

3DMC建機による「遠隔施工」の取り組みについて

植 村 建 設 株 式 有 限 公 司 山 本 雅

1. はじめに

近年、我が国の建設業界は人口減少や少子高齢化の進行に伴い、生産年齢人口が減少し続けている。建設業は、いわゆる「きつい・汚い・危険」という「3K」の就業環境イメージにより離職者が多く、入職者が少ないことから、他産業に比べて担い手不足が顕著である。今後は高齢者の大量離職が見込まれることから、従来建設業の重労働を支えてきた男性のみならず、女性も生き生きと活躍できる職場環境を整備し、性別や年代を問わず担い手を確保・育成することが急務である。

農業土木分野においてもこの状況は例外ではなく、広域かつ多様な施工条件に対応する必要がある中で、技術者・技能者（オペレータ）の不足が深刻化している。こうした状況を打開するためには、女性や若手など多様な人材が建設業に興味を持ち、入職するきっかけを得られるよう、業務改善、働く時間や場所の柔軟化、自動化・機械化による生産性向上を進め、働きやすい職場環境を整備することが不可欠である。

当社では、これらの課題を踏まえ、ICT建機を施工現場に導入し、熟練技能者でなくとも経験の浅い若手がオフィスなどから遠隔で施工可能となるシステムの構築に取り組んでいる。このシステムにより、生産性向上とともに、建設現場における危険作業による事故防止を図り、性別や年代を問わない働きやすい環境づくりを進めている。

本報では、当社が取り組んでいる3DMCバックホウへの後付け型遠隔操縦システムの技術実証と、その普及に向けた活動について報告する。

2. 技術の概要

(1) 3DMCバックホウ

油圧ショベルに搭載される3DMC（3次元マシンコントロール）は、施工精度の向上と作業効率化を目的としたICT建機技術である。本システムは、GNSS受信機や姿勢センサを用いて建機の位置や姿勢を高精度に把握し、事前に作成された3次元設計データとリアルタイムで照合することで、バケット刃先の位置を自動制御する機能を有する。これにより、従来は熟練技能者の経験と勘に依存していた掘削・整形作業においても、±数センチの高い精度で施工を行うことが可能となる。

また、オペレータはモニタ画面上に表示される設計面と実施工面の差異を視覚的に確認できるため、測量や丁張り作業を大幅に削減できる。これにより施工の効率化のみならず、省人化やコスト低減にも寄与する技術である。特に農業土木分野においては、圃場整備や法面整形など広範囲かつ精度を要する作業において有効性が高いとされている。

(2) 遠隔操縦装置

本システムにおける遠隔操縦装置は、油圧ショベルをはじめとする建設機械を現場外から操作可能とする「超遠隔」の技術であり、操作デバイスとして家庭用ゲーム機 (SONY製 PlayStation 5) のゲームパッドを採用している。このデバイスは軽量かつ携帯性に優れ、アナログスティックやトリガーボタンによる直感的な操作が可能である。

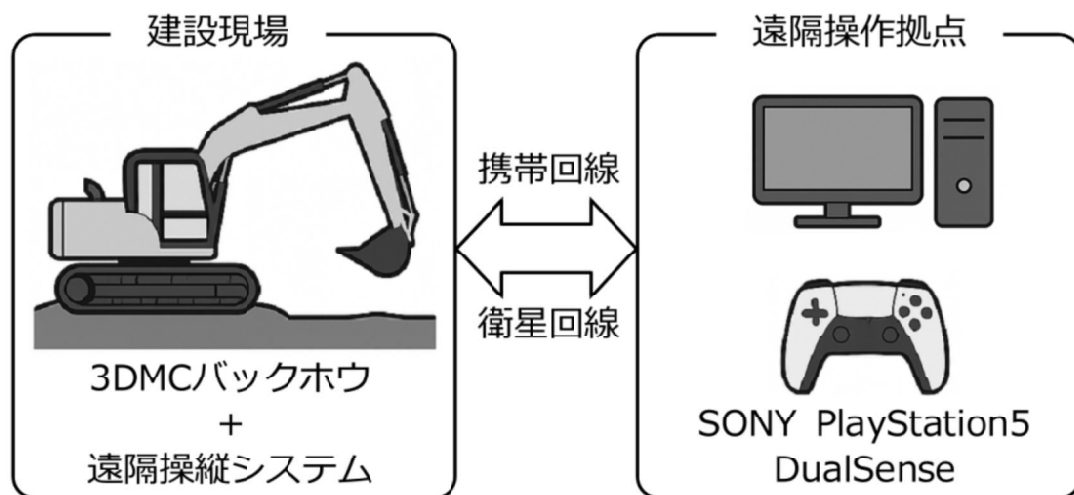
また、感度調整機能を実装することで、バケットやアームの細かな動作を高精度に制御できる。さらに「セルフリピートプログラム」と呼ばれる自動化機能を組み込み、法面整形など反復作業を効率的に行うことができる。通信については、携帯電話回線を利用することで距離の制限なく操作可能である。これにより、遠隔操縦拠点が現場から数百km離れた場所でも安定した操作を実現できる。加えて、災害時など通信インフラが制約される状況では、STARLINK衛星通信システムと広域WiFiによる無線LAN環境を組み合わせることで多様な現場環境に対応できる体制を構築している。

従来の遠隔操縦では、専用の高速回線や光回線、または近距離用の専用無線を必要とし、通信環境の整備に大きなコストと時間を要していた。さらに、操作デバイスは専用の重機用コントローラを用いるのが一般的であり、設置場所や携帯性に制約があった。

これに対し、当社は「3DMCバックハウ×遠隔操縦技術×衛星通信(広域WiFi)」という技術の融合に加え、ゲームパッドの採用や独自の工夫を組み合わせることで、従来方式と比較して大幅に運用性を高めた点に特徴がある。



【写真1】 3DMCバックハウの外観と運転席内部の遠隔操作システム搭載状況



【図1】ハードウェアのシステム構成図（建機・遠隔操作装置・通信経路）イメージ

	従来方式	本システム
操作距離	数百m程度(ラジコン機)	制限なし(LTE&STARLINK)
精 度	低い(遠隔操作では難しい)	高い(3DMC制御の恩恵)
コ ス ト	高い(専用のシステム導入)	低い(既存の建機を使用)
運 用 性	狭い(通信や操作装置の制約)	広い(全国どこからでも可能)

【表1】従来方式と本システムの比較（操作距離・精度・コスト・運用性）

（3）遠隔施工支援車両

当社では、キャンピングカーをベースにした移動オフィス車両を整備している。車両上部には衛星通信システムであるSTARLINKや広域Wi-Fiアンテナを搭載し、車内には大型モニターを複数設置している。さらに、キャンピングカーを基盤としているため、冷暖房設備に加え、冷蔵庫、電子レンジ、手洗い場、後部にはベッドも備えており、快適な作業環境を確保している。また、ドローンや測量機などの資機材を搭載することで、「多機能型拠点車両」として機能するようにしている。



【写真2】遠隔施工に対応した「遠隔施工支援車両」の外観と車両内部

3. 農業農村整備事業の試験施工による検証

(1) 試験圃区の概要

現場名：経営体 北友南地区 61工区（場所：北海道雨竜町字面白内98-101）

施工業者：植村建設株式会社

実施日：2024年7月17日～7月19日

(2) 試験施工の実施内容

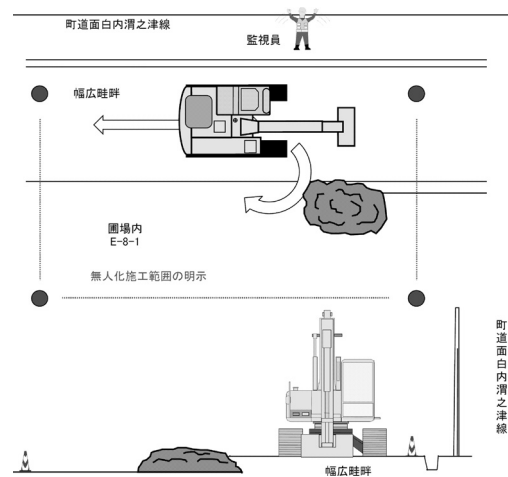
作業内容：幅広畦畔天端仕上げ（ $W=3.0\text{m}$ 、 $L=100\text{m}$ 、 $A=300\text{m}^2$ ）

作業手順：①刃先調整～②天端掘削成形～③残土は横に放下～④移動～②へ戻る

操作環境：施工場所を直接目視出来ない建物裏に駐車した車両内からの操作



【図2】 施工場所と操縦場所の位置



【図3】 作業計画書の内容

(3) 従来施工との時間比較

従来施工では施工速度がおおよそ10m/hrであったのに対し、遠隔施工では開始当初3m/hr程度であり、従来施工の約3分の1の速度であった。これは想定以上に掘削面の地盤が固く、モニター越しではその状況を十分に把握できなかったことが要因である。

しかし実働2時間ほどで施工速度は5m/hr程度となり、その後は最終日までほぼ同じ速度で推移した。施工面積300㎡あたりの施工時間は、従来施工では約10時間、遠隔施工では実働約18時間であった。したがって、実作業において遠隔施工は従来施工に比べて1.8倍の時間を要するという結果となった。

(4) 施工精度と出来形管理

施工精度は+18mm～-10mm、平均+6mmであった。この結果は実証実験場での成果と同様であり、3DMCによる制御効果が非常に大きいことを示している。従来の遠隔操作方式では決して得られない精度である。下記に示すのは、ICT建機の施工履歴に基づく出来形管理で得られたデータであり、計測作業の効率化が副次的に達成された事例である。

測定項目			
天端 標高較差	平均値	6mm	
	最大値	18mm	
	最小値	-10mm	
	データ数	300	
	評価面積	300㎡	
	棄却点数	0	

【表2】 ICT建機の施工履歴から作成したヒートマップ帳票

(5) 課題を含めた考察

従来の遠隔操縦は、掘削や資材の移動といった「精度を求めない作業」に限定されていた。しかし、3DMC技術と遠隔操縦を組み合わせることにより「精度を求める遠隔施工」が可能となった。また、ICT建機に搭載されるタブレットの情報を遠隔地から確認できるため、建機の位置や設計面に対する方向、施工済み範囲の見える化が実現できるようになった。

今後は「遠隔操縦とICT建機の融合」が標準的な施工手法になると考える。

一方で、課題も明らかになった。建機の近接環境に架空線や用水路が存在していたが、遠隔オペレータからは十分に確認できなかった。このことは、映像情報に依存して現場状況を把握する遠隔操縦において、カメラの設置位置や画角が極めて重要であることを改めて認識させる結果となった。



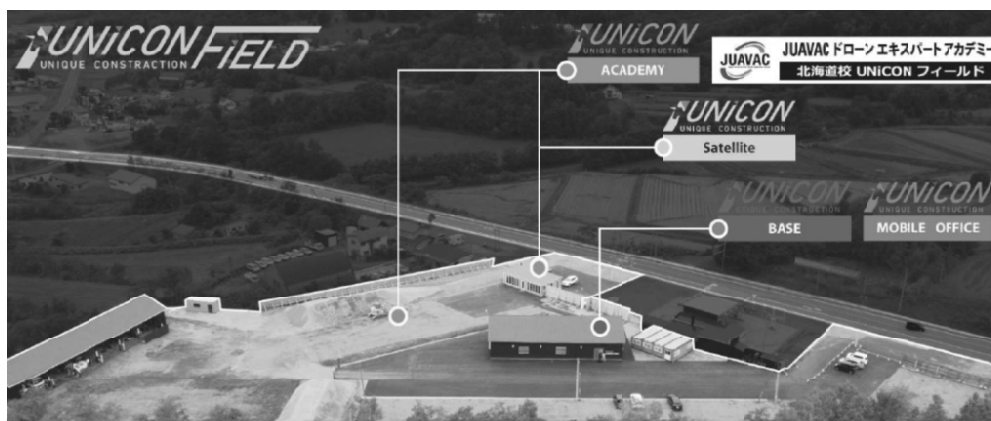
【写真3】試験施工の状況（動画から）

4. 多様な建設業従事者確保に向けた取組

(1) 遠隔施工実証フィールドの整備

2023年、遠隔施工技術の実証とオペレーター育成を目的として、実証実験場「UNiCON FIELD」を整備した。敷地面積約10,000㎡に実験用土砂1,000m³を堆積し、各種施工条件を再現できる環境を構築することで、遠隔操作における課題を抽出し、仮説に基づく検証を重ねている。

また、遠隔操縦建機を窓越しに観察しながら操作できる施設は国内でも珍しく、遠方から大手企業やベンチャー企業が製品テストや技術開発のために来訪している。さらに、本施設はドローンスクールの分校としても活用されており、ドローン操縦者の資格取得の場としても利用されている。



【写真4】UNiCON FIELD全景

(2) 地域教育機関、建設業他社、発注機関等の体験学習

当社が整備した実証実験場「UNiCON FIELD」やドローンサッカー場「UNiCON BASE」は一般に無料開放しており、建設業他社、発注機関、教育機関などの体験学習を随時受入れている。2023年は6月以降、芦別高校、岩見沢農業高校、赤平中学校、滝川工業高校などから120名を受け入れ、2024年には学校機関に加えて道外の建設会社や発注機関からの見学者も増加し、250名以上となった。さらに、2024年4月にはICT・BIM/CIMアドバイザーに登録し、見学の受け入れを本格化させた。その結果、2025年7月末までに累計8件の受入れ実績を記録し、これは道内企業として最多である。

ICT・BIM/CIMアドバイザー活動報告紹介						実施内容
No.	依頼日	アドバイザー企業・団体名	依頼者	実施場所	対象人数	
2	R6.4.25	植村建設㈱	B社	赤平市	5名	取り組みと施設概要、遠隔操縦建機の説明、ICT建機の遠隔操作体験、モバイルオフィスの説明・見学等を行った。
14	R6.8.28	植村建設㈱	F社	赤平市	5名	取り組みと施設概要、遠隔操縦建機の説明、ICT建機の遠隔操作体験、モバイルオフィスの説明・見学等を行った。
19	R6.10.4	植村建設㈱	日本建設機械施工協会	赤平市	26名	取り組みと施設概要、遠隔操縦建機の説明と遠隔操作体験、建機内見学、モバイルオフィスの説明・見学等を行った。
25	R6.11.20	植村建設㈱	空知総合振興局	赤平市	21名	取り組みと施設概要、各種測量機・遠隔操縦建機の説明と遠隔操作体験、建機内見学、モバイルオフィスの説明・見学等を行った。
35	R7.4.17	植村建設㈱	北海道ハイテク・ロジック専門学校	赤平市	10名	取り組みと施設概要、3DMCによる遠隔操作体験、建機内見学、モバイルオフィスの説明・見学、ドローン操作体験等を行った。
37	R7.5.19	植村建設㈱	Q社	赤平市	5名	取り組みと施設概要、3DMCによる遠隔操作体験、建機内見学、モバイルオフィスの説明・見学、ドローン操作体験等を行った。
38	R7.6.6	植村建設㈱	R社	赤平市	14名	取り組みと施設概要、3DMCによる遠隔操作体験、建機内見学、モバイルオフィスの説明・見学、ドローン操作体験等を行った。
39	R7.6.24	植村建設㈱	S社	赤平市	3名	取り組みと施設概要、3DMCによる遠隔操作体験、建機内見学、モバイルオフィスの説明・見学、ドローン操作体験等を行った。

【表3】ICT・BIM/CIMアドバイザー活動報告(開発局HPから抜粋加工)

北海道内には遠隔操縦建機を直接見学または操作できる施設が存在せず、安全環境を整備したうえで無資格者が操作体験できる点が大きな特色となっている。その過程で、学生アンケートから「ゲームコントローラーのほうが操作しやすい」との意見が寄せられ、この指摘を契機としてPlayStation 5コントローラーの採用に至った。このことは当社にとって遠隔操縦技術の発展を大きく前進させる成果となった。



【写真5】体験学習・見学者による操縦体験(左：砂川高校/右：沖縄建設団体)

(3) 大学生インターンシップの実施

「遠隔操縦技術は宇宙ビジネスである」との観点から、同じ赤平市に本社を構える植松電機よりお声がけをいただき、IT系を学ぶ大学生を対象に6か月間のインターンシップを募集した。複数の応募があり、北海道情報大学の学生が3月から9月までの期間、遠隔操縦に関する課題検証を当社とともに進めている。

この取組を契機として、7月には北海道情報大学において「共創マッチング」と題するイベントを開催し、江別の会場から赤平に設置された建設機械を遠隔操作する体験を実施した。同イベントではインターンシップの中間報告会も同時に行われ、夜間施工における課題検証や通常施工との作業効率比較についての成果報告がなされた。



【写真6】 共創マッチング(左：教諭による操作体験/右：インターン中間報告)

(4) 大阪関西万博で無人建機の遠隔操作体験会

当社はTDBC(運輸ビジネスデジタル協議会)の会員として大阪関西万博イベント「ウィルビーイング建設技術展」へ出展し、開場から約1,150km離れた北海道の建設機械を遠隔操縦する体験イベントを7/16～19の4日間実施し、体験者は延べ110人に達した。



【写真7】 ウィルビーイング建設技術展

5. 遠隔操作の課題と今後の展望

遠隔操作技術は初期投資が大きく、省人化にも直結しないことから採算性が低いとされ、普及が進みにくいのが現状である。さらに、現場における安定した通信環境の確保が大きな課題となっている。また、遠隔操作や自動化施工は大手ゼネコンが担うものという風潮であるが、実際に担い手不足の危機感を最も強く持つべきは地方建設会社であると考える。

本システムは携帯回線を利用することで専用回線を必要とせず、全国規模での遠隔施工を可能にした点において革新性が高い。さらに、ゲームパッドという馴染みやすい操作デバイスの採用は、建設業経験の浅い人材にも門戸を開く効果を持ち、農業土木分野における広域災害対応や離島施工などへの応用可能性も高い。ランニングコストが高い3DMC建機においては、稼働率を高めることが採算性向上の鍵となる。

当社が取り組む「3DMCバックホウ×遠隔操縦技術」により、経験の浅いオペレータでも遠隔地から精度の高い作業が可能であることを実証した。これにより、現役を引退した技能者、女性、対人接触に困難を抱える人材、家庭の事情で昼間に働けない人材、さらには兼業・副業人材やeスポーツ選手のセカンドキャリアなど、多様な層が活躍できる新たな職域「遠隔パイロット」の誕生が期待できる。

今後は、AIによる施工支援や自動化技術の高度化、災害対応分野での即応体制強化、教育・研修プログラムの体系化を進め、土木分野における遠隔施工技術の普及拡大を目指す。また、農業土木分野においては超湿地ブルドーザなど市場流通台数の少ない特殊建機の自動化に取り組み、稼働率を高めることでオペレータの負担軽減につなげたい。

6. おわりに

本報告では、3DMC建機と遠隔操縦技術を組み合わせた遠隔施工の取組と試験施工について述べた。携帯回線による距離無制限の操作、ゲームパッドによる直感的な操作、災害対応体制の構築は、農業土木分野における施工の効率化と安全性向上に寄与するものである。

今後は、AIによる施工支援や自動化技術の高度化を進め、さらに災害時の即応体制を強化することで、地域の安心・安全に貢献していく。また、教育・研修プログラムを体系化し、学生や未経験者を含む多様な人材に遠隔施工を体験・習得してもらうことで、担い手確保と人材育成を推進する。あわせて、遠隔施工技術の普及を通じて農業土木分野における持続可能な施工体制を確立し、地域社会と産業界に広く貢献していく所存である。



【写真8】試験施工の現場見学会(左：現地での操作側説明/右：建機側での説明)