

地球座標リファレンスによる鉄道メンテナンス手法確立に向けた検証

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○三井良裕 鈴木拓也 杉原開斗
(株)JR 東日本情報システム 馬場庸平

1. 背景と目的

鉄道アセットは線路や土構、駅舎、機械、電線、信号、車両など様々あり、それらのメンテナンスは各系統縦割りではなく、系統横断の共通規格やデータ、システムによりリスク評価や投資判断を高効率かつ高精度に行い、全体でマネジメントすることで生産性向上(DX)を実現すべきであると、著者らは提唱してきた¹⁾。しかしながら、現状の鉄道アセットは各系統の規格やデータ、システムによりそれぞれ独立して管理されてきた歴史があり、検査や修繕を実施するための位置を指し示す指標(例えば線路キロ程)ですら異なる、すなわち、連携できていないという現状である。そこで今回、系統横断マネジメント実現に向けて、系統間データを連携させるためのリファレンスとして地球座標を採用することとし、鉄道アセットメンテナンスに点群や測量データを活用したデジタルツイン技術が適用できないか、その精度や実用性を検証したので、その成果を報告する。

2. 現状と課題

(1) デジタルツインの現状

デジタルツインとは、現実世界の物体や変化のプロセスを3Dモデルで再現する技術である。近年、点群測量やIoT等の技術進展により必要なデータの量や品質が向上し、より正確な3Dモデルの構築が可能となってきた。国土交通省も「Project PLATEAU」で3D都市モデルの整備【図1】を進めており、都市計画や防災政策の高度化、都市サービス創出を目指す「まちづくりのDX」を推進している。デジタルツインは過去・現在・未来の物理現象をデータとして表現できるため、鉄道メンテナンスの分野でも活用できる可能性が高いと考えられる。

(2) デジタルツインの課題

一方、デジタルツインを鉄道メンテナンスに適用するには課題もある。一般的な課題としては、デジタルツインを構築するために必要な大量のデータ収集や処理がコスト・時間面で障壁となっている点である。次に、鉄道メンテナンスの場合、デジタルツインに高い品質・精度が必要な点である。例えば軌道管理で使用する場合、1mm単位の精度が求められたため、前述のProject PLATEAUで一般公開されているデータでは精度を満たすことができない。また、デジタルツインを活用するためには、既存

の組織文化の変革や新しいスキル習得(人財)が必要となる点なども課題と考えられる。



【図1】 Project PLATEAU

出典: <https://www.mlit.go.jp/plateau/>

3. 検証内容

(1) 点群測量について

営業線路において点群測量による3Dモデルの作成を行い精度や実用性を検証した。現場は中央本線トンネル内全長約5,000m、全10回の夜間作業にて測量した。

② 測量方法

3D スキャンデータとフォトグラメトリを組み合わせる²⁾ことで、お互いの短所を補うことができるため【図2】、今回は固定式LiDAR(BLK360, RTC360:10m 毎に1回スキャン)による360度3Dスキャンと一眼レフカメラ(SONY α 7IV:400枚/100m程度撮影)によるフォト撮影でデータを取得した。



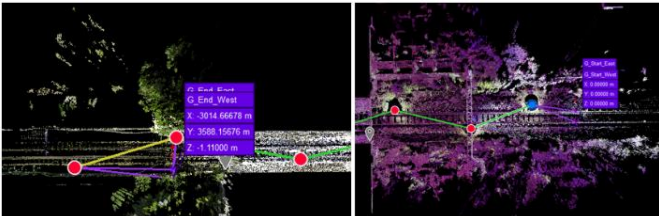
【図2】 フォトグラメトリと3Dスキャン

③ デジタルツイン化処理の手法

・点群データ結合: トンネル形状を基準として全点群データを結合し、全長約5000mの単一点群データを作成した。その後、トンネルの始点・終点における地球座標と結合し、点群データ全体に地球座標を付与した【図3】。

キーワード: 鉄道, アセットマネジメント, 線路, 保線, 点群, 測量, デジタルツイン

連絡先: 〒192-0083 東京都八王子市旭町1-8 TEL.042-620-8565



【図 3】地球座標と点群データの結合

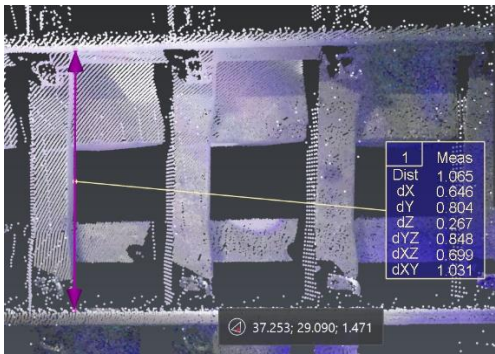
・写真データ結合:結合した点群データへ写真データを結合し、色情報を付与した.また,固定式 LiDAR の撮影死角についても画像データから点群・色情報を付与した.結果の一例を【図4】に示す.



【図 4】画像データと結合した 3D モデル

(2)結果と検証

測定データの精度検証のため,トンネル約 1km ごとのランダムな 5 か所でレールの軌間実測値と点群から測長した軌間値【図 5】を比較した結果が表1である.



【図 5】点群軌間値の測定

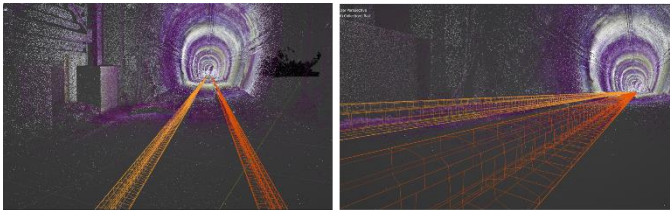
【表1】軌間実測値との誤差比較例

(mm)	地点1	地点 2	地点 3	地点 4	地点 5
点群軌間	1065	1063	1066	1065	1066
軌間実測	1066	1064	1067	1062	1063
誤差	-1	-1	+1	-3	+3

4. 考察

本検証に使用した 3D スキャナ BLK360 と RTC360 はそれぞれ 10m 先の物体をスキャンした場合,公証で 6mm と 1.9mm の測定誤差が生じるとされている(ライゾノシステムズ株式会社データシートより).これら誤差の影響を受けたためか,本検証においては軌間の測定誤差が最大で 3mm となった.これら

の結果より,現状鉄道メンテナンスへ,特に軌道管理への適用は厳しいと判断できるが,トラックステーション 4 (<https://premium.ipros.jp/keisokunet>) の測定データと合成する【図6】ことにより³⁾,軌道での誤差を±1 mm以下でデジタルツイン化できることも確認できたため,今後の測定機器や合成・補正技術等の進化を考慮すると,適用可能性は高いことを確認できた.今後は,さらなる品質・精度に拘った「鉄道版デジタルツイン化」に向けた検証を継続していくほか,測量やデータ処理能力を必要としない簡易装置化,自動処理化(モデル化含む)の研究開発を進めていく.



- ✓ 測量結果をスムージングした軌道中心線(精度±1mm以下) = 地球座標
→「線路の設計値(中心線)」として固定
- ✓ トンネルやホーム、架線、電化柱などの位置関係を
半永久的に保守管理(簡素化)可能

【図 6】精緻なデジタルツイン化

5. 将来展望

鉄道版デジタルツイン(精緻な3D地球座標アセットデータ)があれば,長大トンネルや地下線路等,普段容易には立入り出来ない区間の軌道整備(線路)や架線調整(電力),建築限界解消(土木)の事前検証や測長などを系統横断で立体的・視覚的・定量的に,簡便かつ安全に確認ができ,また,測量した軌道中心座標のスムージング等で「あるべき軌道中心線3D地球座標」を決めておけば,例えば将来,軌道やトンネル形状が変化した場合でも,その近傍の点群を再測量することで,「どこが何mm変化したか」も簡単に比較検証でき,系統横断で最適な補修を実施することも可能となり(前述【図6】),系統横断マネジメント実現に近づくことができる.

《謝辞》

(株)JR東日本情報システム 高橋秀之様, 山田康弘様, 資延伸一様,測量や議論,検証等に多大なるご協力を頂き感謝申し上げます.

《参考文献》

- 1) 鶴田雄一郎他,鉄道アセットマネジメント DX～線路メンテナンスの展望～;令和4年度土木学会全国大会第77回年次学術講演会
- 2) 鳥海幸一,フोटogramトリの教科書(技術の泉シリーズ);インプレス RD,2022 年 4 月
- 3) 金崎朝子他,詳解 3 次元点群処理 Python による基礎アルゴリズムの実装(講談社),2022 年 10 月