

行政情報

施工 DX チャレンジ 2022

地上の施工技術の革新と宇宙開発への挑戦

増 竜 郎・山 下 尚・山 口 崇

激甚災害対応、生産性向上・働き方改革に加え、将来的な宇宙開発に資する遠隔施工等の革新的施工技術のフィールドでの実演を通じ、ノウハウを共有し、技術の普及、技術力向上、更なる開発を促進した。開発者、操作者、全国の国土交通省職員、宇宙無人建設革新技術開発者が、2日間のべ約600名集結した。キーワード：遠隔施工、3D スキャニング、3D プリンティング、宇宙無人建設革新技術、バーチャル、建設 DX 実験フィールド

1. はじめに

我が国は、古来、地震、火山、風水害の多くの災害に見舞われながらも、先人達の知恵と工夫、新たな技術により克服し、国の発展を果たしてきた。現代ではとりわけ、火山や土砂崩落等の立ち入りが危険な現場においては、無人化施工技術が導入され、幾度もの災害現場での果敢な挑戦と改善により、早期の復旧・復興がなされ、それらを通じて技術も進化してきた。近年、地球規模の気候変動に伴う風水害等の激甚災害への対応、また、我が国が直面している人口減少への対応に必要な生産性向上と働き方改革の実現のため、遠隔施工や自動施工の更なる開発・普及が重要となっている。また、直近では、人類の新たな活動領域としての宇宙開発が、国際的な協調と競争の中で活発に進められ、月面の拠点建設が現実味を帯びてきており、ここでは、遠隔施工やスキャニング等の革新的な施工技

術の活用が期待されている（図—1）。

国土交通省では、i-Construction を更に進め、抜本的な生産性向上を目指して、インフラ分野の DX を推進し、施工においては、将来的な月面建設での活用も視野に入れ、革新的な施工技術の開発と普及を推進しており、その一環として取り組んだ「施工 DX チャレンジ 2022」について紹介する。

2. 施工 DX チャレンジのねらい

激甚災害への対応、生産性向上・働き方改革、宇宙開発での活用に資する遠隔施工等の革新的施工技術は、近年、産学官の各方面で、開発と実用化が進められてきている。特に、国土交通省では、令和2年度より、建設 DX 施策を掲げ、簡易遠隔操縦装置（ロボ QS）や5G 通信、建設 DX 実験フィールド等を、全国的に整備したところである。



図—1 建設施工高度化と宇宙開発での活用の期待

一方、特に災害現場で活用されてきた無人化施工は経験できる現場が多くなく、その技術を使いこなすノウハウが十分に浸透していない状況であった。そこで、今回整備した建設DX実験フィールドを活用し、全国の遠隔施工技術者を一堂に会し、機器の設置から操作、撤去までの一連の動作を実演する事で、遠隔施工に係る技術力の向上を図ることとした。その際、直轄保有の遠隔施工技術に限らず、民間企業等で開発された各種の遠隔施工技術、及び、遠隔施工を支援する通信及び映像技術、また、シミュレーション技術、また、最新の施工技術として、3Dスキャニング技術及び3Dプリンティング技術も加え、施工全般の高度化に資する各種技術を対象とした。更に、概ね10年後の月面での活用を目指して進めている「宇宙無人建設革新技術開発」の各研究開発者及び有識者も参画し、現状の実用化技術を実際に見て、触れ、各技術者と直接対話することで、現場に根付いた地に足の着いた取り組みを行いつつ、更なる高みを目指す開発が促進されることを、本チャレンジのねらいとした。

3. 開催概況

令和4年11月21日から22日にかけて、茨城県つくば市の国土技術政策総合研究所及び土木研究所内の建設DX実験フィールドにおいて、施工高度化に係る20技術の実演と、宇宙建設に資する13技術開発の紹介がなされた。現地には、全国の地方整備局及び北海道開発局の施工高度化を担当する職員及び関係企業、実演技術の関係者、宇宙無人建設革新技術開発関係者、総勢約600名が集まり、実演の見学、実際の操作体験、意見交換が行われた。

開会に先立ち、主催者代表の国土交通省技監の吉岡幹夫より、「施工DXチャレンジを通じて、技術革新と現場改善のイノベーションを起こすこと、新たなより良い時代を切り拓いていくことへの期待」のメッセージが伝えられた。また、宇宙無人建設革新技術開発推進協議会の石上玄也会長からは、「アルテミス計画の第一弾のロケット Altamis1 が無事に打ち上がり、月面探査がいよいよ始まる中で、この施工DXチャレンジの取組の意義と期待の大きさ」が示された。2日目には、ICT導入協議会の建山和由会長より、「i-Construction 施策の延長において、建設用ロボット技術は、多様な専門家が集いどんどん進化してきており、色々な作業が出来るようになってきている」との話を受けた（写真-1）。



写真-1 施工DXチャレンジ会場、開会式（右下）

4. 遠隔施工の挑戦

(1) 遠隔施工（設置・撤去）

災害時の初動対応には、迅速さが重要であり、その点で進化してきた『簡易遠隔操縦装置（ロボQS）』は、汎用建設機械への設置の容易さが特徴的である。今回、まずは、その設置の実演を、関東及び九州地方整備局、フジタ・IHI 検査計測が実施した。いずれも、設置時間は、標準の60分を大きく短縮し、30分程度でなされ、撤去は15分程であり、その高い熟練度がうかがえた（写真-2）。



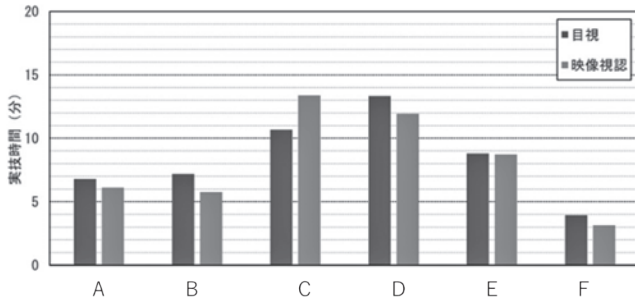
写真-2 簡易遠隔操縦装置（ロボQS）の設置

(2) 遠隔施工（操作）

遠隔施工の操作については、各地方整備局の職員又は災害協定締結先等の協力企業により実演がなされた。既定の作業を、直接目視及び映像のみでの操作で行った（写真-3）。その際、各者の操作の速さ・正確さ・安全性を計測し、経験の程度や操作条件による違いが見受けられたところであり、今後のスキル向上に役立てることとしている（図-2）。



写真一三 遠隔施工の操作（直接目視と映像操作）



図一 二 遠隔施工の操作時間の計測結果

(3) 遠隔施工（多種多様な技術）

民間企業でも各種の遠隔施工技術の開発・改良が進んでおり、各技術とも、操作機構、操縦装置、映像、通信システム等に様々な工夫がなされ、重機模型の遠隔操作等、その特色に応じた実演がなされた。遠隔距離では、大阪からつくば市まで、また、米国から佐賀県までの長距離の遠隔施工に挑み、十分にその実演がなされた（写真一4～6）。

- ▶ 汎用遠隔操縦装置 サロゲート [株大林組]
- ▶ ロボコンストラクション用カナタッチ [株カナモト・株富士建]
- ▶ MODEL V (e 建機チャレンジ大会とのコラボ) [ARAV (株), 運輸デジタルビジネス協議会等]
- ▶ 複数建設機械の遠隔操縦～マルチコックピット～ [株加藤組, 日立建機日本(株), 西尾レントオール(株)]
- ▶ CAT Command 遠隔操作ソリューション [Caterpillar Japan]

(4) 遠隔施工（コアな支援技術）

遠隔施工においては、重機や操縦装置が目立つところであるが、現地状況を分かり易く示す「映像技術」や映像・制御情報を遅滞なく的確に送る「通信技術」は、不可欠で重要な技術であり、今回はその遠隔施工を支援する次の技術の実演が行われた。

- ▶ 臨場型遠隔映像システム「T-iROBO® Remote Viewer」 [大成建設(株)]
- ▶ 重機遠隔操縦サービス [日本電気(株)]
- ▶ 360度半球カメラを用いた無線でのリアルタイム高画質動画配信システム [FCNT (株)]



写真一四 つくば市から大阪府への遠隔施工



写真一五 つくば市と米国から佐賀県への遠隔施工



写真一六 模型を用いた遠隔施工

(5) 遠隔施工（バーチャル）

バーチャルでの遠隔施工は、時間及び場所の制約が無く、重機が損傷することもなく、熟練技術を有しなくても、遠隔施工の訓練を相応にできるメリットがある。今回の実演会では、リアルな遠隔施工と同等の操作を行うものから、月面空間での施工、ヘッドマウントディスプレイを利用し、座席がバーチャルと同調するもの、フィールド全体の仮想空間を再現したもの等、次の技術の実演がなされた（写真一7, 8）。



写真一七 遠隔操縦操作訓練用シミュレータ



写真一九 新しい遠隔臨場 (XR, ARinVR)



写真一八 遠隔操縦操作訓練用シミュレータ



写真一〇 デジタルサイネージカーを利用した技術紹介

- ▶ 遠隔操縦操作訓練用シミュレータ [九州地方整備局九州技術事務所, (株)フォーラムエイト]
- ▶ 重機でGO (VRによる月面重機操作体験) [トライアロー & 寿建設]
- ▶ 無人化施工 VR技術～シンクロアスリート～ [(株)熊谷組・国立東京工業高等専門学校]
- ▶ TENSTAR シミュレータ [国土技術政策総合研究所]
- ▶ VR 国総研 (F8VPS) [国土技術政策総合研究所, (株)フォーラムエイト]

5. 革新的施工技術の挑戦

(1) 3D スキャニング

遠隔施工をする場合でも現地状況の的確な把握は重要であり、3次元の地形等の情報を手軽に入手する技術が進化している。今回は、スマートフォンやタブレット、小型バギーとデジタルサイネージカーでのリアルタイム 3D データの取得・説明の実演、また、米国からスマホで取得された 3D データを現地で確認する実演もなされ、3D スキャンの新たな活用に挑戦された(写真一 9, 10)。

- ▶ スマホ LiDAR × 遠隔臨場システム [モバイルスキャン協会, ykuw-design]

- ▶ リアルタイム点群表示 3D スキャニング [金杉建設(株)]
- ▶ モバイル端末活用の災害状況把握 [関東地方整備局]

(2) 3D プリンティング

現地でコンクリート構造物を造形していく 3D プリンターは、画期的な技術として建設分野や宇宙開発分野でも、脚光を浴びているところであり、今回は、実際にコンクリート 3D プリンターの実用機での実演とプレゼンがなされ、初めて目にする人も多く、高い関心が寄せられた(写真一 11)。

- ▶ 建設用 3D プリンター [(株) Polyuse, (株)加藤組, (株)



写真一〇 建設用 3D プリンターの実演

砂子組]

- ▶ コンクリート 3D プリンター c3dp [曾澤高压コンクリート(株)]

6. 宇宙建設への挑戦

最新の施工技術のフィールドでの実演に合わせて、政府の宇宙開発利用加速化戦略プログラム（スターダスト）の一環の「宇宙無人建設革新技術開発」として、施工自動化、調査や輸送、建材製造、簡易施設建設に係る 13 件の最新研究開発動向が紹介された。概ね 10 年後の月面での建設活動の実現を目指して、より挑戦的な取組が共有され、地上での活用も見据え、更なる施工高度化への機運が醸成された。

- ▶ 施工高度化系 [鹿島建設(株), 清水建設(株), (株)小松製作所, 大成建設(株)]
- ▶ 測量・調査・輸送・全体システム系 [立命館大学, (株)熊谷組, (株)技研製作所, 有人宇宙システム(株)]
- ▶ 建材製造系 [(株)大林組, 早稲田大学]
- ▶ 簡易施設建設系 [清水建設(株), (株)大林組, 東京大学]

7. おわりに

今回、当初は遠隔施工等の施工技術を 5 件程度で関係者数十人程度の集まりを想定していましたが、呼びかけ始めると、次々と民間企業や地方整備局の先進的・挑戦的な技術と取組の提供の申し出が有り、結果として、20 技術、約 600 名の関係者が集まり、盛況に開催することができました。実現場で、実機を、実際に動かし、それに触れ、そのエンジニアと対話することを通じて、その技術の特徴をより理解できることを改めて感じたところです。

一方で、初開催とのことで安全な運営を鑑み、一般参加希望者はオンライン参加としたところですが、プレゼンテーションと共に現場での実演を効果的・効率的に伝えるには、改善すべきところも多々認識したところです。これを機に、現場開催を基本にしつつも、メタバース等の新たな技術のノウハウも高め、更なる改善を図りたいと思っています。

今回、多くの技術者に、ハードからソフトな技術、機器の設置から操作まで、様々な試みに挑戦して頂きましたが、それらが実現したことは、長年の研究、開発、訓練の積み重ねとともに、数か月間の準備と当日の対応のご尽力の賜物と思われまます。今回のように、より良い技術の開発と活用促進に向けて切磋琢磨し合う取り組みを、今後とも推進して参りたいと思っています。

改めまして、ご協力頂いた全国の技術者、関係者、運営を支えて頂いたスタッフの皆様へ、心より感謝申し上げます。



図-3 施工 DX チャレンジ コンセプトイメージ

JICMA

【筆者紹介】

増 竜郎 (ます たつろう)
国土交通省
総合政策局 公共事業企画調整課
企画専門官



山下 尚 (やました ひさし)
国土交通省
国土技術政策総合研究所
社会資本マネジメント研究センター
社会資本施工高度化研究室長



山口 崇 (やまぐち たかし)
国立研究開発法人土木研究所
技術推進本部
首席研究員

