

# 新交通システム用軌道計測システムの検討

## 軌道計測システムの開発

キーワード 新交通システム, 三次元点群, 画像, 移動体計測

鉄道事業推進部 本間 雄一・辻 求・内田 修  
首都圏営業部 宮田 玲美

### はじめに

アジア航測で所有している鉄道事業者向けの計測システムや計測技術は、鉄道を前提に計測・解析の仕組みが構築されています。一方で、新交通システムはゴムタイヤ式の車両が専用的高架軌道を自動制御によって走行する中量輸送システムであるため、一般の鉄道とは異なる軌道・車両・設備で運用されています。今回、アジア航測が所有している鉄道 MMS やその他の計測技術をカスタマイズし、計測に要する時間、費用等の削減を実現することを目的として、新

交通システムの軌道計測・検査を効率化するシステムを株式会社ゆりかもめとアジア航測が共同して開発しました。

「デジタルカメラ (以下、カメラ画像)」、「LidarSLAM + 高精度 Lidar」及び「レーザ変位計」によってゆりかもめ軌道を計測し、各計測器を軌道検査に使用できるか検証しました。また、計測精度等の比較のため、鉄道 MMS を用いた計測も同時に実施しました (図 1)。

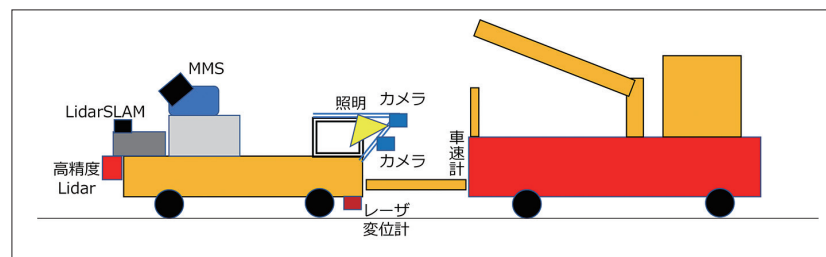


図1 計測装置全体構成

### デジカメによる案内軌条遊間・伸縮継ぎ手離れの画像測定

新交通システムのレールに該当する案内軌条を側方カメラで、走行路の伸縮継ぎ手を下方カメラで撮影し、継ぎ目部のカメラ画像の画素数を数え、それぞれの離れを測定できるか検証しました (図 2)。

画像計測とメジャー等の測定器具 (目盛り 1mm 単位) を使って作業員が手で計測を行う手計測との差は伸縮継ぎ手 11k859m 通路側 (差 -2.4mm) を除き 1mm 未満でした (表 1、表 2)。伸縮継ぎ手は測定端の金属部に凹凸があるため、計測箇所の違いで誤差が生じたものと考えています (図 3)。



図2 各カメラの設置状況と撮影画像

表1 案内軌条隙間の手計測と画像計測の比較

キロ程	手計測	画像計測	差
11k711m	9mm	8.8mm	0.2mm
11k700m	10mm	9.8mm	0.2mm

表2 伸縮継ぎ手離れの手計測と画像計測の比較

キロ程	手計測	画像計測	差
11k665m 通路側	44mm	43.5mm	0.5mm
11k665m 電車線側	46mm	46.0mm	0.0mm
11k859m 通路側	94mm	96.4mm	-2.4mm
11k859m 電車線側	91mm	91.5mm	0.5mm

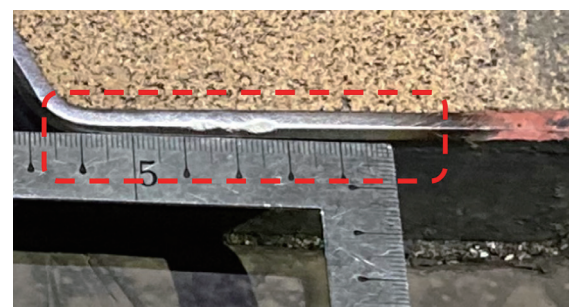


図3 測定箇所金属部の凹凸

### LidarSLAM + 高精度 Lidar による三次元レーザ点群取得

アジア航測で所有している鉄道 MMS を使用した計測は、機材コストが高く位置精度が上空視界に依存するため、機材が安価で上空視界の影響を受けづらい LidarSLAM と高精度 Lidar を組み合わせた計測手法を検討しました。LidarSLAM により算出した自己位置姿勢を使い、高精度 Lidar で取得した距離データを三次元点群に展開しました。

高精度 Lidar は案内軌条を計測する目的で設置位置を低くしているため、三次元点群を見ると軌道外の建物や駅部などは影が多い結果となっています。一方で、案内軌条は軌道側面電車線 (ケーブル) の下に位置するため、高い位置に設置した MMS では案内軌条に欠測が生じています (図 4、図 5)。

また、GNSS・IMU・レーザスキャナが一体になっている MMS に対し、LidarSLAM + 高精度 Lidar はレーザスキャナのみを切り離して自由度の高い機材配置ができるため、目的に応じた対象物の計測が可能となります。

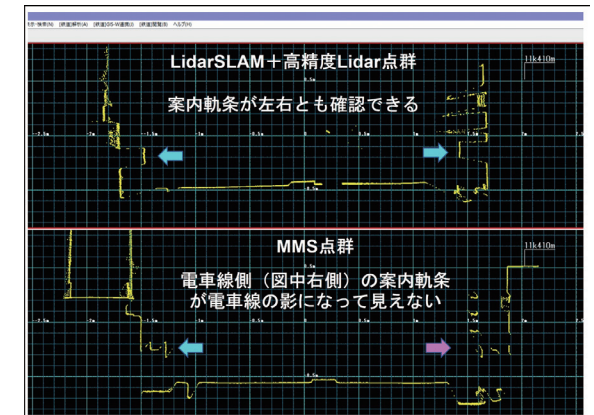


図4 レーザ点群断面

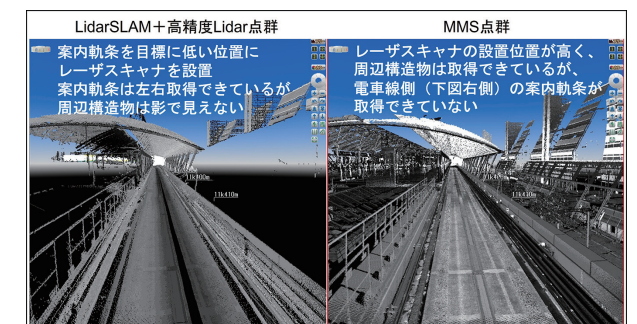


図5 レーザ点群の取得範囲

### レーザ変位計による案内軌条の間隔の測定

軌道左右の案内軌条をレーザ変位計で計測し、左右案内軌条の間隔測定に使用できるか検証しました (図 6)。

案内軌条の間隔はゆりかもめから提供いただいた検査データに比べて 3mm 程度長くなっていますが、グラフ形状

を比べてみると同じ測定結果が得られることがわかりました (図 7)。なお、3mm の差は変位センサの計測初期値設定に伴うずれであり、補正が可能と判断しています。

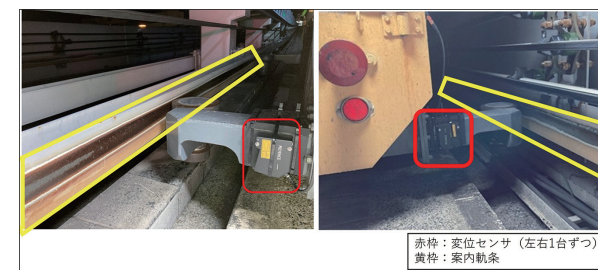


図6 レーザ変位計と案内軌条

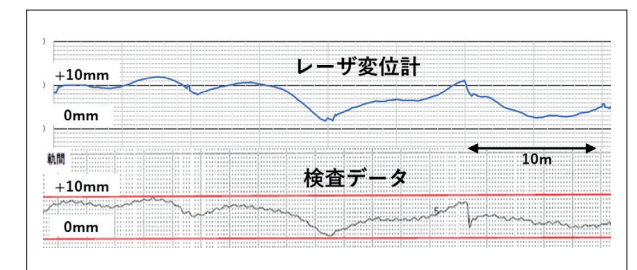


図7 案内軌条間隔の比較

### おわりに

ゆりかもめの軌道に対して、「カメラ画像」、「LidarSLAM + 高精度 Lidar」、「レーザ変位計」で軌道の計測を行い、各計測器を軌道検査に使用できるかどうか検証しました。

カメラ画像は、下方・側方の 2 台のカメラを使えば、案内軌条の遊間や伸縮継ぎ手離れの測定に有効であると確認できました。LidarSLAM + 高精度 Lidar は、LidarSLAM で自己位置姿勢を測定するため GNSS 測位に依存せず、設置箇所に自由度があるという利点も判明しました。「レー

ザ変位計」は、検査データとの比較から利用可能であることが確認できました。今後は検証した計測方法の改善・精度向上および点群データの検査目的以外での活用について検討を進めたいと考えています。

最後になりましたが、今回の試験を実施するにあたり、株式会社ゆりかもめの関係各位には、多大なるご指導・ご協力をいただきました。ここに記して御礼を申し上げます。