

軌道レーザ計測装置を用いた鉄道構造物の出来形測定への適用検討

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○後藤 優典，宮下 純平
アジア航測株式会社 正会員 近藤 健一，非会員 辻 求

1. はじめに

工事完成後の鉄道構造物の出来形測定は、現状では主に手計測にて行っているが、線路内作業となるため安全性のリスクや、測定の効率性・再現性に課題がある（写真－1）。これらを受け、鉄道建設の分野において、三次元データの活用による検査のデジタル化・自動化の取組が注目されており¹⁾、主に地上型レーザスキャナ（以下、TLS）等を用いた技術検証や運用方法の検討が進められている。本研究では、手押し型の軌道レーザ計測装置（以下、手押しレーザ）による三次元データの計測・解析を行い、出来形測定における従来方法との置換えを目的に、実現性や課題等の検証を行った。



写真－1 出来形測定の状況（手計測）

2. 計測概要

2－1 計測現場

東海道線支線地下化・新駅 PJ の鉄道トンネル（2023 年 2 月線路切換，3 月供用開始）を計測対象とし、U 型擁壁構造とトンネル構造の区間（軌道延長約 4.5km）にて計測をした。概ね工事が完了した 2023 年 1 月に三次元データの計測を行った。

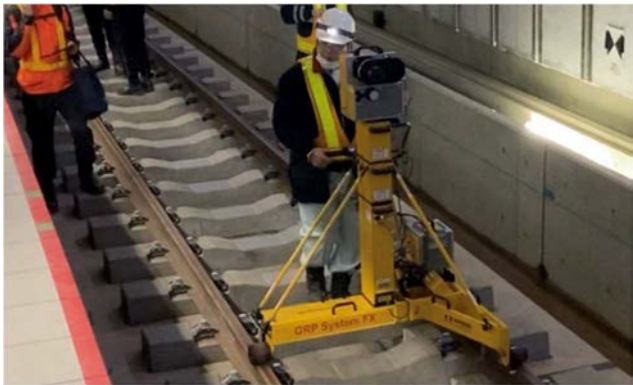
2－2 計測機器の選定

三次元データを取得する計測機器について、比較検討を行った（表－1）。TLS については、計測延長が長いため、機器の盛替え・データの接合などの作業効率性が課題である。また、当社の維持管理で運用している鉄道版 Mobile Mapping System²⁾（以下、鉄道

MMS）については、GNSS 測位を使用するため、地下区間での位置精度の確保に課題がある。今回は、連続的かつ地下区間での計測という点を踏まえ、手押しレーザを採用し（写真－2）、比較検証のため TLS による測定も実施した。

表－1 三次元データ計測機器の比較

	T L S		手押しレーザ		鉄道MMS ※参考	
移動方法	徒歩（固定）		徒歩（移動式）		車両（移動式）	
搭載センサ	レーザスキャナ		レーザスキャナ、IMU、軌道センサ		レーザスキャナ、IMU、GNSS	
計測範囲	放射状	△	帯状	○	帯状	○
点群密度(5m先)	数千点～数万点/m2 (10m間隔設置時)	○	数千点～数万点/m2	◎	数百点～数千点/m2	○
計測速度	50-100m/h (10m間隔設置時)	△	1-3km/h	○	10-30km/h	◎
組立設置時間	5分	◎	15分	○	1時間	△



写真－2 手押しレーザ（IMS5000）

3. 手押しレーザによる計測

3－1 手押しレーザの特徴

手押しレーザによる計測（使用機器：IMS5000）の特徴として、距離計と慣性計測装置（IMU）を用いて軌道線形情報を取得するため、曲線区間でも連続したデータ計測が可能である。一方で距離が長い場合、位置誤差が蓄積されるため、標定点を設置し位置補正する必要がある（今回は 200m に 1 箇所程度）。

また、軌道中心線について、TLS や鉄道 MMS では、左右レールの点群データの形状から算出しているが、本機器では、台車に内蔵している傾斜・ゲージセンサにより、軌間・カント・軌道中心を算出する。

3－2 解析対象

ホームの測定項目と施工基面幅を対象に解析を行

キーワード 鉄道，レーザ測量，手押し型，出来形測定

連絡先 〒532-0011 大阪府大阪市淀川区西中島 5-4-20 中央ビル 4F TEL 06-6100-0046

った。ホームについて、計測は 21#～24#ホームで行ったが、解析はそのうち 21#, 22#で実施し、ホーム有効長と軌道中心からのホーム離れと高さについて検証を行った。施工基面幅については、明かり区間、トンネル区間の計 150m の区間にて検証を行った。なお、TLS による測定（使用機器：IMAGER5016）は、上記の一部区間にて実施した。

3-3 解析作業

解析作業は、鉄道用点群閲覧・解析ツールである LaserMapView²⁾（アジア航測社製、以下 LMV）を用いて実施した。ホーム離れと高さは、左右レール位置などの軌道情報と点群データから自動測定できる（図-1）。ホーム有効長および施工基面幅の測定については、鉄道用計測機能を使用して解析した。

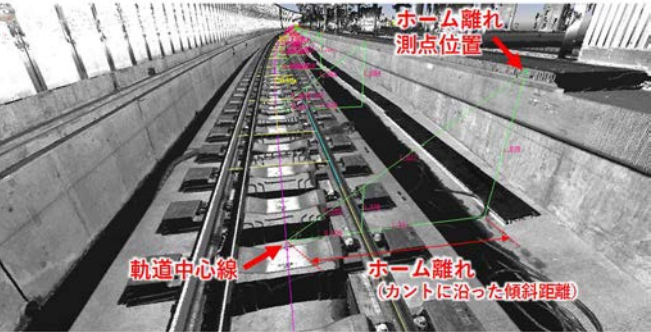


図-1 ホーム離れの自動解析例（21#）

4. 計測結果と考察

- 計測結果とそれに対する考察を以下にまとめる。
- （1）手押しレーザについて
 - ・軌道延長約 4.5km に対して、速度 2km/h 程度で連続的に計測を行い、概ね半日程度の作業であった。新線建設の場合に特に効果的であると考えられる。
 - ・地下区間にて、連続的かつ均質な点群データが取得でき、線路方向の測定となるホーム有効長について、設計値と同等の結果であった（表-2（左））。
 - ・図-2 のとおり、離れと高さの計測値がいずれも設計値以上であり、ばらつきが小さいことから、信頼性のある結果と考えられる。
 - （2）TLS との比較について
 - ・TLS との差は 2mm 程度であり、現地の寸法を概ね正確に再現できた（表-2（右））。離れに比べ高さの差が大きいが、ホーム面に対するスキャナの高さの違い（レーザ入射角度の違い）が要因と考えられる。
 - ・施工基面幅の検証結果（図-3）では、TLS との差が 1.0mm 程度であり、概ね同等の値を示した。

表-2 ホーム検測結果

測定項目	設計値	手押しレーザ	測定項目	手押しレーザと TLS の差※
ホーム有効長	21 #	200	ホーム 21 #	2.1 (4)
	22 #	205.71	高さ 22 #	2.3 (4)
【単位：m】				
			ホーム 21 #	1.2 (3)
			離れ 22 #	1.3 (3)

※左：平均値、（ ）：最大値 【単位：mm】

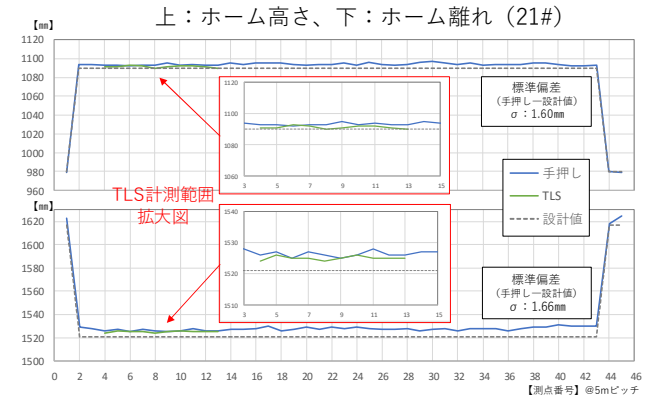


図-2 ホーム離れ・高さの計測値



測定項目	手押しレーザと TLS の差※
施工基面幅	明かり区間 1.2 (2)
	トンネル区間 0.6 (2)

※左：平均値、（ ）：最大値 【単位：mm】

図-3 施工基面幅の検証

5. まとめ

- 鉄道トンネルを対象に、手押しレーザと TLS による三次元データの分析を行い、以下の成果を得た。
- ・位置精度の高い三次元デジタル空間を再現できた。
 - ・手押しレーザと TLS による計測結果は、同等の値を示した。
 - ・対象構造物の条件（地下区間、計測延長など）に応じた、計測機器の選定が可能。

今後は、上記成果を踏まえ、手計測との置換えを目指すとともに、その他様々な測定（線路有効長、施工基面幅、軌道中心線間隔等）の適用を検討する。

参考文献

1) 宮下純平, 犬飼洋平, 平松孝晋, 政井一仁, 本間雄一：新駅設置工事の出来形測定における 3D 点群データの活用について, 第 73 回土木学会年次学術講演会, 2018.8

2) 平松孝晋, 桶谷栄一, 北健志, 宮下純平, 近藤健一：MMS(Mobile Mapping System)を用いた 鉄道構造物の検査・測定に関する精度評価, 第 23 回鉄道工学シンポジウム論文集, 2019.7