

一般社団法人
日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

2022

建設機械施工 **7**

Vol.74 No.7 July 2022 (通巻869号)

特集 建設施工のDX



発破用せん孔機の自動化技術と
複数台遠隔操作ベンチリモート

巻頭言 建設DX推進のためのデータ・システム・組織

- 技術報文**
- 自律施工の促進と普及を目的とした自律施工技術基盤OPERAの提案
 - 人流データの開発
 - AIによる画像解析技術が拓く土木分野の課題解決へのアプローチ
 - 建設業におけるデータを活用したDXへの取り組み
 - 建設メタバース 他

- 行政情報**
- 国土交通省が推進するインフラ分野のDX
 - 建設機械分野のDXの取組み

- JCMA報告**
- 第11回通常総会・第42回理事会報告
 - 令和4年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績

交流の広場 空飛ぶロボットで社会を支える

一般社団法人 日本建設機械施工協会

THE HEARTBEAT OF OUR INDUSTRY

bauma, ミュンヘン開催 2022年10月24日 - 30日



第33回 国際建設機械・建設資材製造機械・鉱業機械・建設車輛・関連機器専門見本市

Boost your success: 建設機械産業の未来は、baumaから始まる
キープレイヤー、トレンド、イノベーションを一堂に集め、
ビジネスを成功に導く

入場券販売開始
bauma.de/tickets



bauma.de

お問合せ: メッセ・ミュンヘン日本代表部
Tel: 03-6402-4583 / info@messe-muenchen.jp

bauma

ダム工専用コンクリート運搬テルハ (クライミング機能付)

重力式コンクリートダム等の新しいコンクリート運搬装置

コスト・安全・環境に配慮した最適な施工が行えます。

特長

●コストパフォーマンスに優れる

機械重量が比較的軽量で、構造がシンプルなので
運搬能力に対して安価である。

●安全性に優れる

コンクリートバケットが堤体上空を横切らない
ので安全性に優れる。

●環境に優しい

河床に設置されるので、ダム天端付近の掘削を
少なくできる。

●大型機材の運搬も可能

専用吊り具で車両等の大型機材の運搬が可能。



吉永機械株式会社

〒130-0021 東京都墨田区緑4-4-3 TEL. 03-3634-5651
URL <http://www.yoshinaga.co.jp>

令和4年度版 建設機械等損料表

- 発売日 : 令和4年4月25日
- 体裁 : A4判 モノクロ 489ページ
- 本体価格(税別・送料別)
一般 本体 8,000円 会員 本体 6,800円

■構成

- 第Ⅰ章 機械損料の構成と解説
- 第Ⅱ章 関連通達・告示等
- 第Ⅲ章 損料算定表の見方(要約版)
- 第Ⅳ章 建設機械等損料算定表
- 第Ⅴ章 船舶損料算定表
- 第Ⅵ章 ダム施工機械等損料算定表
- 第Ⅶ章 除雪用建設機械等損料算定表



■内容

- ・国土交通省制定「建設機械等損料算定表」に準拠
- ・機械経費・損料等に関する通達・告示類を掲載
- ・損料算定表の構成・用語を解説
- ・機械別燃料・電力消費率表を掲載
- ・損料の算出例を掲載

一般社団法人 日本建設機械施工協会

<図書紹介>

よくわかる建設機械と損料 2022

(令和4年度版 建設機械等損料表の解説書)

■発売：令和4年5月27日

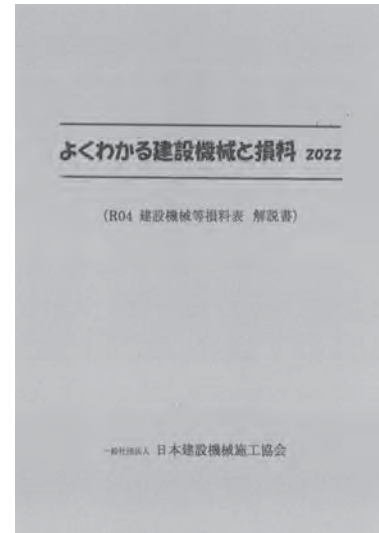
■体裁：A4判、一部カラー、320ページ

■本体価格(税別・送料別)

一般：6,000円 会員：5,100円

■特長

- ★損料用語を平易な表現で解説
 - ★換算値損料や損料補正值の計算例を紹介
 - ★損料算定表の主な改正点を表にして紹介
 - ★関連通達類の位置付けと要旨を解説
 - ★建設機械器具のコード体系を大分類(下記01～50)別に図示
- | | |
|---------------------|--------------------|
| 01 ブルドーザ及びスクレーパ | 12 空気圧縮機及び送風機 |
| 02 掘削及び積込機 | 13 建設用ポンプ |
| 03 運搬機械 | 15 電気機器 |
| 04 クレーンその他の荷役機械 | 16 ウインチ類 |
| 05 基礎工事用機械 | 17 試験測定機器 |
| 06 せん孔機械及びトンネル工事用機械 | 18 鋼橋・PC橋架設用仮設備機器 |
| 07 モータグレーダ及び路盤用機械 | 20 その他の機器 |
| 08 締固め機械 | 30- 船舶及び機械器具等(作業船) |
| 09 コンクリート機械 | 40- ダム施工機械等 |
| 10 舗装機械 | 50 除雪用建設機械 |
| 11 道路維持用機械 | |
- ★大半の建設機械器具の概要・特徴を写真・図入りで紹介
 - ★主要な建設機械のメーカー・型式名を表にして紹介
 - ★索引でヒットしない場合、その要因と検索方法を表にして紹介



一般社団法人 日本建設機械施工協会

日本建設機械要覧2022 電子書籍(PDF)版

発売のご案内

当協会では、国内における建設機械を網羅した『日本建設機械要覧』を2022年3月に刊行し、現場技術者の工事計画の立案、積算、機械技術者の建設機械のデータ収集等に活用頂き、好評を頂いております。

このたびこの建設機械要覧に関して更に便利に活用いただくよう新たに次の2種類の電子書籍（PDF）版を発売いたしますので、ここにご案内申し上げます。

是非とも活用いただきたく、お願い申し上げます。

1	商品名	日本建設機械要覧2022 電子書籍（PDF）版	建設機械スペック一覧表2022 電子書籍（PDF）版	
2	形態	電子書籍（PDF）	電子書籍（PDF）	
3	閲覧	Web上で閲覧 パソコン、タブレット、 スマートフォンからアクセス	Web上で閲覧 パソコン、タブレット、 スマートフォンからアクセス	
4	内容	要覧全頁	spec一覧表	
5	改訂	3年毎	3年毎	
6	新機種情報	要覧クラブで対応	要覧クラブで対応	
7	検索機能	1.単語検索	1.単語検索	
8	附属機能	・しおり ・拡大・縮小 ・付箋機能 ・ペン機能 ・目次からのリンク ・各 章ごと目次からのリンク ・索引からの リンク ・メーカーHPへのリンク	・しおり ・拡大・縮小 ・付箋機能 ・ペン機能 ・メーカーHPへのリンク	
9	予定販売 価格 (円・税込)	会員	36,300	36,300
		非会員	42,900	42,900
10	利用期間	無期限	購入から3年間	
11	同時ログイン	3台	3台	
12	認証方法	ID+パスワード	ID+パスワード	
13	購入方法	WEB上にて申込み（HP参照下さい）	WEB上にて申込み（HP参照下さい）	

発売時期

2022年6月1日 HP：<http://www.jcmanet.or.jp/>

様々な環境で閲覧できます。

タブレット、スマートフォンで外出先でもデータにアクセスできます。

Webサイト 要覧クラブ

日本建設機械要覧2022およびスペック一覧表電子書籍（PDF）版購入の方への特典として、当協会が運営するWebサイト（要覧クラブ）上において2001年版から、2019年版日本建設機械要覧のPDF版が閲覧及びダウンロードできます。これによって2022年版を含めると1998年から2021年までの建設機械データが活用いただけます。

また、同じ要覧クラブ上で新機種情報も閲覧およびダウンロードできます。



お問合せ：一般社団法人 日本建設機械施工協会 TEL：03-3433-1501

当協会HP（<https://jcmanet.or.jp/books/yoran2022/>）の「要覧2022お問合せフォーム」よりお問い合わせください。

論文投稿のご案内

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

当協会ホームページ <http://www.jcmanet.or.jp>

★投稿対象

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

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

★部門

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

★投稿資格

原稿の投稿者は個人とし、会員資格の有無は問いません。

★原稿の受付

随時受け付けます。

★公表の方法

当協会機関誌へ掲載します。

★機関誌への掲載は有料です。

★その他：優秀な論文の表彰を予定しています。

★連絡先

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 (機械振興会館)

日本建設機械施工協会 研究調査部 論文担当

E-mail : ronbun@jcmanet.or.jp

TEL : 03 - 3433 - 1501

FAX : 03 - 3432 - 0289

◆ 日本建設機械施工協会『個人会員』のご案内

会費：年間 9,000円(不課税)

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

★個人会員の特典

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

この機会に是非ご入会下さい!!

◆一般社団法人 日本建設機械施工協会について

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

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

一般社団法人 日本建設機械施工協会とは…

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

■会員構成

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

■主な事業活動

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

■主な出版図書

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

その他、日本建設機械施工協会の活動内容はホームページでもご覧いただけます！

<http://www.icmanet.or.jp/>

※お申し込みには次頁の申込用紙をお使いください。

【お問い合わせ・申込書の送付先】

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

一般社団法人 日本建設機械施工協会 会長 殿

下記のとおり、日本建設機械施工協会 個人会員に入会します。

令和 年 月 日

個人会員入会申込書	
ふりがな	生年月日
氏名	昭和 平成 年 月 日
勤務先名	
所属部課名	
勤務先住所	〒 TEL _____ E-mail _____
自宅住所	〒 TEL _____ E-mail _____
機関誌の送付先	勤務先 自宅 (ご希望の送付先に○印で囲んで下さい。)
その他 連絡事項	令和 年 月より入会

【会費について】年間 9,000円(不課税)

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

【その他ご入会に際しての留意事項】

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

【個人情報の取扱について】

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

一般社団法人日本建設機械施工協会 発行図書一覧表 (令和4年7月現在) 消費税10%

No.	発行年月	図 書 名	一般価格 (税込)	会員価格 (税込)	送料
1	R4年6月	日本建設機械要覧 2022 電子書籍 (PDF) 版	42,900	36,300	-
2	R4年6月	建設機械スペック一覧表 2022 電子書籍 (PDF) 版	42,900	36,300	-
3	R4年5月	よくわかる建設機械と損料 2022	6,600	5,610	700
4	R4年5月	橋梁架設工事の積算 令和4年度版	11,000	9,350	900
5	R4年5月	大口径岩盤削孔工法の積算 令和4年度版	6,600	5,610	700
6	R4年4月	令和4年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
7	R4年3月	日本建設機械要覧 2022年版	53,900	45,100	900
8	R3年9月	道路除雪施工の手引	4,950	3,960	700
9	R3年5月	橋梁架設工事の積算 令和3年度版	11,000	9,350	900
10	R3年5月	令和3年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
11	R3年1月	情報化施工の基礎 ~ i-Construction の普及に向けて~	2,200	1,870	700
12	R2年5月	よくわかる建設機械と損料 2020	6,600	5,610	700
13	R2年5月	大口径岩盤削孔工法の積算 令和2年度版	6,600	5,610	700
14	H31年3月	日本建設機械要覧 2019年版	53,900	45,100	900
15	H30年8月	消融雪設備点検・整備ハンドブック	13,200	11,000	700
16	H29年4月	ICTを活用した建設技術 (情報化施工)	1,320	1,100	700
17	H26年3月	情報化施工デジタルガイドブック【DVD版】	2,200	1,980	700
18	H25年6月	機械除草安全作業の手引き	990	880	250
19	H23年4月	建設機械施工ハンドブック (改訂4版)	6,600	5,604	700
20	H22年9月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,300		700
21	H22年9月	アスファルトフィニッシャの変遷【CD】	3,300		250
22	H22年7月	情報化施工の実務	2,200	1,885	700
23	H21年11月	情報化施工ガイドブック 2009	2,420	2,200	700
24	H20年6月	写真でたどる建設機械 200年	3,080	2,608	700
25	H19年12月	除雪機械技術ハンドブック	3,143		700
26	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	2,933	700
27	H17年9月	建設機械ポケットブック (除雪機械編)	1,048		250
28	H16年12月	2005「除雪・防雪ハンドブック」(除雪編)【CD-R販売】	5,238		250
29	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販売】	3,520		250
30	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	1,540	700
31	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		700
32	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		700
33	H15年6月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	550		250
34	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	6,160	700
35	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)	2,724	2,410	700
36	H11年10月	機械工事施工ハンドブック 平成11年度版	8,360		700
37	H11年5月	建設機械化の50年	4,400		700
38	H11年4月	建設機械図鑑	2,750		700
39	H10年3月	大型建設機械の分解輸送マニュアル【CD-R販売】	3,960	3,520	250
40	H9年5月	建設機械用語集	2,200	1,980	700
41	H6年8月	ジオスペースの開発と建設機械	8,382	7,857	700
42	H6年4月	建設作業振動対策マニュアル	6,286	5,657	700
43	H3年4月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,266	9,742	700
44	S63年3月	新編 防雪工学ハンドブック【POD版】	11,000	9,900	700
45	S60年1月	建設工事に伴う濁水対策ハンドブック【CD-R販売】	6,600		250
46		建設機械履歴簿	419		250
47	毎月25日	建設機械施工	880	792	700
			定期購読料 年12冊 9,408円(税・送料込)		

購入のお申し込みは当協会 HP <http://www.jcmanet.or.jp> の出版図書欄の「ご購入方法」から「図書購入申込書」をプリントアウトし、必要事項をご記入のうえ、FAX またはメール添付してください。

特集

建設施工のDX

巻頭言

4 建設DX推進のためのデータ・システム・組織

小澤 一雅 東京大学大学院工学系研究科

行政情報

5 国土交通省が推進するインフラ分野のDX

田中 洋介 国土交通省 大臣官房 技術調査課 課長補佐

9 建設機械分野のDXの取組み

金森宗一郎 国土交通省 公共事業企画調整課
味田 悟 国土交通省 公共事業企画調整課
岡本 由仁 国土交通省 公共事業企画調整課

特集・
技術報文

14 自律施工の促進と普及を目的とした自律施工技術基盤 OPERAの提案

山内 元貴 土木研究所 主任研究員 博士(工学)
遠藤 大輔 土木研究所 専門研究員 博士(工学)
鈴木 裕敬 土木研究所 研究員 博士(工学)

18 人流データの開発 建設DX成功の手がかりを探す

今井 龍一 法政大学 デザイン工学部 都市環境デザイン工学科 教授

22 AIによる画像解析技術が拓く土木分野の課題解決への アプローチ

全 邦釘 東京大学大学院 工学系研究科 社会基盤学専攻 特任准教授

28 建設業におけるデータを活用したDXへの取り組み

統合データプラットフォームを起点としたデータ利活用事例の紹介

関口 拓希 大成建設(株) 社長室 情報企画部 デジタル推進室 主任
江頭 尚樹 大成建設(株) 社長室 情報企画部 デジタル推進室 係員

32 建設DX実現にむけた具体的な取組み事例

内藤 陽 ㈱竹中工務店 生産本部 生産企画部

37 スマート生産モデル現場における施工実績と今後の展開

川上 裕司 鹿島建設(株) 機械部

44 建設メタバース メタバース技術研究所における合意形成の検証

脇田 明幸 ㈱奥村組 ICT統括センターイノベーション部 BIM推進室長

50 鉄道工事でのBIM/CIMの活用事例

三瓶 晃弘 鉄建建設(株) 土木本部i-Con推進部 課長
竹市八重子 鉄建建設(株) 土木本部エンジニアリング企画部 担当部長

56 地中探査結果を搭載したICT建設機械の活用による 地下埋設物の保護「地中探査+ホルナビ」

関口 伸吾 コベルコ建機(株) 施工ソリューション部 ソリューション営業グループ マネージャー

61 建設機械メーカーにおける営業のデジタル変革

試行錯誤し見えてきた活動ポイント

龍尾 信哉 日立建機(株) DX推進本部 DX改革統括部 統括部長

67 無線ネットワーク環境で重機のスムーズな遠隔操縦を 実現するサービスの紹介

重機遠隔操縦サービスの紹介

太田 大輔 日本電気(株) 新事業推進本部 プロフェッショナル

	72	発破用せん孔機の自動化技術と複数台遠隔操作 ベンチリモート	小串 雅則 エピロックジャパン(株) プロダクトマネージャー
	76	建設 RX コンソーシアムの活動紹介	内藤 陽 (株)竹中工務店 生産本部 生産企画部
	81	量子コンピュータを活用したダンプトラックの土運搬経路の最適化	宮岡 香苗 清水建設(株) 土木総本部 土木技術本部 田中 孝 (株)グルーブノーツ プロダクト Div. 兼 コンサルティングサービス Div.
	84	画像による山岳トンネルの切羽地質評価技術の開発 AIが切羽評価の全項目を自動評価	鶴田 亮介 (株)安藤・間 建設本部 土木設計部 基礎技術グループ 谷口 翔 (株)安藤・間 建設本部 先端技術開発部 土木技術開発グループ グループ長
交流のひろば	89	空飛ぶロボットで社会を支える ドローン現場活用最前線	嶋田 悟 エアロセンス(株) 取締役 渉外/アライアンス担当
ずいそう	94	お迎えさん	篠原 慶二 前田建設工業(株) 土木事業本部・機械部 主幹
	96	「大学ゴルフ部」の言い訳	角谷 嘉泰 (株)奥村組 四国支店長
JCMA 報告	98	第 11 回通常総会・第 42 回理事会報告	
	102	令和 4 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績	
	112	新工法紹介	機関誌編集委員会
統計	113	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
	114	行事一覧 (2022 年 5 月)	
	118	編集後記 (赤坂・岡本)	

◇表紙写真説明◇

発破用せん孔機の自動化技術と複数台遠隔操作ベンチリモート

写真提供：エピロックジャパン(株)

発破用せん孔機の騒音や粉塵を減らしたオペレーター環境が改善される「ベンチリモート」をトレーラーに搭載した作業風景。

この遠隔操作時には、1つのビデオディスプレイにベンチリモートから制御されるロッドハンドリング、ロックドリル/口元/を撮影するカメラがせん孔機に設置され、全てのカメラからのビデオ映像が表示される。

巻頭言

建設 DX 推進のための データ・システム・組織

小澤 一雅



デジタル・トランスフォーメーション (DX) の推進に、官民を問わず数多くの組織が関心を寄せている。経済産業省が作成した「デジタルトランスフォーメーションを推進するためのガイドライン Ver.1.0」¹⁾ の中では、DXを“企業がビジネス環境の激しい変化に対応し、データとデジタル技術を活用して、顧客や社会のニーズを基に、製品やサービス、ビジネスモデルを変革するとともに、業務そのものや、組織、プロセス、企業文化・風土を変革し、競争上の優位性を確立すること”と定義している。また、DX推進の要諦は、多様なデータの連携から新たな価値を創造することであり、その推進力はデータとデジタル技術を活用して従来の仕事のプロセスや働き方を変革するトップのリーダーシップであると言われる。建設DXを推進するためには何をすれば良いのであろうか？

まず、データ活用のためのデータ整備を図る必要がある。データが生成される源を特定し、品質が担保されたデータを収集・加工・結合して、データを活用する現場までの一連の処理の流れを構築するとともに、各データを説明するためのメタデータを用意する。時々刻々と変化する建設現場の状況を常に計測しながら、工事に係る関係者の判断に有用な情報を適切なタイミングで提供するためには、一連の処理を高速で行えるような工夫とともに、現場における通信環境を整備することも重要となる。

次に、事業ごとに異なる多様な関係者が関与するインフラ事業において、多様なデータを広く活用するためには、異なる組織間でデータやアプリケーションを活用するためのシステムが必要である。プラットフォームとも呼ばれるデータやシステムの連携基盤を協調領域として整備し、これを運用するための仕組みを開発するのが良い。分散管理されたデータベースと疎結合した連携基盤を通して、必要なデータを検索・抽出・加工・結合し、各種アプリケーションを通してユーザに必要な情報が提供される。ユーザが求めるア

プリケーション開発がデータの収集とは独立して自由に実施可能となり、新たな市場形成が期待される。

土木研究所が提案する建設機械の制御信号の共通化も、協調領域と競争領域を整理し、研究開発の重複を防ぎ、同一現場で複数メカの連携を容易にするものである²⁾。この共通制御信号をコアにした情報開示型の自律施工技術基盤（オープンプラットフォーム）を整備することにより、この分野の新技术導入を加速し、開発成果物の再利用性を向上させることが期待されている。

さらに、新たな製品やサービスを提供し、新しい仕事の仕方を実現するためには、DX推進のための組織変革が有効と言われる。DXを推進する専門チームを構築し、関係する各部署との連携をとりながら、そのスピードアップを図る必要がある。BIM等の3次元モデルを理解し、事業の各段階でデータを有効活用するだけでなく、これまでに蓄積されてきた建設技術と最新のデータサイエンスやデジタル技術を組み合わせることにより、新たな仕事の仕方を創造することが可能となる。建設技術とデジタル技術をつなぐことができる双方を理解できる人材の育成が肝要である。

DXは、これらの活動を通して、ビジネス、組織、プロセスや文化の変革をもたらすと言われる。一方で、インフラ施設やサービスを預かる技術者は、社会や利用者のニーズに向き合い、フィジカルを熟知した技術者として、インフラサービスの創出を図ることが肝要である。DXは、そのためのツールであり、建設産業がより付加価値の高いインフラサービスを提供する国際競争力の高い産業として発展することが望まれる。

《参考文献》

- 1) 経済産業省：「デジタルトランスフォーメーションを推進するためのガイドライン Ver.1.0」, 平成30年12月
- 2) 土木研究所先端技術チーム：「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24-26日

行政情報

国土交通省が推進するインフラ分野のDX

田中 洋介

国土交通省は、2016年度より建設現場の生産性の向上を目指し、「i-Construction」を推進してきた。現在は、「i-Construction」の取組を中核に、更に発展させ、データとデジタル技術を活用し、業務や組織等を変革する「インフラ分野のDX」を推進している。本稿では、「i-Construction」と「インフラ分野のDX」の関係を整理したほか、インフラ分野のDXの推進に向けた取組状況や今年3月に策定・公表した「インフラ分野のDXアクション」について、具体的な事例も交えながら紹介する。

キーワード：インフラ分野のDX, i-Construction, インフラ分野のDXアクションプラン

1. はじめに

我が国は、現在、人口減少社会を迎えており、働き手の減少を上回る生産性の向上等が求められている。そこで、国土交通省では、2025年度までに建設現場の生産性を2割向上することを目指して2016年度より「i-Construction」の取組を推進している。具体的には、①建設現場における調査・測量、設計、施工、検査等のあらゆる建設生産プロセスにおいてICT（情報通信技術）を活用すること、②設計、発注、材料の調達、加工、組立等の一連の生産工程や、維持管理を含めたプロセス全体の最適化が図られるよう、全体最適の考え方を導入し、サプライチェーンの効率化、生産性向上を目指すこと、③国庫債務負担行為等の活用により年度末に集中する工事量を平準化することの3つの施策をトップランナー施策として推進する他、BIM/CIM等の3次元データの利活用促進や「i-Construction」を推進するための広報等、建設現場の生産性を向上させるための様々な取組を推進してきた。

また、政府を挙げたデジタル社会への変革が求められる中、今般の新型コロナウイルス感染症も踏まえ、国土交通省においてもこれまでのi-Constructionの取組を中核に、更に発展させ、データとデジタル技術を活用し、建設現場の生産性向上のみならず職員自身の働き方改革等も含めたインフラ分野のDX（デジタル・トランスフォーメーション）を推進しているところである（図-1）。

2. インフラ分野のDXの取組状況(2020年度)

インフラ分野のDXの加速化に向け、国土交通省では、省横断的に取組を進めるべく、「国土交通省インフラ分野のDX推進本部」を2020年7月に設置するとともに第1回本部会議を開催、その後、2021年1月までに3回の本部会議を開催している。

第2回本部会議（2020年10月開催）では、インフラ分野のDX施策概要を議論し、その中で、以下に示す4つの大きな方向性で取組を推進することとした。

1. 行政手続きや暮らしにおけるサービスの変革
2. ロボット・AI等の活用で人を支援することによる、現場や暮らしの安全性の向上
3. デジタルデータを活用した仕事のプロセスや働き方の変革
4. DXを支えるデータ活用環境の実現

第3回本部会議（2021年1月開催）では、インフラ分野のDX施策概要のそれぞれに紐づく個別施策の整理や将来的な取組の方向性を議論し、これを踏まえ、2021年2月9日にインフラ分野のデジタル・トランスフォーメーション（DX）施策を公表した。

3. インフラ分野のDXの取組状況(2021年度)

上述の通り、インフラ分野のDX施策を公表したところであるが、令和3年度からは、それをより具体的に進めるべくアクションプランの策定に着手することとした。また、国土交通省の内外に「インフラ分野の



図-1 i-Constructionとインフラ分野のDXの関係

DX」をより分かりやすく説明するため、その概要を改めて整理した。

「インフラ分野のDX」は、「デジタル技術の活用でインフラまわりをスマートにし、従来の『常識』を変革」するものであると位置づけ、具体的な施策を「手続きなどいつでもどこでも気軽にアクセス」「コミュニケーションをよりリアルに」「現場にいなくても現場管理が可能に」の3つの観点で整理することとした(図-2)。

まず1点目の「手続きなどいつでもどこでも気軽にアクセス」であるが、これはインフラに関係する諸手続やサービスについて、その利便性向上を図るもので、例えば、特殊車両通行手続きの効率化や民間事業者・港湾管理者における手続きの効率化・非接触化、高速道路やその他多様な分野におけるETC等によるキャッシュレス化・タッチレス化などが挙げられる。

次に2点目の「コミュニケーションをよりリアルに」については、対象者の内外を問わず、より理解しやすいコミュニケーションを図るもので、例えば、水害リスク情報の3次元での提供によるリアルに認識できるリスク情報の提供や、官庁営繕事業におけるBIM活用などが挙げられる。

続いて3点目の「現場にいなくても現場管理が可能に」であるが、従来から進めている建設現場の生産性向上を図る取組みである「i-Construction」に包含さ

れるICT施工について、その更なる拡大、といったイメージとなる。具体的には、受注者・発注者を問わず、建設現場の省人化や効率化の更なる追求を図るものであり、例えば建設施工における自動化・自律化の促進やAI・ICT・新技術の導入による道路の点検・維持管理の高度化・効率化などが挙げられる。

また、上記3つの観点に加え、位置情報の共通ルール(国家座標)の推進やDXデータセンターの整備などといった、「インフラ分野のDXを支える仕組みや基盤の整備」も重要である。

2021年11月5日に開催した第4回国土交通省インフラ分野のDX推進本部会議では、上記の「インフラ分野のDX」の概念についての認識共有と、主な施策の進捗について紹介を行った。

4. 2022年はインフラ分野のDX「挑戦の年」～インフラ分野のDXアクションプランの策定～

インフラ分野のDXの推進に向け、2022年をDXによる変革に果敢に取り組む「挑戦の年」と位置づけたところであり、一層取り組みを加速化していきたいと考えている。

2022年3月29日に開催した第5回国土交通省インフラ分野のDX推進本部会議では、国土交通省が所管

インフラ分野の Digital X formation



図一 2 インフラ分野のDXの全体像

する各分野における施策ごとの取組概要や具体的な工程表で構成される「インフラ分野のDXアクションプラン」について議論し、翌日の3月30日に策定・公表した(図一3)。アクションプランは、以下の3つの柱から構成されている。

(1) 行政手続きのデジタル化

インフラ分野に係る各種手続きのデジタル化を推進することにより、例えば、24時間365日WEBシステム等により申請・許可取得の実現により「手続きなどいつでもどこでも気軽にアクセス」出来ることを目指す取組である。

(2) 情報の高度化とその活用

3次元データ等によるコミュニケーションを促進することによる受発注者や地域住民等との理解促進・合意形成の効率化・円滑化を図ることにより「コミュニケーションをよりリアルに」出来るとともに、国土交通省を含めた関係機関等が有するインフラデータを公開し、利用促進を図ることによるサービスの向上や新たなサービス創出等の促進・発展を目指す取組である。

(3) 現場作業の遠隔化・自動化・自律化

建設現場にいなくても建設機械の遠隔操作や出来型・品質検査等を可能とすることで、省人化・効率化



図一 3 インフラ分野のDXアクションプラン 表紙(左)、各施策の取組の掲載例(右)



図—4 荒川3D河川管内図(左), VR橋梁点検研修(右)

により「現場にいなくても現場管理が可能に」なることを目指し、生産性の向上や現場環境の改善に繋げる取組である。

アクションプランにおいては、各施策の目指す姿と工程等、実現に向けた実行計画に加えて、利用者目線で実現できる事項を盛り込んだ。さらにアクションプランに位置付ける取組に加えて、国土交通省におけるインフラ整備・維持管理に最前線で携わる各地方整備局等における主な取組についても取りまとめた(図—4)。

策定したアクションプランは国土交通省としてのインフラ分野のDXの取組方針を具体化したものであるが、施策の具体化・実現化に向けて関係者との連携、協働が必要である。社会の変革スピードが加速化している状況下において、社会ニーズや要請に対する施策展開を、従来の「常識」にとらわれず、インフラ分野のDXの推進により柔軟に対応していくことが求められており、アクションプランに基づき国土交通省が一丸となって取組を進めていきたいと考えている。

5. おわりに

本稿では、国土交通省が推進しているインフラ分野のDXについて紹介したが、新型コロナウイルス感染症の発生を契機に時代の転換点を迎える中、陸海空のインフラの整備・管理により国民の安全・安心を守るという使命と、より高度で便利な国民サービスの提供を担う国土交通省が、学界や民間と連携・協調を図りつつ、インフラ分野のDXの先導役を果たしていきたい。

JICMA

注意) 本稿は執筆時点(2022年5月中旬)での情報である。インフラ分野のDXの最新状況については、国土交通省HPなども適宜、参照されたい。

【筆者紹介】

田中 洋介 (たなか ようすけ)
国土交通省
大臣官房 技術調査課
課長補佐



行政情報

建設機械分野のDXの取り組み

金 森 宗一郎・味 田 悟・岡 本 由 仁

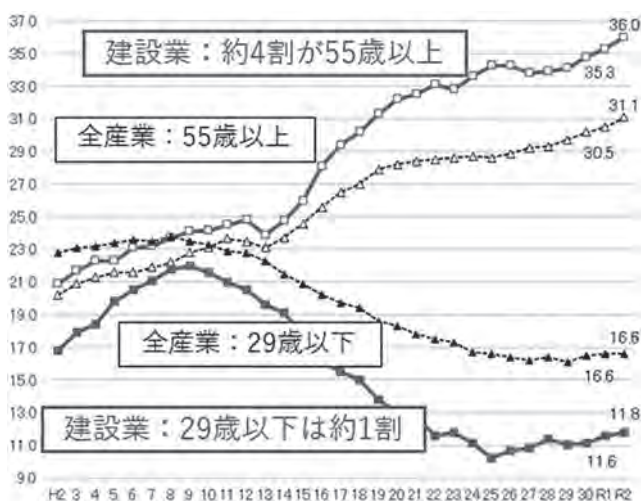
建設業では、担い手不足の深刻化が懸念されており、建設現場の抜本的な生産性向上は喫緊の課題である。現場の生産性向上に資する技術の一つとして、建設機械施工の自動化・自律化・遠隔化技術および施工データのAPI連携が期待されている。本報文では、建設機械施工の自動化・自律化・遠隔化技術の普及に向け国土交通省が設置した「建設機械施工の自動化・自律化協議会」の活動内容、および施工データのAPI連携が実現した場合に想定されるユースケースについて述べる。

キーワード：安全、生産性向上、施工管理、自動化・自律化、データ活用、API

1. はじめに

我が国では少子高齢化に伴い、就業者の高齢化が進んでいる。その中でも建設業就業者の高齢化は他業種と比較して顕著である（図—1）。近い将来、建設業に従事する高齢者が大量に退職することが見込まれる。更に人口減少の影響で新たに建設業に就業する者も減少していくことが予測される。これらのことから、深刻な担い手不足により、建設業の持続性が失われることが懸念されている。

平時の社会インフラの整備・維持管理に加え、災害発生時に迅速な対応を行うことは国民の生命・財産を守るために重要であり、それらを行う上で大きな役割を果たす建設業の持続性の確保は喫緊の課題である。



図—1 全産業および建設業就業者において若年層および高齢層が占める割合

担い手不足が進む中で建設業の持続性を確保するためには、建設現場の抜本的な生産性向上が必要である。そこで、国土交通省では平成28年度からICT等を用いた効率的な建設を目指す「i-Construction」を推進している。土工においては、ICT施工を実施することで起工測量から工事完成まで土工にかかる一連の作業時間が26%程度削減されることが報告されている¹⁾。令和2年度には、ICT施工の対象工種となる国土交通省発注土木工事のうちICT施工が実施された工事は80%を超える割合を占めており²⁾、普及が進んでいる。

このように、ICT施工の推進により建設現場の生産性は向上しつつあるが、将来にわたって建設業の持続性を確保するためには、更なる生産性向上を実現する技術の導入が求められる。

そのような技術の一つとして、ICT施工で得られたデータの共有・活用を促進するAPI連携が期待されている。ICT施工では起工測量・設計データ作成・施工・監督検査・維持管理といった段階があり、各段階で3次元設計データやAs-builtデータ（施工中に得られる地形データ）に代表される様々なデータが作成される。このとき、段階毎に異なるメーカーのソフトウェアが使用される場合が多く、段階間で円滑にデータ交換を行うことが困難である。そこで、異なるソフトウェア間でのデータ連携を行う手段の一つであるAPIを活用することで、ICT施工の段階間でのデータ連携を円滑化し、生産性を向上できる可能性がある。

更に現場の生産性を向上させる技術の一つとして、建設機械施工の自動化・自律化・遠隔化技術が期待さ

れている。この技術は、建設機械を直接人が操作を行うことなく稼働させるものである。

自動化・自律化された施工においては、建設機械に搭乗せずに操作することから、遠隔で監視したり、部分的に遠隔で操作したりすることが人の役割となる。したがって、オペレータ1人あたりの建設機械稼働台数が従来施工と比べて格段に増加し、抜本的な生産性向上につながると考えている。

建設機械施工の自動化・自律化・遠隔化技術の普及に向けては、安全をはじめとして分野横断的に検討を行うべき項目が多く存在するが、そのような議論はこれまでほとんど行われておらず、現場導入に向けた環境は整備されていなかった。本報文では、施工データのAPI連携の実現および建設機械施工の自動化・自律化・遠隔化技術の普及に向けた国土交通省の取組みについて述べる。

2. 建設機械施工の自動化・自律化協議会の設置

国土交通省では、建設機械施工の自動化・自律化・遠隔化技術について省庁横断的・業界横断的に議論を行う場として、令和3年度に「建設機械施工の自動化・自律化協議会」を設置した(図-2)。本協議会には、建設施工関係の有識者、建設機械施工関係の業界団体

に加え、労働安全を担う厚生労働省や産業振興を担う経済産業省といった多様な関係者が参画している。

本協議会では、建設機械の自動化・自律化・遠隔化技術の普及に向けた大枠の議論を行うほか、より個別的な議題について議論するため、下部組織として3つのワーキンググループ(以下、「WG」という)の設置を予定している。

このうち、「現場普及WG」は、モデル工事の設定や自動化・自律化・遠隔化技術を想定した入札・契約のあり方を検討するものであり、実工事で使用可能な環境がある程度整備されてから開催する計画である。

そこで、本稿では令和4年度から活動を始める、「安全・基本設定WG」および「施工管理・検査基準WG」の役割について詳細に記述する。

(1) 安全・基本設定WGの役割

安全・基本設定WGでは建設機械の自動化・自律化・遠隔化技術の開発および現場導入のために、関係者間で合意しておくべき基本的な事項について検討する。

なかでも最も重要な議題は安全ルールの標準化である。自動・自律・遠隔施工は、現場からオペレータがいなくなるという点で従来の施工と一線を画す。そのような特徴を考慮して整備された体系的な安全ルールは現状では存在しない。そのため、一部の開発者が実施している現場試行においては、現場ごとにゼロから

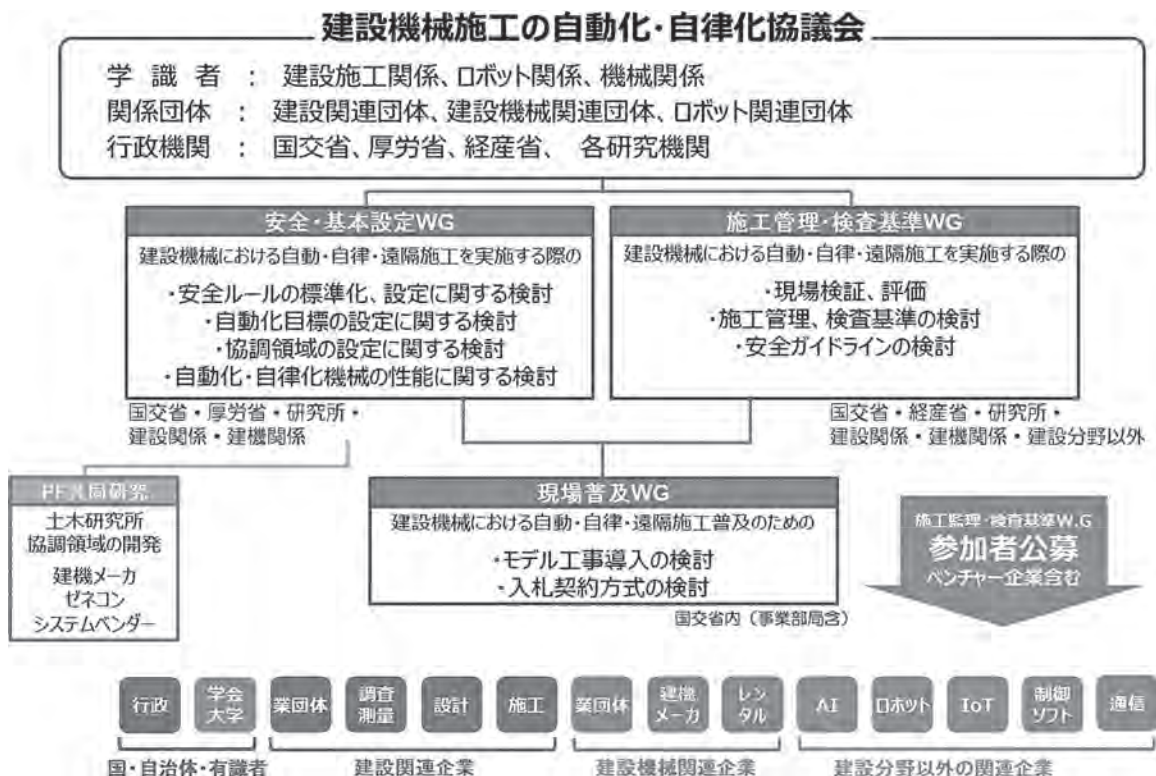


図-2 建設機械施工の自動化・自律化協議会

安全対策を講じており、どの水準の対策が必要であるか判断する基準がないことから、関係者との調整に時間を要したり、現場ごとに安全対策の水準にばらつきが生じたりするといった課題がある。また、有人の施工現場を前提とした既存のルールを自動・自律・遠隔施工に準用すると、過剰な安全対策を講じなければならなくなることが懸念されている。

そこで、本 WG において自動・自律・遠隔施工の特徴に即した標準的な安全ルールを策定する。令和 4 年度は、全ての作業員の進入を禁止または制限する「無人エリア (図-3)」における施工を対象とし、安全ルールを標準化する。



図-3 無人エリア (緑点線の内側) の模式図

安全ルールについての現状での具体的なアイデアをいくつか述べる。

まず、「無人エリア」の設定方法や、作業員の進入を禁止または制限する方法について規定する。

また、必要な安全対策の内容や担い手が従来施工と異なることから、これまで以上に「必要な安全対策をあらかじめ検討し関係者間で共有すること」や「それぞれの安全対策を現場のどの担当者が担うのか明確にすること」が重要であることを明示する。

自動・自律・遠隔施工の分野においては技術が日進月歩であるため、安全ルールが陳腐化することを防ぐために継続してフォローアップをしなくてはならない。そこで、令和 5 年度以降は、策定した安全ルールを実際に適用している現場の調査を行い、そこで得られた知見に基づいて安全ルールを改定したり、対象を拡大したりすることを計画している。

(2) 施工管理・検査基準 WG の役割

施工管理・検査基準 WG では建設機械の自動化・自律化・遠隔化技術を実際に公共工事に導入する際に必要な技術基準類の整備に向けた検討を行う。具体的には、建設機械の自動化・自律化・遠隔化技術の現場試行を実施し、技術基準類の整備に必要な情報収集を行う。

本 WG では、建設機械自体の自動化・自律化・遠

隔化技術に加え、工程管理、出来形管理、品質管理、安全管理に必要な計測などを、現場に作業員が立ち入らなく行うための技術についても検討対象とすることを計画している。

3. 施工データの API 連携

ICT 施工で作成される各種のデータを、メーカーが異なるソフトウェア間でも円滑にデータ連携が行えれば、生産性向上が見込まれる (図-4)。現在、市場では特定のソフトウェアベンダ等が独自で API 仕様を策定し、一部のソフトウェア間でデータ連携を実現しているが、あらゆるソフトウェアを対象とした共通の API 仕様は存在しない。また、公共工事における活用を想定した API 使用の策定においては、発注者である国のニーズに関する情報を開発者に発信していくことが重要である。さらには受発注者間でのデータ共有を円滑にするために、官民共有のストレージの必要性が指摘されている。これらのことから、国土交通省では、ICT 施工の普及拡大に向けた取組みに位置づけ、API 連携の実現を目指して活動している。

以下では API 連携の活用により実現することが期待されるユースケースをいくつか詳述する。なお、これらのユースケースは主として土工を想定したものである。

① As-built データを用いた任意時点での出来形検査

共通の API 仕様に対応するサーバサイド API が実装された官民共有ストレージを介することで、工事受注者が作成した As-built データを監督職員が任意の時点で閲覧できるようになることが期待される。これにより、TS や GNSS ローバによる施工終了後の完成実地検査を省略したり、不可視部分の段階確認を As-built データで遠隔から監督職員が確認したりすることが可能となることが期待される。

② 数量の認定や設計変更の容易化

As-built データに土質区分の属性情報を付与することにより、積算区分別の出来高が容易に算出できるようになる。これにより、既済部分出来高の認定や設計変更の協議が容易になることが期待される。

③ 国が実施する各種調査への対応

作業状態別や積算区分別の出来高や重機の稼働日数に関するデータを収集することで、国の施工合理化調査の記入項目の一部を代替し、受注者の調査票記入作業を省略できるようになることが期待される。同様に、単位出来高当たりの燃料消費量に関するデータを収集し、環境アセスメントの原単位作成に活用できる

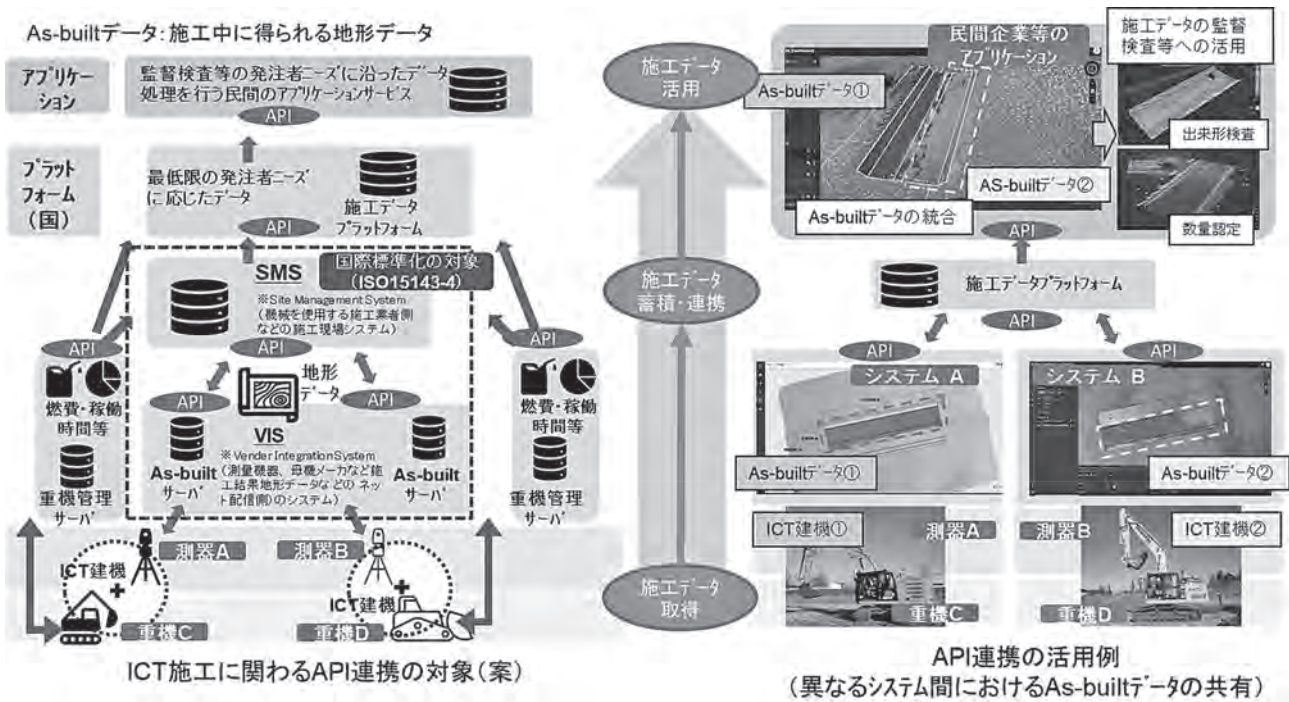


図-4 施工データのAPI連携と対象と活用例のイメージ

ことが期待される。

④生産性やCO₂排出量の把握, 改善

建設機械の稼働時間や燃料消費量に関するデータ及び As-built データを使用した分析により、標準歩掛や機材毎の時間当たり出来高などを踏まえて立案した工程計画に対する予実管理が可能になることが期待される。更に、掘削、積み込みといった作業状態別の出来高と燃料消費量も合わせて解析することで、生産性だけでなくCO₂排出量の予実管理も実現し、環境負荷の少ない施工方法の検討が可能になることが期待される。

⑤施工現場の安全性の向上, 事故防止

建設機械の動作状況や各制御信号等の情報を蓄積することで、日々のヒヤリハット分析や安全指導の資料として利活用できることが期待される。さらに、万が一事故が発生した場合、事故発生時の建設機械の動作状況等のデータを活用して事故原因を分析し、再発防止・未然防止のための対策検討が可能になることが期待される。

上記に代表されるユースケースの実現に向けた具体的な取り組みを行うことを目的として、(一社)日本建設機械施工協会が「施工データのAPI連携に関する協議会」を設置している。本協議会には建設機械メーカー、ソフトウェアベンダ、測器メーカー、レンタル業者等といった関係者が参画しており、国土交通省はオブザーバとして参加し、活動を支援している。

4. おわりに

本報文では、建設機械の自動化・自律化・遠隔化技術の普及に向けて、国土交通省が設置した「建設機械施工の自動化・自律化協議会」と、その下部組織である3つのWGの役割について述べた。また、施工データのAPI連携が実現した場合のユースケースや、それに向けた取組みについて述べた。

これらの技術の普及は、これからの日本の社会インフラを整備・維持し、災害対応能力を保持していくためには必ず実現しなければならない。

建設機械施工の自動化・自律化・遠隔化技術の普及は現場の省人化による生産性の向上をもたらすだけでなく、遠隔地のオフィスからでも建設機械を稼働させることを可能にし、高齢者・女性・障害者を含む多様な人材が建設業で働きやすくなる効果が期待できる。また、災害発生時に地場のレンタル会社や施工会社と国土交通省が連携することにより、災害現場に自動化・自律化・遠隔化建設機械を迅速に投入できるようになる効果も期待できる。

また、施工データのAPI連携の普及により、建設業を旧来の商習慣から脱却させるとともに、データを効果的に共有・活用することで付帯業務を削減するリーマンマネジメントの実現に一步近づくことができると考えている。

国土交通省はこのような未来を見据えつつ、建設機械の自動化・自律化・遠隔化技術および施工データの

API連携の普及に向けた取組みを引き続き実施していく。



《委託先の開示》

本報文にて報告した内容のうち、API連携のユースケースの検討は(一社)日本建設機械施工協会に委託した業務の一環として実施した。

《参考文献》

- 1) 国土交通省. H29年度ICT土工の効果分析. ICT導入協議会, 2018, 第6回:資料-1.
- 2) 国土交通省. ICT施工の普及拡大に向けた取組. ICT導入協議会, 2021, 第13回:資料-1.

【筆者紹介】

金森 宗一郎 (かなもり そういちろう)
国土交通省 公共事業企画調整課



味田 悟 (みた さとる)
国土交通省 公共事業企画調整課



岡本 由仁 (おかもと ゆうじ)
国土交通省 公共事業企画調整課



自律施工の促進と普及を目的とした 自律施工技術基盤 OPERA の提案

山内元貴・遠藤大輔・鈴木裕敬

建設業における生産性を向上させる一つ的手段として、人ではなく建設機械やシステムが環境を認識し、機械の行動を計画して自律的に工事を行う、自律施工技術の開発、普及が期待されている。本稿では、効率的に自律施工技術を開発し、広く活用することを目的として土木研究所にて開発を進める自律施工技術基盤 OPERA に関する取り組みについて紹介する。

キーワード：自律施工、自律施工技術基盤 OPERA、建設機械

1. はじめに

建設業において、高度な技能、豊富な経験を有する労働者の高齢化によるリタイアとともに若年労働者の離職による人材不足の深刻化が懸念されている。これにより今後、建設業における生産性の大幅な低下が危惧されている。建設現場における生産性向上を目的として、国土交通省は2016年度より測量・設計から施工・管理にいたる全ての事業プロセスにおいて、ICTの活用を前提とした「i-Construction」を推進してきた。その結果、従来（2015年度）と比較して、生産性は17%向上した¹⁾。「i-Construction」では、情報取得・伝達手法の効率化、建設機械の操縦支援等を実現してきた。さらなる生産性向上を目指し、少ない作業員で建設工事を行うことが可能な自律施工の実現が期待されている。

自律施工では、建設機械やシステムが認識した周囲の環境と設計図から、動作を計画して工事を行う建設機械やシステムが必要である。このような自律施工の実現には、ロボット、AI等の先進的な技術を建設業界に積極的に導入できる環境、システムや協調領域の明確化が重要であると報告されている²⁾。

そこで、土木研究所先端技術チームでは、効率的に自律施工技術を開発し、広く普及することを目的として、自律施工技術基盤 OPERA (Open Platform for Earthwork with Robotics and Autonomy) の整備を進めてきた。OPERA を活用することで、開発成果物の再利用性を高めることに加え、研究・投資の重複回避や先進的な技術を有する大学やベンチャー企業等の新規参入が容易となると期待される。本稿では、

OPERA の概要について述べる。

2. 自律施工技術基盤 OPERA

OPERA は、共通制御信号、ミドルウェア、シミュレータ、建設機械および実験フィールドを含む実証試験環境により構成されており、自動施工や遠隔操縦等の新技術開発において、シミュレータをベースにした開発が可能であることに加えて、その開発物を修正せずに実機に接続して検証することが可能である。図-1に OPERA のシステム構成を模式的に示す。以降の小節では、各構成要素について詳細を記す。

(1) 共通制御信号

建設業界では、個社による技術開発が主流であり、個々の施工業者、機械メーカーによる研究開発の重複が発生している。しかしながら、大規模な建設現場が単一のメーカーの建設機械のみで工事が完結することは少



図-1 OPERA システム構成

なく、かつ開発したシステムの再利用性を考慮すると、自律施工を押し進めるためには、異なるメーカーの異なる機種を横断的に制御できるシステムが必要である。

土木研究所では、そのシステムとして、図-2に示す通り、異なるハードウェアでも同様に制御が可能となるようハードウェアを抽象化し、機械間の連携性を向上させることを可能とする建設機械の共通制御信号を提案する。提案する共通制御信号の範囲および内容について、建設工事におけるデータ交換標準に関する規格であるISO15143³⁾をベースとして、車両機械の制御特性への依存性の観点から、図-3に示す通り機能ブロック(図中のブロック)を設定し、油圧ショベルを対象とした制御信号がどのようにあるべきか検討した。

まず前提として、建設機械には油圧制御コントローラ(=油圧アクチュエータを制御する機器)が搭載されており、建設機械の各アクチュエータの逐次的な出力を制御するものとする。これに加え、油圧制御コントローラの上位のコントローラとして車両動作コントローラ(=車体の制御特性を隠蔽した自動運転制御インタフェースを提供し、建設機械の油圧制御コントローラへの指令値を決定する。また、車体に搭載され

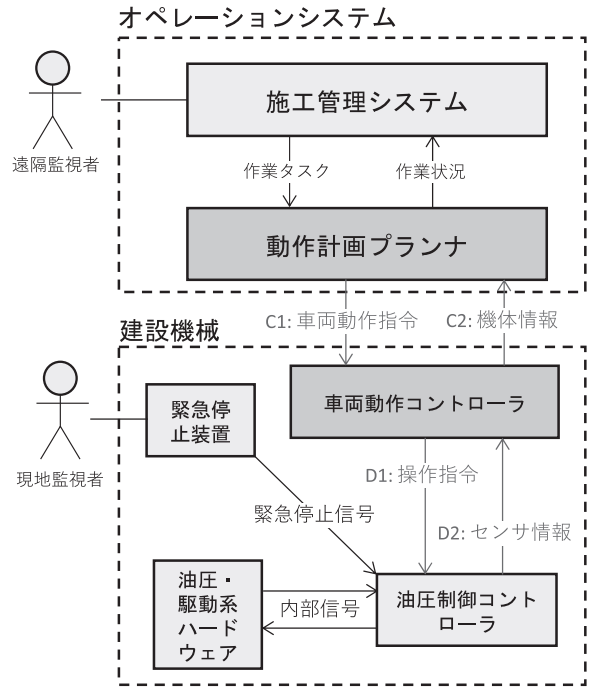


図-3 自律施工のための機能ブロック⁴⁾

たセンサ情報を用いた高速なフィードバック制御も担う)が搭載されており、これは車両の質量や油圧系といった制御特性に強く依存するコントローラとした。

以上をまとめて、ISO15143 Part1に規定されるシステムアーキテクチャにおける『建設機械』に相当するとみなす。車両動作コントローラは、ISO15143 Part1に規定される上位システムである『オペレーションシステム』に相当する機能ブロック中の動作計画プランナ(=施工内容に応じて、建設機械の動作を計画し、建設機械へ指令を与える)と通信し、動作計画プランナが出力する車両動作指令に従った建設機械の制御を行いながら、車体センサ情報を伝達する。動作計画プランナは、同じオペレーションシステム内の上位システムである施工管理システム(=例えば、3D図面から、対象エリアの掘削範囲、深さを計画するソフトウェア)と通信をする。動作計画プランナは、車両の制御特性への依存性が小さい機能ブロックである。図-3中において、一般的に非公開又は非設定となっている動作計画プランナ、車両動作コントローラ、油圧制御コントローラ間の通信を対象として、共通制御信号の検討結果をISO15143 Part2に規定されるデータ辞書に相当する一覧表にまとめた。共通制御信号の詳細は、土木研究所先端技術チームHP⁴⁾にて公開している。

(2) ミドルウェア

自律施工を実現するためのソフトウェアの機能単位

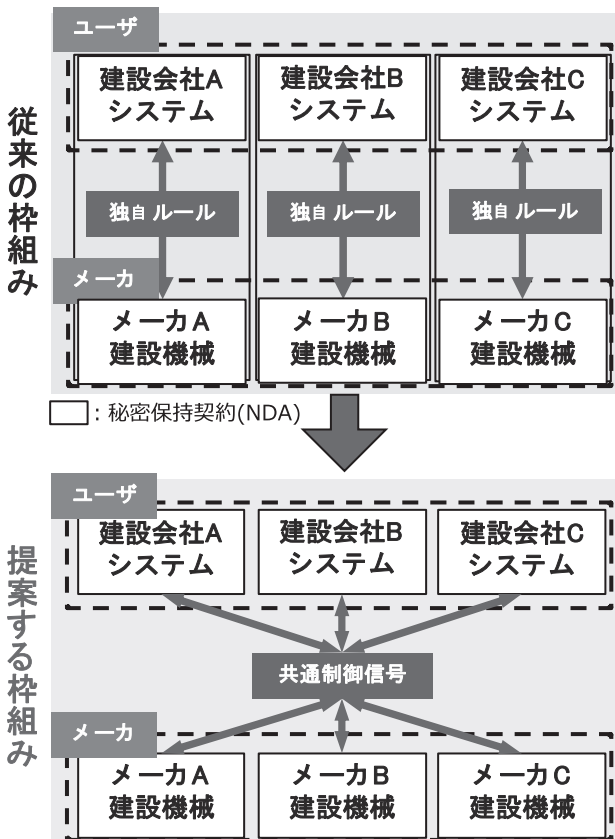


図-2 提案する制御信号共通化のイメージ

であるプロセス間の通信をサポートするミドルウェアに、ROS (Robot Operating System) を採用することとした。これにより、ハードウェアを抽象化して扱うことができ、自律分散系のシステムインテグレーションが容易となるため、開発成果物の再利用性を確保し易い。また、自律ロボット用に多数の実績がある既存ライブラリ群を、自律施工用に転用することが期待できる。

(3) シミュレータ

自律施工ソフトウェアの開発を行う上で、実機や実環境と並行してシミュレータでの開発を行うことにより、研究開発の効率化が期待できる。OPERA では、実機と同様に、共通制御信号に対応したシミュレータを提供する。シミュレータ上で開発された自律制御ソフトウェアは、ソースコードを変更することなく実機上で動作・検証が可能である。

提供するシミュレータは、ゲーム開発に広く利用されている Unity 上に、Nvidia PhysX (以下、無償版) および AGX Dynamics (以下、有償版) の2種類の物理エンジンを用いて、以下の機能を実現している。

- ①建設機械の諸々の物理パラメータを設定ファイルから読み込み、建設機械の物理的な挙動をシミュレータ内で計算
- ②土砂の物理的な挙動をシミュレータ内で計算
- ③一般的な PC にて、実時間で計算
- ④実機用に開発したソフトウェアをソースコードを変更せずに、シミュレータ上で動作
- ⑤これらの結果を視覚的に提示

有償版には土砂モデル (土の挙動を再現する計算モデル) がある一方で、無償版にはそのような機能は存在しないため、公開されている土砂モデル⁵⁾を参考に独自に実装した。シミュレータの利用者が土砂モデルの正確性、計算の高速性といった必要となる性能面と費用面から、無償版と有償版を選択できるようにした。

2022年3月時点では、Unity上に建設DX実験フィールドの簡素な地形モデルを作成し、油圧ショベルとクローラダンプのシミュレーション用のモデルを作成し、GitHub上に公開している。各建設機械のモデルは、走行系の並進速度と旋回速度、作業機各軸の角度指令、および荷台の角度指令をミドルウェアから受信し、その物理挙動をシミュレータ上で計算した上で、掘削による地形 (土砂) の変形や粒子化、粒子化した土砂の運搬、粒子化した土砂の地形への一体化といった一連の現象を視覚的にユーザーへ表示することが可

能である。

(4) 実証試験環境

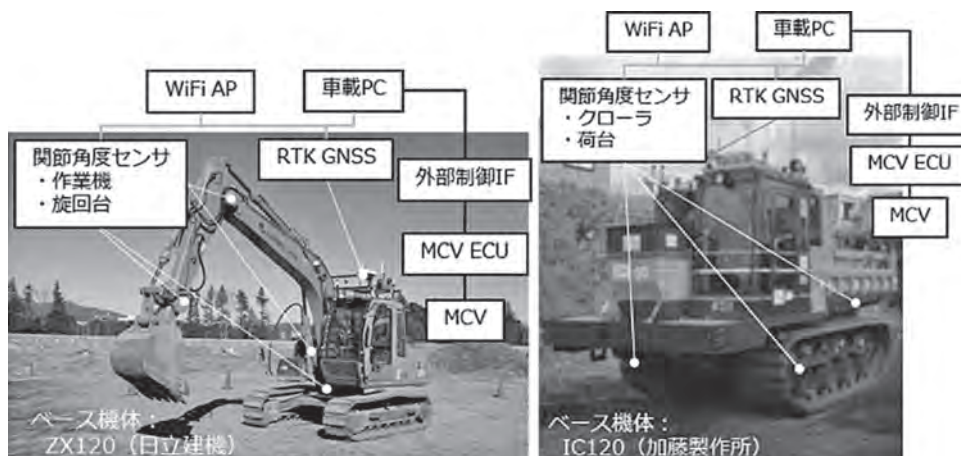
前述した共通制御信号およびミドルウェアに基づいて作成した機能モジュールおよびアプリケーションの実証試験を行うためのツールとして、OPERAでは実機と実環境を提供する。本節ではこれらについて、2022年3月末時点の整備状況を記す。

OPERAが提供する建設機械の実機として、油圧ショベル (12t級) とクローラダンプトラック (11t積) をそれぞれ1台、土木研究所にて保有している。図—4にこれらの概観とシステム構成の略図を示す。各建設機械共に、RTK-GNSSコンパスが搭載されており、緯度・経度・高度に加え、方位情報を計測できる。これに加え、油圧ショベルには旋回部と作業機 (ブーム軸、アーム軸、バケット軸) の各軸にアブソリュートエンコーダを取り付けてあり、角度を取得できる。また、キャビンの側方には6軸IMUが搭載されており、車体の姿勢を計測できる。なお、油圧ショベルについては、各クローラの回転数を取得するセンサは未実装である。一方でクローラダンプには、左右のクローラそれぞれにロータリエンコーダを取り付けており、クローラの回転量を計測できる。また、6軸IMUが荷台およびキャビンに取り付けられており、荷台の傾きや車台の姿勢を計測できる。

各建設機械には動作計画プランナから出力された信号を受け取り、建設機械の動作を制御するコントローラが車載PC上に実装されている。このPCが図—3における「車両動作コントローラ」に相当し、外部制御インターフェースを介して「油圧制御コントローラ」と通信を行い、建設機械の各アクチュエータを制御する。各建設機械にはメッシュWiFiが搭載されており、各車載PCは、メッシュWiFi経由で他の車載PCや遠隔制御室と通信する。なお、このメッシュWiFiとは独立した特小無線通信経由で、可搬式の操作盤を用いて遠隔操作や非常時のための緊急停止が両建設機械ともに可能である。

OPERAは、茨城県つくば市の土木研究所および国土技術政策総合研究所内に整備した建設DX実験フィールドの土工フィールドを試験場として提供する。土工フィールドは、約2.6万m²の敷地面積を有しており、併設するヤード内にある約1,500m³の土砂材料を用いて、模擬工事を実施することが可能である。

また、土工フィールド内には、遠隔操作/自律制御監視用の建屋があり、実験用の電源やPC、インター



図ー4 建設機械システム構成

ネット回線や RTK-GNSS の基地局といったインフラ設備を有している。さらに土工フィールド全体をカバーする、3 台のメッシュ WiFi および 2 台のローカル 5G のアンテナが常設されている。

3. おわりに

本稿では、開発成果物の再利用性を高めることに加え、研究・投資の重複回避や先進的な技術を有する大学やベンチャー企業等の新規参入を促すことを目的として、土木研究所先端技術チームで整備を進める自律施工技術基盤 OPERA について紹介した。OPERA のミドルウェアおよびシミュレータについては、GitHub にて公開している。今後、土木研究所内に整備した実機および実験フィールドを活用して、共同研究等により、研究機関やソフトウェアベンダー等が自律施工の実用化、ビジネスチャンスを獲得するための参入障壁を下げることを狙う。さらに、利用者からのフィードバックを得ることで、OPERA の継続的な利便性向上を実現し、自律施工技術の普及拡大に貢献していきたい。



《参考文献》

1) i-Construction 推進コンソーシアム 第7回企画委員会資料「i-Construction の取組状況について」
https://www.mlit.go.jp/tec/i-construction/pdf/06.7_kikaku_siryou6.pdf

pdf

2) (一社)日本建設業連合会 土木工事技術委員会 土木情報技術部会 情報利用技術専門部会：建設業のためのロボットに関する調査，建設マネジメント技術，pp47-51，2020年11月号

3) ISO 15143-1：2010, Earth-moving machinery and mobile road construction machinery -- Worksite data exchange -- Part 1：System architecture

4) 国立研究開発法人土木研究所技術推進本部先端技術チーム HP：建設機械の共通制御信号（案），<https://www.pwri.go.jp/team/advanced/papers.html>（2022/06/07 参照）

5) Daniel, H., et al: "Real-Time Mud Simulation for Virtual Environments", ACM Siggraph Symposium on Interactive 3D Graphics and Games, i3D 2018

【筆者紹介】



山内 元貴（やまうち げんき）
 土木研究所
 主任研究員
 博士（工学）



遠藤 大輔（えんどう だいすけ）
 土木研究所
 専門研究員
 博士（工学）



鈴木 裕敬（すずき ひろたか）
 土木研究所
 研究員
 博士（工学）

人流データの開発

建設DX成功の手がかりを探す

今井 龍一

携帯電話基地局の運用データを用いると、国内の人流を24時間365日にわたって推計・把握することができる。コロナ禍によって“人流データ”という言葉で多くの国民にも認知されるようになった。人流データは、用途が広く、私たちの生活の様々なところで活用されていることから、重要なデジタル社会資本であると言える。本稿は、建設機械施工とは異なる領域である人流データの代表例となる人口流動統計の内容を概観し、当該事業に係わる取り組みから建設DX（Digital Transformation）の成功の手がかりを考察する。

キーワード：携帯電話、人流データ、人口流動統計、OD量、移動経路・手段、建設DX

1. はじめに

2019年12月以降、新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の世界的大流行から私たちの生活は一変し、その日の感染者数と街の人流を確認する日々を送っていた。いまや「人流データ」は多くの国民に認知されているデジタル社会資本であると言える。人流データは、複数の民間事業者から提供されているが、国内最大と言える人流データは人口流動統計である。

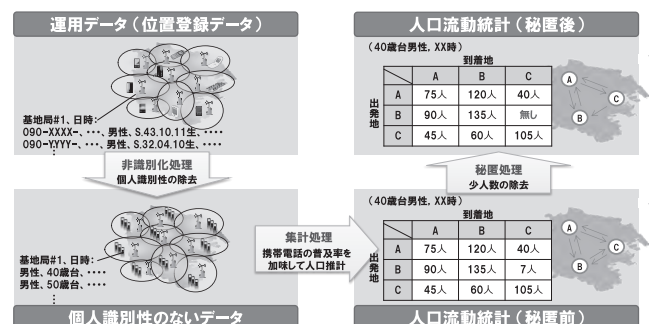
いまから約10年前の2011年夏、携帯電話基地局の運用データを用いて24時間365日取得可能な国内の交通流動の総量となる人口流動統計の議論が着手された。2014年には産官学の共同研究による人口流動統計の開発に本格着手、2018年に実用化…そしてコロナ禍を契機に、新型コロナウイルス感染症緊急事態宣言による人口変動分析にも活用され、人流データという言葉として国民の日常生活にまで浸透するに至った。人口流動統計の開発に係わる活動成果は、科学技術分野の文部科学大臣表彰、日本オープンイノベーション大賞総務大臣賞および情報処理学会業績賞といった学術および産業振興の両方から大変光栄な賞も受賞した。

本稿は、建設機械施工とは、異なる領域である人流データの人口流動統計の内容を概観し、当該事業に係わる取り組みから建設DX（Digital Transformation）の成功の手がかりを考察する。

2. 携帯電話基地局の運用データに基づく人流データ

(1) 人流データ：人口流動統計の生成方法

人口流動統計^{1)~3)}は、携帯電話基地局の運用データ（携帯電話の約8,300万台のサンプル（法人契約を除いてプライバシーを保護した所在エリア情報：注GPSではない）を活用し、1km四方などのエリア間の人の移動実態を日本全域で24時間365日にわたり把握できる国内最大規模の人流データである。人口流動統計は、携帯電話サービスを提供するための運用データに基づき、携帯電話利用者の個人情報およびプライバシーを保護する3段階処理により生成される。具体的には、人口流動統計の生成に不要な個人識別性を運用データから除去する「非識別化処理」、ある日のある時間帯においてエリア間を流動する人口を推計する「集計処理」、推計人口のうち少ない人口を除去する「秘匿処理」を経て生成される（図—1）。集計



図—1 人口流動統計の生成処理

処理では携帯電話台数と住民基本台帳人口との比を拡大係数として母集団推計を行う。このような手順により統計情報として生成されるため、個人は特定できない。

人口流動統計の時間解像度は、携帯電話網において基地局エリアに所在する携帯電話を把握する頻度がおおよそ1時間ごとであることから、推計値の信頼性を確保するために1時間としている。また、継続的に24時間365日の人口流動統計を生成することができる。

空間解像度は、携帯電話網の基地局の設置密度に依存する。都市部などの人が多く集まるエリアでは基地局の設置密度が高いため、1kmメッシュなどの単位で推計ができる。一方、郊外などでは基地局の設置密度が低いため、市区町村の単位が目安となる。また、性別・年齢階層別・居住地別に分けた推計が可能で、年齢階層は15～79歳から選択できる。

このような特長を持つ人口流動統計は、時間解像度・空間解像度や分析に用いる属性などの推計項目を用途に応じて決定できるため、多様な用途に対して柔軟に対応することができる。また、人口流動統計は、交通総量に加え、広域の移動経路、移動手段（飛行機、新幹線、高速道路の利用トリップ数）の推計も可能となっている。現在、行政機関や民間企業において交通に係わる統計調査、まちづくり、交通計画、防災計画、観光分野やマーケティングなど、さらに2019年以降は新型コロナウイルス感染症緊急事態宣言による人口変動分析で活用されている。

(2) OD量(出発地・到着地)の推計

携帯電話網の基地局で観測される信号は必ずしも人々の移動に伴い発生するものでないため、運用データから人の移動を判定することが必要となる。携帯電話網の運用データは携帯電話が所在する基地局の電波到達範囲を示しており、携帯電話の位置登録処理によって基地局にて生成される。位置登録処理は位置登録エリア外に移動した場合、もしくはおおよそ1時間ごとに行われる(図-2)。位置登録信号が発生した基

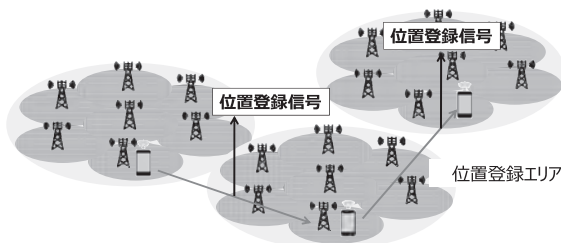


図-2 位置登録処理

地局では、その位置座標を参照し、次に観測された信号の位置座標を用いて移動距離を算出する。移動距離が所定の条件(1kmとしている)を満たした場合に移動と判定することで、移動している携帯電話の台数の集計が可能となる(図-3)。位置登録処理の頻度が凡そ1時間ごとなので、1時間以上同じ基地局エリア配下に所在したことをもって滞留中と判定する。そして、滞留から移動へ切り替わる際に滞留した地点を出発エリア、移動から滞留へ切り替わる際に滞留した地点を到着エリアとして抽出する。このように携帯電話の移動・滞留を判定することにより、エリア間の人口流動を推計する。OD量は、移動した携帯電話の台数に基づき複数時間帯に跨る移動量の総計を算出する。OD量は、パーソントリップ調査で推計されるトリップに該当する統計量であり、単位はトリップとなる(図-4)。

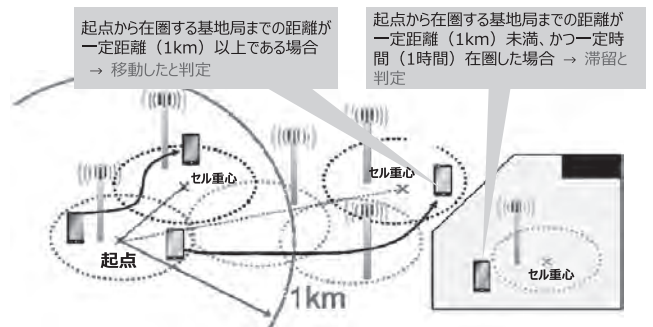


図-3 移動滞留判定

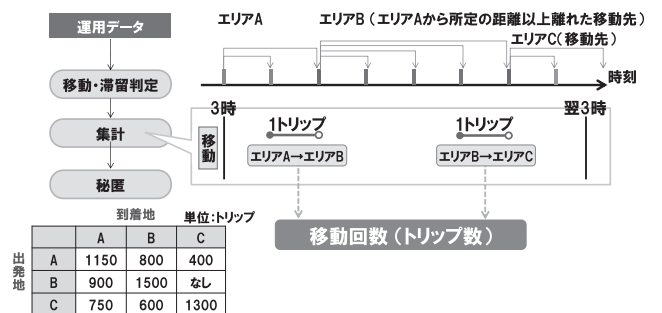
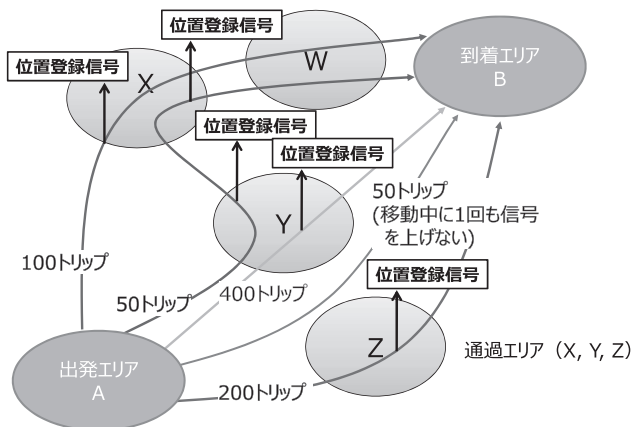


図-4 OD量の推計方法

(3) 移動経路の推計

出発エリアから到着エリアまでの移動経路がわかると、幹線道路などの利用実態や観光における周遊実態の把握などに活用できる。人口流動統計の集計過程において、携帯電話が長い距離もしくは長い時間かけて出発エリアから到着エリアまでに移動した場合は、位置登録信号が発生する可能性が高い。この特性を踏まえて移動経路を推計する手法を開発した。具体的には、人口流動統計を生成する過程で、位置登録信号が

発生したエリアを通過エリアとして出力する。すなわち、出発エリアから到着エリアまでに移動中に観測された位置登録信号をすべて抽出する(図一5)。出発エリアから到着エリアまでのトリップにおいて一つでも通過エリアが抽出できれば、通過エリアを地図情報と照合することで、移動経路を推計できる可能性が高い。



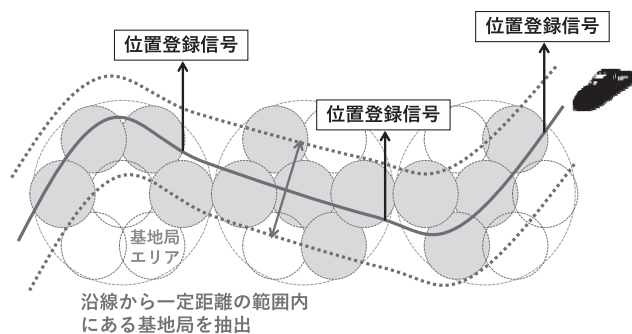
図一5 移動経路の推計手法

(4) 移動手段の推計

人口流動統計は携帯電話の位置登録の仕組みを用いて生成されるため、都道府県を越える長距離スケールのトリップであれば、実際の移動速度・移動距離の大きな算出ができる可能性が高い。そして、移動手段別の人口流動統計を把握することができれば、観光施設の検討や混雑対策、周遊実態の把握などに活用できる。この特性を踏まえて、移動手段を推計する手法を開発した。具体的には、飛行機、新幹線および自動車(高速道路)を利用したトリップを抽出する。

携帯電話の仕組み上、飛行機が飛行する上空には電波が届かないため、電源断の事象が発生する。この事象を捉えることができれば、飛行機の推計が可能である(電源断による判定)。さらに、新幹線や高速道路は決まったルートを通ることから、携帯電話の所在する基地局エリアを特定できれば、飛行機、新幹線、自動車(高速道路利用)を利用したトリップを推計できる可能性がある(基地局リストによる判定)。また、移動中の速度を捉えることができれば、どの手段で移動したか推計できる可能性がある(移動速度による判定)。

飛行機利用トリップの推計手法としては、まず、空港周辺にある基地局リスト判定を用いて飛行機利用トリップを推計した(図一6)。ここで、空港周辺の住宅エリアが含まれる可能性を極力排除するため、出発エリア、到着エリアそれぞれ空港の評点位置から一定



図一6 新幹線トリップの推計手法

距離内(3 km, 5 km, 10 kmを用いた)にある基地局を対象とした。平成22年全国幹線旅客純流動調査を用いて県間OD量を比較したところ、高い相関性が示され、空港から10 km範囲内の基地局判定が最も近い値になることがわかった。また、空港周辺基地局リスト判定だけでなく、電源断判定と移動速度判定をあわせて実施することにより、新幹線利用を飛行機利用と誤って判定するトリップ数を低減できる可能性が示された。

新幹線利用トリップの推計手法としては、新幹線の最高速度は長距離移動手段の中で特徴があるため、トリップ中の最高速度から、新幹線を利用したトリップを推計できる可能性がある。また、新幹線の沿線上を必ず通過するため、位置登録信号が連続して新幹線の沿線上発生した場合、新幹線利用トリップとして推計できる可能性がある。そこで、最高速度判定および新幹線沿線基地局リスト判定を組み合わせ、新幹線利用トリップを推計する。ここで、最高速度判定とは、移動中の最高速度がある範囲内(一例として、マージンも考慮し180 km/h以上350 km/h未満とした)の場合に新幹線利用トリップと判定する。新幹線から一定距離以内にある基地局を対象とした新幹線沿線基地局リストを用いてトリップ中に観測された信号が3回連続で基地局リストに含まれる場合に、新幹線利用トリップとして推計する。また、同様の手法を応用して、自動車(高速道路)利用トリップの推計も可能とした。

3. 建設DXの成功に向けた考察

元々は交通とは異なる目的で収集されていた携帯電話基地局の運用データに対して集計・加工することで人の動きを把握できる人流データに変態する。都市交通分野では、人口流動統計がDXの好事例のひとつと言える。いまや数千万もの人がGPS機能付きの携帯電話であるスマートフォンを保有しており、多様かつ莫大なデータが各事業者を集められて、多様なサービ

スの開発や高度化に役立てられている。スマートフォンは通信の運用データやGPS位置データなどを蓄積、都市の生活の中で利用している交通系ICカードは乗降駅・停留所や購買履歴の課金データなどを蓄積し、各事業目的に即して扱われている。このようないわゆるデジタル社会資本のデータの種類は多様化し、蓄積量も増加しているため、解決すべき課題は様々あるものの、組織分野横断的に賢く使っていける仕組みができると、様々な都市問題の解決や産業創出・高度化をもたらすはずである。

さて、ここから「建設DXとは？」を考察する。諸説があるかもしれないが、DXもCALS/EC、情報化施工、BIM・CIMやi-Constructionなど、これまでの情報化と本質的なところが同じであると著者は認識している。すなわち、DXとは賢い道具を賢く使い倒すなど、とにかく合理的に仕事ができる仕組みを作ること、そして、デジタルデータの活用という観点では、長年培われてきた経験知もうまく活かして、他の目的で収集されているデータを加工して組み合わせ取り込んで賢く使うことと理解している。そのDXをどのように進めるか？それは、先例、先入観や固定観念に捕らわれない意識改革が最も重要である。例えば、膨大な紙媒体の資料をスキャンしてデジタル化するようなことは早々に諦めてしまって、紙媒体の資料として代用できそうなデジタルデータを探す。用途を完全に満たす代用品は存在しないという認識の下、60～70点を満たすデジタルデータがあれば代用する。何があるかわからない不安・葛藤があってなかなか踏み込めないことが多いが、これくらい割り切って推進しても大事になるようなことって意外と少ない。つまり、事案によっては“大体・なんとなくでOK”という大らかな方針で取り組むことも一案となる。また、必ずしも道具を導入するだけではなく、自分達の仕事

のプロセスを見直すことや既存の制度の再設計も重要である。

4. おわりに

建設DXという言葉に対してつい構えてしまうかもしれないが、私たちは日常業務に課題認識を持って日々改善活動を続けており、そこにはICTを多用している。この一連の活動そのものがDXの推進である。本稿で紹介した人流データの人口流動統計の取り組みを教訓とするなら、完璧を求めすぎず、ときには60～70点の用途を満足する道具を取り入れる許容力をもつことが重要である。したがって、改めてどのように建設DXに取り組めばよいか？ではなく、我々が日々取り組んでいる改善活動の継続が最も重要なことといえる。

JICMA

《参考文献》

- 1) 国土交通省国土技術政策総合研究所、東京大学、NTTドコモ：携帯電話基地局の運用データに基づく人の移動に関する統計情報の交通計画等への適用に関する共同研究、国土技術政策総合研究所資料、第1015号、2018年
- 2) NTTドコモ：国内最大規模の交通ビッグデータ「人口流動統計」を開発—ドコモ、国総研、東京大学による産官学共同開発—、報道発表資料、2018年
- 3) Imai, R., Ikeda, D., Shingai, H., Nagata, T., Shigetaka, K.: Origin-Destination Trips Generated from Operational Data of a Mobile Network for Urban Transportation Planning, *Journal of Urban Planning and Development*, American Society of Civil Engineers, Vol.147, No.1, 2021.

【筆者紹介】

今井 龍一 (いまい りゅういち)
法政大学
デザイン工学部 都市環境デザイン工学科
教授



AIによる画像解析技術が拓く土木分野の課題解決へのアプローチ

全 邦 釘

近年、ディープラーニングに代表される人工知能技術が急速に発展している。人工知能技術は様々な分野で活用され始めており、その性能も知られつつある。本稿では、ディープラーニングの枠組みにおける画像解析の中心技術である畳み込みニューラルネットワークについて概要を紹介したのち、筆者の研究成果である舗装のひび割れ評価、埋設管探索とそれを活用した埋設管自動回避動作生成、航空写真からの地すべり領域検出といった課題解決事例を通して、実現可能なタスクについての紹介を行う。

キーワード：AI、ディープラーニング、畳み込みニューラルネットワーク、CNN、画像解析

1. はじめに

日本の土木技術の強みは、歴史的に、高度な力学的素養をもとに演繹的なモデル構築を通して錬成された要素技術にある。しかし近年、異常気象やインフラ老朽化の顕在化、環境問題などに代表されるように、土木工学が扱うべき問題が多様化、複雑化しており、従来型の演繹的なアプローチのみでは対応が難しくなってきた。一方で、データ取得のコストは低下し続けており、その現状を踏まえるとデータを活用した帰納的なアプローチの併用は課題解決に寄与すると考えられる。その代表的な手法が人工知能（以下、AI）技術である。AI技術は近年急速に発展してきており、様々な分野において活用がなされはじめている。土木・建設分野でも各種業務へのAI技術の活用について検討が行われており、研究開発が進んでいるもの、あるいは実装まで進んでいるものもある。筆者の専門分野は、橋梁やトンネルなどのインフラ構造物の維持管理であり、同分野内でAIを活用しようとおおよそ2012年頃から先駆的に取り組んできた。その当時と比較して、特に画像解析技術については格段に精度が向上してきた。その基本となったのは、ディープラーニング手法の一つである畳み込みニューラルネットワーク（Convolutional Neural Network, 以下CNN）である。

CNNを含むディープラーニングによる画像解析についての研究は相当程度成熟してきており、的確な問題設定・データセット構築を行えば非常に高い性能を発揮することが知られている。例えばCIFAR-10という60,000枚の画像を10種類に分類しているデータ

セットの解析では、94%程度と言われている人間の精度を複数のモデルは上回っている¹⁾。これらのアルゴリズムはgithub²⁾と呼ばれるソフトウェア開発プラットフォームで入手することが可能であり、そしてこれらを動作させるフレームワークやライブラリも整備されており、情報工学分野での成果を我々他分野の人間が活用することも容易になってきている。また、ディープラーニングによる解析を行う場合にはこれまでは強力な（かつ高価な）GPUサーバを購入する必要があるが、それが一種の障壁となっていたが、現状ではGoogle Colab³⁾のような無料で動かすことの出来るサービスでもかなりのことが出来るようになってきている。さらに、それでは計算能力が不足する場合でもGoogle Colab ProやAmazon Web Services⁴⁾のようなサービスを活用すれば、GPUサーバを購入するよりも安価に計算ができる。そういった背景を踏まえ、本稿では、上記のCNNを中心に、技術の概要を説明した上で、筆者の研究結果の一部を紹介する。CNNで実現可能なタスク自体は明快であるため、本稿に刺激を受けて、手元の課題を解いてみようと思っていたら、そして課題解決になんらかの寄与ができれば幸いである。

2. CNNとは

ディープラーニングを用いて画像データに対する分類などのタスク処理を行う場合は、CNNやその発展的なモデルが上述のように多く用いられる。以下に、CNNの計算過程の概要について述べる。

画像に対するタスク処理を行う際には、画像内のエッジ部分などの特徴を、次式に示すフィルタ処理によって強調・抽出したうえで後続の計算処理に繋げることが有利になるケースが多い⁵⁾。

$$Z(i, j) = \sum_{r,s} I(i+r, j+s) \cdot F(r, s) \tag{1}$$

上式 (1) はグレースケール画像のフィルタ処理の式であり、 $Z(i, j)$ はフィルタリング後の画素値、 $I(i, j)$ は入力画像の画素値、 $F(r, s)$ はフィルタをそれぞれ表している。この式は、図-1のように、小さなサイズのフィルタを、位置をずらしながら入力画像に重ねて積和を取る畳み込み演算を表している。抽出したい特徴や目的に応じてこれまでに様々なフィルタが設計されており、例えば図-1は、二次微分を利用して画像から輪郭を抽出する空間フィルタであるラプラシアンフィルタを表している。また図-2にラプラシアンフィルタを作用させてエッジを検出した結果を示す。

このようなフィルタ処理は効果的であり、数十年前から活用されていたが、どのようなフィルタを利用するか、すなわち画像のどのような特徴を抽出してタスク処理に利用するかは、画像処理の実施者に委ねられていた。そのため従来は、タスク処理において有効と考えられる特徴を、事前知識に基づく考察や試行錯誤によって決定する必要があったが、そのように決定された特徴（すなわちフィルタ処理）が必ずしもタスク

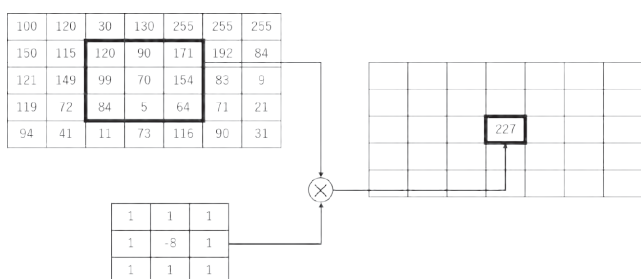


図-1 ラプラシアンフィルタの計算の模式図



図-2 ラプラシアンフィルタ適用によるエッジ検出の例 (左：検出前、右：検出後)

処理上最適であるとは限らないという問題があった。また、複数の特徴を考慮したい場合、複数のフィルタ処理を実行する必要があるが、それぞれの結果にどう重みを設定するかなど、結局人間が決める必要があり、精度・実用性向上のボトルネックとなっていた。

これに対し、CNNは誤差逆伝播法を通じてフィルタの形状を変化させ、与えられたタスク処理に応じたフィルタを自動的に構成することによって、上記の問題を解決したニューラルネットワークモデルである。CNNは、画像に対してフィルタを多数、多重、並列に作用させていく点に特徴がある。また、畳み込み層に加えて出力値のサイズを小さくしながら局所的な特徴を画像全体の特徴へ統合していくプーリング層や、通常のニューラルネットワークと同様の全結合層などを組み合わせてそのネットワーク構造が設計される。その結果として膨大なパラメータ数となり、例えばResNet-152というモデルでは、パラメータ数は6,000万を超える⁶⁾。パラメータ数が少ないモデルでも数百万くらいあることは普通である。このパラメータ群の最適化計算を教師データをもとに行っていくこととなるため、膨大な教師データが必要となり、また強力な計算機能も求められることとなる。

CNNは、タスクに応じた最適なフィルタを上述のように多数構成することで、従来の画像処理プロセスに比較して大きな性能の向上を遂げている。また、上記の計算過程は、画像の持つ重要な特徴を数理的なモデルが自動的に獲得しているとも解釈できることから、CNNは従来の計算モデルとは本質的に異なる意義を有したものとみなされ、その後の様々な画像処理モデルの基礎となっている。

特に基本的な、CNNで実現可能な画像処理タスクとして、「画像分類」、「物体検出」、「セグメンテーション」の3種類がある。画像分類とは、画像に写っている物体のカテゴリを判断して出力するタスク、物体検出とは画像全体の中から検出したい事物の存在範囲を

判断するタスク、セグメンテーションとは画像内の個々の画素が属するカテゴリを画素単位で判別・分類するタスクである。それぞれのタスクの違いを図一3に示す。次章では、これらタスクの事例について、筆者らの研究成果を例に挙げ紹介する。

3. 適用例

(1) アスファルト舗装のひび割れ検出

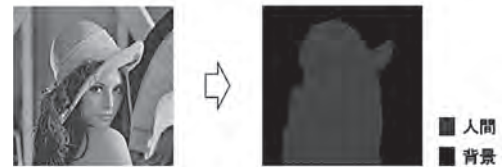
図一3のうち、まず画像分類タスクについて紹介する。筆者らは文献(7)において、車両に設置したカメラで路面を撮影した画像から、図一4のようにアスファルト舗装のひび割れ評価を行った。ひび割れの検出は、ディープラーニング登場以前はしばしば図一2のようなエッジ検出のラプラシアンフィルタなどが用いられていた。しかし、アスファルト舗装の撮影画像には、影、白線、隣接車のタイヤ、マンホール、排水口など様々な被写体が写っており、これらにもエッジは含まれているため、ひび割れのみを検出するという都合のよい解析は非常に難しかった。これらの存在に惑わされずひび割れのみ検出するには、多くのフィルタを適用して統合的に評価する必要があるため、ディープラーニングを活用した解析が必須であ



(a) 画像分類

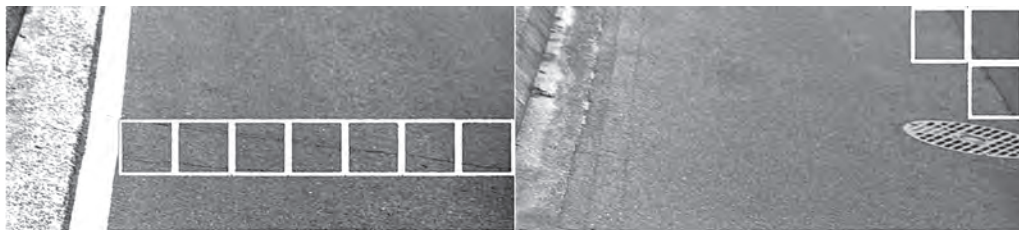


(b) 物体検出



(c) セグメンテーション

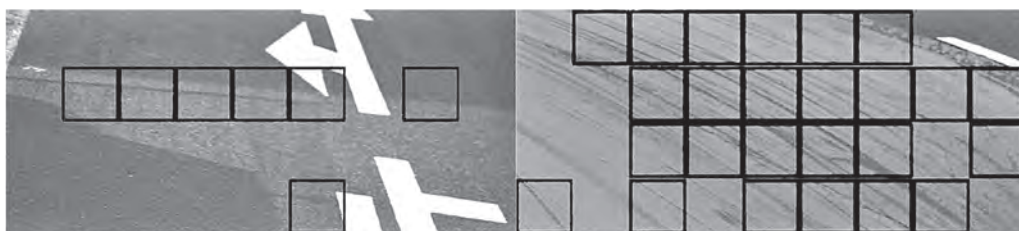
図一3 画像処理におけるタスクの例⁵⁾



(a) 適切に検出できている例



(b) わずかな誤検出を含むが、良好に検出できている例



(c) 適切に検出できていない例

図一4 舗装ひび割れ検出結果例⁷⁾

る。この研究では撮影画像を、 4×9 に分割し、それぞれの分割された画像がひび割れか否かを分類している。図-4において、白色の四角が正解したところ、黒色の四角が不正解だったところである。概ね高い精度が得られたものの、図-4(c)の線状の影のような、学習データにあまり見られず、かつひび割れと誤認しそうなものは誤判定してしまっている。このような誤判定を解消するためには、この画像に類似した学習データを集めることが効果的であり、実際にそのような再学習を行った現在ではこういった誤判定は防ぐことができるようになった。

(2) 地中レーダによる埋設管検出と、掘削時回避動作生成

筆者らは文献(8),(9)などにおいて、地中レーダによる地中構造可視化結果から地下埋設物を高速で検出する手法を構築した。埋設管の長手方向の向きに直角に電磁波の送受信アンテナを移動させながら計測すると、埋設管からの反射波形は双曲線形状を描く。本研究ではその性質を利用して、図-3(b)のような物体検出により双曲線形状を検出するAIを構築し

た。具体的にはYOLOv3¹⁰⁾というモデルを用いている。解析結果を図-5に示すが、適切に検出できている様子がわかる。

また、この解析から得られた埋設管位置情報をデータベースに入力し、そしてそのデータをもとに、自動掘削機能を持つ建設機械が埋設管を回避する動作を生成・実現するシステムを構築した。システムの構成図を図-6に示す。

本研究で構築したシステムは、埋設管の両端の位置と半径、油圧ショベルの位置・姿勢、掘削軌道のパラメータを入力すると、図-7のように埋設管を回避可能な掘削軌道を生成する。なお、地中レーダによる埋設管探査は、その性質上深さ方向には誤差を持つため、適切なマージンを設定する必要があり、図中の灰

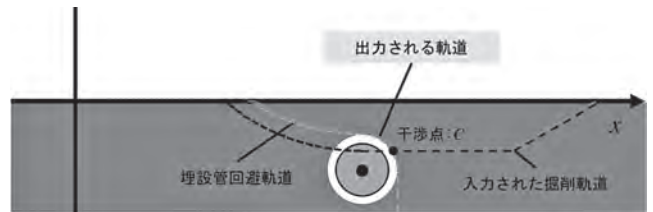


図-7 埋設管を回避する掘削軌道

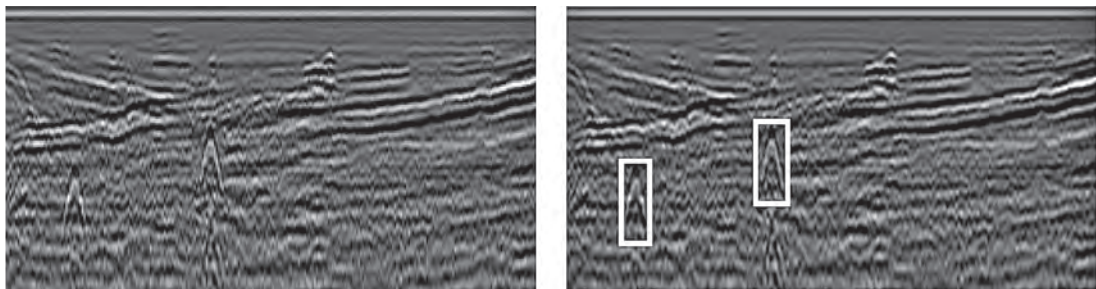


図-5 埋設管からの反射波検出例(左図:解析前,右図:解析後)⁵⁾

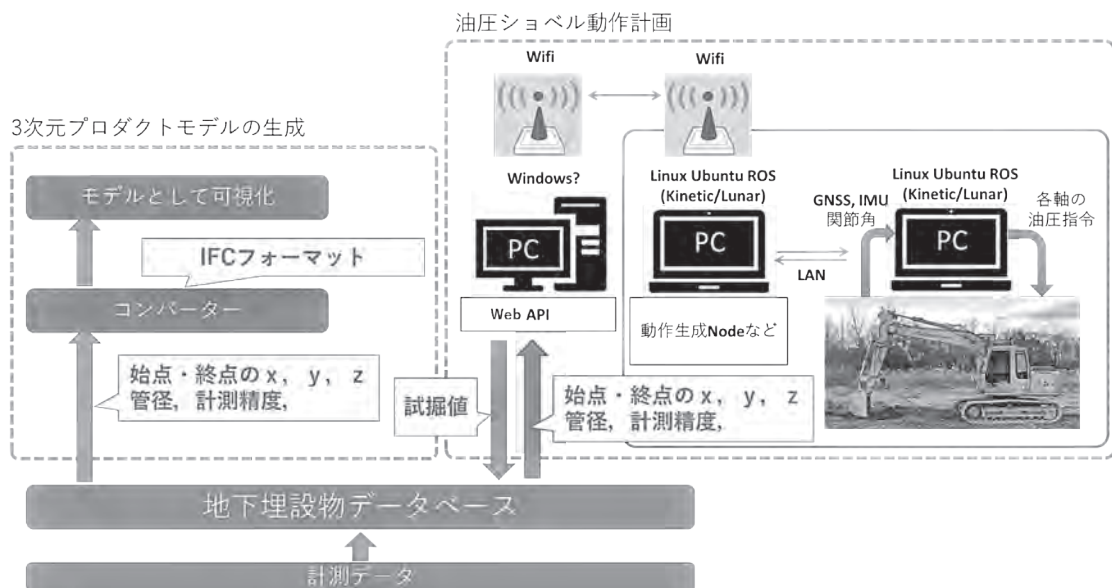


図-6 計測データからの埋設管回避動作生成などを行うシステムの全体像

色の円形で示された埋設管の周辺の白色部分はそのマージンを意味している。

本研究ではさらに、開発した埋設管回避掘削システム全体の有用性を検証することを目的として、土木研究所のフィールドに管を埋め、実証実験を行った。掘削時の様子を図-8の左図に、埋設管の掘削領域の三次元点群を図-8の右図に示す。事前に設定していたマージンは0.225 mであった一方で、図-8左図の回避距離は0.212 mと、非常に精度よく回避できていた。

このように、AIによる検出結果を利用して情報を抽出して、次のプロセスに活かすという方法は、今後まだまだ発展の余地があると考えられる。

(3) 斜面崩壊領域の検出

本節では、航空写真からの斜面崩壊領域の検出事例について紹介する^{11),12)}。問題としては、図-3(c)に示したようなセグメンテーションタスクに相当する。国土地理院は、災害発生後に斜面崩壊領域を測量用航空機や無人航空機により緊急撮影を行い、災害発生直後のオルソ補正(歪み補正)を行った航空写真を公開している。これらの航空写真は各自治体等において、被災状況把握や災害査定に利用されるなど、被災地の復旧・復興業務に役立てられている。しかし、斜面崩壊領域の判読や抽出は、作業者が手作業で行っており、被害状況の迅速な把握のボトルネックとなっている。災害時には、完璧な検出結果が得られなくても、高速に高い精度の結果が自動で得られれば役立つケースは多く、そのような場合AIの活用は有効であることが多い。

本研究ではそういった背景を踏まえ、Mask R-CNN¹³⁾という手法により斜面崩壊領域のセグメンテーションを行った。その結果と正解画像との比較を図-9に示す。白く塗られている部分が検出結果を

意味している。概ね適切に検出できていることがわかる。一番下の写真は適切に検出できていない例であるが、舗装のひび割れ検出の節でも述べたように、AIの場合はこのような学習データが蓄積されれば検出できるようになることが期待される。

4. おわりに

本稿では、CNNの概要の説明をまず行い、そしてCNNの一般的なタスクである画像分類、物体検出、セグメンテーションについて、筆者らの研究成果を例に挙げ紹介した。事例紹介を通して、CNNで実現可能なことが概ね理解していただけたのではないかと期待している。近年は、Vision Transformerと呼ばれる最新画像解析技術が出現していたり、また画像解析以外にも自然言語処理に関しても高性能化してきており、技術の最先端の様相が変化しつつあるが、CNNはいまだに現役であり、かつ少し勉強すれば使える技術でもある。また、近年は計算コストも極めて低下してきているので、興味のある方、データドリブンで解決できそうな課題をお持ちの方は是非試しに使っていただければと考えている。

なお、筆者らは令和2年よりAI・データサイエンスシンポジウムというシンポジウムを開催している。これまで2回開催しており、第1回は500名以上、第2回は800名以上の方に参加していただいている。第3回は今年の11月16日、17日に開催予定であり、様々な事例紹介がなされると思われるので、興味のある方は参加をご検討されたい(<https://committees.jsce.or.jp/struct1002/node/16>)。また、これら論文内容の情報共有、および国際的な発信を考え、オープンアクセスの論文集を発刊し(和文誌名「AI・データサイエンス論文集」、英文誌名「Intelligence, Informatics and Infrastructure」)J-STAGEへ登録している(<https://>

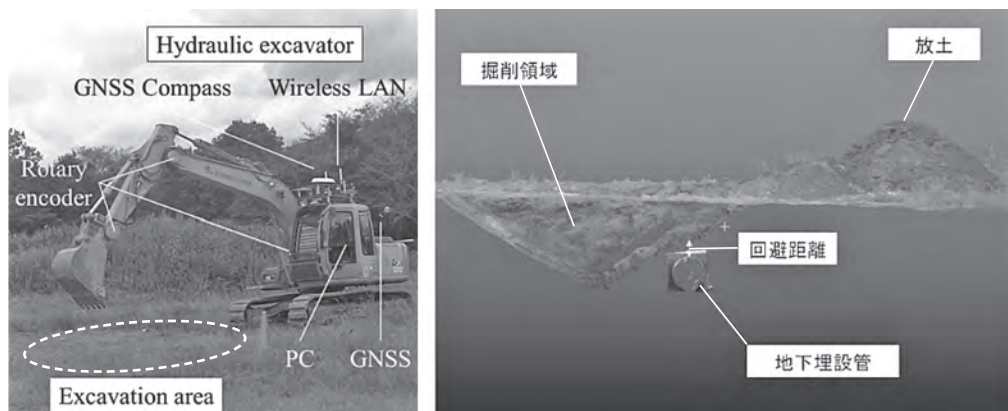
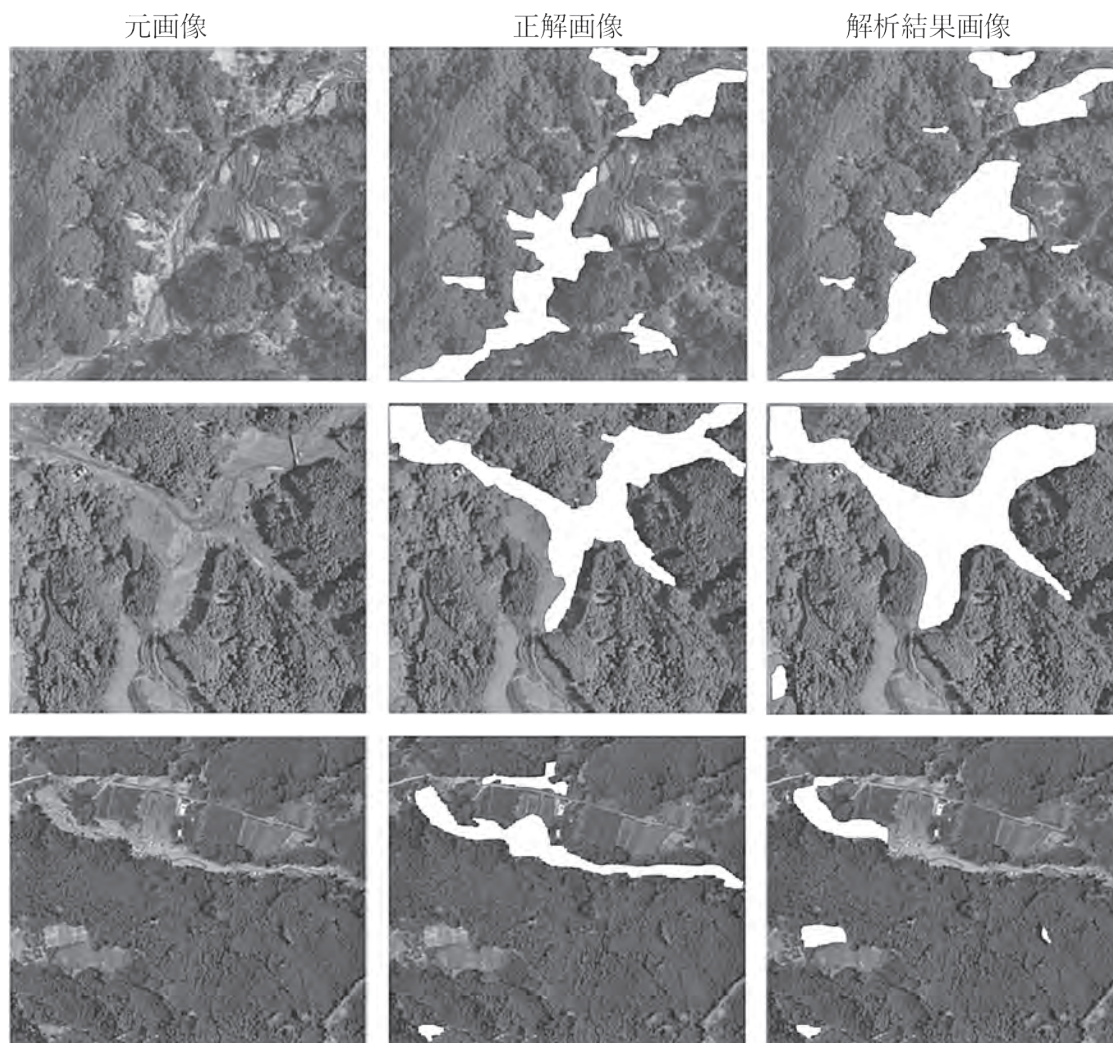


図-8 土木研究所における実証実験とその結果



図—9 斜面崩壊領域の検出結果例^{11),12)}

committees.jsce.or.jp/struct1002/node/16)。これまでに合計約 200 編の論文を掲載しており、多様なアプリケーション・課題を、様々な AI 手法やデータサイエンス手法により解決している事例が多く報告されているため、情報共有にご活用していただくとともに、AI 技術などを活用した課題解決事例をお持ちの読者の方は是非ご投稿いただければ幸いです。



《参考文献》

- 1) <https://www.kaggle.com/c/cifar-10/leaderboard> (閲覧日:2022/4/26)
- 2) <https://github.co.jp/> (閲覧日:2022/4/26)
- 3) <https://colab.research.google.com/?hl=ja> (閲覧日:2022/4/26)
- 4) <https://aws.amazon.com/jp> (閲覧日:2022/4/26)
- 5) 全邦釘・党紀・佐野泰如・杉崎光一・宮本崇・阿部雅人・清水隆史: AI を活用した鋼構造物の腐食損傷の点検・診断の現状及び展望, 防錆管理, Vol. 64, No. 6, pp.193-200, 2020.
- 6) He, K., et al. "Deep residual learning for image recognition." *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*. 2016.
- 7) 全邦釘・井後敦史・南免羅裕治・黒木航汰・大窪和明: 車載カメラにより撮影された舗装画像からのディープラーニングによるひび割れ率

- 評価, 土木学会論文集 E1, Vol. 73, No. 3, pp.I_97-I_105, 2017.
- 8) 鈴木慎人・加藤祐悟・全邦釘: ディープラーニングを用いた地中レーダ探査による埋設管の位置推定, 土木学会論文集 F3, Vol. 77, No. 1, pp.39-48, 2021.
- 9) Yajima, R., et al. "Development of an excavator-avoidance system for buried pipes." *Advanced Robotics* 35, 23 (2021): 1468-1483.
- 10) Redmon, J. and Ali, F. "Yolov3: An incremental improvement." *arXiv preprint arXiv: 1804.02767* (2018).
- 11) 叶井和樹・山根達郎・石黒聡士・全邦釘: Semantic Segmentation を用いた斜面崩壊領域の自動検出, AI・データサイエンス論文集, 1 (J1), pp.421-428, 2020.
- 12) 叶井和樹・久保栞・山根達郎・全邦釘: Mask R-CNN による航空写真からの土砂崩壊地自動検出手法, AI・データサイエンス論文集, Vol. 2, No. J2, pp.223-231, 2021.
- 13) He, K. et al. "Mask R-CNN" *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2017.

【筆者紹介】

全 邦 釘 (ち ょ ん ば ん じ ょ)
 東京大学大学院
 工学系研究科 社会基盤学専攻
 特任准教授



建設業におけるデータを活用した DX への取り組み

統合データプラットフォームを起点としたデータ利活用事例の紹介

関 口 拓 希・江 頭 尚 樹

建設業が直面する働き方改革・生産性向上の課題に対して、データ利活用という観点から、企業データを集約・活用する統合データプラットフォームを構築した。建設現場業務のデジタル化により、施工データの収集が可能となった今、取得したデータをいかに活用し、新しい価値を生み出していくかが重要である。本稿では、統合データプラットフォームの構築に至った背景から、システム概要、今後想定される具体的な利活用イメージを紹介する。

キーワード：データプラットフォーム、生産性向上、データ利活用、DX、デジタルツイン、AI、出来形管理

1. はじめに

建設業界における「技能労働者数の減少」と「労働者の高齢化」が深刻化する中、改正労働基準法適用による労働時間の上限規制が2024年に迫るなど、業界全体に大きな変革が求められている。

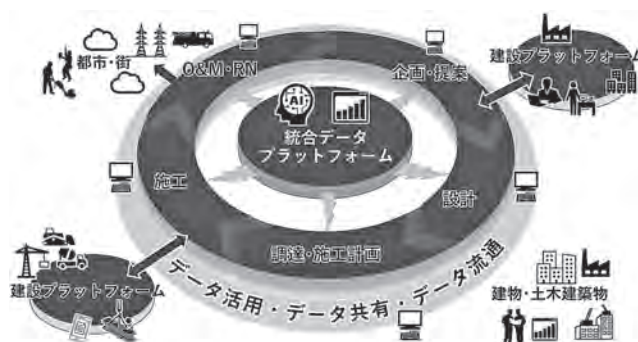
今後予想される深刻な人手不足の解消に向けた「働き方改革」や「生産性向上」は喫緊の課題であり、AI・IoT・ロボティクス・高速通信などのデジタル技術を活用した業務変革への期待は大きい。

このような状況の中、国土交通省は「i-Construction」を掲げ、建設現場におけるICT（情報通信技術）の活用やデジタル化の施策を推進している。

昨今のデジタル技術の発展は著しく、「無人化・自動化施工」、「デジタルツイン」といった技術が建設現場における業務に大きな変化をもたらした。また、業務のデジタル化によって施工データや現場稼働状況をリアルタイムに取得することが可能となり、データ利活用という観点でも大きな可能性が広がった。

「働き方改革」や「生産性向上」の実現にあたっては、ICTを活用した施工や生産プロセスそのものを変革することが重要であるが、こうした取り組みで得られたデータを収集・蓄積・連携し、横断的に活用することにより新たな価値を創造していくこともDX（デジタルトランスフォーメーション）において重要な取り組みである。

本稿では、バリューチェーン全体を横断したデータ共有・データ連携・データ活用を実現する『統合データプラットフォーム』について概要を報告する。統合



図一 統合データプラットフォームの概念図

データプラットフォームの概念を図一に示す。

2. データ利活用における課題

企業内データの利活用における課題は、サイロ化や部分最適化したレガシーシステムによるシステム間連携（データ連携）の阻害であると考えられる。このことは経済産業省が2018年9月に公開した「DXレポート～ITシステム『2025年の崖』の克服とDXの本格的な展開～¹⁾」にも記載があり、レガシーシステムの課題を解決できない企業はデータを活用しながら市場の変化に応じてビジネスモデルを柔軟・迅速に変更できず、競争に敗れることを示唆している。

「システム」や「情報／データ」のサイロ化解消には、全社で部門横断的にデータを活用できるように、システム間が連携して必要なデータを取り出せるデータ基盤が不可欠である。システム面だけでなく、「組織文化」も重要であり、「データは企業の資産である」という

意識・文化を社内に根付かせ、データ流通を促進させることも重要である。デジタル技術の進化によって、膨大なデータを瞬時に収集・蓄積・分析することが可能となった今、これらのデータをどのように連携し、活用していくかがDX推進における競争力のカギである。

3. 統合データプラットフォームの概要

前章、「2. データ利活用における課題」で提起した「システム」および「情報／データ」観点でのサイロ化を解決すべく、バリューチェーン全体を横断したデータ共有・データ連携・データ活用を実現する統合データプラットフォームを構築した。

統合データプラットフォームのアーキテクチャ（構造）は図-2に示すように、「データ管理基盤」と「データ活用基盤」により構成される。

(1) データ管理基盤

様々な形式のデータを収集・蓄積し、業務要件に沿った形に加工・変換を行った上で利用者に必要なデータを提供する機能。

①基幹業務システムから取得される「構造化データ」
 ②建設現場から取得されるIoTセンサ値やメディアファイル（画像／動画）といった「非構造化データ」
 ③国及び地方公共団体が公開する「オープンデータ」
 データ管理基盤上にカテゴリ毎のデータを格納する業務領域を作成し、取得したデータをマッピングしていくことで、最終目標であるバリューチェーン全体でデータが繋がった状態を目指す（図-3）。

例）経理データは業務領域『経理財務』に蓄積

例）BIM/CIMデータは業務領域『設計積算』に蓄積

例）施工データは業務領域『土木』もしくは『建築』に蓄積

次章で建設現場から取得することができる施工データの具体例を示す。

(2) データ活用基盤

企業データの利活用促進を目的としたデータ利用者を支援するための各種機能。

(a) データ利活用ポータル

社内外のデータ活用事例をはじめとするデータ利活用に関する様々な情報を集約し、利用者と統合データプラットフォームのタッチポイントとなるポータルサイト。

(b) データカタログ

データ管理基盤に蓄積されているデータを見える化し、公開することで、利用者の分析対象データの検索

及び収集時間を大幅に削減する。

(c) セルフサービス BI

データ管理基盤に蓄積されているデータを利用者が加工、分析し、レポートやダッシュボードに可視化できる BI ツール

「データ管理基盤」と「データ活用基盤」の両者が機能することで、ネットワーク効果が働き、企業データの利活用促進が期待できる。

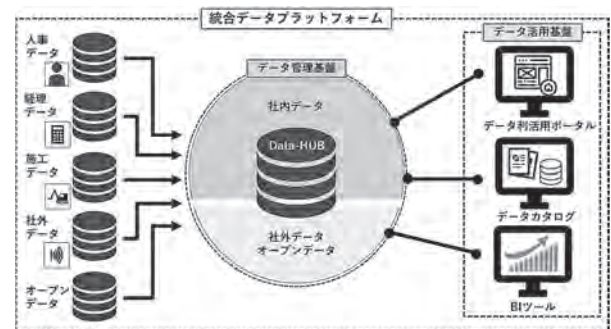


図-2 統合データプラットフォームのアーキテクチャ

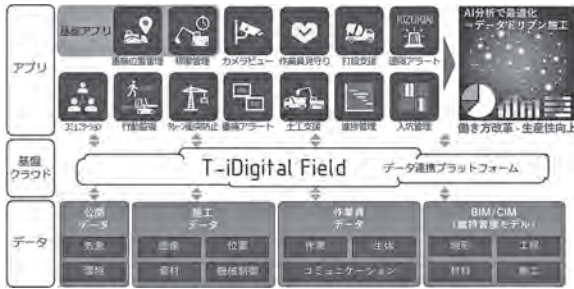


図-3 統合データプラットフォームのデータ連携イメージ

4. 現場管理システム T-iDigital® Fieldの概要^{2), 3)}

T-iDigital Field（以下、本システムという）はCPS（Cyber-Physical Systems）の概念に基づくシステム開発手法を用いて現場内に構築したネットワークを活用してクラウド上にデータを収集、統合することでデジタルツインを形成する。さらにデジタルツインを活用したデータの分析、可視化を実現することでPCやタブレット端末のディスプレイ上で時間、場所を問わず、リアルタイムのデジタル現場が閲覧可能となる。また、データから得られた情報をもとに問題点の事前発見、解決を支援することで、ミス・ロス・無駄を防ぎ、安全性の向上、生産性向上を実現させる。このように、本システムは現場内の映像、各種IoTデータを集積するだけでなく、リアルタイムで現場をデジタル化することにより、施工管理における管理項目（安全・品質・工程・環境）の的確な判断を支援するとともに、現場と人をデジタルで繋ぐデジタルツインを構

築可能とするシステムである（図—4）。本システムを活用した具体例を以下に示す。

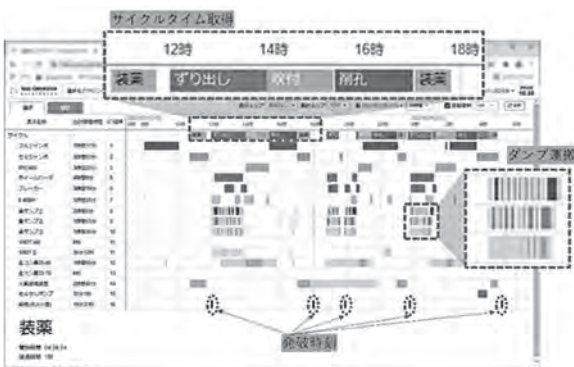


図—4 本システムの概念図

(1) 位置情報と重機稼働データを用いた進捗管理モニタリングシステム

NATM 工法における切羽の主要機械の位置と稼働データから切羽での作業を読みとり、サイクルタイムを自動取得するアルゴリズムを実装した（図—5）。

建設業では毎日の繰り返し作業において構造物が構築されていく工種は多数存在する。その中でも NATM 工法では切羽での各作業工程にかかる所要時間（サイクルタイム）の確認、記録は生産性向上を目指すうえで重要な管理項目の一つである。作業工程にかかる時間を把握することで、計画に対してのロスの発生源の抽出、無駄の削減へ向けた項目の洗い出しなどが可能となる。従来は紙で記録するのが一般的であるが、全てのサイクルタイムを正確に記録するのは困難であった。また、取得情報として切羽サイクルタイム以外に、ずり出しダンプの詳細な運搬回数や発破を検知するセンサからの発破時刻データも併せて取得した。このアプリケーションによりリアルタイムな作業状況の把握と共に、日々のサイクルタイムの状況や作業ごとのロス時間も見える化され、確認が容易になる。見える化されたサイクルタイムからロスにかかる作業の対策を検討、指示・是正等、迅速に対応可能となり、生産性を向上させることができる。



図—5 進捗管理モニタリングシステム

(2) 生体データを活用した作業員見守りシステム

作業員の心拍を監視し、生体データのモニタリングから、体調不良などを常時判断して早期発見する作業員見守りシステムを開発した（図—6）。建設業は、全産業の中で仕事に熱中症により命を落としてしまうことが多い傾向にある。また、作業中の私病発生により命を落とす事例も見受けられる。体の急激な変化だけでなく、小さな変化も傾向として監視することで、作業員の体調異変に対する素早い対応やこれらを起因とする事故等の労働災害を未然に防止することが可能となる。また、労働災害時の傾向を分析することで、労働災害防止の指標にすることや労働環境を変革する情報にもなり得る。



図—6 作業所見守りシステム画面

5. 統合データプラットフォームの利活用イメージ

統合データプラットフォームにより、企業内に散在するデータが組織横断で繋がることで、組織や分野を超えたデータ連携・分析が可能となり、これまでの分析では発見できなかった「新たな価値」を創出することが期待できる。以下に、想定される具体的な利活用イメージを記載する。

(1) 施工に関するデータ×工程に関するデータ×経理に関するデータ

『出来形による工程進捗管理とリスク管理』

施工に関するデータ（センサ値、位置情報、定点カメラからの画像／動画）に工程に関するデータ（工程表）を組み合わせることで、取得した出来形を瞬時に工程表へ反映し、工事目的物に対する現時点の工程進捗を確認することができる。さらに経理データ（出来高請求）を組み合わせることで、出来高請求内訳が出来形数量と一致しているかを確認することができ、過剰請求や請求漏れといったリスクを防止することができる。イメージを図—7に示す。



図-7 出来形による工程進捗管理とリスク管理

(2) 過去の事故災害に関するデータ×工程に関するデータ×気象情報に関するデータ

『発生リスクの高い事故災害の自動提案・注意喚起』

蓄積された過去の事故災害に関するデータ（作業内容、気象情報、使用機械、作業員の生体データ等）から事故災害発生時の特徴（パターン）を導き出し、機械学習モデルとして学習させる。作成した機械学習モデルが工程表から読み取った作業内容とその日の気象情報（温度、湿度、風速）から安全上注意すべきポイントをフィードバック、さらに生体データを組み合わせることで作業員毎に注意喚起を行うことが可能となる。イメージを図-8に示す。



図-8 発生リスクの高い事故災害の自動提案・注意喚起

(3) 竣工物件情報に関するデータ×設計に関するデータ×調達に関するデータ

『過去物件情報に基づく超概算見積の算出』

竣工物件情報に関するデータ（法定延面積、階数、構造種別、工事原価など）に設計に関するデータ（材料、素材など）を組み合わせたデータを学習データとし、工事原価を予測するモデルを作成することで、建物条件に応じた超概算見積の算出およびシミュレーションを行うことが可能となる。さらに、調達に関するデータ（建設資材の物価変動）やオープンデータ（ボーリングデータ）を組み合わせたモデルとすることで、経済動向や施工場所の地盤状況を考慮した、より精度の高い予測を行うことが可能となる。イメージを図-9に示す。

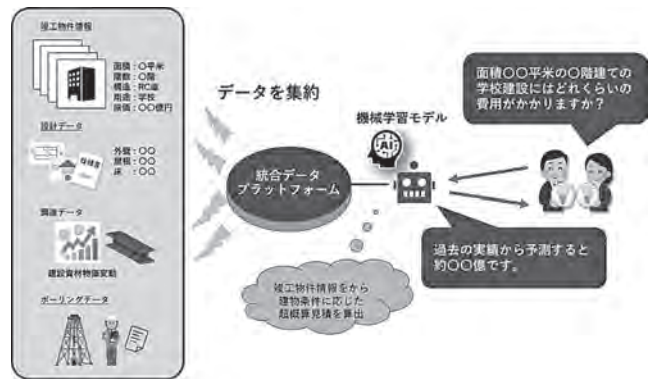


図-9 過去物件情報に基づく超概算見積の算出

6. おわりに

本稿で報告した統合データプラットフォームを起点とした企業データの利活用に向けた取組みは、いずれもまだ発展途上のものであり、今後データ収集・活用範囲が広がっていくことで更なる効果を発揮できるものと考えている。

デジタル技術の更なる進化に伴い、今後より一層、膨大且つ多種多様なデータを取得できるようになるであろう。

統合データプラットフォームにおいても、時代の変化に適応していくための機能拡張と連携データ拡充を繰り返し、データ利活用という観点から『建設業におけるDX』をさらに深化・発展させていきたい。

JCMIA

【参考文献】

- 1) 経済産業省, DX レポート ~ IT システム「2025年の崖」克服とDXの本格的な展開~, 2018年
- 2) 「データ利活用型現場管理システムによる生産性向上効果の検証」, ダム工学会, 2021年9月
- 3) 「T iDigital Fieldで進めるモノづくり現場に点在するヒト・モノ・コトを連携」, 建設機械施工, 2021年1月

【筆者紹介】



関口 拓希 (せきぐち ひろき)
大成建設
社長室 情報企画部 デジタル推進室
主任



江頭 尚樹 (えとう なおき)
大成建設
社長室 情報企画部 デジタル推進室
係員

建設 DX 実現にむけた具体的な取組み事例

内 藤 陽

社会的背景を受け、建築生産における生産性向上、省人化、省力化の実現は建設業界における喫緊の課題となっている。課題解決の手段としてデジタル情報、情報化技術を活用した業務の変革「建設DX」の実現を目指して、建築生産の施工フェーズにおける建設DX実現に向けた取組みの中から、2つの具体的な事例を紹介する。

キーワード：建設DX、墨出し、生産性向上、省人化、WLB、BIMとロボット連携

1. はじめに

建設業界では建設技能者不足と熟練工の高齢化が深刻化しており、作業所における省人化・省力化に加え、2024年4月には時間外労働の上限規制への対応、生産人員確保のための新規入職者確保に向けて、抜本的な生産性向上と働き方改革が喫緊の課題となっている。竹中工務店では、作業所のデジタル技術の活用により次世代の建設現場を目指して、BIMによるフロントローディングやデジタルファブリケーション、そしてロボットやIoTなどの先端技術の開発・活用に取組んでいる。

作業所におけるデジタル施工技術はBIMデータや施工空間の各種データを活用し、施工現場でのデータ連携による取付や自動計測から、今後はBIMデータを活用した施工管理、ロボットの自律走行等へ適用範囲は広がっていくと思われる。

2. ロボット・機械開発方針

竹中工務店では、1990年代、他社と競い合い、様々なロボット・機械を開発した。しかし、当時開発されたロボット・機械で現在活用されているものは一台もなく、その原因を分析すると、当時のロボット・機械は、非常に高機能である一方、操作が難しく、加えて、本体が大きく重たいものが大半であった。そのため、作業所にロボット・機械を設置するための前段取りが新たに発生してしまい、トータルでの生産性向上につながらず、加えてロボット・機械は非常に高価であり、コストの高さも普及展開を妨げてしまった要因と考え

る。この点を反省し、現在のロボット・機械開発では、人の作業をロボット・機械に置き換えるのではなく、ロボット・機械は道具であり、あくまでも「人の作業をサポートするもの」という考えをベースに、竹中工務店では、以下4つの開発方針を立て、開発を進めている。

- ①管理者目線ではなく、作業員ファースト
- ②コストは安く、シンプルな機能で簡単な操作
- ③軽くて、コンパクト、設置・移動が容易であること
- ④業界の技術連携により、自社の中だけでなく、社外に対してロボット技術の普及を進める。

本稿では、上記開発方針の下、開発を進めている「墨出しロボットシステム」と「ボード加工ロボット」の取組み事例を紹介をする。

3. 建設DX実現に向けた具体的な取組み事例

(1) 墨出しロボットシステムにおけるデジタルデータ活用

(a) 開発の背景

建築生産は主に躯体の構築、部材や設備機器の取付けといった主作業と、墨出し、部材・資材の運搬、廃材処理、清掃といった主作業の準備や後処理に相当する付帯作業に分類される。壁や設備機器などの取り付け位置を示すために実施する墨出し作業は、特定の職種に限定的な作業ではなく、多くの職種にとって必要不可欠な作業である。様々な職種に共通する墨出し作業を自動化するローコストで使い易いロボットを開発することができれば、ロボットの導入による波及効果は極めて大きく、付帯作業を自動化し、主作業へ充て

る時間を長くすることで、作業所における作業員の生産性の向上を目指し、墨出し作業を自動化するロボットシステムの開発を進めている。

(b) ロボット概要

開発したシステムは、写真-1に示す三次元レーザ測量機と墨出しロボットから構成される。

現場への搬送や現場内での移動が容易なように小型・軽量の機体（730×450×320 mm、約 20 kg）とし、三次元レーザ測量機は任意の方向に測距レーザを照射し、測距対象物までの距離を計測することができるため墨出しロボットの精密位置計測に利用している。

一方、墨出しロボットは、キャスター付き独立二輪駆動型の移動台車プラットフォームに、ペンプロッタを備えており、墨出し位置まで移動した後、静止し、床面に図形や文字を描画することができる（写真-2）。そのためペンプロッタの寸法の制約上描画範囲が200 mm×200 mm程度に限られる。

(c) システムの運用フロー

本システムを用いて作業する際のフローを図-1に示す。作業開始前の準備には、「図面作成者による墨出しロボット用作業データ作成」と「現場オペレータによる作業設定」の2種類がある。

① 図面作成者による作業

墨出し技能工による従来の墨出し作業では、紙出力



写真-1 墨出しロボットシステムの構成



写真-2 ペンプロッタによる墨出し（外装カバー無）

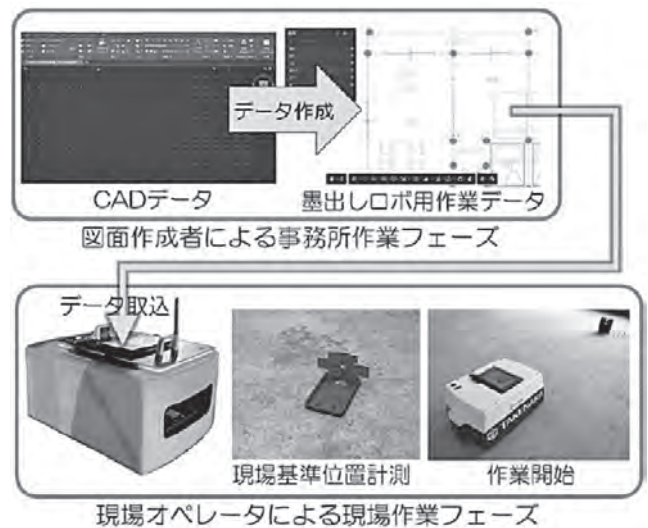


図-1 運用フロー

した平面詳細図等の図面に記載されている様々な情報から施工上必要な情報を取捨選択して現場に墨出しする。一方ロボットは、墨出しに必要な情報を自身で選別することができない。そのためユーザがロボットのために墨出しロボット用の作業データ（以下、墨出し図と呼ぶ）を作成しなければならない。ロボットを使うためにこの作業に手間がかかっているのは本末転倒である。そこで、この作業手間を極力軽減する墨出し図作成用のアプリを開発している。

本アプリは Web ベースのアプリである。Web アプリ化することで、ユーザへのアプリ配布が容易、ユーザの端末環境への依存度が小さい、アップデートが容易といったメリットがある。

図-2にアプリの利用イメージを示す。ユーザは、建設ロボットプラットフォーム3)にログインする。これは作業所で働くロボットを、クラウド上で一括管理するために当社で開発を進めているプラットフォームである。ログイン後、図面データ（dxf, dwg）をプラットフォームにアップロードする。墨出し図の作成手順を下記に示す。

イ) 墨出し図作成アプリの起動

アップロードした図面データを選択すると墨出し図作成アプリを起動する。



図-2 墨出し図作成アプリの利用イメージ

ロ) 通り芯設定

アップロードした図面から通り芯を設定する。通り芯情報は、墨出し図と現場の位置合わせを行うために必須の情報である。

ハ) 墨出し対象の選択

アプリ上で、適宜レイヤを選択し、墨出しを行う対象を選択する。直線、ポリライン、スプライン、円、楕円、円弧、楕円弧、テキストが墨出し可能となっている。

ニ) 墨出しロボット用のデータ変換

前章で述べた通り、本システムは描画範囲が200 mm×200 mm 程度に限られる。一方で建築墨出しにおいては、長い線を墨出しするケースも多い。そこで本アプリにおいては、選択したオブジェクトを墨出しロボットが描ける長さ分割する。すなわち直線は破線、曲線は曲線に接する接線の破線に変換する(図-3)。破線長は一定長さ以下の範囲、破線間隔は任意に変更できる。

以上のように、平面詳細図等の図面を活用して、墨出し図を作成することができる。墨出しをすべき情報とそうでない情報が同一レイヤにあると、それらを選別する手間が大きくなる。墨出しロボットを使うことを想定したレイヤ構成としておくことで、この手間を大きく削減することができる。

②図面作成上の注意点

図面作成者は、墨出し技能工ではなく、ロボットが墨出しをすることを意識して図面を作成する必要がある。具体的な2つの例を紹介する。

イ) テキストサイズ

図面作成者は、部材の型名、寸法、取付高さ等の情報を図面上に記載する。墨出しロボットの場合、墨出し図上のサイズのまま床面に描画する。図面作成者は、これを考慮してテキストサイズを設定する必要がある。

ロ) 線の重なりや隅角部を形成する線同士の接続

図面によっては、同一線上に何本も線が重なっていたり、隅角部を形成する2つの線が重なっていないことがある。ロボットにとっては、重なっている線は、複数の別の線となるため、何度も同じ線を現場に描画してしまう。同一線上で重なっているオブジェクトを同一オブジェクトとして合

成したり、隅角部で接続されていない線同士をつなげる等のデータのクレンジングが必要となる。

③現場オペレータによる作業設定

前節の手順に従って作成した墨出し図を墨出しロボットに搭載されているコンピュータにコピーし、作業を行う前の設定を行う。下記の手順に従って設定した後、作業を開始する。搭載コンピュータにインストールされている墨出しロボット操作アプリ上で設定する。

イ) 作業エリアと墨出し図の位置合わせ

作業エリアの任意の場所に三次元測量機を配置し、二つ以上の座標が既知の基準点に置いたターゲットまでの距離と角度を測定することで位置合わせする。基準点としては、親墨の交点が適切である。

ロ) 障害物の設定

作業エリアの仮置き部材・資材、床配管、開口等により墨出しロボットが走行できない範囲を設定する。

ハ) 作業経路の作成

作業エリアに点在する墨出し箇所に対して、作業効率が高くなるような墨出し作業経路を自動計算する。(b)で設定した障害物を回避する作業経路となる。

(d) 今後の展開

精度に関して、墨出しの精度は現場の床面の不陸、基準位置の正確さの影響を受ける。各現場における平均値を記載しているが、1 mm~5 mm となっている。何のための墨出しであるかによって求められる精度は異なるが、概ね実用的な精度であると評価されている。今後はレンタル会社と協業し、2022年内のサービス開始を目指し、さらなる利便性向上のための開発を実施している。今後、施工時BIMが更に普及し、床スリーブ位置や工事の仮設計画等が反映されると、墨出し図作成段階からこれらをロボットが走行不可なエリアとして設定し、現場作業時にこれらを回避できる等、施工用ロボット制御の観点からもBIMへの期待は極めて大きい。

現在、ロボット製造会社、建設機械のレンタル会社と共同で墨出しロボットシステムの商用機を開発中である。できるだけ早期に商品化し、普及を促進させ、建築生産性向上に貢献していきたい。

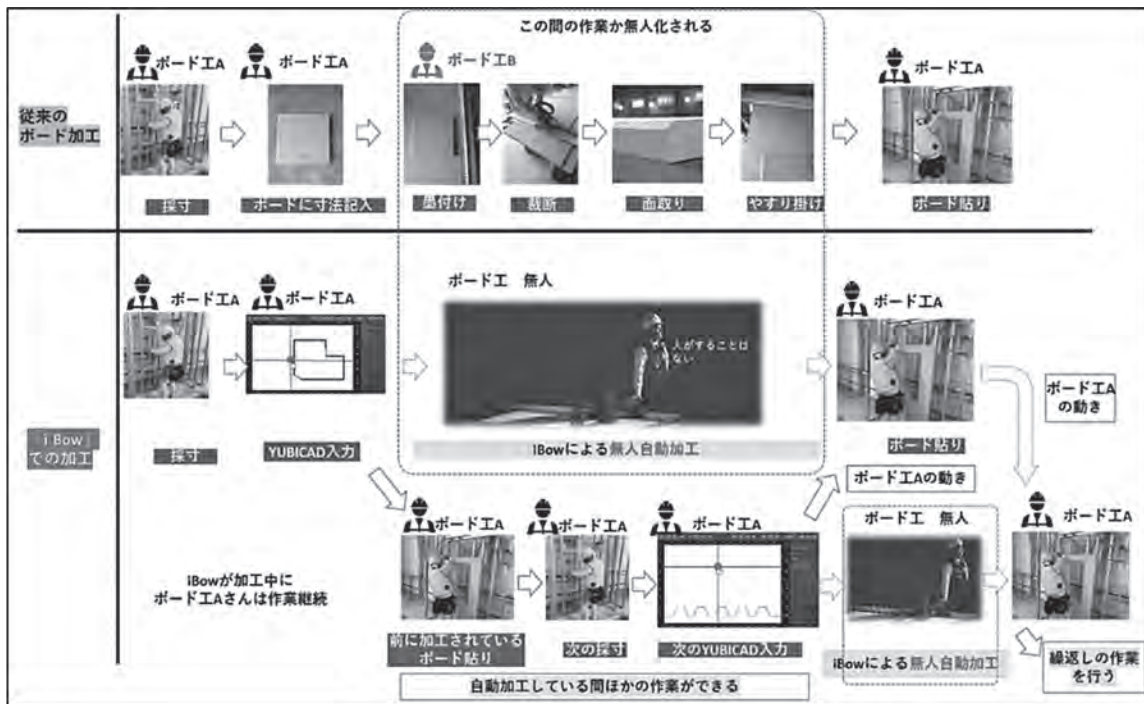
(2) ボード加工ロボット

(a) 開発の背景

建築作業従事者の減少や建設業界入職者の減少により作業員が逼迫している中、ボード貼り作業は熟練の



図-3 破線への変換



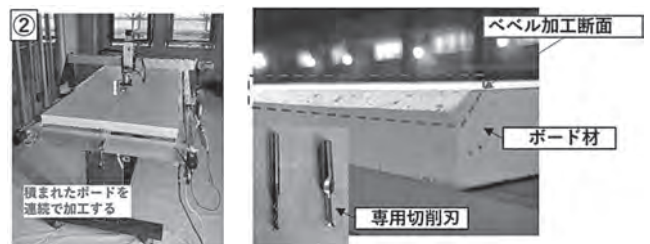
図一四 「i-Bow」導入時の加工フロー

作業員が、現地採寸、ボードへの墨付け、手作業によるボード加工切断、貼り付けを二人一組で行っており、建築仕上げ材（ボード）施工の場合、約70%近くが定尺材料からの断裁加工が発生する為、ボード加工作業の省人化、省力化を実現できる技術のニーズが高まっており、生産性向上・品質向上を目的として建築内装仕上げ材加工ロボット「i-Bow」（以下、ボード加工ロボットという）を（株）爽美、（株）アクティオ、（株）カナモト、朝日機材（株）、Avalon Tech（株）と共同開発した。

これは現地採寸した情報をスマートフォン、タブレット端末で専用アプリから入力することで、面倒なボードへの墨付け作業を省き、自動でボードの加工が可能なロボットである。

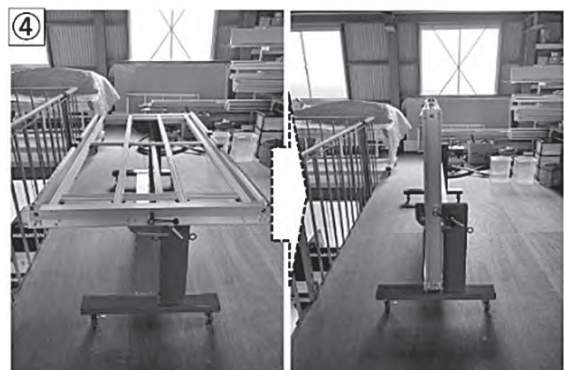


図一五

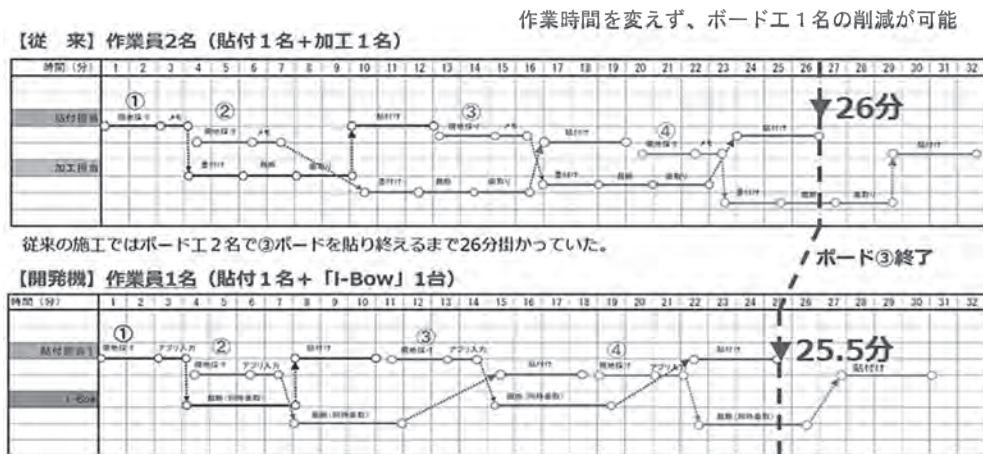


図一六

- (b) ボード加工ロボットの機能紹介
- ①専用アプリにて直感的に寸法入力、複雑な形状のボードも自動で加工。複雑な形状（曲線、H鋼型、階段型など）でも、専用アプリケーションで簡単に採寸情報を入力することで加工可能（図一五）。
 - ②ボード材の連続加工で迅速化
積み重ねられたボードを一番上から順次加工を行う。また、面取り（ベベル）も断裁と同時に進める切削刃を開発し、採用している（図一六）。
 - ③1台のボード加工ロボットに複数の端末からwifiで同時接続し順次ボード加工が可能。作図した加工形状は離れた場所からでもwifiでボード加工ロボット本体に送信可能さらに、複数のボード工の端末からの指示を受信することが可能。



図一七



図一8 「I-Bow」導入効果

④作業環境を選ばない軽量コンパクト設計

天台を90°回転することで有効幅を縮小することが可能（800 mmの間口も通過することが可能）（図一7）。

(c) ロボット導入効果

ボード加工ロボットを使うことで 作業時間を変えずに、ボード加工を行う作業員を減らせることが実証できた（図一8）。

(d) 今後の展開

実作業所における、省人化につながる実証でき、ロボットを利用する「ボード施工会社」の評価も高い。現在、ソフト部分の改良と合わせて、販売・メンテナンス体制構築の準備を進めている。

体制が整い次第、増産・販売展開を進める予定である。

4. おわりに

本誌では、生産フェーズにおける「建設DX」を目指した、取組み事例を2件紹介した。

「建設DX」の本来の意味するところは、デジタル・情報化技術を活用して、業務のあり方を変えることに

あり、ロボットの開発はあくまでも手段にすぎない。ご紹介したロボットは、2足歩行ロボットのような華やかさはなく、機能もシンプルで単機能ではあるが、作業所で使いやすいもの、作業をする人に求められるものを目指して開発を進めている。手段が目的となってしまうまいよう、今後も新しいチャレンジを続け、建設業界の課題解決と魅力向上に向けて尽力していく。

墨出しロボットについては、RXコンソーシアムの分科会活動として、幅広い展開によるコストダウンを目指している。帰宅前に墨出しロボットのスイッチを入れ、夜中の間に墨出し作業が完了し、朝来ると必要な墨出しが完了している。そのような生産現場を実現させたい。

JICMA

【筆者紹介】

内藤 陽（ないとう あきら）
 ㈱竹中工務店
 生産本部 生産企画部



スマート生産モデル現場における施工実績と今後の展開

川上 裕司

2018年度に「鹿島スマート生産ビジョン」を策定した。その中において「就業者不足への対応」「働き方改革」を主軸においた重点施策の一つとして「生産性の向上」を掲げ、最先端技術を活用した建築生産システムの構築を進めている。このビジョン実現のモデル現場として、BIMを基軸とした最先端ICTや各種ロボットの実証及び現場管理手法の革新を目指した。本報では、現場として取り組んだ内容・成果・今後の課題・展望について報告する。

キーワード：スマート生産、BIM活用、ロボット、デジタル化、遠隔管理

1. はじめに

昨今建設業において、若年入職者の減少や技能労働者の高齢化に伴う就業者不足への対応、2024年に法施行される残業時間の上限規制に対応した働き方改革は喫緊の課題となっている。このような課題に対し、「生産性向上」をテーマとした「スマート生産ビジョン」を重点施策として掲げ、最先端技術を活用した建築生産システムの構築を進めている。

このような背景の下、BIMを基軸とした先端ICT活用や各種ロボットの実証、及び現場管理手法の革新を推進し、現場のDX（デジタルトランスフォーメーション）を目指して様々な取り組みを行った。本報は、スマート生産推進現場における「生産性向上」に焦点を当てた各種取り組み・成果・課題・今後の展望について報告する。

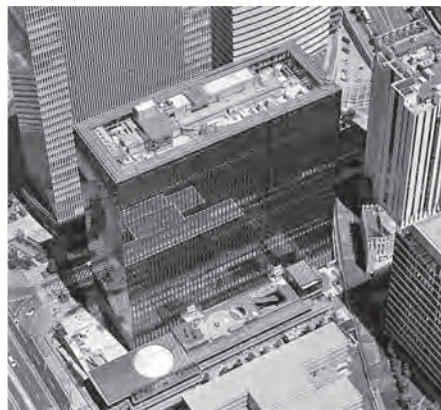


写真-1 現場全景写真

2. 工事概要

工事現場は横浜みなとみらい地区の中において、最も横浜駅に近い至便な場所に位置している（図-1）。

プロジェクトは当該立地に相応しい洗練と格調を備えたオフィス、シンボリックな球体のプラネタリウム、及びテラスモール型商業空間により構成される超高層大規模複合ビルである。敷地内に地下鉄みなとみらい線が横断しており、現場西側には首都高速道路、南側には小学校があり、周辺施設への十分な配慮を求められた。以下に工事概要を示す（図-2, 3）。

工事名称：（仮称）横濱ゲートタワープロジェクト建

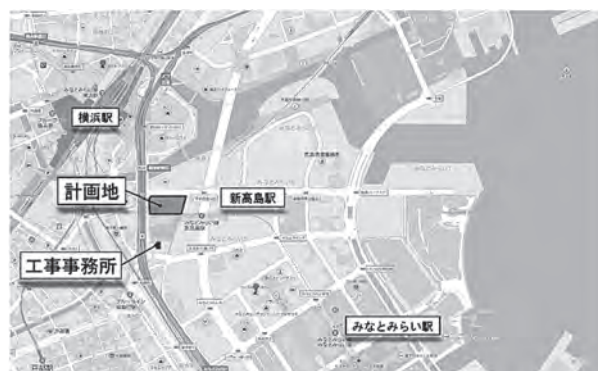


図-1 敷地周辺図

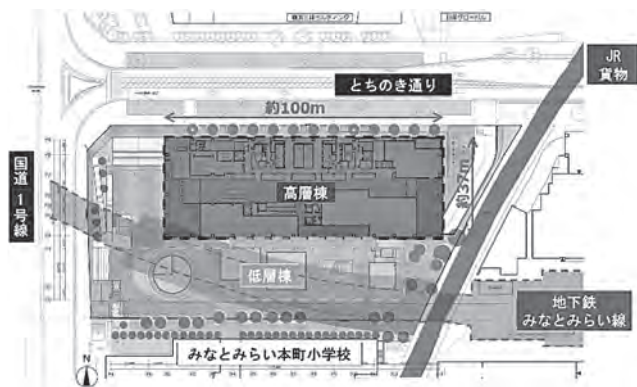
設工事

所在地：神奈川県横浜市西区高島一丁目2-50

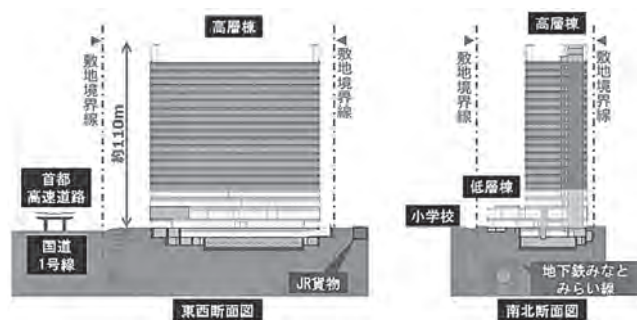
発注者：鹿島建設(株)、住友生命保険相互会社、三井住友海上火災保険(株)

設計・施工：鹿島建設(株)

工期：2019年4月1日～2021年10月14日



図一 2 現場配置平面図



図一 3 現場配置断面図

用 途：オフィス、にぎわい商業施設

敷地面積：9,308.92 m²

建築面積：6,153.08 m²

延床面積：83,753.42 m²

最高高さ：109.599 m

階 数：地下1階，地上21階 塔屋1階

構 造：地下SRC造，地上S造(CFT)，制震構造，
現場造成杭

3. 取り組み概要

スマート生産ビジョンの目的は、建設業における就業者不足や働き方改革といった課題に対して、デジタル技術により解決を目指すものである。本ビジョンの3つのコンセプトとそれぞれの現場の取り組み概要を示す(図一4)。

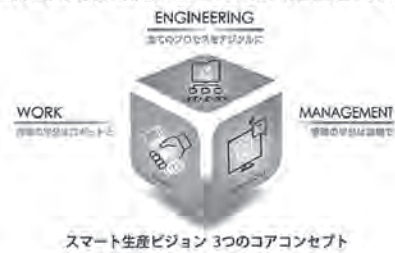
(1) 「作業の半分はロボットと」

危険・連続・補助作業はロボットに任せて、人との協働体制を目指す。

汎用可搬型溶接ロボット，耐火被覆吹付ロボット，コンクリート押さえロボットなどを使用して省人化・業務の効率化を図るため現場実証を行った。

鹿島スマート生産

各種ロボットの活用と現場管理手法の革新により、生産性の向上とより魅力的な建築生産プロセスの実現を目指します。



図一 4 スマート生産 3つのコンセプト

(2) 「管理の半分は遠隔で」

監視・目視・数量把握等はセンサーを利用して、三現主義の質を高める。

スマート工事事務所に設置した7台のモニターにおいて現場内モニタリングシステム，3D K-Field，バイタルセンサー，入退場管理システムなどを常に監視可能とした。また，所員全員に配布したiPadを活用し，搬出入管理システム，杭・土工事出来高管理システムなどをいつでも確認可能とすることで，効率的な現場管理を実現した。さらに，コロナ禍において非常に有用である遠隔製品検査やスマート朝礼システムも採用した。

(3) 「すべてのプロセスをデジタルに」

設計検討から調整，合意，進捗管理，保守運用までを，デジタルを駆使した効率化とデジタル情報の蓄積により最適化を目指す。

図面の3D化だけでなく，ARシステム，コンクリート打設管理システム，3次元表示リアルタイム現場管理システム(3D K-Field)，進捗管理システムなど様々な場面においてBIMを活用し，デジタルの活用により効率化を図った。

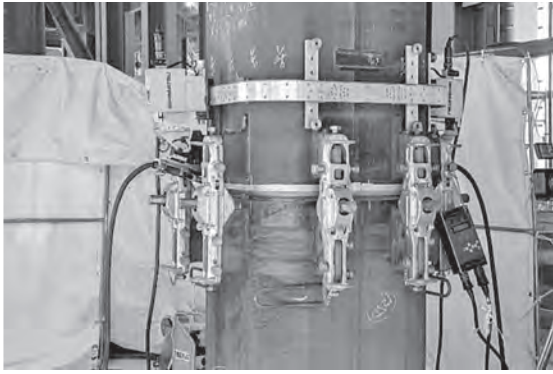
以上の観点から，本社や支店と連携し現場独自の視点や工夫を付加して，積極的に「生産性向上」を意識した取り組みを実施した。以下に組み込んだスマート生産の活動メニューを紹介する。

4. 詳細実施内容と評価

実施した全43項目のメニューの中から代表とする取り組みについて紹介する。

(1) 汎用可搬型溶接ロボット(石松)

スマート生産の本格的な導入を初めて行った「伏見ビル」の現場において試験的に鉄骨梁の溶接に使用し



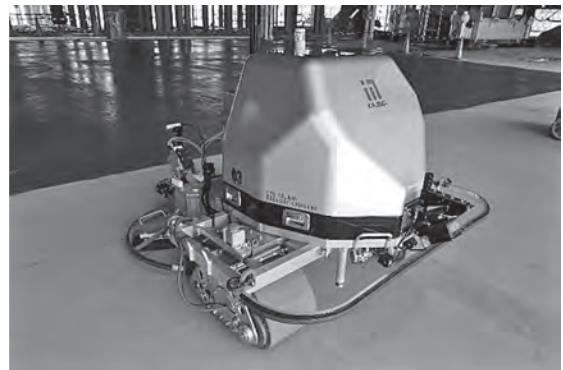
写真一2 溶接ロボット設置状況



写真一4 耐火被覆取付ロボット



写真一3 溶接ロボット 施工状況



写真一5 コンクリート押さえロボット

た鉄骨溶接ロボットを、高層棟1～4節の鉄骨柱ジョイント部の溶接に使用した。専用レールを鉄骨柱に取り付け、1本の柱に対して2台のロボットを用いて施工した（写真一2）。溶接作業そのものは全自動に行うが、レールやロボットの設置・盛替え、溶接条件の設定や品質管理においては、専用の資格を持ったオペレータと相番者を必須とした（写真一3）。

溶接ロボットを採用するメリットは、作業に必要な資格を取得する難易度が低いこと、品質を確保するために必要な経験年数が少ないこと、品質管理が容易である（入熱量を可視化するため）ことが考えられる。熟練溶接工の確保が難航する中、ロボットを導入することにより同等の品質を確保できるということは、今後の人手不足を補う大きな一歩である。

現状は1ヵ所の溶接に対して、専属オペレータを1人担当させて溶接に不具合は無いかな監視しながら作業を行い、機械の盛替えなども全て行っている。レールの設置、盛替えなど資格不要な作業は別の人員によって行い、専属の有資格者1人によって数か所の溶接を管理出来るようになると出来高は更に上がるため、より効率的な運用を可能とする。

(2) 耐火被覆吹付ロボット

耐火被覆吹付ロボットを外装上部の特殊部位の吹付

けに実験的に採用した（写真一4）。従来は鉄骨梁のみ吹付け可能であったが、アームとプログラムの改良により吹付可能箇所は大幅に増えた。施工スペースを十分に確保できない鉄骨と外装のすき間においても対応可能となった。水平移動機構にはメカナムホイールという特殊な車輪を採用しており、前後左右にスムーズな移動を可能としている。

実際に使用した結果、吹付箇所のデータを入力することにより、自動的に均一な吹付作業が可能であった。

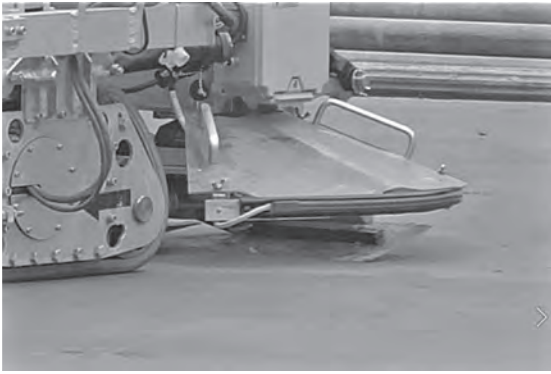
今後の展開として、例えば3Dスキャナーを使用した点群データの取得と組み合わせることによって、吹付箇所のスキャニングをより正確で短時間に行うことが出来ると実用化に大きく近づくだろう。

(3) コンクリート押さえロボット

低層棟1階床スラブと高層棟の基準階床スラブ打設において、コンクリート押さえロボットの実証を行った（写真一5）。従前の機械と比較して、こて角度の調整が可能となり、こてムラを少なく出来るのが特徴である（写真一6）。

単純な操作の繰り返しにより押さえ作業が可能なたため、従来作業であった中腰姿勢における長時間労働を解消し、作業員の負担を軽減した。

今後の展望として、分割搬入可能とし打設エリアま



写真一六 コテ角度調整機能



図一六 遠隔製品検査システム概要図



写真一七 搬出入管理システム使用状況



写真一八 支店モニタールーム



図一五 搬出入管理システム管理画面



写真一九 遠隔製品検査実施状況

で持ち運べるようになると、建築現場において積極的に採用されると考えられる。また、現状の操作方法はスマートデバイスを使用したリモコン操作を必要とするが、事前にレベルを設定し自動運転が可能になると更なる省力化に繋がる。

(4) 現場搬出入管理システム

土工事の残土搬出ダンプ、コンクリート打設の生コン車に対して、搬出入管理システムを使用した(写真一七)。GPSの発信機を車両に取り付け、リアルタイムの位置を地図上に表示することが出来るため、ダンプの追跡調査や台数管理で活用した(図一五)。

特に分単位の管理を求められるCFTの打設には、1本分の生コン車の台数全ての位置を詳細に把握する

ことによって、遅滞ない打設を可能とすることから、品質の向上に大きく貢献した。

コスト面においてはGPS発信機、システム使用料とも非常に安価であり、費用対効果は高く、今後も是非活用していきたいシステムであった。

(5) 遠隔製品検査システム

工場の鉄骨製品検査において一般的な遠隔会議システムを活用することにより、書類検査、鉄骨製品の詳細、溶接部の外観確認などの必要な検査を遠隔に行うことを可能とした(図一六)。

支店内に設置した専用のモニタールーム(写真一八)と各地にある鉄骨工場を遠隔会議システムにより繋ぎ、検査員は手振れ防止装置を装着したスマートフォンによって検査部を撮影する(写真一九)。現地にいる検査員とリアルタイムに会話可能のため、検査者の

指示により細部まで確認することが出来た。

これにより、社員の移動時間の削減と検査効率は向上し、また工場への出入りが減ることで新型コロナウイルスへの感染リスクも低減した。

特別な資機材は必要無く交通費等の経費も削減できるため、コスト面においても非常に有用であり、今後も活用していきたいシステムの一つである。

(6) 3次元表示リアルタイム現場管理システム

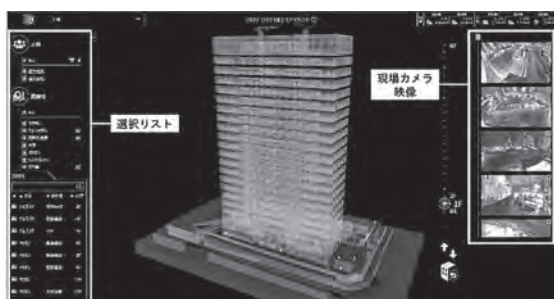
これまでは2次元図面上に表示していた人や資機材の位置情報を、BIMモデルを利用した3次元データ上に表示させるシステムである(図一7)。人や資機材に発信機を取り付けて位置情報を取得し画面に表示させて、事務所に居ながら現場内の人・物の位置情報を把握可能とした。また、現場内に設置したカメラ映像を画面上に表示することも出来る。さらに、人・物の位置情報やカメラの映像はリアルタイムに表示するほか、稼働状況の履歴情報取得も可能である。例として、高所作業車にセンサー(写真一10)を取り付ける事により、稼働率を表示することから、遊休機械の効率的運用が可能となる(図一8)。これにより、今まで管理に苦労していた、高所作業車等のレンタル機器の稼働状況、配置を把握出来ることから容易に管理を行える。

また、人の動きを一定時間記録し、動線やヒートマップに表すこともできる(図一9)。

これにより、動線の活発な場所を確認可能となり、動線の疎なところは目が届いていないところとして把握できるなど安全・工程管理に役立ち、日常巡視業務の効率化も図られた。

さらに、情報セキュリティの観点から、「作業員スマホ」の効果検証を行っており、各協力会社職長に専用のスマートフォンを貸与している。このスマートフォンにも電波発信機能が搭載されているため、今後普及を進めると作業員全員の位置の把握も可能となっている。

今般実際に運用した結果、現場のリアルタイムの情



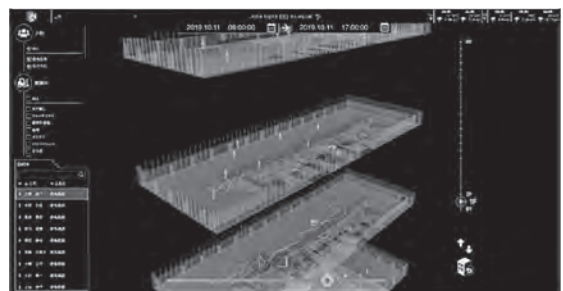
図一7 3D-K-Field 管理画面



写真一10 稼働率センサー付きビーコン



図一8 高所作業車 稼働状況確認画面



図一9 行動履歴確認画面

報を会議室において得られるため、管理者側の業務負担を減少させた。しかし、最も普及の障害になると思われるのはコストである。当現場の規模ではビーコンと高所作業車の稼働率センサーを約500個、受信機のゲートウェイ(以下GW)を150台必要とし、機材費に多くのコストを必要とした。また、システム運用に月額費用も必要となるため、その全ての費用に対して、どの程度効果があり有効活用出来るかを見極めることがこのシステムの課題である。

今後は、自分や機材の位置情報をスマートデバイスにより安易に確認可能とし、立入禁止エリアの設定を可能とすると、建築現場の安全管理にも活用出来る。

またコストに関しては、このシステムの採用現場を増やすことによってビーコンや受信機を大量発注できるため、購入だけではなくレンタル運用も可能となり費用も抑制される。

(7) ARアプリ、スマート朝礼

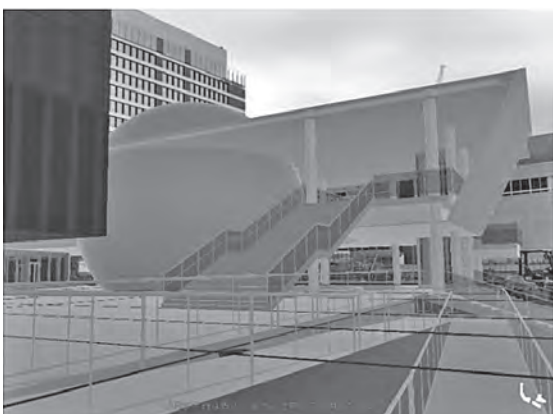
その他の取り組みとして、ARアプリを使用した現



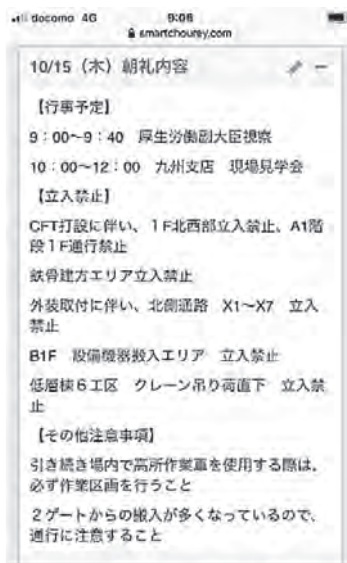
写真—11 AR アプリ使用状況



写真—12 スマート朝礼使用状況



図—10 AR アプリ 確認画面



図—11 スマート朝礼操作画面①



図—12 スマート朝礼操作画面②

場確認システムは、スマートデバイスを通してBIMデータを現地に重ね合わせて確認できることから、完成後のイメージを直感的に共有できる(写真—11, 図—10)。BIMデータの種類を変えることにより、現場を横断している地下鉄みなどみらい線の位置確認や、躯体や鉄骨の位置確認にも活用できるため、安全管理・品質管理にも役立てられる。ただし、スマートデバイスを活用する際には位置情報のズレが生じることから、製品検査等に活用するためには更なる精度管理を必要とする。

また、現場の各所に貼ったQRコードをスマートフォンにより読み取ることによって、その日の朝礼情報を取得できる「スマート朝礼システム」も採用した(写真—12, 図—11, 12)。コロナ禍ということもあり、当現場においては朝礼を分散かつ職長のみの参加としており、ピーク時の約750人の作業員全員に作業内容や立入禁止箇所などの細かい情報まで全て伝達するのは非常に困難であった。このシステムを使用することによって、誰でも簡単に必要な情報を取得できることから、現場の安全管理に非常に役に立った。

5. おわりに

本報文では、当プロジェクトにおけるスマート生産への取り組み事例を紹介した。3つのコンセプトを基に多くの項目について実証したが、遠隔管理やデジタル化の分野では実用的なものが多く現場のSEQDC管理に貢献した。特にスマート会議室によるWEB会議や遠隔製品検査・スマート朝礼については、コロナ禍の対応を求められた環境下において有用性を発揮した。また、本報文に紹介した以外にもBIMモデルを活用したシステムは多々あり、その度に必要なBIMモデルを用意することにかかなりの労力と時間を要したため、今後は施工の上流段階からBIM活用は不可欠であると感じた。コスト面や性能面において改善の余地はあるものの、今後より一層発展していく技術であ

ると思われる。一方、ロボットの分野は、多くの課題点があり、今後の実証を繰り返す過程において改善は必要であるが、今後の現場に必須な省力化を実行するには必要不可欠な分野でもあるため、積極的に多くの現場で導入し試行と改善を繰り返して実工事での適用を推進していきたい。

JCMA

【筆者紹介】

川上 裕司 (かわかみ ゆうじ)
鹿島建設(株)
機械部



建設メタバース

メタバース技術研究所における合意形成の検証

脇田 明幸

BIM (Building Information Modeling) の普及により急速に3次元モデルの活用が建設業の現場に広がっているが、3次元モデルを閲覧する環境は十分には整備されていない。そこで3次元モデルのアウトプットとしての建設メタバースの活用について独自の視点で検証する。建設メタバースの活用は、商用とは目的が異なり、操作性や自由度、アップロード方法などに課題もあるが、従来にはない新しい合意形成の手段として期待される。これまでの方法と比較し今後の建設メタバースのあり方を探る。

キーワード：建設メタバース、技術研究所、合意形成、デジタルツイン、フィジカル空間とサイバー空間

1. はじめに

商用が進むメタバースを建設業務に生かそうとする建設メタバースの検証を進めている。フィジカル空間をサイバー空間に複製するデジタルツインの考え方は製造業から始まりさまざまな分野に広がっており、建設メタバースもそのひとつの流れと考えられる。BIM活用の取り組みによって構築された3次元モデルを建設メタバースにコンバートして、関係者がアバターとして仮想空間にログインし、建設実務に活かす試みである。そこには一般のメタバースとは大きく異なる側面があり、フィジカル（現実）にはないコミュニケーションや合意形成の手法として積極的に検証を進めている。

2. 建設メタバースの目的

商用でのメタバースの活用目的は、コミュニケー

ションの形成や物品の売買、販売促進・広報活動などである。人々は自らをアバターに置き換え、メタバース空間の中をフィジカルの延長として自由に楽しむ。メタバースはそのための舞台として大きな役割を果たす。メタバース内のコミュニケーションの場面や会議においては、参加者がその場にいるような感覚で自由な討論ができる。発表者と視聴者という一方向にとられない双方向のコミュニケーションが可能である。たくさんの人々が集まる商用空間では、人々の動線や空間デザインが求められ、音楽イベントなどのエンターテインメントの場面では、音響性能やアバター同士の交流のしやすさなどが必要になる。

一方、建設メタバースでは、アップロードされる3次元モデルそのものを対象にする（図-1）。背景となる空間は体育館のような屋内空間でも良いが、少しでも通信量を減らし、スムーズな動作を実現するため、対象物以外は何もない屋外空間とすることが望ましい。将来、都市クラスの3次元モデルが自由にアッ

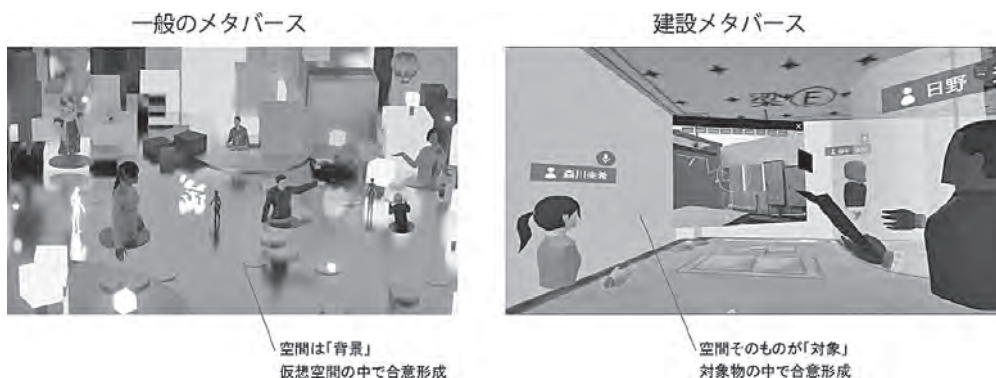


図-1 一般のメタバースと建設メタバースの違い

プロードできて、グリッドコンピューティング等の技術が進めば負担なく閲覧できるようになるかもしれないが、現在の環境では閲覧性を優先すべきである。

建設メタバースには、関係者がアバターとしてログインし、対象物である設計・施工の3次元モデルについて1人称視点で意見を交わす。BIMモデルやVR・AR・MRなどのデバイスと異なるのは、それぞれの視点で自由なタイミングでオブジェクトを確認し、共有の話題をそれぞれの視点で意見交換できる点にある(表-1)。また、テレビ会議と異なり、自由なタイミングで方向や視点変更が可能となり、突発的なアイデアが生まれたり、異なる職種の関係者が同時に閲覧することで新たな発見につながったりする可能性もある。BIMモデルの閲覧とは異なり、参加者はまだ建設されていない建設対象物を、アバターとして仮想体験できることになる(表-2)。

3. BIMモデルの閲覧性、操作性

次に建設メタバースの閲覧性について検証したい。今では建設業の業務において、BIMモデルは関係者間の合意形成のために広く利用されている。BIMモデルを自在に使いこなせる人材であれば、ソフトウェアを操作して必要な箇所を見せることができるが、閲覧が中心の一般ユーザー自身がBIMソフトウェアを操作するのは少しハードルが高い。その操作が3次元であること、属性や時間軸、レイヤという各種の機能を使い分けてオペレーションする必要があることなどがその理由である。操作を簡略化したViewerアプリやクラウドをベースとしたCDE環境なども進んできているが、ソフトウェアによって操作性は大きく異なるなど課題も多い(表-3)。

メタバースにおいても同様な事情はあるが、VRデ

表-1 VR/AR/MRとメタバースの違い







	VR	AR	MR	メタバース
イメージ				
定義	仮想現実	拡張現実	複合現実	仮想交流空間
デバイス	VRヘッドセット	スマートデバイス	MRヘッドセット	PC VRヘッドセット スマートデバイス
活用例	エンターテインメント	家具配置シミュレーション	製品シミュレーション	販促・交流
建設業の用途	完成予想	完成予想	完成予想	複雑な合意形成

表-2 BIM/CIMモデルとメタバースの比較

	BIM/CIMモデル	メタバース
活用イメージ		
活用方法	方法を変えながらBIMモデルを見る	アバターとして3次元モデル内に入る
LOD	200~300	100程度
デバイス	PC・スマートデバイス	PC・スマートデバイス・VRヘッドセット
視点	3人称	1人称(アバター)
ツール	画面共有、ワークフロー	レーザーポインター
記録	マークアップ	定点カメラ

表一3 BIMソフトウェアとメタバースの操作性比較

デバイス	BIMソフト-A		BIMソフト-B		メタバース (NEUTRANS)		
	キーボード	マウス	キーボード	マウス	キーボード	マウス	コントローラ
前進・後進	W・S	—	—	ホイール	W・S	左クリック	スティックキー
拡大・縮小	↑↓	Ctrl+ホイール	Page Up Page Down	Ctrl+ホイール	W・S	—	—
上昇・下降	Q・E	—	—	ホイール+ドラッグ	Q・E	—	—
左右見回し	—	左クリック+ドラッグ	—	右クリック+ドラッグ	← → (定量回転)	右クリック+左右ドラッグ	スティックキー (定量回転)
見上げ・見下げ	—	右クリック+ドラッグ	—	右クリック+ドラッグ	—	右クリック+上下ドラッグ	—
並行移動 (パン)	A・D	左クリック+ドラッグ	—	ホイール+ドラッグ	A・D	—	—
オブジェクト 中心移動	←→	—	←↑→↓	右クリック+ドラッグ	—	—	—

デバイスと専用コントローラを用いたシステムでは、ある程度直感的に仮想空間内を移動することができる。前述のように日常的に建設メタバースを利用する場合には、パソコンやスマートデバイスの利用の方が向いている。その場合はカスタマイズできるゲームコントローラの利用によって、できるだけ移動のための負担を減らすことも重要である（図一2）。発注者やエンドユーザーに体験していただくケースもあり、3次元モデルの中を歩き回るための最適なUI構築は重要な要素である。ICTやDX活用は意識することなく使えるものでありたい。



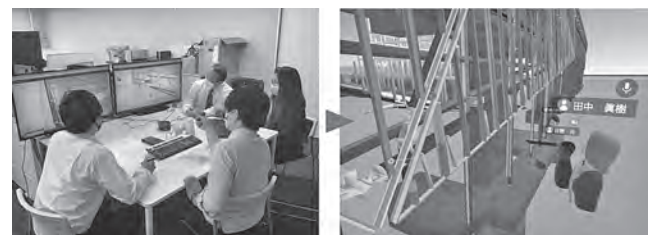
図一2 ゲームコントローラによる建設メタバースの操作

4. 建設業における合意形成の本質

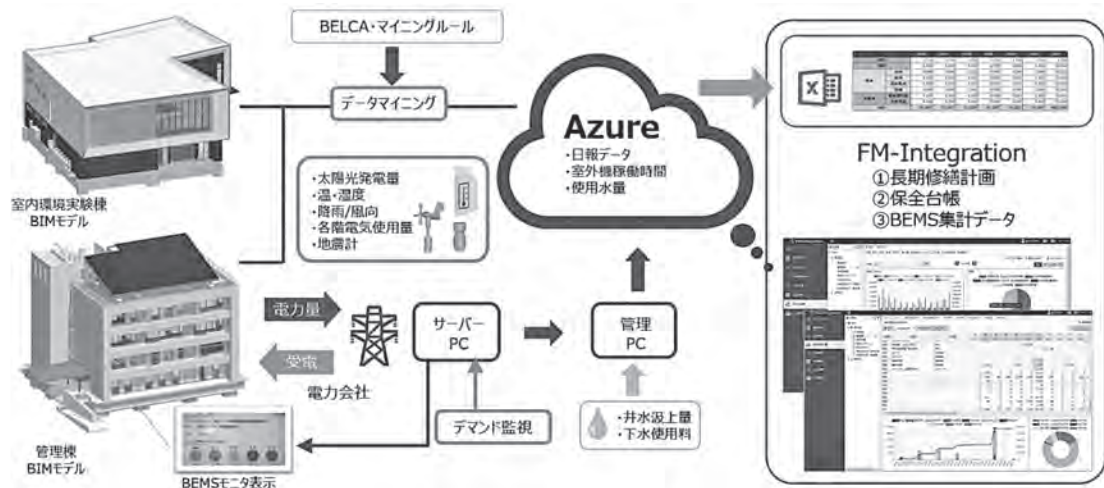
ストレスなく建設メタバース内を歩き回れる環境が整えば、対象物であるBIMモデルの在り方が問われる。BIMモデルはその構成要素・部位部材別にLOD (Level of Detail) という詳細度が定義されている。基本計画レベルの3次元モデルでは躯体などが1/100の平面図で表される程度の概略で表現されるが、維持管理BIMモデルでは建物の修繕・保全に必要な配管・

機器類や設備機器属性を入力するなど、その目的によって詳細度が上がる。建設メタバースにはこのBIMモデルを特定の形式にコンバートしてアップロードすることになる。DMU(デジタルモックアップ)においては仕上材などのLODレベルを上げ、テクスチャ画像を入力するなどフィジカルに近いリアルなモデルを再現する。このモデルをメタバースに再現するときには、容量制限に抵触したり、通信速度に依存するなど制約も多い。将来、通信環境等が向上した際は、LODの高いBIMモデルがストレスなくアップロードできることが期待される。改修工事の打ち合わせが目的の建設メタバースでは、あえて詳細度の低いモデルで討論をおこない、技術者の知見をもとに先入観を持たず打ち合わせを行うべき場合もある。このあたりは手書きスケッチを取り囲むフィジカルな建設関係者打ち合わせに通じるものがある。このように、これまでBIMモデルを囲んで机上で打ち合わせてきたシーンは、そのまま建設メタバース空間に置き換わることになる（図一3）。

当社は、国土交通省『令和3年度BIMを用いた建築生産・維持管理プロセス円滑化モデル事業（先導事業者型）』に参画し、技術同研究所のBIMモデルを基に、維持管理業務の効率化等の検証に取り組んでいる



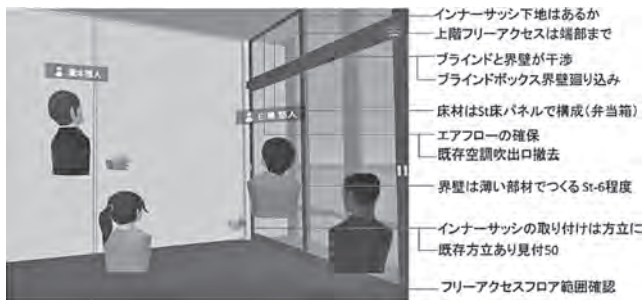
図一3 机上打ち合わせから建設メタバースへ



図一4 国土交通省 BIM モデル事業「技術研究施設における BIM モデルを用いた維持管理業務効率化等の検証」

(図一4)。

このとき用いた BIM モデルは、実際に建設メタバース空間にアップロードされ、関係者間のミーティングに使用されている。当施設は各種室内環境実験を行うことを主目的として建設されており、そのための増改築工事が年度毎に予定される施設である。関係者が実際に建設メタバース内に集まり、改修計画に際して実験予定の内容と照らし合わせ、アルミサッシ等の増設工事について建設メタバース内で協議する場面を図一5に示す。

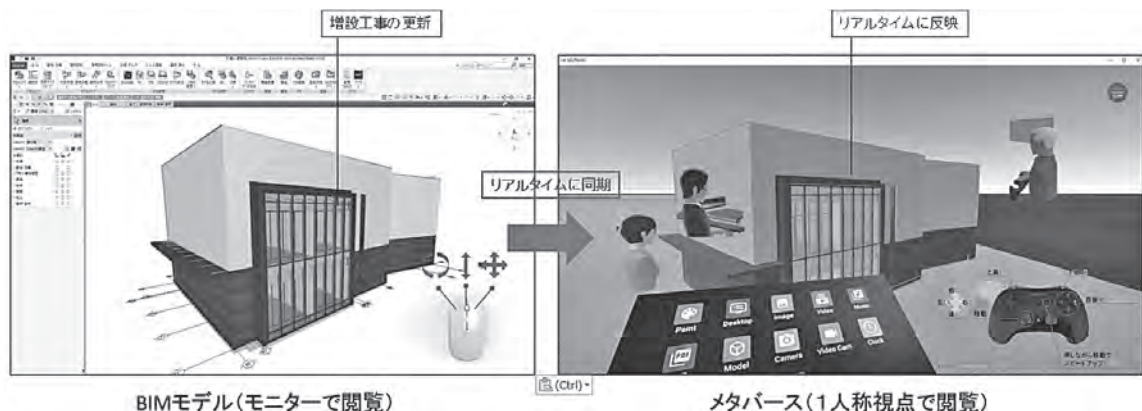


図一5 室内環境実験棟における改修工事メタバース打ち合わせ場面

5. デジタルツイン

建設メタバースはデジタルツインの一種であり、フィジカルの施工現場そのものをバーチャル空間に再現し、施工計画や安全管理に生かす取り組みが様々な角度から進められている。現在、土木工事における土砂運搬状況を情報としてリアルタイムに収集し、記録や施工計画に生かす試みはすでに行われている。この情報をさらに建設メタバースにリンクすることができれば、究極のデジタルツインとなり関係者はアバターとしてその様子を視認できる。安全面で課題のある場所を発見するためバーチャル空間を巡視して指示を出したり、フィジカルの建築物のセンサー情報を建設メタバースに同期し、維持管理メタバースとして機能させることも考えられる。

常に更新され続けるメタバースデジタルツインが実現されると、検討が進んでいるモデルの状況を関係者が常に閲覧でき、進捗を目で見て確認したり、意見を発信したりできるようになる。BIM モデルでもクラウドやビューアーを用いて閲覧が可能であるが、手軽



図一6 デジタルツイン建設メタバース概念図

さが大きく異なりインターネットを見るような感覚で最新の情報をすぐに確認できるようになる。インターネットと異なる点は3次元であること、1人称で好みの視点で見られること、時間軸を加えればタイムシフトにより4次元デジタルツインメタバースも可能である。現在までの検討の経緯や過去の検討案までを確認し、未来にシフトすると完成形も見られる（図一6）。

6. 建設メタバースの未来

以上のことを考えると建設業メタバースに求められる性能が見えてくる。現在のメタバースは商用目的が先行していることもあり、必ずしも建設業に適しているとはいえない。建設メタバースの本質を考え業務内容やワークフローの見直しを併せて考えるとその将来像がみえてくる。

建設技術の伝承という場面でも建設メタバースは効果を発揮する。図一7は、建築納まりを表現したBIMモデルを教育のために建設メタバースにアップロードして、解説を加え合意形成しているところである。施工した現場にしか存在しない各種のディテールや見えない部分などを先輩技術者と共有して語り合う



図一7 デテールモデルを基にしたメタバース教育

ことは新しい体験である。

ただし、現在のメタバースに不便を感じる場面も多い。建設業における合意形成が特有のものであるため、必要事項を明確にして業界標準をつくるなどの取り組みにより将来の業務改革につなげられると予想する。

表一4に建設業メタバースの要求性能をまとめてみた。アップロード形式の複数対応やLODの選択ができること、属性管理機能を持ち表示・非表示や4Dシミュレーションが行えることに加え、メタバース内での材質、部材の変更機能などが必須である。また重要となるのはメタバース内を見ながら歩き回ることにストレスを感じないこと。対象物を中心に自身が回転移動することなど、建設業特有の要望事項もある。異なるメタバースサービスにおいても操作性が共通化で

表一4 建設メタバースの要求性能

	項目	内容
BIM親和性	アップロードファイル形式	FBX、SKP、IFCなどBIMソフトウェア汎用形式
	LOD (BIMモデル詳細度)	LOD100、LOD200、LOD300などの選択肢がある
	属性情報	IFCに定義される属性情報の表示機能
	レイヤ機能	BIMモデルのレイヤの再現や複数モデルの表示・非表示の制御
操作性	モデル更新	常に最新のBIMモデルを更新し、確認できる
	キーボード	WASDキーなど標準の操作性
	マウス	対象物を中心とした回転移動機能
閲覧性	コントローラ	誰もが使いやすい操作性の標準化
	オブジェクト	属性変更機能 (色、テクスチャ、大きさ変更など)
	タイムシフト	オブジェクトに時間軸の情報を与える4Dシミュレーション機能
	記録、閲覧	キャプチャ撮影、参加者の情報共有、合意形成につながる機能
	断面クリップ	BIMモデルの中で該当箇所を切断できる機能
	マークアップ	その場でコメントを書き込んだり、マーキングできる機能
	ジャンプ	指定ポイントへのジャンプやポイント登録、集合
	対象指示	レーザーポインター、差し棒、赤チェック、雲マーク
	スケール	縮尺変更機能
	計測	BIMモデル上で距離を計測できる
デバイス	PC	ブラウザ閲覧、専用Viewer
	スマートデバイス	PCやVRデバイスがなくてもブラウザ閲覧できる
	VRデバイス	Meta Questほか主要なデバイスへの対応



図一8 業務基盤としてのBIM活用と建設メタバースの位置づけ

きることが望ましい。

7. おわりに

BIM 活用は建設業務の基盤として位置づけられ、その全ての段階において活用されるべきものである。目的に応じた個別の要素技術が習熟し、DX 活用として進化する先には建設メタバースが存在する（図—8）。

ここで必要になるのは建設業従事者の意識改革である。CAD が BIM に進化し、インターネットはメタバースにバージョンアップされる。デバイスや ICT の進

化に着目し常に最新の情報に注目する必要がある。

サイバー空間がフィジカルに近づく未来はすぐそこであり、その世界を待ち望むと同時に乗り遅れないように準備をしておきたい。

J|C|MA

【筆者紹介】

脇田 明幸（わきた あきひで）
（株）奥村組
ICT 統括センターイノベーション部
BIM 推進室長



鉄道工事での BIM/CIM の活用事例

三 瓶 晃 弘・竹 市 八重子

インフラ分野の DX 施策の一つとして BIM/CIM の活用が広がり、受発注者双方の生産性向上等に資する取り組みが進められている。鉄道工事においては、「施工時間や作業スペースの制約」、「土木・建築・軌道など様々な系統との連携及び構造物や設備の取り合い確認」などが特徴として挙げられ、BIM/CIM 活用によるその効果は大きいと考えられる。今回、実際の工事事例（新駅設置・改良、こ線橋工事など）から、3次元モデルや点群データ、XR等の活用を通じた施工会社としての生産性向上、安全、品質、工程管理の取り組み例を紹介する。

キーワード：BIM/CIM、鉄道工事、生産性向上、3次元モデル、点群データ、XR

1. はじめに

国土交通省では2023年度までに段階的にすべての公共工事においてBIM/CIMを原則適用（小規模を除く）する動きがある。その他発注者として、例えばJR東日本建設部門の調査・計画、設計段階における点群データや3次元モデル活用の原則化（JRE-BIM：JR東日本におけるBIM/CIM取組みの総称）の動き等、BIM/CIMによる生産性向上を目指す取組みが加速している^{1), 2)}。

鉄建建設においては、施工計画立案など現場作業の見える化からXRや点群データの活用によるデジタルツイン環境構築等、受発注者双方の生産性向上に寄与することを目指し、取組みを進めている。その中で、鉄道営業線近接工事や線路切換工事、使用中の駅施設等の改良工事の特徴として、①施工時間や作業スペースの制約など条件が多い、②施工範囲に、土木、軌道、建築、電気、機械など様々な系統の工事関係者や施設管理者・使用者がいる、③新設と既設構造物間や前述の複数系統にわたる構造物・設備の取り合いが2次元図面では把握しにくい等が挙げられる。現状では点群データや3次元モデルの活用は、データ共有や統合モデル作成・更新・引継ぎ等まだ解決すべき課題はあるものの、施工段階における安全、品質、工程管理を行う上で効果的である。本稿では、鉄道工事におけるBIM/CIMの取組み事例について紹介する。

2. BIM/CIMの取組み事例

(1) 新駅設置工事

JR幕張豊砂駅（新駅）設置工事は、地平下り線と高架上り線の上下線間が狭隘な敷地において、既存上り線高架橋に接続する方式で新たに高架橋を構築し、1階に下り線ホーム、2階に上り線ホーム、S造の駅舎を整備する。

今回、ECI方式であったことから設計段階から施工計画に参画した。既存設備、構造物等の状況は3Dレーザースキャナで取得した点群データや財産図などをモデル化することにより把握し、そのデータに新設構造物のモデル、重機等を統合することで、施工計画検討のベースとなる3次元モデルを作成した。そこから、新設高架橋の縦梁、横梁を格子状に施工した後、格子の間から架設するホーム桁やPC板の架設シミュレーションを行った。そして、クレーンの機種選定、配置、発注者も含めた狭隘箇所における施工の実現性確認に役立てることができた（図-1, 2）。また、営業線近接での工事であることから、大型重機使用工種などにおいて作業時間帯の検討等にも活用した。全体施工ステップを作成し、細長く狭隘な施工ヤードでの重機や資材の配置検討など施工準備に役立てることもできた。

施工段階では、設計で作成した3次元モデルを基に施工ステップを細分化し、モデルを追加するなど必要な情報を追加して検討の深度化を図った。線路近接施工であることから、大型重機を用いた杭施工の検討の



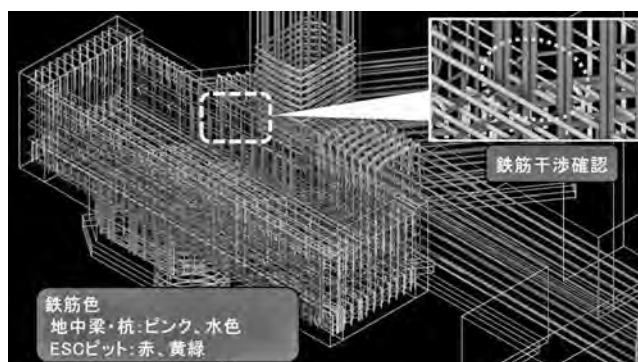
図一 狭隘箇所における重機選定等の施工計画検討 (1)



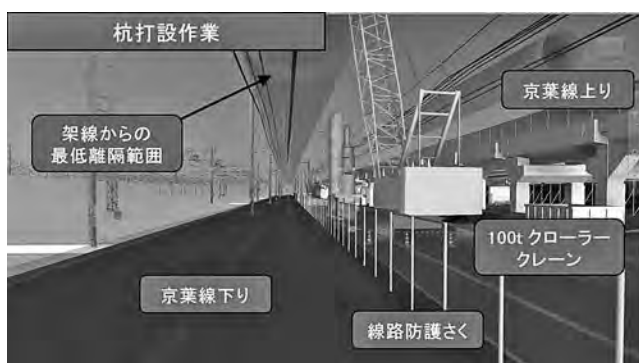
図一四 階段主桁のクレーン架設動画



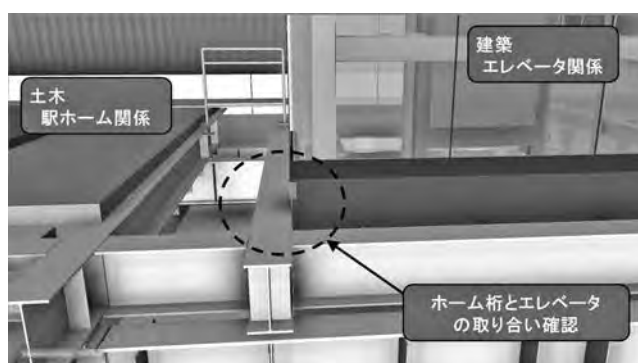
図一ニ 狭隘箇所における重機選定等の施工計画検討 (2)



図一五 鉄筋の組立手順及び干渉確認



図一三 営業線近接での杭施工検討



図一六 複数系統での取り合い確認

際は、レーザーバリア等の安全設備や架線からの離隔がわかるモデル、建築限界モデル等を追加 (図一三)、また階段設置時においては、クレーンによって搬入組立ヤードで製作された階段の吊上げ及び旋回と作業従事者等による桁誘導の動画を作成した (図一四)。これらは、施工内容や安全面での注意箇所の確認が視覚的にでき、発注者や社内、作業従事者との検討会の際に活用した。

エスカレーター設置箇所では、高架橋の地中梁及び杭頭部とエスカレーターピットの配置が一部同一箇所となる場所があった。しかし、この箇所ではそれぞれの構造での2次元図面しかなく、全体構造及び鉄筋の配筋状態が把握しにくいことから、鉄筋も含めた構

造物のモデル作成を行った。そのことで、特に鉄筋が密になる箇所では干渉確認をはじめ、組立手順の確認をするため、実際に組立作業を行う作業従事者にも意見を聞きながら、必要に応じて鉄筋加工形状の変更などを発注者に相談することで、スムーズな施工となった (図一五)。さらにコンクリート打込みに関しても、鉄筋が密であり、また複数部材が一体化した箇所であったことから、3次元モデルを見ながら発注者を含めた関係者で議論し、打込み計画を立てた。

この現場では土木と建築の連携が必要な箇所があり、これまでは2次元図面を各担当で確認後、現地で調整することもあった。例えば、エレベーターピットや梁材 (土木) とエレベーター本体構造 (建築) との

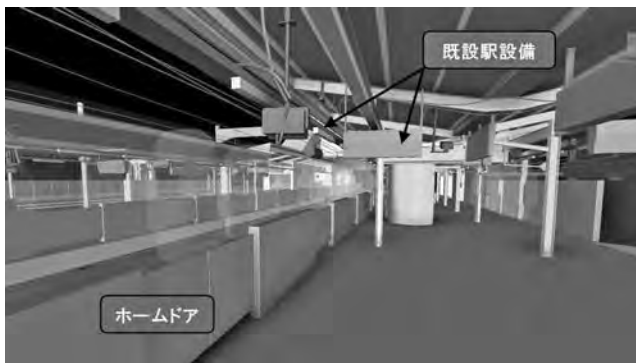


図-7 点群データからモデル化した既存設備

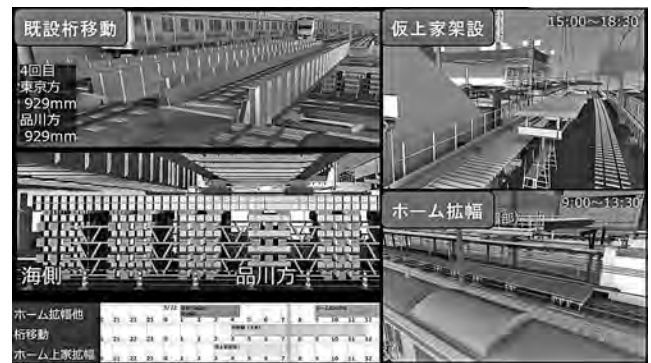


図-8 実際の工程に合わせて編集した施工動画

取り合いなどである。そこで今回は、3次元モデルを統合することで視覚的に分かりやすくなり、双方で施工前に確認、調整することで手戻りの防止に繋がった(図-6)。

(2) 駅改良工事

JR 浜松町駅でのホームドア整備、ホーム拡張及び線路切換等の駅改良工事では、既存構造物の改良となるので、各構造物とともにホーム上に数多くある施設物の把握や移転調整等のために、3D レーザースキャナによって取得した点群データから現況設備及び地形等の3Dモデルを作成した(図-7)。

線路閉鎖による列車運休やお客さま流動の変更を伴う大規模かつ短時間で完了しなければならない工事では、駅改良として大きく3つのシチュエーション①線路切換に伴う既設桁移動(土木)、②ホーム拡張(土木)、③仮上家設置(建築)において、それぞれの施工ステップモデル及び動画を作成して、各検討会や施工説明で使用した。さらに、3つの動画を組み合わせ、実際の工程に合わせた動画を作成し、いつ、どのエリアで、どのような作業が行われているのか、工事全体の動きが把握出来るような資料として活用した(図-8)。

(3) 発電設備老朽取替工事

JR 東日本の千手発電所(水力発電所)老朽設備取替工事では、取替時期をむかえた水車発電機5機のうち4機を1機ずつ使用停止しながら取り替え、1機を廃止する。歴史のある設備であり、初めての取替工事で前例がないことから、3次元モデルを活用して土木工事の撤去・新設にかかわる施工シミュレーション等を行った。

発電機は、鉄筋コンクリート構造体に囲まれ、一部埋設した状態で支持されている。土木工事では、上記鉄筋コンクリート構造体の撤去と新たな発電機を支持

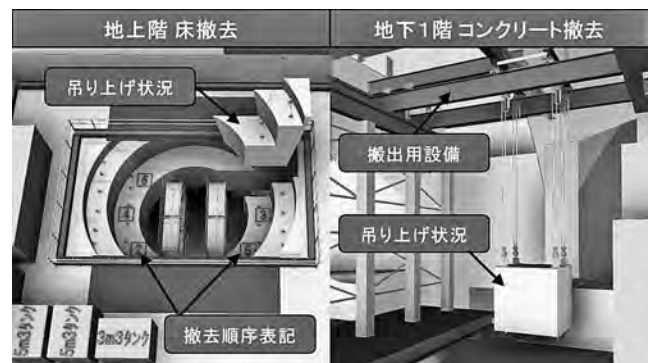


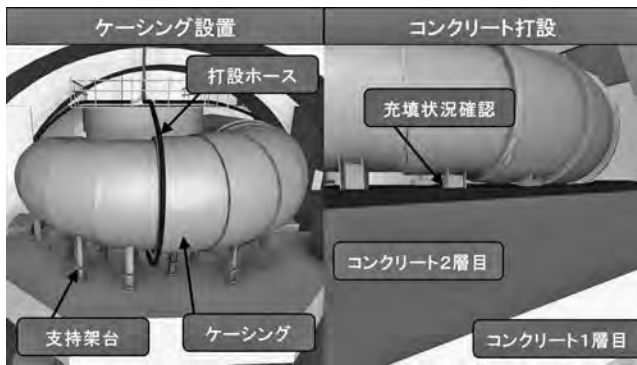
図-9 コンクリート撤去の検討状況

する構造体を施工した。なお、発電機のケーシング(鋼管)と呼ばれる部位は、渦巻き状の構造となっており、それを支持する構造体も含めて、2次元図面のみで施工計画を策定するのは容易ではない複雑な構造であった。

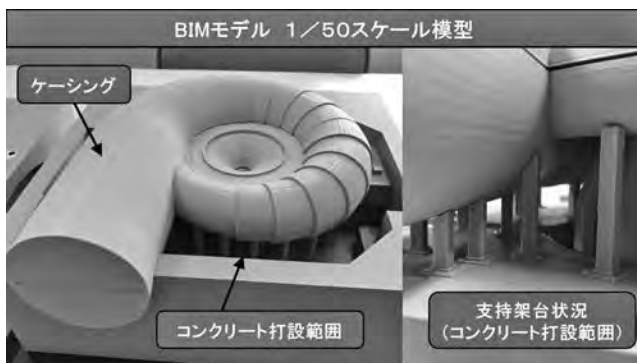
まず既存の設備撤去では、コンクリート部分の場外搬出にあたり、ワイヤーソーによるブロック割や搬出用のクレーン設備を2次元図面やイラストを基に3次元の施工ステップを作成した。ブロック搬出では限られた空間での作業が必要となるため、その手順を関係者間で事前に確認することで、作業上の課題解決策や安全性の検討を行った(図-9)。

次に、コンクリートの撤去によってできた空間に、発電設備であるケーシングが支持架台によって設置され、その周囲に鉄筋を配置し、コンクリートが打設される。3次元モデルにより、ケーシングと鉄筋の関係を確認するとともに、コンクリートの打設計画を立てた。ケーシング裏側へコンクリートを確実に充填するために高流動コンクリートを使用した。施工当日のイメージを事前に関係者間で共有することができ、品質確保の一助となった(図-10)。

また3Dプリンタによる1/50スケールの模型も製作した。通常であれば、ベースとなる3次元データを用意してプリント出力をするが、検討用モデルがある



図一10 コンクリート打設の検討状況



図一11 3Dプリンタで出力した模型

ことで出力用にデータを若干修正することで製作が可能となった。これも3次元モデルの新たな活用法の一つと考えられる(図一11)。模型内にコンクリートを模した液体を流し込むことによる充填状況の確認やチューブを用いた打設時のホースの取り回しのシミュレーション、各打ちあがり高さでのブロックを積み重ねて、その時の状況を手に取って確認できたことも、模型ならではの活用法だと感じた。

設備搬出入のための地上床部撤去後、再び経年80余年のコンクリート構造物内に新しい発電機を設置、活用することから、切断面の健全度調査を行った。従来であれば足場等を使って調査を行うが、地下1階でも並行して作業を行っていたために設置が困難だった



図一12 ドローンによるコンクリートの健全度確認

こと、また高所作業車を設置するスペースもなかったことから、ドローンによって撮影された画像からひび割れ解析を行い、注入等の計画を策定した(図一12)。また、解析画像を3次元モデルに貼り付ける等工夫し、状況確認をよりわかりやすくした。この方法は、本現場に非常にマッチした手法であったが、計測や足場設置などの期間及び費用も含めて、他現場においても効率化、省力化になると考えられ、今後水平展開していきたいと考えている。

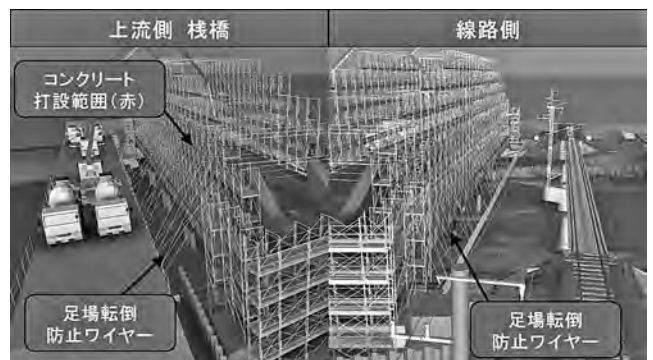
(4) 鉄道橋架け替え工事

JR 秋田新幹線角館～大曲駅間に位置する斉内川の流域治水対策事業に伴う、鉄道橋の架け替え工事において、新設桁(単線用開床式PRC単純ランガー桁1連、桁長=70.8m)を既存線路脇の構台上(斉内川上流側)で製作し、一夜で既設桁撤去後、横取り架設を行った。

設計時に作成した周辺地形の点群データや新設桁、仮栈橋など仮設物の3次元モデルデータを活用しながら施工計画を策定した。3次元モデルから、下部工施工時に設置した立坑土留めと新設桁構築のために設置する仮栈橋の一部が干渉することが確認され、事前に計画を修正することで手戻りを防ぐことができた。

また、既設橋りょう脇にて製作するPRCランガー桁の施工ステップを3次元モデルで作成した。コンクリート打設時のポンプ車の配置や足場の設置状況等、特に営業線に隣接する作業であることから、足場転倒防止用のワイヤー等安全にかかわる設備もモデルに組み込み、事前の関係者説明等にて使用した(図一13)。また既設桁撤去時に、当初クレーン2台で作業計画をたてていたが、3次元モデルにより施工手順を検討した結果、撤去作業に支障しないスペースで補助クレーンを2台追加配置できることがわかった。検討結果より、現場では計4台のクレーンで作業を分担したことで、施工時間の短縮につながった(図一14)。

PRCランガー桁の横取り架設事例はそれほど多く



図一13 コンクリート打設及び足場設置の状況

3. おわりに

今回、施工段階での点群データ、3次元モデルの活用事例について鉄道工事を中心に紹介した。今後は、施工計画検討や関係者との合意形成の円滑化などの活用だけでなく、3次元モデルと点群や画像データを使った配筋検査や出来形管理、AI画像解析などを活用した品質管理、維持管理への効率的なデータ引継ぎなど、様々な技術を取り入れて生産性向上につながる取組みを進めていきたいと考えている。

JCMA

《参考文献》

- 1) 国土交通省, 「第6回 BIM/CIM 推進委員会」資料2, 2021.9.7
- 2) 東日本旅客鉄道(株) 建設工事部, 「JRE-BIM ガイドライン」, 2021.7

【筆者紹介】

三瓶 晃弘 (さんぺい あきひろ)
鉄建建設(株)
土木本部 i-Con 推進部
課長



竹市 八重子 (たけいち やえこ)
鉄建建設(株)
土木本部エンジニアリング企画部
担当部長



地中探査結果を搭載した ICT 建設機械の活用による 地下埋設物の保護「地中探査 + ホルナビ」

関 口 伸 吾

i-Construction の普及拡大に伴い、ICT バックホウの利便性とその認知度も向上している。一方で、市街地における埋設配管維持管理においては、配管の明確な位置がわからない状況下での床掘作業のため、不慮の破損事故等が耐えないのが現状である。本稿では、地中探査によって地下の可視化及びデータ化を行い、さらに ICT バックホウを連携させることによる、効率向上と安全性向上を紹介する。

キーワード：i-Construction, 地中探査, ICT バックホウ, 3D モデル, 埋設管保護データ

1. はじめに

国土交通省が推進する i-Construction の取り組みの内、ICT の全面的な活用 (ICT 活用工事) では 3 次元設計データを施工現場で利用し、正確な施工数量の把握や、ICT 建設機械に搭載される電子丁張としての活用など、従来施工より効率の良い施工が行われている。しかし、ICT による効率化の事例は少なく、市街地でのインフラ設備の配管維持管理による掘削作業では、既存の地中埋設管の位置を把握し、破損させることなく保護することが急務となっている。

市街地における従来施工の配管維持管理では、地中探査の実施後、配管経路図等を 2 次元の図面として図化を行い、埋設管設置位置を把握している。施工現場では丁張設置、試掘を行いながら、人力と併用して慎重に作業をする必要がある。

これらを踏まえ、上記作業に ICT を活用し、地中埋設管の探査結果と ICT バックホウ「ホルナビ」を連携させ、施工現場の生産性向上および既存埋設管の保護を目的とした実験をおこなった。

2. 目的

本稿は、市街地でのインフラ設備の配管維持管理による掘削作業において、施工現場の生産性向上および既存埋設管の保護の向上を目的としたマシンガイダンスシステムについて、3 社共同にて検証し、評価する。

3. 実証実験

地中埋設管の探査結果と ICT バックホウ「ホルナビ」を連携させ、施工現場の生産性向上を調査するために表 1 に示す現場条件にて検証を行った。

市街地の維持管理を想定するため、50A ~ 200A の管および障害物を想定したアルミ板を埋設した。

埋設管の設置には、レーキによる敷き均し、タンパによる締固めを実施し、土の密度が一定になるように留意しながら、実験準備を行った (図 1, 2, 写真 1, 2)。

検証を行った手順について表 2 に示す。

表 1 現場検証条件

場所	施工技術総合研究所 構内
実験範囲対象	W2 m×L4 m×(H1.4)
管径	50 A ~ 200 A
材質	VU, SGP-W

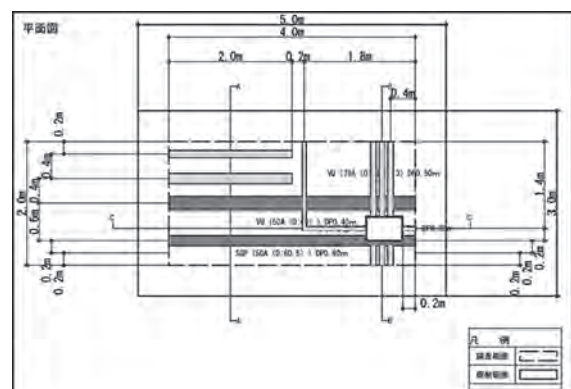
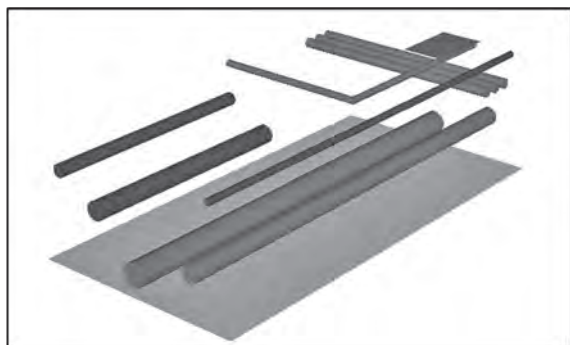


図 1 埋設管配置平面図



図一 埋設管配置状況 探査結果 3D 表示



写真一 検証に利用した埋設管



写真二 埋設管設置完了状況

表一 検証手順

手順	実施内容
1	地中探査の実施後、地中埋設管データを解析し、3Dモデル化する
2	3Dモデル化された埋設管の上部より、15cm オフセットした3次元設計データを、埋設管の保護データとして作成
3	埋設管の保護データを LandXml 化し、ICT バックホウに搭載する
4	ICT バックホウにて床掘り作業を行い、作業時間を計測する
5	再度埋戻しを行い、通常床掘り作業時間を計測する
6	上記4と5の作業時間を比較する

(1) 地下探査の実施

埋設管位置の把握を行うため、地下探査を行った。地下部の非破壊探査技術として、電磁波地中レーダ法

と電磁誘導法がある。電磁誘導法では磁性体が磁界に影響を与える現象を利用するため、金属系の埋設物のみの検知となる。

しかし、実際の掘削作業には材質を問わず埋設物を検知する必要があるため、媒質内の電磁波伝播と反射を利用する電磁波地中レーダ法を使用した。使用した多配列地中レーダシステムの仕様を表一に示す。地中探査の実施状況においては写真一に示す。

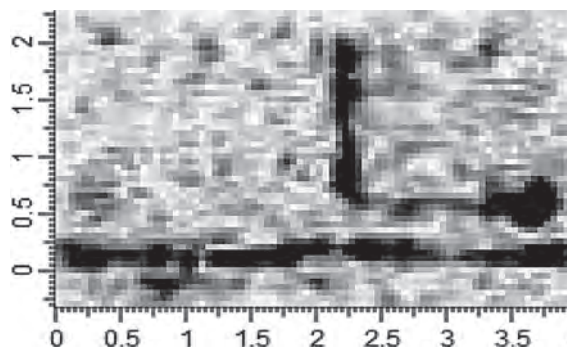
表一 多配列地中レーダシステムの仕様

探査能力	探査深度：1.5 m 程度
探査精度	水平位置：±10 cm 深度位置：±10 cm (GL-1 m 以浅) ±10% 程度 (GL-1 m 以深)
施工能力	500 m ² ~ 1,000 m ² 程度/日
適用条件	気象条件：雨天不可



写真三 地中探査の実施状況

多配列地中レーダシステムから取得された地中レーダ平面処理データを解析することにより、地中埋設物の位置を把握した(図一)。また、横断データおよび縦断データを処理・解析を行う事により3Dモデル化を行った。



図一 地中レーダ平面処理データ

(2) 地中計測データのレジストレーション作業

地下探査結果の3Dモデルは、現場の座標系ではなくローカル座標となる。そのため、絶対座標の現場基

準点を計測し、相対座標となっている地下探査結果の3Dモデルの基準点をTS測量およびGNSS測量にて統合し現場座標に変換した(図-4)。

また、埋設管保護データを作成するために、標高値が必要となるため、地上型レーザースキャナーを用いて点群の計測を行った。また、デジタル処理中に周囲の状況を把握しやすくするため、取得した点群を用いて埋設管位置の可視化を行った。

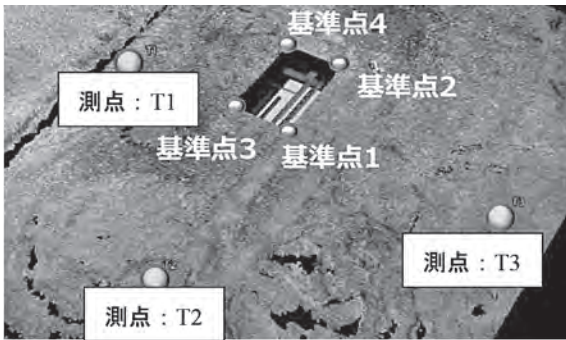


図-4 地上の基準点配置状況

(3) 埋設管保護データの作成

地中の埋設管保護データに関しては、通常のICT土工にて利用されるデータ形式と変わらない。

そのため、深さ方向での3次元設計データではなく高さ方向(標高値)を利用して不整三角網(TIN)データを作成する必要がある。前述の地中計測データのレジストレーション作業にて取得した3Dモデルは現場座標に変換するとともに探査誤差を考慮するため、3Dモデルの15cm上部へとオフセットした高さの3次元座標を算出し、それらを結線した不整三角網データを作成した。

利用したソフトウェアは一般的に広く利用されているシステムを用いて作成した。作成した埋設管保護データは図-5、配置状況は図-6に示す。

(4) ICT活用による掘削作業計測

本検証における4m×2m(深さ約1.2m)のICT

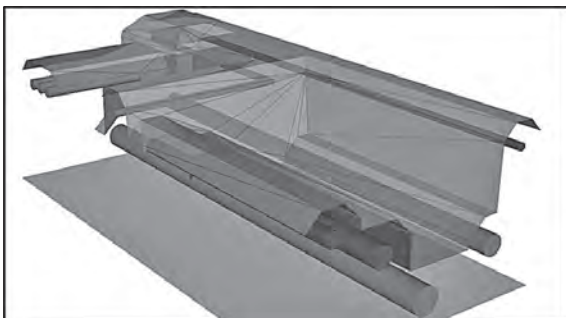


図-5 埋設管保護データの作成

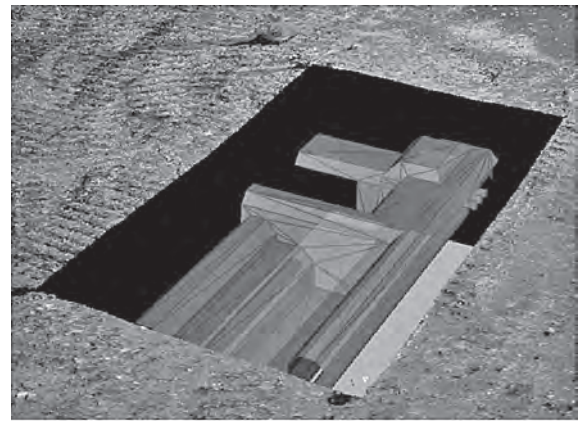


図-6 埋設管保護データの配置状況

活用による準備作業および掘削作業を実施した。検証作業においては写真-4、作業時間においては表-4に示す。ICT活用による床掘は、マシンガイダンス機能を搭載したバックホウ0.25m³を用いた。ガイダンス画面に表示される埋設管保護データと、バケット位置をリアルタイムに確認し作業を実施した。本検証においては、マシンガイダンスシステムを利用したため、作業を実施するオペレータの技量によって掘削時間は異なる。本検証におけるバックホウのオペレータは、日ごろからバックホウの操作に長けている人材にて実証実験を行った。



写真-4 ICT建機による掘削作業

表-4 ICT活用による準備作業と必要時間

区分	実施内容	時間
探査	地中探査	10分
	3Dモデル化(解析・図化)	40分
準備	埋設管保護データ作成	60分
	3D設計データ作成	
施工	ICTバックホウを床掘	45分
合計		155分

(5) 従来施工での掘削作業計測

本検証における4m×2m(深さ約1.2m)の従来施工による準備作業および掘削作業を実施し、マシンガ

イダンス機能を利用しないバックホウ 0.25 m³ を用いた。検証作業においては写真—5, 作業時間においては表—5 に示す。

埋設管を保護する目的から、従来施工による床掘作業においては以下の作業を頻繁に行いながら行った。

- ・ 平面位置をコンベックス等にて計測
- ・ 深さをレベルにて計測
- ・ 埋設管の有無を手元作業員に確認及び指示
- ・ 確認のための手掘り試掘



写真—5 従来建機による掘削作業

表—5 従来施工による準備作業と必要時間

区分	実施内容	時間
探査	地中探査	10分
	地中探査結果報告書	120分
	配管経路図	
準備	丁張計算	20分
	丁張設置	
施工	試掘・埋設管確認	130分
	人力を併用した床掘	
合計		280分

(6) 埋設管の保護状況

埋設管の保護状況について、ICT 活用と従来施工での違いを表—6 に示す。

ICT 施工では埋設管への破損はなく、試掘して管までの距離を計測するとデータ通りに 15 cm 上までの掘削結果であった (写真—6)。

従来施工では、バケット刃先が埋設管へ接触することがあり、損傷が 2 箇所、破損が 1 箇所であった (写真—7)。

4. まとめ

従来施工時間と ICT 施工時間を比較すると、45% 程度の縮減効果が得られた。その要因として丁張設置

表—6 従来施工と ICT 施工による埋設管接触箇所

施工区分	埋設管の状況	個所数
ICT 施工	損傷	0 箇所
	破損	0 箇所
従来施工	損傷	2 箇所
	破損	1 箇所



写真—6 ICT 施工実施時の掘削結果



写真—7 従来施工時のバケット接触による破損箇所

に関する手間の縮減、地中の状態が把握できる事によるオペレータの生産性の向上、埋設物破損のリスクが低減できるため、埋設管破損後の修復作業等が不要になるなどの効果が見られた。

また、本検証現場では 4 m × 2 m (深さ約 1.2 m) の狭隘環境であるため、丁張計算、丁張設置の作業が 20 分と少ない。実施工ではより多くの丁張設置および測量計算作業も時間がかかると想定されるため、更なる時間の縮減効果が期待できる。

安全面では、コンベックスによる平面位置の測定やバケット爪先を施工箇所近くにて目視しながら作業を進める必要があるが、ICT の活用により人員が施工箇所付近に立ち入る必要が無くなるため、安全面による効果も期待できる。

しかし、3次元設計データが不可欠なことや、ICT 建設機械の導入が必須であるため、費用面では施工者の負担が大きくなってしまおうという課題や、細かな埋設管の保護や、狭隘環境での施工では、バックホウのバケットサイズに合わせて埋設管保護データを作成す

る必要がある等の課題がある。

小型建設機械に取り付け可能な ICT システムが市場に出回り、中小規模の施工現場に導入されやすくなることを期待したい。

5. おわりに

市街地での維持管理による掘削作業における施工現場の生産性向上および既存埋設管の保護の向上を目的とし、3次元設計データを用いたマシンガイダンス「ホルナビ」の活用についての研究を行った。ICT 建設機械を利用するためには、地中探査結果より3次元設計データを作成することが必要不可欠であるが、人工数の削減および作業時間の短縮効果が大きいと同時に、地下埋設管の保護に効果的である事が分かった。埋設管の保護においては、埋設管破損時の補償や、復

旧作業の短縮、オペレータによる作業の容易さなど、様々な波及効果が得られると考えられる。今後も ICT を利用した活用方法や小規模土工における ICT の現場適用性および効果に関する研究に取り組んで参りたい。

JCM A

〈共同検証〉

- ・(一社)日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所
- ・ジオ・サーチ(株)

〔筆者紹介〕

関口 伸吾 (せきぐち しんご)

コベルコ建機(株)

施工ソリューション部 ソリューション営業グループ
マネージャー



建設機械メーカーにおける営業のデジタル変革

試行錯誤し見えてきた活動ポイント

龍尾 信哉

高齢化・入就者の減少等により建設現場での生産性と安全性の両立が深刻化している。建設機械メーカーにおいては、単にお客さまに建設機械の仕様や性能を伝える形での営業では、真にお客さまのお役に立てない状況となっている。すなわち、お客さまの抱える課題を解決する形の営業活動への変革が不可欠。本稿では、デジタルをフル活用し、試行錯誤しながら営業変革を推進した経緯および、その中で培った活動上のポイントについて報告する。業務変革を対象としたデジタルトランスフォーメーション（DX）を推進する際の一助になれば幸いである。

キーワード：DX、デジタルトランスフォーメーション、業務変革、お客さま課題解決型、DX基盤

1. はじめに

高齢化および入就者の減少により、建設機械のオペレータの減少に歯止めが掛からない。このような背景もあり、建設現場での生産性と安全性の両立の課題が深刻化している。また、建設機械の活用形態も建設機械の所有に留まらず、レンタル・リカーリング（使用する期間分だけ）はもとより、サブスクリプション（定額で、一定条件のもと使い放題）等の契約形態も珍しくなくなってきている。すなわち、お客さまの資産管理やファイナンスに関する課題も考慮することが求められる。

このような背景のもと、建設機械メーカーにおいて、単にお客さまに建設機械の仕様や性能を伝える形での営業では、真にお客さまのお役に立てない状況となっている。すなわち、機能や性能の伝達を中心としたモノ売り型から、お客さまの課題解決型の営業活動へのシフトが期待されるとともにビジネスの維持・拡大上も不可欠な状況である。

一方で、デジタルトランスフォーメーション（DX）、デジタルを活用し企業の自己変革を推進することも不可避になっている。このような背景の中で、「モノ売り型から、お客さまの課題解決型の営業活動へのシフト」を目的に営業のデジタル変革を開始した。

2. お客さまの課題解決型行動方法の実証＝PoC（Proof of Concept：概念実証）

まずは、営業活動の現状について確認したい。建設機械業界に限った話ではないが、担当により営業活動の経験・能力にバラツキが激しい。特に、お客さま課題解決型の営業においては、その傾向が顕著である。また、お客さま課題解決型の営業を推進する上では、様々な情報が必要となる。その情報を基幹システム等から集めようとしても、うまく集められない。実はデータをどう使って良いか、今一つ分からないので、データ集めそのものを諦めてしまうケースも散見された。これらの結果、お客さま課題解決型の案件の獲得を拡大できない状況であった。

このような状況を踏まえ、「若手・経験が浅い営業がお客さま課題解決型案件を受注する」を目標として実証（PoC）を推進した。

PoCの実施内容としては、まず、お客さまの課題解決的な行動を実施している営業担当のキーとなる行動のいくつかを抽出した。例えば、お客さま保有の60台の建設機械の中で「最も古い建設機械」をキーに会話し商談する。最も古い建設機械ぐらいは、多くの営業担当の頭に入っているのも既に実施していた営業担当も多い。しかし、お客さまが新しく導入した建設機械含めて「最近、稼働が高止まりしている建設機械」をキーに、もしかしてお客さま先の工事現場のリソースが足りていないのでは？とレンタルの商談をするなどは、一部の営業担当しか実施できていなかった。

た。このように、お客様の状況から新車販売に留まらず、レンタル、中古販売あるいは修理サービスなどから、最適な提案に繋げる際のキーとなる行動のいくつかを抽出した。その後、キー行動に必要なデータを2クリックで素早く見られるアプリケーションを作成した。アプリケーションが商談のきっかけを教えてくれる形にした。なお、本アプリケーションは、様々な切り口でデータを探せるアプリケーションではない。むしろデータの見方を特定した。もちろん採用しなかった見方を否定するものではない。実証目標「若手・経験が浅い営業がお客さま課題解決型案件を受注する」に対して、見方を特定することに価値があるかを試す狙いで実施した。

このアプリを関東の営業所の若手2名に、1週間ずつ2回実施した。それぞれの回は、別メンバに活用してもらい検証を推進した。その結果、特定メンバでなく、複数メンバで複数件の受注を獲得した。また、今後の引き合いも獲得することに成功した。実証目標「若手・経験が浅い営業がお客さま課題解決型案件を受注する」を達成し、実現していく価値があることが見えてきた。実証したことで、特に、上層部・幹部のメンバを含めたプロモートしていく部隊が自信をもった。本気で展開しようという機運が非常に高まった。業務変革は、“人”が中心なので、幹部を含めたプロモート部隊のメンバが本気になったのは大きな成果であった。

3. 本番システム構築・リリースとDX基盤

PoCの後、本番で活用するシステム構築に取り掛かった。ここでは、既に、開発中であったDX基盤に基づき本番のシステムを構築していった。

DX基盤には、お客さま先で日々稼働している建設機械、何十万台の稼働情報、いわゆるIoT（Internet of Things：モノのインターネット）データと、生産・販売・在庫などのいわゆる業務データを収集・集約している（図-1）。DX基盤に集約するデータを使い倒す戦略的なアプリケーションをスピーディ、効率的に創出できるようにすることで、デジタルトランスフォーメーション（DX）の加速を狙っている。この第一弾として営業支援する戦略的アプリケーションとして構築していった。

DX基盤自体は、営業支援アプリケーションの開発チームとは別チームで開発を推進した。営業支援アプリケーションの開発チームでは、営業支援アプリケーションのアーキテクチャを探りながら、ようは、「実現方式を試行錯誤」しながら推進した。例えば、ユーザ画面は、モバイルの専用アプリケーションにするか、あるいは、モバイルでもPCでも使えるWebアプリケーションにするかなど。実は、画面については、元々PoCで使っていたEnd User Computingツール（ユーザ自身で簡易にシステム開発できるツール）をユーザ画面としたアーキテクチャを考えていた。しかし、扱うデータボリュームがPoC時点とは桁違いなど、別の方式検討を余儀なくされた。このように試行錯誤しながら進めた。

2021年12月に、先行300名に対し営業支援アプリケーションをリリースした。2022年3月現在、口コミで広がり、どうしてもユーザ追加して欲しいと言うリクエストに対応し350名に膨れている。また、各拠点で活用方法の勉強会などを実施し、ユーザからのフィードバックを受けながら、アプリケーションの継続アップデートを進めている。

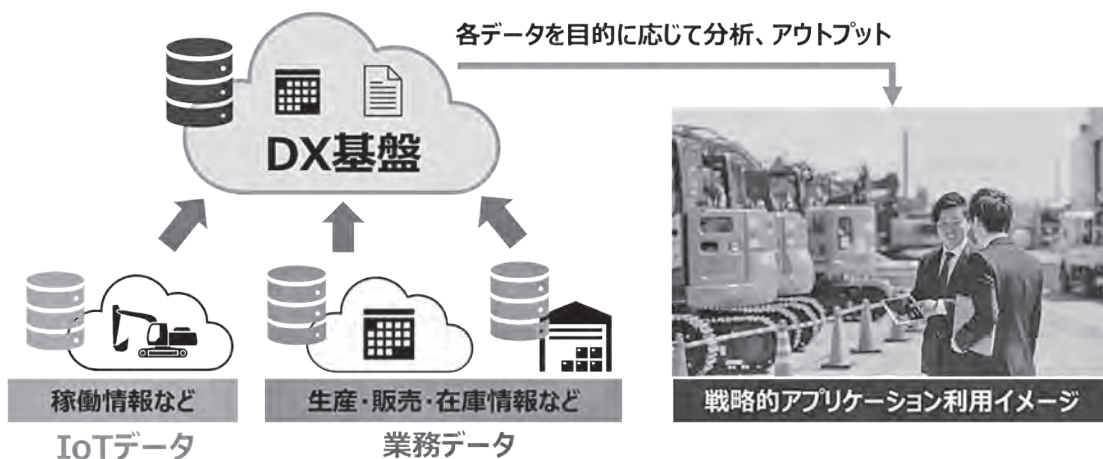


図-1 DX基盤によるDX加速

4. 活動上のポイント

以上のような形で、試行錯誤しながら活動を推進してきた。ここで、活動上のポイントについて、振り返ると、以下5点が挙げられる。

- (1) 世界観のイメージ化（デモ）とアクションを対に進める
- (2) 「価値証明」と「実現方式証明」を分ける
- (3) 業務メンバとITメンバが一体化し推進する
- (4) 基幹システムとの違いを踏まえ開発する
- (5) 小さく生んで、活動状況を踏まえ育てるそれぞれについて見ていきたい。

(1) 世界観のイメージ化（デモ）とアクションを対に進める

一つ目のポイントは、世界観のイメージ化（デモ）とアクションを対に進める。

実は、今回の「お客様の課題解決型行動方法の実証」= PoCの推進と並行して、めざす世界観のイメージ化に取り組んだ。「何が正解か分からない。だから動く。ただ、世界観を共感しないと改善止まりになってしまう。」という前提認識のもとPoCアクションと並行して世界観のイメージ化、具体的にはデモンストレーション（紙芝居）を作成した（図-2）。

このデモでは、システムの操作方法ではなく、めざす世界で起こしたいドラマを明示することをめざした。

今回のデモの中では、あるお客様への継続的な対応の姿を描いている。具体的な商談や故障に対するサポートが展開される。商談の中では、お客様の状況

や課題を踏まえ、中古と修理サービスを提供する。言い方を換えると新車提供のチャンスを逃している。ここで、お客さまに寄り添い対応したことで、半年後に新車が2台売れる流れになっている。粗筋を文章で伝えても伝わらないが、これがドラマ仕立てのデモになっている。業務変革の構想書で言えば「顧客に寄り添い活動することでビジネスを維持・拡大する」となる。しかし、この構想書だけでは、メンバ皆が、腑に落ちて理解するには至らなかった。それが、このデモを見てもらうことで、世界観を感情とともに腑に落ちて理解してもらうことに成功した。

なお、デモで具体的な仕様を見せてしまうと、発想が限定されてしまい新しい発想を阻害し兼ねないので、更に言えば、デモで明示しているシステム仕様の中で気に入らない部分ばかりに議論が集中するのは？と懸念も持っていた。これもドラマ明示にフォーカスすることで回避できた。

一方で、デモ作成と並行し推進したアクション（「お客様の課題解決型行動方法の実証（PoC）」）について見てみる。アクションは、当然ながら範囲が限定されるので、“それだけ”と思われがちである。その際にデモを見せることで、今回のアクション範囲外もイメージしていることを明示できることは大きかった。今回のアクションにメンバを巻き込んでいくときに、最初に世界観のデモを見せ、その中のこの部分という形でアクションを明示して理解してもらうことが可能であった。

見方を変えると、このデモがあることで、アクションの範囲をより一層限定・割り切ることが可能となっ

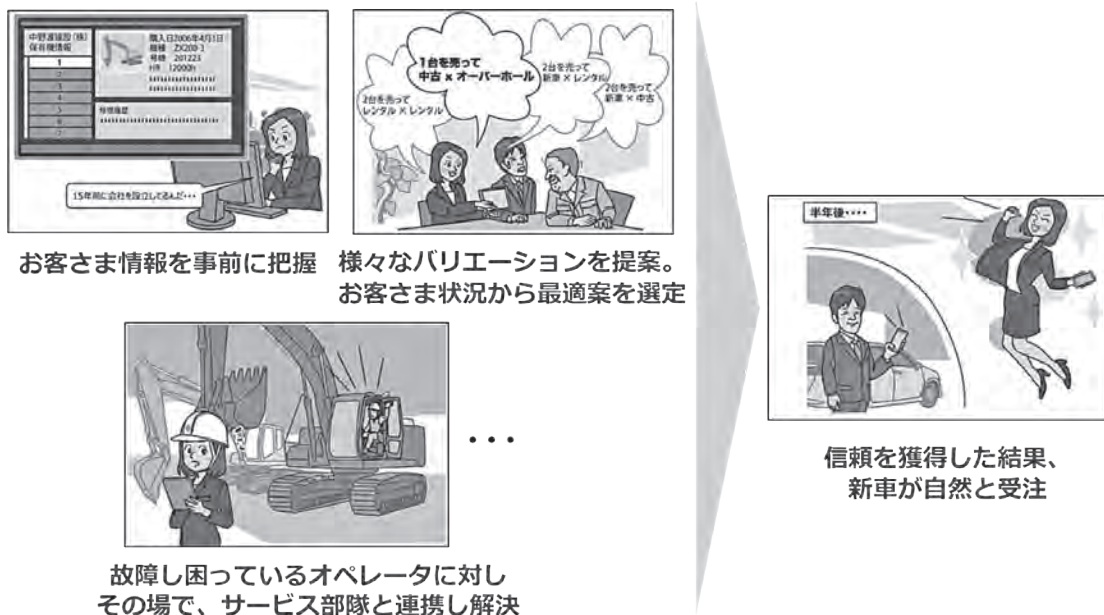


図-2 世界観のイメージ化（デモ）

た。そうすることで、アクション (PoC) をスピーディに実行できるようになり、成功要素のみでなく失敗要素も早期に創出して早く改善することが可能となる。

(2) 「価値証明」と「実現方式証明」を分ける

ポイントの2つ目は、「価値証明」と「実現方式証明」を分ける。

今回実施した「お客さまの課題解決型行動方法の実証 (PoC)」では、価値の証明にフォーカスした。PoC後に、色々な所でPoC結果の報告をした際に、毎回、最初に聞かれたのは「データ連携はどのように行ったか？」であった。実は、今回のPoCでは、データ連携は人間技であった。一日一回、人手でデータを抜いて、アプリケーションが扱えるところに置いただけである。データも前日のデータだと割り切った。割り切ったデータでも価値が出せた、なのでお金をかけて実現する価値がある。そこで、やっと、真剣に実現方式を悩めるようになる。実現する価値があるのか曖昧な状態であると、策定する実現方式も中途半端になり、結果的に意味のない仕組みになってしまい兼ねない。ようは、PoCする際には、実証する要件を特定することが重要である。言い換えると、その要件以外を如何に割り切りPoCを実施するか、その方法を考えることが重要である。

先ほど紹介したデータ連携の質問が象徴的であるが、人間、一番気になるのは、難しそうと思う点である。実現方法が難しい場合には、そこに関心が高まる。PoCを計画する段階において、メンバの関心もそうになっているケースが多い。その結果、実現方式を検証するためのPoCを実施しようとする。実現させる価値があることが見えていて、実現方式が課題の状態であれば、その証明にフォーカスしたPoCを実施するのが適切である。ただ、実現させる価値があるか否か分からない段階であれば、人手等の代替え手段を使って実現方式の問題を迂回する方法を探り「価値証明」

にフォーカスしたPoCを実行することが有効である。

21年度の本番システムの開発においては、開発しようとする営業支援アプリケーションには、価値があると前段のPoCで証明できていた。そのため、最初に計画していた実現方式が使えないと分かった際にも諦めず、他の実現方式を探り、試行錯誤しながら本番システムの開発を推進することが出来た。

「価値証明」と「実現方式証明」を分けるが2つ目のポイントである。

(3) 業務メンバとITメンバが一体化して推進する

活動ポイントの3つ目は、業務メンバとITメンバが一体化して推進する。

これまでのシステム開発では、業務部門が要件をリクエストしてIT部門がそれを実装する形で進めてきたケースが多い。今回は、A.業務見識者と、B.実現策を立案するメンバ、そしてC.プロトシステムをクイックに開発するメンバが一体となって進めた(図-3)。

試行錯誤と言う意味では、PoCの時点で、画面など大きく3回全面的に作り直した。それに全メンバが参加した。これは非効率とも見えるが、明らかに次の点で効果の方が上回った。

その案となった背景・意図が深く共有されるので、業務部門が細かく要件を明示する必要がなかった。もっと言えば、だったらこんな画面・要件でどうかとIT側から提案することが可能であった。3回の全面的な作り直しも、各回で長い時間が掛かっていれば、2回失敗したとなる。これを、スピーディに実施すると、ブラッシュアップが3回出来たとなる。これは非常に大きな効果であった。

ちなみに、各役者の役割は、

- A. 業務の見識者：実業の見識を有すのみでなく、めざす世界観となる先を見通す
- B. 実現策設計：業務見識者の見識を実現策に落とし込むとともにめざす世界観を見据え効果を高める提案をする

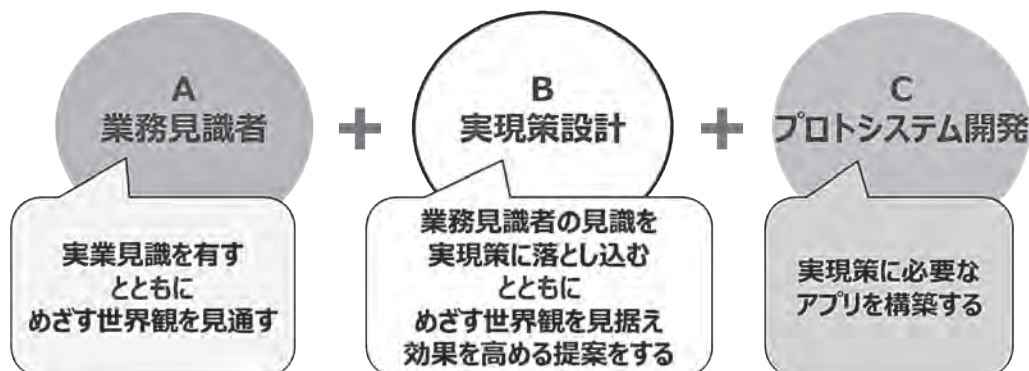


図-3 改革ユニット

高める提案をする

- C. プロト開発：実現策に必要なアプリケーションを構築する。この人財は、B. 実現策設計人財へのキャリアパスとも見れる。

(4) 基幹システムとの違いを踏まえ開発する

活動ポイントの4つ目は、基幹システムとの違いを踏まえ開発する。

今回のシステムである営業支援アプリケーションの特徴は、基幹システムではないので、使わなくても出荷ができてしまう。ようは、使わなくても業務遂行は可能であるシステムである点が挙げられる。ユーザに如何に使いたいと思わせるか、活用開始の後に離反させないかがポイントとなる。

そのため、次の2点には力を入れた。

デザイン：画面を見ただけで分かる。

レスポンス：もう使いたくないと思わせない。

※もちろんセキュリティは担保して

また、基幹システムのデータを活用するが「書き換えない」ことを前提に推進した。データを生成・書き換える基幹システムと、今回のようなアプリケーションを明確に線引きし推進した。この成果として、機能品質や安定性より迅速リリースを重視することが可能となった。アプリケーションの特性を区分して開発や導入することが重要である。

区分する際のアプローチ方法としては、線引きした特性内で実現できるように、要件を絞るあるいは補正し推進するのが一つ。もう一つのアプローチ方法は、実現したい要件を、どのアプリケーションタイプで実装すべきかを見極めて推進する。例えば「引当調整する際に、条件を切り替えシミュレーションする」機能が必要になったとする。この機能要件は、基幹システムである販売管理システムを改修することでも、営業支援アプリケーションを改修することでも実現が可能とする。この要件を基幹システムである販売管理システムで実装する場合、引当調整業務は、基幹システムを活用しながら実施する業務なので、シームレスな業務実現には良い。ただ、基幹システムであるため、他システムとの連携含めて入念なテストが必要となる。その結果、リリースまでには時間も工数もかかる。一方で、要件を営業支援アプリケーションで実装では、迅速なリリースを低コストで実現できる。ただし、営業支援アプリケーションでのシミュレーション結果を踏まえて、基幹システムに再入力が必要となる。それぞれのメリット・デメリットを踏まえ、実装先を決定していくことが重要である。

(5) 小さく生んで、活動状況を踏まえ育てる

活動ポイントの最後、5つ目は、小さく生んで、活動状況を踏まえ育てる。

実は反省がある。今回の営業支援アプリケーションは、初期リリース300人とした。300人は、決して少ない人数ではなかった。要は、一人ひとりの顔を浮かべ、個々にコミュニケーションが取れる人数範囲を超えていた。また、全国から選抜したため、特定の地域に集中する形も取れなかった。なお、一言で営業と言っても、新車、レンタル、中古車、サービスと多岐にわたり、新車、レンタル、中古車、サービス、どれについても一定以上満足できる機能範囲や品質が確保できるまでリリースできなかった。すなわち、初期リリースは、ユーザ機能を確実に作りこむことを優先せざるを得なかった。その結果、仕組みを育てる意味で重要だと分かりながら、活用状況を見るためのログ出力を最初から実装することができなかった。

こうなった背景には、基幹システム的な本番リリースのイメージを、我々自身がぬぐえなかった点が挙げられる。基幹システムイメージで言えば、一定範囲の業務を一括で移行しないと伝票の整合性が取れなくなるため、リリース回数を極力限定することが求められる。基幹システムにおいては、テスト工程を確実に実施し一定規模以上の範囲でリリースするのは自然な流れとなる。この思想から抜けられなかったのが300人範囲に一気にリリースした背景である。

一方で、出来たこともある。活用方法についての勉強会が、半自発的に発生した。半自発的に発生した要因としては、300人の初期ユーザへの最初の説明会の際に、必要性に留まらず、活用方法を次々と発明していくことが重要なアプリケーションであることを強調できた点があげられる。支社ごとに、このアプリケーションの活用方法を編み出していく形で取り組んでほしいと、営業の幹部から伝えてもらった。幹部自身の熱い思いとして、伝達してもらえたのは、事前にPoCで価値実証し、しっかりと幹部を巻き込めたためである。活動ポイント(2)で紹介した「価値証明に割り切り実施したPoC」の成果である。

また、リリース1か月後の最初のアップデートの一つに、活用ログ出力を実装することもできた。

今後は、少数メンバにリリースし、ユーザの活用ログ分析および現場メンバとの議論により育てていく形で、戦略的なアプリケーションの導入展開を推進していきたい。従来型の開発イメージで言えば、リリース前のテスト工程にユーザを本格的に巻き込むイメージに近いと考えている。

5. おわりに

デジタルを活用して迅速に自己革新できるか否かの能力は、企業の生き残りを左右する能力になっている。VUCA（Volatility・Uncertainty・Complexity・Ambiguity）と呼ばれる先が見通せない時代に生きる我々にとって、本能力は不可欠である。早く試して、早く失敗して、そこから学び、革新の範囲を広げて、更に深めていくアプローチを、今後も継続していく所存である。

謝 辞

今回の活動は、深川 潤二さんをはじめとした日立建機日本の皆さん、久富 伯夫さん、阿部 聡司さんをはじめとした日立建機の皆さん、その他多くのメンバーの力を結集し、試行錯誤から一つ一つ学び推進してきたものである。改めてお礼申し上げます。

*職制は、2022/3月現在

JCMMA

《参考文献》

- ・嶋田歩, “働き方改革 (105) 日立建機 DXで営業“コト”売り化”, 日刊工業新聞, 2021
<https://www.nikkan.co.jp/articles/view/607406>, (2021-08-04).
- ・ビジネス・フォーラム事務局, “Sales Transformation 2021 開催レポート”, 2021
https://www.b-forum.net/reports/pages/bfst2021_rep/, (2021-11-17)
- ・日立建機(株), “日立建機のDX加速に向け, OT・ITデータ利活用のプラットフォームを両社で構築”. NewsRelease, 2022
https://www.hitachicm.com/global/jp/news-list_jp/22-01-01-20j/, (2022-01-20)

【筆者紹介】

龍尾 信哉 (たつお しんや)
 日立建機(株)
 DX推進本部 DX改革統括部
 統括部長



無線ネットワーク環境で重機のスムーズな遠隔操縦を実現するサービスの紹介

重機遠隔操縦サービスの紹介

太田大輔

建築土木業界における生産性向上や働き方改革を実現するにおいては、ICTを活用した施工や生産プロセスそのものの変革が重要であり、建設重機の自動化や遠隔操縦、自律化に大きな期待が寄せられている。重機の遠隔操縦においては無線ネットワークが必要不可欠となるが、通信変動が課題となる。そこで、無線ネットワークの実効伝送量を予測し、伝送量に見合う安定した映像伝送と操作を可能とする適応遠隔制御技術を開発し、同技術を活用した重機遠隔操縦サービスの提供を開始した。

キーワード：遠隔操縦、バックホウ、無線ネットワーク、適応映像配信制御技術、適応遠隔制御技術

1. はじめに

建築土木業界では、熟練職人の高齢化や若手就業者の減少が進み、増加するインフラ補修工事・災害復旧工事への対応が困難な状況にある。従来の危険で過酷な現場のイメージを払拭し、性別や年齢を問わない多様な人財を呼び込むことで、労働力を確保していくことが急務となっている。こうした中、安全・安心な作業、快適な労働環境を実現する重機の遠隔操縦が着目され、技術開発が進められている。

重機の遠隔操縦を実現するには、重機のある施工フィールドから離れた遠隔地に対して、重機の周辺を含む当該エリアの様子を確認するための映像配信と、重機を遠隔操縦するための操作命令を行う必要がある。これらの通信には無線通信が不可欠となる。有線通信では、移動・旋回する重機の作業を制限することになり、通信インフラの構築にも多大なコストが掛かるためである。

一方、無線通信では、導線やファイバーなどのケーブルで電波の伝送路を保証された有線通信とは異なり、電波として空中を伝送することから、距離に依存する電波の減衰、地物による遮蔽、他の電波源の妨害などの影響を受けることになる。これらの影響により、無線通信では、有線通信と比較して、通信の品質は安定しない。その結果、通信品質の劣化が生じやすく、その影響で配信映像の遅延や乱れ、操作命令の遅延や途切れなどが生じ、操作者による操作性の違和感や作業効率の低下のみならず、重機制御の遅れによる事故の危険性につながるおそれがあった。

前述の課題に対し、通信の実効伝送量を予測し、伝送量に見合う映像伝送と操作を可能とする適応遠隔制御技術^{1)~4)}が開発された。通信品質の変動が頻発する無線環境下でも、安定した映像を伝送できるとともに、操作命令の到達遅延も予測し正確な操作を実現できるため、長時間にわたってスムーズな遠隔操縦が可能となる。本稿では、適応遠隔制御技術と、同技術を活用した重機遠隔操縦サービスについて紹介する。

2. 適応遠隔制御技術の紹介

映像配信では、どのような通信路においても、物理的な制約から遅延時間が必ず生じる。そのため、重機を遠隔操縦するために使用する映像配信用の画面などには、施工フィールドの実際の状況が少し遅れて映し出されることになる。長時間にわたってスムーズな遠隔操縦を行うには、遠隔操縦で使用する映像配信の遅延時間を小さくかつ一定に保ちながら、ある程度高い画質を担保することが重要である。特に、遅延時間を一定に保つことが遠隔操縦においては重要となる。遅延時間を一定に保つことができれば、操作者は配信映像の遅れのタイミングに合わせて遠隔操縦することが可能となるためである。また、映像配信の遅延時間を小さくすることで遠隔操縦のリアルタイム性を高めることができ、さらに高い画質を担保することができれば、搭乗時と近い感覚で遠隔操縦を行うことができる。

前述の状況を実現するためには、通信の実効伝送量に対して配信する映像のビットレートが超過しないようにしなければならない。映像のビットレートに対し

て通信の実効伝送量が不十分であれば、画面に映し出される配信映像の再生が停止してしまうためである。特に、通信の品質が安定しない無線通信においては、通信の実効伝送量が大きくかつ頻繁に変動するため、その変動に合わせて配信する映像のビットレートを制御する必要がある。映像のビットレートを固定にする方法では、通信の実効伝送量が劣化した場合でも配信映像の再生が停止しないよう、映像のビットレートは低い値で設定しなければならず、常時、画質の低い映像で遠隔操縦を行うことになり作業効率が大きく劣化するおそれがあるためである。

配信する映像のビットレートを制御する方法として、通信回線の状態に応じて複数の映像ビットレートから選択する方法が知られている。但し、基本的にはフィードバック制御系となるため、今現在の映像のビットレートに対して通信の実効伝送量が不十分となった場合に映像のビットレートを更新する手法となることから、通信の実効伝送量が不十分となった場合に映像の再生が一時停止するおそれがあった。この課題に対して、送信側で映像を配信してから受信側で再生するまでの一連の流れを閉ループ制御系としてモデリングし、PID制御を用いて映像ビットレートを制御する手法なども提案されているが、無線通信のような通信変動が大きい環境への適性は低い。このことから、将来の通信の実効伝送量の変動の予測に基づいて映像のビットレートを制御しながら映像配信することが重要となる。

しかしながら、通信の実効伝送量は、RTT (Round-Trip Time)、パケットロス、可用帯域、クロストラヒック、電波状態など時々刻々変動する複数の要因が複雑に絡み合った結果として表れるため、将来の通信の実効伝送量を確定的に予測することは困難である。また、予測が外れた場合、特に通信の実効伝送量が予測値を下回ってしまった場合には、配信映像の再生が停

止し、遠隔操縦の作業効率を大幅に劣化させてしまうおそれがある。そこで、通信の実効伝送量自体を予測するのではなく、通信の実効伝送量の確率的な広がりや予測する手法が開発された⁵⁾。唯一に予測値を確定することではなく、過去1分間の通信の実効伝送量の変動をAIで分析し、予測モデルをリアルタイムに構築し、未来の通信の実効伝送量の変動を確率的な広がりや予測する。無線通信環境として、LTE (Long Term Evolution)、HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access)、FTTH (Fiber To The Home) + WiFi、の3つの方式にて、それぞれ200秒先までの通信の実効伝送量を90%以上の精度で予測できることを立証した⁵⁾。なお、4G (第四世代) や5G (第五世代) などの無線通信環境に対しては、LTEと同じ直交周波数分割多重の通信方式を用いていることから、同様の予測精度を期待できる。以上から、提案手法は、様々な通信環境に対して、高い精度で通信の実効伝送量の予測が可能である。

この予測技術を用いた映像配信制御技術が開発された^{1), 2)}。通信の実効伝送量の確率的な広がりから通信の実効伝送量が劣化する可能性を予測できるため、配信映像の再生停止を生じさせない最大の映像データサイズを算出することができ、その算出結果から映像のビットレートとフレームレートを導出できる。以上をリアルタイムかつ動的に映像のビットレートとフレームレートを制御することができるため、無線通信のような不安定な通信環境でも、途絶やノイズのない高品質な映像をリアルタイムに配信することが可能となる(図-1)。

映像配信と同様、遠隔操縦の操作命令についても、物理的な制約から遅延時間は必ず生じる。そのため、遠隔地での遠隔操縦の操作命令が実際の重機に反映されるまでには少し時間を要することになる。長時間にわたってスムーズな遠隔操縦を行うには、遠隔操縦の

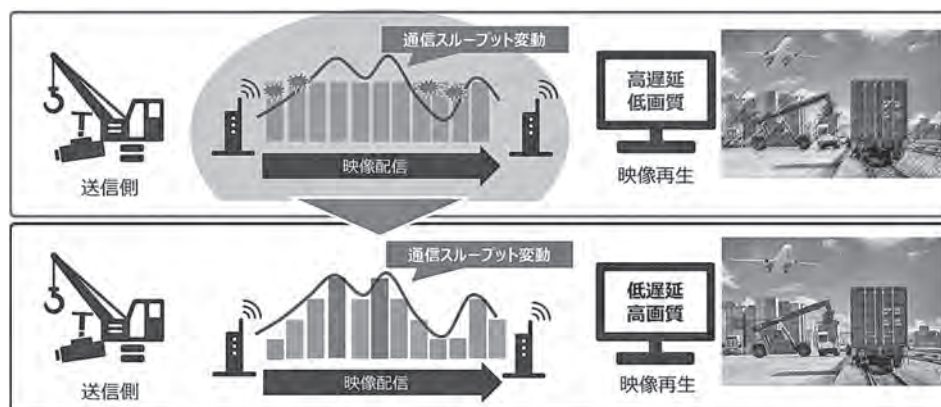


図-1 適応映像配信制御技術

操作命令の到達遅延を小さくかつ一定に保つことが重要となるが、遠隔操縦の操作命令に係るデータサイズは固定となるため、映像配信のようにビットレートとフレームレートを制御することで送るべきデータサイズを変更することができない。そのため、通信の実効伝送量の変動する場合、操作者は操作命令の到達遅延に合わせて遠隔操縦することができない。また、通信の実効伝送量が劣化した場合、作業命令に基づき重機が動くまでの遅延時間が大きくなるため、操作者は、自らの遠隔操縦結果が重機に伝わっていないように感じたり、意図しない動作が行われているように感じたりして、必要以上に遠隔操縦を行ってしまい、結果として、重機が目標地点よりも行き過ぎてしまい、周辺構造物に衝突するなどの危険性があった。

そこで、通信遅延の避けられない環境でも遠隔制御の安定性と操作性を改善するために、操作命令の到達遅延を考慮して遠隔操縦時の重機の稼働量を最適化する手法が開発された^{3), 4)}。これにより、通信の実効伝送量が劣化した場合、操作の行き過ぎの発生を抑制するよう重機の稼働量を調整できるため、無線通信のような不安定な通信環境でも、操作者は安心して遠隔操縦を実施することが可能となる(図-2)。

3. 開発技術の実証

国土交通省が実施した「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)」の技術検証に参画し、建機の遠隔操縦において適応遠隔制御技術を用いることで、従来の制御技術(無人化施工方式の第二世代)より優れた作業効率を実現可能なことを実証した(図-3)。本実証は、2019年10月に長崎県の同省雲仙復興事務所の作業現場(水無川1号砂防堰堤内上流)で実施した。本実証では、重機(バックホウ)に設置されたカメラの映像を約100m離れた場所にある遠隔操縦室に無線で送り、その映像を見ながら土砂掘削の遠隔操縦を行った。実証の結果、配信映像の遅延時間は、従来技術参考値の500msと比較して328msと向上でき、配信映像自体に乱れやコマ落ち、ノイズなども生じなかった。また、30m³当たりの作業時間は、従来技術参考値の60分と比較して25分33秒と約2.3倍に向上した。以上から、映像の安定性や作業効率性の改善を立証できた。

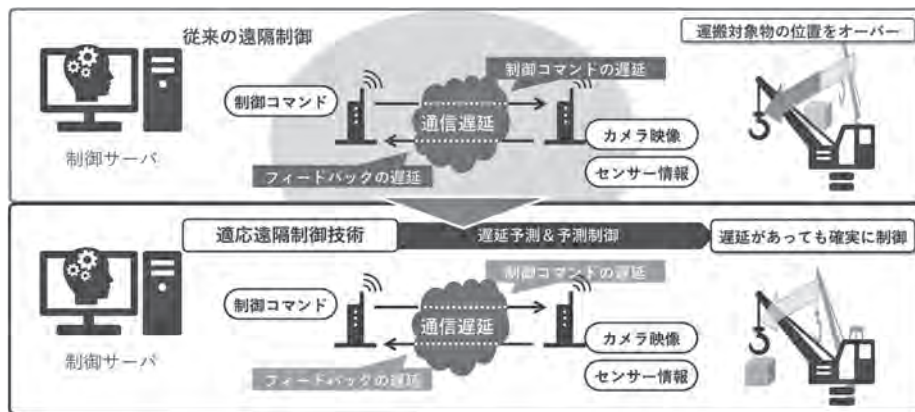


図-2 適応遠隔制御技術

国土省実証：建機遠隔制御の作業効率化

映像配信の遅延を予測による安定した映像伝送
操作コマンドの到達遅延予測で操作ミス発生も抑制

- 重機からのカメラ映像を遠隔操縦室に無線で送り映像を見ながら土砂掘削の遠隔操縦を行う実証実験
- 検証項目すべて(映像の解像度・映像の安定性・作業効率性)において従来技術より優れていることを実証(例) 作業効率性：約2.3倍に向上

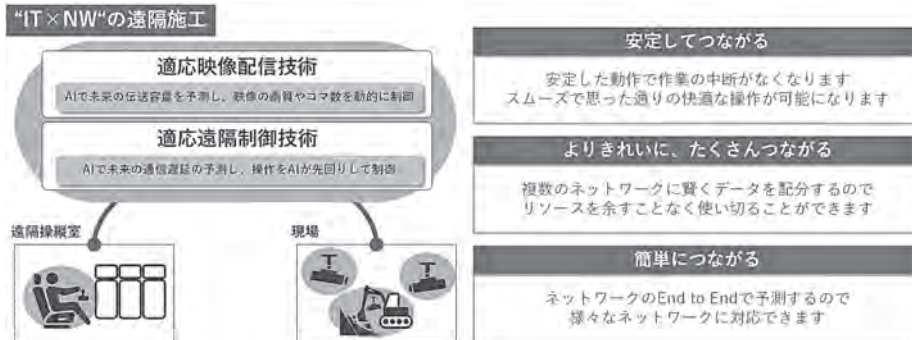
図-3 実証結果

4. 重機遠隔操縦サービスの紹介

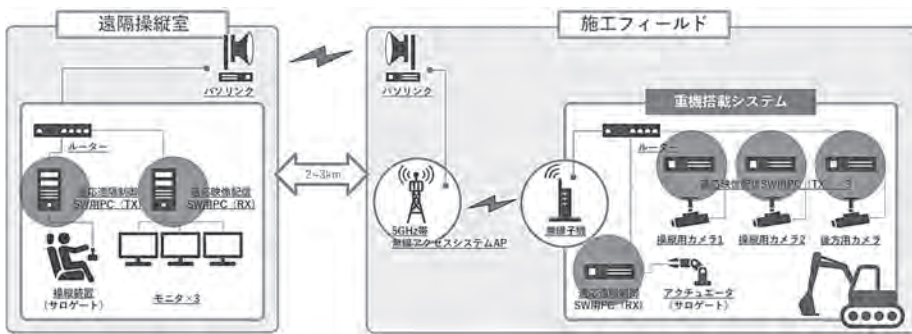
適応遠隔制御技術を活用した重機遠隔操縦サービスを紹介します（図—4）。本サービスは、建設現場に Wi-Fi やローカル 5G などの無線ネットワークを構築し、適応遠隔制御技術を活用した映像配信用のソフトウェア（適応映像配信ソフトウェア）と遠隔制御用のソフトウェア（適応遠隔制御ソフトウェア）を用いて、現場のカメラ映像を遠隔地にいる操縦者がリアルタイムに確認しながら重機をスムーズに操縦できるようにするものである。

図—5 に、本サービスによるシステム構成例を示す。施工フィールドの状況を撮影するカメラとそれを映し出すモニタ、遠隔操縦を行うために重機に取り付けるアクチュエータや遠隔操縦装置、それらを接続するためのネットワーク装置に加え、重機側と遠隔操縦を行う操縦室側に適応映像配信ソフトウェアと適応遠

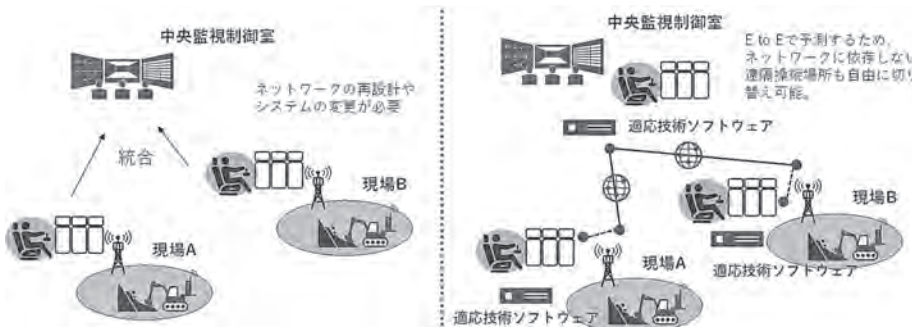
隔制御ソフトウェアを配置するだけのシンプルな構成で機能する。なお、図—5 では、重機のある施工フィールドと遠隔操縦室との間をパソリンク®などの超小型マイクロ波通信システムで接続し、施工フィールド内を 5G 帯無線アクセスシステムで接続しているが、無線ネットワークの構成はその限りではない。施工現場環境に応じて、LTE や 5G などのキャリアネットワークやローカル 5G などのローカルネットワークなど最適なネットワークで構成することができる。また、適応遠隔制御技術は、施工フィールドと遠隔操縦室との間における通信の実効伝送量や遅延時間などのネットワーク状況を予測することができるため、ネットワークの構成自体に依存せずに機能する。そのため、施工進捗に応じた遠隔操縦室の場所や重機の作業場所の変更や、施工現場自体の変更でネットワーク構成を変更しても、他の構成を変更せずに遠隔操縦を継続実施す



図—4 重機遠隔操縦サービスの概要



図—5 システム構成例



図—6 システム構成例

ることができる。

5. おわりに

建築土木業界を取り巻く環境は厳しく、社会インフラの維持に対して深刻な危機にある。次の世代の人々が、現在と同じように安心して暮らしていける社会を目指し、適応遠隔制御技術を活用した重機遠隔操縦サービスの提供を開始した。なお、遠隔操縦単体での効率性追求には限界があり、搭乗操作による施工を超える作業効率の実現は困難と考える。一方で、人並みの判断力をもつ重機ロボットの開発は容易ではない。遠隔操縦の進むべき方向性は、熟練工の技をより多くの場所で活かせるような進化や、女性や高齢者などこれまでになく人財を活かせるような進化など、人に関して拡張していく方向性と、場所の概念をなくして大規模な現場を共同施工していく、あるいは、自動運転とのハイブリットによって究極の安全な現場を実現していく、という現場そのものの在り方を変えていく方向性があると考えている。目指すべき世界の実現に向けて、遠隔操縦技術を進化させていく。

J C M A

《参考文献》

- 1) 吉田裕志, 笹島和幸, 村瀬勉, 里田浩三, “通信スループット予測に基づく映像配信制御,” 電子情報通信学会和文論文誌 B, Vol.J101-B, No.5, pp.320-337, May 2018.
- 2) H. Yoshida, T. Yoshimoto, T. Innami, K. Ohashi, H. Furuya and N. Mori, “Improving Efficiency of Remote Construction by using Adaptive Video Streaming,” 2019 16th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC), Jan. 2019.
- 3) H. Yoshida, T. Kumagai, and K. Satoda, “Dynamic State-Predictive Control for a Remote Control System with Large Delay Fluctuation,” 2017 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE), Jan. 2018.
- 4) T. Yoshimoto, H. Yoshida, T. Innami, K. Ohashi, H. Furuya and N. Mori, “Improving Workload of Long-Distance Remote Construction Through a WLAN and the Internet,” 2019 16th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC), Jan. 2019.
- 5) H. Yoshida, K. Satoda and T. Murase, “Constructing stochastic model of TCP throughput on basis of stationarity analysis,” 2013 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM), pp.1544-1550, Dec. 2013.

【筆者紹介】

太田 大輔 (おおた だいすけ)
日本電気㈱
新事業推進本部
プロフェッショナル



発破用せん孔機の自動化技術と 複数台遠隔操作ベンチリモート

小 串 雅 則

先進の発破用せん孔機の自動化技術として「せん孔機の自動化技術と一人のオペレーターによる複数台遠隔操作（以下、ベンチリモートという）について」紹介する。

キーワード：一人のオペレーターによる複数台遠隔操作

1. はじめに

現場の危険が想定される法面近くのベンチなどのハザードエリアに入らずせん孔機が可能。オペレーターステーションをせん孔機と同じ現場の離れた安全な場所に設置しローカルネットワークやインターネットとは隔離された安全な閉域網 Wi-Fi ネットワーク通信を利用して複数台のせん孔機を遠隔でせん孔操作が出来るベンチリモートについて紹介する。

2. ベンチリモートの主要スペック

- ・主要アプリケーション
鉱山露天掘り，骨材用砕石場，石灰岩の採石場
- ・電源
10-30 VDC 最大 15 アンペア
- ・寸法
長さ：1,205 mm
高さ：1,370 mm
幅：1,120 mm
重さ：250 kg
- ・通信
Wi-Fi クローズドネットワーク閉域網
Wi-Fi 規格 802.11 g, 周波数帯 2.4 GHz

上記の主要スペックに加え，ベンチリモートの6つの詳細な特徴は以下の通り：

1. せん孔機から水平方向に最大 100 メートル（垂直方向は 30 メートル）の距離からの遠隔操作（[図-3](#) 参照）
2. 全ての操作方法とディスプレイは遠隔操作するせん孔機に装備されているものと同じ

3. ディスプレイには，遠隔操作するせん孔機に取り付けられたすべてのカメラからのライブ映像音声付きが表示
4. ベンチリモートは，1台（シングルリグ）の操作と複数台（マルチリグ）の操作の両方のバリエーションで利用可能（シングルバージョンは後でマルチリグにアップグレード可能）
5. せん孔機の多くの既存のモデルはベンチリモートで操作できるようアップグレード可能
6. ベンチリモートは，お客様が用意した車両，トレーラー，またはコンテナに設置（[写真-1](#)）

3. ベンチリモートの開発の目的と主なメリット

(1) ベンチリモート開発の目的

私たちは常に厳しい労働条件に直面しているせん孔機のオペレーターの安全レベルを最大化する目標を設定した。更に1人のオペレーターが同じベンチリモート



写真-1 車両に搭載されたベンチリモート

トから複数台の操作が可能にするお客様要望の実現。

(2) ベンチリモートのメリット

(a) 安全性の向上

オペレーターを保護する最善の方法は、不安定で危険なベンチからオペレーターを安全な場所へ移動させる事である。ベンチリモートはそれを作りオペレーターの誰もが機械にいる必要なく、安全な場所に設置されたベンチリモートから安全に法面の近くのせん孔機を操作できる(図-1 参照)。

(b) 生産性と効率の向上

1人のオペレーターが同じベンチリモートからの最大3台のせん孔機を操作できる。このマルチマシン制

御による最大3台のせん孔機リグを並行して処理ができ、生産性を新しいレベルに引き上げ、オペレーター作業効率が向上する(写真-2, 3)。

自動せん孔システム含む、GPSによる機械の位置情報を把握し、せん孔する場所に機械をナビゲートする「ホールナビゲーションシステム」で自動化されたせん孔機複数台をベンチリモートでせん孔作業した場合、従来のオペレーターのせん孔機の運転による作業と比較すると、自動せん孔で安全な作業により、オペレーターは、任意に席を外す事が容易にできるために切れ目のないシームレスなオペレーションが可能になる(図-2, 写真-4, 5 参照)。



図-1 遠隔操作による危険エリアでのせん孔作業

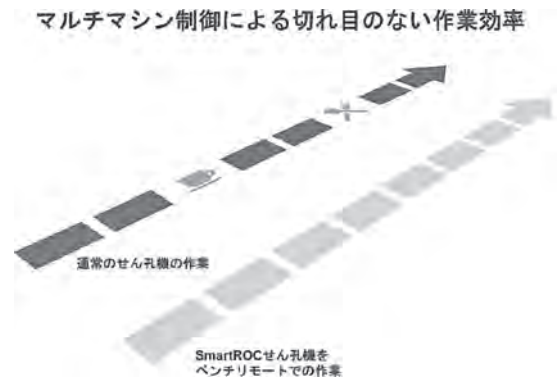


図-2 マルチマシン制御による切れ目のない作業効率



写真-2 1人のオペレーターによる複数台遠隔操作
黄色のバンの中にベンチリモート設置

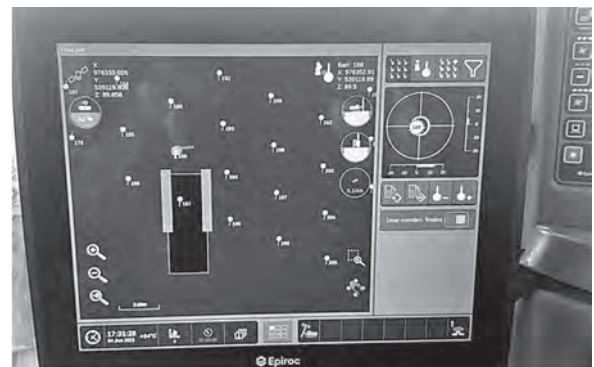


写真-4 ホールナビゲーションシステムによるベンチ内のせん孔する場所へナビゲートする画面



写真-3 白いトレーラーに搭載されたベンチリモートから複数台のせん孔機の実際の操作



写真-5 夜間でのベンチリモートでのせん孔風景

(c) オペレーターの作業条件の改善

騒音や粉塵を減らしたオペレーター環境が改善。トレーラーにベンチリモートを搭載した場合、広々としたソファのある環境で作業できるのでオペレーターは自宅にいるように感じるだろう。また、広々とした静かな環境で新人のオペレーターをトレーニングする事が容易にできる（写真—6, 7）。

(3) ベンチリモートの概要

ベンチリモートで操作可能なせん孔機はダウンザホールドリル（DTH）とトップハンマー（TH）の2つの種類のせん孔機である。

水、崩落しやすい岩層をせん孔後のロッドの回収が困難であるため、特殊な2重管構造のドリルロッドの

CL = 「コップロッドシステム」と、ロッドの継ぎ足しのないLF = ロングフィードタイプに現時点では限られる。

ホールナビゲーションシステム（HNS）とカメラシステムを組み合わせて使用することで、オペレーターはベンチリモートが設置された車両やトレーラーからせん孔機まで水平方向に最大100メートル、垂直方向に最大30メートルで使用できる。ベンチリモートオペレーターでの走行操作は、常にすべての遠隔操作せん孔機を直接見ながら操作をする必要がある（図—3）。

せん孔時には、1つのビデオディスプレイに、ベンチリモートから制御されるロッドハンドリング、ロックドリル／口元／を撮影するカメラがせん孔機に設置され、全てのカメラからのビデオ映像が表示される。

後方走行時には同様にオペレーターステーション画面リバーサカメラの映像が表示される。オプションとして2つの追加カメラで死角をなくすことが出来る（写真—8）。

ベンチリモートと遠隔操作せん孔機間のすべての通信は、クローズド Wi-Fi ネットワークを介して送信される。つまり、ベンチリモートはローカルネットワークやインターネットから完全に独立している。

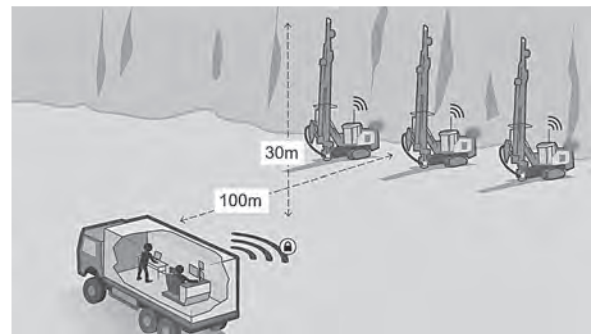
ベンチリモートと遠隔操作せん孔機間の信頼性の高い通信は 閉域網 Wi-Fi の安全なワイヤレスネット



写真—6 トレーラー内のベンチリモートと広々とした空間でトレーニングも容易



写真—7 遠隔操作機と同じ操作レバーとディスプレイで危険エリアのせん孔機のせん孔作業



図—3 1人のオペレーターで3台のせん孔機の遠隔操作



写真—8 ベンチリモートから制御されるロッドハンドリング、ロックドリル／口元／を撮影するカメラ

ワークを介して保証される。ローカルワイヤレスネットワークは必要ない。

ベンチリモートと遠隔操作せん孔機間の通信が切断された場合、通信が回復するまでせん孔機はすぐに動作を停止する。

4. 大型ブラストホール機における遠隔操作

大型のブラストホールドリルでは「オフィステレリモート」の現場の事務所に、1つのサーバーラックを設置した制御ルームから、同時に最大9台のせん孔機リグを安全性に優れた効率性の高い状態で制御する。制御ルームではリモートオペレーターデスクで、オペレーターが現場で作業しているように、オフィスから作業することが可能になる（写真—9）。

「オフィステレリモート」とリモートリグの通信はすべて、鉱山現場の通信ネットワークを介して転送される。

これにより、制御センターは同じネットワーク上にある限り、離れた場所に配置できる。安全面の理由から、せん孔機とオフィステレリモートステーション間の接続を失うと、ドリルリグの安全システムが緊急停止を発動し、エンジンを停止する。



写真—9 現場事務所に設置されたオフィステレリモートの操作作業デスク



写真—10 鉱山現場のブラストホールドリル機の現場

5. おわりに

プロセスオートメーションとして遠隔操作及び完全自律型の自動せん孔システム「オートノマス」が開発中である。この完全自律型のせん孔機は遠隔操作ではなく、あらかじめ設定されたプログラムに従って機械が孔の位置に自動で走行し、せん孔し、また次の孔位置に走行する作業が可能である。このせん孔システムは現在大型のブラストホールドリルで試験中である（写真—10）。

トップハンマーせん孔機への遠隔操作、自動化を進めるため、課題である孔の曲がり、水、崩落しやすい岩層をせん孔後のロッドの回収の自動化に取り組んでいる。

この課題がクリアできれば、31年前の1991年に噴火し、火砕流の災害の雲仙普賢岳の復興に要求された「完全自律型自動トップハンマーせん孔機」の完成が近づいている。

JCMA

【筆者紹介】
小申 雅則（こぐし まさのり）
エビロックジャパン(株)
プロダクトマネージャー

建設 RX コンソーシアムの活動紹介

内 藤 陽

建設業界の課題解決、生産性向上を目指し、ロボット・IoT 分野における協業を目的とし、RX（ロボットトランスフォーメーション）コンソーシアムを設立し、活動している。本稿では、RX コンソーシアムの設立背景、目的、最新の活動内容についてご紹介する。本誌に目を通していただき、是非参加を希望される方は、ご一報願いたい。

キーワード：ロボット、IoT、建設 DX、WLB、技術連携、コスト低減、建設 RX コンソーシアム

1. はじめに

建設業界では、就労者の高齢化に伴う就労人口減少に伴い、抜本的な生産性の向上が喫緊の課題となっている。課題解決に向け、ゼネコン各社では施工ロボットや IT 技術を活用した施工支援・施工管理のためのソフトウェア開発を進めているが、これまでは各社がそれぞれ独自の開発を進めているため、類似の機能を持つロボット、類似用途のツール開発をしており、業界全体として考えると、非効率で無駄な開発コストが発生していた。また、個社で生産する施工ロボットの台数では、量産による開発コストの回収は難しく、結果的にロボットの本体価格が高額となり、現場への普及を妨げる要因となっている。さらに、実際に作業所で使用する協力会社側にとっては、ゼネコン毎に異なるロボットの操作方法を習得する必要がある、生産性の向上を阻む要因にもなっている。

このような背景の下、課題解決のために建設 RX コンソーシアム（以下、本コンソーシアムという）を設立した。

設立に至った経緯や設立趣旨、ならびにその組織について述べるとともに、現在の取組み内容を紹介する。

2. 本コンソーシアムの設立経緯

前章で述べた背景を受け、業界としての状況の打開策を見出すために、2019 年 12 月、鹿島建設と竹中工務店は、建設業界全体の生産性向上や魅力向上を目指した技術連携を開始した。ここでは、既開発技術の相互利用や新たな技術開発を進めるとともに、こうし



図-1 建設本コンソーシアムのロゴマーク

た取組みを広く業界全体に働きかけていくことにより、建設業が抱える諸課題の解決に尽力することが掲げられた。その後、2020 年 10 月には、清水建設が加わり、3 社の技術連携として様々な活動を行うとともに、上述したように、この活動を広く業界に展開するための準備が進められた。

このような経緯の下、3 社の技術連携開始から約 1 年の歳月を経て、2021 年 9 月 22 日に、我が国の建設業界を担う法人及びこれに協力・支援する法人が中心となって、施工ロボット・IoT アプリ等の開発と利用に係るロボティクストランスフォーメーション（ロボット変革）の推進について協働し、無駄の排除と技術の集約を図るため、本コンソーシアムが設立され、実質的な業界連携としての活動が開始されるに至った。2022 年 5 月現在では 81 社（ゼネコン 23 社、関連企業 58 社）のコンソーシアムとなり、建設業界における技術連携の規模としては、類をみないものとなっており、2022 年 12 月には本コンソーシアムとして建設 DX 東京展に出展を予定するなど、業界の課題解決に向けて情報発信を行っている。



写真-1 第1回定時総会に集まった参加企業73社の代表者(2022年4月)

3. 本コンソーシアムの活動目的

本コンソーシアムの活動の狙いは、技術開発のコスト削減、技術開発リスクの分散及び開発期間の短縮を図り、施工ロボット・IoTアプリ等の価格帯を下げることで協力会社による導入を促進するなど、その普及を加速させることにより、先述した建設業界全体の課題を解決することにある。さらに建設業界全体の生産性及び魅力を向上させて、就労者のワークライフバランスの向上・処遇の改善を図り、ひいては若年層の就労を促進するとともに、協力会社の負担を軽減し、かつ、社会の持続的発展及び国民生活の安定・向上に貢献してゆくという高い理想を目標としている。

なお、本コンソーシアムでは、健全な競争を阻害することのないように、協調領域と競争領域を明確に区別した取組みを行っている。すなわち、誰もが共通で使用する施工のための道具は協調して作るが、それを使ってどのような建物を作るかは競争領域としている。

4. 本コンソーシアムの概要

本コンソーシアムは、自社に研究開発組織を有する一定規模以上のゼネコンである正会員と、協力会員で構成されている。組織は、図-2に示すように、総会、役員会である幹事会、日々の活動を推進支援する運営委員会、ならびに実際の共同開発や相互利用を行う各分科会で構成されている。分科会で取り組むテーマは、運営委員会で協議し、幹事会で決定される。原則として各会員の自由意思に基づいて、参加を希望すれば分科会に入ることができるが、分科会での役割分担や費用負担などは分科会での協議を行い、それらを共同開発契約として定め活動を行う。すなわち、具体的な活動は分科会に参加する会員に委ねられている。さらに、分科会では、費用を負担して開発を行うメンバーだけではなく、開発費を負担せずに各社での現場試行の結果を分科会にフィードバックすることで、成果に貢献するメンバーの参加も認められてい

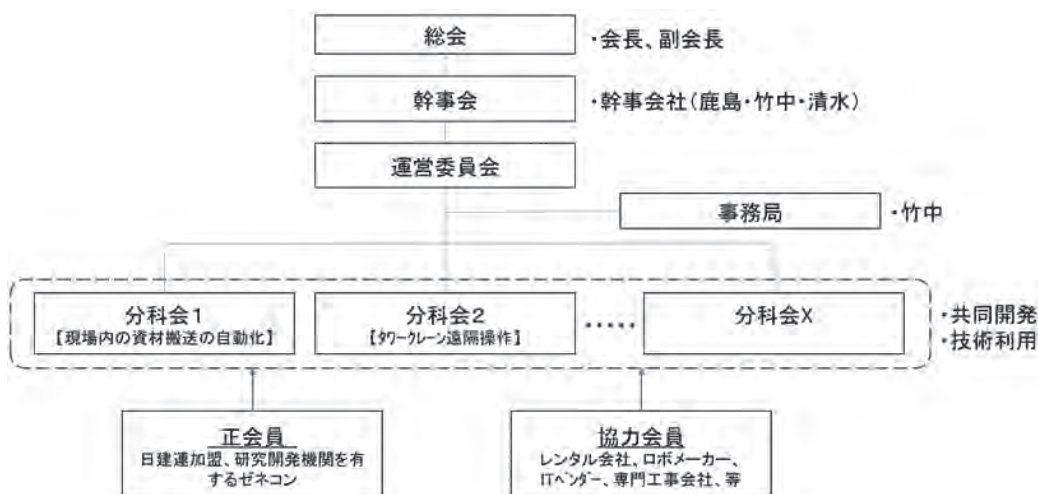


図-2 本コンソーシアム体制

る。すなわち、比較的容易に分科会への参加が可能な仕組みを構築することで、広く建設業界に貢献するという本コンソーシアムの目的に合致させている。

5. 本コンソーシアムにおける活動紹介

具体的な活動を行う分科会は現在9つのテーマに分かれ、活動をしている。

分科会活動は「新技術の開発と普及」「既開発技術の普及と機能向上」という2つの視点で活動を行っており、以下に具体的内容を紹介する。

(1) 「現場内の資材搬送の自動化」分科会

建設現場には多種多様の資材を必要な時に必要な場所まで遅滞なく供給することが工程管理上非常に重要である。

一方で、建設現場内の資材搬送は、建設作業員にとって付帯作業であり、これを自動化することによって、より高いスキルが必要なコア作業に携わる時間を増やすことができる。具体的には、内装材や設備機器などを搬送するロボットや自動搬送管理システム、ロボット管理システムの開発、および各社とのシステム連携に取り組んでいる。

現在、自動搬送システムは工事用EVやEVシャッターとも連動しており、計画された搬送リストをもとに順次ロボット群や工事用EVに指示をすることで、一連の自動搬送を実現している。本システムの最大の特徴は、ゲートウェイを通じてこれまで各社が開発してきたシステムやロボットを連動させることができるもので、部分自動化から全自動まで、目的やニーズに応じて柔軟に様々なシステムや搬送ロボットを組み合わせることができることにある。

建設現場内の資材搬送は、トラックから荷下ろしした資材を1Fの仮設エレベータまで水平運搬して、仮設エレベータで作業フロアまで垂直搬送する。試行や実適用を進めている段階であり、本コンソーシアムの中で利用を進めていく予定である（写真—2、3）。

(2) 「タワークレーン遠隔操作」分科会

タワークレーンのオペレータは、作業時にはタワークレーン頂部に設置された運転席まで最大約50mを、梯子を使って昇降する必要があり、作業開始から終了まで高所の運転席に1日中拘束されるため、オペレータへの身体的負担の軽減や作業環境の改善が求められている。

その課題解決を目指し、タワークレーン遠隔操作の



写真—2 自動搬送分科会 活動状況



写真—3 自動搬送分科会 活動状況

開発を行い、作業所への展開を進めている。タワークレーン遠隔操作を利用することで、地上に設置したコックピット（写真—4、5）から現場内や遠隔地のタワークレーンを遠隔操作することが可能となる。複数台のカメラによって撮影した映像をコックピットに送信するとともに、専用コックピットでは、実際の操縦席の振動や揺れを再現でき、熟練のオペレータであっても違和感なく操作が可能である。

分科会では、作業所への展開に加えて、遠隔地からの操作等、通信および法規制関連の課題解決に向けて、参加企業と協業している。2022年度は鹿島建設、竹中工務店に加えて、清水建設、鴻池組の作業所に適用を予定している。本技術の展開により、クレーンオペレータの働き方を変え、クレーンオペレータ不足の解消を目指す。



写真—4 簡易コックピット



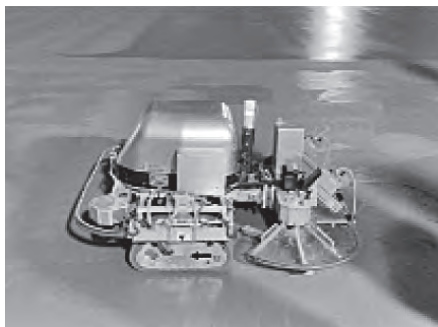
写真一五 専用コックピット

(3) 「作業所廃棄物の AI 分別処理」分科会

作業所における廃棄物の分別、産廃ヤードの管理の効率化を目指して活動を行っている。本年度は「アプリによる廃棄物 AI 分別」、「センサーによる産廃容量の見える化」、「圧縮機による産廃容量縮減」を実現する技術開発に取組み、開発技術の共同利用により、コストダウンを図り、幅広い作業所への展開を目指す。

(4) 「コンクリート系ロボット」分科会

コンクリート工事は、ポンプ圧送・分配、打込み、締固め、仕上げと様々な作業から構成されており、どの作業も労働集約型の作業であり、ロボット活用による省人化、省力化が求められている。これまで各社で開発されてきた様々なコンクリート施工に関わる技術・ロボットを共有し、目指すところは利用ロボットの共通化により、ロボット利用時のコスト低減、作業所への展開により、省人化・省力化の実現を目指す。合わせて、騒音、振動を抑制し 周辺環境に配慮した機械の開発にもチャレンジしている。分科会への参加企業が増えたことにより、コンクリート打設前の配筋、各種検査、残コン処理などより幅広い関連テーマに関しての意見交換を進めていく（写真一六）。



写真一六 床均しロボット

(5) 「墨出しロボット」分科会

墨出しロボットについては、複数社が実用段階のロボット開発を行っている。分科会では、各社開発の墨出しロボットの実機見学による意見交換を行い、ロボットの改良・改善につなげる活動を行う。

ロボットの共同利用により、ロボット利用の際の作業所負担を軽減することで、作業所への展開、墨出し作業の効率化の実現を目指す（写真一七）。



写真一七 墨出しロボット

(6) 「照度測定ロボット」分科会

照度測定から帳票作成までを自動で実施できる既開発済みのロボットについて、利用現場の拡大と機器の改良および入出力データ共有プラットフォームの検討を進める。関係者による実機見学会、実機操作体験会を行い、意見交換を重ねた上で開発項目を検討する。多くの意見を基に、ロボットの機能向上はもとより、利用が増えることによるコスト低減の実現を目指す（写真一八）。

(7) 「生産 BIM」分科会

設計 BIM を受けた施工 BIM、維持管理 BIM へのデータフローの整理と、施工者から専門工事会社へのデータ連携について検討する。また、BIM データを建設ロジスティクスで活用するための共通ルールやコード整備について議論し、業界への提言を行う。更



写真一八 照度測定ロボット

に、本コンソーシアムの他の分科会と協調してロボット制御やIoTとBIMデータの連携活用を促進し、施工現場におけるBIM活用を拡張する。

(8)「相互利用可能ロボット」分科会

広域レンタル会社を通して運用されている製品も含め、各社が開発済のロボット・機械の実機見学会開催を行い、積極的な相互利用によるコストダウンを目指す。各社からの指摘、改善要望があれば、継続した機能改善に活かし、利用者目線での商品開発を行う（写真－9）。



写真－9 FM 領域対応 新規開発機械

(9)「市販化ツール活用」分科会（ドローン、バイタルセンサー、アシストスーツ）

異業種向けに開発されたもので建設現場に応用されている製品・サービス、技術の進歩が急速なもの、そして量産により低コスト化が期待できるものを選択し、分科会参加企業で、共通の取組みを行うことにより、建設業界全体での技術の展開を加速させることができる。

まず市販技術をリスト化し、製品仕様、特徴、現場利用評価等の情報を参加企業で共有・一元化する。その結果をメーカーやベンダーに提示し、工事現場で使いやすく、より効果の高い製品に改良を促していく（写真－10）。

6. おわりに

建設業界の抱える課題を解決するためには、個社に



写真－10 市販化ツール活用分科会 活動状況

よる技術開発、企業努力では限界があり、各社がライバル会社として競合関係にありつつも、協調領域として取り組むべき分野についてはお互いの技術や知恵を結集し、これまでの慣習・慣例にとらわれず、異業種の多様な新技術を積極的に取り入れていくことが必要である。

昨今、建設業界を中心に関連団体等から、本コンソーシアムでは是非取組んで欲しいという案件の提案を受けることが非常に多くなっており、周囲の大きな期待を日々感じるとともに、多くの方が、協調領域における技術開発連携の必要性、将来への可能性を感じていることの現れであると捉えている。

本コンソーシアムにおける活動は手探りでの活動ではあるが、多くの参加のメンバーとの協業により、作業所における生産性向上、省人化・省力化を実現し、業界の課題解決はもとより、業界の魅力向上に尽力していく。

建設RXコンソーシアムは運営委員会、分科会含め参加企業のメンバーが協力し運営を行っている。本執筆は分科会の主査として、メンバーを代表して寄稿させていただいた。執筆にあたりご協力いただいた皆様に感謝申し上げます。

JICMA

【筆者紹介】

内藤 陽（ないとう あきら）
 ㈱竹中工務店
 生産本部 生産企画部



量子コンピュータを活用したダンプトラックの土運搬経路の最適化

宮岡 香苗・田中 孝

量子コンピュータとは、量子状態を利用して並列計算を実現するコンピュータであり、膨大な量の組み合わせから短時間で最適解を導出することが可能である。本稿では、量子コンピュータを用いたダンプトラックの土運搬経路の最適化の試行について報告する。試行においては、複数の運搬経路を有する土運搬を対象に、各経路の渋滞状況等、土運搬に影響を与える情報を基に量子コンピュータを用いて最適な経路をリアルタイムに算出するシステムを構築した。システムの試験運用の結果、従来の土運搬と比較して1往復あたりの運搬時間の短縮と、それに伴うCO₂排出量削減の効果を確認することができた。

キーワード：量子コンピュータ、組み合わせ最適化計算、i-Construction、ダンプトラックの土運搬、カーボンニュートラル

1. 背景と目的

量子コンピュータとは、量子状態を利用して並列計算を実現するコンピュータである。問題を解く方法の違いにより「ゲート型」と「アニーリング型」の2つに大別され、後者は膨大な量の組み合わせから短時間で最適解を導出することが可能である¹⁾。これを用いて他産業では、工場の製造ラインや拠点間輸送、廃棄物の収集ルート、鉄道ダイヤの運行計画などの最適化を図る取り組みが行われている²⁾。一方、建設業においては、国土交通省のi-Constructionの政策のもと、建設現場の生産性向上が推進されている³⁾。また、グリーン社会の実現に向けた「国土交通グリーンチャレンジ」の中では、重点プロジェクトの一つに「インフラのライフサイクル全体でのカーボンニュートラル、循環型社会の実現」が位置付けられている⁴⁾。建設施工段階のCO₂排出量は産業分野の約1.4%を占め、今後、ICT等の技術を活用した施工業務の効率化によるCO₂排出量の削減を進めていくことが必要である。

本稿は、量子コンピュータを用いたダンプトラックの土運搬経路の最適化の試行について報告するものである。試行を通じて、土運搬業務における生産性向上およびCO₂排出量削減への効果を検証するとともに、量子コンピュータの施工段階での活用可能性について考察を行う。

2. ダンプトラックの土運搬経路最適化の考え方

本試行対象現場の土運搬方法を図-1に示す。当該現場では、土の発生・搬出場所の往復に、高速道路と一般道路の2種類の経路を使用する。高速道路については、経路の途中に待機場所を有する。尚、搬出場所から発生場所に向かい、また搬出場所に戻る過程を1往復とし、1往復中は同一の経路を走行する。

従来、複数の経路がある場合は、ダンプトラック毎に当日の走行経路を定めて運搬を行う。しかしこの方法では、経路の経時的な渋滞状況の変動や、突発的なトラブルへの対応が困難である。そこで本試行では、各経路の渋滞状況や待機場所の混雑状況といった土運搬に影響を与える要因に関する情報をリアルタイムに取得し、それらの情報を基に量子コンピュータを用いて算出した最適経路をダンプトラックが走行する仕組みを構築する。

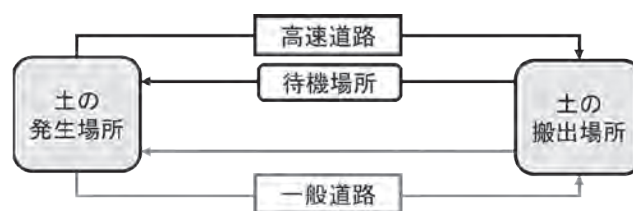
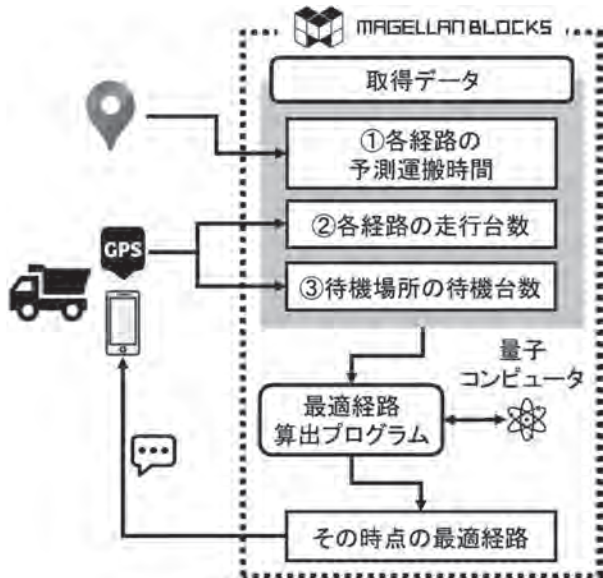


図-1 試行現場の土運搬方法

3. システム構成と使用データ

本試行で構築した最適経路計算システムの構成を図一2に示す。システムの構築にあたっては、(株)グーヴノーツの提供する、量子コンピュータによる高速演算処理が可能なクラウドプラットフォーム「MAGELLAN BLOCKS (マゼランブロックス)」を利用した⁵⁾。



図一2 最適経路計算システムの構成

各ダンプトラックはGPS搭載のモバイル端末を携帯して土運搬を行う。土の発生場所、搬出場所、待機場所、各経路の位置を登録したマップと、GPSの位置情報を照合することで、各ダンプトラックの所在地や走行経路を常時判定する。ダンプトラックが土の搬出場所に接近すると、次の運搬における最適経路の計算を実行する。本試行では対象現場の土運搬状況を踏まえ、最適経路の算出に使用する情報として、①各経路の予測運搬時間、②各経路の走行台数、③待機場所の待機台数を選定した。①については、Googleマップの移動所要時間予測データを利用し、②、③についてはモバイル端末のGPSデータから算出する。これらを「MAGELLAN BLOCKS」に取り込み、量子コンピュータを用いてその時点での最適経路を算出する。算出した結果は、メッセージとしてダンプトラックのモバイル端末に送信する。

4. 最適経路計算システムの試験運用

最適経路計算システムを用いた土運搬の試験運用を、4日間に渡り計29台のダンプトラックを対象に実施した。試験運用中の最適経路計算に基づいた走行

結果を表一1に示す。試験運用を通じて、最適経路計算システムにおけるデータ取得、最適経路計算、結果のモバイル端末への送信の一連の流れを、走行中のダンプトラックに対して適切なタイミングで実施できることを確認した。また、モバイル端末に送信されたメッセージについては、土の搬出場所においてダンプアップ前に荷台の養生シートを剥がす時間を利用して、ダンプトラックのオペレータが安全に目視確認することができた。

表一1 試験運用中の最適経路計算に基づいた走行結果

	ダンプトラック台数	延べ往復回数	高速道路の往復回数	一般道路の往復回数
1日目	5	27	11	16
2日目	8	26	6	20
3日目	8	27	24	3
4日目	8	29	17	12
計	29	109	58	51

5. 効果の検証

試験運用の結果から、下記3点について効果の検証を行った。

(1) 運搬時間に関する効果

従来の土運搬と最適経路計算システムを用いた土運搬の1往復あたりの運搬時間の比較を表二に示す。最適経路計算システムを用いることで、高速道路で8分、一般道路で6分の運搬時間の短縮を図ることができた。運搬時間は土の積込時間など様々な要因に影響を受けるが、最適経路計算結果を基に適時経路を選択することで、運搬時間の短縮に一定の効果があったと考えられる。

表二 1往復あたりの運搬時間の比較

土運搬方法	1往復あたりの運搬時間(分)	
	高速道路	一般道路
従来の方法	89	84
最適経路計算システム使用	81	78
計	-8	-6

(2) 土運搬量に関する効果

工期短縮を図る上では、一日あたりの土運搬量の増加を図ることが肝要である。(1)で示した1往復あたりの運搬時間の短縮により、対象現場では一日あたり平均約50トン(10トン積載ダンプトラック5往復分)

の土運搬量の増加が可能となることが確認できた。

(3) ダンプトラックのCO₂排出量に関する効果

CO₂排出量算定方法の一つである燃料法⁶⁾を用いて、従来の土運搬と最適経路計算システムを用いた土運搬のダンプトラックのCO₂排出量の算出・比較を行った。その結果、(1)で示した運搬時間の短縮により、1往復あたり約10%のCO₂排出量削減が可能となることが確認できた。重量に換算すると、今回の試験運用で運搬を行った延べ109往復においては、約0.4トンのCO₂排出量の削減となる。

6. 施工段階における量子コンピュータの活用に関する考察

今回の試行において、最適経路計算の最大組み合わせ数は約1,600万パターンとなった。量子コンピュータを用いた最適経路計算システムでは、この計算には約5秒を要した。一方、従来の古典型コンピュータでの計算には約16秒かかると試算され、パターン数に比例して処理時間はますます増加する。今回対象とした土運搬は、土の発生・搬出場所が1箇所、経路が2種類と比較的簡単なものであるが、このような条件でも量子コンピュータの計算特性を確認することができた。今後、土の発生・搬出場所や経路数が多い、より複雑な土運搬を対象とすると、量子コンピュータの利点をさらに活かすことが可能であると考えられる。また、施工段階の他の業務にも着目すると、土工事における建設機械の自動運転技術の開発が進められている。近年は単独の機械だけでなく、複数の機械の組み合わせ作業を対象とした研究開発も進められており、この実現には周辺の状況データや設計データを基に即時に動作を判断することが必要である⁷⁾。このようなリアルタイムなオペレーションが求められる業務にも、量子コンピュータの適用が期待できる。

また、今回の試験運用中に、通信状況に応じてメッセージの送信に遅れが生じた。最適経路計算システムでは、データの取得、計算処理の実行、メッセージの送信の各プロセスで通信ネットワークを利用する。今後、量子コンピュータを用いた最適化計算を施工現場の業務に活用していくためには、必要な通信の仕様を

検討し、安定した通信状況を確保することも肝要である。

7. おわりに

本試行では、量子コンピュータを用いてダンプトラックの土運搬経路の最適化を行った。リアルタイムな情報を基に最適経路を算出し、ダンプトラックの走行に反映することで、従来の土運搬と比較して、1往復あたりの運搬時間の短縮と、それに伴うCO₂排出量の削減の効果を確認することができた。量子コンピュータの利点は、膨大な量の組み合わせから短時間で最適解を導出することにある。今後、施工段階の生産性向上とカーボンニュートラルのさらなる推進に向け、他の施工業務への量子コンピュータの活用を検討していきたい。

JICMA

《参考文献》

- 1) 西森秀稔, 「量子アニーリングの解説」 ホームページ : <http://q-annealing.org/QA/q-annealing.html>
- 2) ㈱グルーヴノーツホームページ : <https://www.groovenauts.jp/information/>
- 3) 国土交通省, i-Construction ホームページ : <https://www.mlit.go.jp/tec/i-construction/index.html>
- 4) 国土交通省, グリーン社会の実現に向けた「国土交通グリーンチャレンジ」, p.23 : <https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001412433.pdf>
- 5) MAGELLAN BLOCKS ホームページ : <https://www.magellanic-clouds.com/blocks/>
- 6) 経済産業省・国土交通省, 物流分野のCO₂排出量に関する算定方法ガイドライン, p.4
- 7) 土木研究所, 建設現場が無人工化する日にむけて, p.29 : <https://www.pwri.go.jp/jpn/about/pr/event/2020/1021/pdf/kouen6.pdf>

【筆者紹介】

宮岡 香苗 (みやおか かなえ)

清水建設㈱
土木総本部 土木技術本部



田中 孝 (たなか たかし)

㈱グルーヴノーツ
プロダクト Div. 兼 コンサルティングサービス Div.



画像による山岳トンネルの切羽地質評価技術の開発

AIが切羽評価の全項目を自動評価

鶴田 亮介・谷口 翔

ICTにより山岳トンネル工事の生産性を大幅に高める取組みの一環として、山岳トンネルの切羽地質評価の全項目を画像のみからAIが自動的に評価する「切羽地質画像評価システム」を開発した。

山岳トンネルの切羽地質評価に特化した岩種別のAIアルゴリズムを開発し、切羽評価の実施と評価結果の出力までを自動化することで、短時間かつ、簡易な操作でトンネル切羽の地質評価を可能とした。開発したシステムをトンネル施工現場に導入し、システムの運用と検証を行った。本稿では、本システムの概要と現場での運用結果について報告する。

キーワード：山岳トンネル、岩判定、切羽、AI、地質評価

1. はじめに

山岳トンネルは、地中深くに構築されることから、事前の設計段階の調査で、正確な地質状況を正確に把握するのは難しい。そこで、施工中に、トンネル切羽を直接観察して地質を確認・再評価し、切羽の状況に応じた最終的な支保パターンを確定する作業が行われる。このように、切羽での地質評価は重要なものであるが、実際の施工現場では、トンネルの掘削作業の合間を縫った短い時間で、目視観察を中心とした地質評価が行われており、評価の精度や定量化に課題がある。このような課題を解決するために、近年、トンネル切羽の地質状況についてAIを用いて評価する手法が種々提案されており、その一つに、AIの画像認識技術を用いてトンネル切羽画像から切羽岩盤の工学的特性を評価する手法がある。例えば、岩盤の工学的特性によって弾性波速度が変化することに着目した手法¹⁾や、切羽画像と穿孔エネルギーとの関係に着目した手法などが提案されている²⁾。

本検討では、現場で施工管理として行っている目視観察での切羽観察で取得した評価項目別の評価区分と切羽画像をAI学習の教師データとした。画像と評価区分の関係を学習させた後に、AIが与えられた切羽画像から評価項目別に評価区分を推定する。本稿では、AIによる評価システムの概要と、導入したトンネル施工現場での運用と検証結果について報告する。

2. AIによる切羽評価システム

(1) 評価の対象

今回の検討に使用した切羽評価の項目は、山岳トンネルの切羽評価様式として一般的な国土交通省近畿地方整備局の切羽観察様式に準拠したものである。切羽観察には全てで11項目の評価項目があり、各評価項目は5～6個の評価区分を持つ。評価項目の一覧を表1に示す。

表1 切羽評価項目一覧

	評価項目
A	切羽の状態
B	素掘り面の状態
C	圧縮強度
D	風化変質
E	割れ目の頻度
F	割れ目の状態
G	割れ目の形態
H	湧水
I	水による劣化
J	割れ目の方向性（縦断方向）
K	割れ目の方向性（横断方向）

AI学習の際の教師データには、切羽評価11項目の評価区分を説明変数に、切羽写真を目的変数とした。AI学習モデルを構築する際には、目視による切羽観察の各項目の評価区分を正解とした。

(2) AI の学習手法

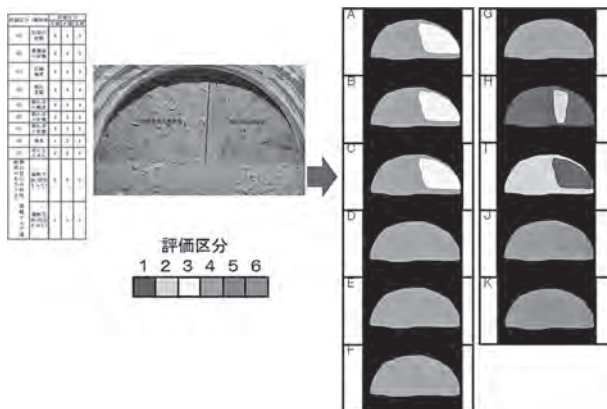
本検討の機械学習の手法には、深層学習を使用した画像分類手法であるNFNet (Normalization-Free Net)を採用した。NFNetは英国Deep Mind社から2021年に発表された最新の画像認識モデルである。画像認識において常識となっているバッチ正規化を取り除くことにより、評価精度は従来の最高水準の手法と同水準を維持しながらも、訓練が8.7倍速くなっている³⁾。バッチ正規化を採用したAIモデルであるResNet (レズネット)は深層学習の層が飛躍的に深まり、画像認識の精度が大きく向上した。しかしバッチ正規化には、①計算量が増え大きなメモリ容量を必要とする、②学習時とテスト時でモデルの挙動が変わる、③1つ1つのデータ間の独立性が壊れる、④小さいバッチサイズでは機能しないといった欠点がある。①は現場に設置した一般的なPCでの運用上問題があり、④は切羽のような細かな特徴量を持つ画像の評価に対して不利であった。NFNetはバッチ正規化を取り除くことにより、これらの課題を解決している。

(3) AI の教師データ

教師データ作成の際には汎用の画像編集ソフトを利用し、切羽写真をトレースして切羽の範囲を評価区別の色に塗りつぶしたデータを作成した。1切羽につき11個の評価項目毎に1枚、合計11枚のラベル付けデータを作成した。切羽写真と写真から作成したラベル付けデータの例を図一1に示す。

教師データとして各評価項目の評価区分を使用する際には、切羽観察で切羽を天端・左肩・右肩の3つの部位に分けて切羽評価を行っているため1評価項目あたり3データ、1切羽当たり合計33データを学習に使用した。

手元にある全てのデータを教師データとして使用するのではなく、なるべく各評価区分の教師データ数が



図一1 AI教師データラベル付けの例

同じ比率になるように、データとして使用する切羽の選別を行った。

例として示す花崗岩が分布するトンネルでは102切羽の3,366データ、凝灰岩が分布するトンネルでは144切羽の4,752データを教師データとして採用した。

目的変数として使用する切羽画像については、施工機械や作業員の影が写り込んでいないものを選別し、機械学習の前に色見本を用いた色補正処理を行った。

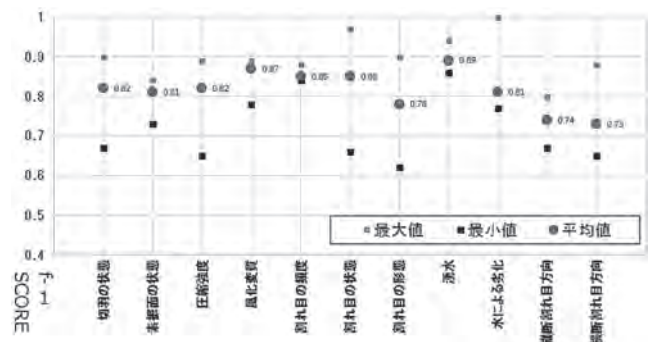
(4) 作成したAI評価モデルの精度

構築したAI評価モデルに対して、図一2のように、汎化性能を評価する統計的な手法である交差検証 (クロスバリデーション) を用いて、教師データを学習用とテスト用に分割した上で推定精度の検証を行った。分割した学習用データを用いて機械学習を行った後に、テスト用データを用いて評価区分の推定を行った。花崗岩トンネルデータに対する推定精度の結果を図一3に、凝灰岩トンネルデータに対する推定結果を図一4に示す。

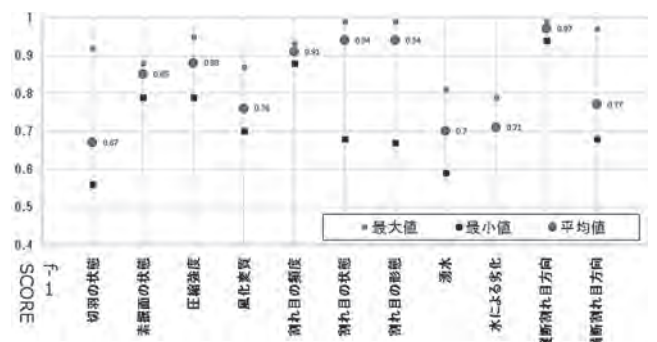
図中のグラフでは横軸に11個の切羽評価項目を、



図一2 学習用・テスト用データ分割イメージ



図一3 花崗岩トンネルデータの推定精度



図一4 凝灰岩トンネルデータの推定精度

縦軸に評価区分の推定精度を示している。精度の指標として、統計解析において精度を測る指標であるF値(F-SCORE)を用いている。F値とは、正しく予測できた割合を示す適合率と、誤回答の割合を示す再現率の調和平均であり、2つの指標をまとめて評価する指標となる。2つの指標のバランスが良く、値が1に近いほど推定精度が高いと評価できる。各項目の評価区分内での推定精度は異なるため(例えば項目Aの評価区分1と2の区分精度と、評価区分2と3の区分精度は異なる)、項目別に最も低い推定精度と高い推定精度、および平均推定精度をグラフ中に記している。検証の結果、花崗岩トンネルについては全ての評価項目で0.7以上のF値が得られた。凝灰岩トンネルについてはA:切羽の状態の項目以外では0.7以上のF値が得られた。

3. システムの現場への導入と運用

(1) 工事概要

本試行を実施した現場と地質の概要を以下に示す。システムを導入した工事現場は東北地方の国道トンネル工事である。掘削延長は約700m、断面積約120m²で、土木学会用語辞典に拠ると超大断面トンネルに分類される。掘削方式はNATM方式で機械掘削を基本とするが、後述の安山岩溶岩などが硬質で機械掘削が困難であるため、少量の火薬を用いた発破掘削も併用している。

(2) 地形・地質概要

本トンネルの基盤岩は、新第三紀中新世上部の火山岩類から構成されている。火山岩類は、凝灰角礫岩と、安山岩溶岩および安産岩質自破碎溶岩から主に構成されている。これら地質体は、40度程度の傾斜で繰り返しトンネル区間に分布しており、掘削の進行に伴い、次々と異なった地質体が切羽に出現する。弾性波速度は0.8km/s～2.2km/s程度であり、DⅢ～CⅡパターンの支保が設計されている。

切羽に主に出現する凝灰角礫岩は、安山岩溶岩や安山岩質自破碎溶岩、凝灰岩など様々な種類とサイズの

角礫を含んでおり、切羽により見た目が大きく異なっている。写真—1に施工中に撮影した凝灰角礫岩が分布する切羽の例を示す。

(3) システムの概要

写真—2に切羽写真の取得状況を、図—5に画像による評価システムの概略構成を示す。切羽写真の取得には、デジタルカメラと照明、操作用PCを備えた計測車両を用いた。写真の取得前に車両に搭載した消費電力2kwのハロゲン照明を用いて切羽を照射し、切羽面において充分で安定した照度を確保した。車載のPCを通じて撮影の指示と写真の取り込みを行った。



写真—2 切羽写真の取得状況



図—5 画像による評価システムの構成

評価システムはWindowsOS環境のラップトップPC内に構築した。評価システムは切羽評価アプリケーションおよびに評価に用いるAI評価モデル更新のためのAI学習アプリケーションから構成されている。現場での運用中に随時AI評価モデルを更新することが可能である。

切羽評価アプリケーションの評価時のインターフェイス画面を図—6に示す。アプリケーションのメニューから評価対象の切羽写真を選定し評価実行のポ



写真—1 凝灰角礫岩が分布する切羽写真の例

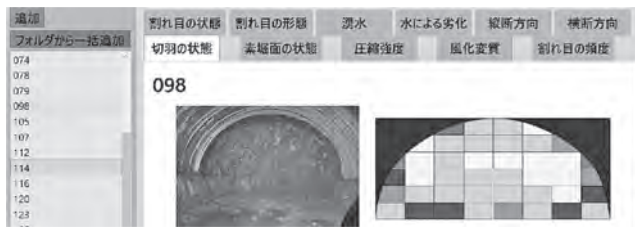


図-6 切羽評価アプリケーションの画面

タンを押すと1分程度で全11項目の切羽評価が完了する。評価結果の帳票はメニュー上から出力することが可能である(図-7)。

4. システムの運用結果

「切羽地質画像評価システム」の現場運用に当たり、切羽評価アプリケーションには運用現場と類似した地質が分布する隣県のトンネル施工時に取得したデータを用いて構築した凝灰岩のAI評価モデルをあらかじめ実装した。

2021年10月より切羽写真データの取得を開始し、2022年4月時点で77切羽分の写真データを取得した。本システムによる切羽評価結果と従来の目視観察による切羽結果との精度を比較するために、システムの評価区分による切羽評価点と目視観察の評価区分による切羽評価点との比較を行った。比較表を図-8に示す。

運用当初は既存の評価モデルで使用した評価を実施し、途中から現場で作成した目視による切羽観察表を基にAI評価モデルを更新し、評価の継続的な改善を

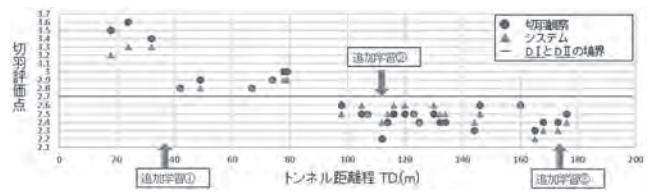


図-8 システムによる評価点と目視観察による評価点の比較

図った。結果、運用当初はシステムと目視観察とで0.3点程度の評価点の乖離がみられたが、モデルの更新とともに評価点の乖離は減少する傾向が見られた。2回目のモデル更新以降は、評価点の乖離は0.1点程度の収まっており、従来の切羽観察手法と遜色なく判定が可能であることが確認できた。

5. おわりに

切羽評価項目の全11項目の評価区分を推定するAI評価モデルを、AI学習の手法としてNFNetを用いることで作成した。当アルゴリズムを組み込んだ「切羽地質画像評価システム」を開発し山岳トンネル施工現場への導入を行い、画像のみから精度良く切羽評価を行えることを確認した。現在、10種類の岩種について、切羽評価用のAIアルゴリズムを作成済みである。今後、本システムを施工管理として切羽観察を行っているすべての山岳トンネルに導入して切羽評価区分の推定に活用することで、切羽観察の省力化と支保選定の最適化に活用していく予定である。

JICMA

切羽観察表 [全岩質共通]					切羽観察	
切羽観察情報					評価区分	
切羽番号	切羽位置	切羽形状	切羽状態	切羽評価	目視観察	システム
098						
切羽観察項目					評価区分	
(A) 切羽の形状	1. 切羽の形状	2. 切羽の形状	3. 切羽の形状	4. 切羽の形状	5. 切羽の形状	6. 切羽の形状
(B) 岩質の性状	1. 岩質の性状	2. 岩質の性状	3. 岩質の性状	4. 岩質の性状	5. 岩質の性状	6. 岩質の性状
(C) 圧縮強度	1. 圧縮強度	2. 圧縮強度	3. 圧縮強度	4. 圧縮強度	5. 圧縮強度	6. 圧縮強度
(D) 風化変質	1. 風化変質	2. 風化変質	3. 風化変質	4. 風化変質	5. 風化変質	6. 風化変質
(E) 割れ目の性状	1. 割れ目の性状	2. 割れ目の性状	3. 割れ目の性状	4. 割れ目の性状	5. 割れ目の性状	6. 割れ目の性状
(F) 割れ目の性状	1. 割れ目の性状	2. 割れ目の性状	3. 割れ目の性状	4. 割れ目の性状	5. 割れ目の性状	6. 割れ目の性状
(G) 割れ目の性状	1. 割れ目の性状	2. 割れ目の性状	3. 割れ目の性状	4. 割れ目の性状	5. 割れ目の性状	6. 割れ目の性状
(H) 湧水	1. 湧水	2. 湧水	3. 湧水	4. 湧水	5. 湧水	6. 湧水
(I) 水による劣化	1. 水による劣化	2. 水による劣化	3. 水による劣化	4. 水による劣化	5. 水による劣化	6. 水による劣化
(J) 掘削方向	1. 掘削方向	2. 掘削方向	3. 掘削方向	4. 掘削方向	5. 掘削方向	6. 掘削方向
(K) 掘削方向	1. 掘削方向	2. 掘削方向	3. 掘削方向	4. 掘削方向	5. 掘削方向	6. 掘削方向
(L) 掘削方向	1. 掘削方向	2. 掘削方向	3. 掘削方向	4. 掘削方向	5. 掘削方向	6. 掘削方向

図-7 評価結果の帳票出力例 (国交省様式)

《参考文献》

- 1) 鶴田亮介, 中谷匡志: AIを活用したトンネル切羽地質状況評価システムの施工現場への適用事例, 土木学会第73回年次講演会, 2019.
- 2) 山本健太郎, 藤後廉, 小川貴弘, 長谷山美紀: トンネル切羽画像を用いたオンライン学習に基づく穿孔エネルギー推定, 土木学会論文集F3 (土木情報学), vol.77, p.22-30, 2021.
- 3) Andrew Brock, Soham De, Samuel L. Smith, Karen Simonyan: High-Performance Large-Scale Image Recognition Without Normalization, 2021-02-11, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2102.06171>, (参照 2021-04-01)
- 4) 谷口翔: 山岳トンネルの切羽地質情報の定量評価技術の開発: 圧縮強度, 風化度, 割れ目状態を定量評価 (特集 トンネル), 建設機械施工, vol.72, No.5, p.39-44, 2020.

【筆者紹介】

鶴田 亮介 (つるた りょうすけ)
 (株)安藤・間
 建設本部 土木設計部 基礎技術グループ



谷口 翔 (たにぐち しょう)
 (株)安藤・間
 建設本部 先端技術開発部 土木技術開発グループ
 グループ長





空飛ぶロボットで社会を支える ドローン現場活用最前線

嶋田 悟

日本の人口の少子高齢化が進み、特に社会インフラ業界における担い手不足が深刻になりつつある。その中でこれからも経済成長を遂げ、暮らしを支えていくには、現場作業の生産性向上が欠かせない。その切り札となるのが現場におけるロボット・AI・クラウド技術の活用だ。本稿では、空飛ぶロボットであるドローンを切り口に現場作業の自動化の最前線を紹介する。

キーワード：現場 DX, ドローン, AI, クラウド, VTOL, 3次元データ, 無人化施工, レベル4飛行

1. はじめに

日本の人口は2008年の1億2千8百万人をピークに、直近(2022年4月)は1億2千5百万人まで減少した。更に図-1のとおりその減少率は拡大し、毎月約5万人の規模で減少し続けている。65歳以上の人口割合は30%近くとなり、生産人口(15~64歳)は50%台に突入した。そして、大卒の就職先の8割以上は、建設業の属する第2次産業ではなく、第3次産業だ。この就労人口減少による担い手不足は、我々の暮らしを支える社会インフラ産業(図-2)、いわゆる現場で顕著に表れている。

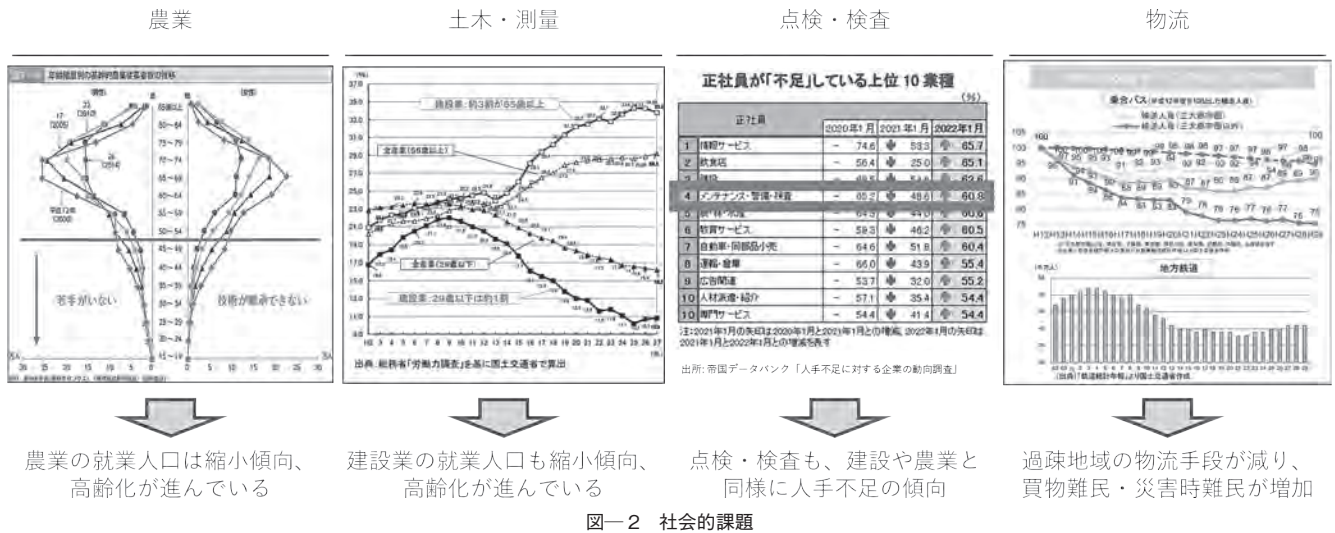
一方、これまで総じて工場内ルーチンワークの自動化を担ってきたロボットは、計算処理能力の飛躍的な

進展により、よりリアルタイムにダイナミックに大量のデータを処理可能となり、フィードバックループをかけながらより自律的な行動(人間に例えると自律神経レベル)を取れるようになってきた。その代表例が空飛ぶロボットであるドローンだ。空という移動自由度が高く、刻々と変化する風速環境のなかで自律的に飛べるのは、まさに大量のデータ処理を高速に行えるからこそだ。

そしてドローンは単に飛ぶのではなく、指定されたところへモノを運ぶ、指定された範囲のデータを取得するという仕事ができる。更にドローンによって取得された大量のデータをクラウドでAIアルゴリズムも活用しつつ高速処理させることで、これまで人間がパソコンとソフトと知識を組み合わせるアウトプットし



図-1 総人口の推移



ていたものを、全て自動化することができるようになった。かくして、ドローンはAIとクラウドと結びつくことで、現場作業の一端を担えるようになり、現場における担い手不足の解消に貢献しつつある。

以下では、論より証拠ということで、建設業界の川上から川下まで、どのようにドローンソリューションが浸透しつつあるかを紹介していく。

2. ドローンを活用した調査・点検

工事・補修をすべきかどうか、どのようにすべきかを判断するためには、まずは現場の調査・点検からである。日本はその国土の約4分の3が山地であり、土砂災害を防ぐために全国に約9万基の砂防堰堤が存在する。大半が山奥にあるため、これまでその調査・点検には歩いていく他なく、特に大雨のあとの山登りは危険も伴う。現場の人手不足解消、かつ、作業の安全性担保を実現するために、国土交通省東北地方整備局の管理下にある吾妻山（福島県）の中腹において、ドローンをを用いた点検が行われた（図一3）。通常の回転翼型ドローンだと十分な距離が稼げない、一方で長

距離飛行が可能な固定翼型ドローンだとその離着陸に必要な広いエリアを山間部では確保できないという課題があった。本現場ではその両課題を一度にクリアできるVTOL（Vertical Take-Off and Landingの略称：垂直離着陸型固定翼ドローン）が導入された。VTOLは回転翼型のどこからでも垂直に離着陸ができる良さと、固定翼型の長距離飛行ができる良さを兼ね備えた新型ドローンだ（写真一1）。更に長距離飛行させる場合の通信の問題は、携帯電話の上空利用を行うことで解消された。結果、これまで現地へ人が赴き1～2日を要した点検が10分で完了した（写真一2）。更に、取られた高精度・高解像度写真をクラウドで3次元データ化することで、砂防ダムに堆積した土砂の量を、これまで目視で算出していたよりも精緻に把握することが可能になった。

3. ドローンを活用した測量

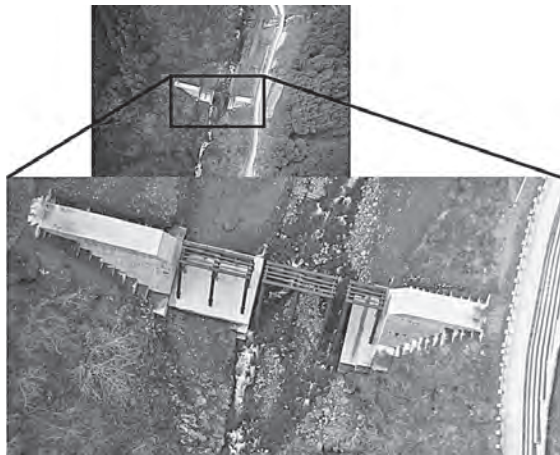
事前の調査・点検からの情報に基づき工事計画・予算策定がなされ、国・地方自治体から工事が発注される。このときに設計図が2次元の紙ではなく3次元デー



図一 3 点検対象の砂防ダムと飛行ルート（出所：国土交通省）



写真一 1 離陸するVTOL



写真一 2 ドローン空撮した砂防堰堤の拡大画像



写真一 3 対空標識兼 GNSS 受信機

タとして施工者に渡されると徹頭徹尾 3次元データで工事の進捗管理ができるようになる。そのためにも事前の調査・点検の段階から、ドローンレーザー等で現場（伐採前）の地形の3次元データ化がなされ、そのデータに基づき CAD で設計図が作られていることが現場 DX（デジタルトランスフォーメーション）の完遂には肝要だ。工事着工（伐採後）以降は、ドローン写真測量等により、起工測量・出来高管理・出来形管理を、随時容易にできるようになった。なぜならば、ドローンは自動飛行であり特殊な技術は不要、更に精度を出すための対空標識の現場での測量も、対空標識兼 GNSS 受信機（Global Navigation Satellite System 全球測位衛星システム）（写真一 3）を活用すれば、不要となる。ドローンで撮られた写真と GNSS 受信機データをクラウドで解析させれば、全自動で高速に 3次元データが生成されるため、ここでも特殊な技術は不要だ。よって、そのようなツールを活用すれば、ほぼ誰でも簡単に好きな時に早くデータは作れるようになり、現場の生産性向上に貢献している（図一 4）。建設業においても時間外労働の上限規制が 2024 年 4

月から適用されるにあたり、このようなツールを活用した労働時間の削減取り組みは急務と思われる。今後は VR ゴーグルがより発展・普及し、ドローン等を活用した測量で得た現場の 3次元データに、等身大で複数人が複数箇所から同時に没入する形で、発注者による遠隔臨場・立ち合いが日常的に行われる日も近いだろう。

4. ドローンを活用した施工管理

現場および設計図データの 3次元データ化、並びに建設機械の自動制御技術が進展したことで、マシンガイダンスという形でベテランでなくても建機をより扱いやすくなり、更にはマシンコントロールで操縦席には誰も座らずに建機が自動で施工していくようになりつつある。また、高速大容量・低遅延・同時多数接続が可能な 5G（第 5 世代移動通信システム）の普及を見据えた建機の遠隔操作による無人化施工の取り組みも活発化してきている。建機が自動でないし遠隔で動かして施工を進めていくときに課題になるのが、遠隔からどのように安全に効率的に施工を管理するかだ。事故を起こさず工事を進めていくには、建機同士の距



図一 4 福留開発株の施工事例

離や建機のアームと掘削する場所の距離、狭い場所での建機と対象物との距離など、細かく距離を把握する必要がある。しかし、建機や現場に取り付けた固定カメラからの映像だけだと距離感が分からない。

国土交通省関東地方整備局利根川水系砂防事務所が発注した「R1 濁川第一砂防堰堤外工事」では、この課題を解決すべく、有線給電映像伝送ドローン（写真—4）が採用された。このドローンは有線で給電しているために長時間飛行し、同じ有線のなかに光ファイバーが入っているために高画質なまま低遅延で映像を送り、通信を介して飛行及び搭載カメラの遠隔操作も可能だ。結果、このドローンに搭載されているカメラ1台で工事現場全体を俯瞰的に見ることも、見たい時に見たい場所を瞬時にズームすることも自由にできたことで、固定カメラの数や、俯瞰用の固定カメラを取り付けるためだけに使っていた重機の数も減らすことができた。また本工事では切り出した土を幅の狭い橋を渡って運ぶという複雑な運搬経路を想定した作業が行われたが、このドローン映像を確認することで安全に遠隔操作ができた（写真—5）。本工事では映像提供の点でこのドローンが使われたが、無線通信基地局としての機能も果たしうるので、今後より様々な現場で活用が進むであろう。

はまだ先の話になるが、現状については2021年4月号「建設機械施工」交流のひろば「土木・建設現場における物流ドローン活用から空飛ぶクルマへ」で紹介されている通りだ。一方、数kg程度の物資をドローンで運ぶ取り組みは既に全国各地で行われ（図—5）、



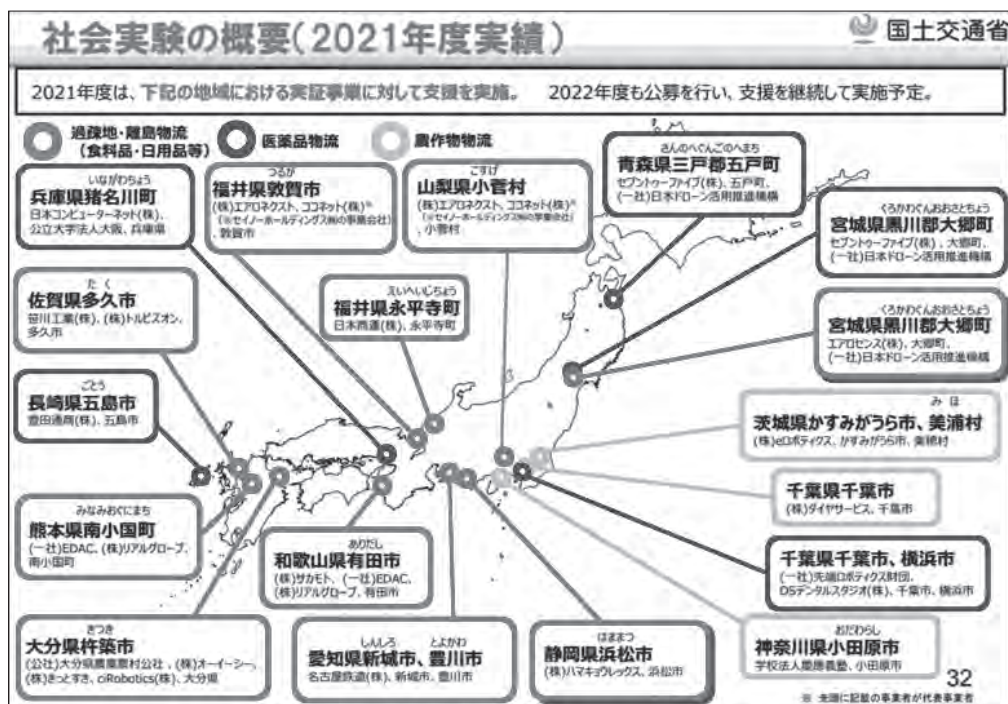
写真—4 有線給電映像伝送ドローン



写真—5 遠隔操作の様子／左が有線ドローンからの映像(出所:アクティオ)

5. ドローンを活用した物流

建材のような重く大きなものをドローンで運ぶこと



図—5 過疎地ドローン物流実証事業

一部では常時運用も開始されている。社会実装を進めていくには、ドローンの目視外補助者なし飛行が必要だ。技術的には、2021年7月よりドコモが携帯電話の上空利用サービスを開始したことで可能になった。但し、現時点では対地150m未満という使用制限があり、日本のように山地の多い地形において対地150m未満で飛び続けるのはかえって危険だ。そこで総務省は2022年度末までに対地150m以上でも携帯通信を使えるように制度整備を進めている。更に、現状はレベル3（無人地帯における目視外補助者なし飛行）までが許可されているが、機体認証・操縦者ライセンス制度が新たに2022年12月に施行され、2022年度末までにはレベル4（有人地帯における目視外補助者なし飛行）の許可を得た機体とその運航事業者が現れる見込みだ。主には物流でのドローン活用が想定されているが、この新制度により、今後ドローンが飛行する場所・機会・頻度は格段に多くなるものと思われる。

6. おわりに

ここまで少子高齢化における現場の担い手不足を空飛ぶロボットであるドローンの切り口で解決する事例を紹介してきた。これまで工場内のルーチンワークを人に代わって行ってきたロボットが、今度は空を飛べない人に代わって空を飛び、空から社会を支える役割

も担い始めている。コロナ禍も相まって仕事現場におけるデジタル化は加速している。そして、ロボット制御技術の進化、AIによるロボットの知能化、クラウド連携の高度化の流れも止まることはないだろう。AIロボットと共生していく時代を、ドラえもん文化のある日本が、その世代が、世界をリードしていくことを願ってやまない。その一端をエアロセンスも担っていきたい。

JICMA

《参考文献》

- ・総務省統計局「人口推計」
- ・朝日新聞「データでみる就活」
- ・農林水産省「農業白書」
- ・国土交通省「建設産業の現状と課題」
- ・帝国データバンク「人手不足に対する企業の動向調査」
- ・国土交通省「地域交通をめぐる現状と課題」「ローカル鉄道を取り巻く現状」
- ・（一社）全国治水砂防協会「砂防便覧」
- ・日経クロステック「LTE搭載のドローンが山奥の8基の砂防ダムを10分以下で点検」
- ・日経クロステック「有線ドローンで空から無人化施工の操作支援」
- ・内閣官房小型無人機等対策推進室「小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会（第17回）」

【筆者紹介】

嶋田 悟（しまだ さとる）
エアロセンス(株)
取締役 渉外／アライアンス担当



ずいそう

お迎えさん



篠原慶二

私はゼネコンでは機電屋と呼ばれる職種のいわゆる便利屋でトンネル工事、シールド工事、ダム工事に携わって40数年になります。建設機械しか知らない機械屋です。朝から晩までトンネル機械、シールド機と顔合わせていました…ある日。

私のコンクリート技術に関するお師匠様の当社のコンクリート博士の（故）山田一字技術研究所・所長がこんな話をしてくれました。

「おい！篠原君，お前トンネル機械好きなんか？壊れた原因も解らずよく直すな！機械ばかり直しても切りがないぞ！壊れる相手を知らなきゃな！相手はコンクリートと岩石だぞ！」と言うことでお師匠はコンクリート工学の本を私に貸してくれました。そのお師匠がトンネルドリルジャンボを直している私の横でトンネル坑内の工具箱に座って話を始めました。俺はこんな経験があるぞ。

【お師匠の話】

俺は、恥しながら今から十数年前に車で大事故を起こしたことがある。相手は故障で路上に停車していたダンプトラックで、俺は居眠り運転をしていて突っ込んでしまった。幸いにも第三者に迷惑をかけずに済んだのがせめてもの慰めだった。

偶然に通りがかった救急車で夜9時頃病院にかつぎ込まれたそうだがまったく記憶が無い。病院には眼科の当直医がいたそうだが、外傷のあまりない俺を見て“ヨッパライだから放っておけばそのうち目が覚めるよ”ということで、翌日まで放っておかれた次第。翌日10時になっても意識が戻らず“ちょっと変だな”ということで、レントゲン撮影となり、結果を診てビックリしたそうだ。腸が切断し、肝臓が5つに割れ、足は複雑骨折、頭部顔面打撲等々13項目あり、診断書に書くスペースがなくなり最後に「その他」と記してあったらしい。（後でわかった話だが、臓器が破裂し腹の中に腸内の物が出ていたため吐く息がかなり臭く、そのためヨッパライと誤認されたらしい）。

虫の息の俺に午後2時から開腹手術が行われ、とりあえず手当はされたが、危篤状態にあったため、足の骨折等その他の治療は“生きる目途が立ってからにしよう”ということで治療されない状態だった。

お師匠の「冥土往来」の話だった。

手術後、担架でベッドに移されたのは薄々感じていたがベッドで一休みしていると、どこからともなく人間の形をした全身真っ赤なタイトスのようなものをまとったスラっとした2人がベッドの脇に現れたのさ。

顔は全く無表情だった。男か女かも分からない。俺はこの者たちの男女を確認した。

根がスケベーだからもし女性だったら……と考えたらしい。しかし、この人達、女性の出るべきところがまったく出でなく、さりとて男性としてのモッコリもなく、それは不思議な人物(?)だった。（この人物一般には「冥土からの使者」または俗に「お迎えさん」というらしい）。

その間の時間ははっきりしないが、この2人俺を両脇に抱えゆっくりとベッドから引きずり下して立たせ、猛スピードで病院から連れ出したのさ。途中の道筋や雰囲気は残念ながら記憶に無い。到着したところはかなり広い真赤な砂が敷かれた広場で、周りは真っ暗闇で、かがり火がいくつも燃えており、奥の方には大きなコンクリート塀(?)が長く連なっていた。左の方には大きな門柱が2本立ってたな（しかし、内は暗くてまったく見る事ができなかった）。

その広場には大勢の人が時計回りに楕円形の形でダンスのようなものを踊っていた。何の躊躇もなく2人の「お迎えさん」に誘われてこの輪に加わり、ダンスのできない俺が今まで味わったことのない楽しさで踊り始めんだ。ただし、両脇には病院からずっと一緒に来た「お迎えさん」がピッタリとくっついており、その隣に誰がいるのかわからなかった。

“何と素晴らしい世界があるものだなあ”と本人しごくご満悦の様子。この時計回りのサークルは左の方にある門柱のところまでつづいていたが…。

ここでも一大出来事が起こったのさ。

楽しいダンスをしながら徐々に門柱に近づいてゆくと、突然両脇の2人が俺を門柱の中に投げ入れようと必死になっている。俺も綱引きの要領で地面に穴を掘って懸命に抵抗したのだが、この時の葛藤は想像を絶するものだったさ。

ある時は十分に抵抗できたが、その門柱を通り過ぎ

ると、それはまた楽しい世界に入れるのさ。しかし、両脇の2人の力が強くて地面に溝を造りながらギリギリと門柱近くまで引きずられてゆくと、これまた突然孔の開いた白いものが見えた。実はこれが「病院のベッドの天井」だった。すなわちこの時点で冥土の入り口より現世に戻っているのさ（生命力の強さでもんだな）。

この時、周りの声は聞こえるのだが、本人はまったく声を発することができない。後で聞いた話だが俺はときどき目を開けていたという。しかし、数秒後には最初と同じ状態で2人の「お迎えさん」が両脇に現れ、一連のセレモニーの後、あの赤い砂の広場に連れて行かれたのさ。この繰返しを何十回・何百回と行ったような記憶だったな。この間、開腹手術をされているにもかかわらず、痛みは全くないのだよ。

事故から数週間後の何百回目かの現世に戻った時に、「お迎えさん」が現れなくなったな。何度となく目をつむり2人の「お迎えさん」を待ってみたが、結局現れなかったな。その時の残念さは誰にも解らなだろうな。あの素晴らしい世界に二度と行けなくなったという無念さだよ。

篠原君！聞いているのか？

私の手はラジエツトレンチを必死に回していました。

この頃からまわりの言葉が聞こえるようになり、苦痛の世界へ入っていったのだよ。その後再び手足の手術が始まったのさ。

この冥土へ行った話をよく母親にしたな…母は“それでは父親（昭和20年戦死）に会って来ましたか”と聞くが、俺の考えでは“父親は門柱の中にいるため会えなかったのだろう”と答えた。門柱の間をくぐれば、それは完全な死の世界だろうと思った。

お説教で死後の世界の話がよくあるだろう。死後の世界を語ることは門柱をくぐってしまった人は出来ないのだよ。世の中不思議なことがよく起こるが、冥土の世界でも「お迎えさん」の力に負けて門柱の間をくぐった人が何かのハズミで再びハジキ出されて現世に戻っても不思議じゃないのだよ。俺のような人間が本当に死後の他界を語れるのだよ。

この2人の「お迎えさん」と仲良くなり、うまく利用することができれば、かなり長生きができると信じているが…。

篠原君はこの話を信じるか？

ドリルジャンボの修理は終わっていましたが、私の工具箱に座っているお師匠に“どいてもらえますか？”とは言えませんでした。

お師匠はこんな状況だったようです。



図—1

ずいそう

「大学ゴルフ部」の言い訳

角谷嘉泰



ゴルフを始めたのは大学に入って間もなくでしたので、もう39年も前のこと。中学・高校の同級生のY君がたまたま同じ大学に入学していて、新学期早々、大学の学食にいたところに近寄ってきました。「角谷、もうクラブかサークル決めたん?」「まだなんよ。テニスカスキー、そうウインドサーフィンなんかもやってみたいなあ。女の子也多そうやし…」「そんなんもうありきたりやし、上手いやついっぱい居るで。これからはゴルフの時代やで!絶対モテると思うねん。」との会話。なんのことはない松山の男子校育ちの2人は妄想に駆られて体育会系のゴルフ部に入部することになったのでした。

当時は、昭和58年2月に米ゴルフツアー「ハワイアンオープン」最終日の18番ホールで第3打をカップインさせて逆転優勝した青木功らによる、いわゆるAON(青木功、尾崎将司、中嶋常幸)時代と呼ばれ、日本中でゴルフ熱が沸騰していたのをよく覚えています。

その所為か、私たちの学年は部員が多く例年の倍以上の人数(確か16名)が在籍していました。ただ、早く上手になりたい気持ちとは裏腹に、放課後の部活練習は体力づくりがメインで、嫌いなランニング、坂道ダッシュ、腕立て、腹筋、アイアンの素振りばかり…。そろそろ実際に球を打って先輩にレッスンを付けてもらえるのかな?と期待していたところ、「おまえたち、しっかり練習してこいよ!」と、近くのゴルフレンジにほぼ放置。どスライスが治るはずがありません。

それでも初ラウンドのスコアは120を切ったと記憶しています。初めての合宿でもハーフの平均が約55と、同期の中では“中の中”ぐらいで、センスはあるのかなと希望を抱いてスタートした大学時代でした。

大学対抗戦のメインは関西学生ゴルフ連盟のリーグ戦で各校5名が出場し、上位4名の合計スコアで競うものだったと思います。男子は4部までありますが、我が神戸大学は4部が定位置だったと記憶していますので、昨年度のリーグ順位表を見てブービーであることに對しあまり違和感はありません。ちなみに華の1部は、大阪学院、同志社、関学、近大ら強豪ぞろいで

昔から変わっていないと思います。皆さん、「大学ゴルフ部」と聞くと、彼らを想像されるのだと思いますが、そんなエリートは一握りしかいないことを言い訳がましく申し添えます。大学ごとでレベルも異なりますし、大学の中でもピンからキリまで居りますので、悪しからず。

同期で試合に出られるのは2~3名、残りは皆補欠です。どの学年にもゴルフ経験があって入った時から上手いやつが一人か二人は居ますので、レギュラーはすぐに固定されます。私たちのようなダボベース前後でしか廻れない連中はずっと補欠のままなのです。思い起こせば学生時代に100を切った記憶はあまりありませんので、そう、今の方が断然上手いのです。

冒頭のY君は、運動神経が良く準レギュラーまで行ったのですが、結局試合には一度も出られませんでした。モチベーションが上がらない部活にほとんど嫌気が差し、まして彼女なんてできっこないと気付いたY君と私は、別のお遊びサークルを立ち上げることに熱中し、専門課程に上がってからは、ほぼ幽霊部員状態になっていました。

社会人になってからゴルフを嗜むようになりましたが、熱心に取り組む時期もあれば、釣りに嵌って4~5年釣り竿しか握らなくなった時期もありました。悲しいかな、クラブを握らない期間が長いと、スコアは



写真一 神戸大学ゴルフ部建築OB会 @ 太平洋クラブ御殿場コース (筆者は向かって左端)

昔に戻ってしまいます。そんな折に会社の連中と廻ると、「素振りシングル」だの「ゴルフ部補欠」だの…、散々野次られる始末。大阪大学美術部出身の元専務には「美術部に勝てないゴルフ部」などと今でも茶化されます。要は運動神経の問題なのではないでしょうか。「ゴルフ絶対感覚」を磨け、などという本も読みましたが、すぐに忘れてしまいます。私の場合、運動神経が不足する分、次のラウンドまでの期間を極力空けないようにすることが肝要と思ひ至り、現状を維持する乃至少しでも上達するために、昨年から最低でも月2回以上

のペースでラウンドをこなすよう心掛けるようにしました。たまたま会社の後輩に誘われたこともあって、昨年の春に憧れのゴルフ会員権を取得しました。そのような効果もあってか、昨年7月のJCMA 四国支部ゴルフ同好会（第348回）例会においてOBなしで優勝することができたことは本当に嬉しく、感無量でした。いずれは「さすがゴルフ部」と言われる日が来ることを夢見てさらに精進して参ります。

—かどたに よしひろ（株奥村組 四国支店長）—



JCMA 報告

一般社団法人日本建設機械施工協会
第 11 回通常総会・第 42 回理事会報告



第 11 回通常総会

本協会の第 11 回通常総会（定時社員総会）は、令和 4 年 6 月 16 日（木）午前 10 時 30 分から機械振興会館地下 2 階ホールにおいて開催された。

今回は、2 回目のハイブリッド参加型バーチャル社員総会として、機械振興会館地下 2 階ホールをリアル会場としつつ、役員 Web 出席や書面による議決権行使を行った団体会員で希望される方の Web 参加を認める方法で開催された。

冒頭、金井道夫会長が挨拶し、「コロナ禍において試験や研修を行う各団体が苦労されるなか、当協会はその影響が比較的軽微であり、決算も比較的順調であった。また、皆様のご指導ご鞭撻を得て事業も順調に推進することができた。皆様に深く感謝を申し上げたい。世はデジタル化全盛であるが、デジタル化の進展とともに、建設機械本来の技術的發展、現場での判断技術の確立も従来に増して重要になる。デジタル化の一方で人に依る技術を仕上げていくことも同様に重要であり、是非皆様のご指導ご鞭撻を賜りたい」と述べた。

その後、定款の定めにより金井道夫会長が議長となり総会成立が宣言され、議事録署名人を指名して議案の審議に入った。



金井道夫会長

1. 報告事項

「令和3年度事業報告の件」、「令和4年度事業計画及び収支予算の件」及び「令和3年度公益目的支出計画実施報告の件」について報告された。

2. 決議事項

第1号議案「令和3年度収支決算の件」が上程され、満場異議なく承認可決された。



監査意見（福田光監事）

次に、第2号議案「役員選任の件」が上程され、満場異議なく承認可決された。

◆退任役員（敬称略）

理事 阿部裕之，新井英雄，一色真人，加藤和彦，
絹川秀樹，熊谷勝弘，高田悦久，塚本恵，外村
圭弘

監事 小沼成人，福田光

◆就任役員（敬称略）

理事 池上徹，岡村未対，小川啓之，数見保暢，加藤
公康，嘉藤好彦，金井道夫，河合研至，酒井
一郎，佐藤恭輔，白川賢志，鈴木隆好，鈴木
博士，高橋弘，建山和由，所輝雄，中西隆夫，
沼尻理，平野耕太郎，深川良一，保坂益男，
本田博人，真下英人，松嶋憲昭，丸山暉彦，
柳屋勝彦，山本明，湯川勝彦，渡辺和弘，
渡部純

監事 上総周平，隼直毅，弓場憲太郎

議長は、以上をもって議事を終了した旨を述べ、通常総会は午前11時1分に終了した。



第42回理事会①

3. 第42回理事会

通常総会終了後、機械振興会館6階会議室をリアル会場としつつ役員のWeb出席を認めるハイブリッド会議方式で第42回理事会が開催され、代表理事・会長に金井道夫理事が選定された。また、副会長に建山和由理事，山本明理事，池上徹理事が選定され、業務執行理事に渡辺和弘理事，真下英人理事が選定された。また、団体会員2社の入会が承認された。



第42回理事会②



第42回理事会③



第 42 回理事会④

理事会終了後、地下 2 階ホールにおいて金井道夫会長が挨拶し、「コロナ禍において本部・支部間、本協会・会員間のコミュニケーションが不足しているとの指摘がある。欧米においては新型コロナへの対応に大きな変化が見られ、今後国内においても規制解除が想定されることから、節度をもって適切な範囲で交流を拡大し、会員の皆様方と共に歩んで参りたい。また、総会冒頭の挨拶でも申し上げたとおり、世はデジタル化全盛であるが、現状ではデジタル化だけでは済まない技術というものが建設機械の分野でもたくさんあり、特に現在の AI では総合的な判断ができる状態にはない。従って、いかに現在の技術を活かしつつ建設機械の分野で合理化を図っていくかということも今後非常に大事になる。皆様からもぜひご意見をいただいて良い方向に進んで参りたいことから、今後ともご指導ご鞭撻をお願いしたい。最後に当協会及び会員の皆様のご発展を祈念して、会長へ再任されたご挨拶に代えさせていただきます」と述べた。



金井道夫会長就任挨拶①



金井道夫会長就任挨拶②

4. 永年会員・役職員表彰及び日本建設機械施工大賞

通常総会終了後、理事会と平行して、地下 2 階ホールにおいて令和 4 年度永年会員表彰・永年役職員勤続表彰及び令和 4 年度日本建設機械施工大賞の表彰対象者を、以下のとおり発表した。また、発表の様子は、ウェビナーにより会員等に配信された。

(1) 令和 4 年度永年会員表彰・永年役職員勤続表彰

①本部 団体会員

【会員期間 70 年】

(株)北川鉄工所, (株)NIPPO, 日本国土開発(株)

【会員期間 60 年】

日工(株), 鹿島道路(株), (株)鴻池組

【会員期間 50 年】

(株)エスイー, デンヨー(株), (一社)全国クレーン建設業協会, (一社)日本機械土工協会

【会員期間 40 年】

(株)技研製作所, 三信建設工業(株), (一社)日本建設業連合会

【会員期間 30 年】

埼玉八栄工業(株), オックスジャッキ(株)

【会員期間 20 年】

エボニック ジャパン(株), 住友重機械建機クレーン(株), (株)日衡, (株)NISSHO

②支部 団体会員

【会員期間 60 年】

(中部支部) 清水建設(株)名古屋支店

(関西支部) (株)NIPPO 関西支店, (株)フジタ大阪支店

(中国支部) 前田道路(株)中国支店

(九州支部) (株)日立インダストリアルプロダクツ西部支店, 日立建機日本(株)九州支社,

鹿島道路(株)九州支店

【会員期間 50 年】

- (北海道支部) 札幌工業(株), 清水建設(株)北海道支店,
北日本重機(株), 北海道川崎建機(株)
- (北陸支部) 岩崎工業(株)
- (中部支部) 五洋建設(株)名古屋支店

【会員期間 40 年】

- (北海道支部) 札幌建設運送(株), 南建設(株)
- (東北支部) (株)浅間建設, 西尾レントオール(株)東北営業部
- (北陸支部) (株)荏原製作所北陸支社, (株)電業社機械製作所関東支店, 藤木鉄工(株), 川田建設(株)北陸支店, (株)興和, 小杉土建工業(株), 沢田工業(株), (株)種村建設, (株)中元組, 長岡舗道(株), 西田建設(株), (株)笛田組, (株)文明屋, 町田建設(株), (株)松井組, 松本建設(株), (株)森下組, (株)大島自動車整備工場, (株)岡村自動車, (株)テッコ横山, (株)豊商, 日立建機日本(株)新潟支店, 北陸自動車(株)
- (中部支部) 瀧富工業(株)
- (関西支部) 三和機工(株), (株)電業社機械製作所大阪支店, 淀川変圧器(株)
- (四国支部) 兼松エンジニアリング(株), 日東河川工業(株)

【会員期間 30 年】

- (北海道支部) (株)杉本運輸

- (東北支部) (株)瀧神巧業
- (中国支部) (株)鶴見製作所中部支店
- (関西支部) (株)日本ピーエス関西支店, (株)ピーエス三菱大阪支店, (株)東京建設コンサルタント関西本社
- (四国支部) (株)アトム, (株)晃立

【会員期間 20 年】


- (北海道支部) 北海道重建機工(株), 錦産業(株)
- (東北支部) 大管工業(株), (株)ハイウェイとうほく

③個人に対する表彰

- ・役員 一色真人, 絹川秀樹, 外村圭弘
 - ・委員長 山口達也, 豊岡司
 - ・支部運営委員
- (北海道支部) 大野宇樹
- (東北支部) 勝治博, 牧野博隆, 鈴木勇治, 佐藤敦
- (北陸支部) 北川隆明
- (中部支部) 青木保孝, 林信彦
- ・職員
- 勤続 30 年以上
(施工技術総合研究所) 渡邊真至, 望月昌夫
- ・勤続 20 年以上
- (本部) 三枝宏貴
(施工技術総合研究所) 佐野昌伴

(2) 令和 4 年度日本建設機械施工大賞

(詳細は本誌次頁以降に掲載)

令和4年度

日本建設機械施工大賞
受賞業績

日本建設機械施工大賞は、建設事業の高度化等に関し顕著な功績をあげた業績について表彰するもので、大賞部門と地域賞部門の2部門で構成される。

大賞部門は、我が国の建設事業における建設機械及び建設施工に関する技術等に関して、調査・研究、技術開発、実用化等により、その向上・普及に顕著な功績をあげたと認められる業績を表彰し、地域賞部門は、従来の施工方法・技術を改良あるいは普及させるなどの取組みを通じて、当該地域の事業者等で建設事業の推進に寄与したと認められる業績を表彰し、もって国土の利用、開発・保全及び経済・産業の発展に寄与することを目的としている。

令和4年度受賞業績及び受賞者

■大賞部門

最優秀賞

- ・台形CSGダムにおける保護コンクリート構築の合理化施工システム

鹿島建設(株)

堤体を構成するCSGコンクリートに対して上下流を保護するコンクリートの置き型枠の設置・盛替を自動に行う移動装置を開発し工程短縮と安全性の確保を図ったことが高く評価された。

最優秀賞

- ・ロボットアームを用いた建設3Dプリンティングシステム

清水建設(株)

産業用ロボットにより繊維補強セメント複合材をノズル吐出して高強度高靱性の大規模積層構造物を国内で初めて構築したもので、コンクリート施工法を変革する新規性が高く評価された。

優秀賞

- ・6m継ぎロックボルト打設装置を搭載したロックボルト専用機「BOLTINGER」

大成建設(株)

古河ロックドリル(株)

日本国内トンネル特有のベンチカット断面において短尺にしたロックボルトを新たに開発したロックボルト打設装置で打設することにより切羽作業の生産性および安全性を向上させたことが高く評価された。

優秀賞

- ・山岳トンネルにおける遠隔技術を活用したICT施工

(株)安藤・間

古河ロックドリル(株)

マック(株)

発破削孔における切羽作業の無人化を図り安全性が向上し、地質評価情報や出来形情報のパターン化により余堀量や使用火薬量の低減につなげ生産性が向上したことが高く評価された。

優秀賞

- ・トンネル覆工コンクリート用自動化センターすべての作業工程にDX導入した省人・省力化技術

西松建設(株)

岐阜工業(株)

トンネル覆工作業に係る打設・脱型・移動等の一連作業工程を仕上がり精度を確保した上で自動化し省力化が図られ、作業安全性の向上も図られていることが高く評価された。

選考委員会賞

- ・建設現場の非接触・リモート化を実現する「遠隔協議」および「遠隔臨場」～データ共有クラウドサービス「CIMPAPHONY Plus」による施工データ一元管理～

福井コンピュータ(株)

建設現場のデジタル化を推進するプロセスとして施工管理実務を効率的に推進するシステムであり、施工管理データ共有の新規性が高く評価された。

■地域賞部門

最優秀賞

- ・あらゆる通信規格に対応できる複数建設機械の遠隔操作を可能とするマルチコックピットシステム

(株)加藤組

日立建機日本(株)

西尾レントオール(株)

異なる複数の建設機械を1台で操作することができる遠隔操縦機械として操作性に優れ省人化を可能とした高度な先進性が高く評価された。

優秀賞

- ・コンクリート二次製品の敷設機械

鹿島道路(株)

独自開発の自動水平保持装置により勾配のある箇所においても作業を可能とした実用性の高い機械であることが評価された。

JCMA 報告

令和 4 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績

大賞部門 最優秀賞

台形 CSG ダムにおける保護コンクリート構築の合理化施工システム

鹿島建設(株)

業績の概要

本技術は、上下流面が、階段状の保護コンクリートで覆われる台形 CSG ダムの施工において、型枠および目地・止水板の設置作業を自動化・合理化するシステムを開発・実用したものである。本システムは、H 鋼材を 2 段重ねした打止め型枠（置き型枠）の設置・移設、15 m スパン毎に設置する止水板の設置、打設時のコンクリート側圧による型枠の滑動・転倒の防止を行う各台車により構成され、成瀬ダム堤体打設工事（秋田県）で初適用しその有効性を確認した。



保護コンクリート構築の合理化施工システム

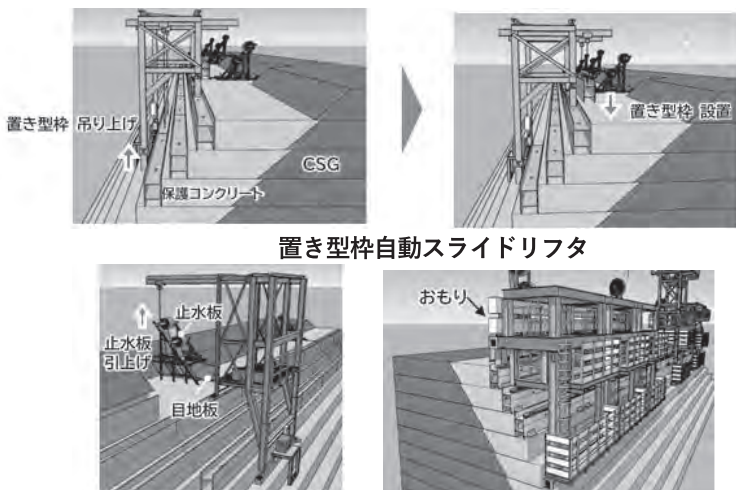
業績の特徴

「保護コンクリート構築の合理化施工システム」は、

- ①置き型枠を自動で吊り上げ、所定の位置に設置する『置き型枠自動スライドリフタ』
- ②止水板の設置を容易にする『止水板台車』
- ③保護コンクリート打設時に置き型枠の滑動・転倒を防止

する『おもり台車』

の 3 種類の台車で構成さる。各台車は、置き型枠をレールとして走行するため、堤体打設面でのクレーン作業を不要とし、堤体上での作業を阻害することなく保護コンクリートの施工が可能である。



左：止水板台車
右：おもり台車

ロボットアームを用いた建設 3D プリンティングシステム

清水建設(株)

業績の概要

わが国においては建設技能労働者の不足・高齢化が進んでおり、従来の建設生産からの脱却が急がれている。型枠工の技能労働者が減少しているコンクリート工事では、部材のプレキャスト化などによる施工の合理化が推進されているものの、さらなる効率化の実現には新しい発想のコンクリート施工技術が求められていた。

本技術は、セメント系材料をノズルから吐出して積層することで、建設スケールの高品質な積層体の印刷を実現するものである。本システムを用いることで、(1) 高さ 2m を超える構造体の造形、(2) 各プリント層の界面（積層界面）の一体化による品質の安定性、(3) 優れた力学特性、を同時に実現している点が他にはない特徴である。

すでに実プロジェクトで実用化され、土木・建築分野ともに 3D プリンティングを大型構造物に適用する事例となった。これらプロジェクトでは、本システム適用によって、従来の木製型枠を使用したコンクリート施工よりも現場工程を 6 割短縮できることが実証された。本技術は、単に生産性向上に寄与するだけでなく、意匠の自由度向上、構造最適化による部材の軽量化、型枠廃棄ゼロによる環境負荷低減への貢献も期待できる。

業績の特徴

本システムは、設計モデルである 3D-CAD からロボッ

トプログラムを自動生成し、任意の立体形状を短時間で印刷することが可能である。プリント材料には、独自開発した繊維補強セメント複合材料「ラクツム[®]」を使用する。本システムの特徴を以下に示す。

●システムの安定性

各種データを用いたフィードバック制御により、全体システムの安定性が高い。豊洲六丁目交通広場デッキ拡張計画での適用では、24 体の積層体を不良率 0% で印刷することを実現した。

●高い造形性能

高さ 2m まで積層することが可能であり、プリント後も積層体は設計どおりの形状を保つ。また、2 回の現場適用時に作製した積層体の形状誤差は ±5 mm 以内であり、高い造形精度が実証された（図—1）。

●積層体の高い強度と靱性

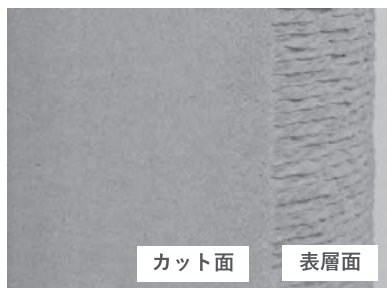
積層体の圧縮強度は 100 N/mm² 以上（材齢 28 日）に達する。また、異方性はあるものの、繊維の補強効果により、積層体の曲げ強度 14 N/mm² を無筋で実現できる（図—2）。

●積層体品質の安定性

品質のばらつきが小さく、耐久性が高い積層体を印刷できる。積層界面は目視で確認できないほど一体化し、表面吸水速度と表層透気係数に基づく品質グレードは「良」の結果であった（図—3）。



図—1 2m以上の積層



図—2 プリント層の一体化



図—3 高靱性化による曲げ強度 14 MPaの実現

大賞部門 優秀賞

6 m 継ぎロックボルト打設装置を搭載したロックボルト専用機 「BOLTINGER」

大成建設(株), 古河ロックドリル(株)

業績の概要

本技術は、従来人力で行っていた山岳トンネル工事のロックボルト打設作業を機械化するものである。本技術の活用により、切羽近傍の危険な空中作業・重労働を完全に機械化し、安全性を飛躍的に向上させ、大幅な省人化と生産性向上を実現した。

【特徴】

- (1) 削孔専用ブーム×2, 打設専用ブーム×1を組み合わせた3ブーム仕様の機械(図-1)。
- (2) ロックボルトを機械的に継いで打設する仕様(3m×2本, 3m・4mにも対応)。
- (3) モルタル供給装置を機体後方に搭載して一体化(図-2)。
- (4) ガイダンス機能を搭載し、施工(削孔)データをBIM/CIMモデルに統合(図-4, 5)。
- (5) 作業員数を5人⇒2人に省人化し、生産性を2.5倍に向上。
- (6) 切羽近傍の危険な空中作業・重労働を完全に機械化(図-3)。

業績の特徴

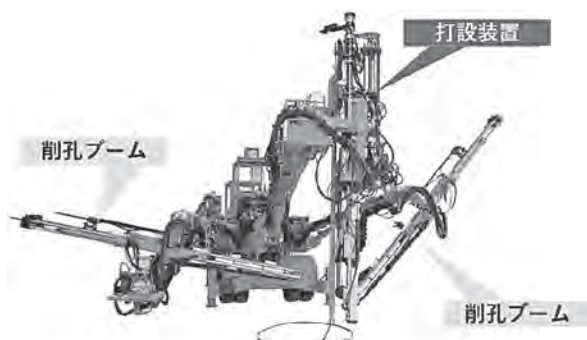


図-1 ブーム構成



図-2 モルタル供給装置



図-3 作業姿勢全景



図-4 ガイダンス画面

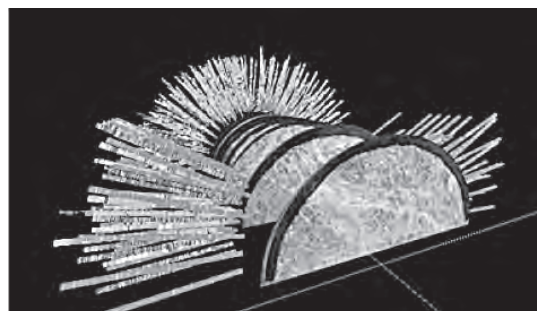


図-5 削孔データ (BIM/CIM 統合)

山岳トンネルにおける遠隔技術を活用した ICT 施工

(株安藤・間, 古河ロックドリル(株), マック(株)

業績の概要

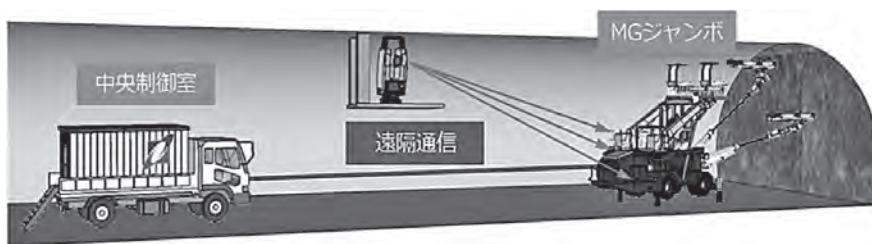
本技術は、山岳トンネル工事の安全性と生産性の向上を目的として、国内初となるドリルジャンボの遠隔操作技術を開発し、穿孔作業時における切羽での無人化施工を実施した。

マシンガイダンス機能付きドリルジャンボ（以下 MG ジャンボ）をトンネル坑内に設置した中央制御室から操作できるように遠隔改造を行った。中央制御室は防じん仕様とし、エアコンを設置することで、作業員は粉じん環境下での作業から解放され、快適な環境下で作業することができる。また、運用にあたっては、装薬孔の穿孔位置や掘削出来形などの施工データを中央制御室に集約して分析し、評価結果から発破パターンの最適化を図ることで発破作業を効率化する。本技術により、穿孔作業中における切羽への立ち入りが完全になくなり、切羽での安全性が大幅に向上した。また、余掘り量と使用火薬量について、熟練工による施工方法と比べて 20% 程度低減し、生産性が大幅に向上した。

業績の特徴

中央制御室と MG ジャンボを通信ケーブルで接続し、MG ジャンボに搭載した 5 台のカメラ映像とマシンガイダンス情報をもとに中央制御室からドリルジャンボを遠隔操作することで正確な穿孔作業を行う。MG ジャンボの遠隔化によって、装薬孔の穿孔位置をマーキングする必要がなくなり、穿孔作業時の切羽への立ち入りを完全になくすることができる。

また、三次元レーザースキャナで取得した切羽の掘削出来形と装薬孔の穿孔位置データを中央制御室に集約し、CIM に統合表示して両者の関係性を評価する。評価結果にもとづいて「発破パターン作成プログラム」で発破パターンを迅速に修正することで、地質状況の変化への柔軟な対応が可能である。



ドリルジャンボの遠隔操作



CIM による発破の評価



中央制御室からの遠隔操作の状況



穿孔作業の無人化

大賞部門 優秀賞

トンネル覆工コンクリート用自動化セントル －すべての作業工程にDX導入した省人・省力化技術－

西松建設(株), 岐阜工業(株)

業績の概要

山岳トンネルの覆工コンクリート施工は、ここ数十年、作業の手順や作業人数に大きな変革がなく、長らく人力作業に頼ってきた。覆工作业は、一般にトンネル断面と同形の大型鋼製型枠（以下、セントル）を使用し、6人ほどの作業員が2日に1回のサイクルで覆工打設を行っている。しかし、狭隘な空間での苦渋作業も多く、さらに作業員の高齢化や技能者不足を背景に、現場での施工品質の低下が危惧されており、作業の生産性向上が強く求められていた。

そこで、覆工作业に係る一連の作業工程（①セントルを所定位置にセットする作業、②覆工コンクリートを打ち込む作業、③セントルを脱型し次へ移動する作業）を機械制御のみで行えるように自動化し、作業を安全かつ効率的に実施できる『自動化セントル』を開発した。本技術は、従来の半分ほどの2～4人の作業員まで省人化でき、さらにこれまでと同じ施工精度と品質を保ちつつ、現場作業の生産性を上げることを実現した。

業績の特徴

自動化セントルは、覆工作业を効率化する機械装置やセンサを多数装備し、またその動きを制御するシステムを搭載している。制御盤上でのボタン操作のみで、セントルのセットから覆工コンクリートの打込み、脱型・移動までの

基本作業を実施できるため、覆工作业の大幅な省人・省力化を実現した自動化技術である。

①自動セットシステム

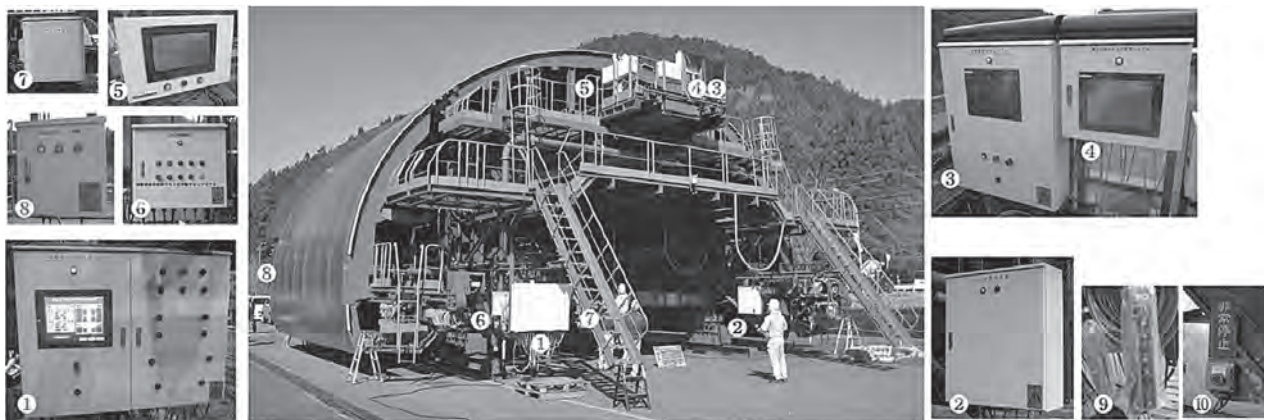
測量機器（自動追尾トータルステーション）やアクチュエータ（油圧シリンダ）、各種センシング装置などと連携し、専用制御盤からの操作のみでセントルを所定位置へ正確にセットできるシステム。設計位置ではなく、既設覆工の出来形に合わせて最終セットすることで、安全かつ高精度に作業できる。

②覆工コンクリート打設自動化システム

コンクリート検知センサと自走式マニピュレータによる配管切替装置を用いて覆工コンクリートの打込み作業を自動化したシステム。コンクリートが所定の打込み高さに達すると自動停止し、自走式マニピュレータが配管を自動で切り替えて打込みを再開する。タブレットによる遠隔制御もできる。

③脱型・移動システム

セントルの脱型・移動作業を制御盤からの操作で安全かつ短時間に実施できるシステム。脱型時のフォーム収納やセントルダウンの操作は、自動セット作業の逆手順によりボタン操作のみで実施でき、またセントルの移動は自走装置制御盤で自動化されており、移動量を入力するだけで実施できる。



- | | | |
|-----------------------|--------------------|----------------|
| ① 自動セット制御盤 | ⑤ ラップ部設置管理制御盤 | ⑨ 操作用ペンダントスイッチ |
| ② 自走装置制御盤 | ⑥ ベルト式自動ケレンシステム制御盤 | ⑩ 非常停止ボタン |
| ③ 自動配管切替システム制御盤 | ⑦ 覆工加温養生システム制御盤 | |
| ④ コンクリート高さ圧力管理システム制御盤 | ⑧ 鋼製妻板油圧ユニット制御盤 | |

自動化セントルの全景（各種自動制御システムを搭載）

大賞部門 選考委員会賞

建設現場の非接触・リモート化を実現する「遠隔協議」および「遠隔臨場」データ共有クラウドサービス「CIMPHONY Plus」による施工データ一元管理

福井コンピュータ株式会社

業績の概要

本技術のうち、「遠隔協議」では、VR（バーチャルリアリティ）空間に複数人が遠隔地から参加し打ち合わせを行う。VRデータは、点群データおよび3Dモデルをもとに作成され、現地状況を正確に再現する。「遠隔臨場」では、施工後の受発注者間での出来形検査をリモートで実施する。従来は、受発注者が施工現場に集合して検査を行う必要があった。

上記2つの技術は、データ共有クラウドサービス CIMPHONY Plus（シムフォニー プラス、NETIS 登録番号 KK-210003-A）を介して実施する。

業績の特徴

CIMPHONY Plus は、施工に関わる各種データをクラウド上に“位置情報と時間軸”で一元管理する。関係者は

インターネット環境があればどこからでもデータにアクセスでき、スムーズにデータを確認・共有できる。

「遠隔協議」は、主催者がこのクラウドにVRデータをアップロードし、遠隔地から関係者がこのVR空間にアクセスすることで実施できる。また、「遠隔臨場」は、出来形管理ヒートマップをこのクラウドにアップロードし、発注者事務所と施工現場からそれぞれアクセスすることで実施できる。

CIMPHONY Plus 上でデータを一元的に管理することで、関係者間でのデータ共有をスムーズにし、CIMPHONY Plus を介して実施される「遠隔協議」および「遠隔臨場」では、現地調査や施工協議、出来形検査等における移動時間および移動費用の削減が可能となる。また、これらの技術は非接触で行われるため新型コロナウイルス等の感染症対策にも有効である。



地域賞部門 最優秀賞

あらゆる通信規格に対応できる複数建設機械の遠隔操作を可能とする マルチコックピットシステム

(株)加藤組・日立建機日本(株)・西尾レントオール(株)

業績の概要

本システムは、1台の操縦装置で異なる複数の建設機械を操作可能とするものである。汎用の建設機械を遠隔操縦機械として高度化することが可能であり、現場で使用可能な通信規格に対応できる遠隔操縦装置である。

業績の特徴

建設機械の遠隔操縦技術は、災害現場などで既に多くの実績があるが、通常工事では、活用されていないのが現状である。通常工事で活用することで、労務者確保に苦慮している建設業へ新たな働き方を創出することにつながる。

本システムの特徴は、下記のとおりとなる。

- 1) 通常工事での活用をするため、汎用的な異なる複数の建設機械に「後付」の遠隔操縦装置を装着し、これらが統合制御可能なマルチコックピットを開発した。
- 2) 長距離遠隔操縦の無視界における操作性と施工品質向上のため、2種類のAR技術と聴覚情報を導入した。
- 3) どこでも遠隔操縦を実現するため、現場で使用可能な各種通信規格に対応できる遠隔操縦装置とした。

本技術は、作業時間および作業時間の縮減が実現できるとともに安全性の確保と施工品質の向上が見込める施工の効率化・高度化システムとなる。



マルチコックピット



2種類のAR映像（左：現況地盤・機械姿勢、右：3次元設計データ）

作業時間（作業人員）の比較表

施工形態	作業区分	1.8㎡あたり									
		バックホウ (sec)	ブルドーザ (sec)	振動ローラ (sec)	施工 (sec)	施工効率 (%)	待機 乗換 (sec)	総合計 (sec)	縮減時間 (sec)	縮減率 (%)	
搭乗施工 (3名)	施工	145	77	235	457	100.00%	912	1,369	0	0.00%	
	待機	310	380	222							
	乗換	0	0	0							
搭乗施工 (1名)	施工	145	77	235	457	100.00%	0	817	-552	-40.32%	
	待機	0	0	0							
	乗換	120	120	120							
遠隔施工 (1名)	施工	181	86	247	514	88.91%	0	535	-834	-60.92%	
	待機	0	0	0							
	乗換	7	7	7							



地域賞部門 優秀賞



コンクリート二次製品の敷設機械

鹿島道路(株)

業績の概要

道路の新設・改修工事或いは造成工事に付帯するブロック、U字溝などのコンクリート二次製品の敷設は、規模の違いこそあれ日常的に対応しなければならない作業である。

人力での持上げ・設置が困難な100kgを超えるコンクリート二次製品の敷設は、クレーン機能付油圧ショベルや車載型クレーンなどにより楊重し、然るべき場所に設置している。

しかしながら重量50kg前後の歩車道境界ブロックなどは、ヒトによる持上げ・移動・設置が可能だけに、人力作業により身体に過大な負担を掛けて腰を痛めたり、落下させて製品を破損する事故が絶えなかった。今回開発したパワーアシストセッタは、重量100kgまでのコンクリー

ト二次製品の運搬・敷設を補助する全く新しい建設機械である。パワーアシストセッタは、不整地運搬車に搭載したサーボモータにより駆動するバランスアームが、ヒトの僅かな力による操作を増幅し、二次製品を自在に楊重・移動・設置することが出来る機能を備えている。

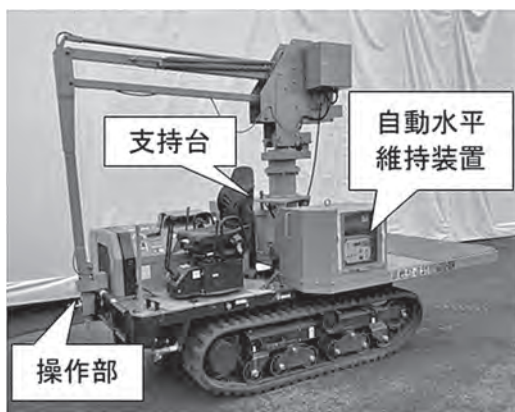
業績の特徴

当該機械に搭載しているバランスアームの主旋回部は作業員の腕の力加減で意のままに旋回できる構造になっているが、勾配のある箇所においては、荷の重量により勾配下側へ意図せず旋回してしまう恐れがある。そこで、支持台を水平に保つ自動水平維持装置を独自に開発した。

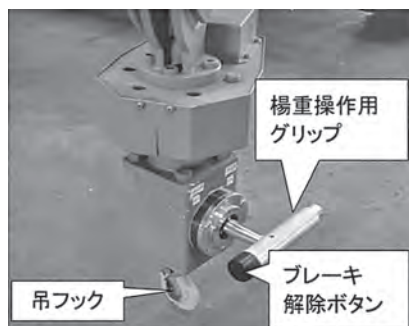
この装置により、勾配のある箇所においても安全に作業することが可能となる。支持台は3本のシリンダによって支えられており、これらシリンダの伸縮によって水平を保つよう制御される。

制御すべきシリンダの伸縮量は、バランスアーム支持台に固定されているスロープセンサが支持台の傾きを検知し、制御ユニットがその傾き量から各シリンダの最適な伸縮量を計算する。

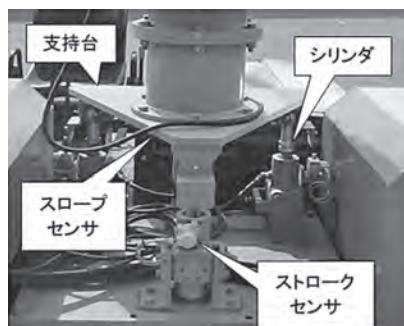
実際の伸縮量は各シリンダに装備されているストロークセンサによって計測される。この装置の一連の制御により勾配のある場所でもバランスアーム支持台を水平に保つことができ、作業員の意図する動作を簡単・安全に行える構造となっている。



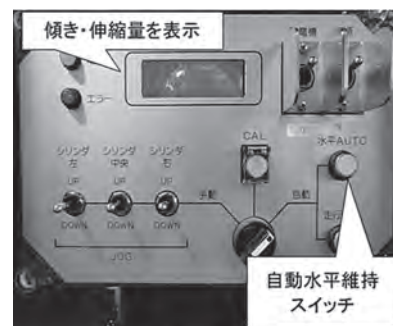
CIMによる発破の評価



バランスアーム操作部



バランスアーム支持台



制御ユニット

新工法紹介 機関誌編集委員会

04-437	地山予報システム (切羽前方の湧水量を予報)	清水建設
--------	---------------------------	------

▶ 概 要

地山予報システムの概念図を図一1に示す。本システムは、デジタルツインを基本概念とする「現実空間(フィジカル空間)」および「仮想空間(サイバー空間)」から構成されている。特に、地下水環境に着目したシステムを構築している。

現実空間では、地下水環境の予測にとって基本情報となる切羽湧水量を常時測定し、日々の総湧水量を監視する。一方、仮想空間では、演算部と可視化部に大別できる。演算部は、切羽湧水量、施工情報、気象情報など各種データの蓄積、3次元地質情報の更新、AI技術を使った地山の浸透特性(透水係数)の同定、および地下水環境を再現する数値解析を融合させて、将来起こる事象を予測する。可視化部は、演算部で得られた予測値を3次元地山モデルに描画し、計測結果等とあわせて確認することができる。仮想空間上の情報は誰にでもわかる帳票等として出力し、現実空間へ返す「予報」を行う。

この一連のサイクルは、1日に1サイクルを基本として自動的に実行され、日々の朝礼等で継続的に予報結果を周知することでリスクや安全管理の持続に貢献するとともに、現場支援を目的とした専門技術者の作業負担軽減としても期待している。

▶ 特 徴

本システムは3つの重要な要素で構成されている。一つは、S-BEAT[®]などを使った日々の切羽前方探査結果による地質情報の更新である。次に、「仮想ドレーンモデルを適用した3次元浸透流解析」である。一般に浸透流解析は、広域を対象とした数値解析となるため計算に時間を要することが課題であったが、この手法を用いることにより従来比で最大約50%の計算時間短縮となった。最後に、「AIによる透水係数の同定技術」である。あらかじめ複数の解析結果から作成した教師データを学習させることで瞬時に同定結果(地山の浸透特性)を算出することが可能となった。

本システムは、地下水流れをシミュレーションするソルバーを使っているが、トンネルの変形、あるいは坑内空気の流れをシミュレーションできるソルバーに置き換えることで、柔軟な地山予報システムとして展開することも可能である。

▶ 用 途

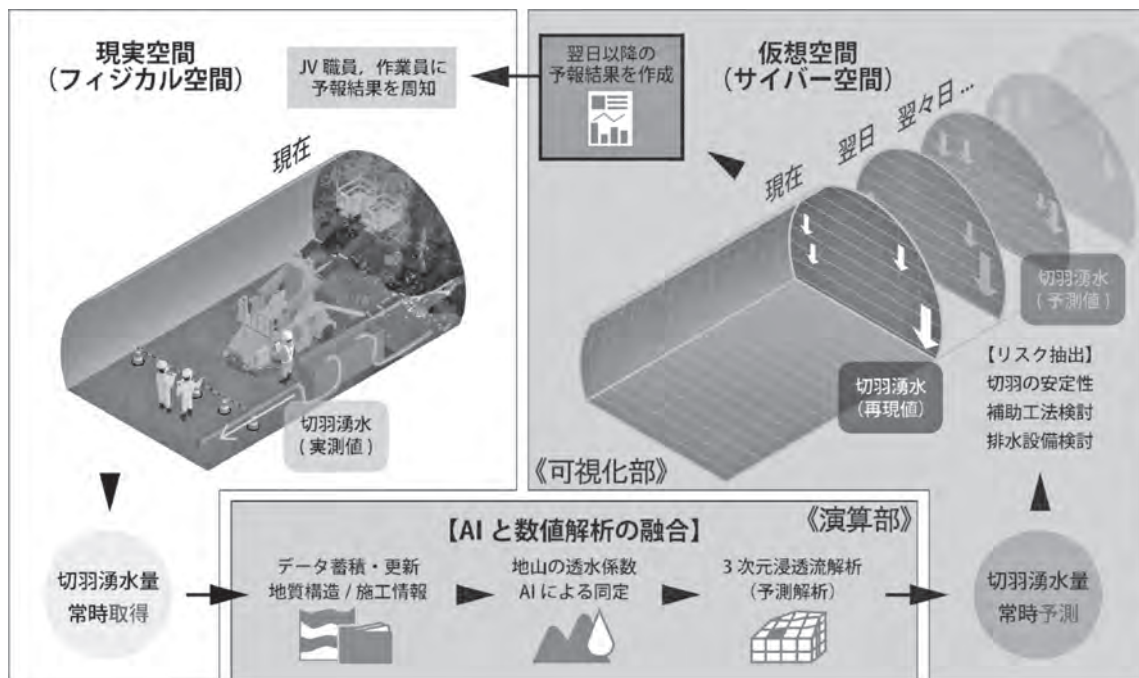
- ・切羽湧水にかかわるリスク全般からの回避

▶ 実 績

- ・九州新幹線(西九州)、木場トンネル他工事

▶ 問 合 せ 先

清水建設(株) 土木技術本部 地下空間統括部
〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目16番1号
TEL: 080-8055-0699 (福田 毅)

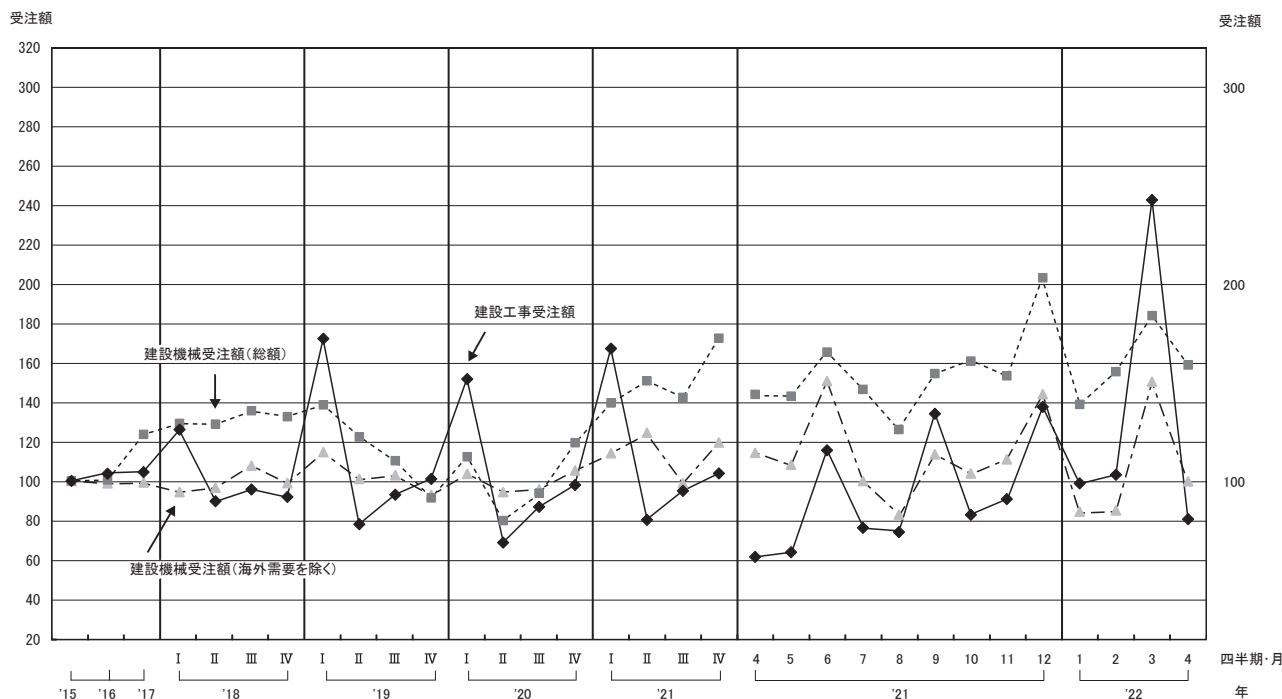


図一1 地山予報システム全体概要

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：建設工事受注動向統計調査(大手50社) (指数基準 2015年平均=100)
 建設機械受注額：建設機械受注統計調査(建設機械企業数24前後) (指数基準 2015年平均=100)



建設工事受注動向統計調査 (大手 50 社)

(単位：億円)

年 月	総 計	受 注 者 別						工 事 種 類 別		未消化 工事高	施工高
		民 間			官 公 庁	そ の 他	海 外	建 築	土 木		
		計	製 造 業	非製造業							
2015年	141,240	96,068	19,836	76,235	35,633	4,993	4,546	95,959	45,281	141,461	141,136
2016年	146,991	99,541	17,618	81,923	38,894	5,247	3,309	98,626	48,366	151,269	134,037
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
2021年 4月	7,252	4,965	1,141	3,824	1,711	396	181	4,239	3,014	188,230	8,931
5月	7,470	4,666	940	3,726	2,440	332	33	4,576	2,894	186,346	8,999
6月	13,631	9,020	1,807	7,213	3,611	500	501	9,074	4,557	187,713	12,869
7月	8,925	6,244	2,042	4,202	2,324	305	51	6,069	2,855	188,502	8,489
8月	8,766	6,304	2,156	4,149	2,059	370	32	6,285	2,481	187,177	10,180
9月	15,826	12,449	1,698	10,750	2,780	419	179	11,984	3,842	188,820	14,729
10月	9,753	7,135	2,003	5,132	2,202	360	57	6,806	2,947	190,874	8,975
11月	10,676	7,495	2,213	5,282	2,269	351	561	6,782	3,894	191,232	10,790
12月	16,208	12,569	2,335	10,235	2,841	371	427	12,316	3,892	192,900	15,433
2022年 1月	11,656	7,955	1,408	6,547	2,892	322	487	8,014	3,641	194,534	9,787
2月	12,152	9,464	2,400	7,065	2,280	365	43	8,766	3,387	193,576	11,606
3月	28,665	21,001	4,095	16,906	6,090	496	1,078	18,978	9,687	202,497	20,607
4月	9,462	6,623	2,182	4,441	2,268	490	81	6,347	3,114	-	-

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	15年	16年	17年	18年	19年	20年	21年	21年 4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	22年 1月	2月	3月	4月
総 額	17,416	17,478	21,535	22,923	20,151	17,646	26,393	2,089	2,080	2,405	2,132	1,833	2,245	2,341	2,229	2,955	2,017	2,263	2,675	2,310
海外需要	10,712	10,875	14,912	16,267	13,277	10,966	18,737	1,450	1,477	1,562	1,574	1,371	1,611	1,762	1,609	2,150	1,546	1,789	1,834	1,753
海外需要を除く	6,704	6,603	6,623	6,656	6,874	6,680	7,656	639	603	843	558	462	634	579	620	805	471	474	841	557

(注) 2015～2017年は年平均で、2017～2020年は四半期ごとの平均値で図示した。
 2021年4月以降は月ごとの値を図示した。

出典：国土交通省建設工事受注動向統計調査
 内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

行事一覧

(2022年5月1日～31日)

機械部会



■建築生産機械技術委員会（ラフテレーン作業燃費分科会）

月日：5月9日(月)(Web会議で開催)
出席者：石倉武久委員長ほか6名
議題：ラフテレーンクレーンの燃費基準達成建設機械の申請にあたりJCMAS H023改正に関する討議：吊り荷重の試験条件に関する討議、JCMAS H023改正箇所に関する討議

■基礎工事用機械技術委員会 見学会、西尾レントオール(株) 東日本テクノヤード見学

月日：5月18日(水)
参加者：草刈成直委員長ほか16名
見学会内容：①東日本テクノヤード概要および技術説明 ②ICT建機、測量機器の見学 ③質疑応答

■ダンプトラック技術委員会

月日：5月19日(木)(Web会議で開催)
出席者：渡辺浩行委員長ほか6名
議題：①各社トピックス：コマツ「ダンプトラック電動化について」②生産性向上に関する輪講：(株)諸岡「自動運転技術開発の紹介」③R4年度活動計画に関する討議

■建築生産機械技術委員会（ラフテレーン作業燃費分科会）

月日：5月25日(水)(会議室, Web併行開催)
出席者：石倉武久委員長ほか6名
議題：ラフテレーンクレーンの燃費基準達成建設機械の申請にあたりJCMAS H023改正に関する討議：吊り荷重の試験条件に関する討議、JCMAS H023改正箇所に関する討議

■原動機技術委員会

月日：5月26日(木)(会議室, Web併行開催)
出席者：工藤睦也委員長ほか20名
議題：①前回の議事録確認 ②国内次期規制についての情報交換：環境省今後の自動車排出ガス低減に向けたヒヤリングについて ③海外排出ガス規制の動向に関する情報交換：a) 海外排出ガス規制の動向について：インド発電機4次排ガス規制, UK Brexit, トルコ, コロンビア, b) 中国免除エ

ンジン申請方法変更情報 ④カーボンニュートラルに関する情報交換：トラック輸送できる超小型原発について、陸内協「カーボンニュートラルシナリオ」の紹介

■除雪機械技術委員会・ロータリ分科会

月日：5月30日(月)(会議室, Web併行開催)
出席者：久末忍リーダーほか8名
議題：①ロータリ除雪車 安全装置について現道試験の結果等に関する討議：安全装置の不具合情報, 安全装置の使用後のアンケート結果等, 安全装置の実際の使用にあたり改善要求等, スケジュール, 他

■トンネル機械技術委員会・幹事会

月日：5月31日(火)(会議室, Web併行開催)
出席者：丸山修委員長ほか9名
議題：①令和4年度調査活動についての討議：第1回のWGの対応について, WGの進め方など ②見学会について見学会候補地の実施時期などについて討議 ③技術講演会の対応について討議

標準部会



■ISO/TC 127/SC 2/WG 30 ISO 6683 シートベルト改正 国際WGバーチャル会議

月日：5月9日(月)夜
出席者：イタリア INAIL 国立労働災害保険協会 VITA コンピナー・米国・ドイツ・スウェーデンなど海外から12名, 日本からコマツ小塚大輔委員ほか2名

場所：Web上 (ISO Zoom)
議題：①ISO/DIS 6683 受領意見検討 ②次の工程 (第2次 DIS 投票)

■ISO/TC 127/SC 3/WG 5 施工現場データ交換 ISO/WDTs 15143-4 施工現場地形データ国際WG全体バーチャル会議

月日：5月11日(水)午後, 13日(金)午後
出席者：日本からコマツ山本茂コンピナーほか延べ8名, 米国 Deere 社 BOLLWEG プロジェクトリーダーなど海外 (英国・フィンランド・米国・オーストラリア・ニュージーランド・韓国など) から延べ22名出席
場所：Web上 (ISO Zoom)
議題：①CAT 社指摘の特許の扱い ②前回合会議事録確認 ③未処理だった案件の状況確認 (MA メンテナンス機関の扱いなど) ④箇条6 (工事データ) の検討 ⑤6月ブリスベンでの

対面会合, 日本からのウェブ参加の検討 ⑥案文に対するWG聴取意見への対応検討 ⑦現場座標系変換に関する状況報告など ⑧概念実証状況報告及び論議など (サーバー間通信, 設計モデル及びコードリスト, 作業結果及び生産高) ⑨ISO様式の文書準備に関して ⑩当面の作業, その他次回会合など

■ISO/TC 127/SC 3/JWG 11 ISO/DIS 12509 土工機械及び不整地トラッカー 照明・信号・車幅等の灯火及び反射器 国際WGバーチャル会議

月日：5月11日(水)深夜
出席者：米国 Deere 社 JOHNSON コンピナー・同 Vermeer 社 嘱託 MOSS 幹事・インド・フランス・スウェーデンなど海外から10名, 日本からコマツ小塚大輔委員ほか2名
場所：Web上 (ISO Zoom)
議題：①DIS投票コメント審議(続き) ②今後の予定 (FDIS案文を中央事務局に提出, 合同案件に関するISO規定含めISO/TC 110/SC 4に連絡) 付記：不整地トラックとは日本には例外的な機械である通称「テレハンドラー」のこと

■ISO/TC 195/SC 3/WG 1 穿孔及び基礎工事用機械—用語及び定義 国際バーチャルWG会議

月日：5月16日(月)夜
出席者：小倉公彦 (JCMA事務局) ほか13名
場所：Web上 (ISO Zoom)
議題：①WD 11886 穿孔及び基礎工事用機械—土壌及び土壌/岩石の穿孔並びに基礎工事用機械—語彙及び商業仕様 WG意見照会コメント審議 ②次回の予定 (18日(水)：DIS 21467 審議)

■ISO/TC 214/WG 1 高所作業車国際WGバーチャル会議

月日：5月17日(火)午後, 19日(木)早朝, 同日夜
出席者：カナダ Skyjack 社 McGREGOR コンピナー・米国 MOSS 幹事など海外 (オーストラリア・ドイツ・英国・米国) から15名前後, 日本から事務局1名出席
場所：Web上 (ISO Zoom)
議題：ISO/CD 16368 高所作業車—設計, 計算, 安全要求事項及び試験方法 CD投票結果及び各国意見への対応検討：反対投票無く, DIS投票に進めるため, 各国意見への対応の検討を進めることとして検討中

■ ISO/TC 195/SC 3/WG 1 穿孔及び基礎 工用機械－用語及び定義 国際バー チャル WG 会議

月 日：5月18日(水)夜

出席者：山本卓也(機技研製作所)委員
ほか6名

場 所：Web上 (ISO Zoom)

議 題：① DIS 21467 水平方向ドリル
－語彙及び商業仕様 DIS コメント審
議 ② 次回の予定(9月14日(水))：
WD 11886 審議)

■ ISO/TC 127/WG 17-ISO/PWI 5757 再生 可能エネルギー貯蔵システム RESS 国 際 WG バーチャル会議

月 日：5月18日(水)夜

出席者：米国斗山 Bobcat 社 SPOMER
コンビナーなど海外複数名, 日本専門
家複数名

場 所：Web上 (ISO Zoom)

議 題：①進捗状況確認 ②案文作成行
程検討 ③ WG 意見聴取結果検討
④今後の会合予定検討 ⑤その他

■ ISO/TC 127/SC 2/JWG 31 (TC 23/SC 15 森林用設備合同作業グループ) ISO 7021 運転員保護構造の材料要求事項 国 際 WG バーチャル会議

月 日：5月19日(木)夜

出席者：米国斗山 Bobcat 社 NEVA コ
ンビナーなど海外(オーストラリア・
ドイツ・英国・米国)から14名, 日
本専門家はコマツ小塚大輔委員ほか1
名

場 所：Web上 (ISO Zoom)

議 題：①前回議事録確認 ②新業務提
案時各国意見への対応検討 ③案文を
委員会原案 CD に進めることを親委員
会に申し出の旨結論 ④結論に達した
ため翌日の会議は中止 ⑤次回会合は
2022年9月21日, 22日を予定

■ ISO/TC 195/SC 1/WG 4 ISO/CD 19711- 2 トラックミキサー第2部：安全要求 国際バーチャル WG 会議

月 日：5月20日(金)

出席者：清水弘之(カヤバ株)コンビナー
ほか7名

場 所：Web上 (ISO Zoom)

議 題：① CD 投票コメント審議 ②今
後の予定

■ ISO/TC 127/SC 1/WG 6 ISO 11152 エネ ルギー使用試験方法 国際 WG バーチャ ル会議

月 日：5月23日(月)夜, 25日(水)
夜, 31日(火)午後

出席者：米国 Caterpillar 社 Crowell コ
ンビナー・ドイツ・フランスなど海外
から延べ7名, 日本からコマツ正田明

平プロジェクトリーダーほか延べ8名出
席

場 所：Web上 (ISO Zoom)

議 題：①前回議事録確認 ②特設チ
ームでの検討結果検討－適用範囲の機械
上限設定の適否, 掘削試験での未調整
の土砂の使用, 土砂の状態とエネル
ギー効率の相関性, 溝掘試験の図示,
電機駆動機械の待機試験など ③ ISO
業務としての登録及び文書形態(技術
報告書でなく技術仕様書とする)

■ ISO/TC 127/SC 4/WG 6-ISO 7334 自動 運転の分類 国際バーチャル WG 会議

月 日：5月24日(火)夜, 26日(木)
夜

出席者：米国 Deere 社 TAHA コンビ
ナーなど海外(中国・英国・米国・英
国・ドイツ・中国)から延べ14名,
日本専門家は日立建機片桐委員長ほか
延べ16名

場 所：Web上 (ISO Zoom)

議 題：ISO 7334 自動運転の分類検討
① ISO のオンライン規格作成ツール
OSD の適用検討 ②日程検討 ③当
面の作業(OSD への移行, 今後の会
合設定) ④次回会合(7月19日及び
21日, 同一時間帯)

建設業部会



■三役会

月 日：5月19日(木)

参加者：鈴木博士部会長ほか7名

議 題：①各 WG 活動報告：機電交流
企画 WG・就活パンフレットの見直し,
若手機電技術者意見交換会代替企画
(講演会・見学会)について ②その
他

各種委員会等



■機関誌編集委員会

月 日：5月9日(月)

出席者：中野正則委員長ほか28名

議 題：①令和4年8号(第870号)計
画の審議・検討 ②令和4年9月号(第
871号)素案の審議・検討 ③令和4
年10月号(第872号)編集方針の審議・
検討 ④令和4年5月号～令和4年7
月号(第867～869号)進捗状況報告・
確認 ※通常委員会及び Zoom にて実
施

■建設経済調査分科会

月 日：5月10日(火)

出席者：持丸修一分科会長ほか4名

議 題：①2022年機関誌統計ページ執

筆依頼原稿の検討 ②「道路の維持メ
ンテナンスについて」執筆検討 ③そ
の他

支部行事一覧

北海道支部



■第11回支部通常総会

月 日：5月19日(木)

場 所：札幌市, センチュリーロイヤル
ホテル

出席者：熊谷勝弘支部長ほか60名

内 容：①令和3年度事業報告(案)及
び決算報告(案)承認の件 ②令和4
年度事業計画及び収支予算に関する件
③令和4・5年度運営委員の選任に関
する件

■令和4年度除雪機械技術講習会第2回 (メーカ)打合せ

月 日：5月20日(金)

場 所：北海道支部会議室

出席者：加藤信二施工技術検定技術委員
会委員長ほか7名

内 容：①令和4年度除雪機械技術講習
会 ②その他

■令和4年度 ICT 活用施工連絡会

月 日：5月23日(月)

場 所：北海道建設会館大会議室及び
Web 併用

出席者：(対面)石塚芳文座長ほか13名
(Web)15名

内 容：①インフラ DX・i-Construction
に関する情報連絡 ②令和3年度 ICT
活用施工連絡会活動報告 ③ ICT 活
用施工連絡会の事務局体制(案)
④令和4年度 ICT 活用施工連絡会活
動計画(案) ⑤その他

■令和4年度建設技術担い手育成プロジェ クト会議

月 日：5月23日(月)

場 所：北海道建設会館大会議室及び
Web 併用

出席者：(対面)鈴木勇治プロジェクト
リーダーほか9名(Web)8名

内 容：①これまでの活動状況 ②今年
度の活動計画 ③今後の活動について

■令和4年度除雪機械技術講習会第3回 (講師)打合せ

月 日：5月27日(金)

場 所：北海道建設会館大会議室及び
Web 併用

出席者：(対面)巖博技術部会副会長
ほか21名(Web)2名

内 容：①令和4年度除雪機械技術講習

会講習内容について ②その他

■請負工事機械経費積算に関する講習会

月 日：5月31日(火)

場 所：北海道経済センター

受講者：99名

内 容：①令和4年度土木工事標準歩掛の改訂概要 ②建設機械等損料の改正と動向 ③施工パッケージ型積算方式 ④損料表の見方及び使い方 ⑤一般土木請負工事の機械経費積算例 ⑥道路維持請負工事の機械

東北支部



■令和4年度第11回東北支部通常総会

月 日：5月16日(月)

場 所：仙台市 仙台ガーデンパレス

出席者：支部会員：143社(議決権総数154社のうち出席25社、Web参加者18社、委任状100社)

出席者総数：52名(会員25名、高橋支部長ほかの役員と事務局員20名、表彰者21名(会員との重複14名含む))

内 容：①令和3年度事業報告について ②令和3年度事業決算について ③令和4・5年度役員改選について ④令和4年度事業計画について ⑤令和4年度事業予算について

■第11回東北復興DX・i-Construction連絡調整会議(Web会議)

月 日：5月26日(木)

出席者：中平善伸東北地方整備局企画部長ほか23名

内 容：①規約の変更 ②東北地方整備局からの情報提供 ③意見交換 ④関係機関におけるDX・i-Construction取組状況等

北陸支部



■令和4年度第1回企画部会

月 日：5月11日(水)

場 所：書面表決

議 題：①令和3年度業務報告書について ②令和3年度決算書について

■ニイガタ除雪の達人選手権第1回幹事会

月 日：5月13日(金)

場 所：新潟県十日町地域振興局

出席者：堤事務局長

議 題：①過去の開催状況について ②開催場所及び日時について ③人材の活用について ④今後の検討事項について

■第11回通常総会

月 日：5月19日(木)

場 所：新潟東映ホテル 1F 白鳥の間

議 題：①令和3年度事業報告に関する件 ②令和3年度決算報告に関する件 ③令和4～5年度役員に関する件 ④令和4年度事業計画に関する件 ⑤令和4年度収支予算に関する件 ⑥令和4年度永年会員等表彰、優良建設機械運転員・整備員表彰

■外国人技能評価試験(5月期)

月 日：5月27日(金)

場 所：CAT 北陸教習センター

出席者：堤事務局長ほか2名

受検者：

専門級	掘削	学科及び実技	1名
		実技のみ	12名
		学科(再試験)	1名
締固め	学科及び実技	1名	
		実技のみ	8名
		学科(再試験)	1名
上級	締固め	実技のみ	2名

■令和4年度北陸地方防災エキスパート運営委員会

月 日：5月30日(月)

場 所：アートホテル新潟駅前 4F 越後

出席者：堤事務局長

議 題：①令和3年度活動報告について ②専門防災エキスパートの選出について ③防災エキスパート活動全般について ④北陸地方整備局における防災対応について(講演)

中部支部



■第11回支部通常総会

月 日：5月18日(水)

場 所：ウイユ愛知 女性総合センター

出席者：所輝雄支部長ほか約88名

議 題：①令和3年度事業報告及び決算報告承認の件 ②令和4・5年度運営委員選任に関する件 ③令和4年度事業計画及び収支予算報告の件等

■第13回南海トラフ地震対策中部圏戦略会議

月 日：5月19日(木)

出席者：渡邊光吉災害対策部会長

場 所：Web会議にて参加

内 容：「令和3年度南海トラフ地震対策中部圏戦略会議活動報告」等について

■令和4年度天竜川上流総合水防演習

月 日：5月22日(日)

演習参加会員：コマツカスタマーサポート(株)中部カンパニー

展示参加会員：コマツカスタマーサポート(株)中部カンパニー、(株)シーティーエス、(株)中部テクノス

会 場：長野県飯田市川路地先

関西支部



■運営委員会

月 日：5月12日(木)

場 所：大阪キャッスルホテル

出席者：深川良一支部長以下33名

議 題：①令和3年度事業報告(案)及び決算報告(案)の件 ②令和4・5年度運営委員選任の件 ③優良建設機械運転員等表彰の件 ④令和4年度会長表彰について ⑤支部総会後の講演について

■建設用電気設備特別専門委員会(第477回)

月 日：5月19日(木)

場 所：中央電気倶楽部 会議室

議 題：①「JEM-TR104 建設工事用受配電設備点検保守のチェックリスト」審議 ②点検表意見交換 ③新規の機器メーカーの参画について ④その他

■支部通常総会

月 日：5月27日(金)

場 所：関西支部

出席者：深川良一支部長以下121名

議 題：①令和3年度事業報告及び決算報告の件 ②任期満了に伴う運営委員選出に関する件 ③令和4年度事業計画及び収支予算の件 ④本部事業概要報告 ⑤令和4年度会長表彰 ⑥優良建設機械運転員等表彰

講 演：宇宙医学の現状と将来に向けて
講 師：京都大学宇宙総合研究ユニット・特定准教授 寺田昌弘氏

中国支部



■第1回施工技術部会(Web会議)

月 日：5月12日(木)

出席者：新宅清人部会長ほか4名

議 題：①令和4年度部会事業実施計画について ②DX・i-Con(情報化施工)関係行事について ③その他懸案事項

■第11回支部通常総会

月 日：5月16日(月)

場 所：ホテルセンチュリー 21 広島

出席者：河合研至支部長ほか39名

議 題：①令和3年度事業報告承認の件 ②令和3年度決算報告承認の件 ③令和4・5年度役員選任 ④令和4年度事業計画(案)に関する件 ⑤令和4年度収支予算(案)に関する件 ⑥本部の事業概要報告 ⑦本部感謝状贈呈

■令和4年度「建設の機械化施工優良技術者」表彰式

月 日：5月16日(月)

場 所：ホテルセンチュリー 21 広島
 受賞者：運転・整備部門 1 名 管理部門
 5 名

■令和 4 年度建設技術講習会【Web】

期 間：5 月 18 日（水）～ 31 日（火）
 受講者：248 名
 演 題：①最近の建設業をめぐる話題…
 中国地方整備局企画部長 ② ICT 活
 用工事の最近の動向と事例紹介…（一
 社）日本建設機械施工協会施工技術総
 合研究所 ③令和 4 年度の入札契約制
 度及び生産性の向上と働き方改革につ
 いて…中国地方整備局企画部技術管理
 課長 ④中国地方整備局のインフラ
 DX・i-Construction…中国地方整備局
 企画部建設情報・施工高度化技術調整
 官 ⑤河川構造物の高度化について…
 中国地方整備局河川部河川情報管理官
 ⑥社会資本の戦略的維持管理について
 …中国地方整備局道路部道路保全企画
 官 ⑦穿孔作業の集中管理による山岳
 トンネルの発破の高度化について…(株)
 安藤・間建設本部土木技術統括部技術
 第三部トンネルグループ

四 国 支 部



■ R4 第 1 回運営委員会

月 日：5 月 19 日（木）
 場 所：ホテル「マリンパレスさぬき」

（高松市）
 出席者：藤山究副支部長ほか 26 名（う
 ち、委任状提出 10 名）
 内 容：①令和 3 年度事業報告に関する
 件 ②令和 3 年度決算報告に関する件
 ③令和 3 会計及び業務監査報告に関す
 る件 ④令和 4～5 年度役員等候補者
 （案）に関する件

■四国支部第 11 回（R4 年度）通常総会

月 日：5 月 19 日（木）
 場 所：ホテル「マリンパレスさぬき」
 （高松市）
 議決権総数：128 社
 出席社数：116 社（うち、委任状提出 64
 社）
 出席者総数：藤山究副支部長ほか 51 名
 議 題：第 1 号議案 令和 3 年度事業報
 告承認の件、第 2 号議案 令和 3 年度
 決算報告承認の件、第 3 号議案 令和
 3 年度会計及び業務監査報告に関する
 件、第 4 号議案 任期満了に伴う役員
 改選に関する件、第 5 号議案 令和 4
 年度事業計画に関する件、第 6 号議案
 令和 4 年度収支予算に関する件

九 州 支 部



■ R4 年度第 1 回運営委員会

月 日：5 月 19 日（木）
 場 所：福岡リーセントホテル 2F クリ

スタルルーム
 出席者：松嶋支部長ほか 26 名（議長委
 任出席含む）
 議 題：①令和 3 年度事業報告及び決算
 報告に関する件 ②任期満了に伴う役
 員改選に関する件 ③令和 4 年度事業
 計画及び収支予算に関する件 ④本部
 会長及び支部長 表彰の報告

■第 11 回通常総会

月 日：5 月 19 日（木）
 場 所：福岡リーセントホテル 2F 舞鶴
 の間
 出席者：松嶋憲昭支部長ほか 99 名（議
 長委任出席含む）
 議 題：①令和 3 年度事業報告及び決算
 報告に関する件 ②任期満了に伴う役
 員改選に関する件 ③令和 4 年度事業
 計画及び収支予算に関する件 ④本部
 会長及び支部長 表彰式 ⑤特別講演
 「地上写真測量による土工の出来高算
 出要領に対応するスマホアプリ」「重
 機の安全支援装置の現状とリスク」

■企画委員会

月 日：5 月 25 日（水）
 場 所：九州支部 会議室
 出席者：原尻克己企画委員長ほか 7 名
 議 題：①第 4 回 i-Construction 施工に
 よる九州支部生産性向上推進会に関す
 る件 ②「第 11 回通常総会」及び「第
 1 回運営委員会」について ③その他

編集後記

DXについて知っているつもり程度の知識しかない私は、家人に「DXってどういう意味なの?」と聞かれ、何かの書物で読んだことをさも知っているかのように「昔は鉄道に乗車するときは切符を買って改札で鉄を入れてもらっていたら、それがSuicaの自動改札に替わったじゃない。今は1枚のカードで各社乗り継ぎまでできる、あれがDX」と答えることで繕っていました。そんな知識不足の私に今回、機関誌のDX特集担当が回ってきました。

企業が「デジタル化」を重要課題として取り組み始めていることが影響しているのでしょうか、一緒に担当する岡本さんの助言や編集委員皆さんの協力もあり、多くの方が執筆を快諾してくださいました。

巻頭言をお願いした東京大学特任教授小澤一雅先生から「DX推進の要諦は、多様なデータの連携から新たな価値を創造することである。まず、データ活用のためのデータ整備を図る必要があり、次に、異なる組織間でデータやアプリケーションを活用するためのシステムが必要である。さらに、DX推進のための組織の変革が有効であり、DXはこれらの活動を通して、ビジネス、組織、プロセスや文化の変革をもたらすと

言われる。建設産業がより付加価値の高いインフラサービスを提供する国際競争力の高い産業として発展することが望まれる。」という提言をいただきました。

執筆いただいた2本の行政情報は、「国土交通省が推進するインフラ分野のDX」、「建設機械分野のDXの取り組み」というタイトルで、「データとインフラ技術を活用したDX推進本部の施策」や「建設機械施工の自動化・自律化・遠隔化技術」について紹介していただきました。また特集報文も「データの整理・活用方法」、「データ活用事例」、「共通制御信号システム開発事例」、「システムの運用事例」など結果として巻頭言でいただいた提言について多くの実証事例報文が集まったと確信しています。そして「交流の広場」エアロセンス(株)様の「AIロボットと共生していく時代を、ドラえもん文化のある日本が、その世代が、世界をリードしていく」という言葉に将来への希望を感じました。

最後になりますが、ご多忙にもかかわらずご寄稿いただいた執筆者の皆様とご尽力いただいた関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。執筆いただいたこれらの報文が、今後の建設機械施工DXの一助となりますなら幸甚です。ありがとうございました。

(赤坂・岡本)

8月号「橋梁特集」予告

・持続可能なインフラメンテナンスに向けた新技術の活用促進に係る取り組み ・道路橋における基礎の施工法と設計法の変遷 ・塩害と台風環境下における鋼橋の高防食技術の開発 ・JICAにおける海外協力 ・多軸式特殊台車を用いた重交通交差点上での夜間架設 ・多摩川スカイブリッジで活躍した施工機械 ・スパンバイスパン架設工法による橋梁上部工の施工 ・長大スパンのプレキャストセグメント張出し架設 ・下郷大橋におけるアーチリブの施工 ・タッカ都市高速鉄道6号線 橋梁及び高架駅建設工事 ・海外でのプレテンション桁の製作 ・関西圏都市部における中国道リニューアル工事 ・スマート床版更新(SDR)システムの開発 ・シンガポール公共工事40mスパンの仮設鋼構造トラス橋(歩道)の解体・撤去 ・床版取替工事向け多機能床版取替機 ・橋梁維持管理へのAI活用

【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) 9,408円(税・送料込)

機関誌編集委員会

編集顧問

今岡 亮司	加納研之助
後藤 勇	佐野 正道
新開 節治	関 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

菊田 一行	国土交通省
垂井 保典	農林水産省
細田 豊	(独)鉄道・運輸機構
岡本 直樹	(一社)日本機械土工協会
穴井 秀和	鹿島建設(株)
赤坂 茂	大成建設(株)
宇野 昌利	清水建設(株)
阿部 靖	(株)大林組
内藤 陽	(株)竹中工務店
宮川 克己	(株)熊谷組
松本 清志	(株)奥村組
京免 継彦	佐藤工業(株)
川崎 智博	鉄建建設(株)
副島 幸也	(株)安藤・間
松澤 享	五洋建設(株)
飯田 宏	東亜建設工業(株)
佐藤 裕	日本国土開発(株)
丑久保吾郎	(株)NIPPO
室谷 泰輔	コマツ
山本 茂太	キャタピラー・ジャパン
花川 和吉	日立建機(株)
上田 哲司	コベルコ建機(株)
石倉 武久	住友建機(株)
小黑 誠	(株)加藤製作所
本間 正敏	古河ロックドリル(株)
太田 正志	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

第74巻第7号(2022年7月号)(通巻869号)

Vol.74 No.7 July 2022

2022(令和4)年7月20日印刷

2022(令和4)年7月25日発行(毎月1回25日発行)

編集兼発行人 金井道夫

印刷所 日本印刷株式会社

発行所 本部 一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内

電話(03)3433-1501; Fax(03)3432-0289; <http://www.jcmanet.or.jp/>

施工技術総合研究所 〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154 電話(0545)35-0212

北海道支 部 〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8 電話(011)231-4428

東北支 部 〒980-0014 仙台市青葉区本町3-4-18 電話(022)222-3915

北陸支 部 〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 電話(025)280-0128

中部支 部 〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10 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

本誌上への
の広告は



有限会社 サンタナ アートワークスまでお申し込み、お問い合わせ下さい。

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F TEL: 03-3664-0118 FAX: 03-3664-0138

E-mail: san-mich@zam.att.ne.jp 担当: 田中

KOBELCO

掘削サイクル
タイムアップ
8%
従来機とのHモードでの比較



新型13t特設サイト

それは未来に挑むための 次世代のパフォーマンス。

Performance **X** Design

サイクルタイムを8%向上させた掘削性やNETISに新規登録された先進技術。
快適性、操作性を高めたインテリアデザイン。
数々の技術を磨き上げ、進化を遂げたSK135SRの誕生です。

NETIS登録
省工本技術搭載型バックホウ
登録番号:KT-200147-A
イーグルアイビューステム
登録番号:KT-200085-A

2020年燃費基準達成建設機械 ★★★
国土交通省 燃費基準達成建設機械認定制度



SK135SR
SK125SR SK130SR+

コベルコ建機株式会社

東京本社 / 〒141-8626 東京都品川区北品川 5-5-15 ☎03-5789-2111 www.kobelco-kenki.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

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

本誌に掲載されている広告のお問い合わせ、
資料の請求はメール、FAX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: _____

所属: _____

会社名(校名): _____

資料送付先: _____

電話: _____

FAX: _____

E-mail: _____

広告掲載 メーカー名	製品名

FAX
送付先

サンタナアートワークス
建設機械施工係

F
A
X

03-3664-0138

あらゆる建設機械／シールドマシン・・・
油圧機器の整備・再生

各種トランスミッション整備で相談に応じます。



建設機械用ZFトランスミッション

点検・整備は、日本ではマルマのみが対応

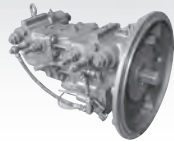


建設機械のあらゆる油圧機器

斜板式ダブルポンプ



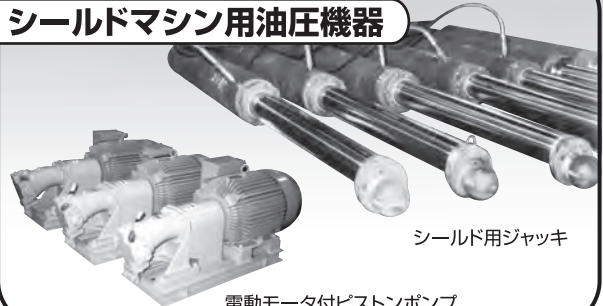
斜板式ピストンポンプ



斜軸式ピストンモータ



シールドマシン用油圧機器



シールド用ジャッキ

電動モータ付ピストンポンプ

建機と共に半世紀以上。確かな「信頼」をお届けします！

整備・再生された各Ass'yは、自社独自開発の多機能油圧機器試験機により性能を確認。各テストのデータはデータベースとして保存され、出荷後、マッチング調整や、搬送されてきた同等品の確認テストに活用します。この万全を期した体制がマルマの高い信頼性の由縁です。



MH-R220は従来の油圧ドライブ型油圧機器試験機に比べ、インバータ制御電動モーター駆動、及びエネルギー回生回路の採用により大幅な消費電力量の削減を実現しました。大型油圧ポンプの試験も可能です。



マルマテクニカ株式会社

本社・相模原事業所 営業部 整備油機課

〒252-0331 神奈川県相模原市南区大野台6-2-1

TEL042 (751) 3809 FAX042 (756) 4389

E-mail:yuki@maruma.co.jp

東京工場 〒156-0054

E-mail:tokyo@maruma.co.jp

名古屋事業所 〒485-0037

E-mail:n-service@maruma.co.jp

東京都世田谷区桜丘1-2-22

TEL03 (3429) 2141 FAX03 (3420) 3336

愛知県小牧市小針2-18

TEL0568 (77) 3311 FAX0568 (77) 3719

URL <http://www.maruma.co.jp/>

Mikasa

http://www.mikasa.com

街づくりを支える、信頼の三笠品質。



転圧センサー

バイプロコンパクター

MVH-308DSC-PAS

NETIS No. TH-120015-VE

タンピングランマー

MT-55H



MVC-F60HS

NETIS No. TH-100006-VE



MRH-601DS

低騒音指定番号5097



FX-40G/FU-162A



MCD-318HS-SGK

低騒音指定番号6190

三笠産業株式会社

MIKASA SANGYO CO., LTD. TOKYO, JAPAN

本社 〒101-0064 東京都千代田区神田猿樂町1-4-3 TEL: 03-3292-1411 (代)

大阪支店 TEL: 06-6745-9631
札幌営業所 TEL: 011-892-6920
仙台営業所 TEL: 022-238-1521
新潟出張所 TEL: 090-4066-0661

北関東営業所 TEL: 0276-74-6452
長野出張所 TEL: 080-1013-9542
中部営業所 TEL: 052-504-3434
金沢出張所 TEL: 080-1013-9538

中国営業所 TEL: 082-875-8561
四国出張所 TEL: 087-868-5111
九州営業所 TEL: 092-431-5523
南九州出張所 TEL: 080-1013-9547

沖縄出張所 TEL: 080-1013-9328

コスモECOディーゼル

DH-2 対応ディーゼルエンジンオイル
SAE10W-30 / SAE15W-40

それはいつまでも
青い空のために



DH-2F 対応ディーゼルエンジンオイル
SAE5W-30



新星



彗星



快星

美しい地球、豊かな環境を目指して
ひた走るパワー、コスモルブ・ウェイ

コスモ石油ルブリカンツの 環境対応潤滑油



省電力型油圧作動油
コスモスーパーエポック **UF**



省電力型工業用ギヤー油
コスモECOギヤー **EPS**

それはいつまでも
蒼い地球のために

地球環境へ、

さらに新しい対応を求められている今、オイルもまた、次の課題をクリアする進化が問われます。
コスモルブは、地球に、人に、優しい環境LUBEソリューションを提案してまいります。

FA機器の 最適無線化提案

クレーン、搬送台車、建設機械、特殊車輛他
産業機械用無線操縦装置

㊦微弱電波 ㊧429MHz帯特定小電力 ㊨1.2GHz帯特定小電力
㊩315MHz帯特定小電力 ㊪920MHz帯特定小電力

スリムケーブルレス 5000型

緊急停止スイッチの オプション対応スタート!

- ・微弱、429MHz特小、1.2GHz特小 全て対応
- ・8点、12点、16点仕様 全て対応
- ・表示用LED取付他、従来のオーダー対応可

プッシュロック、
ターンリセット型
キノコスイッチ



充電台に置いて充電

ご希望の多かったクレードルタイプを
オプションにてご用意!



ハンディタイプ シリーズ

タフケーブルレス
《RC-8600N/U/G》



チップケーブルレス
《RC-3205M・3212M・3208N》



マイコンケーブルレス
《RC-6000N/U/G》

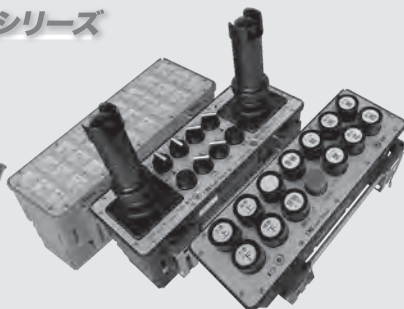


ケーブルレスミニ
《RC-4400N》



ショルダータイプシリーズ

MAXサテレータ
《RC-9300U/G》



マイティサテレータ
《RC-7100・7200N/U/G》

データケーブルレスシリーズ

双方向データケーブルレス
《TC-1000808S》



データケーブルレス
《TC-1300・1400N/U/G》



RC-5800U/G
2段押3組 準標準型
好評発売中!

- ・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(送信出力1mW)
の2種類の周波数から選択可能

429MHz、1216MHzが
同価格!!

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



つながる 建設DX

Realize your
INTEGRATION
2022



拡張現実マシンコントロール
EarthWorks AR

EarthWorks 油圧ショベルは、Augmented Reality (拡張現実システム) をオプションで搭載することが可能となりました。設計データと現況を3Dでリアルタイムマッチングすることで、さらに使い易いマシンコントロールをご提供します。

施工履歴管理クラウド

WorksOS

施工履歴データを自動収集。現場での切土、盛土、通過回数、転圧の生産性や建機の状況をリアルタイムにダッシュボードに集約・可視化し、各プロジェクトの進捗状況を一目で確認。建機の効率的な運用の推進を支援します。



 **Trimble**
Authorized Dealer

 **SITECH**

SITECH-JAPAN.COM

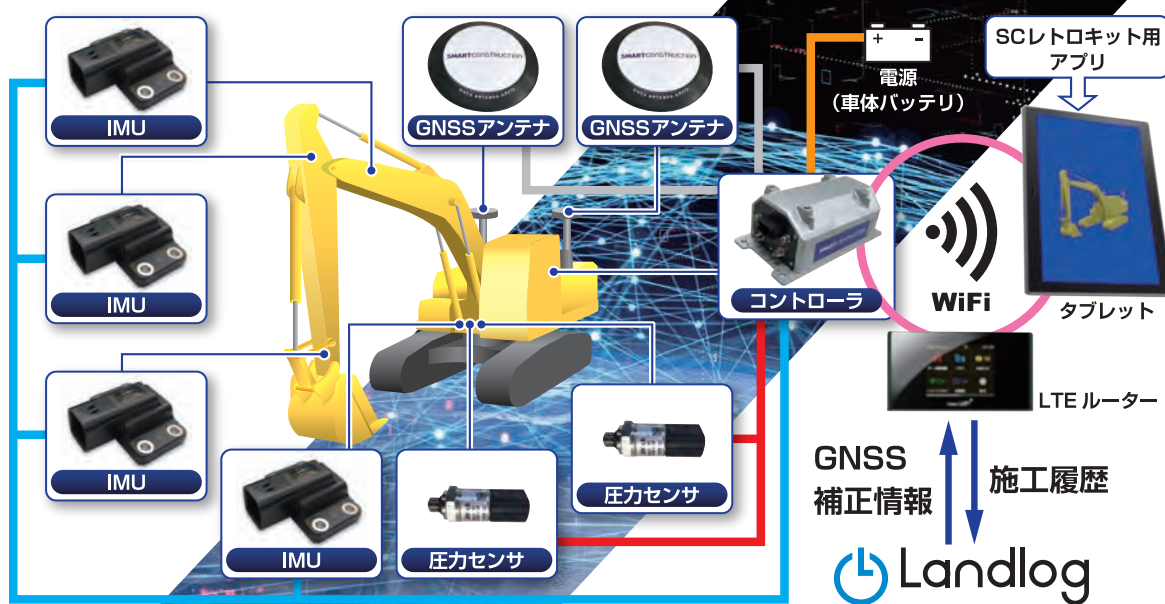
サイテックジャパン株式会社 info@sitechjp.com
東京都大田区南蒲田2-16-2テクノポート大樹生命ビル
TEL: 03-5710-2594 FAX: 03-5710-2731

KOMATSU

建設現場のデジタルトランス フォーメーション実現を加速。

SMART CONSTRUCTION Retrofit スマートコンストラクション・レトロフィット

既存の従来型建機に、3D-マシンガイダンス機能や
ペイロード機能(オプション)などのICT機能を提供する
後付けキットをご用意しました。



従来型建機のデジタル化を促進し 「安全で生産性の高い、スマートで クリーンな未来の現場」の実現を サポート

コマツカスタマーサポート(株)

〒108-0072 東京都港区白金 1-17-3 TEL:050-3486-7147

