度管控。	遵照指示每週報告辦理情形。
5	為確保設備組裝品質，車載及推車式移動測繪光達系統完成組裝及繳交至本中心之前，請先行辦理系統整合及精度測試，並依契約規定驗收項目製作測試報告一併提交，另測試期間請通知本中心派員參與。	規劃六月中下旬辦理系統率定及精度測試，屆時將通知中心。
6	請經緯公司加強與本中心溝通聯繫，隨時主動告知本中心最近進展或遭遇困難，必要時召開臨時工作會議討論，俾利本中心掌握本案執行情形。另本案第 4 階段作業目前已逾期，除把握時程積極趕辦外，仍須注意施作品質，避免後續衍生更多問題。	遵照指示每週報告辦理情形。
<b>第 8 次工作會議</b>		
時間：107 年 9 月 6 日(星期四)上午 10 時		
地點：內政部國土測繪中心第 2 會議室		
會議結論		辦理情形
1	本案第 4 階段推車式載具成果驗收仍有缺失部分(無法以遙控方式控制)，請經緯公司積極改善；另第 5 階段成果繳交期程為本(107)年 9 月 15 日，除把握時	推車無線遙控方式於 9 月 10 日繳交，第 5 階段成果依合約將於階段完成日前繳交。

	程積極趕辦外，仍請主動告知本中心最新進度及遭遇困難。	
2	請儘速研擬本案教育訓練計畫，並送本中心同意後實施，相關訓練內容應包含組裝練習、推車載具操作、資料擷取、資料處理等實務操作課程，請妥為規劃。	教育訓練於 9 月 14 日辦理，內容包含理論介紹及實務操作課程。
3	考量整合式平台重量達 70kg，為降低設備組裝及上下架之困難度及危險性，請再妥善設計裝卸方式，必要時增加輔具設備，以提升作業安全。	系統設計朝減輕重量或多件式方向規劃，可減輕多少重量及平臺結構重新設計細節評估中。
4	本案試辦作業外業及內業計算均已完成，請以本次試辦作業之實務經驗，研擬移動測繪系統作業流程說明，並納入期末報告。	遵照指示辦理於期末報告加入相關作業流程。
5	有關測繪車支援害防救作業，以本次嘉義縣東石鄉及布袋鎮 823 水患災區地面調查作業為例，所蒐集的資料量已高達 200GB，下載及傳送相當不便，請協助研提地面影像降解析度或壓縮資料傳送時間之方法。	評估資料蒐集軟體設定可否降解析度或壓縮資料等方式，提升作業效率。

## 附錄九 相關成果投稿研討會或期刊論文(初稿)

### ■ 106 年度成果投稿研討會或期刊論文(初稿)

車載移動測繪系統技術發展及圖資更新作業應用

#### THE DEVELOPMENT OF MOBILE MAPPING SYSTEM FOR DIGITAL MAP APPLICATION

##### 摘要

近年來內政部國土測繪中心(以下簡稱本中心)致力於辦理基本地形圖、國土利用調查、臺灣通用電子地圖等基礎核心圖資建置及更新維護工作，於 104 及 105 年度開發自主車載移動測繪系統(Mobile Mapping System, MMS)技術發展及應用，搭載相機、全球導航衛星系統接收儀(GNSS)、慣性量測元件(IMU)、輪速計、控制電腦等，使用者僅需駕駛車輛及簡易系統操作，即可進行長時間且高效率的外業資料蒐集。配合自行開發後處理軟體及像片量測處理軟體，可輕鬆進行各式影像量測工作及圖資更新作業，影像量測精度符合臺灣通用電子地圖之精度要求。藉由車載移動測繪系統拍攝視角適用於進行道路屬性(如道路名稱)以及路標資訊的更新，並配合攝影測量方式，可應用於臺灣通用電子地圖圖資更新，進行新闢道路資料的快速更新。

本中心亦針對車載移動測繪系統拍攝影像進行拼接，提供使用者快速瀏覽真實街景，並進行個資及機敏地區模糊化作業，避免未來相關應用時產生不必要之疑慮，更確保民眾及國家之資訊安全。

為增進 MMS 在空間資料獲取及圖資更新之效率，目前本中心正積極發展新一代車載移動測繪系統，未來將搭載光達雷射掃瞄系統(LiDAR)，藉由整合高精度定位定向系統與光達點雲資料，強化測繪領域作業技術，並對於外業從人員提供更高之安全保障，減少作業時曝露於車流危險中；另發展推車式光達移動測繪系統，以提高 MMS 測繪作業之機動性及便利性，並透過其高精度可達到大比例尺之製圖標準特性，研究 MMS 在地籍及地形等應用測量業務之可行性。

## ■ 107 年度成果投稿研討會或期刊論文(初稿)

國土測繪中心車載移動測繪系統測圖應用及未來發展

### THE APPLICATION AND DEVELOPMENT OF MOBILE MAPPING SYSTEM

#### 摘要

內政部國土測繪中心(以下簡稱本中心)近年來致力於辦理基本地形圖、國土利用調查、臺灣通用電子地圖等基礎核心圖資建置及更新維護工作，於 104 及 105 年度開發自影像式主車載移動測繪系統(Mobile Mapping System, MMS)技術發展及應用，搭載相機、全球導航衛星系統接收儀(GNSS)、慣性量測元件(IMU)、輪速計、控制電腦等，使用者僅需駕駛車輛及簡易系統操作，即可進行長時間且高效率的外業資料蒐集，透過攝影測量方式，實際應用於臺灣通用電子地圖圖資更新，進行新闢道路資料的快速更新。

為增進 MMS 在空間資料獲取及圖資更新之效率，106 及 107 年度本中心積極發展新一代車載移動測繪系統，將搭載光達雷射掃瞄系統(LiDAR)，建置光達移動測繪系統(LiDar Mapping System, LMS)，藉由整合高精度定位定向系統與光達點雲資料，強化測繪領域作業技術，並對於外業從人員提供更高之安全保障，減少作業時曝露於車流危險中；另發展推車式光達移動測繪系統，以提高 MMS 測繪作業之機動性及便利性，並透過其高精度可達到大比例尺之製圖標準特性，研究 MMS 在地籍及地形等應用測量業務之可行性。

## 附錄十 參考文獻

1. 江凱偉、曾義星、楊名、詹劭勳、饒見有，100 年度發展與應用多平台遙測製圖技術工作案工作總報告書，2011，內政部地政司。
2. 江凱偉、曾義星、楊名、詹劭勳、陳國華、饒見有，101 年度多平台製圖技術工作案期末報告書，2012，內政部地政司。
3. 江凱偉、曾義星、楊名、饒見有，102 年度多平台製圖技術工作案期末報告書，2013，內政部地政司。
4. 江凱偉、曾義星、楊名、饒見有，103 年度多平台製圖技術工作案期末報告書，2014，內政部地政司。
5. 江凱偉、曾義星、呂學展、張秀雯，105 年度移動載台測量製圖技術發展工作案期末報告書，2016，內政部地政司。
6. 江凱偉、曾義星、呂學展、張秀雯，106 年度多平台製圖技術工作案期末報告書，2017，內政部地政司。
7. 國土測繪中心，104 及 105 年度發展車載移動測繪系統(MMS)作業採購案工作總報告修訂版，2016，內政部。
8. 楊成中、賴盈誌，104 年度多平台製圖技術工作案期末報告書，2015，內政部地政司。
9. El-Sheimy, N. (1996): The development of VISAT - A mobile survey system for GIS applications, Department of Geomatics Engineering, The University of Calgary, Calgary, Canada.
10. Graefe, G. (2011): High precision kinematic 3D engineering surveying applications using multiple scanners and cameras, 7th International Symposium on Mobile Mapping Technology (MMT2011), Vol. S02, No. 4.
11. Haala, N., Fritsch, D., Peter, M., and Khosravani, A. (2011): Pedestrian navigation and modeling for indoor environments, 7th International Symposium on Mobile Mapping Technology (MMT2011).
12. Hatake, S., Ikubo, M., and Ikeda, T. (2011): Damage survey of eastern Japan earthquake by mobile LiDAR, Asia Geospatial Forum, Kawasaki, Kanagawa 214-0005, Japan.
13. Koarai, M., Okatani, T., Nakamura, T., and Hasegawa, M. (2012): Geographical information analysis of Tsunami flooded area by the great east Japan earthquake using mobile mapping system, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXIX-B8, Melbourne, Australis.
14. Kukko, A., Kaartinen, H., Hyypä, J., and Chen, Y. (2012): Multiplatform mobile laser scanning: Usability and performance, Sensors, Vol. 12, pp. 11712-11733.
15. Li, B., Su, W., Ma, J., and Fang, L. (2011): Automated highway traffic

- facilities detection and analysis based on land-based mobile mapping system, 7th International Symposium on Mobile Mapping Technology, Vol. VI, No. 11.
16. Li, Y.H. (2010): The calibration methodology of a land vehicle mobile mapping system and the performance analysis of the direct geo-referencing, Department of Geomatics, National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan.
  17. Li, Y.H. (2010): The calibration methodology of a low cost land vehicle mobile mapping system, Institute of Navigation (ION) GPS/GNSS 2010 meeting, Oregon Convention Center, Portland, Oregon, USA.
  18. Neumann, T., Ferrein, A., Kallweit, S., and Scholl, I. (2014): Towards a mobile mapping robot for underground mines, In: Proc. IEEE Robotics and Mechatronics Conference (RobMech 2014).
  19. Shahbazi, M., Sattari, M., Homayouni, S., and Saadatseresht, M. (2012): Implementation and evaluation of a mobile mapping system based on integrated range and intensity images for traffic signs localization, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXIX-B5.
  20. Sithole, G., (2001): Filtering of laser altimetry data using a slope adaptive filter, International Archives of Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. 34(3/W4), pp. 203-210.
  21. Takahashi, G., Takeda, H., and Nakamura, K. (2016): Drawing for traffic marking using bidirectional gradient-based detection with MMS Lidar intensity, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXIII ISPRS Congress, Vol. XI1-B5, Prague, Czech Republic.
  22. Toschi, I., Rodriguez-Gonzalvez, P., Remondino, F., Minto, S., Orlandini, S., and Fuller, A. (2015): Accuracy evaluation of a mobile mapping system with advanced statistical methods, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures, Vol. XL-5/W4, Avila, Spain.
  23. Zanini, M.A., Hofer, L., Faleschini, F., and Pellegrino, C. (2017): Building damage assessment after the Riviera del Brenta tornado, northeast Italy, Springer, Nat Hazards, DOI 10.1007/s11069-017-2741-6.
  24. <https://www.ajiko.co.jp/>
  25. <http://leica-geosystems.com>
  26. <http://pentaxsurveying.eu.com/en/>
  27. <http://super720.com>
  28. <http://www.chsurvey.com.tw>

29. <http://www.chuanhwa.com.tw>
30. <http://www.geomatics.ncku.edu.tw>
31. <http://www.geosat.com.tw>
32. <http://maps.google.com.tw>
33. <http://www.google.com/atap/projecttango/>
34. <http://www.mitsubishielectric.com/bu/mms/>
35. <http://www.nlsc.gov.tw>
36. <http://www.optech.ca>
37. <https://www.renishaw.com>
38. <http://www.riegl.com>
39. <http://www.strongco.url.tw>
40. <http://www.teledyneoptech.com>
41. <http://www.terrasolid.com>
42. <https://www.topconpositioning.com>
43. <http://www.trimble.com>





內政部國土測繪中心

地址：臺中市南屯區黎明路 2 段 497 號 4 樓

網址：[www.nlsc.gov.tw](http://www.nlsc.gov.tw)

總機：(04) 22522966

傳真：(04) 22592533