

特集 >>> 地域交通, スマートシティ, 自動運転

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[®]

維持管理の大幅な生産性向上を実現

長 田 隆 信

高齢化した膨大なインフラの確実な維持管理への要求に対し、それを担う技術者不足が大きな社会問題となっている。このため、ICT（情報通信技術）等を活用し、点検の効率化・高度化を図るとともに、適時・適切な補修・補強を可能とするインフラマネジメントシステムの構築が必要である。本稿では、運用を開始したシステムについて紹介する。

キーワード：GIS プラットフォーム、3次元点群データ、3D モデル、維持管理

1. はじめに

首都高速道路は、維持管理に手間のかかる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50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社会インフラの高齢化が急速に進むなか、生産年齢人口の減少に伴い、インフラの維持管理などを担う技術者の数が減少することが懸念されている。

そこで、当社では、近年目覚ましい進歩をとげている

ICT（情報通信技術）等を積極的に活用し、維持管理の生産性の向上を図ることで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）（以下「本システム」という）のビジョンを定め、2017年度より運用を開始しているところである。

2. インフラマネジメントシステム

当社では、ICT（情報通信技術）を活用し、さまざまな情報をIoT（Internet of Things）により有機的に連携し、課題の見える化、AI（人工知能）の活用、

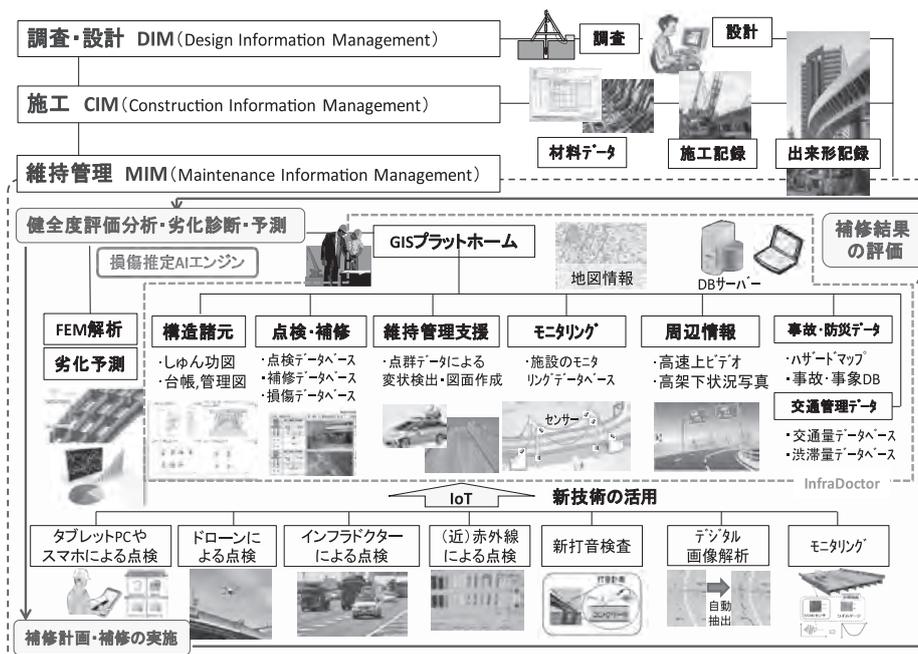


図-1 本システム全体概要図

複眼的な判断により、ライフサイクルコストを最適化し、持続可能なインフラを実現することが可能となるスマートインフラマネジメントシステムを開発した。

図-1に全体概要図を示す。

本システムは、調査・設計 (DIM)、建設 (CIM)、維持管理 (MIM) のプロセスにおいて様々な判断に資するデータを速やかに確認できる等、維持管理業務をトータルに支援するシステムである。また、点検データ、センシングデータや交通量等の環境条件データを含めて蓄積されたビッグデータからAIによる機械学習を通して損傷の推定をより効率化することで、適時適切なインフラの維持管理が可能となる。

さらに一連のプロセスで得られる情報を再度蓄積することで、維持管理サイクルのスパイラルアップに繋げることができる。

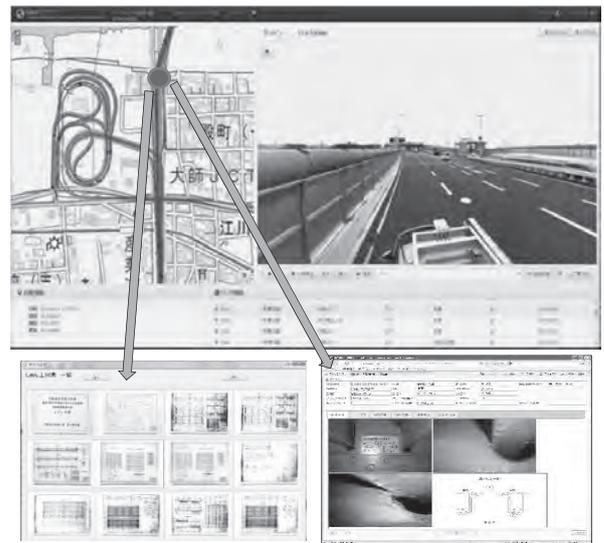
ここでは、CIM (Construction Information Modeling) を設計段階 (DIM)、施工段階 (CIM) に区分している。続いて、本システムの中核技術で、インフラの維持管理業務の生産性を飛躍的に向上させる InfraDoctor (インフラドクター：図-1の中央点線範囲) について紹介する。

3. InfraDoctor による維持管理

InfraDoctor は、図-2に示すようにGIS (地理情報システム) プラットフォームにて各種台帳を統合管理するとともに、3次元点群データの活用により維持管理計画作成を支援するシステムである。

(1) GIS プラットフォーム

従来、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維持管理システムを、図-3に示すように、GIS プラットフォーム上で統合することで、構造物の図面や点検・補修履歴のデータを同



図面データ 点検・補修データ

図-3 GISプラットフォーム動作画面

時または瞬時に検索することが可能となった。

(2) 3次元点群データの取得

GISプラットフォームには、図-4に示すMMS (Mobile Mapping System) 等で、図-5に示すような3次元点群データを取得し、連携させている。MMSは交通規制を行うことなく、一般車両と同じ速度で道路を走行しながら効率的にデータ収集することが可能である。



図-4 MMS (Mobile Mapping System)



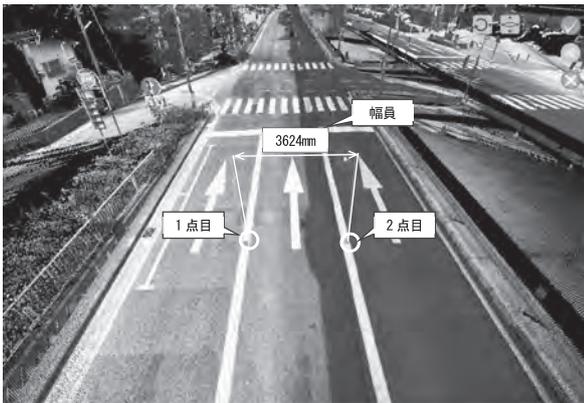
図-5 MMSで取得した点群データ



図-2 InfraDoctorシステム概要図

(3) 3D 寸法計測

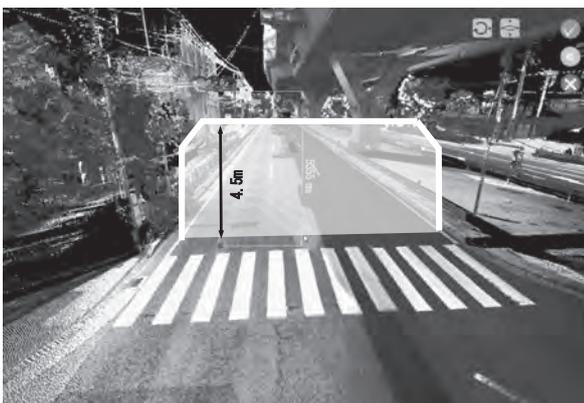
道路構造物の補修や補強の設計，点検や工事の施工計画の立案等の維持管理業務において，道路幅員や構造物の各種寸法を正確に把握することが求められる。点群データを構成する各点は，それぞれが測量と同じ精度を持っているため，これを利用することで正確に寸法を計測することができる。図一6，7に，道路幅員計測や高さ計測の事例を示す。これらの寸法計測機能を応用することで，図一8のような道路建築限界の確認もシステム上で行うことが可能となる。



図一6 3D 寸法計測 (道路幅員)



図一7 3D 寸法計測 (高さ)



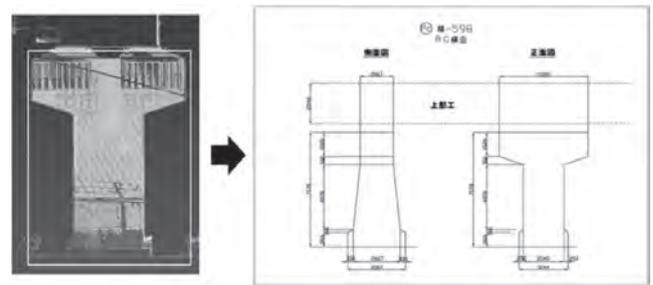
図一8 道路建築限界の確認

このように，従来では現場に赴き，目視による確認と簡易な測量を行っていた現場確認業務がシステム上で全て行うことが可能となり，従来手法と比べて1/10程度まで縮減することができる。

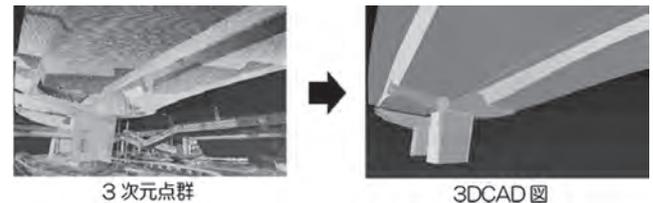
(4) 2D 及び 3D 図面の作成

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実装した。これにより，図面の無い構造物や，個別の図面はあるものの，統合された図面が無い構造物に対して，図一9や図一10に示すように2Dや3D図面を容易に作成することができるようになった。

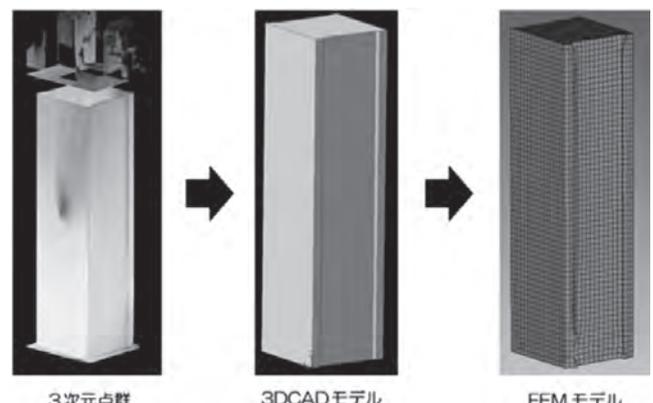
特に3D図面の作成が容易となったことから，図一11に示すようなFEM (Finite Element Method) モデルも簡単に作成でき，高度な解析技術と組み合わせることで，的確かつ効率的な構造物の劣化診断・予測へと繋げることができる。



図一9 2D 図面作成



図一10 3D 図面作成



図一11 FEM モデル作成

(5) 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によって変状を検出する機能を実装した。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スクリーニング点検を実用化し、点検業務の高度化が図られる。図-12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おいて、点群データをMMSにより取得し、どの程度までの変状が検出できるか検証を行った。その結果、コンクリートの剥離は、壁面から3~7mm程度突出している状況であったが、点群データから変状として検出することができ、有効性を確認できた。今後は、画像解析技術等との組み合わせることで、より高度な変状検出に繋げていきたいと考えている。

また、MMSから測定距離が一定で、精度の高く安定した点群や画像データが取得できる舗装を対象に、図-13に示すような損傷ランク判定から補修費算出までの自動化に向けて、システムの開発・検証を進めている。

特に、点群データを用いることで、わだち掘れ量や平坦性については、従来手法より精度よく効率的に算出できることに加え、局所的なポットホールも自動抽出することができる。また、画像診断技術を組み合わせることで、ひび割れも自動抽出することができ、これらの詳細なデータを蓄積・分析していくことで、ポット



3次元点群 構造物の基準面を作成 変状検出した構造物の画像
図-12 コンクリートの剥離の変状検出

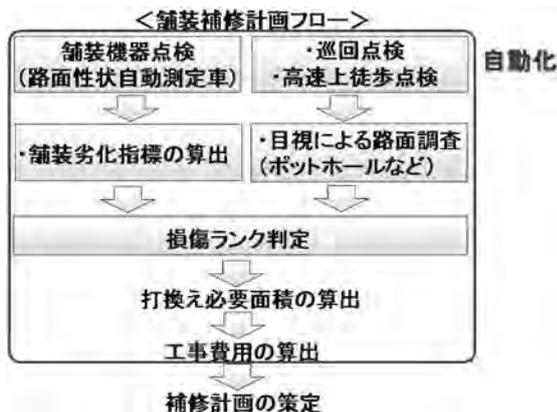


図-13 舗装マネジメントシステム (赤線部を自動化予定)

ホール等の局所的な損傷の劣化メカニズムの解明にも繋げることができる。

(6) 交通規制シミュレーション及び協議図作成

工事等により交通規制を行う際、3次元点群データ上で、パイロン等の規制資材を定められているルールに基づき半自動で配置し、図-14に示すシミュレーションを容易にできる機能を実装した。これにより、運転者の視点から、事前に適切な規制かチェックが可能である。



図-14 交通規制時のシミュレーション

また、このシミュレーションした3Dデジタルデータを、半自動で平面に投影した協議用規制図を効率的に作成できる。

(7) 点検車シミュレーション

これまで、橋梁点検車や高所作業車等の重機を使って構造物点検作業を行う際には、対象となる現場のしゅん功図や写真により事前検討を行ったうえで、現場にて現況に合わせながら作業を行ってきた。そこで、図-15に示すように、用いる重機の事前検討をシステム上で行えるよう橋梁点検車両等を予め3Dモデル化し、点群データ上で容易に動的シミュレーションを行う機能を実装した。これにより、最適な点検車



図-15 橋梁点検車シミュレーション

の選定、配置場所の確認、周辺構造物との干渉チェックを事前に行うことができる。

(8) 設計シミュレーション

既設構造物の補強設計を行う場合、対象構造物周辺の支障物の有無を含めた現場状況の確認を行い、測量したうえで補強図面の作成を行っていた。図—16に示すように、点群データをベースとして使用することで、システム上で既設構造物と補強部材の配置検討や現場での部材設置時の取り回し検討などが可能となる。



図—16 補強設計時の部材配置検討

(9) 点検新技術やモニタリング技術との連携

タブレット等による点検、ドローンやロボットを用いた点検、AIを用いた新打音検査、デジタル画像解析によるひび割れ自動抽出等、効率的に点検することができる新技術の開発も目覚ましく進んできている。これらの新技術や構造物に設置されたセンサーから得られるモニタリングデータをIoTを活用して統合していくことで、よりリアルタイムに近いデータとして、維持管理に繋げることが可能となる。

4. 総合防災情報システム

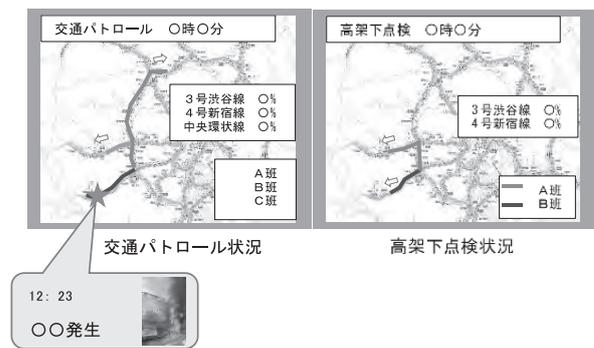
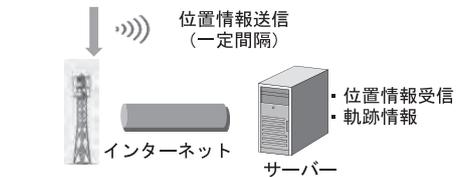
首都直下地震などに備え、災害時の情報収集や共有、配信に加えて、復旧計画を含めた速やかな道路啓開を可能にする総合防災情報システムを2018年度の運用開始を目指して本システムのプラットフォームに搭載すべく開発を進めている。

総合防災情報システムは、図—17に示すように道路啓開優先路線やハザードマップ等の基本情報と点検進捗や現場状況を確認できるリアルタイム情報で構成される。

リアルタイム情報としては、図—18に示すように、路線ごとの交通パトロールや高架下点検の進捗状況を確認できるとともに、発見された損傷の内容（位置、



図—17 総合防災情報システムの構成



図—18 交通パトロール等の進捗確認機能

状況、写真)、また復旧に至るまでの情報を搭載していく予定である。

5. 今後の展望

今後建設する構造物には、維持管理段階で得られた知見を反映し、より高耐久で維持管理性の優れた構造物としていく必要がある。そのためにも、設計から施工、維持管理に至るまでの段階で密な連携が図れるよ

うに、点群データを共通ツールとする等の仕組みを整備していくことが望まれる。例えば、完成時には確認が難しくなるコンクリートの配筋状況を、点群データを用いて施工管理し、鉄筋の詳細位置が分かるデータを維持管理へ引き継ぐことができれば、構造物の補修・補強を行う際の非常に有効な情報とすることができる。

6. おわりに

膨大なインフラの高齢化、技術者不足といった問題に対して、首都高速道路では維持管理業務の生産性の向上を図るために、スマートインフラマネジメントシステム(i-DREAMs)の運用を開始した。これにより、計画・設計段階から施工、維持管理段階までの全体のプロセスがシームレスにシステム上で繋がり、維持管理段階で得られた知見を設計にフィードバックする等の仕組みが出来上がった。また、MMSにより高精細

な点群データを取得・活用等、現場作業の効率化を図ることで安全性の向上ならびに交通規制回数の減少に伴う社会的損失の削減にも繋げることができる。

本システムは、国内外を問わずインフラ構造物の維持管理に適用できる可能性を有しており、特にGISと3次元点群データを活用するInfraDoctorの技術は、共通のコミュニケーションツールのひとつになるものと考えている。

今後も、本システムi-DREAMsの取り組み状況について、様々な機会を通じて報告していく予定である。

JICMA

【筆者紹介】

長田 隆信 (おさだ たかのぶ)
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

