

一般社団法人
日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

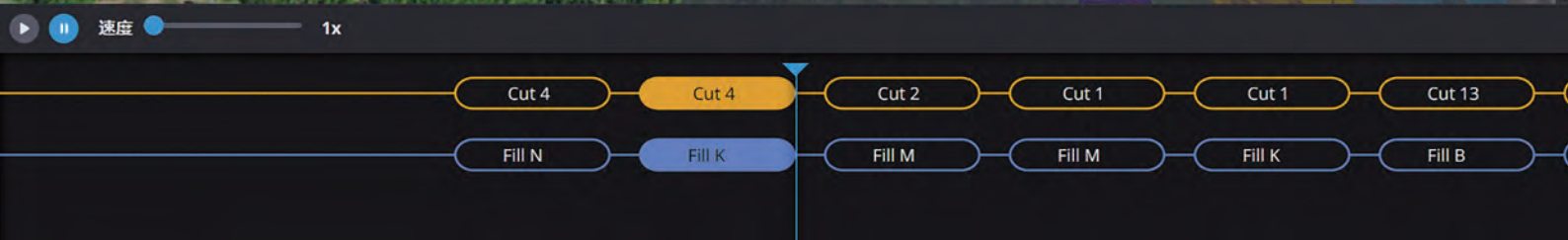
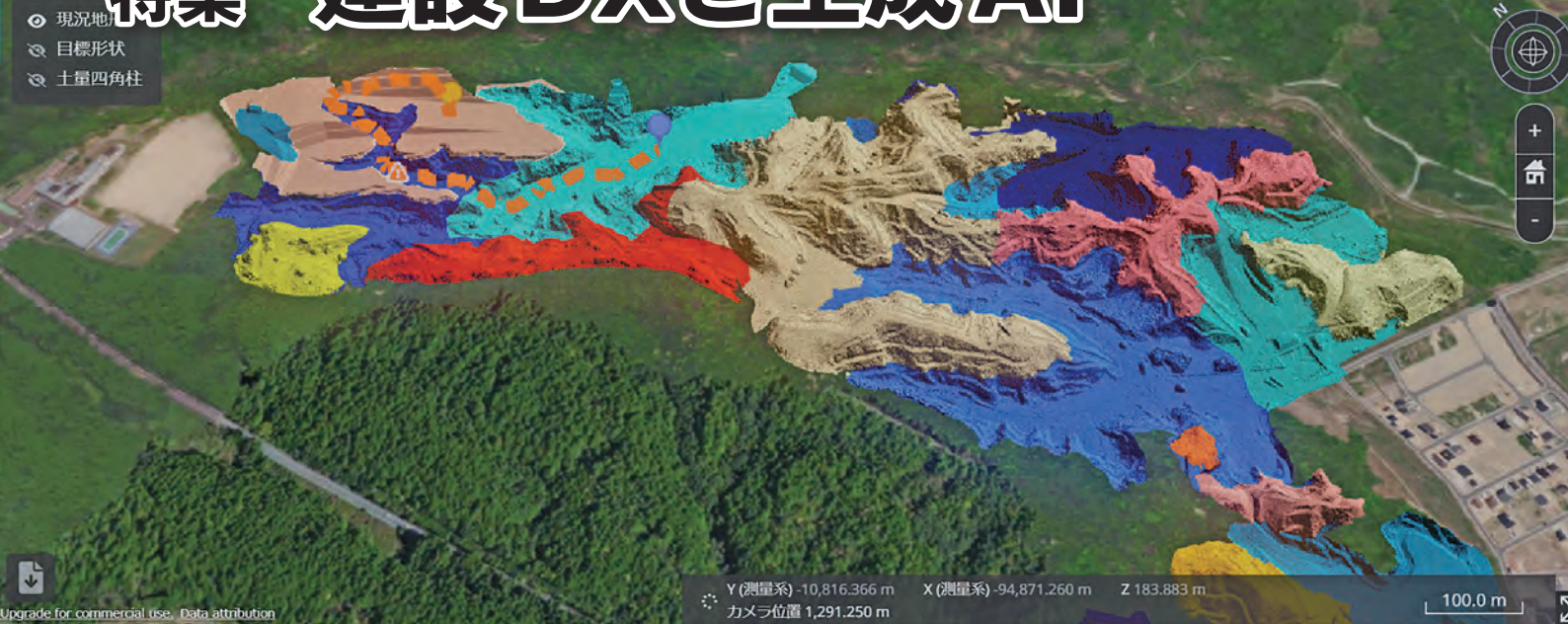
2025

建設機械施工



Vol.77 No.7 July 2025 (通巻905号)

特集 建設DXと生成AI



AI時代のDX施工シミュレータ

巻頭言 生成AIが開く建設業の新たな可能性

特集技術論文

- T-iROBO Rigid Dump及びT-Digital Fieldを用いた建設現場のオートメーション化の試行
- AI時代の建設DXと次世代プロダクト開発
- 統合検索プラットフォーム「TOYO ChatGPT」
- 建設機械施工の自動化技術評価用ベンチマーク指標とその活用
- 無線ネットワークを用いた建機の効率的な遠隔制御に向けた超低遅延映像伝送技術
- 施工計画自動生成AI開発促進に向けた学習用データの整備に関する検討状況 他

行政情報

交流のひろば

すいそう

- インフラDX大賞
- 国土交通省におけるBIM/CIM積算の取組
- e建機®チャレンジ大会 (建機の遠隔操作) による人材発掘
- 恩師を思う ● コロナから始めたマラソン (ジョギング)

一般社団法人 日本建設機械施工協会

杭打工事用

パイルキーパー

海上・河川等での杭打ち作業用、
パイル保持装置

石狩湾新港洋上風力発電事業工事向け
パイルキーパー

仕様

杭 径 最大 $\phi 2500\text{mm}$

杭重量 最大 90ton

開 閉 油圧駆動

前後スライド範囲 $\pm 900\text{mm}$ 油圧駆動

左右スライド範囲 $\pm 1000\text{mm}$ 油圧駆動

実績多数

海上工事、陸上工事、岸壁護岸工事、海上空港、
ダム湖再生工事、導枠治具、リーダー付



洋上風力発電ジャケット基礎杭工事



吉永機械株式会社

〒130-0021 東京都墨田区緑4-4-3 吉永ビル TEL:03-3634-5651
URL: www.yoshinaga.co.jp

建設機械用
無線操作装置

ダイワテレコン



ICT施工や自動制御に対応可能

ダイワテレコン872

- 最大72点の操作点数を持ち、比例制御にも対応いたします。
- 指令機操作パネルはレイアウトフリーで用途に合わせた実装部品が選択可能。
- 特定省電力無線429MHz帯域および1200MHz帯域選択可能。
- 外部接続用ポート(オプション仕様)より、LAN通信制御が可能。

取付改造実績

油圧ショベル、ブルドーザ、振動ローラ
クローラダンプ、鑿岩機、その他特殊専用機など

無線遠隔装置だけでは終わらない
弊社では制作から取付改造工事までを完全サポート
大型機対応屋内工場完備(100tクラスまで対応)



ハンディータイプ
使いやすさを極めた高性能・高性能
ダイワテレコン810

用途
インバータ制御機器
エンジン制御
油空圧比例制御

DAIWA TELECON

大和機工株式会社

常滑工場 〒479-0002 愛知県常滑市久米字西仲根227番
TEL: 0569-84-8582(直通) FAX: 0569-84-8857
ホームページ <http://www.daiwakiko.co.jp/>
e-mail mekatoro@daiwakiko.co.jp

◆ 日本建設機械施工協会『個人会員』のご案内

会 費：年間 9,000円(不課税)

個人会員は、日本建設機械施工協会の定款に明記されている正式な会員で、本協会の目的に賛同し、建設機械・建設施工にご関心のある方であればどなたでもご入会いただけます。

★個人会員の特典

- 「建設機械施工」を機関誌として毎月お届け致します。(一般購入価格 1冊800円＋消費税/送料別途)
「建設機械施工」では、建設機械や建設施工に関わる最新の技術情報や研究論文、本協会の行事案内・実施報告などのほか、新工法・新機種の紹介や統計情報等の豊富な情報を掲載しています。
- 協会発行の出版図書を会員価格(割引価格)で購入することができます。
- シンポジウム、講習会、講演会、見学会等、最新の建設機械・建設施工の動向にふれることができる協会行事をご案内するとともに、会員価格(割引価格)でご参加いただけます。

この機会に是非ご入会下さい!!

◆一般社団法人 日本建設機械施工協会について

一般社団法人 日本建設機械施工協会は、建設事業の機械化を推進し、国土の開発と経済の発展に寄与することを目的として、昭和25年に設立された団体です。建設の機械化に係わる各分野において調査・研究、普及・啓蒙活動を行い、建設の機械化や施工の安全、環境問題、情報化施工、規格の標準化案の作成などの事業のほか、災害応急対策の支援等による社会貢献などを行っております。

今後の建設分野における技術革新の時代の中で、より先導的な役割を果たし、わが国の発展に寄与してまいります。

一般社団法人 日本建設機械施工協会とは…

- 建設機械及び建設施工に関わる学術研究団体です。(特許法第30条に基づく指定及び日本学術会議協力学術研究団体)
- 建設機械に関する内外の規格の審議・制定を行っています。(国際標準専門委員会の国内審議団体(ISO/TC127、TC195、TC214)、日本工業規格(JIS)の建設機械部門原案作成団体、当協会団体規格「JCMAS」の審議・制定)
- 建設機械施工技術検定試験の実施機関に指定されています。(建設業法第27条)
- 災害発生時には会員企業とともに災害対処にあたります。(国土交通省各地方整備局との「災害応急対策協定」の締結)
- 付属機関として「施工技術総合研究所」を有しており、建設機械・施工技術に関する調査研究・技術開発にあたっています。また、高度な専門知識と豊富な技術開発経験に基づいて各種の性能試験・証明・評定等を実施しています。
- 北海道から九州まで全国に8つの支部を有し、地域に根ざした活動を展開しています。
- 外国人技能実習制度における建設機械施工職種の技能実習評価試験実施機関として承認されています。

■会員構成

会員は日本建設機械施工協会の目的に賛同された、個人会員(建設機械や建設施工の関係者等や関心のある方)、団体会員(法人・団体等)ならびに支部団体会員で構成されており、協会の事業活動は主に会員の会費によって運営されています。

■主な事業活動

- ・学術研究、技術開発、情報化施工、規格標準化等の各種委員会活動。
- ・建設機械施工技術検定試験・外国人技能評価試験の実施。
- ・各種技術図書・専門図書の発行。
- ・除雪機械展示会の開催。
- ・シンポジウム、講習会、講演会、見学会等の開催。海外視察団の派遣。

■主な出版図書

- ・建設機械施工(月刊誌)
- ・日本建設機械要覧
- ・建設機械等損料表
- ・橋梁架設工事の積算
- ・大口径岩盤削孔工法の積算
- ・よくわかる建設機械と損料
- ・ICTを活用した建設技術(情報化施工)
- ・建設機械施工安全技術指針本文とその解説
- ・道路除雪オペレータの手引き

その他、日本建設機械施工協会の活動内容はホームページでもご覧いただけます！

<https://jcmanet.or.jp/>

※お申し込みには次頁の申込用紙をお使いください。

【お問い合わせ・申込書の送付先】

一般社団法人 日本建設機械施工協会 個人会員係
〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館2F
TEL:(03)3433-1501 FAX:(03)3432-0289

一般社団法人 日本建設機械施工協会 会長 殿

下記のとおり、日本建設機械施工協会 個人会員に入会します。

令和 年 月 日

個人会員入会申込書		
ふりがな		生 年 月 日
氏 名		昭和 平成 年 月 日
勤 務 先 名		
所 属 部 課 名		
勤 務 先 住 所	〒 TEL _____ E-mail _____	
自 宅 住 所	〒 TEL _____ E-mail _____	
機関誌の送付先	勤務先 自宅 (ご希望の送付先に○印で囲んで下さい。)	
そ の 他 連 絡 事 項	令和 年 月より入会	

【会費について】年間 9,000円(不課税)

- 会費は当該年度前納となります。年度は毎年4月から翌年3月です。
 - 年度途中で入会される場合であっても、当該年度の会費として全額をお支払い頂きます。
 - 会費には機関誌「建設機械施工」の費用(年間12冊)が含まれています。
 - 退会のご連絡がない限り、毎年度継続となります。退会の際は必ず書面にてご連絡下さい。
- また、住所変更の際はご一報下さるようお願い致します。

【その他ご入会に際しての留意事項】

○個人会員は、定款上、本協会の目的に賛同して入会する個人です。 ○入会手続きは本協会会長宛に入会申込書を提出する必要があります。

○会費額は総会の決定により変更されることがあります。 ○次の場合、会員の資格を喪失します: 1.退会届が提出されたとき。 2.後見開始又は保佐開始の審判を受けたとき。 3.死亡し、又は失踪宣言を受けたとき。 4.1年以上会費を滞納したとき。 5.除名されたとき。 ○資格喪失時の権利及び義務: 資格を喪失したときは、本協会に対する権利を失い、義務は免れます。ただし未履行の義務は免れることはできません。 ○退会の際は退会届を会長宛に提出しなければなりません。 ○拠出金の不返還:既納の会費及びその他の拠出金品は原則として返還いたしません。

【個人情報の取扱について】

ご記入頂きました個人情報は、日本建設機械施工協会のプライバシーポリシー(個人情報保護方針)に基づき適正に管理いたします。本協会のプライバシーポリシーは <https://jcmanet.or.jp/privacy/> をご覧下さい。

論文投稿のご案内

日本建設機械施工協会では、学術論文の投稿を歓迎します。論文投稿の概要は、以下のとおりです。なお、詳しいことは、当協会ホームページ、論文投稿のご案内をご覧ください。

当協会ホームページ <https://jcmanet.or.jp/>

★投稿対象

建設機械、機械設備または建設施工の分野及びその他の関連分野並びにこれらの分野と連携する学際的、横断的な諸課題に関する分野を対象とする学術論文(原著論文)の原稿でありかつ下記の条件を満足するものとします。なお、施工報告や建設機械の開発報告も対象とします。

- (1) 理論的又は実証的な研究・技術成果、あるいはそれらを統合した知見を示すものであって、独創性があり、論文として完結した体裁を整えていること。
- (2) この分野にとって高い有用性を持ち、新しい知見をもたらす研究であること。
- (3) この分野の発展に大きく寄与する研究であること。
- (4) 将来のこの分野の発展に寄与する可能性のある萌芽的な研究であること。

★部門

- (1) 建設機械と機械設備並びにその高度化に資する技術部門
- (2) 建設施工と維持管理並びにその高度化に資する技術部門

★投稿資格

原稿の投稿者は個人とし、会員資格の有無は問いません。

★原稿の受付

随時受け付けます。

★公表の方法

当協会機関誌へ掲載します。

★機関誌への掲載は有料です。

★その他：優秀な論文の表彰を予定しています。

★連絡先

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8（機械振興会館）

日本建設機械施工協会 研究調査部 論文担当

E-mail : ronbun@jcmanet.or.jp

TEL : 03 - 3433 - 1501

FAX : 03 - 3432 - 0289



(一社) 日本建設機械施工協会 発行図書一覧表 (令和 7 年 7 月現在)

消費税 10%

No.	発行年月	図 書 名	一般価格 (税込)	会員価格 (税込)	本部 送料
1	R7 年 05 月	橋梁架設工事の積算 令和 7 年度版	12,100	10,285	990
2	R7 年 04 月	令和 7 年度版 建設機械等損料表	9,680	8,228	700
3	R7 年 03 月	日本建設機械要覧 2025 年版	53,900	45,100	990
4	R6 年 12 月	建設機械施工ハンドブック (改訂 5 版)	13,200	11,220	770
5	R6 年 05 月	大口径岩盤削孔工法の積算 令和 6 年度版	6,600	5,610	770
6	R6 年 05 月	橋梁架設工事の積算 令和 6 年度版	12,100	10,285	990
7	R6 年 05 月	よくわかる建設機械と損料 2024	7,260	6,171	770
8	R5 年 10 月	道路除雪施工の手引 (第 17 版)	4,950	3,960	770
9	R4 年 03 月	日本建設機械要覧 2022 年版	53,900	45,100	990
10	R3 年 01 月	情報化施工の基礎 ～i-Construction の普及に向けて～	2,200	1,870	770
11	H30 年 08 月	消融雪設備点検・整備ハンドブック	13,200	11,000	770
12	H29 年 04 月	ICT を活用した建設技術 (情報化施工)	1,320	1,122	770
13	H26 年 03 月	情報化施工デジタルガイドブック 【DVD 版】	2,200	1,980	770
14	H25 年 06 月	機械除草安全作業の手引き	990	880	770
15	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,300	2,970	770
16	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷 【CD】	3,300	2,970	770
17	H22 年 7 月	情報化施工の実務	2,200	1,870	770
18	H21 年 11 月	情報化施工ガイドブック 2009	2,420	2,178	770
19	H20 年 6 月	写真でたどる建設機械 200 年	3,080	2,618	770
20	H19 年 12 月	除雪機械技術ハンドブック	3,300	2,970	770
21	H18 年 2 月	建設機械施工安全技術指針・指針本文とその解説	3,520	2,992	770
22	H17 年 9 月	建設機械ポケットブック (除雪機械編)	1,100	990	770
23	H16 年 12 月	除雪・防雪ハンドブック (除雪編) 【CD-R】	5,500	4,950	770
24	H15 年 7 月	道路管理施設等設計指針 (案) 道路管理施設等設計要領 (案) 【CD-R】	3,520	3,168	770
25	H15 年 7 月	建設施工における地球温暖化対策の手引き	1,650	1,485	770
26	H15 年 6 月	道路機械設備 遠隔操作監視技術マニュアル (案)	1,980	1,782	770
27	H15 年 6 月	機械設備点検整備共通仕様書 (案)・機械設備点検整備特記仕様書作成要領 (案)	1,980	1,782	770
28	H15 年 6 月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	550	495	770
29	H13 年 2 月	建設工事に伴う騒音振動対策ハンドブック (第 3 版)	6,600	5,940	770
30	H12 年 3 月	移動式クレーン、杭打機等の支持地盤養生マニュアル (第 2 版)	2,750	2,475	770
31	H11 年 10 月	機械工事施工ハンドブック 平成 11 年度版	8,360	8,360	770
32	H11 年 5 月	建設機械化の 50 年	4,400	3,960	770
33	H11 年 4 月	建設機械図鑑	2,750	2,475	770
34	H10 年 3 月	大型建設機械の分解輸送マニュアル 【CD-R】	3,960	3,564	770
35	H6 年 8 月	ジオスペースの開発と建設機械	8,470	7,623	770
36	H6 年 4 月	建設作業振動対策マニュアル	6,380	5,742	770
37	H3 年 4 月	最近の軟弱地盤工法と施工例 【CD-R】	10,450	9,405	770
38	S60 年 1 月	建設工事に伴う濁水対策ハンドブック 【CD-R】	6,600	5,940	770
39		建設機械履歴簿	440	396	770
40	毎月 25 日	建設機械施工	880	792	770
			定期購読料 年 12 冊 10,032 円 (税・送料込)		

購入を希望される場合、当協会 HP <https://jcmnet.or.jp/> の出版図書欄の「出版図書のご購入について」から本部、または支部の購入方法に基づきお申込みください。

特集

建設 DX と生成 AI

巻頭言

4 生成 AI が開く建設業の新たな可能性

蓮井 樹生 (株)アラヤ 取締役 Chief Engineering Officer

行政情報

5 インフラ DX 大賞

黨 由季 国土交通省 大臣官房技術調査課 建設情報高度化 係長

12 国土交通省における BIM/CIM 積算の取組

藤本 陽一 国土交通省 大臣官房参事官 (イノベーション) グループ 課長補佐

特集技術報文

17 T-iROBO Rigid Dump 及び T-iDigital Field を用いた 建設現場のオートメーション化の試行

青木 浩章 大成建設(株) 技術センター 生産技術開発部 スマート技術開発室 室長
田村 道生 大成建設(株) 技術センター 生産技術開発部 スマート技術開発室 メカトロニクスチーム チームリーダー
片山 三郎 大成建設(株) 技術センター 生産技術開発部 スマート技術開発室 ICT チーム チームリーダー
遠藤 亮雄 大成建設(株) 技術センター 生産技術開発部 スマート技術開発室 メカトロニクスチーム 課長代理
石井 崇充 大成建設(株) 技術センター 生産技術開発部 スマート技術開発室 ICT チーム 係員

22 建設 DX による新しい無人重機施工への挑戦

プロセス変革と新技術の融合

杉浦 伸哉 (株)大林組 ビジネスイノベーション推進室 部長

29 AI 時代の建設 DX と次世代プロダクト開発

井川 甲作 (株)EARTHBRAIN 執行役員 CTO

37 統合検索プラットフォーム「TOYO ChatGPT」

クローズドな環境で安全・安心に利用しデータ活用能力を底上げ

白川 隆司 東洋建設(株) コーポレート部門 財務経理グループ 情報システム部長 兼 土木事業本部 デジタル推進部長
田島 哲 (株)UNAII 代表取締役

45 土砂災害現場の二次災害リスク評価における 大規模言語モデルとマルチモーダル AI の活用

全 邦釘 東京大学大学院 工学系研究科 社会基盤学専攻 特任准教授
岡谷 貴之 理化学研究所 革新知能統合研究センター チームリーダー、
東北大学 大学院情報科学研究科 システム情報科学専攻 教授
島田 徹 国際航業(株) 国土保全部 フェロー・事業企画担当部長 (兼務)

51 生成 AI による非構造化データのナレッジ化と 建設業務支援基盤構築

児玉 健英 (株)テクトム ソリューション コンサルタント

57 AI エージェントが切り開く建設業の未来

表 光 燈(株) AISaaS 事業本部 生成 AI 事業部長
濱 日新 燈(株) AISaaS 事業本部
伊藤 陽生 燈(株) AISaaS 事業本部

61 建設機械施工の自動化技術評価用 ベンチマーク指標とその活用

阿部 太郎 (国研) 土木研究所 技術推進本部 先端技術チーム 専門研究員
山内 元貴 (国研) 土木研究所 技術推進本部 先端技術チーム 主任研究員
橋本 毅 (国研) 土木研究所 技術推進本部 先端技術チーム 上席研究員

66 無線ネットワークを用いた建機の効率的な 遠隔制御に向けた超低遅延映像伝送技術

中島 康之 ハイテクインター(株) 専務取締役
本玉 靖和 ハイテクインター(株) 取締役副社長
實田 泰之 (株)ジツタ中国 代表取締役

	72	施工計画自動生成 AI 開発促進に向けた 学習用データの整備に関する検討状況	大槻 崇 (元) 国土交通省 国土技術政策総合研究所 杉谷 康弘 国土交通省 国土技術政策総合研究所 二宮 建 国土交通省 国土技術政策総合研究所
	77	阪神港におけるドローンの利活用実証実験	井上 裕司 中央復建コンサルタンツ(株) メンテナンスイノベーション推進室 室長 木俣 順 中央復建コンサルタンツ(株) 総合技術本部 技師長 永峰 義寛 中央復建コンサルタンツ(株) メンテナンスイノベーション推進室 サブリーダー 篠原 正治 阪神国際港湾(株) 理事 白神 英文 阪神国際港湾(株) 事業開発部 事業開発課 係長
	82	建設用 3D プリント埋設型枠を用いた コンクリート構造物の技術指針(案)の概要	井口 重信 CalTa(株) COO
	88	協調安全実現に向けたリアルタイムデジタルツイン基盤の開発	西口 仁視 日立建機(株) 研究・開発本部オープンイノベーション推進室 主任技師 技術士(機械部門) 坂元 淳一 (株)アプトボッド 代表取締役 CEO 岩田 亮介 (株)アプトボッド 開発本部 執行役員 VPoP
	95	OPERA を利用したチルトローテータ付 油圧ショベルの自動運転実験	藤沼 花奈 (株)奥村組 東日本支社 機電部 機械技術課 三澤 孝史 (株)奥村組 技術本部 技術研究所 担当部長 遠藤 大輔 (国研) 土木研究所 技術推進本部 先端技術チーム 主任研究員
交流のひろば	101	e 建機 [®] チャレンジ大会(建機の遠隔操作)による人材発掘 建設業界の未来を担う新たな人材の機会創出と建設現場の働き方改革を目指して	鈴木 正秀 (一社) 運輸デジタルビジネス協議会 事務局長
ずいそう	106	恩師を思う	大下 裕之 君津システム(株) 顧問
	108	コロナから始めたマラソン(ジョギング)	藤川 智生 世紀東急工業(株) 北陸支店 執行役員支店長
JCMA 報告	110	第 14 回通常総会・第 54 回理事会報告	
	114	令和 7 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績	
統計	125	建設工事受注額・建設機械受注額の推移	機関誌編集委員会
	126	行事一覧(2025 年 5 月)	
	130	編集後記(岡本・漆戸)	

◇表紙写真説明◇

AI 時代の DX 施工シミュレータ

写真提供：(株) EARTHRAIN

ICT 土工の先進シミュレータ「Smart Construction Simulation」の画面である。この施工シミュレータは、3D 現況地形と 3D 設計データに現場条件を加味して、デジタルツイン上に施工手順を考慮した AI 最適運土計画を可視化する。また、配車計画やダンプトラック稼働の待ち行列等の施工プロセスも見える化でき、施工計画立案から、変化する現場の高速 PDCA サイクルによる工程管理が行える。

巻頭言

生成 AI が開く建設業の新たな可能性

蓮井 樹 生



2022 年末に OpenAI の ChatGPT が登場して以来、生成 AI の活用が急速に進んでいます。ChatGPT は自然な対話を通じて人間と同様の高度な文章生成を可能にし、AI 技術への関心を一気に高めました。その後、テキストのみならず画像を扱うマルチモーダルモデル (VLM) など、さらに高度な技術が次々と登場し、多くの業界で DX (デジタルトランスフォーメーション) の新たな潮流が生まれています。近年は、生成 AI を活用したさまざまなサービスが一般消費者にも浸透しはじめています。たとえば、文章生成 AI による自動ライティングサービスは、ブログ記事やレポートを短時間で作成することを可能にしています。画像生成 AI は、短いテキスト指示から広告デザインやプロダクトのイメージ案を一瞬で提案できるなど、その応用範囲は広がる一方です。こうした動向は、エンターテインメントや教育、マーケティングなど幅広い領域で、大幅な業務効率化と新たな価値創出をもたらしています。

特に建設業界においても、この生成 AI の波が顕著になっています。具体的には、LLM (Large Language Model: 大規模言語モデル) と自社のデータベースを組み合わせた RAG (Retrieval-Augmented Generation) 技術を活用し、過去の設計事例や施工実績データを効率的に検索・整理し、各種ドキュメント生成・管理の効率化が進んでいます。クラウド技術を活用した社内 GPT のようなデータ基盤を構築することで、従来多大な時間と労力を要した資料作成や管理業務が劇的に効率化され、社内の知識活用が促進されています。また、VLM (Vision Language Model: 視覚言語モデル) の導入により、建設業界特有の設計図面や施工計画書の処理も飛躍的に効率化されています。VLM を利用することで設計図面を AI が瞬時に読み取り、正確かつ迅速な見積り作成や施工方法の提案が可能になりました。従来、人間が多くの時間をかけていた図面解析や数量計算を AI が短時間で処理し、作業精度向上、

工数削減、コスト効率の改善に大きく寄与しています。さらには、クレーンやショベル等の重機の自動制御・遠隔制御分野でも、生成 AI を活用した学習手法の導入が進んでいます。特にリアルタイムでの処理が求められる現場ではエッジ AI の活用も重要となり、重機自体が AI 処理能力を備え、施工精度や安全性を大きく向上させることが期待されています。危険区域での作業や特殊環境下での施工においても、AI の補助により作業員の安全が確保されるだけでなく、施工の正確性も高まっています。

しかしながら、生成 AI の導入にはデータの品質管理、情報セキュリティ、そして人材育成といった課題への取り組みが不可欠です。特にデータ品質を維持し、情報漏洩などのリスクを防ぐ体制づくりが重要です。また、AI 技術を深く理解し適切に運用できる人材を育てるためには、産官学の協力による体系的な教育プログラムや研修体制の整備が急務です。今後、生成 AI の活用がますます進化する中で、その可能性を最大限に引き出すためには、企業単独の努力だけでなく業界横断的な協働や標準化に向けた取り組みが不可欠です。業界全体として AI 活用のベストプラクティスやガイドラインの共有、そして社会的・倫理的課題に対する共通認識の形成が求められます。加えて、生成 AI がもたらす利便性や効率化だけでなく、その活用が社会に与えるインパクトや新たな責任にも目を向け、持続可能な技術利用を目指すことが大切です。

日本建設機械施工協会の皆さまが、この生成 AI を積極的に活用し、建設業界における DX 推進をリードする役割を果たされることを心より期待しております。生成 AI を単なる効率化の道具にとどめることなく、建設業界全体の新たな価値創造に向けて力強く推進されることを願ってやみません。

行政情報

インフラ DX 大賞

黛 由 季

国土交通省では、インフラ分野の DX を推進する施策の 1 つとして、建設現場の生産性向上に関するベストプラクティスの横展開に向けて、2017 年度に「i-Construction 大賞」を創設し、2022 年度よりこの取組をさらに拡大するため「インフラ DX 大賞」と改称し実施している。本稿では、インフラ DX 大賞について、インフラ分野の DX の取組の背景・目的や、昨年度の実施状況を交えながら紹介する。

キーワード：インフラ分野の DX, i-Construction, インフラ DX 大賞

1. はじめに

国土交通省では、建設現場の生産性向上の取組として、2016 年度から、ICT 施工をはじめとする「i-Construction」の取組を進めてきた。さらに、2020 年度からは、i-Construction を中核としつつ、データとデジタル技術を活用することによりインフラ関連の業務、組織、プロセス、文化・風土や働き方を変革する、インフラ分野の DX (Digital-Transformation) の推進に向けた取組を実施している。

また、建設現場の生産性向上に関するベストプラクティスの横展開に向けて、2017 年度から「i-Construction 大賞」を実施している。2022 年度からは、「インフラ DX 大賞」と改称し、インフラの利用・サービスの向上や建設業界以外の取組も含めて広く募集することとしている。

本稿では、まずインフラ DX 大賞の背景として、国土交通省におけるインフラ分野の DX の取組について紹介し、次にインフラ DX 大賞の成り立ち、意義、受賞取組の概要等について紹介する（図—1）。



図—1 i-Construction とインフラ分野の DX の関係

2. インフラ分野の DX の取組の背景・目的

国土交通省では、平成 28 年度から取り組んできた i-Construction を中核としつつ、データとデジタル技術を活用することによりインフラ関連の業務、組織、プロセス、文化・風土や働き方を変革することを目的として、省横断的に「インフラ分野のデジタル・トランスフォーメーション (DX)」に取り組んでいる。

インフラ分野の DX の方向性として、インフラに関わるあらゆる分野で網羅的に変革する、「分野網羅的な取組」という視点を掲げている。

分野網羅的な取組を進めるにあたり、①インフラの作り方、②インフラの使い方、③データの活かし方という 3 分野に分類し、DX (変革) を進めることとしている (図—2)。

①「インフラの作り方の変革」は、インフラの建設生産プロセスを変革する取組が対象となる。データとデジタル技術を活用し、建設生産、管理プロセスをより良いものにしていく取組で、後述する i-Construction 2.0 の取組もこの中に含まれている。

②「インフラの使い方の変革」では、インフラの「運用」と「保全」の観点対象となる。「運用」では、

インフラ利用申請のオンライン化や書類の簡素化に加え、デジタル技術を駆使して利用者目線でインフラの潜在的な機能を最大限に引き出すことなどが挙げられる。「保全」では、最先端の技術等を駆使した、効率的・効果的な維持管理などが挙げられる。これらの取組を通じて、賢く (Smart) かつ安全 (Safe) で、持続可能 (Sustainable) なインフラ管理の実現 (3S) を目指す。

③「データの活かし方の変革」は、上記 2 つがフィジカル空間を対象としている一方で、サイバー空間を対象とした変革である。インフラまわりのデータを活かすことにより、仕事の進め方、民間投資、技術開発が促進される社会を実現することを目指す。具体的には、IoT デバイス等の機器の普及により、フィジカル空間で取得したデータを大量にサイバー空間に移すことが可能となり、これらのデータをもとにサイバー空間において予測や検証を行い、フィジカル空間にフィードバックすることで新たな価値を創出するという考え方である。取組の 1 つとして、国土交通省では、国土交通データプラットフォームをハブに国土に関するデータの収集・蓄積・連携を進めており、国土交通データプラットフォームのユースケースの創出を進めている。

インフラ分野全般でDXを推進するため 分野網羅的 に取り組む

業界内外・産学官も含めて
組織横断的に取り組む



図—2 インフラ分野の DX における 3 分野

3. i-Construction 2.0 について

国土交通省では、2024 年度から i-Construction の取組を加速し、建設現場における省人化対策に取り組むため、国土交通省の新たな建設現場の生産性向上（省人化）の取組を「i-Construction 2.0」としてとりまとめ、取組を進めている。

(1) i-Construction 2.0 の目標と取組

i-Construction 2.0 では、デジタル技術を最大限活用し、建設現場のあらゆる生産性プロセスのオートメーション化に取り組み、今より少ない人数で、安全に、できる限り屋内など快適な環境で働く生産性の高い建設現場を実現することを目指している。具体的には 2040 年度までに、建設現場の省人化を少なくとも 3 割、すなわち生産性を 1.5 倍以上に向上することを目指す。省人化 3 割とは、2040 年度の生産性年齢人口が 2 割減少するという予測がある中で、災害の激甚化・頻発化、インフラ老朽化への対応増などを考慮し、設定したものである（図—3）。

抜本的な省人化対策に取り組むためには、一人で複数台の機械を操作することや、設計・施工の自動化、海上工事における作業船の自動施工など、これまで人が手作業で実施している内容を AI やシステムを活用して自動化し、人はマネジメント業務に特化していくよう変革していく必要がある。あわせて、抜本的な変革が実現するまでの対応として、近年社会全体で進展している DX の取組や、BIM/CIM 原則化によるデジ

タルデータの活用、新型コロナウイルスの感染拡大を契機として急速に進んだりリモート技術など、業務の効率化・省人化につながる取組を加速していく必要がある。さらに、省人化対策の推進にあたっては、気候変動に伴い激甚化・頻発化する災害への対応や積雪寒冷環境下のような厳しい現場条件、地域特性も考慮する必要がある。

このため、国土交通省ではこれまで進めてきた i-Construction の取組を深化し、さらなる抜本的な建設現場の省人化対策を「i-Construction 2.0」として、「施工のオートメーション化」、「データ連携のオートメーション化」、「施工管理のオートメーション化」に取り組むことで、建設現場のオートメーション化の実現を目指していくこととした。

これらの省人化・生産性向上を通して、建設産業に携わる方々の賃金水準の大幅な向上も期待している。

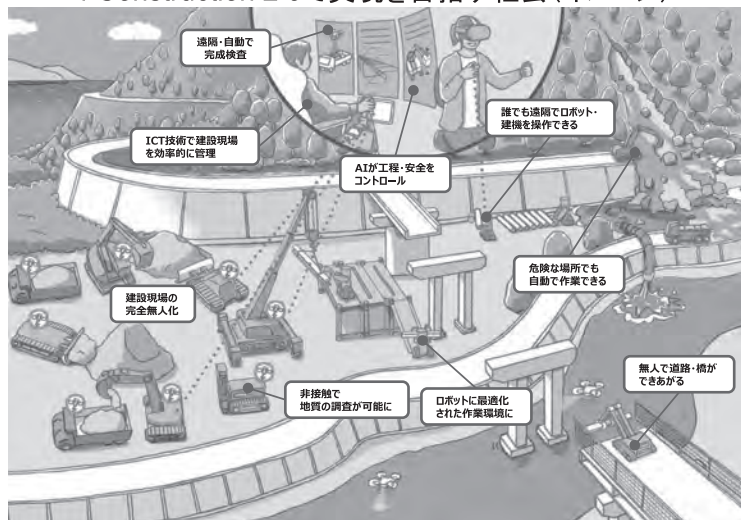
(2) i-Construction 2.0 -3 本の柱-（図—4）

①施工のオートメーション化

現在、建設現場では経験豊富な技術者の指揮の下、施工計画を作成し、工事工程を定めた上で、指示を受けたオペレータが建設機械に搭乗し操作を行っている。今後、一人当たりの生産能力を向上するため、各種センサーにより現場の情報を取得し、AI などを活用して自動的に作成された施工計画に基づき、一人のオペレータが複数の建設機械の動作を管理する「施工のオートメーション化」を推進する。

「施工のオートメーション化」にあたっては、自動

i-Construction 2.0で実現を目指す社会（イメージ）



第5期技術基本計画を基に一部修正

i-Construction 2.0: 建設現場のオートメーション化に向けた取組 （インフラDXアクションプランの建設現場における取組）

図—3 i-Construction 2.0 の概要

i-Construction 2.0 で2040年度までに 実現する目標

省人化

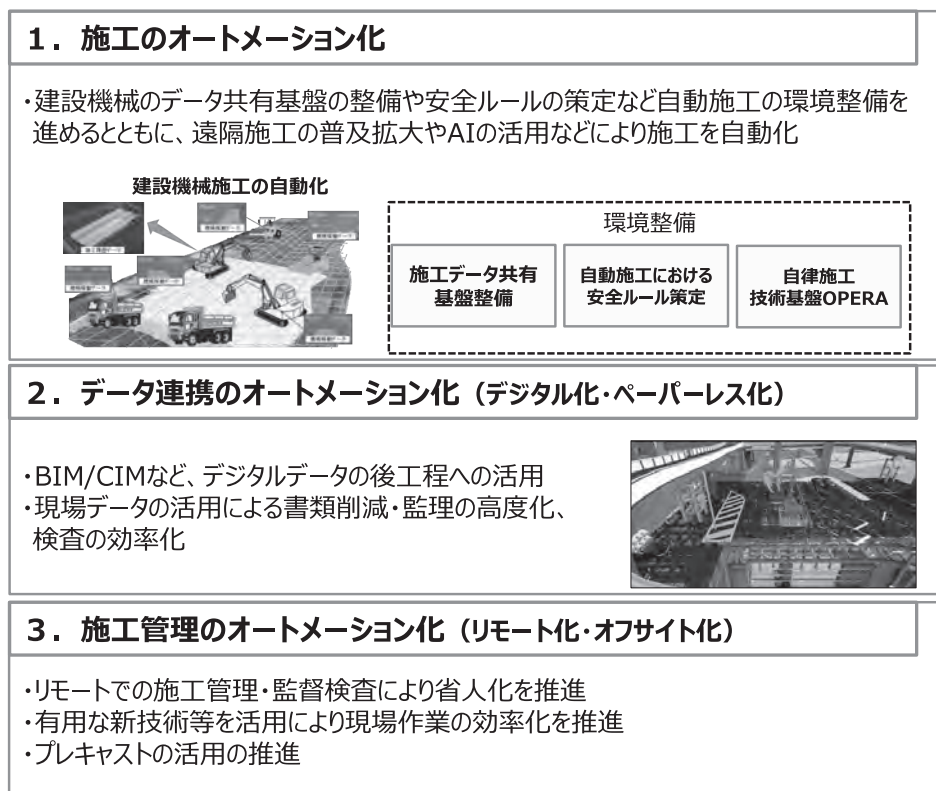
- ・人口減少下においても持続可能なインフラ整備・維持管理ができる体制を目指す。
- ・2040年度までに少なくとも省人化3割、すなわち生産性1.5倍を目指す。

安全確保

- ・建設現場の死亡事故を削減。

働き方改革・新3K

- ・屋外作業のリモート化・オフサイト化。



建設現場のオートメーション化を実現

図ー4 i-Construction 2.0 の3本柱

施工の標準的な安全ルールなどの環境整備や異なるメーカー間の建設機械を制御可能な共通制御信号の策定、人の立ち入らない現場において安全かつ効率的な作業を可能にする遠隔建設機械の普及促進等を実施する。

また、様々なシステムが活用されている建設現場において、異なる建設機械メーカーであってもリアルタイムの施工データを円滑に取得・共有することで、建設現場のデジタル化・見える化を進め、建設機械の最適配置を瞬時に判断し、効率的な施工を実現する。さらに、海上工事における作業船の操作の自動化を実現する。

「施工のオートメーション化」により、建設現場の省人化に加え、生産年齢人口減少下においても必要な施工能力を確保していく。

②データ連携のオートメーション化(デジタル化・ペーパーレス化)

調査・測量、設計、施工、維持管理といった建設生産プロセス全体をデジタル化、3次元化し、必要な情報を必要な時に加工できる形式で容易に取得できる環境を構築するBIM/CIMなどにより「データ連携のオートメーション化」を推進する。これにより同じデータを繰り返し手入力することをなくし、不要な調査や問い合わせ、復元作業を削減するとともに、資料を探す手間や待ち時間の削減を進めている。

建設生産プロセスにおいて作成・取得するデータは多量にある一方、現時点ではデータを十分に活用できていないことから、各段階で必要な情報を整理した上で、関係者間で容易に共有できるよう、情報共有基盤を構築し、円滑なデータ連携を進めている。

データの活用にあたっては、設計データを施工データとして直接活用することや、デジタルツインの構築による施工計画の効率化など、現場作業に関わる部分の効率化に加え、BIツール等の活用により、紙での書類は作成せず、データを可視化し、分析や判断ができるよう真の意味でのペーパーレス化（ASP（情報共有システム）の拡充といった現場データの活用による書類削減）などバックオフィスの効率化の両面から進めていく。

③施工管理のオートメーション化（リモート化・オフサイト化）

建設現場全体のオートメーション化を進めるためには、施工の自動化やBIM/CIM等によるデジタルデータの活用に加え、部材製作、運搬、設置や監督・検査等あらゆる場面で有用な新技術も積極的に活用しながら「施工管理のオートメーション化」を推進する。

これまで立会い、段階確認等の確認行為において活用していた遠隔臨場を検査にも適用するとともに、コンクリート構造物の配筋の出来形確認においては、デ

デジタルカメラで撮影した画像解析による計測技術も適用する。また、小型構造物や中型構造物を中心に活用していたプレキャスト製品について、大型構造物についても VFM（Value for Money）の評価手法の確立等を進めながら導入を推進することにより、リモート化・オフサイト化を進める。

4. i-Construction 大賞、インフラ DX 大賞

国土交通省は、建設現場の生産性向上に係る優れた取組を表彰し、ベストプラクティスを広く普及・展開することを目的に、2017 年度に「i-Construction 大賞」を創設した。

初めての i-Construction 大賞は、2016 年度に完成した国土交通省の直轄工事を実施した団体を対象とし、計 12 団体を表彰した。なお、以降の表彰についても、表彰の前年度に完了した取組を対象としている。

2018 年度からは、地方公共団体の発注工事／業務や、i-Construction 推進コンソーシアム^{注1}会員の取組などにも対象を拡大している。

2022 年度からは、「インフラ DX 大賞」と改称した。インフラ DX 大賞では、募集対象を「インフラ分野において、データとデジタル技術を活用して、建設生産プロセスの高度化・効率化、国民サービスの向上、組織の働き方や文化・風土の改革等につながる優れた実績を上げた取組」とし、インフラの利用・サービスの向上といった建設業界以外の取組へも募集対象を拡大している。加えて、インフラ分野におけるスタートアップの取組を支援し、活動の促進、建設業界の活性化へつなげることを目的に、新たに「スタートアップ奨励賞」を設置している。

応募された案件については、有効性、先進性、波及性の観点から審査を行い、表彰を受けることが適当であると認められる者を選考することとしている。

創設当初は、ICT 施工に取り組んだ団体が表彰されていたが、近年は内容が高度化・多様化している。2024 年度は、土砂掘削工事におけるデータマネジメントの活用、3D プリンターを活用した擬石型曲線護岸パネルの施工、ICT・AI 技術を活用した道路交通の円滑化などの取組が表彰された。

創設から 2024 年度までの受賞者数を表—1 に、

2024 年度のインフラ DX 大賞受賞者及び取組概要を表—2 に、2024 年度の授与式の様子を写真—1 に示す。

5. おわりに

国土交通省では建設現場の生産性向上を目指した i-Construction の取組、及びこれを中核にさらに発展させ、データとデジタル技術を活用して社会資本や公共サービスを変革するインフラ分野の DX の推進に向

表—1 2024 年度までの受賞者数

i-Construction大賞					
表彰 年度	部門	国土交通 大臣賞	優秀賞		計
2017		2	10		12
2018	工事・業務部門	1	13		14
	地方公共団体等の取組部門	1	5		6
	i-Construction推進コンソーシアム 会員の取組部門	1	4		5
	計	3	22		25
2019	工事・業務部門	1	11		12
	地方公共団体等の取組部門	1	2		3
	i-Construction推進コンソーシアム 会員の取組部門	2	8		10
	計	4	21		25
2020	工事・業務部門	1	12		13
	地方公共団体等の取組部門	1	2		3
	i-Construction推進コンソーシアム 会員の取組部門	3	7		10
	計	5	21		26
2021	工事・業務部門	1	13		14
	地方公共団体等の取組部門	1	2		3
	i-Construction推進コンソーシアム 会員の取組部門	3	2		5
	計	5	17		22
インフラDX大賞					
表彰 年度	部門	国土交通 大臣賞	優秀賞	スタート アップ 奨励賞	計
2022	工事・業務部門	1	13	-	14
	地方公共団体等の取組部門	1	2	-	3
	i-Construction・インフラDX推進 コンソーシアム会員の取組部門	2	4	2	8
	計	4	19	2	25
2023	工事・業務部門	1	12	-	13
	地方公共団体等の取組部門	1	2	-	3
	i-Construction・インフラDX推進 コンソーシアム会員の取組部門	1	6	1	8
	計	3	20	1	24
2024	工事・業務部門	1	13	-	14
	地方公共団体等の取組部門	1	1	-	2
	i-Construction・インフラDX推進 コンソーシアム会員の取組部門	1	8	1	10
	計	3	22	1	26

注1 i-Construction 推進コンソーシアム（2023 年度から i-Construction・インフラ DX 推進コンソーシアムに改称）は、調査・測量から設計・施工・維持管理までのあらゆるプロセスで ICT 等を活用して建設現場の生産性向上を図る「i-Construction」や、国民目線のインフラサービスの向上や安全・安心の実現を目指す「インフラ DX」を推進するため、様々な分野の産学官が連携して、IoT・人工知能（AI）などの革新的な技術の現場導入や、3 次元データの活用などを進めることで、生産性が高く魅力的な新しい建設現場・インフラ分野の業務等の変革を目指すことを目的とする団体であり、コンソーシアムの目的及び事業に賛同する企業、団体、有識者、関係府省庁、地方公共団体等を会員としている。

表ー2 2024 年度のインフラ DX 大賞受賞者及び取組概要
令和6年度 インフラDX大賞受賞者一覧

○工事・業務部門

NO	表彰の種類	業者名	工事／業務名	発注 地等
1	国土交通大臣賞	ふくどめ 福留開発株式会社	令和4－5年度 仁淀川中島地区下流護岸外（その1）工事	四国
2	優秀賞	むらかみどけん 村上土建開発工業株式会社	とかちがわ 十勝川改修工事の内 西士狩薬堤河岸保護外工事	北海道
3	優秀賞	かじま まえだ たけなかどほく 鹿島・前田・竹中土木特定建設工事共同企業体	なるせ 成瀬ダム堤体打設工事（第1期）	東北
4	優秀賞	たかだきこう 高田機工（株）仙台営業所	はこづつみ 国道4号 箱堤高架橋上部工工事	東北
5	優秀賞	アジア航測株式会社	とね R4利根砂防管内自律飛行型UAVによる点検計画検討業務	関東
6	優秀賞	はまやぐみ 株式会社浜屋組	やいた R4矢板出張所管内路面補修工事	関東
7	優秀賞	つるがあきひどけん 敦賀旭土建株式会社	つるがこう まりやまたちく 敦賀港（鞠山北地区）防波堤（改良）基礎工事（その2）	北陸
8	優秀賞	いちかわ 株式会社市川工務店	まつばらいちじま かやしもおほし 令和4年度 一般県道松原宇島線川島大橋下部工事	中部
9	優秀賞	こもりぐみ 株式会社小森組	くしもと たなみ すさみ串本道路田並地区他整備工事	近畿
10	優秀賞	わかちく よしだ 若築・あおみ・吉田特定建設工事共同企業体	さかいせんぼくこうしおみおき 堺泉北港汐見沖地区岸壁（-12m）築造工事（第2工区）	近畿
11	優秀賞	カナツ技建工業株式会社	さだ がわ 佐陀川 防安交付金（広域河川）（仮称）新武代橋A2橋台工事第6期	島根県
12	優秀賞	しろかい 株式会社 白海	かんちん おおせと はやとせと 令和5年度関門航路（大瀬戸～早瀬瀬戸地区）航路（-14m）浚渫工事	九州
13	優秀賞	まるお あおみ建設・丸尾建設JV	いしがきこう しんこう 令和5年度石垣港（新港地区）防波堤（外）築造工事	沖縄
14	優秀賞	にほんこうえい 日本工営株式会社	令和4年度 国営沖縄記念公園DX推進業務	沖縄

○地方公共団体等の取組部門

NO	表彰の種類	団体名	取組名	地域
15	国土交通大臣賞	とちぎけん 栃木県	ICT・AI 技術を活用した道路交通の円滑化	関東
16	優秀賞	ながさきけん 長崎県	情報共有システム及びWeb 会議併用による災害査定効率化	九州

○ i-Construction・インフラDX推進コンソーシアム会員の取組部門

NO	表彰の種類	業者名	取組名	本社 所在地
17	国土交通大臣賞	おさむ 小澤建設株式会社	令和4年度 美和ダム上流土砂掘削工事におけるデータマネジメントの活用	長野県
18	優秀賞	すなごみ 株式会社砂子組	現場コンシェルジュによるプロセス革命	北海道
19	優秀賞	（社）日本橋梁建設協会、（社）建設コンサルタンツ協会	鋼橋のデータ連携実装に向けた共同開発	東京都
20	優秀賞	応用地質株式会社	地盤の3次元可視化から4次元地中モニタリングへ	東京都
21	優秀賞	株式会社EARTHBRAIN	Smart Construction® による建設現場のデジタル化・可視化 ～ICT施工StageⅡの実現～	東京都
22	優秀賞	おおばやしぐみ 株式会社大林組	建設用3Dプリンターの大型土木構造物への適用	東京都
23	優秀賞	ジオ・サーチ株式会社	掘削工事の生産性向上への取り組み（ちかデジの開発）	東京都
24	優秀賞	とあ 東亜建設工業株式会社	ICT対応型水中バックホウによるリモートオペレーション	東京都
25	優秀賞	よしみつぐみ 株式会社 吉光組	河川災害復旧工事における建設3Dプリンターの活用	石川県
26	スタートアップ 奨励賞	ONESTRUNCTION株式会社	建設プロセスの最適なワークフローを実現する「OpenAEC」の開発	鳥取県



写真—1 2024 年度の授与式の様子

けた取組を実施してきた。

2024 年度からは、これらの取組をさらに加速し、i-Construction 2.0 として、建設現場のオートメーション化による生産性向上・省人化の取組を進めていくこととしている。これからのインフラ分野の DX 及び i-Construction 2.0 の取組において、建設機械が果たす役割は大きく、さらなる技術開発・現場導入が期待される。

今後もインフラ DX 大賞を通じて、優れた取組を全国へ横展開していき、インフラ分野の DX の推進につなげてまいりたい。

J C M A

《参考文献》

- 1) 国土交通省インフラ分野の DX
https://www.mlit.go.jp/tec/tec_tk_000073.html
- 2) 国土交通省技術基本計画
https://www.mlit.go.jp/tec/tec_fr_000136.html
- 3) 「i-Construction 2.0」を策定しました
～建設現場のオートメーション化による生産性向上（省人化）
https://www.mlit.go.jp/report/press/kanbo08_hh_001085.html
- 4) 国土交通省 i-Construction
<https://www.mlit.go.jp/tec/i-construction/>

〔筆者紹介〕

黛 由季（まゆづみ ゆき）
国土交通省
大臣官房技術調査課
建設情報高度化
係長



行政情報

国土交通省における BIM/CIM 積算の取組

藤 本 陽 一

国土交通省では、2024 年 4 月に i-Construction 2.0 をとりまとめ、建設現場のオートメーション化に向けた取組を推進している。その中のひとつの要素である「データ連携のオートメーション化」の実現に向けては、データの更なる活用により省人化や生産性向上を図ることが重要となる。本稿では、BIM/CIM の 3 次元モデルから算出される数量等の属性情報を、直接積算に活用する「BIM/CIM 積算」について、国土交通省の取組を紹介する。

キーワード：DX（デジタルトランスフォーメーション）、BIM/CIM、3 次元モデル、属性情報、積算

1. はじめに

国土交通省では、データとデジタル技術を活用することによりインフラ関連の業務、組織、プロセス、文化・風土や働き方を変革する、インフラ分野の DX（Digital-Transformation）の推進に向けた取組を実施している。

さらに、インフラ DX により目指す「建設現場」の将来社会のイメージ実現に向けた取組として、2024 年 4 月に i-Construction 2.0 をとりまとめた。i-Construction 2.0 では、2040 年度までに建設現場の省人化を少なくとも 3 割、すなわち生産性を 1.5 倍向上することを目指し、建設現場のオートメーション化に取り組むこととしている。

建設現場のオートメーション化の 3 本の柱のひとつである「データ連携のオートメーション化」については、調査・測量、設計、施工、維持管理といった建設生産プロセス全体をデジタル化、3 次元化し、必要な情報を必要な時に加工できる形式で容易に取得できる環境を構築する BIM/CIM（Building/Construction Information Modeling, Management）等によりこれを推進することとしている。

本稿では、国土交通省における BIM/CIM の取組のうち、3 次元モデルで算出される数量を直接積算に活用し、積算や設計変更の効率化を目指す BIM/CIM 積算について紹介する。

2. BIM/CIM について

BIM/CIM の目的は、建設事業で取り扱う情報をデジタルデータとして統合管理することで、受発注者のデータ活用・共有を容易にし、建設生産・管理システム全体の効率化を図ることである。情報共有の手段としては、主として 3 次元モデルを活用するが、点群データや GIS など、目的に応じたデータやツールを活用し、建設事業で取り扱う情報を統合管理することで効率的に事業を進めることとしている。

国土交通省では、2012 年度から段階的に BIM/CIM を適用する業務・工事の対象を拡大してきた。2023 年度からは、原則として全ての直轄土木業務・工事において、BIM/CIM を適用し、「活用目的に応じた 3 次元モデルの作成・活用」と「DS（Data-Sharing）の実施」に取り組んでいる。

3 次元モデルには、2 次元図面から寸法を拾って計算した場合に非常に手間のかかる複雑な形状でも、瞬時に面積や体積が算出されるという特徴がある。これまで行われてきた BIM/CIM の適用においても、3 次元モデルから算出される土やコンクリートの体積、鋼材等の数量を、設計・検討段階の概算数量や概算工費の算出に活用する、施工段階の施工数量算出に活用する、といった取組がなされている。

3. BIM/CIM 積算の実施に向けた取組

(1) 3 次元モデルの数量の活用による BIM/CIM 積算
3 次元モデルにより算出した数量を効果的に活用す

れば、数量算出作業の簡略化につなげることができる。BIM/CIMにより発注者の積算作業の効率化を図ることを目的に、国土交通省は2023年度からBIM/CIM積算の検討に着手した。

2023年度は、第1段階として、一部の事務所において、3次元モデルから算出した数量を、積算の数量総括表の作成に用いるBIM/CIM積算の取組を行った。

図一1は、山地部の掘削工事を対象に、3次元モデルの数量を数量総括表作成に用いた事例である。一部2次元図面からの算出の方が効率的と判断されたもの（素掘側溝）は、2次元図面からの数量算出としている。設計者によると、土工の数量算出は従来方法（平均断面法）に比べて計算の手間が削減されたとのことであった。

図一2は、樋門工事を対象に、土工量、コンクリー

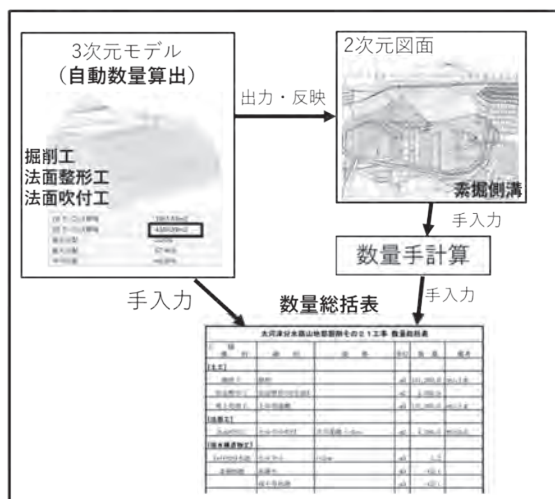
ト量、鉄筋量等の数量を3次元モデルから取得し、数量総括表作成に用いた事例である。設計者によると、この業務では可視化によるリスク軽減を目的として3次元モデルを作成していたが、一部の数量については、積算に必要な精度のものを当該3次元モデルから取得することができたとのことであった。一方で、2次元図面と3次元モデルを別途作成したため、重複作業が生じてコストと時間を要したとのことであった。

また、いずれの事例も、数量総括表へのデータ入力の手入力であった。

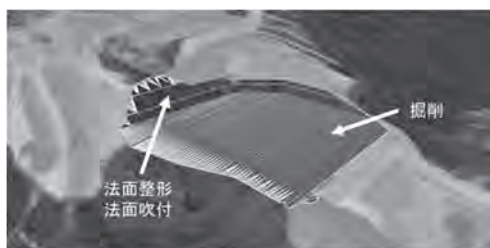
(2) (仮称) 次期土木工事積算システムの開発検討

国土交通省では、工事発注で活用している土木工事積算システムについて、積算業務の効率化を図るため、(仮称) 次期土木工事積算システム（以下「次期

■数量算出イメージ



■作成した3次元モデルの例

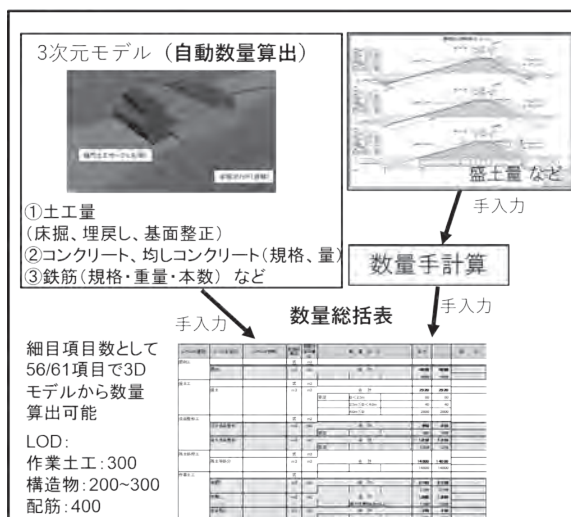


■設計者の声

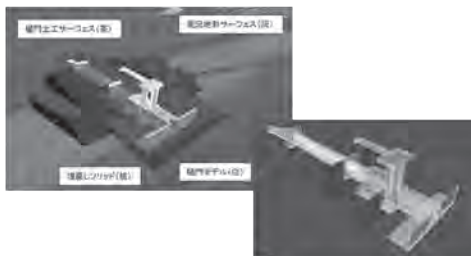
- 【効果】
- ・土工は3Dモデルからの数量算出は、従来方法（平均断面法）に比べ、数量計算手間が削減
 - ・従来は2D→3Dの作成だが、今回は3Dを先行作成した。それにより作業が半減した
- 【改善点】
- ・ソフトウェアから数量総括表へ自動入力できれば転記等のミスがなくなる

図一1 3次元モデルの数量を活用した事例①

■数量算出イメージ



■作成した3次元モデルの例



■設計者の声

- 【効果】
- ・わざわざ積算のために3Dモデルを作成しなくとも、一定程度の数量を3Dモデルから算出可能
- 【改善点】
- ・2次元図面と3次元モデルを別途作成(重複)したためコストと時間を要した
 - ・3次元モデルを活用しながら設計検討を進め、モデルから2次元図面を切り出すことが必要

図一2 3次元モデルの数量を活用した事例②

積算システム」という。)への移行を検討しているところである。

現行の土木工事積算システムは、詳細設計段階での成果である数量集計表や計算書等の情報を、発注者がシステムに手入力している。次期積算システムでは、これらを自動入力対応とすることで、積算に係る作業の効率化を図ることとしている。具体的には、積算基準に準拠した形式で数量集計データを作成する「設計数量管理機能」で作成したデータを、次期積算システムに取り込むことで、自動入力される。なお、数量集計データは「設計数量管理機能」で直接作成する以外にも、数量計算書等の外部データ(Excelなど)を取り込み作成することも可能である。設計数量管理機能の試行版、そして、数量と工種の情報を設計数量管理機能に連携する際に必要となる「工事工種体系ツリーコード」を、国土技術政策総合研究所において公表している。

(3) 3次元モデルの数量を積算に直接活用する BIM/CIM 積算の取組

さらに、3次元モデルから算出される数量を、Excel等の表に手入力するのではなく、直接設計数量管理機能に取り込むことができれば、一層の効率化が可能となる。国土交通省では、次期積算システムの開発と並行して、(1)で述べた取組を高度化して、3次元モデルの数量を積算に直接活用する、第2段階のBIM/CIM積算の検討も進めている。

2023年度から2024年度にかけて、コンクリート構造物等の3次元モデルの数量を積算に直接活用する具体的な流れを次の通り検討した(図—3)。

- ① 3次元形状データを作成し、オブジェクト分類名、3次元モデルから計測した数量、工事工種体系ツ

リーコード及び規格を属性情報として設定する。

- ② IFC形式のデータを出力する。

- ③ 「データ変換ツール」を使って、IFC形式のデータを、設計数量管理機能に読み込み可能な数量データ(XML形式)に変換し、設計数量管理機能に読み込む。

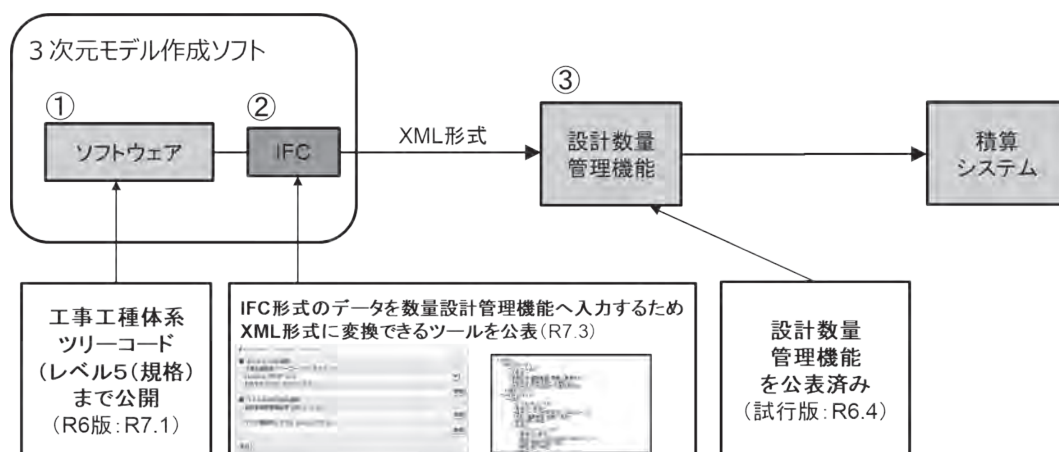
異なるソフトウェアでもデータを活用できるよう、BIM/CIMの共通フォーマットであるIFCを活用することとしている。なお、これは一例であり、他の方法の技術開発や実施を妨げるものではない。

このうち①については、2025年3月に策定したBIM/CIM取扱要領の附属資料に、積算での活用を目的とした3次元モデルの作成方法を示した。また属性情報を手入力ではなく、選択入力する機能を備えたソフトウェアの開発が進められているところである。③については、3次元モデルの数量等のデータを設計数量管理機能に入力するための形式に変換する「データ変換ツール」を開発し、2025年3月に公開した。

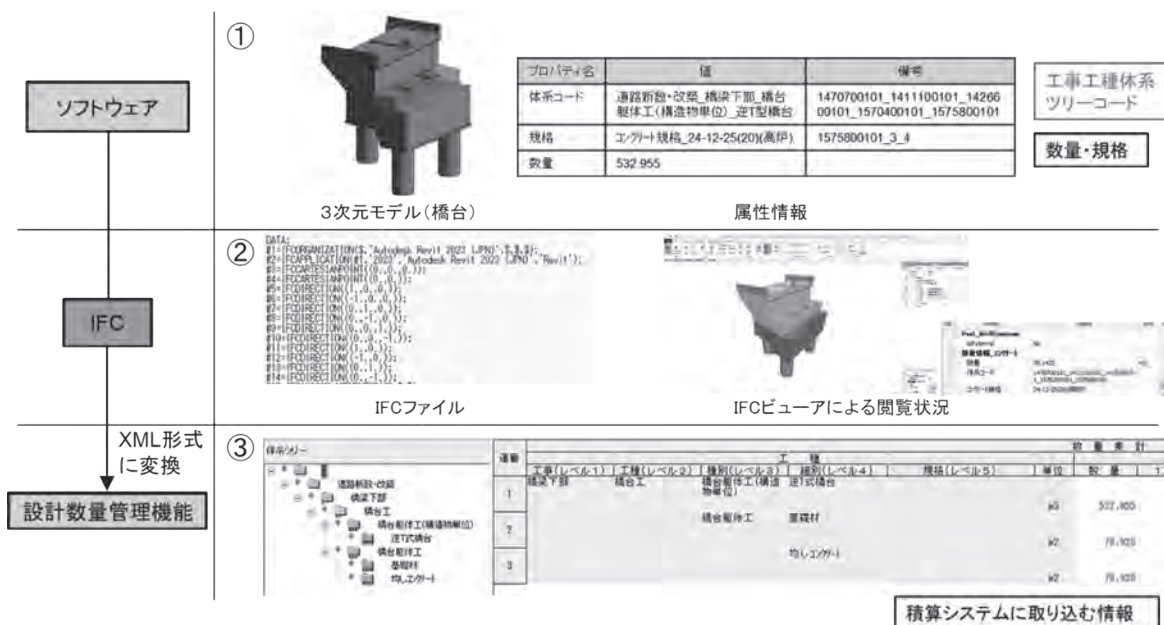
(2)で述べた設計数量管理機能・工事工種体系ツリーコードと合わせて、IFCを活用したBIM/CIM積算については実施環境が整ったところである。

(4) データ変換による試行事例

昨年度には、(3)で述べたデータ変換ツールの試行版を用いて、積算システムに取り込むデータを作成する試行も実施した。鉄筋コンクリートの橋梁下部工を対象として、全国11件の詳細設計業務(2025年2月時点)で試行を実施し、3次元モデルの属性情報として設定した数量や工事工種体系の情報を、マウスクリック数回で、設計数量管理機能に読み込み可能なXML形式のデータに変換できることが確認された(図—4)。



図—3 BIM/CIM 積算 データ変換の流れ



図—4 BIM/CIM 積算 データ変換ツール(試行版)による試行事例

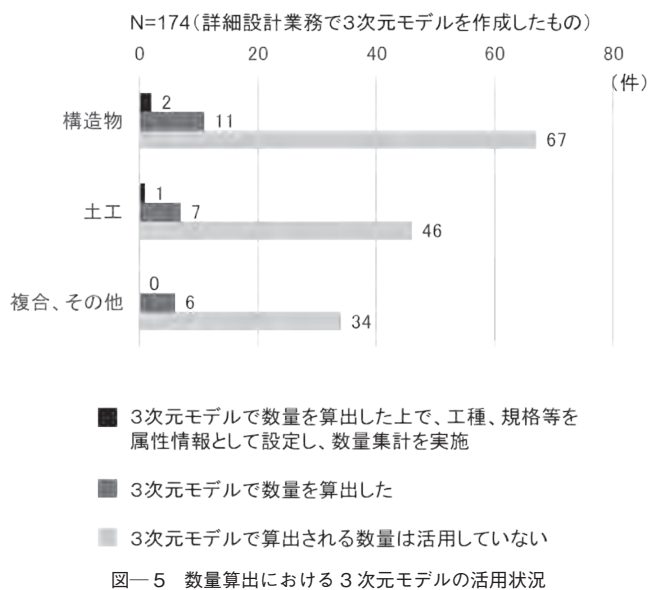
4. 数量算出における3次元モデルの活用状況

数量算出における3次元モデルの活用状況について実態を把握するため、2024年度に契約を締結した土木設計業務(港湾・空港関係を除く)のうち、BIM/CIM適用業務に該当する業務を実施している建設コンサルタント会社を対象に、アンケート調査を実施した。結果を図—5に示す。

アンケート対象のうち、詳細設計業務で3次元モデルを作成したものが174件(構造物80件、土工54件、複合、その他40件)、3次元モデルで数量を算出したもの(工種、規格等を属性情報として設定したものも含む)は27件(構造物13件、土工8件、その他6件)であり、現状、3次元モデルの数量は積算にほとんど使われていないことが判明した。

3次元モデルによる数量算出については、従前から土木工事数量算出要領に記載しているところであるが、別途設計者に聞き取りを行ったところ、3次元モデルから得られた数量を活用していいか分からない、2次元図面と同等の精度で数量算出できるか分からない、2次元図面からの算出の方が数量算出の根拠を明確にできる、といった意見があった。

今後、BIM/CIM積算の取組を進めていくためには、3次元モデルを数量算出に活用することに対する受発注者の意識が変わることも必要であることがうかがえる。



5. 今後の展開

3. (3)で述べたBIM/CIM積算については、これを実施するために3次元モデル作成ソフトウェアに求められる機能について、国土交通省、国土技術政策総合研究所、(一社)buildingSMART Japan等で連携して検討を進めており、2025年5月には、「3次元モデルを用いたBIM/CIM積算のためのソフトウェア機能要求仕様書(素案)」を、国土技術政策総合研究所において公表した。将来的には、buildingSMART Japanが行うIFC検定の項目にも設定され、IFC検定に合格したソフトウェアには必要な機能が実装され

ることとなる。

また、これまではコンクリート構造物等を対象に検討を進めてきたところであるが、共通フォーマットとして J-LandXML を用いる土工等を対象とした取組も検討を進める予定である。

6. おわりに

BIM/CIM 積算の取組を推進し、属性情報を活用して省人化や生産性向上を図る仕組みが一つでも構築できれば、他の段階における属性情報の活用も容易になり、i-Construction 2.0 で掲げる「データ連携のオートメーション化」の実現に近づくことができると考えている。引き続き、積算関係者、ソフトウェア団体等と連携しながら、取組を進めていきたい。

JCMA



【筆者紹介】

藤本 陽一（ふじもと よういち）
国土交通省
大臣官房参事官（イノベーション）グループ
課長補佐

《参考文献》

- ・ i-Construction 2.0 ～建設現場のオートメーション化～（国土交通省）
(<https://www.mlit.go.jp/tec/constplan/content/001738240.pdf>)
- ・ 国土交通省 BIM/CIM 関連 HP
(https://www.mlit.go.jp/tec/tec_tk_000037.html)
- ・ 令和 4 年 2 月 2 日 発注者責任を果たすための今後の建設生産・管理システムのあり方に関する懇談会 建設生産・管理システム部会（令和 3 年度 第 1 回）資料 4-1 3 次元データの活用に向けた DX の取組（積算システムの今後）（国土交通省）
(<https://www.nilim.go.jp/lab/peg/img/file1898.pdf>)
- ・ 国総研レポート 2024 p.62 ～ p.63 次期土木工事積算システムの開発検討（国土技術政策総合研究所）
(<https://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoku/2024report/ar2024hp034.pdf>)
- ・ 設計数量管理機能の公開（国土技術政策総合研究所）
(<https://www.nilim.go.jp/lab/pbg/theme/theme2/suryo/suryokanri.html>)
- ・ BIM/CIM ポータルサイト（国土交通省）
(<https://www.nilim.go.jp/lab/qbg/bimcim/bimcimindex.html>)



T-iROBO Rigid Dump 及び T-iDigital Field を用いた建設現場のオートメーション化の試行

青 木 浩 章・田 村 道 生・片 山 三 郎・遠 藤 亮 雄・石 井 崇 充

建設業界における人手不足の問題から、労働環境の改善や作業員一人当たりの生産性を向上させる技術の需要が高まっている。そのような中、国土交通省は建設現場をオートメーション化することで、少ない人数で、安全に、快適な環境で働く生産性の高い建設現場の実現を目指す i-Construction 2.0 を発表した。本編では、当社が開発した「T-iROBO Rigid Dump」（以下、「自動運転ダンプトラック」）及び、施工時に取得した膨大なデータを活用して施工管理業務を支援するシステム「T-iDigital Field」（以下、「施工管理業務支援システム」）の2つの技術を組み合わせて「i-Construction 2.0」が提唱する3つのオートメーション化「施工のオートメーション化」「データ連携のオートメーション化」「施工管理のオートメーション化」を実際の建設現場において小規模ながら試行し、生産性・安全性・快適性の向上を確認した。

キーワード：ダンプトラック、自動運転、i-Construction 2.0、オートメーション化、無人化施工

1. はじめに

生産労働人口の減少が社会問題となる中、建設業界では3K（きつい、汚い、危険）に代表される負のイメージによる若者離れにより、他産業と比べて就業者の高齢化が進んでいる。また、近い将来には高齢者の大量離職が見込まれるため、将来の担い手不足が深刻な問題となっている。そのため、負のイメージを刷新して魅力ある建設現場作りに向けた労働環境の改善や作業員一人当たりの生産性を向上させる技術の需要が高まっている。これに対して、国土交通省は2016年に「i-Construction」を提唱し、建設現場の生産性を向上させる取組として、ICT 建設機械や無人航空機（UAV）等を活用した ICT 施工や、設計・施工におけるデジタル技術の積極的な活用を推進してきた。2024年には、「i-Construction」の取り組みをさらに加速し、「ICT等の活用」から「自動化」へと進めていく「i-Construction 2.0」を発表した。この「i-Construction 2.0」は2040年までに建設現場の省人化を少なくとも3割、すなわち生産性が1.5倍向上することを目的として、「建設現場のオートメーション化」に取り組むことが謳われている。このような社会的背景において、当社は省人化による生産性の向上と無人化による安全性の向上を目的とした自動運転・遠隔操作が可能な建設機械や、施工中に取得する膨大なデジタルデータを活用して施工管理業務を支援する基盤システムの開発と実証を進

めてきた。本編では、これら2つの技術を組み合わせて「i-Construction 2.0」が提唱する3つのオートメーション化「施工のオートメーション化」「データ連携のオートメーション化」「施工管理のオートメーション化」を実際の建設現場において試行したので、その実施内容及び試行結果について報告する。

2. 自動運転ダンプトラックの概要

（1）システム構成

自動運転ダンプトラックは土砂の運搬・排土作業に至るすべての運搬作業を自動で実施可能なリジッドダンプである。写真—1に自動運転ダンプトラックの外観を示す。小松製作所製の55t積みリジッドフレー



写真—1 自動運転ダンプトラックの外観

ム式ダンプトラック HD465 をベースマシンとして、電気仕掛けで動作できるように電制化改造を施した機体となっており、下記の演算装置、センサ及び通信機器を搭載している。

搭載機器

- ①制御用 PC：自動運転のソフトウェアがインストールされた演算装置
- ② RTK-GNSS 方位計：自己位置及び方位を認識するためのセンサ
- ③ LiDAR：対象物までの距離を計測し周囲の状況把握するためのセンサ
- ④車載カメラ：周囲の映像を撮影し、状況を把握するためのカメラ
- ⑤無線機器：制御信号や車両の状態を外部とやり取りする通信機器
- ⑥非常停止受信機：非常時に自動運転を停止させる信号を受信する機器

図—1 に自動運転システムの構成を示す。設定した走行経路や排土位置等の走行計画（作業シナリオ）に従って、制御 PC から送られた制御信号が各種コントローラに伝達され、電磁制御弁を制御することで自動運転ダンプトラックが動作する。稼働時の车速や操舵角等の車両情報は各種センサにより常時測定され、目標値に対する誤差に対してフィードバック制御を行うことで自動運転の制御を行っている。制御用 PC へは無線ネットワークを用いて遠隔からのアクセスが可能であり、各種設定や自動運転開始・停止の指令を出すことができる。遠隔操作モードへ切替え可能で、コントローラを使用した自動運転ダンプトラックの前進や後退、排土動作等が実施できる。

(2) 特徴

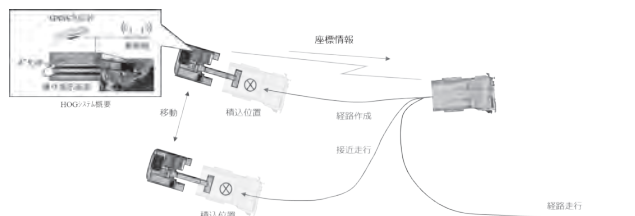
自動運転ダンプトラックの特徴としては、下記の3点が挙げられる。

(a) 積み込み・敷均し機械との連携

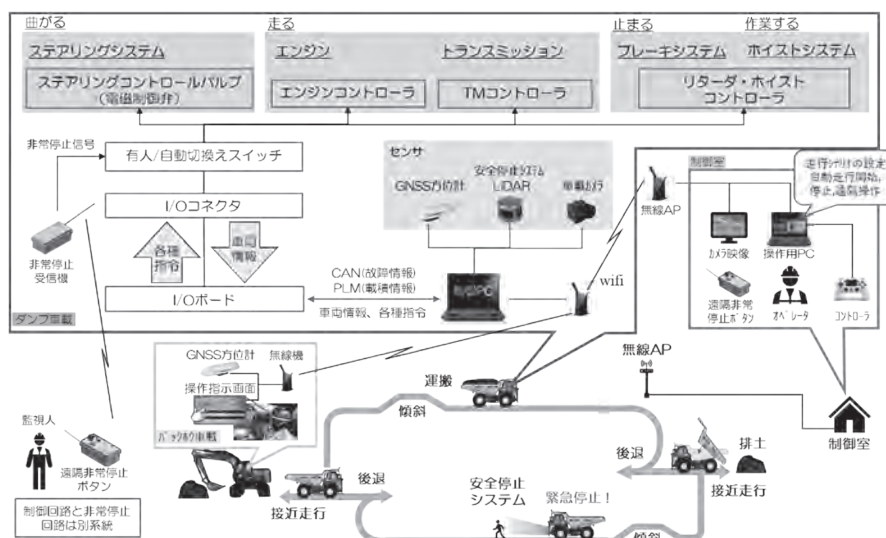
図—2 に積み込み機械との連携のイメージを示す。本システムの走行は、予め指定した経路を走行する「経路走行」の他に、目標位置に対してその都度作成した経路を走行する「接近走行」を備えている。積み込み機械に設置したシステムにより、積み込み機械の現在位置座標を基に積み込み位置が自動運転ダンプトラックに送信され、積み込み位置までの経路が自動で作成される。作成した経路に沿って走行することで、その都度変化する積み込み位置の変化に対応が可能となっている。また、積み完了ボタンを押すことで自動走行の再開が可能である。敷均し機械との連携に対しても同様であり、敷均し機械の現在位置への走行・排土が可能である。

(b) 専門知識が無くても扱える UI(ユーザインターフェース)

建設現場では積み込み・排土場所といった目標地点、走行経路及び作業内容等が工事の進捗に伴い日々変化していく。そのため、事前に計画した作業シナリオをその都度更新する必要がある。本システムの UI では、



図—2 積み込み機械との連携のイメージ



図—1 自動運転ダンプトラックのシステム構成

できる限り簡易に自動運転の作業シナリオを作成するために、ビジュアルプログラミング形式を採用し、自動運転ダンプトラックが実行する走行や排土動作等のタスクの1つ1つをブロックで表し、そのブロックを積み重ねることで作業シナリオの作成を可能とした。また、ブロックを選択することで、地図上に経路が表示される。これにより、直感的な操作が可能で、専門的な知識が無くても、現場の状況変化に伴う作業シナリオの変更を簡単に実施することが可能である。

(c) 複数の安全対策

安全対策の1つ目が各種センサ情報の常時監視機能である。センサから正常なデータが取得されない場合に自動運転を停止する。2つ目が逸走防止機能である。設定した経路から逸脱した場合に自動運転を停止させる。3つ目が自動運転中に懸念される人や障害物への接触防止機能である。これは、機体の前後に設置したLiDARにより周囲の状況を取得することで、走行経路上の障害物の有無を検出しており、障害物が検出された場合に自動で減速・停止を行う機能である。自動走行停止後に障害物が移動または撤去され、エリア内に障害物が検出されなくなった場合は一定の間隔を置いて、自動運転が再開される。4つ目が万が一に暴走した場合の対策として非常停止装置が実装されており、遠隔から非常停止ボタンを押すことで強制的に走行を停止させることができる。この非常時の無線信号は自動運転の指令を送る信号とは異なる周波数帯を使用しており、UI上から停止信号を送れない状況でも対応が可能である。さらに、非常停止装置の発信機と受信機は常に接続確認を行い、接続されていない場合は自動運転が停止する仕組みとすることで、自動化ダンプトラックに停止信号が届かず非常停止装置が作動しないといった事態を防げるようになっている。

3. 施工管理業務支援システムの概要

(1) システム構成

施工管理業務支援システムは現場の「ヒト」、「モノ」、「コト」の情報をCPS（Cyber-Physical System）の概念に基づいてクラウドに集積・統合する現場管理システムであり、本システムはデータ層、基盤クラウド層、アプリケーション層の三層で構成されている（図—3）。まず、データ層は、現場の「ヒト」、「モノ」、「コト」の情報を様々なセンサーやデバイスを用いて取得する層である。例えば、GNSS 端末やビーコンを用いて、人や重機の位置情報・稼働状況を取得する。

次に基盤クラウド層では、データ層で取得したデータをネットワーク経由でクラウド上へ集約し整理する層である。そして、アプリケーション層では、基盤クラウド層で集約したデータを抽出・加工・可視化する層であり、それらをアプリケーションとしてユーザーへ提供する。建設現場関係者のニーズに合わせたアプリケーションを随時開発・拡張することができ、開発済みのアプリケーション間との連携も可能である。

(2) 特徴

(a) 各現場管理に合わせた多様なアプリケーション群
2025年4月現在では各工種の現場管理に対応した37種類のアプリケーションが実装されている。その一部のアプリ概要を以下に示す。

- ①マップアプリ：施工機械・人・資機材の位置と稼働情報をマップ表示するアプリ。エリア表示やアイコン表示、航空写真や模式図を重ねてわかりやすく情報を集約・可視化する。
- ②土工支援アプリ：ダンプトラックの運搬状況を可視化するアプリ。進捗グラフやダンプ別の運搬回数、



図—3 施工管理業務支援システム概要図

土工量や運搬距離を可視化することで進捗管理を支援できる。

- ③警報アプリ：立入禁止，速度超過，エリア逸脱などの通知をマップ画面やメール通知で共有するアプリ。
- ④マップ軌跡アプリ：ダンプ等の車両や重機の走行軌跡を記録し交通安全や動作分析を支援するアプリ。ダンプの場合，通行可能な道路を通行したかどうかのエビデンスに活用することや，重機の場合は施工軌跡により最適な施工動線であるかどうかの分析に活用することができる。

(b) 様々な現場管理を一つのプラットフォーム上で可能

上記のアプリケーション群だけでなく既存の ICT システムを連携することが可能であり，これらを一つのプラットフォーム上に集約できる。そのため，従来様々な現場管理をそれぞれの担当者だけが個別のツールで行っていたが，インターネット接続端末を用いることでいつでもどこでも現場のデータにアクセスができ，建設現場関係者の QCDSE 管理（品質・コスト・工程・安全・環境）の支援が可能となっている。

4. i-Construction 2.0 オートメーション化の試行

(1) 試行現場

「建設現場のオートメーション化」の現場試行は，成瀬ダム原石山採取工事における骨材原石運搬作業で実施した。成瀬ダム原石山採取工事は，秋田県内を流れる雄物川水系成瀬川に建設される多目的ダムである成瀬ダムの堤体材料となる CSG 材及びコンクリート骨材の採取・製造・貯蔵およびそれに伴う廃棄岩処理等を行うものである。原石山から採取してストックヤードに仮置きされた骨材原石をプラントの投入口であるホッパーまで運搬する作業に「自動運転ダンプトラック」及び「施工管理業務支援システム」を導入し，オートメーション化を試行した。試行期間は 2024 年

5 月から 6 月までのおよそ 2 か月間実施した。

(2) 実施内容

3 つのオートメーション化に対応した実施内容は，下記の通りである。

(a) 施工のオートメーション化

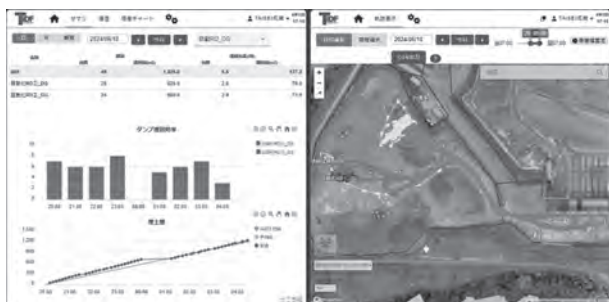
「自動施工における安全ルール Ver.1.0」を参考に，夜間作業時間帯を利用して自動化・無人化専用エリアを設定し，2 台の自動運転ダンプトラックと遠隔操作バックホウ 1 台の計 3 台の建設機械を用いて骨材原石運搬作業を実施した。運搬作業の概要を図—4 に示す。運搬距離は片道約 250 m であり，積込場で積み込んだ骨材原石を黒色で示す経路を自動走行してプラントまで運搬し，ホッパーへ投入した後，白色で示す経路で積込場まで戻るサイクルを繰り返し行った。道幅が狭い離合箇所・積込場・投入ホッパー手前の待機位置では自動運転を一時停止させ，進行に問題がないことを確認した後に運転再開させることで，2 台の自動運転ダンプトラックが滞ることのないよう走行させた。上流展望台には制御室や無線基地局，監視カメラを設置し，バックホウの遠隔操作や自動運転ダンプトラックの設定・操作・監視を行った。現場試行は遠隔操作バックホウのオペレータ 1 名と自動運転ダンプトラックのオペレータ 1 名の計 2 名で実施した。

(b) データ連携のオートメーション化(デジタル化・ペーパーレス化)

骨材原石の運搬量や運搬効率，及び自動運転ダンプトラックの実運搬距離等の施工データは「施工管理業務支援システム」を利用してデジタル化し，リアルタイムにクラウド上へ収集した。そして，図—5 に示すように，Web 上で容易に表示・閲覧が行えるようにした。また，施工時の各種データを蓄積して客観的に検証・評価することで，作業見直しツールとしての活用を行った。



図—4 自動運転システムの設備概要



図—5 土工支援及びマップ軌跡画面



図—6 建設機械及び作業員位置の見える化

(c) 施工管理のオートメーション化（リモート化・オフサイト化）

「施工管理業務支援システム」を利用し、建設機械の位置や現場試行の進捗状況に加えて、図—6に示すように作業員の位置情報を見える化し、「いつでも」「どこからでも」アクセスできるようにリモート化を行った。また、建設機械のメンテナンスや故障等からの復帰サポートをリモート化し、Web会議により遠隔からの支援を実施した。

(3) 試行結果

今回、建設機械の自動運転と遠隔操作を併用し、作業区域を無人状態として、延べ47,217.8tの骨材原石の運搬作業（累計運搬回数988回）を行った。また、以下の3点について、オートメーション化の効果を確認できた。

(a) 生産性の向上

建設機械3台を2名で操作することでオペレータ1名の省人化となり、また、データ整理に関してクラウド上に自動収集させることで、従来は施工担当者が作業報告のために繰り返していたデータ入力や、1日の施工終了後に資料作成や取り纏め報告等に要していた作業時間を20分/1day程度削減することができた。

(b) 安全性の向上

施工エリアを無人にすることで安全性が向上し、始業時や不具合対応等で施工エリア内に立ち入る際も、

「施工管理業務支援システム」を活用することで作業員の現在位置をリアルタイムで把握し、退去を確実に実施したうえでの建設機械の自動化・遠隔化施工が可能とした。

(c) 快適性の向上

自動化・遠隔化により制御室内での快適な環境で作業することができ、労働環境が改善された。

5. おわりに

「T-iROBO Rigid Dump」と「T-iDigital Field」を組み合わせて、i-Construction 2.0が提唱する3つのオートメーション化を試行し、小規模ながら生産性・安全性・快適性の向上を確認することができた。今後はその適用範囲や対象を増加させることで更なる生産性の向上に努め、「建設現場のオートメーション化」の実現に貢献していきたい。

謝 辞

自動運転システムの技術開発あたり、多岐にわたりご指導とご協力を頂きました関係各位に厚く御礼を申し上げます。

JICMA

【筆者紹介】

青木 浩章（あおき ひろあき）
大成建設㈱
技術センター
生産技術開発部 スマート技術開発室
室長

田村 道生（たむら みちお）
大成建設㈱
技術センター
生産技術開発部 スマート技術開発室
メカトロニクスチーム
チームリーダー

片山 三郎（かたやま さぶろう）
大成建設㈱
技術センター
生産技術開発部 スマート技術開発室
ICTチーム
チームリーダー

遠藤 亮雄（えんどう あきお）
大成建設㈱
技術センター
生産技術開発部 スマート技術開発室
メカトロニクスチーム
課長代理

石井 崇充（いしい たかみつ）
大成建設㈱
技術センター
生産技術開発部 スマート技術開発室
ICTチーム
係員

建設 DX による新しい無人重機施工への挑戦

プロセス変革と新技術の融合

杉 浦 伸 哉

建設重機を無人で自動自律で動かし、土木工事をさせることが究極の省人化であることは誰もが納得する取り組みである。その一方で、まだ技術開発中のものが多く、本格的に利用することは先だと言われることも多い。

2024 年 4 月に発表された i-Construction 2.0 で提唱されている 3 つの柱の「施工のオートメーション化」、
「データ連携のオートメーション化」、
「施工管理のオートメーション化」は無人重機施工の究極の姿とみ
るべきだと考える。

本論文では、無人重機施工を進めるための取り組みとして、4 つの課題を整理し、その課題における現状
と今後の方向性を示す。

キーワード：無人重機施工、省人化、プロセス変革、エコシステム、技術課題、運用課題、事業課題、規
制課題

1. はじめに

少子高齢化など日本の建設業界が抱える課題は多い。そのために必要な施策を含め、官民挙げて課題解決に取り組んでいる。2024 年 4 月に国土交通省が発表した i-Construction 2.0 は 2016 年に発表した i-Construction のさらなる生産性向上の取り組みとして発表された。

その中には、3 つの施策があり「施工のオートメーション化」「データ連携のオートメーション化」「施工管理のオートメーション化」が掲載されており、今後建設業界が向かうべき方向が示された。

これらは、以前の i-Construction 以上にデータドリブンで建設事業を進める流れが明確に示されているわ

けだが、特に今回はこの中の「施工のオートメーション化」に注目し、実施に向けた課題整理と対応策などについて述べたい。

2. 課題の整理

重機の自動自律施工を進めるためには、以下の 4 つの課題があると考え（図—1）。

①として挙げたのは技術課題である。建設重機をそもそもどのように自動自律させるのか、自動自律稼働させるためにはどのような技術課題があるのかを提示し、次に、この技術をどのように誰が使うのか、使うためにはどのような考えが必要なのかという観点で②として運用課題を提示する。



図—1 4つの課題

次に、このような技術や利用環境について持続的利用環境を構築する必要がある、③として事業課題を提示した。技術や運用が備わったとしても、それが持続可能に使われる環境を構築する必要が必須である。最後に④として規制課題を挙げた。規制課題とはこのような自動自律を使う場合の安全への考え方について、従来の労働安全衛生法で果たしてこれらを使うために必要な安全の考え方が担保できるのか、という観点について述べたいと思う。

では以下にそれぞれに課題の深掘りとそれを解決するための方策について述べていく。

3. 技術課題の深掘り

建設機械が自動自律で動き始めた歴史は今から30年前に遡る。図—2を見ていただきたい。

CATERPILLARは今から30年前から研究開発を行い、コマツも同様に技術開発を行ってきた。2008

年にはコマツが世界初となる商用導入を行い、5年遅れて2013年にはCATERPILLARも6台の商用導入を行っている。ともに鉱山業界での導入となっている。

さて、このような自動自律を行うためのシステムの概略図を以下に示す(図—3)。

一番下のレイヤが重機そのものであり、その重機を電気信号で稼働させるために必要なBOXがDBW(Drive-By-Wire)である。そのDBWに制御信号を送るのがACSであり、そのACSで判断するためには位置情報である、GNSS情報や人間の目となるセンサー系(LiDARやRADARやカメラなど)が装着されている。それらを全体マネジメントするのが、ここではFMS(Fleet Management System)であり、これで、重機のコントロールを行う。最後に施工全体を計画するためのレイヤとしてCMS(Construction Management System)があり、それぞれの機能について図の右には現在の土木施工管理をするための役割の人のイメージを付けている。

CATERPILLAR®



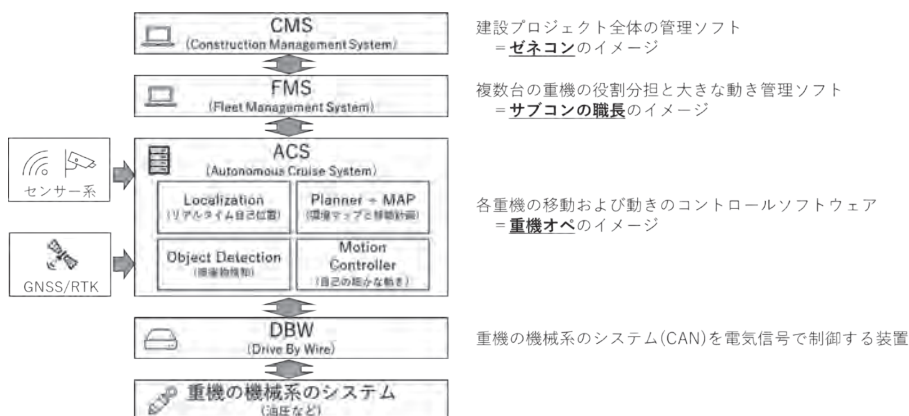
- ・30年以上研究開発
- ・282台以上かつ、7200万km以上の走行
(乗用車の自律運転メーカーの倍以上@発表当時)
- ・21億トン以上の累計輸送を安全に実施
- ・通常2倍の輸送量を達成
- ・南北アメリカ・オーストラリアで実装

KOMATSU



- ・鉱山向け無人ダンプトラック運行システム
(Autonomous Haulage System)として販売
- ・2005年にチリの銅山で試験導入
- ・2008年1月に世界初に商用導入
- ・20億トン以上の累計輸送を実施@2018末
- ・累計輸送が30億トン突破
- ・オーストラリア、カナダ、ブラジルで実装
- ・2020年にレトロフィット100台導入増加

図—2 鉱山業界での自動自律重機稼働の歴史



図—3 自動自律系のシステム構成図

建設現場においては、複数の重機メーカーや機種が投入されている。そのため、重機メーカーの1社だけがこのような技術ができて現場導入は難しい。さらに、そもそも重機を自動自律化するために必要なDBWについては、重機メーカーが自らの製品に搭載し、自動自律のための口を準備いただくことが重要だと考えるが、現状ではその取組みは、まだ一部の限定的な対応にとどまっている。さらには、FMSも複数重機メーカーや機種をコントロールするような製品がまだ出ておらず、メーカー限定や機種限定という動きにとどまっているのが実態である。

複数のセンサーデータを統合活用し、ACSで処理を行うといったセンサーフュージョンについても、安定した動きになるまでの調整に時間がかかるなど、技術的な課題の解決が求められている。

ただしこれら技術的課題は、昨今のAIの発達やセンサー機器類の高品質低価格化の流れにより、1年毎に性能が倍、コストは半分になる傾向があるため、2～3年経過すれば、求める技術は追求され、課題の解決が図られる流れになると思われる。

4. 運用課題の深掘り

さて、技術課題がクリアする方向性は見えてきているが、次はこれらの技術を「活用できるのか」という運用課題に注目してみたい。

技術があっても使えない、という声はよく聞くが、この「使えない」という言葉が何を意味しているのかを明確にしてみたい。当然ながら、重機の動き方などの技術的課題がある場合には問題外であるが、一般的に言われる「使えない」というのが「利用者が誰か」「その利用者がこのような重機を使いこなせるのか」「そもそもこのような重機をどのタイミングでどうやって使うのか」という部分が往々にして課題になっている。

例えば施工計画を立てるにも、現状の発注図から元請けである建設会社が効率の良い施工方法を検討し、それを協力会社と議論しながら、彼らに重機を使い施工を再下請負してもらい、品質や出来形管理を建設会社が発注者に確認してもらいながら施工を進める、という従来のプロセスがある。このプロセスに自律建機を当てはめようとしたら、どういう議論になるかを考えていただきたい。

当然、現状のプロセスであれば、自動自律建機を使うのは協力会社であり、元請けである建設会社ではなくなる。協力会社は建設会社が立てる計画の部分には深く関わらないため、自動自律重機の機能を最大限発

- **費用対効果**の見込める初期投資と利用者の利益
- 自律運転を前提とした**施工計画**（安全対策、工区割、歩掛の向上、休憩なし、24時間駆動など）
- 新しい**プロセスの実行**
- 発注者を含めた**多様なステークホルダーの全体コーディネート**

図—4 自動自律建機を運用するための課題

揮するような使い方をすることは難しくなるであろう。また、これらの重機を使うためには、全体工程を最適化するための利用時間や使う場所などにも工夫が必要になり、結果これらのコーディネータをしっかりと必要が出てくるが、それは誰が担うのか、などの問題もやってみないとわからないというのが実態である。

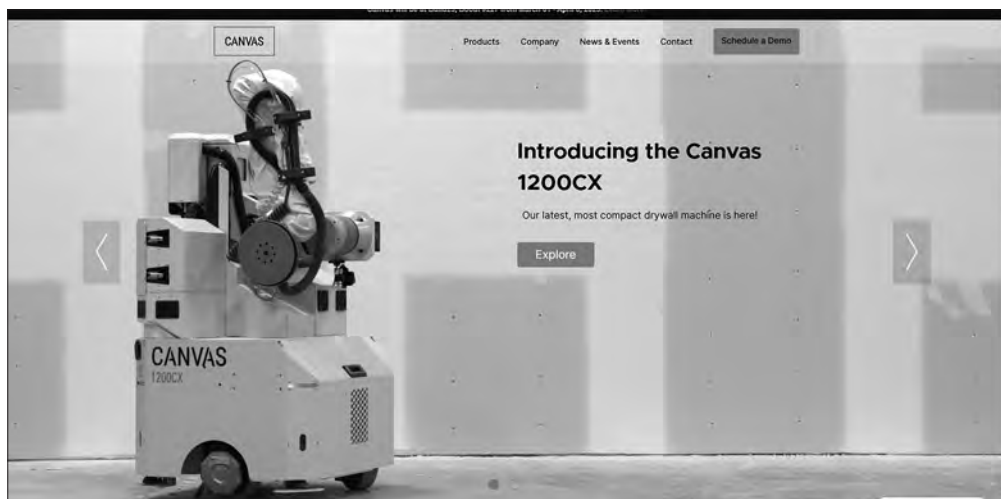
これらの課題を解決するためには、図—4のような整理を行い、それを誰がどのように解決するのかを決めなければならない。

また、現状における土木施工のプロセスを可視化し、どのプロセスにこの技術を使うのが効果があるのか、また、この技術を使うためには、どんなプロセスに変えなければならないのか、というプロセスに関する議論も重要である。ここをおざなりにして技術だけを使おうとすると、途端に「この技術は今の施工プロセスでは準備や利用に時間や人手がかかるため、効率が上がらないため使えない」という議論に陥るのである。

よって、まずはこの技術をしっかりとつかうためには、現状のプロセスを分析し、その分析ができて利用価値を判断でき、全体施工をコーディネートしながら対応できる「人」もしくは「組織」がなければならないと考える。

図—5は現状の作業タスクを全て書き出したプロセス分析例である。図—6はよく皆さんが目にする作業フロー図である。そちらもプロセスを示しているものであることに間違いはないが、実はこの2つには大きな差がある。一般的にプロセスを分析するためにつくられるのは、図—6の方であるが、実はこのプロセスでは粒度が荒すぎて分析という行為には向かない。

私の経験からすると、図—5のような非常に細かな作業タスクを書き出し、誰が何の目的でこのタスクを実行しているのか、という観点も連携させながらタスクリストを作成し、このタスク分析をしっかりと行い、どの部分をこの技術を使って変えられるのかを議



図ー7 北米で事業展開している CANVAS
<https://www.canvas.build/>

自社のロボットの機能アップをして、ロボットの機能向上を行ったという事例もある（図ー7）。

本来このような機能を「使う組織・人」は、業務プロセスを理解しており、機能も理解していることが重要で、この2面性をもった組織や人が、どの施工場所で使おうとするかという観点で考えることが重要である。これができる組織・人がまずは事業継続をしていくためには重要である。

あとはコスト的に使える価格帯になっているのではないかとこの部分が大いだろう。そのためには、一社で全ての課題を解決して、自社だけでその技術を構築しようと思わずに、関係者と上手にエコシステムを構築するのが重要である。それを進めるためには、どこが協調領域なのか、競争領域なのかをしっかりと理解して進めるべきである。協調領域はエコシステムが構築されない限り、達成されないのではないかと思います。

6. 規制課題の深掘り

最後に、この規制課題の深掘りを述べたい。

自動自律重機を使う実際に業務で使うための最大の課題は「安全ルール」である。そもそも建設分野における安全は、労働安全衛生法は労働者の安全と健康を守り、快適な労働環境を整備することを目的とした法律であり、建設分野ではそれに適合した現場環境やルールが求められる。そのため、新技術を活用する場合の安全に関する考え方は、不確実性を確実に回避するための措置が過剰となり、技術を生かすことが難しい対応を迫られる。なので、新技術活用など時代に即した安全に関する検討を行う体制が整備されておら

ず、常に「現状の安全に関する考え方」を基本とした検討を行うため、過剰な安全対策を求められることが多い。

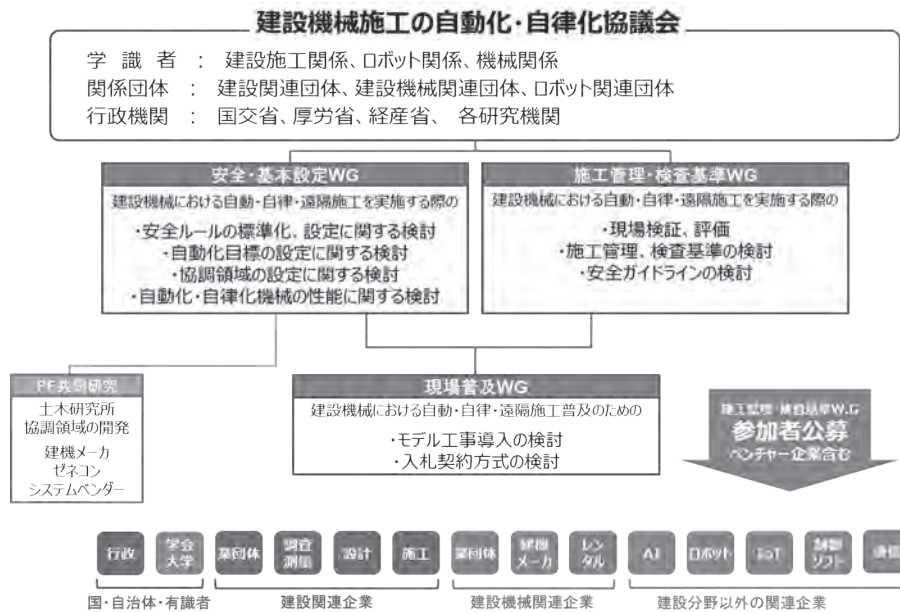
このような状況について、どのような対応ができるのか、あるいは、どのように議論を進めることができるのかという観点で、2022年3月に国土交通省が主管となり、建設機械施工の自動化・自律化協議会が立ち上がっている（図ー8）。

令和7年3月に最新の安全ルール（図ー9）は提示されているが、このルールがあるからといってすぐにこの自動自律重機を利用することは難しい。まだ、考え方や注意点を示しているルールではあるが、一定程度これらの考え方や注意点を理解して今後この技術の利用を検討していく上で重要なものである。

特に「3. 安全性確保のための関係者の役割及びリスクアセスメント」については、製造者、販売者、施工者のそれぞれが、利用立場でリスクを共有し、会話を通じてリスクアセスメントを高めていくことが記載されているが、昨今このような技術を利用する場合、機能安全に意識が集中しすぎ、機械安全重視の傾向が見られるが、今回のこのルールはまずは互いのリスクが何かを理解し、そこから安全をどのように確保するかということを求めている。

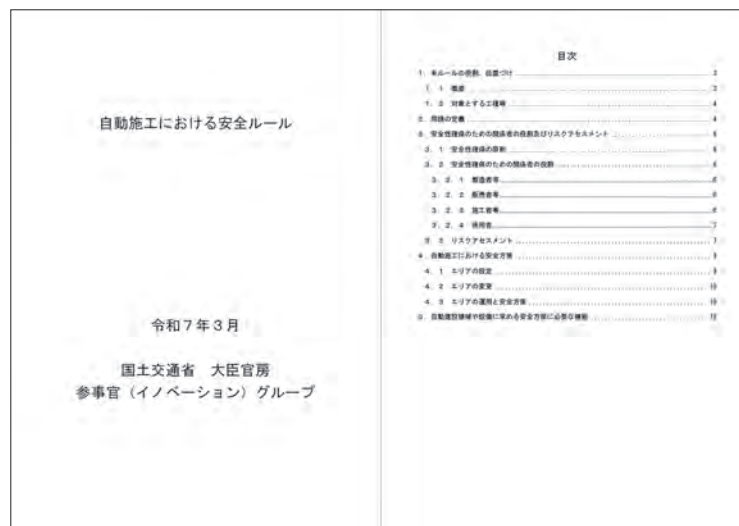
これらを解決する手段として昨今「協調安全」というキーワードが、（一社）セーフティグローバル推進機構の建設委員会で議論が進んでいる（図ー10）。

協調安全とは、人、機械、環境が情報を共有し、協調して安全を確保する概念であり、情報通信技術（ICT）などのツールを活用しながら、人と機械が共存する環境での安全を実現するものと位置づけられて



図—8 2022年3月に立ち上がった協議会

https://www.mlit.go.jp/tec/constplan/sosei_constplan_tk_000049.html



図—9 2025年3月に公開された最新の自動施工に関する安全ルール



図—10 協調安全などを議論している（一社）セーフティグローバル推進機構

<https://institute-gsafety.com/about/outline/>

いる。まだ正式なイメージは構築されていないが、このような団体とも建設業界全体で連携しながら、新技術を使った現場の安全をどのように確立していくかの議論をしていく必要がある。

7. おわりに

生産性向上、省人化、時間外労働規制、4週8休、人材確保など、建設業が置かれている状況は社会のインフラ老朽化や持続可能な社会インフラの整備を含め、求められるニーズと、建設業界全体が置かれている環境の厳しさと、どのように関わって課題解決をすべきか、議論を尽くしても尽くしきれないほど多くの課題を解決していかなければならない。

そのような中において、本技術の利用は有望な解決策の1つであると思うが、一方で利用するための考え方やエコシステムの構築をしっかりと進めなければ、単なる技術主導で、建設業界での利用は特定の部分、特定の企業しか利用できないものになってしまいかねない

状況である。

本投稿はこれらの課題を4つの課題に分類し、それぞれの課題とどのような解決策があるのかを提示したが、ここで述べた内容が必ずしも正しい課題や解決策であるとも思っていない。あくまでも1つの事例であり、この課題の整理や課題の解決を進めるためには、業界や産業界を超えたエコシステムの構築が重要である。

エコシステムを構築し、仲間を集い、本当の意味の社会課題を解決するための取組みとして、進めていきたいと考えている。

J C M A

【筆者紹介】

杉浦 伸哉（すぎうら しんや）
㈱大林組
ビジネスイノベーション推進室
部長



AI 時代の建設 DX と次世代プロダクト開発

井 川 甲 作

ディープラーニングの進化により、AIは飛躍的な進展を遂げている。ソフトウェア開発も従来のロジック記述型からデータ駆動型の「Software 2.0」へと変容し、プロダクト開発に革新をもたらしている。本稿では AI がプロダクト開発に与える影響を技術的視点で紹介し、併せて建設業における AI プロダクト事例、将来展開について述べる。

キーワード：AI, Software 2.0, スケール法則, 大規模モデル, プロダクト開発, LLM, AI エージェント

1. はじめに

ディープラーニングの飛躍的な発展により、AIは近年大きな転換期を迎えている。2012年の AlexNet による画像認識性能の飛躍や、2015年の ResNet による画像認識精度の人間超え達成など、ディープラーニングの成功が第三次 AI ブームを牽引してきた。

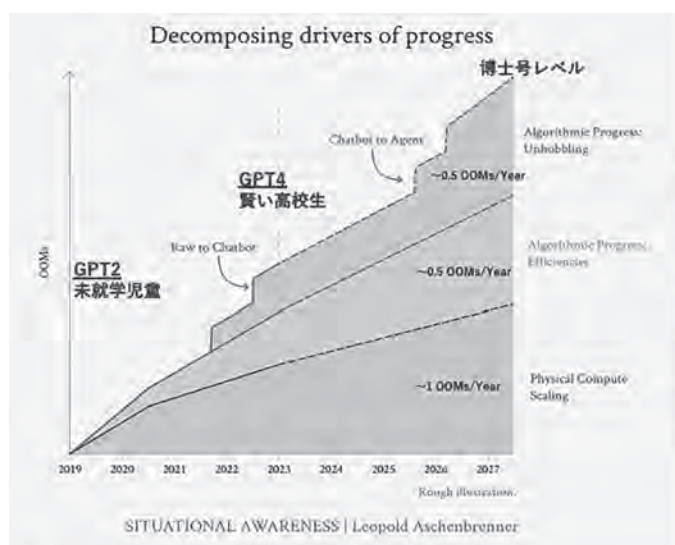
その後、ChatGPT 等の大規模言語モデル (Large Language Model : LLM) が登場することで AI はさらなる進歩を遂げており、ちょうど2年前に筆者が本誌に「建設 DX を実現するソリューション開発手法・体制・技術」¹⁾で AI 関連の事例を紹介した際には、まさに GPT-4 がリリースされ LLM が急激に進化した

タイミングであった。

その時点で紹介したのは、大規模モデルを用いた文書からの構文解析、大規模モデルを用いた管のセグメンテーションという初期的な事例であったが、この2年でさらに進化し汎用性を高めビジネスでの活用が進んでいる。

OpenAI の Leopoldd によると、今後も AI は理論的な進化だけでなく、学習するためのコンピューティングパワーの増加などにより高度化は続き、2027年には博士号レベルの AI が登場すると述べている²⁾(図—1)。

また、Kokotajlo らの「AI 2027」³⁾によると、2025年からエージェント化が本格化し、2027年末までには汎用人工知能 (AGI : Artificial General Intelligence)



出所：「SITUATIONAL AWARENESS」, Leopold Aschenbrenner, 一部加筆

図—1 AI 進化とその要因

物理的なコンピューティングパワーが年々増加することに加えて、AIのアルゴリズムの制約が克服される、効率性が上がる等が、加わって2027年には博士号レベルのAIが登場すると言われている。

これは、従来の試算（コンピューティングパワーの増加のみで推定）よりも数年早い

が登場するとも言われており、進化のスピードが衰える兆しは見えない。

同時に今後はソフトウェアも AI を活用しデータによる統計的な推定で処理をする製品に切り替わっていく。これによりこれまで実現不可能であった複雑で高度な処理が行えるプロダクトが登場すると考えられている。

本稿では、AI 技術進化の潮流とそれに伴うプロダクト開発の技術的視点からの変化について概観し、特に Software 2.0 というデータに基づく新たなソフトウェア開発方法やスケール法則という性能向上の経験則について紹介する。また、それらが建設 DX に与える影響に着目し、事例として当社の取り組みを紹介する。

2. AI によるプロダクト開発の進化

(1) プロダクト開発と Software 2.0

AI の進化は、プロダクト（主に顧客に価値を提供するアプリケーション）の開発に大きな変化をもたらしている。

元来プロダクト開発の目的は、課題を解決するもしくは、新しい価値を生み出すことである。その手段としてコンピューターが利用され、通常はアプリケーションとして顧客に届けられる。

コンピューターは通常、入力を受け取り、演算処理を行い、結果を出力する。この演算処理をどのように実現するかが、ソフトウェア開発の中心的なテーマである。

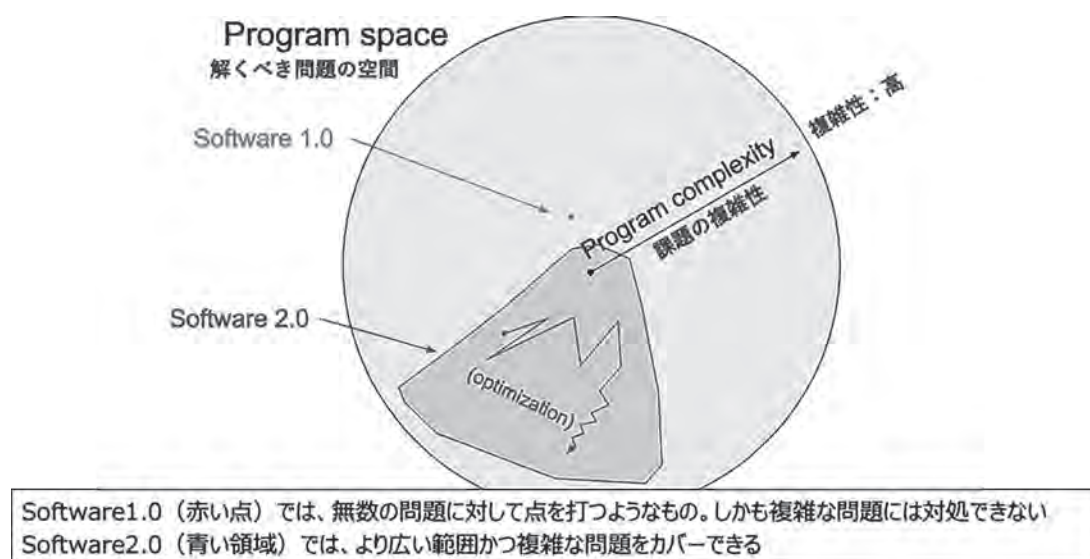
これまでソフトウェア開発は、プログラミング言語で手順やロジックを一つ一つ記載していくものであったが、2010 年代に入り深層学習が著しい成果を上げの中で変化が起きている。元テスラの AI ディレクターである Karpathy は、ソフトウェア開発の新たな潮流として Software 2.0⁴⁾ という概念を 2017 年に提唱している。ロジックを書くのではなくデータにより処理を行う新たなパラダイムを Software 2.0 と名付けている（図—2）。

従来型のソフトウェア開発（Software 1.0）では、人間のプログラマーが要件を満たすロジックを、一行一行プログラムのコードとして書き下し、処理を実現していた。

この方法は、ロジックが明確で単純な場合には有効に機能する。例えば、消費税計算をする場合、消費税 10% とすると、 $y=1.1 * x$ （ y ：税込価格、 x ：税抜き価格）と定式化できる。これをプログラムすれば、コンピューターは高速に正確に処理し結果を出力してくれる。明確にルールが決まっている処理には、従来型の開発（Software 1.0）は有効な手段である。

しかしこの方法は複雑な処理になるとうまくいかない。例えば、自動運転制御で赤信号なら止まるという処理を入れるとすると、まず赤の定義が必要になる。赤も一色ではなく雨天でオレンジに見える場合はどこまで色の変化を許容するかなどの考慮が必要になる。多様なケースをロジックとして記載し始めると大量のプログラムを記載しなければならず開発は困難になる。実際、例外が多くうまく挙動しない。

Karpathy はこういった課題に対しては、Software 2.0



出所：“Software 2.0”, Andrej Karpathy, 一部加筆

図—2 Software 2.0

と呼ばれるデータに基づいた開発方法が有効であると述べている。

Software 2.0 では、プログラムそのものを書くのではなく、膨大なデータによってモデル(ニューラルネットワーク)のパラメータを自動生成するというアプローチになる。人間が用意するのは望ましい振る舞いを定義するデータセットと大まかなモデルアーキテクチャだけであり、あとは AI の学習によって最適なモデルが生成され処理が行われる。このようにして得られるニューラルネットワークは従来の手書きコードにはない高い性能を示すケースが多い。

自動運転であれば、信号の画像とブレーキ、アクセル、ハンドル等の動きのデータを集め、どういった画像が入力されたら、アクセルを緩め、ブレーキを踏むのかを統計的な確率で処理する。これによりロジックを大量に書かずとも、複雑な処理が可能になる。今の自動運転はこういったデータに基づく開発（Software 2.0）によって急激に進化を遂げている。

Karpathy は、「通常ロジックを書くよりもデータを集める方が容易」と述べており、これが Software 2.0 による高度な処理を可能にしている。今後はデータをいかに効率的に集めるかが重要なポイントとなる。

(2) スケール法則

Software 2.0 が 2017 年に提唱された際は、理論的

には正しいが、現実的には難しいという状況であった。自動運転、画像認識等、様々な領域でデータを集めてAIを構築しても十分な性能がでないという状況であった。

その後、AI、特に ChatGPT のような大規模言語モデル（LLM）が進化し、Software 2.0 的な開発が普及してきたが、これは AI のスケール法則⁵⁾によるところが大きい。スケール法則はより多くの学習データ、多くのパラメータを利用することで、AI のレベルが向上していくという法則である（図－3）。

ディープラーニングのモデルの性能は、モデル規模やデータ量、計算資源を増大させることで向上することが経験的に知られている。OpenAI の研究者らは言語モデルの性能がモデルのパラメータ数や学習データサイズ、計算量に対してべき乗的に向上することを示し、極めて大規模なモデルを訓練することで初めて得られる汎用的な能力が存在することを示した⁵⁾。

この知見は、2020 年の GPT-3 の成功によって広く認知されるようになった。その後、GPT-4 が登場し、大規模化の競争が本格化した。

スケール則により、LLM を中心に高い能力が得られることがわかると、ChatGPT のような LLM だけでなく、他の AI 活用でも Software 2.0 的な開発はより進み、自動運転などにおいても大量のデータを取得し、高度なモデルを構築し、より高度な処理が行える

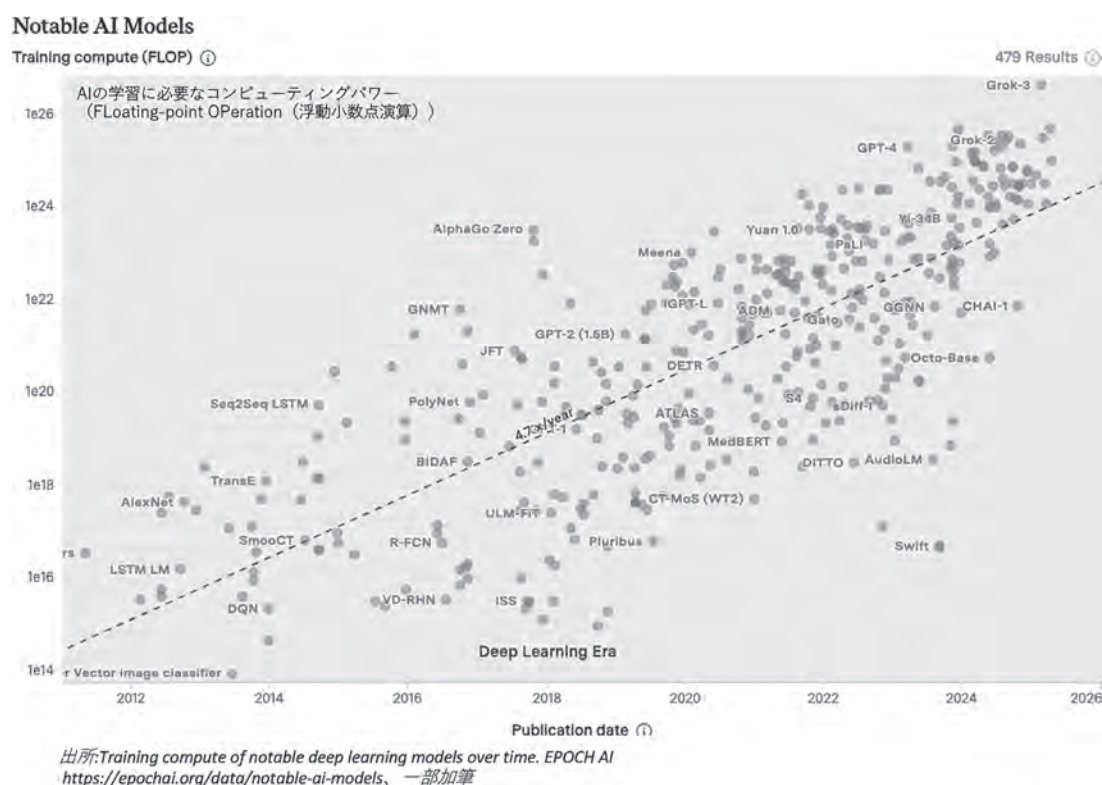


図-3 トレーニングに必要な FLOP と AI モデルの関係

AIの開発が進んだ。

一方でこれらのモデルは非常に大規模なニューラルネットに膨大なデータを学習させることが必要で、性能向上には莫大な計算資源が消費される。GPT-4のモデル構築の訓練費用は推計6,300万ドルにも上ると報じられている⁶⁾。

スケール法則によりモデルの大型化・巨大化が進み、その訓練費用も跳ね上がっている。大規模モデルの構築は、資本競争になっており、一部の大規模資本をもつ企業のみが競争力をもてるのが実情である。

一方で、これらモデルは、公開され広く利用することができるようになっており、建設業での活用ではこれらのモデルをいかに応用するかが重要になってくる。

(3) プロダクト開発の変化

スケール法則と Software 2.0 の普及により、プロダクト開発に大きな変化が生じている。大きく次の3点について述べたい。

①ソフトウェア開発生産性の大幅な上昇

AIを活用した開発支援ツールがエンジニアの生産性を大幅に向上させている。近年登場した GitHub Copilot や ChatGPT に代表される大規模言語モデル (LLM) 搭載のコーディング支援 AI は、多くのソフトウェア開発者にとって日常的なツールになりつつある。

単なるコーディング支援だけでなく、バグ検出、リファクタリング等にも活用が進み、開発効率が飛躍的に向上するケースも報告されている。GitHub の調査によれば、Copilot の使用により開発者の生産性が 55.8% 向上したとの結果が報告されている⁷⁾。

最近では、AIの進化によってソフトウェアエンジニアの需要自体が減少する可能性すら議論されている。Salesforce 社のマーク・ベニオフ CEO は 2025 年度、新規のソフトウェアエンジニアを一切採用しない方針を表明している⁸⁾。ベニオフ氏は「自社で開発・活用している AI エージェントが大きな成功を収めており、人間のエンジニアを増やさずとも業務を遂行できる」と述べている。

② Public LLM/SLM を活用したアプリケーション開発の高速化

現在、OpenAI の ChatGPT、Google の Gemini など、多様な LLM が商用展開されており、それらを活用するアプリケーション開発が盛んになっている。

これは LLM に、特定業務に特化した UI を追加し、特定業務のデータを AI に付加するなどして、プロダクトを作り上げるアプローチが主流になってきてい

る。例えば、会計リスク検知の AI アプリや、社内従業員向け AI チャットボットなどが登場している。

また、SLM (Small Language Model) と呼ばれる軽量のモデルも登場し、これはローカルの PC で動くので、建設現場でインターネットがないような環境でも AI を稼働させることができ、活用が期待されている。

③現実世界の課題解決への適用

AI 活用の際はデジタル空間のみならず、物理的な現実世界にも広がってきている。画像処理や文書作成といったデジタル完結型のタスクは広く普及した一方で、現在はロボティクスや宇宙開発、自動車の自動運転など、現実世界で活用する AI 開発が進展している。

Software 2.0 的なデータに基づいた開発ではより多くのデータを集めることが重要であるが、現実世界でのデータ収集には限りがある。実験等を通じてデータを取得するにもコストがかかるため、近年ではシミュレーション技術が進化してきている。

NVIDIA 社の提供する Isaac Sim⁹⁾ (図-4) は、バーチャル環境内で AI ロボットを開発・検証できるシミュレーションプラットフォームであり、物理的なシミュレーションが可能となっている。複雑なロボット動作を現実投入する前に安全かつ効率的に試行錯誤することを可能にしている。

数万回、数百万回シミュレーションを行い、データを取得し、それを強化学習という AI 手法を用いて、学習させモデルを構築する。膨大な回数実験だけでなく、様々な環境設定も可能で、例えば雨の日や夜間、早朝など様々な状況を設定して自動運転のデータを取得することができる。多様な環境のデータをとることで AI の汎用性を高めている。

リアルハードウェアプロダクト開発においてはシ



図-4 NVIDIA Isaac Sim

ミュレータ上での反復開発で、AIモデルを迅速に磨き上げて実世界へ展開する、いわゆるシミュレーション・ファーストの開発手法が広がりつつある。

3. 建設業における AI プロダクト開発への取り組み

AI時代のプロダクト開発の潮流を受けて、建設業でもAIの利用が活発化している。当社では、「Smart Construction®」と呼ばれる建設業向けプロダクトを通じてAIプロダクトを提供している。ここではその取り組みをいくつか紹介したい。

(1) 施工計画の提案：最適化計算

当社では、施工計画の立案をAIで支援するアプリケーション「Smart Construction Simulation」を開発している（図—5）。これは、ドローン等で取得した現況地形と設計面の差分をもとに、切土・盛土の位置・順序を明確化し、最適な運土計画・配車計画を作成するものである。

運土ルートとの組み合わせは膨大であり、一般的にコンピュータで解くのが困難な問題に分類される。

同社では、まず専門家の意見を聞きルールをいくつか策定し（傾斜が一定以上の仮設道路は除く等）、ロジックを記載する手法（Software 1.0）でパターンを絞り込み、ルールとデータ（Software 2.0）を組み合

わせ、現実的かつ最適な計画を導いている。

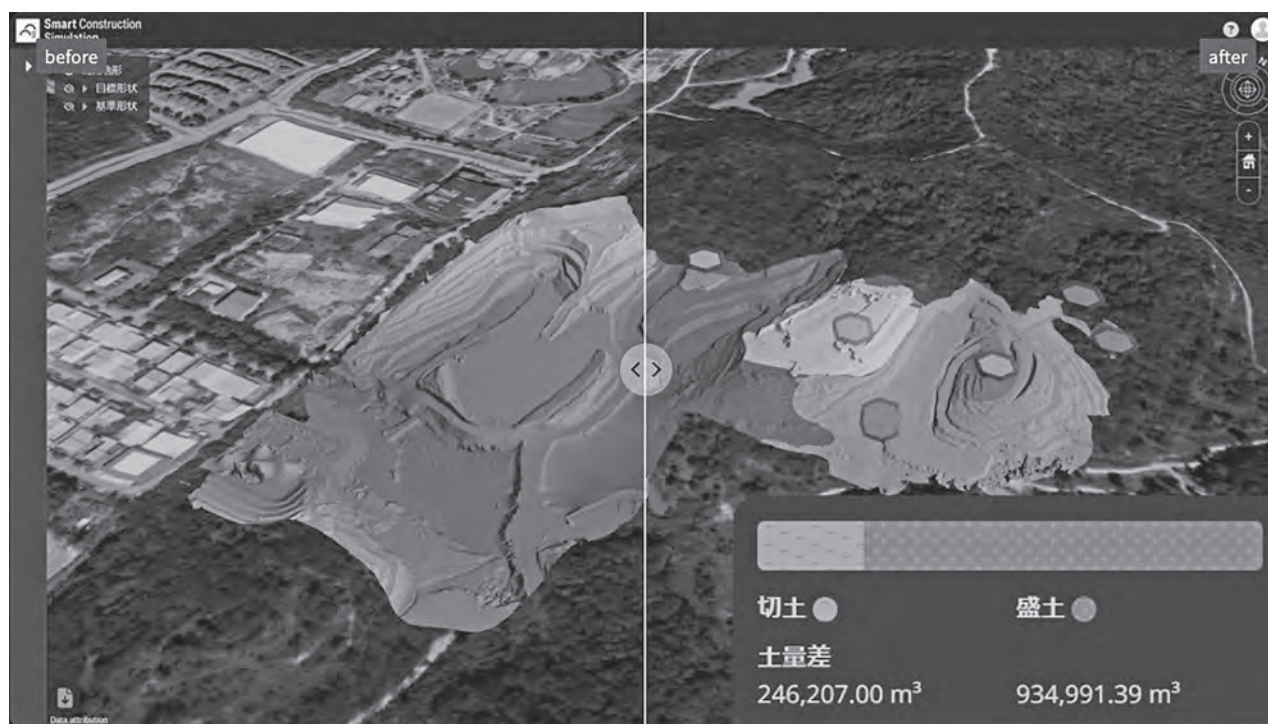
この計画には、各作業に必要な建設機械の台数や予想される工期などが含まれ、実際の車両稼働データと比較することで、自動で計画と実績の差異を把握することができる。天候や予期せぬ事態で現場状況が変化しても迅速に計画差異を把握し、計画を見直し、PDCAサイクルを高速に回すことが可能となる。

施工計画立案の時間が短縮され、予実管理が効率化されることで生産性向上が見込まれる。実際、本サービスの導入により施工計画の精度向上と工期短縮が実現し、現場の生産性が向上することが報告されている¹⁰⁾。

(2) 自動運転：物体シミュレーションと強化学習

自動運転・ロボティクスの開発で、物理シミュレーションと強化学習を活用している。建設機械のcockpit内にロボットを設置し、ロボットに車体を制御させる実験においては、NVIDIAのIsaac Simを用いた仮想環境上で学習を行っている（図—6）。

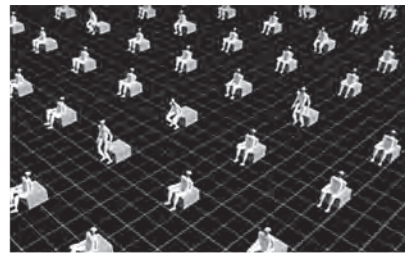
ロボットの制御は単純な行動でも制御が難しく、強化学習の活用が不可欠になっている。このシミュレーション環境において構築されたAIモデルは、現実のロボットに転送され、実証を通じてさらなる精度向上とチューニングが進められる。仮想と現実を往復する学習サイクルが、物理的な建設現場へのAI適用において重要になってきている。



図—5 Smart Construction Simulation



Unitree G1 と Smart Construction
Teleoperation の
シートモデル



シートに座るシミュレーション



実際に Smart Construction Teleoperation に座る G1

図—6 Issac Sim を用いたロボットのシミュレーション



図—7 安全支援アプリ

(3) 安全支援アプリケーション

当社は、現場写真から安全についての注意喚起を行う「安全支援アプリ」を提供している（図—7）。

建設工事では、現場に潜む危険をいち早く察知し、労働災害を未然に防ぐことが重要な課題である。本アプリは、現場で撮影した写真を AI が解析し、写っている建設機械や、人、地形などから危険箇所を自動的に特定するとともに、安全上のリスクとその対策を提案する。併せて、関連事故事例や法令なども提示する。現場監督者が行う安全パトロールや危険要因の洗い出しの業務が、AI により軽減され網羅的なリスク評価が可能となる。

また、対話型 AI 機能も実装されており、分析結果

をベトナム語に翻訳したり、安全標語を生成したりするなど、ユーザーの現場対応力向上に貢献している。

本アプリは、ベースとして GPT や Gemini といった商用 LLM を使い、合わせて、国土交通省や厚生労働省のオープンデータ、独自に収集したデータベースを参照して結果を提示している。これにより一般的な安全に対するコメントではなく、建設業に特化した分析結果が出力されるようになっている。

また、Langfuse と呼ばれるモニタリングツールで日々改善を進めており、おかしな出力があった場合にはそれを改善するなど、プロンプトチューニングを通じて性能改善が図られている。

このように、業界特化型ナレッジと汎用 AI の融合

によるアプリケーション開発と運用改善のループが、AI時代のプロダクト開発の鍵を握ると考えられる。

4. AI 進化のこれから

(1) AI 単体モデルの進化

汎用人工知能（AGI: Artificial General Intelligence）の実現が現実味を帯びつつある。AGIとは特定の課題に限定されず人間と同等の知能を備えたAIを指す概念である。前述した「AI 2027」³⁾では、2025年から2027年にかけてAIが爆発的進化を遂げ、人間以上の活躍を示し、2027年前後にはついにAGIの出現に至るシナリオが描かれている。

ここまで行かないにせよ、Leopold²⁾が言うように2027年に博士号クラスのAIモデルが出現するのは蓋然性が高く（図—1）、ChatGPTのようなAIチャットボットでも適用範囲は拡大していくだろう。日々の帳票作成業務や、集計・分析等の定常業務の多くはAIによって行われるようになるだろう。

(2) エージェント化するAI

AGIまでは懐疑的な面もあるが「エージェント化したAI」が活躍する未来は十分に考えられる。

エージェント化とは、AIが複数のアプリケーションやシステムと連携し、ユーザーの代理として高度な意思決定や行動を行うものである。例えば、「旅行に行きたい」とエージェントに伝えれば、希望や思考を加味して、Webの情報から観光プランを作成、併せ

て航空券予約、宿泊、交通の手配を一括して行うなどが想定されている。

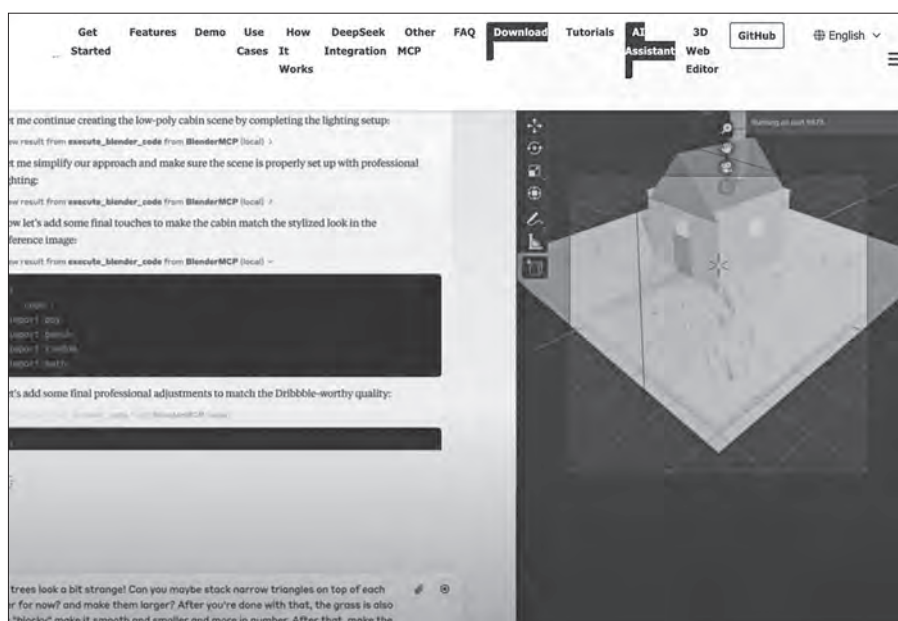
エージェントに向けては技術進歩も続いており、Anthropic社が提唱するModel Context Protocol (MCP) は、AI (LLM) を外部のデータソースやアプリケーションに接続するためのオープン標準プロトコルで、「AI用のUSB-Cポート」のように様々なツールとのインターフェースを標準化する試みである。

図—8のBlender MCPは、3DモデリングソフトウェアであるBlenderと対話型AI (Claude) を接続し、テキストによる指示でBlender上での3Dモデリング作業を自動化するデモンストレーションである。

ユーザが「森の中の小屋を作って」と文章で命令すれば、AIがBlenderに指示し、3Dモデルを構築してくれるというもので、その様子はデザイナーの指示でアシスタントが動いているかのようである。

当社でもエージェント対応は進行中である。現時点では簡易な指示のみ対応しているが、将来的には施工計画の生成、日々の実績管理までを統合的に行う高度なAIエージェントの実現を目指している。

「この完成面を実現する計画を作って」と指示すれば、CADツールから完成面を取得し、併せてドローンに指示を出し現況地形を取得する。次にデータを施工シミュレーションと連携して最適な施工計画を生成する。さらに「計画に従って施工し、5%以上の差異が出たら停止して連絡して」と指示すれば、無人建機に指示が送られ自動で稼働し、リアルタイムで現況と計画の差異を監視する。結果と計画が5%以上ずれる



図—8 AI エージェントと Blender の連携

と停止し、監督に通知がいく、このようなことは数年後に登場すると思われる。

このような進展は、労働力不足に悩む建設業界の生産性を大きく向上させられると思われるが、一方で、全てのデータや業務がAIエージェントに集約されてしまう懸念がある。「AI 2027」のシナリオでは、AIエージェントが現在のAIの数千倍の生産性をもち、その技術は国家による独占が進む懸念も描かれている。また、一部の企業がクローズドで高度なAIエージェントを構築すれば、市場が独占される可能性もある。AIの進化には可能性だけでなく、危険性もあり不透明な部分も多い。

5. おわりに

AI技術の進化は、プロダクト開発の在り方を根本から変えつつある。AIが高度化されつつある中で、開発の主戦場は単なるアルゴリズム設計から、データ取得・運用・改善のループ構築へとシフトしている。Software 2.0により複雑な課題解決が可能となり、建設業のような現実世界の産業にも革新をもたらしている。EARTHBRAINの事例に見られるように、AIの業務適用範囲が広がることで、生産性・安全性向上が期待でき、今後の建設DXにおいても中核技術となるだろう。一方で、エージェント化やAGIの出現は新

たな競争や倫理的課題も伴い、活用と統制のバランスが求められている。

J C M A

《参考文献》

- 1) 井川甲作, 「建設DXを実現するソリューション開発手法・体制・技術」, 建設機械施工: (一社) 日本建設機械施工協会誌, 75巻, 7号, pp.15-22, 2023.
- 2) SITUATIONAL AWARENESS: The Decade Ahead, 2023. <https://situational-awareness.ai/>
- 3) AI 2027, 2025. <https://ai-2027.com/>
- 4) Karpathy A., Software 2.0, Medium, 2021.
- 5) Kaplan J., McCandlish S., Henighan T., Brown T.B., Chess B., Child R. et al., Scaling Laws for Neural Language Models, arXiv preprint, 2020. <http://arxiv.org/abs/2001.08361>
- 6) Valchanov I., How Much Did It Cost to Train GPT-4? Let's Break It Down, Team-GPT, 2024. <https://team-gpt.com/blog/how-much-did-it-cost-to-train-gpt-4/>
- 7) Peng S., Kalliamvakou E., Cihon P., Demirer M., The Impact of AI on Developer Productivity: Evidence from GitHub Copilot, 2023年2月.
- 8) Salesforce Will Hire No More Software Engineers in 2025, Says Marc Benioff, Salesforce Ben, 2024.
- 9) NVIDIA Developer Isaac Sim, 2024. <https://developer.nvidia.com/isaac/sim>
- 10) Wakabayashi A., Whoohyeon., Smart Construction: Change and Challenge ICT 施工ステージ Stage II 2への挑戦, 2023.

【筆者紹介】

井川 甲作 (いがわ こうさく)
(株) EARTHBRAIN
執行役員 CTO



統合検索プラットフォーム「TOYO ChatGPT」

クローズドな環境で安全・安心に利用しデータ活用能力を底上げ

白 川 隆 司・田 島 哲

本稿は、東洋建設(株)と(株) UNAIIT が協働して開発した統合検索システム「TOYO ChatGPT」(以下、「社内専用 ChatGPT」)を紹介する。「社内専用 ChatGPT」は、クローズドな環境で安全かつ安心して利用できる統合検索プラットフォームであり、生成 AI 利用時の情報漏洩リスクを低減すると同時に、RAG 技術による回答精度の向上を実現している。さらに、プロンプトアシスト機能、参照ドキュメント表示、フィルター機能、安全専用 GPT や AI 社内ファイル検索システムの搭載により、全職員の業務効率化および創造性の向上に寄与し、データ活用能力の底上げを図る狙いがある。

キーワード：統合検索システム、生成 AI、プロンプトアシスト機能、RAG、フィルター機能、安全専用 GPT、成功失敗事例検索、ドキュメント検索

1. はじめに

生成 AI は大変便利なツールであるが、一般に公開されている無料の生成 AI に誤って企業情報を入力するなど、不適切な使用方法により情報漏洩のリスクが生じる可能性がある。そこで、コーポレート部門、土木事業本部、建築事業本部、総合技術研究所、安全環境部が協働で生成 AI の利用要領の作成や、安全に利用できる社内標準版の ChatGPT を選定した。本稿では、統合検索プラットフォームとして開発した社内専用 ChatGPT について、紹介する。

同プラットフォームは、東洋建設(株) (本社：東京都千代田区、代表取締役会長執行役員 CEO：吉田 真也)と、建設現場でも導入実績が豊富な「K-SAFE™」の開発企業である(株) UNAIIT (本社：愛知県名古屋市中区、代表取締役：田島 哲)が協働で開発を行ったもので、パソコンや社員に配布されている業務用 iPhone 端末などから、いつでもアクセス可能である。ChatGPT は非常に便利なツールであり、解のない問いやアイデア出しに優れ、壁打ちのように活用することができれば非常に有効である。一方、時としてハルシネーションすなわち、AI がもっともらしい誤情報や架空の内容を生成する現象が発生し、例えば、A、B、C といった回答の中で、C という回答が誤っている場合がある。

しかし、それを上回る有用性として、予測もしなかった D、E、F といった回答を生成できる点が挙げられる。これにより、我々の創造性に新たな視点を提供す

ることができる。

2. 「社内専用 ChatGPT」

生成 AI の性能競争は日々激化している。各製品には一長一短があり、どこが優れているとは言い切れない状況である。これらを踏まえ、「社内専用 ChatGPT」(図-1)の開発においては全体として最適なサービスに常に切り替え可能な設計とするよう配慮しながら、協働開発を行った。開発にあたってはアイデアを小単位で迅速にテストし、その結果を即座に反映するアジャイル開発手法を採用して実装を進めた。アジャイル開発により「社内専用 ChatGPT」は、スタートからわずか1ヶ月程度で全職員が安全に利用できる標準版を実現し、3ヶ月程度で社内データや外部データを参照できる RAG 適用版を実装した。

(1) 「社内専用 ChatGPT」の特長

「社内専用 ChatGPT」は、誰でも手軽に利用できる安全な生成 AI を迅速に提供するために開発されたものである。クローズドな環境で安全に利用できる Azure OpenAI service を選定し、クラウド環境の構築やシステム設計を行った。また、急速に進化する GPT の種類については、職員1人あたりのリクエスト数などを想定し、月額コスト等を考慮した GPT を選択した。GPT の性能については、例えば、GPT-4 から GPT-4o にバージョンアップした時には、1年間



図ー1 統合検索プラットフォーム「社内専用 ChatGPT」

で応答速度が約5倍、コストは1/10に低下するなど、GPTの性能が驚異的にあがる反面、コストは加速度的に低下しており、今後の選択肢は一層広がると考えられる。

現在のGPTは、GPT-4.1シリーズで2024年6月までの学習データに基づいており、AIが最新の状況に即して回答できない点には留意する必要がある。これについては、今後、最新の情報をWeb検索から要求できるDeep Researchなどのエージェント型AIの追加導入の可能性も検討しており、社内外の最新データによってユーザの業務支援の効率化を更に進めていきたいと考えている。

GPTのスタイルについては、GPTモデルが自由に選択できる標準版を開発した。当初はGPT-3.5を搭載していたが、現在の最新版としてGPT-4.1^{a)}、GPT-4.1 mini および GPT-o4 mini^{b)} の3モデルを搭載しており、ユーザの切り替えにより自由に選択できる設定となっている。特に、GPT-o4 miniは推論等を得意としており、今までうまく表示できなかった部分が、表示できるようになるなど、驚異的に進化している。

今後は、Azure OpenAI serviceのGPTモデルのリリースとともに随時、GPTモデルを追加もしくは更新していく予定である。

(a)「社内専用 ChatGPT」標準版

ChatGPTからほしい回答を引き出すには、どのようなプロンプト^{c)}を適切に提示するかが重要である。例えば、『・』の活用方法を知りたい場合、単に『・』と尋ねるだけではなく、『・』の上手な活用方法について教えて』『建設会社の工事課長の立場で回答して』『文字数は400文字以内で』『です・ます調で』『小学生にもわかるように』『箇条書きで7項目』『表形式で出力』といった具体的な指示を与えることで、より精度の高い回答が得られる。

また、質問内容に応じた回答を、詳細に掘り下げることで、より適切な回答に近づけることができる。しかし、このような使い方をしないユーザが多いため、ヒントを与える目的で「社内専用 ChatGPT」には、プロンプトアシスト機能^{d)}を追加した。これにより、「土木」「建築」「管理」各分野に対応したプロンプトテンプレートを呼び出し、加筆・修正することで迅速かつ適切な質問を作成できるようになるとともに、過去のプロンプトを利用するための履歴表示も可能とした。

また、コピーや新規チャットへの切り替えボタン、ファイルドロップ（Word, Excel, PDF, CSV）などの機能も充実させ、今年度は音声入力翻訳機能や画像入力解析機能も追加する予定である。

a) GPT-4.1：OpenAIが開発した大規模言語モデルの新しいファミリーで、GPT-4.1、GPT-4.1 miniなどのモデルがリリースされている。これらのモデルは、従来の主力モデルであったGPT-4oおよびGPT-4o miniと比較して、特にChatGPTが一度に処理できるテキスト量の拡大やコーディング（プログラミング作業を支援・自動化する技術）能力と指示追従性において大幅な性能向上を遂げている。

b) GPT-o4 mini：OpenAIが開発した「推論型」AIモデル群「oシリーズ」の最新モデルで、数学やコーディングといったタスクにおいて従来の大型モデルに匹敵する性能を発揮するよう設計されている。これまでのモデルが応答速度や生成能力を重視してきたのに対し、o4シリーズは「発言する前によく考える」ことを重視している。

c) プロンプト（Prompt）：ユーザが入力する指示や質問のこと。

d) プロンプトアシスト機能：様々な業務シーンに対応した生成AIの命令文（プロンプト）のテンプレートを提供しユーザーによる入力をアシストする。

さらに、ChatGPT は、Python コードの生成などに優れており、今まで Python を使わなかった職員も活用し始めるという場面も増えてきた。

「社内専用 ChatGPT」には、「できたらいいな・要望」という職員のリクエスト・コミュニケーションボタンを配置してあり、職員の要望により、随時改善している。

今後、「GPT モデル」や「検索エンジン」の追加または入れ替えなど、職員のリクエストを反映した全体最適なサービスに随時アップグレードしていく予定である。

(b) 「社内専用 ChatGPT」 RAG 適用版

RAG^{e)} (検索拡張生成: Retrieval Augmented Generation) とは、大規模言語モデル (LLM) によるテキスト生成に、独自の情報源を参照させることで回答精度を向上させる技術である。

ChatGPT はハルシネーション(幻覚)を起こしやすく、これらの発生を低減させるため、RAG を適用 (図-2) して、生成 AI が特に業務上重視したい固有の社内外ドキュメントを参照できるようデータベースを用意した。なお、参照元となるドキュメント等データは、各事業部が選択したものである。

参照元に用いるドキュメントは、事業部ごとの担当者が社内クラウドにアップロードすることで、毎日 00:00 に社内クラウド API^{f)} を用いて同期処理 (図-3) を実行し、翌日に反映できる仕組みを構築した。

事前準備としては、ドキュメント内のテキストを GPT の許容するトークン数に見合った一定の文字数単位 (「チャンク」という) で分割し (図-4)、チャンクされた各々の文字情報をベクトル化し、チャンク単位でベクトルとファイル情報 (ID、タイトル、ファイル保存 URL など) をインデックスに登録させた。

そして検索時には、これもベクトル化された検索プロンプトと登録されたインデックス情報とをベクトル類似度にて検索することで、検索プロンプトと類似度の高いチャンク (ドキュメント) を特定し、ユーザが類似ドキュメントを具体的に確認できるようにしている (一連の検索作業には、Azure AI Search という Azure クラウドサービスの機能を用いた)。各チャンクのトークン数が多いほど、検索時に文書の内容が重視されるが、1 回の問い合わせに必要な GPT のトークン数が増加し、結果としてコストが上昇するため、各チャンクは大きすぎず小さすぎない適切なボリュームに設定させた。

また、「社内専用 ChatGPT」においては、ユーザが検索したい部門に応じて、RAG が適用され専用 GPT の種類が選べるようにした。ユーザが生成 AI を用いて社内外のドキュメントなどを参照できるように、クラウドサービス内のドキュメントデータベースと専用 GPT を API 連携させた「土木 GPT」「建築 GPT」「管理 GPT」「洋上風力 GPT」「土木情報 GPT」の 5 つの

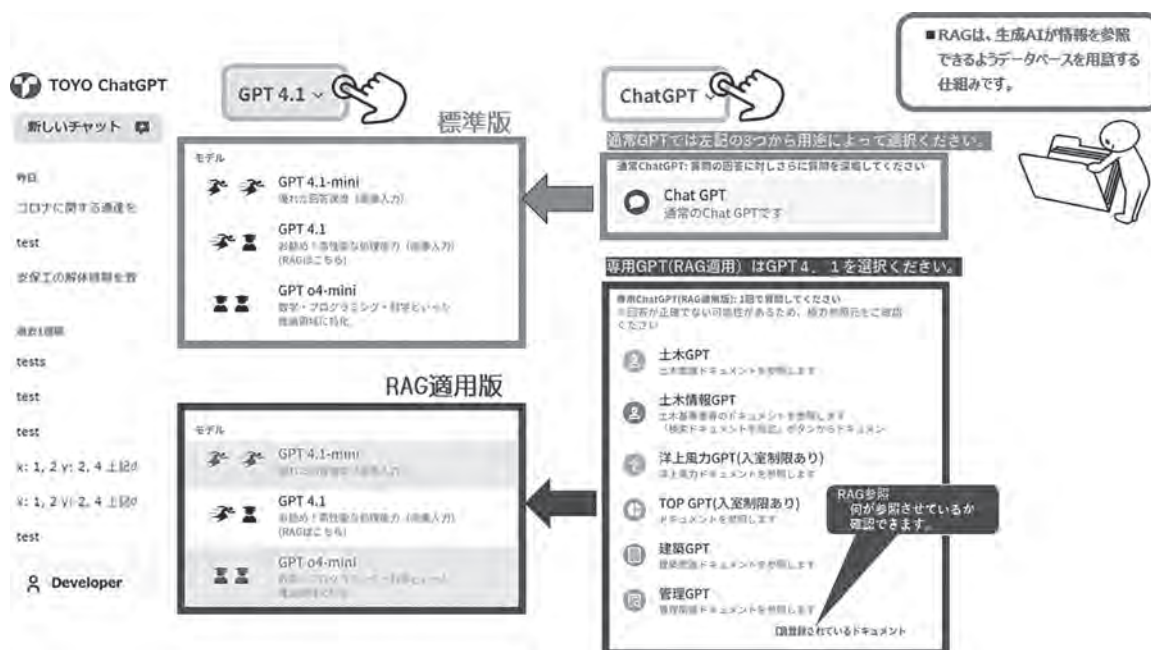


図-2 「社内専用 ChatGPT」 RAG 適用版

e) RAG : Retrieval Augmented Generation の略。大規模言語モデル (LLM) によるテキスト生成に、独自の情報源を参照させることで、回答精度を向上させる技術。

f) API : Application Programming Interface の略。アプリケーション間やシステム間でデータや機能を連携し、利用できる機能を拡張すること。

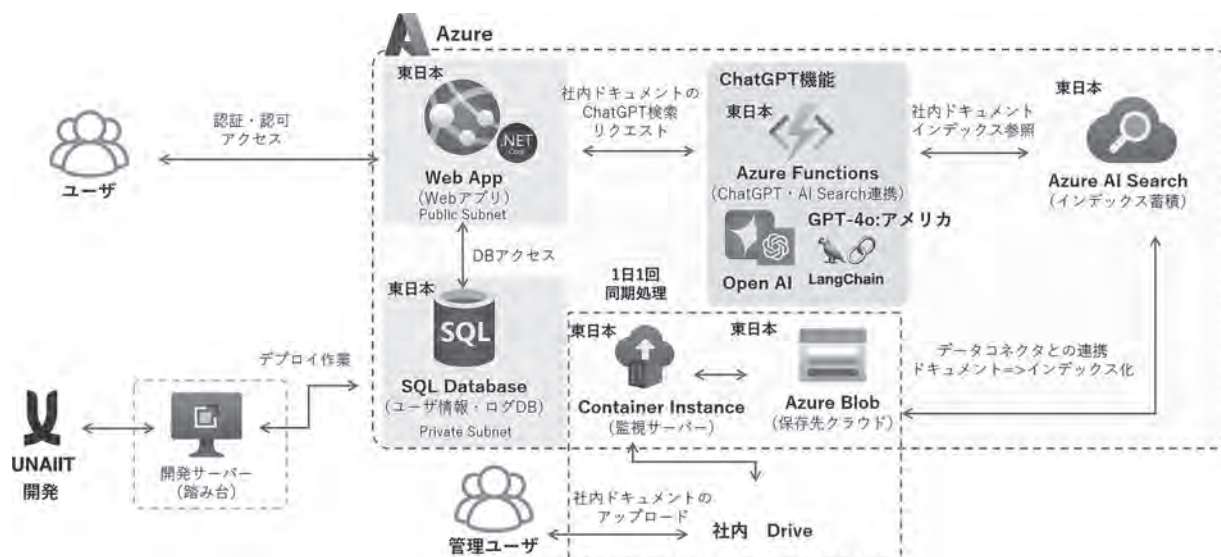


図-3 RAG 適用版の構築

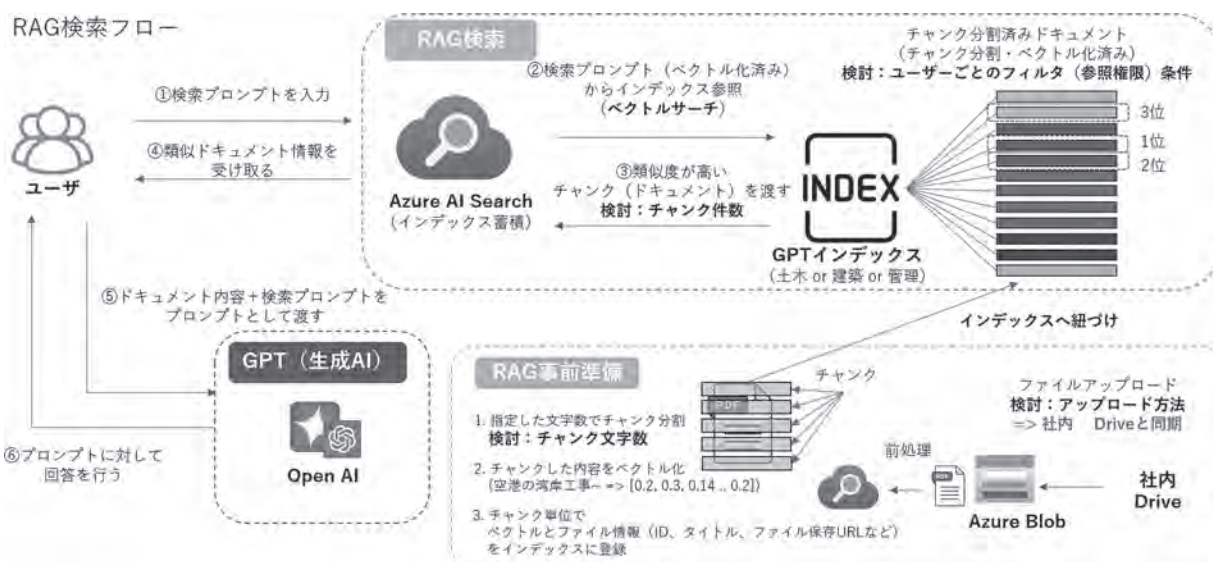


図-4 チャンキング

専用 GPT を搭載した。

さらに、各担当者が、どのようなものが登録されているかが把握できるよう「登録されているドキュメント」へ自動表示できる仕組みを作り、標準型 ChatGPT と同様、各部門別の RAG 用プロンプトテンプレートを用意した。

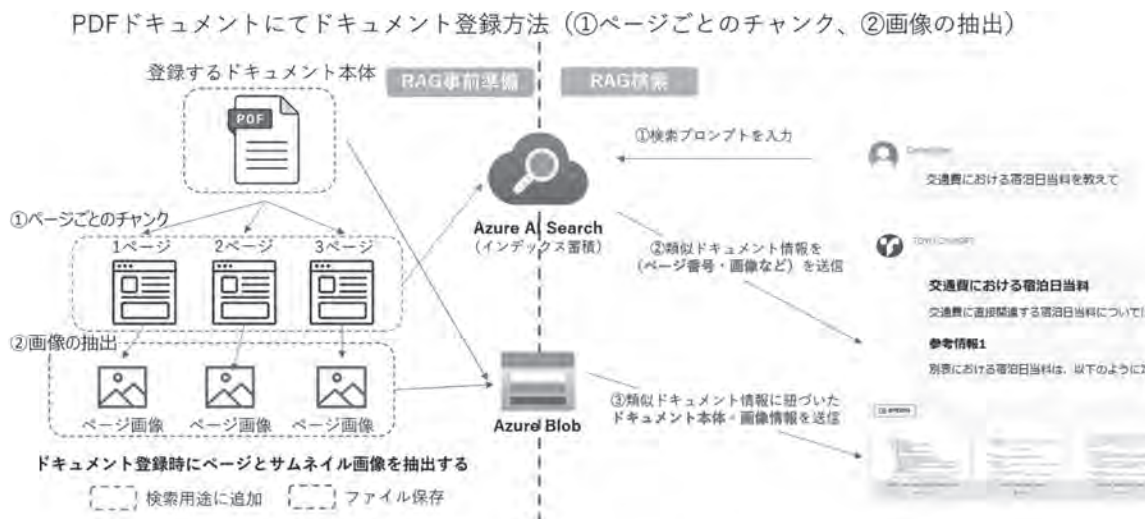
「社内専用 ChatGPT」は、各種資料を参照しながら文書を抽出する際、参照元の該当ページが直接表示されるよう設計されている。専用 GPT による回答では、「土木関連」「建築関連」「管理関連」「洋上風力関連」「土木情報関連」に関する社内外の参照元ドキュメントの該当ページが直接表示 (図-5) される。そのため、出典根拠を容易に確認でき、ユーザは安心して利用できるようになっている。また、参照対象の資料 (チャ

ンク) からは、入力内容に類似する文書を自動的に3件抽出できる仕組みである。

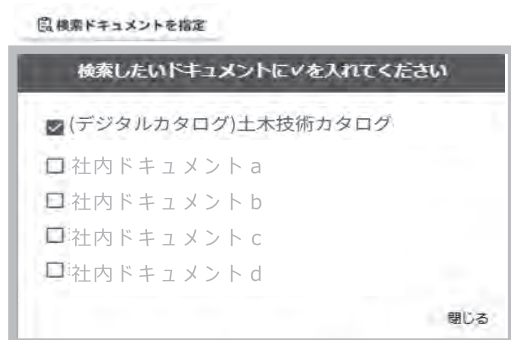
しかし、RAG に情報を過剰に入力すると、検索の精度が低下する恐れがあるため、ユーザが求めるドキュメントに近いものを選択できるフィルター機能 (図-6) を追加した。

このフィルター機能は、検索対象のドキュメントに☑を入れることで、選択されたドキュメントのみを参照し、回答を生成する仕組みである。

これにより、GPT はユーザが求めるチャンク分割済みドキュメント (チャンク分割・ベクトル化済み) からインデックス参照 (ベクトルサーチ) を実施し、類似度の高いチャンク (ドキュメント) を表示するようになった。



図一五 参照ページ番号、サムネイル画像の表示



図一六 フィルター機能

3. 労働災害事例検索システム「K-SAFE（自社 RAG 適用 Version）」および「安全専用 GPT」

建設現場における安全管理において、過去の災害事例、成功／失敗事例や生成 AI の卓越性を調整会議や朝礼、危険予知活動（KY 活動）に活かそうとするにあたり、上述の「社内専用 ChatGPT」とは別の配慮が求められる。そこで、「K-SAFE™」を両社で機能拡張し、統合検索プラットフォームへ組み込むことで、「社内専用 ChatGPT」から「K-SAFE（自社 RAG 適用 Version）」および「安全専用 GPT」（図一七）に切り替え可能とした。

（a）K-SAFE（自社 RAG 適用 Version）

「K-SAFE™」は、厚生労働省の労働災害データなどを格納し、災害傾向分析が可能な危険予知ツールである。しかし、独自に制定している「災害防止基準」や「社内災害事例」などの資料をあわせて参照するには、別途社内ポータルサイトを検索する必要がある



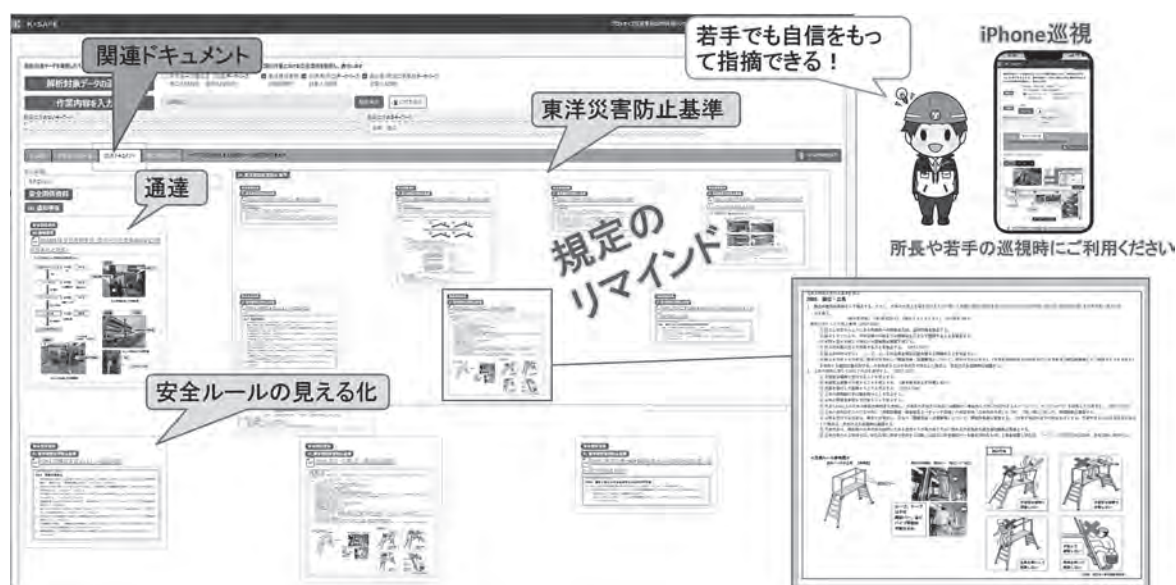
図一七 「K-SAFE（自社 RAG 適用 Version）」および「安全専用 GPT」

た。また、文字情報のみでは検索時に求める情報を的確に抽出できず、さらに職長に齟齬なく伝達することが難しいという課題があった。加えて、調整会議時に「過去の成功・失敗事例などの施工関連資料があれば便利だ」という現場からの要望もあった。そこで、社内安全関係資料として「災害防止基準」や「社内災害事例」などを検索対象とするとともに、施工関係資料として「成功・失敗事例」などを「K-SAFE™」の検索対象にカスタマイズし、画像も併せて掲載することで、検索性および視認性、協力会社への理解度を向上させた。

本システムは、社員に配布されている業務用 iPhone 端末から、いつでもアクセス可能である。災害の未然防止につなげるため、各現場の調整会議や朝礼、パト



図一 8 発生状況検索事例



図一 9 関連ドキュメント検索事例

ロール時に利用し、職務上必ず指導しなければならない安全事項のリマインドを行うとともに、若年層のスキルアップや職員の負担軽減にも寄与する。

<特長>

- ①各種災害事例を広く参照できる社内災害事例、厚生労働省の労働災害データ、国土交通省の建設工事事故データベースなどを格納しており、死亡災害は赤表示で強調される（図一 8）。
- ②社内独自データを検索可能
「災害防止基準」や、安全のポイントを掲載した「安全ルールが見える化」（図一 9）、および「成功・失敗事例」（図一 10）などの独自データを検索できる。
- ③「発生状況図一覧」を画像で表示
過去の社内災害事例を画像で確認できるため、調整

会議等で職長との打ち合わせや朝礼時の説明において、視覚的に容易に状況を把握でき、情報共有や理解度が向上する。例えば、型枠作業を行う際、過去に自社で発生した型枠作業時の実際の写真を一覧表示することで、調整会議や朝礼時に職員や職長に「ハッ」と気づかせる効果が期待される。

- ④巡視時には、全職員に配布されている業務用 iPhone 端末で利用可能であり、不安全作業に対して自信を持って指摘できない若手職員へのデジタルガイドとなる。

(b) 安全専用 GPT

既成の災害事例 GPT（厚生労働省のイラスト付き災害事例を参照する RAG 機能付き Chatbot）に、社内安全データを参照させる安全専用 GPT（図一 11）



図一 10 成功・失敗事例



図一 11 安全専用 GPT

を開発し、社内ルールへの適応を可能とした。

例えば、一般的な ChatGPT でも脚立の使い方は検索できるが、社内規定では「脚立は原則持ち込み禁止」という独自ルールがあり、このルールが最優先で反映される必要がある。そこで、RAG には「災害防止基準」や「社内通達」などを適用した。

<特長>

①「災害事例 GPT」に質問可能

ChatGPT-4o 搭載の「災害事例 GPT」が、厚生労働省災害事例をベースにイラスト付きで回答する仕組みである。

②「安全専用 GPT」に RAG を適用し、社内基準や災害事例データを参照

ChatGPT-4o 搭載の「安全専用 GPT」には RAG が適用され、「災害防止基準」等の安全データを参照させることで、LLM がイラスト付きで社内基準をもとに回答する仕組みとなっている。また、回答のベースとなった「災害防止基準」などの社内資料等の参照元も、イラスト付きで表示される。

4. AI 社内ファイル検索システム「Knowledge Explorer」搭載

検索において、文書生成方式ではなく実際のドキュ



図—12 AI社内ファイル検索システム

メントを直接参照したいという要望がある。また、若い職員が知識不足の状態で作成された文書を安易に信用することを避け、実際のドキュメントを通じて学ぶ必要があるというニーズを考慮し、「社内専用 ChatGPT」から AI 社内ファイル検索システム「Knowledge Explorer」^{g)}への切り替えを可能とした。「AI 社内ファイル検索」(図—12)は、ファイル名が分からなくても文書内容を検索できるシステムである。統合業務システムに保管された全国の工事ファイルや、クラウドサーバー上に格納されている施工研究発表会等の技術ドキュメントなど、数百万の書類から必要なドキュメントを瞬時に検索することができる。さらに、画像のプレビュー機能により、ドキュメントの内容を視覚的に把握しやすくなっている。また、検索されたドキュメントに関するコメントの加筆も可能であるため、各拠点間のコミュニケーションの促進が期待され、業務の効率化およびナレッジの組織化に寄与している。

5. おわりに

現在、当部署では「デジタル推進」に加え、「データ連携」や「データ活用」、そして「データ活用能力の向上」を実現するための各種取り組みを展開してい

る。2025年度からは、CO₂や施工情報(波高など)との連携が可能な安全日誌の運用を開始した。今後、安全日誌に統合検索システム「TOYO ChatGPT」を連携させることで、さらなる利用促進を図り、職員の意見を反映して利便性の向上を実現することを目指す。

今後も、引き続き、支店別説明会や昇格者研修を通じて統合検索システム「TOYO ChatGPT」を社内に普及させ、業務効率の向上と創造性の促進を実現することを目指す。このような取り組みにより、全職員のデジタル活用能力を底上げし、次世代の人材を育成するとともに、企業力の向上に寄与したい。

JICMA

【筆者紹介】

白川 隆司 (しらかわ たかし)
東洋建設(株)
コーポレート部門
財務経理グループ 情報システム部長
兼 土木事業本部 デジタル推進部長



田島 哲 (たじま さとる)
(株) UNAIT
代表取締役



g) Knowledge Explorer は(株)図研プリサイトの製品です。

土砂災害現場の二次災害リスク評価における 大規模言語モデルとマルチモーダル AI の活用

全 邦 釘・岡 谷 貴 之・島 田 徹

本研究では、土砂災害現場における二次災害リスクを効率的かつ精確に評価するための大規模言語モデル（LLM）活用手法を提案する。専門家による現地評価は、アクセス困難、人材不足、即時対応の難しさなどの課題がある。これに対し、本研究では航空写真から情報を抽出するVQA（Visual Question Answering）とLLMを組み合わせた手法、および画像と言語を統合処理するマルチモーダルAIを開発・評価した。実験の結果、両手法とも専門家の知見を再現可能であり、特にマルチモーダルAIはより高い精度でリスク評価を行えることが示された。提案手法は遠隔かつリアルタイムでの評価を可能にし、将来的には建機搭載カメラとの連携により、土砂災害対応の効率化・高度化に貢献することが期待される。

キーワード：土砂災害、大規模言語モデル（LLM）、Visual Question Answering（VQA）、マルチモーダルAI、航空写真解析

1. はじめに

日本は地形的・気象的特性から土砂災害が頻発する国であり、年間約1,000件の土砂災害が発生している¹⁾。これらの災害は主に土石流、地すべり、崖崩れの3つに分類され、人命や財産に深刻な被害をもたらす。土砂災害発生後、復旧作業を迅速に行うためには二次災害のリスク評価が不可欠である。

現在、土砂災害現場における二次災害リスクの評価は、主に専門家による現地調査に依存している。しかし、この従来手法には3つの重大な課題がある。第一に、災害発生直後の現場は危険かつアクセスが困難であり、専門家が迅速に現地調査を行うことができない場合が多い。第二に、広域災害では限られた数の専門家で多数の現場を評価する必要があり、人的リソースの制約から即時対応が難しい。第三に、土砂災害リスク評価には地質学や土木工学などの専門知識が必要であり、十分な数の専門家を確保することが困難である。

近年、人工知能（AI）技術の発展により、画像認識や自然言語処理の分野で目覚ましい進歩が見られる。特に大規模言語モデル（Large Language Models, LLM）²⁾は膨大なテキストデータから学習し、人間に近い言語理解・生成能力を獲得している。また、Visual Question Answering（VQA）³⁾技術は画像を分析し、その内容に関する質問に回答する能力を持つ。これらの技術を土砂災害リスク評価に応用するこ

とで、従来手法の課題を克服できる可能性がある。

本研究では、土砂災害現場の二次災害リスクを適切に評価するためのAIモデル開発を目的とする。具体的には、航空写真から得られる視覚情報と専門知識を組み合わせることで二次災害の危険性を評価するシステムの構築を目指す。このようなシステムが実現すれば、現場へのアクセス困難性を克服し、限られた専門家リソースの効率的活用が可能となる。また、将来的には建機に搭載されたカメラからのリアルタイム映像を用いた評価も視野に入れており、災害対応の迅速化と高度化に貢献することが期待される。

本研究では、二つの異なるアプローチを検討する。一つ目は、VQAとLLMを組み合わせたハイブリッドモデルであり、画像から情報を抽出し、それをLLMに入力して二次災害リスクを推論する。二つ目は、画像と言語の両方を同時に処理できるマルチモーダルAI（Multimodal Large Language Model, MLLM）を用いたアプローチである。これらの手法を用いて、土砂災害現場の画像から災害タイプ、原因、観察事項、将来リスクを包括的に評価するモデルの開発と評価を行う。

本論文の構成は以下の通りである。第2章では提案手法の詳細について説明し、第3章では実験設定と評価方法について述べる。第4章では実験結果の提示と考察を行い、第5章で結論と今後の課題について述べる。なお、本稿は文献（4）の概要の解説を示したも

のである。そのため結果や学習データ構築プロセスで英語を使って進めているが、基本的に日本語でも大きく精度が変わらず実現できると見込まれる。

2. 提案手法

本章では、土砂災害現場における二次災害リスク評価のための二つの異なるアプローチについて詳細に説明する。まず全体の研究フローを示し、続いてVQA-LLMハイブリッドモデルとマルチモーダルLLMの二つの手法について述べる。

(1) 研究フロー

本研究の全体フローを図—1に示す。従来の手法では、災害現場の画像から直接特徴を抽出し、それを言語モデルに入力してリスク評価を行っていた。この手法はシンプルで効率的であるが、専門知識の考慮が不足している可能性がある。一方、本研究で開発するモデルでは、災害現場の画像をまず詳細な情報をテキストに変換し、その後テキストを言語モデルに入力する。専門知識を追加して言語モデルの精度を向上させることにより、より正確で信頼性の高い二次災害リスク評価が可能となる。

本研究では、以下の二つのアプローチを採用する：

- ① VQA-LLMハイブリッド：画像に対する質問応答を行うVQAモデルと、その出力を用いて推論を行うLLMを組み合わせたアプローチ
- ② マルチモーダルLLM：画像と言語を同時に処理できる統合モデルを用いたアプローチ

(2) VQA-LLMハイブリッドモデル

(a) モデル概要

VQA-LLMハイブリッドアプローチでは、土砂災害リスク評価という複雑なタスクを二段階のプロセスに分割する。これは、一度に難しい問題を解くのではな

く、段階的に取り組むことで精度を高める戦略である。

第一段階（VQAによる情報抽出）：Visual Question Answering (VQA) モデルが入力画像から直接認識可能な情報を抽出する。具体的には、災害現場の航空写真に対して「これはどのタイプの災害か？」「近くに川はあるか？」といった具体的な質問を投げかけ、それらの質問に対する回答を生成する。この段階では、純粋に画像から読み取れる客観的な情報のみを抽出することに集中する。

第二段階（LLMによるリスク予測）：第一段階で得られた情報を基に、Large Language Model (LLM) が総合的な理解とリスク予測を行う。LLMは、VQAから得られた「土砂崩れが発生している」「近くに川がある」「斜面に亀裂がある」といった情報をもとに、「将来的に河川閉塞のリスクがある」といった専門的判断を行う。この段階では、抽出された情報の関連性分析や、潜在的なリスクの推論といった高次の思考プロセスを実行する。

このアプローチの主な利点は以下の通りである。

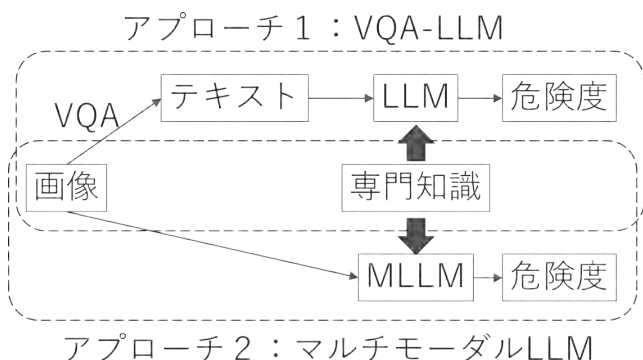
- ・学習効率の向上：タスクを分割することで、各段階のモデルがそれぞれ特化した役割に集中できる。VQAモデルは画像認識に、LLMは推論と予測に特化することで、全体としての性能が向上する。
- ・解釈可能性の確保：中間出力が「川がある」「斜面に亀裂がある」といった自然言語であるため、モデルがどのような情報に基づいて判断を下したのかを人間が理解しやすい。いわば、AIの「思考過程」を追跡できるようになる。

図—2にVQA-LLMハイブリッドモデルの全体構造を示す。プロセスをさらに詳細に説明すると、まず災害現場の入力画像と「これはどのタイプの災害か？」「近くに川はあるか？」といった一連の質問がVQAモデルに与えられる。VQAモデルは各質問に対する回答を予測し、それらの回答を構造化された形式でLLMに渡す。LLMはこれらの情報と「この災害現場の将来的なリスクを評価せよ」などのタスク指示に基づいて、最終的なリスク評価レポートを生成する。このレポートには、災害タイプ、原因、観察事項、そして将来リスクの予測が含まれる。

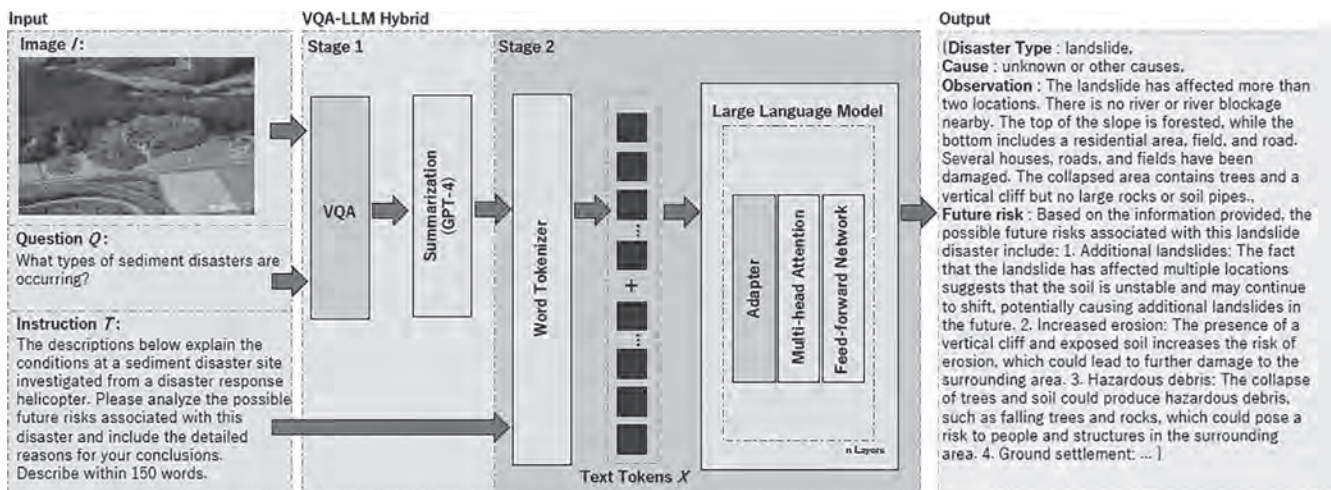
(b) VQAコンポーネント

VQAコンポーネントは、画像から情報を直接抽出するための重要な役割を担っている。人間の専門家が災害現場の写真を見て最初に行う観察と同様の処理を行うのがこのコンポーネントである。

本研究では、土砂災害分野の専門家との綿密な協議



図—1 本研究の全体フロー



図一 2 VQA-LLM アプローチ

を通じて、災害現場の評価に必要な情報を抽出するための13の質問を設定した。これらの質問は、専門家が現場写真から読み取るべき重要な情報を網羅するように設計されている。質問の種類は多岐にわたり、以下のようなものが含まれる：

- ①災害タイプの分類：「どのような種類の土砂災害が発生しているか？」（土石流、地滑り、崖崩れなど）
- ②原因の特定：「災害の原因は何か？」（降雨、地震、その他）
- ③数量的質問：「災害は何か所で発生しているか？」（1か所、2か所、3か所以上）
- ④はい／いいえの質問：「斜面の近くに川はあるか？」
「河道閉塞は発生しているか？」
- ⑤土地利用に関する質問：「斜面の上部／下部の土地はどのように利用されているか？」

このVQAモデルにより、例えば「斜面に亀裂はあるか？」という質問に対して、画像内の斜面部分に注目し、亀裂の有無を判断することができる。

モデルの学習には、合計372枚の土砂災害画像を使用した。このうち68枚は本研究の主実験にも使用される画像である。学習データの量を増やすために、画像の一部を切り取る、反転させる、回転させるなどのデータ拡張技術を適用し、訓練データと検証データをそれぞれ2,600枚と400枚に増加させた。これにより、限られた画像データからでも高い汎化能力を獲得することを目指した。

(c) LLM コンポーネント

LLM コンポーネントは、VQA から得られた情報を基に総合的な理解とリスク予測を行う。このコンポーネントは、専門家が現場情報を分析してリスクを予測する思考プロセスをシミュレートするよう設計されて

いる。

本研究では、オープンソースの大規模言語モデルであるLlama2をfine-tuningしたモデルを使用した。VQA コンポーネントからの出力である災害タイプ（例：地滑り）、原因（例：豪雨）、観察事項（例：斜面に亀裂がある、近くに川がある）をもとに、将来発生する可能性のあるリスク（例：河道閉塞の危険性がある）を予測するようにモデルを調整した。

LLM のfine-tuningには、専門家の思考プロセスを学習させるための特別なデータセットが必要である。このため、以下のステップでデータセットを作成した：

- ①専門家の回答を模倣したデータの作成：土砂災害の専門家が行うような将来リスク予測を模倣した合成データセットを作成した。
- ②GPT-3.5を活用した教師データの生成：GPT-3.5という言語モデルを用いて、土砂災害に関する質問（例：「この地滑り現場の将来リスクは？」）と回答（例：「豪雨が続けば二次的な崩壊が発生する可能性がある」）のペアを大量に生成した。
- ③教師データを用いた学習：生成された質問回答ペアを教師データとして用い、LLMに土砂災害のリスク予測能力を学習させた。

学習の技術的詳細としては、ベースモデルとしてLlama-2-13B-chat-hf（130億パラメータを持つチャット用に最適化されたモデル）を使用し、QLoRAというfine-tuning技術を適用した。QLoRAは、モデル全体ではなく一部のパラメータのみを調整することで、計算資源を効率的に使いながら高い性能を達成できる手法である。これにより、限られたデータと計算資源でも専門家レベルのリスク予測能力を持つモデルの開発が可能となった。

(3) マルチモーダル LLM

(a) モデル概要

マルチモーダル LLM アプローチでは、単一のモデルで画像理解と言語理解の両方を行う。このアプローチでは、画像エンコーダが入力画像を処理し、その結果を LLM が処理できる形式に変換して、LLM に入力する。LLM は画像情報とテキスト指示を組み合わせて最終的な予測を生成する。

図-3 にマルチモーダル LLM の全体構造を示す。モデルは、画像エンコーダ、ビジュアルプロジェクタ、LLM の三つの主要コンポーネントから構成される。画像エンコーダと LLM は事前学習されたモデルを使用し、アダプタを介して統合される。ビジュアルプロジェクタは学習可能なパラメータを持つ。

(b) モデルアーキテクチャ

マルチモーダル LLM は、LaVIN モデルをベースに構築した。画像エンコーダとしては、CLIP (Contrastive Language-Image Pre-training) で事前学習された Vision Transformer (ViT-L/14) を採用した。このコンポーネントは、インターネット上の膨大な画像とテキストのペアで訓練されており、様々な画像の特徴を理解する能力を持っている。各画像は線形変換などを通じてビジュアルトークン (AI が理解できる数値表現) に変換される。

ビジュアルプロジェクタは、画像から得られた情報を言語モデルが理解できる形式に変換する「通訳」のような役割を果たす。具体的には、画像全体の特徴を表す特別なトークン (クラストークン) を、言語モデルが処理できる形式に変換する。また、効率的に学習させるために、「アダプタ」という小さな調整用モジュールを言語モデルと画像処理部分の両方に追加した。これはちょうど、大きな機械の一部だけを交換して新しい機能を追加するようなものである。全体を作り直す代わりに、必要な部分だけを調整することで効

率的に学習ができる。

(c) モデル学習

マルチモーダル LLM の学習には、「visual instruction tuning」と呼ばれる微調整方法を採用した。これは人間が先生役となって、画像を見せながら「この画像について説明してください」といった指示を出し、AI に正しい回答方法を教えるようなプロセスである。

具体的な学習手順：

- ① AI に「土砂災害の種類、原因、観察事項、将来リスクを説明してください」という指示と災害画像を与える
- ② AI が回答を生成する過程で、次の単語を予測する能力を向上させる
- ③ 学習を効率化するため、大部分のモデルパラメータはそのままにして、画像と言語をつなぐ部分 (ビジュアルプロジェクタ) と調整モジュール (アダプタ) のみを更新する

学習データとしては、68 枚の土砂災害画像と専門家による詳細な説明文を使用した。データ量を増やすために、元の説明文を言い換えた文章も追加して、合計 136 サンプルの学習データを作成した。このような工夫により、限られたデータからでも専門家のような判断能力を持つ AI モデルの開発を目指した。

(4) データ収集と前処理

本研究で使用するデータについて説明する。データセットは日本全国の土砂災害現場を撮影した航空写真とそれに対応する専門家の注釈から構成される。

データ収集では、土砂災害調査の専門企業に所属する 8 名の専門家 (全員が 30 年以上の経験と技術資格を持つ) が参加した。各画像について、2 名の専門家が画像に描写されている事象を口頭で説明し、その会話を録音した。専門家には、画像から読み取れる情報のみに基づいて注釈を行うよう指示した。録音された

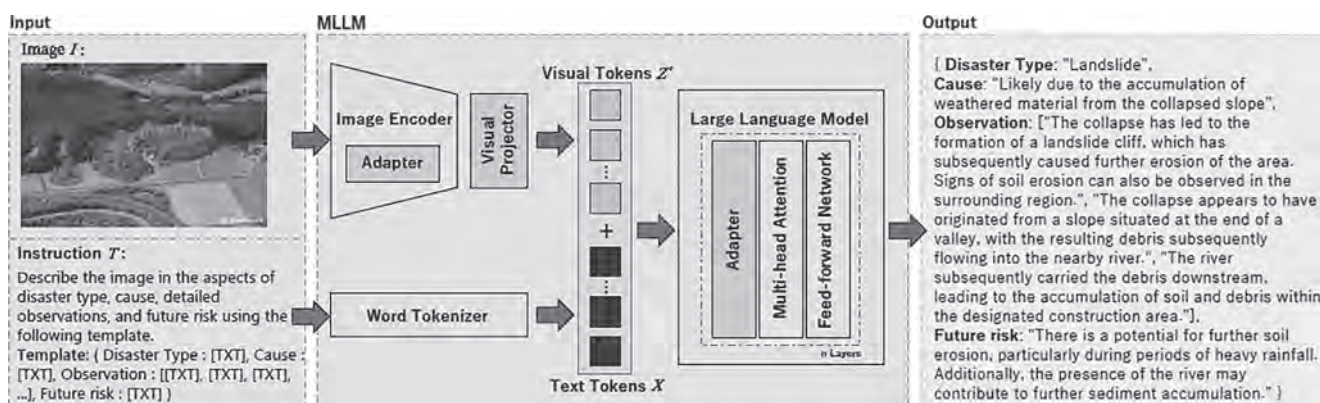


図-3 マルチモーダル LLM アプローチ

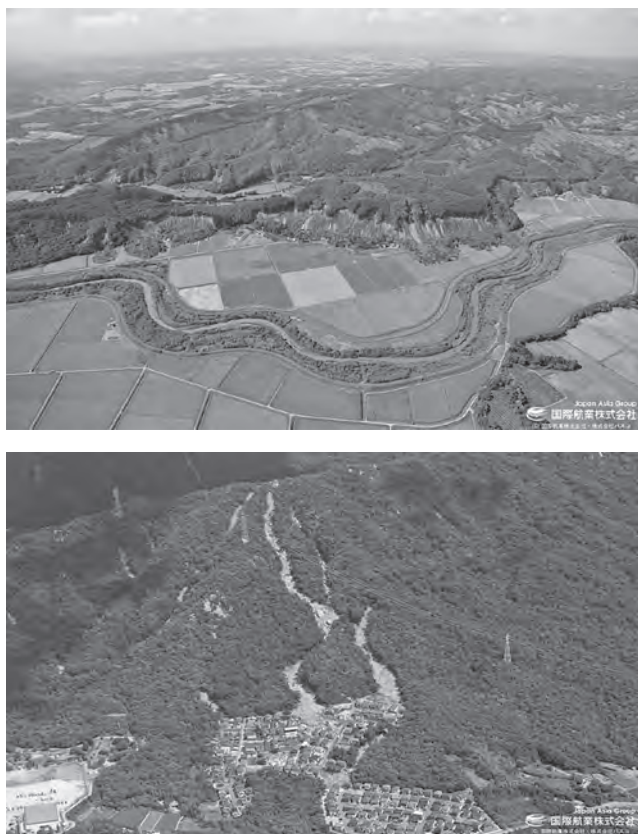
口頭説明は音声認識システムを用いてテキストに変換された。これらのテキストは GPT-3.5 を用いて標準化され、英語に翻訳された。続いて、GPT-4 を用いて以下の4つの要素を含む統一フォーマットに変換された：

- ①災害タイプ (Disaster Type)：土砂災害の種類（地滑り，崩壊など）
- ②原因 (Cause)：災害の推定原因（降雨，地震など）
- ③観察事項 (Observation)：画像から観察される複数の特徴や状態
- ④将来リスク (Future risk)：将来的に発生する可能性のあるリスク

本章では，土砂災害現場における二次災害リスク評価のための二つのアプローチ，VQA-LLM ハイブリッドモデルとマルチモーダル LLM について詳細に説明した。次章では，これらのモデルの評価方法と実験結果について述べる。

3. 実験結果

テストデータセットから選んだ2つの画像（写真—1）に対して各モデルがどのような評価をしたか事例を示す。なお定量的な評価は文献 (4) で行っており，適宜参考にされたい。



写真—1 解析画像

(1) 事例 1：複数の崩壊が発生している現場

写真—1 上の画像は複数の崩壊が発生している現場を示している。この画像に対して，VQA-LLM ハイブリッドモデルは，災害タイプを「Landslide」と正しく識別したが，原因を「不明」としており，この部分は VQA モデルが質問に回答できなかったことを反映している。観察事項は比較的詳細で，正解データと多くの共通点があった。将来リスクの予測は詳細かつ妥当なものだった。

マルチモーダル LLM は，災害タイプを「Landslide and creation of a natural dam」と識別し，原因も「地質・地質構造・風化度の違いによる」と推測しており，専門的な見解を示した。観察事項と将来リスクの両方で妥当な分析を行っており，特に「豪雨時に植生に覆われた土砂が下流へ移動する可能性」という具体的なリスクを指摘した。

(2) 事例 2：地滑り現場

写真—1 下の画像は斜面の地滑り現場を示している。この画像に対して，VQA-LLM ハイブリッドモデルは，災害タイプを誤って「debris flow」と識別した。原因は再び「不明」とされたが，観察事項には「2か所以上で崩壊が発生している」「斜面の上部は森林で覆われている」など，部分的に理解可能な情報が含まれていた。将来リスク予測では，「さらなる土砂流出の可能性」など妥当な指摘があった。

マルチモーダル LLM は，災害タイプを正しく「Landslide」と識別し，原因を「人為的活動と自然侵食」と推測した。観察事項では「細長い山岳地域内の急斜面」「露出した岩石」などの特徴を正確に捉えており，将来リスクも「さらなる斜面崩壊と侵食の可能性」と妥当な予測を行った。

これらの定性的評価結果は，定量的評価と一貫しており，特にマルチモーダル LLM が専門家の判断に近い分析を行えることを示している。また，VQA-LLM ハイブリッドも一定の精度を発揮できることが確認された。

4. 結論

本研究は，土砂災害現場の二次災害リスク評価を航空写真から自動化することを目指した。開発したモデルは，現場アクセスの困難性，時間的制約，専門家不足という課題に対応し，遠隔評価を可能にする。本研究では，土砂災害現場における二次災害リスク評価のための二つのアプローチ，VQA-LLM ハイブリッド

モデルとマルチモーダル LLM を開発・評価した。

VQA-LLM ハイブリッドの最大の利点は解釈可能性にある。中間出力が自然言語で表現されるため、モデルの判断根拠を人間が理解しやすい。また、専門家との協議で設計された質問セットにより、必要な情報を確実に抽出できる。一方、マルチモーダル LLM は画像理解と言語生成を単一のモデルで行う統合アプローチである。事前に定義された質問に制限されず、より柔軟な情報抽出が可能だが、専門分野に特化した学習データに強く依存する。本研究の範囲内では VQA-LLM より性能がよかったが、一方で判断根拠の理解はやや難しくなる。

本研究の成果は、土砂災害対応における AI 活用の可能性を示すとともに、視覚情報と言語処理の組み合わせが専門分野の意思決定支援に有効であることを実証している。AI モデルは専門家を置き換えるものではなく、専門家判断を支援し効率的な災害対応を可能にするツールとして位置づけられるべきである。

今後の課題としては、多様なデータの拡充、マルチソースデータの統合、リアルタイム評価システムの構築、人間との協働インターフェース設計などが挙げられる。さらに将来的には、建機搭載カメラからのリアルタイム映像評価や時系列データ分析への拡張が考えられる。これらに取り組むことで、AI 技術を活用した災害対応の高度化が進み、より安全な社会の実現に貢献することが期待される。

謝 辞

本稿は、JST【ムーンショット型研究開発事業】グラント番号【JPMJMS2032】の支援を受けたものである。

JCMA

《参考文献》

- 1) 国土交通省砂防部. (2025). 令和 6 年の土砂災害 (<https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sabo/content/001877375.pdf>) (2025 年 4 月 7 日アクセス)
- 2) 乾健太郎. (2023). ChatGPT の出現は自然言語処理の専門家に何を問いかけているか. 自然言語処理. 30 (2), 273-274.
- 3) Yu, Z., Yu, J., Cui, Y., Tao, D., & Tian, Q. (2019). Deep modular co-attention networks for visual question answering. In *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 6281-6290).
- 4) Areerob, K., Shimada, T., Chun, P., Okatani, T., et al. (2025). Multimodal artificial intelligence approaches using large language models for expert-level landslide image analysis. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering* (Accepted).

【筆者紹介】



全 邦 釘 (ちよん ばんじょ)
東京大学大学院
工学系研究科 社会基盤学専攻
特任准教授



岡 谷 貴 之 (おかたに たかゆき)
理化学研究所
革新知能統合研究センター
チームリーダー
東北大学 大学院情報科学研究科
システム情報科学専攻
教授



島 田 徹 (しまだ とおる)
国際航業(株)
国土保全部
フェロー・事業企画担当部長 (兼務)

生成 AI による非構造化データのナレッジ化と建設業務支援基盤構築

児 玉 健 英

建設業界では高齢化による熟練技術者の大量離職と、それに伴う技能継承の断絶、さらに若手不足や属人的な業務慣行による生産性の低迷が深刻な課題となっている。特に図面・議事録・契約書・写真などに含まれる非構造化データは、暗黙知として組織内に埋もれ、活用されていない。こうした状況は、設計ミスや情報伝達の遅延、人材育成の停滞を招き、業界全体の持続的発展を阻害している。本稿では、生成 AI を活用して非構造化データを構造化・ナレッジ化し、知識共有・業務効率・品質向上・人材育成を同時に実現する、建設業界向けプラットフォームの構成とその具体的な活用事例を紹介する。

キーワード：生成 AI、建設 DX、ナレッジマネジメント、構造化データ、人材育成

1. はじめに

建設業界は、2030 年までに世界の GDP の約 15% を占める成長分野である一方、日本国内では高齢化と若手人材の減少が深刻な課題となっている。2024 年時点で建設業就業者の約 37% が 55 歳以上、29 歳以下は 12% にとどまり¹⁾、今後 10 年で多くのベテラン技術者が引退を迎える見通しである。技能・知見の継承が進まないまま世代交代が進行すれば、設計品質や施工精度の低下、現場力の喪失が危惧される。

加えて、建設業務は属人化とアナログ運用が根強く残り、図面や資料の管理も紙ベースが多い。たとえば、特定の技術者しか使えないテンプレートや個人の経験に基づく作業判断が常態化しており、情報共有や教育の障壁となっている。その結果、設計ミスや長時間労働が発生しやすく、若手の育成や定着にも悪影響を与えている²⁾。

こうした課題を解決するには、個人に依存していた暗黙知を組織的に可視化し、誰もが参照・活用できる「形式知」として蓄積する仕組みが必要である。すなわち、建設業における DX（デジタルトランスフォーメーション）は、単なる業務効率化ではなく、知識の継承と産業の持続性を支える基盤づくりに他ならない。

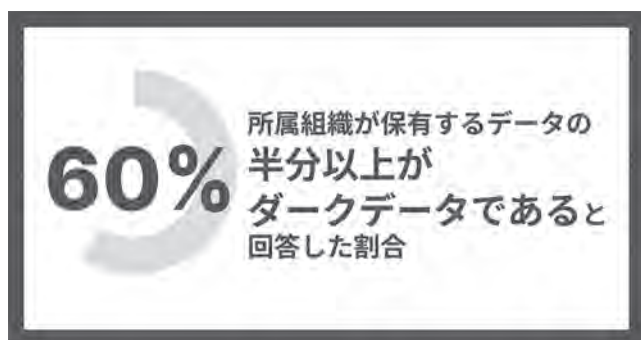
2. DX 推進における壁と非構造化データの課題

建設業界における DX は、設計品質の向上、生産性の改善、人材育成に向けた有力なアプローチとして期待されている。しかし、現場での実際の導入は進みにくく、複数の構造的な障壁が存在している。

その最大の要因の一つが、企業内に膨大に蓄積された非構造化データの存在である。図—1に示すような図面、議事録、現場写真、契約書といった資料は、



図—1 構造化データと非構造化データの違い



図一2 企業内データのうちダークデータの割合に関する認識

検索や集計、分析に適した形式では管理されておらず、デジタルシステム上での利活用が極めて困難である。このような活用されていないデータは、近年「ダークデータ」という概念で捉えられている。ダークデータとは「企業内で価値を生む可能性があるにもかかわらず、活用されていないデータ」を指し、ある海外の調査³⁾によれば、図一2のように世界の企業の60%以上が自社データの半分以上をダークデータと認識しており、3社に1社は75%以上が未活用であると回答している。建設業界では特にこの傾向が強く、「活用できないデータの山」がDXを阻害する最大の要因となっている。

また、こうした非構造化データの多くがベテラン技術者の個人ノウハウと密接に結びついており、属人的に扱われてきた。たとえば、特定の社員しか使えない定型化された入力様式や業務書式、紙図面に書かれた手書きメモ、断片的に保存された検討記録などがそれにあたる。

これらの情報が組織として共有されないままベテランの大量離職を迎えれば、暗黙知が失われ、設計品質・作業効率・教育効果のいずれにも深刻な影響を及ぼす。また、設計作業にかかる負担が増大し、若手技術者の離職にもつながる悪循環が生まれている。

したがって、建設業界におけるDX推進に向けては、非構造化データの構造化とナレッジ化を出発点とした、統合的かつ持続可能なナレッジ活用基盤の構築が不可欠である。次章では、その解決策となる業務支援プラットフォームの構成要素と具体的な仕組みについて詳述する。

3. 建設業界向けプラットフォームの概要

建設業界において、設計品質の向上やナレッジ継承の効率化を目指したデジタル変革（DX）は、もはや選択肢ではなく必然の取り組みである。しかし、その

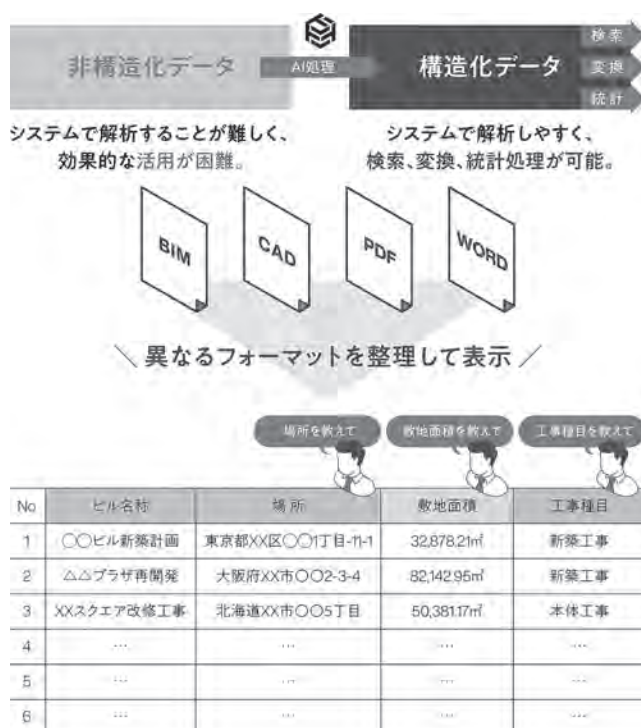
推進にあたっては「非構造化データの未活用」「属人性の強い専門業務」「点在するITツールの断片的導入」といった多層的な障壁が存在する。こうした課題に対し、建設業界向けプラットフォームは、単なる業務支援システムではなく、建設特化型ナレッジ活用基盤として、以下の3つの中核機能を軸に構成されている。

- ①ナレッジ特化型構造化エンジン：非構造化データからナレッジを抽出・構造化し、検索・再利用可能な形で蓄積するエンジンである。
- ②ナレッジ検索機能：蓄積されたナレッジを自然言語で検索し、ユーザーが設計判断や業務参照に即時活用できる仕組みである。
- ③法規・要件管理機能：設計要件をトピック単位で管理し、法規制・仕様との整合性を自動的に検証する支援ツールである。

この章では、それぞれの機能が担う役割と、建設業務における具体的な効果について詳述する。

(1) ナレッジ特化型構造化エンジン：非構造化データの構造化とナレッジ変換

建設現場に存在する図面、議事録、契約書、写真などの非構造化データは、検索や分析が困難であり、従来はそのまま社内には眠る「ダークデータ」と化していた。ナレッジ特化型構造化エンジンは、図一3のように非構造化情報をAI技術（OCR、自然言語処理、画像解析）によって構造化し、データベース化する仕



図一3 非構造化データをAI技術により構造化データ化する流れ

組みである。

(a) 特長：多形式への対応と属性付き蓄積

ナレッジ特化型構造化エンジンは、BIM、CAD、PDF、Word、Excelといった多様なフォーマットのファイルに対応している。これにより、設計に関するあらゆる情報資産を一元的に扱うことが可能である。また、抽出されたデータはプロジェクト名・物件種別・地域・項目といった属性情報と紐づけて格納されるため、後の検索や再利用において高い効率性を発揮する。

(b) 自然言語による柔軟なデータ抽出

ユーザーは、「敷地面積を教えて」「構造形式は？」など自然言語で指示するだけで、該当する情報が抽出され、整理された形で出力される。これにより、専門的なスキルや検索構文の知識がなくとも、誰もが直感的にデータの構造化プロセスを実行できる環境が整備される。

(c) 特長：設計判断と教育基盤への応用

蓄積されたデータは単なる記録ではなく、過去の図面や議事録を再編集・再解釈可能な「知識」として活用される。これにより、設計判断の根拠として提示できるほか、新人教育やナレッジ継承の基盤としても機能し、組織全体の設計力の底上げにつながる。

(2) ナレッジ検索機能：構造化ナレッジの活用を促す自然言語検索とAI検索技術

ナレッジ検索機能によって構造化されたナレッジは、それ自体が情報資産であるが、その価値を最大限に引き出すには「誰もがアクセスしやすく、再利用しやすい仕組み」が不可欠である。ナレッジ検索機能は、社内に蓄積されたナレッジベースに対し、自然言語とAIによる高精度な検索を可能にするインターフェースであり、設計判断や情報照会の高速化を実現する。

(a) 特長：自然言語による柔軟な問い合わせ

従来の検索システムでは、細かい条件指定ができない、図面単位での検索が困難、検索結果の確認に時間がかかるといった課題があった。これらの制約により情報取得が困難となり、結果として熟練者への“人づて”の問い合わせに依存する状況が生じていた。ナレッジ検索機能は、図—4のように自然言語による柔軟な検索を可能とし、この問題を解消する。たとえば「敷地面積が1万平方メートル以上で、2020年以降、東京都内で竣工されたオフィスの平面図」といった人間が話すような文章での問い合わせにも対応し、AIが意図を理解して該当する図面や設計情報を即時に提示する。これにより、検索キーワードやファイル構造に精通していないユーザーでもスムーズに情報へアクセスできる。

(b) 特長：意味の揺らぎと非構造化データへの対応

ナレッジ検索機能は、自然言語処理技術と類義語処理エンジンを用いて、「トイレ」「便所」「UB」などの言い換え表現にも対応している。ユーザーが異なる語彙や業界用語を用いた場合でも、検索精度を損なうことなく目的の情報を抽出できる。また、OCRおよび画像解析技術により、手書き図面やスキャン文書、現場写真といった非構造化コンテンツも検索対象とすることで、過去資産に含まれる知識の再発見と活用が可能である。

(c) 特長：ナレッジ活用の習慣化と業務の属人性解消

ナレッジ検索機能は、単なる検索ツールにとどまらず、検索ログや閲覧履歴の分析により、業務に必要なとされる情報の傾向を可視化し、ナレッジベースの改善に貢献する。また、検索結果には過去プロジェクトや設計判断の背景情報も含まれるため、熟練者の知見を組織全体で再活用できる。これにより若手技術者の自律的な意思決定を支援し、業務の属人性を解消すると



図—4 自然言語を用いた AI 検索の流れ

ともに、判断のスピードと精度を向上させる環境を整備する。

(3) 法規・要件管理機能：設計要件の一元管理・確認と与件整理による設計品質の安定化

建築設計においては、国法・地方条例・顧客要求・社内基準など、さまざまな設計要件を正確に把握し反映する必要がある。関係者の数も多く、役割や担当の入れ替えも頻繁であるため、情報の共有や整合性確保が不十分だと設計ミスや見落としが発生しやすい。特に、要件が文書化された形式で分散・大量化している現場では確認作業に多くの時間を要し、設計品質や利益率に悪影響を与えている。

こうした課題に対し、法規・要件管理機能は設計要件の一元管理と効率的な参照・整理を支援し、ナレッジベースに基づく設計品質の安定化を図る機能を提供する。

(a) 特長：複雑な要件情報の一元化と効率的な参照
設計業務における要件確認には、建築基準法、地方条例、施主からの要求事項、社内設計ルールなど、多層的かつ膨大な情報の把握が必要である。たとえば東京都の高層ビル設計では、国法 465 ページ、都条例 135 ページと、600 ページ以上の文書を確認する必要がある。

法規・要件管理機能はこれらの情報をトピック単位で体系的に整理・分類し、設計担当者が迅速に必要な情報にアクセスできる環境を提供する。また、設計要件や与件の変更・追加もシステム上で反映されるため、常に最新状態に基づいた設計判断が可能である。顧客要求や社内基準もあわせて登録でき、プロジェクトごとの個別条件も一元的に管理できる点が特長である。

(b) 特長：AI による曖昧な表現の理解とナレッジ連携

法規・要件管理機能には自然言語処理エンジンが搭載されており、厳密な文言でなくともユーザーの意図を汲み取り、適切な設計要件や与件を提示できる。たとえば「屋上利用に関する規制は？」といった曖昧な表現にも対応し、関連する法令や社内基準へのリンクを提示する。

さらに、ナレッジ特化型構造化エンジンと連携することで、過去プロジェクトでの設計与件の整理や判断履歴を参照可能となり、判断の一貫性や知見の継承、属人性の排除にも寄与する。

4. 構造化データによるユースケースの広がり導入事例

建設業界向け一元管理プラットフォームの中心機能であるナレッジ特化型構造化エンジンは、建設業務に関連するさまざまな非構造化データを構造化し、蓄積・検索・再利用可能なナレッジとして活用する基盤を提供する。この技術は、単に検索性を高めるだけでなく、業務知識を横断的に再活用できる知的基盤として機能している。

構造化の対象は、図—5 に示すとおり建築図面や設計書だけにとどまらず、施工写真、設備図面、内装デザイン事例などにも広がっており、従来は活用されにくかった暗黙知の再発見と有効活用が可能になっている。

(1) 多様なユースケースにおける知識の再活用

ナレッジ特化型構造化エンジンを活用したユースケースとして、以下のような事例がある。



図—5 構造化データの活用方法とユースケースの対応例

【導入事例】



図一六 ある大手建設会社による竣工図面の構造化と検索の活用事例

(a) 過去竣工図の検索と転用設計支援

ある大手建設会社では、図一六に示すように過去の建築プロジェクトに関する6万ファイルを対象に、150項目の属性で図面情報を構造化した。たとえば「2010年以降に竣工した中学校の意匠図面」といった自然言語による検索が可能となり、新規設計への応用が実現されている。

(b) 施工現場写真のデータベース化による施工ノウハウの社内共有

別の大手建設会社では、過去の施工現場写真に対して自動タグ付け処理を実施し、工法や材料、施工箇所などの分類情報を付与している。これにより、施工手法に関する社内ナレッジを部門横断的に参照・共有することが可能となっている。

(c) 内装・デザイン事例の蓄積と営業支援への展開

中堅建設会社では、内装写真を意匠カテゴリごとに構造化し、提案資料作成や事例共有のための検索基盤として活用している。これにより、営業部門と設計部門の連携が促進され、顧客対応の迅速化にもつながっている。

(d) 設備設計図面の長期保管と設備更新計画への利用

発電所をメンテナンスする企業では、20年以上前の設備設計図面を構造化対象とし、老朽化設備の更新時に活用できるリファレンス情報として再整備している。

このように、ナレッジ特化型構造化エンジンによるデータ構造化は、用途や組織を問わず柔軟に応用されている。設計、施工、維持管理、営業といった各フェーズにおいて、知識の検索性と再利用性を高めることで、業務効率と品質向上の両立を支援している。

(2) 法規・要件管理機能に関する今後の展開と活用可能性

一方、法規・要件管理機能については現在、設計要件の一元管理、確認、および与件の整理を支援する仕組みとしての活用に向けて、導入と運用設計の検討が進められている。法規制、施主要件、社内基準といった複雑かつ変動性の高い設計与件を、トピック単位で体系的に整理・共有する枠組みとして機能することが期待される。そのため、法規・要件管理機能に関する具体的な活用事例はまだ限定的ではあるが、今後の機能実装や実運用の進展に伴い、対象領域の拡大とともに知識活用の事例が蓄積されていくことが期待される。

このように、建設業界向け一元管理プラットフォームは、暗黙知の形式知化を軸に、建設業界におけるナレッジ活用の幅を着実に広げている。特に、ナレッジ特化型構造化エンジンによる構造化技術は、既存資産の価値を再定義し、業務に活用可能な知識資産として再構築するための有効な基盤として機能している。

5. 今後の展望

建設業界を取り巻くデジタル環境はここ数年で大きく変化しており、特に生成AIや大規模言語モデル(LLM)の進化は、知識の整理・抽出・照合といった、これまで人手に頼っていたプロセスを自動化する段階に達している。

今後は、こうしたAI技術を単に導入するのではなく、現場の実務と結びつけて「業務に落とし込む」ことが、DXの成否を左右する鍵となる。属人化・分断・非構造化といった業界特有の課題に対しては、AIによる支援を通じて、知識の共有・検索・判断を標準化

する取り組みが重要である。

特に、法規や設計要件との突合せ、ドキュメントの確認といった反復的な作業は、効率化が進みやすい領域である。これにより、設計者は確認作業に追われることなく、施主との対話や空間構成の検討といった、より創造的で人間にしかできない業務に集中できるようになる。AIはあくまで補助役であり、時間的なゆとりを創出することで、設計の質や顧客対応力の向上に寄与する。

本稿で紹介した建設業界向け一元管理プラットフォームは、こうした設計支援の高度化に向けた実践的な基盤として一定の実用性を有している。一方で、今後はより多様な実務に対応可能な柔軟性や拡張性が求められる領域も多く、現場との協調による継続的な改善が不可欠である。

6. おわりに

本稿では、建設業界における属人的な業務慣行やベテラン技術者の大量離職によって生じるナレッジの断絶という構造的課題に着目し、それに対応する知識活用型プラットフォームの構築可能性について紹介した。特に、図面・議事録・契約書・写真などの非構造化データを起点とし、暗黙知を組織で再利用可能な形式知として変換・蓄積・共有する枠組みは、技能継承・設計品質の維持・若手技術者の育成において極めて重

要な役割を果たすと考えられる。

DXの本質は、単なるツールの導入や業務効率化にとどまらず、知識と業務の関係そのものを再定義し、継続的に改善する仕組みを実装することである。今後も生成AIや大規模言語モデル（LLM）の技術進展により、ナレッジ変換や検索、照合といった業務プロセスのさらなる高度化が進むと見込まれるが、本稿で示した支援基盤は、現場実務に根差した属人性の解消と持続可能な知識継承の実現に向けた有効なアプローチとして、今後一層の発展が期待される。

JCMA

《参考文献》

- 1) 国土交通省, 「最近の建設業を巡る状況について」, https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei_constplan_fr_000090.html (参照 2025 年 5 月)
- 2) 経済産業省, 「DX レポート～IT システム『2025 年の崖』の克服と DX の本格的な展開～」, 2018 年 9 月
- 3) Splunk Inc. (2019). The State of Dark Data. Research report by TRUE Global Intelligence.

【筆者紹介】

児玉 健英 (こだま たけひで)
㈱テクトム
ソリューション コンサルタント



AI エージェントが切り開く建設業の未来

表 光・濱 日 新・伊 藤 陽 生

本稿では、建設業界が直面する課題に対し、デジタル変革（DX）の必要性を論じる。特に、AI を中心とした最先端テクノロジーによる解決策に焦点を当て、生成 AI 活用の戦略的価値を提示する。建設業界における電子化の遅れと、生成 AI 導入における従業員のリテラシー不足やノウハウ不足といった課題を指摘し、一般的な大規模言語モデル（LLM）が抱える建設業の専門知識不足やセキュリティ懸念に対し、業界特化の学習データ、社内データ連携、万全なセキュリティ対策、そして AI エージェントによる業務自動化機能によってこれらの課題を解決することを示す。これにより、建設業の生産性向上と労働環境改善、持続可能な成長への貢献を目指す。

キーワード：業界特化、生産性向上、DX、生成 AI、AI エージェント

1. はじめに

日本の建設業界は、社会インフラの整備と維持を担う基幹産業である。しかし、時間外労働規制、技能者の高齢化、資材の高騰などを背景に、生産性向上や匠の技の継承が喫緊の課題となっている。これらの課題を克服し、持続可能な成長を実現するためには、デジタル変革（DX）が不可欠である。燈株は、「テクノロジーで人の日常に感動を」というミッションのもと、東京大学・松尾研究室発の AI スタートアップとして、AI を中心とする最先端テクノロジーで建設業界の課題解決に挑んでいる。

2. 建設業界における電子化の遅れと背景

建設業界は、多数の建設物を建ててきた経験からノウハウやデータを多数持つ歴史ある産業である一方で、他産業と比較してデジタル化の導入が遅れていると指摘される。これは、紙媒体での情報管理や、熟練技術者の経験と勘に依存する業務プロセスが根強く残っているためである。このような状況は、情報共有の非効率性、業務の属人化、生産性向上の阻害といった問題を引き起こす。また、建設業界は高齢化の影響を特に受けている業界の1つであり、55歳以上の割合が約37%である。よって、数年後には熟練技術者のノウハウが喪失していくことも指摘されており、業界全体として今後こうした人に依存する情報をいかに

デジタルに落とし込むのかということも課題である。

3. 生成 AI の現状、今後の動向と活用ハードル

AI（Artificial Intelligence）は、ここ10年で大きな転換点を迎えた。それは、人間の脳をモデルにしたテクノロジーが開発されたからである。ディープラーニングに代表されるこの技術は、従来の AI がデータをどういう基準で見るとかを表す特徴量を人間から与えられる必要があったのに対し、この特徴量なしで自分自身で大量のデータから関係性を導き出すことができる場所に特徴がある。つまり人間が介入をする必要がなくなったのである。

こうした技術革新によって AI の活用は、ここ十年で世界的に広がっているが、その中でもディープラーニングを用い、新たなコンテンツを生み出す生成 AI の市場はさらに大きく広がっていくことは間違いないだろう。世界の生成 AI 市場は2023年時点で約100億ドル（約1兆5,000億円）に達し、年平均50%の成長率で拡大を続けている。2030年には数千億ドルに達すると予測され、驚異的な速度で成長していく見込みである。日本国内でも、生成 AI サービス利用者数が2024年末に1,924万人、2027年末には3,760万人に達すると見込まれており、全人口の1/4の人間が数年以内に生成 AI を活用していくと考えられている。

現在の生成 AI は、OpenAI 社が提供する ChatGPT に代表されるチャットボットのように、指示を与え

ば、文章や画像を生み出してくれるものが主流である。一方で、次の時代は人間が与えた指示から、より複雑なプロセスを経てアウトプットを行う AI エージェントの活躍が期待されている。こうした AI エージェントは、単なる情報収集やデータをまとめる作業に留まらず、情報を収集しそれに応じて自律的なアクションを行うことが想定される。例えば、コールセンターにおいてお客様サポートを AI が対応し、お客様の要望に合わせて必要な書類や資料の送付を行うなどである。

こうした背景を鑑みると、生成 AI を活用することは必要不可欠であり、実際に業務に生成 AI を活用することが新たなスタンダードになりつつある。しかし、その導入にはいくつかのハードルが存在する。主なボトルネックとして、従業員の生成 AI に対する理解度やリテラシーが挙げられる。

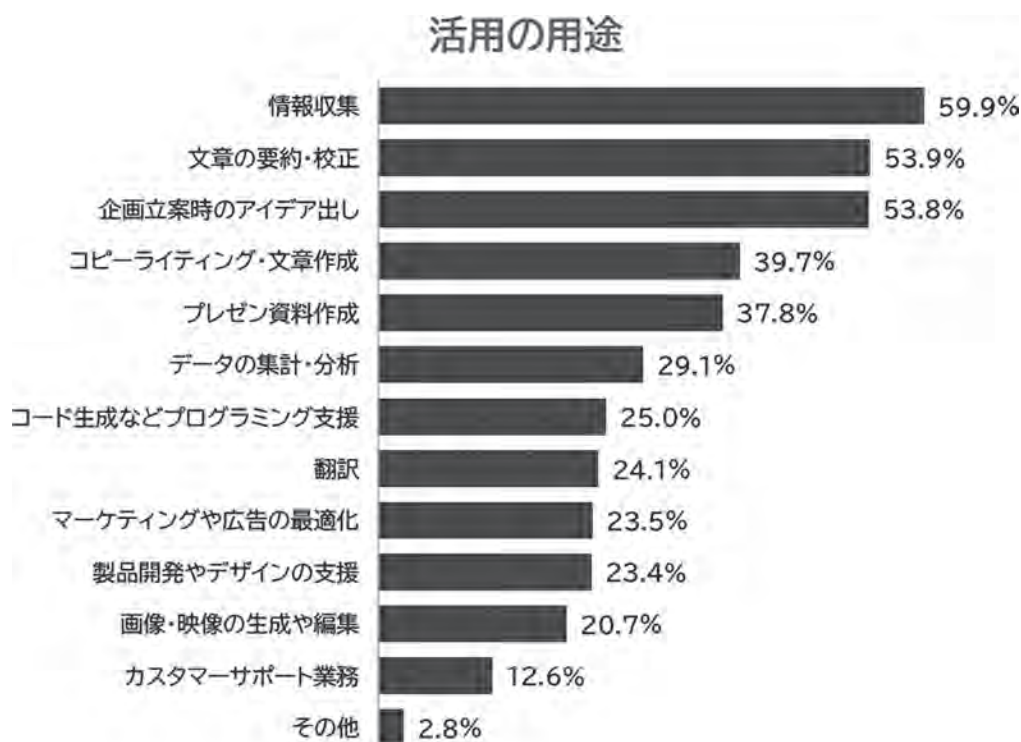
帝国データバンクが行った 2024 年 9 月の調査結果によると、全業界において生成 AI を活用している企業は 17.3% に留まるが、そのうち 9 割近くの企業が一定の効果を実感している。活用内容は「情報収集」が 59.9% で最も多く、次いで「文章作成」が 49.2%、「アイデア出し」が 38.1% となっている（図—1）。推進体制については、企業の半数以上で内製化が進んでいるが、まだ体制が整い始めたばかりの段階である。また、生成 AI 活用に対する理解度には「経営者」と「一

般社員」の間で大きなギャップが見られ、経営層の理解が進む一方で、一般社員の理解が追いついていない現状がある。指針やガイドラインの策定状況については、5 割以上の企業が「策定済み」または「策定を前向きに検討中」と回答している。最も多い課題は「AI 活用の人材・ノウハウ不足」で 54.1% に上り、適切な活用方法や運用ノウハウの不足が普及の障壁となっている。

4. 建設業での ChatGPT 活用の機能面の課題と解決策

一般的な ChatGPT などの大規模言語モデル (LLM) は、建設業の専門知識や文脈を十分に理解していないため、専門的な質問への回答が困難である。また、社内データの検索機能がなく、秘匿情報の漏洩リスクなどセキュリティ上の課題も懸念される。

これに対し、建設業向け業務支援 AI 秘書サービス「AI コンストシェルジュ光／Hikari」は、これらの課題を解決するために開発された。Hikari は建設業のデータを事前に学習しており、専門知識や文脈を理解した回答が可能である。さらに、社内データを検索し、証拠付きで要約して応答する機能も備え、万全なセキュリティ対策によって秘匿情報の安全な取り扱いを可能にしている。



出典：生成 AI の活用状況調査（帝国データバンク）

図—1 生成 AI の活用の用途

5. 建設業向け業務支援 AI 秘書サービス「AI コンストシェルジュ光／Hikari」

「AI コンストシェルジュ光／Hikari」は、建設業に特化した生成 AI サービスであり、ChatGPT などで行われる大規模言語モデルを活用して建設業のあらゆる業務をサポートする。各社員が AI を秘書として持ち、雑多な質問や自社の過去情報の検索、文章の作成や校閲などを依頼できる世界を目指す。

Hikari が建設業界や不動産業界の実務で使用される所以としては、建設業特化で AI が調整をされており、通常の生成 AI では学習していない業界に特化した知識や知見、データをもとに回答できる点がある。その証左として実際に一級建築士の試験をクリアするレベルにあるという点は特筆すべき点である。

またその他の特徴としては以下のような特徴がある。

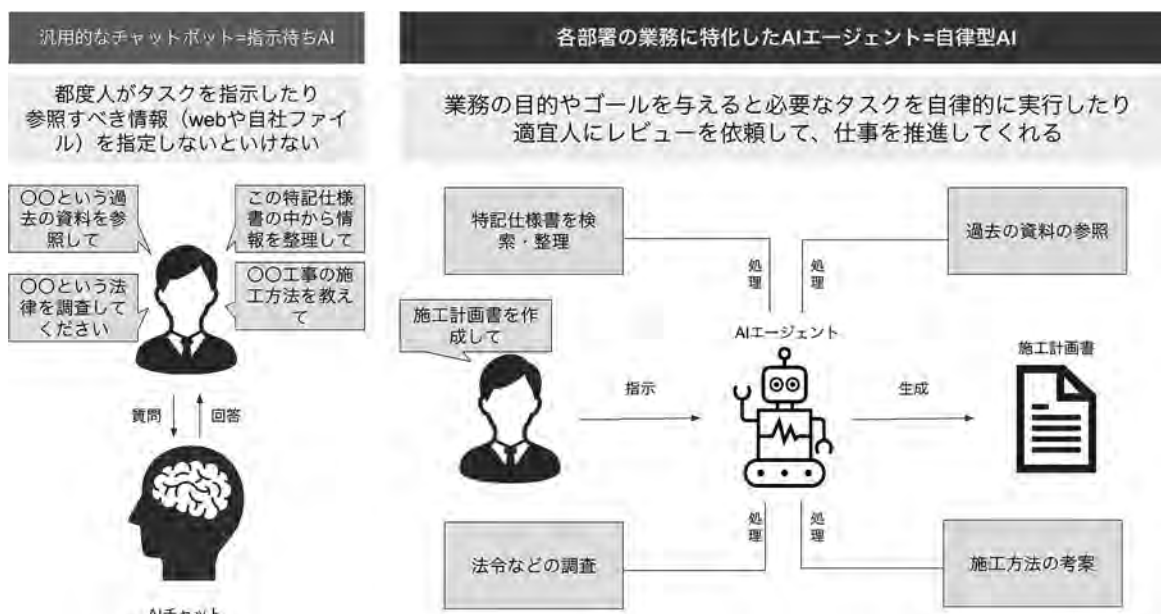
第一に、本ソリューションは建設関連の広範な知識領域（建築、土木、設備、住宅）に対応しており、通常の AI システムでは誤解されがちな業界固有の専門用語も適切に解釈し、高精度な情報処理を可能にする。第二に、社内データの包括的な活用が挙げられる。過去の事例、案件情報、社内規則といった企業の内部データを連携させ、検索機能を強化することで、社員教育や企業独自のナレッジデータベースとしての利用が促進される。第三に、建設分野に特化した膨大なデータベースを内蔵している点である。JASS や標準仕様書、各種法令など 500 種類以上の管理データを搭載しており、これにより広範な根拠に基づいた AI 活用が

可能となる。第四に、AI エージェント機能の導入である。これは建設業における多様な業務フローに対応した自律的に業務を実行される AI エージェントとして構築・カスタマイズが可能であり、順次リリースが予定されている。最後に、セキュリティ体制の徹底が挙げられる。入力された情報は AI の学習に一切使用されず、外部に共有されることもないので高度なセキュリティが担保されており、加えて ISMS 認証を取得していることから、情報セキュリティ体制の万全さが保証されている。

6. AI エージェントによる業務自動化

3 章で説明したように、現在生成 AI は次のフェーズとして、AI エージェントへ進化を遂げようとしている。AI エージェントによる業務自動化の進展は、生成 AI が次のフェーズへと進化している現状に合致する。この AI エージェントは建設業においても当然活用可能であり、「光／Hikari」にはその機能が導入されている。

「AI エージェント」機能は、建設業の業務フローに特化した自動実行能力を提供する点で、単なる「指示待ち AI」である汎用的なチャットボットとは一線を画す。具体的には、汎用チャットボットはユーザーが都度タスクを指示し、参照すべき情報（Web や自社ファイル）を指定する必要がある。これに対し、AI エージェント（自律型 AI）は、業務の目的やゴールを与えるだけで、過去の資料を参照するといった必要なタ



図一 建設業における AI エージェントの例図解

スクを自律的に実行し、適切な関係者にレビューを依頼するなど、仕事を推進する能力を持つ。例えば、施工計画書作成のような複雑なタスクに対しても、AI エージェントは自律的に過去の資料分析やリサーチを行い、施工方法の素案を生成することが可能である。この機能は順次リリースが予定されており、建設業の業務効率を飛躍的に向上させる可能性を秘めている(図—2)。

7. AI 活用の未来について

昨今は AI が人間の知能を超えるとされる未来の転換点「シンギュラリティ (技術的特異点)」への注目が高まっている。このポイントがいつ訪れるのかについては、2029 年説や 2045 年説、あるいはもっと先だという意見まで、さまざまな予測が飛び交っている。しかし、現時点では誰にも正確な時期を断言することはできない。一方で、AI によって我々人間の仕事や生産活動の多くが代替される時代は、シンギュラリティの前に確実にやってくると考えられ、建設業も、その波から逃れることはできないだろう。もし将来的に AI が物理的な「身体」も持つようになれば、たとえ人間ほどの高度な思考力を持っていなかったとしても、決められたルールや手順に基づいて作業をこなすことは十分可能になるだろう。これは、建設現場のような現場作業から本部での事務作業まで大きな影響を与えると考えられる。こうした未来を見据えたとき、今、我々が取り組まなければならないのは、建設業界に蓄積された技術や知識、現場のノウハウを正しくデジタル化し、次世代へと持続可能な形で継承していくことである。ただ AI を受け入れるだけでなく、それを活かすための「土台」を整え新しい時代に向けて準備していくことこそが、これからの建設業における重要な課題だろう。

8. おわりに

我々は、一昨年から生成 AI サービスをリリースしたが、リリース時からこれまで建設業界では多くの反響をいただいている。一方で、こうした AI を活用しようとする動きは規模が大きい会社では一定あるものの、建設業界全体では必ずしも主流ではないと考える。よって、建設業の隅々までこうした生産性向上が浸透するよう我々は、アクションを起こしていきたいと考えている。また、そのためにはさらなる技術革新で業界に新しい風を起こしていく必要があり、我々は引き続き開発に邁進していきたい。

J C M A

《参考文献》

- ・「生成 AI の活用状況調査」, 帝国データバンク 2024 年 8 月 (https://www.tdb.co.jp/report/economic/2rwpbngj_lop/)
- ・「2024 年度 生成 AI サービス利用動向に関する調査」, ICT 総研, 2024 年 8 月 (<https://ictr.co.jp/report/20240830.html/>)
- ・(一社) 電子情報技術産業協会 (JEITA) 「生成 AI 市場の世界需要額見通し」(2023 年 12 月 21 日発表)

【筆者紹介】

表 光 (おもて ひかる)
燈(株)
AISaaS 事業本部
生成 AI 事業部長



濱 日新 (はま あらた)
燈(株)
AISaaS 事業本部

伊藤 陽生 (いとう ようき)
燈(株)
AISaaS 事業本部

建設機械施工の自動化技術評価用 ベンチマーク指標とその活用

阿 部 太 郎・山 内 元 貴・橋 本 毅

本稿では、建設機械施工の自動化技術を（1）技術の自動化程度や難易度を表す自動施工レベル、（2）技術の社会普及の程度を表す社会実装レベルの2軸で評価するベンチマーク指標を提案する。自動施工レベルは自動車における自動運転レベルに倣ったもので、自動化の度合を示す。社会実装レベルは研究開発段階から市場普及段階までの進展度を示している。本指標の活用例として、現在の建設機械施工の自動化技術を当指標にて分類し、それぞれの技術的高度さとその普及状況を考察した結果を示す。

キーワード：建設機械施工、自動施工、ベンチマーク指標、自動施工レベル、社会実装レベル

1. はじめに

近年の建設業界では、高齢化や人口減少による労働力不足に起因する建設業就業者の減少が懸念されている¹⁾。そのため建設機械による施工を自動化することによって、省人化を図る取組が注目されている。例えば、国土交通省の取組である「i-Construction 2.0」²⁾では、2040年度までに施工現場において30%の省人化を達成し、生産性を1.5倍まで向上させることが目標として掲げられている。

上述の目標達成のために欠かせないことは、自動化に関わる施工技術を客観的に評価することである。例えば、国や組織において研究開発プロジェクトを推進する際は、十分な投資、技術開発促進のために自動化技術の客観的な評価が重要となる。技術的高度、すなわち技術の自動化程度や難易度を誤認したり、社会普及程度、すなわち技術が研究開発の途上なのか、既に上市され普及の途上なのかを誤認したりすると、十分な投資や研究開発が実施されない可能性がある。特に、建設機械施工の自動化に関する技術は多様であるため、それらを俯瞰的に評価できる指標が重要となる。

本稿では、建設機械施工の自動化技術を客観的かつ俯瞰的に評価するため、技術的高度さを表す“自動施工レベル”と社会普及の度合いを表す“社会実装レベル”の二軸で構成される自動施工ベンチマーク指標を提案する。また、本指標の使用例として油圧ショベルの自動化等の主要な自動化技術を分類した結果を示す。

2. 関連研究

技術的高度や社会普及度で技術評価を行った事例を紹介する。それらを踏まえて本稿が提案する指標の特徴を述べる。技術的高度や社会普及度による技術評価の事例としては以下が挙げられる。

（1）自動運転レベル³⁾

SAE International が提唱している自動車における自動運転の形態を分類する指標である。運転者がシステム補助を受けながら操縦を行うレベル1から、システムがすべての操縦や状況判断を行うレベル5までの5段階で構成される。

（2）自動施工レベル⁴⁾

森川らによって提案された建設機械施工の自動化技術評価用の指標である。上述の自動運転レベルを参考に提案されたもので、人がシステムの補助無しで建設機械を操縦し施工を実施するレベル0から、施工現場全体の建設機械がすべて自動化され、施工そのものをシステムが制御するレベル5から構成される。

（3）(ARL) Adoption Readiness Level⁵⁾

ある技術を社会普及度の観点で評価するための指標である。市場の受容性や、生産時におけるリスクなど複数の観点から技術評価を行い、商用化などを促すことが目的である。

以上の指標は、技術的高度、あるいは社会普及度の

いずれか一軸で評価を行うためのもので、「技術的高度が高く普及していない」といった状態を一望できない。本稿の指標は、技術的高度と社会普及度の2軸で評価することにより、その両面を同時に俯瞰することを目的としている。

3. 自動施工レベルの検討

本指標の自動施工レベルは、技術の高度さを表すもので、森川らが提案した指標⁴⁾をベースとして再構築したものである。表—1に本指標における自動施工レベルを示す。自動運転レベルが車両単体での自動化程度で定義されるのに対し、自動施工レベルは施工現場全体の自動化程度も評価対象として定義されている。レベル0～2.9にかけては建設機械単独の自動化技術に関する分類であり、レベル3～5は複数台の自動運転建設機械を活用した自動施工事例に関する分類となっている。自動施工の分類は以下の観点から行う。

(1) 作業指示

実際の建設機械施工においては、施工会社が施工開始前に建設機械をどの場所で、どのように使用するか計画を立て、それに基づき現場の職長が各建設機械オペレータに対し指示を行っている。施工会社による作業計画や職長の現場指示を、本稿ではまとめて作業指示を呼称する。施工全体の自動化実現のためにはこの作業指示を自動化する必要がある。表—2に示すように、以下の観点から分類を実施する。

(a) 特定現場への依存性

施工時の作業計画や機械のオペレーション等の作業指示は各現場で個別に計画、指示されているため、特定現場の状況に強く依存している。システムで作業指示を自動化し効率化するためには、作業指示を整理し特定現場への依存性を下げ、複数の現場で使い回せるようにすることが重要である。

自動施工の高度化が実現されるシナリオとして、特定現場で自動施工の検証を実施後、作業指示が整理されることで他の工事に拡大することが考えられる。本指標では特定現場における自動施工をレベル3、作業指示が整理され、特定現場への依存性が低下した自動施工をレベル3.5としている。

(b) 作業指示者（システムか人か）

作業指示者がシステムか人かによる分類である。作業指示が整理されつつも主として人が作業指示を実施している場合は、レベル3.5とし、システムで実施されている場合はレベル4とする。

表—1 自動施工ベンチマーク指標における自動施工レベル

レベル0	非自動運転
レベル1	作業補助
レベル2	機械単独の部分自動化
レベル2.9	機械単独の全体自動化
レベル3	複数機械による自動施工 ・作業指示：人
レベル3.5	複数機械による自動施工 ・作業指示：人 ※特定現場のみ対象とした 作業指示
レベル4	複数機械による自動施工 ・作業指示：システム ※特定現場に限定されない 作業指示 ODD（運行設計領域）内で 自動化
レベル5	複数機械による自動施工 ・作業指示：システム ODDの制約を超えた 完全自動化

表—2 作業指示形態に基づく自動施工の分類

		作業指示の実施者	
		人	システム
作業指示の現場依存性 有無	有	レベル3	
	無	レベル3.5	レベル4

(2) 運行設計領域（ODD）

安全のために、個々の機械が有する性能や使用方法に応じて運用環境等を制限することを指す。自動車における自動運転レベルで考え出された概念で、これにより事故を防止する。例えば鉱山現場で碎石運搬用に使用される自動運転ダンプトラック⁶⁾は、固定エリア内の決められた道を走ることを前提としてODDを設定しており、エリアから逸脱した際は停止させるか、人による運転が行われる。本指標においてはODDにより制約が与えられた状態の自動施工をレベル4、ODDによる制約がない状態、即ち完全な自動施工をレベル5としている。

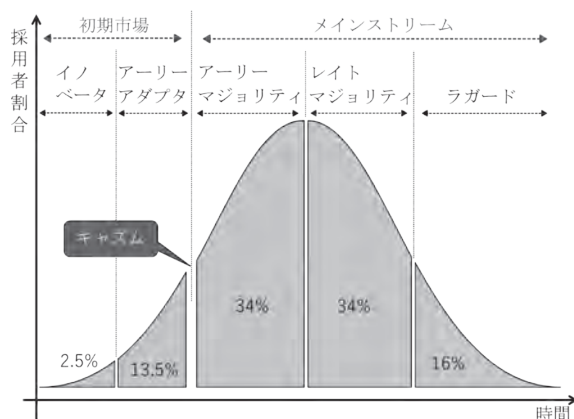
4. 社会実装レベルの検討

本指標における社会実装レベルを表—3に示す。自動化技術の社会的普及程度を示すために、本稿のベンチマークではムーアのキャズム理論⁷⁾に基づいた指標を構築した。

キャズム理論では、イノベータ理論⁸⁾で定義されている5つの消費者グループの普及曲線上に、市場拡

表ー3 イノベータ理論における消費者の分類（例：新技術に対する考え方）

イノベータ	新技術に最も興味有、採用も最も早い
アーリーアダプタ	情報収集して新技術の優位性を判断の内採用
アーリーマジョリティ	上記グループの影響を受けつつ、慎重に判断する
レイトマジョリティ	懐疑的だが、採用者が過半数を超えると追随
ラガード	新技術に関心なし



図ー1 キャズム理論の概要

大の鍵となる“溝”が存在すると説明されている。各グループの分布イメージを図ー1に、新技術に対する姿勢の特徴を表ー3に示す。

イノベータに近いグループほど、新技術採用に積極的なグループである。キャズム理論は、アーリーアダプタとアーリーマジョリティ間の価値観ギャップに注目したものである。市場の最初の16%（イノベータ2.5%＋アーリーアダプタ13.5%）を「初期市場」、残りを「メインストリーム」と呼び、16%を超えれば技術は信頼性を備えており、デファクトスタンダードとして受け入れられているとみなせる。社会実装レベルでは、この閾値を超え普及率20%に達した状態を最終目標とし、表ー4に示すように研究開発状況や市場シェアなどで段階を区分する。

5. 自動施工ベンチマーク指標を活用した自動施工技術の分類

ベンチマーク指標の使用例として、主要な自動施工関連技術の普及度や技術的高度の俯瞰を行う。公開されている情報を元に、主要な自動施工関連の技術や施工事例を本指標へ当てはめることにより、自動施工関連技術の現状を確認する。分類結果を図ー2に、各主要技術の説明を表ー5に示す。分類後の結果を俯瞰すると、例えば以下のことが推察される。

① GNSS／IMU で自己位置を把握し、設計面に合わ

表ー4 自動施工ベンチマーク指標における社会実装レベル

レベル1	研究開発
レベル2	試験施工現場での実装
レベル3	技術の上市
レベル4	市場シェア5%以上
レベル5	市場シェア20%以上

せて作業機を自動制御する技術であるマシンコントロール（以下MC）の内、油圧ショベルMCは上市段階である。更なる社会普及のためには技術を使用することによるメリットの発信、もしくは普及しない原因の調査が必要である。ブルドーザMCはキャズム基準である市場シェア16%を超え、20%以上のシェアがあると推定されるため、安定した普及が望めるとみなせる。

- ②油圧ショベルの自動運転は研究開発、実証レベルである。社会普及を推進させるためには更なる研究開発の実施と上市に向けた実証実験の推進が必要である。
- ③自動施工レベル3.5以上の技術や施工事例が未だ存在しない。社会実装までに時間を要する、あるいは何らかの困難な課題が存在することが推察される。

6. ベンチマーク指標のさらなる活用案

前章でベンチマーク指標により既存技術の分類を実施し、現在の自動施工技術の確認を実施したが、これらは主に建設機械施工全体を対象とした分類である。以下のように対象を限定することにより、さらなる自動施工技術の分析が期待される。

（1）地域別の自動化技術の分類、分析

各地域、例えば各地方自治体において自動化技術分類ができれば、各地域における自動化技術の実態や地域間の比較が可能になる。

（2）特定の工事を対象とした分類、分析

土木工事だけでも、掘削、盛土、締固め、等々様々なものが存在する。個々の工事での自動化技術普及度は異なることが想定される。各工事を例に要素技術に分

		社会実装レベル				
		レベル1: 研究開発	レベル2: 試験施工現場での実証	レベル3: 技術の上市	レベル4: 市場シェア5%以上	レベル5: 市場シェア20%以上
自動施工レベル	レベル0: 非自動運転			遠隔施工		
	レベル1: 作業補助			振動ローラ締固め管理	油圧ショベルMG	
	レベル2: 機械単独の部分自動化			油圧ショベルMC		ブルドーザMC
	レベル2.9: 機械単独の全体自動化	油圧ショベル自動運転		自動運転 ダンプトラック		
	レベル3: 複数自動機械による自動施工 ・作業指示：人		複数機械による自動施工 (ダム建設工事)			
				複数機械による自動施工 (トンネル工事)		
	レベル3.5: 複数自動機械による自動施工 ・作業指示：人 ・特定現場に限定されない作業指示 ・ODD（運行設計領域）内で自動化					
	レベル4: 複数機械による自動施工 ・作業指示：システム ・特定現場に限定されない作業指示 ・ODD内で自動化					
	レベル5: 複数機械による自動施工 ・作業指示：システム ・ODDの制約を超えた完全自動化					

図ー2 自動化施工のベンチマーク指標を用いた自動施工に関わる技術の評価

表ー5 建設機械施工の主要な自動化技術、自動施工事例

◆遠隔施工 概要：操作者が油圧ショベル等の建設機械を遠隔地から操作する技術 自動施工レベル：0（正確には自動化技術ではないが、参考として記載） 社会実装レベル：3（複数メーカーが上市^{9) 10)}、災害現場等の特殊現場で実運用）
◆マシンガイダンス（Machine Guidance, MG） 概要：GNSSなどで機体位置を推定し、3D設計データとの差分をモニターに提示、オペレータの操作を補助する技術 自動施工レベル：1（姿勢・位置を可視化することによる作業補助） 社会実装レベル：4（複数メーカーが上市、災害現場等の特殊現場で実運用）
◆マシンコントロール（Machine Control, MC） 概要：GNSS／IMUで自己位置を把握し、設計面に合わせて作業機を自動制御する技術 自動施工レベル：2 社会実装レベル： ・油圧ショベルMC：3（複数団体が上市^{11) ~ 13)} ・ブルドーザMC：5（主要メーカーによりオプション装備、ブルドーザMGと併せ普及率50%以上¹⁴⁾、MCは推定20%超）
◆振動ローラ締固め管理 概要：転圧回数の管理、または加速度応答により、締固めの品質管理をする技術 自動施工レベル：2 社会実装レベル：3（上市されている事例が複数存在^{15) ~ 18)}。振動ローラ製品にオプション搭載されている場合があるため、より高い社会実装レベルである可能性有）
◆油圧ショベル自動運転 概要：油圧ショベルによる掘削、積込など様々な動作を自動化する。用途の多様さを背景とし、多くの研究事例が存在 自動施工レベル：2.9 社会実装レベル：1～2（国内外の大学^{19) ~ 22)}やスタートアップ企業^{23) ~ 26)}で取組事例有。施工時における作業の複雑さにより未だ実証段階）
◆自動運転ダンプトラック 概要：鉱山現場において、碎石等の運搬のために活用されている 自動施工レベル：2.9 社会実装レベル：3（上市の実績有⁶⁾）
◆施工現場全体の自動化 概要：ダンプトラック・ショベル・ブルドーザなど複数機械を協調制御し、現場工程を統合的に自動化 自動施工レベル：3.0（特定の現場で実証実績が複数存在） 社会普及レベル：2～3（ダム建設工事^{27) ~ 29)}やトンネル工事³⁰⁾で実証中、一部上市済）

類することで、各工事における自動化技術の分析が可能になる。

7. おわりに

本稿では建設機械施工における自動化技術評価のためのベンチマーク指標を提案した。ベンチマーク指標の利用例として、既存の自動化技術を技術的高度および社会普及度で分類することで、自動化技術の現在の様態を俯瞰することができた。

一方で、本指標では自動化技術による省人化効果、工事に掛かる時間の短縮効果は分からない。これらの評価も自動化技術の普及に重要であるため、ベンチマーク指標の要素に取り込む、あるいは別のベンチマーク指標を提案する必要があると考えられる。

本論文で示したベンチマーク指標および、それを構成する自動施工レベル、社会実装レベルは検討段階であるため、様々な意見をいただけると幸いである。

謝 辞

本研究は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第3期「スマートインフラマネジメントシステムの構築」JPJ012187（研究推進法人：土木研究所）によって実施された。



《参考文献》

- 1) 日本建設業連合会, 建設業デジタルハンドブック, <https://www.nikkenren.com/publication/handbook/> (accessed Jun. 12, 2025).
- 2) 国土交通省, 「[i-Construction 2.0] を策定しました ―建設現場のオートメーション化による生産性向上 (省人化) ―」, <https://www.mlit.go.jp/tec/constplan/content/001738240.pdf> (accessed Jun. 12, 2025).
- 3) SAE International, Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles (SAE J3016), 2021.
- 4) H. Morikawa and T. Otsuki, "Study on the Level Concept of Autonomous Construction in Mechanized Construction," Proc. 37th Int. Symp. Automation and Robotics in Construction (ISARC), Kitakyushu, 2020.
- 5) U. S. Department of Energy, "Adoption Readiness Levels (ARL)," <https://www.energy.gov/arl/adoption-readiness-levels> (accessed Jun. 12, 2025).
- 6) Caterpillar Inc., "500+ Autonomous Trucks Operating Worldwide With Cat® Command for Hauling," 2022, <https://www.caterpillar.com/en/news/caterpillarNews/2022/500-autonomous-trucks.html> (accessed Jun. 12, 2025).
- 7) G. A. Moore, Crossing the Chasm, 3rd ed., Harper Business, 2014.
- 8) E. M. Rogers, Diffusion of Innovations, 5th ed., Simon & Schuster, 2003.
- 9) 熊谷組, 「遠隔操作の建設機械に対するシンクロアスリート複数台の同時接続に成功」, 2024, <https://www.kumagaigumi.co.jp/news/2024/pr-20240607-1.html> (accessed Jun. 12, 2025).
- 10) ㈱フジタ, 「バックホウ用遠隔操縦ロボット ロボ QS」, <https://www.fujita.co.jp/solution-technology/3031/> (accessed Jun. 12, 2025).
- 11) 久 隼人, 「マシンコントロール油圧ショベル PC200i-11」, コマツ技報, vol. 63, 2017.
- 12) 松村 秀雄 and 白澤 博志, 「セミオートマシンコントロールシステムを搭載した油圧ショベルの開発」, 建設機械施工, vol. 68, pp. 27-31, 2016.
- 13) 原 純仁, 「ICT ブルドーザと ICT 油圧ショベルの開発」, 計測と制御, vol. 55, pp. 523-526, 2016, DOI: 10.11499/sicej.55.523.
- 14) 国土交通省, 「ICT 施工の普及拡大に向けた取組」, <https://www.mlit.go.jp/tec/constplan/content/001631808.pdf> (accessed Jun. 12, 2025).
- 15) 酒井重工業, 「SAKAI 転圧管理システム Compaction Meister」, https://www.sakainet.co.jp/products/ict/compaction_m.html (accessed Jun. 12, 2025).
- 16) 前田建設工業, 「振動ローラ加速度応答法による盛土管理技術『αシステム』」, 2009, https://www.maeda.co.jp/company/gijutu/research/2009/2009_09.pdf (accessed Jun. 12, 2025).
- 17) 大成建設, 「地盤締固めの品質管理システム『T-iCompaction』を開発」, https://www.maeda.co.jp/tech_service/detail/alphasystem.html (accessed Jun. 12, 2025).
- 18) GEOSURF, 「iRoller CE GNSS 締固め管理システム」, https://www.iwasakinet.co.jp/wp-content/uploads/2021/05/iRollerCE_%E3%82%AB%E3%82%BF%E3%83%AD%E3%82%B0.pdf (accessed Jun. 12, 2025).
- 19) H. Yamamoto, M. Moteki, H. Shao, K. Ootuki, Y. Yanagisawa, Y. Sakaida, A. Nozue, T. Yamaguchi and S. Yuta, "Development of the Autonomous Hydraulic Excavator Prototype Using 3-D Information for Motion Planning and Control," Proc. IEEE/SICE Int. Symp. System Integration, 2010.
- 20) R. Heikkilä, T. Makkonen, I. Nishanen, M. Immonen, M. Hiltunen, T. Kolli and P. Tyni, "Development of an Earthmoving Machinery Autonomous Excavator Development Platform," Proc. 36th ISARC, Banff, Canada, 2019.
- 21) ETH Zurich Robotic Systems Lab, "HEAP - The Autonomous Walking Excavator," <https://rsl.ethz.ch/robots-media/heap.html> (accessed Jun. 12, 2025).
- 22) RPTU Kaiserslautern-Landau Robotics Research Lab, "THOR - Terraforming Heavy Outdoor Robot," <https://rrlab.cs.rptu.de/en/robots/more-robots/thor> (accessed Jun. 12, 2025).
- 23) SafeAI Inc., "Autonomous Mining & Construction Solutions," <https://www.safeai.ai/> (accessed Jun. 12, 2025).
- 24) Built Robotics Inc., "Robots that Build the World," <https://www.builtrobotics.com/> (accessed Jun. 12, 2025).
- 25) ARAV (株), <https://arav.jp> (accessed Jun. 12, 2025).
- 26) ㈱ DeepX, <https://www.deepx.co.jp/> (accessed Jun. 12, 2025).
- 27) 鹿島建設, "A⁴CSEL for Dam", https://www.kajima.co.jp/tech/c_a4csel/dam/index.html (accessed Jun. 12, 2025).
- 28) 大成建設, 「大成建設技術トピックス T-iROBO シリーズ」, https://www.taisei-techsolu.jp/tech_center/topics/t-irobo/ (accessed Jun. 12, 2025).
- 29) 大林組, 「新丸山ダム建設工事における盛土工事で『統合施工管理システム』の実証施工に成功」, https://www.obayashi.co.jp/news/detail/news20240411_2.html (accessed Jun. 12, 2025).
- 30) 鹿島建設, "A⁴CSEL for Tunnel", https://www.kajima.co.jp/tech/c_a4csel/tunnel/index.html (accessed Jun. 12, 2025).

【筆者紹介】

阿部 太郎 (あべ たろう)
(国研) 土木研究所
技術推進本部 先端技術チーム
専門研究員



山内 元貴 (やまうち げんき)
(国研) 土木研究所
技術推進本部 先端技術チーム
主任研究員



橋本 毅 (はしもと たけし)
(国研) 土木研究所
技術推進本部 先端技術チーム
上席研究員



無線ネットワークを用いた建機の効率的な遠隔制御に向けた超低遅延映像伝送技術

中 島 康 之・本 玉 靖 和・實 田 泰 之

建機の自動化・自律化運用による省人化や、災害復旧における危険地域作業において無線ネットワークを介して遠隔から建機を制御する場合、建機に設置したカメラ映像を高品質、安定かつ低遅延に伝送することが不可欠となる。本稿では、遠隔から建機を効率的に操縦するために必要となる、超低遅延映像伝送技術について述べる。またローカル 5G などさまざまな無線ネットワークを用いて遠隔操作実験を行い、超低遅延ビデオエンコーダや適切なエラー耐性機能を活用することにより、遠隔操作における目安とされる End-End 遅延時間を 300 ms 以内に抑えつつ、伝送障害に対しても安定して高品質映像を伝送して建機操縦できることが確認できた。

キーワード：無人化施工，遠隔操作，映像伝送，レジリエントな無線通信，低遅延映像符号化

1. はじめに

国土交通省にて策定された i-Construction 2.0 では、少子高齢化に伴う建設現場での作業要員の減少に対して抜本的な省力化対策に取り組むために建設現場のオートメーション化（自動化・自律化）の推進が述べられており、その1つとして遠隔施工技術の普及促進が挙げられている¹⁾。遠隔施工においては無線環境における現場映像の確認が必要となるが、映像伝送の遅延やパケットロスなどに起因する映像品質劣化により施工効率が低下する可能性がある。このため、ローカル 5G などさまざまな無線環境において遠隔操縦システムを運用する際の課題を整理し、無線環境に応じた実験システムを構築した。実証試験において超低遅延映像コーデックやパケットロス対策を活用すること

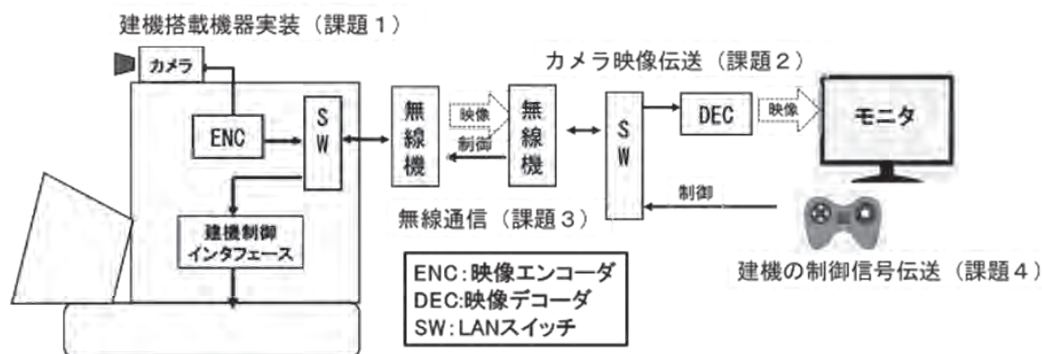
により遠隔操縦に適した環境を構築できることが確認できた。

2. 建機の遠隔操作における課題と対策

以下に建機の遠隔操縦におけるシステム構成と課題を示す（図－1）。

(1) 普及に向けての実装における課題と対策

建機の自律化・無人化施工に関する課題は映像機器選択、建機制御方法、通信手段など様々な要素が複合的に関わるため、それぞれの専門性が求められる点といえる。例えば、建機に搭載するカメラは作業状況把握や危険察知のためには正面、左右、後面で4台程度必要となる。これに伴い映像圧縮伝送のエンコーダも



図－1 遠隔施工のシステム構成

それぞれ必要となるが、コスト観点ではなるべく1つの装置にまとめ、簡単に実装できるようにする必要がある。

(2) カメラ映像伝送遅延に関する課題と対策

カメラ映像を元に遠隔操作を行う上での課題としてはシステム全体の遅延、映像圧縮における符号化データ量の変動、通信ネットワーク品質が挙げられる。以下各課題と対策について述べる。

(a) システム全体の遅延

図—1に示すように、ビデオカメラ、映像エンコーダ、無線ネットワーク、映像デコーダ、映像モニタそれぞれにおいて遅延が発生するため、End-Endの遅延が施工効率に影響を与える。このため、例えばビデオカメラや映像モニタについては秒60フレーム以上の機器を用いることで遅延量を17ms程度に抑えることが可能となる。また、映像コーデック、通信ネットワークは遅延量が数十～数百msレベルになることもあり、慎重に選択する必要がある。

人間の遅延に対する知覚は100ms程度以上との報告があるが²⁾、近年自動車に搭載され始めた電子ミラーは表示までの遅延200msを超えないことが国連で規定されており³⁾、国内でもこれを遵守している。一方、建機の遠隔操作においては、標準的な作業を模擬して定量評価を行った例があり⁴⁾、実験結果からは屋外直視、70ms、300msの遅延において作業効率にはほぼ変化がなかった。このため、300msのEnd-End遅延は施工効率上一つの目安になると考えられる。

(b) 映像圧縮における符号化データ量の変動

映像符号化方式の国際標準のMPEGでは初期のMPEG-1やMPEG-2から最新のVVCに至るまで、他のフレームとは独立して符号化するイントラフレーム符号化と、前後のフレームとの動き補償予測により予測差分を符号化するインターフレーム符号化を組み合わせで高い圧縮率を達成している⁵⁾。ただし、非常に情報量の多いイントラフレームと情報量の少ないインターフレームから構成されているため、ネットワーク帯域が限られている場合は、最大情報量となるイントラフレームを遅延なく伝送できるように設計する必要がある。このため、利用可能な帯域に対して平均符号化レートを低く設定する必要がある、結果的に所望の画質を得ることが困難となる可能性がある。さらに建機に複数のカメラを設置する場合、それぞれの映像は異なる方向を向いているため、発生する情報量も異なり、全体の伝送量にある制限内に制御することは困難になる可能性がある。

また、(a)項で述べた遅延にも影響するが、MPEGでは通常前後のフレームを用いて予測符号化している。このため、デコーダ側では時間的に後のフレームの情報が揃わないと現フレームのデコードができないため、後続のフレームバッファ分の遅延が発生する。したがって、低遅延性が要求される場合は符号化効率を少し犠牲にして時間的に前のフレームのみを用いて符号化する必要がある。

なお、MPEGでは他の低遅延符号化手法としてイントラスライス符号化を用いることが可能である⁶⁾。この場合、イントラフレームを用いずにすべてインターフレーム符号化とし、各フレームにおいて、あるスライスのみをイントラ符号化することで、低遅延性と各フレームの符号化情報量の均一化を図ることが可能となる。

(c) 通信ネットワーク品質

有線、無線ネットワークいずれもIP伝送を行う場合、伝送遅延、ジッタ、パケットロス、帯域変動の4つの品質劣化要因について留意する必要がある。伝送遅延についてはネットワーク構成に依存する部分が大きいが、Wi-Fiやローカル5Gのように局所エリアで利用する場合は大きな遅延にはならない。しかしながら、通信キャリアが提供するLTEや5Gについては、最寄りの基地局と無線コア設備を経由し、また遠隔地の場合は基幹回線網を用いることからこれらの遅延影響がある。さらに、地球から3万6千km離れている静止衛星通信回線では数百ms以上の伝送遅延、500～1,000km程度の低軌道衛星では100ms以下になる可能性があり、利用するネットワークによる影響を精査する必要がある。

ジッタについては、パケット到着間隔が変動することにより発生するが、映像のデコーダはある許容時間内に復号して表示することが求められるため、ジッタによりパケット到着が遅れると最悪のケースでは、そのパケットデータを用いて復号するフレーム再生時間に間に合わず再生フレームがドロップされ、スムーズな表示ができなくなる可能性がある。このため、ジッタが大きなネットワークを利用する場合はあらかじめデコーダ側のバッファ容量を増やしておく必要がある。

パケットロスについては、特に無線環境では障害物や雑音により伝送ロスが発生する。前者については建機から無線基地局が常に見えている環境では問題ないが、建機作業においてバックホウが旋回するような場合に基地局から一瞬見えなくなりパケットロスが発生する。後者については、例えば豪雨や干渉などで十分に受信信号からパケットを復元できないような場合に

パケットロスが発生する。このため、前者については ARQ (Automatic Repeat reQuest) などの手法によりロストしたパケットを再送信するような方法を用いることが可能である。ただし、この場合再送信処理に必要な遅延が発生する。また、後者については FEC (Forward Error Correction) などのエラー訂正技術を用いることが有効となるが、エラー訂正用のオーバーヘッドが必要となるため、伝送に必要な情報量が増加する。

帯域（スループット）については、映像を所望の品質で伝送できるかを決定するための重要なパラメータとなる。特に建機の映像伝送のような場合は上りの帯域が重要となる。また、静止衛星回線経由の無線ネットワークでは通常数百 kbps 程度帯域しか確保できないが、最近登場した低軌道衛星では上り回線でも 5–20 Mbps 程度の伝送速度が得られ⁷⁾、それぞれの無線回線の特徴を踏まえて選定する必要がある。さらに衛星通信回線や通信キャリアが提供する LTE や 5G などパブリックなネットワークを用いる場合、ネットワークの利用状況により帯域変動が予想されるため、エンコーダ側で利用可能な帯域に適応的に対応できるよう制御する必要がある。

(3) 無線通信を利用する上での課題と対策

これまで映像を用いた無線接続による遠隔施工については、1993 年に普賢岳災害復旧工事において数 km 離れた場所から数 Mbps の業務用無線により遠隔操作⁸⁾した例があるほか、2011 年に福島原発においてメッシュ無線 LAN を用い、10 台の建機で遠隔施工を行っている⁹⁾。近年は第 5 世代移動システム (5G) や低軌道衛星通信が利用可能になってきており、遠隔から映像伝送して建機を操作するための無線通信環境の選択肢が従来に比べ格段に広がっている。また、建機の旋回などにより通信路が瞬断するような施工現場ならで

はの状況に対して、メッシュ型ネットワークの利用や、ARQ などのエラー対策を施しレジリエントな無線ネットワークを構成する必要がある。さらに回線の帯域変動も予想されるため、映像コーデック側での適応レート制御が必要になる。

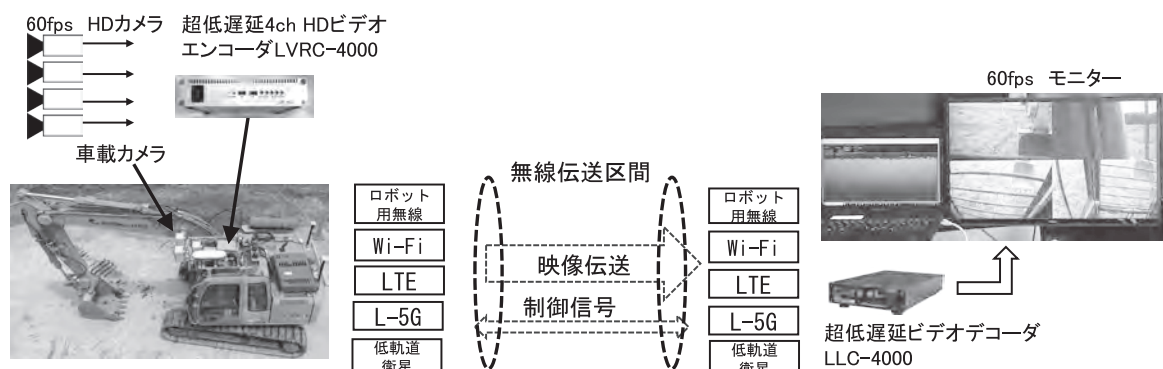
(4) 建機の制御信号伝送における課題と対策

建機を遠隔から操縦するためには建機からの映像情報を基に建機を制御する制御信号を建機側に送る必要がある。映像を圧縮して伝送する場合には、建機の走行や旋回などで画像の変化量が大きくなると符号化情報量も大きくなる。このため、映像伝送ネットワークは無線 LAN などを用い、制御信号用には特定小電力無線を使うなど、ネットワークを分けることがあり、システムが複雑になる可能性がある。このため、複数カメラ映像が搭載されていても、それぞれの符号量を綿密に制御してどのようなシーンでもトータルの符号量を一定以内に収めることにより、制御信号についても映像伝送のネットワークと同一のネットワークで伝送することが可能となる。

3. 遠隔制御実験

(1) 実験概要

2 章で述べた課題を解決するために必要な技術を検証するために無線ネットワークを利用して遠隔制御実験を行った。実験システムとしては、建機側には 4 台のビデオカメラとビデオエンコーダを搭載し、各種無線ネットワークに接続し、復号された映像を見ながら建機を遠隔操縦した (図—2)。実験は国立研究法国土木研究所の自立施工技術基盤 OPERA を利用し実施した。実験フィールドでは遠隔操縦席は①エリアに設置し、走行 (A→D)、旋回 (A, C 点) 等を行った (図—3)。



図—2 実験システム

(2) 実験環境

建機に搭載したカメラはフル HD (1,920 画素×1,080 ライン) で 60 fps キャプチャが可能なビデオカメラを用いた。ビデオエンコーダについては MPEG の HEVC 方式で高圧縮が可能な超低遅延 4K ビデオエンコーダをベースに、1 台で 4ch のフル HD 映像を同時エンコードして、4 ストリーム出力し、建機に後付け可能なエンコーダ (LVRC-4000) を新たに開発した (図-4)。

無線ネットワークについては現実的に入手が可能かつ、なるべく多様な環境での特性を評価するために、以下の 5 種類のネットワークを用いた。

① 5.7 GHz ロボット用無線¹⁰⁾

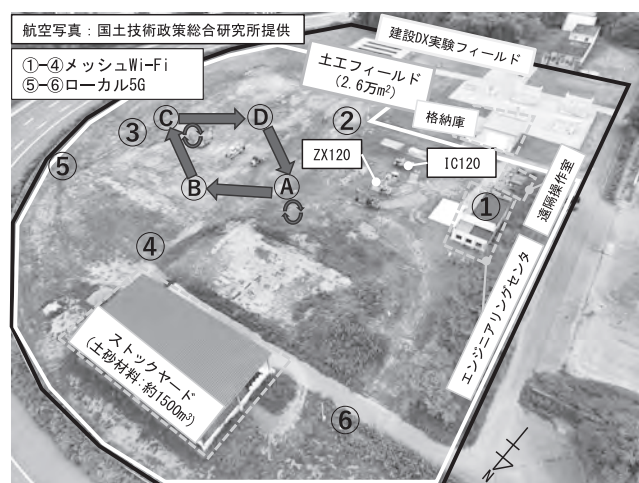


図-3 実験フィールド

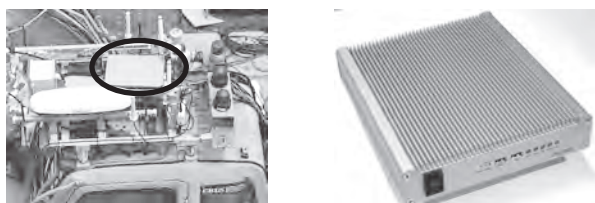


図-4 4ch HD エンコーダ (LVRC-4000)

② メッシュ Wi-Fi

③ キャリア LTE

④ 低軌道衛星通信回線

⑤ ローカル 5G

なお、④の低軌道衛星については災害現場などで通信キャリアの携帯回線、光回線が利用できないような状況を想定し、建機からメッシュ Wi-Fi 経由で低軌道衛星回線に接続し、そこからインターネット経由で光回線 (VPN 接続) や LTE を用いて遠隔制御側まで接続した。

(3) 静的ネットワーク特性

静的なネットワーク特性を以下に示す (表-1)。表において「移」は移動端末、「基」は基地局側を示す。

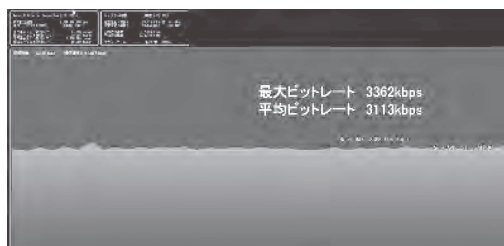
表から静止状態では 10 Mbps レベルの低軌道衛星通信を除き、上り下りともに 20-40 Mbps 程度のスループットが得られていることがわかる。回線遅延については、ロボット用無線とメッシュ Wi-Fi が平均 4-5 ms であるのに対し、LTE やローカル 5G では平均 30-40 ms の遅延が計測された。低軌道静止衛星回線については LTE 経由で平均 84 ms、光回線経由で 60 ms となり、静止衛星通信回線に比べて大幅に遅延量が削減できている。

遅延ジッタについてはネットワークの構成上、ロボット用無線とメッシュ Wi-Fi のみの測定となったが、Peer-to-Peer 接続していたロボット用無線では ±7 ms 程度のジッタとなった。一方、メッシュ Wi-Fi では 50 ms レベルのジッタが生じていることがわかった。パケットロスについてはロボット用無線のみの計測となったが、静止状態では特にエラーなく伝送できていた。

なお、4ch の映像伝送の符号化レートは安定しており、また制御信号のデータレートは非常に小さく、各ネットワークのスループットは十分確保されているこ

表-1 各種ネットワークにおける伝送特性

システム構成	静止/移動	スループット Mbps		パケット損失	遅延 ms			揺らぎ ms	
		移→基	基→移		最小	平均	最大	最小	最大
ロボット用無線	静止	33	28	0%	2.77	3.87	8.25	-6.02	6.98
〃	移動	27	26	0.80%	2.86	24.34	401.8	-448.5	283.7
メッシュ Wi-Fi	静止	39	44	-	2.96	5.40	30.00	-52.66	52.81
〃	移動	52	50	-	3.47	11.82	142	-274.0	275.1
キャリア LTE	静止	29	27	-	22	33	54	-	-
〃	移動	30	26	-	22	46	175	-	-
ローカル 5G	静止	26	26	-	31	44	56	-	-
低軌道衛星 + LTE	静止	9	10	-	55	84	203	-	-
低軌道衛星 + 光	静止	15	14	-	33	60	290	-	-



図—5 低軌道衛星回線による映像伝送特性

とが確認できたため、制御信号もこのネットワークに含めてインバンドで伝送を行った。参考に低軌道衛星回線で1chの映像を伝送した時のビデオ符号化レートの変動を示す(図—5)。図からもビデオエンコーダのレート制御が有効に働き、最大ビットレート以下で安定して符号化伝送できていることがわかる。これらの結果からビデオエンコーダの設定としては、各chで3Mbps(低軌道衛星は1Mbps)の符号化レートでイントラスライスを用いた符号化により低遅延化を図った。

(4) 建機走行・旋回時の特性

建機を走行、旋回させた時の伝送特性についても実験結果を同じ表に示す(表—1)。スループットについては、静止時とおおよそ同程度であった。遅延時間については建機の走行・旋回に伴い、どのネットワークでも増加が確認された。Peer-to-Peer接続のロボット用無線では旋回によるパケットロスの影響で遅延量が平均20ms程度増加し、ジッタ量も最大で300–400msまで増加している。これに対してメッシュWi-Fiでは旋回等による切断発生時も別ルートでの接続となるため、ジッタ量は最大300msレベルとなったが平均遅延量は12msに抑えられた。

(5) カメラからモニタまでのEnd-End遅延時間

ビデオカメラ入力から映像モニタ出力までのトータルの遅延時間について、パケットロス対策として誤り訂正(ARQ)を利用しない場合と利用した場合で測定した。

ARQがオフの場合、ネットワーク以外の遅延量(ビデオカメラ+ビデオエンコーダ+ビデオデコーダ+ビデオモニタ)は103msに抑えられた。別途ビデオエンコーダからモニタまでの遅延を測定すると86msとなっており、カメラでの遅延は17msレベルといえる。さらにネットワーク遅延を加えた場合でもトータルで115–163msとなり低遅延性を確保することができた。

一方、ARQがオンの場合、100ms程度の遅延増加



図—6 映像品質比較
(上: ARQ オフ, 下: ARQ オン)

となり、トータルで210–260msの遅延になったが、効率的な建機の遠隔操縦の目安となる300ms以下に抑えることができた。またこの場合、いずれの回線においても安定して映像伝送ができることが確認できた。ARQオフとオンにおける画質劣化とその改善例を示す(図—6)。図からもわかるように、ARQオフ(図—6上)では建屋の右側などが大きく劣化しているが、ARQを適用することで、パケットロスとなったパケットが再送され、正常に復号できていることがわかる(図—6下)。

4. おわりに

本研究では、比較的高速伝送が可能な5種類の無線ネットワークと超低遅延映像コーデックにより遠隔からの建機制御について静止時および建機動作時におけるネットワーク性能および映像品質について評価を行った。

いずれの無線回線でも上り、下りともに10–40Mbpsレベルのスループットが得られることが分かった。また建機の走行・旋回においてもネットワークの遅延は10–60msに抑えられ、超低遅延ビデオコーデックを用いることにより、ARQなしの場合End-End遅延量は160ms以下となった。またARQを適用することで遅延量は約100ms増加したが、建機旋回時などにおいても映像品質は大幅に改善でき、効率的な無人施工に必要な最大遅延量をクリアできることが確認された。

一方で、現時点ではまだ通信や映像コーデックに関して特に知識がなくてもすぐに活用できる状況とはいいがたく、建機の自動化・自律化が今後広く普及・利用されるためには機器設定含め建設作業者が簡単に設置活用できるようヒューマンインタフェースの工夫などの取り組みが必要になると考えられる。

謝 辞

本研究は、(国研)土木研究所、ハイテクインター(株)、(株)ジッタ中国、および(株)中電工との共同研究(「自律施工技術基盤 OPERA を利用した機械土工の生産性向上に関する共同研究」)として実施した。本研究にかかわる議論やサポートをいただいた関係諸氏に謝意を表する。

また、本研究を遂行するにあたり、ローカル 5G システムをお貸出しいただいた、国土交通省国土技術政策総合研究所に感謝する。

J C M A

《参考文献》

- 1) 国土交通省, i-Construction 2.0 ～建設現場のオートメーション化～, 2024
<https://www.mlit.go.jp/tec/constplan/content/001738240.pdf>
- 2) 宮里, 岸野, 視覚情報と触覚情報との間の遅延知覚に関する主観評価, テレビジョン学会誌, Vol.49, No.10, pp.1353-1356, 1995
- 3) Proposal for Supplement 4 to the 04 series of amendments to Regulation No. 46 (Devices for indirect vision) 2016. <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2016/wp29/ECE-TRANS-WP29-2016-089e.pdf>
- 4) 伊藤, 藤野, 安藤, 通信遅延が建機の遠隔操作性に与える影響のモデルタスクによる評価, 第 16 回建設ロボットシンポジウム論文集, No.06-1, 2016
- 5) 高村, 映像符号化の歴史, 映像情報メディア学会誌 Vol.77, No.2, pp.194-198, 2023
- 6) 坂手, 符号化装置の制御技術, 映像情報メディア学会誌, Vol.67, No.5, pp. 397-400, 2013
- 7) スターリンク仕様,
<https://www.starlink.com/legal/documents/DOC-1470-99699-90?regionCode=JP>
- 8) 久武, 中里, “建設機械等の遠隔施工と電波利用”, 建設の施工企画, 12.5, pp31-39, 2012
- 9) 木村, “福島第一原発のがれき撤去, 危険作業を遠隔操作で”, 日経 XTECH, 2013
<https://xtech.nikkei.com/kn/article/knp/column/20131028/637735/>
- 10) 総務省, “ドローン等に用いられる無線設備について”,
<https://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/others/drone/>

〔筆者紹介〕

中島 康之 (なかじま やすゆき)
ハイテクインター(株)
専務取締役



本玉 靖和 (ほんたま やすかず)
ハイテクインター(株)
取締役副社長



實田 泰之 (じつた やすゆき)
(株)ジッタ中国
代表取締役



施工計画自動生成 AI 開発促進に向けた 学習用データの整備に関する検討状況

大 槻 崇・杉 谷 康 弘・二 宮 建

平成 28 年から始まった建設現場の生産性向上に向けた政策パッケージである i-Construction での「ICT 活用工事」はその工種・件数ともに拡大が進んでいる。令和 5 年にはそれを ICT 施工 Stage I と位置づけ、施工の自動化を展望する ICT 施工 Stage III という構想が発表されるに至っている。この施工の自動化の実現には、施工計画自動生成 AI の開発促進が必要と指摘されている。この施工計画自動生成 AI の開発促進に向けた学習用データの整備に関する検討について、第 6 回「i-Construction の推進に関するシンポジウム」での発表概要に令和 6 年に行ったデータ構造の検討等を加えて報告する。

キーワード：自動施工、施工計画、AI、地形データ、API

1. はじめに

平成 28 年度から、国土交通省は、建設現場の生産性向上の取り組みとして、i-Construction を開始した。担い手確保が難しくなりつつある各種生産活動において、他産業よりも、高齢化率が高く、かつ一人当たり付加価値労働生産性が伸び悩む建設分野において、一人当たりの生産額を向上させるべく、ICT 技術の全面的な活用、全体最適の実現、施工時期平準化を柱に、国土交通省発注工事において取り組みをはじめた。

特に、ICT 技術の全面的な活用においては、施工現場における計測作業を効率化させる各種計測技術や、操縦に自動制御を用いる建設機械の導入・活用を促進することで、時間当たり生産額の向上を目指してきた。令和 6 年 12 月に開催された、i-Construction・インフラ DX 推進コンソーシアム：第 10 回企画委員会にて示された資料では、国土交通省の発注する取り組みの対象となる工事全体で、2015 年比約 21% の労働時間縮減が達成したと推計された。

令和 5 年 3 月に開催された第 16 回 ICT 導入協議会において、それまでに展開してきた公共土木工事での新たな計測技術や、GNSS や自動追尾 TS などの測位技術と自動制御技術を用いて一部の操縦を自動化した建設機械の活用促進を「ICT 施工 Stage I」と位置づけるとともに、新たに、更なる少人化（人を省くのではなく、少なくなる人手での施工に対応するの意）に対応した施工の遠隔化と自動化を実現した未来として「ICT 施工 Stage III」を展望する構想を発表した（図一



図一 国土交通省発表の ICT 施工の将来発展イメージ

1)。この中で、施工の自動化に関し、「施工計画自動生成 AI 等の活用」が明示されており、国土技術政策総合研究所では当該 AI の開発に必要な学習用データの収集に向けた、学習用データセット案の検討を進めてきている。

本稿では、令和 6 年 i-Construction の推進に関するシンポジウム（土木学会）での発表概要とそれ以降の検討成果を合わせて報告する。

2. 施工計画自動生成 AI 開発の意義

現在の地形を、望む形に変えるために土の移動を行う「土工」と呼ばれる土木工事でも最も基本となる作業において、ショベルによる法面の整形作業やブルドーザによる整地作業での作業装置の刃先の制御を半自動化する技術が、ICT 施工 Stage I において導入促進さ

れてきた。

これらと同時に、一部の先進的な施工会社や建機メーカーにおいて、ある特定の現場条件の中で、ショベル／ベッセルダンプ／ブルドーザ／振動ローラが、“人間の定めた施工動作順序に従って”動作・連動し、土砂置き場から盛土ポイントまで土を移動させ、盛土と締固めまでを自動に行う自動施工システムの試行が進められるなど、自動動作を行う施工機械の制御技術の活用の試みが進められてきている。

この“人間の定めた施工動作順序”の、自動生成に取り組んでいこうというのが、図—1の図中におけるStageⅢの項目中にある「施工計画自動生成 AI」の意味である。より具体的には、自動化された建設機械をどのように組み合わせて使い、どのような順序で地形形状を変えていくのかについての施工計画の一部分を指している。

ここで、施工計画の一部を指すとしたが、それは、土工の施工計画のうち、土量配分計画については、すでに実用に足るシステムが実現できていることを踏まえている。土工において、どこの土を切り取り、どの場所にその土を運び、盛り立てるかについては、土量配分計画と呼ばれる計画が立てられる。この土量配分計画は、40年以上前から、現況地形図と完成形を表した設計図とを比較し、各地点毎の切土盛土の量を算出して、どこの切土で発生する土をどこの盛土に用いると運搬が最も使用燃料が少ないか、又は短期間で工事が終わるかなどの計画作業に関する線形計画法などを用いた自動算出の研究と共に、その成果の現場実用が進んできている。

しかし、この土量配分計画をもとに、どのような建設機械と施工方法を採用し、それを具体的な作業としてどの地点の作業から取り掛かるかといった施工順序や、どのタイミングでどこに工事用道路を切り回していけば効率的な施工となるかといった仮設道路計画については、それをコンピュータプログラムにて行おうとすると、ありうる作業順序の全てのパターンをしらみつぶしに洗い出し、それらの全パターンについて評

価し、最適な作業順序を選定することが必要になる。これはいわゆる「組合せの最適化問題」と言われるもので、その計算には土量配分計画で用いられる線形計画法の計算時間よりも膨大な計算時間が必要となるほか、計算リソースを縮減するための制約条件の割り当てに、高度な数学的操作が必要なことなどから、様々な現場で汎用的かつ実用に耐えうるレベルでのプログラムの実現は確認されていない。このことから、人間が設定した仮設道路の計画の下で、重機の必要台数を算定したり、待ち行列理論を適用した生産性シミュレーションを行う、部分的な支援プログラムの開発と活用に残ってきた。

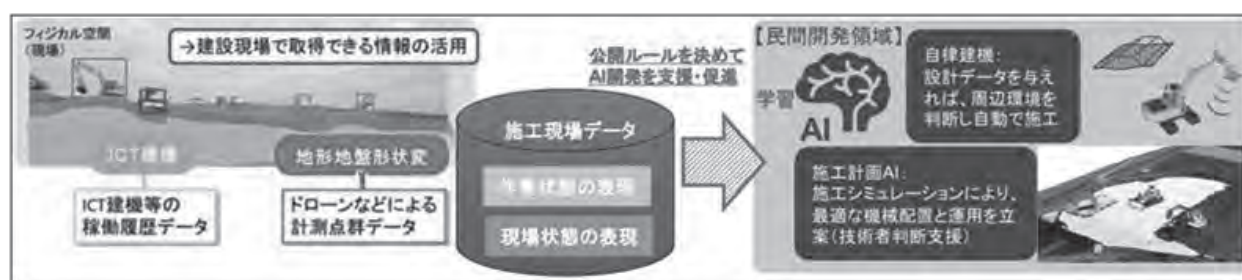
つまり、機械土工における、①土量配分計画、②仮設道路配置・施工順序決定、③重機での実施工というプロセスにおいて、その上流側①と下流側③での自動化が進みつつも、その間をつなぐ②に関し、それを本格的に自動生成していく取り組みが行えるようになるかどうか、施工の自動化・自律化を実現する鍵となってきた。

3. 施工計画自動生成 AI の開発に向けたアプローチと学習用データの整備の意義

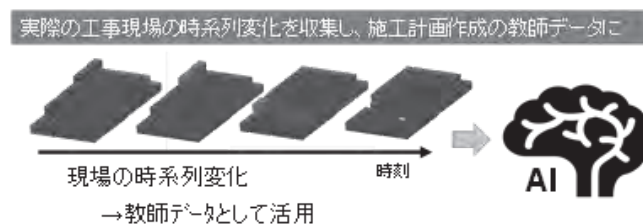
従来のコンピュータでは能力上難しかった組合せ最適化のアプローチによる施工計画自動生成の実現に向け、建設発生土の運搬計画の最適化計算に関し、アニーリング方式の量子コンピュータを用いた解決に取り組む動きもある。

他方、ディープラーニング手法にけん引される新たな世代の「機械学習」等を用いて、施工計画自動生成 AI の実現に向けた動きを活性化すべく、既存の人間が行う施工計画とその実際の施工順序等を学習用データとして、それを再現するためのルールを探していくアプローチや、強化学習を行うための現場の数理モデルを構築する取り組みにも期待が高まっている。

このアプローチの支援に向け、施工現場における施工の履歴を記録し、その作業順序となった理由を説明



図—2 施工計画自動生成 AI 開発のための学習用データとそれらが利用されていくイメージ



図—3 学習用データとそれを用いた AI 開発のイメージ

してくれるデータと想定されるものを一定のルールに基づくフォーマットで提供していくことが有益と考え、施工現場の時系列変化情報のデータに関する標準(素案)の策定に関する検討を進めている(図—2, 3)。

4. 学習用データセットの素案

施工現場の時系列での変化情報に関するデータ標準を「工程進捗データ標準」と呼称し、検討を進めてきた。

令和6年のi-Constructionの推進に関するシンポジウム(土木学会)において発表を行ったが、それ以降の検討成果である、データリストへの追加データ項目、各データの連結関係を明確化したデータ構造の整理状況を新たに加えて報告する。

(1) 工程進捗データ標準素案の構成

「工程進捗データ標準(素案)」は、ICT建設機械にAIを組み合わせて自律施工を行う技術の開発促進を目的に、その開発のための学習用データに関する標準(データ項目の内容、データ形式など)の素案として定めたものである。施工現場の地形形状の変化をとらえる「現場状態」データと、その変化を起こした作業機械の「作業状態」データの2種類を基本としている。

「現場状態」データは、建機の作業装置の稼働履歴や位置の記録、UAV写真測量等による地形形状計測データにより得られるものとして「施工データ編」として整理した。他方、「作業状態」データは、「現場状態」データのうち、作業装置の稼働履歴や位置の記録によるものから判定することを当初は想定していたが、検討の結果、現場の建機の作業映像を並行して取得することが有用であるとの結論に達し、作業機械の作業状態データの補完として「映像データ編」を作成するに至った。

(2) 「施工データ編」

施工データの項目の定義は、施工順序と作業内容、施工結果の地形形状と着工前地形形状等の工事基本データの基本3項目と、施工条件等を規定する追加5

表—1 ①建機の動作に関するデータ

データセット	説明	データ項目	形式(単位)	計測間隔	取得方法(例)
施工の作業順序情報	建機の位置情報、時刻等	位置・高さ情報 時刻情報	緯度経度標高、世界測地系 日付(Date) 時間(Time)	作業中(秒単位)	・ICT建機の作業装置位置や測位技術の設置位置(GNSS, TS等) ・映像データの位置解析
建機の作業内容情報	土砂掘削や盛土など建機の作業内容	作業内容	テキスト	作業中(秒単位)	・ICT建機の各種センサの作業内容解析による ・映像データの作業内容解析 ・オペレータ等による手入力
建機管理のための情報	建機名、メーカー等	建機名	テキスト	着手時に設定	システムへの手入力等
		メーカー	テキスト	着手時に設定	システムへの手入力等
		建機種別	テキスト	着手時に設定	システムへの手入力等
		建機仕様	テキスト、数値	着手時に設定	システムへの手入力等

表—2 施工の作業順序情報(表—1内「施工の作業順序情報」の詳細)

パラメータ名	必須/任意	パラメータ(json内表示)	データ型	Sample
プロジェクトID	必須	project_id	text	P00001
建機ID	必須	machine_id	text	M00001
作業順序情報	x	必須	float	50.5
	y	必須	float	50.5
	z	必須	float	50.5
	タイムスタンプ	必須	array	YYYY-MM-DDThh:mm:ss.fff+hh:mm
			at	2022-01-01T00:00:00.000+09:00 (タイムゾーン表記を指定) ※ISO8601に準拠
作業内容		machine_coordinate_list	Work type	Enum 【バックホウ・ダンプの場合】 土砂集積 土砂移動 整地 法面整形 土砂掘削 積込 待機 停止 移動 その他 【ブルドーザの場合】 押土(敷き均し) 整地 整形仕上げ 押土集積 鋤取り集積 盛土 切土 転圧 待機 停止 移動 その他)
				土砂掘削

項目で構成している。

【工事基本データの基本3項目】

- ①建機の動作に関するデータ(作業順序など)
- ②地形データ(施工結果情報)
- ③工事基本データ(着工前地形データ)

【施工条件等を規定する追加5項目】

- ①地質データ(土質、体積変化率、含水比など)
- ②気象水文データ(施工時期とその気候情報)


```
{
  "project_id": "P00001",
  "machine_id": "M00001",
  "asbuilt_id": "A00001",
  "as_built_coordinate_list": [
    {
      "x": "50.5",
      "y": "50.5",
      "z": "50.5",
      "at": "2022-06-08T18:00:30.000+09:00"
    },
    {
      "x": "50.5",
      "y": "50.5",
      "z": "43.5",
      "at": "2022-06-08T18:10:30.000+09:00"
    }
  ]
}
```

図—4 表—2のデータのJSON形式の規定例

- ③制約データ（日当たり必要施工量，機器制約など）
 ④その他データ（工事用道路経緯など）
 ⑤データ記録に関するデータ（データ生成者など）

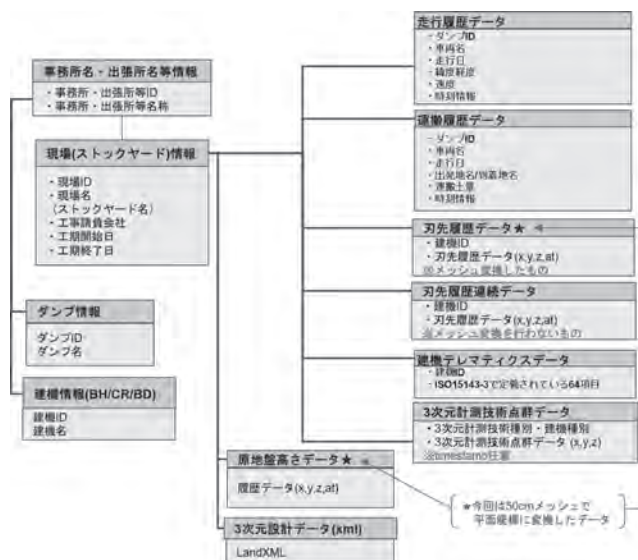
上記データについて，主なものの一部の記載状況を表—1，2，図—4に示す。

建機には，ショベルやブルドーザ，締固め機械，クローラダンプといった場内で動く機械に加えて，令和6年の検討では，公道を走行するダンプについても走行や運搬の履歴を記録することとした。「5.」にて述べるが，このデータのユースケースにおいて，自動施工に加えて高度化施工管理にも活用していくことを想定していることによる。

それぞれ，データ項目の名称，データ内容の説明，形式，計測間隔，取得方法について整理したものとなっている。また，それぞれのデータについては，各種システムからの収集をする際に，様々なメーカーのクラウドシステムとの連携とともに，統一したデータフォーマットで蓄積するべく，web-APIの代表的なフォーマットであるJSON形式の作成も試みている。

これらのデータをデータベース等にて効率的に保存管理する際には，検索性を向上させ，データ属性を効率的に管理するために，データの連結関係を明確にするデータ構造の設計が必要となる。令和6年では，このデータ構造の検討を行った（図—5）。

実際の建設工事現場での効率的なデータ収集にあたり，事務所名・出張所名等情報（工事の発注機関に関する情報）をヘッドに置き，現場情報（発注工事の契約名等）ごとに現場の遷移に関するデータを並列に紐づけた。また，ダンプ情報，建機情報は，発注者情報に並列に置くこととした。当該発注者の管内で同一建機・ダンプが利用される機会が多数あることを踏まえ，建機の所有者がリソースマネジメントに取り組む際に，このような連結関係とすることでダンプIDや建機IDをキーとしたデータ処理の効率化の実現を念頭に置いている。また，災害発生時に，その応急復旧に取り組む際，発注者と受注者及び専門工事業業者間で，被災地周辺の利用可能な建機のリストアップと稼



図—5 データの連結関係を明確にしたデータ構造（案）



図—6 工事全景撮影の例



図—7 工種単位撮影の例

働管理に活用できていくのではないかと観点にも基づいている。こういった観点の意義については、「5.」において改めて述べる。

(3)「映像データ編」

建機の動作情報の記録においては，映像データを並行して活用することとし，映像データの取得にあたり，以下の項目からなる撮影標準を整理した（図—6，7）。

- ①撮影範囲（工事全景撮影，工種単位撮影など）
- ②画質水準（広角レンズ，フル HD，30 fps など）
- ③タイムラプス基準（全景1分・工種30秒間隔）

この撮影標準の検討にあたっては，施工現場の映像データを現場の安全性や生産性の向上検討に活用する「映像CIM」と称する取り組みが先行的に存在してお

り、今回の検討では「映像 CIM」の取り組みで取得される映像データの実情を踏まえつつ、かつ、当該映像データを画像解析 AI（掘削や整地等の 8 項目の作業状態の推定を行う）にて効率的に分析していくことが可能であるかの検証を行った。

5. データ収集に向けた課題と今後の取り組み

上記データ仕様にに基づくデータの収集については、多大な費用が発生する。そのため、本データの収集に当たっては、学習用データとしての使用に加え、追加的な使用方法を模索し、それらの使用方法間でのデータ収集費用のアロケーションを検討する必要がある。

最も有力なデータの追加的な使用方法は、図—1で示されている「ICT 施工 Stage II」という取り組みである。ICT 施工 Stage II とは、機械稼働状況等データを活用して現場進捗の見える化を実現し、工程の改善をリソースマネジメントの観点から進めるという取り組みである。令和 6 年 3 月に国土交通省から「データ活用による現場マネジメントに関する実施要領案」として具体的な方向が示されたが、そこで想定されるリソースマネジメントにおいて用いるデータと学習用データセット案のデータ項目は重なる部分が多く、ICT 施工 Stage II を進めるプロセスにてデータ収集を行うことが効果的である。

これについては、ICT 活用工事の現場で取得される出来形等の計測データを、データ処理を行うそれぞれのシステムを横断して活用できる環境の構築に向け、施工データの API 連携協議会が立ち上がっている。さらには、国土交通省においても ICT 導入協議会のもとに、「施工データ集約・活用のためのスタディグループ」が令和 7 年 2 月から立ち上がり、発注者と受注者との間での効果的なデータ共有と活用を模索する活動が進められている。そこにおける議論に際しても、本検討内容を提供して行く予定である。

J C M A

《参考文献》

- 1) 国土交通省：i-Construction・インフラ DX 推進コンソーシアム（第 10 回企画委員会）資料，https://www.mlit.go.jp/tec/i-construction/pdf/02.10_kikaku_siryoku2.pdf
- 2) 国土交通省：ICT 導入協議会資料，https://www.mlit.go.jp/tec/constplan/sosei_constplan_tk_000052.html
- 3) 石川六郎：システムズアプローチによる工事管理，鹿島出版会，1977.
- 4) 吉川和広，山本幸司：大規模土工の施工プロセスシステム化に関する研究，土木学会論文報告集 第 286 号 1979 年 6 月，1979.
- 5) 春名 攻，竹林弘晃，迫間幸昌：大規模土地造成工事計画システムの開発に関する研究，建設マネジメント研究論文集 Vol.2, 1994.
- 6) 岡本直樹：デジタル アースムービング - 土工計画の情報化 -，建設の施工企画 '09.3, 2009.
- 7) 岡本直樹：専門工事業者による機械土工の施工計画，建設機械施工 Vol.65 No.9 September, 2013.
- 8) 株式会社建設，(株)グルーヴノーツ：建設発生土の運搬計画を最適化するシミュレーション技術を構築～量子コンピュータの活用で土木工事の生産性を向上～ <https://www.shimz.co.jp/company/about/news-release/2022/2021062.html>, 2022.
- 9) 大槻 崇，杉谷康弘：施工計画自動生成 AI 開発促進に向けた学習用データの整備に関する検討，第 6 回「i-Construction の推進に関するシンポジウム」講演論文，2024.

【筆者紹介】

大槻 崇（おおつき たかし）
（元）国土交通省
国土技術政策総合研究所



杉谷 康弘（すぎたに やすひろ）
国土交通省
国土技術政策総合研究所



二宮 建（にのみや たつる）
国土交通省
国土技術政策総合研究所



阪神港におけるドローンの利活用実証実験

井 上 裕 司・木 俣 順・永 峰 義 寛・篠 原 正 治・白 神 英 文

ドローンは点検や物流など様々な分野での活用が期待されており、すでに海外の港湾では施設の管理や監視に導入されている。本稿では、阪神国際港湾㈱が管理・運営する阪神港を対象に、ドローンの利活用場面を抽出して有効性を実証するための実験を計画し、大阪港のコンテナターミナルにおいて自動飛行するドローンからの撮影画像から災害後の異常が確認できるかどうかの実証実験を実施した。その結果、ドローンによる撮影画像は異常確認に十分な視認性を有しており、要する時間も徒歩による確認の1/20程度に低減できることが判明し、港湾施設における災害後の異常確認にドローンが有効であることを確認した。

キーワード：ドローン、無人航空機、港湾施設、実験計画、実証実験、有効性検証

1. はじめに

ドローン（無人航空機、UAV）は「空の産業革命」とも呼ばれ、点検や物流など様々な分野での活用が期待されており、海外の港湾では施設の日常的な管理や監視にも導入されている（写真—1）。

本稿では、阪神国際港湾㈱が管理・運営する阪神港を対象に、ドローンの利活用場面を抽出して有効性を実証するための実験を計画し、ドローンを自動飛行させる実証実験を通じて災害後の異常確認に対する有効性を検証した内容について報告する。

2. 阪神港におけるドローンの飛行規制

ドローンは航空法により飛行ルールが定められており、リスクに応じて飛行形態が3つのカテゴリ（Ⅰ、

Ⅱ、Ⅲ）に分類されている（表—1）。この表における「特定飛行」とは、規制の対象となる空域又は方法による飛行であり、航空法上の飛行許可・承認手続きがカテゴリⅠでは不要、カテゴリⅢでは必要となる。カテゴリⅡは、総重量25kg未満のドローンを、航空機の航行の安全に影響を及ぼすおそれのある空域（空港等の周辺や150m以上の上空など）や落下した場合に地上の人などに危害を及ぼすおそれが高い空域（DID地区など）以外で飛行させる場合であって、第二種機体認証以上の機体を有し、かつ二等操縦者技能証明以上の技能を有する操縦者が操縦する場合（カテゴリⅡB飛行）では飛行許可・承認手続きが不要となり、これ以外の飛行（カテゴリⅡA飛行）では必要となる。

表—1 ドローン飛行形態の分類

カテゴリ	飛行形態	許可・承認申請
Ⅲ	特定飛行のうち、無人航空機の飛行経路下において立入管理措置を講じないで行う飛行。（＝第三者の上空で特定飛行を行う）	必要
Ⅱ	特定飛行のうち、無人航空機の飛行経路下において立入管理措置を講じたうえで行う飛行。（＝第三者の上空を飛行しない）	第二種機体認証以上及び二等操縦者技能証明以上。 上記を有しない：必要 上記を有する：不要
Ⅰ	特定飛行に該当しない飛行。航空法上の飛行許可・承認手続きは不要。	不要



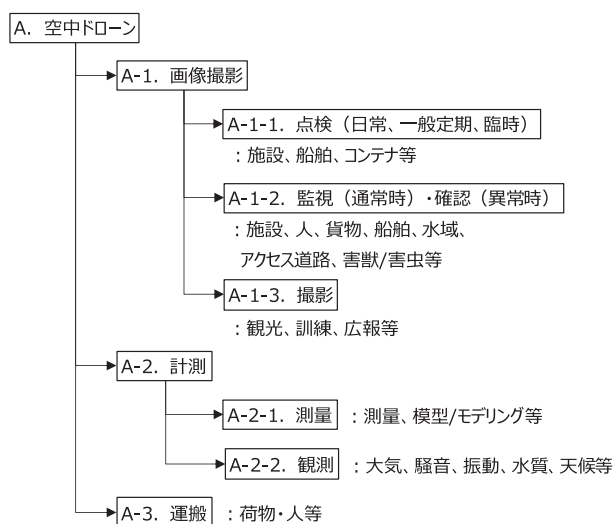
写真—1 ベルギーアントワープ港における空中ドローンによる日常管理・監視事例¹⁾

阪神港を構成する神戸港・大阪港はいずれも人口集中地区（DID）であり、この空域におけるドローンの飛行は「特定飛行」となる。一方、コンテナターミナルとライナーバースは海上人命安全条約（SOLAS 条約）と国際船舶・港湾保全法に基づいて一般の立ち入りが制限されているため、これらの空域におけるドローン飛行はカテゴリーⅡに分類される。これより、高さ 150 m 未満の空域に神戸空港水平表面が含まれる神戸港の一部を除くと、阪神港のコンテナターミナルとライナーバースの対地高度 150 m 未満の空域に、総重量 25 kg 未満で第二種機体認証以上のドローンを、二等操縦者技能証明以上の操縦者が操縦する場合は、航空法上の飛行許可・承認手続きが不要となる。

3. 実証実験計画の立案

ブレインストーミングによって阪神港におけるドローンの利活用場面を幅広く抽出して分類し、分類したドローンの利活用場面を①実現性、②有効性、③実証実験の必要性の観点からを 3 段階で評価し、実証実験計画を立案する阪神港のドローン利活用場面を選定した。

抽出・分類したドローンの利活用場面を図—1、実



図—1 阪神港におけるドローン利活用場面の分類

表—2 実証実験計画を立案するドローンの利活用場面

空中ドローンの利活用	水中ドローンの利活用
1) 日常点検	1) 詳細定期点検診断
2) 一般定期点検診断	2) 水中の異常確認
3) 異常確認	3) 海底の地形計測
4) アクセス道路監視	
5) 変位モニタリング	
6) 3D モデル作成	

証実験計画を立案した水中ドローン（無人潜航機、ROV）を含むドローンの利活用場面を表—2 に示す。

実証実験計画では、ドローン利活用場面ごとに、①実験目的、②実験手順、③実験方法、④関係機関協議、⑤データの取得と整理、⑥評価・検証、⑦実施体制、⑧実施工程、⑨実験費用、⑩実験を確実に実施するためのチェックリストを立案した。

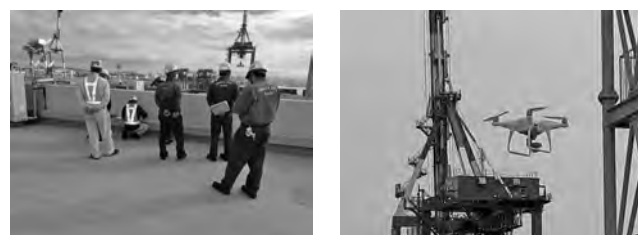
4. ドローンの自動飛行による実証実験

(1) 実験内容

港湾施設に災害が発生した時、飛行経路（フライトプラン）を予め設定したドローンを自動飛行させ、飛散物や飛来物の有無を上空から確認できれば効率的である。実証実験計画を立案したドローンの利活用場面のうち、災害後の異常確認を対象に、大阪港のコンテナターミナル上空にドローンを自動飛行させる実証実験を実施し、その有効性を検証した（写真—2）。

本稿におけるドローン飛行方法の分類を表—3 に示し、実証実験における飛行方法、高度・撮影ケースを表—4 に示す。

ドローンは飛行高度によって撮影範囲が異なるため、実証実験では対地高度 40 m、60 m、80 m、100 m、120 m にドローンを時速 7.2 m にて飛行させて動画と静止画を撮影し、災害後の異常確認に適した飛行高度を検証した。なお、静止画撮影では隣接画像



写真—2 実証実験の実施状況

表—3 本稿におけるドローン飛行方法の分類

飛行方法	内容
自動飛行	ドローンが予め設定したプログラムにしたがって自律的に飛行する飛行。
目視飛行	操縦者がドローンを直接目視しながら操縦する飛行。
目視外飛行	操縦者がドローンを直接目視せず、ドローンからの撮影画像を見ながら操縦する飛行。

表—4 実験ケース

飛行方法	高度・撮影ケース
自動飛行	[飛行高度] 40 m、60 m、80 m、100 m、120 m [撮影画像] 動画、静止画



図一 2 実験場所（大阪港 C1 ～ C4 コンテナターミナル）

10% 程度ラップするように、撮影間隔を 10 秒とした。

実証実験は、大阪港の C1 ～ C4 コンテナターミナルにて実施した（図一 2）。実証実験では、C2 管理棟の屋上から DJI 社製 Phantom4 Pro を離陸させ、4K カメラにて敷地全体（約 $0.3 \text{ km} \times 1.4 \text{ km} = 0.42 \text{ km}^2$ ）の動画と静止画を撮影した。

（2）実験結果

実証実験に用いたドローンに搭載されているカメラの視野角は 84° であり、飛行高度が高いほど広範囲の画像を撮影することができる。自動飛行の実証実験にて、撮影対象とした大阪港 C1 ～ C4 コンテナターミナル全体の画像撮影に要した飛行距離、飛行時間、バッテリー残量を表一 5 に示す。これより飛行高度 60 m

以上であれば、バッテリー残量を 50% 程度、飛行時間を 15 分以内に抑制しつつ敷地全体を撮影できることが判明した。フル充電のバッテリーを用いれば、高度 60 m 以上で自動飛行させれば、余裕をもって帰還できることが確認できた。

飛行高度別に撮影した動画のキャプチャ画像と静止画像を図一 3 に示す。飛行高度が低いほど細部の視認性は向上する。一方、飛行高度が高いと撮影範囲が広くなり異常を効率的に確認することができる。また、動画では撮影画像を連続的に視認できるものの、Windows の標準ソフトウェア（メディアプレーヤー）では画像を拡大することができない。一方、静止画では画像を 1 枚ずつしか視認できないものの、Windows の標準ソフトウェアにて画像を拡大して視認することができる。

表一 5 自動飛行による飛行距離・飛行時間・バッテリー残

高度 (m)	飛行速度 (s/m)	飛行距離 (m)	飛行時間 (min)	バッテリー残 (%)
40 m	7.2	11,080	26 : 10	22
60 m	7.2	5,600	12 : 26	47
80 m	7.2	4,500	10 : 59	53
100 m	7.2	3,120	7 : 45	56
120 m	7.2	2,910	6 : 58	63

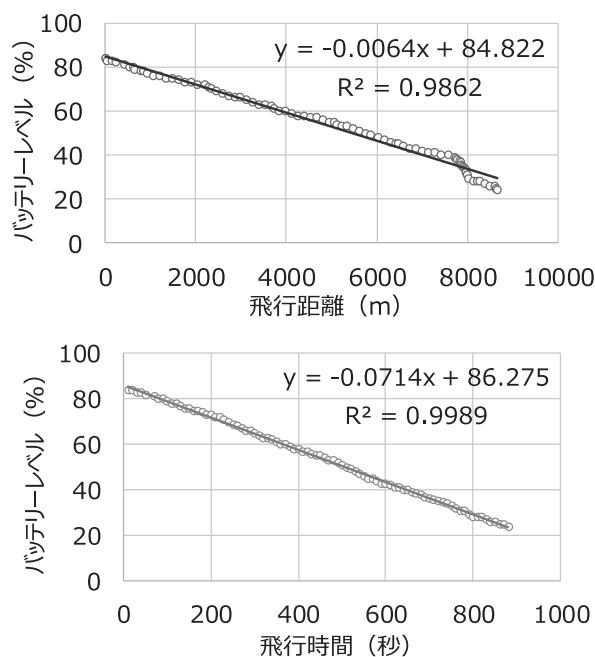
高度	動画キャプチャ	静止画	
		拡大率 : 1 倍	拡大率 10 倍
40m			
60m			
80m			
100m			
120m			

図一 3 異なる飛行高度からドローンの自動飛行にて撮影した動画のキャプチャ画像と静止画像

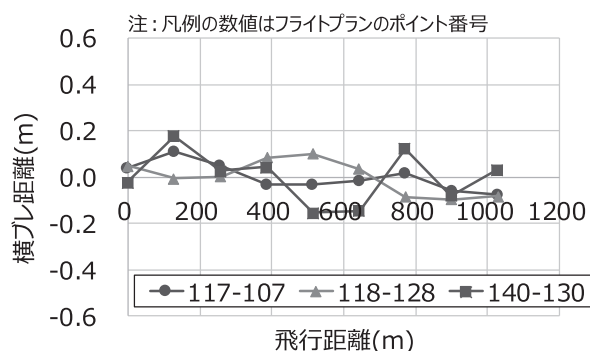
飛行高度別の撮影画像を比較した結果、高度 100 m の撮影動画でも港湾施設の供用に支障するような異常が視認できること、動画と静止画を撮影すれば静止画を拡大させることができることから、災害後の異常確認にドローンを用いる場合は、高度 100 m にてドローンを自動飛行させ、動画と静止画を 1 回ずつ撮影することにした。

実証実験で取得したデータを用いて、ドローンの飛行距離と飛行時間のどちらがバッテリーの消耗に影響を与えるのかを確認した。高度 40 m の動画撮影にて記録されたバッテリーレベルに対する飛行距離と飛行時間の相関を図一 4 に示す。これより飛行距離、飛行時間ともにバッテリーの消耗と強い相関があり、やや飛行時間との相関が高いことが分かった。これは、ホバリングなど距離は進まなくても時間が経過すれば電力を消費するためと考えられる。

なお、今回の実証実験には、既存の衛星測位システ



図一 4 バッテリーレベルに対する飛行距離と飛行時間



図一 5 1 km の直進飛行で記録された横ブレ

ム (GNSS) から得られる自己位置に、地上に設けた独自の基準局の補正位置情報を加味することによって自己位置の測位精度を上げる RTK (リアルタイムキネマティック) が搭載されていないドローンを用いたため、飛行記録 (フライトログ) から飛行するドローンの直進性を確認した。自動飛行による 3 回の 1 km 直進飛行にて記録された横ブレを図一 5 に示す。これより 1 km の直進飛行にて発生した横ブレは最大でも 0.2 m 程度であり、RTK が搭載されていないドローンでも災害後の異常確認に対しては大きな影響とならないことを確認した。なお、実証実験を実施した日の天候は晴れ、風速は 3 m/s 未満の微風であった。

5. ドローンの自動飛行による異常確認の効果

現在は地震や台風などの災害が発生すると異常の有無を徒歩による目視により確認している。港湾施設にはコンテナや建屋などがあるため、徒歩による目視では視認できる範囲が限定される。一方、ドローンでは上空から俯瞰的に視認できるため、地上からは視認できないコンテナ上面や建屋屋上も含めて、異常の有無を効率的に確認することができる。また、徒歩では歩行速度 (約 2 ~ 4 km/h) でしか移動できないものの、空中を飛行するドローンは格段に速い速度 (約 20 ~ 30 km/h) で移動できることに加え、徒歩ではコンテナやクレーン等が設置されていない通路しか通れないものの、空中ドローンでは障害物がない限り任意の経路を飛行させることができる。さらに、災害後の状況を記録するためには、徒歩による目視では立ち止まって写真を撮影しなければならないが、ドローンでは動画や静止画にて敷地全体を連続的に自動撮影することができる。

大阪港 C1 ~ C4 コンテナターミナルの敷地全体 (約 $0.3 \text{ km} \times 1.4 \text{ km} = 0.42 \text{ km}^2$) を徒歩とドローンにて異常確認に要する時間を試算したところ、徒歩が 4.7 時間に対してドローンが 0.25 時間 (=15 分) となり、異常の有無確認に要する時間が 1/20 程度に低減できると試算された。

6. 今後の予定

今回の実証実験を通じて、自動飛行するドローンが災害後の異常確認に有効であることが確認された。そのため、今後、大阪港 C1 ~ C4 コンテナターミナルを対象に、ドローンの自動飛行による異常確認を実装するために必要となる設計を進める予定である。

謝 辞

実証実験では、大阪港 C1 ～ C4 コンテナターミナルのターミナルオペレータ各社にご協力いただきました。また、ドローンの飛行では、(株)ジオシステムにご協力いただきました。ここに深く感謝申し上げます。

J C M A

《参考文献》

- 1) Antwerp launches 'live feed' drone network, News09 May 2023by WCN Editorial
- 2) 井上裕司・木俣順・永峰義寛・篠原正治・白神英文, 阪神港における港湾事業の高度化・効率化のためのドローン利活用場面の検討, 第6回 i-Construction の推進に関するシンポジウム, pp9-12, 2024
- 3) 井上裕司・木俣順・永峰義寛・篠原正治・白神英文, ドローンの自動飛行による港湾施設の災害後異常確認実証実験, 第7回 i-Construction の推進に関するシンポジウム, (投稿中)

【筆者紹介】

井上 裕司 (いのうえ ゆうじ)
中央復建コンサルタンツ(株)
メンテナンスイノベーション推進室
室長



木俣 順 (きまた じゅん)
中央復建コンサルタンツ(株)
総合技術本部
技師長



永峰 義寛 (ながみね よしひろ)
中央復建コンサルタンツ(株)
メンテナンスイノベーション推進室
サブリーダー



篠原 正治 (しのはら まさはる)
阪神国際港湾(株)
理事



白神 英文 (しらかみ ひでふみ)
阪神国際港湾(株)
事業開発部 事業開発課
係長



建設用 3D プリント埋設型枠を用いた コンクリート構造物の技術指針（案）の概要

井 口 重 信

近年、建設用 3D プリンティング技術の研究および実用化が急速に進展している。土木学会コンクリート委員会「建設用 3D プリンタによる埋設型枠設計・施工に関する研究小委員会（252 委員会）」では、建設用 3D プリンタを用いた埋設型枠およびそれを利用した構造物に関する技術指針（案）を取りまとめた。本指針（案）では、構造計画、設計、製造（プリント）、施工、維持管理の各段階において求められる基本的な考え方や手順を整理した。また、試験方法の規準案や具体的な適用事例も掲載し、3D プリンタによって構造物を構築するために必要な事項を網羅した内容とした。

キーワード：3D プリンタ、埋設型枠、コンクリート、機械化、省力化

1. はじめに

建設用 3D プリンタによる構造物の構築技術は、海外では一部で実用化が進み、橋梁や住宅などの施工に活用されている。国内においても、住宅や橋りょう基礎の埋設型枠などへの適用事例が増加している。土木学会コンクリート委員会「3D プリンティング技術の土木構造物への適用に関する研究小委員会（364 委員会）」では、2021 年 7 月から約 2 年間にわたり、3D プリンティング技術の課題や適用性について検討を行ってきた。その中で、埋設型枠のように要求性能が限定され、3D プリンティング技術の効果が得られやすい非構造部材から適用を進めることが、技術の標準化において有効であるとの意見がまとまった。これを受けて、2023 年 9 月に土木学会コンクリート委員会「建設用 3D プリンタによる埋設型枠設計・施工に関する研究小委員会（252 委員会）（委員長：東京大学 石田哲也教授）」が設置され、2025 年 2 月までの約 1 年半にわたり活動が行われた。

本小委員会では、建設用 3D プリンタを用いた埋設型枠の設計・施工において、製造方法や環境条件に応じたレオロジー特性や強度発現の制御技術、引張補強方法やプリント造形物の性能評価方法、設計法の確立といった構造面の課題、また連続的な材料供給、施工時の構造安定性の確保、装置故障時のトラブル回避策など施工面での課題を体系的に整理し、「建設用 3D プリント埋設型枠を用いたコンクリート構造物の技術指針（案）」をとりまとめた。本稿では、この技術指

針（案）の概要について述べる。

2. 総則、構造計画（1 章、2 章）

図—1 に、本指針（案）の目次を示す。

本指針（案）は、コンクリート構造物を対象とし、セメント系材料を用いて建設用 3D プリンタで製造された無筋の埋設型枠（以下、「3D プリント埋設型枠」）を採用する場合における、構造計画、設計、製造、施工、維持管理の各段階における一般的な原則を示したものである。建設用 3D プリンタには、「結合材噴射（バインダージェット）方式」や「吹付方式」など複数の方式が存在するが、本指針（案）では、国内における大型造形物の適用事例が多い「材料押出方式」を対象とした。また、使用材料はセメント系材料に限定し、ジオポリマーや樹脂系材料を用いたものは本指針（案）の適用範囲外とした。「3D プリンティング」や「3D プリンタ」などの用語は、日本産業規格 JIS B 9441:2020「付加製造（AM）－用語及び基本概念」等において定義されているが、これらはセメント系材料による造形を想定していない。そのため、本指針（案）においては以下のように定義を一部修正し、適用範囲を拡張している。

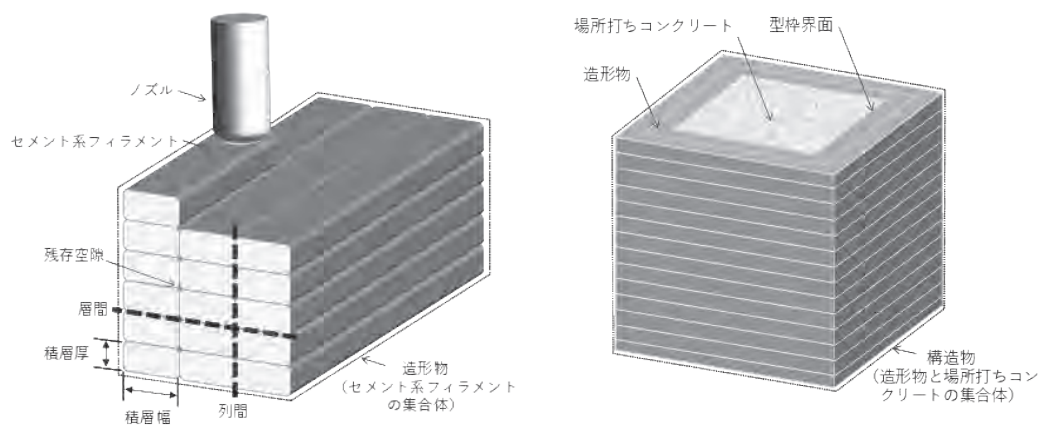
3D プリンティング：プリントヘッド、ノズルなどの印刷技術を使用してセメント系材料を積層し埋設型枠を製造する方法

3D プリンタ：3D プリンティングのために使用する装置
その他、3D プリンティングに際し良く使う造形物

建設用3Dプリント埋設型枠を用いたコンクリート構造物の技術指針（案）

1 章 総 則 1.1 一 般 1.2 用語の定義 1.3 3D プリント埋設型枠の採用にあたっての検討方針 2 章 構造計画 2.1 一 般 2.2 調 査 2.3 要求性能 2.4 3D プリント埋設型枠の製造に関する検討 2.5 3D プリント埋設型枠を用いたコンクリート構造物の施工に関する検討 2.6 3D プリント埋設型枠を用いたコンクリート構造物の維持管理に関する検討 2.7 構造計画の記録 3 章 設 計 3.1 一 般 3.2 プリント材料の基本 3.3 3Dプリンタによる造形物の設計値 3.4 作 用 3.5 応答値の算定 3.6 照 査 3.7 3Dプリント埋設型枠と場所打ちコンクリートの一体性確保 3.8 3Dプリント埋設型枠の接合 4 章 3D プリント埋設型枠の製造 4.1 一 般 4.2 製造計画 4.3 3D プリント 4.4 プリント材料 4.5 計量および練混ぜ 4.6 積層 4.7 養生および保管	5 章 3D プリント埋設型枠を用いたコンクリート構造物の施工 5.1 一 般 5.2 施工計画 5.3 現場への運搬および現場での保管 5.4 架設および設置 5.5 3Dプリント埋設型枠の接合 5.6 構造物の構築 6 章 品質管理 6.1 一 般 6.2 製造時の品質管理 6.3 施工時の品質管理 7 章 検査 7.1 一 般 7.2 製造の検査 7.3 施工の検査 7.4 検査の記録 8 章 維持管理 8.1 一 般 8.2 維持管理計画 8.3 診 断 8.4 対 策 8.5 記 録 規 準 編 3Dプリンタで積層されたモルタル（コンクリート）造形物の圧縮強度試験用および静弾性係数試験用コア供試体の作り方（案）（JSCE-F 711-2025） 参 考 資 料 編 1 章 柱埋設型枠への適用に関する設計検討例 2 章 3Dプリント埋設型枠等のプリント事例
--	---

図－1 目次構成



図－2 造形物の断面に関連する用語

の断面に関連する用語なども、定義をした（図－2）。

3D プリント埋設型枠を用いたコンクリート構造物であっても、従来のコンクリート構造物の検討の流れと大きく変わることはなく、構造物の計画からはじまり構造物の設計、3D プリント埋設型枠の製造、コンクリート構造物の施工、コンクリート構造物の維持管理へと続くが、3D プリント埋設型枠を採用するにあたっての利点や留意点、各段階で検討すべき事項などについて詳述した。構造計画に際しては、3D プリント埋設型枠の特徴である、

- ・積層造形で製造されるため異方性を有する
- ・造形自由度が高く多様な形状を持つ
- ・凹凸を有する埋設型枠と場所打ちコンクリートからなる複合部材
- ・接合部を多く有する構造

などに留意するように促した。また、製造（プリント）する場所により考慮すべき事項が大きく異なるため、オフサイトプリント、ニアサイトプリント、オンサイトプリントの3区分に分けて記載をした。

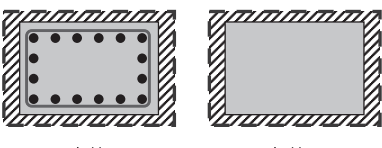
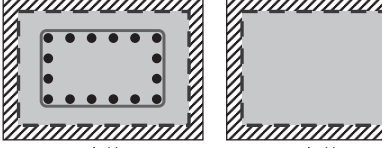
3. 設計（3章）

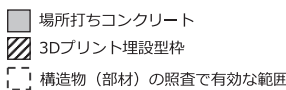
設計では、3D プリント埋設型枠の設計、およびそれを用いたコンクリート構造物の設計についての標準事項を記載した。設計に際しては、製造した3D プリント埋設型枠を構造部材型、非構造部材型のどちらとして用いるかをあらかじめ定めた上で設計を進める（図－3）。

3D プリンティングにより製造した埋設型枠の場合、材料や3D プリンタおよび製造時の環境条件など

により品質が影響すると想定されることから、設計に用いる特性値については、3Dプリンタによる造形物から採取したコア供試体の試験値に基づいて定めることとした（図—4）。なお、コア供試体の作り方は、本指針（案）に準拠して作成した、「3Dプリンタで積層されたモルタル（コンクリート）造形物の圧縮強度試験用および静弾性係数試験用コア供試体の作り方（案）（JSCE-F 711-2025）」に依る。

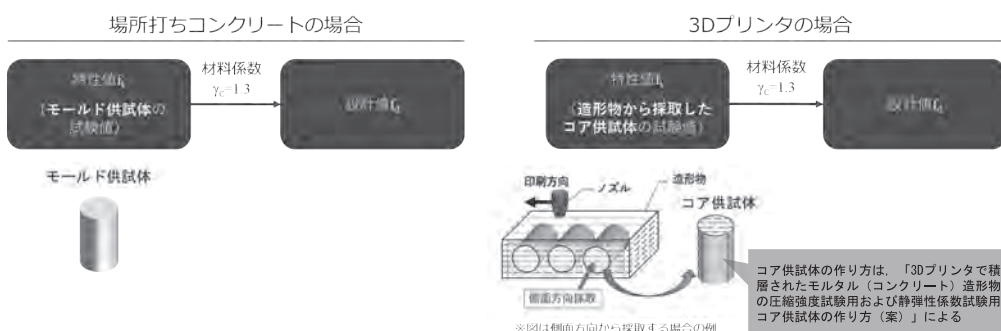
3Dプリンタによる造形物の特性値は、積層方向によって異なる場合も想定される。そのため、積層方向に応じた特性値を求めておく必要がある。同一プリント材料を型枠に打ち込んで製造したモールド供試体について各種試験値を取得することで、造形物から採取したコア供試体の試験値との比である積層影響係数 ρ_1 を得ておくことで、後述する品質管理においてモールド供試体の強度を用いてもよいとした（図—5）。ま

	構造部材埋設型枠	非構造部材埋設型枠
イメージ図 (部材断面)		
概要	3Dプリンタでの造形部分をかぶりの一部とみなし、耐久性や安全性等の照査において設計上の有効断面として考慮可能な埋設型枠	3Dプリンタでの造形部分が構造部材の設計上の有効断面の外側に配置され、型枠としての機能のみを期待して配置される埋設型枠

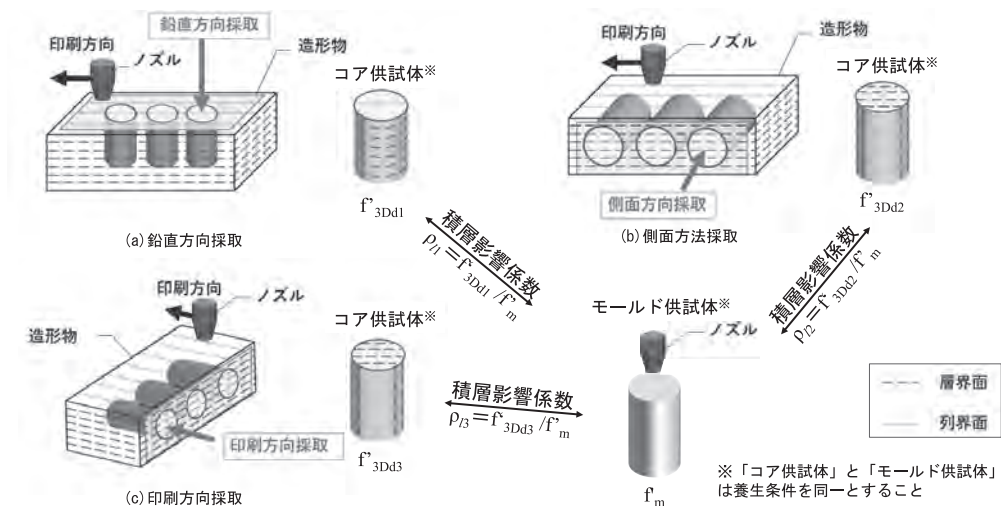


 ■ 場所打ちコンクリート
 ▨ 3Dプリント埋設型枠
 [] 構造物（部材）の照査で有効な範囲

図—3 3D プリント埋設型枠の分類



図—4 3D プリントによる造形物の特性値



図—5 特性値の取得方法（圧縮強度の場合）

た、特性値を得るために作られた3Dプリンタによる造形物が想定される製造の諸条件に近い条件で作られたものであることを確認することを前提に、材料係数に1.3を用いて良いこととした。

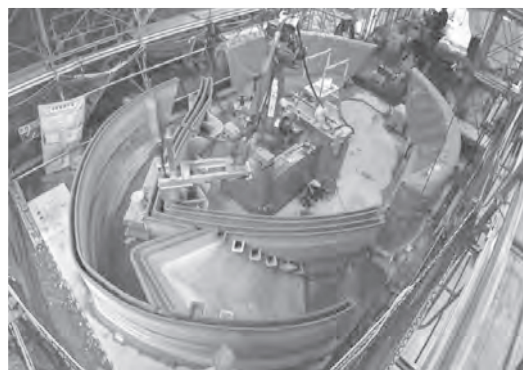
4. 3D プリント埋設型枠の製造、構造物の施工 (4章, 5章)

ロボットアーム型3Dプリンタの例を図—6に示す。
3D プリント埋設型枠の製造にあたっては、表—1

に示すような内容について検討した製造計画を立てる。積層中は、ポンプによる材料移送時の圧力、プリント材料の温度、吐出量、造形物とノズルとの距離や造形物の変形量などを各種デジタルデータで記録することで、従来工法よりも製造のトレーサビリティを向上させることができる。また、環境条件の変化や製造設備の不良等により生じる可能性のある不具合の例なども示した(図—7)。5章では、3D プリント埋設型枠を用いてコンクリート構造物を施工する際の留意点について記載した。



ガントリー型の3Dプリンタの例

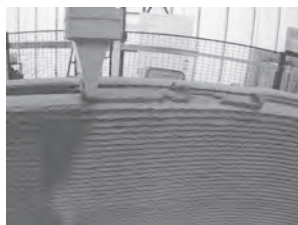


ロボットアーム型の3Dプリンタの例

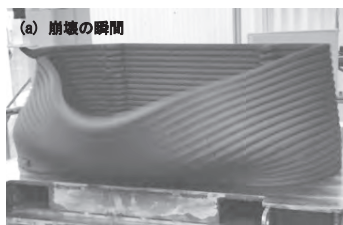
図—6 ロボットアーム型 3D プリンタの例

表—1 一般的な 3D プリント埋設型枠の製造計画の検討項目とその内容の例

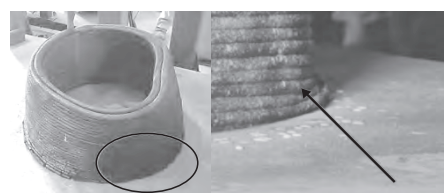
項目	内容
全般	製造場所、製造日・時間帯、環境条件(温度・湿度、風雨、振動、地面の平滑度)
3D プリンタ	プリンタの選定、点検方法
プリント材料	プリント原材料(プレミックス材料、セメント、水、骨材、混和材料、繊維等)の選定、配合、材料の調達、貯蔵、計量、練混ぜ(ミキサ)、品質管理方法
積層	積層パス(プリント方向)、プリンタの稼働時間、プリント速度、材料吐出量、ノズル形状、型枠分割数、型枠の付帯材料(鉄筋、金網、鋼材、アンカーボルト、配管等)の配置方法、品質管理方法
養生および保管	養生方法、養生の開始時期、養生期間、保管場所



ノズルでの材料閉塞により吐出が一部欠損した例



座屈による崩壊例



降伏による崩壊の例



転倒モーメントによる崩壊の例



図—7 製造の不具合による欠損・崩壊の例

5. 品質管理・維持管理（6～8章）

3D プリント埋設型枠の品質管理においては、設計で定められた構造物の形状および寸法を満足するように、3D プリント埋設型枠の製作精度を管理するとともに、3D プリントによる造形物の特性値を満足するような品質管理を実施する必要がある。製造の都度、コア供試体を作成し試験値を取得するのは煩雑となることから、実際の品質管理では、製造時に採取したモールド供試体の試験値 f_{mc} で管理することを基本とし、 f_{mc} を積層影響係数 γ_l で除した値が、設計時に定めた不良率を考慮した上で、積層供試体の特性値 f_{3dp} を上回ることを確認することで管理してもよいこととした（図—8）。

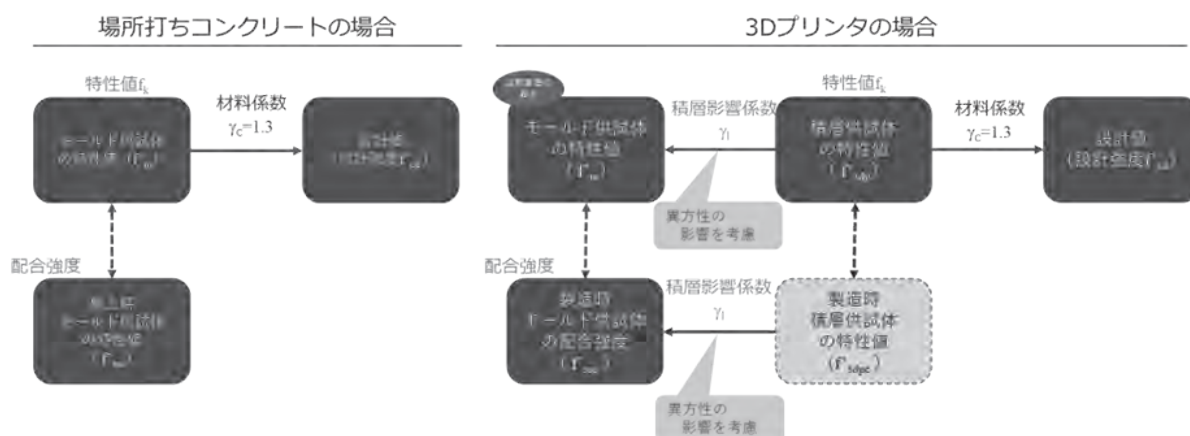
検査においては、オンサイト、オフサイト、ニアサイトの各種で検査者が異なるが、定められた品質管理規準に合致することを確認することで行う。維持管理

においても、従来のコンクリート構造物とほぼ同様であるが、3D プリント埋設型枠の場合、複雑な形状となること、積層物の凹凸により滞水などの可能性があること、などの特有の事項について考慮する必要がある。

6. 規準編、参考資料編

本文、解説は、3D プリント埋設型枠およびそれを用いた構造物に関する標準的な記載としたが、具体的な実施例として参考資料編を添付した。この中では柱脚の柱型枠として用いる場合の設計検討例や、実際に適応事例などを紹介している（図—9）。

規準編は、別途、土木学会コンクリート標準示方書の規準編として制定予定の、「3D プリントで積層されたモルタル（コンクリート）造形物の圧縮強度試験用および静弾性係数試験用コア供試体の作り方（案）（JSCE-F 711-2025）」を掲載した。コア供試体の作り



図—8 特性値と合否判定基準値



大型新設柱（構造部材型）



岩盤型潜水突堤（構造部材型）



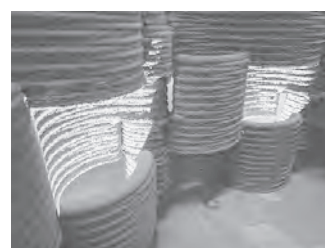
重力式擁壁（構造部材型）



ペDESTリアンデッキの柱（非構造部材型）



配管サポート基礎の型枠（非構造部材型）



建設部材用積層ブロック

図—9 参考資料編の事例

方に関する規準とその解説が記載されている。

7. おわりに

本指針（案）は、3D プリント埋設型枠およびそれを用いた構造物の、設計・施工・維持管理の各段階で求められる基本的な考え方と留意事項を網羅したものとなっている。建設現場の省人化、省力化の必要性が高まる中、建設用 3D プリンタに寄せられる期待は大きいものと考えている。建設用 3D プリンタの適用・活用之际、本指針（案）が参考になれば幸いである。最後に、本指針（案）の策定にあたり、建設用 3D プ

リンタによる埋設型枠の設計・施工に関する研究小委員会においてご尽力いただいた委員各位に深く感謝申し上げます。

J C M A

【筆者紹介】

井口 重信（いぐち しげのぶ）
CalTa ㈱
COO



協調安全実現に向けたリアルタイムデジタルツイン基盤の開発

西 口 仁 視・坂 元 淳 一・岩 田 亮 介

「人、機械、現場環境」の情報を相互に共有することで、人と機械が協調して働き、安全性と生産性を両立する「協調安全」の施工現場の実現をめざしている。「協調安全」の施工現場を構築するためのリアルタイムデジタルツイン基盤に関し、IoT データの収集・配信ミドルウェアである intdash と、ロボット開発に使用するオープンソースのフレームワークである ROS 2 を用いてそのプロトタイプシステムを開発し、実証試験を実施した。その結果、開発したプロトタイプで、施工現場のデジタルツインに必要な、建設機械の位置・稼働情報、周囲の3次元地形情報など、多種多様な情報をリアルタイムに共有できることを確認した。

キーワード：協調安全、ICT、デジタルツイン、遠隔化、自律化

1. はじめに

近年、建設業界では、入職者の減少による労働力不足が課題となっており、効率的で働きやすい施工現場の実現が求められている。こうした期待に応えるため、日立建機は「人、機械、現場環境」の情報を相互に共有することで、人と機械が協調して働き、安全性と生産性を両立する「協調安全」の施工現場の実現をめざしている（図—1）¹⁾。

実現をめざす施工現場では、作業員や、オペレータが搭乗して運転する従来の建設機械に加えて、遠隔操作や自律型の建設機械も稼働する。この施工現場においては、作業員が身に着けるウェアラブルデバイスや、建設機械に搭載されたセンサ、現場環境に設置されたセンサなどからさまざまな情報が取得される。こ

れらの情報を収集、蓄積、分析、共有することによって、人に注意を促し、建設機械の動きを制御することで、施工現場全体を安全な方向に導きながら、生産性の高い施工を行う。

このような「協調安全」の施工現場を実現するためには、時々刻々と変化する現実世界の施工現場を、デジタル空間上で再現すること（リアルタイムデジタルツイン）が必要となる。リアルタイムデジタルツイン基盤は、建設機械の位置・稼働情報、作業員の位置・生体情報、周囲の3次元地形情報など、多種多様な情報をリアルタイムに収集、分析、蓄積、共有する、デジタルツインのための高速 IoT プラットフォーム（図—2）である。

本報では、このリアルタイムデジタルツイン基盤について、システムおよび実証試験の概要を紹介する。



図—1 協調安全の施工現場のイメージ図



図—2 リアルタイムデジタルツイン基盤の概念図

2. 開発対象

(1) 協調安全と Safety2.0

「協調安全」とは、人・機械・環境が情報を共有することで、協調して安全を構築する安全の概念である²⁾。技術だけでなく、社会ルール、人材、マネジメントも含めて4つの要素が互いに情報共有し、協調することで、高いレベルでの安全性と生産性の両立をめざしている。Safety2.0は、この「協調安全」を実現するための一つの技術的手段であり、「ICTを用いて協調安全を実現する技術」と定義されている³⁾。

本報が開発対象とする、協調安全の考え方を導入した施工システムの例を図一3に示す。リアルタイムデジタルツインは、施工現場において時々刻々と変化する建設機械の位置・稼働情報、作業員の位置・生体

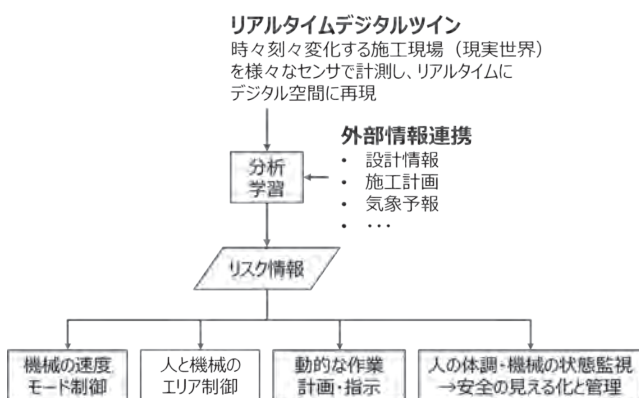
情報、周囲の3次元地形情報など、多種多様な情報を様々なセンサで計測し、リアルタイムにデジタル空間に再現する。施工システムは、リアルタイムデジタルツインと、設計情報、施工計画、気象予報等の外部情報とを分析・学習することによって、リスクを可視化し、施工現場全体を安全な方向に導きながら、生産性の高い施工を実現する。

(2) リアルタイムデジタルツイン基盤の要件と開発方針

「協調安全」の施工現場実現に向けた、リアルタイムデジタルツイン基盤に対する要件を以下に示す。

- ①機械・人・環境の情報をリアルタイムに共有できること
- ②様々なユーザが共有された情報を容易に利用できること
- ③（ユーザが）施工現場の情報を容易に追加・共有できること

要件①については、遠隔地での利用のためにインターネットを経由した通信への対応と、送信頻度・サイズがそれぞれ異なる大量のデータに対する遅延と信頼性（低欠損）とのバランスを取ったデータハンドリングを実現することが主な課題である。送受信するデータ量に応じて、適切なスループットを有するデバイスを用いてネットワークを構成することは当然であるが、多数のデバイスが大量のデータを送信することによって生じるコリジョンをどのように処理するかが



図一3 協調安全の考え方を導入した施工システムの例

表一1 プロトタイプシステムの開発方針

要件	開発方針
① 機械・人・環境の情報をリアルタイムに共有できること	1 インターネットを経由して、遠隔地でもリアルタイムにデジタルツインにアクセスできるようにする
	2 個々の施工現場の通信環境に対して適した QoS（通信の品質。速度、遅延、欠損等）を設定できるようにする
	3 必要なデータ処理はリアルタイム（規定時間内）で処理する
	4 通信遅延低減と運用コスト低減のバランスを取ったデータ処理を実現するための、エッジ・フォグ・クラウド分散処理システムとする
② 様々なユーザが共有された情報を容易に利用できること	1 既存ツール、OSS を徹底的に活用する
	2 リアルタイムデータは原則として ROS 2 で取扱う。ただし、データ伝送効率の観点から標準的な圧縮フォーマットを採用することは妨げない（動画データとして h.264 を用いる、など）
	3 必要なデータは時刻同期をとってクラウド上に格納し、過去データとして利用できるようにする
③ （ユーザが）施工現場の情報を容易に追加・共有できること	1 マルチデバイス対応：PC、タブレット、スマートフォン、ウェアラブルデバイス、組み込みコンピュータ等、デバイスを問わず接続ができるようにする
	2 マルチモーダル対応：点群、映像、位置・姿勢、制御指令などの様々なデータを統合して取り扱うことができるようにする

課題となる。

要件②については、大学やベンチャー、スタートアップ企業などを含む、様々な開発者の参画を促すために、通信ルールの標準化、統一化を進めていくこととともに、様々なデバイスから取得されたデータを時刻同期して利用可能にすることが主な課題である。

要件③については、マルチデバイス対応、マルチモーダル対応が主な課題である。

本報では、上記要件①②③に対して、表—1に示す開発方針に沿ってプロトタイプシステムを開発し、実証試験を実施した。

3. プロトタイプシステム

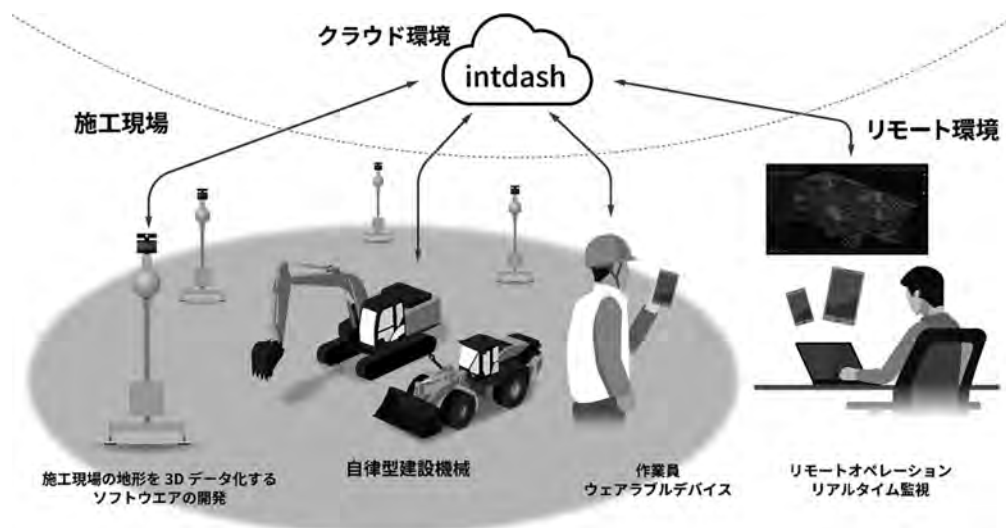
本プロトタイプシステムの構成（概念図）を図—4に、各サブシステムの概要を表—2に示す。各サブシステムの概要を以下に述べる。

(1) intdash

intdash は、アプトポッドにより開発されたIoTデータの収集・配信ミドルウェアである⁴⁾。本プロトタイプシステムにおいては、サイトセンシングシステムや作業員ウェアラブルデバイス、自律型建設機械、ユーザインタフェースなどの各構成要素間でやり取りされるデータを中継し、クラウドにデータを保存するために使用した。intdash のシステム構成（概念図）を図—5に示す。

本ミドルウェアは、センサデータや映像・音声などの様々な種類のデータを単一システムにより収集・保存・配信可能であることに特徴を持つ。本ミドルウェアを採用することにより、現場で生成される多様なマルチモーダルデータの配信・活用に関わる API を共通化でき、システム構成の簡略化およびシステム構築の迅速化を実現した。

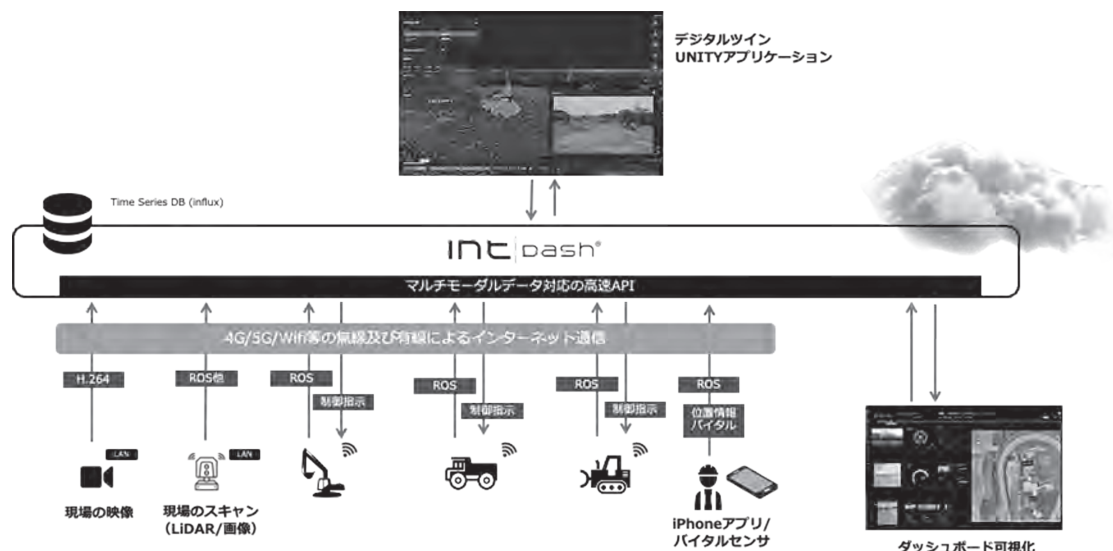
本ミドルウェアが採用する同社の独自プロトコル



図—4 プロトタイプシステムの機器構成例

表—2 サブシステムの概要

No.	名称	概要
(1)	intdash	アプトポッドが提供するマルチモーダルデータ対応の高速IoTプラットフォーム データの収集・保存・配信をする
(2)	サイトセンシングシステム	施工現場内の3次元地形点群データをリアルタイムに生成する
(3)	自律型建設機械	オペレータによるアクチュエータ操作を伴わずに、システムが適切な動作を判断し、それに基づいて動作する機能を有する建設機械
(4)	作業員ウェアラブルデバイス	作業員の位置情報、映像等を取得する
(5)	リモートオペレーション リアルタイム監視 ユーザインタフェース	施工現場から収集されたリアルタイムデータの表示と、自律型建設機械への指示をリモート環境から行うためのGUIアプリケーション



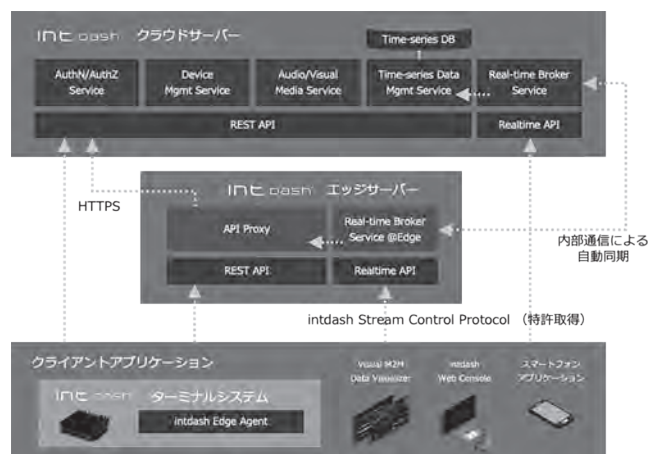
図ー5 intdash のシステム構成 (概念図)

iSCP (intdash Stream Control Protocol) は、OSI 参照モデルにおけるレイヤー 7 (アプリケーション層) におけるプロトコルである。ROS 2、映像ストリームを含む様々なデータにナノ秒精度のタイムスタンプを付与し、独自の通信フレームにカプセルリングして中継することにより、異なる種類のデータを共通の時系列・共通の API により取り扱うことができる。また、トランスポートには WebSocket Secure や TLS を含む QUIC を用いることで、セキュアな通信を実現可能である。

なお本システムにおいては、サイト内のローカル通信では高速・大容量なネットワークを確保できる一方、リモート環境にあるユーザインタフェースとの通信は通信帯域に制限のあるインターネットを介して行われる。ローカル通信における高速・大容量通信と、通信に制限のあるインターネット通信との両立のため、intdash の中継ブローカーは、サイト内に設置するエッジサーバとクラウド上に設置するクラウドサーバとに分散配置し、相互に連携する構成とした。本構成により、サイトセンシングシステムと自律型建設機械間の通信のような高速・大容量が求められる通信はサイト内に閉じ、低遅延化を実現した。クラウドサーバ、エッジサーバそれぞれの機能配置を図ー6に示す。

(2) サイトセンシングシステム

サイトセンシングシステムは、施工現場内の 3 次元地形点群データをリアルタイムに生成するシステムである。本プロトタイプシステムにおいては、点群データをリアルタイムに統合処理するためのワークステーションと、施工現場内に複数台設置するサイトセンサ



図ー6 intdash のクラウドサーバとエッジサーバの機能配置

ユニット (写真ー1) によって構成した。サイトセンシングシステムにおいて実装するソフトウェアは、汎用性、拡張性、ならびに、様々なユーザが容易に利用できるようにすることを志向し、ROS 2 に対応したシステム基盤およびデータフォーマットを採用した。ROS 2 のディストリビューションは自律型建設機械に合わせた⁵⁾。

サイトセンサユニットは①映像を取得するためのカメラ、②地形点群データを取得するための LiDAR、③点群データを一次処理するためのエッジコンピュータ、④自律型建設機械との通信を行うための Wi-Fi アクセスポイント、によって構成した。サイトセンサユニットは、固定式 (埋込ボール等に固定設置する) と、可搬式 (バッテリー電源システムと水圧式伸縮ポールとを搭載した台車に設置する) との 2 種類とした。ワークステーションと可搬式センサユニット間の通信は



写真-1 サイトセンサユニット（収納状態）

60 GHz 帯無線通信デバイスによって構成した。

各サイトセンサユニットから取得される点群データは、エッジコンピュータにおいて ROS 2 のメッセージ形式に変換し、intdash によってエッジサーバを経由してワークステーションに送信される。ワークステーションは、各サイトセンサユニットから受信した点群データの①バッファリング、②座標変換（位置合わせ）と結合、③ボクセル格子化、④機影点群除去、などの処理を行う。統合処理された地形点群データは、intdash によってエッジサーバを経由して自律型建設機械や、リモートオペレーション・リアルタイム監視ユーザインタフェースへ送信される。

本システムにより、作業の進捗によって時々刻々と変化する施工現場の地形をリアルタイムに3次元点群データとして取得することができる。取得した3次元点群データは自律型建設機械の制御や、遠隔オペレータによる監視に用いることができる。

(3) 自律型建設機械

自律型建設機械は、オペレータ操作を伴わずに、シ

ステムが適切な動作を判断し、それに基づいて動作する機能を有する建設機械である。本実証試験においては、搭乗操作／遠隔操作／自律運転を切り替えできるように、人が搭乗して操作する一般的な建設機械に自律化システムを追加する改造を実施した、油圧ショベル（バックホウ）とホイールローダを使用した。

自律化システムの汎用性を考慮し、ROS 2 に対応したシステム基盤およびデータフォーマットを採用した。位置情報・姿勢情報・その他内部状態情報を出力し、作業指示・アクチュエータ速度指令などの操作指令を入力可能なインタフェースを有する。また、遅延を低減することを意図して、到達保証はせずに最新のデータを送受信する QoS とした。

(4) 作業員ウェアラブルデバイス

作業員ウェアラブルデバイスは、作業員の位置情報、バイタルデータ、映像・音声データを送信する。本実証試験においては、iPhone を用い、アプトポッドが開発した iPhone 用アプリ「intdash Motion」をベースとし、取得したデータを ROS 2 のデータフォーマットで送信する機能を追加したアプリケーションを開発した（図-7）。

intdash Motion は、iPhone により取得した映像・音声、9 軸センサデータ、GNSS 測位データを intdash サーバへリアルタイムにストリーミング送信する。本実証試験において伝送経路は、携帯キャリアの通信網（LTE）を用いた。

(5) リモートオペレーション、リアルタイム監視ユーザインタフェース

リモートオペレーション、リアルタイム監視ユーザインタフェースは、施工現場から収集されたリアルタイムデータの表示と、自律型建設機械への指示をリモート環境から行うための GUI アプリケーションである。本ユーザインタフェースは、マルチプラットフォームに対応したゲームエンジンである Unity を用いて開発した（図-8）。

本ユーザインタフェースでは、サイトセンシングシ

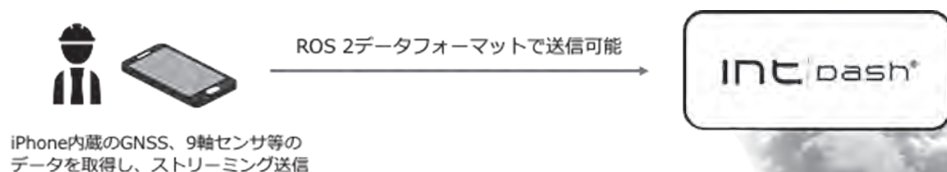
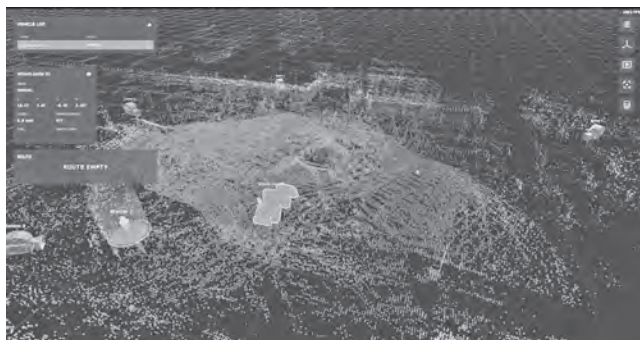


図-7 intdash Motion の概要



図—8 リモートオペレーション・リアルタイム監視ユーザインタフェース



図—9 サイトセンサユニットの配置図

システムから収集された施工現場の点群データやカメラ映像に加えて、自律型建設機械の位置情報・姿勢情報や、作業員ウェアラブルデバイスから送信された作業員の位置情報などが一つの画面に重畳されて描画される。また、画面上に配置された各種操作メニューから、自律型建設機械に対して走行経路を指定し、自律運転の開始・停止指示を行うことができる。

4. 実証試験

(1) 試験内容

実証試験は、2025年5月、日立建機かすみがうら Value Creation Hub にて実施した。本実証試験の目的は、開発したプロトタイプシステムがリアルタイムデジタルツイン基盤の要件①を満たすことを実証することである。

本実証試験は、以下の機器構成で実施した。

- ①自律型建設機械：ホイールローダ：1台：Wi-Fiにて無線接続
- ②固定式サイトセンサユニット：4台：10 GBase-T有線接続
- ③可搬式サイトセンサユニット：4台：60 GHz 帯通信デバイスにて無線接続

なお、intdash エッジサーバ、サイトセンシングシステムワークステーションはいずれも 10 GBase-T にて有線接続した。インターネット回線は、一般光通信回線（ベストエフォート 1 Gbps）である。サイトセンサユニットの配置図を図—9 に示す。

本実証試験では、以下を確認項目とした。

- ・各機器が正常に通信できること
- ・地形点群や自律型建設機械の位置・姿勢にスタックリング（瞬停やカクつき）がないこと

(2) 試験結果

本試験の結果、

- ・各機器が正常に通信できること
 - ・地形点群や自律型建設機械の位置・姿勢にスタックリング（瞬停やカクつき）がないこと
- を確認した。本試験において取得したサイトセンシングシステムによって統合された試験場エリアの地形点群の例を図—10 に示す。



図—10 試験場エリアの地形点群

5. おわりに

「協調安全」の施工現場を構築するためのリアルタイムデジタルツイン基盤に関し、IoT データの収集・配信ミドルウェアである intdash と、ロボット開発に使用するオープンソースのフレームワークである ROS 2 を用いてそのプロトタイプシステムを開発し、実証試験を実施した。その結果、開発したプロトタイプでリアルタイムデジタルツイン基盤の要件を満たせることを確認した。

リアルタイムデジタルツイン基盤は、「協調安全」の施工現場の実現に向けたオープンイノベーションの基盤である。今後は、プロトタイプをベースとした改良に加え、これを利用して、様々な企業・組織とのオープンイノベーションを加速させていく所存である。

《参考文献》

- 1) 日立建機 Web サイト, 日立建機が思い描く将来の施工現場,
<<https://www.hitachicm.com/global/ja/innovations/innovations01/>>
- 2) (一社) セーフティグローバル推進機構 Web サイト, 協調安全とは,
<<https://institute-gsafety.com/certification/safety2/>>
- 3) IDEC (株), 協調安全 Safety2.0 ガイドブック,
<<https://jp.idec.com/media/jp/F3002-Guidebook-collaborative-safety.pdf>>
- 4) アプトポッド Web サイト, IoT プラットフォーム構築用ミドルウェア intdash,
<<https://www.aptpod.co.jp/products/software/intdash/>>
- 5) Open Robotics, ROS 2 Documentation: Humble,
<<https://docs.ros.org/en/humble/index.html>>

[筆者紹介]

西口 仁視 (にしぐち ひとし)
日立建機(株)
研究・開発本部オープンイノベーション推進室
主任技師
技術士(機械部門)



坂元 淳一 (さかもと じゅんいち)
(株)アプトポッド
代表取締役 CEO



岩田 亮介 (いわた りょうすけ)
(株)アプトポッド
開発本部
執行役員 VPoP



OPERA を利用したチルトローテータ付油圧ショベルの自動運転実験

藤 沼 花 奈・三 澤 孝 史・遠 藤 大 輔

近年、建設業において、生産性向上のために建設機械の自動化技術の開発、実用化が各機関で意欲的に進められている。筆者らは、効率的な施工が可能なチルトローテータを装備した油圧ショベルを用いた自動掘削システムを開発した。本システムは、(国研) 土木研究所により整備された自律施工技術基盤「OPERA」を活用した。計画された掘削形状より油圧ショベルが掘削する際の動作計画を作成し、それを遠隔で自動掘削する。この計画された動作はチルトローテータを適切に使用し効率的に掘削することができる。本システムの性能を確認するために、斜面の位置等が異なる3つの条件について実証実験を行い、出来形の掘削精度を評価した。

キーワード：油圧ショベル，チルトローテータ，自動掘削，OPERA，3D-LiDAR

1. はじめに

生産性向上のために、建設機械の自動化技術の開発が各機関で進められている。(国研) 土木研究所は、自律施工技術基盤「OPERA (Open Platform for Earthwork with Robotics and Autonomy)」¹⁾ (以下、OPERA) を整備し、自動化技術開発の促進を図った。OPERA は、共通制御信号をコアとした OSS (Open Source Software) ベースの開発環境を提供するオープンプラットフォームである。筆者らは、チルトローテータを装備した油圧ショベルの自動掘削システムの完成を目指しており、その開発プラットフォームとして OPERA の一部を活用することとした²⁾。本システムの特徴として、バケットの姿勢を作業機のみで任意に変えられるチルトローテータを使用することにより、機体の旋回や移動が難しい狭隘な箇所等においても効率的に施工できる利点がある。チルトローテータは北欧では大半の建機に搭載されており、国内においても国交省が i-Construction 2.0 で掲げる省人化3割を目指す取り組みに資する建設機械の普及促進のため、ICT 建設機械等認定制度において令和7年1月にチルトローテータ機能を有するバックホウも省人化建設機械に追加された。今後、さらにチルトローテータの利用が進むと思われる。

本報では、開発した自動掘削システムの概要およびシステムを実証するために実施した実証実験結果について述べる。なお、本開発は、(国研) 土木研究所の「自

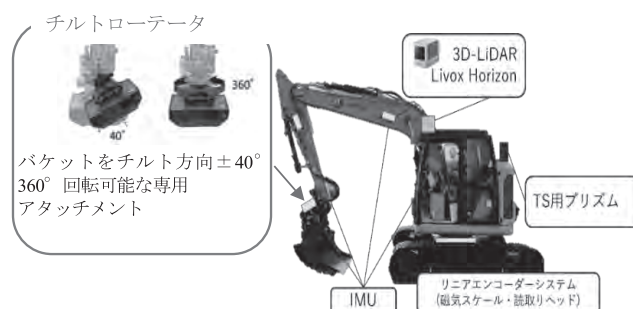
律施工技術基盤 OPERA を活用した機械土工の生産向上に関する共同研究」内のテーマの一つとして取り組んだものである。

2. 自動掘削システム

(1) 自動化した油圧ショベルのハードウェア構成

自動掘削システムは、日本キャタピラー(株)の電子制御された油圧ショベル (0.45 m³ 級、型式 CAT315) をベースマシンとして構築した。チルトローテータは、同じく日本キャタピラーの型式：TRS10 (チルト角：±40°，ローテート角：0～360°) を使用した。図—1 に使用した計測機器の配置を、表—1 に使用した計測機器の一覧を示す。

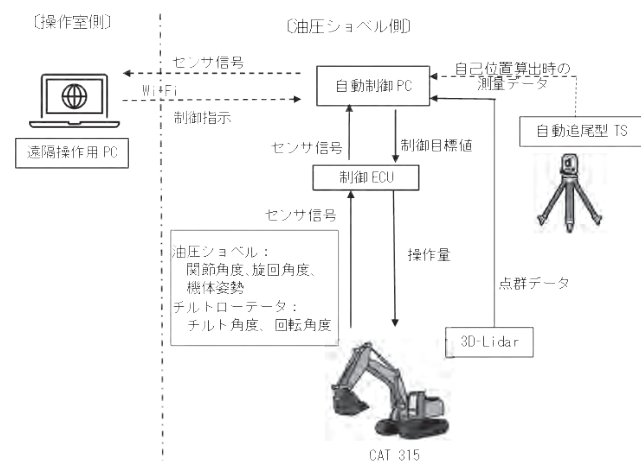
油圧ショベル本体の自己位置、旋回中心の認識にはトータルステーション (以下、TS) を用いた。油圧ショベルの各関節角度および車体の姿勢には IMU (慣性



図—1 自動化した油圧ショベルおよび計測機器

表—1 計測機器一覧

センサ	メーカー	型番	用途
IMU	ACEINNA, Inc.	OpenIMU300RI	各関節角度、 車体の姿勢の測定
リニアエンコーダーシステム	㈱マコメ研究所	SAE-200 (読取ヘッド) SAS-200 (磁気スケール)	旋回角度の測定
トータルステーション	㈱トプコン	GT-1001	自己位置の測定
3D-LiDAR	Livox Technology Co., Ltd.	Horizon	土砂の認識



図—2 システムのハード構成の概略図

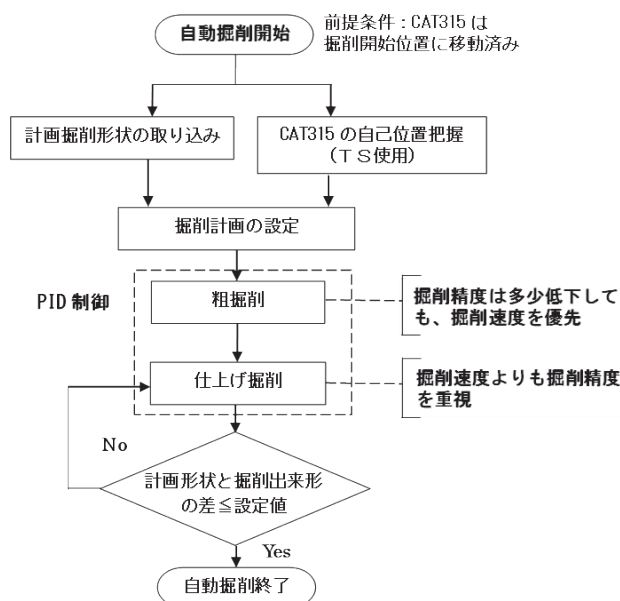
計測装置) により計測し、旋回角度は磁気式のリニアエンコーダーシステムにより把握した。チルトローテータのチルト角およびローテート角は油圧ショベルより出力される信号を使用した。掘削量把握のための土砂認識は、キャビン上に設置した 3D-LiDAR を用いる。

図—2 にシステムのハード構成の概略図を示す。遠隔操作 PC から、Wi-Fi により油圧ショベルのキャビン内に設置した自動制御 PC に制御指示を送ることにより遠隔で自動掘削できる。自動制御 PC からは、リアルタイムに遠隔操作 PC に、油圧ショベルの関節角度等のセンサ信号が送られ、オペレータは GUI (Graphical User Interface) 上で油圧ショベルの動作状況を監視することができる。

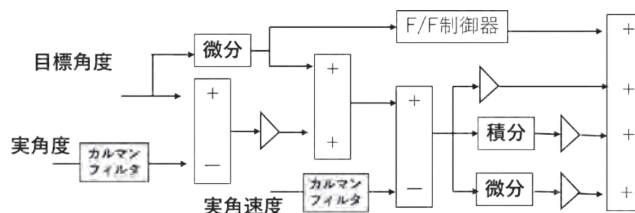
(2) システムのソフトウェアの概要

本システムのソフトウェア構成および概略フローを図—3 に示す。ソフトウェア構成は、OPERA の共通制御信号に準じた制御信号を、ROS (Robot Operating System) を介してハードウェアに送受信している。

本システムでは計画された掘削後の地形状 (以下、計画掘削形状) のデータ (LandXML 形式) より、油



図—3 自動掘削システムのソフトウェア構成および概略フロー



図—4 使用した角速度制御ブロック図

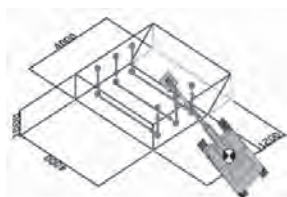
圧ショベルが掘削する際の動作計画 (以下、掘削計画) を設定する。

掘削計画は、掘削時間の短縮と精度向上の両立のため、掘削動作を粗掘削と仕上げ掘削の 2 段階で設定した。粗掘削では、バケットの貫入量を大きく設定して、掘削精度よりも掘削時間の短縮を優先して掘削するように図った。仕上げ掘削では、時間よりも掘削精度を重視した掘削動作とした。

バケットの刃先位置の制御は、角度偏差を目標角速度とした角速度偏差に基づく PID 制御 (フィードフォワード項を含む) による角速度制御を適用した。図—4 に使用した角速度制御ブロック図を示す。また、各

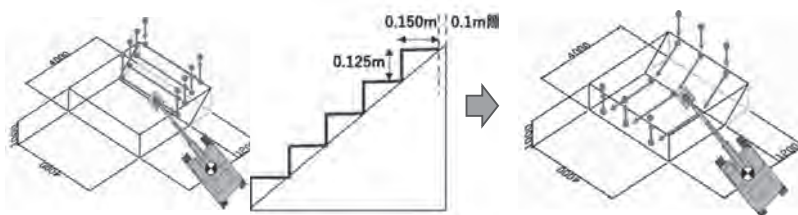
〔平坦部の掘削〕

- ・壁面に沿って水平に掘削



〔斜面の掘削〕

- ① 斜面を大まかに階段状に掘削
- ② 斜面に沿って掘削



図—5 自動掘削のアルゴリズム

関節角度をIMUから取得しているが、振動の影響による誤差を生じやすい。ブーム等を動かした際の振動により、不安定な動作となり、制御精度への影響が大きかったため、カルマンフィルタによるフィルタ処理を適用し、振動の影響低減を図った。

自動掘削のアルゴリズムの概略を図—5に示す。油圧ショベルから見て右側に斜面がある計画掘削形状が配置されている場合を例として示す。平坦部はチルトローテータによりバケットの姿勢を制御し、壁面に沿うように水平を維持しながら掘削する（図—5左）。斜面の掘削では先ず階段状に大まかに掘削した後、チルトローテータによるバケットを斜面に沿って動かし掘削する（図—5中央、右）。計画した仕上げ掘削が終了したら、最終的に3D-LiDAR計測により出来形と計画掘削形状との差を算出（以下、土砂認識機能）し、あらかじめ設定した許容値よりも差が大きければその個所の掘削を再度行う。図—6に土砂認識機能を可視化した図を示す。3D-LiDARにより得られる施工領域の点群データを辺長0.1mのグリッドで分割し、グリッド毎の平均値と計画掘削深さの差を算出する。全グリッドにおいて、その差があらかじめ設定した許容値を下回るまで、最も差の大きな個所から再掘削する。なお、3D-LiDARの死角となり確実な土砂認識が難しいため、掘削範囲の油圧ショベル手前側の1mおよび掘削範囲を規定する多面体の各辺から

0.2mの範囲は再掘削範囲外としている。また、現時点では斜面部分も範囲外とした。

3. 実証実験

（1）実験概要

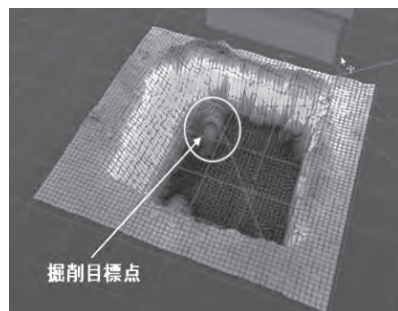
①実験方法

実験は奥村組技術研究所敷地内において、本システムにより計画掘削形状を設定し、掘削完了後の出来形を把握するために3Dスキャナー（㈱トプコン、GLS-2000）等で計測した。自動掘削を行った実験ヤードの土質性状を表—2に示す。また、掘削後に行ったポータブルコーン貫入試験結果より、掘削底面におけるコーン貫入抵抗 q_c は400 kN/m²程度であった。

実験では、自動掘削時には油圧ショベル本体の移動はさせずに、チルトローテータを活用することで斜面を有する計画掘削形状を掘削した。掘削した土砂は、掘削方向より90°旋回させた油圧ショベル横に排土させた。

②実験条件

実験条件は、図—7に示すように、斜面を有する計画掘削形状を変えた3パターンとした。先ず、チル



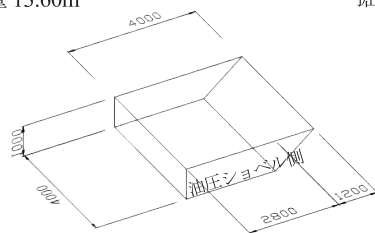
※最も差が大きい個所が赤色で表示される

図—6 土砂認識機能の可視化図

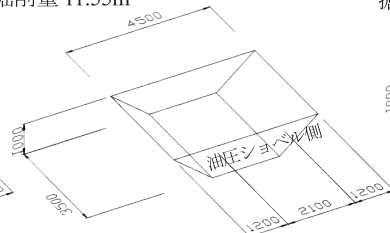
表—2 実験ヤードの土質性状

土粒子密度 g/cm ³		2.628
自然含水比 %		28.6
粒度分布	礫分 %	35.2
	砂分 %	25.5
	シルト分 %	17.8
	粘土分 %	21.5
最大粒径 mm		37.5
50% 粒径 D ₅₀ mm		0.2009
液性限界 %		72.3
塑性限界 %		38.6
塑性指数		33.7
地盤材料の分類名		細粒分質砂質礫（GFS）

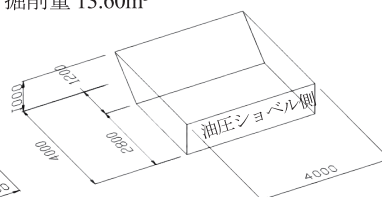
ケース 1：右斜面
掘削量 13.60m³



ケース 2：左右斜面
掘削量 11.55m³



ケース 3：正面斜面 (単位: mm)
掘削量 13.60m³



図—7 実験条件

トローテータの特長を活かした自動掘削システムの実証として、油圧ショベル側から見て右側に斜面があるケース 1 の形状を中心に本システムの開発を行った。それに加えて、左右に斜面を有するケース 2、正面に斜面を有するケース 3 についても自動掘削を実施した。斜面の勾配は全て 1.2 : 1 (約 40°) とした。

本実験では、実験ヤードに実験用の座標系を設定し、この座標系で作成した計画掘削形状データを読み込ませ自動掘削した。全ケースにおいて計画掘削深さは、座標系の Z 軸（鉛直方向）の GL 0 m より 1 m とした。ただし、掘削地点の地表面は最高点と最低点の間でおおよそ 10 cm 程度の凹凸がある条件で行った。図—7 に示した掘削量には、その土量は含んでいない。

(2) 実験結果

①動作確認

実験状況を写真—1 に示す。写真—2 は、斜面掘削時にチルトローテータによりバケットを回転させて斜面に沿ってバケットを動かしている状況を示す。

図—8 に掘削中の GUI 画面例を示す。油圧ショベルの動きおよび 3D-LiDAR により掘削状況をリアルタイムに表示させ、現在の状況を確認することができる。

開発した自動掘削システムは設計通りに作動し、掘削を完了した。

②出来形

(a) ケース 1：右斜面

写真—3 に自動掘削後の出来形を示す。図—9 に 3D スキャナー計測により取得した出来形の点群データを示す。これらより、油圧ショベルの右側に斜面が形成されていることが確認できる。

点群データより、水平 2 軸 (X, Y 軸) に対し、直交する断面のポリラインを 0.5 m 毎に抽出した。図—10 に Y 軸に直交する断面のポリラインを示す。図中には計画形状を併記した。図—10 より、斜面と反対側の鉛直面近傍が計画形状に比べ、比較的誤差が大き



写真—1 実証実験状況



写真—2 チルトローテータを使用した斜面掘削状況



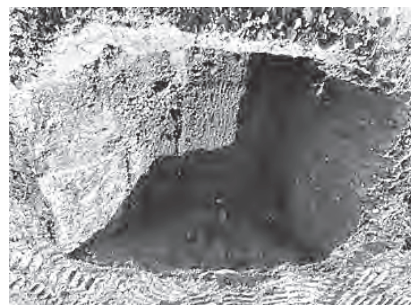
図—8 GUI 画面例

くなっている。これは、今回は 3D-LiDAR による掘り残し判定において、鉛直面から 0.2 m は現状判定範囲に含めていないため、掘削時に崩れたりした土砂が残置されていても、再度掘削ができないため誤差が大きくなったと考える。

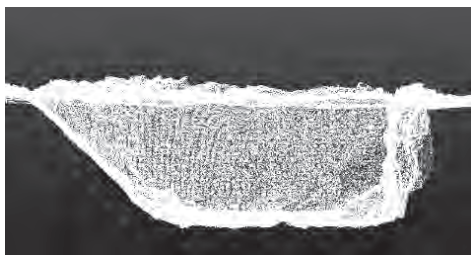
表—3 に、上記の抽出したポリラインについて、計画掘削形状に対する出来形の鉛直方向の差の平均値等を示す。なお、表—3 では、3D-LiDAR による掘り



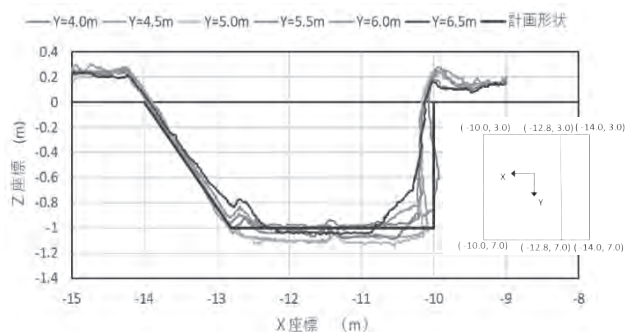
写真一三 自動掘削による出来形（ケース 1）



写真一四 自動掘削による出来形（ケース 2）



図一九 出来形の点群データ（ケース 1）



図一〇 Y軸直交断面における掘削深さ分布（ケース 1）

表一三 計画形状に対する掘削深さの差（ケース 1）

	平均 (m)	標準偏差 (m)	絶対平均 (m)
平坦部	-0.027	0.069	0.061
斜面	0.043	0.039	0.047
全体	0.004	0.068	0.056

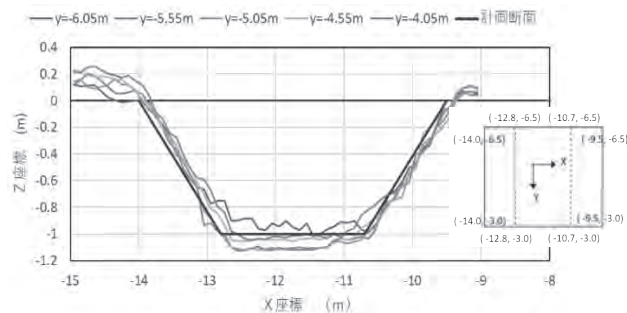
残し判定の設定範囲外の区間が含まれる斜面と反対側の鉛直面から 0.2 m の範囲は除いて算出した。

表一三より、平坦部と斜面で各諸量に大きな差は見られない。全体としては平均 0.004 m と高い掘削精度を示している。ただし、標準偏差や絶対平均では 0.05 m 以上となっており、ばらつきが大きいことがわかる。

(b) ケース 2：左右斜面

写真一四に自動掘削後の出来形を示す。左右に斜面が形成されていることがわかる。

図一〇に、ケース 1 と同じく Y 軸に直交する断面のポリラインを示す。両側の斜面では、平坦部と交差する近傍は計画掘削形状に比べ少し差が大きい、そ



図一〇 Y軸直交断面における掘削深さ分布（ケース 2）

表一四 計画形状に対する掘削深さの差（ケース 2）

	平均 (m)	標準偏差 (m)	絶対平均 (m)
平坦部	-0.026	0.074	0.066
斜面	0.014	0.095	0.085
全体	-0.005	0.088	0.076

れより上部は比較的、計画掘削形状に合っている。

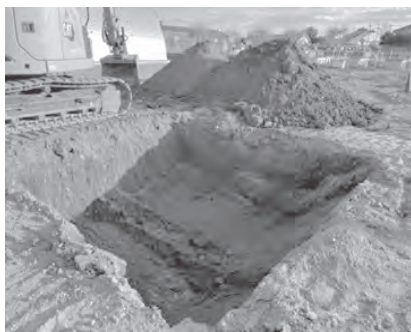
表一四に、上記の抽出したポリラインについて、計画掘削形状に対する出来形の鉛直方向の差の平均値等を示す。平坦部と斜面で各諸量に大きな差は見られない。全体としては平均 -0.005 m と計画深さとの差は小さく、高い掘削精度を示している。ただし、ケース 1 と同様に、標準偏差や絶対平均では 0.05 m 以上となっており、ばらつきが大きいことがわかる。

(c) ケース 3：正面斜面

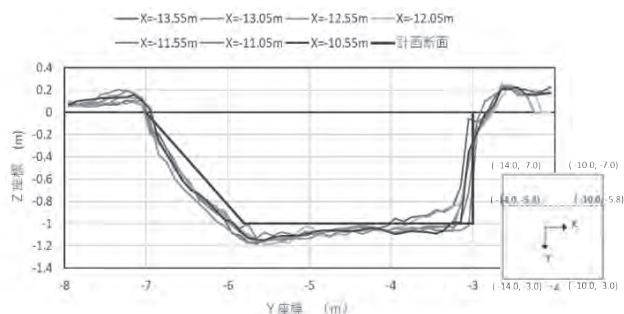
写真一五に自動掘削後の出来形を示す。油圧ショベルの正面側に斜面が形成されていることがわかる。

図一二に、X 軸に直交する断面のポリラインを示す。斜面が計画掘削形状に比べ、全体的に深く掘り過ぎていることがわかる。

表一五に、上記の抽出したポリラインについて、計画掘削形状に対する出来形の鉛直方向の差の平均値等を示す。なお、表一五では、3D-LiDAR による掘り残し判定の設定範囲外である手前の鉛直面から 1 m の範囲は除いて算出した。平均値では、斜面に比べ斜面における計画掘削深さに対する差が大きく、深く掘り過ぎている傾向が見られる。また、全体でもケース



写真—5 自動掘削による出来形（ケース3）



図—12 X軸直交断面における掘削深さ分布（ケース3）

表—5 計画形状に対する掘削深さの差（ケース3）

	平均 (m)	標準偏差 (m)	絶対平均 (m)
平坦部	-0.091	0.043	0.091
斜面	-0.168	0.068	0.172
全体	-0.122	0.066	0.124

1, 2 と比べ、平均値および絶対平均の値が大きく、掘削精度が低下している。この要因の一つとして、バケットの貫入時等に、その反力で油圧ショベル本体の位置がずれる場合があることが観察された。これはすべての掘削形状においても同様に生じたが、正面斜面のケース3では、油圧ショベルから最も遠い位置に斜面を形成するため、作業半径が長くなり油圧ショベル本体のずれによるバケット先端の位置の誤差が大きくなる。そのため、斜面形成時のバケット先端の位置制

御への影響が大きくなった可能性が考えられる。今後、詳細に対策を検討したいと考える。

4. おわりに

チルトローテータを装備した油圧ショベルによる自動掘削システムの開発に取り組んだ。今後は、自動掘削システムのさらなる施工精度向上や施工時間短縮等のブラッシュアップを図るとともに、油圧ショベル本体の移動についても自動化するなど、機能拡張したいと考える。これらのシステムの性能向上を図り、現場適用できるように取り組んでいく予定である。

J C M A

《参考文献》

- 1) 遠藤大輔ほか、「自律施工の技術開発促進に向けた取り組み」, 土木技術資料, 65 巻 1 号, pp.18-21, 2023 年 1 月
- 2) 藤沼花奈ほか、「OPERA を活用したチルトローテータ搭載油圧ショベルの自動掘削システムの開発」, 令和 6 年度建設施工と建設機械シンポジウム, 2024 年 10 月

【筆者紹介】

藤沼 花奈（ふじぬま かな）
 (株)奥村組
 東日本支社
 機電部 機械技術課



三澤 孝史（みさわ たかし）
 (株)奥村組
 技術本部 技術研究所
 担当部長



遠藤 大輔（えんどう だいすけ）
 (国研) 土木研究所
 技術推進本部 先端技術チーム
 主任研究員





e 建機[®] チャレンジ大会（建機の遠隔操作）による人材発掘 建設業界の未来を担う新たな人材の機会創出と 建設現場の働き方改革を目指して

鈴木 正 秀

（一社）運輸デジタルビジネス協議会は、会員企業により業界課題の解決に向けて活動している。建設業界では深刻な人材不足の解消と多様な働き方の実現を目指し、建設重機の遠隔操作の社会実装に取り組んでいる。新たな人材の適合性および、遠隔操作技術の実証実験の場としての e 建機[®] チャレンジ大会についてまとめた。

キーワード：建設機械、遠隔操作、人材不足、高齢化、人材創出、働き方改革、リモートワーク、オープンイノベーション

1. はじめに

建設業界では、就業人口の減少と高齢化による人材不足が深刻な問題として顕在化している。建設技能者の年齢構成は55歳以上が全体の1/3(約36%)を占め、29歳以下が約12%程度である（図—1）。2023年時点の建設技能者は約300万人だが（図—2）、2025年

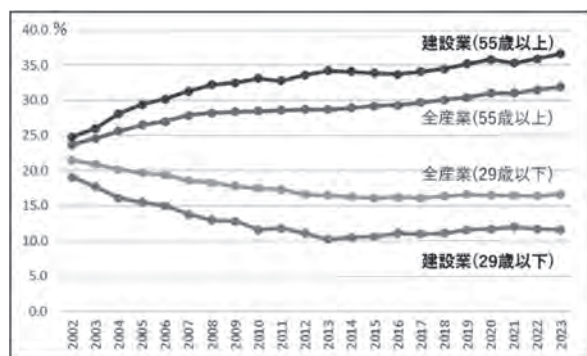
には団塊世代の引退により約130万人が離職するといわれ、これが建設業界の2025年問題である。また、この業界では離職者が入職者を上回り人材不足が加速している。

運輸デジタルビジネス協議会（以下、TDBC）は、物流、旅客、建設業界の課題を業界の事業者、その顧客企業、技術・ソリューションを持つ企業が共創により解決していく団体として2016年に設立された。

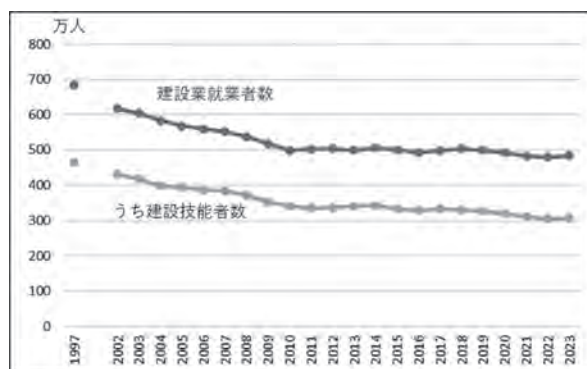
建設業界向けのワーキンググループ（以下、建設業WG）では、「人材不足の解消」を主テーマに掲げデジタルテクノロジーで果たす手段として「建設機械の遠隔操作・自動化」について議論、実証実験を行っている。

2. 人材不足の課題解決に向かって

建設業WGでは、他の運輸業界との人材のシェアリングの検討、エレベータ等の建設機械の位置情報等の取得による効率化、リモコン操作と3Dグラスによる近距離での遠隔操作の検討と実証を行うなど、人材不足解消の手段として現場作業の効率化をデジタルテクノロジーで支援する方法を検討した。しかし、作業効率向上以上にこの大きな人材不足を解消するには、新たな人材の機会創出と多様な働き方の実現を目指すべきとの意見から超遠隔操作の実現に向かうことになった。超遠隔操作とは、インターネット回線により遠隔地から現場の建設機械を操作するものであり、その操作は建設機械から送られる映像を見ながら行う。



図—1 建設業就業者の高齢化の進行¹⁾



図—2 建設業就業者数の推移¹⁾

建設機械の遠隔操作は以下の技術連携でのオープンイノベーションにより実現している。

①建設機械の遠隔操作技術

従来の建設機械独自の操作から汎用的な操作装置（ゲーム用の汎用操作装置を活用した操作への変換）

②映像技術

3D やドローンを活用した俯瞰映像などの複数映像の活用による乗務操作と同様の奥行感等のさまざまな視覚情報の取得

③通信技術

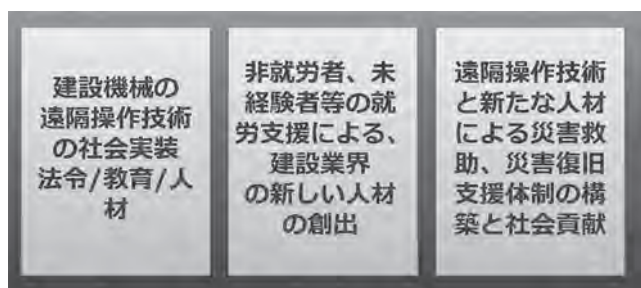
複数の高精細映像や遠隔操作等のさまざまなデータを低遅延、または一定遅延で大量に送るためのデータ圧縮、転送技術

遠隔操作プラットフォームの構築のベースとなる遠隔システムは2019年より建設業WGのサブリーダーを務めていただいている伊藤忠商事(株)、(一社)千葉房総技能センター、東京大学発のスタートアップ企業ARAV(株)が開発した後付け遠隔操作システムによって始まり、これまで業界視点によるブラッシュアップが行われてきた。伊藤忠商事(株)のリーダーシップにより遠隔操作オープンプラットフォームを築いている。3D映像技術、ドローン撮影技術、映像データ圧縮、通信回線、安全装置、監視装置など必要な技術を持つ企業の招聘を行い現在に至っている。このように一企業での技術開発でないオープンイノベーションでの実現は、TDBC ならではと言えるのではないかと。

遠隔施工が実現できれば、未就労者、女性の就労機会にもなり、なにより、ゲーム操作に近いことからプロeスポーツプレイヤーとの親和性が高いとの仮説を立て、遠隔操作システムの技術検証と共にその仮説検証に取り組むことになった。それが、“e建機® チャレンジ大会”の開催である。

3. e建機® チャレンジ大会の開催

e建機® チャレンジ大会開催の目的は先の実証実験の場であることに加え、遠隔操作技術による災害復旧支援



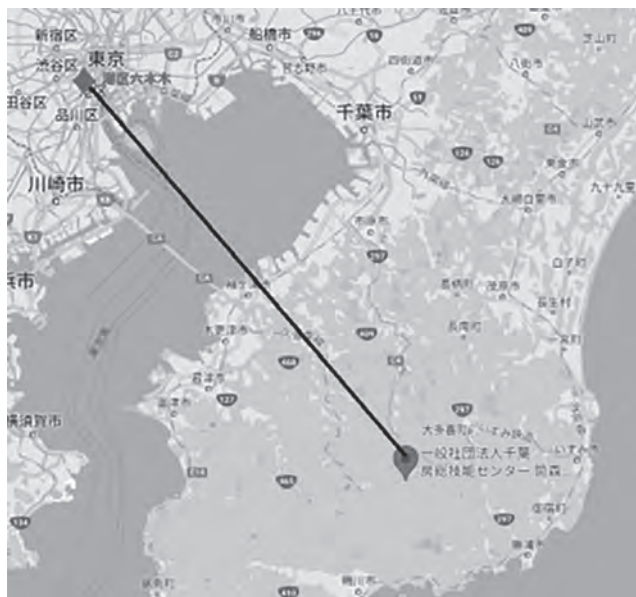
図一3 e建機® チャレンジ大会開催目的

にも資するものであり、将来的な目標に含めた(図一3)。

e建機® チャレンジ大会は2022年5月に予行練習としてプレ大会を実施し、2022年10月、2023年9月、2024年10月とこれまで3回開催している。

第1回、第2回は千葉県夷隅郡大多喜町にある(一社)千葉房総技能センターの建設機械技能教習施設である筒森AIセンターの油圧ショベルカーとキャリアダンプを東京都港区六本木のTDBC事務局(ウイングアーク1st(株内))から操作した(図一4)。第3回は千葉県千葉市緑区平川町にある、EP Rental(株)に併設の建設機械技能教習施設 平川教習所の油圧ショベルカーとキャリアダンプを同六本木から操作した(図一5)。

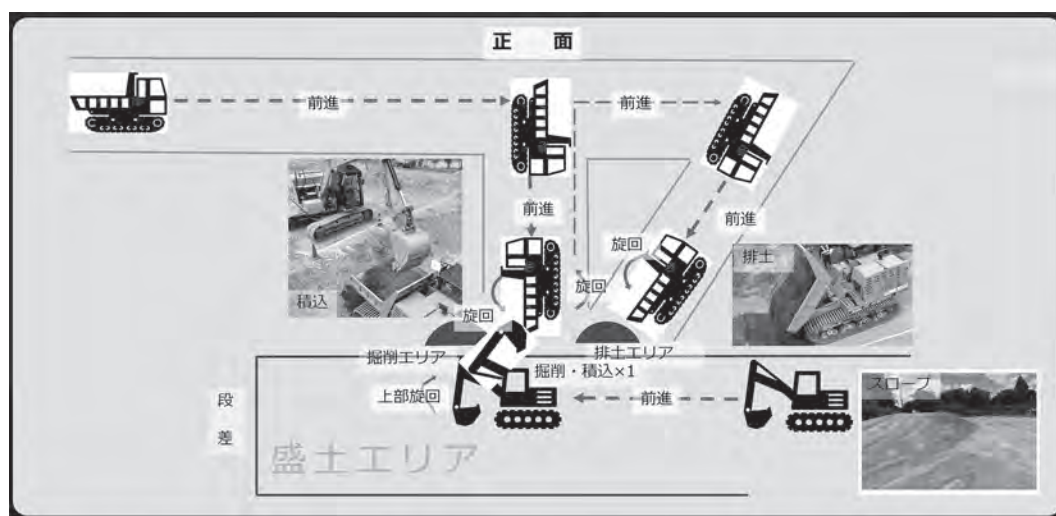
e建機® チャレンジ大会は単に建設機械の遠隔デモ操作を行うだけでなく、より若い人材や他業界への認知度を高めるためにタイムと正確性、効率性を競う競技方式にした。参加者は建設機械技能資格を持つ施工会社の社員、一般事務の女性、未就労者学生、学生eスポーツプレイヤー、プロeスポーツプレイヤーとした。第3回はスマートフォンアプリで無償のシミュレーションゲームアプリ「重機でGo」を使用した予選会を実施し、成績上位2名が参加した。2名1チームで油圧ショベルカーとキャリアダンプを操作し、所定の積み込み場まで移動し、土砂を積み込み、所定の場所で廃土するコース(図一6)のタイムを計測し、積み込み量が少ない、コースを逸脱する、パイロン等の設置物への接触などがタイムから5秒のペナルティーを加算するルールとした。参加選手らは大会開催前に実際の建設機械の見学、至近距離での遠隔操作体験、大会会場での練習など計約2時間程度の経験を積んで本



図一4 千葉県夷隅郡大多喜町(一社)千葉房総技能センター 筒森AIセンター



図一五 千葉県千葉市緑区平川町 (一社) 千葉房総技能センター 平川教習所



図一六 第3回 e 建機® チャレンジ大会コース

番に挑んだ。本番競技の結果は、建設施工会社チームが勝利したが非常に僅差であり、プロ e スポーツプレイヤーチームの予選タイムは決勝の建設施工会社チームを上回った。

大会の様子はライブ配信し、YouTube にて視聴可能である²⁾。

4. 国土交通省との連携

国土交通省 大臣官房 参事官 (イノベーション) グループ 施工企画室に、協議会活動と大会開催趣旨を説明し、賛同いただいたうえで、3回の大会それぞれであいさつをいただいた。そして、2022年、2023年には国土交通省が開催した「遠隔施工等実演会」(施工 DX チャレンジ)²⁾には TDBC が参加している。さらに、国土交通省が設置した建設機械施工の自動化・自律化協議会の自動施工機械・要素技術 SWG においてはメンバーとして参加している。



写真一 国土交通省 遠隔施工等実演会 ~施工 DX チャレンジ 2023~

5. 産学連携

e 建機® チャレンジ大会により e スポーツプレイヤーの活躍の可能性を実証できたことにより、プロ e スポーツを目指した選手育成やデジタルスキルを学ぶ高等学校卒業カリキュラムを備えた教育機関である KONAMI e スポーツ学院との連携協定を締結、また、e スポーツの国際 NPO 団体である、国際教育 e スポーツ連盟ネットワーク 日本本部 (NASEF JAPAN) が

TDBC へ加入している。いずれも、プロ e スポーツプレイヤーの育成、輩出だけが目的ではなく、e スポーツを入り口としてデジタル人材を育成し、さまざまな業界で活躍できる人材を創出するという目的は、デジタル化が遅れている建設業界が活躍先の場となれば、TDBC が目指す業界変革の一端を担うことができると考えている。e スポーツに特化した職業紹介事業を行う企業も TDBC へ加入いただいた。遠隔操作は技術的にはほぼ実現できているが、実際の操作パイロット（TDBC で遠隔施工技術者をこう呼ぶ）の育成、人材登録などが今後対応していくべき課題であり、このような産学連携により対応が進められると考えている。

6. 関西万博での実演

第3回大会を見学したGlobal Initiative for Safety, Health and Well-being (GISHW) エグゼティブ委員会メンバーの（一社）セーフティーグローバル推進機構（IGSAP）理事により、GISHW が主催する「未来への贈り物 80 億人の安全・健康・ウェルビーイング」（7月16日～19日 関西万博会場、インテックス大阪）で遠隔操作の実演および、体験会実施を提案され、参加することにした。遠隔操作技術は、働く人々の安全・健康・ウェルビーイングを実現可能とする技術であるという点において、大きな共感と期待をいただいたと感じている。

7月18日はEXPO ホール「シャインハット」にて、会場から千葉県平川の建設機械を遠隔操作する。ここには、プロ e スポーツプレイヤー、e スポーツを学ぶ高校生、大学生などが参加する。

7月16日～19日はインテックス大阪での「ウェルビーイング建設技術展」にて、北海道赤平市にある会員企業 植村建設(株) UNiCon Field の油圧ショベルカーを遠隔操作する体験ブースを設ける。

7. 今後の展開

建設業界 WG が掲げた e スポーツプレイヤーとの親和性の仮説検証では、想定以上の可能性を感じた結果であるが、他の若年層が業界へ就業する可能性や、さらに女性の進出の可能性が大いにあり得ると感じた。第2回、第3回では、女性が参加し、短時間の練習で操作可能であったし、むしろ繊細な操作を心がけ正確性はもっとも高かった。これまでも通じて、まったく建設機械操作の経験がない人でも数時間の練習による操作方法、操作感の体験で油圧ショベルカーと

キャリアダンプの操作は問題なく習得できるようになり、遠隔操作が業界の新しい人材創出に寄与する技術であることの確証を得た。特に、プロ e スポーツプレイヤーにとっては、彼らの経験とスキルを活かしたセカンドキャリアとなることを期待したい。それによってまったく異なる業界間連携、新しい文化による業界の発展も期待できると考えている。

新しい人材というわけではないが、これまでの熟年プロ建機オペレータ従事者が厳しい現場に赴くことなく室内の遠隔操作室で業務ができる可能性や、経験の浅い人材の補助員、指導員としての就業継続ということも考えられる。まさに、高齢化社会における人材活用となり得るのである。

e 建機[®] チャレンジは、NHK、民放の TV や、業界紙、地方一般紙、全国紙、ネットニュース、e スポーツメディアなど多くのメディアに取り上げられはじめ、人材不足は日本社会全体の課題であることから自動化、生産性向上などの取り組みはメディアも注目しているところだと感じ、建設業界における課題解決の方向性と新たな人材との親和性が認識されたと考えている。

現在活用している遠隔操作システムは「外付け」可能なので、建設機械に限らず農業機械にも応用可能だ。新しい農業機械を購入せずに、安価に導入可能で、温暖化による気候変動での厳しい屋外作業への貢献も期待できる。

さらに、建設機械の「遠隔操作・自動化」は危険を伴う災害復興現場での貢献が期待でき、そのような場面での社会貢献という意味でも人材への門戸が広がることが期待できる。

これまでも通じて残す課題は、遠隔操作での生産性の向上、実際の現場における安全性の確保とルール、遠隔操作パイロットのトレーニング、遠隔施工の推進、遠隔操作パイロット人材登録制度の創設などの取り組みを進めなければならない。技術向上として現在検討を行っているのが、3D モニターを活用することで奥行きを把握を可能にすること、さらなるデータ圧縮技術を進化させ映像データの転送効率を高めること、建設機械の電子制御化などがある。

すでに「e 建機」を TDBC が商標登録し、近い将来広くこの言葉が認知され社会と業界がかわることになると信じている。TDBC と会員企業によりこの遠隔操作プラットフォームの社会実装を果たし、新たな人材の創出による人材不足解消、安全な施工環境、災害支援活動への貢献への未来の実現を目指していく。

8. おわりに

TDBC は設立趣旨に賛同する会員企業によって活動いただいているが、「建設業界での遠隔操作・自動化で実現する安全・安心な作業現場と迅速な災害対応」ワーキンググループにてオープンプラットフォームを推進し、e 建機[®] チャレンジの発案から成功へと尽力いただいた伊藤忠商事(株)をはじめ、活動に参画いただいている企業の皆様に感謝を申し上げたい。

【ワーキンググループメンバー（50 音順）】

EP レンタル(株) (WG リーダー)

伊藤忠商事(株) (WG サブリーダー)

アクティア(株) ARAV (株) eek

ウイングアーク 1st (株) 植村建設(株)

NSW (株) (株)大林組 オリックス自動車(株)

KONAMI デジタルエンタテインメント KONAMI e スポーツ学院

NPO 法人国際教育 e スポーツ連盟ネットワーク日本本部

NPO 法人日本災害救助活動支援隊

(株)サトーホールディングス ソフトバンク(株) ソニー(株)

田中電気(株) 中部電力パワーグリッド(株)

(一社) 千葉房総技能センター 野原グループ(株)

(株)パトライト 日立建機(株) 丸磯建設(株)

J C M A

《参考文献》

- 1) (一社) 日本建設業連合会「建設業デジタルハンドブック」より
<https://www.nikkenren.com/publication/handbook/index.html>
- 2) (一社) 運輸デジタルビジネス協議会・e 建機チャレンジ 2024 ダイジェスト, YouTube
<https://youtu.be/PUDEWfqM1eo>

【筆者紹介】

鈴木 正秀 (すずき まさひで)
(一社) 運輸デジタルビジネス協議会
事務局長



ずいそう

恩師を思う

大 下 裕 之



恩師という認識は後から生じてくるもの、歳とともにその存在が大きくなっていく。社会人として44年間、前半の22年間は土木事業に、後半は環境修復事業に携わっている。ともに継続できたのは恩師に拠るところは大きい。前者は“土質からのささやき”，後者は“地質への誘い”がきっかけだ。双方によって土質と地質がこうも異なるものなのかを肌で感じる事ができ、さらに彼らの教えは人間形成にも役立つことができた。

最初の恩師は土質工学専攻の教授であり、工学的視点から土砂を診断する思考を教わった。旧建設省出身らしく社会へ旅立つ予定の学生達にとって理解しやすい実務型の講義内容を中心に、自著である「土木施工」（朝倉書店）や「建設機械」（理工学社）などの実務書を使って教鞭を執られていた。当然ながら土質工学に係る数多くの研究実績をお持ちであったが、教授部屋の窓際にはなぜか建設機械のミニチュアが隊列を組んで飾られていた。一見すると気難しそうに見える反面、純粋にそれらを愛する好奇心旺盛な少年っぽさも持ち合わせていた。お酒も嗜み、当時は高級品であった“だるま”を腕に抱え、欲しければ部屋へ来いと云わんばかりの顔つきで、薄笑いを浮かべながら入室していく姿をよく目撃した。時には放課後、ゼミの准教授や助手らが部屋に集まり、研究内容や役人時代の逸話などを酒の肴に話が盛り上がっていたようだ。寡黙ではなかったが、無駄口もなく淡々と質疑に答えていただけの先生であった。この分野では顔が広く官民隔々まで熟知されていたからこそ、社会を知らぬ学生達からの踏み込んだ質問に対しても、苦い顔をせず具体的に答えてくれた。まずは自分の教え子達に土木就労の楽しさとやりがいを伝えたかったのであろう。卒業の挨拶に伺った際、「苦勞するだろうが」を前置きに、「マンモスのような大型建設機械を使った土木工事や海外工事もそうそう経験できることではない。興味を持てるかだ。」の言葉は今でも耳に残っており、これが“土質からのささやき”となる。入社後はそれらに加え、都市土木で使われる大型特殊機械まで経験できたことは幸運であった。当時はまだ業界特有の3K時代、おそらく恩師は田舎者で軟弱な私では続かないと感じ、

ならば興味が湧くような言葉をと贈ってくれたのであろう。あのささやきで結局のところ、幅広い建設機械や施工技術の知見と経験を蓄積できたばかりか、工事現場の辛さも乗り切ることができ、計画から施工前線に至るまでゼロから構造物を造り上げる喜びも体感できた。

それから時は2003年、バブル崩壊とともに下降を続ける建設業界にとって注目され始めた環境ビジネスへと足を踏み入れる。当時は土壤汚染という言葉が世間に広がり始めた頃であり、地層汚染や地下水汚染などの地質汚染対策が焦点となった。この世界はそれまで経験してきた土質の概念は通用せず、代わって地質の概念が求められた。戸惑いの中で出発したが、実学を通じて地学をていねいに説いてくれたのが次の恩師となる。地質汚染対策を正しく理解させるために、化学や社会学も含めたサイエンスの基本理念を最初にたたき込まれた。自著である「地質汚染 調査と浄化技術」（オーム社）は通り一遍の概論書でも技術解説書でもなく、真面目に取り組もうとする技術者のための入門書として、それを一読したことでこの分野を築き上げた先駆者の足跡の一端を垣間見ることができた。とにかくこの方は地質が大の好物。巡検の度に地質を四次元で読み解く演説姿勢やコア試料から五感を駆使して地層や汚染メカニズムを解明する術には衝撃を覚えた。さらに、大型建設機械が身近だった者にとってボーリングマシンは新鮮そのものであり、その中でも華奢な女性が操作できる小型ボーリングマシンは動力100Vでコア採取が可能。そして自らサンプリングすることにより、地質汚染対策に従事するにはオールコア地質ボーリングによるコア採取と層相変化をミリメートルオーダーで観察する能力がいかに重要かを痛感させられた。ある日の酒席で、恩師は土壤汚染対策法で定義されている第二環境基準について言及された。世の実態として、同法では環境基準値の10～30倍をその値と定め、それに該当する汚染土壌の処理・処分は掘削除去して最終処分場へ持ち込む事例が殆どとのこと。10m区画で調べて基準値以下ならば問題なし、そうでなければ区画内すべてを汚染土扱いして数量を嵩むやり方も横行しているとのこと。いつの時

代もルールを制するものが経済を征するというのか。このような科学的根拠に乏しい構子定規的な法定調査法に基づき、汚染土として高額な処理処分費用を掛けさせて最終処分場へと持っていく現実をどう評価するか。環境基準値を超える汚染物質の埋立事業を民間に委ねて良いものか。扱い方によっては資源として再利用できるではないか等々、多くの課題が山積していると熱弁。恩師が嘆くこれらの課題はサイエンスの基本理念をたたき込まれた一員として看過できない。加えて、技術面では人の病を治すが如く地質汚染を読み解くおもしろさ、これらが“地質への誘い”となった。地質汚染対策はとても奥が深い。自然科学をはじめ多くの知見を求められる。土木工学もその一つであり、建設機械を利用することだってある。但し、最も大切なことは、環境に関する理念を十分に理解して処方を身につけ、行動することだ。時には工学的な進め方に妥協できないこともある。未だ端くれの愚拙にとって、あの誘いにより環境保全に携わる旅は今も続いている。

ところで、いずれの恩師も酒好きであることはさておき、両者に共通する点が二つある。一つ目は「実学こそ肝要」だ。福沢諭吉は「学問のすゝめ」の中で「ただ知識を得るだけでは学問を修めたとは言えない。これを活用・実行し、世の中の役に立つことに重きを置かねばならない。」と説いた。物事を考える「識見」と、それを実行する「行動力」にこだわった考え方であり、まさに恩師らの成果はそうやって確立されていったのであろう。二つ目は好奇心旺盛かつストレスフリーな生き方である。好奇心は集中力と持続力を生み、ストレスのない強靱な神経は明るく楽しい行動に結びついていく。脳科学によれば、脳機能の低下を防ぐためには好奇心を持つことと日常のストレスを取り去ることと云う。ストレスを取り去る方法は都会から離れて田舎や森を散歩して遊ぶことだそうだが、彼らには生まれつきその能力が人並み外れて備わっていたとしか考えられない。

では私など凡人にとって、彼らとの経験をどう活か

していくべきか。何よりも土質と地質、工学と理学、それぞれの道は異なっている、その時々でうまく使い分けていくことができるのは強みだ。社会を見渡せば、多くの個別問題に直面している。行政依存からの脱却、上下水道のあり方、ビル低層化と森や里山との調和、街の廃墟化と開発による環境破壊、残土問題と悪質盛土、廃棄物の減量化、汚染土の資源化、エネルギー事業のあり方など枚挙にいとまがない。これらは相互に関係していることであり、システムダイナミクスなど大局的な視点で次世代の社会システム構築に加勢できないものかと耽る。とはいえ最大の懸念は教育だ。スマホ片手に検索アプリを使いこなし分かったふりをするような全能感的な人間を作らないことだ。そして教育や指導の完全マニュアル化は画一化を招き、子ども達は“考える”から遠ざかっている。そのため、“行動する”ことも生まれない。そこには工夫もなく、健全な仲間意識も生まれず、よく学んでよく遊ぶこともなし、人や自然に接することなく、感謝の意味すら理解できない。これでは情緒あふれる豊かな人間形成は期待できないばかりか自主性も夢も生まれない。昭和半ば生まれの私などは、日が暮れるまで野山を駆け巡り、遊び疲れ、果ては飯を食う体力も失ってしまうことが度々あった。遊びは一流の一生懸命だった。ともかく、多くの社会問題に影響を与える教育は喫緊の課題といえよう。総じていずれの解決にも長い時間を要すもの、それぞれの相関・因果関係などにも配慮を怠らず前進するしかない。そうはいっても、いつの間にか人は死ぬから。だからこそ日頃から「積小為大」をモットーに、藍より青くはなれないにしても、問題意識を忘れずに一步一步解決へ向け行動を積み重ねることだ。ともに生きてきた恩師そして諸先輩方の笑顔と大らかさを思い起こしながら、拓郎が歌う「永遠の嘘をついてくれ」のエンディング「出会わなければよかった人などないと笑ってくれ」を結びに、彼らへ拝謝である。

ずいそう

コロナから始めたマラソン (ジョギング)

藤 川 智 生



私は、平成元年4月世紀東急工業(株)に事務職として入社し、まずは東京都渋谷区の東京支社に配属となりました。1年後に埼玉県朝霞市の営業所に配属となり4年間過ごした後、8年半にわたり関東近辺の事業所を転々としていました。その後東京支店に営業として戻ってまいりましたが、半年後には東京都世田谷区の営業所の配属となり3年間過ごした後、再び東京支店営業部に戻るようになりました。

三度戻ることになった東京支店には平成18年から16年間在籍しこの時既に54歳となっておりましたので、今後は東京から移動することはないと思っていた矢先、新潟県新潟市にある北陸支店へと移動となりました。以上がわたくしの当社内での経歴となります。

また、東京支店に在籍していた時の趣味といえば、仲間内で船釣りによく出かけておりました。鰯、カワハギ、烏賊、鯛、マゴチ、カサゴ、シロギス、ヒラメ等を狙い都内、千葉県、神奈川県や静岡県まで出かけておりました。当然釣った魚は家族でおいしくいただき、ヒラメも自分でさばけるようになりました。新潟県に赴任してからは単身赴任となってしまうと同時にコロナウイルスの問題もあり釣りに行くこともなくなってしまいました。

1. ジョギングを始めた理由

48歳の時に自宅から5分程度のところにフィットネスジムがオープンし、健康の為、妻と入会し筋トレを始めました。毎週土、日は極力フィットネスジムに通い汗をかくようにしておりました。

2017年1月には会社の有志と「渋谷区民駅伝」に参加することになりました。走行距離は1人3km×4名、持ち時間が1時間20分程度だったと記憶しております。毎週フィットネスジムのマシントレーニングで10km程度走っておりましたが、実際のアスファルトの路面を走ると足への負担が大きく、足首や膝が痛くなり思ったほど早く走ることができず、大変残念な結果に終わりました。

翌年も参加しようと思い、自宅裏にある荒川の堤防沿いを週に1回程度走るようになりましたが、その後

2020年に「新型コロナウイルス」の感染拡大によりフィットネスジムを退会しジョギングに専念するようになりました。

2. マラソンへの挑戦

2021年北陸支店に赴任後は「新型コロナウイルス」が蔓延しており、特にマラソンなどのイベントには参加していませんでした。

新型コロナウイルスによる規制が緩和された2023年に長野県上田市で開催されている「別所マラソン」があると聞き、参加いたしました。別所線は上田駅から別所温泉駅まで15駅で延長が11.6kmありますが、実際の走行距離は20km程度となります。このイベントは「別所線と走ろう歩こうラン&ウォーク」であり、当日は受付を済ますと別所線のフリー乗車券と別所温泉の日帰り温泉チケットが配布され、別所線の乗車もOKという説明がありタイムをシビアに競うものではありませんでした。ところが最後の一駅間は傾斜もきつく、私のようなわかランナーにはキツイものでした。このマラソンは2024年、2025年と参加しております。



写真-1 別所マラソン 2024



写真—2 別所マラソン 2025

3. 本格的ハーフマラソンへの参加

タイム計測をするマラソン初参加は「新潟ハーフマラソン 2025」です。フルマラソンは走りきる自信もなく「別所線と走ろう歩こうラン&ウォーク」程度の参加で満足しておりましたが、「新潟ハーフマラソン 2025」の看板を見た時に、ある会社に相談し参加する機会をいただきました。ゼッケンとタイム計測用のチップなど本格的な備品が手元に届いた時から緊張感

を覚えました。当日の天候は雨と風で気温も低くコンディションは最悪でしたが、何とか完走することができました。タイムは1km 6分程度を目標としておりましたが、結果は1km 7分程度かかり2時間35分とイメージしていたものとは違いましたが、あの雨と風と気温が低く悪天候の中で完走しフィニッシャータオルをいただいたことに満足しております。

4. 今後の目標

今年も2025年度の「別所線と走ろう歩こうラン&ウォーク」に先日参加してきました。「新潟ハーフマラソン 2025」に参加したこともあり、比較的スムーズに完走することができました。今年度中にフルマラソンに参加することを目標としております。

まずは、週末のランニングを週中の水曜日にも行い体力UPを図り、前回も目標タイムとした1kmを6分程度で走れるようトレーニングを行っていくと同時に「新潟シティマラソン 2025」に参加することを目標としていきます。

——ふじかわ ともお 世紀東急工業(株) 北陸支店 執行役員支店長——

JCMA 報告

一般社団法人日本建設機械施工協会 第 14 回通常総会・第 54 回理事会報告



第 14 回通常総会

本協会の第 14 回通常総会（定時社員総会）は、令和 7 年 6 月 19 日（木）午前 10 時 30 分から機械振興会館地下 2 階ホールにおいて開催された。

今回もハイブリッド参加型バーチャル社員総会として、機械振興会館地下 2 階ホールをリアル会場として、役員 Web 出席や書面による議決権行使を行った団体会員で希望される方の Web 参加を認める方法で開催された。また、今回から個人会員についても、案内状を発出した。

冒頭、金井道夫会長が挨拶し、「協会の運営は安定的に推移しており、防災、環境、電力、IT 等幅広い分野に対応しているが、他にも新しい分野が随分とあることから、適宜皆様のご協力を賜り、間違いのないよう進めて参りたい。また、トランプ関税や防災の議論など社会情勢が国内外を問わず厳しさを増している分野のなかで、建設機械を具体的にどのように位置付けるのか、困難ではあるが広く議論を進め、将来に禍根を残さないよう運営して参りたい。」と述べた。

その後、定款の定めにより金井道夫会長が議長とな



金井道夫会長

り総会成立が宣言され、議事録署名人を指名して議案の審議に入った。

1. 報告事項

「令和6年度事業報告の件」、「令和7年度事業計画及び収支予算の件」及び「令和6年度公益目的支出計画実施報告の件」について報告された。

2. 決議事項

第1号議案「令和6年度収支決算の件」が上程され、満場異議なく承認可決された。

次に、第2号議案「役員選任の件」が上程され、満場異議なく承認可決された。

◆辞任役員（敬称略）

理事 岡村未対，小川啓之，風間優，加藤和彦，清原啓太，佐藤恭輔，沼尻理

◆就任役員（敬称略）

理事 今吉琢也，小田洋明，篠原賢至，西居昭彦，森口敏美，山縣裕，山中稔

議長は、以上をもって議事を終了した旨を述べ、通常総会は午前10時58分に終了した。



岩見吉輝業務執行理事



監査意見（中神陽一監事）

3. 第54回理事会

通常総会終了後、機械振興会館6階会議室をリアル会場としつつ役員のWeb出席を認めるハイブリッド会議方式で第54回理事会が開催された。



第54回理事会①



第54回理事会②

4. 永年会員・役員表彰・功績表彰及び日本建設機械施工大賞

理事会終了後、地下2階ホールにおいて令和7年度永年会員表彰・永年役員表彰・功績表彰及び令和7年度日本建設機械施工大賞の表彰式を行った。

(1) 令和7年度永年会員表彰・永年役員表彰・功績表彰

①本部団体会員

【会員期間70年】

出光興産(株)，シェル ルブリカンツジャパン(株)，三笠産業(株)

【会員期間60年】

キャタピラージャパン（同）

【会員期間 50 年】

伊藤忠 TC 建機(株)

【会員期間 30 年】

マシン ケアテック(株)

【会員期間 20 年】

日本工営(株)

②支部団体会員

【会員期間 70 年】

(関 西 支 部) 範多機械(株)

(中 国 支 部) ヤマトロックマシン(株)

【会員期間 60 年】

(北海道支部) 岩倉建設(株)

(北 陸 支 部) 川田工業(株)

(中 部 支 部) 豊和工業(株)

(関 西 支 部) (株)小松製作所, 丸矢工業(株)

(中 国 支 部) 東亜道路工業(株)中四国支社, 日本道路(株)中国支店, 住友建機販売(株)中四国統括部

【会員期間 50 年】

(北 陸 支 部) 丸建道路(株)

(中 国 支 部) 豊国工業(株), 大畑建設(株), (株)加藤組, (株)技工団, 大栄建設(株), (株)原工務所, 藤本工業(株), (一社) 中国建設弘済会, 復建調査設計(株)

(四 国 支 部) (株)タダノ, (株)電業社機械製作所四国支店, 日立建機日本(株)四国支店, (株)日立インダストリアルプロダクツ四国営業所, (株)愛亀, (株)浅田組, (株)安藤・間四国支店, 井上建設(株), 井原工業(株), (株)大竹組, (株)大林組四国支店, (株)奥村組四国支店, (株)ガイアート四国支店, 鹿島建設(株)四国支店, (株)亀井組, (株)北岡組, (株)北島組, 協和道路(株), (株)コート, 五洋建設(株)四国支店, 西条建設(株), 佐々木建設(株), 佐藤工業(株)四国営業所, 清水建設(株)四国支店, 新進建設(株), (株)新創, 須工ときわ(株), 大旺新洋(株), 大協土木(株), 大成建設(株)四国支店, 大東産業(株), (株)田辺豊建設, 谷本建設工業(株), 東洋建設(株)四国支店, 戸田建設(株)四国支店, (株)轟組, 中村土木(株), 西松建設(株)四国支店, 日本道路(株)四国支店, (株)NIPPO 四国支店, (株)姫野組, 福留開発(株), (株)フジタ四国支店, (株)不動テトラ四国支店, (株)豊和開発, ミタニ建設工業(株), 三井住友建設(株)四国支店, (株)村上組, 村上工業(株), 横田建設(株), コマツカスタマーサポート(株)近畿四国カンパニー, 四国機器(株), 四国建販(株), 四国通商(株), コベルコ建機トータルサポート(株), (一社) 四国クリエイト協会, (株)四電技術コンサルタント

(九 州 支 部) (株)ニットク

【会員期間 40 年】

(北海道支部) 荒井建設(株), (株)生駒組, (株)石山組, (株)伊藤工業, 新谷建設(株), (株)泰進建設,



令和 7 年度日本建設機械施工大賞講評 (深川良一選考委員長)



令和 7 年度日本建設機械施工大賞受賞者



令和 7 年度永年会員表彰・永年役員表彰・功績表彰受賞者

(株)田中組, 東光舗道(株), 北土建設(株),
堀松建設工業(株)

(東北支部) (株)エス・ケイ・ディ 仙台支店, 上北
建設(株), (株)菊池組, 國井建設(株), (株)
後藤組, (株)佐藤組, スバル興業(株)東
北支店, 高吉建設(株), (株)塚本商会,
(株)中館建設, 日本製紙石巻テクノ(株),
(株)藤本建設, 本間建設(株), 万六建設(株),
(株)山崎組

(北陸支部) 範多機械(株), (株)富山環境整備, 矢崎
エナジーシステム(株)新潟支店, 加州
建設(株), (株)田中組, (株)星野工業, 新
星建機工業(株)

(中部支部) 仲山鉄工(株)

(関西支部) (株)スターロイ

(中国支部) (株)西島製作所広島支店, 宇部工業(株),
まるなか建設(株)

(四国支部) (株)シンテック, 亀山建設(株), 川田工
業(株)四国営業所, カナデビア(株), (株)
二神組, 前田建設工業(株)四国支店,
ニタコンサルタント(株)

(九州支部) 松山建設(株)

【会員期間 30 年】

(北海道支部) (一社) 日本建設機械レンタル協会北
海道支部, (株) PCT 北海道教習所

(東北支部) 三洋テクニックス(株)

(北陸支部) (株)長岡計器

(中部支部) 佐藤鉄工(株)名古屋営業所

(関西支部) サコス(株)

(四国支部) (株)タダノエンジニアリング, (株)ちよ
だ製作所, (株)イゲタプロテック

【会員期間 20 年】

(北海道支部) (株)橋本川島コーポレーション

(関西支部) (株)レンタルのニッケン

(中国支部) (株)東京建設コンサルタント中国支社

(九州支部) (株)アクティオ九州支社

③個人に対する表彰 (敬称略)

・本部役員

小川啓之, 佐藤恭輔, 沼尻理

・本部部会委員長

石倉武久, 工藤睦也, 白塚敬三

・支部長・支部運営委員等

(北海道支部) 古舘利幸, 黒澤良彦

(東北支部) 田中恒雄, 富山泰幸, 鹿野安彦,
諸橋良二

(北陸支部) 樋口昌幸, 水澤和久

(関西支部) 東幸生, 堀内民夫

(中国支部) 西田信行

(九州支部) 吉田卓生

・支部部会長等

(中部支部) 川西光照

・職員

勤続 20 年以上

(施工技術総合研究所) 引地武

(2) 令和 7 年度日本建設機械施工大賞

詳細は本誌次頁以降に掲載。

令和7年度



日本建設機械施工大賞 受賞業績

日本建設機械施工大賞は、建設事業の高度化等に関し顕著な功績をあげた業績について表彰するもので、大賞部門と地域賞部門の2部門で構成される。

大賞部門は、我が国の建設事業における建設機械及び建設施工に関する技術等に関して、調査・研究、技術開発、実用化等により、その向上・普及に顕著な功績をあげたと認められる業績を表彰し、地域賞部門は、従来の施工方法・技術を改良あるいは普及させるなどの取組みを通じて、当該地域の事業者等で建設事業の推進に寄与したと認められる業績を表彰し、もって国土の利用、開発・保全及び経済・産業の発展に寄与することを目的としている。

令和7年度受賞業績及び受賞者

■大賞部門

最優秀賞

- ・CSGダムにおける自動ダンプトラックを用いた材料運搬システム

鹿島建設(株)

ダム現場における次世代建設生産システム「クワッドアクセル」に自動ダンプトラックを適用し、ダム施工の一連作業を自動化して現場の自動化を図ったもので、高い建設生産性を実現したことが高く評価された。

優秀賞

- ・覆工用高流動コンクリートを用いた全自動打設システムの開発

鹿島建設(株)

山岳トンネルの覆工コンクリート施工において、新たな混和剤と電子制御式の配管装置を開発したもので、生産性の向上とともに残コンクリートを大幅に減少させ、SDGsに大いに寄与することが高く評価された。

優秀賞

- ・建設現場におけるマニピュレータ型鉄骨溶接ロボットの開発

鹿島建設(株)

(株) One Team

大型鉄骨柱を対象に、柱に設置したレールをマニピュレータが移動して全周自動溶接するもので、柱一本を溶接する一連の作業を自動化することで、熟練溶接工不足への対応を図ったことが高く評価された。

優秀賞

- ・土砂運搬作業の自動化システム「T-iROBO Rigid Dump」の開発

大成建設(株)

土砂の運搬作業を自動で行うリジッドダンプを開発したもので、簡易な汎用ビジュアルプログラミングによるインターフェースを用いることで、頻繁に運搬経路が変更される工事にも適用できる点が高く評価された。

優秀賞

- ・山岳トンネルにおける全自動鋼製支保工建込みロボットの開発

前田建設工業(株)

鋼製支保工建込ロボット施工における支保工位置の把握から建込操作までの熟練作業を撤廃するため、全自動ロボットとして進化させたもので、従来の安全性に加え、生産性の向上に寄与する点が高く評価された。

優秀賞

- ・覆工コンクリートの自動打設ロボット「セントルフューチャーズ[®]」

戸田建設(株)

大栄工機(株)

(株) JUST.WILL

ムネカタインダストリアル マシナリー(株)

山岳トンネルの覆工コンクリート施工において、自動配管切替装置、3種の自動パイプレータ、充填センサ等により、一連の打設作業を自動化したもので、生産性の向上と苦渋作業の撤廃が高く評価された。

選考委員会賞

- ・国土交通省における除雪機械作業装置自動化に向けた取組

国土交通省 大臣官房 参事官（イノベーション）グループ

国土交通省 北海道開発局

国土交通省 東北地方整備局 東北技術事務所

国土交通省 北陸地方整備局 北陸技術事務所

岩崎工業(株)

(株)協和機械製作所

新潟トランシス(株)

(株)NICHJO

日本キャタピラー（同）

従事者不足が顕著な除雪作業において、GNSSを活用した除雪装置の自動化に取り組んでおり、経験の浅いオペレータでも一定精度を確保できることや、より少ない人数での省力化が期待されるところが評価された。

■地域賞部門**最優秀賞**

- ・3DMC バックホウへの遠隔操縦システムの導入と普及促進の多様な取組

植村建設(株)

3DMC バックホウに遠隔操縦システムを搭載し、用途拡大を実現したほか、自社ヤードにおいて地元オペレータや学生向けの講習会・見学会等を開催する等、地域にも大いに貢献している点が高く評価された。

優秀賞

- ・土圧式シールド工法に用いる土砂圧送注水自動管理システム

西松建設(株)

(株)タック

丸矢工業(株)

土圧式シールド工法における過剰注水を解消するため、自動注水システムを開発したもので、コスト削減とともに、排出汚泥の削減により環境への影響抑制を図っている点が高く評価された。

JCMA 報告

令和 7 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績概要

大賞部門 最優秀賞

CSG ダムにおける自動ダンプトラックを用いた材料運搬システム

鹿島建設(株)

業績の概要

建設業で課題となっている生産性や安全性の向上を実現すべく、鹿島建設では、次世代建設生産システムA⁴CSEL[®]（クワッドアクセル）の研究開発を推し進めており、2019年より成瀬ダムの実施工へ適用してきた。今般、成瀬ダムでこれまで自動化施工を適用してきた自動ブルドーザと自動振動ローラに加え、自動ダンプトラックを用いた材料運搬システムを導入した。これにより、CSGの製造から運搬、敷均し、転圧の一連作業における完全自動化を実現し、「現場の工場化」による、さらなる生産性向上を実現した。

材料運搬システムは、CSG 製造プラントから堤体上までの約 800 m の距離をベルトコンベアを介して搬送する設備、堤体上の積込み場から荷下ろし場まで自動ダンプによって運搬するシステムから構成される（写真—1）。この材料搬送システムと自動化施工システムを連携させることにより、最適なタイミングでの積込みによる大量高速施工を実現した。また、堤体上への材料の直接搬送と最大 7 台の自動ダンプを 1 人の管制員で運用することによって省人化を達成し、後進を基本とする自動ダンプの走行形式を起因とする走行時間と距離の短縮により、さらなる生産性向上を実現した。加えて、開発した自動ダンプ同士の衝突防止機能による安全な運用を行い、安全性の向上を実現した。



写真—1 堤体全景と材料運搬システム



写真一4 積込み場停止状況



写真一2 搬送設備（プラント～右岸天端）



写真—5 構造物付近での自動走行



写真—3 干渉制御の停止状況

業績の特徴

以下4つの技術開発を行い、本システムを実施工へ適用した。

①最適なタイミングでの積み込み

写真—2に示す3系列のベルトコンベアの積載状況やホッパ内の残量を基にCSG材の積込み可能予測時刻を計算し、最速で積込み可能な系列へ誘導することで、最適なタイミングでの積込みを行った。結果、実施工において積込み待ち時間ゼロを実現した。

②複数台ダンプの安全な運用

直線経路上では予測位置を用いた干渉回避を、経路交差部分では1台ずつ順番に走行させる排他制御や片側交互通行の交通制御を適用し、自動ダンプの衝突を防止（写真－3）することで安全な運用を実現した。

③非 GNSS 環境下での自動走行

積込み場では、写真—4に示すように積込み設備下で停止するため、センサ上空の遮蔽によってGNSSによる姿勢計測精度が低下する。そこで、自己位置推定による自動走行機能を開発し、精度低下の状況においても要求精度を満たしつつ自動走行を継続した。

④動的な経路生成

堤体上に存在する構造物を迂回し、施工進捗に応じて変化する荷下ろし位置へ走行する経路をリアルタイムに生成

した。これにより、時々刻々と変化する施工環境への柔軟な対応が可能となった（写真—5）。

実施工への適用結果：本システムを延べ3.5か月間、継続的に運用し、材料の製造から敷き均しまでの完全自動化による、「現場の工場化」を実現した。加えて、本システムを1人で運用することにより、プラントまでダンブで走行して搬送する従来工法（必要人員11人）と比較して10人の省人化を実現した。

建設機械施工 Vol.77 No.7 July 2025

大賞部門 優秀賞

建設機械施工 Vol.77 No.7 July 2025

覆工用高流動コンクリートを用いた全自動打設システムの開発

－従来工法を刷新させた生産性向上および品質向上の実現－

鹿島建設㈱

業績の概要

山岳トンネル覆工コンクリートの全自動打設システムと覆工用高流動コンクリートの新技術を組み合わせた新工法は、締固め不要での省人化となる自動打設を実現し、技能労働者の技量によらず高い品質を確保し、施工の省人化および安全性向上を実現するものである。覆工コンクリートを施工するための移動式型枠内での作業は、窮屈な姿勢を余儀なくされ、労働者にとって大きな負担となる。新工法

では、新しい打設配管装置(回転式打設口)、型枠パイプレータの完全自動制御装置、打設制御装置、覆工用高流動コンクリートの技術を結集させ、打設中にセントル内での作業を一切必要とせず、自動で覆工コンクリートを打設できるシステムである。

業績の特徴

以下に、技術のポイントと実工事への導入実績を示す。

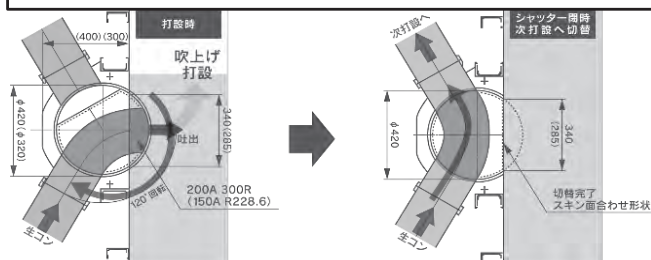


全自動打設システム



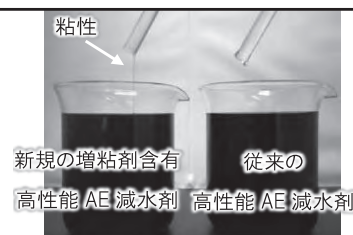
覆工用高流動コンクリート

新しい打設配管装置(回転式打設口)
打設口と圧送配管を連続連結させ、吹上げ打設可能かつ、
回転して自動で打設位置を切替える回転式打設口を開発



- 効果① 生コンを自由落下させずに吹上げ打設で品質向上
- 効果② 打設中の生コン処理・廃棄を不要化
- 効果③ 打設位置の切替え時間を大幅に短縮

覆工用高流動コンクリート
専用の高性能な混和剤(新規の増粘剤含
有高性能AE減水剤)を開発



- 効果① 粘性付与による材料分離抵抗性の確保
- 効果② ブリーディングを低減させ背面空洞防止
- 効果③ 早期強度発現性により施工サイクル確保
- 効果④ 経時保持性による施工性の確保

実工事への導入実績



宇治田原トンネル西打設状況



宇治田原トンネル西
(新名神高速道路)



養老トンネル南
(東海環状自動車道)



側壁充填状況

天端充填状況

- 結果① 表面気泡・流動跡のない綺麗な仕上がり
- 結果② 施工時間を2時間短縮(平均打設速度を15%向上)
- 結果③ 作業人員の大幅な削減 7人から3人(57%人員削減)
- 結果④ 人員削減だけでなく、残された作業も簡便化

大賞部門 優秀賞

建設現場におけるマニピュレータ型鉄骨溶接ロボットの開発

鹿島建設(株), (株) One Team

業績の概要

近年、建設就労者の高齢化と若年層の入職者不足に伴い熟練溶接工（*AW工）の減少が懸念されている。一方で大型超高層ビルは多数計画され鉄骨溶接作業量の増加が見込まれている。また、溶接作業は屋外で長時間同じ姿勢を保つ労苦作業であり、そこから解放することも入職者の増加も期待できる。

そこで、溶接量が多い大型柱を対象として、全自動で現場溶接を行う「マニピュレータ型鉄骨溶接ロボット」を開発し、実用段階に至った。柱の溶接を全自動化することで溶接技能者を解放し、他の作業や複数ロボットの並行運用が可能となり、技能者の歩掛向上を通じて熟練溶接工不足の対応に貢献できる。

2020年から現在までに順次機能を追加しながら4現場

で実施を行った。角が立った4面ボックス柱、角がR形状のコラム柱、また様々なサイズや板厚に適用、全自動溶接ができることを確認し、品質や盛替え施工性などいずれ良好な結果を得ている。

業績の特徴

当ロボットは、小型軽量のマニピュレータを使用し、柱周囲に設置したレール上で移動と溶接、スラグ除去を繰り返して柱全周を全自動で溶接する。

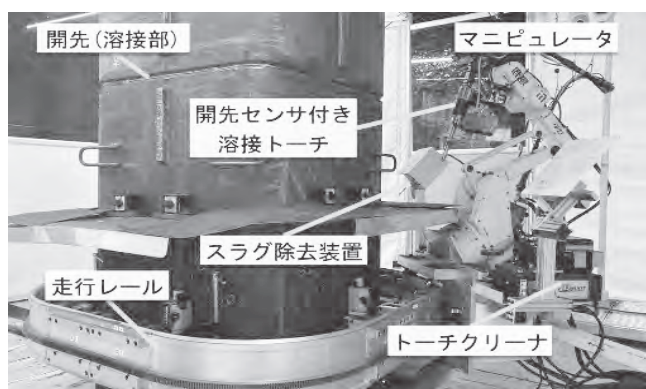
マニピュレータに搭載したセンサで接合部（開先形状）を計測して溶接条件を生成するため、鉄骨建て方の誤差などを考慮した現場溶接ができる。

ノズルクリーンやスラグ除去などの付帯作業もすべて自動化しているため、溶接技能者は現場で溶接場所から離れることができる。

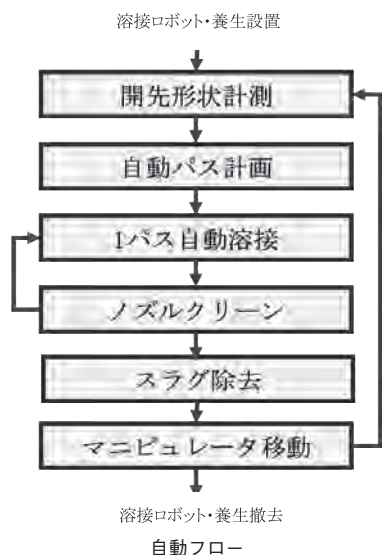
加えて、施工時のユニット養生やロボット移設台車なども同時に開発し、現場での実用性が高いシステムを実現している。

2名で複数日溶接に掛かる大型柱でも、ロボットの設置撤去の2名0.5日のみで溶接できるため、溶接技能者の歩掛は大幅に向上できる。

*AW工：AW検定協会による溶接技量検定の有資格者（JIS資格の上載せ）



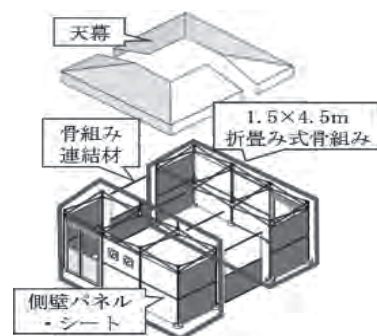
マニピュレータ型現場溶接ロボット



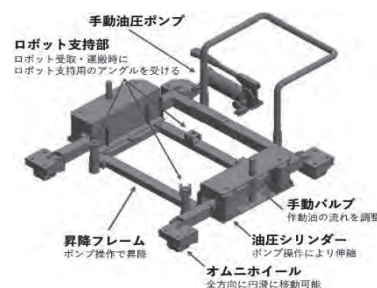
自動溶接中の状況



溶接外観



ユニット養生



ロボット移設台車

建設機械施工 Vol.77 No.7 July 2025

大賞部門 優秀賞

建設機械施工 Vol.77 No.7 July 2025

土砂運搬作業の自動化システム「T-iROBO Rigid Dump」の開発

大成建設㈱

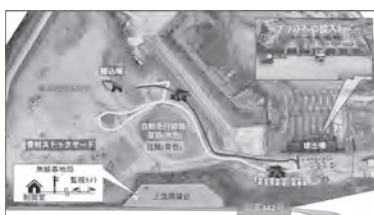
業績の概要

建設業界の人手不足の問題から、省人化や生産性を向上させる技術の一つである建設機械の自動化が注目され、様々な自動化建設機械が開発されている。中でも現場内での稼働台数が多いダンプトラックは高い生産性の向上が期待できる技術であり、ダム工事の堤体材料の運搬作業や鉱山の採掘場での運搬作業への導入が行われている。このように限定されたエリアや運搬経路が固定された鉱山での自動化についてはサービスとしての提供も始まっているが、土木工事全般での土運搬作業については、現場環境の変化による運搬経路の変更を頻繁に行う必要があるため、自動化のプログラミングに精通した技術者でしか扱えないといった課題があった。そこで、専門知識がなくても動作計画の変更ができ、現場への導入が容易に可能である自動化リジッドダンプ「T-iROBO Rigid Dump」を開発した。

本技術を成瀬ダム原石山採取工事の骨材原石運搬作業に適用し、積込機械である遠隔操作型油圧ショベル1台と「T-iROBO Rigid Dump」2台を2名のオペレータで運用した。現場の人間での運用を2024年5月から6月までの約2ヶ月間行い約47,000tの骨材原石の運搬を無事故無災害で実施した。これにより、本技術の扱いやすさを実証することができた。



図一 T-iROBO Rigid Dump



図二 骨材原石運搬作業の概略



図三 ユーザーインターフェース

業績の特徴

本システムの特徴は下記の4点が挙げられる。

①自動での土運搬作業が可能

土砂の運搬作業は走行の動作だけではなく、排土動作や積込中の待機といった特定の場所での一時停止等、走行以外の動作を実施する必要がある。本システムでは、それらの動作の一つ一つをタスクとして整理して、それらを組み合わせることで、動作計画である作業シナリオを作成する。作成した作業シナリオを実行することで、土砂運搬作業を自動で実施する仕組みとなっている。

②積込・敷均し機械との連携が可能

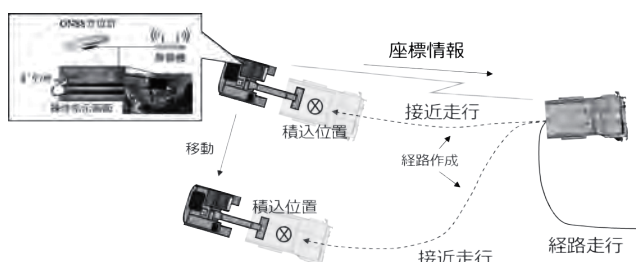
本システムの走行は、予め指定した経路を走行する「経路走行」の他に、目標位置に対して、その都度作成した経路を走行する「接近走行」を備えている。これにより、積込機械や敷均し機械の現在位置座標をT-iROBO Rigid Dumpに送信することで、積込や排土毎に変化する目標位置への走行が可能となる。また、積込完了ボタンを押すことで、T-iROBO Rigid Dumpの排土場への走行の再開が可能である。

③専門知識がなくても扱えるUI(ユーザーインターフェース)

本システムのUIは作業シナリオを選択してボタンを押すだけで自動運転が実行される。作業シナリオの作成は、ビジュアルプログラミング形式を採用しており、T-iROBO Rigid Dumpのタスクを現したブロックを積み上げることで作成が可能である。また、ブロックを選択することで、地図に経路が表示されるため、直感的な操作ができ、現場の状況変化に伴う作業シナリオの変更を簡単に実施することが可能である。

④高い安全性の実現

T-iROBO Rigid Dumpは安全機能として、1) 各種センサ情報の常時監視機能、2) 逸走防止機能、3) LiDARによる障害物検知機能、4) 遠隔非常停止機能を有している。複数の安全対策を行うことで、高い安全性を確保している。



図四 積込機械との連携

大賞部門 優秀賞

山岳トンネルにおける全自動鋼製支保工建込みロボットの開発

前田建設工業(株)

業績の概要

山岳トンネル工事において、掘削の最前線である切羽は岩盤が露出しており、切羽では岩石の落下等による肌落ち災害が発生する恐れがある。特に、鋼製支保工（以下、支保工）の建込み作業等は、切羽直下で作業を行うため、肌落ちによる重篤災害につながる危険性がある。そのため、施工者は肌落ち災害を防止するために、切羽監視員の配置や鏡吹付け等の肌落ち防止措置を講じている。また、将来にわたって、生産年齢人口の減少が予測される中、熟練作業員から後世へ十分な技能伝承ができないといった課題がある。

そこで、支保工を自動で設計位置に合わせ、かつ天端をワンタッチで締結可能な全自動鋼製支保工建込みロボットを開発した。2022年より現場導入を開始しており、2024年度までに計3件、2025年度に1件の導入を予定している。図一1に構成する5つの技術を示す。

これらの技術により、支保工手込み作業における肌落ち災害の防止、および作業員の熟練度に依存しない、生産性の高い新技術を実現した。

業績の特徴

【業績の構成技術について】

(1) 支保工位置追尾システム

エレクタおよび支保工に設置した測定用プリズムミラーを用いて、マシンの姿勢測定・支保工の位置測定を行う。

(2) 高性能エレクタマシン

機体およびブーム等に取り付けられたセンサにより、ブームや支保工姿勢を把握可能。

(3) 自動建込み用 鋼製支保工

3つの要素技術（①ワンタッチ式天端継手、②金網の事前設置、③転倒防止頭付きアンカー）により、支保工建込み作業時の切羽立ち入りをゼロにする（写真一1、2）。

(4) 自動建込み用操作画面

支保工の建込み状況を可視化する役割があり、支保工の位置情報は追尾測量結果をシステム内で逐次計算し、実測と設計との差をリアルタイムに画面表示する。

(5) ミラー回収機構

支保工建込み完了後に、運転席のリモコンからウィンチを操作して各プリズムミラーを回収し、吹付けコンクリートの施工に移行する（写真一3）。

【導入効果】

(1) 支保工建込み作業を完全自動化

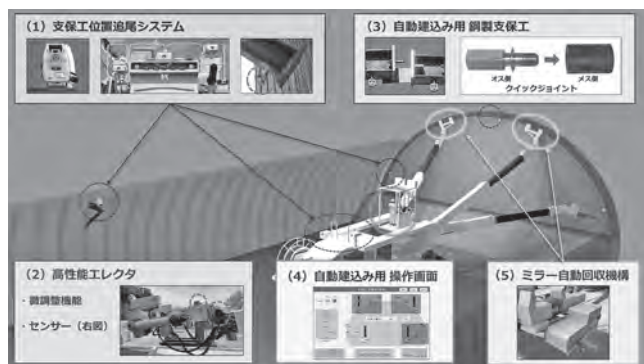
切羽近傍での作業を完全に排除することで安全性を飛躍的に向上させ、完全自動建込みにより作業員の熟練度に依存しない支保工建込みを実現。

(2) 労働生産性の向上

従来の支保工建込み作業と比較して、30～50%の作業時間短縮を実現。

(3) ワンマンオペレーターによる省人化

支保工建込みに要する人員削減（5人⇒1人）を実現。



図一1 全自動鋼製支保工建込みロボット 構成技術



写真一1 クイックジョイント



写真一2 金網・頭付きアンカー



写真一3 ミラー回収機構

建設機械施工 Vol.77 No.7 July 2025

大賞部門 優秀賞

建設機械施工 Vol.77 No.7 July 2025

覆工コンクリートの自動打設ロボット「セントルフューチャーズ®」

戸田建設(株), 大栄工機(株), (株)JUST.WILL, ムネカタインダストリアル マシナリー(株)

業績の概要

山岳トンネル工事における覆工コンクリート構築では、従来の締固めが必要なコンクリートを用いながらも、打込みから締固めまでの一連の打設作業を自動化とした「セントルフューチャーズ®」を開発し、現場に適用した。これにより、覆工コンクリート打設作業の効率化と省人化を図ることができるものである。

本技術は、自動打設を目的に開発されたスライド型自動配管切替装置「スイッチャーズ®」を中心に、センサやバイブレータを組み合わせ、セントル（覆工コンクリート打設用の移動式鋼製型枠）に配置したシステムである。この技術により、従来は人力で行っていた打設ホースの移動、打設口の開閉、コンクリートの締固めといった作業が不要となり、苦渋作業の改善、安全性の向上、生産性の向上を実現した。また、適用の結果、覆工コンクリートの打設に要する人員を従来の6名から4名に削減することが可能となり、省人化に大きく貢献することが確認された技術である。

業績の特徴

主要な設備と機能を下記に示す。

①配管切替装置を用いた自動の打込み

- ・ポンプ車から圧送されたコンクリートは自動配管切替装

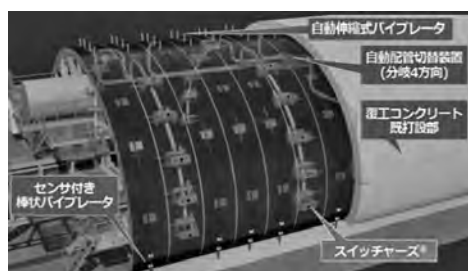
置（分岐4方向）を経由してから「スイッチャーズ®」により打ち込む。「スイッチャーズ®」は打設の完了した高さの打設口を自動で閉じて、コンクリートの打ち上がりに合わせて次の打設口に自動で切り替わる。

②3種類のバイブレータを用いた自動の締固め

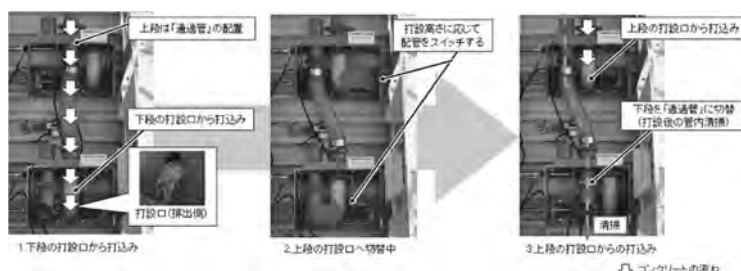
- ・側壁部はセンサ付き棒状バイブレータでコンクリートの打ち上がりを検知しながら、自動で一定時間締固める。
- ・天端部は自動伸縮式バイブレータでコンクリートの充填に合わせて自動で締固めを行い、締固め完了後はバイブレータ先端をセントル内へ自動で格納する。
- ・充填補助として型枠バイブレータを多数配置しており、打設口（側壁部）の近傍に山形状に溜まったコンクリートに自動的に振動を与えることで水平に均す。また、天端部においては妻部までのコンクリート充填を補助する。

③センサによる充填状況の把握

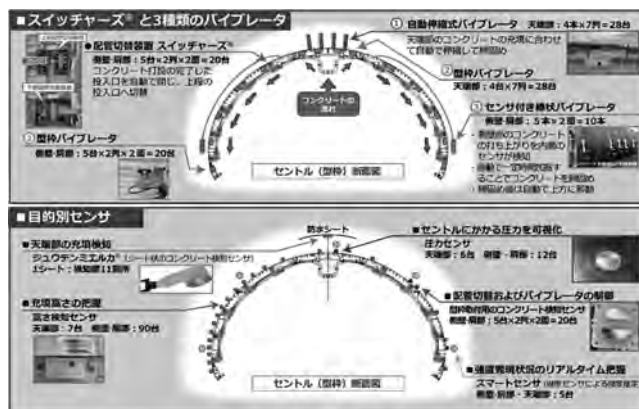
- ・セントル全体に多数配置した高さセンサによって、コンクリート充填の進捗を把握できる。
- ・天端部に配置した充填検知センサと圧力センサで打設の完了を自動で判定する。
- ・強度管理センサを5箇所に配置することで、打設後のコンクリートの強度発現状況をリアルタイムに把握できる。



「セントルフューチャーズ®」の主要設備



打設高さによる「スイッチャーズ®」の切替手順



主要な設備と機能

大賞部門 選考委員会賞

国土交通省における除雪機械作業装置自動化に向けた取組

国土交通省 大臣官房 参事官（イノベーション）グループ、国土交通省 北海道開発局、
国土交通省 東北地方整備局 東北技術事務所、国土交通省 北陸地方整備局 北陸技術事務所、
岩崎工業(株)、(株)協和機械製作所、新潟トランスシス(株)、(株)NICHIGO、日本キャタピラー（同）

業績の概要

国土交通省では、除雪トラック、除雪グレーダ、ロータリ除雪車、小形除雪車において、作業装置を自動化する技術開発に取り組んでいる。

国土交通省が取り組んでいる除雪機械の作業装置自動化は、3次元地図上に作業装置の動作を記録し、作業中にGNSSから得られる位置情報により、自動で作業装置の動作を制御するシステムとなっている。

このシステムでは、運転席にガイダンス装置（タブレット端末）が設置され、オペレータは、ガイダンス画面から、道路線形やGNSSの測位状態、作業装置が自動で動作するタイミングを確認することができる。

また、自動制御中にオペレータが危険を感じた場合は、作業装置の操作レバーを動かすことで、自動制御が解除され、手動制御に切り替わる仕様となっている。

これらの技術開発により、オペレータは作業装置の操作による負担が軽減され、その分、車両の運転や周囲の安全確認に注力することができるようになり、経験の浅いオペレータでも一定精度の除雪を可能とする効果や、助手の削減に繋がることが期待できる。

業績の特徴

(1) 除雪トラックの作業装置自動化

フロントプラウにおける、進行角を制御して交差点等で雪を前送りする動作や、障害物を回避するために上下する動作を自動化する技術開発に取り組んでいる。加えて、グレーダ（ブレード）においては、道幅に合わせてブレードを伸縮させる際の伸縮量の調整や、障害物を回避するために上下する動作を自動化する技術開発に取り組んでいる。更に、サイドシャッタにおいては、交差点等で雪が残らないように開閉する動作を自動化する技術開発に取り組んでいる。



省力化のイメージ（例：ロータリ除雪車）

(2) 除雪グレーダの作業装置自動化

ブレードに抱える雪が多くなると車両速度が低下するため、速度を維持するために作業負荷に応じて必要となるブレードのサークル回転、スライド動作を自動化することで、雪を路側に寄せるブレード操作を自動制御で実現する技術開発に取り組んでいる。また、GNSSから得られる位置情報により、ブレードとシャッターブレードの動作を自動化することで、交差点やバス停等の拡幅箇所で雪が残らないようにする操作、障害物を回避するための操作を自動制御で実現する技術開発に取り組んでいる。

(3) ロータリ除雪車の作業装置自動化

作業中にGNSSから得られる位置情報により、プロウ旋回、シュート旋回、シュート伸縮、シュートキャップ開閉の動作を自動化することで、投雪を自動制御する技術開発に取り組んでいる。加えて、ロータリ除雪車の自動化では、3D-LiDARを用いて雪堤の高さを検知することで、雪堤の頂点に投雪するようシュートキャップを自動制御する技術開発に取り組んでいる。更に、ロータリ除雪車の自動化では、熟練オペレータが知識や経験に基づいて行っている複雑な操作を再現するため、実際にオペレータが行った操作を各作業装置に取り付けたセンサで計測することで自動制御用のデータを自動で作成、記録する習い制御を用いている。

(4) 小形除雪車の作業装置自動化

作業中にGNSSから得られる位置情報によりオーガとシュートの動作を自動化することで、投雪を自動制御する技術開発に取り組んでいる。加えて、オーガが路面の勾配に自動で追従するような技術の開発に取り組んでいる。



ガイダンス画面（例：除雪トラック）

地域賞部門 最優秀賞

3DMC バックホウへの遠隔操縦システムの導入と
普及促進の多様な取組

植村建設㈱

業績の概要

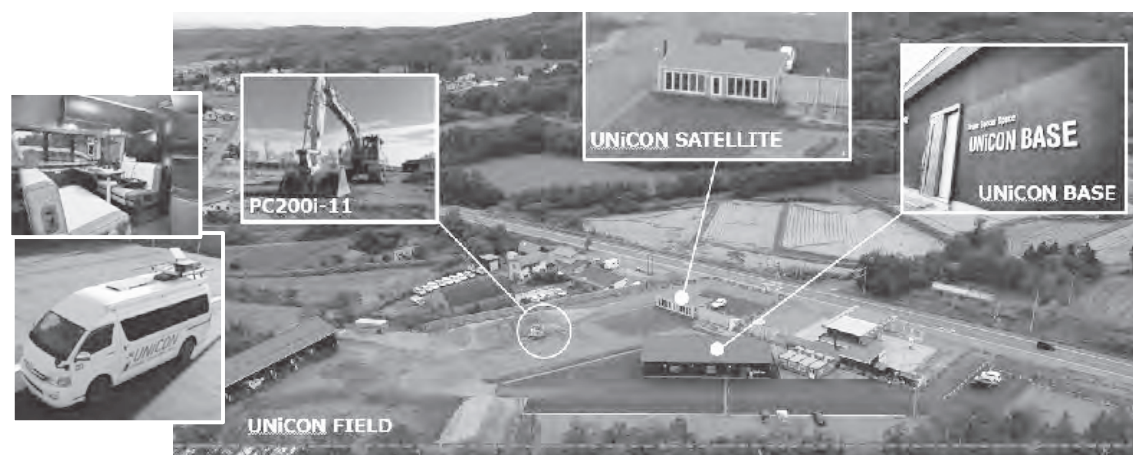
3DMC バックホウに後付け型遠隔操作システムを搭載する改良を施し、携帯電話回線を利用することで距離の制限なく操作を可能とした。さらに、操作装置の扱いの容易性を考慮し、PS5 のゲームパッドを活用して繰り返し作業の自動化や操作レバーの感度調整機能などの独自仕様を実装した。また、2024 年 5 月の CSPI EXPO 建設・測量生産性向上展では会場である幕張メッセから、約 900 km 離れた北海道の無人建機を遠隔操作し、法面整形作業の実演を成功させた。実証実験場「UNiCON FIELD」を整備し、地域の教育支援やインターンシップの受入を推進し、2023 年は 120 名、2024 年には 210 名を受け入れた。さらに、新十津川町と自社にて災害時の応急対策業務協定を締結し、衛星通信システムを活用した通信インフラの確保や遠隔操縦建機による道路啓開活動に貢献している。加えて農業区画整理工事で遠隔施工を実施して現場見学会も開催、施工精度 ± 2 cm を達成した。

国土交通省が実施する「建設機械施工の自動化・遠隔化技術現場検証」に公募参加して、検証も行っている。

業績の特徴

3DMC バックホウを遠隔操作する事例は少なく、携帯電話回線を使用することで距離の制限なく遠隔操作を可能とした点が革新的である。専用の高速回線を使用しないため、対応できる範囲が非常に広い。

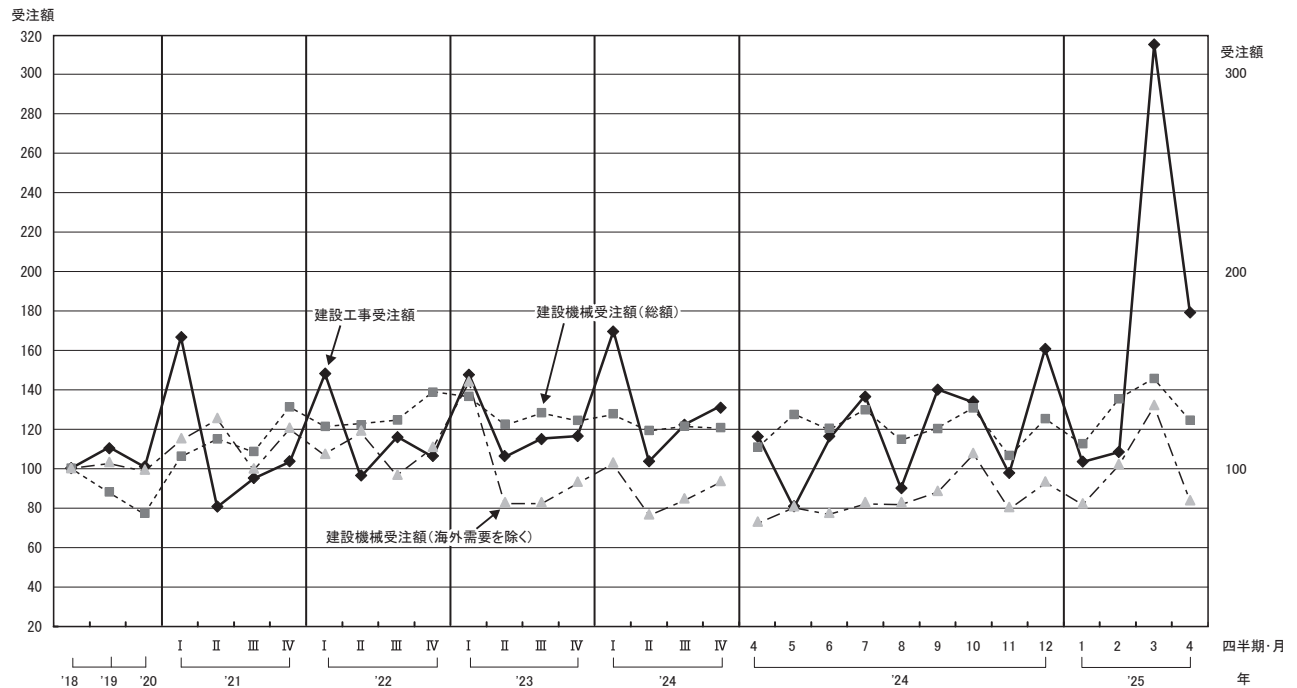
3DMC 仕様であり、3 次元設計データに基づく高精度な制御によって遠隔操作であっても精度の高い作業に対応することができる。操作装置には一般的な重機用コントローラではなく、SONY PS5 のゲームパッドを採用し、感度調整機能や「セルフリピートプログラム」による繰り返し作業の自動化や操作レバーの感度調整機能などの独自仕様を実装した。これにより、直感的な操作性の向上と効率化を実現している。また、遠隔施工技術の実証およびオペレーター育成のため、10,000 m^2 の敷地に実験用土砂（1,000 m^3 ）を堆積した「UNiCON FIELD」を整備し、実証実験環境を構築し人材育成に取り組んでいる。さらに、遠隔操作の安定性を確保するため、キャンピングカーを改造した移動オフィス車両に STARLINK 衛星通信システムを搭載し、無指向性広域 Wi-Fi アンテナと組み合わせることで半径 300 m の範囲に通信環境を確保した。この環境により、現場の制約を受けることなく、車両内から安定した遠隔操作を可能にしている。



統計 機関誌編集委員会

建設工事受注額・建設機械受注額の推移

建設工事受注額: 建設工事受注動態統計調査(大手50社) (指数基準 2018年平均=100)
建設機械受注額: 建設機械受注統計調査(建設機械企業数24前後) (指数基準 2018年平均=100)



建設工事受注動態統計調査 (大手 50 社)

(単位: 億円)

年 月	総 計	受 注 者 別						工 事 種 類 別		未消化 工事高	施工高
		民 間			官 公 庁	そ の 他	海 外	建 築	土 木		
		計	製 造 業	非製造業							
2018 年	142,169	100,716	24,513	76,207	30,632	8,561	5,799	95,252	46,914	166,043	141,691
2019 年	156,917	114,317	24,063	90,253	29,957	5,319	7,308	109,091	47,829	171,724	150,510
2020 年	143,170	97,457	19,848	77,610	35,447	5,225	4,175	91,725	51,443	171,740	141,261
2021 年	157,839	111,240	22,528	88,713	38,056	4,671	3,874	106,034	51,806	192,900	137,853
2022 年	165,482	119,900	33,041	86,862	33,436	5,252	6,898	114,984	50,496	207,841	130,901
2023 年	172,094	121,790	31,098	90,690	40,060	5,360	4,883	117,929	54,164	217,576	161,186
2024 年	187,396	132,025	33,408	98,615	42,398	5,500	7,476	126,223	61,174	235,561	167,675
2024 年 4 月	13,894	10,066	2,641	7,425	3,122	443	263	9,326	4,568	233,782	10,214
5 月	9,497	6,682	2,500	4,182	1,846	474	495	6,087	3,410	231,352	11,721
6 月	13,725	9,632	2,221	7,410	2,638	460	995	9,394	4,332	229,504	15,537
7 月	16,233	13,082	3,830	9,252	2,234	408	509	12,558	3,675	234,172	10,884
8 月	10,745	7,213	1,676	5,537	2,389	649	494	6,982	3,764	232,972	12,542
9 月	16,514	11,835	3,195	8,640	4,410	470	- 200	10,698	5,816	232,437	17,302
10 月	15,846	11,841	2,704	9,137	2,733	444	829	11,419	4,427	236,704	11,626
11 月	11,564	8,959	2,356	6,603	1,812	422	372	8,371	3,193	234,464	13,818
12 月	19,091	14,266	3,888	10,378	3,534	488	803	14,240	4,850	235,561	19,602
2025 年 1 月	12,259	8,279	2,122	6,157	2,879	375	726	8,349	3,910	235,097	12,905
2 月	12,799	8,434	3,150	5,284	3,685	471	208	8,355	4,444	234,077	14,368
3 月	37,390	26,169	4,898	21,271	9,848	477	896	25,046	12,344	248,241	24,117
4 月	21,213	18,621	2,385	16,236	1,902	498	192	17,785	3,428	-	-

建 設 機 械 受 注 実 績

(単位: 億円)

年 月	18 年	19 年	20 年	21 年	22 年	23 年	24 年	24 年 4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	25 年 1 月	2 月	3 月	4 月
総 額	22,923	20,151	17,646	26,393	29,024	29,315	28,042	2,115	2,434	2,291	2,476	2,190	2,298	2,504	2,038	2,389	2,146	2,582	2,775	2,379
海 外 需 要	16,267	13,277	10,966	18,737	21,816	22,627	22,097	1,712	1,989	1,863	2,018	1,731	1,809	1,909	1,593	1,873	1,692	2,017	2,044	1,917
海外需要を除く	6,656	6,874	6,680	7,656	7,208	6,688	5,945	403	445	428	458	459	489	595	445	516	454	565	731	462

(注) 2018～2020 年は年平均で、2021～2024 年は四半期ごとの平均値で図示した。

2024 年 4 月以降は月ごとの値を図示した。

出典: 国土交通省建設工事受注動態統計調査

内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

行事一覧

(2025年5月1～31日)

機械部会



■基礎工用機械技術委員会・JCMAS「基礎工用機械作業エネルギー消費量試験方法」作成WG

月 日：5月7日（水）（会議室，Web 併行開催）

出席者：濱口貴和リーダーほか11名

議 題：①油圧式杭圧入引抜機の説明
②油圧式杭圧入引抜機のJCMAS草案について
③進め方，スケジュールの確認

■トンネル機械技術委員会・幹事会

月 日：5月9日（金）（会議室，Web 併行開催）

出席者：浅沼廉樹委員長ほか10名

議 題：①R7年度WG活動について：グループ分け，進め方について議論
②見学会候補地の検討：6/16（月）開催トンネル機械メーカー見学会について，他見学会候補地の検討
③R7年度技術検討会について議論

■基礎工用機械技術委員会 見学会（株加藤製作所 茨城工場の見学）

月 日：5月14日（水）

参加者：越田健委員長ほか22名

見学内容：ラフテレンクレーン，オルテレンクレーンの生産ライン，生産装置の見学，ハイブリッドラフテレンクレーンとEK-UNITの実機とデモンストラーションの見学

■路盤・舗装機械技術委員会・幹事会

月 日：5月15日（木）（会議室，Web 併行開催）

出席者：美野隆委員長ほか13名

議 題：①R7年度活動計画の内容確認と役割分担，今後の進め方について討議
②現場・工場見学会の候補地について議論
③上期総会の日程および発表内容について議論

■建築生産機械技術委員会（クローラクレーン作業燃費分科会）

月 日：5月16日（金）（会議室，Web 併行開催）

出席者：石倉武久リーダーほか11名

議 題：①前回分科会での宿題（調査）の結果報告と議論
②今後の進め方，スケジュールについて議論
③JCMAS草案の検討と議論

■ダンプトラック技術委員会

月 日：5月16日（金）（会議室，Web 併行開催）

出席者：渡辺浩行委員長ほか7名

議 題：①各社トピックス：コマツ「HD785水素エンジン車の紹介」
②環境への取組に関する輪講：株諸岡「バイオマス事業に関する背景と対応製品の紹介」
③その他

■ショベル技術委員会

月 日：5月27日（火）（会議室，Web 併行開催）

出席者：安部敏博委員長ほか8名

議 題：①「JCMASに基づく「エネルギー消費量試験方法」のISO化」進捗状況の情報共有：ISO国際会議の状況報告と今後の進め方の議論
②「建設施工の地球温暖化対策検討委員会（5/26開催）」の概要報告
③各社トピックスの進め方について議論

■原動機技術委員会

月 日：5月29日（木）（会議室，Web 併行開催）

出席者：小林喜美頼委員長ほか23名

議 題：①前回の議事録確認
②国内次期排出ガス規制に関する情報交換：次期ディーゼル特殊自動車基準改正連絡会（4/9（水）開催）の概要報告，陸内協別添43改正WGの活動状況の情報共有
③海外排出ガス規制の動向に関する情報交換：北米，欧州の状況について報告

■情報化機器技術委員会

月 日：5月30日（金）（会議室，Web 併行開催）

出席者：津曲治委員長ほか10名

議 題：①委員長交代の報告
②DX推進に関する活動内容抽出の議論
③規制・規格の最新情報の共有
④UL Japan様によるサイバーセキュリティに関する技術プレゼン

標準部会



■ISO/TC 127/SC 2/WG 35 ISO 22543 機械接近通報装置 国際バーチャルWG会議

月 日：5月6日（火）夜・7日（水）夜

出席者：（Web）米国から Spomer コンビナー（Bobcat 社），日本から鈴木邦利委員（コマツ）ほか6名

場 所：Web 上（ISO Zoom）

議 題：①CD意見照会コメント審議，CD2意見照会準備
②次回会合予定（5月28日～29日バーチャル）

■ISO/TC 127/SC 3/JWG 16 ISO 23870 走行式機械 - 高速相互接続 国際WG会議（ハイブリッド）

月 日：5月7日（水）～9日（金）

出席者：（対面）米国から Kittle 氏共同コンビナー（Deere 社），日本より小塚大輔委員長（コマツ）ほか12名，（Web）Van Bergeijk 共同コンビナー（AGCO 社）ほか18名

場 所：機械振興会館 6D-3 会議室および Web 上（ISO Zoom）

議 題：①第3部と第10部WG意見照会コメント審議
②第4部（手動カブリリングシステム用デュアル通信チャネルコネクタ）予備業務提案準備
③第23部（Ethernet スイッチ要求と参照事項）追加可否審議
④次回会合予定（11月4日～6日にドイツ・ベルリン市で開催予定）

■ISO/TC 127/SC 2/WG 24 ISO 19014 機能安全・ISO 6135 意図した機能の安全性 国際WG会議（ハイブリッド）

月 日：5月12日（月）～16日（金）夜

出席者：（対面）英国から Camsell コンビナー（CEA），日本から松井貴聖委員（コマツ），MoughlerTC127 国際議長（Cat 社）ほか7名，（Web）小塚大輔委員長（コマツ）ほか3名

場 所：フランス・パリ UNM 会議室および Web 上（ISO Zoom）

議 題：①ISO 6135 案文審議
②次回会合予定（9月8日～12日に東京・機械振興会館で開催予定）

■ISO/TC 127/SC 1/WG 6 ISO 11152 エネルギー消費試験法 国際バーチャルWG会議

月 日：5月14日（水）夜・15日（木）夜

出席者：米国から Crowell コンビナー，日本から正田明平プロジェクトリーダー（協会事務局）ほか11名

場 所：Web 上（ISO Zoom）

議 題：①第1部案文・残りコメント審議
②次回会合予定（7月9日～11日に東京・機械振興会館で開催予定）

■ISO/TC 127/SC 3/WG 5 - ISO/TS 15143 土工機械及び走行式道路工事機械 - 施工現場情報交換 - 第3部：テレマティクス・データ改訂，第5部：施工現場ロジスティクス・データ予備業務提案，国際WG会議（ハイブリッド）

月 日：5月20日（火）～23日（金）

出席者：（対面）日本から中川智裕コンビナー（コマツ），正田明平（協会事務局），米国から Bollweg プロジェクトリーダー（Deere 社）ほか12名，（Web）小塚大輔委員長（コマツ）は

か8名

場 所：ドイツ・フランクフルト VDMA
会議室及び Web 上 (ISO Zoom)

議 題：①第3部改訂スコープ審議
②第5部予備業務提案 ユーザー市場
調査に基づくスコープ審議 ③次回会
合予定 (6月24日～27日バーチャル)

■ ISO/TC 23/SC 19/JWG 12 24882 サイ バーセキュリティ国際 WG 会議 (ハイ ブリッド)

月 日：5月20日 (火) 夜～22日 (木) 夜

出席者：米国から Flaughner コンビナー
(Deere 社), Nielsen プロジェクトリー
ダー (CNH 社), 日本より小塚大輔委
員長 (コマツ) ほか 22 名

場 所：ドイツ・ベルリン市 DIN 会議
室および Web 上 (MS Teams)

議 題：① ISO 24882CD 意見照会コメ
ント審議 ②次回会合予定 (6月30
日～7月2日バーチャル)

■ ISO/TC 195/SC 2/WG 2 路面清掃車 国 際バーチャル WG 会議

月 日：5月20日 (火) 夜

出席者：和田悟知委員 (豊和工業) ほか
11 名

場 所：Web 上 (CEN Zoom)

議 題：① CD 25256 (ID 24149) 性能
試験方法 CD 意見照会コメント審議
(続き) ② CD 25333 環境効率-エネ
ルギー消費試験方法の要求事項 CD 意
見照会コメント審議 (続き) ③今後
の予定 (7月末～8月初旬 DIS 投票開
始) ④次回会合 (9月9日ハイブリッ
ド@ローマ, 10月頃バーチャル)

■ ISO/TC 82/JWG 1 ロックドリルリグ 国 際 WG 会議 (ハイブリッド)

月 日：5月26日 (月)・27日 (火) 夜

出席者：(対面) スウェーデンから
Elster コンビナー (Epiroc 社) ほか 8
名, (Web) 日本から正田明平 (協会
事務局) ほか若干名

場 所：スウェーデン・ストックホルム
会議室および Web 上 (MS Teams)

議 題：① ISO 18758 DIS コメント審
議 ②スウェーデンおよび豪州当局に
よるシリカ粉塵規制レビュー ③次回
会合予定 (9月下旬 中国・上海 ISO/
TC 82 総会と併催)

■ ISO/TC 127/JTF1 トラクションパッ テリーに関する TC 127 と TC 82 業務 の重複と相違点 国際ジョイントタスク フォース バーチャル会議

月 日：5月27日 (火) 夜

出席者：米国から K.Lueschow TC127
側共同コンビナー (Cat 社), 中国か
ら Meng TC82 側共同コンビナー

(CMAC：中国鉱山製品安全認証セン
ター), 日本から岡ゆかり TC 127/SC
3 国際議長 (コマツ) ほか 19 名

場 所：Web 上 (ISO Zoom)

議 題：①活動進め方のキックオフ審議
②次回会合予定 (7月下旬, バーチャル)

■ ISO/TC 195/SC 1/WG 4 トラックミキ サー国内専門家会合

月 日：5月28日 (水)

出席者：清水弘之コンビナー (カヤバ)
ほか 3 名

場 所：協会会議室

議 題：① ISO 19711-2 トラックミキ
サー-第2部：安全要求事項 改訂作
業打合せ ② ISO OSD (オンライン
標準開発ツール) 使用方法確認

■ ISO/TC 127/SC 2/WG 35 ISO 22543 機 械接近通報装置 国際バーチャル WG 会議

月 日：5月28日 (水) 夜・29日 (木) 夜

出席者：米国から Spomer コンビナー
(Bobcat 社), 日本から鈴木邦利委員
(コマツ) ほか 11 名

場 所：Web 上 (ISO Zoom)

議 題：① WG 意見照会コメント審議,
スコープ審議 ②次回会合予定 (6月
18日～20日バーチャル)

■ ISO/TC 127/WG 17 ISO/TR 5757 回生 可能エネルギー貯蔵システム RESS の 土工機械への適用 国際バーチャル WG 会議

月 日：5月28日 (水)～30日 (金)

日本深夜・早朝

出席者：(対面) 米国から Spomer コンビ
ナー (Bobcat 社) ほか 4 名, (Web) 日
本から正田明平 (協会事務局) ほか 6 名

場 所：米国ミルウォーキー市 AEM 事
務所+ Web 上 (ISO Zoom)

議 題：①電動化技術関連規格レビュー
②次回会合予定 (7月23日・24日バー
チャル)

建設業部会



■建設業 ICT 安全委員会

月 日：5月13日 (火)

出席者：伊勢卓矢委員長ほか 7 名 (内,
Zoom 参加 2 名)

議 題：① 6/20 開催予定「令和7年度
建設業 ICT 安全委員会・クレーン安
全情報委員会合同見学会」について
②「ICT を用いた安全対策機器情報」
(DB) 広報拡大案について ③ R7 度
活動計画：「ICT を用いた安全対策機
器情報」(DB) 掲載内容の再確認につ
いて ④その他

■三役会

月 日：5月20日 (火)

出席者：坂下誠部会長ほか 6 名

議 題：① 4/15 クレーン安全情報委員
会の報告 ② 4/25 機電交流企画委員
会の報告 ③ 5/13 建設業 ICT 安全委
員会の報告 (6/20 建設業 ICT 安全委
員会・クレーン安全情報委員会合同見
学会について) ④その他 (『移動式ク
レーン支持地盤養生マニュアル』「P99
(4) 地盤養生方法の検討①途中式
(P.100 の敷き鉄板に作用する平均荷
重) 内の 9.6 tf/m² はどう導き出され
ているか」の対応について)

各種委員会等



■機関誌編集委員会

月 日：5月7日 (水)

出席者：中野正則委員長ほか 29 名

議 題：①令和7年8月号 (第906号)
計画の審議・検討 ②令和7年9月号
(第907号) 素案の審議・検討 ③令
和7年10月号 (第908号) 編集方針
の審議・検討 ④令和7年5月号～令
和7年7月号 (第903～905号) 進捗
状況報告・確認 ※通常委員会及び
Zoom にて実施

支部行事一覧

北海道支部



■令和7年度除雪機械技術講習会第2回 (メーカ) 打合せ

月 日：5月15日 (木)

場 所：北海道支部会議室

出席者：鳥本一紀施工技術検定委員会委
員長ほか 8 名

内 容：①令和7年度除雪機械技術講習
会 ②その他

■第14回支部通常総会

月 日：5月20日 (火)

場 所：札幌市, ANA クラウンプラザ
ホテル札幌

出席者：柳屋勝彦支部長ほか 99 名

内 容：①令和6年度事業報告 (案) 及
び決算報告 (案) 承認の件 ②令和7
年度事業計画及び収支予算に関する件
③令和7年度運営委員の補選に関する件

■請負工事機械経費積算に関する講習会

月 日：5月28日 (水)

場 所：北海道経済センター A ホール

受講者：63 名

内 容：①令和7年度土木工事標準歩掛

等の改定概要 ②建設機械等損料の基本と動向 ③建設機械等損料（北海道補正版）の使い方 ④施工パッケージ型積算方式 ⑤一般土木請負工事の機械経費積算例 ⑥道路維持請負工事の機械経費積算例

■令和7年度除雪機械技術講習会第3回（講師）打合せ

月 日：5月30日（金）

場 所：北海道経済センター 第3会議室

出席者：熊谷政行技術部会長ほか19名

内 容：①令和7年度除雪機械技術講習会講習内容について ②その他

東 北 支 部



■第1回 企画部会（対面＋Web）

月 日：5月7日（水）

場 所：東北支部 事務局会議室

出席者：山尾昭企画部会長ほか6名

議 題：第1回支部運営委員会について
内 容：①令和6年度 事業報告（案）について ②令和6年度 事業決算（案）について ③令和7年度 役員の交代について

■第1回 支部運営委員会

月 日：5月12日（月）

場 所：仙台市 仙台ガーデンパレス

出席者：高橋弘支部長ほか31名

内 容：①令和6年度 事業報告（案）について ②令和6年度 事業決算（案）について ③令和7年度 役員の交代について

■令和7年度 第14回 東北支部通常総会

月 日：5月19日（月）

場 所：仙台市 仙台ガーデンパレス

出席者：支部会員：143社（議決権総数158社のうち出席66社、委任状77社）

内 容：①令和6年度 事業報告について ②令和6年度 事業決算について ③令和7年度 役員の交代について ④令和7年度 事業計画について ⑤令和7年度 事業予算について ⑥表彰（本部長感謝状の贈呈ほか） ⑦特別講演「社会資本整備に関する最近の動向」（講師：宮本健也 東北地方整備局 企画部長）

■令和7年度 建設機械施工技能実習評価試験（5月宮城定期試験）

月 日：5月21日（水）・22日（木）

場 所：CAT 宮城教習センター

受験者：学科70名、実技81名（掘削、押土・整地、積込み、締固め）

■令和7年度 雄物川総合水防演習

月 日：5月25日（日）

場 所：秋田県大仙市小貫高畑地先（大

曲の花火公園）

参加者：約1,300名、支部からの参加者：

高橋弘支部長、福田智之技術部会長

内 容：①水防工法訓練 ②総合防災訓練 ③防災展

北 陸 支 部



■北陸地方整備局コンプライアンス推進キャラバン来所

月 日：5月1日（木）

場 所：北陸支部事務局

出席者：整備局 金子適正業務管理官ほか1名、支部事務局2名

内 容：①国家公務員倫理について ②発注者綱紀保持について ③不当な働きかけ、応接ルール等について

■路面消・融雪施設等設計要領改訂事務局打合せ

月 日：5月12日（月）

場 所：興和ビル5F会議室

出席者：編集委員会事務局7名

内 容：①第2回幹事会までのスケジュールについて ②改訂一次案作成の作業及び手順について ③作業班会議の作業予定について

■建設機械施工 外国人技能実習評価試験（5月期）

月 日：5月21日（水）・22日（木）

場 所：石川県金沢市 CAT 北陸教習センター

受検者：学科57名（初級、専門級）、実技59名（掘削（小、大）、締固め）

■令和7年度 第1回運営委員会

月 日：5月27日（火）

場 所：新潟東映ホテル 2F 朱鷺の間

議 題：①令和6年度 事業報告に関する件 ②令和6年度 決算報告に関する件 ③令和6年度 北陸支部監査報告について ④令和7年度 優良建設機械運転員・整備員表彰について

■第14回北陸支部通常総会

月 日：5月27日（火）

場 所：新潟東映ホテル 2F 朱鷺の間

議 題：①令和6年度 事業報告に関する件 ②令和6年度 決算報告に関する件 ③令和7年度 事業計画に関する件 ④令和7年度 収支予算に関する件 ⑤表彰式：令和7年度永年会員・永年役員勤続、令和7年度優良建設機械運転員・整備員

■講演会《支部総会後の特別講演》

月 日：5月27日（火）

場 所：新潟東映ホテル 2F 朱鷺の間

演 題：北陸地方整備局の最近の話題

講演者：北陸地方整備局 企画部長 信太

啓貴氏

■建設機械整備技術委員会事務局打合せ

月 日：5月28日（水）

場 所：北陸支部事務局

出席者：水澤委員長ほか3名

内 容：①令和7年度の取組計画について ②除雪機械整備実態調査のとりまとめ方針について ③第1回建設機械整備技術委員会の日程調整について

■路面消・融雪施設等設計要領改訂「作業班会議」

月 日：5月29日（木）

場 所：新潟県上越市 直江津学びの交流館＋Web併用

出席者：改訂編集委員会 WG 委員＋事務局22名

内 容：①改訂一次案の方針調整について ②改訂一次案の方針とりまとめについて ③第2回幹事会までのスケジュールについて

中 部 支 部



■令和7年度木曾三川連合総合水防演習

月 日：5月25日（日）

場 所：岐阜市長良雄総地先（長良川右岸鶴飼い大橋下流河川敷）

演習参加会員：(株)アミューズワンセルフ
展示参加会員：(株)アミューズワンセルフ、サイテックジャパン(株)、(株)シーティーエス、(株)ダイワテック

■第14回 支部通常総会

月 日：5月29日（木）

場 所：名古屋ガーデンパレス

出席者：浅野和広支部長ほか約120名

議 題：令和6年度事業報告及び決算報告承認の件及び令和7年度事業計画及び収支予算報告の件等

関 西 支 部



■支部通常総会

月 日：5月14日（水）

場 所：関西支部

出席者：深川良一支部長以下119名

議 題：①令和6年度事業報告及び決算報告の件 ②令和7年度事業計画及び収支予算の件 ③本部事業概要報告 ④令和6年度会長表彰 ⑤優良建設機械運転員等表彰

講 演：『南極氷床』（講師：北海道大学低温科学研究所・北極域研究センター教授 杉山慎氏）

中国支部

■第14回支部通常総会

月 日：5月28日（水）

場 所：広島ガーデンパレス

出席者：河合研至支部長ほか81名

議 題：①令和6年度事業報告について
 ②令和6年度決算報告について ③令和7年度事業計画（案）について
 ④令和7年度収支予算（案）について
 ⑤本部感謝状贈呈 ⑥講話「国土交通行政の最近の話題」中国地方整備局施工企画課長 山口巧氏

■令和7年度「建設の機械化施工優良技術者」表彰式

月 日：5月28日（水）

場 所：広島ガーデンパレス

受賞者：運転・整備部門2名 管理部門1名

■記念講演会

月 日：5月28日（水）

場 所：広島ガーデンパレス

演 題：広島競輪場アーバンサイクルパークス広島の再整備について（講師：広島市経済観光局 競輪事務局次長 山口芳明氏）

四国支部

■R7第1回運営委員会

月 日：5月15日（木）

場 所：ホテル「マリンパレスさぬき」（高松市）

出席者：山中支部長ほか24名（うち、委任状提出8名）

内 容：①令和6年度事業報告に関する件 ②令和6年度決算報告に関する件
 ③令和6会計及び業務監査報告に関する件

■四国支部第14回（R7年度）通常総会

月 日：5月15日（木）

場 所：ホテル「マリンパレスさぬき」（高松市）

議決権総数：127社

出席社数：120社（うち、委任状提出33社）

出席者総数：山中支部長ほか91名

議 題：第1号議案 令和6年度事業報告承認の件、第2号議案 令和6年度決算報告承認の件、第3号議案 令和6年度会計及び業務監査報告に関する件、第4号議案 令和7年度事業計画に関する件、第5号議案 令和7年度収支予算に関する件

九州支部

■総合水防演習防災展への出展

月 日：5月11日（日）

場 所：川内川総合水防演習 防災展（鹿児島県薩摩川内市若松町）

出展機材：トイレ付ソーラーシステムハウス（㈱ダイワテック）

■R7年度第1回運営委員会

月 日：5月21日（水）

場 所：福岡リーセントホテル 芙蓉の間

出席者：玉石支部長ほか24名（うち委任状提出6名）

議 題：第14回支部通常総会に附議する事項に関する件

■第14回支部通常総会

月 日：5月21日（水）

場 所：福岡リーセントホテル 舞鶴の間

出席者：玉石支部長ほか101名（うち委任状提出28名）

議 題：①令和6年度事業報告に関する件 ②令和6年度決算報告に関する件
 ③令和7年度事業計画に関する件 ④令和7年度収支予算に関する件
 ⑤本部長表彰及び支部長表彰 ⑥特別講演：演題1：「土砂災害対策工事現場に遠隔操作システム「K-DIVE」がもたらす変革」（コベルコ建機㈱ 新事業DX推進グループグループ長 佐々木均氏）、演題2：「高潮-経験したことがない災害の恐ろしさをどう伝えるか」（扇精光コンサルタンツ㈱ 相談役 松嶋憲昭氏）

編集後記

本稿執筆時点では東京も梅雨入りはしたものの雨もなく厳しい暑さとなっており、今年もまた例年のように猛暑を覚悟するしかないか、と思わせる日々が続いています。

さて、7月号では「建設DXと生成AI」を特集テーマに掲げました。建設業界は早くから情報化施工の取り組みを始めていましたが、その普及には時間を要しました。しかし、2012年のBIM/CIMの試行を皮切りに、2016年のi-Constructionによりデジタル技術の導入が一気に進み、施工プロセスの効率化と生産性向上が現場で実感されるようになりました。2020年頃からは建設DXが目玉され、i-Construction 2.0では施工のさらなる自動化が目指されています。加えて、2022年末に登場したChatGPTをはじめとする生成AIの技術革新は、社会全体に衝撃を与えました。建設分野においてもその可能性に期待が寄せられ、設計支援やナレッジ共有、現場の意思決定支援など、多様な活用が模索されています。

本号では、こうした建設DXと生成AIの最新動向に焦点をあてつつ、

「建設機械施工」という本誌の視点を軸に、関連する多彩なテーマを取り上げました。寄稿いただいた各技術報文からは、現場での具体的な課題にどう向き合い、技術でどのように解決を図っていくのかという熱意と実践の成果が感じられ、今後の業界の方向性を示唆するものとなっています。デジタル技術の普及は、一朝一夕に進むものではありませんが、関係者の不断の挑戦と創意により、着実に前進しています。本号が皆様の取り組みの一助となれば幸いです。

一方で、デジタル技術の急速な普及は産業のグローバル化を加速させ、競争の激化が社会の分断を生む一因となっているとも言われています。しかし、技術は本来、人と人をつなぎ、協働を促すものであるはずです。生成AIをはじめとする次世代技術が、再び人々のつながりを取り戻すきっかけとなることを期待したいと思います。

最後に、ご多忙の中にもかかわらず早く執筆して頂いた皆様、関係者の皆様には、この場をお借りして改めて御礼申し上げます。ありがとうございました。

(岡本・漆戸)

8月号「維持管理・長寿命化・リニューアル特集」予告

・下水道等に起因する大規模な道路陥没事故を踏まえた対策の方向性 ・地域インフラ群再生戦略マネジメント計画及び実施検討会 ・農業水利システムにおけるストックマネジメントの取組
・下水道管路の損傷をAIで検出、管路詳細調査の効率化技術 ・位置情報精度を高めて既設埋設物の3次元デジタルデータを提供 ・レーザー分光式検知器と専用ナビの活用による埋設ガス導管の漏えい検査効率化 ・衛星データを活用した漏水リスク評価管理業務システム ・井戸長寿命化対策における井戸内特殊洗浄技術 ・Starlinkを活用した自律飛行型ドローンによる葛野川ダムでの遠隔点検実証を実施 ・幅員方向分割施工によるUFC床版への取替え ・橋梁下部工（橋脚）の洗掘状況計測システムの開発 ・多軸台車を用いた全断面スライドフォーム輸送方法の開発 ・水中ドローンを活用した岸壁調査工事における効率化の取り組み ・3D画像処理およびAIを活用した港湾構造物の維持管理トータルシステム ・特殊バケット及びICTを活用した魚礁ブロックの移設方法 ・デジタル技術を活用した消波ブロックの設計・施工・維持管理手法 ・鉄建式・超薄板ジャッキ

【年間定期購読ご希望の方】

- ①書店でのお申し込みが可能です。お近くの書店へお問い合わせください。
②協会本部へのお申し込みは「年間定期購読申込書」に必要事項をご記入のうえFAXをお送りください。

詳しくはHPをご覧ください。

年間定期購読料（12冊） 10,032円（税・送料込）

建設機械施工

第77巻第7号（2025年7月号）（通巻905号）

Vol. 77 No. 7 July 2025

2025（令和7）年7月20日印刷

2025（令和7）年7月25日発行（毎月1回25日発行）

編集兼発行人 金井道夫

印刷所 日本印刷株式会社

発行所 本部 一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内

電話 (03) 3433-1501 : Fax (03) 3432-0289 : <https://jcmanet.or.jp/>

施工技術総合研究所 〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154

電話 (0545) 35-0212

北海道支 部 〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8

電話 (011) 231-4428

東北支 部 〒980-0014 仙台市青葉区本町 3-4-18

電話 (022) 222-3915

北陸支 部 〒950-0965 新潟市中央区新光町 6-1

電話 (025) 280-0128

中部支 部 〒460-0003 名古屋市中区錦 3-7-9

電話 (052) 962-2394

関西支 部 〒540-0012 大阪市中央区谷町 2-7-4

電話 (06) 6941-8845

中国支 部 〒730-0013 広島市中区八丁堀 12-22

電話 (082) 221-6841

四国支 部 〒760-0066 高松市福岡町 3-11-22

電話 (087) 821-8074

九州支 部 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東 2-4-30

電話 (092) 436-3322

機関誌編集委員会

編集顧問

今岡 亮司 加納研之助
後藤 勇 新開 節治
関 克己 田中 康之
田中 康順 中岡 智信
渡邊 和夫 見波 潔

編集委員長

中野 正則 日本ファブテック(株)

編集委員

吉田 真人 国土交通省
大津 太郎 農林水産省
早矢仕 明 (独)鉄道・運輸機構
岡本 直樹 (一社)日本機械土工協会
丹 秀男 鹿島建設(株)
田村 憲 大成建設(株)
岡田 雄大 清水建設(株)
桐山 茂雄 (株)大林組
鈴木 秀之 (株)竹中工務店
小林 茂樹 (株)熊谷組
松本 清志 (株)奥村組
京免 継彦 佐藤工業(株)
加取 新 鉄建建設(株)
副島 幸也 (株)安藤・間
松澤 享 五洋建設(株)
那須野陽平 東亜建設工業(株)
佐藤 裕 日本国土開発(株)
丑久保吾郎 (株)NIPPO
室谷 泰輔 コマツ
山本 茂太 キャタピラー・ジャパン
花川 和吉 日立建機(株)
丹治 雅人 コベルコ建機(株)
漆戸 秀行 住友建機(株)
大竹 博文 (株)加藤製作所
田島 良一 古河ロックドリル(株)
鈴木 健之 施工技術総合研究所

事務局

(一社) 日本建設機械施工協会

本誌上への
の広告は



有限会社 サンタナ アートワークスまでお申し込み、お問い合わせ下さい。

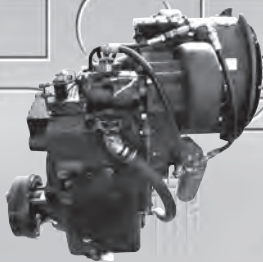
〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町 2-21-5 井手口ビル 4F TEL : 03-3664-0118 FAX : 03-3664-0138

E-mail : san-mich@zam.att.ne.jp 担当 : 田中

MARUMA

あらゆる建設機械／シールドマシン・・・ 油圧機器の整備・再生

各種トランスミッション整備で相談に応じます。



建設機械用ZFトランスミッション

点検・整備は、日本ではマルマのみが対応



建設機械のあらゆる油圧機器

斜板式ダブルポンプ



斜板式ピストンポンプ



斜軸式ピストンモータ



シールドマシン用油圧機器



シールド用ジャッキ

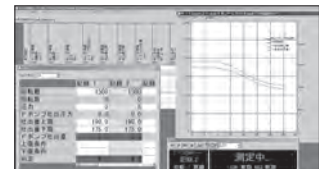
電動モータ付ピストンポンプ

建機と共に半世紀以上。確かな「信頼」をお届けします！

整備・再生された各Ass'yは、自社独自開発の多機能油圧機器試験機により性能を確認。各テストのデータはデータベースとして保存され、出荷後、マッチング調整や、搬送されてきた同等品の確認テストに活用します。この万全を期した体制がマルマの高い信頼性の由縁です。



MH-R220は従来の油圧ドライブ型油圧機器試験機に比べ、インバータ制御電動モーター駆動、及びエネルギー回生回路の採用により大幅な消費電力量の削減を実現しました。大型油圧ポンプの試験も可能です。



マルマテクニカ株式会社

本社・相模原事業所 営業部 整備油機課

〒252-0331 神奈川県相模原市南区大野台6-2-1

TEL042 (751) 3809 FAX042 (756) 4389

E-mail:yuki@maruma.co.jp

東京工場 〒156-0054

E-mail:tokyo@maruma.co.jp

名古屋事業所 〒485-0037

E-mail:n-service@maruma.co.jp

東京都世田谷区桜丘1-2-22

TEL03 (3429) 2141 FAX03 (3420) 3336

愛知県小牧市小針2-18

TEL0568 (77) 3311 FAX0568 (77) 3719

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

Mikasa 

<http://www.mikasa.jp>

街づくりを支える、信頼の三笠品質。



転圧センサー

バイプロコンパクター

MVH-308DSC-PAS

タンピングランマー

MT-55H



MVC-e60

NETIS No. KT-210039-A



MRH-603DS-SS

NETIS No. KT-190125-VE



MUV-Fe32



MT-e55

NETIS No. KT-210039-A

三笠産業株式会社

MIKASA SANGYO CO., LTD. TOKYO, JAPAN

本社 〒101-0064 東京都千代田区神田猿樂町1-4-3 TEL: 03-3292-1411 (代)

大阪支店 TEL:06-6745-9631	北関東営業所 TEL:0276-74-6452	中国営業所 TEL:082-875-8561	沖縄出張所 TEL:080-1013-9328
札幌営業所 TEL:011-892-6920	長野出張所 TEL:080-1059-2116	四国出張所 TEL:087-868-5111	
仙台営業所 TEL:022-238-1521	中部営業所 TEL:052-504-3434	九州営業所 TEL:092-431-5523	
新潟出張所 TEL:080-1049-0634	金沢出張所 TEL:080-1013-9542	南九州出張所 TEL:080-1013-9547	



SiteOrchestration

現場を変える。未来を作る。



SITECH

 **Trimble**
Authorized Dealer

SITECH-JAPAN.COM

サイテックジャパン株式会社 info@sitechjp.com
東京都大田区南蒲田 2-16-2 テクノポート大樹生命ビル
TEL: 03-5710-2594 FAX: 03-5710-2731

決断。

現場を変えたい
皆さまとともに
3D施工を標準へ



- 3D機能標準化により、現場の生産性を向上
- ジオフェンスなどの機能により、安全性を向上
- 油圧システムを刷新し、作業量アップと燃費低減を実現
- 運転席を刷新し、快適な居住空間の実現

新世代油圧ショベル PC200i-12

3Dマシンガイダンス、ペイロード機能を標準搭載。
業界初3Dマシンコントロール選択可能システムで利用時払いも可能。

コマツカスタマーサポート
〒108-0072 東京都港区白金1-17-3 <https://kcsj.komatsu/>



KOMATSU
Creating value together

