

「鉄道版インフラドクター」を 伊豆急行線のトンネル検査に導入

森 友峰・岩瀬 祐人

東急(株)、伊豆急行(株)、首都高速道路(株)、首都高技術(株)は、鉄道施設の保守点検等の精度向上と効率化を目的に、鉄道保守新技術（以下、鉄道版インフラドクター）の共同開発を進めてきたが、実証実験・技術検証の結果、有効性が確認できたため伊豆急行線のトンネル検査に「鉄道版インフラドクター」を導入した。なお既に首都高速道路で運用中のインフラドクター[®](^{※1})を鉄道に適用する新技術の実用化は、日本初の取り組みである。本稿では「鉄道版インフラドクター」の概要及び導入効果について報告する。

キーワード：インフラドクター、3次元点群データ、高解像度カメラ、保守管理作業効率化

1. はじめに

トンネル特別全般検査では、高所を含めた全てのトンネルの壁面を目視で点検し、打音調査を行い、展開図を作成するなど、多くの人手が必要であった。今回、伊豆急行線にて、点検作業の効率化、コスト削減に大きく貢献できるシステム「鉄道版インフラドクター」を新たに導入した。本稿ではその概要及び効果について報告する。

2. 鉄道版インフラドクター

(1) 概要

「鉄道版インフラドクター」は、構造物点検の作業や維持補修計画の立案などの効率を大幅に向上させるシステムであり、レーザースキャナで得られる x, y, z の位置情報をもった点の集合体である 3次元点群データや、高解像度カメラによる画像データを GIS (地理情報システム) に連携させることで、要注意箇所の早期発見、構造物の 2次元 CAD 図面作成、3次元モデル作成、構造図面や各種点検・補修データの一元管理が可能となる。2018年9月に伊豆急行線全線、2019年1月に東急田園都市線で実施した実証実験では、移動計測車両 MMS (モバイルマッピングシステム) を鉄道台車に積載して、レーザーや高解像度カメラによるデータ取得方法の検証を行った。その結果、

鉄道構造物において、詳細なデータの取得および適切な解析が可能であることを確認したため、2020年6月中旬から実施している伊豆急行線のトンネル検査に導入するに至った。

(2) 3次元点群データなどの取得方法

レーザースキャナ、高解像度カメラを装着した移動計測車両 MMS を、鉄道線路上の走行が可能な鉄道台車に積載し、モーターカーで牽引して 3次元点群データや画像データを取得する (写真-1)。



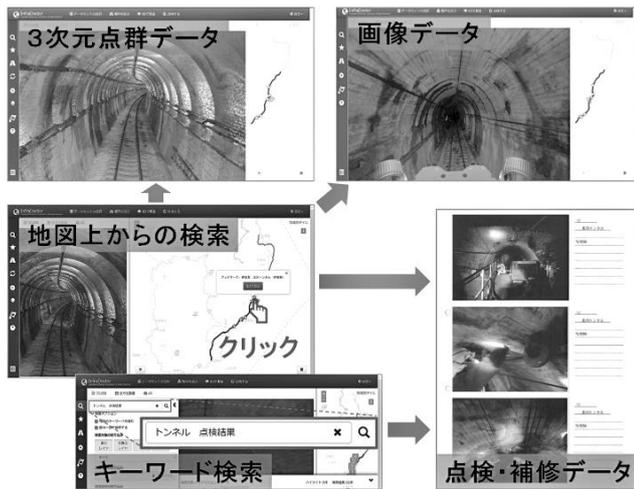
写真-1 鉄道台車に積載した移動計測車両「MMS」

(3) 特徴

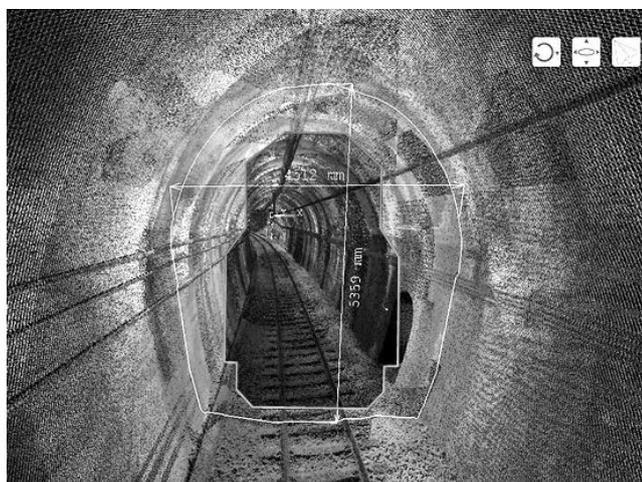
① GIS プラットフォームからの迅速な検索

GIS プラットフォーム上にあるデータベースから、各種構造物の諸元、点検や補修履歴など維持管理に必要な情報を、地図上やキーワードから検索でき、これ

※1 首都高技術(株)、朝日航洋(株)、(株)エリジオンの3社で共同開発した道路維持管理システム。点群取得、各種管理台帳データ、構造物の形状検出等を一体的に管理・運用することが可能。



図一 1 GIS プラットフォーム動作画面



図一 2 トンネル内の寸法計測，建築限界確認

により，資料収集にかかる時間を大幅に短縮することが可能である（図一 1）。

②システム上からの現地調査・測量

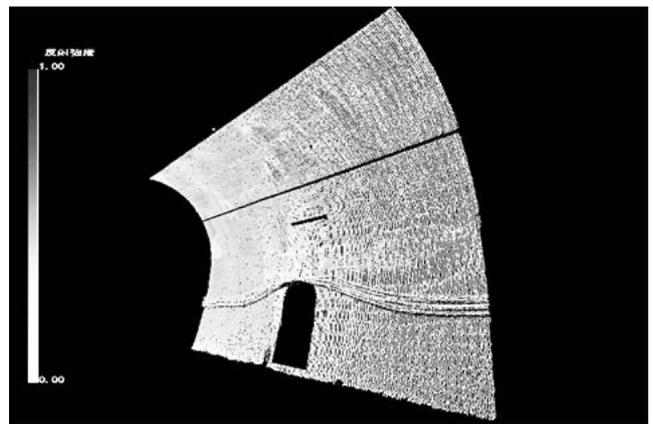
システム上で構造物を再現しながら，寸法計測などの現地調査・測量や建築限界の確認ができ，これにより従来手法と比べて時間短縮が可能である（図一 2）。

③構造物の変状検出

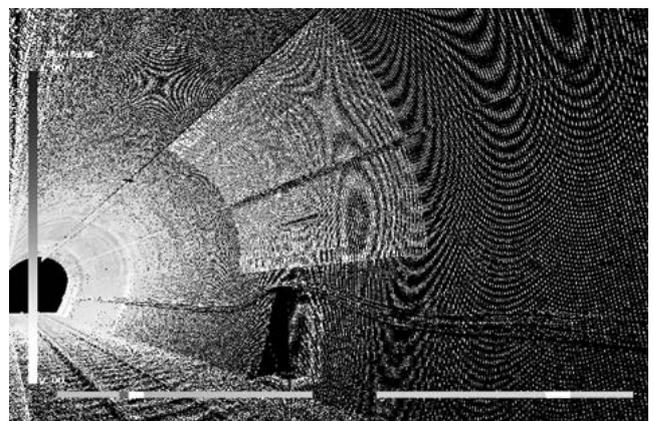
トンネル壁面の 3次元点群データを図一 3 に示す。このデータからトンネル構造物のコンクリートの浮きや剥離などの変状抽出が可能（図一 4）となり，これにより，構造物の異常を定量的に把握し，詳細な点検が必要な箇所をスクリーニングすることができる。

④ 2次元 CAD 図面および 3次元モデルの作成，3次元空間での現場作業シミュレーション

3次元点群データから構造物の輪郭線を抽出し，任意の断面において 2次元 CAD 図面および 3次元モデルの自動作成が可能である。これにより，図面の存在しない構造物に対する図面の復元や，高度な解析技術



図一 3 トンネル壁面の 3次元点群データ



図一 4 変状検出した画像

と組み合わせることで，的確かつ効率的な構造物の劣化診断や予測につなげることができる。また，現場作業時の安全性チェックなどを，予め用意しているツール（実車と同じ動きをする施工機械などの 3次元モデル）を用いて効率的な施工シミュレーションができ，これにより，現場作業における安全性の確保や作業の手戻りを最小化することが可能となる。

3. 検査方法及びその効果

伊豆急行線では，20年に1回，大規模かつ詳細なトンネル検査（特別全般検査）を実施しているが，この特別全般検査に「鉄道版インフラドクター」を導入した。対象は伊豆急線の全トンネル 31か所・約 17 km である。まず，移動計測車両 MMS（写真一 2）によってトンネル壁面の 3次元点群データ（図一 5）や高解像度カメラ画像（写真一 3）を取得する。次にそれらを解析することにより，トンネル壁面の浮きや剥離などの要注意箇所を抽出し，打音調査が必要な箇所を絞り込む。最後に解析によって得られた打音調査が必要な箇所を重点的に打音調査する。



写真-2 伊豆急行線トンネル内を走行する移動計測車両「MMS」



図-5 実証実験で取得した3次元点群データ（伊豆急下田駅）



写真-3 実証実験で取得した高解像度カメラ画像（東急田園都市線トンネル内）

従来の検査方法と「鉄道版インフラドクター」による検査方法のフロー比較を図-6に示す。従来の検査では、高所を含めた全てのトンネルの壁面を目視で点検し、異常が疑われる箇所を打音調査を行い、展開図を作成するなど、多くの人手が必要だったが、「鉄道版インフラドクター」を導入することにより、従来の近接目視点検に相当する検査日数は、15日程度から3日へと約8割減少し、検査費用についても約4割減少^(※2)した。さらに、前述のデータ解析による打音調査が必要な箇所の絞り込みについては、今回はトンネル断面の約50%が打音調査不要という結果が得

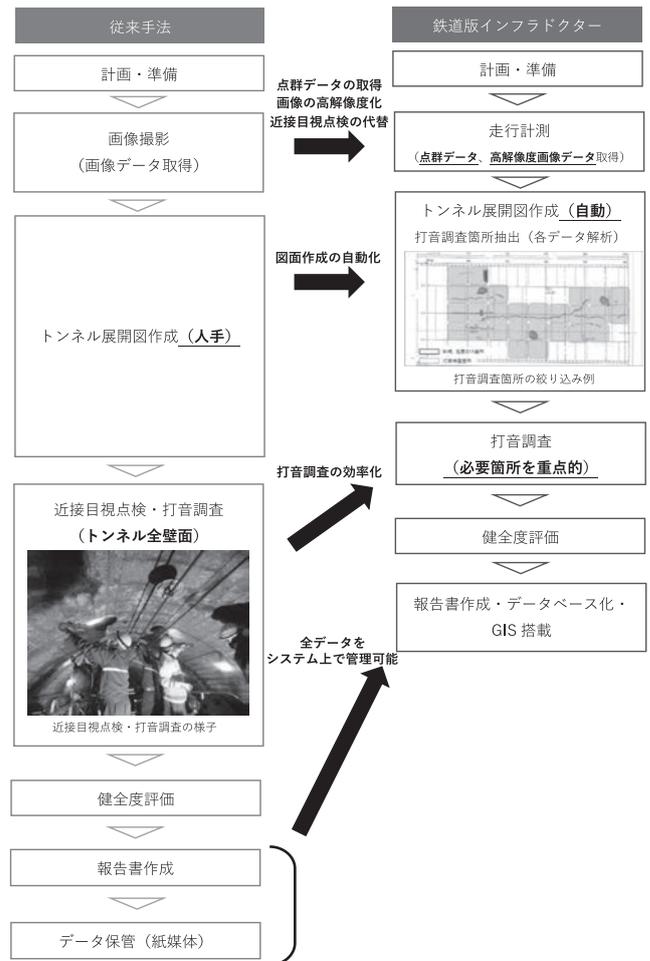


図-6 トンネル特別全般検査業務のフロー比較

られたトンネルもあり、点検作業の効率化、人手不足の解消およびコスト削減に大きく貢献した（トンネルにより打音調査不要箇所の割合は異なる）。伊豆急行線のトンネルは建設から約60年経過しており、また、路線が海岸線に近いことによる塩害や、温泉地ゆへの劣化等、厳しい条件下において上述の通りの結果になったが、別路線の比較的新しいトンネルや、周囲環境の良好なトンネルにおいては、さらに打音調査不要箇所が増加することが想定される。

また、「鉄道版インフラドクター」では、特別全般検査に必要なトンネル壁面の展開図などを、計測した各データから作成することが可能となるため、事務作業の大幅な省力化が図れるとともに、位置情報とも連動したより正確な記録となるため、今後の検査・保守業務に活用できる。さらに、検査の機械化が進むため、検査精度のバラつき解消や、技術継承の支援などの効果もある。

※2 特別全般検査における現場での近接目視点検に相当する検査日数およびコストが対象。打音調査は除く。

4. おわりに

伊豆急行線のトンネル検査に「鉄道版インフラドクター」を2020年6月から導入することで、早く正確にトンネル表面の変状把握、適切な補修・補強対策の検討が可能となった。今後は、鉄道に特化した建築限界の自動抽出などのさらなる技術開発を進め、安全・安定輸送に貢献できるように努めるとともに、他鉄道事業者への展開も検討していく。

J|C|M|A

【筆者紹介】

森 友峰 (もり ともみね)

東急(株)

交通インフラ事業部 戦略企画グループ 新規事業担当
課長



岩瀬 祐人 (いわせ まさと)

東急(株)

交通インフラ事業部 戦略企画グループ 新規事業担当
課長補佐



《参考文献》

- 1) インフラドクターホームページ
<https://www.infradoctor.jp/>

