

地上移動体搭載型レーザースキャナによるトンネル3次元計測

佐藤工業(株) 正会員 ○大田 清市*1
 (株)岩崎 正会員 古口 弘泰*2
 ライカジオシステムズ(株) 金子 公一*3

1. 目的

調査・設計段階から CIM を活用することで業務の効率化、品質の向上等を期待できるため、国交省をはじめとする各事業者で CIM の導入に取り組んでいる。

トンネル工において CIM を活用する場合、3次元計測より得られた内空計測結果を使用することが多いが、トンネル内で3次元計測を行う場合、GNSS 情報が得られないため、地上型レーザースキャナ（以下地上型 LS）で計測することが主流になっている。しかし、地上型 LS で計測を行う場合、1回の据付で延長 50m程度しか測定することができないため、延長が長いトンネルの場合、計測にかかる時間が膨大となってしまう。そこで、手押しで移動しながら計測を行う地上移動体搭載型レーザースキャナを用いることで作業を効率化できないか検討した。



写真-1 計測機器 (ProScan)

2. 計測システム

計測機器はライカジオシステムズ（株）の「Leica ProScan（以下 ProScan）」を用いた。ProScan は、手押しによるキネマティック型レーザースキャンシステムで MMS (Mobile Mapping System) の一種である。後方交会した追尾式 TS で 360° プリズムを搭載した ProScan をトラッキング（追尾）し機械点位置の計測を開始する。トンネル横断方向にスキャンを行いながら線形方向に押し進め点群データを取得する。同時に、台車に搭載した IMU（姿勢・加速度）を高レートで記録し、後処理で補正を行う仕組みとなっている。一度の計測で測定できる範囲は、追尾 TS でトラッキングできる範囲（延長 400m程度）となる。

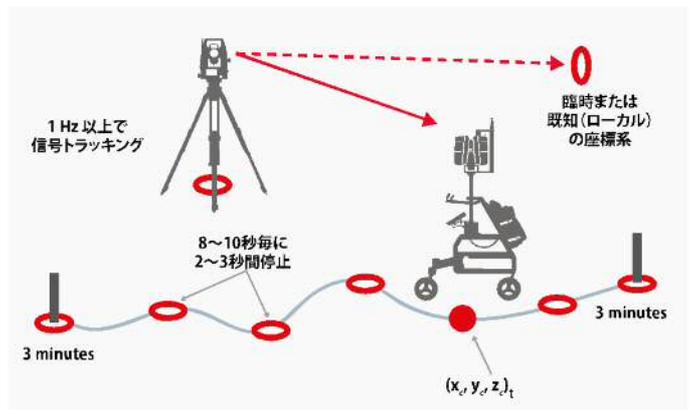


図-1 ProScan 計測システム

表-1 計測時間の比較

	地上型LS	地上移動体搭載型LS
機種	Leica Scanstation P40	Leica ProScan
計測距離	1600m	1600m
機器の組み立て	—	15分
1計測当たりの計測距離	50m/1回	400m/1回
据替回数	1600m / (50m/1回) = 32回	1600m / (400m/1回) = 4回
1計測当たりの測定時間	15分	30分
機器の解体	—	15分
計測時間合計	15分 × 32回 = 480分	15分 + 30分 × 4回 + 15分 = 150分

3. 計測時間の比較検討

当社施工中の全長 1600mの山岳トンネルにて地上型 LS と ProScan で比較検証を行った。

計測時間を比較した結果、ProScan の方が地上型 LS に対して 1/3 以下の時間で計測することができた。また計測距離が 200mまでは地上型 LS の方が計測時間が早く、200mを超える場合は、ProScan の方が早いことが分かった。

キーワード 3D レーザースキャナ, トンネル3次元計測, ProScan, 地上移動体搭載型レーザースキャナ

連絡先 *1 〒103-8639 東京都中央区日本橋本町 4-12-19 TEL : 03-3661-2932 FAX : 03-3661-6877

*2 〒105-0003 東京都港区西新橋 1-6-13 TEL : 03-6206-1287 FAX : 03-6206-1289

*3 〒108-0073 東京都港区三田 1-4-28 三田国際ビル 18F TEL : 03-6809-4089 FAX : 03-6809-3664

4. 計測精度の比較検証

従来手法（巻き尺，レベル）による出来形計測の実測値と，ProScan および地上型LS(P40)で測定した3次元データによる出来形値を比較して精度検証を行った．3次元データによる出来形値は，計測した点群データからメッシュモデルを作成し，任意の測点の断面図を抽出し，CADで断面寸法を計測した．

トンネル内空のSL幅を比較した結果，巻き尺とProScanの誤差平均は6mmとなった．天端基準高をレベルによる実測値とProScanで比較したところ，7.7mmの誤差平均となった．また，ProScanと地上型LS(P40)の誤差平均も5mm程度となった．

内空の出来形としてProScanの計測誤差が10mm以内であることから，十分に測量精度を確保することができ，計測したデータを出来形計測に用いることは可能であると考えられる．

また，ProScanは計測時間短縮以外に，箱抜き部を欠損なく計測できるというメリットがある．地上型LSでは機械点から影になるため，データがきちんと取れていない箇所があったが，ProScanの場合は線形に対して横断方向に点群データを取得するため，箱抜きの凹部もデータを取ることができた（図-4）．

5. 今後の課題

出来形としての精度は今回の試行で確認することができたが，線形に対して2~3cmのズレが生じてしまった．MMSによる計測である以上，致し方ない部分があるとは思いますが，信頼できるデータとするにはもう少し精度を上げる必要があると考える．精度を上げる方法としては，MMSでよく使用されるランドマークを用いて座標補正する方法が挙げられる．ランドマークを用いることによりどれだけ精度を上げることができるか今後検証する予定である．

6. まとめ

ProScanを用いてトンネル内空を計測した場合，地上型のLSに対して大幅な時間短縮が可能であることがわかった．線形に対する精度を向上させるために計測方法を見直す必要はあるが，せっかくの時間短縮が無駄にならないように，できるだけ時間をかけずに精度を向上させる方法を模索していきたい．

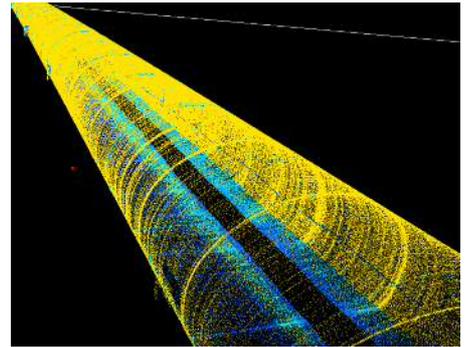


図-2 ProScan計測点群データ

測定項目: SL幅		管理基準値: -50mm				
検討断面	測定値(mm)			差(mm)		
	巻き尺	P40	ProScan	P40-巻き尺	Pro-巻き尺	Pro-P40
1	11210	11209	11209	-1	-1	0
2	11210	11218	11222	8	12	4
3	11205	11203	11210	-2	5	7
誤差平均				3.7	6.0	3.7

測定項目: 天端基準高		管理基準値: ±50mm				
検討断面	測定値(m)			差(mm)		
	レベル	P40	ProScan	P40-レベル	Pro-レベル	Pro-P40
1	103.610	103.609	103.614	-1	4	5
2	103.397	103.405	103.416	8	19	11
3	102.797	102.797	102.797	0	0	0
誤差平均				3.0	7.7	5.3

図-3 出来形管理表

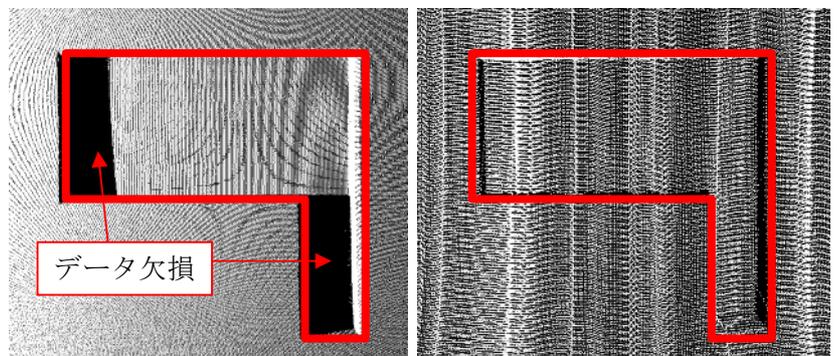


図-4 箱抜き部の点群比較（左：地上型LS，右：ProScan）