



戦略的イノベーション創造プログラム
Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program



国立研究開発法人 土木研究所
PUBLIC WORKS RESEARCH INSTITUTE

新連載

進む! 道の国家戦略プロジェクト

今あるデータで地域の未来を分析できる! マルコフ劣化ハザードモデルを活用したインフラマネジメント



執筆者 ■ 貝戸 清之氏 (かいと・きよゆき)

大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻教授。社会インフラの維持管理・アセットマネジメント分野の第一人者で、橋梁やトンネル、舗装、上下水道などの劣化予測や維持管理政策を研究。データサイエンスやAIを活用したインフラマネジメント研究で知られる。25年8月1日から、サステナブル・インフラ研究センター長

社会インフラの維持管理・アセットマネジメント

舗装寿命は、地域ごとに異なる!!

高速道路の約8割が供用開始から30年を迎えるという2030年を目前に控え、老朽化対策が「待ったなし」となっている日本。そこで今期待されているのが、大阪大学の貝戸清之教授が取り組む「マルコフ劣化ハザードモデル」を活用したインフラマネジメントだ。NEXCO西日本では、2015年から2020年までの舗装点検データ約14・5万件を軸に、効率的な補修・更新計画を実現する「舗装マネジメントDX」として共同研究も進んでいる。道路の平坦性やアスファルト層の厚さ、骨材の剥離抵抗性、降雨量等を総合的に分析するこの手法は、今あるデータで道路の未来を算出できることで、すでに高速道路だけでなく、国道、県道、市道、海外などでも活用が進む。路面の調査データを更新工事に還元できる新たな老朽化対策の現在を、貝戸教授に聞いた。

路面の調査データを更新工事に還元! 舗装マネジメントDX

構造・環境・材料から分析する新老朽化対策

から必要な舗装厚を算出する方法で、全国どこでも一定の耐久性を確保することを目的としている。

分野の第一人者として知られる大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻の貝戸清之教授。SIP第3期のサブ課題E(e-2)として2023年度から取り組んでいるのが、データに基づくインフラ管理で効率的な舗装の補修・更新を目指す「舗装マネジメントDX」。思いを同じくするNEXCO西日本が共同研究者だ。

従来、熟練技術者の経験や勘に頼る部分が大きかったインフラの劣化予測を、様々なデータを用いて客観的に解析することで、精度の高い予測に加え、効率的な更新設計の提案まで可能とする。

研究では、その裏付けを取るために、NEXCO西日本が2015年から2020年まで実施した路面性状調査のデータが活用されている。対象データは14万5962サンプル。2006年に計測された国際フネス指数(IRR)を基に舗装の健全度を7段階に分類した。IRRは路面の平坦性を示す指標であり、数値が大きいほど路面の凹凸が大きく、走行性が低下していることを意味する。

貝戸教授は、NEXCO西日本のこのデータを基本に、舗装寿命に影響する①アスファルト層(AS層)の厚さ、②累積大型車交通量、③骨材の品質、④年間総雨量という4つの要因を重ね合わせる「マルコフ劣化ハザードモデル」を構築し、地域別IC区間ごとに劣化速度が異なることを突き止めたのだ。

これは、多くの人の健康データを分析し、「現在40代で血圧がこの程度なら、今後何年で生活習慣病になる可能性が高いか」を予測するのと同じようなものだ。さらに、地域ごとの違いを詳細に把握するため、インターチェンジ間ごとの劣化特性も分析した。

舗装寿命を左右するのは…

貝戸教授が「舗装寿命を左右する」と指摘する4つの要因を具体に見てみよう。例えば、①のAS層の厚さ。これは、厚いほど劣化速度が遅くなる。厚さ1



化」。特にアスファルト混合物の骨材では、NEXCO西日本の品質管理規定である「はく離面積率」が15%を超える区間では劣化が早く、15%以下の区間と比べて舗装寿命が約5年短くなることが分かった。

なお、④の年間総雨量は、気象庁が有料で公表している1kmメッシュの年間総雨量データから算出した。この年間総雨量データを、100mごとに高速道路のキロポストに紐づけるという地道な作業を続けることで、年間降雨量が多い地域ほど舗装内部に雨水が浸透しやすくなり、劣化速度が速まる傾向が認められた。

雨水の浸入は舗装内部の損傷や下層路盤の含水比増加を引き起こし、永久変形や路面の凹凸拡大につながる。貝戸教授曰く、「日照や気温、雪なども舗装寿命に影響するけれど、とにかく降水が及ぼす影響は統計学的には桁違い」。

位置、各プラントのはく離面積率、プラントと本線の距離を元に、「地域ごと舗装の材料条件を定量

■SIPとは

府省横断型で社会課題の解決と産業競争力の強化を目指す内閣府主導の国家プロジェクト。2014年度からスタートし、現在3期目。自動運転や交通インフラの高度化を目指す「スマートモビリティプラットフォームの構築」や、インフラ維持管理の効率・高度化を目指す「スマートインフラマネジメントシステムの構築」といった14課題に取り組む。

「スマートインフラマネジメントシステムの構築」には、「革新的な建設生産プロセスの構築」、「先進的なインフラメンテナンスサイクルの構築」など5つのサブ課題が設けられており、27年度の社会実装を目指したプロジェクトが進んでいる。

高速道路や国・自治体の道路に活用

劣化予測を“見える化”

劣化要因のかけ合わせにより、地域・インターチェンジ・区間ごとに劣化速度が異なることを突き止めた本研究だが、貝戸教授は「NEXCO西日本で舗装の維持管理にあたる方々の頭の中にもともと、劣化や寿命の地図が入っていると思います。その長年の知見を誰にでも『見える化』したのが、この研究の成果」と語る。

「本研究により、舗装構造の設計手法は一変する」と強調する貝戸教授。「舗装を20年もたせたいのか、30年もたせたいのか。地域ごとに期待寿命も異なるはず。これからは、環境条件や材料条件を考慮した舗装構造設計手法が具現化できる」。

今回の成果は、高速道路舗装の長寿命化だけでなく、維持管理費の削減やライフサイクルコストの最適化にもつながる可能性を持つ。将来的には、劣化要因の二つとして挙げられている「大型車の軸重」や、新たな調査データを追加することで、安全性と経済性を両立した次世代のインフラマネジメントが構築されると期待されている。

データが支える国内外のインフラマネジメント

今回紹介した、貝戸教授の「マルコフ劣化ハザードモデル」は、データさえあれば、地域に合わせたオリジナルの提案が簡便にできることも大きな魅力。

すでに大阪府泉州12市町、島根県益田市、三重県多気郡明和町は大阪大学と連携協定を結び、道路や橋の老朽化をデータサイエンスやAIを駆使して予測する「社会実装」の代表例として注目されている。

さらに、インフラマネジメントの海外技術移転に向けて、東南アジアやアフリカ諸国に対しても、「道路舗装マネジメントDX」が進行中だ。その一例にJICAの「貧困削減プロジェクト」としてミャンマー全土に建設された新設道路の劣化を予測するものがある。

貝戸教授らが考案した「マルコフ劣化ハザードモデル」は、毎年連続して点検データが取れなくても、一部の調査データさえあれば、高い精度で寿命を予測することができる。その結果、12路線の平均寿命は6

年、採点で4年であるものの、10年以上の寿命を有する道路も5路線あることを突き止めた。「今あるデータで分析可能」というのも継続的に研究成果の社会実装を進めるため昨年8月1日、サステイナブル・インフラ研究センターを設立した。貝戸教授はセンター



三重県多気郡明和町 × 大阪大学の連携協定



様々なシンポジウムや講演会で積極的に情報を発信する貝戸教授

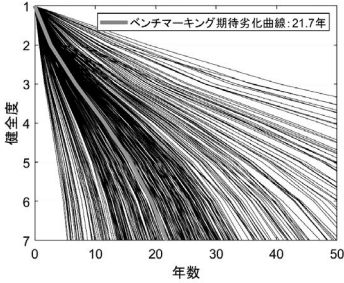
長として、国内外のインフラ管理者に対するシンクタンクとしての役割を果たしていく予定で、国土交通省が推進する「地域インフラ群再生戦略マネジメント（群マネ）」など、インフラマネジメントに悩む自治体への支援も行うそうである。

さらに、貝戸教授はSIPの活動を通して、社会実装とともにアウトリーチ活動の重要性を再認識したとのこと。8月4日にSIPサブ課題e2主催の「第5回EBPMによる地域インフラ群マネジメントに関するシンポジウム」を神戸大学で開催するなど、情報発信も積極的だ。今回はサステイナブル・インフラ研究センター主催のシンポジウムを10月29日に大阪大学で開催する計画のようである。

混合マルコフ劣化ハザードモデルのパラメータ推定結果

健全度 ランク	βの推定値			
	定数項	As層厚	年間 総雨量	はく離 面積率
1	-0.5623	-0.9391 (-10.8)	-	-
2	-1.3215	-0.7907 (-23.1)	-	0.4663 (28.7)
3	-1.4227	-0.9984 (-25.9)	-	0.2638 (16.2)
4	-1.2220	-0.9991 (-22.4)	-	0.1659 (7.6)
5	-1.1341	-0.8605 (-10.7)	0.4494 (2.9)	-
6	-0.7413	-1.0132 (-7.6)	0.5540 (2.2)	-
9		11.9941 (268.82)		
AIC		193,499		

※():t値

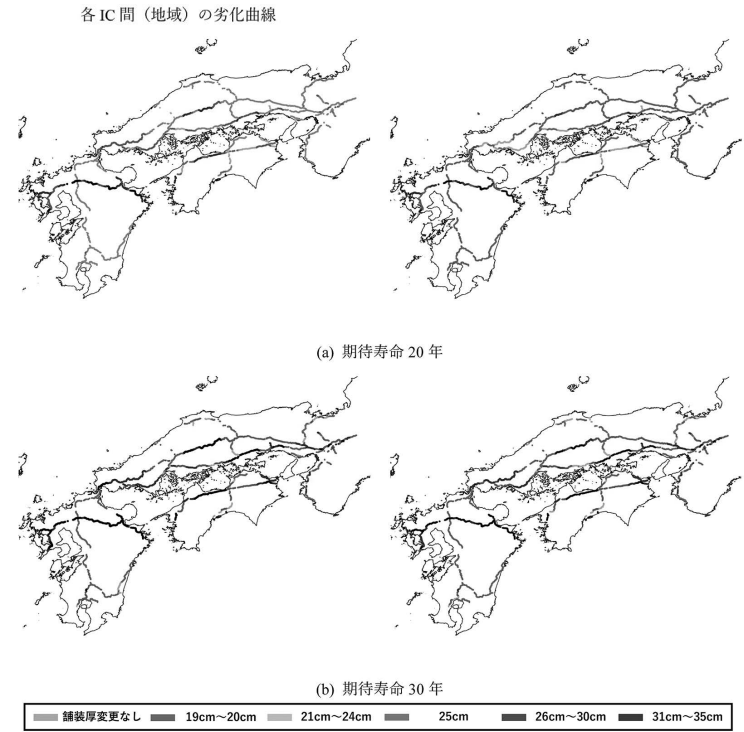


IRIの健全度区分

健全度	IRI (mm/m) の範囲
1	IRI ≤ 1.0
2	1.0 < IRI ≤ 1.5
3	1.5 < IRI ≤ 2.0
4	2.0 < IRI ≤ 2.5
5	2.5 < IRI ≤ 3.0
6	3.0 < IRI ≤ 3.5
7	3.5 < IRI

現状の舗装で目標寿命を満たしている区間では設計変更は不要である一方、寿命が不足する区間ではAs層を厚くしたり、耐水性の高い材料を採用したりすることで目標寿命の達成が可能になる。一方、As層を最大の350mmまで厚くしても目標寿命を満たせない区間については、追加調査

施工、維持管理を一体的に循環させることで、より合理的なインフラマネジメントを実現できる。期待寿命は地域の交通量や予算、交通規制の実施しやすさなど現場の実情に応じて柔軟に設定できるため、管理者の意思決定にも活用しやすい手法では調査・計画、設計、



期待寿命に応じたAs層厚
(左：現況の骨材を使用した場合、右：はく離面積率15%以下となる対策を実施した場合)



島根県益田市 × 大阪大学の連携協定

管理する約1400橋を対象に、大阪大学大学院工学研究科の貝戸教授と連携し、EBPM(科学的根拠に基づく政策立案)型インフラマネジメントの社会実装を進めている島根県益田市。

財源・人材の不足とインフラの老朽化問題を背景に、橋ごとの劣化状況や交通量、災害時の役割、代替路線の有無など、使えるデータを抽出・分析し、地域全体で最適な維持管理を目指す取り組みだ。使用データは2012年からの10年

社会実装進める島根県益田市



河野課長補佐

分。分析したデータは「長寿命化修繕計画」として今年、展開される予定。

「これまでは、職員の経験値頼みで、予測があつてはいるのかわからなかった」と語るのは、担当する益田市建設部土木課の河野龍一郎課長補佐。「今後は、貝戸教授の助言をいただきながら、根拠のある計画をもとに政策的な合意形成を進めていきたい」と自信を深める。