

3次元点群データを用いた 効率的な管理手法の開発

東急株式会社

発表構成、内容

1. 事業概要

- 3次元点群データを用いた点検手法、管理システムの開発

2. 成果

- 3次元点群データを活用したトンネル検査手法の開発
- 簡易3次元点群データ計測機を利用した施設管理手法の開発
- 鉄道版管理システムの開発

3. 今後の展望と期待される波及効果

1. 事業概要

《3次元点群データを用いた効率的な管理手法の開発》

技術開発の背景・概要等

鉄道施設の保守点検の主な課題

- ① 運行の合間や終電後の夜間に実施するため時間的制約が存在
- ② 作業員の巡視等によって行われているため、判定や記録管理が属人的
- ③ 少子高齢化による作業員不足

3次元点群データを用いた効率的な管理手法の開発として課題改善に向け取組む

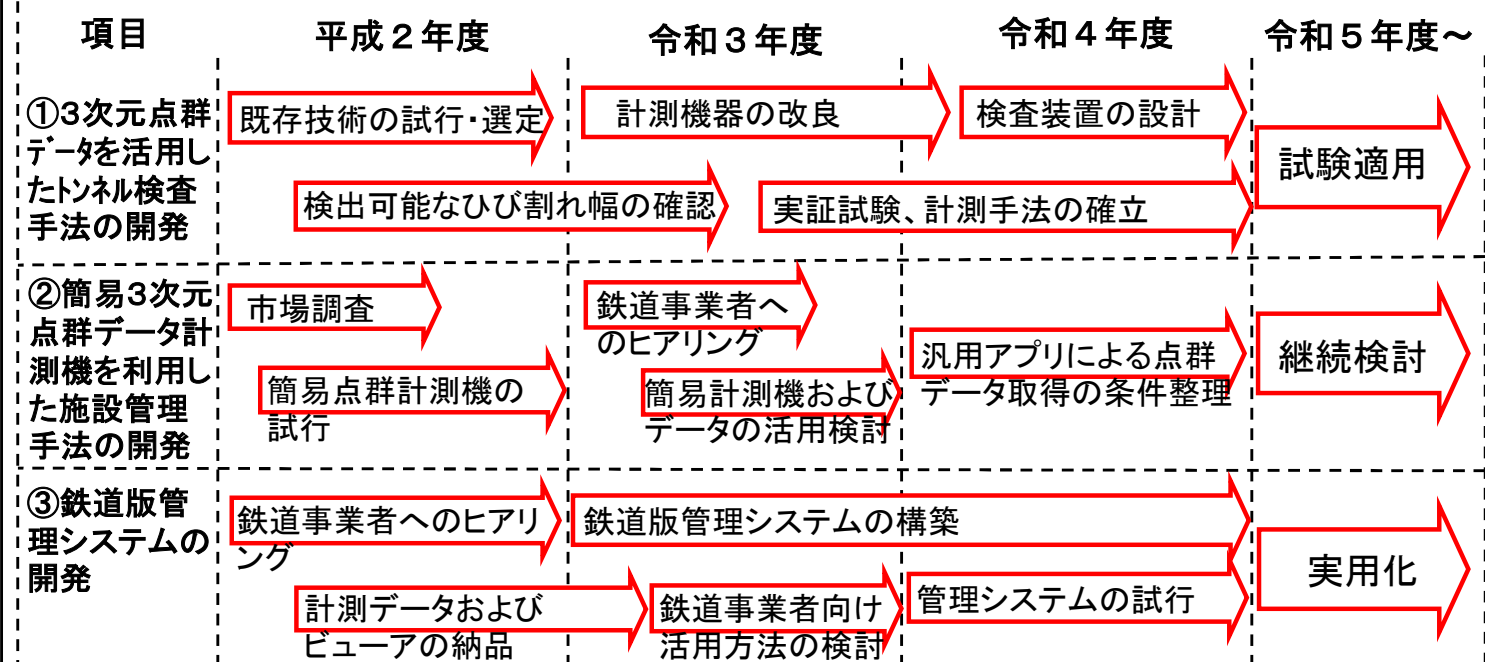
- ① 3次元点群データを活用したトンネル検査手法の開発
- ② 簡易3次元点群データ計測機を利用した施設管理手法
- ③ 管理システムの開発

開発費

技術開発費用

平成2年度 37百万円
令和3年度 59百万円
※令和4年度実施分(令和3年度補正分)を含む
合計 97百万円

実用化・普及に向けたロードマップ

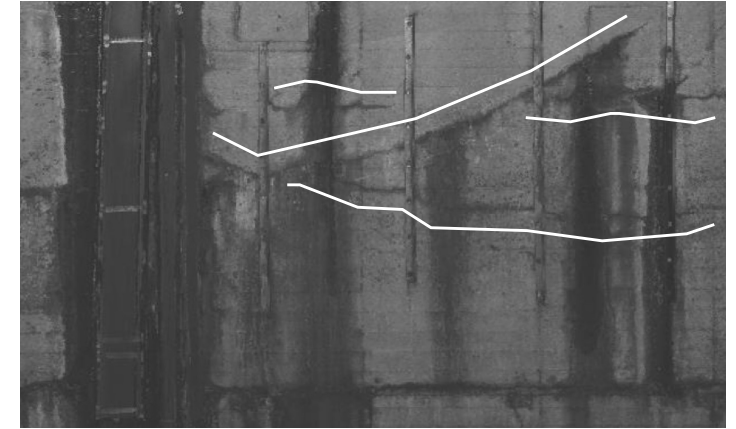


1. 事業概要 (①3次元点群データを活用したトンネル検査手法の開発)

- 首都高のトンネルでは、コンクリートの浮き・剥離は高精度な点群情報、ひび割れはカメラ画像で検出
- 鉄道トンネルで同技術を使用する場合は、道路トンネルと異なり、画像検出の照度不足が課題
- さらに、トンネル壁面全周の画像取得には、カメラの角度を変えて複数回の撮影が必要



点群情報は、カメラ画像とは異なり、環境による品質のバラツキが少ない。そこで、「点群情報によるひび割れ検出技術」の開発を検討する。
※ひび割れ検出の省力化が進めば、地方鉄道への展開も可能



点群によるひび割れの検出例

【令和2年度の実績】

- ✓ 既存技術の試行・選定
- ✓ 検出可能なひびわれ幅の確認

【令和3年度の実績】

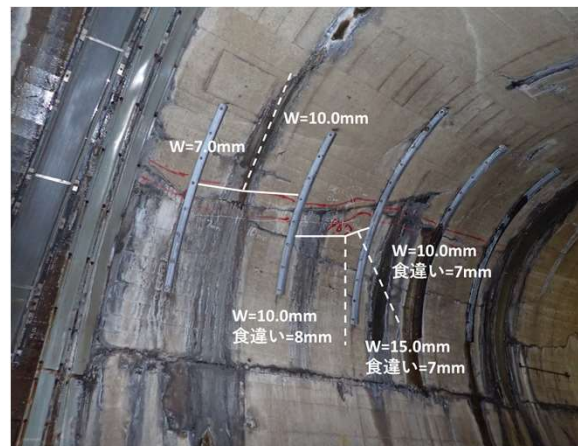
- ✓ 計測機器の改良
- ✓ 実証実験
- ✓ 計測手法の確立

【令和4年度の実績】

- ✓ 検査対象及び条件の決定
- ✓ 実証実験
- ✓ 検査装置の設計



道路トンネルのひび割れデータ取得状況



鉄道トンネルのひび割れ状況

1. 事業概要 (②簡易3次元点群データ計測機を利用した施設管理手法の開発)

- 目視点検は、点検員の技量のバラツキに左右されることが課題
- 対応の要否を適切に判断するためには、定量的な損傷判定が必要



簡易的に点群情報を取得し、「建物」や「のり面」などの変状を確認する機器およびシステムを検討する。また、災害時や防災に対する活用方法についても検討する。



簡易計測機による点群データ取得状況



点群データ

【令和2年度の実績】

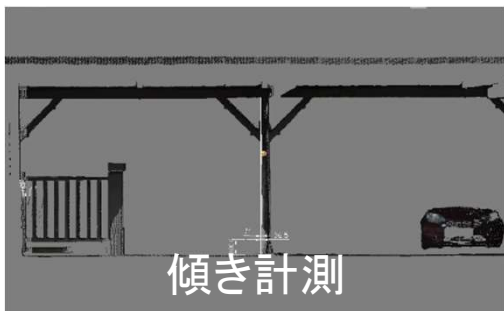
- ✓ 市場調査
- ✓ 簡易点群計測機の試行

【令和3年度の実績】

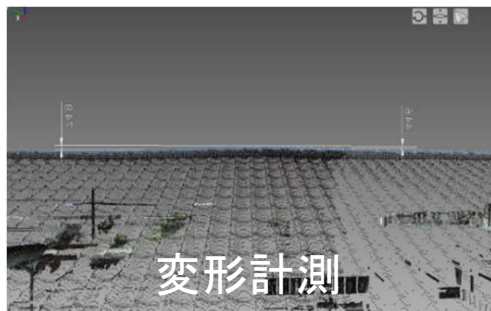
- ✓ 鉄道事業者へのヒアリング
- ✓ 簡易計測機およびデータの活用検討（災害対応や防災も含む）

【令和4年度の実績】

- ✓ 汎用アプリによる点群データ取得の条件整理



傾き計測



変形計測

これまでの点群活用事例

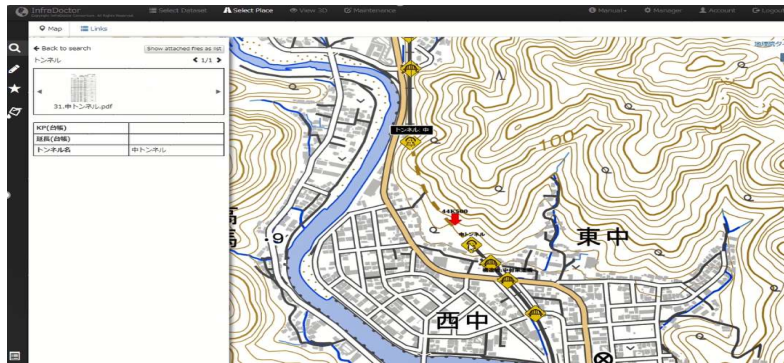
1. 事業概要 (③鉄道版管理システムの開発)

- 道路分野では「InfraDoctor」により維持管理が効率化
- 鉄道分野でも、より効率的な維持管理が求められている

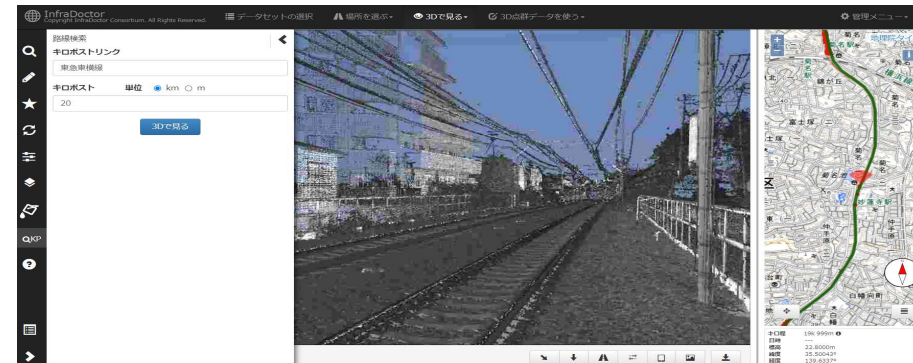


「InfraDoctor」のうち、必要な要素を鉄道分野へ展開する。また、鉄道分野独自の活用方法を検討する。

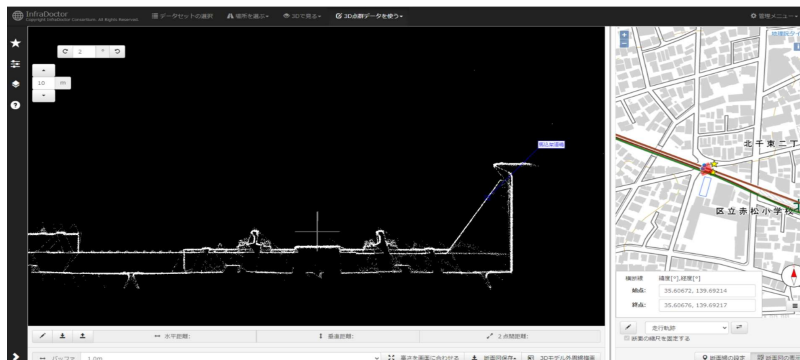
台帳管理機能



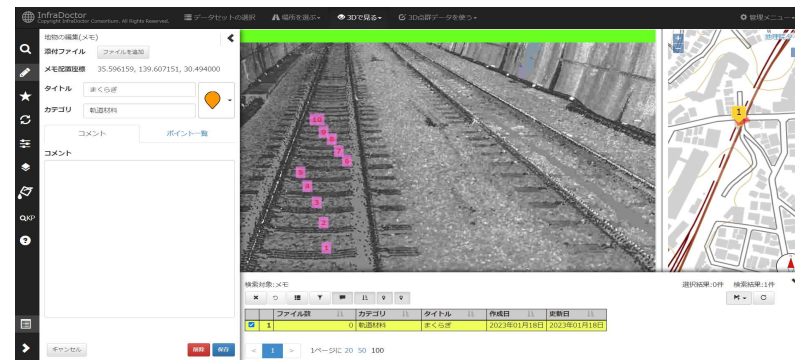
キロ程検索機能



軌道中心線表示機能



軌道材料の数量確認機能



【令和2年度の実績】

- ✓ 鉄道事業者へのヒアリング
- ✓ 計測データおよびビューアの納品

【令和3年度の実績】

- ✓ 鉄道版管理システムの構築
- ✓ 鉄道事業者向け活用方法の検討

【令和4年度の実績】

- ✓ 令和3年度の継続
- ✓ 管理システムの試行

2. 成果のまとめ (①3次元点群データを活用したトンネル検査手法の開発)

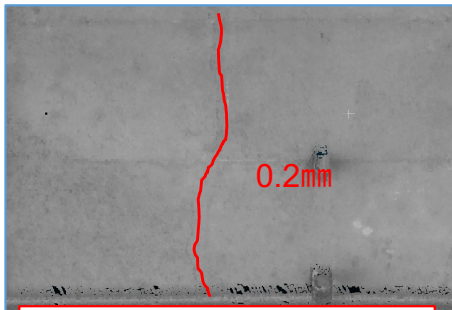
◆ 2種類の計測手法を活用して従来より安価で定量的なデータ取得

光切断用3Dカメラ

光切断用3Dカメラ



軌陸車

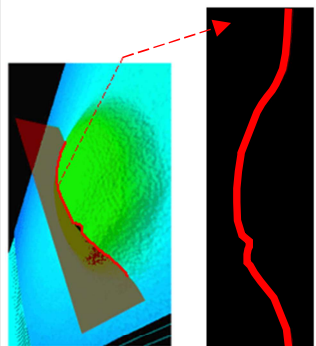


走行20km/hで、 $w=0.2\text{mm}$ のひび割れを確認

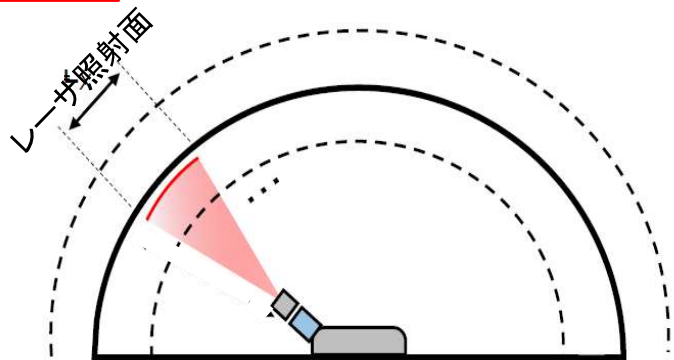
メリット: 20km/hの走行で0.2mm幅のひび割れが検出可能
⇒計測時間の削減

デメリット1: 26台セット ⇒ 機材数が多く高価

デメリット2: ピント調整が必要 ⇒ 計測時間の増大



光切断法の計測イメージ

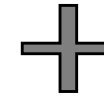


レーザ照射イメージ

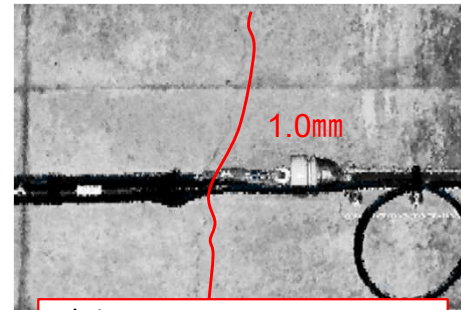
※トンネル断面

高密度レーザスキャナ

レーザスキャナ



簡易トロ



走行3km/hで、 $w=1.0\text{mm}$ のひび割れを確認

メリット1: 6台セット ⇒ 機材が安価

メリット2: ピント調整が不要 ⇒ 計測時間の削減

デメリット: 5km/h超の走行だと1mm幅のひび割れが検出不可 ⇒ 計測時間の増大

【合成した点群データ】

スキャナ①

ラップ

スキャナ②

ラップ

スキャナ③

点群データ取得イメージ

※トンネル断面

2. 成果のまとめ (①3次元点群データを活用したトンネル検査手法の開発)

	従来手法	開発手法	
原理	高精細デジタルカメラと3Dレーザースカナの組み合わせ	光切断用3Dカメラ	高密度レーザースカナ
概要	高精細デジタル画像からひびわれや漏水などを、3次元点群データから浮きや剥離などを検出し、これらを総合して変状を把握する。	帯状レーザーを照射し、その反射光を計測することで画像データと形状データを同時に取得。この1手法で、ひびわれ、漏水、浮き、剥離などを把握することができる。	レーザーの照射範囲を前方のみとすることで、高密度な3次元点群データを取得。この1手法で、ひびわれ、漏水、浮き、剥離などを把握することができる。ただし、ひびわれは1.0mm以上。
検出可能な最小ひびわれ幅	0.2mm	0.2mm	1.0mm
計測距離	最大3m	最大3m	最大4m
計測速度	30km/h	20km/h	3km/h
ピント深さ	±25cm程度	±50cm程度	無し
照明	必要	不要	不要
イメージ	 	 <p>A. レーザー光源 B. スリット光照射 C. 反射光 D. カメラ (CMOS) E. 取得したプロファイルデータ</p>	

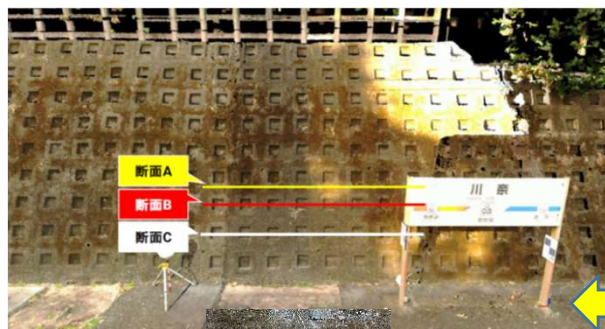
2. 成果のまとめ(②簡易3次元点群データ計測機を利用した施設管理手法の開発)

◆タブレット端末で計測し、のり面の変状把握が可能

現場検証



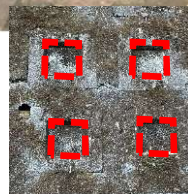
地上レーザで取得した点群データ



iPadで取得した点群データ



比較検証



ブロック部のへこみ
40mm(実測)

検証結果

- ・はらみ出し量においては、凸凹形状の再現性が低い。
- ・ひび割れ幅においてはスキャン方法の違い(複数スキャンデータ合成、1スキャン)により変状の検出精度に差異があるため、点群データ取得時は1スキャンでの計測が望ましい。
- ・今後iPadに搭載されているLiDARの性能がアップデートされることで、変状の検出精度の向上や他構造物への応用も期待できる。

【図1】はらみ出し量の検出結果

スキャンデータ	断面A	断面B	断面C
地上レーザ		47mm	51mm
iPadデータ		凹凸形状の再現不可	凹凸形状の再現不可

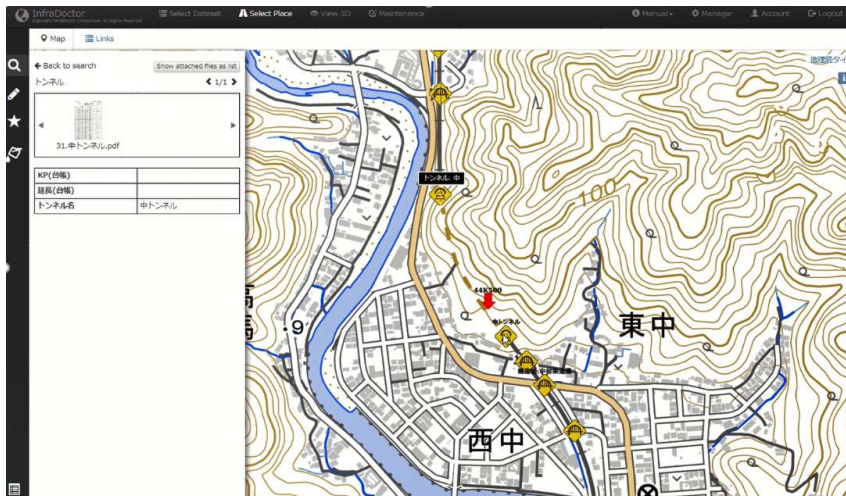
【図2】ひび割れ幅の検出結果

	現地写真	地上レーザ	iPadデータ
ひび割れ幅2.2mm			複数スキャンしたデータを合成
ひび割れ幅1.7mm			1スキャンで取得

2. 成果のまとめ(③鉄道版管理システムの開発)

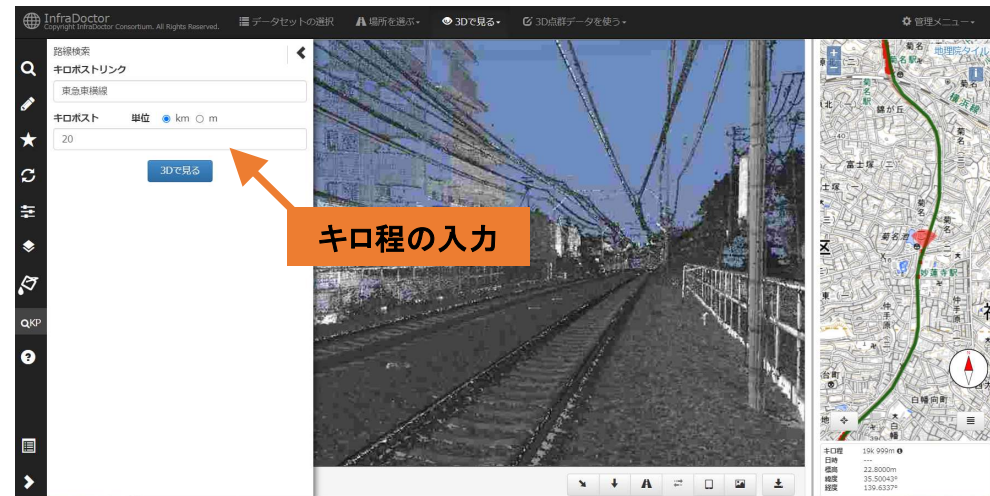
◆「InfraDoctor」を鉄道版に改良し、鉄道管理業務の効率化と生産性向上へ

台帳管理機能



- 鉄道施設台帳の追加
 - ＞踏切、信号、変電所台帳に適応
- 距離標識のデータ搭載
 - ＞GISプラットフォームに搭載

キロ程検索機能

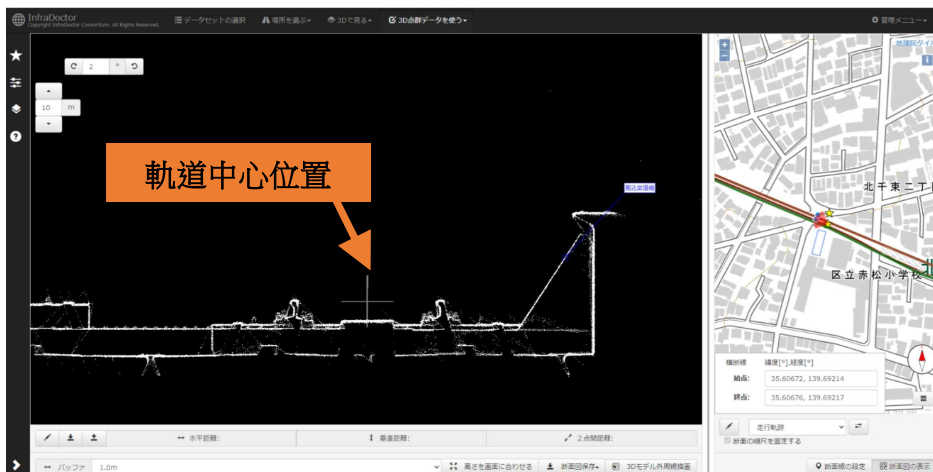


- 鉄道用キロ程検索へ改良
 - ＞指定キロ程位置の画面表示機能
 - ＞選択地点のキロ程表示機能
 - * 検索キロ程の点群データ確認が容易
 - * 寸法計測した位置
 - * 選択地物のキロ程計測

2. 成果のまとめ(③鉄道版管理システムの開発)

◆「InfraDoctor」を鉄道版に改良し、鉄道管理業務の効率化と生産性向上へ

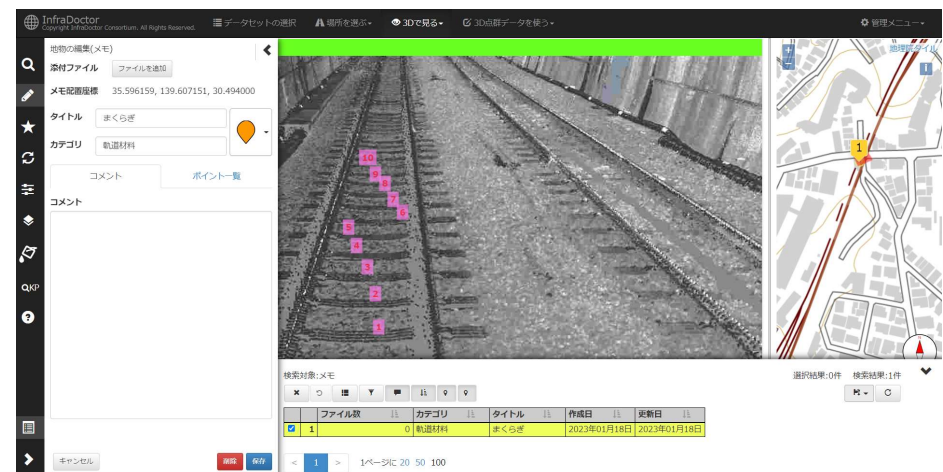
軌道中心線表示機能



○軌道中心線表示機能の追加

- 点群データ上に軌道中心線を表示
- 軌道中心線から鉄道施設物までの離隔計測(水平、垂直、斜距離)
- 鉄道施設物と建築限界の離隔計測
- 線路閉鎖作業範囲などの確認

軌道材料の数量確認機能



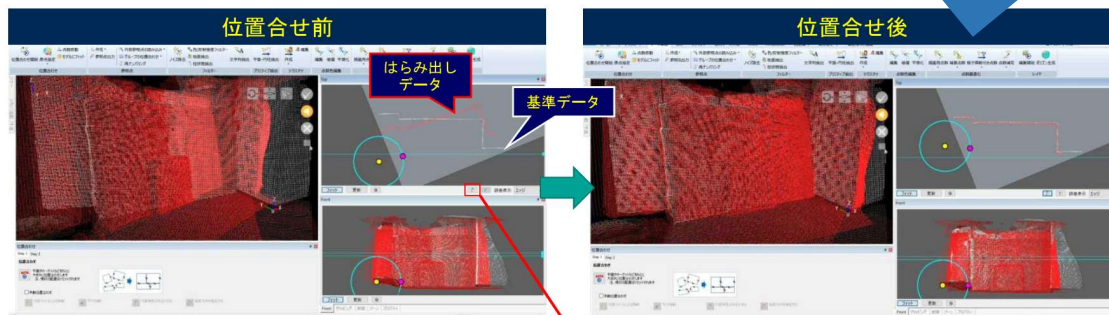
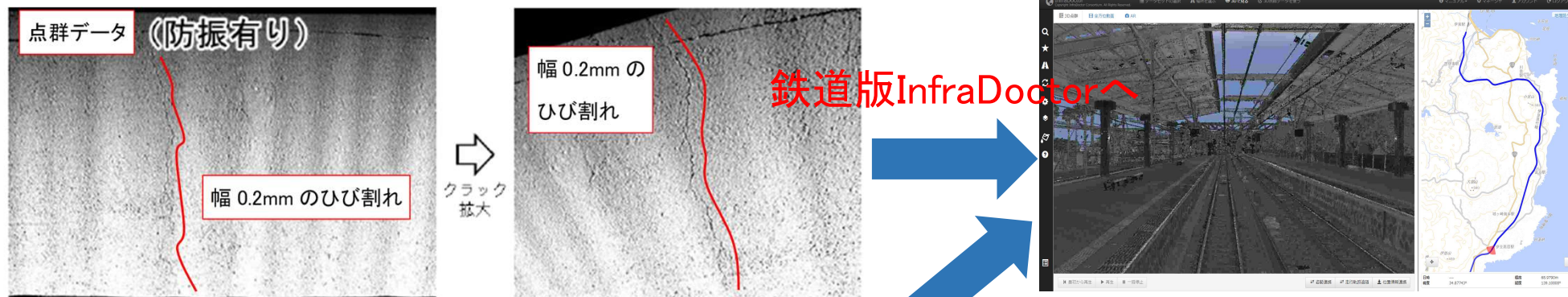
○軌道材料の数量確認機能の追加

- “まくらぎ”などの軌道材料を選択箇所(アイコン設置箇所)について合計表示
- 電路柱、碍子などの数量確認も可能

3. 今後の展望と期待される波及効果

点群データの活用

【3次元点群データを活用したトンネル検査手法の開発】



【簡易3次元点群データ計測機を利用した施設管理手法の開発】

：断面画像を利用した位置合せ機能

本技術開発により取得した点群データと、鉄道分野向けに開発した機能とを組み合わせ、鉄道施設の保守点検を行うことにより、維持管理の効率化が期待できる。

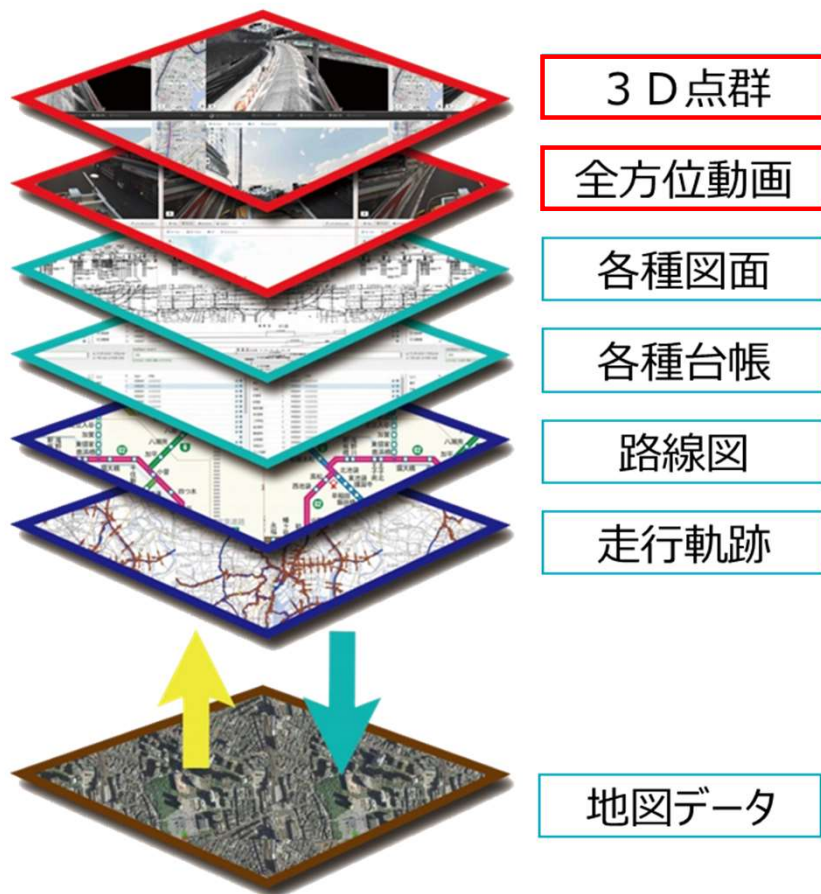
考察

「鉄道版インフラドクター」の導入により、過去に実施した保守点検記録を位置情報データと紐づけ、社局内でアナログ⇒デジタルデータで一元管理が可能となり、業務の効率化だけでなく、鉄道の安全性向上にも貢献する。

補足資料

InfraDoctorシステム

1. インフラドクターの概要



InfraDoctor®の概要

GIS上に3D点群や全方位動画をはじめとする各種データを搭載。保全情報の一元管理や3次元点群データを用いた計測・図面作成などが可能。

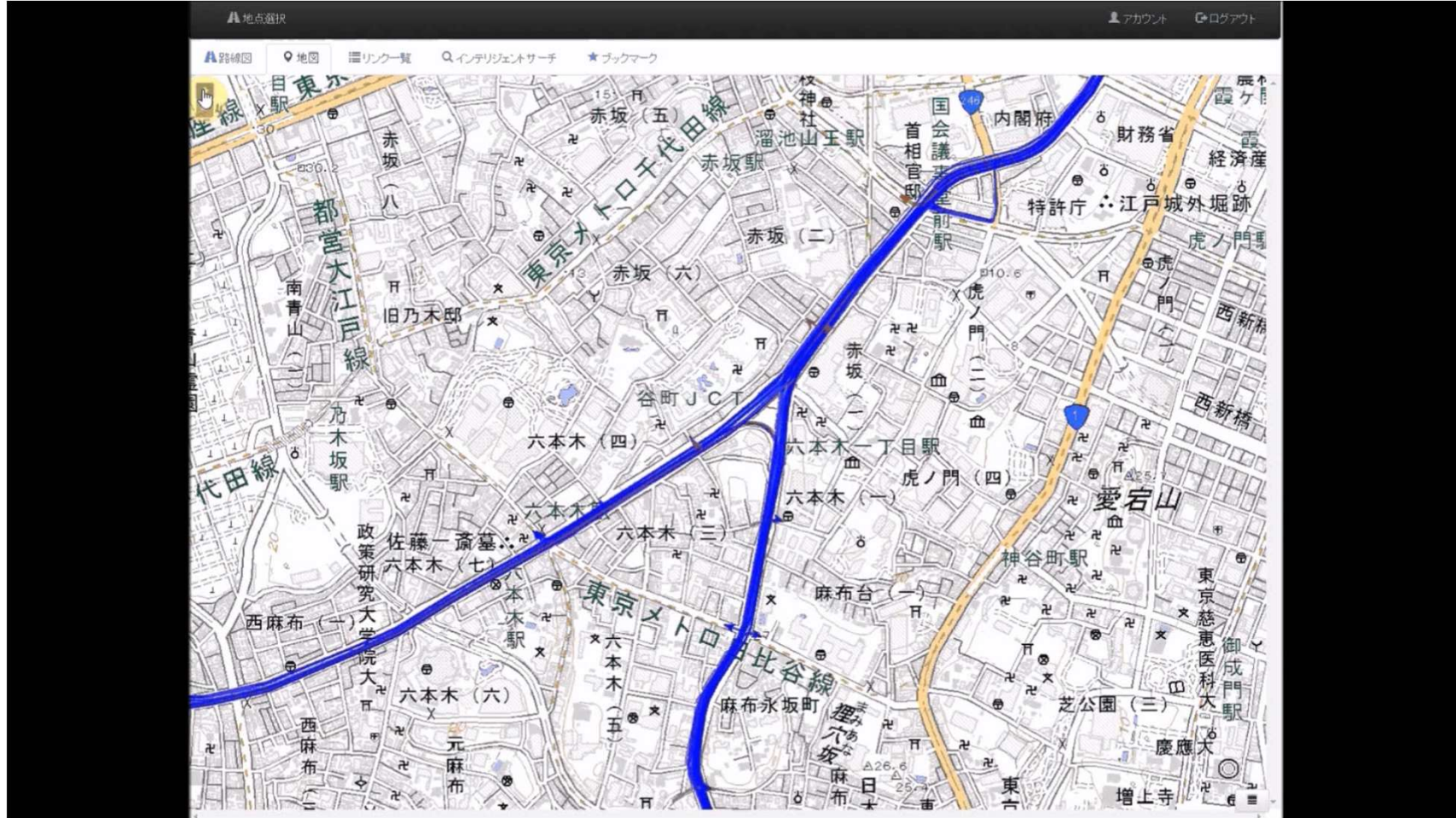
GISとは (Geographic Information System)
地理情報システムのこと。地理的位置を手がかりに、位置に関する情報を持ったデータ（空間データ）を総合的に管理・加工し、視覚的に表示し、高度な分析や迅速な判断を可能にする技術。

国土地理院HPより

地図上に各種データを搭載することで、視覚的に分かりやすく、かつ総合的な管理が可能になる。

アプリケーションの操作性 (GIS + 点群 + 360度カメラ)

1. インフラドクターの概要



アプリケーションの操作性（台帳機能）

1. インフラドクターの概要

システム上で各種検査記録や修繕記録、図面等の台帳を一括管理

●ワード検索



●地図上からの検索

