

建設技術研究開発費補助金 総合研究報告書【概要版】

- (1) 課 題 名：道路の日常点検のためのスクリーニング計測システムの開発とそのデータ分析手法の構築
- (2) 研 究 期 間：平成 29～30 年度
- (3) 交 付 申 請 者 名：斉藤 成彦（山梨大学・教授）
- (4) 研 究 代 表 者 名：斉藤 成彦（山梨大学・教授）
- (5) 共 同 研 究 者 名：吉田 純司（山梨大学・准教授）
鈴木 猛康（山梨大学・教授）
宮本 崇（山梨大学・助教）
荒木 功平（山梨大学・助教）
竹谷 晃一（山梨大学・助教）
- (6) 補助金交付総額：17,632,000 円

(7) 技術研究開発の目的

本研究では道路に関連する構造要素のうち、劣化の頻度が高く、かつ道路の安全性に直接的に繋がる舗装路面、舗装路面下の地盤、道路橋上部構造に焦点を絞り、日常点検においてそれらの状態をスクリーニングするための計測システムを開発した。加えて、計測したデータから道路の異常を検知するための分析手法を提示した。計測システムについては、地方公共団体（県・市町村等）の利用を想定し、使いやすく、かつ安価であり、重大な異常の状態や位置を確実に検知できることを目指した。分析手法については、この計測システムのデータに特化したものを構築し、最終的な成果物として各分析手法を道路管理者が利用できる形にしたソフトウェアのプロトタイプを提示を試みた。

本計測システムでは、舗装路面はビデオカメラによる画像計測、路面下の地盤構造は電磁センサーによる探査、橋梁上部構造は加速度センサーによる計測、を想定しており、データ集録のための機器を一台の車両に集約して搭載した。本システムでは、

- 1) 車両での走行による計測を想定し、普通車両に着脱可能であること、
- 2) 比較的、安価であること（車両を除いて 700 万円程度）、
- 3) 各計測データが計測位置（GPS）と連動できること、
- 4) 一度の計測で道路 50km 以上のデータ集録ができること、

を目標とした。

一方、分析については、それぞれの計測データに特化した解析手法（画像解析、AI、振動解析等）を構築し、最終的には、PC 上で起動できるソフトウェアのプロトタイプの提示を試みた。本手法により、道路 50km 分のデータ分析を PC で半日以内（12 時間以内）に終了できることを目標とした。また、分析結果については、道路管理者がその後の維持管理業務に援用することを想定し、視覚的なデータの提示を目指した。

(8) 技術研究開発の内容と成果

本研究では、道路の日常点検における健全性評価の 1 次スクリーニングを目的として、舗装路面の画像計測ユニット、路面下の地盤の電磁探査ユニット、および橋梁支承部付近の回転振動特性の計測ユニットの開発とともに、各ユニットより得たデータの分析システ

ムの構築を行った。

1) 舗装路面の画像計測ユニットの開発と健全度評価手法の構築

本研究では、まず道路路面を画像により記録するための計測ユニットを開発した。具体的には、市販の4Kビデオカメラを用いて路面計測を可能とする車載ユニットを開発した。この車載ユニットでは、カメラを取り付けるための照明付治具を製作し、それを車両専用のキャリアーフに取り付けられる構造となっている。また、夜間での計測も想定し、吸盤を利用した個別のLED照明装置も併せて開発した。ただし、位置情報については、個別に高精度なGPSを導入し、タイムスタンプを利用して収録画像と連動する形式にしている。

続いて、製作した道路路面の画像計測装置より得た画像から主要なクラックを抽出するための画像処理手法を構築した。路面の計測は昼間の時間帯に限定して行い、山梨県で実際の道路維持管理に用いられている車両に機器を取り付け、まず、大学内で仮計測を行い、シャッタースピード、露光、撮影角度などの設定を試行錯誤的に決めた。次に、山梨県内の県道および国道にて路面計測を行い、撮影画像を確認したところ、画像中には標字、白線、マンホールに加えて、建物や植木の影が数多く含まれ、クラックが判別しにくいことがわかった。本研究では、影を含めた標字、白線などを一括して補正する手法を提案したさらに、提案した手法による補正後の画像に対し、遺伝的プログラミングを応用してクラックを抽出する画像フィルタを構築し、適用したところ、白線中や影中のクラックについても抽出することに成功した。

2) 路面下の地盤の電磁探査ユニットの開発とAIによる地盤構造の同定

本研究では、電磁探査から得られる地盤の比抵抗分布を元に地盤構造を推定する、人工知能技術のハードウェア基盤とソフトウェア環境を構築した。人工知能技術のハードウェア基盤には、一般的なワークステーションに高速計算用のGPGPUを組み込むことにより、スーパーコンピュータなどの特殊な環境を要さずとも高速な計算を行うことが可能な構成を構築した。このハードウェア上に、本研究で用いる人工知能技術の一種であるFully Convolutional Networkの解析コードを実装した。

続けて、電磁探査センサーを車載化するためのユニットの開発、および観測データから地盤構造を推定するAI技術の実装と検証を行った。センサーの車載化ユニットについては、センサー特性や重量、想定する走行速度を考慮した設計を行い、協力機関である山梨県庁の保有する検査車に取り付け可能な試作機を開発し、走行試験を行った。また、観測データから地盤構造を推定する手法として、画像処理などに用いられるAI技術の1種であるマルコフ確率場の手法を適用し、電磁探査におけるノイズ特性や地盤構造に期待される連続性などを考慮したモデルの開発と実測データに対する適用を行い、ボーリングデータと整合する地盤構造を推定できた結果を得た。

3) 橋梁支承部付近の回転振動特性に着目した構造減衰評価システムの開発

本研究では、橋梁上部構造の回転振動特性を把握した上で、モード減衰比の同定方法の検討と計測ユニットの開発を行った。まず、橋梁で計測した既存の加速度データを用いて橋梁上部構造の回転振動特性の分析を行った。次に、橋梁の上部構造の動的挙動を観測するための計測機器と通信機器および記録機器からなるユニットのプロトタイプを設計・開発した。続いて、道路橋における回転減衰特性に着目した減衰評価システムの構築と実橋梁での試用を行い、システムの調整および改良を行った。システムの継続的運用を目指すため、市販のソーラーパネルを利用した給電を行うユニットを加えた。課題としては、システムの消費電力であり、今後改良を重ねていくことでソーラーパネルを小型化させることで実用性が向上すると考えている。また、無線ユニットを増設して、計測したデータの転送のワイヤレス化を行った。WiFi通信を利用することで、計測システムに直接アクセスしなくても、橋梁近くからデータの回収と操作を行えるようになり、利便性が向上した。

開発した計測システムを用いて山梨県の実橋梁において計測を行った。加速度センサーを利用して多点計測を行い、そのデータを分析することで有効な設置位置やデータの分析方法の検討を行った。

(9) 論文発表等に関する件数

原著論文 (査読あり)	原著論文 (査読なし)	原著論文以外 (新聞・雑誌等)	その他 (パネル・ポスター等)	合計
0 件	0 件	0 件	0 件	0 件

(10) 知的財産権に関する件数

特許権 (取得)	特許権 (出願)	その他 (実用新案・商標等)	合計
0 件	0 件	0 件	0 件

(11) 成果の実用化の見通し

1) 舗装路面の画像計測ユニットの開発と健全度評価手法の構築

本研究では、日常点検における道路路面の維持管理を客観的・効率的に行うことを目的として、路面をスクリーニング画像計測するための装置の開発と、計測画像を分析する手法の構築を試みた。実用化に際しては、動画ファイルの処理時間や位置情報とのリンク等の問題を解決する必要がある。現状での見通しとしては、市販のビデオカメラに代り CCD カメラで直接 PC に静止画像を記録し、かつ GPS 情報も同一の PC に同時計測することで解決できるものと考えている。これらの問題を解決後に、実道路路面での計測を数多く行い、クラックの抽出精度を検証していく必要があると考えている。

2) 路面下の地盤の電磁探査ユニットの開発と AI による地盤構造の同定

本研究における開発では、主に地盤構造の推定に着目した技術開発を行い、検証のための計測データでは十分な精度で推定可能であることが確認された。一方で、有識者を交えた産学官テーマ推進委員会における意見交換の中では、道路の維持管理業務においては特に地盤中の空隙などの異常を検知することの需要が高いため、この点に今後対応していくことの重要性について指摘された。そこで、本研究の今後の見通しとしては、地盤構造に加えて空隙や老朽化したパイプなどの異常を検知できるようデータ処理手法を改良し、業務上の需要により対応した技術とすることにより、成果を実用化したいと考えている。

3) 橋梁支承部付近の回転振動特性に着目した構造減衰評価システムの開発

実務レベルで利用可能な安価・簡易な健全度評価システムは、得られる健全度評価と地方公共団体が定める維持補修の対策区分を対応させるとともに、健全度評価の精度を向上させる必要がある。今後、様々な橋梁の減衰比データを長期的に計測し、データベースを作成していくことで健全度評価に結びつけるシステムを構築することができれば社会実装が可能になると考えている。今後、消費電力の削減やワイヤレス通信方式の改良を行っていくことでより実用性の高いシステムが構築できると考えている。

(12) その他

特になし。