

現地レポート：データ活用によるインフラマネジメント

首都高速道路のスマートインフラマネジメントシステム i-DREAMs®

土橋 浩・長田隆信・神田信也

1. はじめに

首都高速道路は、長大橋梁、高架橋やトンネル等の構造物の比率が95%と高いことに加え、総延長約320kmのうち40年以上を経過した路線が全体の約40%、30年以上を経過した路線が60%以上と構造物の高齢化が進んでいる。

このように高度経済成長期以降に集中的に整備されたインフラの高齢化が急速に進むなか、少子高齢化にともなう生産年齢人口の減少により、インフラの維持管理などを担う技術者が、将来不足することが懸念されている。

そこで、近年目覚ましい進歩をとげているICT（情報通信技術）、AI（人工知能）、IoT、ロボット技術などを積極的に活用し、維持管理の生産性の向上を図ることにより、持続可能なインフラを実現するスマートインフラマネジメントシステム

(i-DREAMs：intelligence-Dynamic Revolution for Asset Management system)を開発した。首都高速では2017年度からその運用を開始している。

2. インフラマネジメントシステム

i-DREAMsは、図-1に示すように調査・設計（DIM）、施工（CIM）、維持管理（MIM）のプロセスにおける、各種データ（属性情報）をつなげ、統合することにより、効率的な維持管理を実現するシステムである。

具体的には、GIS（地理情報システム）をベースとするプラットフォームに、各プロセスで得られる属性情報を統合する。加えて、MMS（モバイルマッピングシステム）で取得した3次元点群データ、画像解析やAI等を活用することにより、総合的な分析・判断が可能となり、構造物の劣化

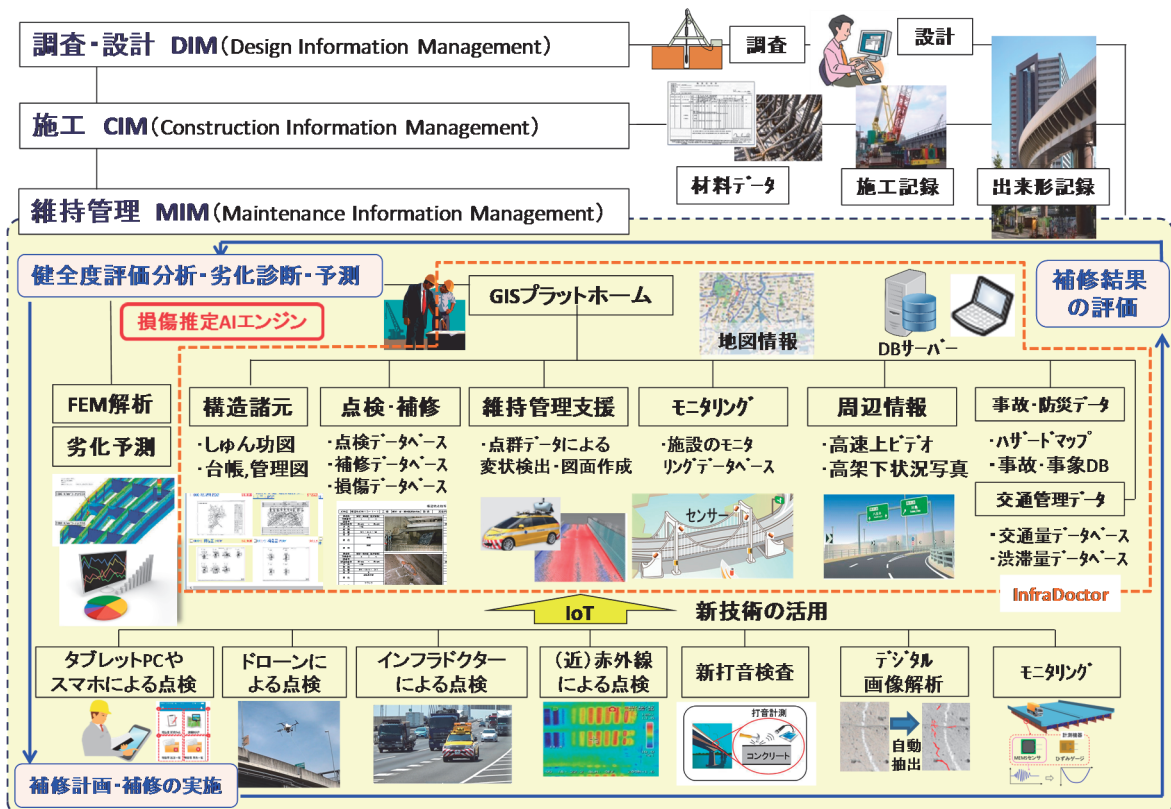


図-1 i-DREAMs® 全体概要図

や損傷の「見える化」が図られる。このようなメンテナンスサイクルをスパイラルアップすることにより、高度なインフラのマネジメントが実現される。

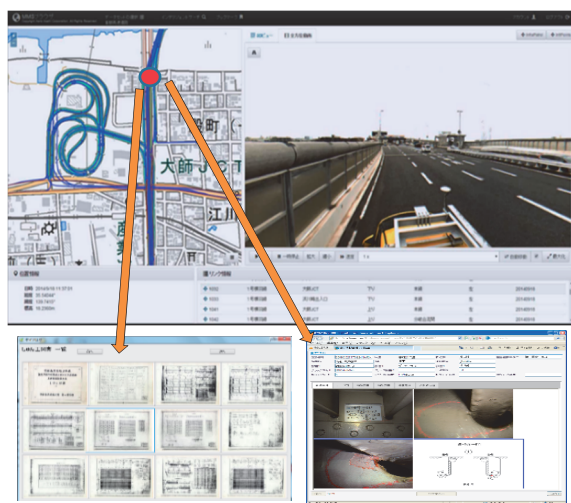
以下に i-DREAMs の中核技術となる InfraDoctor（インフラドクター：図-1の赤点線部）について記述する。

3. InfraDoctorによる維持管理

InfraDoctorは、GISをベースとするプラットフォームに各種台帳を統合し、構造物の状況を管理するとともに、3次元点群データを活用することにより効率的な維持管理を支援するシステムである。以下に主な機能を示す。

3.1 GISプラットフォームからの迅速な検索

従来の維持管理システムは、紙ベースのデータを電子化し、検索機能を追加したものに留まっていた。今回、図-2に示すように、GIS上にデータを統合することで、地図上から指定した構造物の図面や点検・補修履歴データを同時または瞬時に検索することが可能となった。



図面データ 点検・補修データ
図-2 GISプラットフォーム動作画面

3.2 システム上から現地調査・測量

図-3に示すMMS（Mobile Mapping System）を用いて交通を規制することなく、道路を走行しながら効率的に3次元点群データや周辺の映像を取得し、GIS上で現場を確認することができる。点群データを構成する各点の座標は、測量と同じ精度を有している。図-4に示すように道路幅員等、指定した任意の箇所の寸法を正確に計測することができる。また、図-5に示すように道路の建築限界もシステム上で確認が可能である。

これにより、従来、交通規制して測量を実施し、現場の状況を確認していた業務等が、システム上で全て行うことが可能となり、これまでの手法と比べて1/10程度まで削減することが見込める。



図-3 MMS（Mobile Mapping System）



図-4 3D寸法計測（道路幅員）



図-5 道路建築限界の確認

3.3 2Dおよび3D図面の作成

3次元点群データから構造物の輪郭線、平面、曲面を自動抽出する機能を装備した。これにより、図面が無い構造物や、個別に構造物の図面はあるものの、全体が統合された図面が無い構造物に対して、図-6や図-7に示すように容易に2Dあるいは3Dの図面を作成できるようになった。

また、FEM（Finite Element Method）等のモデルも3D図面から簡単に作成でき、高度な解析技術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繋げることが可能となる。

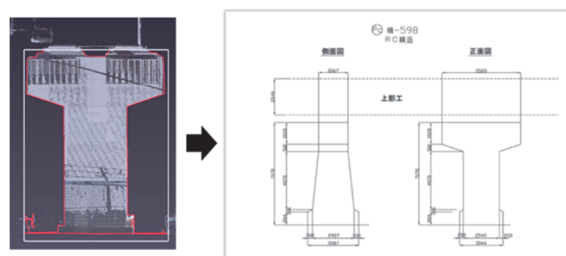


図-6 2D図面作成

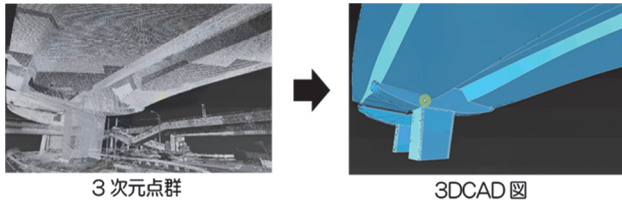


図-7 3D図面作成

3.4 3次元空間上での各種シミュレーション

3.4.1 設計シミュレーション

補強設計においては、部材を3Dでモデル化し、図-8に示すように3次元点群データの空間に重ね合わせることで、既設構造物と補強部材の干渉や配置検討、現場での部材設置時の取り回し検討などが可能となる。これにより、現場の状況を踏まえた設計が実現され、設計の品質向上に加え手戻りの削減など大幅な設計の効率化が図れる。



図-8 設計シミュレーション（補強時の部材配置検討）

3.4.2 施工機械シミュレーション

図-9に示すように予め準備した施工機械の3Dモデルのツールを用いて、3次元点群データの空間で容易に施工機械の動的シミュレーションが行える機能を開発した。これにより、現場状況に適した重機の選定、配置位置、周辺構造物との干渉について事前に確認でき、現場作業における安全性の確保や手戻りを最小化することができる。

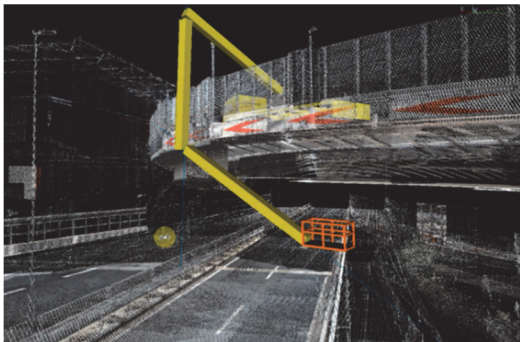


図-9 施工機械シミュレーション（橋梁点検車の例）

3.4.3 交通規制シミュレーション

3次元点群データ上で、パイロン等の規制資材を規定されたルールに基づき半自動で配置するこ

とにより、図-10に示すような交通規制シミュレーションを容易にできる機能を開発した。これにより、運転者の視点から、事前に適切な規制計画か否か確認することが可能となる。

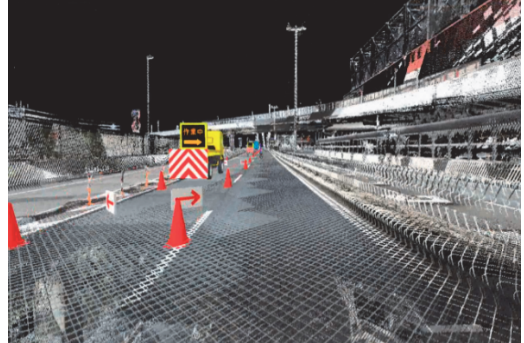


図-10 交通規制シミュレーション

3.5 構造物の変状検出

点群データから構造物の基準面を作成し、その基準面から個々の点との差分を求めることで変状を検出する機能を開発した。これにより、コンクリートの浮き・剥離損傷等の早期発見や点検の一次スクリーニングを実用化し、点検業務の高度化、効率化が図られる。図-11に、近接目視点検により発見されたコンクリート剥離箇所に対して、MMSにより取得した点群データで、変状検出の可能性について検証を行った。この結果、壁面から3~7mm程度コンクリートが剥離している状況であったが、点群データからも同様の変状を検出することができ、その有効性が確認できた。

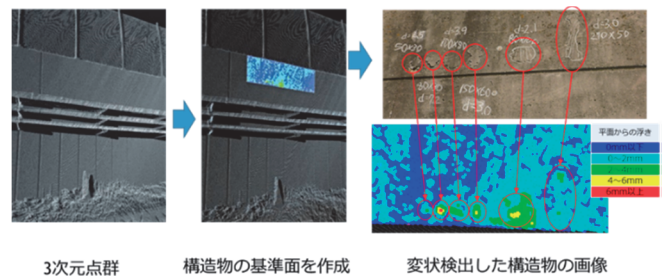


図-11 コンクリートの剥離の変状検出

3.6 舗装の損傷評価から補修計画作成の自動化

図-12に舗装補修計画フローを示すが、舗装点検、損傷ランク判定から補修費用の算出までを自動化するシステムの開発・検証を現在進めている。

点群データから舗装のわだち掘れ量や平坦性を自動計算するとともに、局所的なポットホールについても自動検出する。図-13に示すように、道路の走行方向の点群データから得られる断面形状を波形とみなし、空間周波数分析を行うことで、一定以上の成分となるポットホールを検出する。

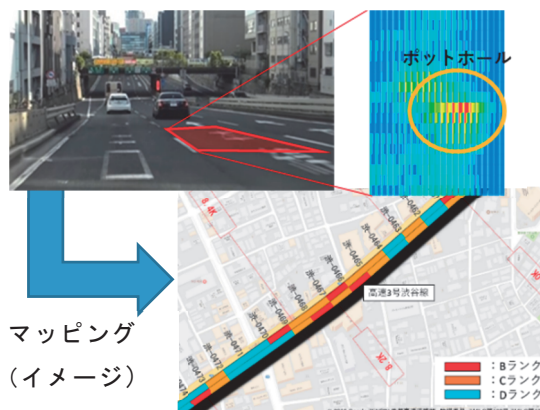
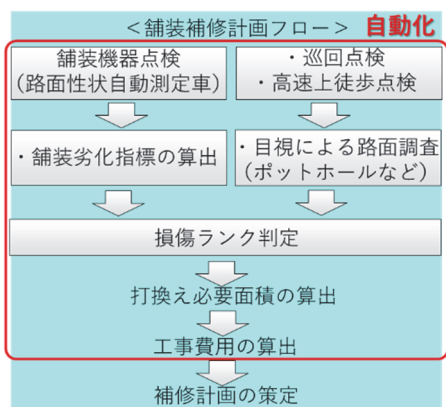


図-12 舗装の損傷ランク判定から補修計画作成までの自動化システム

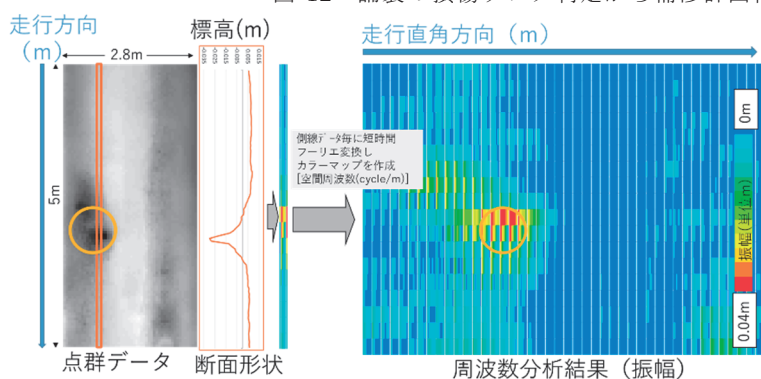


図-13 ポットホールの自動検出
(開発者：首都高技術(株)、東京大学)

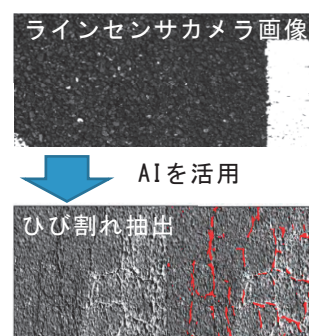


図-14 ひび割れの自動検出
(開発者：首都高技術(株)、朝日航洋(株))

また、舗装のひび割れについては、MMSにラインセンサカメラを搭載し、取得される画像からAIを用いて図-14に示すように自動検出する。これらの結果からMCI（舗装の維持管理指数）等を自動算出して、損傷ランクの判定から補修が必要な範囲を抽出し、補修計画策定までのプロセスを自動化することができる。

以上のとおり、点群データと画像処理技術により、舗装の損傷状況を従来の手法より精度よく効率的に把握し、補修計画までを自動的に作成できることから生産性の大幅な向上が可能となる。加えて、これらの詳細なデータを蓄積・分析していくことで、損傷のメカニズムの解明にも繋げることも期待される。

4. おわりに

本システムは、国内外問わず、また道路に限らずインフラの維持管理に適用できる可能性を有す。GISと3次元点群データを活用したInfraDoctorは、共通のコミュニケーションツールの一つになるものと考えている。今後、精度や効率性等を検証し、点検手法、基準、体制等の見直しを検討したい。

参考文献

- 1) 長田隆信ほか：首都高速道路における巡回点検の高度化（インフラパトロール）、オフィス・スペース、土木施工、Vol.59、No.7、pp.62～65、2018
- 2) 土橋浩ほか：首都高速道路の新しいスマートインフラマネジメントシステム、日本コンクリート工学会、コンクリート工学、Vol.56、No.1、pp.25～29、2018

土橋 浩



首都高速道路(株)執行役員、
博士(工学)
Dr. Hiroshi DOBASHI

長田隆信



首都高速道路(株)保全・交通部
点検・補修推進室 点検推進課
担当課長
Takanobu OSADA

神田信也



首都高速道路(株)保全・交通部
点検・補修推進室 点検推進課
係長
Shinya KANDA