

一般社団法人
日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

2021

建設機械施工

Vol.73 No.7 July 2021 (通巻857号)

特集 建設のDX



DXにより創る次世代建設生産システムとスマートな世界



巻頭言 DX時代の新しい建設産業に向けて

技術報文

- DXにより創る次世代建設生産システムとスマートな世界
- 4K 定点カメラ映像による工事進捗管理システムの開発および試行
- 山岳トンネル工事における切羽近傍作業の無人化を目指した取り組み
- 新技術活用による熟練技能維持の取組み 他

行政情報

- 国土交通省が推進するインフラ分野のDX
- DXレポート2（中間とりまとめ）：DX推進の課題と政策展開

交流の広場

最新デジタル技術を活用した現場DX実践事例

JCMA報告

- 第10回通常総会・第38回理事会報告
- 令和3年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績

一般社団法人 日本建設機械施工協会

ダム工事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、構造がシンプルな為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。



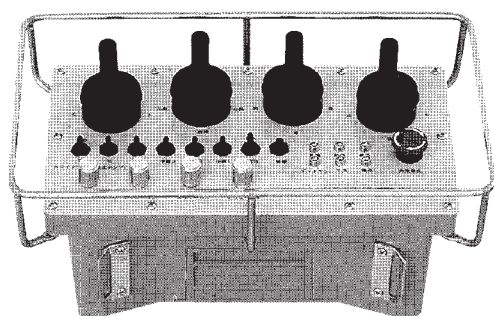
吉永機械株式会社

〒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

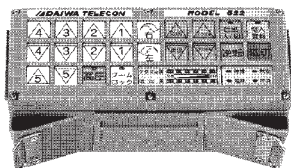
あらゆる仕様に対応
指令機操作面はレイアウトフリー



ダイワテレコン 572 ※製作例 比例制御4本レバー仕様



受令機



ダイワテレコン 522

《新電波法技術基準適合品》

- スイッチ・ジョイスティック・その他、混在装備で最大操作数驚異の**96CH。**
- コンパクトな指令機に業界最大**36**個の押しボタンスイッチ装着可能。
- 受令機の出力はオープンコレクタ（標準）リレー・電圧（比例制御）又は**油圧バルブ**用出力仕様も可能。
- 充電は急速充電方式（一△V検出+オーバータイム付き）
- その他、特注品もお受けいたします。お気軽にご相談ください。

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 mgclub@daiwakiko.co.jp
営業所 東京、大阪、他

関係部署にも回覧をお願いします

橋梁架設工事及び設計積算業務の必携書

橋梁架設工事の積算

令和3年度版

∞ ∞ ∞ 改定・発刊のご案内 ∞ ∞ ∞

一般社団法人 日本建設機械施工協会

謹啓、時下益々ご清祥のこととお喜び申し上げます。

平素は当協会の事業推進について、格別のご支援・ご協力を賜り厚く御礼申し上げます。

さて、このたび国土交通省の土木工事積算基準が改定され、令和3年4月以降の工事費の積算に適用されることに伴い、また近年の橋梁架設工事の状況、実績等を勘案し、当協会では「橋梁架設工事の積算 令和3年度版」を発刊することと致しました。

なお前年度版同様、橋梁の補修・補強工事の積算に際し、その適用範囲や積算手順をわかりやすく解説した「橋梁補修補強工事積算の手引き 令和3年度版」を別冊（セット）で発刊致します。

つきましては、橋梁架設工事の設計積算業務に携わる関係各位には是非ご利用いただきたくご案内申し上げます。

敬具

◆内容

令和3年度版の構成項目は以下のとおりです。

- 〈本編〉 第1章 積算の体系
- 第2章 鋼橋編
- 第3章 PC橋編
- 第4章 橋梁補修
- 第5章 橋梁架設用仮設備機械等損料算定表
- 〈別冊〉 橋梁補修補強工事 積算の手引き
(補修・補強工事積算の適用範囲・手順の解説)



◆改定内容

国交省基準の改定に伴う歩掛等の改定のほか、令和2年度版からの主な改定事項は以下のとおりです。

1. 鋼橋編
 - ・架設用仮設備機械組立解体歩掛の諸雑費率の改定
 - ・現場溶接用ストロングバックの名称、形状の改定
 - ・鋼製橋脚工現場溶接工歩掛の一部改定
 2. PC橋編
 - ・ポストテンション桁製作工歩掛の改定
 - ・プレキャストセグメント主桁組立工7分割歩掛の策定
 - ・ポストテンション場所打ホロースラブ橋工、ポストテンション場所打箱桁橋工、横組工のPCケーブル工歩掛の改定
 - ・セラミックインサート設置工歩掛の策定
 3. 橋梁補修編
 - ・疲労き裂の諸雑費率内訳と1箇所定義の掲載
 - ・湿式剥離剤工法における環境対策資機材及び安全衛生保護具の説明文と使用数量の改定
 - ・積算例の改定
- 別冊「橋梁補修補強工事 積算の手引き」
- ・本編改定内容を反映

● A4判／本編約 1,050 頁（カラー写真入り）
別冊約 200 頁 セット

●定価

一般価格：11,000 円（本体 10,000 円）
会員価格：9,350 円（本体 8,500 円）

※ 別冊のみの販売はいたしません。

※ 送料は別途。

※ また、複数または他の発刊本と同時に申込みの場合についても送料は別途とさせていただきます。

●発刊予定 令和3年5月26日

関係部署にも御回覧をお願いします。

大口径・大深度の削孔工法の設計積算に欠かせない必携書

大口径岩盤削孔工法の積算

令和2年度版

∞∞∞ 改訂・発刊のご案内 ∞∞∞

令和2年5月 一般社団法人 日本建設機械施工協会

謹啓、時下益々ご清祥のこととお喜び申し上げます。

平素は当協会の事業推進について、格別のご支援・ご協力を賜り厚く御礼申し上げます。

本協会では、令和元年9月に「大口径岩盤削孔工法の積算 令和元年度版」を発刊し、関係する技術者の方々に広くご利用いただいております。

さて、このたび国土交通省の土木工事積算基準が改正され、令和2年4月1日以降の工事費の積算に適用されること等に伴い、当協会では、これまで隔年で発刊しておりました大口径岩盤削孔工法の積算を改定し「大口径岩盤削孔工法の積算 令和2年度版」を発刊することと致しました。

つきましては、大口径岩盤削孔工事の設計積算業務に携わる関係各位の皆様には是非ご利用いただきたくご案内申し上げます。 敬具

◆ 内 容

令和2年度版の構成項目は以下のとおりです。

第1編 適用範囲

第2編 工法の概要

第3編 アースオーガ掘削工法の標準積算

第4編 パーカッション掘削工法の標準積算

第5編 ケーシング回転掘削工法の標準積算

第6編 建設機械等損料表

◆ 改訂内容

令和元年度版からの主な改訂事項は以下のとおりです。

国土交通省土木工事標準積算の改正に伴う改訂

アースオーガ掘削工法に用いるクローラ

クレーンの排出ガス対策型への移行

標準積算例に解りやすく解説

国土交通省基準に準拠した機械等損料表の改定

最新の施工実績に更新

● A4判／約230頁（カラー写真入り）

● 価格

一般価格：本体6,000円＋消費税

会員価格：本体5,100円＋消費税

※ 送料は一般・会員とも

沖縄県以外 700円

沖縄県 450円（但し県内に限る）

※ なお送料について、複数又は他の発刊本と同時申込みの場合は別途とさせていただきます。

● 発刊 令和2年5月15日



令和3年度版 建設機械等損料表

- 発売日 : 令和3年5月7日
- 体 裁 : A4判 モノクロ 約480ページ
- 定 価 : 一般価格 8,800円 (本体8,000円+税10%)
会員価格 7,480円 (本体6,800円+税10%)
【郵送を希望される場合は、送料別途となります】

■内容

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



一般社団法人 日本建設機械施工協会

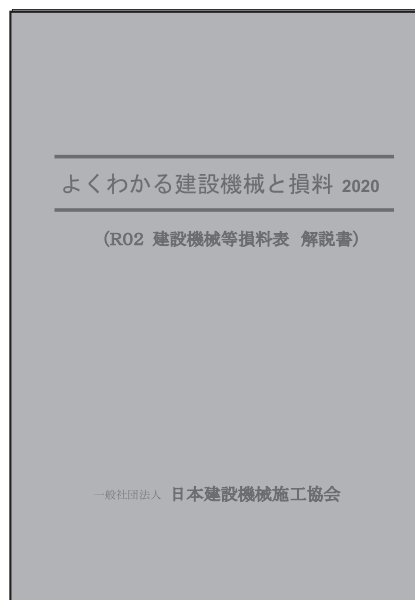
「令和2年度版 建設機械等損料表」の解説書 「よくわかる建設機械と損料 2020」の発売について

一般社団法人 日本建設機械施工協会(会長:田崎 忠行)は、5月下旬に書籍「よくわかる建設機械と損料 2020」を下記の通り発売します。

本書は先に発刊した書籍「令和2年度版 建設機械等損料表」の記載・掲載内容をわかりやすく解説したもので、多くの特長を持っています。

単に損料に関する理解を深めるだけでなく、機械そのものに対する幅広い知識を得るという点においても有効・有益な資料と考えます。是非ご活用下さい。

なお今回、解説文の文字を大きくしています。



書籍の表紙イメージ

***** 記 *****

■発売日：令和2年5月

■体裁：A4判、一部カラー、約330ページ

■本体価格(税別・送料別)

一般：6,000円

会員：5,100円

■内容・特長

- (1) 損料用語を平易な表現でわかりやすく解説
- (2) 換算値損料や損料補正值の計算例を紹介
- (3) R02損料算定表の主な改正点を表にして紹介
- (4) 19件の関連通達・告示類の位置付けと要旨を解説
- (5) 建設機械器具のコード体系を大分類別に図示
- (6) 損料算定表に掲載の大半の機械器具について、その概要・特徴を写真・図を添えて紹介
- (7) 主要な建設機械については、メーカー・型式名を表にして紹介
- (8) 索引でヒットしない機械について、その要因と対処方法を表にして紹介

***** 以上 *****

■お問い合わせ先

東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館内)

一般社団法人 日本建設機械施工協会 (TEL:03-3433-1501)

2019年版 日本建設機械要覧 電子書籍(PDF)版 発売通知

当協会では、国内における建設機械を網羅した『日本建設機械要覧』を2019年3月に刊行し、現場技術者の工事計画の立案、積算、機械技術者の建設機械のデータ収集等に活用頂き、好評を頂いております。

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

是非とも活用いただきたく、お願い申し上げます。

1	商品名	日本建設機械要覧2019 電子書籍（PDF）版		建設機械スペック一覧表、 電子書籍（PDF）版
2	形態	電子書籍（PDF）		電子書籍（PDF）
3	閲覧	Web上で閲覧 パソコン、タブレット、 スマートフォンからアクセス		Web上で閲覧 パソコン、タブレット、 スマートフォンからアクセス
4	内容	要覧全頁		spec一覧表
5	改訂	3年毎		3年毎
6	新機種情報	要覧クラブで対応		要覧クラブで対応
7	検索機能	1.単語検索		1.単語検索
8	附属機能 注）タブレット・スマートフォンは、 一部機能が使えません。	・しおり ・拡大・縮小 ・付箋機能 ・ペン機能 ・目次からのリンク ・各章ごと目次からのリンク ・索引からのリンク ・メーカーHPへのリンク		・しおり ・拡大・縮小 ・付箋機能 ・ペン機能 ・メーカーHPへのリンク
9	予定販売 価格 (円・税込)	会員	55,000（3年間）	49,500（3年間）
		非会員	66,000（3年間）	60,500（3年間）
10	利用期間	3年間		3年間
11	同時ログイン	3台		3台
12	認証方法	ID+パスワード		ID+パスワード
13	購入方法	WEB上にて申込み（HP参照下さい）		WEB上にて申込み（HP参照下さい）

発売時期

令和元年5月 HP：http://www.jcmanet.or.jp/

様々な環境で閲覧できます。
タブレット、スマートフォンで外出先でもデータ
にアクセスできます。

Webサイト 要覧クラブ

2019年版日本建設機械要覧およびスペック一覧表電子書籍（PDF）版購入の方への特典として、当協会が運営するWebサイト（要覧クラブ）上において2001年版から、2016年版日本建設機械要覧のPDF版が閲覧及びダウンロードできます。これによって2019年版を含めると1998年から2018年までの建設機械データが活用いただけます。

また、同じ要覧クラブ上で新機種情報も閲覧およびダウンロードできます。



お問合せ先：業務部 鈴木英隆 TEL：03-3433-1501 E-mail：suzuki@jcmanet.or.jp

2019年版 日本建設機械要覧

発売のご案内

本協会では、国内における建設機械の実態を網羅した『日本建設機械要覧』を1950年より3年ごとに刊行し、現場技術者の工事計画の立案、積算、機械技術者の建設機械のデータ収集等に活用頂き、好評を頂いております。

本書は、専門家で構成する編集委員会の審査に基づき、良好な使用実績を示した国産および輸入の各種建設機械、作業船、工事用機械等を選択して写真、図面等のほか、主要緒元、性能、特長等の技術的事項、データを網羅しております。購読者の方々には欠かすことのできない実務必携書となるものと確信しております。



発 刊 日

平成31年3月

体 裁

- ・ B5判、約1,276頁／写真、図面多数／表紙特製
- ・ 2016年版より外観を大幅に刷新しました。

価 格（消費税10%含む）

一般価格 53,900円（本体49,000円）

会員価格 45,100円（本体41,000円）

（注）送料は1冊900円（複数冊の場合別途）

特 典

2019年版日本建設機械要覧購入の方への特典として、当協会が運営するWebサイト（要覧クラブ）上において2001年版から2016年版までの全ての日本建設機械要覧のPDF版が閲覧及びダウンロードできます。これによって2019年版を含めると1998年から2018年までの建設機械データが活用いただけます。

なお同じ要覧クラブ上で2019年版要覧以降発売された新機種情報もご覧いただけます。

2019年版 内容

- ・ブルドーザおよびスクレーパ
- ・掘削機械
- ・積込機械
- ・運搬機械
- ・クレーン、インクラインおよびウインチ
- ・基礎工事機械
- ・せん孔機械およびブレイカ
- ・トンネル掘削機および設備機械
- ・骨材生産機械
- ・環境保全およびリサイクル機械
- ・コンクリート機械
- ・モータグレーダ、路盤機械および締固め機械
- ・舗装機械
- ・維持修繕・災害対策用機械および除雪機械
- ・作業船
- ・ICT建機、ICT機器（新規）
- ・高所作業車、エレベータ、リフトアップ工法、横引き工法および新建築生産システム
- ・空気圧縮機、送風機およびポンプ
- ・原動機および発電・変電設備等
- ・建設ロボット
- ・WJ工法、CSG工法、タイヤ、ワイヤロープ、燃料油、潤滑剤および作動油、検査機器等

◆ 購入申込書 ◆

一般社団法人 日本建設機械施工協会 行

日本建設機械要覧 2019年版	冊
-----------------	---

上記図書を申込み致します。令和 年 月 日

官 公 庁 名 会 社 名			
所 属			
担当者氏名	TEL		
	FAX		
住 所	〒		
送 金 方 法	銀行振込 ・ 現金書留 ・ その他 ()		
必 要 事 項	見積書 () 通 ・ 請求書 () 通 ・ 納品書 () 通 () 単価に送料を含む、() 単価と送料を2段書きにする(該当に○) お願い：指定用紙がある場合は、申込書と共に送付下さい		

◆ 申込方法 ◆

①官公庁：FAX（本部、支部共）

②民 間：（本部へ申込）FAX

（支部へ申込）現金書留のみ（但し会員はFAX申込可）

※北海道支部はFAXのみ

※沖縄の方は本部へ申込

（注）関東・甲信・沖縄地区は本部へ、その他の地区は最寄の下記支部あてにお申込み下さい。

〔お問合せ及びお申込先〕

本 部	〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館	TEL 03 (3433) 1501 FAX 03 (3432) 0289
北海道支部	〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8 さっけんビル	TEL 011 (231) 4428 FAX 011 (231) 6630
東 北 支 部	〒980-0014 仙台市青葉区本町3-4-18 太陽生命仙台本町ビル5F	TEL 022 (222) 3915 FAX 022 (222) 3583
北 陸 支 部	〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 興和ビル	TEL 025 (280) 0128 FAX 025 (280) 0134
中 部 支 部	〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10 三愛ビル	TEL 052 (962) 2394 FAX 052 (962) 2478
関 西 支 部	〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4 谷町スリースリースビル	TEL 06 (6941) 8845 FAX 06 (6941) 1378
中 国 支 部	〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22 築地ビル	TEL 082 (221) 6841 FAX 082 (221) 6831
四 国 支 部	〒760-0066 高松市福岡町3-11-22 建設クリエイティブビル	TEL 087 (821) 8074 FAX 087 (822) 3798
九 州 支 部	〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-4-30 いわきビル	TEL 092 (436) 3322 FAX 092 (436) 3323

記入いただいた個人情報、お申込図書の配送・支払い確認等の連絡に利用します。また、当協会の新刊図書案内や事業活動案内のダイレクトメール（DM）送付に利用する場合があります。

（これらの目的以外での利用はいたしません）当協会のプライバシーポリシー（個人情報保護法方針）は、ホームページ（http://www.jcmanet.or.jp/privacy_policy.htm）でご覧いただけます。

当協会からのダイレクトメール（DM）送付が不要な方は、下記口欄にチェック印を付けてください。

☐ 当協会からの新刊図書案内や事業活動案内のダイレクトメール（DM）は不要

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

当協会機関誌に掲載します。

★機関誌への掲載は有料です。

★その他：優秀な論文の表彰を予定しています。

★連絡先

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8（機械振興会館）

日本建設機械施工協会 研究調査部 論文担当

E-mail : ronbun@jcmanet.or.jp

TEL : 03 - 3433 - 1501

FAX : 03 - 3432 - 0289

◆ 日本建設機械施工協会『個人会員』のご案内

会 費：年間 9,000円(不課税)

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

★個人会員の特典

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

この機会に是非ご入会下さい!!

◆一般社団法人 日本建設機械施工協会について

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

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

一般社団法人 日本建設機械施工協会とは…

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

■会員構成

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

■主な事業活動

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

■主な出版図書

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

その他、日本建設機械施工協会の活動内容はホームページでもご覧いただけます！

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

※お申し込みには次頁の申込用紙をお使いください。

【お問い合わせ・申込書の送付先】

一般社団法人 日本建設機械施工協会 個人会員係

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館2F

TEL:(03)3433-1501 FAX:(03)3432-0289

一般社団法人 日本建設機械施工協会 会長 殿

下記のとおり、日本建設機械施工協会 個人会員に入会します。

令和 年 月 日

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

【会費について】年間 9,000円(不課税)

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

【その他ご入会に際しての留意事項】

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

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

【個人情報の取扱について】

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

一般社団法人日本建設機械施工協会 発行図書一覧表（令和3年7月現在）

消費税 10%

No.	発行年月	図 書 名	一般価格 (税込)	会員価格 (税込)	送料
1	R 3 年 5 月	橋梁架設工事の積算 令和3年度版	11,000	9,350	900
2	R 3 年 5 月	令和3年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
3	R 3 年 1 月	情報化施工の基礎 ～i-Constructionの普及に向けて～	2,200	1,870	700
4	R 2 年 5 月	よくわかる建設機械と損料 2020	6,600	5,610	700
5	R 2 年 5 月	大口径岩盤削孔工法の積算 令和2年度版	6,600	5,610	700
6	R 2 年 5 月	令和2年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
7	R 元年 9 月	大口径岩盤削孔工法の積算 令和元年度版	6,600	5,610	700
8	R 元年 6 月	日本建設機械要覧 2019年電子書籍（PDF）版	66,000	55,000	－
9	R 元年 6 月	建設機械スペック一覧表 2019年電子書籍（PDF）版	60,500	49,500	－
10	R 元年 5 月	令和元年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
11	H31 年 3 月	日本建設機械要覧 2019年版	53,900	45,100	900
12	H30 年 8 月	消融雪設備点検・整備ハンドブック	13,200	11,000	700
13	H30 年 5 月	よくわかる建設機械と損料 2018	6,600	5,610	700
14	H29 年 4 月	ICTを活用した建設技術（情報化施工）	1,320	1,100	700
15	H28 年 9 月	道路除雪オペレータの手引	3,850	3,080	700
16	H26 年 3 月	情報化施工デジタルガイドブック【DVD版】	2,200	1,980	700
17	H25 年 6 月	機械除草安全作業の手引き	990	880	250
18	H23 年 4 月	建設機械施工ハンドブック（改訂4版）	6,600	5,604	700
19	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,300		700
20	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷【CD】	3,300		250
21	H22 年 7 月	情報化施工の実務	2,200	1,885	700
22	H21 年 11 月	情報化施工ガイドブック 2009	2,420	2,200	700
23	H20 年 6 月	写真でたどる建設機械 200 年	3,080	2,608	700
24	H19 年 12 月	除雪機械技術ハンドブック	3,143		700
25	H18 年 2 月	建設機械施工安全技術指針・指針本文とその解説	3,520	2,933	700
26	H17 年 9 月	建設機械ポケットブック（除雪機械編）	1,048		250
27	H16 年 12 月	2005「除雪・防雪ハンドブック」（除雪編）*	5,238		250
28	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）*	3,520		250
29	H15 年 7 月	建設施工における地球温暖化対策の手引き	1,650	1,540	700
30	H15 年 6 月	道路機械設備 遠隔操作監視技術マニュアル（案）	1,980		700
31	H15 年 6 月	機械設備点検整備共通仕様書（案）・機械設備点検整備特記仕様書作成要領（案）	1,980		700
32	H15 年 6 月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	550		250
33	H13 年 2 月	建設工事に伴う騒音振動対策ハンドブック（第3版）	6,600	6,160	700
34	H12 年 3 月	移動式クレーン、杭打機等の支持地盤養生マニュアル（第2版）	2,724	2,410	700
35	H11 年 10 月	機械工事施工ハンドブック 平成11年度版	8,360		700
36	H11 年 5 月	建設機械化の50年	4,400		700
37	H11 年 4 月	建設機械図鑑	2,750		700
38	H10 年 3 月	大型建設機械の分解輸送マニュアル*	3,960	3,520	250
39	H9 年 5 月	建設機械用語集	2,200	1,980	700
40	H6 年 8 月	ジオスペースの開発と建設機械	8,382	7,857	700
41	H6 年 4 月	建設作業振動対策マニュアル	6,286	5,657	700
42	H3 年 4 月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,266	9,742	700
43	S 63 年 3 月	新編 防雪工学ハンドブック【POD版】	11,000	9,900	700
44	S 60 年 1 月	建設工事に伴う濁水対策ハンドブック*	6,600		250
45		建設機械履歴簿	419		250
46	毎月 25 日	建設機械施工	880	792	700
			定期購読料 年12冊 9,408円(税・送料込)		

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

※については当協会 HP <http://www.jcmanet.or.jp> の出版図書欄をご参照ください。

特集

巻頭言

行政情報

特集・ 技術報文

建設の DX

4 DX 時代の新しい建設産業に向けて

建山 和由 立命館大学

5 国土交通省が推進するインフラ分野の DX

安全・安心で豊かな生活の実現を目指して

国土交通省 大臣官房 技術調査課

12 DX レポート 2 (中間とりまとめ) :DX 推進の課題と政策展開

高野 了成 経済産業省 商務情報政策局 情報産業課 課長補佐

17 新現場力による現場の改革

DX による新たなマネジメント方策の導入

尾澤 卓思 (一財)日本建設情報総合センター 理事, 国際土木委員会 事務局長

25 DX により創る次世代建設生産システムとスマートな世界

真下 英邦 鹿島建設㈱ デジタル推進室 室長

32 BIM の情報を連携させた建築の DX 生産とサービスソリューション

池上 晃司 大成建設㈱ 建築総本部 デジタルプロダクトセンター

38 4K 定点カメラ映像による工事進捗管理システムの開発および試行

木付 拓磨 安藤ハザマ 営業本部 営業第一部 首都圏営業グループ 主任

早川健太郎 安藤ハザマ 建設本部 技術研究所 先端・環境研究部先端グループ 研究員

43 山岳トンネル工事における切羽近傍作業の無人化を目指した取り組み

Tunnel Remote Operation System の開発

山下 雅之 西松建設㈱ 技術研究所 主席研究員

山本 悟 西松建設㈱ 技術研究所 土木技術グループ 副課長

田口 毅 西松建設㈱ 技術研究所 先端技術グループ 上席研究員

49 3 眼カメラを用いた配筋検査システムの開発と各種構造物への適用

吉武 謙二 清水建設㈱ 技術研究所 社会システム技術センター インフラ技術グループ グループ長, 博士 (工学)

松永 英哲 清水建設㈱ 東北支店 土木部 国道 45 号新思惟大橋 上部工工事作業所 主任

松尾 勝司 清水建設㈱ 北海道支店 土木部 一般国道 40 号音威子府村音中トンネル作業所 所長

55 施工現場のデジタル化で協業, 現場遠隔管理の実証実験を開始

林 健人 大和ハウス工業㈱ 技術統括本部 建設デジタル推進部 DC 推進 1 グループ長

長谷 直樹 日本電気㈱ 製造・装置業システム本部 シニアエキスパート

60 建設・施工での DX に向けた 3DEXPERIENCE プラットフォームの活用

清水 卓宏 ダッソー・システムズ㈱ 技術部 建設・都市・地域開発事業担当

66 建設現場におけるデジタルトランスフォーメーションの推進 後付け 3D マシニングシステム「スマートコンストラクション・レトロフィットキット」の導入

村上 数哉 ㈱小松製作所 スマートコンストラクション推進本部 事業開発部 主幹

植村 晶 ㈱小松製作所 スマートコンストラクション推進本部 事業推進部 グローバル推進グループ 主査

	70	新技術活用による熟練技能維持の取組み アイマップシステムの開発 田村 泰史 (株)浅沼組 戦略事業推進部 新技術事業化推進室 課長
	76	建設現場の安全性と生産性向上を支える AI 画像・自然言語 解析技術 ヒューマンセンシング (Human Sensing) AI の適用 園田亜斗夢 (株) Lightblue Technology 代表取締役社長
	84	AI が建設機械を遠隔地から現場のカメラ画像を見て遠隔操縦 大津 良司 知能技術(株) 代表取締役
交流のひろば	90	最新デジタル技術を活用した現場 DX 実践事例 本堂 直浩 日鉄ソリューションズ(株) IoT ソリューション事業推進部 専門部長
ずいそう	93	建設機械との邂逅 岡本 直樹 建設機械史研究家
	95	おやひこさま 田村 秀弘 大成ロテック(株)北信越支社 支店長
JCMA 報告	97	第 10 回通常総会・第 38 回理事会報告
	100	令和 3 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績
統計	106	建設工事受注額・建設機械受注額の推移 機関誌編集委員会
	107	行事一覧 (2021 年 5 月)
	110	編集後記 (岡本・石倉)

◇表紙写真説明◇

DX により創る次世代建設生産システムとスマートな世界

写真提供：鹿島建設(株)

次世代建設生産システム「A⁴CSEL[®] (クワッドアクセル)」により、現在施工中の成瀬ダム (国土交通省東北地方整備局, 秋田県雄勝郡東成瀬村) にて、自動化建機の組み合わせで堤体打設を行っている。現場を一望できる管制室から IT パイロットが現場を管理する体制を取っており、管制室からの指示により、自動化建機が無人で自律・自動運転を行っている。最盛期には 5 機種 23 台の自動化建機が昼夜を通じて最大連続 72 時間稼働で施工を行う計画である。

2021 年 (令和 3 年) 7 月号 PR 目次
【ア】朝日音響(株)……………後付 6
【カ】コスモ石油ルブリカンツ(株)……………後付 5
コマツカスタマーサポート(株)

……………表紙 4
コベルコ建機(株)……………後付 1
【サ】サイテックジャパン(株)……………表紙 3
サンタナアートワークス……………後付 2

【タ】大和機工(株)……………表紙 2
【マ】マルマテクニカ(株)……………後付 3
三笠産業(株)……………後付 4

【ヤ】吉永機械(株)……………表紙 2

巻頭言

DX時代の新しい建設産業に向けて

建 山 和 由



2016年1月、政府は「第5期科学技術基本計画」を閣議決定した。その中では、「現実空間（フィジカル空間）と仮想空間（サイバー空間）を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する人間中心の社会」として「Society 5.0」が提唱されている。それ以前の狩猟社会、農耕社会、工業社会、情報社会をそれぞれ Society1.0 から 4.0 までに位置づけ、その先に進化した社会として掲げたといえる。

そのベースには、IoT（Internet of Things）や DX（Digital Transformation）の発想がある。IoT は、社会の様々な物がインターネットでつながれ、相互に情報をやり取りすることにより、個々の物が持つ機能を画期的に高めていこうとするという概念で、インターネット経由で様々な施設や装備の自動認識や自動制御、遠隔操作などを行うという発想から出てきた。DX は、高速インターネットやクラウドサービス、人工知能（AI）をはじめとするデジタル技術を活用して、既存の組織や仕組み、手順、モノや情報の流れといったものを根本的に変革することにより、業務の効率化や省力化を超えて、事業や商流の在り方そのものを改革することとされている。IoT や DX をはじめ、進化が著しいデジタル技術を活用して社会の新たな姿を追求することを Society5.0 は目指しているといえ、今後、社会の様々な分野でその実現に向けて多様な取り組みが模索されていくことになる。

デジタル化を推進しようとする場合、闇雲に ICT などの新技術を導入しようとしても効果が得られるとは限らない。ややもすると新技術を導入することが目的になってしまっていて、費用と手間がかかる割に効果が得られないという場合も多いことと想像する。本来の目標を定めていないので、効果を確認することができないのは当たり前ともいえるのではないだろうか。新技術の導入効果を確実に得るためには、自らの有する課題を明確にして、その改善に関わる目標を設定し、それを達成するために具体的な新技術の導入を考えることが有効といえる。

建設分野では、これまで、改善すべき課題としては、人口減少社会における担い手不足ということが謳われてきた。それは間違いないことではあるが、漠然として自らの問題と捉え難い面もあり、より身近で具体的な目的意識に落とし込む必要がある。たとえば、「職員の就労時間を2割短くして、かつ工期も2ヶ月短縮する」という目標を立てることを考えてみよう。当然、今までの方法や体制では、あり得ない話であり、それを実現するには、様々な工夫が必要となるが、今日では ICT を活用した3次元データ管理、遠隔臨場、映像活用によるペーパーレス化をはじめ様々なデジタル技術が導入され始めており、工夫次第では決して不可能なことではない。

改革の目標が明確になると、工事に関係する人たちの意思統一をはかり易く、関係者の一体感を育むことができ、かつ、明確な目標が掲げられていると、特定の技術に固執すること無く、より効果的な技術が見つければ柔軟に変更して、より大きな効果を上げることにも期待できる。

次に、目標を達成するための具体的な改善方法を検討するプロセスでは、慣習的に行っていることに対して改めて本来の意義を確認することが有効といえる。普段、当たり前として行っている行動の中には、形態化している物も多く、日常的に少しでも不便さや非効率を感じながら従前通りに行っている所に改善の糸口を見出し易いからである。

さらに、新たな取り組みを始める場合、必ずしも成功するとは限らない。うまくいかなかった場合、それを責めるのではなく、挑戦したことを評価する文化の醸成が重要といえる。

建設業界は確実に動き出している。この動きを励起し、建設を活気ある産業に高めることができる時代に我々はいることを強く感じる。積極的な取り組みが展開されることを期待している。

行政情報

国土交通省が推進するインフラ分野のDX

安全・安心で豊かな生活の実現を目指して

国土交通省 大臣官房 技術調査課

今般の新型コロナウイルス感染症を踏まえ、建設現場の生産性向上や働き方改革、リモートを中心にした新型コロナウイルス感染症対策を実現する上で、i-Constructionの重要性がますます高まっており、取組の更なる加速が求められている。政府を挙げ、デジタル化による社会の変革が求められる中、国土交通省においても、国民目線に立ち、インフラ分野のデジタル化・スマート化を、スピード感を持って強力に推進していく必要がある。このため、国土交通省では、インフラ分野においてデータとデジタル技術を活用し、社会資本や公共サービスに加え、組織やプロセス、働き方等を変革し安全・安心で豊かな生活を実現するため、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。本稿では、国土交通省におけるインフラ分野のDXに関する最新の取組状況を紹介する。

キーワード：i-Construction, DX, 国土交通データプラットフォーム

1. はじめに

我が国は、現在、人口減少社会を迎えているが、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、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。また、産業の中長期的な担い手の確保・育成等に向けて、働き方改革を進めることも重要であり、この点からも生産性の向上が求められている。こうした観点から、国土交通省では、建設現場においてICT（情報通信技術）の活用や3次元データの活用等、「i-Construction」を推進している。

今般の新型コロナウイルス感染症を踏まえ、建設現場の生産性向上や働き方改革、リモートを中心にした新型コロナウイルス感染症対策を実現する上で、i-Constructionの重要性がますます高まっており、取組の更なる加速が求められている。

また、令和2年9月に発足した菅新内閣において、行政の縦割りを打破し、大胆に規制改革を断行するための政策として、行政のデジタル化を強力に推進するデジタル庁の設置が進められている。菅総理大臣からは、国民が当たり前で望んでいるサービスを実現し、デジタル化の利便性を実感できる社会を作るという方針が示されている。

このように政府を挙げ、デジタル化による社会の変革が求められる中、国土交通省においても、国民目線に立ち、インフラ分野のデジタル化・スマート化を、

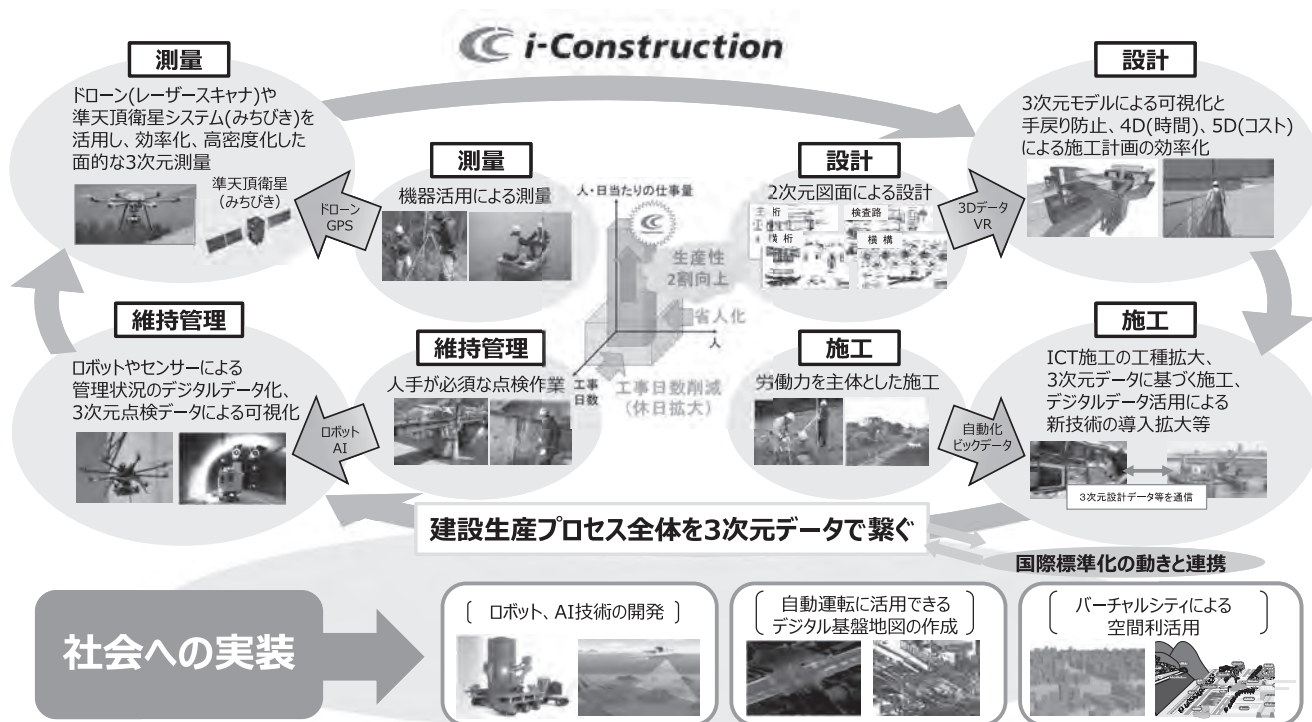
スピード感を持って強力に推進していく必要がある。このため、国土交通省では、インフラ分野においてデータとデジタル技術を活用し、社会資本や公共サービスに加え、組織やプロセス、働き方等を変革し安全・安心で豊かな生活を実現するため、インフラ分野のDX（デジタル・トランスフォーメーション）を推進している。

本稿では、国土交通省におけるインフラ分野のDXに関する最新の取組状況を紹介する。

2. データとデジタル技術を活用したインフラ分野の変革～インフラ分野のDX～

インフラ分野におけるデータとデジタル技術の活用は、2016年度より建設現場の生産性を高めるため、ICT施工やBIM/CIM(Building/Construction Information Modeling Management)をはじめとする3次元データの活用等、i-Constructionを推進してきた。将来的には、測量から設計、施工、維持管理に至る建設プロセス全体を3次元データで繋ぎ、新技術、新工法、新材料の導入、利活用を加速化することを目指している。更に、事業全体にわたる関係者間で情報を共有することにより、一連の建設生産システムにおける受発注者双方の業務の効率化・高度化が期待される（図—1）。

例えば、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を全面的に活用す



図ー1 建設生産プロセスを3次元でつなぐ

H28	H29	H30	R1	R2	R3以降
ICT土工					
	ICT舗装工 (平成29年度:アスファルト舗装、平成30年度コンクリート舗装)				
	ICT浚渫工 (港湾)				
		ICT浚渫工 (河川)			
			ICT地盤改良工 (浅層・中層混合処理)		
			ICT法面工 (吹付工)		
			ICT付帯構造物設置工		
				ICT地盤改良工 (深層)	
				ICT法面工 (吹付法枠工)	
				ICT舗装工 (修繕工)	
				ICT基礎工・ブロック据付工 (港湾)	
					ICT構造物工
					ICT路盤工
				民間等の要望も踏まえ更なる工種拡大	
18基準 (新規11・改定7)	39基準 (新規21・改定18)	39基準 (新規13・改定26)	35基準 (新規10・改定25)	49基準 (新規9・改定40)	

図ー2 i-Construction に関する工種拡大

る取組 (ICT 活用工事) では、図ー2 のように、国土交通省において必要な積算や技術基準等の整備を進め、令和元年度には、直轄工事の公告件数 2,397 件のうち 1,890 件の、約 8 割で ICT 活用工事を実施してお

り、また、土工の延べ作業時間が約 3 割縮減するなど、一定の効果が現れている。

今般の新型コロナウイルス感染症を踏まえ、感染症リスクに対しても強靱な経済構造の構築を加速するこ

とが喫緊の課題として付加された。このため、インフラ分野においても、データとデジタル技術を活用して、国民のニーズを基に社会資本や公共サービスを変革する等、DX（デジタル・トランスフォーメーション）の加速化に着手したところである。

調査測量から設計、施工、維持管理の一連の建設生産プロセスをBIM/CIM等、3次元データでつなぐことが、このDXの基盤になると考えている。

国土交通省は、2012年度から橋梁やダム等を対象に導入し、2019年度は、大規模構造物の詳細設計において、BIM/CIMを原則適用とする等、適用拡大に取り組んできたところであるが、強靱な社会経済構造の構築に向け、公共工事の現場のデジタル化を進め、非接触・リモート型の働き方への転換等を強力に推進しており、一つの目標として、2023年度までに小規模なものを除く全ての公共工事でBIM/CIM活用に転換することとしている。

3. インフラ分野のDXの具体的取組

インフラ分野のDXの加速化に向け、国土交通省では、省横断的に取組を進めるべく、「国土交通省インフラ分野のDX推進本部」を2020年7月29日に設置し、これまで計3回開始し、2021年2月9日にインフラ分野のDX施策を公表した。この中で、大きく4

つの方向性で取組を推進することとしている（図—3）。

1点目は、「行政手続きや暮らしにおけるサービスの変革」である。

これは、デジタル化による行政手続き等の迅速化や、データ活用による国民の暮らしの各種サービス向上に向けた取組である。

具体的には、特車通行手続き等の迅速化や港湾関連データ基盤の構築等による行政手続きの迅速化に加え、ITやセンシング技術等を活用したホーム転落防止技術の活用やETCによるタッチレス決済の普及、国管理の洪水予報河川すべてで、洪水予報の発表の際に6時間先までの水位予測情報を一般に提供し、河川の増水・氾濫の際の自治体の災害対応や住民避難を促進等に取り組むこととしている（図—4）。

2点目は、「ロボット・AI等活用で人を支援し、現場の安全性や効率性を向上」である。

これは、ロボットやAI等の活用により危険作業や苦渋作業の減少を図ると共に、経験が浅くても現場で活躍できる環境の構築や、熟練技能の効率的な伝承等に取り組むこととしている。

具体的には、無人化・自律施工による安全性・生産性の向上や身体負荷の軽減や視覚・判断の補助を行うパワーアシストスーツ等による苦渋作業の減少による安全で快適な労働環境の実現、AI等による点検員の



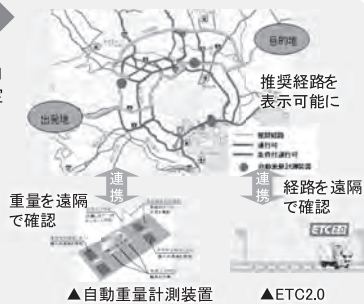
図—3 インフラ分野のデジタル・トランスフォーメーションで実現するもの

- ✓ 手続きのデジタル化やオンライン化を進め、行政手続き等の迅速化を推進
- ✓ デジタルデータの利活用を進め、暮らしの利便性や安全性を高めるサービスを提供

行政手続き等の迅速化

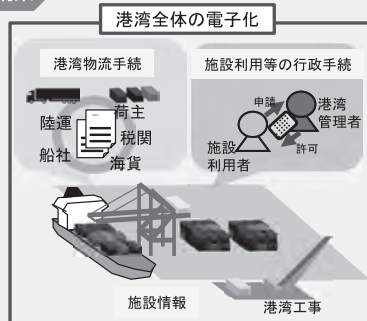
特車通行手続き等の迅速化

- 電子申請システムの導入等による、特殊車両通行手続きの即時処理や、道路占用許可、特定車両停留施設の停留許可手続きの効率化を実現
- ETC2.0等を活用し違反車両の取り締まりを高度化



港湾関連データ連携基盤の構築

- 港湾全体の電子化により、
- 物流手続・行政手続の効率化、遠隔・非接触化を実現
 - 施設の効率的なアセットマネジメントを実現



暮らしにおけるサービス向上

ITやセンシング技術等を活用したホーム転落防止技術等の活用促進

- ITやセンシング技術等を活用した視覚障害者の転落事故の未然防止、安全な誘導等により、駅ホームでの更なる安全性を向上



ETCによるタッチレス決済の普及

- 駐車場やドライブスルーなど、高速道路以外の多様な分野へのETCを活用したタッチレス決済の普及・拡大

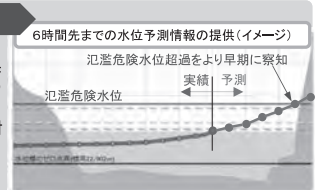


令和2年7月よりケンタッキーフライドチキン（相模原中央店）での試行運用を実施中

暮らしの安全を高めるサービス

長時間先の水位予測情報の提供

- 国管理の洪水予報河川すべてで、洪水予報の発表の際に6時間先までの水位予測情報を一般に提供し、河川の増水・氾濫の際の自治体の災害対応や住民避難を促進



図ー4 行政手続きや暮らしにおけるサービスの変革

- ✓ ロボットやAI等により施工の自動化・自律化や人の作業の支援・代替を行い、危険作業や苦渋作業を減少
- ✓ AI等を活用し経験が浅くても現場で活躍できる環境の構築や、熟練技能の効率的な伝承を実現

安全で快適な労働環境を実現

無人化・自律施工による安全性・生産性の向上

<研究開発>

- 産学官共同の建設基盤を整備し、無人化施工、自律施工に向けた研究開発を推進



シミュレータを活用した自律運転の研究開発



AI搭載建設機械による自動施工

<鉄道分野>

- 運転免許を持たない乗務員による列車運行や乗務員なしでの列車運行を実現



乗務員の添乗による自動運転

<空港分野>

- 自車位置測定装置等による空港除雪作業の省力化を実現



パワーアシストスーツ等による苦渋作業減少

- 身体負担の軽減や視覚・判断の補助を行うパワーアシストスーツ等を導入し、苦渋作業を減少

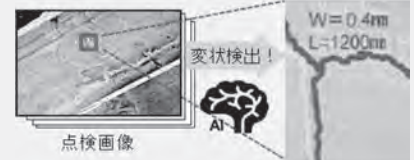


パワーアシストスーツを活用したガレキ撤去の例

AI等を活用し暮らしの安全を確保

AI等による点検員の「判断」支援

- AIにより点検画像から変状を自動検出し、点検員の「判断」を支援



CCTVカメラ画像を用いた交通障害自動検知

- カメラ画像を活用したAIによる交通障害の自動検知



熟練技能のデジタル化で効率的に技能を習得

人材育成にモーションセンサー等を活用

- センサーにより熟練技能を見える化し、効率的な人材育成手法を構築



出典：芝浦工業大学 蟹澤研究室研究より

図ー5 ロボット・AI活用で人を支援し、現場の安全性や効率性を向上

「判断」支援や CCTV カメラ画像を用いた交通障害自動検知等による AI 等を活用した暮らしの安全確保、人材育成にモーションセンサー等を活用するなど熟練

技能をデジタル化した効率的な技能習得等の取組である（図ー5）。

3点目は、「デジタルデータを活用した仕事のプロ

セスや働き方の変革」である。

これは、調査・監督検査業務における非接触・リモートの働き方の推進や、データや機械の活用により日常管理や点検の効率化・高度化を図る取組である。

具体的には、衛星を活用した被災状況把握等による調査業務の変革、画像解析や三次元測量等を活用した監督検査の効率化やリモート化に加え、AI活用やレーザーを活用した、トンネル等の変状検出や異常箇所等の早期発見等を可能とするシステムの技術開発、堤防除草作業並びに出来高計測を自動化する技術開発等により、点検・管理業務の効率化等を図る取組である（図－6）。

4点目は、「DXを支えるデータ活用環境の実現」である。

これは、スマートシティ等と連携し、データの活用による社会課題の解決策の具体化に加え、その基盤となる3次元データの活用環境を整備する取組である。

具体的には、都市の3次元モデルを構築し、各種シミュレーションによるユースケースの開発に加え、データ活用の共通基盤となる位置情報の基盤整備、さらには3次元データの保管・活用や通信環境の整備等を進める取組である（図－7）。

4. 国土交通データプラットフォームの構築

それぞれのDXに関する取組を推進することは重要だが、こうした取組で得られたデータ等を連携し、横断的に活用することにより新たな価値を創造していくことも重要な取組である。このため、各種データを連携する基盤として、「国土交通データプラットフォーム」の構築にも取り組んでいるところである（図－8）。

これまで、国・地方自治体の保有する橋梁やトンネル、ダムや水門などの社会インフラ（施設）の諸元や点検結果に関するデータ約8万件、全国のボーリング結果などの地盤データ約14万件の計22万件を地図上に表示した。これらの情報はプラットフォーム上で検索・閲覧が可能であり、さらに必要なデータをダウンロードすることも可能である。

また、今後、工事・業務の電子成果品に含まれるデータとの連携に向け、ICT施工の3次元点群データ約250件を地図上に重ねて表示する機能を試行した。さらに、幹線交通機関における旅客流動の実態調査結果である全国幹線旅客純流動調査のデータや、浸水想定区域等の防災に関するデータなど、順次拡大している。今後は、他省庁や民間、地方公共団体などが保有するデータとの連携拡大に取り組んでいく。

- ✓ 調査・監督検査業務における非接触・リモートの働き方を推進し、仕事のプロセスを変革
- ✓ デジタルデータ活用や機械の自動化で日常管理や点検の効率化・高度化を実現

調査業務の変革

衛星を活用した被災状況把握

- ・ドローン等による港湾施設の被災状況の把握
- ・衛星画像等を用いた変位推定・計測



監督検査業務の変革

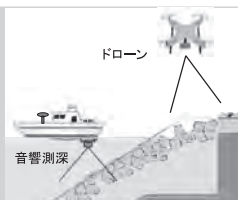
監督検査の省人化・非接触化

- ・画像解析や3次元測量等を活用し、出来形管理の効率化を実現



<港湾分野>

- ・ドローンや水中音響測深機による3次元測量を行い、監督・検査をリモート化



点検・管理業務の効率化

点検の効率化

<遠隔臨場>

- ・映像解析等により遠隔で出来高を確認



<道路分野>

- ・パトロール車両に搭載したカメラからリアルタイム映像をAI技術により処理し、舗装の損傷判断を効率化



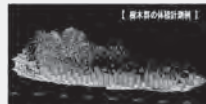
<鉄道分野>

- ・レーザーを活用した、トンネル等の変状検出や異常箇所の早期発見等を可能とするシステムの開発による、鉄道施設の保守点検の効率化・省力化



<河川分野>

- ・点群データから、樹木繁茂度や樹高の変化、土砂堆積・侵食量等を定量的に把握



<空港分野>

- ・滑走路等の舗装点検において、画像解析によりひび割れの自動検出等を実現



日々の管理の効率化

<河川分野、空港分野>

- ・堤防除草作業並びに出来高計測を自動化する技術を開発
- ・予め登録したルートに従い、着陸帯の草刈りを自動化



<下水道分野>

- ・遠隔監視制御による複数施設の共同管理



<道路分野、空港分野>

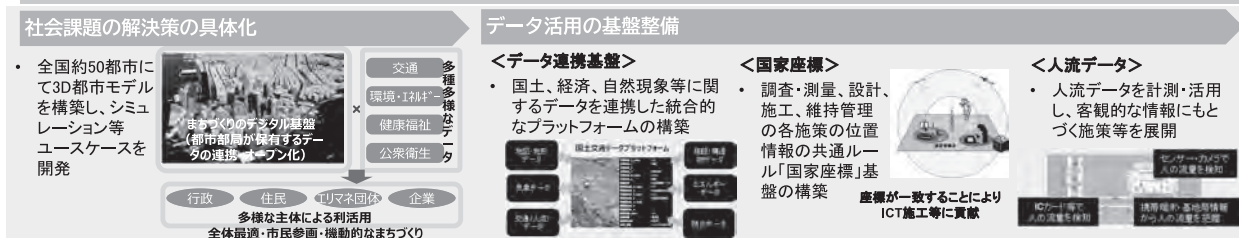
- ・衛星による走行位置の確認やガイダンスシステムによる投雪装置の自動化等により除雪作業の効率化・省力化を実現



図－6 デジタルデータを活用し仕事のプロセスや働き方を変革

- ✓ スマートシティ等と連携し、デジタルデータを活用し社会課題の解決策を具体化
- ✓ DXの取組の基盤となる3次元データ活用環境を整備

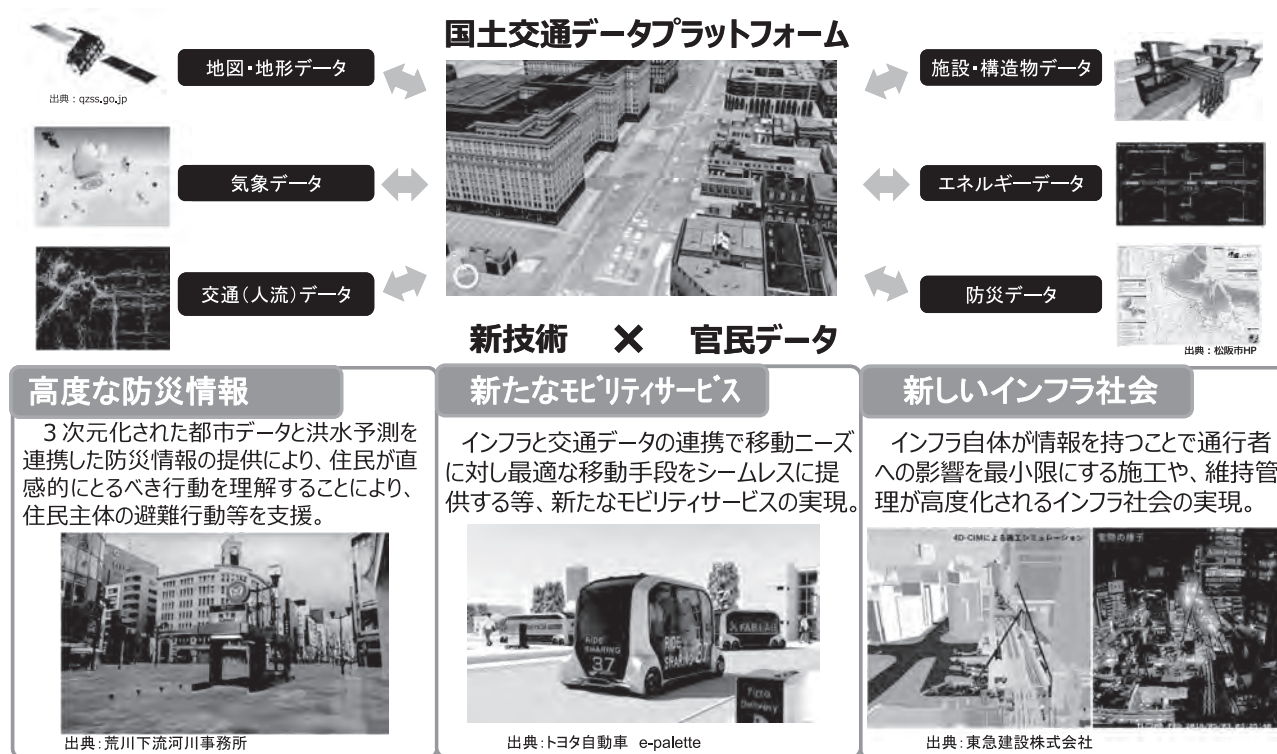
デジタルデータを用いた社会課題の解決



3次元データ活用環境の整備



図ー7 DXを支えるデータ活用環境の実現



図ー8 国土交通データプラットフォームで実現をめざすデータ連携社会

5. おわりに

以上、国土交通省が推進しているインフラ分野のDXの取組について紹介した。コロナを契機に時代の

転換点を迎える中、陸海空のインフラの整備・管理により国民の安全・安心を守るという使命と、より高度で便利な国民サービスの提供を担う国土交通省が、省横断的に取り組みを進め、社会を変革する先導役とな

ることを目指していきたい。

また、国土交通省における所管分野の DX の推進と合わせて、省内各分野のデータとの連携を進めると共に、官民から様々な提案を募り、利活用方策を具体化して発信を行うことにより、プラットフォームを活用

した価値の創造にも取り組んでいきたい。

データとデジタル技術の活用により、インフラ分野における変革を加速すべく、部局の垣根を越え、省一丸となり取り組みを進める所存である。

J|C|MA



行政情報

DX レポート 2（中間とりまとめ）： DX 推進の課題と政策展開

高野了成

2000年代から本格化したデジタル化がもたらしたライフスタイルの変化には、カメラ、テレビ、音楽、電話、お金、など枚挙に暇がない。2020年を迎え、デジタル化の波は製造業、サービス業、建設業などあらゆる産業や社会経済システムに変革をもたらし始めている。また、グリーン成長、地方創生、生産性向上、少子高齢化など日本が抱える課題は、デジタル化無しに解決することはできない。しかしながら新型コロナウイルスの流行は、我が国におけるデジタル化の遅れ、レガシーな企業文化や商習慣への呪縛をあらためて浮き彫りにした。本稿では、コロナ禍によって表出したデジタルトランスフォーメーション（DX）の本質とDX推進の加速に向けた政策展開について、経済産業省が2020年12月に発出した「DXレポート2（中間とりまとめ）」¹に沿って紹介する。

キーワード：デジタルトランスフォーメーション、DXレポート2

1. DXの現状認識とコロナ禍によって表出したDXの本質

（1）DXレポートからの政策展開

経済産業省は、2018年9月に「DXレポート」²を公表し、企業のDXの推進に取り組んできた。DXレポートでは、老朽化・複雑化・ブラックボックス化した既存ITシステム（いわゆる「レガシーシステム」）がDXを本格的に推進する際の障壁となることに対して、“2025年の崖”という見出しをもって警鐘を鳴らすとともに、2025年までにデジタル企業への変革を完了させることを目指し、レガシーシステム問題を解決し、計画的にDXを進めるよう促してきた。

その後、経済産業省においては、企業におけるDX推進を後押しすべく、企業内面への働きかけ（DX推進指標による自己診断の促進やベンチマークの提示）と、市場環境整備による企業外面からの働きかけ（デジタルガバナンス・コードやDX認定、DX銘柄によるステークホルダーとの対話の促進、市場からの評価等）の両面から政策を展開してきた（図—1）。

（2）DX推進指標により明らかとなったDXの現状

しかし、独立行政法人情報処理推進機構（IPA）がDX推進指標の自己診断結果を収集し、2020年10月時点での企業約500社におけるDX推進への取組状況を分析した結果、実に全体の9割以上の企業がDXにまったく取り組めていない（DX未着手企業）か、断片的な実施に留まっている（DX途上企業）状況であることが明らかになった（図—2）。自己診断に至っていない企業が背後に数多く存在することを考えると、我が国企業全体におけるDXへの取組は全く不十分なレベルにあると認識せざるを得ない。

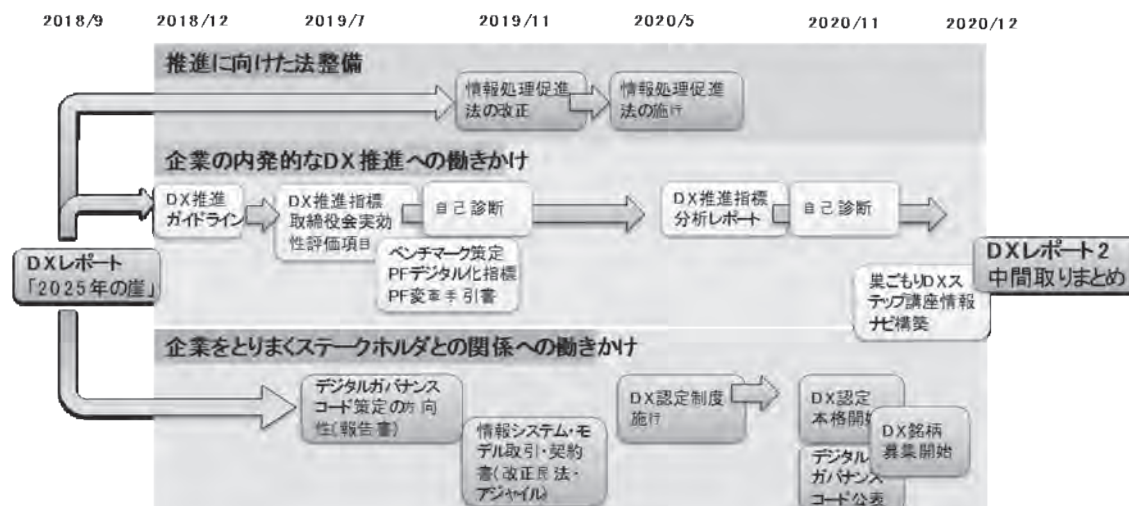
これらの分析に加えて、日本情報システム・ユーザー協会（JUAS）の調査³からも企業の危機感の低さが垣間見られる。デジタル化トップランナーと自己認識する企業が40%に達しているにもかかわらず、現在のビジネスモデルの抜本的な改革に取り組む必要性を感じている企業は少ない。さらに、データ分析に基づく経営判断についても部分的な活用にとどまっている。このような自己診断結果等から明らかになった実態は、DXの推進、あるいは、デジタル化への取組は既存ビジネスの範疇で行っているということであり、経営の変革という本質を捉え切れていないということが言える。

このことは、先般のDXレポートによるメッセージは正しく伝わっておらず、「DX＝レガシーシステム刷新」、あるいは、現時点で競争優位性が確保できていればこれ以上のDXは不要である、等の本質ではない

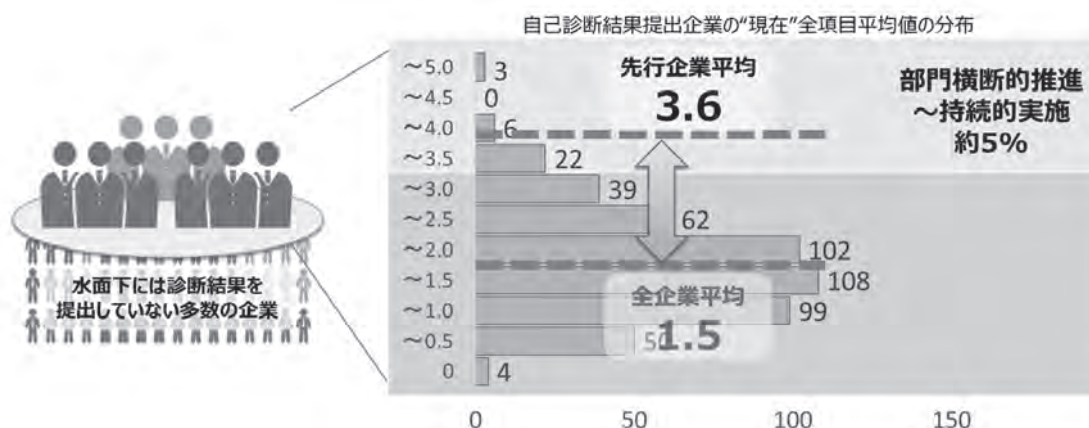
¹ 経済産業省「DXレポート2（中間とりまとめ）」（2020年12月）
<https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201228004/20201228004.html>

² 経済産業省「DXレポート～ITシステム「2025年の崖」克服とDXの本格的な展開～」（2018年9月）
https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/digital_transformation/20180907_report.html

³ 一般社団法人日本情報システム・ユーザー協会「デジタル化の取り組みに関する調査2020」（2020年5月）
https://juas.or.jp/cms/media/2020/05/Digital20_ppt.pdf



図一 1 DXレポート以降の政策展開

図二 DX推進指標自己診断結果⁴

解釈が是となっていたとも言える。

(3) DX or die : コロナ禍で起きたこととDXの本質

2020年に猛威を振った新型コロナウイルスの影響により、企業は事業継続の危機にさらされた。コロナ禍への対応は、ビジネス環境の変化へ迅速に対応できるかのリトマス試験紙であると言える。従前から東京オリンピック・パラリンピックに向けて、テレワーク・デイズ等のテレワーク推進施策が講じられていたが、3月時点で都内企業のテレワーク導入率は24%であった。その後、4月7日の緊急事態宣言（7都府県）を受けて、導入率は1ヶ月間で2.6倍と大幅に増加し、6割を超えた。このように、危機下においては経営トップの判断と指示が社内全体に対して大きな行動変容を

可能にした。このような動きを異なる角度からみれば、経営トップの判断は、どんな時であっても大きな変革を短期間に達成できることが再確認されたと言える。コロナ禍において経営会議などの重要会議のオンライン化に挑戦したあるCIOからは「以前であれば『100%うまくいくのか?』と問われてうまく進められなかったが、今ならいろんなことを試してみることができる」との声も聞かれた。コロナ禍という危機を好機と捉え、経営トップのコミットメントの下で速やかにDXに取り組む契機とすることもまた同様に可能であることが明らかになった。

今回コロナ禍に迅速かつ柔軟に対応し、デジタル技術を最大限に活用してこの難局を乗り切った企業と、コロナ禍が収束することを願いつつビジネススタイルの一時的な変更にとどまり、既存のやり方に固執する企業との差が拡大している。押印、客先常駐、対面販売等、これまで疑問を持たなかった企業文化、商習慣、

⁴ DX推進指標は、DX推進の成熟度を0から5の6段階で評価する定性指標である。ここでは指標値の現在平均値が3以上の企業を先行企業と呼んでいる。

決済プロセス等の変革に踏み込むことができたかどうか、その分かれ目となっており、デジタル競争における勝者と敗者の明暗がさらに明確になっていくことになる。

製品やサービスを利用する企業においても、コロナ禍によって、テレワーク等をはじめとしたデジタル技術による社会活動の変化に対応し、新たな価値を次々と産み出している。これは、単なるコロナ環境下での一過性の現象ではなく、人々の固定観念が大きく変化したことを表しているのである。人々は新たな価値の重要性に気づき、コロナ禍において新しいサービスを大いに利用し、順応している。そのような人々の動きや社会活動はもはやコロナ禍以前の状態には戻らないことを前提とすれば、人々の固定観念が変化した今こそ企業文化を変革するある意味絶好（最後）の機会である。

ビジネスにおける価値創出の中心は急速にデジタル空間へ移行しており、今すぐ企業文化を刷新しビジネスを変革できない企業は、デジタル競争の敗者としての道を歩むことになるであろう。

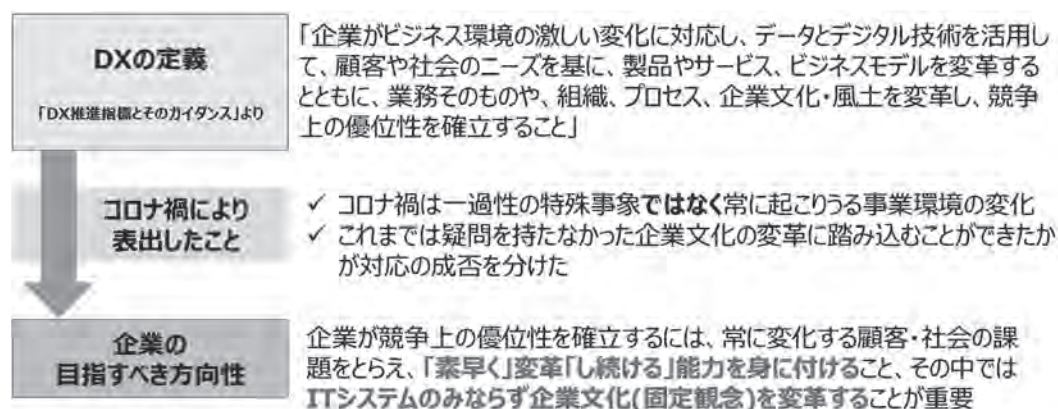
コロナ禍が事業環境の変化の典型であると考ええると、DXの本質とは、単にレガシーなシステムを刷新する、高度化するといったことにとどまるのではなく、事業環境の変化に迅速に適応する能力を身につけること、そしてその中で企業文化（固定観念）を変革（レガシー企業文化からの脱却）することにあると考えられる。当然ながらこうした変革は誰かに任せて達成できるものではなく、経営トップが自ら変革を主導することが必要である（図一3）。

2. 企業の経営・戦略の変革の方向性と政府のアクション

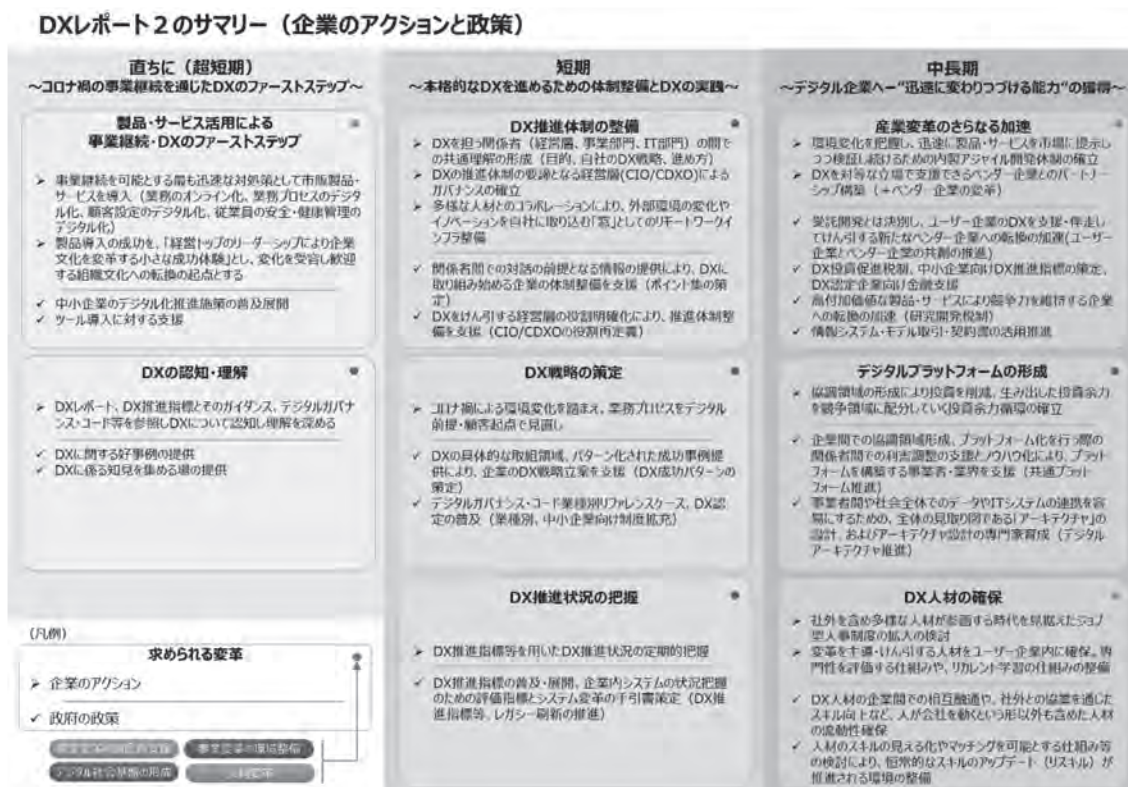
企業がデジタル企業へと変革するためには、DXを推進する関係者間での共通理解の形成や社内推進体制の整備といった事業変革の環境整備に取り組む必要がある。また、DXは個社だけで実現できるものとは限らず、競合他社との協調領域の形成や変革を対等な立場で伴走できる企業とのパートナーシップの構築にも取り組む必要がある。さらに、これらの変革を遂行する人材の確保も必要である。

DXレポート2においては、デジタル企業への変革に向け企業が今後行うべき取組を、超短期（直ちに）・短期・中長期の3つの時間軸に分けて示した。コロナ禍における事業継続といったとりわけ迅速な対応が要される変革については、既存の製品・サービスを積極的に活用することで超短期での対応を行う俊敏さが求められることから超短期のアクションを示した。一方で、こうしたツール導入が完了したからといってDXが達成されるわけではない。このため、より本格的なDX推進のための短期的、中長期的取組についても併せて示した。また、こうした企業のアクションを加速する政府の政策についても示した（図一4）。

ここでは中長期的アクションの一つであるデジタルプラットフォームの形成について紹介する。コロナ禍により、サプライチェーンの脆弱性、個社単位のビジネスにおける課題が露呈したなか、人事や総務など、企業間でシステムを共有し合うことが可能な協調領域への投資はできるだけ抑制し、製造業なら設計や生産など、独自性の発揮につながる競争領域へ重点的に投資することが有効と考えている。協調領域については、ライバル企業との協業も有効となる可能性がある。例えば、製造業の企業で配送業務が差別化につな



図一3 DXを通じて企業の目指すべき方向性



図ー4 企業のアクションと政府の政策

がっていないなら、同業他社と共同化すればよい。囲い込みへの拘泥から協調領域の形成に向けて認識を変革する必要がある。経済産業省は厚生労働省と連携し、上水道事業における協調領域の形成として水道標準プラットフォーム⁵を推進し、データの標準化、クラウド利用によるシステムの共通化を進めている。さらに幅広い業界への共通プラットフォームの横展開が可能となるように、各分野での状況についてIPAで調査を進めている。

3. おわりに

デジタル化の急速な進展に伴い、私たちの社会は大きく変化しようとしている。価値創出の源泉がフィジカル（現実）空間からサイバー空間へと移行し、データとデジタル技術が社会を構成する中心的な要素となる。そうしたなかで資本の大小、中央・地方の別なく様々な企業や組織が連携し、社会課題の解決や新たな価値、体験の提供が迅速になされ、安心・安全な社会が実現する。またデジタルを活用してグローバルで活躍する競争力の高い企業や、世界の持続的発展に貢献する産業が生まれる社会となる。一方で、レガシーを

持たない新興国企業がデジタル前提でのビジネスによって急速に成長することも見受けられるようになってきている。コロナ禍によって「変わる事」が当たり前となっている今、企業変革の方向性を正しく見極めて迅速にアクションをとることは我が国企業の生き残りをかけた絶好かつ最後の機会とも言える。

DXレポート2では、DX推進の本質はレガシー企業文化からの脱却にあるという認識の下、企業が取り組むべきアクションを具体的に示すことにより変革の加速を目指すとともに、企業の変革を後押しする政府の対応を示した。これにより、コロナ禍による急激な環境変化を契機とし、企業における経営改革の中心としてDX推進を位置づけ、その取組が加速されることに期待したい。

● DX推進指標とは

経済産業省では、各企業がDXの取組状況を簡易に自己診断できる「DX推進指標」を2018年7月に公開した。同指標は、経営者や社内の関係者がDXの推進に向けた現状や課題に対する認識を共有し、アクションにつなげるための気づきの機会を提供することを目指している。各社の自己診断結果を、中立組織であるIPAが収集・分析することで、個社の診断結果と全体データとの比較が可能となるベンチマークが可能となった。

⁵ 水道標準プラットフォーム <https://www.jecc.com/service/service-solution/ws-platform/>

- DX推進指標は経営・ITの両面でDXの取組状況をチェックできる自己診断指標
- 結果をIPA(独立行政法人情報処理推進機構)に提出することで、全国や業界内での位置づけの確認や、DXの先行企業との比較ができる「ベンチマーク」を提供（無償）

DX推進指標の活用方法

認識共有

わが社はDXできている？できていない？

- ✓ DX推進指標に回答するために、経営者や事業部門、DX部門、IT部門などの関係者が集まって議論することで、関係者の間での認識の共有を図り、今後の方向性の議論を活性化



アクション

DXの推進に向けて何をしたらよいの？

- ✓ 自社の現状や課題の認識を共有した上で、あるべき姿を目指すために次に何をすべきか、アクションについて議論し、実際のアクションにつなげる



進捗の把握

去年に比べてわが社のDXは進んだ？

- ✓ 毎年診断を行ってアクションの達成度合いを継続的に評価することにより、DXを推進する取組の経年変化を把握し、自社のDXの取組の進捗を管理する



ベンチマークの活用イメージ



J C M A

⁶ 情報処理振興機構 DX 推進指標自己診断結果入力サイト <https://www.ipa.go.jp/ikc/info/dxpi.html>

〔筆者紹介〕

高野 了成（たかの りょうせい）
経済産業省 商務情報政策局
情報産業課 課長補佐

新現場力による現場の改革

DXによる新たなマネジメント方策の導入

尾澤卓思

一般財団法人日本建設情報総合センター（JACIC）では、2018年より「JACIC 'i-Con' チャレンジ戦略」を公表し、i-Constructionの推進を支援してきた。本稿ではこの中で示したi-ConからDXへの5つの提案を紹介するとともに、4月に新たにリニューアルしたJACICクラウドのルーム機能を示す。そしてDX時代の新たなマネジメント方策としてICTプラットフォーム及び3次元統合モデルの活用、さらにDigital Twinの導入の重要性について記述する。まとめとして、ICTは新たなマネジメントの実現ツールとして重要であるが、最も重要なことは、これと併せて行う手順の見直しや新たな手順の導入等プロセスの変革であることを示す。

キーワード：インフラ分野のDX、BIM/CIM、新現場力、ICTプラットフォーム、Digital Twin

1. はじめに

JACICでは、i-Construction（以下「i-Con」という）の推進を支援するため、「JACIC 'i-Con' チャレンジ戦略」（以下チャレンジ戦略という）を公表し、新現場力^{*1}による新たなマネジメントを用いた現場の改革を進めてきた。昨年度は、新型コロナウイルスを契機に、急速にWeb会議の導入、テレワークの推進などICTを活用した働き方への転換が進んだ。今後、非接触・リモート型の働き方への転換と抜本的な生産性や安全性の向上を目指し、5G等基幹テクノロジーを活用したインフラ分野のDX（デジタルトランスフォーメーション）が強力に進められていく。

こうした中で、国土交通省は2023年度までに小規模なものを除くすべての公共工事について、BIM/CIM原則適用する方針であり、現場における推進体制を構築し、DX推進のための環境整備の取組が急務となっている。このため3次元データ等を活用した新技術の開発や導入促進、これらを活用する人材の育成に力を入れている。

JACICでは、生産性の向上やコロナ禍以降のニューノーマルの働き方への変革に向けて、i-ConからDXへの5つの提案（図—1）をチャレンジ戦略において示してきた。特にその中で、新現場力「Digital

1. 新現場力の構築とコミュニケーション力の向上
2. DX時代の新しい仕事の仕方の提案
3. i-Conと情報共有環境の強靱化
4. 建設情報の一元化
5. 2023年度BIM/CIM問題

図—1 i-ConからDXへの5つの提案

Twin」を活用したDX時代の新しい仕事の仕方の提案が、BIM/CIMを活用した現場における業務の変革（課題の解決）の鍵となる。具体的には、クラウド技術を用いて現場に密着したICTプラットフォームを構築し、3次元統合モデルを導入したマネジメント方策を提案した。

本稿では、i-ConからDXへの5つの提案を紹介するとともに、それらを実現するために新たにリニューアルしたJACICクラウドと新たなマネジメント方策の実現に必要なICTプラットフォーム及び3次元統合モデル、さらに今後の展開としてDigital Twinについて記述する。

2. i-ConからDXへ5つの提案

提案1：新現場力の構築とコミュニケーション力の向上

現場において、熟練技術者の高齢化や減少、若手労働者の減少による担い手不足などにより、現場力が低

^{*1}：これまでの現場における人、技術、システムの有する能力が技術革新により向上し、新たに構築された課題解決能力

下している。建設生産性革命の実現には、こうした現場の課題を克服し、現場力を回復するとともに、さらに向上させる必要がある。

このため、BIM/CIM、VR・AR・MR、AI等ICTを活用した新現場力を構築し、低下してきた現場力を補完、回復し、さらに飛躍的に向上させて現場作業のあり方を大きく変化させる。新現場力は、現場技術者に新たな現場経験をもたらし、技術力の向上、人材育成につなげることができる。

新現場力は、業務の効率化、高度化を図り、生産性の向上を実現するとともに、人手と時間を生み出してくれる。これを不足するリソースに充てることができるのみならず、現場技術者の本質的な能力の向上に充てることができる。

生産性の向上には、技術面だけでなく、複数の関係者間の円滑なコミュニケーションが重要であり、コミュニケーション力の向上が必須となる。新現場力による新たなコミュニケーションの方法の確立などコミュニケーション力を高めることに人手と時間を充てることも重要である。新現場力とコミュニケーション力の両方が揃ってこそ真の生産性の向上を成就できる(図一2)。

提案2：DX時代の新しい仕事の仕方の提案

—具体的な5つの目標と3つの視点—

ICTを活用した新現場力を用いて現場における仕事の効率的・効果的な仕方や高度化を図るとともに、現場力の飛躍的向上による課題の解決と現場技術者の技術力の向上を目指す。このため、DX時代の新しい仕事の仕方として具体的な5つの目標と3つの視点及び実現のための2つの技術を提案する。

【5つの目標】

1. 公共調達関連業務を簡単・便利に

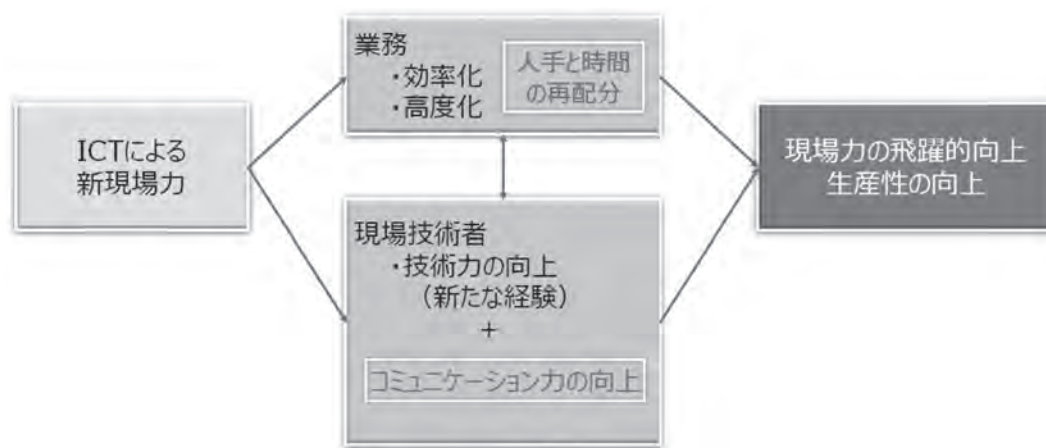
2. 事業プロセス管理を上手に、スピーディに
3. 維持管理、行政管理をレベルアップ、スマートに
4. 災害対応、復旧措置を迅速、確実に
5. 情報、データを使いこなせる現場に

公共調達関連業務は、発注、契約からオンライン電子納品、成果品の利活用まで利用者が個々のシステムにアクセスするのではなく、シームレスにサービスを受けられることを目指す。事業プロセス管理や維持管理等は、ICTプラットフォームと3次元統合モデル等を使い、新たなマネジメント方策を導入し、現場の課題を解決する。災害時は、クラウドの即時性、同時性を活かし、劇的に作業効率を上げる。情報、データはデジタル化だけでは不十分で使える仕組みがあつてこそ生きる。このため、BIM/CIM等利用目的に応じた仕組みを構築する。

【3つの視点】

1. 人の移動を減らす
クラウドの即時性、同時性を活かし、時間とコストを産み出す
2. データの利活用を可能にする仕組みを構築する
ICTプラットフォームと3次元統合モデル等を活用し、データ・モデルの集約化と効率的運用を行う
ノウハウのシステム化などにより情報共有環境から知恵の共有環境へ進化する
3. 現場技術者は新現場力を身に付ける
新たな現場経験による技術力の向上により、自らの道を開く

最も生産性効率の悪い「移動」にメスを入れ、BIM/CIMによりICTプラットフォームと3次元統



図一2 新現場力による新たな仕事の仕方

合モデル等を用いて情報を集約し利用効率を高める。その際ノウハウ等のシステム化により、情報は知恵へと進化することに留意する。現場技術者は、これまでにない新しい経験をして成長し、次のステップへ進むことが最も重要である。

【2つの技術】

1. ICT プラットフォーム

クラウド上でICTプラットフォームを構築し、3次元データ・モデル、画像・映像やXR等の活用、AI技術の導入等により現場の課題を解決する。

2. 3次元統合モデル

ICTプラットフォームを活用し、3次元モデルの統合（3次元統合モデルの構築）を図るとともに、測量・調査、設計、施工、維持管理までの様々なデータを属性情報等として紐付けし、集約、一元的に利用する。

提案3：i-Con と情報共有環境の強靱化 —コロナ禍の教訓と新しい仕事の仕方—

新型コロナウイルスの影響により、従来の仕事の仕方は、感染防止の観点等から変更を余儀なくされた。Web会議や在宅勤務など代替手段により業務の継続が図られたが、急な対応を迫られたため、情報共有環境の脆弱さを露呈した。

このため、コロナ禍以降の新しい仕事の仕方として、クラウド技術の即時性、同時性を活かし、リスクを低減、回避できる環境での業務遂行やDigital Twinの実現による仮想環境の利用を提案する。これは建設生産性の向上のためのi-Conの推進と共通しているた

め、これまでの取り組みにICTを活用した情報共有環境の強靱化を含めて進め、BCPの内部目的化を図ることができる。

提案4：建設情報の一元化

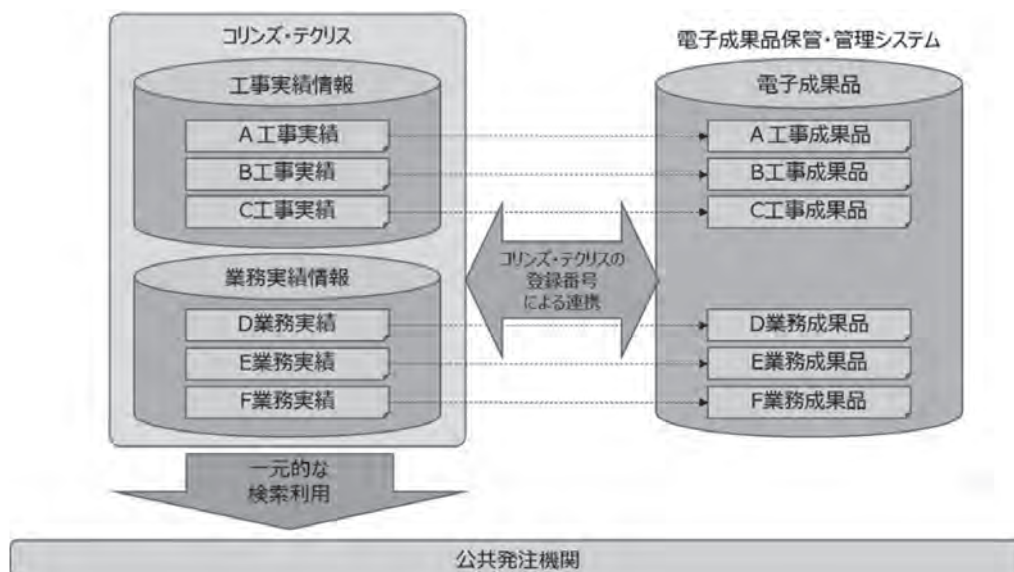
インフラ分野のDXの推進に向けて、3次元モデルやデータ等の利活用を可能にする情報共有環境の整備が必要になる。成果品のオンライン電子納品の早期実現とともに、保管管理システムと併せて利活用システムの構築が必要である。

建設情報の利活用の促進と建設生産性の向上に向けて、情報システム間の連携を図ることにより、発注・契約からオンライン電子納品・保管・利活用まで一元的な情報管理を円滑かつ効率的に行えることが重要である。

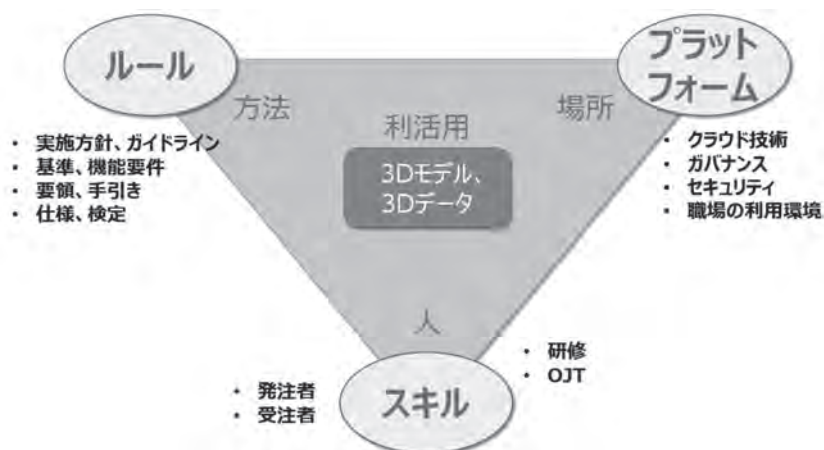
このため、工事・業務の実績や技術者情報などの公共調達関連の情報をIDのもとに一元的に管理しているコリンズ・テクリスシステムと保管管理システム等との連携を図り、コリンズ・テクリスシステムの検索機能を拡張して電子成果品の検索も可能にする。これにより、発注・契約からオンライン電子納品・保管・利活用まで一元的な建設情報の管理を実現することができる（図—3）。

提案5：2023年度BIM/CIM問題

国土交通省は、2023年度までに小規模なものを除く全ての公共工事について、BIM/CIM原則適用する方針を決定している。BIM/CIMの本格的な導入にあたり、建設プロセスの各段階において一貫して継続的に利活用できるICTプラットフォームを使ったマネ



図—3 コリンズ・テクリスを活用した公共調達から成果品までの一元的情報管理



図一4 BIM/CIM の利活用環境の3要素

ジメントが重要になる。この準備と併せて現場における意識改革・人材育成も不可欠である。ルール（方法）、スキル（人）、プラットフォーム（場所）の3要素をバランスよく整備することが急務である（図一4）。

3. ICT プラットフォームを用いた新たなマネジメント（DX時代の新しい仕事の仕方）

情報は、データやインフォメーション（図やグラフのようにデータを整理したもの）からICTの活用等によりインテリジェンス・ナレッジ（内容を分析、評価したもの、知見）へと進化していく。こうした情報の進化をICTプラットフォームを用いて現場で実現し、業務に反映することが新たなマネジメントにつながる。現場におけるICTプラットフォームの活用で以下のような仕事の変革が望める。

- ①データやモデルの共有、関係者間の意見交換等を即時、同時に行える
- ②膨大なデータの利活用が可能になる
- ③データやモデルの集約化、一元化が可能になる
- ④業務体系をシステム化できる
- ⑤現場のノウハウをシステム化できる
- ⑥最先端の技術（AI、IoT、ロボット等）と連携、融合が可能になる
- ⑦業務の効率化、高度化を可能にする

今後、ICTプラットフォームを活用して、業務管理（公共調達関連、ワークフロー等）から測量、調査、設計、施工、維持管理の各段階で、様々なICTのツールを用いたマネジメントが展開される。現場に密着したICTプラットフォームを構築し、必要なサービスを選択して利用する時代が来る。継続的に3次元管内図（3次元統合モデル）をベースに個々のモデルやデータ、連携するシステムを業務内容に応じて使いこな

し、①～⑦のような業務の変革により現場の課題解決を実現する新たなマネジメントの確立と現場に密着したICTプラットフォームの継続的な利用が必要になる。

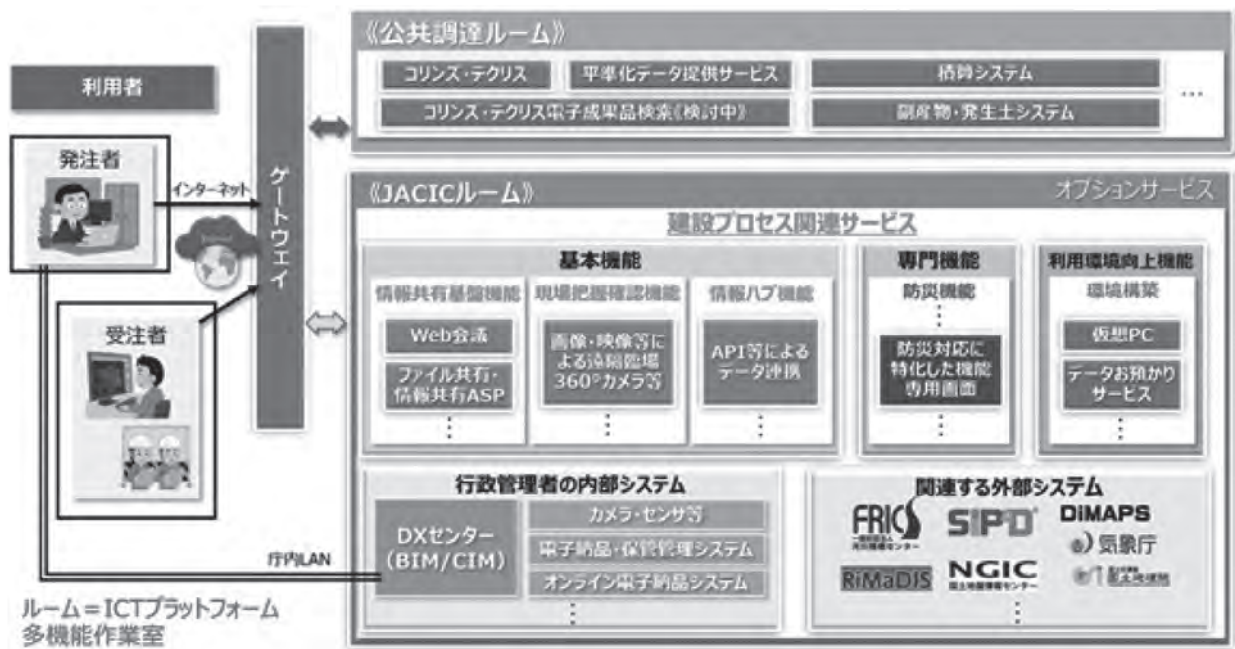
4. 現場密着型のクラウドサービスの提供 —ICTプラットフォームの活用—

JACICは、4月からJACICクラウドをリニューアルし、現場の業務に適応した現場密着型のクラウドサービスを提供している。

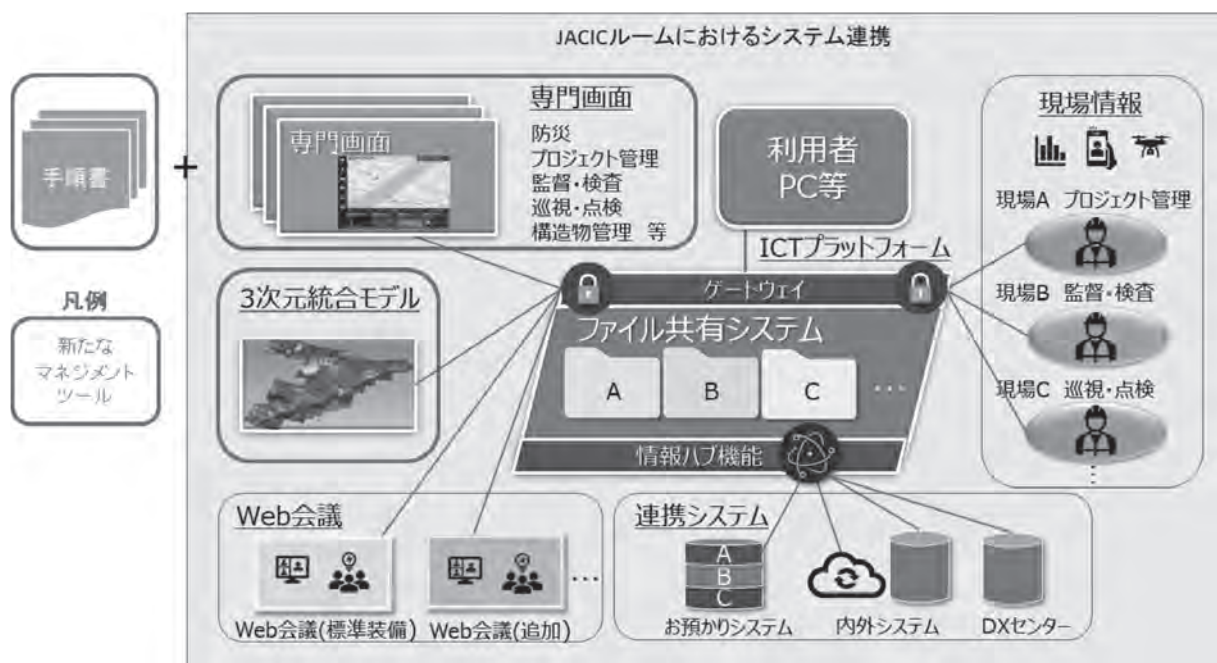
具体的には、認証・認可やセキュリティの確保を司るゲートウェイ機能とともに、公共調達プロセス関連サービスを提供する「公共調達ルーム」、建設プロセス関連の必要な各種サービスの利用や内部・外部のシステムの利用を容易かつ効率的に行える「JACICルーム」というICTプラットフォームを活用したクラウドサービスを提供する（図一5）。

「JACICルーム」では、対象業務のマネジメントに適した機能を有する専門画面を用いて作業を行い、Web会議やファイル共有で関係者間のデータ共有や意見交換等を行うことができる。その際に内外のシステムのデータや3次元モデル等の利用が可能である（図一6）。専門画面は、防災を標準装備として提供しており、今後現場監督・検査や点検・巡視、プロジェクト管理等の現場に密着した画面を作成する予定である。また、防災の専門画面では、LIVE映像や動画記録、360°カメラ映像、それらのマッピング等様々な機能で現場把握が可能のため、平常時の業務や工事の遠隔臨場に利用できる。

現場の情報とセットになった専門画面及び3次元統合モデル等の活用による、新たなマネジメントは、新たなシステム及び手順の導入、既存のシステム及び手



図一 5 JACIC クラウドの全体像



図一 6 JACIC ルームの構成

順の改善・変更である。このため、これらのシステム導入と併せて手順書の作成が重要である。新たなマネジメントでは、実務を通じてシステム及び手順書の検証・改善をアジャイル開発のように段階的に行いながら充実させていく。

JACIC クラウドは、Web 会議やファイル共有機能のみならず、3次元統合モデル（3次元管内図を含む）、データ利用・管理の規定と手順書等を整備、実装することにより、Digital Twinの実現を目指す。また、公共調達プロセス関連において、コリンズ・テクリスは

昨年4月からJACICクラウドでの利用を可能にし、3年間の移行期間を経て切り替えを行うとともに、他のサービスのシングルサインオンなど便利な環境整備を目指している。

5. 3次元統合モデルとICTプラットフォーム

測量・調査から維持管理までの各段階で作成した3次元モデルやデータ（観測・計測、調査・計画したデータ等）の成果を集約、一元化して活用できるように、

ICT プラットフォームを活用（3で前述）した3次元統合モデルを構築し、継続して利用する。このため、官側は継続的に情報共有・利活用できるICTプラットフォームを所有することが必要になり、これに資するクラウドを前述のようにJACICで提供している。

ここでは、ICTプラットフォームを活用した3次元統合モデルについて提案する。

提案としては、ICTプラットフォームを中核にして3次元の地形モデル等を基盤に個々の3次元モデルの統合を図る3次元統合モデルの構築とともに、属性情報等として様々な構造物等のデータや測量データ、IoTやセンサー等からの計測データ、巡視・点検等の他のシステムとの連携によるデータ、履歴、調査・分析データ、設計・施工データ等様々なデータを紐付け、総合的に集約管理して一元的に利用するというものである。

ダム事業での3次元統合モデルの例を図一7に示す。広域地形の基盤モデルにダム本体のモデルや付け替え道路のモデルなど個別事業のモデルを統合する。

統合にあたっては、一つのモデルに統合する場合とプラットフォームを介して紐付けする場合があります、目的に応じて行う。また、統合する場合は、データが重ならないように留意する必要がある。

ICTプラットフォームを中核にして3次元統合モデルと様々なデータベースやシステム、ツールやサービスとの連携により、測量・調査から維持管理までの各段階における円滑な情報の共有や新たなマネジメント方策の導入が可能となり、機能の集約・向上、業務の効率化、高度化を図ることができる。一例として、前述したJACICクラウドの専門画面は、業務に応じて必要となる作業を集約化した専用のマネジメント

ツール（プラットフォーム）を提供し、業務の効率化、高度化を図っている。

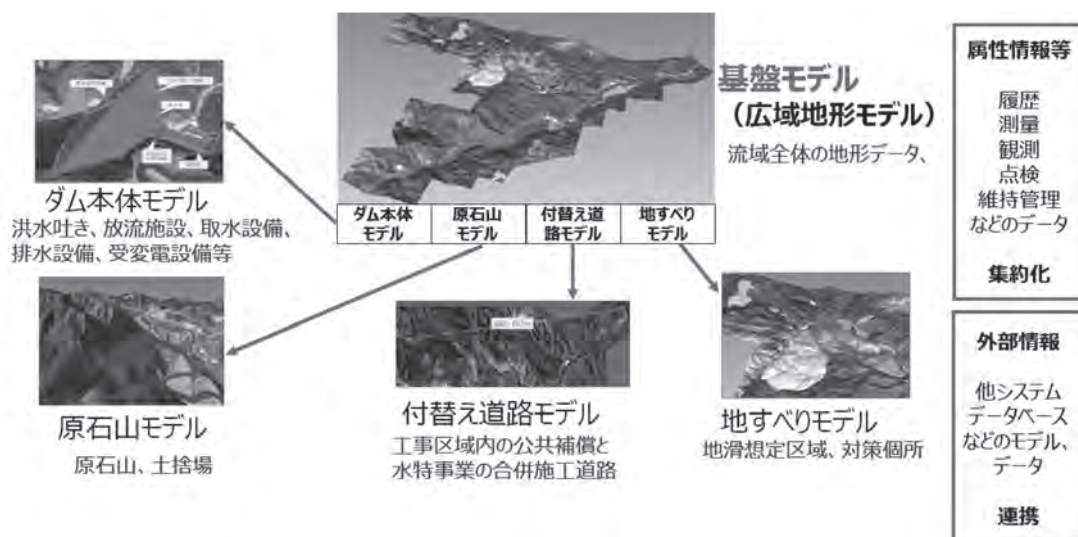
ICTプラットフォームを連携することにより、例えば河川では、上下流の複数の河川やダムの統合モデルを一気通貫で統合化でき、水系モデルを構築することができる（図一8）。

このように3次元統合モデルを連携して拡張することができ、地理や自然環境から社会構造までサイバー空間において再現していくことが可能となる。

また、3次元統合モデルを用いて現場でのノウハウを蓄積し、体系的に整理してシステム化することにより、技術や情報の伝承基盤も構築できる。

6. Digital Twinの実現

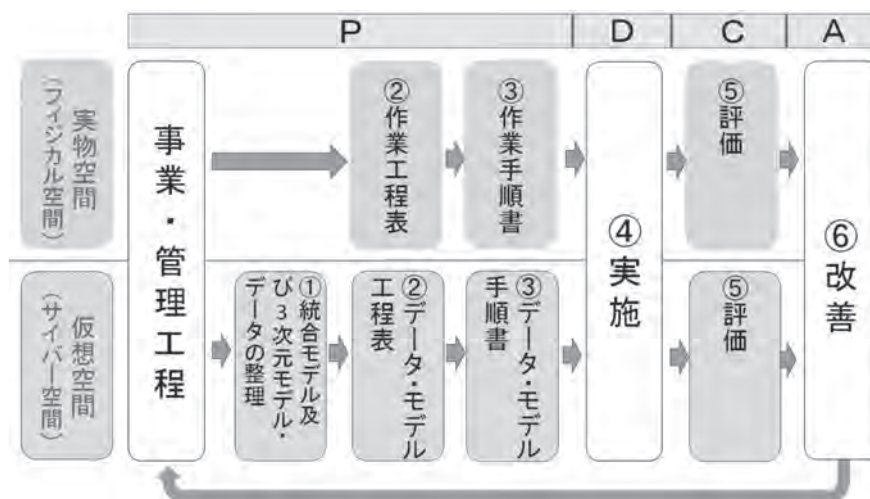
DXが進むインフラの分野においても製造業等で導入されているDigital Twinが有効である。Digital Twinは、フィジカル空間の実物とサイバー空間の仮想実体（3次元モデル等）が双子の実体として捉えられ、サイバー空間の仮想実体の活用により、フィジカル空間の実物の仕様検討や課題解決等に利用される。サイバー空間の仮想実体は、実物以上に機能をわかりやすく可視化し、分析することができる。これによりサイバー空間で仮説を立て様々な検討を行い、その結果に基づきフィジカル空間で実施、検証することができる。施設等の建設、オペレーションやマネジメントにおいて非常に有効な方法となる。図一9に示す情報の「収集」「蓄積」「分析・見える化」「活用」のサイクル（サイバーフィジカルシステム）は、製造業等で実施されている方法である。異なるのは災害対応時で、「収集」した情報と「蓄積」された情報を併せて



図一7 3次元統合モデルの例

表—1 フィジカル空間とサイバー空間の関係

	対象物	工程	手順	ルール	操作
実物空間 (フィジカル空間)	実物	工程表	作業手順書	基準・要領等	オペレーション マネージメント
仮想空間 (サイバー空間)	3次元モデル	データ・モデル 工程表 (情報プロセス マップ)	データ・モデル 手順書	データ・モデル 規定	データ分析 シミュレーション



図—10 Digital Twin 方式

デルを活用することであるが、最も重要なことは、手順の見直しや新たな手順の導入等、プロセスの変革であり、ICT プラットフォームや3次元総合モデル等は活用ツールということである。このため手順等プロセスの構築、再構築と併せて活用ツールの仕様を決めることになる。

JACIC クラウドは、ルーム（ICT プラットフォームの利用環境）、3次元統合モデル（3次元管内図を含む）、規定と手順書の3つの要素の整備、実装を目指す、新たなマネジメント方策の実現を図る。

現場ではまだまだインフラ分野のDXについて、十分な理解が進んでいる訳ではない。研修やセミナーなど様々な機会において、ユースケースや機能の説明に加えて、チャレンジ戦略で示しているような新たな仕事の仕方とICTの役割を明確化して伝えることが重要である。

JACIC クラウドは、基本サービスを公共調達と建設プロセスの両方において構築したものであり、今後オープンデータ利用を含めた社会基盤にも資するものである。このため、公共調達と建設プロセスの両方からの負担のもとにクラウド運用を進めていく。

また、現場における業務を広くサービスの対象とす

るとともに、連携を重視して、利活用情報の質の充実に努め、システム間連携の相乗効果の発揮を目指していく。

このための技術的な課題や方法の標準化など整理、解決すべき事項は多く、順次考察や取り組み内容についてチャレンジ戦略を通じて発信していく。

JCMMA

《参考文献》

- 1) JACIC, 「JACIC 'i-Con' チャレンジ戦略」
- 2) 尾澤卓思, 「新現場力による新たなマネジメントの実現 — JACIC クラウドの使命 —」, JACIC 情報 121, Vol.34, pp10-16, 2020年2月
- 3) 尾澤卓思, 「JACIC クラウドの魂 — JACIC クラウドの真に目指すもの —」, 土木施工, Vol.61, pp54-57, 2020年1月
- 4) 尾澤卓思, 「BIM/CIMの推進による現場の改革 i-Con からDXへ」, 土木施工, Vol.62, pp104-107, 2021年1月
- 5) 尾澤卓思, 「インフラ分野のDXの推進による現場の改革 — i-Con からDXへ —」, JACIC 情報 124号, 2021年1月

【筆者紹介】

尾澤 卓思（おざわ たかし）
（一財）日本建設情報総合センター 理事、
国際土木委員会 事務局長



DXにより創る次世代建設生産システムとスマートな世界

真 下 英 邦

建設就業者の高齢化・若手技術者の担い手不足や、生産性向上の必要性などの建設業の課題に対して、デジタル技術を活用した「次世代建設生産システム」の構築を目指し、技術開発を進めている。「デジタルツイン」による「着工前仮想竣工・仮想運用」、「データドリブン」な意思決定、「機械化・自動化・最適化」および「デジタルツール」の活用など、複数のアプローチから開発を進めており、将来的には1つの基盤上で稼働する統合的なシステムとすることを目指す。本稿では、「次世代建設生産システム」の実現に向けた取組みを中心に、スマートシティ事業の事例も含めたデジタルトランスフォーメーション(DX)への取組みについて報告する。

キーワード：デジタルツイン、機械化・自動化、光ファイバ、BIM/CIM、ロボット、見える化、スマートシティ

1. はじめに

建設業は多くの課題に直面している。特に、就業者の高齢化と若手入職者の減少、及び2024年から適用される労働時間の上限規制により、将来の深刻な技術者不足が予測されている。また、建設業の労働生産性は長期に渡り大きな向上が見られない。これは建設業が現地・一品生産の労働集約型産業であり、製造業における工場のライン生産と異なり、自動化・規格化などが適用し難いことに起因すると考えられる。

しかし、見方を変えれば、データやデジタル技術を活用した生産性・品質の向上や就労環境の改善の余地が大きいと言える。そして、昨今のIoT・AI・高速通信・XRなどのデジタル技術の進展は、これまで難しかった建設業の仕事にも変化の兆しをもたらしている。このような環境を踏まえて、当社では2つの側面からDXーデジタルトランスフォーメーションの取組みを進めている。

- ①デジタルを活用した建設事業の変革
- ②スマート社会の実現など、より主体的に価値を創出する事業への挑戦

①は、生産性の向上や苦渋作業の軽減を通じて、建設業を持続的で魅力ある産業に発展させていくことに主眼を置いている。その一方で②は、社会や顧客のニーズに対して弊社が対応できる範囲を拡大し、より一層満足いただくことを考えている。社会インフラやビル・生産施設などの建設で培ってきたノウハウと経験を強

みに、他産業・他業界とのコラボレーションを含めて新たな価値を創出して新たな価値提供に挑戦するのであり、顧客と共に課題を発見して解決策を協創する建設業への発展を目指すものである。

本稿では、各々の取組みについて、概要を報告する。

2. DXが目指す次世代建設生産システム

建設業は、現実空間に構造物を建設することが主目的であるため、デジタル技術は現実空間での建設や、その上下流工程の作業を効率化・合理化するために活用される。DXの推進により目指す「次世代建設生産システム」の概念図を図1に示す。

サイバー空間における取組としては、「デジタルツイン」と呼ばれる、現実の構造物を模した仮想モデルをデジタル空間に構築し、着工前に施工プロセスや建物の運用などをシミュレーションする「着工前仮想竣工・仮想運用」の推進、「データドリブン」な意思決定を行うための基盤構築、データを取得するセンサー技術の開発などに取り組んでいる。

フィジカル空間では、「機械化・自動化・最適化」による施工生産性の向上、苦渋作業・危険作業の軽減への取組みや、WebカメラやVR・AR、ドローンや3Dスキャナなどを活用した管理の生産性向上にも取り組んでいる。

現状は、個々の要素技術として開発されているものを、1つの基盤上で稼働する統合的なシステム「次世



図一 DXが目指す「次世代建設生産システム」

代建設生産システム」に昇華させることを目指して開発に取り組んでいる。

3. 土木分野における取組み

(1) 「建設現場の工場化」に向けて

建設業を持続的で魅力ある産業とするために、3Kを解消し、スマートな働き方が可能な建設現場を創ることが肝要である。そのためには、機械化・自動化などの推進による抜本的な施工生産性の向上、現場の「見える化」による管理の生産性向上、人の経験知に依存している技術をデジタルの力で体系化し、伝承していくことなどが必要と考える。

この難題を解決していくために、データに基づく知識・情報集約型産業への変革が最適解と考え、“建設現場の工場化”をスローガンに生産工学的アプローチを進めている。建設現場の様々なデータを収集して「見える化」「デジタル化」を進めることでデータドリブンによる意思決定をスピーディに行える仕組みを作るとともに、蓄積したデータをインプットとして、施工の最適化を実現することを目指す。

(2) 「A⁴CSEL[®] (クワッド・アクセル)」

「A⁴CSEL^{※1}」は、シミュレーション技術・自動運転を核とし、従来の建設機械の遠隔操作とは異なる新しい建設生産システムである。AIによって、多数の機械を連携させ、最も生産性の高い施工計画を導き出し、その計画を自動運転で確実に再現する施工マネジメント技術から構成されている。

これらの技術により、安定した品質で、高い安全を確保した上で、最速で、低コストで、しかも建機は稼働を必要最小限に抑えられるためエネルギー消費量も

最小化できる土木施工システムを実現する。人は作業データを送り、監視するだけという、建設現場の最先端工場への変革の実現を目指す。

A⁴CSELは、重機作業が主となるロックフィルダム、重力式ダムなどへの適用を先行しており(A⁴CSEL for Dam)、現在は山岳トンネルへの展開を推進している(A⁴CSEL for Tunnel)。将来的には、造成工事、シールドトンネル、躯体工事(A⁴CSEL for RC)など、幅広い工種へと展開することを目指す。

(a) A⁴CSEL for Dam

現在施工中の秋田県雄勝郡東成瀬村の成瀬ダム(国土交通省東北地方整備局)では、最盛期には5機種23台もの自動化建機の組み合わせにより、昼夜を通じ最大連続72時間稼働で堤体打設を行う計画である(写真—1)。同工事では、現場を一望できる管制室を設け、ITパイロットがここから現場を管理する体制を取っている(写真—2)。

また、同現場では「置き型枠自動スライドシステム」を開発・実用化している。重機作業の自動化により高速化する打設作業に合せ、保護コンクリートの型枠設置作業を合理化し、施工速度向上や安全面の改善を実現した(写真—3)。

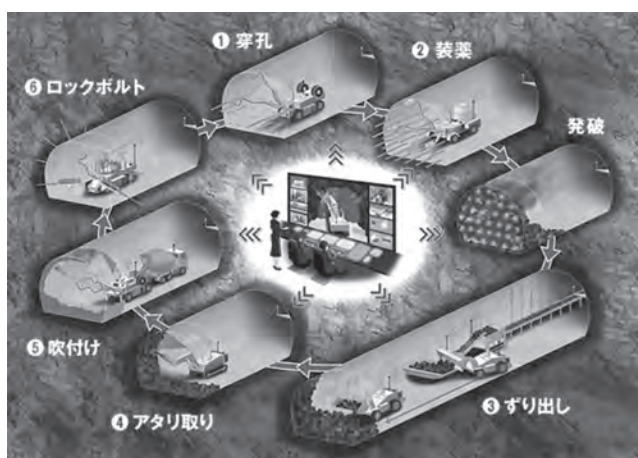
今後は、重機の自動化技術の高度化を核に、品質検

写真—1 A⁴CSELによる堤体自動打設
(成瀬ダム工事/東北地方整備局)写真—2 A⁴CSEL 管制室

※1 A⁴CSEL (Automated/Autonomous/Advanced/Accelerated Construction system for Safety, Efficiency, and Liability)



写真—3 置き型枠自動スライドシステム



図—2 山岳トンネル工事の将来像

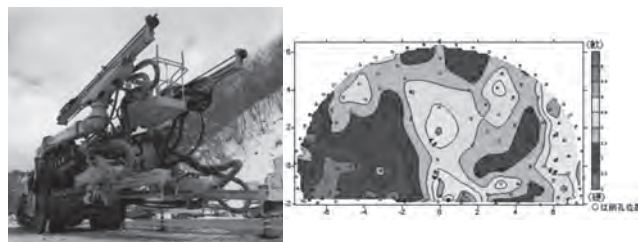
査の高度化，施工進捗の可視化，重機作業周辺の付帯工事の自動化・効率化などの開発により，工事全体を最適化する建設生産システムの構築を推進する。

(b) A⁴CSEL for Tunnel

山岳トンネル分野では，熟練作業員の減少への対応や，切羽付近における危険作業による労働災害の撲滅を目的に，施工の自動化を推進し，最適な自動化施工のための管制技術を開発している。

山岳トンネルの施工サイクルのうち，①穿孔，②装薬，③ずり出し，④アタリとり，⑤吹付け，⑥ロックボルトの6ステップについて，自動化を推進するとともに，作業ごとにデータを取得・蓄積し，継続的に生産性が向上する仕組みの構築を目指す（図—2）。

これまでにロックボルト工における穿孔からモルタル注入，ロックボルト挿入までの各作業の自動化や，4ブームフルオートコンピュータジャンボによる発破孔の穿孔作業の自動化（図—3左），コンクリート吹付けの自動化（写真—4）などを進めてきた。これらの技術は，施工の生産性向上だけでなく，穿孔データを収集・蓄積し，CIMモデルに反映することにより，前方地山の予測評価や将来工事に向けたデータ基盤の

図—3 (左) 4ブームフルオートジャンボ
(右) 切羽前方地山の硬軟度分布の可視化事例

写真—4 模擬トンネルでの自動吹付け実験

整備に活用することができる（図—3右）。今後，装薬作業を含めた一連の作業を一人のオペレーターでコントロールできるような自動化技術の開発を進める。

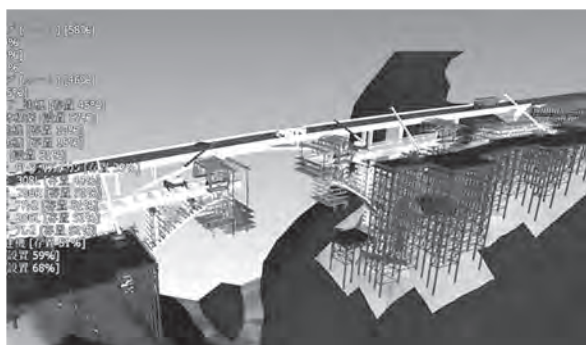
(3) デジタルツインによる施工管理の生産性向上に向けた取組み

施工管理の生産性向上に向けては，①計画段階でBIM/CIMを活用して施工過程を「見える化」し，予見できる設計・施工の不整合をゼロにした上で顧客との早期合意形成を得ること，②施工段階ではIoTを活用して現場状況を「見える化」し，予定との乖離や現場での問題・課題をリアルタイムに把握して迅速に対応すること，以上2点をデジタルツインの主軸として取り組んでいる。これらにより，施工のPDCAを高速で回し，計画外の事象が発生した際にも速やかに最適化された修正計画を作成し，円滑に施工を進められる体制を構築している。

これらの取組みに際して，AR/MR技術による現地での管理・検査・立会の効率化や，センサーや3Dスキャナ・カメラ等による現場データの取得を推進することで，より高度に，高速にPDCAを回す体制の構築を目指す。

(a) 計画段階の「見える化」

施工上の課題を早期に抽出し，これを事前に解決しておくために，CIMと施工工程を連動させてあらゆ



図—4 CIMを活用した着工前仮想竣工
(松山自動車道 双海橋工事/NEXCO 西日本)



図—5 点群データとCIMモデルの統合
(桜木町駅改良工事/JR 東日本横浜支社)

る施工ステップのシミュレーションをデジタル空間上で完了させる施工過程の「見える化」に取り組んでいる。施工計画を事前に「見える化」することにより、円滑な意思決定を助けるとともに、施工段階での不測のトラブルを軽減することに資するものである(図—4)。

3D スキャナにより取得した点群データにより現況を CIM モデルに反映させる取り組みや、AR/MR 技術により、CIM モデルを現地にオーバーラップする技術の活用にも取り組んでいる(図—5)。

(b) 施工段階の「見える化」

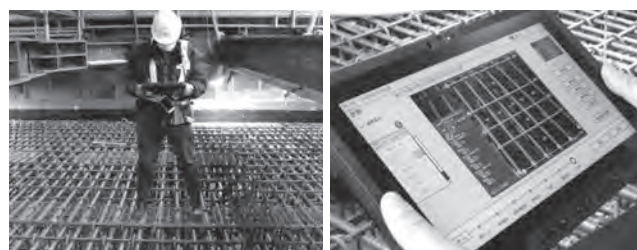
施工段階においては、気象条件、地盤条件などの外部条件により計画の修正を余儀なくされることは少なく、施工段階での諸々のデータをリアルタイムに「見える化」し、計画外の事象が発生した際には速やかに対応することが重要である。

そこで、人やモノ、建設機械の位置や稼働状況、気象や交通情報などの情報を組み合わせて表示する統合管理システム「Field Browser」(フィールドブラウザ)を開発し、現場に適用している(図—6)。

現場事務所に設置した大型モニターには、人と建設機械・車両等の位置情報が、所属や職種・機械種別ごとに表示され、現地に行かずとも計画どおりの場所、人員、機械配置で作業が行われているか把握すること



図—6 Field Browser 画面イメージ



写真—5 配筋検査システム

ができる。さらに定点カメラ映像を組み合わせることにより正確な状況把握を可能としている。

人についてはリアルタイムなバイタル情報が表示され、体調不良者がいないか容易に確認できる。建設機械や車両については、現在の稼働状態の把握はもちろん、蓄積された過去の稼働時間から稼働率を集計することが可能であり、最適な配置や手配の検討に大いに寄与している。

さらには、降雨や落雷を含むリアルタイムの気象データに加え、72時間先までの予報データを取り入れ、適時適切な作業計画の見直し指示を可能としている。

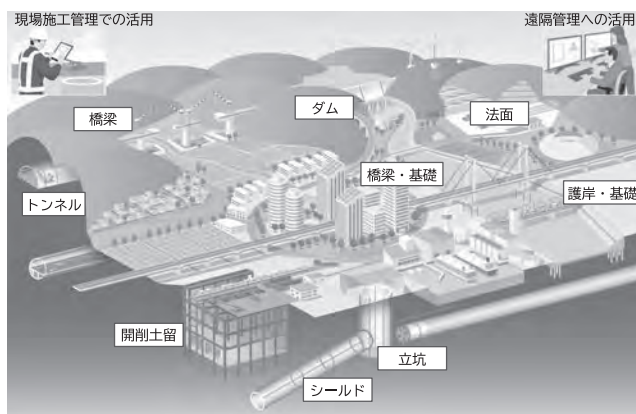
(c) デジタルツールの活用

施工管理を行う職員の生産性向上を目的に、スマートフォンやタブレットなどのデバイスを活用したペーパーレス化や見える化、現場の書類・帳票作成、検査などを合理化するツールの開発・適用を推進している。

一例として、ステレオカメラを用いて立体的に写真を撮影することで、鉄筋の径、間隔、本数を自動で計測できる配筋検査システムを開発し、現場に適用している(写真—5)。

(4) 光ファイバ計測技術による構造物性状の「見える化」

インフラ構造物において、予防保全型維持管理の重要性が高まる中、構造物の性状を広範囲で、施工段階から長期間にわたる維持管理にかけて一貫して把握し続けることは、合理的な維持管理を実施する上で有効である。一方で、広範囲、高精度に、長期間にわたり計測を合理的なコストで行う技術が確立されてい



図一七 光ファイバを用いた品質管理イメージ

いのが従来の課題であった。

そこで、光ファイバ計測機専業メーカーと連携し、高精度・高速度の計測処理が可能な革新的光ファイバ計測技術を開発し、施工管理に導入している。本技術により、構造物のひずみや温度変化を長期間・広範囲にわたり正確に測定できるため、合理的な施工管理が可能となる。また、光ファイバをそのまま残置しておくことで、構造物性状の経年変化の把握が可能となる。計測・取得したデータから構造物の耐久性・安全性を評価でき、補修やリニューアルを行うべき時期について、的確な推定が可能となる（図一七）。

現在、多くの構造物への適用を進めており、施工段階で確実に品質を確保するだけでなく、維持管理段階での効率化にも寄与することで、国土交通省の提唱する予防保全の取組みに貢献していきたいと考える。

4. 建築分野における取組み

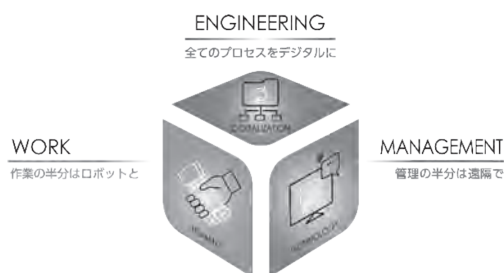
(1) スマート生産

建設業の就業者不足への対応や働き方改革といった業界が抱える課題に対し、ICTやロボットなどのデジタル技術を用いて解決を目指すものとして、「鹿島スマート生産ビジョン」を掲げ、開発を推進している（図一八）。各コンセプトの概要と開発状況について、以下に記す。

(a) 「作業の半分はロボットと」

人と機械の協働による生産性向上を図る。危険・連続・補助作業などをロボットが支援することで、人の生産性を高めていく。

一例として、工場等で利用されている汎用可搬型の溶接ロボットを建設現場向けに改良し、適用を進めている。柱・梁の接合部の溶接に対応しており、特に、上部からの溶接工による下向き溶接が主流となる梁の下フランジ部の溶接は、ロボット溶接により下部から



図一八 鹿島スマート生産ビジョンコンセプト

写真一六 (左) 溶接ロボット作業状況
(右) コンクリート床仕上げロボット

の上向き溶接を実現している。これにより、構造上弱点となるウェブのスカラーップ削減、下階フロアからの安定した施工による安全性向上などの付加価値も生んでいる。

また、生コン打設時の床仕上げを行うロボットの開発・現場適用を進めている。自律移動機能に加え、リモコン操作によるコテ角度調整機能により、高度な仕上げにも対応可能である。

その他、耐火被覆吹付ロボットや外装取付アシストマシンなど、苦渋作業や危険作業を中心に現場作業省力化に資する技術の開発を進めている（写真一六）。

(b) 「管理の半分は遠隔で」

現物確認と遠隔管理の組み合わせで、現場管理者の働き方改革を図る。監視・目視・数量把握などはセンサー技術等を利用し、3現主義の質を高めていく。

一例として、小型センサーの組み合わせにより、資機材の位置、稼働状況をリアルタイムに3D図面上に表示する資機材位置モニタリングシステム「3DK-field」を開発、現場適用を進めている。竣工後の運用にも適用を進めている（図一九）。

その他、ドローンによる現場自動巡回システムや、クレーンの遠隔操縦技術などの開発、遠隔での現場確認やコミュニケーションを可能とする体制の構築を進めている（写真一七）。

(c) 「全てのプロセスをデジタルに」

BIMを基軸としてプロセスをデジタル化し生産性向上を図る。設計検討・調整・合意・進捗管理・保守運用まで、デジタル情報を蓄積し最適化へ活かす。開発・適用状況については次項にて述べる。



図—9 資機材位置モニタリングシステム (3DK-Field)



写真—7 施工管理情報を一元表示するスマート工事事務所

(2) デジタルツイン

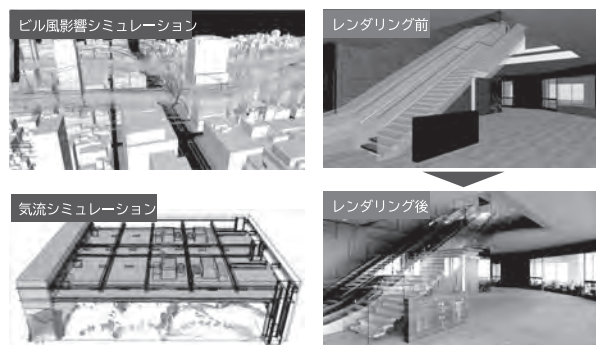
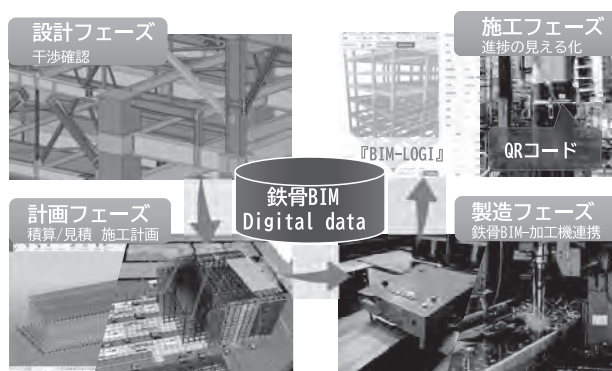
大阪府中央区のオービック御堂筋ビル（2020年1月竣工）では、解体着工の2016年7月より、「全てのプロセスをデジタルに」の基本方針のもと企画・設計から製造・施工、竣工後の維持管理・運営までの全ての情報を、BIMを核としてデジタル化し、それらを仮想空間上にリアルタイムに再現する「デジタルツイン」を実現した。以下、各フェーズにおけるデジタルツインの活用事例について述べる。

(a) 企画・設計フェーズでの活用

企画・設計フェーズでは、建物のBIMモデルを用いて、日射や日影、設備の気流や照度、発災時の避難、建物の使い勝手など、各種シミュレーションに活用している。また、VR技術を用いて、実際にサイバー空間内の建物を歩き回り完成状況を事前に確認することも可能である。これらにより、顧客が設計段階で建設後の建物をイメージしやすくなるため、早期の合意形成に有効である（図—10）。

(b) 製造・施工フェーズでの活用

製造・施工フェーズでは、提供建物の品質や工程、施工安全性などを向上させるために活用している。一つの事例としては、鉄骨製造のデジタルツイン化が挙げられる。建物の構造体である鉄骨において、設計図

図—10 (左) 各種シミュレーション活用例
(右) 合意形成におけるVR活用例

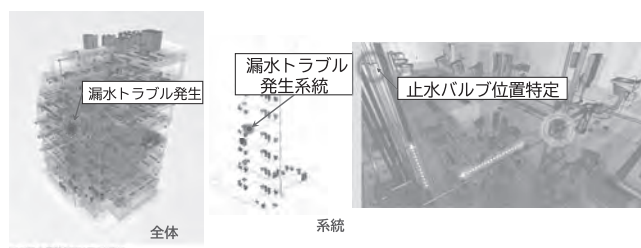
図—11 鉄骨製造・施工における活用例

をそのまま鉄骨製作図として活用し、鉄骨製作工場の鉄骨加工機との連携、一体化が図られている。これにより、情報伝達の正確性やスピードが大幅に向上した。また、鉄骨部材にQRコードを貼り付け、自社開発のシステムを活用することで、製造から施工に至る進捗の見える化も実現している（図—11）。

(c) 維持管理・運営フェーズでの活用

維持管理・運営フェーズでは、FM（ファシリティマネジメント）への適用が有効である。建物BIMに情報を集約することで、①メンテナンス情報の一元管理、②モバイル機器による現地作業の効率化、③付加価値機能の向上、などの効果がある。これにより、これまでの維持管理業務を劇的に効率化・高度化・高品質化し、ライフサイクルコストを最適化している。また、リアルとバーチャルが完全に融合・同期している状態を作り出し、リアルな建物にトラブルがあった場合に、その発生場所、影響範囲、必要な対処などを、デジタルツイン上に瞬時に表示することができる。これにより問題発生時の迅速な対応や、関係者間での早期の情報共有が可能となった（図—12）。

以上のように、デジタルツインを基盤として、ビッグデータを蓄積・解析・フィードバックし、フェーズ毎に最適化をはかることで、顧客へ新たな付加価値を提供することを目指す。



図—12 FM（ファシリティマネジメント）の活用例

5. スマートシティに関する取組み

(1) HANEDA INNOVATION CITY

(a) 施設概要

HANEDA INNOVATION CITY（ハネダイノベーションシティ）は、「天空橋駅」に直結する延床面積約13万m²超の大規模複合施設で、羽田みらい開発㈱と大田区が官民連携で開発する、「先端」と「文化」の2つをコア産業とするまちである。羽田空港に隣接し、国内外への情報発信に優位な立地を最大限に活かし、新たな価値を創造・発信する未来志向のまちづくりを推進しており、2020年7月にまち開き、9月に本格稼働を迎えた。今年度国土交通省スマートシティモデル事業「先行モデルプロジェクト」及び総務省「データ利活用型スマートシティ推進事業」に採択されている。

(b) 3つの取組方針

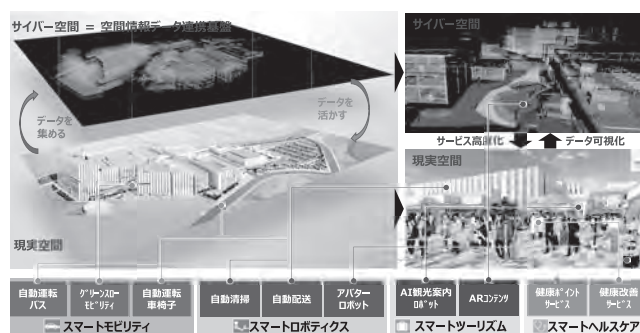
「羽田第1ゾーンスマートシティ推進協議会」は、官民連携の下、大田区が抱える多様な地域課題を解決し、持続可能な都市とするための実証的取組を行うテストベッドとしてのスマートシティを形成することを目的に、3つの方針を定めている。

①空間情報データ連携基盤の構築

BIM等の空間情報を基盤とした「3D K-Field」を活用し、データの統合・可視化・分析が可能な「空間情報データ連携基盤」を構築するとともに、先端技術の協調領域としての活用を進めている。本基盤を施設のデジタルツインとして活用し、各施設や自律走行バスの混雑状況ならびに施設管理スタッフやサービスロボットの稼働状況をリアルタイムに把握することで、来場者の満足度の向上や合理的な施設管理・運営を目指す（図—13）。

②多様な交流を生み出す仕組みづくり

協議会には現在、大田区を含む26団体が参画しており、先進的技術の実証・実装を行うと共に、本施設を先端技術の実証フィールドとして広く提供することで、多種多様な先端技術の実証・実装を本区域で行い、産業交流機会を創出していく。



図—13 空間情報データ連携基盤の活用イメージ



写真—8 実証実験の様子

③大田区が直面する課題に応える4つの取組展開

大田区が直面する課題である「交通（交通弱者への移動支援）」、「生産性向上（担い手不足）」、「観光（観光資源化）」、「健康（未病取り組み）」の解決に資する取り組みを展開し、早期のサービス実装を目指す。

(c) 取組み実績

2020年9月には38種類、計60機以上のモビリティ・ロボットの実証実験を実施し、早期実装に向けたハードやソフト面での課題を抽出した（写真—8）。

6. おわりに

本稿で報告した取組みは、いずれもまだまだ途上のものであり、進展の余地は大きい。建設業におけるDXを今後さらに深化・発展させ、我が国の建設業がより魅力ある産業へとトランスフォームすることを目指して、引き続き取り組みを強化していく所存である。

JCMIA

【筆者紹介】

真下 英邦（ましも ひでくに）
鹿島建設㈱ デジタル推進室 室長



BIM の情報を連携させた建築の DX 生産とサービスソリューション

池 上 晃 司

建設会社にとっての BIM が今後、どのような位置づけになっていくのだろうか？ DX というキーワードが社会に氾濫する中で BIM のあるべき姿やどのような存在になっていくかを総括する。BIM が導入されてからの 15 年近い年月で経験したことや学んだことを活かすべく BIM を新たなステップへ導く。来るべきデジタル時代にこそ必要なコミュニケーションや人材像に加え、業務フローや新たな概念である「xR」「デジタルツイン」「ICT / センサー」「クラウド」「OS」など今後の建設会社に必要な要素を整理し、建物竣工後のサービスソリューションまでをどのように取り入れていくかを検証した。それらが各社の特色となっていく、次世代のモノづくりの魅力が隠れており、いち早く体感できることが望まれる。

キーワード：BIM, DX, デジタルツイン, xR, ICT, クラウド

1. BIM がもたらす次世代の建築生産システムについて

BIM は昨今の建設会社に導入され 15 年近い歳月が流れた。徐々に言葉としては浸透してきたが実務に展開された状態とはなかなか言いづらいのが実情だろう。しかし、日本の建設会社は数多くのプロジェクトに BIM を適用し様々なチャレンジを行ってきた。

BIM と CAD が混合された状態でプロジェクトを遂行する矛盾に近い難しさやソフトウェア固有の単語や複雑さに苦しめられた経験のある方は多いのではないだろうか。

BIM が建設業界の完全なスタンダードになる前に「DX : Digital Transformation / デジタルトランスフォーメーション」という新たな潮流が到来してしまった現状が多くの混乱や誤解の根源のように思う。本稿では BIM と DX の正常な関係やあるべき姿について述べたいと思う。

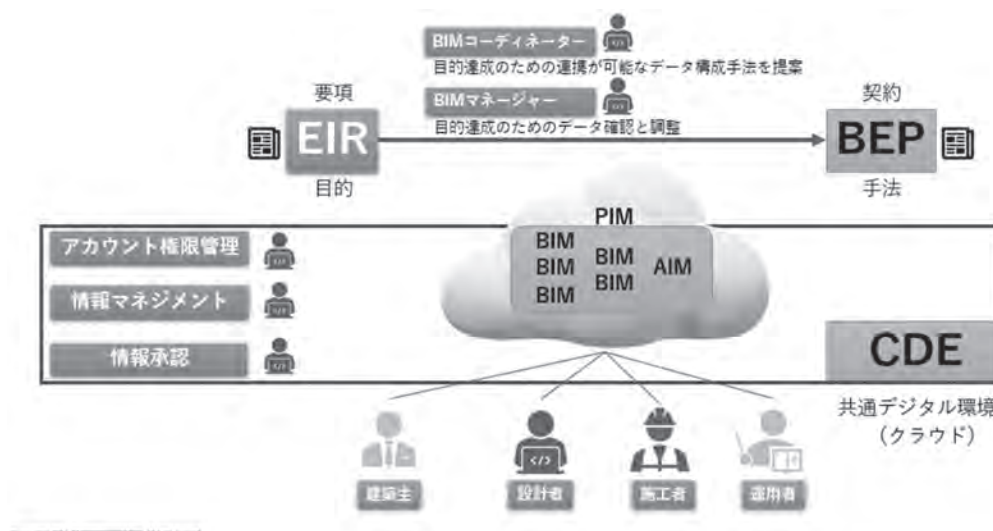
BIM とはわかりやすく言えば「建物情報モデル」である、すなわち通常「設計図書」「契約図書」「建物取扱説明書」をデータとしてまとめたものである。従来は CAD 図・仕上げ表・パース等がそれぞれ独立して作成し、各設計分野で責任区分を明確に作成していたがそれらを統合されたデータを構築するつもりで作業しなければならない。設計の分野別や設計施工分離の考えで BIM を作成するとコストパフォーマンスの悪い BIM が出来上がってしまう。その理由としては、

BIM とは作成者や関係者のこうあって欲しいという情報の「正解」をまとめたものであり、その「正解」を他人に伝えて理解してもらうのがデータ連携の鍵となっている。BIM の業務でよく行われる重ね図干渉チェックや 2D 加筆図面化作業など正解を正解②にしてしまい、ヒューマンエラーや 2 重作業の元を自ら作ってしまい、BIM が嫌いになるという話は何度も聞いてきたし、私自身も経験済みだ。日本の建築生産フロー（ISO）は当然ながら紙図面と押印を前提としているため BIM だけで完結するのは現状不可能である。しかし、紙と BIM の両方を作成してはいつまでも生産性向上は見込めないし、「正解」が二つ存在するという混乱を招いてしまう。

「正解」を BIM なのか図面なのかはっきりと位置付けることは今後の建築生産では重要となるだろう。DX とは業務プロセスの変革であり業務の基盤が紙となっていては絶対に実現できないと感じる。いかに情報や作業をデータ化して繋ぎ、承認や検査を組み込んだ業務フローを構築できるかが「建築生産 DX」へのマイルストーンとなるのは間違いない。

2. BIM をいかに「正解」にし続けるか？

BIM の話をすると必ず出てくるのが BIM マネージャーや BIM コーディネーターという新たな職能である。現状は設計者や施工者が兼務するパターンが多く明確な職能とはなっていないように感じる。建物に

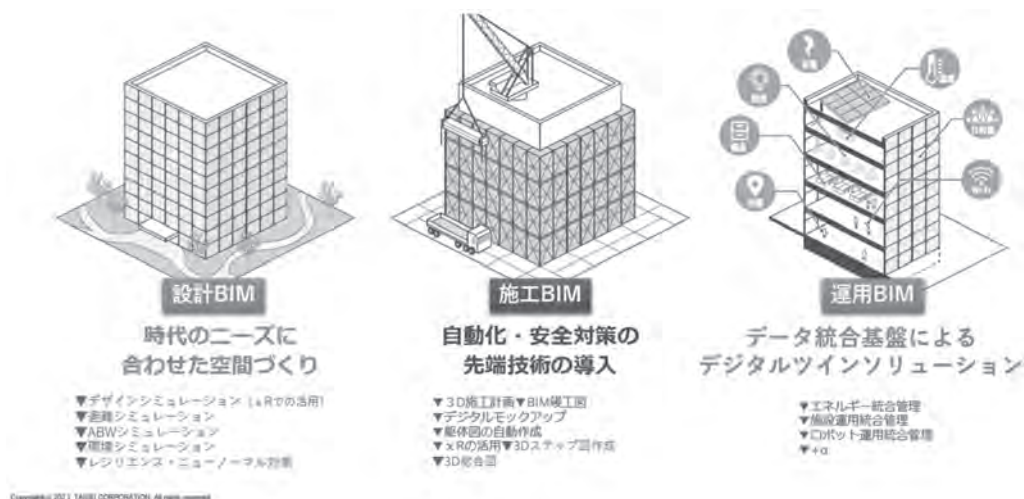


図ー1 BIM時代のプロジェクト運用

関するデータの価値は今後間違いなく上がっていくのは読者の方はイメージできていると思うが、そもそもこの職能の人材はというのは一体に何をすべきなのかということが日本の建設会社ではあまり議論されずにプロジェクトに投入されているのではないだろうか？ BIMをコーディネーションし、マネジメントするというのは海外では重要なポジションであるが目的設定があまりなされず、BIMが図面の参考資料として位置づけられる日本のプロジェクトには適合しない。とりあえずのBIMを作成して社内仕様の図面にテンプレートを使って変換適用した「作図用のBIM」が出来上がっていき、最終更新を確認できずテンプレート通りで目的がないからデータコーディネーションができず、特有の目的がないからデータのマネジメントをする必要がないし、図面より位置づけが低いのでBIMを後追いで修正するが確認や承認作業は二次元で行い、修正作業はBIMで行う。この悪循環が最も生産性を下げてしまっている要因と私は考える。BIMに入力したデータ（属性やプロパティ）はできる限り他のデータと連携させたり、プログラムやシステムで処理するようにしなければ紙やCADだけでやったほうが断然生産性は高いだろう。せっかく作成したBIMを他部署等に使ってもらわなければたくさんの労力とコストをかけて設計者や施工者の頭の中を情報化・データ化した意味がない。ここでポイントとなるのがどのようなデータを連携させたいか？ 渡したいか？ という会話（コミュニケーション）が重要となる。今まで紙さえ渡せば人間が判別／解説し、なんとなくになっていた業務フローがデータ連携や統合という融通の効かないものへ変わろうとしている。データというのは融通が利かないものだと思え、BIMに入力する

情報や内容、受け渡しの時期、連携させるデジタル技術やICTなどを事前に調整し、それを実現させることができるデータ構成となっているかがコーディネーターとマネージャーの業務となるだろう。

この2種類の業種に加え、図面ではなくデータの承認や照査といった業務が発生する。データの構成や内容が発注者情報要件（EIR：Employers Information Requirements）及び受注者によって作成されるBIM実行計画（BEP：BIM Execution Plan）に合致しているかが今後のプロジェクトでは重要となる。BEPは従来の建設プロジェクト提案書よりも位置づけが高くなり、契約書類扱いとなるため、具体的かつ実現性のある内容が求められる。BEPには設計や施工だけでなく建物運用中のためのBIMについても言及することが可能なので「設計者」のみで作成したり、「施工者」だけで作成するのではなく、プロジェクト全体のBIMの在り方を先行でBEPに定義することが必要である。さらには使用ソフトやxR化への言及も求められる。このようにBIMにかかわるデジタル技術についてもまとめて記述するため従来からある「BIM推進系の部署」だけでは作成できない。プロジェクトの関係者や関連部署との綿密なコミュニケーションが必須となり、プロジェクトの進め方そのものにも影響が出ることを周知し、BIMの在り方や位置づけをオーソライズさせることも重要な職務となるだろう。将来的にはスムーズな連携が予想されるが、現状では多くのBIMプロジェクトが設計・施工・運用（維持管理）の3つのBIMに分かれて作成されているが全てのフェーズのBIMマネージャーを一人で実施できる人材はまだ少ないだろう。各分野の知見や勘所を踏まえたうえでBIMをマネジメントすることは想像通



図一 設計／施工／運用（竣工後）の BIM 目的と役割

り非常に難しく、設計や施工の現実の問題を大量に抱えた設計者や施工者を BIM へ情報統合してもらうコミュニケーション能力が一番大事だと私は感じている。もちろん設計や施工の業務生産性を向上させるのも BIM の大事な役割ではあるが作図を目的とした BIM ではそれは実現しないので、ISO などの業務フローを BIM に合わせるのも急務ではあるが当面は法律による制約や慣例的に紙や印鑑が残る前提では BIM を設計者や施工者に合わせる、「データ構成のカスタマイズ」が最も即効性があり、BIM のメリットを感じられるはずだ。通常は設計図書の表現をベースにしているがもっと自由な発想でデータをまとめなおすのも今後は重要だ。アクソメ・図面・集計表が一枚に集約された表現などベテラン以外が見ても理解しやすくミスを起こしにくい表現が今後は求められるだろう。つまり、建築生産に関する情報を集約したデータベースから使えそうな情報を再レイアウトするのだ。BIM をデータベース（莫大な表データの集まり）としてみることでどんなグラフを使い、組み合わせることが相手に理解されるかという思考に置き換えることができる。

設計者や施工者の頭の中にある莫大な情報や思考が見える化し相手（他分野）に伝える・連携させることに BIM は価値があり不具合のない着工前のデジタル竣工として「正解」へと限りなく近づいていくだろう。デジタル竣工はフロントローディングの目指すべき姿の一つであり、着工と同時にスムーズな施工を進めることが建設業界の求める安全・品質管理を含めた「生産性向上」である。

3. 建設業界の DX について

紙と印鑑にあふれる建設業界が DX に本腰を入れ始め、3 年近くが経とうとしている。DX と銘打ったが時間とコミュニケーションの問題で一つの部署で完結させようとした為に単なるデジタル化で終わってしまった事例が多く存在してしまった。

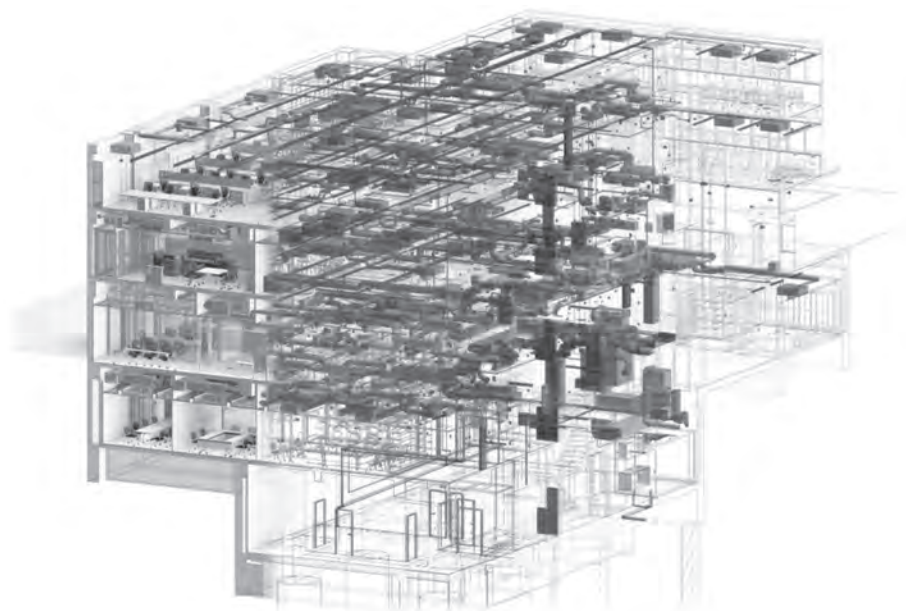
「DX の目的とは何か？どんな働き方を実現し、既存業務を変えるのか？」を議論せずに進めると間違いなく失敗する。ISO などの根本的な品質を支える業務フローは変えずに BIM のモデリングや xR を取り入れても業務が増えるのみという体験をした方は多いのではないだろうか？

DX の本質はデータ連携であり、今まで行ってきた「紙の受け渡し」をいかにプログラムとシステムで行うかという非常に大きく、重い改革（トランスフォーメーション）であるはずが、単なる「デジタル化」を「DX」として認めてしまったようにも思える。

本質はデータ連携と記述したが、キーとなるのはやはりデータベースとしての「BIM」である。

BIM はデータベースなのであらゆる情報が集まってくる（集約する）のが正しい姿であり、そのような状態にしなければならない。設計（意匠・構造・設備・ランドスケープ）品質・コスト・製作・施工・運用・維持管理等、「建物情報」を列記すればきりが無いのが建設業界の難しい所でありおもしろい部分でもある。

現状では BIM を要にしたデジタルツインが将来の主流であり、BIM とクラウドと ICT／センサーの関係を一手に整理しなければうまく機能しない。とりわけ施工時のデジタルツインは日々変化する施工現場の進捗状況を反映させなければならないため、時間軸データの入力も必須となる。BIM に時間軸のデータ



図ー3 デジタルツインとなる BIM のモデリングイメージ

を着工前に入力しなければ当然、完成時の情報しかないため、施工現場のデジタルツインとしての利用価値は低いだろう。

現場で使えるデジタルツインとして品質や安全といった点でも「正解」として機能を求められ始めたならば、BIMを図面やVRとしての活用をメインとしていた時代からステップアップしてきたように感じる。BIMと図面は昨今、相互関係にあるため両者が一次データとするならば二次データとして様々な情報（センシングされた点群や映像などのその他の一次データ：施工の状況）とクラウド上で統合処理されたシステムがデジタルツインとして形成され、「安全」「品質」「進捗」のDXをけん引していくだろう。

人間が従来、目視で点検・判定・報告していたこの三項目をデータとシステムでどこまで行えるかは日々進化していく技術に依存するが、人間がどこまでそのデータを信頼し、業務へと組み込んでいけるかが最も難しいところである。デジタルツインは目視での点検・判定・報告を行っていた施工管理の人材の業務効率向上を見越した技術であると同時に様々な副産物を生んでくれている。個人的には今後の社会で最も重宝され则认为している「どの様な状況で人間がどんな判定を下したか？」という情報の蓄積だ。

その蓄積がなければデジタルツインのシステムは、一時の流行や技術検証で終わるであろうし技術投資の回収は不可となる。データを蓄積し、より高度な判定や連携を行うこと＝「システムを成長させること（成長が可能とすること）」が業務の変革へつながるであろう。DXとして、業務の変革の次はビジネスの変革

が登場するのだが、新たな事業へとつながる信頼性の獲得は通信強度やアップデートの一貫性などをクリアしなければならないため、少しだけ先の話となるのではないだろうか。徹底した検査や分業化された業務は日本の建設業の品質を高める一因となっていたのは間違いないであろうし、そのスタイルで経験を積んできた方々と組織が今の建設業のシステムを形成していることから、急な変革は起こせないだろうし起こせないことが品質につながっているのだろう。建設業の特徴でもある「一品生産」は人間の柔軟性があるからこそ対応できる世界であるが、現在の「高齢化」「働き方改革」等の要因はもはや避けて通れず、何かを大きく変えなければ建設業自体が破綻してしまうかもしれない。

4. 世代を超えたコミュニケーション能力

業界破綻回避のためには世代を超えたコミュニケーションを図れる人材が欠かせない。従来であれば部下は上司に学び、従い、業務をこなすことで成り立っていた（わかりやすくするため、あえてシンプルな形態とする）が、最近は日々アップデートされていく業務で使用するアプリやツールを使いこなさなければ周りに迷惑が掛かっていってしまう状況となってしまった。チームや部署内でクラウドを利用したチャットで書類やリストが送付（共有）され、別名保存で送付したりすると不思議な視線を送られたりする社会になってしまった。しかし、このようなことがデータ連携の基本であり全員が同じシステムに対応することがDXへ踏み出す第一歩となる。世代を超えたコミュニケー

ションと前述したが、部下は上司に対し、「従来から変わったデータの扱い」「データを扱う一員に組み込まれた事」「アクションを間違えると全員の生産性に影響が出る」といったことをしっかりと伝える必要があり、自らの生産性に影響を与えることもあるだろうからチームとしてどのようにデータを運用していくかを対等に議論できる関係性を構築できる能力が求められる。というのも、DXは言ってしまうとベテラン世代が経験してきた知見を若手世代のデジタル環境（ゲームやSNSなど）に落とし込むことなので片方の世代だけでは到底実現できない。ベテラン勢のDX戦略が若手から不満が噴出していた場合、しっかりと耳を傾け、議論してみることをお勧めする。育ってきた（デジタル）環境が違うのだからすれ違いは当然であるが、そのすれ違いの整合こそDXへの近道が記されているはずだ。

(1) パソコンに近づく「建築」

建設中にも様々なアプリケーションやセンシングを行うことはもはや今後は標準になりつつあるが、大量のデータ（人の検知やロボット統合管理など）を生み、用途ごとに整理し、目的に合わせて再構築することはパソコンと近い。それが最近様々な企業が発表している「OS：オペレーションシステム」の概念の発端である。アプリやデータの連携のベースとなり、データを扱うことができる状態を提供してくれるのが「OS」である。逆に言えばOSに対応していないアプリがあると各段に効率下がってしまうことは明白であろう。今後のデジタル技術はいかに連携できるかというのが価値となる。つまり、デジタル技術を管理している人同士のコミュニケーションが今まで以上に重要になる。なぜならば紙媒体にアウトプットしないのだから融通が全く利かない。事前にこんなデータをこんな形式で共有するなどを行わないと誰にも使われない、何の（誰の）ためのデータで何を達成するのかかわからない状況が生まれてしまう。これが最も生産性を下げ、コストを圧迫し、だれも得しない「デジタル化」といえる。

5. サービスソリューションのBIM

デジタル化が浸透し、DXを実践していく時代。デジタル技術の発展はSNSやエンターテインメント業界だけでなく、建設業界にも大きく波及してきている。SNSプラットフォームと様々なサービス（決済／配達／動画／健康 etc.）が紐づいており、データは社会の状況や環境を可視化するだけでなく、現代の

社会文化をも形成していると言える。

我々は生活するうえで必ず建物と密接な関係を持ち、データと建物をつなぐことは大きな意味がある。それを可能にする理念はサイバーフィジカルシステム（建設業においてはクラウドで現実の建物とつながるBIMのデジタルツイン）である。現実の建物で起きている事象とBIMデータを連携させ、様々なサービスを建物利用者に提供するためのプラットフォームやOSといった概念が、その要となる。

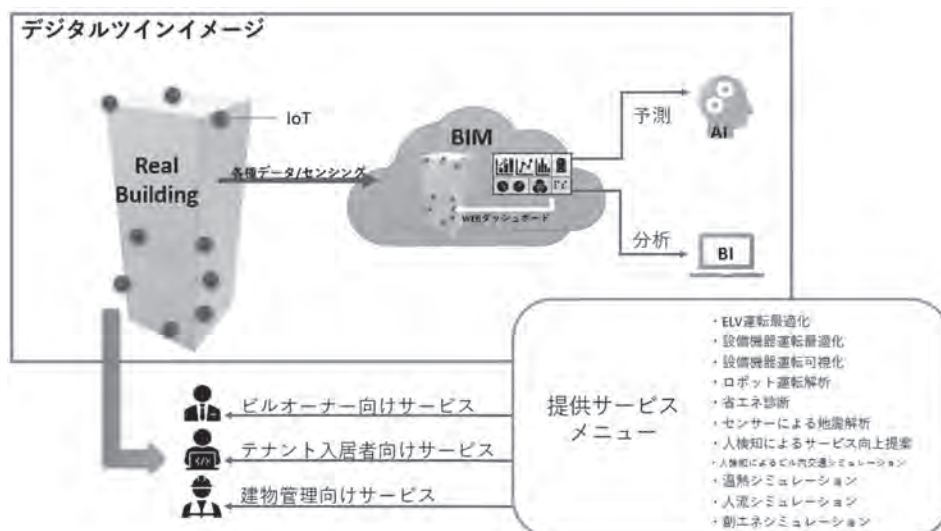
建物は完全オーダーメイドによる世界で唯一無二の巨大なプロダクト（一品生産）とも言えるが、スマホや車と違ってオーナー（施主）でだけが使用するものではない。一般の来訪者もあれば、その建物で働く人、建物内でのイベントを運用する人、建物を維持管理する人など、実に様々な立場の人が建物のユーザーとして想定される。その方々に適した情報をサービスとして提供することが今後の社会の新たなビジネスと考えている。

また、建物の一生は、設計段階、施工段階、運用段階の大きく3つの期間にわけることができる。現在BIMは設計と施工の2つの段階、いわゆる生産フェーズにおいて活かされている。つまり、ここで活用されているのは“つくるためのBIM”である。しかし、建物をライフサイクルの視点で見ると、建物が完成した後の運用段階の方が設計・施工段階よりも圧倒的に期間が長い。建物の一生に寄り添うには、様々な建物ユーザーの活用に最適にカスタマイズした「運用BIM」が不可欠なのである。

6. アプリとセンシングに溢れる「建築」

設計施工に活用しているBIMデータと建物の運用管理情報を組み合わせてカスタマイズした「運用BIM」に、竣工後に蓄積していく各種データ（IoT管理・ロボット管理・施設管理・エネルギー管理等）を紐づける建物運用情報の統合管理システムが近い将来、必須となる。建物情報を建物利用者や管理者等、様々な立場の建物利用者のニーズに合わせてリアルタイムに提供し、建物に係る各種デジタルデータを有効活用することでライフスタイルのDXを実現するサービスソリューションが各建設会社で盛んな動きを見せている。

建物や施設群にこのサービスをインストール（適用）することはパソコンのデータ管理と似ている。普段から画像や文章、図面／3Dなど様々なソフトウェアのデータやインターネット上のデータを扱っています



図ー4 デジタルツインを利用したサービスイメージ

が、それらを1台のパソコンで管理しており、これと同じように、建物内に設置したカメラで撮影された画像・映像やIoTからのセンシングデータを用いて環境や状況を集約して記録することが今後求められる。

さらに周辺の交通状況や気象情報といった外部情報も組み合わせることで、常に最適な環境で建物を維持管理できるようになることが最大のメリットとなるだろう。

ただ、建物は基本的に一品生産であるために、建物ごとに管理者／インフラ事業者／エンドユーザーが変わってしまう。せっかく多くのカメラやIoTセンサーからデータを集めても、建物の使われ方とリンクしていなければ、誰も使わないデータ群となってしまう。

そのため、ユーザー体験(UX)に合わせて、BIMデータを構築し、データ同士を組み合わせることで、常に最適な環境で維持管理ができるIoTサービスを提供できるよう「UXコンサルティング」事業も合わせて行うことが今後の主流となるだろう。また、早い段階から運用ニーズに基づいたサービス提供のためのサービスメニューのカスタマイズやアプリ開発を済ませ、建物の運用・管理システムとして実装しておくことで、建物運用開始時にすぐに必要なサービスを提供することが新たな事業への鍵となる。

一般的な建物運用のためのメニューは、スタンダードメニューとして用意しても、建物はフルオーダーの一品生産なので、運用のためのメニューもニーズに合わせてカスタマイズや追加ができるようにすることが求められる。そのためにも情報管理のためのOS(Operation System)という考え方を採用し、自社製以外の様々な情報サービスとつなげることができるように考えなければならない。

もちろん、運用開始後もそれらのアプリケーション

やBIMデータそのものをアップデートしていけるので、リニューアル時にもデータまるごと継承でき、まさに“建物の一生に寄り添っていける”建物のライフサイクルのためのシステムが今後の日本のストック社会で活躍していこう。

7. おわりに

DXやBIMという新たな概念は今後も栄枯盛衰を繰り返し、日々刷新されていこう。しかし、データを業務に組み込み、連携していくスタイルは今後の標準となる。みらいの建築生産や建物は誰もが、いきいきと暮らし、働く、豊かな未来であってほしい。デジタルツインを基盤に高度なIoTやAI技術でヒト、モノ、コトがつながり、都市に住まう一人ひとりの想いが、リアルタイムに都市の姿を成長させていく社会が望まれる。そんな社会こそがSociety5.0として少しずつ具体化し、実現しきったところに新たな技術概念が生まれ、我々はまた四苦八苦しながら建設事業に取り組んでいくのである。

少年がゲーム機を極めたころに新しいゲーム機に移り変わっていくように常にワクワクする心情を持ちながら現在にふさわしいものづくりを求めて生きたいと感じている。

JICMA

〔筆者紹介〕

池上 晃司 (いけがみ こうじ)

大成建設㈱

建築総本部 デジタルプロダクトセンター



4K 定点カメラ映像による工事進捗管理システムの開発および試行

木 付 拓 磨・早 川 健太郎

土工事の現場における進捗管理を効率的に行う「4K 定点カメラ映像による工事進捗管理システム」は、主に次の4つの機能を実装しており、ブラウザを介してどこからでも利用できる。①映像にCIMモデル等の3Dデータを重畳表示、②映像上から任意地点の距離や面積を瞬時に算出、③AIにより稼働中のダンプ等を識別し進捗レポートを作成、④映像からオルソ画像（俯瞰画像）の作成。本システムを防潮堤の盛土工事で試行し、建設現場の生産性向上につながる結果が確認された。本システムの開発・試行は、国土交通省の「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」(PRISM)で実施した。本稿では今回開発した「4K 定点カメラ映像による工事進捗管理システム」の機能、現場試行での生産性向上結果等について報告する。

キーワード：4K、定点カメラ、映像、進捗管理、AI、建機検出、オルソ画像

1. はじめに

近年、建設現場では定点カメラで施工状況を常時モニタリングし、現場事務所や本社・支店等の遠隔地から現場状況を確認する事例が増えている。また、施工状況の振り返りや技術伝承としてタイムラプスの使用など「映像」が積極的に活用されてきている。

一方、工事の進捗管理において映像を活用するうえでは、①工事完成形に対する進捗状況が直観的にわかりにくい、②施工量（盛土量等）や距離・面積等の定量的な情報が取得しづらい、③稼働しているダンプや建機の台数等の常に変化する情報を素早く把握できない、といった課題がある。

このような背景を踏まえ、上記の課題を解決し、建設現場の進捗管理を効率的に行うための「4K 定点カメラ映像による工事進捗管理システム」を開発した。本システムを防潮堤の盛土工事で試行し、効果を検証した。

2. 試行工事の概要

本システムを試行した工事は、岩手県発注の二級河川大槌川筋大槌の1地区ほか河川災害復旧（23 災 617 号及び 622 号）水門土木工事のうち、大槌川水門と小槌川水門との間に築堤される防潮堤の盛土工事である。防潮堤は延長約 300 m、高さ T.P.+14.5 m、盛土量約 14 万 m³である。工事の完成イメージを図一に示す。

【工事概要】

工事名称：二級河川大槌川筋大槌の1地区ほか河川災害復旧（23 災 617 号及び 622 号）水門土木工事

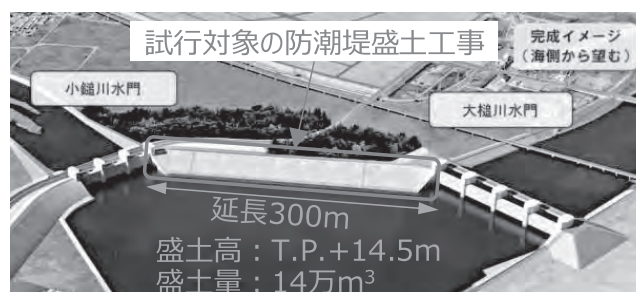
発注者：岩手県

受注者：(株)安藤・間・(株)植木組・伊藤組土建(株)・南建設(株)特別共同企業体

施工場所：岩手県上閉伊郡大槌町大槌及び小槌地内

工期：2014 年 3 月 6 日～2021 年 12 月 28 日

工事内容：東日本大震災の津波で被災した水門および防潮堤の復旧・新設工事



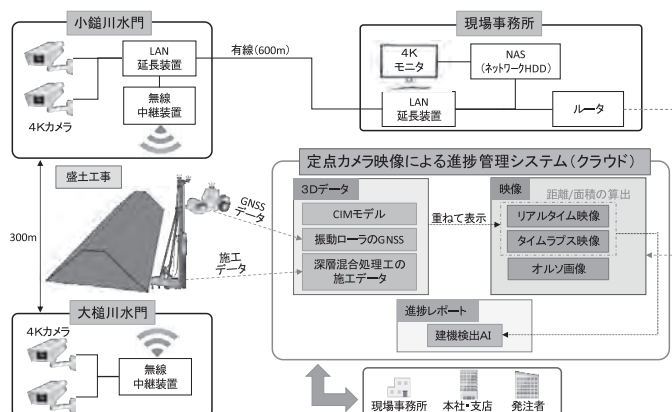
図一 1 工事の完成イメージ

3. 定点カメラの設置

大槌水門土木工事に設置した定点カメラは、防潮堤の両端部に位置する大槌川水門および小槌川水門の上部に2台ずつの計4台を設置した。定点カメラの配置



図—2 定点カメラの配置状況



図—3 システム構成図

状況を図—2に示す。高精細な映像を記録するため、4K解像度（ $3,840 \times 2,160$ ）のカメラ（JVCケンウッド社製 VN-178WPR）を用いた。通信については、水門間の約300mは無線中継装置で中継し、その他の範囲は有線を敷設して映像を中継・保存した。

4. システムの特徴的な機能

(1) システムの概要

本システムのコアとなる「映像進捗管理システム」は、設置したカメラからの映像を共有・蓄積し、進捗管理のための閲覧・検索機能を有するクラウド上のシステムである。認証されたユーザであればインターネット上でブラウザを介してどこからでも利用できる。システムの構成を図—3に示す。

本システムに実装した特徴的な4つの機能について、次節より説明する。



図—4 CIMモデルの重量表示



図—5 振動ローラのGNSSデータの重量表示

(2) 3Dデータの重量表示

現場に設置した定点カメラによるリアルタイム映像上に、CIMモデル、盛土の転圧管理での振動ローラのGNSSデータおよび深層混合処理工の施工データを重畳して表示することができる。これにより、工事の完成形に対する進捗状況の直観的な理解が可能になる。CIMモデルを重畳表示した画面を図—4に示す。

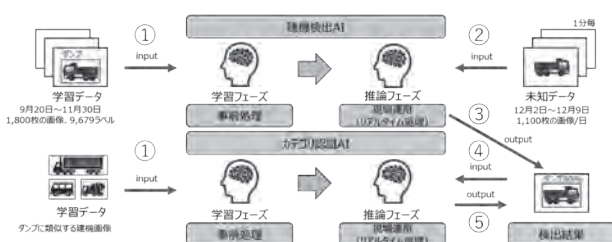
振動ローラのGNSSデータについては、半日毎の盛土の施工範囲を着色したデータを表示させる。その着色範囲の施工量（盛土量）、品質管理項目として加速度応答値および飽和度も表示されるため、進捗管理に加えて、盛土の品質も確認することができる。振動ローラのGNSSデータを重畳表示した画面を図—5に示す。

(3) 映像から距離や面積の算出

パソコン画面上を直接タッチすることで、映像上の任意地点間の距離や面積を瞬時に算出できる。これにより、日々の出来高管理や資機材の配置計画のための高い精度を必要としない簡易測量が画面上で可能になる。資材ヤードを想定して面積の算出を行ったシステム画面を図—6に示す。



図ー6 資材ヤードの面積計測



図ー7 AI 建機検出システムの概要

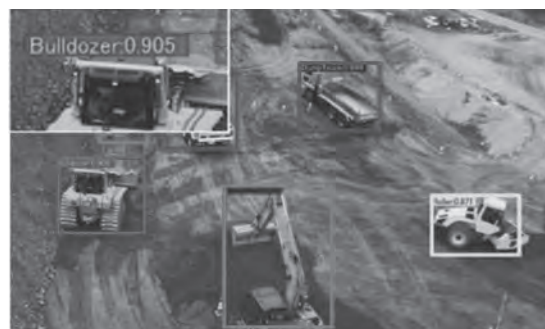
(4) AI 建機検出システムによる進捗レポート

AI 建機検出システムは AI を用いて映像中の建機を検出し、出来高管理に活用できる進捗レポートを出力する機能である。記録した映像から自動的に建機の歩掛りや稼働状況を知ることができるため、職員が現場に長時間留まり目視で計数する業務を効率化することが可能である。

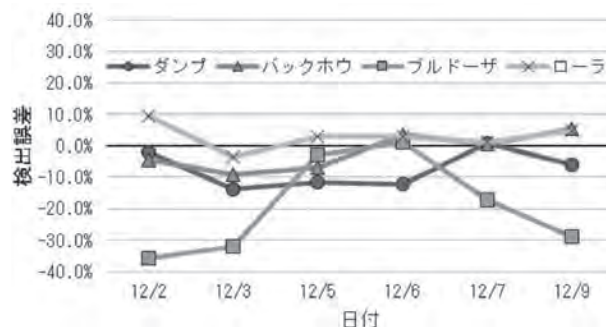
AI 建機検出システムの概要を図ー7に示す。このシステムの特筆すべき点として、「建機検出 AI」と「カテゴリ認識 AI」と呼称する2つの AI で構成されていることである。

建機検出 AI は、盛土施工で一般的に使用されている4種類の建機（ダンプ、バックホウ、ブルドーザ、振動ローラ）を検出対象とし、入力された未知の画像から4種類の建機を検出する。この検出結果では、外観がダンプに類似する車両を誤検出する傾向があるため、それらを区別することが可能なカテゴリ認識 AI を用いた。建機検出 AI がダンプを検出した場合、それが真にダンプであるか分類することで、システム全体の検出精度を高めている。

図ー7の①は機械学習による AI の生成を表しており、システム運用前に実施する。ここでは事前に収集した複数の画像データを学習することで、建機検出 AI とカテゴリ認識 AI を作成している。②～⑤は未知の映像から建機を検出する手順を表している。②では検出したい建機の画像を建機検出 AI に入力し、③



図ー8 AI 建機検出システムの検出結果



図ー9 建機ごとの検出誤差



図ー10 カメラから150m離れた位置のブルドーザ

で検出結果を出力している。ここでダンプとして検出された場合は外観が類似する車両である可能性があるため、③で得られたダンプの画像を④でカテゴリ認識 AI に入力し、検出精度を高めた結果を⑤で出力する。これらのフローを経て未知の映像に存在する建機が検出された結果を図ー8に示す。システム上では建機の種類ごとに異なる色の矩形で表現しており、同時に矩形上部には AI による推論確率（推論の確からしさ）が表示される。

AI 建機検出システムの検出誤差を評価するため、AI による検出台数と目視で計数された台数を比較した。ここでの検出誤差は、 $(AI \text{ 検出台数} - \text{目視台数}) / \text{目視台数}$ で定義している。評価に用いるデータは、AI の学習に使用していない2019年12月2日～12月9日の映像を1分間隔で静止画として切り出したもの（約1,100枚/日）を採用した。建機ごとの評価結果を図ー9に示す。目視での計数に対する AI による検

出誤差は、バックホウと振動ローラの場合でいずれの日も $\pm 10\%$ 以内に収まっている。一方、ダンプは $+0.8\% \sim -13.7\%$ 、ブルドーザは $+1.2\% \sim -35.6\%$ の範囲と変動幅が広く、特にブルドーザの検出誤差が大きい。この原因として、次の2つが考えられる。第一に、ブルドーザの検出誤差が大きい日の敷き均し作業は、図-10に示すように4Kカメラから150mほど離れた場所で行っており、映像中の解像度が低下したことが挙げられる。第二は盛土材を運搬しているダンプと映像上で重なる状況(図-11)が頻発したことで、ブルドーザの検出が困難になったと想定される。

2つのAIおよび4Kカメラを活用することで、AIによる検出に対して不利な状況となったブルドーザの例を除けば、カメラから150mの範囲内で総じて $\pm 14\%$ 程度の誤差で建機を検出できることを確認した。

また、検出結果をもとに図-12に示す進捗レポートを作成することで、建機の稼働台数の推移を準リアル

タイムで把握できる。例えば、進捗レポートではダンプの計画運搬台数実績が30分毎の時系列グラフで表示されるため、施工途中での予実管理が可能になり、ダンプの滞留など通常時とは異なる傾向を早期に発見し、原因を分析することができる。

(5) オルソ画像の作成

防潮堤を囲うように両端の水門上部に設置した4台のカメラ映像を写真測量の原理により変換・結合させて、現场上空から俯瞰した画像(オルソ画像)を作成できる。これにより、現場状況の進捗確認や施工計画の立案に活用することができる。作成したオルソ画像を図-13に示す。図中にはUAV空撮によるオルソ画像も示しており、映像より作成したオルソ画像は、現場の特徴を概ね再現できていることがわかる。

5. 本システムの試行結果

本システムを2020年1月から2月までの約2ヶ月間、現場で試行し、以下の効果が確認できた。

- ①映像に3Dデータを重畳することで、工事の完成形に対する進捗状況を直観的に理解できるため、現場職員や現場作業員等での進捗把握の共有につながった。
- ②事務所のパソコンから現場の状況や工事の進捗をリアルタイムに把握できるため、現場職員が現場に向く回数や滞在時間が削減された。また、パソコン



図-11 ダンプと重なった状態のブルドーザ

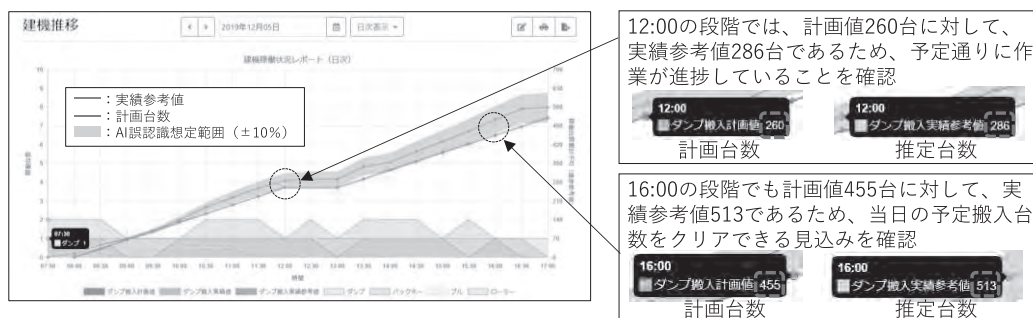


図-12 進捗レポート

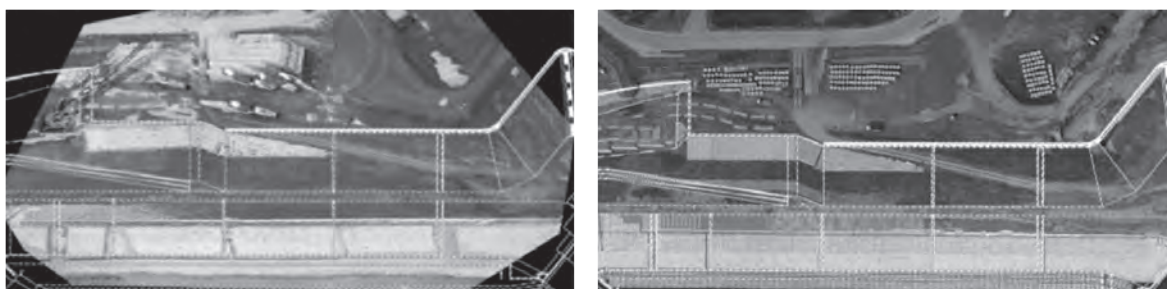


図-13 オルソ画像(設計データを重畳表示 左:カメラ映像より作成 右:UAV空撮より作成)

画面を見ながら現場に作業指示が出せるようになった。

- ③ダンプ運搬の時系列グラフおよび定量的な施工情報により、施工途中や半日毎の出来高を正確かつスピーディに把握できるため、効率的な進捗管理が行えるようになった。また、ダンプの滞留状況などの傾向を把握し、その原因を分析できるようになった。
- ④パソコン画面上で現場の距離や面積が算出できるため、簡易測定の代替となり、現場職員が行っていた測定の作業時間が大幅に削減できるようになった。上記の効果を積み重ねることにより、現場職員のアイドルタイムが減少し、他の業務に注力できる時間が増え、建設現場の生産性が向上することが確認された。

6. おわりに

本システムを防潮堤の盛土工事で試行し、映像を用いて建設現場の進捗管理を効率的に行うことができることが確認された。特に、現場技術者が現場に出向く回数および現場での滞在時間の削減、また、資材搬入計画立案における現場での測量作業の削減等で生産性の向上効果が高いといえる。今後は、AIによる稼働台数計測精度や面積算出精度を向上させるとともに、

映像管理機能を向上させ、より実用的なシステム開発を進めていく必要がある。

なお、本システムの開発および試行は、国土交通省の2019年度「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」(PRISM)の業務であり、安藤ハザマを代表者とする映像進捗管理システム開発コンソーシアム(構成員：日本マルチメディア・イクイップメント、富士ソフト、計測ネットサービス、宮城大学)で実施したものである。

J C M A

【筆者紹介】



木付 拓磨 (きづき たくま)
安藤ハザマ
営業本部 営業第一部 首都圏営業グループ
主任



早川 健太郎 (はやかわ けんたろう)
安藤ハザマ
建設本部 技術研究所 先端・環境研究部先端グループ
研究員

山岳トンネル工事における 切羽近傍作業の無人化を目指した取り組み

Tunnel Remote Operation System の開発

山下 雅之・山本 悟・田口 毅

山岳トンネル工事の更なる生産性・安全性向上を目的に、山岳トンネル無人化施工システム（Tunnel Remote Operation System）（以下「本トータルシステム」という）の構築を進めている。本トータルシステムは掘削作業に使用される各施工機械に対する遠隔操作システムで構成されており、これらの構成技術を効果的に組み合わせることによりトンネル施工の無人化を目指すものである。現在、無人化施工システム構築の第一段階として各施工機械のガイダンス技術や遠隔操作技術の開発を進めている。本稿では、本トータルシステムの概要を述べるとともに、その構成技術の開発状況を紹介する。

キーワード：山岳トンネル、無人化施工、遠隔操作、生産性向上

1. はじめに

我が国における高齢化に伴う労働人口の減少の流れは今後さらに加速すると予測されており、それに伴う建設就業者の減少・高齢化も着実に進行している。その中でも特に山岳トンネル工事においては、坑内の過酷な環境において特殊技能を要する作業が多く、これに従事する技能労働者の安定確保や高齢化対策が喫緊の課題となっている。このような課題の解決には労働環境の大幅な改善や労働生産性の向上が不可欠であり、その方策の1つとしてICT技術やメカトロニクスを駆使した無人化（遠隔操作）・自動化施工技術の導入が望まれている。しかしながら、山岳トンネルの施工では狭隘な坑内において多種にわたる特殊機械を使用する複雑作業が必要とされ、現状では無人化・自動化技術の導入が進んでいない。

このような背景から、トンネル工事に使用する個別の施工機械に対する遠隔操作システムを開発し、それらを効果的に組み合わせて施工全体の無人化・自動化を実現する取り組みを進めている。本稿では、構築中の山岳トンネル無人化施工システムの概要を述べるとともに、その構成技術であるホイールローダ、油圧ショベル（ブレイカ）、自由断面掘削機および計測機器の遠隔操作システムの開発状況を紹介する。

2. 本トータルシステムの概要

現在構築を進めている本トータルシステムの構成を図1に示す。本トータルシステムは掘削作業に使

用する自由断面掘削機、ドリルジャンボや油圧ショベル、ずり運搬作業に使用されるホイールローダ、一次支保作業に使用される吹付け機等、各作業に使用される施工機械の遠隔操作システムで構成されている。また、これらの遠隔操作システムには以下の3分野の要素技術が備わることを基本とした。

- ①作業場所への遠隔「機体移動（走行）」技術
- ②作業場所における遠隔「機体動作（作業）」技術
- ③遠隔操作に必要な「計測・ガイダンス」技術

これら各分野の要素技術についてはそれぞれ個別に開発を進め、完成した技術から先行して現場適用を実施するとともに、既存技術の活用も積極的に行うことでシステム構築の迅速化を図っている。

3. 構成技術の開発状況

ここでは、本トータルシステムにおける掘削作業やずり運搬作業、計測作業に関する構成技術の開発状況を紹介する。

(1) ホイールローダ遠隔操作システム

掘削ずりの運搬に使用されるホイールローダは、狭隘空間での高速走行や複雑なバケット操作が必要とされるため、現在構築を進めている無人化施工システムの構成技術の中でもっとも難度の高い遠隔操作技術が必要とされる。その一方で、本技術が他の遠隔操作技術へ応用されることでシステム全体のより一層の開発促進が期待されることから、山岳トンネルの無人化施

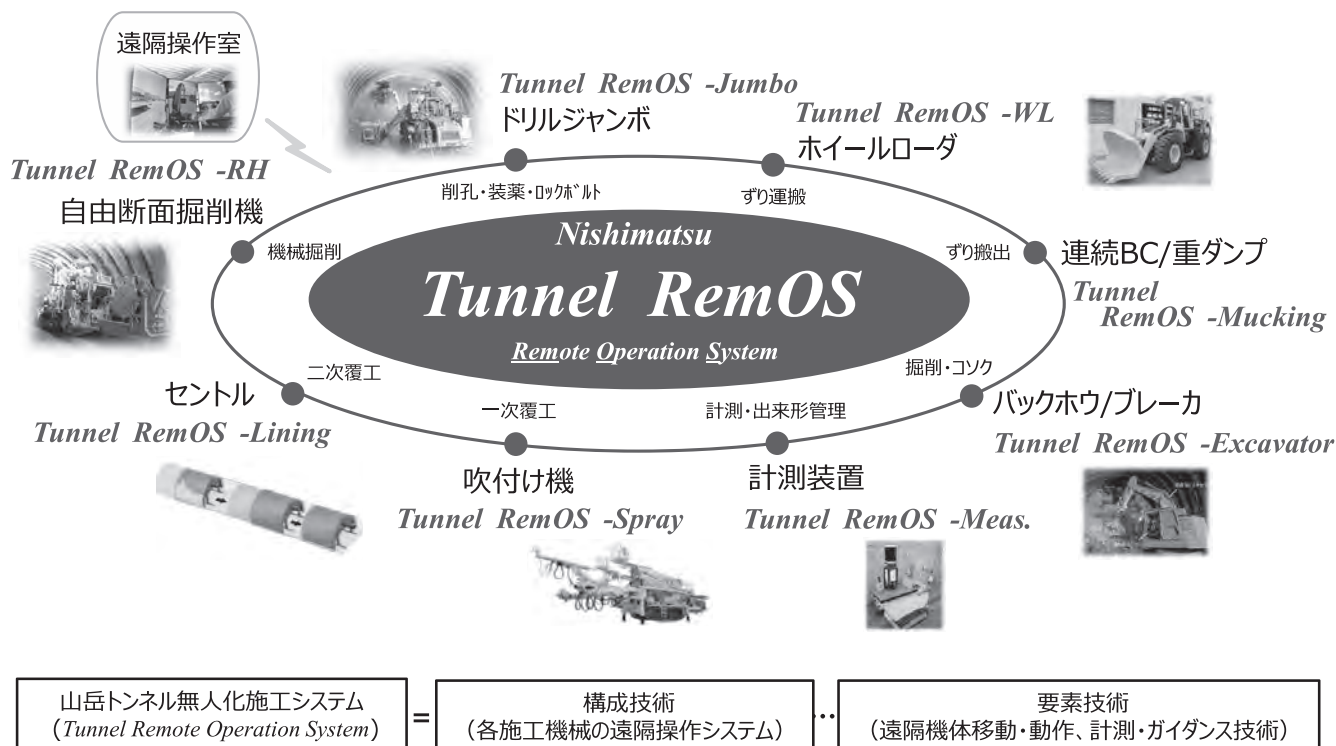


図-1 本トータルシステムの構成

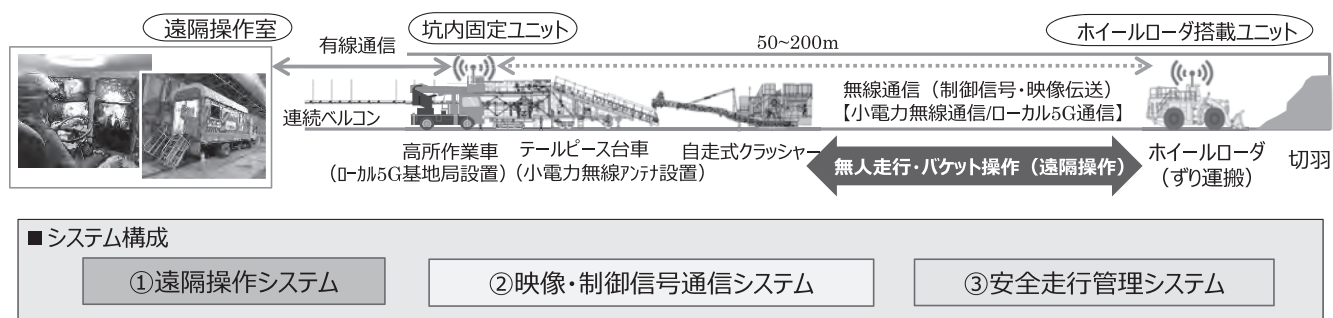


図-2 ホイールローダ遠隔操作システム

工システムを構築する上で非常に重要かつ実用化が急がれる構成技術といえる。

ホイールローダ遠隔操作システムの概要を図-2に示す。本技術は、切羽近傍におけるずり運搬作業に使用されるホイールローダの運転操作を遠隔で行うものであり、『遠隔操作システム』、『映像・操作信号通信システム』および『安全走行管理システム』で構成される。

(a) 遠隔操作システム

ホイールローダの運転は、ステアリング、ブレーキ・アクセルペダルおよびアーム・バケットレバーを操作することによって行われるが、これらの操作を無線受信により機械的に作動させる遠隔運転制御装置をホイールローダに取り付けた(写真-1)。また、これらの装置を設置した状態で通常の有人運転も可能な構造としており、有人運転および無人(遠隔)運転の切り

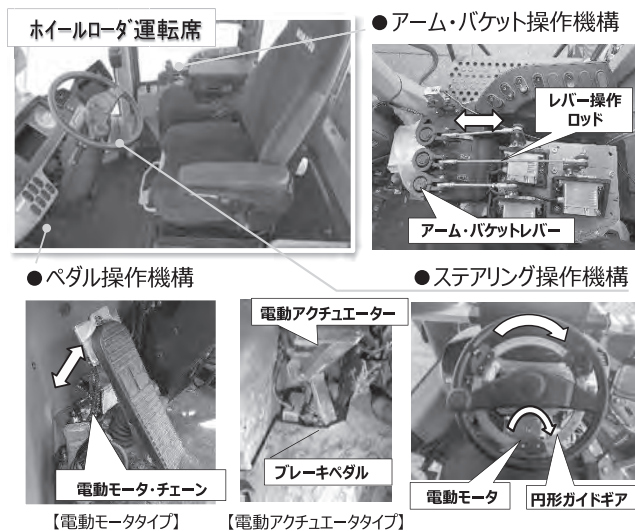


写真-1 遠隔運転制御装置



写真-2 遠隔操作室および運転コクピット

替えを容易に行うことができる。遠隔操作室内には、実機と同じ仕様の運転コクピットおよび9画面モニタが設置されており、このモニタに表示される映像や走行データを見ながら遠隔操作が行われる（写真-2）。

(b) 映像・操作信号通信システム

映像・操作信号の伝送については、5 GHz 帯の小電力無線および28 GHz 帯のローカル5G（以下、L5G）の2種類の無線伝送方式の使用が可能なシステムを構築した^{1), 2)}。ホイールローダには、複数のFHDカメラ、送受信機および制御盤で構成される「ホイールローダ搭載ユニット」が設置されている（写真-3）。また、切羽後方約50~200 mには、坑内に設置された送受信装置や有線カメラ等で構成される「坑内固定ユニット」が設置されている（写真-4）。車載カメラの映像データは、ホイールローダ搭載ユニットから小電力無線やL5Gにより坑内固定ユニットの送受信装置へ伝送され、そこから光ファイバケーブルを介して遠隔操作室へ有線伝送される。一方、操作信号は同様の通信設備を使用して遠隔操作室からホイールローダに伝送される。

(c) 安全走行管理システム

遠隔操作時の安全を確保するため、ホイールローダの運転を自動的に緊急停止させるシステムを備えた。これらの緊急停止は、ホイールローダへの人の異常接近をAIが認識した場合や無線通信にトラブルが発生した際に自動的に作動するが、コクピットや携帯式のス

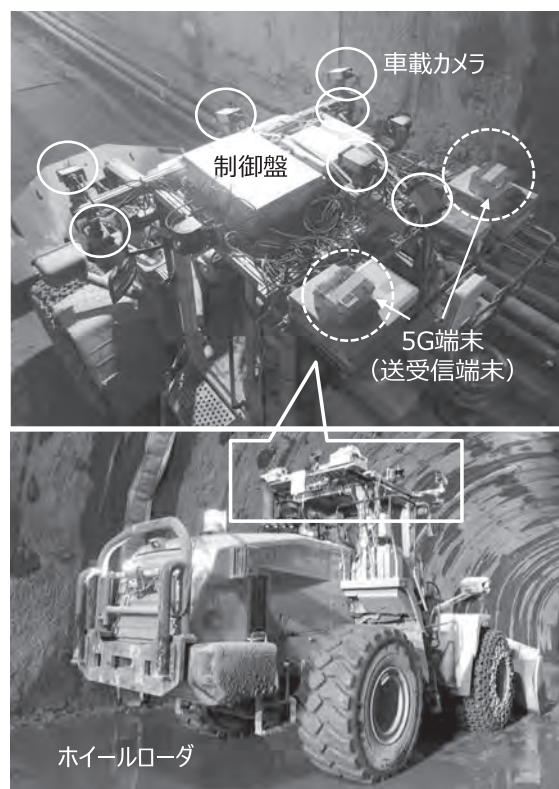


写真-3 映像・制御信号通信システム（ホイールローダ搭載ユニット【L5G仕様】）



写真-4 映像・制御信号通信システム（坑内固定ユニット【L5G仕様】）

イッチから手動で緊急停止を作動させることもできる。

(d) トンネル適用試験

現在、本システムによるずり運搬やクラッシャへのずり投入時のバケット操作といった遠隔走行・動作試験を施工中の道路トンネルにおいて実施しており、これまでの実験で基本的な遠隔運転動作に問題がないことが確認されている（写真-5）。本システムについては今後もシステム改良や調整を重ね、早期の実用化を目指す予定である。



写真—5 トンネル坑内における遠隔操作実験状況

(2) 掘削形状モニタリングシステム

本技術は、油圧ショベル（ブレーカ）の遠隔操作システムにおける「計測・ガイダンス」分野の要素技術に位置付けられている。

ブレーカは、発破掘削時のトンネル切羽において浮石除去や掘削設計断面線の内空側に残った地山の整形作業（あたり取り）に使用される施工機械である。通常、あたり取りの際は作業員が切羽直下に立入り、目視にて整形が必要なあたり箇所を判断してレーザーポインタ等でオペレータに指示を出している。しかし、切羽には地山が露出しており、そこから岩塊の抜け落ち（肌落ち）が発生すると死傷災害につながる可能性が高い危険な場所である。そこで、あたり取りを行うブレーカに搭載した高速 3D スキャナで切羽の掘削形状の 3 次元データを取得し、設計断面と比較してあたり箇所を迅速に可視化することで、作業の安全性向上と効率化を図るガイダンス技術を開発した³⁾。

図—3 に示すように、本技術では発破・ずり出し



図—3 掘削形状モニタリングシステム

完了後の切羽において、ブレーカに搭載した高速 3D スキャナで切羽の掘削形状を計測する。さらに掘削形状の 3 次元データと設計断面を比較し、あたり箇所を運転キャビン内のモニタにヒートマップ表示させる。オペレータはモニタ画面のヒートマップ表示をもとにあたり取りを行うため、従来作業と比較して安全性が向上する。また、計測開始から結果表示までが 15 秒程度と迅速であるため掘削サイクルへの影響が少なく、安全性向上と余掘り低減によるサイクルタイム短縮による効率的なトンネル作業が可能となっている。さらに、切羽で得られた掘削形状の点群データおよび各種施工データは機体に搭載した PC からトンネル坑内ネットワークを経由してクラウドサーバ上に蓄積され、作業進捗、予定吹付け量や掘削土量等の各種データを関係者でリアルタイムに共有することも可能となっている。

現在、ブレーカの遠隔機体移動・機体動作技術の開発を進めており、それを本ガイダンスシステムに付加させて油圧ショベルの遠隔操作システムを構築する予定である。

(3) 自由断面掘削機ガイダンスシステム

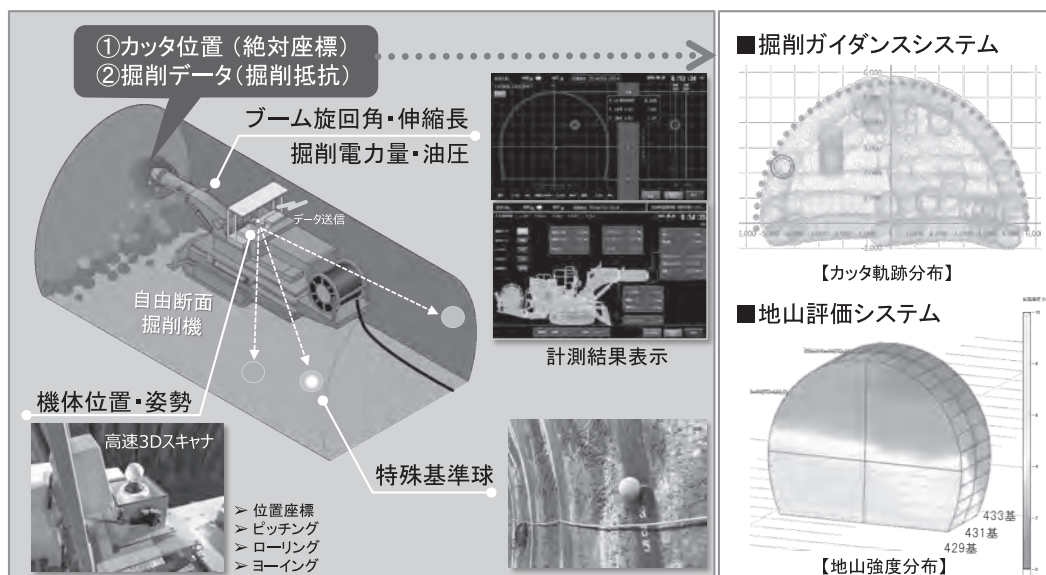
本技術は、自由断面掘削機の遠隔操作システムにおける「計測・ガイダンス」分野の要素技術に位置付けられている。

自由断面掘削機は、軟岩地山等の機械掘削に使用される施工機械である。自由断面掘削機による掘削では機上からの目視操作が一般的であるが、目標とすべき掘削断面通りの掘削が行われているかを確認するために必要に応じて作業員が掘削中に危険な切羽直下に立ち入る必要があった。また、軟岩地山では切羽が脆弱で不安定なことも多いため、支保の妥当性や切羽作業の安全性を確認するために地山性状を定量的に把握することも非常に重要となっている。そこで、自由断面掘削機による掘削時において高精度な掘削形状管理とともに地山性状の定量評価をリアルタイムで実施可能な掘削ガイダンスシステムを開発した⁴⁾。

本技術は、掘削位置を可視化する『掘削ガイダンスシステム』および掘削地山の性状を定量評価する『地山評価システム』で構成される（図—4）。

(a) 掘削ガイダンスシステム

自由断面掘削機を所定の位置に配置した際に測定される機体位置・姿勢情報および掘削時に計測されるブーム稼働情報をもとにカット先端部の絶対座標が計算され、その結果がリアルタイムでモニタ画面に表示される。オペレータがこのモニタ画面を確認しながら



図—4 自由断面掘削機ガイダンスシステム

ブーム操作することにより、設定断面に沿った掘削を確実に行うことができる。機体位置・姿勢情報については、機体に設置した高速3Dスキャナが切羽後方の任意の位置に設置された特殊基準球（座標は既知）を高速スキャンすることで正確に得ることができる。ブーム稼働情報については、ブーム内の各可動部に設置した角度センサやブームシリンダの伸縮距離センサ等の計測値を使用した。

(b) 地山評価システム

本システムでは、まず掘削に要した電力量（掘削エネルギー）とカッタ軌跡より算出した地山掘削量から掘削体積比エネルギー（単位体積の地山を掘削するのに掘削機が要した仕事量）を求め、さらに独自式を用いて掘削体積比エネルギーから地山強度が換算される。また、この結果はモニタにも簡易計算結果としてリアルタイム表示されるが、専用の処理ソフトを使用することでより詳細な3次元の地山強度評価も行うことができる。

この自由断面掘削機についても遠隔機体移動・機体

動作技術の開発を進めており、この技術を本ガイダンスシステムに付加させて自由断面掘削機の遠隔操作システムを完成させる予定である。

(4) トンネル無人計測システム

本システムは、掘削時の切羽近傍において実施される切羽観察をはじめとした様々な計測作業の無人化を目指して開発された⁵⁾。システム概要を図—5に示す。

計測装置を搭載させる台車については、坑内の不整地での走行を容易とするために無限軌道式を採用し、リチウムイオンバッテリーによる電動駆動とした。また、施工機械との離合、狭隘な箇所や不整地での走行・旋回を可能にするため、車体をコンパクトな構造（幅100 cm×長さ115 cm×高さ150 cm程度）とした。現在、台車には切羽写真撮影用カメラおよび変位計測・出来形測定用の高速3Dスキャナが搭載されているが、目的に応じて計測機器を変更・追加させることもできる。

本システムで撮影された切羽画像については、独自のAIエンジンと連携させることにより切羽評価を自



図—5 トンネル無人計測システム

動化させることができる。また、高速 3D スキャナで得られた点群データを前述の掘削形状モニタリングシステムの一部機能と連携させることにより、ヒートマップによる出来形管理や変位計測が可能となっている。

4. おわりに

ここまで、山岳トンネル工事における労働環境の大幅な改善や労働生産性の向上を目指して構築を進めている本トータルシステム「山岳トンネル無人化施工システム」の取り組み状況について述べた。本稿で紹介した構成技術のほかにも、現在、ドリルジャンボや吹付け機、二次覆工のためのセントル等の施工機械についても遠隔操作システムの開発や現場への試験適用準備を進めており、これら構成技術を効果的に組み合わせた無人化施工システムの早期運用を目指している。将来的には、本トータルシステムの運用による切羽近傍作業の完全無人化や遠隔操作拠点からの複数トンネルの遠隔施工管理を目指しており、その実現により山岳トンネル工事における安全性や生産性の大幅な向上が図れるものと期待している。

なお、今回紹介した構成技術のうち、「ホイールローダ遠隔操作システム」は(株)カナモトおよびジオマシンエンジニアリング(株)と共同開発したものであり、「自由断面掘削機ガイダンスシステム」、「掘削形状モニタリングシステム」、「トンネル無人計測システム」についてはジオマシンエンジニアリング(株)および(株)ビュープラスとの共同開発である。また、5G 通信を使用したホイールローダ遠隔操作技術およびブレーカに搭載した高速 3D スキャナを使用した掘削形状モニタリング技術については、官民研究開発投資拡大プログラム(通称 PRISM) 予算を活用して国土交通省が実施する

『建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト』において現場実証実験を行った。

J C M A

《参考文献》

- 1) 山下雅之, 吉田道信, 塚田純一: 山岳トンネルにおけるホイールローダ遠隔操作システム, 建設機械施工, Vol.72, No.11, pp.36-39, 2020
- 2) 山下雅之, 田口毅, 山本悟, 原圭太, 清水亮, 吉田道信, 石井孝佳, 塚田純一: 山岳トンネルにおけるホイールローダ遠隔操作システムの開発と現場試行, 令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会, 2021 (投稿中)
- 3) 山本悟, 三井善孝, 高橋将史: 切羽掘削形状モニタリングシステムの開発, 令和元年度土木学会全国大会第74回年次学術講演会, VI-281, 2019
- 4) 山本悟, 山下雅之, 三井善孝, 高橋将史, 塚田純一: 自由断面掘削機の掘削支援システムの開発, 令和2年度土木学会全国大会第75回年次学術講演会, VI-665, 2020
- 5) 額額善孝, 山下雅之, 山本悟, 塚田純一: トンネル無人計測システムの開発, 令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会, 2021 (投稿中)

【筆者紹介】

山下 雅之 (やました まさゆき)
西松建設(株)
技術研究所
主席研究員



山本 悟 (やまもと さとる)
西松建設(株)
技術研究所 土木技術グループ
副課長



田口 毅 (たぐち たけし)
西松建設(株)
技術研究所 先端技術グループ
上席研究員



3 眼カメラを用いた配筋検査システムの開発と各種構造物への適用

吉 武 謙 二・松 永 英 哲・松 尾 勝 司

配筋検査の精度維持と省人化・省力化という課題解決のため、3 眼カメラ配筋システムを開発した。国土交通省の「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」の試行現場である東根川橋上部工工事では段階確認に国内で初めて適用され、新思惟大橋上部工工事では、半年以上にわたり日常的に使用し躯体完成に至った。また、音中トンネルでは曲面形状鉄筋への適用性を、二色トンネルでは遠隔臨場と高い親和性も確認した。取組みの結果、平均間隔の規格値を判定するために十分な計測精度を有していること、検査時間を 70% 程度削減できること、高所作業時間削減や省人化効果による新型コロナ感染対策など安全性向上にも貢献できることが明らかになった。本稿では今回開発した 3 眼カメラを用いた配筋検査システムの機能、生産性、適用性、新型コロナ対策など安全性向上効果等について報告する。

キーワード：配筋検査、画像処理、情報共有、ステレオカメラ、新型コロナ感染対策、PRISM

1. はじめに

配筋検査は、検査帳票作成や検査用具準備、自主検査および段階確認など複数人で多くの時間を要するため、検査の精度維持と省人化・省力化の両立が長年の課題であった（写真—1）。課題解決のため、従来から配筋検査に関する開発が進められているが^{1)~3)}、計測精度、計測時間やシステムの大きさ・重量などの使い勝手の要因から実用化には至っていなかったため、3 眼カメラを用いた配筋システムを開発し、20 現場で延べ 40 回以上の現場実証により改善を重ねた⁴⁾。

本技術は、国土交通省の「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関する

プロジェクト」⁶⁾ に 2 度採択され、両者で A（試行は十分な成果があり、技術の導入効果や社会実装の実現性について高く評価できる）と評価された。

令和元年度の試行現場である妙高大橋架替下部その 4 工事（北陸地方整備局発注）や川崎港臨港道路東扇島水江町線主橋梁部（MP5・6）橋梁下部工事（関東地方整備局発注）では自主検査に適用した。さらに、令和元年度の追加公募の試行現場である東根川橋上部工工事（東北地方整備局発注）では、本システムが規格値（案）⁷⁾ を判定可能な精度を有することが認められ、発注者監督員の段階確認に全ての工種を通じて国内で初めて適用された。新思惟大橋上部工工事（東北地方整備局発注）では半年以上にわたり日常的に使用



(a) 配筋検査比較（左：システム利用，右：従来）

(b) 段階確認検査状況

写真—1 従来検査とシステム検査

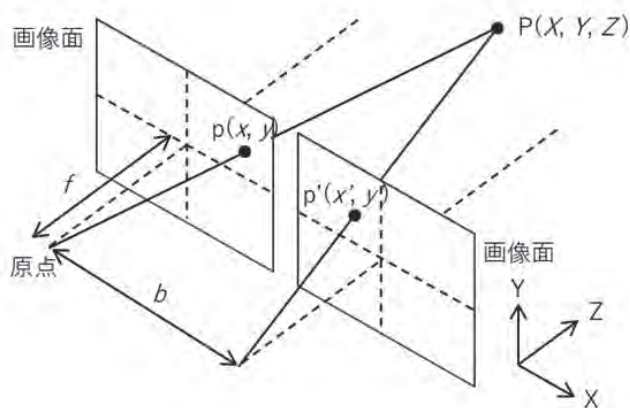
し躯体完成に至った。橋梁のみでなく、音中トンネル工事（北海道開発局発注）でも自主検査に適用しており、二色トンネル工事（近畿地整発注）では遠隔臨場と配筋検査システムを組み合わせた試行を実施した。

本稿では、システムの機能、妙高大橋下部工事と新思惟大橋上部工事を例として橋梁の上下部工における生産性やトンネル構造物での適用性、さらに新型コロナウイルス感染症対策を含む安全性に及ぼす効果について報告する。

2. 配筋システムの原理と機能

撮影モデルを図—1に示す。平行配置された2台のカメラで同一の被写体を撮影した場合、画像内における被写体の位置が異なる。このずれ量を視差 D (m) と呼び、カメラ間距離である基線長 b (m) と、被写体の距離 Z (m) と、カメラの焦点距離 f (m) には式 (1) の関係があり、点 P (X, Y, Z) が画像上の点 p (x, y)、 p' (x', y') として撮影される。2つのカメラの焦点距離 f は共通であるため、式 (1) のように撮影された画像から視差 D を算出することで、三次元座標を算出することができる。視差は2台のカメラの画像を用いたステレオマッチングにより算定する。この原理を応用し、鉄筋の輪郭および位置を検出することで、鉄筋径、間隔、本数が算定可能となる。

$$D = f \frac{b}{Z} \quad (1)$$



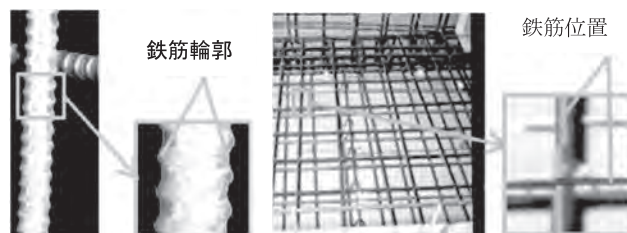
図—1 撮影モデル

本システムでは、写真—2のようにカメラを1台増加し、3台のカメラを用いて計測精度の向上を図っている。

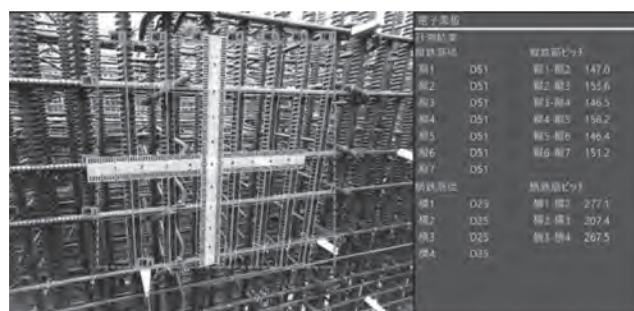
本システムの寸法は、幅 300 × 高さ 200 × 奥行 150



写真—2 システム外観



写真—3 鉄筋輪郭、位置抽出状況

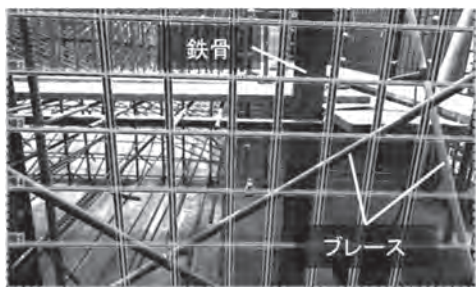


写真—4 帳票の例

(mm)、重量は 3 kg 程度と可搬性を有し足場昇降にも支障にならない。3つのカメラで異なる方向から同時に鉄筋を撮影することにより、鉄筋の輪郭や位置を抽出し、1人で撮影するだけで、鉄筋径、本数、間隔などが記載された検査帳票をリアルタイムに現場で確認できる（写真—3、4）。配筋面まで 1.3 m 程度の距離からの撮影で、1.1 m² 以上が計測可能である。配筋面と正対しなくても 45 度斜めからでも計測可能である。

足場のブレースや鉄骨架台、セパレータなどの鉄筋以外の異物を自動除去し、上下2段の縦・横方向配筋、合計4段の同時計測や複数の検査結果が可能である（写真—5）。段取り筋など除去できない鉄筋などは、帳票画面において手動で鉄筋を選択し除去できる。画像内の任意の2点間距離が計測できるため、重ね継手長やかぶりも計測できる（写真—6）。配筋検査は雨天時にも実施するため、防水機能も有する。

付属のタブレットで計算するため、インターネット環境のない場所でも使用することができる。検査結果を施工計画時の情報とともにクラウドサーバーで監督員や施工管理者、設計者など多くの関係者と共有する



写真—5 鉄骨架台やブレースの除去状況

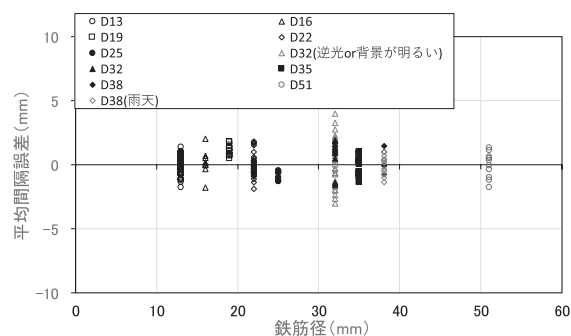


写真—6 重ね継手長さ計測状況

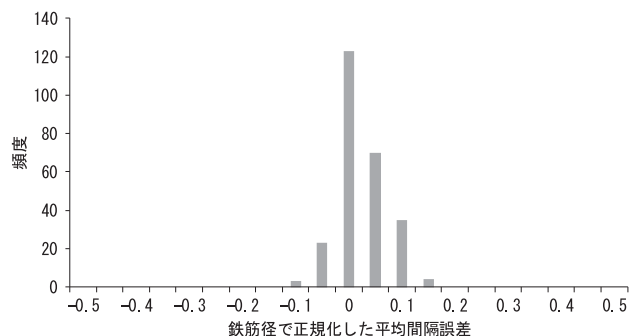
ことで、遠隔地からでも施工状況の把握ができるため、施工品質の向上が期待できる。検査結果は3枚の元画像を用いた算定値であるため、元画像を変更すると検査結果も異なる。3枚の元画像を改ざんして任意の検査結果を得ることは極めて困難なため、改ざん防止が図れ、高い信憑性を有する(写真—7)。写真—8のように複数枚の計測結果を自動的に統合することで広範囲の検査も可能である。1段目の鉄筋により遮蔽されている2段目の鉄筋がある場合にも、遮蔽され

ている鉄筋が見える異なる角度から撮影した画像を統合することにより対応可能である。

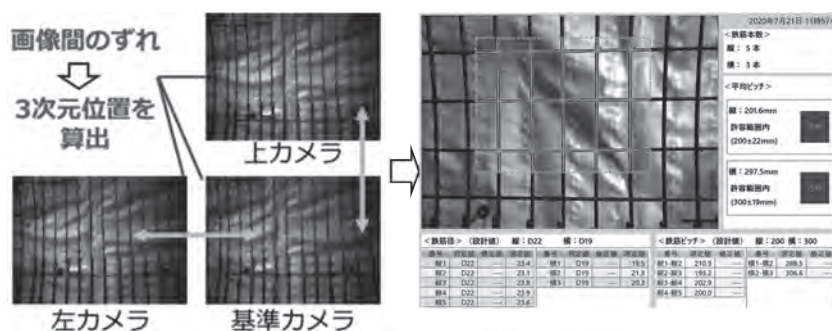
従来の計測方法であるスケールとシステムを用いた平均間隔の誤差と鉄筋径との関係を図—2に、鉄筋径で正規化した平均間隔の誤差と頻度の関係を図—3に示す。鉄筋径によらず平均誤差のばらつきに大きな差異は見られなかった。平均間隔誤差を鉄筋径で正規化した値の最大値は0.14であり、平均間隔の規格値



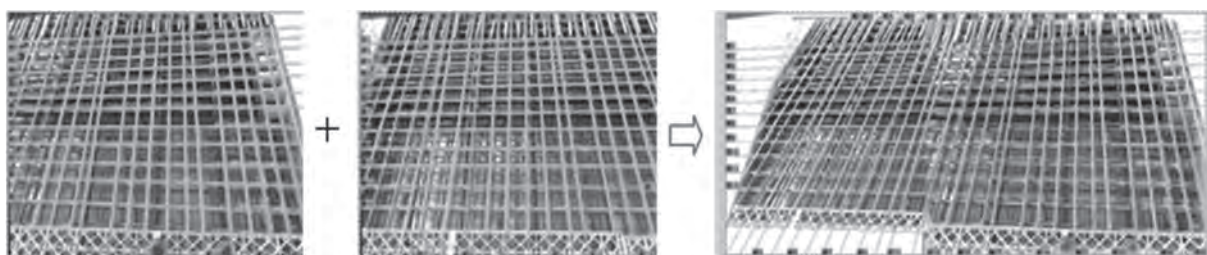
図—2 鉄筋径毎の平均間隔誤差



図—3 平均間隔誤差のヒストグラム



写真—7 3枚の撮影画像と検査結果の例



写真—8 自動処理で統合した計測結果 (左, 中央: 個別結果, 右: 統合結果)

±Φを計測可能であることを確認した。これより、国土交通省の測定項目である鉄筋の平均間隔の規格値±Φ（Φは鉄筋径）を判定可能であることを確認した。

3. システムの現場適用性と効果

妙高大橋では配筋検査システムをRC橋脚部（幅8.0m×奥行き8.0m×高さ42.0m）で用いた。妙高大橋における検査状況を写真—9に、従来検査とシステム検査による検査時間の比較を表—1に示す。

従来は自主検査の際に、配筋調書のひな型を事務所で作成し、検尺ロッドやマグネット、黒板などを準備し、現場でスケールを用いて計測し、黒板に計測結果を記入し、写真撮影をして、事務所に戻って帳票を整理していた。自主検査は計測やマグネットの取付けの必要があるため2名で、立会検査は3名で実施していたが、本システムを使用することにより、1名で対応可能であることを確認した。1ロット4.5mのRC橋脚中空部の内側面にシステムを用いることにより、現場および事務所での作業時間が17時間30分から5時間10分と70%削減できた。従来の配筋検査で柱を検査する際は、マグネットなどの取付けのために鉄筋に触れる必要がありブラケット足場を解体できなかった。本システムでは離れた位置からの検査が可能のため、鉄筋組立後、すぐに足場解体ができ、工程短縮にも寄与できる可能性がある。生産性の向上により高所作業時間は、妙高大橋では15時間を3時間10分に大幅に削減できた。さらに、写真—9のように足場など鉄筋から離れた安全な位置からの検査が可能になること、マグネットや検尺ロッドなどの設置の必要がないため、それらの落下の危険性が除去でき、安全性の向上にも寄与することも確認した。床版配筋では、マグネットや検尺ロッドは中腰での設置となるため、システムを利用することにより、腰への負担軽減も期待できる。



写真—9 検査状況（妙高大橋下部工事）

新思惟大橋上部工工事の配筋検査状況を写真—10に、生産性評価結果を表—2に示す。新思惟大橋は橋長394mの4径間連続PCラーメン箱桁橋である。配筋検査は張出し架設の1ブロックで、張出し両側で上床版4回、下床版4回、側壁2回の計10回実施した。妙高大橋下部工事と同様に自主検査は計測やマグネットの取付けの必要があるため2名で、立会検査は3名で実施していたが、本システムを使用することにより、1名で対応可能であることを確認した。従来は3名で合計19時間かかっていたが、本システムでは1名により5時間40分で実施でき、作業時間の70%を削減でき、生産性向上効果を有することを確認した。

写真—11に川崎臨港下部、音中トンネルでの使用状況を示すが、同様の生産性・安全性向上効果が確認できた。また、トンネルの覆工鉄筋のような曲面形状



写真—10 検査状況（新思惟大橋上部工工事）

表—1 生産性評価（妙高大橋下部工事）

配筋箇所	作業場所	従来検査				システム検査	
		作業時間	人工	人工・時間	作業内容	人工	人工・時間
橋梁下部工 （中空橋脚 1ロット4.5m 内側面 4カ所）	事務所	1：00	1	1：00	・配筋調書ひな型作成	1	1：00
	現場	4：00	2	8：00	・自主配筋検査	1	1：30
	事務所	1：30	1	1：30	・自主検査調書記入	1	1：00
	現場	2：00	2	4：00	・検尺ロッド設置、黒板記入	1	0：00
	現場	1：00	3	3：00	・立会検査、写真、片付け	1	1：40
	小計			17：30			5：10
削減率（%）		70					

鉄筋にも適用可能なことを確認した。なお、写真—12のように、雨天時や暗所、降雪時などでもシステムを使用可能であることも確認した。

写真—13の二色トンネル工事では、覆工コンクリートの補強鉄筋の配筋検査で、本システムによる配筋検査とウェアラブルカメラによる遠隔臨場を組み合わせ

表—2 生産性評価（新思惟大橋上部工工事）

配筋箇所	作業場所	従来検査				システム検査	
		作業時間	人工	人工・時間	作業内容	人工	人工・時間
橋梁上部工 (上床版4カ所、 下床版4カ所、 側壁2カ所)	事務所	2:00	1	2:00	・配筋調書ひな型作成	1	0:40
	現場	5:30	2	11:00	・配筋自主検査	1	3:00
	事務所	3:00	1	3:00	・配筋調書記入（自主枝査用）	1	1:00
	現場	1:00	3	3:00	・段階確認（配筋検査、写真撮影、片付け）	1	1:00
	小計			19:00			5:40
削減率 (%)	70						



写真—11 検査状況（左：川崎臨港下部，右：音中トンネル）



写真—12 使用状況（左：雨天時，中央：暗所部，右：降雪時）



写真—13 従来検査とシステム検査

た試行も実施した。その結果、本システムは遠隔臨場との親和性も高く、従来、施工者3名と監督員1名が現場で実施していた配筋検査が、施工者1名のみが現場で監督員は事務所から検査ができることを確認した。

本システムにより、現場での作業時間が大幅に削減すること、さらに、非接触・非対面での検査が可能になること、省人化により新型コロナウイルス感染症対策にも有効であることを確認した。

4. おわりに

検査の精度維持と省人化・省力化の両立という課題を解決するために、3眼カメラ配筋システムを開発し、日射や天候、配筋仕様などの異なる様々な条件での現場実証を行い、現場適用性の向上を図った。PRISM 対象現場である東根川橋上部工工事では段階確認に国内で初めて適用され、新思惟大橋上部工工事では、半年以上にわたり日常的に使用し、現場適用性を確認した。また、音中トンネルではトンネル構造物での適用性、二色トンネルでは遠隔臨場との親和性を確認した。その結果、以下の知見が得られた。

- ①様々な構造物に対して、配筋検査システムは簡単な操作でリアルタイムに現場で帳票作成が可能で、寒冷地や雨天時などでも、現場での使用に支障はないこと。
- ②平均間隔誤差を鉄筋径で正規化した値の最大値は0.14であり、平均間隔の規格値 $\pm\Phi$ を計測するために十分な精度を有すること。
- ③橋梁の上部工、下部工ともに、自主2名、立会3名の検査員数を1名に省人化できるため、配筋検査時間を70%程度、大幅に削減可能であること。
- ⑤高所作業の短時間化や検査器具の落下の危険性の除去、新型コロナウイルス感染症対策など安全性向上にも貢献できること。
- ⑥遠隔臨場との親和性も高く、発注者監督員の生産性・安全性向上にも貢献できること。

謝 辞

本研究の一部は、国土交通省の「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」の援助を受けた。ここに記して謝意を表す。

JCM A

《参考文献》

- 1) 竹内啓五、太田達見：鉄筋観測のための小型形状スキャナの適用性評価、日本建築学会学術講演梗概集（東海）、材料施工、pp.193-194、2012。
- 2) 蔡成浩、中村隆寛：配筋検査システム、コンクリート工学、Vol.55、No.9、pp.840-843、2017。
- 3) 森本直樹、後閑淳司、酒匂智彦、早川 博久、平陽兵、吉田裕亮、桑島奨：ステレオカメラを活用した自動配筋検査システムの実証、土木学会全国大会第74回年次学術講演会、VI-1102、2019。
- 4) 吉武謙二、中野貴公、井手章人、藤井彰、有田真一：3眼カメラによる配筋検査システムの現場適用性に関する研究、土木情報学シンポジウム講演集、vol.45、pp.129-132、2020。
- 5) 国土交通省：令和2年度における遠隔臨場の試行について、<https://www.mlit.go.jp/tec/content/001343240.pdf>
- 6) 国土交通省：建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト、https://www.mlit.go.jp/tec/tec_tk_000062.html。
- 7) 国土交通省：土木工事共通仕様書（案）、2018。

【筆者紹介】

吉武 謙二（よしただけ けんじ）
清水建設㈱ 技術研究所
社会システム技術センター
インフラ技術グループ
グループ長、博士（工学）



松永 英哲（まつなが ひであき）
清水建設㈱ 東北支店
土木部 国道45号新思惟大橋
上部工工事作業所 主任



松尾 勝司（まつお かつし）
清水建設㈱ 北海道支店
土木部 一般国道40号音威子府村音中トンネル作業所
所長



施工現場のデジタル化で協業，現場遠隔管理の実証実験を開始

林 健 人・長 谷 直 樹

建設現場のDX（デジタルトランスフォーメーション）を実現するため、付加価値の高い情報を最適な状況で提供することで、予測型遠隔管理の実現を目指して第一歩を踏み出す。本稿では見える化の3つの価値（見える・分かる・支援する）やデジタルエビデンスとして有効な映像データの利活用についての実証サマリーや課題について報告する。

キーワード：遠隔管理，デジタル化，建設現場のDX，Society5.0，BIM，AI，デジタルエビデンス

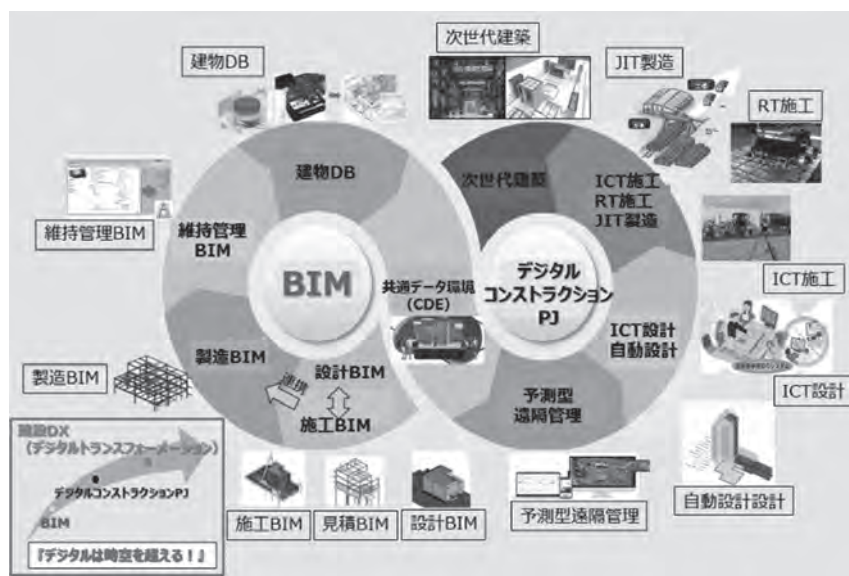
1. はじめに

建設業では、技能者の高齢化が進み、中長期的な担い手不足を解消するために、若年入職者の確保と育成が喫緊の課題である。さらに、2019年6月に改正された「新・担い手3法」では、長時間労働や職場の処遇改善を含めた働き方改革の促進、技術者に対する規制の合理化、ICT活用による建設現場の生産性向上の具体的な措置が規定されている。

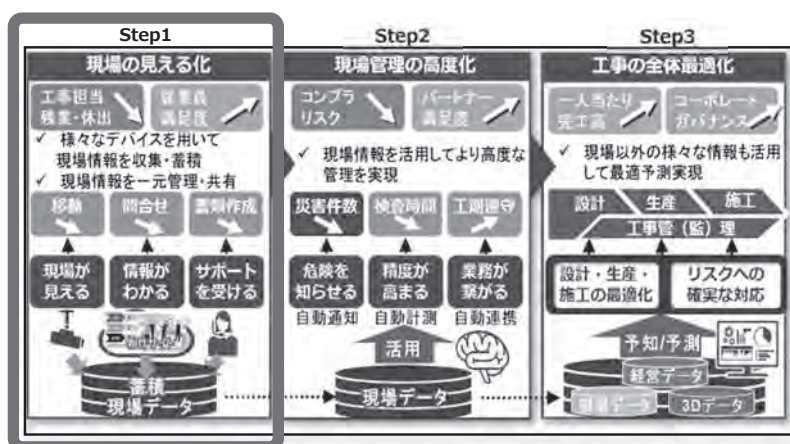
そこで「Society5.0」の基本理念に則り、建設で扱う様々なデジタル情報を連携し活用することで、働き方改革につなげる「デジタルコンストラクションプロジェクト（以後DC-PJ）」を2019年8月より開始した（図—1）。「DC-PJ」着手前に於いても、品質の安定・

コストの低減・短納期・環境配慮などを旨として、設計プロセスや施工準備プロセスで生成されるBIM、3D設計モデルを製造や施工プロセスで活用する『建築の工業化』を進めてきた。「工業化2.0」へのチャレンジとして、持続可能な建設業になるために、IoTで人と物が繋がり、ビッグデータや人工知能を活用した付加価値の高い情報を扱うことで、建設プロセスの改革を起こし、希望の持てる建設業となるよう一歩目を踏み出した。

「DC-PJ」は、設計から施工までを含む全プロセスの改革・改善を対象としているが、今回紹介するのは、建設現場の施工管理に関連することがテーマとなる。アナログ管理が中心だった施工管理が、予測型遠隔管理へ進化することを目指して、3つのステップ（図—2）



図—1 デジタルコンストラクションPJ 基本方針



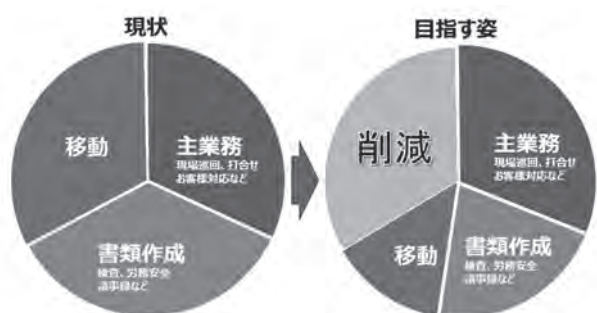
図一2 施工管理の最適化3ステップ

を掲げた。2020年度より Step1 の重点施策である『施工現場のデジタル化と現場の遠隔管理』の実証実験を開始した。本稿ではその実証実験を中心に紹介する。

2. 施工現場の状況を遠隔管理できる『スマートコントロールセンター』の設置

施工管理の生産性向上には、Step1 で掲げた3つの価値（現場が見える価値・情報が分かる価値・支援する価値）を高めることが重要である。そこで、一人の施工管理担当者が複数物件を掛け持つ戸建住宅をターゲットとして、移動時間削減と書類作成時間削減を目標として、施策検討を始めた（表一1）。特に移動時間削減に於いては、予定外の移動も多く、予定外移動回数を削減するために、現状の把握から始めた。

表一1 戸建住宅部門 住宅工事担当の業務負担

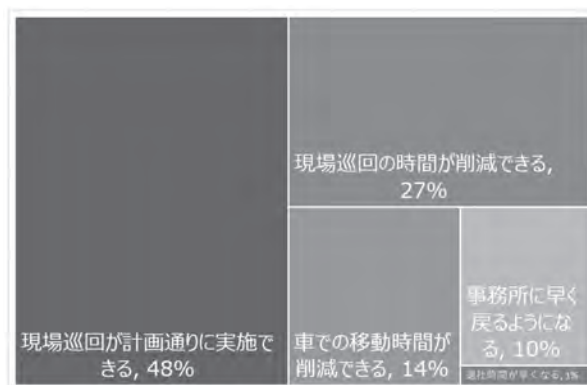


施策検討前から「現場が見える価値」については期待度が高かった。しかし、設置が進んでいた定点カメラは、不法侵入対策が目的で、出入口ゲートや現場事務所が撮影されていた。そこで、施工現場管理を目的としたカメラ設置を試案し、遠隔で施工現場が見える環境を構築して実証を行った。施工管理担当者を対象としたアンケート結果に示すように、遠隔で施工現場

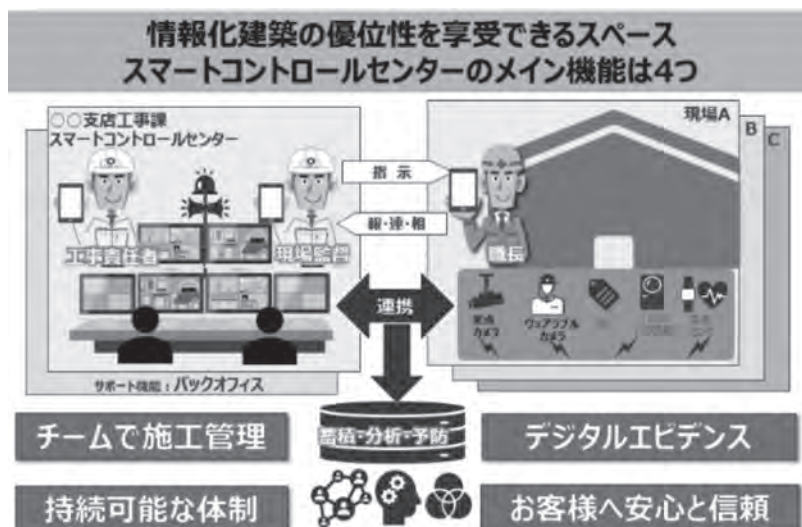
が見える環境を利用すると、業務効率が向上することが分かった（表一2）。一方で「情報が分かる価値」「支援する価値」については、建設中に活用する様々なデジタル情報を一元管理し、最適な情報共有やデータ連携ができるシステム基盤（スマートコントロール基盤）の構築を目指した。さらに、基盤構築の一環として、「スマートコントロールセンター（以後 SCC）」を全国12拠点に設置して、定点カメラやウェアラブルカメラを使用し、遠隔管理の実証を進めた。この「SCC」では、スマートコントロール基盤と連携するとともに、4つの機能（図一3）を発揮し、施工全般業務に必要なデジタル情報をタイムリーに提供することを目指す。デジタル情報を扱うためのスマートフォンやタブレットが普及したことで、業務での活用が建設現場にも広がってきている。施工現場からの質疑をオンラインチャットで即座に回答すると、問題解決のスピードが向上するため、実証において評価が高かった。

情報の共有や蓄積については、「DC-PJ」着手前からクラウドサービスやコミュニケーションツールを使い、デジタル化が進んでいた。ゆえに施工プロセスでのアウトプットはPDF化が定着してきているが、記

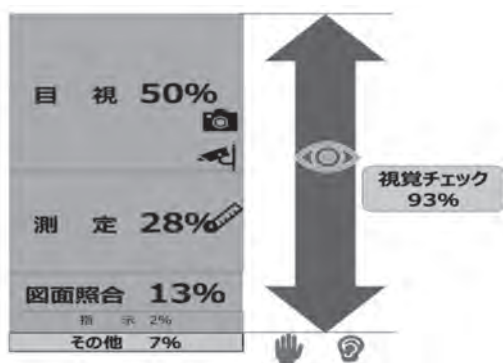
表一2 カメラ設置の期待効果 アンケート結果



SCC12拠点 142名による項目複数選択にて



録として残す目的のデータのため、利活用するデジタル情報としては、付加価値が殆ど無かった。そこで「DC-PJ」におけるデジタル情報は、映像・音声・文字などのデジタルデータで扱い、施工における安全・品質・工程の「デジタルエビデンス」として蓄積を始めた。施工品質管理に於いては、視覚的に確認割合(図一4)はとても大きく、映像をコントロールできれば、施工管理プロセスを大きく改革できる可能性がある。次項で映像コントロールの技術を活用した施工管理の高度化について実証した内容を紹介する。

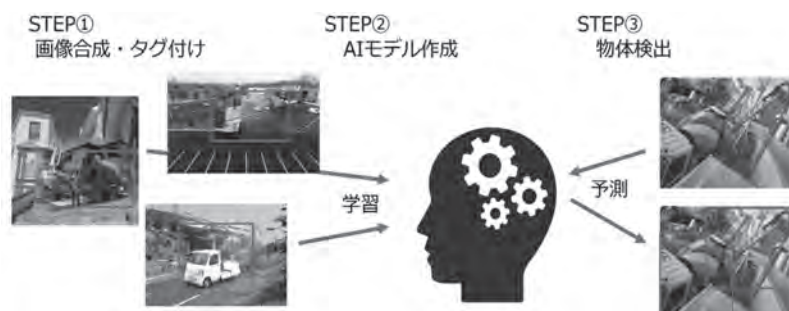


図一四 施工品質管理における視覚チェックの割合

3. AI とデジタルエビデンスを連携させた作業効率化や危険予知

デジタルエビデンスとなる映像データを活用して、安心で安全な環境づくりを加速させる目的で、施工管理の目線で実現したいシナリオを策定し、物体認識と検索精度を数値化して AI 自動判定の利用用途や適用可否を確かめるための検証を始めた。図一2で示す Step2 の施策であるが、近年 AI による画像認識技術が製造業等でも実運用され、早く建設業にも導入していきたいという思いもあり、先行着手した。外部の定点カメラ映像データが対象になるため、基礎～足場設置完了までの外部工程及び前面道路付近の工事車両が対象となる。今回カバーできない範囲は、今後取り組むべき課題である。

最初のステップとして、施工現場の物体の認識から着手した。当初は施工現場映像の蓄積がなかったため、ウェブスクレイピング（特殊車両画像と背景画像を収集して合成したものを機械学習すること）を活用して、特殊車両の検知を行なった（図一5）。AI モデルは、混同行列で再現率と適合率を定義して評価を数



写真一 ウェブスクレイピング活用の機械学習と予測

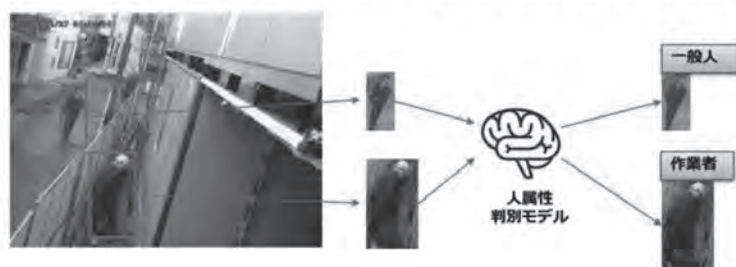
混同行列		モデルの予測結果		
		True (物体ありと予測)	False (物体なしと予測)	
真の値 (正解ラベル)	True (物体が映っている)	10	4	再現率 $10/14 \times 100 \approx 71\%$ 物体が映っている全画像の内、検出出来た枚数の割合
	False (物体は映っていない)	2	124	

適合率
 $10/12 \times 100 \approx 83\%$
モデルがありと予測した結果の内、予測が当たっていた枚数の割合

図一五 AIモデルの評価指標 再現率 と 適合率

作業者と一般人の自動判別

- 検出された人に対して、人の属性を判別するモデルを作成して判別を行う手法の検討



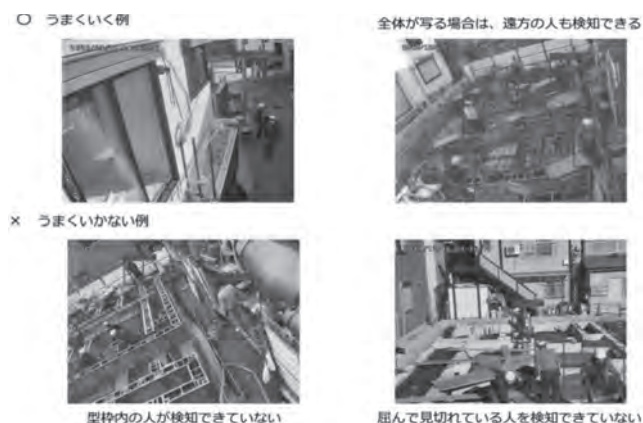
図一六 施工者と一般人の判別イメージ

値化した。ミキサー車やクレーン車など特徴的な形状の車両については合成画像で学習させた AI モデルで高い数値が出る物件もあったが、認識対象の物体が見切れた場合や、物体が小さい場合は検知精度が低く、この機械学習のみでは、現場に活用できないことが分かった。検知精度が良くなかった見切れ画像に対して手作業でタグ付を行い、機械学習の対象の幅を広げることで、特殊車両の検知の実現性が高くなると判断できた。

人や一般車両、トラックについては、オープンな学習済み AI モデルを活用して、検知精度を確認した。追加で見切れ画像にタグ付けが必要になるものの、施工現場で学習済み AI モデルが一部活用できた (写真一2)。オープンな学習済み AI モデルと人属性判別 AI モ

デルを併用することで、作業者と一般人を判別可能なことも分かった (図一6)。今後もオープンな学習済みモデルについては、積極的に利用して AI モデル作成のスピードを向上させたい。

外部工程の施工現場映像で、施工管理の目線で実現したい AI モデル自動検知のシナリオを考え、施工部材検知が可能な AI モデルの作成を進めた。施工現場映像に写っている建物基礎や車両を検知し、検知されたものから施工工程を推測する手法を採用することで、様々な施工現場に対応できる汎用性の高い AI モデルが出来上がった。型枠や基礎立上コンクリートなどの施工部材については、比較的検知精度が高く、時系列で認識可能なことが分かった (写真一3)。道路や隣地境界を区分して認識させることも可能で、AI でどこに何が存在しているかを判別することも分かった (写真一4)。現在の技術を活用して、AI モデルを育てていくことで、人の目視による確認と同等程度の検知は可能だが、必要な映像を如何に獲得できるかが大きな課題であることは間違いない。また、AI モデル作成が目的ではなく、業務プロセスに実装して、判断時間の軽減や判断作業の削減につなげる必要がある。適用する業務プロセスを選定し、AI モデルの検知精度に応じて自動判定のしきい値を決め、まずは作業プロセスの時間軽減を目指したい。



写真一2 オープンな学習済み AI モデルを利用した人物検知結果



写真—3 型枠施工～脱枠期間での施工部材認識結果



写真—4 道路を認識して判別したイメージ

4. おわりに

冒頭に述べたように、建設業の持続可能性を確保して担い手不足の解消を実現するために、建設の情報化に取り組み、ICT 技術を活用して業務プロセスや役割分担を最適化する必要がある。「DC-PJ」がスタートして1年半が経過して、一部の施策が運用フェーズに移行している。ペーパーレス化などのデジタイゼーションの浸透から始めていかなければならない状況ではあるが、着実に定着させられるように、付加価値の高い情報を作り続け、アップデートし続けることにこだわっていききたい。しかし、変化は必ずしも利用者に受け入れられる訳ではない。利用者に変化を受け入れてもらうためには、評価を真摯に受け入れることや便利

になったと実感してもらうこと、次の変化はもっと便利になりそうだと期待してもらうことが大切になる。

画像分析活動は、NEC が他業界での事例、製造業での検品、不審船検知、舗装道路損傷診断なので画像解析プロジェクトで培った映像・画像からの物体検出、画像間の距離計測（メトリックラーニング）などの技術、ノウハウを建設現場でのカメラ映像からの物体検出という観点で転用したものである。引き続き「DC-PJ」において課題解決に取り組み、将来的には建設業界全体に対し作業効率化や安心・安全な環境づくりで貢献していきたいと考えている。

J C M A

《参考文献》

- 1) 国土交通省 建設業の取り巻く課題 令和2年9月
(<https://www.mlit.go.jp/totikensangyo/const/content/001367723.pdf>)
- 2) 内閣府 Society 5.0
(https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/index.html)

【筆者紹介】



林 健人（はやし たけひと）
大和ハウス工業㈱
技術統括本部
建設デジタル推進部
DC 推進 1 グループ長



長谷 直樹（はせ なおき）
日本電気㈱
製造・装置業システム本部
シニアエキスパート

建設・施工でのDXに向けた3DEXPERIENCEプラットフォームの活用

清水 卓 宏

人手不足や新型コロナウイルスによる社会環境の変化は激しい。働き方改革と生産性向上を両立するにはどうすればいいのか。労働時間を減らしても、仕事の質と量を下げることはいできない。各企業は生き残りをかけてDX（デジタルトランスフォーメーション）に取り組んでいる。本稿では、DX推進に効果をもたらす以下の項目について報告する。

- ・バーチャルツインとパラメトリックモデル…複数の条件設定に対して結果を検証し、短期間に最適解を導く方法は、生産性向上に貢献する。特に、パラメトリックモデルは重要なカギとなる。
- ・プラットフォームで作業する効果…新たなワークスタイルに対応でき、技術情報、ナレッジ蓄積の基盤となる。

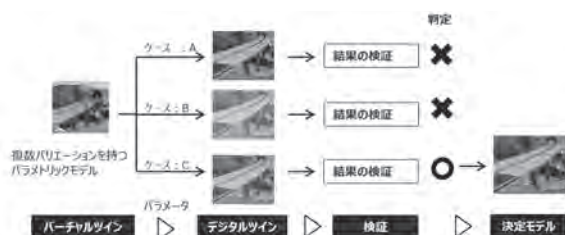
キーワード：DX，プラットフォーム，バーチャルツイン，パラメトリック

1. バーチャルツインによる最適化

(1) バーチャルツインとは

複数のバリエーションを持つパラメトリックモデルから、デジタルツインモデル（現実と双子の仮想モデル）を自動生成し、検証（シミュレーション）を行い最適な検証工程を進めることを『バーチャルツイン』と呼んでいる。以下のプロセスを短期間で繰り返すことで最適化を進め、設計、施工の各段階で適用できる（図—1）。また、シミュレーションとは、複数の設定条件に対して結果を予測し、「条件Bの場合、結果がどうなるか」を検討し、設定条件を評価することである。

- ①複数のバリエーションを持つパラメトリックモデルを作成
- ②パラメータ指定で、デジタルツインモデルを自動生成



図—1 3DEXPERIENCE/CATIAのパラメトリックの機能でデジタルツインのモデルを作成し、結果の検証を行うことを繰り返すことで、短期間に適正な検討結果に近づけることができる

- ③デジタルツインモデル上で結果を検証する

- ④パラメータを変更し②、③を繰り返して短期間に最適解を出す

(2) バーチャルツインの起源

3D DMU（3D デジタルモックアップ）の手法を1989年頃より航空機産業で推進してきた。航空機各ユニットは、同時並行（コンカレント）で各社の工場設計／製造が行われ、主工場に集めて航空機として組み立てられる。従来は実寸模型を作成して整合性の検討を行ってきたが、その方法に変わり3Dのデジタルモデル上で検証するようになった（60万点以上の部品で構成される詳細な3Dデジタルモデル上で整合性の検証と調整を行っている）。原寸模型に比べ検証精度の向上、コスト削減、仕様変更への対応時間が短縮され、検証可能な範囲も広がっている。この手法はバーチャルツインの原点となり、自動車、ハイテク、



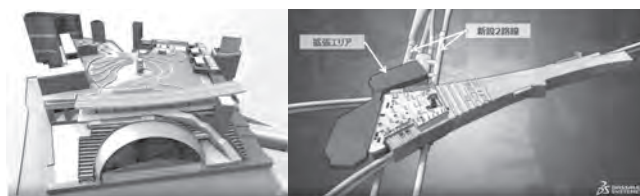
図—2 3D DMUの手法は、3D PLMを経て、3DEXPERIENCEプラットフォームに実装されている。一連の業務を情報基盤としてのプラットフォーム上で実行できる

造船の各業界に浸透し、建設業でも同様の手法の利用が始まっている（図—2）。

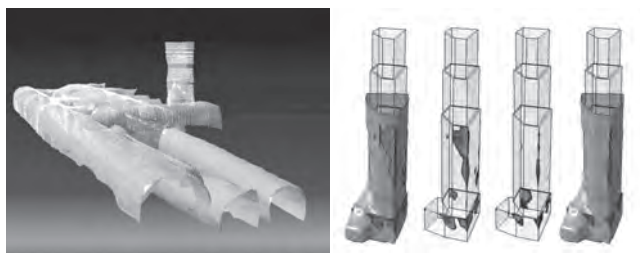
（3）バーチャルツインの事例

建設分野での事例として、香港メトロ 金鐘駅の地下工事がある。香港メトロのビジネス街に位置する乗換駅の地下工事は、シンテグレート社¹⁾が2年以上にわたり取り組み2016年末に完了した（図—3）。

地下コンコースから50m垂直に立ちあがる非常口のシャフトの掘削工事では、測量データから作成した岩盤面のモデルを使い、掘削位置を最適化し、20立米以上の掘削量を削減。2,000～4,000万香港ドル（2.8億円～5.6億円）のコスト削減となった（図—4）。



図—3 既存2路線に新たに2路線が追加される拡張工事で、3万平米を超える地下拡張工事の、34万立米を超える掘削工事でいくつかの技術的チャレンジが行われた（垂直方向が新設の2路線）



図—4 掘削位置を数十センチ単位でずらして、破碎した岩屑を最小化する検証を行い、20立米以上の掘削量を削減。岩屑を地上まで15m垂直に持ち上げて輸送する費用は1立米あたりは、100万から200万香港ドル

既設駅下にボーイング747機がすっぽり入る大空間を、既存の施設を支えながら掘削する工事は一番の難関だった。地下空間に比べ、地上部分はウィンブルドンのセンターコート程度の面積。各セクションをボールで持ち上げて施工する方法の検討がBIM/CIMモデルを使い、繰り返し行われた（図—5, 6）。

2. インフラ構造物のパラメトリックモデリング

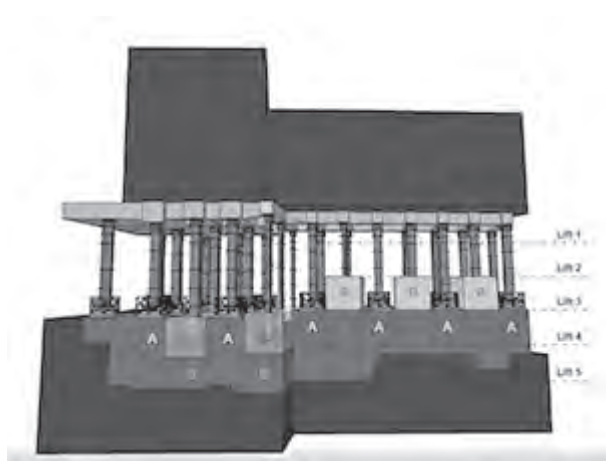
インフラ構造物のパラメトリックモデルの作成手法について、その概要を以下にまとめる。

（1）道路の計画手順

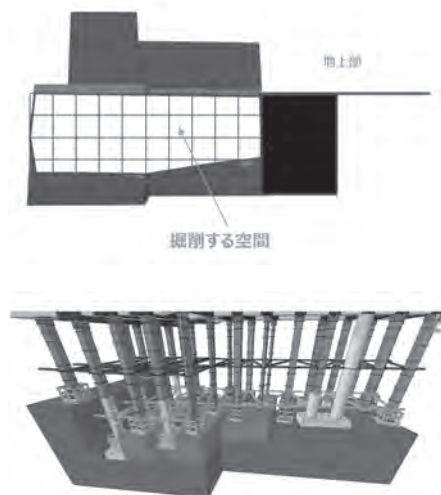
3Dの道路線形は平面線形と縦断面から合成され3D空間に表示される。その線形に対し、各種テンプレートを適用して構造物のモデリングを進める。法面形状を定義したテンプレートを道路線形に適用すると、地形面とのブル演算で切土・盛土の数量が算出できる。この結果を評価し、道路線形の調整を進める（図—7）。



図—5 地下大空間を、既存施設を支えながら掘削する工事は一番の難関。各セクションをボールで支持しながら掘削を進める方法と手順の検討がBIM/CIMモデルで何種類か検討された



図—6 土塊をブロックとして扱い、施工プロセスをシミュレーションする方法は、適正工法と手順、正確な土量とコンクリート量を把握でき、適正なタイミングでの手配を可能にする





図一七 道路線形に法面定義のテンプレートを適用する。法面テンプレートの上部が切土、下部が盛土の角度を定義している



図一八 道路線形に床板と橋脚のテンプレートを配置する



図一九 切土、盛土の形状、土量も表示可能

橋梁部分では、道路線形に床板と橋脚テンプレートを配置する。橋脚の高さは適正な高さに自動調整される（図一八）。

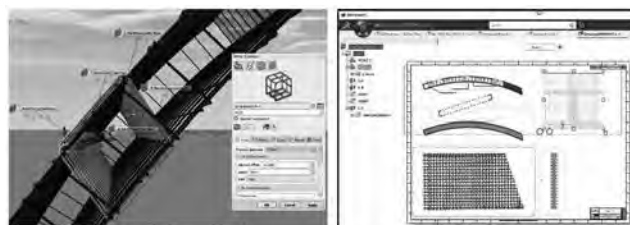
道路取付け位置に部材を配置すると、切土・盛土の量が確認でき、取付位置の調整が行える（図一九）。

(2) 詳細モデルの自動生成

予備設計段階では、LOD 200 のモデルを作成し、詳細設計では、LOD 200 のモデルに関連付けて配筋詳細まで含む LOD 350 のモデルを自動生成する（図



図一十 左：LOD 200 右：LOD 200 から自動生成した LOD 350 のモデル



図一十一 配筋のモデルから、配筋の製作図を自動生成する

一十）（2つのモデルは関連付けられたモデルとしてプラットフォームで管理される）。

(3) 3D モデルから図面を生成するテンプレート

製作図は、3D モデルから図面作成のテンプレートを使用して自動生成する。3D モデルが更新されると、2D 図面も同期して更新される。図面は DWG ファイルとして出力ができる（図一 11）。

3. 配筋モデルの作成

(1) テンプレートによる配筋モデルの作成

対象曲面に開始位置とピッチを指定して、配筋テンプレートを適用して配筋モデルを作成する（図一 12

左図)。

各配筋は単独のオブジェクトになり、干渉する場合は位置の調整ができる。配筋の優先順位・移動ルールなど、干渉回避のルールに応じた位置変更の自動処理もできる。

(2) 定着長さ、曲げ方向の変更

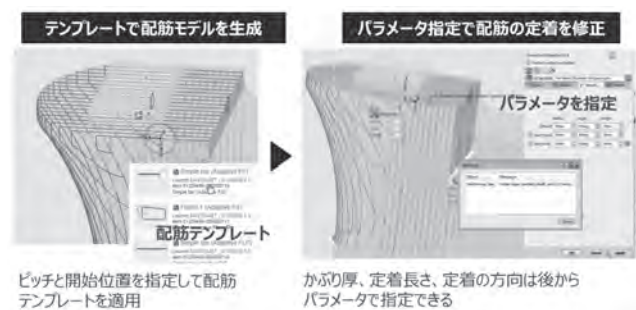
配筋テンプレートは、鉄筋径、かぶり厚、定着長さなどのパラメータをもつので、配筋モデル作成後にパラメータを指定してモデル形状を変更できる(図—12右図)。

(3) 鉄筋数量の Excel シート出力

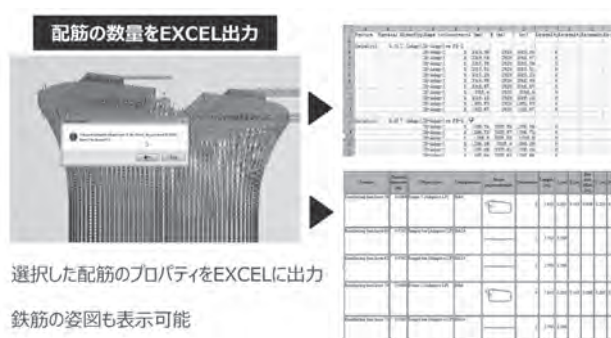
各配筋の属性は、EXCEL シートへの出力もできる。対象の配筋を選択して鉄筋種類、径、長さ、曲げなどのプロパティを EXCEL シートに出力できる(図—13右上図)。

EXCEL と双方向連携しているので、EXCEL シートの値を更新してモデル形状、プロパティの変更ができる。配筋の姿図も出力できるので、工場に渡す加工帳としても使用できる(図—13右下図)。

海外、特に中国では、この数値データを直接加工機に渡し、切断、曲げ加工、タグ付けによる在庫管理、



図—12 左図: 選択した曲面に配筋テンプレートを適用。曲面に沿って、かぶり厚のパラメータ値で配筋がモデリングされる。
右図: 定着の方向をパラメータで指定して定着方向を変更する。その他、定着長さもパラメータ指定で変更が可能



図—13 選択した鉄筋の属性は、EXCEL シートに出力が可能。
EXCEL シートの数値指定で、配筋のモデルを更新できる

出荷管理などを行っている。数値データで加工機と連携することは、多大な効果が見込まれる。

4. 施工工程のシミュレーション

(1) 工程シミュレーションの目的

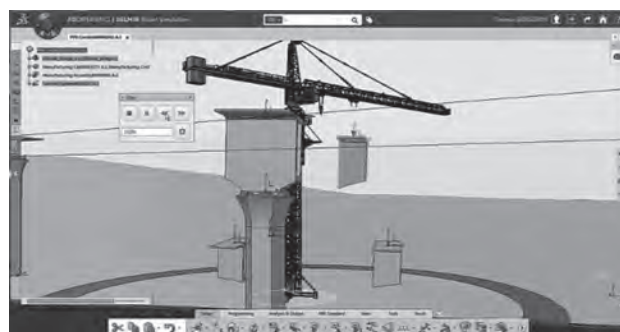
既に決定された工程を時系列で可視化することが工程シミュレーションの目的ではない。他の条件下で工程がどうなるか検証し、最適な工程を選択することが目的だ。工程のシミュレーションツール、3DEXPERIENCE/DELMIA ではパートチャート(ネットワーク型の工程管理ツール)を使用して、工程を組む。構造物の各部位はアイコンとして表示され、工期と資源(重機や労務など)の情報をアイコンに設定できる(図—14)。

このアイコンを矢印でつなげて工程を組む。工程はガントチャートとして表示され、これを時系列に再生してプロセスを確認する。ガントチャート上でも、工程の入れ替えや先行工程の制約、日程調整などが行える。工程の順番を変更するには、アイコン間の矢印を繋ぎ変えるか、ガントチャートの関連付けの変更で行なう(図—15)。

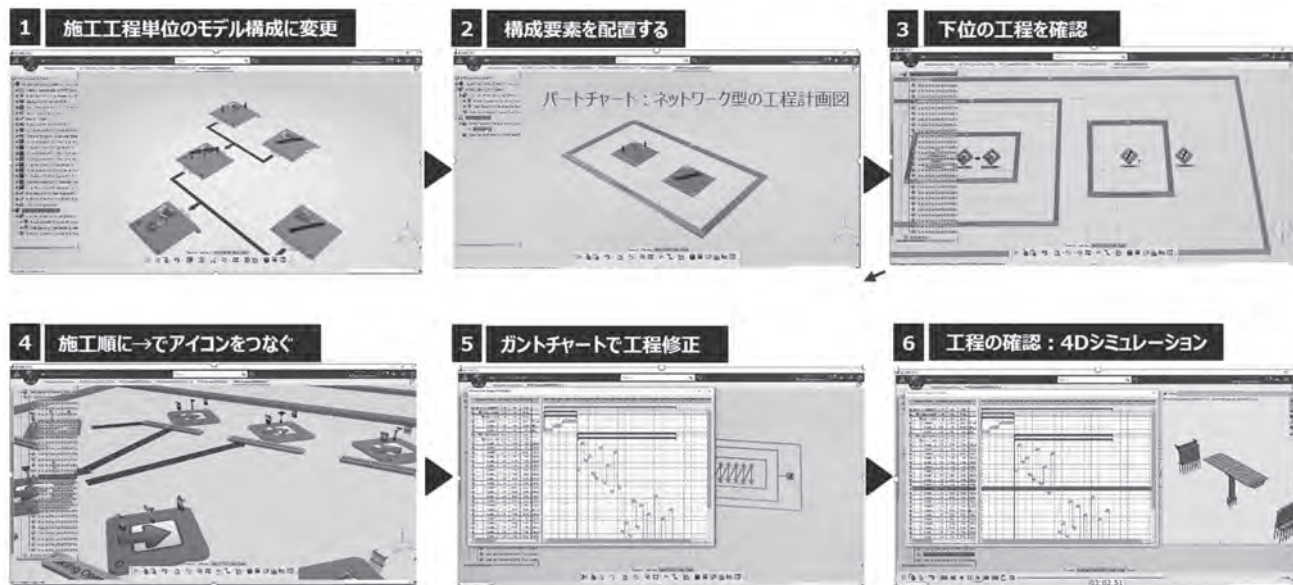
例えば、工期遅れの対策は、アイコンの組み換え、またはガントチャートの条件変更で結果を確認し、適切な対策を検討する。アイコンを→でつなぐ処理は自動化もでき、標準的な工事手順はライブラリ化し、他の工事に流用することができる。

(2) 設計モデルから施工モデルへ構成変更

施工シミュレーションでは最初に、取り込んだ BIM/CIM の設計モデルを施工の作業単位のモデル構成に組み替える。複合モデルは分離し、場合によりモデルを補足、追加する必要がある。設計モデルを製造(施工)のためのモデルに構成変更することは、他産業でも「BOM 変換」と呼ばれる作業で行われている。



図—14 重機も含めて工程を時系列で確認ができる



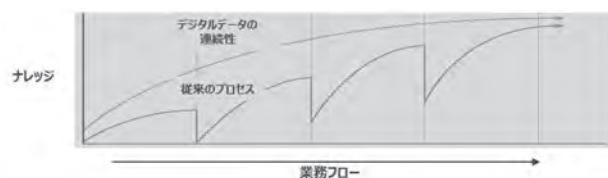
図ー15 構造物の部位のアイコンを配列し、工程順に→でつないで工程を組む。ガントチャートでも工程の修正、工程間の関連を設定ができる。標準的な工程はライブラリ化し、他の工事への流用が可能。アイコンを→でつなぐ作業は、スクリプトで自動処理することもできる



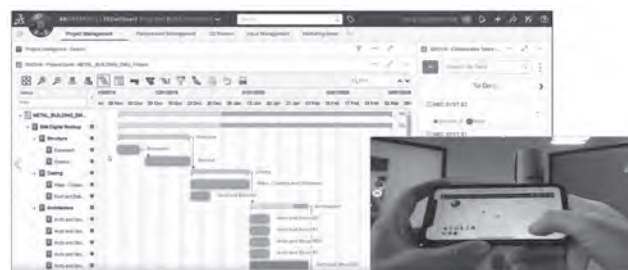
図ー16 クレーンの稼働状況を山積みグラフで表示。矢印部分が複数工程で同時に予約していることがわかる



図ー17 プラットフォーム上で業務が実行され関連する全データは、リレーショナルデータベースで管理される



図ー18 プラットフォームでは、シングルソースのデータを複数アプリで使用するのでデータの欠落がない



図ー19 モバイルデバイスから情報アクセス、更新可能

(3) 重機に着目して工程を評価する

各工程には、工期とリソース（重機や労務）が定義されているので、工程をリソースの観点で評価することもできる。

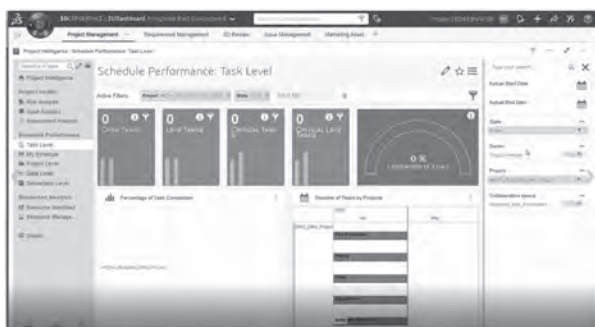
例えばクレーン稼働状況に着目すると、複数の工程で同じクレーンを重複して予約していることがわかり、工程間で調整が必要なことが検出できる（図ー16）。

5. プラットフォームで作業する効果

(1) 業務のつながりでデータの欠落をなくす

各アプリは、3DEXPERIENCE プラットフォーム上で実行され、作成したデータはプラットフォーム内にシングルソースで管理される（図ー17）。

同じデータが各業務アプリケーションで使われ、データの連続性が保たれ、業務のつながりでデータの欠落がない。ファイルベースのBIM/CIMアプリを使用する場合、アプリケーション間でファイル変換が必要なので、変換のロスが発生する（図ー18）。



図—20 ダッシュボードの表示内容は、個人別にカスタマイズ可能

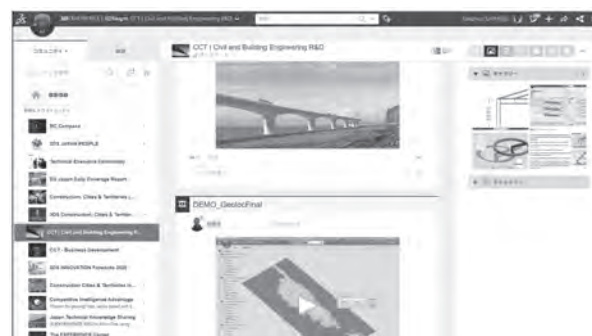
(2) プロジェクト管理

作業の割り当てはプラットフォームから行われ、進捗報告はプラットフォームで管理する。ブラウザベースで情報の参照、入力ができるので、オンサイトでタブレット・携帯電話などでスケジュール確認や情報の入力ができる（図—19）。

進捗や課題を集約して、プロジェクトの状況がダッシュボードにグラフで表示される。案件別、組織別など、様々な切り口で状況の確認ができる（図—20）。

(3) 技術情報のコミュニティ

社内版 SNS のような仕組みがプラットフォームに組み込まれており、蓄積した情報の共有ができる。社内の有識者のアドバイスやアイデアを共有する技術情報のコミュニティを構築できる（図—21）。



図—21 プラットフォームのコミュニティで、情報を公開して、社内有識者のアドバイスやアイデアを共有できる

6. おわりに

働き方改革と生産性向上の両立が求められており、バーチャルツインはそれを実現する有効な手法である。また、プラットフォームの作業環境は、リモート、オンサイトなど、クラウド環境で仕事をするには最適であり、社内のナレッジを集約する仕組みでもある。

JCMA

《参考文献》

- 1) シンテグレート合同会社 <https://syntegrate.jp/>

〔筆者紹介〕

清水 卓宏（しみず たくひろ）
ダッソー・システムズ㈱
技術部
建設・都市・地域開発事業担当



建設現場におけるデジタルトランスフォーメーションの推進

後付け 3D マシンガイダンス「スマートコンストラクション・レトロフィットキット」の導入

村 上 数 哉・植 村 晶

労働力の確保の困難、技術者の減少、「働き方改革」による労働時間の削減の中でも、生産性の向上が求められている今、建設産業でも、IoT、AI（人工知能）、ロボティクスなどの新しい技術導入を進めているが、中小規模工事にて、ICT 活用工事の適用率が低迷している。これは、ICT 機器のコスト高が原因の一つと考えられる。これら中小規模工事に適した安価な機器の提供はメーカーとしての義務と考える。本稿では、今回新たに開発した後付けの 3D マシンガイダンスシステムの構成、機能、メリット等について報告する。

キーワード：i-Construction、デジタルトランスフォーメーション、ICT 施工、後付けキット、3D マシンガイダンス

1. はじめに

労働力の確保の困難、技術者の減少、「働き方改革」による労働時間の削減の中でも、生産性の向上が求められている今、建設産業でも、IoT、AI（人工知能）、ロボティクスなどの新しい技術導入が進められている。

そこで、ICT 建機やその建機を最大限に活用できるソフトなどで建設現場の生産性や安全性を向上させるソリューションサービス「スマートコンストラクション」の提供を 2015 年 2 月より始めている。さらに、2019 年 4 月よりスタートした中期経営計画「DANTOTSU Value-FORWARD Together for Sustainable Growth」において、モノ（機械の自動化・自律化）とコト（施工オペレーションの最適化）で、施工のデジタルトランスフォーメーションを起こし、「安全で生産性の高いスマートでクリーンな未来の現場」の実現を目指している。

現在、日本の建設現場で稼働する建機の 98% 以上は、ICT 機能を有さない従来型建機であり、本稿で紹介する「スマートコンストラクション・レトロフィットキット（以下「本キット」という）」は、メーカー、機種を問わず後付けが可能であり、それら既存の従来型建機に取り付けることで、3D マシンガイダンスやペイロード機能など ICT 建機と同程度の ICT 機能を利用できるもので、建設現場の ICT 化を推進することができると期待する。

2. 市場導入の背景

国土交通省は、2025 年までに建設現場の生産性 2 割向上を目指している。また、2020 年度より、直轄土木工事において、ICT 活用工事をはじめとする新技術の活用を原則義務化している。

これらの施策を強く推し進める背景には、前述したとおり、労働人口の減少が挙げられる。近年、建設業界への入職者は増加傾向にあるが、それでも 10 年後には約 44 万人減少すると試算されている。すなわち、いかにして現在より効率的に仕事をこなし、一人あたりの生産性を向上させるかが重要な課題となっている。

i-Construction を開始して以来、国土交通省直轄土木工事で、ICT 施工は普及拡大し、ICT 土工においては延べ作業時間を約 3 割削減するなど、その成果が現れてきている。

一方、自治体における土木工事においては、ICT 活用工事の採用・適用が非常に少ない現状にある。

地域に根差した中小規模の建設会社にとって、ICT 施工による生産性の向上や省人化による安全性の向上などは魅力的だが、ICT 建機等は非常に高価であり、加えて 3D 設計データを作成する人材についても新たに育成する必要があるため、相応の投資が必要であり、ICT 施工導入へのハードルは高い。

また、油圧ショベルは 10 年以上の長期間にわたる稼働が可能のため、買い替えの頻度は少ない。さらに、乗り換え時期に来たとしても、高価な ICT 油圧ショ

ベルへ乗り換えるといった選択をするユーザーは、限定的であると推測する。当然、既存する後付けタイプの ICT キットもあるが、やはり高価なものが多く、購入を躊躇してしまう。これらも ICT 施工普及拡大の障壁の一因となっている。

このような状況を打破し、建設現場のデジタルトランスフォーメーション実現への第一歩として、本キットの提供を開始した。

3. 本キットとは

本キットは、GNSS の計測技術、及び油圧ショベルのバケットリンク、アーム、ブーム、車体の 4 箇所に取り付けした IMU センサ（慣性計測装置）の情報を用いて、車載モニタにショベルの刃先位置と設計値（3 次元設計データ）の差異をリアルタイムに表示することで、建機の操作をサポートする技術を有するショベル用後付 3D マシンガイダンスシステムである（図—1）。

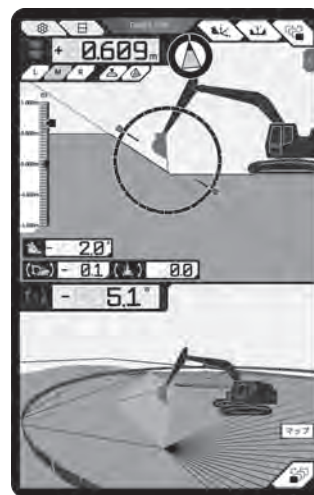
このシステムを現場で利用することにより、床掘り時や法面掘削時における作業員の削減や丁張りが不要となり、作業効率と安全性の飛躍的な向上などが期待できる。

また、ユーザーが ICT 施工をより簡単に利用開始できるように、施工時に必要な「GNSS 補正情報配信サービス」や本キット用アプリ「SMARTCONSTRUCTION Pilot（スマートコンストラクション・パイロット）」も併せて開発・提供している（図—2）。同アプリは市販の Android タブレットを車載モニタとして利用で

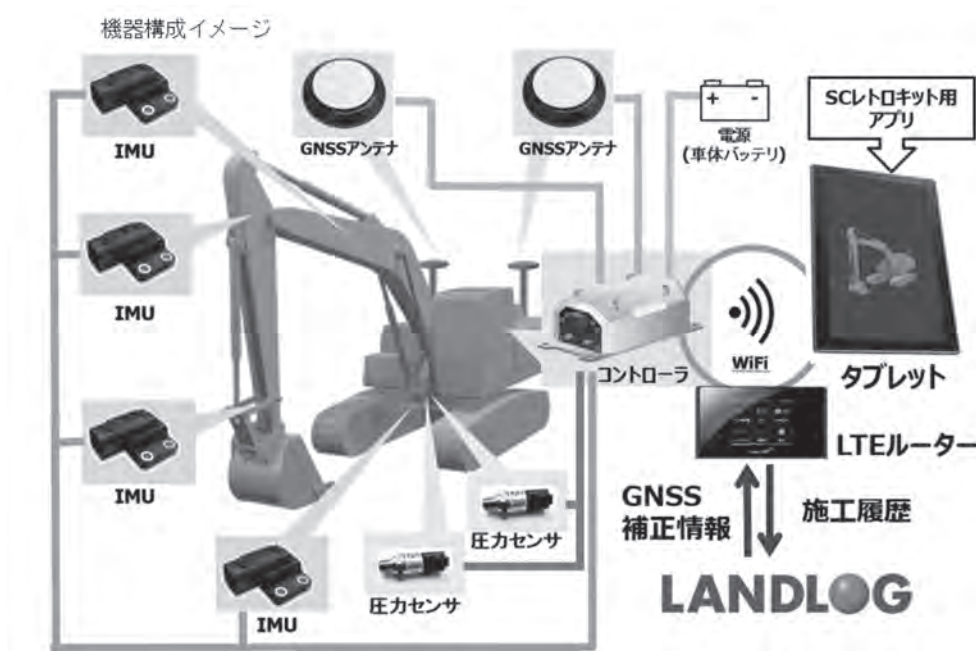
きる仕様となっている。マシンガイダンス用アプリは GooglePlay を介してタブレットにインストールされるので、アジャイル型開発による高頻度なアプリの機能追加や改善によるバージョンアップにおいても自動更新が適応されるため、いつでも最新・最適のアプリで施工できる環境を提供できる。

現場で稼働する全ての従来型建機が ICT 化し、お互いが 3D データを共有して稼働することで安全と生産性を大幅に高めた現場を実現するため、本キットはメーカーを問わず、ミニショベルも含めた幅広い機種への搭載が可能となっている。

IMU センサは厳選した汎用品を利用し、これまで蓄積してきた弊社ソリューションサービスのノウハウに加え、各メーカーやソフトウェアベンダの協力によ



図—2 SMARTCONSTRUCTION Pilot



図—1 本キット主要機器概要

り、これまでの ICT 建機と同等の精度を確保しつつ、大幅なコストの縮減を達成した。

また、令和 3 年 3 月に施行された「3 次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）」において、河川浚渫工(H30.3)に続き、土工事にも拡大された施工履歴データによる出来形管理にも対応できる。本キットで施工した履歴データは全てインターネットを介しサーバーに蓄積される。専用のアプリケーションにて指定した期間内のデータは規定のメッシュサイズで最下点にフィルタリングされ、出来形管理に必要な施工履歴データを CSV フォーマットでアウトプットすることが可能となっている。

本キットにおけるマシンガイダンス機能の特徴は、設計面の整形をサポートするためのガイダンス機能が充実していることである（図—3）。1つは正対コンパス機能である。特に法面整形作業では横断的視点で設計面とバケットに角度差が生じてしまうと、仕上げ整形時にバケットの角によって筋が残ってしまい出来映えが悪くなる。このためマシンが向いている方向が選択した目標面と正対しているか容易に確認できる機能を実装している。2つ目はバケット底面角度表示機能である。バケットの底面を選択している目標面へ縦断的視点で平行に合わせるために必要な回転角をガイダンスする。これにより高精度な法面仕上げ整形作業をサポートできる。最後に、オプションでペイロードメータ機能が追加可能である（図—4）。土木現場等でペイロードメータを利用することで、油圧ショベルのバケットで積込む土の重量を計測できるようになる。

4. 本キットの導入メリット

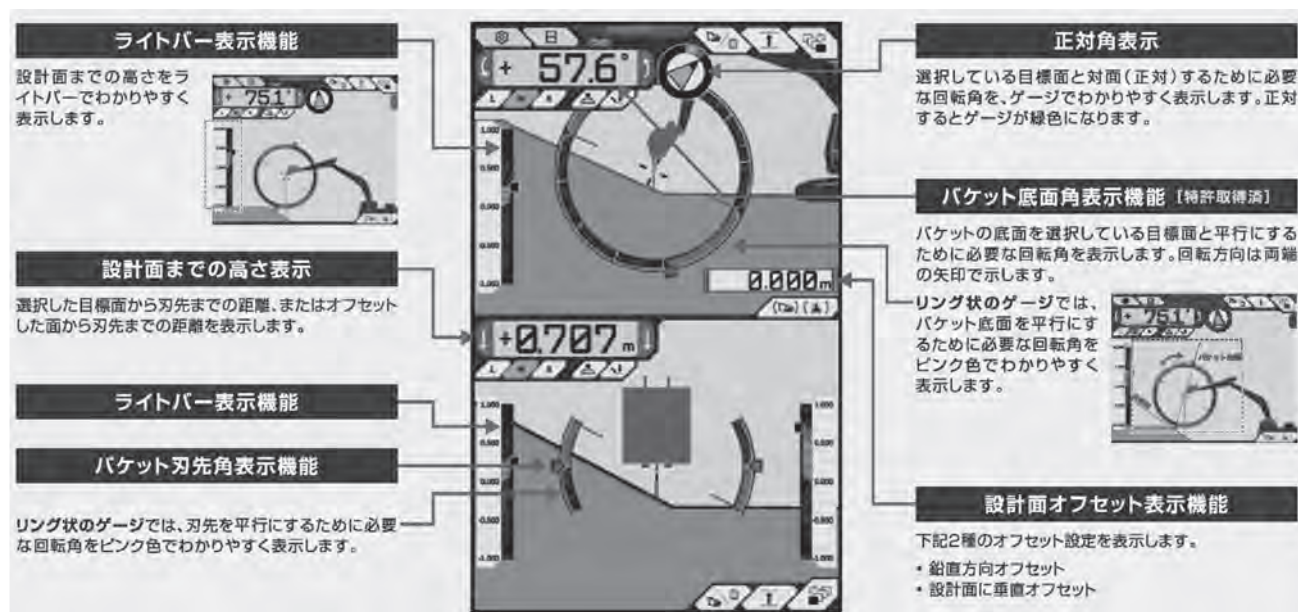
(1) 建設会社側のメリット：自社の建機で ICT 施工が可能に

前述した通り、本キットは、機種を問わず取付可能で手持ちの従来型建機を ICT 建機に容易にアップグレードでき、3D 設計データによる 3D マシンガイダンスを利用した ICT 施工が可能となる。結果、丁張りが不要となることで、設置作業にかかる人工がゼロになり、建機周りで作業する作業員が削減でき、建機との接触事故を未然に防ぐことができると同時に、人件費の削減や工期短縮によって施工にかかるコストを大幅に減らすことができる。また、経験の少ないオペレータでも一定の施工品質が担保できるため、特定の熟練オペレータに頼っていた作業を分散化して柔軟な人員配置マネジメントができ、同じ人員構成における作業量を底上げすることが可能である。

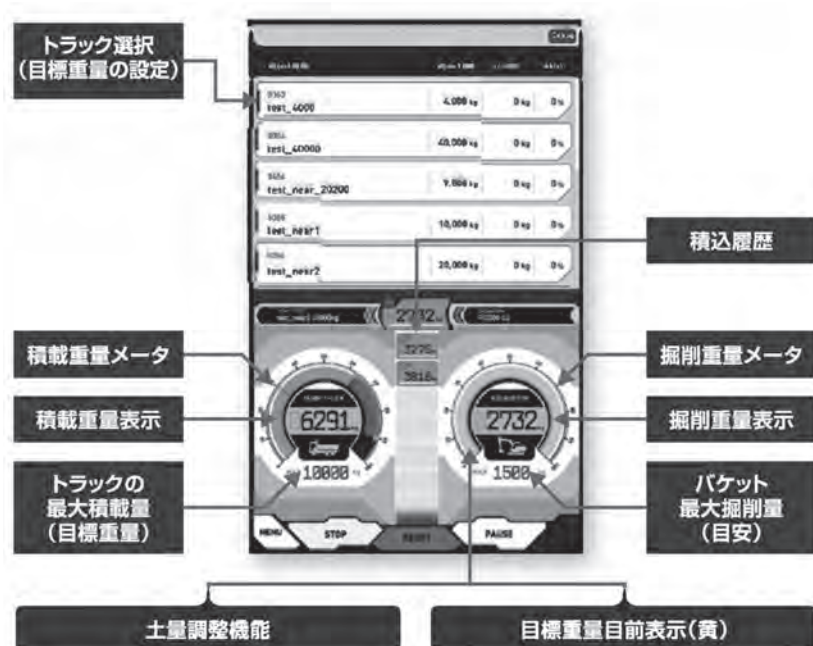
また、ICT 施工ができるようになったことで、簡易型ではない ICT 活用工事に参入することができるようになる。

(2) 発注者側のメリット：ICT 活用工事の普及促進

2016 年度から始まった i-Construction 制度は 5 年目となり、国土交通省は生産性の向上、より創造的な業務への転換、賃金水準の向上など 9 つの目指すべき項目を決め普及促進に取り組んでいる。一方で、再三述べているが、工事の受注者である建設会社が保有する ICT 建機は、国内の油圧ショベル全体の 2% に過ぎないことは、直轄工事における ICT 活用工事の適用率



図—3 3D マシンガイダンス画面表示機能



図ー４ ペイロードメータ画面表示（オプション）

に比べ、自治体における ICT 活用工事の適用率が低いということにもつながっている。この自治体の工事の大半を占める中小規模の ICT 活用工事に対して、本キットは ICT 建機のレンタル代数が月分で購入・取付代金が賄える安価な価格設定となっているため、導入コストを抑えることができ、工事入札へのハードルも下がると考える。

5. おわりに

本キットは、前述の施工履歴データ蓄積機能、および、ペイロードメータ機能という建機の作業履歴を取得する機能により、建設現場の作業情報をデジタル化するデバイスとしての役割を果たす。現場から各種デバイス^{*}を通じて上がってきたデジタルデータはプラットフォーム上に蓄積され、蓄積されたデータをアプリケーションで加工分析することで現状の施工プロセスを見直し、さらなる生産性を向上する施工のデジタルトランスフォーメーションを実現する。

デジタルトランスフォーメーションの入り口として、実際の現場（リアル現場）とデジタルデータによって再現された現場（デジタル現場）が常に同期される状態である「デジタルツイン」を構築する。デジタル現場上において仮設道路の計画や最適な機材の投入、事故発生の予測など様々なシミュレーションを行

い、その結果をリアル現場で作業する人や建機にデジタルタスクとして送信する。デジタルタスクに沿ったリアル現場での作業状況は、直ちにデジタル現場に反映され、反映後のデジタル現場でシミュレーションを行うことの繰り返しにより PDCA が回っていく。

i-Construction による施工実績があり、既に ICT 建機を保有している建設会社が、更なる生産性向上を目指してデジタルトランスフォーメーションを推進するにあたり、現場で稼働するすべての従来型建機を ICT 建機とする必要がある。それに対して、安価な本キットは、その目的に沿った最適のサービスとなっていると考える。

さらなる ICT 活用工事の普及拡大に対して、業界の一員として尽力したい。

J C M A

〔筆者紹介〕

村上 数哉（むらかみ かずや）

㈱小松製作所

スマートコンストラクション推進本部 事業開発部
主幹



植村 晶（うへむら あきら）

㈱小松製作所

スマートコンストラクション推進本部 事業推進部
グローバル推進グループ 主査



^{*}その他のデバイスとして、現場の地形を計測するドローンや位置情報を取得するスマートフォン等がある。

新技術活用による熟練技能維持の取組み

アイマップシステムの開発

田村 泰史

次世代への建設生産の活性化対策として、施工の自動化および高性能資機材などの革新的技術の開発が推進されている。そのような情勢の中においても、古より培ってきた熟練者の技能を確実に受け継ぎ、新技術を巧くコントロールさせるスキルの育成も重要であると筆者は考える。その観点のもと、熟練者のスキルの基本要素となる、“動作（振る舞い）”、“口伝（アドバイス）”、“差配（マネジメント）”、“記録保存（アーカイブ）”に対して、独自のセンシングツールと定量化による、スキルの活用に関するシステムの研究開発を行っている。本稿では、その試行事例を報告する。

キーワード：技能伝承、センシングシステム、映像解析、動線解析、PRISM

1. はじめに

今後、我が国の生産年齢人口の減少が見通されており、その対策として、建設業においてもさまざまな部門で生産性向上に対する取組みがなされている。その中でも施工の自動化や高性能資機材の開発は、革新的技術の適用により施工現場での試行段階を経て本格運用への導入が推進されつつある。

建設現場における生産活動は、現地一品の特徴を有するため気象環境などさまざまな条件への対応が必要である。そのような環境下においても、革新的技術であるそれらは、一定の生産量や品質を確保し建設業の課題への対応の可能性を発展的に広げつつあるものとする。例えば、激甚化する自然災害への対応においても自動運転による重機械の適用により、二次災害の発生を防止した早期の復旧作業が可能となり、社会資本の維持への貢献が期待されている。しかし、これらの新技術を活用するためには、人のスキルによるところが依然として多いのが現状である。例えば、土工事において、広範な部分は重機械による作業が効率的であるが、取り合いの部分等の摺り合わせ等の調整が必要なところは、人の手による方が効率的に品質を確保できる場合が多い。その他、施工中の条件変化や緊急時における対応において、現時点では人の意思決定が大きく影響し¹⁾、経験値の多い熟練技能者による行動が生産の要点を占めるところが大きいと云っても過言ではないと筆者は考える。そのような熟練技能者の保有するスキルは、暗黙知のまま個人に保有され、形式

知とならないまま通常の業務を通じて不規則かつ定性的に後継者へ継承されてゆくものとなる。今後の生産人口の減少を鑑みた場合、その継承行為の定量化と一定のルール化は、技能伝承行為の活性化は建設業における持続的な生産能力の確保において不可欠であるとする。そのような観点のもと、匠の技能の定量化とアーカイブ（記録保存）を具現化させるソリューションシステム、「アイマップシステム（Ai-MAP SYSTEM）」（図—1）（以下「本システム」という）の研究開発を行っている。本稿では、開発システムの概要と研究成果となる事例の一部を紹介し、建設のDX推進を目標とした今後の展開について報告する。



図—1 本システム概要図

2. システムの概要

本システムは、次世代建設生産の活性化を目的として、組織等が古から培ってきた施工データをもとに様々な計測手法を考案し、古今の技能者のアドバイスや生産現場における勘やコツ等を AI（人工知能）と IoT の活用による独自のセンシングツールで構成されるシステムであり、データの採取とスキルの定量化により、次世代の生産管理者の適切な意思決定を導くスキルの育成を目的としたものである。

採取されるデータは、位置情報と映像を基本情報としており、解析により稼働特性グラフや熟練者のコメント映像として抽出し、熟練者の行動特性や判断能力の再現を見える化させるものである。それらを建設現場における施工計画や品質管理に活用させ、その実施記録の蓄積により、スキルのデータベースとして次世代ユーザーのニーズに合わせた展開で建設生産能力の維持を持続させるものである。また、出力データの活用実績（データによる判断および実施工との乖離に対する処置等）や過去の施工事例を集約し、技能のアーカイブシステム（記録を保存・運用し次世代へ伝達すること）として、外国人労働者も含めた技能伝承や教育訓練ツールとしての活用も見込んでいる。

システムの特徴として、熟練者のスキルの基本要素である、“動作（振る舞い）”、“口伝（アドバイス）”、“差配（マネジメント）”、“記録保存（アーカイブ）”の観点でデータ化させることを目的としており、目的に合わせた様々なセンシングツールや統計分析等の手法を組み合わせたサブシステムにより構成している。また、今後のさまざまな条件による課題解決へのデータ活用を考慮し、時間・位置・映像の情報をセンシングデータへのインデックスとして付与し、条件検索等の機能の組み合わせをニーズに合わせた対応が可能となる仕組みを取り入れている。次章にて、要素ごとのサブシステムの代表的なセンシングツールの概要を紹介する。

3. サブシステムの概要

本システムのサブシステムとデータ活用について、熟練技能者のスキルの基本要素である“動作”、“口伝”、“差配”、“記録保存”より以下に紹介する。

(1) 動作解析に関する事例

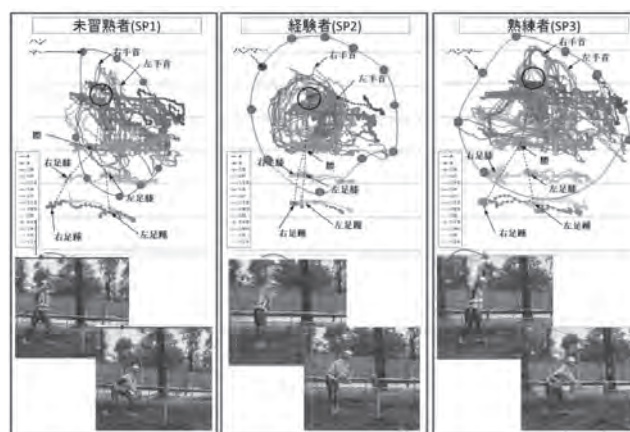
(a) 概要

動作などの個人が保有する固有のスキルについて

は、個人の特性に合わせて習得されたものであり、そのまま受け継げるものでない場合が多い。それは、個人に適合するパターンはそれぞれあり、実践を通じた試行錯誤の訓練がなければ習得し難い性質のものであると考えられるからである。今後は、手本となる熟練者の減少が予測されるため、習得にかかる時間の増大とともに、実践の場となる生産現場の減少などでスキルの質の低下も予測される。よって、伝承の活性化を図るためには、熟練者のスキルの定量化と見える化により、伝承のポイントを絞った習得を促進させる工夫が必要であると考えられる。以下に映像解析技術（モーションレコードシステム：Ai-MOTION）による作業時の動作の定量化について紹介する²⁾。

(b) 事例

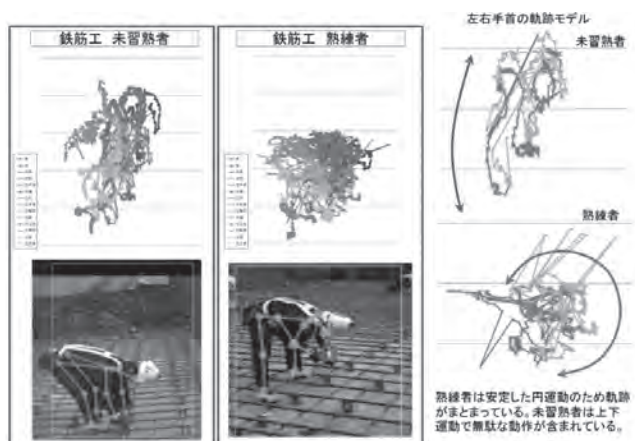
定量化の方法は、作業状況の映像データを AI（人工知能）の活用で作業者の関節位置を認識させ、その移動量を軌跡として出力させる。複数の技能者によるサンプルを採取することで、動作の特性となるポイントを抽出し、個性に合わせた訓練に活用することができる（図－2）。



図－2 動作解析による出力例

システムでは、関節の変位を位置情報として定量化し、軌跡図による形状として動作の特徴を見える化する。この形状を観察し個人の動作の特徴を把握するとともに修復のポイントを抽出する。システムでは、見本となる動作との比較として類似率の出力による定量的評価も可能である。

システムの特徴として、解析は映像データのみで可能であり、作業者にセンサ等のモジュールの装着を必要としないため、実際の作業現場での緊張感をもった環境で計測できる。また、過去の映像でも解析が可能である（図－3）。



図一三 作業状態の解析

(2) 口伝計測に関する事例

(a) 概要

熟練者による管理のポイントを踏まえた手法は、業務遂行におけるエラー防止対策の主要な技術として継承されていると考えられる。それらのポイントは、アドバイスといった口伝による方法で継承される場合が多い。その口伝の記録データをマニュアルとして活用することで技能伝承の活性化とともに品質の確保に繋がるものとなるため、汎用的な記録方法と音声データの活用における工夫が必要である。以下に、通信技術（インフラ通信システム：Ai-TEC）の活用による事例を紹介する。

(b) 事例

汎用の携帯端末機を活用し、作業現場における観察を音声と映像等のデータによる記録を目的に開発した（写真一1）。



写真一1 通信システムの活用

定量化の方法は、遠隔地の熟練者との通信により現場の管理状況等に対するコメントやアドバイスを記録し、映像やテキストデータを位置情報とともに保存する。システム内では、専用の閲覧システムを介しキーワード検索やカルテ（図一4）の作成が可能であり、未習熟者への教育用テキストや現場点検・検査の実施マニュアルとし活用する。



図一四 カルテによる記録の編集

(3) 差配分析に関する事例

(a) 概要

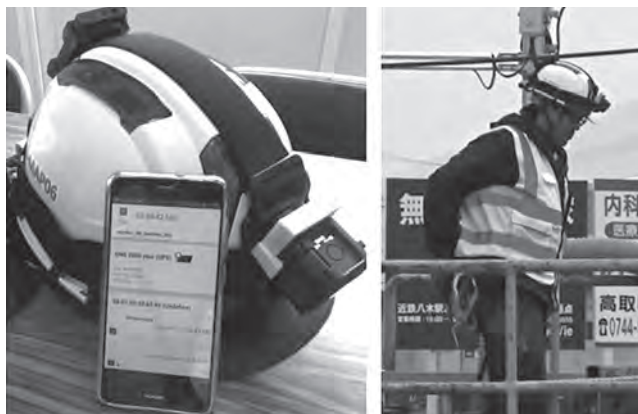
熟練者の生産現場におけるマネジメントの特徴として、差配と呼ばれるリソースの配分が挙げられる。現場の環境に合わせて、最適な組み合わせや調整を行うことで、品質、コスト、工程、安全のバランスを保つものである。現場条件に合わせて施すこのような差配の基本的なスキルは、マニュアルや仕様書だけで完結されるものではなく、熟練者の経験や勘の補完により、エラーの発生やリスクを最小限に抑制させるための方法への導きを可能にするところとなる。具体的には、施工現場における機械や資材の配置、稼働の順序、進捗に合わせた人員調整などが挙げられる。以下に、差配を支援させるためのデータ採取のツールである、稼働計測用のロギングシステム（Ai-LOGGER）と稼働状況を見える化する生産管理システム（Ai-SYS）の活用による事例を紹介する。

(b) 事例

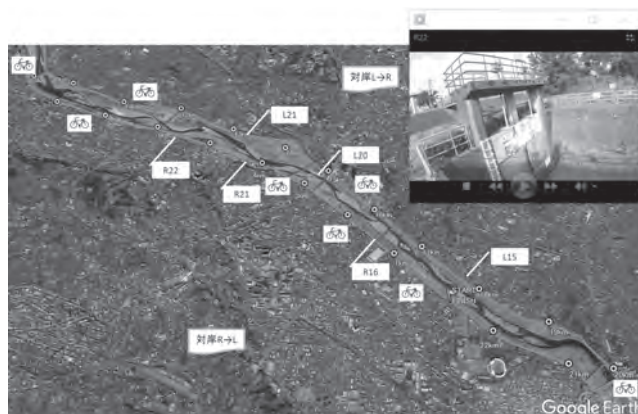
稼働状況の計測方法として、GPS センサとウェアラブルカメラを作業者のヘルメットに搭載した専用のロガーで、作業者の位置情報をロギングしデータを採取する（写真二2）。

採取データは、動線軌跡図や稼働率グラフとして出力し、意思決定の支援となる稼働特性の見える化データとして活用する（図一5）。

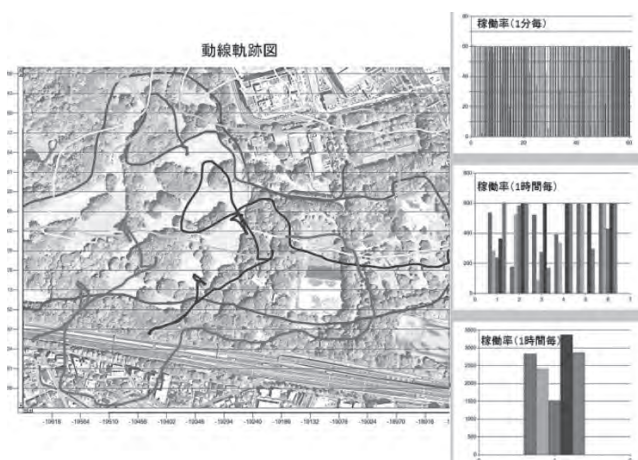
この出力データは、時系列やエリア毎の稼働状況として表示することが可能であるため、余剰人員の割合や軌跡の停滞位置を把握し、ウェアラブルカメラによ



写真一2 ロガーによる計測



図一6 データマッピングによる見える化



図一5 稼働特性のグラフ

る映像データ等との照合により的確に管理のポイントへの対策を施すことができる。これらのデータを蓄積することで、熟練者による差配の傾向を定量化でき、意思決定のモデルとして活用できると考える。

(4) 動線計測に関する事例

(a) 概要

インフラ点検等の管理は、マニュアルや仕様書に沿ってその履行がなされているが、効率的かつ効果的な点検のポイントや確認の順序は熟練者のスキルによるところが大きいため、その未習熟者への教育の方法としては、現地へ随行しポイントを教示することが望ましいところであるが、今後の従事者不足に備えて、その代替となる教育の方法が不可欠となる。また、インフラ点検等の管理業務の成果は、自然災害防止などの社会的責務が大きいため、この分野における技能伝承の維持は、特に重要な課題である。よって、これまでの点検等の記録および管理ポイントの保存の方法について、誰が点検してもばらつきの生じない、スキルの平準化を取り入れた仕組みが必要となる。その対応として、位置情報を付与したデータの活用によるシステムを構築した。以下に、動線計測と情報マッピング



写真一3 熟練者のコメントによるマニュアル

による見える化システムの活用事例を紹介する。

(b) 事例

データの採取方法は、前述のロギングシステム（Ai-LOGGER）を活用し点検等の作業状況を記録する。また、既存のカルテ等のデータは、システム内で位置情報を付与し編集する。情報検索が可能な専用の閲覧システムで地図上に軌跡とマーカーで表示させることにより、管理のポイントを明確にする（図一6）。

マーカーは、熟練者の推奨する管理のポイントを設定することが可能であり、熟練者のコメント入り動画を動画マニュアルとして挿入しておくことで、気付きの促進による未習熟者のスキルアップの効果を得ることができる（写真一3）。

記録保存された情報は、業務に必要な条件による検索で抽出し、マップ上で展開させることにより、管理ポイントの確認を行いながらの現地との照合を可能とする。また、熟練者のアドバイスの再現により管理ポイントの見落としを防止した記録としての保存の継続が可能となる。

4. システム活用事例

以上のサブシステムについては、現場での検証により抽出された課題をもとに、今後の汎用化を目標として開発を継続中である。本章では、それらのサブシステムのうち、口伝計測のセンシングツールとなる通信システム（インフラ通信システム：Ai-TEC）による現場試行について紹介する。この現場試行は、「官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）」の予算を活用して、国土交通省が実施する「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト（2018年度・2019年度）」において採択を受け履行したものである。

現場試行では、新技術の活用による品質管理の高度化を目的として、施工プロセスチェックや安全点検等の現場管理業務における通信システム活用の効果を検証するものである。具体的には、汎用の携帯端末機を使用した簡易な通信により、遠隔地の管理者との臨場感の伴うコミュニケーションによる管理手法でエラー防止に繋がるとともに、通信における熟練者のアドバイスやリアルタイムでの指示による気付き促進で、スキルアップを伴う品質管理および品質証明の手法として現場業務への適応性について検証したものである（写真—4、5）。



写真—4 通信システムによる検査の実施

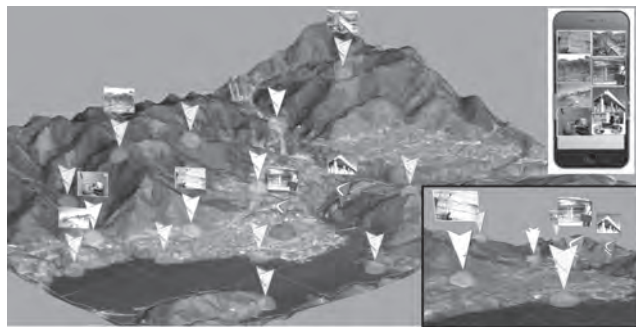


写真—5 システム活用によるコミュニケーション

システムの活用により、動画と音声によりさまざまなケースで手軽に状況の記録ができるため、技術者の現場力として必要な“現場観察の目”を養うスキルアップに大きな効果を得ることが確認できた。また、遠隔臨場検査として採用することで、受発注者において移動時間や待ち時間の短縮が業務効率化への繋がりとになった。その他、現場内に滞りがちな課題解決や創意工夫への情報共有が促進され、それらのデータはエラー防止対策のスキルとしてデータベースに蓄積されることになった。

5. おわりに

本稿では、新技術活用による熟練技能維持の取組みとして、熟練者のスキルを定量化させるセンシングシステムとその活用について紹介した。スキルの基本要素のセンシングに対する課題として、出力データの精度向上とデータ活用に向けたユースケース対応への工夫が挙げられる。精度向上については、人の動きや感覚を計測の対象としているため、ある程度のロバスト性を考慮したデータ処理の手法を適用する等のアルゴリズムとデバイスの改良が必要である。また、幅広くユースケースに対応させるための工夫として、複数のサブシステムによる出力データを組合わせたハイブリッドな手法が必要であり、それらを具現化させるためのプラットフォームによるデータ展開の仕組みを構築する必要があると考える（図—7）。



図—7 プラットフォームによるデータ展開

本システムアイマップシステムの開発を通じ、改めて人の有するスキルの再現は難しく、かつ重要な事であると痛感している。今後も、独自技術である本システムにより定量化されたスキルが、効率的な建設機械施工等の施工現場における生産性向上対策の意思決定のみちびきとなり、公益確保を伴う建設のDXによるマネジメントシステムとして、次世代への貢献を目的に研究開発を進める所存である。

J C M A

《引用文献》

- 1) 田村泰史, 「映像解析技術の活用による技能伝承と生産性向上の取組み」, 建設マネジメント技術・2018年12月号, 2018.12
- 2) 田村泰史「アイマップシステムの開発・ICT活用による熟練技能維持の取組み」コンクリート工学会2021年1月特集号, Vol.59 No.1, 2021.1



【筆者紹介】

田村 泰史 (たむら やすし)

株式会社沼組

戦略事業推進部 新技術事業化推進室
課長



建設現場の安全性と生産性向上を支える AI 画像・自然言語解析技術

ヒューマンセンシング (Human Sensing) AI の適用

園 田 亜斗夢

建設現場の安全性と生産性向上には、データから得られる情報を必要な人に必要な形で提供する必要がある。各社に蓄積されている過去データの活用には、目的に応じた構造化が重要である。また、撮影したカメラ映像は目視確認するには膨大な時間がかかるため、そのデータを効率的に活用するためには、画像解析技術を用いて構造化する必要がある。本稿では、自然言語処理や画像解析技術を活用し、建設現場のデータを構造化している事例を紹介する。

キーワード：人工知能、画像解析、距離推定、顔向き、動作解析、自然言語処理、安全性、生産性、労働災害

1. はじめに

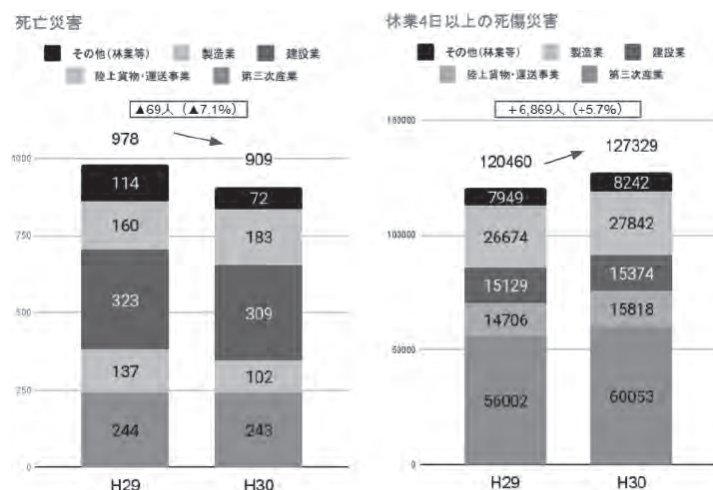
経済産業省が2018年12月に「DX推進ガイドライン」を発表し、産業界でDX化が急務とされている。建設業界でもAIの活用やDXの推進が進められており、自動化や省力化、モニタリングなど様々な取り組みが行われている。一方で、完全な自動化には多くの障壁が残されており、人間による作業が多く残されている。

日本における平成30年の労働災害による休業4日以上死傷者数は127,329人であり、死亡者数は909人である。その内、建設業界における労災が占める件数は、休業4日以上死傷者数は15,374人、死亡者数は309人である(図-1)¹⁾。

近年、技術革新により死亡災害は減少傾向にあるが、休業4日以上死傷災害は増加傾向にある。国土交通省が2016年から取り組みを行っている建設現場のICT推進策であるi-Constructionでも、安全性の向上を目指すべきものとして指定している(図-2)²⁾。

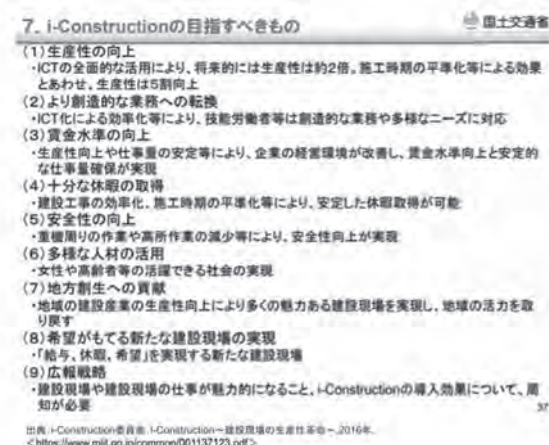
建設現場の安全性向上と生産性向上を支援するにあたり、実際の業務に携わっている建設事業者複数社にヒアリングした結果、転倒・転落による事故と機械と作業員の接触による事故に対する課題意識が強いことがわかった。また、業務効率化では作業の可視化の要望が大きいことがわかった。

転倒・転落による事故は階段や足場など危険エリアが特定されており、危険予知活動など作業員の意識



出典：平成30年の労働災害発生状況 https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_04685.html

図-1 平成30年の労働災害発生状況(厚生労働省統計より当社作成)



図—2 i-Constructionの目指すべきもの（国土交通省資料より抜粋）

向上策が実施されているが、該当エリアでの作業は今でも実施されており、経験が浅い作業員によるヒヤリハット事象が多く発生していることがわかった。また、機械と作業員の接触事故は、機械のオペレータが作業員に気づかず接触する例や、機械で運搬中の資材が落下することで発生する事故があることがわかった。このような接触事故は、事故発生件数は転倒・転落より少ないが、発生した際の影響は大きくなることが多い。

作業の可視化では、現場ごとの作業サイクルの可視化と作業員ごとの生産性の可視化の要望があることがわかった。

これらの安全性向上と生産性向上の要望を実現するために、危険情報を構造化し、その情報を適切に届ける技術と、機械と人の動きを把握し危険状態を把握し、また作業内容を可視化する技術の提供を目指している。具体的には、危険情報の構造化のために過去の事故事例に対し言語処理による情報抽出を行い、類似の現場での事故情報の提供を目指している。また、画像解析により危険な状態の検知や作業内容の可視化を行い、リアルタイムのアラート発報、情報の一元管理・提供を目指している。

2. 過去の事故事例の構造化・管理

建設現場での事故は休業4日以上災害の場合は労働基準監督署に報告がなされ、また、それより小さい事故であっても社内で蓄積されている場合が多い。一方で、これらの情報は現場や事業部、支社ごとに形式が異なっていることも多く、また、自由書式で記述されていることも多い。そのため、危険予知活動を行う際に現場ごとの担当者の経験に依存している場合が多く、過去の経験を活用できていない例が多い。

そこで、過去の事故事例を構造化し、類似の工事の際にそれらの事故を検索、予防策を立てることができれば、事故防止につながるだけでなく、効率的な工事計画の立案が行えると期待される。

自然言語領域では2018年にBERTと呼ばれる自然言語処理のモデルをGoogleが発表して以降、決められたタスク設定であれば人間を超える精度が出ている（図—3）³⁾。本取り組みでは、建設現場の事故事例の構造化に対し、質問応答としてタスク設定することで、これらの技術を適用し、必要な情報を管理・検索が行えるようになった。

BERTモデルやその後継技術の特徴として大量の言語データによる事前学習と、タスクごとのファインチューニングが行えることがある。本取り組みで用いたモデルは、過去の大量のニュースデータとwikipediaのデータをもとに事前学習を行い、独自に用意した日本語のQAデータセットによりファインチューニングを行った。これらのモデルを事故データに適用することで、構造化されていなかった事故発生状況を構造化することが出来る。以下に質問と抽出結果の例を示す。

どのような状況で事故が発生しましたか？

- 確認作業中に〇〇ステップを登っている最中に
- 〇〇組立作業中に、〇〇車両から転落してなぜ切創しましたか？（切りましたか？）
- 〇〇を切断中勢い余って
- カッターの刃がしまわれていないの気づかず

このように構造化することで、傷病部位や建設現場名だけでなく、利用する設備や車両、作業内容などの軸で検索を行うことが可能になる。また、この質問応答モデルは、自由書式での検索が行えるため、構造化だけでなく検索を直接行うことも可能である。

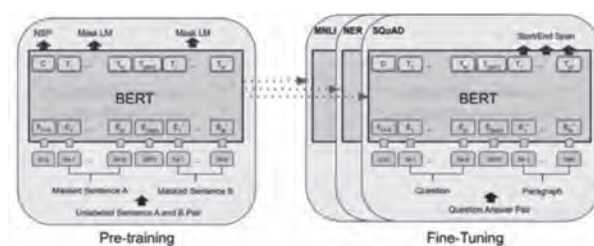


Figure 1: Overall pre-training and fine-tuning procedures for BERT. Apart from output layers, the same architectures are used in both pre-training and fine-tuning. The same pre-trained model parameters are used to initialize models for different down-stream tasks. During fine-tuning, all parameters are fine-tuned. [CLS] is a special symbol added in front of every input example, and [SEP] is a special separator token (e.g. separating questions/answers).

出典：Jacob Devlin et al.: BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding, 2018

図—3 BERTの学習モデル図

3. 建設現場の状況を可視化する画像解析技術

建設現場における危険な状態の検知や作業内容の可視化には、カメラを設置して画像解析を行うことが有効である。解析対象は、建造物、資材、機械、作業員である。特に人が関係する場所で事故が発生するため、人の解析は重要である。一方で、建設現場で見られる資材や機械は、日常生活では見られないものが多く、公開データ等の学習用データが入手しづらいという特徴がある。人にフォーカスした画像解析技術 Human Sensing 技術と、建設現場における画像解析の特徴を以下に紹介する。

(1) 画像解析技術による構造化

近年、建設現場へのカメラの導入が進んでいる。防犯用途や記録用途など複数の用途があるが、カメラの低廉化やビデオマネジメントシステムの普及や建設事業者の意識の変化が要因として考えられる。一方で、現状のカメラ映像は現場の事務所でのみ確認できるものや、録画を行っていないものなど十分に管理されているとは言えないものも多く、また、クラウド等に記録されているものも、問題が起った際の確認用という位置づけのものも多い。これは、映像データという性質上、倍速等で見たとしても確認に時間を要することが要因である。そこで、映像データを画像解析技術により構造化し、現場の状況を人間が瞬時に理解できる形で提供することは、データ活用や業務効率化の観点で非常に重要である。

このような目的には、解釈性の高い分析が重要であ

る。表—1のように、現場ごとにほしい情報を定義した際に、それを実現するための画像解析モジュールを組み合わせることで、最終的なアウトプットの基準を変更することが可能になり、目的に応じた情報の収集を行うことが出来ると期待される。

表—1 アプリケーション例

撮影対象	解析対象	出力・判定事項
トンネル工事映像	使用機材・作業分類	作業進捗 ○／×
建設機械周辺映像	人物検出・動作解析	安全／不安全
戸建住宅建設映像	人物検出・位置推定	感染症リスク ○／×

(2) Human Sensing の特長

Human Sensing 技術とは、人にフォーカスした画像解析技術であり、姿勢推定、物体検出、セグメンテーション等の画像解析技術を組み合わせ、時系列解析を行うことで、人の状態の把握を実現する技術である(図—4)。

技術領域としては画像解析、対象は人にフォーカスすることで、建設現場だけでなく製造業・インフラ・小売等の分野での開発ノウハウやデータ蓄積を行うことが出来る。これは、良品不良品の検出などと異なり、対象を人にフォーカスすることで、異なるフィールドのデータであっても、画像的な特徴が大きく変化しないことを担保できるからである。そのため、個別のフィールドに対する人の行動の調査・評価について、少ない教師データで短期間に行うことが可能である。

Human Sensing 技術は複数のアルゴリズムを組み合わせ、機能が実現される。各機能はレベルごとに



図—4 Human Sensing の主な機能と特長

モジュール化されており、適用するフィールドごとに適切なモジュールを選択するが、大きなカスタマイズが必要なのは発見したい動作の定義部分のみである。

まず、最も基礎的なモジュールとして、物体検出や姿勢推定、顔認識、顔向き推定、セグメンテーションなどの機能をもったモジュールが存在する。これらのモジュールは各機能ごとに複数のアルゴリズムと独自の学習データにより学習済みモデルが存在する。これらのモデルの学習には数千～数十万枚で行った大規模なアノテーション付きの教師データが必要であるが、人物の形や姿勢はフィールドごとに大きく変化しないため、汎用的なモデルとして、創業以来蓄積したデータによって学習を行っている。各モジュールは、利用する環境（クラウドの高性能のコンピュータかエッジマシンのような性能が限定されるコンピュータか）や、同時に処理するカメラ台数によって、精度と処理速度のパフォーマンスのバランスを考慮しアルゴリズムが選定される（図—5）。

次に、基礎的な機能をもとにした応用的なモジュールとして、速度計測や入退場検出、トラッキング、汎用的な姿勢推定（しゃがんでいるか立っているか等）などの機能を持ったモジュールが存在する。これらは、適用するフィールドやカメラの画角（高さ、角度）ごとにパラメータ等はセミカスタマイズを行う。

そして、フィールドごとにこれらのモジュールを組み合わせ、必要な機能を持ったアルゴリズムを開発する。この最終的な組み合わせの課程では、フィールドごとの教師データをもとに、人手でパターンを作成したり、統計的機械学習やディープラーニングにより判定パラメータを決定する。

以上のように、「基礎アルゴリズム」「応用アルゴリズム」「カスタマイズアルゴリズム」と分けることに

より、フィールドごとの新規開発要素を減らし、既存のモジュールを活用した開発を行うことで、短納期・教師データが少ないといった条件で精度の高いアルゴリズムの作成を可能としている。

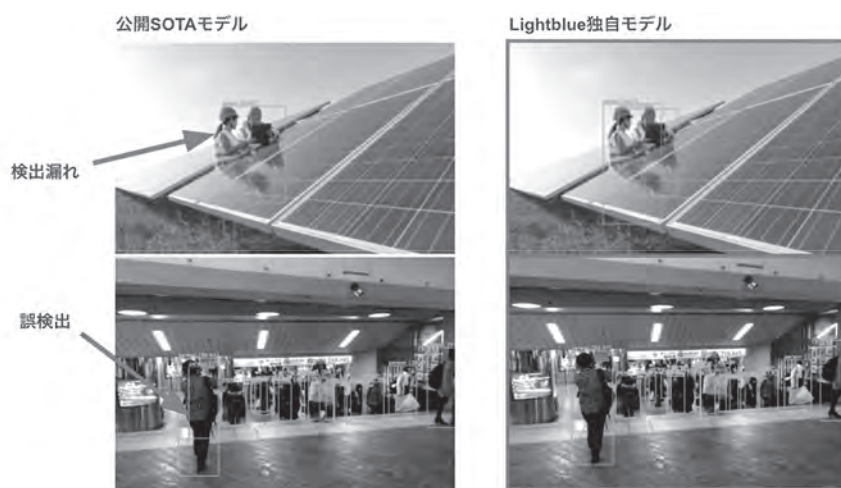
（3）建設現場における画像解析技術の特徴

建設現場には通常の社会生活では見られない資材や建設機械が多くある。建設現場で画像解析を行うためには、これらの物体検出やセグメンテーションモデル構築のためのデータが必要であるが、その特殊性から公開データ等の学習用データが入手しづらいという特徴がある。また、トンネル等の土木現場では屋外や室内と比較して薄暗いといった特徴もある。その他に、工場や商業施設等と大きく異なるポイントとして、日々、状況が変わるという点がある。これは建設という事業の性質上避けられない課題であり、画像解析を導入するに当たり重要な観点である。これらの課題の説明と対策を以下に紹介する。

（a）教師データ作成

建設現場特有の物体として建設機械がある。建設機械の中には幅広い現場で用いられるものと、特定の現場でしか使われないものがある。幅広い現場で見られる機械としては、バックホウやトラック、小型のクレーン装置、ミキサー車などがある。これらの機械は大きく見た目が変わることも少なく、導入数も多いため、汎用的なデータとして蓄積がある（写真—1）。一方で、例えばトンネル現場でしか見られない吹き付け機やジャンボなど導入数が少ないため、プロジェクトごとに新たにデータを用意する必要がある。

教師データの作成には、人手によるラベル付けが必要であるが、オンライン上で利用できるラベリングツールを用いて多くの作業者に同時に作業してもらう



図—5 蓄積したデータとモデルのチューニングにより人物検出の性能が優れている例



写真—1 幅広い現場で用いられる建設機械の例（バックホウ）

ことで高速なラベル付けを実現できる（図—6）。また、一般的な車両を検出するモデルを適用し、検出された矩形に対しラベル名を変更するだけの作業とすることや、新たな教師データを作成途中の段階で暫定的なモデルを構築し、それにより推定されたラベルの修正を人間が行うことで効率的な教師データ作成を実現できる。このように人間参加型で機械学習モデルの精度向上を目指すアプローチは Human in the loop と呼ばれ、機械学習を用いたアプリケーション開発の効率的な進め方として注目されている。

（b）環境への対応

建設現場は工程の違いにより使用する機材が異なるだけでなく、工事の進捗に伴い建造物の様子が変わる。建物の建築の場合は、基礎工事の際は地面が見えるが、躯体工事では足場や養生等で外から中の確認が難しくなる。また、仕上げ工事では部屋ごとに壁ができ、俯瞰での撮影が困難となる。そのため、基礎工事の際はトンネル等の土木工事と同様に俯瞰での撮影が可能であるが、工程が進むにつれて作業員自身にセンサーやカメラを装着する方が効率的な場合が増える。このように目的と環境に応じて撮影方法を検討する必要がある。

また、トンネル現場などでは光源が乏しく、常に薄暗い環境である。ただし、トラックや作業員のライトによる局所的な光源への対応が求められる場合もある。このような環境下では、ソフトウェアでの対応の他にカメラセンサーやレンズ、フィルターといったハードウェアでの対応が必要な場合もある。画像解析のための映像取得の際は、単純に人間がきれいと感じる撮影ではなく、解析がしやすい撮影であることを確認する必要がある。そのため、ハードウェアの特性と画像解析の特性に通じた専門家としてのノウハウが重要である。

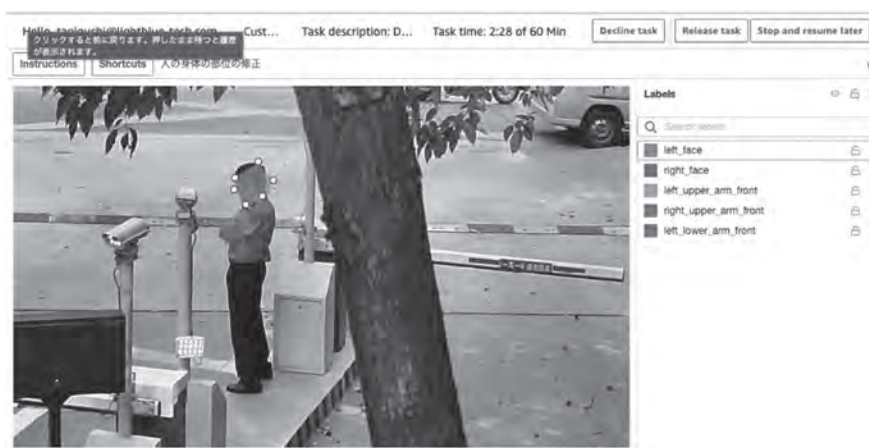
4. Human Sensing/画像解析技術の提供方法・想定利用シーン

（1）提供方法

建設現場への画像解析技術の提供にあたっては、安全性向上用途か業務改善用途かで提供方法は異なる。安全性向上用途では、危険状態を検出しアラートの発報や機械の制御等をリアルタイムに行う必要がある場合が多い。安全教育のために過去動画の解析を行う場合もあるが、そのような場合でも過去動画の解析とは別にリアルタイムの検出が求められることが多い。一方で、業務改善用途の場合は、リアルタイム性より情報の構造化や検索性、アクセス性が求められることが多い。

（a）エッジ環境

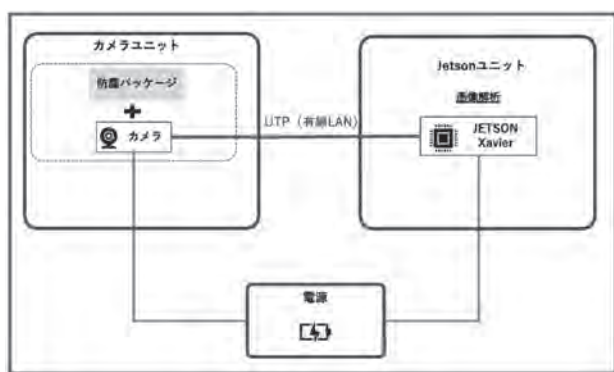
リアルタイムの解析には、安定性や通信の遅延の影響を避けるという観点からエッジでの処理を行うことが多い。速度を重視したエッジ処理のためには、適切なカメラ制御と通信の速度、画像解析の高速化など様々な領域の技術が求められる。カメラから取得した映像のエンコード・デコードの処理の時間や、通信の



図—6 高速ラベリングツールの操作画面

速度、通信容量といった解析の前の部分の速度も非常に重要である。また、インターフェースの安定性も重要で、例えばUSB インターフェースは接続の安定性が低いため、M12 コネクタなどへの変換を行うことも重要である。もちろん、解析の速度を向上させることも重要である。解析速度の向上にはアルゴリズムの面からのアプローチと計算機性能によるアプローチが可能である。アルゴリズムの高度化により軽量のアーキテクチャで高性能を出すことと、枝刈り、量子化、蒸留といったモデル圧縮技術によるモデルの軽量化は重要である。さらに、画像解析に用いるコンピュータの性能を最大限活かす工夫もある。GPU を使用したデコードやモデルの最適化を行うことで、CPU のみを使う場合と比較して高い性能を実現することが可能である。

エッジマシンとしては、NVIDIA の提供する Jetson がよく用いられるが、R&D でよく用いられる開発キットではなく産業用筐体を用いることで上記のインターフェースの課題を解決可能であるが、開発キットと Operating System が一部異なることがあり、開発キットでの成果を再現するためには追加の開発等が必要な場合もある。そのため、R&D の時点で産業用の筐体を用いるほうが良い場合も多い（図—7）。



図—7 エッジ環境の構成図

(b) クラウド環境

業務改善のために、情報の構造化や検索性、アクセス性を実現するには、解析をクラウド環境で実施する方法が考えられる。情報の収集・蓄積・提供にあたっては、施主、建設事業者、作業員等の利益を損ねないために万全なセキュリティ対策が必要だが、建設に関わる限られた関係者に必要な情報を提供することで、業務改善に資すると期待される。

現状、建設現場にカメラが設置されている場合でも、事務所での確認や防犯が主要な用途であり、録画機能さえない場合や録画していても数日で上書きさ

れ、共有されないという例も多い。これらのデータをクラウド上で管理できるようになることで、様々な効果が期待できる。

例えば、現場の作業内容を本社で管理したいという場合は、Human Sensing 技術により作業内容を分類し、時刻ごとの作業内容を記録した情報をインターネット上で確認でき、必要に応じて該当箇所の映像を確認することができるといった仕組みの構築が可能である。ログ情報を確認できるユーザと、オリジナルの映像を確認できるユーザの権限を分けることで、必要な人に必要な情報を届けることも可能である。管理業務の効率化だけでなく、複数現場の比較により優れた現場の発見やその知見の共有が可能になる。

(2) 利用シーン・事例

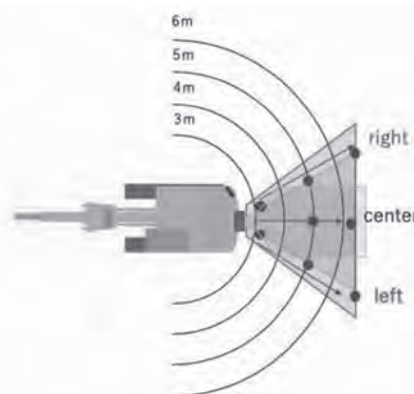
(a) 重機と人の接触事故防止

人工知能学会第 34 回全国大会で著者が発表した例として、建設機械による災害防止のための対人距離推定手法の研究がある⁴⁾。本取り組みでは、建設現場における建設機械と作業員の接触災害防止を目的とし、単眼カメラによる作業員の姿勢推定とそれを応用した距離推定を行っている。人物の矩形の底辺の中心座標、姿勢推定によって得られる足元の座標、姿勢推定によって得られる頭と腰の座標をもとに、足元の座標を推定し、二次元上の位置を幾何的に推定している。検出範囲は 10 m 以内を対象としている（図—8）。

過去の発表の際は、アルゴリズムの検討段階であったが、現在ではコンピュータの筐体設計や建設機械からの電力供給の仕組みの開発なども完了し、実現場での実証実験が行われている。

(b) 俯瞰カメラによる作業内容・危険行動監視

俯瞰カメラからの危険状態の把握や作業内容の推定を行った事例がある。俯瞰カメラで画像解析を行う際は、高解像度カメラを活用することで精度の向上が期



図—8 対人距離推定の実験位置概要（重機を上から見た図）



図—9 顔向き推定（よそ見検出）



図—10 階段での転倒防止・転倒検出

待できる。4Kや8Kの高解像度カメラを使う利点として、人物検出自体は低解像度に変換した状態で実行し、人物エリアに対し詳細な解析を行うというトップダウン型の解析の際に、作業員ごとのエリアを高解像度に解析できるため、姿勢推定などの精度が飛躍的に向上する。俯瞰で撮影した場合、大型機械も映像に収まるため、可能な解析の幅が広がることも利点として挙げられる。

高解像度カメラを用いることで、カメラ台数を減らし、位置関係のキャリブレーションの手間を省き、現場運用で毎回かかっていた手間も省略できる。また、台数が少ない分、メンテナンスの管理工数・コストも減少するという利点もある。

（c）他業界での実績の転用

製造業等での現場では、作業の可視化の事例が多数ある。顔向き推定やセグメンテーションなど複数の解析を組み合わせ、より具体的に作業の内容を判定することが可能である（図—9）。この技術を建設現場に転用することで、重機を見ていなかったり、何かの作業をしていて危険に気づいていなかったりする人を検知するシステムを構築することが可能である。また、階段での転倒防止・転倒検出の事例では、手すりを持っているかどうかを手と手すりの位置関係で解析し、予防のアラートを鳴らすシステムを構築しているが、足場や立ち馬上での不安全行動の検出に転用が可能である（図—10）。

5. 可視化技術のさらなる発展・可能性・将来像

現在、構想検討を進めている画像解析アプリケーション開発について以下に紹介する。

（1）安全管理の高度化

前節までに紹介したような画像解析アプリケーションが各建設現場に導入されることで、可視化される作業が増加していき、現場の状況をより正確に中央管理できるようになると期待される。画像解析技術は単に現在の危険性を抑制し業務効率化に資するだけでなく、多くの現場のデータを収集し中央管理できるようになることで、事故のデータの蓄積も行える。カメラ、画像解析システムを用いて事故のデータを記録することで、現在行われている報告書に基づく記録と比べて、作業前後の周囲の環境や被災した作業員の動きなどを詳細かつ正確に記録できるようになる。これらの記録を全国の現場から収集することで、危険性の高い動きや、勤務パターン、現場の特徴が可視化されることが期待される。このようなデータに基づき、事故対策を行うことで、安全管理の優先順位や投資効果がわかるようになる。このようなデータは各ステークホルダーにとって非常に有益なデータとなる。施主や建設事業者は効率的に事故を減らすことで、事故対策費用や事故発生時の費用の抑制を実現でき、また工期の遅延リスクを低減できる。また、民間保険事業者もこのようなデータに基づき、正確な事故リスクを把握することで、適切な保険料の算定や保険請求の確認作業を軽減できると期待される。公共セクターにとっても、建設現場での労災事故の発生状況の正確な把握を行うことで、適切な補助事業や労災保険の運用が行え、建設業に従事する労働者の労働環境改善に資することが出来る。

このような事故の解析には、事故発生状況を直接撮影しているカメラからの情報だけでなく、工事サイク

ルの情報や工期が遅れているといったようなデータも合わせて分析することで実現される。

(2) 人と機械が共存するための技術

建設業は、他の産業と比較して高齢化が進んでいる産業である。日本における 2020 年の建設業に従事する労働者の数は 492 万人であり、そのうち 84 万人が 65 歳以上である⁵⁾。このような環境を背景に、省力化が求められている。自動化技術は、危険な作業に従事する労働者を削減することができ、安全性の観点でも非常に有益である。一方で、土木工事の場合は地質により対応を変える必要があり、現場数も多くないため自動化は遅れると考えられる。また都市における建築の場合は、土地が狭く自動化のための装置が導入しづらい環境も存在する。工程によっても自動化しやすい作業とそうでない作業が存在する。このような環境では、一気に完全自動化に移行することは難しく、自動化された作業と人間が行う作業が混在すると考えられる。その際、従来の人間しかいなかった環境とは異なるため、場合によっては新たに危険な状況が発生することも考えられる。このような移行期を支える技術として、画像解析による安全管理はその効果を発揮すると期待される。人の動きを正確に捉え、自動化装置の安全のバックアップを行うことができるため、自動化装置の導入のハードルを下げることも可能である。

6. おわりに

今後、建設現場のデータ取得は進むと考えられる。その際に、単に映像を記録するだけでは、問題が発生した際の確認用という位置づけになってしまう。一方で、DX を推進するためにはデータを構造化し、必要な情報を必要な人に届ける技術が重要である。そのため、テキストデータからの情報抽出技術と画像解析による現場の動きの可視化が重要な役割を果たすと期待される。

JCMA

《参考文献》

- 1) 厚生労働省：平成 30 年における労働災害発生状況（確定），2019 年，<https://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzeneisei11/rousai-hassei/xls/18-kakutei.xls>
- 2) i-Construction 委員会：i-Construction ～建設現場の生産性革命～，2016 年
<https://www.mlit.go.jp/common/001137123.pdf>
- 3) Jacob Devlin et al. : BERT : Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding, 2018 年
- 4) 建設機械による災害防止のための対人距離推定手法の研究, 2020 年
- 5) 総務省：労働力調査 基本集計 年齢階級、産業別就業者数（2007 年～） - 第 12・13 回改定産業分類による，2021 年
<http://www.stat.go.jp/data/roudou/index.html>

〔筆者紹介〕

園田 亜斗夢（そのだ あとむ）
（株）Lightblue Technology
代表取締役社長



AIが建設機械を遠隔地から現場の カメラ画像を見て遠隔操縦

大津良司

建設機械の更なる自動化が求められている。現状の自動化技術では時々刻々と変化する現場環境に対応できない。

本稿では、現場設置のカメラで現場を撮像し、その画像をAIが見て建設機械や周囲状況を把握して建設機械を遠隔操縦するAIを開発したのでそのシステムについて報告する。このAIは建設機械にコンピュータや高度なセンサを搭載する必要は無く、AIが無人化施工オペレータのように画像を見て既存の建設機械を操縦する汎用性と低コストを兼ね備えた技術である。屋外でもトンネル内のような閉空間でも使える。また、日本全国各地でパソコン画面から現場管理や、マウスで現場画面上に走行ルートを設定することができる。そのため、様々な人に就業機会を提供できる。

キーワード：自動化、AI、遠隔操縦、三次元位置認識、画像認識、5G、SDGs、コロナ対策

1. はじめに

建設業就業者の高齢化と若年層入職者減少による労働人口減少が避けられない。また、建設業は製造業と比べた生産性の低さも課題である。

そのため、機械化や自動化を進めることは建設業で広く求められている。ロボットやAIで作業を代替することにより、人が行う作業量を減らし労働人口減少に対応するばかりでなく、完全自動化できない作業についても、機械が行う作業を人が遠隔地から支援することで、安全で快適な作業環境で離職の防止と新規採用促進を図ることができる。

しかしながら、建設工事は複雑で作業進捗と共に作業内容が変化するため作業者の技術力と経験に基づいた判断と機械操作のスキルが必要な高度な作業であり、自動車自動運転や自律走行ロボットにならった建設機械にコンピュータやセンサを搭載してAIが制御して自律的に動かそうとする現在の技術力では限られた作業以外の自動化が進んでいない状況である。

筆者らは長年無人化施工・情報化施工に携わるとともに高速道路上で走行する自動車の位置及び速度を300m手前からステレオカメラを使い検出するAIカメラセンサや物体認識及び自律走行ロボットの開発を行ってきた。

これら技術を使い、無人化施工で使われている現場の俯瞰カメラ画像をAIが見て、建設機械を物体認識

と三次元位置認識をするとともに周囲環境を把握して遠隔からAIが建設機械を遠隔地からオペレータに代わりラジコン操縦する技術を開発した。

また、人が遠隔地からパソコン画面に表示されている現場映像にマウスでルートをクリックしていくだけで建設機械の走行ルートを設定できるようになった。

2. 走行の自動化の課題

(1) 建設工事環境の課題

本稿では建設工事の自動化の中で走行の自動化について述べていく。

建設機械の自動化は長年研究開発が進められているが、製造業のロボット化や自動化と比べ現状できる作業が限定的である。

製造業において自動化が進んでいる理由は次の3点にある。①製造するものは大量生産であり、同じものを繰り返し作る。そのためロボットが行う作業も同じ動作の繰り返しである。②ロボットは固定され部品や半製品がロボットの前に運ばれている。③ロボットが作業しやすい設計をしている。

一方、建設工事は①現場毎に作業環境が異なり行う作業に経験と判断が必要となる ②同じような作業であっても状況に変化がある ③機械は作業場所に自ら移動する必要がある ④作業場所が移動する ⑤製造業で使用する産業用ロボットは基礎に固定されてい

るため、回転動作やアームを伸ばすときに0点が決まっている。そのため、0点からどれだけ回転するか、アームを伸ばすかなどが明確である。また、あらかじめ伸ばしたアームの先に対象物が運ばれて来るためロボットと対象物の距離と位置が一定である。一方、建設工事では機械が移動するため固定の0点を作れない。そのため、例えばバックホウでの掘削作業であれば、掘削場所とバックホウとの三次元での位置関係をバックホウが推定する必要がある。さらに、旋回やバケットの移動も三次元で制御する必要がある。それも、現場が不整地であり、凹凸や傾きがあることが多いため走行制御は難しい。

(2) 自律走行技術の技術と課題

(a) 実用化されている自動走行技術の利用検討

(1) 節で述べたように建設機械の走行を自動化するためには様々な課題がある。そこで、既に実用化されている車両の自動走行技術の利用を検討した。

車両の自動走行は自動車の自動運転技術及び自律走行ロボット技術がある。これら技術のいずれも車両が移動する、もしくは作業をするためには自らの現在の位置と周囲の状況を知る必要がある。なお、自律走行ロボットとは、ロボット自体にコンピュータやセンサを搭載し周囲を計測して、相対的な自己位置推定と周囲環境の把握を行った上で、ロボット自らが判断をして走行や作業を行うロボットである。工場や倉庫の搬送に使われる床にラインやマークを張り付けそれをトレースしながら走る軌道走行ロボットは自律走行ロボットとは呼ばない。

自己位置を推定する方法には、外部からの位置情報データを使う方法と、作業車両に搭載したセンサにより車両自らが周囲の状況を計測し、周囲情報から自己位置を推定する方法がある。

(b) 外部情報を使った自己位置推定方法

① GNSS システムについて

GPS (Global Positioning System) に代表されるGNSS¹⁾ (Global Navigation Satellite System 全球測位衛星システム) は既に建設機械の自己位置の計測に幅広く利用されている。

自動運転車両の場合はGNSSからの位置情報を受信し、事前に作成された細密な三次元地図データと照合することで自己位置を推定することができる。これに路白線認識と周囲車両の位置認識を行うセンサを組み合わせることで自動車やロボットは自動運転・走行ができる。加えて、補正やGNSSデータが取得できないトンネル内走行のため車輪回転数から走行距離を

導いている。

② GNSS の課題

今やスマートフォンにも搭載され汎用的な技術になっているGNSSにも建設機械の自動化に使用する上で課題がある。

まず、単独測定では衛星の位置誤差、対流圏や電離層通過による伝搬遅延、マルチパスなどでGPSの場合には10 m程度の誤差が生じる。

また、衛星が4つ以上測定できない場所では自己位置を特定できない。そのため、トンネル内や建物内の他、山間部、土工で掘削が進むなど上空が45度程度開放されていなければ自己位置が推定できない、もしくは大きな誤差が生じる。建物内などで使えるローカルGPSもあるが移動体の位置推定に使える高い位置精度が出せない。

そのため、車両の自己位置推定には搭載したGNSS受信機単独では生じる誤差を少なくし測位精度を高める追加のシステムが必要となる。その1つが相対測位である。これは基準局を使う方法で手法は複数ある。

もう1つが、車両に慣性測定装置を搭載し三次元姿勢を測定することで位置精度を高める方法である。

(c) 車両搭載センサを使った自己位置推定方法

① SLAM について

SLAM (Simultaneous Localization And Mapping) は自動運転や自律走行ロボットで自己位置推定に広く使われている技術である。

SLAMは、Simultaneous (同時に) Localization (自己位置推定) and Mapping (地図作成) とあるように、自動車やロボットに搭載したセンサを使い車両に搭載したセンサから測定した周囲の建物、屋内であれば壁や柱の形状を記録する。車両が走行しながら周囲を測定することで徐々に地図ができあがる。この方式は自らが地図を作成していくため、事前に作成した地図が無くても自動車などは自ら測定し作成した地図によって周囲との相対的な位置関係を認識して走行することができる。この時に次の代表的なセンサが用いられている。

1) LiDAR (レーザスキャナ) SLAM

a) 2次元スキャナ レーザを回転体に載せ左右に動かし水平に照射して平面の地図を作成するセンサ平面しか測定できないため照射した対象物の上下がどのような形状になっているか測定できない。

b) 3次元スキャナ 2次元スキャナの欠点を改良した上下左右にレーザを照射することで三次元の面で測定することができる。

c) 計測距離は数mのものから100m程度の装置が

ある。そのため広い場所では使えないことも多い。また、光を使うため、屋外では太陽光で減衰するため測定できる距離は短くなる。また、雨、霧、雪にレーザー光が吸収される、黒い物体には光が吸収され反射しない。などの使用上の制限がある。

さらに、レーザーの反射をセンシングする点群データであり、このスキャナだけでは物体認識はできず、何らかのものが自己から何 m にあるという認識しかできない。

強いレーザー光は人の目に侵襲性があるため取り扱いには注意が必要である。

d) 測定は周囲 120 度程度から 360 度まで測定できる装置があり、一度に周囲広い範囲の測定が一度に行える。

2) カメラを使った Visual SLAM

単眼カメラもしくは複数のカメラを使い、走行前方もしくは周囲を撮像し、そのデータをもとに周囲の物体の特徴点を検出する。特徴点の抽出だけでそれが何であるかの物体認識はできない。1つのカメラを使った装置の場合、画角が狭く見えている範囲が狭いため、進行方向だけしか把握できない。

3) TOF (Time Of Flight) センサ

赤外線を照射し、物体に当たり反射してセンサに戻って来るまでの時間を測り物体までの距離を測定する距離センサである。LiDAR がレーザー光を照射させるが、TOF センサは赤外線を使い照射し反射でその光が戻ってくる時間を測定する。測定可能距離は数 m と短い。

本センサも物体は認識できない。

4) SLAM の課題

センサでの測定では走行させたいルートを決めることができない。SLAM を使う場合、最初に人がその移動体搭乗するか手動で走行させたい実際のルートを走らせながら 3) 項のセンサを使い周囲環境を測定し地図を作っていく必要がある。2 度目以降移動体はセンサを使い測定して最初に作った地図と今作った地図の周囲状況を合致させて今どこにいるのか自己位置を確定する。その後、移動しながら測定を続け新たな地図を追加させ時々刻々と最初の地図の相似性を確認し、車輪のスリップなど走行によって生じたズレを絶えず補正しながら進んで行く。

SLAM は例えば柱やビルの角などの特徴点を照合しているため

a) 連続して壁が続くような特徴が無い場所では特徴点を見つけられず走行できない

b) 工事が進捗し周囲状況が変化すると最初の作っ

た地図と照合できず走行できない

c) 屋内外の広いエリアでセンサが照射したレーザーや赤外線が反射して戻ってこれずセンシングできないため走行できない

d) 2 度目以降の走行時に不整地でセンシングした場所がずれたりや移動体が振動してしまうと測定した結果が最初の地図と異なる地図を作ってしまう最初に測定した特徴点を見つけられない場合は走行できない

②カメラ

カメラは1つのカメラ（単眼カメラ）では撮像した映像を画像処理すると平面でしか認識できない。そのため、物体認識としては使用できるが、その物体までの距離は測定できないため距離センサとしては使えない。

そこで、ステレオカメラを使い立体視することで対象物までの距離測定を行っている。

自動運転で使われるステレオカメラシステムの多くは前方数十 m 以内の車両の有無の認識、前方車両との距離認識、道路白線認識を行っている。このシステムでは道路の凹凸や傾斜は認識できない。

また、単眼カメラもステレオカメラも画角が 45 度から 90 度程度と人が両目で見る視野の 120 度程度に比べ狭く、進行方向の狭い範囲だけしか測定できない。そのため、周囲の状況が十分把握できず最適なルートの検索や走行時の周囲への安全確認などに課題がある。

周囲を広く一度に見るには魚眼レンズのように 360 度撮像できるものもあるが、ひずみが大きく中心付近では物体は大きく見えていても、同じ大きさの物体は円周寄りでは小さく歪んで見える。そのため、画面全体の距離認識や物体認識をそのままの画像ではできず、車両に搭載して実用的に走行に使うのは難しい。

3. 建設機械のラジコン操縦 AI の開発

(1) 建設機械の自律化開発からの発想の転換

2 章で評価をした実用化されている自動運転システムや自律走行システムの技術は建設作業で使うには課題があることが分かった。まとめると①事前に作成した地図が必要である ② GNSS は 4 つ以上の衛星からの電波が受信できる場所であること ③ GNSS を使う場合は位置精度を上げる他のシステムが必要 ④ SLAM は遮るものが無い開放空間では使えない ⑤ 時々刻々と状況が変わる場所では SLAM は使えない ⑥ カメラは画面が狭く測定できる範囲が狭く走行性や安全性に課題がある ⑦ 建設機械にコンピュータやセ

ンサを搭載するのは振動や熱の発生から故障の危険性が高い ⑧高額の自動化装置を各建設機械に搭載することはコストアップになってしまう など多くの課題があり、建設現場で高度な自動化作業を行うには新たなシステムが必要と判明した。

そこで、筆者らは建設機械に様々な装置を付け、建設機械自体が判断してオペレータが搭乗操縦できると同様の精度で自律的に走行できるようにする開発をしなければならないという既成概念を捨て、無人化施工で利用されているカメラ画像をオペレータが見て建設機械を操縦するのと同じように AI がカメラ画像を見て建設機械をラジコン操縦するシステムを開発した。

(2) 自動化できる建設機械

建設機械はラジコン操縦対応建設機械もしくは既存建設機械に遠隔操作用に油圧制御装置を追加する。これまでもバックホウ、ミニショベル、ダンプトラック、クローラダンプ、ブルドーザー、振動ローラー他がラジコン操縦建設機械に改造されているため、新規の開発は必要なく油圧制御装置と無線操縦装置を追加するだけである。

(3) システム構成

図一1に示すように、建設機械の操縦はパソコンで行う。パソコンには「ラジコン建設機械操縦 AI ソフトウェア」がインストールされている。また、現場に設置されたカメラから伝送された画像を同じパソコンに USB 接続で取り込む。

画像を撮像するカメラは IP カメラやネット会議で使う web カメラでよく、特別な専用カメラを準備する必要は無い。つまり、一般的な単眼カメラだけを準備するだけで良い。

さらに、パソコンは建設機械の無線操縦装置も接続する。

これによって、画像の入力、入力された画像の認識、



図一1 AIによる遠隔地からの建設機械操縦システム構成図

制御の判断、建設機械の操縦用データ出力が行えるようになる。

(4) 作業環境変革による若年層就業者増加並びにSDGs及びCOVID-19対応

AI搭載パソコンは、従来の無人化施工同様に操縦用の電波が届く範囲の離れた場所に設置することもできるが、中継装置を使い遠隔地に設置することもできる。5Gを使えば画像伝送や制御信号の遅延を考慮する必要が無く遠隔地からリモート制御ができるようになる。

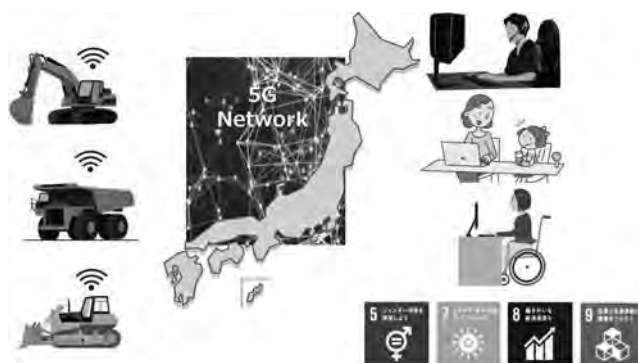
建設業は就業者の高齢化が著しい上、若年層の就業者が少なく逆ピラミッド型の年齢別就業者数になっている。

図一2に示すように、遠隔地から安全で快適な環境でAIを使いながら建設機械を操縦できるようになることは先端的な業務になり若年層に注目させるようになる。また、離れた場所から作業ができることは全国どこからでも作業をすることができ、地方の雇用創出、女性の進出、体が不自由な人々の雇用創出と建設業の発展を同時に叶えることができる。

また、建設機械に消費電力が大きい高性能なコンピュータやセンサを搭載する必要がなくなることによって建設機械の発電によるエンジン負荷が減り消費する燃料も減らすことができる。これは、SDGsの「5. ジェンダー平等を実現しよう」「7. エネルギーをみんなにそしてクリーンに」「8. はたらくがいの経済成長も」及び「9. 産業と技術革新の基盤を作ろう」を実現するものである。さらに、リモート作業で密にならず職場への出勤も減少させるためCOVID-19の感染拡大対策にもなる。

(5) AIの物体認識および三次元位置認識

AIは一般的な単眼カメラの画像から物体認識と建設機械など体操物の三次元位置認識を行うことができ



図一2 快適な遠隔地から様々な人が作業を行える

る。

単眼カメラから取得した画像は二次元平面であり奥行は認識できない。筆者らは次の手法により単眼カメラ画像から三次元位置認識を認識できるアルゴリズムを開発した。

①建設機械に取り付けたマーカの読み取り

写真—1に示すように、4方向がわかるマーカによって、AIはマーカを読み取った時に建設機械の前後左右を理解する。また、画像の中のマーカの大きさによってカメラからの相対位置を認識する。

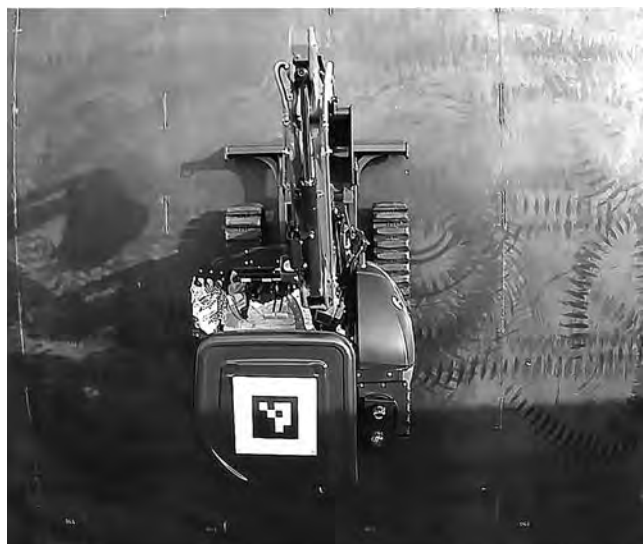
この時、マーカの傾きによりどの方向にどのように傾いているのかもAIは理解をしている。

なお、マーカを用いず建設機械の形状の特徴から建設機械の位置と傾きを三次元認識するアルゴリズムもある。

カメラを使ったマーカもしくは特徴点検出により、AIは空間上の建設機械の三次元位置認識をすることで、広い屋外環境においても施工中の建築の屋内環境においても建設機械や周囲状況を把握することができる。

つまり、GNSSにおける付帯システムが不要になり、かつ衛星電波が受信できない環境でも建設機械の操縦を行うことができる。

SLAMを使う自律走行では周囲環境が変化するとマップのマッチングができず自律走行ができなくなるが、本システムは事前の周囲環境の測定は不要であるとともに、周囲を測定しながら走行させる必要は無いため環境の変化に走行は左右させないため、時々刻々と変化する環境においても建設機械を自動で走行させることができる。



写真—1 マーカによる位置及び方向の認識

(6) 走行ルートの設定

①既知の物体の自動ルート設定と搬送

あらかじめ設定した物体の場合、AIはその物体の前後左右を認識して、搬送ロボットがどの方向から対象物に潜り込み搬送するか判断する。次に対象物を把持して指定場所に最適ルートで搬送する。対象物が複数ある場合は搬送作業を繰り返す。

その時、どの対象物から搬送を開始しなければ後になって搬送できないものが出現するかAIは判断をして、搬送する順序を決め搬送をする。

②人による遠隔からの移動ルート設定

既に述べたようにSLAMを使う自律走行では事前に車両を手動操作して実際の現場でルートを指示していく。

一方、図—3に示すように本システムでは、パソコンの画面に表示された現場のカメラ画像にマウスを使いルートを設定することができる。そのため、遠隔地から数秒でルートが設定できる。

パソコンに映っている画像は二次画像である。斜めから撮影されている画像を人は奥行きがあるように感じるが実際は二次元平面でしかない。その平面上に走行ルートを設定するのは人は奥行きのある画面の手前や奥に位置指定をしたつもりでも実際は画面の前後左右に指定しているだけである。それをAIが三次元位置変換を行い、実際に車両が走行する時は現実の現場の三次元で走行することができる。



図—3 パソコンから建設機械の走行ルートを設定

4. 実証実験

(1) 準備

大和機工(株)(愛知県大府市)と実証実験を行った。建設機械は写真—2に示す日立建機のミニショベルZX30を無線操縦仕様に改造して使った。

ミニショベルの電磁弁工事と制御装置及びラジコン操縦装置は大和機工(株)が準備した。カメラは地上から約10mの高さの工場の庇部分に取り付けた。ラジコン操縦装置とパソコンはRS485で接続した。カメラ

は web 会議用カメラでパソコンとは USB 接続した。

本実験ではミニショベルキャビン屋根にマーカーを取り付け、カメラでマーカーを撮像し、パソコンにインストールした AI が画像認識して、ミニショベルの位置と方法を認識するようにした。

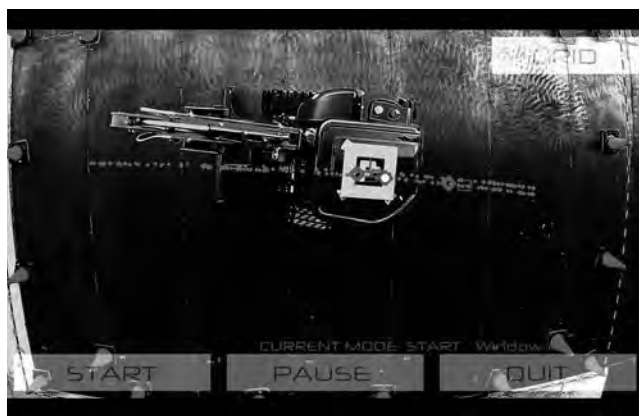
その上で、パソコンからマウスでミニショベルの走行ルートを指示すると、指令がラジコン操縦装置に送られ、ラジコン操縦装置がミニショベルを遠隔操縦するソフトウェアを開発した。

(2) 実験

2020 年 10 月に大和機工常滑工場で実証実験を行った。写真—2 のパソコンの画面を見ながらマウスでルートを設定すると、写真—3 に示すようにミニショベルはほぼ誤差なく指定ルートを走行した。



写真—2 使用した建設機械と操作システム



写真—3 マウスで指定したルートを走行した軌跡

5. 考察

本開発の目的である建設機械の自動走行には課題のある既存自動運転技術や自律走行技術に代わる新たな技術を実験を元を開発をした。

AI が現場でカメラ画像だけで建設機械を制御できるか懸念はあったが、実証実験の結果高い走行精度で制御ができることが分かった。

建設機械にはコンピュータやセンサを搭載していないため、コストメリットの他、精密機器の故障の心配が無く、建設機械を高度なロボット化するのに比べ実用性が高いことも優位性があると考ええる。

さらに、5G の普及により、全国どこからでもリモートでかつリアルタイムで作業監視や走行指示ができるため、全国の若年層、女性、障害者などに魅力ある仕事を提供できる。これにより、建設業界として SDGs²⁾ への取り組み推進が行える。

また、リモートワークによる COVID-19 対策になることも挙げられる。

なお、本稿では自動走行について検討を行ってきた。自動作業に関しては別の機会に述べたいと考える。

6. 今後自動走行の開発

作業現場は広くかつ不整地であることも多い。そのため、カメラを使って離れた建設機械を三次元認識する技術と地面の凹凸や傾きを測定する新たな開発を行っている。

また、カメラだけにこだわることなく建設機械に慣性計測装置 (IMU: Inertial Measurement Unit) を取り付け、姿勢測定を行うことで精度と安全性を高めていく。

また、トンネル内など暗い場所、粉塵が多い場所では可視光カメラではマーカーを認識できない。筆者らは経済産業省のプロジェクトで数 cm 先が見えない粉塵が立ち込める閉空間内でロボットを見つけ、その姿勢を認識する技術開発を完成させている³⁾。この技術も使いながら認識精度を高めていく。

JICMA

《参考文献》

- 1) 国土地理院 https://www.gsi.go.jp/denshi/denshi_aboutGNSS.html
- 2) 国土交通省の SDGs の取り組み <https://www.sdg-s.jp/column/tag/%e5%9b%bd%e5%9c%9f%e4%ba%a4%e9%80%9a%e7%9c%81/>
- 3) 経済産業省 石油プラント危険作業代替ロボット組込ソフトウェアに係わる開発 経済産業省 11-62 2011 年 9 月

〔筆者紹介〕

大津 良司 (おおつ りょうじ)
知能技術(株)
代表取締役





最新デジタル技術を活用した 現場 DX 実践事例

本 堂 直 浩

AI, IoT, ウェアラブルデバイスなど、最新デジタル技術を活用した現場 DX 実践事例についていくつか紹介する。近年、デジタル技術・デバイスの進化により安価で高性能なデジタル技術が出現し、これにより現場への適用が急速に進んでいる。現場には多くの社会課題が依然として存在し、デジタル技術を活用しこれらの解決が成し遂げられている。本稿では、現場作業員の安全を確保するための仕組み、AIを活用したヒトと重機の共存の仕組み、RFIDを活用した現場省力化の仕組み、スマートフォンを活用した現場省力化の仕組みを紹介し、現場 DX 実現に向けたヒントを紹介したい。

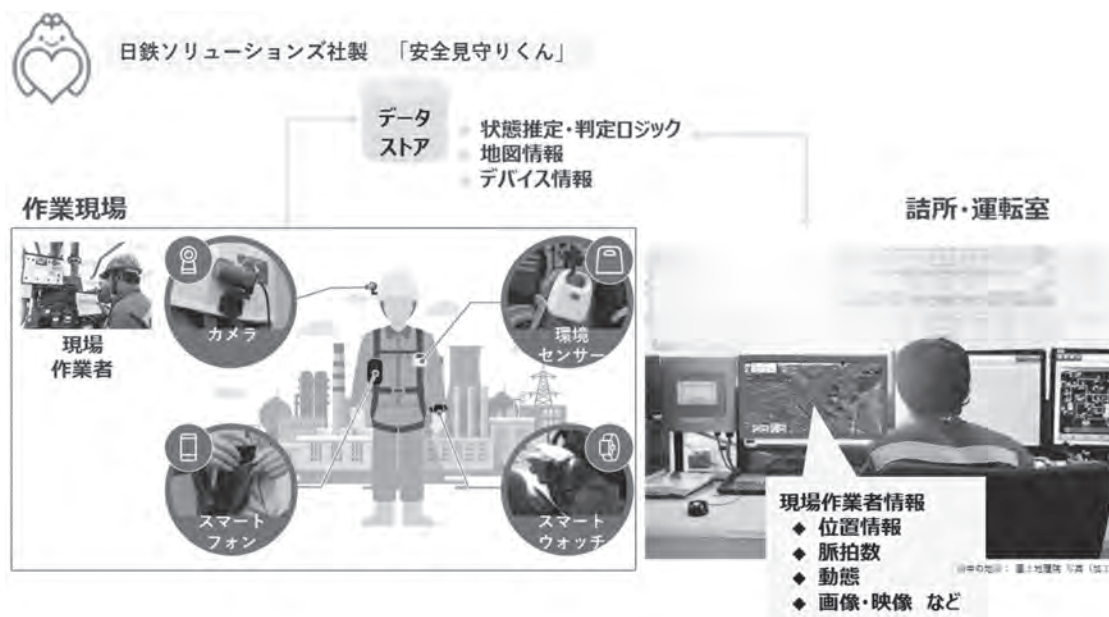
キーワード：現場 DX, AI, IoT, RFID, ウェアラブルデバイス, 現場安全管理

1. はじめに

ここでは最新デジタル技術を活用した現場 DX 実践事例をいくつか紹介したい。現場 DX とはデジタル技術とそこから得られたデータを活用し、建築・土木・製造現場等での仕事のやり方の変革や新たなサービス開発等で企業の競争優位性とサステナビリティを確立することである。その具体的な目的は、効率化・省人化・高度化を目的とした業務プロセス改革、新ビジネス展開、現場安全性向上、ベテランから若手への技能伝承、ニューノーマル対応など多岐にわたっている。

急速なデジタル技術を背景に、オフィスワークの DX は確実に進行しており、現場 DX も改革に成功した事例が増えてきている。現場 DX で活用されるデジタル技術とは、AI/ML（人工知能、機械学習）、IoT（モノのインターネット）、スマートフォンやスマートウォッチなどのスマートデバイスやクラウドコンピューティングであり、性能向上・価格低下により現場導入が進んでいる。

以降でいくつかの実践事例を紹介するので、読者各位の現場 DX 推進のヒントになれば幸いである。



図—1 安全見守りソリューション概要

2. ウェアラブルデバイスを活用した「安全見守りソリューション」

まずはじめに安全見守りソリューションを紹介する(図-1)。建築・土木・製造現場では、以前より仕組みによる安全対策や安全教育が進んでいるものの、不安全行動を起点とした労災がまだまだ発生している。そこで労災撲滅を目標として開発・導入が進んでいるのがスマートデバイスを活用した本システムである。現場作業員はスマートフォンやスマートウォッチ、ウェアラブルカメラを装着し、そこから得られる情報(加速度、位置、心拍数、映像など)から、コンピュータが現場作業員の状態を推定し、異常状態を検知した場合に、いち早く管理者や周りの現場作業員に通知するものである。これにより、転倒・転落など異常時に迅速な対応が取れることや、振り返り機能による再発防止、ヒヤリハット機能による未然防止を図ることが可能である。

また、作業員が装着したウェアラブルカメラの映像を遠隔の管理者が確認し、的確な作業指示を行うことで作業の効率化や正確性が向上する。また夏季の屋外作業時に現場作業員の心拍や周囲のWBGTを測定することで、適切なタイミングで休憩を促すことで熱中症の予防を図る。

協力会社等の作業員が多く入構する現場では、誰が、いつ入構し、どこに居て、いつ出構したかを正確に把握することが必要であるが、安全見守りや入構管理システムとの連携により、確実な管理が可能となる。また、スマートフォンを活用したコミュニケーション機能を活用することで、音声だけではなく映像を使った作業員間の連携を図ることができ、コロナ対策として三密を回避するためのリモート指示が可能となる。

本システムはすでに多くの現場に導入が進み、効果が出ている。現場に入る際にヘルメットを着用することが常識であることのように、今後はデジタル技術による安全見守りも広く普及していくことが望まれる。

3. AIを活用した「ヒト・重機の侵入検知ソリューション」

次に紹介するのが、AIによる画像認識技術を活用した「ヒト・重機の侵入検知ソリューション」である(図-2)。現場ではヒトと重機やトラックが混在し作業を行うことがあり、接触事故の原因となっている。この課題対応として、AI画像認識技術を用いて、ある決められた領域にヒトと重機・トラック等が「両方」検知された場合「のみ」アラートを出す仕組みが開発されている。現場には様々な仕様の重機・トラックが出入りするが、AIは適切に用意された画像を事前に学習することで、様々な色・形を持つ重機・トラックを的確に認識することが可能となっている。

4. RFIDによる「現品管理ソリューション」

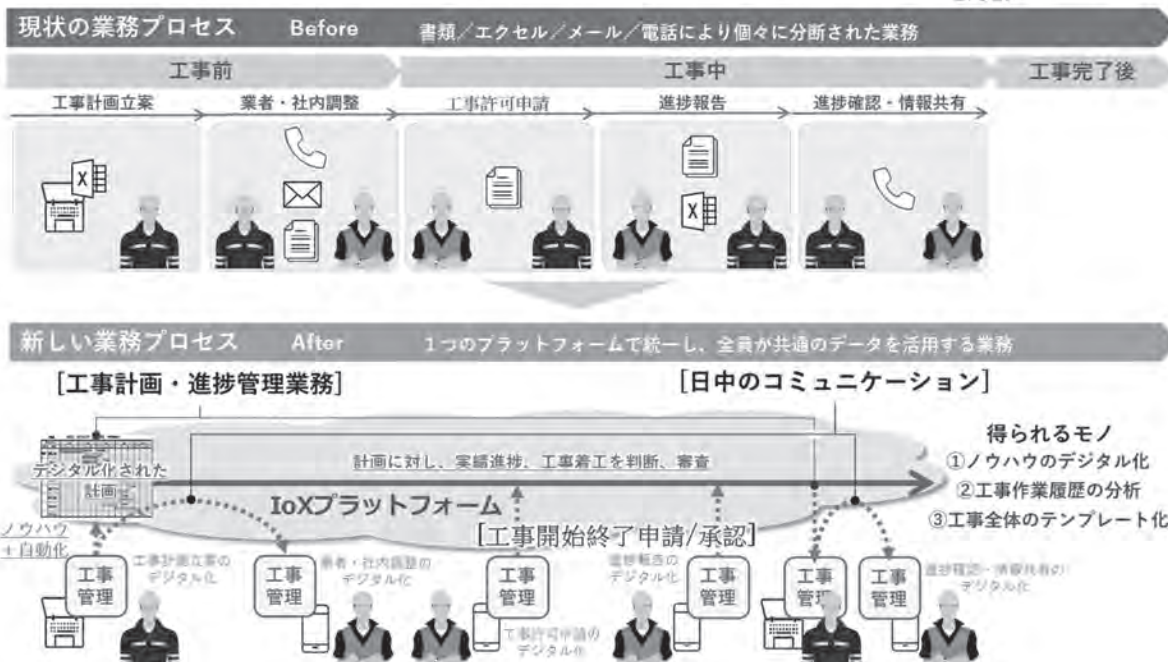
現場では、資材搬入され現場在庫として保管される。搬入時には作業員により現品確認がおこなわれ、また利用時にはその特定の在庫を探し出す必要があり、在庫数が多い場合には作業員の負担となっている。これら在庫管理を容易にするための手段として、RFID(Radio Frequency IDentification: 電波を用い非接触にてRFタグ内に書き込まれたデータを読み取る仕組み)を用いた本システムが用いられている。RFタグを在庫に添付すれば、搬入時はハンディリーダーによって離れたところから数・品番を確認、在庫



図-2 ヒト・重機の侵入検知ソリューション概要

工事管理のためのソリューション

個々に分断された業務を、全員が共通のデータを活用する業務へ



図ー3 工事管理のためのソリューション概要

探索時にはハンディリーダーをかざすことにより似たような在庫が置かれている場合にも正確に探し出すことが可能である。

また、複数の協力会社により構成される現場では、作業エリアに立ち入る作業員の入構・出構管理が必要であり、多くの現場では点呼や札によって管理されている。この対応として、入出構ゲートに据え置き型のリーダーを設置し、ヘルメットに添付したRFタグを読み取ることで、入出構を正確にモニタリング可能である。

5. タブレット・スマートフォンを用いた「工事管理のためのソリューション」

現場工事を実施する際には、工事前準備として工事計画立案と協力会社との調整、工事開始後は日々の工事承認、進捗確認や様々な問い合わせ対応が発生する。現状では、これら作業をメールや電話で行っているところが多く、また工事のエリア、種別ごとに計画・実績が管理されていることもあり、業務効率性・一覧性は高くない。これら課題に対する対応として、本システムは工事計画・実績・各種データをデジタルプラットフォーム上に記録し、PC・タブレット・スマートフォンなどを活用し関係者がアクセスし、計画立案・調整、承認、進捗報告を行うことで、一つのデータに基づい

て業務を行うことで効率化を実現する。また、関係者間のコミュニケーションは、スマートフォンを活用し、複数メンバーでの同時通話、静止画・動画の送信、資料の閲覧などを行うことで効率化している(図ー3)。

6. おわりに

現場DXの実践事例としていくつか紹介したが、現場業務の改革可能な領域はまだ幅広く存在し、かつ、現場活用可能なデジタル技術も日々進歩している。現場DXは単にDXソリューションを導入すれば実現できるものではなく、業務プロセス改革とセットで行うことで初めて効果を得ることができる。IT人材リソースネックにより導入スピードが進まない背景もあり、多くの会社はDX実現を標榜するITパートナーと一緒に進めている事例が多い。読者の皆様も現場DX実現に向け経験豊かなITパートナーと一緒に進めることをご検討いただきたい。

JCMA

【筆者紹介】

本堂 直浩 (ほんどう なおひろ)
日鉄ソリューションズ㈱
IoXソリューション事業推進部
専門部長



ずいそう

建設機械との邂逅

岡 本 直 樹

最近、建機ファンという種族が増殖しているようで、定期的なムック本や単行本が幾つも出版されている。彼等は、子供の頃から近くで動く建機を見ていて好きになったようだ。しかし、私の子供の頃の建設機械の記憶は、市営球場の傍らにいつも置いてあった古い錆くれたグレーダとマカダムローラだけで、カッコいいものではなかった。そんな世代なので、建設機械などは興味の対象外であった。山間僻地に生息していた重機を見ることはなかったが、映像では、町内の子供向け映写会でロックフィルダム工事の記録映画を観たとき、重ダンプの煙突と黒い排煙が強烈な印象として残っている。恐らく御母衣ダム工事であったのだろう。

土木を専攻した学生時代になっても、近くに居たはずの建機の記憶はない。しかし、建設機械の授業があり、戦前にブルドーザをダム工事に初導入した満州の豊満ダム工事の元主任技師の話は興味深かった。そして、偶然が重なり、機械施工に携わることとなった。

淡路島で操機実習があり、966 (CAT) での積み込みや重ダンプ (WABCO) の運転、RH6 (日鋼 O&K) で法切り等を行い、寒風下での押土訓練では D7 の冷たいシートが痔を初経験させてくれた。また、島内の土砂採取場では、超大型ローダのミシガンを見上げて、CAT 992 より大きなその偉容に畏怖の念さえ覚えた。その後、各地の現場を経験するが、当時はまだ様々なメーカーの輸入機械を目にする機会があり、国産建機メーカーも多種多様であった。会社も様々な機種やアタッチメントを保有していて、割と短期間でそれらの多くを使う機会に恵まれ、経験を積めた。時代はケーブル式から油圧式への過渡期で、ケーブル式のショベルやスクレーパがまだ多かった。そんな頃、仙台の丸善で協会の「建設機械化の 20 年」を入手、戦後の機械化と輸入建機の流れを知り、使っている建機や巷で見かける建機の背景を知ることができた。

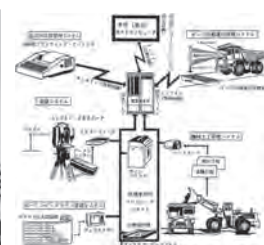
昭和 50 年に新北上川大橋の取付道の法切工事を行ったが、35 年後の東日本大震災では大川小学校の避難先として悲劇の舞台となってしまった。また、1978 年 / S53 の宮城県沖地震では、仙台北部での造成工事中に立ちくらみがしたので、地面にしゃがんだが良くならない。地面を見ると揺れていて、周囲を見

渡すとモータスクレーパが皆止まっている。ところが 1 台だけ走っている奴がいたので、止めて地震を知らせると新社員だった。翌日に支店へ向かったパイパスはズタズタで、幾つかのビルが倒壊していた。

同年の新機軸の D10 の登場は衝撃的だったが、翌年からその掘削能力測定を弾性波測定と共に各地で行った。また、70 年代後半からマイクロプロセッサの普及により建設機械もメカトロ化が進行している。そして、79 年 / S54 に PC8001 が発売されると、作業量計算や LP 土量配分計画等をプログラミングした。その後、パソコンはどんどん進化した。施工計画や管理になくてはならないものになって行く。翌年、国鉄の福知山線 / 名塩トンネル群の NATM 試験工事を見学、レール工法からタイヤ工法への転換が、機械土工からの参入を予感させた。



豊満ダムのブルドーザ

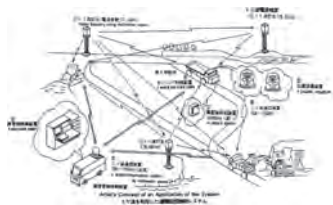


寒河江ダムのシステム

寒河江ダム工事は、自動運行管理システムやタキオメータと 3 次元地形処理システムを導入して、コンピュータ統合管理の先駆であったが、建機でも 1981 年 / S56 に 10 m³ ローダ (992C) と 77 t ダンプ (777) を初導入して新時代が始まる。

同年、米国各地を巡って、フィルダム、高速道路、宅造、鉱山、パイプライン敷設等の超大型建機等による大型工事を 1 ヶ月かけて視察し、そのスケールと迫力に圧倒された。そして、1982 年 / S57 には見積調査のためマレーシアに出張し、2500 万 m³ / 64 km の高速道路工事に 250 台の機械の投入を計画して、翌年から施工に従事した。帰国後の NATM トンネル工事では、国内で初めて ATLAS のジャンボを導入した。1988 年 / S63 になると「第 5 回国際建設ロボットシンポジウム」が東京で開催され、ロボテック研究所の

研究構想を発表する。建設ロボットブームも到来した。また、筑波大学の油田信一教授が主催する「屋外移動ロボット研究会」に参加し、各地の研究所や大学の研究室等を訪問して知見を深めることができた。それからロボテック研究所では、ミリ波電波灯台方式の無人走行システムの開発に5年間従事し、1993年2月／H5に実証試験を行った。建設機械へのRTK-GPSが実用化される前の話である。また、この頃からグラフィックワークステーションに地形用3D-CADを載せ、土工計画に利用して今日のCIMを先取りしていた。



ミリ波電波灯台方式の無人走行システムと管制車内



3D-CADによる土工計画



関空I期の135tDT

その頃、重ダンプは更に大型化し、1989年／H1からの関空I期土取山に導入された135tダンプが、国内の土木工事で使われた最大で最後となる。



山口貯水池堤体敷の軌道網



雲仙普賢岳無人化施工

そして、山口貯水池（狭山湖）の堤体強化工事の施工計画調査のために現地を訪れたとき、住民説明用の大型パネルに建設当時の写真が多数展示されていて、蒸気式建設機械や堤体敷に張巡らされた軌道網に驚いた覚えがある。これが戦前の機械化施工に興味を持つ切掛となった。

1994年／H6の雲仙普賢岳無人化施工の試験工事では、技術提案から試験施工にも従事した。その後も各地の災害現場を訪れ、復旧工事を計画した。また、海外工事の見積や施工計画支援にも数多く携わり、東南アジア各地へ出張した。ウズベキスタンでは旧ソ連の建設機械事情も垣間見ることができた。また、この頃に早稲田大学の長谷川幸雄教授のWASCOR-IFコロシアムにも参加し、ロボット関係の見聞を広めた。



MINExpo2000

MINExpo2000では、超大型化しているマイニング建機を観て360tダンプ等に圧倒され、その後も続けて訪れることになる。このときの報告は、翌年の「建設の機械化」誌に転載した。また、米国の建設機械の書籍をこのとき数冊購入して、海外の建設機械事情を知り、海外文献収集の端緒となる。その後、神保町で加藤三重次氏の「建設機械化史」を偶然入手して、日本の建設機械化史の詳細も判明し、後に「機械土工のあゆみ」を記す際の参考にした。そして、2008年／H20の「建設の施工企画」新年号では、各種建設機械の海外での誕生の歴史を我が国で初めて紹介することができた。

こんな経緯で、成り行き任せで好きなことをやってきたが、機械施工に携わった者の務めとして、建設機械の記録を整理して残すことにし、建設機械の開発史と機械施工史の両面から辿り、小さなライフワークとすることにした。

建設機械施工はかつて先端技術であったが、重要度が後退し、学校教育でも建設機械の授業がなくなり、高専の講師をしたこともあるが、土木科の存続自体も怪しくなっている。しかし、情報化施工やi-Constructionにより、再び建設機械がフロントランナとなって脚光を浴びている。

ずいそう

おやひこさま

田村 秀弘



霊峰弥彦山をご神体として、弥彦山の麓に鎮座し「おやひこさま」と呼ばれて親しまれている彌彦（やひこ）神社。正式には「いやひこ」と呼ぶらしいが、地名などが全て「やひこ」と読む関係で、一般には「やひこ」と呼ばれているようだ。新潟市から車で約1時間の格式高い「越後一宮」である彌彦神社に、当社の安全祈願の参拝に訪れた。

参拝前の下調べによれば、創建年は不明らしいが二千年以上の歴史があり、万葉集にも二首歌われている。御祭神の「天香山命」（あめのかごやまのみこと）は、「天照大神」（あまてらすおおみかみ）の曾孫（ひまご）にあたり、『古事記』の時代に神武天皇から越後の国の開拓を命じられた。その天香山命は越後の地元民に漁業、製塩、養蚕、稲作を教え、越後を開拓した祖神として「仕事運」、そして、天香山命が夫婦仲良く暮らしていたことから「恋愛運」、さらに、源義経、上杉謙信らが厚く信仰していたことから「勝負運」と、それぞれの運勢アップのパワースポットとして、お参りが盛んなのだという。

入り口である「一の鳥居」で一礼をした。早速下調べで知った注目のポイントである。写真ではわかりづらいが、この「一の鳥居」は親柱と呼ばれる部分が数センチ浮いている。これは雪による浸食を防ぐためであり、豪雪地帯ならではの雪対策なのだ。写真を撮影のために近くに寄ってみたが、その数センチの空間に手を入れてみたくなる衝動はなんとか抑えることができた。

境内に入ってくると、静かで気高く、厳かな雰囲気と新緑に包まれていた。マスクを着用していなければ思いつきの深呼吸をしたと思う。

そのまま進むと、左手には「玉ノ橋」と呼ばれる赤い橋が見える。下調べをせず、まっすぐ前を向いて歩いていると見逃してしまいそうだ。境内の建造物の中に「玉ノ橋」の記載があり、室町時代の境内古絵図にも描かれている。「玉ノ橋」は、神様が通る橋と言われ、人は渡ることができない。明治29年（1896年）に改築され、明治45年（1912年）の弥彦大火の際、「玉ノ橋」だけが焼失を免れ、その後、一時移転されていたが、昭和60年（1985年）の御遷座70年奉祝を機



として、修理復元された。

木々が溢れ、清々しい空気が漂う参道を進むと、神



符授与所が右手に見えてきて、そのさらに右奥に台座の上に並ぶ二つの石「重軽の石」があり、ここでは運試しができる。願い事を念じながら、どちらか一方の石を持ち上げる際に、軽いと感じたら願いは叶いやすく、重くて持ち上げられない場合は努力が必要とされている。この「重軽の石」を、社内安全を念じながら実際に持ち上げてみると、重量感はあるものの、両方とも持ち上げることができた。しかし、「どちらか一方」ということをすっかり忘れて、両方とも持ち上げてしまったが、さて、願い事は叶うかどうか。いや、叶ってほしい！

いよいよ国の重要文化財にも指定される「拝殿」に到着。ご神体の弥彦山が後ろに見える。写真を撮影するには青空が良かったのだが、本日は曇り空で午後から雨という予報。まあ、しかし、参拝に天気は関係あるまい。そして、ここが今回の彌彦神社参拝のための下調べが最も活きた場所であったのだ。普通の神社お参りの作法としては、「2礼2拍手1礼」だが、こちらでは「2礼4拍手1礼」である。ちなみに出雲大社も拍手は4回で、伊勢神宮は8回である。丁重に拝する心を表す作法と伝えられてきたとのことだが、なんと、境内のどこにもそのような作法の説明書きが無い。もしや、この彌彦神社での作法は越後の民にとって、



それが当たり前すぎるのか。休暇明けに新潟生まれ、新潟育ちの社員にぜひ確かめてみたくなった。

お賽銭を入れ、2礼の後、柏手を4回、大きな音でうまく打つことができた。仕事柄、安全祈願の機会が多いからだろう。人出はさほどではないこともあり、時間をゆっくりかけて「住所、氏名」を先にブツブツとお伝えしてから、願い事である社内安全をさらにブツブツと念じた。これは妻から教わったことだが、神様は参拝者がどこの誰か分からないので、まず先に住所と名前を先に伝えなければ、願い事は叶わないそうである。

参道を戻り、神符授与所でおみくじを一つ引いてみた。開いてみると、小吉。願い事は叶わぬ、とのこと。

実はこの私、初詣や会社行事の新年安全祈願でおみくじを引いた記憶がない。「拝殿」へ向かうときに、参拝を終えた二人連れのご婦人らが、そろって大吉と喜んだ姿を思い出したのだ。あやかりたいものだと思います、この神聖な弥彦神社で、つい浮かれてしまった自分に反省しつつ、「拝殿」での願い事は叶えてもらいたいものだと、「一の鳥居」の下で振り返り、一礼。

——たむら ひでひろ 大成ロテック㈱北信越支社 支店長——

JCMA 報告

一般社団法人日本建設機械施工協会 第10回通常総会・第38回理事会報告



第10回通常総会①

本協会の第10回通常総会（定時社員総会）が、令和3年6月17日（木）午前10時30分から機械振興会館地下2階ホールにおいて開催された。

今回は、初めてのハイブリッド参加型バーチャル社員総会として、機械振興会館地下2階ホールをリアル会場としつつ、役員の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、田崎忠行会長が挨拶し、「コロナの影響はあったものの、概ね全ての事業を円滑に執行できたのは会員各位や役員の皆様のご尽力の賜である。また、本総会をもって役員を辞するにあたり、4年間のご支援に厚く御礼申し上げる」と述べた。

その後、定款の定めにより田崎会長が議長となり書記を任命し、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。



田崎忠行前会長

1. 報告事項

「令和2年度事業報告の件」、「令和3年度事業計画及び収支予算の件」及び「令和2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。



第 10 回通常総会②



第 38 回理事会①



第 10 回通常総会③

2. 決議事項

第 1 号議案「令和 2 年度収支決算の件」が上程され、満場異議なく承認可決された。



監査意見（上総周平監事）

次に、第 2 号議案「役員選任の件」が上程され、満場異議なく承認可決された。

◆退任役員（敬称略）

理事 田崎忠行，監事 相田信一

◆就任役員（敬称略）

理事 金井道夫，監事 福田光

議長は、以上をもって議事を終了した旨を述べ、通常総会は、午前 11 時 00 分に終了した。



第 38 回理事会②



福田光監事

で、民間企業や公益法人においても変化への対応が求められている。社団や財団に関するルール変更等も含めた全体の流れの中で協会を運営していくためには、公益的な性格もきちんと残しつつ、市場原理的な取り組みも必要となる。また、技術革新の分野等、世の中の動きが非常に早くなっており、合意に基づいて今後の方向を議論することがますます大事になってくるため、皆様のご意見をいただくようお願いしたい」と述べた。



金井道夫新会長



令和3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3年度受賞業績及び受賞者

■大賞部門

最優秀賞

- ・3眼カメラによる配筋検査システムの開発

清水建設(株)
シャープ(株)

鉄筋の配筋状況をカメラ画像によって正確に確認できるようになるシステムである。技術的効果は高く、将来性も期待できる。省力化も可能で、検査も実施しやすくなり、多くの委員から高く評価された。

優秀賞

- ・地上写真測量(動画撮影型)土工の出来高算出要領(案)に対応したスマホアプリ「Solution Linkage Survey」による現場計測

日立建機(株)

スマートフォンにアプリをインストールして、対象物の周囲を1周するだけで土量変化を算出することが可能なシステムである。操作が簡単で、実用性が高いと評価された。

優秀賞

- ・ダム建設現場における建設機械の自動運転化実証とDX(デジタル・トランスフォーメーション)への取り組み

(株)大林組

ダム工事における施工の自動化、省力化をデジタル機器により変革していくことを主眼としたシステム群で構成しており、近年のデジタルトランスフォーメーションの動向に合致したものとして評価が高かった。

選考委員会賞

- ・切羽掘削形状モニタリングシステムの開発

西松建設(株)

(株)ビュープラス

ジオマシンエンジニアリング(株)

トンネル切羽におけるアタリの施工等を画像解析により効率的に行うシステムであり、かつ作業員の安全性の向上にも寄与することが高く評価された。

■地域賞部門

最優秀賞

- ・モータグレーダのブレーキアシストシステム

鹿島道路(株)

作業員との接触防止を図るため、赤外線センサとミリ波レーダで2重ブレーキ操作を行うシステムであり、実工事にも導入され、安全性の向上が図られていることが高く評価された。

JCMA 報告

令和3年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績

大賞部門 最優秀賞

3眼カメラによる配筋検査システムの開発

清水建設(株), シヤープ(株)

業績の概要

鉄筋コンクリート構造物を構築する際、設計で定められた鉄筋が配置されていることを確認・記録する配筋検査は、構造物の品質を確保するために必要不可欠で重要な検査である。配筋検査は、検査帳票作成や検査用具準備、自主検査および段階確認など複数人で多くの時間を要するため、検査の精度維持と省人化・省力化の両立が課題となっていた。課題解決のため、長年、様々な技術開発が行われ、特に近年は進化が著しいICTを活用した配筋検査手法の開発が進められているが、これらの技術の多くは、操作性、設備機器、精度、検査に要する時間などの点で実用段階にまでは至っていない。

そのような状況の中で、本技術は、1人で撮影ボタンを押す簡単な作業で、リアルタイムに現場で検査帳票が作成できるシステムであり、すでに多くの現場に導入されていることから、実用性とともに関用性はきわめて高い。生産性向上だけでなく、高所作業の短時間化や省人化による新型コロナウイルス対策など安全性向上にも貢献できることも確認されている。また、専門知識が不要で操作が極めて簡単なこと、通信機器や計算サーバーなども不要なため、導入時のハードルも低い。

以上のことから、本技術は、鉄筋コンクリート工における配筋検査を画的に替え、生産性・安全性向上に大きく寄与する可能性がある。

業績の特徴

本技術は、3つのカメラで同時に撮影した画像データから、三角測量の原理を応用して、約7秒で配筋情報を算出

し、検査帳票を作成でき、クラウド上で情報共有が可能である。本技術は、以下のような特長を有する。

【高い計測精度】

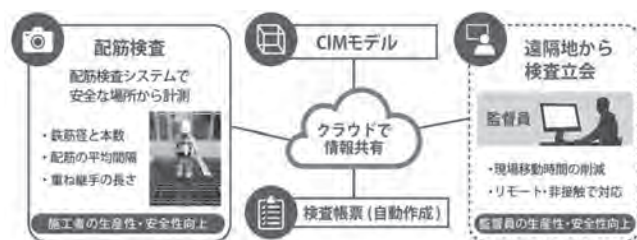
日照や天候条件によらず、高精度に計測可能である。橋梁上下部工、開削トンネルなど20現場、延べ40回以上の現場実証の結果、国土交通省の測定項目である鉄筋の平均間隔のスケールとシステムの計測誤差は鉄筋径によらず5mm以内であった。

【高い現場適用性】

1人で撮影するだけで、自動で鉄筋径、本数、間隔などの検査結果を約7秒で表示できる。結果はクラウドサーバーに蓄積され、タブレットやパソコンからリアルタイムに確認できる。重量3キロ、幅300×高さ200×奥行150(mm)で、足場の昇降にも支障がない。防水機能や照明があるため雨天時や暗所、また寒冷地でも使用可能である。

【高い信頼性】

検査結果の改ざんは、システムで結果算出に用いる元データとなる3枚のカメラ画像の編集が必要である。その作業は極めて困難であるため、改ざん防止が図れる。



配筋システム概要



従来の配筋検査



システム検査



配筋システム外観

大賞部門 優秀賞

地上写真測量（動画撮影型）土工の出来高算出要領（案）に対応した スマホアプリ「Solution Linkage Survey」による現場計測

日立建機(株)

業績の概要

本技術「Solution Linkage Survey」（以下「SL-Survey」という。）は、土木施工現場の生産性を向上するため、スマートフォンの専用アプリケーションで計測対象を動画撮影するだけで土木工事の作業により発生する土量や計測対象の3次元データを簡便かつ定量的に把握することができるサービスである。

令和2年度からは、このサービスを拡充して国土交通省の「地上写真測量（動画撮影型）を用いた土工の出来高算出要領（案）」に基づいて施工現場の出来高算出に対応できるようにした。

SL-Survey は標定点機能を持っており、あらかじめ3点までの標定点用対空標識を計測対象に取り付け、対空標識の座標をトータルステーション（TS）やGNSSローバーで計測しておけば現場座標に合わせて点群を生成できる。

業績の特徴

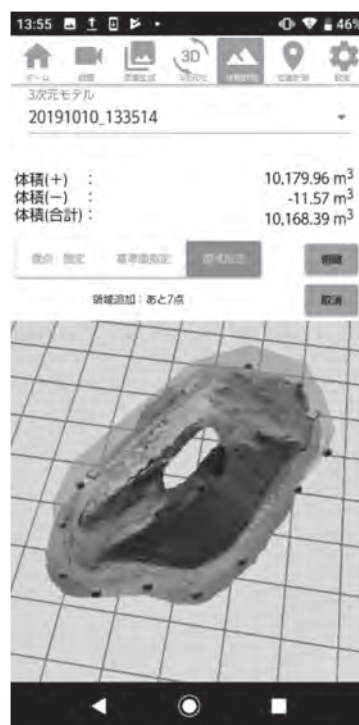
SL-Survey は、土量を計測できるアンドロイドスマートフォン向けのアプリケーションとして開発した。動画撮影中に、2周波のGNSS信号とRTK方式を使って、スマートフォンに取り付けたアンテナの位置を記録し、撮影後に動画から静止画を切り出してそれぞれの静止画に精密な位置情報をメタデータとして付与する。

切り出した静止画は、まとめてクラウドサーバーに送信し、サーバー内の写真測量ソフトウェアで点群やDEM（デジタル・エレベーション・モデル）などの3次元モデルを生成する。生成したモデルをスマートフォンでダウンロードし、アプリケーション内でDEMから体積を算出する。

SL-Survey では、公共座標系で標高がジオイドファイルからの算出でよければ、SL-Survey に付属しているGNSSアンテナで対空標識の座標を計測・記録して標定点として利用できる。

SL-Survey は、クラウドサーバーで3次元モデルを生成

した際、スマートフォンにLAS形式の点群データもダウンロードする。LASデータはスマートフォンをPCに接続して取り出すことができる。このデータを点群処理ソフトなどに読み込ませ、TINデータを作成したり出来高算出などに利用することができる。



出力結果の例



機器の構成

大賞部門 優秀賞

『ダム建設現場における建設機械の自動運転化実証とDX（デジタル・トランスフォーメーション）』への取り組み

(株)大林組

業績の概要

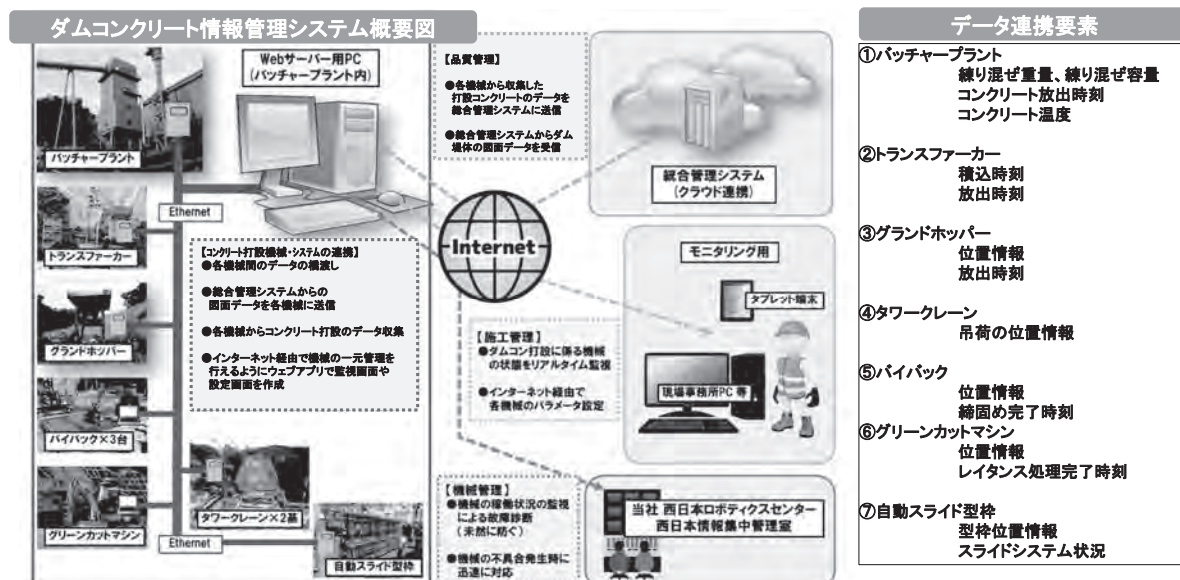
全産業の中でも建設業における高齢化の進行は特に顕著な状態である。このような状況の中でも建設業としての産業力を維持、さらには向上させていくことが強く求められている。この課題に取り組むため、建設機械の自動運転化技術の開発が望まれている。

このような背景の中、長年のダム建設にて蓄積した施工技術と、先端技術を融合させたダム情報化施工技術「ODICT」(Obayashi-Dam Innovative Construction Technology)の主要技術として、タワークレーン、バイバック、グリーンカットマシンおよびスライド式型枠の自動運転システムとダムコンクリート情報管理システムの開発を行った。本取り組みは、川上ダム建設工事現場における各種建設機械群の自動運転システムの実証とDX（デジタル・トランスフォーメーション）への取り組みを示している。

業績の特徴

- ①タワークレーンを用いたコンクリート自動運搬システム
 - (1) 熟練オペレーターによる最適な運搬動作を再現

- (2) オペレーターが操作の負荷から解放され安全性が向上
- (3) 手動による補正操作を必要としない連続した自動運搬
- ②バイバックによるコンクリート締固め判定システム
 - (1) 締固めエリアの位置情報を自動取得
 - (2) 締固め判定・動作自動化により省力化を実現
 - (3) コンクリート2層打ち締固め施工への対応
- ③グリーンカットマシン自動運転システム
 - (1) 適正なコンクリート養生時間を確認し施工エリアを設定
 - (2) 施工状況の監視と施工情報のトレーサビリティ
- ④自動スライド型枠システム
 - (1) 移動式クレーンを使用しない型枠の設置
 - (2) 有資格者を必要としない、天候に左右されない型枠のクライミングアップ
- ⑤ダムコンクリート情報管理システム
 - (1) 施工エリア全体をカバーできる通信ネットワークの構築
 - (2) 各機械からのデータをWebサーバー上で管理



ダムコンクリート情報管理システムの概要とデータ連携

大賞部門 選考委員会賞

切羽掘削形状モニタリングシステムの開発

西松建設(株), (株)ビュープラス, ジオマシンエンジニアリング(株)

業績の概要

山岳トンネル掘削の最先端部である切羽においては、発破後に掘削設計断面線よりも内空側に残った地山を掘削する整形作業（以下、「あたり取り」という。）が行われているが、作業員が切羽直下に立入り、目視にてあたり箇所を判断してレーザーポインタ等で重機オペレータに指示を出していた。しかし、切羽は地山が露出しており、岩塊の抜け落ち（肌落ち）が発生すると、死傷災害につながる可能性が高い危険な場所であるため、切羽直下作業を無くするための技術開発が急務であった。

「切羽掘削形状モニタリングシステム」は、山岳トンネル工事の切羽においてあたり取り作業を行う重機に、予め搭載した高速 3D スキャナで切羽の掘削形状を計測し、あたり箇所を重機キャビン内のモニタにヒートマップ表示させることで、岩塊の抜け落ち（肌落ち）が発生する可能性のある危険な切羽に作業員が立入ることなく高精度なあたり取りを迅速に行うことができ、安全性向上とともに、余分な掘削作業の低減が図られ、生産性向上（サイクルタイムの短縮）を実現できる技術である。

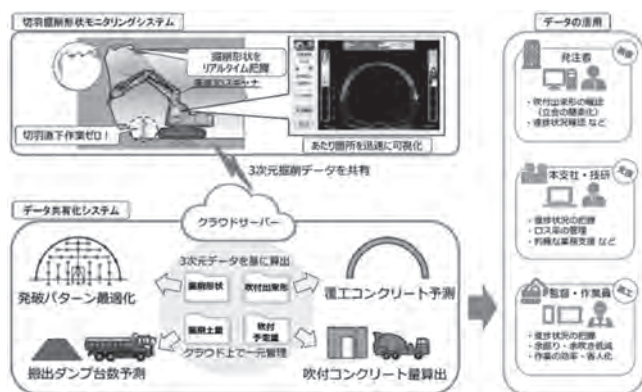
業績の特徴

【特徴】

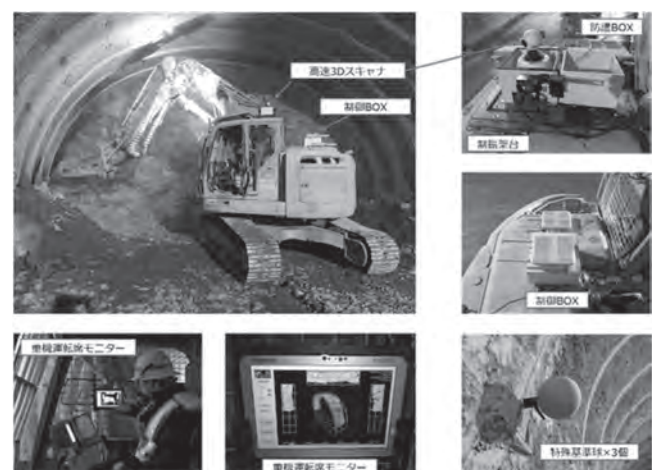
- ・トンネル坑内に配置した 3 個の特殊基準球から重機の自己位置・姿勢を算出
- ・スキャナで切羽の掘削形状を計測し、3 次元データを基にあたり箇所を可視化
- ・高速 3D スキャナを重機に搭載することで 50 秒程度と迅速な計測が可能
- ・3 次元データより、掘削土量、吹付予定量などの各種施工データを算出し、クラウド上で共有

【効果】

- ・切羽直下に立入ることなく、安全にあたり箇所の確認およびあたり取りを行うことが可能
- ・切羽掘削形状から発破パターンの見直しを行うことで余掘り・余吹き約 20% の低減効果が得られる
- ・計測データから予定吹付けコンクリート量を算出することで、戻りコンの削減が期待される



システム概要



機器の構成と設置状況



地域賞部門 最優秀賞



モータグレーダのブレーキアシストシステム

鹿島道路(株)

業績の概要

モータグレーダは、機械の前進動作によって路盤等を整地する建設機械であり、周辺の検測作業員や転圧ローラとの接触に対して常に注意を払う必要がある。路盤整正作業は前進と後進を繰り返すことにより行い、後進の際には40～50mの距離を20～30km/hの速度で走行するのが標準的な作業状態である。オペレーターは整正作業時には前方を向いて運転するので、前方向の視認性は確保されているが、後進時には振り返っての後方視認という無理な姿勢での操作になるため、危険を察知し回避行動をとるのに操作の遅れや、判断ミスを招く恐れがある。

周囲にいる作業員や共同で作業している転圧ローラなどとの接触事故を防ぐための補助装置として、運転員への制動時の負荷低減も考慮し、後進時のブレーキアシスト（自動ブレーキ）システムを開発した。

業績の特徴

本システムでは、モータグレーダは高速で作業をする建機であることから、対象物を長距離で検知可能な赤外線センサを採用した。この赤外線センサは、作業員が着用している安全反射ベストのリフレクタとそれ以外の物体の反射率の違いを検知する機能を備えている。また、複数の識別エリアを構成し、識別エリアごとに出力信号を設定することが可能で、モータグレーダのブレーキ装置を改造することなく、シフトレバー及びブレーキペダルを外付けのアクチュエータにより、段階的に作動させる仕組みとした（速度段シフトダウン→エンジン回転アイドリング→フットブレーキ+インテグレーションペダル）。

また、赤外線センサとは別系統としてミリ波レーダセンサを装備し、これが対象物を検知した時点でブレーキを作動させる。このように二重の検知機構を備えることにより安全性を高めている。

速度域に関わらず段階的なブレーキ操作を設定することで、対象物に対して一定の距離を保って安全に停止する。最初に減速させることで運転員や周囲の作業員へ危機回避行動を促すこともでき、その段階で対象となる物体が除かれれば、後進を再開できるため作業効率を低下させず、また運転員にストレスを与えることなく、作業を継続させることも考慮した。



センサの設置状況



制御盤



速度段シフトダウン装置

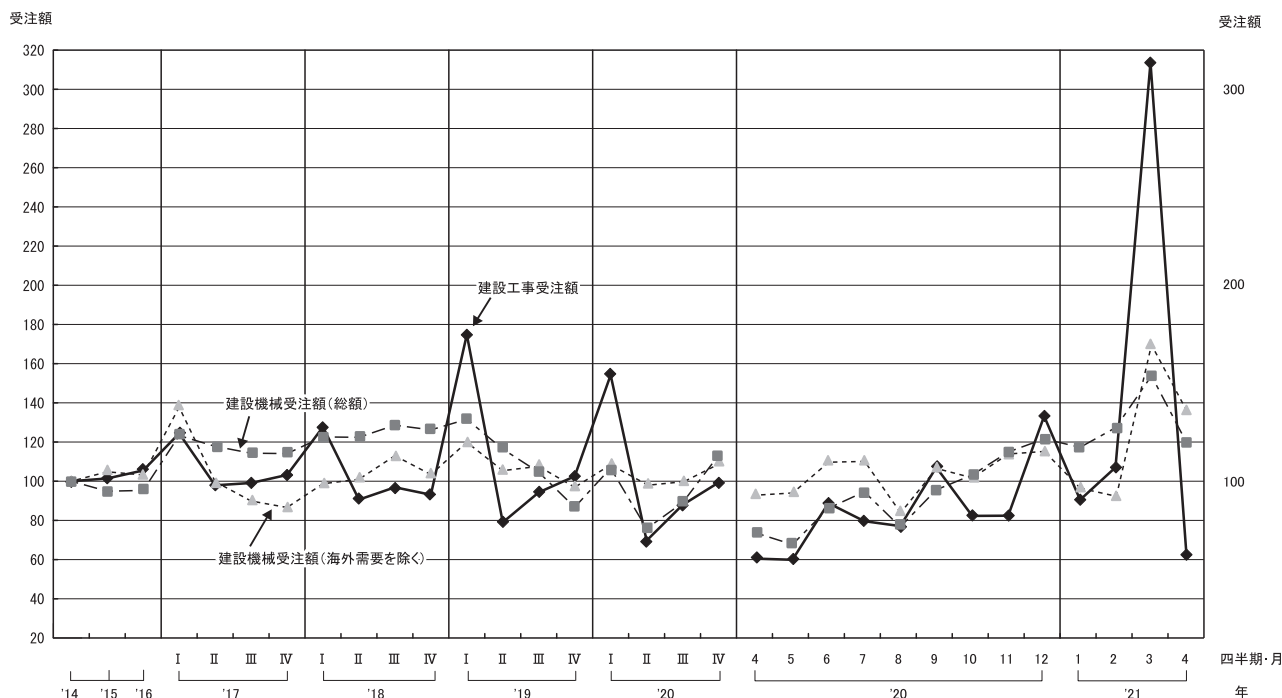


フットブレーキ作動装置

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 2014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 2014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							
2014 年	139,286	80,477	16,175	64,302	43,103	4,822	10,887	86,537	52,748	138,286	125,978
2015 年	141,240	96,068	19,836	76,235	35,633	4,993	4,546	95,959	45,281	141,461	141,136
2016 年	146,991	99,541	17,618	81,923	38,894	5,247	3,309	98,626	48,366	151,269	134,037
2017 年	147,828	101,211	20,519	80,690	36,650	5,183	4,787	99,312	48,514	165,446	137,220
2018 年	142,169	100,716	24,513	76,207	30,632	8,561	5,799	95,252	46,914	166,043	141,691
2019 年	156,917	114,317	24,063	90,253	29,957	5,319	7,308	109,091	47,829	171,724	150,510
2020 年	143,170	97,457	19,848	77,610	35,447	5,225	4,175	91,725	51,443	171,740	14,287
2020 年 4 月	7,023	4,434	941	3,493	1,993	542	54	4,437	2,585	177,186	8,282
5 月	6,956	4,877	1,404	3,473	1,641	352	85	4,675	2,281	174,405	9,289
6 月	10,306	6,725	1,114	5,612	2,971	453	157	5,651	4,655	172,281	12,579
7 月	9,241	5,870	1,622	4,248	2,674	449	248	5,703	3,538	172,468	9,311
8 月	8,945	6,618	1,032	5,586	1,878	382	66	5,914	3,031	171,851	10,264
9 月	12,429	8,684	2,148	6,536	3,235	416	95	8,327	4,102	171,010	13,923
10 月	9,550	6,408	1,298	5,109	2,756	395	- 872	6,500	3,050	171,551	8,961
11 月	9,564	6,486	1,782	4,704	1,895	418	764	6,111	3,452	170,235	10,572
12 月	15,466	10,468	2,390	8,078	4,191	526	281	10,863	4,603	171,740	14,287
1 月	10,502	6,174	1,004	5,171	3,886	337	105	5,667	4,835	173,721	8,776
2 月	12,435	8,190	1,257	6,932	3,293	431	521	7,719	4,716	174,626	10,895
3 月	36,395	26,029	3,932	22,097	8,640	499	1,226	24,517	11,879	191,713	18,787
4 月	7,252	4,965	1,141	3,824	1,711	396	181	4,239	3,014	-	-

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	14 年	15 年	16 年	17 年	18 年	19 年	20 年	20 年 4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	21 年 1 月	2 月	3 月	4 月
総 額	18,346	17,416	17,478	21,535	22,923	20,151	17,646	1,124	1,035	1,318	1,446	1,173	1,462	1,577	1,756	1,859	1,793	1,940	2,351	2,089
海 外 需 要	11,949	10,712	10,875	14,912	16,267	13,277	10,966	629	534	733	859	726	894	1,035	1,149	1,245	1,279	1,448	1,444	1,450
海外需要を除く	6,397	6,704	6,603	6,623	6,656	6,874	6,680	495	501	585	587	447	568	542	607	614	514	492	907	639

(注) 2014～2016 年は年平均で、2016～2019 年は四半期ごとの平均値で図示した。

2020 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

(2021年5月1日～31日)

機械部会



■基礎工事用機械技術委員会

月 日：5月12日(水)(会議室, web 併行開催)

出席者：樗沢淳一委員長ほか19名

議 題：①応用地質(株)の技術プレゼン：会社紹介と各種技術紹介(3次元常時微動トモグラフィ, 地下埋設物情報提供サービス他) ②日本建設機械要覧(2022)編集作業について ④見学会について

■トンネル機械技術委員会・幹事会

月 日：5月14日(金)(会議室, web 併行開催)

出席者：丸山修委員長ほか8名

議 題：①小断面トンネル工事における機械, 設備調査について：保有機械, 設備調査結果のまとめ状況とスケジュールの確認 ②令和3年度技術講演会について ③見学会について ④幹事以外の委員の活動参加に関する討議 ⑤日本建設機械要覧(2022)編集作業について

■原動機技術委員会

月 日：5月20日(木)(web会議で開催)

出席者：工藤睦也委員長ほか21名

議 題：①前回の議事録確認 ②海外排出ガス規制の動向に関する情報交換：中国ノンロード4次規制の件 ③日本建設機械要覧(2022)編集作業について ④その他：「建設施工・建設機械におけるCO₂排出量削減について」国交省からの情報提供, 委員退任・新任の紹介とご挨拶

■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21日(金)(会議室, web 併行開催)

出席者：石倉武久委員長ほか6名

議 題：①建設施工の地球温暖化対策検討分科会(3/22)の報告 ②温室効果ガス削減に向けた革新的建設機械の導入・支援事業について情報共有 ③ラフテレーンクレーンの次期作業燃費基準の件：進め方についての討議, スケジュールについて

■ダンプトラック技術委員会

月 日：5月27日(木)(web会議で開催)

出席者：渡辺浩行委員長ほか7名

議 題：①各社トピックス：(株)加藤製作所 林業用機械・フォワーダ ICL75L の紹介 ②生産性向上に関する輪講：ヤンマー建機(株) ViO30-6 ブレード 3DMC(ブレード3Dマシンコントロール機能を搭載した3tクラス後方超小旋回機種)の紹介 ③日本建設機械要覧(2022)編集作業について ④ホームページ更新について

■情報化機器技術委員会

月 日：5月28日(金)(web会議で開催)

出席者：白塚敬三委員長ほか8名

議 題：①建機の遠隔操作の通信方式についてまとめ方の討議 ②規制・規格の最新情報の共有 ③安全施工ワーキンググループの活動に関する情報共有：「建設機械の安全装置」の技術比較表(適用建設機械：ローラ)公表について ④その他：ジック(株)サイバーセキュリティセミナーの案内, ホームページ更新について

標準部会



■ISO/TC 127/SC 3/WG 5(施工現場データ交換)ISO/TS 15143-4(施工現場地形データ)作業結果特設チーム会合

月 日：5月4日(火)

出席者：海外から数名, 日本からは正田明平部会長(コマツ)ほか1名(Web参加)

場 所：Web上(MS Teams)

議 題：機械が(情報化施工実施の)作業結果として扱うデータの様式

■ISO/TC 127/SC 3/JWG 16(移動体のセキュアな高速通信)会合

月 日：5月10日(月)夜, 11日(火)夜

出席者：海外から17名, 日本からは正田明平部会長(コマツ)ほか8名(Web参加)

場 所：Web上(ISO ZOOM)

議 題：①専門家意見聴取結果に関して ②ROSENBERGER社のコネクタに関する説明 ③AEFとの連携関係確認 ④その他

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

月 日：5月11日(火)夜

出席者：形見昌昭(株)技研製作所)委員ほか10名(Web参加)

場 所：Web上(ISO Zoom)

議 題：①WD 11886 コメント審議(続き)・日本コメント説明 ②今後のWeb会議日程(6月11日)

■ISO/TC 127/SC 3/WG 5(施工現場データ交換)ISO/TS 15143-4(施工現場地形データ)案文集約特設会合

月 日：5月12日(水)

出席者：海外から7名, 日本からは山本茂コンビナー(コマツ)ほか3名(Web参加)

場 所：Web上(ISO ZOOM)

議 題：ISO/TS 15143-4(施工現場地形データ)案文集約

■ISO/TC 127/SC 2/WG 30(ISO 6683シートベルト及び取付部改正)チーム会合

月 日：5月12日(水)夜

出席者：海外から11名, 日本からは間宮崇幸委員長(コマツ)ほか7名(Web参加)

場 所：Web上(MS Teams)

議 題：①ISO 6683改正案におけるTSIPに関する検討 ②ISO 6683改正案文の次の段階について

■ISO/TC 127/SC 3/WG 5(施工現場データ交換)ISO/TS 15143-4(施工現場地形データ)作業結果特設チーム会合

月 日：5月18日(火)

出席者：海外から5名, 日本からは正田明平部会長(コマツ)ほか1名(Web参加)

場 所：Web上(MS Teams)

議 題：機械が(情報化施工実施の)作業結果として扱うデータの様式

■ISO/TC 127/SC 3/JWG 16(移動体のセキュアな高速通信)AEFとの連携に関する特設会合

月 日：5月20日(木)夜

出席者：海外から約5名, 日本からは正田明平部会長(コマツ)ほか1名(Web参加)

場 所：Web上(ISO ZOOM)

議 題：AEFとの連携関係設立に関して

■ISO/TC 195/WG 9(自走式道路建設機械-安全要求)国際バーチャルWG会議

月 日：5月25日(火)夜～27日(木)夜の3日間

出席者：小倉公彦(JCMA標準部)ほか10名(Web参加)

場 所：Web上(ISO Zoom)

議 題：①ISO/DIS 20500-4 手押し式締固め機械及びISO/DIS 20500-5 ペーパー-フィニッシャー コメント審議 ②今後のWeb会議日程(8月2～4日, 9月21～23日)

■ISO/TC 127/SC 3/WG 5（施工現場データ交換）ISO/TS 15143-4（施工現場地形データ）案文集約特設会合

月 日：5月26日（水）

出席者：海外から約4名、日本からは山本茂コンビナー（コマツ）ほか2名（Web参加）

場 所：Web上（ISO ZOOM）

議 題：ISO/TS 15143-4（施工現場地形データ）案文集約

■JIS 原案作成委員会（分科会）

月 日：5月27日（木）

出席者：大本康隆（コベルコ建機株）委員ほか7名（Web参加）

場 所：Web上（Zoom）

議 題：①JIS 原案6件の進捗報告
②JIS A 8334 原案に関する協議
③今後の予定（次回分科会6月24日）

建設業部会



■機電交流企画 WG

月 日：5月18日（火）

出席者：松本清志主査ほか9名（内WEB参加6名）

議 題：①主査の交代について ②R03度の活動方針について ③講演会の企画 ④オリンピックセンター現予約の対応について ⑤その他（女性座談会等）

■三役会

月 日：5月21日（金）

出席者：鈴木博士部会長ほか8名（内WEB参加3名）

議 題：①3WG 報告（4/23 クレーン安全情報 WG, 5/18 機電交流企画 WG, 『建設施工への ICT 活用による安全施工に対し取り組むべき課題』に対するアンケート調査進捗状況報告）②その他

■ICT 安全 WG 事前打合せ

月 日：5月26日（水）

出席者：副島幸也主査ほか4名（内WEB参加1名）

議 題：①建設施工への ICT 活用による安全施工に関し取り組むべき課題に対するアンケート調査の回収状況報告 ②日建連との今後の連携方針について ③情報化施工委員会との連携 ④今後の進め方

各種委員会等



■機関誌編集委員会

月 日：4月28日（水）

出席者：見波潔委員長ほか30名

議 題：①令和3年8月号（第858号）

計画の審議・検討 ②令和3年9月号（第859号）素案の審議・検討 ③令和3年10月号（第860号）編集方針の審議・検討 ④令和3年5月号～令和3年7月号（第855～857号）進捗状況報告・確認 ※通常委員会及び Zoom にて実施

支部行事一覧

北海道支部



■第10回支部通常総会

月 日：5月12日（水）

場 所：札幌市、センチュリーロイヤルホテル

出席者：熊谷勝弘支部長ほか45名
内 容：①令和2年度事業報告（案）及び決算報告（案）承認の件 ②令和3年度事業計画及び収支予算に関する件 ③役員の交代（案）に関する件 ④その他

東北支部



■令和3年度第10回東北支部通常総会

月 日：5月17日（月）

場 所：仙台市 仙台ガーデンパレス

出席者：支部会員：129社（議決権総数146社のうち出席11社、委任状118社）、出席者総数：会員11名、高橋支部長ほかの役員と事務局員12名、総数23名

内 容：①令和2年度事業報告について ②令和2年度事業決算について ③令和2・3年度 役員交代について ④令和3年度事業計画について ⑤令和3年度事業予算について

■EE 東北'21「i-Construction 体験広場」

第1回出展者会議（対面＋Web会議）

月 日：5月18日（火）

出席者：鈴木勇治情報化施工技術委員会委員長ほか12名

内 容：①準備・撤収スケジュールについて ②デモンストレーションについて ③コロナ対策について

■第9回東北復興 i-Construction 連絡調整会議（Web会議）

月 日：5月26日（水）

出席者：角湯克典東北地方整備局企画部長ほか24名

内 容：①地元中小規模の企業が ICT 施工に取り組むための対応について：②地元経営者向けの説明会の開催について ③（仮称）i-Construction 新技

術体験学習会について

北 陸 支 部



■令和3年度事務局長会議

月 日：5月11日（火）

場 所：Web 会議

出席者：堤事務局長

議 題：①建設機械施工管理技術検定の実施について ②実施要領・監督要領（案）について

■外国人技能評価試験監督の説明会

月 日：5月20日（木）

場 所：北陸支部事務局

出席者：穂刈企画部課長、水澤普及部会委員、本間普及部会委員

議 題：①外国人技能実習制度について ②定期試験の案内、実施状況について ③試験監督員の対応について ④受験上の注意事項について ⑤実技試験採点上の留意事項について

■令和3年度第10回通常総会（小規模開催）

月 日：5月24日（月）

場 所：新潟東映ホテル 1F 白鳥の間

議 題：①令和2年度事業報告に関する件 ②令和2年度決算報告に関する件 ③令和3年度事業計画に関する件 ④令和3年度収支予算に関する件 ⑤令和2～3年度役員変更に関する件 ⑥令和3年度永年会員等表彰、優良建設機械運転員・整備員表彰

■ゆきみらい 2022in 白山の除雪展示会開催場所の事前調査

月 日：5月27日（木）

場 所：白山郷公園駐車場

出席者：水澤普及部会委員、本間普及部会委員ほか1名

議 題：①開催場所の変更について ②除雪機械展示・実演会の実施計画について

■外国人技能評価試験（5月期）

月 日：5月28日（金）

場 所：CAT 北陸教習センター

出席者：堤事務局長ほか2名

受検者：

初級 掘 削	学科及び実技	2名
締固め	学科及び実技	4名
専門級 掘削	学科及び実技	13名
	実技のみ	10名
	学科（再試験）	1名
締固め	学科及び実技	3名

中 部 支 部



■第10回支部通常総会

月 日：5月19日（水）

場 所：ウイル愛知 女性総合センター
出席者：所輝雄支部長ほか約 70 名
議 題：①令和 2 年度事業報告及び決算
報告承認の件 ②令和 3 年度事業計画
及び収支予算報告の件等

■ DX 技術を活用した水害オペレーション 実働訓練

月 日：5 月 23 日（日）
参加者：コマツカスタマーサポート(株)中
部カンパニー 渡邊良宏部長ほか 3 名
参加会場：小牧コマツ IOT センター
内 容：中部地方整備局主催にて、当支
部は堤防破堤箇所を DX 技術にて復旧
する訓練を実施した

■第 11 回 南海トラフ地震対策中部圏戦略 会議

月 日：5 月 25 日（火）
出席者：所輝雄支部長
場 所：当支部事務局より WEB 会議に
て参加
内 容：「令和 3 年度南海トラフ地震対
策中部圏戦略会議活動計画」等につい
て

関 西 支 部



■支部通常総会

月 日：5 月 13 日（木）
場 所：関西支部
出席者：深川良一支部長以下 3 名
議 題：①令和 2 年度事業報告及び決算
報告の件 ②令和 3 年度事業計画及び
収支予算の件 ④令和 3 年度会長表彰
⑤優良建設機械運転員等表彰

■建設用電気設備特別専門委員会(第 467 回)

月 日：5 月 19 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
配電設備点検補修のチェックリスト」
審議 ②「JEM-TR121 建設工事用電
気設備機器点検保守のチェックリス
ト」審議

中 国 支 部



■第 1 回施工技術部会（Web 会議）

月 日：5 月 17 日（月）
出席者：新宅清人部会長ほか 6 名
議 題：①令和 3 年度部会事業実施計画
について ② i-Con（情報化施工）関

係行事の推進とその体制について
③令和 3 年度道路除雪講習会（案）の
企画について ④その他懸案事項

■令和 3 年度建設技術講習会【Web】

期 間：5 月 17 日（月）～ 28 日（金）
受講者：285 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 椎葉祐士
氏、八木橋宏和氏 ②令和 3 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 荒木勲氏 ③新技術に係
る取り組みについて…中国地方整備局
企画部 溝田亨氏 ④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グループ 飯分優
氏 ⑤重機搭載型レーザーキャンシ
システムの開発と運用について…(株)フジ
タ土木エンジニアリングセンター機械
部 浅沼廉樹氏

■第 10 回支部通常総会

月 日：5 月 25 日（火）
場 所：ホテルセンチュリー 21 広島
出席者：河合研至支部長ほか 28 名
議 題：①令和 2 年度事業報告承認の件
②令和 2 年度決算報告承認の件 ③令
和 3 年度事業計画（案）に関する件
④令和 3 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」
中国地方整備局企画部長 星隈順一氏

■令和 3 年度「建設の機械化施工優良技 術者」表彰式

月 日：5 月 25 日（火）
場 所：ホテルセンチュリー 21 広島
受賞者：運転・整備部門 1 名、管理部門
3 名

■記念講演会

月 日：5 月 25 日（火）
場 所：ホテルセンチュリー 21 広島
演 題：広域豪雨災害を踏まえた今後の
防災・減災の在り方
講 師：広島大学名誉教授 河原能久氏

四 国 支 部



■ R3 第 1 回運営委員会

月 日：5 月 20 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 19 名）

内 容：①令和 2 年度事業報告に関する
件 ②令和 2 年度決算報告に関する件
③令和 2 年度会計及び業務監査報告に
関する件 ④人事異動等に伴う役員等
の変更に関する件

■四国支部第 10 回（R3 年度）通常総会

月 日：5 月 20 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
108 社）

出席者総数：藤山究副支部長ほか 16 名
議 題：①第 1 号議案 令和 2 年度事業
報告承認の件 ②第 2 号議案 令和 2
年度決算報告承認の件 ③第 3 号議案
令和 2 年度会計及び業務監査報告に関
する件 ④第 4 号議案 令和 3 年度事
業計画に関する件 ⑤第 5 号議案 令
和 3 年度収支予算に関する件

九 州 支 部



■ R3 年度第 1 回運営委員会

月 日：5 月 20 日（木）
場 所：福岡リーセントホテル
出席者：松嶋支部長ほか 24 名（議長委
任出席含む）

議 題：① R2 年度事業報告及び決算報
告 ② R3 年度事業計画及び収支予算
③ R3 年度支部役員の選任 ④ R3 年
度優良建設機械運転員等表彰

■第 10 回通常総会

月 日：5 月 20 日（木）
場 所：福岡リーセントホテル
出席者：松嶋憲昭支部長ほか 65 名（議
長委任出席含む）

議 題：① R2 年度事業報告及び決算報
告 ② R3 年度事業計画及び収支予算
③ R3 年度支部役員の選任 ④ R3 年
度優良建設機械運転員等表彰の報告

編集後記

現在、ワクチン接種が急ピッチで進められています。予断を許さぬ猖獗禍、賛否両論がありました。本誌が届く頃には、オリンピックが開催されています。

さて、本号は「建設のDX」特集です。DX(デジタルトランスフォーメーション)は、デジタル化(Digitization)から個々のプロセスの効率化・生産性向上の段階(Digitalization)を経て、全体最適化となるプロセスの変革を行い、顧客や社会ニーズに応えることとされているようです。建設業界では、早くからICT施工(デジタル化)に取り組んでいたが普及は遅々としていました。2012年にBIM/CIMの試行を始め、2016年のi-Constructionから一気呵成に導入・普及を図り、施工プロセスの効率化・生産性向上を進めています。一方、経産省のDXレポートで「2025年の崖」の警

鐘があり、コロナ禍でも我が国のデジタル化の遅れが露呈し、デジタル庁の新設が決まりました。そして、国交省では新たに「インフラ分野のDX推進本部」を設置して、更なるデジタル化の加速とDXへの昇華を狙っています。

本特集号では、巻頭言を「DX時代の新しい建設産業に向けて」と題して、建山教授に執筆頂きました。そして、行政情報は「国土交通省が推進するインフラ分野のDX」と経済産業省の「DXレポート2」です。

特集報文では、各方面の建設DXへの取組みとして、BIM/CIM等のプラットフォーム、AI画像認識、遠隔操作、自律化、遠隔臨場等の技術について、JACICやゼネコン、建機メカ、システムベンダー等のスタートアップを含めた方々に、執筆を頂きました。

ご多忙中にもかかわらず、快くご執筆を引受けて下さいました皆様、に厚く御礼申し上げます。

(岡本、石倉)

機関誌編集委員会

編集顧問

今岡 亮司	加納研之助
後藤 勇	佐野 正道
新開 節治	関 克己
高田 邦彦	田中 康之
田中 康順	中岡 智信
渡邊 和夫	

編集委員長

中野 正則	日本ファブテック(株)
-------	-------------

編集委員

菊田 一行	国土交通省
大森 茂樹	農林水産省
細田 豊	(独)鉄道・運輸機構
岡本 直樹	(一社)日本機械土工協会
穴井 秀和	鹿島建設(株)
赤坂 茂	大成建設(株)
宇野 昌利	清水建設(株)
佐藤 誠治	(株)大林組
内藤 陽	(株)竹中工務店
宮川 克己	(株)熊谷組
松本 清志	(株)奥村組
京免 継彦	佐藤工業(株)
竹田 茂嗣	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)
斉藤 徹	(株)NIPPO
室谷 泰輔	コマツ
山本 茂太	キャタピラー・ジャパン
花川 和吉	日立建機(株)
上田 哲司	コベルコ建機(株)
石倉 武久	住友建機(株)
新井 雅利	(株)加藤製作所
五味 俊彦	古河ロックドリル(株)
太田 正志	施工技術総合研究所

事務局

(一社)日本建設機械施工協会

8月号「維持管理・長寿命化・リニューアル特集」予告

・インフラメンテナンス国民会議の活動 ・農業農村整備事業におけるストックマネジメントの取組紹介 ・一本松まがる一ふ工法 ・時速100km走行でのトンネル覆工コンクリート高解像度変状検出手法 ・鉄道沿線斜面監視のためのIoTセンサの開発と整備 ・3次元点群データを活用した構造物点検 ・鋼床版上グースアスファルト舗装の局部補修方法 ・既設コンクリート構造物の補強工事に伴う削孔作業に適用する自動削孔装置の開発 ・小断面水路トンネルにおけるプレキャスト補修部材の急速運搬・組立工法 ・管きょ更生工法の施工機材と施工事例(SCR工法) ・栈橋上部点検用ロボットと診断支援システムの開発 ・ゲートワイヤロープ保守点検の機械化と運用 ・ICTを活用した曲面形状のコンクリート構造物(固定堰)の改修事例 ・専用架台と2種類のカメラを用いた集水井内の点検

【年間定期購読ご希望の方】

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

詳しくはHPをご覧ください。

年間定期購読料(12冊) 9,408円(税・送料込)

建設機械施工

第73巻第7号(2021年7月号)(通巻857号)

Vol.73 No.7 July 2021

2021(令和3)年7月20日印刷

2021(令和3)年7月25日発行(毎月1回25日発行)

編集兼発行人 金井道夫

印刷所 日本印刷株式会社

発行所 本部 一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内

電話 (03) 3433-1501; Fax (03) 3432-0289; <http://www.jcmanet.or.jp/>

施工技術総合研究所 〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154

電話 (0545) 35-0212

北海道支 部 〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8

電話 (011) 231-4428

東北支 部 〒980-0014 仙台市青葉区本町 3-4-18

電話 (022) 222-3915

北陸支 部 〒950-0965 新潟市中央区新光町 6-1

電話 (025) 280-0128

中部支 部 〒460-0002 名古屋市中区丸の内 3-17-10

電話 (052) 962-2394

関西支 部 〒540-0012 大阪市中央区谷町 2-7-4

電話 (06) 6941-8845

中国支 部 〒730-0013 広島市中区八丁堀 12-22

電話 (082) 221-6841

四国支 部 〒760-0066 高松市福岡町 3-11-22

電話 (087) 821-8074

九州支 部 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東 2-4-30

電話 (092) 436-3322

本誌上への
の広告は



有限会社 サンタナ アートワークスまでお申し込み、お問い合わせ下さい。

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町 2-21-5 井手口ビル 4F TEL: 03-3664-0118 FAX: 03-3664-0138

E-mail: san-mich@zam.att.ne.jp 担当: 田中

KOBELCO

あなたは二度、新体感する。

Performance X Design

SK75SR

Performance×Designは、
コベルコが挑む新SKシリーズコンセプト。
ユーザーが求める生産性、安全性を飛躍的に高めること。
ユーザーが体感できる快適性、デザイン性を極めること。異なる
2つの革新が高い次元で融合されることで、新型SK75SRが誕生しました。

エンジン出力*

28%up

登坂走行性能*

26.9%up

アーム掘削速度*

15%up

NETIS登録

iNDR
Integrated
Noise & Dust
Reduction
Control System

※SK75SR-3E型機比数値は条件により変動します。

コベルコ建機株式会社

お問い合わせ 03-5789-2111

SK75SR



建設機械施工 広告掲載のご案内

月刊誌 建設機械施工では、建設機械や建設施工に関する論文や最近の技術情報・資料をはじめ、道路、河川、ダム、鉄道、建築等の最新建設報告等を好評掲載しています。

■職業別 購読者

建設機械施工／建設機械メーカー／商社／官公庁・学校／サービス会社／研究機関／電力・機械 等

■掲載広告種目

穿孔機械／運搬機械／工事用機械／クレーン／締固機械／舗装機械／切削機／原動機／空気圧縮機／積込機械／骨材機械／計測機／コンクリート機械 等

広告掲載・広告原稿デザイン——お問い合わせ・お申し込み

サントナアートワークス

広告営業部：田中 san-mich@zam.att.ne.jp

TEL:03-3664-0118 FAX:03-3664-0138

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F

建設機械施工 カタログ資料請求票

本誌に掲載されている広告のお問い合わせ、資料の請求はこの用紙を利用し、ファクシミリなどでお送りください。

※カタログ／資料はメーカーから直送いたします。 ※カタログ送付は原則的に勤務先にお送りいたします。

お 名 前： 所 属：

会社名(校名)：

資料送付先：

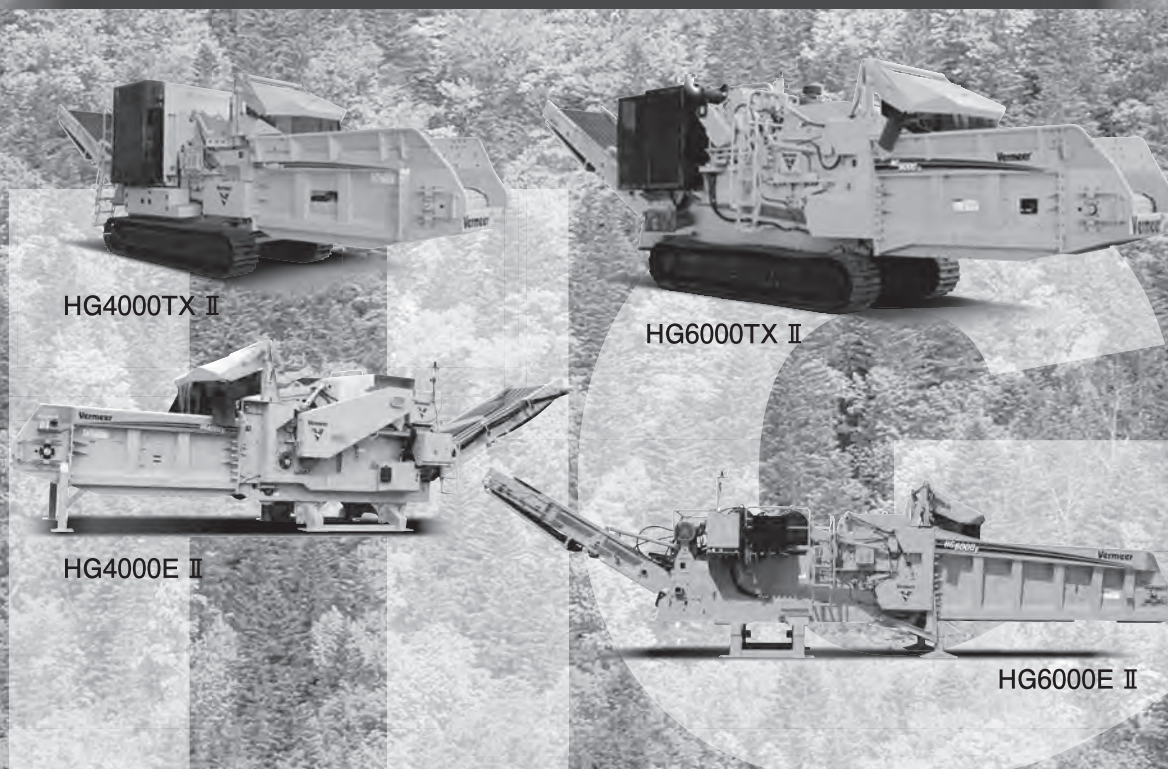
電 話： F A X：

E-mail：

	広告掲載号	メーカー名	製品名
①	月号		
②	月号		
③	月号		
④	月号		
⑤	月号		

FAX 送信先：サントナアートワークス 建設機械施工係 FAX:03-3664-0138

マルマテクニカのホリゾントルグラインダー



1台の破碎機でピンチップも切削チップも生産できる!用途別に選べる2タイプ。



特長

- チップサイズは均一で、バイオマス発電向け燃料として実績が多数。
- 新車破碎機の在庫保有と新車の短納期体制で対応。
- 休車時間をなくすため、Vermeer 社破碎機部品の在庫を保有し、即納体制で対応。



マルマテクニカ株式会社

URL <http://www.maruma.co.jp/>

本社・相模原事業所	〒252-0331	神奈川県相模原市南区大野台6-2-1	TEL.042(751)3091	FAX.042(756)4389	E-mail:s-sales@maruma.co.jp
厚木工場	〒243-0125	神奈川県厚木市小野651	TEL.046(250)2211	FAX.046(250)5055	E-mail:atsugi@maruma.co.jp
東京工場	〒156-0054	東京都世田谷区桜丘1-2-22	TEL.03(3429)2141	FAX.03(3420)3336	E-mail:tokyo@maruma.co.jp
名古屋事業所	〒485-0037	愛知県小牧市小針2-18	TEL.0568(77)3313	FAX.0568(72)5209	E-mail:n-sales@maruma.co.jp

街づくりを支える、信頼の三笠品質。



転圧センサー
バイプロコンパクター
 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



★**光星**

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。



COSMO コスモ石油ルブリカンツ株式会社

<https://www.cosmo-lube.co.jp/>
カスタマーサポートセンター：0120-15-4899

FA機器の 最適無線化提案

クレーン、搬送台車、建設機械、特殊車輛他
産業機械用無線操縦装置

①微弱電波 ②429MHz帯特定小電力 ③1.2GHz帯特定小電力
④315MHz帯特定小電力 ⑤920MHz帯特定小電力

スリム ケーブルレス

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

**No.1の
オーダー対応!**

- 優れた耐塵・防雨性能
- 選べる2段階押しスイッチ!
ストロークの異なる2種類
から選択可能!



8操作
標準型
RC-5808N
15万円～



12操作
標準型
RC-5812N
17万円～



16操作
標準型
RC-5816N
19.5万円～

※ボタン配置自在

タフ 頑強ケーブルレス

N/U/Gシリーズ
微弱電波・
特定小電力両モデル対応

**タフな現場に!
落下にタフ、
水にタフ!**

- 堅牢なボディ!
- 特殊スイッチ装着可能

標準型
RC-8616N
22万円～



チップ ケーブルレス

N/Mシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

**使えば分かる、
コストパフォーマンス!**

- トコトコ機能を絞って
コストダウン!
- 乾電池仕様
- 優れた耐塵・防雨性能



8操作
標準型
RC-3208N
12万円～



5操作
標準型
RC-3205M
11万円～



12操作型
標準型
RC-3212M
14万円～

マイコン ケーブルレス

N/U/Gシリーズ
微弱電波・
特定小電力両モデル対応

**あらゆる環境での
無線化に対応!**

- 16操作16リレー
最大25リレーまで対応可能

標準型
RC-6016N
20万円～



ケーブルレスミニ

Nシリーズ
微弱電波モデル対応

標準型
RC-4403N
10万円～

**ポケットサイズの
本格派!**

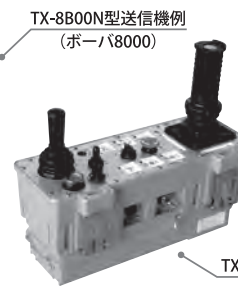
- 最大5リレーまで対応可
- 2段階押しスイッチ追加可能
(オプション)



防爆形無線機 ボーバ (BoBa)

Nシリーズ
7B/8B...微弱電波モデル対応

**爆発の雰囲気がある
危険場所での
遠隔操作に!**



TX-8B00N型送信機例
(ボーバ8000)



危険場所設置用(オプション対応)
耐圧防爆箱入り受信機

TX-7B00N型送信機例
(ボーバ7000)

双方向データケーブルレス100S

Sシリーズ(920MHz帯)
特定小電力モデル対応

標準型
TC-1000808S
26万円～

- ・FA機器の制御に特化!
- ・双方向制御が、1セットで対応可能
- ・8点の送受信が可能!



データケーブルレス

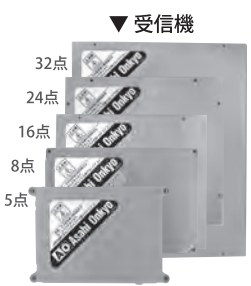
N/U/Gシリーズ
微弱電波・
特定小電力両モデル対応

**工夫次第で
用途は無限!**

- 機器間の信号伝送に!
- 多芯の有線配線の代わりに!



▼送信機例

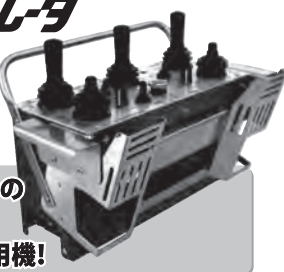


▼受信機

MAXサテラ

U/Gシリーズ
特定小電力専用モデル

**金属シャーシの
多操作・
特注仕様専用機!**

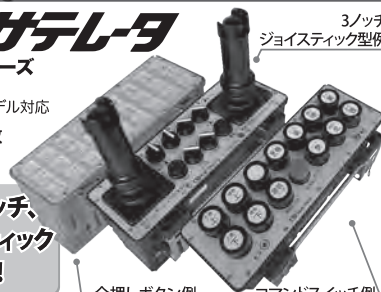


マイティサテラ

N/U/Gシリーズ
微弱電波・
特定小電力両モデル対応

- 操作信号数
最大32点

**特殊スイッチ、
ジョイスティック
装着可能!**



全押しボタン例

コマンドスイッチ例

リソー 離操作

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

標準型
RC-2512N
22万円～

- 最大32リレー
- 2段階押し
特殊スイッチ装着可

**価格もサイズも
ハンディー並み!**



*価格は全て、セット価格および、税抜表示となっています。



朝日音響株式会社

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

無線化工事のことならフルライン、フルオーダー体制の弊社に今すぐご相談下さい。また、ホームページでも詳しく紹介していますのでご覧下さい。

朝日音響 検索





Realize your FUTURE

～ 活用拡がる拡張現実システムAR ～



First AR

01

拡張現実システム
(ハンディ)
Trimble SiteVision



Second AR

02

拡張現実システム
(ローバー)
Trimble SiteVision



Third AR

03

拡張現実システム
(油圧ショベル)
Trimble EarthWorks AR



※国内発売予定

SITECH[®]
YOUR CONSTRUCTION TECHNOLOGY PROVIDER

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

Trimble[®]
Authorized Dealer

KOMATSU

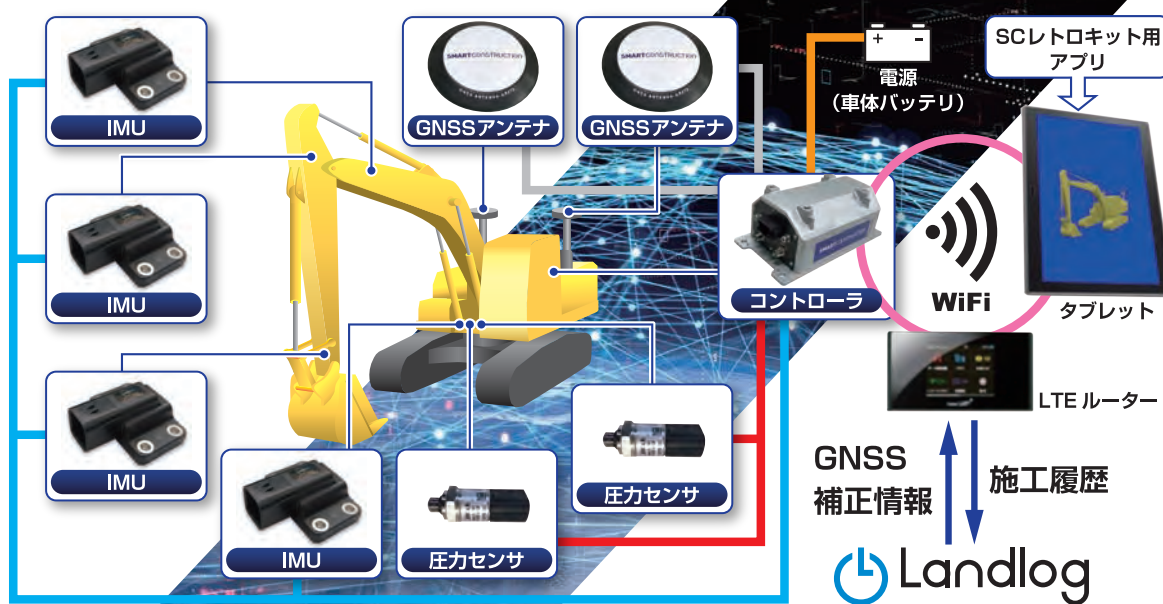
建設現場のデジタルトランス フォーメーション実現を加速。



SMART CONSTRUCTION Retrofit

スマートコンストラクション・レトロフィット

既存の従来型建機に、3D-マシンガイダンス機能や
ペイロード機能(オプション)などのICT機能を提供する
後付けキットをご用意しました。



従来型建機のデジタル化を促進し
「安全で生産性の高い、スマートで
クリーンな未来の現場」の実現を
サポート

コマツカスタマーサポート(株)

〒108-0072 東京都港区白金 1-17-3 TEL:050-3486-7147

