

【様式 1】

道路政策の質の向上に資する技術研究開発

【研究終了報告書】

①研究代表者		氏 名（ふりがな）	所 属	役 職						
		松田 浩（まつだ ひろし）	長崎大学	名誉教授 （特定教授）						
②研究 テーマ	名称	ICTと商用車プローブデータを活用したAIによる道路維持管理システム								
	政策 テーマ	〔主テーマ〕(2)持続可能なインフラ メンテナンス	分科会／ 公募タイプ	タイプⅣ ハード分野						
		〔副テーマ〕(5)インフラ分野のデジ タル・トランスフォーメーション DX								
③研究経費（単位：万円） ※端数切り捨て。実際の研究期 間に応じて記入欄を合わせる こと		令和3年度	令和4年度	令和5年度	総 合 計					
		0	4,899	4,950	9,849					
④研究者氏名（研究代表者以外の研究者の氏名、所属・役職を記入下さい。なお、記入欄が足りない場合は適宜追加下さい。）										
氏 名		所 属 ・ 役 職（※令和6年3月31日現在）								
奥松 俊博		長崎大学工学研究科・教授								
古賀 掲維		長崎大学 ICT 基盤センター・准教授								
山口 浩平		長崎大学工学研究科・准教授								
西川 貴文		長崎大学工学研究科・准教授								
杉本 知史		長崎大学工学研究科・准教授								
佐々木 謙二		長崎大学工学研究科・准教授								
出水 享		長崎大学工学研究科・技術職員								
⑤研究の目的										
本研究においては、道路点検にスマートフォン、ドライブレコーダー及び商用車プローブデータを活用し、高い品質と維持管理の効率化・高度化を図るとともに、路面劣化メカニズムを過去の点検データや道路台帳、交通量など様々な因子から分析を行い、道路管理者が業務を効果的・効率的に実施するための空間・時間・重要情報の重ね合わせによる一元的可視化手法を開発するとともに、今後、持続可能なDX時代のAIを活用した次世代型維持管理計画策定手法の構築を目的とする。										

⑥これまでの研究経過、目標の達成状況

本研究においては、以下の開発内容1及び2を開発し、空間・時間・重要情報等を一元管理する、次世代型維持管理計画策定手法を構築した（☑は達成済み）。

〔開発内容1〕：ドライブレコーダで取得されるデジタル画像を用いて、下記3手法を開発

- (a) 画像分類AIを用いたひび割れ率の算定法 ☑
- (b) 物体検出AIを用いた道路構造物の検出法 ☑
- (c) SfMと3Dセグメンテーションを用いた道路上物体の検出法 ☑

〔開発内容2〕：下記データの重ね合わせによる一元的可視化手法を開発

- (d) スマートフォンおよびドライブレコーダーで計測した舗装劣化データ ☑
- (e) 大型車交通量データ ☑
- (f) 道路管理者が保有する各種道路プロファイルデータ ☑

上記の開発内容1および2の(a)～(f)を用いて、空間・時間・重要情報等に関するデータを収集・蓄積して解析していくことになる。具体的には下記の分野1～9を想定している。なお、各分野の矢印「➡」の後に記載した(a)～(f)は、上記の開発内容1、2の(a)～(f)に対応する。

- 分野1 ひび割れによる陥没発生の要因解析と対策 ➡ (a)(d)
- 分野2 ポットホール発生の要因解析と対策 ➡ (a)(d)(e)
- 分野3 物体検出AIを用いた区画線等の維持管理 ➡ (b)(d)
- 分野4 道路標識、路地樹木等の道路物体検出 ➡ (c)(d)
- 分野5 重交通道路における舗装劣化と交通量・制動との因果関係 ➡ (d)(e)
- 分野6 舗装工事情報の重ね合わせ ➡ (d)(f)
- 分野7 国土交通省舗装点検要領（国道版）舗装点検記録様式の簡易作成 ➡ (d)(f)
- 分野8 適切な措置・修繕工事AIの策定 ➡ (d)(e)(f)
- 分野9 一元的可視化手法確立 ➡ (a)～(f)

上記の研究開発を達成するために、まず開発内容1および開発内容2を実施するために、基盤整備として以下のAI開発環境の整備、および、道路劣化計測システムの構築を行った。

《AI開発環境の整備》

大規模なデータセットを用いたAI構築では、用いるGPUの性能がそのまま研究開発のスピードに直結する。また、3Dデータを処理する高度なAIモデルを扱うには、大容量のメモリを搭載したGPUが必要となる。これらの課題を解決するために、画像分類、物体検出、3Dセグメンテーション等のAI処理を高速に実行できるGPU（NVIDIA社製A100 80GB、図1）を4台搭載したAIサーバー（DELL社製XE8545、図2）を長崎大学データセンターに導入し、365日24時間リモートでAI処理を実行できる環境を構築した。

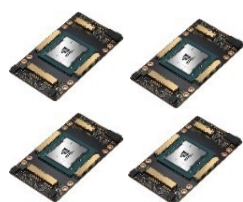


図1 NVIDIA A100 SXM4



図2 DELL PowerEdge XE8545

《道路劣化計測システムの構築》

ドライブレコーダー2台とGPS・加速度ロガー1台を組み合わせた安価な道路劣化計測システムを構築した（図3）。本計測システムを用いることで、①道路の動画（ステレオ）、②位置情報（GPS）、③3軸加速度、④3軸角速度（ジャイロ）データの収集を同時に行うことができる。



図3 道路劣化計測システムと設置方法

長崎河川国道事務所の国道34号、35号、57号（全長約175km）および福岡国道事務所（福岡、福岡西、久留米（瀬高含む））の国道3号、201、202、208、209、210号（全長約300km）の道路パトロール業務において、本計測システムを搭載して、道路動画、位置情報、加速度、角速度データを計測し解析して道路劣化状態を算出する。表1に示すように計測システム11セットを準備し、各出張所の道路パトロール車に搭載して、道路劣化データの計測を実施した。なお、一度の計測で、一出張所あたり256GB程度のデータを収集している。

表2に本研究開発の実施体制役割・責任分担体制、表3に共同研究者氏名を示す。

表1 出張所当りの計測システム台数

長崎県国道	台数	福岡県国道	台数
大村維持出張所	1	福岡維持出張所	2
佐世保維持出張所	2	福岡西維持出張所	2
小浜維持出張所	1	久留米維持出張所	2
		久留米瀬高庁舎	1

表2 本研究の実施体制、役割・責任分担体制

長崎大学インフラ総合研究センター	全体の総括
九州地方整備局 福岡国道・長崎河川国道事務所	・点検車両による走行試験 ・道路情報の提供
富士通 Japan（株）	・道パトによる走行点検、AI 教師データ作成
（株）シアスタ	・点検データの分析・図化・システム化
Before Create	・国道舗装工事情報・舗装点検記録の加工および変換プログラム作成

外部委託

【AI道路管理維持システム（AIRMS）の構築】（株）シアスタ

本研究課題の研究開発成果をWebブラウザから利用できる「AI道路維持管理システム（AIRMS）」を構築する。本システムは、Webアプリケーションとして構築されており、短期間の限られた期間での改修は難しいため、システム開発会社を開発を業務委託した。外注の範囲としては、プログラムのコーディングが主であり、システムの設計やデータ分析のアル

ゴリズムについては、本学が中心となって作成する。なお、改修したシステムの著作権については、本学に譲渡し、著作者人格権は行使しないよう契約した。長崎大学のAIサーバーでアルゴリズムやシステム開発を行ない、道路劣化計測システムにより取得される平坦性とひび割れ率の算出法のアルゴリズム作成、商用車プローブデータからの交通量と急ブレーキ発生位置、長崎河川国道事務所から提供された舗装工事や措置・修繕工事情報等々を、デジタル地図上に表示するとともに、重ね合わせが可能な一元的可視化手法確立し、AIを用いた道路維持管理システムを構築した。

【道路パトによる道路平面性状計測と大規模AI教師データ作成作業】（㈱FTRD㈱）

スマートフォンとクラウドの活用により、道路施設の予防保全的な維持管理を効率的に支援する「道路パトロール支援サービス（道パト）」により、福岡国道、長崎河川国道事務所管理の国道の平坦性の評価を行う業務を委託した。また、AIの教師データ作成手法について検討し、教師データの元となる各種データを長崎河川国道事務所の協力を得て蓄積した。さらに、実用化に向け、蓄積した膨大なデータを整理し、大規模なAI教師データ作成には、道路舗装維持管理に関する知識が必要となるため、技能補佐員等を雇用するよりは、十分なノウハウを有する企業に外注することが適切であると判断した。

【国道舗装工事情報・舗装点検記録の加工および変換プログラム構築】（Before Create）

国土交通省九州地方整備局長崎河川国道事務所が管理する国道の舗装工事情報・舗装点検記録（以降、点検記録）を読み込み、長崎大学が指定する部分についての加工、xROADの国道の舗装工事情報・舗装点検記録の加工および変換プログラムの開発を委託した。

表3 共同研究者氏名

研究者氏名	年齢	所属(長崎大学)・役職	分担研究内容	経歴・主な研究分野等	資格
○松田 浩	66	工学研究科・教授	・全体の総括 ・一元的可視化手法確立による次世代型維持管理計画策定手法の開発	(最終学歴)九州工業大学大学院修士課程修了／(職歴)長崎大学工学部・助手・講師・助教授・教授・副学長・工学部長・研究科長／(専門分野)土木材料・施工・建設マネジメント・構造工学・維持管理工学	工学博士
奥松俊博	56	工学研究科・准教授	・一元的可視化手法確立による次世代型維持管理計画策定手法の開発 ・重交通道路における舗装劣化と交通量・制動との因果関係の解明	(最終学歴)長崎大学大学院修士課程修了／(職歴)(株)フジタ、長崎大学工学部・助手・准教授／(主研究分野)構造工学・維持管理工学・橋梁工学	博士(工学)
古賀掲維	52	ICT基盤センター・准教授	・物体検出AIを用いた区画線等の維持管理手法の構築 ・道路標識等の道路物体検出手法の開発と維持管理方策の提案	(最終学歴)長崎大学大学院修士課程修了／(職歴)長崎大学工学部・助手・ICT基盤センター准教授／(主研究分野)構造工学・画像処理・計算力学	博士(工学)
山口浩平	50	工学研究科・准教授	・措置・修繕工事の策定の検討 ・国道版舗装点検記録様式の簡易作成と有効活用	(最終学歴)九州大学大学院博士後期課程修了／(職歴)九州大学大学院・助手、(一財)橋梁調査会、長崎大学・准教授／(主研究分野)土木構造学・橋梁工学	博士(工学)
西川貴文	45	工学研究科・准教授	物体検出AIを用いた区画線等の維持管理手法の構築 ・道路標識等の道路物体検出手法の開発と維持管理方策の提案	(最終学歴)東京大学大学院博士課程修了／(職歴)東京大学大学院・助教、(独)国際協力機構、長崎大学・助教・准教授／(主研究分野)構造工学・維持管理工学	博士(工学)
杉本知史	46	工学研究科・准教授	・ひび割れによる陥没発生の要因分析 ・ポットホール発生の要因分析	(最終学歴)九州大学大学院博士後期課程修了／(職歴)長崎大学・助教・准教授／(主研究分野)地盤工学(トンネル工学、基礎工学)・計測工学・リサイクル工学	博士(工学)
佐々木謙二	43	工学研究科・准教授	・措置・修繕工事の策定の検討 ・重交通道路における舗装劣化と交通量・制動との因果関係の解明	(最終学歴)新潟大学大学院博士課程修了／(職歴)日本学術振興会・特別研究員、長崎大学・助教・准教授／(主研究分野)土木材料・施工・構造工学・維持管理工学	博士(工学)
出水 享	44	工学研究科・技術職員	・ポットホール発生の要因分析 ・舗装工事情報(舗装維持工事及び道路占用工事)の重ね合わせによる有効利用法の提案	(最終学歴)長崎大学大学院修士課程修了／(職歴)(株)計測リサーチコンサルタント、長崎大学・特任研究員・技術職員／(主研究分野)構造工学・維持管理工学・計測工学	博士(工学) 4

⑦ 中間・F S 評価で指摘を受けた事項への対応状況

以下に中間評価での指摘事項への対応状況を示す。図4は評価結果である。

質問・コメント 【委員 A】

画像分類 AI を用いたひび割れ率の算定法に関して、算定対象のひび割れの情報（幅、長さ、方向など）はどのようなものでしょうか（Q1）。また、ひび割れ情報の取得の精度や画像の解像度などはどのようなレベルでしょうか（Q2）。

【回答1】 MCIに準拠してひび割れ率を算定している（0.5m×0.5mのマス目）。
（舗装調査・試験法便覧：S029 舗装路面のひび割れ測定方法 [1]-157）

・線状ひび割れ 1本	0.15m2	} ひび割れ面積
・線状ひび割れ 2本以上	0.25m2	
・パッチング 0%以上25%未満	0.00m2	
・パッチング 25%以上75%未満	0.125m2	
・パッチング 75%以上	0.25m2	
・ひび割れとパッチングの両方ある場合は、ひび割れのマス目として数える。		

$$\text{ひび割れ率(\%)} = \frac{\text{ひび割れ面積(m}^2\text{)}}{\text{調査対象区画面積(m}^2\text{)}} \times 100$$

【回答2】 ドライブレコーダーを用いて、2,560×1,440画素、55fpsの動画として取得

質問・コメント 【委員 B】

1. 中間評価報告書・調書の「⑨令和5年度及びそれ以降の研究計画・方法（P10）」に提示されている、分野1、2、5のひび割れや路面の劣化と、陥没発生の要因解析・ポットホール発生の要因解析・交通量や速度との因果関係の解明に関し、大量のデータを自動取得・自動解析する手法を採用されているので、ひび割れや路面の劣化の進展（二時期間の差違やマクロデータを用いた劣化進展傾向）にも着目し、分析を進めていってはどうか。例えば、縦ひび割れが縦ひび割れのまま経過するものと亀甲状に進み始めるものの差別化や、加速度データのマクロデータと経時変化傾向の相関にも着目するなど。

【中間評価での回答】

令和4年度では10月から半年程度の計測期間だったので、2023年度の計測結果により、二時期間の差違やマクロデータを用いた劣化進展傾向にも着目し分析を進めていく。

- ✓ 縦ひび割れが縦ひび割れのまま経過するものと亀甲状に進み始めるものの差別化
- ✓ 加速度データのマクロデータと経時変化傾向の相関

【2023年度の対応状況】

(1) AIを用いたひび割れ率の算定法

ドライブレコーダーやアクションカメラといった一般的な機器と画像処理および深層学

習を組み合わせることで、MCIに準じた安価かつ高精度なひび割れ率算定手法を開発するとともに、動画ファイルおよび位置情報データから、AIRMSの地図上にひび割れ種類等を表示するシステムを構築した。現状では異なる2期間に取得した動画に対してAIRMSの地図上において物体検出し、それを目視で判断できる。理論的には、二つの物体検出の結果について、一定以上重なり合うBBOXを調べ、それが同じ物体（縦ひび割れ）か異なる物体（縦ひび割れ⇒亀甲状ひび割れ）かを判断することは可能である。

(2) GPS・加速度データを用いた平坦性(IRI)の評価

車両に設置したGPS・加速度ロガーで取得したデータから、路面の平坦性を評価する手法を開発するとともに、動画ファイルおよび位置情報データからAIRMSの地図上に道路の損傷を表示するシステムを構築した。異なる測定時期の道路の損傷データもグラフ化できている。平坦性については、富士通JAPANの道パト、iDRIMSも併せて使用した。

(3) その他の情報のAIRMSの地図上への表示

商用車プローブデータから急ブレーキイベントおよび交通量の表示、xROADのAPIキー登録による舗装点検結果の表示、3次元点群データを登録し表示する機能をAIRMSの地図上に表示できるシステムを構築した。

(4) 上記データの一部については、重ね合わせたグラフとして表示することができ、道路の維持管理に役立てることができる。

2. 中間評価報告書・調書の「⑨令和5年度及びそれ以降の研究計画・方法(P10)」の分野6(及びf)に関し、一元的可視化手法というアウトプット面のみならず、舗装工事情報の入手というインプット面の効率化、自動化についても工夫できるとよい。P10に「道路巡回日誌の補修記録をAI道路維持管理システムに入力できるよう改修」とあり、これを進める際に上記を考慮されたい。

【中間評価での回答】

九州地方整備局長崎河川国道事務所の道路点検パトロール実施者と協議して、舗装工事情報のインプット方法の効率化と自動化についても検討する。Excel形式の帳簿をプログラム(Python)で解析し、データを抜き出すプログラムを作成する方向で取り組む。

【2023年度の対応状況】

国土交通省長崎河川国道事務所が管理する国道の舗装工事情報・舗装点検DB(以降、点検DB)にアクセスし、本研究開発において指定する部分については任意に加工可能なシステムを開発した。xROADの整備に伴い舗装点検様式(様式A、B)が終息以降したため、アウトプットされたxROADの国道の舗装工事情報・舗装点検記録のJSONデータとインプット用のExcelまたはcsvデータを相互に変換するプログラムを開発した。

3. R4年度にxROAD、全国道路施設点検データベースの運用が開始されており、道路データプラットフォームが整えられつつある。このプラットフォームとの連携を視野に研究を進められるとよい。

【回答】2020-21年にPRISMで国土交通プラットフォームと連携するシステムを構築した。今回も、xROADの仕様やAPIについて調査し、連携できるように取り組む。

【2023年度の対応状況】前項の回答と同じ。

1. 中間評価の結果（☆は委員の数を表します。）				
中間評価の視点	評 点		評価結果	意 見
研究の進捗状況	a	順調である	☆☆☆☆	・パーツのごとに進捗が報告され、それらと分野の達成目標との関係（達成度・見込み）がきちんと整理されている。 ・道路維持管理手法の提案に向けてツールの開発を順調に進めている。
	b	概ね順調である	☆☆☆☆☆	
	c	やや順調でない		
	d	順調でない		
研究の見通し	a	適切である	☆☆☆☆	・実用化段階において、道路維持管理システムがシステムとして稼働できるか、システムを構成する部分の精度は道路維持管理の観点から十分か等の観点が明確化されることが期待される。
	b	概ね適切である	☆☆☆☆☆	
	c	やや適切でない		
	d	適切でない		

研究継続の妥当性評価		意 見
A	現行のとおりに推進	研究は順調であり、巡視や定期点検における各種データ（記録）を一元化することによる道路維持管理業務の効率化や、各種データとの因果関係整理により道路施策としての説明性向上が期待されることから、現行のとおりに推進することが妥当であると評価する。
B	現行のとおりに推進（指摘事項あり）	
C	研究計画を修正の上推進	
D	中止	

2. 特記事項

（研究計画の修正を要する場合の修正内容、今後の研究計画・方法への指摘事項等。）

<参考意見>

- ・道路管理者と協働で利活用方法を検討するとともに、自治体管理の道路でも検証を実施いただきたい。
- ・所要の目的を達成するため、ひび割れ率の算定、道路物体検出などについて、その検出精度などのデータとともに、検出精度に影響するスマホやドラレコのカメラ性能などについても、所定の目的を達成するために必要なシステム性能をとりまとめていただきたい。
- ・想定される事例において、システムの構成や各部分の入出力なども項目として具体的に示したうえで、それぞれの精度も明らかにする必要がある。
- ・道路管理者と連携し、データの一元化と可視化がなされた次に、例えば研究目標である巡回記録と交通との因果関係の解析等、活用策の提案が行われ、または道路管理者からのフィードバックがなされることが期待される。

図4 中間評価結果

⑧研究成果

(1) AIを用いたひび割れ率の算定法

MCIのひび割れ率の算定について着目し、ドライブレコーダーやアクションカメラ等の一般的な機器と画像処理及び深層学習の組合せにより、MCIに準じた安価かつ高精度なひび割れ率算定手法を構築した。本手法では、ひび割れの検出には、画像分類モデルである

ResNet101を、パッチングの検出にはセグメンテーションモデルであるDeepLabV3を用いることで、ひび割れの平均正答率が約96%、パッチングの検出におけるIoUが約90%と非常に高い精度を得ることができている。図5は道路のひび割れ率の算定例である。

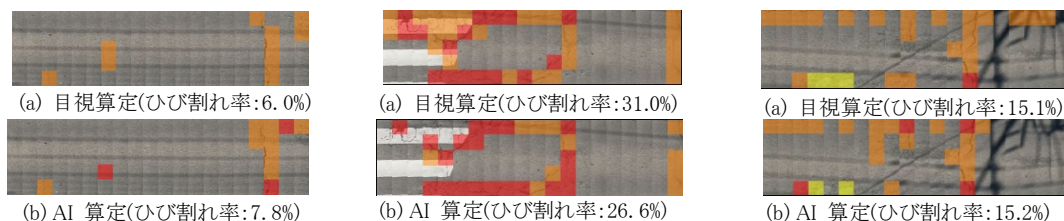


図5 道路路面のひび割れ率の算定結果

(2) AI を用いた路面損傷・道路上物体の検出

ドライブレコーダーやアクションカメラで撮影した動画から、路面の損傷や道路上の物体について、種類、位置と大きさ(矩形領域)を検出する手法を構築した。本手法では、物体検出モデルであるFaster R-CNN を用いて、以下のクラス(表3)について物体検出を行える。本研究では、路面動画から抽出し精査した777枚の画像で教師データを作成している。作成した教師データを用いて解析した結果、物体検出指標mAPは54%と十分な精度が得られている。図6は道路上の損傷および物体を検出した結果である。

表3 物体検出対象のクラス

D00	縦方向・車輪走行部	D20	亀甲状ひび割れ	D43	横断歩道の掠れ	D50	マンホール等
D10	横方向・施工ジョイント	D40	ポットホール	D44	白線の掠れ	D60	パッチング

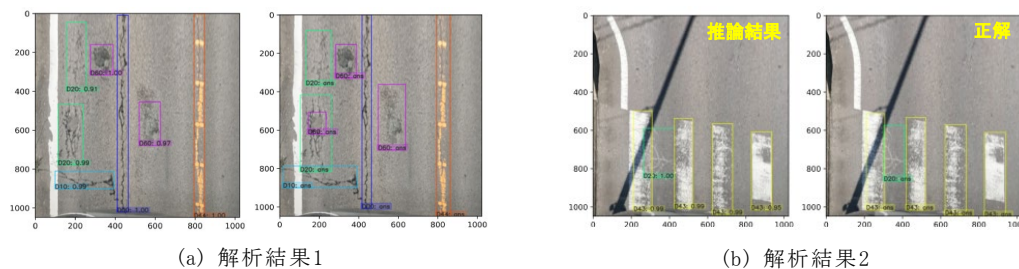


図6 道路上の損傷及び物体の検出結果

(3) 3次元点群データの解析手法

国土交通省のMMS(Mobile Mapping System)で計測された3次元点群データやSfM(Structure from Motion)で作成された3次元点群データの解析を行った。まず、MMSや3次元点群の解析環境、平面検出およびクラスタリングを用いた点群の分離や、AIを用いた3次元セマンティックセグメンテーションの手法を提示した。図7は平面検出およびクラスタリングを用いてMMSの点群を分離した結果である。図8はAIを用いた3次元セグメンテーションの結果である。

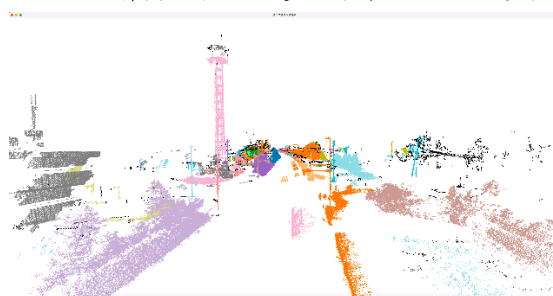


図7 クラスタリングされた点群

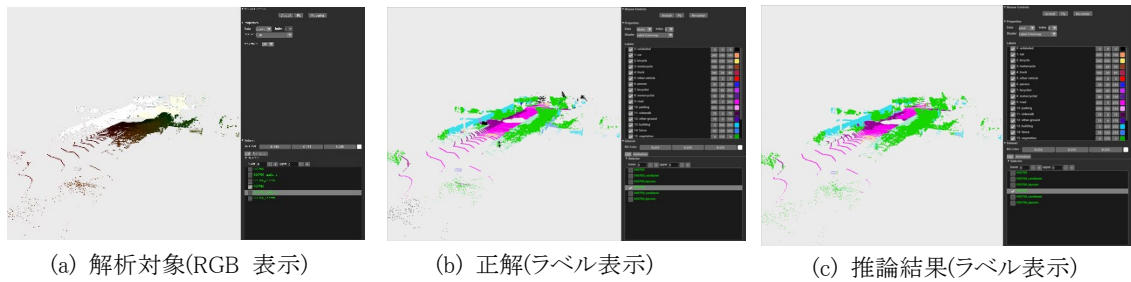


図8 解析結果 (AIを用いた3Dセグメンテーション)

(4) GPS・加速度データを用いた平坦性の評価

本研究では、車両に設置したGPS・加速度ロガーで車道を走行することで、加速度データを取得し、路面の平坦性への変換を試行した。加速度データ (NMEA形式) を可視化した結果が図9(a)である。横軸は経過時間、縦軸の左側は鉛直方向(z方向)の加速度、右側が記録開始からの移動距離となっている。本研究で取得したデータの経路が図9(b)である。経路上の青のマーカーが走行開始地点、赤のマーカーが走行終了地点となっている。

図10(a)は取得した加速度データから変換したRMSを用いて、平坦性を可視化したものである。縦軸の左側は平坦性、右側が始点からの移動距離、横軸は経過時間である。図10(a)で移動距離に変化がない箇所は車両が停止している箇所であり、平坦性値はゼロ近傍で一定となっている。図(b)に図(a)の緑破線区間の平坦性を地図上に描画したものを示す。図(a)の緑丸①、②が図(b)の緑丸①、②の地点に対応している。地点(a)と地点(b)の平坦性値の分布をみると、幅員の比較的大きい交差点付近の地点②)の方が大きな平坦性値が分布していることがわかる。

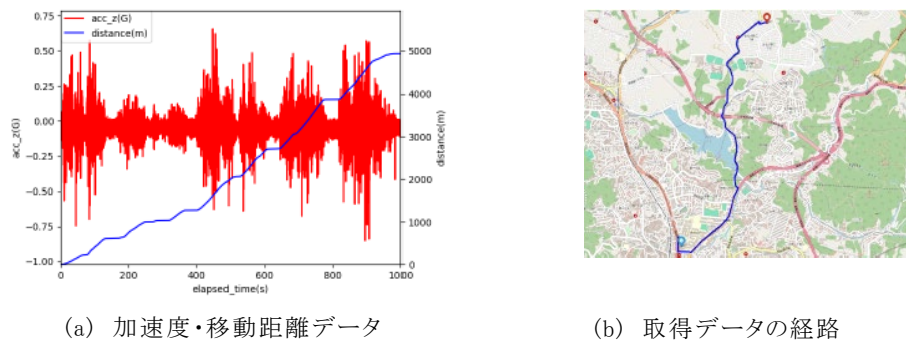


図9 ロガーから取得した加速度・移動距離データ、取得データの経路

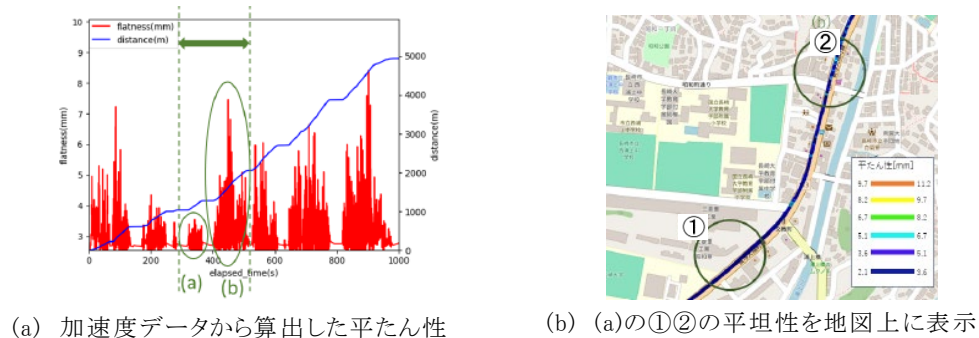


図10 加速度データから算出した平坦性要素法その地図上表示

本計測システムによる平坦性の評価は、福岡県国道（福岡、福岡西、久留米、久留米瀬高庁舎）および長崎県国道（大村、佐世保、小浜維持出張所）でも実施した。福岡と大村出張所管理国道での計測結果を図11に示す。

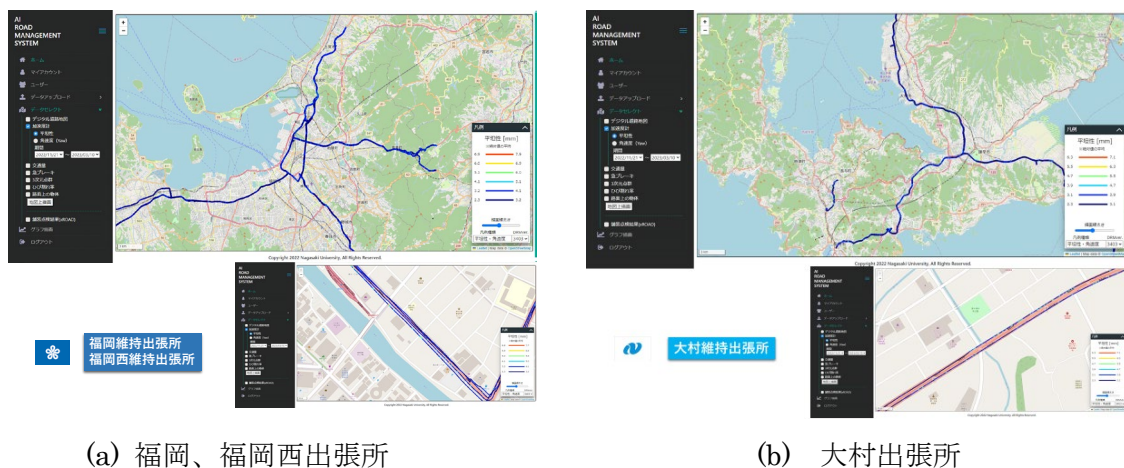


図11 福岡県及び長崎県の国道での平坦性調査

平坦性の評価については、多くの機関で機器開発され計測が実施されている。計測精度や使用性を比較検討するために、富士通JAPANの道路パトロール支援サービス（道パト）およびiDRIMSによるIRIの計測も実施した。それぞれの計測結果を図12および図13に示す。加速度計による路面平坦性評価は各機関独自のフォーマットで作成されている。xROADへ反映させるためには、統一フォーマットで作成してAPI等でアップロードする必要がある。

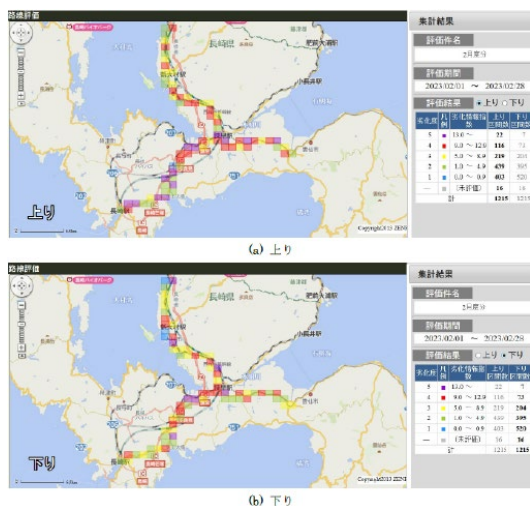


図12 道パトによる計測結果



図13 iDRIMSによる計測結果

(5) 長崎市道におけるFWD調査

構造評価：FWD測定から得られた D_0 (20℃補正)たわみおよびFWDの測定位置図を図14に示す。たわみの変化点により1区間と1地点で解析を実施した。調査区間における D_0 たわみは、一部区間を除いて0.9mm 以下であるので、支持力が保持されていると考えられる。

(交通量区分N4において健全な支持力と判断できる D_0 たわみ量の目安値0.9mm以下)。FWD測定から得られた D_0 たわみより各層の弾性係数の推定値を表4に示す。全体的に、良好と判断される目標値を下回る結果となった。

舗装構造解析結果：舗装各層の評価は目標等値換算厚 T_A と残存等値換算厚(T_{A0})の比較により行う。残存等値換算厚は弾性係数と等値換算係数の関係式から舗装各層の残存等値換算係数 a からを求め、各層の厚さを基に算出した。解析結果を表5に示す。本路線では区間1および地点1で、残存等値換算厚 T_{A0} が目標等値換算厚 T_A を不足するため、舗装の構造的補修が必要である。

舗装補修工法の検討：区間1(0m～660m)では、残存等値換算厚 T_{A0} が目標等値換算厚 T_A を満足しないため、舗装の構造的補修が提示された。補修工法案を表6に、舗装補修断面案を図15に示す。補修工法1はアスファルト混合物5cmの切削オーバーレイであるが、それだけでは目標等値換算厚 T_A を満足しない。補修工法2はアスファルト混合物10cmの混合物の打換えて、目標等値換算厚 T_A を満足する。

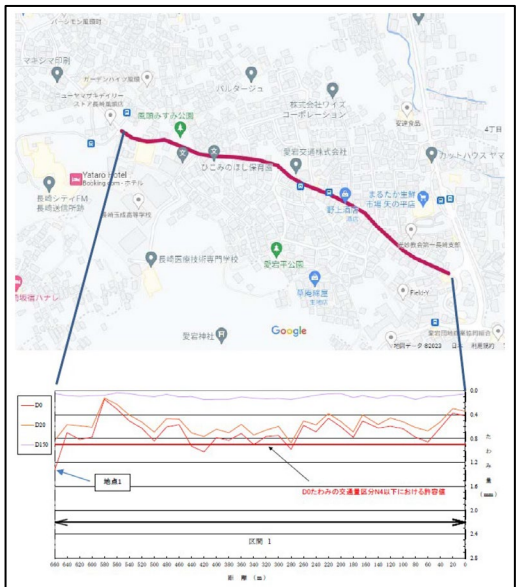


図14 FWD計測によるたわみ縦断図

表4 FWD測定値から弾性係数の推定

解析区間	材料	層厚 (cm)	弾性係数 (MPa)	ランク
区間 1	アスファルト混合物	10	1900	低下している
	粒度調整碎石	12	150	低下している
	クラッシャラン	20	100	低下している
	路床	∞	65	
地点 1	アスファルト混合物	10	590	低下している
	粒度調整碎石	12	80	低下している
	クラッシャラン	20	50	低下している
	路床	∞	100	

表5 残存等値換算厚

区間 1	アスファルト混合物	10	1900	0.66	6.60
	粒度調整碎石	12	150	0.26	3.12
	クラッシャラン	20	100	0.22	4.40
	舗装厚合計	42			14.12
	残存等値換算厚 T_{A0} (cm)	14.12	設計値 CBR=6, 設計交通量=N4		
地点 1	目標等値換算厚 T_A (cm)	16.0	1.88cm T_A が不足している		
	アスファルト混合物	10	590	0.43	4.30
	粒度調整碎石	12	80	0.21	2.52
	クラッシャラン	20	50	0.17	3.40
	舗装厚合計	42			10.22
	残存等値換算厚 T_{A0} (cm)	10.22	設計値 CBR=8, 設計交通量=N4		
	目標等値換算厚 T_A (cm)	14.0	3.78cm T_A が不足している		

表6 舗装補修工法案

解析区間	区間 1											
	0～660m											
補修工法	既設舗装				補修工法 1				補修工法 2			
					切削オーバーレイ				アスファルト混合物の打換え			
舗装構造断面	材料	厚さ	a	a×h	材料	厚さ	a	a×h	材料	厚さ	a	a×h
	既設アスコン	10	0.66	6.6	新規アスコン	5	1.00	5	新規アスコン	10	1.00	10
	粒度調整碎石	12	0.26	3.12	既設アスコン	5	0.66	3.3	粒度調整碎石	12	0.26	3.12
	クラッシャラン	20	0.22	4.4	粒度調整碎石	12	0.26	3.12	クラッシャラン	20	0.22	4.4
目標等値換算厚 T_A		16.00				16.00				16.00		
補修後等値換算厚 T_A		14.12				15.82				17.52		
施工性										○ アスコン 2 層		
環境負荷										○ アスコン 10cm		
道路の管理性										○		

舗装構成 ($t=42\text{cm}$)		補修工法2 部分打換え	
アスファルト混合物	10cm	アスファルト混合物	10cm
粒度調整砕石	12cm	粒度調整砕石	12cm
クラッシャーラン	20cm	クラッシャーラン	20cm
路床		路床	

図15 舗装補修断面案

(6) 道路舗装点検技術 (iDRIMS) の定量的分析

iDRIMSは加速度計を自動車に搭載して、道路面のプロファイルを計測する機器である。本研究の共同研究者である西川貴文准教授はiDRIMS開発の共同研究者であり、2010年頃からiDRIMSのハードやソフトの面での研究開発に携わっている。加速度計によるIRIの計測の精度について、図16にDRIMSとプロファイラとの比較試験を示す。DRIMSとプロファイラによるプロファイル推定 ($0.02\sim0.5\text{cycle/m}$) した結果、DRIMSはプロファイラと一致したプロファイル推定を行うことができることを確認できる。

iDRIMSを用いて2022年にIRI計測を実施した路線と同路線のIRIを計測し、2時点におけるIRIの計測結果を比較分析した (図17)。舗装健全度区分Ⅲ ($\text{IRI}=8\text{mm/m}$ 以上) に達している箇所が増加している。約2400m地点では健全度区分Ⅰ ($\text{IRI}=3\text{mm/m}$ 以下) に低下しているが、その地点の路面状態を確認すると全体補修が行われていたことが判明した。iDRIMSを用いて経時的に道路舗装の点検により、路面劣化地点のIRI上昇が把握できることがわかる。

iDRIMSで計測されたIRIと路面性状測定車で計測されたIRI、MCIの比較分析を行った。路面性状測定車による計測結果はxROADのデータを用いた。それぞれの計測結果を図18および図19に示す。相関分析結果はIRI、MCIともに大きな相関は見られなかった。

FWD調査で計測された路面舗装全体の支持力を示す D_0 たわみ量とiDRIMSで計測されたIRIの比較分析結果を図19に示す。FWD調査による計測結果は長崎市が2023年に行った調査結果のデータである。相関分析結果では大きな相関は見られなかった。

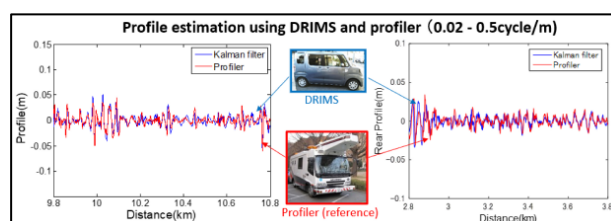


図 16 DRIMS とプロファイラとの比較試験

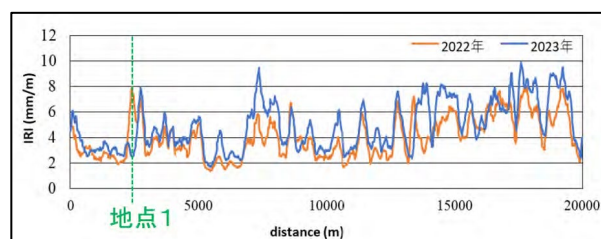
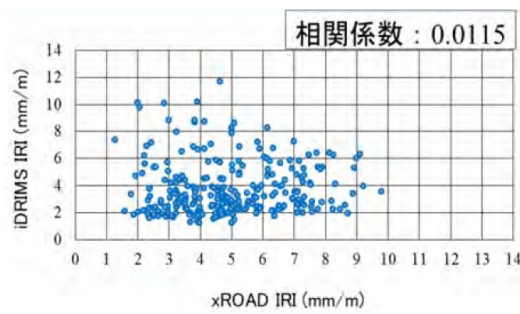
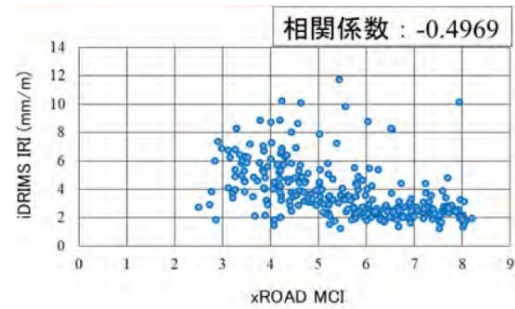


図 17 2 期間の IRI 値の比較



(a) xROAD IRI vs iDRIMS



(b) xROAD MCI vs iDRIMS

図 18 xROAD の IRI,MCI と iDRIMS の IRI の比較

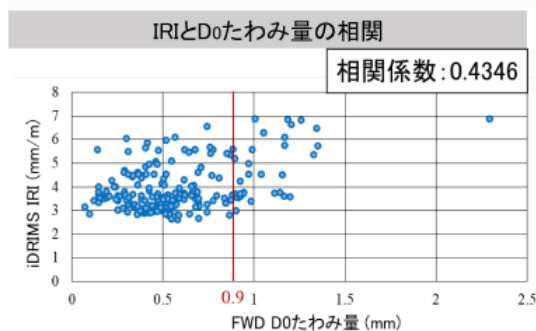


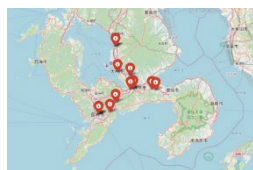
図 19 FWD D0 たわみ量と iDRIMS の IRI の比較

(7)商用車プローブデータの可視化

☆ 急ブレーキイベントの可視化：急ブレーキイベント発生データは、データ件数が非常に多く、そのままでは可視化できないため、各イベントにおいて最大の加速度のデータのみ抜き出し、かつヒートマップ(heatmap)を用いて可視化を行った。図20(a)は、長崎市近傍で発生した急ブレーキイベントを地図上にヒートマップで可視化したものである。図中、暖色部分ほど急ブレーキイベントの発生頻度が高いことを示している。図(b)は道路の補修データよりポットホールの補修箇所を抜き出し、地図上にプロットしたものである。図(c)は(a)の急ブレーキイベント発生データと(b)の道路補修データを重ね合わせたものである。このような可視化を行うことで、各データ間の相関を把握することが可能となる。



(a)急ブレーキイベント発生データ



(b)ポットホールの補修箇所



(c) (a)と(b)の重ね合わせ

図 20 急ブレーキイベント発生データとポットホール補修個所の重ね合わせ

々 平均旅行時間データの可視化：平均旅行時間データは、DRM(Digital Road Map：デジタル道路地図)で整理されているノード(道路上の点)およびリンク(2点のノードを結んだ道路区間)を用いて集計されており、リンクにおける単位時間あたりの車両の走行件数や通行した車両の旅行時間の平均値を取得したものである。本研究では平均旅行時間データに含まれるリンク毎の走行件数データを1日あたりの交通量データとして集計した。図21に交通量データを可視化した例を示す。ため、地図に合わせて適宜測地系を変換している。

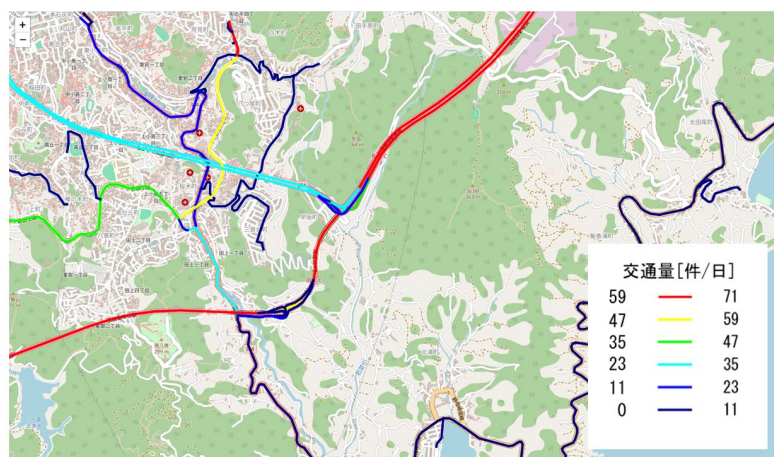


図21 交通量データの可視化

々 道路の属性データの比較：DRMデータには、道路リンク毎に一般国道や一般都道府県道などの区分を示す道路種別データが格納されている。図22に(a)交通量データおよび(b)道路種別データを描画した例を示す。このように、交通量データとその路線に対応するデータを比較することで、各データ間の相関を把握することが可能となる。

なお、急ブレーキイベント発生データおよび平均旅行時間データについては、利用している地図と利用している測地系が異なるため、地図に合わせて適宜測地系を変換している。

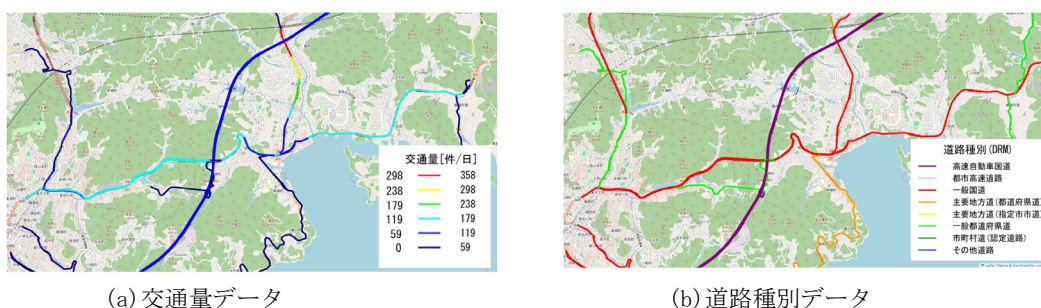


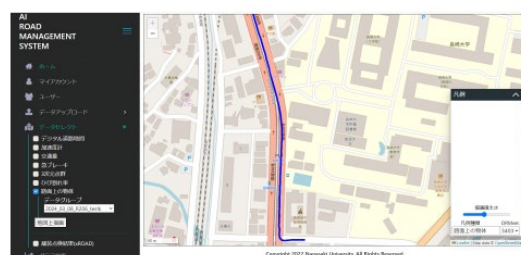
図22 道路の属性データの比較

(8)AIを用いた道路維持管理システム(AIRMS)

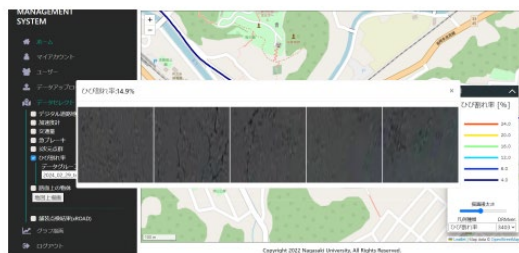
本研究開発成果が広く活用されることを目的として開発したAI道路維持管理システム(略称：AIRMS)は、Webアプリケーションとして開発されており、Chrome、Firefox、Edgeなどのブラウザがあれば、どこからでも利用できるシステムである。AIRMSは、AIやデータサイエンス分野で利用されるプログラミング言語Pythonを用いて開発されており、本研究開発をはじめとするAIを活用した研究成果をすぐに取り込めるように設計されている。



(a) ひび割れ率データ 地図上表示例



(a) 路面上の物体データ 地図上表示例



(b) ひび割れ率データ ポップアップ表示例



(b) 路面上の物体データ ポップアップ表示例

図23 AIRMS によるひび割れ率表示例

図24 AIRMSによる路面上の物体検出結果の表示例

現在、AIRMSでは以下の機能を実装している。

- ✧ 動画ファイルおよび位置情報データから、地図上にひび割れ率を表示する
- ✧ 動画ファイル、位置情報および加速度データから、地図上に道路の損傷を表示する
- ✧ 商用車プローブデータから、急ブレーキイベントおよび交通量を表示する
- ✧ xROADのAPIキー登録することで、舗装の点検結果を表示する
- ✧ 3次元点群データを登録し、表示する

これらのデータの一部については、重ね合わせたグラフとして表示することができ、道路の維持管理に役立てることができる。

図23はAIRMSによるひび割れ率の表示例である。

図24はAIRMSによる路面上の物体検出結果の表示例である。

⑨ 研究成果の発表状況

本研究の成果について、これまでに発表した代表的な論文を降順に記載（本研究に関連した研究を開始した2019年以降の公表論文）

- (1) 古賀掲維, 内田大成, 石井抱, 島崎航平, 出水享, 松田浩：変位及び振動計測結果を利用した構造物の損傷同定に関する基礎的研究, 土木学会インフラメンテナンス実践研究論文集, Vol.2, pp.286-295, (2023.1)
- (2) 古賀掲維, 友原慎太郎, 市川辰旺, 松田優貴, 寺野聡恭, 佐々木博, 出水享, 松田浩：深層学習を用いた舗装面のひび割れ率算定に関する研究, 土木構造・材料論文集, Vol.38, pp.123-130, (2022.12)
- (3) 古賀掲維, 内田大成, 石井抱, 島崎航平, 出水享, 松田浩：移動荷重を受ける橋梁の損傷検知手法に関する研究, 土木構造・材料論文集, Vol.38, pp.115-122, (2022.12)

- (4) 古賀掲維, 石田大晴, 永松牧子, 出水享, 鶴田健, 佐々木謙二, 松田浩: 鉄筋定着部損傷があるRCはりの実験および3次元FEM解析に関する研究, 土木構造・材料論文集, Vol.38, pp.69-77, (2022.12)
- (5) 出水享, 松田浩, 伊藤幸広, 森田千尋: デジタル画像相関法を用いた橋梁の亀裂・変位・ひずみ計測に関する研究, 光技術コンタクト, 32-39, (2022.02)
- (6) 松田浩, 出水享, 伊藤幸広: 光学的計測法のインフラ維持管理分野への利活用, クレーン, 第59巻, 11号, pp.1-10 (2021.11)
- (7) 木本啓介, 松田浩ほか: インフラ点検の現状と新技術利用の動向—デジタル画像を用いたインフラ点検の効率化—, 実験力学, 21巻2号, p.77-83 (2021.09)
- (8) 市川辰旺, 宮濱晃一, 佐々木謙二, 出水享, 古賀掲維, 島崎航平, 石井抱, 松田浩: たわみ影響線及びたわみ曲線の変化率を利用した橋梁劣化箇所同定, 実験力学, Vol.21, No.2, pp.97-103, (2021.6)
- (9) 松田浩, 出水享, 木本啓介, 西村正三: 軍艦島3Dプロジェクト3D計測技術を活用した文化財の記録, 画像ラボ, 1-5 (2021.05)
- (10) 出水享, 松田浩, 伊藤幸広: デジタルカメラを用いた鋼材の革新的亀裂検査法の開発, 建設機械, 37-41 (2021.04)
- (11) 松田浩・高橋和雄・田村孝義・吉川國夫: 地域発の道守制度を基軸としたインフラ維持管理, コンクリート工学, Vol.59, No.1, 83-88 (2021.01)
- (12) 寺野聡恭, 出水享, 古賀掲維, 中島賢哉, 松田浩: 深層学習を用いたコンクリート構造物のひび割れ抽出・判別方法に関する研究, 長崎大学大学院工学研究科研究報告, Vo.50, No.95, pp.71-76, (2020.7)
- (13) 木本啓介・西村正三・松田浩・出水享: 軍艦島3D プロジェクト～3D 計測技術を活用した文化財の記録, 計測と制御, 第59巻, 第7号, 1-5, (2020.07)
- (14) 山口浩平, 鈴木航作, 松田浩, 伊勢田幹太, 合田寛基: 橋梁復元設計における3D計測の利活用について, 構造工学論文集, 66A, 684-693, (2020.03)
- (15) 高橋和雄・松田浩・馬場幸治・吉川國夫: 長崎県における道守制度を活用した道路の維持管理, 長崎県における道守制度を活用した道路の維持管理, 月刊建設, 20-02, 18-20, (2020.02)
- (16) 寺野聡恭, 小金丸暁, 松田浩, 佐々木博, 古賀掲維, 西川貴文: スマートフォン, を用いた道路舗装の平坦性及びひび割れ率の評価に関する研究, 土木学会論文集F4, Vol.75(2), pp.88-95, (2019.12)
- (17) 木本 啓介, 松田 浩: デジタル画像の撮影解像度とコンクリートの視認可能なひびわれ幅に関する検証, 土木構造・材料論文集 第35号, 115-122, (2019.12)
- (18) 寺野聡恭, 西川貴文, 松田浩, 古賀掲維, 佐々木博: スマートフォンを用いた道路舗装の平坦性及びひび割れ率の評価に関する研究, 第33回日本道路会議, 3047, pp.79-82, (2019.11)
- (19) 松田浩・伊藤幸広: [解説] 九州・山口地域における橋梁長寿命化への取り組み—道守養成講座と橋梁点検へのICT の利活用—, プレストレストコンクリート, Vol.61, No.6, 16-21, (2019.10)
- (20) 永松牧子, 上阪康雄, 松田浩, 海部貴裕: 現場打ち超高性能繊維補強コンクリートの材料特性, 第28回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウ

ム, 7-2, 669-672, (2019.10)

- (21) 寺野聡恭, 松田浩, 古賀掲維: スマートフォンを用いた道路舗装の平坦性及びひび割れ率の評価に関する研究, 第33回日本道路会議, 3047, 79-82, (2019.10)
- (22) 永松牧子, 松田浩: PIC板による鉄筋定着部が損傷したRCはりの曲げおよびせん断補強効果, 日本材料学会, コンクリート構造物の補修・補強・アップグレード論文報告集, 119-124, (2019.10)
- (23) 寺野聡恭, 古賀掲維, 松田浩: 深層学習を用いたコンクリートのひび割れ検出プログラムに関する研究, 長崎大学大学院工学研究科研究報告, Vo.49, No.93, pp. 119-124, (2019.8)

⑩研究成果の社会への情報発信

1	2021年11月9日	長崎河川国道事務所との連携・協力に関する協定締結
2	2022年11月8日	連携・協力に関する協定に基づく「道路メンテナンスに関する覚書」調印
3	2023年3月9日	佐世保市と包括連携協定締結
4	2018～	招待講演

[1] 2021年11月9日: 長崎河川国道事務所との連携・協力に関する協定締結

長崎新聞 (2021.11.10)



図25 長崎河川国道事務所との連携・協力に関する協定締結

[2] 2022年11月8日: 協定に基づく「道路メンテナンスに関する覚書」調印

長崎大学ホームページ

国土交通省九州地方整備局長崎河川国道事務所との道路メンテナンスに関する覚書の締結について

11月8日に大学院工学研究科と国土交通省九州地方整備局長崎河川国道事務所との間で道路メンテナンスに関する覚書を締結いたしました。

長崎河川国道事務所から金井仁志所長他3名の関係者が本学を訪問し、本学関係者立会いのもと、松田浩工学研究科長と金井仁志所長が覚書に署名を行い、道路メンテナンスに関する覚書が締結されました。

この覚書は、国土交通省九州地方整備局長崎河川国道事務所と本学のが、昨年11月に締結した連携・協力に関する協定に基づき、両者がお互いの資源や機能を効果的に活用し地域の再生・活性化に寄与することを目的とするものです。

調印式当日は、今回の覚書締結による最初の協力事例である道路パトロール車に設置したドライブレコーダーからAIを用いて舗装のひび割れや構造物の変化などを検出することが可能となるシステムの概要説明とデモンストレーションが行われました。



図26 道路メンテナンスに関する覚書調印式（長崎大学ホームページ）

テレビ報道

(a)NCC



(b)NBC



(c)KTN



図27 道路メンテナンスに関する覚書調印式（テレビ報道）

新聞報道

(a) 長崎建設新

長崎大学と長崎河川国道事務所 九州初、道路メンテナンスで覚書締結 道路巡回カーのドラレコ映像からAIで情報検出
2022/11/11 長崎建設新聞 1283文字



長崎大学大学院工学研究科と国土交通省長崎河川国道事務所は、道路メンテナンスに関する覚書を締結した。国と大学による同様の覚書締結は九州で初めてという。初回の協力事例として、ドライブレコーダーの映像をAIで解析し、道路の維持管理に活用するシステムの開発を進める。

8日に長崎大学で行われた調印式で、長崎大学の松田浩工学研究科長はまず、長崎大学が応募した『ICTと商用車プローブデータを活用したAIによる道路維持管理システム』の研究テーマが、国土交通省の2022年度『道路政策の質の向上に資する技術研究開発』に採択されたことに触れ、「この実施に当たり、昨年11月に河川国道事務所と締結した連携・協力協定を生かすことにした」と経緯を説明。その上で「河川国道事務所との連携を強化・推進し、インフラ整備の人材育成と先端技術の社会実装活動を進め、長崎県はもとより日本の活性化に貢献したい」と抱負を語った。

ドラレコ×AIで道路のひび割れ検知 長崎大学が開発着手

2022/11/08 18:00 日本経済新聞電子版 567文字

(b) 日本経済新聞電子版

長崎大学は8日、ドライブレコーダーを活用して道路のひび割れなどを検知できるシステムの開発に着手すると発表した。走行中に取得した画像データを人工知能（AI）で解析して舗装の状態を把握する。2023年度内に道路劣化の状態などを可視化して確認できるシステムの実現を目指す。

画像データの採取や修繕履歴の提供などでは国土交通省が協力する。九州地方整備局長崎河川国道事務所が10月から、県内国道を見回る道路パトロール車4台に市販のドライブレコーダーを各車2機ずつ設置。走行中のデータ採取を始めた。

道路舗装の劣化の検査については、現在は5年に1回の頻度で特殊車両を走らせて点検している。AIによる「画像分類」で路面のひび割れの可視化ができれば、点検にかかる労力とコストを大幅に減らせるほか、早期に補修することで工事費削減にもつながる。

国土交通省の保有する舗装工事情報や大型車交通量といったデータとAI解析技術を組み合わせれば、劣化要因の分析もできる。道路の長寿命化のために対策が立てやすくなるという。長崎大学大学院の松田浩・工学研究科長は「道路維持補修の自動化で長崎モデルをつくり、他の自治体への普及を目指す」と話す。

長崎大学大学院工学研究科は同日、長崎河川国道事務所と研究開発内容や守秘義務などを盛り込んだ「道路メンテナンスに関する覚書」を締結した。



国土交通省の道路パトロールカーにドライブレコーダーを2つ配備して走らせる（8日、長崎大学で）

(c) 長崎新聞

長崎大学と国土交通省長崎河川国道事務所は、道路メンテナンスに関する覚書を締結した。国と大学による同様の覚書締結は九州で初めてという。初回の協力事例として、ドライブレコーダーの映像をAIで解析し、道路の維持管理に活用するシステムの開発を進める。

8日に長崎市文教町の同大文芸キャンパスであった覚書の締結式では、松田浩河川国道事務所長が「この研究開発が社会実装されれば、短い間隔で道路状態の点検ができるようになる」と、金井（長崎河川国道事務所）は「通常の巡回の中で道路メンテナンスができるようになる」と述べた。研究用のドライブレコーダーを取り付けた道路パトロール車を走らせるデモンストレーションもあった。（本紙記者）

ドラレコとAIで道路点検 メンテナンス効率化へ研究

長崎大と国土省長崎事務所



道路パトロール車のモニター画面に、道路のひび割れなどの画像が表示されている。

(d) 日刊建設工業新聞

長崎大、九州整備局長崎河川国道／道路メンテで覚書交換

2022/11/14 日刊建設工業新聞 9ページ 339文字

長崎大学大学院工学研究科と九州地方整備局長崎河川国道事務所は道路メンテナンスに関する覚書をこのほど交換した。九州整備局の出先事務所が大学と道路メンテナンスに関する覚書を交わすのは初めて。最初の協力事例としてドライブレコーダーのデータからAIで舗装のひび割れなどを検出するシステムを開発する。

道路施設の維持管理に関する技術支援やデータベースの共有と活用などについて連携・協力する。同事務所が管理する道路をフィールドとして提供し、大学が道路メンテナンスに関する技術の開発などを行う。

最初の協力事例となるシステムは道路パトロール車にドライブレコーダーを搭載し、撮影した動画のデータからAIを活用して舗装のひび割れや構造物の変状などを検出する。2023年度中の開発を予定している。

図28 道路メンテナンスに関する覚書調印式（新聞報道）

[3] 2022年3月9日：佐世保市と包括連携協定締結

長崎新聞 2022.03.12



毎日新聞 2022.03.12

長崎建設新聞 2022(令和4)年3月11日



図29 佐世保市と包括連携協定締結式の新聞報道

【招待講演】

- (1) 松田浩：地域の道を誰が如何に守っていくか！～インフラをみんなで守る道守制度～，土木学会インフラメンテナンス特選講義2024，第1回（2024.04.01）
- (2) 松田浩：地方の道をいかに守っていくか！インフラをみんなで守る道守制度，（人材育成とICT利活用），三菱電機技術部会講演会，（2024.01.18）
- (3) 松田浩：「道守」地域の道は誰がいかに守っていくか！～インフラをみんなで守る道守制度（人材育成とICT利活用）～，鳥取大学地域安全工学センター第3回インフラ勉強会，（2023.12.01）
- (4) 松田浩：地域の道は誰がいかに守っていくか！インフラをみんなで守る道守制度（人材育成とICT利活用），コンクリート構造物の補修・補強に関するフォーラム2023，長崎フォーラム，（2023.11.01）
- (5) 松田浩：三次元計測による歴史的建造物の評価法～軍艦島3D計測を実施して～，長崎県測量設計コンサルタント協会 第39回定期技術講習会，（2023.10.17）
- (6) 松田浩：長崎大学インフラ長寿命化センター15年間のあゆみと将来展望～インフラは誰のものか，誰が担うのか？～，海洋・港湾構造物維持管理士会（MEMPHIS会），第24回講演会（長崎）（2023.07.26）
- (7) 松田浩：長寿命化センターの15年のあゆみ～道守養成講座の創設とその後の展開～，近未来コンクリート研究会第5回総会，（2023.06.20）
- (8) 松田浩：インフラ長寿命化センターのあゆみと将来～人材育成と光学的計測法の利活用～，令和4年度道守養成ユニット成果報告会，～地方の道をいかに守っていくか～（2023.02.16）
- (9) 松田浩：道守養成ユニットの取り組みと今後の展望，地域のインフラメンテナンスの明日を考えるシンポジウム～愛媛大学社会基盤ME養成講座の開講10年を前にして～，（2023.01.13）
- (10) 松田浩：コンクリート構造物の長寿命化－サステナブル社会におけるコンクリート構造物の維持管理－，日刊工業新聞，（2022.11.02）
- (11) 松田浩：地方の“道”はだれが守っていくか！～長崎県におけるインフラ長寿命化の取り組み～，防錆管理，（2022.11）
- (12) 松田浩：インフラ長寿命化最新技術紹介と大学教員として心がけたこと，長崎県測量設計コンサルタント協会，第36回定期技術講習会，（2022.10.12）
- (13) 松田浩：社会インフラの長寿命化と新技術の活用による点検の効率化と精度向上，令和4年度大分県ドローン協議会研修会，（2022.10.11）
- (14) 松田浩：長崎大学工学部におけるインフラ分野の産学官連携～道守養成講座，SIP，サポインの事例～，令和4年度第1回産学官金連携サロン，産学官イノベーション創出プロジェクト事業（2022.09.27）
- (15) 松田浩：インフラ長寿命化センターのあゆみと将来～人材育成と光学的計測法の利活用～，2022年度「道守養成ユニットの会」総会，（2022.08.01）
- (16) 松田浩：地方の“道”はだれが守っていくか！～長崎県におけるインフラ長寿命化の取り組み～，防錆管理，（2022.11）
- (17) 松田浩：地方の“道”はだれが守っていくか！～長崎県におけるインフラ長寿命化の取り組み～，第42回防錆防食技術発表大，（2022.07.05）

- (18) 松田浩：人びとの生活を支えるインフラ整備～地域の“道”はだれがいかにかに守っていくか！～，第3回ながさき経正塾，(2022.05.26)
- (19) 松田浩：長崎大学インフラ長寿命化センターのこれまでの活動とこれからの方向性，2022年度「MEの会」総会，岐阜大学工学部附属インフラマネジメント技術研究センター，(2022.05.13)
- (20) 松田浩：インフラ整備への地域住民の参画とICTの利活用，近未来コンクリート研究会，(2022.04.26)
- (21) 松田浩：インフラ整備への地域住民の参画とICTの利活用，山口・広島県コンクリート診断士会講演会，(2022.1.28)
- (22) 松田浩：インフラ整備への地域住民の参画とICTの利活用，大阪大学ナノサイエンスデザイン教育研究センター講演会，(2022.1.21)
- (23) 松田浩：インフラをみんなで守る道守制度とその実際～地域の道は誰がいかにかに守っていくか！～，コンクリート構造物の補修・補強フォーラム，2021.8.30
- (24) 松田浩，地域の“道”はだれがいかにかに守っていくか！～インフラ整備への地域住民の参画とICTの利活用～，道路政策に関する講演会，(公社)日本道路協会，(2020.12.14)

⑪研究の今後の課題・展望等

- (1) 分野1～8の課題解決と分野9のAI道路維持管理システム（AIRMS）の社会実装

本研究課題の開発内容1（(a)～(c)）及び開発内容2（(d)～(f)）により、分野1～分野8におけるさまざまなデータを収集して、分野9の一元的可視化手法である「AI道路維持管理システム（AIRMS）」を、国道だけでなく、県道、市町村道にも社会実装する。

分野1、2、5および6は、相互に関係するもので、各分野で取得される情報を一元的に可視化することにより、ひび割れによる陥没発生やポットホール発生の要因解析と対策が可能となる。具体的には、MCIの指標であるひび割れ率、わだち掘れ量、平坦性（IRI）とMCI値、道路巡回日誌から得られた補修データ等を重ね合わせることで、一元的な道路舗装維持管理が可能となる。ただし、健全度等は国道、県市町村道との基準を変更できるようなシステムを構築する。

- (2) FWD・MWDたわみ量のデータの蓄積と走行荷重による弾性基礎上の梁問題への適用

2023年度に長崎市道で実施されたFWD調査において、IRI測定値はプロファイラ測定値とほぼ一致するが、MCIやFWD調査結果との相関がないことが確認された。

FWDたわみ量（形状や大きさ）は舗装各層の構造的な強弱により変化するので、FWDたわみ量を解析することにより、舗装各層の強度や路盤、路床構造の支持力などを推定することができ、舗装の健全度を直接的に判定することができる。

インフラメンテナンス特選講義「舗装のメンテナンス」においても、土木研究所藪雅行氏は、舗装を構造物として視ることの重要性を力説されている。

上記の(1)が舗装路面性状から、路盤や路床構造の健全性を間接的に評価するのに対して、FWD調査は直接的な健全性評価手法であると言える。詳細調査のFWD調査は、掘削調査やコア抜き調査よりも経済的であるが、交通車両の通行止めが不可欠であるなども課題もあ

り、現在、移動式たわみ測定装置（MWD：Moving Wheel Deflectometer）の開発が土木研究所等で進められている。

研究代表者らは、走行荷重による梁の欠陥位置の検出法を開発しており（図30）、この技術を弾性基礎上の梁や床版問題に適用することにより、舗装の路盤、路床構造の特性を評価する方策を検討する計画を策定している（図31）。MWDたわみ量と比較することにより簡易的に舗装性状の診断が可能となる。将来の開発目標である。

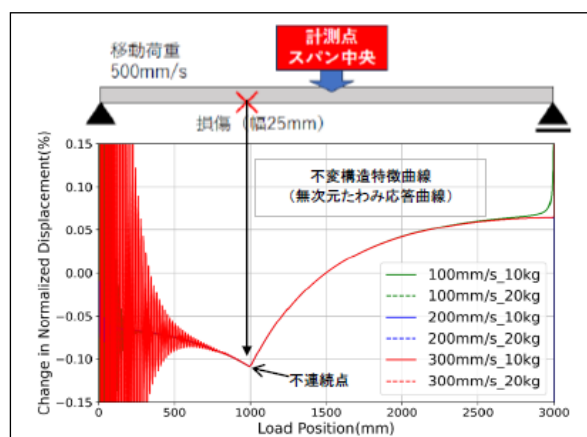


図 30 断面欠損梁の不変構造特徴曲線

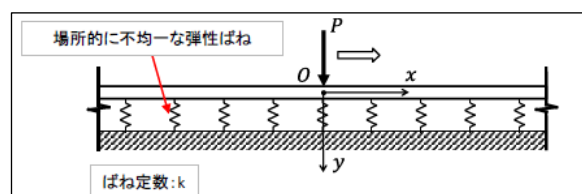


図 31 弾性床土の無限梁

(3) 全国道路施設点検データベース（xROAD）への簡易なデータ入出力法の開発

令和4年度末の中間審査において、「R4年度にxROADの運用が開始されており、道路データプラットフォームが整えられつつある。このプラットフォームとの連携を視野に研究を進められるとよい。」とのコメントがあった。国土交通省道路分科会道路技術小委員会においても、「xROADを活用した次世代舗装マネジメント」について審議・議論がなされている。本研究開発において目指す方向もxROADとほぼ同じであるので、さらにxROADとの連携を図れるようなシステム開発を推進していく予定である。

現在、xROADは国土技術研究センター（JICE）で運用されており、データの入出力のフローは図30に示すように、Excelでの入出力が必要である。本研究では、図??の左下のグリーンで囲っている部分、xROADへのデータのアウトプットとインプットの簡易性を簡便性を考慮したアルゴリズムを検討しプログラムを作成した。さらに、気象庁の目視観測終了に見られるように、実際の計測データを自動的に取得し、データプラットフォームにアップロードするシステム開発が今後の目指すべき課題である。

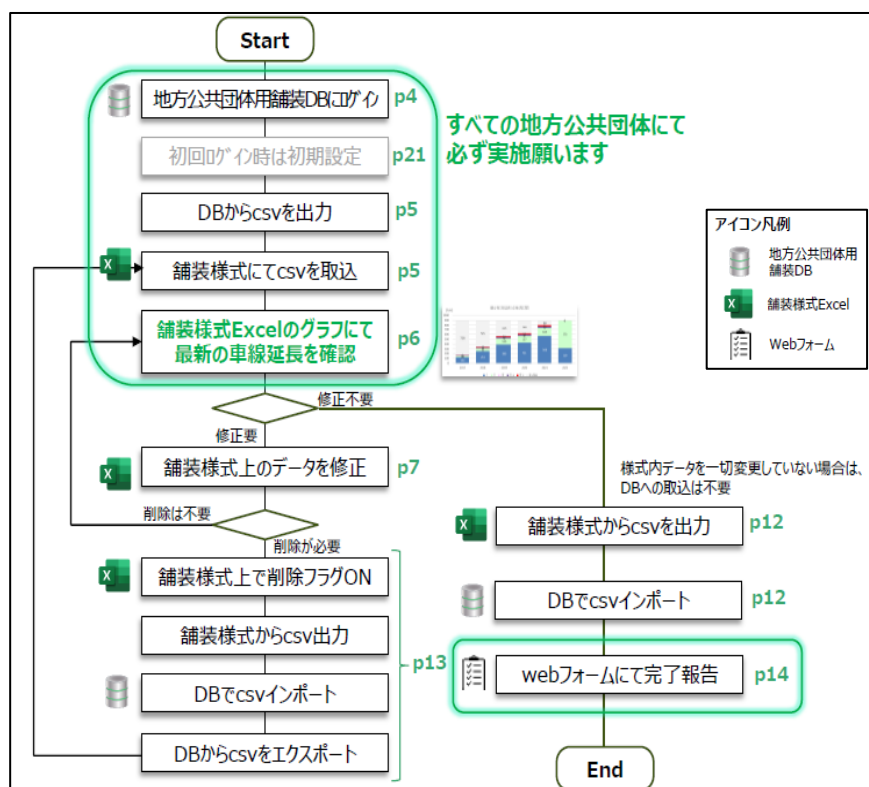


図32 現在のxROADへのデータの入出力(JICEのhpより)

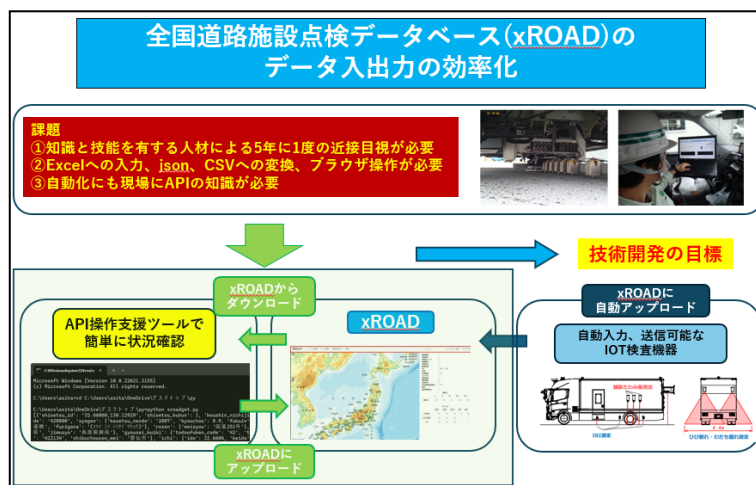


図33 xROADへのデータ入出力の効率化

(4) 多種多様なインフラデータのAIRMSへの入力

本研究開発においては、道路舗装、特にアスファルト舗装の維持管理に対するAI道路維持管理システムを開発した。橋梁、トンネル、斜面等の道路施設の維持管理分野へも拡張導入する。その際には、橋梁台帳やトンネル台帳にある、諸元や補修補強データだけでなく、3次元点群データ、ひび割れ、はく離、鉄筋露出、水漏れ等の外観劣化情報、3次元復元設計データ、さらにはFEM解析モデルや解析結果のデータ等も、AIRMSへ導入することを計

画している。

このようなAIRMSを継続的に運用し、格納したインフラデータを、国・県・市町村道における、日常的な維持管理及び修繕の年次計画策定等に、使いたくなる、さらには使えるデータプラットフォームを構築することが目標である。

下図は本研究開発とほぼ同じ時期に、国土交通省建設技術開発研究助成での研究成果審査会で使用した発表資料である。図34は「広域見える化」技術による全視野橋梁センシング、図35は全視野計測データを用いた中小スパン橋梁のデジタルツイン異常検知システムである。AIRMSを継続的に運用し、このようなデータを統合するとともに、格納したインフラデータを、国・県・市町村の管理道路における、日常的な維持管理および修繕の年次計画策定等に、使いたくなる、さらには使えるデータプラットフォームを構築することが最終目標である（図36）。

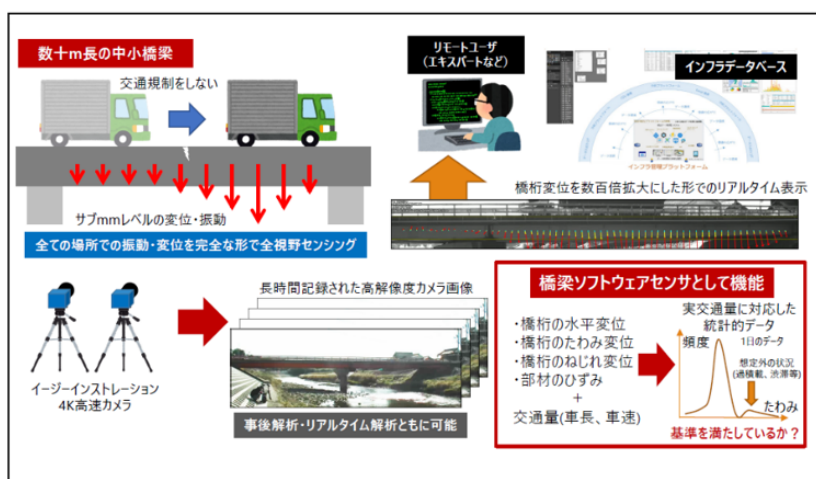


図34 「広域見える化」技術による全視野橋梁センシング



図35 中小スパン橋梁のデジタルツイン異常検知システム



図36 インフラ維持管理プラットフォーム

⑫研究成果の道路行政への反映

- (1) 本研究の中間評価で「xROADとの連携」についてのコメントがあり、その後の継続期間にxROADの操作性、簡易性、使用性も考慮して、データ出入力方法を検討し、そのプログラムも作成した。
- (2) 研究開発期間終了後に長崎河川国道事務所と開発内容についての打合せを行った。以下の意見・コメントをいただいた。
 - ・開発された本システムで、ひび割れ率や、平坦性などの路面損傷の度合いをヒートマップで可視化できることが確認できたが、ヒートマップの表示単位が細かすぎる（数cm単位）ため、より長い区間を1単位（例えば、舗装点検要領で示されている最低評価単位である10m以上の100mなど）とし、健全度（Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ）をヒートマップで表示できる機能が追加されれば、舗装修繕計画の参考資料としてより活用がしやすいと思われた。
 - ・多くの道路管理者が抱えている課題は、予算と人材の不足であるため、舗装の点検や診断が、従来の手法よりも、より安価で、より人の手を必要としない方法が確立されれば、道路管理者として活用が見込まれると思われる。
- (3) FWD調査結果と舗装路面性状（MCI）との比較を行ったが、両者の相関があまり高いことが確認され、また、国土交通省社会資本審議会道路部会においても、「xROADを活用した次世代舗装マネジメント」が議論されている。その中で、以下のことが今後のマネジメントの課題として取り上げられており、そのことは本研究での課題と展望で記載した内容と同様であり、本研究成果を継続して実施しデータを蓄積することにより、道路行政へ反映することができる。

(点検・診断)

- ・表層の状態について、AI・ICTを活用した点検技術を使用して効率化。
- ・地中の路盤・路床の状態を、路面から簡易に調査できる移動式たわみ測定装置(MWD)を開発し、正確性を高める。

(マネジメント)

- ・xROADデータの見える化アプリを開発し、まずは直轄において、修繕が必要な箇所に絞って対策が行われていることのチェックや修繕の年次計画を立てて実施。これにより早期の予防保全段階への移行を目指す。
- ・また、xROADのデータ分析を通じて、舗装の劣化要因等の分析を進め、適宜、マネジメントに反映していくサイクルを構築。

- (4) 現在、長崎県建設技術研究センター(NERC)が中心となって、長崎県内21市町市町のインフラメンテナンスにかかる課題に対処し解決するため、「長崎県インフラメンテナンス連絡調整協議会」の設立に向けて準備がなされている。その検討会でAIRMSを紹介する予定である。

⑬自己評価

項 目	自己評価	理 由
目標の達成状況	A	開発内容1、2を開発し、空間・時間・重要情報等を一元管理する、次世代型維持管理計画策定手法を構築した。
研究成果	A	(1)AIを用いたひび割れ率の算定法、(2)AIを用いた路面損傷・道路上物体の検出、(3)3次元点群データの解析手法、(4)GPS・加速度データを用いた平坦性の評価、(5)商用車プローブデータの可視化、を開発実施するとともに、AIを用いた道路維持管理システム(AIRMS)を開発した。
今後の展望	A	本研究での開発内容は、国土交通省が推進するxROADを考量に入れて開発を進めているので、今後の展望の方向性も国の方針と概ね一致しているのでA評価とした。
道路政策の質の向上への寄与	A	本研究での開発内容は、ICTの利活用とデータベースへの入出力とデータの活用するためのプラットフォームを構築した。したがって、国土交通省が推進するxROADとの連携が容易で、道路政策の質の向上へ大きく寄与する。
研究費の投資価値	A	半導体市場が急騰する前に、比較的安価にAIサーバーを導入することができた。ニーズに応じたAI環境を構築することができた。