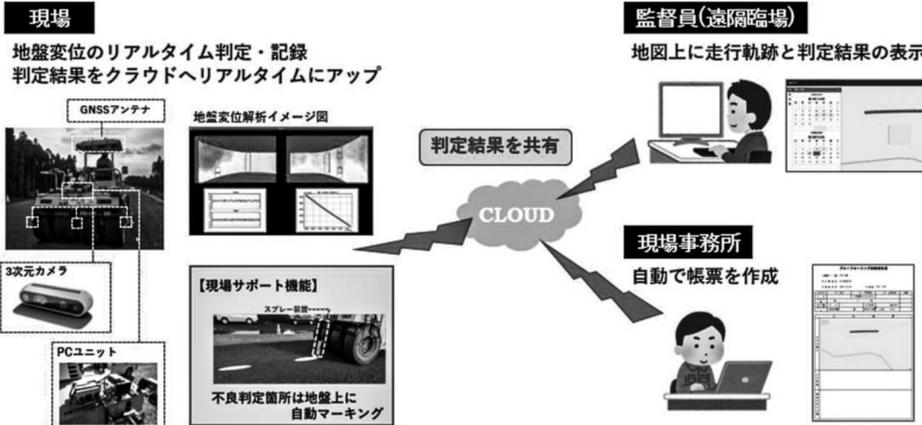


写真・図版等は各者提供

画像解析による「地盤変位状況自動判定システム」を試行

適用工事：函館江差自動車道木古内町亀川南舗装工事

NIPPO、ザクティエンジニアリングサービス プルーフローリング試験の定量化で生産性と安全性を向上



NIPPOとザクティエンジニアリングサービスのコンソーシアムは、2021年度のPRISM採択事業として、国土交通省北海道開発局函館開発建設部発注の「函館江差自動車道木古内町亀川南舗装工事」で、「画像解析技術を用いた地盤変位状況自動判定システム」を試行した。

従来は、プルーフローリング試験時の目視観察により、路床・路盤の良否判定を行っていた。同システムでは人の目に代わり画像処理によってリアルタイムに判定を行うものである。判定結果は、GNSS測位より得た試験車両の走行軌跡とともに自動でクラウドに記録され、地図アプリ上にマッピング表示される。遠隔地でもリアルタイムに共有することが可能。さらに、所定の帳票に整理された状態で出力する機能も備えている。

■システムの概要

試験車両後部の中央および左右に距離計測可能な3次元カメラを設置し、専用のPCユニットと組み合わせることにより試験車両の通過に伴う地盤の変位(沈下、隆起、段差)をリアルタイムで判定する。

■品質の確保・向上に関する効果

従来方法では、不良地盤の判定に個人差や見落としが懸念されていたが、同システムの自動判定機能により定量的な評価が可能となる。また、判定結果が地図アプリ上にマッピングされることにより試験実施エリアが視覚化され、検査漏れがないか容易に確認できるため、さら

なる品質の確保・向上が期待できる。

■管理の効率化・高度化に関する効果

インターネットを介した試験結果の共有により、現場立ち会いのために必要とされていた移動時間の削減が可能である。また、事務所に戻り1時間程度かけていた帳票の作成作業が、同システムの帳票作成機能を活用することで、従来の6分の1程度に作業時間が低減される。

■安全性の向上に関する効果

従来方法では、試験車両に近接した位置で地盤面を監視するため、試験車両と接触する危険性があり、周囲に意識を割くことも困難であった。また、大面積になると重労働となり、夏場には熱中症の心配もある。同システムでは観察者が不要となるため、これら懸念事項が払拭され安全性の向上を図ることができる。

次年度以降、施工現場での運用を積み重ね、より使いやすく汎用的なシステムの構築を目指す。



手造り機器で路面切削機をICT化

適用工事：令和3-4年度松二維持工事

愛亀、環境風土テクノ、可児建設、立命館大学、応用技術、iシステムリサーチ

後付けで低コスト、精細な施工管理を実現

愛亀と環境風土テクノ、可児建設、立命館大学、応用技術、iシステムリサーチのコンソーシアムは、道路の補修工事に使うアスファルト路面切削機の手造りICT(情報通信技術)化に取り組んだ。愛亀のPRISMへの応募は3回目。フィールドは国土交通省四国地方整備局松山河川国道事務所発注の「令和3-4年度松二維持工事」(工期2021年4月1日~22年3月31日)。同工事では愛媛県内の国道56号、196号の維持修繕を本年で手掛ける。

補修対象路面は不均一な沈下や部分補修跡による凹凸がある場合が少なくない。切削管理に細かな調整が求められ、計画技術者やオペレーターの技量に頼る部分は大きい。後付け手造り装置によるICT路面切削システムを導入し、高精度のマシンガイダンスを低価格で試みるのが今回の狙いの一つだ。

使用したセンサーは測位のためのRTK-GNSS。切削厚測定のための距離センサー。メーカーのICT機器に対応できない旧型機でも利用できる汎用性の高い機器の組み合わせを考案し、手造りのICT路面切削システムを完成させた。

マシンガイダンスに当たっては、従来の切削計画表から半自動的に3次元モデルが作成できるシステムを用意した。切削機の切削ドラム装置から切削前と切削後の路面までの距離を計測。差分を切削厚の実績とし、オペレーターに予定切削厚と切削実績を表示した。

松山市内の国道で行った試行では、小規模の凹凸も施工管理に確実に反映でき、常に均質な路面切削を実現した。切削厚さを路面に記入するマーキング作業や制御機器のレンタル、取り付けに伴うロスタイムをなくし、施工準備から施工中、出来形管理まで大幅に省力化できた。

道路パトロールによる路面損傷調査は日常的に行われる。PRISMでは写真計測技術を用いた安全で効率的な調査手法の確立にも取り組んだ。ムービーカメラ(Gopro10)を車に搭載し、連続的に路面を撮影。撮影画像は路面に対し、直交方向からの視点に変換(疑似オルソ化)して記録した。

試行では車載撮影データからオルソ画像を作成することで、100kmの路面状態の可視化に成功した。目視だけの調査では難しいクラックの損傷状況などが定量的に把握でき、損傷の進み具合を時系列で捉えられる。地図上に記録した経年劣化の状況から維持・修繕する箇所や順番を決定すれば、タイムリーな計画の立案につながる。



ICT路面切削システムの概要



切削管理の流れ

愛亀は「インフラの町医者」として地域道路のメンテナンスに携わっている。定期的な路面調査(健康診断)を行い、損傷の激しい箇所は詳細調査(精密調査)を実施して維持・修繕方法(患部の手当)を決定する。定期的な調査や詳細な調査のデータ、維持・修繕での施工状況や施工履歴のデータ(処置記録)、供用後のデータを地理情報システム(GIS)で一元管理し、今後も効率的な道路管理に努めていく。



革新的技術導入し 生産性の飛躍的向上へ

PRISM

官民研究開発投資拡大プログラム(PRISM)は、高い民間研究開発投資誘発効果が見込まれる「研究開発投資ターゲット領域」に各官庁の研究開発施策を誘導し、600兆円経済の実現に向けて研究開発投資の拡大、財政支出の効率化などを目的として、内閣府が2018年に創設した。中長期的に官民研究開発投資の拡大を図るため、19年度から国立大学での民間資金獲得を推進する事業、20年度からスタートアップ・エコシステム拠点形成による創業環境整備を推進してスタートアップを支援する事業を実施。21年度からは新SBIIR制度(中小企業技術革新制度)での省庁連携を加速させる事業、社会課題解決や国際市場獲得などを促進する標準活用施策の加速化を支援する事業に取り組んでいる。21年度の対象領域は「AI技術」「建設・インフラ維持管理」「防災・減災技術」「バイオ技術」「量子技術」。国土交通省は、PRISMの枠組みを活用して「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」を開始。▽技術II-AI、IoTをはじめとした新技術等を活用して土木または建築工事における施工の労働生産性の向上を図る技術▽技術II-Bデータを活用して土木工事における品質管理の高度化等を図る技術Iを公募し、採択した技術を各地方整備局等発注の実際の現場で試行している。

3次元測量におけるデータ閲覧・共有プラットフォーム開発

適用工事：平成30年度犀川遊水地五六川牛牧排水樋門整備工事

青木あすなる建設、建設システム

遠隔地からのWebを活用した測量検査、立ち会いを可能に

青木あすなる建設と建設システムのコンソーシアムは、「3次元測量データ閲覧・共有プラットフォーム」を開発し、国土交通省中部地方整備局発注の平成30年度犀川遊水地五六川牛牧排水樋門整備工事に適用した。本年度は、Webシステム「KENTEM-CONNECT」と遠隔臨場システム「SiteLive」を活用し、遠隔での測量立ち会い検査(TS出来形管理・ヒートマップ)の視認性向上を実現した(図1)。



図1 システム概要

同システムは、3次元測量モバイル端末「快速ナビ」で計測した出来形計測データをクラウドへ転送し、リアルタイムにWebシステム上で検査結果を表示する。それと同時に、計測箇所(プリズム位置)を3次元設計モデル(3D、平面、横断)と重ね合わせ、測量検査の位置情報を正確に表現した(図2)。

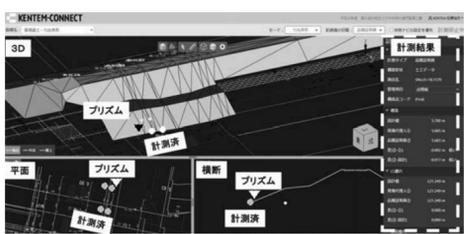


図2 システム画面

■測量端末の視認性向上

現状の遠隔立ち会い検査ではウェアラブルカメラで測量端末の画面を確認しているが、反射等により画面が確認できないなどの課題があった。本試行で測量端末に表示されているデータを直接Webブラウザで表示可能となったため、計測結果をはっきりと確認することが出来た。

プリズムの位置が3次元モデル、平面、横断上にわかりやすく表現され、ウェアラブルカメラの映像も加わり、

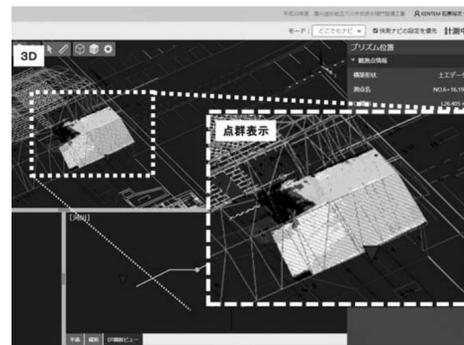


図3 点群表示

測点や測定項目の信ぴょう性も確保出来た。また、点群データをシステムに表示し、設計データとの差分を確認することで、ICT土工の出来形実地検査を遠隔で実施可能となった(図3)。

■作業時間の縮減に関する効果

実証した現場の品質証明員は、普段は東京で勤務しており、岐阜県の現場まで往復約7時間が短縮できた。

■作業員の省力化効果

従来の現地立ち会いに要する人員は3人(計測係2人、記録係1人)であったが、自動追尾型測量機へのカメラの搭載、またはカメラを体に固定することで現地での計測を1人で行うことができた。

■品質の確保・向上に関する効果

カメラのみの遠隔臨場では計測箇所を都度帳票に記載し漏れが生じる可能性があった。本試行では計測済み箇所がシステム上にマーキングされるため、計測箇所を同一画面で可視化でき、計測漏れを防止できた(図2)。

■今後の展開

今後はクラウド上で出来形管理図表データを閲覧可能にし、ペーパーレス化を図っていく。また、ICT土工以外でもTS出来形管理が可能なさまざまな工種への適用を図ることで、作業現場の生産性向上に寄与していきたいと考えている。



2022 PRISM

写真・図版等は各者提供

新世代ICTを用いた道路維持管理

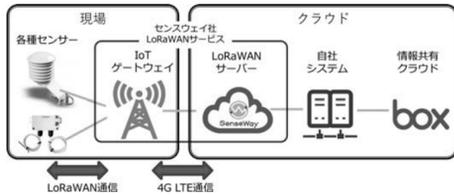
適用工事：R2・3沼田出張所管内維持工事

沼田土建、日本マルチメディア・イクイップメント、立命館大 AIを取り入れ除雪を効率化、交通障害も迅速に予測

沼田土建、日本マルチメディア・イクイップメント、立命館大学のコンソーシアムは、昨年度に引き続き、PRISMの「第5世代移動通信システム等を活用して土木施工の労働生産性を向上する技術」の採択事業として、国道17号(群馬県渋川市～新潟県湯沢町)の「R2・3沼田出張所管内維持工事」で試行業務を実施している。

■防災気象情報をもとに除雪機械出動計画のAI予測モデルを構築
防災気象情報データを自動収集するプログラムと気象情報のデータベース化を図るとともに、熟練技術者の経験知(出動計画基準)を「IF-THENルール化」したエキスパートシステムを使い、午後4時に発表される防災気象情報をもとに、当日の午後8時～翌午前8時と、翌午前8時～午後8時の1日2回の除雪作業計画を予測する。

■重点監視ポイントに設置した路面温度センサーの情報をもとにした路面温度のAI予測モデルを構築
5カ所のIoTセンサーによって計測された路面温度(24時間分)と防災気象情報(気象庁の「雪氷予測」データ)から、「Auto Encoder(自己符号化器)」でIoTセンサー設置エリアの24時間先までの路面温度を予測し、凍結防止剤の適正な散布間隔を把握する。



路面温度AI予測システム「ばらまきIoTセンサー」のイメージ図

■道路巡回中に撮影した画像から、交通障害の原因となる枯れ枝や倒木等をAIによる検出を試行
パトロール車に搭載した専用のフルHDカメラ(ソフトウェアアジンバル)によるブレ補正、GNS受信機と連動して撮影した映像データをフレーム化した(1秒間30フレーム)。次にフレーム化した画像のアンノテーションデータ(約4000枚)で学習したYOLO(リアルタイムオブジェクト検出アルゴリズム)により、道路上に覆いかぶさった樹木のかぶり枝の検出を実現した。今後は車載カメラの撮影品質を改善すること、かぶり枝の画像から安全判定した大量データのみで学習させた深層学習による異常検知モデルを構築して、落下リスクが高い枯れ枝・かかり枝を判定する技術を試行していく。



「枯れ枝・倒木等AI検出システム」のイメージ



ドライブレコーダー用カメラ

一般国道維持工事効率化コンソーシアム

Logos and names of the consortium members: nd 沼田土建株式会社, JME 日本マルチメディア・イクイップメント株式会社, and 学校法人立命館. Home page: https://numata-prism.jp/

リーンマネジメントによる施工生産性の向上の取り組み

適用工事：一般国道5号仁木町銀山大橋P5橋脚工事

阿部建設、環境風土テクノ、北海道大学、立命館大学、北海道産学官研究フォーラム、堀口組、建設IoT研究所 AI・IoTを活用し無理・無駄を解消

阿部建設、環境風土テクノ、北海道大学、立命館大学、北海道産学官研究フォーラム、堀口組、建設IoT研究所の7社コンソーシアムは、発注者を変えたプレーストリーミングによる合意形成を目的として「建設型リーンマネジメント」を提言し、スマートフォン、ネットワークカメラ、360度カメラ、音声レコーダーなどのAI・IoTを活用した無理・無駄の解消による生産性向上を国土交通省北海道開発局小樽開発建設部発注の「一般国道5号仁木町銀山大橋P5橋脚工事」で試行した。

■試行1：官民協働の「建設型リーンマネジメント」
受発注者とのプレーストリーミングの中で、現場での無理・無駄の問題意識を共有してAI・IoTを活用した取り組みの効果を検証し、①効果的な遠隔臨場による移動・待ち時間の解消②書類作成手間の削減の二つのテーマについて改善を繰り返す方法を試行した。

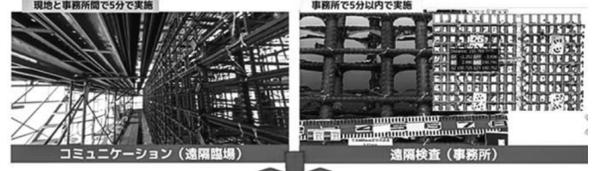
■試行2：効果的な遠隔臨場による移動待ち時間の解消
遠隔臨場に抵抗感を持つ技術者が多いため、現場空間の技術者の視線追跡調査から現場とモニター映像とのスケール感の違いなど違和感を検知した。現場全体を俯瞰する映像の取得には、3次元CADの仮想空間を利用してカメラ配置をシミュレーションし、配置箇所と適正台数を決めた。モバイルカメラや固定カメラ、360度カメラなど目的に応じたカメラを活用し、事務所ではそれぞれを映し出す複数のモニターを設置することで、遠隔からの臨場感を高め、技術者が持つ抵抗感を解消した。これらからの、広義の遠隔臨場による現場確認や施工検査で、受発注者の移動に伴う拘束時間を大幅に削減した。

■試行3：書類作成手間の解消
映像には膨大な情報が含まれており、書類に代わり映像を記録することで書類作成時間の削減を目指した。現場で映像に簡単なマーキングをすることで、AIにより目的箇所の短時間で検索が可能となり、映像が写真カメラの代用となることを確認した。また、アクションカメラを用い、ワンマンで実施した写真計測による施工現場の3次元再構築は、遠隔からのクラウドを通じて指示された任意の箇所の3次元再構築モデルの作成を30分以内で可能とした。これらの技術の大幅なコスト削減は、中小建設業のCI/T化の取り組みを容易にした。



受発注者間のプレーストリーミングによる合意形成

遠隔からの鉄筋検査(検査が終わると同時に検査記録が作成)



短時間の3次元再構築による遠隔からの鉄筋検査

【社会展開】
試行期間に2回の公開見学会を開催し広く取り組みを公開した。400人近い参加者のもと、現場での鉄筋の3次元再構築や、映像による作業員の動きの数値化とAIによる品質や安全面での関係性の評価などの講演を行った。参加者は、中小建設業でのIT技術者の確保や会社としての挑戦マインドの維持などの課題と、中小建設業の自主的な取り組みに対する評価、中小建設業でも出来るDX化に向けた体制を整える絶好の機会であるという意識を共有した。

Logo and name of Abe Construction Co., Ltd. (阿部建設株式会社 ABE CONSTRUCTION CO.,LTD.)

コンクリート構築工管理にAI・IoTを統合活用し無人化・効率化

適用工事：R2国道357号塩浜立山側下部工事

大成建設、成和コンサルタント、横浜国立大学、日本建設業連合会、パナソニックアドバンステクノロジー、ソイルアンドロックエンジニアリング、KYB、極東開発工業、エム・エス・ティー

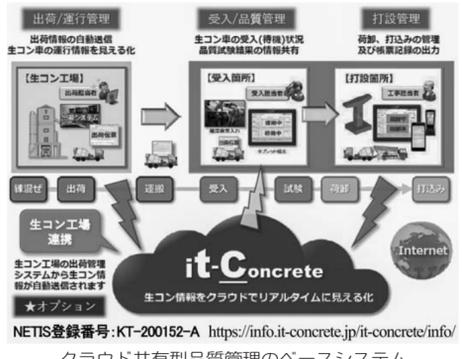
生コンの供給、全数品質管理情報の全面的なデジタル化の確立へ

大成建設、成和コンサルタント、横浜国立大学、日本建設業連合会、パナソニックアドバンステクノロジー、ソイルアンドロックエンジニアリング、KYB、極東開発工業、エム・エス・ティーの9社コンソーシアムは、「クラウド型共有品質管理システム」と受入れコンクリートの「全数管理システム」について、無人化・リモートでの運用を目指した機能向上を図り、さらに打込み・締め・打重ねの位置と作業量を自動把握して、コンクリートの性状変化に合わせた適切な作業をガイダンスする機能も連携させることで、コンクリート構築工における現場打ちコンクリートの作業時間を短縮して効率化を図る手法に取り組んでいる。

大成建設では2016年度より、「練混ぜから打込み完了までの情報をWEBサーバにより全ての工事関係者間で共有する施工管理支援システム」を展開。2018年度PRISMでは、国土交通省の直轄工事6現場における試行により、生産性と品質の向上への寄与を検証している。このシステムの社会実装にあたっては、クラウドとシステムの運用組織の課題があったが、2021年3月以降は、成和コンサルタントから「Fit-Concrete」として提供し、PRISMの枠に関わらず第三者利用を可能として、広く利用できる体制を構築している。

生コン工場からのJIS伝票データ取得の自動化については「工場連携機能」の普及に努め、施工現場での自動化として本年度は、生コン車の現着、荷卸し開始・終了判定の自動化についても「位置カメラによる車両認識システム」を導入し、試行している。これらにより、2019年度から進めている「受入れコンクリートの品質の全数管理システム」(スランプについては生コン車のシュートを流下するコンクリートの画像解析からAIがスランプを判定する技術に、単位水量と、本年度、空気量・温度の全数計測システムも加える)による、生コン受け入れ管理の自動化・無人化の確立を進めている。

これらの試みについては、国土交通省が主催するコンクリート生産性向上検討協議会に二つのワーキンググループが設置され、社会実装に向けた課題の整理と全数管理時の品質管理基準案・検査要領の策定が期待されており、コンクリート工に関わる供給・施工・監督三者の皆様とともにメリットがあり納得できる、DX時代にふさわしい新しいコンクリート品質管理のあり方を提唱していきたいと考えた。

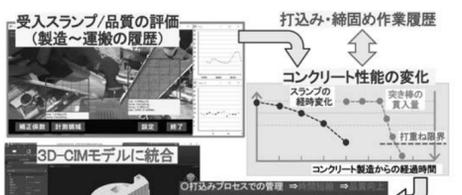


NETIS登録番号:KT-200152-A https://info.it-concrete.jp/it-concrete/info/ クラウド共有型品質管理のベースシステム



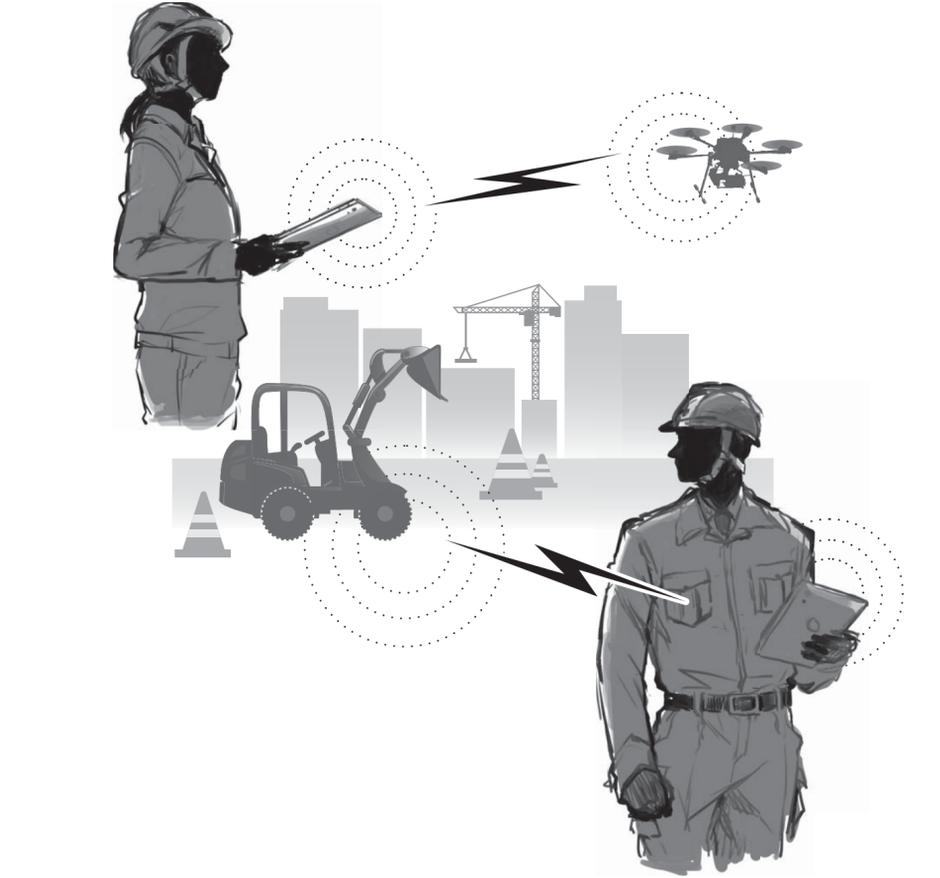
Table showing 'it-Concrete' system data, including columns for '工場連携による自動入力' (Automatic input from plant cooperation) and '運搬車自動識別による自動入力' (Automatic input from transport vehicle identification). It lists various data points like '受入量' (Received quantity) and '品質' (Quality).

生コン情報と施工情報の自動入力システム



受入れコンクリートの全数管理と施工履歴情報の連携

Logo and name of Taisei Construction Co., Ltd. (大成建設株式会社) with the slogan 'For a Lively World'.



写真・図版等は各者提供

2022 PRISM

片側交互通行自動誘導技術による誘導員の省人化

適用工事：R2甲府・峡南出張所管内交通安全対策工事

KB-eye、丸浜舗道、全国交通誘導DX推進協会

交通誘導へのAI活用で現場の生産性も向上

KB-eye、丸浜舗道、全国交通誘導DX推進協会の3者によるコンソーシアムは、AIを活用し交通誘導員省人化を目的とした「片側交互通行自動誘導技術」を開発...

KB-eyeでは2017年から、交通誘導警備現場においてAIを活用し、誘導員の省人化および誘導品質の向上させることで、現場の生産性を向上させるためのシステム...



LED誘導システム



中央安全管理システム

ている。また丸浜舗道でも同検証を2018年より5カ所の現場で本AI交通誘導警備システムを実証し、いずれも現場全体の安全性と生産性の寄与が証明された。

本年度のPRISMでは、片側交互通行規制区間の両端に誘導用AIシステムを設置・稼働させるという、これまで誘導員が行っていた「片側交互通行における車両誘導業務」を交通誘導警備AIが自動で交通誘導を行うだけでなく、脇道・枝道が複数存在する現場における実証を、これまで単独で実行していた3者がコンソーシアムとして総合的な検証を行うことで、建設現場における生産性向上を定量的かつ確信的にその成果が認められるかという点もシビアに検証を行った。

試行現場においては、工事現場周辺の交通混雑状況の把握や、工事区間内の安全監視など、これまで交通誘導員が行っていた判断をAIが代わりに行うことにより、交通誘導員が誘導を行うこと以上の円滑さ・安全性を実現することができていることが実証された。

また、カメラで取得している映像をリアルタイムでディープラーニングを行いながら映像解析を行い、遅延等もなく、混雑予測・工事車両の出入り・危険車両の接近等独自のアルゴリズムを稼働させることで、円滑な警備を行うことも実証された。

PRISMの試行で実用したシステムは、スタンドアロンのエッジ端末による解析等を行うと同時に、KB-eyeクラウド側に情報を有することで情報を幅広く活用できる環境を構築したが、共通プラットフォーム等へのAPI発行は行っていないため、今後は建設会社、国土交通省による幅広いデータ活用を促すためのデータ形式の整備等の必要性とその実現性が示唆されたことも大きな成果の一つである。今回の試行において、AI交通誘導警備システムが安全に稼働できる(しきい)値も定量的に取得できたため、その環境において警備という側面から今後の建設現場の生産性向上に大いに貢献できる革新が持たたと同時に、今後拡大されることが期待される。



車両誘導の様子



壁面墨出しロボットによる墨出しの省力化・安全性向上

適用工事：川崎港臨港道路東扇島水江町線アプローチ部橋梁(そのII工区)ほか工事

JFEエンジニアリング・小川優機製作所

橋脚壁面でのアンカー位置の墨出しを自動化

JFEエンジニアリングと小川優機製作所(横浜市保土ヶ谷区、小川社一社長)は、橋脚壁面でのアンカー位置の墨出しを行う「壁面墨出しロボット」を共同開発し、川崎港臨港道路東扇島水江町線アプローチ部橋梁(その2)ほか工事の基本性能などを確認した。壁面墨出しロボットを使うことで、墨出し作業を効率化するとともに、高所作業に要する時間を削減し安全性も向上させる。

小川優機製作所は、ロボットの開発・製作を得意とし、元々壁面にパッドで吸着して昇降するロボットの技術を保有している。その技術を橋梁工事に応用して壁面墨出しロボットの実用化を目指し、橋梁の製作・施工を手掛けるJFEエンジニアリングと共同で開発した。

壁面墨出しロボットは吸着パッドによりコンクリート壁面に吸着し、遠隔操作により壁面を移動して墨出しを行う。仕組みはまず墨出し位置の座標を事前にパソコンで算出し、橋脚上へレール設備を組み立て移動機構を設置する。次にTS(トータルステーション)を設置し事前測量を行い、ロボットを移動設備で対象箇所付近へ移動。吸着パッドでロボットを壁面に吸着させ、ロボットに設置したプリズムをTSで測量。プリズムの座標およびアンカー位置の座標をPCに入力し、遠隔で墨出しを実施する。

現場ではRC橋脚壁面に施工する排水装置、検査路、落橋防止装置などの付属物のアンカー位置の墨出しにロボットを活用。その結果、壁面の移動および吸着パッドによる真空吸着、ローラーアームによる吸着の解除・再吸着がすべて問題なく機能することを確認した。

墨出し精度は、設計座標値と実測座標値を比較した結果、誤差は±2mmとなった。従来方法の墨出し点との比較では誤差が最大10mm生じた。この誤差の原因は、下部工との取り合いを優先し、橋脚の出来形を基準に実施したため、橋脚の出来形誤差(全体が水平方向に9mmずれ)を含んでいることが判明。改めて橋脚の出来形誤差を抑制して比較すると、誤差は±2mmに止まった。これにより、ロボットによる墨出しは±2mm程度の精度で実施できることが実証された。

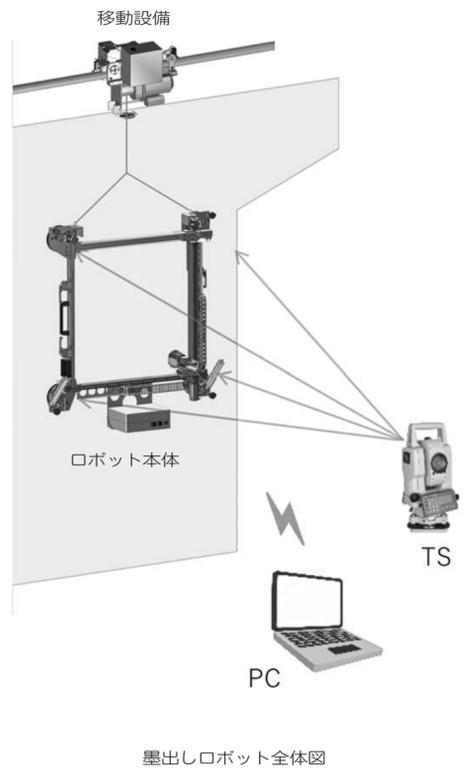


現地検証試験の様子

今後の検討課題としては以下の項目が挙げられる。
▷設置面が曲面形状であったり、吸着梁の下面など上向きに施工が必要になったりする場合、移動および吸着ができないため、座標変換方法や移動・吸着機構を検討して対応する必要がある。

▷危険な高所作業をゼロにするためには、ロボットを移動させるためのレール設備を設置せずに墨出しを実施できるようにするのがベストであり、その場合は別途、落下防止のフェールセーフを追加する必要がある。

これらの項目を引き続き検討し、墨出し作業の省力化、安全性の向上に努めていく考えだ。



最適発破設計システムをトンネル現場で検証

適用工事：大野油坂道路新長野トンネル野尻地区工事

戸田建設、Rist、演算工房

熟練技能者に頼らず最適な切羽の掘削へ

戸田建設を代表しRist、演算工房で構成するコンソーシアムは、国土交通省近畿地方整備局発注の「大野油坂道路新長野トンネル野尻地区工事」で、施工現場における労働生産性の向上を図る技術の試行業務として、「最適発破設計システム」の検証を実施している。

工事内容は施工延長2192.2m、トンネル掘削延長1098.1mで、標準内空断面積91.1㎡。

中硬岩質の山岳トンネルの施工においては、発破掘削の計画ラインに対して発破後の掘削形状に余掘りが発生し、その大きさがズリ出し作業や吹付けコンクリート量に大きく影響するため、余掘りの形状を見ながらの発破パターンの修正が必要になる。

発破パターンを修正する明確な判定基準はなく、熟練技術者の経験や勘に頼っているのが実情だが、その熟練技術者も減少している。最適発破設計システムは、適切な発破による施工の効率化を目指し、地山の硬さの指標や穿孔位置、装薬量をAI(人工知能)に学ばせることで、発破設計のシステム化を図るのが目的だ。

3D発破掘削データなどを収集し、余掘り量推定AIモデルを作成。一定期間のデータが蓄積されたあと、新規のデータを取り込むことで、最適発破設計プログラムを用い、予測したい断面の装薬量、穿孔位置を算出する。

断面予測にあたっては、1切羽前の穿孔データと発破後の点群データを取得することで、地山の特性把握と予測断面の掘削ボリュームを算出する。

発破穿孔データは、コンピュータジャンボの使用により、1孔ごとの穿孔データ(穿孔位置、穿孔エネルギー)が取得できる。

発破後の切羽の掘削形状は、車載式3Dレーザースキャナにより、掘削直後の地山形状点群データを取得する。掘削直後の切羽は不安定化しやすいため、迅速な測量と安全性が重視される。一般的に使用される三脚式レーザースキャナでは設置、計測、撤去に15分程度かかるが、車載式を採用したことで2分30秒程度に短縮でき、安全性が向上するだけでなく、即座に結果を確認できること



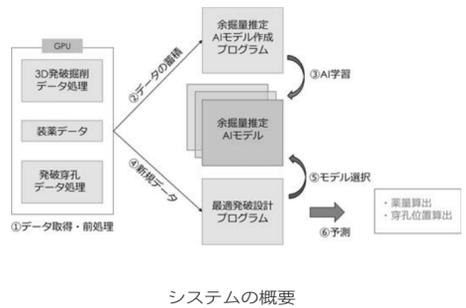
コンピュータジャンボによる穿孔の様子

が利点となっている。

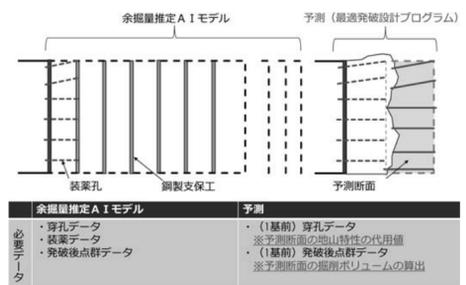
データは2021年11月29日から22年1月17日まで収集。発破実施回数58回(実質計測日25日)で、有効教師データ数は約5200(52断面×100孔/切羽)。

試行の結果、余掘り量推定AIモデルの予測精度は1切羽ごとの余掘り量誤差で15.6%となり、目標の30%を下回ることができた。

予測発破パターンによる成果については、現在とりまとめを行っており、これまでの試行により、AIモデルを使用した発破設計のシステム化は可能と判断された。今後の課題として、学習データの取得方法の効率化と将来の全自動施工に向けては、システムの精度向上が必要だと指摘している。



システムの概要



システムフロー



MRを活用した品質管理の高度化の実証実験

適用工事：R3阿賀野バイパスJR跨線橋軽量盛土その2工事

小柳建設・EARTH BRAIN

点群データをMRデバイス上で表示しシームレスで確認が可能

小柳建設(新潟県三条市、小柳卓蔵社長)は日本マイクロソフトと共同で、建設業の施工管理の検査事業を効率化できるアプリケーション「Holostruction(ホロストラクション)」を開発した。同アプリケーションは、日本マイクロソフトが開発したヘッドマウントディスプレイ・ホロレンズのMR(ミックスド・リアリティ、現実世界にCGや物体など仮想世界が複合した空間)技術を活用し、構造物の3次元モデルやデジタルデータを現実の空間に投影する。遠隔でもリアルな協議や検査などを創出し、移動時間の解消や業務の効率化などを可能にした。

主な機能は▷3次元データシミュレーション▷遠隔コミュニケーション▷タイムスライダ―の三つとなる。

■3次元データシミュレーション

ホロストラクションのクラウドサーバに登録した3次元CADデータや書類データを使って、多様なシミュレーションを行える。実物大のモデルによる直感的なイメージ共有と安全・作業シミュレーションによって理解度向上や潜在的リスクの発見を可能とし、現場工事におけるフロントローディングを実現する。

■遠隔コミュニケーション

リモートコミュニケーション機能により、時間的・場所的制約から解放され、新しい働き方を実現する。

■タイムスライダ―

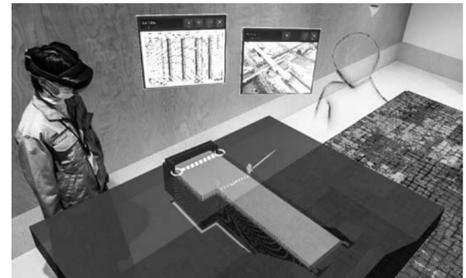
3次元モデルに時間や段階を設定し連続的な時間属性を持った4次元とすることで、全ての建設生産プロセスの可視化を実現する。

小柳建設は、PRISM制度に2019年度から3年連続で採択され、MRを活用した品質管理の高度化の実証実

験を行ってきた。19年度は設計照査時にMR技術を活用し設計図面から作成した3次元で施工難箇所などを精査。20年度は現場と同様なコミュニケーションと、打ち合わせ移動時間半減を目標に、MR技術やドローン測量技術を活用した発注者との協議を行った。21年度は、これまで課題だった点群データのMR上での共有、空間上に記録を残す空間マーカ―技術の活用を実証した。

同社専務取締役の中野真吾氏は「容量が大きくMR上での表示が困難だった点群データが測量サイズMRで共有できるようになったことで、現場に行かなくても施工進捗よくを確認することが可能になった」と話す。

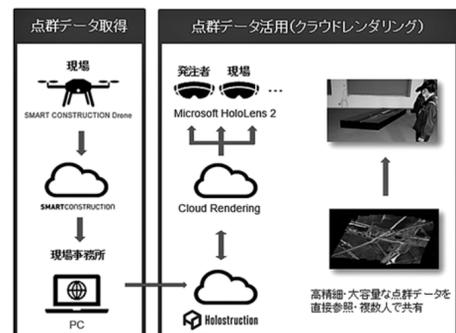
今後、発注者のニーズを聞いた上で保有技術のブラッシュアップを進め、遠隔地での完成検査手法などを提案していく。



アノテーション(空間マーカ―技術)



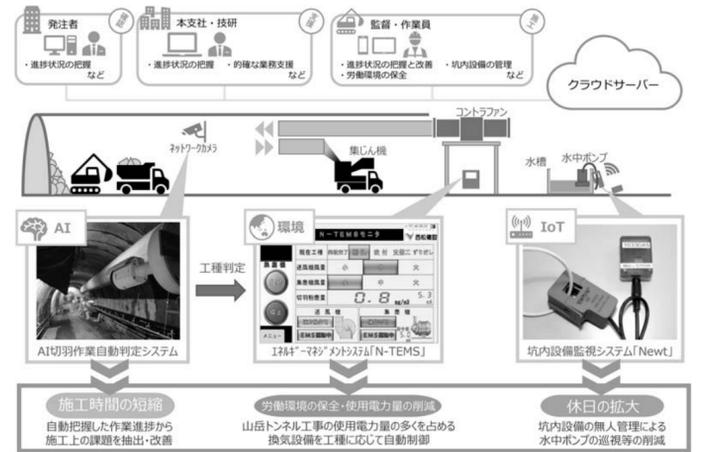
点群データ



2022 PRISM

写真・図版等は各者提供

『AIトンネル現場管理システム』を山岳トンネル現場で試行
適用工事：大野油坂道路荒島第2トンネル下山地区工事
西松建設、sMedio、MODE、菅機械工業、泰興物産
AI、IoT技術の活用により現場管理に関する生産性を向上



システムの概要



ネットワークカメラで取得した切羽近傍の映像

トンネルリモス」にも積極的に活用していくことにより、施工状況の把握だけでなく重機や坑内設備の自動制御に関する開発を進めていく。

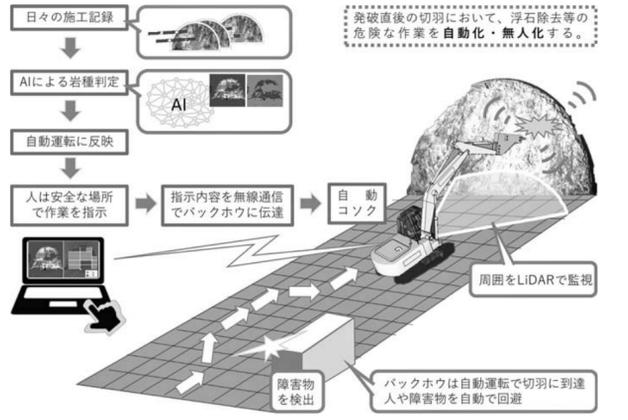
西松建設 NISHIMATSU CONSTRUCTION CO., LTD. logo and name.

バックホウで切羽のコック作業を自動・無人化
適用工事：平成29-32年度見の越トンネル工事

五洋建設、大阪大学、西行建設、ショージ、日本システムウェア、ネクストスケープ

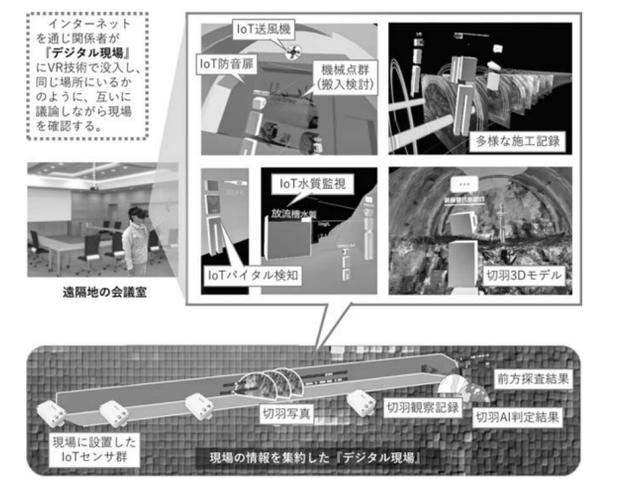
デジタルツイン・VR技術で遠隔臨場も

五洋建設と大阪大学、西行建設、ショージ、日本システムウェア、ネクストスケープの6者が参画するコンソーシアムは、国土交通省四国地方整備局発注の「平成29-32年度見の越トンネル工事」(愛媛県大洲市)に「バックホウの自動運転技術」と「デジタルツインによる没入型遠隔臨場技術」を導入し効果を実証した。



バックホウの自動運転技術概要図

レーザーで対象の形状を検知し全周囲を監視するLiDAR(ライダー)を搭載。切羽に到達するまでの自動走行では、道路上の人や障害物を自動回避する機能も備える。自己位置推定には一般的に用いるGNSS(全球測位衛星システム)が使用できないため、ライダーを用いて自己位置推定と環境地図作成を行うSLAM(スラム)を採用した。



デジタルツインによる没入型遠隔臨場技術

同技術は遠隔臨場技術としても位置付けられている。実物大の切羽映像やそれに重畳された観測データを遠隔地から見ることができ、直接現場に行かなくても施工状況を直感的に確認できる。リアルタイムで3D空間を転送する技術も備え、瞬間移動しながらの遠隔臨場を可能にする。

125th 五洋建設株式会社 PENTA-OCEAN logo.

凍結防止剤散布車自動操作へ新潟で実証実験
凍結防止剤の散布は、現状では運転手と運転助手が、凍結防止剤の散布は、現

乗車して作業している。散布車と散布幅の設定操作を自動化することで、運転手を1人だけで作業できるようにする。
実験には新潟県建設業協

人事
(4月1日) 経営管理本部 人事部長 別所 隆夫
(4月1日) 経営管理本部 人事部長 別所 隆夫

降 安全品質環境部長 安全品質環境部長 安全品質環境部長
(4月1日) 安全品質環境部長 安全品質環境部長

青木あすな建設
(3月31日) 執行役員 建設技術部長 青木あすな建設

日立システムズ
(4月1日) CEOは最高経営責任者 日立システムズ

同業建設株式会社
(4月1日) 経営管理本部 人事部長 別所 隆夫