

「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」（令和 4 年度採択）
研 究 概 要

番号	研究課題名	研究代表者
No.2022-3	統計的アセットマネジメント手法に基づくバックキャスト型道路政策の深化についての技術研究開発	大阪大学 教授 貝戸 清之

アセットマネジメントを高度化させ、アセットマネジメントと 1) 劣化属性情報、2) EBPM、3) リスクマネジメントとの融合により、それぞれバックキャスト型道路政策を支援・深化させるための方法論を開発する。

1. 研究の背景や動機、目的および目標等

道路インフラに対するメンテナンスやマネジメントを実践するためのデータ収集を目的とするハードウェア技術の発展が著しく、フィールドから膨大な量のデータが獲得されている。このような状況のもとで DX 時代におけるアセットマネジメントの展望を見据えると、今後は工程ごと、構造種別ごとに分権的に蓄積されたビッグデータを融合させ、いかにして意思決定の高度化に資する情報へと昇華させていくか、いかにして道路施策の深化に資する知見を創出させていくかが重要な研究課題となる。

2. 研究内容

RQ1-1：補修が実施された損傷に対して、サンプル欠損バイアスを考慮した劣化予測モデルを用いて補修の劣化抑制効果を定量的に評価する方法を開発する。

RQ1-2：補修を経験した道路インフラを対象としてその補修効果を定量的に評価するために、補修前後の健全度を潜在変数として捉えることにより、1) 補修時の健全度回復量と、2) 補修前後の劣化速度の異質性（相対的な差異）を推定することが可能な劣化・回復予測手法を開発する。

RQ2：高速道路舗装を対象として、補修優先順位および補修工法選定に利用可能な、連続量を用いた多元的劣化過程モデルを開発する。

RQ3：EBPM の検討内容として、橋梁の長寿命化計画（個別施設計画）の立案を考える。橋梁を対象に、統計的劣化予測結果とフォルト・ツリー分析（部材から橋梁全体系へ至るリスク経路の可視化とリスクの定量的評価）に基づく、補修優先順位の決定フローを開発する。

RQ4：道路ネットワークに含まれる道路舗装を対象に、複数年度にわたる補修方針を示す長期計画と、具体的な年度ごとの補修スケジュールを示す短期計画に分割して最適化するアプローチによってマネジメント施策を決定する方法論を開発する。

3. 研究成果

RQ1-1：サンプル欠損バイアスを考慮したマルコフ劣化ハザードモデルを用いてインフラの点検時に行われる簡易的な補修措置（点検時措置）による劣化や損傷発生の抑制効果を定量的に分析する方法論を開発した。具体的には、点検時措置の実施数を変更した際に本来と異なる劣化過程を経験する損傷が存在することを考慮して、サンプル欠損の概念を拡張することで不足する劣化過程を推定する手法を開発した。その上で、点検時措置の実施数を現行から変更した場合、5 年後に各健全度に分類される損傷数の変化率を増加率として定義し、点検時措置が損傷群に与える影響を評価する手法を提案した。

RQ1-2：表層の高機能舗装化に伴い損傷部位・修繕が深層化する高速道路舗装構造を対象として、舗装構造の劣化予測と層別修繕効果の評価を行う方法論を開発した。具体的には、舗装構造の耐荷力推移を劣化・回復の複合過程として記述し、それぞれの推移確率を算出するために、修繕直前・直後の耐荷力ランクを潜在変数と捉えモデル化し、2 時点間の調査データと修繕履歴をもとにした推定手法を提案した。これにより、調査時点間に修繕履歴の存在するデータをもとに

した舗装構造の劣化予測に加え、修繕効果の定量的な評価が可能となった。

RQ2：FWD 調査および路面性状調査により測定した舗装の耐荷力指標と路面指標（ひび割れ率、わだち掘れ量、IRI）を対象として、連続量を用いた多元的劣化過程モデルを適用し、予防保全的な補修計画の立案のための方法論を開発した。具体的には、個別劣化事象の進行過程を異質性を考慮した連続量劣化ハザードモデルを用いて表現し、管理基準値における期待寿命と各対象施設固有の劣化速度の異質性を推定した。また、アルキメディアン・コピュラにより劣化事象間の異質性相関構造を表現可能な多元的劣化過程モデルを用いて、舗装の耐荷力指標と路面指標における異質性をグルーピングし、大規模修繕や予防的補修の必要性の評価が可能となった。

RQ3：橋梁の個別施設計画における EBPM を目的とし、補修優先順位の決定フローの開発を行った。ポアソンガンマモデルを用いて、橋梁部材において対象期間内に発生する損傷を表現した。発生した損傷と既存の損傷は混合マルコフ劣化ハザードモデルにより劣化過程を表現するシミュレーションモデルを提案した。橋梁各部材に存在する損傷リスクをフォルト・ツリー分析により体系化し、橋梁ごとの期待リスクを算出した。提案手法により重点的に補修を講じるべき橋梁部材・損傷を把握することが可能となる。

RQ4：舗装システムのマネジメント計画を長期計画と短期計画に分割して最適化するアプローチにより、長期計画を最適化する新たな方法論を開発した。提案した方法論においては、まず最適化された短期計画の実施に伴う交通規制費用、利用者費用と補修区間数をサンプリングし、次にこれらのサンプリング結果を用いて近似的な費用関数を推定し、費用関数の推定結果に基づいて長期計画を最適化する。提案方法論により、従来手法では困難であった、補修区間数に対する短期計画の実施に伴う費用の非線形性を、長期計画でも考慮した最適化が可能になり、より現実的な長期計画の最適化が可能となる。

4. 主な発表論文

- 1) 安藤翠，四方滉也，**貝戸清之**，**笹井晃太郎**，塚本成昭，山下成昭：軽微な損傷に対する点検時措置による要補修損傷発生抑制効果，AI・データサイエンス論文集，Vol.4，pp.582-595，2023.11
- 2) 中里悠人，**水谷大二郎**：道路ネットワークの日・区間別の年次補修・規制計画：Bi-level 解法による最適化，第 68 回土木計画学研究発表会・秋大会，2023.11
- 3) **笹井晃太郎**，吉田伊織，Manish Man Shakya，**貝戸清之**：連続量多元的劣化過程モデルによる舗装維持管理手法の提案，令和 5 年度土木学会全国大会第 78 回年次学術講演会講演概要集，土木学会，VI-519，広島工業大学，2023.9
- 4) **貝戸清之**，**小林潔司**，神谷恵三，新雄成：劣化・回復過程を考慮した層別修繕によるたわみ回復量の評価，土木学会論文集，Vol.79，No.1，22-00130，2023.1
- 5) 新雄成，**貝戸清之**，**小林潔司**，神谷恵三：層別修繕効果の定量的な評価に向けた隠れマルコフ劣化モデル，第 6 回 JAAM 研究・実践発表会論文集，（一社）日本アセットマネジメント協会，pp.61-67，オンライン開催，2022.11

5. 今後の展望

研究成果の実用化や社会実装を目標に、異なるデータソースや新しいセンサ技術の導入によるモデルの精度向上や、現在蓄積されているビッグデータをより効果的に統合する方法の検討を進める。研究代表者の貝戸がサブ課題の研究開発責任者を務める SIP 第 3 期課題「スマートインフラマネジメントシステムの構築」（期間：R5 から 5 カ年）などで、本研究成果の活用を図る。

6. 道路政策の質の向上への寄与

本研究開発では、定期的な近接目視点検の義務化、ハードウェア技術の発展、DX の推進、EBPM の推進など近年の道路政策に関する課題解決に資する研究開発を行った。また、統計的劣化予測 技術マニュアル（案）を作成し、インフラのアセットマネジメント技術の普及・標準化への道筋をつけた。

7. ホームページ等（関連ウェブサイト等）

なし