

貝戸 清之 *Kaito Kiyoyuki*

大阪大学 大学院工学研究科 准教授
2019～2022年度 RISTEX 政策PG 研究代表者

橋梁、トンネル、道路舗装、上下水道などのインフラの老朽化が社会問題化する中で、インフラの補修や更新を行うマネジメント政策の重要性が高まっている。大阪大学大学院工学研究科の貝戸清之准教授は、長年の点検を通じて蓄積したビッグデータを用いたデータサイエンス技術によってインフラの補修・更新時期を予測する手法を開発した。さらに、ライフサイクル費用評価の活用によって老朽化インフラのマネジメント政策を形成するためのプロセスを構築。日本国内の公共インフラへの実装だけでなく、発展途上国のインフラ整備でも貢献が期待されている。

特集

OVERVIEW

ビッグデータでインフラ補修時期を予測 マネジメント政策の形成を国内外で支援

ベテラン技術者の減少に対応 現場のノウハウを「見える化」

日本では、高度成長期に建設されたインフラの多くが補修・更新時期を迎えつつあり、10年後には、道路・橋梁の約6割、トンネルの約4割、水門などの河川管理施設の約6割が建設後50年以上経過する。米国では、1930年代にニューディール政策の下で建設された橋梁が70年代に落橋する事故が多発したことから、日本でも老朽化インフラ問題が懸念されるようになってきている。

米国の橋梁落橋事故の大半は、適切な維持管理が行われてこなかったことが原因で、定期的な点検を行っている日本とは事情が異なる。しかし、今後は日本でも維持管理の予算やベ

テラン技術者を中心とした人員の減少が予想されている。「そのため、センサー・ドローン・ICT・AIなどの革新技術を活用しつつ、老朽化インフラの効率的なマネジメント技術を開発するとともに、科学的エビデンスに基づいて適切なマネジメント政策形成を行う手法を確立することが喫緊の課題です。これが、私の研究テーマとなっています」と語るのは、大阪大学大学院工学研究科の貝戸清之准教授だ。

貝戸さんは、博士後期課程への進学をきっかけに橋梁の維持管理の研究を始めた。在学中に、ニューヨーク市職員のボジダール・ヤネフ博士の橋梁マネジメントに関する講演に感銘を受け、博士課程を修了後、恩師とヤネフ氏の縁でコロンビア大学の客員研究員となり、目視点検データを用い

た統計分析による劣化予測技術の研究を進めた。そこでの研究成果を生かすために、2001年に民間コンサルタント会社に入社し、鉄道橋などの目視点検や劣化予測などを行ってきた。

貝戸さんの研究コンセプトは、現場の「暗黙知」の「形式知」化だ。言い換えると、ベテラン技術者の頭の中にある知見やノウハウを「見える化」することである。日本では、力学的な検討により大規模建造物の寿命を予測する研究は行われてきたが、膨大な点検データから統計的に寿命や補修時期を予測する取り組みは依然道半ばの状況にある。しかも、点検作業は亀裂やさびなどの異常を見つけることに主眼が置かれており、異常なし、つまり「健全」な点検データは使われることなく死蔵されてきた。

この正常な点検データこそがカギだと貝戸さんは強調する。全てのデータを統合的に分析することで、劣化予測を高精度化することが可能になるからだ。この方法を確立することで、効率的なインフラ管理を行うための「科学的エビデンスに基づく政策形成(EBPM)」に貢献し、補修・更新の経済的合理化と利用

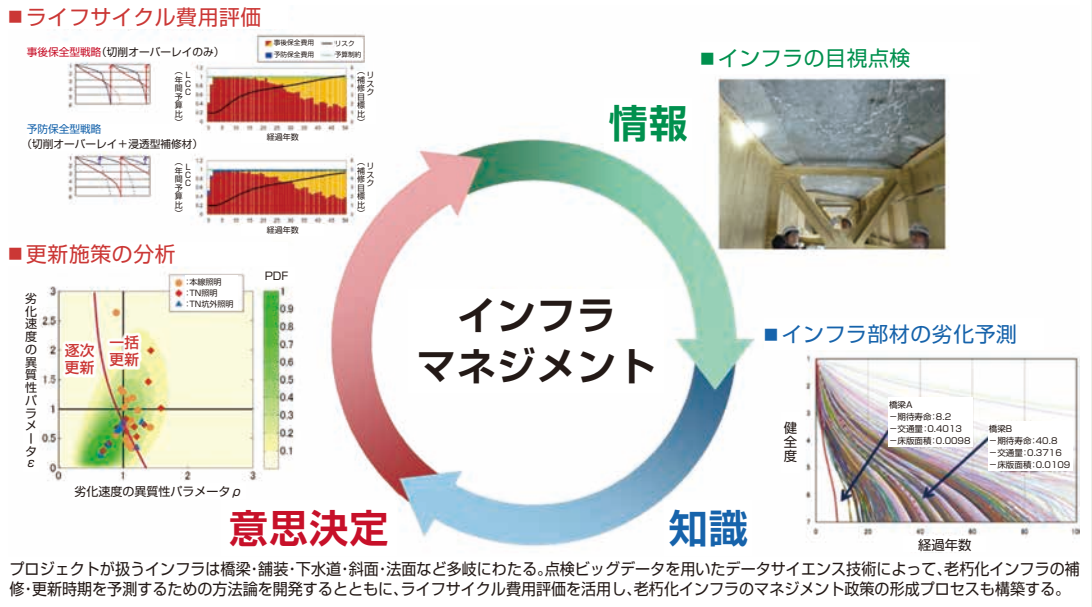
者の安全・安心の確保につながる。さらに、ベテラン技術者の暗黙知を若手技術者に伝えるナレッジマネジメントにも役立つという。

笹子トンネル事故がきっかけ 国が老朽化総点検に乗り出す

貝戸さんは、現場での経験を研究に生かすために、07年に大阪大学大学院工学研究科附属フロンティア研究センターの特任講師になった。そして、西日本高速道路(NEXCO西日本)、阪神高速道路、国土交通省近畿地方整備局、大阪市などとインフラの劣化予測、補修・更新予測といったテーマの共同研究を推進してきた。そうした中、12年12月に中央自動車道の笹子トンネルで老朽化した天井板が崩落する事故が発生した。多くの死傷者を出したこの事故をきっかけに道路インフラのあり方が注目され、国が全国の公共土木施設を対象とした老朽化総点検に乗り出した。

総点検では、①健全②予防保全③早期措置④緊急措置の4段階に評価され、緊急性の高い④から補修が始まった。しかし、④の評価箇所の補修だけでも膨大な費用と時間を要するため、その間に②・③の箇所が悪化する

図1 プロジェクトが取り組むインフラマネジメント



ることも懸念された。こうした課題に対し、貝戸さんが開発してきた統計的分析手法を導入すれば、構造物1つ1つの点検データを基に、それぞれの劣化予測曲線を描くことができる。

しかも、橋梁や下水道管などの「人工公物」だけでなく、河川堤防や道路の路盤、山を開削した法面といった「自然公物」の評価にも適用できる手法だ。貝戸さんは、そうした社会的意義をふまえて、老朽化インフラの統合的マネジメントを検討するプラットフォームの構築を目標とした「科学的エビデンスに基づく社会インフラのマネジメント政策形成プロセスの研究」でRISTEXに採択された(図1)。

大阪市下水道管を統計分析 約11.5万本の劣化予測を達成

プロジェクト開始にあたり、貝戸さんは「目視点検データに基づくインフラの劣化予測」「ライフサイクル費用最小化に基づく投資優先順位の決定」などをテーマに掲げた。そして、開発した要素技術を有機的に連動させた「統合リスクマネジメント」という新分野の創出を研究目標とした。具体的には、公共事業体や地方自治体のインフラ管理者と複数のプロ

ジェクトを立ち上げて、それぞれの現場で求められている技術の開発を目指した。

その成果の1つが、大阪市と連携して実施した下水道コンクリート管渠の老朽化ビッグシミュレーションだ。貝戸さんは、大阪市の下水道コンクリート管渠のうち、目視点検データが蓄積されている約5万本の点検ビッグデータに加え、点検未実施の約6.5万本の管渠を含めた約11.5万本の統計的劣化予測を行った。その結果、コンクリート管の期待寿命が約82.2年と予測することができたが、管ごとのばらつきが大きいことも判明した。特に、海に近い地域から劣化が進んでいることも明らかになった。

研究チームは、点検データのない約6.5万カ所のコンクリート管についても、地域特性や地質などの要素を係数化して織り込むことで劣化予測を実現した。判明した全コンクリート管の統計的劣化予測を地図上に色付けして落とし込んだのが「下水道管渠マネジメントマップ」である(図2)。この地図では、現状の劣化状況だけでなく、10年後、20年後、さらにその先の劣化予測も表示できる。エリアごとの詳細表示も可能で、一目で劣化状況がわかる。

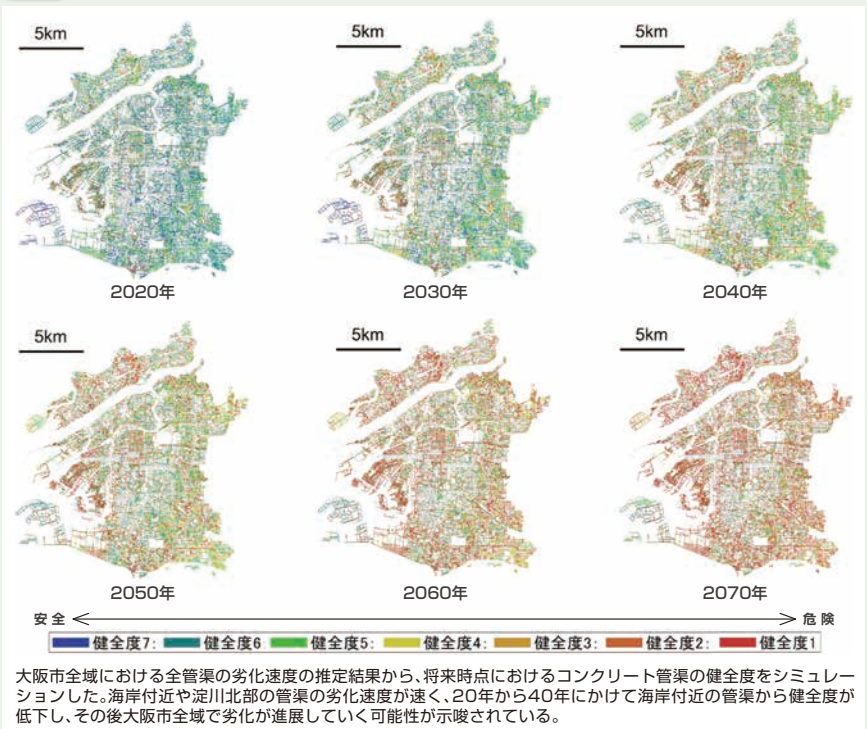
「このマップにより、例えば今後の補修・更新について地区住民の合意を得ながら計画を立てやすくなるでしょう。予算作りの面でも、毎年どの程度の補修・更新を行えば下水道機能を維持できるかという分析・評価も可能です」と貝戸さんは語る。現在、大阪市では下水道管総延長を一定の割合で毎年更新している。仮に、毎年の更新延長を縮小すると、コンクリート管の破損リスクが極端に跳ね上がる。今回の研究結果では、こうした更新の適正規模も確認できた。インフラ政策の妥当性の評価ツールになり得るものとして、活用に期待が高まる。

道路法面の管理手法を開発 土砂災害の予知・予防手段に

貝戸さんは「自然公物」の維持管理においても注目の成果を上げています。高速道路などでコンクリート盤や吹き付けなどの構造物が施工される斜面・法面は、表面のコンクリート壁の健全性だけでなく地山の変化がもたらす影響が大きいと、ベテランの技術者でも異常検知や劣化予測が難しい。それが想定外の場所が崩落するなど多くの事故につながってきた。土砂災害を防ぐには、高精度な異常検知技術を開発し、いかに早く対策を講じるかが焦点となる。

貝戸さんは国土交通省近畿地方整備局と連携し、従来の目視点検データに替わるものとして「点群データ」の利用を提案した。この点群データに対してAI技術を活用して分析することで、異常検知を行う「3次元点群データを活用した道路土工構造物の維持管理手法」を開発・検証し

【図2】 大阪市全域の下水道管渠老朽化ビッグシミュレーション



た。この手法では、コンクリート壁に現れるミクروسケールの異常だけでなく、地山の変化を含めたマクروسケールの異常も検知できるため、土砂災害などを予知・予防する有力な手段として注目されている(図3)。

その他にも、貝戸さんは18年から国際協力機構(JICA)と連携し、ミャンマーの生活基盤インフラ整備プロジェクトに加わり、簡易舗装道路の劣化予測を行ってきた(図4)。しかし、ミャンマーの膨大な簡易舗装道路のうち、点検データが記録されている

道路はわずか12路線だった。これらの分析結果を基に、舗装面に影響を及ぼす大型車交通量や降水量などのデータを係数化して統計分析に導入することで、他地域の道路の劣化予測を算出できるようにした。この時開発した手法が、大阪市の全下水道管の劣化予測を可能にしたという。

各省庁の管轄の壁を越え推進 統合的マネジメントの実装へ

今後、経済成長などによりインフ

【図3】 レーザースキャナーとAI技術を活用した道路法面の異常検知



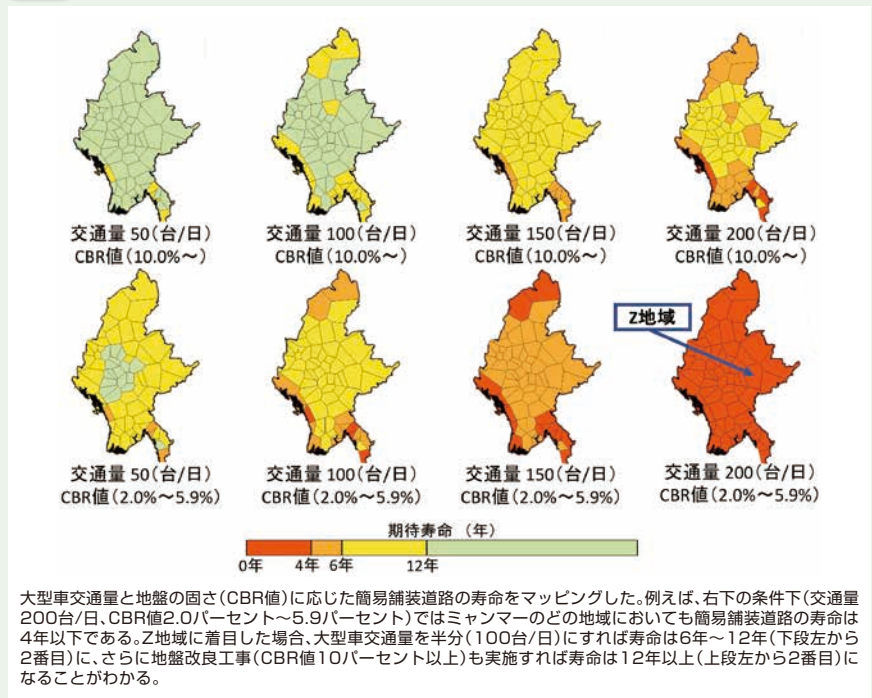
自動車で搭載したレーザースキャナーで法面の点群データを収集し、AIによるビッグデータ分析なども活用することで、斜面・法面の局所的な異常を検知する手法を開発した。面的なデータ収集・分析により、異常が確認された箇所での地山の変化などを推測できる可能性がある。

ラ整備が進む発展途上国では、インフラマネジメントの重要性がますます高まっていく。そうした仕事を担う人材を育成するため、貝戸さんの研究室ではエチオピア、ネパール、カンボジアなどから7人の長期留学生を受け入れている。他方、日本の学生もインドネシアを研究フィールドに選ぶようになったと貝戸さんは笑顔を見せる。「こうした国際的な研究交流から、アセットマネジメントにおける新たな価値創造が期待できると思っています」。

今回のプロジェクトを通じて、点検データに基づく「統計的劣化予測の開発」というデータサイエンスにより、社会インフラマネジメントの革新を図ることが可能であることが実証された。この成果は、下水道施設、高速道路、橋梁などの現場のマネジメントに活用され、インフラマネジメント施策に関する意思決定に大きな影響を与えるなど政策決定に貢献している。22年には研究成果の発展として、国土交通省の「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」プログラムに、23年には研究成果の社会実装として、内閣府SIP「スマートインフラマネジメントシステムの構築(EBPMによる地域インフラ群マネジメント構築に関する技術)」にそれぞれ採択された。

23年9月には、RISTEX「SDGsの達成に向けた共創的研究開発プログラム」(シナリオ創出フェーズ)で「科学的根拠に基づくPPP/PFI道路インフラマネジメント手法の構築と社会実装」にも採択されている。新プロジェクトにおいて貝戸さんは、国内の老朽化した道路インフラを官民連携(PPP/PFI)で進める事業に貢献するための最適維持管理手法や事業導入効果の定量的評価手法を開発し、それらの社会実装を目指している。「愛知県の有料道路をフィールドとして評価手法を開発し、官民連携の普及・定着に向けた事業シナリオづくりにまで踏み込んで取り組みま

図4 ミャンマーの簡易舗装道路の劣化予測

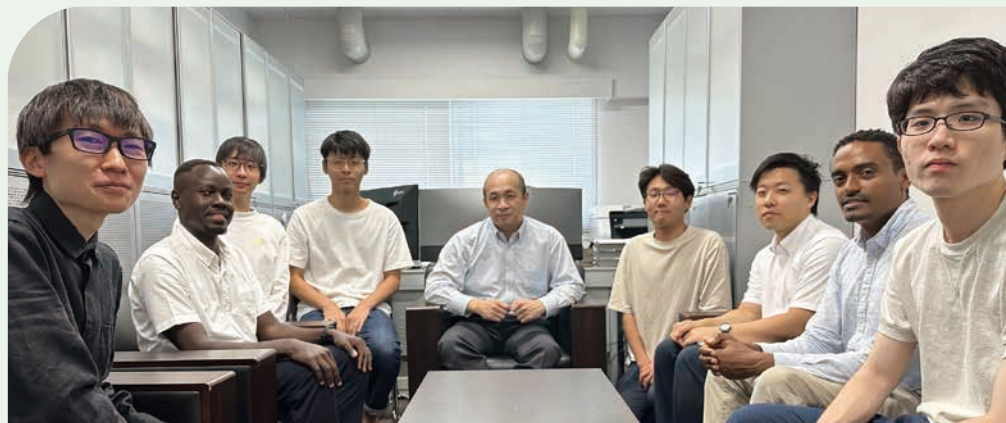


す」と今後の抱負を語る。

将来的なインフラマネジメントには、管掌の横断的な連携も必要だと貝戸さんは語る。例えば「地下埋設物^{かんしょうぶつ}」を考える場合、下水道は国土交通省、上水道は厚生労働省(24年4月より管理は国土交通省へ移管)、工業用水・電気・ガスは経済産業省など、省庁ごとに管轄が分かれている。このような現状を踏まえ、貝戸さんは今後の統合的マネジメント検討のためのプラットフォームを22年に構築した。

「私は、そうした組織の壁を超えた統合的マネジメントの社会実装のため、このプラットフォームによるセクター横断的取り組みをさらに充実させていきたいと考えています。また、データサイエンスによる予測技術を教育・医療・金融政策などにも応用する道を検討していきたいです」。暮らしのさまざまな場面の現在と未来を見つめる貝戸さんの今後の活躍からますます目が離せない。

(TEXT: 森部信次, PHOTO: 伊藤彰浩)



データサイエンスとAIの導入により、インフラの維持管理に新たな道を拓くことができました。次代の担い手の皆さんも、新しい科学技術に対して恐れずおごらず、活躍の場を切り開いていって欲しいと思います。