

# 無人化施工から見た技術開発とその可能性について

土木事業本部 ICT推進室 北原 成郎  
 技術本部 技術企画部 企画調査グループ 大本 晋士郎

## ● はじめに

政府が進める Society 5.0 では、研究開発などによる新しい価値やサービスによる「スマート社会」の実現が期待されている。その中で、ロボット技術などによる生産性向上が建設業でも課題であり目標となっている。

これまで技術開発は専門分野に依存する形で進められることが多かった。技術が詳細かつ先進的になるにしたがって、取り組む範囲が限定されたものになる傾向からと考えられる。

i-Construction を考えると、高度な生産性向上技術に取り組むこととなり、単一の技術の先進的取組だけでは、全体を包括して工事全体の生産性に取り組むことはできない。無人化施工システムは全体を統括したシステムと考えることができるが、今後、こうした取り組みが重要となる。これまでの様に、工種や部位毎の技術開発に留まらず、工事現場のFA (Factory Automation) 化を実現するためにはマネージメントまで含めた統合技術が求められる。本稿では、実現が可能と思われる将来の土木施工の高度化に近い技術と考えられる無人化施工技術の開発について取り上げる。また現在進めている技術研究所での開発のための環境整備を紹介する。

## ● 無人化施工技術の開発

安全な場所から遠隔操作により工事を行う無人化施工では、施工場所の情報を肌で感じる環境の構築が難しい。そのため、利用可能な情報を収集することが大切である。しかしながらリアルタイムでかつ操作者に直接情報として伝えることが可能なものは、映像、音響、振動などやGNSSなどの位置情報があるが、正確に利用できる情報は少ない。現在は、映像情報を主体として作業を行い、GNSSによる位置情報から、建設機械のマシンガイダンスや、マシンコントロールでの施工支援システムにより作業量や座標を確認しながら進めている。Fig.1 では代表的な技術構成を示す。

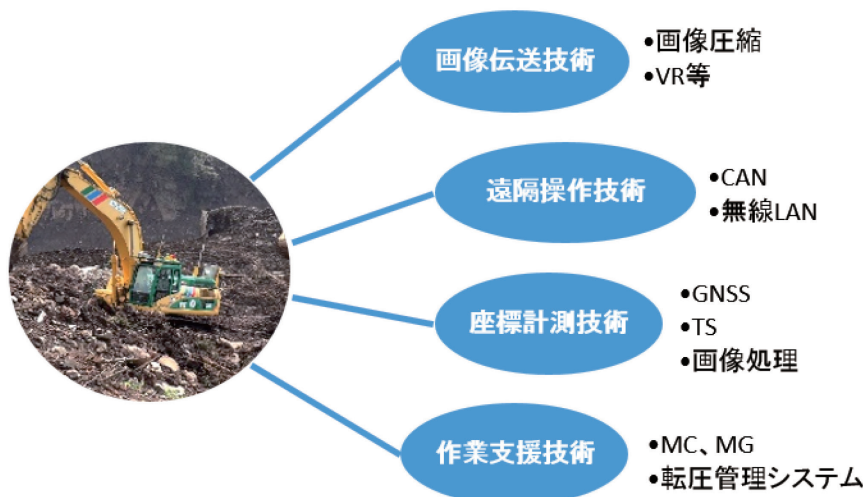


Fig.1 無人化施工 構成技術

## ● 無人化施工の開発の流れ

無人化施工の開発の歴史からその流れを説明する。

1994年の建設フィールド制度から試験工事の目標が示され、初めて遠隔操作で建設機械群を利用しての無人化施工が始まっている。ここではモニターを見ながら掘削を行うことが確立した。

この時点で操作室の重要性が認識され、変わらず現在まで受け継がれている。初期の時点からモニターによる操作では空間の正確な把握が困難であり、大きな課題であった。Fig.2 オペレータの空間認識にあるようにモニターの2次元表示では対象物の傾きや奥行き感が得られにくく、車載カメラと外部カメラの併用で対応してきた。

現在ではPhoto.1に示すように複数のモニターと共に情報化施工機器の併用が、無線についての開発が進む中で、ともに進化している。

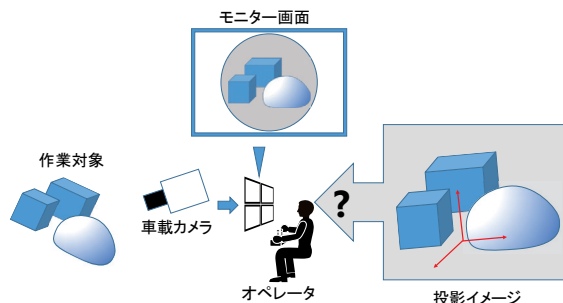


Fig.2 オペレータの空間認識



Photo.1 現在の操作状況

Photo.1にあるように操作者は複数の映像を見ながら状況をリアルタイムに判断する。映像情報は数値化されていないが、その画面から作業に必要な情報を理解する。これは人間の空間認知能力を最大限に利用したものであるが、数値化できないため、支援システムが必要となる。そのため、情報化施工を利用して現地の施工情報を把握する技術が発達してきた。

## ● ネットワーク対応型無人化施工システム

情報化施工の本格化が無人化施工に大きく影響を与えた。これまでは、丁張を設置できないため、目標となる鋼製フレームなどの設置やGPSを利用して、スプレーなどでマーキングするなどの工夫をしていた。マシンガイダンスシステムが導入可能となるとその精度と生産性は大きく向上し、測量ができない問題を大きく改善している。ブルドーザではマシンコントロールの導入で、オペレータへの負担が軽減され、安定してRCCでの砂防堰堤や床固工などの構造物が無人化施工で行われるようになった。

しかしながら、計測システムなどの建設機械への搭載が増えると、その通信が複雑化し、障害が発生するなど課題も増えていた。

この中で、画像伝送技術などのネットワーク技術が進み、無線LANの性能が向上したことで、通信機器をすべてネットワーク上に接続し、通信を行うことで無人化施工の複雑な通信の管理が大きく改善されることになる。

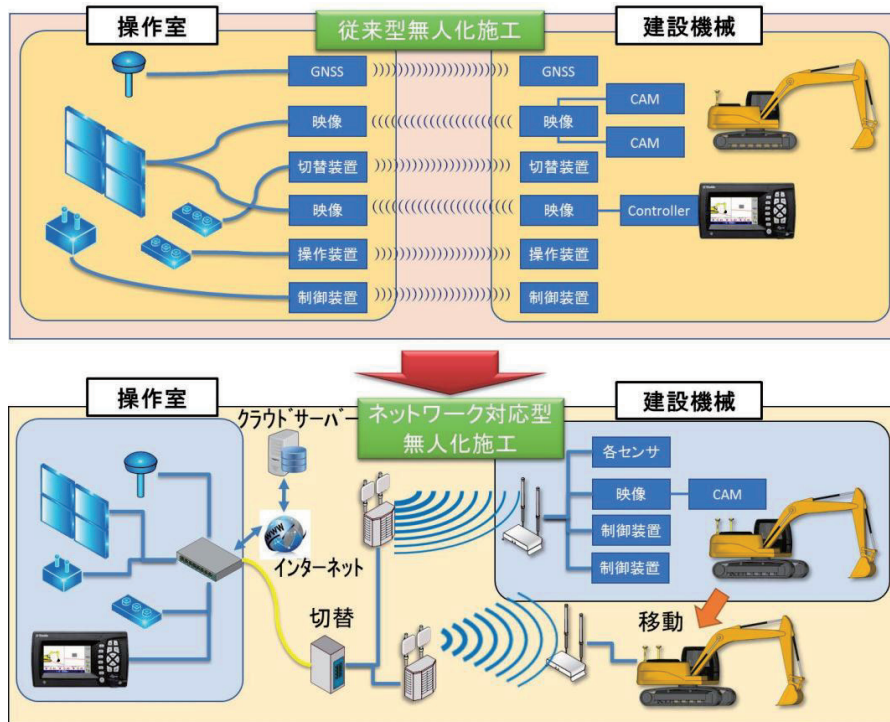


Fig.3 ネットワーク対応型無人化施工技術

### ● 自動運転への取り組み例

Society5.0に対応すべく、現場への生産性向上のための取り組みとして、無人化施工を基盤とした自動化技術の導入に取り組んでいる。無人化施工では通信環境や操作室など自動化技術を導入するには条件が整っており、現場での検証が行いやすい。

Photo.2は、不整地運搬車自動運転の状況である。1台のバックホウのオペレータが、2台の不整地運搬車を自動運転で土砂運搬も並行して行っている様子である。このように無人化施工の段階ではすでに実際の施工にも十分使える段階となっている。

達成できた点は、

- ① 無人化施工での作業の中に自動運転を組み込む可能性を示すことができた。
- ② 建設機械の追従性は管理範囲の20%程度。
- ③ オペレータ自身がコース設定、運用まで可能。

まだ、一般の工事では、研究開発課題が多いと思われるが、実現に向けて独自で開発を進めている。



Photo.2 不整地運搬車自動走行

新技術は今後も i-Construction を中心に加速度的に増える一方で淘汰されるものも少なくない。いち早く使える技術を見極めていく努力が必要である。

その技術開発に求められるものは、以下である。

- ① 継続性
- ② 迅速性柔軟性
- ③ 展開力，発信力

様々な要素技術開発を平行して進めており，今後もその体制を強化して推進していきたい。常に技術開発に適した現場を確保することはできないため，現在，技術研究所に i-Construction にかかわる迅速な検証が可能な実験ヤードを設けることとした。また現場ではできない定常的な繰り返し実験にも対応できるように設備を整えるようにしている。次にその環境を紹介する。

## ● 機械化を促進するための施設整備

技術研究所は茨城県つくば市にあり，今年でつくば開所 30 年を迎えた。約 49 万 m<sup>2</sup>の敷地面積に，本館をはじめとして 10 の施設があり，基礎・応用研究が行われてきた。開所 30 年の間に研究開発のベクトルは基礎研究に加え，i-Construction に代表されるように，情報化・省力化施工に，また新しい観点から研究開発を進めるためのオープンイノベーションに対応する必要性が生まれてきた。これらの必要性に呼応するべく，一昨年度から施設の更新を行ってきた。



- ①：本館
- ②：一般実験棟
- ③：環境実験棟
- ④：音響実験棟
- ⑤：土質実験棟
- ⑥：材料実験棟
- ⑦：風洞実験棟
- ⑧：振動構造実験棟
- ⑨：多目的実験棟
- ⑩：屋外実験ヤード

Fig. 4 技術研究所全景

### ● 屋外実験ヤードの整備 (Fig. 4 ⑩)

屋外実験ヤードはこれまで，汚染土壌浄化技術，杭工法の開発，トンネル掘削技術の開発などに活用されてきた。屋外実験ヤードは一辺約 50 m の広さがあり，隣接した調整池を含めると，施工機械の運転に適した起伏のある中距離周回走行が出来る広さがあることから，無人化施工機械などの情報機械化施工技術の開発実験ヤードとして活用できるように設備を設置した。コンセプト図を Fig. 5 及び 6 に示す。

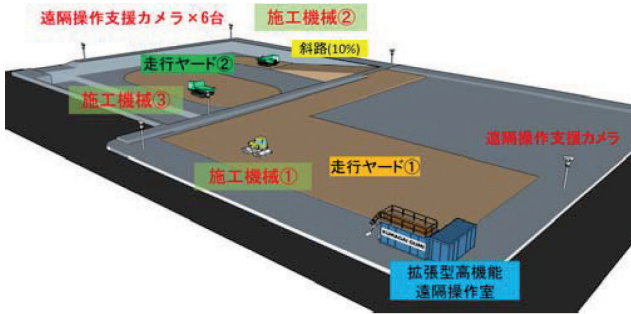


Fig.5 屋外実験ヤード (コンセプト図)



Fig.6 屋外実験ヤード整備概要

ヤード外周に無人化施工現場で使用しているものと同等の遠隔操作支援カメラ (6 台), また調整池への斜路を設け, 走行路面積 5,000 m<sup>2</sup>, 延長約 200 m の走行路を整備した。

屋外実験ヤードには拡張型高機能遠隔操作室が設置されているが常設ではなく, 災害発生の緊急時には現場に出動する。緊急事態に備えつつ, 常時には無人化施工技術開発に活用・維持管理を行うという 2 つの目的を有している。



Photo.3 屋外実験ヤード整備完了 (走行ヤード①)



Photo.4 屋外実験ヤード整備完了 (走行ヤード②)

走行ヤード② (Photo.4) は本来, 調整池であるので, 斜路盛土を行うにあたり, 調整池機能を阻害しないか検討を行い, 問題は生じないとの結論を得て, 市と協議し許可を受けて実施した。Photo.5 に無人化施工機械の走行試験状況を示す。



Photo.5 無人化施工機械走行試験状況

### ● 常設型高機能遠隔操作室

Fig. 4⑤土質実験棟内の打ち合わせ室を改装し、常設型の高機能遠隔操作室を整備した (Photo. 6). 実験棟屋上には GNSS 基局を設置し、屋外実験ヤードと光回線で結んである。

この操作室からも屋外実験ヤードにある無人化施工機械を遠隔操作することが可能である。



Photo. 6 常設型高機能遠隔操作室

この操作室の目的は以下の2点である。

- ① 屋外実験ヤードに設置した拡張型高機能遠隔操作室 (Photo. 3) が災害緊急時に搬出された場合でも、こちらの操作室を用いることで開発を中断することなく実施できる。
- ② 屋外実験ヤード設置の遠隔操作室に比べ、操作卓周辺の広さに余裕があることから、比較的大人数での、遠隔操作のデモンストレーション、遠隔操作の教育実習の実施に活用する。

### ● 多目的実験棟

海洋水理実験棟の平面水槽（多方向造波装置を有した3次元波浪水槽）の活用頻度が低下したことから、水槽外周の壁の一部を切り欠き乗り入れを設け、様々な実験を行うことのできるよう、多目的実験棟として改装した。

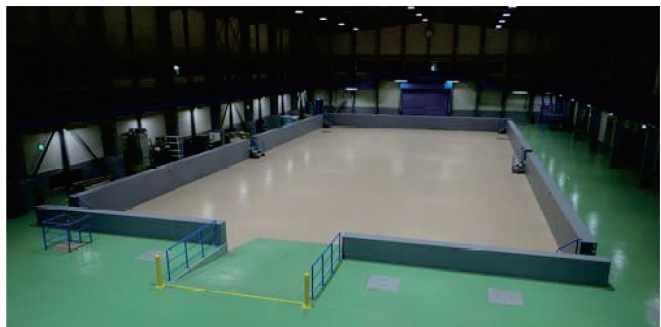


Photo. 7 多目的実験棟

使用条件は設けず、広く機械・工法の開発に

用いる予定である。特にオープンイノベーションを意識した開発や、今後本格導入が期待されているロボット分野の技術開発に活用していく。屋外実験ヤードに対してこちらは屋内であり、天候に影響されないため、開発時間の促進が期待できる。

### 参考文献

- 1) 科学技術基本計画 内閣府 HP  
<https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index5.html>