

# 地盤工学分野における ICT 活用技術集

地盤工学会関西支部  
地盤工学分野における ICT 活用促進に関する研究委員会

2022 年 4 月

本書は以下の URL から PDF 版をダウンロードできます。

<http://www.jgskb.jp/japanese/book/iinkai/ICT.pdf>

本書記載内容の無断転載を禁じます。

## はじめに

近年の ICT 技術の発展に伴い、建設分野においても ICT の導入が急速に進んできている。とりわけ、2016 年から始まった国土交通省の i-Construction により、ICT 活用の機運は一気に加速した。i-Construction では、3 次元データを使った各工程の要領・基準類が詳細に定められており、ICT 活用を受注の条件とする制度的な動機付けも相まって工事实績は着実に増えてきている。また、i-Construction 始動から 5 年を経て、生産性向上に効果があることが多く報告されるようになった。一方で、工事を受注するための「データの 3 次元化」が目的化してしまっている現場も少なくなく、積極的に独自の技術開発を行う事業者との二極化が進みつつあるようにも思われる。地盤工学分野においても先端的な技術開発は活発化してきているが、工種・工程が広範にわたり、かつ地域性や不確定性の高い自然材料を扱う難しさ故か、研究開発は各社各様に進められることが多く、同分野における新技術の動向や課題、展望を俯瞰して議論できるような場は限られている。

そのような中、地盤工学会関西支部では 2019 年 7 月に「地盤工学分野における ICT 活用促進に関する研究委員会」を設立し、地盤工学と ICT に関する技術交流と新技術の導入・開発促進を図るための調査・研究を行ってきた。本技術集は、委員会活動の一環として実施した技術動向調査の成果をとりまとめたものである。同委員会はアカデミア、ゼネコン、建設コンサルタント、メーカー等、幅広い業種からのメンバーで構成され、それぞれの立場から、地盤工学分野への応用に有用と思われる技術を推薦頂いた。本技術集ではアイデアを重視し、既に実務で活用されている技術だけでなく、開発中の技術も含めることにした。「調査・設計」、「施工」、「点検・維持管理」のそれぞれの建設プロセスにおいて、各社各様オリジナリティのある技術導入・技術開発が進められていることを知っていただけたと思う。i-Construction 始動から 5 年を経た今、デジタル技術革新の急速な進展や、新型コロナウイルス感染症発生を契機とする新しい働き方への転換を背景に「インフラ DX」なる概念が登場し、建設分野の ICT 活用は、新しいステージに進もうとしている。本技術集が、ICT 活用促進の情報共有や課題解決、また、新技術の創造に向けた一助になれば幸いである。

2022 年 4 月

公益社団法人地盤工学会 関西支部  
地盤工学分野における ICT 活用促進に関する研究委員会  
委員長 小林泰三（立命館大学）

## 委員名簿

委員長	小林 泰三	立命館大学
副委員長	鍋島 康之	明石工業高等専門学校
幹事	小田 和広	大阪産業大学
	交久瀬 磨衣子	(株)KANSO テクノス
	北岡 貴文	関西大学
	佐藤 毅	(株)アサノ大成基礎エンジニアリング
	須佐見 朱加	佐藤工業(株)
委員	渥美 知宏	西日本旅客鉄道(株)
	五十嵐 慎久	キタイ設計(株)
	井口 祐樹	阪神高速技術(株)
	池田 典明	中央開発(株) 関西支社
	石井 正紀	ソイルアンドロックエンジニアリング(株)
	板野 次雅	鹿島建設(株) 関西支店
	井上 恵介	ソイルアンドロックエンジニアリング(株)
	池永 太一	ソイルアンドロックエンジニアリング(株)
	江本 宏明	(株)奥村組
	大西 盛一郎	(株)浅川組
	加藤 大輝	構造物設計(株)
	加藤 裕将	(株)KANSO テクノス
	亀若 三起	(株)熊谷組 関西支店
	北田 憲嗣	応用地質(株)
	小湊 祐輝	西日本旅客鉄道(株)
	財津 駿平	伊藤忠テクノソリューションズ(株)
	山口 秀樹	西尾レントオール(株)
	下嶋 一幸	(株)テクニカル・シンク
	高森 太郎	清水建設(株)関西支店
	田中 和彦	内外エンジニアリング(株)
	土佐 信一	国土防災技術(株)
	中野 尊之	中央復建コンサルタンツ(株)
	中村 健吾	(株)構造計画研究所
	西川 浩二	前田建設工業(株) 関西支店
	野村 泰稔	立命館大学
	橋本 照政	ライカジオシステムズ株式会社
	長谷川 剛基	(株)建設技術研究所
	東山 大晃	(株)オリエンタルコンサルタンツ関西支社
	藤澤 和謙	京都大学大学院

藤原 祐一郎	(株)鴻池組 本社
星野 弘明	西日本高速道路(株)
松浦 敦	伊藤忠テクノソリューションズ(株)
松崎 基	復建調査設計(株) 大阪支社
宮木 伸	大成建設 (株) 関西支店
望月 勝紀	(株)大林組
森田 浩平	株式会社トプコンソキアポジショニングジャパン
湯尻 克宏	構造物設計(株)

## 建設業界における ICT 技術の導入状況

国土交通省が進める「i-Construction」が着実に広がっており、総合建設業などの施工分野だけでなく、建設コンサルタントの業務にも広がってきていることが、日経コンストラクションが行った 2019 年の調査<sup>1)</sup>で明らかになっている。全国の主要な建設コンサルタント会社に対して、業務における ICT（情報通信技術）の導入状況を尋ねたところ、回答を寄せた 209 社のうち、75%がドローン、3次元 CIM（コンストラクション・インフォメーション・モデリング）、レーザースキャナーのいずれかの導入を進めていると判明した。回答を寄せた 209 社のうち、大手・中堅が多い売上高の上位 100 以内の建設コンサルタント会社に限定してみると、ドローンの導入率が 70.5%、3次元 CIM モデルで 61.0%、レーザースキャナーで 43.8%の導入率となった。

ドローンは、機体のコストダウンが進み、導入のハードルが下がっている。さらに、近年多発する自然災害も影響を及ぼしており、ドローンを導入した企業の多くが災害時の撮影で効果を発揮する点を評価していた。さらに、機材購入コストが数千万円のオーダーになるレーザースキャナーの導入は規模の小さい中小の建設コンサルタント会社でも進んでおり、売上高が 101 位以下だった 109 社でも、3割超が技術導入している。国土交通省が発注する ICT 工事の広がりとともに、測量業務の受注機会が増えているのが要因として挙げられている。一方で、建設コンサルタント会社の売上規模による導入率の差が大きかったのは、3次元 CIM モデルで、売上高が 101 位以下の 109 社では、上位 100 社よりも導入率が約 28 ポイント低い 33.3%にとどまっていた。中小の建設コンサルタント会社には自治体からの発注で CIM 活用の動きが鈍いことが要因の一つであるとしている。

大手・中堅で普及が進行しつつある分野としては、VR（仮想現実）・AR（拡張現実）、MMS（モバイルマッピングシステム）、AI（人工知能）などが挙げられる。また、ドローンについても写真や動画を撮影するドローンの導入は進んでいるが、レーザ測量用ドローンや水中ドローンの導入はあまり進んでいない。これらの技術が建設分野においてどの様に活用されるのかが建設分野における ICT 技術の発展の鍵になると考えられる。これら以外の技術としては、ウェアラブルカメラ等による映像と音声の双方向通信を使用して、従来は現場臨場で行っていた「段階確認」、「材料確認」、「その他立会」などの業務を遠隔地にいながら実

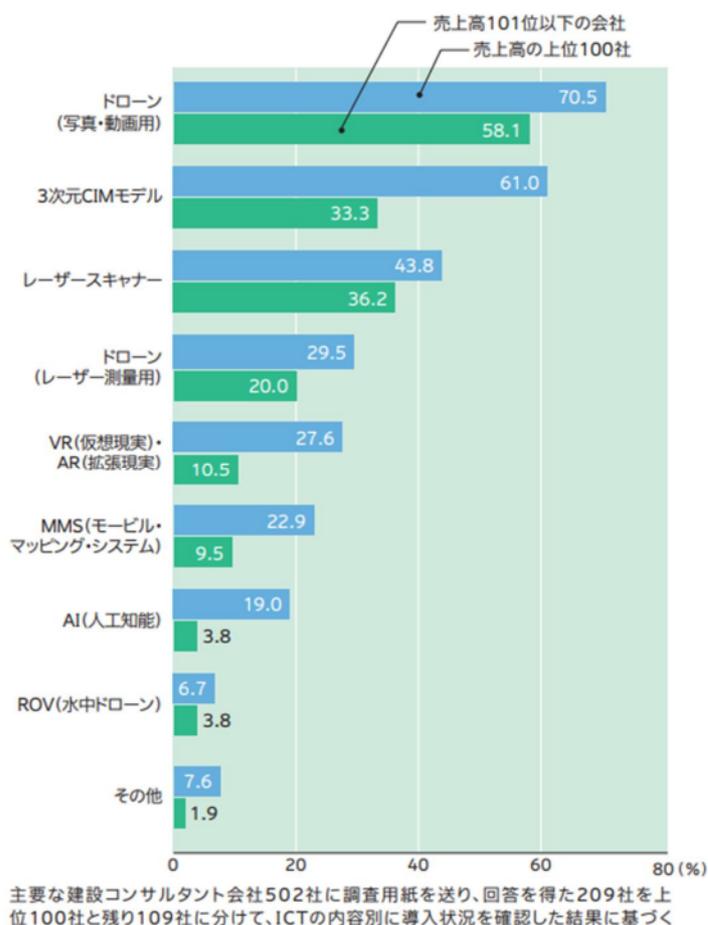


図1 ICTを導入した建設コンサルタント会社の割合<sup>1)</sup>

施する遠隔臨場システム<sup>2)</sup>などを導入し、生産性の向上を図っている施工事例もある。コロナ禍の影響で急激に加速化する可能性が高い分野である。

一方、施工分野では「i-Construction」の普及でかなりの範囲でICT技術の導入が進んでいるようである。最近のi-Construction大賞受賞事例<sup>3)</sup>を調査すると、起工測量でのUAV測量の導入、MC（マシンコントロール）/MG（マシンガイダンス）技術によるICT建機の活用、レーザースキャナー（LS）やGNSSの利用がポイントとして挙げられる。i-ConstructionにおけるICT土工の流れは以下の図<sup>4)</sup>に示す通りで、UAV測量による三次元測量の導入により、短時間で高密度な測量データの入手が可能になったこと、三次元データをもとにした設計施工計画の立案が容易になり、CIM/BIMの導入が可能になったこと、MC/MG技術を用いたICT建機による高精度な施工が実用化できるようになったことが挙げられる。この結果、リアルタイムで施工管理や出来高管理が可能になり、業務の効率化が図れるだけでなく、施工品質の改善にもつながっている。また、ICT建機の活用で経験の浅いオペレーターでも高精度に仕上げることが可能になったなどの報告事例もあった。この背景には、LSやGNSSといった測量技術の向上が要因として挙げられ、GNSSも準天頂衛星データが利用可能になるなど、即位精度の向上が進んでいる。さらに、従来の単独測位からRTK（リアルタイムキネマティック）による相対測位と呼ばれる測位方法を利用技術も進んでいる。相対測位とは固定局と移動局の2つの受信機で4つ以上の衛星から信号を受信する技術で、2つの受信機の間で情報をやりとりしてズレを補正することで、単独測位よりも精度の高い位置情報を得ることができる技術で、測位誤差がわずかに数センチメートル以内に抑えられるのが最大の特徴である。RTK測位は建設機械やドローンの自動制御や自動航行など、より正確な位置情報を求められる分野で活用が広がると考えられている技術の1つである。

国土交通省は、各地方整備局等がICT技術の導入に取り組む体制を整備<sup>5)</sup>しており、ICTの活用が今後も進んでいくものと考えられる。

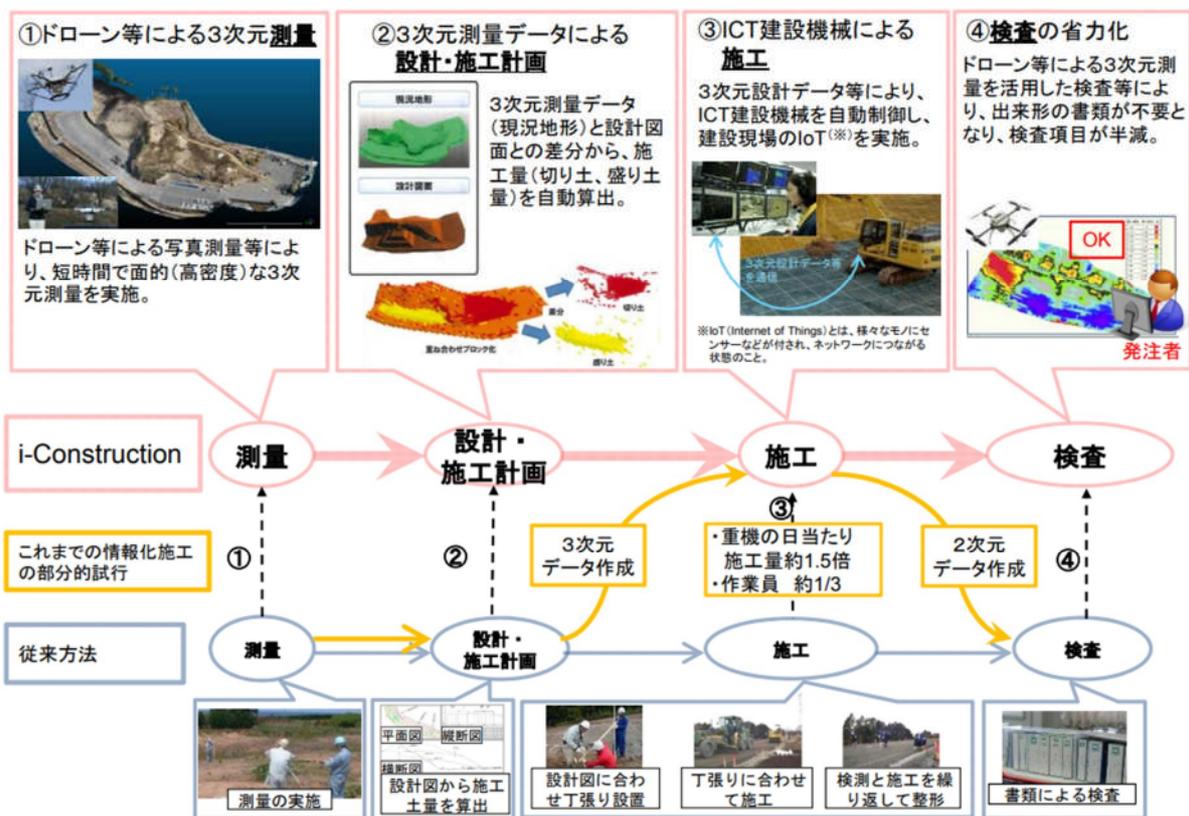


図2 i-ConstructionにおけるICT土工の流れ<sup>5)</sup>

## 参考文献

- 1) 浅野祐一：「i-Con」対応で進む ICT 導入、建設業しんこう、No.509、p.11、2019.
- 2) 窪田博充：発注者主体による遠隔臨場システムの現場試行とその検証、令和 3 年度スキルアップセミナー関東、イノベーション部門、2021.
- 3) i-Construction 推進コンソーシアム：<https://www.mlit.go.jp/tec/i-construction/index.html>
- 4) i-Construction 委員会：i-Construction～建設現場の生産性革命～参考資料 2、国土交通省、2016.
- 5) 近畿インフラ DX 推進センター：<https://www-1.kkr.mlit.go.jp/plan/infraDX/index.html>

## 技術一覧 (1/3)

区分	掲載頁	No.	技術タイトル	開発者	センシング	コミュニケーション	ロボティクス	AI コンピューティング
調査・設計	4	A-1	3次元デジタル化ソリューション NavVis	NavVis GmbH	○	○		
	6	A-2	360度映像を用いた土砂災害現場の記録	明石工業高等専門学校, 他	○	○		
	8	A-3	3次元地質・地盤モデルの構築	3次元地質解析技術コンソーシアム, 他	○			○
	10	A-4	3次元測量技術を活用した地盤構造の逆解析の高度化技術	立命館大学, 他	○			○
	12	A-5	土砂災害の危険性がある地域を抽出する地形判読 AI	応用地質(株), 他				○
	14	A-6	ニューラルネットワークによる粒経加積曲線に基づく SWCC の推定	関西大学				○
	16	A-7	地山評価へのニューラルネットワークの適用性	関西大学				○
	18	A-8	デジタル画像相関法(DIC)×数値解析 (FEM) サービスとデータ同化技術	(株)構造計画研究所				○
施工	20	B-1	AI 制御による不整地運搬車 (クローラキャリア) の自動走行技術	(株)熊谷組			○	○
	22	B-2	吹付砕工の省力化技術「ラクデシヨット」	(株)大林組, 他			○	
	24	B-3	最新転圧管理システム Dual Mast Roller	ライカジオシステムズ(株)	○			
	26	B-4	転圧回数管理システムの自動帳票発行技術「YOKUASA」	西尾レントオール(株)		○		○
	28	B-5	自動追尾トータルステーションを活用した盛土の締固め管理技術	立命館大学	○			
	30	B-6	ドローンやレーザスキャナを活用した盛土の締固め管理技術	立命館大学	○			
	32	B-7	AI を活用した盛土の締固め管理技術 (リアルタイム剛性評価)	立命館大学				○
	34	B-8	盛土法面締固め装置	(株)浅川組, 他	○			
	36	B-9	車輪の走行応答計測による地盤のリアルタイム剛性評価技術	立命館大学	○			
	38	B-10	土壌密度計 「SDG」	西尾レントオール(株)	○			
	40	B-11	連続式 RI コンクリート水分計 COARA の計測支援システム	ソイルアンドロックエンジニアリング(株)	○			
	42	B-12	配管用密度計 PIRICA-S1	ソイルアンドロックエンジニアリング(株)	○			
	44	B-13	簡易型 RI 水分計 WARP-mini	ソイルアンドロックエンジニアリング(株)	○			

## 技術一覧 (2/3)

区分	掲載頁	No.	技術タイトル	開発者	センシング	コミュニケーション	ロボティクス	AI コンピューティング
施工	46	B-14	トンネルの3次元出来形管理（出来形マイスター・トンネルPKG）	佐藤工業(株)	○			
	48	B-15	AIを活用したトンネル切羽の地山判定手法	前田建設工業(株)	○			○
	50	B-16	GML搭載吹付機を用いた吹付コンクリート出来形計測システム	前田建設工業(株)	○			○
	52	B-17	統合せん孔支援システム「ドリルNAVI」	(株)鴻池組	○			○
	54	B-18	トンネル建設現場における予測型CIMのクラウド展開	伊藤忠テクノソリューションズ(株)		○		
	56	B-19	ILSIM BIM/CIM 3Dモデル情報統合プラットフォーム	伊藤忠テクノソリューションズ(株)		○		
	58	B-20	斜面对策工に特化した「のり面CIM」	(株)熊谷組		○		
	60	B-21	GCPレスドローンとEdgeコンピュータを利用した空中写真測量システムによる出来高進捗把握技術（SMARTCONSTRUCTION Edge, Drone）	KOMATSU	○			
	62	B-22	GCPレス UAV	SkyLink社	○			
	64	B-23	ipad pro 搭載「LiDAR センサー」を活用した3次元測量	(株)オプティム	○			
66	B-24	「表層ひずみ棒」を用いた斜面変状簡易モニタリングシステム	佐藤工業(株)	○				
点検・維持管理	68	C-1	落石管理システム	ジェイアール西日本コンサルタンツ(株)	○			
	70	C-2	アンカー荷重計の補修再生技術（G-REP）	西日本高速道路エンジニアリング中国(株), 他	○			
	72	C-3	LPWAを利用したセンサボックスによる斜面監視	西松建設(株)	○			
	74	C-4	ばらまき型傾斜計とWebカメラによる斜面監視	(株)オサシ・テクノス, 他	○			
	76	C-5	構造物の3次元モデル化	(公財) 鉄道総合技術研究所	○			
	78	C-6	点検特化ドローン	Skydio	○			○
	80	C-7	3次元点群データによる堤防整備の見える化	(株)建設技術研究所				○
	82	C-8	MMS技術の鉄道分野への応用	西日本旅客鉄道(株)	○			
	84	C-9	地下埋設物探査装置 DSX	ライカジオシステムズ(株)	○			

## 技術一覧 (3/3)

区分	掲載頁	No.	技術タイトル	開発者	センシング	コミュニケーション	ロボティクス	AI コンピューティング
点検・維持管理	86	C-10	パイプカルバート点検ロボット (Ex-Mole)	西日本高速道路エンジニアリング中国(株)	○		○	
	88	C-11	トンネル検査システムによるトンネル内変状調査の効率化	(株)アサノ大成基礎エンジニアリング	○			○
	90	C-12	トンネル覆工コンクリート健全度の AI (人工知能) による自動判定	応用地質(株)	○			○
	92	C-13	アジョイントハミルトニアンモンテカルロ法によるベイズ型インバージョン	京都大学大学院農学研究科				○
	94	C-14	ベイズ推定による地中空洞の形状同定	京都大学大学院農学研究科				○
	96	C-15	MR 技術を活用したトンネル維持管理システム (トンネル MR)	(株)鴻池組	○			○
	98	C-16	AI (深層学習) を用いた堤防点検結果の誤登録判定ソフトの構築	(株)建設技術研究所				○
	100	C-17	光るコンバーター (LEC-II)	(株)KANSO テクノス, 他	○			
	102	C-18	赤外線分析によるコンクリート構造物健全個所の特定技術	(株)テクニカル・シンク	○			

**調査・設計**

**A-1~A-8**

A-1	<b>3次元デジタル化ソリューション NavVis (ナビビズ)</b>
開発/活用者	開発：NavVis GmbH、日本総代理店：株式会社構造計画研究所 NavVis 事業室
キーワード	3次元計測、点群データ、360度パノラマ画像、施設・設備管理、BIM/CIM
報告区分	<input checked="" type="checkbox"/> 新技術紹介（これまでになかった ICT 技術（ハード/ソフト）の紹介） <input type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介（既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介） <input type="checkbox"/> その他（ ）
工程区分	<input checked="" type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input type="checkbox"/> 施工 <input checked="" type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 1	<input checked="" type="checkbox"/> センシング <input checked="" type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 2	<input checked="" type="checkbox"/> 省人・省力化 <input type="checkbox"/> 経済性向上 <input type="checkbox"/> 精度向上 <input type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input type="checkbox"/> 品質向上 <input checked="" type="checkbox"/> その他（情報共有）
技術成熟度	<input type="checkbox"/> 事業化（実績あり） <input type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他（ ）

### ①技術概要

「NavVis(ナビビズ)」は、大規模かつ複雑な現場をウェアラブル型の計測デバイスで高速・高品質・手軽に3次元データを取得し、あらゆるステークホルダーが Web ブラウザからバーチャルに再現された現場にアクセスして情報を確認可能なソリューションである。



「NavVis VLX」：歩くだけで点群データと360度パノラマ画像を同時に取得する  
移動式計測デバイス



#### 移動式計測デバイスで最高品質の点群生成



水平・垂直方向にそれぞれ走査される2台の高性能LiDARと高性能SLAM技術により、精度8mm(1σ)・ピッチ5mmの点群を生成

#### 視認性が格段に向上する高解像度な画像取得



前後左右に搭載された4台のカメラにより、臨場感あふれる360°ウォークスルー環境と鮮やかな色付き点群を自動生成

#### オペレーターを選ばない直観的なインターフェース



手に組込まれたディスプレイでの計測状況のリアルタイムなプレビュー確認により、計測スキルを問わず、取得漏れのない計測を実現

「NavVis IVION」：関係者誰もが Web ブラウザで手軽に使える3次元ビューワ

- 360°ウォークスルー
- 写真・図面・説明書のタグ付け
- 画像上での寸法や面積計測
- 点群の高速表示
- スマホ・タブレット・PCのブラウザに対応、アプリのインストールやプラグイン不要



▲タグ付け（画像、PDF、動画、テキスト、URL）



▲寸法・面積計測

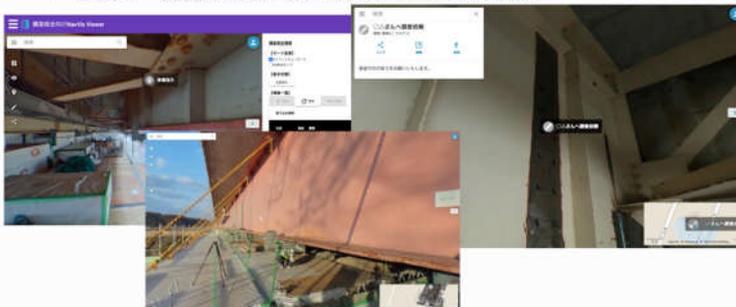
## ②工事適用例, デモンストレーション事例

### 【川田建設様：道路橋梁保全工事】

- 従来
- ・改修の図面を書くために、頻繁に現地調査
  - ・発注者との協議が、図面ベースのため合意形成が難航

▶ **現場に行く回数を減らし、かつ作業品質の高い工事を実現**

- ・ 設計者・施工者による現調の手間削減
- ・ 事務所・現場間での連絡における齟齬と手間削減



川田建設様、川田テクノロジー様とともに橋梁保全に特化した「BridgeStudio®」を共同開発した。

### 【熊本城総合事務所様：熊本城天守閣内部の被災状況を3次元データ化】

<https://www.kke.co.jp/solution/casestudy/1038>

### 【中日本高速道路株式会社様：熊本城天守閣内部の被災状況を3次元データ化】

<https://www.kke.co.jp/solution/casestudy/1037>

## ③優れている点, 課題, 今後の期待など

計測デバイスを移動型にすることにより階段や狭所をシームレスに移動するという自由度の高い計測を可能にし、固定式のように三脚等の設置が不要なため、計測にかかる時間が大幅に削減できる。また、計測した点群データと360度パノラマ画像をWebブラウザから閲覧可能にすることで、専門知識や高性能な端末を必要としないため、3Dデータの用途が広がる。

BIM/CIMにおける既存施設の扱いは重要だが、そのデータ作成には膨大なコストがかかる。このシステムの利用で「図面と現況が違う」「そもそも図面がない」といった悩みを解消できる。インフラ施設やプラントのみならず、空調・電気・通信といった様々な設備の管理にも適用可能である。

## ④公開情報

### 【ホームページ】

NavVis 大規模施設3次元デジタル化ソリューション：<https://www.navvis.kke.co.jp/>

## ⑤連絡先

株式会社構造計画研究所 エンジニアリング営業2部 中村健吾：kengo@kke.co.jp

A-2	<b>360度映像を用いた土砂災害現場の記録</b>
開発／活用者	明石工業高等専門学校・岩根研究所
キーワード	360度カメラ、全方位映像、VR、災害調査、位置情報
報告区分	<input checked="" type="checkbox"/> 新技術紹介（これまでになかった ICT 技術（ハード／ソフト）の紹介） <input type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介（既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介） <input type="checkbox"/> その他（ ）
工程区分	<input checked="" type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input type="checkbox"/> 施工 <input type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分1	<input checked="" type="checkbox"/> センシング <input checked="" type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分2	<input checked="" type="checkbox"/> 省人・省力化 <input type="checkbox"/> 経済性向上 <input type="checkbox"/> 精度向上 <input type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他（ ）
技術成熟度	<input type="checkbox"/> 事業化（実績あり） <input type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input checked="" type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他（ ）

### ①技術概要

360度カメラを用いて土石流などの土砂災害現場を高画質の動画で撮影し、三次元情報として記録する。市販の360度カメラのみで撮影可能で専用機材を必要とせず、歩行しながら全方位の画像を取得することができる。その映像をもとに、特異点について三次元の位置情報を取得し、映像内で指定したポイントの三次元座標や対象物の長さ・幅・高さを計測することができる。位置情報は映像内の対象物ごとに登録できる。計測情報は、映像上または地図上に踏査軌跡や位置を表示でき、写真表示ではなく動画で再生可能である。（下図参照）

また、災害現場で記録しておきたい内容について、写真やメモ等の共有したい情報を映像上にタグ付けを行い、ピンポイントで登録することができる。





タグ付け画像の例

②工事適用例，デモンストレーション事例

令和2年7月豪雨で土石流が発生した滋賀県高島市拝戸において、360度カメラを装着して動画を作成し、災害現場の状況を全方位映像として記録している。土石流現場の調査個所の軌跡を映像内に表示し、転石などについてタグ付けを行った。

③優れている点，課題，今後の期待など

360度カメラで動画を撮影して土砂災害現場の全方位映像を取得し、その映像から特異点の位置情報を取得することができる。災害調査を短時間で終了することができるとともに、測量などの計測業務を省力化することができる。

④公開情報

鍋島康之・鶴瀬隆一郎：CV 技術を用いた土 砂災害調査の提案，Kansai Geo-Symposium 2021，pp. 130～133，2021.

⑤連絡先

明石工業高等専門学校 鍋島康之 (e-mail: nabesima@akashi.ac.jp)

A-3	<b>3次元地質・地盤モデルの構築</b>
開発／活用者	3次元地質解析技術コンソーシアム、全国地質調査業協会連合会
キーワード	3次元地質モデル、3次元地盤モデル、標準化、マニュアル
報告区分	<input type="checkbox"/> 新技術紹介（これまでになかったICT技術（ハード／ソフト）の紹介） <input checked="" type="checkbox"/> ICT活用事例紹介（既存のICT機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介） <input type="checkbox"/> その他（ ）
工程区分	<input checked="" type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input type="checkbox"/> 施工 <input type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分1	<input checked="" type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input checked="" type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分2	<input type="checkbox"/> 省人・省力化 <input checked="" type="checkbox"/> 経済性向上 <input checked="" type="checkbox"/> 精度向上 <input type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input checked="" type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他（ ）
技術成熟度	<input type="checkbox"/> 事業化（実績あり） <input checked="" type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input checked="" type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他（ ）

①技術概要

3次元地質・地盤モデルは、点・線・サーフェス・ソリッドの図形要素を複合的に利用し、地質調査データと地盤モデルを表現する技術である。

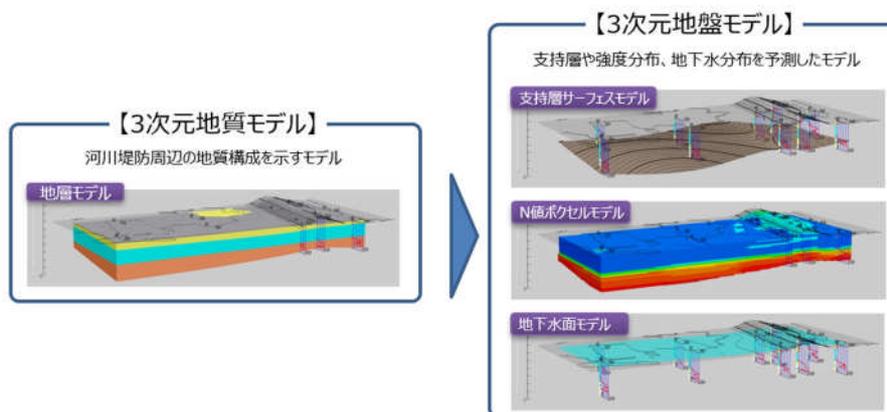
BIM/CIMの適用により建設分野にも3次元モデルを導入する機会が増え、その中で地盤内の地質・土質分布及び物理・化学的特性を可視化した3次元地質・地盤モデルも利用されるようになりつつあるが、3次元地盤モデリングのあり方を見ると、モデリング手法は専用ソフトウェアのルールに強く依存しており、3次元地盤モデルを作成するための技術標準が存在しない状況である。

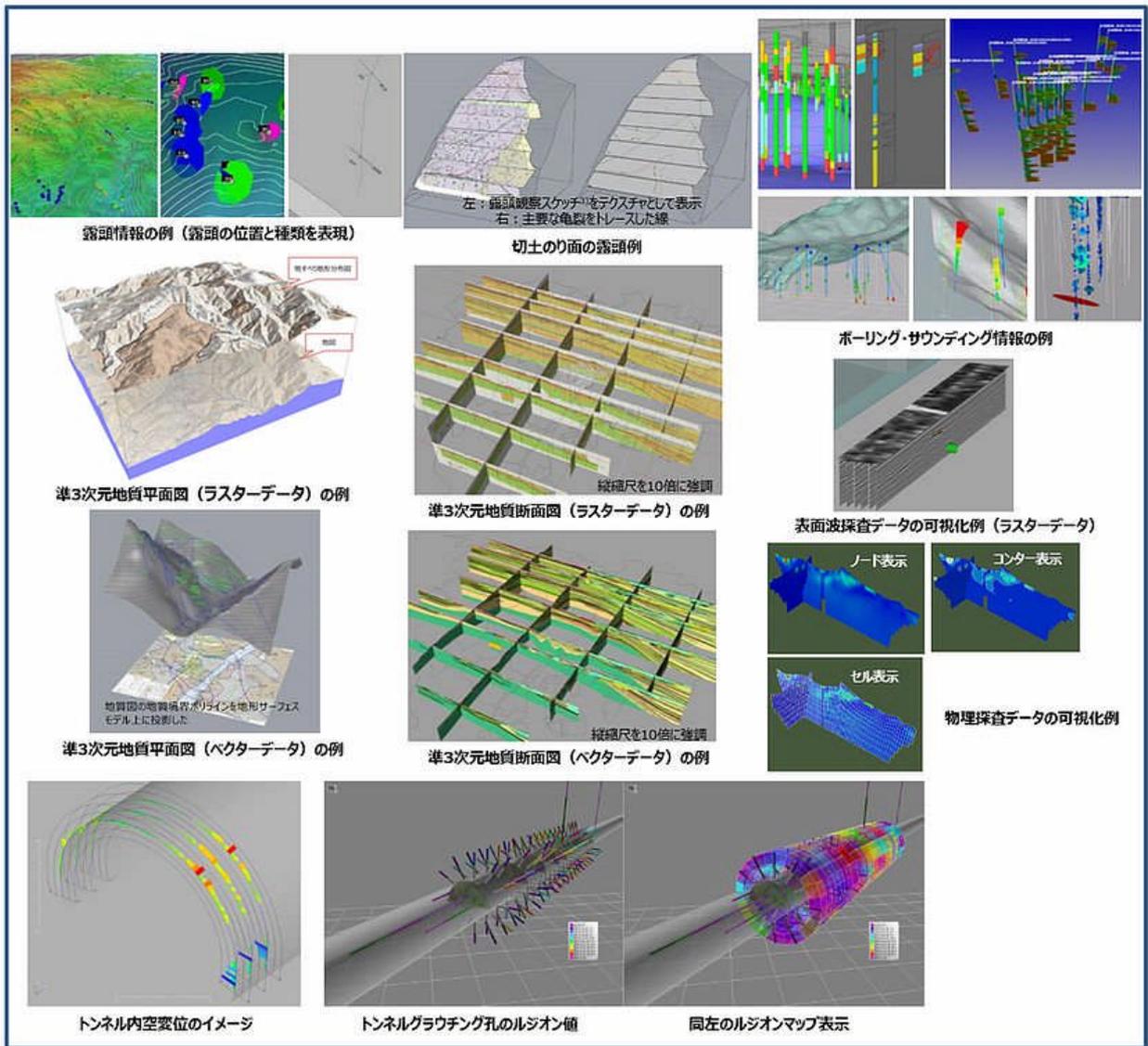
BIM/CIMの観点から、建設ライフサイクルで3次元地盤モデルを利活用するには、信頼性を保持し合理的に利活用するための、3次元地盤モデリングの標準的な流れが必要であることから、BIM/CIMに繋げるための3次元地質・地盤モデルの作成技術の標準化と普及が目的である。

②工事適用例，デモンストレーション事例

【3次元地質モデル】地質学的分類（層序学、堆積学、構造地質学、地史学、古生物学、岩石学、鉱物学、火山学など）により、その種類や分布を3次元空間に可視化したもの。

【3次元地盤モデル】3次元地質モデルをベースに工学用途に応じた地質・土質調査結果により、地盤の物理・化学的特性を3次元空間に可視化したもの。





③優れている点、課題、今後の期待など

計画段階→設計段階→施工段階の各建設プロセスにおいて、地質や地盤情報のモデル化、見える化が可能となれば、地質や地盤、地下水等に関するリスク評価や対応を検討する際に有用となる。一方で、現場で取得する地質・土質や地下水位のデータを3次元モデリングすることを考えた中で、地質調査データの品質やモデル構築のためのスキル等が実務的にはまだまだそのモデル精度が担保できるような状況に至っていないのが現実であることから、今後の普及に期待したい。

④公開情報

3次元地質解析技術コンソーシアム：<https://www.3dgeocon.com/>

3次元地盤モデリングガイドブック：<https://www.3dgeocon.com/web3>次元地質解析マニュアル

3次元地質解析マニュアル：<https://www.3dgeocon.com/3>次元地質解析マニュアル

A-4	<b>3次元測量技術を活用した地盤構造の逆解析の高度化技術</b>
開発／活用者	(開発) 立命館大学・地盤システム工学研究室、伊藤忠テクノソリューションズ
キーワード	3次元測量、逆解析、最適化、地盤構造
報告区分	<input checked="" type="checkbox"/> 新技術紹介 (これまでになかった ICT 技術 (ハード/ソフト) の紹介) <input type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介 (既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介) <input type="checkbox"/> その他 ( )
工程区分	<input checked="" type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input type="checkbox"/> 施工 <input type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他 ( )
効果区分 1	<input checked="" type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input checked="" type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他 ( )
効果区分 2	<input type="checkbox"/> 省人・省力化 <input type="checkbox"/> 経済性向上 <input checked="" type="checkbox"/> 精度向上 <input type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他 ( )
技術成熟度	<input type="checkbox"/> 事業化 (実績あり) <input type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input checked="" type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他 ( )

①技術概要

構造物や地形の変位観測データなどに基づいて、地盤内部の地層構造や土質パラメータを推定する逆解析が古くから知られているが、適用できる場面が限られたり、問題を単純化しないと解けない場合が少なくない。本技術は、UAV やレーザスキャナなどを用いた 3 次元測量技術に着目し、これらを変位観測ツールとして逆解析の高度化を図ろうとするものである。3 次元測量を同一現場に対して時期をずらして実施すると、差分解析を経て、その間に発生した地形の変状を空間的に把握することができるようになる。従来、点の観測データに基づいて行われてきた逆解析を、3 次元測量によって得られた面的・空間的な観測データを用いることで、推定精度の向上や推定できるパラメータの種類や数を増やそうとするものである。

本研究では、市販の順解析ソフトウェア (有限要素解析ソフトウェア) とフリーのプログラミング言語 (Python) を組み合わせることで、簡単に逆解析が実行できる環境 (図-1) を構築した。ここでは、ファイルの読み込み/書き換え、最適化関数の実行、FEM の実行の 3 つの命令のみをコーディングすることで逆解析が実装できる。

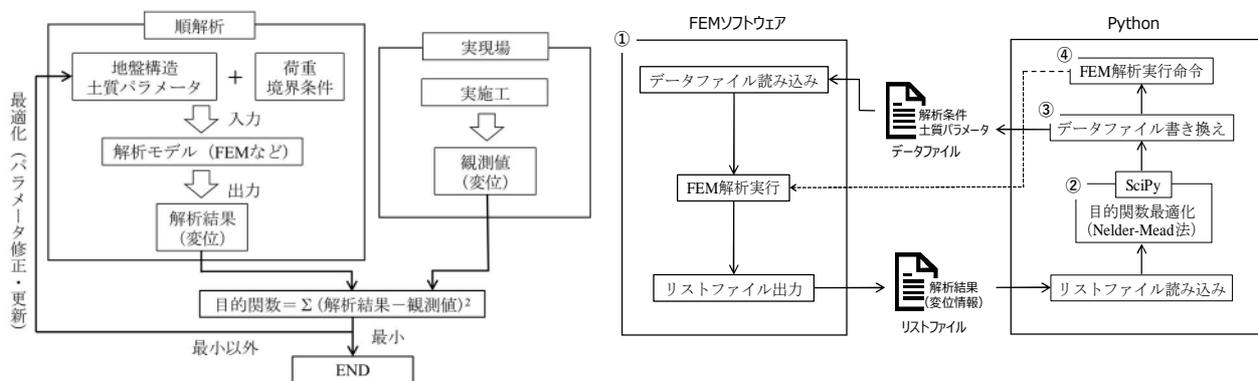


図-1 逆解析の流れ

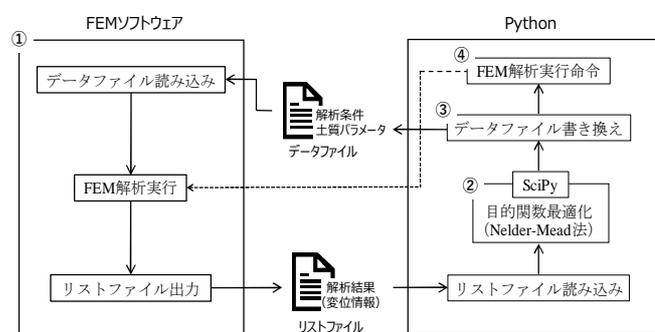


図-2 市販の FEM ソフトウェアを利用した逆解析プログラム

②工事適用例, デモンストレーション事例

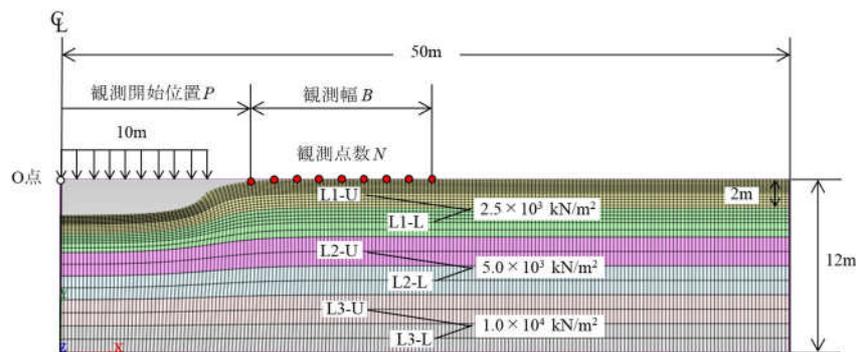


図-2 例題：完全弾性体を仮定した水平多層地盤モデルの沈下問題

簡単な例題として、完全弾性体と仮定した水平多層地盤（層厚固定）に等分布荷重を作用させたときの地盤の沈下問題（平面ひずみ問題）を考えた（図-2）。载荷領域周辺の地表面の変位観測から、地盤各層の弾性定数（ヤング率  $E$ ）を推定する。実現場の観測値を用いた逆解析を行えると良いが、ここでは基礎的な机上検討として、予め各層に所定のヤング率を定め、その条件で得られる解析結果を観測値として逆解析の精度検証を行った。

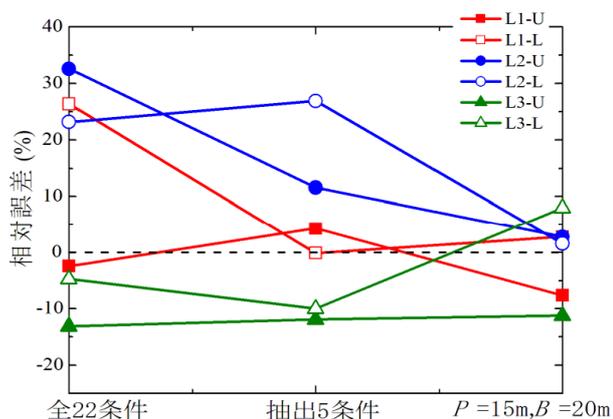


図-3 観測条件による各層ヤング率推定精度の変化

解析の結果、観測点が多ければ良いというものでなく、得られた観測データを複数パターン抽出し、それぞれのパターンに対して逆解析を実施して推定値のばらつきを統計的に評価することで、適切な観測データの絞り込みや推定パラメータの精度向上が実現できることなどが分かった（図-3）。

③優れている点, 課題, 今後の期待など

逆解析を行うには、有限要素法などの数値解析や数値最適化に関する専門知識に加え、逆解析アルゴリズムを実装するプログラミング技術が必要であり、事実上、一部の専門家には扱えなかったという側面がある。近年の ICT 化の流れの中、扱いやすいプログラミング言語や開発環境の普及が進んできており、これらを用いることで、逆解析が簡単に実装できることを示している。

④公開情報

1. 宮原 悟, 財津駿平, 松浦 敦, 小林泰三：3次元測量技術を活用した地盤構造の逆解析の高度化に向けた基礎的研究、Kansai Geo-Symposium 論文集、地盤工学会関西支部、pp.148-153, 2020.
2. 宮原 悟, 財津駿平, 松浦 敦, 小林泰三：3次元測量データを活用した地層構造の逆解析手法の構築に向けた基礎的研究、土木情報学シンポジウム講演集、土木学会土木情報学委員会、pp. 333-336, 2021, 9.

⑤連絡先

立命館大学理工学部 小林泰三：kobat@fc.ritsumeai.ac.jp

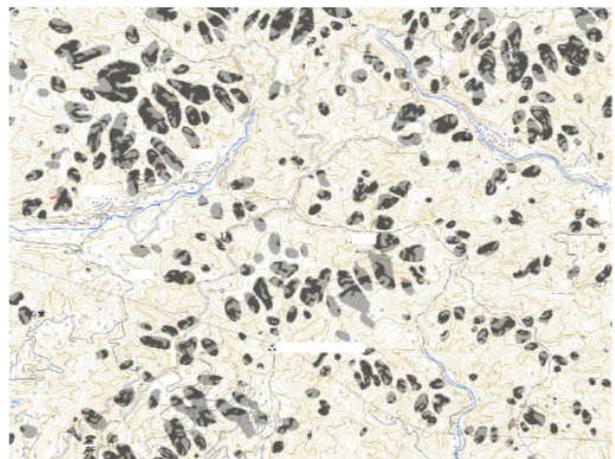
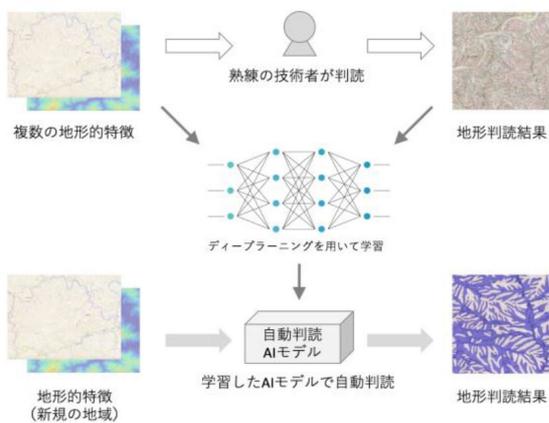
A-5	土砂災害の危険性がある地域を抽出する地形判読 AI
開発／活用者	応用地質株式会社、みずほ情報総研株式会社、株式会社インキュビット
キーワード	地形判読、土砂災害危険箇所、省力化)
報告区分	<input checked="" type="checkbox"/> 新技術紹介（これまでになかった ICT 技術（ハード／ソフト）の紹介） <input type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介（既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介） <input type="checkbox"/> その他（ ）
工程区分	<input checked="" type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input type="checkbox"/> 施工 <input type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 1	<input type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input checked="" type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 2	<input checked="" type="checkbox"/> 省人・省力化 <input type="checkbox"/> 経済性向上 <input type="checkbox"/> 精度向上 <input type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input checked="" type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他（ ）
技術成熟度	<input type="checkbox"/> 事業化（実績あり） <input checked="" type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他（ ）

①技術概要

地形判読による危険斜面抽出作業について、熟練技術者の地形判読結果から土砂災害の潜在的な危険性のある地域の地形的特徴を学習することにより、従来は熟練した複数の地質技術者が時間をかけて実施していた危険斜面の抽出作業が短時間で抽出できる技術である。

②工事適用例、デモンストレーション事例

熟練地質技術者による判読結果と比較・評価・検証した結果からも高い精度を確認できた。



地形判読 AI モデル開発イメージ<sup>1</sup>

土砂災害危険地域の抽出画面例<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 「国土地理院 電子地形図 25000」  
「国土地理院 基盤地図情報 数値標高モデル」に地形判読結果を追記して掲載  
<sup>2</sup> 「国土地理院 電子地形図 25000」に土砂災害危険地域を追記して掲載

③優れている点、課題、今後の期待など

熟練した地質技術者が減少する中、技術者の技量を問わず客観的かつスピーディーに危険箇所を抽出することができる。現在は 25000 レベルの地形図ベースでの判読となっているが、今後は全国でデータ収集が進んでいる航空 LP 等での詳細な地形データを用いて抽出精度の向上、他のリスク抽出が実施できるようになることが期待される。

④公開情報

[https://www.oyo.co.jp/oyocms\\_hq/wp-content/uploads/2019/07/20190730\\_news-release\\_oyo.pdf](https://www.oyo.co.jp/oyocms_hq/wp-content/uploads/2019/07/20190730_news-release_oyo.pdf)

⑤連絡先

応用地質株式会社 経営企画本部(03-5577-4501)

A-6	ニューラルネットワークによる粒経加積曲線に基づく SWCC の推定
開発/活用者	活用者（関西大学）
キーワード	SWCC、粒経加積曲線、人工斜面
報告区分	<input type="checkbox"/> 新技術紹介（これまでになかった ICT 技術（ハード/ソフト）の紹介） <input checked="" type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介（既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介） <input type="checkbox"/> その他（ ）
工程区分	<input type="checkbox"/> 調査 <input checked="" type="checkbox"/> 設計 <input type="checkbox"/> 施工 <input type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 1	<input type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input checked="" type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 2	<input type="checkbox"/> 省人・省力化 <input checked="" type="checkbox"/> 経済性向上 <input type="checkbox"/> 精度向上 <input type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他（ ）
技術成熟度	<input type="checkbox"/> 事業化（実績あり） <input checked="" type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他（ ）

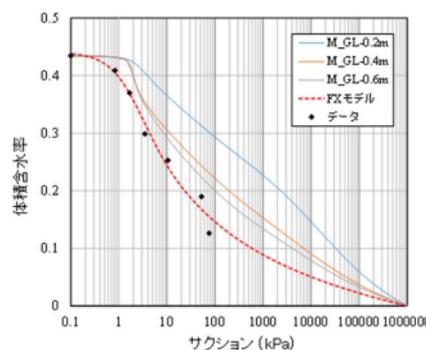
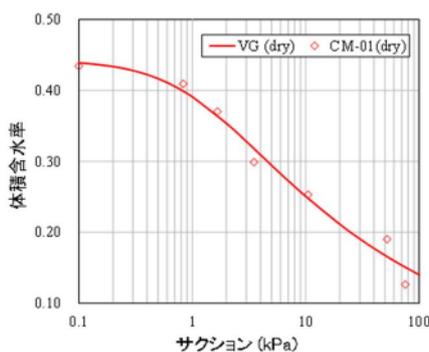
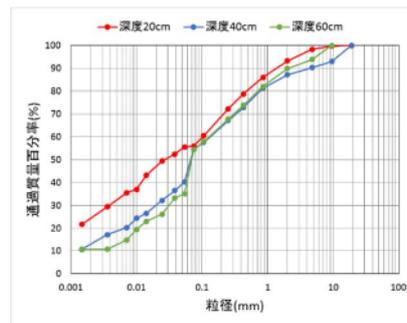
①技術概要

本ソフトウェアは、ニューラルネットワークによる粒形加積曲線を用いて、SWCC を推定するものである。本ソフトは、砂質土から粘土まで 6,000 種類以上の土の粒径加積曲線や SWCC のデータベースを有しており、そのデータベースを基に SWCC の推定を行うことが可能となる。

②工事適用例, デモンストレーション事例

事例：タイ・チェンマイの風化花崗岩残土の盛土における不飽和浸透特性に関する実験

タイ・チェンマイの風化花崗岩残積土（人力で構築され締固め状態が十分でない小規模盛土斜面）を対象として、排水過程における SWCC を粒径加積曲線に基づき推定する手法の適用性に関する検討を行った。



<p>③着目したポイント，優れている点，課題，今後の期待など</p>
<p>粒形加積曲線から精度よく SWCC を推定することが可能となれば、飽和・不飽和を対象とした浸透流解析を実施する際の、必要となるパラメータを簡易的に推定することが可能となる。実際に、室内試験で SWCC を求めるには、コストや時間がかかるため、本手法は、経済的に優れていると考えられる。今後の課題としては、多くのサンプルで検証することであり、今後の期待としては、日本の土を用いた、独自のニューラルネットワークによるモデルを構築することである。</p>
<p>④公開情報</p>
<p>北岡貴文，馬場隆聡，大津宏康：粒径加積曲線に基づく不飽和浸透特性の推定手法に関する考察、地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム論文集，pp.102-160, 2018.</p>
<p>⑤連絡先</p>
<p>関西大学環境都市工学部 北岡貴文：kitaoka@kansai-u.ac.jp</p>

A-7	地山評価へのニューラルネットワークの適用性
開発/活用者	活用者（関西大学）
キーワード	山岳トンネル、地質リスク、地山評価
報告区分	<input checked="" type="checkbox"/> 新技術紹介（これまでになかった ICT 技術（ハード/ソフト）の紹介） <input type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介（既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介） <input type="checkbox"/> その他（ ）
工程区分	<input checked="" type="checkbox"/> 調査 <input checked="" type="checkbox"/> 設計 <input type="checkbox"/> 施工 <input type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 1	<input type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input checked="" type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 2	<input type="checkbox"/> 省人・省力化 <input checked="" type="checkbox"/> 経済性向上 <input checked="" type="checkbox"/> 精度向上 <input type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他（ ）
技術成熟度	<input type="checkbox"/> 事業化（実績あり） <input checked="" type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input checked="" type="checkbox"/> その他（技術伝承）

### ①技術概要

本技術は、山岳トンネルにおける事前調査時における地山評価を、機会学習により推定するものである。これにより、事前の地山評価の精度向上が期待される。

### ②工事適用例、デモンストレーション事例

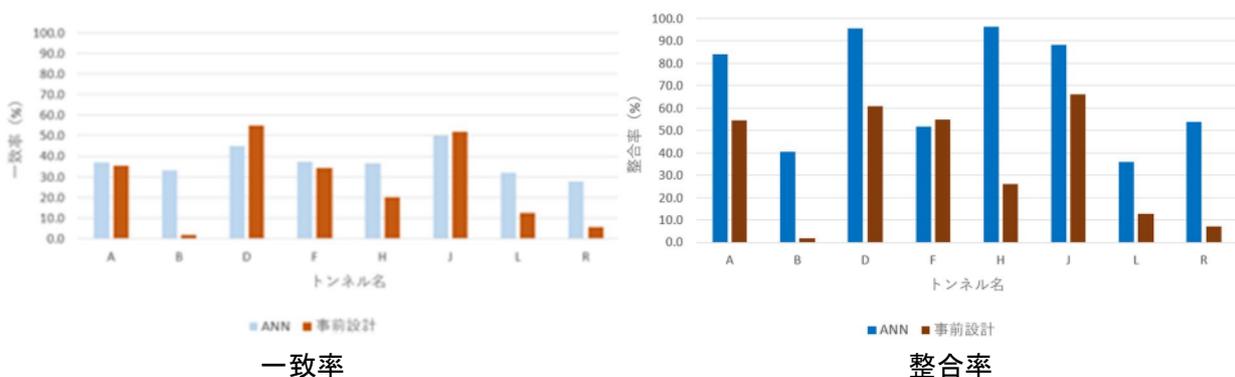
#### 事例：山岳トンネルにおける地山評価の機会学習の適用性

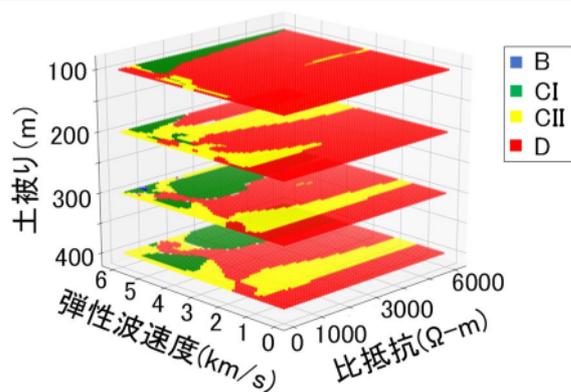
本技術は、地山分類法による事前設計と比較すると、「一致率」および「整合率」の両指標から検討しても、多くのトンネルにおいて精度が上回っている。なお、教師データとして学習させたデータは本事例では 8 本のトンネルの事前調査で得られた、弾性波速度、比抵抗、土被り、そして岩種（火成岩と堆積岩）である。

※一致率：事前の地山評価が、施工時の切羽評価点で得られた地山評価とどの程度一致したかを表した指標（正解率）である。

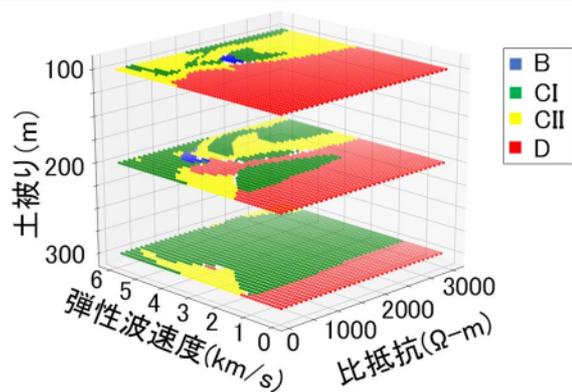
※整合率：リスクマネジメントの観点から、安全側の検討ができていないかを表した指標である。

※支保パターンを選定までを検討するには現状では至っていない。





ANN 出力結果の可視化 (堆積岩)



ANN 出力結果の可視化 (火成岩)

③優れている点, 課題, 今後の期待など

山岳トンネルの建設プロジェクトでは、事前調査における地山評価と実際の地山の状態の乖離により、施工時に建設コストが大幅に増加する事態が生じている。そのため、事前調査時における地山評価精度を向上させることで、地質リスクを低減することが可能となる。本技術では設計法に関して定式化することなく、新たな手法を提案したものである。今後の課題は、データ収集と、入力データの一つである地質学的な整理が必要である。

④公開情報

土谷陽太郎, 北岡貴文, 長谷川信介, Thirapong PIPATPONGSA, 大津宏康: 教師データが山岳トンネル地山評価のためのニューラルネットワークの精度に及ぼす影響, 土木学会論文集 F1 (トンネル工学), Vol.75, No.1, pp.130-142, 2019.

北岡貴文, 増田千胤, 長谷川信介, ピパットポンサー・ティラポン, 大津宏康: 岩種を考慮した山岳トンネルにおける地山評価へのニューラルネットワークの適用性, 地盤工学ジャーナル, Vol. 16, No. 3, pp. 221-234, 2021.

⑤連絡先

関西大学環境都市工学部 北岡貴文: kitaoka@kansai-u.ac.jp

A-8	デジタル画像相関法(DIC)×数値解析(FEM)サービスとデータ同化技術
開発/活用者	株式会社構造計画研究所 / 計測融合ソリューション室
キーワード	DIC、大変形、物性値計測、数値解析、同定
報告区分	<input checked="" type="checkbox"/> 新技術紹介（これまでになかった ICT 技術（ハード/ソフト）の紹介） <input checked="" type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介（既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介） <input type="checkbox"/> その他（ ）
工程区分	<input checked="" type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input type="checkbox"/> 施工 <input type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 1	<input type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input checked="" type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 2	<input type="checkbox"/> 省人・省力化 <input type="checkbox"/> 経済性向上 <input checked="" type="checkbox"/> 精度向上 <input type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input checked="" type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他（ ）
技術成熟度	<input checked="" type="checkbox"/> 事業化（実績あり） <input type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input checked="" type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他（ ）

①技術概要

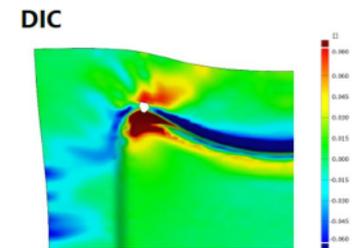
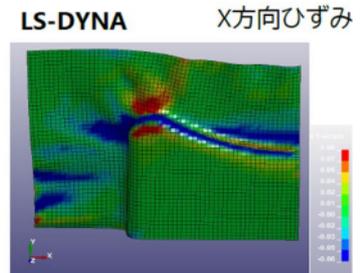
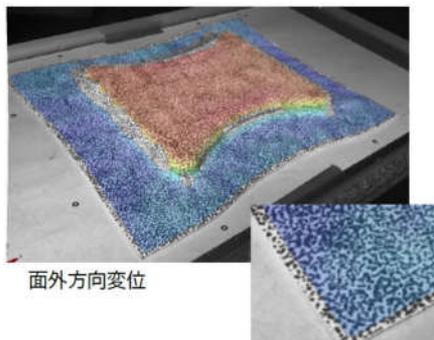
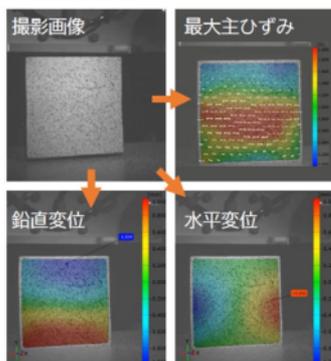
コンクリート構造物や地盤、岩盤の荷重試験をステレオカメラで撮影し非接触で3次元測定する。3次元画像処理で形状を認識しメッシュを作成、ひずみ・変位分布より材料物性を算出する。立体的な形状はもちろん変位の向きや主ひずみ方向なども動的に計測することが可能である。さらに、解析技術を用いて試験の荷重条件と同期することで応力-ひずみ曲線、ヤング率、降伏強度、ポアソン比等の物性同定を行う。また、データ同化技術を用いて動的にDICのデータとFEMを連携することで、境界条件や物性を同時に同定可能である。DICで同定した材料物性を活用することで、非線形解析の精度向上を支援する。

デジタル画像相関法

Digital Image Correlation



変位・ひずみを  
非接触かつ三次元測定



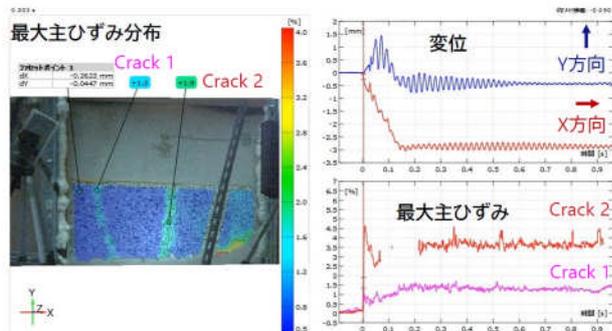
DICの非接触・3次元面計測

- ▷ 接触式センサーでは困難な現象も計測
- ▷ 面的に広範囲・高密度な計測データを取得

## ②工事適用例, デモンストレーション事例

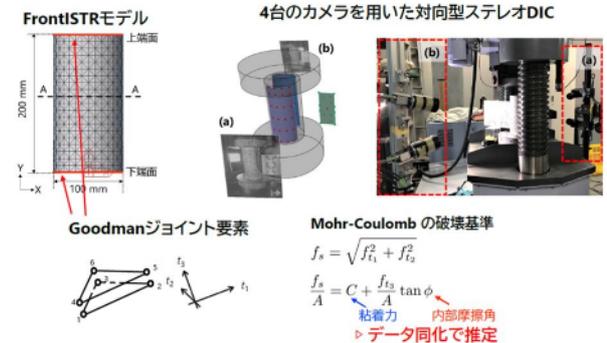
建築・土木系ではコンクリートや鋼材の計測事例あり。  
現在地盤、岩盤への適用を検討中である。

### 高速で破壊するコンクリートのひび割れの時刻歴を計測



### コンクリート圧縮試験時における境界条件をDICを用いたデータ同化で推定

令和2年度土木学会全国大会第75回年次学術講演会



## ③優れている点, 課題, 今後の期待など

大変形を対象とした計測により、非線形領域までの材料物性を得ることができ解析技術との融合により同定を行うことで解析の精度向上が期待できる。

地盤、岩盤への適用について検討中で、協働していただける企業様や研究機関を模索中である。

## ④公開情報

### 【ホームページ】

DIC 計測×CAE 解析サービス : <https://dic.kke.co.jp/>

### 【文献】

デジタル画像相関法を用いた逐次データ同化による材料パラメータ推定

日本機械学会関東支部総会講演会講演論文集 2019.25.、一般社団法人 日本機械学会, 2019. p. 19C01.

デジタル画像相関法と有限要素解析の逐次データ同化によるコンクリート圧縮試験のモデルパラメータ推定

令和2年度土木学会全国大会第75回年次学術講演会, 2020.

デジタル画像相関法を用いたデータ同化によるコンクリート弾性力学特性の同定

令和2年度土木学会全国大会第75回年次学術講演会, 2020.

1519 デジタル画像相関法を用いた建築物の長期劣化モニタリングシステムの適用可能性に関する基礎実験 その1 :

実験概要および外乱条件の影響. (一般財団法人 日本建築学会, 材料施工 no. 2020: 1037-38: 2020-09.)

1520 デジタル画像相関法を用いた建築物の長期劣化モニタリングシステムの適用可能性に関する基礎実験 その2 :

劣化現象の計測結果. (一般財団法人 日本建築学会, 材料施工 no. 2020: 1039-40: 2020-09.)

### 【特許】

特開 2021-099682

位置推定装置、移動体、位置推定方法及びプログラム

<https://www.j-platpat.inpit.go.jp/c1800/PU/JP-2021-099682/82026D99A81263734F7C79CCB6A51C4A0643C670C98237B3F721F66AEDF1EC32/11/ja>

## ⑤連絡先

株式会社構造計画研究所 エンジニアリング営業2部 中村健吾 : [kengo@kke.co.jp](mailto:kengo@kke.co.jp)

**施工**

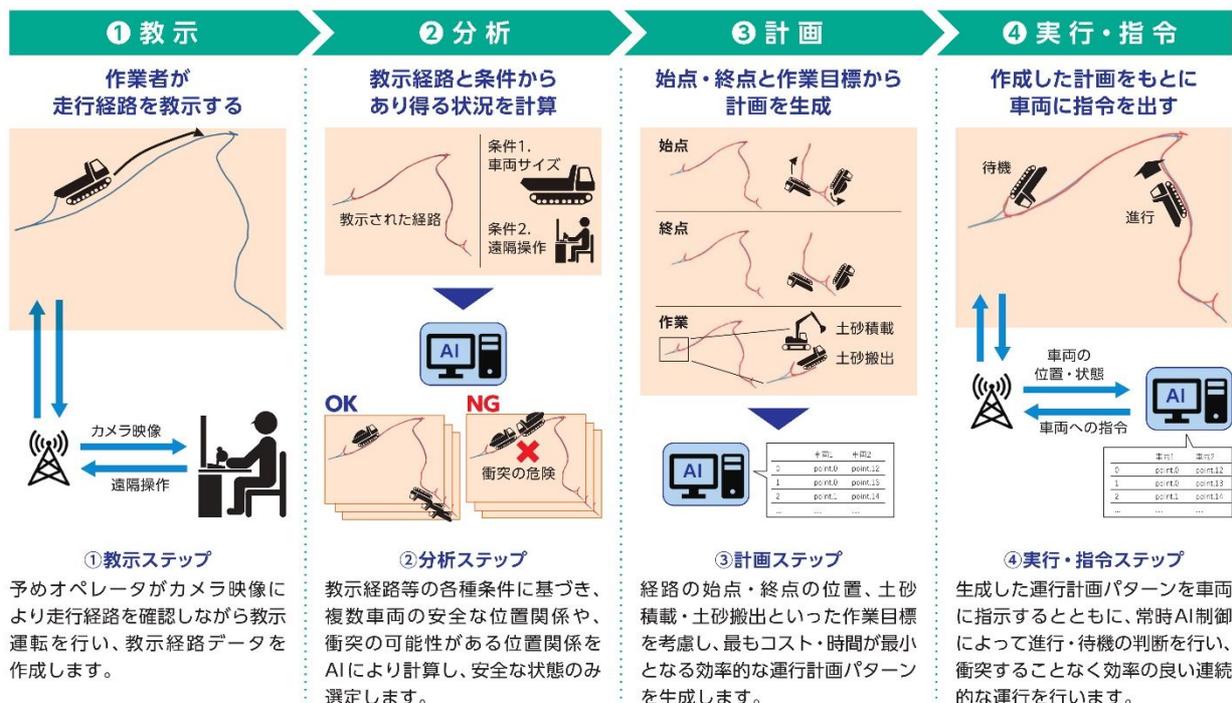
**B-1~B-24**

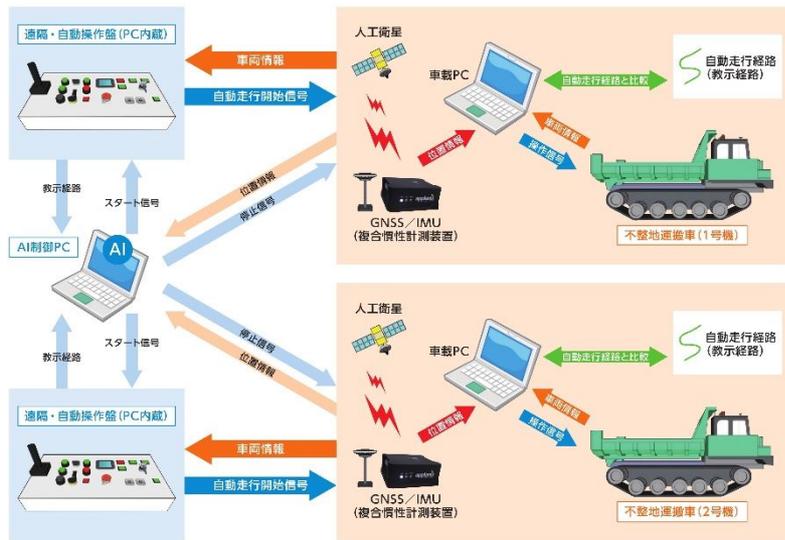
B-1	<b>AI 制御による不整地運搬車（クローラキャリア）の自動走行技術</b>
開発／活用者	株式会社 熊谷組 土木事業本部 ICT 推進室
キーワード	AI、自動走行、省力化
報告区分	<input checked="" type="checkbox"/> 新技術紹介（これまでになかった ICT 技術（ハード／ソフト）の紹介） <input type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介（既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介） <input type="checkbox"/> その他（ ）
工程区分	<input type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input checked="" type="checkbox"/> 施工 <input type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 1	<input type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input checked="" type="checkbox"/> ロボティクス <input checked="" type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 2	<input checked="" type="checkbox"/> 省人・省力化 <input type="checkbox"/> 経済性向上 <input checked="" type="checkbox"/> 精度向上 <input checked="" type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他（ ）
技術成熟度	<input checked="" type="checkbox"/> 事業化（実績あり） <input type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他（ ）

### ①技術概要

一般土木工事の土砂運搬作業において、オペレータの負担軽減と安全性、生産性向上を目的に開発した、AI 制御による不整地運搬車の自動走行技術である。

AI 制御技術システムは、教示運転に基づく単独の不整地運搬車に対する自動走行技術と AI による制御を組み合わせた技術であり、2 台以上の車両のスムーズな運行と PC による省人化が可能となる。従来の自動走行技術では、バックホウ 1 台と不整地運搬車 2 台に対して 2 名のオペレータが必要であったが、AI 制御により 1 名のオペレータでの作業が可能である。





- ### 導入効果
- ・ 積込機械オペレータの負担軽減
  - ・ 運搬機械の負荷低減
  - ・ 運行監視要員の削減
  - ・ 運搬機械同士の接触事故防止
  - ・ 土砂運搬作業における生産性向上
  - ・ 経路が複雑かつ長距離化に対応

## ② 工事適用例, デモンストレーション事例

最初にオペレータが操作室にて、走行状況をカメラの映像で確認しながら不整地運搬車の遠隔操作を行い、その操作内容を各 PC に記憶させる。AI 制御 PC により教示経路データから運行計画パターンを自動生成し、操作盤 PC を経由して各運搬車に対するスタート信号を送信する。AI 制御 PC は、各運搬車からの位置情報を把握し、常時 AI 制御によって進行・待機の判断を行い、衝突することなく効率の良い連続的な運行が可能である。

写真は、阿蘇大橋地区斜面对策工事の現場で実施した例である。



施工状況(阿蘇大橋地区斜面对策工事)



自動走行による作業状況

## ③ 優れている点, 課題, 今後の期待など

災害時に有人で作業を行うことのできない現場においても、AI により熟練オペレータと同等の作業効率・安全性を達成することが可能である。

## ④ 公開情報

プレスリリース : [https://www.kumagaigumi.co.jp/news/2019/pr\\_20190404\\_1.html](https://www.kumagaigumi.co.jp/news/2019/pr_20190404_1.html)

中国地方建設技術開発交流会 2019 : [http://www.cgr.mlit.go.jp/ctc/tech\\_dev/kouryu/T-Space/ronbun/pdf/R1\\_simane/R1\\_shimane\\_08.pdf](http://www.cgr.mlit.go.jp/ctc/tech_dev/kouryu/T-Space/ronbun/pdf/R1_simane/R1_shimane_08.pdf)

第 37 回国際建設ロボットシンポジウム : <https://doi.org/10.22260/ISARC2020/0073>

## ⑤ 連絡先

株式会社 熊谷組 土木事業本部 ICT 推進室 TEL.03-3235-8653 FAX.03-5261-5576

B-2	吹付砕工の省力化技術「ラクデショット」
開発／活用者	開発者：大林組、日特建設
キーワード	吹付砕工、省力化、ICT 施工、MC バックホウ
報告区分	<input checked="" type="checkbox"/> 新技術紹介（これまでになかった ICT 技術（ハード／ソフト）の紹介） <input type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介（既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介） <input type="checkbox"/> その他（ ）
工程区分	<input type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input checked="" type="checkbox"/> 施工 <input type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 1	<input type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input checked="" type="checkbox"/> ロボティクス <input type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 2	<input checked="" type="checkbox"/> 省人・省力化 <input type="checkbox"/> 経済性向上 <input type="checkbox"/> 精度向上 <input checked="" type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他（ ）
技術成熟度	<input type="checkbox"/> 事業化（実績あり） <input checked="" type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他（ ）

①技術概要

本技術は、吹付砕工を機械施工する技術である。自動往復スライドノズルを取り付けた 3D マシンコントロールバックホウ（以下、MCBH と称す）によって、高強度高繊維補強モルタルを格子状に吹付け、断面 200×200mm 程度の吹付砕工を構築できる（写真-1）。



写真-1 ラクデショット

②工事適用例，デモンストレーション事例

【実証実験】試験ヤードにてのり面を造成し、本技術でのり砕を構築できるか検証した。まず、MCBH に吹付砕形状の 3D データを入力し（図-1）、モルタルの吹き出しノズルを所定の位置にセットする（写真-2）。その後、横砕、縦砕の順で吹付砕を構築した（写真-3）。施工中の吹付厚は、吹き付け機に取り付けたレーザー変位計で計測した（写真-4）。

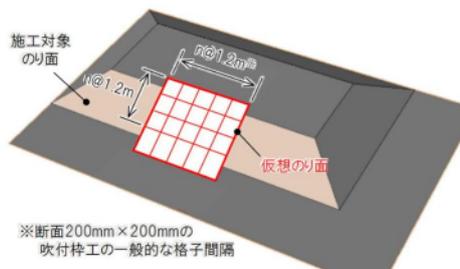


図-1 MCBH 入力用 3D データ

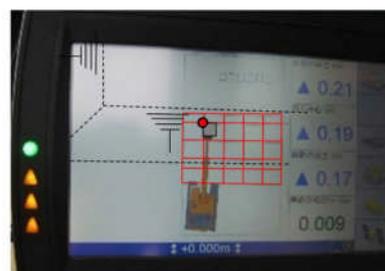


写真-2 ノズル先端のセット



写真-3 のり砕吹付状況 (左: 横枠、右: 縦枠)

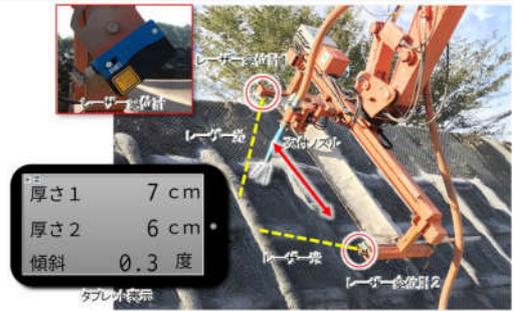


写真-4 吹付厚の管理

施工後の吹付枠を写真-5 に示す。出来形については、国土交通省の出来形管理基準の規格値を満たすことを確認した (写真-6)。



写真-5 吹付枠施工完了



厚さ 設計: 200mm  
実測: 190~240mm(合格)  
規格値: -30mm以上

幅 設計: 200mm  
実測: 190~210mm(合格)  
規格値: -30mm以上

写真-6 出来形確認

なお、構造性能については別途、静的曲げ試験を実施し、従来の 200×200mm の吹付枠工と同等以上の断面性能を有することを確認している。

③優れている点, 課題, 今後の期待など

従来の吹付枠工は、のり面上で人力で格子状に鉄筋と型枠を立て、モルタルを吹付けていた。のり面上での作業は非効率かつ安全性に欠けていた。また、熟練作業者の不足といった課題もあった。本技術により、人力施工から機械施工にすることができるため、安全性の向上および大幅な省力化を図れる。

④公開情報

- ・本技術に関する HP

[https://www.obayashi.co.jp/news/detail/news20200423\\_1.html](https://www.obayashi.co.jp/news/detail/news20200423_1.html)

- ・特許出願中

- ・川本ら：吹付枠工省力化技術「ラクデショット」の開発、土木建設技術発表会 2020

⑤連絡先

㈱大林組 土木部生産技術本部 技術第二部 望月

TEL 03-5769-1302

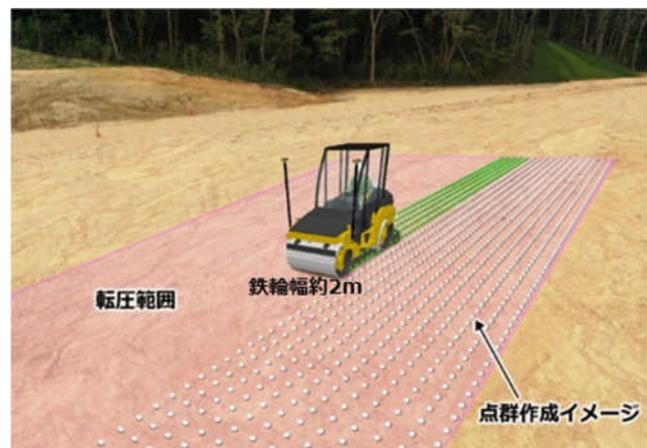
E-mail : [mochizuki.katsunori@obayashi.co.jp](mailto:mochizuki.katsunori@obayashi.co.jp)

B-3	<b>最新転圧管理システム Dual Mast Roller</b>
開発/活用者	ライカジオシステムズ株式会社 マシンコントロール&ポジショニング事業本部
キーワード	施工履歴データ、高精度、層厚管理
報告区分	<input type="checkbox"/> 新技術紹介（これまでになかった ICT 技術（ハード/ソフト）の紹介） <input checked="" type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介（既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介） <input type="checkbox"/> その他（ ）
工程区分	<input type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input checked="" type="checkbox"/> 施工 <input type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 1	<input checked="" type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input checked="" type="checkbox"/> その他（ ICT ）
効果区分 2	<input type="checkbox"/> 省人・省力化 <input checked="" type="checkbox"/> 経済性向上 <input checked="" type="checkbox"/> 精度向上 <input type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input checked="" type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他（ ）
技術成熟度	<input type="checkbox"/> 事業化（実績あり） <input checked="" type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他（ ）

### ①技術概要

鉄輪両端に GNSS アンテナを設置し、鉄輪を取り付けているフレームには傾斜計を設置し、高精度な鉄輪接地中心位置の座標を算出する。また、2つの GNSS アンテナから 3次元ベクトルを求め、点群データを生成する。このことにより、施工履歴データで点群データの取得が可能となり、別途計測を行わなくても出来形管理、土量管理、施工進捗管理が可能となる。

### 機器構成



### ②工事適用例，デモンストレーション事例

令和3年度 産学官による ICT 施工の基準類に関する公募

施工履歴データを用いた出来形管理（ICT ローラ）で公募

1次審査通過、8/27 国土交通省、国土技術政策総合研究所、施工技術総合研究所による立会試験

測点名	Δ左 (DM-TS)			Δ中央 (DM-TS)			Δ右 (DM-TS)		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
SL1	-0.012	0.009	0.010	-0.008	0.003	0.015	-0.003	0.001	0.014
SL2	-0.012	0.005	0.004	-0.009	0.004	0.013	-0.004	0.001	0.010
SL3	-0.012	0.007	0.005	-0.010	0.004	0.014	-0.002	-0.005	0.010
SL4	-0.011	0.009	0.001	-0.004	0.004	0.006	0.003	-0.003	0.002
SL5	-0.011	0.004	0.006	-0.008	0.002	0.008	-0.003	-0.004	0.007
SL6	-0.009	0.004	0.006	-0.009	0.005	0.009	-0.001	-0.003	0.008
SL7	-0.012	0.005	0.012	-0.007	0.002	0.010	0.000	-0.006	0.009
SL8	-0.010	0.008	0.003	-0.006	0.008	0.023	0.000	0.002	0.021
SL9	-0.008	0.008	0.001	-0.011	0.007	0.013	-0.007	0.003	0.011
SL10	-0.012	0.008	0.008	-0.007	0.007	0.016	-0.004	0.004	0.013
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
AVG	-0.011	0.007	0.005	-0.008	0.005	0.013	-0.002	-0.001	0.011
σ	0.001	0.002	0.003	0.002	0.002	0.005	0.003	0.003	0.005
<b> AVG  + 2σ</b>	<b>0.014</b>	<b>0.010</b>	<b>0.012</b>	<b>0.012</b>	<b>0.009</b>	<b>0.022</b>	<b>0.007</b>	<b>0.008</b>	<b>0.020</b>

2σでX、Y、Z ±30mm 以内の誤差に収まった (TS の実測値との比較)

### ③優れている点, 課題, 今後の期待など

従来は、GNSS アンテナをローラのキャビン上に設置し、距離、高さ、中心位置離れをオフセット値として入力して鉄輪中心接地位置を求めていた。中折れ式ローラの場合、GNSS アンテナ設置位置と鉄輪が異なる挙動をするため精度劣化の要因となる。また、鉄輪のピッチング、ローリング、ヨーイングの補正がなされていないため、この3つの要素による誤差を消去できない。本技術は、上記の誤差要因を除去するため、2つのGNSS アンテナを設置し常に方向角を求め、ヨーイング誤差を除去した。また、傾斜計を用いる事によりピッチング角、ローリング角を求め、鉄輪の傾斜による誤差も除去した。このことにより、高さ位置精度が格段に向上し、適切な層厚管理ができ、鉄輪幅での点群データを取得できるので施工履歴データによる出来形管理も可能である。

### ④公開情報

転圧管理システムをライカジオシステムズと 竹中土木が共同開発 | [Leica Geosystems \(leica-geosystems.com\)](http://Leica Geosystems (leica-geosystems.com))

### ⑤連絡先

ライカジオシステムズ(株) 〒108-0073 東京都港区三田 1-4-28 三田国際ビル 18F

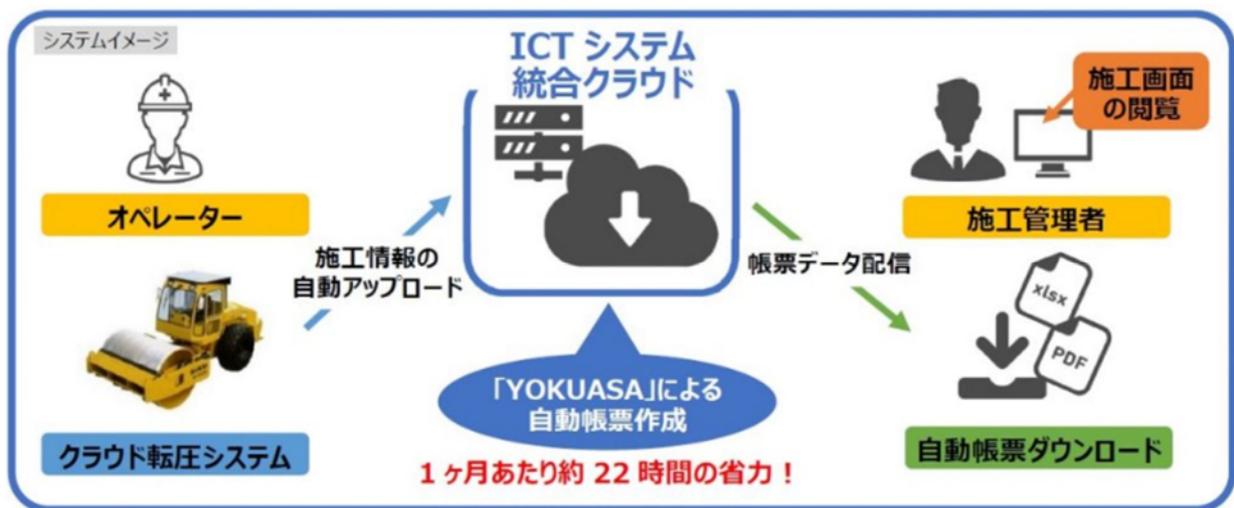
TEL : 03-4333-0970

担当者 : 浮田 メールアドレス : [maki.ukita@geosurfcs.com](mailto:maki.ukita@geosurfcs.com)

B-4	転圧回数管理システムの自動帳票発行技術「YOKUASA」
開発／活用者	西尾レントオール株式会社・通信測機事業部
キーワード	締固め、密度、転圧回数
報告区分	<input checked="" type="checkbox"/> 新技術紹介（これまでになかった ICT 技術（ハード／ソフト）の紹介） <input checked="" type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介（既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介） <input type="checkbox"/> その他（ ）
工程区分	<input type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input checked="" type="checkbox"/> 施工 <input type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 1	<input type="checkbox"/> センシング <input checked="" type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input checked="" type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 2	<input checked="" type="checkbox"/> 省人・省力化 <input type="checkbox"/> 経済性向上 <input type="checkbox"/> 精度向上 <input type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他（ ）
技術成熟度	<input checked="" type="checkbox"/> 事業化（実績あり） <input type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他（ ）

### ①技術概要

国交省の ICT 活用工事にて標準化されている土の密度を管理する為の、TS・GNSS を用いた盛土の締固め管理において、毎日の帳票出力作業を自動化させ、省力化ができるシステム。従来は層毎に USB 等で管理用 PC からデータを抜きだし、帳票出力用 PC にコピーした上で、PDF 出力等を実施していた。本技術はクラウド上で帳票を自動作成し、ユーザーに提供できるシステムである。



### ②工事適用例，デモンストレーション事例

#### 【対象】

一般的な盛土を含む土工・路盤工

- ・盛土の締固め管理を、従来の砂置換測定・RI 密度測定等を用いず、TS・GNSS を用いた締固め管理要領によって品質管理している工事

## ■ 帳票ダウンロード画面

帳票ダウンロード

ダウンロード方法

帳票の竣工日

最終

2020年06月12日

前回自動生成完了日時:  
2020年06月12日 09:12:17

帳票種類:	国土交通省(H31年度管理要領対応)	PDF	DXF	XML	LOG
<input type="checkbox"/> 転任票款		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 走行軌跡		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 層厚分布図 (班単位出力): 1段下層との比較。層下層の場合や比較対象がない場合には出力なし		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 濃度 (班単位出力): 濃度計測がある場合のみ出力		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

ダウンロード開始

出力設定例

### 【効果】

- ・ 重機ごとのデータの取得にかかる時間が従来約 20 分/回かかっていたものが、0 分になった。
- ・ 日々の帳票作成にかかる時間が従来 40 分/日かかっていたものが、0 分になった。

※現場条件により変動あり

### ③優れている点、課題、今後の期待など

1 か月に 22 時間程度の作業時間短縮が見込まれ、省人・省力化に確実に貢献できると考える。人的に処理すると作成ミスも起こりやすかったが、現場変更などが無い限りは、定型で出力が可能なので、手戻りなども減少すると考えられる。

### ④公開情報

製品紹介メーカーホームページ

<https://ict.nishio-rent.co.jp/rental/22562-2/>

### ⑤連絡先

西尾レントオール株式会社 建設 ICT 営業推進部 山口秀樹

〒565-0853 大阪府吹田市春日 1-7-33

TEL : 06-7167-7737

E-Mail : hideki.yamaguchi@nishio-rent.co.jp

B-5	自動追尾トータルステーションを活用した盛土の締固め管理技術
開発／活用者	(開発) 立命館大学理工学部環境都市工学科 地盤システム工学研究室、他
キーワード	自動追尾トータルステーション、締固め、盛土
報告区分	<input checked="" type="checkbox"/> 新技術紹介 (これまでになかった ICT 技術 (ハード/ソフト) の紹介) <input type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介 (既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介) <input type="checkbox"/> その他 ( )
工程区分	<input type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input checked="" type="checkbox"/> 施工 <input type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他 ( )
効果区分 1	<input checked="" type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他 ( )
効果区分 2	<input checked="" type="checkbox"/> 省人・省力化 <input type="checkbox"/> 経済性向上 <input type="checkbox"/> 精度向上 <input type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input checked="" type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他 ( )
技術成熟度	<input type="checkbox"/> 事業化 (実績あり) <input checked="" type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他 ( )

### ①技術概要

盛土は一般に、まき出し／敷均しの後、転圧ローラ等によって締固め（転圧）が行われるが、その際、圧縮によって地表面が沈下することになる。振動ローラの転圧輪フレームにプリズムを設置し、遠方に設置した自動追尾トータルステーション（以降 TS）によって転圧輪の 3 次元軌跡を自動追尾する。同一地点を走行した 2 回の軌跡データの標高値の差分をとることで、転圧による圧縮沈下量を算出することができるようになる（図-1）。

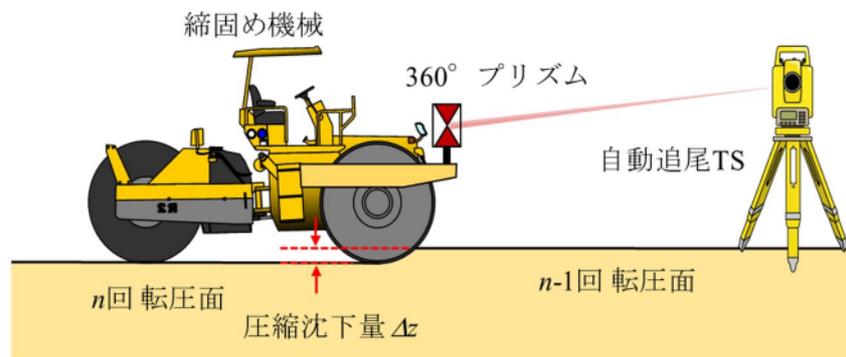


図-1 自動追尾 TS を用いた転圧圧縮量計測

### ②工事適用例，デモンストレーション事例

長さ 10m×幅 8m の矩形の試験ヤード（粒分質砂質礫）を対象に、11t 級の振動ローラによる締固めの実証実験を実施した。幅 8m のヤードに対して A～D の 4 レーンを設け、レーン毎に転圧回数を変化させて計測を行った（2～16 回）。

図-2 は、全 16 回の転圧を行った D レーンに着目し、転圧回数に対する増分圧縮量（前回転圧時との差分）および累積圧縮量（1 回目転圧時との差分）の変化を表したものである（プロットは、各レーンの始点から終点までの全差分データの平均値）。このような沈下量の変化をリアルタイムにモニタリングすることで、締固めの終了判断などの施工支援に繋げられる可能性がある。

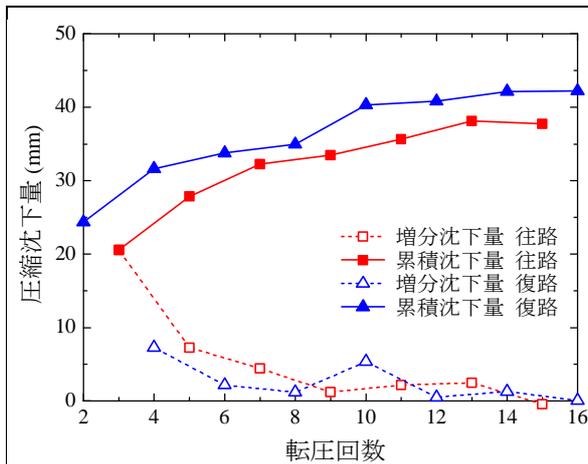


図-2 転圧回数と圧縮沈下量

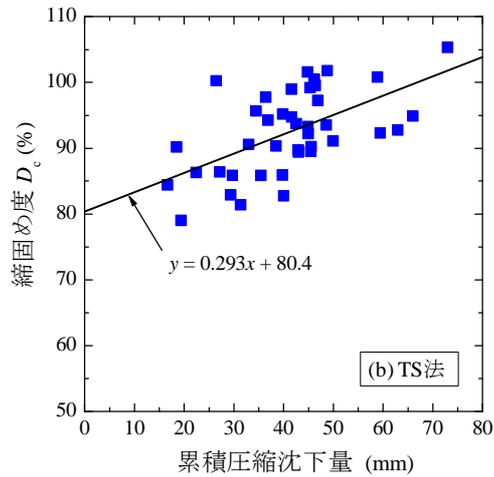


図-3 累積圧縮沈下量と締固め度の関係

図-3 は、別途 RI 計測から求めた締固め度  $D_c$  と測点近傍の累積沈下量の関係を示したものである。ばらつきは残るものの、正の相関性が認められ、図中の近似式を用いると、計測される累積圧縮沈下量を締固め度に変換することができる。本実験結果に対して、締固め度を区分化してデータ整理すると、転圧面に対する締固め度の分布図を得ることができた(図-4)。工法規定方式で実施される事前の試験盛土において、密度計測に加えて TS で圧縮沈下量を計測することで、現場に応じた近似式を得ることができる。経験的推定値にはなるものの、提案する手法によって締固め度の分布状況を把握できるようになると考えている。

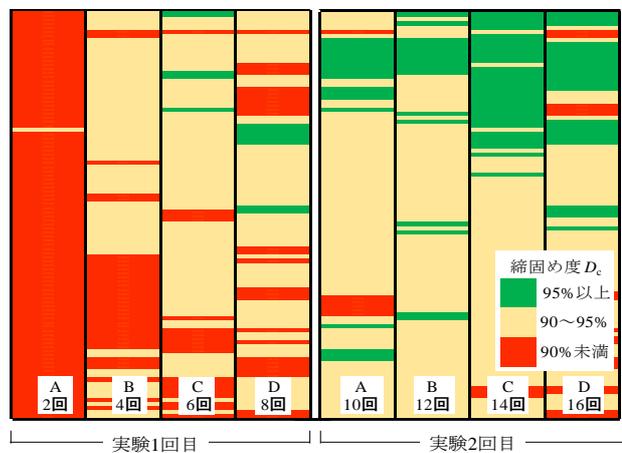


図-4 推定された締固め度の分布

③優れている点、課題、今後の期待など

既に基準化・実用化されている自動追尾 TS を用いた締固めの施工管理手法に注目し、360° プリズムを転圧輪近傍に“据え換える”だけで、締固めによる圧縮沈下量の計測が可能となり、締固め度の面的分布を把握できる可能性がある。

④公開情報

1. 小林泰三、土佐信一、竹添明生、池永太一、松浦良信、高森太郎、長谷川裕員：3次元データを活用した新しい締固め管理技術の提案、地盤工学会誌、Vol.68, No.12, Ser. No. 755, pp. 15-18, 2020.
2. 小林泰三：3次元データを活用した盛土の締固め管理手法の検討、JACIC 情報、一般財団法人日本建設情報総合センター、第120号、Vol. 34, No.1、pp.39-43, 2019.
3. 小林泰三、土佐信一、西川祐矢、池永太一：3次元測量技術を活用した土の締固め管理手法の提案、建設施工と建設機械シンポジウム論文集・梗概集、建設機械施工協会、pp.109-112, 2019.

⑤連絡先

立命館大学理工学部 小林泰三：kobat@fc.ritsumeai.ac.jp

B-6	ドローンやレーザスキャナを活用した盛土の締固め管理技術
開発／活用者	(開発) 立命館大学工学部環境都市工学科・地盤システム工学研究室、他
キーワード	3次元データ、ドローン、締固め、盛土
報告区分	<input checked="" type="checkbox"/> 新技術紹介 (これまでになかった ICT 技術 (ハード/ソフト) の紹介) <input type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介 (既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介) <input type="checkbox"/> その他 ( )
工程区分	<input type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input checked="" type="checkbox"/> 施工 <input type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他 ( )
効果区分 1	<input checked="" type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他 ( )
効果区分 2	<input checked="" type="checkbox"/> 省人・省力化 <input type="checkbox"/> 経済性向上 <input type="checkbox"/> 精度向上 <input type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input checked="" type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他 ( )
技術成熟度	<input type="checkbox"/> 事業化 (実績あり) <input checked="" type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他 ( )

①技術概要

盛土は一般に、まき出し/敷均しの後、転圧ローラ等によって締固め(転圧)が行われるが、その際、圧縮によって地表面が沈下することになる。本技術は、転圧前(敷均し後)と転圧後の地形をそれぞれ UAV 写真測量(あるいはレーザスキャナ測量)し、得られる数値表層モデル(DSM: Digital Surface Model)の差分を解析して敷均し厚や転圧による圧縮量などの面分布を求め、それらを締固めの指標として品質管理に利用しようとするものである。

締固めによって地盤の圧縮が鉛直一次元に生じるとすると、転圧面の任意点における締固め前の密度 $\rho_0$ と締固め後の密度 $\rho_c$ の間には次の関係が成り立つ。

$$\rho_c = \frac{1}{1-\varepsilon} \rho_0 = \alpha \cdot \rho_0$$

ここに、 $\varepsilon$ : 圧縮ひずみ、 $\alpha$ : 密度増加比である。すなわち、締固めによる密度増加の度合いを示す分布図がドローンの空撮(あるいはレーザスキャナ測量)によって得られることになる。

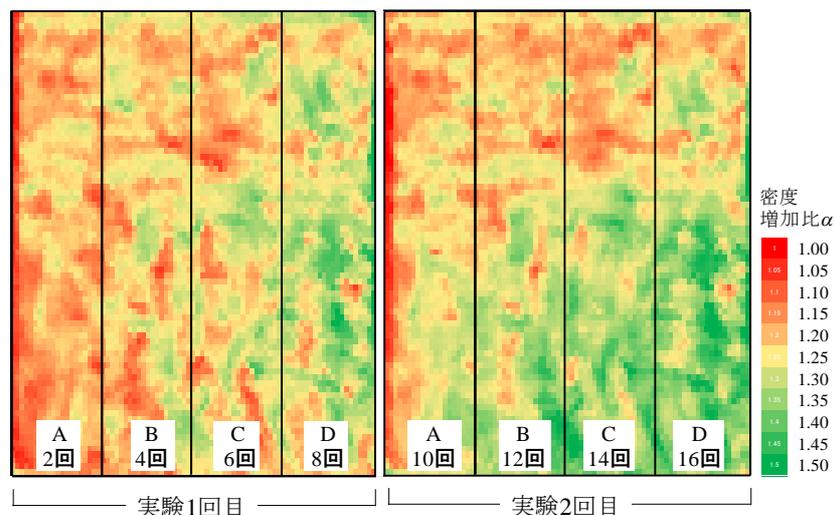


図-1 長さ 10m×幅 8m の試験ヤードの実証実験で得られた密度増加比の分布図

## ②工事適用例, デモンストレーション事例

長さ 10 m×幅 8 m の矩形の試験ヤード（粒分質砂質礫）を対象に、11 t 級の振動ローラによる締固めの実証実験を実施した。幅 8 m のヤードに対して A～D の 4 レーンを設け、レーン毎に転圧回数を変化させて計測を行った（2～16 回）。同試験で得られた密度増加比の面的分布図は図-1 に示した通りである。この分布図のデータに基づいて、さらに転圧回数（転圧レーン）による密度増加比のばらつき（図-2）や転圧による密度増加比の面積率変化（図-3）の算出が可能となり、転圧面に対する締固めの達成率（あるいは不良率）の定量化に繋がれると考えている。

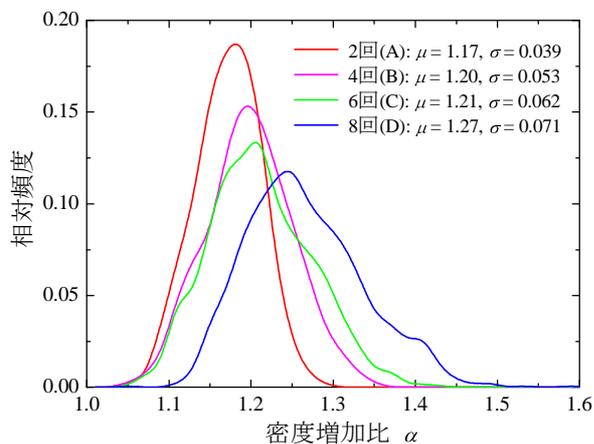


図-2 密度増加比の頻度分布

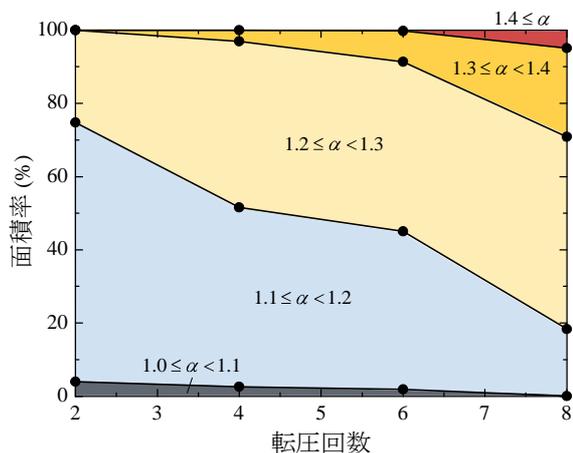


図-3 密度増加比の面積率

## ③優れている点, 課題, 今後の期待など

ドローンによる写真測量技術は既に確立された技術として建設分野で普及が進んでいる。本研究はこれらの汎用技術を用い、簡単な原理に基づいて新しい締固め管理手法を提案しようとするものであり、土工の CIM を発展させていくために必要となる盛土内部の情報化に資する技術である。

## ④公開情報

1. 小林泰三、土佐信一、竹添明生、池永太一、松浦良信、高森太郎、長谷川裕員：3次元データを活用した新しい締固め管理技術の提案、地盤工学会誌、Vol.68, No.12, Ser. No. 755, pp. 15-18, 2020.
2. 小林泰三：3次元データを活用した盛土の締固め管理手法の検討、JACIC 情報、一般財団法人日本建設情報総合センター、第 120 号、Vol. 34, No.1、pp.39-43, 2019.
3. 小林泰三、土佐信一、西川祐矢、池永太一：3次元測量技術を活用した土の締固め管理手法の提案、建設施工と建設機械シンポジウム論文集・梗概集、建設機械施工協会、pp.109-112, 2019.

## ⑤連絡先

立命館大学理工学部 小林泰三：kobat@fc.ritsumeai.ac.jp

B-7	AI を活用した盛土の締固め管理技術（リアルタイム剛性評価）
開発／活用者	（開発）立命館大学理工学部環境都市工学科 地盤システム工学研究室
キーワード	盛土、土の締固め、転圧管理、AI、加速度応答法
報告区分	<input checked="" type="checkbox"/> 新技術紹介（これまでになかった ICT 技術（ハード／ソフト）の紹介） <input type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介（既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介） <input type="checkbox"/> その他（ ）
工程区分	<input type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input checked="" type="checkbox"/> 施工 <input type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input checked="" type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 1	<input type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input checked="" type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 2	<input type="checkbox"/> 省人・省力化 <input type="checkbox"/> 経済性向上 <input type="checkbox"/> 精度向上 <input type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input checked="" type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他（ ）
技術成熟度	<input type="checkbox"/> 事業化（実績あり） <input type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input checked="" type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他（ ）

①技術概要

振動ローラを用いて土の締固めを行う際、転圧によって地盤の剛性が增大すると転圧輪の振動挙動に変化が生じることが知られている。本技術は、振動ローラの転圧輪の振動挙動を数値シミュレーションによって再現し（図-1 および 2）、それを畳み込みニューラルネットワーク（CNN）によって学習し、施工中の転圧輪の加速度応答計測から地盤の剛性を予測するものである。

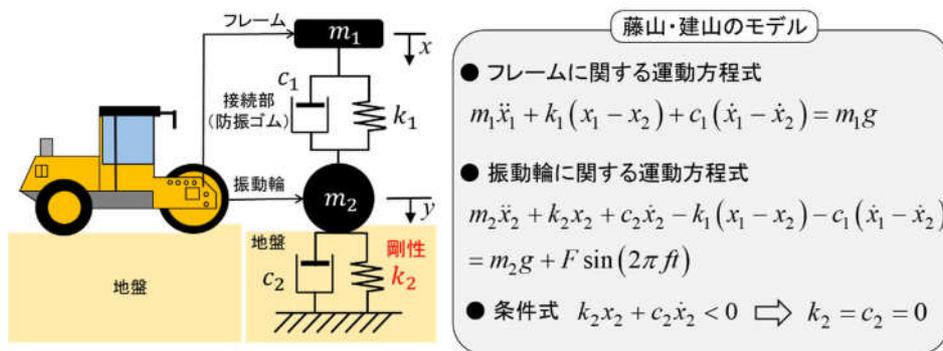


図-1 振動輪－地盤系モデル（シミュレーションモデル）

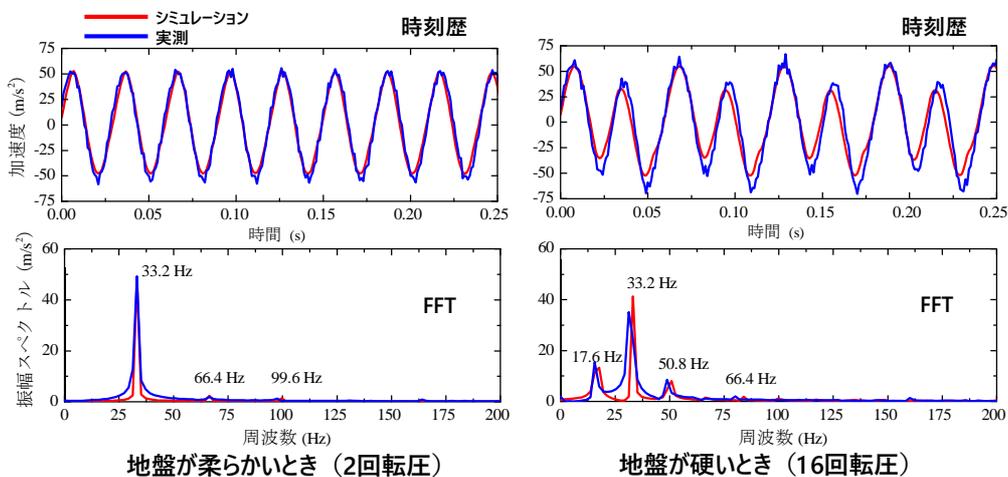


図-2 シミュレーションと実現場で得られた加速度応答波形の比較

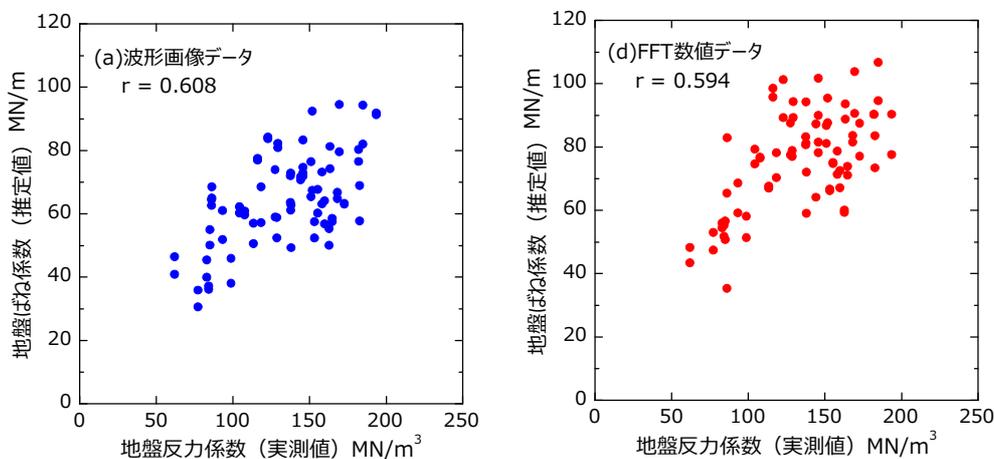
## ②工事適用例, デモンストレーション事例

細粒分質砂質礫を盛土材とする長さ 10m×幅 8m の矩形の試験ヤードを対象に、11 t 級の振動ローラを用いた現場実証実験を行った (図-3)。ここでは、幅 8m のヤードに対して 4 レーンを設け、レーン毎に締固め回数を変化させて計測を行った。また、それぞれのレーンにおいて、別途、簡易支持力試験機 (キャスポル) を用いて地盤反力係数 (実測値と呼ぶ) を求め、AI 推定値との比較を行った。各レーンの実測データを上述した学習モデル (シミュレーション波形による学習モデル) に入力し、地盤剛性の



図-3 現場実証実験の様子

回帰推定を行ったところ、図-4 に示すように、ばらつきはあるものの実測値と推定値にある程度の相関性が認められることから、提案手法の実現可能性 (フィージビリティ) を確認することができた。



(左) 加速度の時刻歴画像データによる学習・判定結果、(右) 加速度の周波数スペクトルの数値データによる学習・判定結果

図-4 実測値と推定値の比較

## ③優れている点, 課題, 今後の期待など

盛土の締固めは、長年、密度 (締固め度) によって管理されてきたが、本来、設計パラメータである剛性や強度といった力学特性によって品質評価されるべきである。近年では、路床・路体、舗装材料の弾性特性を考慮した舗装構造設計 (多層弾性理論を用いた設計) が行われるようになり、道路土工と舗装の設計の一体化を試みる研究も見られるようになった。本提案技術は、地盤剛性をリアルタイムで面的に評価する点で、土工のみならず、舗装工の設計・施工の合理化に資する技術として期待できる。

## ④公開情報

1. 寺本昌太, 小林泰三: 畳み込みニューラルネットワークを用いた盛土の締固め品質評価手法に関する基礎的研究, AI・データサイエンス論文集, 2 巻 (2021), J2 号, pp.785-791, 2021, 12, [https://doi.org/10.11532/jsceiii.2.J2\\_785](https://doi.org/10.11532/jsceiii.2.J2_785)
2. 寺本昌太, 小林泰三: 深層学習を用いた土の締固め品質評価手法に関する基礎的研究, 令和 3 年度土木学会全国大会第 76 回年次学術講演会, III-148, 2021. 9.

## ⑤連絡先

立命館大学理工学部 小林泰三: [kobat@fc.ritsumeimei.ac.jp](mailto:kobat@fc.ritsumeimei.ac.jp)

B-8	盛土法面締固め装置
開発／活用者	(株)浅川組、九州大学、福井大学
キーワード	盛土法面、締固め、ICT 施工
報告区分	<input checked="" type="checkbox"/> 新技術紹介（これまでになかった ICT 技術（ハード／ソフト）の紹介） <input checked="" type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介（既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介） <input type="checkbox"/> その他（ ）
工程区分	<input type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input checked="" type="checkbox"/> 施工 <input type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 1	<input checked="" type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 2	<input checked="" type="checkbox"/> 省人・省力化 <input type="checkbox"/> 経済性向上 <input type="checkbox"/> 精度向上 <input type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input checked="" type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他（ ）
技術成熟度	<input type="checkbox"/> 事業化（実績あり） <input checked="" type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他（ ）

### ①技術概要

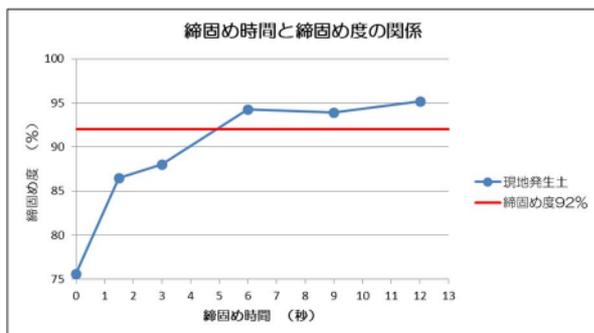
盛土法面の築立整形において、油圧ブレーカ及びプレートにより法面を締固める技術であり、従来は法面バケットによる整形で対応していた。本技術の活用により、経済性の向上が期待できるほか、締固め度が高いので降雨時の法面保護機能が高いと考えられる。使用するバックホウにマシンガイダンスを取り付けることにより、ICT 施工としてさらなる省力化が可能となる。



### ②工事適用例、デモンストレーション事例

試験施工により盛土材に応じた締固め時間を決定する。

試験では約 6 秒で締固め度 90%以上を確保できた。



RI 計測器による確認



施工状況

<p>③優れている点，課題，今後の期待など</p> <p>盛土法面の築立整形において、油圧ブレーカ及びプレートにより法面を締固める技術であり、平坦場と同等の締固め度が期待できる。</p> <p>本技術を活用することにより、良好な締固め状態にでき、法面全体を均一に締固めることができる。締固め装置は、プレート形式であるため、従来の法面バケットによる法面整形と同程度の仕上がりが可能である。</p> <p>今後は、締固め度がリアルタイムに計測できるシステムを開発中である。</p>
<p>④公開情報</p> <p><a href="http://asakawagumi.co.jp">http://asakawagumi.co.jp</a> NETIS KK-170010-A</p>
<p>⑤連絡先</p> <p>会 社：株式会社 浅川組 住 所：和歌山市小松原通三丁目69番地 T E L：073-425-1221 F A X：073-425-1228 担当部署：事業本部土木部 設計課 大西 盛一郎 E - M a i l：oonisis@asakawagumi.co.jp</p>

B-9	車輪の走行応答計測による地盤のリアルタイム剛性評価技術
開発／活用者	(開発) 立命館大学理工学部環境都市工学科 地盤システム工学研究室
キーワード	車輪、テラメカニクス、地盤反力係数、剛性
報告区分	<input checked="" type="checkbox"/> 新技術紹介 (これまでになかった ICT 技術 (ハード/ソフト) の紹介) <input type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介 (既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介) <input type="checkbox"/> その他 ( )
工程区分	<input checked="" type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input checked="" type="checkbox"/> 施工 <input type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他 ( )
効果区分 1	<input checked="" type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他 ( )
効果区分 2	<input checked="" type="checkbox"/> 省人・省力化 <input type="checkbox"/> 経済性向上 <input type="checkbox"/> 精度向上 <input type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input checked="" type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他 ( )
技術成熟度	<input type="checkbox"/> 事業化 (実績あり) <input type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input checked="" type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他 ( )

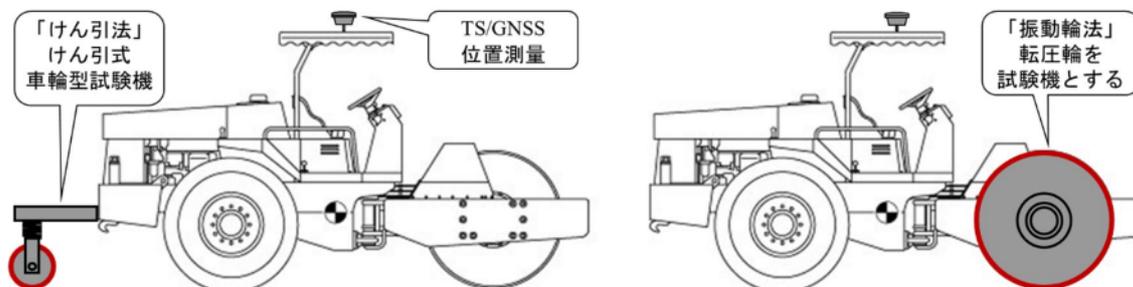
### ①技術概要

自走あるいはけん引によって車輪を走行させ、発生する轍の深さ（沈下量）と車輪に入力されるエネルギーを観測することによって、地盤の剛性（地盤反力係数）を連続的に計測しようとする技術。

例えば、フラットな地盤上で空転する車輪をけん引し、深さ $\Delta z$ の轍（沈下量）が発生したとする。車輪のけん引速度を  $V$  [mm/s]、車輪に作用するけん引力を  $F$  [N]とすると、車輪をけん引するためのエネルギー率（単位時間当たりの仕事）は  $\dot{E}_t = FV$  なる。また、地盤の地盤反力係数を  $k_w$  [N/mm<sup>3</sup>]とし、車輪と地盤の荷重-沈下関係（ $p \sim z$  関係）が  $p = k_w z$  という単純な直線モデルで近似できるとすると、地盤を圧縮するための仕事率は  $\dot{D}_c = 1/2 k (\Delta z)^2 B V$  となる。入力エネルギー率が圧縮仕事率として消費されると考え、 $\dot{E}_t$  と  $\dot{D}_c$  を等値して地盤反力係数  $k_w$  について解くと次式を得る。

$$k_w = \frac{2F}{(\Delta z)^2 B} \quad (1)$$

空転する車輪をけん引し、時々刻々と変化するけん引力  $F$  と沈下量 $\Delta z$  を計測することで、測線上の地盤反力係数  $k_w$  を連続的に評価することができるようになる。



(a)車輪（試験機）をけん引する方法

(b)転圧輪を試験機と見なす方法  
(振動エネルギーを考慮する必要あり)

図-1 車輪の走行応答計測による地盤の剛性評価

## ②工事適用例, デモンストレーション事例

図-2 に示すような単輪の車輪走行実験装置を用いて室内モデル実験を実施した。車輪は、幅 100mm、直径 200mm のアルミ製の剛性車輪であり、地盤と接する車輪表面には、スリップ防止のために粗目のサンドペーパーを貼付している。車輪のけん引速度は  $V = 10\text{mm/s}$  とし、車輪荷重は  $W = 68.6, 98.0, 127.4, 156.8\text{N}$  の 4 ケースでデータを取得した。土槽の大きさは、長さ 1500 mm、幅 800 mm、深さ 200 mm であり、進行方向に締めめ度を  $D_c = 65, 70, 75\%$  の 3 段階（等間隔）に変化させたモデル地盤を作成した。

実験結果の一例として、真砂土（礫まじり細粒分質砂：平均含水比 14.9%）を対象に実施したけん引実験の結果を図-3 に示す。上段から、移動距離に対するけん引力  $F$ 、沈下量  $\Delta z$ 、地盤反力係数  $k_w$ （式(1)より算出）の変化を示したものである。図中の◇は、直径 50mm の小型平板載荷試験を用いて別途計測した地盤反力係数  $k_p$  である。車輪荷重が小さく、微小な沈下量しか発生しない  $W = 68.6, 98.0\text{N}$  のケースでは地盤反力係数の推定値  $k_w$  が安定せず乱れる傾向があるが、ある程度の沈下が発生した  $W = 127.4, 156.8\text{N}$  のケースでは、別途計測した  $k_p$  とも良い一致が見られた。進行方向の締めめ度の増大に応じて  $k_w$  も大きくなる傾向も捉えることができている。

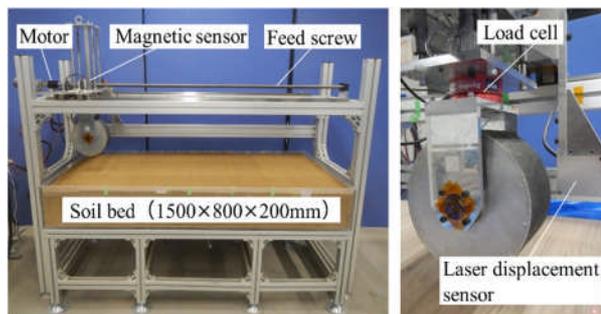


図-2 単輪の車輪走行実験装置

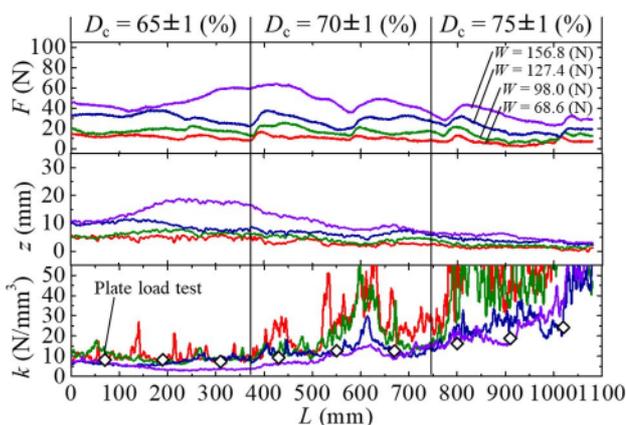


図-3 室内モデル実験の結果の一例

## ③優れている点, 課題, 今後の期待など

室内モデル実験から、条件が揃う必要があるが、基本的な計測原理に対するフィージビリティが確認されている。今後更なるデータ蓄積を進め、適用限界の明確化や評価式の改善など、実用化に向けた検討が進められることを期待する。

## ④公開情報

1. Y. Wada and T. Kobayashi: A method for estimating subgrade reaction modulus via measurement of wheel-terrain interactions, Proc. of 37th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2020), pp.646-649, 2020.
2. 和田康志、小林泰三：車輪の走行応答計測による地盤の剛性評価手法の構築に向けた基礎的検証実験、テラメカニクス、第 40 号、pp.7-11, 2020.

## ⑤連絡先

立命館大学理工学部 小林泰三：kobat@fc.ritsumeai.ac.jp

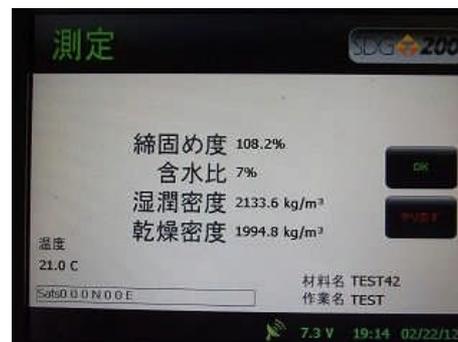
B-10	土壌密度計「SDG」
開発／活用者	西尾レントオール株式会社・通信測機事業部
キーワード	締固め、密度、非破壊
報告区分	<input checked="" type="checkbox"/> 新技術紹介（これまでになかった ICT 技術（ハード／ソフト）の紹介） <input checked="" type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介（既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介） <input type="checkbox"/> その他（ ）
工程区分	<input type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input checked="" type="checkbox"/> 施工 <input type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 1	<input checked="" type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 2	<input checked="" type="checkbox"/> 省人・省力化 <input type="checkbox"/> 経済性向上 <input type="checkbox"/> 精度向上 <input type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他（ ）
技術成熟度	<input checked="" type="checkbox"/> 事業化（実績あり） <input type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他（ ）

### ①技術概要

本技術は、盛土の締固め度並びに乾燥密度・湿潤密度等を計測できるものである。電磁波により計測する技術であり、対象面を非破壊で計測が可能で、通常の計測よりも省力化が図れる。



本体形状



計測結果画面

### ②工事適用例，デモンストレーション事例

一般的な盛土を含む土工・路盤工

・標準試験ではない為、従来管理である砂置換法・RI 測定・TS/GNSS を用いた締固め管理と合わせて運用する必要がある。

#### 【計測手順】

- ① 対象材料の最大乾燥密度・最適含水比・粒度分布・液性限界・塑性限界の試験結果を計測機に入力する。専用入力シートあり（写真1）
- ② 試験施工にて、計測箇所を標準の密度試験計測と SDG での計測を実施し差分を求める。
- ③ その差分をオフセット値として機器に入力する。
- ④ 計測開始ができる（写真2）

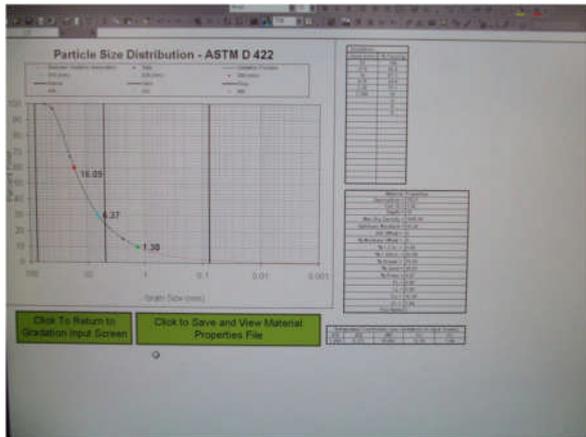


写真 1



写真 2

### ③優れている点、課題、今後の期待など

非破壊にて計測が出来るため、気軽に計測ができ、従来計測法である砂置換や RI 計測、また転圧回数管理システム等の管理手法の補間としても活用可能。

今後もデータを蓄積し、日本の土質にあったパラメータ対応などがさらに進めば、対象範囲も広がり安定性も上がると考えられる。

### ④公開情報

製品紹介メーカーホームページ

[https://ict.nishio-rent.co.jp/rental/detail\\_1110/](https://ict.nishio-rent.co.jp/rental/detail_1110/)

発表論文

橋本毅・茂木正晴・藤野健一・山口秀樹：電磁波を利用した土の現場密度試験の適用性について 第 68 回土木学会年次学術講演会 (H25)

### ① 連絡先

西尾レントオール株式会社 建設 ICT 営業推進部 山口秀樹

〒565-0853 大阪府吹田市春日 1-7-33

TEL : 06-7167-7737

E-Mail : hideki.yamaguchi@nishio-rent.co.jp

B-11	連続式 RI コンクリート水分計 COARA の計測支援システム
開発/活用者	ソイルアンドロックエンジニアリング㈱
キーワード	RI、無人化、品質管理、非破壊検査、フレッシュコンクリート
報告区分	<input type="checkbox"/> 新技術紹介（これまでになかった ICT 技術（ハード/ソフト）の紹介） <input checked="" type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介（既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介） <input type="checkbox"/> その他（ ）
工程区分	<input type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input checked="" type="checkbox"/> 施工 <input type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 1	<input checked="" type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 2	<input checked="" type="checkbox"/> 省人・省力化 <input type="checkbox"/> 経済性向上 <input type="checkbox"/> 精度向上 <input type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input checked="" type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他（ ）
技術成熟度	<input checked="" type="checkbox"/> 事業化（実績あり） <input type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他（ ）

①技術概要

連続式 RI コンクリート水分計（COARA）は放射性同位元素（RI）を利用して、コンクリートポンプ車配管を流れるフレッシュコンクリートの単位水量を、連続的に全量リアルタイムで測定する計器である（図 1、2）。従来は計測者が必要であったが、近年、振動センサ、測域センサ、クラウド技術等を組み合わせた計測支援システムを開発し、無人での単位水量測定が可能となった（図 3）。本システムは既に一般リリースされており、事業化済の技術である。

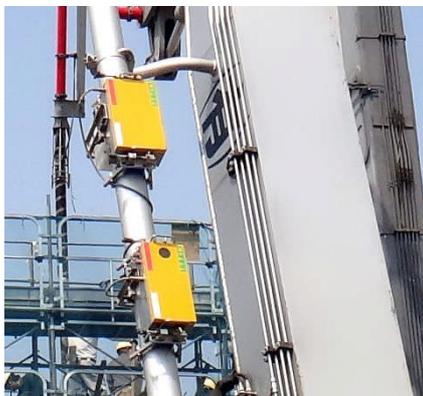


図 1 連続式 RI コンクリート水分計

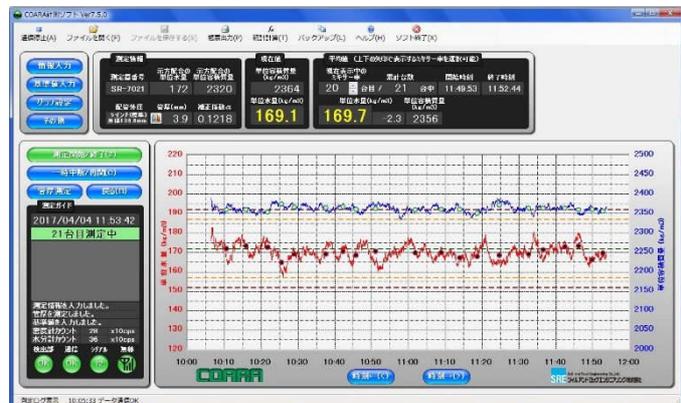


図 2 測定用通信ソフト

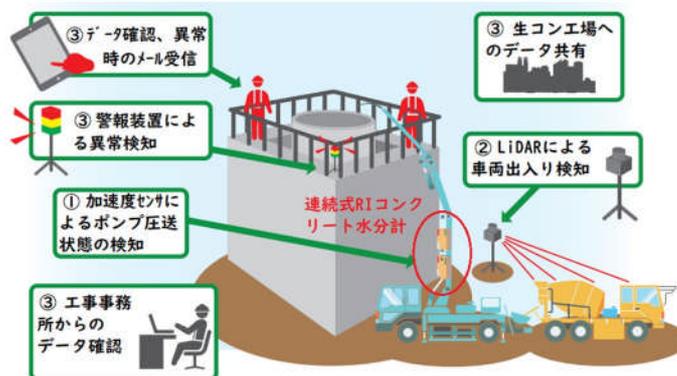


図 3 計測支援システムの概要

## ②工事適用例、デモンストレーション事例

### ・工事適用例

コンクリート打設工事における単位水量測定による、フレッシュコンクリートの品質管理  
(有人計測・無人計測問わず多数実績あり)

### ・デモンストレーション例：有人計測と無人計測の比較実験

PC 橋上部工のコンクリート打設現場にて、従来の有人計測と計測支援システムによる無人計測を行う比較実験を実施した。

アジテータトラックの計測台数は有人計測と無人計測で等しく、無人でも正しく出入りを検知できしており、また単位水量もほぼ等しく測定できていることが確認できた。(表1、図4)

表1 有人計測と無人計測の比較結果

単位水量測定結果	有人計測	無人計測
計測台数(台)	19	19
最大値(kg/m <sup>3</sup> )	173.7	173.6
最小値(kg/m <sup>3</sup> )	166.5	166.5
平均値(kg/m <sup>3</sup> )	170.1	169.7
標準偏差(kg/m <sup>3</sup> )	1.9	1.9

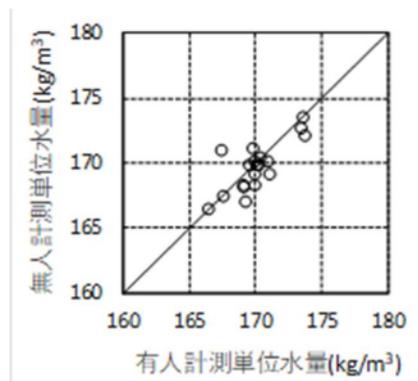


図4 有人計測と無人計測の相関図

## ③優れている点、課題、今後の期待など

コンクリートポンプ車の配管に設置することで、非破壊・非接触でリアルタイムに単位水量の全量測定が行える。

振動センサによるポンプ圧送の作動検知、測域センサによるアジテータトラックの出入り検知、インターネットクラウド技術による遠隔モニタリング監視等の計測支援システムの開発により、計測員の常駐を不要にし、有人計測と遜色ない精度での無人計測を実現。現場の省人・省力化に成功している。さらなる品質管理の向上のため、WEBカメラによるAI画像認識技術によってアジテータトラックの車番を取り込み、現場到着から打設完了までの時間管理機能の付加を検討中である。

## ④公開情報

製品紹介ページ：<http://www.soilandrock.co.jp/products2/coara>

発表論文：池永太一、井上恵介、田代彰吾、田中健一：連続式RIコンクリート水分計の計測支援システム、第19回建設ロボットシンポジウム、2019.10

文献：池永太一：連続式RIコンクリート水分計の計測支援システム、建設機械、2020.8

参考) NETIS 登録番号：KK-030005-VE (※COARAの登録分、2017年公開終了)

## ⑤連絡先

ソイルアンドロックエンジニアリング株式会社 営業部 栗山智之、住所：〒561-0834 大阪府豊中市庄内栄町2-21-1、TEL：06-6331-6031、FAX：06-6331-6243、E-mail：sre@soilandrock.co.jp

B-12	配管用密度計 PIRICA-S1
開発/活用者	ソイルアンドロックエンジニアリング株
キーワード	RI、密度、セメントミルク、地盤改良、品質管理
報告区分	<input type="checkbox"/> 新技術紹介（これまでになかった ICT 技術（ハード/ソフト）の紹介） <input checked="" type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介（既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介） <input type="checkbox"/> その他（ ）
工程区分	<input type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input checked="" type="checkbox"/> 施工 <input type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 1	<input checked="" type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 2	<input checked="" type="checkbox"/> 省人・省力化 <input type="checkbox"/> 経済性向上 <input type="checkbox"/> 精度向上 <input type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input checked="" type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他（ ）
技術成熟度	<input checked="" type="checkbox"/> 事業化（実績あり） <input type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他（ ）

①技術概要

放射線同位元素（RI）を利用して配管内を流れる物質（液体やスラリー等）の密度を非破壊、非接触で連続測定を可能にする技術である。Bluetooth による無線通信、クラウドによる遠隔監視や異常時のメール配信に対応できる。圧力センサ、流量センサ等との連動も可能である。



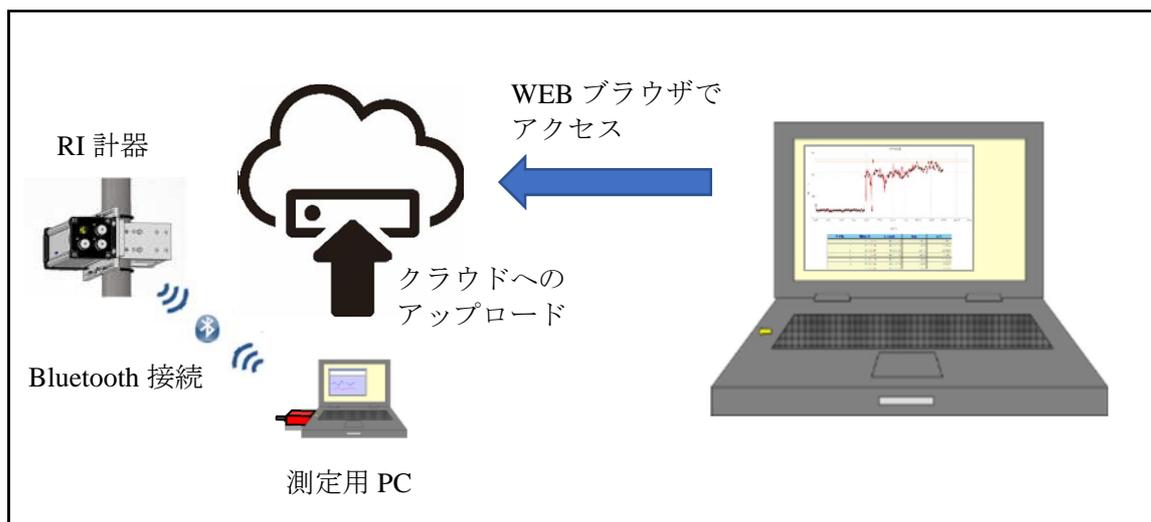
RI 計器本体



現場測定状況



パソコン用通信ソフト



測定結果のクラウド管理

## ②工事適用例、デモンストレーション事例

- ・地盤改良工法のセメントミルクの密度管理
- ・PC グラウトのグラウト密度管理
- ・シールドトンネル工事の排出土の密度管理
- ・ダム等の排泥の密度管理、土量管理
- ・浚渫土の密度管理、土量管理

## ③優れている点、課題、今後の期待など

既存の配管に取り付けるだけで使用でき、非破壊、非接触で連続測定が行える。使用に際して各種届け出が不要な Ba-133、1MBq の密封線源を RI 線源として採用しているため、扱いが簡易である。外部接続のセンサ類やクラウドとの連動で、より良い品質管理方法の確立が期待される。

## ④公開情報

製品紹介ページ：[http://www.soilandrock.co.jp/products2/pirica\\_s1](http://www.soilandrock.co.jp/products2/pirica_s1)

発表論文：熊原郷介、池永太一、谷口龍:RI 密度計と各種センサを用いたセメントスラリーの品質管理手法の適用事例、土木学会、2020.9

NETIS 登録番号：KK-170002-VE

## ⑤連絡先

ソイルアンドロックエンジニアリング株式会社 営業部 栗山智之、住所：〒561-0834 大阪府豊中市庄内栄町 2-21-1、TEL：06-6331-6031、FAX：06-6331-6243、E-mail：sre@soilandrock.co.jp

B-13	<b>簡易型 RI 水分計 WARP-mini</b>
開発/活用者	ソイルアンドロックエンジニアリング(株)
キーワード	RI、含水比、非破壊検査、ICT 土工
報告区分	<input checked="" type="checkbox"/> 新技術紹介（これまでになかった ICT 技術（ハード/ソフト）の紹介） <input type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介（既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介） <input type="checkbox"/> その他（ ）
工程区分	<input type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input checked="" type="checkbox"/> 施工 <input type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 1	<input checked="" type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 2	<input checked="" type="checkbox"/> 省人・省力化 <input type="checkbox"/> 経済性向上 <input type="checkbox"/> 精度向上 <input type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他（ ）
技術成熟度	<input checked="" type="checkbox"/> 事業化（実績あり） <input type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他（ ）

### ①技術概要

ICT 土工のうち、GNSS を用いた工法規定方式で必要とされる施工前の含水比確認に適用可能な完全非破壊で迅速な含水比測定が可能となる散乱型方式の小型・軽量の RI 水分計である。(図 1、2) 削孔作業や BG 測定が不要となり、さらに標準測定の自動化や、測定時間の短縮化によって作業の省力化・効率化につながる。



図 1 簡易型 RI 水分計（散乱型 RI）の概要

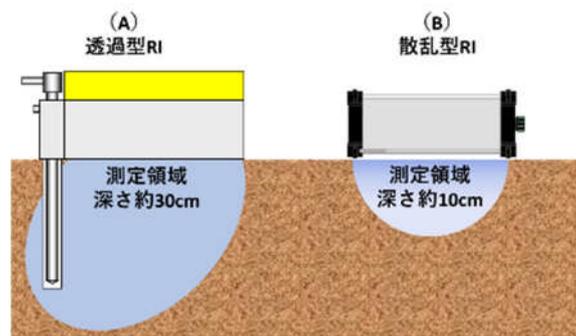


図 2 簡易型 RI 水分計（散乱型 RI）の測定領域

### ②工事適用例、デモンストレーション事例

NEXCO 総研と共同で、土工現場で広く用いられている透過型 RI と全国 8 現場 10 材料で精度比較実験を実施し(図 3)、相対誤差 10% 程度の精度で含水比測定が可能であることが実証された(④発表論文参照)。参考として WARP-mini と炉乾燥含水比の精度比較実験データを示す(図 4)。測定時間も 45 秒に短縮し、含水比測定作業の約 70% の作業時間短縮を達成した(表 1)。

この技術を利用した移動式の測定器を考案し、連続的・面的な含水比測定を検証した(図 5)。定点測定の測定時間と比較して地点毎の測定時間は非常に短い、含水比の状態を概ね捉えて測定できている(図 6)。



図3 測定状況

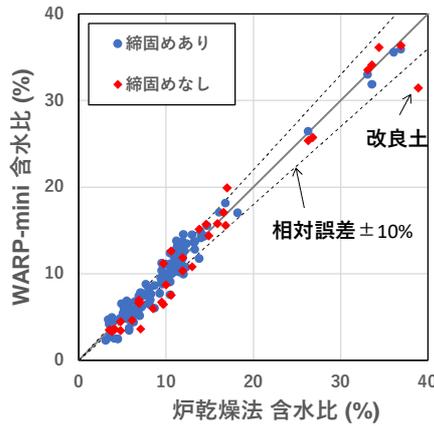


図4 炉乾燥含水比との精度比較実験の結果

表1 測定時間の短縮化・効率化

全て単位は秒	透過型RI	散乱型水分計
標準測定	600	
標準BG測定	600	
転圧前削孔作業	60	
×15点	900	
転圧前現場BG測定	60	
転圧前現場測定	60	45
×15点	900	675
転圧後削孔作業	30	
×15点	450	
転圧後現場BG測定	60	
転圧後現場測定	60	45
×15点	900	675
合計時間	4470	1350



図5 移動式測定状況

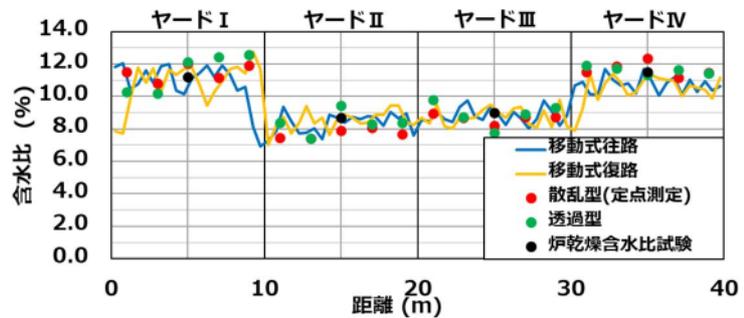


図6 移動式測定データと定点測定の含水比データ

### ③優れている点、課題、今後の期待など

削孔不要で測定地点に置くだけで測定が可能であり、小型化・軽量化も実現している。測定時間の短縮化に加え、作業員の負担を大幅に軽減できるものと期待する。

USB 通信でのデータ出力に対応しているため、データ整理の効率化にも貢献可能である。

移動式の技術については現在検討中であるが、重機搭載等による含水比の面的管理、自動計測についても期待できる。

### ④公開情報

製品紹介ページ：<http://www.soilandrock.co.jp/products1/warp-mini>

2021/10/1 リリース、2022 年中の NETIS 登録を予定

発表論文：谷口 龍、池永太一、桑田岳治、日下寛彦、中島康介：散乱型 RI 水分計による簡易含水比測定手法の確立、第 55 回地盤工学研究発表会 2020、2020.7

桑田岳治、池永太一、谷口 龍、日下寛彦、中島康介：散乱型 RI 水分計を用いた移動式含水比測定手法の検討、第 75 回年土木学会次学術講演会 2020、2020.9

谷口 龍、池永太一、桑田岳治、日下寛彦、中島康介：散乱型 RI 水分計の導入による含水比測定の効率化、Kansai Geo-Symposium 2020、2020.11

NETIS 登録番号：KK-210067-A

### ⑤連絡先

ソイルアンドロックエンジニアリング株式会社 営業部 栗山智之、住所：〒561-0834 大阪府豊中市庄内栄町 2-21-1、TEL：06-6331-6031、FAX：06-6331-6243、E-mail：sre@soilandrock.co.jp

B-14	トンネルの3次元出来形管理（出来形マイスター・トンネルPKG）
開発／活用者	佐藤工業株式会社 技術センター ICT 推進部
キーワード	山岳トンネル、点群、出来形管理
報告区分	<input type="checkbox"/> 新技術紹介（これまでになかった ICT 技術（ハード／ソフト）の紹介） <input checked="" type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介（既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介） <input type="checkbox"/> その他（ ）
工程区分	<input type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input checked="" type="checkbox"/> 施工 <input type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分1	<input checked="" type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分2	<input checked="" type="checkbox"/> 省人・省力化 <input type="checkbox"/> 経済性向上 <input checked="" type="checkbox"/> 精度向上 <input checked="" type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input checked="" type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他（ ）
技術成熟度	<input checked="" type="checkbox"/> 事業化（実績あり） <input type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他（ ）

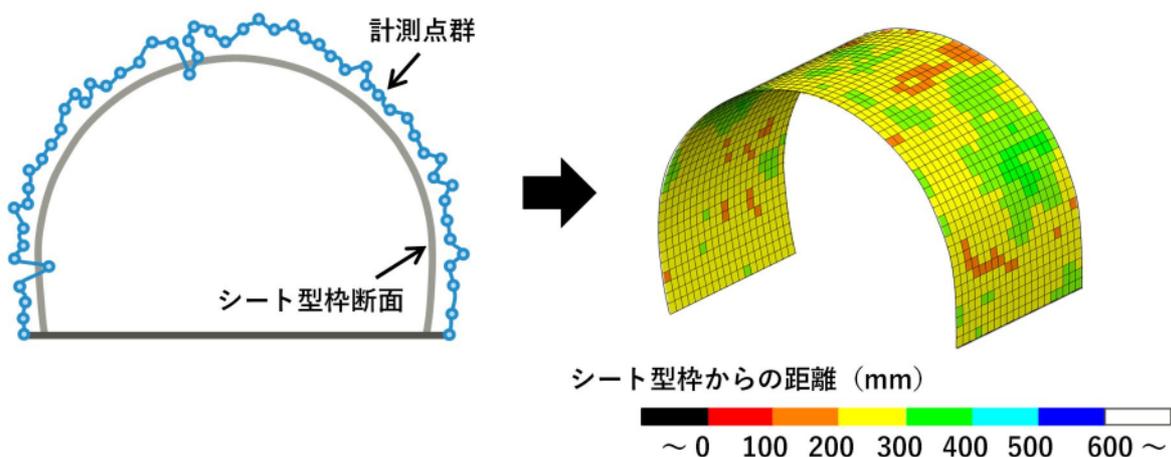
### ①技術概要

出来形マイスター・トンネルPKGは、トンネルの出来形（内空高さ・幅・厚さ）を3次元管理するソフトウェアである。レーザースキャナ等で計測した点群データと設計データを比較することで、その差分から覆工厚さを算出する。結果は、3次元の設計モデル上に色分けしたヒートマップに表示されるため、覆工厚さを視覚的に把握することができる。

### ②事適用例，デモンストレーション事例

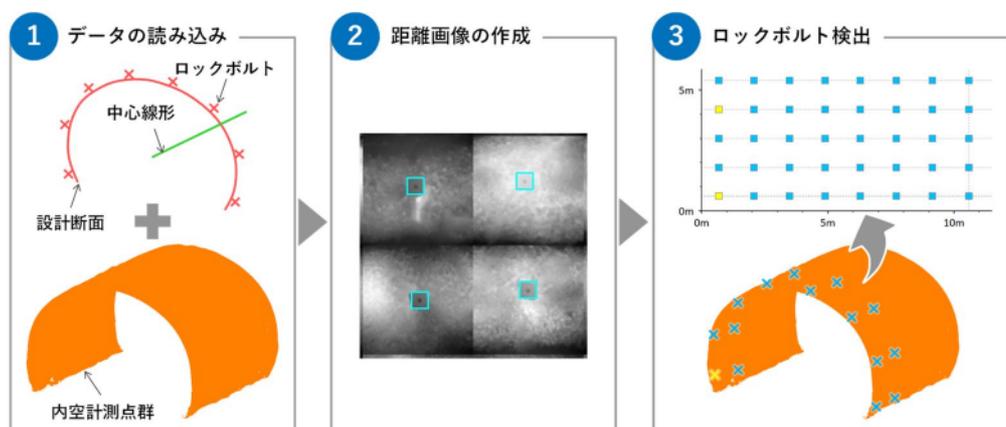
#### 事例①：新幹線トンネル工事におけるアタリ（地山の掘り残し）判定

新幹線トンネル工事のようにFILM工法（背面平滑型トンネルライニング工法）を施工する際、覆工コンクリート打設前に吹付けコンクリートと防水シートとの空隙を充填材等で充填する必要がある。そのため、FILM型枠設置前に吹付けコンクリートの凹凸やロックボルトの頭等がシート型枠の内側にあるかどうか事前に把握することは、次工程をスムーズに進める上で重要である。また、ヒートマップのブロック毎の値を積算することでモルタル用を算出し、ロスのない打設管理が可能である。



## 事例②：道路トンネル工事におけるロックボルトの施工精度確認

トンネル坑内の計測点群から距離画像（対象物までの距離情報を画像化したもの）を作成し、テンプレート画像（ロックボルトの見本画像）と類似する箇所を検索することで、坑内のような暗い環境下においても正確にロックボルトの施工位置を検出することが可能である。ロックボルトの施工位置を確認することで全数確認作業を大幅に削減するだけでなく、施工の品質向上や検査の省力化につながる。



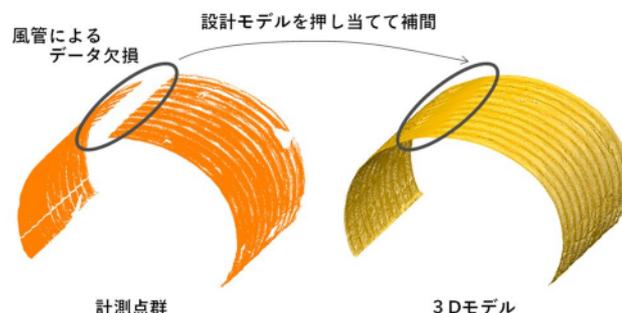
✳ 設定した社内規格値内 ✴ 設定した社内規格値外

### ③優れている点、課題、今後の期待など

従来の巻き尺やレベルを用いた出来形管理は、あらかじめ決められた箇所での単点計測のため、それ以外の出来形を把握することは困難であった。本ソフトウェアを用いて坑内計測点群を処理することで施工箇所全体の出来形を一目で把握することが可能となり、出来形の確認・検査作業の省力化につながる。

また、計測は資機材等がない状態で行うのが望ましく、1度の計測で計測範囲を網羅できない場合には異なる位置から複数回に分けて計測を行う必要がある。本ソフトウェアでは、計測点群に欠損が生じた場合でも、設計モデル（トンネルの設計断面と中心線形によって定義される理論的なトンネル形状）の押し付け効果により自然なトンネル形状を得ることができる。

各種結果はその場で確認できないことから、リアルタイムで処理が行えるようソフトの改良が望まれる。



### ④公開情報

β版を30日間無料トライアル可能。

（日本ユニシス・エクセリョーションズ HP：<https://www.excel.co.jp/polygon/dekigata/>）

### ⑤連絡先

佐藤工業株式会社 技術センター ICT推進部（担当：京免）

TEL：029-817-5100

E-mail：[kyoumen@satokogyo.co.jp](mailto:kyoumen@satokogyo.co.jp)

B-15	AIを活用したトンネル切羽の地山判定手法
開発／活用者	前田建設工業株
キーワード	トンネル、AI、トンネル切羽の地山判定手法
報告区分	<input checked="" type="checkbox"/> 新技術紹介（これまでになかった ICT 技術（ハード／ソフト）の紹介） <input checked="" type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介（既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介） <input type="checkbox"/> その他（ ）
工程区分	<input type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input checked="" type="checkbox"/> 施工 <input type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 1	<input checked="" type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input checked="" type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 2	<input checked="" type="checkbox"/> 省人・省力化 <input type="checkbox"/> 経済性向上 <input checked="" type="checkbox"/> 精度向上 <input type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他（ ）
技術成熟度	<input checked="" type="checkbox"/> 事業化（実績あり） <input type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他（ ）

①技術概要

「ハイパースペクトルカメラで撮影し分析した切羽画像」と、「切羽前方クロスホール弾性波トモグラフィ探査（ボーリング孔間の弾性波トモグラフィ技術を用いた切羽前方探査法：トンネル技術協会誌“トンネルと地下”2017年4月号P73掲載）で測定し高精度で把握できている同一断面の弾性波速度分布データ」を既知の事実として対比し、その相関性を十分に学習した AI を活用して、ハイパースペクトルカメラで撮影した切羽画像から、切羽（鏡）面の詳細な弾性波速度分布を判定する。

②工事適用例、デモンストレーション事例

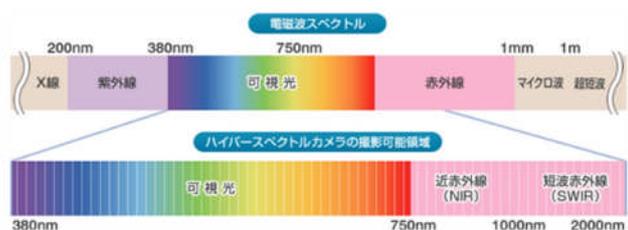
雨嶋トンネル工事（近畿地方整備局）

③優れている点、課題、今後の期待など

【新規性】超高精度カメラと AI を利用し、切羽画像から地山の弾性波速度を瞬時に把握することができれば、より経済的な方法で切羽観察に多大な時間をかけずに、地山判定の最適化（経済性、安全性双方の観点で合理的かつ客観的な判定）が図れる。

【着目ポイント】ハイパースペクトルカメラは、一般的なデジタルカメラとは異なり、光を非常に細かく分光することで、目で見えない赤外領域の波長情報を取得し、物体の物質特性や状態を判定できるカメラである。そのため、ハイパースペクトルカメラを用いると、撮影した切羽画像から、切羽面における風化程度・硬さおよび湧水の程度を総合的に分析した指標で、地山の特徴を定量的に表現することができる。

★ハイパースペクトルカメラは、可視光から赤外線幅広い領域を細かい波長域で区分けし、それぞれの波長域での光強度（波長スペクトル）を取得することで、肉眼では識別困難な細かな色の情報を判別することができる。また、近赤外線（750nm-1700nm 近傍）領域でのスペクトルを分析することで、対象物の物性、材質、細かな色情報を知ることが可能である。（平成 30 年 10 月から切羽画像のハイパースペクトル分析を開始）

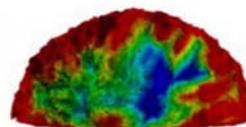


“教師データ”取得手順



地山の特徴（岩種、風化の程度、硬軟、湧水状況等）を一義的に表現

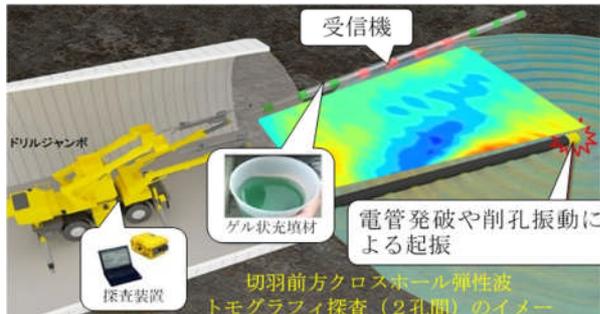
撮影



“教師データ”  
（波長分布）

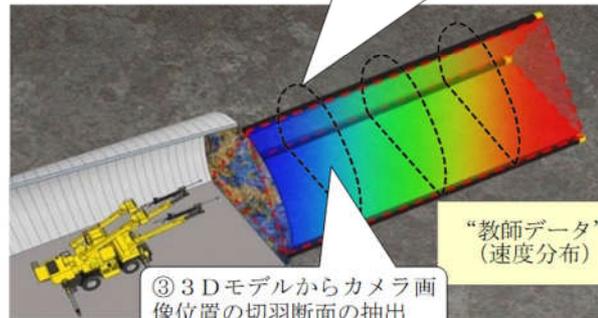
### ★切羽前方クロスホール弾性波トモグラフィ探査

は、ドリルジャンボによる削孔振動で、孔間の弾性波速度構造を、直接的に測定する手法。孔間距離が既知であり直接波を使用することから、反射法よりも高精度なデータを取得できる。(平成29年4月「トンネルと地下」掲載。現場実績：宮崎218号大平山トンネル他)



### “教師データ”取得手順

- ①切羽前方に3本のボーリングを行いながら、孔間の弾性波速度データを取得 (30m/回で実施)
- ②孔間の弾性波分布から3Dモデルを作成



弾性波速度は、トンネル標準設計時に、技術者が支保構造を総合的に決定する際の判定指標の一つであり、切羽観察で評価する地山の硬軟、割れ目程度、風化程度や、断層・破碎帯の位置および破碎程度などの地質状況、地質構造等を定量的に推定する指標である。よって、切羽面の詳細な弾性波速度分布を把握できれば、トンネル切羽の地山判定時に支保構造を決定する際の根拠の一つとなる。

ハイパースペクトルカメラで撮影し分析した画像と対比する弾性波速度分布は、切羽前方クロスホール弾性波トモグラフィ探査により取得できる。切羽前方クロスホール弾性波トモグラフィ探査は、弾性波探査の一つであり、切羽前方に3本のボーリング孔 (L=30m程度) を設け、ボーリング孔に挟まれた領域で弾性波 (直接波) の伝播を観測し、その領域内 (切羽前方地山) の弾性波速度分布を3次元で捉え可視化し、正確に把握することができる技術である。本技術では、従来一般的に測定されていた反射波ではなく直接波で測定できるため、従来の技術より精度の高い弾性波速度分布を測定することができる。

【今後の活用】 当技術をトンネル工事で適用すると、ハイパースペクトルカメラによる画像分析と切羽前方の弾性波速度分布から切羽面の弱部を把握することができる。そのため、付帯効果として、従来の目視による切羽観察では見落としがちな「不安定岩盤ブロック」を抽出することが可能となり、切羽崩落のリスク低減も期待できる。

### ④公開情報

以下、令和2年度土木学会学術講演会

- ・延長が短いトンネルでのAIを利用したトンネル切羽評価支援ツールの適用性
- ・削孔振動を利用した切羽前方クロスホール弾性波トモグラフィ探査の開発
- ・ハイパースペクトルカメラを利用した切羽情報の取得

B-16	<b>GML 搭載型吹付機を用いた吹付コンクリート出来形計測システム</b>
開発／活用者	前田建設工業㈱
キーワード	トンネル、吹付コンクリート、GML、AI
報告区分	<input checked="" type="checkbox"/> 新技術紹介（これまでになかった ICT 技術（ハード／ソフト）の紹介） <input checked="" type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介（既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介） <input type="checkbox"/> その他（ ）
工程区分	<input type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input checked="" type="checkbox"/> 施工 <input type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 1	<input checked="" type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input checked="" type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 2	<input type="checkbox"/> 省人・省力化 <input type="checkbox"/> 経済性向上 <input checked="" type="checkbox"/> 精度向上 <input type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input checked="" type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他（ ）
技術成熟度	<input checked="" type="checkbox"/> 事業化（実績あり） <input type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他（ ）

### ①技術概要

吹付機の防振・自動水準架台に搭載した GML（Geotechnical Monitoring LiDAR）による測定データから、AI 活用による画像処理時間短縮でリアルタイムに吹付厚を可視化する。吹付機の防振・自動水準架台に搭載した GML（Geotechnical Monitoring LiDAR）による測定データから、AI 活用による画像処理時間短縮でリアルタイムに吹付厚を可視化することで、吹付機の操作者が吹付厚を常に把握しながら吹付を行うことができる GML 搭載吹付機を用いた吹付コンクリート出来形計測システムである。

### ②工事適用例、デモンストレーション事例

2018 年 10 月、当社施工現場で三脚設置型 GML を用いて吹付けコンクリート施工中に出来形を測定し、同位置での検測孔の吹付け厚と比較した結果、計測差 2.8mm（7 箇所平均）であり、三脚設置型 GML での出来形計測が可能であることを確認済。

### ③優れている点、課題、今後の期待など

【新規性】「吹付機搭載型 GML による出来形自動計測システム」は現在開発中の技術であり、自動水準機構を備えた防振架台を用いて GML を吹付機に搭載（図 1-1）し、ICT を活用した自動計測結果をリアルタイムで画像処理する技術である。このシステムにより、吹付機移動に伴い三脚・計測機を据え替えることなく、吹付けコンクリート施工中に出来形情報をほぼリアルタイムでタブレット上に色別表示できる（図 1-2）。吹付機の操作者は、タブレットからの情報を得ながら吹付け面の仕上げができ、その場で出来形を確認しながら施工できるところに新規性がある。

#### 【有効性】

・吹付け面のスキャン結果と設計吹付け厚との差分を自動計算・可視化し、同時に設計断面との比較を行うことで、吹付け作業完了と同時に計測作業も完了し、計測作業を効率化・省人化できる。

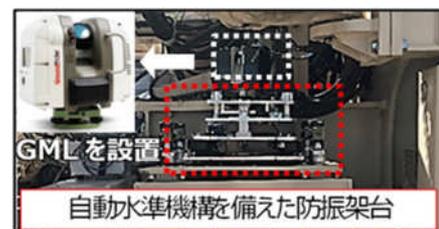


図 1-1 自動水準機構防振架台試作機

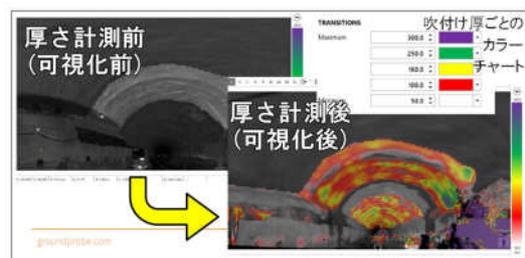


図 1-2 トンネル吹付け厚の計測結果(例)

・過不足なく吹付け作業をし、作業中にはほぼリアルタイムで吹付け厚の過不足を3次元的に把握して設計の吹付け厚と対比することで、必要出来形を確実に確保することができ、増し吹付け等の手戻り作業が無くなる。

- ・危険性が高い切羽付近での計測機器の据付や人力での計測作業が無くなり、安全性を向上できる。
- ・出来形管理基準に準拠した検測孔による吹付け厚測定方法（標準：7箇所/断面）では、その位置での吹付け厚しか把握できないが、当技術により吹付け箇所全面の吹付け厚を測定・確保でき、出来形を向上できる。

【今後の活用】

・漏水・剥落などの不具合発生時における原因究明等、トンネル維持管理への活用役に役立つよう、GMLでの自動計測を掘削出来形・鋼製支保工建込出来形・ロックボルト出来形・覆工出来形計測にも適用拡大し、設計データと施工中の取得データをCIMとして一元管理するシステムの確立に期待したい。

設計データとトンネル施工中に取得したデータ〔掘削出来形（余掘り、アタリ、掘削量）、吹付け出来形（厚さ、面積、吹付け量）、鋼製支保工出来形（建込位置精度）、ロックボルト打設位置、覆工出来形（厚さ、打設量）〕をCIMデータとして一元管理することで、トンネル供用後の維持管理で漏水や剥落等が発生した際の原因究明が容易となる。

切羽周方向吹付け厚計測(吹付機搭載型 GML)

吹付けロボット操作者は**タブレット表示**で吹付け厚を確認

エレクトラ搭載型吹付けロボット

切羽周方向吹付け厚計測(三脚設置型 GML)

坑内 Wi-fi

防振架台に設置した GMLを吹付機に搭載

吹付け出来形のデータを送信、データを記録・蓄積

現場事務所のサーバー

**タブレット** 吹付け厚ごとのカラーチャート

3000	紫
2500	青
1600	黄
1000	赤
500	白

**GMLスペック概要**

変形精度	mm単位
最大スキャン領域	方位角360° 高度角270°
スキャン時間	標準：1分45秒 ハイレゾ：6分54秒
測定間隔	12.5mm：測定距離10m 6.3mm：測定距離10m
スキャンデータレート	最大120,000ポイント/秒

④公開情報

GML について：<https://www.groundprobe.com/product/gml-convergence-monitoring/>

- ・「スキャナ運搬・防振水準架台の開発」（令和3年度土木学会年次学術講演会）

B-17	統合せん孔支援システム「ドリル NAVI」
開発／活用者	鴻池組・技術本部土木技術部
キーワード	トンネル、ジャンボ、穿孔誘導、地山診断、情報共有
報告区分	<input checked="" type="checkbox"/> 新技術紹介（これまでになかった ICT 技術（ハード／ソフト）の紹介） <input checked="" type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介（既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介） <input type="checkbox"/> その他（ ）
工程区分	<input checked="" type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input checked="" type="checkbox"/> 施工 <input type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 1	<input checked="" type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input checked="" type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 2	<input checked="" type="checkbox"/> 省人・省力化 <input checked="" type="checkbox"/> 経済性向上 <input checked="" type="checkbox"/> 精度向上 <input checked="" type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input checked="" type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他（ ）
技術成熟度	<input checked="" type="checkbox"/> 事業化（実績あり） <input type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他（ ）

①技術概要

統合せん孔支援システム「ドリル NAVI」は、長孔発破などの穿孔を高精度で行い、余掘りを最小限に抑えて材料コストと施工サイクルのロス低減し、高速で安全な長距離トンネルの掘削を実現する。(図-1,2、写真-1)

■穿孔誘導技術「ドリル NAVIGATION」

自動追尾式 TS と位置検知用センサーにより削岩機の穿孔位置を把握し、ガイダンス用モニターにしたがって計画した穿孔位置へ削岩機を誘導する。(図-3)

■地山診断技術「ドリル EXPLORER」

全削岩機に穿孔探査機能を搭載し、全ての穿孔エネルギーを自動で取得する。これとドリル NAVIGATION で取得した位置データとを統合して、3次元の穿孔エネルギーを出力表示する。

■情報共有技術「ドリル NET」

ドリルジャンボのシステムパソコンと、工事事務所、ジャンボ製造工場、本社等とを坑内無線 LAN を経由してネットワーク回線で結び、穿孔データや保守データを情報共有する。(図-4,5)

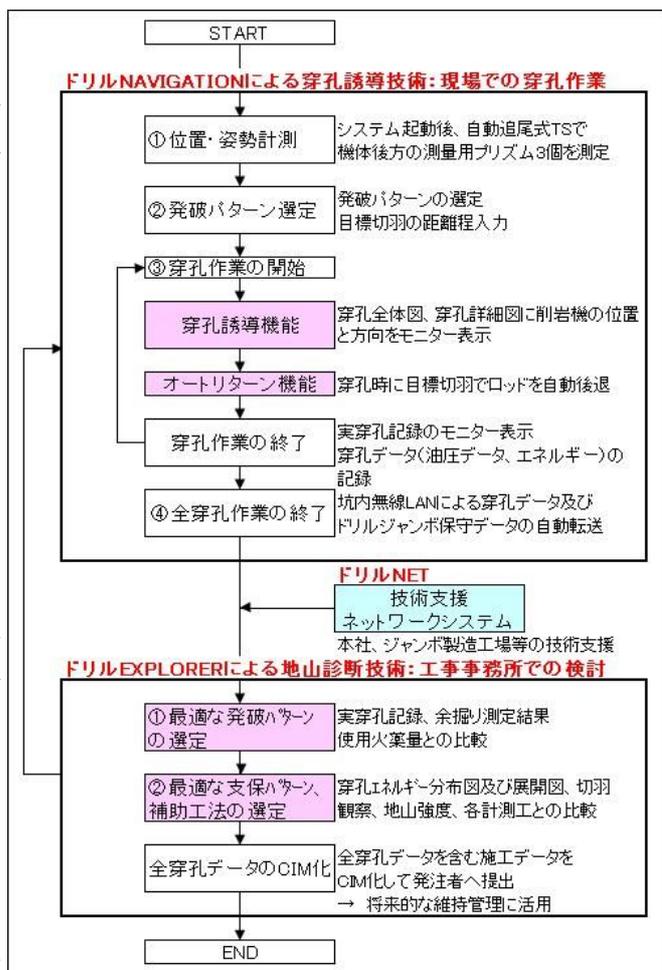


図-1 ドリル NAVI システムフロー図



図-2 ドリル NAVI 概要図

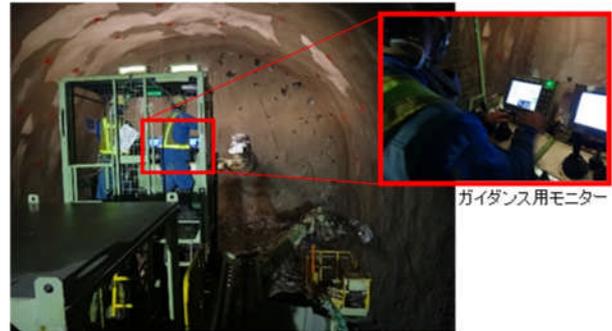


写真-1 ドリル NAVI 使用状況

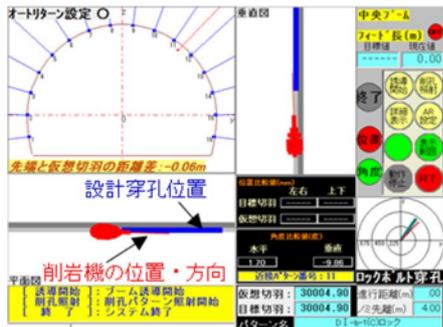


図-3 ロックボルト誘導画面

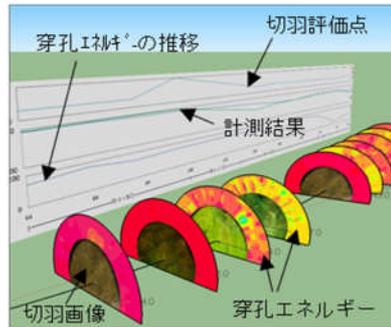


図-4 3次元 CAD への出力例 (点群データ)

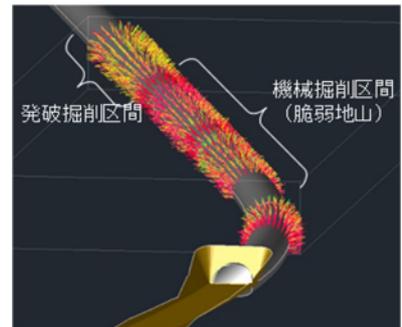


図-5 3次元 CAD への出力例 (コンター図)

②工事適用例, デモンストレーション事例

表 1 当社適用現場一覧

工事名	発注者	場所	着工	竣工	工事概要
九州新幹線 (西九州)、新長崎トンネル (東) 他	JRJT	長崎県	2013/03/01	2021/06/30	NATM 内空面積: A=66.8 m <sup>2</sup> 延長: L=3870m
国道371号 (仮称新紀見トンネル) 道路改良工事	和歌山県	和歌山県	2015/12/19	2019/10/24	NATM 内空面積: A=51~71 m <sup>2</sup> 延長: L=2105m
北陸新幹線、第2福井トンネル (南) 他	JRJT	福井県	2016/03/23	(2022/05/24)	NATM 内空面積: A=65 m <sup>2</sup> 延長: L=1917m
長崎自動車道 長崎トンネル工事	NEXCO 西日本	長崎県	2017/10/12	2021/05/23	NATM 内空面積: A=62~82 m <sup>2</sup> 延長: L=2641m

③優れている点, 課題, 今後の期待など

- ・高精度な穿孔で、余掘りやサイクルタイムを低減する。
- ・切羽前方やトンネル周辺の地山性状を定量的に把握できるため、切羽作業の安全性が向上する。
- ・穿孔データが汎用ソフトに出力でき、工事関係者内で穿孔データや保守データを容易に情報共有でき、地山トラブルや機械トラブルを未然に防止できる。

④公開情報

技術紹介ページ: <https://www.konoike.co.jp/solution/detail/002327.html>

NETIS 登録番号: KK-160012-VE (令和3年度 活用促進技術)

特許: 第 6345991 号、第 6352684 号、第 6371119 号、第 6420570 号、第 6434375 号、第 6495579 号、第 6810936 号、第 6923131 号、第 6923132 号

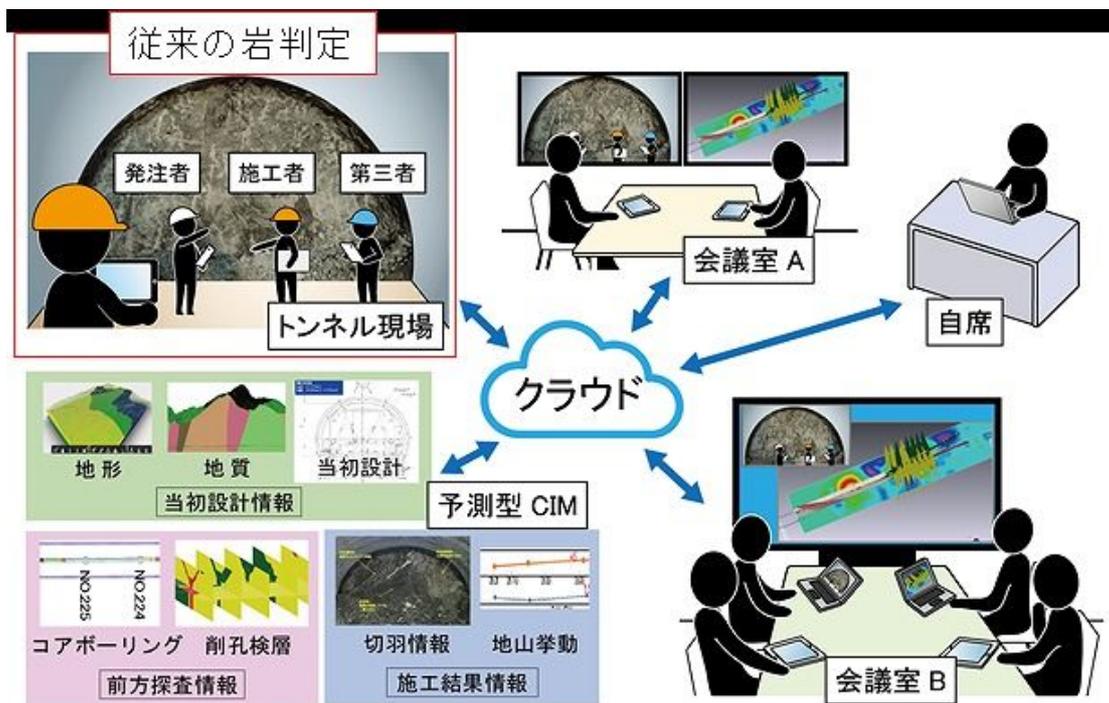
⑤連絡先

㈱鴻池組 技術本部 土木技術部 Tel:06-6245-6568 Web:<https://www.konoike.co.jp/request/index.php>

B-18	トンネル建設現場における予測型 CIM のクラウド展開
開発／活用者	伊藤忠テクノソリューションズ (株)・建設ビジネス推進部
キーワード	CIM、クラウド化、山岳トンネル、3D モデル化、3 次元空間補完
報告区分	<input type="checkbox"/> 新技術紹介 (これまでになかった ICT 技術 (ハード/ソフト) の紹介) <input checked="" type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介 (既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介) <input type="checkbox"/> その他 ( )
工程区分	<input type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input checked="" type="checkbox"/> 施工 <input type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他 ( )
効果区分 1	<input type="checkbox"/> センシング <input checked="" type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他 ( )
効果区分 2	<input checked="" type="checkbox"/> 省人・省力化 <input type="checkbox"/> 経済性向上 <input type="checkbox"/> 精度向上 <input type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他 ( )
技術成熟度	<input type="checkbox"/> 事業化 (実績あり) <input checked="" type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他 ( )

①技術概要

山岳トンネル建設現場において、トンネル切羽のリアルタイム画像と前方地山の探査情報を統合した 3 次元モデルをクラウド上に展開し、現場と遠隔地にて「岩判定会議」を行うことを可能とする技術。「岩判定会議」とは山岳トンネルを内側から支えるロックボルトや覆工コンクリート等の支保パターンを決める合意形成のための会議を指す。



②工事適用例, デモンストレーション事例

大林組コンソーシアム (大林組様・伊藤忠テクノソリューションズ)

冠山峠道路第 2 号トンネルを対象とした「クラウドを利用したトンネル現場岩判定会議の遠隔参加」

<p>③優れている点、課題、今後の期待など</p>
<p>従来の岩判定会議に発生するコストおよびリスクを削減し、合意形成を行う上で必要となるトンネル切羽の状態、地山の情報が分かりやすい形で関係者に共有されるという点において、優れたシステムである。</p>
<p>④公開情報</p>
<p>○CIM JAPAN  <a href="http://cimjapan.com/news/index.html">http://cimjapan.com/news/index.html</a>  ○大林組コンソーシアム  <a href="https://ken-it.world/success/2019/12/predictable-cim-vol-1.html">https://ken-it.world/success/2019/12/predictable-cim-vol-1.html</a>  <a href="https://ken-it.world/success/2020/02/predictable-cim-vol-2.html">https://ken-it.world/success/2020/02/predictable-cim-vol-2.html</a>  <a href="https://ken-it.world/success/2020/02/predictable-cim-vol-3.html">https://ken-it.world/success/2020/02/predictable-cim-vol-3.html</a></p>
<p>⑤連絡先</p>
<p>伊藤忠テクノソリューションズ株式会社 (CTC)  科学システム本部  保坂 正文  E-mail: <a href="mailto:masafumi.hosaka@ctc-g.co.jp">masafumi.hosaka@ctc-g.co.jp</a>  Tel:<a href="tel:080-2208-2001">080-2208-2001</a></p> <p>伊藤忠テクノソリューションズ株式会社 (CTC)  科学システム本部  藤田 未央子  E-mail: <a href="mailto:mioko.fujita@ctc-g.co.jp">mioko.fujita@ctc-g.co.jp</a>  Tel:<a href="tel:080-9417-2833">080-9417-2833</a></p>

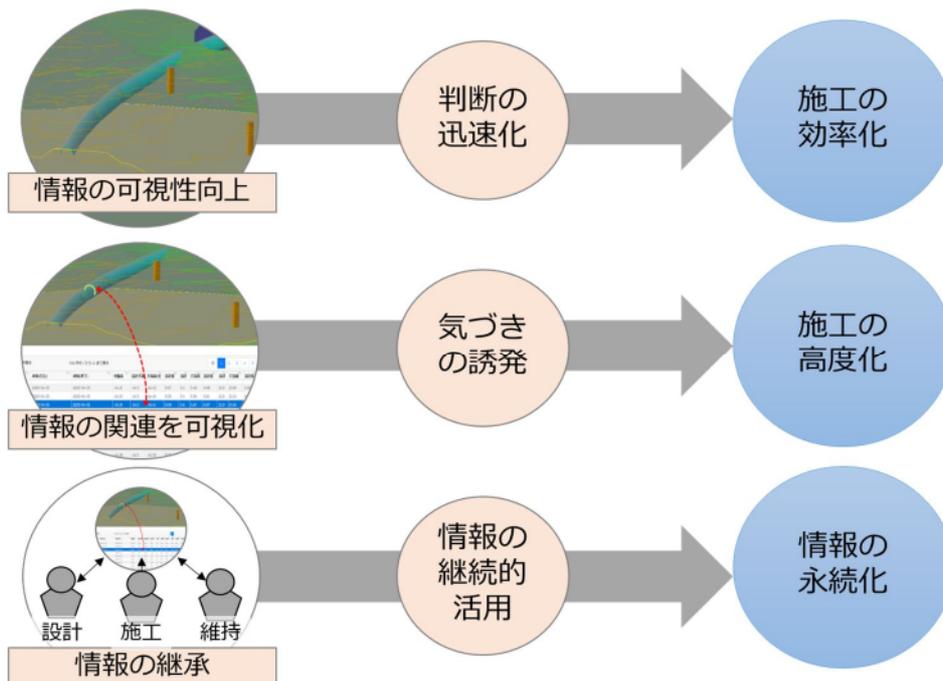
B-19	<b>ILSIM BIM/CIM 3D モデル情報統合プラットフォーム</b>
開発/活用者	伊藤忠テクノソリューションズ (株)・建設ビジネス推進部
キーワード	BIM/CIM、Web プラットフォーム、クラウド、3D モデル化
報告区分	<input checked="" type="checkbox"/> 新技術紹介 (これまでになかった ICT 技術 (ハード/ソフト) の紹介) <input type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介 (既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介) <input type="checkbox"/> その他 ( )
工程区分	<input checked="" type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input checked="" type="checkbox"/> 施工 <input checked="" type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他 ( )
効果区分 1	<input type="checkbox"/> センシング <input checked="" type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他 ( )
効果区分 2	<input type="checkbox"/> 省人・省力化 <input type="checkbox"/> 経済性向上 <input type="checkbox"/> 精度向上 <input checked="" type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input checked="" type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他 ( )
技術成熟度	<input checked="" type="checkbox"/> 事業化 (実績あり) <input type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他 ( )

①技術概要

ILSIM とは、建設事業の一連のプロセスで生じる様々な情報を統合管理し、Web ブラウザ上で 3 次元モデル表示等による「見える化」と情報更新が簡便に行えることを可能にする Web プラットフォームである。ILSIM で実現する基本的なポイントは以下の 3 つとなる。

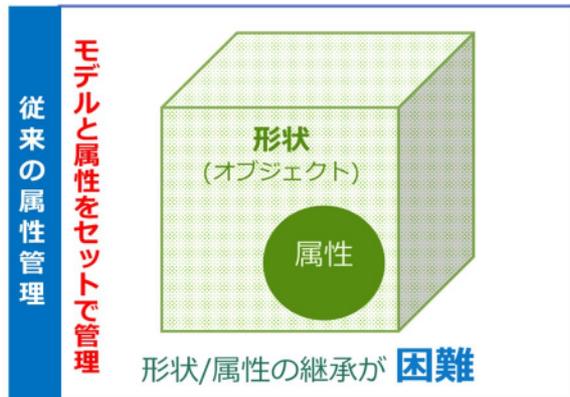
(1) 施工の進捗/現場管理

「情報の可視化向上」と「情報の関連を可視化」する諸機能により、工程管理/品質管理/出来形管理において現場と管理部門とのギャップを解消し、受発注者や JV 間、本社や協力会社との情報共有・合意形成に広く活用が可能。



## (2) 業務効率化

設計・施工・維持管理の各段階で目的に応じた表示を行うためには、取得した属性情報（部材／部品の情報、計測情報など）の3次元モデルへの付与作業を効率的に行うことが重要となる。現場作業員の方でも簡単かつ効率的に「付帯情報付き3次元モデル」を作成／情報更新可能な諸機能を提供し、人的コストを削減するとともに、リアルタイム性の向上を実現可能。



## (3) 社内外とのコミュニケーション

クラウドストレージに格納されている、設計図面類や日々更新される現場情報など、社内外関係者とやりとりする工事データを ILSIM は直接連携・参照が可能。

### ②優れている点、課題、今後の期待など

ILSIM を現場に工事導入することにより、複雑な工事の進捗情報や問題点を整理し易く、施工データの判読に慣れていないユーザーでも、可視化されたデータにより直感的に理解し易いため、受発注者や JV 間、本社や協力会社との情報共有・合意形成が素早く行うことができ、問題の早期発見や対応の迅速化が可能となる。

### ③公開情報

○engineering-eye（伊藤忠テクノソリューションズの科学・工学系情報サイト）

<https://www.engineering-eye.com/ILSIM/>

○CIM JAPAN

<http://cimjapan.com/news/index.html>

### ④連絡先

伊藤忠テクノソリューションズ株式会社（CTC） 科学システム本部

・保坂 正文 E-mail: [masafumi.hosaka@ctc-g.co.jp](mailto:masafumi.hosaka@ctc-g.co.jp) Tel:080-2208-2001

・藤田 未央子 E-mail: [mioko.fujita@ctc-g.co.jp](mailto:mioko.fujita@ctc-g.co.jp) Tel:080-9417-2833

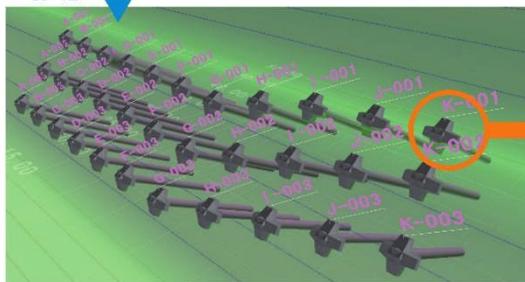
B-20	斜面对策工に特化した「のり面 CIM」
開発／活用者	株式会社 熊谷組 土木事業本部 地質技術部
キーワード	アンカー工、CIM、3次元モデル化
報告区分	<input checked="" type="checkbox"/> 新技術紹介（これまでになかった ICT 技術（ハード／ソフト）の紹介） <input type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介（既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介） <input type="checkbox"/> その他（ ）
工程区分	<input type="checkbox"/> 調査 <input checked="" type="checkbox"/> 設計 <input checked="" type="checkbox"/> 施工 <input type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 1	<input type="checkbox"/> センシング <input checked="" type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 2	<input checked="" type="checkbox"/> 省人・省力化 <input type="checkbox"/> 経済性向上 <input checked="" type="checkbox"/> 精度向上 <input type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input checked="" type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他（ ）
技術成熟度	<input checked="" type="checkbox"/> 事業化（実績あり） <input type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他（ ）

①技術概要

「のり面 CIM」は、のり面工事で実施する斜面对策工（グラウンドアンカー工や鉄筋挿入工など）に対し、設置位置やアンカー諸元、当該箇所の地質情報、施工日、試験結果などの属性情報を表計算ソフトで整理し、属性情報が付与されたアンカーを3次元空間に配置するものである。配置したアンカーには、施工状況写真や試験結果のデータシート等もリンクさせ、直接ファイルが閲覧できる。本システムでは、施工中に得られたデータを集約・3次元モデル化（可視化）し、一元管理した情報を次ブロックの施工へフィードバックすることで、施工の効率化を図ることができる。

No.	X	Y	Z	挿入角度 (XY)	挿入角度 (XZ)	設計調査日	振動調査日	止砂厚
I-上構1	-1793	-12482.1		-151	45	2017/10/24	2017/10/24	0.9
I-006	-1790.91	-12483.2		-151	45	2017/10/24	2017/10/24	0.48
I-007	-1789.57	-12483.9		-151	45	2017/10/24	2017/10/24	0.1
I-008	-1788.22	-12484.7		-151	45	2017/10/24	2017/10/24	0.1
I-009	-1786.88	-12485.4		-151	45	2017/10/24	2017/10/24	0
I-010	-1785.54	-12486.2		-151	45	2017/10/24	2017/10/24	0.1
I-011	-1784.19	-12486.9		-151	45	2017/10/24	2017/10/24	0.1
I-012	-1782.85	-12487.7		-151	45	2017/10/24	2017/10/24	0.1
I-013	-1781.51	-12488.4		-151	45	2017/10/24	2017/10/24	0.2

データの読み込み  
表計算ソフトで属性情報の整理



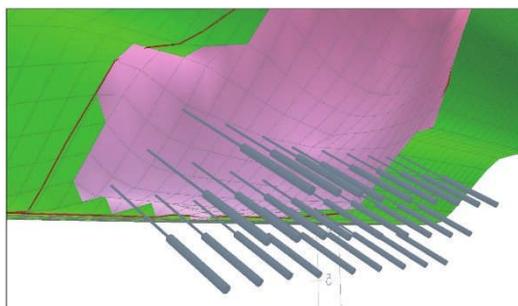
アンカーの3次元空間への配置

項目	内容
1	No.
2	X
3	Y
4	Z
5	挿入角度(XY)
6	挿入角度(XZ)
7	設計調査日
8	振動調査日
9	止砂厚
10	振動厚
11	アンカータイプ
12	アクリル
13	施工日
14	試験日
15	判定

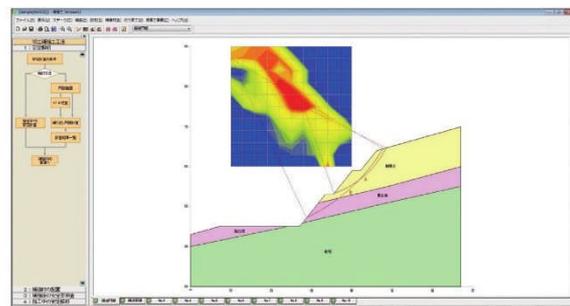
アンカーごとの属性情報の確認



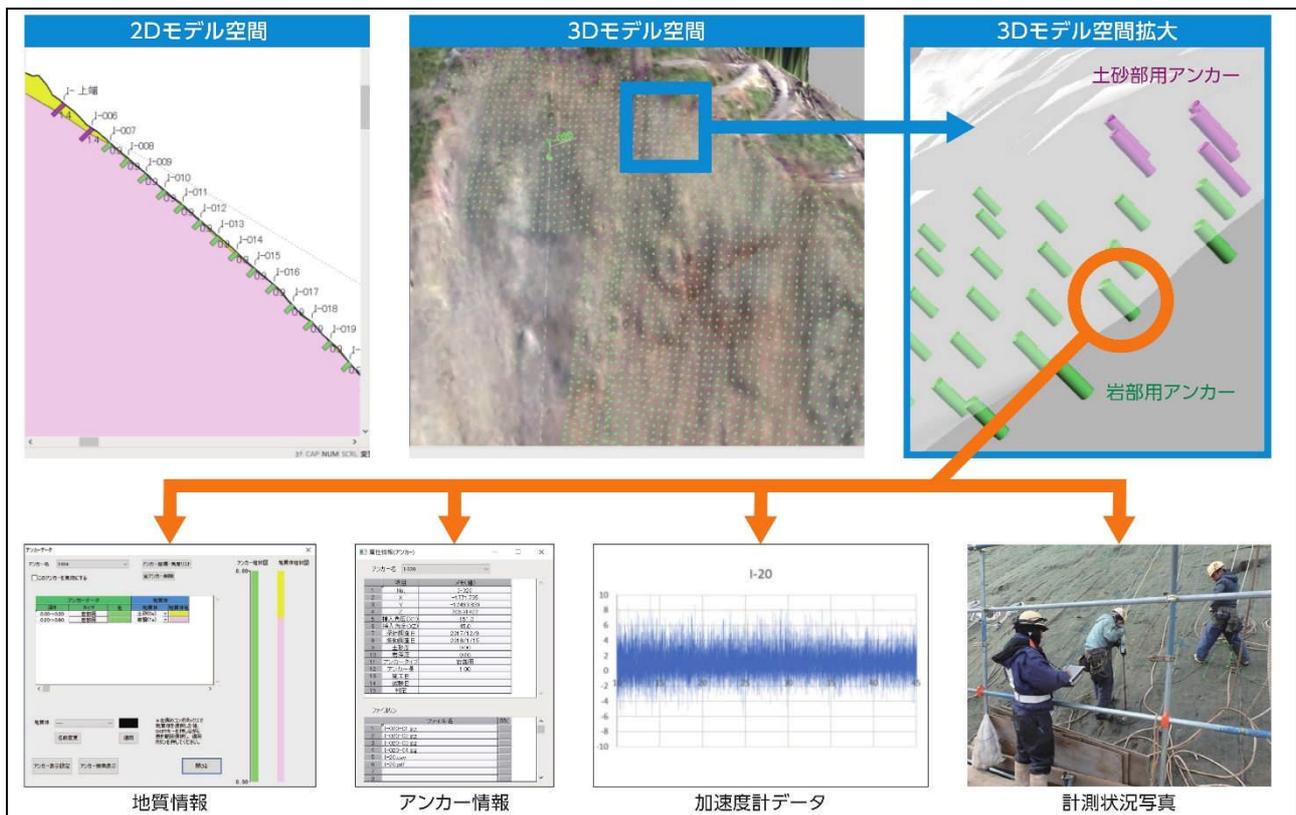
施工状況の確認



すべり面、アンカーの地中3次元表示



再計算実施イメージ



②工事適用例, デモンストレーション事例

九州地方整備局熊本復興事務所発注の阿蘇大橋地区斜面对策工事において、密着型安定ネット工（鉄筋挿入式アンカー工併用）を対象として実施した。土砂厚に応じて適切なアンカータイプを選定する必要があり、崩落地であることからボーリング調査等の実施が困難かつ地山状況（土岩境界）が正確には把握されていない状況のため、施工中に探針機器および振動センサーを使用して土砂層の厚さをアンカー施工箇所の全点で確認する調査を実施した。本システムを導入することで、施工中に調査からアンカー諸元の決定までを迅速に行うことができた。本工事では、確認した土砂層の厚さから土砂と岩の境界をソフト上で自動的に3次元モデル化し、アンカー諸元（種別、アンカー長）、アンカー配置、アンカー強度を3次元空間上で一元管理し、次施工へフィードバックを行うことができた。

③委員の見解

地質情報や設計・施工データが3次元モデルと統合されことにより、今後変状が発生した場合や、維持管理業務時に、原因の究明や調査の実施が迅速に行えることが期待できる。

④公開情報

プレスリリース：[https://www.kumagaigumi.co.jp/news/2019/pr\\_20190425\\_1.html](https://www.kumagaigumi.co.jp/news/2019/pr_20190425_1.html)

特許申請中：特開 2020-020176

令和元年度建設施工と建設機械シンポジウム：<https://jcmnet.or.jp/bunken/symposium/2019/2019r05.pdf>

⑤連絡先

株式会社 熊谷組 土木事業本部 地質技術部 TEL.03-3235-8622 FAX.03-3266-8525

B-21	<b>GCP レスドローンと Edge コンピュータを利用した空中写真測量システムによる出来高進捗把握技術 (SMARTCONSTRUCTION Edge、Drone)</b>
開発/活用者	開発：KOMATSU、活用者：大成建設株式会社
キーワード	出来形管理、UAV、写真測量、土工
報告区分	<input type="checkbox"/> 新技術紹介（これまでになかった ICT 技術（ハード/ソフト）の紹介） <input checked="" type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介（既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介） <input type="checkbox"/> その他（ ）
工程区分	<input type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input checked="" type="checkbox"/> 施工 <input type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 1	<input checked="" type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 2	<input checked="" type="checkbox"/> 省人・省力化 <input type="checkbox"/> 経済性向上 <input type="checkbox"/> 精度向上 <input type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他（ ）
技術成熟度	<input checked="" type="checkbox"/> 事業化（実績あり） <input checked="" type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他（ ）

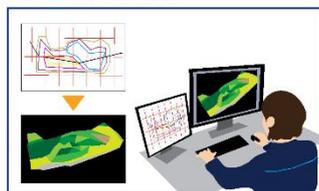
①技術概要

土工現場での UAV 空中写真測量を、GCP(標定点)を用いた測量方法から、Edge コンピュータによる GNSS 補正情報を取得する測量方法に変えることによって、Edge コンピュータで UAV の位置を補正するため、GCP の設置、GCP の測量作業が不要となり、経済性を向上させることができる。

また、点群生成・不要物除去作業は、パソコン・ソフトを使った手動処理から Edge コンピュータによる自動処理へ変えたことにより、手動の点群生成・不要物除去作業が不要となり、省人化が図れ、施工性を向上させることができる。



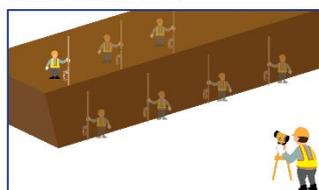
人による作業で処理



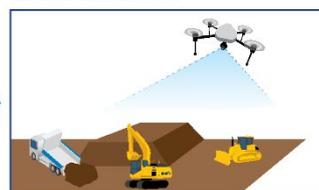
計測後、高速で点群生成し出力



従前の TS 計測作業



Drone の計測作業



②工事適用例, デモンストレーション事例
<p>最終処分場の造成工事(対象面積約230,000m<sup>2</sup>)の土工事でエブリデイドローンによる測量を実施し、進捗をアプリ上で確認している。</p> <p>3D 地形モデルと重ねることで進捗を赤(0%)→緑(100%)といった表示で可視化できる。</p>
③優れている点, 課題, 今後の期待など
<p>GCP レスドローン(SMARTCONSTRUCTION Drone)により、自動離陸・計測・着陸が可能となり、事前の測量準備等が不要となった。</p> <p>また Edge コンピュータを設置することで、計測後の人によるデータ処理が軽減できることから、省力化、施工性の点で優れており、他現場での活用についても今後に期待できる。</p>
④公開情報
<p><a href="https://smartconstruction.komatsu/catalog_jp/construction/everyday_drone.html">https://smartconstruction.komatsu/catalog_jp/construction/everyday_drone.html</a></p> <p>NETIS 技術登録 : KT-190099-A</p>
⑤連絡先
<p>〒542-0081 大阪市中央区南船場 1-14-10</p> <p>大成建設株式会社 関西支店土木部技術部技術室 06-6265-4604</p>

B-22	<b>GCP レス UAV</b>
開発／活用者	開発者：SkyLink 社、活用者：大林組
キーワード	出来形管理、UAV、写真測量、土工
報告区分	<input type="checkbox"/> 新技術紹介（これまでになかった ICT 技術（ハード／ソフト）の紹介） <input checked="" type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介（既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介） <input type="checkbox"/> その他（ ）
工程区分	<input type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input checked="" type="checkbox"/> 施工 <input type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 1	<input checked="" type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 2	<input checked="" type="checkbox"/> 省人・省力化 <input type="checkbox"/> 経済性向上 <input type="checkbox"/> 精度向上 <input type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他（ ）
技術成熟度	<input checked="" type="checkbox"/> 事業化（実績あり） <input checked="" type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他（ ）
<b>①技術概要</b>	
<p>後処理方式高精度測位システム（PPK：Post Processing Kinematic 測位システム）による UAV（以下、GCP レス UAV）を用いることで、高精度な GNSS 計測と同等の精度で測位情報を計測できる技術である。PPK システムは UAV 機体とは別のシステムで構成されており、任意の期待に取り付けできる（写真-1）。PPK を用いた SfM（Structure from Motion）解析の流れを図-1 に示す。従来、UAV 写真測量において、約 3 割の作業時間を占めていた標定点（GCP）の設置・計測作業が不要になる。</p>	
	<ol style="list-style-type: none"> <li>① UAVによる飛行・撮影</li> <li>② 後処理解析</li> <li>③ 写真＋測位情報によるSfM解析 （標定点データ不要）</li> <li>④ 点群データの出力</li> </ol>
写真-1 PPK システムを搭載した UAV	図-1 PPK による SfM 解析の流れ
<b>②工事適用例，デモンストレーション事例</b>	
<p>【実証実験】GCP レス UAV の精度を検証するため、約 9,000m<sup>2</sup> の範囲を地形測量し、GNSS ローバーで計測した検証点（7か所）との差異を比較した。精度の検証方法は、UAV の出来形管理要領に定められている方法を用いた。まず、現場内に検証点を設置し、その地点での座標値を GNSS ローバーで計測する。そして、SfM 解析による点群データから検証点の座標値を取得し、両者の差分を取った。結果を表-1 に示す。全ての検証点において、両者の差異は最大で 45mm となり、UAV による出来形管理要領（土工編）で求められる計測精度（±50mm 以内）に収まる値であった。</p>	

表-1 地上画素寸法による精度検証の結果

測点	地上画素寸法 1 c m			判定	地上画素寸法 2 c m			判定
	d x	d y	d z		d x	d y	d z	
T1	-0.028	0.014	0.043	○	-0.025	0.002	0.033	○
T2	-0.025	-0.003	0.045	○	-0.021	-0.007	0.044	○
T3	-0.026	0.006	-0.004	○	-0.023	-0.006	-0.018	○
T4	-0.012	-0.003	0.026	○	-0.006	-0.020	0.021	○
T5	-0.008	-0.007	0.015	○	-0.009	-0.02	-0.001	○
T6	-0.010	-0.002	0.026	○	-0.008	-0.016	0.012	○
T7	0.001	0.018	0.017	○	-0.003	0.002	0	○

※既知点座標は GNSS ローバーにて計測した

③優れている点、課題、今後の期待など

UAV による写真測量に不可欠であった GCP を設置しなくても、精度の高い測量ができるため、生産性が向上すると考えられる。特に災害復旧工事においては GCP を設置することが困難な場合が多いので、迅速に地形や搬出すべき土砂の量の把握するためのツールとして活用できる。

④公開情報

SkyLink 社の PPK 測位に関する HP

[https://www.skylinkjapan.com/klau\\_ppk.html](https://www.skylinkjapan.com/klau_ppk.html)

⑤連絡先

㈱大林組 土木本部生産技術本部 技術第二部 望月

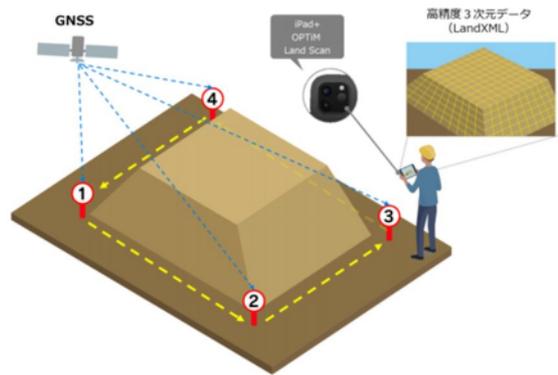
TEL : 03-5769-1302

E-mail : [mochizuki.katsunori@obayashi.co.jp](mailto:mochizuki.katsunori@obayashi.co.jp)

B-23	<b>ipad pro 搭載「LiDAR センサー」を活用した 3次元測量</b>
開発／活用者	株式会社オプティム（松尾建設株式会社と提携）
キーワード	LiDAR センサー、3次元データ、ipad
報告区分	<input checked="" type="checkbox"/> 新技術紹介（これまでになかった ICT 技術（ハード／ソフト）の紹介） <input type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介（既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介） <input type="checkbox"/> その他（ ）
工程区分	<input checked="" type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input checked="" type="checkbox"/> 施工 <input checked="" type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 1	<input checked="" type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 2	<input checked="" type="checkbox"/> 省人・省力化 <input checked="" type="checkbox"/> 経済性向上 <input type="checkbox"/> 精度向上 <input checked="" type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他（ ）
技術成熟度	<input checked="" type="checkbox"/> 事業化（実績あり） <input type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他（ ）

①技術概要

iPad Pro 2020 年モデルで土構造物等の測量対象をスキャンすることで、土木現場で求められる 3次元データを生成可能なアプリケーションである。ドローンやレーザースキャナなどの利用が難しい小規模現場での利用を想定されており、従来の光波測量と比較すると「測量時間を最大 6 割削減可能」とされている。測量には専門知識は不要で、一人で測量を行える。測量により取得した 3次元データは LandXML 形式にて出力ができ、点群処理ソフトウェアや CAD ソフトを利用して、横断図の作成など行える。



(使用するデバイス)

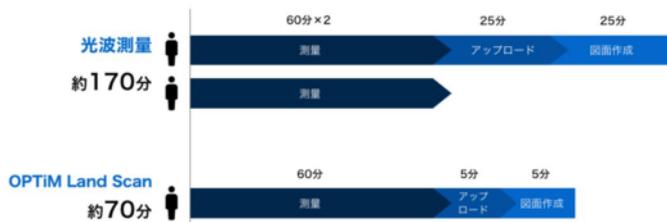


## ②工事適用例, デモンストレーション事例

オプティムにて800m<sup>2</sup>の現場を想定した従来測量との作業時間の比較が示されている。

利用頻度の高い光波測量と比較すると、測量作業時間を最大60%削減、さらにドローンやレーザースキャナと比較し、作業コストを最大80%以上削減可能となった。

OPTiM LAND SCANと光波測量との比較における時間の短縮例



### <測量・活用方法>



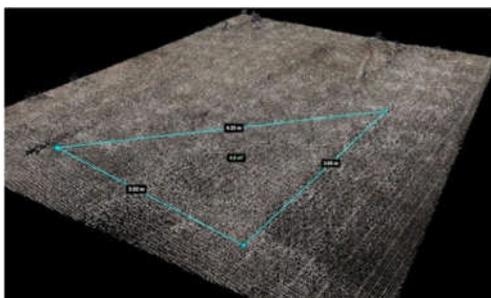
① 地上に「RWP」という2周波 RTK センチメートル級 GNSS 受信機を設置



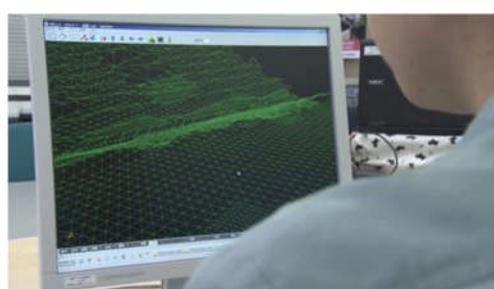
② iPhoneなどでRWPを写し込み、公共座標系による点を追加



③ iPhoneなどで盛土などを点群測定



④-1 計測した点群データを用いスマホ上で寸法測定



④-2 計測した点群データを用いPCに読み込みBIM/CIMソフトで活用

※法面崩落現場での3次元測量を行った実績あり。

### ③優れている点, 課題, 今後の期待など

簡易に3次元測量が行えることで、法面崩壊等の被災現場の状況を迅速に把握できるようになれば、災害復旧の効率化につながるものと考えます。

### ④公開情報

オプティム HP <https://www.optim.co.jp/newsdetail/20200803-pressrelease-01>、特許出願中

### ⑤連絡先

株式会社オプティム 問合せ URL <https://www.optim.co.jp/contact/optim-geo-scan>

B-24	「表層ひずみ棒」を用いた斜面変状簡易モニタリングシステム
開発／活用者	佐藤工業株式会社 技術センター 技術研究所
キーワード	土砂崩壊、斜面変状予測、せん断ひずみ、簡易計測、崩壊予測
報告区分	<input type="checkbox"/> 新技術紹介（これまでになかった ICT 技術（ハード／ソフト）の紹介） <input checked="" type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介（既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介） <input type="checkbox"/> その他（ ）
工程区分	<input type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input checked="" type="checkbox"/> 施工 <input type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 1	<input checked="" type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 2	<input type="checkbox"/> 省人・省力化 <input type="checkbox"/> 経済性向上 <input type="checkbox"/> 精度向上 <input checked="" type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他（ ）
技術成熟度	<input type="checkbox"/> 事業化（実績あり） <input type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input checked="" type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他（ ）

### ①技術概要

独立行政法人労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所より開発された「表層ひずみ棒」を用いた斜面ひずみ簡易モニタリングシステムは、斜面の浅い部分のせん断ひずみを計測することにより斜面崩壊の予兆を把握し、斜面工事時の土砂崩壊の危険性を予測するシステムである。計測データは無線通信で送信されるため、タブレット端末により土砂崩壊の危険性をリアルタイムに把握することができる。

### ②事適用例，デモンストレーション事例

#### 事例：実地盤での斜面モニタリング計測事例

施工現場では、煩わしくなく簡易に安全対策が出来ることが重要である。また、切土施工時の土砂崩壊は、目視では確認出来ない斜面の変形挙動を把握することがより早く事故を未然に防ぐことに繋がる。斜面ひずみ簡易モニタリングシステムでは、計測器（表層ひずみ棒）はハンドドリルを用いて一人で簡易に設置できるほか、人の目では分からない斜面の浅い部分の微少なせん断ひずみをワイヤレス通信でリアルタイムに iPad 等のタブレット上で数値とグラフを確認することができる。

設置個所の地盤変状（せん断ひずみ速度）が大きくなると、2段階の危険警報判定閾値より画面上に土砂崩壊の危険性を通知する。



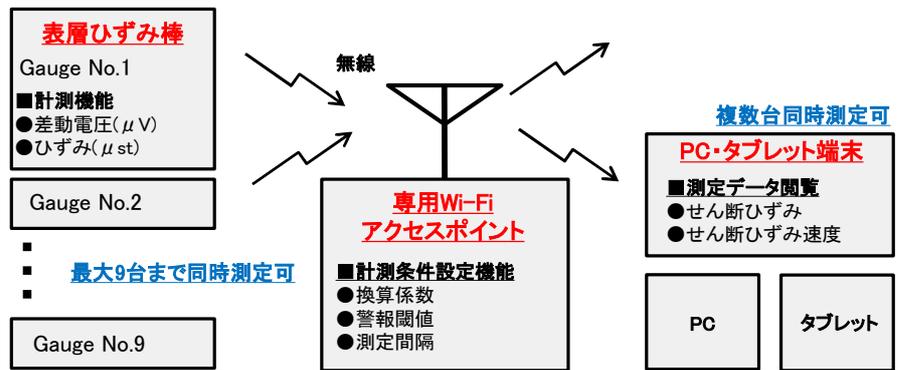


③優れている点、課題、今後の期待など

従来の土砂崩壊の簡易危険判定システムを用いた斜面崩壊予測は、「表層ひずみ棒」を用いて簡易に土砂崩壊の予兆を把握し、いち早く斜面崩壊の危険性を警報器により周囲に知らせることが目的であった。本モニタリングシステムを用いることで、斜面崩壊の進行程度を数値的に把握することが出来、切土施工時の斜面崩壊の危険性をより正確に把握出来るようになった。

ただし、本計測システムは、一般に使用されている Wi-Fi 通信を用いて通信を行うため、周辺の環境や障害物に影響され、利用可能範囲は 50m 程度である。

今後は、安定した計測が出来るようデータ通信システムを改良するほか、斜面変状と関係性のある降雨量や地下水位などの他の計測機能を追加し、より正確に危険予知ができるようシステムの改良が期待される。



④公開情報

佐藤工業技術研究所報 (2020)

⑤連絡先

佐藤工業株式会社 技術センター 土木研究部 (担当: 永尾)

TEL : 029-817-5100

E-mail : [Nagao@satokogyo.co.jp](mailto:Nagao@satokogyo.co.jp)

**点検・維持管理**  
**C-1～C-18**

C-1	落石管理システム
開発/活用者	ジェイアール西日本コンサルタンツ(株)
キーワード	落石、加速度センサー、遠隔監視
報告区分	<input type="checkbox"/> 新技術紹介（これまでになかった ICT 技術（ハード/ソフト）の紹介） <input checked="" type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介（既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介） <input type="checkbox"/> その他（ ）
工程区分	<input type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input type="checkbox"/> 施工 <input checked="" type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 1	<input checked="" type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 2	<input checked="" type="checkbox"/> 省人・省力化 <input type="checkbox"/> 経済性向上 <input type="checkbox"/> 精度向上 <input checked="" type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他（ ）
技術成熟度	<input checked="" type="checkbox"/> 事業化（実績あり） <input type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他（ ）
①技術概要	
<p>鉄道沿線の斜面に存在し、落下危険性の高い岩石の個々に加速度センサー（図 1）を付け（図 2）、遠隔で岩石の状態を監視する「落石管理システム（異常把握 IoT サービス）」である。地震や大雨の際の危険な斜面の巡回や点検の手間の省力化が可能となり、広域的な岩石の状態を常時把握することができる。</p>	
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>図 1 加速度センサー</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>図 2 岩石へのセンサー取り付け事例</p> </div> </div>	
②工事適用例, デモンストレーション事例	
<p>・鉄道沿線での実証実験（2017年12月～）</p> <p>大小合わせて6個の岩石にボンドを使用してセンサー取り付けを行い、センサーの状態をウェブコンテンツで確認できるようにした。システムは安定して稼働しており、異常検知時には、現地確認の結果、岩石の傾斜や落下が確認された。</p>	
③優れている点, 課題, 今後の期待など	
<p>本システムを導入することで、点検者が岩石にセンサーを設置するという簡易な作業により、岩石の状態監視が可能となる（図3）。鉄道では、特に線路から離れた場所の岩石の管理において有効であると考えられる。また、岩石の管理だけでなく、変状のみられる斜面や盛土の常時監視などにも活用できるものと考えられる。</p>	



図 3 センサー俯瞰状況

#### ④公開情報

(文献)

中山忠雅, 向井雅俊: 落石管理システム(異常把握 IoT サービス)の開発, JREA Vol.62 No.6, pp.43201-43204, 2019

(HP)

ジェイアール西日本コンサルタンツ株式会社: 異常把握 IoT サービス, <https://jrnc-it.com/slims/>

(NETIS)

登録番号: KK-210072-A (異常把握 IoT サービス)

#### ⑤連絡先

ジェイアール西日本コンサルタンツ株式会社 IT システムデザイン部

担当: 小野、向井

TEL: 06-6303-6981、Mail: [info@jrnc-it.com](mailto:info@jrnc-it.com)、HP: <https://jrnc-it.com/slims/>

C-2	<b>アンカー荷重計の補修再生技術 (G-REP)</b>
開発/活用者	西日本高速道路エンジニアリング中国株式会社 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋株式会社 株式会社東横エルメス
キーワード	グラウンドアンカー、荷重計、歪ゲージ
報告区分	<input checked="" type="checkbox"/> 新技術紹介（これまでになかった ICT 技術（ハード/ソフト）の紹介） <input type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介（既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介） <input type="checkbox"/> その他（ ）
工程区分	<input checked="" type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input type="checkbox"/> 施工 <input checked="" type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 1	<input checked="" type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 2	<input checked="" type="checkbox"/> 省人・省力化 <input checked="" type="checkbox"/> 経済性向上 <input checked="" type="checkbox"/> 精度向上 <input checked="" type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他（ ）
技術成熟度	<input checked="" type="checkbox"/> 事業化（実績あり） <input type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他（ ）

### ①技術概要

- ・グラウンドアンカーの荷重計を用いた残存緊張力測定に関して、経年劣化や故障により計測不能となった荷重計を除荷することなく、緊張力を保持したまま補修再生する技術
- ・既設荷重計内部の歪ゲージを新たに取り換えることにより補修再生が可能
- ・従来の新たな荷重計への取り換えや追加設置と比較し、大規模な足場や大型機材を使用した一時的な荷重除荷作業が不要となり、安全性及び省力化と経済性向上が可能
- ・圧縮力により変形する起歪体が内部にある歪ゲージ式荷重計で、起歪体が外筒で保護されているタイプと露出しているタイプの 2 種類に対応（図-1）



図-1 歪ゲージ式アンカー荷重計の補修再生方法

## ②工事適用例、デモンストレーション事例



図-2 現場での補修再生方法実施状況

- ・グラウンドアンカーの採用実績が多い高速道路での実施状況（図-2）、現地作業は歪ゲージの貼替えのみで作業時間は2時間程度
- ・実際の現場の状態を再現した試験機での精度比較から、本技術で補修再生した制度は±5%以内であることが確認されている（図-3）

本技術で補修再生した精度は、**±5%以内**



精度検証実験状況

載荷荷重 (ジャッキ荷重) (kN)	新品荷重計 既設歪ゲージ (kN) $\alpha$	本技術 補修荷重計 新設歪ゲージ (kN)	
		$\beta$	$\beta/\alpha$
750.7	750.7	750.7	100.0%
799.9	791.4	791.4	100.0%
849.1	838.5	832.1	99.2%
900.9	888.8	874.4	98.4%
949.6	931.0	911.1	97.9%
999.8	974.1	947.8	97.3%
950.6	944.6	917.5	97.1%
901.4	899.1	875.2	97.3%
850.6	852.0	830.5	97.5%
793.7	797.8	780.2	97.8%
746.5	757.1	742.7	98.1%
702.5	715.6	702.8	98.2%
641.9	660.5	652.5	98.8%
602.5	623.8	616.6	98.8%
546.5	571.2	568.0	99.4%
497.3	540.8	539.2	99.7%
$\beta/\alpha$ は全て5%以内であることを確認		$\beta/\alpha$ 平均	98.5%

図-3 精度検証実施状況

## ③優れている点、課題、今後の期待など

- ・施工事例が増加を続けるグラウンドアンカーの維持管理は、今後需要が見込まれる分野
- ・荷重計の耐用年数は一般的に5~10年といわれており、取り換え・新規設置と比較して安全で大幅な省力化・経済性の向上が期待できる。

## ④公開情報

発表論文：有本行秀，川波敏博，金子雅博，山崎充：アンカー荷重計の補修再生技術の開発ー補正係数，接着方法の決定と現場での精度検証ー，地盤と建設 Vol.38 No.1 pp.27-37 2020，2020.12

特許：第 6977941 号（発明の名称：アンカー荷重計の補修再生方法）

## ⑤連絡先

西日本高速道路エンジニアリング中国株式会社

〒733-0037 広島市西区西観音町 2-1, TEL : 082-532-1411, FAX : 082-532-8058

C-3	<b>LPWA を利用したセンサボックスによる斜面監視</b>
開発／活用者	西松建設株式会社／株式会社 KANSO テクノス
キーワード	LPWA、リアルタイム
報告区分	<input type="checkbox"/> 新技術紹介（これまでになかった ICT 技術（ハード／ソフト）の紹介） <input checked="" type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介（既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介） <input type="checkbox"/> その他（ ）
工程区分	<input type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input type="checkbox"/> 施工 <input checked="" type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 1	<input checked="" type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 2	<input checked="" type="checkbox"/> 省人・省力化 <input checked="" type="checkbox"/> 経済性向上 <input type="checkbox"/> 精度向上 <input checked="" type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他（ ）
技術成熟度	<input checked="" type="checkbox"/> 事業化（実績あり） <input type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他（ ）

### ①技術概要

ばらまき型のセンサボックスによる変状監視クラウドシステムで、三軸の傾斜感知（精度 0.1°）や衝撃感知、センサ内温度、GPS による位置の確認が可能である。センサボックスを設置し、電源を ON にするだけで計測を開始し、計測データは LPWA（sigfox）によりクラウドに集約され、インターネット環境下で閲覧可能である。



センサー本体



システム概要

### ②工事適用例，デモンストレーション事例

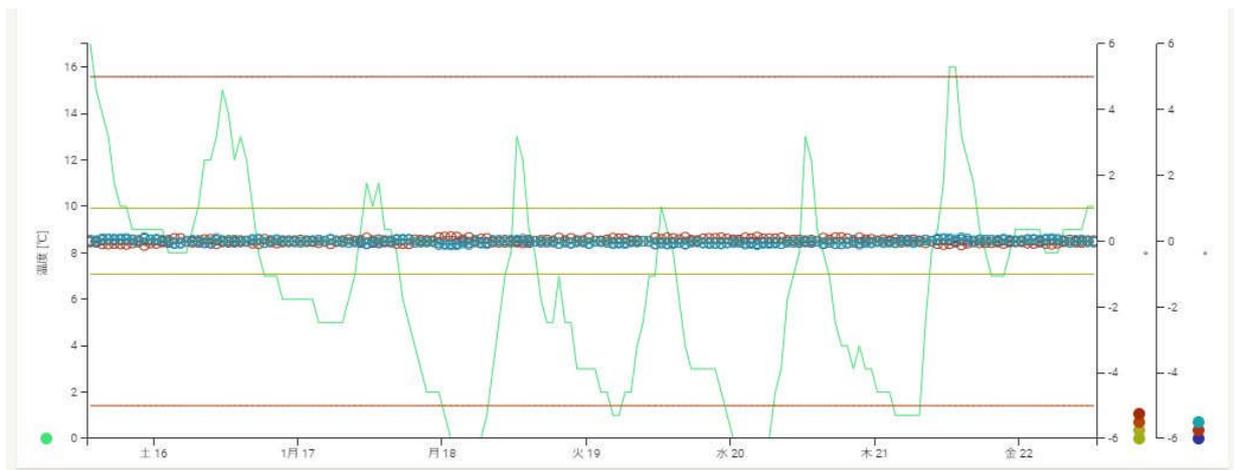
ダム周辺斜面など複数地点で試行し、設置・設定のしやすさ、通信状況、気象の影響等を確認し、2021 年 10 月で計測を無事終了した。



設置事例 1



設置事例 2



計測データ例（傾斜角度と温度変化をグラフ化）

③優れている点，課題，今後の期待など

軽量コンパクトで設置が容易である。

専用ソフトが不要なクラウドシステムであり、管理しやすい。

広域を概略的に把握することが可能である。

LPWA (sigfox) 利用により通信コストを低減できる (sigfox エリア外では別途ルーターのレンタルが必要)。

電池交換不可であり、約2年で機器自体の交換が必要となる。

測定開始時刻を指定できるとよい (現状は電源 ON 時刻からの等間隔インターバルとなる)。

④公開情報

<https://www.nishimatsu.co.jp/solution/okippa104/>

NETIS 登録番号：KT-190097-A

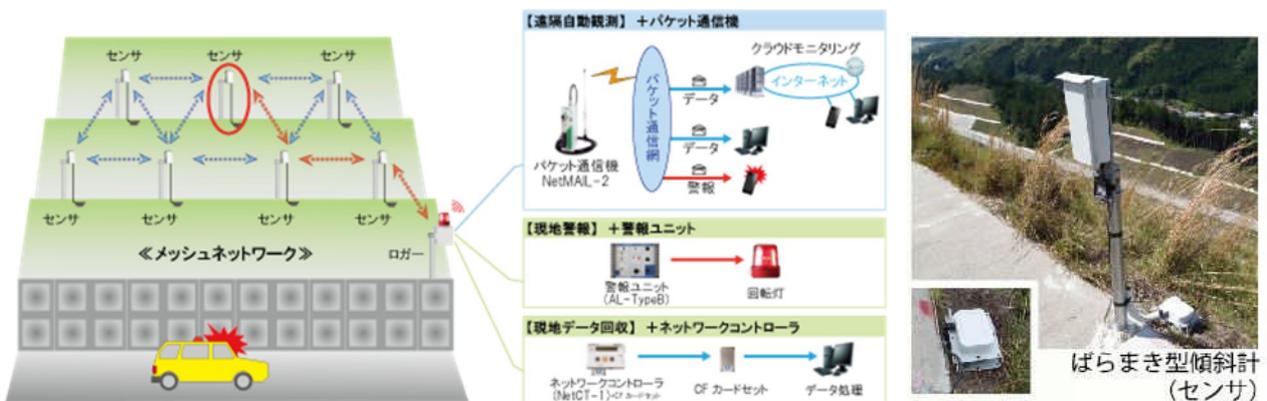
⑤連絡先

西松建設株式会社 環境・エネルギー事業統括部 <https://www.nishimatsu.co.jp/solution/okippa104/>

C-4	ばらまき型傾斜計と Web カメラによる斜面監視
開発／活用者	株式会社オサシ・テクノス（ばらまき型傾斜計）、株式会社 KANSO テクノス
キーワード	LPWA、リアルタイム
報告区分	<input type="checkbox"/> 新技術紹介（これまでになかった ICT 技術（ハード／ソフト）の紹介） <input checked="" type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介（既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介） <input type="checkbox"/> その他（ ）
工程区分	<input type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input type="checkbox"/> 施工 <input checked="" type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 1	<input checked="" type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 2	<input checked="" type="checkbox"/> 省人・省力化 <input checked="" type="checkbox"/> 経済性向上 <input type="checkbox"/> 精度向上 <input checked="" type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他（ ）
技術成熟度	<input checked="" type="checkbox"/> 事業化（実績あり） <input type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他（ ）

①技術概要

斜面に複数設置した地表面傾斜計（2 軸、精度 0.2°）により、斜面の変状を面的にとらえる地表面傾斜計である。設置したセンサーをメッシュ型無線で接続することで通信障害に対応する。計測データはパケット通信により、クラウドに集約され、インターネット環境で閲覧可能である。設置箇所が人がほとんど立ち入らない場所の場合、現地状況を把握するため、Web カメラ（赤外線）との併用も可能である。



計測システム概要

センサー設置例（吹付法面）



センサー設置例（自然斜面）



Web カメラ例（赤外線対応）

## ②工事適用例, デモンストレーション事例

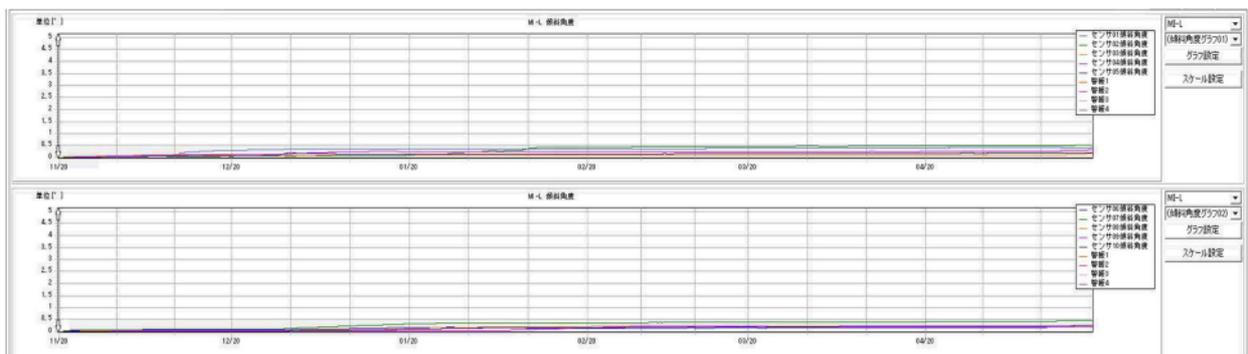
電力施設周辺斜面（自然斜面、吹付斜面）などで試行し、通信状況、気象の影響等を確認し、2021年1月で計測を無事終了した。



センサー設置事例



カメラ設置事例



計測データ例（傾斜角度をグラフ化）

## ③優れている点, 課題, 今後の期待など

ロガー1台で20台管理でき、広域を概略的に把握することが可能である。測定インターバル1時間の場合、約1年で電池交換し、継続利用可能である。ソーラーパネル設置により電池交換作業の低減が可能である。

センサーは小型であるが、無線部と接続して使用するため、単管等での立ち上げが必要となる。

現在、LPWA利用できるよう改良中であり、今後小型化や省電力化、通信費低減が見込まれる。LPWA利用のIoT水位計は実用化済みである。

Webカメラは夜間監視も可能であるが、データ容量等の関係からデータ保存はしていない。さかのぼってデータ確認したい場合には、低価格で大通信量対応の録画システムが望まれる。

## ④公開情報

<http://www.osasi.co.jp/products/item/detail/95>

NETIS 登録番号：SK-160012-VE

## ⑤連絡先

株式会社オサシ・テクノス <https://www.osasi.co.jp/>

株式会社KANSOテクノス 土木技術部 <http://www.kanso.co.jp/>

C-5	構造物の3次元モデル化
開発/活用者	(公財) 鉄道総合技術研究所
キーワード	目視検査、ウェアラブルカメラ、SfM、三次元化
報告区分	<input type="checkbox"/> 新技術紹介 (これまでになかった ICT 技術 (ハード/ソフト) の紹介) <input checked="" type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介 (既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介) <input type="checkbox"/> その他 ( )
工程区分	<input type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input type="checkbox"/> 施工 <input checked="" type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他 ( )
効果区分1	<input checked="" type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他 ( )
効果区分2	<input checked="" type="checkbox"/> 省人・省力化 <input type="checkbox"/> 経済性向上 <input checked="" type="checkbox"/> 精度向上 <input type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他 ( )
技術成熟度	<input type="checkbox"/> 事業化 (実績あり) <input type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input checked="" type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他 ( )

①技術概要

ウェアラブルカメラで撮影した写真から、SfM 技術 (多数の視点をもつ写真群から、対象物の形状を三次元の点群情報として再現する技術) (図 1) を用いてコンピュータ上に検査対象の構造物を三次元モデルとして再現することができるシステム (図 2)。鉄道構造物の目視検査において、検査時に人が目視したすべての情報を手間なく三次元モデルとして残すことができ、必要箇所をあらゆる角度・距離から瞬時に見返すことができるものである。

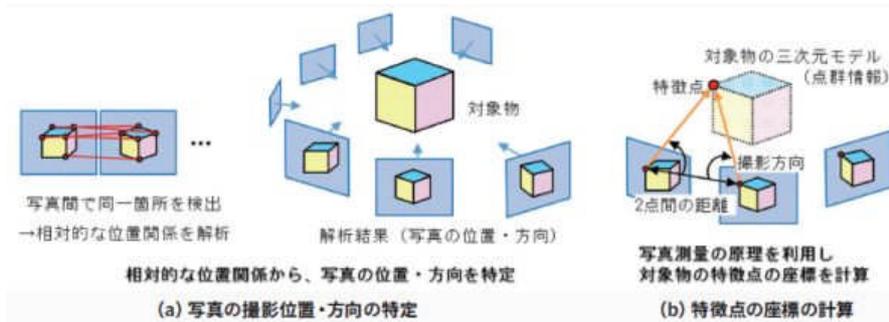


図 1 SfM による三次元モデルの生成方法



図 2 目視検査時の写真撮影と再現した三次元モデル

## ②工事適用例, デモンストレーション事例

現段階ではなし

## ③優れている点、課題、今後の期待など

- ・複数の三次元モデルを比較することができるツールがあり、構造物の時系列変化を追うことができる。また、目視では気づきにくい変状の発生等にも容易に気付くことができる (図3)。

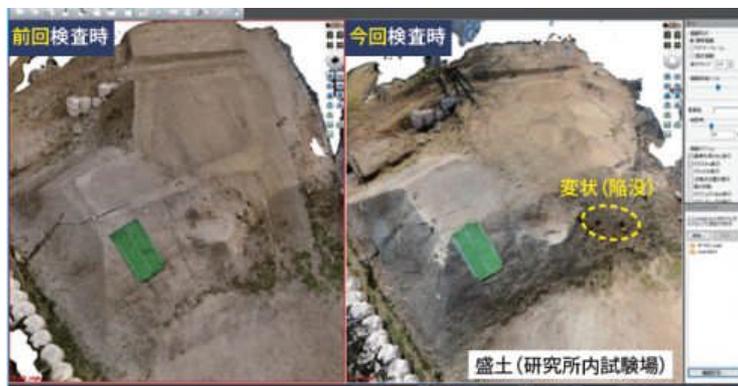


図3 複数の三次元モデルを比べる機能

- ・撮影した写真を特段整理することなく、見たい箇所の写真を三次元モデル上で簡単に検索できるため、撮影にかかる手間や検査後の整理作業を削減できる (図4)。



図4 任意の箇所の写真の検索機能

- ・今後の期待として、検査員の目の動きを捉える機能が追加されれば、熟練技術者の視点を若手技術者に的確に伝承することができるものと考えられる。

## ④公開情報

小林裕介, 宮本祐輔, 笠原康平, 内藤直人, 向嶋宏記, 神馬和歌子: 構造物の三次元モデル化により目視検査を支援する, RRR Vol.77, pp.8-11, 2020.9

## ⑤連絡先

公益財団法人鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 鋼・複合構造

小林 裕介

TEL : 042-573-7280, Mail : kobayashi.yusuke.22@rtri.or.jp

C-6	点検特化ドローン
開発/活用者	Skydio / 株式会社ジャパン・インフラ・ウェイマーク
キーワード	ドローン、点検
報告区分	<input type="checkbox"/> 新技術紹介（これまでになかった ICT 技術（ハード/ソフト）の紹介） <input checked="" type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介（既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介） <input type="checkbox"/> その他（ ）
工程区分	<input checked="" type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input type="checkbox"/> 施工 <input checked="" type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 1	<input checked="" type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input checked="" type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 2	<input checked="" type="checkbox"/> 省人・省力化 <input checked="" type="checkbox"/> 経済性向上 <input type="checkbox"/> 精度向上 <input checked="" type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他（ ）
技術成熟度	<input checked="" type="checkbox"/> 事業化（実績あり） <input type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他（ ）

### ①技術概要

ドローン搭載の 6 つのセンサーカメラが 360 度周囲を撮影。その映像を AI で解析して周囲の状況を確認して障害物を避けることができる。GPS の届きにくい橋梁下や電磁波が発生する高圧鉄塔周辺においても安定した飛行が可能となる。

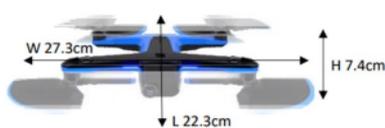
1m の狭隘部への進入が可能であり、通常のドローンでは、進入出来ない橋梁下のトラス部分に進入し、撮影ができる。4K1200 万画素の記録カメラが真上を向くので、従来の小型ドローンでは撮影の難しかった橋梁下の天井部などの撮影も簡単に行える。

障害物を自動的に回避する機能を有することから、桁間、トラス部材間、フランジ上面、支承付近など、塗装剥がれやひびわれ、腐食具合などを撮影することができる。

#### ■外観



#### ■サイズ



#### ■機体上面（ケース収納時）

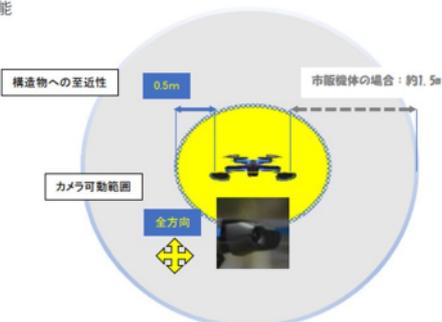


#### ■機体底面



【凡例】 ● 魚眼カメラ

#### ■狭小部への進入性能



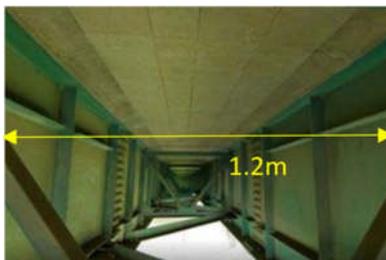
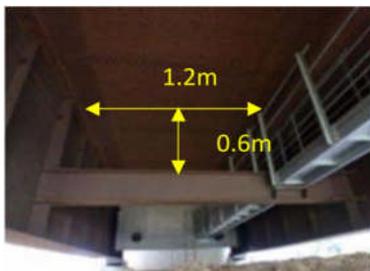
飛行時間	23分
最大速度	58km (36mph)
カメラ	4K 1,200万画素
サイズ(L×W×H)mm	223×273×74
重量	775g
最大通信距離	200m
位置補正	GPS+VIO+SLAM
最大風速抵抗	約10メートル
障害物検知	全方向（魚眼レンズ×上下6）
動作温度範囲	-5度 ~ 40度

## ②工事適用例, デモンストレーション事例

橋梁点検、法面点検、鉄橋点検等に活用されている。

### ◆狭小新入可能性能の検証

1.2m 幅の狭小部への侵入を確認。



(条件)

風速：3m/s

最大可動範囲：操作場所からの最大距離 200m(狭小部侵入による電波の回り込みを含む)

### ◆計測精度

- ひび割れ幅計測精度：検出可能な最小ひびわれ幅 0.05mm

【照度 253.2lx 時】

ひびわれ幅 0.05mm 計測精度 0.096mm

ひびわれ幅 0.1mm 計測精度 0.17mm

ひびわれ幅 0.2mm 計測精度 0.13mm

ひびわれ幅 0.3mm 計測精度 0.14mm

ひびわれ幅 1.0mm 計測精度 0mm

- 長さ計測精度

【照度 16000lx 時】

0.03% (相対誤差)

- 位置精度

【照度 16000lx 時】

水平方向：1mm (絶対誤差) 鉛直方向：1mm (絶対誤差)

## ③優れている点, 課題, 今後の期待など

障害物を避けて飛行ができるため、木々が密集する山地部における危険箇所（落石、崩壊地）の状況把握等に広く役立つものとする。

飛行時間が 23 分(カタログ値)であり、より長時間となれば、高標高部までの調査が可能となる。

## ④公開情報

ジャパン・インフラ・ウェイマーク HP <https://www.jiw.co.jp/>

レンタルサービスあり <https://www.jiw.co.jp/rental/>

動画資料 <https://youtu.be/4AKBFFrvDA>

## ⑤連絡先

株式会社ジャパン・インフラ・ウェイマーク 問合せ URL <https://www.jiw.co.jp/contact/>

C-7	3次元点群データによる堤防整備の見える化
開発／活用者	株式会社建設技術研究所
キーワード	堤防管理、3次元データ、CIMモデル
報告区分	<input type="checkbox"/> 新技術紹介（これまでになかったICT技術（ハード／ソフト）の紹介） <input checked="" type="checkbox"/> ICT活用事例紹介（既存のICT機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介） <input type="checkbox"/> その他（ ）
工程区分	<input type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input type="checkbox"/> 施工 <input checked="" type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分1	<input type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input checked="" type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input checked="" type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分2	<input type="checkbox"/> 省人・省力化 <input type="checkbox"/> 経済性向上 <input checked="" type="checkbox"/> 精度向上 <input type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他（ ）
技術成熟度	<input checked="" type="checkbox"/> 事業化（実績あり） <input type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他（ ）

①技術概要

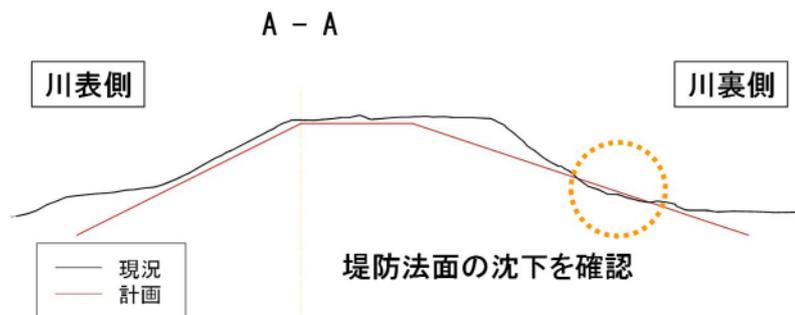
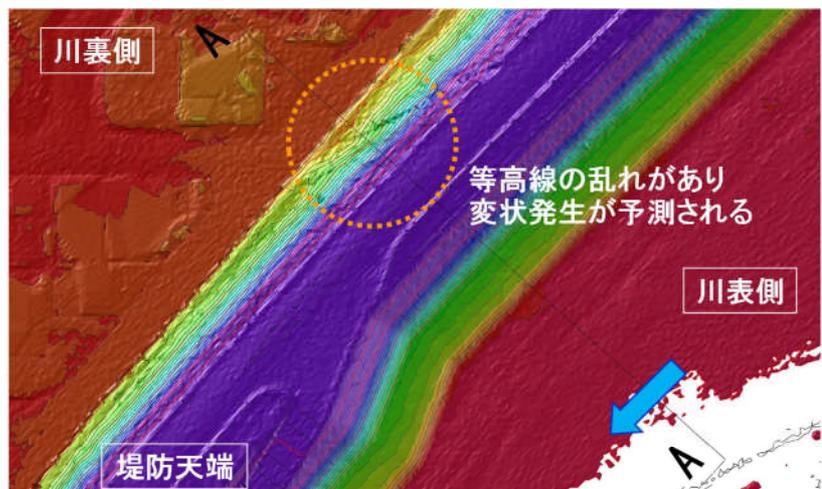
UAV やレーザスキャナ等の ICT 技術により得られる 3 次元データを活用して、堤防の変状や未整備箇所の可視化を行い、要監視箇所等の選定に活用する。

②工事適用例，デモンストレーション事例

■堤防変状の確認例

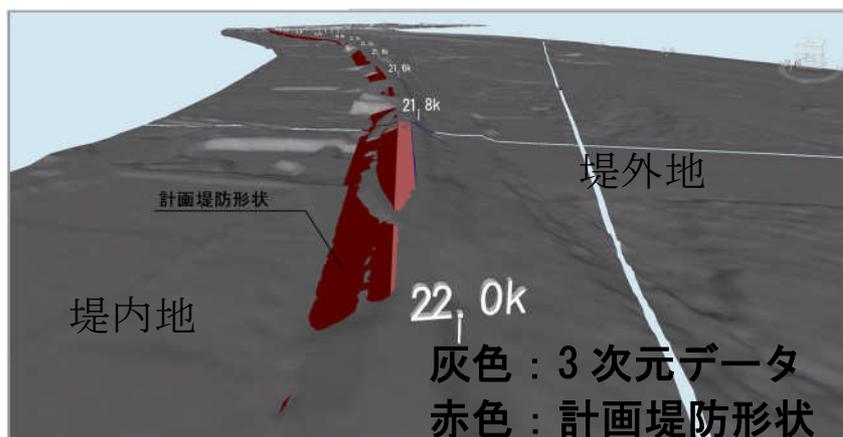
3次元データを用いて堤防部の形状を把握するため段彩図（等高線図）を作成し、変状箇所を確認する。変状の確認は、盛土構造物のため本来では均一であるはずの等高線に乱れが生じている場所を確認し、該当箇所での堤防形状を確認する。

右図では、堤防法尻部で沈下現象を確認できた。



### ■堤防断面積や高さ不足箇所の確認例

3次元データを用いて堤防部の形状を3次元CADにより可視化する。そのCAD図に計画堤防形状を重ね合わせて、堤防断面積や高さや不足箇所を可視化できる。



### ③優れている点，課題，今後の期待など

堤防は、土堤を原則とした構造物である。降雨や洪水流の浸透、地震、振動などにより沈下やすべりなどが生じることがある。これらの変状を確認するために巡視員の目視による定期的な点検が行われている。しかし、微小な変化は見逃しがちであり、UAVやレーザスキャナ等のICT技術により得られる3次元データを活用して、CIMモデルを構築し、段彩図などにより微小な変状を確認できる。

また、3次元データと計画堤防形状の重ね合わせにより、堤防断面積や堤防高さ不足箇所を把握でき、異常洪水時に越水が生じやすい箇所や堤防の弱部を可視化できる。このことから堤防管理における要注意箇所の選定を容易にし、今後、巡視員の高齢化に伴う人材不足を補完することが期待できる。

### ④公開情報

なし

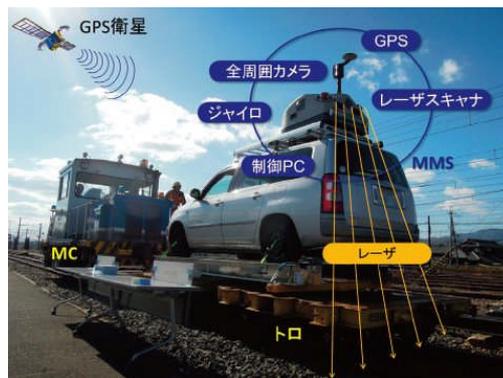
### ⑤連絡先

株式会社 建設技術研究所 大阪本社 河川部 TEL:06-6206-5555

C-8	<b>MMS 技術の鉄道分野への応用</b>
開発／活用者	西日本旅客鉄道株式会社
キーワード	MMS、鉄道、モニタリング
報告区分	<input type="checkbox"/> 新技術紹介（これまでになかった ICT 技術（ハード／ソフト）の紹介） <input checked="" type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介（既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介） <input type="checkbox"/> その他（ ）
工程区分	<input checked="" type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input type="checkbox"/> 施工 <input checked="" type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 1	<input checked="" type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 2	<input checked="" type="checkbox"/> 省人・省力化 <input type="checkbox"/> 経済性向上 <input type="checkbox"/> 精度向上 <input type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他（ ）
技術成熟度	<input type="checkbox"/> 事業化（実績あり） <input checked="" type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他（ ）

### ①技術概要

道路分野で普及している MMS（※）技術を鉄道分野に応用したもので、線路上を走行しながら鉄道および周辺設備の 3 次元位置情報を取得することができる。



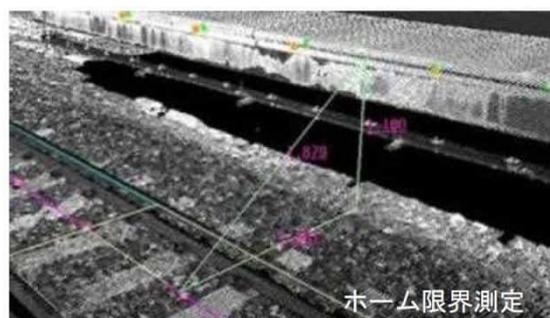
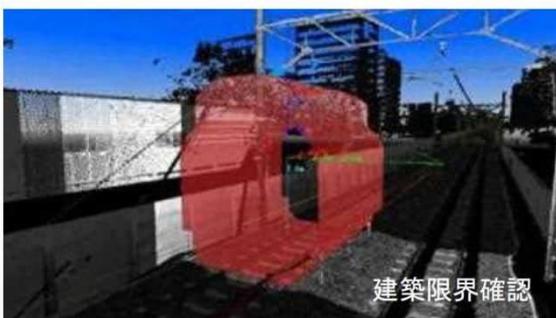
<試験計測の状況>

※MMS（Mobile Mapping System）：レーザスキャナやデジタルカメラなどのセンサ、GNSSなどを組み合わせて車両に搭載し、移動しながら周囲の3次元計測を行う技術。

### ②工事適用例、デモンストレーション事例

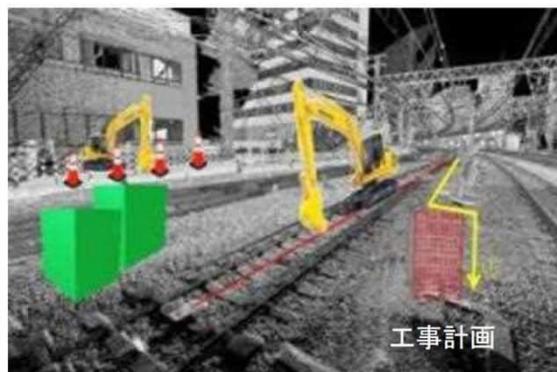
#### 【事例1】：建築限界確認、ホーム限界測定

従来は人手で測っていた建築限界やホーム限界などを車上でそのまま測定するとともに判定の自動化を予定している。



【事例2】：工事に必要な現場調査・測量

現地に行かなくても机上で現場調査や測量が可能となったり、仮想空間での工事計画や安全対策の検討や図面、台帳作成の効率化などが期待できる。



③優れている点，課題，今後の期待など

建築限界確認やホーム離れ・高さの計測といった直接的な測定・判定だけでなく、人間の目視では確認が難しいような設備形状の経年変化も把握できれば、MMS は鉄道設備のモニタリング装置として有用なツールとなる。

④公開情報

JR 西日本 HP (<https://www.westjr.co.jp/company/action/technology/technology/17/>)

JR 西日本 HP ([https://www.westjr.co.jp/press/article/2019/07/page\\_14520.html](https://www.westjr.co.jp/press/article/2019/07/page_14520.html))

C-9	<b>地下埋設物探査装置 DSX</b>
開発／活用者	ライカジオシステムズ株式会社 マシンコントロール&ポジショニング事業本部
キーワード	地下インフラ探査、埋設ケーブル探査、コンクリート内部探査
報告区分	<input checked="" type="checkbox"/> 新技術紹介（これまでになかった ICT 技術（ハード／ソフト）の紹介） <input checked="" type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介（既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介） <input type="checkbox"/> その他（ ）
工程区分	<input checked="" type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input checked="" type="checkbox"/> 施工 <input checked="" type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 1	<input checked="" type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 2	<input checked="" type="checkbox"/> 省人・省力化 <input type="checkbox"/> 経済性向上 <input checked="" type="checkbox"/> 精度向上 <input type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他（ ）
技術成熟度	<input type="checkbox"/> 事業化（実績あり） <input checked="" type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input checked="" type="checkbox"/> その他（海外実績あり）

### ①技術概要

従来の地中探査レーダーは、極めて専門性の高い技術を要したが、この装置は、GNSS 又は自動追尾式トータルステーションとマイクロ波レーダー装置及びソフトウェアの組み合わせにより、特別な技術が無くても地中やコンクリート内に埋設されたインフラ等の 3 次元位置情報を正確に計測することができる。また、計測された地下埋設物等の埋設構造は、付属するソフトウェアによりスピーディーに 3 次元図面化する事が可能となり、さらに計測結果、油圧ショベルの MC/MG システムと共有する事で施工の安全性を確保できる。

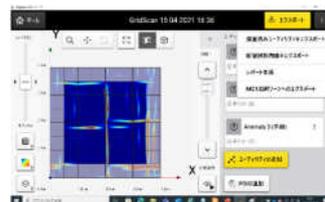
#### システム構成



地下埋設物探査装置 DSX



CT1000 表示タブレット  
(DX Plore ソフトウェア搭載)



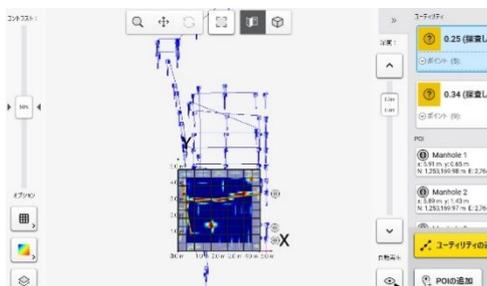
Leica DX Plore（日本語版）

地下インフラ設備用の統合マッピング・ソリューション

## ②工事適用例, デモンストレーション事例

### イタリア、トスカーナ州、ピザ市での事例

地下埋設されているインフラ（上下水道、電気、光ファイバー、ヒューム管等）の維持管理の一環で部分撤去、更新の必要性有無を評価するための掘削工事に先立ち、埋設物の位置、深度を把握した。



工事平面図



作業状況



グリッドスキャン画面

クイックスキャン

## ③優れている点, 課題, 今後の期待など

最大測定深度 2m であるが、2 周波の探査アンテナにより異なる深度にある物体を同時に検知できる。その為、複雑な地下埋設状況も特別な技術なく計測を行うことが可能である。

また、高精度 GNSS や自動追尾トータルステーションとの組み合わせにより装置の位置座標を取得できるので埋設物の 3 次元位置情報を正確に把握でき、地下埋設構造の 3 次元図面を容易に作成できる。汎用の出力フォーマット: DWG や DXF にて出力できるので、AutoCAD 等の CAD ソフトにてデータを読み込み可視化できる。

測定結果は、油圧ショベルのライカ社製 MG・MC システムと共有し、アボイダンスゾーンとして干渉しないように掘削の制御を行う事ができる。

## ④公開情報

<https://leica-geosystems.com/ja-jp/products/detection-systems>

## ⑤連絡先

ライカジシステムズ(株) 〒108-0073 東京都港区三田 1-4-28 三田国際ビル 18F TEL.: 03-6809-3391

C-10	パイプカルバート点検ロボット (Ex-Mole)
開発/活用者	西日本高速道路エンジニアリング中国株式会社
キーワード	盛土、パイプカルバート、調査ロボット、レーザスキャナ
報告区分	<input checked="" type="checkbox"/> 新技術紹介 (これまでになかった ICT 技術 (ハード/ソフト) の紹介) <input type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介 (既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介) <input type="checkbox"/> その他 ( )
工程区分	<input type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input type="checkbox"/> 施工 <input checked="" type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他 ( )
効果区分 1	<input checked="" type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input checked="" type="checkbox"/> ロボティクス <input type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他 ( )
効果区分 2	<input checked="" type="checkbox"/> 省人・省力化 <input type="checkbox"/> 経済性向上 <input type="checkbox"/> 精度向上 <input checked="" type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他 ( )
技術成熟度	<input checked="" type="checkbox"/> 事業化 (実績あり) <input type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他 ( )

### ①技術概要

- Ex-Mole (エックス・モール) は盛土を横断するパイプカルバートの内部状況を把握することができる点検ロボットである。
- 360° 高解像度カメラによる遠隔操作が可能で、4輪独立駆動輪・リングサスペンション等を搭載した車体 (図-1) により、波形状の凹凸や砂礫・土砂等堆積物が存在しても走行可能である。
- 移動距離をエンコーダー (モーター回転数から移動量を出力するセンサー) で取得し、距離データを LED 表示板 (図-2) に出力することで、非 GNSS 環境下においても損傷位置を特定できる。
- 2次元のレーザスキャナ (スキャン回数: 10Hz, 視野角 360°) で点群データを取得し、移動距離データを記録時間で照合し 3次元化モデル (図-3) を生成することにより、任意の位置において、図-3 のように断面形状データ示し偏平率が求められる (図-4)

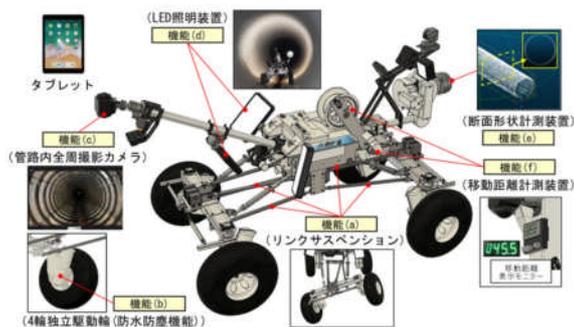


図-1 調査ロボット (Ex-Mole/エックス・モール)



図-2 移動距離計測

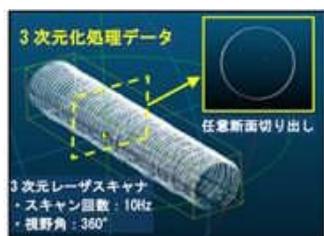


図-3 3次元化モデル

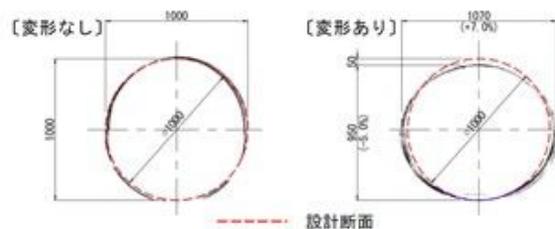


図-4 断面変形量確認データ

## ②工事適用例, デモンストレーション事例



図-5 平成 30 年西日本豪雨災害時の調査状況



図-6 山地部盛土内 CP の管部材腐食状況

- 平成 30 年 7 月の西日本豪雨災害時に、広島呉道路の盛土災害現場において、現場内のコルゲートパイプ（ $\phi 1.5\text{m} \times L=77.6\text{m}$ ）緊急調査に活用された。360°カメラによる管路内撮影画像により、構造的な損傷が無いことが確認され、その後の災害復旧対策方針を決定する上で重要な基礎資料とされた（図-5）
- 図-6 は山地部盛土内で実施された点検の拡大写真であり、波型鋼板やボルトナットに著しい腐食や管底部には断面欠損及び破孔が確認できる。この破孔から流水が管周りに浸入し、裏込材や盛土路体材の流出による管周りの空洞化が懸念されたことから、早期の補修が提案された。

## ③優れている点, 課題, 今後の期待など

- パイプカルバートの点検は、老朽化する管内の狭小性や有毒ガス発生などの危険性から人力による実施は困難を極めているが、本技術の活用により安全な作業が可能となる。
- 凹凸や土砂堆積を想定した車体構成となっており、維持管理や災害現場での活用が可能
- 距離測定機能や 3 次元化モデルの生成など、点検報告書作成を補助する機能を有している。

## ④公開情報

発表論文：角森 尚志, 岡本 淳二：たわみ性パイプカルバート調査におけるロボット技術の研究報告, 第 56 回地盤工学研究発表会 2021, 2021.7

特許：第 6775152 号（発明の名称：無人走行体）

商標登録：6057328

## ⑤連絡先

西日本高速道路エンジニアリング中国株式会社

733-0037 広島市西区西観音町 2-1, TEL : 082-532-1411, FAX : 082-532-8058

C-11	トンネル検査システムによるトンネル内変状調査の効率化
開発/活用者	株式会社アサノ大成基礎エンジニアリング ・ インフラ保全事業部
キーワード	トンネル検査、ラインカメラ、車載システム
報告区分	<input checked="" type="checkbox"/> 新技術紹介（これまでになかった ICT 技術（ハード/ソフト）の紹介） <input type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介（既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介） <input type="checkbox"/> その他（ ）
工程区分	<input type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input type="checkbox"/> 施工 <input checked="" type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 1	<input checked="" type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input checked="" type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 2	<input checked="" type="checkbox"/> 省人・省力化 <input checked="" type="checkbox"/> 経済性向上 <input type="checkbox"/> 精度向上 <input checked="" type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他（ ）
技術成熟度	<input type="checkbox"/> 事業化（実績あり） <input checked="" type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input checked="" type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他（ ）

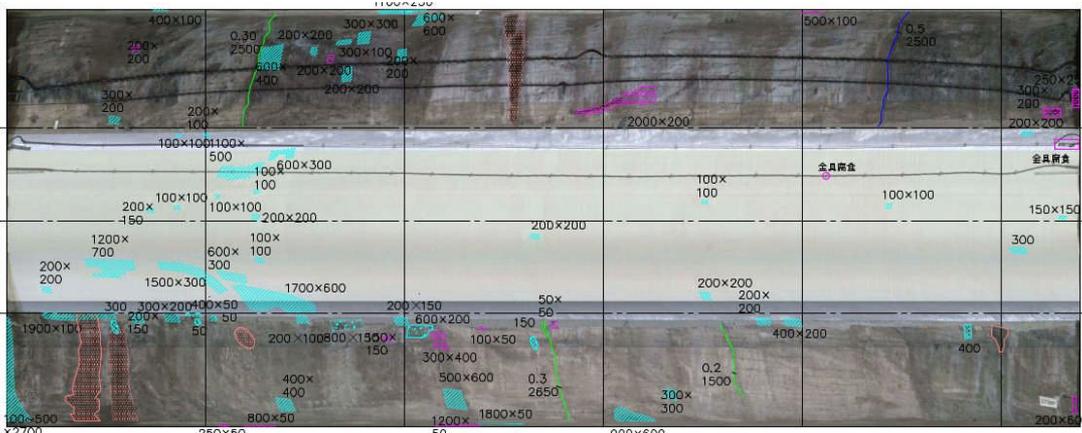
### ①技術概要

鉄道・道路トンネル点検について、弊社が導入したトンネル検査システム「M270」を活用し、MMSD が対応しない領域のトンネル（洞道、延長が短い道路トンネル、小径トンネルなど費用対効果が見込めないトンネル）をターゲットに安価に素早く点検対応することが可能となる。

ラインカメラを複数台設置することで、覆工展開画像を素早く作成することができ、またひび割れを自動検出するソフトと互換性があり 0.2mm以上のひび割れを含め劣化状況を画像上に記録することが可能である。

なお、機材本体は各ユニットに分解でき可搬性に優れ、地下鉄や山奥のケーブルカーが通るトンネル検査にも運搬・適用することができる。

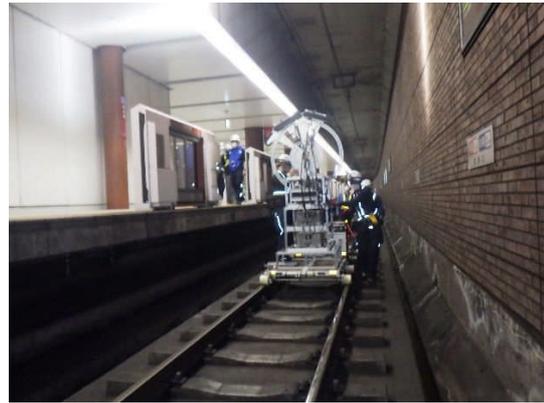
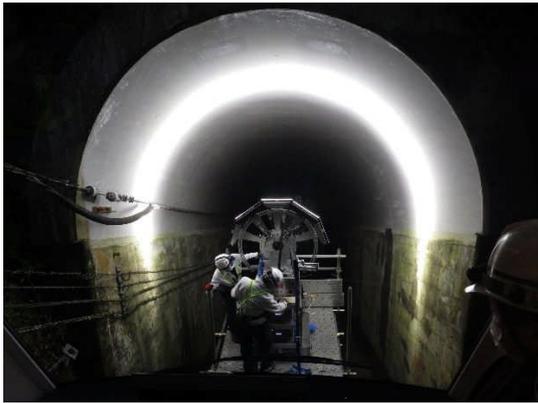
組み立てにおいては 30 分程度で完了し、最大 20km/h の速度で計測可能である。カメラ設置角度を細かく調整できるため、シールド状トンネルはもちろん、ボックスカルバート形状のトンネルにおいても適用することができる。



### ②工事適用例, デモンストレーション事例

某ケーブルカーのトンネル 2 カ所、鉄道トンネル複数

活用実績は現状鉄道トンネルのみだが、足回りをカスタマイズすることにより、道路トンネルはもとより電力もしくは通信系の洞道に適用することが可能と思われる。



### ③優れている点，課題，今後の期待など

展開図を写真で作成が可能であり、視覚的にわかりやすい。また可搬性に優れ、車両の通れない地下空間などにも適用可能。専用ソフトにより写真からひび割れ幅および長さが計測でき、従来の現地作業が大幅に短縮できる。

課題として、断面形状変化点において都度カメラのピント調整を要し、それに時間を割かなければならない。カメラ設置位置、ピント調整等素早くこなせるよう現場技術または本体の改良、もしくはその両方を突き詰めていかなければならない。

今後は技術概要にも記述したように、鉄道トンネルのほか道路トンネル、暗渠や洞道など様々な土木構造物を対象に展開していきたい。

### ④公開情報

弊社HP：<https://www.atk-eng.jp/>

トンネル検査システム販売メーカー：<https://www.kurabo.co.jp/el/infrastructure/tunnel/>

C-12	トンネル覆工コンクリート健全度の AI (人工知能) による自動判定
開発/活用者	応用地質株式会社・メンテナンス事業部
キーワード	打撃応答、トンネル覆工コンクリート、劣化診断
報告区分	<input checked="" type="checkbox"/> 新技術紹介 (これまでになかった ICT 技術 (ハード/ソフト) の紹介) <input type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介 (既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介) <input type="checkbox"/> その他 ( )
工程区分	<input type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input type="checkbox"/> 施工 <input checked="" type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他 ( )
効果区分 1	<input checked="" type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input checked="" type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他 ( )
効果区分 2	<input type="checkbox"/> 省人・省力化 <input type="checkbox"/> 経済性向上 <input checked="" type="checkbox"/> 精度向上 <input type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input checked="" type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他 ( )
技術成熟度	<input type="checkbox"/> 事業化 (実績あり) <input checked="" type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他 ( )

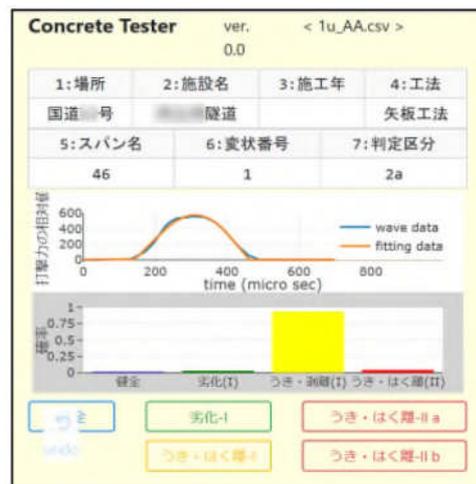
### ①技術概要

トンネルの近接目視点検について、コンクリートハンマーの打撃応答波形の違いを AI による自動判定を用いて、コンクリートの健全度を自動判定する。

### ②工事適用例, デモンストレーション事例



打音調査の様子



自動判定画面

### ③優れている点, 課題, 今後の期待など

熟練した点検技術者が減少していく中で、技術者の技量を問わず現地で客観的な判定を実施することができる。現在は点検者が叩き位置を記録する必要がある。今後、打撃の自動化、覆工打撃位置の自動記録が実施できるようになればと考える。

### ④公開情報

<https://www.oyo.co.jp/services/infrastructure-maintenance/sound-infrastructure-advanced-research-longevity-life-plan/>

[https://www.oyo.co.jp/oyocms\\_hq/wp-content/uploads/2019/07/20190711\\_news-release\\_oyo.pdf](https://www.oyo.co.jp/oyocms_hq/wp-content/uploads/2019/07/20190711_news-release_oyo.pdf)

[https://www.oyo.co.jp/oyocms\\_hq/wp-content/uploads/2020/09/20200910\\_news-release\\_oyo.pdf](https://www.oyo.co.jp/oyocms_hq/wp-content/uploads/2020/09/20200910_news-release_oyo.pdf)

⑤連絡先

応用地質株式会社 メンテナンス事業部(TEL048-652-4956)

C-13	アジョイントハミルトニアンモンテカルロ法によるベイズ型インバージョン
開発/活用者	京都大学大学院農学研究科 マイケル・コッホ, 藤澤和謙, 村上 章
キーワード	ベイズ推定, モンテカルロ法, 物理探査
報告区分	<input checked="" type="checkbox"/> 新技術紹介 (これまでになかった ICT 技術 (ハード/ソフト) の紹介) <input type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介 (既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介) <input type="checkbox"/> その他 ( )
工程区分	<input type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input type="checkbox"/> 施工 <input checked="" type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他 ( )
効果区分 1	<input type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input checked="" type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他 ( )
効果区分 2	<input type="checkbox"/> 省人・省力化 <input type="checkbox"/> 経済性向上 <input checked="" type="checkbox"/> 精度向上 <input type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他 ( )
技術成熟度	<input type="checkbox"/> 事業化 (実績あり) <input type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input checked="" type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他 ( )

### ①技術概要

地盤や構造物の健全性を調べるための内部診断には、電気探査や表面波探査などの物理探査手法が利用されることが多いものの、正確にそれらの内部状態を把握することは現在でも困難である。このような逆問題に対する解法（インバージョン）は目的関数を最小にする決定論的手法が標準的であるが、推定精度が不十分にも関わらず、推定結果の不確実性が評価できない点に課題がある。一方、不確実性を評価するには、確率論に基づくベイズ推定が有効となるが、確率論的手法は多くの未知数を推定する必要のある逆問題には不向きとされる。当該技術は、この問題を解決できる方法として、ハミルトニアンモンテカルロ法とアジョイント法を組み合わせることで、多くの未知数のベイズ推定を効率的に行う手法を開発したものである。

### ②工事適用例, デモンストレーション事例

図 1 に示す改築（拡幅）された堤体において、その内部に分布する弾性係数を推定する事例を取り上げる。旧堤体の弾性係数を 7MPa、拡幅部のそれを 4MPa と仮定し、同図にあるように天端を打撃した応答を堤体法面で観測し、その観測波形から内部の弾性係数分布を推定する問題である。この問題における未知数は、全要素における弾性係数の値である（未知数の数は要素数と同じ）。

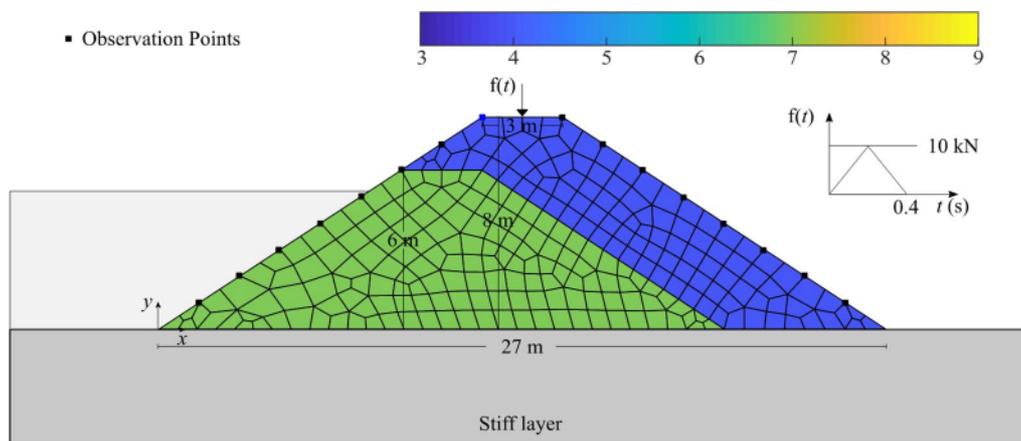


図 1 堤体内部の弾性係数分布（真値）

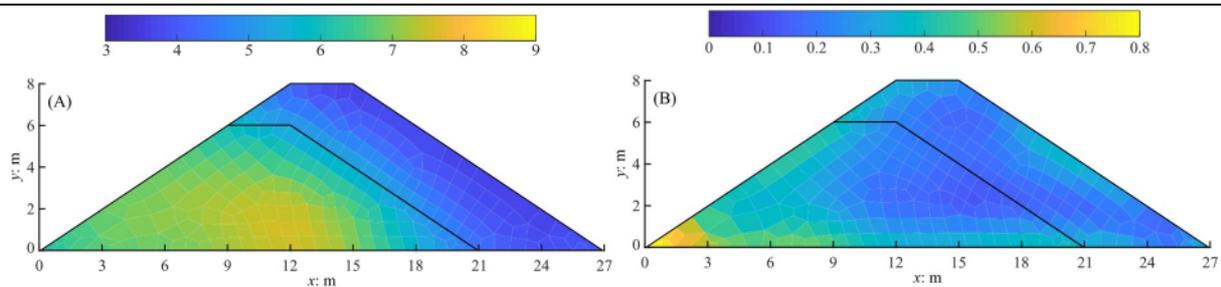


図2 堤体の弾性係数の推定結果（左：平均値，右：標準偏差）（カラーバーの単位はMPa）

図2は当該技術による推定結果を示す。旧堤体と拡幅部の明確な境界面を推定することはできないが、推定された平均値は、弾性係数の分布を良い精度で同定していることが分かる（標準偏差は最大でも0.7MPa程度）。得られる結果は、すべての要素に弾性係数の確率分布であることに注意が必要である。

### ③優れている点，課題，今後の期待など

ベイズ推定に基づく確率論的手法は、多くの未知数を推定する必要がある逆問題には不向きとされる（確率論的手法では、例えば、連立方程式に対してランダムな解の候補を与え、尤もらしい値を探す非効率な作業を行うため）。これに対して、決定論的手法は、逆行列を用いて連立方程式を解く方法となる。構造物の内部状態を推定する物理探査や非破壊検査は、多くの未知数（空間分布する物性値）を推定する問題であり、決定論的手法により最適解を求めるアプローチが標準的と言える。しかし、現在では、一つの最適解だけでなく、それに伴う不確実性の評価が求められるが、これには確率論的手法による逆解析が有効であるものの、上述の問題に直面する状況があった。当該技術は高いサンプリング性能を有するハミルトニアンモンテカルロ法を利用しており、確率論的手法の非効率な推定過程を克服する方法として期待できる。また現在、物理探査や非破壊検査においては、既往技術の応用研究が主流であるが、当該技術は、既往技術の応用ではなく、それを超越する新規なインバージョン手法である。

### ④公開情報

M. Koch, K. Fujisawa and A. Murakami: Adjoint Hamiltonian Monte Carlo algorithm for the estimation of elastic modulus through the inversion of elastic wave propagation data, International Journal for Numerical Methods in Engineering, 2019. DOI: 10.1002/nme.6256

### ⑤連絡先

〒606-8502 京都市左京区北白川追分町 京都大学大学院農学研究科地域環境科学専攻  
E-mail: fujisawa.kazunori.2s@kyoto-u.ac.jp

C-14	ベイズ推定による地中空洞の形状同定
開発／活用者	京都大学大学院農学研究科 マイケル・コッホ, 藤澤和謙, 村上 章
キーワード	空洞調査, ベイズ推定, 形状同定
報告区分	<input checked="" type="checkbox"/> 新技術紹介 (これまでになかった ICT 技術 (ハード/ソフト) の紹介) <input type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介 (既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介) <input type="checkbox"/> その他 ( )
工程区分	<input type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input type="checkbox"/> 施工 <input checked="" type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他 ( )
効果区分 1	<input type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input checked="" type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他 ( )
効果区分 2	<input type="checkbox"/> 省人・省力化 <input type="checkbox"/> 経済性向上 <input checked="" type="checkbox"/> 精度向上 <input type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他 ( )
技術成熟度	<input type="checkbox"/> 事業化 (実績あり) <input type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input checked="" type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他 ( )
①技術概要	
<p>地盤内の空洞調査には、現在のところ地中レーダーが最も可能性のある探査手法であり、電磁波の反射により空洞の位置を同定できるものの、空洞の形状を同定することは非常に困難である。しかし、逆解析の観点からは、地中レーダーに限ることなく、弾性波探査や電気探査であっても、地盤を伝わる波や電気のように、空洞の有無によって波の伝播や電気の伝導性が変化するのであれば、空洞の位置だけでなく形状を推定できる可能性がある。当該技術は、有限要素法による弾性波の伝播や浸透流の数値解析をベースとして、空間の形状を変化させる移動メッシュとハミルトニアンモンテカルロ法（マルコフ連鎖モンテカルロ法の一つ）を利用することで、地盤内の空洞推定を実現する研究開発段階の技術である。</p>	
②工事適用例, デモンストレーション事例	
<p>図 1 は、楕円型の空洞を有する地盤と有限要素メッシュを示す。例えば地盤表面（図 1 の上部）を打撃し、地盤内を伝わる波を観測して、空洞の形状を推定する。楕円型の形状を表すには、長軸と短軸の長さ、それらの軸の角度（長軸または短軸が水平方向からどれだけ傾いているかを示す角度）、楕円の中心座標（長軸と短軸の交点の <math>xy</math> 座標）の 5 つのパラメータが必要となり、これらを同定することが形状を同定することと同義となる。しかし、空洞の形状が変化することは、有限要素メッシュが変化することであり、形状推定を目的とする逆解析を実行するためには、メッシュの変化に対応できる方法論を構築する必要がある。本研究は、移動メッシュをベイズ推定の枠組みに導入することで、この問題を克服することに成功した。ベイズ推定による空洞推定を可能にする手法として、ハミルトニアンモンテカルロ法を適用しており、このためには空洞形状の変化に合わせて、滑らかに有限要素メッシュを更新する必要があった。</p> <p>図 2 は空洞推定の結果を示す。ハミルトニアンモンテカルロ法などのマルコフ連鎖モンテカルロ法を用いたベイズ推定では、目標となる確率分布（ここでの例では、地盤を伝播する波の観測値が与えられた時、楕円を記述する上記の 5 つのパラメータがどのような値をとり得るのかを表す確率分布）を、実現値（サンプル）を数値的に発生させることで表現する。これにより、求めたいパラメータの確率分布をヒストグラムとして得ることができ、それが推定結果となる。図 2 においては、図 2(a)は推定初期（定常的な確率分布の推定に至る前）の結果であるが、ハミルトニアンモンテカルロ法によ</p>	

る推定が進む（確率的な実現値のアウトプットを続ける）につれて、図 2(b)や図 2(c)のように、図 1 に示した空洞と類似した位置と形状を表すサンプルを発生することができる。

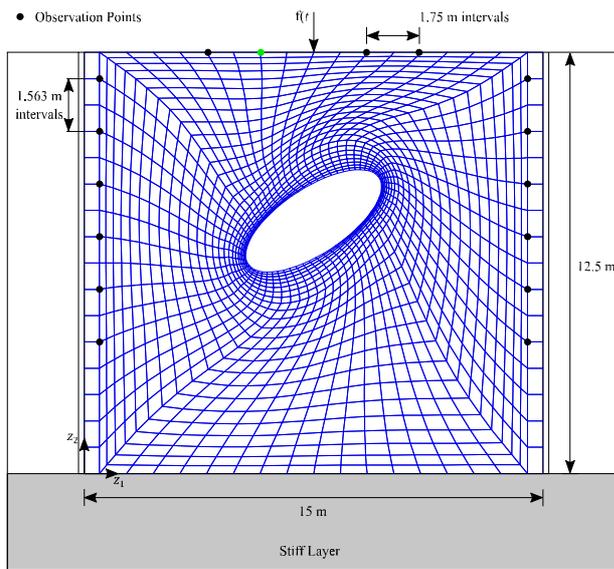


図 1 楕円型の空洞を有する地盤

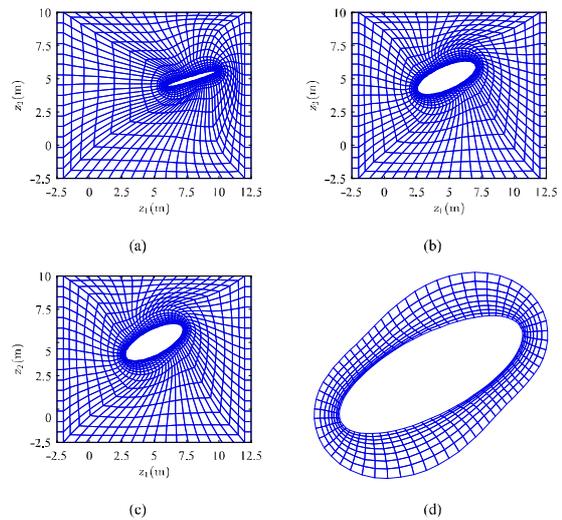


図 2 推定結果（推定サンプル）

### ③優れている点，課題，今後の期待など

現在、物理探査は確立した技術として、非破壊で内部状態を推定するために利用される。図 3 は、既往技術である表面波探査を、地下空洞が存在する地盤（実際の空洞は、横軸の 6 m 付近にある黒い円）にて実施した研究例（Karray & Lefebvre, 2009）を示す。同図からは、弾性波速度の分布に違いは現れるものの、空洞の存在は明確ではない。当該技術は、明確な境界形状を同定できることに加え、図 3 のような不確かな一つの推定結果のみを出力する従来の物理探査を変革し、各種物理探査において探査結果の確率評価を可能にする。

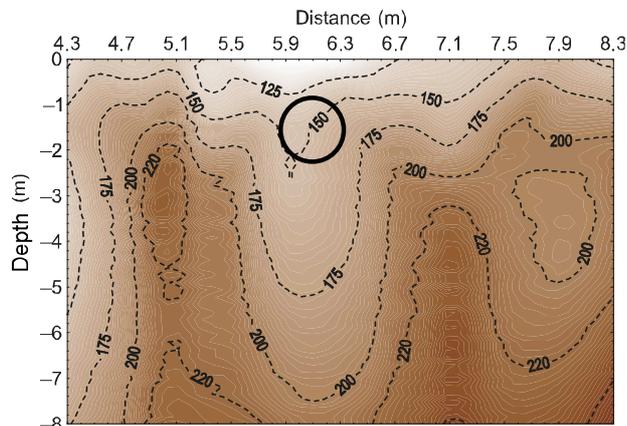


図 3 表面波探査から得られた弾性波速度分布（単位:m/s）

### ④公開情報

M. Koch, K. Fujisawa and A. Murakami: Novel parameter update for a gradient based MCMC method for solid-void interface detection through elastodynamic inversion, Probabilistic Engineering Mechanics, Vol.62, 103097, 2020.

### ⑤連絡先

〒606-8502 京都市左京区北白川追分町 京都大学大学院農学研究科地域環境科学専攻  
E-mail: fujisawa.kazunori.2s@kyoto-u.ac.jp

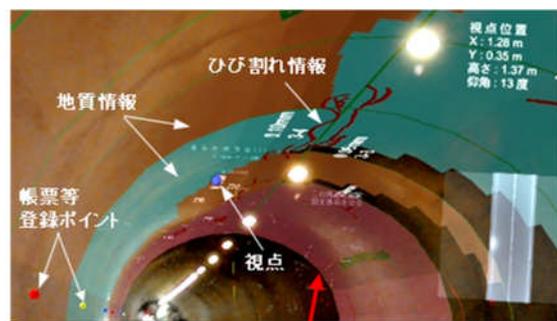
C-15	<b>MR 技術を活用したトンネル維持管理システム（トンネル MR）</b>
開発／活用者	鴻池組・技術本部土木技術部
キーワード	MR、トンネル、ホロレンズ、維持管理
報告区分	<input checked="" type="checkbox"/> 新技術紹介（これまでになかった ICT 技術（ハード／ソフト）の紹介） <input checked="" type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介（既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介） <input type="checkbox"/> その他（ ）
工程区分	<input type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input type="checkbox"/> 施工 <input checked="" type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 1	<input checked="" type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input checked="" type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 2	<input checked="" type="checkbox"/> 省人・省力化 <input type="checkbox"/> 経済性向上 <input checked="" type="checkbox"/> 精度向上 <input type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他（ ）
技術成熟度	<input type="checkbox"/> 事業化（実績あり） <input checked="" type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他（ ）

①技術概要

ウェアラブル端末（図 1）を用いてトンネルの維持管理データを現地で構造物に投影したり（図 2）、新たな不具合を発見した場合に作図更新できる技術である。  
 不具合を発見した場合、ハンドジェスチャーによる作図機能を使用してひび割れを作図したり（図 3）、不具合箇所を計測し、コメント等を任意の位置に貼り付けられる（図 4）。



図 1 ウェアラブル端末 (Microsoft 社製 HoloLens)



現地構造物に3次元データをマッチングさせて投影

図 2 点検者視点（3次元データ投影）



AirTapを繰り返すことで連続した直線を作図

図 3 ひび割れ朱書き機能



Tap&Holdでマークを任意の位置に移動し設置

図 4 コメント貼付け機能

## ②工事適用例, デモンストレーション事例

トンネルや周辺の地形、構造物を含んだ CIM モデルに、施工時の計測データや切羽観察記録などの実物情報を統合したデジタルツインをクラウドサーバー上に構築し、空間アンカー機能を使ってトンネル坑内に正確に表示、MR を使って遠隔臨場を行えるシステムである。

この新機能の実証実験を、近畿地方整備局 兵庫国道事務所の協力のもと、名塩道路城山トンネル工事において実施し、R230m の急曲線を伴うトンネル坑内での MR 表示精度の向上、各種調査データや計測データの自動表示、岩判定における遠隔検査などの業務効率化への有効性を確認した。



図 5 現場状況

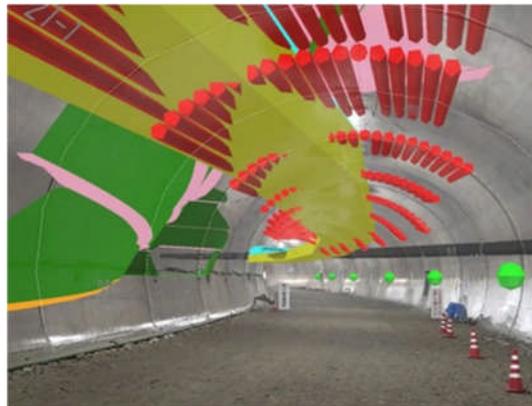


図 6 MR 重畳映像



図 7 岩判定遠隔臨場検査状況

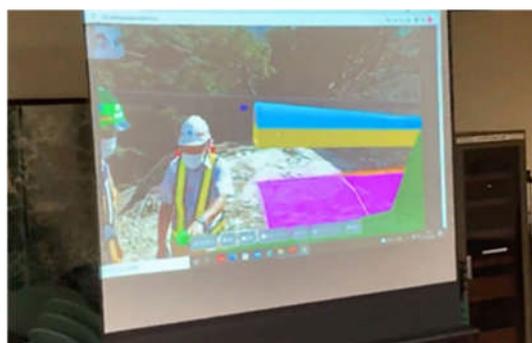


図 8 会議室に送られて来た MR 重畳映像

## ③優れている点、課題、今後の期待など

現地で覆工コンクリートの不具合の発生原因を容易に推定でき、維持管理データを更新できるようになるため、維持管理業務の効率化が図れる。

現場の実運用に向けて更なる機能改良を行い、建設現場での生産性向上や安全性向上に寄与する。

## ④公開情報

ニュースリリース：<https://www.konoike.co.jp/news/2021/202109272863.html>

技術紹介ページ：<https://www.konoike.co.jp/solution/detail/002324.html>

特許：第 6650639 号、第 6829846 号

## ⑤連絡先

㈱鴻池組 技術本部 土木技術部 Tel:06-6245-6568 Web:<https://www.konoike.co.jp/request/index.php>

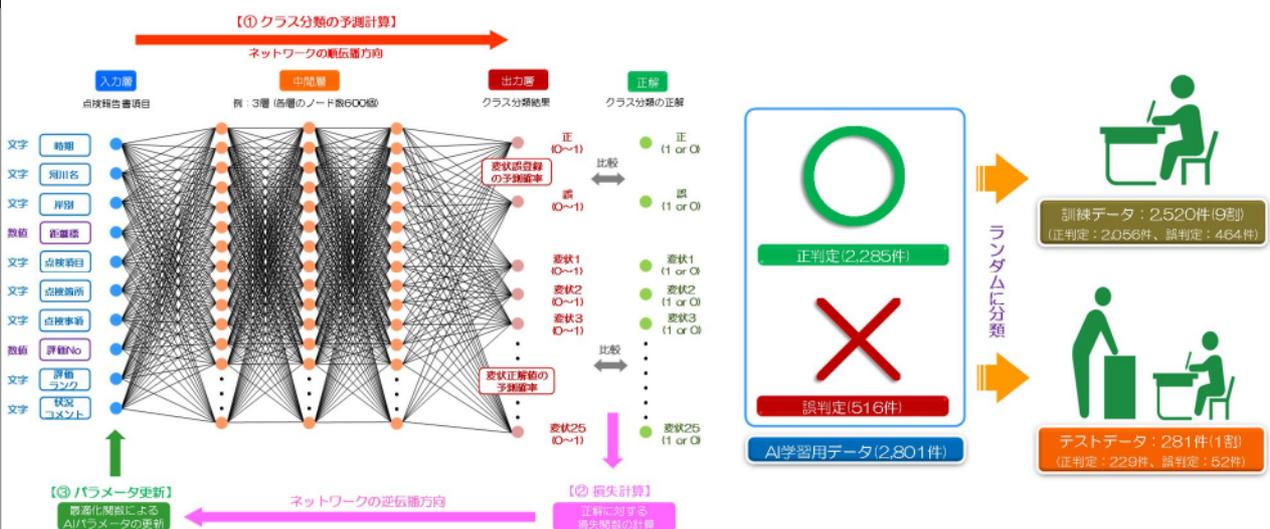
C-16	AI（深層学習）を用いた堤防点検結果の誤登録判定ソフトの構築
開発／活用者	株式会社建設技術研究所
キーワード	AI、堤防管理、効率化
報告区分	<input checked="" type="checkbox"/> 新技術紹介（これまでになかった ICT 技術（ハード／ソフト）の紹介） <input type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介（既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介） <input type="checkbox"/> その他（ ）
工程区分	<input type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input type="checkbox"/> 施工 <input checked="" type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 1	<input type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input checked="" type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 2	<input checked="" type="checkbox"/> 省人・省力化 <input type="checkbox"/> 経済性向上 <input type="checkbox"/> 精度向上 <input type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他（ ）
技術成熟度	<input checked="" type="checkbox"/> 事業化（実績あり） <input type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他（ ）

### ①技術概要

AI 技術である「深層学習（ディープラーニング）」を用いて、堤防点検結果（変状箇所と形態による区分である「変状種別」に着目）の誤登録を判定する。本技術を適用することで、従来、人間が確認していた誤登録判定の精度向上・判定結果整理の効率化（約一週間→数時間に短縮）が可能となる。

#### ◆「深層学習（ディープラーニング）」の方法

- ① 既往の堤防点検結果（点検報告書）から学習用データを作成する。
- ② 学習用データを用いて、入力値である「点検報告書項目の諸元情報（距離標、点検項目、点検箇所、状況コメント等）」と、出力値である「変状種別」の関係性を AI に学習させ、入力値から出力値を予測するモデルを構築する。
- ③ 誤登録の可能性がある堤防点検結果を、AI による予測値を人的に精査して、正しい堤防点検結果に修正する。（予測値の間違ひがあれば教師データとして反映し、モデルの精度を向上する。）



#### ◆モデル活用方法

毎年更新される堤防点検結果をソフトに入力することで、誤登録箇所の抽出過程を省力化するとともに確実に護岸堤箇所を抽出するとともに点検結果の精度向上を図る。

②工事適用例, デモンストレーション事例

AIの「深層学習(ディープラーニング)」により構築したモデルを用いて点検結果である変状報告書の入力値から、予測値を出力した。

右図では、点検報告書で「護岸の破損」として登録されていた変状で、誤登録と判定、「特殊堤の破損」が出力された。変状箇所は特殊堤が整備されている箇所であることから、距離標や点検箇所といった情報により変状報告書とは異なる予測値が出力されたと考えられる。

入力値(点検報告書項目)

出力値

年度	時期	河川名	岸別	距離標	点検項目	点検箇所	点検事項	評価No	評価ランク	状況コメント	変状判定(AI予測値) (位置, 1:正)	変状評価No(AI予測値) (評価No:25種類)
令和01年	出水期前		左岸	4.584	高水・堤防積みプロ		破損・損傷	13	c	180912 変化なし 190515 変化なし	1	13
令和01年	出水期前		右岸	4.707	高水・堤防積みプロ		その他	25	a	既有護岸のため対象外	0	15
令和01年	出水期前		右岸	5.361	高水・堤防積みプロ		樹木の倒木	13	b	H30 出水時点検なし 台風時点検時に集積部 180912 変化なし 190515 変化なし	1	13
令和01年	出水期前		左岸	7.124	高水・堤防積みプロ		樹木の倒木	13	h	180914 変化なし	1	13
令和01年	出水期前		右岸	7.3	高水・堤防その他		目地の開き	13	b	目地の開き 180912 変化なし 190515 変化なし	0	17
令和01年	出水期前		右岸	6.656	土堤	天端	亀裂(縦横)	6	b	空洞化の可能性有り 180912 変化なし 190515 変化なし	1	6
令和01年	出水期前		右岸	6.572	特殊堤	バラベ	破損・損傷	13		190515 変化なし 180912 変化なし	1	13
令和01年	出水期前		右岸	2.303	高水・堤防積みプロ		破損・損傷	13	b	180912 変化なし 190515 変化なし	1	13

◆判定結果⇒誤登録  
 ・変状報告書評価 No : 13【護岸の破損】  
 ・AI 予測 評価 No : 17【特殊堤の破損】

③優れている点, 課題, 今後の期待など

堤防点検では、発見した変状に対して、「損傷の深刻度(a~d 評価)」、「変状種別(法崩れ、浸食等)」等を点検実施者が判定する。

点検実施者は、河川堤防に係る経験の無い技術者が実施することもあるため、誤登録が懸念されることから、今までは担当者が点検結果を一つずつ確認していた。ただし、毎年膨大な数の変状が確認されるため、取りこぼしや確認作業の負担が課題となっていた。

本提案技術は、膨大なデータから効率的に誤登録を発見でき、人的バラツキを排除した予測結果が得られる。登録結果を精査するための一次スクリーニングツールとして活用でき、評価精度の向上、省力化が期待できる。

④公開情報

なし

⑤連絡先

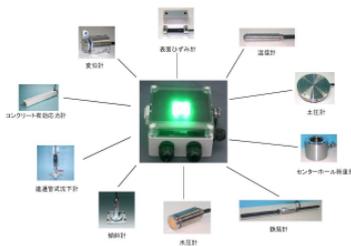
株式会社 建設技術研究所 大阪本社 水工部 TEL:06-6206-5555

C-17	光るコンバーター (LEC-II)
開発/活用者	(株)KANSO テクノス・東亜エルメス(株)・神戸大学
キーワード	安全管理、リアルタイム、見える化
報告区分	<input type="checkbox"/> 新技術紹介 (これまでになかった ICT 技術 (ハード/ソフト) の紹介) <input checked="" type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介 (既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介) <input type="checkbox"/> その他 ( )
工程区分	<input type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input type="checkbox"/> 施工 <input checked="" type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他 ( )
効果区分 1	<input checked="" type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他 ( )
効果区分 2	<input type="checkbox"/> 省人・省力化 <input type="checkbox"/> 経済性向上 <input type="checkbox"/> 精度向上 <input checked="" type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他 ( )
技術成熟度	<input checked="" type="checkbox"/> 事業化 (実績あり) <input type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他 ( )

### ①技術概要

変位・変状の大きさを光で表示する装置であり、建設現場・モニタリングの「見える化」技術である。LEC-II は様々な土木計測センサーに接続可能であり、光表示に加えデータロガー機能を有している。また、カスタマイズにより、データ転送など IoT 化への対応も可能である。

いろいろなセンサーと繋がる LEC-II



センサー接続例



表示部発光例



設定用ソフトウェア

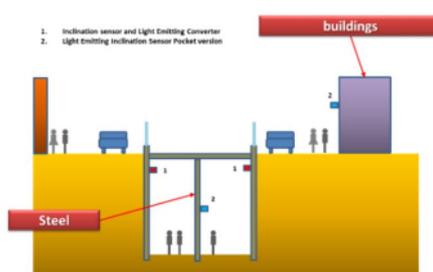
### ②工事適用例, デモンストレーション事例

#### 【事例1】:ジャカルタ MRT における安全管理対策のための OSV 計測技術の普及促進事業

ジャカルタ MRT 建設事業の地下鉄建設工事現場において、作業員個々の安全への感受性を高める目的で、仮設構造物に傾斜計を設置し、光るコンバーター (LEC II) を接続させ、変状監視を実施した。さらに、強制的に危険色 (赤色) へ変化させ、作業員の避難訓練も併せて実施した。



ジャカルタ MRT 建設現場



設置状況概念図



設置状況

## 【事例 2】: 堤内仮排水路ゲート挙動観測設備設置

ダム湛水中の堤内仮排水路仮締切構造物の挙動に危険が予測されたため、締切壁面に変位計を設置し、光るコンバータ（LECⅡ）と接続させ、挙動計測を行った。坑外に坑内と同期させた光るコンバータ（LECⅡ）を設置し、作業員が入坑前に色で安全確認を行い、坑内でも作業中に色確認を行えるようにした。



設置状況

### ③優れている点，課題，今後の期待など

光るコンバーター（LEC-Ⅱ）は、傾斜計、ひずみ計、変位計など様々なセンサーと繋げることができ、変位・変状、危険度を色で表示することで、現場の作業員が直接危険を確認することができる。また、色情報で危険を確認できるので、識字率の問題を抱える発展途上国での建設工事業務にも有効である。

今後の課題としては、表示装置をより大きくし、視認性を向上させ、文字情報を表示させた改良版の LEC-Ⅲを使った現場計測を行う。



改良した表示装置

### ④公開情報

NETIS 登録 No.KK-130017-A

実用新案登録第 3193861

### ⑤連絡先

株式会社 KANSO テクノス 土木技術部 地盤技術グループ

〒541-0052 大阪府中央区安土町 1 丁目 3 番 5 号

TEL 06-6263-7363

FAX 06-6263-7362

URL <http://www.kanso.co.jp/>

C-18	赤外線分析によるコンクリート構造物健全個所の特定技術
開発／活用者	株式会社 テクニカル・シンク
キーワード	コンクリート構造物、非破壊検査、サーモグラフィー、温度コンター
報告区分	<input checked="" type="checkbox"/> 新技術紹介（これまでになかった ICT 技術（ハード／ソフト）の紹介） <input type="checkbox"/> ICT 活用事例紹介（既存の ICT 機器の活用・組み合わせによる活用事例紹介） <input type="checkbox"/> その他（ ）
工程区分	<input type="checkbox"/> 調査 <input type="checkbox"/> 設計 <input type="checkbox"/> 施工 <input checked="" type="checkbox"/> 点検・維持管理 <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 1	<input checked="" type="checkbox"/> センシング <input type="checkbox"/> コミュニケーション <input type="checkbox"/> ロボティクス <input type="checkbox"/> AI・コンピューティング <input type="checkbox"/> その他（ ）
効果区分 2	<input checked="" type="checkbox"/> 省人・省力化 <input type="checkbox"/> 経済性向上 <input type="checkbox"/> 精度向上 <input type="checkbox"/> 安全性・作業環境向上 <input type="checkbox"/> 品質向上 <input type="checkbox"/> その他（ ）
技術成熟度	<input checked="" type="checkbox"/> 事業化（実績あり） <input type="checkbox"/> 実証・デモンストレーション <input type="checkbox"/> 研究・開発段階 <input type="checkbox"/> 構想レベル <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> その他（ ）

### ①技術概要

赤外線画像（サーモグラフィー）から得られる構造物表面の温度分布データを用い、2D や 3D 表示によるコンター図から『浮き』『漏水・滞水』等の損傷の無い範囲を特定する技術。対象構造物健全度調査のスクリーニングに活用し、『浮き』や『背面の漏水・滞水』といった損傷の無い範囲を特定することで近接目視範囲の軽減を目的とする。

更に現地で損傷がないことを確認した代表断面の情報を教師データとすることで、損傷の無い範囲を定量的に評価することも可能である。

### ②工事適用例，デモンストレーション事例

橋梁健全度調査の技術提案の一環として、赤外線画像による事前調査を実施した。  
この結果は、近接目視調査で実施した打音調査の結果と比較し、以下の結果を得た。

$$\text{捕獲率} = \frac{\text{打音調査で把握された損傷のうち本技術で確認できた損傷数}}{\text{打音調査で把握された損傷数}} = \frac{2}{2} = 100.0\%$$

$$\text{ヒット率} = \frac{\text{打音調査で把握された損傷数}}{\text{本技術で確認された損傷数}} = \frac{2}{16} = 12.5\%$$

### ●分析結果の例

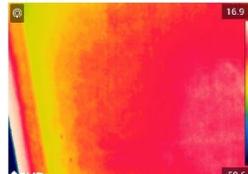
健全個所の特定例

損傷の無い個所の教師データと 2D・3D 解析結果

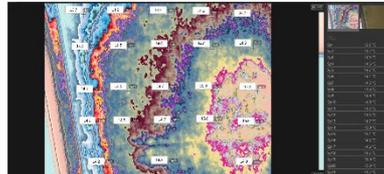
了テ 熱画像



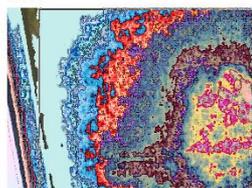
赤外線画像



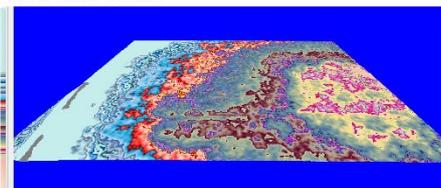
2D 輝度と温度分布



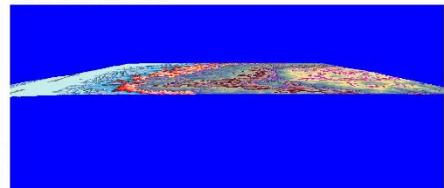
2D 分析



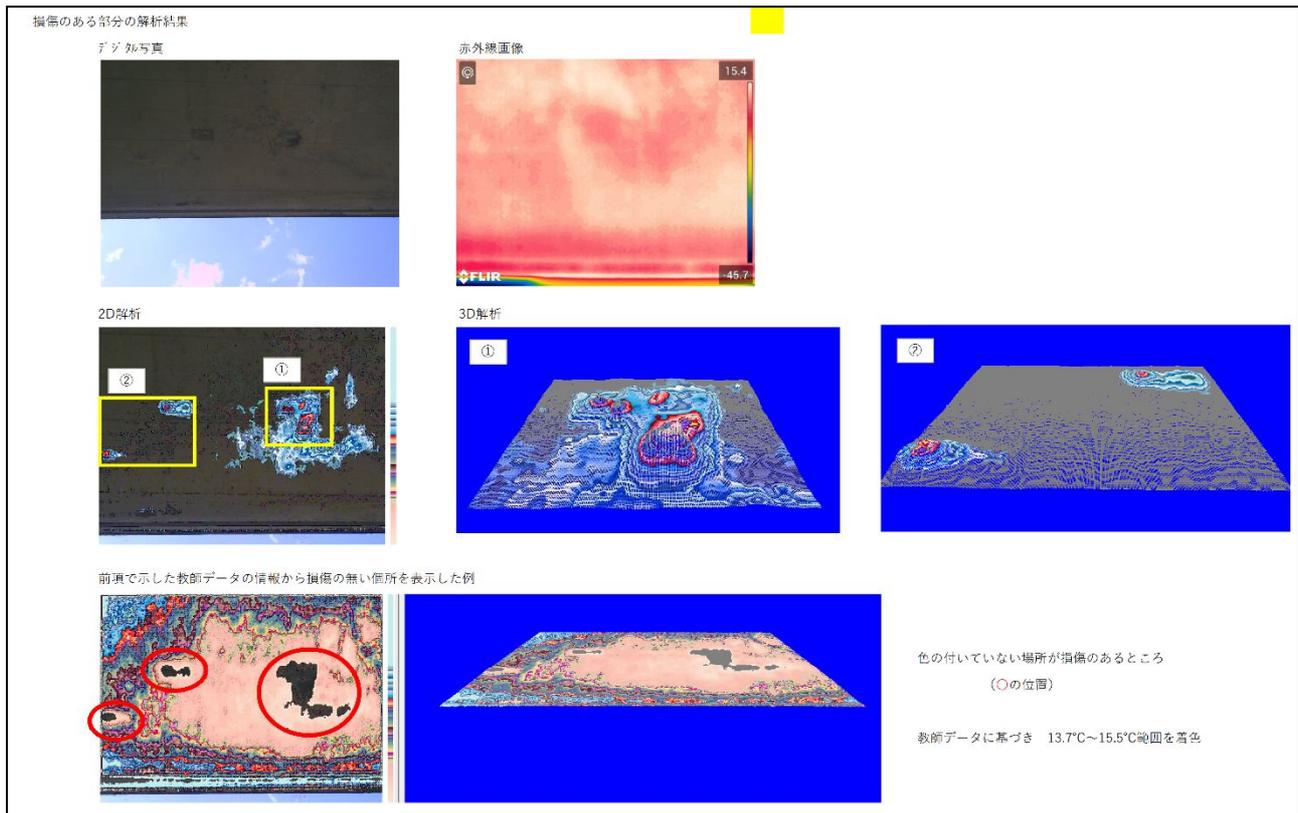
3D 分析（斜め上からの鳥瞰図）



3D 分析（ほぼ水平からの鳥瞰図）



2D 輝度でコンターの乱れは有るものの、3D 解析では殆ど凹凸は見られない



### ③優れている点、課題、今後の期待など

赤外線画像解析における損傷有無の判定基準は、赤外線画像から抜き取った表面温度分布から作成した温度コンターの乱れの有無を基準としている。ところが、既存の解析システム（赤外線カメラメーカー提供）ではコンター表示が2次元のみであったり画像の色付けがグラデーションで表示されていたり温度分解能が低かったりするため、損傷部分と健全部分との温度差が小さいコンクリート構造物に対してはコンターの乱れの判別が明確ではなかった。

これに対し本技術では、コンターが明確となるような色付けやコンターの3次元表示等の機能をシステム化することで、解析画像の鮮明さや見易さを可能にしている。

また、現地で損傷がないことを確認した代表個所の情報を『教師データ』とすることで、損傷の無い範囲を定量的に評価することも可能である。

今後、解析結果のCAD図へのマッピングや動画を用いたデータ収集・解析手法のシステム可を検討中である。

### ④公開情報

令和4年度 国土交通省 性能カタログに登録申請中

### ⑤連絡先

社名 株式会社 テクニカル・シンク  
 住所 兵庫県尼崎市東園田町1丁目63番地  
 電話 080-3543-9821  
 担当 下嶋 一幸  
 メール simojima@technicalthink.jp