

# 学 位 論 文 内 容 の 要 旨

北海道科学大学大学院工学研究科  
工学専攻  
博士課程

長 屋 弘 司

(動画を用了舗装の点検および診断に関する研究)

我が国では、道路ストックの老朽化が進行して修繕や更新時期を迎えているが、維持管理に係る予算の減少や技術者不足が喫緊の課題となっている。このように財政面および人材面における厳しい状況下で道路管理者が効率的な維持管理を行うためには、舗装メンテナンスサイクルを確立し、予防保全型の管理を行うことで舗装の長寿命化と LCC の縮減を図る必要がある。

技術者不足については、一般社団法人日本道路建設業協会において、舗装の効率的な管理・更新に寄与するために、舗装の診断に関する高い専門知識を保有する技術者を認定する「舗装診断士」制度を平成 29 年に創設し、舗装の点検や診断を担う技術者育成の取り組みを開始している。

舗装の点検については、国土交通省が平成 28 年度に策定した舗装点検要領において、舗装修繕の効率的な実施を目的として道路の分類を行い、それらに応じた点検方法について定めており、「目視を基本としつつ、必要に応じて機器を用いることを妨げない」としている。従来の舗装点検方法として、歩行による目視（歩行点検）と車上からの目視（走行点検）、路面性状測定車による点検がある。目視点検は、路面性状測定車による点検に比べて安価ではあるが、点検精度は依然低い状況にある。近年、点検の効率化のニーズから AI 技術の導入意欲が高まっており、様々なインフラの点検に用いられている。舗装の点検においても、客観性と効率化を目的に、AI を活用した画像解析を組み合わせた技術が種々開発されている。しかし、既往技術の中には、低コスト・簡易カメラを用いる「車両搭載型機器タイプ」の技術も存在するが、精度については、A～E の 5 段階の内、検出率が B（60～80%）や C（40～60%）に留まり、舗装劣化箇所を見逃す傾向にあることが指摘されている。さらに、これらはひび割れの検知とひび割れ率の算出を目的としており、損傷度合いやひび割れ原因の判別などの舗装診断についての研究は進んでいない。

このような現状を踏まえ、本研究では、効率的な舗装維持管理が求められている道路管理者への支援ツールとして、車載式ビデオカメラで撮影した動画を活用する安価で効率的な舗装点検および診断手法の開発を目的とし、その達成のために 3 段階のプロセスを進める。まず、目視点検の効率化および精度向上のために「動画目視による舗装点検」のシステムを、次に、動画による目視点検の更なる効率化・精度向上を目指して「AI による舗装点検」のシステムを構築する。さらに、舗装の点検のみならず診断までの作業に AI を活用する「AI による舗装診断」のシステムを構築し、北海道内の舗装道路に適用して北海道の舗装に生じているひび割れの特徴分析や維持修繕費用の推計など、本システムの活用方法を模索する。

本論文は、5章で構成される。各章の内容と得られた成果は以下の通りである。

第1章では、本研究の背景と目的について述べている。

第2章では、従来の歩行点検および走行点検に代わるものとして、走行車両に搭載したGPS機能付きビデオカメラ（以後、車載カメラ）で撮影した動画を用いてPC上で目視点検を行う動画目視点検システムを採用し、その精度を検証した。動画目視点検システムを用いて複数の被験者に目視評価してもらった結果、訓練（誤答箇所の学習）を重ねることで点検精度が上昇することがわかった。また、区分IIの区間では、評価区間長を10mに細分化して目視評価を行い、それを評価区間で平均する方法（10m評価）、加えて点検者が必要と感じたときにも10m評価を行う方法により点検精度が向上することが分かった。この方法によって訓練を積んだ点検者に6工区（延長1km）の目視点検を行ってもらったところ、検出率（区分II以上）と的中率（区分III）はAランク（80%以上）、検出率（区分III）と的中率（区分II以上）はBランク（60~80%）となり、十分な点検精度を有していることを明らかにした。

第3章では、深層学習モデルU-netによるひび割れスケッチ法を導入したAIによる舗装点検システムを採用し、その精度を検証した。AI舗装点検システムは、車載カメラで撮影した動画からGPSの位置情報によって抽出した静止画像と、手書きでひび割れスケッチした画像を用いてモデルの学習とテストを行い、自動かつ高速にスケッチ画像が生成できる。まず、AI舗装点検システムの検証試験として、路面性状測定車による10km区間のひび割れ診断結果を正解値として精度を評価した。その結果、精度は、検出率（区分II以上）はAランク、検出率（区分III）、的中率（区分II以上）、的中率（区分III）はBランクとなった。次に、目視点検および同型の既往技術との比較を行い、AI舗装点検システムでは、それらよりも舗装劣化箇所の見逃しが少なく、高い精度で点検できることを示した。

第4章では、道路管理者のための舗装診断支援ツールとして、車載カメラによって撮影された路面画像と舗装基本諸元データから、説明可能なAIを用いて舗装のひび割れ原因を判別する舗装診断システムを構築し、その有効性を評価した。その結果、深層学習（CNN）と機械学習（RF）を組み合わせた複合判別モデルを用いることで、ひび割れ原因の判別精度が向上すること、加えて判別結果の根拠も可視化できることを明らかにした。さらに、AI舗装診断システムを北海道内の広範囲に及ぶ路線に適用し、ひび割れの損傷度合いとひび割れ原因を分析した。その結果、ひび割れ原因の判別が難しいケースの改善点を見出すとともに、北海道内の舗装に生じているひび割れの特徴（損傷度合いと原因）を明らかにすることができた。また、ひび割れの損傷度合いと原因に対応した維持工法および修繕工法を仮定し、調査路線に適用した場合の維持修繕費用を推計した。これにより、必要となる維持修繕費用の地域比較（ネットワークレベル）や路線内における比較（プロジェクトレベル）が可能となることを示した。

第5章では、各章で得られた成果を総括するとともに、今後の課題と展望を提示している。