

3次元点群データを活用した構造物点検

インフラドクターの点検活用事例

得能智昭

筆者らは、インフラドクターの機能の一つとして、3次元点群データを活用した点検手法を検討してきた。3次元点群データは、コンクリートの浮きや剥離のような表面の凹凸の損傷の抽出に有効であるが、幅の狭いひび割れの検出は困難である。そこで、高精細デジタル画像を組み合わせることにより、ひび割れの検出を可能にしたインフラドクター点検手法を開発した。筆者らは、この点検手法を用いて、2019年から道路や空港の路面性状調査を、2020年から鉄道トンネルの点検を実施している。この点検手法を現場適用した結果、従来手法と同等の成果が得られることが分かった。また、この点検手法の導入により、点検作業の効率化およびコストの削減が可能となった。本稿では、この手法による路面性状調査およびトンネル点検の概要について紹介する。

キーワード：構造物点検、3次元点群データ、高精細デジタル画像、路面性状調査、トンネル点検、MMS

1. はじめに

現在、社会インフラを支えている多くの構造物は、高度成長期に建設されているため、高齢化が進んでいる。また、大きな社会問題である少子高齢化により、労働力人口の減少や技術者不足が深刻化している。一方で、インフラ構造物の点検に求められる技術水準は、少なくとも現状を確保しなければならない状況でもある。我々は、このような社会状況を踏まえた上で、インフラドクターの開発段階から、構造物を面的に捉えられるという3次元点群データの特徴を活かした構造物点検への適用検討を行ってきた。

2019年2月に国土交通省の定期点検要領が改訂され、「道路トンネル定期点検要領」や「道路橋定期点検要領」等の付録に「機器等を用いて状態を把握する場合について、使用する機器等の選定は、定期点検を行う者がその特性や点検結果の利用方法を検討し、適切に行うものである」という記載が追加された。また、「新技術利用のガイドライン(案)」(2019年2月国土交通省)では、モニタリング・センシング技術などを参考にその特徴を踏まえた活用方法について適切に計画することで、その他の点検支援技術と同様に定期点検においても適宜活用することができることとなった。

このような背景から、筆者らは3次元点群データと高精細デジタル画像の組み合わせによる構造物点検を

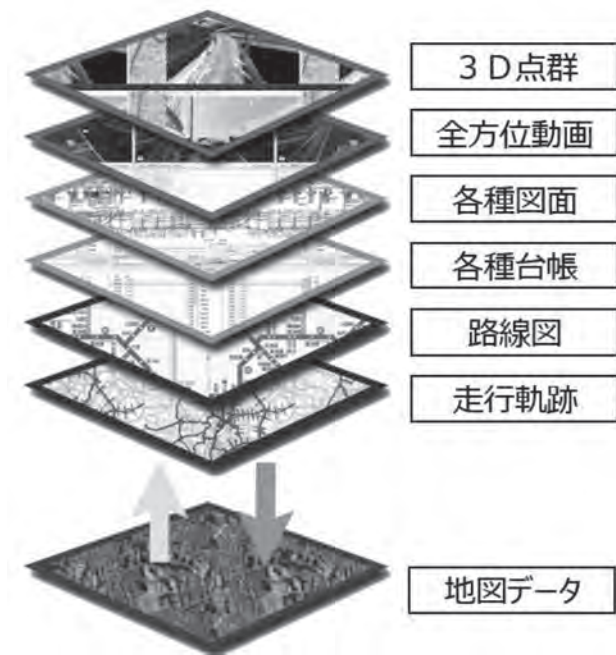
検討し、2019年より道路や空港滑走路の路面性状調査業務に、2020年より鉄道トンネルの点検業務に導入してきた。本稿では、この手法による路面性状調査およびトンネル点検の概要について紹介する。

2. インフラドクターシステム

インフラドクターは、3次元点群データとGISプラットフォームを組み合わせたシステムであり、道路構造物の維持管理業務を支援することを目的に開発された(図-1)。3次元点群データの取得は、毎秒100万点の点群が取得できる高性能レーザスキャナを2台搭載したMMS(Mobile Mapping System)を用いて道路上を走行しながら行う。また、MMSには全方位を撮影できるカメラを搭載しており、これで動画も同時に収録している。そして、取得された3次元点群データと動画は、インフラドクターシステムに搭載される。3次元点群データには位置情報を付与しているため、パソコンの画面上で寸法や距離の計測が可能である。

(1) GISプラットフォームからの迅速な検索機能

GISプラットフォームに搭載した各種構造物の諸元、点検や補修履歴など維持管理に必要な情報は、地図上やキーワードから検索が可能である。これにより、紙での管理に比べ、情報収集の時間を大幅に短縮することが可能である。また、地図上にブックマーク



図一1 インフラドクターのシステム概要

を設定でき、ピンポイントの情報もGIS上で管理することが可能である。

(2) システム上での現地調査・測量

道路構造物の補修・補強設計や工事の施工計画立案などにおいて、道路幅員や構造物の各種寸法を正確に把握することが求められる場合がある。3次元点群データの各点には、位置情報を付与しているため、これを利用することで正確に寸法を計測することが可能である。また、3次元点群データと動画の両方で構造物を確認しながら、事務所で現地調査、測量および建築限界の確認などが可能であるため、現場での作業を省力化することができる。

(3) 構造物の変状検出

構造物の基準面から3次元点群データに付与している位置情報との差分を求めることで、3次元点群データからコンクリート構造物の浮きや剥離などの変状を抽出することが可能である。これにより、構造物の変状を定量的に把握し、詳細な点検が必要な箇所をスクリーニングすることで、点検業務の効率化を図ることが可能である。

(4) 3次元点群データからの図面作成

3次元点群データから構造物の輪郭線を抽出し、任意の断面における2次元CAD図面の作成を支援することが可能である。これにより、図面の存在しない構造物における図面の復元が可能となる。

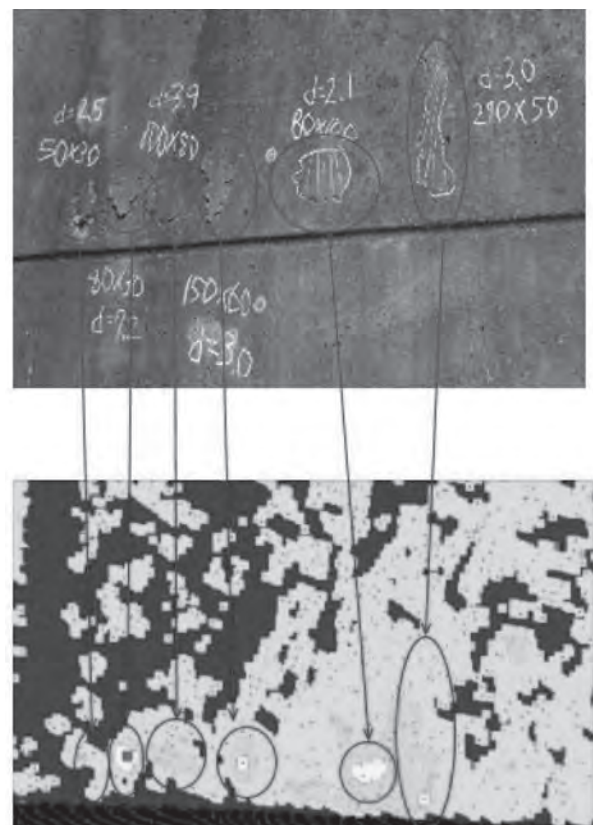
(5) 現場作業シミュレーション

インフラドクターでは、3次元点群データから3次元モデルを自動作成することが可能である。また、予め用意しておいた施工機械や規制帯などの3次元モデルを用いて、現場での作業状況をシミュレーションすることも可能である。これにより、現場作業の安全性を確保し、作業の手戻りを最小限にすることができる。

3. 3次元点群データと高精細デジタル画像との組み合わせ

インフラドクターでは、3次元点群データの構造物を面的にとらえる特徴を生かして、変状検出機能を開発した。前章(3)で述べた通り、3次元点群データに付与している位置情報と構造物の基準面からの差分を求めることで、コンクリート構造物の浮きや剥離などの変状を検出することが可能である(図一2)。

目視点検の代替手法として3次元点群データの活用を検討した際、毎秒100万発の高性能レーザスキャナで取得した点密度の高い3次元点群データであっても、ひび割れを判読するには点密度が足りなかった。そこで、この課題を解決するため、高精細デジタル画像を組み合わせることで、1mm以下の幅の狭いひび割れの検出を可能とした(写真一1)。



図一2 3次元点群データによる変状検出



写真一 高精細デジタル画像によるひび割れ検出

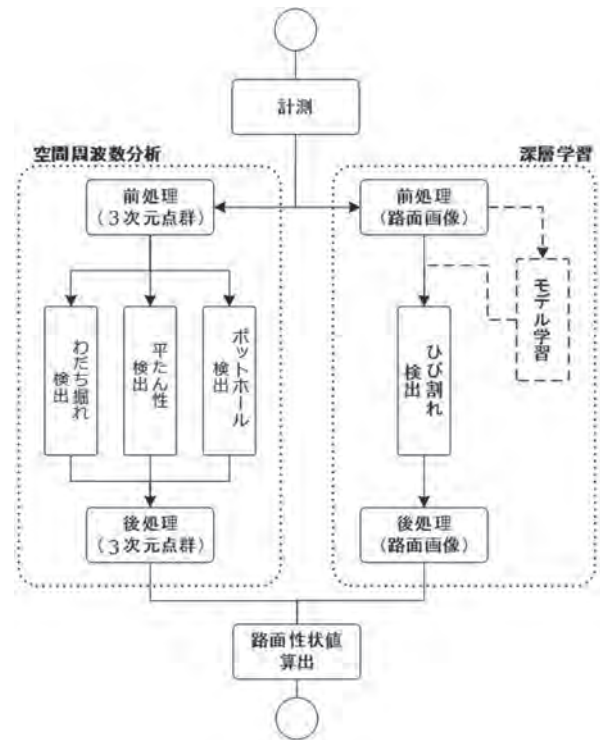
4. インフラドクターによる路面性状調査

(1) 路面性状調査に向けた MMS の改良

MMS を使用して路面性状調査を実施する際、舗装のひび割れを検出するためには、高精細カメラを下向きに搭載させ、路面の画像データを取得する必要がある。また、一度に路面を長距離撮影する必要がある。そこで、高精細カメラには進行方向に対して連続的に撮影が可能なラインセンサカメラを採用した。その結果、3次元点群データからわだち掘れ量、平坦性およびポットホールの検出が、高精細デジタル画像からひび割れ率およびパッチングの検出が可能となり、路面性状調査への適用が実現した(図一3)。



図一3 路面性状調査用 MMS



図一4 インフラドクターによる路面性状調査の全体フロー

(2) インフラドクターによる路面性状調査の概要

インフラドクターによる路面性状調査は、3次元点群データからわだち掘れ量、平坦性およびポットホールを検出し、高精細デジタル画像からはひび割れ率およびパッチングを検出する。これらの舗装の評価指数を算出する際、各種パラメータの設定と処理の実行命令を行う以外は、基本的には人の手を介することなく自動で解析が行われるようにシステムを構築している。図一4はインフラドクターによる路面性状調査の全体フローを表しており、3次元点群データによる空間周波数解析フェーズと路面画像による深層学習フェーズの2通りの処理が実施されることを示している。各フェーズで入力データを解析し、得られた路面性状値を統合することで最終的な舗装表面の調査結果を得ることができる。さらに、得られた結果は、インフラドクターの地図上において可視化することで、舗装補修の計画を立案する際の基礎資料として活用することができる(図一5)。

(3) 業務への適用実績

MMSによる路面性状調査は、2019年より首都高速道路の一部で実施されている。また、2018年4月に「空港舗装補修要領」が一部改訂され、MMSを用いた点検手法が明記されたことから、2019年より空港滑走路などの舗装においても路面性状調査を実施している(写真一2)。



図一五 路面性状調査結果の可視化



写真一 空港滑走路における路面性状調査の状況

5. インフラドクターによるトンネル点検

(1) トンネル点検に向けたMMSの改良

トンネル壁面に向けて高精細カメラを設置することでトンネル点検への適用を可能とした。また、高精細カメラにはひび割れ幅0.2mmまで検出可能なカメラを採用した。その結果、3次元点群データから浮き・剥離を検出し、高精細デジタル画像からひび割れを検出することが可能となった。

(2) 3次元点群データによる近接目視の代替方法

3次元点群データは既に述べた通り、浮き・剥離を検出することが可能である。また、インフラドクターには、3次元点群データを表示する機能の中に反射強度表示があり、この機能を用いることで、漏水跡を確認することも可能である。一方、高精細デジタル画像からひび割れのほか、付属物なども確認できる。このように3次元点群データと高精細デジタル画像を組み合わせることで、近接目視点検の代替手法として活用

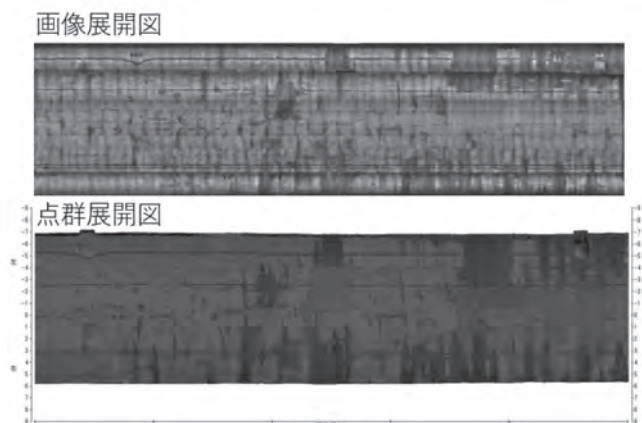
することが可能となった。さらに、3次元点群データと高精細デジタル画像で検出した損傷は、位置情報により一つの図面に落とし込むことが可能である(図一六)。

(3) 鉄道での実証実験

2018年9月に伊豆急行線、2019年1月に東急田園都市線の一部で実証実験を実施した。MMSを鉄道台車に積載してレーザスキャナや高精細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も、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。

(4) 伊豆急行線トンネル通常全般検査

前節2件の実証実験で鉄道トンネルへの適用性が確認できたため、2020年にインフラドクターによるトンネル点検を伊豆急行線のトンネル通常全般検査に導入した(写真一三)。インフラドクターによるトンネル点検では、これまでの目視点検に代わり、3次元点群データから浮きや剥離等の変状を、高精細デジタル



図一六 トンネル画像展開図と点群展開図



写真一3 トンネル点検用MMS

画像からひび割れ等の変状を抽出した。その後、各データから抽出した変状に対し、重点的に打音調査を実施することになる。インフラドクターを代替手法として適用した結果、従来の近接目視点検に相当する検査日数は約8割減少し、検査費用についても約4割減少した。打音調査が必要な箇所は絞込みについては、最大でトンネル壁面の約7割が打音調査不要という結果が得られたトンネルもあった。

点検記録として必要なトンネル壁面の展開図などは、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を図ることができる。また、位置情報とも連動した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ことで、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見込まれる。

6. まとめ

3次元点群データと高精細デジタル画像を組み合わせた構造物点検は、従来手法と同等の精度で実施できることを確認した。インフラドクターによる路面性状調査では、解析作業において基本的には人の手を介することなく自動で行われるようにシステムを構築し

た。インフラドクターによるトンネル点検では、特にトンネルの打音調査箇所の絞り込みに有効であった。また、点検記録においても計測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を図ることができる。これらにより、3次元点群データを活用した構造物点検では、点検作業の効率化およびコストの削減も可能となった。

7. おわりに

インフラドクターは首都高速道路などの道路構造物の維持管理にとどまらず、これまでの開発・検証結果から鉄道や空港の維持管理にも適用が可能であることが分かった。今後、モニタリング・センシング技術は、組み合わせ次第で様々な点検の代替手法になり得ると考えられる。インフラドクターでは、今後も3次元点群データを活用した社会に役立つ維持管理手法を検証し、特に構造物点検への適用拡大を目指していきたい。

謝 辞

最後になりますが、実証実験に協力していただいた東急(株)、東急電鉄(株)および伊豆急行(株)の皆様には誌面を借りて心より感謝の意を表したい。

JICMA

《参考文献》

- 1) 永田佳文、津野和宏：MMS点群データを活用したインフラマネジメント、建設機械施工、Vol.68、No.8、pp28～33、2016.8
- 2) 永田佳文、川村日成、高橋洋二、白石宗一郎、石田哲也、水谷司：MMSを用いた舗装の評価手法、月刊「舗装」、2019年6月
- 3) 森友峰、岩瀬祐人：「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、建設機械施工、Vol.73 No.6

【筆者紹介】

得能 智昭 (とくのう ともあき)
首都高技術(株)
インフラデジタル部 インフラドクター課
課長代理

