

小断面トンネルでの活用を目的とした地上移動体搭載型レーザースキャナー性能実験

安藤ハザマ 正会員 澤城光二郎

正会員 早川健太郎

正会員 黒台 昌弘

(株)小林コンサルタント 田嶋誠司

1. はじめに

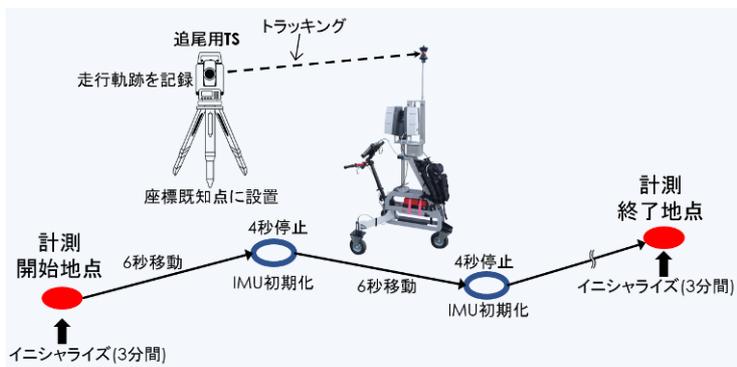
i-Construction の柱の一つである「ICT の全面的な活用」の取組みが進む中、3次元レーザースキャナー(以下、LS)による現場計測は標準的な技術となっている。その中の3次元LSによる新しい計測方法の一つとして手押し台車による地上移動体搭載型LSがある。この方法は移動しながら計測を行うため、地上型LSでは必要な盛り換えの手間が不要となり、効率的な作業が可能である。また、車両搭載型LS(いわゆる、MMS)ではサイズの面で進入が難しい幅員が狭い場所でも、地上移動体LSであれば中に入って計測を行えるといった機動面での利点も挙げられる。このことから筆者らはこの地上移動体搭載型LSが小断面トンネルやボックスカルバートの出来形計測に活用できると考え、計測精度などを確認するための性能検証を行った。

2. 地上移動体搭載型レーザースキャナーの概要

本実験ではライカジオシステム社の「Leica ProScan(以下、ProScan)」を用いた。ProScanの機器構成及び計測方法を図.1,2に示す。ProScanはレーザースキャナー、慣性計測装置(IMU)、追尾用プリズム、移動用台車等で構成されており、計測は台車を押して移動しながら行う。座標既知点に設置した自動追尾トータルステーション(以下、TS)で計測中常に追尾し、その走行軌跡をTSで記録しながらProScanでスキャンを行う。計測開始前と終了後はそれぞれ3分間のイニシャライズを行う。また、IMUは時間経過とともに位置誤差が蓄積するため、その誤差を補正するために6秒移動する毎に4秒間停止するという動作を繰り返す。現場計測の後、点群データと軌跡データ、IMUの姿勢データを合成することで、計測範囲の3次元データを構築する。



図.1 ProScan 機器構成

図.2 ProScan を用いた計測方法¹⁾

3. 実験内容

実験は小断面トンネルを想定し、高さ方向約 2.8m 横方向約 2m 計測距離約 17m の当社技術研究所内廊下にて実施した(図.3)。計測を行う上での懸念事項として、①装置の下側両脇 1m 程度がレーザーの当たらない死角となるため、幅員の狭い通路を不足無く計測できるか、②レーザーの照射距離や方向が計測精度にどのような影響を与えるのかの2点があった。そこで、廊下の長手方向に向かって左右側を往路・復路に分けて移動し、廊下全体が計測範囲に入るようにして計測を行った。廊下両側の壁面に図.4に示すような



図.3 実験場所

キーワード 地上移動体搭載型レーザースキャナー、内空変位計測、精度検証

連絡先 〒305-0822 茨城県つくば市荻間 515-1 安藤ハザマ 技術研究所 先端・環境研究部 TEL 029-858-8815

297mm×420mm の検証点(TG1~TG4)を 4 箇所設置した。壁面の検証点はレーザー照射距離・方向の精度検証のために 2 枚縦に並べて設置した。加えて自立式の検証点(TG5,TG6)を 2 箇所設置した。それらの検証点をノンプリズム型 TS で測量して得た座標値を真値とし,ProScan による点群から得られた座標値との較差から精度を評価した。さらに,測線計測精度を評価するため,廊下の幅員 2 箇所を鋼製巻尺で測定し,点群上で計測した測線の長さと比較検証した(図.5)。

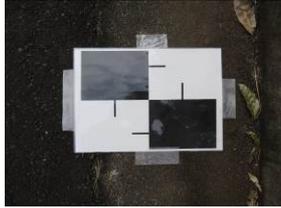


図.4 使用した検証点



図.5 各検証点と廊下幅員測定箇所

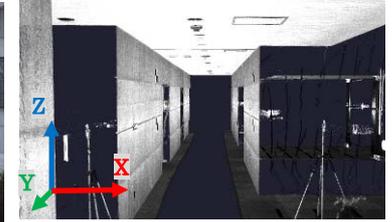


図.6 取得した点群データ

4. 精度比較検証

実験により得られた点群を図.6 に示す。廊下を左右に分けて往復計測したことで廊下の床面・天井面の端部が漏れなく計測できている。また,図.7 に往路・復路それぞれの計測結果(検証点での較差)を示す。往路・復路ともに TG1 (照射方向:斜め上),TG2 (照射方向:真横)の較差は,数 mm 程度であることから,照射方向による有意な差は認められない。検証点の較差の統計値を表.1 に示す。X,Y 方向に比べ Z 方向の較差の平均・標準偏差が小さい傾向にあることがわかった。また,計測の際,壁面と LS との離隔が最も近い箇所約 40cm と近距離であったが支障なく点群を取得することができた。次に,測線の鋼製巻尺による実測値と点群上での計測値を比較した結果は表.2 のようになった。ここで,国土省の出来形管理要領²⁾では,出来形計測の精度が計測範囲内で±5mm 以内となっており,今回の測線計測はこの精度を満たしている。

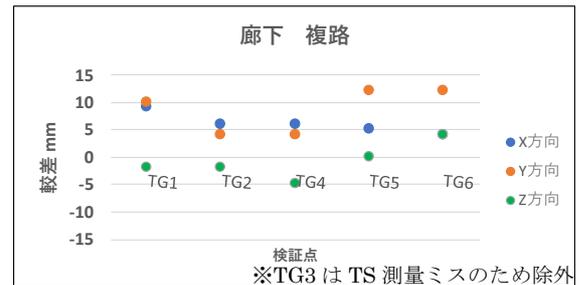
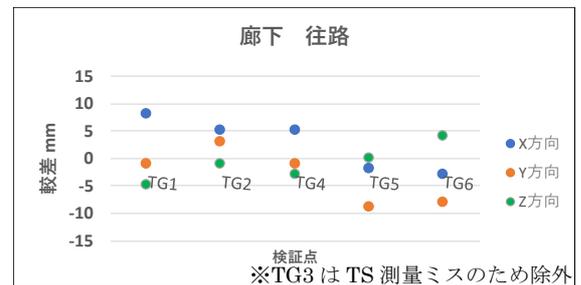


図.7 検証点座標精度(往路・復路)

表.1 検証点較差結果まとめ

使用データ	屋内廊下往復		
	X方向	Y方向	Z方向
最大値	9	12	4
最小値	-3	-9	-1
平均	4	3	-1
標準偏差	4	8	3

表.2 測線計測の精度検証結果

測線1	幅員(mm)	測線2	幅員(mm)
実測	2070	実測	2072
点群	2067	点群	2071
(点群-実測)	-3	(点群-実測)	-1

5. おわりに

以上より,地上移動体搭載型 LS が小断面トンネルやボックスカルバートの計測において必要な内空の点群を漏れなく取得でき,出来形計測に適用可能な精度を有していることがわかった。このことから発電事業や水道事業に多い水路点検・検査等の作業への展開を検討していきたい。また,本実験とは別に,造成工事を想定して行った屋外の未舗装路での実験(図.8)の結果から i-Construction の定める出来形計測精度(±50mm)を満足していることを確認しており,地上移動体搭載型 LS の活用の幅は今後ますます広がっていくと考えられる。そのためにも現場の状況に応じて必要な精度が保証される計測距離の把握,精度向上のための計測ノウハウの確立について検討を進めていきたい。

〈参考文献〉

- 1)ライカジオシステム社: Leica ProScan モバイル・リアリティキャプチャ・システム, <<https://leica-geosystems.com/ja-jp>>, (2019.3.25 入手)
- 2)国土交通省: レーザースキャナーを用いた出来形管理の試行要領(案)(トンネル編), H29.3



図.8 屋外実験の様子