

京都大学	博士（工学）	氏名	OBUNGUTA FELIX
論文題目	Stochastic Road Infrastructure Management with Empirical Implementation in Uganda （確率論的道路インフラセットマネジメントモデルの構築とウガンダにおける実践的検証）		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>本論文は、橋梁、舗装といった道路に関わる社会基盤施設の適切な維持管理運用戦略を立案することを目的として、統合的なアセットマネジメントモデルを構築して道路交通と路面性状との関係を分析し、画像診断技術により適切な維持補修戦略を求める方法論を提案するとともに、ウガンダ国における国道の舗装に対して提案する方法論の実行可能性を実践的に検証したものであり、以下の6つの章で構成されている。</p> <p>第1章は序論であり、途上国における道路をはじめとした社会基盤資産を適切に管理運営するアセットマネジメントシステム構築の重要性について述べると共に、構築にあたって解決すべき課題について体系的に整理している。その上で、ウガンダにおいて現在実施されている道路舗装マネジメント手法の問題点や課題について考察し、解決のために求められている要件や改善に向けた方向性についてとりまとめている。さらに、本論文が対象とする研究範囲と研究目的を明確化した上で、第2章以降の論文構成について説明している。</p> <p>第2章では、道路舗装をはじめとした道路関連施設を適切に管理運営するためのマネジメント手法について文献サーベイを行うとともに、ウガンダを対象としたマネジメントシステム構築にあたって特に重要であると考えられる、マネジメントに携わる人的資源確保の困難性への対応や、急激に増加している交通量を考慮したマネジメント手法、道路舗装管理に関するデータの不完全性の克服方法、という3つの観点から既往研究に対する本論文の位置づけを明らかにしている。画像診断技術や深層学習手法を用いたデータ収集・評価手法の高度化や、道路舗装の維持補修が交通量の変化に及ぼす影響の定量的評価が求められていることを明示した上で、以降の章において分析に導入される視点の新規性と重要性を明らかにしている。</p> <p>第3章では、舗装の劣化プロセスの多様性を明示的に評価したマルコフ劣化ハザードモデルを提案すると共に、ハザードモデルを用いて適切な維持補修戦略を求める舗装マネジメントモデルの枠組を提示している。同一セクションにおいて複数回の維持補修がなされた場合、新規建設された場合と比べて劣化速度が速くなることを明示的に考慮した方法論を新たに開発しており、構築した手法を用いて舗装の劣化状態に依存して維持補修手法を決定するマネジメント手法の有用性を明らかにしている。さらに、ウガンダ国道を対象として提案したマネジメントモデルの有用性を実証的に検証し、最適な維持補修戦略により削減されるライフサイクルコストを定量的に評価している。路面性状に依存して予防保全戦略を含む最適な維持補修戦略を採用することにより、ウガンダ道路庁が管理する全区間のライフサイクルコストが10%以上削減できることを示している。</p>			

第4章では、舗装の状態が改善されると当該道路を走行する車両の速度が上がることに着目して、路面性状の変化が速度変化に及ぼす弾力性を実証的に計測する枠組を提案している。ウガンダ国道に関して収集した多年度にわたる道路舗装路面性状と当該セクションの所要時間のデータを用いて路面性状の差が走行速度に及ぼす影響を統計的に分析し、道路維持補修による路面性状の改善がどれだけの速度向上をもたらすのかについて定量的な知見を得ている。さらに、道路の物理的な容量拡張とさまざまな維持補修作業を通じた路面性状の改善のいずれが望ましいかを、車両の走行費用を含めたライフサイクルコストの観点から決定する方法論を提案すると共に、交通量や建設年、道路環境に応じて採用すべき最適な戦略が異なることを実証的に導出している。

第5章では、ウガンダをはじめとした発展途上国においては、道路舗装アセットマネジメントモデル構築の基礎となる正確な路面性状データを継続的に入手することが困難であることをふまえて、画像診断技術を用いてより容易に道路舗装の状態を把握し、把握した路面性状状態を用いて適切な維持補修戦略を提案する方法論を提案している。パッチングを行うかオーバーレイを行うかといった維持補修作業に関する選択は、離散的にカテゴリー化した舗装の劣化状態に基づいて行われることに着目して、路面を撮影した画像から適切な維持補修作業を直接提案できる手法を開発している。また、画像診断プロセスにおける作業量と結果の精度とのトレードオフ関係に焦点をあてて、IoU(Intersection over Union)やROI(Region of Interest)を変化させた場合に判定精度に及ぼす影響を統計的に検証している。

第6章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、橋梁、舗装といった道路に関わる社会基盤施設の適切な維持管理運用戦略を立案することを目的として、統合的なアセットマネジメントモデルを構築すると共に、ウガンダ国における国道の舗装に対する実践的適用をおこなったものであり、以下のような知見を得ている。

1. 道路路面性状データの入手が困難な発展途上国を対象とした、舗装劣化予測モデルと最適予算決定モデルから構成される舗装アセットマネジメントシステムを構築している。構築したシステムをウガンダにおける国道に対して適用した結果、舗装の劣化速度に応じた維持補修戦略を採用する方が定期的な補修を行う場合と比べて望ましいこと、予防的維持補修を採用すればライフサイクルコストを一定程度低減できることを実証的に示している。

2. 路面性状が当該道路を走行する車両の速度や快適性などに及ぼす影響を明示的に考慮した、渋滞減少に資する各種戦略を統一的に評価する方法論を提案している。交通量と旅行時間との関係を表す BPR 関数を統計的に推定すると共に、路面性状の改善と道路による容量増加という2種類の戦略が旅行時間に及ぼす影響を定量的に評価している。さらに、採用すべき戦略が当該区間の交通量や舗装状態に応じて異なることを示している。

3. 舗装マネジメントシステム構築に必要な路面性状データの入手をより容易に行うために、車両から撮影した路面画像を活用した画像診断による路面性状把握システムを構築している。深層学習を用いて、路面の状態に応じた維持補修戦略を実行するために必要な精度を満足する認識手法を提案すると共に、各種パラメータが推定精度や計算時間に及ぼす影響を定量的に評価している。

以上、要するに、本論文は、発展途上国を対象とした道路舗装の統合的マネジメントモデルを構築するとともに、維持補修戦略が道路交通に及ぼす影響や、画像診断を活用した維持戦略判定手法について理論的・実証的に分析したものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、令和5年1月24日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。

なお、本論文は、京都大学学位規定第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際して、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。