

建設機械施工

12

Vol.76 No.12 December 2024(通巻898号)

特集 先端建設技術



AI・IoTを活用した造成工事におけるデジタル施工管理システムの構築

巻頭言 i-Construction 2.0の提起を受けて

特集技術報文

- BIM/CIM・ROS2を活用した油圧ショベルの自律施工
- 建設現場の省人化に向けた自動施工技術の適用実験
- 港湾工事の計測を効率化するドローン「Penta-Ocean Vanguard-Drone」の開発
- 統合管理システムによる盛土工事自動化実証施工
- AI・IoTを活用した造成工事におけるデジタル施工管理システムの構築
- 切羽鏡面の吹付けコンクリートのひび割れ検出により跳落ちの予兆を知らせるシステムの開発
- 国内道路トンネル初となる現場製造バルクエマルション爆薬による発破を実現 他

行政情報

- 分野横断的技術政策ワーキンググループ 中間とりまとめ
- 日本全国の都市デジタルツイン実現プロジェクト「PLATEAU(プラトー)」
- 林業イノベーションの推進
- インフラツーリズム事業化研究会の立ち上げ
- 山岳トンネル工事における機械化の歴史
- 思い描いた未来への期待

交流のひろば

- すいそう

一般社団法人 日本建設機械施工協会

KOBELCO

機械周辺の人を認識して知らせることで 効率よく作業を行える衝突軽減装置



検知対象外

※警報・停止機能はモノに
対しては作動対象外です。

広い範囲を監視

“人”を検知して機械を“停止”

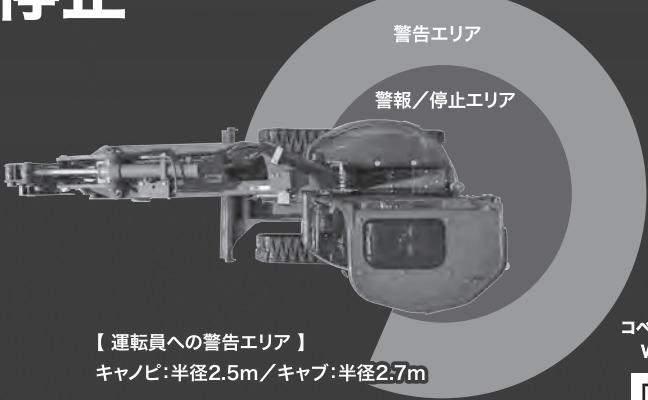
※現場の状況により検知精度に影響が出る場合があります。

ミニショベル向け衝突軽減装置

OmniEye®

NETIS登録済

車両搭載可能AIカメラ(KK-200027-VE)



【運転員への警告エリア】

キャノピ:半径2.5m / キャブ:半径2.7m

【周囲の人への警報／機械停止エリア】

キャノピ:半径1.8m / キャブ:半径2.0m

コベルコ建機日本
WEBサイト



コベルコ建機日本株式会社

本社／〒272-0002 千葉県市川市二俣新町17番地 ☎047-328-7111
www.kobelco-kenki.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す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す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 個人会員係 行

E-mail:k-kaiin@jcmanet.or.jp

FAX:03-3432-0289 ※原則eメールで送付ください

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うけたとき。3.死亡し、又は失踪宣言をうけたとき。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下さい。

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)の原稿であります。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

令和7年度 日本建設機械施工大賞の公募について

本協会では、平成元年度に一般社団法人日本建設機械施工協会会长賞を創設し、建設事業の高度化に関し顕著な功績をあげた業績について表彰して参りました。また、平成27年度の募集から新たに地域への貢献が顕著な業績も表彰することとし、さらに表彰内容を拡充したことに伴い、表彰名称を『会長賞』から『日本建設機械施工大賞』に変更いたしました。

令和7年度の表彰につきましても、下記により受賞候補者を公募いたしますので、内容検討の上、奮ってご応募いただきますよう、ご案内いたします。

1. 表彰の目的

建設機械及び建設施工に関して、有意な技術の向上又は地域の建設事業の課題の解消に、顕著な功績をあげた業績を表彰し、もって国土の開発と経済の発展に寄与することを目的とします。

2. 表彰対象

本協会の団体会員、支部団体会員、個人会員又は関係者のうち表彰目的に該当する業績のあった団体、団体に属する個人及びその他の個人を対象とします。

3. 表彰の種類

表彰は、大賞部門と地域賞部門の各部門とも最優秀賞、優秀賞とします。

- ・大賞部門は、建設機械及び建設施工に関する技術等の「調査・研究、技術開発、実用化等」の業績が対象となります。
- ・地域賞部門は、当該地域の建設機械及び建設施工に関する「創意工夫あるいは従来技術の改良や普及促進等の取組み等」の業績が対象となります。
- ・最優秀賞は総合的な評価の最も高かったもの、優秀賞はそれに準ずるものです。
- ・ユニークなアイデア、あるいは特に秀でた特徴を有する提案があれば選考委員会賞として表彰することもあります。

受賞者には、賞状及び副賞として、1件につき次の賞金を授与します。

副賞賞金	大賞部門	最優秀賞	30万円	地域賞部門	最優秀賞	20万円
		優秀賞	15万円		優秀賞	10万円
		選考委員会賞	5万円		選考委員会賞	5万円

4. 表彰式

本協会第14回通常総会（令和7年6月予定）終了後に行います。

5. 応募

「日本建設機械施工大賞応募要領」に基づく応募用紙の提出により行われますので、本協会HP（ホームページ）からダウンロードしてください。（自薦・他薦は問いません。）

また、大賞部門と地域賞部門の両方へ応募することができますが、同一内容の業績では、両部門へ重複して応募することはできません。応募の締切は、令和7年2月28日（金）（必着）です。

6. 選考

本協会が設置した「日本建設機械施工大賞選考委員会」で選考致します。なお、該当する業績が無い場合は表彰いたしません。

7. その他

受賞業績は、「業績の概要」を本協会機関誌「建設機械施工」及び本協会のHP（ホームページ）に掲載いたします。

以上

(一社) 日本建設機械施工協会 発行図書一覧表 (令和6年12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	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
2	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
3	R6年05月	橋梁架設工事の積算 令和6年度版	12,100	10,285	990
4	R6年05月	よくわかる建設機械と損料2024	7,260	6,171	770
5	R6年04月	令和6年度版 建設機械等損料表	9,680	8,228	770
6	R5年10月	道路除雪施工の手引 (第17版)	4,950	3,960	770
7	R4年03月	日本建設機械要覧 2022年版	53,900	45,100	990
8	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
9	H30年08月	消融雪設備点検・整備ハンドブック	13,200	11,000	770
10	H29年04月	ICTを活用した建設技術 (情報化施工)	1,320	1,122	770
11	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
12	H25年06月	機械除草安全作業の手引き	990	880	770
13	H22年9月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,300	2,970	770
14	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
15	H22年7月	情報化施工の実務	2,200	1,870	770
16	H21年11月	情報化施工ガイドブック 2009	2,420	2,178	770
17	H20年6月	写真でたどる建設機械 200年	3,080	2,618	770
18	H19年12月	除雪機械技術ハンドブック	3,300	2,970	770
19	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
20	H17年9月	建設機械ポケットブック (除雪機械編)	1,100	990	770
21	H16年12月	除雪・防雪ハンドブック (除雪編) 【CD-R】	5,500	4,950	770
22	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
23	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
24	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
25	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
26	H15年6月	地球温暖化対策省エネ運転マニュアル	550	495	770
27	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
28	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
29	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
30	H11年5月	建設機械化の50年	4,400	3,960	770
31	H11年4月	建設機械図鑑	2,750	2,475	770
32	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
33	H9年5月	建設機械用語集	2,200	1,980	770
34	H6年8月	ジオスペースの開発と建設機械	8,470	7,623	770
35	H6年4月	建設作業振動対策マニュアル	6,380	5,742	770
36	H3年4月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,450	9,405	770
37	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
38		建設機械履歴簿	440	396	770
39	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://jcmanet.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。

建設機械施工 12

Vol.76 No.12 December 2024 (通巻 898 号)

目 次

先端建設技術

特 集

巻頭言

4 i-Construction 2.0 の提起を受けて

建山 和由 立命館大学 総合科学技術研究機構

行政情報

5 分野横断的技術政策ワーキンググループ 中間とりまとめ

国による技術開発の牽引と社会実装の加速化
岡本 由仁 国土交通省 大臣官房 技術調査課 課長補佐

10 日本全国の都市デジタルツイン実現プロジェクト「PLATEAU(プラトー)」 国土交通省 都市局 國際・デジタル政策課 デジタル情報活用推進室

15 林業イノベーションの推進

佐々木嵩史 林野庁 森林整備部 研究指導課 課長補佐

特集技術報文

20 BIM/CIM・ROS2 を活用した油圧ショベルの自律施工

自動施工計画・管理システムと自律型建機を接続

工藤 新一 前田建設工業㈱ 土木事業本部 土木技術部 BIM/CIM 推進グループ長
秋田 剛 前田建設工業㈱ 土木事業本部 土木技術部 施工DX 推進グループ 主査
井村 進也 日立建機㈱ 研究・開発本部 先行開発センタ 担当部長 兼 協調型建設機械プロジェクトリーダ
山崎 文敬 (株)イクシス 代表取締役 Co-CEO 兼 CTO

26 後付型建設機械操縦システム

KanaTouch による遠隔操縦・自動施工

植木 良 (株)カナモト ニュープロダクト室
守屋 遼太 (株)カナモト ニュープロダクト室
斎藤 仁 (株)カナモト ニュープロダクト室
角 和樹 (株)カナモト ニュープロダクト室 技術顧問

32 建設現場の省人化に向けた自動施工技術の適用実験

飛鳥馬 翼 (株)熊谷組 土木事業本部 土木技術統括部 土木 DX 推進部 DX 推進グループ 副長
北原 成郎 (株)熊谷組 土木事業本部 土木技術統括部 土木 DX 推進部 部長
竹下 嘉人 (株)熊谷組 九州支店 土木事業部土木部

39 BIMの活用によるドローンの屋内飛行システム「BIM × Drone」の開発と運用実証

松原 拓平 (株)竹中工務店 西日本機材センター 開発グループ 主任

43 港湾工事の計測を効率化するドローン「Penta-Ocean Vanguard-Drone」の開発

三宅 貴大 五洋建設㈱ 技術研究所 土木技術開発部 係員
西 広人 五洋建設㈱ 技術研究所 土木技術開発部 主任
琴浦 豊 五洋建設㈱ 技術研究所 土木技術開発部 グループ長

48 統合管理システムによる盛土工事自動化実証施工

統合施工管理システムの開発および生産性向上の評価

岡本 邦宏 (株)大林組 西日本ロボティクスセンター 施工技術部 技術開発課 副課長
西 彰一 (株)大林組 土木本部 生産技術本部 企画部 担当部長
松崎 晃 (株)大林組 技術本部 技術研究所 地盤技術研究部 主任

55 AI・IoTを活用した造成工事におけるデジタル施工管理システムの構築

ダンプトラックの運土情報記録システム

大貫奈々美 清水建設㈱ 土木技術本部 機電統括部 ロボティクスグループ
藤井 攻 清水建設㈱ 土木技術本部 機電統括部 兼 地下空間統括部水力計画G

60 画像認識AIを用いた作業人工の計測

露木健一郎 鹿島建設㈱ 技術研究所 主席研究員
片村 立太 鹿島建設㈱ 技術研究所 先端・メカトロニクスグループ 上席研究員
北原 靖之 鹿島建設㈱ 技術研究所 先端・メカトロニクスグループ 主任研究員

65 山岳トンネル仮設備遠隔管理システムの開発

T-ds, C-ds による省力化の実現

副島 幸也 (株)安藤・間 建設本部 機電部 機電グループ長

70 切羽鏡面の吹付けコンクリートのひび割れ検出により

肌落ちの予兆を知らせるシステムの開発

切羽画像から肌落ちの予兆を AI で検知

浜田 元 (株)奥村組 技術本部 技術研究所 土木研究グループ 地盤調査・計測チームリーダー

清水 隆司 (株)システム計画研究所 事業本部 宇宙ロボティクス事業ユニット マネージャ

久保 陽平 (株)システム計画研究所 事業本部 宇宙ロボティクス事業ユニット

75	国内道路トンネル初となる現場製造バルケエマルション爆薬による発破を実現 異 義知 戸田建設㈱ 技術研究所 社会基盤構築部 山岳トンネル課 課長 村田 健司 戸田建設㈱ 土木技術統轄部 土木技術部 発破技術顧問 三上 英明 戸田建設㈱ 大阪支店 新名神高速道路宇治田原トンネル東工事作業所 作業所長
81	主筋周囲に拘束筋を施したRC梁の補強効果に関する実験的研究 大地震時の損傷低減が可能なCCM-RC梁工法 坂本 啓太 飛島建設㈱ 技術研究所 研究開発グループ 主任研究員 前川 利雄 (株)熊谷組 技術本部 技術研究所 防災技術研究室 室長 石渡 康弘 鉄建建設㈱ 建設技術総合センター 研究開発センター 環境グループリーダー
87	コンクリートのひび割れ画像解析の開発と実用化展開 堀口 賢一 大成建設㈱ 技術センター 社会基盤技術研究部 先端基盤研究室 主席研究員
91	AIを活用した粒度判定システム「ASYST」 夏坂 亮太 東亜建設工業㈱ 技術研究開発センター 地盤・防災技術グループ
交流のひろば	97 インフラツーリズム事業化研究会の立ち上げ ものづくりの目線からインフラの魅力を伝える旅を提案する 岩橋 公男 佐藤工業㈱ 土木事業本部 インフラツーリズム事業化研究会 General Manager
すいそう	100 山岳トンネル工事における機械化の歴史 河田 孝志 河田コンサルタント事務所代表、セーフティーグローバル推進機構理事
	104 思い描いた未来への期待 森山 幸司 日本車輪製造㈱ 輪機・インフラ本部 主幹 (元国土交通省 中部地方整備局勤務)
部会報告	106 釧路コールマイン(株) 見学会 報告 機械部会 トンネル機械技術委員会
	110 ISO/TC 195 中国・鄭州国際会議報告 標準部会
	122 新工法紹介 機関誌編集委員会
統計	123 建設キャリアアップシステム登録者の分析 今泉登美男 (一財)建設業振興基金 建設キャリアアップシステム事業本部 運営管理部長
	126 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
	127 行事一覧 (2024年10月)
	132 編集後記 (丹治・藤井)
その他	133 “建設機械施工”既刊目次一覧 2024年1月号(第887号)～2024年12月号(第898号)

◇表紙写真説明◇

AI・IoTを活用した造成工事におけるデジタル施工管理システムの構築

写真提供：清水建設㈱

清水建設㈱ではAIやIoTを活用して造成工事の施工管理を効率化するシステム「Shimz-Smart-Site Analyzer」を新たに開発した。現場内で稼働するダンプトラックの土砂運搬量をデジタル上でリアルタイムに一括管理することにより、広大な敷地内で同時に行われる造成工事の施工管理を効率的に行うシステムである。2022年11月から2023年7月まで、福島県内の「大熊西工業団地造成現場」(敷地面積: 21.2ha) (写真上)で運用し、土砂の運搬量や各集積場の土量、ダンプトラックの稼働状況などをリアルタイムかつ正確に把握できることを確認した。

卷頭言

i-Construction 2.0 の提起を受けて

建山和由



2024年4月、国土交通省は、「建設現場のオートメーション化」と銘打って、i-Construction 2.0を提起した。一般製造業では、1980年代の後半から生産ラインにオートメーション技術を導入することにより生産性を画期的に向上させてきたが、建設業でも、近年のICTをはじめとするデジタル技術の急速な進化を取り込み、同様の状況を生み出すだけの技術的な素地が整ってきたとの判断がなされたのであろう。

しかしながら、現場レベルでの受け止めは、現段階では必ずしも芳しくない。「2016年にi-Constructionが提起され、やっとICT施工が普及しただと思ったところ、2022年にインフラDX、2023年にはICT施工ステージII、さらに今回の2.0と立て続けに新しい施策が示され、どう対処したら良いのか戸惑っている」という声が多いようだ。今回のi-Construction 2.0は私の知る限り、事前のアナウンスメントも無く、突然発表されたので、唐突感をもって受け止められたとしてもやむを得ないことであろうと考える。しかしながら、i-Construction 2.0は、建設業の進むべき方向性を示すという意味で、重要な意義を持っていると感じている。

2016年に始まったi-Constructionの主要な柱の一つであるICTの全面活用では、調査・測量・設計・施工計画・施工・検査の各工程で、3Dデータを横断的に活用することより効率化を図ることが目指され、そのためのモデルが示された。導入当初は、企業もこのモデルに従い、形式的にICTの導入を図ろうとする傾向が強かったが、8年を経た現在では、ICTを自らの技術として見事に使いこなし、生産性を改善している企業が増えている。この状況は、人手不足がとりわけ深刻な地方の中小の建設会社でも見られるようになってきた。人手がない中、仕事をこなすためにはICTを導入せざるを得ず、やむを得ずICTの導入に取り組んだが、その結果少ない人手で仕事をこなすだけでなく、それにより確実に利益を上げて、社員の給

与に反映させているような企業も出てきている。そのような企業は、これまでの3DのICT施工だけではもの足らず、さらなる生産性向上や省人化のための新しい手法を模索し始めている。この状況に呼応するかのように建設機械、計測器やソフトウェアのメーカー・レンタル会社等では、様々なツールを提供するようになり、建設改革のための手法はそのバリエーションを大きく広げている。そういった最近の状況に鑑みると、ICT施工の普及率でi-Constructionの到達度を評価するような時期はすでに終わっていて、次のステップに向かって動き出さなければならないといえるのではないであろうか。

i-Construction 2.0では、デジタルツイン、建設ロボット、AI、バーチャル技術をはじめ、最新のツールを施工に取り込み、これまでのICTツールと融合させて新しい生産手法を生み出し、それによりさらなる省人化を実現する方向性が示されている。これを受けて、建設現場でいまできることは、建設現場のオートメーション化を「デジタル技術を駆使して施工現場全体をシステム化した生産方式」と捉え、それを将来実現すべき建設像として置きつつも、自らの課題の解決に役立つ多様な技術を活用して、できることに積極的にトライをしていくことではないかと考えている。

人が山に登るときに、最初に行なうことは、どの山に登るかを決めることがある。登るべき山を決めたら、足下を確かめながら登っていくなければならない。このとき、足下ばかり見ていると道を間違えて別の山に着いてしまうかもしれない。かといって山頂ばかり見ていたのでは、岩に足を取られて転んでしまうかもしれない。登るべき山頂を時折確認しつつも、足下を見ながら一歩ずつ着実に登っていかなければならない。建設改革も同じことかもしれない。

行政情報

分野横断的技術政策ワーキンググループ 中間とりまとめ 国による技術開発の牽引と社会実装の加速化

岡 本 由 仁

我が国は、少子高齢化が一層進む中、カーボンニュートラル等の実現に向けた動き、デジタル化やデータ活用の急速な進展等の世界全体の急速かつ大きな変化にスピード感をもって果斷に対応していくため、経済社会構造の転換と包摂的な社会の構築が求められている。

このような背景の下、国土交通省では、今後の国土交通技術行政における技術の開発・利活用の方向性を提示するため、社会資本整備審議会・交通政策審議会技術部会の下に「分野横断的技術政策ワーキンググループ」を設置し、インフラ整備・管理に焦点をあてて、技術開発に関して議論を行った結果を中間とりまとめとして公表した。

本稿では、この中間とりまとめについて詳述する。

キーワード：技術開発、社会実装、分野横断的技術政策ワーキンググループ、技術基本計画

1. 分野横断的技術政策ワーキンググループについて

我が国は、人口減少、少子高齢化、厳しい財政状況等の課題に加え、地球規模の危機の克服と同時に、国際競争力の強化を進める必要がある。国際的な課題解決にあわせ、国民一人一人の安全で豊かな暮らしを実現していくためには、地に足のついた技術政策を立案することが必要不可欠である。令和4年4月に策定された第5期国土交通省技術基本計画（以下、技術基本計画）では、戦略的・重点的に取り組むべき具体的な技術研究開発とともに、技術政策を推進するための横断的な仕組みが示されている。また、技術基本計画のフォローアップに当たっては、社会経済情勢や最新の技術動向等の変化を分析するとともに、その変化に柔軟に対応するため技術政策ニーズを適宜把握し、取り組むべき課題等について見直し等の必要性を検討するとされている。

技術基本計画のフォローアップの一環として、国土交通省が実施すべき施策等について議論し、今後の技術の開発・活用の方向性を提示することが必要なことから、社会資本整備審議会技術部会と交通政策審議会技術分科会技術部会の下に「分野横断的技術政策ワーキンググループ」（以下、WG）が設置された。WGでは、技術基本計画第3章「技術政策を推進する仕組み（横断的施策）」の柱である「持続可能な経済成長

を支える基盤の整備」「技術に対する社会の信頼の確保」「我が国の技術の強みを活かした国際展開」「技術を支える人材育成」のうち、「持続可能な経済成長を支える基盤の整備」と「技術に対する社会の信頼の確保」の2つの柱を中心に、インフラ整備・管理に焦点をあてて技術開発、特にそのうち社会実装について、議論を行い、令和6年9月に『中間とりまとめ 国による技術開発の牽引と社会実装の加速化』（以下、中間とりまとめ）を策定、公表した。

2. 中間とりまとめについて

中間とりまとめでは、国土交通行政における技術開発に関わる分野横断的技術政策の現状と課題を整理し、分野横断的技術政策の方向性を提言している。

分野横断的技術政策の分野とは、技術基本計画第2章に示されている戦略的・重点的に取り組むべき具体的な技術研究開発を分類した以下の6つの重点分野を指している。

- I. 防災・減災が主流となる社会の実現
- II. 持続可能なインフラメンテナンス
- III. 持続可能で暮らしやすい地域社会の実現
- IV. 経済の好循環を支える基盤整備
- V. デジタル・トランスフォーメーション
- VI. 脱炭素化・インフラ空間の多面的な利活用による生活の質の向上

中間とりまとめにおいて、「技術開発」は、研究、開発、実装、普及までの一連に加え、その繰り返しのスパイラルアップも含めた技術開発全般のプロセスを指す。また「社会実装」については、実装以降、普及までを含めた段階を指している。

(1) 分野横断的技術政策の現状と課題

分野横断的技術政策の現状と課題を、技術開発全般(研究、開発、実装、普及までの一連のプロセス全体)と、研究・開発の段階、社会実装(実装・普及)の段階の3つの視点から、技術開発行政を担う機関(技術

開発行政機関),発注行政を担う機関(発注行政機関),技術開発を実施又は技術を活用する機関(技術開発等機関)の3つで主体別に整理している(図-1)。

(2) 分野横断的技術政策の方向性

社会課題の解決に資する技術政策の方向性について、技術開発全般、研究・開発、社会実装の3つの視点で、「国による技術開発の一貫した力強い牽引」、「研究・開発の投資の強化・効率化」、「社会実装の円滑化・加速化」と題して提言している(図-2)。

現状と 課題	1)技術開発	
	2)研究・開発	3)社会実装(実装・普及)
① 技術 開 発 行 政 機 関	<ul style="list-style-type: none"> 民間に対し、i-construction 2.0等インフラ分野のDX以外の社会課題解決に資する技術開発のビジョンを示せていない 民間の技術研究開発の投資は年々増加しているものの他業種と比較して低い水準であり、投資を促すことが必要 デジタル技術を含め、求められる技術の多様化に応じた人材育成や異分野との人材の流動化が十分になされていない 	<p style="text-align: right;">【本文 2. 1)(①) (P4)】</p>
② 発 注 行 政 機 関	<ul style="list-style-type: none"> イノベーションやDXの推進に向けて、インフラ分野のニーズが異分野には見えづらいという声があり、分野の垣根を超えて、参入を促すことが必要 技術開発では、人材や資金などの限られたリソースの効果的活用が重要であるが、同様の研究開発の事例も散見されており、効率化に改善の余地がある 研究・開発への支援に関して、費用対効果の検証がなされていない 	<p style="text-align: right;">【本文 2. 2)(①) (P6)】</p>
③ 等 技術 機 関 開 発	<ul style="list-style-type: none"> 技術開発には試行錯誤のプロセスが必要で、プロジェクトベースによる技術開発がなってきたが、昨今は事例が少ない 開発された技術の現場試行は、施工協議により発注者の理解を得て実施するなど、実施できる現場は限られている 技術開発は、よりよいインフラを早く、安全に整備することを目的とすべきだが、同業者間での受注競争のための技術開発になってしまっていることも否めない 	<p style="text-align: right;">【本文 2. 2)(②) (P6)】</p>
	<ul style="list-style-type: none"> 社会課題解決に資する質の高い技術について、性能や安全性の確保や費用との兼ね合いで導入を躊躇することもある 国土交通省のプロジェクトでは設計と施工の分離が基本で、新技術を比較的導入しやすい設計・施工一体型の発注方式の場合は発注者側の適正な審査・評価等の体制づくりが課題 新技術について、特に工事目的物そのものに影響する場合には、性能の確保や安全性の観点を限られた情報から判断せざるを得ず、発注者は慎重にならざるを得ない 	<p style="text-align: right;">【本文 2. 3)(①) (P7)】</p>
	<ul style="list-style-type: none"> 他分野では、新技術の品質、有効性や安全性について、指導・審査等を行う独立した機関がある インフラ分野では、技術開発者相当の技術力を有する機関による評価は個別の要請に応じて対応している状況であり、また、技術基準に反映する等の仕組みとなっていない 	<p style="text-align: right;">【本文 2. 3)(②) (P8)】</p>
	<ul style="list-style-type: none"> 他分野では、新技術の品質、有効性や安全性について、指導・審査等を行う独立した機関がある インフラ分野では、技術開発者相当の技術力を有する機関による評価は個別の要請に応じて対応している状況であり、また、技術基準に反映する等の仕組みとなっていない 	<p style="text-align: right;">【本文 2. 3)(③) (P8)】</p>

図-1 分野横断的技術政策の現状と課題

1) 国による技術開発の一貫した力強い牽引		
<p>①国は、技術開発の推進のために、政策の目標や技術開発のニーズを重点的に示すとともに、民間企業にはリスクが高く困難な技術開発について、強化すべき領域を設定し、研究から普及までの各段階において必要な支援又は自ら投資を行い、総合的に価値の高い技術開発を強く誘導すべき</p> <p>②国は、技術開発において、試行・評価・改良の繰り返しが必要であるため、プロジェクトベースで先行的に活用するための仕組みを構築し、技術の開発・改良を牽引すべき</p> <p>③国は、計画、調査、設計、施工、維持管理のプロセスにおけるデジタルデータの流通、建設生産・管理システムのアプリケーションとの連携ができるルール整備等を進めるべき。データ流通は、インフラ管理者以外の需要も留意すべき</p>		
<p style="text-align: right;">【本文 3. 1) (P9)】</p>		
2) 研究・開発の投資の強化・効率化		
<p>①国は、異分野の技術導入等によるイノベーションやDXに向けて、オープンなプラットフォームの構築等により大学やスタートアップ等の異分野企業との連携を強化し、ニーズの明確化や実装への課題克服を図るとともに、その開発成果について共有を図るべき</p> <p>②産学官は、競争領域の発展を促進させるために、重複投資を避け、共通化・標準化などにより効率化を図り、得られた成果を可能な限り産業全体で共有できるような協調領域について検討を進めるべき</p>		
<p style="text-align: right;">【本文 3. 2) (P9)】</p>		
3) 社会実装の円滑化・加速化		
<p>①国は、総合的に価値の高い素材、構造、工法等を設計段階からも採用できるよう、総合的価値の評価手法や実態に即した積算基準等を整備すべき</p> <p>②国は、技術の費用の評価にあたっては、施工のみならず、材料の製造・運搬、施工、供用後の維持管理、更新までを含めて、金銭的・人的・社会的コストを考慮するべき</p> <p>③国は、社会実装の推進のために、設計施工分離の考え方を改め、E C I方式の対象を拡大し設計時に施工の知見を取り入れやすくするなど、新技術を導入しやすい調達方式の導入をさらに進めるべき</p> <p>④国は、施工管理や検査などの従来の仕組みのまま、新技術を取り入れるのではなく、新技術を前提として効率的な新たな仕組みを検討するべき</p> <p>⑤国は、標準的な設計ではない素材、構造、工法等の選定には、品質や性能の確保のために研究機関や第三者機関の認証等の仕組みを構築すべき</p>		
<p style="text-align: right;">【本文 3. 2) (P9)】</p>		

図-2 分野横断的技術政策の方向性

- 1) 国による技術開発の一貫した力強い牽引（図一3）
- ・社会課題解決に資する技術開発の推進のために、国は、政策の目標（ビジョン）やロードマップ、技術開発のニーズを示すとともに、民間企業にはリスクが高く困難な技術開発について、強化すべき領域を設定し、研究から普及までの各段階において必要な支援又は自ら投資を行い、総合的に価値の高い技術開発を強く誘導すべきである。例えば、省人化、脱炭素化、国土強靭化、長寿命化等の社会課題解決については、基金の活用等の中長期で複数年に亘って支援が可能な仕組みにより積極的に取り組むべきである。
 - ・技術開発において、試行・評価・改良の繰り返しが必要であるため、国は、自らが率先してプロジェクトベースで先行的に活用する仕組みを構築し、技術の開発・改良を牽引するべきである。
 - ・国は、計画、調査、設計、施工、維持管理のプロセスにおけるデジタルデータの流通、協調領域となる情報基盤の整備及び建設生産・管理システムのアプリケーションとの連携ができるルール整備等を進めるべきである。

2) 研究・開発の投資の強化・効率化（図一4）

- ・国は、オープンなプラットフォームの構築等により

大学やスタートアップ等の異分野企業との連携を強化し、ビッグデータを活用した予測技術など、ニーズの明確化や実装への課題克服を図ることで、インフラ分野への参入障壁を下げて、異分野の技術導入によるイノベーション、DXを進める必要がある。また、国の支援により開発された技術は、広くその効果を国民が享受するため、技術開発者の利益を守るとともに、その開発成果について共有を図るべきである。

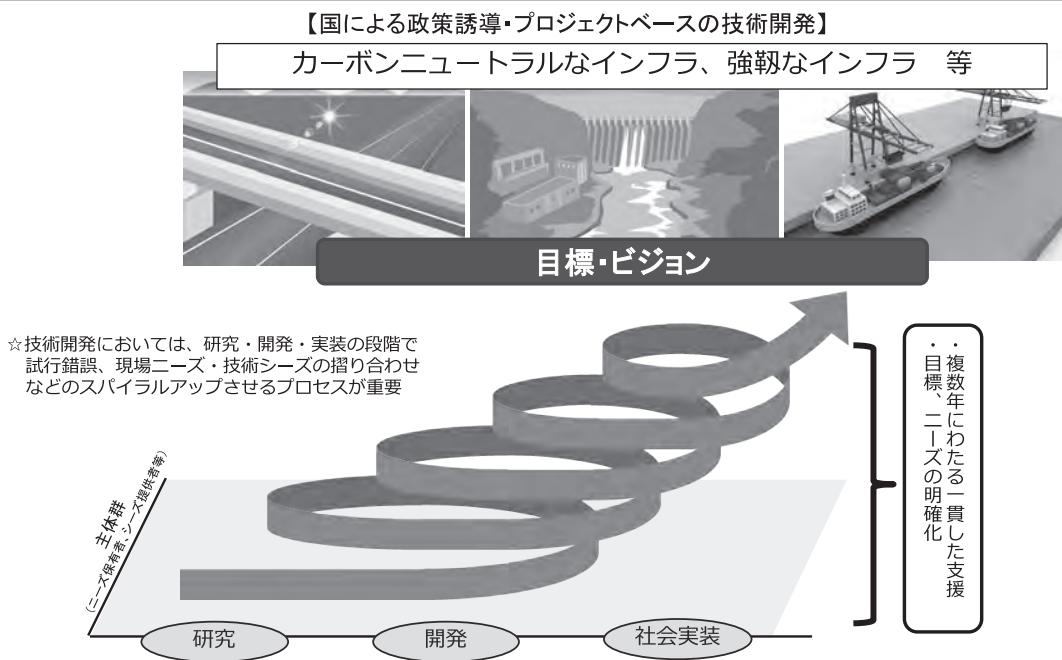
- ・産学官は、競争領域の発展を促進させるために、重複投資を避け、共通化・標準化などにより効率化を図り、得られた成果を可能な限り産業全体で共有できるような協調領域について検討を進めるべきである。なお、協調領域を設定して、各社が連携して技術開発を進めるためには、協調領域の範囲や競争領域との調整、協調領域と競争領域の連携を技術的に実現可能とする仕組みや先行する技術開発者が不利益を被らない仕組みに留意すべきである。

3) 社会実装の円滑化・加速化（図一5）

- ・発注者は、新技術の社会実装を積極的に推進するために、プロジェクトベースで技術を活用するにあたり、調達方針、新技術の認証などの下記で示す取組を一連の流れとして進めるべきである。

国による技術開発の一貫した力強い牽引のために、国は政策の目標（ビジョン）やロードマップ、技術開発のニーズを示し、必要な支援を行うとともに、プロジェクトベースで先行的に活用するための仕組みを構築し、技術の開発・改良を促すべき。

〔本文3. 1)国による技術開発の一貫した力強い牽引〕



研究・開発の投資の強化・効率化のために、大学やスタートアップ等の異分野企業との連携を強化し、ニーズの明確化等により参入を促すとともに、開発成果の共有や協調領域による開発の効率化を図るべき。

【本文3. 2)研究・開発の投資の強化・効率化】

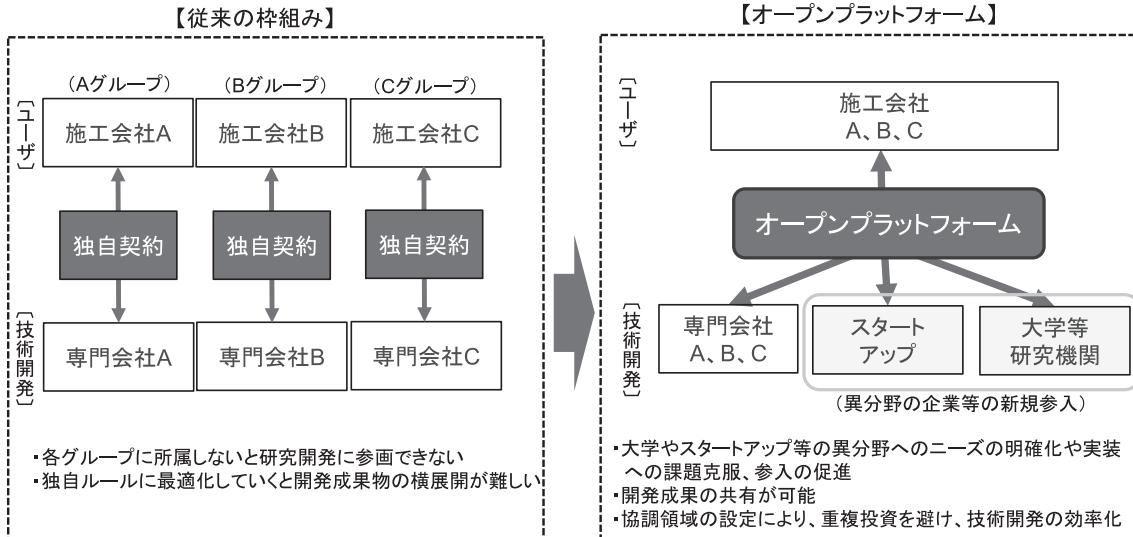


図-4 研究・開発の投資の強化・効率化

社会実装の円滑化・加速化のために、総合的に価値の高い技術を設計段階から採用するとともに、費用の評価にあたっては、ライフサイクル上の金銭的、人的、社会的コストについても考慮するべき。

【本文3. 3)社会実装の円滑化・加速化】

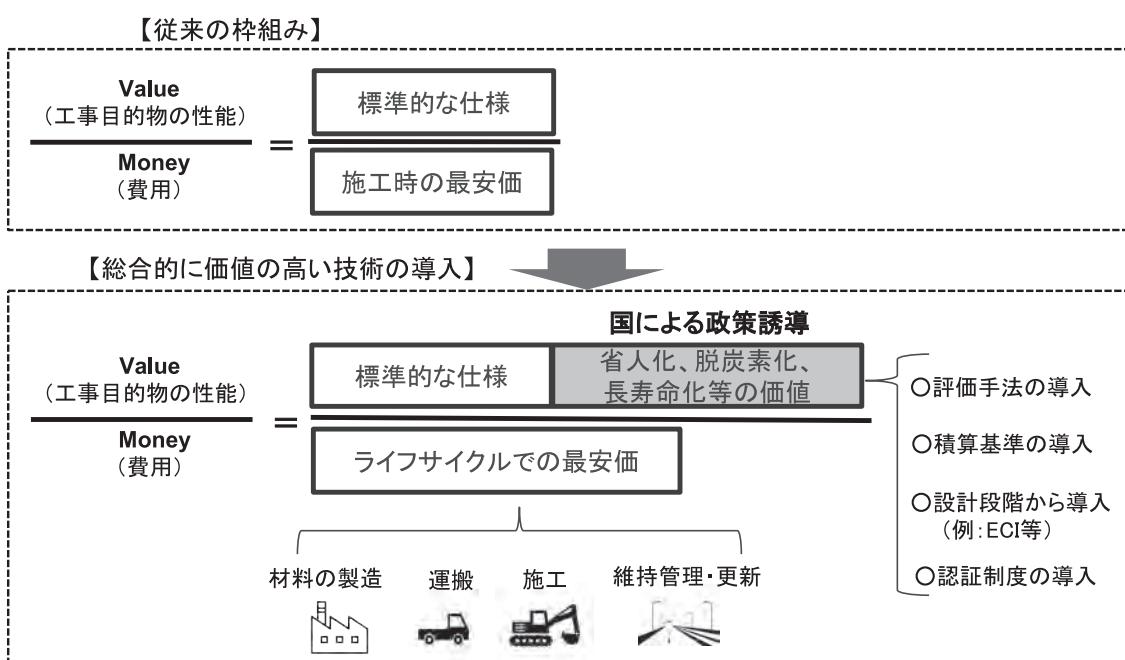


図-5 社会実装の円滑化・加速化

- 国は、総合的に価値の高い素材、構造、工法等を設計段階からも採用するため、施工時の費用偏重となるないように、総合的価値の評価手法や、総合的に

価値の高い技術について実態に即した積算基準等を整備すべきである。

- 世界では、地球温暖化対策にかかるコストや水の確

保にかかるコストなど、社会的コストへの意識が高まっている。このため、国は、総合的価値の評価に当たっては、施工時の費用だけでなく、材料の製造・運搬、施工、供用後の維持管理、更新までを含めて、金銭的・人的コストのみならず、社会的コストについても考慮するべきである。

- ・国は、社会実装の推進のために、設計施工分離の考え方を改めて、ECI方式が活用できる対象を拡大し、設計時に施工の知見を取り入れる等、新技術を導入しやすい調達方式の導入をさらに進めるべきである。
- ・国は、2次元図面を前提とした施工管理や検査などの従来の仕組みのまま、2次元図面を3次元設計であるBIM/CIMに置き換えるように新技術を取り入れるのではなく、3次元データを設計から検査まで一貫して活用するなど、新技術を前提とした効率的な新たな仕組みを検討するべきである。
- ・国は、公共工事の発注者が標準的な設計ではない素材、構造、工法等を選定できるように、品質や性能の確保等の技術の信頼性及び安全性を客観的に評価するために研究機関や第三者機関による認証等の仕組みを構築すべきである。

3. おわりに

国土交通省では、中間とりまとめに示された提言の具体化を進めて、国による技術開発の牽引と社会実装の加速化を実現させていく。

また、WGは、技術基本計画第3章における4つの柱のうち、残る「我が国の技術の強みを活かした国際展開」及び「技術を支える人材育成」についても、技術開発全般にかかる更なる議論と併せて、引き続き、検討を深めることとしている。

技術開発が進み、それぞれの現場に導入されて現場の課題を解決し、現場で働く方々の負担を減らし、さらには現場の生産性を向上させることで、国土交通行政に携わっていただいている全ての現場がより一層魅力あふれる職場となることを目指していく。技術開発者、技術利用者におかれても、引き続き、ご協力をお願い申し上げる。

J C M A

[筆者紹介]

岡本 由仁（おかもと ゆうじ）
国土交通省
大臣官房 技術調査課
課長補佐

行政情報

日本全国の都市デジタルツイン実現プロジェクト 「PLATEAU（プラトー）」

国土交通省 都市局 国際・デジタル政策課 デジタル情報活用推進室

Project PLATEAUは国土交通省が様々なプレイヤーと連携して推進する、日本全国の都市デジタルツイン実現プロジェクトである。デジタル技術により豊かな生活、多様な暮らし方・働き方を支える「人間中心のまちづくり」を目指し、仮想空間に都市を再現する3D都市モデルの整備・活用・オープンデータ化に取組んでいる。本稿では、PLATEAUの全体像を捉えていただくために、3D都市モデルに関する基礎的な内容や活用事例、社会実装に向けて展開する施策の一部を紹介する。

キーワード：デジタルツイン、デジタルトランスフォーメーション、GIS、3D都市モデル、CityGML、オープンデータ

1. はじめに

Project PLATEAU（プラトー）は、国土交通省が産学官の様々なプレイヤーと連携して推進する、日本全国の都市デジタルツイン実現プロジェクトである。Society5.0を実現する技術の一つとして、2020年度より日本全国の3D都市モデルの整備・活用・オープンデータ化を進めてきており、2023年度末時点で全国約200都市の3D都市モデルを整備し、官民で100を超える様々なユースケースを生み出している。2024年度には約30件のプロジェクトを採択しているほか、参画する地方公共団体数も増加し、データ整備範囲は約250都市まで拡大する見込みだ（図-1）。

2. 3D都市モデルとは何か

PLATEAUでは、都市のデジタルツインを実現するための基盤として標準データモデルを策定している。

PLATEAUが採用する3D都市モデルは、単なる「都市空間の3Dモデル」ではない。データフォーマットとしては地理空間情報の国際標準化団体であるOGC（Open Geospatial Consortium）が定めているCityGML 2.0というオープンフォーマットを採用しており、グローバルな流通性やソフトウェアのネイティブ対応を確保している。なお、EUやシンガポール、アメリカ等の諸外国においてもCityGMLが都市空間のデジタルツインの標準モデルとして採用されている。

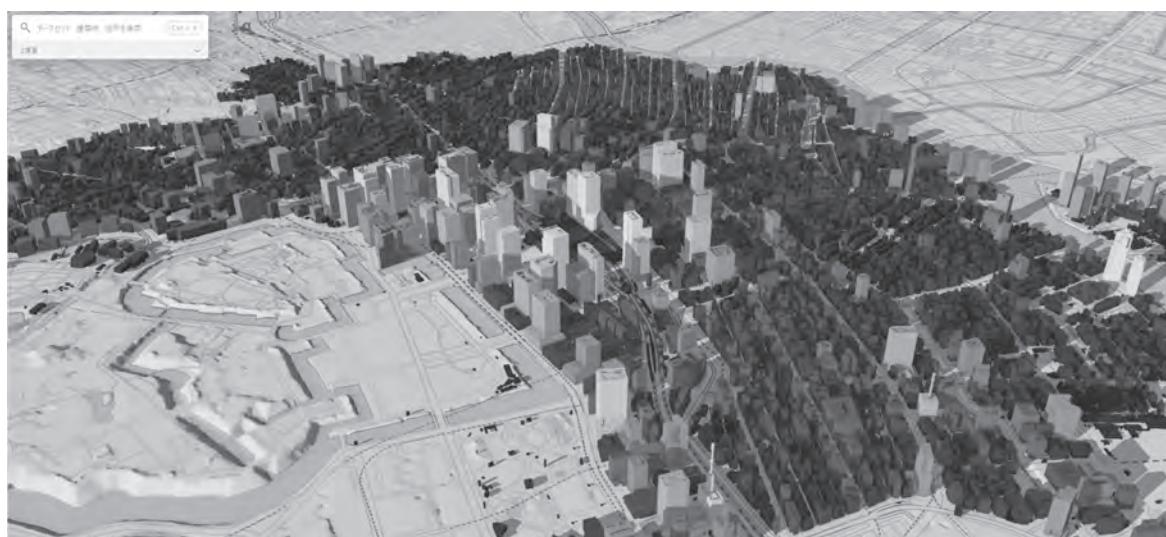


図-1 PLATEAUの3D都市モデル

また、データモデルとしても、CityGMLに準拠したPLATEAUの3D都市モデルは一般的な「都市空間の3Dモデル」とは大きく異なる。

第一に、PLATEAUの3D都市モデルはデータ・トラストを重視し、全国で統一されたデータ品質を確保している。前述のCityGML形式を採用した標準仕様によってデータ規格が正規化され、論理一貫性や位置正確度、位相一貫性等、ジオメトリ（形状情報）とセマンティクス（意味情報）の両面にわたり、測量基準や国際基準に従った品質管理を受けたデータとして作成・提供されている。特に、測量法に基づく地図情報としての正確性が担保されているということは、様々なソリューションで活用するうえで非常に重要なとなる。

第二に、PLATEAUの3D都市モデルは様々な意味でオープンなデータである。CC BY4.0等の完全なオープンライセンスを採用したオープンデータとして提供されていることに加え、オープンフォーマットによる標準化や、技術者コミュニティの成熟によるナレッジのオープン化、関連ソフトウェアのOSS化等、誰にでも開かれたデータの開発環境を構築している。この性質によって、PLATEAUはGIS分野のみなら

ず、建築・設計、ゲームエンジン、XR、モビリティ等様々な技術分野と結合することが可能となっており、多様なソリューションの創出につながっている。

第三に、PLATEAUの3D都市モデルは構造化された地理空間情報として提供されている（図-2参照）。従来の一般的な3Dモデルは、いわゆる「幾何形状」（カタチ）をCADソフトやCGソフトで作成した「ジオメトリモデル」と呼ばれるデータである。ジオメトリモデルは、形状情報をもつが、それが人間にとてどういう意味をもつ形状なのか（=意味情報）を保持していない。これに対し、3D都市モデルは、立体や面、線といった幾何形状に座標情報を付与し、これらの集合を「建物」「壁」「屋根」等のオブジェクト（地物）として定義する。さらに、地物単位で「用途」「構造」「築年」「災害リスク」「材質」といった属性情報を紐づけてコーディングされている。このように形状情報のみならず属性情報を有することから、3D都市モデルを様々なシミュレーションやアプリ開発に活用することが可能である。

なお、PLATEAUでは建築物モデルをはじめとして、交通（道路）、橋梁、都市設備、植生など20種の地物に関して標準仕様を定めている（図-3参照）。

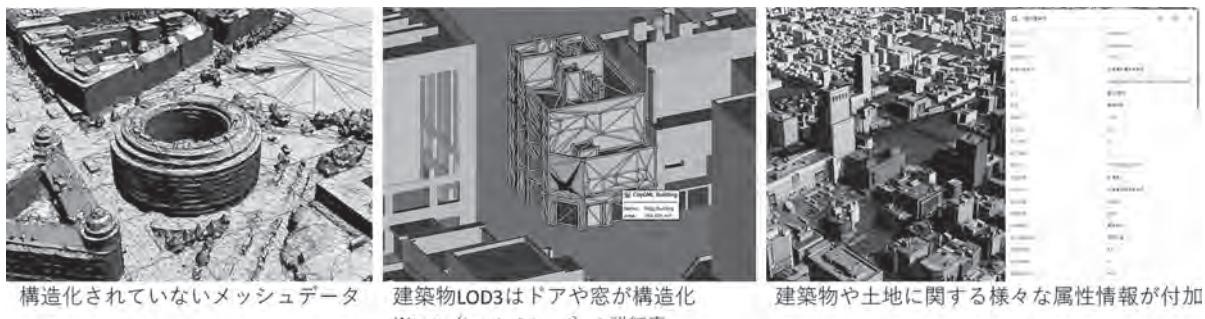


図-2 ジオメトリとセマンティクスの結合

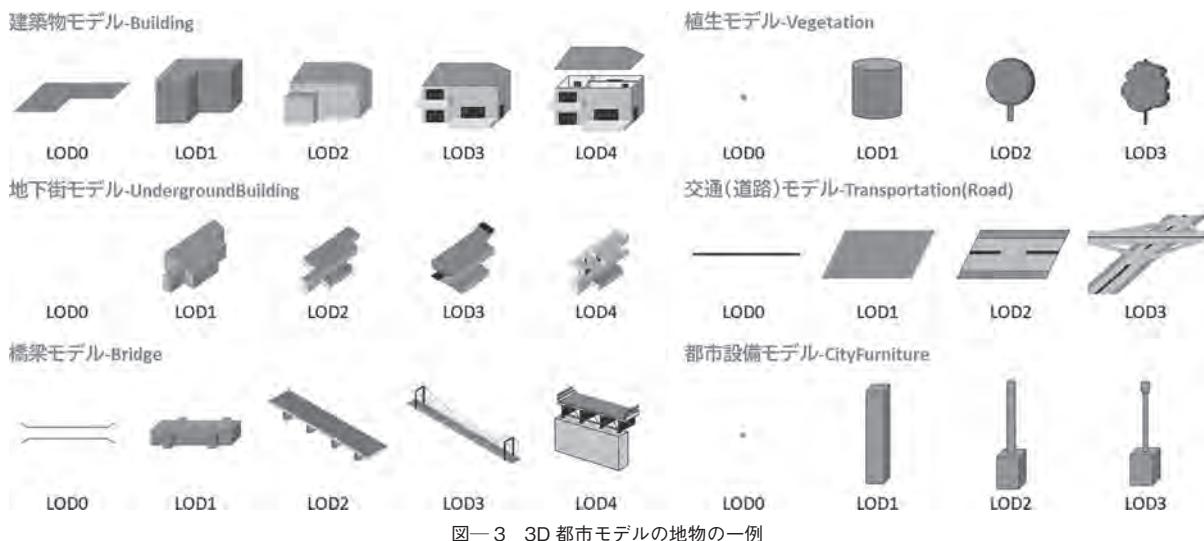


図-3 3D都市モデルの地物の一例

これらの標準仕様は毎年のデータ整備や後述するベストプラクティス創出の過程で得られたデータ仕様に関する知見を反映する形で更新をしており、都市空間の地物の網羅性向上及び最適化に取組んでいる。

PLATEAU の 3D 都市モデルは誰でも容易に閲覧することが可能である。PLATEAU ではブラウザで利用できる Web GIS 「PLATEAU VIEW¹⁾」をウェブサイトに公開しており、ユーザーが日本各地の 3D 都市モデルやその他の地理空間情報を表示できる環境を構築している。2023 年度には新たに太陽光シミュレーションや作図機能、Google Street View との連携機能を実装し、その利便性を向上したことに加え、ほか、描画性能も大幅に向上している(図-4 参照)。属性情報へのアクセスもクリック操作のみで可能となっているため、3D 都市モデル活用のファーストステップとして体験いただきたい。

3. 多様なソリューション

PLATEAU の 3D 都市モデルという先進的なデータ

を我が国全体に普及させていくために、国土交通省では、民間企業や大学と協業することで、まちづくりや防災、環境、観光、モビリティ、インフラ管理等、様々な分野における 3D 都市モデルを活用したソリューションを生み出し、ベストプラクティスを創出してきた(図-5 参照)。さらに、これを地域に実装するため、地方公共団体等と連携した横展開を進めている。

ユースケースの事例として「ヒートアイランド・シミュレーション」と「地下埋設物データを活用した都市開発の DX」の 2 つを紹介する。

【事例 1】ヒートアイランド・シミュレーション

2022 年度に実施した本ユースケースでは、PLATEAU のデータと汎用の熱流体解析ソフトウェアを活用し、東京都千代田区大手町・丸の内・有楽町地区において、複数のヒートアイランド抑制施策(街路樹による緑化、車道の遮熱性舗装、歩道の保水性舗装、ドライ型ミスト)を実施した場合の気温や建物表面温度の低減効果をシミュレーションした(図-6 参照)。

シミュレーションに PLATEAU データを用いることにより、都市スケールの環境設定コスト及び作業時

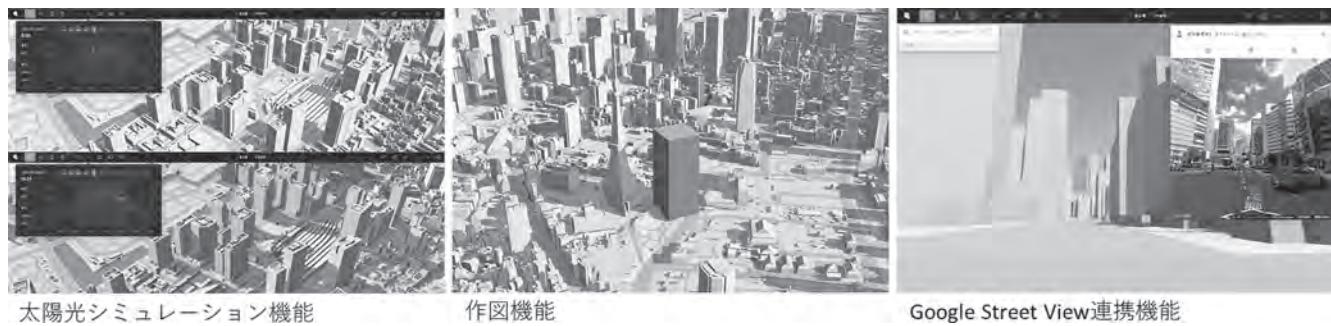


図-4 PLATEAU VIEW の諸機能



図-5 官民の多様な分野でデジタルツインを活用したソリューションを創出

間の削減や、属性情報の活用によるオフィスビル等の建物用途を考慮した建物排熱条件の精緻化といった効果がある。また、シミュレーション結果を3D都市モデルに重畳して表示することで、視覚的に理解しやすくなる。

今後、植生情報や道路舗装種別を3D都市モデルに反映することで、日射の反射や吸収率の設定が容易にできるようになり、シミュレーション精度の更なる向上が見込まれる。

【事例2】地下埋設物データを活用した都市開発のDX

本ユースケースは2023年度に実施した事例である。多岐にわたる官民のインフラ事業者がそれぞれに仕様、規格を定めて保有する電力やガス、下水道等の地下埋設物に関する情報をPLATEAUが定める地下

埋設物モデルの標準仕様に則り、三次元GISデータとして整備した。さらに、標準化したデータを活用し、開発行為による地下インフラへの影響確認やBIMモデルとの統合設計が可能な建設設計支援システムを開発することで、都市開発検討や地下インフラの維持管理業務を効率化できるか検証した(図-7参照)。

デベロッパーや設計会社、インフラ事業者を対象とした実証実験では、地下埋設物の位置関係の把握、建設計画の精度向上、関係者間の事前協議に要する時間短縮という観点で有用であるとの評価を得た。一方で、地下街等のデータカバレッジ拡大やデータ更新スキームの必要性が明らかになった。

今後、データ更新支援システムの開発等を中心に、本ユースケースで開発したシステムの有用性を高める

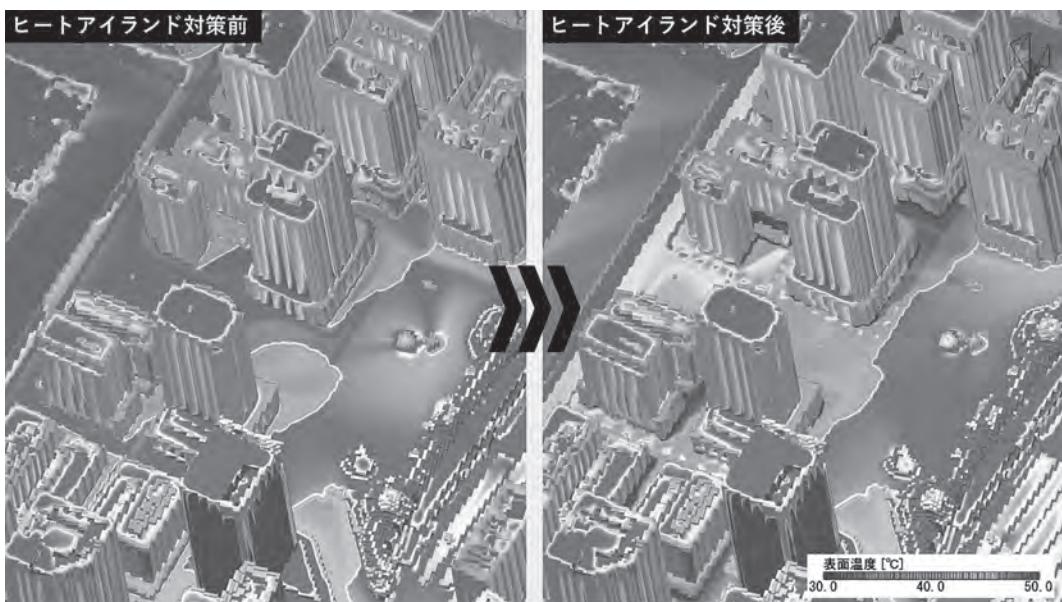


図-6 3D都市モデルを活用したシミュレーションの結果

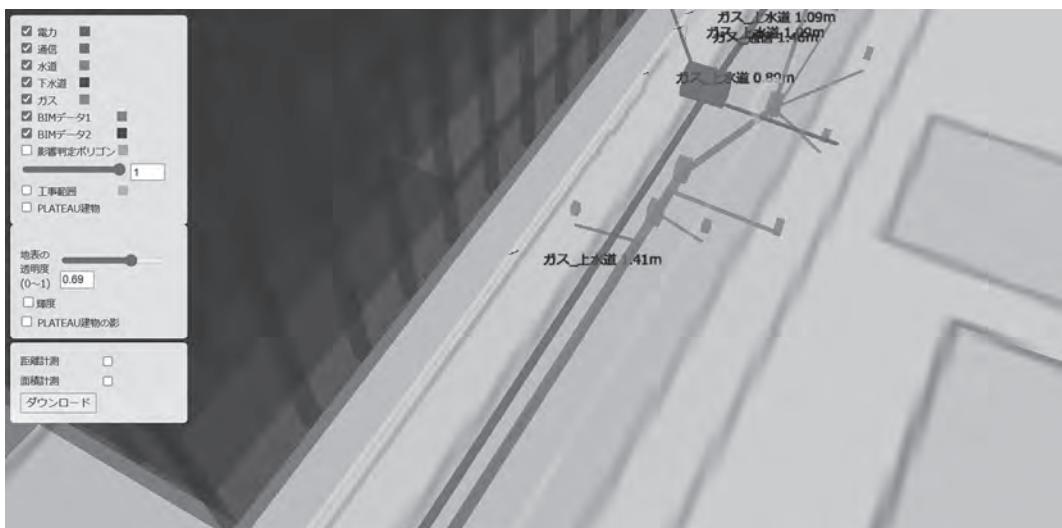


図-7 三次元表示した地下埋設物モデル

よう検討を進める。

この他にも PLATEAU が開発したユースケースは、そのすべてをウェブサイト²⁾に掲載されているレポートや記事で閲覧することができる。

4. コミュニティ形成

3D 都市モデルを活用したイノベーション創出のため、PLATEAU ではコミュニティ形成に注力してきた。オープンデータのポテンシャルを引き出し、新たなソリューションを生み出していくためには、様々な分野のエンジニアやプランナー、デザイナー等を巻き込んだ開発者コミュニティが必要となる。このため、開発コンペである PLATEAU AWARD や、ハッカソンである PLATEAU Hack Challenge 等、様々な角度から 3D 都市モデルを活用したサービスの開発ケイバリティを高めるコミュニティ形成施策を実施している。さらに、開発環境を整備するための様々なツールを開発し、これらを OSS として提供している。

これらの取組みはプロジェクトがスタートした 2020 年から現在に至るまで一貫して行われている。2020 年当初は、3D 都市モデルや CityGML というデータ自体のハンドリングナレッジが我が国にはほとんど存在しなかったため、イベント参加者もアプリ開発に相当苦労していた。しかし、現在においては SNS 等のインターネット上に様々な 3D 都市モデルのハンドリング技術が集積しており、PLATEAU を利用したサービスを提供する企業も珍しくなくなった。各年度のコミュニティ施策の集大成として開催する PLATEAU AWARD においても、応募された多数のアプリやシステム、コンテンツは 2022 年度のものよりハイレベルになっており、PLATEAU コミュニティの着実な成熟を感じられることとなった（図一8）。

5. おわりに

PLATEAU は、スタートからわずか 5 年間で標準仕様書の策定・更新、モデルの効率的な整備に関する技術開発、データの利用環境の整備やソリューション



図一8 PLATEAU AWARD

の開発など、3D 都市モデルの可能性を大きく引き出してきており、ビジネス領域や地方公共団体での利用が拡大している。

今後の PLATEAU は「実証から実装」へとフェーズを移行し、3D 都市モデルを活用したソリューションの社会実装を実現するため、国のみならず、企業、大学、地方公共団体、コミュニティ等、多様な主体が 3D 都市モデルの整備・活用・オープンデータ化の取組みにコミットするエコシステムを構築していく。そのための産学官連携プラットフォームとして、2023 年 12 月には PLATEAU コンソーシアム（正式名称：3D 都市モデルの整備・活用・オープンデータ化促進に関する産学官連携協議会）を設立した。エコシステムの構築と都市デジタルツインの社会実装を着実に推進し多様な領域で新たな価値を生み出すことを目指し、引き続き強力に取組みを進めていく。

さらには我が国で培った 3D 都市モデル、デジタルツインに係るナレッジを諸外国に発信、展開し、国際協力及び本邦技術ホルダーの海外進出を促進していく予定である。

J C M A

《参考文献》

- 1) PLATEAU VIEW : <https://plateauview.mlit.go.jp/>
- 2) PLATEAU ウェブサイト : <https://www.mlit.go.jp/plateau/>

[筆者紹介]

国土交通省
都市局 国際・デジタル政策課
デジタル情報活用推進室

行政情報

林業イノベーションの推進

佐々木 嵩 史

我が国の林業は、人口減少・少子高齢化に伴う担い手の確保といった他産業が抱える共通の課題とともに、森林特有の厳しい地形条件や作業環境における安全性確保や労働生産性の向上などの課題を抱えている。これらの課題に対処し、林業の魅力をより一層向上させていくには、林業の特性を踏まえた新技術の開発から普及に至る取組を効果的に進め、林業現場への導入を加速する「林業イノベーション」が重要である。本稿では、林野庁が推進する「林業イノベーション」の取組について紹介する。

キーワード：林業イノベーション、森林情報のデジタル化、安全性・生産性向上、自動化・遠隔操作化、デジタル林業戦略拠点、森ハブ・プラットフォーム

1. はじめに

我が国の林業は、人口減少・少子高齢化に伴う担い手の確保といった他産業が抱える共通の課題とともに、森林特有の厳しい地形条件や作業環境における安全性確保、労働生産性の向上などの課題を抱えている。これらの課題に対処し、林業の魅力をより一層向上させていくには、林業の特性を踏まえた新技術を開発し、林業現場への導入を加速する「林業イノベーション」が重要な役割を果たす。そこで林野庁では、それ

らの取組の指針として、2019年12月に「林業イノベーション現場実装推進プログラム」(2022年7月改訂)を策定し、将来像などを提示した(図-1)。同プログラムでは、イノベーションによる林業の将来像を示したうえで、森林情報のデジタル化や林業機械の自動化・遠隔操作化、新素材の開発などの新技術の展開方向を整理している。本稿では、これら新技術のうち、建設機械施工の分野とも関係性があると考えられる森林情報のデジタル化や林業機械の開発・実証に着目し、林野庁の取組を紹介する。

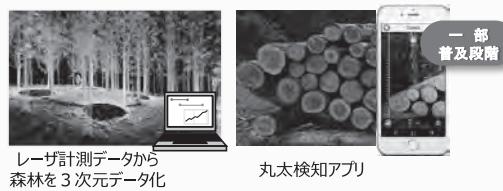
記憶から、デジタル記録の森林管理へ

- ▶ 資源・境界情報のデジタル化により、森林の管理・利用を効率化
- ▶ レーザ計測、ドローン、ICT機器を使用し、路網の整備・管理を効率化



経験から、ICTによる生産管理へ

- ▶ 木材の生産管理にITを導入、進捗管理、事業の精算を効率的に運営



林業の安全性・生産性の向上（生産）

- ▶ 伐倒～運搬作業の自動化・遠隔操作化により、労働災害の発生しやすい作業を根絶。林業の生産性を向上



林業の安全性・生産性の向上（造林）

- ▶ ドローンの活用、下刈り作業の機械化等により、省力化・軽労化、コスト削減



図-1 林業イノベーションによる将来像（デジタル技術、林業機械関連を抜粋）

2. 森林情報のデジタル化と活用促進

林野庁では、間伐や路網整備などの森林施業や木材の生産・流通を効率化し、生産性の高い林業を実現するため、その情報基盤となる森林情報のデジタル化を推進している。広大な森林を効率的かつ詳細に調査するには、多大な人員や時間がかかるため、森林情報のデジタル化に当たっては、航空レーザやUAV等のリモートセンシング技術の活用が有効である。航空レーザ計測では、レーザ光を地表や立木に照射し、得られたデータを解析することを通じて、地形の特徴を三次元で詳細に把握するとともに、樹種や樹高、森林蓄積を詳細に推計することが可能となる。

林野庁は、航空レーザ計測を実施した民有林面積の割合を、令和8年（2026年度）までに80%とする目

標を設定しており、令和5年度（2023年度）末現在において63%と堅調な進捗となっている。航空レーザ計測等による森林情報のデジタル化は、主に都道府県が実施しており、その情報はこれまで、管内の市町村や森林・林業に携わる民間事業者などの関係者間のみで共有・活用されてきた。一方、近年では、大型木材加工施設の立地などにより、複数の都道府県にまたがった木材の生産・流通が進むなど、森林経営活動に必要な情報が広域化しているほか、カーボンニュートラルの実現や生物多様性の保全など昨今の国際的な動向を契機として、森林・林業と深い関わりのなかった幅広い産業分野の企業においても我が国の森林への関心が高まっており、高精度な森林情報の公開を望む声が大きくなっている。

このため、林野庁では、森林の整備や保全の基礎と

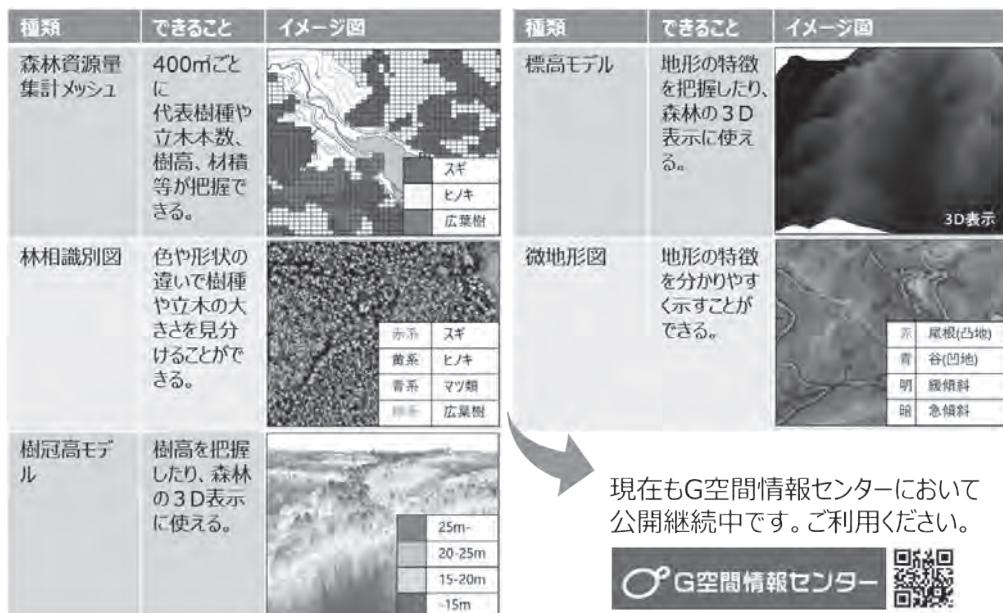


図-2 公開した高精度な森林情報のイメージ

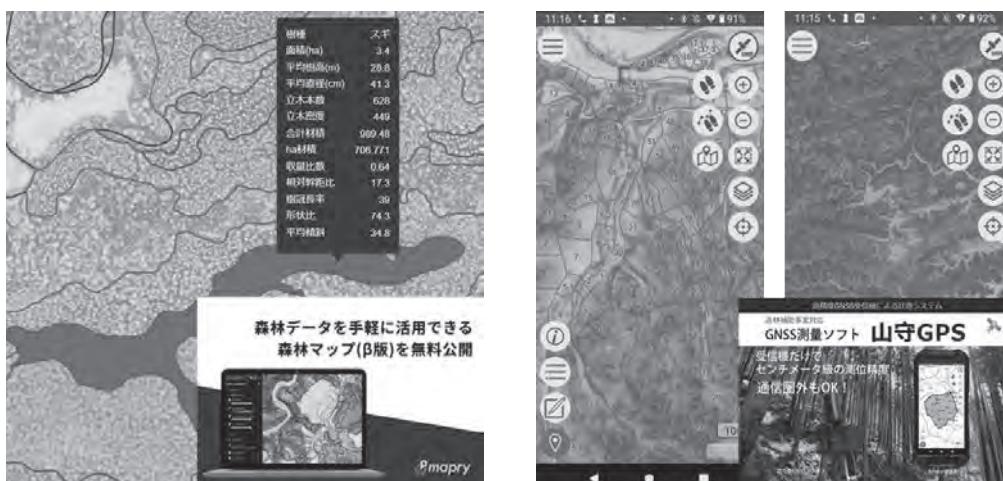


図-3 高精度な森林情報を活用した民間サービスの例

なる高精度の森林情報を全国的に公開するための検討を進めている。2023年度は、栃木県、兵庫県及び高知県の3県において、民間企業からの公開ニーズが高い高精度な森林情報について、行政機関保有情報の公開を担うG空間情報センターを利用し、一般公開する実証を行った（図一2）。この結果、公開を行った4か月間で、公開地域以外を含め全国約3,000名がデータを利用し、さらには民間事業者による新たなサービス提供の事例もみられた（図一3）。2024年度は富山県、鳥取県、愛媛県でも公開に取り組むなど、公開する地域の拡大に取り組むとともに、引き続き、民間事業者と意見交換をしながら、利用者ニーズに応える形で全国的に公開するための手法を検討していくこととしている。

3. 林業機械の技術開発

林野庁では、2016年頃から林業機械の遠隔操作化や自動化の取組を支援してきた。このうち林業機械の遠隔操作化は、伐倒木等の重量物から作業者を物理的に離隔するとともに、急斜面での移動・作業を回避することにより労働災害のリスクを根本的に取り除くことができ、安全性の大幅な向上と労働負荷の軽減に効果がある。林業機械の自動化には、これらに加えて、同一作業に係る人工数を減らして労働生産性を飛躍的に向上させる効果があると考えている。近年の林業機械開発事業の成果としては、

①遠隔操作油圧集材機・架線式グラップル（イワフジ工業）（写真一1）が2020年に販売開始され、2023年度末時点で11セットが販売されている。林野庁補助事業である「『新しい林業』経営モデル実証事業」では、当機を用いた実証事業が岐阜県や宮崎県で実施され、「架線集材作業において最もハードで危険を伴う荷かけ作業を、安全な場所からリモコンにより操作できるため、安全性の向上及び労働負荷の軽

減に効果のある」ことなどが報告されている。
(<https://www.rinya.maff.go.jp/j/routai/keiei.html>)

- ②遠隔操作下刈機械（キャニコム）（写真一2）は2024年1月に宮崎県の林業事業体にモニター機が納入され、目下、現地実証が実施されているところ。
- ③遠隔操作伐倒機械（松本システムエンジニアリング）（写真一3）は、これまでの試行錯誤の結果、2023年度の実証事業では斜面での伐倒・搬出に成功し、2024年4月より受注が開始されている。
- ④自動・遠隔操作機械ではないが、造林作業向け電動一輪車（elever labo）（写真一4）が2023年11月より受注開始し、2024年7月時点で6台が納入されている。素材生産分野に比べて機械化が限定的な造林分野において苗木運搬等に利用できるものであり、先述の「『新しい林業』経営モデル実証事業」では、福島県で当機を用いた実証事業が実施され「人力作業と比べて苗木運搬の生産性が4～5割向上し、作業翌日に疲労で休むことが無くなる可能性がある」ことなどが報告されている。



写真一2 遠隔操作下刈機械（左）、遠隔操作の様子（右）



写真一3 遠隔操作伐倒機械（左）、遠隔操作の様子（右）



写真一1 架線式グラップル（左）、遠隔操作の様子（右上）、油圧集材機（右下）



写真一4 造林作業向け電動一輪車による苗木運搬の様子（左）、斜面で自立させている様子（右）

2024年度には、先述の遠隔操作林業機械に、さらに自動運転機能を追加することなどを内容とする4件の開発プロジェクト（遠隔操作・自動走行伐倒機械（松本システムエンジニアリング）、自動走行フォワーダ（諸岡、パナソニックアドバンストテクノロジー、森林総合研究所、東京農工大学、国際電気通信基礎技術研究所）、自動運転油圧集材機・架線式グラップル（イワフジ工業、中井林業）、自動運転下刈機械（NTTドコモ、キャニコム、千葉県森林組合））を探査し、技術開発を推進している。

以上のとおり、遠隔操作林業機械については、技術が確立し実用化に達するものが出てきた。今後は、実際の作業システムや施設体系の中でいかに有効に活用するか、あるいは、現場で活用した結果を踏まえたメーカーによる改良が重要になってくる。一方、自動運転については、技術的な難易度がより高いために技術開発に一定の期間を要すると思われるが、実際の運用環境下での実証が重ねられるなど取組は着実に進んでいる。

4. 自動運転・遠隔操作林業機械の安全対策の検討

前項でお示した林業機械の自動化・遠隔操作化の進展を踏まえて、新たな課題が認識されている。林業機械の自動運転や遠隔操作を行っている最中は、当該機械からオペレータが離れることになるため、周囲の安全確認などにおいて新たなリスクが生じる可能性があることから、適切な安全対策を取る必要がある。そ

こで、2024年度から新たに、林業機械の自動運転・遠隔操作の安全対策に関するガイドラインの作成に着手した。ガイドライン作成にあたっては、有識者、林業機械メーカー、林業事業者等の関係者からなる検討会を設置し、2024年7月31日に初回の検討会を開催した。今後、自動運転・遠隔操作林業機械の安全性確保の基本的な考え方、使用上の条件、関係者の役割等について検討会で議論し、2024年度末を目途に取りまとめていくこととしている。ただし、当ガイドラインについては、今後も技術の進展状況等を踏まえて、隨時、内容を見直し、更新していく必要があると考えている。

5. 地域一体となったデジタル技術の活用

林業の担い手不足に対応するとともに、収益性の向上を図るために、林業におけるデジタル技術を地域の関係者が一体となって活用していくことが重要である。このため、林野庁では、川上から川中の事業者が地域一体となって連携し、森林調査から原木の生産・流通に至る林業活動の複数の工程にデジタル技術をフル活用する取組を支援する「デジタル林業戦略拠点構築推進事業」を実施している（図-4）。当事業では、行政機関、森林組合や林業事業体等の原木供給者、製材工場等の原木の需要者に加えて、大学・研究機関、林業支援サービス事業体・機械メーカー、金融機関等の多様なプレイヤーから構成される地域コンソーシアムを実施主体として、2023年度から、北海道、静岡、

○多様な関係者で構成される地域コンソーシアムが主体となり、地域一体で、森林調査から原木の生産・流通に至る林業活動にデジタル技術をフル活用する「デジタル林業戦略拠点」の構築を進めます（「点的」な取組から、「面的」な取組へ）。

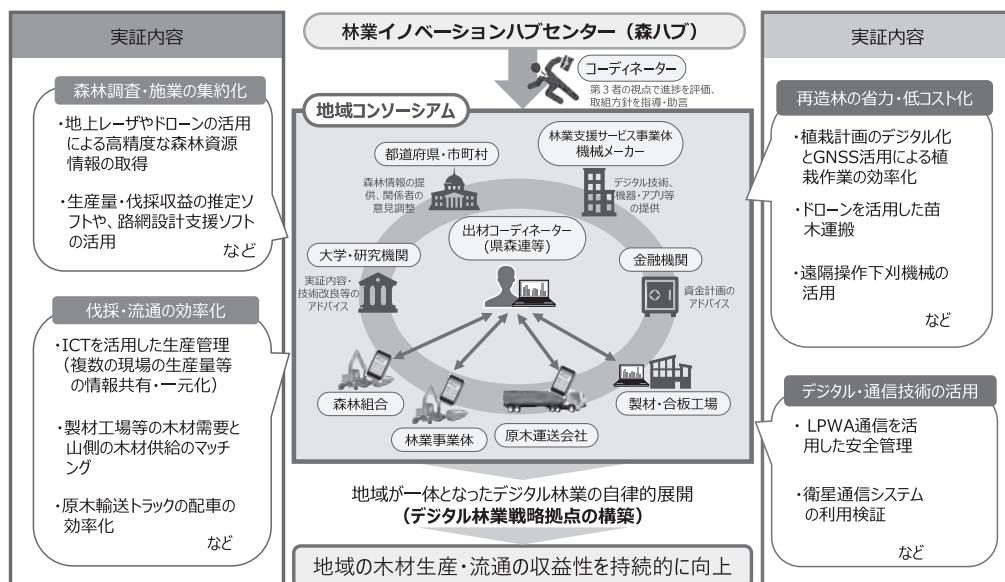


図-4 デジタル林業戦略拠点構築推進事業の概要

鳥取の3地域で取組が進められている。具体的には、北海道地域ではICTハーベスターの商取引への活用、静岡地域では山土場における丸太の生産情報の集約と川中への納品情報のデジタル化や原木輸送トラックの配車効率化、鳥取地域では県産材証明書のトレーサビリティーのデジタル化と需給情報の集積・共有等に取り組んでいる。本事業においては、林業活動にデジタル技術を取り入れることで、地域コンソーシアム全体が共通の利益を享受し、自律的に新たなデジタル技術の活用や改良に取り組み続ける地域の体制の構築を目指している。各地域には、取組の進捗状況を客観的に評価し、取組方針等をアドバイスするコーディネーターを派遣して伴走支援を行うとともに、今後の全国各地への横展開に向けて、3地域の取組を通じて得られた知見・ノウハウを整理することとしている。これらの取組を通じて、全国各地にデジタル林業が広く定着していくことを目指している。

6. 森ハブ・プラットフォームの設置・運営

新たな林業機械や林業支援サービスの実用化と改良・普及の加速化を図るために、林業関係者だけでなく、異分野の企業等多様な組織、人材が集まり、交流や協業を進めていくことが効果的である。そのための場として、林野庁は、2023年9月4日、「森ハブ・プラットフォーム」を開設し、会員募集を開始したところ、これまでに498者の入会があった(2024年7月時点)。森ハブ・プラットフォームへの入会にあたっては、入会費・年会費は無料で、法人格のある組織としての入会が基本だが、個人事業主の方と、研究者の方は、個人としての入会が可能となっている。

会員の属性を見ると、森林・林業分野について、「参入10年以上」が5割(53%, 264者)に対し、「参入10年未満」が2割(23%, 116者)、「未参入」が2割(24%, 118者)となっている(図-5)。これまで森林・林業分野で長年活躍してきた会員と、新規参入や未参入の会員とが、ほぼ半々という状況であり、異分野からの森林・林業分野への関心の高さが窺える。

「森ハブ・プラットフォーム」の2024年度の主な活動として、①専用HP(<https://morihub-info.com/>)の開設による技術情報やイベント情報等の集約・提供、②特定のテーマについて議論・検討するためのワーキング・グループの設置、③会員向けのイベント・会員間交流の開催を計画している。

今後も会員に対し、林業機械メーカーや林業支援サービス事業体等が提供する新たな製品・サービスに

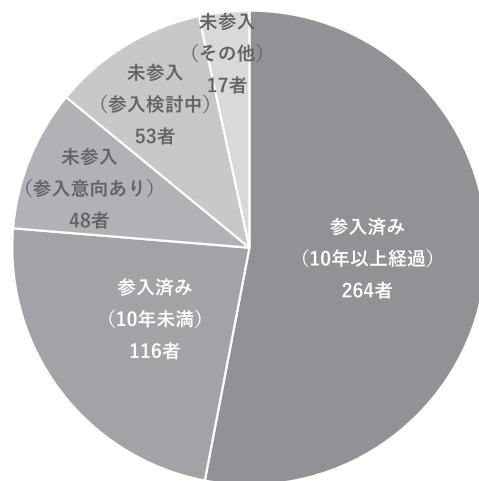


図-5 森ハブ・プラットフォーム会員の森林・林業分野への参入状況

関する情報の提供などの取組を進めていくこととしており、本誌読者におかれても、関心があれば入会をご検討いただきたい。

7. おわりに

本稿の3, 5, 6項でご紹介した取組の2023年度の成果については、2024年2月8~9日に東京都江東区の木材会館で開催した「令和5年度林業イノベーション現場実装シンポジウム」(主催:林野庁、(一社)林業機械化協会)において報告された。2日間で延べ600名以上の参加があり、多くの方々から関心をお寄せいただいた。当シンポジウムの動画・資料は、林野庁HPにて公表しており、関心があればご覧いただきたい。2024年度においても、これらの取組を実施していくとともに、年度末にはシンポジウムを開催して取組の成果を広く報告する予定としている。引き続き、林業の安全性、生産性、収益性の大幅な向上を早期に実現すべく、林業イノベーションに必要な取組を実施して参りたい。

J C M A

参考文献

- ・「令和5年度林業イノベーション現場実装シンポジウム」動画・資料
URL : <https://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/morihub/event.html>

[筆者紹介]



佐々木嵩史 (ささき たかし)
林野庁
森林整備部 研究指導課
課長補佐

BIM/CIM・ROS2を活用した油圧ショベルの自律施工 自動施工計画・管理システムと自律型建機を接続

工 藤 新 一・秋 田 剛・井 村 進 也・山 崎 文 敬

一人で複数台の建設機械をオペレーションでき、省人化による生産性向上を図るとともに、同一のシステムで他の建設機械および様々な現場シーンでも利活用できる汎用性を持った仕組み（BIM/CIM, Robot Operating System2 (ROS2)）を構築することをめざし、油圧ショベルの自律施工を可能とする「自動施工計画・管理システム」を開発した。さらに、「自動施工管理システム」と2台の「自律型油圧ショベル」を無線通信で接続し、土工における自動施工技術の実証試験を行った。本報では、開発したシステムの概要および実証試験の実施内容について紹介する。

キーワード：油圧ショベル、施工計画、施工管理、自律施工、デジタルツイン、BIM/CIM、ROS

1. はじめに

建設業界において、生産年齢人口の減少や高齢化、技能労働者の不足といった問題に対応するため、建設現場の生産性と安全性の向上が求められている。国土交通省においても、これまでの生産性向上の取り組みを加速化し、建設現場における省人化対策に取り組むため、新たに「i-Construction 2.0」を策定するなど建設現場のオートメーション化・省人化による生産性の向上が期待されている。近年、建設機械の遠隔操作システム等で構成される無人化施工技術が開発されており、これにより施工の安全性は向上しているが、生産性の向上にまでは至っていない。

将来の建設現場における生産性向上に向けては、自動化・自律化施工の技術開発も推進されているが、個々の施工会社と建設機械メーカーが各自に研究開発してい

る状況となっている。これでは、単一のメーカーの建設機械かつ、特定の現場条件下での省人化・効率化しか図れない。さらには、開発したシステムを他の建設機械に再利用することができず、開発の重複が発生し多大な開発投資が必要となる。開発の重複をなくし開発投資を抑制するためには、汎用性を持ったシステムの開発が求められる。

また、建設機械の自動化・自律化の技術開発が期待される中、建設機械施工の自動化・自律化協議会において、「自動施工における安全ルール」が審議されるなど安全に係るルールづくりが進められている。

これらを背景に、一人で複数台の建設機械を安全にオペレーションでき、省人化による生産性向上を図るとともに、同一のシステムで他の建設機械および様々な現場シーンでも利活用できる汎用性を持った仕組み（BIM/CIM, Robot Operating System2 (ROS2) 等

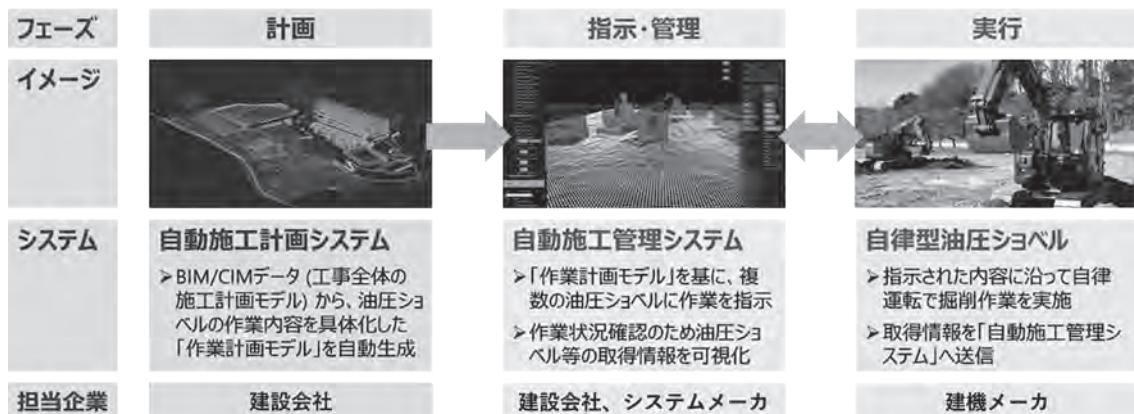


図-1 システム構成（概念図）および各社の役割分担



写真一 1 油圧ショベルによる自律運転の実証試験

に対応したシステム)を構築することをめざし、建設会社と建機メーカ、システムメーカが協力し(図一1)、共同で複数台の自律型油圧ショベルを用いた自動施工技術の実証試験を行った(写真一)。

2. システム概要

油圧ショベルによる自律運転を可能とするシステムは、以下の3つのシステムで構成される。

- ・自動施工計画システム(開発担当:建設会社)
- ・自動施工管理システム(開発担当:建設会社、システムメーカ)
- ・自律型油圧ショベル(開発担当:建機メーカ)

本システムの構築・構成にあたっては、上流(施工計画)から下流(自動施工)までデータ・情報をシームレスに繋げ、自動掘削・放土や自動走行などの複数のタスクを組合せ複雑な工程の自動施工を可能とすることを考慮した。さらに、施工効率を最大化するため、自律・自動と遠隔のハイブリッド化を図った。

また、データフォーマットやOSについては、汎用性・拡張性が高く効率的なデータ連携とシステム接続を図り、3次元座標だけでなく施工計画の情報(属性

情報)を取り扱えるBIM/CIMと、施工計画の情報・データを自動施工(自律型油圧ショベル)までシームレスに届けることが可能なROS2を採用した。

(1) 自動施工計画システム

自動施工計画システム(図二)は、施工計画段階のBIM/CIMモデルを基に、自動施工に必要な情報のみを自動で抽出・出力し、自律型油圧ショベルによる自動施工を指示・管理するシステムである「自動施工管理システム」に向けてシームレスにデータを送るシステムである。

主な機能として、掘削施工する範囲の土砂のBIM/CIMモデルを自動で作成する機能や油圧ショベルの仕様および作業可能範囲を考慮して掘削する順序の属性情報を自動で生成・付与する機能(図三)、安全通路や資機材置き場等のエリアの属性情報を自動で生成・付与する機能などを開発し、これら複数の機能を組み合わせることで、自律・自動施工に必要な情報を自動で生成・出力できる仕組みを構築した。

本システムにより、工事全体の施工計画情報(BIM/CIMモデル)から、油圧ショベルの作業内容や手順を具体化した「作業計画モデル」を自動的に生成するこ



図二 自動施工計画システムによる作業計画モデルの自動生成



図一3 属性情報の自動生成・付与機能

とができ、自動施工のための作業指示・管理に必要なデータ作成等の作業について効率化が図られる。

また、将来の機能の拡張や多様なシステムとの連携を視野に、計画・設計・施工・維持管理の各フェーズの情報を一元的に取り扱え、普及拡大しつつあるBIM/CIMに対応したシステム基盤およびデータフォーマット・データ構造を考慮し、施工計画から自動施工までのシステム間をつなぐデータの仕様・構造を設計した。

(2) 自動施工管理システム

自動施工管理システム（図一4）は、自動施工計画システムより出力された「作業計画モデル」を基に、複数の自律型油圧ショベルに対して作業を指示・管理するシステムである。掘削作業の進捗状況など施工管理を円滑に行えるように、計画上の仮想空間（サイバー空間）と実現場である現実空間（フィジカル空間）とが連動するデジタルツインを採用した。

主な機能として、施工の指示に関する機能（指示機能）と施工の管理に関する機能（管理機能）を搭載した（図一5）。指示機能については、自律型油圧ショベルが搭載するシステムに対し、掘削・放土、走行、遠隔操作、複数台連携の信号・情報を出力する機能を実装した。管理機能については、進捗、工程、安全、支障物に関する情報を視覚化・画面表示し、システム

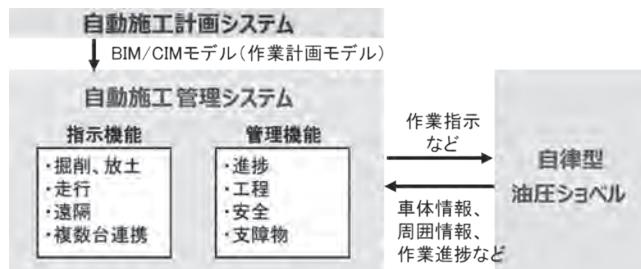


図一4 自動施工管理システム

上で施工を管理できるようにした。

本システムにより、現場の建設機械や資機材などのオブジェクトと、掘削順序等の計画情報とが一元的かつ、リアルタイムに3次元（BIM/CIMモデルおよび点群データ）でモニタに表示され、複数台の自律型油圧ショベルへの指示や進捗等の管理を一人で円滑に行うことができる。さらに、遠隔操作機能を搭載し、現場の状況に合わせて自律運転と遠隔操作とを簡単に切り替えられるインターフェースを構築した。

また、人が作業指示を送る時に用いるシステムは、今後も様々なものが開発されることが想定される。そのため、作業指示を送るシステムと自律型油圧ショベルの間の通信には、汎用性・拡張性を考慮し、世界的に広く使われているROS2を採用した。自動施工管理システムと自律型油圧ショベルとの信号は、ROS2で通信可能なトピックの形式とした。自動施工管理シス



図一5 自動施工管理システムの機能

表一1 自動施工管理システムから送信する主な信号

No.	信号内容	送信タイミング
1	制御モード 切替指令	指令時
2	自動掘削・放土 範囲	指定時
3	自動掘削・放土 実行指令	指令時
4	自動走行 目標位置・方位	指定時
5	自動走行 実行指令	指令時
6	遠隔操作 操作量	10 ms 周期

表一2 自律型油圧ショベルから受信する主な信号

No.	信号内容	送信タイミング
1	車体位置・方位	50 ms 周期
2	車体姿勢	10 ms 周期
3	車体状態	100 ms 周期
4	周囲情報	1 s 周期
5	制御モード 状態	1 s 周期
6	自動掘削・放土 目標動作	動作計算時
7	自動掘削・放土 終了通知	終了時
8	自動走行 目標経路	経路計算時
9	自動走行 終了通知	終了時

ムから自律型油圧ショベルへ送信する主な信号を表一に、自律型油圧ショベルから自動施工管理システムが受信する主な信号を表二に示す。

(3) 自律型油圧ショベル

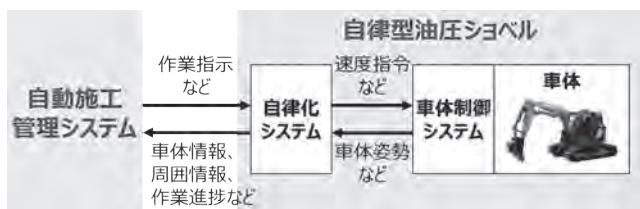
自律型油圧ショベル（写真一2）は、自動施工管理システムからの指示に基づいて自律運転する。自律型油圧ショベルは、市販の（人が搭乗して操作する）油圧ショベルに、自律化システムと車体制御システムを追加したものである（図一6）。

主な機能として、人が車体に近づくことなく安全に遠隔で油圧ロック・解除できる機能と、複数のLiDAR（Light Detection and Ranging）とGNSS（Global Navigation Satellite System）により周辺の地形や支障物などの情報や車体と周囲の物体との距離などを取得することができる機能、自動で掘削・放土する機能、自動で走行する機能、遠隔で操作できる機能を搭載した。

自律化システムは、コントローラと、車体の周囲の地形や支障物を検出するセンサなどで構成される。自律化システムは、自動施工管理システムから作業指示を受け取り、車体姿勢（ブーム角度、アーム角度、バケット角度、旋回角度、ピッチ角度、ロール角度）、車体位置、車体方位、周囲情報などに基づいて車体をどのように動かすかを決定し、車体制御システムに、油圧ショベルの各アクチュエータの速度指令（ブーム



写真一2 自律型油圧ショベル（外観）



図一6 自律型油圧ショベルのシステム構成

角速度指令、アーム角速度指令、バケット角速度指令、旋回角速度指令、右クローラ速度指令、左クローラ速度指令）を送る。

車体制御システムは、コントローラ、車体姿勢を検出するセンサ、車体を制御する電磁弁などで構成される。車体制御システムは、自律化システムから各アクチュエータの速度指令を受け取り、車体姿勢や車体内情報に基づいて電磁弁を制御し、車体を動作させる。

自動施工管理システムで遠隔操作が行われた場合は、遠隔操作の操作量に基づいて電磁弁を制御し、車体を動作させる。

3. 実証試験

今回の実証試験は、自動施工計画システムから出力した施工計画データを自動施工管理システムに送り、自動施工管理システムと自律型油圧ショベルのシステムを接続し、自律型油圧ショベルの「自動掘削・放土機能」、「自動走行機能」、「遠隔操作機能」の基本性能および自動施工管理システムによる「複数台連携」についての実用性を確認した。なお、複数台連携については、2台の自律型油圧ショベルを使用した。なお、2台の自律型油圧ショベルは同一仕様とし、自動施工管理システムと無線通信で接続した。

また、実証試験のフィールドについては、自律型油圧ショベルが稼働するエリア（無人機械動作エリア）の外側に立入制限エリア（図一7）を設け、人と自律型油圧ショベルが近接・接触せず安全に実験できるようにルールを設定した。さらに、広範囲の地形を自動施工管理システムで確認できるようフィールドの周囲に、LiDARを搭載したサイトセンサシステム4台を配置し、自動施工管理システムと無線通信で接続した。



図一7 実証試験フィールドの立入制限エリア

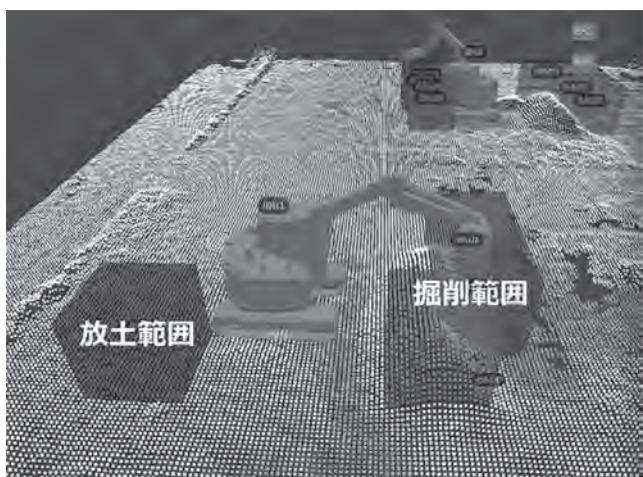
(1) 自動掘削・放土機能

自動掘削・放土機能（図一8）は、自動施工管理システムにより掘削範囲と放土範囲を指定・実行を指令すると、自律型油圧ショベルがバケットやブーム、アーム、旋回の動作経路を自動で計算し、ボクセル指定された掘削範囲の土砂をすくい、ボクセル指定された放土範囲に土砂を置く機能である。

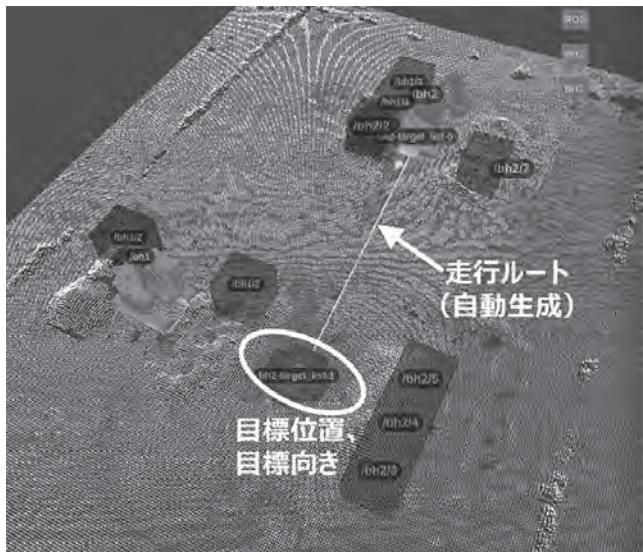
また、自律型油圧ショベルは、実行が指令されたら掘削と放土を繰り返しながら、地形情報に基づいて指定された範囲の掘削を終了したかどうかを判断する。指定された範囲の掘削を終了したと判断したら、施工システムへ終了を通知する。

(2) 自動走行機能

自動走行機能（図一9）は、自動施工管理システムにより自律型油圧ショベルの目標位置と目標方位を指



図一8 自動掘削・放土機能



図一9 自動走行機能

定・実行を指令すると、自律型油圧ショベルが指定された目標ポイントまでの走行ルートを自動で計算し、操作することなく自動で走行する機能である。周囲の地形や支障物などの情報に基づいて、転倒や支障物と接触しない目標経路を計算し、走行に障害となる箇所を回避する走行ルートを自動生成することができる。

(3) 遠隔操作機能

遠隔操作機能（写真一3）は、自動施工管理システムにより、自律型油圧ショベルの制御モード（自律運転モード／遠隔操作モード／制御 OFF）を切り替えることができる機能である。自動では掘削できないような場面でも施工を中断することなく、制御モードをシームレスに切り替えられる機能である。この機能により、現場の条件・状況に応じて最適な制御モードを選択することが可能となる。

(4) 複数台連携機能

複数台連携機能は、自動施工管理システムにより、複数台の自律型油圧ショベルに指令を送信する機能である。また、複数台の自律型油圧ショベル（現実空間）の状況をリアルタイムに把握・デジタルツイン（図一10）を可能とする自動施工管理システム（仮想空間）により、複数台の自律型油圧ショベルを一人でオペレーションできる。

実証試験において、これらの機能について、各機能が正常に動作・連携したことを見認めた。加えて、2台の自律型油圧ショベルを一人でオペレーションできることを実証し、その実用性も確認できた。

また、一定の効果を確認するとともに、現場導入に向けた安全機能や施工精度、運用ルールに関する課題を抽出した。引き続き、抽出した課題を整理・分析し、更なる安全機能の充実、施工精度の向上、運用ルールの策定等を図っていく。



写真一3 遠隔操作機能

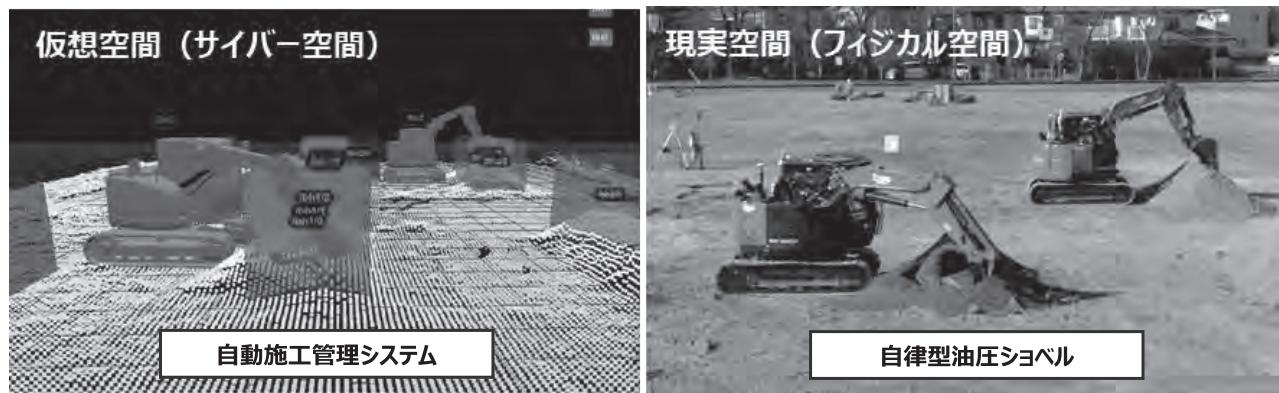


図-10 デジタルツイン

4. おわりに

今回の実証試験により、自律型油圧ショベルによる施工の計画から指示・管理、実行までの複数のシステムを接続し、ROS2、BIM/CIM、3次元点群データなどをシステム間でシームレスにデータ交換できる汎用的な機能の実用性を確認できた。これにより、他の自律型建設機械やシステムへの接続が容易になり、本システムの拡張性が高まった。

さらに、建機を管理するオペレータ1人で2台の自律型油圧ショベルへ作業指示を送り、2台がそれぞれ自律運転を行うことを確認し、省人化の見通しを得ることができた。

今後は、本システムの実用性および安全性を高めるとともに、油圧ショベル以外の運搬・敷均し・締固め等の自動・自律型建設機械にも適用拡大することにより、土木や建築の山留掘削、トンネル・シールドなどのズリ・土砂搬出、ダム・道路などの造成、災害現場といった様々な現場における更なる生産性の向上を図っていく。

J|C|M|A

《参考文献》

- 日立建機の公式YouTube「ZCORE 施工システムと油圧ショベルの連携による自動施工」
(<https://youtu.be/HcBQmzRTHFA>)
- 国土交通省 i-Construction 2.0～建設現場のオートメーション化～
2024年4月

- ・国土交通省 大臣官房 参事官（イノベーション）グループ 自動施工における安全ルール Ver.1.0 2024年4月
- ・（国研）土木研究所 自律施工技術開発促進に向けた土木研究所の取組およびデモンストレーション 2021年11月

[筆者紹介]

工藤 新一（くどう しんいち）
前田建設工業（株）
土木事業本部 土木技術部
BIM/CIM 推進グループ長



秋田 剛（あきた つよし）
前田建設工業（株）
土木事業本部 土木技術部
施工DX推進グループ
主査



井村 進也（いむら しんや）
日立建機（株）
研究・開発本部 先行開発センター
担当部長 兼 協調型建設機械プロジェクトリーダー



山崎 文敬（やまさき ふみのり）
（株）イクシス
代表取締役 Co-CEO 兼 CTO



後付型建設機械操縦システム KanaTouchによる遠隔操縦・自動施工

植木 良・守屋 遼太・斎藤 仁・角 和樹

本稿では、建設業界の人手不足を背景に、遠隔操縦技術を用いた建設機械施工の効率化を目指した「KanaTouch」システムを紹介している。

従来、遠隔操縦は作業効率が低下する問題があったが、1人のオペレーターが複数の機械を操作できる機能により、作業効率の向上を計れる可能性を示した。また、実際の工事現場への適用例を示しつつ、建機遠隔操縦の今後の課題や活用方法についても記述した。

キーワード：建設 DX、遠隔操縦、自動化施工、作業効率化、スマートグラス、ヘッドトラッキング

1. はじめに

近年、建設業界では人手不足と高齢化の問題に直面しており、1997年（平成9年）の建設業就業者数は685万人をピークに、2022年（令和4年）には479万人まで落ち込み、実に200万人以上減少している。ピーク時のおおよそ3分の2の就業者数になっているのが昨今の実情であり、建設機械を使用した施工においては、遠隔操縦・自動化技術を活用した省力化、省人化、効率化が求められている。本稿では、後付型建設機械操縦システム（以下、本システム）の人員削減や作業効率向上に寄与する機能について紹介する。

2. 遠隔化で実現する作業効率向上

(1) 遠隔化による作業効率低下の課題

建設機械の遠隔化は、有人での操縦と比べて、作業効率という観点において課題があることが知られている。そのため、遠隔操縦技術は、有人操縦ができない環境下でやむを得ず適用されるものであると考えられてきた。遠隔操縦に精通したオペレーターさえ、実機に搭乗して操縦する場合と比べ、少なくとも20%から30%作業効率が低下すると言われている。そこで弊社は、作業効率向上に向け、1人のオペレーターが複数台の建設機械を操縦できる切替機を開発した。

(2) KCL (Kanamoto Creative Line) 切替機の概要

KCL（以下、本通信システム）切替機は、WEB上で使用可能なシステムで、タブレットやPC・スマート

トフォンから簡単に操縦する建設機械の切り替えができる。操縦装置1台に対して、複数台の建設機械を割り当てることができ、1人のオペレーターが離れた場所にある複数台の建設機械を動かすことが可能となる。建設機械側に設置された映像配信用PC及び制御用PCをワンタッチで切り替えできるので、煩わしい操縦が不要だ。

図-1では、複数台ある切り替え可能な建設機械



図-1 切り替え操縦の様子（建設機械①）



図-2 切り替え操縦の様子（建設機械②）

のうち、油圧ショベルが選択されており、図一2ではホイールローダーを操縦できるようになっている。

(3) 業務効率の最大化のために

建設機械の切り替え操縦を可能にしたことで、これまで懸念点として挙げられてきた作業効率を向上させる一つの手段として、本機能並びに本システムが再評価されている。今後、建設機械遠隔の分野においては、1人あたりの作業効率の最大化に貢献することが期待されており、離れた場所にある建設機械への乗り換えに時間がかかっていた現場などでは、大幅な作業効率化が図れる可能性がある。現在、弊社はそのユースケースになる現場に、数多くの本システムを導入している。

3. 本システム概要

(1) 無人操縦・有人操縦のハイブリッドシステム

本システムは、油圧ショベルなど様々な建設機械に対応しており、ベースマシンのメーカーに関わらず適用できる。本システムは駆動部、制御部、映像配信、無線装置、操縦装置から構成されている。操縦レバー、ペダル、スイッチに対して駆動機構を設置し、それらを同時に制御することで、遠隔操縦時でも有人での操縦と同様の作業を可能とする。この一連のシステムは、メンテナンス性を重視した設計となっており、各種パーツの交換・修繕がし易い構造になっているだけでなく、無人操縦から有人操縦への切り替えもスムーズである。

カメラ画質は4K、フルHD、HD、SDを選定可能で、画角も超広角から望遠まで対応している。また、建設機械に取付け可能なIP54適合のハウジングに収納可能である。

(2) 近距離・長距離の遠隔に対応するシステム

本システムは、下記に列挙するさまざまな通信方式を、用途に応じて選択可能である。

- 特定小電力無線・小電力データ通信システム
- 携帯通信網（LTE/5G）
- 衛星通信（Starlink、以下、本衛星通信）

特定小電力無線・小電力データ通信システムは無線局免許や無線従事者資格が不要であることから、建設機械の遠隔操縦に以前から使用されており、本装置も430MHz、1.2GHz、2.4GHz、5GHz帯を使用することが可能である。いわゆる、ラジコン対応型油圧ショベルはこの方式を採用しており、目視可能な距離での有視界遠隔操縦を行う際に、一般的に採用される。最

近では、実機に取付けたカメラ映像を見ながらの操縦が主流となっており、映像の伝送はWi-Fiを使用するケースも見られる。

本システムは弊社開発のKCLを使用することにより、携帯通信網を利用した遠距離での遠隔操縦が可能である。本通信システムはインターネット上のKCLサーバーが監視をしながら機器同士の直接通信を行うことによりセキュリティ強化と低遅延の操縦を実現している。操縦装置側、実機側の本通信システムモジュールにおいて制御信号、カメラ映像の処理とネットワーク通信を行っている。実機側では制御装置において操縦側操縦信号の処理及びIMU他の状態信号を操縦側へ送信している。カメラ映像はWEBRTC、制御信号はUDP通信を行っている。LTE携帯通信網の回線状況が上下速度20Mbps以上の良好な場合は操縦信号と映像信号（HD画質1画面、SD画質2画面を20PFS）を確保することが可能であり、5Gの場合はHD画質3画面が可能である。

本衛星通信を使用した接続に関しては後述する。

(3) 山岳地でも使用可能な本衛星通信

本衛星通信はSpaceX社が製造・販売している衛星コンステレーションであり、携帯通信網と異なり、基地局が周りにない山岳地・沿岸部等での使用が可能な通信方式である。本システムは、本通信方式を使用可能なので、特にダム工事等の現場で有用である。また、地震などの災害時に携帯通信網が寸断された場合にも、長距離遠隔操縦ができるため、災害地域での復旧活動等でも使用可能となっている。

(4) 専用クラウドサーバーによる映像閲覧

カメラ映像は、操縦室以外にも現場事務所、本社、発注者等、別の場所からリアルタイムで視聴が可能である。また、映像を保存するサービスもあり、映像を見直し問題解決に役立てることもできる（図一3）。



図一3 本通信システムPortalでの閲覧状況

(5) 長距離遠隔の実証実験状況について

2021年12月に札幌市から約2,000km離れた佐賀県佐賀市に配置した油圧ショベルの遠隔操縦を、LTE回線経由で実施した。1回線でカメラ3台の映像信号と制御信号を通信し、操縦遅延は300msec程度で若干の遅延による違和感はあるものの、通常の操縦は十分可能であった。2022年11月にはアメリカ合衆国オクラホマ州タルサから約11,000km離れた佐賀県佐賀市の油圧ショベルを、LTE回線を使用し、遠隔操縦の実証実験を行った。携帯通信網、衛星通信、インターネット回線を使用すれば日本中の建設機械を操縦可能な時代となっている。

(6) 制御システム

主制御装置はマイクロコンピュータ及び小型PCと各種ドライバーから構成されており、さまざまな機能を付加することが可能である。これらのユニットはシリアル通信(RS232, RS485)で接続されるため対象機械に合わせてデイジーチェーンで何個でも接続可能である。使用するサーボモーターによりレバーの位置情報を取得でき、操縦側のリクエストで状態の確認をすることが可能である。有人操縦時の各操縦状況を取得し、データを解析・修正することにより繰返し動作を実行することも可能である。

通信プロトコルは任意に作成可能で、既存のプロトコルに同期させることも可能である。現在は機器構成により最適なバイナリープロトコルを設定し通信している。

(7) OTA (Over the Air) で実現する万全のサポート体制

本システムの制御システムは、安定性を向上させるためのパッチや、新機能の追加、セキュリティを高めるセキュリティパッチなどが自動で適用されるようになっており、本システム利用者の制御PCは常に最新の状態にアップデートされる。また、実機側で何らかのソフトウェアトラブルが発生した時、エンジニアが制御システムをインターネット経由で遠隔操縦することも可能で、従来、トラブル発生時は現地対応が原則だったところ、OTAの活用により迅速な対応ができるようになっている。

(8) 操縦装置

操縦装置のユーザビリティは遠隔操縦において作業効率を向上させるためには重要な要素である。そのため現場の状況に合わせて携帯型、卓上型、搭乗型を揃

えている。目視操縦は軽量な携帯型、操縦室が完備されている場合は卓上型、遠方で現場状況が把握困難な場合は実機の姿勢をリアルタイムに反映させるフィードバック搭乗型を使用し安全に作業できる環境を整えている。一般的には携帯型操縦装置を使用する場合が多いが、目視外・長時間の操縦を行う際、実機の状態を体感できずに映像の視覚情報をもとに想像しながら作業を行うことは、操縦者にとって負担である。そこで実機の姿勢、振動を体感できる搭乗型操縦装置を開発した。実機に取付けたIMUにより傾斜・振動、マイクにより音を操縦装置側に送り再現することで、実際に搭乗して操縦しているような感覚で作業ができる。写真-1に一般の事務所で使用できる移動・運搬が容易な低座面タイプを示す。

汎用型には上下、前後、左右、旋回が可能な4軸型と前後、左右のみ動作する2軸型があり、両方とも実機の状態をリアルタイムに再現可能となっている。機械本体の傾斜や振動等を把握することで作業中の転倒防止が可能となり安全に作業を行うことができる。

車載カメラ映像に加え、俯瞰カメラ映像や運転席内の燃料計・水温計も表示することができる。

(9) 立体視スマートグラス

遠隔操縦時の映像は、基本的には平面モニターを使用するが、実機での操縦と比べて遠近感・立体感の把握がしづらく、作業効率の低下に繋がる。それを改善するためにスマートグラスによる立体視システムを開発した。スマートグラスは左右それぞれフルHD(1,920×1,080)相当の高解像度な映像を独立して映し出し、これらの映像は、実機側に設置されたステレオカメラに接続されている映像配信用PCから、専用サーバー経由でスマートグラスに配信される。この立体視スマートグラスは、特に解体用アタッチメントなどを使用するときに、刃先の先端が物体に接触しているかを視認する際に有用だ(図-4)。また、通常の土木工



写真-1 振動フィードバックシート



図一4 スマートグラス



写真一3 油圧ショベル取付け状況



写真一2 ヘッドトラッキングシステム



写真一4 ブルドーザ取付け状況

事でも掘削深さを視認しやすくなるため、平面モニターと併用して使用すると作業効率向上に貢献する。

なお、スマートグラスは軽量で丈夫な市販品を選定して採用している。

(10) ヘッドトラッキングシステム

立体視スマートグラス用に使われるステレオカメラは画角が狭いため、操縦者の頭部にセンサーを付け、その動きに合わせた動作を行うヘッドトラッキングジンバルを併用することが有効である。写真一2にオペレーターの頭の動きに合わせて、カメラが動作している様子を示した。

このシステムは、VRゴーグルよりも3D酔いが起こりづらいこともあり、長時間の操縦でもオペレーターの負担が少なくなるよう工夫されている。

4. 本システム機構に関して

(1) 油圧ショベル

油圧ショベルに取付けた状況を写真一3に示す。両手、両足のレバーにコンパクトに装着されており、制御装置の電源を切るか駆動部のジョイントを外すことにより有人操縦が可能である。

エンジンキー、エンジン回転数ダイヤルを操縦するアクチュエーターはダイヤルに被せる機構で駆動している。取付け後も手動操縦が可能であり、ワンタッチジョイントでユニットごと外すことが可能だ。

(2) ブルドーザ

ブルドーザに装着した状況を写真一4に示す。有人操縦時に駆動部連結ジョイントを外して操縦することも可能である。

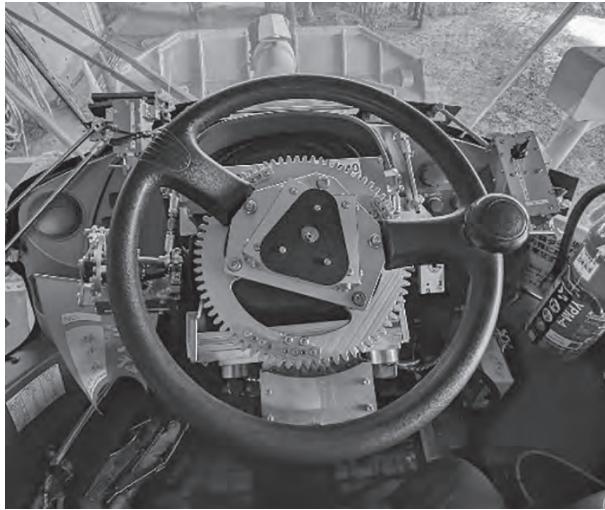
ブルドーザの排土板レバーには機種により3軸操縦（上下、チルト、アングル）のタイプがあるが、本システムは何れのタイプにも取付け可能だ。写真一4では、ペダル用のアクチュエーター機構も示している。

(3) ホイールローダー

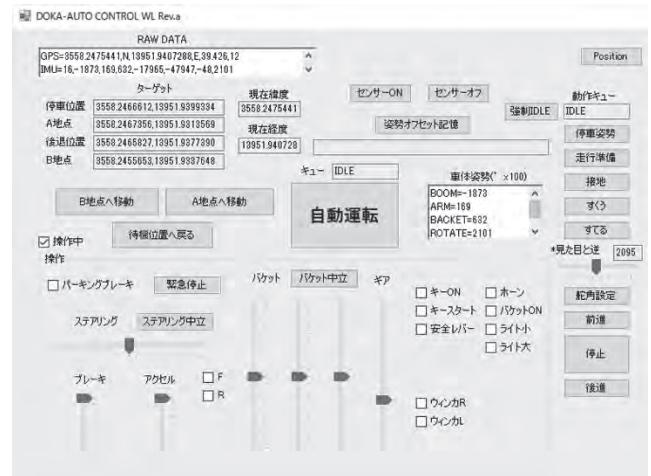
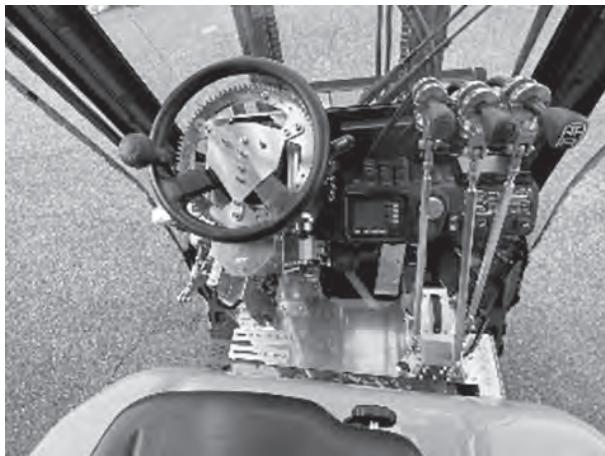
ホイールローダーへの取付け状況を写真一5に示す。ハンドルの下に円形ギヤを取り付け、モーターにより回転させる方式である。バケット操縦レバーが並んでいる場合はそれぞれにアクチュエーターを配置し独立操縦を可能としている。

(4) フォークリフト

フォークリフトの場合は操舵ハンドル、ブレーキ、アクセルを主としフォークの上下、前後、レールの各レバーを駆動するアクチュエーターを取付ける。取付け状況を写真一6に示す。



図一五 各種センサー取付け状況



図一六 自動化ソフトウェア状況

5. 自動施工への試み

遠隔操縦は安全性の向上、オペレーターの作業環境の向上には寄与するが、有人作業の効率性には及ばないため単純作業は部分的な自動化が望まれている。自動化には環境を検知するために各種センサーが必要となり、これらのセンサーのデータは、機械が安全かつ効率的に作業を行うために使用される。図一五に各種センサーを取付けた状況を示す。

(1) アシスト機能

油圧ショベルの自動機能は、掘削・積込み、水平ならし、ピット投入等が有効であるため、対象物を認識し動作を行う機能を実装することが可能になった。操縦装置のスイッチから起動しレバーアクションにより単機能を実行する機能である。カメラ画像からダンプトラックを学習させ認識することにより積込み位置を自動判定させている。

(2) 移動を伴う自動機能

ホイールローダーやクローラダンプの複数地点への移動を自動化する機能で目標地点では積込み、荷下ろし等の作業を実行することが可能である（写真一七、図一六）。

6. おわりに

本稿では、汎用建設機械を遠隔操縦・自動施工対応機械に換える後付機構装置 KanaTouch を紹介した。現在、汎用建設機械のメーカー純正オプションとしての建設機械遠隔操縦ユニットは、まだまだ市場に出

回っていない。そのような中で、本システムは小型・軽量な機材に高機能な制御システムを実装することにより汎用建設機械を安全に効率よく遠隔作業することができるため、これまで多くの現場で採用されてきた。また、今の機器をそのまま生かしつつ遠隔化・自動化したい、という要望は非常に多い。本システムは建設機械に留まらず、様々な物理オブジェクト（レバー、スイッチなどの稼働パーツ）に対して後付ができるシステムなので、今後は建設業界に留まらず異業種・異業態への展開を模索していく。引き続き、製品品質・ユーザビリティを向上させ、本製品を確立していく。

J|C|M|A

《参考文献》

- 1) 角 和樹 : KanaTouch (建設現場のリモートワークに向けて), JACIC124号
- 2) 高橋真琴, 植木 良, 清水 亮 : 独立型後付けアタッチメント建設機械遠隔操縦システム, 建設機械, VOL58, No.8, P27328, 2022, 8
- 3) 植木 良, 角 和樹 : 後付け型建設機械操縦システム, 建設機械, VOL59, No.9

[筆者紹介]

植木 良 (うえき りょう)
(株)カナモト
ニュープロダクツ室

守屋 遼太 (もりや りょうた)
(株)カナモト
ニュープロダクツ室

斎藤 仁 (さいとう じん)
(株)カナモト
ニュープロダクツ室

角 和樹 (すみ かずき)
(株)カナモト
ニュープロダクツ室
技術顧問



建設現場の省人化に向けた自動施工技術の適用実験

飛鳥馬 翼・北原成郎・竹下嘉人

建設業界では人手不足と働き方改革への対応が喫緊の課題である。国土交通省が掲げる「i-Construction 2.0」の目標に基づき、施工者側も抜本的な省人化対策を講じる必要がある。筆者らは自動施工技術を導入し、フィルダムの実施工現場で実証実験を行った。本実験では、フィルダムの堤体盛土作業における「積込作業」「運搬作業」「敷均し作業」「転圧作業」の一連のサイクルを有人施工・遠隔施工・自動施工の3パターンで実施し、歩掛を調査することで労働生産性を評価した。

キーワード：省人化、無人化施工、自動施工、遠隔操作、労働生産性、運行管理システム

1. はじめに

近年、建設業界では、生産年齢人口の減少と高齢化が顕著となり、働き手不足が重大な課題となっている。さらに、2024年4月より働き方改革関連法が建設業界にも適用され、時間外労働や休日出勤に関する規制が強化されたことから、業界全体で生産性向上および働き方改革が急務となっている。また、同年4月には国土交通省が「i-Construction 2.0」¹⁾を発表し、「建設現場のオートメーション化」を掲げ、2040年度までに少なくとも3割の省人化、すなわち生産性の1.5倍向上を目指している。この目標を達成するため、我々施工者側も抜本的な省人化対策を講じる必要がある。

「建設現場のオートメーション化」の一環として「施工のオートメーション化」が進められており、1人のオペレータが複数の建設機械を管理することで省人化が図られている。また、2024年3月には「自動施工における安全ルール Ver.1.0」²⁾が策定され、建設現場における建設機械の自動化が加速すると予測される。

筆者らは、災害復旧現場での無人化施工技術を応用し、遠隔操作式建設機械および自動制御式建設機械を組み合わせてフィルダムの盛土施工に適用することで、作業員1人当たりの生産性向上を図った。本稿では、実施工現場で実施した実証実験の概要と、その適用による効果について報告する。

2. 自動施工のコンセプト

筆者らは、自動施工のコンセプトとして、無人化施

工技術を中心とした遠隔操作と自動制御が連携する施工システムの構築を提案する。このシステムでは、遠隔操作が自動制御の基盤となっているため、自動制御に不具合が生じた際でも遠隔操作によるバックアップが可能である。また、遠隔操作を基盤として、建設機械の管理はすべて遠隔操作室内で完結し、リアルタイムで施工データを取得することにより、施工状況の見える化³⁾が容易に実現できる。

さらに、自動施工システム全体の運用を簡易化することで、オペレータが単独で操作可能なシステムを構築し、建設現場への導入を容易にすることが可能である。

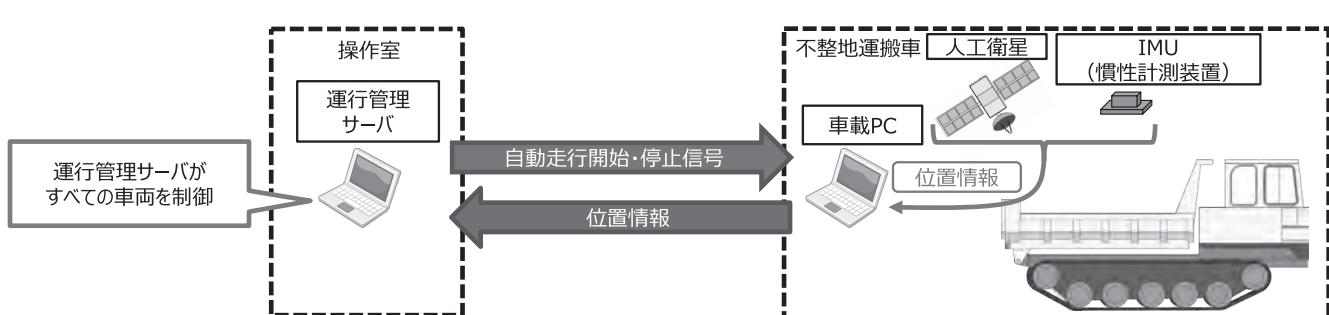
「1人のオペレータが複数の建設機械の動作を管理する」ことは「遠隔操作室」で「簡易なシステム」を運用することにより実現可能である。

3. 自動制御式建設機械の導入

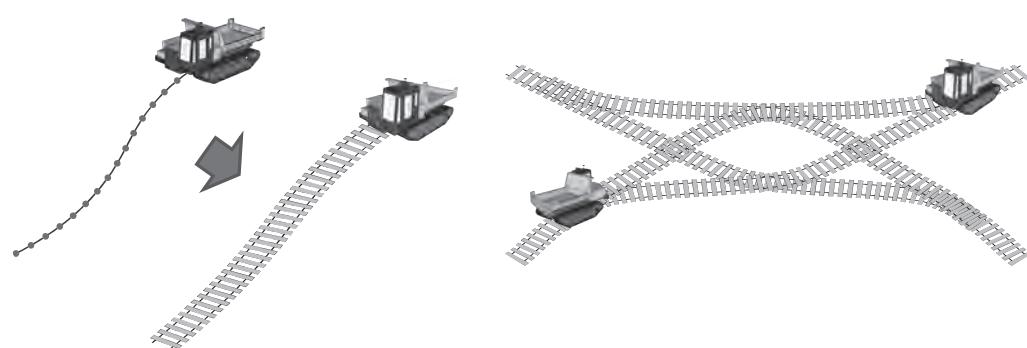
本稿で扱う実証実験において、Caterpillar社が開発した「Cat® Command for Compaction」⁴⁾を搭載した13t級振動ローラ（写真-1）と筆者らが開発したシステムを搭載した11t積不整地運搬車（写真-2）を導入した。

Caterpillar社のシステムは、転圧エリアや転圧回数等のオペレータの入力に基づいて自動的に締固め施工を制御し、オペレータをアシストする半自律型のシステムである。

筆者らの開発したシステムは、単独の不整地運搬車に対する自動制御技術と、車両の運行管理技術を組み合わせたシステムであり、複数の不整地運搬車の効率



図一 1 自動制御式不整地運搬車の構成



図二 2 仮想レール方式

的な運行と省人化を実現する⁵⁾(図一1)。本技術は仮想レールを用いた運行管理を行い、ティーチングプレイバック方式を採用することで、オペレータが仮想レールを自由に設定可能である。複雑に重なり合う複数の仮想レールにおいても、運行管理システムが自動的にレール切り替えを行う(図一2)。

筆者らは不整地運搬車の運行管理システムとして2つの手法を開発している。

(1) AI制御システム⁵⁾

本システムでは、AI(Artificial Intelligence)が運行計画を生成することを基幹としている。AI制御システムのフローを図一3に示す。走行経路は単純な一方通行ではなく、対面通行もあれば片側交互通行も存在する。そのため、無人搬送車(AGV=Automated Guided Vehicle)の経路計画で用いられる手法⁶⁾を応用し、すべての走行経路と車両位置をAIが解析することにより組み合わせ最適化を実装している。AIが走行経路を分析することによって、作業目標に対して時間的なトータルコストが最小となる効率的な運行計画パターンを生成し、かつ車両同士の位置情報を把握し衝突しないように安全な運行を制御する。

システム内部では走行経路と車両位置の組み合わせによる計算が行われているため、走行経路の複雑化や車両台数の増加に伴って計算量が膨大になるという課

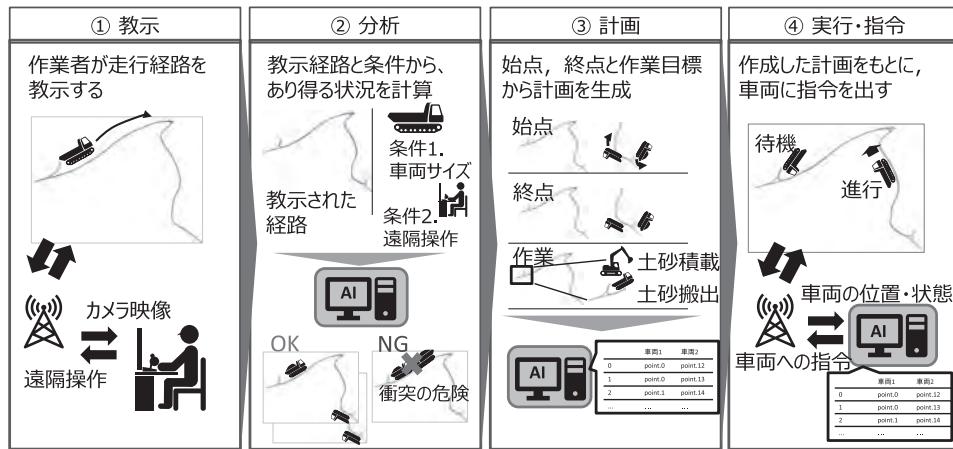


図-3 AI制御フロー

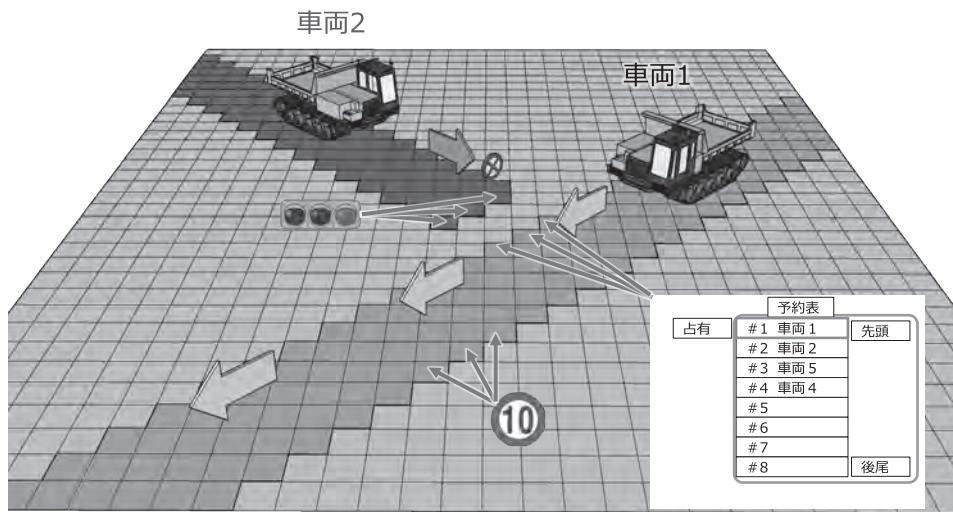


図-4 交通管理システム概念図

題がある。しかしながら、運行計画を生成するのは自動走行する前であるため、生成された運行計画パターンと実際の動作に大きな乖離が無ければ、AIが運行計画通りに車両を運行管理し、走行時の計算量を低減できる。

(2) 交通管理システム⁷⁾

本システムでは、人が信号機や道路標識を見て、認識して判断する交通システムのように、車両が仮想的な信号機や道路標識等を認識してから判断する。本システムの概念図を図-4に示す。本システムは実際の車両位置に基づいた仮想フィールド上で制御される。仮想フィールドをグリッドで離散化し、グリッド内に属性や走行指示等の情報を格納する。フィールド上を走行する車両は、グリッド内の情報を読み取り、車両自身が判断し走行する。例えば、グリッド内に信号機の属性を格納すれば進行・停止の判断となり、速度指示の属性を格納すれば速度制御が可能になる。

具体的な制御手法としては、交通管理サーバがグ

リッド内で予約表によって車両を管理している。個々の車両が進行したいグリッドに対し、交通管理サーバへグリッド情報の問合せを行う。交通管理サーバでは問合せのタイムスタンプにより、先着順に予約表を更新する。予約表の先頭にある車両がグリッド内を占有して進行が可能である。交通管理サーバは予約表を各車両へ配信し、各車両はその予約表を確認し、車両自身が進行・停止の判断をする。先頭車両の進行が完了すると、安全上の距離を考慮し予約表が更新され、次の車両が進行可能となる。

本システムは交通管理サーバがグリッド単位で属性管理をするため、グリッドの分割量によって計算量が膨大になるという課題がある。したがって、走行経路の線形性によって、効率的なグリッドの分割が求められる。

4. 実証実験の概要

本実験は、熊本県発注の大切畑地区県営農地等災害復

旧事業第1号工事にて実施された。工事の概要を表一1に示す。フィルダム堤体の盛土作業において、①バックホウ1台による積込作業、②不整地運搬車2台による運搬作業、③ブルドーザ1台による敷均し作業、④振動ローラ1台による転圧作業のサイクルを、「有人施工」「無人化施工（遠隔操作）」（以下、無人施工とする）、「無人化施工+自動施工」（以下、自動施工とする）の3パターンで実施し、歩掛を調査した。

実証実験エリアの平面図および斜め俯瞰図をそれぞれ図一5および図一6に示す。図一5において、不整地運搬車の走行経路は往復で約500mである。図一5の丸で示す①と②で車両が擦れ違えるように走行経路を拡幅している（以下、離合場所とする）。また、本

実験は2023年10月下旬から11月上旬にかけて実施されたため、2024年3月に策定された「自動施工における安全ルール Ver.1.0」には準拠していないが、安全確保の観点から図一6のように無人化施工エリアを区分し、立入禁止措置を講じて実験を実施した。

実験における3パターンの作業内容と作業員の割り当てを表一2に示す。有人施工では、不整地運搬車の荷下ろし場所や振動ローラの転圧作業を誘導するため、誘導員1名が必要であった。一方、無人施工および自動施工では、建設機械の周囲状況を把握するため、現場に複数の固定カメラを設置し、カメラを制御するオペレータが求められた。無人施工では、敷均し作業を行うブルドーザの動きに合わせて固定カメラを制御するオペレータと、運搬作業を行う不整地運搬車の動きに合わせて固定カメラを制御するオペレータの合計2名が必要であった。これに対し、自動施工では不整地運搬車が自動制御となるため、ブルドーザの動きに合わせて固定カメラを制御するオペレータ1名に省人化することが可能となった。

5. 実証実験の結果

（1）労働生産性

実験結果を表一3に示す。施工土量はドローンに

表一1 工事概要

工事名	大切畠地区県営農地等災害復旧事業第1号工事
発注者	熊本県農林水産部
工事場所	熊本県阿蘇郡西原村小森地内
ダム諸元	
型式	前面遮水ゾーン型フィルダム
堤高	28.5 m
堤長	237.7 m
堤体積	457,000 m ³
総貯水量	600,000 m ³



図一5 実験エリア平面図



図一六 実験エリア斜め俯瞰図

表一2 作業人員の割り当て

	有人施工	無人施工	自動施工
0.8 m ³ 級バックホウ操作	1人	1人	1人
11 t 積不整地運搬車操作 (2台)	2人	2人	0人 (自動)
16 t 級ブルドーザ操作	1人	1人	1人
13 t 級振動ローラ操作	1人	1人	0人 (自動)
誘導員	1人	0人	0人
カメラオペレータ	0人	2人	1人
合計人員	6人	7人	3人

表一3 実験結果

実験パターン	有人施工	無人施工	自動施工
作業人員 [人]	6	7	3
施工土量 [m ³] ※仕上土量	278.0	133.1	120.4
施工時間 [h]	7.86	5.45	5.92
歩掛 [m ³ /h]	35.4	24.4	20.3
労働生産性 [m ³ /人・h]	5.9	3.5	6.8

より空中写真測量を用いて算出し、施工時間はバックホウが1台目の不整地運搬車への積込作業を開始してから、振動ローラが転圧作業を終了するまでの時間とした。

施工土量に着目すると、有人施工が最も多く、自動施工が最も少ない結果となった。また、歩掛については、有人施工が35.4 m³/h、無人施工が24.4 m³/h、自

動施工が20.3 m³/h であった。この結果、無人施工は有人施工の約 0.69 倍、自動施工は約 0.57 倍の歩掛となった。一般的に無人化施工の施工能力は、有人施工の算定式に無人化施工係数 0.6 を掛けた値で算出されることが多い⁸⁾。本実験においても、無人施工および自動施工の歩掛が無人化施工係数に近い値となることが確認された。

次に労働生産性に着目すると、有人施工が5.9 m³/人・h であるのに対し、自動施工は6.8 m³/人・h となり、自動施工は有人施工に対して約 1.15 倍の生産性向上を示した。一方、無人施工は作業人員が最も多く、施工土量も有人施工より少ないとため、労働生産性は最も低い結果となった。

(2) 不整地運搬車の運行管理システムの比較

開発した2つの運行管理システムに関して評価した。なお、交通管理システムにおけるグリッド幅は

1 mとして実施した。

両システムの課題として計算量が膨大になるという課題があったが、本実験では走行経路が複雑ではなかったため、どちらのシステムにおいてもスタッフが発生することなく制御が実現された。

不整地運搬車の作業能力について、車両1台が1時間に運搬できる土量を示した箱ひげ図を図-7に示す。AI制御システムと交通管理システムの作業能力の中央値はそれぞれ $21.4\text{ m}^3/\text{h}$ および $21.6\text{ m}^3/\text{h}$ であり、中央値には差が認められなかった。一方、ばらつき幅はAI制御システムが $6.7\text{ m}^3/\text{h}$ 、交通管理システムが $1.1\text{ m}^3/\text{h}$ であり、AI制御システムの方がばらつきの大きい結果となった。ばらつきの要因としてAI制御システムはコストを最小限に抑えるように制御しており、バックホウやブルドーザの作業状況や段取り替えに合わせて制御した。一方、交通管理システムは車両の予約を入れるタイミングが毎回同様であったため、AI制御システムの方がばらつきの大きい結果になったと考えられる。

図-5における離合場所①および②における離合比率の箱ひげ図を図-8および図-9に示す。図-8および図-9から、AI制御システムでは場所②での離合が多く、交通管理システムでは場所①での離合が多いことが確認された。ばらつき幅についても、AI制御システムは約21%、交通管理システムは約12%であり、AI制御システムの方がばらつきの大きい結果を示している。

以上のことから、交通管理システムはAI制御システムよりも精度良く制御が行われていることがわかる。また、燃費についても、AI制御システムは 109 m/L 、交通管理システムは 115 m/L を示し、交通管理システムによる精度の高い制御が燃費効率の向上に繋がったと考えられる。

(3) 転圧作業の効率性

振動ローラには転圧管理システムが搭載されており、転圧回数ごとに色分け表示されるため、転圧不足の発生を防ぐ管理が可能である。実験時に転圧した盛土材の規定転圧回数は6回とされ、6回以上の転圧については同色での表示が可能であるが、効率性の評価を目的として、6回以上の転圧回数についても色分け表示を行った。ただし、搭載システムの仕様上、色分けは最大9回までとし、9回以上の転圧は同色表示とした。

図-10に示す転圧回数比率のグラフにおいて、規定転圧回数が6回である本工事では、ラップ率を考慮

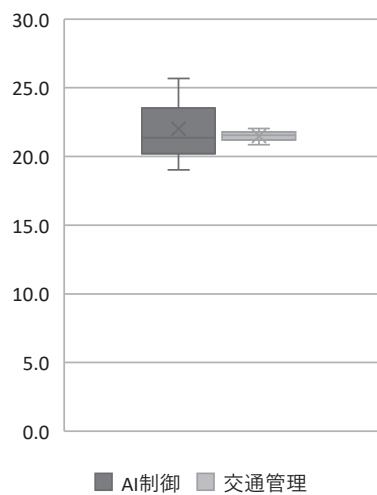


図-7 不整地運搬車の作業能力 [m^3/h]

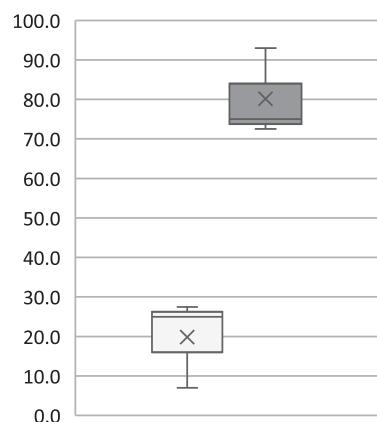


図-8 AI制御の離合比率 [%]

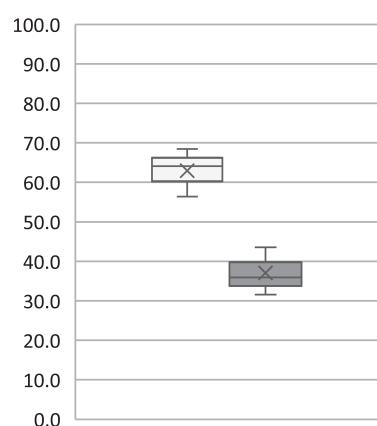
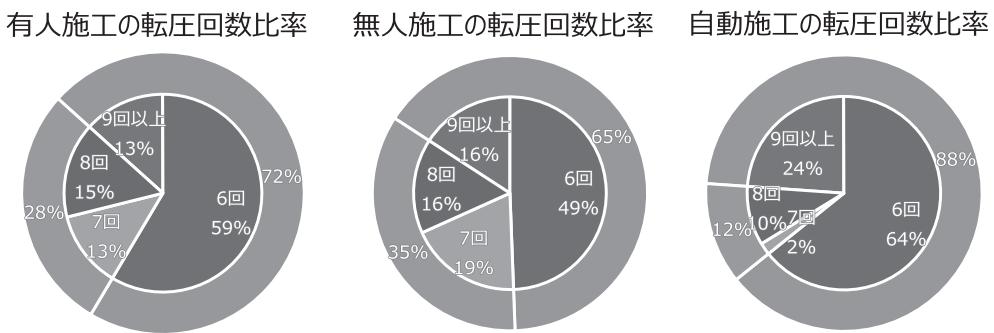


図-9 交通管理の離合比率 [%]

すると理想的には6回転圧と12回転圧が多く含まれることが望ましい。具体的には、「6回」および「9回以上」のカラーマップが多く、「7回」や「8回」のカラーマップが少なくなることが理想とされる。転圧回



図一〇 転圧回数比率

数の分布において「6回・9回以上」の割合は、有人施工で72%，無人施工で65%，自動施工で88%となり、自動施工は有人施工に対して約1.2倍、無人施工に対して約1.4倍の効率化が達成された。

6. 本実証実験のまとめ

- ・フィルダムの堤体盛土工事に無人施工および自動施工を導入した。
- ・施工土量は有人施工が最も多く、自動施工が最も少ない結果となった。
- ・無人施工と自動施工の歩掛が有人施工に対して無人化施工係数に近い値となっていることを確認できた。
- ・自動施工は有人施工に対して、約1.15倍の生産性向上となった。
- ・不整地運搬車の運行管理システムに関して、交通管理システムの方がAI制御システムより精度が良い結果となった。
- ・転圧作業に関して、自動施工は有人施工に対して、約1.2倍の効率化が達成された。

7. おわりに

本稿では、実施工現場における自動施工の適用とその効果について評価を行った。労働生産性については、有人施工に対して約1.15倍の向上が確認されたが、国土交通省が掲げる1.5倍の目標には達しなかった。この結果を踏まえ、今後は一層効率的な自動制御システムの開発を進めていく所存である。

最後に、現場実証をさせていただいた発注者の熊本県農林水産部、無人化施工のオペレータ支援をいただいた共栄機械工事㈱、技術支援をいただいた(株)ファテックと(同)エコボット、その他関係者の方々に深く御礼申し上げる。

《参考文献》

- 1) 国土交通省、「i-Construction 2.0」を策定しました、国土交通省 HP, https://www.mlit.go.jp/report/press/kanbo08_hh_001085.html, 2024年10月18日参照
- 2) 建設機械施工の自動化・自律化協議会、建設機械施工の自動化・遠隔化技術、国土交通省 HP, https://www.mlit.go.jp/tec/constplan/sosei_constplan_tk_000049.html, 2024年10月18日参照
- 3) 飛鳥馬翼・北原成郎・天下井哲生、無人化施工の歴史と今後の展望、土木施工, Vol.63, No.6, pp.118-121, 2022
- 4) Caterpillar Inc., Command for Compaction, Caterpillar Inc. HP, https://www.cat.com/en_US/products/new/technology/command-command/102740.html, 2024年10月18日参照
- 5) 飛鳥馬翼・北原成郎・畠本浩伸、AI制御による不整地運搬車の自動走行技術に関する研究-AIによる運行管理システムの評価-, 第20回建設ロボットシンポジウム論文集, 2022
- 6) Zheng Zhang・Peijiang Yuan, Conflict-free Route Planning of Automated Guided Vehicles Based on Conflict Classification, 2017 IEEE International Conference on SMC, 2017
- 7) 飛鳥馬翼・畠本浩伸・北原成郎、交通管理システムを適用した自動走行技術のF/S, 令和5年度土木学会全国大会, VI-11, 建設ロボット(2), 2023
- 8) (一財)先端建設技術センター、「遠隔操縦における作業効率向上に資する技術（無線通信技術、映像処理技術）」の要求性能に対する意見募集を行います 参考資料-2, (一財)先端建設技術センター HP, https://actec.or.jp/netis_qs_thema2018/pdf/08.pdf, 2024年10月18日参照

[筆者紹介]



飛鳥馬 翼 (あすま つばさ)

(株)熊谷組

土木事業本部 土木技術統括部 土木 DX 推進部
DX 推進グループ

副長



北原 成郎 (きたはら しげお)

(株)熊谷組

土木事業本部 土木技術統括部 土木 DX 推進部
部長



竹下 嘉人 (たけした よしと)

(株)熊谷組

九州支店 土木事業部土木部

BIM の活用によるドローンの屋内飛行システム 「BIM × Drone」の開発と運用実証

松原 拡平

建設現場が抱える労働生産性向上に向けて現場巡回業務の自動化技術に注目がされており、施工管理者に代わってドローンによる飛行巡回を可能とするドローンの屋内飛行システム「BIM × Drone」を開発した。ドローンに搭載された VSLAM と BIM を活用することで、GNSS が受信できない屋内環境であっても安定した自律飛行を可能とした。

キーワード：ドローン、BIM、省人化省力化、GNSS、VSLAM

1. はじめに

2019 年 4 月から施行された「働き方改革関連法案」による残業時間の上限規制は、建設業においては 5 年の猶予が与えられていたが、2024 年 4 月から施行が開始された。4 週 8 閉所など抜本的な対策は取られているものの、従来の労務手法を変えなければ生産性を維持することができない。

また新規入職者が減少している問題については、建設技能者だけでなく施工管理に携わる人の減少も顕著である。施工管理者の人手不足などによる影響から、建設現場における品質や安全管理機能の低下が危ぶまれている。

これらの問題に対して、施工管理者の省人化及び省力化につながる技術として巡回業務を自動化する技術が注目されている。施工管理者は建設現場の定期巡回を行い、現場の状況の把握と記録に努めているが、巡回業務が定常業務を占める割合が非常に高く、施工管理者の業務時間を圧迫している。そこで日々の業務の中で定常作業となっている現場巡回業務をロボットに置き換える、巡回時間を削減する。巡回に使用されるロボットは用途に合わせて UGV や四足歩行ロボットなど多岐に亘るが、建設現場のように床の環境が日々変わり、床の状況に左右されず空間全体を移動可能なドローン飛行による点検がより有為である。

ただしドローンを自動で飛行するためには常に自己位置をシステム上で管理するため、GNSS (Global Navigation Satellite System : 以下 GNSS) や RTK の技術を用いた位置情報を取得する必要がある。建設現場における巡回ルートの多くは上部に天井等で遮られ

た環境であるため、GNSS から位置情報を取得することが困難である。解決する方法として事前に手動飛行を行う教示作業（以下ティーチング）があるが、建設現場の環境が変化し飛行ルートを変更するたびに手動飛行とティーチングが必須となるため実用的ではない。そこで現在建設現場の高度化に期待がされている BIM (Building Information Modeling) の仮想空間がドローン飛行の実空間飛行に活用できるものとして着眼した（図-1）。

今回、BIM 上でドローンの飛行ルートを設定し、実空間でドローンの屋内飛行が可能になるシステム「BIM × Drone」（以下本屋内飛行システム）を開発し、建設現場での運用を実施した内容を紹介する。

2. 開発した内容

一般的に使用される屋外ドローンは GNSS から位

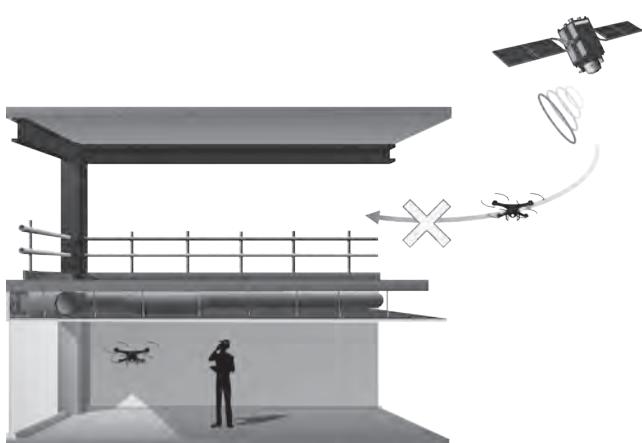


図-1 建設現場屋内飛行のイメージ

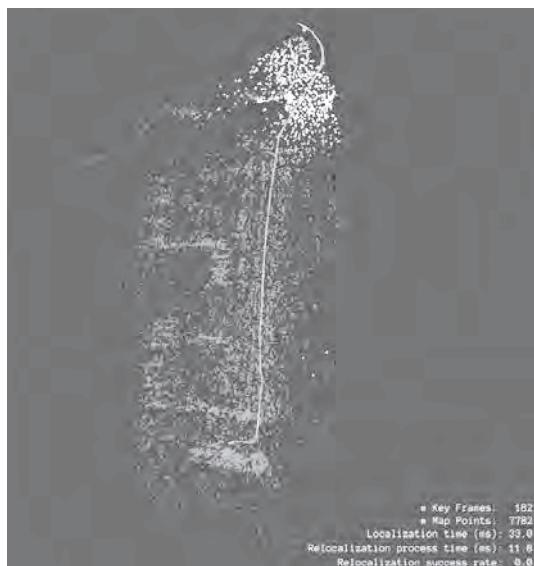
置情報を取得し、任意の地点に沿って飛行し、目的地まで到達する。一般的な GNSS を利用した場合の測位精度は 5 ~ 20 m であり、大まかにルート設定する際は不足ないが、飛行ルートに対して高い精度を求める際は RTK 測位を併用し、1 ~ 5 cm での飛行を実現する。しかし、屋内においては GNSS の電波が到達できないことや、都市部においては近接する建物の影響を受けることで正確に電波を受信することができないため、高精度な位置測位が困難である。対策としては壁や床に AR マーカやビーコンなどを活用し、ドローンに位置情報を認識させる方法があるが、今回開発した本屋内飛行システムはドローンに搭載された自己位置推定手法技術 Visual SLAM（以下 VSLAM）と 3D モデルである BIM を活用する。以下に開発した内容を解説する。



写真一 1 建設現場屋内飛行のイメージ

(1) ドローンおよび VSLAM について

本屋内飛行システムにはドローンは日本製の産業用ドローンである「ACSL Mini」（以下本ドローン）（写真一 1, 表一 1）を使用した。本ドローンには、ペイロードとして外部にカメラを取り付けることができ、巡回用途に合わせてカメラを換装して使用する。また本ドローンに内蔵したカメラ画像を独自のアルゴリズムで処理することによる VSLAM が標準搭載されている（図一 2）。VSLAM は、カメラ等のイメージセンサを



図一 2 VSLAM で作成されたマップ

表一 1 本ドローンの仕様

構造	全長（プロペラ範囲）：704 mm 高さ：300 mm 重量（バッテリ一本含）：3.15 kg
推進システム	プロポ：2.4 GHz データリンク：920 MHz
ライト制御システム	オートパイロット ACSL AP3
性能	飛行速度（完全自律飛行時）： 水平：10 m/s（GPS 環境下） 水平：2 m/s（非 GPS 環境下） 上昇下降：2 m/s 高度：150 m（航空法上限） 最大風圧抵抗：10 m/s 最大飛行時間：48 分（ペイロード無し） 33 分（カメラ・ジンバル搭載時）
バッテリ	容量：10.000 mAh xl 公称電圧：22.2 V タイプ：LiPo6S
基本性能	GPS 環境下、非 GPS 環境下での自律飛行の切り替えが可能（飛行前） Visual SLAM を用いた非 GPS 環境下（橋梁下、屋内、建物周辺など）での高精度な自己位置・方角推定
オプション	2.4 GHz 映像伝送 5.7 GHz 映像伝送 赤外線カメラ+可視光カメラ搭載

用いて自己位置の推定と周囲の3次元環境地図の作成を同時にを行う技術で、搭載しているロボットやドローンにおいて操作者の指示に頼らない自律移動が可能になり、衛星による位置測位ができない屋内環境においても自律飛行が可能である。通常の飛行であれば事前マニュアル飛行によるティーチングを活用する。マニュアル飛行時にVSLAMを活用し、ティーチングにより事前マップを生成し、以降の飛行においては事前マップを参照する。しかし建設現場においては環境の変化が日ごとに変化し、頻繁にマニュアル飛行によるティーチングを必要とする。

(2) BIM活用によるティーチングレスドローン飛行

ティーチングを必要としないドローン飛行をするためにBIMを活用した運用システムを開発した(図-3)。BIMを活用することによりドローンの飛行ルートを3次元モデル空間上で設定し、可視化が可能になった。また3次元モデル上での移動量をドローンへの移動量として指示を出すことでティーチングを不要とした飛行が可能となった。以下に使用方法について述べる。

飛行環境と同一のエリアのBIMデータをシステム上に登録し、3次元モデル空間上にドローンの飛行ルートを登録する。BIMモデルは緯度、経度情報を合わせるために設定画面上で地図に重ね合わせる。飛行ルートの設定には通過点(Way Point)を3次元に配置し、登録を行う。飛行開始の指示はPC上からドローンに対して指示を出す。BIMデータは飛行ルートの座標差分を抽出し、ドローン飛行にフィードバックする。またドローンはVSLAMを用いてリアルタ

イムで環境地図を生成し飛行する。設定した目的地に到達したドローンは自動的に着陸を実施する。ドローンはペイロードに搭載されたカメラ等を用いて飛行に合わせて任意の点検巡回業務を実施する。

3. 建設現場運用実証について

上記のシステムを用いて実際の竣工間際の建設現場にて飛行実証を実施した。環境としては階段吹き抜けを通じて3次元に飛行ルートを設定し、飛行を実施した。設定した飛行ルートに対して安定した飛行を実現した。また現地の状況としては最上階までの施工が完了しており、GNSSの受信ができない環境であった。吹き抜け部については足場を解体しているため、巡回点検写真の撮影が困難な環境であったがドローンを使用した撮影により所定の場所付近の高画質の画像データを取得することができた(写真-2)。



写真-2 屋内飛行状況



図-3 BIMを活用した運用システム操作画面



写真一 3 開発した小型ドローン

4. 更なる開発について

本ドローンではドローンの幅が 704 mm あり、ドローンの飛行安定性を考慮すると通過できる開口幅が 1,500 mm 以上であった。建設現場での運用を考慮すると用途拡大のためより狭い開口幅にも対応する必要があり、小型のドローンを本屋内飛行システムのラインナップに追加すべく開発をした（写真一 3）。

開発した小型ドローンは縦横 300 mm かつ重さ約 1 kg と本ドローンと比較しても小型化に成功した。通過できる開口幅についても 900 mm となっており、狭小建設現場でも十分に運用が可能である。カメラ本体には VSLAM 用のカメラが内蔵されている。

5. おわりに

本稿では、BIM の活用によりドローンの屋内飛行が可能になるシステム「BIM×Drone」を開発し、建設現場での運用実証を実施した内容について報告した。

現在は建設現場の現場巡視を用途としているが、屋内での安定飛行機能を備えていることからさらなる利用を期待している。多様なセンサを新たに搭載することで、建設業だけでなく様々な業界のニーズに合わせた活用が可能になる。

J C M A

[筆者紹介]

松原 拓平（まつばら こうへい）
（株）竹中工務店
西日本機材センター 開発グループ
主任



港湾工事の計測を効率化するドローン 「Penta-Ocean Vanguard-Drone」の開発

三 宅 貴 大・西 広 人・琴 浦 豊

港湾工事は海上で施工されることが多いため、作業船による施工や船舶を使用した管理が一般的である。そのため、陸上から離れた海域での施工の場合、船舶での移動に多くの時間が必要となり、労働時間削減において課題となっている。そこで、本稿では近年の技術進歩が著しいドローンに着目し、従来の船舶を用いた施工管理の効率化を目的とした「Penta-Ocean Vanguard-Drone」の開発内容について報告する。新開発のドローンは2機種あり、それぞれ土量検収、海洋観測の効率化を目的としており、従来の施工管理と同等の機能を保有しつつ作業時間の短縮を実現した。

キーワード：港湾工事、ドローン、土量検収、深浅測量、波浪観測

1. はじめに

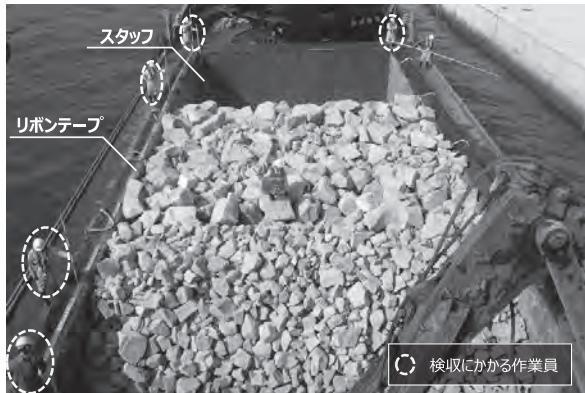
国土交通省は、建設現場の生産性向上の取り組みとして2016年度からi-Constructionの取り組みによりICT施工をはじめとした新技術の導入を進め、2024年度にはさらに一歩進んだ「i-Construction 2.0」を策定した¹⁾。この取り組みにより、施工、データ連携、施工管理のオートメーション化を3本柱として、建設現場の生産性を1.5倍向上させ、安全で快適な建設現場の実現を目指すことになる。これらの実現のために、従来技術のICT化、機械化、無人化にするなどの取り組みが必須となると考えられる。たとえばドローンはレベル4（有人地帯での補助者なし目視外飛行）導入のための法整備が進み、「空の産業革命」と呼ばれるように物流など幅広い分野で従来手法からの変革が進みつつある。ドローンは建設業界でも活用が進んでおり、陸上工事の大規模土工現場の管理、測量などに活用されているのに加え、港湾工事でも消波ブロックの気中部分に対する測量マニュアル²⁾が公表されるなど生産性向上に寄与しており、さらなる活用が期待されている。港湾工事では海上での作業が多く、施工海域の計測・確認をするには計測者に加えて船舶の手配、操船員が必要となることや、陸上から離れた箇所での施工の場合、交通船での移動は片道20分程度の時間が必要となることもあり、労働時間削減において課題となっている。これらの課題に対して、陸上の1人の操作者により広域を短時間で飛行できる特性を有するドローンは、港湾工事における課題解決

に寄与することが考えられる。また、人口密集地区などの制約がある陸上に対し、飛行に関する制約が比較的少ない海上ではドローンの活用の余地は大きい。そこで、筆者らは船舶を用いる従来の施工管理の効率化を目的とした港湾工事における計測用ドローンシリーズを2機種開発した。本稿では、開発した2機種のドローンの概要および従来手法との比較から、Penta-Ocean Vanguard-DroneLiDAR（以下、土量検収ドローン）とPenta-Ocean Vanguard-DroneAqua（以下、海洋観測ドローン）の導入効果について報告する。

2. 土量検収ドローン

(1) 開発背景

港湾工事において防波堤の基礎となる石材や地盤改良の材料として用いられる砂などは土砂運搬船で現場に搬入され、搬入時に積載数量の確認を行う検収が必要となる。土砂運搬船を検収する箇所が陸から離れている場合は、施工管理の職員が交通船での移動に片道20分程度の時間がかかることがある。土砂運搬船で材料を積載している船倉の大きさは長さ20m、幅10m程度であるため、スタッフやリボンを用いて形状を計測するのに6名程度の計測員で20分程度の時間がかかる。そのため、検収作業に関わる時間が1時間を上回ることもあり、検収作業の負荷軽減が求められていた。



図一 従来のガット船石材検収方法



図一 土量検収ドローンで取得した点群

(2) 機器概要と特徴

土量検収ドローンは土砂運搬船の検収作業の効率化を目的に開発したヘキサコプタータイプのドローンであり、図一2、表一1の機体スペックに示すように3D-LiDARとLTE通信機能を搭載していることが特徴である。陸上の1人の操作者により船舶の移動速度より圧倒的に速い速度で土運船上空まで飛行し、上空40 mから3D-LiDARで船体を5秒程度計測することで材料を積載している船倉を含む船体の形状の3次元点群が取得できる。なお、5秒間連続して計測をする場合、計測対象の土砂運搬船の動搖、移動や、土量検収ドローンの動搖、移動の影響により、計測点群のぶれが懸念されるため5秒間の計測データに後処理でSLAM技術を適用している。SLAMはSimultaneous Localization and Mappingの略であり、複数の点群

データの特徴点を用いて自己位置推定と周辺認識を同時にを行うことで、複数の点群の重ね合わせを可能とする技術である。この技術を用いることで、5秒間に取得した点群にぶれが生じている場合でも、それぞれの点群の特徴点を参考にして再合成することばらつきの少ない高密度な3次元点群の取得を可能としている。図一3は取得した点群の例を示しており、船倉に積載されている材料の形状はもちろん、クレーンブーム、ブリッジなどが高精度に取得できており、船舶・土量検収ドローンの動搖の影響が低減されていることが確認できる。また、本体下部の光学カメラで静止画を撮影することで、点群だけでは理解しにくい積載状況を把握可能としている。そして、取得した点群と静止画は、搭載されたLTE通信モジュールにより計測・撮影直後の飛行中に数量算出・帳票作成用クラウドに伝送・保存される。これは、2020年12月電波法の制度整備に伴い、高度150 m未満の空域において一定の条件に合致する携帯電話等の端末が無人航空機で利用可能となったために実現した機能であり、従来の着陸後にデータを回収する場合と比較して格段に早く計測データの確認が可能となった。

点群から土量を算出する手法は陸上工事の切盛土工などで標準的に使用されているが、数量算出用クラウドで土砂運搬船の積載土量を算出する場合は、事前に登録した土砂運搬船の船倉情報と、土量検収ドローンで取得した3次元点群との比較により算出し、搬入数量調書の作成を行うことで検収の一連の作業が終了する(図一4)。



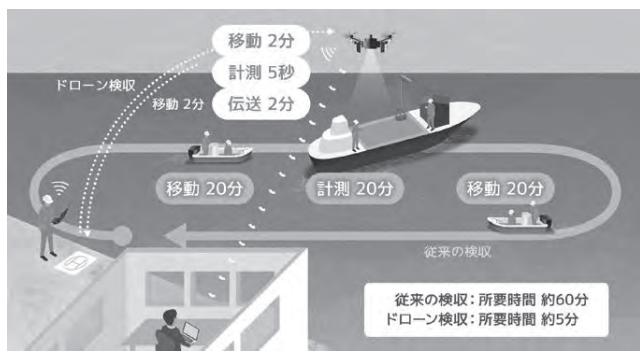
図一 土量検収ドローン搭載機器

表一 土量検収ドローン機体スペック

全長 (プロペラ範囲)	1,173 mm
全高 (アンテナ含む)	654 mm
機体重量 (バッテリー含む)	7.07 kg (機体本体: 3.8kg)
最長飛行時間	約 35 分
飛行速度	10 m/s
LiDAR	Livox 社: Avia

(3) 従来検収手法と土量検収ドローンによる検収の比較

土量検収ドローンによる検収を横浜港本牧地区防波堤建築工事に石材を搬入する土砂運搬船を対象に実施



図一4 土量検収ドローンの導入イメージ

し、従来の検収手法と必要人員や所要時間について比較した。従来の検収手法では、施工管理の職員が土砂運搬船到着の連絡を受けてから、職員が操船員に依頼して交通船で20分程度の時間で移動して土砂運搬船に乗り移ったのに対し、土量検収ドローンでは2分程度の飛行で土砂運搬船の上空に到着した。この移動における比較では、操船員の1名削減と9割の時間削減効果が得られたことに加え、船舶移動によるCO₂排出の削減や危険の伴う乗下船動作の削減による安全性が向上する効果も得られた。土砂運搬船上での検収は、従来手法では船倉内に台形形状で積載された石材の法肩、法尻の高さ、幅や延長を6名の人員でスタッフ、リボンテープを用いて計測し、状況写真を撮影した後に、船上で電卓を用いて積載数量を算出するのに20分を超える時間が必要であった。それに対し土量検収ドローンは計測、撮影は5秒程度で終了し、取得したデータは即座に数量算出・帳票作成用クラウドに転送し、データ内容の確認、数量算出まで5分程度であった。つまり、この検収作業における比較では、土砂運搬船上の6名の人員削減と大幅な時間短縮が可能であったことに加え、短縮された時間は、土砂運搬船の待機時間削減につながり、工事全体の効率化に寄与した。さらに、土量検収ドローンの3D-LiDARを用いた非接触の計測により、動搖する船舶船倉内の不安定な石材上の移動が不要となるため、検収作業の安全性も向上した。なお、土量検収ドローンを用いた検収数量は、従来手法による1,720 m³に対して約10%程度の差となり、実用的な精度を有していることが確認された。

以上より、土量検収ドローンを用いることで、移動・計測で1時間以上を必要としていた従来の検収手法と比較すると、所要時間と人員を大幅に削減することに加え、CO₂の削減や安全性向上を可能とし、生産性や安全性が工事の実現に寄与することが確認できた。

3. 海洋観測ドローン

(1) 開発背景

防波堤の基礎となる石材の投入や海底地盤を掘削する浚渫など、港湾工事では海中での施工が主体となることが多い、不可視部分となる海中の工事進捗を直接確認することが難しい。そこで、船上からレッドと呼ばれる鉛を付けたロープを海底に向けて投下してロープに記載されている目盛から水深を測深する方法や、船舶に音響探査機器を取り付けて航行しながら連続的に水深を測定する方法等の深浅測量を実施することで施工管理を行ってきた。しかし、これら従来の施工管理では船舶の準備や移動が必要となるため、施工管理の職員が手軽に水深を計測することが困難であった。また、作業船や交通船を利用する港湾工事は、波高や周期などの海象条件に施工可否が大きく左右される。これはいわば陸上工事で重機が稼働している地面自体が動くようなものであるため、施工の進捗や安全性に与える影響は非常に大きい。そのため、施工当日の朝に対象海域の波浪状況を目視で確認することや、場合によっては施工箇所に海底設置型の波高計を潜水士により設置し、日々の波浪状況を加味しながら施工を進めている。しかし、目視での波浪状況の確認は船舶での移動が必要なことや波高計の設置は特殊技能を持つ潜水士が必要であること等、現場海域の海象条件を手軽に把握することが困難であった。

(2) 機器概要と特徴

海洋観測ドローンは現場海域の調査の効率化を目的に開発したクワッドタイプのドローンである。図一5、6、表一2に機体スペックを示すように本体下部の2つのフロートにより水面上での離着水を可能にするとともに、2基のスラスターを搭載することで水上航行を実現した。また、本体下部の単素子ソナーで機体直下の水深を計測できるのに加え、本体内部のRTK-GNSSの計測結果と合わせることで海洋観測ドローンの現位置(X, Y, Z)および水深のリアルタイム取得・確認を可能にした。さらに、操作画面から平面位置を複数指定することで水上航行の航路を指定することや、指定した位置に定点保持することも可能なため、波や流れのある環境下において、連続的な水深データや位置データの取得を実現した。

(3) 従来手法と海洋観測ドローンによる深浅測量の比較

海洋観測ドローンを用いることで、陸上の操縦者1



図一5 海洋観測ドローン飛行状況と搭載機器



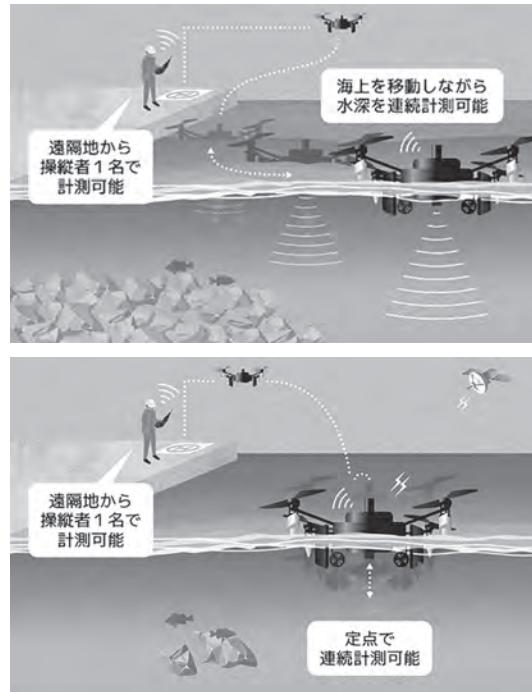
図一6 海洋観測ドローン着水状況

表一2 海洋観測ドローン機体スペック

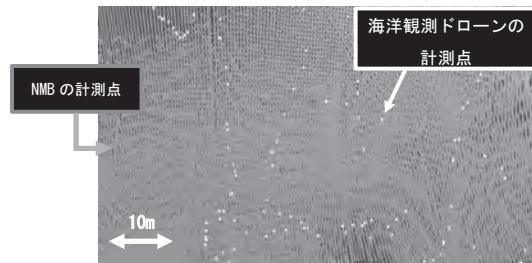
全長（プロペラ範囲）	1,280 mm
全高（アンテナ含む）	600 mm
機体重量（バッテリー含む）	13 kg
最長飛行時間	約 20 分
飛行速度	10 m/s
最長航行時間	約 60 分
最高航行速度	4 ノット
離着水可能最大波高	約 2 m

名が飛行・着水後に航行させながら GNSS 端末で現在位置を記録し、単素子ソナーで水深を計測することで空間的に連続的な水深データの取得が可能となり、従来のレッド測量や音響探査機による深浅測量の代替として利用可能である（図一7上）。また、対象海域へ海洋観測ドローンが飛行するため、船舶による現地への移動時間の大幅な削減が可能であることに加え、出力した測深結果はデジタルデータとして遠隔地と共有でき、施工進捗の確認をリアルタイムに行うことができるため、施工完了の判断や次工程への推移の迅速化にも寄与する。

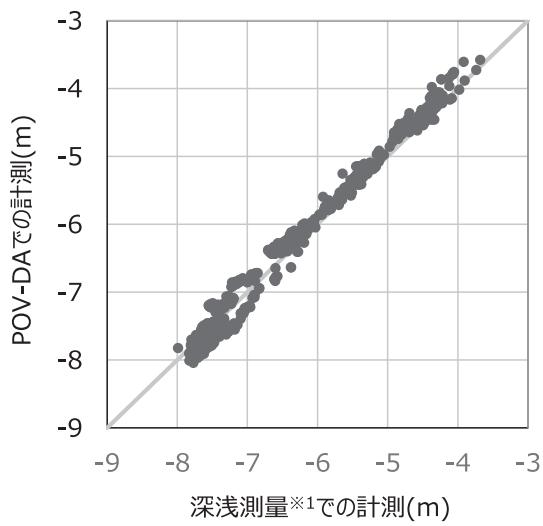
静穏な水域において実施したナローマルチビーム（以下、NMB）の水深 8 m 付近の測深結果に、海洋観測ドローンの測深点を重ねた平面図を図一8に示す。NMB は扇形の超音波を高頻度に発しながら移動して



図一7 海洋観測ドローンの導入イメージ（上：測深、下：波浪観測）



図一8 NMB と海洋観測ドローンの点密度比較平面図



図一9 水深計測精度の比較

測深を行うことで隣接する点間距離が 0.1 m 程度と高い点密度の面的な計測結果となっているのに対し、海洋観測ドローンは直下の水深を移動しながら計測するため隣接する点間距離が 1.0 m 程度と低い点密度の線的な計測結果となっているが、海洋観測ドローンによ

る計測水深と、近傍のNMBの計測結果を図-9に示す相関図で比較したところ、海洋観測ドローンの測深結果は-3mから-8mのいずれの水深でもNMBの結果との差が±10cm程度で分布していた。したがって、海洋観測ドローンの測深精度は従来手法と同程度であり、施工管理上、実用的な精度を有していることが確認できた。

(4) 従来手法と海洋観測ドローンによる波浪観測の比較

海洋観測ドローンに搭載されたRTK-GNSSにより取得した高度情報を水位変動として統計処理を行い、有義波高や有義波周期を算出することで波浪観測が可能である。陸上の操縦者1名が海洋観測ドローンを観測対象地点まで飛行・着水させ、搭載しているGNSSから取得できる平面位置座標を基にスラスターを使用して定点保持させ、同位置での時系列的な水位変動にともなうGNSSの高度情報の取得を行うことができる(図-7下)。取得した高度情報はネットワーク経由でクラウドサーバーに伝送し、サーバー内で統計処理を行うことで、遠隔地からリアルタイムに波浪観測結果の確認が可能となるため、現場海域の海象上限の把握のための船舶での移動や潜水士による波高計設置などの作業手間の軽減が可能である。また、従来に加えて手軽に波浪観測を行うことができるため、観測頻度の増加による波浪状況把握の高度化も期待できる。

海底設置型の超音波式波高計で取得した有義波高・有義波周期と、海洋観測ドローンで得られた有義波高・有義波周期の比較を図-10に示す。今回対象としたのは、超音波式波高計で有義波高0.8m程度、有義波周期8秒程度の観測結果が得られた時間帯であったが、いずれの時間においても海洋観測ドローンでは超音波式波高計の±5~10%以内の精度で計測できている。したがって、海洋観測ドローンで観測した有義波高、有義波周期は現場管理における実用的な精度を有

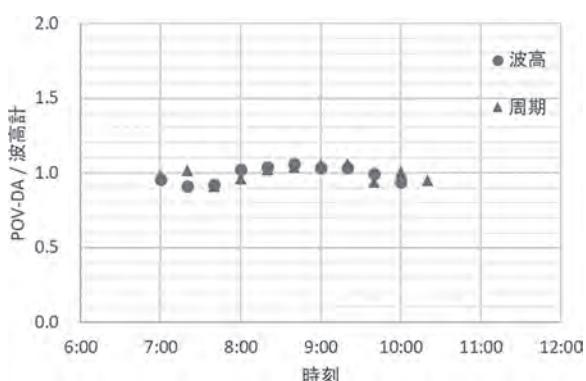


図-10 波浪観測(波高・周期)精度の比較

していることが確認できた。

4. おわりに

本稿では開発した「Penta-Ocean Vanguard-Drone」の2機種の機器概要と機能、従来計測手法との比較について報告した。

土量検収ドローンを用いた土量運搬船の積載量検収は、操縦者1人の約5分間の計測で数量の算出を可能にすることで、従来の計測手法と比較して計測に関わる人員と計測時間を大幅に削減できた。

海洋観測ドローンを用いた深浅測量は、従来の深浅測量技術では必要であった測量船への計測機器への取付時間や、船舶移動の時間を不要としつつも従来手法と同程度の精度を有しており、また、波浪観測においても従来観測手法と比較して簡単に波高と周期を把握できるため、施工可否の判断の迅速化を図ることが可能となった。

「Penta-Ocean Vanguard-Drone」のような機能を要するドローンは今までなく、港湾工事における計測や施工管理の効率化の実現が期待されるとともに、今後もさらなる生産性向上に寄与する開発を継続する予定である。

J CMA

《参考文献》

- 1) 国土交通省
HP : https://www.mlit.go.jp/report/press/kanbo08_hh_001085.html
- 2) 国土交通省 HP:ICT機器を用いた測量マニュアル(ブロック据付工編)
(令和4年4月版)
<https://www.mlit.go.jp/kowan/content/001475817.pdf>

[筆者紹介]



三宅 貴大 (みやけ たかひろ)
五洋建設㈱
技術研究所 土木技術開発部
係員



西 広人 (にし ひろひと)
五洋建設㈱
技術研究所 土木技術開発部
主任



琴浦 穀 (ことうら つよし)
五洋建設㈱
技術研究所 土木技術開発部
グループ長

統合管理システムによる盛土工事自動化実証施工

統合施工管理システムの開発および生産性向上の評価

岡本邦宏・西彰一・松崎晃

建設現場の生産性向上を実現するために、施工計画から、建機の自動・自律運転および品質管理の一連の管理を行う「統合施工管理システム」を開発した。統合施工管理システムの新丸山ダム本体建設工事での活用を目指し、盛土工事自動化実証施工を実施した。本稿では、統合施工管理システムの概要、実証施工の実施内容と本システムの生産性向上の評価について述べる。

キーワード：統合施工管理システム、CMS、建機FMS、自動施工、自動運転、省人化、生産性向上

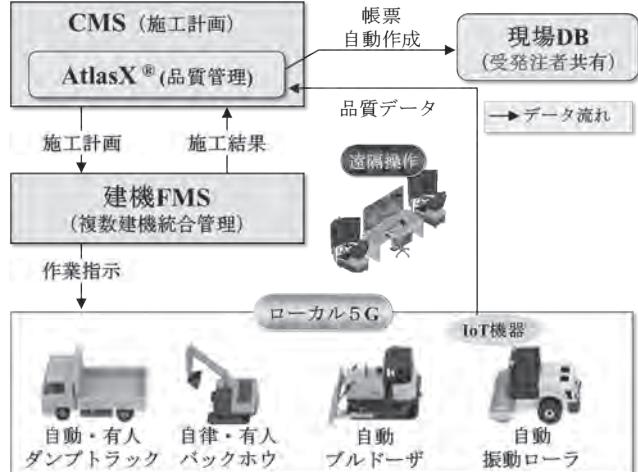
1. はじめに

国土交通省中部地方整備局発注の新丸山ダム本体建設工事は、岐阜県加茂郡八百津町と同県可児郡御嵩町において昭和31年に完成した丸山ダムを20.2mかさ上げして機能アップを図るダム再開発工事である。データとデジタル技術を活用した働き方改革を推進するとともに、安全・安心で豊かな生活を『建設DX』によって実現するための各種取組みを受発注者協働で行っている。

さて、生産年齢人口の減少により、技能労働者の確保がますます困難になることが考えられる。一方で、人口減少下において、将来にわたって持続的にインフラ整備・維持管理を実施する必要があり、単純な機械の自動化だけでなく、生産プロセス全体の生産性向上が求められている。今般、建設現場の生産性向上を実現するために、コンクリート打設において施工計画から、建機の自動・自律運転、品質管理までの一連の管理を行う「統合施工管理システム」を開発し今後の運用を図る。そのため2023年12月には、統合施工管理システムの活用を目指し、盛土工事による自動化実証施工を実施した。本稿では、統合施工管理システムの概要、実証施工の実施内容と本システムの生産性向上の評価について述べる。

2. 統合施工管理システムの概要

統合施工管理システムは、施工の全体計画、建設機械およびダンプトラック（以下、建機）の作業管理、品質管理を一気通貫で自動化し、統合管理するシステ



図一 1 統合施工管理システム概要

ムである。システム構成は図一1に示すように全体計画を行う Construction Management System（以下、CMS）、建機の統合管理をする建機 Fleet Management System（以下、建機 FMS）と自動・有人建機、品質管理を行う AtlasX®, 受発注者間で施工状況を共有する現場ダッシュボード（以下、現場 DB）で構成される。

(1) CMS

CMSは、工程の制約条件を考慮しながら盛土工事の全工程をシミュレーションし、自動で施工計画を作成できるシステムである。また、CMSは、後述する建機 FMS と連携しており、自動作成された施工計画は、自動・自律建機の作業指示に活用される。

施工後には、建機 FMS より施工結果を取得し、再度、残工程の施工計画のシミュレーションを行うことで、施工結果を施工計画にフィードバックすることが

可能である。また、CMS は帳票作成機能を備えており、後述する AtlasX で取得した品質管理データを自動処理し、帳票を自動作成する。

(2) AtlasX

AtlasX^{1), 2)} は盛土の品質管理を行うシステムで、図一2 で示すように α システム[®]、自走式散乱型 RI ロボット、3D レーザースキャナの3種類の IoT 計測機器とそのデータをクラウド上で処理・可視化を行うデータ統合解析システムで構成される。

α システムは振動ローラの加速度を計測し、その周波数特性から地盤剛性を推定する。また、算出される特性値である乱れ率と乾燥密度の相関を事前に取得しておくことで、乾燥密度の推定も可能である。自走式散乱型 RI ロボットは、散乱型 RI を自走ロボットに搭載することで、自動で含水比および湿潤密度を計測する。3D レーザースキャナは、各転圧完了面の点群を取得し、仕上がり厚さを算出することができる。

これらの計測データは位置情報を保持しており、データ統合解析システムへ送信することで、面的な分布として確認することができる。さらに取得したデータは CMS へ送信され、自動で帳票が作成される。既存の自動施工技術の多くは、個々の建機の自動・自律運転をするものや、それを統合管理するシステムである。一方、統合施工管理システムは、建機の自動・自律施工の管理に加え、品質管理までの作業を含めて、自動化している。

(3) 建機 FMS

建機 FMS は、複数の建機・車両を高度に連携させ、安全対策も含めて自動施工を管理するシステムである。また、建機 FMS の特長は、接続台数に制限が無く、他社開発の自動・自律建機や有人建機も連携できるため、計画に合わせて建機の種類や数を柔軟に変更できることである。

建機 FMS の管理画面を図一3 に示す。建機 FMS の管理者は、CMS が自動作成した施工計画を基に、各建機の作業内容や車両の積込み・荷下ろし位置等を事前に設定する。その後、施工時には、管理画面上の連続運転開始ボタンの操作のみで、全ての自動・自律建機の施工を行うことが可能であり、容易に操作・管理することができる。また、荷下ろしや敷均しの場所は、格子状の計画グリッドに分割して管理する方式を採用しており、自動施工中は、管理画面上の建機アイコン位置と、各建機の作業状況に応じて色が変わる計画グリッドを視覚的に確認しながら、システム情報、



図一2 AtlasX 概要



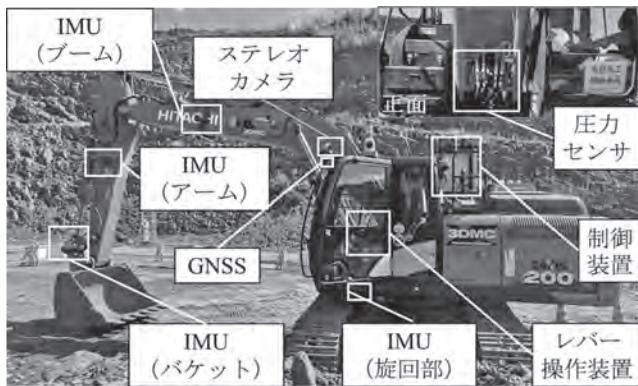
図一3 建機 FMS 管理画面

監視カメラの映像等も参考に管理を行うことができる。

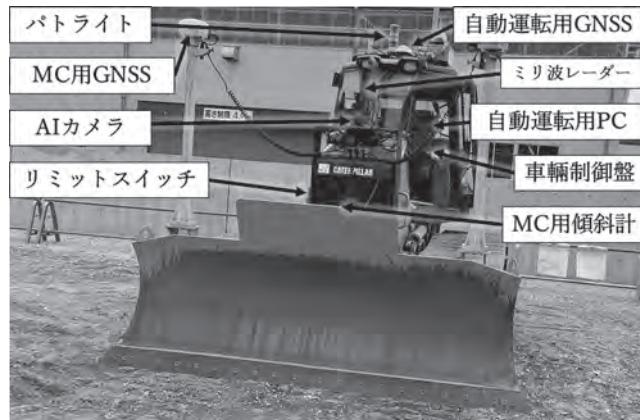
自動施工において建機の誤動作防止やフェールセーフなど安全対策が最重要課題となるが、統合施工管理システムでは、自動・自律建機自体の安全機能はもちろんのこと、図一3 に示すように建機 FMS からも非常停止ボタンひとつで、全稼働建機を停止することができる。さらに、各建機にシステムトラブルが発生した場合も想定して、自動運転を遠隔運転に切り替え得ることが可能である。また、建機の作業データは、隨時建機 FMS に集積され、任意のタイミングで施工結果データとして出力が可能であり、作業終了時に施工結果データを CMS に送信する。

(4) 自律バックホウ

自律バックホウは、土砂のダンプトラックへの積込み作業に利用した。自律運転システムは、自動の進化系システムであり、機械自らが判断して環境や状況に応じて運転するシステムである。機体の姿勢制御には、写真一1 に示すブーム・アーム・バケット・旋回部に設置した慣性計測装置（以下、IMU）を、掘削ポイントや積込みポイントの判別にはステレオカメラを、自己位置の取得には GNSS を、油圧シリンダーの油圧の取得には圧力センサを使用した。これらのセ



写真一 自律バックホウ機器構成



写真二 自動ブルドーザ機器構成

ンサの情報から制御装置により動作を判断し、レバー操作装置³⁾を介して、建機に掘削・積込等の動作指令を伝えた。機械の制御は、シミュレーションモデル上で、事前に熟練オペレーターの掘削動作から得た操作ノウハウを、制御アルゴリズムに落とし込み、動作検証を行った。また、実証中もシミュレーションモデルを活用して、制御アルゴリズムの修正を行うことで、積込み作業を止めることなく、効率的に動作の改善を行った。さらに、掘削後、圧力センサおよびIMUの情報からバケット内の土砂重量を取得し、積載した土砂が規定重量に達しているかを自律的に判断し、ダンプトラックへの積込み作業を行った。積込完了後、ダンプトラックに載せた積載重量と積込が完了したことを建機FMSに通知した。

(5) 自動ブルドーザ

自動ブルドーザによる敷均しは、自動運転プログラムによる目的座標への走行制御、ICT建機機能のマシンコントロールによるブレード制御を組み合わせることで実現した。自動ブルドーザの自動運転システム機器構成を写真一に示す。建機FMSの計画グリッド中心座標に基づき、ダンプにより荷下ろしされた盛土材料の山を均一に敷き均す。ブレードの高さは、マシンコントロールを活用し、計画高通りの敷均し厚さになるようにした。また、対象の盛土材料の種類により、重機が材料を押しきれない場合がある。これに対処するために、押土時の排土板に大きな負荷がかかっただけの場合、押土中の土砂の上部を押し出して負荷を低減してから再度、押土をする動作を実装した。さらに、安全性向上の機能として、材料や障害物を検知するためのミリ波レーダーとAIカメラを併用することで、自動運転時に作業性を損なうことなく安全を担保した。

3. ローカル5Gの構築

ローカル5Gは、企業や自治体などが専用の5G環境を構築・運用できる無線ネットワークである。利用にあたっては無線局免許が必要だが、電波の干渉がないため通信の安定性が高い、接続端末が移動しても通信が切れにくい、広範囲をカバーすることができる、などの特長を活かした高速通信が可能になる。

(1) ローカル5G通信網の構築

本実証で建機は、建機FMSから作業指示を受けるとともに、自己位置やその他の施工情報を建機FMSにフィードバックする。したがって、複数台で同時に通信する必要があり、同時多接続の通信が求められた。加えて、建機の操縦は原則として自動・自律運転であるが、緊急時は遠隔操縦に切り替え、作業を継続する。遠隔操縦をする場合は、重機に取り付けられたカメラの映像および制御情報を伝送する必要があり、高速大容量、低遅延の通信が求められた。本実証の施工条件の場合、自動自律運転時は位置情報等の伝送に最大7Mbps程度、遠隔操縦時は建機周囲の状況を確認するカメラ（フルHD）×3台、建機座席のカメラ×1台の映像および建機の操作情報を伝送する必要があり最大31Mbps程度の通信速度が必要であった。

(2) ローカル5Gの有効性の検証

構築したローカル5G通信網の有効性の検証を目的として、ローカル5Gの通信品質試験を実施した。試験は、実際の施工を模擬し、Wi-Fiおよびローカル5G端末を車両に載せ、盛土施工現場を時速5km程度で走行し、その際の通信速度を計測することで、品質を確認した。

図一4に通信品質確認結果を示す。Wi-Fiは、通信速度が0～250Mbpsの間で大きくばらついている

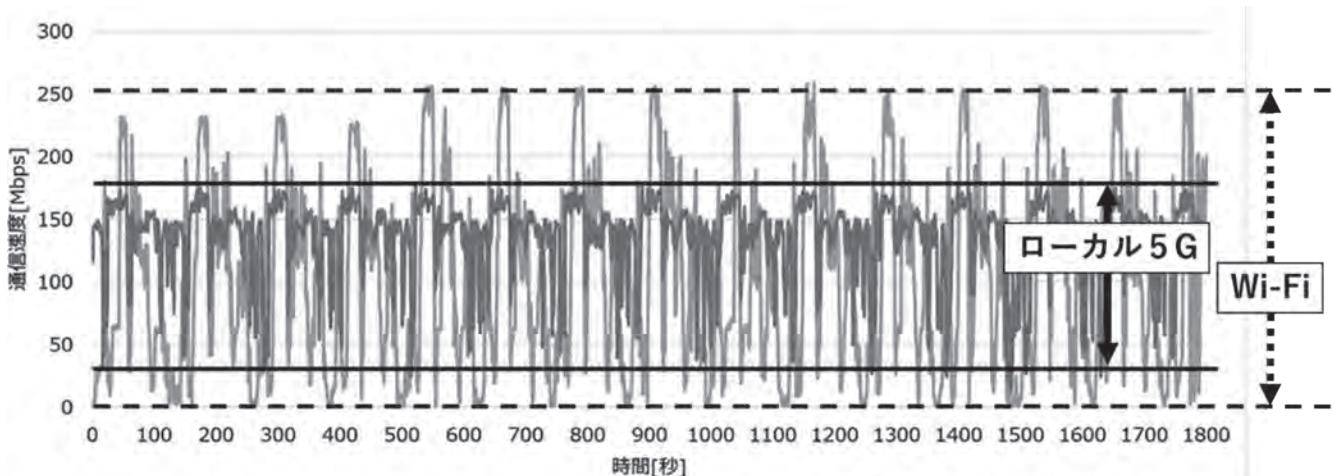


図-4 通信品質確認結果

方で、ローカル5Gは、30～180 Mbpsの間で通信しております。ローカル5Gの方が、数値の変動の幅が小さいことがわかる。また、ローカル5Gは、要求性能である31 Mbpsを概ね上回っているのに対し、Wi-Fiは0 Mbpsを複数回にわたって記録している。建機FMSの運用にあたっては、通信が切れると建機等の位置管理ができなくなるため、接触事故等を防ぐ目的で全建機の自動運転を一時停止する仕様としている。したがって、通信の切れないローカル5Gでの運用が、機能面で有利であることがわかった。実際に、実証期間を通して、建機との無線通信が一度も途切れることは無く、安定した通信品質を示した。

4. 盛土自動化実証施工

統合施工管理システムは、ダムコンクリート打設への適用を目的としており、ダムコンクリート打設と同様の運搬機械・敷均し機械・転圧機械で構成される盛土工事で実証施工を実施した。

(1) 実証施工概要

統合施工管理システムの適用性を検証するために、2023年9月～12月に実証施工を実施した。実証施工の概要を図-5に示す。本実証施工では、幅48 m×長さ42 m×高さ0.3 mの盛土を4層構築した。CMSは、機械の施工能力、工程上の休止日を設定すること

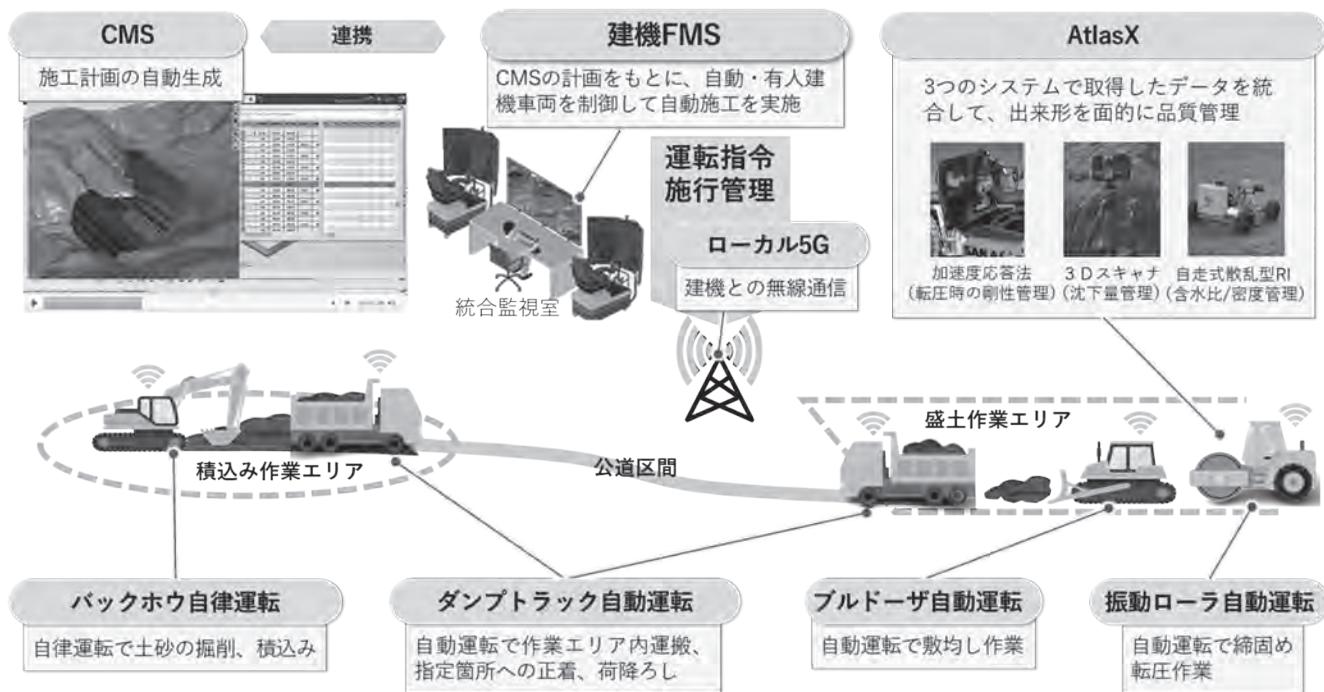


図-5 実証施工概要

で、図-6のように1日の施工量を自動算出した。シミュレーション結果は、座標情報を持つおり、ダンプの荷下ろし位置や順序を指示データとして建機FMSに送信した。施工後には、建機FMSから施工結果を取得し、再度残工程の施工計画を立案し、工程を管理した。また、AtlasXにより転圧回数・地盤変形係数・締固め度・仕上がり厚さ・乾燥密度・含水比を算出し、CMSにより、帳票の自動作成を行った。

使用した建機を表-1に示す。本実証施工では、自社開発の自律バックホウ・自動ブルドーザに加え、酒井重工業社製自動振動ローラ、日野自動車の開発品である自動ダンプトラック計4台の自動・自律建機に

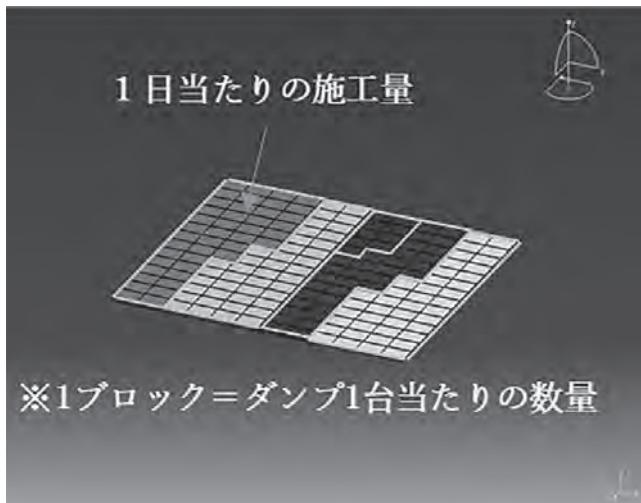


図-6 計画シミュレーション結果例

表-1 使用建機一覧

建機・車両名	仕様	台数
自律バックホウ	ZX-200 (0.8 m ³)	1
自動ブルドーザ	D5K (10 t 級)	1
自動振動ローラ	SV514DAuto (10 t 級)	1
自動ダンプトラック	日野プロフィア (積載 8 t)	1
有人バックホウ	ZX-200 (0.8 m ³)	1
有人ダンプトラック	10,000 kg	5

加え、有人バックホウ1台および有人ダンプトラック5台の計10台の建機に対し、建機FMSから各作業指示を送り統合管理を行った。

積込み現場では、自律バックホウのみで積込みを行い、自動ダンプトラックまたは有人ダンプトラックに土砂を積載した。なお、有人バックホウは自律バックホウを補助した。実証施工現場は図-5に示すように、盛土施工現場と積込み現場の2カ所に分かれており、自動ダンプの公道区間の走行はドライバーによる運転とした。一方、場内運搬、盛土施工現場での荷下ろしは自律運転とした。

盛土施工現場では、運搬されてきた盛土材料を自動ブルドーザで敷き均した後、自動振動ローラにより締固めを行った。品質管理にはAtlasXを使用し、転圧中には、aシステムによる計測、転圧後には、自走式散乱型RIロボットおよび3Dレーザースキャナによる計測を行った。

(2) 自動化の効果

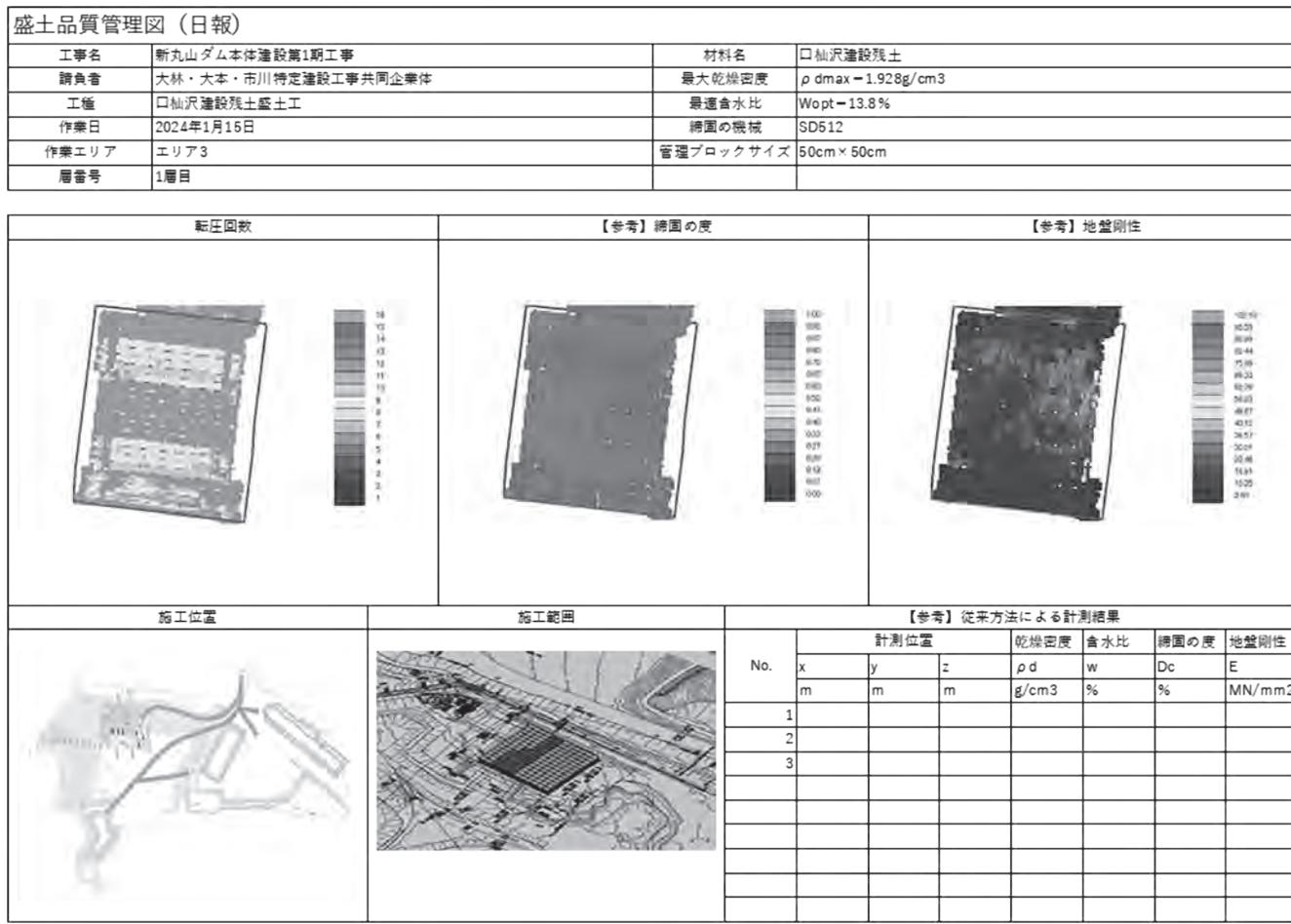
表-2に統合施工管理システムによる生産性向上の評価を示す。一般的に、土工における施工工程の検討に当たっては、元請職員、協力会社職員、職長と数名で調整をする必要がある。一方、CMSは条件入力から計画アウトプットまで元請1名が20分程度で実施することができた。

建機の統合管理に関しては、2カ所の現場における4台の自動建機・車両と6台の有人建機・車両を合わせた合計10台の建機・車両を、システム管理者1名で管理して自動施工を行った。3台の自動建機を使用した2022年度の無人化施工⁴⁾と比較して1名で管制できる台数は3倍以上となった。また自社開発機だけではなく他社開発の自動・自律建機や有人建機を、建機FMSで連携させて自動施工を実施できたことで、より実用的な自動施工技術による施工を行うことができた。

表-2 生産性向上の評価一覧

システム名称	機能	生産性向上効果	
		対象	内容
CMS	施工計画シミュレーション	施工管理者（元請）	元請1名が20分程度で実施
	帳票自動作成	施工管理者（元請）	労働時間ベースで日当たり0.13人/日の省人化
AtlasX™	盛土品質管理	施工管理者（元請）	品質管理業務1回当たり1名削減
建機FMS	複数建機・車両の統合管理	施工管理者（元請）	元請1名で建機・車両10台管理
現場ダッシュボード	遠隔臨場・リアルタイム情報共有	施工管理者（受発注者）	現場移動2往復/日削減の場合、1人当たり22時間/月の業務時間削減*

*試算



図一7 出力帳票例

品質管理においては、精緻に品質管理を行うことができた。またAtlasXで取得したデータはリアルタイムかつ自動でデータ処理され、CMSが受け取り、図一7に示すように、帳票として出力する。これにより、人の作業を0.13人/日程度削減できた。さらにAtlasXを活用すれば、施工エリアに立ち入ることなく品質管理業務を実施できることから、労働災害防止など安全性の向上に寄与することも実証できた。以上より、盛土の全体計画、品質管理の一連の作業の省人化が可能であることを確認した。

(3) 発注者の遠隔臨場

現場DBは複数のWEBカメラ映像や管理システムを一つの画面で一元的な管理を可能とする。本実証施工では、写真一3に示すように、発注者事務所のDXルームにも同システムを導入し、リアルタイムで盛土施工状況や品質管理・出来高管理帳票の確認を行った。本現場では、工事事務所（受発注者近接箇所に設置）と施工ヤード間の移動に車で片道15分程度かかるが、現場DBの活用により、施工状況や品質確認を遠隔で確認できるため、遠隔臨場による生産性向上に



写真一3 監視カメラ画面

つながると考えられる。仮に現場への移動が1日当たり2カ所削減できれば、60分/日人、22時間/月人の業務時間を削減でき、発注者および受注者双方の働き方改革への貢献が期待される。

(4) 長距離環境下での建機FMSによる管理および遠隔操縦

自動・自律型の建機・車両を管理する建機FMSの活用においては、緊急で建機オペレーターを必要とし

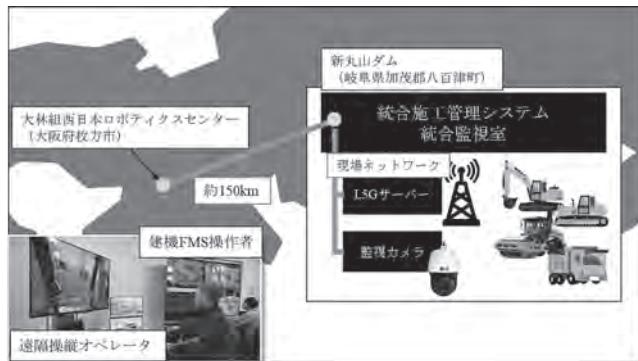


図-8 長距離環境下での遠隔操縦概要

た場合に、現地ではすぐに確保できないという懸念がある。そのため、建機の操作場所を現場だけでなく、自由に選択できる通信設備と管理システムを有していれば、今後の建設業界のさらなる生産性向上に寄与することができる。そこで、本実証施工では、図-8に示すように実証現場から約150km離れた大阪府枚方市の大林組西日本ロボティクスセンター（以下、WRC）から、建機FMSによる管理および緊急時を想定したバックホウおよびブルドーザの遠隔操縦も併せて実施した。

実証の結果、WRCの遠隔操縦席と建機の通信遅延は、過去に大林組が実施した遠隔施工⁵⁾における遅延目標値200 msec（一般的に遠隔操縦に支障を与える遅延の閾値）を下回る結果となった。以上より、長距離環境下での建機FMSによる作業指示の送受信やバックホウ、ブルドーザの遠隔操縦を実証することができた。

5. おわりに

本稿では、施工計画、自動・自律施工管理から品質管理までを自動で行う統合施工管理システムの開発と生産性向上の評価に関して述べた。得られた知見を以下に示す。

- ① CMSにより、施工計画および工程の検討を、条件入力から計画アウトプットまで元請1名が20分程度で実施することができた。
- ②建機FMSにより、システム管理者1名で計10台の建機を統合管理することができた。また自社開発機だけではなく他社開発の自動建機・車両や有人建機を建機FMSで連携させて自動施工を実施できたことで、より実用的な自動施工技術による施工を行うことができた。

③AtlasXを用いることにより取得したデータはリアルタイムかつ自動でデータ処理され、CMSを介して帳票として出力することにより、人的作業を0.13人/日程度削減できた。

④150km以上離れた西日本ロボティクスセンターと新丸山ダム本体建設工事現場で、長距離環境下での建機FMSによる作業指示の送受信やバックホウ、ブルドーザの遠隔操縦が可能なことを確認した。

統合施工管理システムは、新丸山ダム本体建設工事で予定している自律型コンクリート打設工への適用を目指し検証を繰り返し、さらなる生産性向上に向けた機能強化を図る予定である。

本実証施工は、国土交通省中部地方整備局新丸山ダム工事事務所の関係者の皆様に、多大なるご協力をいただきました。記してお礼申し上げます。

J|C|M|A

《参考文献》

- 1) 松崎 晃、稻川雄宣、古屋 弘:新しい締固め品質管理システムの開発、大林組技術研究所報、No.86、2022.12
- 2) 松崎 晃、稻川雄宣、古屋 弘:2023年盛土工事における多点計測のロボット化とクラウドを用いた締固め統合管理手法の開発、大林組技術研究所報、No.87、2023.12
- 3) 森 直樹、古屋 弘、宮内賢治:建設機械の改造が不要で着脱可能な装置による無人化施工技術の開発、熊本城崩落石撤去へ汎用遠隔操縦装置「サロゲート」の適用事例、建設機械施工 Vol.69、No.12、pp.58-63、2017.12
- 4) 西本卓生ほか:建機フリートマネジメントシステムによる遠隔・自動・自律運転の取り組み、土木学会第78回年次学術講演会、VI-11 自動化システム (3)、VI-790、2023.9
- 5) 稲川雄宣ほか:堤体盛土でのローカル5Gを用いた複数重機連携の遠隔操縦実証実験、大林組研究所報、No.85、2021

[筆者紹介]

岡本 邦宏（おかもと くにひろ）
(株)大林組
西日本ロボティクスセンター
施工技術部 技術開発課
副課長

西 彰一（にし しょういち）
(株)大林組
土木本部
生産技術本部 企画部
担当部長

松崎 晃（まつざき こう）
(株)大林組
技術本部
技術研究所 地盤技術研究部
主任

AI・IoT を活用した造成工事における デジタル施工管理システムの構築 ダンプトラックの運土情報記録システム

大貫 奈々美・藤井 攻

造成工事において土運搬管理は必須項目である。従来、ダンプの運土記録は人の手で行われている。複数のダンプが配備された現場では、各ダンプが土を運搬した回数及びその土量を手作業で集計しているが、数え間違いや記録の欠損により信頼性が欠如する課題がある。そこで、今回、ダンプの運土状態を自動で認識・記録し、運土情報を施工管理者向けに提供する運土情報自動記録システムを構築した。本システムは、ダンプの運転席の頭上に設置するダンプ運土状態認識システムとクラウド上に構築される運土状態管理システムの二つから構成されている。

キーワード : ICT, クラウド, GNSS, 3DLiDAR, 点群データ, AI, デジタル施工管理

1. はじめに

建設業界において、少子高齢化による人手不足や労働環境改善が叫ばれる中、生産性向上は早急の課題である。また、2024年には働き方改革関連法が適用された。これにより、罰則付きの残業規制がかけられた。これら問題の解決に向けて、ICT (Information and Communication Technology) や AI (Artificial Intelligence) などの技術を駆使した生産性の向上は必要不可欠である。造成工事において土の運搬管理は必須事項である。土を掘った場所と土を運んで積み上げた場所の施工記録から施工の進捗を把握し、施工計画の策定や品質管理に活用する。従来、ダンプトラックがどのエリアからどこのエリアに土を運搬したかは、ダンプ運転手など人の手で記録されている。複数のダンプが配備された現場では、それぞれのダンプの運土記録を回収し、施工現場内の土を運搬した回数及びその土量合計を手作業で集計している。これらデータは施工計画の策定や品質管理には必須のデータであるが、運転手による手作業の記録なため運土した場所の正確な位置を把握できない課題がある。加えて、数え間違いや記録の欠損によるデータの信頼性の欠如といった課題がある。

これらの課題を解決すべく 3DLiDAR で計測した点群データからダンプの状態（土を運んでいるか、降ろしているか）を AI で認識させ、その認識情報と GNSS の位置情報を組み合わせた運土情報自動記録システムを構築した。運搬土量の算出について、ダンプトラッ

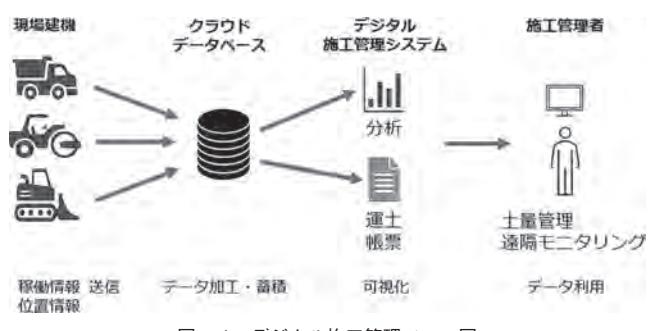
クの最大積載量は既知の値であるため、最大土量を運搬していると仮定すると、（積土場と盛土場の往復回数）×（最大積載量）で大まかな運土量が導きだせる。運土情報はダンプに備え付けられたデバイスによりクラウドシステムに送信され、クラウド上で複数ダンプの運土情報を集中管理する。クラウド上の運土情報は以下のような用途で活用される（図-1）。

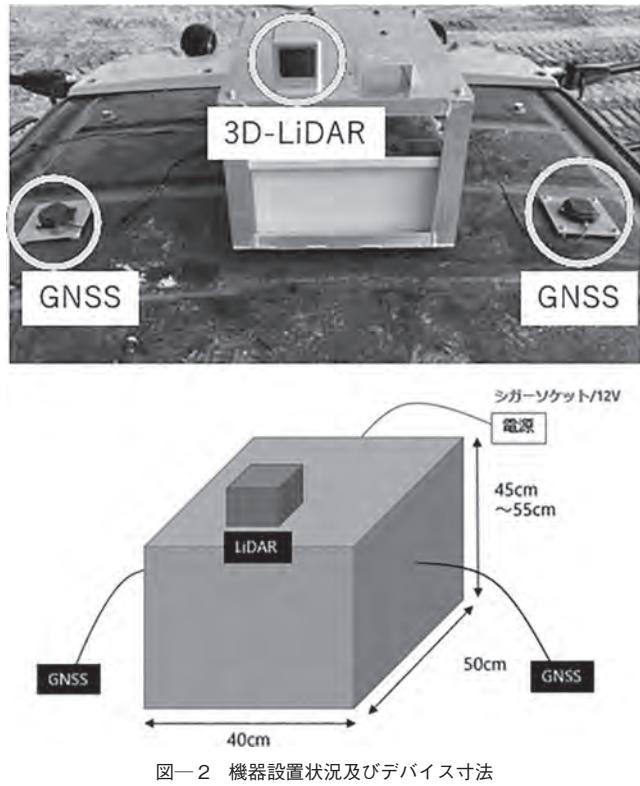
- ・クラウド上で運土状況をリアルタイムに把握
- ・クラウド上で蓄積された運土情報を用いて、施工管理に必要な運土帳票の自動作成
- ・施工計画に必要な運土情報の自動集計

2. システム概要

(1) ダンプ用デバイス

ダンプトラックの運搬状態の認識と土砂の運搬位置把握のため、3DLiDAR と位置測位センサー (GNSS) を用い専用のデバイスを構築した（図-2）。





3DLiDAR はダンプのベッセルを点群データとして計測し、計測データを点群情報処理用 PC に送る。点群データを受け取った処理用 PC は、Neural Network に点群データを入力しダンプの状態推定を得る。この時、Neural Network はダンプが土を積んでいるか (carry)，土を下ろしているか (dump-up)，土が空の状態 (empty) であるかの 3 状態のどれであるかを推定する。

(2) 位置情報送信デバイス

本デバイスの構成は、GNSS 受信機、LTE 通信機器、位置情報処理用 PC、点群情報処理用 PC で構成され、建機のシガーソケットにより電源を得ることで動作が可能となる(図-3)。推定したダンプの状態 (carry, empty, dump-up) と GNSS より得られる位置情報をクラウドに送信する。

3. AI による状態遷移識別

ダンプトラックの状態を識別する AI モデル作成は、以下の(1)～(4)の手順で実施した。

(1) 訓練データ作成のため点群データ取得

①AI がダンプの状態を認識するための訓練用点群データを取得する。



②施工中のダンプトラックに図-3 のデバイスを搭載し、実施工中の点群データを保存する。

(2) 取得した点群データへのラベリング

取得した点群データに対してダンプトラックの状態のラベリングを実施する。ラベリングは手作業でも実施可能であるが、膨大な数のデータへのラベリングは多大な労力を要するため、今回はラベリングを自動化した。まず、点群データを保存する際、目視でダンプを監視し、手作業でダンプの状態変化記録した csv ファイルを作成する。例えば、13:00 carry → 13:05 dump-up → 13:06 empty → … のように記録する。次に、この記録を用いて、ある時間におけるダンプの状態を把握し、点群データとダンプ状態を時間データから紐づけることで自動ラベリングを可能とした。上記に示したダンプ状態の記録に即すると、13:00 から 13:05 の間に取得した点群データに carry のラベリングを自動的に付与する。このように点群データ取得の際に手作業で作成したダンプの状態記録 csv ファイルを用いることで、点群データへの carry, dump-up, empty のラベリングを自動化した。

(3) Neural Network を用いた点群データの加工

3DLiDAR は、ダンプのベッセル以外にもレーザーを照射し点群データとして計測するため、不要な情報が点群データに含まれる。そこで Neural Network が点群データを入力する前に、点群データを次の手順で加工する。

手順 1

ダンプの状態認識に不必要的ベッセル以外の点データを削除する。不必要的点データを削除するために、ダンプのベッセルが点データとなり得る座標の範囲を

手動で見つけその範囲をパラメータ ($-5 < x < 5$, $y < 10$ など) とし、パラメータで定めた範囲以外の点データを点群データから自動的に削除する。

手順2

Neural Network に入力する点群データのデータ構造を一定にするためのデータ変換を行う。

Neural Network にデータを入力するには、入力するデータ構造を一定にする必要がある（例えば、 $100 \text{ pixel} \times 100 \text{ pixel}$ の画像）。一方で、3DLiDAR により作られる点群データは、複数レーザーを照射して跳ね返ってきたレーザーのみから点群データを作成する特性から、点群データの数が一定にならない。

そこで、グリッドデータに変換するために xyz の座標空間を正立方体で表現し、その立方体に計測した点データが存在するかを確認する。例えば、図-4 (a) のような二次元グリッドで原理を説明すると、図-4 (a) 内の黄色枠のようにグリッド内に点データが存在する場合、図-4 (b) のグリッドにて 1 と表現する。点データが存在しない箇所は 0 として表現する。このような操作を三次元グリッドで同様に行う。図-4 (c) にベッセルの状態画像と、その時に計測した点群データをグリッド化変換したものを図-4 (d) に示す。青色や緑色の点が 3DLiDAR で計測された点データであり、白色の立方体が点群データをグリッドデータに変換した際、1 のフラグが立った箇所になる。このようにグリッドで点データを表現することで、3DLiDAR で取得した点データの数に依存しない不变な構造で表現でき、Neural Network に入力できる形になる。

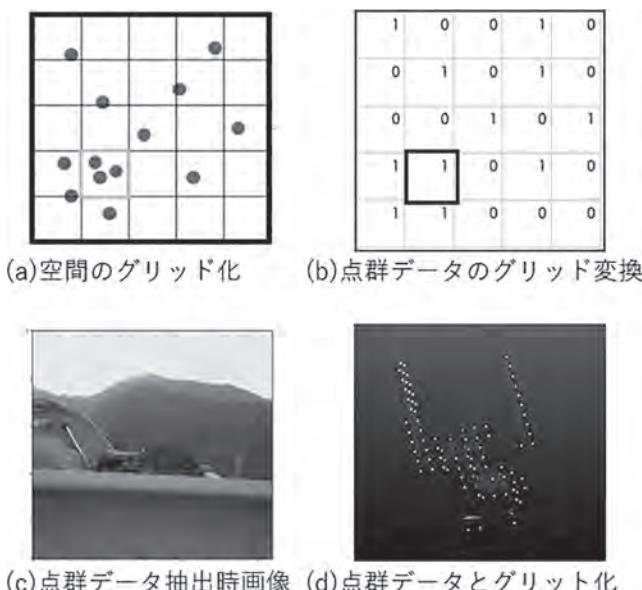


図-4 点群データ加工例

(4) AI による Neural Network の学習

最後に加工されたデータを用いて、ダンプ状態の認識 AI を作成する。学習により構築された AI モデルをダンプに取り付けられるデバイス内のエッジ PC にコピーし、ダンプの状態がリアルタイムに認識されるシステムを完成させる。この時、Neural Network に入力するためのデータ変換プログラムも併せてエッジ PC に導入し、3DLiDAR が生成した点群データを Neural Network へ入力する前にデータを変換する。エッジ PC 内に設置された AI は、一定の周期でダンプの状態を推定し続け、推定能力は PC スペックに大きく依存するが、今回は 0.1 秒ごとにダンプの状態を推定した。AI が点群データから状態を推定した時の例を図-5 に示す。

さらに、ダンプ状態認識の精度を向上させるため、AI による認識とステートマシンを組み合わせた。（ステートマシンとはステート「状態」とトランジション「遷移」によって制御する仕組み）

ダンプの状態が「empty」→「carry」→「dump-up」→「empty」と循環する性質を利用し、ステートマシンがある状態で、AI が移行可能な状態を認識した場合に、ステートマシンを次の状態に変更する。例えば、ステートマシンの状態が empty で AI が carry を検知した場合（実際にはダンプに土を詰め込み始めたタイミング）、ステートマシンの状態を carry に変更する。一方、ステートマシンの状態が empty の時に、AI がダンプの状態認識を間違え dump-up と誤認識した場合、AI の認識結果を誤認識としてステートマシンは empty に留まる。このようにステートマシンで状態を管理することで、AI が誤認識した場合（例えば、空の状態ダンプが移動している時、ベッセルの上に木が覆って間違えて dump-up と認識するなど）でも、システムはダンプ状態の誤認識を減少させることができくなる。エッジ PC は、ステートマシンの状態が変化した時に、変化した状態とその時の位置情報をクラ

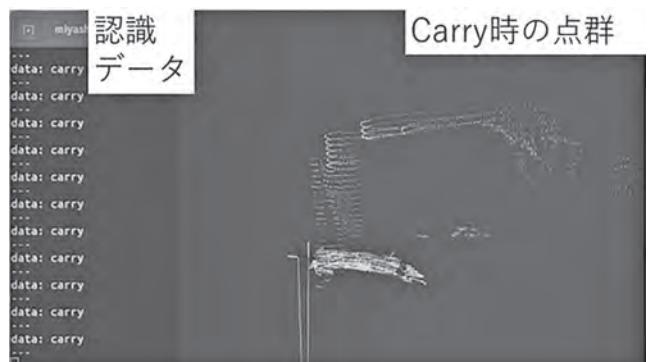


図-5 AI による状態認識及び点群

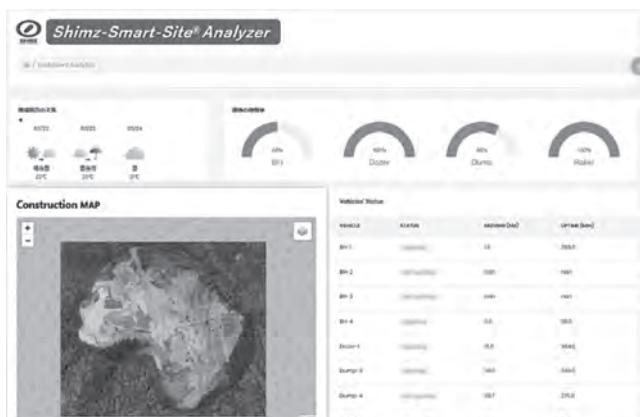
ウドシステムに送信する。

4. デジタル施工管理システム

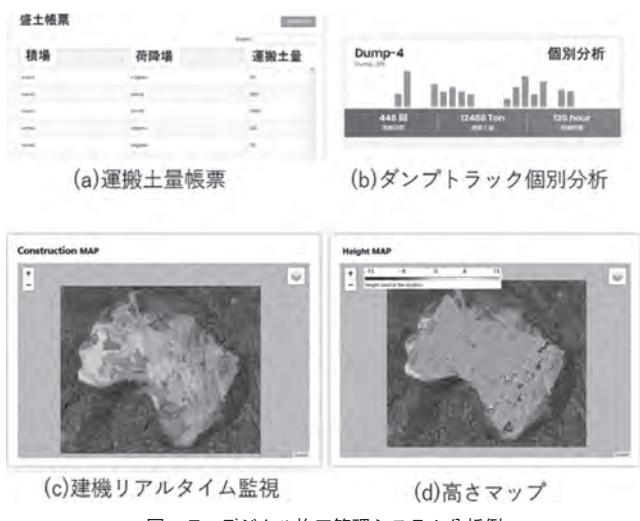
デジタル施工管理システムでは各デバイスから得られた施工データを Flask と呼ばれる Python の Web アプリケーションフレームワークを用い可視化した(図一6)。

Flask を採用した理由は、現場ニーズに合わせて柔軟に施工データをダッシュボード化することが可能であるからである。例えば、BI (Business Intelligence) ツールと呼ばれる分析ツールが近年、採用される傾向にある。データ可視化する際、用意されたテンプレートを用い、与えられた枠内でプログラミング知識を有していない人でも簡単に表示・分析することができるからである。しかし、BI ツールでは、後述する施工高さマップや建機リアルタイム監視をするためのテンプレートが用意されておらず、実装不可であると結論づいたため、Flask を採用した。

システムから得られる情報は以下の (a) ~ (f) であり、図一7 は、各種、分析例である。



図一6 デジタル施工管理システム（ダッシュボード全体図）



図一7 デジタル施工管理システム分析例

(a) 運搬土量帳票

- (b) ダンプトラック個別分析（運搬回数、運搬土量、稼働時間）

AI による状態遷移判定及び GNSS からの位置情報の組み合わせにより、得られたデータであり、現在、ダンプトラックの運転手が手作業で記録している運搬土量帳票をデジタル化したものである。

(c) 建機リアルタイム監視

建機アイコンが現場図面上にプロットされ、どのエリアでどの様な建機が作業しているかが、リアルタイムで把握可能である。

(d) 施工高さマップ

施工高さマップは、現場のある箇所を基準点とし、その基準点の高さからどれくらい高いかを色の濃淡で表しており、今後、振動ローラで転圧した際の出来高管理に使用することを念頭に作成した。

(e) 建機稼働状況把握（稼働率、稼働時間、移動距離）

建機稼働状況把握は各建機の累計稼働時間などの情報が得られる。用途として、例えば、長期間使用されていない建機を返却、若しくは、常に 100% 近く稼働しているのであれば、建機が不足していることを意味するので、追加するなどの計画に利用予定である。

(f) 気象情報

気象庁のデータベースを基に表示しており、直近 3 日間の情報を表示している。このように、現場で必要な外部情報を表示させられることも本システムの特徴である。

5. おわりに

本システムの導入により今までダンプトラックの運転手が手作業で記録していた帳票をデジタル化することが可能となり、従来の手法よりも確実でかつ、効率的に把握することができるようになった。また、GNSS からもたらされる位置情報を組み合わせることにより、どのエリアにどれくらいの土を運搬したかの情報を得ることができ、施工管理者は信頼性の高いデータを基に施工計画の策定・修正が可能となった。

デジタル施工管理システムにおいてはあらゆるメカ建機を対象にデバイスを取り付けることで、デジタル施工管理システムを導入することを可能とし、UAV による測量や人の手によって記録された運搬帳票を基に把握していた運搬土量や建機の稼働状況（稼働率、稼働時間、移動距離、施工高さマップ）などの情報がリアルタイムで得られることを確認した。

現在のダッシュボードに表示されているグラフなど

のデバイスから得られる時間情報・位置情報などは継続してデータの蓄積及び分析を実施していきたい。

本システムの活用により重機から排出されるCO₂を可視化・分析することで余分な排出を抑え、環境面においても貢献できるよう、システムの継続運用・改修していきたい。

現場に本システムを導入することで、建設業界における少子高齢化による人手不足問題や労働環境改善に寄与できれば幸いである。

J|C|M|A

[筆者紹介]

大貫 奈々美（おおぬき ななみ）
清水建設(株)
土木技術本部 機電統括部
ロボティクスグループ



藤井 攻（ふじい おさむ）
清水建設(株)
土木技術本部 機電統括部
兼 地下空間統括部水力計画G



画像認識 AI を用いた作業人工の計測

露木 健一郎・片村 立太・北原 靖之

建設業では、就業者数がピーク時の約7割に減少し、就業者の36%が55歳以上と、慢性的な人手不足に加え高齢化も進行している。さらに2024年度からは時間外労働の上限規制が適用され、生産性の抜本的な向上は切迫した課題となっている。そこで、建設現場の実働状況を自動的かつ定量的に把握するために、現場への導入が近年進んでいるネットワークカメラの映像を用い、AI画像認識技術により現場の技能者数と滞在時間を自動で算出するシステムを開発した。同システムの概要と現場に試適用した結果について報告する。

キーワード：計測システム、画像計測、画像認識、生産管理、建設マネジメント、土木情報学

1. はじめに

建設業の就業者数はピーク時の1997年から約3割減少し、慢性的な人手不足の状態にある。また、建設業就業者のうち29歳以下が占める割合は約12%である一方、55歳以上が約36%と高齢化も進行している¹⁾。そうした中、2024年4月から「働き方改革」の一環として時間外労働の上限規制が建設業にも適用され、施工現場の生産性向上はまさに喫緊の課題となっている。

ものづくりの現場の生産性を抜本的に向上する上で、日々行われる作業の中でどこにどれだけの人的資源が投入されているかを定量的に把握することは重要である。製造業の分野では、製品の組立・検査・物流などの各段階で作業時間を測定して稼働状況を分析するタイムスタディの手法が、米国の大量生産方式が始まった時代から行われ、現代のインダストリアル・エンジニアリングへと発展しながら、製造現場では自主的な改善活動として実践されている。一方、建設分野においても、新しい工法の導入効果を評価する際や現場作業の実態調査などで、作業にかかる人数や時間(作業人工)の測定が行われている。建設の現場で、作業にかかる人工を詳細に把握する場合には、作業が行われている時間と場所を網羅できるように複数の調査担当者を配置して、作業ごと・一定時間ごとに技能者の人数と作業内容を記録するといった方法が採られてきた。この方法では調査担当者は人や機械に張り付いて連続的な観察を行うため、高精度で詳細な作業データが得られる一方で、主にコスト面の制約から実施でき

る頻度や現場は限られ、様々な環境条件で行われる現場作業の人工や歩掛を評価する上で十分な量のデータを収集することは難しい。

近年、施工現場に低成本で設置が簡便なネットワークカメラが多数導入され、作業状況や入退場者のモニタリングなどに活用されている。ネットワークカメラの映像は、当該現場の事務所だけでなくインターネット回線を通じて、離れた場所から確認でき、クラウド等での保存やダウンロードも可能となっている。そこで筆者らは、現場に設置されたネットワークカメラの映像に対して、最近進展の著しいAI画像認識技術を活用することで、現場作業に従事する技能者の人数と滞在時間を自動で算出するシステムを開発することとした。本システムの開発と運用により、現場に調査人員を張り付けることなく作業人工の実績調査が可能になると期待される。本稿では、開発したシステムの概要について述べた後、システムを実際の橋梁現場に適用して施工の進捗に伴う作業人工の測定データに基づき、歩掛実績を分析した事例について報告する²⁾。

2. 作業人工の自動算出システム

本章では開発したシステムの概要を説明する。作業人工の自動算出システムは、現場に設置された固定カメラと、画像認識AIを用いて人物を検出するWebアプリサーバで構成される(図-1)。構築物や仮設機材などによりカメラに死角が生じる場合、カメラは複数台を設置することもある。映像データは、LTE

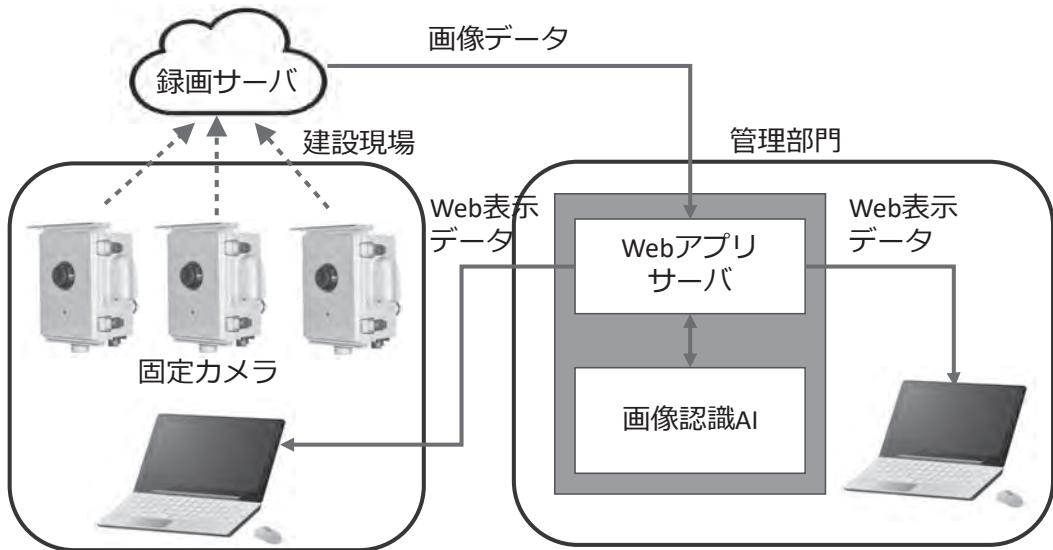


図-1 作業人工の自動算出システムの構成

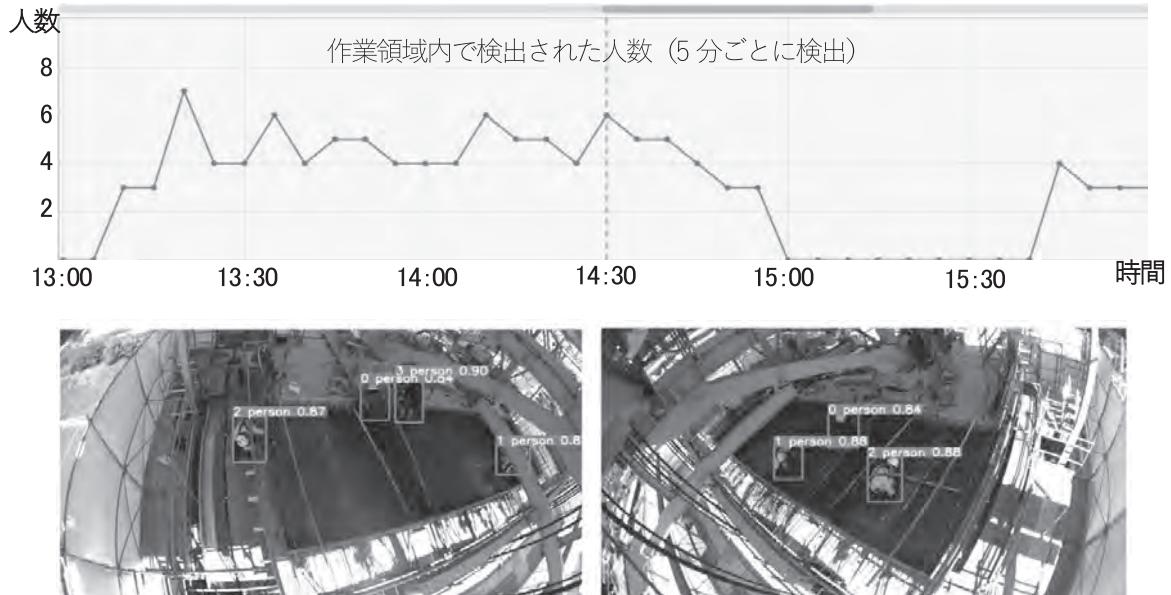


図-2 システム画面のイメージ (写真内の枠はAIが検出した技能者を示す)

回線を経由してクラウド上にある録画サーバに保存される。システムの利用者は、計測したい時間や作業領域などをWebアプリで設定しておけば録画サーバ内にある映像データが自動的に読み込まれ、AI分析に必要な画像が取得される。Webアプリサーバでは、取得した画像に対してAIによる人物検出が行われ、指定した時間間隔ごとに映像内に映っている技能者の人数が計算される。求められた人数は、人物検知を行う時間間隔ごとに積算され、その日の標準的な労働時間（8時間など）で除することで、単位を「人日」とする作業人工が求まる。Webアプリサーバに保存されたAI分析の結果は、現場事務所だけでなく社内のどこからでもWebブラウザを経由して確認できる（図-2）。

なお、本システムを用いれば、クラウドサーバ上の映像データだけでなく、過去に記録されたどこの現場の映像データも入力可能で、人工を自動で算出できる。

技能者の検出に用いるAIモデルには、これまで広く使われて実績のある人体検出モデル（YOLO v5 m6³⁾）を用いた。また、建設現場という環境や技能者の作業という特殊な状況の映像に対して、検出精度を向上させる必要から、建設現場の画像を2万枚ほど用いて学習を実施した。

また、前述したように現場に設置したカメラに死角が生じる場合、複数台のカメラを用いて計測対象の領域をカバーする必要があるが、複数台のカメラに映った同一人物を重複して数えないための対策が必要とな

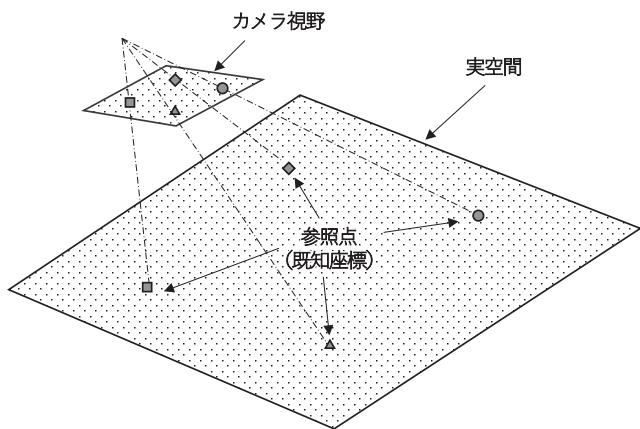


図-3 位置が既知の参照点を用いた実空間と画像上の座標の対応

る。そこで本システムでは、それぞれのカメラの視野内に、実座標が既知の参照点を4点設けることで、各カメラに映った技能者の位置（実座標）を特定できるようにした（図-3）。その上で、各カメラに映った技能者のうち、実空間における位置座標が一定の距離以下にある人物は、同一の人物であると判定することで、重複して技能者を数えない機能を設けた。この手法はシンプルではあるが、広い現場内で遠方からの顔認証は困難であり、保護具や作業服など似通った特徴から身体特徴による人物特定技術の適用も難しい建設現場の映像に対して、実用上十分な性能で人数を把握でき、複数台のカメラを連携させることで死角の多い作業領域に対しても重複なく作業人工を算出することができる。

3. 実現場における試適用

橋梁の実現場に固定カメラを設置して、約8カ月の間、画像データを取得して、本システムによる作業人工の計測を行った。当該現場では、移動作業車（ワーゲン）を用いた施工が行われており、移動作業車の天井部分にカメラを設置することで、施工進捗に伴うカメラの移設作業を省略した。移動作業車の部材により1台のカメラでは死角が生じるため、計測対象とする作業領域（約12m×4mの長方形範囲）の全体を4台の固定カメラでカバーした（図-4）。なお、当該現場では、1ブロックあたり橋軸方向に2.5～4.0mずつの施工が繰り返し行われたが、施工期間中にカメラの再設置は必要なかった。

図-5に、ある施工ブロックで計測された技能者の人数履歴を示す。型枠組立から配筋、コンクリート打設といった施工サイクルにおける技能者数の推移が可視化されており、例えばコンクリート打設時には他

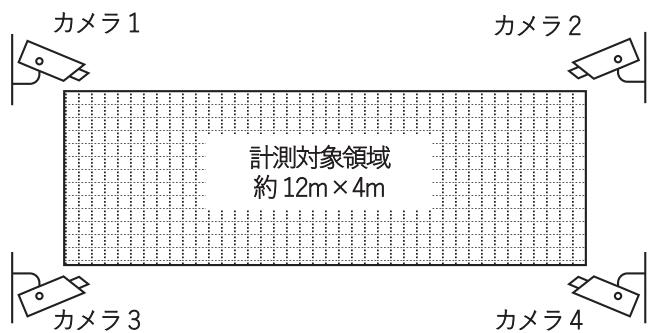


図-4 計測の対象領域とカメラの設置位置

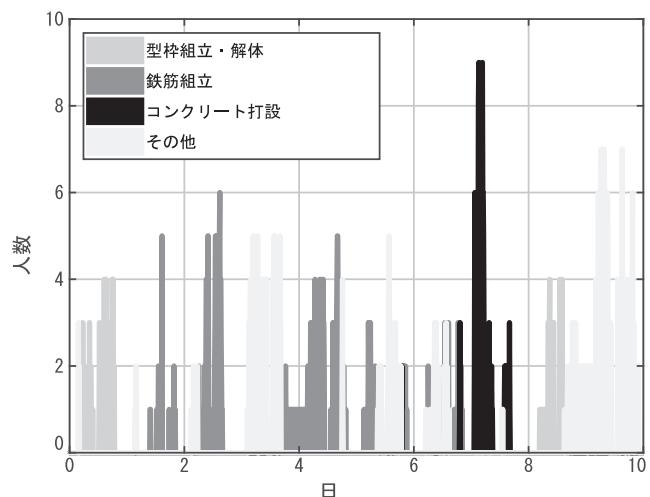


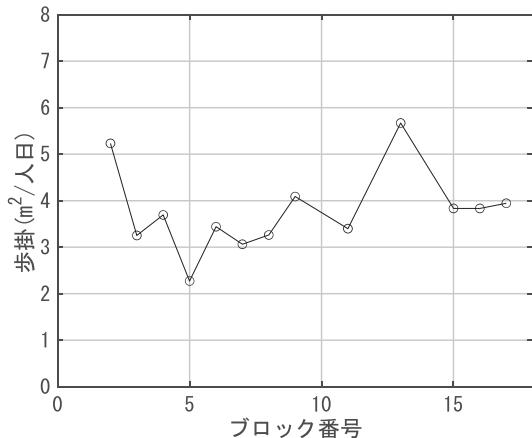
図-5 技能者の人数を一定時間間隔で計測した例

の作業と比較して多くの技能者が対象領域内で作業していることが分かる。なお、今回の試適用時には、映像を人が見て作業分類を行っており、作業内容の分類はAIが自動で分類したものではない。

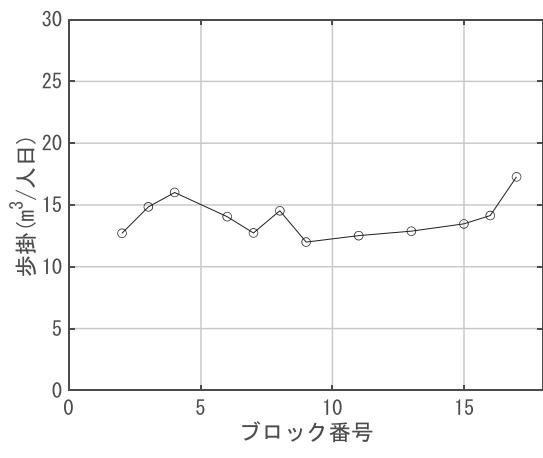
4. 人工データを用いた歩掛分析

本システムを用いて日々の作業を連続的に計測することで、作業に要した人工の日変化、また施工ブロックが進む中での人工の変化も自動で求めることができる。こうしたデータに基づく作業分析の一例として、計測した人工と出来高の実績値を用いて歩掛を推定した結果を示す。ここで用いた人工は指定した作業領域内で計測されたものであり、指定作業領域外で行われた作業は考慮していない。また今回の試適用では、指定領域内に入った人物は全て人工計算の対象としており、その人物が実際に作業を行っていたかどうかは考慮していない。

施工ブロックごとの型枠組立、コンクリート打設、鉄筋組立作業に関して、歩掛の変化を調べた結果を図-6に示す。なお、ここでは1人で7時間の作業を1人日



(a) 型枠組立



(b) コンクリート打設

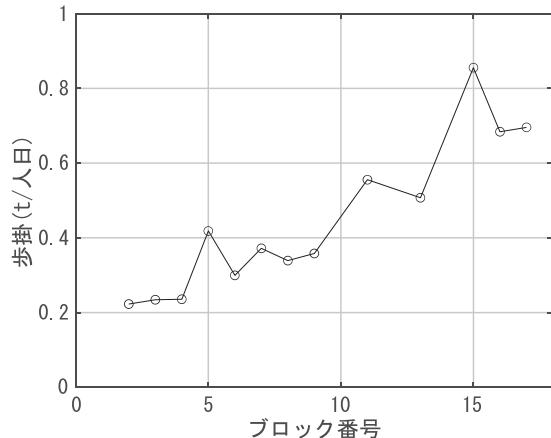


図-6 施工ブロックごとの歩掛け変化

として計算した。図-6 (a), (b) より、型枠組立とコンクリート打設の歩掛けについては、変動が見られるものの、施工ブロックの進捗に伴う変化の傾向は見られない。一方、鉄筋組立 (図-6 (c)) については、ブロックが進むに伴って歩掛けが上昇する傾向が見られ

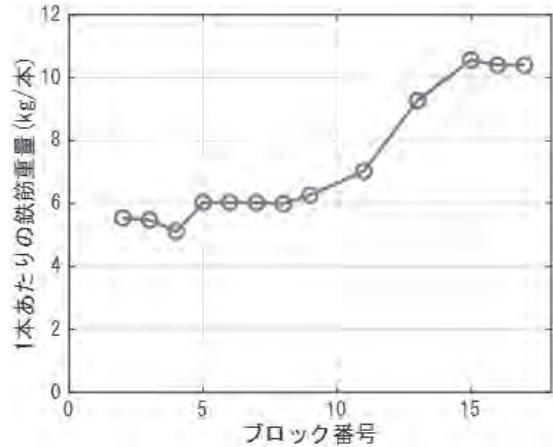


図-7 鉄筋 1 本あたりの重量の変化

る。このことの主な要因として、施工ブロックが進むにしたがって、設置される鉄筋径が大きくなり、鉄筋 1 本あたりの重量が重くなったことが考えられる (図-7)。今回計測を行った範囲では、鉄筋 1 本あたりの重量が増えても配筋に要する時間は重量増加分ほど多くならなかったため、結果として歩掛けが上昇しているものと推定される。ただし、鉄筋 1 本の重量がさらに増えて、技能者の運搬・配筋時間が増加するような状況になった場合には、作業歩掛けの低下が生じることも起こりうる。こうした作業人工の計測を様々な条件の現場で繰り返して、計測データを蓄積していくことで、例えば鉄筋径や鉄筋長さといった作業条件ごとに異なる歩掛けデータやその分布が明らかになるとを考えている。

5. おわりに

近年、建設現場に多数導入されている固定カメラからは、毎日膨大な映像データがクラウドに集められている。その映像データを活用して、画像認識 AI を適用することで、指定した領域内の技能者数と滞在時間を自動的にデータ化するシステムを開発した。同システムを橋梁の施工現場に試適用することで、日々の作業人工を自動収集し、歩掛け分析を行った事例を紹介した。従来、膨大な労力と人数を投入して収集していた詳細な歩掛けデータを簡易に計測できることを実証した。製造業の現場と比較して、実施のハードルが高かった建設現場の作業分析を実践していくために、一定の進捗を得ることができたと考えている。今後は、技能者の工種の識別機能を開発することなどにより、人工の計測精度向上や分析作業のさらなる自動化を進め、本システムを多くの現場に展開することで詳細な歩掛けデータを効率的に収集し、分析結果を施工計画に反映

させることにより建設ものづくりの生産性向上を推進していきたい。

J C M A

《参考文献》

- 1) 社会資本整備審議会、建設業を巡る現状と課題（第25回基本問題小委員会配付資料）、国土交通省、2023年5月
- 2) 片村ら、画像AIを用いた技能者人工計測による歩掛調査、土木学会第79回年次学術講演集、VI-795、2024
- 3) Ultralytics Inc., Ultralytics YOLO Docs, GitHub. 2024,
<https://github.com/ultralytics/yolov5> (accessed 2024-10-17)

[筆者紹介]

露木 健一郎 (つゆき けんいちろう)
鹿島建設㈱
技術研究所
主席研究員



片村 立太 (かたむら りゅうた)
鹿島建設㈱
技術研究所 先端・メカトロニクスグループ
上席研究員



北原 靖之 (きたはら やすゆき)
鹿島建設㈱
技術研究所 先端・メカトロニクスグループ
主任研究員



山岳トンネル仮設備遠隔管理システムの開発

T-ds, C-dsによる省力化の実現

副島 幸也

山岳トンネル工事には多くの仮設備が配置、運用されている。代表的な仮設備として工事排水を清浄化する濁水処理プラントと吹付コンクリートを製造する吹付プラントが挙げられるが、その適切な運用・管理を行うため運転員と元請け職員に多くの労力が発生している。この課題に対処するため、クラウドを利用したデータの一元管理とプラント機能の自動化を図る、濁水処理プラント遠隔管理システム「T-ds」、吹付プラント遠隔管理システム「C-ds」を開発した。本稿では、その開発内容について報告する。

キーワード：山岳トンネル、濁水処理プラント、吹付プラント、遠隔管理、省力化、自動化

1. はじめに

現在、我が国では人口減少と少子高齢化を背景として産業界における労働力不足が顕在化しつつある。建設業においても例外なく深刻な問題であり、団塊世代の離職による就労者数の減少、それに伴う熟練技術の継承断絶などが懸念されている。このような状況を開拓するため、建設DXの導入により、AI、ICT、IoT等のデジタル技術を取り入れて複合的に活用することで、業務プロセスそのものを変革し、建設生産プロセス全体を最適化することが期待されている。

安藤ハザマでは、ICTにより山岳トンネル工事の生産性、安全性を大幅に高める取り組みとして「山岳トンネル統合型掘削管理システム（i-NATM[®]）」の開発を推進している。この一環として、山岳トンネル工事で用いる仮設備に対し、クラウドを利用したデータの一元管理とプラント機能の自動化を図る、遠隔管理システムの開発に取り組んだ。山岳トンネル仮設備遠隔管理システムの全体イメージを図-1に示す。本稿では、開発した濁水処理プラント遠隔管理システム「T-ds」、吹付プラント遠隔管理システム「C-ds」について紹介する。

2. 仮設備管理の課題

山岳トンネル工事では、多くの仮設備が配置され運用されている。代表的な仮設備として工事排水を清浄化する濁水処理プラントと、吹付コンクリートを製造する吹付プラントが挙げられる。

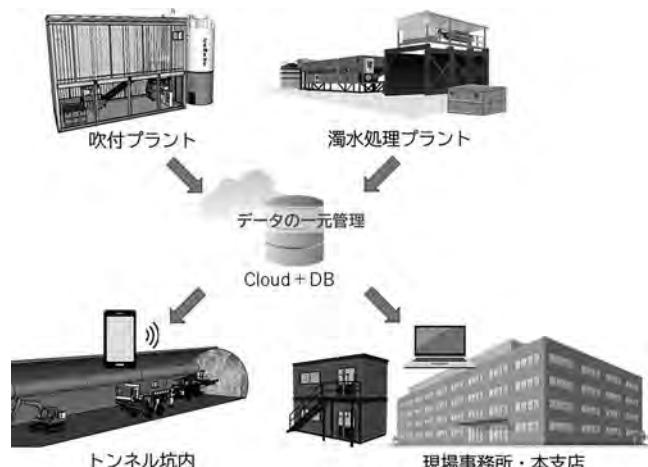


図-1 山岳トンネル仮設備遠隔管理システム

濁水処理プラントでは、工事により発生する濁水が周辺環境に影響を与えないよう、適切な処理を行い清浄化して排水する、環境管理を行う上で重要な設備である。

排水の性状は工事の状況に応じて変化するため、きめ細やかな運転管理が必要となっており、専任の運転員を配置することが一般的である。また濁水は工事休止日においても継続的に発生する多いため、週末や長期休暇など運転員が不在となる場合においても安定した設備運用を求められ、その管理体制構築は、工事を行う上で大きな負担となっている。

吹付プラントでは、吹付コンクリートの製造を行う。吹付コンクリートは、トンネルの品質に大きな影響を与えるため、非常に重要な設備である。

吹付コンクリートの製造は、トンネル掘削に合わせ

て行う必要があるため、製造作業のタイミングが一定とならず運転員の待機時間が多くなるという課題がある。また、元請け職員は運転データをとりまとめ、品質管理を行う必要があり、これも大きな負担となっている。

これらの課題に対処するため、クラウドを利用したデータの一元管理とプラント機能の自動化を図る、濁水処理プラント遠隔管理システム「T-ds（ティーダス；Turbid water treatment facility -Digital Transformation Control System）」および吹付プラント遠隔管理システム「C-ds（シーダス；Concrete Batcher Plant -Digital Transformation Control System）」を開発した。

3. T-ds の概要

濁水処理プラント遠隔管理システム T-ds の概要を図-2 に示す。ここでは T-ds の主な機能を紹介する。

(1) Web 監視機能

原水および処理水の水質（pH・濁度）や使用する薬材（PAC, 高分子凝集剤, 炭酸ガス）の添加量・残量を Web 管理画面上から確認することができる。写真-1 に現場事務所における T-ds 閲覧状況を示す。水質情報はチャート形式で表示されるため、水質

の変化を視覚的に理解することができる。これにより現場の担当者は薬品欠損などの状況をリアルタイムに認知し、効率的に対処を行うことを可能とする。またメーカーも Web から状況確認が可能なため、トラブル時の素早い状況把握が可能となる。

(2) 帳票の自動作成機能

日報・月報などの管理帳票を自動で作成する。作成した帳票は Excel で出力されるため、現場状況に応じた帳票修正も容易であり、帳票作成に伴う元請け職員



写真-1 現場事務所における T-ds 閲覧状況

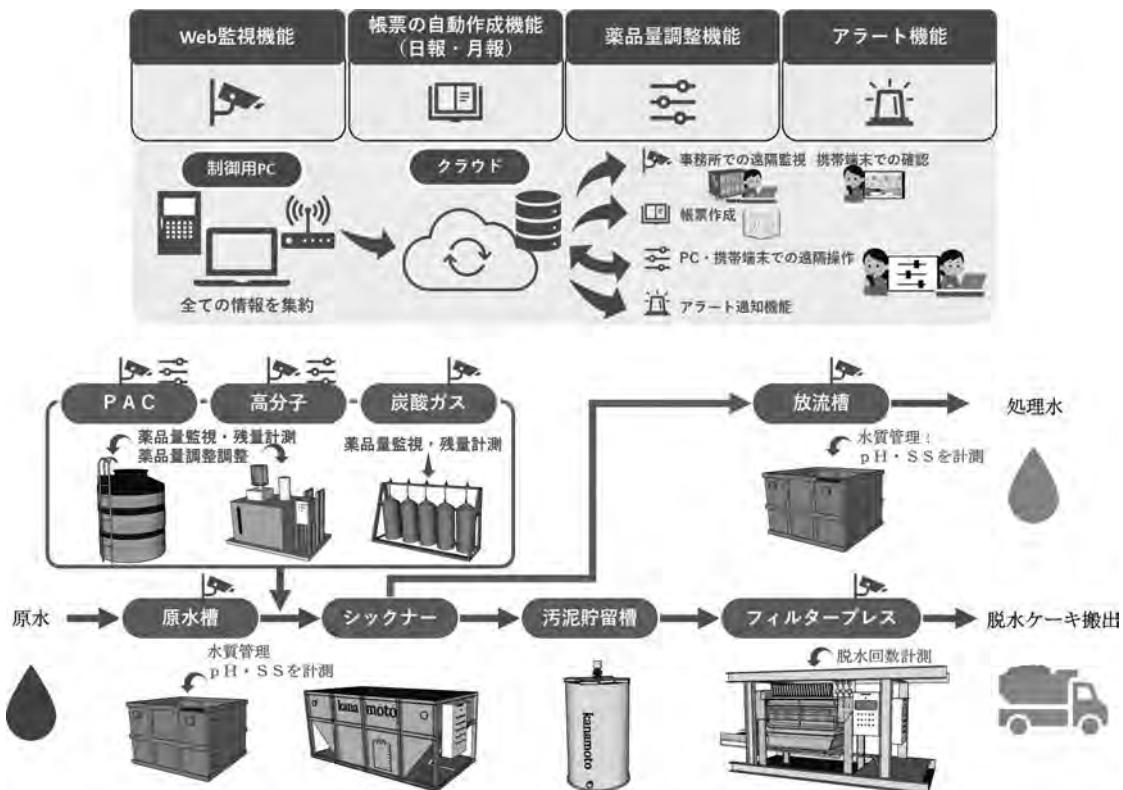


図-2 濁水処理プラント遠隔管理システム T-ds (ティーダス)

の負担を軽減する。また収集したデータは個別に CSV データとしての出力も可能で、プラントの運転状況を分析するなどに役立てることができる。

(3) 薬品量調整機能

原水の濁度に合わせ、PAC および高分子凝集剤の添加量を自動で調整する。濁水となる要因は現場ごとに異なるため、予めジャー・テストなどで薬品添加量の校正を行う必要はあるが、過剰な薬品添加の抑制、および不適切な添加量設定による濁水放流のリスクを低減することができる。

山岳トンネルで濁水の pH 調整を行う炭酸ガスはガスボンベを連ねて使用することが一般的であるため、ボンベから供給されるガス圧が設定値以下に低下した場合に使用するガスボンベを自動で切り替え、ガス切れを起こさずに供給を続けると共に、メール通知により新規ボンベの補充を運転員および元請け職員に促す。

(4) アラート機能

処理水の水質異常、および薬品残量が設定値を下回った場合にメールにてアラートを通知する。アラートは「注意」「警報」の 2 段階を設定することができる。また通知先は複数設定が可能であり、トラブル時の迅速な対応に寄与する。図-3 にアラート設定画面を示す。

4. C-ds の概要

吹付プラント遠隔管理システム C-ds の概要を図-4 に示す。ここでは C-ds の主な機能を紹介する。

【警報：水質アラート】	
管理値上限(pH)	8.6
管理値下限(pH)	5.8
管理値上限(濁度)	50
【注意：水質アラート】	
管理値上限(pH)	8.4
管理値下限(pH)	6
管理値上限(濁度)	45
更新	
【警報：材料アラート】	
警報発生残存量 PAC (Kg)	1000
警報発生残存量 高分子 (Kg)	10
警報発生残存量 炭酸ガス① (Kg)	300
警報発生残存量 炭酸ガス② (Kg)	0
更新	

図-3 アラート設定画面

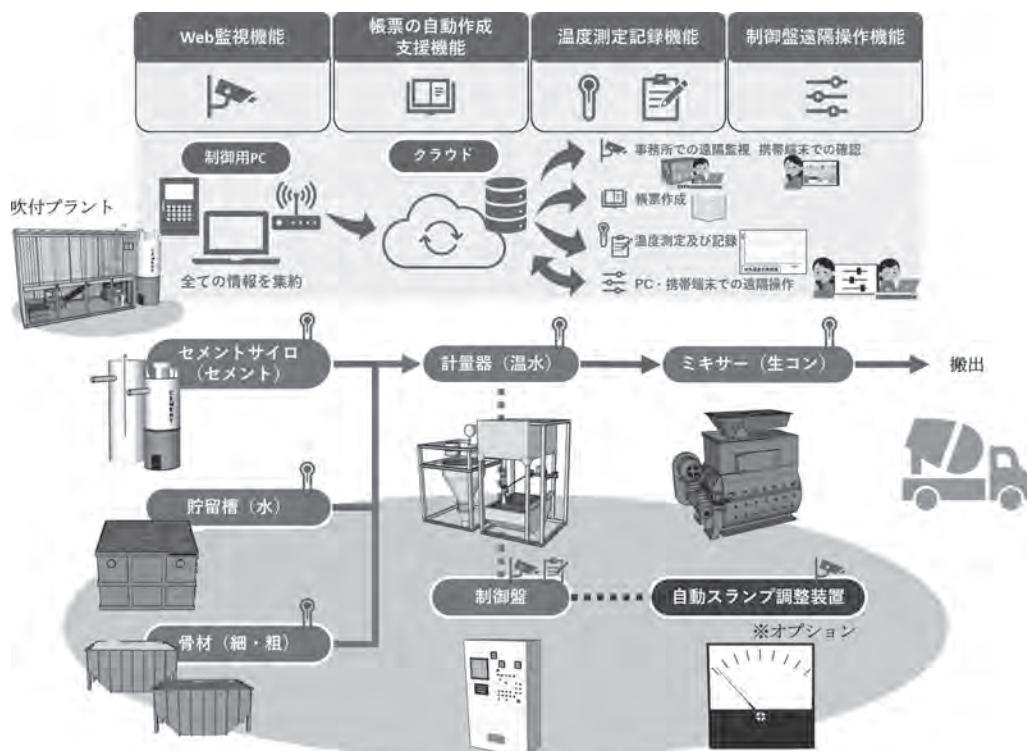


図-4 吹付プラント遠隔管理システム C-ds (シーダス)

(1) Web 監視機能

吹付コンクリート練混ぜ時の原材料計量結果やミキサーの動作状況を Web 管理画面上で確認することができる。吹付コンクリートは品質的に重要な材料であり、迅速な状況把握、作業省力化を実現するほか、メーカー・本社などの技術部門と情報共有を行うことで、トラブルの防止や早期の解決に寄与する。

(2) 帳票の自動作成支援機能

吹付コンクリートの原材料の練混ぜ計量結果から、材料管理帳簿および動荷重試験帳簿を自動作成する。これにより帳票作成に伴う元請け職員の業務負荷を軽減させる。取り扱いはシンプルであり、現場の事務員らが容易に操作可能である。写真—2 に操作状況を示す。

(3) 温度測定記録機能

練混ぜ時の吹付コンクリート温度、およびその原材料の温度を測定記録する。図—5 に温度測定記録の表示画面を示す。材料温度の他、プラント内外の温度も記録し、これらは連続記録するため、練混ぜを行っ



写真-2 C-ds 操作状況

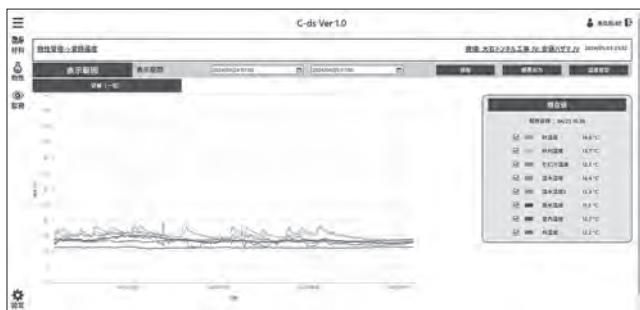


図-5 温度測定記録画面

ていない時間帯での材料温度の変化や、外部環境との関連性を把握することが可能である。

また、自動スランプ調整装置を設置している場合は、そのスランプデータも記録可能である。

吹付コンクリートの品質管理指標を記録し、日常管理および不具合時の参考資料とすることで、品質保持・品質向上を実現する。

(4) 制御盤遠隔操作機能

従来は吹付プラント運転室の制御盤からの運転操作を必要としていたが、操作機能を付与したタブレットにより、吹付プラント周辺からタブレットの操作画面上でコンクリート自動練混ぜなどの制御を遠隔で行うこととした。これによりミキサー車の清掃作業やホッパーへの材料供給作業中でも、その場で簡易な操作が可能となり、運転員の作業が効率化される。

図-6 にタブレット画面を示す。また写真-3 にタブレットを確認しながら別の作業を行う状況を示す。

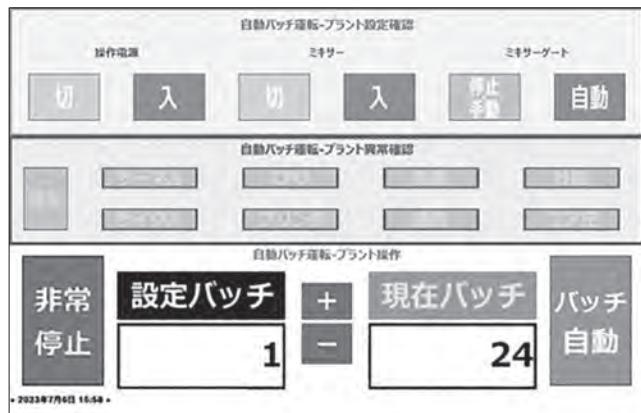


図-6 タブレット画面



写真-3 タブレットを確認しながらの材料供給作業状況

5. おわりに

本システムは2023年度に安藤ハザマの複数の山岳トンネル工事に導入され、プラント運転員および元請け職員の負担軽減を実現していることから、概ね好評を得ている。また、運用先の現場でのヒアリングを基に、様々な機能改善にも取り組んでいる。T-dsにおける炭酸ガス自動切替装置などは追加開発した技術の一つである。また、実績を順調に伸ばすことができたことから、T-dsについては2024年にNETIS（濁水処理プラント遠隔管理システム KK-240028-A）を取得するに至った。

仮設備は直接工事と比較して工期短縮などに直結することが少ないため軽視されやすいが、品質確保や環境保護を目的とした重要な設備であり、安全向上、作業負荷の軽減といった様々な面で改善を検討すべき対象の一つと考える。現場へのヒアリングでは、まだまだ効率化・改善を願う声が少なくない。システムは管理店所から閲覧できる（写真一4）ため、運用状況を確認しながら、今後も様々な効果検証と機能改善により、更なる現場の効率化を目指していく。

また、これらの取り組みは(株)カナモト、名岐エンジニアリング(株)らと共同で行ったものである。開発に当



写真一4 本社からの設備稼働確認状況

たり様々なご指導をいただいた関係各位には、この場をお借りして感謝の意を表す。

J C M A

[筆者紹介]

副島 幸也 (そえじま こうや)
(株)安藤・間
建設本部 機電部
機電グループ長



切羽鏡面の吹付けコンクリートのひび割れ検出により 肌落ちの予兆を知らせるシステムの開発

切羽画像から肌落ちの予兆を AI で検知

浜田 元・清水 隆司・久保 陽平

厚生労働省では、2024年3月に「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン」を改正しており、山岳トンネル工事の切羽における労働災害のより一層の防止を図ることが求められている。同ガイドラインにおいて、切羽鏡面のコンクリート吹付けは、切羽での肌落ちリスクを低減させるための有効な対策の一つであり、切羽地山のゆるみを抑制するとともに、切羽の変状を視認しやすくするとされている。本稿では、作業員が切羽に近づく場面の切羽画像から、AI により切羽鏡面の吹付けコンクリートのひび割れを検出し、肌落ちの予兆を知らせるシステムを開発したので報告する。

キーワード：山岳トンネル、切羽、肌落ち、鏡吹付けコンクリート、画像、AI

1. はじめに

厚生労働省では、2024年3月に「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン（以下、ガイドライン）」¹⁾を改正しており、山岳トンネル工事の切羽における労働災害のより一層の防止を図ることが求められている。

ガイドラインには、肌落ち災害防止に有効と考えられる具体的な対策が複数示されており、その一つとして、切羽鏡面のコンクリート吹付け（以下、鏡吹付け）が挙げられている。ガイドラインにおいて、鏡吹付けは、掘削により露出した地山を早期にコンクリートで覆うことで切羽地山のゆるみを抑制することができるとしている。また、切羽鏡面がコンクリートで覆われるため、切羽の変形により生じるひび割れや変状が視認しやすくなるとされている。一方、ガイドラインでは、肌落ち災害防止対策の実効性をより一層高めるため、切羽監視責任者の切羽監視を補助することを目的として、最新のデジタル技術などを積極的に活用することが求められており、その一例として、各種センサーを活用した切羽監視・肌落ち検知の取り組みが挙げられている。

本稿では、装薬作業や鋼製支保工建込み作業など、作業員が切羽に近づく場面の切羽画像から、AI により鏡吹付けコンクリートに生じるひび割れを検出し、肌落ちの予兆を知らせるシステム（以下、肌落ち監視システム）を開発したので報告する。

2. 肌落ち監視システムの概要

肌落ち監視システムの概要を図-1に示す。本システムは撮影機器と解析 PC で構成されている。

撮影機器の主な仕様を表-1に示す。撮影機器は、撮影対象の切羽寸法を高さ 8 m × 幅 10 m、撮影機器

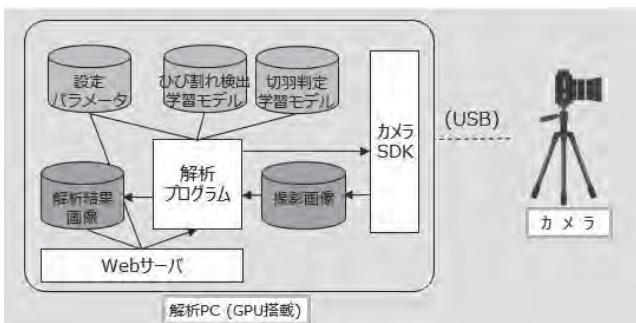


図-1 肌落ち監視システムの概要

表-1 撮影機器の主な仕様

カメラ		レンズ	
撮像素子	35 mm フルサイズ (35.7 × 23.8 mm)	対応撮像 画面サイズ	35 mm フルサイズ
カメラ有効 画素数	約 6,100 万画素	焦点距離	24 ~ 105 mm
ISO 感度	50 ~ 102,400	画角 (35 mm 判)	84° ~ 23°
シャッター 速度	1/8,000 ~ 30 秒 バルブ	開放絞り (F 値)	4
連続撮影速度	最高 約 10 コマ / 秒	最小絞り (F 値)	22

と切羽鏡面の離隔を 10 ~ 15 m, 検出するひび割れの最小幅を 1 mm と想定し仕様を定めている。カメラはレンズ交換式デジタルカメラで、撮像素子が 35 mm フルサイズ、有効画素数が約 6,100 万画素である²⁾。レンズは 35 mm フルサイズ対応で、焦点距離が 24 ~ 105 mm、画角が 84° ~ 23° である³⁾。

解析 PC は、撮影画像のサイズ (40 MB)、ひび割れを検出する際の撮影画像の分割数 (20 × 20 分割)、ひび割れの検出時間 (1 ~ 2 分) などから必要な処理能力を想定し仕様を定めている。解析 PC の主な仕様は、CPU が Core i7-12700H、メモリが 16 GB、GPU が NVIDIA GeForce RTX 3070Ti (メモリサイズ 8 GB) である⁴⁾。なお、解析 PC には、図-1 に示すとおり、設定パラメータ、ひび割れ検出学習モデル、切羽判定学習モデルで構成する解析プログラムがインストールされている。

ひび割れ検出の処理フローを図-2 に示す。切羽画像は、解析 PC よりカメラへ撮影開始を指示し、事前設定した時間間隔で取得する。取得した切羽画像は、事前設定した分割数にしたがって画像分割し、複数枚の分割画像（以下、パッチ画像）を作成する。その後、学習モデルにより、パッチ画像ごとに鏡吹付けコンクリート面（以下、切羽鏡面）であるか否かを判定し、切羽鏡面と判定したパッチ画像に対してひび割れ検出を行い、ひび割れ検出結果を出力する。

3. ひび割れ検出 AI エンジンの適用性の検討

(1) 検討の概要

コンクリート構造物のひび割れ検出で実績を有する AI エンジン⁵⁾について、吹付けコンクリートのひび割れ検出への適用性を確認するため、選定した撮影機器により吹付けコンクリート供試体のひび割れ画像を取得し、AI エンジンの基本学習モデルを用いてひび割れ検出を試みた。なお、AI エンジンは、セマンティックセグメンテーション⁶⁾を用いて作成している。

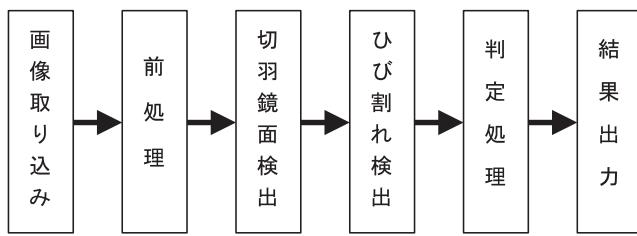


図-2 ひび割れ検出の処理フロー

(2) ひび割れ画像の取得方法

吹付けコンクリート供試体のひび割れ画像の撮影状況を図-3 に示す。供試体は縦 400 mm × 横 850 mm × 厚さ 50 mm であり、撮影機器と供試体との離隔を 15 m、撮影範囲はレンズの調整により供試体中央を基準として左右に各 5 m、供試体撮影面の照度は約 200 lx とした。供試体のひび割れは、供試体背面から油圧ジャッキで段階的に載荷し発生させた。

(3) ひび割れの検出結果

ひび割れ検出結果の一例を写真-1 に示す。写真-1 に示すとおり、AI エンジンの基本学習モデルにより、幅 1 mm のひび割れを検出している。この AI エンジンが、吹付けコンクリートのひび割れ検出に適用できることを確認した。

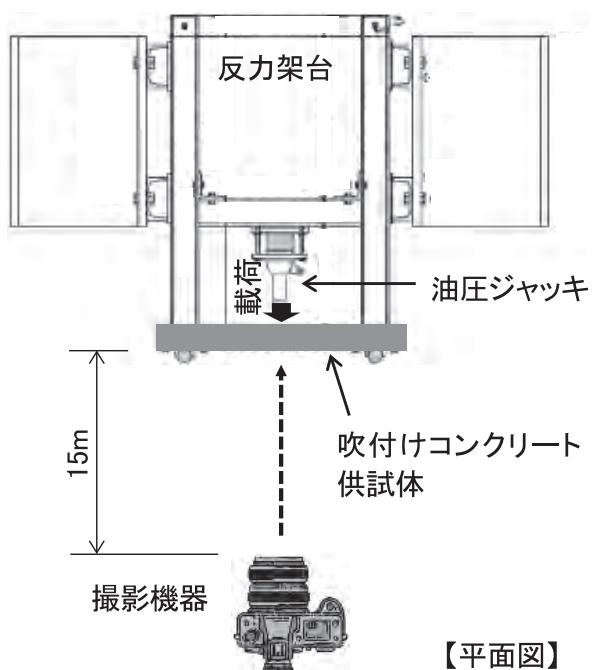


図-3 ひび割れ画像の撮影状況

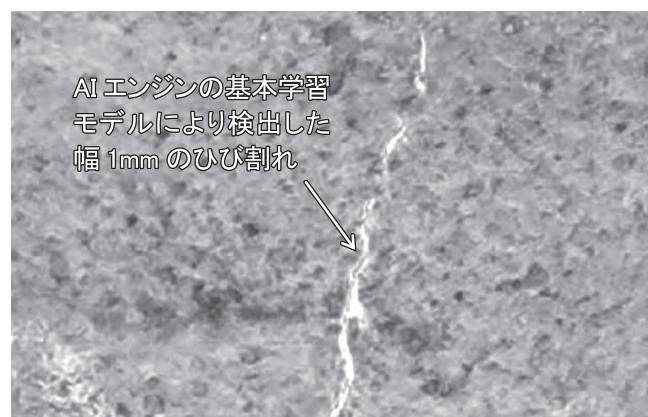


写真-1 ひび割れ検出結果

4. 肌落ち監視システムの学習モデルの作成

(1) 学習モデル作成の概要

作業員が切羽に近づく場面の切羽画像には、当然ながら作業員、ブームやマンケージなどの施工装置が写り込む。そのため、本システムでは、複数のCNN(Convolutional Neural Network)⁷⁾を適宜用いて切羽鏡面とそれ以外を区別し、検出した切羽鏡面に対しひび割れ検出を行う。なお、ひび割れ検出では、装薬時の電気雷管の脚線もあわせて検出し、ひび割れとの誤認を防止する。

(2) 切羽鏡面検出の学習モデル

(a) 学習モデルの作成方法

切羽鏡面を検出するため、切羽画像2枚から画像分割などにより教師データ(1,600枚)を作成し、CNNを用いて学習モデルを作成した。

学習モデルの作成では、切羽鏡面の検出精度を高めるため、図-4に示すとおり、2種類のCNNを段階的に用いた。1段階目の学習モデル作成では、切羽画像を 20×20 のパッチ画像に分割し、パッチごとに「切羽鏡面」、あるいは「切羽鏡面以外」としてラベルを割り当て、CNNの一つであるResnet18⁸⁾に予測させて正解（技術者が切羽鏡面としてアノテーションした

もの）とのずれが少なくなるように学習させた。2段階目の学習モデル作成では、1段階目に学習したモデル（図-4中の学習済みCNN）を用いて、 8×8 のパッチ画像（図-4中の破線部分）に対して特徴ベクトルを抽出し、特徴ベクトルをまとめて別の3層モデルのCNNに予測させて1段階目と同様に学習させた。

(b) 学習モデルの推論精度の確認

前述の2段階で作成した学習モデルを用いて、テストデータの切羽画像から切羽鏡面を検出した結果の一例を写真-2に示す。エレクターブームや鏡boltなどを誤認することなく切羽鏡面を検出しており、正

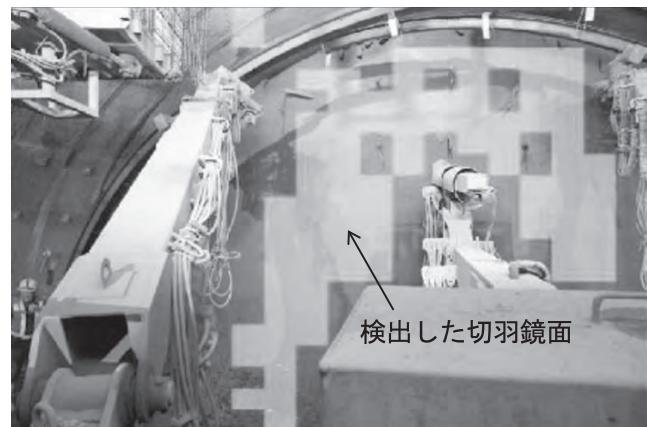
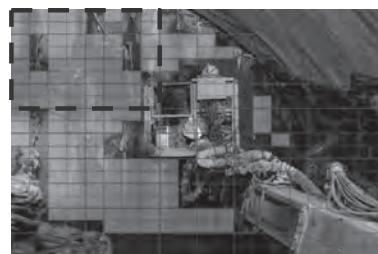


写真-2 切羽鏡面の検出結果



1段階目学習モデルの作成概要



2段階目学習モデルの概要

[コメント]
2段階目モデルの作成では、 8×8 のパッチ画像をパッチ単位で学習している
($13 \times 13 = 169$ 枚)

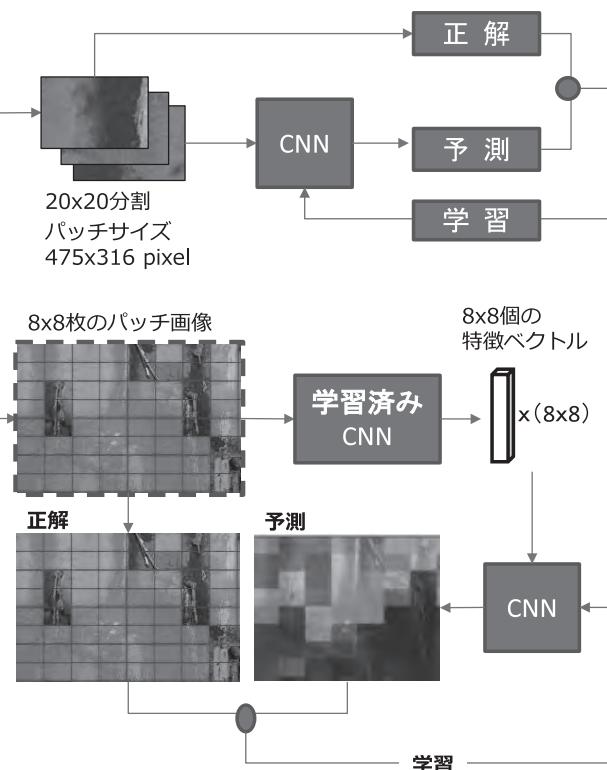


図-4 切羽鏡面を検出する学習モデルの作成方法

解率は 79 ~ 95% であった。作成した学習モデルにより、切羽鏡面を比較的高い精度で検出できることを確認した。

(3) ひび割れ・脚線検出の学習モデル

(a) 学習モデルの作成方法

ひび割れ・脚線を検出するため、供試体画像 21 枚、切羽画像 17 枚から画像分割などにより教師データ（供試体画像より 517 枚、切羽画像より 337 枚）を作成し、前述の AI エンジンを用いて学習モデルを作成した。学習モデルの作成では、切羽画像を 20×20 のパッチ画像に分割し、各パッチ画像の画素単位で「ひび割れ」、「脚線」、「ひび割れ、脚線を含まない切羽鏡面」としてラベルを割り当て、AI エンジンに予測させて正解（技術者がひび割れあるいは脚線としてアノテーションしたもの）とのずれが少なくなるように学習させた。

(b) 学習モデルの推論精度の確認

学習モデルを用いて、テストデータの切羽画像からひび割れを検出した結果の一例を写真-3 に示す。ひび割れは一部あるいは部分的に検出されており、正解率は 81 ~ 97% であった。作成した学習モデルによ

り、切羽鏡面のひび割れが比較的高い精度で検出できることを確認した。

テストデータの切羽画像から電気雷管の脚線を検出した結果の一例を写真-4 に示す。脚線は概ね検出されており、正解率は 86 ~ 100% であった。作成した学習モデルにより、切羽鏡面の脚線が比較的高い精度で検出できることを確認した。

5. 肌落ち監視システムの現場での試行

本システムの有効性を確認するため、トンネル現場に導入し試行した。試行現場は延長 740 m の 2 車線道路トンネルであり、掘削は発破方式により行われた。

本システムの現場試行は装薬作業を対象とした。撮影機器による切羽鏡面の画像取得状況を写真-5 に示す。撮影機器は、切羽鏡面全体が視認しやすく、機器の取付けが容易な油圧削岩機の操作室の天板上に、マグネット付き架台と雲台（遠隔操作機能付き）を介して設置した。解析 PC による切羽鏡面の検出状況、ならびにひび割れの検出状況の一例を写真-6 に示す。切羽鏡面の検出は、装薬作業中の作業員、ブームや肌落ち防護ネットなど、切羽鏡面以外の部分が除去

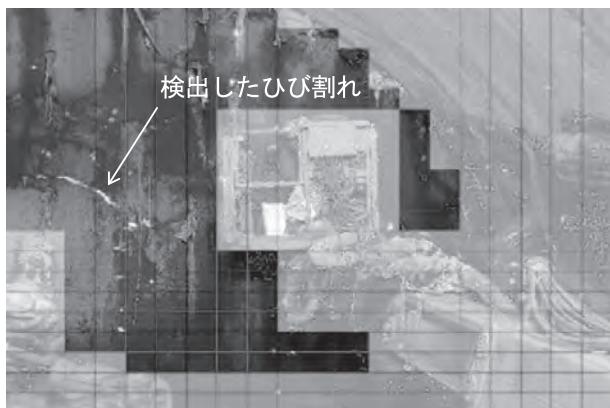


写真-3 ひび割れの検出結果

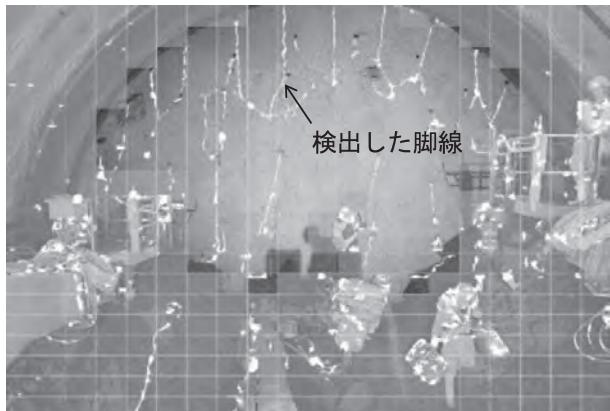


写真-4 脚線の検出結果

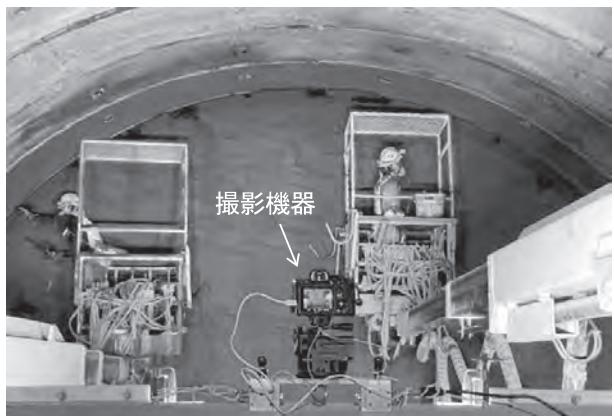


写真-5 撮影機器による切羽鏡面の画像取得状況

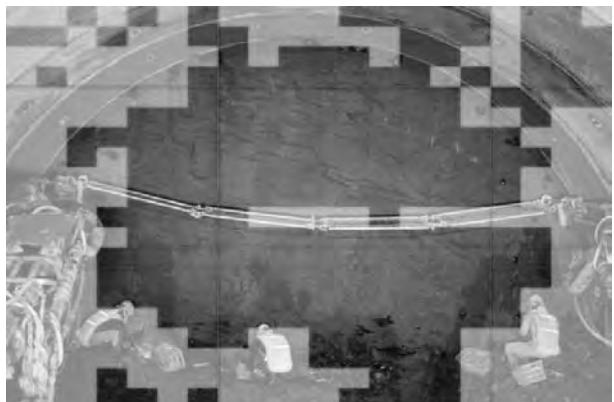


写真-6 切羽鏡面およびひび割れの検出状況

され、切羽鏡面が概ね検出されている。しかしながら、切羽鏡面より後方の支保が完了したトンネル外周面の一部を切羽鏡面と誤認しており、切羽鏡面の検出について改善の余地が残る結果となった。

今回の現場試行では、目視観察から、切羽鏡面にひび割れは確認されていない。また、本システムでもひび割れは検出されていない。これらのことから、切羽鏡面にはひび割れが生じなかったと推察され、ひび割れ検出の現場検証には至らなかったと判断される。一方で、切羽鏡面に現れた電気雷管の脚線をひび割れと誤認していないことは確認できている。なお、ひび割れ検出結果の表示に要する時間は40～60秒であり、想定した時間で検出結果の表示が行えることを確認した。

6. おわりに

装薬作業や鋼製支保工建込み作業など、作業員が切羽に近づく場面の切羽画像から、AIにより鏡吹付けコンクリートに生じるひび割れを検出し、肌落ちの予兆を知らせるシステム（肌落ち監視システム）を開発した。また、本システムをトンネル現場に導入して試行し、実用性を確認した。その結果、切羽監視責任者の切羽監視を補助するシステムとして有効であることを確認した。

今後は、本システムの現場への普及展開を図りながら、切羽鏡面やひび割れの検出精度の向上、ひび割れ検出までの処理時間の短縮、切羽監視責任者が容易に携帯可能な機器（タブレットPCや携帯電話）との連携、防塵・防滴対策など、残された課題の解決に取り組みたいと考えている。

J C M A

〔参考文献〕

- 1) 厚生労働省：山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に関するガイドライン
<https://www.mhlw.go.jp/stf/seisaku-00000000/001233649.pdf>
- 2) SONY : a 7R IV (ILCE-7RM4A)
<https://www.sony.jp/ichigan/products/ILCE-7RM4A/spec.html>
- 3) SONY : FE 24-105mm F4 G OSS
<https://www.sony.jp/ichigan/products/SEL24105G/spec.html>
- 4) DELL Technologies : Dell G15 5520 セットアップと仕様
<https://dl.dell.com/content/manual44317959-dell-g15-5520-セットアップと仕様.pdf?language=ja-jp>
- 5) システム計画研究所：AIひび割れ検出エンジン「ひびここ」
<https://www.hibikoko.com>
- 6) 和田尚之：「機械学習・AI」のためのデータ処理入門、工学社
- 7) 斎藤康毅：ゼロから作る Deep Learning —Pythonで学ぶディープラーニングの理論と実装、オライリー・ジャパン
- 8) 田村雅人、中村克行：Pythonで学ぶ画像認識 機械学習実践シリーズ、インプレス

〔筆者紹介〕

浜田 元（はまだ はじめ）

（株）奥村組

技術本部 技術研究所 土木研究グループ
地盤調査・計測チームリーダー



清水 隆司（しみず たかし）

（株）システム計画研究所

事業本部 宇宙ロボティクス事業ユニット
マネージャー



久保 陽平（くぼ ようへい）

（株）システム計画研究所

事業本部 宇宙ロボティクス事業ユニット



国内道路トンネル初となる 現場製造バルクエマルション爆薬による発破を実現

異 義知・村田 健司・三上 英明

山岳トンネル施工における発破作業の安全性や効率性の向上が図れるものとして現場製造バルクエマルション爆薬がある。当該爆薬は専用の製造・装填機械にて爆発の危険性がない基材と発泡剤を現場で混合して製造するマヨネーズ状の爆薬である。海外では20年以上前から導入、改良が進められているが、日本では、爆薬を現場製造する場合、火薬類取締法上、爆薬の製造工場と同様に製造許可が必要となることが現場適用へのハードルとなっていた。筆者らは、製造許可を日本の道路トンネル現場では初めて取得し、当該爆薬による発破を実施した。本稿では、製造許可を受けるあたり検討した内容や、起爆方法について検討した内容を報告する。

キーワード：山岳トンネル、発破、装填、バルクエマルション爆薬、爆轟圧力、火薬類取締法

1. はじめに

山岳トンネル施工の発破作業における爆薬の装填作業は、工場で製造された紙巻包装円筒状の含水爆薬を切羽まで運搬し、あらかじめ切羽に穿孔した穴に作業員が手作業で行うのが一般的である。この作業は、切羽の近傍での作業となり、掘削面の岩塊がはがれ落ちてきて被災する危険性が伴う。また、手作業による装填では効率化するには限度がある。そのため、機械による爆薬の装填が試みられてきた。例えば、紙巻包装や粒状の含水爆薬を、ホースを用いてエアーで送り出して装填するシステムが開発されている¹⁾。また、工場で製造されたエマルション爆薬を専用の機械で装填

するシステムの適用が検討されている²⁾。しかし、これらは起爆の可能性がある爆薬を送り出すシステムであり、安全性や余剰爆薬の現場での処理方法等の課題が多く、普及までには至っていない。そこで筆者らは、海外で適用事例が増えている現場製造バルクエマルション爆薬に着目した。当該爆薬は、専用の製造・装薬機械にて非爆薬の原材料を現場で混合して製造するマヨネーズ状の爆薬である(図-1)。混合するまでは非爆薬として取り扱い、ホースと長いノズルを用いて切羽から従来よりも離れた位置で爆薬量を10g単位で調整して、装薬孔内に密に装填できる。そのため装薬作業の安全性、効率性の向上が図れる。海外では20年以上前から導入、改良が進められているが^{3), 4)},

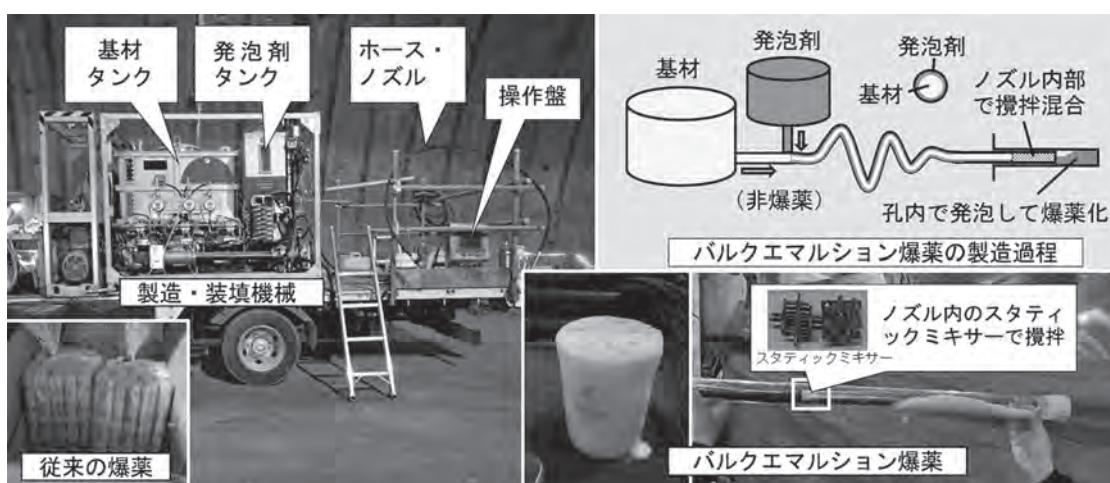


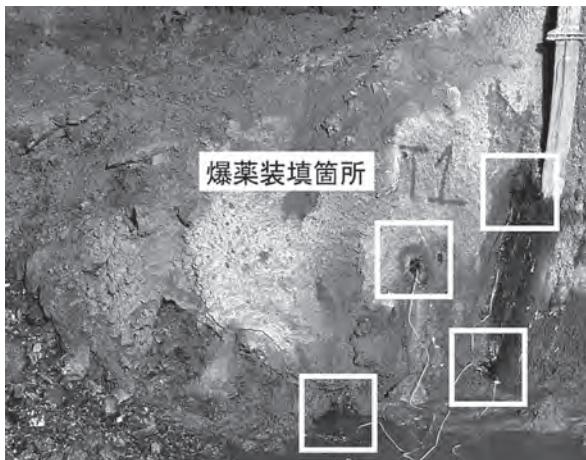
図-1 バルクエマルション爆薬の概要

日本では、爆薬を現場製造する場合、火薬類取締法上、爆薬の製造工場と同様に火薬類製造許可が必要となることが現場適用へのハードルとなっていた。

今般、筆者らは、新名神高速道路宇治田原トンネル東工事（発注者：西日本高速道路株）において、火薬類取締法に定められる技術上の基準を満たし、日本の道路トンネル現場では初めて火薬類製造許可を取得して現場製造バルクエマルション爆薬による発破を実施



写真一 1 爆薬装填状況



写真一 2 爆薬装填完了



写真一 3 発破完了

した（写真一 1～3）。本稿では、製造許可を受けるにあたり検討した内容や、起爆方法について検討した内容を報告する。

2. 現場製造バルクエマルション爆薬の概要

(1) 製造・装填方法

現場製造バルクエマルション爆薬の装填作業では、専用の移動式の製造・装填機械で非爆薬の基材（ベースエマルション）と発泡剤をホースで送り、ホース先端に取り付けたノズル内部にて、スタティックミキサーで攪拌して爆薬を製造し、ホース先端から吐出して装填する（図一1）。

(2) 特長

当該爆薬の特長は以下の通りである。

- ①ホースと長いノズルを使用することにより、切羽から離れた場所から安全に装填することが可能になる。
- ②攪拌するまでは非爆薬であり、爆発の危険性がないため、自動化機械での取り扱いに向いている。
- ③爆薬量の調整はタッチパネル操作にて10 g単位で行えるため、爆発の威力を微調整できる。
- ④従来の紙巻包装の含水爆薬よりも孔内に密に装填することができ、爆発の威力を効率的に岩盤に伝えられるため、爆薬量を減らすことが可能になる。
- ⑤耐水性に優れ、水がある装薬孔にも使用できる。
- ⑥後ガスが良い。

3. バルクエマルション爆薬の配合

当該爆薬の配合は、爆薬の製造元において海外で実績のある以下のものとした。

- ①ベースエマルション：W/O型（油中水滴型）のエマルションで、水相は酸化剤となる硝酸アンモニウム水溶液、油相は燃料となる発火点の高い燃料油（軽油相当）で構成される。爆薬成分の90～95%を占める。なお、硝酸アンモニウムは窒素系肥料としても用いられる物質である。燃料油は直鎖構造の飽和炭化水素で自然分解性が高い。
- ②発泡剤1：40%酢酸水溶液であり、触媒として発泡を促進する。爆薬成分の1～3%を占める。
- ③発泡剤2：亜硝酸ナトリウム水溶液を主材として、ベースエマルションとの相溶性がよくなるよう、少量の燃料油をカチオン系と非イオン系の界面活性剤で乳化させた粘性の低いW/O型のエマルションである。発泡剤1との化学反応により、微細な窒素ガ

ス気泡を生成する。爆薬成分の1～3%を占める。なお、亜硝酸ナトリウムは食品添加物にも使用される物質である。

- ④水：潤滑剤として、ホース内面にリング状に流し、装薬中のホース内の圧力の上昇を防ぐ。

4. 法律上の手続き

当該爆薬を現場で製造するにあたり、法律上の手続きとしては以下のものがあった。

今回用いた原材料のベースエマルションは、消防法で定められる危険物第1類第3種酸化性固体に該当した。そのため、取扱いには危険物取扱者甲種、または乙種1類の有資格者が必要であり、指定数量(1,000 kg)以上を現場保管するためには、危険物取扱者甲種、または乙種1類の有資格者で6カ月以上の危険物取扱いの実務経験を有する者の中から危険物保安監督者を定めて保安の監督をさせ、消防署に届け出る必要があった。また、専用の危険物屋内貯蔵所の設置が必要とされ、消防署本部に設置申請をした上で、設置後に完成検査を受ける必要があった。危険物屋内貯蔵所の1例として、今回採用した例を写真—4に挙げる。その構造は、万一の火災と火災時のガス発生に備え、不燃材料造として骨組みと扉は鉄造、壁と天井は耐火布張りとし、天井には継ぎ目を設けてガスを逃がせて飛散物などが出ない構造とした。

また、移動式の製造・装填機械で原材料を混ぜ合わせて爆薬を製造する行為は火薬類取締法上の製造行為にあたり、火薬類製造許可申請書を、所在地を所管する産業保安監督部長に提出して許可を受ける必要があった。その際、製造設備や製造方法等が火薬類取締法に定められる技術上の基準に適合していることが求められた。製造許可を受けた後、製造設備については



写真-4 危険物屋内貯蔵所の例

完成検査を受ける必要があった。また、火薬類危害予防規程を定めて提出し、認可を受ける必要があった。さらに、火薬類の製造所として、火薬類製造保安責任者の免状を有する者が必要であり、その中から火薬類製造保安責任者を選任し、届け出る必要があった。

5. 起爆方法

バルクエマルション爆薬は雷管起爆性のない鈍感な爆薬であり、日本で市販されている6号電気雷管ではANFO爆薬と同様に起爆できない。

海外では8号電気雷管等を、非常に爆轟圧力が高く起爆能力の高いペントライト（ペンスリットとTNT爆薬の混合爆薬）と組み合わせて用い、起爆するのが主流である。しかし、日本では、8号電気雷管は地震探鉱用等の特殊用途でのみ製造されており、ペントライトは実験用程度にしか製造されていない。そのため、これらを起爆用爆薬として使用するには輸入品に頼ることとなる。また、ペントライトは含水爆薬に比べて衝撃感度、摩擦感度が高く、脆くて薄い黄色の固体であり、取り扱い中に欠片を生じる場合がある。加えて、化学的に安定な爆薬であり、万一不爆が生じて残された場合には分解されず、その後何十年も地中に残ることが想定される。

以上より、筆者らは、日本で従来使用されている市販の紙巻包装含水爆薬をバルクエマルション爆薬の起爆用の親ダイに用いることを検討し、8章で後述するシミュレーションの結果、起爆可能であると考えられたため、これを用いることとした。

6. 装填手順

従来の紙巻包装含水爆薬とバルクエマルション爆薬の装填手順をそれぞれ図-2, 3に示す。バルクエマルション爆薬の装填手順は、親ダイをバルクエマルション爆薬の装填ノズルの先端に取り付けて（写真-5）装薬孔の奥側に挿入し、バルクエマルション爆薬を装填した後、従来と同様に、爆薬の威力が逃げないよう込め物を詰め込む手順とした。装填後に発泡が始まり、15分程度で完了して爆薬化し（写真-6）、発破が可能となる。

7. 廃薬処理方法

発破作業時に生じた廃薬は適正に処理する必要がある。廃薬には、ノズル内の爆薬の残薬の他、ホース内

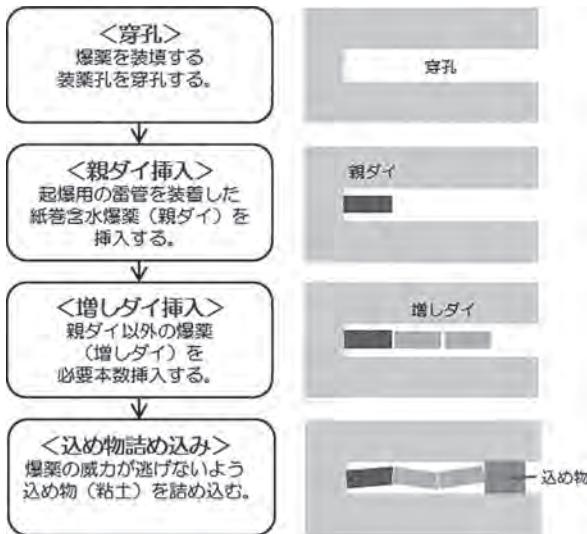


図-2 従来の紙巻含水爆薬の装填手順

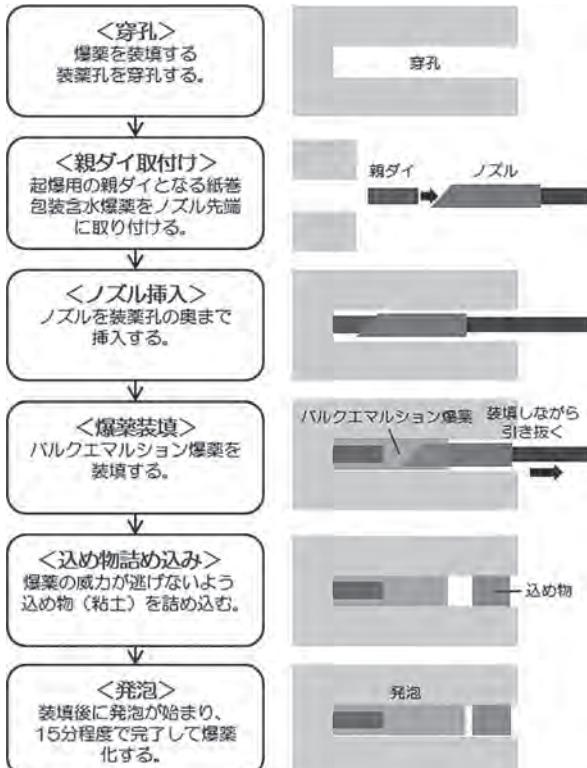


図-3 バルクエマルション爆薬の装填手順



写真-5 親ダイ取り付け

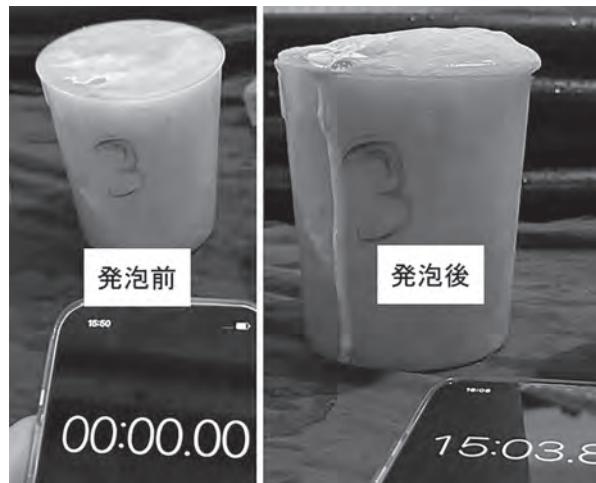


写真-6 発泡状況

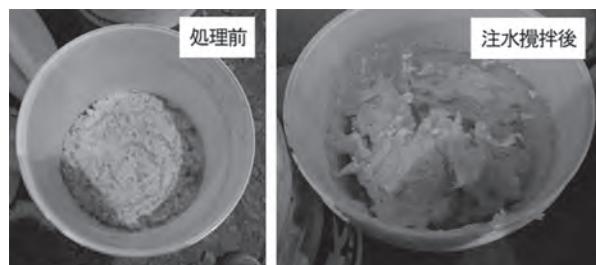


写真-7 分解処理状況

に残る原材料、装置使用開始時の配合が不均質で使用に適さない爆薬等がある。これらは発生後、直ちに分解して安全化することとした。

分解方法は、廃薬に1～5倍量の水と、分解を加速するため、市販のアニオン系界面活性剤（主成分はドデシルスルホン酸ナトリウム、ステアリン酸ナトリウム）などを数%加えて攪拌することとした。これにより、浸透圧の差によって、エマルション内の水相に水が取り込まれるとともに、水に硝酸アンモニウムが溶け出し、同時に気泡が抜けて爆発性がなくなる（写真-7）。これを親油性シートでろ過して水分と油分を分離し、水分は濁水処理プラントで処理、油分は親油性シートとともに産廃処分することとした。

8. 爆轟特性シミュレーション

筆者らは、KHT 計算コード⁵⁾を用いてバルクエマルション爆薬の爆轟特性をシミュレーションした。KHT 計算コードは、爆薬の爆轟状態、爆轟反応速度、爆轟圧力、爆発生成ガス（後ガス）、衝撃波、爆風などをシミュレーション計算できる計算コードである。シミュレーションの結果より、爆薬密度と、爆轟反応速度および爆轟圧力との関係から、日本で従来使用されている市販の紙巻含水爆薬がバルクエマルショ

ン爆薬の起爆用の親ダイに使用可能かを検討するとともに、バルクエマルション爆薬の利用方法の観点から考察した。

(1) 紙巻包装含水爆薬による起爆の可能性の検討

KHT 計算コードを用い、バルクエマルション爆薬の実使用時の密度 ($0.9 \sim 1.3 \text{ g/cm}^3$ 程度) から爆轟反応速度 D_v と爆轟圧力 D_p をシミュレーション計算した (表-1, 図-4)。さらに密度を実使用時の下限から下げてシミュレーション計算していくと、このシミュレーション計算はできなくなり、その直前の密度は 0.4 g/cm^3 、爆轟圧力は 3 GPa であった。通常、このシミュレーション計算での爆轟圧力の下限値以上の圧力をかけると爆轟は伝播する。このことから、起爆時には 3 GPa 以上の爆轟圧力があると爆轟の伝播は可能と推定された。

一方、市販の含水爆薬の爆轟圧力 D_p は、初期密度 ρ ($1.00 \sim 1.30 \text{ g/cm}^3$) と爆轟反応速度 D_v ($4,000 \sim 6,000 \text{ m/s}$)⁶⁾ から式 (1) で計算でき、最小値で 4 GPa 、通常は $7 \sim 10 \text{ GPa}$ と推定される。そのため、市販の紙巻包装含水爆薬でバルクエマルション爆薬を起爆できると判断した。

$$D_p = 1/4 \cdot \rho \cdot D_v^2 \quad (1)$$

(2) 利用方法の観点からの考察

表-1, 図-4 で示されるように、バルクエマルショ

表-1 KHT 計算コードによるシミュレーション計算

密度 ρ (g/cm^3)	爆轟反応速度 D_v (m/s)	爆轟圧力 D_p (GPa)
0.9	4,960	5.8
1.0	5,340	7.3
1.1	5,690	8.9
1.2	6,050	10.8
1.3	6,410	12.8

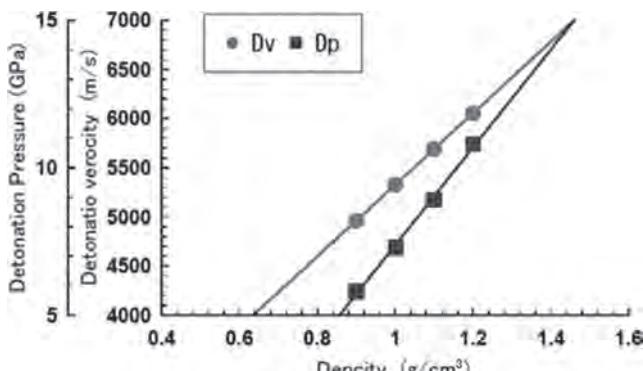


図-4 爆薬密度と爆轟反応速度 D_v 、爆轟圧力 D_p の関係

ン爆薬の実使用時の密度 ($0.9 \sim 1.3 \text{ g/cm}^3$) の範囲において、爆轟反応速度は $4,960 \sim 6,410 \text{ m/s}$ 、爆轟圧力は $5.8 \sim 12.8 \text{ GPa}$ と算出され、密度により爆速と爆轟圧力は大きく変わる。現場製造バルクエマルション爆薬は、密度が固定される市販の含水爆薬と異なり、気泡の導入量を調整することで密度を調整して製造することが可能である。これらより、高威力が望まれる芯抜、払い部、踏前、隅踏前には、爆薬の密度が高くなるよう調整し、高爆速、高爆轟圧力になるようにして効果的に岩盤を破壊したり、最外周孔には密度が低くなるよう調整し、低爆速、低爆轟圧力になるようにして余掘りを抑制したりすることが可能であると考えられる。

9. おわりに

筆者らは、現場製造バルクエマルション爆薬を日本の道路トンネル工事で初適用した。適用時に検討した内容については以下のものがあった。

- ・配合は、爆薬の製造元において海外で実績のあるものとして、ベースエマルションに硝酸アンモニウム水溶液と燃料油を用いた W/O 型（油中水滴型）のエマルション、発泡剤に 40% 酢酸水溶液と、亜硝酸ナトリウム水溶液を主材としたエマルションを用いることとした。
- ・法律上の手続きとして、ベースエマルションが消防法で定められる危険物第 1 類第 3 種酸化性固体に該当したため、消防法上の申請手続きが必要であった。また、バルクエマルション爆薬を移動式の製造・装填機械で原材料を混ぜ合わせて製造する行為は火薬類取締法上の製造行為にあたり、火薬類取締法上の申請手続きが必要であった。
- ・起爆方法については、海外では 8 号電気雷管とペントライドの組合せが主に用いられているが、日本ではほぼ製造されていないこと等から、日本で従来使用されている市販の紙巻包装含水爆薬を起爆用の親ダイに用いることとした。
- ・装填手順は、親ダイをバルクエマルション爆薬の装填ノズルの先端に取り付けて装薬孔の奥側に挿入し、バルクエマルション爆薬を装填した後、従来と同様に、爆薬の威力が逃げないよう込め物を詰め込む手順とした。
- ・廃薬処理方法については、水と界面活性剤を用いて分解処理することとした。
- ・バルクエマルション爆薬の爆轟特性について、KHT 計算コードを用いてシミュレーションし、起

爆に必要な爆轟圧力を推定して、それ以上の爆轟圧力が期待できる市販の紙巻包装含水爆薬は、起爆用の親ダイに用いることができると判断した。また、爆薬密度により爆速と爆轟圧力は大きく変わるシミュレーション結果を受け、現場製造バルクエマルション爆薬は爆薬密度の調整ができる特徴を利用して、場所ごとに威力を調整した発破を行うことが可能であると考えられた。

現場製造バルクエマルション爆薬は、ホース先端のノズルで混合するまでは非爆薬として取り扱え、装薬量や爆薬密度の調整で威力を容易に調整でき、効率よく発破が行える。今後、装薬の遠隔化・自動化機械への展開や装薬量設計システムとの連携も期待でき、切羽での装薬作業における安全性、効率性の向上に大きく寄与するものと考える。本検討内容が、他の現場での適用時に参考になると幸いである。



《参考文献》

- 1) 中村聰磯, 田口琢也, 松岡秀之: 爆薬の機械装填システム, 建設の施工企画 2010 年 9 月号 No.727, pp.26-30, 2010.9.
- 2) 河野興, 委沢俊雄, 中川浩二: 日本のバルクエマルション爆薬の特性とそれを用いたトンネル発破システム, 土木学会論文集 No.700, VI -54, pp.95-109, 2002.3.
- 3) Bartłomiej Kramarczyk, Krystyna Suda, Patrycja Kowalik, Kuba Świątek, Katarzyna Jaszcza, Tomasz Jarosz : Emulsion Explosives: A Tutorial Review and Highlight of Recent Progress, Materials Volume 15, Issue 14, 2022.7.

- 4) Piotr Mertuszka, Bartłomiej Kramarczyk, Mateusz Pytlik, Marcin Szumny, Katarzyna Jaszcza, Tomasz Jarosz : Implementation and Verification of Effectiveness of Bulk Emulsion Explosive with Improved Energetic Parameters in an Underground Mine Environment, Energies Volume 15, Issue 17, 2022.9.
- 5) 田中克己: 爆発現象の解析, 安全工学, Vol.36 No.6, pp.383-389, 2023.1.
- 6) 日本火薬工業会: 火薬学 (第 2 版), p.50, 2019.6.

[筆者紹介]

異 義知 (たつみ よしとも)

戸田建設㈱

技術研究所 社会基盤構築部 山岳トンネル課
課長



村田 健司 (むらた けんじ)

戸田建設㈱

土木技術統轄部 土木技術部
発破技術顧問



三上 英明 (みかみ ひであき)

戸田建設㈱

大阪支店
新名神高速道路宇治田原トンネル東工事作業所
作業所長



主筋周囲に拘束筋を施したRC梁の補強効果に関する実験的研究 大地震時の損傷低減が可能な CCM-RC 梁工法

坂 本 啓 太・前 川 利 雄・石 渡 康 弘

著者らは、大地震時における梁端部の損傷を抑制することで、継続使用性の向上が期待できる主筋周囲拘束補強型 RC 梁「CCM-RC 梁」を開発した。CCM-RC 梁は、梁端部の損傷が著しい主筋と周囲のコンクリートの一体性を向上させることで付着割裂破壊を抑制し、さらに損傷部を集中的に補強することで建設費の増大は最小限に抑えられる。本報では、付着割裂要素実験の結果から、CCM-RC 梁の付着割裂強度が増大することを示し、部材実験から付着割裂破壊を含めた損傷抑制効果を報告する。

キーワード：鉄筋コンクリート造、RC 梁、継続使用性、付着割裂破壊、損傷抑制

1. はじめに

建築基準法では生命および財産の保護を目的とした最低の基準が定められているが、大地震発生後の建築物の継続使用性については定められていない。しかしながら、近年では大地震が頻発していることから、大地震後の建築物の継続使用については重要な課題だと考えられる。さらに、カーボンニュートラルの実現に向けた取り組みの一環として、建築物の長寿命化や継続使用性の向上が社会的に要求されている。この要求において、多くの鉄筋コンクリート造（以下、RC 造と称する）建築物は、梁曲げ降伏先行型の全体崩壊形として設計されるため、梁端部に大きな損傷が生じやすい。また、梁曲げ降伏後、主筋のひずみ硬化により脆性破壊である付着割裂破壊が生じる場合もある。

建築物の長寿命化や継続使用性を向上させるためには、柱、梁、壁等の地震に抵抗する部材、つまり建築基準法施行令第1条3項に定める構造耐力上主要な部分の断面を大きくすることで、耐震性能を高めること等の対応が挙げられる。しかしながら、部材断面を大きくすることで建設費の増大、居住面積の減少、レンタブル比の減少等が懸念される。

これらを背景に、著者らは大地震時における梁端部の損傷を抑制することで、継続使用性の向上が期待できる RC 梁（以下、主筋周囲拘束補強型 RC 梁「CCM-RC 梁」と称する）を開発した。この CCM-RC 梁は、梁端部の損傷が著しい主筋と周囲のコンクリートの一体性を向上させることで付着割裂破壊を抑制し、さらに損傷部を集中的に補強することで建設費の増大は最

小限に抑えられる。

本報では、はじめに CCM-RC 梁の概要を示し、続いて付着割裂要素実験と部材実験の両結果から、CCM-RC 梁の効果について報告する。

2. 工法概要

CCM-RC 梁は、主筋と周囲のコンクリートの一体性を向上させるために、主筋周囲拘束筋（Confined Concrete and Main bar（以下、CCM 筋と称する））が RC 梁端部のせん断補強筋の間に配置されている。図-1 に CCM-RC 梁の概要を示す。CCM-RC 梁には、主筋とその周囲のコンクリートを囲むように、RC 梁端部 1D (D: 梁せい) の区間に CCM 筋が配置されている。以下、CCM 筋が配置されている RC 梁端部 1D の区間を補強区間と称する。また、CCM 筋の梁内側の折曲げ部には、図-1 に示すような軸筋と呼ばれる細径の鉄筋が配置されている。これにより、

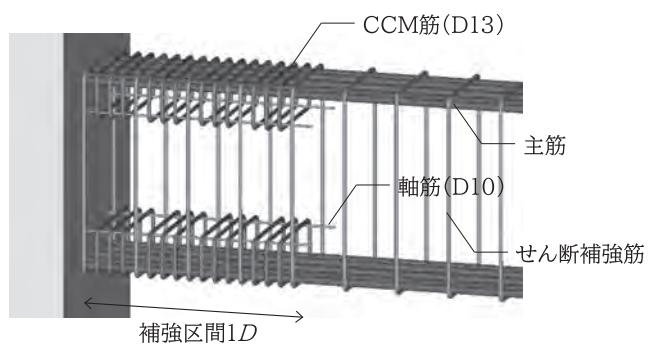


図-1 CCM-RC 梁の概要

CCM-RC 梁は下記の効果が期待できる。

- ①曲げ降伏後の主筋の付着特性を改善
- ②付着割裂強度の増大による付着割裂破壊の防止
- ③CCM 筋で拘束されたコンクリートの韌性向上
- ④大変形時の主筋座屈挙動の抑制

上記の①～④は、それぞれが独立に作用するものではなく、相互に作用し合うものである。例えば、①の付着特性を改善するためには、②に示す付着割裂破壊を防止する必要があり、そのためには③に示す CCM 筋で拘束されたコンクリートの韌性向上、つまりコンクリートの圧壊やひび割れによる損傷を抑制しなければならない。また、主筋は当然ながら健全である必要があり、④の座屈挙動を生じさせないことが肝要である。

同図に示すように、CCM 筋を配置する補強区間は損傷が著しい梁端部から 1D のみであることや、CCM 筋は一般的に用いられている異形鉄筋 D13 を使用することから、材料費や建設費の増大は最小限に抑えられる。

3. 付着割裂要素実験

(1) 試験体概要

図-2 に示す付着割裂要素実験の試験体は、図-1 の補強区間を模擬している。表-1 に試験体一覧を示し、表-2 に使用した鉄筋の材料特性をそれぞれ示す。従来の RC 梁を想定した試験体は、せん断補強筋の間隔 200 mm とした試験体 S3P200 と、せん断補強筋の間隔 100 mm とした試験体 S5P100 の 2 体を基本とした。CCM-RC 梁を想定した試験体 S3P200-C4P67 と S5P100-C4P50 は、試験体 S3P200 と S5P100 のせん断補強筋の間に、CCM 筋をそれぞれ配置したものである。なお、試験体 S3P200 と S5P100 はいずれもサイドスプリット型¹⁾の破壊形式を想定した。

本実験は、梁の上端筋の付着割裂性状に着眼していることから、主な付着割裂ひび割れの試験領域は上端から 200 mm とした。せん断補強筋は、試験体のスタブ最下部で定着させ、スタブにはひび割れ防止筋が配

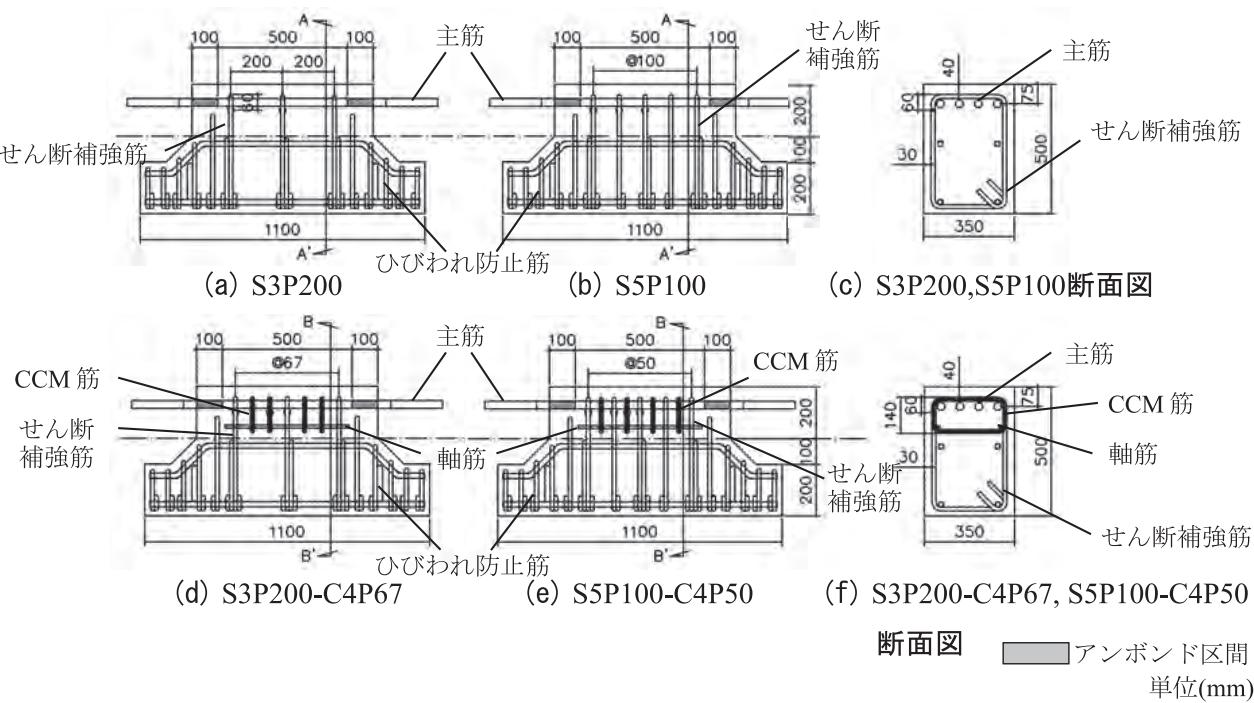


図-2 試験体形状

表-1 試験体一覧

試験体名	主筋	せん断補強筋		CCM 筋（主筋周囲拘束筋）		コンクリート圧縮強度 σ_B (N/mm ²)
		配置数量	間隔 (mm)	配置数量	間隔 (mm)	
S3P200	4-D29	3	200	-	-	29.7
S5P100		5	100	-	-	29.4
S3P200-C4P67		3	200	4	67	29.7
S5P100-C4P50		5	100	4	50	28.6

表-2 鉄筋の材料特性

適用部位	鉄筋径（鋼種）	降伏強度 σ_y (N/mm ²)	引張強度 σ_u (N/mm ²)	ヤング係数 E_s ($\times 10^3$ N/mm ²)
主筋	D29 (SD390)	432	617	211
せん断補強筋	D13 (SD295)	352	514	186
CCM 筋	D13 (SD295)	392	517	178

置されている。また、CCM 筋の下端折曲げ部に軸筋(D10)を配置した。この軸筋は、部材の曲げ強度に寄与させず、配筋時の CCM 筋の仮固定や、コンクリート打ち込み時の配筋の乱れを防止するために用いられる。そのため、軸筋を補強区間のみに設置し、柱梁接合部には軸筋を定着させない。

主筋は異形鉄筋(D29)を4本とし、主筋の付着評価区間 L は500 mmとした。 L の外側両端100 mmはアンボンド区間として付着を除去することで、 L 端部の付着破壊によるコンクリート面の損傷を生じさせないようにした。

(2) 加力方法

図-3に加力装置を示す。試験体はスタブの両端に設けた鉛直固定用PC棒鋼で緊結し、反力梁と固定した。引張力は、試験体左側(載荷側)に設置した水平方向のセンターホールジャッキおよび加力用PC棒

鋼を用いて与えた。加力用PC棒鋼と試験体から露出させた4本の主筋(D29)は、2つの加力治具で緊結し、同一変位で載荷した。荷重の値は、センターホールジャッキと固定ナットの間に設けたロードセルにより計測した。また、加力方式は片側単調載荷とした。

(3) 実験結果

図-4に荷重 P -すべり量 δ 関係を示す。 δ は図-3に示した計測変位位置における主筋の移動量から、スタブの移動量やアンボンド区間の主筋の伸びを補正した、純粋な主筋のすべり量である。ここで、付着割裂ひび割れ時の最大荷重 A_P_{max} の点をA点、その後荷重が低下した点をB点、再度荷重増大した時の最大荷重 C_P_{max} に到達した点をC点と定義する。同図(a)より、試験体S3P200は、 $\delta=1.5$ mm付近(A点)で付着割裂ひび割れが生じながら A_P_{max} に達し、その後付着割裂破壊により大きな荷重低下が見られた。これ

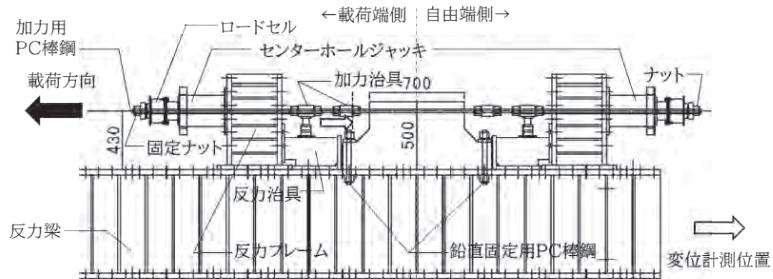
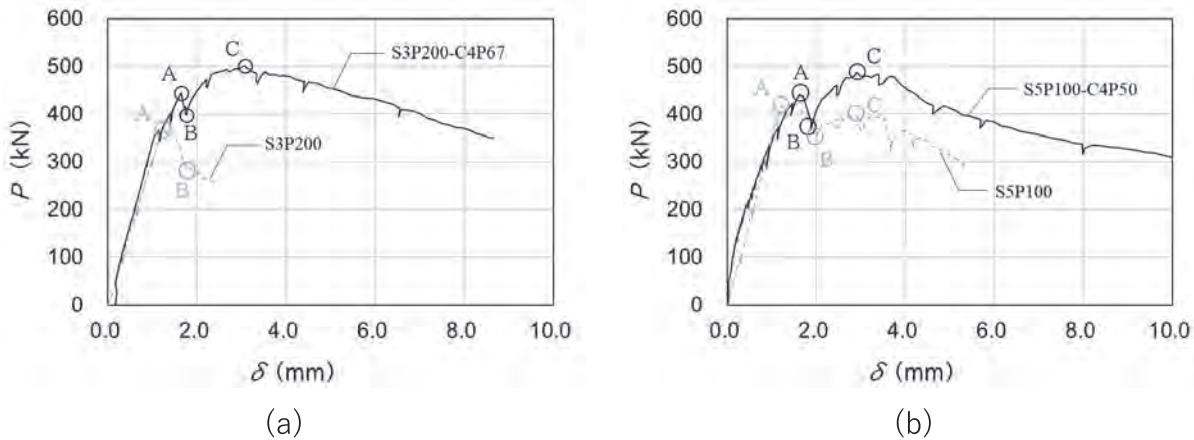


図-3 加力装置

図-4 荷重 P -すべり量 δ 関係

に対し、CCM 筋を配置した試験体 S3P200-C4P67 は、試験体 S3P200 と同様に $\delta = 1.8 \text{ mm}$ 付近 (A 点) で付着割裂ひび割れにより荷重低下 (B 点) が見られたが、CCM 筋がこのひび割れを抑制することで再度荷重が増大した。そして、 $\delta = 3 \text{ mm}$ 近傍 (C 点) で cP_{max} に到達した後、緩やかな荷重低下を呈した。

せん断補強筋のピッチを 100 mm とした試験体 S5P100 では、B 点以降若干荷重が増大したが、 $A P_{max}$ を超えることはなかった。一方 CCM 筋を配置した試験体 S5P100-C4P50 は、試験体 S3P200-C4P67 と同様に、 $\delta = 3 \text{ mm}$ 近傍 (C 点) で $A P_{max}$ より大きい cP_{max} に到達し、その後緩やかな荷重低下が見られた。

以上より、CCM 筋を配置することで、付着割裂ひび割れ後に再度荷重は増大して最大荷重に達し、その後急激な荷重低下は生じなかった。

4. 部材実験

(1) 試験体概要

試験体の形状および寸法を図-5 に示し、試験体諸元を表-3 に示す。また、使用した鉄筋の材料特性を表-4 に示す。試験体は、2/3 縮小スケールの従来の RC 梁（試験体 NB）と CCM-RC 梁（試験体 RB）の合計 2 体とした。試験体 NB は CCM 筋を設けず、付着割裂破壊するように部材設計し、試験体 RB は付着割裂破壊を抑制するための CCM 筋を配筋した。

試験体 RB の梁下端から 1D の補強区間には、せん断補強筋の間に溶接閉鎖型の CCM 筋が配置されている。また、軸筋は下スタブに定着せず、梁部材の曲げ強度に影響しないように配慮した。

(2) 加力方法

図-6 に加力装置を示す。試験体は下スタブを反力床に固定し、上スタブを油圧ジャッキに取り付けた。加力は、水平方向への押し引き加力とし、片持ち形式の正負交番変位漸増載荷とした。加力サイクル

表-3 試験体諸元

	試験体	NB	RB
梁	$b \times D$ (mm)	350 × 500	
	σ_B (N/mm ²)	30.7	31.1
	主筋	4-D22	
	せん断補強筋	2-D10@152	
	CCM 筋	-	2-D10@76

σ_B : コンクリート圧縮強度

表-4 鉄筋の材料特性

諸元	σ_y (N/mm ²)	σ_u (N/mm ²)	E_s ($\times 10^5$ N/mm ²)
主筋 D22 (SD390)	452	622	2.11
せん断補強筋, CCM 筋 D10 (SD295)	413	520	2.13

σ_y : 降伏強度, σ_u : 引張強度, E_s : ヤング係数

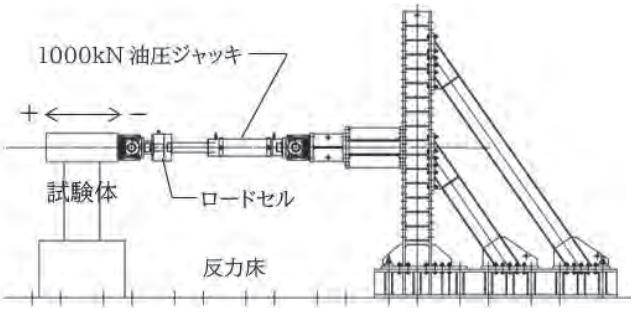
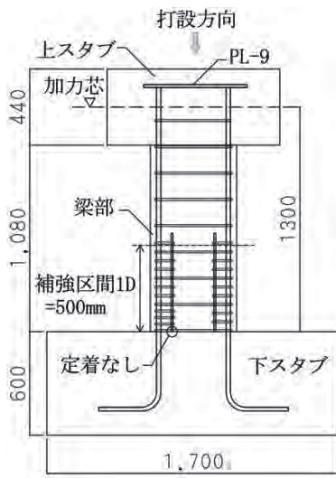
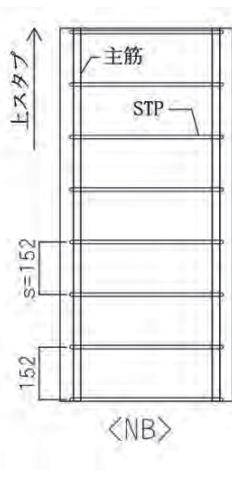


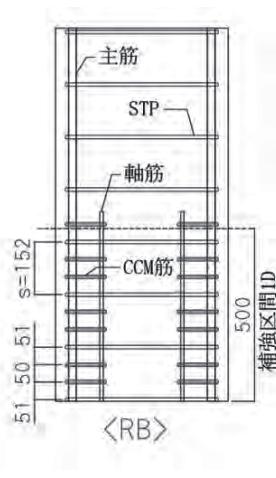
図-6 加力装置



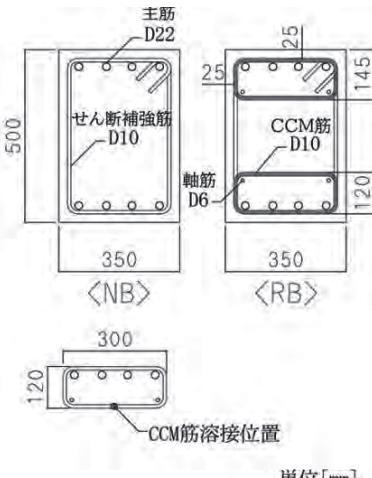
(a) 試験体前掲



(b) 試験体NB



(c) 試験体RB



単位 [mm]

図-5 試験体の形状および寸法

は、部材変形角 $R = \pm 1/1000 \text{ rad}, \pm 1/400 \text{ rad}$ を各2回、 $R = \pm 1/200 \text{ rad}, \pm 1/133 \text{ rad}, \pm 1/100 \text{ rad}, \pm 1/67 \text{ rad}$ を各3回、 $R = \pm 1/50 \text{ rad}$ を2回、 $\pm 1/33 \text{ rad}$ を1回とし、最後に $R = +1/25 \text{ rad}$ まで載荷した。

(3) 実験結果

図-7に荷重 Q -部材変形角 R 関係を示す。いずれの試験体も $R=1/120 \text{ rad}$ 近傍で主筋が降伏したことによる剛性低下が生じ、それ以降緩やかに荷重が増大した。試験体 NB は、 $R=1/33 \text{ rad}$ の負加力時において最大荷重を下回った。これに対し、試験体 RB は、 $R=1/25 \text{ rad}$ まで荷重の低下傾向は見られなかった。ここで、 $R=1/67 \text{ rad}$ と $R=1/50 \text{ rad}$ の $Q-R$ 関係に着目する。図-8に $R=1/67 \text{ rad}$ 、 $1/50 \text{ rad}$ の $Q-R$

関係を示す。 $R=1/67 \text{ rad}$ の1サイクル目から徐々に試験体 RB の履歴曲線は、試験体 NB よりも若干大きい傾向が見られた。特に、除荷後における荷重 0 kN からの荷重増大時の剛性に顕著な違いが見られた。また、 $R=1/50 \text{ rad}$ の2サイクル目の履歴曲線では、荷重 0 kN からの荷重増大時の剛性の違いが更に顕著になり、 $R=1/67 \text{ rad}$ と比較して試験体 RB の履歴曲線は、試験体 NB より更に大きい結果となった。この要因については、次節の破壊形状を観察して推察する。

(4) 破壊性状

写真-1に破壊状況 ($R=1/33 \text{ rad}$) を示す。試験体 NB は、 $R=1/67 \text{ rad}$ 以降に主筋に沿った付着割裂ひび割れが顕著に発生したが、試験体 RB は付着割裂

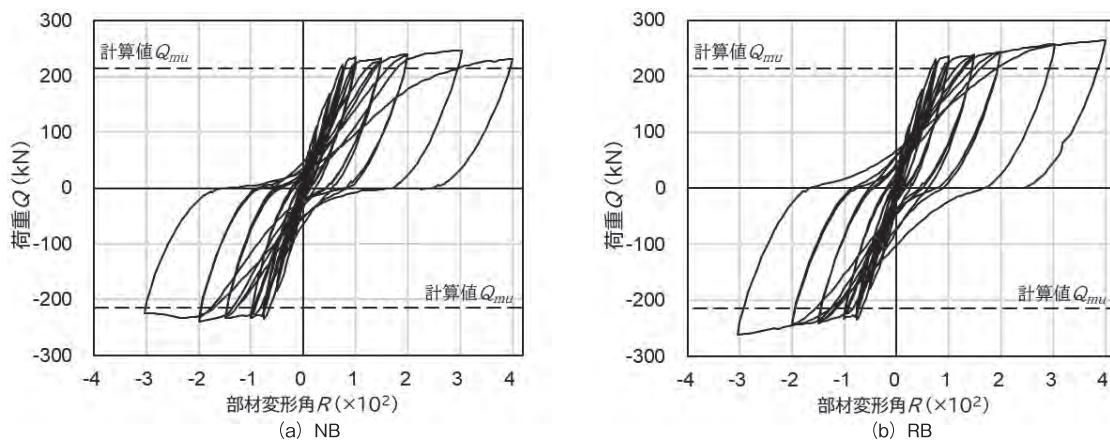


図-7 荷重 Q -部材変形角 R 関係

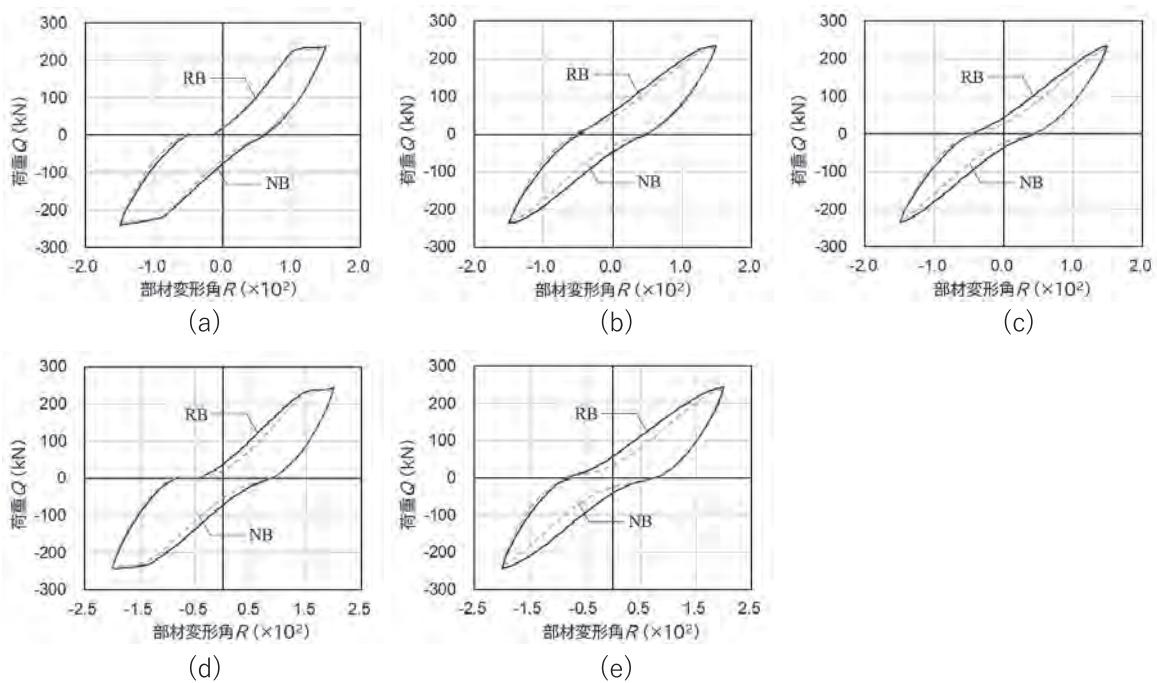
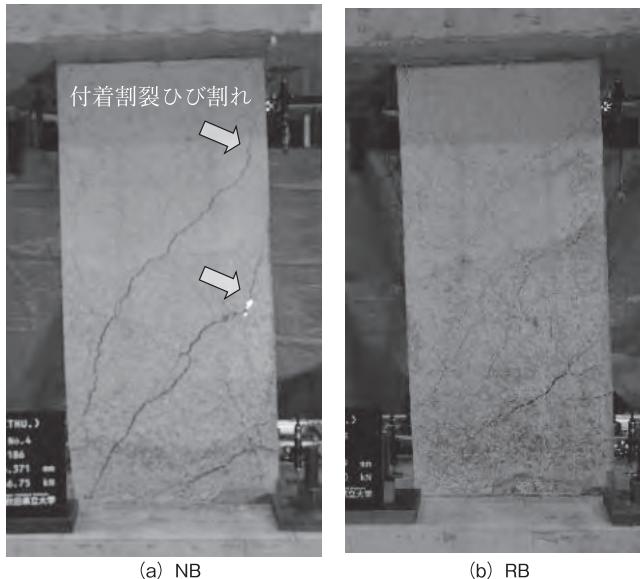


図-8 $R=1/67 \text{ rad}$, $1/50 \text{ rad}$ の $Q-R$ 関係

写真一 破壊状況 ($R=1/33 \text{ rad}$)

ひび割れが抑制されていた。つまり、付着割裂ひび割れを抑制することで、曲げ降伏後の付着特性が改善されているものと推察される。また、 $1/50 \text{ rad}$ 時において試験体NBはひび割れが集中し、ひび割れの幅は3 mm程度と大きかったが、試験体RBはひび割れが分散し、ひび割れ幅は1 mm程度と小さい。さらに端部の圧縮側コンクリートを比較すると、試験体NBは一部コンクリートの圧壊が見られたが、試験体RBでは圧壊が確認されなかった。これらの要因により、前項で述べたように $R=1/67 \text{ rad}$ 以降の試験体RBの履歴曲線は、試験体NBより大きかったものと推察される。

以上より、CCM-RC梁は従来のRC梁と比較して①曲げ降伏後の主筋の付着特性を改善、②付着割裂強度の増大による付着割裂破壊の防止、③CCM筋で拘束されたコンクリートの韌性向上の効果がある。また、これら効果により④大変形時の主筋座屈挙動の抑制も期待できる。

5. おわりに

本報では、CCM-RC梁の効果として①曲げ降伏後の主筋の付着特性を改善、②付着割裂強度の増大による

付着割裂破壊の防止、③CCM筋で拘束されたコンクリートの韌性向上の効果、を付着割裂要素実験と部材実験の両結果から示した。これらの効果により、④大変形時の主筋座屈挙動の抑制も期待できると言える。

著者らは大地震が頻発する近年において、建築物の長寿命化や継続使用性に貢献できるように、CCM-RC梁が一般的に用いられるよう普及に努めていく。

飛島建設(株)、(株)熊谷組および鉄建建設(株)は、主筋周囲拘束補強型RC梁(CCM-RC梁)工法を(一財)日本建築センターにおいて「評定(BCJ評定)」を令和6年2月26日に取得した。

謝 辞

秋田県立大学の西田哲也教授、菅野秀人教授および櫻井真人准教授に、技術的助言を賜りました。深く謝意を表します。

J C M A

《参考文献》

- 1) 鉄筋コンクリート構造保有水平耐力計算規準・同解説、日本建築学会、2021.

[筆者紹介]

坂本 啓太(さかもと けいた)
 飛島建設㈱
 技術研究所 研究開発グループ
 主任研究員



前川 利雄(まえがわ としお)
 (株)熊谷組
 技術本部 技術研究所
 防災技術研究室
 室長



石渡 康弘(いしわた やすひろ)
 鉄建建設㈱
 建設技術総合センター
 研究開発センター
 環境グループリーダー



コンクリートのひび割れ画像解析の開発と実用化展開

堀 口 賢一

近年、コンクリート構造物の近接目視点検の効率化や高精度化が求められている。そこで、デジタル画像からコンクリートのひび割れをAIで自動検出し、ひび割れ幅を自動算定できるひび割れ画像解析技術を開発した。特に、ひび割れ幅の算定において、ウェーブレット変換による画像解析技術を用いていることが特徴で、比較的粗い画像からでも微細なひび割れ幅を算定することができる。このような機能を活かして2020年7月から実用化し、橋梁、トンネル、ボックスカルバート、ダム堤体、LNGタンク外壁、建築建屋、擁壁、および煙突など100箇所以上の構造物で、合計24万m²を超える適用実績が得られ、コンクリート構造物のひび割れ点検業務に広く活用されるようになっている。

キーワード：コンクリート、維持管理、ひび割れ、AI、画像解析、自動検出、ウェーブレット変換、ひび割れ幅

1. はじめに

コンクリート構造物の点検では、コンクリートのひび割れの有無の確認や、発生しているひび割れの位置や長さ、幅を記録することが基本とされている。これは、コンクリート構造物の劣化にはさまざまな原因があるが、劣化の兆候やその程度が、構造物表面にひび割れやその変化として表れることが多いためである。写真-1に近接目視によるコンクリート構造物のひび割れ点検状況を示す。ひび割れの点検は、従来から

点検員が調査箇所に近接して目視によりその有無を確認し、幅や長さを測定して、手書きで図面に記録する手法が取られてきている。しかしながら、このような方法には以下のようないくつかの課題がある。

- ・点検業務に従事する人員の確保が難しくなっている。
- ・点検結果が点検員の技量や特徴に依存し、点検記録にバラツキが生じる。
- ・高所に登ったり、狭隘な箇所に潜り込んだりする危険性や苦痛を伴うことがある。

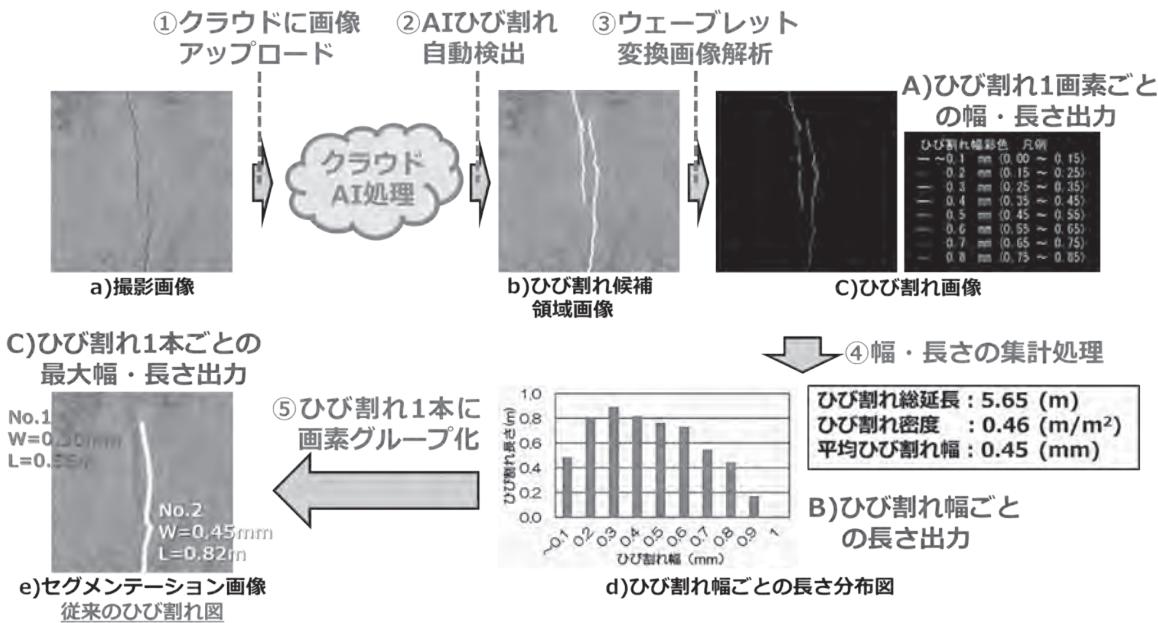
これらの課題を解決することを目的として、デジタル画像からひび割れを自動で検出し、幅や長さも自動で定量的に評価できる本技術を開発し、実際の構造物の点検に適用して実績を積み重ねた。本稿では、本技術の概要ならびに適用事例について紹介する。

2. ひび割れ画像解析技術の概要

図-1に本技術によるコンクリートのひび割れ画像解析の処理手順を示す¹⁾。本技術は、クラウド上で稼働する画像分析および画像解析のプログラムで構成されている。その処理手順は、①クラウドにデジタル画像をアップロード、②AI画像分析によるひび割れの自動検出、③ウェーブレット変換を用いた画像解析によるひび割れ1画素ごとの幅・長さの定量処理、④ひび割れ幅ごとの長さの集計処理、および⑤ひび割れ1本ごとに複数の画素をグループ化する処理となって

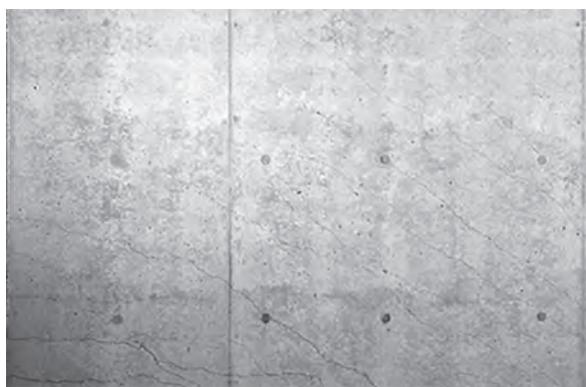


写真-1 近接目視によるコンクリート構造物のひび割れ点検状況

図一 1 本技術によるコンクリートのひび割れ画像解析の処理手順¹⁾

いる。また、この実施により得られるアウトプットは、b) AI がひび割れと認識した画素を抽出したひび割れ候補領域画像、c) ひび割れ 1 画素ごとの幅に対して色分けしたひび割れ画像、d) ひび割れ幅ごとの長さ分布図、および e) ひび割れ 1 本ごとに区分したセグメンテーション画像である。セグメンテーション画像は、通常の近接目視点検で、点検員が 1 本のひび割れと評価する範囲ごとに複数の画素をグループ化して、ひび割れの最大幅ごとに色分けしたひび割れ画像のことであり、従来の近接目視点検で得られるひび割れ図に相当する。

一般的には、b) のひび割れ候補領域画像や、e) のセグメンテーション画像がコンクリートのひび割れ図とされるものであるが、本技術ではさらにひび割れの幅や長さをより正確に評価できる、c) ひび割れ 1 画素ごとの幅に対して色分けしたひび割れ画像や、d) ひび割れ幅ごとの長さ分布図を出力することができる。

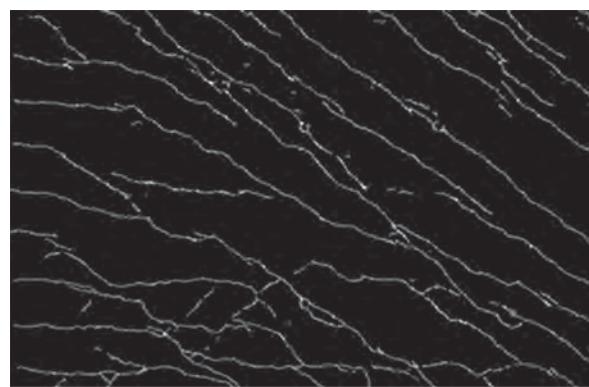


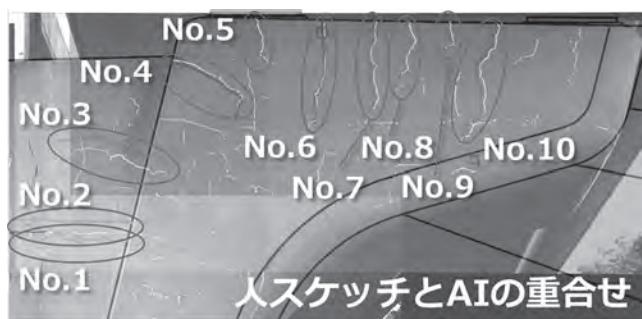
3. ひび割れ画像解析技術の特徴

(1) AI によるひび割れの自動検出の精度

図一 2 に本技術による AI ひび割れ検出結果を示す。図一 2 のような一般的なコンクリート面に対する画像では、ひび割れの検出率が 96.9% と高く、ひび割れの検出漏れが少ない特徴を有している¹⁾。また、図一 3 に人と AI によるひび割れ抽出を重ね合せた結果を示す。ここでは、ひび割れ幅 0.2 mm 以上を検出対象としたが、人が検出したひび割れは AI でも全て検出されている²⁾。

このように、本技術での AI によるひび割れの検出精度が高いのは、画像全体から局所的なひび割れの有無を判断する画像処理機能と、さまざまひび割れパターンの学習データを用いた AI によるひび割れ抽出機能を組み合わせていることが要因として挙げられる。

図一 2 本技術による AI ひび割れ検出結果¹⁾

図-3 人とAIによるひび割れ抽出を重ねさせた結果²⁾

(2) ひび割れ幅の自動算定の精度

ひび割れ幅の自動算定のために、ウェーブレット変換を用いた画像解析技術を開発した。これにより、本技術は類似技術に比べて、コンクリートの色合いや明るさの影響を受けにくく、さまざまな撮影環境で、正確にひび割れ幅を定量評価できる特徴を有している³⁾。具体的には、ウェーブレット変換により、画像上のひび割れと判断された画素ごとにウェーブレット係数が得られ、この係数とひび割れ幅には高い相関があることが確かめられている。そのため、本技術では画素寸法の1/4から2倍程度のひび割れ幅を精度よく推定できる³⁾。

表-1に人とウェーブレット変換によるひび割れ幅の比較結果を示す。これは、図-3に示した人とAIによるひび割れ抽出結果について、人が抽出した10本のひび割れそれぞれの最大幅について比較したものである。人による評価は近接目視でクラックスケールにより測定したもの、画像解析による評価は本技術のウェーブレット変換によるもので、それぞれ同じ位置のひび割れ幅について比較している。これによれば、両者のひび割れ幅の評価結果の差は、概ね0.1 mm程度の範囲にあり、実用上問題ないことがわかる²⁾。

表-1 人とウェーブレット変換によるひび割れ幅の比較結果²⁾

ひび割れ No.	最大ひび割れ幅 (mm)	
	近接目視	本技術
1	0.2～0.3	0.2～0.3
2	0.2～0.3	0.4～0.5
3	0.2～0.3	0.3～0.4
4	0.4～0.5	0.3～0.4
5	0.3～0.4	0.3～0.4
6	0.4～0.5	0.4～0.5
7	0.2～0.3	0.2～0.3
8	0.3～0.4	0.3～0.4
9	0.2～0.3	0.3～0.4
10	0.2～0.3	0.3～0.4

このように本技術では、図-1で示したとおりひび割れ幅について、①ひび割れ1本ごとの最大ひび割れ幅、②ひび割れ全体の平均ひび割れ幅、および、③幅ごとのひび割れ長さ分布が得られる。これは、ウェーブレット変換により、画素ごとのひび割れ幅情報を詳細に得ているためである。これに対して、類似技術では、ひび割れ1本ごとの最大幅のみ出力されるものがほとんどである。本技術により得られるひび割れ幅に関する詳細な情報は、ひび割れの経年変化を把握したい場合や、ひび割れ補修における注入材の設計数量を算定したい場合などに活用されている。

4. ひび割れ点検の効率化と技術の汎用性

コンクリート構造物のひび割れ点検について、本技術を使った場合と従来の近接目視による場合の点検費用を比較した場合、対象構造物の種類や配置、アクセス環境、撮影環境、および検出したい最小ひび割れ幅などによって、どちらが経済的になるかは異なる。総じてドローンを使った撮影が可能な環境では、本技術を活用することによるコスト縮減効果が得られる傾向にある。

写真-2に点検に要する人員と費用を比較したラーメン高架橋の外観を示す。比較条件は下記のとおりである。

- ・調査対象：ラーメン高架橋の柱、梁、床版下面、および高欄外側面の幅0.2 mm以上のひび割れ
- ・調査面積：5,101 m²
- ・調査方法：高所作業車を使った近接目視、および一眼レフカメラによる三脚撮影の2通り

図-4に高架橋床版下面のひび割れ図を示す。図-4は、写真-2で示した高架橋に対して本技術を適用



写真-2 点検に要する人員と費用を比較したラーメン高架橋の外観



図一4 高架橋床版下面のひび割れ図

した結果である。このようにひび割れが多く発生している構造物の点検においては、本技術を活用することの便益が高くなり、近接目視に要する人員と費用をそれぞれ100%とした場合に対して、本技術を適用した場合は、人員数で27%、点検費用で12%の縮減効果が認められた。

5. 適用実績

図一5は、道路橋橋脚のRC巻立て耐震補強工事の際に、耐震補強後に見えなくなる橋脚表面のひび割れを記録したひび割れ画像である。この工事では、橋脚断面の3次元計測も同時に形状・寸法を3次元モデルとして表示するとともに、本技術を活用して得られたひび割れ図を3次元モデルに貼付して、ひび割れの分布を3次元で俯瞰できるように活用した事例である⁴⁾。

本技術は、AIによるひび割れ自動検出機能を付与した2020年7月から、2024年9月末までの期間に、橋梁、トンネル、ボックスカルバート、ダム堤体、LNGタンク外壁、建築建屋、擁壁、煙突などの点検で活用され、100箇所以上の構造物で、合計24万m²を超える適用実績が得られている。

このように本技術は、コンクリート構造物の種類や部材によらず、コンクリートのひび割れ点検に適用できる幅広い汎用性を有している。また、撮影に用いるデジタルカメラのメーカー・機種が異なっても、検出したい最小ひび割れ幅に対応した画質で撮影すれば、ほぼ同等の検出結果が得られる再現性も有している。さらに、図一5に示したとおり、本技術により得られたひび割れ図を3次元計測結果と組み合わせることで、ひび割れ点検結果を3Dマッピング表示することも容易であり^{4)~6)}、国土交通省が進めるi-Constructionにおける、維持管理のDX(Digital Transformation)の推進にも寄与できる。

図一5 本技術により得られたひび割れ図を3次元表示した例⁴⁾

6. おわりに

AIを用いたひび割れの自動検出機能、およびウェーブレット変換を用いたひび割れ幅の自動算出機能を有する「コンクリートのひび割れ画像解析t.WAVE(ティ・ドット・ウェーブ)」を開発し、コンクリート構造物の点検に実用化した。また、2020年7月からは点検事業者などへの提供も開始し、コンクリート構造物のひび割れ点検業務に広く活用されるようになっている。このような、実用性の高さと点検業務への適用実績が評価されて、t.WAVEは令和5年度土木学会技術開発賞を受賞するなど、技術的にも高い評価を受けている。

J C M A

【参考文献】

- 1) 本澤昌美、堀口賢一、野村徳生：AIを用いたコンクリートのひび割れ自動検出精度の検証と実用化に関する検討、大成建設技術センター報、第54号、55-1-55-7、2021
- 2) 本澤昌美、堀口賢一、野村徳生、上村勇太、橋口稔秀、古村 崇、岡部成行：ひび割れ画像解析クラウドにおけるAI自動検出精度の検証および適用事例、土木学会全国大会第79回年次学術講演会、VI-569、2024
- 3) 小山哲、丸屋剛、堀口賢一、澤健男：ガボールウェーブレット変換を用いたコンクリートのひび割れ画像解析技術の開発、土木学会論文集E2(材料・コンクリート構造)、Vol.68、No.3、pp.178-194、2012
- 4) 堀口賢一、本澤昌美、岡部成行：コンクリートのひび割れ画像解析結果の三次元表示への取組み、土木学会全国大会第75回年次学術講演会、VI-275、2020
- 5) 堀口賢一、本島貴之、押野善之、菜花良平、本澤昌美、野村徳生、広島隆司：大深度立坑の外観調査へのひび割れ画像解析技術の適用、土木学会全国大会第77回年次学術講演会、VI-323、2022
- 6) 堀口賢一、本澤昌美、野村徳生、上村勇太、本島貴之、押野善之、広島隆司、岡部成行、宮良正彦、菜花良平：大深度立坑のひび割れ点検の効率化に向けた撮影手法の開発、土木学会全国大会第78回年次学術講演会、VI-1117、2023

【筆者紹介】

堀口 賢一 (ほりぐち けんいち)

大成建設㈱

技術センター 社会基盤技術研究部 先端基盤研究室
主席研究員

AI を活用した粒度判定システム「ASYST」

夏坂亮太

施工に伴って発生する土（建設発生土）を有効利用する場合、土の粒度特性に基づいた施工箇所・用途の選定が重要となる。しかしながら、粒度特性を得るために実施される「土の粒度試験方法（JIS A 1204）」は結果の取得に数日程度の時間を要し、迅速な判断が必要とされる施工管理にとって時間的な制約課題となっていた。

今回開発した「ASYST（アシスト）」は、AIによる画像解析によって土の画像から粒径加積曲線を推定する技術である。短時間で粒度特性を取得可能な点から、施工等への即時反映が期待できる。

キーワード：AI、画像解析、粒度試験、粒径加積曲線

1. 開発の背景

1991年に「再生資源の利用の促進に関する法律」が制定されて以降、建設発生土は有用な資源と見直され、業界を挙げて建設発生土リサイクルに取り組んできた。これにより、建設発生土の有効利用率は、2008年度から2018年度にかけて71.7%から79.8%に向上したもの、2018年度の内陸受入地への搬出量（有効利用できなかった残土量）は5,873万m³と膨大であり、建設発生土リサイクルは今後も継続的に取り組むべき重要課題の一つとなっている（表一-1）。

ここで、国交省が通知する発生土利用基準²⁾にも示される通り、建設発生土の適用用途選定では対象土の粒度特性が重要な指標となる。また、土工事や地盤改良工事では、対象土の粒度特性に基づく技術的判断を施工中に下す場面も多く発生する。このように、土の粒度特性は施工計画や施工管理における判断の重要な指標でありながら、数日から1週間程度の時間を要する粒度試験（JIS A 1204）に頼らざるを得ず、取得結果を即時反映させることが難しい状況にあった。こうした状況の中、短時間に粒度情報を取得する技術として、土砂の画像から粒度を判定する技術開発が多方面で進められているが^{3)～5)}、土砂内の細粒分が礫分などに付着することで細粒分含有率を過大に判定してしまうといった課題も報告されている⁴⁾。

そこで、細粒土を含む多様な土砂にも適用可能な粒度判定技術の確立を目的に、AIが持つ画像解析の強みを活かした粒度判定システム「ASYST」（以下、本

表一-1 建設発生土の発生量と有効利用率の推移¹⁾

	2008年度	2012年度	2018年度
建設発生土発生量（万m ³ ）	21,336	28,705	28,998
現場内利用	7,273	14,625	15,735
場外搬出	14,063	14,079	13,263
工事間利用	3,425	4,332	3,484
土質改良プラント	744	706	383
準有効利用	3,852	2,667	3,523
内陸受入地	6,042	6,375	5,873
建設発生土有効利用率（%）	71.7%	77.8%	79.8%

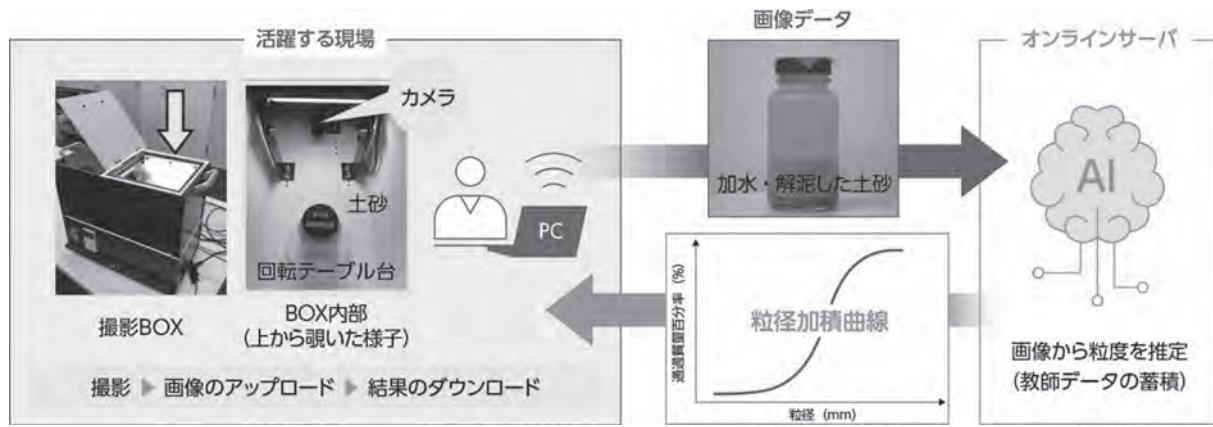
システム）を開発した。本稿は、システムの特長および開発時の取組み、実工事における現場適用性の検証について報告するものである。

2. システムの概要

本システムの全体概要を図一-1に示す。当技術は、AIによる画像解析技術を利用し、土砂の粒径加積曲線を短時間で推定するものである。主な特長を以下に示す。

(1) 粗粒土～細粒土（4.75 mm 以下）の粒度推定に特化

浚渫・埋立事業や臨海部での地盤改良事業など、軟弱地盤を対象とする施工現場で高頻度に出現する、粒径4.75 mm以下の粗粒土～細粒土の粒度推定に特化した仕様とした。一方、4.75 mm以上の粒径を含む土砂を対象とする場合であっても、事前に4.75 mmふ



図一1 本システムの全体概要

るいにかけたうえで、残留分をふるい分析に、通過分を本システムに供し、それぞれの結果を統合することで対象土全体の粒度分布を現場で迅速かつ簡易に把握することが可能である。

(2) 解泥土砂を利用した粒度推定

文献4)で報告されている通り、細粒土の粒度推定を画像解析で行う場合には、粒子同士の付着や細粒分の団粒化によって粒径を誤認識してしまう懸念がある。そこで、当技術では解泥状態の土砂を撮影対象とすることでこれらの発生を抑制し、さらには土砂の付着状況や沈殿状況といった画像的特徴をAIに学習させる工夫も併せ持たせることで、細粒土への対応を可能とした(図一2)。

(3) 短時間での粒度推定を実現

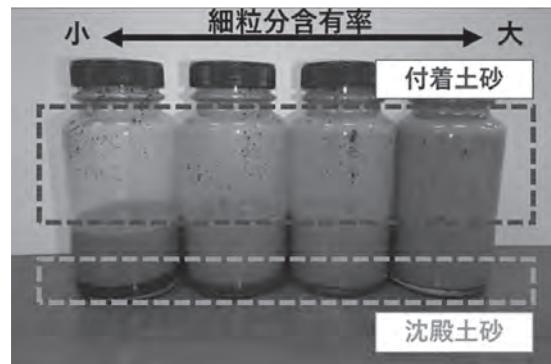
当技術では、土の採取を含む試料の準備からAIによる粒度推定までを1時間以内で実施可能である。そのため、得られる推定結果を施工管理等に即時反映させることができる。

(4) 専用撮影装置(撮影BOX)を用いた画像取得

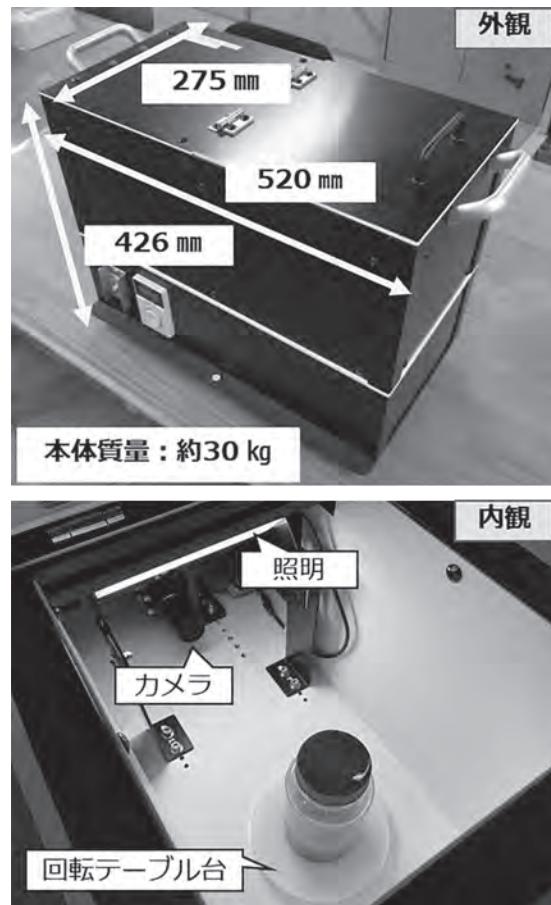
当技術では、粒度推定に使用する画像の取得を専用撮影装置にて行う。これにより、天候・時間・場所などの影響や制約を受けずに常に一定環境下での画像取得が可能となり、推定精度の向上に繋がっている(図一3)。

(5) オンラインサーバー上の粒度推定

当技術は、オンラインサーバー上の粒度推定が可能である。したがって、特別なスペックを持つPC等のデバイスを必要とせず、インターネットに接続できる環境下であれば、場所や時間を問わずに任意のタイミングで粒度推定を行うことができる。



図一2 撮影対象とした解泥土砂



図一3 専用撮影装置

3. 開発時の取組み

(1) 解泥土砂を利用した粒度推定

開発の第一フェーズでは、解泥土砂の画像から粒度情報を読み取るアプローチとして粒度を調整した24種類の混合土（以下、人工試料）を対象に細粒分含有率 F_c の推定を試みた。人工試料の詳細を表-2に示す。人工試料は、礫分含有率を2種類（10%, 20%）に大別した上で、砂分含有率を8パターン、細粒分含有率 F_c を4パターンに区分して作製した。礫分と砂分は最大粒径9.5 mmの砂質土（ $F_c=0.6\%$ ）をふるい分けしたものを、細粒分はコンシステンシー特性の異なる3種類の粘性土を用いた。

解泥土砂は、土試料の土粒子重量 $m_s=50\text{ g}$ を定量として密閉容器（ガラス製；胴径63 mm、高さ126 mm、容量260 mL）に投入し、含水比を $w=150\%$ に調整したのち、上下に振り混ぜて作製した。ここで、含水比 $w=150\%$ は事前実験を通じて設定した数値であり、一般的な自然土の液性限界 w_L の上限値以上⁶⁾かつ付着土砂の特徴を容易に視認できる値として採用したものである。その後、回転テーブル台の中心に解泥土砂を

表-2 人工試料の配合条件

試料 No.	含有率 (%)			細粒分調整用 粘性土種類
	礫分 (2.00 mm ～4.75 mm)	砂分 (0.075 mm ～2.00 mm)	細粒分 (0.075 mm 未満)	
1	10	80	10	粘性土 A $w_L=57.4\%$ $w_p=22.0\%$ $I_p=35.4\%$
2	20	70	10	
3	10	60	30	
4	20	50	30	
5	10	40	50	
6	20	30	50	
7	10	20	70	
8	20	10	70	
9	10	80	10	粘性土 B $w_L=64.7\%$ $w_p=29.3\%$ $I_p=35.4\%$
10	20	70	10	
11	10	60	30	
12	20	50	30	
13	10	40	50	
14	20	30	50	
15	10	20	70	
16	20	10	70	粘性土 C $w_L=147.7\%$ $w_p=35.6\%$ $I_p=112.1\%$
17	10	80	10	
18	20	70	10	
19	10	60	30	
20	20	50	30	
21	10	40	50	
22	20	30	50	
23	10	20	70	
24	20	10	70	

セットし、回転テーブル台が1回転する60秒間の様子を側方から固定カメラにより撮影速度約6.7枚/秒で撮影した（図-4）。これを1試料当たり20回繰り返し、約8,040枚（=60秒×約6.7枚/秒×20回）の画像を取得した。

上記の手順は各試料2セットずつ実施し、取得した画像をそれぞれ教師データとテストデータに用いた。なお、 F_c を推定するAIモデルの構築は、深層学習手法の一つであるCNN（Convolutional Neural Network）[ResNet18]⁷⁾を採用している。

実験結果を表-3に示す。表中の「正解率」は、問題と解答（推定結果）が一致した割合を意味している。正解率は各 F_c によってばらつきが見られるものの、平均正解率は82.8%と比較的高い結果となった。この結果から、画像を用いた粒度推定として解泥土砂でのアプローチが有用と判断し、その後の粒径加積曲線の推定に着手することとした。

(2) 粒径加積曲線の推定

開発の第二フェーズでは、土砂画像から粒径加積曲線を推定するAIモデルの構築に取り組んだ。AIモデルの教師データには、人工試料24種の粒度試験結果（粒径加積曲線）から抜粋した10点の粒度データを使用した。すなわち、75 μmより大きい粗粒分の範囲は規定のふるい目粒径（7点）、75 μm以下の細粒分

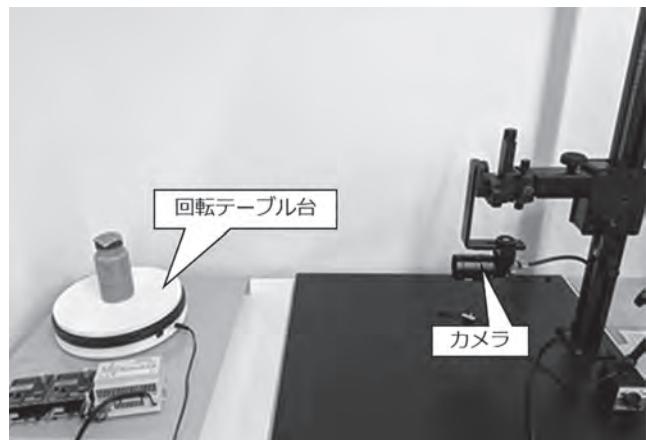


図-4 第一フェーズにおける撮影状況

表-3 細粒分含有率 F_c の推定結果

細粒分 含有率	正解数	不正解数	合計	正解率
10%	45,037	3,202	48,239	93.4%
30%	37,127	11,112	48,239	77.0%
50%	35,532	12,708	48,240	73.7%
70%	42,142	6,098	48,240	87.4%
				平均正解率 82.8%

の範囲は曲線からの読み取り値 (0.03 mm, 0.01 mm, 0.003 mm の 3 点) である。また、粒度データと対をなすもう一つの教師データ画像は、併せて開発した専用撮影装置（図-3）で取得した。これは、推定精度を低下させる要因となり得る「背景の映り込み」や「照度や画角等の違い」を排除する目的であり、時々刻々と状況が変化する建設現場での利用においても安定した推定精度を発揮することを期待したものである。したがって、本取組みにおける AI モデルは、粒径加積曲線から抜粋した 10 点の粒度データと専用撮影装置で撮影した画像を 1 対の教師データとし、その相関性を学習する形で最適化されたものとなっている。

本取組みによる粒径加積曲線の推定結果を図-5 に示す。推定精度の評価指標には、二乗平均平方根誤差 RMSE (Root Mean Squared Error) を採用した。これは、教師データに採用した 10 点の粒度データにおける正解値（粒度試験結果）と推定値との誤差を平均化したもの意味しており、値が小さいほど推定精度が高いことを示す指標である。各試料における RMSE の結果を見ると、全試料の平均は 2.35% であり、No.4 にて 6.15% の最大値を示している。No.4 の推定結果を図-6 に示すが、正解値と推定値の差を表す絶対誤差は最大でも 7.9% にとどまっており、粒度特性の

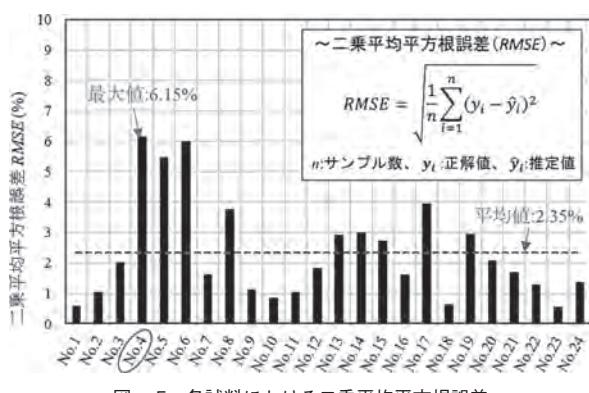


図-5 各試料における二乗平均平方根誤差

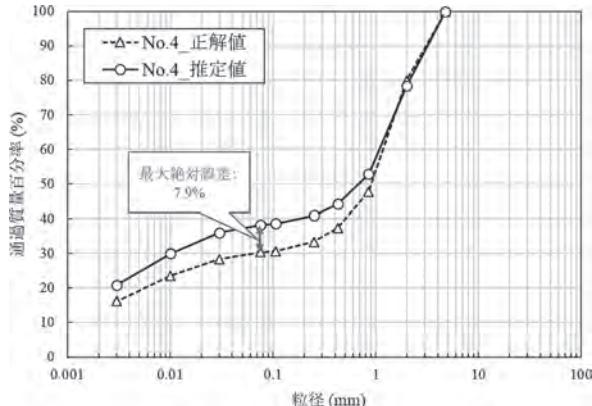


図-6 正解値と推定値の比較 (No.4)

傾向をつかむ概略判定としては十分な精度といえる。

(3) 追加学習の効果

現場実装に備え、これまで学習してきた人工試料のみならず、適用範囲を自然土砂まで拡張させる必要があると考えた。また、実装後は教師データの拡充（追加学習）を繰り返しつつ運用することを想定しているため、開発の最終フェーズとして自然土砂を用いた追加学習を行い、自然土砂への適用性と追加学習の効果を確認することとした。本取組みにおける追加学習効果の検証イメージを図-7 に示す。なお、検証では『港湾の施設の技術上の基準・同解説』⁸⁾を参考に、液状化判定として検討すべき粒度範囲 ($U_c \geq 3.5$ 、特に液状化の可能性あり) を学習範囲に設定した。これは、やみくもに収集した試料のデータによって、AI モデ

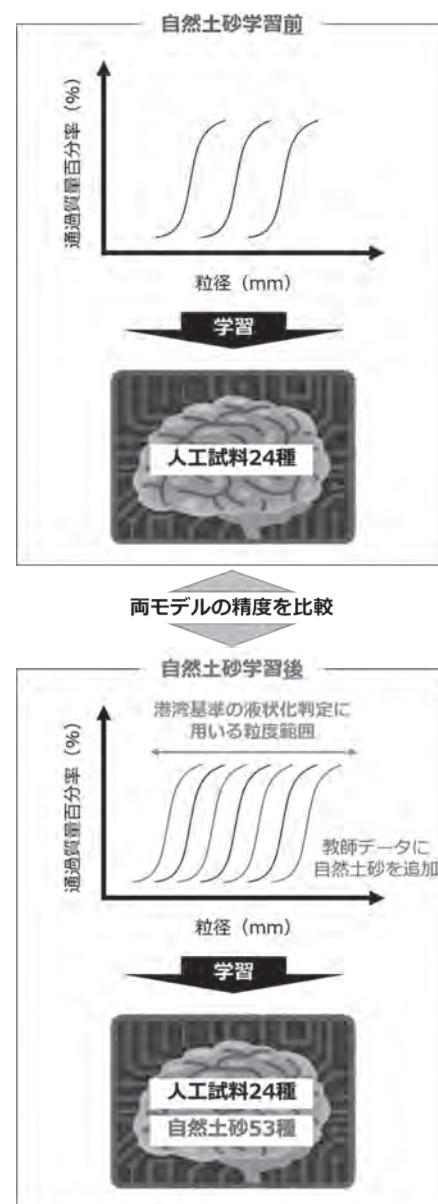


図-7 追加学習に用いた土砂

ルの学習効果が発散することを防ぐ目的である。この考え方のもと、自然土砂の中から該当する土砂（53種類）を選定し、教師データに追加した。

追加学習による推定精度の比較結果を図-8～10に示す。ここでは、粒度特性の異なる3種類（試料A、試料B、試料C）の結果を挙げている。いずれも追加学習によって推定精度は大幅に向上了り、試料CではRMSEが10分の1程度まで低下している。この結果から、追加学習による推定精度向上と当技術が自然土砂に対しても十分に適用可能であることを確認した。

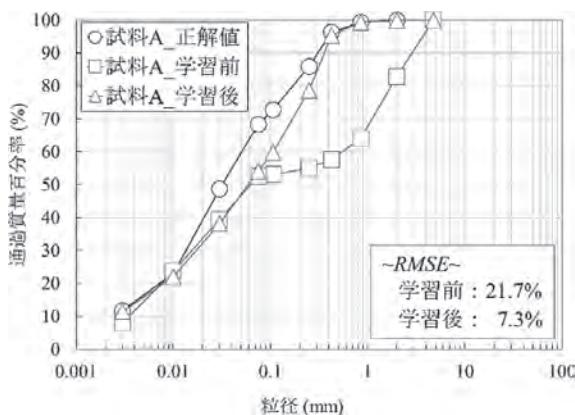


図-8 追加学習の効果（試料A）

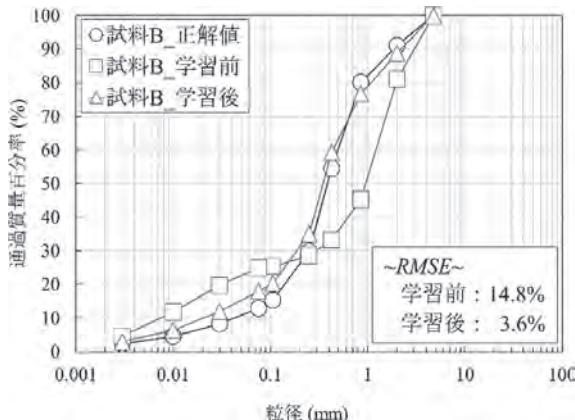


図-9 追加学習の効果（試料B）

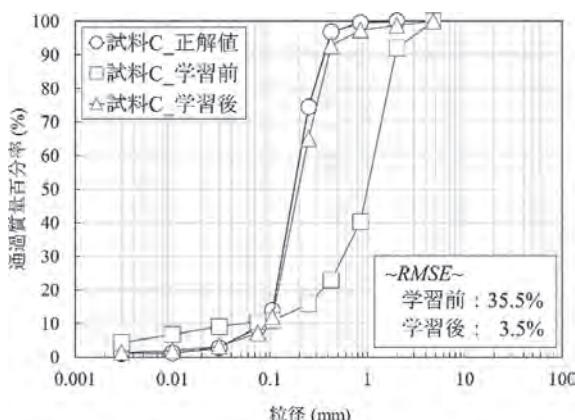


図-10 追加学習の効果（試料C）

4. 現場適用性の検証

前述の各種取組みを通じて開発した本システムを、実工事の施工管理ツールとして適用可能か検証⁹⁾した（図-11）。対象工事は、東京湾浅場造成事業の関連工事であり、他工事から受け入れた建設発生土を粒度調整し、湾内に存在する自然由来の窪地を埋め戻すものである。

検証では、実際に工事で扱う土砂（受入土砂、埋立材料）を対象にそれぞれ粒度試験と本システムによる粒度推定を実施し、結果の比較を行った。検証結果を図-12、13



図-11 現場検証状況

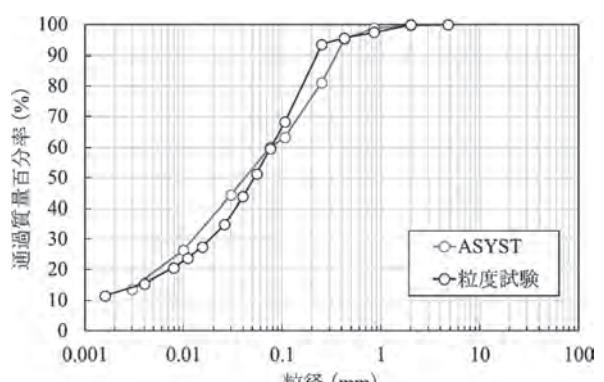


図-12 検証結果（受入土砂）

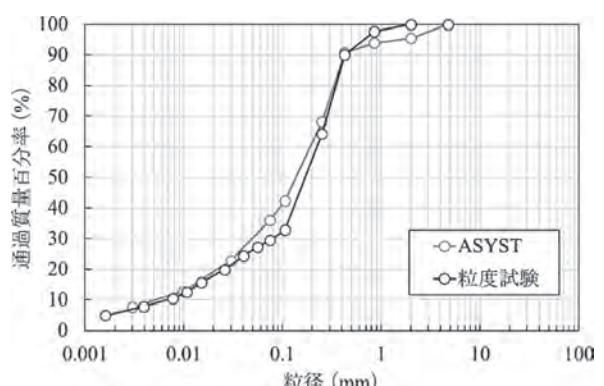


図-13 検証結果（埋立材料）

に示す。絶対誤差の最大値は、受入土砂で12.4%程度、埋立材料で9.5%程度となり、これまで室内試験で確認してきた結果と同等の傾向であった。これは、専用撮影装置による画像取得が効果的に働いた結果であり、装置開発の目的であった「建設現場での安定した推定精度の発揮」を達成した成果と捉えている。

また、全国の試験機関を対象とした室内試験結果の比較報告¹⁰⁾によれば、例えば細粒分含有率 F_c の測定結果は試験機関によって約6～30%の範囲でばらつきが生じている。したがって、本システムの推定精度は実用上で十分な推定レベルにあると判断でき、追加学習を繰り返すことであらなる精度向上が見込める点からも現場適用性について特段の問題はないと考えている。

5. 今後の展望

土の粒度特性は、土工事や地盤改良工事をはじめとする様々な建設工事において最も基本的かつ重要な指標であり、今回開発した「ASYST」にて実用上十分な精度を持った推定結果を迅速に取得することができる。

また近年では、建設生産プロセス全体の生産性向上および省人化の観点から「デジタル技術の導入」が重要視されている。デジタル技術の代表格であるAIを活用したASYSTが、未来の技術者ならびに建設業を支援（アシスト）する技術として発展することを期待している。

今後は、より多くの現場に積極的に展開することで

事例を積み重ね、教師データの拡充によって精度の向上を図りたい。

J C M A

《参考文献》

- 1) 国土交通省 HP：国土交通省「リサイクル」、平成30年度建設副産物実態調査結果（確定値）参考資料 https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/recycle/d02status/d0201/page_02010lcensus.htm
- 2) 国土交通省 HP：国土交通省「技術調査関係」、発生土利用基準(H18.8.10) <https://www.mlit.go.jp/tec/kankyou/hasseido.html>.
- 3) 川野健一、藤崎勝利、黒沼出、岡本道孝、小林弘明：デジタルカメラ画像を用いたロック材の粒度解析システム、土木学会第67回年次学術講演会、pp363-364、VI-182、2012.
- 4) 岩下将也、大塚義一：深層学習を用いた土の粒度分布推定法の基礎的研究、奥村組技術研究年報No.45、pp109-114、2019.
- 5) 阿部友貴、小林泰三：深層学習による地盤材料の工学的分類の実現に向けた基礎的検討、第56回地盤工学研究発表会、13-2-3-04、2021.
- 6) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解析【第一回改訂版】－二分冊の1－、p168、2020.
- 7) Kaiming He, Xiangyu Zhang, Shaoqing Ren, Jian Sun : Deep Residual Learning for Image Recognition, Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp770-778, 2016.
- 8) 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説（上巻）、pp408-417、2018.
- 9) 夏坂亮太：AIを活用した土の粒度判定システム「ASYST」、HEDORO、No.145、pp36-41、2024.
- 10) 地盤工学会 HP：技能試験実施委員会、地盤材料試験の技能試験報告書（2013～2021年度）https://www.jiban.or.jp/?page_id=550.

[筆者紹介]

夏坂 亮太（なつさか りょうた）
東亜建設工業（株）
技術研究開発センター
地盤・防災技術グループ





インフラツーリズム事業化研究会の立ち上げ ものづくりの目線からインフラの魅力を伝える旅を提案する

岩 橋 公 男

インフラツーリズムは、全国で催行されている。国土交通省、土木学会、日建連においてもそれを推進し、各旅行会社もツアーを企画しているが、旅行会社でのガイドには、限界がありゼネコン＝ものづくりの目線でのガイディングに価値があると考えている。インフラを造ってきたゼネコンならでは、ゼネコンだからこそそのインフラツーリズムができるだろう。そして、それは、生活の基盤であるインフラへの市民社会への理解を深めることにつながり、豊かな国づくりへと貢献することになると確信し、社内でインフラツーリズム事業化研究会を立ち上げて活動を始めている。本稿では、立ち上げの目的、経緯、実現に向けた方策等を紹介する。

キーワード：インフラ、インフラツーリズム、ゼネコン、ものづくり、旅行

1. はじめに（「失われた30年」—インフラ崩壊の危機）

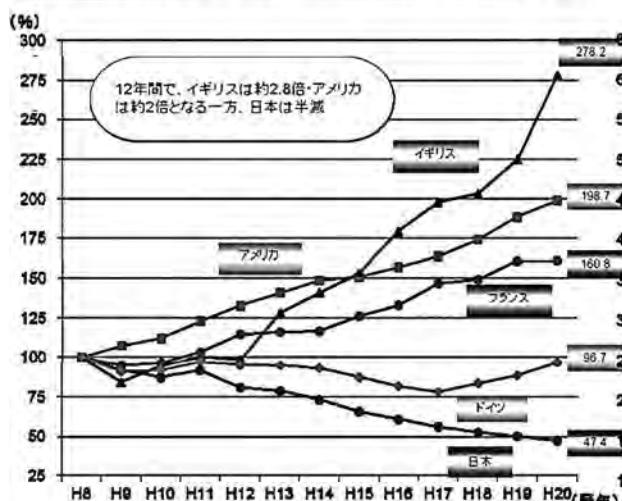
社会生活における「安全・安心・快適」を支えているのがインフラである。インフラは、当り前のものとして存在すべきものであるが、その陰には、「英知・努力・犠牲」があるということを忘れてはならない。

しかしながら、現在においては、当り前であるが故にその価値についての認識が乏しくなってはいないか。日本は、1990年代半ばからの公共事業費の削減により、かつての豊かな国から、先進国中で最も貧乏な国へと転落した。今、何をすべきなのか。今一度、国際競争力のある、豊かで幸せな笑顔溢れる国づくりが必要である（図-1）。

○日本の公共投資が減り続ける中、欧米は公共投資を増加 ○我が国の一般政府公的固定資本形成（注）の対GDP比は欧米諸国と同等の水準

（注：国と地方公共団体の行う社会资本の新設・改良等。公営企業が行うものは含まれない。また、用地費・補償費は含まれない。）

一般政府公的固定資本形成の推移（平成8年を100とした割合）



一般政府公的固定資本形成のGDPに占める割合

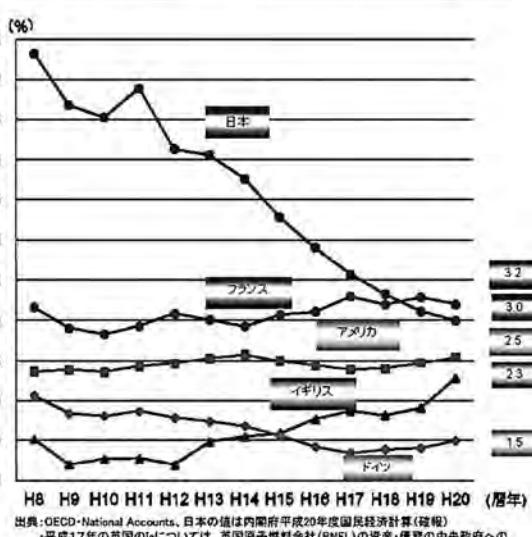


図-1 公共投資水準の国際比較

そのためには、国民の意識を変えていくことが求められる。その手法の一つとしてインフラツーリズムを活用していく。そして、国民の意識を変えるには、それ相応の年月が掛かるところから、インフラツーリズムをしっかりと収益が上がる事業として持続的に展開していくことが必須である。旅行業ではないゼネコンが事業とするためのハードルを越えるべくまずは、研究会を立ち上げた。そして、その道筋を定めて必ずや成立させることで、豊かな国づくりへ貢献をしていくことを目指している。

インフラは造って終わりではなく、維持管理、メンテナンスが必要であり、持続性が求められる。そこには投資をしていかなければならぬが、それを怠ったツケが今、全国のインフラ施設に老朽化としての課題を突きつけている。

2. 変革の時

「国づくり」「地域づくり」というベーシックな社会基盤づくりにおいて、最も重要な役割を發揮できるのは、建設業界を置いて他にはない。その建設業界は、これまで施主の要望に沿って、ひたすら「造ることのみ」を請け負ってきたが、今や技術革新と共に、コモディティーを避けられない運命にある。そこで、建設業界は、市民社会への多様な啓発活動を通して、あるいは事業の必要性を喚起することで、「未来の国づくり」や「新たな地域づくり」のメインプレイヤーとしての自覚が求められているのではないか。

昨今、地震や洪水等の災害が頻発する中で、ゼネコンは、真っ先に現場に入り、命がけで啓開、復旧を手掛けているが、その存在や貢献度が報道される機会は少ない。建設業界は、自らその広報を仕掛けることをしていないことを自覚、反省すべき時ではないか。

その対応の一つとして、インフラツーリズムの事業化が有効な手段となると考える。

3. インフラツーリズム事業化への研究

(1) 現場見学会

インフラツーリズムの魅力の一つに普段は見ることができないものを見ることができる、入ることでできない所へ入れるなどという特別感がある。その要素を兼ね備えているものとして、現場見学がある。私が現場代理人をしていたある現場では、5年間で430回を超える見学会を開催した。この現場は、地下鉄の改良工事で住宅街の中での工事であり、住民は全員が反対

をしていた。その中、町内会を通じて何度も見学会を重ねた。すると、反対をしていた人が、「こんなに嬉しいことをしていたのか。」や「これではうるさくて仕方がないか。」などと応援をしてくれるようになつていいったという事実がある。作業員が命がけで懸命に働いている姿、ゼロから造りだしていく技術力を実際に観て触れて、それが完成後には便利さにつながっていることが理解されるということではないか。まさに「英知、努力、犠牲」の認識、理解である。これは、見せて、伝えてこそである。

(2) 首都圏外郭放水路

インフラツーリズムの成功事例として、埼玉県春日部市にある首都圏外郭放水路がある（写真-1）。これは、この地域の周辺の河川の水を地下に貯留し、江戸川へ放流するという洪水対策である。年平均7回稼働している、つまり年7回地域を洪水から守っているインフラ施設である。ここ調圧水槽が「地下神殿」の様だと人気施設となっている。この見学会は、当初国交省が無料で行っていたが、インフラツーリズムの普及を図るため民間委託の第1号として現在旅行会社が企画運営を行い、有料での見学会を常時行っている。ガイドも旅行会社が行っているが知識の限界があり、私たちは、施工したゼネコンとしてガイド全員にレクチャーをした。そのことで、ゼネコンだからこそ、ゼネコンならではのインフラツーリズムの可能性を確信することができた。

(3) 黒部宇奈月キャニオンルート

日本の代表的観光地として立山黒部アルペンルートがある。そのメインとも言えるのが黒部ダムである（写真-2）。

この黒部ダムへ行く新たなルートが、黒部宇奈月キャニオンルートである。ここは、これまで一般開放されていない電力の維持管理用のルートであり、本年



写真-1 首都圏外郭放水路 調圧水槽



写真一2 黒部ダム



写真一3 黒部上部専用軌道 高熱隧道

6月から開始される予定であったが、1月の能登半島地震の影響により延期を余儀なくされている。

ここは、黒部川第三発電所と黒部川第四発電所の建設時に造られたルートであり、数々の困難を乗り越えて完成したものである。高熱隧道（写真一3）や長大な斜坑のインクラインなどの見所が多く、開始前からインフラツーリズムとして高い人気がある。旅行会社が富山県から受託して旅行商品化を行っている。ガイドの育成に関しては、専門知識を得ることが必須として外郭放水路同様、施工したゼネコンの立場でレクチャーを行っている。ガイドの人もこのルートはただの旅行ではなく、まさにインフラツーリズムであり、それを踏まえたガイドをしなければならないと強く認識している。

（4）サンプルツアーと地域との連携

研究会では現在、いくつかのサンプルツアーを実施し、知見、課題を得ることから始めている。今後は、旅行会社とともに商品企画を行い、実績を積み上げて、自走を目指していくところである。

インフラツーリズムの課題としてインフラ施設そのものだけでの収益性を確保していくことは難しく、その地域との連携も模索していく。

4. Values, Purpose, Method

インフラツーリズム事業化研究会のVPMは下記の通りである。

（1）Values

「人々の暮らしを支えるインフラ。私たちは、その価値を市民とともに共有し、持続的な安全・安心・快適な社会を実現していくために、インフラツーリズムを通じて、豊かな国づくりに貢献します。」

（2）Purpose

「私たちの生活を守る施設の役割、その施設が作られた背景を知っていただくことで、私たちの近くで私たちの生活を支えているインフラの重要性を理解していただくことを目的としています。」

（3）Method

「当研究会は、インフラツーリズムの事業性を検証し、市民社会との双方向のコミュニケーションツールとして、インフラツアーやの活用をめざしています。インフラツアーやが魅力ある旅行商品となり、収益を生み出す事業となるよう研究をすすめていきます。」

5. おわりに

インフラツーリズム事業化研究会では、インフラツーリズムの商品価値を高め、市民社会の近くにインフラを感じる機会を提供しインフラの魅力拡散に貢献すること、インフラツーリズムの普及に努め、新しい旅行の楽しみ方を提供し観光産業と地域経済の発展に貢献すること、人々がインフラツーリズムを楽しむことにより、「インフラツアーや」を旅行業界の一翼にならう商品に成長させ、インバウンド需要増大へも貢献すること、その先に、市民社会にインフラの重要性が確立され、維持管理メンテナンスを含めた投資が円滑に行われる国への貢献となる様に活動を継続していくのみである。

JCMIA

[筆者紹介]

岩橋 公男（いわはし きみお）

佐藤工業（株）

土木事業本部 インフラツーリズム事業化研究会
General Manager



すいそう

山岳トンネル工事における機械化の歴史

河田 孝志



1980年3月に岡山大学大学院工学研究科土木工学専攻を修了、4月に清水建設株式会社土木本部技術部（現在の土木技術本部）トンネルGに配属となった。2024年3月に44年間勤めた清水建設を退社、現在は河田コンサルタント事務所代表として、母校である岡山大学工学部の非常勤講師、セーフティーグローバル推進機構の理事・建設委員会委員長、複数の会社の顧問を務めている。

入社以来、国内8現場14年、海外2現場10年のトンネル現場経験と土木技術本部での私の経験を踏まえ、山岳トンネルの機械化の歴史について述べさせていただきます。

1977年に上越新幹線中山トンネルで本格導入されたNATM（New Austrian Tunneling Method）は膨

張性の地山で従来の施工では困難が予測された道路トンネルにおいても試験採用され、1986年には土木学会標準示方書で標準工法となった。鋼製支保工と矢板で地山を支えていた矢板工法に対して、NATMは地山が持っている保持力を最大限利用し、吹付けコンクリート、ロックボルト、鋼製支保工を用いて、モニタリングを行い、地山の安定を確保しながらトンネルを施工する工法である。私が入社した1980年は矢板工法がまだ主流の時代であったが、ヨーロッパのNATMの技術を学習、実践し急速に普及が進んだ。

この工法の導入が、山岳トンネルの大断面化、機械化を促進し、生産性の向上と安全性の向上に大きく貢献した。

生産性の向上内容		技術項目	技術内容	1960年以前	1960年 (S.35)	1970年代 (S.45)	1980年代 (S.55)	1990年代 (H.2)	2000年代 (H.12)	2010年代 (H.22)
支保部材の高強度化	NATM実用化	鋼製支保工の導入	●鋼製支保工の採用(大原T・佐久間ダム導水路T)	●U型可縮支保工採用(中山T)	●日本初のNATMの採用(中山T)	●道路トンネル初のNATM採用(国道289号・鉄道T)	●土木学会トンネル標準示方書(山岳編)でNATMが標準工法に			
		NATMの導入	●複雑支保工の導入→大きな幅・矢板の複数→施工性の向上			→<NATMで標準採用>				
		吹付けコンクリート	●吹付けコンクリートを試用(青函T)							
		ロックボルト	●ロックボルトを使用(第三高野T・鉄道T)	●ロックボルトを使用(今庄T・鉄道T)		→<NATMで標準採用>				
		NATM支保部材の高強度化					●高品質吹付けコンクリート実用化(JRTT)	●第二東名・名神(3車線断面)での採用	●NECO設計基準で高強度吹付け・基盤地盤を標準化	●NECO設計基準で高強度吹付け工法標準化
施工の高速化	施工機械の能力UP	ドリッパーの能力UP	●世界で初めて油圧ジャンボを採用(五島発電所工事)			●ゼネラルジャンボの採用(岩手一戸T)	●コンピュータジャンボ自動削孔の導入(岩手T)			
		吹付け機の能力UP	●油圧削岩機を使用(駿越T・道路T切)			●コンクリート吹付け機	●吹付けロボットを導入			
		エレクター付き吹付け機				●自由断面掘削機を使用(新城T・鉄道T)	●自由断面掘削機の能力アップ(300kW級)	●自由断面掘削機の対応範囲拡大(能力アップ・掘削範囲拡大)		
		自由断面掘削機の大規模化				●自由断面掘削機を使用(高座T・道路T)				
		タイヤ方式(ダンプランク)	●上部半断面工法によりダンプトラックの導入	●レール方式(タイヤ方式)	●レール方式による小断面分割掘削が主流	●コントラクタングル(ギルダ)の採用(金剛山T)	●TBMトンネルに連続ベルコン導入(特種・鉄塔T)	●3000mを超える新幹線	●コンピュータジャンボ自動削孔の導入(岩手T)	
		タイヤ方式(コンテナ式)			●底設・側壁導坑先進を含む上部半断面工法が主流	●ベンチカット工法が主流	●全断面早期閉合を継続的に適用(飯山T)	●新幹線断面に連続ベルコン導入(田上T)トンネルで標準化(伊勢T)		
		連續ベルコン方式			●大きな施工空間の確保→大型機械の導入	●最初ののがねトンネル(在来)(伊祖T)	●補助ベンチ付全断面工法が確立	●無頭坑みかねトンネル→施工効率の向上	●初期の無頭坑みかねトンネル(下到津T)	
補助工法による施工量の拡大	補助工法	導坑先進方式による小断面分割掘削	●底設・側壁導坑先進を含む上部半断面工法が主流			●最初ののがねトンネル(在来)(伊祖T)	●全断面早期閉合を継続的に適用(飯山T)	●無頭坑みかねトンネル→施工効率の向上	●初期の無頭坑みかねトンネル(下到津T)	
		横断面掘削工法	●底設・側壁導坑先進を含む上部半断面工法が主流			●最初ののがねトンネル(在来)(伊祖T)	●全断面早期閉合を継続的に適用(飯山T)	●無頭坑みかねトンネル→施工効率の向上	●初期の無頭坑みかねトンネル(下到津T)	
		めがねトンネル				●最初ののがねトンネル(在来)(伊祖T)	●補助ベンチ付全断面工法が確立	●無頭坑みかねトンネル→施工効率の向上	●初期の無頭坑みかねトンネル(下到津T)	
情報化施工の導入	情報化施工	先受け工の開発				●ワレントンネル系注入式FP実用実験(鍋立山T)・AGF初めて採用(港南T)	●ワレントンネル系注入式FP実用実験(鍋立山T)・AGF初めて採用(港南T)	●トレピューブ工法初めて採用(舞子T)	●トレピューブ工法初めて採用(舞子T)	
		縫合の補強工の開発				●トレピューブ工法初めて採用(鍋立山T)	●RJFP初めて採用(国分川分水路T)	●長尺鋼補強FRIT工法施工(成出T)	●長尺鋼補強FRIT工法施工(成出T)	
		断面の補強工の開発				●横断面掘削機の開発→NATM適用地質の拡大	●長尺鋼補強FRIT工法施工(成出T)	●長尺鋼補強FRIT工法施工(成出T)	●フジバライル・サイドバイル路工矢川放水路T)	
		前方探査技術				●横断面掘削機の開発→NATM適用地質の拡大	●長尺鋼補強FRIT工法施工(成出T)	●長尺鋼補強FRIT工法施工(成出T)	●油圧式削岩機を利用した切羽前方探査法(DRSS)	
情報化施工の導入	情報化施工	長距離ボーリング				●長尺水平ボーリングの世界記録(2,150m)	●長尺水平ボーリングの世界記録(2,150m)	●切羽前方探査の実現→不直地山対策・漏水対策の実現	●長さかつて向軽井が直線的なボーリング機械の研究	
		坑内計測技術				●コンバージョンスマート、三次元計測器による更に計測	●自動計測管理システムの確立	●自動計測作業の効率化→施工時間の確保	●自動計測作業の効率化→施工時間の確保	
		自走式掘削機					●自動計測管理システムの確立	●自動計測作業の効率化→施工時間の確保	●自動計測作業の効率化→施工時間の確保	
		井孔精度向上					●自走式掘削機	●井孔精度の向上→サイクルタイムの縮減	●コンピュータジャンボ(自動穿孔)の導入	

図-1 山岳トンネル建設における生産性の向上の年表

トンネルの施工順序は、以下で示される。

掘削（削孔→装薬→発破、機械掘削）→ずり出し→（こそく）→吹付け→鋼製支保工→ロックボルト

各施工時にトンネル専用の機械を使用するが、この50年間で大きく変遷している。図一1に山岳トンネル建設における生産性の向上の年表並びに下記に各作業手順の変遷を示す。

・発破工法における地山削孔機械の変遷

レッグドリルによる人力削孔（～1960年代）空圧式ドリルジャンボ（1970～1980年代→油圧式ドリルジャンボ（1980年代、2ブーム、3ブーム）→コンピュータージャンボ

・自由断面掘削機の変遷

炭鉱での試用（1960年代、40kW）→炭鉱から山岳トンネルへ（1970年代、40kW→90kW）→軟岩用から中硬岩、能力の向上と多様化（1976～1989年代、90kW→350kW）→機械掘削作業の無人化（2000年～現在、遠隔操作、自動化）

・吹付け機の変遷

人力吹付け（1970年代、乾式吹付け、5m³/hr）→機械吹付け機（1980年代、6～10m³/hr、乾式→湿式）→一体型（1990～2010年代、10～20m³/hr、急結材供給装置、コンプレッサー搭載、エレクター一体型）→自動吹付け機（2010年～現在、掘削断面に合わせて自動吹付、2ブーム化）

・ずり出し方式の変遷

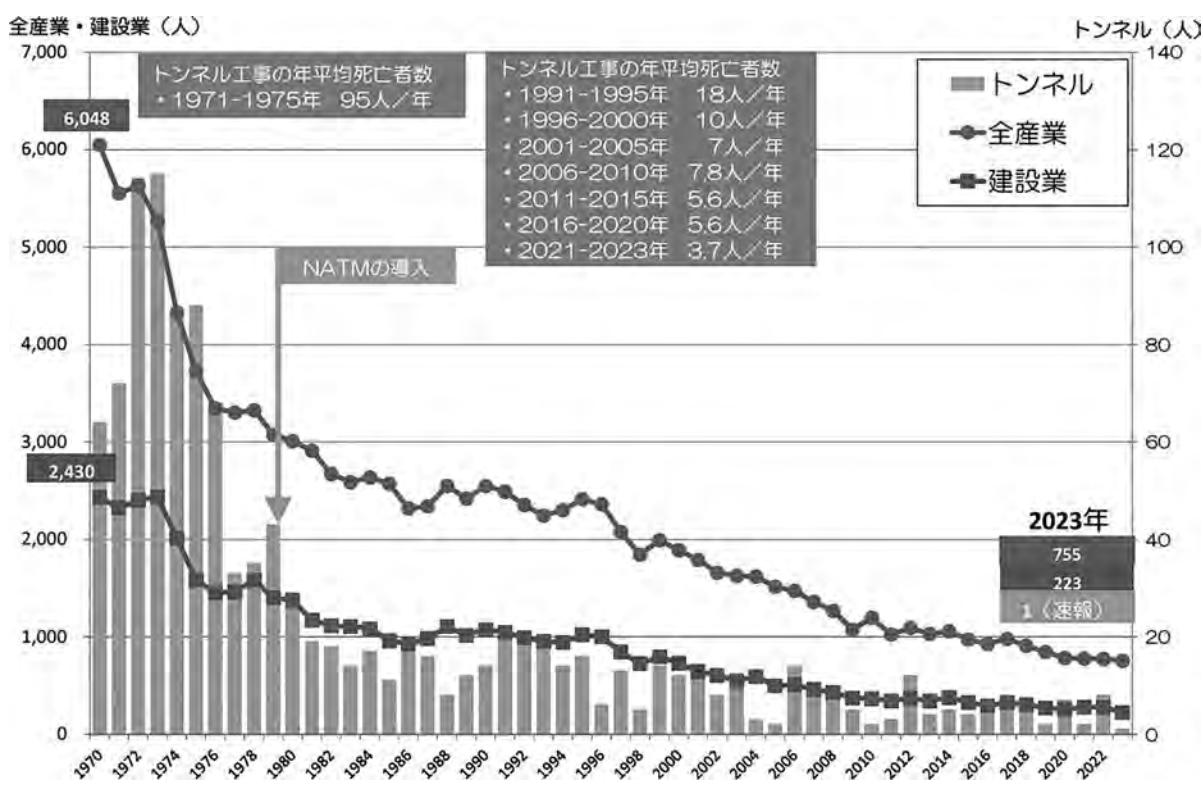
レール方式（ずり鋼車）→タイヤ方式（1960年代～、10tダンプトラック）→タイヤ方式（20tダンプトラック→30t、トンネル用アーキュレートダンプトラック、コンテナ方式、バックモニター、後方走行時の運転席回転）→ベルトコンベア方式（2km以上の長大トンネルでは生産性、安全性、環境改善を目的に採用が多い）

・ロックボルトの施工機械

ロックボルトの施工は切羽削孔機で削孔、モルタルポンプでモルタル充填、人力でロックボルトを挿入→ロックボルト自動打設機（2020年代）



写真一1 ガントリージャンボと自由断面掘削機

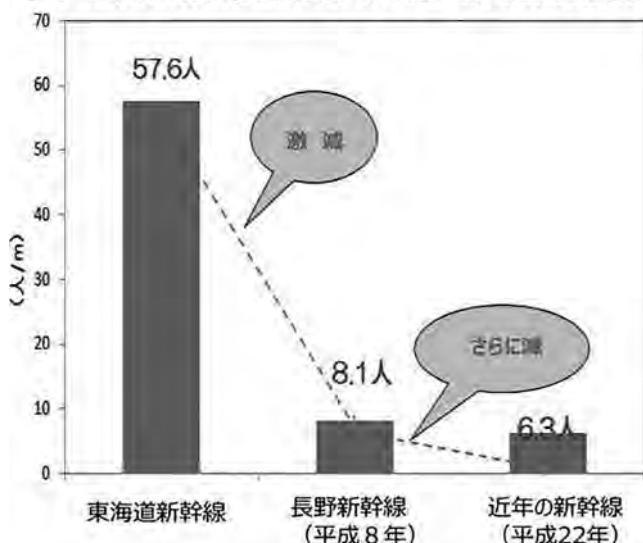


図二 全産業、建設業、トンネル工事における死亡者数の推移

- ・自由断面掘削機とガントリージャンボの組合せによるミニベンチの施工（1990年代）（写真一1），上・下半の同時作業を可能，作業サイクルの短縮ならびに省力化と施工個所の集約化による安全性の向上が図れた。

建設業において最も危険な作業と言われてきた山岳

トンネル1mあたりに要する作業員数の比較



出典：新幹線のインフラコストと建設技術の進展、廣田良輔、土木学会誌、1997.9付録
新幹線工事における山岳トンネルの変遷、金澤博、トンネルと地下、2011.3巻頭言

図-3 トンネル施工の生産性の向上

一 ロボット施工生産性システム（吹付け）一

次世代型吹付けロボット（5社共同開発）



遠隔施工を実現

清水

エフティエス

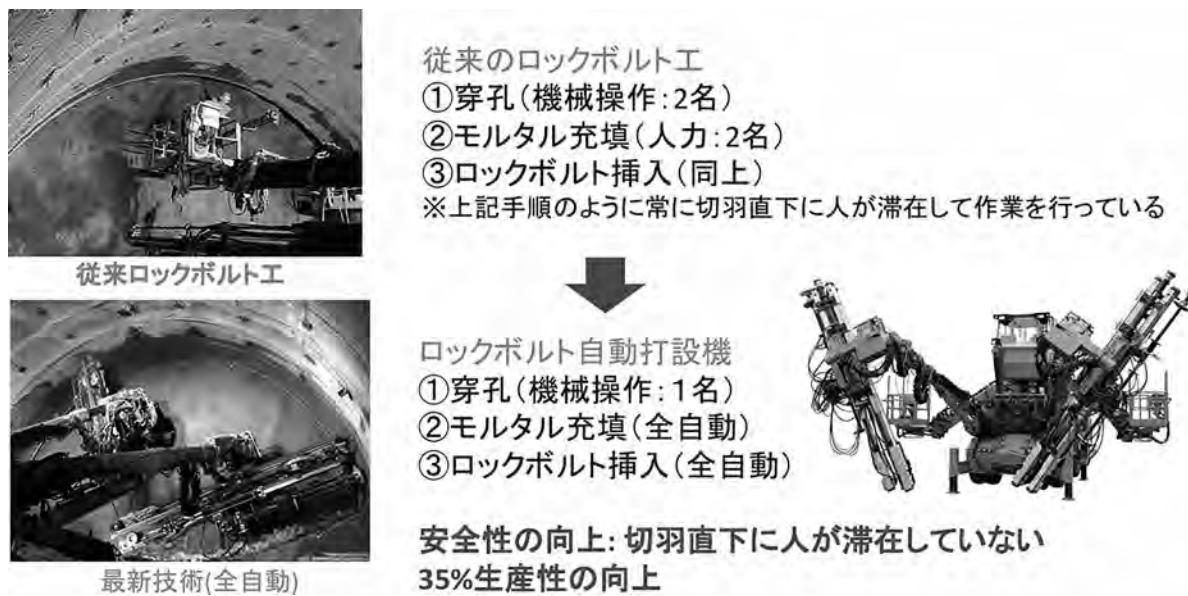
戸田

西松

前田

戸田

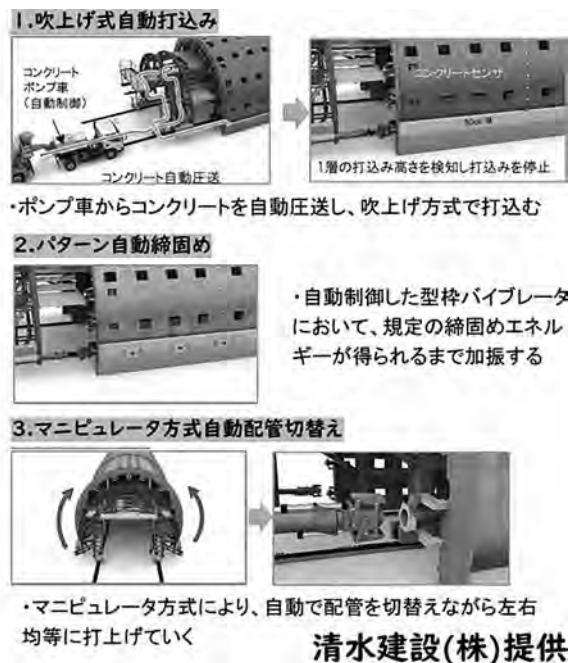
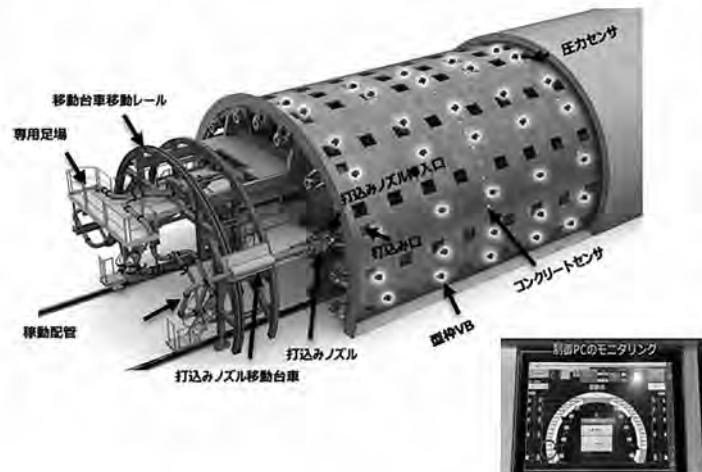
西松



図一五 ロックボルトの自動化

●覆工コンクリート打設自動化の最新技術

■Phase-3 自動化 山岳トンネル覆工自動施工システム



図一六 覆工コンクリートシステムの自動化

《参考文献》

- 厚生労働省：トンネル建設工事の工法等について、平成28年度第1回トンネル建設工事の切羽付近における作業環境等の改善のための技術的事項に関する検討、2016年11月。
<https://search.app/kcu9fEnnkQwNVyx7>
- 二木幸男：自由断面掘削機の経緯と発展の歴史：建設機械施工 Vol.71 No.11 November 2019。
<https://jcmanet.or.jp/bunken/kikanshi/2019/11/118.pdf>
- 河田孝志：我が国の建設技術発展の歴史と未来～これまでの50年とこれからの50年～（一社）計画・交通研究会 2023年度第4回イブニングセミナー、2024年2月。
<https://search.app/XTSxjPpzU9Wojvfz9>
- 清水建設㈱：重機接触災害リスク低減システム、人と機械が協調して作業の安全を確保、2022年3月。
<https://search.app/XTF5Rq7Xn9Ar1QKB7>

——かわた たかし 河田コンサルタント事務所代表,
セーフティーグローバル推進機構理事——

すいそう

思い描いた未来への期待

森山 幸司



今年10月、日本の社会基盤において、記念すべき大きな出来事があった。東海道新幹線の東京駅から新大阪駅まで500kmが、1964年（昭和39年）10月1日に開業し、60周年（還暦）の記念の節目を迎えた。

世界初の高速鉄道として、東京オリンピックの9日前に運転開始。日本の三大都市圏を結ぶ大動脈として東海道本線とは別に新たに建設され、輸送力の増強が図られた。新幹線は開業後60年間、死亡事故もなく、ビジネス、観光、地方経済に大きな影響を与え、日本の高度経済成長を支え、日本中に大きな影響をもたらした。

一方、東海道新幹線の将来の経年劣化や大規模災害に対する抜本的な備えとして、リニア中央新幹線の建設が着工された。東京・名古屋・大阪を結ぶ日本の大動脈輸送の二重系化である。

さらに、超電導リニアの高速性による時間短縮効果によって、日本の経済及び社会活動に大いに活性化することが期待された。リニア中央新幹線の開業に向けて、我が郷土の“なごや”のまちづくりが大きく動きはじめた。100年に1度の出来事である名古屋のまちづくりの新たな整備が、どのように考えられ進められてきたのか、20年前まで遡り取り組んだことも含めて紹介する。

2001年（平成13年）国土交通省誕生を契機に、中部地方整備局では、国、地方自治体・地元経済界の関係者が協働して、県境を越えた中部地方の目指すべき将来像の議論がはじまった。『日本の「まんなか」である地理的優位性を活かし、暮らし・産業が調和した、世界に誇れる中部の創造』を目標にした「第1次まんなかビジョン」が平成15年に作成された。このビジョンを通して、地域づくりの具体的な姿を描き、国と地方自治体、地元経済界、住民が一体となって豊かな中部地方を創りたいと目指した。本ビジョンづくりでは、地域住民の方々とビジョン討論会、住民満足度調査など地域住民の意見を行政に反映していくパブリック・インボルブメント（PI）を積極的に展開した。ここで地域との対話を深めるため、工夫を凝らした取り組みを紹介したい。

平成14年8月、議論のたたき台となる「まんなかビジョン（中間とりまとめ）」の表紙のデザインには、

日本列島の上に『日の丸弁当』を重ね、中部地方（日本のまんなか）の上に、赤い梅干を載せたシンプルなお弁当を描いた（図-1）。様々な情報交換や対話を通して、本ビジョンが、中部各地域の食材でみんなが食べたくなる『幕の内弁当』へと対話と協働作業のコンセプトを示した。これが功を奏して良い議論ができ、その成果を「まんなかビジョン（改訂版）」として平成16年3月に公表した。

また、有識者による日本のまんなかで我が国経済を牽引する中部の地域づくりのあり方などを議論、提言をいただく『まんなか懇談会』が設置された。この中で、リニア全線開通など国内外の社会の変化に的確に対応しつつ、2050年を見据えた中部の地域づくりのあり方や将来像などについて、活発に議論、意見交換が行われた。その成果として、平成26年10月に「第3次まんなかビジョン基本理念」が提言された。

この基本理念の考えが踏襲され、国土形成計画法に基づく中部圏の国土形成の指針となる「第2次中部圏広域地方計画」が平成28年3月に策定された。

現在、「新たな中部圏広域地方計画」の議論が進められ、「基本的な考え方」が令和5年7月に公表された。

中部圏における将来像は、『生活の質が高く持続的に成長する強靭な中部圏』を目指す。「交通・情報通信ネットワークの拡充により日本中央回廊の効果を最大化し、中部圏内の多様な地域が補完・連携しあって中部圏が一体となることで、我が国の社会・経済を牽引し、世界の拠点としての機能を果たす。」

具体的の目標の一つに「リニア中央新幹線開業による新たな価値の創造」として、『リニア名古屋駅を核とした圏域づくり』が盛り込まれた。名古屋のまちづくり

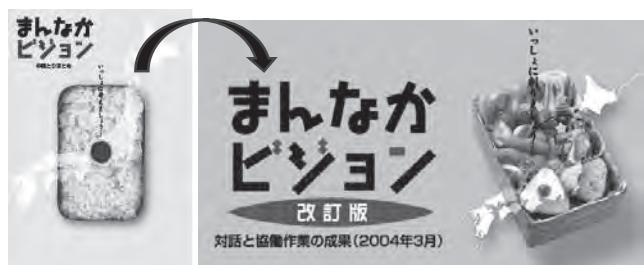


図-1 「まんなかビジョン」の表紙の変遷

りが国土計画の目標となり、事業促進が期待された。

今、名古屋市において、『リニア中央新幹線の開業に向けた都心まちづくり』が推進中である。名古屋駅周辺では、名古屋大都市圏の玄関口として圏域を牽引しながら継続的に発展していくには、これまでの課題を解消し、日本有数のターミナル駅の駅前にふさわしい空間形成の議論が進められている。こうした中、名古屋駅周辺まちづくりを進めるにあたり、様々な方からの応援メッセージが寄せられており、大変興味深く拝見した。

この中から、東京大学の羽藤英二教授の応援メッセージを紹介したい。「名古屋で今、駅前の新しいプロジェクトが推進しています。今交通モビリティの世界は、非常に大きな変革期にあります。超高速、超分散、超自動の三つの波によって、従前のモビリティの世界を大きく変わろうとしています。そのもっとも大きな変化が超高速リニア中央新幹線によって、国土が正に変わろうというプロジェクトが推進中であります。その受け皿が、この名古屋駅の非常に大きな東口と西口の大きなプロジェクトになるわけです。ターミナルスクエアという構想を我々は掲げ、大きな広場をいくつも重ね合わせるような形で、名古屋市民の方々が集える、そして世界中の人と交流しあえるような、全く新たな駅広場を造る構想を進めています。その中には、環境、デザイン、文化、新たなモビリティの取り込み、様々な議論が必要になってきます。その一つ一つを丁寧に解き明かしながら、この名古屋駅で結実するような、世界中の人人がビックリするようなデザインを何とか生み出し、停滞している日本の中で新たな動きをこの名古屋から感じられる空間づくりを進めていきたいと考えています。是非皆さんで頑張りましょう。」

中心となってご苦労されている先生の力強いメッセージに心を打たれた。

また、リニア名古屋駅の工事は、着実に進められている中、「リニア中央新幹線の開業に向けた名古屋駅周辺まちづくり」が多くの方たちの叡智によって進められている（写真一、2）。リニア中央新幹線の開業が、未来の“なごや”の発展にどんなインパクトをもたらしてくれるだろうか、今後の10年で大きく変貌するまちづくりを感じながら、世界から注目されるまちの住人として、未来を担う子供たちとともに、自分自身もしっかりと備えていきたい。

“なごや”は、最近のNHK朝ドラ『虎に翼』をはじめロケ地がいくつもある。明治から昭和時代のドラマに出てくる建造物が残っていることも魅力の一つで



写真一1 名古屋駅東口リニア名古屋駅工事状況



写真一2 名古屋駅西口リニア名古屋駅工事状況



写真一3 名古屋市市政資料館（ドラマのロケ地）

ある（写真一3）。

超高速鉄道や超自動化による最先端モビリティ都市が、これから“なごや”が世界に誇る売りになる。「第1次まんなかビジョン」で描いた中部地方の「日の丸弁当」からみんなの叡智で食べたくなる「幕の内弁当」へめざましい変貌を遂げることをしっかりと見届けたい。

部会報告

釧路コールマイン(株) 見学会 報告

機械部会 トンネル機械技術委員会

1. はじめに

機械部会のトンネル機械技術委員会では、2024年（令和6年）7月18日に国内唯一の坑内掘り炭鉱事業を行っている釧路コールマイン(株)様の見学会を実施しましたので、本誌に紹介します。参加者は事務局を含めて20名でした。

2. 見学会スケジュール

2024年（令和6年）7月18日（木）
 8:00 銀河駅集合、移動
 8:30～12:00 釧路コールマイン(株)
 事業概要説明
 現場見学
 質疑応答
 12:30～13:30 旧太平洋炭礦炭鉱展示館見学

3. 釧路コールマイン(株)会社概要

- 設立：2001年（平成13年）12月
- 所在地：北海道釧路市興津5-2-23
- 従業員数：133名
- 事業計画等
 - 1) 採掘及び販売事業
(生産量：年間約30万トン)
 - 2) 研修事業
(産炭国石炭採掘・保安技術高度化事業)
 - 3) 払い跡充てん炭酸塩鉱物化実証試験
(経済産業省補助事業)
 - 4) 新規事業分野の開発・企画
(環境リサイクル事業等)

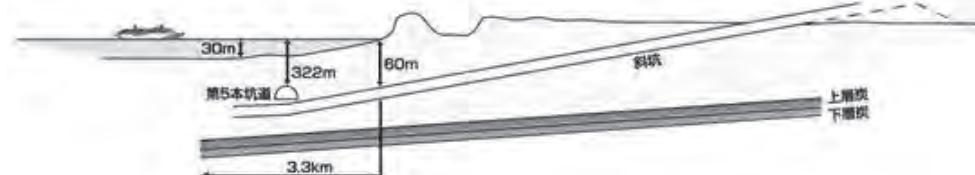


図-1 釧路コールマイン設立当時の概況

4. 事業概要説明

(1) 石炭採掘事業

釧路コールマイン(株)が採掘している石炭は、釧路市から太平洋の沖合に向かってマイナス5~6度の傾斜で賦存する海底下の新生代古第三紀の春採きよう炭層であり、2002年（平成14年）4月より採炭業務を開始しました。

炭層は緩傾斜であり、機械化採掘に適していたため、積極的に機械化に取り組み、早期から完全機械化採掘を確立しています（図-2、写真-2, 3）。

炭質は純一般炭で硫黄分が少ないため、低公害炭として電力を中心に幅広く利用されています。

(2) 研修事業

研修事業では、海外のモデル炭鉱に対する派遣研修、受入研修に取り組んでいます。

派遣研修では、現地の設備・環境に合った生産に直結した技術指導を行い、生産量のアップと保安の確保を目指しています。



写真-1 事業概要説明状況

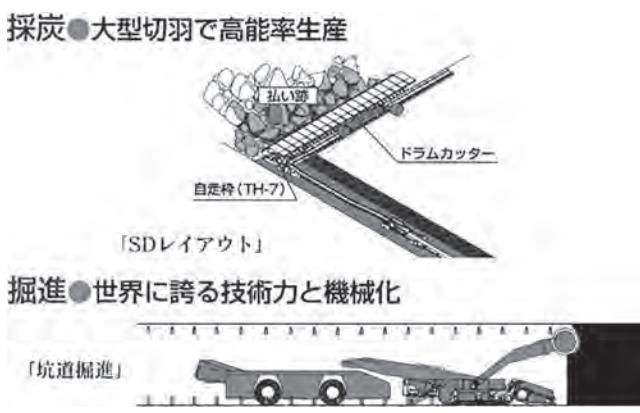


図-2 機械化採掘への取組

また、受入研修では、先進的な設備・管理手法の環境の中で日本技術者と一緒に作業をすることにより、「生きた生産現場」での「人から人への技術移転」を行い、レベルアップに必要な技術の提供を行っています。

研修事業では、これまでに中国、ベトナムを主として、派遣研修、受入研修各々について4,500人以上の実績があり、採炭国の生産性と保安技術の向上に寄与しています（図-3）。



写真-2 採炭現場 (HPより)



写真-3 掘進現場 (HPより)

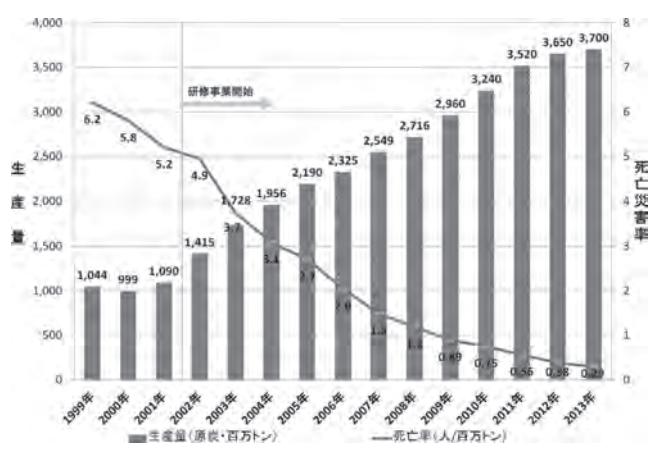


図-3 研修事業の成果事例 (中国)

5. 現場見学

(1) ロングウォール採炭方式

ロングウォール採炭方式は採掘フィールドを長方形に囲み、囲んだ領域の石炭をすべて採掘する方法です。

ロングウォールでの石炭の切削はドラムカッターで行い、切り崩した石炭は切羽コンベア、ステージローダを経由してベルトコンベアに積載され、坑外の選炭工場に直送されます（図-4）。

採炭設備は、最先端のドラムカッターと自走式型枠を使用しており、大型切羽において高効率な生産が可能となっています。

現在ではロングウォール採炭方式は行っていないとのことで採炭状況を見学することはできませんでしたが、坑外においてドラムカッター、自走式型枠などの機械設備を見学することができました。これらは、通常のトンネル工事で使用されるものではありませんが、採炭独自の工法に則った合理的な設備であることを理解することができました。

(2) ルーム採炭方式

ルーム採炭方式では、コンティニアスマイナーを使用して掘削し、切削した石炭はシャトルカーと呼ばれる運搬車に積載されます。シャトルカーはベルトコンベアの位置まで走行し、切羽を往復しながら石炭をベルトコンベアに積み替える作業を繰り返します（図-5、写真-4）。

本方式は、以下の特長があります。

- ・機械設備は、コンティニアスマイナー、シャトルカー、ベルトコンベアのみであり、機械点数が少なく電気設備も簡素で済む。
- ・突発的な自然条件悪化時、その箇所を避けて次の支線坑道に移行できる。
- ・機械が複数台数稼働できるので、故障や移設時も出

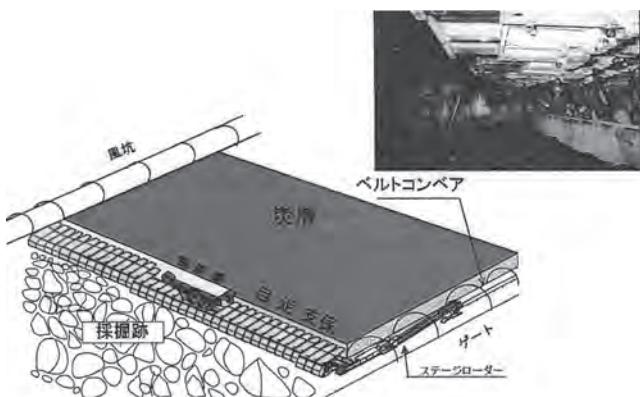


図-4 ロングウォール採炭方式

炭が途切れない。

- ・コンティニアスマイナー搬入から稼働までの期間が短い。
- ・狭い区域でもフレキシブルに設備を設定できる。

今回、炭坑内の切羽において、掘削中のコンティニアスマイナー、タイヤ式シャトルカーの稼働状況を見学することができました。

狭い坑道内において、一般的なトンネル機械とは異なる鉱山用大型機械の採用により、最小限の機械・人員で効率的な掘削を行い、高い生産性を上げていることがよく理解できました。

6. 旧太平洋炭礦炭鉱展示館見学

釧路の炭鉱が歩んできた道のりや、海底下で石炭を採掘していた太平洋炭礦の歴史、及び作業の流れを紹介している当展示館を見学しました。

地下につくられた広さ 410 m²、長さ 80 m、高さ 3.4 m

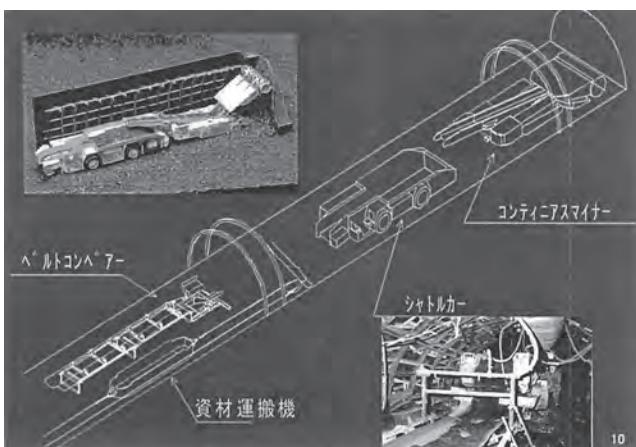


図-5 ルーム採炭方式



写真-4 コンティニアスマイナー



写真一5 見学会集合写真



写真一6 炭鉱展示館見学状況

の模擬坑道に展示された採炭機械やジオラマによって採炭作業の機械化がわかりやすく紹介されており、トンネル工事では接することが少ないので、炭鉱の街ならではの産業の歴史を学ぶことができ、大変興味深いものでした。

7. おわりに

今回、国内唯一の貴重な坑内掘り炭鉱において、普段足を踏み入れることができない貴重な採炭現場を見学させていただき、その歴史、地域との関わり、国際貢献、機械化施工技術など多岐にわたり知識を深めることができて、大変有意義な見学会となりました。

釧路コールマイン(株)の皆様方には、ご多忙な中、丁寧なご説明、ご案内をいただき、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

[筆者紹介]

重永 見洋 (しげなが あきひろ)
鹿島建設㈱
機械部 生産機械技術グループ
専任部長
(一社)日本建設機械施工協会
機械部会 トンネル機械技術委員会
幹事



部会報告

ISO/TC 195 中国・鄭州国際会議報告

標準部会

2024年9月10日～13日の4日間、中国鄭州市で開催されたISO/TC 195（建設用機械及び装置専門委員会）、SC 1（コンクリート機械及び装置分科委員会）、SC 2（道路作業機械及び関連機器分科委員会）の総会、SC 2/WG 1（冬期保守用機器作業グループ）、SC 2/WG 2（路面清掃車作業グループ）、WG 9（自走式道路建設用機械－安全作業グループ）の国際WG会議に日本代表として出席したので、その内容を報告する。

1. はじめに

ISO/TC 195国際会議は例年9月～11月に開催されていたが、COVID-19による世界的な移動制限等の影響で2020年～2023年までバーチャル開催が続いていた。今回5年ぶりの対面会合がSAC（中国国家標準化管理委員会）の招致により実現し、河南省鄭州市にある正方元錦江国際飯店ホテルの会議室で行われた。全体日程及び主催者・参加者を表一1に示す。

日本からは使節団5名が対面参加した。出張者の所属及び役職を表一2に示す。

各国からの対面参加者は、中国（14）、ドイツ（7）、韓国（2）、米国（1）、及び日本（5）のTC 195関係者で、5ヶ国計30名であった。

なお、佐々木氏・川上氏・事務局の3名は今回、（一財）日本規格協会による「ISO/IEC国際会議への専門家派遣に係わる補助事業」に応募し、（公財）JKA（ケイリン）による補助を受けての出張となった。

【会議出席の目的】

ISO/TC 195/SC 1議長国としてSC 1総会を運営し、各国提案の進捗を図るとともに、コンビナー国として推進中のSC 1/WG 4「トラックミキサー」、SC 1/WG 7「コンクリートミキサー」、SC 1/WG 10「コンクリート内部振動機」各プロジェクトについて報告する。

専門家の代表としてSC 2総会に出席する。また、SC 2/WG 1、SC 2/WG 2、TC 195/WG 9会議にも出席

表一1 ISO/TC 195 各会議日程

日 時	会 議 名	主 催 国	参 加 人 数
9月10日（火）	開会セッション／標準化ワークショップ	中国 CREG	約 60
	SC 2/WG 2（路面清掃車）WG会議		13 (+Web 6)
	SC 2/WG 1（冬期保守用機器）WG会議		10 (+Web 8)
9月11日（水）	SC 1（コンクリート機械及び装置）総会	日本	18 (+Web 3)
	SC 2（道路作業機械及び関連装置）総会	ドイツ	17 (+Web 11)
9月12日（木）	TC 195（建設用機械及び装置）総会	中国	30
	社 行 事		
9月13日（金）	WG 9（自走式道路建設用機械－安全）WG会議	ドイツ	11 (+Web 6)

表一2 日本からの出席者（敬称略）

氏 名	所 属	役 職
佐々木正博	ファーストループテクノロジー(株)	ISO/TC 195 国内委員長・各 WG 専門家
川上晃一	日工(株)	ISO/TC 195/SC 1 国際議長
清水弘之	カヤバ(株)	ISO/TC 195/SC 1/WG 4 コンビナー
池田喜治	(株)北川鉄工所	ISO/TC 195/SC 1/WG 7 コンビナー
小倉公彦	JCMA 標準部（事務局）	ISO/TC 195/SC 1 委員会マネージャー・ISO/TC 195/SC 1/WG 10 コンビナー

し、日本の意見を具申すると同時に、欧州で2027年から施行される機械規制 Machine regulation 対応に関する情報収集を行う。

ISO/TC 195 総会に出席し、SC 1 の活動報告を行うと同時に、P メンバー国（使節団）として日本の立場を説明する。また、今後 TC 195 が推進する TBM（全断面トンネルボーリングマシン）の標準化に関する情報収集を行う。更に、関係各国に働きかけ、次回 2025 年 ISO/TC 195 国際会議の開催場所及び時期の決定に関与する。

2. 会議概要

ISO/TC 195 国際会議

(1) SC 2/WG 2（路面清掃車）会議（9月10日13時～15時）

[コンビナー：ドイツ Diedrich 氏] 対面出席者：ドイツ(5), 中国(5), 韓国(1), 日本(2) 計 13 名 / Web 参加：日本(3), 米国(1), インド(1), 中国(1) 計 6 名
ドイツコンビナーの司会で議事進行、次の項目につき議論された。

1 ISO/NP 25256 路面清掃車－性能要求及び試験方法 NWIP 投票報告

新業務項目提案（NWIP）投票でのコメントにつき審議、N 112 の通りに対処した。合意された変更を案文に織り込み、2024 年 11 月 29 日を CD 25256 意見照

会開始の目標時期とする。

2 次回会議の準備（2024 年 10 月 7 日, Zoom）

NWIP 投票の報告：ISO/NP 25333 路面清掃車－環境効率－エネルギー消費試験方法の要求事項

2024 年 9 月 20 日に締め切られる新業務提案（NP）投票について報告された。投票結果及びコメントについて 10 月 7 日の次回 WG 会議で審議される。

3 将来の ISO プロジェクト提案に関する自由審議

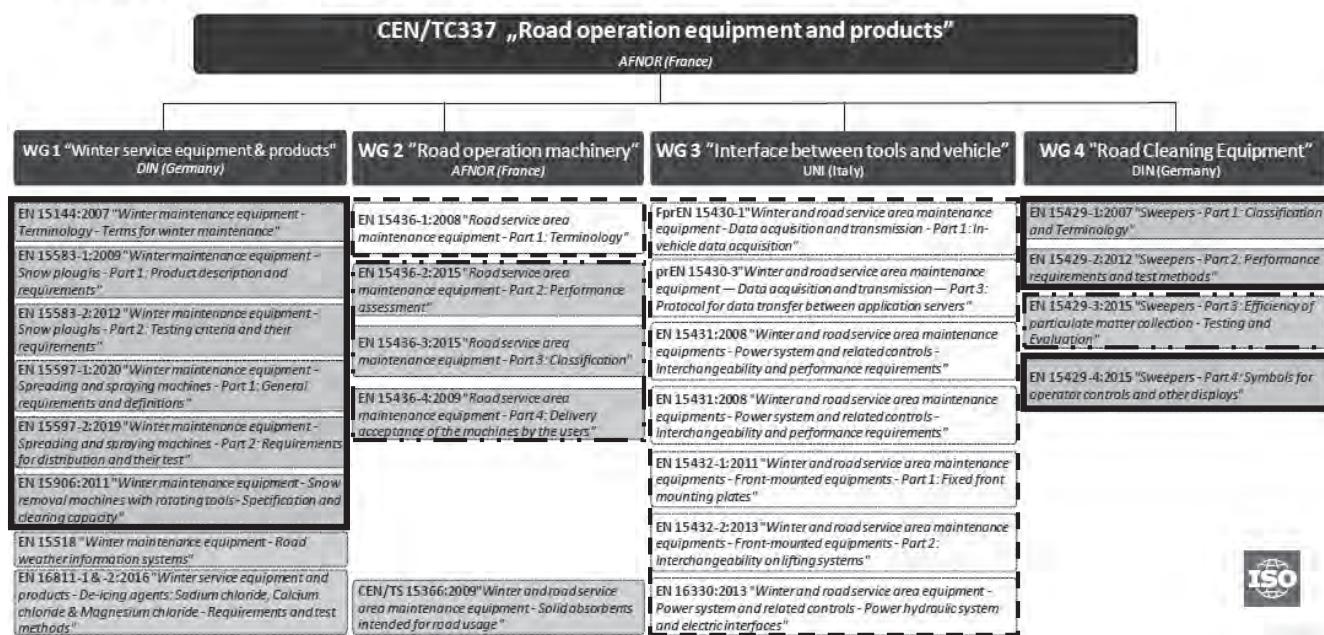
Diedrich 氏が議論の為、道路作業機械の欧州規格と ISO/TC 195/SC 2 における標準化の相互作用に関するプレゼン資料 N 113 を提示した。

SC 2 で現在活動中の WG、各プロジェクト及び将来計画している WG について説明し、更に CEN/TC 337 “道路作業用機器及び製品”の組織体制を示した。将来、ISO 化する可能性のある欧州プロジェクトについても言及した。

N 113 の 6 ページに示す緑色（太線枠）のプロジェクトは、現在 ISO 化を準備中。黄色（破線枠）の規格は将来採用可能、赤色（二点鎖線枠）の規格は準備できていない事を示す（図一 1 参照）。

加えて、現時点で ISO 化の予定がない CEN/TC 151 “建設用機器及び建築材料機械－安全”のプロジェクトを示し、ウイーン協定の下で ISO として開発可能であるとした。ただし、これらの安全規格は欧州機械指令の厳格な要求事項に基づいており、他の地域の懸念事項に対処できる可能性は少ない。

Structure of CEN/TC337



図一 1 CEN/TC 337 組織体制及び発行済 EN 規格



中国専門家から路面清掃車の騒音試験方法を規格化するよう提案があった。例として EN 17106-2 附属書 C が ISO レベルの基本となる。

米国専門家が電動化に関する規格化に関するWGに訊ねた。議論の末、将来の会議で考慮することとした。

コンビナーが EN 15429-4 に基づく操縦装置の記号を規格化するよう提案した。ISO 7000 を基本とするが、日本専門家は“ISO 7000 は一般的な記号であり SC 2 に特化していない”と指摘した。従って、SC 2 で用いる記号の新たな規格が将来プロジェクトとなりうる。

宿題事項 Action 10/2024

各専門家は、次回 10 月 7 日の WG 会議までに自国の試験方法を WG 2 幹事に提供する。



写真一 SC 2/WG 2 会議風景 (中国 SAC 提供)

(2) SC 2/WG 1 (冬期保守用機器) 会議 (9 月 10 日 15 時 30 分～17 時 30 分)

[コンビナー：ドイツ Rosa 氏] 対面出席者：ドイツ(3), 中国(4), 韓国(1), 日本(2) 計 10 名／Web 参加：日本(5), ドイツ(1), 米国(1), スイス(1) 計 8 名

ドイツコンビナー (Web 参加) の司会で議事進行、次の項目につき議論された。

1 CD 22142 冬期保守用機器—用語、定義及び分類

CD 意見照会でのコメント N 113 を検討、N 115 の通りに対処した。

DIS 22142 の準備について、会議で合意した変更を案文に織り込む。日本は N 115 で提案した外観図のデータを WG 1 幹事へ提供する。2024 年 12 月 17 日を DIS 登録の目標時期とする。

宿題事項 Action 06/2024

日本専門家は、10 月 4 日までに外観図のデータを WG 1 幹事に送付する。

2 将来の ISO プロジェクト提案に関する自由審議

Rosa 氏が ISO/TC 195/SC 2/WG 1 における将来の ISO 開発について、以下の欧州規格が基本になりうると言及した。

- ・ EN 15906 “Winter maintenance equipment - Snow removal machines with rotating tools - Specification and clearing capacity”
- ・ EN 15583-1 “Winter maintenance equipment - Snow ploughs - Part 1: Product description and requirements”
- ・ EN 15583-2 “Winter maintenance equipment - Snow ploughs - Part 2: Testing criteria and their requirements”
- ・ EN 15597-1 “Winter maintenance equipment - Spreading and spraying machines - Part 1: General requirements and definitions”
- ・ EN 15597-2 “Winter maintenance equipment - Spreading and spraying machines - Part 2: Requirements for distribution and their test”

議論の結果、以下が合意された：

宿題事項 Action 07/2024

各専門家は、10 月 31 日までに性能試験及びインフェースを扱っている自国規格の情報を WG 1 幹事に送付し、WG 内で共有する。

3 次回会議の準備 (時期、方法、宿題事項)

次回会議を開催するか否かは DIS 投票の結果による。追って WG 1 幹事が日程調整を行う。



写真二 SC 2/WG 1 会議風景 (Zoom カメラ画像)

(3) ISO/TC 195/SC 1 総会 (9 月 11 日 9 時～12 時)

[議長：川上氏、委員会マネージャー兼 WG 10 コンビナー：小倉、WG 4 コンビナー：清水氏、WG 7 コンビナー：池田氏、TC 195 国内委員長：佐々木氏] 対面出席者：中国(7), ドイツ(3), 韓国(2), 米国(1), 日本(5) 計 18 名／Web 参加：日本(2), 米国(1) 計 3 名

日本議長の司会で議事進行、次の項目につき決議が採択された。

決議 1～3：総会以前の CIB で承認された事項、ホスト国への謝辞、決議起草委員の任命

決議 4：2023 年 9 月～2024 年 9 月までの SC 1 活動報告 N 537 が受理された。

決議 5：ISO 13105-1 コンクリート表面こて仕上げ機械 - 第 1 部：用語及び商業仕様、ISO 13105-2 同 - 第 2 部：安全要求事項及び検証 - 米国提案

2 件の改正版発行に関する WG 2 コンビナー Clements 氏 (Web 参加) の報告 N 541 が受理された。プロジェクト完了に伴い WG 2 を解散する。

決議 6：ISO 19711-1 トランクミキサー：第 1 部 - 用語及び商業仕様 (日本提案)

WG 4 コンビナーによる定期見直し投票結果の報告 N 542 が受理された。

決議 7：Potential WI 19711-2 トランクミキサー：第 2 部 - 安全要求事項 (日本提案)

WG 4 コンビナーによる提案 N 553 が受理された。電動化に関する ISO 19711-2 見直し提案準備の為、WG 4 の活動継続に合意する。

決議 8：ISO 21573-1 コンクリートポンプ - 第 1 部：商業仕様 (中国提案)

改正版発行に関する WG 6 コンビナーの報告 N 543 が受理された。

決議 9：CEN/TC 151/WG 8 とのリエゾン (中国提案)

EN 12001 及び EN 12151 に対応する Potential WI 21573-3 及び Potential WI 19720-2 に関する WG 5 兼 WG 6 コンビナーの報告 N 544 が受理された。

決議 10：Potential WI 19720-2 コンクリート及びモルタル準備用プラント (中国提案)

新たに技術パラメータの試験要領を第 2 部、安全要求事項を第 3 部とし、19720 シリーズを 3 部構成とする WG 5 コンビナーの提案 N 545 が受理された。

決議 11：DIS 18650-2 コンクリートミキサー - 第 2 部：混練効率の試験要領 (日本提案)

DIS 投票に関する WG 7 コンビナーの報告 N 546 が受理された。総会の直前に締め切られた DIS 投票の結果、技術的変更は不要であり FDIS 投票を省略して発行する事に合意する。

決議 12：ISO 6085:2023/Amd1:2024 セルフローディングコンパクトモバイルミキサー - 安全要求及び検証 - 追補 1：視界性測定に用いる垂直試験体の高さ (イタリア提案)

追補 1 の発行に関する WG 9 コンビナーの報告 N 547 が受理された。更なる改正の為、WG 9

の活動継続に合意する。

決議 13：CD 18651-1 コンクリート内部振動機 - 第 1 部：用語及び商業仕様 (日本提案)

CD 意見照会結果に関する WG 10 コンビナーの報告 N 548 が受理された。

決議 14：PWI 5342 コンクリート機械 - 施工現場情報交換 (中国提案)

AHG 1 コンビナーの報告 N 549, 550 について検討し、活動継続を奨励する。SC 1 委員会マネージャーは TC 71 からの意見提出を促し、また AHG 1 専門家を招集する。AHG 1 コンビナーは WG 内意見照会を行い、その結果を受けて NWIP を開始する。

決議 15：ISO/TPM による ISO 業務指針のアップデート ISO 業務指針の変更点及び OSD の必須化に関する報告 N 551 及び 552 を紹介した。

決議 16：リエゾンレポート

委員会マネージャーの報告 N 539、及び VDMA リエゾンオフィサーによる報告 N 540 が受理された。

決議 17：次回会議の開催

次回 SC 1 総会は、2025 年に開催される ISO/TC 195 総会にあわせて計画する。



写真—3 SC 1 総会風景 (中国 SAC 提供)

(4) ISO/TC 195/SC 2 総会 (9 月 11 日 14 時～17 時)

[議長：Diedrich 氏、委員会マネージャー：Adam 氏]

対面出席者：ドイツ(5)、中国(9)、米国(1)、日本(2)

計 17 名 / Web 参加：日本(7)、ドイツ(3)、中国(1)

計 11 名

ドイツ議長の司会で議事進行、次の項目が議論・報告された。

1 SC 2 活動報告

委員会マネージャーが N 147 に基づき報告した。

2 WG プロジェクトの検討

2.1 SC 2/WG 1 活動報告

2.1.1 DIS 22142 冬期保守用機器－用語、定義及び分類

ISO/TC 195/SC 2/WG 1 の作業状況及び前日に行われた WG 会議の結果について、Rosa 氏が N 144 に従い報告した。

2.1.2 プログラムのフォローアップ

Diedrich 氏が(前日の WG 1 会議でも説明した様に)道路作業機械の欧州規格と ISO/TC 195/SC 2/WG 1 における標準化の相互作用に関するプレゼン資料 N 153 に基づき報告した。

SC 2 で現在活動中の WG、各プロジェクト及び将来計画している WG について説明し、更に CEN/TC 337 “道路作業用機器及び製品”の組織体制を示した。将来、ISO 化する可能性のある欧州プロジェクトについても言及した。

宿題事項 Action 01/2024

委員会マネージャーは、以下に示す欧州規格の最終案文を情報として配信する。

- ・ EN 15431
- ・ EN 15432-1
- ・ EN 15432-2
- ・ EN 16330
- ・ EN 15429-4
- ・ EN 17106-2 (Annex C)

Rosa 氏は(前日の WG 1 会議でも説明した様に)、以下の欧州規格が ISO/TC 195/SC 2/WG 1 における将来の ISO 開発の基本となりうるとした。

- ・ EN 15906
- ・ EN 15583-1
- ・ EN 15583-2
- ・ EN 15597-1
- ・ EN 15597-2

Rosa 氏はまた、WG で共有する為、各国に関連する文書があれば提供するよう SC 2 メンバーに依頼した。

Diedrich 氏は将来、インターフェース及びカップリングシステムを規格化するよう提案した。ISO/TC 195/SC 2 の組織体制として既に提案している通り、この為に新たな WG を形成すべきとした。

追加的な WG を設ける提案を Rosa 氏は支持した。米国専門家も支持したが、既存の WG 1 又は WG 2 に割り振る事も可能だとした。これに対し Diedrich 氏は、欧州では個別の WG が設置されていると説明した。

中国及び日本はインターフェース規格の開発に同意した。Diedrich 氏はインターフェースに関する情報収集を各国に依頼した。

Diedrich 氏はまた、プレゼン資料に基づき、CEN/TC 337/WG 2 で扱うアタッチメント式草刈機について説明、これら機械の安全規格(投出物試験)について報告した。中国及び米国は“現在、当該機械の安全及び性能に関する国内規格は発行されていない”と報告した。日本専門家は“これらの規格化に当っては、TC 23 農業で扱っている除草機械の規格との重複に注意すべき”と指摘した。

Diedrich 氏は“両方の用途において試験要領は同じであっても、判定基準は異なる”との考えを説明した。

宿題事項 Action 02/2024

委員会マネージャーは、議論されたトピック(インターフェース及びカップリング、農業機械、道路作業機械、安全要求、試験要領、判定基準)に関する情報を収集する為、CIB を開始する。

2.2 SC 2/WG 2 活動報告

2.2.1 CD 25256 路面清掃車－性能要求及び試験方法

ISO/TC 195/SC 2/WG 2 の作業状況及び前日に行われた WG 会議の結果について、Diedrich 氏が報告した。

2.2.2 プログラムのフォローアップ

Diedrich 氏が議論の為、道路作業機械の欧州規格と ISO/TC 195/SC 2 における標準化の相互作用に関するプレゼン資料 N 153 を提示した。

<以降、前日の SC 2/WG 2 (路面清掃車) 会議内容を参照>

3 ISO/TC 127 土工機械 リエゾンレポート

ドイツ Kampmeier 氏が報告した。特に ISO/PWI 23870 “自走式機械－高速相互接続”シリーズ(規格群)は、イーサネットに準拠した高速相互接続(HSI)用マルチプロトコルスタック(OSI レイヤー 1～7)の開発を目的とした、領域別の用途やミドルウェアにとらわれない利害関係者の要求を満足する為の規格である。Kampmeier 氏は、現在 90 名以上が案文作成 WG に参加していると説明した。中国がプロジェクトの適用範囲について訊ねたところ、以下の ISO/TC/SC が利害関係者として参画中：

- ・ TC 22 自動車(主導的立場)
- ・ TC 23/SC 15 林業機械
- ・ TC 23/SC 19 農業用電子機器
- ・ TC 82 鉱山
- ・ TC 127 土工機械
- ・ TC 195 建設用機械及び装置

4 ISO/TC 297 廃棄物の収集及び輸送マネジメントリエゾンレポート

Diedrich 氏が N 146 に基づき報告した。

5 次回会議の開催

次回 SC 2 総会は 2025 年に開催される ISO/TC 195 総会にあわせて計画する。なお、今回 SC 2 総会では決議を起草しなかった。



写真—4 SC 2 総会風景 (中国 SAC 提供)

(5) ISO/TC 195 総会 (9月 12 日)

[議長：Li 女史、委員会マネージャー：Liu 氏] 対面出席者：中国(14)、ドイツ(9)、韓国(2)、米国(1)、日本(5) 計 31 名／Web 参加：ドイツ(1)

中国議長の司会で議事進行、次の項目につき決議が採択された。

決議 1～2：ホスト国への謝辞、決議起草委員の任命
決議 3：委員会マネージャーによる ISO/TC 195 の報告 N 1564 が受理された。

決議 4：SBP（戦略的事業計画）N 1549 を検討、確認する事が決定された。

決議 5：各 SC 報告の受理

SC 1 委員会マネージャーの報告 N 1558、SC 2 委員会マネージャーの報告 N 1543、SC 3 の文書による報告 N 1555 に感謝する。

決議 6：各 WG 報告の受理

故 George Piller 氏の献身的な貢献に謝意を表す。

WG 5 コンビナーの報告 N 1565、WG 6 コンビナーの報告 N 1560、WG 9 コンビナーの報告 N 1561 に感謝する。

決議 7：ISO 19432-2 の状況

N 1560 による提言及び WG 6 コンビナーの報告に留意し、以下を決議する：

CD 意見照会を省略し、プロジェクトリーダーが CD 19432-2 を更新して DIS 投票用文書として 2024 年 9 月 30 日迄に提出する。

決議 8：WG 9 プロジェクトの状況

CEN/TC 151 が欧州 HAS コンサルタントの最終適合性評価 (LCA) を受領し、FDIS 文書を提出するまで EN ISO 20500 のプロジェクトを保留する WG 9 の計画を確認する。

決議 9：AG 1 報告の受理

AG 1 コンビナーの報告 N 1562 に感謝する。

決議 10：WG 5 コンビナーの指名

前コンビナー Piller 氏の貢献に謝意を表すると共に、Schwalz 氏を次の 3 年間 (2025～2027)、新コンビナーに指名する。任命したドイツ DIN は Schwalz 氏の指名を確認した。

決議 11：ISO/TPM のプレゼンテーション

ISO/TPM が提供した情報 N 1568 を受理し、感謝する。

決議 12～14：定期見直しの確認

下記 3 件の投票結果及びコメントに留意し、これらを「確認」とする。

ISO 21537-1:2004 超研磨カットオフホイール用クラップフランジー第 1 部：天然石

ISO 21537-2:2004 超研磨カットオフホイール用クラップフランジー第 2 部：建築・建設

ISO 21873-2:2019 自走式破碎機－第 2 部：安全要求及び検証

決議 15：全断面トンネルボーリングマシンの規格化に関する新業務提案

“全断面トンネルボーリングマシン－用語及び商業仕様”の潜在的新業務に関する中国 SAC のプレゼンテーションに感謝し、NWIP 投票の様式 (Form 4) を準備するよう奨励する。

決議 16：ISO 11375:1998 の定期見直し

ISO 11375 建設用機械及び装置－用語及び定義の定期見直し投票が 2024 年 10 月 15 日に開始される。2025 年の次回 TC 195 総会でその投票結果を検討し、ISO 11375 の方向性を決定する。

決議 17：OSD プラットフォーム

2025 年 1 月以降、ISO 文書の開発においてオンライン規格開発 (OSD) プラットフォームの利用が必須となる事に留意する。OSD ウェブサイトが提供する教育機会を利用するよう TC/SC の関係者に要請する。

決議 18：リエゾンの見直し

関連する全てのリエゾン TC に対し、活動中の代表者を再確認するよう要請する。

決議 19：リエゾンレポートの受理

CEN/TC 151 委員会マネージャーの報告 N



写真一 5 TC 195 総会風景 (中国 SAC 提供)

1536 に感謝する。他のリエゾンレポートは情報として配信する。

決議 20：ISO/NP 24882 の紹介

TC 23/SC 19 委員会マネージャー（特別 Web 参加）による NP 24882 - 農業機械及びトラクター・サイバーセキュリティ技術プロジェクトの報告に感謝する。

決議 21：次回会議の開催

次回 TC 195 総会は 2025 年 9 月 8 日～26 日の間に開催する。P メンバー国コメントを考慮した上で、詳細な期日及び場所について AG 1 で更に議論する。全ての SC 及び WG が TC 総会に合流するよう歓迎する。

全ての決議が満場一致で採択された。



写真一 6 WG 9 会議風景 (中国 SAC 提供)

(6) ISO/TC 195/WG 9 会議 (9 月 13 日)

[コンビナー：ドイツ Hey 氏] 対面出席者：ドイツ(4), 中国(4), 米国(1), 日本(2) 計 11 名 / Web 参加：ドイツ(3), 米国(2), 日本(1) 計 6 名

ドイツコンビナーの司会で議事進行、次の項目につき議論された。

1 TC 195 及び CEN/TC 151 における正式投票／決定前の最終適合性評価 (LCA) 要求

幹事 Kampmeier 氏の説明によると、欧州 HAS コンサルタントと議論した後、全てのコメントが適切に考慮された事を確認する為に、最終案文を再度送付して追加的な評価を受けるべきかどうか疑問が生じた。

CEN プログラムマネージャーに相談した結果、Last Conformity Assessment (LCA) と呼ばれる最終評価を受ける事ができる。正式投票の前又は後、いずれの時期に LCA へ提出するかを決める必要がある。WG 9 で議論の結果、正式投票の前に最終案文を HAS コンサルタントへ送付することとした。CEN での決定は CEN/TC 151 に委ねられる。

2 HAS 騒音コンサルタントのコメントに関する最終決定

特設グループでの議論の結果

3 HAS 機械コンサルタントのコメント（残り）に関する最終議論及び決定

FDIS 20500 自走式道路建設用機械の安全 -

第1部：共通的要要求事項

第2部：路面切削用機械の要要求事項

第3部：道路建設・リサイクル機械の要要求事項

第4部：締固め機械の要要求事項

第5部：ペーバー・フィニッシャーの要要求事項

第6部：自走式フィーダーの要要求事項

第7部：スリップフォームペーバー及び養生機の要要求事項

ドイツ専門家 Joisten 氏（Web 参加）が騒音コンサルタントのコメントに関する特設グループでの議論の結果を紹介した。これらの結果を案文に反映する必要がある。

機械コンサルタントのコメント（残り）を WG で精査した。全ての議論を終え、案文に反映できる状態である。

作業が完了した後、CEN での LCA を受ける為に案文を提出する。結果が判り次第、WG 9 に通知される。更なる技術的コメントがある場合、早急に WG 会議を開催する。編集上のコメントだけであれば幹事が処理し、FDIS 投票文書として提出する。

4 機械規制に係る潜在的な見直し項目

コンビナーは、来る欧州機械規制の新たな又は修正された要素を網羅する為に 20500 シリーズを中期的に見直す必要があると述べた。また、振動について更に考慮する必要がある。道路建設用機械の振動について、コンビナーが“振動”特設グループの設置を提案した。振動の評価が目的だが、次の段階として（土工

機械のTR 25398に類似した)技術報告書の作成をゴー ルとするのが望ましい。近日中に専門家を招集する。

5 次回会議予定

予定なし。LCAの結果次第では、直ちに会議が招集される可能性がある。

※1 ISO 関連用語の解説

コンビナー：(作業グループ) 主査, プロジェクトリーダー: 提案の推進責任者, 委員会マネージャー：(旧) 国際幹事又は事務局

※2 ISO 規格用語の解説

TC：専門委員会, SC：分科委員会, WG：作業グループ, AHG：特設グループ, PWI：予備作業項目, AWI：活動中の作業項目, NWIP：新業務項目提案, WD：作業案文, CD：委員会案文, DIS：国際規格案文, FDIS：最終国際規格案文, CIB：委員会内投票

※3 組織略語の解説

CEN：欧州標準化委員会, DIN：ドイツ規格協会, VDMA: ドイツ機械技術工業協会 (Verband Deutscher Maschinen und Anlagenbau), JISC：日本産業標準調査会

3. その他行事

一連のISO/TC 195会議に先立ち、9月10日（火）午前中にCREG（中国中铁工程装备集团有限公司）：ホ

スト企業）及びCABR（中国建築科学研究院有限公司）の共同主催による開会式及び標準化ワークショップが表-3に示す内容で開催された。SACの依頼を受け、日本からは事務局がプレゼンテーションを行った。

4. 所感

4.1 背景及び経緯

このTC 195国際会議は毎年開催される、35回目になる。2019年11月の神戸TC 195国際会議以降、バーチャル開催が続いた後、今回5年ぶりの対面会合が実現した。TC 195幹事国である中国は、COVID-19以前から鄭州での開催を粘り強く提案しており、今回その目的をようやく達成した。TBM（全断面トンネルボーラー



写真-7 標準化ワークショップ風景（中国CREG提供）

表-3 開会式・標準化ワークショップ日程

【開会】		
議題		登壇・発表者
9:00 - 9:10	中铁工程装备集团有限公司 歓迎挨拶	Lianhui Jia CREG 代表
9:10 - 9:20	中国建築科学研究院有限公司 歓迎挨拶	Bo Jiang CABR 代表
【国際標準化ワークショップ】		
9:20 - 9:40	CEN/TC 151- ウィーン協定下の欧州規格	Rene Kampmeier CEN/TC 151 委員会マネージャー
9:40 - 10:00	試験及び認証の基本となる整合規格	Kurt Hey ISO/TC 195/WG 9 コンビナー
【写真撮影】・【休憩】		
10:20 - 10:40	道路作業機械の欧州規格とISO/TC 195/SC 2における標準化の相互作用	Frank Diedrich ISO/TC 195/SC 2 議長
10:40 - 11:00	日本における規制と規格	OGURA Kimihiko ISO/TC 195/SC 1 委員会マネージャー
11:00 - 11:20	TBMの革新に向けた標準化	Heng Sun CREG 国際部門 副本部長
【閉会】		

（リングマシン）の国際標準化に意欲的な CREG・CABR によるワークショップ開催、CREG 社の工場見学など、過密なスケジュールにもその意図が反映されていた。しかし、特に欧州の関係者にとってはメリットが見出せず、鄭州への長い旅程に難色を示した SC 3 幹事国フランスが参加を辞退、別途 11 月にパリで SC 3 総会が単独開催されることとなった。また SC 2 ドイツ専門家も全員 Web 参加となるなど、次回の開催地決定に課題を残した。

4.2 出張準備・安全対策

世界情勢の変化に伴い ISO を取り巻く環境も変わっていた。COVID-19 が収束した後、中国は東南アジアや欧州各国に対し短期滞在ビザ免除措置を再開・拡大したが、日本は 2020 年 3 月以降、未だ免除措置対象外^{*}であった。その為、日本使節団の中国派遣に当り、各自で中国ビザを取得して貰う為に、ホストから招聘書を取得し、Web で申請するだけでなく、書類提出・ビザ発行の度に中国ビザ申請サービスセンターへ足を運ばなければならず、思わず手間を出張者に強いられた。

*[事務局注記]

2024 年 11 月 30 日に免除措置が再開された。

それに加え、中国当局による邦人拘留、蘇州・深圳での殺傷事件など不穏な報道が相次いだ。緊張を強いられる中、出張者の安全を確保する為、事務局では次の対策を講じた。

4.2.1 専用無線 LAN ルーター・中国 SIM 付きスマートフォンの手配

- a. 中国当局の情報統制によってインターネット接続が制限されており、同国内では Google, LINE などの海外アプリが使用できないが、専用の無線 LAN ルーターを携行する事により制限を受けずに同国内でもインターネット接続可能となる事が知られている。また、空港など公共施設やホテルの Wi-Fi 接続にはセキュリティ上の懸念がある為、グローバル WiFi 「中国 4G（高速）特別回線 容量無制限プラン」及び JOYTEL「どこでも WiFi モバイルプラン」のルーター 2 基をレンタル利用した。これにより、出張者 5 名が同時にインターネット接続できる安定した Wi-Fi 接続を確保した（専用無線 LAN ルーターを経由してもなお、Outlook メールの受信はできても送信ができない原因不明のトラブルが発生したが、応急的な対処法で出張期間を乗り切った）。
- b. 日本の基地局への発信が制限されている為か、日本の携帯番号同士であっても中国国内では繋がらない。これに対処する為、上述の JOYTEL 「中国どこでも WiFi モバイルプラン」に付帯するオプションサービスとして「中国どこでもペイ・中国スマートフォン」1 台をレンタル利用した。中国の携帯番号 SIM 付きスマートフォンであり、出張者同士の電話・メール連絡が必要な場面では専らこのスマホを使用した（他の出張者にも中国携帯番号 SIM を使用して貰った）。



写真一8 標準化ワークショップ参加者（中国 CREG 提供）

中国アプリを個人のスマートフォンにインストールした場合、気付かないうちに位置情報を把握され、或いは遠隔操作され情報が流出するなどセキュリティ上の懸念があるが、この中国専用スマホには地図アプリ（Baidu）・電子決済アプリ（AriPay）等が予めインストールされており、帰国・返却時に履歴を初期化する。個人データを携行しない事で、万一現地でスマホを当局に没収（後述）されても最小限の被害に抑えられるよう配慮した。

4.2.2 現地における写真撮影の自粛・緊急連絡網の作成

「重要施設を撮影していた」との理由で観光客がスパイ容疑で当局に拘束され、或いはスマホ内の写真データを強制的にチェックされ、挙げ句にスマホを没収される等の懸念があった。この為、特に日本人として不審の目を向けられないよう出張中の行動には細心の注意を払った。いつどこで監視の目が光っているか分からず、公共の場は勿論、屋外においてスマホ等で写真を撮影しないよう出張者にも注意を喚起した（今回、会議風景の撮影も自粛し、中国SACから写真の提供を受けている）。また、個人情報が入った携帯端末を没収されないよう、通話やメールには前述のレンタル中国スマホを活用した。

更に、出張者5名の緊急連絡網を作成し、万が一にも全員が拘束され連絡不能となった場合に備え、中国SAC事務局及び在中国日本大使館の電話番号を加えたリストを日本のJCMA事務局に託して出発した（幸いにもこの連絡網が役立つ事はなかった）。

4.3 会議に参加した意義

永らくバーチャル会議で画面越しの対話のみだった旧知の参加者たちと直接会い、握手を交わした効果か、停滞気味だったプロジェクトにも進展の兆しが見られた。ただしTC 195総会では次回2025年の開催地が決まらず、各国の参加意欲・協調性が低迷している。SC 1幹事国・ホスト経験国として、日本の発信力・調整力を發揮すべき場面が増えると思われる。

4.4 報告者が学んだ知見

通常TC・SC総会では「決議」を作成するが、ドイツ主催のSC 2総会では欧州からの対面参加者が少なく合意形成が困難との理由から「決議」作成が見送られた。個別事情にもよるが、議長国の裁量によって柔軟な会議運営が可能である事を再認識した。

他方、日本主催のSC 1総会では多くの報告・審議事項を詰め込みながら（昨年までのバーチャル総会と同じ）約半分の短い時間内に、従前の対面会合通り「決議」を作成した為、会議参加者、とりわけ決議起草委員への負荷が高かった点は反省される。

4.5 特記事項

ドイツからSC 2委員会マネージャー交代、SC 2/WG 1コンビナー交代、WG 5コンビナー交代が立て続けに報告された。病気による離職など止むを得ない事情もあるが、世代交代はどの国でも起こることであり、長期プロジェクトの承継、また新規提案を可能にする人材の確保・育成がPメンバー国的重要任務である。



写真—9 ISO/TC 195出席者（中国SAC提供）



図一2 鄭州市全景図（中国SAC提供）

5. その他

5.1 鄭州市の立地・会議場へのアクセス

今回ISO/TC 195国際会議の開催地となった鄭州市は河南省の省都で、中原地区第一の大都市である(図一2)。黄河中流に位置する為、古来より黄海へ通じる水運だけでなく、鉄道網の発達により陸上交通の要衝ともなっている。2019年以前は成田-鄭州間の直行便が運行されていたがCOVID-19以降運休となっており、日本使節団は羽田-上海（虹橋）及び関空-上海（浦東）経由でそれぞれ鄭州へ向かい、現地で合流した。

鄭州新国際空港から市内ホテルへはタクシーを利用した（1時間弱）。地下鉄だと城郊線-2号線-1号線乗り継ぎで約1時間30分かかる他、北京空港からも新幹線を利用すれば、北京西駅-鄭州東駅まで3時間弱、と案内されている。

会議場兼宿泊場所の正方元錦江国際飯店ホテル（写真一10）は、地下鉄1号線の黄河南路駅から徒歩5分以内の位置にある。街路沿いに多くの飲食店が軒を並べ、ホテル裏側の建物1階部分にはコンビニエンス



写真一10 正方元錦江国際飯店ホテル（中国SAC提供）

ストアも営業していた。

5.2 社交行事

9月12日のISO/TC 195総会終了後、一連の社交行事として出席者全員がCREG工場見学、晩餐会、少林功夫ショーに招待された。まず、バスに乗って会議場ホテルから30分程の距離にあるCREGの工場(図一3)を訪問し、建屋内に展示されている超大型シールドマ



図一3 CREG工場全景図（中国SAC提供）

シン実機、続いて見学コースに設置された超大型スクリーンでトンネル建造工程を説明するCG動画を見学した。

工場見学を終えるとホテルに戻り晚餐会、すぐに再びバスに乗り込み、高速道路で1時間30分ほど南西へ移動し、隣接する登封市にある嵩山少林寺近くの野外劇場を訪れた。そこで開催される「少林功夫ショー(少林禅宗音楽大典) (写真-11)」を鑑賞し、出席者同士の親交を深めた。



写真-11 少林禅宗音楽大典（中国 SAC 提供）

[中国 SAC 解説より]

「少林禅宗音楽大典」は、音楽・舞踊・照明・カンフー演武を組み合わせたアトラクションである。主な舞台は山の斜面が垂直にそり立つ渓谷であり、近景・中景・遠景で百数十名の踊り子が長い袖衣をなびかせる古典舞踊、数百名の武術家が刀や棍棒を振り回す演武、スモーク（時に雨や霧）・レーザー・照明光によ

る視覚効果、音響装置を用いたコンサート**が同時に進行する立体的な構成はおよそ他に類を見ない。自然の舞台に配置された渓流、森林、石橋が演劇の重要な要素となっている。舞台の奥行きはおよそ3kmに及び、頂上は標高1,400mに達する。世界最大級のリアルな風景の舞台を実現している。約1時間にわたる音楽劇は「水」・「木」・「風」・「光」・「石」の5部で構成される。

**[事務局注記]

実際に楽器を生演奏している者は見当らず、コンサートと云うよりはミュージカルに近いが、真っ暗な渓谷に浮かび上がる広大な舞台で大人数がシンクロナイズするライブパフォーマンス（写真-12）は、社交行事参加者を含む海外からの観光客だけでなく、地元の中国人観客も十分に楽しめていた。



写真-12 数百名の出演者によるライブパフォーマンス（中国 SAC 提供）

(協会標準部会事務局記)

新工法紹介 機関誌編集委員会

11-128	表面水量全量管理システム	鹿島建設
--------	--------------	------

概要

台形CSGダムの建設では、数十kgのCSG材を対象として簡易法と呼ばれる粒度試験と含水率試験（以下、従来法）を1～2時間ごとに行い、これらの結果をもとにその表面水量を算出してCSG製造時の給水量を調整している。経済性確保の観点から、CSGの打設は昼夜連続して実施されることが多く、これらの試験に相当数の人員と時間を要している。

そこで、従来法試験の省力化・省人化とCSG材の全量管理技術の実現を目的として、AI画像粒度モニタリング®による粒度管理技術と近赤外線水分計による含水率管理技術を組み合わせた表面水量全量管理システム（以下、本システム）を開発した。

CSG製造プラント内で材料を搬送するベルトコンベア上にAI画像粒度モニタリングと近赤外線水分計を設置した（図-1）。CSG材の粒度と含水率を約3秒に1回の頻度で測定することによって使用材料全量のデータを取得できる。

「AI画像粒度モニタリング」は、地盤材料の画像から土粒子の輪郭を識別することで、対象材料の粒度分布を測定するシステムである。土粒子の形状や色調を事前に機械学習したAIが画像内の土粒子を識別する。画像上の各土粒子の大きさ（ピクセル数）をもとに、各粒度区分の面積割合を算出して、事前



図-1 本システムの設置状況

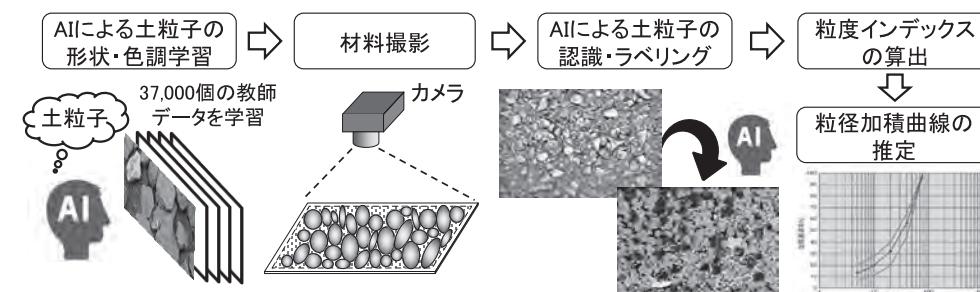


図-2 粒度分布を全量管理する「AI画像粒度モニタリングシステム」

に取得した面積割合と粒度分布の相関式から対象材料の粒度分布を求める（図-2）。

「近赤外線水分計」は、水が特定の波長の近赤外線を強く吸収する性質を利用し、被測定対象物に近赤外線を照射した際に、これが吸収される度合い（吸光度）を測定することで、対象材料の含水率を非破壊かつ瞬時に評価することができる。

本システムでは、プラント制御室のPCに粒度と含水率データが送られ、その結果を用いてCSG材の表面水量が自動で計算される。

特徴

- ・本システムと従来法から求めた表面水量は同程度で十分な精度を有する。
- ・本システムの導入によりCSG材の品質管理をプラント制御室からワンマンで実施できる（図-3）。
- ・従来法では1～2時間ごとにしか得られなかったCSG材の粒度分布と含水率を3秒ごとに測定可能であり、材料品質の変動を詳細に把握できる。

用途

- ・CSG材やセメント改良土母材の品質管理

実績

- ・国交省東北地方整備局 成瀬ダム堤体打設工事
- ・株富山環境整備 平等処分場建設工事

問合せ先

鹿島建設(株) 技術研究所 土質・地盤グループ

〒182-0036 東京都調布市飛田給2-19-1

TEL: 042-485-1111



図-3 材料品質の変動監視状況

建設キャリアアップシステム登録者の分析

1. はじめに

建設キャリアアップシステム（以下「CCUS」という）については、2024年9月末の技能者登録が150万人を超えるなど、着実に登録者や利用者が増加している状況となっています。

そのような中で、本稿では、技能者及び事業者の登録についての分析や就業履歴登録の状況を解説いたします。

2. 技能者登録

CCUSの登録技能者の約148.7万人（2024年7月末）について、年齢階層別の登録状況を見ると、15歳～19歳の階層を除き、各階層ともに10万人以上の登録数となっており、各階層に大きな変化は見られないところですが、労働力調査（2023年調査結果）の建設・採掘従事者との比較で見ると、15歳～19歳の階層は60.0%の登録率、20歳～24歳の階層から30歳～34歳の階層については、80%を超える登録率となっているのに対し、45歳～49歳の階層以降はすべての階層で50%を切る登録率となっており、労働力調査において技能者の多い階層である45歳～49歳、50歳～54歳、55歳～59歳については、CCUS登録率はそれぞれ46.8%、50.5%、50.0%となるなど、3つの階層の合計で見ると約半数の技能者しか登録し

ていない実態となっています。なお、若年・青年層について、労働力調査との比較においては、CCUSの技能者登録率が良い結果となっていますが、CCUSの登録者には、CCUSへの登録が義務付けられている外国人技能実習生、特定技能外国人も含まれており、その多くが、若年・青年層に多く存在することにも注意が必要であると考えます（図-1）。

3. 事業者登録

CCUSの法人・個人事業主の事業者登録は17.9万社となっており、資本金階層別に見ると、建設業許可業者数の多い階層です。資本金1,000万円～5,000万円の登録事業者が約5.5万社、資本金500万円未満が同じく約5.5万社となっています。建設業許可業者数とCCUSの登録者数との比較で見ると資本金5,000万円以上の階層では、いずれも40%以上の登録率となっていますが、資本金1,000万円～5,000万円の階層、資本金500万円未満の階層では、40%を下回る結果となっています。また、建設工事の実績がある工事実績有許可業者数（施工統計調査2022）との比較では、各階層で概ね50%以上の登録率になっているのに対して、1,000万円以上5,000万円未満の階層で登録率は40%台にとどまっており、登録率で見ると相対的に低い状況が見て取れます。当該階層については、地方元請事

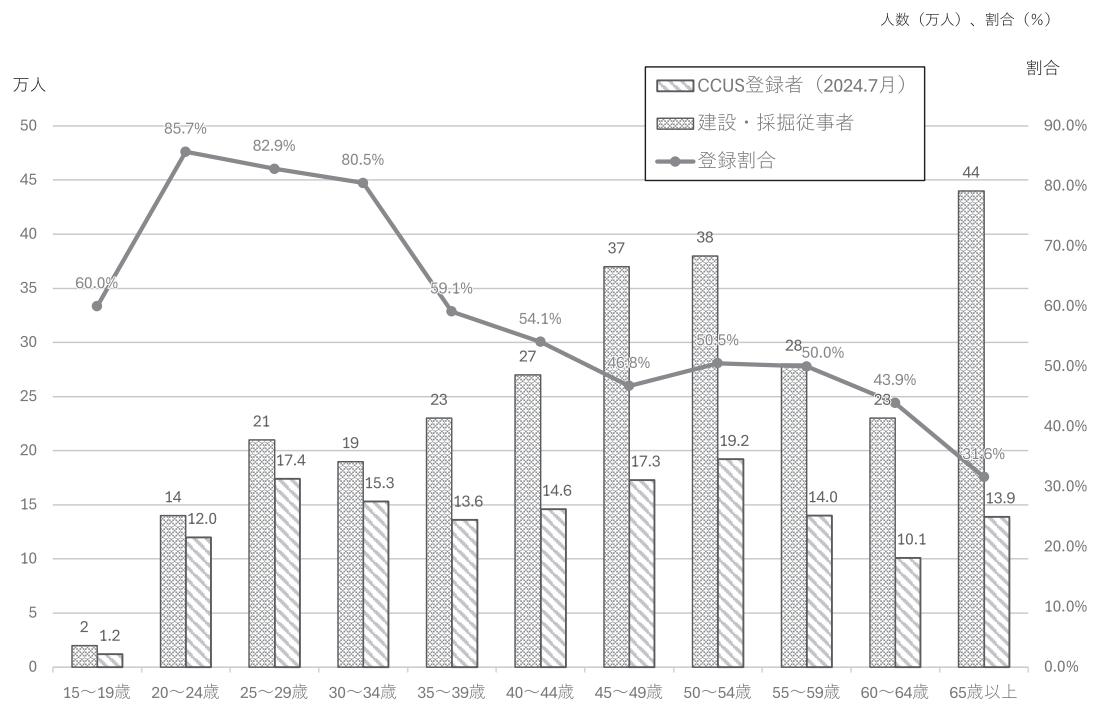


図-1 年齢階層別のCCUS技能者登録の状況

統計

表—1 事業者登録状況

事業者数	事業者登録数：A 2024年7月末	許可業者数：B 2024年3月末	登録率 (A/B)	工事実績有 許可業者数：C (建設施工統計 2022)	登録率 (A/C)
個人	26,426	67,780	39.0%	36,690	72.0%
法人（総数）	152,866	411,603	37.1%	292,841	52.2%
500万円未満	55,718	139,718	39.9%	87,481	63.7%
500万円以上 1,000万円未満	33,844	93,843	36.1%	60,148	56.3%
1,000万円以上 5,000万円未満	55,355	160,270	34.5%	130,406	42.4%
5,000万円以上 1億円未満	5,483	12,377	44.3%	10,384	52.8%
1億円以上 10億円未満	1,836	4,197	43.7%	3,454	53.2%
10億円以上 100億円未満	492	901	54.6%		
100億円以上	138	297	46.5%	968	65.1%
総 数	179,292	479,383	37.4%	329,531	54.4%

業者の多くが当該階層に属すると考えられることから、依然として地方元請事業者への登録、普及が進んでいない実態が見て取れます（表—1）。

4. 就業履歴の蓄積状況

（1）就業履歴のある技能者数

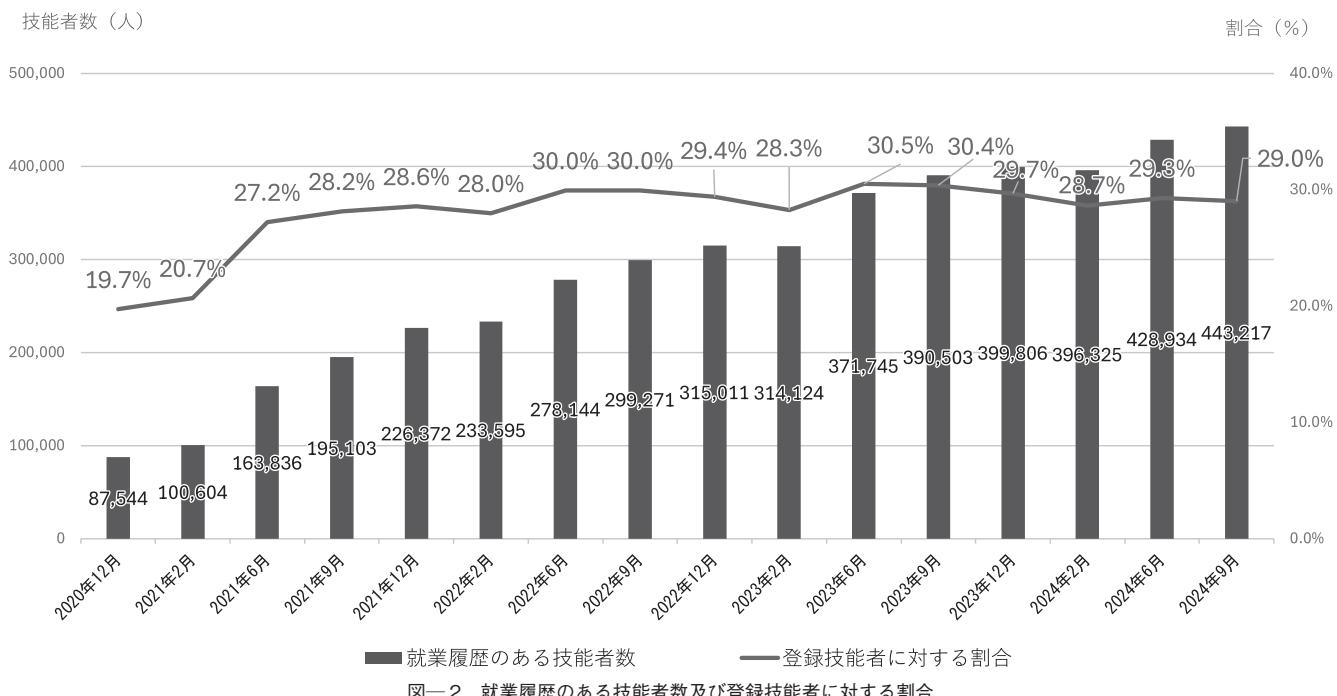
就業履歴の蓄積がある技能者数の推移を見ると、技能者登録数の増加もあり、着実に増加しているものの、登録技能者に占める割合は、2022年6月に30%となって以降、ほぼ横ばいの状況が続いています（図—2）。

就業履歴のある技能者数の増加に比例せずに、就業履歴のある技

能者の割合が30%で推移している原因については、就業履歴の蓄積（現場運用）を行っている元請事業者数や就業履歴を蓄積できる現場数に起因するものと推測しており、その因果関係を含め、検証を行う予定としています（図—2）。

（2）技能者の平均就業履歴数

技能者の一月あたりの平均就業履歴数を見ると、就業履歴の蓄積のあった技能者の平均日数は12日となり、全登録技能者数で見ると平均日数は4日となっています。これは、2020年12月以降はほぼ横ばいの結果になっており、4（1）の就業履歴のある技能者の割合が、ほぼ横ばいで推移していることにも関係するものと考えており、今後、検証を行いたいと考えています（図—3）。



图—2 就業履歴のある技能者数及び登録技能者に対する割合

統計 /

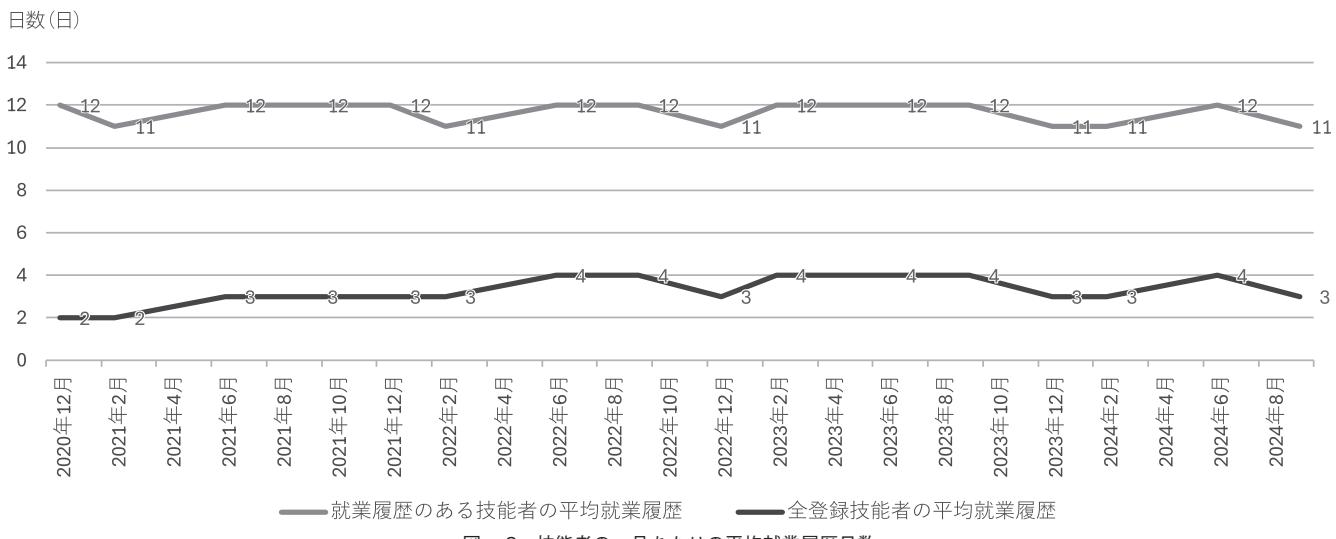


図-3 技能者の一月あたりの平均就業履歴日数

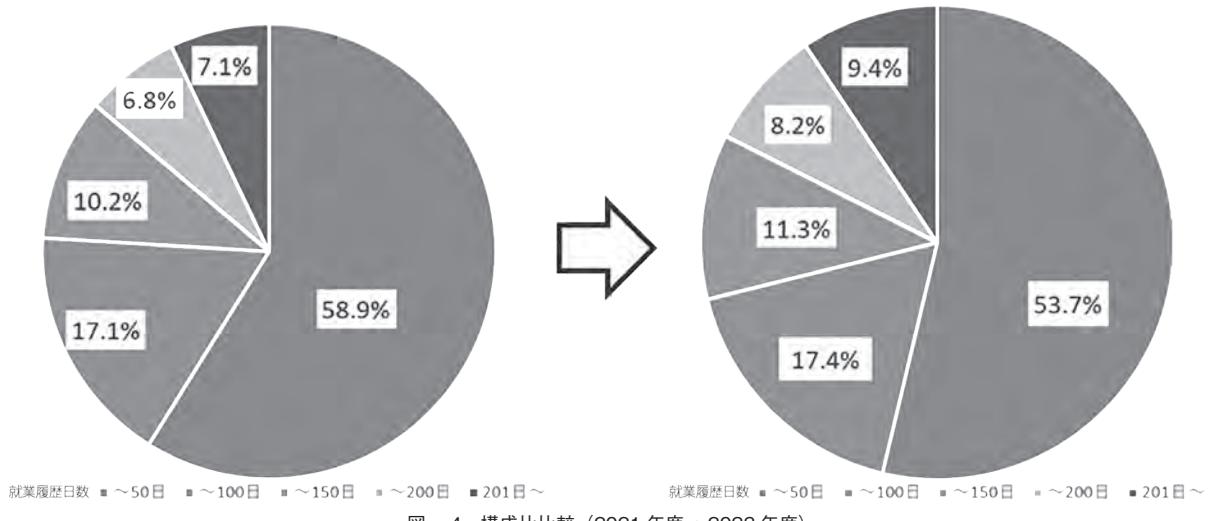


図-4 構成比比較（2021年度→2023年度）

(3) 年間就業日数の比較について

就業日数区分で見ると、2021年度の就業履歴の蓄積のある技能者のうち、50日未満の就業履歴数の技能者の割合は半数以上の58.9%ですが、2023年度では53.7%と減少し、51日以上の就業履歴のある各階層の割合が増加していることから、51日以上の就業履歴蓄積のある技能者が徐々に増加している結果となっています。

図-4において、年間就業履歴蓄積日数を1～50日、51～100日、101～150日、151～200日、201日以上の区分で割合を表示していますが、同一事業者に所属している技能者間において、就業履歴蓄積日数に違いがあるケースが見受けられたところから、該当する事業者を抽出しヒアリングを行ったところ、就業履歴蓄積が50日程度の技能者と201日以上の就業履歴蓄積のある技能者を比較調査した結果、実際の就業日数には差がなく、配置された現場に就業履歴を蓄積する環境があるかないかの差で、CCUSに登録する就業履歴に差が出ているとの聞き取り結果となりました。

5. おわりに

2024年4月1日以降、CCUS能力評価申請における就業履歴の証明については、CCUSに蓄積された就業履歴数のみで能力評価が行われる（令和5年3月31日までの就業年数等については、令和11年3月31日まで経歴証明書による申請が可能）ことから、早急に就業履歴の蓄積ができる環境の整備が求められています。

[筆者紹介]

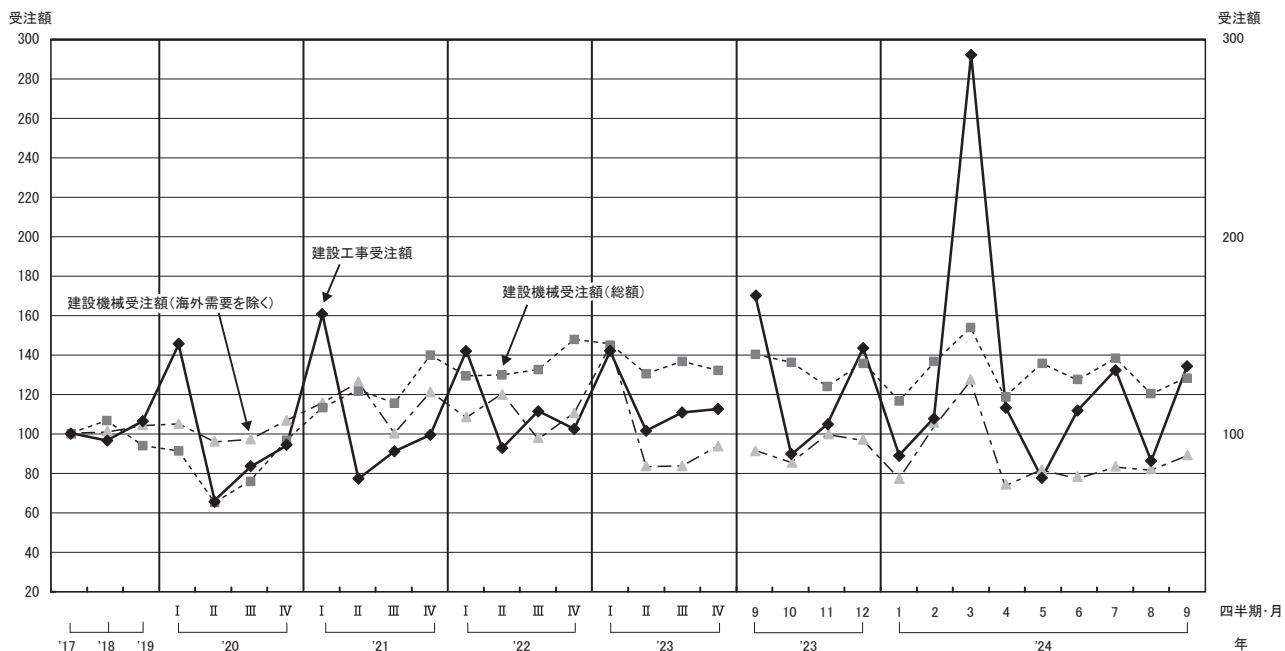
今泉 登美男（いまいづみ とみお）
(一財)建設業振興基金
建設キャリアアップシステム事業本部
運営管理部長

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)
 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)



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 别		未消化 工事高	施工高	
		民 間			官 公 庁	そ の 他	海 外				
		計	製 造 業	非製造業			建 築	土 木			
2017 年	147,828	101,211	20,519	80,690	36,650	5,183	4,787	99,312	48,514	165,446	137,220
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
2023 年 9 月	20,973	15,485	2,622	12,863	4,341	643	504	15,905	5,068	216,368	17,673
10 月	10,962	8,266	2,603	5,663	2,197	420	79	8,081	2,881	217,263	11,029
11 月	12,872	9,824	2,094	7,730	2,032	385	631	9,359	3,513	218,161	12,726
12 月	17,660	12,721	6,000	6,721	4,097	379	463	13,002	4,658	217,576	17,838
2024 年 1 月	10,931	7,371	1,467	5,904	2,871	391	298	7,657	3,273	218,177	10,491
2 月	13,237	8,390	2,925	5,465	4,001	365	481	7,965	5,273	219,504	12,360
3 月	36,119	22,688	4,005	18,682	10,808	486	2,137	21,526	14,593	231,850	21,578
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	-	-

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	17 年	18 年	19 年	20 年	21 年	22 年	23 年	23 年 9 月	10 月	11 月	12 月	24 年 1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月
総 額	21,535	22,923	20,151	17,646	26,393	29,024	29,315	2,516	2,442	2,221	2,442	2,089	2,451	2,767	2,115	2,434	2,291	2,476	2,190	2,298
海外需要	14,912	16,267	13,277	10,966	18,737	21,816	22,627	2,013	1,973	1,673	1,911	1,665	1,869	2,066	1,712	1,989	1,863	2,018	1,731	1,809
海外需要を除く	6,623	6,656	6,874	6,680	7,656	7,208	6,688	503	469	548	531	424	582	701	403	445	428	458	459	489

(注) 2017 ~ 2019 年は年平均で、2020 ~ 2023 年は四半期ごとの平均値で図示した。

出典：国土交通省建設工事受注動態統計調査

2023 年 9 月以降は月ごとの値を図示した。

行事一覧

(2024年10月1~31日)

機 械 部 会



- トンネル機械技術委員会 見学会
横浜環状南線 釜利谷庄戸トンネル工事, 桂台トンネル工事 見学会
月 日: 10月 2日 (水)
参加者: 浅沼廉樹委員長ほか 26名
見学内容: ①釜利谷庄戸トンネル工事: NATM で施工する道路トンネルとしては世界最大級の断面積となる工事の見学 ②桂台トンネル工事: 日本屈指の大断面シールドトンネル工事の見学, U ターン (180 度) の移動, 回転したシールドマシンでは日本最大である
- 油脂技術委員会 (株)日立建機カミーノ本社工場見学会と委員会
月 日: 10月 4日 (金) ((株)日立建機カミーノにて開催)
出席者: 石川広二委員長ほか 22名
見学内容: 道路舗装機械 (ローラ) の生産ライン, およびショベル用部品生産工場の見学
委員会議題: ①燃料エンジン油関係: カーボンニュートラル燃料の動向について ②高粘度指数作動油関係: 規格案, 構成案, スケジュール案, 今後の進め方について ③規格普及促進関係: JAMA Lube Oil Seminar 2025 の進捗報告及びスケジュール確認, JCMAS オンファイル状況の報告 ④JCMAS の改正について: 進捗状況の報告 ⑤その他: 令和 6 年度活動について
- 基礎工事用機械技術委員会 見学会
(株)東亜利根ボーリング塩山工場の見学
月 日: 10月 9日 (水)
参加者: 越田健委員長ほか 17名
見学内容: 各種ボーリングマシンや連続壁施工機など基礎工事用機械の製造工場と製品実機の見学

- トンネル機械技術委員会 脱炭素の取組に関する調査 WG
月 日: 10月 10日 (木) (会議室, Web 併行開催)
出席者: 植橋孝一郎リーダーほか 15名
議 題: ①メンバー提出の脱炭素の取組事例の説明と議論 ②脱炭素に関する技術紹介と意見交換: コマツカスタマーサポート(株)の技術紹介

■トンネル機械技術委員会 通信機器, 設備に関する調査 WG

月 日: 10月 11日 (金) (会議室, Web 併行開催)

出席者: 浅沼廉樹リーダーほか 21名
議 題: ①通信機器, 設備に関する技術

紹介と意見交換: KDDI(株), 東海プラネット(株)の技術紹介 ②「建設現場の通信環境及び利用状況」のアンケート結果について

■路盤・舗装機械技術委員会 見学会

(株)日立建機ティエラ 滋賀工場の見学

月 日: 10月 21日 (月)

参加者: 美野隆委員長ほか 22名

見学内容: コンパクトショベル・ホイールローダの生産工場の生産ラインの見学

■路盤・舗装機械技術委員会・JCMAS

「ロードローラ作業エネルギー消費量試験方法」作成 WG

月 日: 10月 22日 (火) (会議室, Web 併行開催)

出席者: 柴田大地リーダーほか 9名

議 題: ①JCMAS 草案について議論 ②1 時間当たりの重み付け作業割合の確認 ③今後の進め方とスケジュールについて議論

■トンネル機械技術委員会・幹事会

月 日: 10月 23日 (水) (会議室, Web 併行開催)

出席者: 浅沼廉樹委員長ほか 6名

議 題: ①第 4 回 WG の報告 ②技術講演会について講演者の状況確認と講演会までの実施事項の確認 ③日本建設機械要覧のゲラ刷りの内容確認について

■コンクリート機械技術委員会 見学会

(株)アクティオ 三重いなべテクノパーク統括工場 見学

月 日: 10月 30日 (水)

参加者: 笠谷武委員長ほか 15名

見学内容: (株)アクティオの最新鋭の整備拠点で、整備工場の施設、設備、実機の見学

標準部会



■令和 6 年度上期 標準化会議

月 日: 10月 2日 (水)

出席者: 小塚大輔 (コマツ) 部会長ほか 10名

場 所: Web 上 (Zoom)

議 題: 令和 6 年度上期活動報告及び今後の予定 ①ISO/TC 127 土工機械委員会 ②ISO/TC 195 建設用機械及び装置委員会 ③ISO/TC 214 昇降式作業台委員会 ④国内標準委員会 ⑤令

和 6 年度 標準部会事業計画 (案)

■ISO/TC 127/SC 4/WG 6 ISO 7334 自動運転・自律運転の分類 国際 WG 会議 (ハイブリッド)

月 日: 10月 1日 (火) ~ 3日 (木) 夜

出席者: (対面) 米国 Taha コンビナー (Deere 社), 日本: 鈴木邦利委員 (コマツ) など全 9 名, (Web) 正田明平 (JCMA 事務局) など全 3 名

場 所: ロンドン BSI 事務所および Web 上 (ISO Zoom)

議 題: ①DIS 投票コメント最終審議 ②IS 発行予定期: 2025 年 3 月 (目標) ~ 6 月 (最終期限)

■ISO/TC 127/SC 2/JWG 28 ISO 21815 衝突回避 国際バーチャル WG 会議

月 日: 10月 3日 (木) 夜, 4 日 (金) 夜

出席者: (対面) 日本: 岡ゆかりコンビナー, オーストラリア: Nelthorpe プロジェクトリーダー (Sandvik 社) など全 6 名, (Web) 正田明平 (JCMA 事務局) など全 2 名

場 所: ロンドン BSI 事務所および Web 上 (ISO Zoom)

議 題: ①ISO/AWI 21815 第 5 部「その他の機械動作のリスク範囲及び程度」の NWIP 投票時および WG 意見照会時提出コメントの審議 ②今後の予定: CD 意見照会投票 ~ 12 月 1 日, 次回会合: 東京 WG: 12 月 9 ~ 13 日

■ISO/TC 127/SC 3/WG 13 ISO/TR 6750-2 取扱説明書 国際バーチャル WG 会議

月 日: 10月 3日 (木) 夜

出席者: スウェーデン: Olsson コンビナー (AFRY), 米国: Crowell 氏, 日本: 正田明平 (JCMA 事務局) など全 9 名

場 所: Web 上 (ISO Zoom)

議 題: ①ISO/TR 6750-2 参照文献リストの見直し必要性及び ISO 6750-1 の改正可能性の審議 ②第 2 部に火災防止ガイド ISO 13649 の取扱項目追加を検討 ③今後の予定: 第 1 部の次回定期見直し投票直後となる 2025 年 3 月の TC 127/SC 3 総会の場で, 方向性を決定予定

■ISO/TC 195/SC 2/WG 2 路面清掃車 国際バーチャル WG 会議

月 日: 10月 7 日 (月) 夜

出席者: 和田悟知委員 (豊和工業) ほか 12 名

場 所: Web 上 (CEN Zoom)

議 題: ①NP 25256 (旧 24149) 性能試験方法 NP 投票コメント確認 ②NP

25333 環境効率 - エネルギー消費試験方法の要求事項 NP 投票結果報告
③次回会合予定（2025年1月～2月バーチャル）

■ ISO/TC 127/SC 1/WG 6 ISO 11152 エネルギー消費試験法 国際 WG 会議（ハイブリッド）

月 日：10月7日（月）～9日（水）
出席者：（対面）米国：Crowell コンビナー、日本：正田明平プロジェクトリーダー（JCMA事務局）、此村靖委員（日立建機）など全4名、（Web）日本：大場元樹委員（コマツ）など全5名

場 所：米国ミルウォーキー市AEM事務所+Web上（ISO Zoom）

議 題：① ISO 11152 第1部（通則）、第2部（油圧ショベル）のNP投票へのコメント審議 ② ISO 11152 第3部（ホイールローダ）模擬ロードアンドキャリー動作についての審議 ③今後の予定：2025年1月フランクフルトにて第1部、第2部審議、および第3部（ホイールローダ）案文審議

■ ISO/TC 23/SC 19/JWG 12 農業機械サイバーセキュリティ 国際バーチャルWG会議

月 日：10月14日（月）、15日（火）
日本時間夜

出席者：米国：Flaugher コンビナー（Deere社）、Nielsen プロジェクトリーダー（CNH社）、日本：小塚大輔委員長（コマツ）など全33名

場 所：Web上（ISO Zoom）

議 題：ISO 24882 CD案文作成に向けた審議

■ ISO/TC 82/SC 8/JWG 4 ISO 3510 遠隔操作式・自律式・有人式の鉱山機械のインターラベラビリティ仕様 /ISO 24446 ブラストホールドリル機械の電子操作インターフェースの仕様とマシンコントロールのインターフェース 国際 WG 会議（ハイブリッド）

月 日：10月15日（火）日本時間昼
出席者：（対面）日本：岡ゆかりコンビナー（コマツ）、米国：Leeman プロジェクトリーダー（Rio Tinto社）など全6名、（Web）日本：鈴木邦利委員（コマツ）など全7名

場 所：Web上（ISO Zoom）

議 題：ISO 24446 PWI案文審議

■ ISO/TC 82 年次総会（ハイブリッド）

月 日：10月17日（木）日本時間昼
場 所：韓国ソウル会議場およびWeb上（Zoom）

出席者：（対面）米国：Moughler TC 82

議長代理、日本：岡ゆかり TC 127/SC 3国際議長（コマツ）など全30名程度、（Web）正田明平（JCMA事務局）など若干名

議 題：①通常年次総会審議 ②新規業務提案候補：中国より TC 82主導の「Liイオンバッテリー安全規格」提案あり ③「Liイオンバッテリー安全規格」審議結果：既に TC 127 内で着手済の類似プロジェクトがあるため、TC 127 が主導する「ジョイント・タスクフォース」を作り、概要活動を検討する旨決定

建設業部会

■三役会

月 日：10月8日（火）

出席者：坂下誠部会長ほか4名

議 題：①9/13開催「建設業ICT安全WG見学会」報告 ②9/25開催「建設業ICT安全WG」報告 ③9/30開催「機電交流企画WG」報告：10月の機電技術者意見交換会準備報告 ④10/24-25「建設業秋季現場見学会」準備報告 ⑤その他（建設業部会の開催有無について）

■第24回機電技術者意見交換会

月 日：10月10日（木）、11日（金）

参加者：坂下誠部会長ほか部会委員12名、若手39名

場 所：（一財）機械振興会館会議室・ホール

テーマ：「機電職としての2024年問題とその解決法」、（シャッフル討議「新たな労働安全防止対策（安全設備について等）」）

講 演：①GENSAI技術「スケルカ」を活用した業務効率化とDXによる働き方改革～正確な地中可視化技術の活用とデジタル化で拓く未来～（講師：ジオ・サーチ（株）企画営業本部部長 苗村茂）②俺に任せろ！（講師：前田建設工業（株）土木事業本部機械部上級技師長 篠原慶二）

■建設業部会

月 日：10月22日（火）

出席者：坂下誠部会長ほか25名（内 Web参加者15名）

議 題：①部会長挨拶 ②R06年度活動体制 ③R06年度活動計画・実績 ④R06年度上期各WG活動報告 ⑤その他：建設業部会ほか活動報告（R06年度建設施工と建設機械シンポジウム、R06年度研究開発等助成検討委員会・R06年度（仮名）建設機械の

電動化促進委員会・R06年度標準部会関連委員会）⑥その他：イノベーション部からの事業紹介・意見交換

■建設業部会秋季現場見学会

月 日：10月24日（木）、25日（金）

参加者：坂下誠部会長ほか18名

現場概要：

【1日目】10/24（木）足羽川ダム

発注者：国土交通省 近畿地方整備局

施工者：清水建設・大林組JV

場 所：福井県今立郡池田町小畠地先

【2日目】10/25（金）吉野瀬川ダム

発注者：福井県

施工者：安藤ハザマ・建世・清水組・谷口建設JV

場 所：福井県越前市広瀬町66字上野106番

現場概要：（足羽川ダム）ダム左岸天端、ダム堤敷、原石山、導水トンネル（吉瀬川ダム）ダム左岸天端、上流仮設備ヤード、堤体部

■クレーン安全情報WG

月 日：10月28日（月）

出席者：猪又勝美主査ほか10名（内 Web参加者4名）

議 題：①クレーンの最新動向ヒアリング（5社）のまとめ報告（久松委員）②移動式クレーン運転士安全衛生教育更新講習『災害ゼロに向けて』2025年度改訂に向けた準備報告（事故事例報告）③移動式クレーン運転士安全衛生教育における「クレーン安全協議会」名称変更について④事故事例発表⑤その他

レンタル業部会

■レンタル業部会

会 議：コンプライアンス分科会

月 日：10月8日（火）（Web会議併用）

出席者：間庭分科会長ほか11名

議 題：①部会長・分科会長挨拶②「お客様の安全技術情報の集約と現状のまとめの検討」について③各社からの報告事項・情報交換

各種委員会等

■機関誌編集委員会

月 日：10月2日（水）

出席者：中野正則委員長ほか27名

議 題：①令和7年1月号（第899号）計画の審議・検討②令和7年2月号（第900号）素案の審議・検討（900号記念特集の審議を含む）③令和7年3月号（第901号）編集方針の審議・

検討 ④令和6年10月号～令和6年12月号（第896～898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6年度除雪機械技術講習会(第5回)

月 日：10月2日（水）
場 所：函館市（函館総合卸センター流通ホール）
受講者：191名
内 容：①除雪計画 ②除雪機械の取り扱い ③除雪の安全施工 ④冬の交通安全 ⑤除雪の施工方法

■令和6年度建設工事等見学会

月 日：10月4日（金）
見学場所：北村遊水地事業工事現場（北海道開発局札幌開発建設部）、UNICON FIELD（植村建設株）
出席者：山口和哉広報部会相談役ほか25名

■令和6年度除雪機械技術講習会(第6回)

月 日：10月10日（木）
場 所：釧路市（釧路市觀光國際交流センター）
受講者：193名
内 容：上記第5回と同じ

■令和6年度除雪機械技術講習会(第7回)

月 日：10月25日（金）
場 所：稚内市（稚内市総合文化センター）
受講者：128名
内 容：上記第5回と同じ

■令和6年度除雪機械技術講習会(第8回)

月 日：10月28日（月）
場 所：小樽市（小樽経済センター）
受講者：70名
内 容：上記第5回と同じ

■令和6年度除雪機械技術講習会(第9回)

月 日：10月31日（木）
場 所：札幌市（北海道経済センター）
受講者：172名
内 容：上記第5回と同じ

■令和6年度第2回企画部会

月 日：10月18日（金）
場 所：札幌市（ANAクラウンプラザホテル札幌）
出席者：中山克己企画部会副部会長ほか11名
内 容：①令和6年度上半期事業報告 ②令和6年度上半期経理報告 ③令和6年度下半期主要行事計画 ④第3回

運営委員会次第（案） ⑤その他

■令和6年度第3回運営委員会

月 日：10月23日（水）
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15名
内 容：①令和6年度上半期事業報告 ②令和6年度上半期経理報告 ③令和6年度下半期主要行事計画 ④その他

東北支部

■除雪講習会

⑥横手（1）会場
月 日：10月1日（火）
場 所：秋田県横手市 秋田ふるさと村
受講者：245名
⑦横手（2）会場
月 日：10月2日（水）
場 所：秋田県横手市 秋田ふるさと村
受講者：242名
⑧秋田会場
月 日：10月3日（木）
場 所：秋田県秋田市 秋田テルサ
受講者：138名
⑨山形（1）会場
月 日：10月8日（火）
場 所：山形県山形市 山形ビッグウェイブ
受講者：184名
⑩山形（2）会場
月 日：10月9日（水）
場 所：山形県山形市 山形ビッグウェイブ
受講者：188名
⑪新庄（1）会場
月 日：10月10日（木）
場 所：山形県新庄市 新庄市民プラザ
受講者：120名
⑫新庄（2）会場
月 日：10月11日（金）
場 所：山形県新庄市 新庄市民プラザ
受講者：120名
⑬宮古会場
月 日：10月15日（火）
場 所：岩手県宮古市 陸中ビル
受講者：200名
⑭岩手（1）会場
月 日：10月17日（木）
場 所：岩手県滝沢市 岩手産業文化センター
受講者：413名
⑮岩手（2）会場
月 日：10月18日（金）
場 所：岩手県滝沢市 岩手産業文化センター

受講者：416名

⑯会津（1）会場

月 日：10月23日（水）
場 所：福島県会津若松市 会津アピオ

受講者：183名

⑰会津（2）会場

月 日：10月24日（木）
場 所：福島県会津若松市 会津アピオ

受講者：181名

⑱仙台（1）会場

月 日：10月30日（水）
場 所：仙台市 フォレスト仙台

受講者：162名

⑲仙台（2）会場

月 日：10月31日（木）
場 所：仙台市 フォレスト仙台
受講者：164名

■令和6年度 総合防災訓練

月 日：10月2日（水）
場 所：支部会議室
出席者 小野由則技術部会部会長ほか8名
内 容：①東北地方整備局主催「令和6年度総合防災訓練」の情報伝達訓練に参加

■令和6年度 ICT・UAV基礎技術講習会 各県開催（主催：東北土木技術人材育成協議会）

【座学1】i-Constructionの取り組み（講師：東北地方整備局企画部）

【座学2】みちのくインフラDX奨励賞紹介（講師：受賞者）

【座学3】各県の取り組み（講師：各県）

【座学4】3次元測量の概要と留意点（講師：東北測量設計協会）

【座学5】ICT活用工事の監督・検査の留意事項（講師：東北地方整備局企画部）

【座学6】点群ソフト、3D設計データ（講師：JCMA東北支部）

【座学7】ICT建機、ICT技術の適用（計測技術）（講師：JCMA東北支部）

【実習】ICT活用工事現場見学、出来形計測実習、ICT建機操作実習、レーザースキヤナ計測実習、三次元測量（講師：JCMA東北支部）

③宮城会場

<座学>

月 日：10月8日（火）

場 所：宮城県仙台市 宮城県庁講堂
受講者：60名

<現地>

月 日：10月9日（水）

場 所：宮城県大郷町 コマツIoTセンターエスト

受講者：54名

④福島会場

<座学>

月 日：10月 16日（水）

場 所：福島県福島市 杉妻会館

受講者：48名

<現地>

月 日：10月 17日（木）

場 所：福島県郡山市 コマツ IoT センタ福島

受講者：43名

⑤岩手会場

<座学>

月 日：10月 21日（月）

場 所：岩手県滝沢市 ツガワ未来館アピオ

受講者：46名

<現地>

月 日：10月 22日（火）

場 所：岩手県盛岡市 岩手測器社 ICT 研修センター

受講者：31名

⑥山形会場

<座学>

月 日：10月 24日（木）

場 所：山形県立産業技術短期大学校 学生会館 大講義室

受講者：41名

<現地>

月 日：10月 25日（金）

場 所：山形県山形市 馬見ヶ崎川河川 改修工事現場

受講者：48名

■令和 6 年度 基礎技術講習会（インフラ DX）(主催:東北土木技術人材育成協議会)

【実習 1】 AR システム体験ほか（講師：JCMA 東北支部）

【実習 2】 XR 体験（講師：東北地方整備局）

【実習 3】 遠隔臨場（講師：JCMA 東北支部）

【実習 4】 遠隔臨場・鉄筋探査（講師：JCMA 東北支部）

⑥ 6 回目

場 所：東北技術事務所 研修棟

月 日：10月 18日（金）

受講者：15名

■EE 東北'25 第 1 回実行委員会 作業部会（Web）

月 日：10月 28日（月）

出席者：作業部会長 東北地方整備局 東北技術事務所 佐藤英樹副所長ほか 16名

内 容：① EE 東北'24 決算・監査報告

② EE 東北'25 組織 ③ EE 東北'25

実施方針 ④ EE 東北'25 予算

■令和 6 年度 基礎技術講習会（インフラ DX）各県開催（主催：東北土木技術人材育成協議会）

【座学 1】 インフラ DX 概論（講師：東北地方整備局企画部）

【実習 1】 DX 技術実践（VR・AR 体験、遠隔臨場、配筋探査、電子小黒板等）（講師：JCMA 東北支部）

【座学 2】 BIM/CIM 概論（講師：（一社）建設コンサルタンツ協会）

【実習 2】 3 次元 CAD・点群体験実践（講師：（一社）OCF 東北支部）

④福島会場：10月 30日（水）福島市 キヨウワグループ・テルサホール、受講者数 17 名

⑤秋田会場：10月 31日（木）秋田県潟上市 秋田県自治研修所、受講者数 12 名

北陸支部 

■除雪機械安全施工技術講習会（魚沼会場）

月 日：10月 3日（木）

場 所：魚沼市地域振興センター

受講者：188名

■除雪機械安全施工技術講習会（新発田会場）

月 日：10月 8日（火）

場 所：新発田市カルチャーセンター

受講者：75名

■除雪機械安全施工技術講習会（新潟会場①）

月 日：10月 10日（木）

場 所：新潟県建設会館

受講者：88名

■除雪機械安全施工技術講習会（上越会場①）

月 日：10月 15日（火）

場 所：上越商工会議所

受講者：75名

■除雪機械安全施工技術講習会（上越会場②）

月 日：10月 16日（水）

場 所：上越商工会議所

受講者：41名

■除雪機械安全施工技術講習会（長岡会場）

月 日：10月 18日（金）

場 所：ハイブ長岡

受講者：173名

■除雪機械安全施工技術講習会（金沢会場①）

月 日：10月 24日（木）

場 所：石川県地場産業振興センター

受講者：93名

■除雪機械安全施工技術講習会（金沢会場②）

月 日：10月 25日（金）

場 所：石川県地場産業振興センター

受講者：48名

■除雪機械安全施工技術講習会（富山会場）

月 日：10月 29日（火）

場 所：富山産業展示館

受講者：95名

■除雪機械安全施工技術講習会（新潟会場②）

月 日：10月 30日（水）

場 所：新潟県建設会館

受講者：84名

中部支部 

■ICT を活用した建設技術講師協力

①愛知県出前講座

月 日：10月 1日（火）

場 所：名古屋市立弥富小学校

受講者：3年生 140名

②愛知県建設技術研修（ICT 施工）

月 日：10月 2日（水）

開催方法：Web 方式による講義

受講者：愛知県職員 37名

③中部地方整備局「インフラ DX 推進研修」

月 日：10月 8日（火）～11日（金）

場 所：中部インフラ DX センター

受講者：41名

■機械技術研究会第 2 回勉強会

月 日：10月 16日（水）

場 所：中部地方整備局

講 師：永江豊事務局長

受講者：中部地方整備局機械系職員約 30名

■第 1 回部会長・副部会長会議

月 日：10月 21日（月）

出席者：川西光昭企画部会長ほか 8 名

議 題：上期事業報告及び上期経理概況について

■道路除雪講習会 高山会場

月 日：10月 25日（金）

場 所：岐阜県高山市飛驒・生活文化センター

受講者：62名

関西支部 

■JCMA ICT 施工検定試験 合格更新講習会

月 日：10月 15日（火）

場 所：エル・おおさか

参加者：検定試験 77 名、更新講習会 81 名

内 容：令和 6 年度 JCMA ICT 施工 検定試験および合格者更新講習

■建設用電気設備特別専門委員会（第 500 回）

月 日：10月 23日（水）

場 所：①JEM-TR236（建設工事用 400 V 級電気設備施工指針）規格調整会議後の結果報告（再提出）と今後の進め方の審議

■建設施工研修会

月 日：10月 24日（木）

場 所：建設交流館 グリーンホール

参加者：55名

内 容：①近畿地方整備局におけるインフラ DX の普及推進について（講師：近畿地方整備局企画部建設専門官）
②第 56 回建設施工映画会 ③切削管理 SYS（デモ・実施工編）ver2 以下 26 編

中 国 支 部



■第 2 回企画部会

月 日：10 月 1 日（火）
場 所：広島 YMCA 会議室
出席者：玉田一雄部会長ほか 7 名
議 題：①中国地方整備局との意見交換会の議題について ②災害協定関係について

■除雪機械の運転技術講習会

月 日：10 月 29 日（火）
場 所：（座学）浜田合同庁舎（実習）
島根県浜田市瀬戸ヶ島町瀬戸ヶ島
参加者：42 名
内 容：①除雪作業の安全確保と除雪機械の取り扱いについて（（一社）日本建設機械施工協会中国支部 柳瀬健一郎氏） ②除雪機械毎の取扱い（現地実習：班別）（（一社）日本建設機械施工協会中国支部・島根県浜田地区建設業協会

四 国 支 部



■令和 6 年度 四国地方整備局と（一社）

日本建設機械施工協会四国支部との意見交換会

月 日：10 月 1 日（火）
場 所：四国地方整備局（高松市）
参加者：四国地方整備局 奥田企画部長 ほか 4 名、四国支部 機械設備メーカ 11 社 20 名

■国交省との共催事業「ICT 施工経営者講習会」

月 日：10 月 8 日（火）
場 所：国土交通省四国地方整備局（高松市）
受講者：約 150 名
内 容：講演者①：CRAFTCOM（株）代表取締役 沖山達哉氏、講演者②：（株）SURDEC 取締役社長 緒方正則氏、特別講演：（一社）日本建設機械施工協会 技師長 二瓶正康氏

■R6 JCMA ICT 施工 検定試験合格者更新講習会・検定試験

月 日：10 月 29 日（火）
場 所：建設クリエイトビル 5 階（高松市）
受験者：更新講習 13 名、検定試験 31 名

九 州 支 部



■九州建設技術フォーラム 2024

月 日：10 月 8 日（火）、9 日（水）
場 所：福岡国際会議場
主催者：九州建設技術フォーラム実行委員会
開催テーマ：国土を守る、いのちを守る～進化する防災技術とその未来～
協会参加：リクルーティングプレゼンテーション

■企画委員会

月 日：10 月 15 日（火）
場 所：宝ビル 11F 1106 会議室
出席者：10 名
議 題：①R6 年度 JCMA 九州支部の主要行事予定について ②R6 年度建設行政講演会について ③上半期事業実施報告（第 2 回運営委員会）④企画委員会運営要領について

■令和 6 年度 DX・ICT 技術講習会

月 日：10 月 29 日（火）
開催場所：宮崎県企業局県電ホール
参加者：44 名
内 容：①国・地方自治体の取組 ②ICT 施工の実践：3 次元計測、3 次元データの利活用、3 次元データの効果的活用、ICT 建設機械、小規模 ICT、インフラ DX 適用技術

編集後記

少し前ですが、紫金山・アトラス彗星が地球上から観察され、SNS上でも長い尾を引く美しい姿の写真が多数投稿されていたのをご覧になつた方も多いのではないかと思います。この彗星、周期は8万年とも言われています（戻ってこないとの説も）。次にこの彗星がみえる頃にはどんな建設技術が開発され、街の景観はどうのようになつてゐるのでしょうか。

12月号の特集は「先端建設技術」です。本年4月に「i-Construction 2.0」が公開され、官民挙げて省人化、生産性向上に向けた取組を進めており、新しい技術の開発から実業務への普及展開へと、日々進歩しています。

巻頭言では建設DXの第一人者である立命館大学環境システム工学科建設保全工学研究所の建山先生から「i-Construction 2.0」が示す建設業の進むべき方向性、重要な意義についてご紹介いただきました。

行政情報では国土交通省からカーボンニュートラルの実現、デジタル化やデータ活用など世界全体の大きな変化に対応していくため設置された分野横断的技術政策ワーキンググ

ループの中間とりまとめ状況および日本全国の都市デジタルツイン実現プロジェクト「PLATEAU（プラトー）」についてご紹介いただきました。また林業分野においても建設産業と同様、人口減少・少子高齢化等の課題に直面しており、林業の特性を踏まえた新技術の開発から普及への取り組みとして林業イノベーションについてご紹介いただきました。

技術報文では、建設機械の自動化・自律化をはじめ、ドローン、AIによる画像認識やIOTを活用した施工・安全・品質管理などに加えて発破作業における新技術など幅広い分野の先端技術について執筆いただきました。

交流のひろばでは、インフラは作って終わりではなく、維持管理メンテナンスといった持続性が求められ、継続した投資のためにも国民の理解、インフラを身近に感じる機会を提供していく必要があるとの新たな視点で取り組まれているインフラツーリズムについてご紹介いただきました。

最後になりましたが、突然のご依頼にも関わらず快くお受けいただいた執筆者の皆様、関係者の皆様には心より御礼を申し上げます。

（丹治・藤井）

1月号「建設機械特集」予告

- ・ロボット大賞における国土交通大臣賞
- ・「建設機械の電動化促進事業」の紹介
- ・新型衝突軽減機能搭載油圧ショベル SK125SR-7/SK135SR-7
- ・新型 後方小旋回ミニショベル ViO30-7/ViO35-7
- ・次世代中型ホイールローダーの新機能
- ・マイニング向け大型モーターグレーダーの開発
- ・木造家屋解体仕様機「SH75X-7」
- ・玉掛け不要、災害復旧用小型移動式クレーン
- ・切削パフォーマンスと消費データに関するレポートの自動作成システム
- ・IC70R 土砂運搬可視化システム
- ・穿孔サポートシステムによるクローラドリル操作の簡素化
- ・電動式建設機械（バッテリー式）VOLVO ECR25 ELECTRIC, L25 ELECTRIC
- ・小型建設機械のバッテリー式電動化
- ・25t吊りフル電動ラフテレンクレーンの紹介

【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76卷第12号（2024年12月号）（通巻898号）

Vol. 76 No. 12 December 2024

2024（令和6）年12月20日印刷

2024（令和6）年12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://jcmnet.or.jp/>

施工技術総合研究所 〒417-0801 静岡県富士市大渕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

閑 克己 高田 邦彦

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 國土交通省

大津 太郎 農林水產省

内海 友介 (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)

赤坂 茂 大成建設(株)

藤井 攻 清水建設(株)

桐山 茂雄 (株)大林組

出口 明 (株)竹中工務店

宮川 克己 (株)熊谷組

松本 清志 (株)奥村組

京免 繼彦 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 キヤタピラージャパン

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

“建設機械施工”既刊目次一覧

2024年1月号（第887号）～2024年12月号（第898号）

2024年1月号（第887号）

表紙写真

後方超小旋回型マテリアルハンドリング機

写真提供：住友建機（株）

建設機械 特集

- ◆卷頭言 新年のご挨拶 金井道夫 / 4
- ◆行政情報 国土交通省 大臣官房 参事官 (イノベーション) / 5
建設施工分野における国土交通省の最新の取り組み グループ 施工企画室
- ◆行政情報 中小企業イノベーション創出推進事業 岡本由仁 / 13
革新的な研究開発を行うスタートアップの持つ技術の社会実装に向けて
- 0.28m³油圧ショベル用マシンガイダンスと安全機能 Cat® アドバンスドアシスト 高橋愛里 / 17
- 完全電動ミニショベルの研究 設石川佳史 / 21
- 新型ミニショベル 3.0t と 3.5t の商品紹介 SK30SR-7/SK30SRD-7/SK35SR-7 八原将時 / 27
- 新型ホイール式油圧ショベル ZX125W-7 安部真也 / 31
- 後方超小旋回型マテリアルハンドリング機 SH235XLC-7 河上甲孝 / 35
- 大型油圧ブレーカによる破碎作業の効率化 100t級油圧ショベル用ブレーカ FXj1070a の開発 田島良一 / 39
- 新型小型タイヤローラの紹介 TS160-3, TS160-3 Guardman 折坂卓巳 / 45
(緊急ブレーキ装置（後進用）搭載)
- 不整地運搬車 MST110C 野坂朝比奈秀 / 50
- 設置占有幅削減と作業領域拡大を実現する新型橋梁点検車 中型橋梁点検車 ブリッジチェックー BT-300 山下輝 / 54
- 新型大型トラック架装用搭載型クレーン 河田良宣 / 59
- 新型ラフテーレンクレーン 最大吊り上げ荷重 25t SR-250Rf II 小島治 / 63
- ◆交流のひろば 新たな価値を創出する AI の社会実装、および適用事例 竹田裕紀 / 66
- ◆ずいそう テニスはやめられない 堀重雄 / 72
- ◆ずいそう 相棒（愛車） 宮澤和孝 / 74
- ◆JCMA 報告 「令和5年度 建設施工と建設機械シンポジウム」開催報告—優秀論文賞2編・論文賞3編、および優秀賞（開発ボスター部門）4編を表彰— 企画部 / 77
- ◆部会報告 北海道新幹線、羊蹄トンネル（有島）他、機械部会 / 82
渡島トンネル（南鶴）工事見学会 報告
- ◆部会報告 新名神高速道路 大戸川橋他2橋 機械部会 / 86
(PC上部工) 工事見学会 報告
- ◆新工法紹介 機関誌編集委員会 / 90
- ◆新機種紹介 機関誌編集委員会 / 93
- ◆統計 建設機械産業の現状と今後の予測について 内田直之 / 96
- ◆統計 國土交通省 / 101
建設市場整備課
令和5年度 主要建設資材需要見通し 不動産・建設経済局
- ◆統計 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 / 105
- 行事一覧（2023年11月） / 106
- 編集後記 (室谷・漆戸) / 110

2024年2月号（第888号）

表紙写真

土石流災害復旧現場における遠隔操作バックホウを用いた作業者の安全確保

写真提供：大成建設（株）

防災、災害対応、災害復旧・復興 特集

- ◆卷頭言 建設機械と防災 審馨 / 4
- ◆行政情報 小池聖彦 / 5
関東大震災 100年 関東地方整備局の取り組み
- ◆行政情報 内閣府 (防災担当) / 11
「防災推進国民大会 2023」の開催報告 普及啓発 次の100年への備え～過去に学び、次世代へつなぐ～ 携担当
- BILMUS（ビルマス）がもたらす制振革命 芝浦プロジェクトS棟 今井克彦 / 14
- 燃え止まり型耐火集成材「燃エンウッド」 中高層木造建物の実現に向けた技術開発とその適用 花井厚周 / 21
- 既存RC造建築物における有孔梁の鋼板補強工法 せん断性能に関する技術性能証明を取得 赤星博仁 / 28
- 浮遊ケーランの動搖低減技術の実海域実験 倉原義之介英将 / 34
- 「水災害トータルエンジニアリングサービス」による水害対策 高井剛幸 / 39
岩前伸宏二藤近
- 伝統的建造物の火災リスクを低減 自動火災検知放水システム「慈雨」を文化財へ導入 重盛洸 / 44
- AIを用いた栈橋の残存耐力評価技術 構造物の寿命を予測し合理的で計画的な維持管理に貢献 宇野州彦 / 49
- 建物地震被災度即時推定システムの開発 諏訪仁勝一江中光 / 54
- 免震建物の総合的なモニタリングシステムの開発 浜辺千佐子吉澤睦博 / 59
曾根孝行
- 地理情報システムのプラットフォーム「Cube Earth」を活用した 「スマートな防災システム」の自治体への提供 空間ID技術の活用と今後の可能性 武田全史翼 / 65
- 鉄道灾害調査隊の発足及び被災調査支援活動 伊藤翔太 / 70
- 省力化に貢献し、機動性に優れる新たな防災ソリューション 災害停電時マンホールポンプ起動支援システム 平木叡 / 76
- 令和3年度逢初川水系応急対策工事 ICT・DX技術導入による熱海土石流災害の早期復旧 大丸雄一郎 / 82
- スリップフォーム工法によるトンネルインバートの機械化施工 平成30-32年度 日下川新規放水路（吐口側）工事 川原仁志 / 88
- 東海道新幹線 16駅と在来線 20駅のプラットホーム 上家を耐震補強、ダンパーによる新工法を開発 家塚優人倉脇章 / 93
- 地震により被災したRCラーメン橋台のジャッキアップと軌道復旧 草野英明 / 98
- ◆交流のひろば 「移動式廃棄物処理設備」の活用に向けた検討 迅速な災害復興に向けた取り組み 永島篤志 / 104
- ◆ずいそう 海外での日本代表戦観戦のすゝめ 島村涼太 / 107
- ◆ずいそう 料理とお酒を楽しむ人生 池端光晴 / 109
- ◆JCMA 報告 一般社団法人日本建設機械施工協会 / 111
令和6年新年会報告
- ◆新機種紹介 機関誌編集委員会 / 112
- ◆統計 建設業の業況 機関誌編集委員会 / 113
- ◆統計 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 / 120
- 行事一覧（2023年12月） / 121
- 編集後記 (副島・木村) / 124

2024年3月号(第889号)

表紙写真

大風量かつ吹出し口の結露抑制が可能な空調用誘引ユニット

写真提供：(株)大林組

建築特集

- 卷頭言 建設産業の未来をつくる……志手一哉／4
- 行政情報 ロボットの社会実装のキーコンセプト……板橋洋平／5
「ロボットフレンドリーな環境」の実現
- 行政情報 2050年カーボンニュートラルの実現に向けた建築物省エネ法の改正……国土交通省住宅局参事官／10
(建築企画担当付)
- 木材で耐火被覆した鋼管柱の耐火性能……馬場重彰／16
T-WOOD® TAIKAの開発……梅森藤加／圭
- 高所作業車キーレスシステムの開発……福田優輝／22
鍵及び点検の管理業務削減を目指した取り組み……吉田真悟
- コンクリート床仕上げ機械 「防音カバー付き電動ハンドトロウェル」の開発……中川啓太郎／26
- 展示収蔵環境への包括的なアンモニア低減対策……矢野慧二／30
美術館・博物館の早期開業に向けた取組み……富田中／勲
- 建築BIMによる鉄筋の自動配筋・組立と自動配筋検査 鉄筋工事におけるワークフローとデジタルデータの作成・活用……曾根巨充／37
- 鋼製建具工事におけるBIM活用 建具生産サプライチェーン全体における……中石野亘／43
生産性向上を目指して
- 大風量かつ吹出し口の結露抑制が可能な空調用誘引ユニット in-DUCTの導入効果と形状に込めた想い……中山和樹／51
……和藤隆矢
- 国内最高！162mのビルを新工法で解体 「鹿島ラッシュカット工法®」の開発……石田武志／56
……中藤隆健／56
- 放射線施設における遮蔽鋼板の解体に関する施工実績……奥田修司／63
……鈴木宗英／亮
- 実建物のホールライフサイクルアセスメント の検討と環境製品宣言(EPD)の取得 安藤ハザマ東北支店ビルでのカーボンフットプリントとエコリーフ認定取得事例……鈴木好洋／69
……田中洋謙／介
- 交流のひろば RD(リニューアブルディーゼル)： 次世代型バイオ燃料の活動紹介 日本国内における普及に向けた取り組み……向井寛／76
- ずいそう 私と占い……井ノ口浩一／79
- ずいそう ラーメン放浪記……塩野準／82
- 部会報告 ISO/TC127インド(デリー市)国際総会報告……標準部会／85
- 部会報告 (株)UL Japan 大型電波暗室見学会 報告……機械部会／94
- 部会報告 機電技術者のための講演会報告……建設業部会／97
- 新工法紹介……機関誌編集委員会／103
- 新機種紹介……機関誌編集委員会／105
- 統計 建設キャリアアップシステム制度の現状と今後の展開……今泉登美男／107
- 統計 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／112
- 行事一覧(2024年1月)……/113
- 編集後記……(鈴木・出口)／116

2024年4月号(第890号)

表紙写真

脱炭素社会と新たな価値創造を実現する建設新材料ジオポリマー・コンクリートの開発

写真提供：(株)IHI

新しい建設材料、コンクリート工、コンクリート構造 特集

- 卷頭言 カーボンニュートラル化に向けて……野口貴文／4
- 行政情報 国土交通省 コンクリート生産性向上検討協議会の動向……大臣官房技術調査課／5
「ロボットフレンドリーな環境」の実現 全体最適の導入(コンクリートの規格の標準化等)
- 行政情報・特別寄稿 令和6年能登半島地震における国土交通省の……渡邊賢一／14
災害対策用車両の取り組み
- 炭素繊維強化プラスチックの廃棄物を 繊維補強コンクリートに再生利用 ……平田隆裕／20
サーキュラーエコノミーの推進に貢献する「リカバリー工法」を開発
- バイオ炭を混和した環境配慮型コンクリートの現場適用 SUSMICS-C [SUstainable+SMI(炭)+Carbon Storage+Concrete] の開発 ……幸田圭司／25
- カーボンリサイクル・コンクリート 「T-eConcrete®/Carbon-Recycle」の社会実装の進展 ……大脇英志／31
カーボンネガティブを実現したコンクリートの現状と種々の特徴
- 海外工事で用いる生コンクリートの フレッシュ性状診断システム ……岩城圭介／37
AIを実装したWEBアプリ“Slump Checker”的開発
- 軟弱な海底地盤の表層をカルシア改質土に 改良する新技術「バッチ式原位置混合工法」 ……北谷尚允／42
- 脱炭素社会と新たな価値創造を実現する建設新材料 ……木倉友宏／47
ジオポリマー・コンクリートの開発
- 耐荷力および耐久性の向上と省力化を 実現した電気防食工法の開発 ……水藤宏一朗／53
アラミド繊維・電気防食併用工法
- 環境配慮型コンクリートの開発と ……右田周平／59
エコリーフの取得
- コンクリート中鉄筋の腐食状態を非破壊で 平間昭信／62
測定する「Dr.CORR」を研究開発
- 凍結しないPCグラウトの開発と実用化 ……吉岡憲一／66
……井上藤須
- バクテリアを活用した自己治癒コンクリートの国内展開 ……大橋未來／72
- AIを利用したコンクリート打設管理システムの開発 構造物の品質向上と現場管理業務の効率化及び ……橋本大雅／76
トレーサビリティの確保
- 交流のひろば 新地盤凍結工法「ICECRETE(アイスクリート)」の高度化実証実験 ……相馬川啓正／81
……吉西征一郎
- 交流のひろば 解体祭を通じた地域とのかかわりにおける ……長谷川顕花／86
再生コンクリート
- 交流のひろば 実家の畑の奮闘記 ……森部広邦／91
- 交流のひろば 趣味と物へのこだわり ……中山俊彦／93
- JCMA報告 2024ふゆトピア・フェア in 北広島 ……企画部／95
除雪機械展示・実演会 開催報告
- 部会報告 コマツ栗津工場、岩崎工業(株)見学会 報告 ……機械部会／102
- 部会報告 (株)筑豊製作所 北九州支店見学会 報告 ……機械部会／104
- 新工法紹介 ……機関誌編集委員会／107
- 新機種紹介 ……機関誌編集委員会／109
- 統計 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／112
- 行事一覧(2024年2月) ……/113
- 編集後記 ……(平田・佐藤)／116

2024年5月号(第891号)

表紙写真

6m継ぎロックボルト打設の高速自動化

写真提供:鹿島建設株

トンネル特集

- ◆卷頭言 岩盤特性による掘削機械の応答……福井勝則／4
- ◆行政情報 道路トンネル定期点検における点検支援技術の導入促進……児玉祐一／5
- ◆行政情報 「高規格道路ネットワークのある方 中間」と「WISENET2050・政策集」
- SENS掘進中に出現した巨大な岩塊群の撤去……生越亮／15
北海道新幹線、羊蹄トンネル(比羅夫)他工区
- シールド工事におけるアコースティック・エミッション技術を用いた支障物切削負荷検知技術の開発……今岡洋輔／20
大前田潤
- シールドマシンのローラーカッター交換システムの開発……田村智之／26
- 山岳トンネルにおける吹付けコンクリートの自動化……犬塚隆明／30
実地山における実証試験の現況報告
- 山岳トンネル工事における計測作業の遠隔化技術の開発……綾塚綱善／36
切羽の無人化に向けた取り組み
- 遠隔岩判定会議の実施における創意工夫……京免継彦／41
- 山岳トンネル工事における最適爆破自動設計施工システムを開発……井手康夫／45
切羽見える化し、発破設計と穿孔作業工程を自動化
- 山岳トンネル工事で超高強度吹付けコンクリートを適用……谷口翔二／50
脆弱地山における支保部材の高強度化により安定した掘削を実現
- 山岳トンネルにおける防水シート施工の自動化技術……大森慎敏／56
- 鋼管膨張型ロックボルトの機械打設システムの開発……杉木憲宏／61
- VR空間で遠隔地から「岩判定」トンネル工事現場の施工状況を複数人がリアルタイムで遠隔地から確認できるシステムを構築
- 吹付け厚さのリアルタイム測定と管理「吹付けナビゲーションシステム」を開発……四塚勝久／70
新型吹付機「ヘラクレス-Navigator」
- 6m継ぎロックボルト打設の高速自動化……片桐正人／75
2ブームロックボルト自動打設機 ボルティンガ B22RL-i
- ◆交流のひろば 足尾式さく岩機と清水三兄弟トンネル工事……落合望／80
- ◆ずいそう ザ・ベストヒットスイーツ！……天児りか／85
- ◆ずいそう 異文化交流……達家養浩／87
- ◆部会報告 JALエンジニアリング エンジン整備センター見学会報告書……機械部会／88
- ◆CMI報告 トンネルの覆工の設計に寄与する数値解析的検討……笠井野裕輝／91
- ◆新工法紹介……機関誌編集委員会／96
- ◆新機種紹介……機関誌編集委員会／98
- ◆統計 令和6年度 公共事業関係予算……機関誌編集委員会／100
- ◆統計 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／107
- 行事一覧(2024年3月)……/108
- 編集後記……(京免・田島)／112

2024年6月号(第892号)

表紙写真

アーチ式砂防堰堤コンクリート打設における創意工夫

写真提供:佐藤工業株

河川・ダムの治水対策、維持管理、点検補修 特集

- ◆卷頭言 技術の総動員としての流域治水……清水義彦／4
- ◆行政情報 治水機能の強化と水力発電の促進を両立するハイブリッドダムの推進
- ◆行政情報 水局DXWGの取組……米沢拓子／9
- 川辺川の流水型ダムにおける環境影響評価……北嶋清／14
- 令和4年7月14日からの大雨で活かされた過去の教訓
- WECでの水質技術開発の取り組み
水質管理・予測・対策技術の高度化・効率化へ向けて
- ダム貯水池掘削・浚渫土の下流土砂還元や有効利用を促進するダム堆砂分級工法の開発……片峯浅田麻裕成之幸／29
(現地実証実験)
- デジタルツイン建設工事監理における自動・自律 UAV の活用事例……小俣光弘／34
- ダム工事の環境技術……宮瀬文裕／41
- アーチ式砂防堰堤コンクリート打設における創意工夫……小橋和周／51
- 「回転式破碎混合工法」の適用事例と適用性拡大に向けた開発……佐藤裕／58
- シャフト式遠隔操縦水中作業機による硬岩掘削技術の開発……島嶼新山俊博一之／64
ダムリニューアルに向けたTiROBO UWの適用拡大
- リアルタイム土砂・洪水氾濫予測モデルの紹介……樋岡田村智祥誠尊／71
- 水中施工無人化へ 絶対位置を高精度取得……古川原田成恭敦郎行／77
- 水位予測精度向上へ向けた状態把握技術の開発……黒沼田尚幸史智／81
洪水中の河床計測等を目指したドローン開発
- ◆交流のひろば AIを活用した水系一貫での最適な水力発電計画策定手法……中松瀬尾友光智徳亮／90
- ◆ずいそう 憧れの北の大地……飯田宏／95
- ◆ずいそう ギャンブラーの誤謬……高津知司／97
- ◆部会報告 令和5年度若手現場見学会 建設業部会／99
横浜環状南線桂台トンネル工事
- ◆部会報告 三和エナジー㈱新狭山バイオプラント見学会 報告……機械部会／101
- ◆新工法紹介……機関誌編集委員会／103
- ◆新機種紹介……機関誌編集委員会／105
- ◆統計 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／107
- 行事一覧(2024年4月)……/108
- 編集後記……(松澤・那須野)／112

2024年7月号(第893号)

表紙写真

AIツール「AiCorb」で生成したファサードデザイン案

写真提供：株式会社大林組

建設DXと生成AI特集

- ◆卷頭言 生成AIが建設業界にもたらす革新と課題解決 ……馬渕邦美／4
- ◆行政情報 建設現場のオートメーション化に向けて……中根亨／5
i-Construction 2.0の推進
- ◆行政情報 建設現場におけるICT施工の普及拡大に向けた取組 ……阿久根祐之／9
- 統合プラットフォーム T-iDigital Field を活用した山岳トンネル施工
- データ利活用型ICT土工管理システムによる現場の生産性向上を実証 ……高木田篤志／19
土工事における施工管理の効率化および高度化に向けた取り組み
- 山岳トンネル施工統合システム OTISM の開発 ……森野弘之／24
- 自動化施工システム A⁴CSEL®によるDXソリューション ……出石陽二／31
- ICT活用山岳トンネル機械施工 ……井手康夫／36
- 油圧ショベルの車体センサデータの新しい活用方法 ……森澤直樹／41
掘削土の土質判別
- 舗装工事におけるブルーフローリング試験のデジタル化とその効果 ……立花洋平／48
- クレーンワイヤー全周囲外観検査システムの開発 ……宮崎伸吾／54
- 自律AIによる建設機械の自動化 2024年問題、人手不足に立ち向かう ……原口将征／60
- 建築設計業務における生成AI活用の課題と展望 建築設計アシストAIツール「AiCorb®」の開発を通して ……中林拓馬／64
- 深層学習を用いた鋼構造物の素地調整時の除錆度判定システムの開発 ……大河屋達哉／70
- 建設分野における言語モデルの自動評価に向けた研究 ……藤井純一郎／79
- LLMの土木・建設分野への利活用 ……菅田大輔／84
- 汎用資機材を組み合わせた形状調整システムによる現場施工の効率化と省人化 ……酒井匡史／90
- 生成AIの動向と用語 ……7月号担当編集委員／94
- ◆交流のひろば 建設現場業務への生成AI活用の可能性 ……佐々木暁子／102
取り組み内容とその周辺
- ◆ずいそう スカイジャンプでイキイキ 楽しく体力づくり ……下平英／105
- ◆ずいそう 繼続は… ……森和誉／107
- ◆JCMA報告 第13回通常総会・第50回理事会報告 ……109
- ◆JCMA報告 令和6年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績 ……113
- ◆CMI報告 地方自治体・小規模施工におけるICT活用工事の取り組み ……田中一博／126
- ◆統計 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／130
- 行事一覧(2024年5月) ……131
- 編集後記 ……(加藤・岡本・桐山)／134

2024年8月号(第894号)

表紙写真

4,500tの新設橋をスライド、5年半かけて準備した一括架け替え

写真提供：首都高速道路株式会社

橋梁特集

- ◆卷頭言 橋と歩む私の人生 ……大山理／4
- ◆行政情報 国土を支える道路橋に係る行政施策の近況 ……増島竜洋／5
法定点検3巡目の要領改定、能登半島地震を踏まえた技術基準
- 気仙沼湾横断橋 斜張橋部の設計 ……向田昇／12
- 高速道路橋として日本最長のPC箱桁橋 「吉野川サンライズ大橋」が開通 ……中谷隆行／21
四国横断自動車道 吉野川大橋工事
- 4,500tの新設橋をスライド、5年半かけて準備した一括架け替え ……濱野康平／27
- 熊本地震により被災した 南阿蘇鉄道第一白川橋梁の架け替え工事 ……北川淳一／31
- 大規模更新工事における生産性向上技術の開発 ……尾高健太郎／38
自動マーキング技術と支承交換省力化技術
- 橋梁建設現場における重量物運搬用ドローンによる資材運搬 ……新武成隆篤敏／42
- フォークリフトに装備する新設床版設置装置の開発 ……鈴木健一／47
- マルチ検査ロボット“SPIRADER”が創る コンクリート長寿命化社会 ……安藤志一／51
- 3Dモデルを用いた橋梁の維持管理システム ……伊内宏俊／59
- 人工衛星を使った橋梁の変位分析と異常検知 ……木下耕介／66
- ドローン空撮で100メートル先の微小変形計測 老朽化したインフラ構造物の効率的な維持管理に貢献 ……李志遠／71
- FRP部材を用いた劣化したRC床版の延命化工法 「FSグリッド(FRPサポートグリッド)」による床版補強 ……山村敏宏／74
- 橋梁3次元モデルを活用した 設計施工におけるVR技術の適用 ……保田敬人／80
- ◆交流のひろば 建設機械の遠隔制御に適用する無線通信品質向上への取り組み ……玉木剛晃／86
- ◆ずいそう 試みるという名前の競技 ……清見秀康／86
- ◆ずいそう クイズのち人生 ……佐藤信一郎／90
- ◆部会報告 令和6年度 第134回 建設施工研修会(映画会)開催報告 ……広報部会／94
- ◆新工法紹介 ……機関誌編集委員会／97
- ◆新機種紹介 ……機関誌編集委員会／102
- ◆統計 主要建設資材価格の動向 ……機関誌編集委員会／103
- ◆統計 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／107
- 行事一覧(2024年6月) ……108
- 編集後記 ……(宮川・花川)／112

2024年9月号(第895号)

表紙写真

環境配慮型閉鎖解体工法テコレップ Light システム

写真提供:大成建設株

安全対策・労働災害防止 特集

- ◆卷頭言 情報処理技術の発展と安全 広兼道幸 / 4
- ◆行政情報 建設施工の自動化 中根亨 / 5
- ◆行政情報 少子高齢社会、担い手不足等を背景とする...渡邊賢一 / 10
ヒューマンエラーの防止に関する一考察
河川機械設備を事例に
- 機能共鳴分析手法を用いた建設工事の 友時照俊 / 15
リスクアセスメント
- 移動式クレーンにおける敷板への 堀智仁 / 22
アウトリガーバイホールド装置の危険性
- クローラクレーン後部旋回範囲への立入禁止バーの開発 清水孝則 / 27
- LiDARを用いた高所作業車の挟まれ警報装置開発 千野雅紀 / 31
- 水中捨石マウンドの施工精度向上及び 森雅宏 / 35
生産性向上に向けた取り組み
捨石均し機 SEADOM-7 の開発
- AI を用いた船舶検知システム「AI-KEN」 那須野陽平 / 38
- 全自动鋼製支保工建込みシステムの開発 五味春香 / 44
田中和彦
- 山岳トンネル用の自動ズリ積込み機の改良 石井翔太 / 49
トンネルズリ出し作業の安全性向上による
労働災害の防止
- 環境配慮型閉鎖解体工法テコレップ Light システム 市原英樹 / 54
都心過密地域にあるSRC建物への適用
- 「自動運転ローラ」の現場活用 伊藤圭祐 / 59
開発から現場適用時の安全対策に関して
- アンカー自動削孔装置の開発および現場適用 三澤孝史 / 64
既設コンクリート構造物の耐震補強工事に
伴う削孔作業の自動化
- ニューマチックケーソンの自動化施工 中根大直 / 70
ケーソンショベルの自動運転
- 除雪作業のメンタルヘルスと働き方改革 須藤清隆 / 74
漆樋口直平
- 照明を活用した坑内の安全対策 宮瀬文裕 / 80
小池大輔
- ◆交流のひろば
特定自主検査をご存知ですか? 繩田英樹 / 88
- ◆ずいそう
人脈を拡げ、議論を尽くす 「組織人」が「知識人」に脱皮 久武経夫 / 92
- ◆ずいそう
28年ぶりに道民となり 野田敏宏 / 94
- ◆部会報告
住友重機械建機クレーン株 名古屋工場 見学会報告 機械部会 / 96
- ◆CMI報告
トンネル発破作業の自動化・遠隔化技術 伊藤良介 / 98
- ◆新工法紹介 機関誌編集委員会 / 102
- ◆新機種紹介 機関誌編集委員会 / 105
- ◆統計
建設業における労働災害の発生状況と 建設業労働災害
災害防止の最近の動き 防止協会技術 / 106
管理部
- ◆統計
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 / 111
- 行事一覧 (2024年7月) / 112
- 編集後記 (赤坂・山本) / 116

2024年10月号(第896号)

表紙写真

1,600t 吊 SEP 型多目的起重機船

写真提供:五洋建設株

エネルギー・エネルギー施設 特集

- ◆卷頭言 カーボンニュートラル社会実現に 佐々木信也 / 4
向けた「ものづくり」の省エネ
- ◆行政情報 国土交通省における環境政策の動向・取組 司馬勇彦 / 5
- ◆行政情報 建設施工分野におけるカーボン 岡本由仁 / 10
ニュートラルに向けた取組
- ◆行政情報 バイオマス活用に向けた取組と今後の展望 堀勝太 / 15
- 脱炭素に貢献する水素系切替ガス 渡辺大輔 / 20
「ハイドロカット90」を開発
- 下水熱を利用した低炭素まちづくり 坂田和則 / 25
下水熱利用路面融雪システムの実用化に
向けた取り組み
- 余剰電力を蓄電池・低圧水素で貯蔵運用する 岡田里志 / 30
再エネ利活用実証
- 建物付帯型水素エネルギー利用システムの 本間康雄 / 34
開発と展開 「Hydro Q-BiC®」の開発と展開
- 建設現場におけるCO₂排出量モニタリングシステムの開発 出口明也 / 38
建設機械の稼働・停止を自動検知するIoTデバイス
「どんだけ」の開発と連携
- 1,600t 吊 SEP 型多目的起重機船 室田恭宏 / 43
CP-16001
- 20t クラスバッテリ駆動油圧ショベルの開発 山口昌保 / 47
PC200LCE-11/PC210LCE-11
- 有線電動式環境リサイクル機械の 入田枝克哉 / 51
紹介と導入事例
- 積雪寒冷地の地域脱炭素を目指したZEBオフィス 金川崇興 / 56
北海道地区FMセンター
- 自然エネルギーを最大限に活用した 稲田雄大 / 62
中規模オフィスビルのZEB化
- 二種類の環境配慮型コンクリートを用いた 巴史郎 / 67
吹き付けドーム建築物の試行建設
- カーボンネガティブを実現する 神田代道 / 73
「クリーンコンクリートN」の適用
- ◆交流のひろば
JR東日本グループ 佐藤栄徳 / 79
「エネルギービジョン2027~つなぐ~」
- ◆ずいそう
海外生活で始めたトライアスロン 山本祐司 / 83
健康づくりのために始めた水泳から
- ◆ずいそう
再び建設分野での温暖化対策 大川聰 / 86
- ◆ずいそう
アルペンスキーと私 藤田裕明 / 88
- ◆部会報告
兵神装備株滋賀事業所見学会 報告 機械部会 / 91
- ◆新工法紹介 機関誌編集委員会 / 94
- ◆新機種紹介 機関誌編集委員会 / 97
- ◆統計
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 / 101
- ◆統計
建設企業の海外展開 機関誌編集委員会 / 102
- 行事一覧 (2024年8月) / 105
- 編集後記 (河原・松本) / 108

2024年11月号(第897号)

表紙写真

アスファルト舗装施工情報における一元管理システムの開発

写真提供：(株)NIPPO

道路特集

- ◆卷頭言 自動化に向かって………砂 金 伸 治 /4
- ◆行政情報 令和6年能登半島地震と道路構造物道路構造物の被害状況と技術基準の方向性 増 鳥 島 玉 洋 裕 伸一 /5
- ◆行政情報 道路行政における技術研究開発…現場ニーズから普及まで 増 村 信 龍 郎 /11
- 道路橋の床版取替を高速で行う施工システム「スマート床版更新(SDR)システム®」 新 井 崇 宏 裕 之 /17
- ドローンを活用した長大橋の自動点検に向けた実証実験 岡 田 春 啓 /22
- 構造物の長寿命化を目指し、さびにくい新たな凍結防止剤の導入 恩 石 田 雅 篤 也 /27
- アスファルト舗装施工情報における一元管理システムの開発 竹 梶 内 原 市 彰 典 /33
- 東名多摩川橋床版取替工事にて施工シミュレータ「GEN-VIR」を活用 生産性向上とリスク把握に向けた取り組み 河 酒 原 井 大 伯 輔 文 /39
- 画像を用いた球体マーカー検知および自動停止機構の開発 千 野 雅 紀 /45
- 小型路面切削機:周囲確認補助システムの開発 小 西 刚 /50
- 小型路面切削機における作業員安全性向上への取り組み
- アスファルトフィニッシャの遠隔操作技術の開発 板 東 芳 博 /54
- アスファルトフィニッシャーの自動化 寺 浅 元 陶 太 章 /60
- 施工現場の各プロセスの調和に向けたプラットフォームの構築 SiteOrchestrationによる施工のオートメーション化への対応 新 居 和 展 /66
- 低炭素社会の実現に向けた道路インフラの革新 走行中EVにリアルタイムで給電できる 無線給電道路の開発 新 久 澤 大 水 藤 藤 野 口 平 谷 文 哲 弘 美 孝 豊 /72
- アスファルトプラントにおける水素燃料利用 吉 田 今 田 雄 司 孝 /82
- フル電動式4トンコンバインドローラの開発 吉 田 悠一郎 /88
- ◆交流のひろば 「道の駅」のネットワークを利用した地域活性化の取り組み 南房総市「道の駅」8駅ネットワークを事例として 松 尾 隆 策 /94
- ◆ずいそう 不思議の国 インド……………安 田 智 之 /99
- ◆ずいそう SDGsとソーシャルインパクト …高 橋 修 /101
- ◆部会報告 新東名高速道路河内川橋工事見学会 報告…機 械 部 会 /103
- ◆部会報告 令和6年度建設業ICT安全WG見学会 報告…建 設 業 部 会 /107
- ◆CMI報告 急傾斜法面等に適用できる草刈り技術の評価 井 野 歩 惟 /111
- ◆統 計 建設業界における外国人材の受け入れについて 渡瀬 友 博 /116
- ◆統 計 令和6年度(2024年度)建設投資見通し…総合政策局/122
建設経済統計調査室
- ◆統 計 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/129
- 行事一覧(2023年9月) ………………/130
- 編集後記……………(丑久保・大竹)/134

2024年12月号(第898号)

表紙写真

AI・IoTを活用した造成工事におけるデジタル施工管理システムの構築

写真提供：清水建設㈱

先端建設技術 特集

- ◆卷頭言 i-Construction 2.0の提起を受けて…建 山 和 由 /4
- ◆行政情報 分野横断的技術政策ワーキンググループ 中間とりまとめ…岡 本 由 仁 /5
国による技術開発の牽引と社会実装の加速化
- ◆行政情報 日本全国の都市デジタルツイン 実現プロジェクト「PLATEAU(プラトー)」 国土交通省都 市 國際・デジタル政策課 /10
デジタル情報活用推進室
- ◆行政情報 林業イノベーションの推進…佐々木 嵩 史 /15
- BIM/CIM・ROS2を活用した油圧ショベルの自律施工…藤田 藤 工 井 山 新 進 一 剛 也 敬
自動施工計画・管理システムと自律型建設機械を接続
- 後付型建設機械操縦システム KanaTouchによる遠隔操縦・自動施工 植守 木屋 藤 遼 良 太 仁 樹 /26
和 角
- 建設現場の省人化に向けた自動施工技術の適用実験 飛鳥 馬 原 北 竹 成 嘉 翼 郎 /32
原 下 人
- BIMの活用によるドローンの屋内飛行システム 「BIM×Drone」の開発と運用実証 松 原 拡 平 /39
- 港湾工事の計測を効率化するドローン 「Penta-Ocean Vanguard-Drone」の開発 三 西 琴 宅 貴 広 大 人 穀 /43
- 統合管理システムによる盛土工事自動化実証施工 総合施工管理システムの開発および生産性向上の評価 岡 西 松 本 邦 彰 宏 一 /48
嶋 晃
- AI・IoTを活用した造成工事におけるデジタル施工管理システムの構築 大 藤 貢 井 奈々美 攻 /55
ダンプトラックの運土情報記録システム
- 画像認識 AIを用いた作業人工の計測 露 片 木 村 健 一 郎 太 太 之 /60
北 原 原
- 山岳トンネル仮設備遠隔管理システムの開発 T-ds, C-dsによる省力化の実現 島 幸 也 /65
- 切羽鏡面の吹付けコンクリートのひび割れ検出 浜 田 田 由 保 隆 陽 元 司 平 /70
により肌落ちの予兆を知らせるシステムの開発 清 久 保 陽 保
- 切羽画像から肌落ちの予兆をAIで検知
- 国内道路トンネル初となる現場製造 ピクルス爆薬による発破を実現 異 村 田 上 義 健 英 /75
- 主筋周囲に拘束筋を施したRC梁の補強効果に関する実験的研究 大地震時の損傷低減が可能なCCM-RC梁工法 坂 本 川 渡 太 雄 /81
…前 石 渡 弘
- コンクリートのひび割れ画像解析の開発と実用化展開 堀 口 賢 一 /87
- AIを活用した粒度判定システム「ASYST」 夏 坂 亮 太 /91
- ◆交流のひろば インフラツーリズム事業化研究会の立ち上げ ものづくりの目録からインフラの魅力を伝える旅を提案する 岩 橋 公 男 /97
- ◆ずいそう 山岳トンネル工事における機械化の歴史 河 田 孝 志 /100
- ◆ずいそう 思い描いた未来への期待 森 山 幸 司 /104
- ◆部会報告 鋼路コールマイン㈱見学会 報告…機 械 部 会 /106
- ◆部会報告 ISO/TC 195中国・鄭州国際会議報告 標 準 部 会 /110
- ◆新工法紹介 機関誌編集委員会/122
- ◆統 計 建設キャリアアップシステム登録者の分析 今 泉 登 美 男 /123
- ◆統 計 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(2024年10月) ………………/127
- 編集後記……………(丹治・藤井)/132

FA機器の最適無線化提案

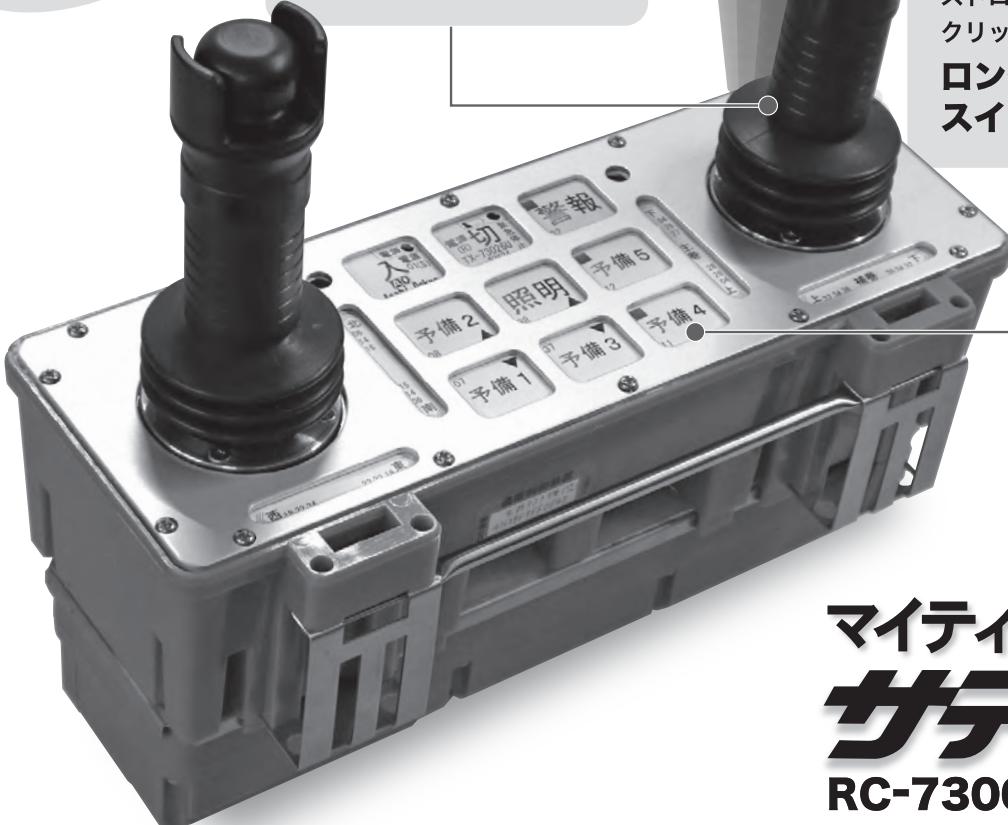
クレーン・搬送台車・建設機械・特殊車両他
産業機械用無線操縦装置

New!

自社開発した
**3ノッチ式
ジョイスティック**
中立位置に自動復帰
する仕様も可能！

自動復帰！

ストロークが深く、
クリックがハッキリ！
**ロングストローク型
スイッチ**を標準採用



マイティ 429MHz帯・1.2GHz帯
特定小電力モデル対応
ザテレータ
RC-73000U/G シリーズ

スリムケーブレス 5800シリーズ 好評発売中！

双方向データケーブレス

緊急停止
スイッチ (オプション)

429MHz帯・1.2GHz帯
特定小電力モデル対応

ブッシュロック、
ターンリセット型
キノコスイッチ



2段押3組
準標準型

- ・インバーター制御の
クレーンに最適！
- ・クリック感ハッキリの
ロングストローク
スイッチ

429MHz
1216MHzが
同価格！！

《TC-1000808S》

- ・見えない機械の制御もフィードバック！
- ・双方向制御がこの1セットで対応可能！
- ・新周波数920MHz帯を採用！



常に半歩、先を走る



朝日音響株式会社

〒771-1311 徳島県板野郡上板町引野字東原43-1(本社工場) FAX.088-694-5544 TEL.088-694-2411
<http://www.asahionkyo.co.jp/>



無線化工事のことならフルライン、フルオーダー体制の弊社に今すぐご相談下さい。また、ホームページでも詳しく紹介していますのでご覧下さい。

朝日音響 検索

V O L V O



Change starts here

変革は、ここから始まる



L25H *electric*

機械重量：4,920 kg
バケット容量：1.0 m³
バッテリー：リチウムイオンバッテリー
充電環境：車載充電器／外部急速充電器



EC230 *electric*

機械重量：23,000 - 26,100 kg
バケット容量：0.48 - 1.44 m³
バッテリー：リチウムイオンバッテリー
充電環境：車載充電器／外部急速充電器



【GX認定建機】 ECR25D *electric*

機械重量：2,400 - 2,510 kg
バケット容量：0.092 - 0.03 m³
バッテリー：リチウムイオンバッテリー
充電環境：車載充電器／外部急速充電器

株式会社 ボルボ・グループ・ジャパン

本製品の詳細情報に関しては、下記へご連絡下さい。

山崎マシナリー株式会社 〒438-0216 静岡県磐田市飛平松216-1

TEL : 0538-66-1215

<https://www.y-machinery.jp>

GOMACO

Gomaco社の舗装機器は、どんなスリップフォーム工法にも対応します。



Commander III

最も汎用性の高い機種です。一般道路舗装のほか、路盤工事、河川工事、分離帯・縁石などの構造物構築に最適です。



RTP-500

長ブームの碎石・コンクリート搬入機です。このほかにも、ロック・ホッパーなどへの舗装支援機器として、どんなスリップフォーム機械にも対応可能です。



マシン ケアテック 株式会社

〒361-0056 埼玉県行田市持田1-6-23

TEL:048-555-2881 FAX:048-555-2884

URL : <http://www.machinecaretech.co.jp/>

建設機械施工

広告掲載のご案内



月刊誌 建設機械施工では、建設機械や建設施工に関する論文や最近の技術情報・資料をはじめ、道路、河川、ダム、鉄道、建築等の最新建設報告 等を好評掲載しています。

■職業別 購読者

建設機械施工／建設機械メーカー／商社／官公庁・学校／サービス会社／研究機関／電力・機械 等

■掲載広告種目

穿孔機械／運搬機械／工事用機械／クレーン／締固機械／舗装機械／切削機／原動機／空気圧縮機／積込機械／骨材機械／計測機／コンクリート機械 等

広告掲載・広告原稿デザイン——お問い合わせ・お申し込み

サンタナ アートワークス

広告営業部：田中 san-mich@zam.att.ne.jp

TEL:03-3664-0118 FAX:03-3664-0138

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F

建設機械施工 カタログ資料請求票

本誌に掲載されている広告のお問い合わせ、資料の請求はこの用紙を利用し、ファクシミリなどでお送りください。

※カタログ／資料はメーカーから直送いたします。 ※カタログ送付は原則的に勤務先にお送りいたします。

お名前：

所属：

会社名(校名)：

資料送付先：

電話：

FAX:

E-mail:

	広告掲載号	メーカー名	製品名
①	月号		
②	月号		
③	月号		
④	月号		
⑤	月号		

FAX送信先：サンタナ アートワークス 建設機械施工係 FAX:03-3664-0138

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	±900mm 油圧駆動
左右スライド範囲	±1000mm 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機能・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

Denyo

www.denyco.co.jp

精密さとパワーで建設の現場を支える。

発電機・溶接機・コンプレッサは抜群の性能を誇るデンヨー製品で!



発電機

図書館内並の低騒音を実現!
静音発電機マーリエ



50Hz-7m
43dB

溶接機

最大溶接電流500A&インバータ制御
炭酸ガスエンジン溶接機



コンプレッサ

アフタクーラ/アフトウォーマ内蔵
電子制御で低燃費&低騒音



DIS-670LS-D

●技術で明日を築く——
デンヨー株式会社

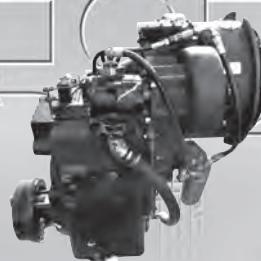
本社:〒103-8566 東京都中央区日本橋堀留町2-8-5
TEL:03(6861)1122 FAX:03(6861)1182
ホームページ: <http://www.denyco.co.jp/>

札幌営業所 011(862)1221 東京支店 03(6861)1122 大阪支店 06(6448)7131
東北営業所第1課 019(647)4611 横浜営業所 045(774)0321 広島営業所 082(278)3350
東北営業所第2課 022(254)7311 静岡営業所 054(261)3259 高松営業所 087(874)3301
信越営業所 025(268)0791 名古屋営業所 052(856)7222 九州営業所 092(935)0700
北関東営業所 027(360)4570 金沢営業所 076(269)1231

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ご相談に応じます。



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

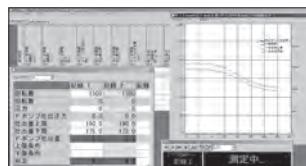
電動モータ付ピストンポンプ

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

東京都世田谷区桜丘1-2-22

TEL03(3429)2141 FAX03(3420)3336

名古屋事業所 〒485-0037

E-mail:n-service@maruma.co.jp

愛知県小牧市小針2-18

TEL0568(77)3311 FAX0568(77)3719

URL <http://www.maruma.co.jp/>

街づくりを支える、信頼の三笠品質。



転圧センサー
バイブロコンパクター

MVH-308DSC-PAS

タンピングランマー

MT-55H

超低騒音型 No.6760



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

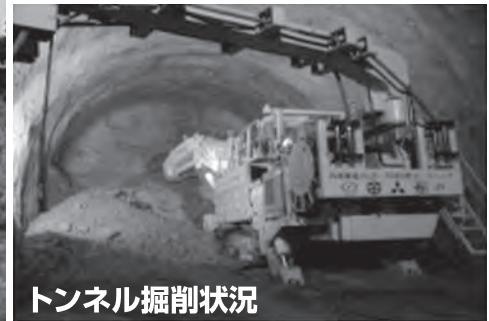
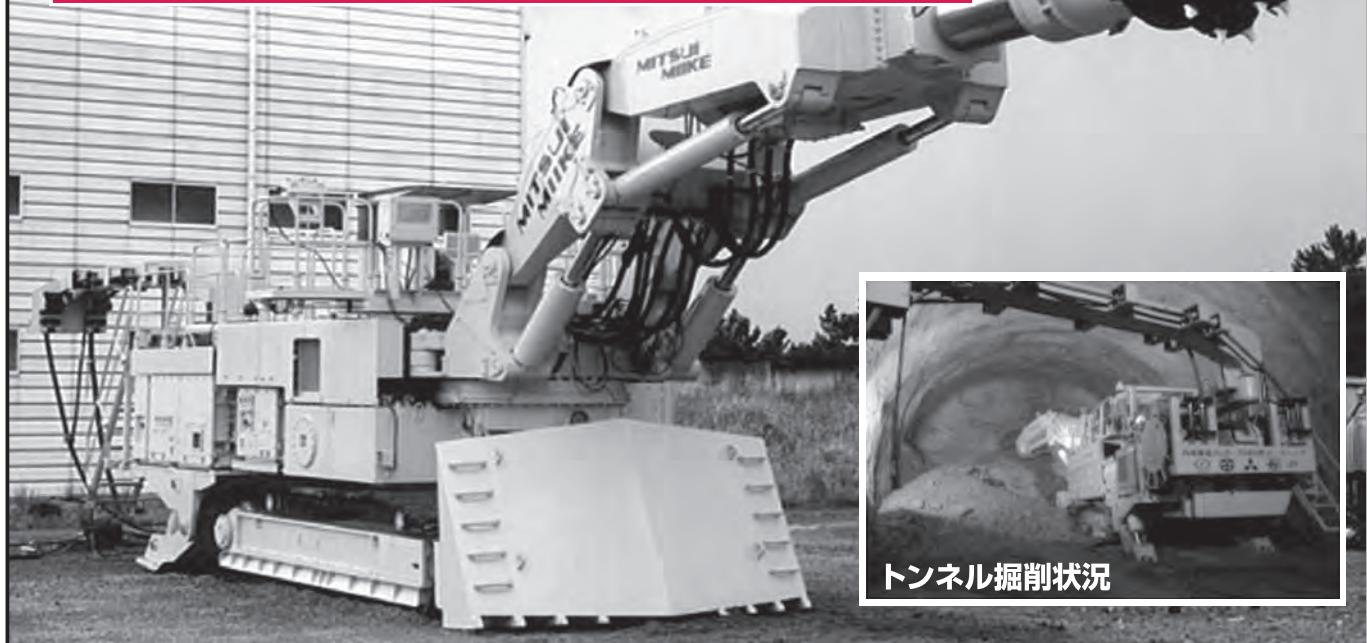
MIKASA SANGYO CO., LTD. TOKYO, JAPAN

本社 〒101-0064 東京都千代田区神田猿楽町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

全断面対応トンネル高速施工掘進機

ロードヘッダSLB-350S



大断面トンネルの高速施工を目指して

特徴

- 国内最大の350/350kW定出力型2速切換式電動機を搭載しており、軟岩トンネルはもとより、中硬岩トンネルにおいても充分な掘削能力を発揮します。
- 切削部には中折れブームを採用しており、ベンチ長は最大5mまで確保できます。又、中折れブームを取り外しての全断面掘削、及び上半掘削も可能です。
- 中折れブームの取り外し、及び低速掘削を行うことにより、機体安定性と掘削トルクが増加し、中硬岩トンネル掘削時において高い効果を発揮します。(硬岩用ドラム使用)
- 油圧式のスライドデッキを機体両サイドに装備しており、機体幅より各々1mの張り出しが可能であるため、下部掘削時等におけるオペレータの視界が大幅に改善されます。
- ディーゼルエンジンの搭載により、ロードヘッダ単独での走行が可能です。
よって、機体移動に際し配線替えや別途発電機の準備が不要となり、作業時間が短縮されます。

※1 ディーゼルエンジンはオプション仕様となります。

※2 搭乗・コンベヤ仕様の場合、ディーゼルエンジンは搭載されません。



製造・販売・レンタル及びメンテナンス



株式会社 三井三池製作所

本店／〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井ビル2号館
TEL.03-3270-2005 FAX.03-3245-0203

A WIRTGEN GROUP COMPANY



WIRTGEN



信頼のインテリジェンス

➤ www.wirtgen.com/milling

ヴィルトゲン新型路面切削機はデジタル化された切削システムで作業を効率化し、生産性を向上します。切削品質も最適化され、必要に応じて書面レポートを自動作成するオプションも実現します。経験豊富なユーザー様の情熱に傾聴し、効率的にデザインに取り入れて更なる革新を共に目指します。

ヴィルトゲン・ジャパン株式会社

東京都千代田区神田神保町2-20-6・tel 03-5276-5201・fax 03-5276-5202・www.wirtgen-group.com/japan

「建設機械施工」

定価八八〇円（本体八〇〇円+税10%）

雑誌 03435-12



4910034351244
00800