鉄道向け手押し型移動体三次元レーザ計測技術

非GNSS環境における高精度かつ効率的な三次元点群の取得

キーワード：鉄道, 3次元点群, 非GNSS環境, 移動体計測, DX, BIM/CIM

鉄道事業推進部　辻　求・近藤　健一
事業戦略部　佐々木　龍
大阪支店　大橋　邦臣

はじめに

近年、鉄道分野において、現場の安全性や生産性の向上のため三次元点群データを工事や維持管理の場面に活用することが増えています。アジア航測は、西日本旅客鉄道株式会社との共同開発成果をもとに、2019年より鉄道向け三次元計測技術サービスを「RaiLis（レイリス）」というブランドで展開しています。

RaiLisは、道路で利活用が進むMMS（Mobile Mapping System）技術を鉄道に応用し、車両等の移動体に搭載した各種センサを用いて周辺の三次元形状を計測し活用するサービスです。このMMS技術では位置姿勢をGNSS測量機、慣性計測装置（IMU）等を用いて算出しますが、GNSS測位ができない箇所ではIMUによる慣性航法となり、位置姿勢の精度が時間とともに劣化し、算出した三次元形状にずれや歪みが生じることがあります。また、計測開始前には上空視界の良好な箇所で停止および走行観測によりGNSS測量機やIMUを初期化する必要があり、計測区間全域で上空視界がないトンネルや地下空間では計測ができない場合もあります。このような非GNSS環境下では固定設置式の地上レーザなどGNSS測位を使用しない計測技術を用いますが、地上レーザでは軌道に沿って機材を数m間隔で設置し、それぞれのデータを接合するなど、対象区間が長くなるほどMMSに比べて効率が落ちます。

本稿では、MMSや地上レーザの補完を目的とした計測手法で、非GNSS環境においても利用可能な移動体三次元レーザ計測技術である手押し型レーザ計測装置を紹介します。

手押し型レーザ計測装置の概要

図1に示す手押し型レーザ計測装置（以下、本装置という。）とMMSとの大きな違いは、計測速度と軌道情報の取得方法です。

本装置は、手押しにより時速1～3kmの速度で連続的な計測が可能です。軌道上を移動しながら、台車に内蔵されている傾斜・ゲージセンサでレールの軌間・傾き・軌道中心といった軌道諸元を直接計測すると同時に、レーザスキャナで軌道に直交する断面形状を取得します。この断面形状とIMU・距離計により算出した走行軌跡データを組合せることで、軌道周辺の三次元点群データを作成できます。本装置の軌跡情報は距離計とIMUの姿勢情報から算出しますが、地理空間上の位置が特定できないことと、移動距離が長くなると位置誤差が累積するため、あらかじめ軌道付近に設置した基準点の情報をレーザデータから取得して位置を補正します。

図1　手押し型レーザ計測装置

現地試験

本装置の現地試験は、嵯峨野観光鉄道営業線のトンネル区間（L=220m）（図2）と駅ホームを含む延長約300mを対象区間とし、位置精度を検証するために基準点測量と地上レーザ測量も合わせて実施しました。

図3は、取得した点群データをレーザの反射強度で表現し建築限界枠を重ねたものです。地上レーザによる点群と断面形状を比較した結果（図4）によると、地上レーザ計測と同等の精度で取得できており、建築限界支障検知やホーム限界測定へ適用しても問題ないことが確認できました。

また、図5および表1に位置精度を検証した結果を示しました。約300mの計測区間両端の基準点で位置座標を調整した結果、トンネル内に設置した検証点の測量座標と本装置の点群で得られた位置座標の差が2cm（XYZ）に収まっており、GNSS測位なしでも高い位置精度が確保できることがわかりました。

図2　トンネル内写真

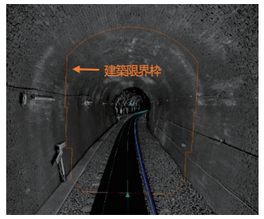

図3　トンネル内点群

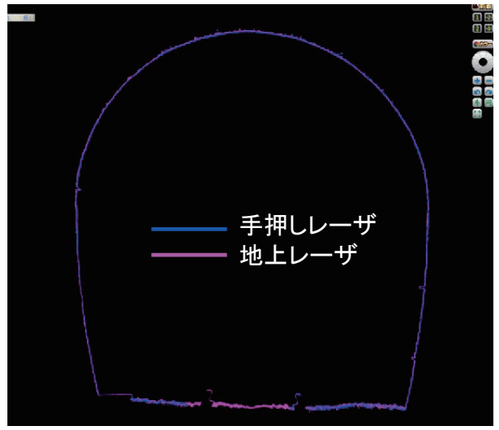

図4　トンネル断面形状比較

表1　位置精度検証結果

点名	検証点との較差（m）				種別
	X	Y	Z	XYZ	
T2-N1	-0.001	0.002	0.000	0.002	調整点
T3-N1	0.012	0.012	-0.010	0.020	検証点
T4-N1	-0.005	0.013	-0.003	0.014	検証点
T5-N1	-0.007	0.011	-0.004	0.014	検証点
T5-N2	-0.001	-0.001	0.001	0.002	調整点

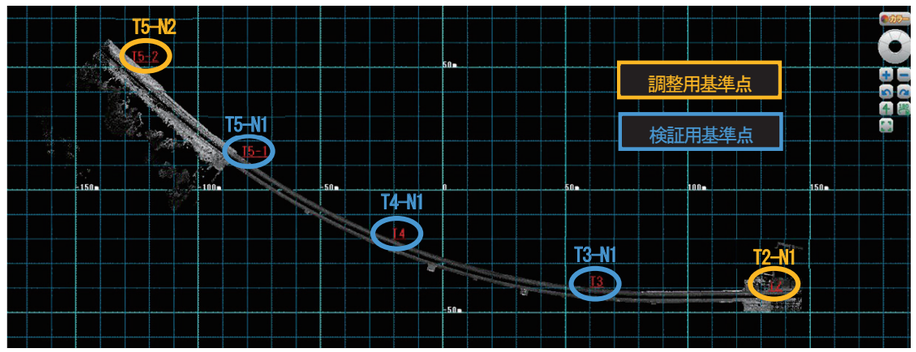

図5　取得点群（上面図）

おわりに

今回紹介した手押し型レーザ計測装置を使えば、トンネルや地下空間などの非GNSS環境においても効率的かつ高精度に三次元点群データを取得できることを確認しました。

本装置は、軌道検測を目的に開発された台車を使用しており、点群データの取得以外にも軌道狂い（軌間、水準、通り、高低）の測定が可能です。また、点群データの位置座標精度が高いことから、駅ホーム改良工事などの出来形検査への適用も期待できます。

最後になりましたが、今回の試験を実施するにあたり、嵯峨野観光鉄道株式会社および西日本旅客鉄道株式会社の関係各位には、多大なるご指導・ご協力をいただきました。ここに記して改めて御礼を申し上げます。