

記者発表資料

産学官連携による先端的技术研究の成果を公表 ～ 大学等研究機関との技術（シーズ）マッチング ～

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 10 件の研究について、「令和 3 年度 研究成果の概要」を以下のページで公表しました。

◆「令和 3 年度 研究成果の概要」の公表ページ

<https://www.ktr.mlit.go.jp/gijyutu/gijyutu00000108.html>

なお、各研究の概要及び令和 3 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行きます。

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

国土交通省 関東地方整備局 企画部

建設情報・施工高度化技術調整官 いわさき たつし 岩崎 辰志（内線：3132） 施工企画課 建設専門官 きくち たかし 菊地 隆（内線：3456）

電話番号：048－600－1347（企画部施工企画課）

【別紙】各研究の概要（令和3年度で研究期間が終了したテーマ）

■ 令和3年度で研究期間が終了（3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 ～R3年度 (2年間)	①	導水路トンネル維持管理のためのAIを活用したデータ連携・結合手法についての技術研究開発	東京大学 大学院 ちよん ばんじょ 特任准教授 全 邦釘	本研究では導水路トンネルの適切な維持管理を実現するため、AIを活用した非構造化データからの情報抽出、メタデータ付与手法の開発、データ可視化手法の開発という3点の研究項目の実現により、導水路トンネルを対象としたデータ連携・結合手法を提案することを目的とする。
	②	準天頂衛星システムを利用した建設現場のDXに関する技術研究開発	東京大学 大学院 なかお あきひろ 教授 中尾 彰宏	建設現場のデジタルトランスフォーメーションを目指し、準天頂衛星システムに準拠した独自開発のGPS-LoRa センサ・LoRa-LTE ルータ等のノンセルラーLPWA 機器を配置した上で、高セキュアなセルラーLPWA（LTE-M）とクラウド連携した新たなネットワーク基盤の構築技術を開発する。
	③	車両内設置カメラを利用した準リアルタイム広域路面ひび割れ率評価技術の開発	東京大学 大学院 ながやま ともりの 准教授 長山 智則	近年は写真撮影とAI 技術等を利用して舗装のひび割れを自動検知する事例が見られるが、事務所・出張所職員の車両内に設置したドライブレコーダ等の汎用品によりひび割れ率を正確に算出することは難しい。動画像処理技術を活用してひび割れ率を舗装調査・試験法便覧に基づき算出する。

【別紙】各研究の概要（令和4年度も研究を継続するテーマ）

■ 令和4年度も研究を継続（7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)	④	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 こみね ひでお 教授 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。
	⑤	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 さとう やすひこ 教授 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。
	⑥	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 かめだ としひろ 准教授 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。
	⑦	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 やました あつし 教授 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。
R3年度 ～R5年度 (3年間)	⑧	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 ほそだ あきら 教授 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。
	⑨	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 なかむら あきお 教授 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。
	⑩	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 いまむら よしゆき 教授 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。

【別紙】令和3年度の主な研究成果（テーマ①）

研究概要

研究開発テーマ	①導水路トンネル維持管理のためのAIを活用したデータ連携・結合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 ばんじよ
研究概要	本研究では導水路トンネルの適切な維持管理を実現するため、AIを活用した非構造化データからの情報抽出、メタデータ付与手法の開発、データ可視化手法の開発という3点の研究項目の実現により、 <u>導水路トンネルを対象としたデータ連携・結合手法を提案</u> することを目的とする。

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
1. 非構造化データからのデータ抽出手法の開発		
1) データ調査・整理	↔	
2) AIを用いた情報抽出手法の構築	←	→
2. インベントリを基としたメタデータ付与手法の開発		
1) 点検業務・補修業務のフロー調査	↔	
2) ユースケースに基づくイベントリの構築 ※フロー調査の結果、計画見直し（取り止め）		
3) メタデータメイカの開発 ※フロー調査の結果、計画見直し（取り止め）		
3. データ可視化手法の構築		
1) データ連携・結合方法の提案	↔	
2) 撮影写真の位置同定手法、損傷のプロット手法等の開発		↔

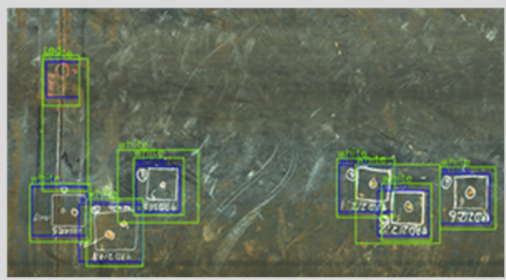
令和3年度の主な研究成果

- 令和2年度に検討を開始した撮影画像から損傷を検出するAI技術の開発を進め、損傷検出精度を高めるとともに、導水路トンネルの中のどの位置に損傷が存在するかをプロットし、データベース化する方法を提示する。

AIを用いた情報抽出手法の構築

- ・ CCDラインカメラによりトンネル内を連続撮影
- ・ YOLOv5 (Deep learningによる物体検出手法) とトッ
プハット変換を組み合わせて開発したAIを適用

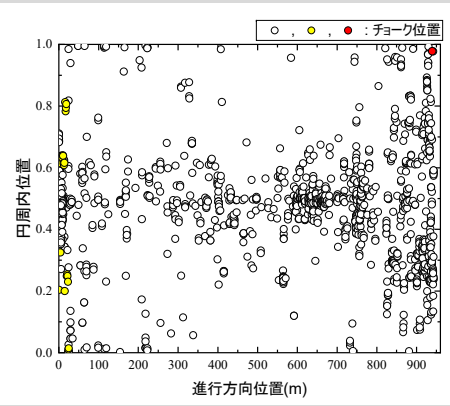
- ・ 損傷を困っているチョークを高い精度で検出
※ チョークが薄い等の理由で、いくらか適切な検出結果が得られなかった部分についても、学習データの増強により解決が見込めると考えられる



今回開発したAIによる検出結果
(青枠：予め与えた正解、緑枠：検出結果)

撮影写真の位置同定手法、損傷のプロット手法等の開発

- ・ 今回開発したAIによるチョーク跡の検出結果から、トンネル内のどの位置に損傷が存在するか導出可能となった



トンネル内損傷位置

主な研究成果

発展的な研究の成果

- ・ 実際の維持管理を考えた場合、チョークで困る前の画像から損傷を検出できるほうが望ましい

- ・ チョーク跡検出に特化するのではなく、チョーク記入前の画像から損傷を検出し、そして位置同定できるような一般性の高いプログラムとなるような設計を実施

【別紙】令和3年度の主な研究成果（テーマ②）

研究概要

研究開発テーマ	②準天頂衛星システムを利用した建設現場のDXに関する技術研究開発
研究代表者	東京大学 大学院 教授 なかお あきひろ 中尾 彰宏
研究概要	建設現場のデジタルトランスフォーメーションを目指し、準天頂衛星システムに準拠した独自開発のGPS-LoRa センサ・LoRa-LTE ルータ等のノンセルラーLPWA 機器を配置した上で、高セキュアなセルラーLPWA（LTE-M）とクラウド連携した新たなネットワーク基盤の構築技術を開発する。

研究項目及びスケジュール

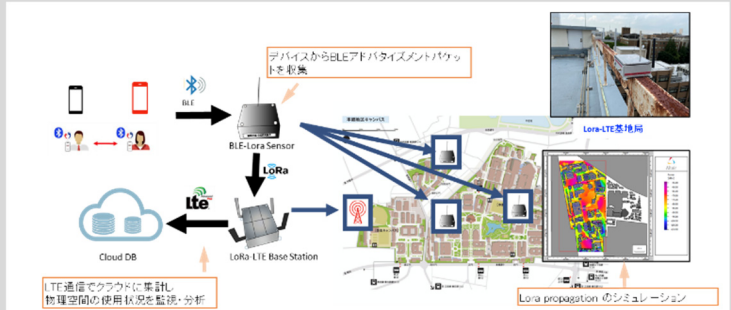
研究項目	令和2年度	令和3年度
1. LPWA 無線ネットワーク利用によるセンサ・データ収集・分析可視化の研究		
1) ネットワーク・システムの構築	↔	
2) データ収集実験	↔	
3) データの収集・分析・可視化ソフトウェアの開発		↔
4) フィールド実験・有効性検証		↔

令和3年度の主な研究成果

- ・みちびきのデータ等を収集・分析・可視化するソフトウェアを開発。
- ・大学敷地内に実際の建設現場と同様の環境を構築した上で、開発ネットワークとソフトウェアを用いたフィールド実験を実施し、開発システムの有効性を検証。

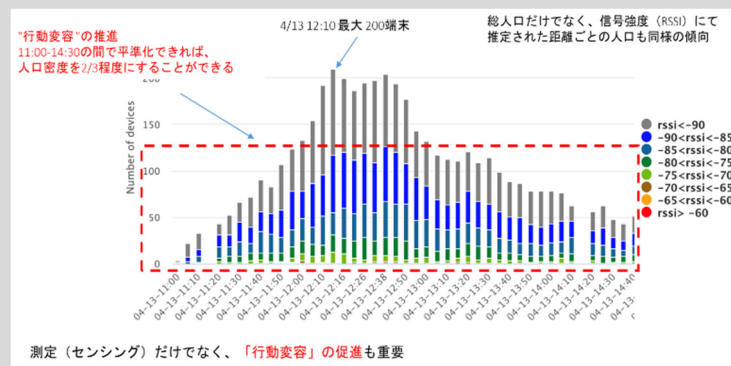
■ フィールド実験・有効性検証

● 東京大学本郷キャンパスにおける人口推計・予測用3Cセンシングシステム



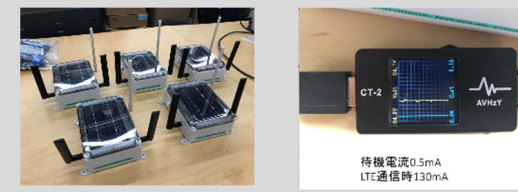
合計で200以上のセンサーと30台の基地局を教室、図書館、カフェテリアに配備
1日約1000ページビュー

● 東京大学本郷キャンパスにおける3Cセンシングの一例



測定（センシング）だけでなく、「行動変容」の促進も重要

● CATM1-LoRa基地局の開発：太陽光発電による駆動型＜小型・低消費電力＞



主な研究成果

【別紙】令和3年度の主な研究成果（テーマ③）

研究概要

研究開発 テーマ	③車両内設置カメラを利用した準リアルタイム広域路面ひび割れ率 評価技術の開発
研究代表者	東京大学大学院 准教授 ながやまとものり 長山 智則
研究概要	近年は写真撮影とAI 技術等を利用して舗装のひび割れを自動検知 する事例が見られるが、事務所・出張所職員の車両内に設置した ドライブレコーダ等の汎用品によりひび割れ率を正確に算出する ことは難しい。 動画像処理技術を活用してひび割れ率を舗装調査・試験法便覧に 基づき算出する。

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
1. 舗装ひび割れ率の算出		
1) 機械学習によるひび割れの領域検出	↔	
2) 撮影画像とGPSデータを組み合わせたカ メラ撮影画角の補正	↔	
3) ひび割れ展開図の作成	↔	
4) 舗装調査・試験法便覧に基づくひび割れ 率の算出		↔
5) 真値との比較検証・精度の明確化		↔
2. 準リアルタイムの舗装状態の可視化		
1) ポットホール等の教師データの拡充	↔	
2) 真値との比較検証・精度の明確化		↔
3) ひび割れ率等の画像処理結果をデジタル 地図上に可視化		↔

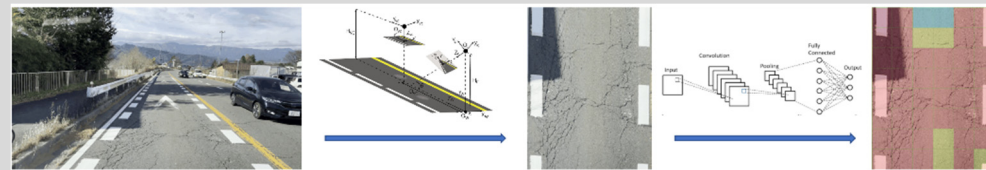
令和3年度の主な研究成果

1. 舗装ひび割れ率の算出
舗装調査・試験法便覧に基づくひび割れ率算出アルゴリズムの実装。
2. 準リアルタイムの舗装状態の可視化
ひび割れ率等の画像処理結果をデジタル地図上に可視化する仕組みの実装。

舗装ひび割れ率の算定

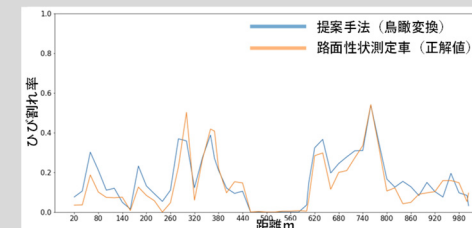
●舗装調査・試験法便覧に基づくひび割れ率の算出

- ①撮影動画を切り出した静止画に対して鳥瞰変換を適用
(パラメータ設定は路面画像に映り込んでいる白線、マンホール等の幾何学的形状を利用)
- ②鳥瞰変換を施された舗装路面画像を50cmメッシュに分割し、機械学習 (Classification) を利用して各
メッシュに対して含まれるひび割れ率本数により、0本、1本、2本以上の3カテゴリに分類
- ③路面20mに含まれる全メッシュのひび割れ面積の比率としてひび割れ率を算出



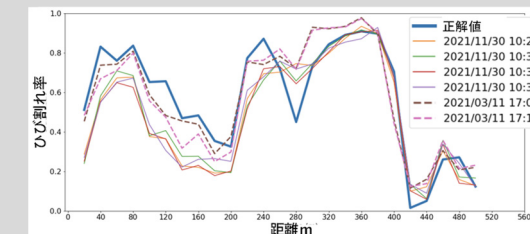
●真値との比較検証・精度の明確化

①路面性状測定車の推定結果（真値）との比較



・機械学習により路面性状測定車の推定結果とほ
ぼ等しいひび割れ率を算定
※教師データ作成と適用は互いに異なる県内で撮
影された画像

②ひび割れ率評価の再現性

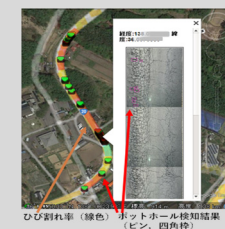


・2021年3月夕刻に2回、2021年11月午前中に3回取得した
データを用いてひび割れ率評価の再現性を確認
・計測日時も時間帯、日照条件も大きく異なるものの、
概ね互いに整合的なひび割れ率推定が可能

準リアルタイムの舗装状態の可視化

・ひび割れ率推定結果の他、ポットホール、ジョイント、マンホールを検知し、
地図上に可視化する仕組みを構築

・ポットホールは鳥瞰変換を施すことで物理サイズが分かり、検知精度が向上
・ジョイント、マンホールについては鳥瞰変換をしなくても検知精度は90%を超
える



主な研究成果

【別紙】令和3年度の主な研究成果（テーマ④）

研究概要

研究開発テーマ	④ 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	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
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に、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。</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. 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			←→

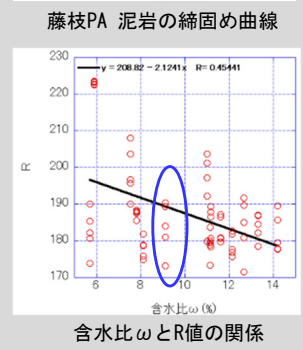
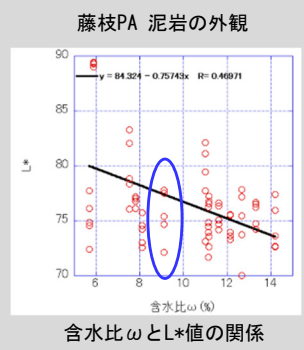
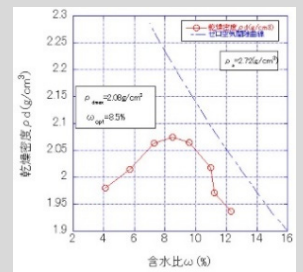
令和3年度の主な研究成果

- ・ 令和2年度におよそ構築したデジタルカメラ等の画像データによる地盤面の色調の変化による締固め状況の評価・確認方法を脆弱性土に対して適用し、その妥当性を確認。
- ・ また、加速度ICタグセンサーによる締固め中～締固め完了までの加速度応答の変化から締固め管理の考え方を整理。

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

- ・ 高速道路盛土での使用実績がある脆弱岩試料（藤枝PA泥岩）を用いて、色調の変化による締固め状況の定量評価方法の有効性を調査

- ・ 最適含水比付近（9%）におけるL*値、R値（共に色調評価指標）の変動幅が他と比べて小さいことを確認
- ・ 最適含水比状態では、水のメニスカス効果が有効に発揮されると共に、締固め表面部における水分の存在のバラツキが小さくなるので乱反射が小さくなり、L*、R値の変動幅が小さくなったと推察

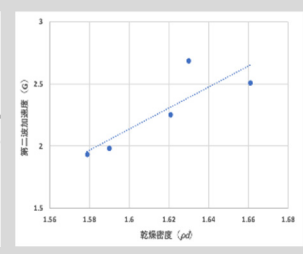
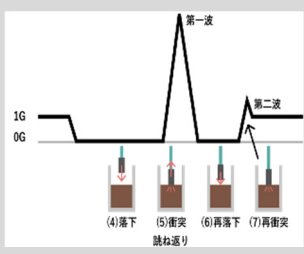


主な研究成果

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

- ・ 昨年度開発した加速度ICタグセンサーを用いた計測システムを用いて、締固め開始から完了までの連続的な加速度応答データを取得

- ・ 第二波（ランマーがモールド内の土に再衝突する際の加速度応答）と乾燥密度の間に相関性があることが示された



【別紙】令和3年度の主な研究成果（テーマ⑤）

研究概要

研究開発テーマ	⑤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 さとう やすひこ 佐藤 靖彦
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	←	→	
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) アーチ橋の複合損傷機構の解明	←	→	
2) 床版の残存耐力・余寿命予測法の開発	←	→	
3) 鋼材腐食したRC・PC桁の残存耐力予測法の開発	←	→	
4) 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3年度の主な研究成果

1. 外力・機構推定技術の開発

- 改良したトラック荷重推定法と実測された変位との関係性を検証。
- FBGセンサによるひずみ計測の継続と、取得データから風作用と温度変化が損傷度に及ぼす影響を把握。

2. モニタリング技術

- サブリングカメラによる変位計測と床版の健全度を表すことができる指標を特定。
- 簡易計測法のシステム構築、精緻な計測法の処理プログラムの改良。

3. 健全性定量評価技術

- 有限要素解析による再現精度の向上と損傷推定AIの開発。
- 2軸圧縮応力下の土砂化破壊基準の検討。
- 機械学習を用いて、腐食ひび割れ幅・分布の情報からRC部材の曲げ耐荷力の確率密度関数の取得を試行等。
- 点群データから有限要素モデルを作成するシステムの構築等。

● FBGセンサによるひずみ計測技術とアーチ橋の複合損傷機構

- FBGセンサから得られたひずみ挙動と3次元有限要素解析結果を比較することで、橋梁の全体モデルに対して温度と風の影響を再現できる妥当な作用のモデル化手法を見出した



アーチ橋の3次元モデル

● サブリングカメラによる変位計測技術と床版の残存耐力・余寿命予測

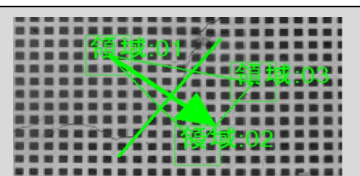
- 一般的な一眼カメラを用いた写真解析によるRC床版の変位計測の精度を明らかに
- 床版の損傷度指標として、床版の面外方向変位は適していない
- 変形の形状は損傷度を表しえる可能性が高い



計測対象のRC床版

● モデル法によるひび割れ幅計測技術と鋼材腐食したコンクリート桁の残存耐力予測

- ひび割れ幅を連続的かつ簡単に解析処理できるよう既存のオフライン解析ソフトを改良
- 軸方向および軸直角方向に相関性を有する2次元鉄筋腐食分布を推定可能にした
- 推定された鉄筋腐食分布からMCSと3次元NLFEAを用いて曲げ耐荷力の確率密度分布が算出
- ケーススタディでは、与えられる腐食ひび割れ幅分布の違いが劣化RC部材の耐荷力の確率密度関数に影響を及ぼすことを確認



改良ソフトによるひび割れ計測

● モニタリング・点群データを活用した耐力評価

- 鋼コンクリート合成桁に作用する断面力、誤差を与える箇所によって、その耐荷力に与える影響が異なることが判明
- 既設構造物の性能の把握に向けた有限要素解析には、点群データを計測し、点群を接合し面を作成する段階もしくはポリゴンデータのポリゴン数を削減する段階で、有限要素解析に適した面の形状を持ったポリゴンデータに編集しDIANAに出力することが現状での妥当な方法であることを明らかに

主な研究成果

■ 研究概要

研究開発 テーマ	⑥LPWA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	筑波大学 准教授 かめだ としひろ 亀田 敏弘
研究概要	<u>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。</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. 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) プロトタイプの現場実証		←→	
4) 研究のとりまとめ			↔

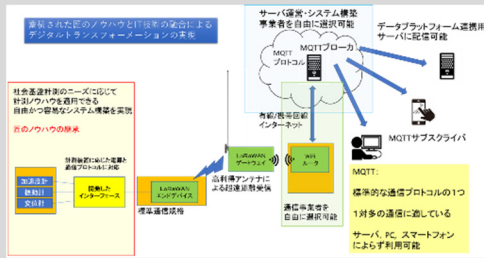
■ 令和3年度の主な研究成果

- ・現場の実情に応じたLPWA無線通信部と計測部とを統合したプロトタイプを製作し、サーバへのデータ供給を試行するとともに、発生した問題点について改良。

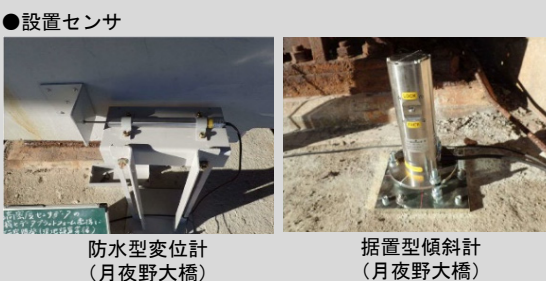
■ LPWA無線通信部と計測部とを統合したプロトタイプの製作



データの送信及び受信箇所



データ収集システムの概要

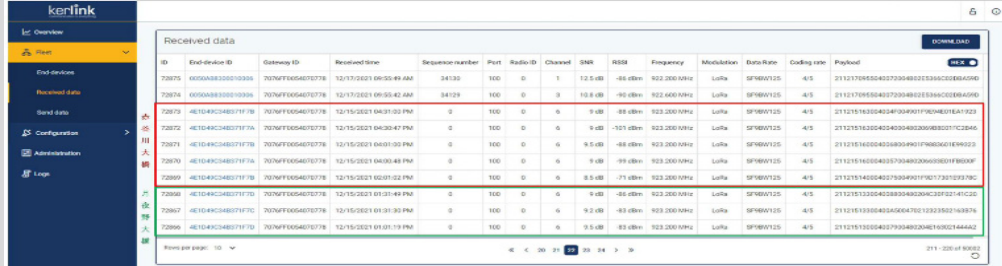


●送信機及び受信機



■ データ供給の試行

●送信機近傍でのLPWA信号状況（月夜野大橋、赤谷川大橋）



●沼田維持修繕出張所でのLPWA信号状況（月夜野大橋）

Message History									
Time	Time	Node	C	Freq	SF	PR	SNR	SNR	SNR
Wednesday 15-12-2021 13:31:49	00 00 00 00	00	D	922.200000	9	-103			
Wednesday 15-12-2021 13:31:29	00 00 00 00	00	D	922.200000	9	-103			
Wednesday 15-12-2021 13:01:10	00 00 00 07	00	D	922.200007	9	-103			
Wednesday 15-12-2021 13:01:10	00 00 00 06	00	D	922.200006	9	-108			
Thursday 14-12-2021 15:01:18	00 00 00 00	00	D	922.200000	9	-103			
Thursday 14-12-2021 15:31:18	00 00 00 00	00	D	922.200000	9	-104			
Thursday 14-12-2021 15:01:17	00 00 00 00	00	D	922.200000	9	-103			
Thursday 14-12-2021 15:01:00	00 00 00 06	00	D	922.200006	9	-104			
Monday 13-12-2021 16:05:03	26 01 37 c4	00	D	922.200000	9	-98			
Monday 13-12-2021 16:04:47	26 01 37 c4	00	D	922.200000	9	-98			

※赤谷川大橋は、令和4年度に中継局を設置して出張所鉄塔での受信を実現する計画

【別紙】令和3年度の主な研究成果（テーマ⑦）

研究概要

研究開発テーマ	⑦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。

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			↔

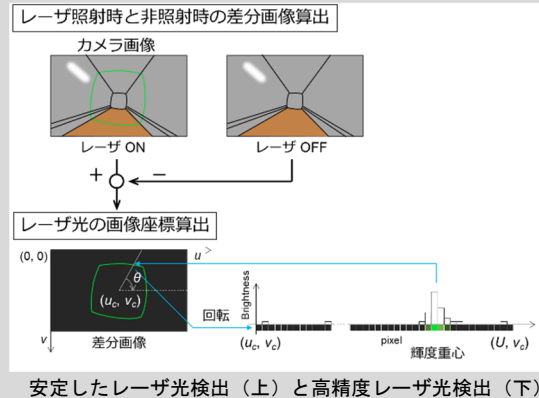
令和3年度の主な研究成果

- ・令和2年度に構築した計測システムのプロトタイプを改良し、計測精度向上のためのカメラ・レーザの配置設計手法の構築、計測精度向上のための画像処理手法の構築、これらに基づいた計測システムの改良およびトンネルでの検証実験と評価を実施。
- ・令和4年度予定の「複数断面の計測手法の構築」に係る基礎検証を今年度も先行して実施。

計測システムの改良

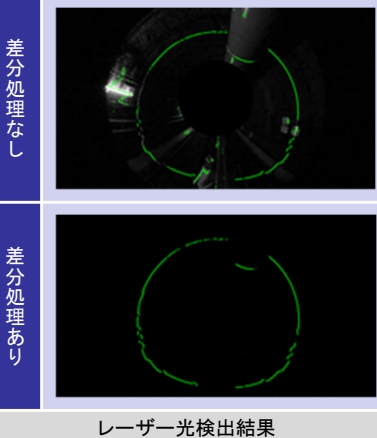
・照明条件を制御できないトンネルでは、環境光や外光の影響によりレーザ光を安定して検出することが難しい

- ①レーザ光照射の出力を瞬間的に切り替えて2枚の画像を取得し、画像間の差分解析により安定してレーザ光を検出する手法を構築
- ②画像中のレーザ光の輝度重心の位置を1ピクセル以下の精度で検出することにより、画像の1ピクセル以下の精度で3次元計測を行う手法を構築



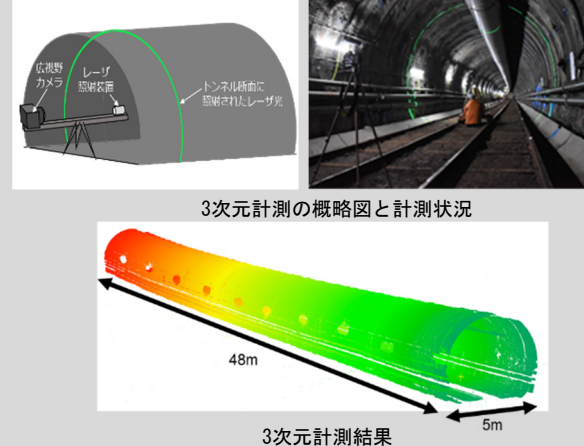
トンネルでの検証実験と評価

●計測システム改良の効果



- ・画像間の差分処理なしのレーザ光検出ではトンネル内の照明部分などで誤検出が発生
- ・差分処理ありのレーザ光検出では、安定して高精度にレーザ光を検出可能

●実トンネルの3次元計測結果



- ・実トンネルの48mの区間の4335断面の計測に要した時間は約10分間で、点群の個数は約716万点
- ・一方、TSでは10分間でトンネル1断面、6点の計測が限界
- ・簡便かつ高速に密な3次元計測実現の可能性が示された

主な研究成果

【別紙】令和3年度の主な研究成果（テーマ⑧）

研究概要

研究開発テーマ	⑧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	横浜国立大学 大学院 教授 ほそだ あきら 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、 <u>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。</u>

研究項目及びスケジュール

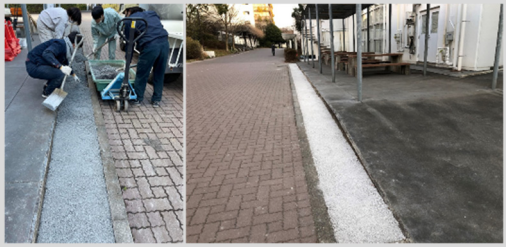
研究項目	令和3年度	令和4年度	令和5年度
1. コンクリート用混和材の生産			
1) 混和材、混和材を用いたコンクリートの製造（基礎的検討）		↔	
2) 混和材の品質の変動の調査		↔	
3) 混和材を用いたコンクリートの品質評価		↔	
4) 混和材の品質変動と硬化コンクリートへの影響評価			↔
2. ポーラスコンクリート舗装の製造			
1) コンクリート舗装の試作	↔		
2) 舗装の硬化後の品質評価		↔	
3) 適切な施工方法の検討		↔	
4) 舗装の排水機能の評価			↔
5) 舗装の社会実装			↔

令和3年度の主な研究成果

・戻りコンクリート等を活用した造粒ポーラスコンクリート舗装を試作するとともに、造粒ポーラスコンクリートの破壊挙動を画像解析を用いて分析。

■ コンクリート舗装の試作（2種類）

試作コンクリート	概要
①海水を用いたゼロセメントコンクリートによる造粒ポーラスコンクリート（granZ concrete）	海水、高炉スラグ微粉末、水砕スラグ細骨材、製鋼スラグとAE減水剤を使用し、造粒化剤を後添加することでゼロセメントの造粒ポーラスコンクリートを製造・施工
②生コン工場の廃棄物を有効活用した環境負荷低減型の造粒ポーラスコンクリート	高炉セメントとコンクリートを出荷した相武生コンで廃棄物となっている回収細骨材、回収粗骨材、戻りコンクリートからの回収水（上澄水）を用い、施工現場到着後に造粒化剤を後添加して、環境負荷を大幅に低減する造粒ポーラスコンクリートを製造・施工



① granZ concreteの施工状況（大学構内）



② 回収骨材・回収水を用いたポーラスコンクリートの施工状況（大学構内）

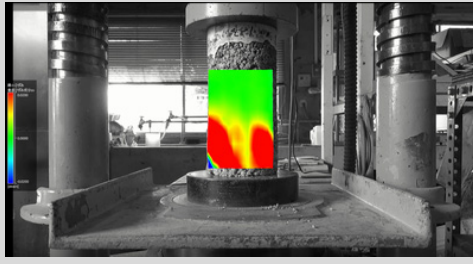
・施工した造粒ポーラスコンクリートは適切に硬化し、十分な透水性を有する
 ・生コン工場での製造には多大な手間がかかっており、汎用的な材料として製造するための手法の改善が必要
 ・現時点では、造粒ポーラスコンクリートを防草対策やぬかるみ対策として使用しているが、適切な強度や耐久性を有することができれば、駐車場や歩行者用の舗装など、適用範囲を広げることが可能

主な研究成果

■ 舗装の硬化後の品質評価（破壊挙動の画像解析）

・granZ concreteの圧縮強度は、材齢7日で2.2MPa、14日で3.2MPa（造粒する前のゼロセメントコンクリートの圧縮強度は、材齢14日で13.4MPa）
 ・画像解析の結果、円柱供試体の下部の方に圧縮ひずみが偏在

・今年度実施した試験方法では圧縮強度を過小評価している可能性がある
 ・令和4年度に造粒ポーラスコンクリートの強度を適切に評価できる試験方法を検討予定



圧縮ひずみの画像解析
（緑がひずみが小さく、赤が圧縮ひずみ）

【別紙】令和3年度の主な研究成果（テーマ⑨）

研究概要

研究開発テーマ	⑨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、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。

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3年度の主な研究成果

- ・プログラム開発環境構築、深層学習フレームワーク構築などの整備を行うとともに、手法実現の主要要素である偏光画像の性質やその利用法についての基礎知見を得る。
- ・令和4年度予定の「深層学習の導入及び路面性状認識手法の提案」のうち、既存CCTVの画像、既存センサのデータ（気温、路面状況等）の収集・分析及びGAN(Generative Adversarial Networks)による昼夜逆転、凍結・非凍結逆転画像等の生成を先行して実施。

偏光画像の検証

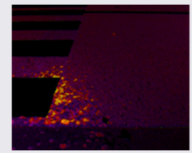
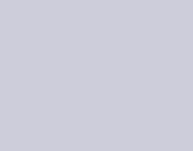
①散水前後の路面（アスファルト、石畳、金属）を偏光カメラで撮影し、4方位の画像を取得

②画像を合成し、偏光度と偏光角度を輝度と色相で表現（偏光画像）

③ヒストグラムを求めて特徴を確認するとともに、合成画像に対して偏光度に関する二値化処理を実施



湿潤領域の抽出可能性を確認

検証プロセス	散水前	散水後
①偏光カメラで4方位の画像を取得		
②偏光画像		
③二値化処理		

偏光画像の検証（アスファルト路面）

主な研究成果

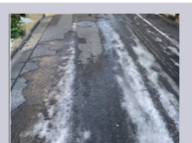
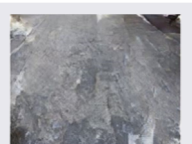
深層学習の導入及び路面性状認識手法の提案（GANによる画像生成）

●昼間から夜間、夜間から昼間の画像を生成（栃木県内の一般国道4号のCCTVカメラ画像）

	昼間⇒夜間	夜間⇒昼間
生成前		
生成後		

見た目は成功している

●凍結状態から非凍結状態、非凍結状態から凍結状態の画像を生成（降雪後の東京都内道路の画像）

	凍結⇒非凍結	非凍結⇒凍結
生成前		
生成後		

一概に成功したとは言えない

【別紙】令和3年度の主な研究成果（テーマ⑩）

研究概要

研究開発テーマ	⑩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) 水理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			↔

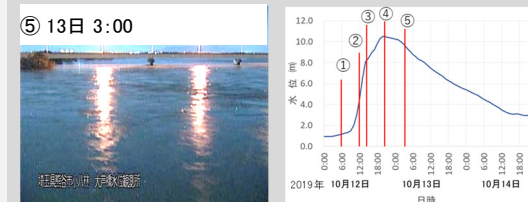
令和3年度の主な研究成果

- ・検討地点の選定、データ資料の収集整理、3次元河道データ計測機器の整備及び計算環境の整備。

研究環境整備、データ収集整理

- 対象地点の選定（荒川上流河川事務所管内 大芦橋）

河川監視カメラ（大芦橋）による動画データについて



- ・カメラは大芦橋下流右岸に設置されている
- ・上流方向を撮影していることが多い
- ・増水時には水位が高水敷より高くなり、水際線の判定はできなくなる
- ・大芦橋の橋脚付近の画像分析により、ある程度の水位判定が可能

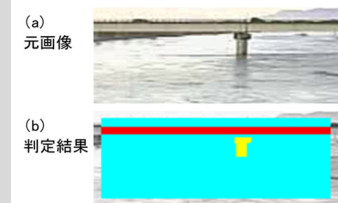
3次元河道データ計測機器の整備

- ・LiDAR本体に加えてミニPC、カメラ、バッテリーおよび地上との送受信を行うための機器を一体化して積載できるように、2.7Kg程度のペイロードに対応するドローンを整備
- ・携帯型LiDARを用いて大芦橋付近の3次元河道データの計測を試行し、画像からの水位推定の基準となる橋脚部等の長さに対応する画素数を整理

計算環境整備

- ・購入した計算機にAI画像処理環境および水理計算を行うソフトウェアをインストール
- ・CNNによる画像判定では、大芦橋の洪水時の画像から橋脚部と水面判定、および水理計算の試算を行い、計算が問題なく実施できることを確認

大芦橋の判定



主な研究成果