

車載光達校正系統之研究

陳均昇¹ 林奕翔² 鍾文彥³ 許展祥⁴ 王敏雄⁵

摘要

內政部國土測繪中心109年起辦理車載光達校正系統相關建置作業，包含校正理論與方法之確認，校正標材質與標形評估測試、設計與製作、校正場規劃與建置、校正實作、成果分析、TAF校正領域認證作業先期評估等作業。

其中校正標經過材質、尺寸之實測確認，於牆面設計可拆式的磁吸式安裝校正標，考量到校正場位於交通部運輸研究所港灣研究中心，該處靠近海邊、風速較強，特別加強抗風性設計，經實際安裝後，具有拆裝方便與穩固性高之特點，符合本校正作業之需求。

有關校正場建置工作，經過網形控制點與基準點的衛星定位測量，確定校正場內基準點之坐標，後經校正標穩定性測試，於校正程序中制訂相關作業規範，於校正作業時利用基準點以全測站儀量測校正標中心參考值，並規劃光達測繪車掃描路線，經兩次校正實作，確認校正程序執行成果良好，所產出校正結果能確實反映光達測繪車之測繪能力，經評估可應用於光達測繪車測繪案件之符合性聲明，例如高精地圖（HD Map）之測製。

關鍵字：車載移動測繪系統、車載光達系統、定位定向系統、校正系統、ISO17025:2017

前言

為提升空間資料蒐集及圖資更新效率，內政部國土測繪中心（以下簡稱國土測繪中心）參考國內外車載移動測繪系統（以下簡稱光達測繪車或LMS）經驗，於106至107年建置LMS，包含資料擷取系統、定位定向系統與機電系統三個子系統，搭載光達掃描儀（Pentax S-2100）、GNSS（NovAtel ProPak5TM）、IMU（NovAtel IMU-FSAS）及輪速計，並於108年辦理光達測繪車率定作業相關之研究。

109年度續辦車載光達校正系統建置作業，有關「校正作業」與「率定作業」之區別，兩者使用的場地與操作過程接近，皆為使用LMS在一特定區域對複數固定標的物進行掃描，進行點雲處理、量測與比對之作業，差異處在於「率定作業」是透過量測坐標與參考坐標之相對關係求解定位定向系統與感測器之間的相對平移與旋轉關係；「校正作業」則是比對量測坐標與參考坐標差異，計算器差值、器差均方根值等資訊，出具校正報告。實質上為目標不同之活動，於校正實務上，顧客先透過率定作業求得固定臂與軸角之率定值，代入點雲處理軟體產出校正作

¹經緯航太科技股份有限公司 副總工程師

²經緯航太科技股份有限公司 經理

³內政部國土測繪中心地形及海洋測量課 技士

⁴內政部國土測繪中心地形及海洋測量課 技士

⁵內政部國土測繪中心地形及海洋測量課 課長

業掃描的點雲資料，方能進行校正標量測。

校正場規劃及建置

考慮校正作業與率定作業之目標差異，參考光達測繪車實際執行掃描外業環境，協調港灣技術研究中心作為校正場設置地點，其為封閉場域，並有進出管制，透空度佳，GNSS接收訊號良好，符合相關參考文獻選擇原則，於區內道路與3棟建物牆面設立地面與牆上校正標，並於校正場設置4個基準點，其中A點於區內大樓樓頂，為GNSS靜態基站，其餘3個基準點（BCD點）設置於校正場平面道路上，以可互相通視並觀測到所有校正標為設置原則，其中D點為B點與C點的備用點位，在其中1點滅失的情況仍可進行校正活動。由於BCD基準點設置於區內道路上，為達美觀、耐用、行車安全與施工便利性，採用都市計畫樁鋼標形式，中間鋼釘直徑1.5公分、鋼製墊片直徑4.5公分，釘樁深度於水泥地以5.1公分、柏油路面以7.1公分為準。

LMS掃描路徑及方向如圖1，主要掃描路段為編號2、7、10、14、16、21之點雲，牆面校正標距離主要掃描路段之距離約為10m至27m之間。



圖1 校正場配置與行進路線

校正標為黑白相間田字型設計，分為牆上與地面校正標，設計原則與建置方式如下。

1. 牆面校正標：

- (1) 材質為白色中空板（PC樹脂加工而成），厚度0.6公分，質輕、耐高溫且耐衝擊。
- (2) 尺寸依照牆面限制為40x40cm或60x60cm兩種規格。
- (3) 為磁吸式安裝，於校正標背面四角落黏貼強力磁鐵，牆上相對應位置亦以高承重矽利康貼附強力磁鐵，為確保磁鐵安裝位置之精準度，設計安裝輔助用的框架，外框與校正標大小相同，對準後，磁鐵只要切齊內框四個角落即可安裝於正確位置。
- (4) 防風設計：於校正標背面黏貼8mm厚的泡棉，以降低強風灌入並確保校正標面之平整性。

- (5) 施工時，須注意牆面清潔以確保較佳之黏附效果，使用輔助框架確保相對位置。
- (6) 經穩固性測試，放置超過75分鐘，期間利用全測站儀共觀測3組數據，N坐標與E坐標最大差異量為1mm，高程坐標無差異，顯示牆面校正標安裝後十分穩固，符合校正作業之使用需求。

2. 地面校正標：

- (1) 材質為防滑路面漆，中心埋設鋼釘，採用都市計畫樁鋼標形式。
- (2) 尺寸為40x40cm。
- (3) 施工時需確認位置正確性並清潔地面以確保油漆圖繪效果，以模板輔助描繪外框參考線，確保幾何形狀正確性。

校正方法確認

光達測繪車校正系統的校正方式原理為比對工作標準件衛星定位儀搭配全測站儀量測的校正標坐標參考值(L_r)與校正件LMS掃描點雲量測的校正標坐標量測值(L_m)得到之器差(C_1)，三者關係可表示為 $C_1 = L_m - L_r$ 。

校正作業流程說明如下：

1. 收件後協調校正時間，由實驗室人員安裝校正標並進行參考值量測。
2. 由顧客操作LMS進行掃描，以自有軟體進行點雲處理，產出LAS檔，交付實驗室人員。
3. 實驗室人員使用TerraSolid等點雲處理軟體，量測各校正標中心三維坐標，產出量測值數據檔案，與參考值進行比對，產出校正報告。

經兩次校正實作，分別於109年8月6日與11月18日，LMS軌跡與校正標掃描點雲示意圖如圖2，兩次校正實作的成果差異不大，顯示校正場與校正作業程序具有相當的穩定性，平面方向器差均方根值為30mm至40mm之間，三維器差均方根值為33mm至51mm之間；參考高精地圖檢核與驗證指引文件，其中提到利用光達數化向量資料之絕對精度，平面位置較差需小於20公分，三維較差需小於30公分，以本次校正實作成果來說，平面方向最大器差值64mm與三維方向最大器差值110mm，可依照顧客需求，於校正報告標示通過之符合性聲明。

測試中發現，LMS行駛時對於路線掌握程度會影響點雲掃描品質，為避免車輛過早轉彎或是未依照正確路線行駛，後續於校正作業時先安排試駕，於掃描路線上設置三角錐做為對照點，並於正式掃描作業時安排一位實驗室人員於副駕駛座協助路線指引。

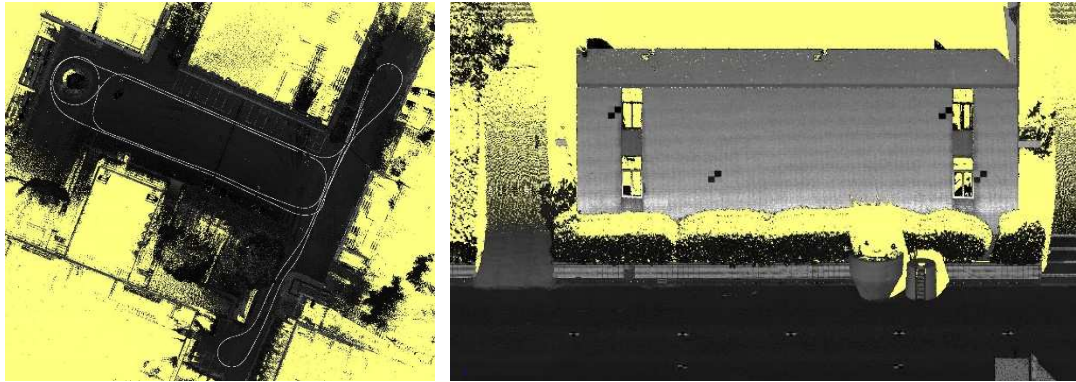


圖2 LMS軌跡與校正標點雲示意

TAF 校正領域認證作業先期評估

為於110年通過「財團法人全國認證基金會」(Taiwan Accreditation Foundation, TAF) 認證，將車載光達校正服務納入國土測繪中心測量儀器校正實驗室，先進行TAF校正領域認證作業先期評估，項目如下：

1. 不確定度評估及計算：依照ISO GUN指引建立校正系統數學模式，建立量測方程式，估計影響因子之不確定度，包含「網形控制點基準點觀測網之不確定度來源分析」、「基準點相對於網形控制點之不確定度來源分析」、「基準點至校正標電子測距經緯儀測量之不確定度來源分析」與「校正件量測不確定度來源分析」，並完成計算系統之擴充不確定度，於平面、高程與三維方向分別為68、65與94mm。
2. 能力試驗活動規劃：包含能力試驗活動執行方式之選擇、協助機關辦理之方式、能力試驗活動期程之規劃。
3. 模擬評鑑之規劃：規劃模擬實地評鑑之辦理方式、內容及期程。模擬評鑑項目包含實驗室品質項目及技術項目。

結論

本計畫於109年辦理車載光達校正系統相關建置作業，包含校正理論與方法之確認，校正標材質與標形評估測試、設計與製作、校正場規劃與建置、校正實作、成果分析、TAF校正領域認證作業先期評估等作業，後續於110將完善實驗室所需之管理、程序與評估文件，以期能通過TAF認證，達成車載光達校正服務之目標。

參考文獻

1. 國土測繪中心，106及107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，2018，內政部。
2. 國土測繪中心，108 年度發展光達移動測繪系統(LMS)作業採購案工作總報告修訂版，2019，內政部。
3. <http://www.terrasolid.com/>
4. <http://www.zf-laser.com>