



令和 5 年 9 月 6 日
国土交通省関東地方整備局
企画部

産学官連携による先端的技術研究の成果を公表

～大学等研究機関との技術(シーズ)マッチング～

大学等研究機関との技術(シーズ)マッチングの過年度採択された研究における令和 4 年度研究成果の概要を公表いたします。

関東地方整備局では、産学のもつ先端的な技術を積極的に活用し、産学官連携による技術研究開発を促進することを目的として、令和 2 年度より大学等研究機関との技術(シーズ)マッチングに取り組んでおります。

この度、過年度に採択された 14 件の研究について、「令和 4 年度 研究成果の概要」を、関東地方整備局のホームページにて公表しました。

なお、各研究の概要及び令和 4 年度の主な研究成果については、別紙のとおりです。

建設現場等での生産性向上や維持管理の高度化への貢献を目指し、今後も本取組を進めてまいります。

<発表記者クラブ> 竹芝記者クラブ 埼玉県政記者クラブ 神奈川建設記者会

<問い合わせ先>

関東地方整備局 企画部

電話：048-600-1347（施工企画課） FAX：048-600-1389

建設情報・施工高度化技術調整官 国頭 正信（くにがみ まさのぶ）（内線：3132）

施工企画課 課長補佐 大根田 英司（おおねた えいじ）（内線：3456）

【別紙】各研究の概要（令和4年度で研究期間が終了したテーマ）

■ 「令和4年度 研究成果の概要」の公表ページ
 (<https://www.ktr.mlit.go.jp/gijyutu/gijyutu00000108.html>)

■ 令和4年度で研究期間が終了（4件）

研究期間	No	研究開発テーマ	研究代表者	研究概要
R2年度 ～R4年度 (3年間)	①	I C T土木技術に適用できる画像解析や加速度応答による締固め土工に関する簡略化についての技術研究開発	早稲田大学 理工学術院総合研究所 教授 こみね ひでお 小峯 秀雄	人材不足対応・業務の効率化を念頭に置いたICT土木の推進に資するために、本研究では、特に締固め土工に注目して、デジタルカメラ等による締固め地盤部の表面画像と加速度センサーICタグ計測による締固め中～完了後の加速度応答をリアルタイムに測定して得られるデジタル情報から、土工における締固め状況を簡易評価する方法の開発を行う。
	②	モニタリング・点群データを活用した橋梁健全性の定量評価に関する技術研究開発	早稲田大学 理工学術院総合研究所 教授 さとう やすひこ 佐藤 靖彦	先端的計測・画像処理技術により取得したモニタリングデータに基づき橋梁健全性を定量的に評価できる精緻な手法とモニタリングデータも含めた点群データに基づき橋梁健全性を定量的に評価できる簡易な手法を開発する。
	③	LPWAによる高密度センサデータの超遠距離取得とデータプラットフォーム連携に関する技術研究開発	筑波大学 准教授 かめだ としひろ 亀田 敏弘	LPWA高密度センサ網を用いて、電源確保や通信の問題からこれまでは収集が困難とされてきた社会基盤の各種データを超遠距離から大量取得し、i-Constructionにおける国土交通データプラットフォームにデータを供給し、維持管理、将来の計画策定、施工管理の高度化を実現する。
	④	光切断法を用いたトンネル3次元計測についての技術研究開発	東京大学 大学院 教授 やました あつし 山下 淳	本研究では、光切断法を用いてトンネル断面の3次元形状を計測する技術を新規に提案する。広い視野を有する広視野カメラと広範囲にレーザ光を照射可能なリングレーザを用いることにより簡便かつ高速に密な3次元計測を実現する技術・システムの構築を目指す。

【別紙】各研究の概要（令和5年度も研究を継続するテーマ）

令和5年度も研究を継続（10件）

研究期間	No	研究開発テーマ	研究代表者	研究概要
R3年度 ～R5年度 (3年間)	⑤	生コンの廃棄物等を資源として革新的に活用する方法についての技術研究開発	横浜国立大学 大学院 教授 ぼそだ あきら 細田 暁	戻りコンクリート（戻りコン）を貴重な資源と捉え、アジテータ車等の排ガス中のCO2を活用してスラッジからコンクリート用混和材を生産する技術と戻りコンから新しい造粒ポーラスコンクリート舗装を製造する技術を開発する。
	⑥	偏光画像処理に基づく「見えにくい」路面性状認識についての技術研究開発	東京電機大学 教授 なかむら あきお 中村 明生	路面の表面性状、すなわち性質・材質及び状態のうち、水たまり、濡れ、凍結等の「見えない」「見にくい」湿潤状態の認識に関して従来の画像処理手法と深層学習利用手法を提案・比較し、実地検証を行う。画像処理対象としては、偏光画像及び通常画像の両者とし、長所・短所を明確化して提案手法の実利用への展開を目指す。
	⑦	河川監視カメラを用いた拡張現実についての技術研究開発	東京都立大学 教授 いまむら よしゆき 今村 能之	Lidar搭載ドローンによる3次元河道計測データおよびAIを用いた河川監視カメラの画像解析による河川水面の抽出技術を組み合わせ、AR（拡張現実）型河川水位情報をリアルタイムで発信することが可能となる技術開発を行う。
R4年度 ～R6年度 (3年間)	⑧	混和材大量使用締固めを必要とする高流動コンクリートの開発	東京理科大学 教授 かとう よしたか 加藤 佳孝	本研究では、低CO2排出量あるいはCO2固定した混和材料を大量に使用した締固めを必要とする高流動コンクリートの開発により、従来のコンクリートよりもCO2削減、施工の合理化および耐久性の向上を実現することを目指す。
	⑨	電気化学的手法による酸性河川水の中和処理と水素回収	前橋工科大学 教授 たなか つねお 田中 恒夫	本研究では、中和剤の使用量と中和生成物の発生量を抑制できる酸性河川水の中和処理技術として、電気化学的手法を適用することを提案し、その実用可能性について検討する。電気化学的手法の適用により、中和処理に加えて水素回収も可能となることから、脱炭素化に寄与できる持続可能な中和処理技術の確立を目指す。
	⑩	副産物・廃棄物のみを主原料とする持続可能なジオポリマーコンクリートによる建設分野の脱炭素への取組	横浜国立大学大学院 教授 ふじやま ちかこ 藤山 知加子	本研究では、石炭灰および下水污泥焼却灰を主体としたジオポリマーコンクリートのブレックド方式での施工技術の開発を行うとともに、クリープおよび疲労に対する力学特性を明らかにする。また、実環境下で実物大の構造部材を施工し、長期的な計測と構造性能の検証を行う。
	⑪	導水路トンネル維持管理のための損傷自動検出手法についての技術研究開発	東京大学大学院 特任准教授 ちよん ばんじょ 全 邦釘	本研究では、導水路トンネルの維持管理の効率化を実現するため、（1）損傷の画像解析による検出と位置同定手法の構築、（2）汎用カメラあるいはUAV搭載カメラによる撮影画像の結合手法の構築という2項目の研究開発を進め、そして両者を統合させたシステムの提案を目的とする。
	⑫	拡張現実表示を用いたインフラスマート点検および技術者養成のための支援システムの開発	横浜国立大学大学院 准教授 たむら ひろし 田村 洋	本研究では、インフラ点検業務の支援システムを開発し、過酷な環境における点検業務のスマート化を図る。これにより時間短縮、作業ミスの削減、点検の高度化、イメージアップを成し遂げ、インフラ点検の新しいモデルケースを示すことを目指す。また、次世代の技術者の養成に役立てることも目指す。
	⑬	わだち掘れ簡易評価手法の開発と、MCIの自動算出による点検業務の生産性向上	東京大学 教授 ながやま ともり 長山 智則	本研究では、車載カメラによるわだち掘れの定量評価技術を開発し、既開発の平たん性とひび割れ率の評価技術と組み合わせることで、1台の簡易装置だけで舗装維持管理指数MCIを算出する。パトロールデータから補修計画立案を可能とし、生産性向上に貢献する。
	⑭	人間とAI協働型画像損傷セグメンテーションの開発	埼玉大学 准教授 とう き 党 紀	本研究では、初期訓練された固定されたAIではなく、実用しながら橋梁点検者の経験と修正を加えて仕上げて行き、使えば精度が高くなるAIを提案して、実用方法を提示して、その有効性を検証する3/17

研究概要

研究開発テーマ	ICT土木技術に適用できる画像解析や加速度応答による締固め土工に関する簡略化についての技術研究開発
研究代表者	こみね ひでお 早稲田大学 理工学術院総合研究所 教授 小峯 秀雄
研究概要	人材不足対応・業務の効率化を念頭に置いたICT土木の推進に資するため、本研究では、特に締固め土工に注目して、 <u>デジタルカメラ等による締固め地盤部の表面画像と加速度センサーICタグ計測による締固め中～完了後の加速度応答</u> をリアルタイムに測定して得られるデジタル情報から、 <u>土工における締固め状況を簡易評価する方法の開発</u> を行う。
研究期間内の達成目標	地盤面画像データによる色調変化の定量結果に基づく締固め状況評価方法、並びに締固め土工中の <u>加速度応答の定量化による締固め状況評価方法</u> を構築。

研究項目及びスケジュール

研究項目	令和2年度	令和3年度	令和4年度
1. 色調変化、加速度応答を用いた締固め状況評価方法の構築			
1) 締固め土の色調データ測定と整理方法の構築、データベース化	↔		
2) 加速度応答変化による締固め状況の評価・確認、データベース化		↔	
3) 小型振動締固め実験			↔
4) データベースを活用した締固め状況評価			↔
5) 新しい品質管理方法の提案			↔

令和4年度の主な研究成果

1. 色調変化、加速度応答を用いた締固め状況評価方法の構築

- ・より実施工に近い形態の小型振動締固め実験を行い、取得される加速度応答データによる締固め管理の考え方を整理。

1. 色調変化、加速度応答を用いた締固め状況評価方法の構築

■ 色調変化を用いた締固め状況評価方法

- ・通常のRGB表示のデジタルカメラよりも赤外線領域に対してバンド幅の広い分光カメラ(図1)の画像を、評価指標であるスペクトル強度で定量し、含水比との関係を整理。(4種類の試料を対象)

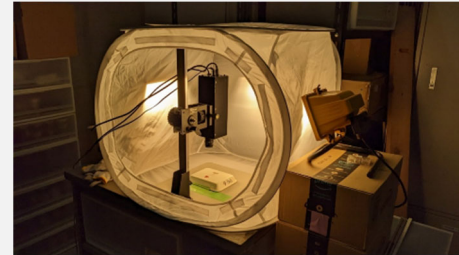


図1 分光カメラ画像の測定の様子

- ・今回使用した4試料のいずれにおいても下に凸の形となり、また塑性限界が極値になるという傾向(図2)

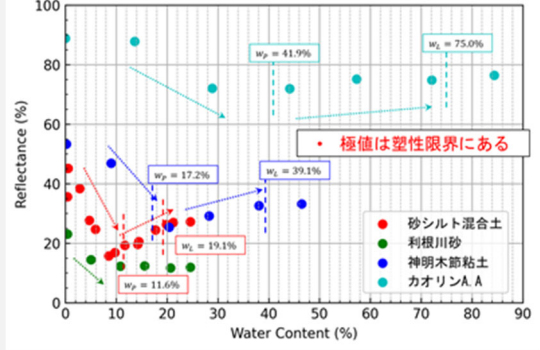


図2 スペクトル強度と含水比の関係

- ・既往の研究成果等から、締固めた土質試料、特に粘土系の土質材料の最大乾燥密度や最適含水比は、塑性限界と高い相関性がある

- ・分光カメラ画像による締固め品質管理が可能

■ 加速度応答を用いた締固め状況評価方法

- ・締固め実験の状況を模擬した小型振動締固め装置(図3)を独自に製作

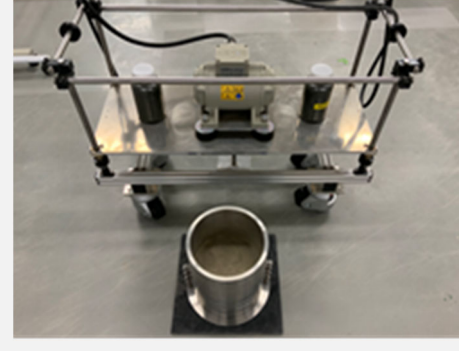


図3 小型振動締固め装置

- ・実験装置の各部位に装着した加速度ICタグセンサーにより、締固め中～締固め完了までの様々な部位における加速度応答の変化の定量測定

- ・振動解析手法のSTFTを用いた解析手法や機械学習手法であるNMFにより振動特性を定量評価し、締固め状況を把握
- ・振動特性の状況からオーバーコンパクションの発生予測も可能

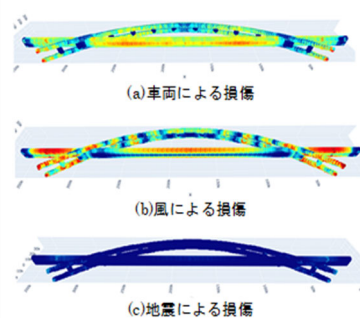
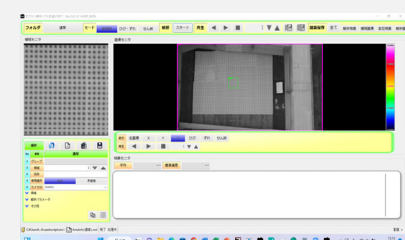
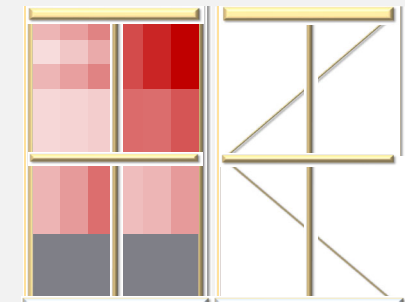
研究概要

研究開発テーマ	モニタリング・点群データを活用した橋梁健全性の定量評価に関する技術研究開発
研究代表者	早稲田大学 理工学術院総合研究所 教授 佐藤 靖彦 さとう やすひこ
研究概要	先端的計測・画像処理技術により取得したモニタリングデータに基づき橋梁健全性を定量的に評価できる精緻な手法とモニタリングデータも含めた点群データに基づき橋梁健全性を定量的に評価できる簡易な手法を開発する。
研究期間内の達成目標	- 外力・機構推定技術の開発 AIによるトラック荷重の推定法とアーチ橋の損傷機構の推定法の開発。 - モニタリング技術 サブリングカメラによる変位計測技術とドローンを用いたカメラによるひび割れ振幅計測技術の開発。 - 健全性定量評価技術 床版の残存耐力と余寿命予測法と鋼材腐食したRC・PC桁の残存耐力予測法、耐荷力評価の開発。

研究項目及びスケジュール

研究項目	令和2年度	令和3年度	令和4年度
1. 外力・機構推定技術の開発			
1) AIによるトラック荷重推定技術の改良	←		→
2) FGBセンサによる実橋のひずみ計測	←	→	
3) アーチ橋の複合損傷機構の解明	←		→
2. モニタリング技術			
1) サブリングカメラによる面外・面内変形の計測	←		→
2) ドローンによる実橋のひび割れ振幅計測	←		→
3. 健全性定量評価技術			
1) 床版の残存耐力・余寿命予測法の開発	←		→
2) 鋼材腐食したRC・PC桁の残存耐力予測法の開発	←		→
3) モニタリング・点群データを活用した耐荷力評価の開発	←		→

令和4年度の主な研究成果

- 外力・機構推定技術の開発 - 試験フィールドでの計測実験時に撮影した車両画像を蓄積することでトラック荷重推定法の精度を向上。 - アーチ橋の損傷機構の推定法の開発。 - モニタリング技術 - 一般的な一眼レカメラを用いて取得した画像のAI解析による変位計測技術の開発。 - 過年度に完成させた固定カメラによるひび割れ振幅計測技術を活用してドローンによる計測を実施。 - 健全性定量評価技術 - 床版の余寿命予測手法の構築等を実施。	 図1 作用別の損傷
- 外力・機構推定技術の開発 - AIによるトラック荷重推定法 - 試験フィールドで撮影した車両画像を用いて改良したトラック荷重推定法の精度検証を実施 ⇒改良する前の予測精度は20%程度であったのに対し改良後は50%程度まで向上 ただし撮影できた大型車両数が少なく、効果的に機械学習させることができなかった - アーチ橋の損傷機構の推定法 - 以下を項目を達成 (1) ひずみ応答から自動で作用種別を判定し特徴量を記録するアルゴリズムをAIを用いることなく構築 (2) 既存の累計疲労損傷算定式によるマイクロスケール損傷の算出(図1) (3) 交通作用履歴の期間比較による構造性能の変化の把握 (4) 地震作用時の実応答と限界値の比較による構造の安全性の即時判定 (5) 想定する任意のシナリオに対する損傷予測	 図2 改良した後処理解析ソフト
- モニタリング技術 - サブリングカメラによる変位計測技術 - 高価なサブリングカメラではなく、一般的な一眼レカメラを用いて取得した画像のAI解析により精度良く変位を同定可能 ⇒最終的には一眼レカメラと改良した後処理解析ソフト(図2)を用いた変位計測技術を開発 - ドローンによる実橋のひび割れ振幅計測技術 - 試験フィールドを用いた検討を通じて、安定して画像を得ることが極めて難しいことが判明 ⇒課題の1つとして、構造物に貼り付けるカメラの構造的な問題 ⇒新しいカメラを考案し、コンピュータ上の仮想的な条件下での検証を通じて、簡易にかつ精度良くひび割れ振幅を計測できることを明らかにした - 健全性定量評価技術 - 床版の健全度評価技術(モニタリング技術で開発した変位計測技術を適用) - 面内のxy方向変位の標準偏差を用いることで健全度を定量化して視覚化する方法を開発(図3)	 図3 床版の健全度マップ

研究概要

研究開発テーマ	LPWAによる高密度センサデータの超遠距離取得とデータプラットフォーム連携に関する技術研究開発
研究代表者	かめだ としひろ 筑波大学 准教授 亀田 敏弘
研究概要	<u>LPWA高密度センサ網</u> を用いて、電源確保や通信の問題からこれまでは収集が困難とされてきた <u>社会基盤の各種データ</u> を <u>超遠距離から大量取得</u> し、i-Constructionにおける国土交通データプラットフォームにデータを供給し、維持管理、将来の計画策定、施工管理の高度化を実現する。
研究期間内の達成目標	LPWAを活用した <u>大量データ超遠距離収集システムのプロトタイプを開発</u> し、 <u>最低1種類、可能であれば数種類のデータ計測・蓄積を実現</u> 。 国土交通データプラットフォームへのデータ供給に関する検討を開始するとともに、 <u>複数の現場に設置</u> し、実用レベルのシステムへのブラッシュアップを実施。

研究項目及びスケジュール

研究項目	令和2年度	令和3年度	令和4年度
1. LPWA無線ネットワーク利用によるセンサ・データ収集・分析可視化の研究			
1) ニーズ調査・実証実験箇所の選定	←→		
2) LPWA通信装置の設計・開発及び計測部との統合	←→		
3) プロトタイプの実証		←→	
4) 研究のとりまとめ			↔

令和4年度の主な研究成果

- LPWA無線ネットワーク利用によるセンサ・データ収集・分析可視化の研究
 - 前年度開発したプロトタイプモジュールを統合した全体システムの問題点を改良し、システムとして完成させる。

- LPWA無線ネットワーク利用によるセンサ・データ収集・分析可視化の研究
 - 国土交通省関東地方整備局沼田維持修繕出張所（以下、出張所）において、赤谷川大橋と月夜野大橋の各種センシングデータの収集をLoRaWANを用いて実施(図1、図2)
 - R4年度の実証内容
 - 外部電源を用いない太陽電池パネルと充電電池による継続的なセンシング
 - 山岳の影響により出張所から直接目視できない赤谷川大橋との通信方法の改善（中継装置の導入）

主な研究成果

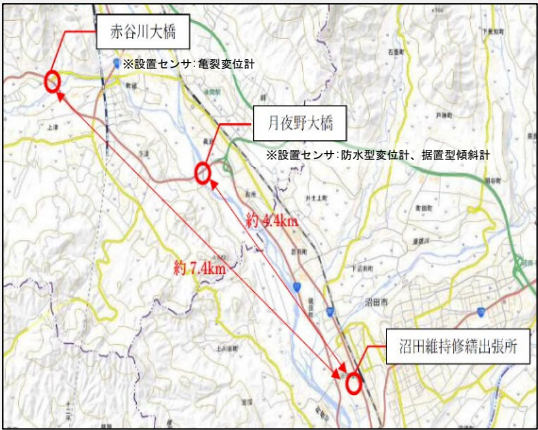


図1 赤谷川大橋、月夜野大橋、出張所、中継器の位置関係

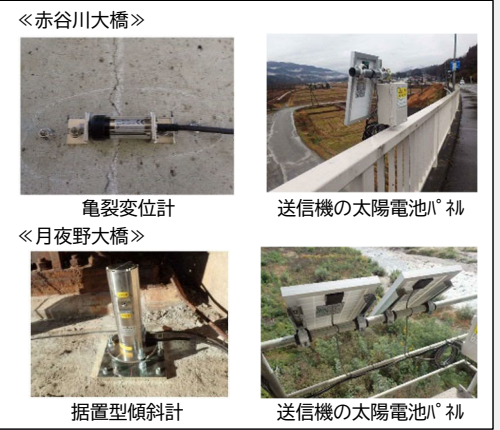


図2 機器類の設置状況

- 外部電源を用いない太陽電池パネルと充電電池による継続的なセンシング

赤谷川大橋、月夜野大橋共に、2022年12月21日の設置から2022年2月7日の実証実験終了まで、途絶えることなく継続的にデータ収集が可能であった
- 山岳の影響により出張所から直接目視できない赤谷川大橋との通信方法の改善（中継装置の導入）

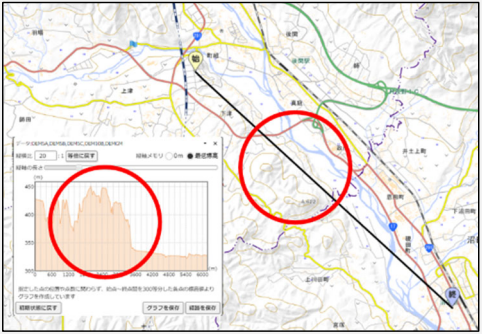


図3 中継器と出張所間の断面図



図4 中継器の実証状況

赤谷川大橋の信号が受信可能でかつ中継信号が出張所で受信可能と地点で中継実証を実施(図3、図4)

920MHz帯の反射・回折と高利得アンテナによる受信により、良好な受信が可能となったと考えられる

研究概要

研究開発テーマ	光切断法を用いたトンネル3次元計測についての技術研究開発
研究代表者	東京大学大学院 教授 やました あつし 山下 淳
研究概要	本研究では、 <u>光切断法を用いてトンネル断面の3次元形状を計測する技術</u> を新規に提案する。 広い視野を有する広視野カメラと広範囲にレーザ光を照射可能なリングレーザを用いることにより <u>簡便かつ高速に密な3次元計測を実現する技術・システムの構築を目指す。</u>
研究期間内の達成目標	トンネル内の <u>1断面を1回のレーザ照射のみで計測する手法・システムを構築。</u> 次に複数の断面形状を計測した上で、複数断面間の位置姿勢の関係を自動的に求め、 <u>複数断面形状の計測結果を自動統合する手法・システムを構築。</u>

研究項目及びスケジュール

研究項目	令和2年度	令和3年度	令和4年度
1. 1断面計測の理論構築・基礎検証			
1) カメラ・レーザの同時キャリブレーション手法の構築	↔		
2) 計測システムの初期設計	↔		
3) プロトタイプの基礎検証試験・精度評価	↔		
2. 1断面計測の計測システム構築・評価			
1) カメラ・レーザの最適配置設計手法の構築		↔	
2) 計測精度向上のための画像処理手法の構築		↔	
3) 計測システム改良		↔	
4) トンネルでの検証実験と評価		↔	
3. 複数断面計測の理論構築・計測システム構築・評価			
1) 複数断面の計測手法の構築	←	→	→
2) トンネルでの検証実験と評価			↔

令和4年度の主な研究成果

3. 複数断面計測の理論構築・計測システム構築・評価

- ・形状計測の結果に加えてカメラで取得した画像情報を用いて複数断面の位置姿勢関係を求め、複数断面の計測結果を統合する新規な3次元計測手法を構築。
- ・実トンネルにおける検証実験・最終評価を実施。

3. 複数断面計測の理論構築・計測システム構築・評価

1) 複数断面の計測手法の構築

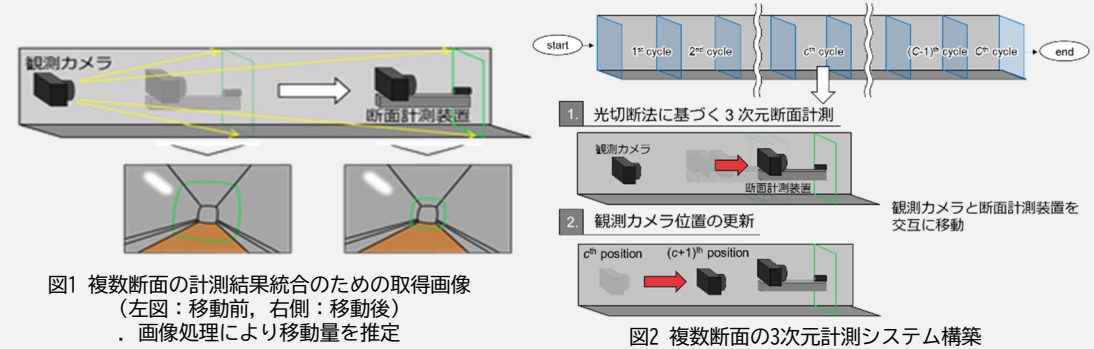
■ 複数断面の計測結果統合の理論構築

- ・一断面を計測する装置（断面計測装置）を移動させながら複数断面を計測する際に、ある位置に設置したカメラ（観測カメラ）を用いてトンネル壁面に照射されたレーザ光を観測し続け、取得した画像を解析することによって、断面計測装置の移動量を推定する手法を構築（図1）

■ 複数断面の3次元計測システム構築

- ・断面計測装置を一定距離移動させた後に観測カメラを移動させ、観測カメラをある位置に設置した後に再度断面計測装置を移動させるというように、断面計測装置と観測カメラを交互に移動させることによって、長尺なトンネル計測への対応手法を構築（図2）

主な研究成果



2) トンネルでの検証実験と評価

- ・三脚、4足歩行ロボット、UAVに断面計測装置を搭載して提案手法の有効性を検証（図3）

- ・提案手法を用いない場合（赤色）では統合の誤差が大きくなる一方、提案手法を用いた場合（黄緑色）では誤差を抑えて高精度な統合を実現（図4）



図3 検証実験で使用した三脚、4足歩行ロボット、UAV

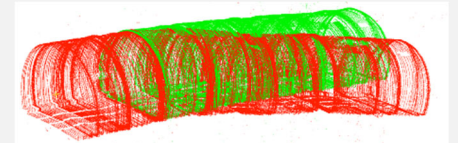


図4 トンネルでの検証実験結果（一例）

研究概要

研究開発テーマ	生コンの廃棄物等を資源として革新的に活用する方法についての技術研究開発
研究代表者	ほそだ あきら 横浜国立大学大学院 教授 細田 暁
研究概要	戻りコンクリート（戻りコン）を貴重な資源と捉え、 アジテータ車等の排ガス中のCO2を活用してスラッジからコンクリート用混和材を生産する技術と戻りコンから新しい造粒ポーラスコンクリート舗装を製造する技術を開発する。
研究期間内の達成目標	1. コンクリート用混和材の生産 戻りコン中のスラッジとアジテータ車等の排ガス中のCO2を反応させ、更にポリマー+急結材の添加材(Re-con ZERO EVO)を加えて炭酸カルシウムを豊富に含む混和材を生産。なお骨材は別途回収し、回収骨材としてコンクリート材料に活用。 2. ポーラスコンクリート舗装の製造 戻りコン中の固形分を改質して大きく造粒させ、これを原料とした造粒ポーラスコンクリート舗装を製造する技術を開発。

研究項目及びスケジュール

研究項目	令和3年度	令和4年度	令和5年度
1. コンクリート用混和材の生産			
1) 混和材、混和材を用いたコンクリートの製造（基礎的検討）		←→	
2) 混和材の品質の変動の調査		←→	
3) 混和材を用いたコンクリートの品質評価		←→	
4) 混和材の品質変動と硬化コンクリートへの影響評価			←→
5) 流動化処理土の配合設計・試験施工（発展的研究）		←→	
2. ポーラスコンクリート舗装の製造			
1) コンクリート舗装の試作	↔		
2) 舗装の硬化後の品質評価		←→	
3) 適切な施工方法の検討		←→	
4) 舗装の排水機能の評価			←→
5) 舗装の社会実装			←→

令和4年度の主な研究成果

1. コンクリート用混和材の生産
 - ・ 発展的研究として、戻りコンクリートから製造した細骨材を利用した**流動化処理土の配合設計・試験施工**。
2. ポーラスコンクリート舗装の製造
 - ・ **造粒ポーラスコンクリートの製造技術及び品質評価**。

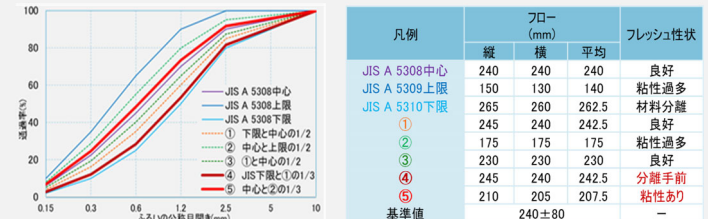
1. コンクリート用混和材の生産

■ 流動化処理土の配合設計・試験施工

- ・ ポリマー成分による脱水作用と急結成分による硬化作用により、骨材周囲に珪灰やセメントペーストを付着、積層させて造粒するIWAシステムにより2種類の細骨材を製造。（戻りコンクリート中のセメントペースト由来の成分も全量含まれる）
- ① IWA細骨材
IWAシステムを用いて製造したIWA骨材（こちらにのみトラックアジテータの残水や洗浄水由来のスラッジから水をしぼって天日干しをしたものも加えている）を振動ふるいにかけて5mm以下のものを採取
- ② クラッシュありIWA細骨材
IWA骨材のうち5mm以上に分級された骨材をクラッシュで破碎して5mm以下にし、それを5mm以下のIWA骨材に加える
- ・ IWA細骨材の粒度分布を様々に変化させ、流動化処理土の物性に及ぼす影響や、IWA細骨材の単位体積質量と圧縮強度、単位体積質量と ρ_w の関係を確認

1) IWA細骨材の粒度分布が流動化処理土のフレッシュ性状に及ぼす影響（図1）

- ・ ④と⑤の間の細骨材が良好なフレッシュ性状を示し、それから外れた場合は、材料分離や過剰な粘性を示した



2) IWA細骨材の単位体積質量と圧縮強度、単位体積質量と ρ_w の関係（図2）

- ・ 流動化処理土の単位体積質量と圧縮強度、 ρ_w 値には直線的な関係
- ・ 製造時にスラッジを加えたIWA細骨材の方が高い圧縮強度を示したことから、スラッジに含まれる水酸化カルシウムが強度発現に寄与したと考えられる

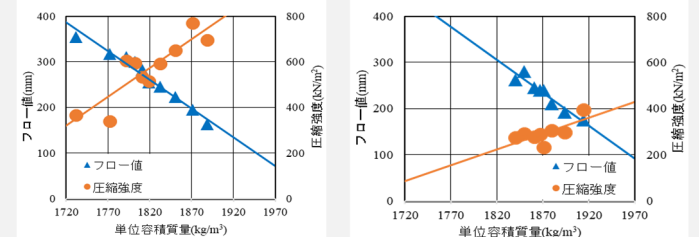


図2 単位体積質量とフロー値および圧縮強度との関係
（左：IWA細骨材、右：クラッシュあり細骨材）

2. ポーラスコンクリート舗装の製造

■ 造粒ポーラスコンクリートの圧縮強度

- ・ 200mm角の角柱供試体を2体作製し ϕ 100mmの円柱供試体と圧縮強度を比較
- 角柱①：上下面に硬質石膏を用いて ϕ 100mmのキャッピングを施し、円柱供試体と比較して円柱供試体の周囲に造粒ポーラスコンクリートの拘束を設けた形
- 角柱②：実際の舗装が既設路盤（路盤材など）上に打ち込まれている状況を模倣して、角柱供試体の下面全体を支持した状態で上面の ϕ 100mmの領域から載荷

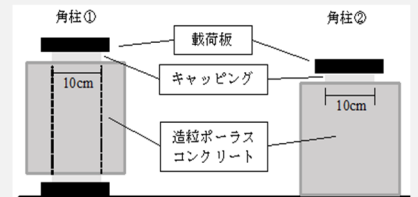


図3 200mm角の角柱供試体の載荷方法

《圧縮強度》

- ・ 円柱供試体：1.81N/mm²
- ・ 角柱①：2.58N/mm²
- ・ 角柱②：6.18N/mm²

- ・ 試験体形状や載荷方法の影響を大きく受ける
- ・ 現実の使用状況は角柱②に近い、実際の使用環境における圧縮強度は、円柱供試体から得られる強度よりもかなり大きい

研究概要

研究開発 テーマ	偏光画像処理に基づく「見えにくい」路面性状認識についての技術研究開発
研究代表者	東京電機大学 教授 なかむら あきお 中村 明生
研究概要	路面の表面性状、すなわち性質・材質及び状態のうち、 <u>水たまり、濡れ、凍結等の「見えない」「見にくい」湿潤状態の認識に関して従来の画像処理手法と深層学習利用手法を提案・比較し、実地検証を行う。</u> 画像処理対象としては、 <u>偏光画像及び通常画像の両者</u> とし、長所・短所を明確化して提案手法の実利用への展開を目指す。
研究期間内 の達成目標	路面の表面性状、すなわち性質・材質及び状態のうち、 <u>「見えない」「見えにくい」湿潤状態を画像処理技術で認識する。</u> なお、湿潤状態として <u>「乾燥」「水たまり」「濡れ」「凍結」「その他（汚れ、ノイズ等）」</u> を認識対象状態とする。

研究項目及びスケジュール

研究項目	令和3年度	令和4年度	令和5年度
1. 非接触・広範囲の路面性状監視技術の開発			
1) 研究環境整備	↔		
2) 偏光画像の検証	↔		
3) 深層学習の導入及び路面性状認識手法の提案	↔		
4) 実用性の検証		↔	

令和4年度の主な研究成果

- 非接触・広範囲の路面性状監視技術の開発
 - 偏光画像の検証として、偏光パラメータの調整・調査、撮影条件の明確化等を図る。
 - 深層学習の導入及び路面性状認識手法の提案として、異常検知手法の一種であるDifferNetを用いた凍結路面認識と既存CCTV画像・気象観測センサーのデータを組み合わせた手法の検討等を実施。

1. 非接触・広範囲の路面性状監視技術の開発

■ 偏光画像の検証

- アスファルト、コンクリート、金属の3種類の板材を対象として撮影条件の調査(照明の位置と角度及びカメラの位置と角度)

- アスファルトやコンクリートの乾燥・凍結の認識可能性が示唆(乾燥時には粒状の路面が凍結時には粒間が氷で充填されて平坦になるため、光の反射・拡散の変化が大きいと考えられる)

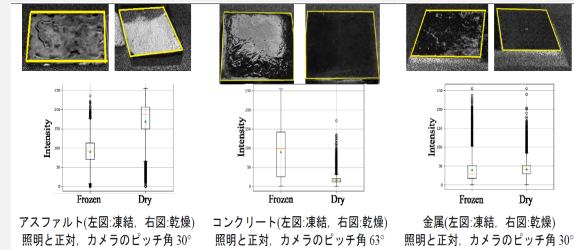


図1 3種の板材と照明条件により得られる偏光度画像の一部(黄色枠内が路面)

■ 深層学習の導入及び路面性状認識手法の提案

- DifferNetは、正常画像のみを学習し、正常画像からどの程度差異があるかに着目することで異常を発見する手法(乾燥路面画像=正常画像、凍結路面画像=異常画像)

- 基礎検討として、国道18号線・長野県上水内郡信濃町古間のCCTVカメラ画像及びセンサー(路温・気温・湿潤)の提供を受け、乾燥路面画像を学習させた異常検知ネットワークを作成
- 評価指標は1が最大値となるAUROC (Area Under the Receiver Operating Characteristics Curve)を採用

- 異常検知手法を用いた凍結路面認識の可能性が示唆
 - 背景あり乾燥路面画像(例: 図2 (a) (c) 上段)を学習し、背景あり乾燥・凍結路面画像(例: 図2 (a) -(d) 上段・学習画像とは別)で検証したところ、AUROCは0.8以上
 - さらに路面のみを切り抜いた背景なし乾燥路面画像(例: 図2 (a) (c) 下段)を学習し、背景なし乾燥・凍結路面画像(例: 図2 (a) -(d) 下段・学習画像とは別)で検証したところ、AUROCは0.99以上

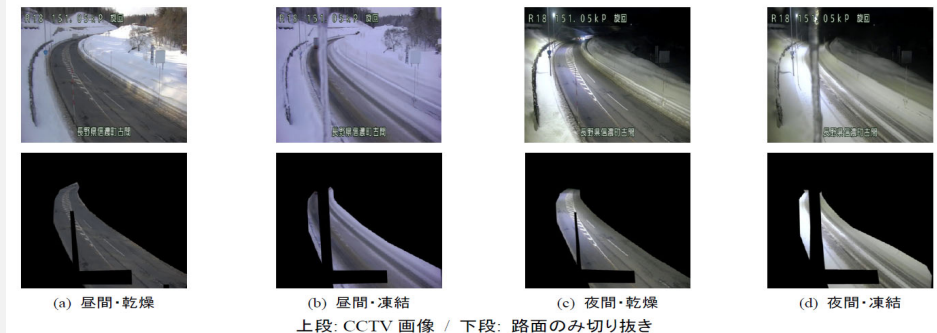


図2 DifferNetへの入力画像

研究概要

研究開発テーマ	河川監視カメラを用いた拡張現実についての技術研究開発
研究代表者	東京都立大学 教授 いまむら よしゆき 今村 能之
研究概要	Lidar搭載ドローンによる3次元河道計測データおよびAIを用いた河川監視カメラの画像解析による河川水面の抽出技術を組み合わせ、AR（拡張現実）型河川水位情報をリアルタイムで発信することが可能となる技術開発を行う。
研究期間内の達成目標	河川監視カメラが設置されている水位観測所1箇所を対象に以下の実現を図る。 (1)水位計の計測ができない場合でも水位情報を発信。 (河川監視カメラ画像および3次元河道データから河川水位を判定) (2)リアルタイムで流量・流速を把握。 (水位情報とデータベース化した水利計算結果から流量・流速を把握) (3)拡張現実により水の流れを分かりやすく発信。 (AR版の3次元河川水位情報を発信)

研究項目及びスケジュール

研究項目	令和3年度	令和4年度	令和5年度
1. 河川監視カメラを用いた拡張現実についての技術研究開発			
1)研究環境整備	↔		
2)データ収集整理	↔		
3)水利計算およびデータベース化		↔	
4)3次元河道データの計測および作成		↔	
5)カメラ画像から水面位置を抽出するAIの構築		↔	
6)3次元河道データ計測データ・AI抽出カメラ画像の空間座標推定			↔
7)AR版水位情報の作成			↔

令和4年度の主な研究成果

1. 河川監視カメラを用いた拡張現実についての技術研究開発

- カメラ画像から水面位置を抽出するAIの構築、水利計算およびデータベース化、3次元河道データの計測及び作成を実施。

1. 河川監視カメラを用いた拡張現実についての技術研究開発

■ AIを用いた河川監視カメラ画像認識

① 水位が低い場合の判定(護岸との水際線で判定)

- A. P. 20m以上では適切に推定することが可能
- A. P. 20m未満では約50cm程度高く推定

② 水位が高い場合の判定(大芦橋の橋脚で判定)(図1)

- A. P. 22m以上では適切に推定することが可能
- A. P. 22m以下では約50cm程度低く推定

橋脚部分の画像解像度は、1ピクセル当たり約60cmのため、高解像度の画像が利用できれば精度は向上する

図1 AIを用いた水位判定

図2 データベースを用いた流れ表示

■ 水利計算およびデータベース化

- 流入量を一定の条件で水利計算を実施(定常時の流れの把握)
- 観測所水位に応じた流量および各地点の水深、流速(X方向、Y方向)をデータベース化

観測所の水位が分かれば、それに応じた流量、水深および流速を示すことが可能(図2)

■ 3次元河道データの計測及び作成

- ドローンによる空中写真測量を実施(図3)⇒オルソ画像および地形データを作成
- 本研究にて制作したLidar搭載ドローンを用いて地形計測を実施(図4)⇒20分間で約0.1km2を計測

計測により得られた複数の点群データを合成し、3次元地形データを作成

図3 航空写真測量による地形データの作成

図4 LiDARによる地形データの作成

主な研究成果

研究概要

研究開発 テーマ	混和材大量使用締固めを必要とする高流動コンクリートの開発
研究代表者	東京理科大学 教授 加藤 佳孝 かとう よしたか
研究概要	本研究では、 <u>低CO2排出量あるいはCO2固定した混和材料を大量に使用した締固めを必要とする高流動コンクリートの開発</u> により、従来のコンクリートよりも <u>CO2削減、施工の合理化および耐久性の向上を実現</u> することを目指す。
研究期間内 の達成目標	- 呼び強度24N、27N、スランプフロー45cm程度で、<u>混和材を大量使用</u>することにより、<u>CO2排出量を削減したコンクリートの開発</u>を目指す。混和材の使用量は、中性化による鋼材腐食抵抗性を踏まえ、最大限可能な使用量を明確にする。 - 試験室レベルでの検討結果に基づき、<u>実構造物を模擬した試験体による施工性及び品質変動を検証</u>。 - 混和材大量使用締固めを必要とする高流動コンクリートの<u>配合設計・施工マニュアルを整備</u>。

研究項目及びスケジュール

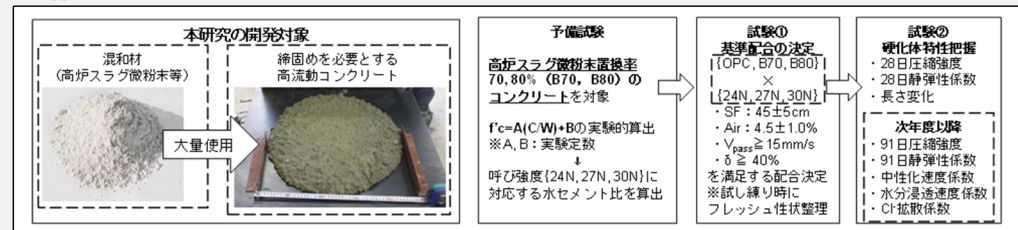
研究項目	令和4年度	令和5年度	令和6年度
1. 混和材大量使用締固めを必要とする高流動コンクリートの開発			
1) 配合設計手法の検討	←→		
2) 鋼材腐食抑制方法の確立	←→		
2. 実大規模試験による検証			
1) 実構造物を模擬した試験体による施工性、品質変動の検証		←→	
3. 混和材大量使用締固めを必要とする高流動コンクリートのマニュアル整備			
1) 配合設計・施工マニュアルの整備			←→

令和4年度の主な研究成果

1. 混和材大量使用締固めを必要とする高流動コンクリートの開発
 - ・高炉スラグ微粉末の置換率を70%、80%としたコンクリートを対象に、呼び強度24N、27Nに対応する水セメント比を試験によって決定。決定した水セメント比を基準とし、対象コンクリートのフレッシュ性状を測定し令和5年度以降の配合設計の検討の基礎資料を整備。
 - ・鋼材腐食抑制方法の検討で必要となるコンクリートの物質透過に対する抵抗性のデータ収集を開始。

1. 混和材大量使用締固めを必要とする高流動コンクリートの開発

■ 全体フロー



■ 試験①②に基づく基準配合と材齢28日の硬化体特性

配合	W/B	s/a	単位量						化学混和剤		実測値					
	[%]		※B=C+BS	[%]	[kg/m³]						[B×%]		SF [cm]	Air [%]	V _{pass} [mm/s]	δ [%]
W	C	BS			S1	S2	G	AE	SP							
OPC-24N	60	53	185	308	0	678	277	837	0.008	0.8	45.0	4.1	19.6	72.7	29.7	28.0
OPC-27N	55	53	180	327	0	676	276	837			46.5	4.8	31.2	67.2	34.8	29.6
OPC-30N	51	52	178	349	0	589	329	854			44.5	5.5	27.4	69.5	36.1	30.5
B70-24N	53	51	175	99	231	581	325	876	0.001	0.7	49.0	5.5	36.4	70.8	26.2	26.5
B70-27N	50	50	174	104	244	576	322	869	0.002		49.0	4.8	17.8	70.7	35.1	29.5
B70-30N	46	48	170	111	259	540	302	918	0.002		45.5	4.0	27.3	86.1	38.9	30.3
B80-24N	50	50	174	70	278	564	315	886	0.004		46.5	3.5	19.0	82.2	27.6	26.4
B80-27N	46	48	172	69	299	536	300	912	0.002		46.5	3.5	15.5	62.9	32.4	28.7
B80-30N	42	48	170	81	324	529	296	900	0.002		49.0	5.3	20.6	87.5	33.7	29.7

※ 配合名は “（置換率） - （呼び強度）” で示す
① OPC: 高炉スラグ微粉末の置換率 ② B70: 高炉スラグ微粉末の置換率70% ③ B80: 高炉スラグ微粉末の置換率80%

【基準配合】

- ・同様の呼び強度のコンクリートでも、OPCと比較してB70およびB80では単位水量を5kg/m³以上低減
⇒ 混和材を大量使用する場合、同一強度を得るための水セメント比が低下することで粘性が増加したため、所定のフレッシュ性状を確保しやすくなったと考えられる

【圧縮強度及び静弾性係数】

- ・材齢28日時点での圧縮強度および静弾性係数はOPCと遜色がない

【長さ変化】 ※上表には未掲載

- ・呼び強度に関わらず、質量変化はOPC>B70=B80であったのに対して、長さ変化はOPC=B80>B70という傾向
⇒ 各配合間の差は僅かであり、材齢28日時点では寸法安定性に大きく影響はしないことがわかった

- ・混和材大量使用締固めを必要とする高流動コンクリートを適用した場合に見込まれる施工の合理化やCO2削減を、従来の品質を損なうことなく期待できることを、現時点では示すことができた。

研究概要

研究開発テーマ	電気化学的手法による酸性河川水の中和処理と水素回収
研究代表者	前橋工科大学 教授 田中 恒夫 たなか つねお
研究概要	本研究では、中和剤の使用量と中和生成物の発生量を抑制できる酸性河川水の中和処理技術として、電気化学的手法を適用することを提案し、その実用可能性について検討する。 電気化学的手法の適用により、中和処理に加えて水素回収も可能となることから、脱炭素化に寄与できる持続可能な中和処理技術の確立を目指す。
研究期間内の達成目標	1. 通電条件などを種々変化させて実験を行い、セルの設計・操作因子、水素回収に適したセル構造を検討。 2. セルのスケールアップと通電実験を行い、中性化処理特性や安定性を検討。 3. 多孔質電極内濃縮液の有効利用の検討と現地での通電実験による通電効率の確認。

研究項目及びスケジュール

研究項目	令和4年度	令和5年度	令和6年度
1. セルの設計・操作因子および水素回収に関する研究			
1) セルの設計・操作因子、水素回収に適したセル構造の検討	↔		
2. セルのスケールアップ、およびその装置を用いた際の中和処理特性と安定性に関する研究			
1) 中和処理特性と安定性の検討		↔	
3. 多孔質電極内濃縮液の有効利用に関する研究、および現地での通電実験による通電効率の確認			
1) 多孔質電極内濃縮液の有効利用の検討			↔
2) 現地での通電実験			↔

令和4年度の主な研究成果

1. セルの設計・操作因子および水素回収に関する研究

- ラボスケールのセルを用いた通電実験を行い、セルの設計・操作因子を詳細に検討。
- 通電の際にセル（陰極）から発生する水素を効率良く回収できるセル構造を検討。

1. セルの設計・操作因子および水素回収に関する研究

■ セルの設計・操作因子に関する研究

① セルの操作因子

・図1の装置を用いて、電流（電圧）および滞留時間（HRT）を変化させて連続方式の通電実験を行い、中和効率に影響を与える操作因子を検討
※電流は300mAで、HRTは7～60分の範囲で変化

・電流：300mA、HRT：15分以上で酸性河川水はアルカリ性になることが判明（図2）

② セルの設計因子

・図1の装置を用いて、電極充填率（円筒形活性炭繊維陽極（ACF）の体積）を変化させて通電実験（電流：300mA、HRT：60分、通電時間：120分）を行い、セルの設計因子を検討

・ACF体積の減少により、pH上昇の程度は大きく低下（図3）

■ セルからの水素回収に関する研究

① 水素の発生量と濃度の確認

・図4の装置を用いて、電流・電圧を変化させて通電実験を行い、セルから発生するガスの量と水素濃度を測定

・ガス発生量はファラデー則より求めた理論量と概ね一致（水素濃度は最大88%）

② 水素回収の方法

・通電時における水素発生を確認した後、セルからの水素回収の方法を検討

・通電時発生ガスはガスホルダーに蓄積せず、セルの上部より外部に漏れていたため、ガス（水素）を回収できるようにするためには、セル上部の構造を改良する必要があることが判明

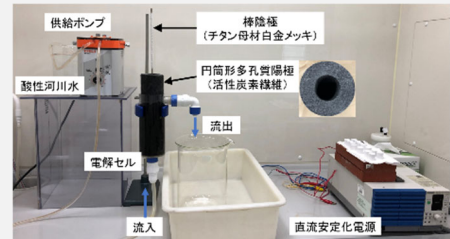


図1 通電実験に用いた中和処理装置

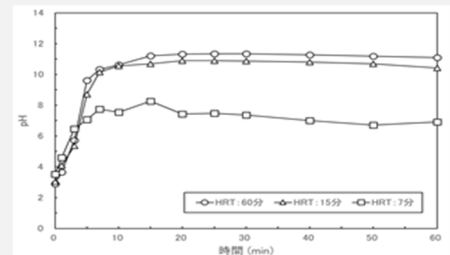


図2 HRTによるpHの経時変化（本実験）

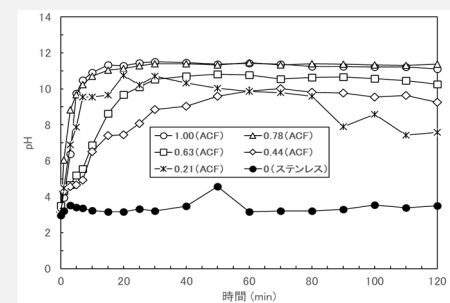


図3 陽極体積によるpHの経時変化



図4 通電時生成ガスの回収装置

研究概要

研究開発 テーマ	副産物・廃棄物のみを主原料とする持続可能なジオポリマーコンクリート による建設分野の脱炭素への取組
研究代表者	ふじやま ちかこ 横浜国立大学大学院 准教授 藤山 知加子
研究概要	本研究では、 <u>石炭灰および下水汚泥焼却灰を主体としたジオポリマーコンクリートのプレパックド方式での施工技術の開発</u> を行うとともに、クリープおよび疲労に対する力学特性を明らかにする。また、実環境下で実物大の構造部材を施工し、 <u>長期的な計測と構造性能の検証</u> を行う。
研究期間内の 達成目標	1. <u>下水汚泥焼却灰（廃棄物）を主体としたジオポリマー固化技術の開発</u> 、石炭灰（副産物）および汚泥焼却灰を主体としたジオポリマーコンクリートの <u>プレパックド方式での施工技術の開発</u> 、並びに <u>クリープ、疲労に対する力学特性を明らかにする</u> とともに、実環境下で実物大の構造部材を施工し、 <u>長期的な構造性能を検証</u> 。

研究項目及びスケジュール

研究項目	令和4年度	令和5年度	令和6年度
1. 副産物・廃棄物を利用したジオポリマーコンクリートの開発と性能検証			
1) 高吸水性粉体（下水汚泥焼却灰）のジオポリマー固化技術の開発	←→		
2) プレパックド方式ジオポリマーコンクリートの技術開発	←→		
3) クリープ試験、疲労試験(※)		←→	
4) 実環境における部材の長期計測およびシミュレーション(※)		←→	

(※)本研究期間終了後も5年以上継続して計測等を実施

令和4年度の主な研究成果

1. 副産物・廃棄物を利用したジオポリマーコンクリートの開発と性能検証

- 下水汚泥焼却灰の化学組成、組織形状を把握するため、SEM、XRD、XRF装置を用いて分析を実施。
- ドライミックス法による汚泥焼却灰固着実験を実施。
- 高性能減水剤が流動性に与える影響の程度を確認するため、複数の高性能減水剤を用いた配合実験を実施。
- 充填確認のため、透明型枠を作成して充填状況を高速カメラでの撮影。充填が可能な粗骨材の大きさや量をおおよそ推定。

1. 副産物・廃棄物を利用したジオポリマーコンクリートの開発と性能検証

1) 高吸水性粉体（下水汚泥焼却灰）のジオポリマー固化技術の開発

- 石炭灰を用いた場合と同様のアルカリ溶液を用いた通常法によるジオポリマー製造を様々な配合パターンおよび養生条件で試行

適切な縮重合反応による固化が確認できなかった(図1)
【理由】

- 練り混ぜによる材料の均一化が困難
- 今回入手した汚泥焼却灰は、反応に適した条件（pH等）が安定して得られなかった

他の材料を混和して材料全体の品質を均質化
⇒シリカフューム、珪砂、シリカ成分を多く含む鑄物砂等を混和

適切な混和材を用いた場合、一定の養生条件下でジオポリマー硬化体を得られることを確認（図2）

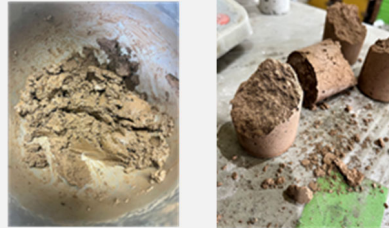
- ただし平均的な圧縮強度は10MPa前後（目標の圧縮強度30MPaを安定的に達成するには至っていない）

2) プレパックド方式ジオポリマーコンクリートの技術開発

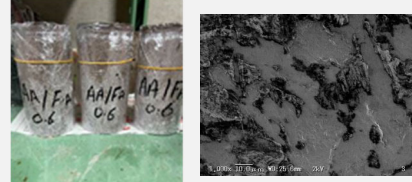
- ジオポリマー硬化体がセメント硬化体よりも弾性係数が低いことでクリープおよび耐疲労性能が劣ることが懸念
⇒できるだけ粗骨材の体積比率を高めたジオポリマーコンクリートを開発

- 石炭灰をベースとした自己充填性を有する（高流動）ジオポリマーモルタル（モルタルフロー300mm以上）を製造
- 粗骨材を積み上げた型枠に流し込むプレパックド方式での充填試験を実施（図3）

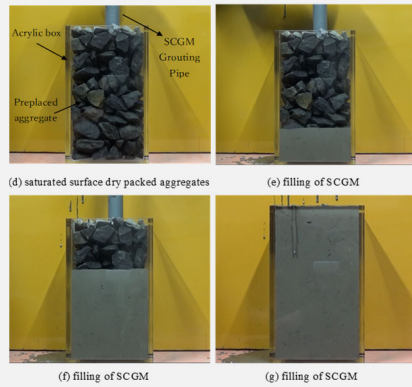
- モルタルは振動締め等を一切行わない状態で型枠内の隅々まで充填
- 養生後の硬化体の観察からも気泡や表面ひび割れ等は確認されなかった



(a) 練混ぜ状況 (b) 養生後外観
図1 汚泥焼却灰を用いたジオポリマー試作



(a) 硬化後外観 (b) SEMによる観察
図2 混和材を用いたジオポリマー



(d) saturated surface dry packed aggregates (e) filling of SCGM
(f) filling of SCGM (g) filling of SCGM
図3 プレパックド方式充填確認試験
※ 粗骨材を最大限配置した(粗骨材の実積率60%以上)試験の一例

研究概要

研究開発テーマ	導水路トンネル維持管理のための損傷自動検出手法についての技術研究開発
研究代表者	東京大学大学院 特任准教授 全 邦釘 ちよん ばんじょ
研究概要	本研究では、 <u>導水路トンネルの維持管理の効率化</u> を実現するため、 (1) <u>損傷の画像解析による検出と位置同定手法の構築</u> 、(2) <u>汎用カメラあるいはUAV搭載カメラによる撮影画像の結合手法の構築</u> という2項目の研究開発を進め、そして <u>両者を統合させたシステムの提案</u> を目的とする。
研究期間内の達成目標	1. 導水路トンネルの損傷検出手法の提案として、特に過去の点検等で作業員により付された <u>チョークで囲われる前の損傷の検出を目指す</u> 。ただし、全ての微細な損傷まで検出することは難しいため、 <u>相対的に大きな損傷を見落とさないような手法を構築</u> 。 2. トンネル壁面の撮影で用いられるCCDラインカメラに代わり、 <u>汎用カメラあるいはUAV搭載カメラの活用を模索し、撮影画像の結合手法を構築</u> 。

研究項目及びスケジュール

研究項目	令和4年度	令和5年度	令和6年度
1. 画像からの損傷検出手法・位置同定手法の構築			
1) 損傷検出手法の構築	←→		
2) データ拡張手法の提案・構築 (学習データが不足した場合)	←→		
3) 損傷一同定手法の構築			←→
2. 汎用カメラあるいはUAV搭載カメラによる撮影システム構築			
1) 撮影条件の調査	↔		
2) 撮影条件を満たすシステムの構築		←→	
3) 画像結合手法の構築	←→		

令和4年度の主な研究成果

1. 画像からの損傷検出手法・位置同定手法の構築

- 各種損傷検出手法と今回検出対象の損傷の相性の確認
- 撮影画像からバーチャルな損傷画像を生成し、学習データ量を拡張する手法の研究

2. 汎用カメラあるいはUAV搭載カメラによる撮影システム構築

- 撮影画像からどの程度特徴点を取得できるか等の基礎的な調査と画像結合手法の検討

1. 画像からの損傷検出手法・位置同定手法の構築

・CCDラインカメラにより連続撮影した導水路トンネルの画像を用いて損傷検出AIの適用を実施
※損傷は基本的に大きくなく、オレンジの小さな跡のようなものが多い

解析時間と精度を勘案し YOLOv7モデルを採用

・失敗事例も散見されているが、的確に損傷が検出できている (図1)
※失敗事例は学習データの増強により解決が見込める

2. 汎用カメラあるいはUAV搭載カメラによる撮影システム構築

・小型UAVの適用を見据え、撮影手法や照度条件などを検討

・現状のCCDラインカメラに代替する可能性を見出した

・撮影画像からSfMにより点群生成(図3)、3次元モデル生成(図4)を実施
※国土交通データプラットフォームを含む各種データプラットフォーム、デジタルツインシステムとの連携を視野(強い発展性が期待)

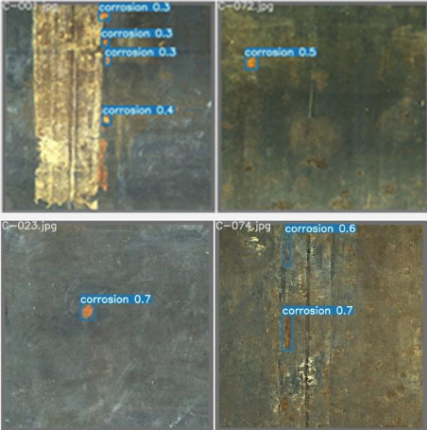


図1 AIによる損傷検出結果
(青い四角で囲われている部分が損傷があると予測)



図2 UAVによる導水路トンネル撮影の様子

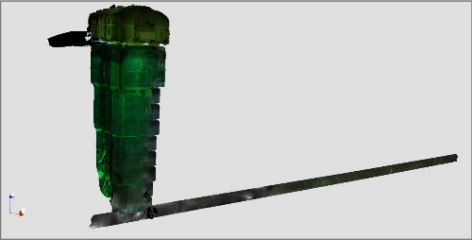


図3 UAVの撮影画像から生成された点群

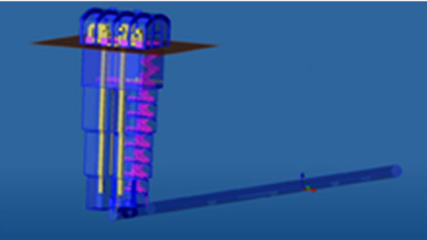


図4 点群から生成された3次元モデル

研究概要

研究開発テーマ	拡張現実表示を用いたインフラスマート点検および技術者養成のための支援システムの開発
研究代表者	たむら ひろし 横浜国立大学大学院 准教授 田村 洋
研究概要	本研究では、 <u>インフラ点検業務の支援システムを開発</u> し、過酷な環境における点検業務のスマート化を図る。これにより時間短縮、作業ミスの削減、点検の高度化、イメージアップを成し遂げ、インフラ点検の新しいモデルケースを示すことを目指す。また、 <u>次世代の技術者の養成に役立てる</u> ことも目指す。
研究期間内の達成目標	1. 橋梁を対象とした点検支援システムとして、タブレット端末に内蔵されたモーションセンサーとカメラを用いて現場で空間認識を行い、研究室にて事前登録した空間情報と照合し続けることで <u>リアルタイムの位置情報を取得</u> 。また <u>部材名、点検履歴、工学的指標（応力分布等）の提供やARによる情報の選択的表示、アラーム音による要点検箇所のお知らせ</u> 等を行うものを開発。 2. 開発した支援システムを新人向けの技術教育ツールとして再構成し、技術教育ツールを用いた <u>研修会を実施</u> 。

研究項目及びスケジュール

研究項目	令和4年度	令和5年度	令和6年度
1. 橋梁を対象とした点検支援システムの開発			
1) 資料収集、対象構造物の選定	↔		
2) 実装機能の精査	↔		
3) 対象構造物の3次元モデル化	↔	↔	
4) 実装機能の開発・キャリブレーション		↔	
5) 実証実験と実用性確認			↔
2. 新人技術者教育ツールへの転用			
1) 技術教育ツールの開発			↔
2) 研修会の実施と実用性評価			↔

令和4年度の主な研究成果

1. 橋梁を対象とした点検支援システムの開発 - 資料収集、<u>対象構造物の選定</u> <u>持ち込みデバイスに実装する機能の精査</u> - 対象構造物の3次元モデル化の準備	
1. 橋梁を対象とした点検支援システムの開発 ■ 点検技術者へのヒアリング（導入を望む機能） - 付箋機能 ⇒点検時に損傷箇所とその場でマーキングできる - AR可視化オブジェクトの拡大縮小機能 ⇒点検中に眼前にない任意の場所の情報を任意の大きさで表示できる - 電波の支援を受けずに使用可能なシステム ⇒橋梁内部や都市部以外に位置する橋梁など電波の届きにくい場所でも使用可能 - 点検経路の表示機能 ⇒長大橋の主塔内部では点検経路が3次的に複雑 - 持ち運びの負担が少ないシステム ⇒鉛直移動の多くは梯子による移動 - 狭隘な場所を移動する際もAR表示のための位置合わせやAR可視化オブジェクトの移動が問題なく行われるシステム	
■ 実橋への立ち入り調査 ① 中規模斜張橋（箱桁と主塔の内部） 内部では5Gをはじめとする通信が不能となる場所が多くあることを確認	
・初期位置合わせ位置の追加や「点検経路の表示機能」（グラデーションに着色された矢印のオブジェクトを配置）の実装により、直感的な経路確認の可能性が見出された ※ただし、主塔内の鉛直移動は周囲がとくに狭あいとなるため(図1)、システムが取得する自然特徴点数が限られ誤差の累積が顕著となる恐れがある（確認と必要に応じた対応が必要）	 図1 主塔における鉛直移動と内部の狭あいな環境
② 鋼床版箱桁橋梁 橋梁近接目視点検システムの位置合わせ精度に及ぼす照明の効果、位置合わせ位置の傾斜の影響を確認	
■ 対象構造物の選定 鋼床版箱桁橋梁やRC床版箱桁橋梁など様々な橋梁型式があり、鋼・コンクリートの双方の部材の点検について橋梁近接目視点検システムの実用性を検証することが可能な橋梁を選定	

主な研究成果

研究概要

研究開発テーマ	わだち掘れ簡易評価手法の開発と、MCIの自動算出による点検業務の生産性向上
研究代表者	ながやま ともり 東京大学 教授 長山 智則
研究概要	車載カメラによるわだち掘れの定量評価技術 を開発し、既開発の平坦性とひび割れ率の評価技術と組み合わせることで、 1台の簡易装置だけで舗装維持管理指数MCIを算出 する。パトロールデータから補修計画立案を可能とし、生産性向上に貢献する。
研究期間内の達成目標	車両内設置カメラを利用した わだち掘れ評価技術とMCIの簡易評価技術を開発 。

研究項目及びスケジュール

研究項目	令和4年度	令和5年度	令和6年度
1. わだち掘れ評価技術の開発			
1) 白線や影等の特徴量を利用したわだち掘れ評価	←→		
2) 一般道路に適用するわだち掘れ評価	←→		
2. MCIの簡易評価技術の開発			
1) MCIの算出と精度検証		←→	
2) 舗装状態可視化・大規模検証			←→

令和4年度の主な研究成果

1. わだち掘れ評価技術の開発
 - ・白線や影等の特徴量を利用したわだち掘れ評価アルゴリズムの開発、および白線等の利用できない一般道路に対するわだち掘れ評価アルゴリズムの開発。

1. わだち掘れ評価技術の開発
 - ・鳥瞰変換と特徴点マッチングに基づく独自の手法によりわだち掘れを定量的かつ効率的に評価する技術
※鳥瞰変換
区画線等の平行条件やマンホールの円形条件から、カメラパラメータを自動キャリブレーションし、前方画像から鳥瞰画像に変換する技術
路面を凸凹のない平面だと仮定する鳥瞰変換では、路面にわだち掘れがある場合、画像に歪みが生じてカメラが近づくほど歪み量も小さくなる傾向

白線や影等の特徴量を利用したわだち掘れ評価

① 推定フロー(図1)

- ・GPSを利用して一定間隔ごとに切り出した静止画に対して自動鳥瞰変換を適用
- ・車線を横断する白線や影が映りこんだ連続する2枚の画像を対象に白線や影の移動量を計算
- ・移動量の車線横断方向の分布は鳥瞰変換の歪みを表し、わだち掘れ量に換算可能

② 推定精度(図2)

- ・推定結果を正解値(人力測定)及びSfM(Structure from motion)を適用して推定したわだち掘れ量と比較
- ・提案手法はSfMより精度高くわだち掘れ量を再現

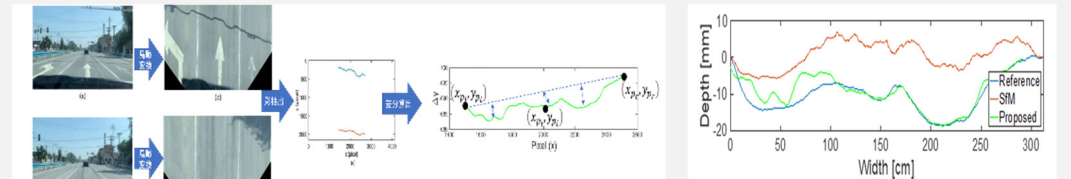


図1 白線や影等の特徴量を利用したわだち掘れ量の推定フロー

図2 わだち掘れ推定結果
(青：人力；赤：SfM；緑：提案手法)

一般道路(白線等が存在しない一般的な路面)に対するわだち掘れ評価

① 推定フロー(図3)

- ・特徴点マッチングにより、一定間隔で撮影された2枚の鳥瞰変換画像から2画像に共通する点を探す
- ・マッチング点の進行方向移動量について車線横断方向の分布を算出し、わだち掘れを推定

② 推定精度(図4)

- ・提案手法はSfMより大幅に推定精度が改善され、正解値との整合性が高いことを確認

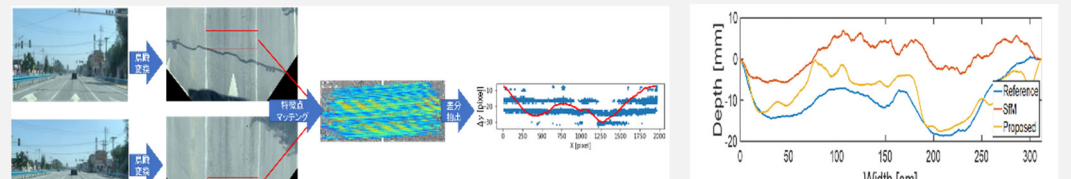


図3 一般道路に向けたわだち掘れの推定フロー

図4 わだち掘れ推定結果
(青：人力；赤：SfM；黄：提案手法)

研究概要

研究開発テーマ	人間とAI協働型画像損傷セグメンテーションの開発
研究代表者	埼玉大学 准教授 党 紀 とう き
研究概要	本研究では、初期訓練された固定されたAIではなく、 <u>実用しながら橋梁点検者の経験と修正を加えて仕上げて行き、使えば精度が高くなるAIを提案して、実用方法を提示して、その有効性を検証する。</u>
研究期間内の達成目標	人間と協働するAIの土台として、 <u>AIが自動的に橋梁の損傷箇所と損傷タイプ（複数損傷を認識）を検出する機能や、現場の作業者がAIの誤認識を訂正する機能等をもった橋梁損傷検出AIスマホアプリを作成。</u> また、作業者が承認した写真等をクラウドにアップロードすると共に、 <u>定期的にAIをクラウド上で訓練し、損傷検出精度を向上できる仕組みを構築。</u>

研究項目及びスケジュール

研究項目	令和4年度	令和5年度	令和6年度
1. 人間と協働型AIを実装した橋梁損傷検出アプリの開発			
1) 複数損傷を認識するセグメンテーションAIの訓練	↔		
2) 現場写真を用いた増強AI		↔	
3) 損傷検出AIスマホアプリの開発		↔	
4) 人間と協働型AIを実装したアプリの構築			↔

令和4年度の主な研究成果

1. 人間と協働型AIを実装した橋梁損傷検出アプリの開発

- 点検写真、UAV写真等を用いて、腐食、ひび割れ、漏水、エフロレッセンス、剥離などの複数損傷を点検で使用するレベルまで認識できるようAIを訓練。
- 5種類損傷を含むデータベースを構築。
- 3種類 AI(セマンティックセグメンテーション、インスタンスセグメンテーション、物体認識)モデルを用いた損傷検出を試行。

1. 人間と協働型AIを実装した橋梁損傷検出アプリの開発

■ 複数損傷を認識するセグメンテーションAIの訓練

- 現在のデータベースの写真数
⇒腐食(Corrosion)の写真の数が多く、他のコンクリートに関わる写真が少ない(図1)
- 特定の種類の訓練写真が多い場合、AIの訓練過程で当該種類の損傷を多めに検出し、偏った結果によって正解率を向上するように働くという課題がある(他の損傷検出の精度が悪くなるデータアンバランス現象)
- データアンバランスを解消するために、データアンサンプリング手法を使い、訓練では一部の腐食写真のみを使った(アンサンプリングした後の写真数は図2)

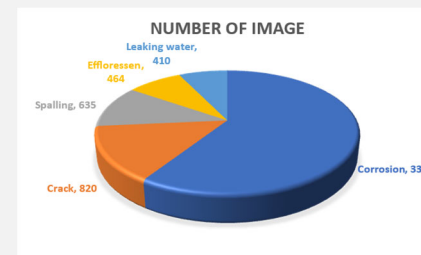


図1 データベースの写真数

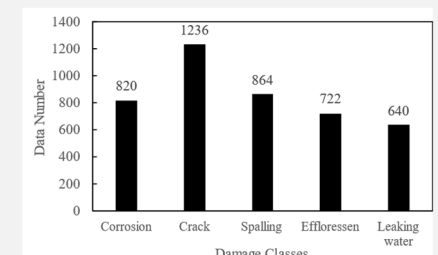
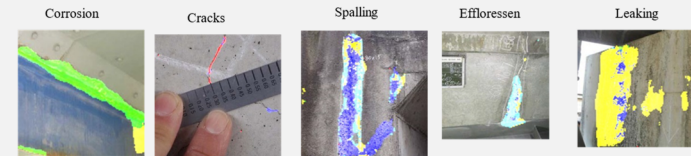


図2 ダウンサンプリング後の写真数

- セグメンテーションモデルとしてU-NetとDeepLab v3+を使い、両モデルの効果を比較

- DeepLab V3+の方が認識効果がスムーズにできていることを確認
- ただし目標精度には達していない

U-Net



DeepLabv3+



図3 損傷認識の結果