

鉄道敷地内における 3D 計測器搭載トロ台車による計測手法について

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○大西 一陽

1. はじめに

鉄道敷地内における測量作業のほとんどは夜間線路閉鎖作業となり、時間的制約が大きく、機器設置・計測・移動を繰り返す現地での作業に多くの日数を要しています。

平成26年度より当社では、公共測量等の分野で活用されているレーザスキャナ（以下、3D計測器と記す）をトロ台車に搭載し、軌道自動自転車でけん引することで軌道を走行させながら3次元測量を実施する手法について技術開発を行ってきました（写真-1）。実地試験等の結果、横断測量及び平板測量に求める精度を確保しつつ、現地作業を削減できる効果が確認できたため、今回当社において、3D計測器搭載トロ台車による3次元測量を横断測量及び平板測量に導入することとしました。本稿ではその概要や計画上の留意点等をまとめました。



写真-1 技術開発したトロ台車（右）と軌道自動自転車（左）

2. 開発した台車

技術開発では、汎用性や可搬性を考慮し、軌道自動自転車（ルールスターやATカート）でけん引する台車機構の開発に取り組みました。また、運転保安の観点から逸走・転動防止に配慮する必要があるため、これらの基本性能を実現するために1軸2輪のトロ台車を開発しました。

キーワード：3次元測量，3D計測器，鉄道敷地内測量

連絡先 〒151-0053 東京都渋谷区代々木 2-6 JR 新宿ビル 東日本旅客鉄道株式会社

TEL:03-3372-7976 E-mail:k-oonishi@jreast.co.jp

現地試験での検証から、測量精度向上のため、軌道上での走行時に生じる継ぎ目等の振動が3D計測器に伝播しないよう防振機能を付加し、3D計測器の計測位置姿勢を取得するためのGNSS（GPS等）測量機やIMU（ジャイロや加速度センサー）を補完するGNSS補助（セカンド）アンテナやホイールエンコーダに対応することとしました。また、台座に昇降機構を設けることでホーム上の構造物などの高い位置の計測も可能とし、夜間使用のための照明も装備しました（図-1）。重量は70kg程度（3D計測器除く）となります。

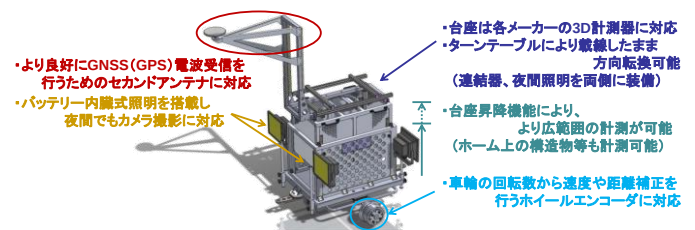


図-1 技術開発したトロ台車と主たる機能

3. 3D 計測器搭載トロ台車の使用について

営業線において3D計測器搭載トロ台車を用いる場合は、当社の「線路閉鎖工事手続（規程）」及び「保守用車等マニュアル」によることとなります。開発したトロ台車は「保守用車等マニュアル」に定められる「軌道用諸車」と位置付けられ、整備・点検に関しては、同マニュアルの「鉄道用トロ（積載重量3t以下）」で定められている検査・点検に準じ、外観検査及び絶縁検査を行うこととしました。具体的には、開発したトロ台車はJRCが所有していますので、使用に際しては上述の検査結果の提出を受け、測量を行ってください。

分岐器を介した区間で測量を行う場合は、「保守用車使用手続（規程）」によることとなります。また、測量途中に一度離線した場合は、載線後測量を再開するために再度3D計測器のキャリブレーションが必要となりますので、作業計画時や線閉の競合調整時には極力離線が生じないように調整を行ってください。

4. データ処理について

現地で取得したデータは、測量会社が内業にて電子基準点補正データ（日々の地殻変動等を座標値に反映させるためのデータ）等を用いて解析し、図化用データ（3次元点群データ）に展開します。図化用データ処理のほとんどは処理ソフトによる自動処理となります。技術開発にて現地試験を行った延長約9km のデータを図化用データに展開するまで約7時間10分を要しました。その後、展開された図化用データから平面図や横断図の作成を人力作業にて行います。なお、データの解析は電子基準点補正データが配信される翌日午前9時以降に行う必要がありますので、リアルタイムに図化できるわけではありません。

5. 測量精度について

技術開発では、ライカ製及びトプコン製の3D 計測器を用いて、当社の鉄道敷地内（休止線等）において測量精度の検証を行いました。検証の結果、どちらの3D 計測器を用いた場合も、当社が横断測量及び平板測量で仕様する「作業規程の準則」（平成20年3月31日 国土交通省告示第413号）で地形測量に求められる1/250相当の数値地形図データの位置精度（水平較差の標準偏差120mm 以内、高低250mm 以内）を満足する結果を得ることができました（表-1）。一方で、横断測量や平板測量以外の測量では、精度や観測方法の条件を満たしていないため3D計測器を用いての測量はできません。コントロールポイント等の設計上重要となる測点については、必要とする精度に応じた従来同様の測量を行う必要があることに留意する必要があります。

表-1 仕様精度と検証結果

	仕様精度	検証結果	
	横断測量 平板測量	ライカ製 (全 14 回実施)	トプコン製 (全 10 回実施)
水平較差の標準偏差	120mm 以内	3～15mm	7～103mm
高低較差の標準偏差	250mm 以内	5～18mm	8～133mm

6. 作業日数について

実地試験で得た現地作業と内業に要した作業時間をもとに、過去に当社で実施した延長1km 程度の横断測量及び平板測量に今回の測量手法を用いたと仮定した場合の工期や人数を試算した結果、3D計測器搭載トロ台車による測量手法の導入により、現地での作業日数、特に線路閉鎖日数を大幅に縮減できる見込みとなりました（表-2）。さらに、従来の測量成果物に加え、連続的に3 次元点群データが得られることから、任意の断面で横断図の作成が可能となるなどのメリットもあります。

表-2 作業日数等の比較

（延長1km の横断測量及び平板測量）

		従来測量 (実績)	今回導入の測量 (試算)
内業	日数	27 日	24 日
	のべ人数	44 人	46 人
外業	日数	40 日	21 日
	うち線路閉鎖	32 日	12 日
	のべ人数	102 人	49 人

7. 測量計画上の留意点

測量精度を確保する上で、GNSS 衛星からの電波の受信状況が大きな要素を占めるため、構造物等の影響を受ける都市部においては調整点（座標既知点）を多く設けるなど、測量計画を立てる際は、「作業規程の準則」（国土交通省告示第413号）を参考にすることとしました。3D計測器は1 秒間に100 万点程度という非常に多数の測点を精緻に観測できる（図-2）一方で、対象物からのレーザの反射を捉えている点においては、これまでの光波測量等と同じく、「見える」範囲しか計測を行うことはできません。例えば高架橋の高欄で遮られた外側の状況や、建物等に遮蔽された先に測量すべき対象物がある場合は、従来の平板測量等との併用を計画する必要があります。また、3D計測器から得られる点群データにはレーザの反射強度情報も含まれており、事後のデータ処理にて物体の選別やノイズ処理がある程度可能ですが、草木が茂っている箇所などで対象物が見えにくい場合には、事前に伐採作業等を行う必要があります。なお、検証は夜間にも行い、昼夜で3D計測器の性能及び精度に差はないことを確認しました。一方で、雨天時や霧の時にはレーザが乱反射され、測量精度が低下しますので使用は避ける必要があります。



図-2 3D 計測器で取得した3 次元点群データ

8. おわりに

今後、3次元点群データとBIM、CIM との連携なども本格化し、設計から維持管理までの活用が見込まれると考えます。