

一般社団法人
日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

2023

建設機械施工 **7**

Vol.75 No.7 July 2023(通巻881号)

特集 建設施工のDX



建設機械向け遠隔操作システム

巻頭言

ケタ違い技術によりインフラとDXの融合をめざす

特集技術報文

- 建設DXを実現するソリューション開発手法・体制・技術
- 建設施工段階における汎用デジタルツインの構築とその実務利用
- 山岳トンネルCIM総合管理システムによる現場管理の高度化
- 協調運転制御システム「T-iCraft®」を南摩ダム本体建設工事に導入
- CAT COMMANDコンソールとステーション
- 遠隔操作システムと稼働データを用いた現場改善ソリューション 他

行政情報

- 国土交通省におけるインフラ分野のDXの推進に向けた取り組み
- ICT建設機械認定制度
- デジタルツインを構築するVR・CG技術の最新動向と自動運転・モビリティプロジェクトへの適用
- 釣って、喰う！
- 佐渡にこいちゃ

交流のひろば

ずいそう

一般社団法人 日本建設機械施工協会

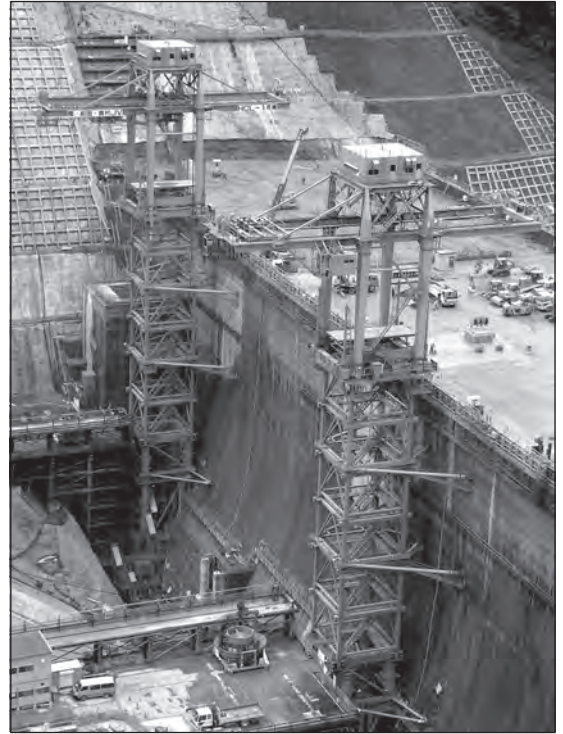
ダム工専用コンクリート運搬テルハ(クライミング機能付)

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>

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

◆ 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.jcmnet.or.jp/privacy/> をご覧ください。

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



(一社) 日本建設機械施工協会 発行図書一覧表 (令和5年7月現在)

消費税 10%

No.	発行年月	図 書 名	一般価格 (税込)	会員価格 (税込)	本部 送料
1	R5年5月	橋梁架設工事の積算 令和5年度版	12,100	10,285	990
2	R5年5月	令和5年度版 建設機械等損料表	9,680	8,228	770
3	R4年10月	道路除雪施工の手引 (第16版 2022改訂)	4,950	3,960	770
4	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	770
5	R4年5月	よくわかる建設機械と損料 2022	6,600	5,610	770
6	R4年5月	橋梁架設工事の積算 令和4年度版	11,000	9,350	990
7	R4年4月	令和4年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	770
8	R4年3月	日本建設機械要覧 2022年版	53,900	45,100	990
9	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	770
10	H30年8月	消融雪設備点検・整備ハンドブック	13,200	11,000	770
11	H29年4月	ICTを活用した建設技術 (情報化施工)	1,320	1,122	770
12	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	770
13	H25年6月	機械除草安全作業の手引き	990	880	770
14	H23年4月	建設機械施工ハンドブック (改訂4版)	6,600	5,610	770
15	H22年9月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,300	2,970	770
16	H22年9月	アスファルトフィニッシャの変遷 【CD】	3,300	2,970	770
17	H22年7月	情報化施工の実務	2,200	1,870	770
18	H21年11月	情報化施工ガイドブック 2009	2,420	2,178	770
19	H20年6月	写真でたどる建設機械 200年	3,080	2,618	770
20	H19年12月	除雪機械技術ハンドブック	3,300	2,970	770
21	H18年2月	建設機械施工安全技術指針・指針本文とその解説	3,520	2,992	770
22	H17年9月	建設機械ポケットブック (除雪機械編)	1,100	990	770
23	H16年12月	除雪・防雪ハンドブック (除雪編) 【CD-R】	5,500	4,950	770
24	H15年7月	道路管理施設等設計指針 (案) 道路管理施設等設計要領 (案) 【CD-R】	3,520	3,168	770
25	H15年7月	建設施工における地球温暖化対策の手引き	1,650	1,485	770
26	H15年6月	道路機械設備 遠隔操作監視技術マニュアル (案)	1,980	1,782	770
27	H15年6月	機械設備点検整備共通仕様書 (案)・機械設備点検整備特記仕様書作成要領 (案)	1,980	1,782	770
28	H15年6月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	550	495	770
29	H13年2月	建設工事に伴う騒音振動対策ハンドブック (第3版)	6,600	5,940	770
30	H12年3月	移動式クレーン、杭打機等の支持地盤養生マニュアル (第2版)	2,750	2,475	770
31	H11年10月	機械工事施工ハンドブック 平成11年度版	8,360	8,360	770
32	H11年5月	建設機械化の50年	4,400	3,960	770
33	H11年4月	建設機械図鑑	2,750	2,475	770
34	H10年3月	大型建設機械の分解輸送マニュアル 【CD-R】	3,960	3,564	770
35	H9年5月	建設機械用語集	2,200	1,980	770
36	H6年8月	ジオスペースの開発と建設機械	8,470	7,623	770
37	H6年4月	建設作業振動対策マニュアル	6,380	5,742	770
38	H3年4月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,450	9,405	770
39	S60年1月	建設工事に伴う濁水対策ハンドブック 【CD-R】	6,600	5,940	770
40		建設機械履歴簿	440	396	770
41	毎月25日	建設機械施工	880	792	770

定期購読料 年12冊 10,032円 (税・送料込)

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

特集

建設施工の DX

巻頭言

- 4 ケタ違い技術によりインフラと DX の融合をめざす
佐藤 寿延 国土交通省 技術審議官

行政情報

- 5 国土交通省におけるインフラ分野の
DX の推進に向けた取り組み
森下 博之 国土交通省 大臣官房 参事官 (イノベーション)

10 ICT 建設機械認定制度

中根 亨 国土交通省 大臣官房 参事官 (イノベーション) グループ 施工企画室 課長補佐

特集技術報文

- 15 建設 DX を実現するソリューション開発手法・体制・技術
井川 甲作 ㈱ EARTHBRAIN CTO 兼 CIO 執行役員 CTO 兼 Landlog カンパニー プレジデント

23 屋内外のパーソナルモビリティ自律走行の 実現に向けデジタルツインの構築と実証

小林 哲雄 ㈱竹中工務店 情報エンジニアリング本部 副本部長
鈴木真太郎 ㈱日立製作所 研究開発グループ デジタルサービスプラットフォームイノベーションセンター
データマネジメント研究部 研究員
秋田 亮平 ㈱ gluon Architect

28 建設施工段階における汎用デジタルツインの構築と その実務利用

湯淺 知英 ㈱大林組 土木本部 先端技術推進室 技術開発部 副課長
山中 哲志 ㈱大林組 土木本部 先端技術推進室 技術開発部 副課長

34 生産性向上に資するサプライチェーンマネジメントシステム 開発

天下井哲生 ㈱熊谷組 土木事業本部 DX 推進部 課長
竹下 嘉人 ㈱熊谷組 九州支店 土木部 大切畑ダム作業所
加来千恵子 ㈱熊谷組 土木事業本部 橋梁イノベーション事業部
久保田恭行 ㈱熊谷組 技術本部 技術企画部

39 山岳トンネル CIM 総合管理システムによる現場管理の高度化

原 久純 西松建設㈱ 土木事業本部 土木部 土木 DX 推進課 主任
諏訪 至 西松建設㈱ 土木事業本部 土木設計部 設計 2 課 課長
吉平 安生 西松建設㈱ 北日本支社 札幌支店 新幹線渡島出張所 所長

46 協調運転制御システム「T-iCraft[®]」を南摩ダム本体建設工事に導入

佐野 和幸 大成建設㈱ 土木本部 機械部 機械計画室 次長
佐藤 将 大成建設㈱ 東京支店 環七地下調節池作業所
中村 凌 大成建設㈱ 九州支店 土木部

52 CAT COMMAND コンソールとステーション 普段づかいの遠隔操作システム

松村 秀雄 キャタピラー・ジャパン (同) 販売促進部 テクノロジ担当

57 遠隔操作システムと稼働データを用いた現場改善 ソリューション

K-DIVE[®] ~働く人を中心とした現場のテレワークシステム~

佐々木 均 コベルコ建機㈱ 新事業推進部新事業 DX 推進グループ アシスタントマネージャー
岩田 藍 コベルコ建機㈱ 新事業推進部新事業プロジェクトグループ マネージャー

62 UAV グリーンレーザ計測の建設工事への適用性検証報告

澤城光二郎 ㈱安藤・間 技術研究所 フロンティア研究部 ICT・ロボティクスグループ

	67	AIによるシールド工事の生産性向上の取り組み 安井 克豊 清水建設㈱ 関西支店 新名神枚方トンネル建設所 管理技術者
交流のひろば	72	デジタルツインを構築するVR・CG技術の最新動向と 自動運転・モビリティプロジェクトへの適用 松田 克巳 ㈱フォーラムエイト 執行役員、システム営業マネージャ
ずいそう	78	釣って、喰う！ 上田 隆 山崎建設㈱ OB
	80	佐渡にこいちゃ 石山 剛 本間道路㈱ 代表取締役社長
JCMA 報告	82	第12回通常総会・第46回理事会報告
	86	令和5年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績
CMI 報告	96	全国道路施設点検データベース トンネルデータベースの構築 石原 廣和 (一社)日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 研究第一部 技術主幹
	102	新工法紹介 機関誌編集委員会
統計	103	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
	104	行事一覧 (2023年5月)
	108	編集後記 (岡本・室谷)

◇表紙写真説明◇

建設機械向け遠隔操作システム

写真提供：(株)EARTHBRAIN・コマツ

建設機械を遠隔で操作することができる遠隔操作システムのコックピットである。コマツのラジコン仕様車をベースに開発しており、高速・大容量・低遅延を特長とする5Gネットワークを活用して建設機械から送られた高精細映像により、前後左右や作業機を確認しながら、実際の運転席同様に臨場感のある遠隔操作を行うことができる。

<https://www.earthbrain.com/news/20230414-2105/>

2023年(令和5年)7月号PR目次	コベルコ建機㈱…………… 後付1	㈱山栄産業…………… 後付6	三笠産業㈱…………… 後付4
【ア】	コマツカスタマーサポート㈱ 表紙4	【タ】	【ヤ】
朝日音響㈱…………… 後付2	コスモ石油ブリカンツ㈱… 後付5	大和機工㈱…………… 表紙2	吉永機械㈱…………… 表紙2
【カ】	【サ】	【マ】	
㈱ケイアールエル…………… 後付6	サイテックジャパン㈱…………… 表紙3	マルマテクニカ㈱…………… 後付3	

巻頭言

ケタ違い技術によりインフラとDXの融合をめざす

佐藤 寿延



1. ゲームチェンジャーとしてのケタ違い技術

IoTが進展する中、インフラだけでなく世の中のあるとあらゆるものがネットと接続し情報をやりとりする時代が始まりつつある。コンピューター、スマホだけでなく、車、家電、自販機、各種メーターなどあらゆるものがネットにつながり、その拡大は着実に進行している。ネットワーク・クラウド技術を採用した危機管理型水位計が誕生から5年で従来の水位計を大きく上回る規模で配備され、水位の観測網が飛躍的に強化されたように、DX技術は今までは不可能と思われてきたことを可能にするゲームチェンジャーとしての役割を果たす。

危機管理型水位計は、DX技術により設置コストで2ケタ、維持管理コストで1ケタのダウンを図ったことが、飛躍的な普及に結びついており、DX技術を活かしたコスト以外の事項も含め「ケタ違い技術開発」を進めるべきと考えている。

2. ケタ違いを目指すための新たな技術開発制度

技術開発の潮流の大きな流れとして、2002年にハーバード大学のチェスブロウ教授が提唱した「オープンイノベーション」の採用がある。自社、個別研究所内で閉じていた技術開発、いわゆるクローズイノベーションに対し、世界の誰かが、求める技術を保有していることを前提に技術を導入し、技術開発のスピードの加速化を図るもので、自前主義と特許による技術の囲い込みで発展してきた我が国の製造業もオープンイノベーションの採用を図りつつある。

私の予想として、今後は、これをさらに加速化させた「プログラムマネジメント」の導入が進むものと（導入を図るべきと）考えている。

プログラムマネジメントについては、詳しくない方も多いかもかもしれないが、DARPA（アメリカ国防高等研究計画局）が導入している技術開発方式で、インターネット、GPS、ドローン、Siri（アップル）、四つ足歩行ロボット、ルンバ（アイロボット）といったように、革新的かつ現在の社会になくてはならない技術開発・支援を行っている。

現在のニーズに対応するのではなく、将来のニーズ

への対応を視野に、ハイリスク・ハイペイオフの研究に特化して技術開発を支援するもので、次のような特徴を有している。

PM（プログラママネージャー）を中心に、ハイリスク・ハイペイオフの研究・開発の支援に特化している。その研究・技術開発のための機関、施設を保有せず、技術の目利きであるPMがトップダウン型で最強チームを構成し、強い権限により短期間での成果を求める。オープンイノベーションにおいては、コアとなる企業・組織には研究所、専門家等が存在しているが、プログラママネジメントにおいては、それすらも必要としない。

PMなど技術マネジメントスタッフは、組織が柔軟性を失いアイデアや技術革新の速度が鈍らないよう任期付きが原則であり、毎年PMの1/4が交代するように、柔軟な組織運営とPMの人的なネットワークがキーとなっている。

国交省関係では、今年度中に、国土技術政策総合研究所、土木研究所においてPMの養成、PMによる研究開発の導入検討に着手する予定である。

3. GXも踏まえ、創造的な研究・技術開発を

建設機械分野では、DXに加え、GXの取組も加速化する。動力源が、電気、水素などへ移行することは、単なる置き換えでなく、パワーユニットの形状、駆動システムの変更等建設機械の仕組みそのものを変える可能性を秘めている。

さらに、DX技術により自動化・自律化が進めば、運転席も不要となり、建設機械から前後・左右といった概念もなくなり、今までの建設機械の概念とは異なる姿のものが誕生することになるはずである。GXについては、2030年、2050年とケタ違いな具体的目標が設定されている。これを実現するのを機にどのような枠組みで何を目指して技術開発を進めるのか？水防分野では、DXと直接的には関係しないが災害センサーを装備し通信によりデータを送信する自販機、ガスメーターといった全く縁のなかった業界とのコラボレーションによるケタ違い技術開発も始まっている。従来の概念・枠組みにとらわれず、創造的な研究・技術開発を目指したい。

行政情報

国土交通省におけるインフラ分野のDXの推進に向けた取り組み

森下博之

国土交通省では、インフラ分野のDX推進のため、2023年を「躍進の年」と位置づけ、インフラ分野のDXアクションプラン（第2版）に向けた、分野網羅的、組織横断的な取組への挑戦を開始した。

本稿では、インフラ分野のDXを分野網羅的、組織横断的な取組によりDXを更に加速させるための体制として設置された、大臣官房参事官（イノベーション）が中心となって進めているインフラ分野のDXの取組施策と、インフラ分野のDXの中核となる建設機械分野及び情報通信分野の最新のイノベーションの取組について紹介する。

キーワード：イノベーション、インフラ分野のDX、i-Construction、分野網羅的、組織横断的

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2割向上を目指して2016年度より「i-Construction」の取り組みを推進している。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



図-1 i-Constructionとインフラ分野のDXの関係

データの利活用促進等様々な取り組みを推進してきた。

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変革に取り組む「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 アクションプラン」の策定

インフラ分野の DX 推進のため、国土交通省一体となって取り組むべく、2022年7月に「国土交通省インフラ分野の DX 推進本部」(以下、「推進本部」という。)を設置した。

2022年3月には、インフラ分野の DX の実現に向けて、国土交通省が所管するインフラ各分野の施策について「DX 推進のための取組」や、その実現のための「具体的な工程」(2025年度まで)、「利用者目線で実現できる事項」をとりまとめた「インフラ分野の DX アクションプラン」(以下、「アクションプラン」という。)を策定した。

また、アクションプラン策定直後の2022年4月には第5期国土交通省技術基本計画を策定し、国土交通分

野における Society5.0 の具体的姿とも言える 20～30年後の将来の社会イメージを6分野で示した。さらに、各種の政府戦略においても DX への取組の重要性が示され、省内各部局における DX の動きが本格化した。

このような動きの中、インフラ分野の DX の取組をさらに深化させるため、2022年8月に推進本部を開催し、第2版への改訂に向けた検討を開始した。その後、外部有識者からの意見・助言を踏まえた検討を省内各部局で重ね、2023年3月に推進本部を開催し、アクションプラン第2版の骨子案を提示し、2023年4月に骨子として取りまとめた。

3. 第2版に向けて充実した2つの観点

2022年3月に策定したアクションプランにおいては、省内各部局が実施する DX 施策を取りまとめたものであったが、第2版に改訂するにあたり、新たな視点として省全体でのインフラ分野の DX 施策を総合的に推進するため、「分野網羅的な取組」、「組織横断的な取組」という2つの視点を掲げた。

(1) 分野網羅的な取組

DX に向けた更なる取組強化に向け、「インフラの作り方の変革」、「インフラの使い方の変革」、「データの活かし方の変革」という3つの観点で、分野網羅的に取り組むことを掲げた (図—2)。



図—2 インフラ分野の DX における 3 分野

「インフラの作り方の変革」では、建設現場（調査・測量、設計、施工）の生産性を飛躍的に向上させるとともに、安全性の向上、手続き等の効率化を実現するための挑戦である。具体的に、建設機械施工の自動化・自律化、デジタル化による工事関係協議・手続きの効率化等の実現に向けた観点から取り組みを進める。

「インフラの使い方の変革」では、インフラ利用申請のオンライン化に加え、デジタル技術を駆使して利用者目線でインフラの潜在的な機能を最大限に引き出す（Smart）とともに、安全（Safe）で、持続可能（Sustainable）なインフラ管理・運用を実現するための挑戦である。例えば、ハイブリッドダムの取組による治水機能の強化や VR を用いた検査支援・効率化、空港の地上支援業務の自動化・効率化によるサービス提供等の実現に向けた取り組みである。

「データの活かし方の変革」は、インフラに関連したデータ提供による新たな民間サービスの創出、利用者に分かりやすい情報伝達や行政利用による施策判断の高度化に繋げていくものである。この変革では、「国土交通データプラットフォーム」をハブに、分かりやすく使いやすい形式でのデータの表示・提供等、インフラまわりのデータを最大元に活用可能とすることで、仕事の進め方の変革に繋げていくとともに、民間投資・技術開発が促進される社会を実現すること等が考えられる。

（2）組織横断的な取組

DX はデジタル技術によって業務変革を達成することを目的とした取組である。分野が異なっても類似のデジタル技術を活用している場合、当該技術の横展開により、一層効率的な技術開発が可能となる。また、業務変革の知識・経験についても同様である。

これまで施策・部局毎に蓄積されてきたデジタル技術と業務変革の知識・経験を、国交省全体で組織横断的に取り組むことで、DX の取組の一層の加速化が期待されている。

2023 年 4 月に、大臣官房に新たにイノベーション担当の参事官が新設され、「インフラ分野の DX 推進本部」の事務局（以下、「推進本部（事務局）」という。）の機能を強化した。インフラ分野の DX に関する国交省内での技術・知識の共有を図り、横断的な施策展開を推進する。これに加え、国交省内のみならず、他省庁・民間・学界との連携強化・取組の推進も図っていく。

4. 令和 4 年度 インフラ DX 大賞

インフラ分野の DX の推進に向けては、国交省だけではなく、建設業界をはじめとしたインフラ産業に携わる企業や地方公共団体における新たな技術開発や変革に向けた取り組みも加速化している。

国交省では、建設現場の生産性向上に関するベストプラクティスの横展開を目的として、2017 年度より「i-Construction 大賞」を実施していたが、2022 年度からは、「インフラ DX 大賞」と改称し、インフラの利用・サービスの向上といった建設業界以外の取組へも募集対象を拡大した。

更に、インフラ分野の DX の加速化に向けて、インフラ分野におけるスタートアップの取組の後押しのため、活動の促進やインフラ業界の更なる活性化へ繋げていくことを目的として、新たに「スタートアップ奨励賞」を設置した。

初めてとなる「インフラ DX 大賞」には、計 25 団体（国土交通大臣賞 4 団体、優秀賞 19 団体、スタートアップ奨励賞 2 団体）が受賞した。

2023 年 3 月 17 日には、齊藤鉄夫国土交通大臣の出席のもとインフラ DX 大賞授与式が行われ、前述の 25 団体に対して表彰状が授与された（写真—1）。

今後、インフラ DX 受賞企業の取組がベストプラクティスとして横展開されるとともに、インフラ分野の DX に向けた、新たな技術や変革の取り組みが加速化することが期待される。

5. 宇宙を目指す建設革新会議

月や火星に向けた開発が国内外で進む中、イノベーション担当参事官のもと、国土交通省では、わが国の建設事業で培われてきた自動・遠隔施工、ICT 施工等の建設技術を将来的に月面等での建設活動で応用することを視野に入れ、5 か年の技術開発を推進し、地



写真—1 国土交通大臣と受賞者との集合写真

上の建設事業における基盤技術としての確立を目指す「宇宙建設革新プロジェクト」を進めている(図-3)。

本プロジェクトは、内閣府の「宇宙開発利用加速化戦略プログラム(スターダストプログラム)」の一つと位置づけられ、公募・選定を経て、建設企業、機械メーカー、大学等による12のプロジェクトについて研究開発を推進している。

2023年5月に開催された「宇宙を目指す建設革新会議」では、全プロジェクトがF/S(実現可能性検証)からR&D(技術研究開発)へと移行し、研究開発が本格的に始動するにあたり、全関係者が集い、意思統一を行った。今後、建設事業の更なる発展とともに国際的な宇宙開発における我が国の優位性向上をを目指し、各プロジェクト間及び他のスターダストプログラム等との連携強化のため、WGや宇宙及び建設関係の

学会等での技術交流を促進し、特に「技術間の連携(協調領域・競争領域)」や「月面開発の全体シナリオ」について検討を進めていく。

6. 電気通信技術ビジョン4

国土交通省では、2023年3月に、公共インフラ分野における電気通信技術について今後5カ年(2023年~2027年)で推進する技術開発や技術導入の方向性を示した「電気通信技術ビジョン4」(以下、「ビジョン4」という。)を策定した。

ビジョン4では、国土交通省を取り巻く現状認識と、電気通信施設の取組状況を整理した。

例えばDX関係では、DXを支える通信基盤として、2021年度より100GbpsDXネットワークの全国整備を開始し、各地方整備局のDXルームやDXデータセンター等を結ぶ高速ネットワークを概成させるなど、基盤整備を進めている。

電気通信技術に関連した社会情勢や技術動向の変化はめざましく、近年ではAI(人工知能)等のイノベーションによる革新的な技術開発や情報通信技術の発展、電気通信施設の高度化といった新たな潮流が生じている。このような潮流を的確に捉えることで、電気通信技術を取り巻く課題の解決策となることが期待される。

ビジョン4の取組方針として、国土交通省の電気通信施設が抱える課題について解決を図り、新たな価値



図-3 宇宙建設革新プロジェクト(イメージ)

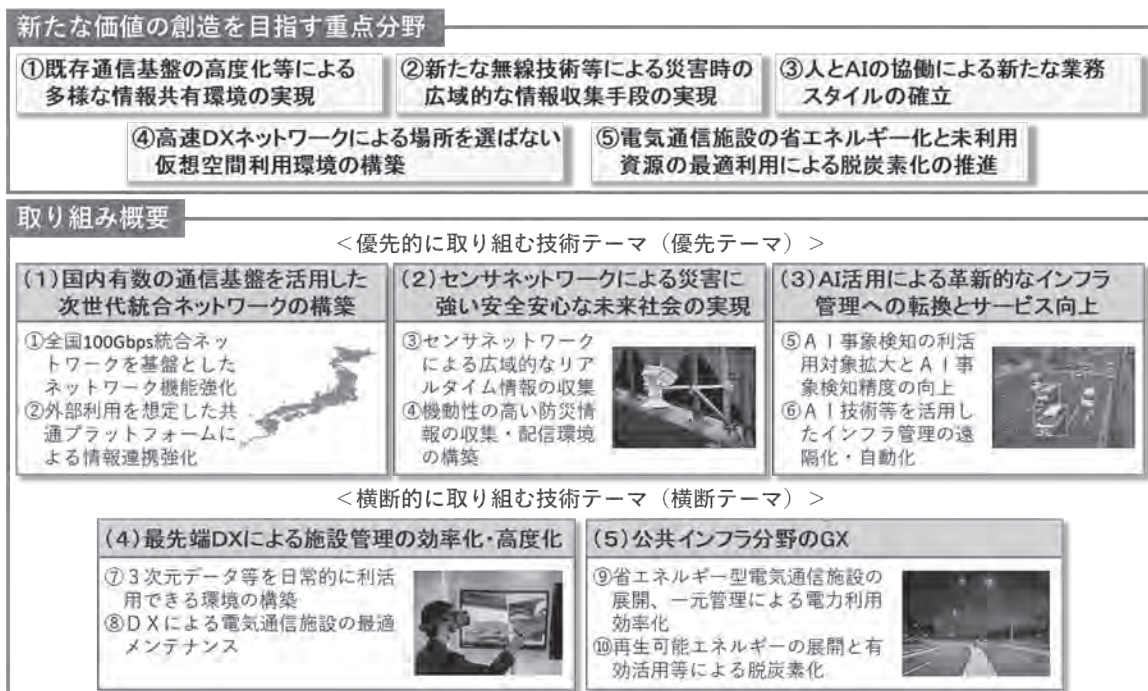


図-4 電気通信技術により新たな価値を目指す重点分野及び取組概要

の創造を目指す重点分野を定めた。このうち、電気通信技術の活用効果が高いと考えられる通信基盤、センサ、AIの3つを優先的に取り組む技術テーマ、DX、GXを横断的に取り組む技術テーマとしている。

DXに関しては最先端DXによる施設管理の効率化・高度化として、3次元データ等を日常的に利活用できる環境構築やDXによる電気通信施設の最適なメンテナンスの実現に向けた取組を推進する(図-4)。

7. おわりに

インフラ分野のDXの推進に向けては、国交省だけでなく、「国土を支えるインフラ」を直接建設・維持管理してきた管理者、建設業界に加え、通信業界やサービス業界といった業界に取組を拡げ、組織横断的に取り組むことに加え、デジタル技術とデータの活用による業務変革を目指していく必要がある。

「インフラの作り方の変革」、「インフラの使い方の変革」と、「データの活かし方の変革」の3つの分野を網羅することで、フィジカル空間とサイバー空間が融合した「高質化したインフラ・国土」によりSociety5.0の実現に寄与することに繋げる。

データとデジタル技術により、「インフラを変え、国土を変え、社会を変える」ことを目指すことで、具体的には「デジタル技術とデータで、インフラの生産

性を高めるとともに、新たな価値を創出していく」の実現を目指す。

そのために、組織的に業務変革を継続して実施することが必要であり、「変革し続ける組織」を目指していく必要がある。

今後は、インフラDXアクションプラン第2版(骨子案)に基づき、国土交通省一丸となった更なる取組の加速化を進め、2023年夏頃にアクションプランの第2版としての改訂に向け、推進本部(事務局)が中心となり取り組むこととしている。

国土交通省では2023年をインフラ分野のDXを加速させる「躍進の年」と位置付けており、省を挙げてDXを推進していく所存である。

注意) 本稿は執筆時点(2023年6月上旬)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、国土交通省ホームページなども適宜、参照されたい。

JICMA

【筆者紹介】

森下 博之(もりした ひろゆき)
国土交通省
大臣官房 参事官(イノベーション)



行政情報

ICT 建設機械認定制度

中 根 亨

国土交通省では、ICT 等を用いた効率的な施工を目指す「i-Construction」を平成 28 年度から推進している。令和 5 年 3 月に開催された「ICT 導入協議会」において ICT 施工の新たな段階「ICT 施工 stage II」の打ち出しを行った。

キーワード：生産性向上、ICT 施工、全体最適、現場改善、i-Construction

1. はじめに

日本の総人口は、2008 年の 1 億 2,808 万人をピークに減少に転じ、2022 年 4 月現在では 1 億 2,507 万人となっている。就業者数は、2001 年の 6,412 万人から 2012 年には 6,280 万人まで減少したものの、近年は 65 歳以上の就業者数及び女性の就業者数が上昇して、全体の就業者数は増加傾向にあり、2022 年 8 月には 6,751 万人となっている。一方、建設業では 1997 年の 685 万人から 2010 年に 498 万人まで減少し、近

年、就業者数の全数が伸びているにもかかわらず、建設業では横ばいの推移に留まっており、全産業平均に比べても高齢化が進み、55 歳以上の就業者の割合が 36% まで進行、次世代への技術承継や将来的な働き手不足が大きな懸念となっている（図—1）。

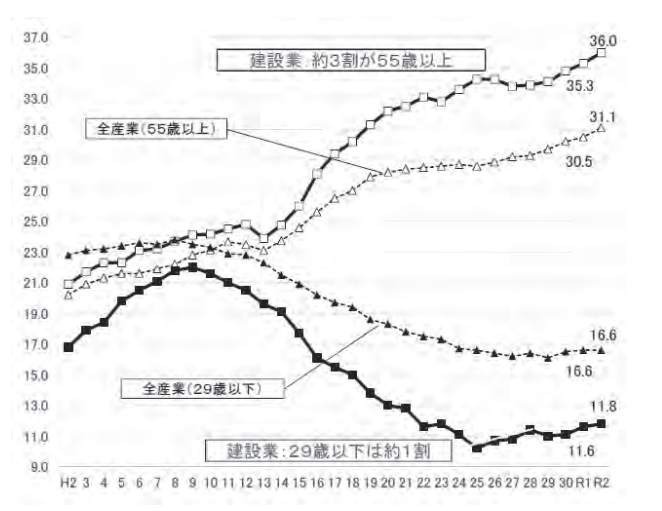
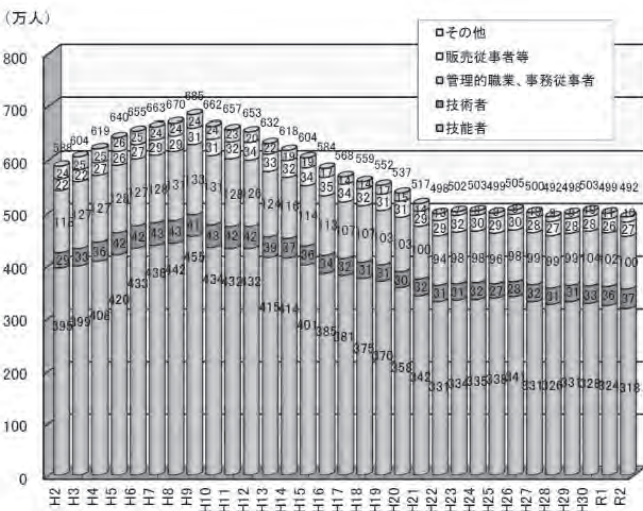
こうした、働き手の減少を迎えるなか、潜在的な成長力を高めるとともに、新たな需要を掘り起こしていくため、生産性向上を図るとともに新たな人材を呼び込むため、i-Construction の取り組みを推進している（図—2）。

技能者等の推移

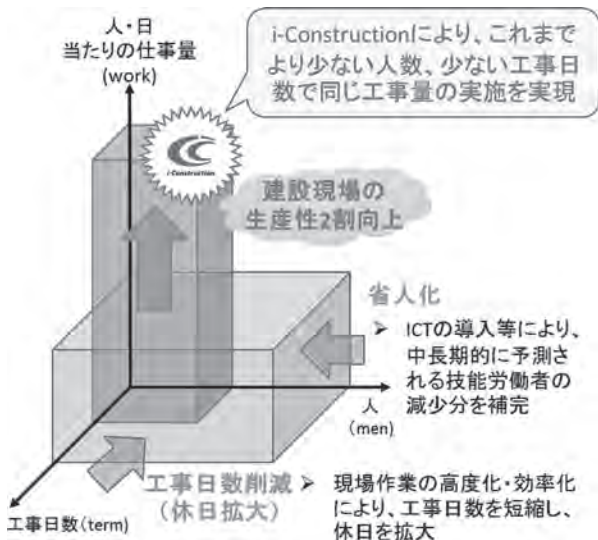
- 建設業就業者： 685万人(H9) → 498万人(H22) → 492万人(R2)
- 技術者： 41万人(H9) → 31万人(H22) → 37万人(R2)
- 技能者： 455万人(H9) → 331万人(H22) → 318万人(R2)

建設業就業者の高齢化の進行

- 建設業就業者は、55歳以上が約36%、29歳以下が約12%と高齢化が進行し、次世代への技術承継が大きな課題。
※実数ベースでは、建設業就業者数のうち令和元年と比較して55歳以上が約1万人増加(29歳以下は増減なし)。



図—1 建設業就業者の現状



図一 生産性向上のイメージ

生産性の向上を図りつつ、建設業のイメージを払拭し、多様な人材を呼び込むことで担い手を確保するために、建設業を新3K（給与が良い、休暇がとれる、希望が持てる）の魅力ある職場に改善することを目指している。

2. 概況

これまでに ICT 施工の基準類の整備等により、国土交通省の直轄工事で対象になり得る工事のうち約 8 割（表一）で ICT 施工は実施されているが、直轄工事の受注者という限られた範囲で確認するだけでも、中小建設業での未経験企業の割合は高く、活用拡大の余地がまだまだ存在している（図一3）。

また、現場での様々な工夫・アイデアを継続的に導入・普及していくために民間企業等から基準類の提案を募集して、より迅速に基準類を整備する取組みを令和元年度から行ってきた（表二）。令和5年度も5月から募集を開始した。

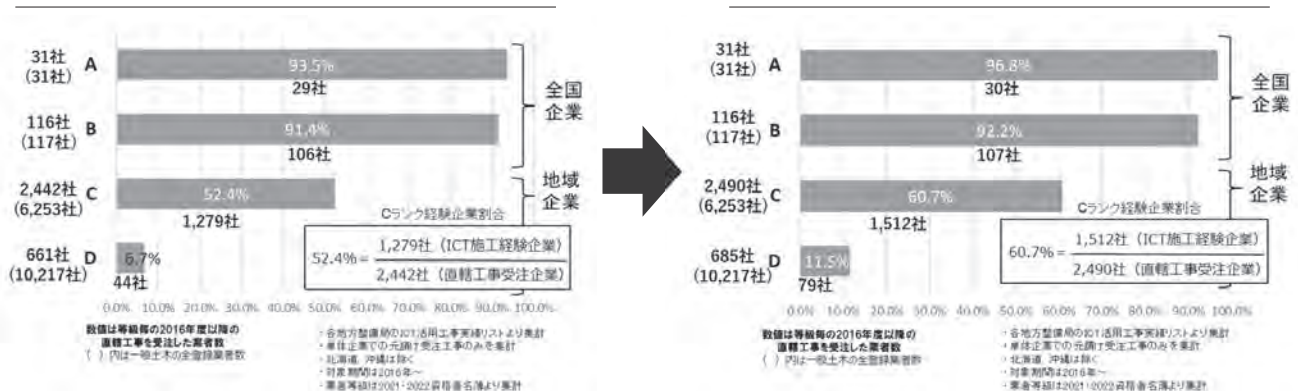
令和4年度には ICT 建設機械等認定制度を創設した（図一4）。中小建設業の方々を含めて、施工業者の方々が安心して ICT 建設機械を選定・導入できるようにするため、国土交通省が「ICTの全面的な活用に関する実施方針」及び「ICT活用工事実施要領」において「ICT建設機械」として扱っている機能を持つ建設機械及び後付け装置を「ICT建設機械等」として認定・公表（図一5）することで、

表一 国土交通省発注工事での ICT 活用工事の割合

工種	2016年度 [平成28年度]		2017年度 [平成29年度]		2018年度 [平成30年度]		2019年度 [令和元年度]		2020年度 [令和2年度]		2021年度 [令和3年度]	
	公告 件数	うちICT 実施	公告 件数	うちICT 実施	公告 件数	うちICT 実施	公告 件数	うちICT 実施	公告 件数	うちICT 実施	公告 件数	うちICT 実施
土工	1,625	584	1,952	815	1,675	960	2,246	1,799	2,420	1,994	2,313	1,933
舗装工	—	—	201	79	203	80	340	233	543	342	384	249
浚渫工(港湾)	—	—	28	24	62	57	63	57	64	63	74	72
浚渫工(河川)	—	—	—	—	8	8	39	34	28	28	42	41
地盤改良工	—	—	—	—	—	—	22	9	151	123	189	162
合計	1,625	584	2,175	912	1,947	1,104	2,397	1,890	2,942	2,396	2,685	2,264
実施率	36%		42%		57%		79%		81%		84%	

■一般土木工事の等級別ICT施工経験割合
(2016年度～2020年度の直轄工事受注実績に対する割合)

■一般土木工事の等級別ICT施工経験割合
(2016年度～2021年度の直轄工事受注実績に対する割合)

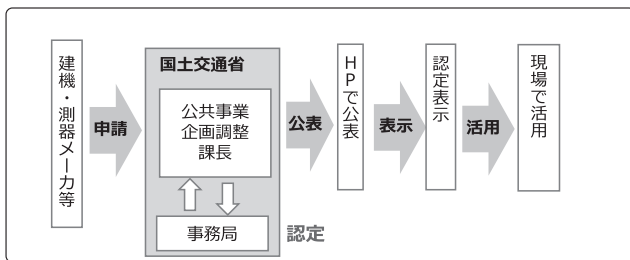


図一3 国土交通省発注工事の受注者における ICT 施工の経験企業の割合

表一 民間提案の実施状況

提案年度	提案件数	対応状況・対応方針					
		対応済			年度内基準化(A) 年度内基準化検討(A ⁻)	年度内は対応しない(B) ^{※1}	要領化見送り(C、P)
		基準類改定	基準類の改定不要	ICT活用工事実施要領等にて対応			
R1	24	13	1	4	対応済	5	1
R2	21	9	2	1	対応済	8	1
R3	20	12	0	0	対応済	3	5
R4	17	6	0	0	8→6 ^{※2}	3→5 ^{※2}	6

※1: B評価となった提案については、技術的改良やバックデータの追加収集を行った上で、次年度に再度提案することができる。
 ※2: 第15回ICT導入協議会後の現場試行を踏まえて変更



図一 4 制度のスキーム



図一 5 認定表示

ICT 施工の現場導入を円滑化させて、その普及を促し、建設現場の生産性向上に寄与するものである。

さらに、上述の民間提案も含め、要領類の改訂内容を ICT 導入協議会（令和 5 年 3 月）にて公表した（図一 6）。

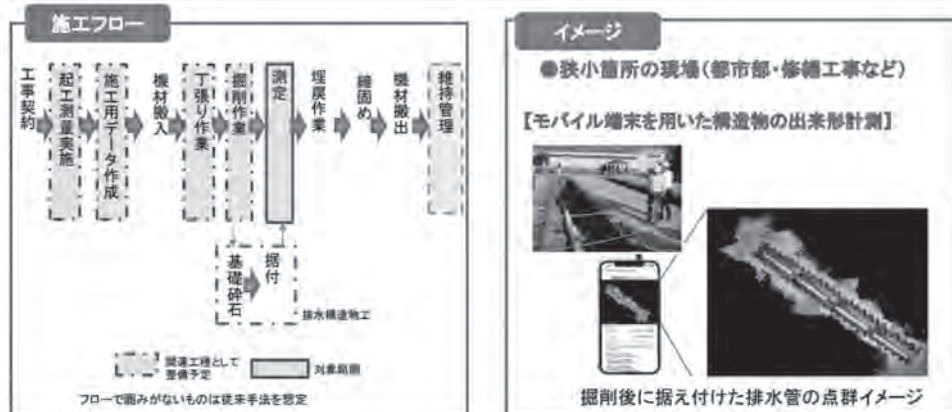
3. ICT 施工の新たなステージ

令和 5 年 3 月に開催された ICT 導入協議会において、ICT 施工の次なる段階「ICT 施工 stage II」が提示された（図一 7）。Stage II においては、土工等の工種単位で作業を効率化するだけでなく、ICT により現場の作業状況を分析し、工事全体の生産性向上を目指すものである。

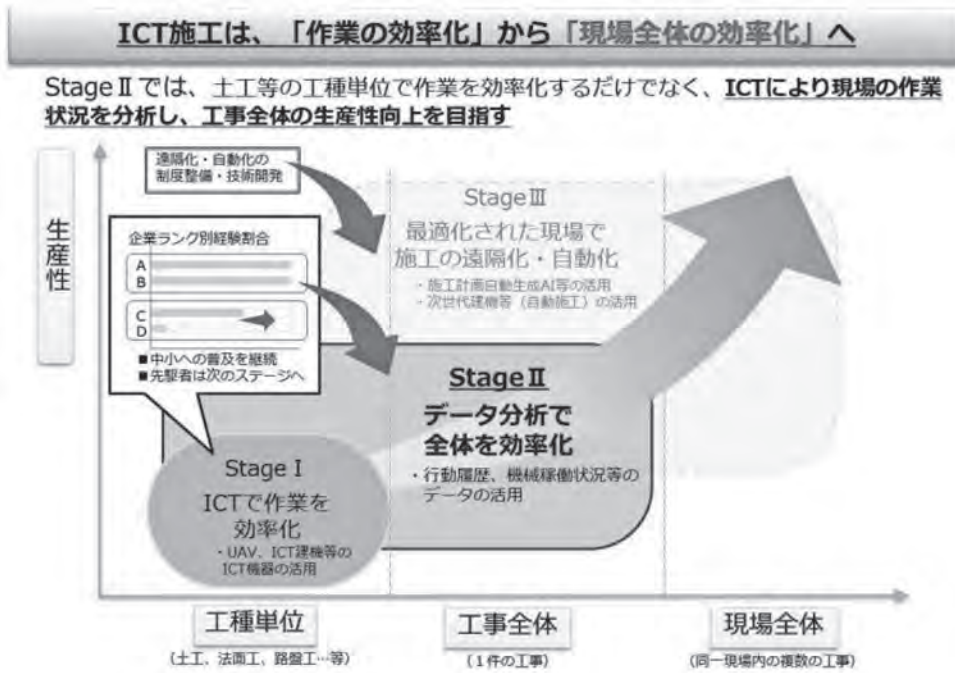
< Stage I >

- ・工種単位
- ・ICT で各作業を効率化
- ・UAV, ICT 建機等の ICT 機器を活用

- 中小企業にICT施工を普及させるため、令和4年度より小規模現場(土工)におけるICT施工の適用拡大を実施。
- モバイル端末を用いた3次元計測技術を用いた出来形管理手法の適用拡大をするため、令和4年度より運用を開始した小規模土工とあわせて実施する管渠、暗渠、管路工等について、適用拡大を実施



図一 6 主要要領の改訂内容



図一七 ICT 施工の段階

- 次の展開「ICT施工Stage II」として、Iotやデジタルツイン等を活用し、建設現場のリアルタイムな工程改善、作業と監督検査の効率化を図り、抜本的な生産性向上を実現
- 現場での試行を通じて各種データの仕様策定、既存の監督検査に係る基準改定を実施



図一八 現場の見える化

< Stage II >

- ・ 工事単位
- ・ データ分析で全体を効率化
- ・ 行動履歴、機械稼働状況等のデータを活用

ICT 施工 Stage IIとして、IoT やデジタルツイン等を活用し、建設現場のリアルタイムな工程改善、作業と監督検査の効率化を図り、抜本的な生産性向上の実現を目指し、今後現場での試行を通じて各種データの仕様策定、既存の監督検査に係る基準改定の実施を

行っていく (図一八)。

また、APIを活用した施工現場のデータ連携円滑化を目指し、令和4年度は、API連携のユースケースの一つである出来形検査を対象に、施工データの連携、活用に向けた検討を実施した。As-built データ等の施工データにより、出来形検査の実証を行い、出来形検査アプリの機能要求仕様書素案等を整理した。今後はさらなるユースケースの掘り起こしのための調査を実施し、ニーズとして抽出した土工の生産管理 (複

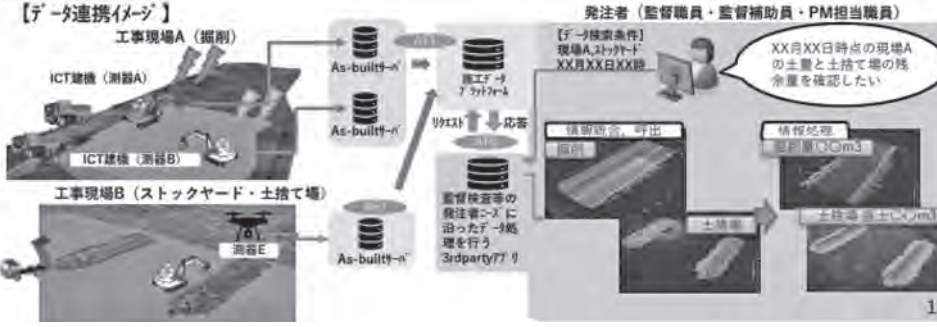
- R4年度は、API連携のユースケースの一つである出来形検査を対象に、施工データの連携、活用に向けた検討を実施した。As-builtデータ※等の施工データにより、出来形検査の実証を行い、出来形検査アプリの機能要求仕様書案等を整理した。
※As-builtデータ：施工中に得られる地形データ
- さらなるユースケースの掘り起こしのための調査を実施し、ニーズとして抽出した土工の生産管理（複数現場の土量配分やストックヤードの予実管理等）も対象に検討を進めていく。

【ユースケース案①】 施工データを用いた任意時点における出来形の検査（または段階確認）

概要 ICT建機等の施工データ（As-builtデータ）を監督職員が任意の時点で取れることを前提として、トータルステーションやGNSS0-rtによる完成実地検査を省略。また、これを用いし、不可視部分の段階確認をAs-builtデータを遠隔から監督職員が確認することに代える

【ユースケース案②】 土工の生産管理（土工の出来高の予実管理）の精緻化（出来高の高頻度な見える化）

概要 ICT建機等の施工データ（As-builtデータ※）を監督職員が任意の時点で取れることを前提として、複数工事を含む道路や河川事業で実施される土量配分計画や利用するストックヤードの予実管理を実施し、これまでの定期的な実施していた土砂運搬会議等を施工データを確認することに代える。



図一 9 APIを活用した施工現場のデータ連携円滑化

数現場の土量配分やストックヤードの予実管理等）も対象に検討を進めていく（図一 9）。

《参考文献》

- ・ ICT 導入協議会
https://www.mlit.go.jp/tec/constplan/sosei_constplan_tk_000052.html
- ・ ICT 建設機械等認定制度ホームページ
https://www.mlit.go.jp/tec/constplan/sosei_constplan_tk_000050.html
- ・ 要領関係等
https://www.mlit.go.jp/tec/constplan/sosei_constplan_tk_000051.html

4. おわりに

令和 5 年 3 月に ICT 施工 stage II を新たな段階として打ち出したものであるが、わが国の建設施工現場が新たな段階に移行できるよう、今後も様々な施策等を検討していきたい。

JCMA

[筆者紹介]
 中根 亨 (なかね とおる)
 国土交通省 大臣官房
 参事官 (イノベーション) グループ 施工企画室
 課長補佐

建設 DX を実現するソリューション開発手法・体制・技術

井川 甲作

近年、労働者不足、環境適応等の課題に対応するため建設業においても DX（デジタルトランスフォーメーション）の推進が行われている。Smart Construction は建設業の生産性・安全性・環境適合性を向上するための ICT ソリューションであり、2015 年より開発・提供が行われている。同ソリューション開発においては、「顧客視点の DX」、「アジャイル・内製化開発」、「先進技術の積極活用」が注力されており、急激に進歩するデジタル技術の取り込みに対応している。本稿では、Smart Construction の取り組みをベースに DX ソリューション開発で注意すべき、視点・開発体制・新技術への対応について述べる。

キーワード：デジタルトランスフォーメーション、ソフトウェア開発、アジャイル、内製化開発、AI、大規模モデル

1. はじめに

“Society5.0” など製造業を中心に推進されてきたデジタルトランスフォーメーション（DX）は、近年建設業でも盛んに取り組まれている。労働者不足、環境適合などの課題を抱える業界の中で DX を用いて対応することが必須となってきている。国土交通省も 2016 年より「i-Construction」を開始、2022 年には施工現場だけでなく「インフラ分野の DX」と発展させ、更なる DX 推進を進めている。

建設業の DX を推進しているのは、特に IoT、AI、といった技術の進歩によるところが大きい。例えば、IoT センシング技術を活用し、重機や作業者の位置情報を把握し、作業の効率化・安全性の向上につなげることや、AI により、構造物の劣化を画像で分析するなど、建設現場におけるコスト削減、品質向上が実現されている。

Smart Construction（以下、本 ICT ソリューションという）は、建設業の DX をサポートする ICT ソリューションであり、2015 年より提供を開始している。ハードウェア・ソフトウェア両面のソリューションを提供し、それらを用いて Digital Twin を構築し、建設業の建設生産プロセスを大幅に改善することを目指している。

進歩の速いデジタル技術を積極的に取り込み価値提供を行うために、本 ICT ソリューションでは、「顧客視点の DX」、「内製化開発」、「積極的な先進技術の活

用」を行い、製品開発を行っている。

本稿では、本 ICT ソリューションの事例をベースに DX ソリューション開発において、重視すべきポイントを述べる。

2. 建設 DX ソリューションの開発

(1) 顧客視点の DX

DX ソリューションの開発においては、DX の対象を明確にする必要がある。誰のこういったプロセスを DX するのかを明確にしなければ、単なる製品改善に陥り、通常の改善活動と変わらなくなることも多い。DX によるベネフィットを誰が享受するのかを定義し、顧客にとって効果的な機能、ソリューションを提供する必要がある。

本 ICT ソリューションではソリューション開発方針として、次の 2 点が考慮されている。一つは DX の対象を明確にすること。デジタルでなくデジタルトランスフォーメーションを目指すこと。

一つ目の DX の対象については、誰の何のプロセスを DX するのかを明確にすることである。

DX の例としてメーカーが自社のプロセスを DX するというケースがある。自社で新たな高機能、低コスト製品を開発するために社内プロセスの DX を進め、社内の製造プロセスや購買プロセスを見直し、コスト削減、性能強化を行う、これはメーカーが行う「自社の DX」となる。自社製品の更なる進歩のた

めにDXを進めるということ、メーカー視点としては重要な取り組みであるが、その製品によって、利用者である「顧客のDX」が実現されるかはわからない。

本ICTソリューションでは、お客様（建設業）の建設生産プロセスをDXの対象としている。本ICTソリューションの機能・コストを向上するためにDXするのではなく、お客様の価値がいかに最大化されるかを基準に製品開発を行っている。

本ICTソリューションは2015年よりソリューション提供を開始しているが、元はコマツが主導した顧客の生産性向上のための施策から始まっている。

コマツは2013年よりICT建機の提供を開始し、お客様の生産性向上を進めてきており、ICT建機を活用した掘削、盛り土、法面形成等の施工プロセスで大きな成果を上げている。しかしながら、ICT建機がサポートするプロセスはお客様の建設生産プロセスの

一部であり、根本的にお客様の生産性を向上させるためには、調査・測量、計画立案等、建設機械が登場しないプロセスも含めてDXする必要がある。建機というハードに加えて、建機以外の領域、ソフトウェア領域も含めてトータルソリューションを提供する必要性を認識し、始めたのが本ICTソリューションである（図-1）。

本ICTソリューションでは、特定の建機やソフトウェアにとらわれることなく、お客様の建設プロセス全体をDXすることが目的になっている。あくまで建設業のお客様のプロセス改革が目的であり、手段としての製品にはこだわらない。自社で開発できない範囲であれば、外部との協業を行い、全体最適をサポートするソリューション提供を行っている。

(2) デジタイズでなくDXを目指す

DX提唱者である、スタルターマン教授ら¹⁾は、DX

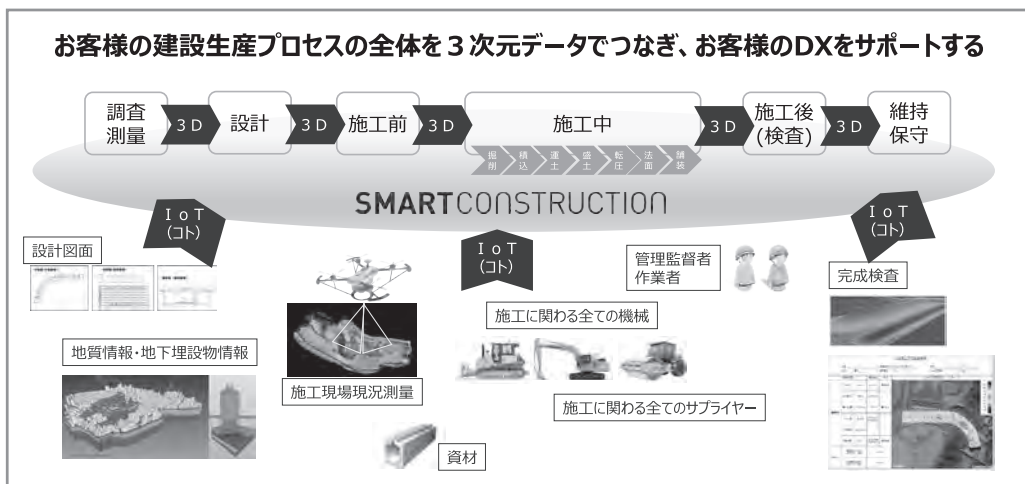


図-1 本ICTソリューションの価値提供範囲

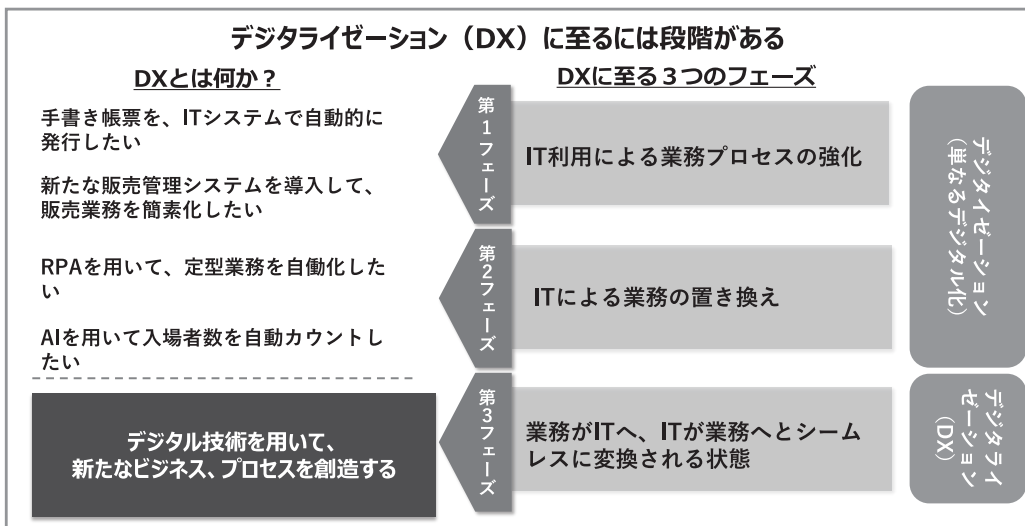


図-2 デジタルライゼーション (DX) に至る3つのフェーズ

に至る段階を次の3つのフェーズに区分している（図一2）。

第1フェーズ：IT 利用による業務プロセスの強化

これまであった業務プロセスを情報システムに置き換え、効率・品質を高めることを目指す。単なるデジタル化であり、ビジネス・業務を根本的に変えるには至らない。このフェーズはすでに多くの企業が取り組んでいる

第2フェーズ：IT による業務の置き換え

第1フェーズの業務プロセスを踏襲しつつ、IT で自動化を行う。RPA 等を活用するのがこのフェーズ。第1フェーズよりも更なる効率化、品質向上を行うが、この段階でも根本的な変革には至らない

第3フェーズ：業務がIT へ、IT が業務へとシームレスに変換される状態

IoT、AI といった技術、DigitalTwin を活用し、新たなビジネス・業務を創造し、変革を行う。このフェーズに至って初めてDX と言える

単一プロセスをデジタル化するだけでは単なるデジタル化である、DX と呼べるほどの効果は見込めない。例えば、建設向けソリューションでも、測量段階を効率化するためにドローンやLiDAR 測量などのソリューションが多数存在している。ただし、この現況の把握をデジタル化し、3次元データを取得したとしても、計画図面は2次元であるケースも多く、そうすると次は計画図面を2次元から3次元モデルを作成する作業が発生するか、もしくは、2次元図面のまま従来施工を行うことになる。

これでは、単一プロセス（現況の把握）の小さな改善にしかつながらずDX と呼べるほどの効果は見込め

ない。計画段階から3次元モデルを導入し、現況測量も、施工も一貫して3D で繋いでいく、これによりプロセスを根本的に改善し、大きな効果をもたらす、これがDX に必要だと言える（図一3）。

つまり、DX 対象となる業界・企業を開発側が理解し、根本的なビジネス・プロセス変革を見据えて、それをサポートする製品設計、開発を進める必要がある。

実際は、細かな機能開発に追われることも多いが、常に大きなゴールセットを行い、根本的な生産性向上、環境適合性の向上を目指すことが重要である。

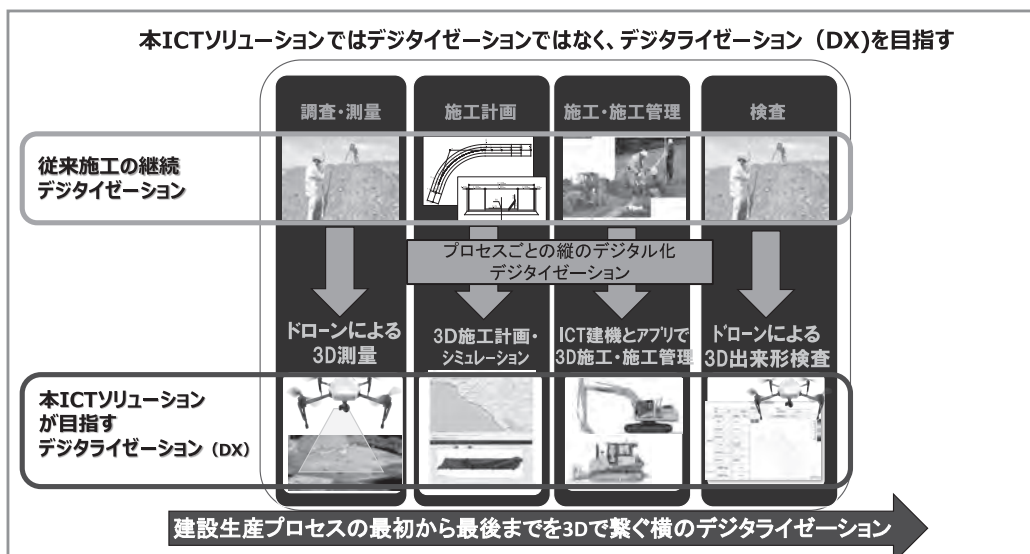
3. DX ソリューション開発を支える体制

(1) ウォーターフォールとアジャイル

DX の対象を明確に決め、ゴールセットを行ったとしても、実際にソリューションを開発するには開発を支える開発手法、技術について検討する必要がある。

DX ソリューション開発の難しさは、ビジネスを根本的に変革するために、これまでにないソリューションを創り出すことにある。つまり何が解答か明確にならない中で、ソリューションを開発する必要がある。こういった環境の変化に応じて、開発手法も変革していく必要がある。

ソフトウェア開発では、1990年から2000年代はウォーターフォールが主流であった。これは、利用者のニーズ・要求が事前に定義可能であるという前提に基づき、開発前にしっかり要件を確定させ、厳密なスケジュール・コスト管理のもとにソフトウェア開発プロジェクトを進行する開発形態であった。この手法はスケジュール・コスト・品質のコントロールが容易で



図一3 デジタルイゼーションとデジタルイゼーション

あり、また製品開発の範囲も明確になるため、SIベンダーなどの外部リソースが活用しやすいというメリットがあった。

以前は、ソフトウェア開発といえば業務系（経理、販売管理、生産管理等）ソフトウェアが主流であり、比較的要件も決めやすくウォーターフォールが適していた。また、これらの業務系ソフトウェアは5年に一回程度の更新であるため、社内にソフトウェアエンジニアを抱えこむと固定費化してしまう。そのため外部ベンダーを活用し開発人員を外部化する企業が多かった。

しかしながら、2000年代後半からWEB系のシステム開発が主流となり、それらがビジネスの中核となるにつれ、ウォーターフォール開発では対応できないケースが増加してきた。

顧客ニーズ・外部環境の変化の速さ等により、要件を事前に定義するのが難しくなりウォーターフォールでは対応困難な開発が多くなった。

そう言った中、アジャイルな開発手法（スクラム、XP等）が登場し、2000代後半より主流となった。

アジャイル開発は、ユーザーのニーズは事前に定義できないという前提のもと、ソフトウェア開発の柔軟性と効率性を向上させるためのイテレーションベースのアプローチをとっている。製品をある程度の品質でリリースし、早期にユーザーフィードバックを得てさらに製品を改善していく、このプロセスを継続的に回していく開発手法である（図-4）。

近年のソフトウェアは、ビジネスの中核的な要素であり、いかにユーザーニーズにマッチして市場で競争力を持つ製品にしていくかが重要になってきている。一方で、ユーザーが求めるソフトウェアはこれま

で見たことも聞いたこともない製品が多く、ユーザーに事前に「どんな機能が必要ですか」と聞いても明確に要件定義できないことも多い。高速なリリース、頻繁なフィードバック獲得、継続的な製品進化をいかに高速・高頻度で回していくかこれがビジネスの重要な成功要素になっている。EC小売業のAmazonは、2011年時点で11.6秒に一回、新機能を更新していると言っている。現在は更に高速になっており、WEBの世界では高速・高頻度でのリリースが当然となっている。

(2) 内製開発か外製開発か

前述したが、1990年代後半から2000年代前半までは、ITが業務効率化のツールでしかなく、IT開発も断続的に発生しなかった。そのため多くの製造業は内製のエンジニア部隊を切り離し、外部化し人材の流動化を行った。ウォーターフォールモデルでは、断続的な開発かつ明確にスケジュールコストが定義できるため外製化に経済合理性があった。

しかしながら、ソフトウェアエンジニアを外製化することは、企業内部でナレッジがたまらない、流動的・柔軟に開発が行えない等の問題を抱えることになる。2000年代後半からITがビジネスの中核技術となり、常に開発行為が発生するようになると、外製化だとかえって効率が悪いことが多くなってきている。

近年では開発範囲が明確にならないケースも多く、そういった場合、柔軟に継続的に開発を行うためアジャイル（スクラム等）の開発手法をとるが、外製化との相性は良くない。アジャイル開発で外部ベンダーを活用する際は時間稼働ベースの契約を行うことが多いが、仕事ができないケースほどコストがあがるなど

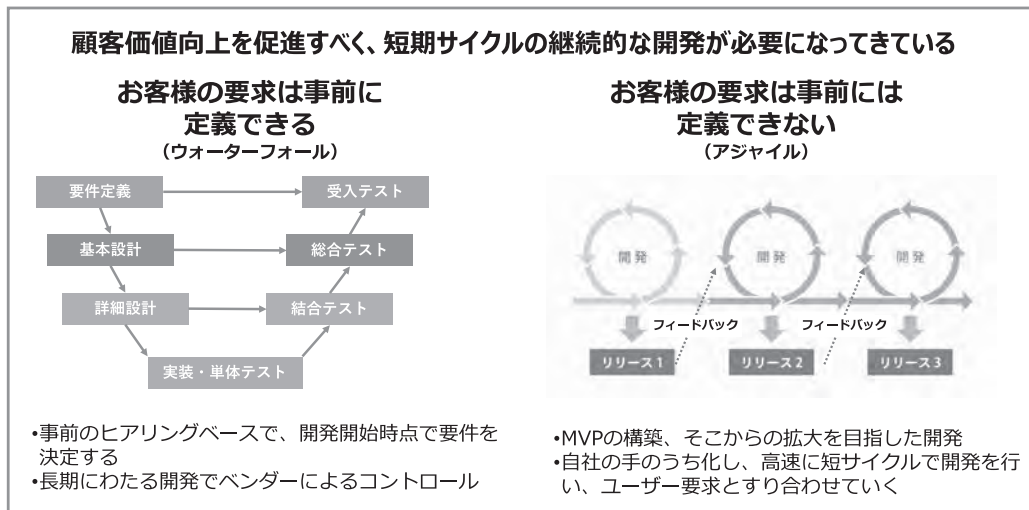


図-4 ウォーターフォールとアジャイル

の問題が発生する。また、開発スコープを決めるために事前調査、契約交渉に時間がかかるなどの問題もある。そのため、近年では内製化を進める企業も多くなってきた。特にソーシャル系、ゲーム系の新興IT企業は内製開発を武器に急成長を遂げている。

本ICTソリューションの開発でも内製化チームを組成して、開発の柔軟性・スピード向上を努めている。競争優位となるコア技術かどうか等を基準に選択的に内製化を進めている。

特に、プラットフォーム及び3D技術を中心に内製化を進めており、2023年5月現在、50名程度の内製化エンジニアで開発を行っている。3Dについては、米国CESIUM社との共同開発も行っており、積極的にナレッジを蓄積することを進めている。

一方で、内製化については課題も多い。まずエンジニアの採用は競争が激しく人材獲得は容易ではない。一時期よりもエンジニアの採用は緩和されたものの、引き続き倍率は高く、いかに採用マーケティングを効果的に行うかが重要になっている。

その他にも、社内でのエンジニアリングカルチャー組成、継続的な新技術の取り込み、エンジニアの管理・育成など、外製化ではなかった課題が数多く存在する。そのため、本ICTソリューションでは内製開発と外製開発のバランスをとって開発を進めている。

内製化は、DXソリューション開発においては避けられない課題となっている一方で、実現には障害も多く、どこまで内製化し、どこまで外部リソースを活用するかがDXソリューション開発戦略の大きなポイントとなってくるだろう。

4. 新たな技術の適用

DXソリューション開発においては、新技術の取り組みも重要になってくる。2000年代後半からWEB系の技術は大きく進歩しており、ソフトウェアフレームワークの活用、CI/CDの高度化、テスト自動化等々、新技術を積極的に投入してきた企業が、大幅に生産性を向上し、競争優位を実現している。

近年ではAIも大きな進歩を遂げてきている。特に、ここ数年で登場したGPT等の大規模モデルは、ソリューション開発を大幅に変革する可能性を秘めている。

ここでは、この大規模モデルについて紹介し、建設ソリューションでの活用可能性について述べる。

(1) 大規模モデルの登場

近年AIは目覚ましい進化を遂げているが、その中でも2020年ごろから登場した大規模モデルは、これまでのAI活用の範囲を大きく超え、ソリューション開発を大きく変革していく可能性がある。大規模モデルは、膨大な量のデータを用いて訓練され、高度な知識表現・推論・自然言語処理の能力を持つAIモデルである。数千万という圧倒的なパラメータ数を持つなど、これまでにない規模でモデルが構築・学習されており、以前ではAIでは考えられなかった高度な処理が可能となっている。

最近登場したものとしては次のようなサービスが存在する。

① GPT-4 (Generative Pre-trained Transformer 4)²⁾

OpenAIによって開発された大規模な自然言語処理モデルで、事前学習済みのTransformerアーキテクチャを採用している。さまざまなタスクに適用可能で、文章生成、質問応答、要約、機械翻訳などに優れた性能を発揮する。

② DALL-E2³⁾

OpenAIによって開発された画像生成モデルで、GPT-3と同様のTransformerアーキテクチャを採用しており、1,200万のパラメータを持つ。

③ SAM (Segment Anything Model)⁴⁾

Metaによって開発されたセグメンテーションの汎用モデルで、1,100万枚の画像と10億を超えるセグメンテーションマスクが含まれている。ファインチューニングなしでさまざまなものがセグメンテーション可能である。

大規模モデルというとChatGPTのような言語モデルが目されるが、画像系の大規模モデルも存在し、画像生成やセグメンテーションなどで目覚ましい進歩を遂げている。

一方で、こういった大規模モデルの構築ができるのは現状、世界有数の規模の会社のみとなっている。例えば、GPT-4では一回の学習コストが数千万円とも言われており、相当の資本力がなければモデルの学習もままならない。そのため、多くの企業はこういったサービスを利用する側に回らなければならないが、そこには情報の漏洩や、情報の悪用などのリスクが存在している。この点は今後、大規模モデルの活用にあたり注意が必要である。

(2) 大規模モデルの建設業への適用

大規模モデルは、実際の業務に適応し大きく生産性を上げることが期待されており、建設業での活用も検

討されている。

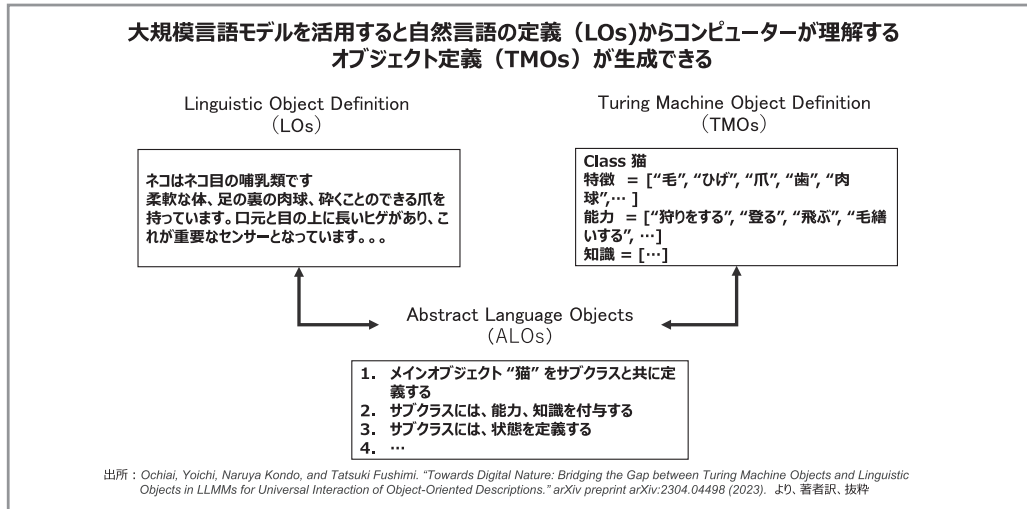
例えば、大規模言語モデルを利用して、技術文書の自動生成やプロジェクト管理に関する情報の抽出、リスク判定などが考えられる。また、大規模画像モデルを用いれば、初期コンセプトのビジュアル化や設計案の迅速な生成や、画像認識の高速化などが考えられる。実際に、建築現場ではあるが ChatGPT を用いてプロジェクト工程を評価した事例⁵⁾が存在している。現在も大規模モデルを活用した取り組みは増加している。

ここでは、二つの簡単な実証実験の結果を紹介したい。

①工事災害データからの要素抽出と推定

GPT-4 のような言語モデルを活用すると自然言語から通常のコンピューターが解釈するオブジェクトモデルを生成することができる⁶⁾。

Linguistic Object Definition (LOs) と呼ばれる自然言語に対して、Turing Machine Object Definition (TMOs) と呼ばれるコンピューターで利用されるオブジェクト指向のデータ定義を、大規模言語モデルに対



図一五 自然言語からのオブジェクト生成

表一 労働災害事例データベース

年号	年	月	発生時間	災害状況	業種 (大分類)	業種 (中分類)	業種 (小分類)	事業場	起因物 (大分類)	起因物 (中分類)	起因物 (小分類)
					分類名	分類名	分類名		分類名	分類名	分類名
平成	29	1	22 ~ 23	工場内で床に置いていたコードに、荷物を抱えていた状態のときに足が引っ掛かり、よろめいて数歩前に進んだのち、前方にあった作業台に衝突して受傷した。	製造業	化学工業	プラスチック製品製造業	-	その他の装置等	用具	その他の用具
平成	29	1	19 ~ 20	倉庫の出入口の階段を荷物（冷凍商品 15 kg ぐらい）を持って下りる際に、階段が凍っていて滑って転倒し、階段を転げ落ち（4 段位）、持っていた荷物を足に落とすまい、右足の腓骨を骨折した。	商業	その他の商業	倉庫業	100 ~ 299	環境等	環境等	その他の環境等
平成	29	1	18 ~ 19	会社構内にで車輛の洗車中、足を滑らせ転倒した際に左手をつき、翌朝に左肩の痛みが大きくなり、左肩腱板剥離と診断された。	運輸交通業	道路貨物運送業	一般貨物自動車運送業	100 ~ 299	環境等	環境等	その他の環境等
平成	29	1	16 ~ 17	既設 2 階でバックン受け入れ作業中、バックンを落とす穴から落下した。	畜産・水産業	畜産業	畜産業	10 ~ 29	仮設物、建築物、構築物等	仮設物、建築物、構築物等	開口部
平成	29	1	16 ~ 17	勤務先の食堂施設内で、ダンボールを束ねてビニールの荷造り紐で縛り結んだ時、手が滑り勢いよく壁に左手小指をぶつけ腕が切れて全治 1 ~ 2 ヶ月となった。	商業	小売業	その他の小売業	50 ~ 99	仮設物、建築物、構築物等	仮設物、建築物、構築物等	その他の仮設物、建築物、構築物等
平成	29	1	15 ~ 16	道路の 3 車線の真ん中を走行中、左車線に侵入してしまい、走行中の大型ワンボックスカーと衝突し、首と左肩を痛め、回転性のめまいで入院し、痺れもある。	金融・広告業	金融業	銀行・信託業	30 ~ 49	物上げ装置、運搬機械	乗物	乗用車、バス、バイク
平成	29	1	15 ~ 16	製品を箱詰めし台車に乗せる作業中、所定の位置に台車を設置し、自分も所定の位置につこうとして台車を跨いだところ、台車につまずき転倒し、左足を捻り被災した。	製造業	食料品製造業	農業保存食料品製造業	50 ~ 99	その他の装置等	人力機械工具等	人力運搬機
平成	29	1	14 ~ 15	会社敷地内で、被災者はミキサー車を整備中に、車体の上ろうとしたところ体のバランスを崩して転倒し被災した。	運輸交通業	道路貨物運送業	一般貨物自動車運送業	1 ~ 9	物上げ装置、運搬機械	動力運搬機	トラック

出所：厚生労働省 職場のあんぜんサイト https://anzeninfo.mhlw.go.jp/anzen_pgm/SHISYO_FND.html より抜粋

して、Abstract Language Objects (ALOs) と呼ばれる抽象言語を定義することで生成することができる。

例えば、図-5のように猫の自然言語の定義から、猫のオブジェクトを作ることができる。

次の例は、上記の技術を活用して厚生労働省の労働災害データを学習し、推定する事例である。

労働災害については死亡・休業4日以上事故について労働災害データ(表-1)が公開されている。

これをChatGPT(GPT-4)をベースにオブジェクトモデルに変更する。工事災害データと、オブジェクトに変換されたデータが図-6の上部となる。

まず、工事災害データの自然言語からオブジェクトを生成させる。それが図-6の上部となる。特筆すべきは、事故原因というサブクラスに対して適切な事故原因が記載されている点にある。厳密に言えば、GPTは工事災害データから因果関係を理解して、事故原因を抽出したわけではなく、統計的な発生確率から文書を生成したに過ぎない。とは言え、十分解釈できているようには見受けられる。

このように災害データを20事例ほど学習データとしてChatGPTに学習させる。その後、災害データから事故種別を除いたデータを渡し推定させたのが、図-6の下部となる。この結果は正解である。ChatGPTの解答からはなぜその事故種別を選択したのかが、その理由を含めてそれらしく(因果関係を理解しているのではなくあくまで統計的な確率に基づく)記載されている。

これまではこのような推定を行うためには、元の自然言語を、字句解析、構文解析等を行いベクトル化し、それをもとにAIモデルを作成、学習させる必要があっ

た。GPTのような大規模モデルは、これからの処理を大幅に短縮させ、しかも大規模な言語モデルが持つ推定機能も活用できることで、推定精度も大幅に向上させる可能性がある。

また、この方法であれば、自然言語からオブジェクト要素を取得できるので、取得した要素の解析を他のアプリで行うなども容易になる。これまで時間のかかったデータ整形や運動なども容易になる可能性がある。

②画像データのセグメンテーション

AIにおける画像セグメンテーションは以前からある技術である。自動車の自動運転で、道路、人、自転車という物体を認識しその範囲を特定するなど利用されている。以前であれば、セグメンテーションしようとする、多数の画像を学習させて精度を上げる必要があった。しかしながら、大規模モデルを活用することで、容易に高速でセグメンテーションが可能になっている。

図-7の事例は、現場に埋設した管の点群から管部分を抽出する事例である。SAMを用いてセグメンテーションを行っている。3D点群を2D画像としてキャプチャしSAMに投入したものである。一切の追加学習は行っていないが、ほぼ完璧にセグメンテーションが行えている。SAMだけではこの抽出した図形が何であるかは判定できないが、このセグメンテーション後の画像を別の大規模モデルに入力すれば、「管」であることは容易に推定できる。

SAMは現状商用活用ができないが、早晚同様のモデルは多数出現し商用活用も可能になるであろう。以前であれば、多数の学習データを取得し、AIモデル

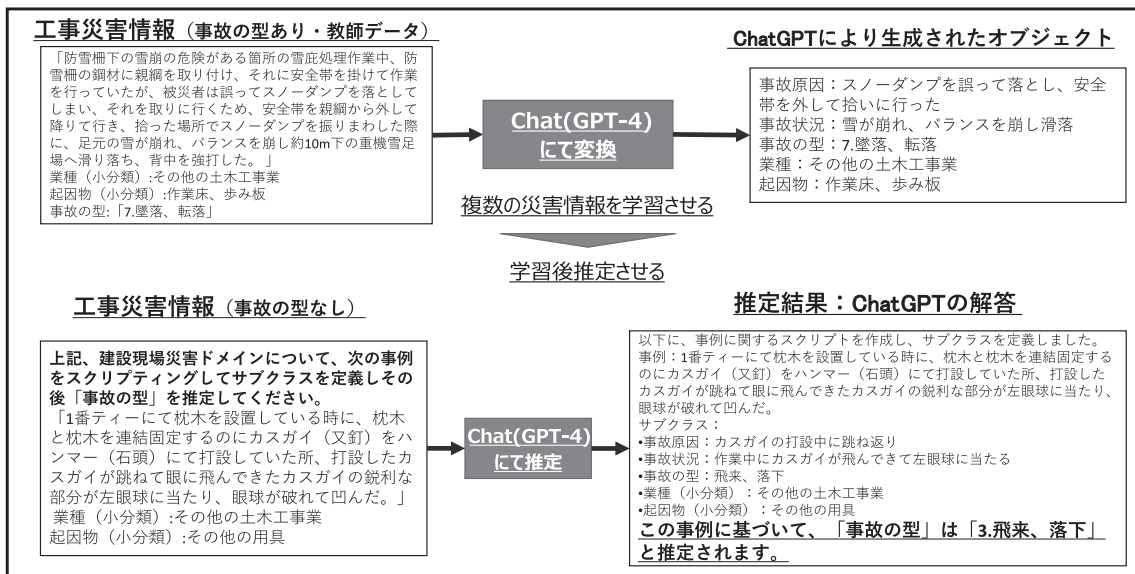


図-6 ChatGPTを用いた労働災害データの学習と推定



図一七 SAM を用いた管のセグメンテーション

を高額なコストで作りに上げていたが、いくつかの領域ではこのような汎用サービスの活用で高速で低コストな AI 活用が行えるようになるであろう。

今回の二つのケースは、まだまだ実用には遠いが、このように AI 活用が容易に取り組めるようになって来ていることは特筆すべき点である。アイデア次第では短時間で実用的なサービスが作り出せる可能性もある。

5. おわりに

本稿では、DX ソリューションを開発するに際して、ポイントとなる、「顧客視点の DX」、「内製化開発」、「先進技術の積極活用」について Smart Construction の事例をもとに述べた。

DX ソリューションを開発する際には、ゴールセットを行う必要があり、それはあくまで顧客視点で行う必要がある。小規模な改善も重要ではあるが、DX はあくまでビジネス・プロセスをデジタル技術で根本的に改善することであり、その点を留意してゴールを決める必要がある。

また、DX ソリューションについては顧客もこれまで見たことのないソリューションであるため、サービスを提供して、迅速にフィードバックを経て、高速に改善・リリースを行う必要がある。またこのフィードバックサイクルを高速・高頻度で行う必要がある。そのためには、アジャイル的な開発手法の採用が必要であり、それには開発を内製化するほうが親和性が高い。

最後に、近年の技術進歩は急激であり、これまでの

ソリューション開発が全く新たな方法に置き換わる可能性もある。特に AI 分野での大規模モデルの登場は、これまでの最適化や推定の領域のみならず、ソフトウェア開発も大きく変革する必要がある。こういった技術を常に把握しながら、適切に取り込んでいくことが、DX ソリューションの開発に重要となってきた。

JICMA

《参考文献》

- 1) Stolterman, Erik, and Anna Croon Fors. "Information technology and the good life." Information systems research : relevant theory and informed practice (2004) : 687-692.
- 2) OpenAI, "GPT-4 Technical Report" (2023). arXiv : 2303.08774, <https://openai.com/product/dall-e-2>
- 3) OpenAI, "Hierarchical Text-Conditional Image Generation with CLIP Latents" (2022), <https://cdn.openai.com/papers/dall-e-2.pdf>
- 4) MetaAI, "Segment Anything", <https://ai.facebook.com/research/publications/segment-anything/> (2023), <https://segment-anything.com/>
- 5) Prieto, Samuel A., Eyob T. Mengiste, and Borja Garcia de Soto. "Investigating the use of ChatGPT for the scheduling of construction projects." Buildings 13.4 (2023) : 857.
- 6) Ochiai, Yoichi, Naruya Kondo, and Tatsuki Fushimi. "Towards Digital Nature : Bridging the Gap between Turing Machine Objects and Linguistic Objects in LLMs for Universal Interaction of Object-Oriented Descriptions." arXiv preprint arXiv : 2304.04498 (2023).

【筆者紹介】

井川 甲作 (いがわ こうさく)
 ㈱ EARTH BRAIN
 CTO 兼 CIO 執行役員 CTO
 兼 Landlog カンパニー プレジデント



屋内外のパーソナルモビリティ自律走行の実現に向けデジタルツインの構築と実証

小林 哲雄・鈴木 真太郎・秋田 亮平

国土交通省の取組み「Project PLATEAU (プラトール)」では、現実空間をサイバー空間で再現する「3D 都市モデル」をデジタル・インフラとして位置づけ、整備・活用・オープンデータ化を進めている。今回我々のグループの実証実験では、3D 都市モデルをベースに、BIM モデルと点群データを統合したデジタルツインを構築し、パーソナルモビリティの運行などをテストした。データ統合の方法について整理・比較検討し、標準的な統合手法を開発。統合されたデータを用いてパーソナルモビリティの自律走行を行い、統合 3D データの評価を行った。

キーワード：まちづくり、3D、サイバー空間、PLATEAU (プラトール)

1. はじめに

パーソナルモビリティなど移動支援機器は、人の移動の支援など行う新しい移動体であるが、利用には移動に伴う環境負荷の低減だけでなく交通弱者への支援なども求められる。パーソナルモビリティは公道などの都市空間だけではなく、建物内、地下空間内も移動の経路として使われることもあり、特に自律走行を行うために壁位置や素材の情報や、障害物などの位置情報などの空間の様々な情報を得た上で移動経路を構成することでより安全で最適な移動が可能となる。

デジタルツインの社会実装を進める国土交通省の取組み「Project PLATEAU (プラトール)」では、現実の都市空間をサイバー空間で再現する「3D 都市モデル」をこれからの社会のデジタル・インフラとして位置づけ、全国でその整備・活用・オープンデータ化を進めている。

このデータを活用し仮想空間上で移動経路を生成することにより実空間で安全な自律走行を行うことが可能になると考える。このような移動を目的としたデジタルツインを社会実装していくためには、空間データを精度良くまた容易に入手できることが必要で、都市、建物、設備等の様々なオブジェクトを再現する点群、CG、BIM モデル等の様々な 3D データを準備統合し、相互運用性を確保することが必要である。

今回の我々グループ（竹中工務店、日立製作所、gluon）が実施した実証実験では、3D 都市モデルをベースに、BIM モデルと点群モデルを統合したデジタル

ツインを構築し、パーソナルモビリティ自律走行や AR ナビゲーションの運用をテストした。

本稿ではパーソナルモビリティ自律走行についての報告を行う。

2. 目指す世界

現実空間のヒト・ロボット・建物・都市などをつなぎサイバー空間上に表現するデジタルツインは、その空間上で現実空間のデータを分析したり、未来予測などのシミュレーションを実行し、現実空間に最適手法や行動をフィードバックすることで、利用者の快適性の向上や制御の効率性の改善が可能となる。多種多様なヒトが移動する空間には様々な障害や制約が存在するが、ロボットなどのモビリティ機器にもその状態は影響する。そのため壁位置や素材の情報や、障害物などの位置情報など予め情報として提供されていることが望ましい。またそれらは、現実空間の情報として 3D 都市モデルや建物情報としての BIM データや点群データなどの様々な 3D データから、アプリケーション利用に向けて 3D データ統合することで屋内から屋外まで現実の空間でシームレスに扱うことができるようになる。

3. 実証実験の概要

(1) 取り扱うデータと統合手法

3D 都市モデル、BIM モデル、点群データなどの複

数の異なる 3D データを統合したデジタルツインを構築するため、各データの異なる詳細度 (LOD)、位置正確度、座標系、原点等を調整し、統合するための手法開発を行った。さらに、これらの手法によって統合されたデジタルツインデータが実用的な精度を有するかを検証するため、ゲームエンジン Unreal Engine (以下 UE) をベースとしたパーソナルモビリティ (電動車いす) 運行システムを検証した。

3D データ統合にはオープンソースの 3D CG ソフトウェアの Blender を利用した。Blender で扱う fbx/obj 形式に変換するためのツールとして、FME Desktop (3D 都市モデルのデータ形式変換ツール)、CloudCompare (点群のデータ形式およびメッシュ変換ツール)、MetaShape(点群のメッシュ変換ツール)、ARCHICAD (BIM の編集・変換ツール) を用いた。これら書き出したデータを Blender にてデータ統合を行い、Unity や UE といったゲームエンジンで利用可能で、3DCG とシミュレーションの双方に適するファイル形式の USD (Universal Scene Description) で出力を行った。

3D データの統合は 4 つの手法で行い、それぞれの手法についてユースケースを通して精度検証を行った (図-1)。

(2) パーソナルモビリティ自律走行の実証概要

統合した 3D データの実用性を評価するため、日立製作所が開発を進めているパーソナルモビリティ運行管理システムをアプリケーション事例として、誤差評

価を実施した。

パーソナルモビリティ運行管理システムは、デジタルツインの 3D 空間上でモビリティの走行経路を生成し、モビリティ位置をリアルタイムで可視化しながら目的地までの自律走行を実現する (写真-1)。特徴的なのは、従来の自律モビリティと異なり、モビリティ側にカメラや LiDAR のような周囲を認識するセンサを持たない点である。これらセンサに代わり 3D データに基づいて走行経路の生成を行い、モビリティや障害物の位置は施設側に設置された LiDAR センサを用いて取得する。これによりモビリティ側のコストや計算資源を抑えつつ、自律走行を実現する。本実証では、統合した 3D モデルを用いてこのようなモビリティ運行が実現可能であるかを検証した。

パーソナルモビリティ運行管理システムの構成を図-2 に示す。3D データはゲームエンジン UE 上に取り込まれ、経路生成のためのナビゲーションメッシュ生成に使用される。ナビゲーションメッシュとは、ゲームエンジン上においてゲームキャラクタなどの移動可能な領域を表す情報である。建物等の 3D データの形状やキャラクタの通り抜けられる幅、乗り越えられる段差などの情報に基づいて、ナビゲーションメッシュはゲームエンジンによって自動的に生成される。本システムでは、このナビゲーションメッシュをモビリティが走行可能な領域とみなす。写真-2 は統合した 3D モデルに対するナビゲーションメッシュの生成結果である。壁などを避けつつ、走行可能な領域がひとつつながりのナビゲーションメッシュによって表現さ

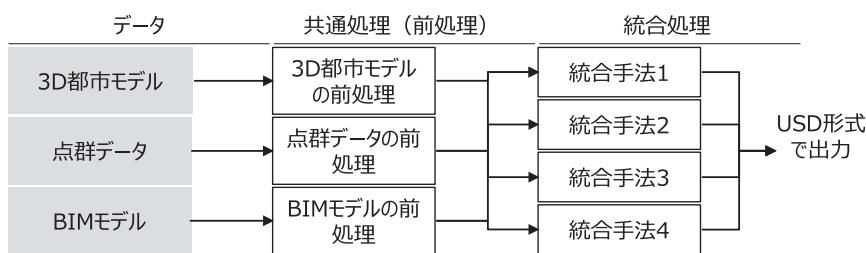
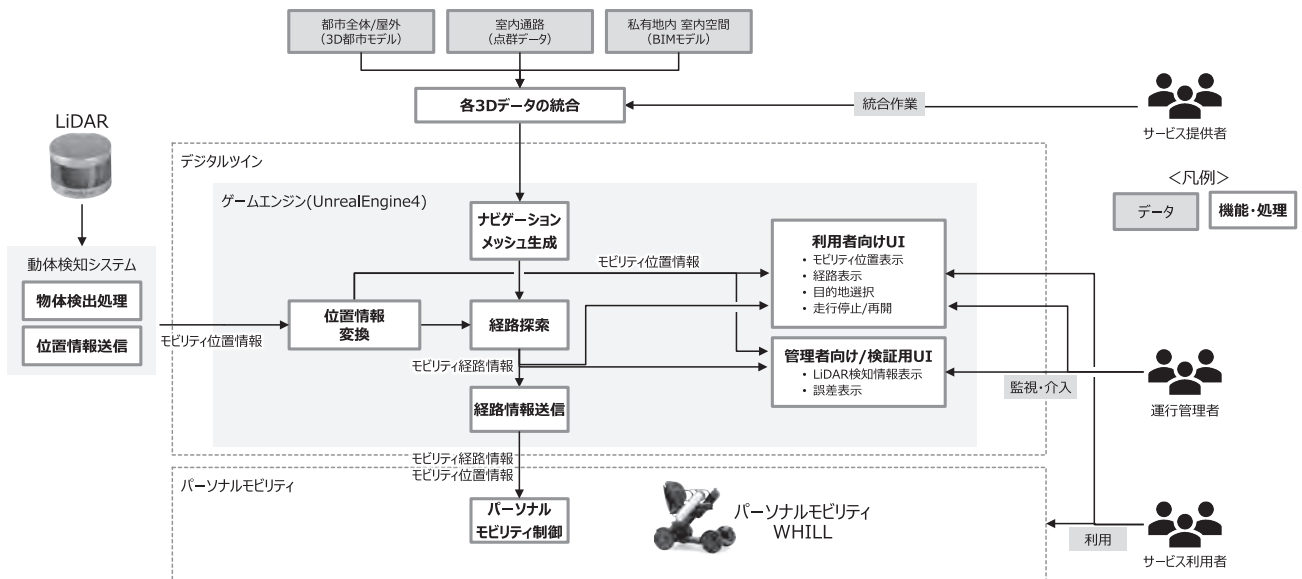


図-1 データ統合の流れ



写真-1 モビリティ自律走行の様子



図一 2 パーソナルモビリティ運用システムの構成



写真一 2 ナビゲーションメッシュ生成例 (屋内通路部分)

れている。続いてナビゲーションメッシュに基づいて経路探索を行う。経路探索もゲームエンジンの機能を利用して実現しており、ナビゲーションメッシュ上においてモビリティの現在位置から目的地までの最短経路を生成する。モビリティの位置は、施設側に固定設置されたLiDARの情報をもとに動体検知システムによって取得し、デジタルツイン上へ反映する。モビリティの現在位置と目標経路の情報はパーソナルモビリティに送信され、モビリティは受信した自己位置と目標経路に基づいて経路追従走行を行う。以上により、壁や柱などの固定障害物、人などの移動障害物の位置はそれぞれ3DデータやLiDARによる動体検知で把握することができ、これらを回避する経路が生成され、モビリティは指示された経路どおりに走行することで、モビリティ自身が周囲を認識するセンサ類を持たずとも、障害物を避けながら走行することができる。

4. 実証実験の実施と結果

(1) データ統合

目的に合わせた3Dモデルを適切なデータ統合手法で実施するためには、統合手法ごとのジオメトリ精度と統合工数を比較検証し、各手法に適するシチュエーションを検討する必要がある。本実証では位置合わせの基準となる参照点の設定の仕方を変えた3つの手法とズレが生じた場合の修正方法を加えた計4つの手法の検証を行った。

手法1

原点と参照点を一つずつ設定して位置合わせを行う統合手法。最も単純なため工数が極小化されるが、参照点から離れる程誤差が拡大する。少ないモデルの統合で、求められる統合の許容誤差が大きい場合には最も手軽な手法といえる。一方、手作業に頼る割合が大きく、作業する人によって結果が異なる。

手法2

複数の参照点で誤差が小さくなるように位置合わせを行いながら統合を行うため、作業工数が増加する一方でズレの大きさは3Dモデル全体で平均化される。

複数の参照点の誤差が小さくなるように合わせるため、モデル間の境界面に形状誤差がある場合、境界が不連続となってしまう。

手法3

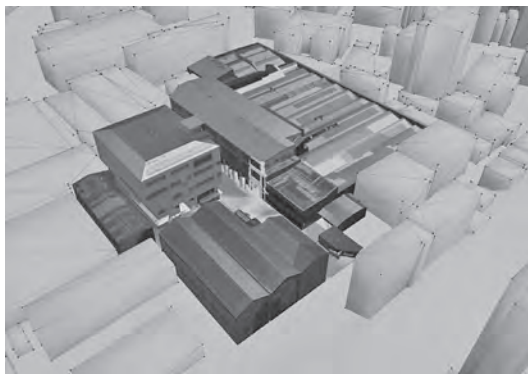
点群データをエリアごとに分割し、それぞれ原点を設定の上、それぞれの参照点を利用し統合する手法で、複数の原点と参照点を調整して誤差を極小化させられる一方で工数は増加する。モデル間での重なり

合った部分は調整代とみなして統合することで連続的なモデルを構築できるが、各モデルと重なる点群のデータが必要となる。

手法4

モデルの精度が低い場合は、手法1や手法2では場所によってうまく接続できない場合がある。そのような場合に、接続部において局所的に変形を行うことで、モデル間の不連続を補正する。モデルを変形するため、影響の少ない場所を選択する必要がある。

パーソナルモビリティ自律走行実証では手法1, 2, 3を検証したが、各データの精度が高く、各モデルの統合誤差は30mm前後の精度で統合できていることが確認できた。単一ソフトで実施できる手法1が最も工数が少なく、グループごと位置合わせを行う手法3が最も時間がかかった。統合誤差はモデルの精度に影響するため、手法1からはじめて統合精度を検証後、必要に応じてその他の手法を選択する必要がある(図一3, 4)。



図一3 統合3Dデータの外觀



図一4 統合3Dデータの構成

(2) パーソナルモビリティ自律走行

統合した3Dデータの実用性を評価するため、図一5に示す経路でパーソナルモビリティ自律走行の実証を行った。経路は、屋内の室内および通路、屋外(私有地)をまたぐエリアを往復し全長約200mである。最も狭い部分は、室内・屋内通路間の出入り口部分であり幅約2mである。3種類の手法によって統合された3Dデータそれぞれを使用し走行実証を行った結果、いずれにおいても、モビリティは統合3Dデータに基づいて生成された経路に従って壁や柱などの障害物を回避しつつ走行することができ、幅2mの最狭部も通過することができた(写真一3)。目標経路に対するモビリティ位置の誤差(3Dデータの誤差, モビリティ制御誤差, LiDARによるモビリティ位置測定誤差の合計)は、平均で約18cm, 最大で約53cmであり、3Dデータ統合手法の違いによる差はほとんどなかった。これは幅2mの最狭部に対しても余裕のある値である。以上より統合された3Dデータを用いて、周囲を認識するセンサを持たないモビリティの自律走行が実現可能である見込みが得られた。



図一5 実証実験におけるモビリティ走行経路



写真一3 モビリティの最狭部通過の様子

5. 今後の展望

本実証実験の結果を踏まえて、3D都市モデルとBIMモデル、点群データを統合した「3Dデータ統合の手法」の有用性が示された。

将来的には、3Dデータの統合手法の標準化を推し進め、ヒト・モノの移動支援情報として統合3Dデータを利用した統合型デジタルツインプラットフォームの提供を通じて、ヒト・モノの流れを効率化するだけでなく安全・安心を担保し高付加価値な都市空間づくりに寄与していく。



出典：国土交通省ホームページ <https://www.mlit.go.jp/plateau/>

【筆者紹介】

小林 哲雄（こばやし てつお）
㈱竹中工務店 情報エンジニアリング本部
副本部長



鈴木 真太郎（すずき しんたろう）
㈱日立製作所 研究開発グループ
デジタルサービスプラットフォーム
イノベーションセンタ
データマネジメント研究部
研究員



秋田 亮平（あきた りょうへい）
㈱ gluon
Architect



建設施工段階における汎用デジタルツインの構築とその実務利用

湯 浅 知 英・山 中 哲 志

建設業では、直面する担い手不足や長時間労働問題への対応として、生産性向上と働き方改革の実現が最重要課題となっており、筆者らは、その課題解決の手段として、「誰でも、どこでも、すぐに」デジタルツインを構築できる「デジタルツインアプリ」を開発し、現場試行を進めてきた。本稿ではシステム構築時の課題や特徴、本アプリを活用した業務プロセスの省力化・効率化のためのステップ、各ステップを実現する機能を紹介する。最後に建設DXの将来展望について述べる。

キーワード：デジタルツイン、生産性向上、DX、ゲームエンジン、リアルタイム

1. はじめに

日本の建設業は、就業者数の減少と高齢化の進行による担い手不足、2024年に適用される改正労働基準法に伴う時間外労働時間上限制限の施行、また長時間労働や過酷な労働環境といった問題に直面している。労働生産性に関して、国土交通省は2025年までに生産性を2割向上させるi-Construction施策を打ち出し改善傾向にあるとはいえ、マクロでは他産業に比べて数十年に渡り低い状態が続いている。従って「働き方改革」と「生産性向上」を同時に達成することが、現時点で我々に求められている最重要課題といえる。

こうした状況を打破するには、建設生産プロセスを変革するデジタルトランスフォーメーション（以下、建設DX）こそ有効な手段と考える。建設DX実現には、現状のデジタル化、言い換えれば実空間とサイバー空間を相互に連携させリアルタイムに現場状況を再現する「デジタルツイン」の構築が必要不可欠である。

筆者らは、特に施工（生産）段階に着目し、施工段階の「デジタルツイン」により主に2点の実現を通じて「働き方改革」と「生産性向上」を達成したいと考えている。1つ目は、遠隔・自動自律運転等によるロボティクスの更なる活用である。2つ目は、デジタルツインを活用した業務プロセスの省力化・効率化による生産性向上である。本稿では主に2つ目の生産性向上に着目して議論を進める。

2. デジタルツイン構築における課題

従来も、建設現場におけるデジタルツイン構築事例は散見されたが、主に大規模な構造物構築を行う現場へ試験的に導入されてきた傾向がある。例えば、現場内に高性能なPCなどを備え、専門スタッフが3次元モデルを編集、変換、読込といった事前準備を行い、オンプレミス環境で稼働するものが多い。しかし今後は、高性能なPCが無く、規模も大きくない現場でも、数時間でデジタルツインが構築でき、現場や遠隔地から操作できる次世代の利用環境が求められる。またその利活用でも、BIMソフトに代表される3DCAD類の取扱いに長けた一部職員または専門スタッフによる限定的な利活用ではなく、一般の現場職員が、最小限のトレーニングで簡便に操作できるものでなくてはならない。総じて、「誰でも、どこでも、すぐに」デジタルツインを構築でき、“デジタルツインがあつて当たり前”を実現することが必要である。その上で、一般の現場職員が定常業務の省力化や効率化のため、デジタルツインを道具として日常から使いこなせる状態をつくる必要がある。

3. 汎用的なデジタルツイン構築とその特徴

以後、筆者らが開発したデジタルツインを利用するアプリケーションを「デジタルツインアプリ（以下、DTアプリ）」と呼称する。前述の課題に対応したDTアプリの主な特徴は以下の通りである。

データ保存とその管理をAmazonWebService（以

下、AWS) のクラウド環境で構築しつつ、3次元描写自体はゲームエンジンのUnityをベースとしたPCにインストールして使用するクライアント(ネイティブ)アプリとした。これは、クラウドの良いところと、ネイティブアプリの良いところを合わせたような仕掛けであり、即座にデジタルツイン環境を利用できる汎用性を担保しつつ、一般的なブラウザベースのシステムと比較して、大規模・大容量の3次元モデルを軽快に操作することが可能となる。デジタルツイン実現には、建機やヒトに装着されたセンサー情報をリアルタイムに描写させる必要があるが、本DTアプリでは、市販のSaaSシステムとのAPI連携によりそれが実現できるため、特殊な通信設定や環境構築が必要なく、より容易に建機やヒトの状況を迅速かつ俯瞰的に把握できるようになった(図-1)。

以下、DTアプリの具体的な構成を述べる。

(1) クラウドサーバの構成

システムとしての拡張性・保守性・冗長性を確保する目的で、データ保存や管理を行うサーバには、AWSのクラウドサービスを採用した。利用者は通常のWEBブラウザからデータの登録や閲覧、削除などを簡単に実施できる(図-2)。以下に主な実装機能を列挙する。

- ・ログイン、認証認可・多要素認証機能
- ・プロジェクト管理機能(登録、変更、削除、プロジェクトメンバー管理)
- ・座標管理機能
- ・ユーザ管理機能(登録、変更、削除、権限管理)
- ・点群データ管理機能(登録、変更、削除)
- ・建機・デバイスデータ管理機能(登録、変更、削除、データインポート)
- ・ヒト・デバイス管理機能(登録、変更、削除、人・デバイスデータインポート)

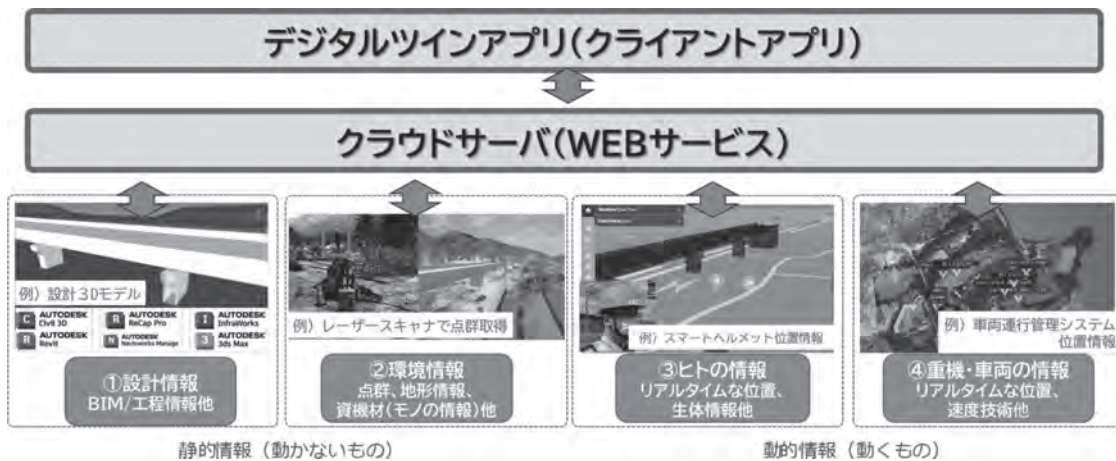


図-1 DTアプリ構築の概念図

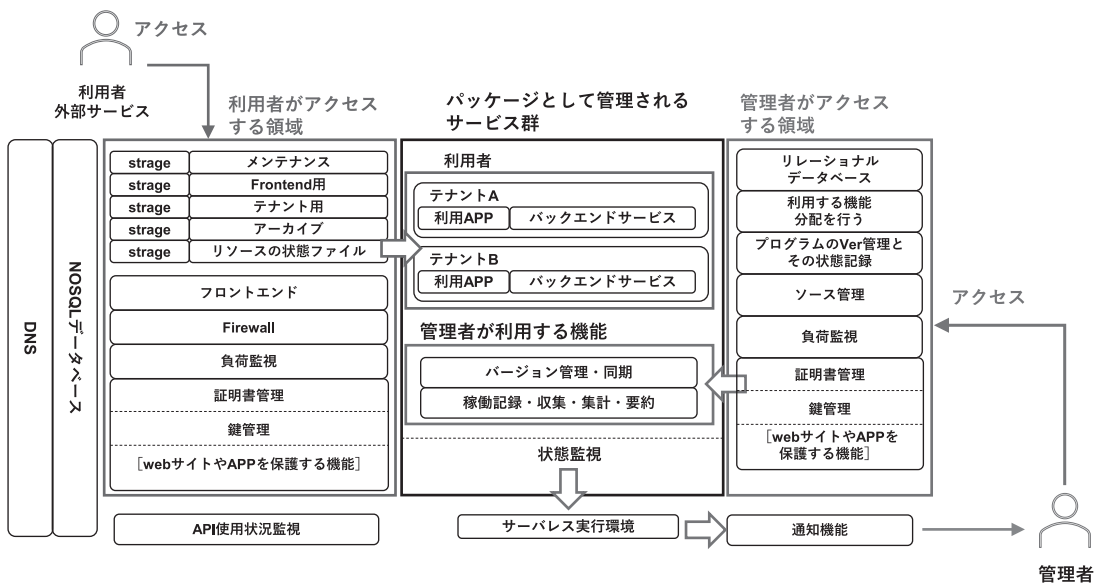


図-2 サーバの構成図

- ・3次元描写の各時点での状態を保存するためのシーン管理機能（参照，削除，建機とヒトの状態）
- ・アノテーション管理機能（参照，削除）
- ・タイムライン管理機能（工程データインポート）
- ・リアルタイム管理機能（建機，ヒト）
- ・API連携機能他
- ・データの中継機能（基盤と各種アプリケーションサーバでデータ仕様を変換する機能を有するサーバ）

(2) クライアントアプリの構築

3次元描写を担うクライアントアプリは，施工現場で構築する構造物等のモデル，点群データおよびヒトや建機・車両等のモデル，リアルタイムな移動体情報などを一つの統合された画面上で表示する。表示情報は，BIMのように高頻度には形状や位置の変更を行わない「静的な情報」と，移動体のようにリアルタイムに位置が変化する「動的な情報」に分類される。静的な情報は，主に施工計画や施工検討に活用する。動的な情報は，時々刻々と変化する現場の“今”を捉え，現場のプロジェクトマネジメントに必要な，ヒトやモノ（建機や車両等）の状況を迅速かつ俯瞰的に把握することに活用する。現場で求められる迅速な意思決定のためには，動作遅延がないことに加えて，スムーズな可視化性能が必要である。スムーズな描写には，描画の更新頻度であるフレームレートfps（fpsとは，1秒間の動画が何枚の画像で構成されているかを示す単位で，スムーズな動作かどうかの指標となる）が30fps以上を確保する必要がある。そこでクライアントアプリには，ゲーミングエンジンプラットフォームを採用することとし，世界的に広く展開するUnity社が提供している「Unity Reflect」をベースとした開発を進めた。結果，大規模・大容量のモデルでも30fps

を超える性能を発揮し，複数のメンバーからなるチームでの共有・可視化にも対応できる。

以下に主な機能を列挙する。

- ・二段階認証を備えたログイン機能
- ・プロジェクトの一覧表示，選択機能
- ・BIMモデルの取り込み，描写，カテゴリ，属性情報の表示機能
- ・点群データの配置と描写機能
- ・建機やヒト，カラーコーンなどを好きな場所に配置できる機能
- ・付箋（コメント）付与や寸法の計測，表示機能
- ・計画または，実績の日時に合わせてモデルを表示させる4Dタイムライナー機能
- ・画面で表示されている任意のシーンを保存・読み込みし，スクリーンショットが撮影できる機能
- ・複数ユーザでの同時閲覧と個別ユーザの視点を共有できる機能
- ・ボイスチャット機能

4. DTアプリを用いた業務フローと各種機能

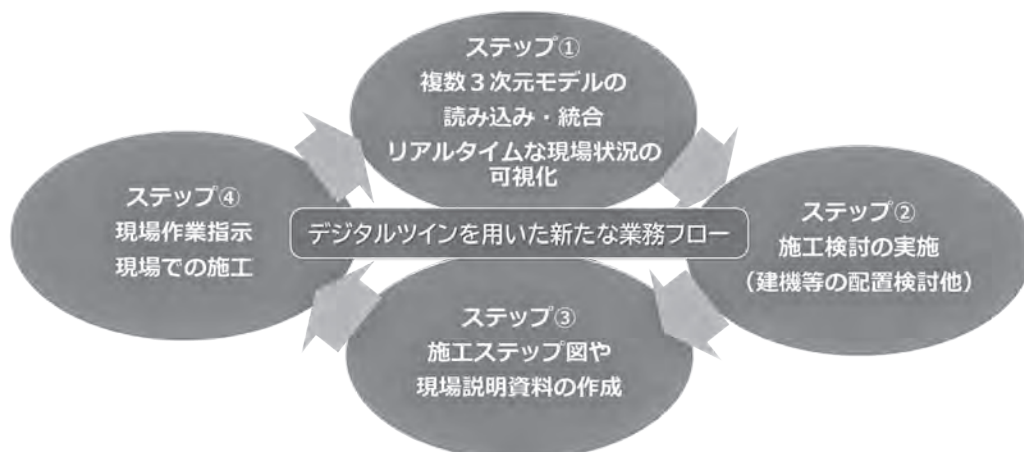
DTアプリにより，汎用的なデジタルツインの構築が現実となった今，この新しい道具を使って，いかに業務プロセスの省力化・効率化させ生産性向上ができるかの議論に集中できる。筆者らはDTアプリを用いた新たな業務フローを，以下4ステップにより説明できると考えている（図—3）。

・ステップ1

複数の3次元モデルの読み込み・統合を行う。建機や車両等のリアルタイムな現場状況の可視化も含む。

・ステップ2

デジタルツインにより再現されるサイバー空間上で事前に施工上の問題点や解決策を検討する。



図—3 デジタルツインを用いた新たな業務フロー

・ステップ 3

複数の検討状態を保存・管理し、施工計画で利用する「施工ステップ図」や「現場状況図」を作成する。これにより、現場説明資料や実現場での作業内容伝達に用いることができる。

・ステップ 4

ステップ 2、ステップ 3 に基づき、実際に現場施工を実施するステップ。なお、実施中は各種センサーにより実施状況が記録されるため、ステップ 1 に戻って、状況の更新が行われる。

以下、各ステップにおいて活用される機能について説明する。

(1) ステップ 1

(a) 3次元モデルの読み込み・統合、属性表示機能
従来 2次元図面に代わり、本アプリでは、連携する 3DCAD ソフトからインポートするだけで、DT アプリ上で、容易に 3次元モデルを操作できるようになる。この際、3次元モデルは DT アプリで操作可能なデータ形式への変換と最適化が実行されるため前述の通りスムーズな描写が可能となる。取り込んだ 3次元モデルは形状だけでなく属性情報も欠落なく引継ぐことが可能である。

(b) 座標変換機能

BIM や点群を含む複数の 3次元モデルをアプリ内の同一空間上に統合するためには、モデルを配置する座標系を統一する必要がある。本アプリでは、国土交通省「BIM/CIM モデル等電子納品要領（案）及び同解説」（令和 4 年 3 月）に準拠し「日本測地系 2011 (JGD2011)」に適合する座標系を採用した。本アプリ内で利用する座標系の仕様を表 1 に示す。

表 1 アプリ内で利用する座標系の仕様

項目	基準
測地系	日本測地系 2011
投影法	平面直角座標系
基準水準面	T.P. (東京湾平均海面) を基準として標高 0 m とする
構造物モデルの精度	mm
モデルの単位	m

3次元モデル全般を取り扱うサーバの中では、対象とする建設プロジェクト毎に、基準点高度 (m)、基準点位置 (平面直角座標系の x 及び y 座標)、平面直角座標系の原点 (第 1 系～第 19 系) を選択できる機能を実装している。また、工事原点と独自に設けたロー

カル座標しか持たないデータや、GNSS から得る位置情報のデータ様式で採用されている「WGS84 系 (WGS1984)」の情報を持つデータが混在するため、座標系を統一する座標変換機能も実装している。

(c) 建機や車両、ヒトのリアルタイムな位置情報の描写機能

従来、稼働する建機位置等を 3次元空間上でリアルタイムに把握することは困難であり、ホワイトボードにマグネットを使って情報共有したり、目視確認を行っていた。本アプリでは、センサ情報を直接取得するのではなく、位置情報等を取得・管理する別システムから、API 経由で必要なデータだけを取得し統合する。これにより、複数のシステムで管理されている場合であっても情報の統合と、同一空間上での描写が実現できる (図 4)。



図 4 リアルタイムな位置情報の描写

(2) ステップ 2

(a) 建機や車両等のライブラリーとその配置機能

都市部での工事に代表される狭い空間での施工では、施工方法や使用できる建機の高さ等に制限が生じるため、綿密な施工検討が必要である。従来は、平面図と断面図を見ながら、頭の中で複雑な 3次元空間をイメージして施工計画書等を作成していた。また、3DCAD ソフト等を使えば 3次元での検討は可能であるが、扱えるオペレータが限られているため、結果として効率的で迅速な施工検討は困難であった。

本アプリでは、予めメーカーごとに整理された複数の 3次元建機や車両モデルをライブラリーとして用意しているため、適切なモデルを選択し、任意の場所に配置するだけで、建機等の配置計画や施工検討が可能となる (図 5)。また、特殊な建機や設備等の検討が必要となった場合でも、ユーザー自身がライブラリーを追加できるため汎用性も高い。なお、クレーンのブーム角度等を自由に編集する機能も実装予定である。

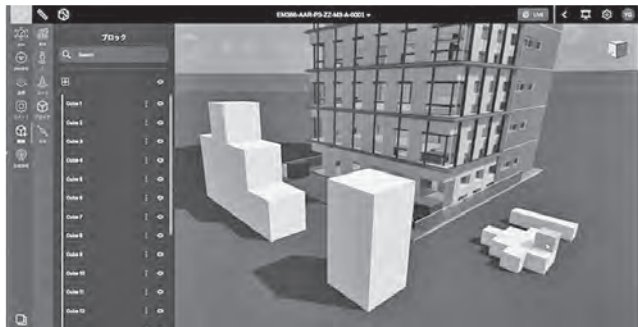
(b) ヒト、敷鉄板、任意サイズブロックの配置機能

本アプリでは、ヒトのモデルの配置機能のほか、カラーコーンを一筆書で設置できる機能、敷鉄板の敷設



図一五 建機等の配置状況

機能とその数量のカウント機能を備える。また、BIMモデルを作成する程ではない簡易な検討に備えて、任意にサイズ変更可能なブロックモデルを自由配置できる機能を備えた。例えば、ある作業に付属して必要な水槽や発電機、コンテナ、資機材の束などをブロックで代替表現し配置することで、ヤード計画等に活用が可能である（図一六）。



図一六 任意サイズのブロックモデル自由配置機能

(3) ステップ 3

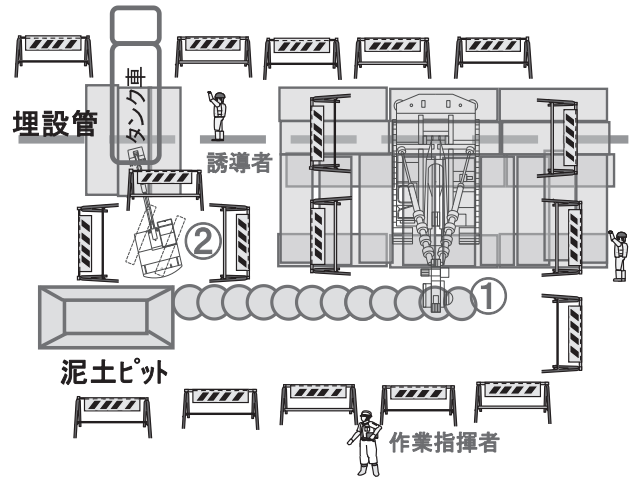
従来、図一七に示すような車両系やクレーンの作業指示書等に添付する配置図は、CADにより2次元図面を作成しコピーしたのち、作業員やカラーコーン等のイラストを追加、画像ファイルにして必要書類に貼付けるなどの煩雑な作業が発生していた。

本アプリでは、ステップ2の機能等で図一八に示すような3次元配置図を短時間で作成できる。さらに、画像化機能や検討時の配置状況等をシーンとして保存できる機能により、アプリ上での情報共有だけでなく、施工計画書等に添付する図の切り出しを容易に行うことが可能である。またシーン群をまとめて管理する機能により従来の施工ステップ図と同様、3次元でもステップ図として管理し作業員への説明に活用できる。

(4) ステップ 4

(a) アノテーションとチャット機能

本アプリは、施工段階での関係者間がコミュニケー



図一七 従来の作業計画書の配置図例



図一八 3次元アプリ上での配置検討の状況

ションを高度にする機能を有している。従来、現場巡視やパトロールでの指摘や是正は、口頭で場所を指示し、その内容をカメラ撮影するなどして、是正内容等が伝達されていた。また、その際、場所や記録を一元管理することが困難であった。

アノテーションとチャット機能では、①3次元上で任意場所を選択、②指示や是正内容を宛先付きで入力し、その際に写真や文章ファイルの添付も可能、③チャット機能のメッセージのやり取りにより状況の確認、の3ステップで場所を特定した指示や是正内容の一元管理ができる（図一九）。



図一九 アノテーション機能での通知状況

(b) 施工中のリアルタイム把握

プロジェクトマネジメントの観点では、現場のヒトとモノ（建機や車両等）の状況をいかに迅速かつ俯瞰的に把握できるかが重要となるが、DTアプリでは、場合によっては現地以上に迅速かつ俯瞰的に詳細状況の把握が可能である。こうした状況把握のうえで、是正や指示事項があれば、打ち合わせによる伝達といった通常の方法に加えて、アノテーション機能による関係者全員への迅速な指示を行ったり、安全管理上の確認が可能になる。

5. 将来展望

将来的には、今まで述べてきたようなデジタルツインの業務利用に留まらず、現場から取得した過去の累積データを分析・集計し、出面集計や労務管理、支払い業務等にも活用を拡大していきたい。また実績情報が蓄積されれば、施工管理におけるPDCAサイクルの実施サポートも可能になると考えている。現在、DTアプリは3次元モデルの描写が中心であるが、3次元に限らず、例えば入退場管理システム、作業日報管理システム等のシステム連携により、業務プロセスの省力化・効率化による生産性向上を更に進めていけるのではと考えている。そのためにも、連携できるアプリケーションの種類や数を増やすだけでなく、多岐にわたるデータ形式や変換機能、API仕様の充実を図っていきたい。

6. おわりに

本稿では、建設DX実現の手段の一つとして、筆者

らが開発したDTアプリについて、システムの構成、実務利用に向けた業務フローとそれを実現する各種機能、将来展望を紹介した。実現場への展開は、始まったばかりであるが、適用実績を積み重ねると同時に、その際のヒヤリング結果を適切にシステム開発に反映させることで、目標に掲げた業務プロセスの省力化・効率化による生産性向上を着実に達成させたい。また、デジタルツインによる新たな業務フローの実現により、建設業界全体の魅力向上にも資するものにしていきたい。

JICMA

《参考文献》

- 1) 小澤一雅, 東京大学 i-Construction システム学寄附講座:i-Construction システム学, pp5-6, 技報堂出版, 2021
- 2) 山中孝文, 湯浅知英, 小澤一雅:データ・システム連携基盤を活用した施工管理システムの開発と協調領域への展開, 第4回「i-Constructionの推進に関するシンポジウム」, pp21-24, 2022
- 3) 元村重紀, 湯浅知英, 小澤一雅:CPSを活用した施工管理のためのオープンプラットフォームの実装, 土木施工1月号 (VOL.63 No.1), pp82-85, 2022

【筆者紹介】

湯浅 知英 (ゆあさ ともひで)

(株)大林組
土木本部 先端技術推進室 技術開発部
副課長



山中 哲志 (やまなか さとし)

(株)大林組
土木本部 先端技術推進室 技術開発部
副課長



生産性向上に資するサプライチェーンマネジメントシステム開発

天下井 哲生・竹下 嘉人・加来 千恵子・久保田 恭行

コッター床版工法に関連する部材製造の流れをリアルタイムに情報の共有、確認、管理することが可能となるサプライチェーンマネジメントシステム「コッター床版品質管理システム KIS-C (Kumagaigumi Information System for Cotter Slab)」を開発した。

これまで各製造工場において独立した品質管理システムによって管理されていた情報をクラウド上で一元管理すると共に、建設DXを活用することで施工現場での管理業務の効率化、生産性向上を図る。本稿では、コッター床版品質管理システム KIS-C、施工現場でのコッター式継手の締付ボルトのトルク管理・出来形管理システムの概要について述べる。

キーワード：コッター式継手、コッター床版品質管理システム、建設DX、出来形、継手・締付値トルク管理システム

1. はじめに

我が国のインフラ施設は、高度成長期に集中して整備されたため、近年一斉に更新時期を迎えており、NEXCO 3社は2015年度より高速道路リニューアルプロジェクトを開始し、各所にて更新工事が進められている。工事実施の課題として、長期にわたる昼夜連続車線規制および昼夜連続対面通行規制が必要であり、社会的影響の軽減のため工期の短縮が求められている。そのため、急速施工、省力化、高品質化、取替性の向上を目的としプレキャスト床版を機械式継手であるコッター式継手で接合するコッター床版工法が開発された。

コッター床版工法は、従来工法で必要であったプレキャスト床版相互の接続部分の場所打ちコンクリートが不要になったことから前述したように大きなメリットを有する。一方、コッター式継手を用いることから使用する部材が増加し、それに伴い品質管理資料も増加するというデメリットがある。これまで品質管理資料は、コッター式継手、プレキャスト床版の製造が完了した段階で、まとめて報告書として紙面とPDFファイルで提出されることから、任意の部材の品質情報を確認するためには膨大な資料の中から抽出する必要があり、施工時や検査時の課題であった。また、円滑な施工を行うためには施工の進捗に合わせた製造が必要となり工場と連携したシステムが求められた。維持管

理の段階においては、施工した構造物に問題が発生した場合どの部材がどの位置に設置され、その部材の品質情報を迅速に把握できるシステムが必須になると想定された。そのためサプライチェーンマネジメントシステム「コッター床版品質管理システム KIS-C (Kumagaigumi Information System for Cotter Slab)」(以下、本システムという)を開発した。

2. 本システム概要

図-1に示すように本システムは、コッター床版工法に関連する部材製造工場(継手製造工場、PC床版製造工場)と施工現場の間で、製品の流れに合わせてリアルタイムに情報共有することで、施工全体の最適化を図るサプライチェーンマネジメントシステムである。部材製造から出荷納品までの品質管理情報をクラウド上で一元管理することで、部材製造工場をはじめとする工事関係者がリアルタイムに品質管理情報を確認、連携することを可能とした。さらに部材の製造番号と品質管理情報を紐づけることで、維持管理時に製造番号ごとの製造情報、該当する部材の使用箇所等のトレーサビリティ管理が可能であり、部材の製造品質の信頼性向上、品質の向上が期待できるシステムである。また、施工現場での情報については、独自の計測システムを開発することで本システムと自動的に連携できることから、業務の効率化、生産性の向上を図

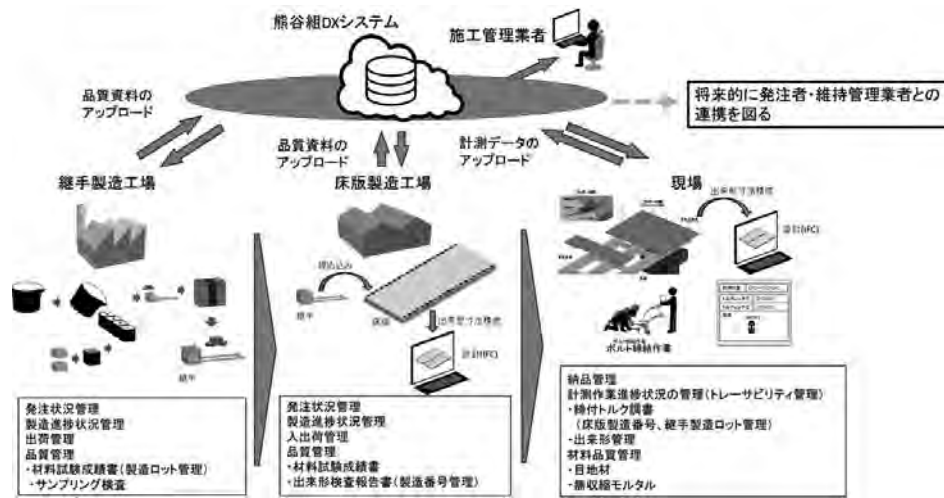


図-1 本システムの概要

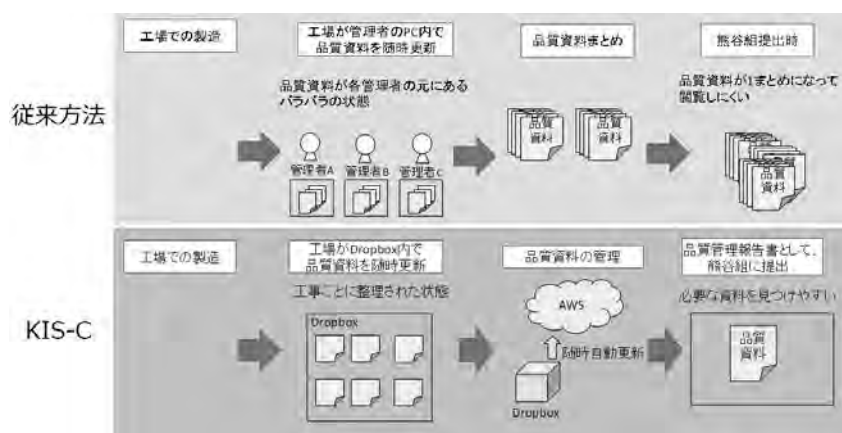


図-2 工場での品質管理

ることができる。

本システムの特徴・効果を下記に示す。

- ① サプライチェーンマネジメントによる連携強化、施工全体の最適化

工場・現場間で製品の製造・出荷納品・施工状況などの動きに併せて情報共有することで、工場現場間の連携強化や施工全体の最適化を図ることができる。
- ② トレーサビリティ管理による製造品質の信頼性向上

部材の製造番号と品質管理情報を紐づけることにより維持管理の際でも、製造番号ごとに製造時・施工時の情報をいつでもたどることができる。
- ③ クラウドを活用した品質情報の一元管理

従来は各社・担当者個人が品質資料を管理していたが、クラウドで一元管理することで、いつでもどこでも最新の品質資料を確認することができる。
- ④ CIM を活用した合意形成の迅速化

モデルで表現したコッター床版・コッター式継手に製造番号毎の品質資料や現場試験データを付与することにより、トレーサビリティの実現と、工事関係者間の迅速な情報共有、合意形成ができる。

3. 本システムの運用

(1) 製造工場との連携

図-2 に示すように従来は製造工場ごとにバラバラに管理し、紙面と PDF ファイルで提出されていた品質管理資料を、本システムではコッター床版を構成する部材の製造工場(継手製造工場, PC 床版製造工場)が所定のフォーマットに従い製造時の品質管理資料をクラウド上に保存することで、リアルタイムに品質管理資料と製造番号と関連付けされたため、製造される品質情報を迅速かつ的確に把握することができる。

(2) 施工現場における連携

(a) 締付ボルトのトルク管理 (締付トルク値の記録)
 施工現場では、コッター式継手の締付ボルトのトルク値、部材の製造番号の記録を行う。システムとしては、図-3 に示すようにトルクレンチでボルトを締め付けると計測したトルク値、計測日時がタブレット端末に送信され、タブレット端末からクラウド上に自動で記録される。そのため、従来の野帳への記録が不



図-3 締付ボルトのトルク管理

要となるとともに、事務所に戻ってのデータ整理が不要となることから業務の効率化を図ることができる。また、帳票についても自動出力機能を有していることから、現場計測、データ整理、帳票作成の作業を1日施工量（床版取替延長15m）あたり、従来工法では231分要していたが、48分で作業でき約79%作業時間を削減し省力化を図ることができる。

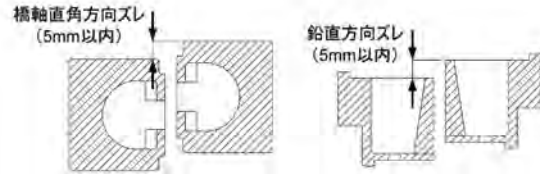
信頼性についても、図-4に示すようにタブレット端末を用いて、C型金物は印字された製造番号をリストから選択し、H型金物はQRコードから製造番号を読み取ることで継手の位置情報とコッター式継手の製造番号を記録することができる。そのため、従来は計測位置と計測結果を野帳に記録し帳票を作成していたことから、人的ミスの恐れがあったが、処理を自動化することで誤りがなくデータとして管理、共有できることから信頼性についても向上を図ることができる。

(b) コッター式継手出来形管理

コッター床版の出来形管理は、床版の位置、高さ等の一般的な管理項目以外に、継手位置およびボルト締付けトルクに目標基準値を設定している。表-1に、コッター床版特有の目標基準値を示す。これらの目標基準値は、H型金物を確実に締付けられる限界値から設定されるもので、床版同士が確実に連結されている

表-1 コッター床版の目標基準値

計測項目		目標基準値
継手位置のズレ ※下図参照	橋軸直角方向	5mm以内
	鉛直方向	5mm以内
目地幅		19±2mm
ボルト締付トルク		150(200)N・m以上



ことを確認するためのものである。目標基準値を満足することを正確かつ確実に計測するためコッター式継手の出来形管理システムを開発した。

これまでコッター式継手の出来形管理は、手計測による計測を行っていたため、手間と時間がかかっていた。そこで、3次元カメラを用いた画像処理による自動計測を行うことで、個人的誤差の排除を行うとともに計測業務の効率化、高精度化を図った。

システムとしては、3次元カメラが搭載された機器を用いて、格子パターン投影法による3次元計測を行っている。格子パターン投影法とは、プロジェクタにより測定対象の物体にパターン光を投影し、物体に照射されて変形したパターン光をプロジェクタと異なる軸からカメラで撮影することで、図-5に示すような対象の3次元形状を取得する方法である。取得された計測結果は計測機器から自動でクラウドに保存され、個々のコッター式継手に関連付けされる。

施工現場での計測方法としてはコッター式継手の上部に移動し、3次元カメラにより、前述のコッター床版目標基準値（表-1参照）に示した、橋軸に対して直角方向及び鉛直方向の継手位置のズレ、目地幅の3項目を計測する。

開発したシステムを用いることで、従来の手計測で



図-4 タブレット端末の操作画面

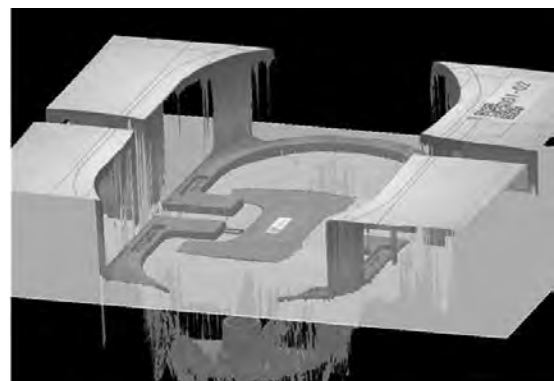
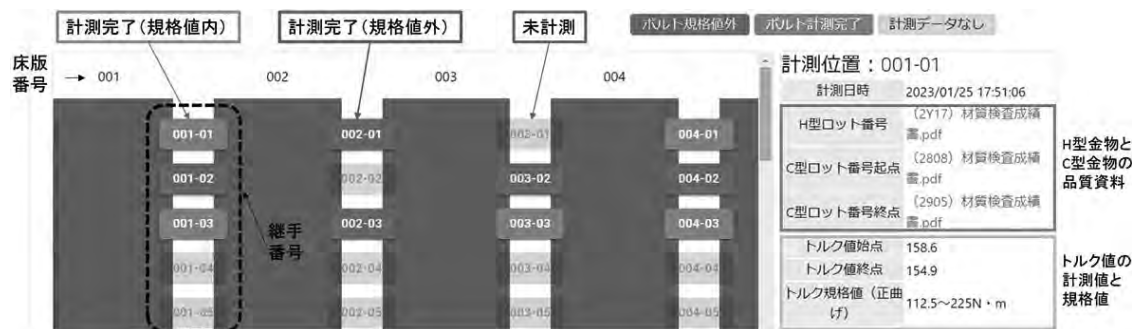


図-5 コッター式継手の3次元形状



図—6 情報管理画面

計測を実施した際は、1継手あたり1分40秒程度（写真—1）かかるのに対して、計測時間が40秒程度であることから1継手あたりの計測時間を60%短縮することができ締付ボルトのトルク管理と同様に業務の効率化、計測作業の省力化、信頼性の向上を図ることができる（写真—2）。

(3) 製造・施工情報の一元管理, 共有

製造工場, 施工現場から取得される情報を管理できる情報管理画面を図—6に示す。コッター式継手と

床版が模擬的に表示され、任意の各部材を選択すると必要な品質管理情報を閲覧、出力でき製造から施工までの情報を把握できる。コッター式継手については、計測が終わると画面上で部材の色がグレーから水色に変化するため計測漏れを防ぎ、規格値外となったコッター式継手は赤色で表示されることから視覚的にも不具合箇所を特定することができ、目地材の施工前に修正を行うことで品質の確保を行う。また、クラウドを活用したWebアプリケーションであることから、発注者を含めた工事関係者とリアルタイムでの情報共有を可能とし、円滑な合意形成、効率的な検査を実施することができる。

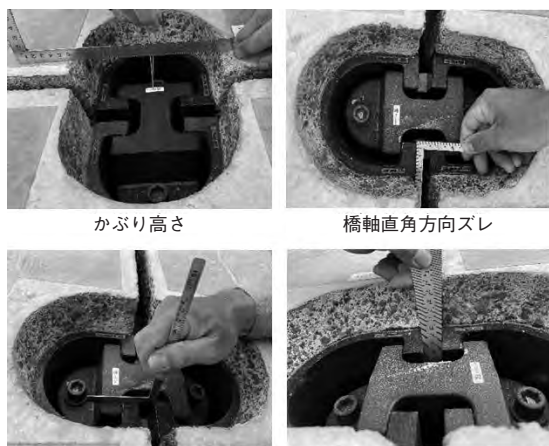
維持管理の段階においては、不具合が発生した際にコッター式継手、床版の個々の製造・施工情報を瞬時に把握することができ、不具合原因の特定や不具合のある製造番号と関連する部材の抽出をすることができ迅速な対応を可能とする。

4. おわりに

サプライチェーンマネジメントシステム、コッター式継手の締付ボルトのトルク管理・出来形管理システムを開発することで、コッター床版工法における施工管理業務の効率化、計測作業の省人化、信頼性の向上を図ることができた。また、維持管理の段階においても適用できるシステムとすることで、効率的なメンテナンス業務を実現するとともに、100年後に集中することが予測される更新工事の計画に活用することができる。

現在は、コッター床版工法に特化したシステムであるが、今後については様々な2次製品や部材にも適用範囲を広げていくことで、建設業就業者が減少していく中でも効率的な施工を実現できると考える。

JICMA



写真—1 計測状況 (手計測)



写真—2 計測状況 (出来形検査システム)

《参考文献》

- 1) 鬘谷亮太, 渡邊輝康: コッター式継手を用いた橋梁用プレキャストPC床版の開発, 建設機械施工 Vol.70 No.9, pp.47 ~ 53, 2018.9
- 2) 鬘谷亮太, 竹下嘉人: 橋梁床版の急速取替と継手検査システムの開発, 建設機械施工 Vol.73 No.4, pp.74 ~ 79, 2021.4
- 3) 北原 剛: 「提言: 現場打ちコンクリート工場の新しい夜明け」ーサブライチェーンマネジメントによる品質向上・生産性向上ー, 土木施工, 2018.1

[筆者紹介]



天下井 哲生 (あまがい てつお)
 (株)熊谷組
 土木事業本部 DX推進部
 課長



竹下 嘉人 (たけした よしと)
 (株)熊谷組
 九州支店 土木部 大切畑ダム作業所



加来 千恵子 (かく ちえこ)
 (株)熊谷組
 土木事業本部 橋梁イノベーション事業部



久保田 恭行 (くぼた やすゆき)
 (株)熊谷組
 技術本部 技術企画部



山岳トンネル CIM 総合管理システムによる 現場管理の高度化

原 久 純・諏 訪 至・吉 平 安 生

国土交通省が推進している BIM/CIM (Building/Construction Information Modeling, Management) により、各分野で 3 次元モデル活用の取組みが行われている。山岳トンネル工事では、詳細な「3 次元地質モデル」を基に BIM/CIM を構築し、断層の出現予測等に活用した事例がある。一方で、掘削中に得られた削孔データ等を基に地山性状を 3 次元評価するシステムや変位予測解析するシステムが開発されているが、BIM/CIM とは独立して運用しているに留まっている。そこで、独自開発した前方探査・変位計測及び数値解析結果を 3 次元モデルで一元管理でき、簡便な操作性により高精度な地質・変位予測結果を共有可能な「山岳トンネル CIM 総合管理システム」を開発した。本稿は、開発したシステムの概要及び適用事例について紹介する。

キーワード：山岳トンネル, BIM/CIM, 前方予測, 一元管理

1. はじめに

国土交通省が推進している i-Construction の施策により、BIM/CIM (Building/Construction Information Modeling, Management) が加速している。2023 年度からは小規模を除くすべての公共工事で「BIM/CIM 適用工事」として原則化し、未経験者も取組可能な内容として発注者が活用目的を明確にすることで、受発注者双方の業務の効率化・高度化が促進されることになる。

施工者側にとっても、施工計画の検討補助、合意形成等の「視覚的な効果」, 「不可視部の 3 次元モデル化」等で施工リスク削減等の活用目的が明確となることで、従来以上に 3 次元モデルを活用する機会が増え、より現場の生産性向上が期待される。特に山岳トンネル工事は、自然環境と向かい合いながら見えない箇所を掘り進めるという施工の性格上、リスク削減・施工管理の高度化は非常に重要な位置付けとなるため、BIM/CIM の活用が大いに期待される分野である。

現状、山岳トンネル工事における 3 次元モデル活用の具体例としては、地質構造等の事前に得られる情報から詳細な「3 次元地質モデル」を基に BIM/CIM モデルを構築し、断層出現予測へ活用した事例等が挙げられる。しかしながら、実施工の掘削中に得られたデータに関しては、切羽前方や周辺地山の地山性状の 3 次元評価、変位を予測解析するシステムへの利用は行わ

れているものの、BIM/CIM モデルとは独立した内容に留まっている。

そこで当社では、施工中に得られる前方探査・変位計測データ及び数値解析結果を 3 次元モデルと連携することで一元管理し、現場目線での簡便な操作性により、高精度な地質・変位予測を共有可能とする「山岳トンネル CIM 総合管理システム」の開発を行った。

本稿では、開発したシステムの概要及び適用事例について報告する。

2. 山岳トンネル CIM の先行事例及び課題

山岳トンネル工事での BIM/CIM の活用においては、詳細な地質情報を 3 次元モデル化し、「山岳トンネル CIM」として構築した先行事例がある¹⁾。予め入手した地質情報を基に 3 次元地質作成ソフト「Geo-Graphia」²⁾ で詳細な地質モデルを作成し、3 次元モデルから任意測点の地質断面図を作成することで、切羽面の断層出現位置や地質変化の予測、計測点増設の検討や掘削前の注意喚起に活用したという事例である。更に竣工時には切羽観察記録等の施工情報を 3 次元モデルへ取込み、「CIM 事業における成果品作成の手引き(案)」に則って発注者への電子納品を行った。

しかし、この工事では、以下の 3 点が課題として挙げられた。

①施工情報を 3 次元モデルへ更新する場合には、作業手

順が多い。

- ②施工情報の蓄積により、3次元モデルの動作が遅くなる。
- ③切羽前方や周辺地山の地山性状を3次元評価するシステム³⁾や変位を予測解析するシステム⁴⁾の解析結果が既存のBIM/CIMモデルに取り込めないため、個別のシステムで運用せざるを得ない。

3. 山岳トンネル CIM 総合管理システム

前述した課題を踏まえて、山岳トンネル工事におけるBIM/CIMモデルによる業務の効率化・施工管理の高度化を目指し、3次元地質モデルと実際の削孔検層等を基に予測・解析した結果等を統合管理する「山岳トンネル CIM 総合管理システム」を開発した。本システムは下記の概念図に示す通り、事前調査等の予測・解析結果と進捗等の施工情報で構成し、必要な情報を各施工段階において一元的に管理できるシステムとなっている（図-1）。



図-1 山岳トンネル CIM 総合管理システム概要図

(1) システム構成

本システムの具体的な構成は、既存の3次元ビューワーソフト「E-G Modeling」に、地質・計測・探査結果等の多様な施工情報の表示に必要なインポート機能、3次元モデルの表示切替や属性情報の表示が簡便なツール、動作遅延が少ないビューワー画面を追加し、これらを主要基盤として構築している（図-2）。

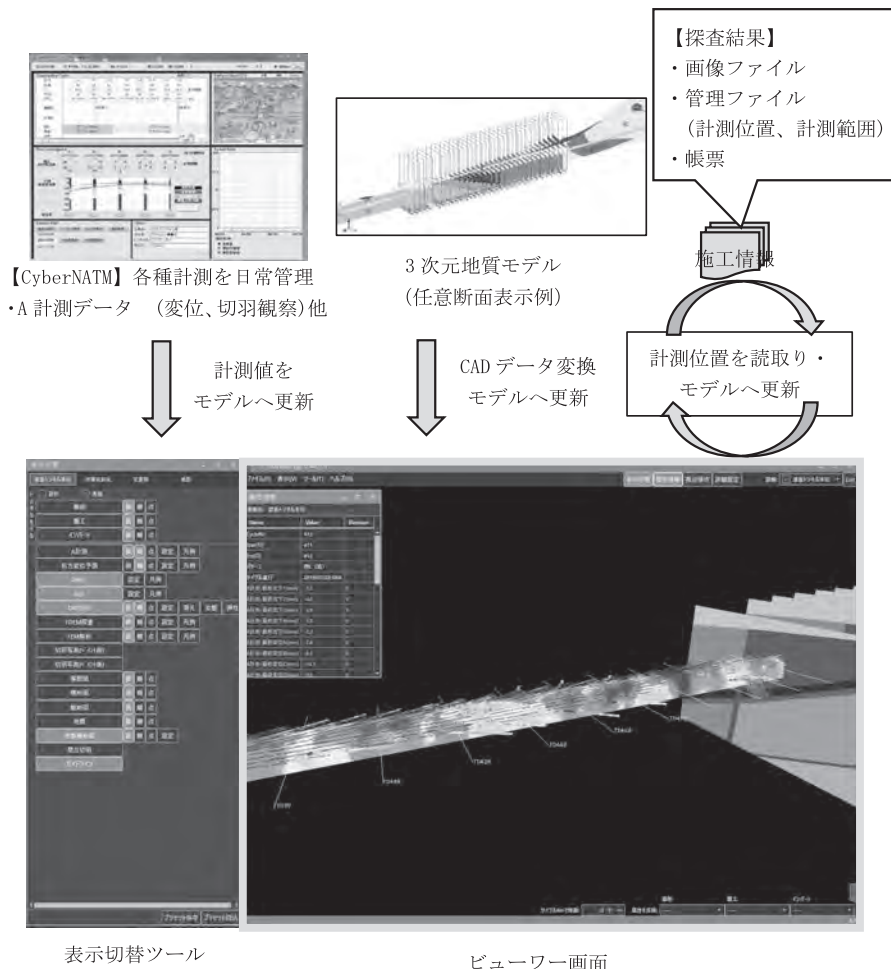


図-2 山岳トンネル CIM 総合管理システム構成

(2) 保有機能

①自動インポート機能

例えば電磁探査（以下、FDEM）結果のインポートなど、各探査結果の「画像ファイル」や計測位置及び範囲をリスト化した「管理ファイル」を指定したフォルダへ格納することで、ビューワー画面上へ探査結果を自動更新できる。これにより、3D-CAD上で画像貼付等の手作業での編集操作が不要となる（図-3）。

②表示切替ツール

表示切替ツールを実装し、削孔検層やFDEM探査等の「探査・解析結果」や「地質情報」を管理項目に追加したことで、常に更新されている多様な探査・解析結果から任意のデータをリアルタイムで閲覧することができる（図-4）。

③帳票出力機能

本システムとトンネルの各種計測・日常管理する掘

進管理システム「CyberNATM」⁵⁾とを連携し、A計測等のデータと3次元モデルを自動で紐付けする機能を実装した。例えば内空変位の経時変化を閲覧したい場合は、閲覧したい3次元モデルを選択するだけで、紐付いた任意の帳票が容易に出力できる（図-5）。

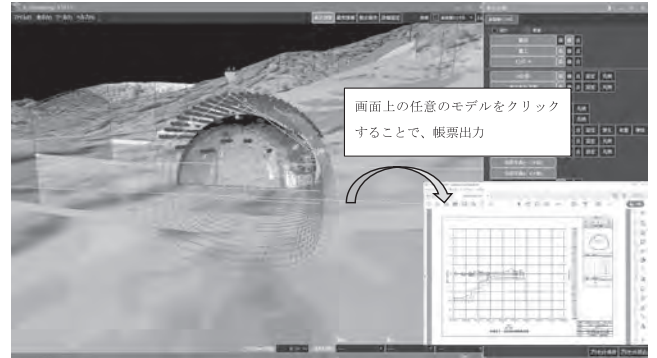


図-5 内空変位の帳票出力例

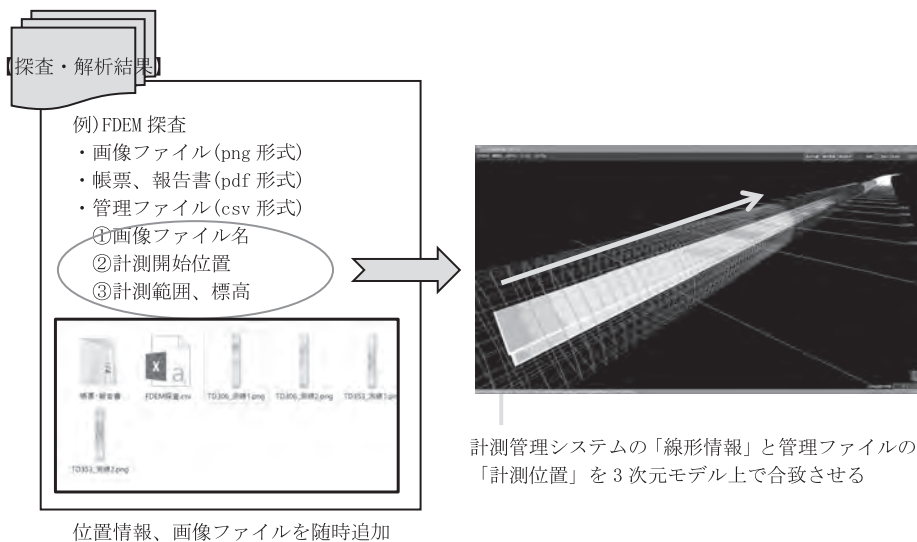


図-3 FDEM 探査結果のインポート

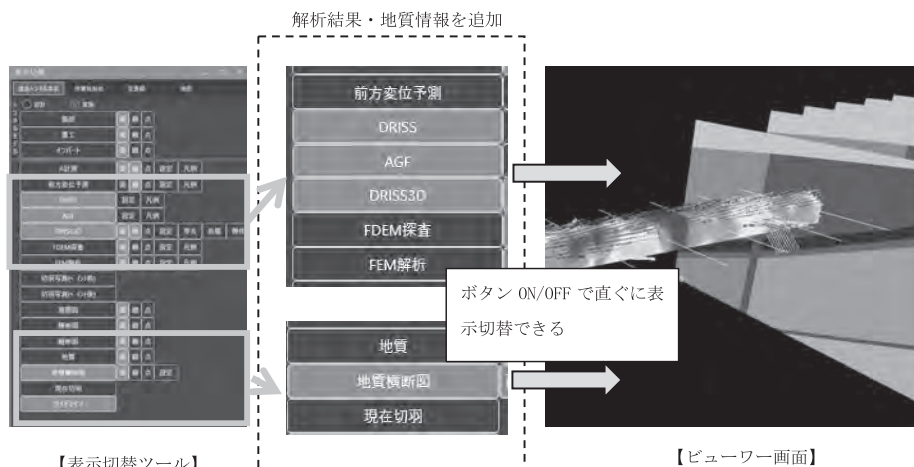


図-4 表示切替ツールによるビューワー反映例

4. 実工事へのシステム導入

本システムを実工事へ試験導入した。当該現場では、掘削開始側の小土被り区間において固結度の低い層が分布し、また全線においては複数の断層が出現する区間が存在していた。更に、以奥には断層による破碎等の影響により、脆弱な地層の出現が懸念された。

(1) 3次元地質モデル化

システム導入にあたっては、まず3次元地質ソフト「Geo-Graphia」を使用し、国土地理院の数値地図データ、地質縦断図・平面図や事前調査報告書等を用いて地質技術者の高度な知見を基盤とした詳細な3次元地質モデルを作成した。作成した3次元モデルの地形範囲が広範だったので、ビューワー画面での動作遅延を少なくするよう、トンネル内部を貫通させた地質モデルと、任意間隔で作成した地質の横断図とで再構成した。また、再構成後のモデルはDXF形式で出力することで、本

システム以外の汎用ビューワーソフトでの閲覧も対応可能とした(図-6)。

(2) BIM/CIMの活用

トンネル工事における施工管理の各段階で、BIM/CIMを活用した。施工計画から竣工までの各フェーズで想定される活用内容と期待される効果を下記に記す。

①施工計画時

事前調査による地質情報(地質断面図、ボーリング情報等)から作成した3次元モデルにより、断層の出現位置や地質の変化点、出水懸念位置等を施工前に詳細に把握することで、リスク対策等の様々な準備や事前協議を講じることができる。

②施工段階

各種前方探査・予測解析データを一元管理することで、地質分布や掘削変位の3次元的な予測・把握をより高精度に行うことができる。また、既掘削区間のデータをこれから掘削する区間の予測にリアルタイムで

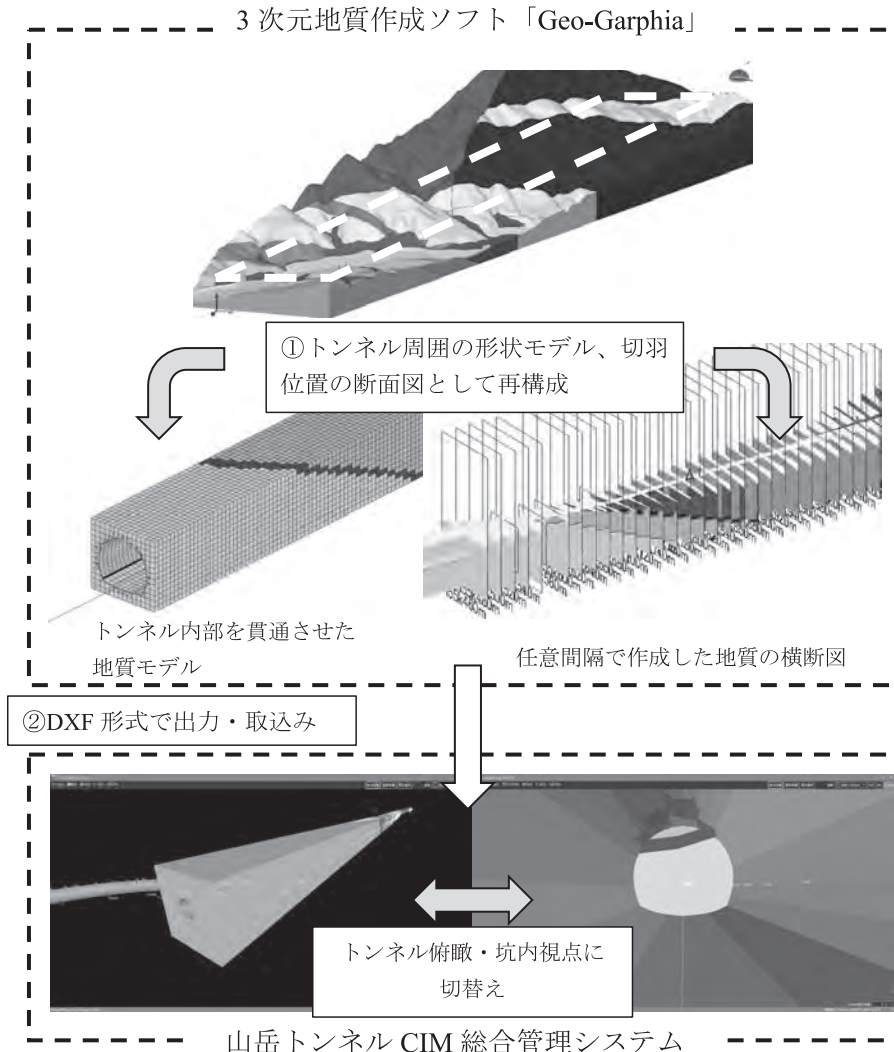


図-6 3次元地質モデルの反映手順

フィードバックすることが可能となる。また、施工中の安全性向上や管理業務の効率化が期待できる。

③竣工後

各種データを一元管理することにより、施工情報のトレーサビリティが確保できる。また、画像等の詳細な記録を残すことで、供用開始後の維持管理業務、将来的な更新工事等への活用も期待できる（図一七）。

5. 導入結果の検証

本システムを導入することで、主に以下の2つの効果が得られた。

(1) 各種施工記録の更新・編集を簡略化

従来活用していたBIM/CIMの機能での作業時間と、本システムのインポート機能を利用した作業時間をFDEM結果の画像データ50ファイルをモデルへ紐付ける作業を例に比較した（図一八）。

従来機能の場合、画像貼付に必要な面モデルをCADで計測範囲に合わせて作成し（手順①）、計測位置に対応した画像ファイルと面の向きを指定したうえで配置する（手順②・③）必要があるため作業工数がか

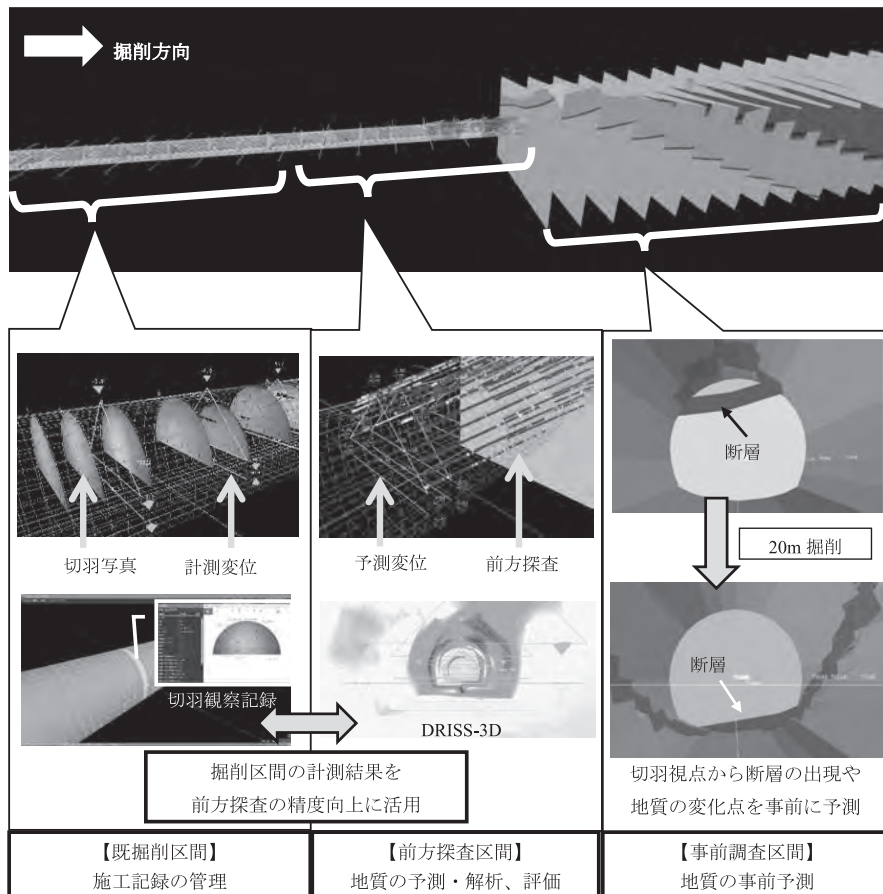
かかる。また、再編集・修正する場合はCAD操作等の手順を都度繰り返す手間が発生する（図一八（a））。

一方、本システムの自動インポート機能を活用することで、ファイルを指定のフォルダへ格納するだけでデータが自動で紐付くため、従来機能と比較して作業時間全体で2分程度の短縮が図ることができた。また、手順②の管理ファイルから簡易に計測位置・計測範囲を入力することが可能なため、修正時における作業時間も短縮できた（図一八（b））。

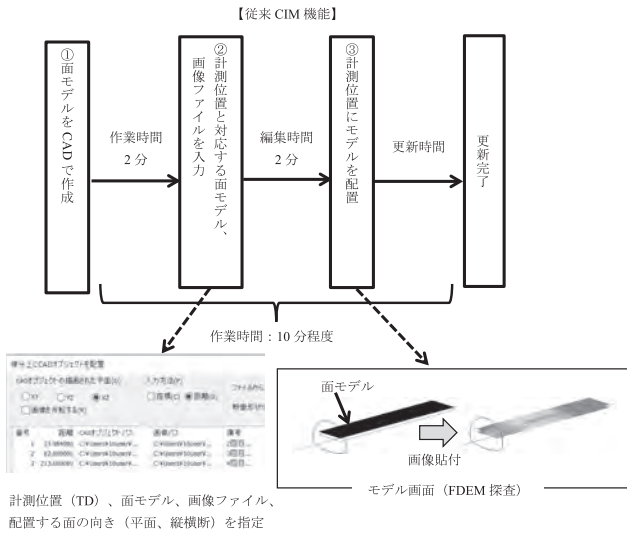
今後、この自動インポート機能を活用して、電磁探査等の表示項目を拡張することで、施工段階で必要な情報を閲覧するだけではなく施工データを蓄積し、迅速なトレーサビリティを確保することによって、維持管理業務への展開も見込まれるものと考えている。

(2) 岩盤強度の評価・判断を迅速化

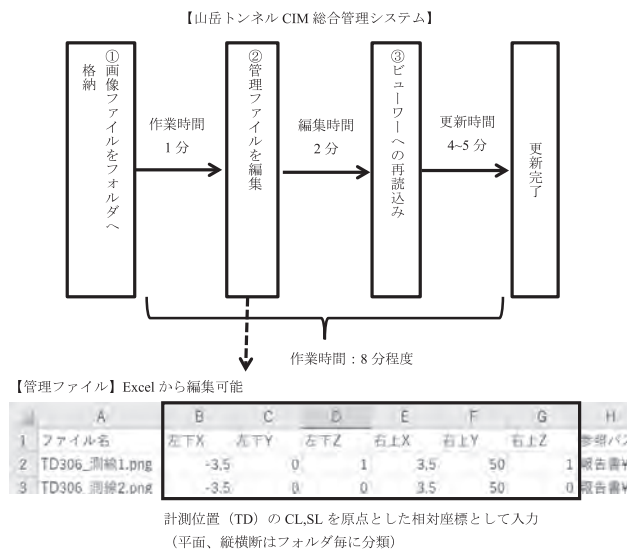
事前地質情報より、予想された断層を通過する区間について、削孔検層（DRISS）を基に3次元評価システム「DRISS-3D」で解析した岩盤強度分布と、切羽観察写真とを本システムの表示切替ツールを駆使して可視化し、比較検討を行った。その結果、断層区間において、トンネル左肩で岩盤強度が低いと予測され、



図一七 各段階におけるシステム活用例



(a) 従来機能



(b) インポート機能

図—8 施工記録の更新手順比較

切羽観察写真から得られた地質変化の傾向が概ね一致していることが詳細に確認できた。

このことから、今後予想される断層等の危険個所を事前に評価して、補助工法検討等の施工リスク回避への対応が迅速になるとともに、関係者間で情報を共有することで、安全性向上・手戻り防止等への効果も期待できることが分かった (図—9)。

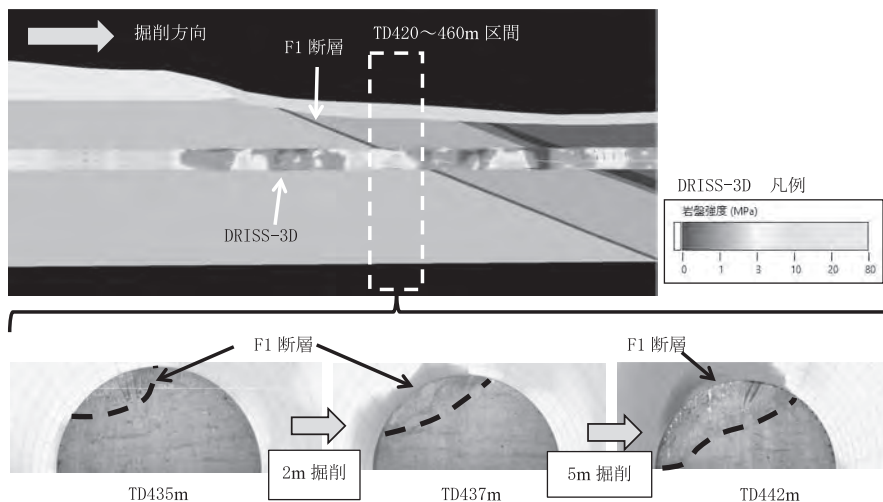
6. おわりに

BIM/CIM を含む DX の推進が建設分野でも急速に広がりを見せている。経験を頼りに施工する時代から、データを駆使して安全・安心な施工を行うことが標準の時代になりつつある。また、我が国の生産労働人口の減少や働き方改革等の社会的課題を背景として、業務の効率化のみならず、省人化・省力化を目指すことは、自然災害が激甚化・頻発化する近年において、建設業全体の喫緊のテーマのひとつでもある。

本稿では、山岳トンネル工事において、予測解析結果を一元管理・共有可能な「山岳トンネル CIM 総合管理システム」を開発、導入した事例について述べた。このシステムは、施工データを BIM/CIM モデルと紐付け、施工管理の高度化を図り、業務の効率化や施工リスクの削減の一助となった。今後は、更なる地質予測の高精度化や品質確保、工期・業務時間短縮への活用を目指すとともに、維持管理分野への活用を視野に機能向上を進める所存である。

最後に本システムを開発、適用・実施するに当たり、ご協力頂いた関係各位に深く感謝の意を表します。

JCMIA



図—9 断層区間の岩盤強度、切羽写真比較例

《参考文献》

- 1) 原久純・田中勉・鬼頭夏樹：3次元地質モデルを活用した山岳トンネル CIM の現場適用事例，土木学会第 72 回年次学術講演会概要集，VI-798，pp.1595-1596，2017.9.
- 2) 地層科学研究所 HP：http://geolab.jp/geo-graphia/
- 3) 山下雅之・山本悟・三井善孝・塚田純一：トンネル掘削時の削孔データを使用した 3 次元地山評価システムの開発，トンネル工学報告集，Vol.28，I-32，pp.1-6，2018.
- 4) 山下雅之・竹村いずみ：トンネル変形予測システム「PAS-Def」，切羽前方探査技術と数値解析を組み合わせるとトンネル切羽前方の変形挙動を迅速に予測，建設機械，pp.43-47，2015.9.
- 5) ㈱演算工房 HP：https://www.enzan-k.com/

【筆者紹介】

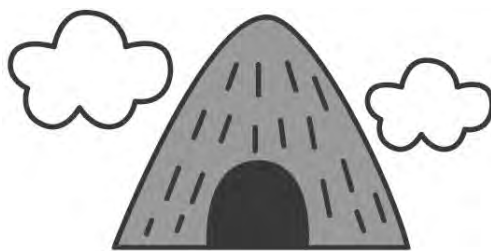
原 久純 (はら ひさずみ)
西松建設㈱
土木事業本部 土木部 土木 DX 推進課
主任



諏訪 至 (すわ いたる)
西松建設㈱
土木事業本部 土木設計部 設計 2 課
課長



吉平 安生 (よしひら やすお)
西松建設㈱
北日本支社 札幌支店 新幹線渡島出張所
所長



協調運転制御システム「T-iCraft[®]」を 南摩ダム本体建設工事に導入

佐野 和幸・佐藤 将・中村 凌

建設作業の少人化、省力化を目指し開発を行ってきた建設作業用ロボット「T-iROBO[®]シリーズ」（以下、本建設作業用ロボットという）に、新たなラインナップ、ダム建設用大型自動建機を加えた。また開発した自動建機に協調運転制御システム「T-iCraft[®]」（以下、本システムという）を適用し、「敷均し」、「転圧」の施工を制御し、堤体盛立に係る一連の作業の協調運転を行った。

今回は、(独)水資源機構が栃木県鹿沼市で建設を進めている南摩ダムをフィールドとして堤体盛立工事の自動化施工を行った。

本稿では本システムの特徴と南摩ダム堤体盛立工事の自動化施工について報告する。

キーワード：少人化、省力化、自動化、建設作業用ロボット、生産性向上、協調運転制御、デジタルツイン

1. はじめに

建設機械の自動化は、将来的に労働人口減少が進むことによる人手不足対応や生産性向上、働き方改革を実現するため、建設現場で早期に望まれる技術の一つである。国土交通省では、2020年12月に「国土強靱化に関する施策のデジタル化」の中で、2025年度までに建設機械の自律制御・走行技術の確立を掲げている。また2022年3月に建設機械施工の普及に向け、業界・省庁横断的な組織である「建設機械施工の自動化・自律化協議会」を設立した。業界内外、産官学を含めた組織横断的な取り組みが示され、自動化建設機械の実現場への導入に向けた取り組みが加速してきている。

2013年より建設作業の少人化、省力化を目指し、様々な本建設作業用ロボットの開発を行ってきた。2021年にはこれらの建設作業用ロボットを複数機種、複数台数を組み合わせ協調運転させる本システムを開発し、更なる生産性向上を図ってきた。この度、現場導入した本システムおよび本建設作業用ロボットは、施工現場におけるDX（デジタルトランスフォーメーション）を担う技術である。

今回の導入では、ダム建設用に開発した大型のブルドーザ2台、振動ローラ2台の合計4台の自動建機を、本システムを用いて、ダム堤体盛立に係る一連の作業の協調運転を実用化した。

写真一に自動建機による施工状況、写真二に自動建機オペレーションルーム（取材時）を示す。



写真一 自動建機による施工状況



写真二 自動建機オペレーションルーム（取材時）

2. 本システムの特徴

(1) 特徴① 様々な機種種の自動建機の協調運転を制御
各自動建機には、全地球測位衛星システム (GNSS) と自動運転プログラムが搭載されており、設定された施工シナリオをそれぞれが自動で実行する。本システムが司令塔となり、各自動建機の位置と作業進捗を監視しながら、自動運転の実行および停止を指示し、全体の協調運転を制御する。

本システムは、大きく分けるとホスト(司令部)、エッジ(自動建機群)で構成される。それぞれの通信プロトコルはあらかじめ定めてあり、各機とも共通のメッセージで通信できるシステムである。ホストへは、位置情報と作業の進捗情報、車両情報が送信される。ホストは受信した情報から、全体の稼働状況を把握し、エッジ側建機群の自動運転の再生、休止や緊急停止の指示を行う。図一1にシステム構成図を示す。

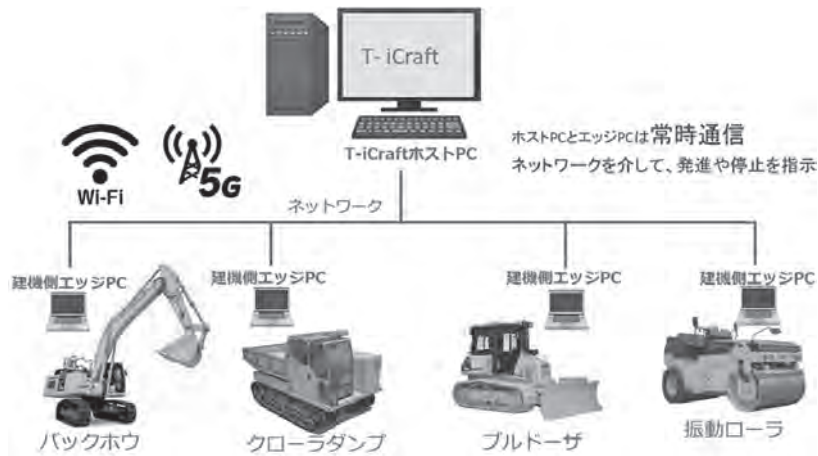
本システムは、自動建機の協調制御を行うために、タスクプランニング技術を活用している。この技術は、物流システムやライン工場で実績のあるシステムであり、建設建機用にカスタマイズした。また、建設機械

の選択の自由度を高めるため、自社で開発した自動建機だけでなく、メーカーが開発した自動建機など様々な建設機械に対応できるシステムとした。これは、今後増えてくることが予想されるメーカー開発の自動建機もシステムに取り込むことを想定している。ここで、タスクプランニング技術について説明する(図一2)。

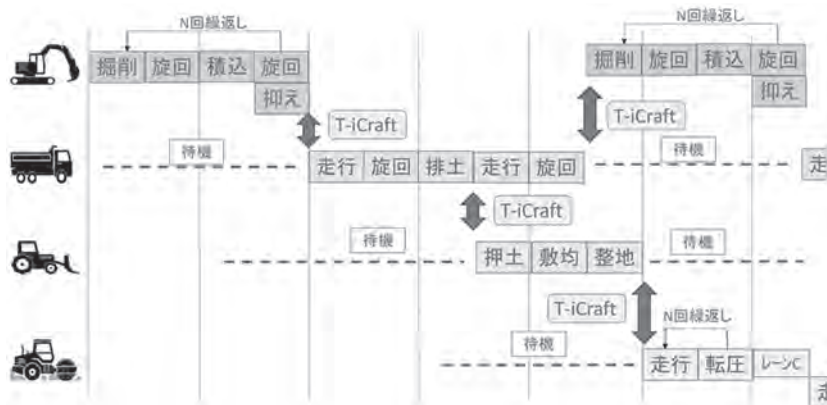
- ①自動建機には作業毎の単位「タスク」が定義されている。
- ②「タスク」の積み重ねからなる「シナリオ」が設定されており、実行すると一連の自動運転を行う。
- ③自動建機それぞれのシナリオを施工順序に並び替え、組み合わせたものを「施工シナリオ」と呼んでいる。本システムが建機同士の連携を図る際に、エッジ側からの位置情報と作業の進捗情報をもとに双方の自動建機に司令を送信する。

(2) 特徴② 有人建機との協働が可能

有人建機のオペレータがタブレットを用いて本システムと通信する HOG (Human Operating Guidance) システムを使用することで、自動建機との協調運転が可能となる。有人建機はシナリオを人間が判断し実行



図一1 本システム構成図



図一2 タスクプランニング技術のイメージ

するため、本システム側では、どのタスクまで終了しているか判断できない。タブレットに表示される指示に従い、オペレータがその指示を実行する。作業ごとに「開始」「終了」を画面操作で本システムに報告することで、自動建機との連携を可能とする。この技術により、有人バックホウと複数台の自動運転ダンプが協働すれば、一人のオペレータで大量の土砂運搬作業が実現可能となる。写真—3に運転席のタブレットを示す。

(3) 特徴③ デジタルツイン技術による接触防止

自動機械で施工を行う場合の安全対策として、デジタルツイン技術による接触防止システムを開発した。この技術は、VR（仮想空間）に施工現場を再現し、再現された現場は実際の座標系と一致させる。実機に搭載したGNSS方位計の情報から、3Dモデルの建設機械の方向と位置情報を再現する。このVR上で建機同士の位置をリアルタイムで計測し、設定した距離を超えて近接した場合に、現実世界の実機を停止させるシステムである。このシステムは、建設機械対人間に

も有効で、作業員がGNSSデバイスを携帯することで、建設機械に近接した時点で停止させることができる。図—3にデジタルツイン接触防止システムを示す。写真—4に現実世界、図—4に同じ場所の仮想現実上の状況を示す。

3. 南摩ダム実施工への導入

(1) 導入した自動建機

ロックフィルダム堤体の盛立を、本システムで振動ローラ、ブルドーザの各2機を協調制御して行った。一般に市販されている建設機械をベースに、操作レバーにはアクチュエータを取り付け、また、建機状態



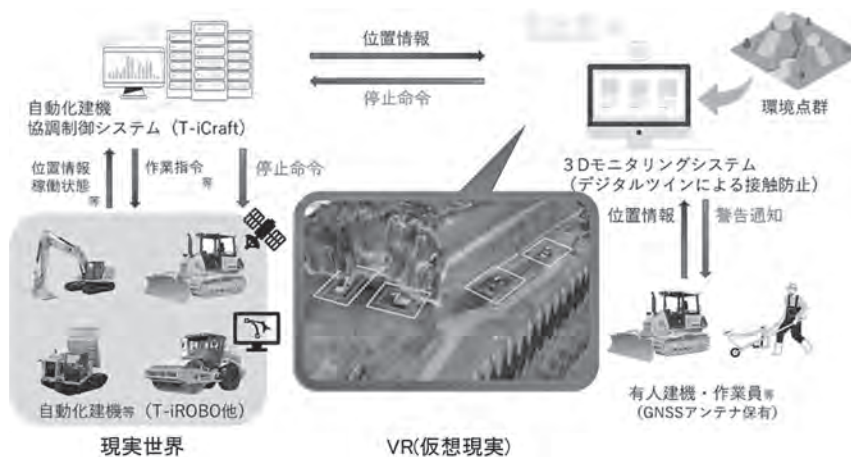
写真—3 運転席のタブレット



写真—4 現実世界



図—4 VR (仮想現実)



図—3 デジタルツイン接触防止システム

の通信用アンテナ, RTK-GNSS 方位計, 障害物センサー, T-iFinder (2022年に開発したAIを用いた人体検知センサー), 制御用PCを取り付け自動建機に改造している。図一5に自動化振動ローラ, 図一6に自動化ブルドーザの搭載機器を示す。

(2) ロックフィルダムへの導入

ロック材は, 堤体から約2.0kmの距離にある原石山から重ダンプを使って運搬する。重ダンプ用の工事用道路は, 一部で一般車との交差, 堤体近傍では一般車両と共用となり, 安全上の配慮から有人のリジットダンプを使用した。写真一5に堤体と上流側に配置した工事用道路(重ダンプ, 一般車両共用)の状況を示す。

今回は有人リジットダンプで「運搬」, 自動化ブルドーザで「敷均し」, 自動化振動ローラで「転圧」の組み合わせで施工を進めた。着岩部, 埋設計器周りの一部の作業等は, 別途有人建機で施工を行った。労働基

準監督署からの指導もあり, 自動化施工エリアと有人施工エリアは区画して作業を進めた(写真一6)。ロック材は, 自動化施工区画内に有人リジットダンプで先行置きし, 自動化施工区画を閉じてから自動建機で施工した。自動建機を動かすときは, エリア内を無人に



写真一5 堤体と上流側工事用道路



図一5 自動化振動ローラ:(酒井重工業 SV900 18t級 ERC仕様)



図一6 自動化ブルドーザ:(CAT D8 32t級 カナタッチ仕様)

するとともに緊急停止リモコンを持った監視者をエリア外に配置した。図一七に自動化施工状況を示す。

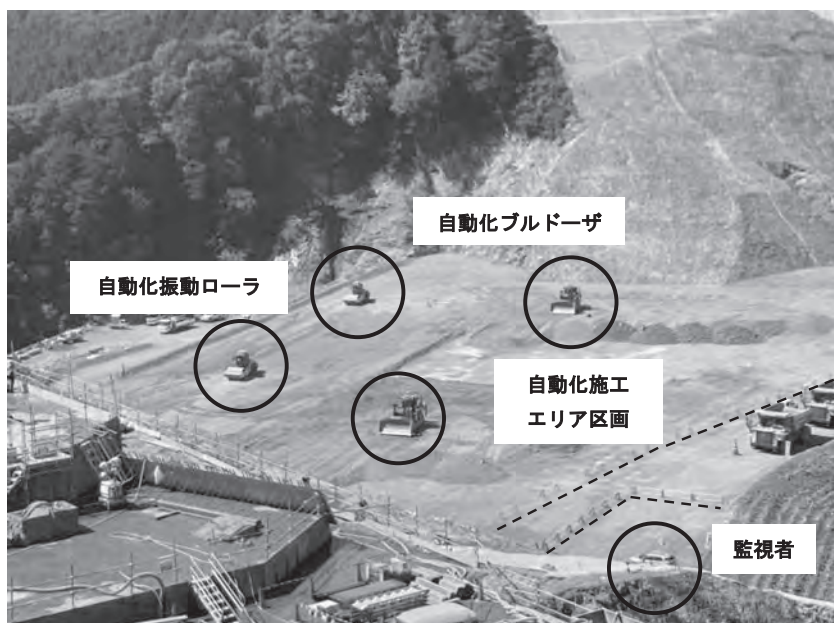
またシステム開発者や特定の人だけが操作できるシステムでは今後の様々な作業へ展開するのは難しい。自動化施工の経験が浅い専門工事業でも使えるシステムを目指し、操作性、GUIを充実させた。操作性、ビジュアルを意識したシステムとすることは、今後の自動化施工の普及に貢献できるものとする。

今回の施工例は、自動建機と有人建機の混在作業のモデルケースのひとつと考えられる。別のケースとして、安全装置を担保したうえで自動建機、有人建機の区画を撤廃して施工を進めることが考えられるが、今回は、労働基準監督署の指導もあったため、前者での施工を選定した。

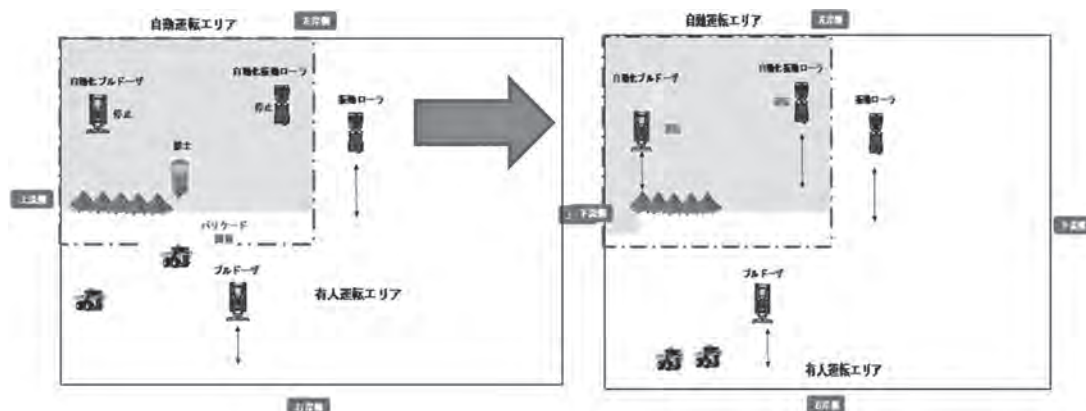
4. 技術的, 経済的効果

(1) 技術的効果

今回の施工では大型の機種が必要であったため、適用したい建設機械の中に電制化された機種がなく、制御方式は外付けアクチュエータ方式とした。このため、アクチュエータに起因するトラブルが多く発生し、対応に時間を要した。特にブルドーザにおいてはレバーやスイッチでの操作が多く、大型に起因する振動も大きいためトラブルは多かった。中型の機種では開発し始めているアクチュエータを介さない制御方式の開発が待たれるところである。他にも制御データや各機体の状態を通信する送受信技術、自己位置推定技術など様々なトラブルに対応しながらの導入であった。長期間にわたる現場導入の知見を活かし、今後の



写真一六 エリア区画状況



図一七 自動化施工状況

自動化技術の向上に努めていきたい。建設機械単体の自動運転では省人化の効果は限られていたが、自動建機同士を連携させることで、省人化の効果は更に拡大されることがわかった。連携させる自動建機が増える程、効果は増大する。

デジタルツイン技術の接触防止システムは、今回のような自動建機の安全対策としても活用できるが、通常の有人施工の際にも有効なシステムである。最新の建設機械には、メーカー製の接触防止装置を搭載しているものもあるが、建設現場では新旧を問わず様々な建設機械が使用されている。すべての機種に同じような装置を装備することは非常な労力となる。このシステムであれば、建機の位置情報を取得するだけで接触防止の対策が可能である。

自動建機の開発および実装は今が過渡期であり、市場にはまだ対応可能な自動建機は少なく、機種も限られている。本システムは、自社開発した自動建機やメーカーが開発した自動建機、有人建機を制御できるものである。これは今後「メーカー製の自動建機」が増えてくれば、「自動化されていない従来の建設機械」と協調運転できるため、自動化施工の普及が加速すると考えられる。また施工の自動化は、単調な作業から進められており、複雑な作業は有人による施工に頼らざるを得ない。その場合も HOG システムを活用した、有人建機も含めた協調運転制御をすることにより、単調な作業は自動建機で複雑な作業は有人建機で行うという組み合わせで協働することが可能である。労働人口の減少が今後もつづくと予想されており、少ない人数で複数台の建設機械を操作することで、生産能力の維持が期待できる技術である。

(2) 経済的效果

建設機械の自動化は、人手不足対応や働き方改革の対応策として必要なものであると考えられるが、現在は開発途上であり、システムや機械単体の自動化改造に多額の費用が必要で、経済的といえる状況ではない。今後、自動建機が量産され本システムのような協調運転制御のプラットフォームを使い、少人数で複数台の自動建機を操作することにより、生産性の向上が図れ、経済的效果は自動建機の台数に比例して増大する。労働人口の減少が今後もつづくと予想されており、少ない人数で複数台の建設機械を操作することで経済的效果が期待できる。

5. おわりに

本技術の適用により、インフラ建設現場の自動機械による施工をもって、施工の効率化、安全性の向上を図り、生産性の飛躍的向上を実現するものである。遠く離れた場所からでも現場の施工、管理が可能になることで、人口減少が進むことによる人手不足対応や生産性向上、働き方改革の対応策として大いに期待できる。また自動建機の実現場への導入に向けた産官学の取り組みが加速してきている。今回の自動化施工はそのモデルケースの一つとして示すことができ、少しでも施策の推進に貢献できれば幸いである。

謝 辞

南摩ダム本体工事への自動建機導入に際して、(独)水資源機構 思川開発建設所、パナソニック アドバンス トテクノロジー(株)、(株)カナモト、エム・エス・ティー(株)、西尾レントオール(株)、水谷建設(株)から多大なる協力をいただいた。ここに謝意を表す。

JICMA

《参考文献》

- 1) 中居拓哉, 若山真則, 小森聡: デジタルツインによる接触防止システムの開発, 土木学会第 77 回年次学術講演会
- 2) 佐野和幸, 中居拓哉, 佐藤将, 中村凌: 自動大型振動ローラの実施工導入に向けた開発, 土木学会第 77 回年次学術講演会
- 3) 中居拓哉, 若山真則, 小森聡, 田中真由子: 自動建機群の協調制御システム「TiCraft[®]」の実証, 土木学会第 76 回年次学術講演会

【筆者紹介】

佐野 和幸 (さの かずゆき)
大成建設(株)
土木本部 機械部 機械計画室
次長



佐藤 将 (さとう すずむ)
大成建設(株)
東京支店 環七地下調節池作業所



中村 凌 (なかむら りょう)
大成建設(株)
九州支店 土木部



CAT COMMAND コンソールとステーション

普段づかいの遠隔操作システム

松村 秀雄

オペレータが機械に乗らずに作業できる遠隔操作は危険な現場で不可欠な仕様となっている一方で、システムの仕様が特殊なため基本的に一台ごとの特注品として発注・製作され、また現場でも建設機械本体とは別に特別なメンテナンス対応が必要など、これまではあまり一般的な製品ではなかった。

このような課題の解決を目指して Cat Command（以下、本遠隔操作システムという）は遠隔操作をより一般的な製品として多くのお客様に届けることを目的に開発された。

キーワード：遠隔施工，ICT 施工，油圧ショベル，ブルドーザ，汎用性，生産性，安全性，人材確保

1. 開発の背景

(1) 遠隔操作について

建設機械の遠隔操作は人が機械の運転席に乗って操作・作業することが危険な現場，人が立ち入ることができない現場での安全対策として使われ活躍している。これまで遠隔操作は特殊な仕様として特注で製作されていることが多いが，テクノロジーの進化による建設機械の電子制御化，データ通信の機器やサービスの普及などにより一般化されて普及が広がる状況が整いつつある。

(2) 遠隔操作の課題

建設機械を遠隔操作仕様として製作するために大きく分けて2つの方法が採用されている。1つは機械本体に専用の油圧バルブなどを追加装着して遠隔操作を可能にする方法。もう1つは運転席の操作レバーやスイッチ類をオペレータに代わって運転席で操作する装置を装着する方法がある。

遠隔操作専用のバルブを装着する方法は専用仕様として用途に応じた機能を盛り込みやすい反面，バルブなど油圧回路に改造を加える必要があるため装着に時間がかかる。

一方で容易な装着作業で普及を促進することを目的に，運転席の操作レバーなどを実際に動かすことで遠隔操作を実現する方式があり，脱着時間の短さと汎用性の高さが特長になっている。逆に汎用性を高めるため，現場特有で必要となる機能やベースマシン固有の機能を利用するのが難しい点がある。

このため，専用機として特定の現場に特化した機能を重視するか，または汎用性を重視するか，各現場での使い方に合わせて最適な方式を選択する形になる。

仕様以外の面では遠隔操作機能部分のメンテナンスをベースマシンと別に行う必要があり，現場の負担，課題の一つになっている。

(3) 本遠隔操作システムの開発

これらの課題を解消して，より多くの方が手軽に遠隔操作を利用できることを目的として本遠隔操作システムが開発された。本遠隔操作システムはベースマシンと一体で開発されているため装着が容易であること，ベースマシンの機能を最大限に活用できる点を両立させている。

この実現にベースとなる最新の建設機械の電子制御化が大きく貢献している。例えば油圧シリンダやモータを動かすための油圧バルブを動かす仕組みを，従来の油圧パイロット回路を使った方式からオペレータのレバー操作を電気信号に変換して油圧バルブを作動させる方式に変更したことで，遠隔操作専用のバルブや油圧回路を追加で設計，装着する必要がなくなっている。

次に運転席の物理的なスイッチを極力削減して設定など殆ど全ての機能を運転席のタッチモニタで操作を行うようになり，遠隔操作では運転席モニタの表示や操作をモニタの写しをそのまま利用することで，ベースマシンと同じ機能を使えるようになっている。

3つ目は車両本体のソフトウェアが毎年進化することで，ソフトウェアの更新で使用中の車両にも新しい

機能が付加されるのに合わせて、遠隔操作（特にオペレータステーションシステムの場合）のソフトウェアも進化するため、常に最新モデルと同じ機能で使い勝手や生産性の向上を図れる。

このように本遠隔操作システムはシンプルな構造でベースマシンの機能を最大限に発揮するだけでなく、常に最新の機能を利用して現場の生産性向上に貢献できるように開発されている。

以下に本遠隔操作システムについて紹介する。

2. 本遠隔操作システム製品の構成

本遠隔操作システムは大きく3つの装置郡で構成されている。1つ目は車両本体に遠隔操作機能を付加するコンポーネント、2つ目はオペレータが機械に搭乗せずに目視で操作できる距離から手元の操作装置から遠隔操作ができるコンソールシステム、3つ目は機械を直接目視できない遠く離れた事務所などに設置するバーチャルな運転席から遠隔操作ができるオペレータステーションシステムである。

(1) 車載装置

建設機械に遠隔操作機能を追加するための主なコンポーネントは、遠隔機能を実現するコンピュータユニット（ECM）とソフトウェア、周囲から機械の状況を把握できるインジケータランプ、遠隔操作モードとオペレータが乗って運転する手動操作モードを切替えるスイッチなどで構成され、さらにオペレータステーションシステムと使用する時はカメラとマイクが追加される。これらのコンポーネントは対応機種にいつでも追加装着できる。先に紹介したように対応する建設機械本体の操作が電子制御仕様になっているため、追加する装置の部品点数は少なく基本的にボルトオンで装着でき、装着工事に特別な工程もなく短時間で装着できる。

コンピュータユニット（ECM）とソフトウェアは、遠隔操作のコントローラ側（コンソールシステムやオペレータステーションシステム）との通信と機械をつなぎ、遠隔操作機能を付加する役割を担っている。

機械のエンジンフードやキャブ上に取付けられた4色のインジケータランプは遠隔操作仕様の機械の動作状況が周囲から見てわかるようになっている。例えば青色のランプは遠隔操作モードに入っていることを表示して、機械に近寄らないよう周囲の人に注意を喚起するメッセージが含まれている。赤色のランプは遠隔操作で何らかのエラーが発生して対応が必要なことを



写真—1 カメラと4色のインジケータランプ

示している。緑色のランプはオペレータが運転席に乗って手動モードで動かしていることを表示している（写真—1）。

機械の運転席には遠隔操作に関するものは何も装着されなく標準仕様と全く変わらないため、切替スイッチで手動操作に切替えた直後にオペレータが搭乗して通常の機械として使用が可能である。遠隔専用機にならない汎用性が確保されているため、普段は標準機、必要な時のみ遠隔操作で使用するという使い方で稼働率を高めることで資産の有効活用を図ることができる。

(2) コンソールシステム

コンソールシステムは直接目視して運転できる範囲から機械の遠隔操作ができる。オペレータが持つ操作装置（コンソール）と機械側でコンソールからの操作情報を受信するレシーバで構成される。コンソールとレシーバの間は2.4 GHz 無線通信で、レシーバとセットになった固有のIDカードをコンソールに挿入することでペアリングされ、1台のコンソールから紐づけられた特定の1台の車両を操作することができる。コンソールのIDカードを差し換えることで別のレシーバを搭載した機械へ簡単に切換えて運転ができるため、遠隔操作に対応した車両を複数台保有しておくことで必要な時に空いている車両を遠隔操作仕様として使うことができ、保有車両の汎用性と稼働率を最大に高めて資産の有効活用を図れる。肩掛けフックを使ってオペレータはコンソールの重さをほとんど感じずに長時間集中して操作することができる他、コンソールが45度以上傾くとオペレータが転倒して操作できない状態として自動的に機械が止まる安全装置も備わる（写真—2）。

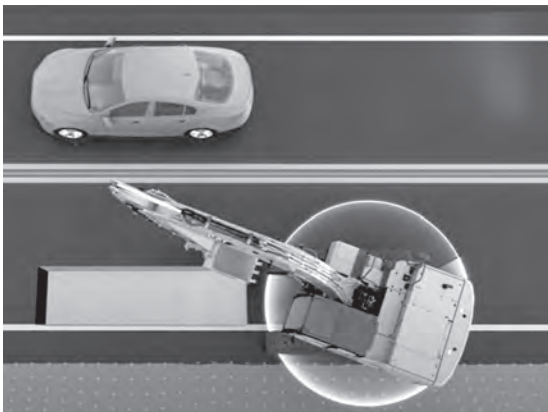
コンソールシステム（油圧ショベル用）の特長としてベースマシンが持つe-フェンスとグレードアシスト（2Dマシンコントロール）機能が利用できる。e-フェ



写真一 2 コンソールシステム



写真一 4 オペレータステーションシステム



写真一 3 e-フェンス

ンスを利用すると旋回範囲を制限して周囲の構造物との接触を防ぎ遠隔操作で通常とは異なった視界での運転での安全性を補完できる（写真一 3）。

グレードアシストを利用すると設定した床づけ深さや法面整形の傾斜角度をアーム操作だけで設定通りの面に仕上がるため、こちらも遠隔操作による感覚の不足を補って生産性と精度を確保することができる。

コンソールシステムはアタッチメント用油圧配管の操作も対応していて、ブレイカやグラップルなどのアタッチメントとの組合で幅広い用途に対応できる。

(3) オペレータステーションシステム

オペレータステーションシステムは機械を直接目視できない場所に設置したバーチャルな運転席、オペレータステーションから遠隔操作を可能にする装置で、オペレータは事務所など安全で快適な場所から遠く離れた現場の機械を操作できる。オペレータステーションはシート、ジョイスティック（レバー）、ペダルなどを備え、オペレータは車載カメラの画面と運転席のモニタの画面を見ながら実機の運転席と同じ感覚で操作できる（写真一 4）。

またオペレータステーションは油圧ショベル、ブルドーザ、ホイールローダなど複数の機種に対応

するユニバーサル仕様となっていて、油圧ショベル、ブルドーザなど遠隔操作する機械の種類ごとに複数のオペレータステーションを準備、設置する必要がなく、設置費用やスペース面での効率・効果も考慮されている。1台のオペレータステーションで最大5台の機械を切替えながら運転可能な仕様で、例えば油圧ショベルからブルドーザへと異なる機種に瞬時に切替えて運転することができる。

オペレータステーションと機械間の操作信号、モニタ画面など機械の稼働状況、機械に設置された4方向のカメラ映像などはWi-Fi通信で結ばれ、国や地域に関係なく同じ仕様と品質で使用できる。遠隔操作する現場の機械の稼働や運用に応じて適切な数と場所にアクセスポイントを設置することで複数の機械の遠隔操作だけでなく、ブルドーザやホイールローダなど行動範囲が広い機械の遠隔操作にも対応できる。

また機械に搭載されたカメラとは別に現場にカメラを設置して現場内の機械の状況を俯瞰で確認しながら運転することができる。現場カメラは現場運用に必要な機種、数を必要な場所、角度に設置して、オペレータステーションのモニタの数、分割表示、切替えなどで必要に応じて適切な画面を表示させることができる（写真一 5）。

オペレータステーションでは基本的に遠隔操作を行うベースマシンが持つ機能をほぼ全て利用できる。

油圧ショベルの場合、床づけや法面整形を楽に、早く、正確に行えるグレードアシスト（2Dマシンコン



写真一 5 モニタ組合せのバリエーション

トロール)、旋回範囲や上方、下方、前方の可動範囲を制限して接触事故を防止するe-フェンス、積込み作業などで旋回位置決めが簡単な旋回アシスト、掘削負荷で車両の浮き上がりを防止するブームアシスト、作業を止めずに積込み量を測定・記録できるパイロードの他、グレード 3D 搭載車の場合 3D マシンコントロールも遠隔操作で利用できる。

ブルドーザの場合、無駄なブレードの動きを無くしてGPSを使わずに設定した縦断勾配に仕上げるスロープアシスト、斜面でも自動的に直進を維持できるステアリングアシスト、直接目視できないブレードの負荷状況をモニタで確認できるブレード負荷モニタ、ブレード負荷を感知して自動的にブレード高さを調節してシュースリップを防止するオートキャリなどが利用でき、生産性向上に貢献する。ベースマシンがグレード 3D 搭載車の場合、3D マシンコントロールや設計図の線に沿って自動的に旋回操作をコントロールするステアリングアシストも利用でき、オペレータ負荷削減と生産性向上を両立できる。

オペレータがオペレータステーションのシートから離れると作業装置、走行装置のロックが自動的に作動して操作ができなくなり、オペレータ不在の時や乗降時などに不意の操作で機械が動くことを防止する安全装置を備えている。

1台の機械でコンソールシステムとオペレータステーションシステムの両方に対応できる仕様も可能で、コンソールまたはオペレータステーション、先に機械を呼び出した方から遠隔操作できる仕組みになっている。このため現場や作業に応じてコンソール、オペレータステーション最適の方を選択して遠隔操作を行うことができる。万一オペレータステーションからの遠隔操作ができなくなった場合、コンソールを使って遠隔操作で作業を継続できる他、コンソールを使ってオペレータが乗って運転できる場所まで機械を移動させることもできる。

(4) 対応機種

現在日本では中型油圧ショベル用のコンソールシステムは販売中で、油圧ショベルとブルドーザ用のオペレータステーションシステムの発売を計画している。

3. 本遠隔操作システムの特長・効果

コンソールシステム、オペレータステーションシステムを利用することで現場で次のような効果が期待できる。

(1) 安全性の向上

オペレータが機械に搭乗することなく作業できるため、飛来物、機械の転落などの恐れがある危険な現場で運転する必要が無い他、機械への乗り降りや機械までの移動時の危険な要素も回避できるため、広い意味で災害のリスクを回避して安全に作業することができる(写真—6)。



写真—6 転落リスクがある作業での遠隔作業

またe-フェンスなどベースマシンに装備されているテクノロジーを遠隔操作でも利用することでより安全に作業を行うことができる。

(2) 生産性の向上

一般的に遠隔操作では実機に搭乗しての作業に比べてある程度生産性が低下することは避けられないが、本遠隔操作システムではグレードアシスト(2D マシンコントロール)を利用することで生産性と施工精度を機械本体のテクノロジーで確保することができ、生産性の低下を最小限に抑えるだけでなく、施工精度を確保することができる。

オペレータステーションシステムではパイロード機能を利用した積込み量管理も行え、過積載・過少積載を防止できる他、テレマティック装置 Cat Product Link を介してクラウドでのデータ管理も可能となっている(写真—7)。

また、オペレータステーションシステムでグレード 3D 搭載車を運転する場合、3D マシンコントロール機能を遠隔操作でも利用でき、成形作業、整地作業などで生産性と施工精度を高い次元で両立しながら i-Construction 工事で ICT 施工にも対応できる(写真—8)。

また最大5台の機械を切替えながら使用することができ、1台の機械から次の機械へ乗り換える移動時間がかからない。このため機械と機械の距離が遠いほど



写真一七 積み込み量の遠隔管理 (VisionLink Productivity)



写真一八 3D マシンコントロール画面

乗り換えによる時間ロスを削減して生産性を向上することができる。

(3) 疲労低減

オペレータステーションシステムは屋内の安全で暑さ、寒さ、騒音、振動、粉塵などが無い快適な場所で運転できる。例えばブルドーザの後進での振動はオペレータにとって大きな負担だが、このような振動から解放されることでオペレータは長時間作業でも大きな疲労を感じずに作業できる。

(4) 人材確保への効果

オペレータステーションシステムはオペレータの働き方やオペレータ不足にも大きな効果が期待されている。オペレータステーションと機械との間の距離に制

限がないため、転勤や出張、また現場への移動、機械の運転席への乗り降りが難しいオペレータにとって遠隔で作業できる機会が実現する。また高い技能を持つオペレータが複数の現場を駆け持つことも可能になり、貴重な人材の能力を最大限に活用できる。従来実機では難しかった側についてのマンツーマンでの丁寧なトレーニングも可能になり若い人材の継続雇用など今後深刻化が懸念される人材不足への一手としても期待される (写真一9)。



写真一九 オペレータのトレーニングが可能

4. 今後に向けて

このように Cat Command は遠隔操作システムを従来の特注製品からより一般的な製品へと一段引き上げている。今後は Cat Command ステーションの発売、対応機種拡大を通して遠隔操作を必要とされる現場の安全性と生産性の両立の貢献できれば幸いである。

JCMA

【筆者紹介】

松村 秀雄 (まつむら ひでお)
キャタピラー・ジャパン (同)
販売促進部 テクノロジー担当



遠隔操作システムと稼働データを用いた 現場改善ソリューション

K-DIVE[®] ～働く人を中心とした現場のテレワークシステム～

佐々木 均・岩田 藍

大きく変化する社会状況の中で、建設業界は様々な課題に直面している。特に、慢性的な長時間労働への是正や熟年者の離職、就業人口減による人手不足への対策が急務と言われている。それらの課題解決には業界全体を変革する「多様な人材活用」、「組織の活性化」や「経営効率化」を見据えたソリューション開発の観点が求められている。本稿では建設業界において「誰でも働ける現場」を実現するために開発した、遠隔操作システムと稼働データを用いた現場改善ソリューションについて説明する。

キーワード：油圧ショベル、DX、遠隔操作、働き方改革、サブスクリプション

1. はじめに

昨今の世界的な新型コロナウイルス感染流行が社会に与えた変化は多くあるが、特に大きなものの一つとして「テレワーク」が挙げられる。社会における課題（ニーズ）に合わせ、一部の企業はオフィスを解約し、また一部の企業は社員の居住地に関する制限を撤廃するなどして大きな注目を集めてきた。

コロナ禍におけるテレワークと同様に、建設機械を用いる様々な業界の抱える課題に対しても打開策が必要であることから、ここでは2016年より新たな概念（コンセプト）のもと開発を行ってきた油圧ショベルの遠隔操作と稼働データを用いた現場改善ソリューションについて紹介する。

2. 業界課題とソリューション

建設業界における様々な課題の中から、特に以下の3点に着目した。

(1) 危険を伴う労働環境（安全）

厚生労働省の労働災害統計によると、全産業および建設業における死傷事故率（千人率）を比較すると、全産業と比較し建設業はおよそ2倍（年間労働者の0.5%）となっている（図-1）。

(2) 熟練者の経験と判断による作業・施工管理（生産性）

内閣府の国民経済計算によると、産業別の労働生産

性（2019年）において、全産業平均の4,799円や、製造業の5,703円に対し、建設業は3,008円と大きく下回っている。都度異なる現場作業において、製造業のように標準化や自動化が遅れており、就労者の熟練度や経験に大きく左右されることが背景となっている（図-2）。

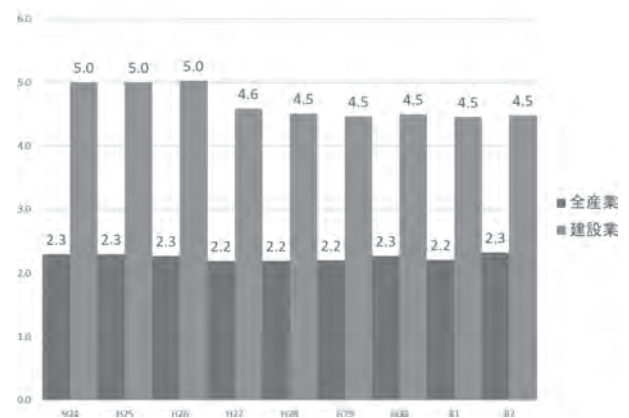


図-1 業種別死傷千人率の推移¹⁾

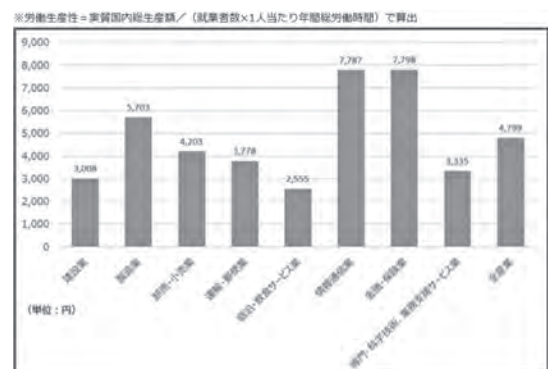


図-2 2019年の産業別労働生産性²⁾

(3) 人手不足の深刻化 (担い手確保)

人材不足は昨今あらゆる業界において共通課題となっており、国土交通省および総務省のデータによると、建設業就業者人数が1997年をピーク(685万人)に2020年には492万人まで低下していることが示されている(図-3)。

これらの建設業界の課題に対し、当社は以下3つのソリューションを提供している。なお、本ソリューションは継続的な価値をお客様にご提供するため、サブスクリプション方式を採用している。

(a) 本質的な安全性の確保

重機オペレータは基本的に、従来の危険が潜む現場とは切り離された、事務所またはオフィスなどに設置した遠隔コックピットから遠隔操作を行うことが可能なため、怪我の心配がない。また、埃や粉塵、悪臭といった実作業環境の影響も受けることがない。

(b) 現場生産性の向上

これまでは重機本体の機能・性能による生産性向上が常であったが、本ソリューションでは遠隔操作により重機までの移動時間削減、さらには同じ遠隔コックピットから複数現場の重機に切り替えて遠隔操作することでオペレータ1人あたりの生産性向上も見込まれる。また、データ活用の観点では、稼働データはオペレータ情報と紐付き、ダッシュボードで確認することで繁閑調整や業務効率化への糸口へとつながる。

(c) 多様な人材の活用

テレワーク同様に、場所や時間に縛られることなく働ける環境を作ることで、就業者の裾野拡大を図ることも可能である。オペレータの職人としてのイメージがオフィスワーカーへと変わり、高齢者や女性、ハンディキャップのある方も人材登用対象となり得る。若手人

材の教育という観点では、熟練者が遠隔コックピットの隣に立って指導することで、密なコミュニケーションも可能である。

3. システム構成 (機能紹介含む)

「建機の遠隔操作」と聞くと、最初に思い浮かべるのは災害復旧をはじめとした危険地帯における作業ではないだろうか。現場から少し離れた場所から、目視によるリモコン操作で油圧ショベルを操作するイメージである。

一方で、本ソリューションは、リモコン操作とは異なり、重機の遠隔操作システムをベースに、人、重機、現場を常時つなぐことで、建設現場のDX(デジタルトランスフォーメーション)を可能にするものであるが、ここではそのシステム構成の概要を説明する。

(1) システムの基本構成

重機に遠隔操作システムを装着し、遠隔コックピットから無線操作を可能にするために必要な基本構成は以下の通りである。

(現場側)

- ・重機本体および無線通信基地局(Wi-Fi親/子)
- ・カメラ映像(現場を俯瞰するもの、重機周辺を確認するもの)
- ・無線非常停止装置

(遠隔操作側)

- ・遠隔コックピット

システム構成を簡易的に表すイラストとして、図-4を参照いただきたい。

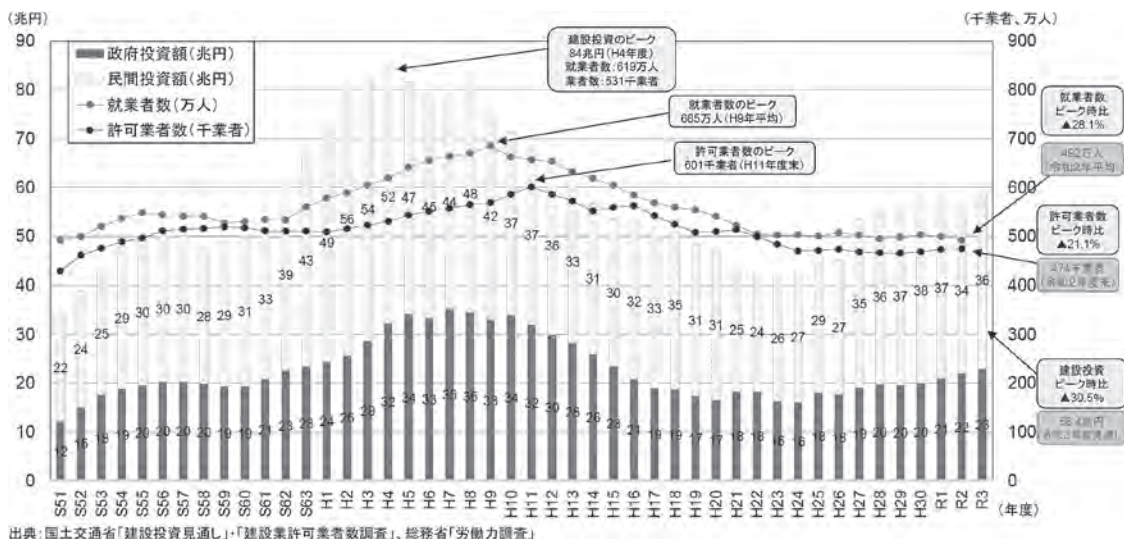


図-3 建設業就業者人数³⁾

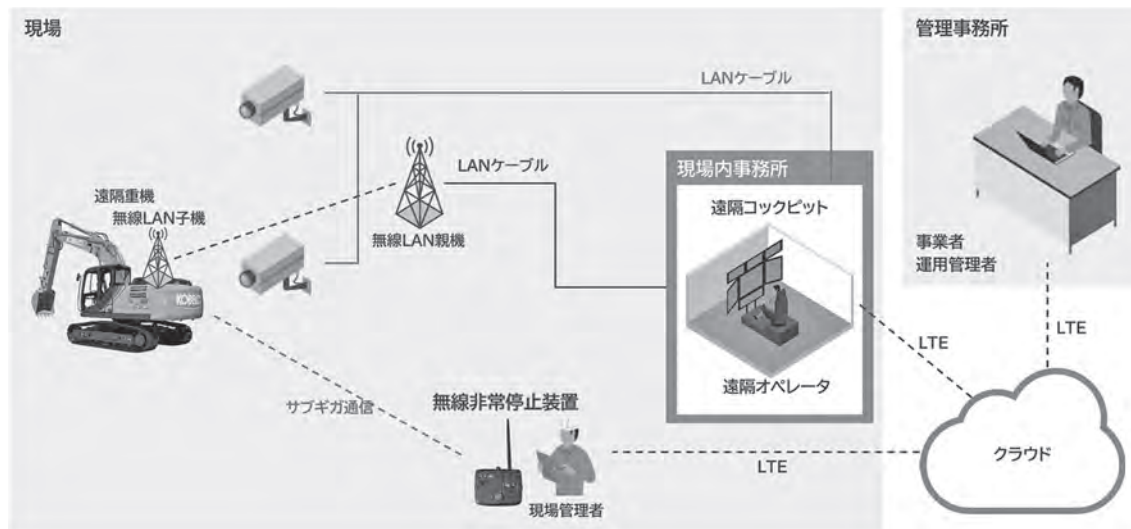


図-4 システム構成

(2) 主な機能：遠隔操作システム

(a) モーションシート

実機に搭載したジャイロセンサーから振動や傾きをコックピットへフィードバックし、大きな傾き、操作に影響する微細な振動もフィードバックする。

(b) 音のフィードバック

エンジン動作音や機械動作音、ホーン等がコックピットへフィードバックされており、コックピットにいながら、現場にいる感覚で操作することができる。

(c) 可動式メインカメラ

遠隔操作のメインカメラはコックピットのレバーから上下左右に動かすことができ、周囲を確認しながら作業をすることができる。

(d) 非常停止機能

コックピットの非常停止ユニットもしくはメイン通信と別系統通信の携帯できる非常停止ユニットを押すことで油圧ロック状態で停止する。

(e) オペレータ顔認識およびよそ見検知機能

顔認識機能によりオペレータを判別。登録されていない人物は操作することができない。また、作業中はよそ見と姿勢を検知する機能があり、オペレータの安全な操作をサポートし、よそ見を検知すると油圧ロック状態で停止する。

(3) 主な機能：ダッシュボード

本ソリューションでは、遠隔操作システムに加え、稼働データの可視化をすることでお客様が新たな気付きを得ることを目的としたダッシュボード機能を備えている。

重機稼働データ、また遠隔コックピットでの作業データは Microsoft Azure のクラウド上に自動でアッ

プロードされており、お客様はインターネットを介してパソコンやタブレット、スマートフォンで用途に応じた情報へのアクセスが可能となる。以下、主となる3つの要素を紹介する。

(a) 作業データ活用

遠隔操作したデータはクラウドにアップロードされており、手書きの日報や報告書が不要になり業務の効率化が可能。さらに、繁忙調整が可能になる(図-5)。

(b) マッピング活用

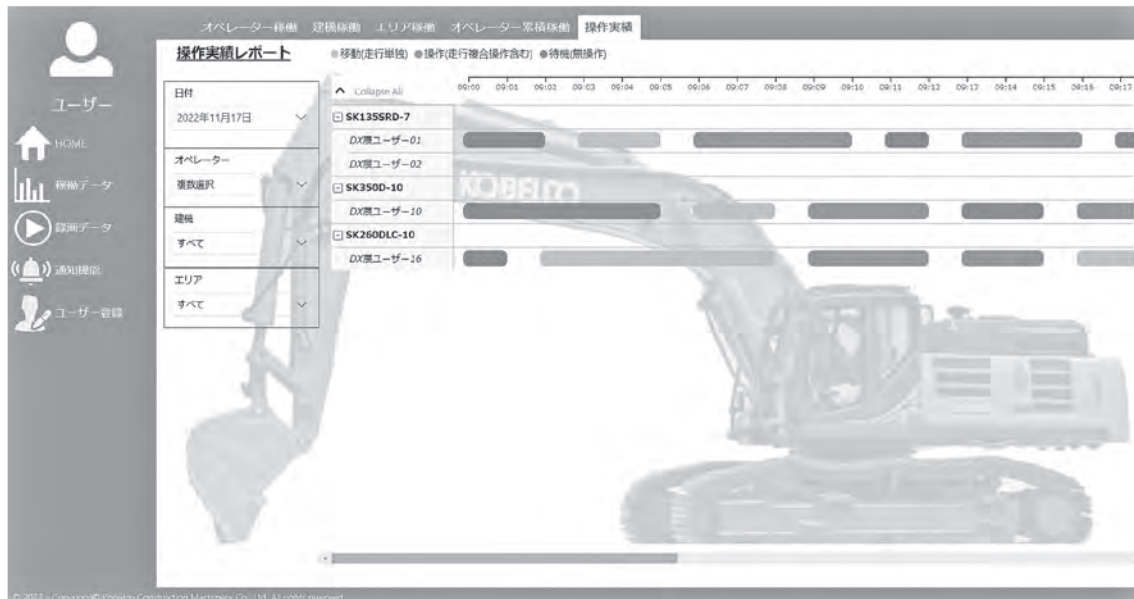
図-6の通り、マップ上に表示された遠隔重機の稼働情報をリアルタイムに確認でき、遠隔重機アイコンをクリックすることで、詳細な重機情報を確認でき、稼働管理をすることができる。

(c) 動画(録画)活用

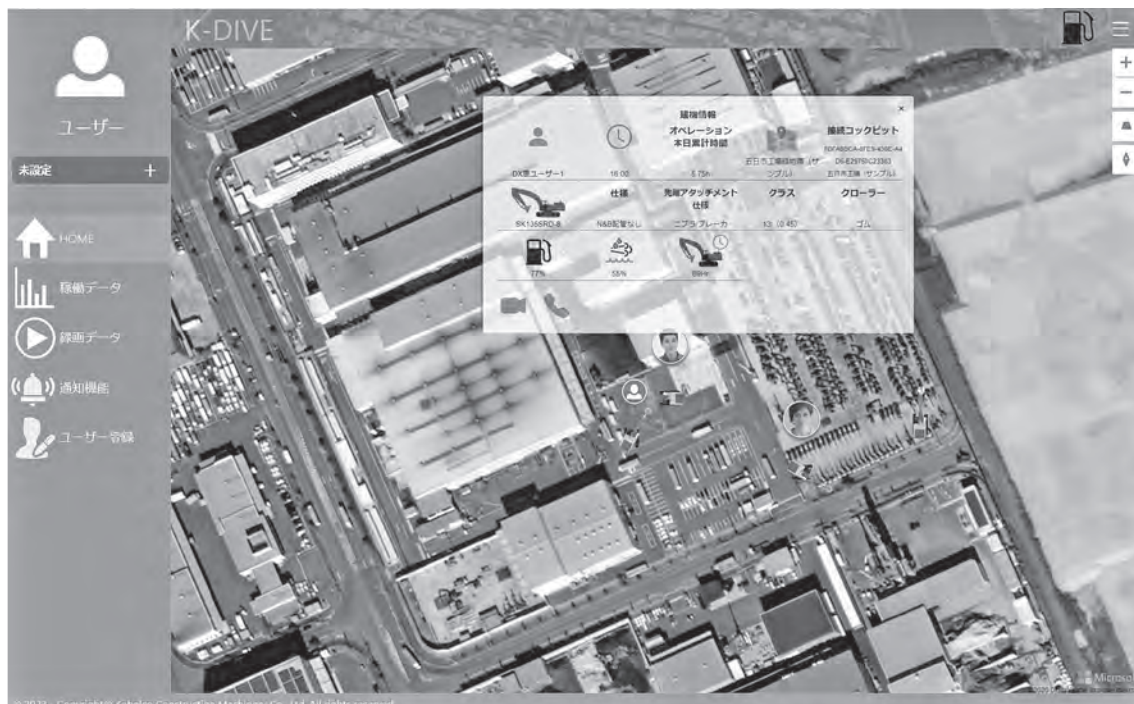
メインカメラの映像はダッシュボードにアップロードされており、あとから作業の様子を動画で振り返ることができる。また、作業手順の共有化や若手オペレータへの操作指導などに活用できる。

4. サービス提供ロードマップ

本ソリューションでは、3つのフェーズ(Phase)を描き段階的にお客様に提供していくことをロードマップとして掲げており、昨年12月に開始したものは“Phase1”に該当するものである。“Phase1”では金属スクラップヤード・産廃処理ヤード・土砂ピットなど、主に固定されたヤードでの重機使用を前提としている。Phase2では一般土木現場や造成現場など、工期の決まった現場での重機の遠隔操作へのサービス展開を予定している。そして将来的には、“Phase3”において遠隔オペレータと施工管理者をつなぐネット



図一5 作業データ活用（ダッシュボード）



図一6 リアルタイムマップ（ダッシュボード）

ワークシステムを構築し、様々な現場レベルや工期に合致したオペレータをマッチングさせる人材活用サービスを展開し、将来的には、より効率的・効果的な人材育成および人材活用を実現するためにサービスを拡張していく。

5. おわりに

本稿では、K-DIVE®（遠隔操作システムと稼働データを用いた現場改善ソリューション）についての概要

を述べた。従来、建設機械メーカーはお客様現場の作業効率化のために必要な製品・機械の提供をおこなってきた。しかし今後は製品・機械だけでなく、よりマクロな視点でお客様現場およびその周辺環境を捉え、顕在または潜在的な課題解決に向けたソリューション開発も重要視される社会となってきた。

お客様からの“共感”を常に大切にしながら、“誰でも働ける現場”を実現するため今後も更なるソリューション開発に邁進していきたい。

《参考文献》

- 1) 厚生労働省「職場の安全サイト」
(<https://anzeninfo.mhlw.go.jp/index.html>)
- 2) 内閣府「国民経済計算 (GDP 統計)」
(<https://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/menu.html>)
- 3) 日本規格協会 国土交通省「建設投資見通し」・「建設業許可業者数調査」, 総務省「労働力調査」
(<https://www.jsa.or.jp/>)

【筆者紹介】

佐々木 均 (ささき ひとし)
コベルコ建機(株)
新事業推進部新事業 DX 推進グループ
アシスタントマネージャー



岩田 藍 (いわた あい)
コベルコ建機(株)
新事業推進部新事業プロジェクトグループ
マネージャー



UAV グリーンレーザ計測の建設工事への適用性検証報告

澤 城 光二郎

UAV グリーンレーザ計測は、水中を透過する緑色の波長帯のレーザ光を用いることで、河川湖沼などの水域と地表部の陸域を同時に効率よく計測することが可能な計測技術である。現在は航空レーザ測深（ALB；Airborne LiDAR Bathymetry）による河川測量などにおいて特に活用が進んでいるが、建設工事の現場における導入事例が少なく、本技術が効果的に活用できる工種の選定や現場での計測ノウハウの蓄積が十分ではない。UAV グリーンレーザで計測した水域と陸域の統合データを建設工事の現場で利用していくために、河川工事現場を対象に、起工測量や出来形計測に関する計測精度を明らかにする精度検証を行ったので、本稿にて報告する。

キーワード：UAV グリーンレーザ，i-Construction，3次元計測，水域計測，点群データ

1. はじめに

近年、建設現場における3次元計測は一般的なものとなっており、地上レーザ（TLS；Terrestrial Laser Scanner）やUAVレーザ（ULS；UAV Laser Scanning）、モバイルマッピングシステム（MMS；Mobile Mapping System）などレーザスキャナ（LS）を使用した現場の出来形管理手法が要領¹⁾として公開され、土工事の起工測量や出来形計測など多くの工事測量で活用が進んでいる。しかし、これらのLSは近赤外線レーザ光を使用している特性上、水中の地形を計測することができないため、河川・湖沼など水域に近接する工事での地形測量には対応ができず、水際部でのトータルステーション（TS；Total Station）測量や人が立ち入れない水深では深淺測量を併用することが多い。

そこで筆者らは、この手間を解消するために、1台の計測機器で水域と陸域の双方に対応できるUAVグリーンレーザ計測に着目した。グリーンレーザスキャナ計測は図-1に示すように水中を透過する緑色の波長帯を持つレーザ光を使用することにより、上記のような水域を計測することが可能な計測技術であり²⁾、UAVに搭載したグリーンレーザで広範囲を一度に計測することで、作業が効率化できると期待されている。

しかし、グリーンレーザ計測は調査測量分野における航空レーザ測深（ALB；Airborne LiDAR Bathymetry）で活用が進んでいるものの³⁾、建設分野における導入事例がほとんどなく、工事現場の起工測量や出来形測

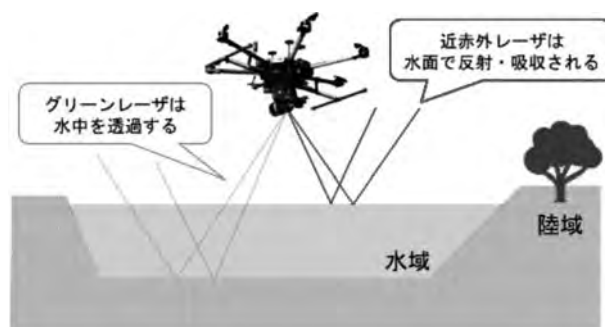


図-1 グリーンレーザ計測の概略

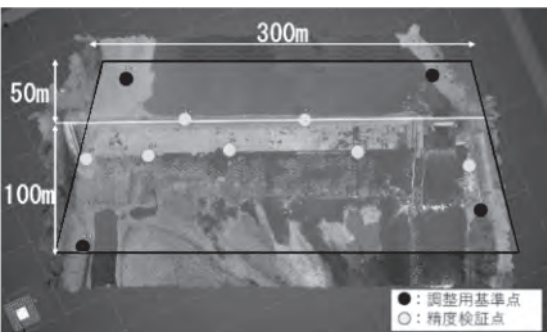
量に適用できる計測条件や精度の評価が十分に行われていないのが現状であった。そこで本稿では、UAVグリーンレーザ計測の適用工種として河川工事を選定し、実際の現場で実施した実証実験の結果を報告する。

2. UAV グリーンレーザの概要と課題

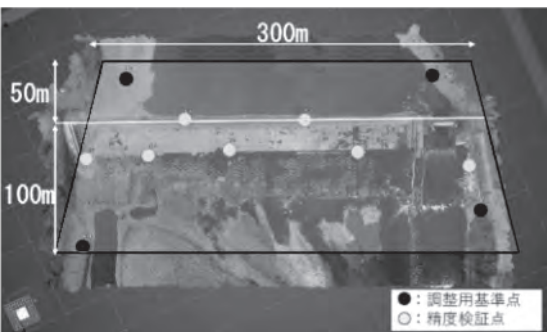
グリーンレーザは上述のように、水中を透過する特性を持った緑色の波長帯を持ったレーザ光を使用することで、一部は水面で反射するものの、多くは水面を通過し、その下にある水底の地形データを取得できる。UAVグリーンレーザ計測ではGNSS（Global Navigation Satellite System）やIMU（Inertial Measurement Unit）から推定した自己位置と姿勢をもとに、空気中から水中に入射する際の境界面で生じるレーザ光の屈折の影響も考慮した解析を行い、3次元データを生成する⁴⁾。グリーンレーザを工事現場で活用するための課題とし

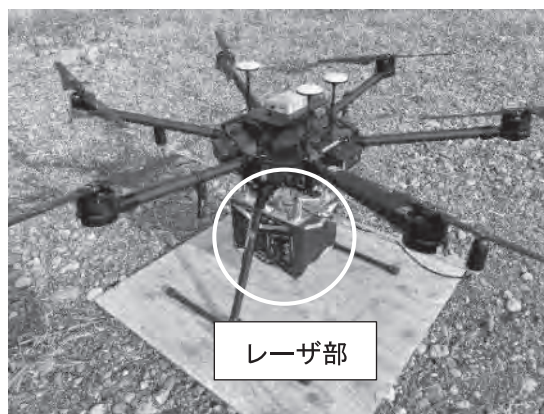
て、①計測可能な深さが水の濁りや水面の状態に依存すること、②建設現場での適用事例が少なく精度検証が不十分なことが挙げられる。このように、水域を計測できるという大きな特徴を持つ反面、計測をする上での課題や留意点があることから、グリーンレーザ計測を工事現場で運用するためには適切な計測条件の評価が不可欠であるといえる。

3. 実験概要

本検証では河川工事の実現場を対象として、—2に示す堰堤から上流側に50m、下流側に100mのエリアを検証範囲として設定した。このエリア内でUAVグリーンレーザ計測を3回実施するとともに、比較検証としてUAV近赤外レーザ計測を1回、VRS-GNSSによる多点計測を合わせて行った。

(1) 使用機械と飛行諸元

本実験で使用した機材の一覧を表—1に示し、UAVグリーンレーザの外観を写真—1に示す。また、UAVレーザで取得した3次元点群を現場の座標と整合させるための調整用基準点を4点、計測精度を確認するための検証点を7点、—2に示すように配置した。各点の配置はi-Constructionの管理基準¹⁾に準拠し、調整用基準点と検証点はともにエリア面積に対して必要数以上を設けた。

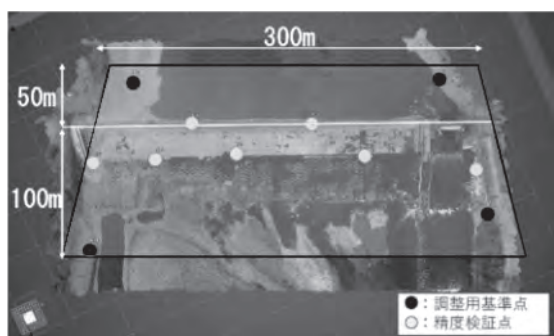


写真—1 UAVグリーンレーザ

それぞれのレーザスキャナでのUAVの飛行条件と、搭載されたGNSS、IMU、LSの諸元を表—2に示す。近赤外レーザに比べてグリーンレーザは、対象物を計測した際のレーザ径（フットプリント）が大きく有効計測角が小さい性質があるため、同等の点密度のデータを取得するためには飛行高度を低くし、飛行ライン間隔を狭くする必要がある。そのため本実験での計測時間は近赤外レーザが18分でエリア全域を計測できたのに対して、グリーンレーザでは45分と約

表—2 飛行諸元

飛行諸元	近赤外レーザ	グリーンレーザ
飛行対地高度 (m)	60	30
飛行速度 (km/h)	11	15
サイドラップ (%)	30	30
コース間隔 (m)	119	11
有効計測角 (度)	55×2=110	15×2=30
有効計測幅 (m)	171	16
計測点密度 (cm) (進行方向 / 横断方向)	10.2/7.2	6.0/35.3
GNSS 諸元		
GPS	L1, L2, L5, L-Band	L1, L2, L5, L-Band
Glonass	L1, L2, L3	L1, L2, L3
IMU の精度		
ロール角 (度)	0.015	0.025
ピッチ角 (度)	0.015	0.025
ヘディング角 (度)	0.035	0.080
LS 諸元		
レーザクラス	Class1	Class3R
LS 拡散角	1.6 × 0.5 mrad	2.5 mrad
センサ	1 channels	1 channels
分解能 (度)	0.001	0.03/0.03
スキャン回転数 (回転 / 秒)	30	70
レーザクラス発光回数 (点 / 秒)	200,000	40,000



図—2 実験エリアと調整用基準点・検証点配置

表—1 使用機器

使用機器			
機器	型式	メーカー	用途
UAV	MATRICE 600PRO	DJI	エリア飛行
近赤外線 レーザスキャナ	Vx-20+	YellowScan	点群計測
グリーン レーザスキャナ	EDGE LiDAR	ASTRALite	点群計測
VRS-GNSS	HiperHR	トプコン	精度検証データ
	HX-CHX600A	Harxon	精度検証データ

2.5 倍の時間を要した。この点はグリーンレーザを活用する際に留意する事項である。

(2) 検証項目と検証結果

前章で挙げた、UAV グリーンレーザ計測を工事現場で運用するための課題を解決するために、下記の項目を設定し検証を行った。

1) 対象河川の濁度確認

グリーンレーザ計測を行うにあたり、事前に対象河川の濁度評価を実施し、理論上の計測可能深度を評価した⁵⁾。図-3のように濁度の単位の一つである NTU (比濁法濁度単位：Nephelometric Turbidity Unit) を用いた評価を行ったところ、計測値は 0.48 NTU となり、ここから算出される理論上の最大計測可能水深は 10 m という結果を得た。今回の対象範囲は最深部でも 1.0 m 程度であることから、対象河川がグリーンレーザ計測を行う上で、十分な透明度であることを確認した。

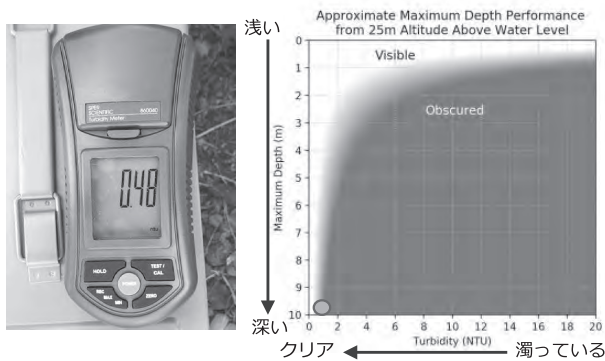


図-3 濁度計による透明度評価

2) 陸域・水域が混在した点群データの精度検証

陸域と水域を連続的に計測して取得した点群を一つの地形データとして工事に利用するためには、それぞれの領域での計測精度を明らかにしておく必要がある。

(a) 陸域におけるグリーンレーザ計測精度

① 検証点の座標精度

GNSS 計測で取得した各検証点の座標値を基準データとし、近赤外レーザ計測とグリーンレーザ計測それぞれの 3 次元点群から算出した検証点座標との較差から XYZ の座標精度を算出した。その結果を表-3 に示す。各検証点でのグリーンレーザの座標精度の平均値は水平方向と鉛直方向でともに ± 0.04 m 以内の精度を示した。近赤外レーザと比較すると水平方向は同等の精度であり、鉛直方向は ± 0.02 m ほど大きい結果となった。

表-3 検証点精度の結果

(m)	グリーンレーザ 1 回目			グリーンレーザ 2 回目		
	X	Y	Z	X	Y	Z
平均	0.011	0.007	0.032	0.015	0.031	0.010
標準偏差	0.010	0.005	0.019	0.011	0.017	0.011
(m)	グリーンレーザ 3 回目			近赤外線 LS		
	X	Y	Z	X	Y	Z
平均	0.010	0.014	0.032	0.018	0.007	0.013
標準偏差	0.009	0.010	0.011	0.014	0.007	0.012

② 表面形状の異なる面での標高精度

図-4, 5 に示すように、堰堤上や水の干上がった川岸に長方形の検証面を設定し、5 cm メッシュごとに近赤外レーザに対するグリーンレーザの標高較差を算出した。その結果を表-4 に示す。各メッシュの標高較差の平均値の結果はともに ± 0.05 m 以内の精度を示しており、堰本体のようなコンクリートで被覆された面と、川岸の砂利で不陸がある面のいずれも同等の精度であることが確認できた。

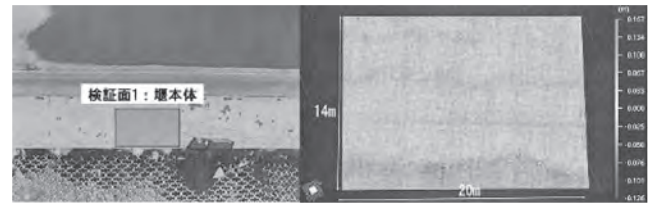


図-4 標高差分の検証面とヒートマップ (堰本体)

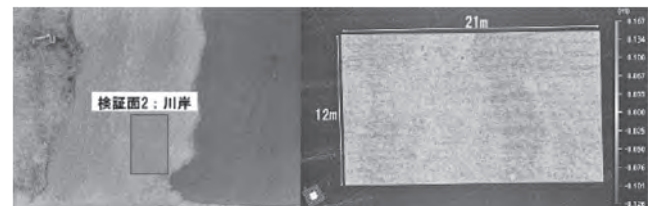


図-5 標高差分の検証面とヒートマップ (川岸)

表-4 陸域任意面の標高精度の結果

(m)	堰本体 1 回目	堰本体 2 回目	堰本体 3 回目
平均	-0.001	0.023	0.047
標準偏差	0.024	0.012	0.015
最大	0.167	0.187	0.113
最小	-0.126	-0.040	-0.019
(m)	川岸 1 回目	川岸 2 回目	川岸 3 回目
平均	0.020	0.008	-0.021
標準偏差	0.014	0.022	0.017
最大	0.078	0.143	0.050
最小	-0.062	-0.088	-0.148

(b) 水域におけるグリーンレーザ計測精度

①グリーンレーザ点群の標高精度

UAV グリーンレーザ計測は計3回実施し、各データについて検証を行った。合わせて、河床におけるグリーンレーザ点群の標高精度検証の基準用データとして、VRS-GNSS 計測を実施した。既設堰堤の上流部・下流部それぞれで写真-2のように河床にポールを立てて、図-6に示す2つのエリアにおいて計88点の座標値を基準データとして取得した。このGNSS計測点の中心から直径15cmの領域内に存在するグリーンレーザ点群の標高の平均値とGNSS計測値との較差を算出し標高精度を評価した。

その結果を表-5に示す。計測回ごとの上流部、下流部それぞれの計測点におけるグリーンレーザ点群とGNSS計測の標高較差の平均値、標準偏差、最大値、最小値を整理したところ、上流部、下流部ともに標高

較差の平均値は、±0.1m以内の結果となった。

②標高精度と水深の相関関係

GNSS計測時に同地点を棒スケールで計測した水深の実測値と、①の検証で算出した標高精度の関係をプロットし、水深によってグリーンレーザ点群の精度に影響があるか検証を行った。計3回の計測で取得した標高較差の全計測点データとその水深の関係を図-7に示す。全計測点の中で最大水深は1.1m、最小水深は0.03mであった。この範囲内において水深が増加することによる標高計測精度の変化については、図中に示すように相関関係はみられない結果となった。

4. おわりに

本実験で実施した陸域および水域でのグリーンレーザの精度検証結果を以下にまとめる。

(1) 陸域におけるグリーンレーザ計測精度

写真-3に示す陸域・水域が混在した現場におい



写真-2 VRS-GNSS 計測状況

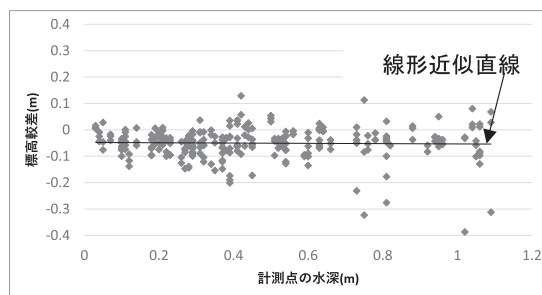


図-7 水域の標高精度と水深の関係

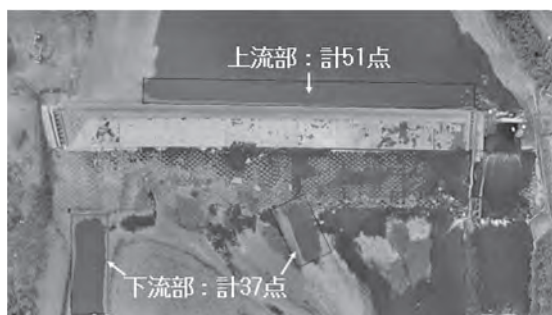


図-6 水域の標高精度検証位置



写真-3 水域・陸域が混在した現場状況

表-5 水域の標高精度の結果

(m)	グリーンレーザ1回目		グリーンレーザ2回目		グリーンレーザ3回目	
	上流部	下流部	上流部	下流部	上流部	下流部
平均	-0.049	-0.038	-0.069	-0.068	-0.024	-0.054
標準偏差	0.038	0.043	0.053	0.072	0.030	0.097
最大	0.031	0.057	0.043	0.113	0.054	0.129
最小	-0.121	-0.174	-0.231	-0.312	-0.095	-0.387

て、検証点の平面座標精度と任意面の標高精度ともに ± 0.05 m 以内の精度を有することを確認した。また、砂利のような不陸のある場所であっても近赤外レーザと同等の精度で計測可能であったことから、グリーンレーザ計測による点群データは土工事などの地形データとして利用できることがわかった。

(2) 水域におけるグリーンレーザ計測精度

今回のような水深 1 m 程度の透明度の高い河川において、取得した河床点群データの標高精度は ± 0.1 m 以内の精度を示した。また、水深 1 m の範囲内であれば、標高精度に対する水深の影響を考慮する必要がないことも確認できた。

以上の結果から UAV グリーンレーザ計測で取得した陸域と水域が連続している点群データは、工事現場の起工測量に適用可能な精度を十分有することを確認した。

なお、標高精度の ± 0.1 m とは、i-Construction の施工管理基準¹⁾では起工測量の管理基準値である。さらに精度の高い管理基準値 ± 0.05 m である現場地形の出来形測量への適用に向けてさらに現場検証を進めていく予定である。

今後は上記のことも含めて、UAV グリーンレーザ

計測の施工現場への適用性向上に向け、透明度の低い水質や水深の深い河川などより厳しい条件下でのさらなる追加検証を行うとともに、河川工事やダム工事などでの現場施工管理手法として積極的にアピールしていきたい。

JICMA

《参考文献》

- 1) 国土交通省：3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）、2021.3
- 2) 国土交通省報道発表資料、「陸上・水中レーザドローン」現場実装へ：<https://www.mlit.go.jp/common/001271580.pdf>, 2019.2
- 3) 中村圭吾, 福岡浩史, 小川善史, 山本一浩：グリーンレーザ（ALB）による河川測量とその活用, RIVER FRONT Vol.84, pp.16-19, 2017.3
- 4) 堺浩一, 間野耕司, 橘菊生, 西山哲：UAV グリーンレーザ計測による河川構造物点検への適用検討, 河川技術論文集, 第27巻, pp.51-56, 2021.11
- 5) ㈱ビジュアル・システムズ HP：<https://visual-systems.jp/sensing/astraliteedgelidar.html> (Accessed 2022.3.28)

【筆者紹介】

澤城 光二郎（さわき こうじろう）
 ㈱安藤・間 技術研究所
 フロンティア研究部
 ICT・ロボティクスグループ



AIによるシールド工事の生産性向上の取り組み

安井 克豊

シールド工事では、既設構造物を避けるためにトンネル線形が複雑になる場合が多く、線形精度の確保に多大な労力を費やしている。著者らは、トンネルの計画線形に対するシールド機の掘進方法と、セグメントの割り付け方法を提示する「施工計画支援AI」をシールド工事に適用し、計画時間の大幅な短縮を図ることができた。また、シールド機のジャッキの制御方法を予測してオペレータにガイダンスする「掘進操作支援AI」を適用し、AIが示すシールド機の操作ガイダンスに基づきシールド機を制御したところ、高精度に掘進方向を制御できた。本稿では、導入したシールド工事用AIの概要と、現場に実装して検証した結果を紹介する。

キーワード：シールド，AI，線形管理，施工計画，生産性向上，掘進操作，ガイダンス

1. はじめに

シールド工事は、他の工種に比較して機械化が進んでおり、非常に少ない人員でも施工できることが特長である。その一方で、既設構造物を避けるためにトンネル線形が複雑になる場合が多く、線形精度を確保するために多大な労力を費やしている。また、シールド機の操作は長年の経験と技術が必要な部分として人間がかかわっている最後の部分でもある。筆者らは、これらの作業をAIに置き換えることにより、省人化、

合理化による生産性向上が期待できると考え、開発に取り組んでいる。図-1にAIによるシールド工事の生産性向上のイメージを示す。

本稿では、導入したシールド工事用AIの概要および現場に実装して検証した結果を報告する。

2. シールド工事用AIの概要

シールド工事では、一般に昼夜交替で作業が行われており、短い交替時間の中でシールド機の位置やセグ



図-1 AIによる生産性向上のイメージ

メントの出来形等の測量を行い、その結果に基づいて次の掘進計画を行っている。掘進計画では、次の掘進予定分のリングを対象にしてシールドの操作方法やセグメントの組立方法等が示された掘進指示書を作成する。そして掘進中においては、熟練のオペレータがその掘進指示書とシールドの状態が示されたモニターの情報を見ながらシールドの操作を行っている。そこで筆者らは、これらの作業をAIに置き換え、AIによる施工計画立案と、掘進操作支援AIによるガイダンス運転を実施・検証した。以下に、それぞれのAIについて詳述する。

(1) 施工計画支援 AI

シールド機の操作は、シールドジャッキの長さを調節するとともに、中折れ機構と余掘り装置を併用して計画線形からの蛇行量を基準値内に収められるように管理してシールド機を前進させる。また、主に直線部で使用する標準セグメントと曲線部で使用するテーパセグメントを組み合わせることでトンネルを構築する。

施工計画支援AIは、上記のシールド機の操作方法やセグメントの割り付け等の施工計画の検討を担当するものであり、図-2にそのイメージを示す。セグメントの種類や在庫数、トンネル線形等の制約条件の中で、機械学習と遺伝的アルゴリズムを用いてシールドの操作方法やセグメントの割り付けの最適な組み合わせを探索させ、それらを掘進計画に活用するものである。

(2) 掘進操作支援 AI

シールド機のオペレータは、シールド機のピッチング値やローリング値に加え、ジャイロコンパス等から得られるシールド機の姿勢・方向の情報や、カッタールクや総推力、ジャッキストローク値等、様々な情報を確認しながら掘進指示書に基づきシールド機を操作している。このような膨大な情報を瞬時に分析・判断し、掘進指示書通りの掘進を実現するためにシールド機の操作方法の最適解を提供するのが掘進操作支援AIである^{2)~4)}。

3. シールド工事に用 AI の実装検証結果

以下にシールド工事に用 AI を実装した工事の概要と検証した結果を示す。

(1) 工事概要

表-1に工事概要を、図-3、4にそれぞれトンネル平面図、縦断図を示す。シールドトンネルは、空港施設の滑走路・誘導路・エプロンのほかに、首都高速道路や国道、共同溝および東京モノレール等に近接し、それらがトンネル線形のコントロールポイントとなっている。非常に複雑なトンネル線形であることから、線形精度の確保が工事の重要課題の1つであった。

(2) 施工計画支援 AI の検証

施工計画支援AIの検証は、図-3、4に示す区間延長84m(70リング分)、平面曲線R=220m、縦

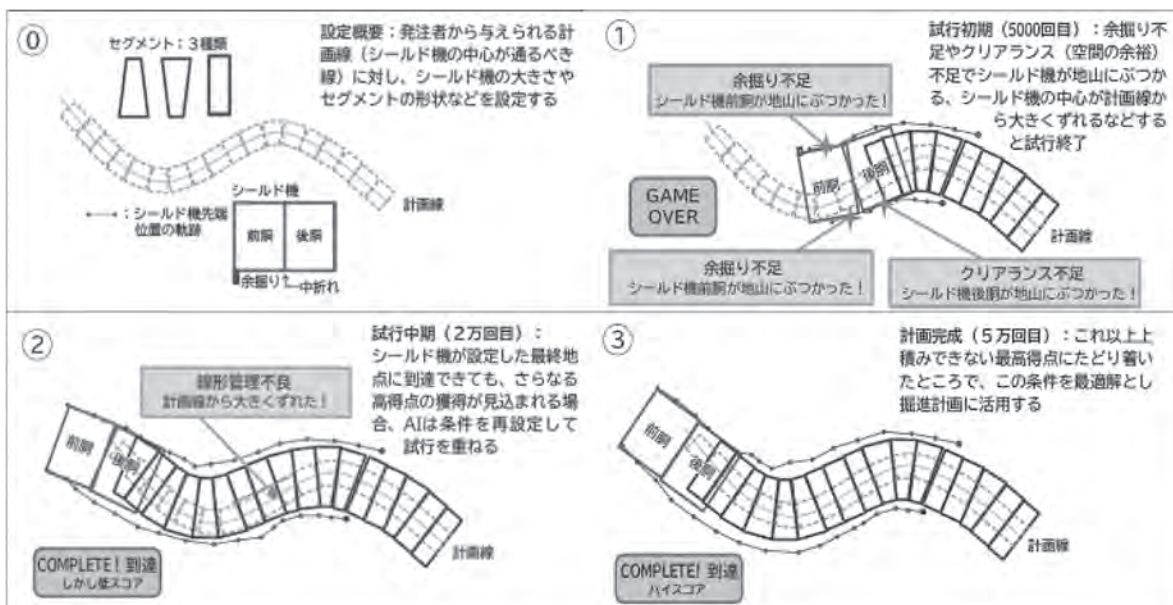


図-2 施工計画AIのイメージ¹⁾

断曲線半径 $R = 530\text{ m}$ の三次元縦断曲線を含む区間で実施し、約 15 分で計画を立案できた。図-5 に施工計画支援 AI のモニター表示例を示す。本 AI では、テールクリアランスやテールボイド量を制約条件とし

てセグメントの組立パターンやシールド操作方法等を検討しており、掘進中のテール部の競りや過度な余掘りを防止する計画を立案することができた。

表-1 工事概要

工事名	東京国際空港陸内トンネル他築造等工事
工事場所	東京都大田区羽田空港内
工期	平成28年8月7日～令和2年8月31日
発注者	国土交通省関東地方整備局
施工者	清水・五洋特定建設工事共同企業体
シールド工	泥水式シールド工法 (φ11,83m, L=1853.6m)、合成セグメント (外径11.7m, 内径10.7m, 直線部B=1.5m, 曲線部B=1.2m)
内部構築工	プレキャストボックスカルバート据え付け工、流動化処理土充填工
発進立坑	地中連続壁工法, L=28.7m, W=18.7m, H=18.5m
アプローチ	函渠部L=63.0m (W=13.3~13.7m, H=7.8~8.0m)、U型擁壁部L=158.5m (W=10.5~12.9m, H=1.0~12.8m)
地盤改良	流動化処理土置換工、砂圧入式静的締固め工法
その他	舗装工、排水工、標識工

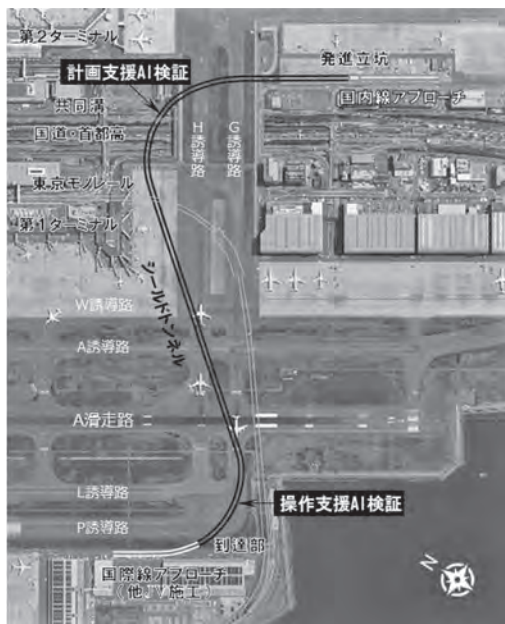


図-3 路線平面図

(3) 掘進操作支援 AI の検証

掘進操作支援 AI によるガイダンスシステムの検証は、計 3 か所、10 リングにわたって実施した。最初の 2 か所は左カーブ区間と直線区間で行ったが、ガイダンス運転の途中でオペレータの判断で介入操作が行われたため、完全なガイダンス運転とはならなかった。3 か所目は図-3, 4 に示した位置であり、1 リング分の掘進をすべて AI のガイダンスどおりに掘進することができた。なお、当該箇所は、上り勾配が 0.8%

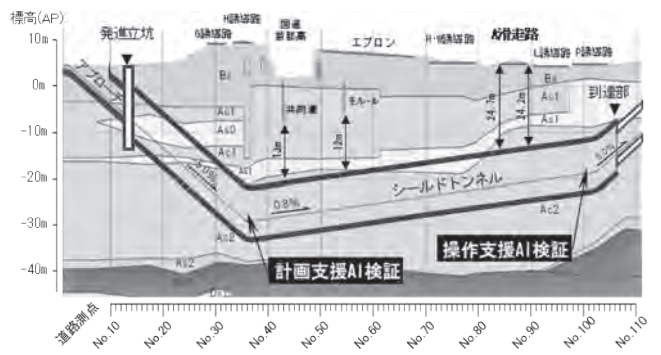


図-4 路線縦断面図

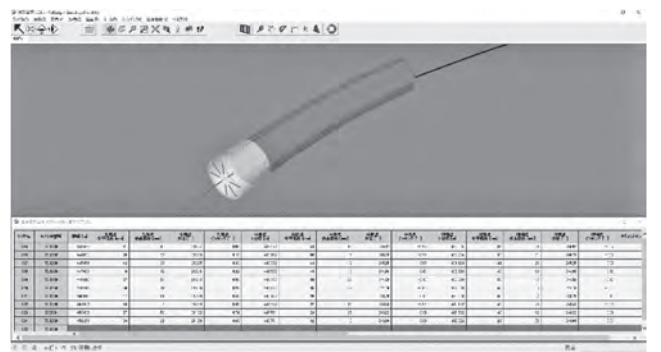
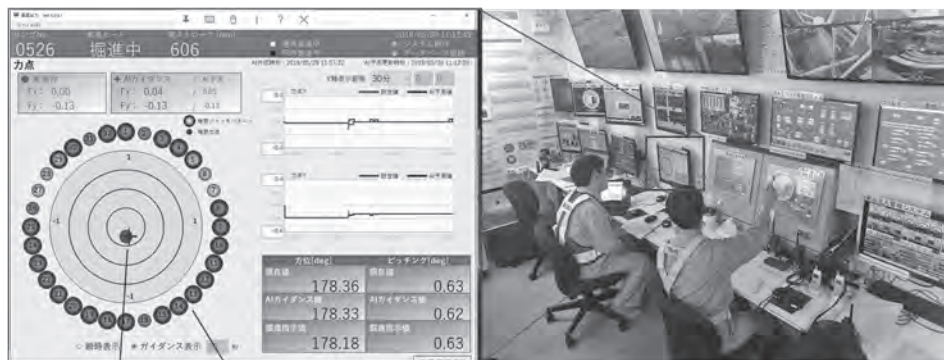


図-5 施工計画支援 AI のモニター表示例¹⁾



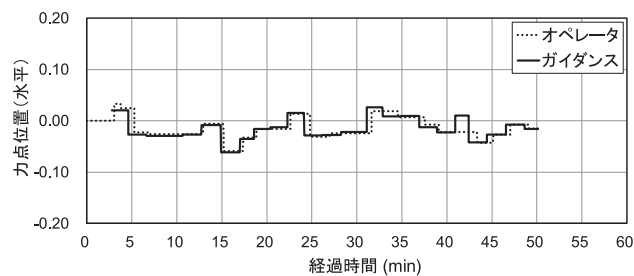
● ; 現在のジャッキ力点
 + ; AI が予測した力点
 ● ; オペレータが選択しているジャッキ
 ○ ; AI が予測した力点となるジャッキパターン
 図-6 操作支援 AI によるガイダンス運転の状況⁵⁾

から5%に変わりながら曲線半径 220 m の右方向にカーブする区間となっている。

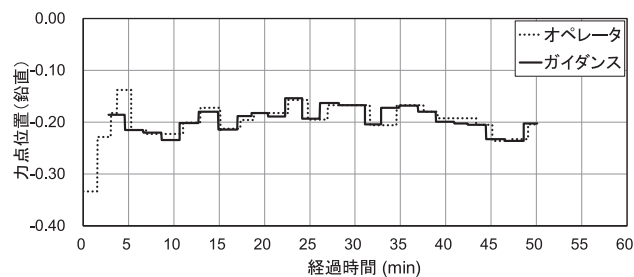
図-6はガイダンス運転を実施しているときの状況であり、オペレータがガイダンス画面に示されたとおりに使用するジャッキを選択（操作）していることが分かる。

図-7はガイダンス運転をしたときのシールドジャッキの力点位置の時間推移である。実線はAIが提示した力点を、点線はオペレータが設定した力点を示している。なお、掘進開始時にAIからの出力が無いのは、特徴量の移動平均値を計算する際に、一定のデータが得られるまで結果を出力できないことから、待機する必要があるためである。

図-8にガイダンス運転の実施結果として、線形管理項目の時間推移を示す。図中の実線は掘進開始時の各状態値と掘進指示値（最終値）を直線で結んだものであり、点線が観測値である。両者を比較して分かるように、左右ジャッキストローク差と方位角については、掘進終了時の指示値との差がそれぞれ+2 mm、-0.02 degであり、ほぼ指示通りに掘進できたといえる。しかし、ピッチング角は指示値には近づいているが満足な結果にはならなかった。この要因として、今回検証を行った箇所は勾配が遷移している区間であり、学習データにはこのような区間を掘進したデータが少なく、AIが十分に学習できていなかったためと考えられる。しかし、いずれの管理項目も許容範囲に収まっており、本システムの適用性を確認することができた。



(a)水平方向

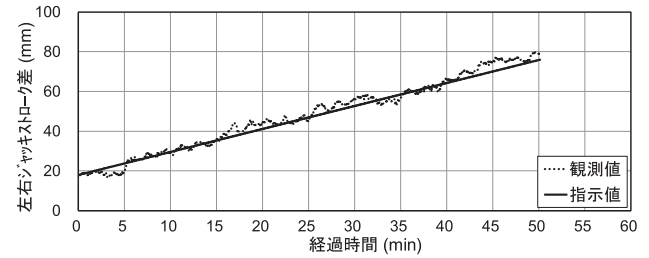


(b)鉛直方向

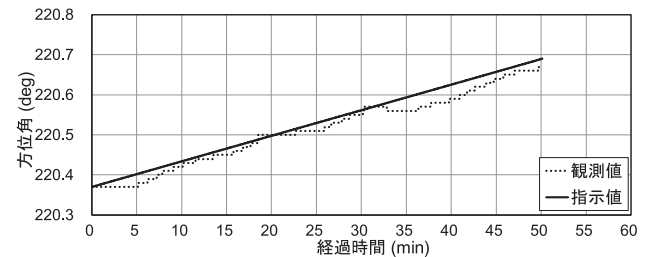
図-7 シールドジャッキ力点の時間推移⁶⁾

4. 今後の展望

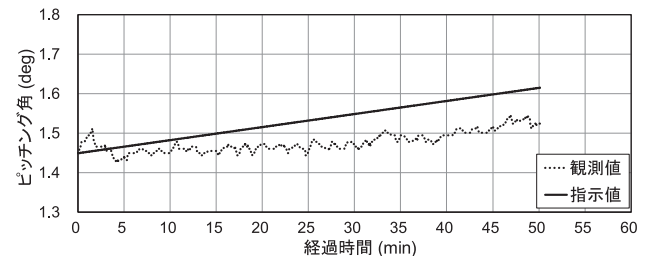
今後、両 AIを統合し、さらには自動測量システムとデータを連動させることで、計画から施工までのシールド工の完全自動運転を実現したい。また、図-9に示すとおり、複数のシールド現場をAIにより遠隔操作・監視するシステムを構築し、さらなる品質



(a)左右ジャッキストローク差



(b)方位角



(c)ピッチング角

図-8 線形管理項目の時間推移⁶⁾

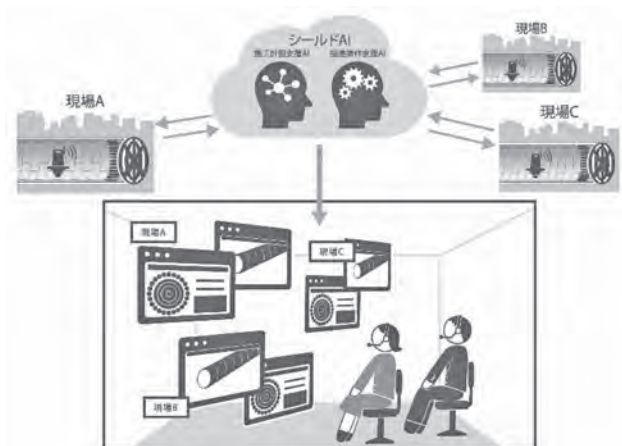


図-9 シールド工専用 AIの今後の展望

向上及び生産性向上につなげていきたいと考えている。



《参考文献》

- 1) 増田湖一, 新宮康之, 杉山博一, 和田健介, 安井克豊, 加藤昇平, 鈴木誠, 田崎仁久: AIによるシールド掘進合理化技術の開発状況報告, 令和2年度土木学会全国大会第75回年次学術講演会, VI-556, 2020
- 2) 杉山博一, 和田健介, 中谷武彦, 大木智明: 人工知能によるシールド機操作に関する予備的検討, 土木学会年次学術講演会, VI-338, 2017
- 3) 和田健介, 杉山博一, 野澤剛二郎, 本多眞, 中谷武彦, 大木智明: AIによるシールド機の自動方向制御, 土木学会第73回年次学術講演会, VI-143, 2018
- 4) 和田健介, 杉山博一, 野澤剛二郎, 本多眞: シールドマンの操作特性を考慮した自動操縦 AI モデル, 令和元年度土木学会全国大会第74回年次学術講演会, VI-814, 2019

- 5) 安井克豊: AIによるシールド工事の計画・施工の省力化, 建設機械, 2022年9月号, 2022
- 6) 和田健介, 杉山博一, 野澤剛二郎, 本多眞, 西田充, 鈴木誠, 田崎仁久: AIを用いたシールド機用ガイダンスシステムの実証実験, 令和2年度土木学会全国大会第75回年次学術講演会, VI-557, 2020

[筆者紹介]

安井 克豊 (やすい かつとよ)
清水建設㈱
関西支店 新名神枚方トンネル建設所
管理技術者





デジタルツインを構築する VR・CG 技術の 最新動向と自動運転・モビリティプロジェクトへの適用

松田 克巳

現在、フォーラムエイトで取り組んでいる、各種オープンデータを活用した VR・CG ソフトによるデジタルツイン環境構築の最新動向、構築された環境の自動運転・モビリティ研究開発プロジェクトへの適用について、実際のユーザ事例も踏まえ説明する。

キーワード：デジタルツイン、VR、メタバース、自動運転、モビリティ、ADAS、自動運転制御システム (ROS/ROS2)、ドライブシミュレータ

1. はじめに

UC-win/Road (以下、本 3DVR ソフトウェアという) は、オープンデータ、地図、標準 CAD、点群等のデータと連携して容易に大規模空間を構築し、景観、運転、日照、天候等の多様なリアルタイムシミュレーションが可能な 3DVR ソフトウェアであり、外部データを取り込んで、交通流、風、環境エネルギー、災害 (洪水・津波・土石流・地震・火災)、人流・避難などの解析結果を可視化することもできる。

本 3DVR ソフトウェアは、日本国内の場合であれば国土地理院地図、また海外の各種オープン地図データなどからベースの地形を作成し、現実と同様の緯度・経度、座標系に基づいた都市空間をモデリングできる。建物や植栽、路面マーキング、標識など数千種類のモデルがデータベースで用意されており、容易に空間の作り込みが行えるようになっている (図-1)。

また、歩行者や車両、信号といったオブジェクトがそれぞれ属性を持った形で外部と通信できるため、C++ や JavaScript などの言語を使用してシミュレーション情報を取得し通信することにより、開発中車両の制御ソフトウェアや、自動運転ソフトウェアと接続し仮想環境でデバッグを行うといった活用も行える (図-2)。

環境パラメータの設定も可能であり、例えば、時間帯を夜に設定してライティング効果を入れた状態で運転を行うことで、ヘッドライトの配光シミュレーションも行うことができる。

2. オープンデータを活用したデジタルツインの構築

国土交通省が主導する日本全国の 3D 都市モデル整備・活用・オープンデータ化プロジェクトである公開型プラットフォーム PLATEAU (プラトー) で公開

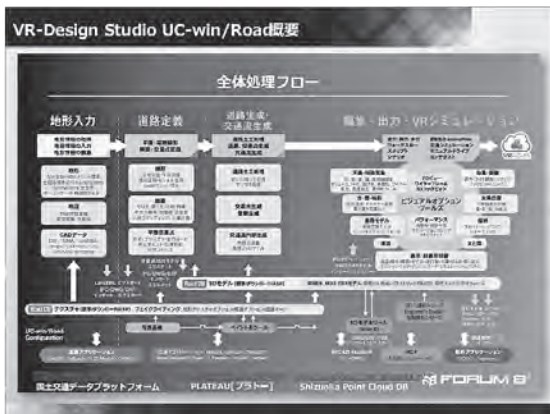


図-1 UC-win/Road 全体処理フロー



図-2 オブジェクト情報取得プレビュー画面

されている建物情報を CityGML 等のフォーマットを経由して、ダイレクトに読み込むことができる。PLATEAU は、複数の属性を備えた都市データベースであり、建物等の形状データについても一部テキスト付きで公開されており、道路情報の整備にも着手しつつある。

国土交通省の PLATEAU (プラトール) Web サイトの Use Case では、様々な実証実験の事例が紹介されている。

一例として、建築物外壁検査の支援事例を紹介する。この実証実験の事例では、建物外壁への日照シミュレータを開発し、外壁タイル点検のための調査計画策定を効率化させ、ドローンによる赤外線調査の普及・拡大を目指している。

ドローンによる赤外線調査では建築物の外壁温度が品質・精度に影響を与えるため、事前にデジタルツイン環境で、対象建築への日照環境を把握し、赤外線調査の効率的な調査計画立案を支援する実証実験の事例として紹介されている (図-3)。



図-3 PLATEAU (プラトール) を活用したドローンによる建築物外壁検査の支援

また、社会基盤情報流通推進協議会 (AIGID) が運営する G 空間情報センターのウェブサイトで公開されている、伊豆半島の 3 次元高精度点群データでは、富士山南東部・伊豆東部地域の 1,050km² がカバーされており、航空レーザ計測や航空レーザ測深、移動計測車両により取得した 3 時点群データ、地表面及び樹木・建物等の地物、海岸線の水中部の緯度・経度・標高の座標情報データが統合されている。本 3DVR ソフトウェアでこのデータを取り込むことで、空間を可視化して走行領域を設定し、計測された点群データ内を車両で走行するところまでを比較的短時間に行うことができる (図-4)。

また、海外においてもこのようなオープンデータ整備



図-4 点群データインポートの様子

は進められており、それらのデータ活用も可能である。

本 3DVR ソフトウェアで従来に本来搭載されていた多様なデータ連携機能がさらに向上して各種オープンデータとのインターフェースとして拡張が進んだことで、研究のベースとなるデジタルツインの実験環境を短時間で作成し、研究テーマそのものに、より注力できるようになってきている。

3. 自動運転・モビリティ研究開発におけるデジタルツイン活用

MaaS (Mobility as a Service) は、あらゆる交通機関を IT によりシームレスに連携することで、乗り換えサービス全般の利便性・優位性を図り、DX 技術を絡めて利用者に提供するシステムである。このような新しいサービスを導入する際、例えば、モビリティシステム運用計画の場合など、デジタルツインの実験環境を活用して事前検証を効果的に実施することができる。また、モニタリング環境として利用し、カメラでカバーし切れないエリアの情報を座標で受信すれば、これをソフトウェア側で、比較的小さなパケット情報から可視化することもできる。さらに、一度構築したデジタルツインは、運用だけでなくシステム改修などでも将来に渡って実験環境として利用できる。

モビリティ検討においては都市の交通シミュレーションや渋滞予測などが必要となるが、前出の本 3DVR ソフトウェアでは、一例としてマイクロシミュレーションプレイヤーを使用して、ドイツ PTV 社製の交通解析ツール、VISSIM による交通解析結果を可視化し、デジタルツイン環境で再現することができる。ソフトウェア上で運転している車両情報をリアルタイムに VISSIM へ送り、VISSIM 上での周辺車両と信号機の計算結果がソフトウェアの VR にほぼリアルタイムで反映されるという流れである。現実に近い挙動を再現し、ソフトウェア上のドライバーもしくは自動運転車両としてこの解析結果の中に割り込むことも



図一五 VISSIM リアルタイム連携機能

可能であるため、運転シミュレーション、自動運転およびADAS、モビリティ関連の研究開発で有効活用できる（図一五）。

このように、本3DVRソフトウェアのデジタルツインは、新しいモビリティが加わった場合に都市・交通環境がどのように変化するかを、計画段階で事前にシミュレーションし検証することができる機能を提供している。

4. 現実空間の交通事象をデジタルツインで可視化

デジタルツインで現実空間の交通事象の再現を行った事例として、阪神高速道路株の、カメラ画像からの車両軌跡生成とVRデータ連携の取り組みを紹介する。

阪神高速道路株では2017年より、「Zen Traffic Data」(ZTD)プロジェクトを進めている。これは、渋滞が多発し構造も複雑な数キロ範囲の対象区間を走行する全車両について、画像センシングにより0.1秒単位の運転挙動を車両軌跡データとして長時間にわたりデータ化し、交通工学の研究者や自動運転技術を開発する自動車メーカーなどにオープンデータとして無償提供するものである。対象区間の全トラフィックについて、カメラ画像からの画像処理で車両を特定し複数台の車両軌跡のデータベースが構築されており、車両ID、時刻、車種、車長といった情報として取得できる。

これらのデータを渋滞対策・安全対策等に利用するため、本3DVRソフトウェアのデジタルツイン環境に取り込んで可視化できるプラットフォームの整備を行った。これにより、現実環境で発生する交通事象で、合流する際の挙動や、ぎりぎりでも割り込んでくる車両などの危険事象、車線変更などといった実ドライバー

の挙動を、デジタルツインの実験環境上で再現し、この中に新しい車両を投入するといった実験にも応用することが可能となった。

このように、ソフトウェアのシミュレーションデータと車両軌跡のオープンデータを組み合わせることで、多様な視点から実際の交通状況・車両挙動を概観することが可能となり、実効性の高い渋滞対策・安全対策の立案に役立つシステムとなっている（図一六）。



図一六 阪神高速道路車両軌跡シミュレーション（阪神高速道路株、第18回3DVRシミュレーションコンテスト on Cloud 出品作品）

5. 建設工事現場におけるリアルタイム3Dモニタリング及び安全管理へのデジタルツイン活用

ダム建設工事現場においてもデジタルツインの活用が進んでいる。

大成建設株では、栃木県鹿沼市の南摩ダムでの建設現場での運用を想定したプロジェクトが公開されている。

自動建設機械の協調制御システム「T-iCraft」と本3DVRソフトウェアを連携させ、ダム建設現場におけるリアルタイム3Dモニタリング及び接近時の緊急停止システムを構築している。

現場で稼働している異なるメーカー同士の重機や現場作業員のGNSSの位置情報を用いて、本3DVRソフトウェア上で自動建機や作業員の位置を可視化、接近検知を行い、状況に応じて自動建機の監視者に対する警告や協調制御システムへの停止命令を出す仕組みとなっている。

GNSSの位置情報の通信パケットのみで現場の重機の状態をリアルタイムで遠隔モニタリング可能で、建設現場の安全管理面においても貢献が見込めるプロジェクトとなっている（図一七）。

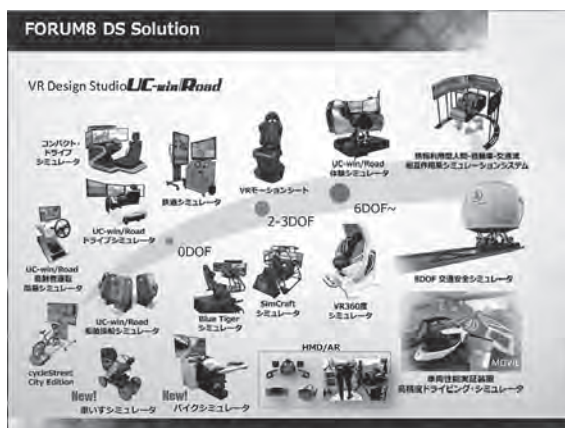


図一七 ダム建設工事における重機 3D リアルタイムデジタルツインシステム (大成建設株, 第 21 回 3DVR シミュレーションコンテスト on Cloud 出品作品)

6. 自動運転制御システム (ROS/ROS2) との連携によるデジタルツイン活用

デジタルツインを利用した実験環境システムの例としては、ソフトウェアと、脳波センサ、生体計測とのハードウェアデバイス接続、HILS などリアルタイム系シミュレーションシステムとの同期などを、統合的なシステムとして開発提供し、実験環境として活用されている (図一八)。

また、近年の取り組みとしては、自動運転制御システム (ROS/ROS2) と VR の連携環境構築を実施している。それぞれ独自に開発されている自動運転制御システムとデジタルツインの環境を接続し、風速、時間、オブジェクトなどを含むシナリオを VR のデジタルツイン環境で生成し、効率よく実験が行える。その制御部をそのまま実車両に応用していくという一連の仕組みをシステム開発サービスとして実施している。



図一八 シミュレータハードウェア一覧

7. デジタルツインとハードウェアの連携、ドライブシミュレータの活用事例

本 3DVR ソフトウェアで構築したデジタルツイン環境と実車型ドライブシミュレータなどのハードウェアを組み合わせることで、より現実の運転操作に近いドライブシミュレーションが可能となる。運転中の車両全体の動き、エンジンから車輪までの各伝達装置のモデルを実装してリアルな運動を表現できるため、前述の自動運転研究を中心として、車輛システム開発や ITS 交通システム研究、ドライバー、車、道路、交通との相互作用研究、安全運転訓練用教材など、様々な目的で活用されている。

現在、乗用車、トラックに加えて、自転車、バイク、車椅子のシミュレータなども新しいモビリティとして、ソフトウェアのデジタルツインと併せシステム一式として提供している。この中で、大型シミュレータの事例としては中国交通部「8DOF 交通安全シミュレータ」が挙げられる。

8DOF 交通安全シミュレータ、中国交通部が交通安全研究のために計画し、交通運輸部公路科学研究院が仕様を作成・構築したシステムで、2009年1月の国際入札でフォーラムエイトが単独受注し、2014年2月に納品した大型シミュレータである。ハードウェア部分は、6自由度モーションプラットフォームと Yaw テーブル、X テーブルで構成される 8 自由度車両運動モデル実車運転模擬装置として開発され、クラスタ構成による 360 度投影装置、音響システム、振動装置などにより限りなく実運転に近い環境を提供している。乗用車キャビンおよびトラックキャビンは、ドームシステムを備え、CCD カメラ、映像モニタと録画システムなどの管理システムを搭載し、交通流シミュレータ、車両運動モデル、視線追跡などの計測装置にも連携して、高度な安全運転研究に貢献している。

また、米国モーガン州立大学の Safety and Behavioral Analysis (SABA) センターでは、自転車シミュレータとドライブシミュレータ、視線計測システム、マイクロシミュレーションソフトウェアを統合することで、運転中の行動や道路標識効果を検証し、自動車と自転車におけるドライバー挙動の相互研究に活用している (図一九)。

本 3DVR ソフトウェアのデジタルツインは、実空間では不可能な、危険を伴う事象を柔軟に再現することができ、運転中にドライバーがどこを見ていたかを、オブジェクト情報を含めて時刻歴で取得できる機能も提供している。このように制御しやすいテスト環



図一〇 モーガン州立大学 Safety and Behavioral Analysis (SABA) センター事例

境を利用することで実証研究におけるコストを抑えながら、自転車運転者の安全性に関するより詳細な調査が実現している。同センターではこのシステムを、公平性、あらゆる人々のための自転車、障害者、交通標識と舗装設計、交通計画と交通需要予測などといった分野でさらに活用することを視野に入れている。

国内の事例としては、安全運転教材コンテンツとハードウェア一式のセットとして提供している「安全運転シミュレータ」が警察庁の型式認定を取得しており、教習所や免許センターで活用されている。3画面モニタの広視野角グラフィック映像で教習コースが体験可能となっており、型式認定基準に適合した4つの教材で、ログによる運転診断結果、リプレイ教習に対応しており、ドライバーが自分の運転を客観的に学習できるようになっている。

その他、特殊車両の事例として、NEXCO 中日本グループの除雪車両運転教育を目的とした「車両操作シミュレータ」が挙げられる。本システムでは、本3DVRソフトウェアを活用して除雪車両のコックピットを模擬し、道路のカーブ・勾配、橋梁・トンネル、料金所など、実際の高速道路環境を本3DVRソフトウェアのデジタルツインで再現している。特殊な気象条件下でのリアルタイムシミュレーションや、「走向コース」、「蛇行」「衝突リスク（接触回数）」、「車間距離」などの項目によるトレーニング結果が診断でき、リプレイ機能により記録された運転操作や走行状況・除雪状況などを、運転後にレビューすることができる。また、ネットワークで接続して同じデジタルツイン環境を共有した3台のシミュレータにより、梯団除雪を想定した連携訓練を実施することもできる。この場合、1台はマニュアルドライブ、他の2台は自動運転といった訓練環境の設定も可能である。

本シミュレータは車両ダイナミクスに対応している

ことから、走行中の動的挙動が実車両に近い状態での除雪車両オペレーション訓練を冬季以外でも実施可能となっており、オペレータの高齢化や労働人口の減少に伴う担い手不足に備え、新規オペレータの育成が急務となっている中、とりわけ高度な運転技能が求められる高速道路の除雪について、実車両による技能の習得機会が限られているという課題の解決につながっている（図一〇）。

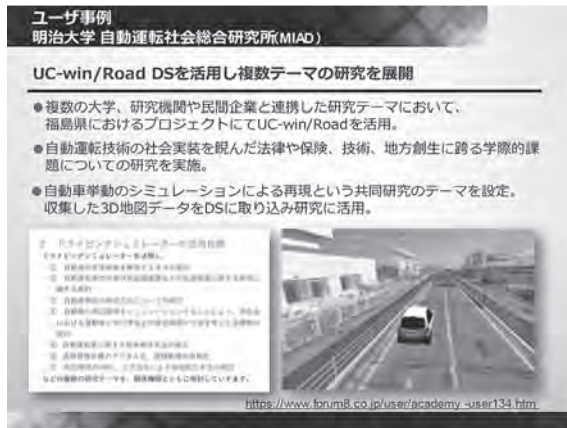


図一〇 高速道路梯団除雪訓練シミュレータ（中日本高速道路株、第20回3DVRシミュレーションコンテスト on Cloud 出品作品）

8. 自動運転技術の社会実装をテーマとした研究における活用事例

明治大学自動運転社会総合研究所（MIAD）は、自動運転技術の社会実装を睨んだ法律や保険、技術、地方創生に跨る学際的課題について、自動車挙動のシミュレーションによる再現という共同研究のテーマを設定し、本3DVRソフトウェアドライブシミュレータを活用している。例えば、事故が発生した場合、その周辺環境を計測した点群データを活用してデジタルツイン環境を作成し、実際に記録された当事者の車両と相手の車両の挙動ログをその中で再生することで、事故発生時の条件がある程度再現できる。

自動運転になると賠償責任がどうなっていくのか、事故原因をどう解析していくのかは、保険関係者にとって現在大きな関心事となっており、保険料の計算はデータに依拠しているため、ドライブシミュレータを活用して得られるデータは、補償のみならず損害防止など、従来の保険の枠組みを越えた活用に繋がっていく可能性もある。将来的に自動運転が普及して事故が発生した場合に、裁判などの関係者が分かりやすいようにログデータを可視化し、証拠資料として活用するといったことも考えられる（図一一）。



図一 11 明治大学 自動運転社会総合研究所 (MIAD) 事例



図一 12 インフラ DX 研究の最先端
~バーチャル国総研と 4KVR シミュレータ~
(国土交通省 国土技術政策総合研究所, 第 20 回 3DVR シミュレーション
コンテスト on Cloud 出品作品)

9. WebVR, メタバース環境におけるデジタルツイン環境の活用展開

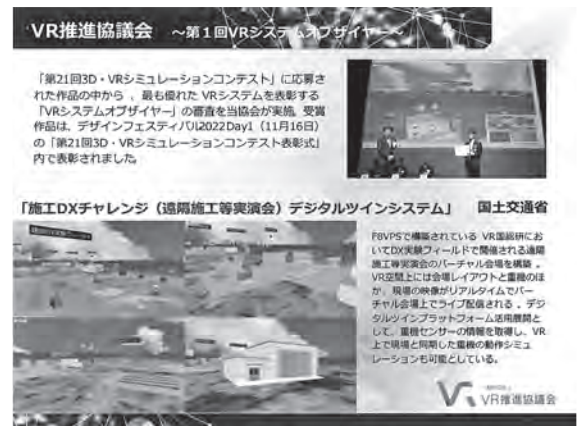
VR ソフトで作成されたデジタルツイン環境をメタバース対応 WebVR プラットフォーム F8VPS (FORUM8 バーチャルプラットフォームシステム) により Web ベースで公開し、実験や広報のプラットフォームとして活用した事例として、国土交通省 国土技術政策総合研究所 (国総研) 企画部企画課の「VR 国総研」が挙げられる。これは、インフラ DX 推進の一環として様々な実験フィールドが設置されている国総研の南北 3 km におよぶ敷地全体を VR 化し、バーチャル見学コンテンツなど広報用途での Web 公開に加えて、大型 4KVR 立体視ドライブシミュレータとデジタルツイン環境を連携させたものである (図一 12)。

「VR 国総研」は、2022 年 11 月に開催された「施工 DX チャレンジ (遠隔施工等実演会)」のライブストリーミング映像配信のバーチャル会場としても活用された (図一 13)。

このように、メタバース対応 WebVR プラットフォームでデジタルツイン環境を展開することで、モニタリング情報や車両位置情報などを連携した運転シミュレーションや、自動運転時のドライバー挙動の評価研究なども、マルチプラットフォーム・各種環境で実施するように応用することが可能である。

10. おわりに

自動運転・モビリティプロジェクトの研究開発におけるデジタルツイン環境の活用は、研究開発対象システム導入前の事前実験や、システム更新の際の事前実験、導入後のマルチデバイス環境によるモニタリング



図一 13 施工 DX チャレンジ (遠隔施工等実演会) デジタルツインシステム
(VR 国総研による活用事例, 国土交通省, 第 1 回 VR システムオ
ブザイヤー受賞作品)

においても有効な手段であると考えられる。

また、今後も、デジタルツイン環境構築のためのオープンデータは、着実に整備されていることが見込まれる。形状や属性データが詳細化されていく都市モデルや、車両交通、人流などのダイナミックデータとのリアルタイム連携などの機能拡張が新しいテーマとして取り組んでいく必要がある。パッケージソフトウェア開発の技術基盤をベースに、利便性の高い国産のパッケージ製品展開、技術サービスの提供が期待される。

JCMA

【筆者紹介】

松田 克巳 (まつだ かつみ)
㈱フォーラムエイト
執行役員, システム営業マネージャ



ずいそう

釣って、喰う！

上田 隆



「一時間、幸せになりたかったら酒を飲みなさい。」
 「三日間、幸せになりたかったら結婚しなさい。」
 「一生、幸せになりたかったら釣りを覚えなさい。」
 中国の古い名言です。それに、あやかっただ訳でもないのですが、5年前にセミリタイアしたのを機に釣りを始めました。

1. 未利用魚を釣って喰う！

釣りを始めてしばらくすると、「釣りたい魚と釣れる魚は違う」ということが身に染みるようになります。釣りの世界では外道（げどう）ということばがあり、目的以外に釣れてしまった魚のことを指します。本職の漁師さんもそれは同じで、商売にならない魚は廃棄することになります。そんな市場に出ることのない魚のことを未利用魚といいます。

しかし、必ずしも未利用が食べられない魚という訳ではありません。また、地域によっても未利用魚の種類は変わり、関東では食されることのほとんどないベラの仲間も関西以西では、堂々と魚屋の店頭にならんでいます。

そんな、東日本ではなじみの薄いベラですが、食べてみるとなかなか美味なのです。ベラの種類としてよく釣れるのに九線ベラとササノハベラがあります。九線ベラはカラフルな体側に黒で9本の線があるので、その名が付けられたそうです。熱帯魚を思わせるその鮮やかさが嫌われる原因かもしれません。九線ベラは天ぷらネタとしてよく知られ、キスよりも上ともいわれます。もちろん、関西での話です。

一方、ササノハベラは地味な茶色で、25 cm 程度まで大きくなります。生息環境や食性が近いのか、人気釣魚のカワハギの外道としてよく釣れます。

大きなササノハベラになると刺身でも十分に美味しく頂けますが、型がそろわない場合に重宝する料理方法が煮付けです。水3、酒3、砂糖1、みりん1、醤油1、の割合の煮汁で、落し蓋をしてできるだけ強火で10分くらい煮れば出来上がり。魚を取り出してから、少しとろみがつくまで煮詰めた煮汁をかけて白髪ねぎでも添えれば、料亭の一品の出来上がりです。



写真一 1 ササノハベラの煮付け

ちょっとしたコツは、調味料を入れる順番でしょうか。甘いものから先にいれてゆきます。そして醤油は半分に分けて、最初の半分は、砂糖、みりんを入れた後に、残りの半分は煮あがる2、3分前に入れる感じで。

2. 毒魚を釣って喰う！

最近、東京近郊の海釣り公園などでよく見かける看板があります。「毒魚に注意！」茶色に白色の斑点、ラグビーボールのような魚体のイラストが描かれており、アイゴと名前が記されています。この魚、ひれに鋭いトゲが付いていて、そのトゲに毒があります。特に最近、東京湾付近で増えています。これも温暖化の影響でしょうか。

実は、私も海釣りを始めてすぐの頃に、毒魚と知らずに釣れたアイゴを触って酷い目にあっています。指



写真一 2 毒魚に注意

先をチクッと刺されただけなのですが、30分くらい悶絶していました。皆様もくれぐれもご注意ください。

そして、この魚、もう一つ特徴があって。四国、九州方面では「バリ」と呼ばれています。バリというのは、西の方の方言で小便のこと。そう、この魚、オシッコ臭いんです。食性が海藻を好んで食べるため消化器が長いのが理由とのこと。

そんなこんなで、関東ではめったに食べられることのない魚ですが実はこの魚、西の方では前述したようにバリの愛称でよく食べられています。刺身でも美味しいらしいのですが、残念ながら私が釣ったのは手のひらサイズで、刺身にはちょっと小さく、一夜干しにして炙っていただきました。心配の臭いも全くなく、白身で旨味のある魚です。

一夜干しは、開きにした身を10%の食塩水に20分ほど漬けて、その後、軽く水洗いして干します。干す時間は、一夜干しとはいいながら私の場合は一昼夜くらい。適度に乾いた身の歯ごたえと凝縮した旨味がたまりません。日本酒が進みます。この一夜干しは堤防釣りの定番、イワシや豆アジ（10cm程度のアジ）にもいい料理方法です。

しかし、毒魚ですから幾つかの注意が必要です。釣ってすぐに、毒のトゲを切って、内臓を頭ごと取ってしまします。トゲは、ハサミでひれごと切り取ります。背びれ、尻びれ、そしてチョット目立たなく折りたたまれている腹びれも。切り取ったひれは、切り取った後も毒は生きているので、トゲが貫通しない丈夫な入れ物に入れて持ち帰り、生ごみとして処分します。毒があっても嫌わずに、十分な注意とちょっとした工夫でおいしく食べてやりましょう。

3. 特定外来生物を釣って喰う！

外来生物法という法律があって、そこで「特定外来生物」が指定されています。指定されると、いろいろな規制があります。罰則もあります。有名どころでは、ブラックバス。スポーツフィッシングの対象魚で愛好者も多いのですが、釣って生きたまま持ち帰ると、「1年以下の懲役、もしくは100万円以下の罰金」です。

ここで、釣って喰うのはアメリカナマズ。正式名称は、チャネルキャットフィッシュといい、原産は北米。まず最初に、立派な特定外来生物ですから何があっても生きたまま移動させないようにして下さい。

関東では、霞ヶ浦がアメリカナマズの生息地として



写真-3 アメリカナマズ


有名ですが、最近では利根川水系全域に分布を広げています。私がたまに行く秘密のポイントも利根川本流の下流域になります。

さて、釣れたアメリカナマズの食べ方ですが、私の定番はフライ。見た目からは想像もつかない上品な白身魚のフライになります。フライドポテトと合わせてフィッシュ・アンド・チップスにするとビールにピッタリ。パンにキャベツの千切りと一緒にはさんでタルタルソースで味をつければ、最高のフィレオフィッシュバーガーです。出来立てを頬張れば、某ハンバーガーチェーンなど目ではありません。

まず、アメリカナマズは前述したとおり、釣り場で締めて血抜きをしておき、内臓もその時に取り除いておきます。

持ち帰ったら、表面のぬめりを取ります。アナゴのぬめりとりと同じ要領で、80度くらいのお湯をかけるとぬめりが白く固化しますから流水でこそげ落とします。3枚におろして皮を引いたら、適当な大きさに切って、あとは通常のフライの下ごしらえをするだけです。薄く塩コショウして、小麦粉を振って卵液にとおしてパン粉を付ける。何も言わずに食べさせたら、白身魚フライそのもので、アメリカナマズとわかる人はまずいないでしょう。臭いも全くありません。食べきれない分はパン粉を付けたままラップして冷凍すれば日持ちします。淡水魚ですので、生食はできませんが、唐揚げにしたり、かば焼きにしたりと、いろいろな料理の可能性があります。私もいろいろレパートリーを広げてみたいと思っています。

最近、JCMAの某委員会のお手伝いをさせていただいている縁で、ビギナー釣り人の視点で釣魚と料理について書き連ねてみました。


 ずいそう

佐渡にこいちゃ

石山 剛



トキが飛び交う自然豊かな島、佐渡。私の大好きな島、佐渡島。

「佐渡においでよ」を佐渡弁で言うと「佐渡にこいちゃ」となります。

私は今から6年前に4年間、新潟県の佐渡島に単身赴任することとなりました。新潟県出身でありながら私は、佐渡島に一度も訪れたことはなく、テレビや雑誌で得た、わずかな知識しかありませんでした。

少しの不安と、まだ見たことも、ふれたこともない、知らない世界への興味と、期待に胸をふくらませ、4月1日に新潟港からジェットフォイルで佐渡に渡り降り立ったのです。

佐渡市両津にある会社へと出向き挨拶をすると、早速お付き合いのある業者さんに挨拶に伺うこととなり、私ともう一人と2人で挨拶に伺うこととなりました。

ちょうどその日は挨拶に伺った業者さんの地区のお祭りで、伺うとお祭りの宴会でにぎわっていました。私もその宴に参加することとなり、初めての私を、佐渡の人達から歓迎していただき、お祭りの輪の中にすぐに溶け込むことができました。佐渡、初日にして大変良い経験をさせていただきました。

佐渡のお祭りは地区ごとに無病息災、五穀豊穡を願う行われ、鬼太鼓によって一軒一軒厄除けをするのですが、各地区で鬼太鼓のやり方が少しずつ違って佐渡の子供たちが伝統を受け継ぎ、脈々と代々伝え続けられてきたものなのです。春になると佐渡島のあちらこちらでお祭りの太鼓の音が聞こえてきます。

佐渡には他に色々な伝統芸能が島民によって受け継がれています。

代表するものに能があります。歴史の教科書にも出てくる世阿弥は能楽の大成者として知られていますが、世阿弥は1434年に流刑として佐渡（当時の佐渡国）に流されました。この時代、佐渡は佐渡金山として栄えて、江戸時代における江戸幕府の直轄地である天領地として重要な場所としてみなされていました。そこに世阿弥と共に能の文化が入ってくることになり、佐渡の能は神社に奉納する「神事能」として独自の進化を遂げ、江戸時代からは大衆の娯楽として浸透しました。一番多いときは200もの能舞台があったと言われていますが、現在も

30以上の能舞台が残っていて、日本国内の3分の1の能舞台が佐渡にあるといわれています。能楽堂や神社、個人が所有するものから至る所に能舞台があります。能の舞手から笛、太鼓、鼓と全て佐渡の島の人達が行います。

特に私が好きなのは薪能と言って、神社に造られている能舞台で、薪によるかがり火の中で舞われる幻想的な能は、何とも言えない厳かで神秘さを感じさせるものです。

他に佐渡には説教人形、文弥人形、のろま人形と3種類の人形芝居があります。いずれも一人で一体の人形を操る一人使いで古浄瑠璃形式をもとに独自の改良が加えられ、すべて「佐渡の人形芝居」として国の重要無形民俗文化財に指定されています。江戸中期から金山でにぎわっていた佐渡では、寺社などの祭りで人形芝居が行われていたもので、それがいまでも佐渡の島民に受け継がれているものです。

その他、各地区で行われている春駒（はりごま）、つぶろさし、花笠踊りなど多くの郷土芸能があります。いずれも職業としているのではなく、普通に仕事をしている佐渡の人達によって伝え続けられてきていることが本当にすごいことだと思います。

そして佐渡には神社仏閣が多く存在します。佐渡国一宮として皆さんが参拝する渡津神社、日蓮宗の寺院で五重塔がすばらしい妙宣寺、大和の初瀬（はせの長谷寺）を模して築かれた言われている長谷寺（ちょうこくじ）、鎌倉時代、1271年に佐渡に流された日蓮上



写真—1

人が2年半の流人生活をおくった根本寺（こんぼんじ）、佐渡最古の寺である佐渡国分寺、京都の清水寺に容易に参拝できない事を嘆き808年に京都の清水寺を模して建立した清水寺（せいすいじ）、真言宗智山派の寺院で真言宗の開祖、空海の開山という伝承をもつ蓮華峰寺（れんげぶじ）などまだまだ神社、お寺があり佐渡八十八ヶ所霊場めぐりも好きな方にとっては大変楽しい観光スポットだと思います。

そして佐渡といえば自然です。約300万年前から続く地殻変動で生まれた佐渡島は尖閣湾や小木半島に代表される美しい景観を至る所でみることができ自然風景がまるで大地のテーマパークであり、日本ジオパークに認定されています。寒暖両系の植物境界線である北緯38度線が島の中央を通過しているため、1,700種近い南北両系の植物が自生しています。本州側では2,000メートル級の標高でないと見ることができない山野草の群生が1,000メートル以下の標高でも見ることができ初夏の5月、6月には多くのトレッキングを楽しむ人でにぎわいます。また、この時期には濃い黄色の花を咲かすトビシマカンゾウが佐渡北部の大野亀に咲き誇り大変きれいで背景となる日本海とのコントラストは絶妙です。標高900m付近の石名天然杉の周遊コースではおよそ650mの遊歩道沿いに、公募



写真—2



写真—3



写真—4

で命名された「象牙杉」「羽衣杉」などの巨木が強風と霧にもまれ奇抜な形となったもので樹齢300年を超えるものもあります。

最後は何と言っても、佐渡島の食について書かなければなりません。まずは米です。新潟県は皆さんがご存じの通り米どころ新潟として、魚沼のコシヒカリなど有名ですが、私は、その中でも佐渡のコシヒカリは格別だと思っています。旅館に泊まり朝食で食べたご飯があまりにも美味しく、若くもないのに3杯もおかわりしたほどです。大佐渡山脈、小佐渡山脈がそびえ国仲平野が広がる佐渡島は、山脈からのきれいな水と、多くの生物を育む自然豊かな大地で育てられた米だからこそ美味しいのだと思います。周りを海に囲まれた温暖な気候で育つ果物も多く、大変美味しいです。特に有名なのが「おけさ柿」です、種がなく食べやすく、とろけるような舌触りが特徴で、ビタミンCをたっぷり含んでいます。そして西洋梨の貴婦人とよばれている「ルレクチェ」その他、リンゴ、イチジク、ブドウ、イチゴなど本当に豊富な果物があります。ディナーとなれば佐渡牛です。佐渡牛、佐渡和牛の定義は、1. 佐渡生まれであること。2. 佐渡育ちであること。3. 佐渡で収集したいなわらを飼料とした安全、安心の飼育であること。この3つがそろって佐渡牛となるのです。全国の和牛オリンピックで佐渡の牛が数多く入賞しています。海洋性気候の島特有のミネラル豊富な芝草を食べて育った佐渡牛のステーキは最高です。最後に周りをすべて日本海に囲まれた佐渡島の海の幸は、今更言うまでもありません。日本海の荒波で育った、南蛮エビ、ズワイガニ、イカ、カキ、アワビ、サザエ、そして佐渡のブリをはじめ多くの魚貝類。冬の名物寒ブリは脂がのって、刺身にシャブシャブに最高です。

自然、伝統芸能、食、文化、すべてがそろっている佐渡島は本当に素晴らしい佐渡アイランドです。私の大好きな島、佐渡。みなさん是非一度、佐渡にこいちゃ。みんな、佐渡を世界遺産にしましょう。

JCMA 報告

一般社団法人日本建設機械施工協会
第12回通常総会・第46回理事会報告



第12回通常総会

本協会の第12回通常総会（定時社員総会）は、令和5年6月16日（金）午前10時30分から機械振興会館地下2階ホールにおいて開催された。

今回もハイブリッド参加型バーチャル社員総会として、機械振興会館地下2階ホールをリアル会場としつつ、役員や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、「令和4年度収支決算の状況は概ね良好で、公益目的支出計画も順調に進捗している。当協会の事業の柱であるi-Constructionの関係、特にGX（グリーン・トランスフォーメーション）については多方面からご支援をいただき業務を進めており、国土交通省の組織改編でも大臣官房に参事官（イノベーション担当）のポストが新設された。今後とも民間企業のご努力を踏まえて、諸外国に遅れを取らぬよう進めて参りたい。蓄積されたプロンプデータの有効活用のための制度面での検討が必要であり、皆様のご指導を賜りたい。また、建設機械施工管

理技術検定試験や建設機械施工技能実習評価試験の受験者数はほぼコロナ前の水準まで回復しているものの、政府における制度の見直しなど、今後とも注視して参りたい」と述べた。



金井道夫会長



岩見吉輝本部事務局長



第46回理事会①

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。

1. 報告事項

「令和4年度事業報告の件」、「令和5年度事業計画及び収支予算の件」及び「令和4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4年度収支決算の件」が上程され、満場異議なく承認可決された。

次に、第2号議案「役員選任の件」が上程され、満場異議なく承認可決された。

◆辞任役員（敬称略）

理事 白川賢志、鈴木隆好、鈴木博士、所輝雄、
松嶋憲昭、渡辺和弘

◆就任役員（敬称略）

理事 西山秀樹、宮澤和孝、渋谷仁、浅野和広、
玉石修介、岩見吉輝



第46回理事会②

議長は、以上をもって議事を終了した旨を述べ、通常総会は午前10時59分に終了した。

3. 第46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本出席を認めるハイブリッド会議方式で第46回理事会が開催され、業務執行理事に岩見吉輝理事が選定された。また、田崎忠行顧問（本協会前会長）の任期が満了となることから、再び顧問



監査意見（上総周平監事）



岩見吉輝業務執行理事



浅野和広理事



令和5年度日本建設機械施工大賞受賞者



玉石修介理事



令和5年度永年会員表彰・永年役職員表彰受賞者



宮澤和孝理事

として推薦することが承認された。また、団体会員1社の入会が承認された。

4. 永年会員・役職員表彰及び日本建設機械施工大賞

理事会終了後、地下2階ホールにおいて令和5年度永年会員表彰・永年役職員表彰及び令和5年度日本建設機械施工大賞の表彰式を行った。

(1) 令和5年度永年会員表彰・永年役職員表彰

①本部 団体会員

【会員期間70年】

(株)大本組, (株)クボタ, 酒井重工業(株), 電源開発(株), 東洋建設(株), 北越工業(株), 三井住友建設(株)

【会員期間40年】

(株)ガイアート, ガデリウス・インダストリー(株), 新トモエ電機工業(株)

【会員期間30年】

日本ユーティリティサブウェイ(株)

【会員期間20年】

(株)カナモト, (一社)軽仮設リース業協会, 極東開発工業(株), (公社)雪センター

②支部 団体会員

【会員期間70年】

(北海道支部) 伊藤組土建(株), 鹿島建設(株)北海道支店, 新太平洋建設(株), 大成建設(株)札幌支店, 北海道いすゞ自動車(株)

(東北支部) (株)日立インダストリアルプロダクツ 北部支店, 古河産機システムズ(株) 東北支店, 鹿島建設(株) 東北支店, 西松建設(株) 北日本支社, (株) NIPPO 東北

支店, 日本キャタピラー (同) 南東北地区営業本部

- (関西支部) 鹿島建設(株)関西支店
 (中国支部) (株)大林組広島支店, (株)大本組広島支店, (株)熊谷組中四国支店, コベルコ建機(株), コベルコ建機日本(株)中四国支社, 五洋建設(株)中国支店, 清水建設(株)広島支店, 大成建設(株)中国支店, 宝物産(株), (株)フジタ広島支店

【会員期間 60 年】

- (東北支部) (株)安藤・間東北支店, 住友建機販売(株)東北統括部
 (北陸支部) 射水工業(株), (株)植木組, 遠藤鋼機(株), (株)加賀田組, コベルコ建機日本(株)上信越支社, コマツカスタマーサポート(株)東京関越カンパニー, 大成ロテック(株)北信越支社, 東亜道路工業(株)北陸支店, 新潟トランス(株)新潟営業所, (株)NIPPO 北信越支店, 日本道路(株)北信越支店, (株)日の出自動車, 北越工業(株), 北国テクノ(株), 真柄建設(株), 丸運建設(株), (株)三友組, 宮口建設(株)
 (中国支部) 日本キャタピラー (同) 中国地区営業本部

【会員期間 50 年】

- (北海道支部) 北海道ロードメンテナンス(株)
 (北陸支部) 鹿島道路(株)北陸支店, (株)佐藤渡辺北陸支店, 千代田機電(株), 鉄建建設(株)北陸支店
 (中部支部) 鹿島道路(株)中部支店, (株)フジタ名古屋支店, プルドーザー整備(株), 名工建設(株)

【会員期間 40 年】

- (北海道支部) 環境開発工業(株)
 (東北支部) 小国開発(株), 山形建設(株)
 (中部支部) (株)加藤建設, 岐建(株), 西濃建設(株), 東亜建設工業(株)名古屋支店, 東洋建設(株)名古屋支店, 中村建設(株), 水谷建設(株), 若築建設(株)名古屋支店
 (関西支部) (株)西島製作所大阪支店
 (中国支部) サノヤス・エンジニアリング(株)東京

テクノセンター, 西尾レントオール(株)西中国営業部, (株)原商

- (四国支部) 入交建設(株)
 (九州支部) オリエンタル白石(株)九州支店, 世紀東急工業(株)九州支店

【会員期間 30 年】

- (東北支部) 日本ハイウエイ・サービス(株)仙台支店
 (北陸支部) 日本サミコン(株), 長栄工業(株)
 (関西支部) 川田工業(株)大阪支社, 住友重機械建機クレーン(株)中日本支店
 (中国支部) コマツカスタマーサポート(株)中国カンパニー
 (四国支部) (株)小泉組
 (九州支部) コマツ教習所(株)九州センタ, 東急建設(株)九州支店

【会員期間 20 年】


- (北海道支部) (株)ササキ, しずお建設運輸(株), (株)田端本堂カンパニー, (株)道南土木
 (北陸支部) (株)ニットク
 (中部支部) (株)丸島アクアシステム名古屋営業所
 (関西支部) (株)エフエムシー

③個人に対する表彰

- ・役員 鈴木隆好, 所輝雄, 松嶋憲昭, 渡辺和弘
- ・支部運営委員等
 (北海道支部) 小松正明, 村山雅幸, 山崎弘善
 (北陸支部) 池野正志
 (中部支部) 所輝雄, 川村光弘
- ・支部部会長等
 (東北支部) 石井典男, 小野由則, 河本高広, 木村信悦, 今野俊哉, 齋藤貴之, 新田哲雄, 濱岡正
 (四国支部) 宮本正司
- ・職員
 勤続 20 年以上
 (東北支部) 栗原典子
 (施工技術総合研究所) 柴藤勝也

(2) 令和 5 年度日本建設機械施工大賞

詳細は本紙次頁以降に掲載。

令和5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5年度受賞業績及び受賞者

■大賞部門

最優秀賞

- ・大型プレキャストブロック据付の自動化施工

鹿島建設(株)

ブロック据付作業の繰り返し動作を自動化したもので、汎用重機に市販の搭載型ロボット装着や既存のAR測量技術の利用によりコストを抑えたうえで、安全性向上、省力化を可能としたこと。多種多様な作業への適用性により、今後の発展性が期待できることが高く評価された。

優秀賞

- ・山岳トンネルにおける鋼製支保工建込の完全機械化工法「T-支保工クイックセッター」

大成建設(株)

(株)アクティオ

鋼製支保工建込作業を完全機械化することにより、山岳トンネル工事の安全性を高め、同時に生産性の向上を図ることができること。一般的な建込み機に後付けできるため汎用性も高く、他のトンネル工事への普及が期待できることが高く評価された。

優秀賞

- ・水質を汚濁させない高揚程浚渫工法の開発

(株)フジタ

(株)河本組

ダム湖において、真空とスラリー搬送の組合せにより、水質汚濁させずに高揚程の堆砂除去を行うもので、環境に優しく、効率的な作業が行えること。ダムの堆砂問題解決に貢献する取り組みであることが高く評価された。

優秀賞

- ・ニューマチックケーソン工法の自動掘削システム

(株)大林組

(株)大本組

日本工業大学

オペレータの遠隔操作により行っていた掘削を完全無人で施工する技術で、省人化と生産性向上に貢献すること。他の施工機械への発展に繋がる技術であることが高く評価された。

選考委員会賞

- ・施工と品質管理の一貫した自動化システム

「T-iCompaction」の開発

大成建設(株)

大成ロテック(株)

ソイルアンドロックエンジニアリング(株)

締固め作業と同時に締固め度を自動計測するもので、人力に頼りがちな品質管理に着目したこと。クラウド上で自動で帳票化できるシステムと併せて効率的な品質管理が可能となることが高く評価された。

■地域賞部門

最優秀賞

- ・日本三大秘境宮崎県椎葉村で未来型無人化施工への挑戦

旭建設(株)

マシンガイダンス技術を活用し、目視遠隔操作とモニター遠隔操作の両方を利用できるシステムを構築したもので、安全性の確保のほか、地域課題解決のため、新技術を工夫して実現場へ適用されていることが高く評価された。

優秀賞

- ・ソーラーシステムハウス

(株)ダイワテック

ソーラー発電と汚水を出さない自己処理型水洗トイレを組み合わせ、現場事務所の快適性と環境対策を両立させていること。自治体との災害協定により、地域への貢献が大いに期待できることが高く評価された。

優秀賞

- ・人力作業を排除した、次世代型ロッドハンドリングシステム「RHS-2」

鉦研工業(株)

ボーリング作業時のロッドの着脱、継足し作業を自動化したもので、安全性の向上と省人化が可能であるほか、関連する多種多様な工種への普及が期待できることが高く評価された。

JCMA 報告

令和5年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績概要

大賞部門 最優秀賞

大型プレキャストブロック据付の自動化施工

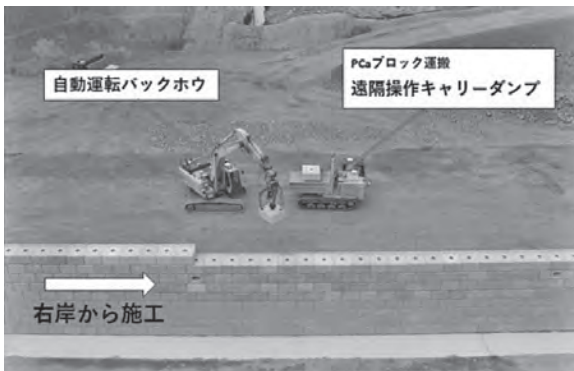
鹿島建設㈱

業績の概要

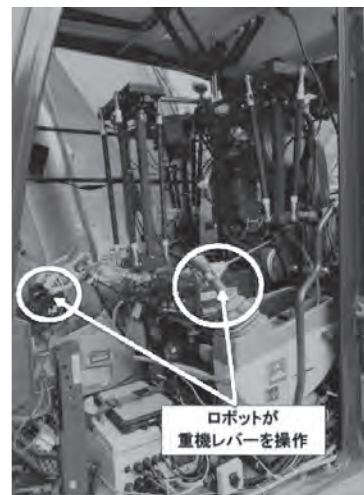
大規模土砂崩落の災害復旧を行う工事において、プレキャストブロックの据付を遠隔操作で計画していたが、作業員の疲労による生産性の低下や誤操作が予想されたため、当該作業を自動化した。

本システムは、汎用のバックホウにカメラを取り付け、ブロックに貼り付けたARマーカからブロックの位置情報等を読み取り、重機の姿勢を把握してブロック据付を自動化するもので、赤谷3号砂防堰堤工事に初適用しその効果を確認した。

汎用のバックホウに上記要素技術を組み合わせた自動運転システムを設置することにより、高精度な自動化施工を行うことができる。



大型プレキャストブロック据付の自動化施工



運転席内のキャビン搭載型ロボット



リアルタイム姿勢計測システムの各種センサ

業績の特徴

「大型プレキャストブロック据付の自動化施工」は、以下の要素技術を組み合わせて自動運転システムを構築し、大型プレキャストブロックを設置する。

- ① ARマーカとカメラを用いたAR測量
- ② バックホウを自動運転するキャビン搭載型ロボット
- ③ リアルタイムに重機の姿勢を把握する姿勢計測システム

大賞部門 優秀賞

山岳トンネルにおける鋼製支保工建込の完全機械化工法「T-支保工クイックセッター」

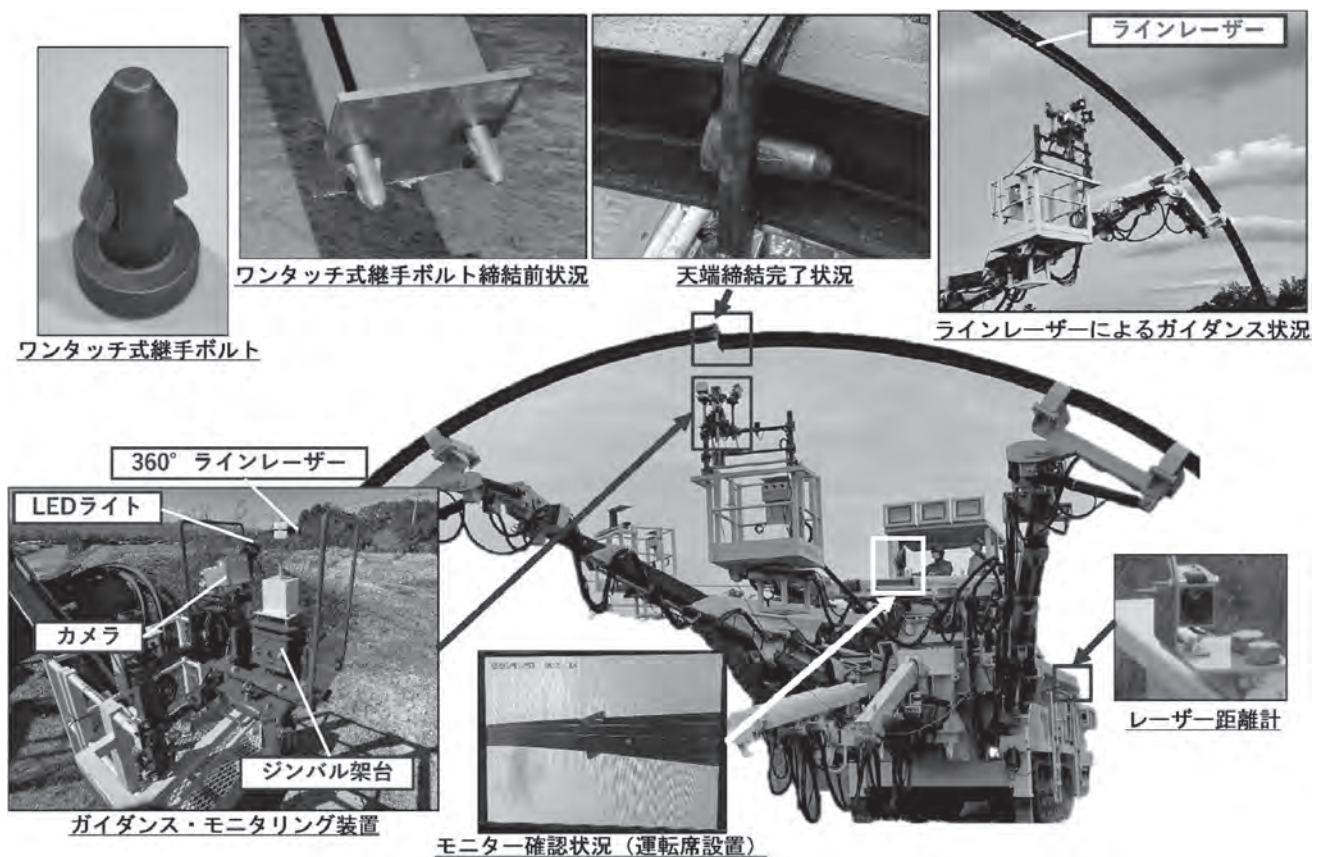
大成建設(株), (株)アクティオ

業績の概要

山岳トンネル工事の鋼製支保工建込は、切羽近傍での人力作業が必要なため、重篤災害発生リスクが高くなっている。支保工建込作業を完全機械化することによって、安全性を飛躍的に向上させ、さらに省人化や生産性の向上を実現した。また専用機を使用せず、既存の機械に後付けすることが可能な汎用性の高い工法となっている。今後は、トンネル現場へ広く普及させ、担い手不足解消や生産性の向上とともに、トンネル現場の鋼製支保工建込作業中における災害の撲滅を目指す。

業績の特徴

- (1) 鋼製支保工建込作業を完全機械化⇒切羽近傍への立ち入り無く運転席からの機械操作により鋼製支保工建込が可能、安全性を飛躍的に向上
- (2) 新開発『ワンタッチ式継ぎ手ボルト』により、鋼製支保工の天端締結が可能
- (3) ガイダンス・モニタリング装置等により、鋼製支保工の建込位置合わせが可能
- (3) 生産性向上（施工時間 15分→10分に33%短縮）
- (4) 省人化（作業員数5人→1人に80%削減）
- (5) 専用機不要で、装置の後付け可能な汎用性の高い支保工建込工法⇒現場導入が容易



水質を汚濁させない高揚程浚渫工法の開発

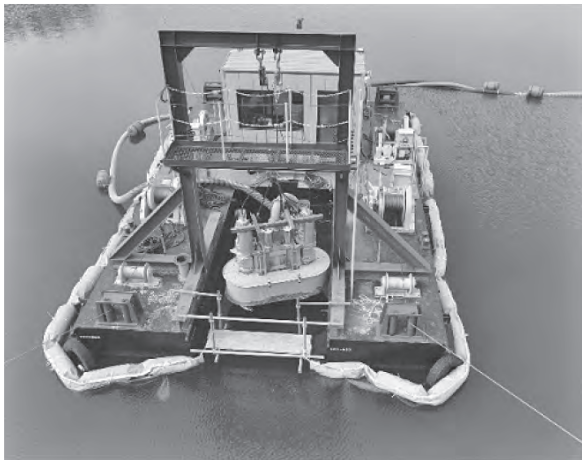
(株)フジタ, (株)河本組

業績の概要

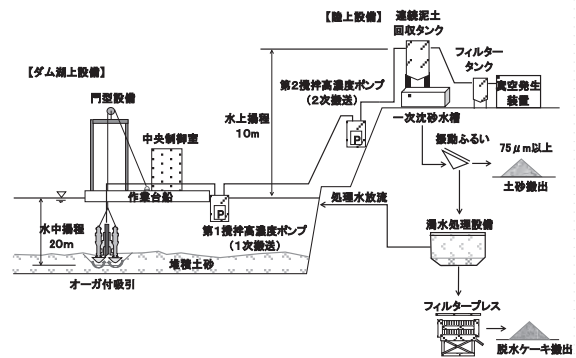
ダム湖の水質を汚濁させずに水深 20 m 以上、陸上揚程 10 m 以上の堆砂除去が可能な浚渫工法を開発。本工法は、真空とスラリー搬送のハイブリッドシステムにより、真空吸引のみでは不可能とされていた水上 10 m 以上の揚程でも効率よく堆砂を除去でき、作業にともなう水質汚濁を発生させないという特長から、従来のダム浚渫工法とは異なり、ダムの発電運転を停止させることなく、取水口近傍で連続的に堆砂除去が可能である。また、河川の渇水期に限らず施工が可能のため、要求工期への適応性が高いなどの点で有用な工法となっている。

業績の特徴

- 「環境への配慮」：濁りの発生が認められない環境下での浚渫作業が可能。
- 「機能維持」：高深度 (2 ~ 30 m) の堆積物を除去。ダム水位を低下せずに浚渫作業が可能。
- 「施工性」：汎用性の高い設備規模。設備最大重量が 4 t (組立台船重量)、最大運搬車が 8 t 車であるため狭い山道でも運搬できる。
- 「施工性」：ICT を駆使し施工の集中管理。各台船設備の船上で集中管理のため 1 名のみで施工できる。
- 「外部不経済の軽減」：発電中のダム取水口近傍での浚渫作業が可能。浚渫作業と発電が並行して可能なため、機能停止期間が無く外部不経済を軽減できる。



湖上台船設備



工法概要図



ニューマチックケーソン工法の自動掘削システム

(株)大林組, (株)大本組, 日本工業大学

業績の概要

近年、熟練作業員の高齢化や若い世代の担い手の減少により人手不足や技術の継承が課題となっており、建設現場の生産性向上に資する技術として建設機械の自動化・自律化が期待されている。ニューマチックケーソン工法においても掘削作業はオペレーターの経験と勘に依存するため、ICT等を活用した省人化につながる技術が求められている。

本システムは、従来、オペレーターによる遠隔操作で行われていた掘削を自動で施工できる技術である。掘削範囲と排土位置を予め指定しておく、運転を開始してから指定した範囲の掘削が完了するまで自動で作業できる。システムは天井走行式掘削機、状態管理PCおよびLiDAR等で構成されている(図-1)。

業績の特徴

●掘削作業の自動化

自動掘削は管理ソフトにより状態を管理されており、掘削および排土動作がセンサーデータに応じて逐次選択され、状態遷移するようになっている。これより掘削動作(掘削～運搬～排土)を繰り返し、指定した範囲の地盤の掘削を完全自動で行うことができる(図-2)。

●精度の高い掘削動作の再現性

PID制御理論を適用した自動運転プログラムの確立により、熟練オペレーターの効率的な掘削動作を精度高く再現することができる(図-3)。

●LiDARによる自動認識

掘削地盤形状の点群データから掘削位置や排土位置の決定し、さらに掘削機の目標位置と姿勢を自動算出する。特に排土位置は、点群データを形状処理することにより排土バケットの有無および開口部中心位置と傾き、バケット内の土量、バケットを吊るワイヤーを自動で認識することができる(図-4)。

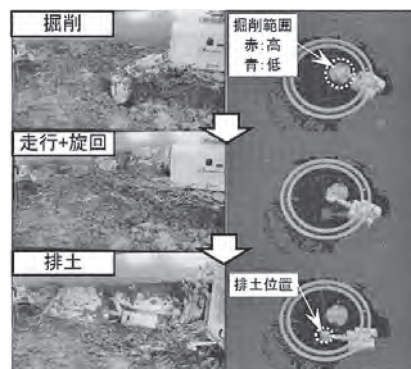


図-2 自動掘削(掘削～運搬～排土)

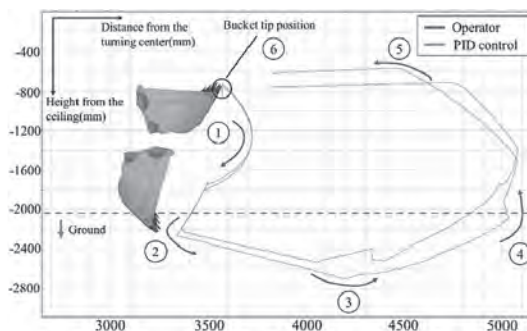


図-3 掘削機バケット軌道の比較
(自動掘削: PID control, 熟練オペレーター: operator)



図-1 自動掘削システムの構成

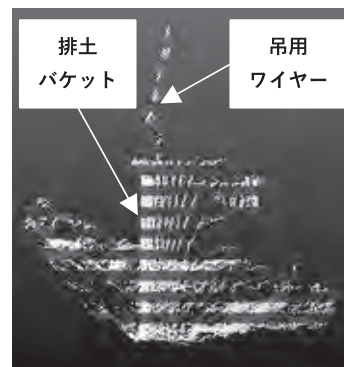


図-4 排土バケットの自動認識

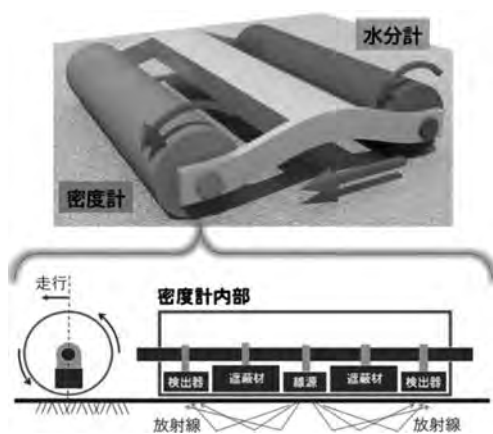
施工と品質管理の一貫した自動化システム 「T-iCompaction」の開発

大成建設(株), 大成ロテック(株), ソイルアンドロックエンジニアリング(株)

業績の概要

盛土工事などにおける締固め作業では品質管理として締固め度の計測が行われる。計測の方法として、これまでは材料を直接採取する方法(砂置換法)や、RI(放射性同位体)線源を材料中に打ち込んで行う方法(透過型RI法)等の抜き取りによる破壊試験であり、労力と時間を要している。

T-iCompactionは、散乱型RI法による計測を転輪型の筐体にて実施するものである。振動ローラー等の締固め機械に搭載して用いることで施工と同時に全数計測が可能になり、作業の効率化と省力化が可能となる。



業績の特徴

従来のRIを用いた計測では、計器のキャリブレーションを行うため、厳重な管理を必要とする「RI線源棒」を測定場所(計測器)から数十m以上隔離して、自然界に存在する微量な放射線を把握する必要があった。これにより、隔離したRI線源棒を誤って埋め立てたり、紛失してしまうという社会的にも影響の大きい事案も存在した。

T-iCompactionは、効率化・安全化という観点で下記の3つの問題点を解決している。

- ①建設機械に搭載して走行しながら計測が可能であるため、人が立ち入るといった行為自体が無くなるため、重機等との接触リスクを低減できる。
- ②高精度の検出器を搭載して、自然放射線の影響を受けずに計測が可能であるため、RI線源は計測器を同一筐体にパッケージしている。よって、線源棒を紛失するといったリスクも存在しない。
- ③取得したデータを即時にクラウド上で共有し、自動的に帳票へ加工することが可能であり、日々の煩雑な業務削減に貢献できる。

日本三大秘境宮崎県椎葉村で未来型無人化施工への挑戦

旭建設(株)

業績の概要

作業員の安全確保が課題となる工事において、遠隔操作無人化バックホウを使った土木工事は安全面では非常に有効な手段であるが生産性の面で課題があると思われる。このため丁張設置作業を無くし、完全無人状態の危険ゼロ現場を目標に、ICT 技術を融合した施工を考案した。汎用性に富むマシンガイダンス技術を目視操作・モニター操作の両方の遠隔操作で利用できるシステム『どこでも ICT』で、安全にかつ生産性の向上が図れるものである。

業績の特徴

台風による大規模な土石流が発生した直後の砂防堰堤工事など、急峻地における土木工事においては工事中の落石や土砂崩壊、急な土石流発生など作業員の安全確保が最大の課題である。このため、全国各地の災害現場などでは遠

隔操作による土工事の実績がある。

今回の技術『どこでも ICT』の特徴は以下のとおりである。

1. 丁張設置作業や丁張を基準とした掘削作業では完全無人化が不可能であるが、この技術を使うと文字通り人が介在しない無人化施工とすることができ、危険ゼロが可能となる。
2. 危険区域外の遠隔操作で無人のバックホウを操作し、手元のタブレットに映し出された 3D 設計データに基づいた正確な作業が可能となる。
3. 目視及びモニターによる遠隔操作では現段階ではバックホウバケット先端部の遠近感がつかめず正確性が要求される作業には不向きであったが、この技術では手元のタブレットに表示された 3D 設計データで数値（高さ）や 3D 図により視覚的に容易に確認が可能。



【リスク 4】 遠隔 + 丁張で掘削 危険区域に常時 1 名



遠隔 + 丁張で掘削 危険区域に作業員



【リスク 1】 危険区域内の完全無人化を達成！
現場での試行錯誤の末、ICT と遠隔操作技術の両立に成功
※ 猛なライオンをネコ化することに成功



どこでも ICT 実施状況動画





地域賞部門 優秀賞



ソーラーシステムハウス

(株)ダイワテック

業績の概要

当社の商品であるソーラーシステムハウスでは、太陽光による発電設備と蓄電を備え付けることにより、カーボンニュートラルな自己完結型の電力供給を完成させた。主な取引先である公共工事現場では、燃料発電機や商用電源の引き込みを必要としない休憩所や事務所として、「置くだけ」でクリーンな電力でエアコン・水洗トイレ・Wi-Fi・その他電気機器が即座に使用でき、設置や撤去の簡便さやカーボンフリーな電力による地球環境保全と工事現場環境改善を両立させるものとして国土交通省からNETISの登録を受けた。又、商用電源喪失時でも、電力や通信設備の利用ができる要配慮者・医療従事者・ボランティア等の待機場所や避難所として利用していただくため、全国63の自治体と災害協定を締結する他、商用電源喪失時の電動車イスや電動介護用品への充電も検討している。

業績の特徴

工事現場などで事務所や休憩所として使用されるコンテナ型ハウスでは、電力源を確保するため有資格者を必要とする整備工事が別途必要となる。又電力の確保が不可能な現場もあるうえ、近年の燃料価格高騰が大きな負担となっているが、弊社の太陽光パネルと蓄電池を備え付けたソーラーシステムハウス使用により、「置くだけ」で即座に「電気が使える事務所」が可能となる。なお、弊社の蓄電池は無日照でも、満充電ならば3日間はエアコン・水洗トイレ・電気機器・Wi-Fi等を1日約8時間使用できる。主力商品であるソーラーシステムハウスの他にも、トラックに搭載することで移動可能とした車載型、上下水道不要の快適トイレを設置した個室バイオトイレ型、防災備蓄倉庫としても使用できるコンテナ型、和室型、ソーラー稼働の監視カメラとDX取組に必要なデジタルサイネージ等の多様性のある太陽光発電による独立電源型の商品を開発しており、女性技術者に留意した工事現場環境改善と災害時でも有効利用ができるフェーズフリー商品が中心である。



トイレ付ソーラーシステムハウス



CO₂削減量表示の液晶パネル



ソーラーバイオトイレ エアコン付



防災備蓄倉庫
5°C～25°Cで室温設定可
ニーズに合わせてオーダーメイド可



ソーラー稼働監視カメラとデジタルサイネージ



地域賞部門 優秀賞



人力作業を排除した，次世代型 ロッドハンドリングシステム「RHS-2」

鉾研工業(株)

業績の概要

Safety, Save, Satisfaction の3Sをテーマとして、ボーリング現場の人力作業を排除したロッドハンドリングマシンを提案。

直線的動作を基本とした機構を採用して操作性の難しさを排除し、トレーニングによりスムーズな操作を行うことができる。

また、乗車不要のリモコン操作式で、ドリリングマシンの機側で操作することでロッドネジの噛み合わせを目視でき、安全かつスムーズにロッド接続、切り離し、収納操作を行うことができる。

業績の特徴

安全、安心 (Safety)

ロッド継ぎ足し時や抜管時の事故削減のため、人力を排した機械作業により巻き込まれや指つめ事故を撤廃する。

省力化 (Save)

2人での接続・抜管作業が欠かせないP216とP165の二重管ロッドでも、本システム導入により1人での作業を実現して経済性を向上させ、また重量物作業の解消により、身体疲労を軽減する。

満足向上 (Satisfaction)

大口径2重管ロッドを楽に取り扱えることで施工品質の向上や経費削減効果のほか、リモコンによって経験の浅い作業員でも安全かつ確実に作業できることで、これからの2重管掘削工事では欠かせないシステムとなることを目指している。



全国道路施設点検データベース トンネルデータベースの構築

石原 廣和

現在、道路施設の定期点検においては、道路管理者ごとに様々な仕様で膨大な点検データが蓄積されている。このような中、国土交通省では、道路に関連する各種データの利活用を促進するための道路データプラットフォームの一環として、全国道路施設点検データベースの整備の取り組みが進められている。当協会は、データベースの整備および管理運営機関として、全国道路施設点検データベースを構成する諸施設のデータベースの一つであるトンネルデータベースの構築・改良および管理運営を実施している。本稿では、トンネルデータベースの概要、構成および今後の展望について紹介する。

キーワード：データベース、トンネル、点検、道路トンネル、定期点検、点検記録、点検データ

1. はじめに

全国道路施設点検データベースは、国土交通省が推進する xROAD（クロスロード：道路データプラットフォーム）を支える情報基盤のうち、道路施設情報（諸元や点検結果等）の管理・提供を担うものである。

一元的に集約されたデータを道路管理者が道路施策検討や現場管理等に活用するとともに、データベースを可能な限り公開し、民間企業等による技術開発の促進、これによる維持管理の更なる効率化を図るものである。

本稿では、全国道路施設点検データベースを構成する諸施設のうち、道路トンネルに関するデータベース（トンネルデータベース（以下「トンネル DB」という））の概要について紹介するものである。

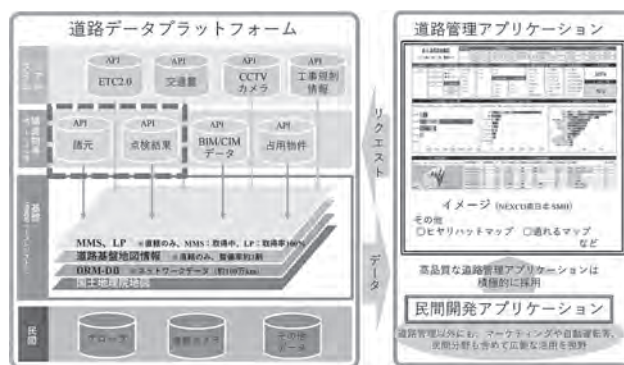
2. 全国道路施設点検データベースの概要

国土交通省では、2021年7月に開催された第3回道路技術懇談会において、「道路施設の点検データベースの整備と新技術活用」¹⁾について提示され、データベースの整備および管理運営機関の公募・選定の手続きを経て、今回の申請施設の対象となるトンネル分野では、当協会が選定されている。

国土交通省が推進する xROAD とは、道路に関連する各種データの利活用を促進するため、DRM-DB や道路基盤地図情報、MMS 等を基盤とし、構造物等の諸元データや交通量等のリアルタイムデータに紐付

けた3次元プラットフォームを構築するものである。

また、このプラットフォームを道路施策検討や現場管理等に活用するとともに、API（Application Programming Interface）を公開し、一部データを民間開放することによりオープンイノベーションを促進するものである（図—1 参照）²⁾。



図—1 xROADの構成

一方、道路施設の定期点検については、2巡目に入り、道路管理者ごとに様々な仕様で膨大な点検データが蓄積されている。また、デジタル化やAI技術の進展を踏まえ、データを活用した新技術により効率的な道路の維持管理の実現の可能性はあるが、データを活用できる環境が整備されていない。

そのため、蓄積されている道路施設の点検データを道路施設ごとにデータベース化してAPIにより共有することにより、一元的に処理・解析が可能な環境を構築することとした。

図-2に全国道路施設点検データベースの構成を示す²⁾。全国道路施設点検データベースは、基礎的なデータを格納する基礎DBおよび道路施設ごとのより詳細なデータを格納するデータベース群(詳細DB)で構成されている。基礎DBは2022年5月に、詳細DBは2022年7月に公開を開始しており、Webサイト(https://road-structures-db.mlit.go.jp/)からの閲覧や利用者登録等が可能である。加えてAPIや点検データを公開し、各研究機関や民間企業等によるAI技術などを活用した技術開発を促進することにより、道路の維持管理の更なる効率化、高度化を図るものである。

3. トンネルDBおよび定期点検の概要

前掲図-2に示したとおり、トンネルDBは諸元等の基礎データからなる基礎DBに対し、部材ごとの点検結果等を含む詳細データのDBの一つである。

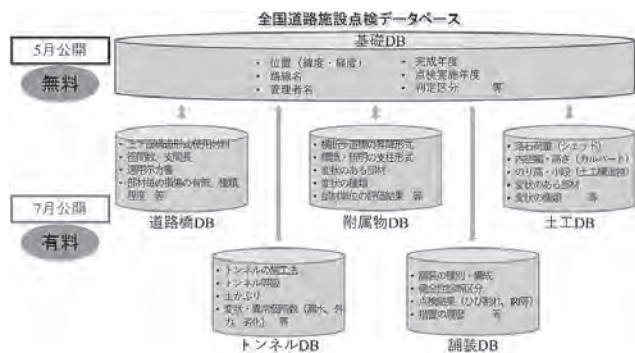


図-2 全国道路施設点検データベースの構成

トンネルDBでは、道路トンネルの維持管理において、提供できる基盤としてデータベースを整備し、国土交通省、地方公共団体および高速道路会社等の道路トンネルの点検データを収集するとともに、持続的にデータベースを管理・運営することを目的とした。

道路トンネルにおいては、道路トンネル技術基準(構造編)・同解説³⁾や道路トンネル維持管理便覧^{4), 5)}を参考に、道路トンネル定期点検要領^{6), 7)}に基づいて、5年に1回の頻度で定期点検記録の作成が実施されている。また、トンネルDBでは、国および地方公共団体等における上記に基づいて作成された定期点検記録の登録を実施している。

表-1に国が管理する道路トンネルにおける定期点検記録様式リストを示し、図-3~5に定期点検記録様式の例を示す。

表-1 定期点検記録様式リスト

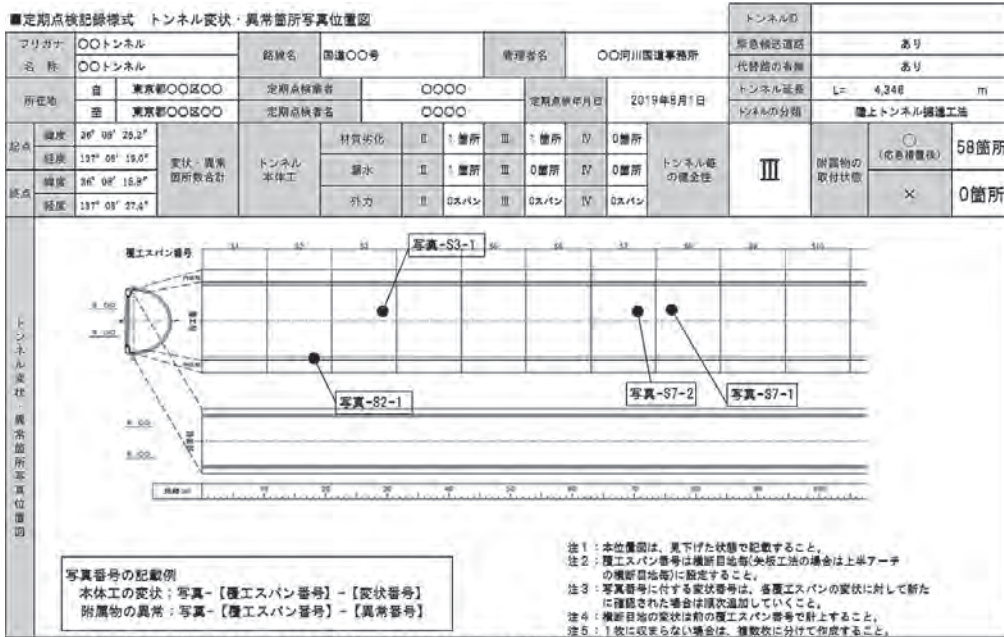
様式番号	記録内容	
様式A-1	トンネル台帳	トンネル諸元、非常用施設諸元
様式A-2		トンネル情報一覧表
様式A-3		トンネル記録(位置図、断面図、施工実績他)
様式B	定期点検記録様式	トンネル変状・異常箇所写真位置図
様式C-1-1		全スパン定期点検結果総括表(トンネル本体工)
様式C-1-2		定期点検結果総括表(トンネル内附属物等の取付状態)
様式C-2		状態の把握の内容
様式D-1-1		変状写真台帳
様式D-1-2		異常写真台帳(トンネル内附属物等の取付状態)
様式D-2-1		トンネル全体変状展開図
様式D-2-1'		トンネル全体変状展開図(機器の活用時)
様式D-3		覆工スパン別変状詳細展開図
様式E		近接目視による状態の把握ができていない箇所・近接目視によらない方法を講じた箇所
様式F	診断調査	診断結果(変状単位・覆工スパン毎・トンネル毎)

■トンネル台帳 トンネル諸元、非常用施設諸元 【様式A-1】

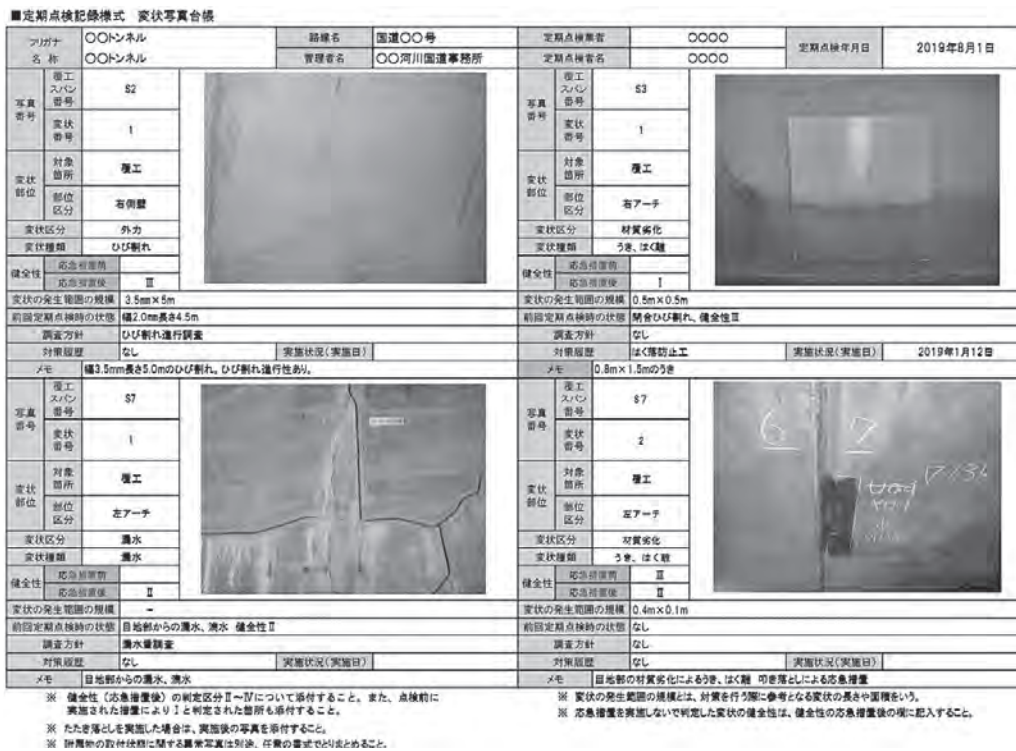
フリガナ	トンネル	路線名	国道	管理番号	トンネルID	緊急輸送道路	あり
名称	〇〇トンネル		〇〇	〇〇	〇〇	代替路の有無	あり
所在地	東京都〇〇区	作成者	〇〇	作成年月日	2014年1月12日	トンネル延長	4348 m
起点	緯度 36° 08' 25.2"	完成年月日	2012/1/1	種別	シールド	トンネルの分類	地上トンネル/矢張り工法
終点	緯度 26° 08' 15.8"	トンネル等級	AA	面積	37375.6 m ²	通報設備	通話直通機設備 非常電話 2台 2012
一般料区分	無料	天井振動部	—	更新年次	—	検知設備	検知型通風設備 検知型通風機 1台 2012
土ぶり	80 m	排水	—	更新年次	—	非常警報設備	非常警報設備 非常警報機 LED式 10 2012
内空断面積	54 m ²	防火	—	更新年次	—	消火設備	消火器 消火器 2本入り 86 2012
交通量	18,811 台/日	防犯	—	更新年次	—	消火機	消火機 2本入り 86 2012
幅員	道路幅 9.5 m	照明	—	更新年次	—	誘導表示設備	誘導表示板 反射式 25 2012
高さ	車道幅 3.5 m	換気	—	更新年次	—	避難誘導設備	避難誘導機 AM・FM 1 2012
構造	歩道幅 1.4 m	設備	—	更新年次	—	通風通風設備	通風通風機 1台 15 2012
構造	建築限界高 4.7 m	設備	—	更新年次	—	検知設備	検知型通風機 1台 14 2012
構造	中央高 7.1 m	設備	—	更新年次	—	給水給電設備	給水機 1台 24 2012
構造	有効高 4.7 m	設備	—	更新年次	—	監視設備	監視カメラ 1台 2 2012
構造	建築高配 上90.4%	設備	—	更新年次	—	水噴霧設備	水噴霧機 1台 87 2012
構造	直線区間長 499.7m	設備	—	更新年次	—	監視設備	監視カメラ(CCTV) 3台 35 2012
構造	区間長 293.9m	設備	—	更新年次	—	予備発電設備	予備発電機 1台 1 2012
構造	起点間隔 1300m	設備	—	更新年次	—	非常用施設	非常用施設
構造	終点間隔 450m	設備	—	更新年次	—	非常用施設	非常用施設
トンネル工法	補助ベンチ付全断面工法	設備	—	更新年次	—	非常用施設	非常用施設

※種別・経路については0.2°単位まで記入することとする。

図-3 定期点検記録様式の例(トンネル諸元、非常用施設諸元:国管理トンネルのみ対象)



図一 定期点検記録様式の例 (トンネル変状・異常箇所写真位置図：全管理トンネル対象)



図一 定期点検記録様式の例 (変状写真台帳：全管理トンネル対象)

4. トンネル DB の構成

前章では、トンネル DB および定期点検の概要について述べてきたが、以下に、トンネル DB の構成について述べる。

なお、記載内容および図表等については、2023年5

月時点のものであり、今後、適宜、改良および変更を加えていく予定である。

(1) 登録データ

登録データのデータ数の内訳 (トンネル数、点検数、トンネル情報一覧等) を表一 2 に示す。

表一2 登録データ数（2023年5月時点）

項目	件数	備考
トンネル数(全体)	1.15万本	
〃 (国土交通省)	1,742本	
〃 (地方公共団体等)	7,761本	
〃 (高速道路会社)	2,065本	
点検数	2万	
トンネル情報一覧	10万	様式A-2 トンネル情報一覧表(表-1)
トンネル本体工点検情報	195万	様式C-1-1 全スパン定期点検結果総括表(トンネル本体工)(表-1)(図-8)
附属物等の取付状態	16.1万	様式C-1-2 定期点検結果総括表(トンネル内附属物等の取付状態)(表-1)
調査措置履歴	1.1万	様式C-2 状態の把握の内容(表-1)
写真データ	-	2023年5月時点 Excel,PDFデータあり 写真機能追加予定あり

登録データのうち、2016年度から2021年度までの詳細データについては、点検記録様式 Excel ファイルから機械的に値を抽出し、トンネル DB システムに登録している。また、2022年度以降については、国および地方公共団体等の各道路管理者により登録を実施している。なお、写真データについては、現時点では、Excel、PDF ファイルにて保存しており、DB への直接登録機能がないため、今後、機能追加し、写真データ等を格納していく予定である。

(2) 各情報様式

トンネル DB における登録データの各情報の様式（諸元・詳細情報，点検情報等）を図一6～8 に示す。国および地方公共団体等の各トンネルにおける定期点検記録の登録情報を示したものである。

なお、今後、写真データ等の閲覧・検索機能を追加していく予定である。

5. 今後の展望

トンネル DB の活用として、具体的に期待される導入場面の例としては、BI ツール等を活用し、現地で過去の点検データや類似損傷を検索・確認し、点検結果を現地で入力することによる点検結果の効率的な入出力、確認したい変状写真を画像認識 AI により DB から類似画像を出力することによる健全性の診断支援や DB のデータ分析から、修繕のタイミングと修繕費を推計し、トータルコストを比較する維持修繕計画の最適化等が挙げられる。

また、上記の導入場面での活用を可能とする維持管理の効率化・高度化に資するアプリケーションを導入することにより、トンネル DB を活用し、アプリや

諸元・詳細情報			トンネル情報一覧		補修履歴		占用物件			点検一覧															
■ 基礎情報												トンネルD													
フリガナ名称		路線名		国道番号		管理者名		緊急輸送道路		一次		代替路の有無		有											
所在地		自		至		作成者		作成年月日		トンネル延長		L= 1124 m													
トンネルの分類		陸上																							
起点	緯度	42.111111		完成年度		1969		種別	アスファルト系		施設の内訳		種別・方式		型式		個数		更新年度						
	経度	141.111111		供用年度					厚さ		0.3		通報設備		通話型通報設備		非常電話		壁掛型		11 2004				
終点	緯度			トンネル区分		B		更新年次	面積		7868 m ²		操作型通報設備		押しボタン式通報設備		I形		23 2004						
	経度			内装種類		覆工(漏水防止板)			種別		タタードレー		自動通報設備		火災検知器		非内蔵式		52 2004						
一般有料区分				天井板種類		覆工(内装なし)		排水		更新年次		非常警報設備		非常警報装置		LED式		2 2004							
土かぶり		105 m		坑門		起点形式		その他		トンネル非常用施設		消火器		消火器		ABC粉末		46 2012							
内空断面積		38.9 m ²		延長		17 m		施設		種別・方式		個数		更新年次		消火栓設備		消火栓							
交通量		11,875 台/日		形式		その他		照明		LED		169		2017		誘導表示設備		誘導表示板		反射式		25 2004			
幅員		道路幅		8.5 m		形式		その他		換気		強制送風機		8		避難誘導設備		ラジオ音放送設備(緊急通報対応)		AMODA対応		1 2007			
		車道幅		3.3 m		アーチ		60 cm		標識		警報表示板		F柱		2004		避難誘導設備		避難通路		避難通路			
		歩道等幅		3.3 m		側壁		70 cm		標識		吸音板						避難誘導設備		拡声放送設備					
高さ		建築限界高		4.5 m		インバート		60 cm		その他								排煙設備		ジェットファン		換気専用		8	
		中央高		5.6 m		アーチ		461 cm										給水栓設備		給水栓					
		有効高		4.5 m		側壁		626 cm										無線通信補助設備		無線通信補助設備		SDR対応		2007	
線形		縦断勾配		2%		インバート		764 cm										水噴霧設備		水噴霧設備					
		直線区間長		999.9m														監視設備		監視カメラ(CCTV)		防犯カメラ		1 2011	
		区間長		51m														予備発電設備		ディーゼル発電機		発動発電機		1 2001	
		起点側クランク		96m																					
曲線区間		曲線半径		200m																					
終点側クランク		95m																							
トンネル工法		山岳(矢板)														非非常用施設		非常駐車帯		方向転換所					

図一6 諸元・詳細情報（国管理トンネルのみ対象）

点検情報										トンネルID		
トンネル本体工 附属物等の取付状態 近接目視不可 調査措置履歴										緊急輸送道路		
フリガナ										一次		
名称										代替路の有無		
所在地										トンネル延長 L= 1.124 m		
定期点検者名										トンネルの種類		
定期点検年月日 2020年8月18日										陸上		
起点	緯度	経度	変状・異常箇所数合計	トンネル本体工	材質劣化				トンネル毎の健全性	III	附属物の取付状態	○ (応急措置後)
					II	239箇所	III	259箇所				
終点	緯度	経度			漏水							X
					II	56箇所	III	6箇所				
					外力							
					II				99スパン			
					III							
					IV							

※1 トンネル本体工の変状数は、材質劣化、漏水に起因するものは変状単位で、外力に起因するものはスパン単位で計上すること。
 ※2 本体工の変状に対しては、健全性の判定区分Ⅱ～Ⅳについて表記すること。なお、初回点検（H26以降）以降に、措置が行われた結果、Ⅰと判定された箇所についても記載すること。
 ※3 附属物の取付状態の○欄については、応急措置前に判定区分×とした箇所のうち応急措置により○判定とした箇所の数を入力すること。
 ※4 附属物の異常番号は、本体工と番号が重複しないよう101番以降とする等の配慮を行い、分かりやすく記録すること。

図-7 点検情報 (全管理トンネル対象)

点検情報										トンネルID						
トンネル本体工 附属物等の取付状態 近接目視不可 調査措置履歴										緊急輸送道路						
フリガナ										一次						
名称										代替路の有無						
所在地										トンネル延長 L= 1.124 m						
定期点検者名										トンネルの種類						
定期点検年月日 2020年8月18日										陸上						
工事スパン番号	変状番号	距離(m)	変状部位		変状の内容				前回定期点検時の状態		今回定期点検結果		措置履歴		対応方針 特記事項	
			対象箇所	部位区分	変状区分	変状種類	変状の発生箇所の特徴	前回定期点検時の状態	健全性	対策区分	調査の要否	措置の要否	実施	措置の実施状況		
起点坑口	1		覆工	LR-天~側	外力	ひび割れ	W=0.3mm 未満	進行が認められない	I	I	I	否	要対策		ひび割れ	
起点坑口	2		覆工	L-45°	材質劣化	うき・はく離	横150cm縦120cm	進行が認められない	II a	II	I	否	要対策	対策済	止水(繊維シ)	
PS001	1		覆工	LR-天~側	外力	ひび割れ	W=0.3mm 未満	進行が認められない	II b	II	I	否	要対策			
PS001	2	14.6	覆工	L-45° ~SL	材質劣化	鋼材腐食	横150cm縦100cm	進行が認められない	III	III	II a	否	要監視	継続	監視(重点)	
PS001	3	9.7	覆工	R-天	材質劣化	鋼材腐食	横150cm縦100cm	進行が認められない	II a	II	I	否	要対策	対策済	ネット工150×100	
PS001	4	16.6	覆工	R-天	材質劣化	鋼材腐食	横70cm縦10cm	進行が認められない	II a	II	I	否	要対策	対策済	工40×90、RC	
PS001	5	17.4	覆工	L-45°	材質劣化	うき・はく離	横50cm縦160cm	進行が認められない	II a	II	II a	否	要監視	継続	監視(重点)	
PS001	6	17.5	覆工	R-45° ~SL	材質劣化	鋼材腐食	横350cm縦50cm	進行が認められない	III	III	II a	否	要監視	継続	監視(重点)	
PS001	7	2.2	覆工	L-側	材質劣化	うき・はく離	横300cm縦50cm	進行が認められない	I	I	I	否	要対策	対策済	叩き落とし済	
PS001	8		覆工	R-側	漏水	にじみ		進行が認められない	II b	II	II b	否	要監視	継続	監視(日常監視)	
PS001	9	1.4	路面	L	材質劣化	路面のうき・はく離	横300cm縦50cm	進行が認められない	II a	II	II b	否	要監視	継続	監視(日常監視)	
PS001	10	2.1	路面	R	材質劣化	路面のうき・はく離	横300cm縦200cm	進行が認められる	II b	II	II b	否	要監視	継続	監視(日常監視)	
PS001	11	8.6	路面	L	材質劣化	路面のうき・はく離	横30cm縦400cm	新たに発生			II b	否	要監視	継続	監視(日常監視)	
PS001	12	15.1	覆工	L-45°	材質劣化	うき・はく離	横280cm縦20cm	新たに発生			II a	否	要監視	継続	監視(重点)	
S9498	1	20.6	覆工	LR-天~45°	材質劣化	漏水防止板の腐食	横12.5mx縦8m	進行が認められる	II b	II	II a	否	要監視	継続	監視(重点)	地板目、本体1
S9498	2	17.5	覆工	R-天	材質劣化	うき・はく離	横30cm縦50cm	進行が認められない	II a	II	II a	否	要監視	継続	監視(重点)	
S9498	3	17.5	覆工	R-45°	材質劣化	うき・はく離	横20cm縦90cm	進行が認められる	II a	II	II a	否	要監視	継続	監視(重点)	側面 拡大
S9498	4	17.5	覆工	LR-天~側	外力	ひび割れ	W=0.3mm 未満	進行が認められる	I	I	II b	否	要監視	継続	監視(日常監視)	
S9498	5	18.2	覆工	L-45°	材質劣化	漏水防止板の腐食	横12.5mx縦1.2m	進行が認められる	II b	II	II	否	要監視	継続	監視(重点)	パン全体(L)
S9498	6	21.3	覆工	L-側	材質劣化	漏水防止板の腐食	横12.5mx縦2.7m	進行が認められる	II a	II	II	否	要監視	継続	監視(重点)	ン全体(L)下
S9498	7	29.3	覆工	R-45°	材質劣化	漏水防止板の腐食	横12.5mx縦1.2m	進行が認められる	II b	II	II	否	要監視	継続	監視(重点)	パン全体(R)
S9498	8	29.4	覆工	R-側	材質劣化	漏水防止板の腐食	横12.5mx縦2.7m	進行が認められる	II a	II	II	否	要監視	継続	監視(重点)	ン全体(R)下
S9498	9	28.1	路面	L	材質劣化	路面のうき・はく離	横20cm縦40cm	進行が認められない	II b	II	II b	否	要監視	継続	監視(日常監視)	部分補修済
S9529	1	35.6	覆工	LR-天~45°	材質劣化	漏水防止板の腐食	横17.5mx縦8m	進行が認められる	II b	II	II	否	要監視	継続	監視(重点)	地板目、本体1
S9529	2	47.5	覆工	LR-天~SL	材質劣化	うき・はく離	横1200cm縦10cm	進行が認められる	I	I	II a	否	要監視	継続	監視(重点)	
S9529	4	30	覆工	LR-天~側	外力	ひび割れ	W=0.3mm 未満	進行が認められる	II a	I	II b	否	要監視	継続	監視(日常監視)	
S9529	5	30.8	覆工	L-45°	材質劣化	漏水防止板の腐食	横17.5mx縦1.2m	進行が認められる	II b	II	II	否	要監視	継続	監視(重点)	パン全体(L)
S9529	6	37.2	覆工	L-側	材質劣化	漏水防止板の腐食	横17.5mx縦2.7m	進行が認められる	II b	II	II	否	要監視	継続	監視(重点)	箇所以外、下
S9529	7	44.5	覆工	R-45°	材質劣化	漏水防止板の腐食	横17.5mx縦1.2m	進行が認められる	II b	II	II	否	要監視	継続	監視(重点)	えパン全体(R)
S9529	8	45.8	覆工	R-側	材質劣化	漏水防止板の腐食	横17.5mx縦2.7m	進行が認められる	II a	II	II	否	要監視	継続	監視(重点)	スパン以外、下
S9529	9	33.5	路面	L	材質劣化	路面のうき・はく離	横20cm縦40cm	進行が認められない	II b	II	II b	否	要監視	継続	監視(日常監視)	部分補修済
S9529	10	44.5	路面	L	材質劣化	路面のうき・はく離	横20cm縦40cm	進行が認められない	II b	II	II b	否	要監視	継続	監視(日常監視)	部分補修済
S9863	1	47.5	覆工	LR-天~側	外力	ひび割れ	幅=1.2mm	進行が認められない	I	I	I	否	要対策			
S9863	2	50	覆工	LR-天	漏水	にじみ		進行が認められない	I	I	I	否	要対策	対策済	前部鉄骨更新	
S9863	3	49.6	覆工	L-45°	材質劣化	鋼材腐食	幅=1.0mm	進行が認められない	I	I	I	否	要対策	対策済	前部鉄骨更新	
S9863	4	53.7	路面	LR	材質劣化	路面のうき・はく離	横40cm縦40cm	進行が認められない	II b	II	II b	否	要監視	継続	監視(日常監視)	部分補修済
S9863	5	59.7	覆工	R-側	漏水	漏水	にじみ	新たに発生			II b	否	要監視	継続	監視(日常監視)	

図-8 トンネル本体工点検情報 (全管理トンネル対象)

AI技術の開発等、維持管理の効率化・高度化に資する技術開発を促進していくことが考えられる。

6. おわりに

上述のとおり、現在、当協会では、トンネルDBの

構築および改良・更新を鋭意実施している。今後も点検データの登録は続けられる予定であり、点検データ数もこれから益々増加していくものと考えられる。今後、トンネルDBおよびトンネルDBに蓄積された点検データが、維持管理の一つである点検をはじめとした道路トンネルの計画・設計・施工等の様々な場面に

において活用され、点検作業の効率化・省力化等に貢献されることを期待し、取り組みを進めていく所存である。

JICMA

《参考文献》

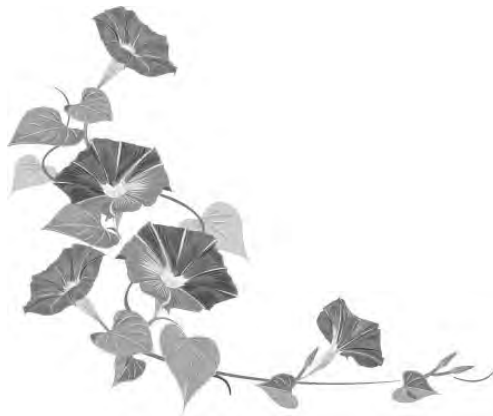
- 1) 国土交通省道路局：第3回道路技術懇談会 配付資料 資料4 道路施設の点検データベースの整備と新技術活用, 2021.7.14. (<https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/dourogijutsu/doc03.html>)
- 2) 国土交通省道路局：第7回道路技術懇談会 配付資料 資料1 全国道路施設点検データベースの現状と今後, 2023.1.19. (<https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/dourogijutsu/doc07.html>)
- 3) (社) 日本道路協会：道路トンネル技術基準（構造編）・同解説, 2003.12.
- 4) (公社) 日本道路協会：道路トンネル維持管理便覧【本体工編】令和

2年版, 2020.9.

- 5) (公社) 日本道路協会：道路トンネル維持管理便覧【付属施設編】, 2016.11.
- 6) 国土交通省道路局：道路トンネル定期点検要領, 2019.2. (<https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/yobohozen.html>)
- 7) 国土交通省道路局国道・技術課：道路トンネル定期点検要領, 2019.3. (<https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/yobohozen.html>)

【筆者紹介】

石原 廣和 (いしはら ひろかず)
(一社) 日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所 研究第一部
技術主幹



新工法紹介 機関誌編集委員会

05-74	バッチ式原位置混合工法	日本海工 JFE スチール 日本製鉄 五洋建設 東亜建設工業
-------	-------------	--

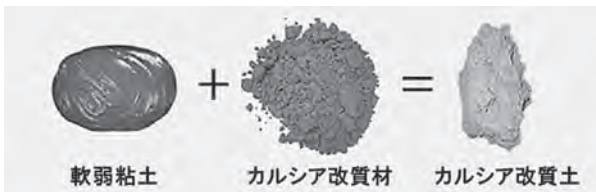
▶ 概要

カルシア改質土は、軟弱粘土に製鋼スラグを原料としたカルシア改質材を混合することにより、物理的・化学的性状を改質した材料である（図－1）。強度が発現し固化するなどの特性を有していることから、浚渫土の有効活用技術として埋込材や浅場・干潟の造成材などに適用されている。従来の施工法は、バージ船や土槽内であらかじめ混合したカルシア改質土を所定の施工エリアへ運搬し、海中投入する事前混合処理が主流であった。これに対し、今回開発した「バッチ式原位置混合工法」は、既存の海上地盤改良工法であるサンドコンパクションバイル工法の施工船を利用する。施工船に取り付けた密閉式バケツを用いて、バケツ内で粘土とカルシア改質材を混合し、その場（原位置）において海底地盤の表層3m程度をカルシア改質土に改良する工法である（写真－1、図－2）。

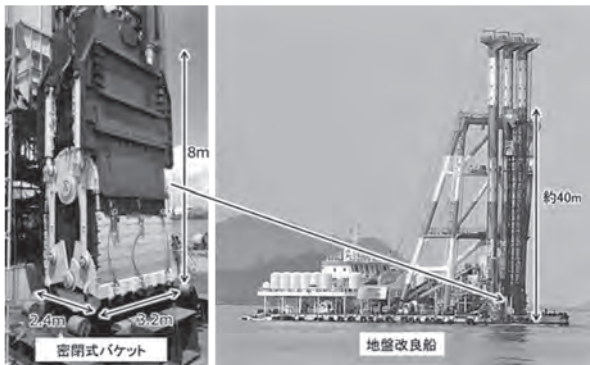
▶ 特徴

① 施工工程の簡略化が可能

- ・原位置（海底）で一連の工程を実施するため、粘土やカルシア改質土の運搬を必要としない



図－1 カルシア改質土の外観



写真－1 バッチ式原位置混合工法の施工船

② 施工時の濁り発生を抑制

- ・密閉式バケツ内で取り込んだ粘土とカルシア改質材を混合するため、攪拌による濁りが発生しない
- ・海底近傍でカルシア改質土を排出するため、海中投入に比べてカルシア改質土の落下高さが小さくなり、濁り発生を抑制できる

③ カルシア改質土の品質向上に貢献

- ・バケツでの海底地盤の掘削時に余分な水分が含まれないため、強度・品質の向上が期待できる
- ・密閉式バケツ内でカルシア改質材の混合率をリアルタイムで管理できるため、混合量の過不足に迅速に対応可能

④ 大水深（水深25mまで）の施工が可能

▶ 用途

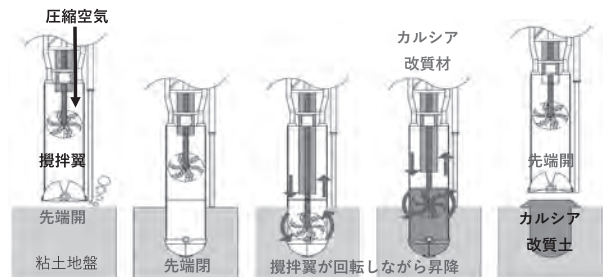
浅場・干潟用の土留め潜堤直下の浅層地盤改良（図－3）、航路内への土砂流入防止堤、岸壁・防波堤周辺の洗堀防止など。

▶ 実績

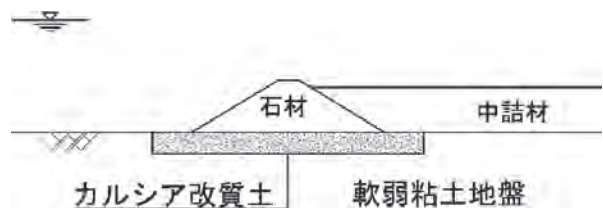
- ・カルシア改質土の原位置混合工法の実証試験

▶ 問合せ先

日本海工(株) 海環境事業推進部
〒650-0032 神戸市中央区伊藤町119 大樹生命神戸三宮ビル
TEL：078-391-1790（代表）



図－2 バッチ式原位置混合工法の施工の流れ

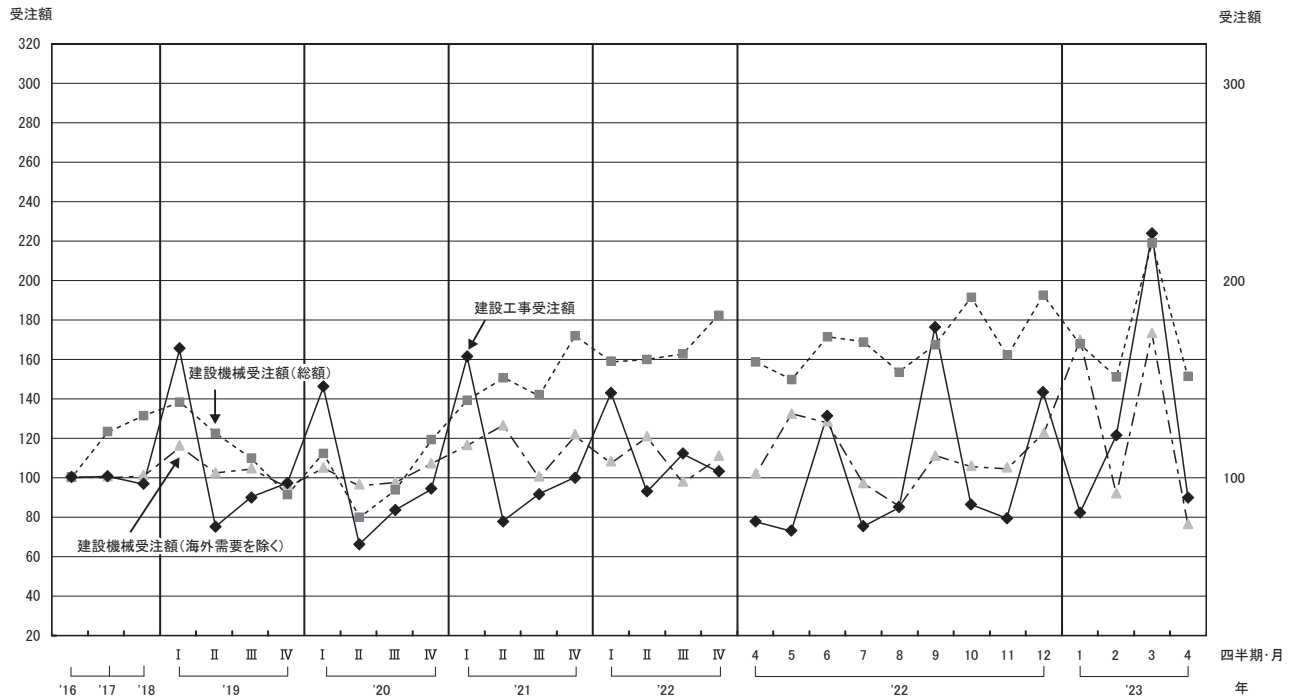


図－3 バッチ式原位置混合工法による浅場・干潟の造成

統計 機関誌編集委員会

建設工事受注額・建設機械受注額の推移

建設工事受注額：建設工事受注動態統計調査(大手50社) (指数基準 2016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 2016年平均=100)



建設工事受注動態統計調査 (大手 50 社)

(単位：億円)

年 月	総 計	受 注 者 別						工 事 種 類 別		未消化 工事高	施工高
		民 間			官 公 庁	そ の 他	海 外	建 築	土 木		
		計	製 造 業	非 製 造 業							
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
2022年	165,482	119,900	33,041	86,862	33,436	5,252	6,898	114,984	50,496	207,841	130,901
2022年 4月	9,462	6,623	2,182	4,441	2,268	490	81	6,347	3,114	201,690	9,341
5月	8,930	6,695	2,012	4,683	1,038	386	812	6,290	2,640	201,369	8,812
6月	15,741	11,290	3,252	8,038	2,525	465	1,462	11,414	4,327	202,288	14,177
7月	9,176	6,529	2,073	4,456	1,839	348	460	6,310	2,865	202,222	9,335
8月	10,334	8,302	3,261	5,042	1,451	362	220	7,711	2,624	202,166	10,413
9月	21,617	13,586	3,925	9,661	5,298	680	2,052	13,970	7,647	208,186	15,244
10月	10,520	7,331	1,341	5,991	2,426	413	351	7,400	3,120	208,774	9,760
11月	9,636	6,849	1,908	4,941	2,121	385	282	6,736	2,900	206,833	11,819
12月	17,593	14,275	5,184	9,091	3,208	540	-430	13,048	4,544	207,841	16,317
2023年 1月	10,021	6,986	1,556	5,430	2,452	336	248	6,867	3,154	207,251	10,213
2月	14,867	9,285	1,928	7,358	5,010	372	199	9,662	5,204	209,850	12,419
3月	27,481	18,606	4,053	14,553	7,409	674	791	17,187	10,294	214,894	21,223
4月	10,993	8,354	2,034	6,320	2,003	528	107	7,807	3,186	-	-

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	16年	17年	18年	19年	20年	21年	22年	22年 4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	23年 1月	2月	3月	4月
総 額	17,478	21,535	22,923	20,151	17,646	26,393	29,024	2,310	2,177	2,498	2,457	2,233	2,439	2,790	2,361	2,804	2,445	2,198	3,197	2,214
海 外 需 要	10,875	14,912	16,267	13,277	10,966	18,737	21,816	1,753	1,450	1,791	1,926	1,766	1,832	2,211	1,788	2,130	1,509	1,694	2,246	1,795
海外需要を除く	6,603	6,623	6,656	6,874	6,680	7,656	7,208	557	727	707	531	467	607	579	573	674	936	504	951	419

(注) 2016～2018年は年平均で、2019～2022年は四半期ごとの平均値で図示した。
 2022年4月以降は月ごとの値を図示した。

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

行事一覧

(2023年5月1～31日)

機械部会



■ダンプトラック技術委員会

月日：5月9日(火)(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：キャタピラー・ジャパン(同)「CONEXPO 2023 展示内容の紹介」②生産性向上に関する輪講：日立建機(株)「HITACHI LOADING POLICY 概要の紹介」③令和5年度活動計画について討議：工場見学会の実施について

■基礎工専用機械技術委員会

月日：5月10日(水)(会議室での対面開催)

出席者：草刈成直委員長ほか15名

議題：①各社トピックス：鉦研工業(株)「ロッドハンドリング装置 RHS-2 の紹介」②ライト工業(株)による技術プレゼン：「地盤改良分野における ICT 活用工事の現状」③今後のスケジュールについて：技術プレゼン、各社トピックスの予定④6月開催予定の見学会の詳細説明

■トンネル機械技術委員会・幹事会

月日：5月15日(月)(会議室, Web 併行開催)

出席者：丸山修委員長ほか11名

議題：①令和5年度WG活動の進め方について討議②見学会について：・7月実施予定の見学会の概要説明、・その他見学会候補地の状況確認③技術講演会について

■路盤・舗装機械技術委員会・幹事会

月日：5月16日(火)(会議室での対面開催)

出席者：美野隆委員長ほか13名

議題：①令和5年度活動計画の内容確認と役割分担、今後の進め方について討議②現場・工場見学会の候補地について討議③上期総会の日程および発表内容について討議

■ショベル技術委員会

月日：5月18日(木)(会議室, Web 併行開催)

出席者：安部敏博委員長ほか10名

議題：①GX建設機械認定制度について：・作業燃費検討WG(4/27(木))の概要報告、・ショベル技術委員会での対応について討議②ISO11152(エ

ネルギー消費量試験方法)についての状況報告

■トラクタ技術委員会

月日：5月30日(火)

出席者：大場元樹委員長ほか7名(Web会議で開催)

議題：①GX建設機械認定制度について：・作業燃費検討WG(4/27(木))の概要報告、・トラクタ技術委員会での対応について討議

■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31日(水)(会議室, Web 併行開催)

出席者：石倉武久委員長ほか5名

議題：①GX建設機械認定制度への対応について討議：・認定制度の概要紹介、・ラフテレーンクレーン対応について討議(電力消費量の測定方法など)

標準部会



■ISO/TC 127/SC 2/WG 30-ISO 6683 シートベルト(改正)国際WG会議(Web会合)

月日：5月2日(火)夜

出席者：イタリアのVITAコンビナー兼プロジェクトリーダー(国家防災補償機構 INAIL)など海外(スウェーデン・英国・米国・イタリア)から10名、日本から小塚大輔委員(コマツ)など2名

場所：Web上(ISO Zoom)

議題：①開会(出席者点呼、議事案採択など)②ISO/DIS 6683.2 投票時意見継続検討③プロジェクトリーダーが準備したISO/FDIS 6683.2 案文の検討④次の段階について、その他、次回会合日程及び場所(今回会合で残った案件に関して少人数の特設会合で検討してFDISに進めることとなった)

■ISO/TC 127/SC 3/WG 5 施工現場情報交換 ISO/TS 15143-4 案文統合特設会合(Web会合)

月日：5月5日(金)昼

出席者：米国のBOLLWEGプロジェクトリーダー(Deere社)など海外(米国の他スウェーデン・オーストラリア・フィンランド・ニュージーランドなど)から10名、日本から山本茂コンビナー(コマツ)など2名

場所：Web上(ISO Zoom)

議題：ISO/TS 15143-4 案文作成に関して、各技術的要検討事項について確認された。ただし、オーストラリアのMatthew RIEK 特設チームリーダー(ト

プコン)担当のサーバー間通信の接続認可をOAuthに基づくものとする文面変更は未実施とのこと

■ISO/TC 127/SC 2/WG 24-ISO 19014 機能安全 国際WG会議(ハイブリッド会合)

月日：5月8日(月)～12日(金)

出席者：対面24名, Web11名出席で、国別では英国のCAMSELLコンビナー(英国建設機械工業会CEA)など海外から米国12名・英国1名・ベルギー1名・イタリア1名・フランス1名・韓国2名・中国1名・スウェーデン1名・オーストラリア1名・日本から14名出席

場所：機械振興会館6階会議室にて対面会合+Web参加(ISO Zoom)

議題：①開会(会議の目的及び日程確認・ISO行動規範確認、出席者点呼、議事案採択・前回議事録確認、以前の会議での要処理事項の実施状況確認

②ISO 19014 改正検討③ISO/PWI 6135 非決定的様相を含む機械制御系の安全(画像情報を機械学習する人工知能を介在させて認識する技術を適用して衝突回避など機械制御する場合などに、機械の応答が人工知能の推論によるため決定的とはならない場合の扱いに関する標準)についての論議

④次回会合(2023年7月24日の週にロンドンのBSIで会合)及び先々の数回の会合予定(日本は2024年7月の会議開催を担当となった)

■ISO/TC 127/SC 3/WG 5 施工現場情報交換 ISO/TS 15143-4 案文編集会議(Web会合)

月日：5月10日(水)早朝

出席者：米国Crowell親ISO/TC 127 国際議長など海外及び日本から若干名

場所：Web上(ISO Zoom)

議題：最近数回開催された案文統合特設チーム会議で論議されたISO/TS 15143-4 案文作成進捗状況の確認と対応方針検討

■ISO/TC 195/SC 3/WG 1 穿孔及び基礎工専用機械一用語及び定義 国際バーチャルWG会議

月日：5月16日(火)夜

出席者：山本卓也委員(技研製作所)ほか12名

場所：Web上(ISO Zoom)

議題：①CD 11886 コメント審議(続き)②提供された図の検討③OSDプラットフォーム上のプロジェクト見直し④TC 195/SC 3への提言(2023年12月末迄にDIS登録を目標)

■ ISO TC 127/SC 3/JWG 16-ISO 23870 規格群ネットワーク構成 特設会合 (Web 会合)

月 日：5月16日 (火) 夜

出席者：米国 BERGIJK 共同コンビナー (AGCO 社)・Jessop LUESCHOW 幹事 (Deere 社) など海外 (米国の他にドイツ・オーストラリア・イタリア・スウェーデン・インドなど) から30名近く、日本から山本茂委員 (コマツ) など農業機械関係者含め4名

場 所：Web 上 (ISO Zoom)

議 題：機械本体と作業機部分が連結されていて、両者間の通信に CAN に基づくシステムが適用されている分野での、通信高速化についてのネットワーク構成に関する継続論議

■ ISO/TC 127/SC 3/WG 5 施工現場データ交換国際 WG 会議 (Web 会合)

月 日：5月17日 (水) 昼

出席者：日本から山本茂コンビナー (コマツ) 含め9名、米国 BOLLWEG プロジェクトリーダー (Deere 社) など海外 (米国・オーストラリア・フィンランド・ニュージーランド・韓国・スウェーデンなど) から10数名

場 所：Web 上 (ISO Zoom)

議 題：①開会 (出席者点呼、ISO 行動規範確認、議事案採択、前回会合議事録確認など) ②案文の進捗状況確認 ③今後の会合予定

■ ISO/TC 127/SC 2/AG 1 保護構造規格の整合化 国際特設チーム会議 (Web 会合)

月 日：5月17日 (水) 夜

出席者：米国 Steve NEVA コンビナー (斗山 Bobcat 社) など海外 (オーストラリア・フィンランド・ドイツ・スウェーデン・英国・米国) から8名、日本から小塚大輔委員 (コマツ) など2名

場 所：Web 上 (ISO Zoom)

議 題：①開会 (出席者点呼・ISO 行動規範確認・議事案採択・前回会合議事録確認など) ②ISO/TC 127/SC 2/JWG 31 運転員保護構造の材料要求事項からの報告 (当該案文 ISO/DIS 7021 は投票で承認、各国意見は6月7日の会合で検討予定) ③新業務提案の状況 (ISO/NP 20687 強固なプラスチックの安全窓材料が NP 承認/ISO 3471:2008/AWI Amd 1 附属書 B の追補/担当 WG 設立などについて今後協議) ④今後の会合、その他：次回 CAG で論議の方向

■ ISO/TC 127/SC 3/JWG 16-ISO/PWI 23870 規格群構成論議国際特設チーム会議 (Web 会合)

月 日：5月17日 (水) 夜

出席者：米国 Jessop LUESCHOW 幹事 (Deere 社) など海外から20名近く、日本から山本茂委員 (コマツ) など

場 所：Web 上 (ISO Zoom)

議 題：ISO 23870 セキュアな移動体高速通信規格群の文書群構成案に対する各国意見の対応検討

■ ISO/TC 127/SC 3/WG 5 施工現場データ交換 ISO/TS 15143-4 案文統合特設チーム会議 (Web 会合)

月 日：5月19日 (金) 昼

出席者：米国の BOLLWEG プロジェクトリーダー (Deere 社) など海外 (米国の他スウェーデン・オーストラリア、フィンランドなど) から8名、日本から山本茂コンビナー (コマツ) など3名

場 所：Web 上 (ISO Zoom)

議 題：ISO/TS 15143-4 案文作成に関して、残る技術的要検討事項について確認 (単位/新規データ事案の情報の扱い)、相互運用性に関する概念実証状況は6月の対面会合で論議、案文に関して WG での意見聴取を要望など

建設業部会



■建設業 ICT 安全 WG

月 日：5月11日 (木)

出席者：中野正晴委員ほか8名 (内 Web 参加者4名)

議 題：①前回 3/15 議事録内容の確認 ②新主査による今年度の活動方針確認 ③国交省の「建設機械施工の自動化・自律化協議会」WG スケジュール、(無人建設機械施工における安全ルール【第一段階】(案))の確認 ④その他

■三役会

月 日：5月17日 (水)

出席者：森田将史部会長ほか4名

議 題：①各 WG 報告 (5/11 建設業 ICT 安全 WG 報告) ②建設業部会見学会、若手現場見学会、講演会の計画途中報告 ③その他

各種委員会等



■機関誌編集委員会

月 日：5月8日 (月)

出席者：中野正則委員長ほか28名

議 題：①令和5年8月号 (第882号) 計画の審議・検討 ②令和5年9月号

(第883号) 素案の審議・検討 ③令和5年10月号 (第884号) 編集方針の審議・検討 ④令和5年5月号～令和5年月号 (第879～881号) 進捗状況報告・確認 ※通常委員会及び Zoom にて実施

■新工法調査分科会

月 日：5月16日 (火)

出席者：持丸修一分科会長ほか9名 (内 Web 参加1名)

議 題：①新委員ご紹介 ②JCMA 機関誌編集関連会議の構成について事務局より説明 ③令和5年執筆記事の相談と検討 ④その他

支部行事一覧

北海道支部



■第12回支部通常総会

月 日：5月16日 (火)

場 所：札幌市、センチュリーロイヤルホテル

出席者：柳屋勝彦支部長ほか102名

内 容：①令和4年度事業報告 (案) 及び決算報告 (案) 承認の件 ②令和5年度事業計画及び収支予算に関する件

■令和5年度除雪機械技術講習会第2回 (メーカ) 打合せ

月 日：5月18日 (木)

場 所：北海道支部会議室

出席者：鳥本一紀施工技術検定技術委員会委員長ほか6名

内 容：①令和5年度除雪機械技術講習会 ②その他

■「2024 ふゆトピア・フェア in 北広島」実行委員会準備会

月 日：5月18日 (木)

場 所：札幌第1合同庁舎地下1階北側会議室

出席者：石塚芳文事務局長ほか19名

内 容：①実行委員会規約 (案) について ②基本計画 (案) について ③実行委員会会計処理要領 (案) について ④予算計画 (案) について ⑤全体スケジュール (案) について

■令和5年度除雪機械技術講習会第4回 (講師) 打合せ

月 日：5月26日 (金)

場 所：かでの2・7 920 会議室

出席者：熊谷政行技術部会長ほか25名

内 容：①令和5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 (水)

場 所：北海道経済センター

受講者：107名

内 容：①令和5年度土木工事標準歩掛の改訂概要 ②建設機械等損料の基本と動向 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経費積算例

■建設技術担い手育成プロジェクト（札幌工業高校出前授業）

月 日：5月31日（水）

場 所：札幌工業高校

受講者：土木科2年生54名

内 容：（札幌地区測量設計協会と共催）

①建設ICTの概要（座学） ②3次元レーザスキャナーの解説（実機デモ） ③建設VR体験

講師等：鈴木勇治プロジェクトリーダーほか

東 北 支 部

■第1回企画部会（対面+ Web）

月 日：5月8日（月）

場 所：東北支部 事務局会議室

出席者：木村信悦企画部長ほか5名

議 題：第1回支部運営委員会について

内 容：①令和4年度 事業報告（案）について ②令和4年度 事業決算（案）について ③令和5年度 役員交代について ④令和5年度 表彰について

■EE 東北'23 サテライト会場に関する打合せ

月 日：5月10日（水）

出席者：澤田敏樹東北地方整備局東北技術事務所副所長ほか7名

内 容：①備品について ②看板等について ③経費について

■情報化施工技術委員会 第1回幹事会

月 日：5月11日（木）

場 所：仙台市 フォレスト仙台

出席者：鈴木勇治 情報化施工技術委員会委員長ほか14名

議 題：①i-Construction（ICT活用工事）セミナーについて ②DX基礎技術講習会（人材育成協議会）について ③JCMA認定試験、更新講習について ④幹事会等のWeb開催について ⑤ホームページの活用について

■情報化施工技術委員会 第1回委員会

月 日：5月11日（木）

場 所：仙台市 フォレスト仙台

出席者：鈴木勇治 情報化施工技術委員会委員長ほか24名

議 題：①i-Construction（ICT活用工

事）セミナーについて ②建設ICT総合研修（i-Academy 恋地）について ③青森県 建設ICT施工講習会について ④ICT・UAV 基礎技術講習会について ⑤DX基礎技術講習会について ⑥整備局職員研修について（ICT）について ⑦整備局職員研修について（DX）について ⑧学生向けセミナーについて ⑨JCMA認定試験、更新講習について ⑩EE東北'23サテライト会場について

■第1回支部運営委員会

月 日：5月12日（金）

場 所：仙台市 仙台ガーデンパレス

出席者：高橋弘支部長ほか25名

内 容：①令和4年度 事業報告（案）について ②令和4年度 事業決算（案）について ③令和5年度 役員交代について ④令和5年度 表彰について

■令和5年度 第12回東北支部通常総会

月 日：5月19日（金）

場 所：仙台市 仙台ガーデンパレス

出席者：支部会員：138社（議決権総数154社のうち出席49社、委任状89社）

内 容：①令和4年度 事業報告について ②令和4年度 事業決算について ③令和5年度 役員交代について ④令和5年度 事業計画について ⑤令和5年度 事業予算について ⑥表彰（本部長感謝状の贈呈ほか） ⑦特別講演「東北地方整備局におけるインフラDXの取組について」講師：三浦義昭 国土交通省東北地方整備局 建設情報・施工高度化技術調整官

北 陸 支 部

■第12回通常総会

月 日：5月23日（火）

場 所：新潟東映ホテル 2F 朱鷺の間

議 題：①令和4年度 事業報告に関する件 ②令和4年度 決算報告に関する件 ③令和5年度 事業計画に関する件 ④令和5年度 収支予算に関する件 ⑤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25日（木）

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：

初級 掘削（小）学科及び実技 5名
掘削（大）学科及び実技 6名
掘削（大）学科（再試験） 6名
締固め 学科及び実技 5名

締固め 学科（再試験） 3名
締固め 実技（再試験） 2名
専門級 掘削（小）学科及び実技 1名
掘削（大）学科及び実技 2名
掘削（大）実技のみ 10名
締固め 学科及び実技 8名

■令和5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（火）

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4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に関する最近の話題（講演）

中 部 支 部

■第12回支部通常総会

月 日：5月15日（月）

場 所：名古屋銀行協会会館

出席者：浅野和広支部長ほか140名

議 題：①令和4年度事業報告及び決算報告承認の件 ②令和5年度事業計画及び収支予算報告の件等

■令和5年度木曾三川連合総合水防演習

月 日：5月21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、福井コンピュータ(株)、(株)中部テクノス、サイテックジャパン(株)

会 場：愛知県愛西市立田町地先 東海広場

関 西 支 部

■建設用電気設備特別専門委員会（第487回）

月 日：5月24日（水）

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 ②JEM-TR236（建設工事用400V級電気設備施工指針）審議 ③その他

■支部通常総会

月 日：5月17日（水）

場 所：関西支部

出席者：深川良一支部長以下112名

議 題：①令和4年度事業報告及び決算報告の件 ②令和5年度事業計画及び収支予算の件 ③本部事業概要報告 ④令和5年度会長表彰 ⑤優良建設機

械運転員等表彰

講演：『暴れる気候と暴れない気候』

講師：立命館大学総合科学技術研究機構
古気候学研究中心 特別招聘
教授 中川毅氏

中国支部

■令和5年度 JCMA 災害協定関係班長会議

月 日：5月15日(月)

場 所：広島 YMCA 会議室

出席者：玉田一雄企画部長ほか6名

議 題：①災害協定関係の実施体制等見直し(案)について ②今後のスケジュールについて

■令和5年度建設技術講習会【Web】

期 間：5月23日(火)～6月5日(月)

受講者：309名

演 題：① 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 ②令和5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 ③中国地方整備局のインフラ DX と BIM/CIM の取り組み 中国地方整備局企画部建設情報・施工高度化技術調整官 ④河川分野における高度化(DX)について 中国地方整備局河川部河川情報管理官 ⑤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 ⑥橋梁詳細設計業務に関する BIM/CIM 活用について 八千代エンジニアリング(株)広島支店技術部

■第12回支部通常総会

月 日：5月31日(水)

場 所：ホテルメルパルク広島

出席者：河合研至支部長ほか77名

議 題：①令和4年度事業報告承認の件 ②令和4年度決算報告承認の件 ③令和5年度事業計画(案)に関する件 ④令和5年度収支予算(案)に関する件 ⑤本部及び施工技術総合研究所の事業概要報告 ⑥本部感謝状贈呈 ⑦講話「国土交通行政の最近の話題」中国地方整備局施工企画課長岸本孝文氏

■令和5年度「建設の機械化施工優良技術者」表彰式

月 日：5月31日(水)

場 所：ホテルメルパルク広島

受賞者：運転・整備部門1名 管理部門3名 技術開発部門1名

■記念講演会

月 日：5月31日(水)

場 所：ホテルメルパルク広島

演 題：サッカースタジアムの整備について

講 師：広島市都市整備局スタジアム建設部スタジアム工務第二担当課長清水由明氏

四国支部

■R5第1回運営委員会

月 日：5月18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27名(うち、委任状提出9名)

内 容：①令和4年度事業報告に関する件 ②令和4年度決算報告に関する件 ③令和4年度会計及び業務監査報告に関する件

■四国支部第12回(R5年度)通常総会

月 日：5月18日(木)

場 所：ホテル「マリンパレスさぬき」

(高松市)

議決権総数：127社

出席社数：120社(うち、委任状提出55社)

出席者総数：藤山究副支部長ほか84名

議 題：第1号議案 令和4年度事業報告承認の件、第2号議案 令和4年度決算報告承認の件、第3号議案 令和4年度会計及び業務監査報告に関する件、第4号議案 令和5年度事業計画に関する件、第5号議案 令和5年度収支予算に関する件

九州支部

■R5年度第1回運営委員会

月 日：5月18日(木)

場 所：福岡リーセントホテル 芙蓉の間

出席者：松嶋支部長ほか25名(うち委任状提出4名)

議 題：第12回支部通常総会に附議する事項に関する件

■第12回支部通常総会

月 日：5月18日(木)

場 所：福岡リーセントホテル 舞鶴の間

出席者：松嶋支部長ほか94名(うち委任状提出26名)

議 題：①令和4年度事業報告に関する件 ②令和4年度決算報告に関する件 ③令和5年度事業計画に関する件 ④令和5年度収支予算に関する件 ⑤令和5年度支部役員の選任に関する件 ⑥本部長表彰及び支部長表彰 ⑦特別講演「九州におけるi-Constructionの取組とDX」講師：九州大学大学院工学研究院附属アジア防災研究センター教授 三谷泰浩氏

編集後記

新型コロナウイルスの分類が5類感染症に移行して2ヶ月あまり、本号が皆様のお手元に届くころには梅雨も明けて平時の夏休みを心待ちにされている頃と思います。

さて、7月号は、「建設施工のDX」がテーマです。建設業でもDX（デジタルトランスフォーメーション）は近年の労働者不足、環境適応等の建設業の課題に対応するために盛んに推進されているところです。

巻頭言をお願いした国土交通省佐藤技術審議官から、DX技術は不可能と思われてきたことを可能にするゲームチェンジャーとしての役割を果たすこと、DX技術を活かしたケタ違い技術開発を進めるべき、そのケタ違いを目指すための新たな技術開発制度としてプログラムマネジメントの導入を図るべきこと、建設機械分野ではDXに加えGXの取組も加速化することを踏まえ、従来の概念・枠組みにとらわれず、創造的な研究・技術開発を目指すことをお

示し頂きました。

行政情報は、「国土交通省におけるインフラ分野のDXの推進に向けた取り組み」、「ICT建設機械認定制度」の2件の国土交通省での建設施工のDXの取り組みと推進を紹介頂きました。

特集報文は、「DXソリューション開発手法、デジタルツインの構築、サプライチェーンマネジメントシステム、CIM総合管理システム、協調運転制御システム、遠隔操縦システム、UAVグリーンレーザ計測、シールド工専用AI」の様々な技術を紹介頂きました。

交流のひろばでは、「デジタルツインを構築するVR・CG技術の最新動向と自動運転・モビリティプロジェクトへの適用」、各分野での動向や事例を幅広く紹介頂きました。

最後に、ご多忙にもかかわらず、ご寄稿頂きました執筆者の皆様やご尽力を頂きました関係者の皆様に心からお礼を申し上げます。本号が今後の建設施工DX推進の一助となれば幸いです。有難うございました。

(岡本・室谷)

機関誌編集委員会

編集顧問

今岡 亮司	加納研之助
後藤 勇	新開 節治
関 克己	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

渡邊 賢一	国土交通省
槻瀬 誠	農林水産省
木村 桂一	(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)
加藤 友希	(株)大林組
出口 明	(株)竹中工務店
宮川 克己	(株)熊谷組
松本 清志	(株)奥村組
京免 継彦	佐藤工業(株)
平田 惣一	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)
丹治 雅人	コベルコ建機(株)
漆戸 秀行	住友建機(株)
大竹 博文	(株)加藤製作所
田島 良一	古河ロックドリル(株)
鈴木 健之	施工技術総合研究所

事務局

(一社)日本建設機械施工協会

8月号「土工事特集」予告

- ・土工の技術基準の改訂に向けた方向性
- ・宅地造成及び特定盛土等規制法の施行
- ・自動化リジッドダンプの開発及び自動走行能力の検証
- ・品質向上と計測管理の省力化を実現する地盤改良工管理技術の開発
- ・溶融スラグとバイオ炭を用いた脱炭素型地盤改良工法の開発
- ・土質定数推定システム「サウンディングAI」
- ・薬液注入工法の改良効果評価手法「ジオレジスタ法」
- ・スタビライザのICT化「浅層改良管理システム」による位置精度および生産性向上の検証
- ・液状化対策でCO₂を地中貯蔵

【年間定期購読ご希望の方】

- ①書店でのお申し込みが可能です。お近くの書店へお問い合わせください。
- ②協会本部へのお申し込みは「年間定期購読申込書」に必要事項をご記入のうえFAXをお送りください。

詳しくはHPをご覧ください。

年間定期購読料(12冊) 10,032円(税・送料込)

建設機械施工

第75巻第7号(2023年7月号)(通巻881号)

Vol.75 No.7 July 2023

2023(令和5)年7月20日印刷

2023(令和5)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

Performance  Design

新型 ミニ

SK45SR SK55SR

ミニショベルがモデルチェンジ

2023年4月順次登場

特設サイトは
こちら

iNDr+E



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

FA機器の最適無線化提案

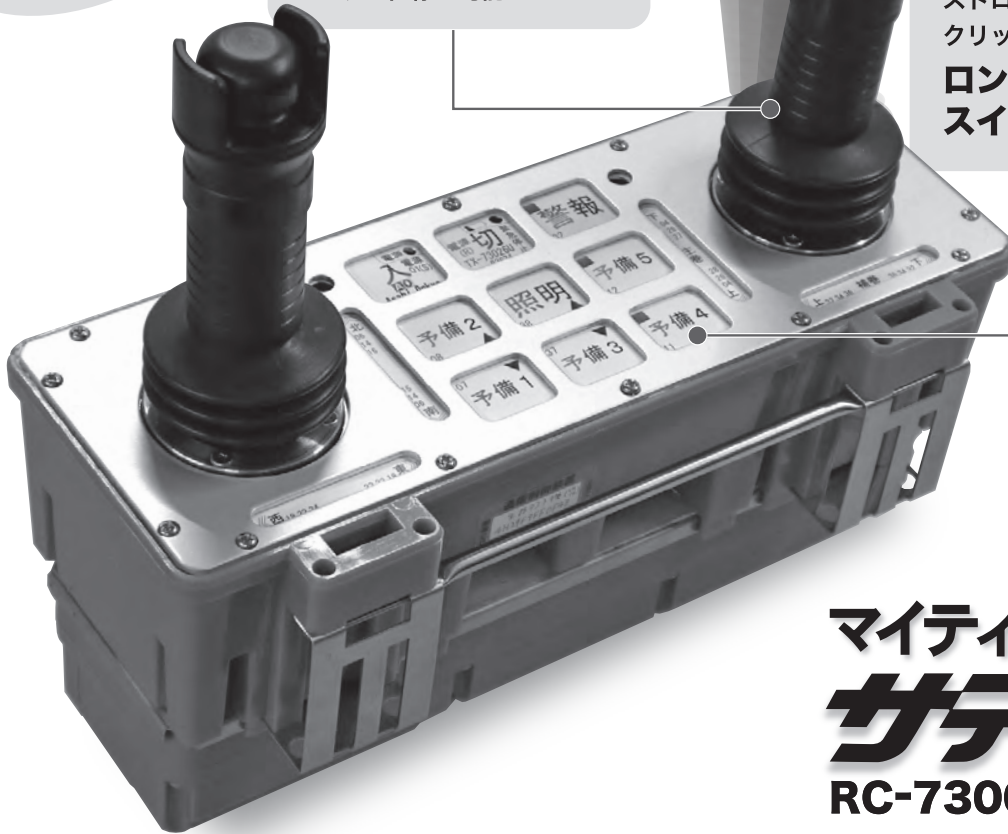
クレーン・搬送台車・建設機械・特殊車両他
産業機械用無線操縦装置

New!

自社開発した
**3ノッチ式
ジョイスティック**
中立位置に自動復帰
する仕様も可能!

自動復帰!

ストロークが深く、
クリックがハッキリ!
**ロングストローク
スイッチ**を標準採用



マイティ 429MHz帯・1.2GHz帯
特定小電力モデル対応
サテラ
RC-73000U/G シリーズ

スリムケーブルレス 5800シリーズ 好評発売中!

双方向データケーブルレス

《TC-1000808S》

**緊急停止
スイッチ** (オプション)

429MHz帯・1.2GHz帯
特定小電力モデル対応

プッシュロック、
ターンリセット型
キノコスイッチ



クレードルタイプ
充電台対応

**2段押3組
標準型**

- インバーター制御の
クレーンに最適!
- クリック感ハッキリの
ロングストローク
スイッチ

**429MHz
1216MHzが
同価格!!**



- 見えない機械の制御もフィードバック!
- 双方向制御がこの1セットで対応可能!
- 新周波数920MHz帯を採用!

常に半歩、先を走る



朝日音響株式会社

〒771-1311 徳島県板野郡上板町引野字東原43-1 (本社工場) FAX.088-694-5544 TEL.088-694-2411
<http://www.asahionkyo.co.jp/>



無線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

確かな技術で世界を結ぶ

Attachment Specialists

可動式ハイキャブ



任意の高さに停止可能

油圧式マグネット



産廃物からの金属片取り出しなどに効果を発揮

自動車解体機



車の解体・分別作業を大幅にスピードアップ

ラウンティシア サーベルシリーズ



船舶・プラント・鉄骨物解体に威力を発揮

マテリアルハンドラ



ワイドな作業範囲で効果の良い荷役作業

ウッドシア



丸太や抜根を楽々切断



マルマテクニカ株式会社

■名古屋事業所

愛知県小牧市小針2-18 〒485-0037
電話 0568(77)3312
FAX 0568(77)3719

■本社・相模原事業所

神奈川県相模原市南区大野台6丁目2番1号 〒252-0031
電話 042(751)3800
FAX 042(756)4389

■東京工場

東京都世田谷区桜丘1丁目2番22号 〒156-0054
電話 03(3429)2141
FAX 03(3420)3336

Mikasa

http://www.mikasas.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。

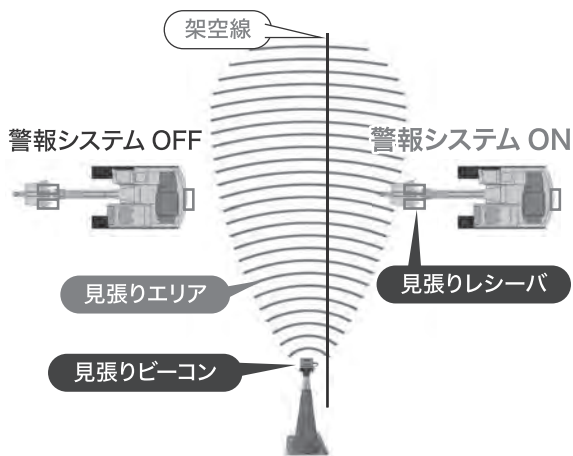
見張りユニット

エリアガード

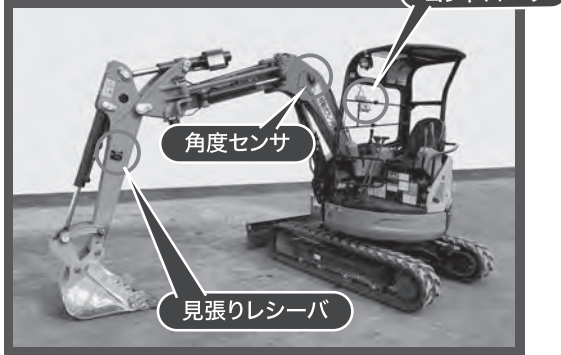
架空線等接近警報システムに「見張りエリア」を送信

見張りユニット 「エリアガード」

見張りビーコンが設定する見張りエリアに見張りレシーバを備えたバックホウが進入すると、自動的に「架空線等接近警報システム※」が ON になり、エリア外に出ると自動的に OFF になる安全システム (特願 2022-122480)
※バックホウのブームに取付けた角度センサがブーム角度を検出し、設定した警戒ラインに達するとオペレータに警報を発信するシステム



ユニット設置例



架空線等接近警報システム 電源 ON !



システムコントローラ



無線受信機

エリアガード

無線通信



見張りレシーバ
(赤外線受信機
無線送信機内蔵)

赤外線

見張りビーコン



見張りユニット「エリアガード」がもたらす効果

- ・設定エリア内に入ると自動でシステムが ON になるため、電源の入れ忘れを防ぐことができる。
- ・見張りエリア外では警報に煩わされずにバックホウの作業ができる。
- ・必要な場所で必要な状況でのみ警報を発するため、警報に対する意識低下を防ぐことができる。
- ・見張りビーコンはカラーコーンに被せて設置するため、任意の位置に設置可能。
- ・見張りレシーバはマグネットにより車体へ取付けするため、別建機への取付けも容易。



本システムは安全をサポートする機器です。現場使用にあたっては適切な取扱いと確実な作動確認を行ってください。

※製品は予告無く変更する場合がありますので、ご了承願います。

販売



株式会社ケイアールエル

〒112-0004 東京都文京区後楽 1-7-27
TEL : 03-5802-2310(代) <http://www.krl-e.co.jp/>



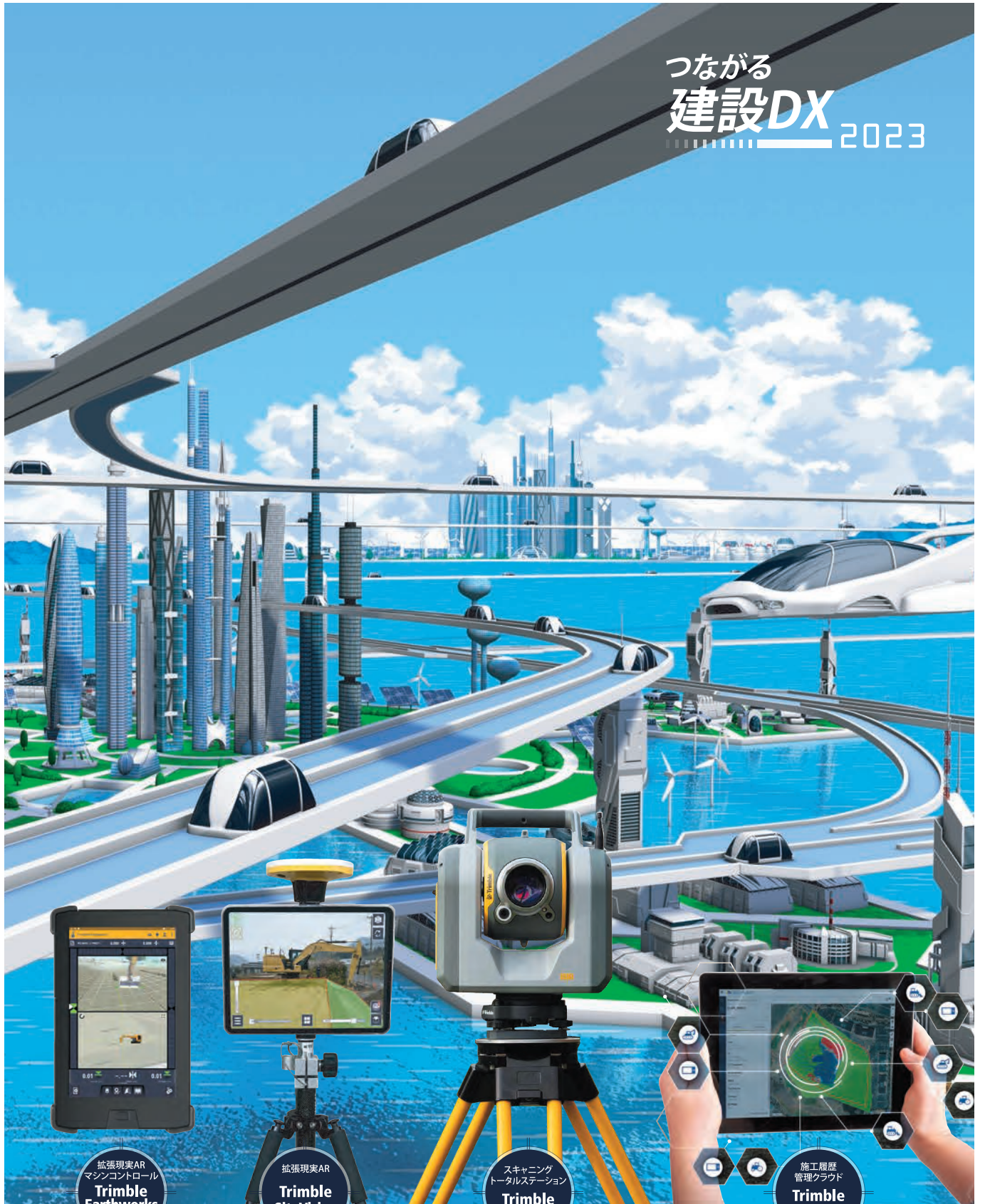
製造

SAN-EI 株式会社 山栄産業

〒359-1145 埼玉県所沢市山口 1186-3
TEL : 04-2939-2577 E-mail : sanei@saneico.jp



つながる
建設DX 2023



拡張現実AR
マシンコントロール
**Trimble
Earthworks
AR**

拡張現実AR
**Trimble
SiteVision**

スキャニング
トータルステーション
**Trimble
SX12**

施工履歴
管理クラウド
**Trimble
WorksOS**

 **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



誰もが安全で健康に働ける 現場を目指して

ICTの進化は、経験値や体力を問わず、

さまざまな人材が現場で活躍できる可能性を広げています。

コマツはICTを通じて、誰もが安全で健康に働ける

未来の現場を目指します。

KOMATSU
Creating value together

コマツカスタマーサポート株式会社 〒108-0072 東京都港区白金1-17-3 Tel.050-3486-7147 <https://kcsj.komatsu/>



雑誌 03435-7



4910034350735
00800

「建設機械施工」

定価 八八〇円 (本体八〇〇円 + 税10%)