

巻頭言 BIM/CIMとXRによる建設の変革に向けて

「行政情報」● 国土交通データプラットフォームの取組

● 国土交通省におけるBIM/CIMの普及・促進の取組

| 交流の広場|| 他業種におけるスマートグラスの活用事例と今後の展望

統 計 主要建設資材価格の動向

[技術報文]● テレイグジスタンス

- ICTをフル活用した大規模盛土管理の効率化・高度化
- エリアから始める都市デジタルツイン
- 無人化施工VR技術の開発 他

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。



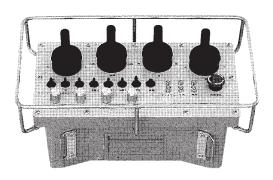
吉永機械株式会社

〒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

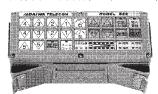
あらゆる仕様に対応 指令機操作面はレイアウトフリー



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**96**CH。
- ■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 タイマー付き)
- ●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

大和機工株式會社

本社工場 〒 474-0071 愛知県大府市梶田町 1-171 TEL 0562-47-2167(直通) FAX 0562-45-0005 ホームページ http://www.daiwakiko.co.jp/ mgclub@daiwakiko.co.jp 営業所 東京、大阪、他

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2年度版

$\infty\infty\infty$ 改定・発刊のご案内 $\infty\infty$

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正され、令和2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2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2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。

〈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)

◆改訂内容

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

1. 鋼橋編

- 架設用仮設備機械複合損料の改定
- ・現場溶接用ストロングバック切断歩掛の策定
- ・トラベラクレーン、ケーブルクレーンによる合成 床版架設工歩掛の策定

2. PC橋編

- ・架設機械複合損料、支保工賃料の改訂
- ・ P C 橋片持架設工、架設支保工工法、外ケーブル P C ケーブル工の供用日数改訂
- ・架設支保工工法の支保工数量適用範囲の改訂

3. 橋梁補修編

- ・二段足場(橋脚回り足場用)歩掛の策定
- ・チェーン盛り替え工(裏面吸音板用)歩掛の改定
- ・鉛、PCB別に必要な環境対策資機材と衛生保護具 を確認できる表に変更および単価の改定(湿式剥離 剤工法)
- ・排水管撤去工、仮排水設備工歩掛の策定

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



● A 4 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 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 令和2年5月20日

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

$\infty\infty\infty$ 改訂・発刊のご案内 $\infty\infty\infty$

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頂きます。
- ●発刊予定 令和2年5月15日



<図書紹介>

令和2年度版 建設機械等損料表

■発売日 : 令和2年5月15日

■体 裁 : A4判 モノクロ 約480ページ

■本体価格(税別・送料別)

一般価格 8,000円 会員価格 6,800円

■内容

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



■参考

近日発売予定の「よくわかる建設機械と 損料2020」も併せてご活用ください。 (特長)

- ・損料用語・損料補正方法を平易な表現で解説
- ・関連通達・告示の位置付けと要旨を解説
- ・建設機械の概要・特徴を写真・図入りで紹介
- ・主要建設機械のメーカ・型式名を表にして紹介
- ・機械の俗称・旧称から掲載ページ検索が可能

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:田﨑 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。

■発売予定日 : 令和2年5月下旬

■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値の計算例を紹介
- (3) RO2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・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

よくわかる建設機械と損料 2020

(R02 建設機械等指料表 解説書)

一般柱団法人 **日本建設機械施工協会**

書籍の表紙イメージ

■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	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HPへのリンク	・しおり ・拡大・縮小 ・付箋機能 ・ペン機能 ・メーカHPへのリンク	
9	予定販売	会員	55,000(3年間)	49,500(3年間)	
9	価格 (円・税込) 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	1 同時ログイン		3台	3台	
12	2 認証方法		ID+パスワード	ID+パスワード	
13	3 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/

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。

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。



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

m

上記図書を申込み致します。令和 年 月 日

官公庁?		
所	禹	
担当者氏征	2	TEL FAX
住 京	听	T
送金方	去	銀行振込・現金書留・その他(
必要事〕	湏	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
4	94	1100-0011 宋尔即尼区之五图3 3 8 1歲1歲1歲與五品		FAX 03 (3432) 0289
十七次	垂道支部 	∓ 060-0003	札幌市中央区北三条西2-8 さっけんビル	TEL 011 (231) 4428
101	少但又叫	1000-0003 和郷印中天区和二末四2-0 891770にル		FAX 011 (231) 6630
由 -	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
*	10 X OP	1960-0014	10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 1	FAX 022 (222) 3583
1-11-1	陸支部	〒 950-0965	新潟市中央区新光町6-1 興和ビル	TEL 025 (280) 0128
10 1	庄 义 마	1930 0903	があって人区が万面の 1 英和こか	FAX 025 (280) 0134
lт:	空 子 空	∓ 460-0002	名古屋市中区丸の内3-17-10 三愛ビル	TEL 052 (962) 2394
		1400-0002	日日度17年区人10万円30 17 10 二夏にル	FAX 052 (962) 2478
园 i	西古部	〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4 谷町スリースリーズビル	大阪市内中区公町2-7-1 公町フリーフリーブビル	TEL 06 (6941) 8845
			FAX 06 (6941) 1378	
Ιф 1	国支部	7 730-0013	広島市中区八丁堀12-22 築地ビル	TEL 082 (221) 6841
<u> </u>		1700 0010		FAX 082 (221) 6831
四	国支部	- 760-0066	高松市福岡町3-11-22 建設クリエイトビル	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は、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□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下さ 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

随時受付けます。

★公表の方法

当協会機関誌へ掲載します。

★機関誌への掲載は有料です。

★その他:優秀な論文の表彰を予定しています。

★連絡先

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8(機械振興会館) 日本建設機械施工協会 研究調査部 論文担当

E-mail : ronbun@jcmanet.or.jp TEL : 03 - 3433 - 1501

FAX: 03 - 3432 - 0289

◆ 日本建設機械施工協会**『個人会員』**のご案内

会 費: 年間 9,000円(不課税)

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

★個人会員の特典

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

この機会に是非ご入会下さい!!

◆一般社団法人 日本建設機械施工協会について

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

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

一般社団法人 日本建設機械施工協会とは…

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

■会員構成

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

■主な事業活動

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

■主な出版図書

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

その他、日本建設機械施工協会の活動内容はホームページでもご覧いただけます!

http://www.jcmanet.or.jp/

※お申し込みには次頁の申込用紙をお使いください。

【お問い合せ・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

-般社団法人日本建設機械施工協会 個人会員係 行

E-mail:k-kaiin@jcmanet.or.jp FAX:03-3432-0289 ※原則eメールで送付ください

一般社団法人 日本建設機械施工協会 会長 殿

下記のとおり、日本建設機械施工協会 個人会員に入会します。

					令和	年	月	E
		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	₹							
23 33 33 12	TEI		F-	mail				
	Ŧ		<u>-</u> _					
自宅住所								
	TEL		E-	mail				
機関誌の送付先	勤務先	自宅	(ご希望 <i>の</i>)送付先に〇印	で囲んで下さ	۲۱۰°)		
その他連絡事項					令和	年	月より	入会

【会費について】 年間 9,000円(不課税)

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

【その他ご入会に際しての留意事項】

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

【個人情報の取扱について】

ご記入頂きました個人情報は、日本建設機械施工協会のプライバシーポリシー(個人情報保護方針)に基づき適正に管理いたします。本協会のプライバシーポリシーは 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2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 2年 5月	よくわかる建設機械と損料 2020	6,600	5,610	700
2	R 2年 5月	橋梁架設工事の積算 令和2年度版	11,000	9,350	900
3	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
4	R 2年 5月	令和2年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
5	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
6	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	_
7	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	_
8	R 元年 5月	橋梁架設工事の積算 令和元年度版	11,000	9,350	900
9	R 元年 5月	令和元年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
10	H31年 3月	日本建設機械要覧 2019 年版	53,900	45,100	900
11	H30年 8月	消融雪設備点検・整備ハンドブック	13,200	11,000	700
12	H30年 5月	よくわかる建設機械と損料 2018	6,600	5,610	700
13	H30年 5月	大口径岩盤削孔工法の積算 平成 30 年度版	6,600	5,610	700
14	H30年 5月	橋梁架設工事の積算 平成 30 年度版	11,000	9,350	900
15	H30年 5月	平成 30 年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
16	H29年 4月	ICT を活用した建設技術(情報化施工)	1,320	1,100	700
17	H28年 9月	道路除雪オペレータの手引	3,850	3,080	700
18	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
19	H25年 6月	機械除草安全作業の手引き	990	880	250
20	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
21	H22年 9月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,3	00	700
22	H22年 9月	アスファルトフィニッシャの変遷【CD】	3,3	00	250
23	H22年 7月	情報化施工の実務	2,200	1,885	700
24	H21年11月	情報化施工ガイドブック 2009	2,420	2,200	700
25	H20年 6月	写真でたどる建設機械 200 年	3,080	2,608	700
26	H19年12月	除雪機械技術ハンドブック	3,1	43	700
27	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
28	H17年 9月	建設機械ポケットブック (除雪機械編)	1,0	48	250
29	H16年12月	2005「除雪・防雪ハンドブック」(除雪編)*	5,2	38	250
30	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)**	3,5	20	250
31	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
32	H15年 6月	道路機械設備 遠隔操作監視技術マニュアル (案)	1,9	80	700
33	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)	1,9	80	700
34	H15年 6月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	5	50	250
35	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
36	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
37	H11年10月	機械工事施工ハンドブック 平成 11 年度版	8,3	60	700
38	H11年 5月	建設機械化の 50 年	4,4	00	700
39	H11年 4月	建設機械図鑑	2,7	50	700
40	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
41	H9年 5月	建設機械用語集	2,200	1,980	700
42	H6年 8月	ジオスペースの開発と建設機械	8,382	7,857	700
43	H6年 4月	建設作業振動対策マニュアル	6,286	5,657	700
44	H3年 4月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,266	9,742	700
45	S 63年3月	新編 防雪工学ハンドブック【POD版】	11,000	9,900	700
46	S 60年1月	建設工事に伴う濁水対策ハンドブック**	6,6	00	250
47		建設機械履歴簿	4	19	250
48	毎月 25日	建設機械施工	880	792	700
		とはな HP http://www.icmanet.or.in の出版図書欄の「ご購入方注		年12冊 9,408日	

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。

建設機械施工 7

Vol.72 No.7 July 2020 (通巻 845 号)

目 次

特 集

建設の BIM/CIM, XR, 遠隔操作

巻頭言

4 BIM/CIM と XR による建設の変革に向けて

矢吹 信喜 大阪大学 大学院工学研究科 環境エネルギー工学専攻 教授

行政情報

5 国土交通データプラットフォームの取組

中西健一郎 国土交通省 大臣官房 技術調査課 課長補佐

11 国土交通省における BIM/CIM の普及・促進の取組

榮西 巨朗 国土交通省 大臣官房 技術調査課 課長補佐

特集・ 技術報文 16 テレイグジスタンス 新しい働き方と生き方

舘 暲 東京大学 名誉教授、日本バーチャルリアリティ学会 初代会長

23 BIM 連携を可能とした建設ロボット プラットフォームの開発と取り組み

BIM と繋がる建設ロボットの普及展開を見据えて

永田 幸平 (株)竹中工務店 大阪本店 西日本機材センター 開発グループ 課長

27 BIM/CIM と ICT 施工の融合

田島 僚 ㈱大林組 土木本部 生産技術本部 先端技術企画部 副課長

33 ICT をフル活用した大規模盛土管理の効率化・高度化

新東名高速道路川西工事における i-Construction の本格展開

中村 洋丈 中日本高速道路㈱ 東京支社 秦野工事事務所 松田工事区 工事長

永田 政司 中日本高速道路㈱ 技術・建設本部 環境・技術企画部 技術企画・開発課 係長

藏重 幹夫 清水建設㈱ 土木東京支店 横浜土木営業所 新東名高速道路川西工事作業所 工事長

40 重機稼働を AI 識別して CIM 上にリアルタイム表示

Digital Twin

山本 賢司 日本電気㈱ 第二製造業ソリューション事業部 ソリューション推進部 シニアエキスパート

緑川 達也 鹿島建設㈱ 土木管理本部 生産性推進部 ICT・CIM 推進室

48 エリアから始める都市デジタルツイン

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 BIM 推進担当主任

上田 恭平 大成建設(株) 設計本部 第六部アーキテクト

古市 理 大成建設㈱ 設計本部 第六部室長

56 先進技術を活用した建設現場の労働生産性向上への取組み

映像認識 AI とデジタルツインを用いた施工改善支援システム

深見 誠 ㈱奥村組 東北支店 土木部 鹿糠道路工事所 工事主任

62 無人化施工 VR 技術の開発

シンクロアスリート®の無人化施工技術への適用

飛鳥馬 翼 ㈱熊谷組 土木事業本部 ICT 推進室

北原 成郎 ㈱熊谷組 土木事業本部 ICT 推進室 室長

松林 勝志 国立東京工業高等専門学校 情報工学科 教授



	67	他業界から得る建築に必要な AR・VR 技術の活用事例 ウカー生 ^{(株積木製作 BIM Solution Manager}
	72	MR技術を活用したトンネル維持管理システムにおける作図機能の開発 トンネル MR 表彰 (株)時池組 土木技術部 課長
	78	無人化施工の迅速展開を目的とした HMD 映像表示システムの提案 山内 元貴 土木研究所 研究員 博士 (工学) 橋本 毅 土木研究所 主任研究員 博士 (工学), 技術士 (機械部門)
	82	タワークレーンの遠隔操作技術の開発と取り組み TawaRemo 林崎 貴文 (株竹中工務店 東京本店 東日本機材センター 開発グループ 主任 郡山 純 鹿鳥建設㈱ 機械部 技術 4 グループ 課長代理
交流のひろば	88	他業種におけるスマートグラスの活用事例と今後の展望 座安 剛史 ㈱ Enhanlabo (エンハンラボ) 代表取締役社長
ずいそう	92	トライアスロンの魅力 小野 孝 ー (総竹中工務店 大阪本店 西日本機材センター 計画グループ
	94	交換留学生からの宝物 岩崎 茂雄 岩崎工業㈱ 代表取締役
	96	新工法紹介 機関誌編集委員会
	99	新機種紹介 機関誌編集委員会
統計	102	主要建設資材価格の動向機関誌編集委員会
	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 (2020年5月)
	110	編集後記(内藤·岡本)
		◇表紙写真説明◇

◇表紙写真説明◇

タワークレーン遠隔操作システム「TawaRemo」

写真提供:㈱竹中工務店

建設業界における労働者不足・高齢化問題は深刻であり、タワークレーンオペレータ不足を解消することを目的として開発を行った。オペレータがタワークレーンに搭乗することなく、どこでも操作できることで、「オペレータの身体的負担軽減」、「作業環境の改善」、「若手への技能伝承」が可能となる。

2020 年(令和 2 年) 7 月号 PR 目次	コマツ 表紙 4	[9]	三笠産業㈱ 後	乡付
【ア】	コスモ石油ルブリカンツ㈱… 後付5	大和機工(株) 表紙 2	【ヤ】	
朝日音響㈱ 後付 6	[+]	[7]	吉永機械(株) 妻	長紙
【カ】	サイテックジャパン㈱ 表紙 3	マルマテクニカ㈱ 後付 3		
フベルフ建機(件)	サンタナアートローカフ 谷付り			

巻頭言

BIM/CIM と XR による 建設の変革に向けて



矢 吹 信 喜

今年は春から新型コロナウイルスの感染拡大によ り、医療崩壊を防ぐために、外出自粛、在宅勤務、休 校、店舗・飲食店の休業、文化・スポーツ活動の休止 などを余儀なくされ、社会、経済、教育などに深刻か つ甚大な損害を被っている。緊急事態宣言が解除され た後も、ウイルスの強毒化や第2、第3波が懸念され ていることから,社会的距離を確保しなければならず, 当分の間は元の状態に戻ることは困難と思われる。こ うした忍耐生活の中、以前は、その有用性は認識され ても実現困難だと考えられていた。在宅勤務、Web による遠隔会議や講義が、必要に迫られて開始したと ころ、思いの外すぐに浸透し、今では在宅で Web 会 議や講義を行うのは当たり前になりつつある。在宅勤 務は、アルビントフラーが40年前に出版した『第三 の波』で熱心に説いたが、当時は誰も現実になるとは 思わなかったはずだ。

何かを新しい方法に変えようとすると、たとえそれにどんなにメリットがあったとしても、必ずと言って良いほど多くの人達は新手法の欠点や変化に伴う困難、損失などを並べ立て、結局変わらないということになりがちである。一方、強烈な厄災や外圧があると、それまでの抵抗が急になくなり、採用されることがある。在宅勤務や Web 会議・講義はその一例と考えられる。

建設分野では、製造業と比べて低い労働生産性、高齢化と若年層不足による担い手不足、長時間労働など喫緊の課題解決のために、国交省が中心となり「i-Construction」を推進しており、その重要な施策がBIM/CIM をはじめとするICT(情報通信技術)の導入・推進である。新型コロナウイルス感染を防ぐことを常に考え、社会的距離を確保しながら、設計、施工、維持管理の飛躍的な効率化を図っていくためには、BIM/CIM の3次元モデルを基に VR/AR/MR(仮想/拡張/複合現実:総称して XR)、AI、ロボット、IoT(モノのインターネット)などの ICT を駆使して

いかざるを得ない状況にあるといえよう。

筆者が BIM/CIM の基盤である 3 次元 CAD に携わ るようになったのは37年前であり、それから一貫し て ICT の土木建築分野への応用に関する研究を行っ ている。20年前 VR の研究を始めた頃は、設計を対 象に立体視ができる3次元VR-CADの開発などを行っ たが、ライフサイクル全体を変えられないかと苦心し ていた。16年前 AR に出合ったとき, これだ!と思っ た。以来、移動するビデオカメラの映像の中に現実と バーチャルの両方をリアルタイムに整合性を保持しな がら描写できるこの技術に惚れ込み、構造物の完成モ デルやセンシングデータ,解析結果などを現実映像に 重畳したり、景観の不可視深度を容易に求めるシステ ム. 配筋の3次元モデルを実際の鉄筋に重畳して自動 的に配筋チェックできるシステムなど数多くの研究開 発を行った。ARには、重畳するバーチャルなオブジェ クトが本来手前側にあるべき現実のオブジェクトを隠 してしまう「オクルージョン問題」があったが、レー ザスキャナや SfM (Structure from Motion) を使って、 DR (Diminished Reality) を実現して解決した。

現在は、MRとVRを組合わせて、遠隔地にいる発注者が現場に行かずに各種検査ができるシステムの研究を建設会社と行ったり、複数の遠隔にいる技術者たちがヘッドマウンテッドディスプレイ(HMD)をかぶると、あたかもそこにいるかのように見え(テレエグジスタンス)、BIM/CIMの3次元モデルを同時に見ながら遠隔会議ができるシステムなどの研究を行っている。

今は残念ながら「コロナ禍」の最中であるが、「禍を転じて福と為す」のことわざにあるように、これを建設分野における BIM/CIM、XR などの完全採用に向けての契機だと捉えて、変革を実現していくべきだと考えている。

大阪大学 大学院工学研究科 環境エネルギー工学専攻 教授――

^{――}やぶき のぶよし

特集≫ 建設の BIM/CIM, XR, 遠隔操作

行政情報

国土交通データプラットフォームの取組

中 西 健一郎

これまで、国土交通省では、2019 年 5 月に「国土交通データプラットフォーム整備計画」を策定し、プラットフォームの構築を進めている。当該プラットフォームによって、産学官の持つ様々なデータを API(Application Programming Interface)により連携させ、国土交通行政の DX(デジタル・トランスフォーメーション)を推進し、国土交通省施策の高度化やオープンイノベーションの創出を目指している。本稿では、国土交通データプラットフォーム構築に至った背景や、2020 年 4 月に一般公開した国土交通データプラットフォーム 1.0 で連携しているデータや機能、更に今後の取組方針について紹介する。

キーワード:インフラ、データ、連携、活用、技術開発

1. はじめに

我が国の代表的な社会課題が、少子高齢化による人口減少であることは否めない。総務省の「人口推計」によれば、我が国の人口は2008年の1億2,808万人をピークに減少に転じている。少子高齢化を補う形で、女性と高齢者の労働参加は年々高まってはいるものの、就業人口の低下を補うには足りず労働力の絶対量の不足が続いている。労働力不足が我が国の長期的な課題であって、人口縮減を前提としたパラダイムへのシフトが必要となっている。

労働力不足は地方公共団体にも大きな影響を与える。地方公共団体は、限られた経営資源の中で、医療、介護、インフラ、街づくりなど人口減少社会において山積する課題に対応することが求められるが、市町村全体の職員数は、2005年度から2017年度の間で約11%減少しており、特に土木系職員の減少割合は約14%と全体の割合よりも大きく、さらに、技術系職員がいない市町村の割合は約3割に上る。

他方、デジタル技術の進展により、オンライン上でのショッピング、ネット検索やホームページアクセス等による情報収集、SNSや動画サイト等を通じた情報発信などを誰もが利用できる環境が整っている。こうしたデジタル技術により、日々の働き方をも変化している。新たな労働需要の喚起や労働生産性の向上がもたらされることが期待されており、建設現場においてもデジタル技術の積極的な導入を進めるべきといえよう。

2. i-Construction の推進と国土交通データプラットフォーム

働き手の減少を上回る生産性の向上に加え、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、こうした観点から、国土交通省では、2016年より、建設現場において情報通信技術(ICT)の活用や施工時期の平準化等を進める「i-Construction」を推進している。

2019年6月に、公共工事の品質確保に関する法律が改正され、ICTの活用等による生産性向上への取組や働き方改革の推進が位置付けられた(図—1)。i-Constructionの取組の一層の加速が求められている。

i-Construction の推進にあたっては、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次元データでつなぎ、新技術、新工法、新材料の導入、利活用を加速化するとともに、国際標準化の動きと連携を進めている(図—2)。

更に、建設現場からデジタルデータをリアルタイムに取得し、これを活用した IoT・AI をはじめとする新技術を試行することで、建設現場の生産性を向上するプロジェクトの公募を 2018 年度より行っている。例えば、ステレオカメラ撮影画像を活用した配筋測定の開発により現行の手作業による複数人で測定を省力化・省人化するなどの取組が行われている(図一3)。こうしたデジタル技術を建設現場に導入し、生産性を向上させる取組を進めるとともに、新技術の現場実装を阻害する規制等が存在する場合は、その見直しも含

平成26年に、公共工事品確法と建設業法・入契法を一体として改正※し、適正な利潤を確保できるよう予定価格を適正に設定することや、ダンピング対策を 徹底することなど、建設業の担い手の中長期的な育成・確保のための基本理念や具体的措置を規定。

※担い手3法の改正(公共工事の品質確保の促進に関する法律、建設業法及び公共工事の入札及び契約の適正化の促進に関する法律)

新たな課題・引き続き取り組むべき課題

相次ぐ災害を受け地域の「守り手」としての建設業への期待働き方改革促進による建設業の長時間労働の是正i-Constructionの推進等による生産性の向上

新たな課題に対応し、 5年間の成果をさらに充実する 新・担い手3法改正を実施

担い手3法施行(H26)後5年間の成果

予定価格の適正な設定、歩切りの根絶 価格のダンピング対策の強化 建設業の就業者数の減少に歯止め

品確法の改正 ~公共工事の発注者・受注者の基本的な責務へ 発注者の言称 ○発注者・受注者の責務 発注者の青森 調査・設計の品質確保 (休日、準備期間等を考慮) 緊急性に応じた随意契約・指名競 ・適正な工期設定 情報通信技術の活用等による 「公共工事に関する測量 施工時期の平準化(債務負担行為や繰越明許費の活用等) 生産性向上 争入札等の適切な選択 地質調査その他の調査及 災害協定の締結、発注者間の連携 び設計」を、基本理念及 び発注者・受注者の責務の 適切な設計変更 (工期が翌年度にわたる場合に繰越明許費の活用) 労災補償に必要な費用の予定価格 への反映や、見積り徴収の活用 各規定の対象に追加 ○受注者(下請含む)の責務 ・適正な請負代金・工期での下請契約締結 生産性向上 災害時の緊急対応強化 働き方改革の推進 持続可能な事業環境の確保 への取組 ○工期の適正化 ○災害時における建設業者団体 技術者に関する規制の合理化 ・中央建設業審議会が、工期に関する基準を作成・勧告 監理技術者:補佐する者(技士補) を配置する場合、兼任を容認 の責務の追加 著しく短い工期による請負契約の締結を禁止 建設業者と地方公共団体等との (違反者には国土交诵大臣等から勧告・公表) 主任技術者(下請) 一定の要件を 連携の努力義務化 公共工事の発注者が、必要な工期の確保と施工時期の平準化 満たす場合は配置不要 のための措置を講ずることを努力義務化く入契法> ○持続可能な事業環境の確保 経営管理責任者に関する規制を ○現場の処遇改善 社会保険の加入を許可要件化 建設業の許可に係る承継に関す ・下請代金のうち、労務費相当については現金払い る規定を整備 建設業法・入契法の改正 ~建設工事や建設業に関する具体的なルー

図-1 品確法と建設業法・入契法 (新担い手3法) の改正

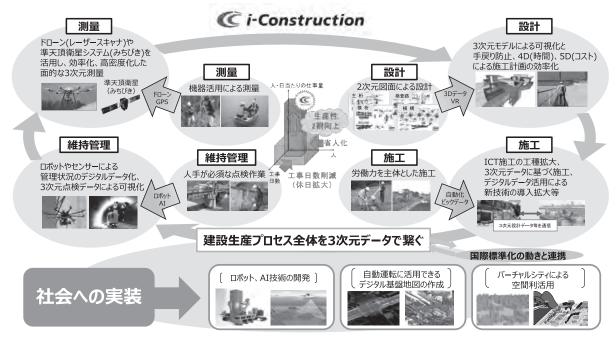


図-2 i-Construction ~建設現場の生産性向上~

め新技術の積極活用に今後取り組むこととしている。 昨今,新型コロナウイルス感染症の感染拡大を契機 として,公共工事の現場において非接触・リモート型 の働き方に転換する等,感染症リスクに対して強靱な 経済構造の構築を加速することが課題となっている。 このため,国土交通省においては,公共事業について, 設計・施工から維持管理に至る一連のプロセスやストッ ク活用をデジタルで処理可能とすることや熟練技能の デジタル化を進めること等により、抜本的な生産性向 上と非接触・リモート型への転換を進める DX (デジタ ル・トランスフォーメーション)を推進している。具体 的な取組としては、鉄筋の配置や部材の寸法等の工事 に関する様々な情報を、これまでは何十枚もの2次元 の図面で表現していたところを、形状や属性情報を付

○現状

■出来形管理基準及び規格値 (鉄筋工-組立て)

【平均間隔・かぶりの測定】 1リフト、1ロット当たり、各面で一箇所以上

■出来形管理基準及び規格値 (床版工-床版工)

【かぶり・有効高さの測定】

- 1径間当たり3断面
- 1断面の断面変化毎1ヶ所
- 【鉄筋間隔の測定】
- 1 径間当たり3ヶ所 1ヶ所毎に、
- 橋軸方向は全数、

橋軸直角方向は2mの範囲



- ・抽出断面での計測
- □複数人での測定
- ・時間を要する

PRISM 試行実施

<工事名> 妙高大橋架替 下部その4工事

- 発注:北陸地整
- 受注:清水建設(株)
- コンソーシアム構成員: 清水建設、シャーブ
- 工期:H30.9~R2.1

<実施内容>

- ◆ ステレオカメラ撮影画 像による配筋間隔、鉄 筋径の測定
- ◆撮影画像の自動合成 技術による3次元CIM データとの比較
- ◆ クラウド活用によるリアルタイムでの測定 データの共有



ステレオカメラ等の画像を用いた配筋測定技術

(導入効果)

- 測定作業の省人化、効率化
- ・測定データの信頼性向上
- 測定データのリアルタイムでのクラウド共有による検査の効率化
- ・全数検査実現による品質の向上 等

図-3 ステレオカメラ等の画像を用いた配筋測定技術の例

与した3次元モデルとして表現することで、事業全体にわたる関係者間の情報共有を容易にし、一連の建設生産・管理システムの効率化・高度化を図るBIM/CIM (Building/Construction Inormation Modeling, Management) について、2023年度までに小規模なものを除く全ての公共工事で活用するように転換していく。また、従来は現場で目視や実測により行っていた施工状況や材料等の確認や監督検査について、映像等のデジタルデータを活用し、遠隔での業務や電子的な自動処理により省力化する等、建設業の新しい働き方への転換に取り組んでいる。

このようなデジタル技術を活用した取組を進めるに必須の社会インフラとして、国、地方公共団体、民間等に散在するデータを連携させ、分野横断での利活用を可能とするデータ連携基盤の整備が求められている。一方、国土交通分野において、国は、国土や都市、交通、気象などの多くのデータを保有しているものの、連携が十分にできていない現状にあり、現場から得られる豊富なデータを相互に連携させることで、行政の推進やイノベーションの促進に活用することが課題となっている。

このため、国土交通分野の多種多様な産学官のデータを API(Application Programming Interface)で連携し、3次元地図上で表示するとともに、横断的な検索・

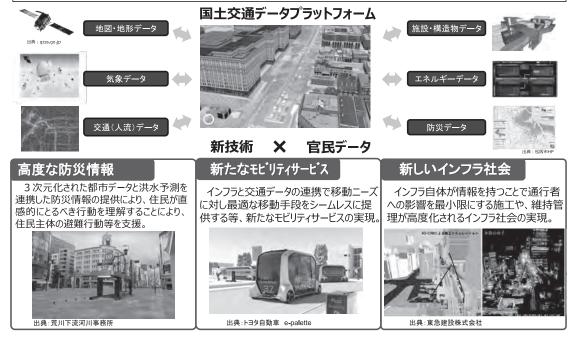
ダウンロードが可能となる、データ連携基盤(国土交通プラットフォーム)の整備を進めている(図─4)。

整備に先立ち、有識者らの意見やパブリックコメントを踏まえ、国土交通データプラットフォーム(仮称)整備計画を 2019 年 5 月 30 日に策定したところである。整備計画においては、インフラなど分野内のデータ連携基盤を 2020 年度までに構築し、その後各分野のデータを連携させる分野間データ連携基盤を 2022 年度までに構築することを目指しており、本整備計画に基づき、取組を推進している。

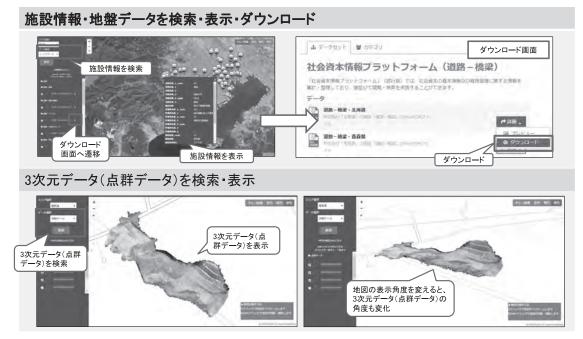
3. これまでの取組

国土交通データプラットフォームの実現により、業務の効率化や3次元データを活用したスマートシティなどの国の施策の高度化、産学官連携によるイノベーションの創出を目指すとともに、各種データを組みわせた高度な分析を行うことで、都市におけるヒートアイランド対策や災害時の避難シミュレーション等による社会課題の解決を推進することが期待されている。一方、国土交通データプラットフォームの利活用を促進し施策の高度化やイノベーションの創出につなげていくためには、構築の段階から産学官の連携が重要となる。

○「i-Construction」の取組で得られる3次元データを活用し、さらに官民が保有する様々な技術やデジタルデータとの連携を可能にするプラットフォームの構築により、新たな価値を創造。



図―4 国土交通データプラットフォームの整備



図─5 国土交通データプラットフォーム 1.0 の概要

このため、「国土交通データ協議会」を設置し、プラットフォームの利活用やデータ提供等の活動をしていただける方々の公募を2019年10月より開始した。加えて、国土交通データプラットフォームのプロトタイプ版を構築し、国土交通データ協議会の会員の方々に公開することで、プラットフォームの改善提案についても意見を求めた。なお、本協議会には、国土交通省のHPよりいつでも入会可能であり、会員の皆様には、

国土交通データプラットフォームの検討状況をお伝え することや、整備にあたっての改善提案を募集する 等、整備に協力いただいている。

(国土交通データプラットフォーム HP) https://www.mlit.go.jp/tec/tec_tk_000066.html

国土交通データ協議会の会員との意見照会等も行い、令和2年4月に、国土交通データプラットフォーム1.0の一般公開を行った(図-5)。国土交通データ

プラットフォーム 1.0 においては、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8万件と全国のボーリング結果等の地盤データ約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、更に必要なデータをダウンロードすることも可能としている(図—6)。

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。

今後は、ロードマップに基づき、ユーザーや有識者

事例やユースケースの募集を検討。

等からのご意見・ご要望をお聞きしながら、データ連携による新たな価値の具体化を図るとともに、セキュリティ機能や利活用ルール等の整備を通じて、他省庁や民間、地方公共団体等が保有するデータとの連携拡大に取り組むこととしている。加えて、データ連携の促進や、データ活用による業務の高度化を推進するための要素技術の開発にも取り組む(図一7、8)。

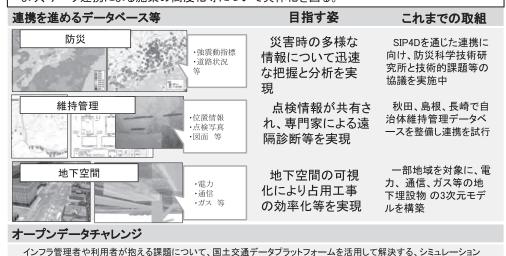
今後も、国土交通データ協議会会員との意見交換や、研究機関等との連携を図ることで、課題の解決を図り、国土交通データプラットフォームの構築に取り組む。

連携するデータベース 表示・検索・ダウンロードできるデータ 国土地盤情報 地盤データの諸元(調査名、位置情報 データベース 等) •柱状図(ボーリングデータ) 管理者: •土質試験結果一覧表 (一財)国土地盤 情報センター 全国で約140,000地点 ボーリング柱状図 社会資本情報 社会資本情報ブラントフォーム 施設の諸元(施設名称、所在地、完成 時期等) プラットフォー 維持管理情報(点検結果等) 【主な登録施設】 道路:橋梁、トンネル、シェッド、横断歩道橋、 管理者: 大型カルバート、門型標識 国土交通省 河川:ダム、水門、樋門、砂防 港湾:係留施設 クリック 全国で約80,000件の施設

図一6 国土交通データプラットフォーム 1.0 で連携しているデータベース

〇2020年度は、直轄工事・業務の電子成果品に加え、他省庁や地方公共団体、民間等が保有するデータベース等との連携を試行し、具体的に課題整理等行い、連携拡大方策を検討。

〇加えて、セキュリティ機能や利活用ルール等を整備するとともに、オープンデータチャレンジ等により、データ連携による施策の高度化等について具体化を図る。



図―7 データ連携の拡大

○多種多様なデータベースや新技術の活用により新たな価値の創造を図るため、データベース内の 各々のデータのメタデータを自動生成する技術や、既設構造物の3次元化技術の開発などを推進。

【データ連携の促進に向けた技術開発】

データベースの見出し情報から作成 ・データベースの見出し(index)から個別データ の内容紹介データ(メタデータ)を作成。 ・個別データのメタデータからデータベースの indexも作成可能。 個別データの情報 を自動でとりまとめ **DBindexファイル** 個別データに関連する情報を 個別のデータのみで作成 ・図面の表題欄等にある情報を自動で読み取り、 抽出し、そのデータのメタデータを作成。 図面 表題欄を自動で読み取り 工事名: 坪村機構製(その3): 事 図鑑名: 用水焼砂碗を図(1) 図鑑等号: 95076 個千年月日: 平成22年10月7日 資度年月日: 平成22年3月3日 別的会社名: 801日のアルゲン 別し会社名: 期刊評価格品会社 平板かる: 周刊公園者中原中田 表題欄 ⇒フリーワード検索で用いられるワードをAI等で 分析し、メターデータの作成に反映。

【データ活用による業務の高度化に向けた技術開発】

背景: 点検作業の高度化や災害対応の検討等に向け、既設構造物の3次元モデルのニーズが増大。
⇒既存の2次元図面を活用し、必要となる詳細度を有する3次元モデルを低コストかつ自動で生成する技術を開発。
複数の工事で作成された2次元CADデータ

(○○橋上部工事)

(○○橋下部工事)

(○○橋下部工事)

AIによる自動生成

・複数の工事成果を組み合わせて、構造物全体を3次元化。
・鉄筋等の内部構造も3次元化。

図-8 要素技術の開発

4. おわりに

冒頭に述べた、働き手の減少を上回る生産性の向上 を実現するため、国土交通データプラットフォームを 早急に整備する必要があるが、重要な点は、産学官連 携し、いかに多様なデータを連携していくか、にある。

このため、皆様にメリットを感じてデータ連携に協力いただけるようデジタル技術の活用効果をわかりやすい形で発信するとともに、使いやすいプラットフォームとなるよう、セキュリティやデータ利活用ルール、インターフェース等の構築を、産学官の意見交換を踏まえ整備を進めるなど、今後とも国土交通データ協議会会員の皆様と連携し取り組んで参る。

J | C | M | A

《参考文献》

・材質等の属性情報を

自動で付与。

- ・世界最先端デジタル国家創造宣言・官民データ活用推進基本計画(閣議 決定), 2019 年 6 月
- ・国土交通データプラットフォーム 整備計画 (国土交通省), 2019年5月
- ・国土交通データプラットフォーム 始動 (国土交通省), 2020年4月

[筆者紹介] 中西 健一郎(なかにし けんいちろう) 国土交通省 大臣官房 技術調査課 課長補佐

特集≫ 建設の BIM/CIM, XR, 遠隔操作

行政情報

国土交通省における BIM/CIM の普及・促進の取組

榮 西 巨 朗

BIM/CIM の導入により、個別プロジェクトにおける効果として、設計品質の確保や効率的な施工計画に基づく人材・資材の最適配置、最新技術の導入による監督・検査の効率化等が期待されている。また、建設全体の効果として、コンカレントエンジニアリング、フロントローディング等の実践による施工計画、管理等の一連の建設生産プロセスの生産性向上が期待されている。

本稿では、これまでの国土交通省の BIM/CIM 導入に向けた取組と、2019 年度に整備した基準要領等の概要、今後の取組について紹介する。

キーワード: BIM/CIM, CIM, i-Construction, 生産性向上, 建設

1. はじめに

BIM/CIM の導入には、設計品質の確保や効率的な施工計画に基づく人材・資材の最適配置、最新技術の導入による監督・検査の効率化等が期待されている。また、建設全体を見通した施工計画、管理などコンカレントエンジニアリング、フロントローディングの考え方を実践していくことが可能となり、一連の建設生産プロセスでの生産性の向上が可能となる。

このため国土交通省では、BIM/CIM の普及・定着、効果の把握やルール作りに向けて、2012 年度より試

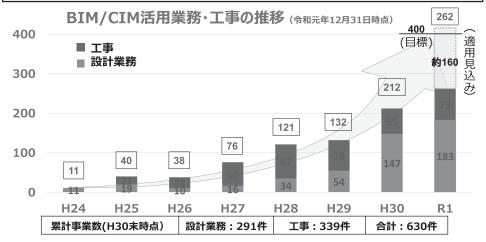
行を進めてきた。

本稿では、これまでのBIM/CIMの導入に向けた取組と、2019年度に整備した基準要領等の概要、今後の取組について紹介する。

2. BIM/CIM の実施状況

国土交通省では、業務については 2012 年度から、 工事については 2013 年度から BIM/CIM の試行を進 めており、これまで、設計業務で 291 件、工事で 339 件の合計 630 件で実施している (図一1)。

- H24年度から橋梁、ダム等を対象に3次元設計(BIM/CIM)を導入し、着実に増加。 ○ 令和元年度は、400件(業務+工事)の実施を目標。
 - ⇒ 12月末現在におけるBIM/CIM活用業務・工事の適用件数は262件。 その他、未契約・未協議であるが実施の見込みが高い業務・工事を含め約420件を見込む。



図— 1 令和元年度 BIM/CIM 活用業務・工事の実施状況等について

特に2019年度は、大規模構造物詳細設計において BIM/CIM を原則適用することとしたほか、BIM/CIM 成果品の存在する工事においても原則適用し、400件 を目標にBIM/CIM の積極的な活用を推進した結果、 2019年12月時点で、設計業務で183件、工事で79件 の合計262件でBIM/CIMの活用がなされている。

3. 基準要領等の整備

国土交通省では、BIM/CIM の効率的かつ効果的な活用に向け、BIM/CIM に関する基準類の整備を進めている(図—2)。

2019年度は、新規に6つの基準・要領等を策定したほか、11の基準・要領等の改定を実施した。

(1) BIM/CIM 活用ガイドライン (案)

これまでの BIM/CIM 活用業務や活用工事で得られた知見を踏まえ、建設生産・管理システムで一貫して3次元データを活用する観点から CIM 導入ガイドラインを見直し、『BIM/CIM 活用ガイドライン(案)』を策定した。

将来的には2次元図面から3次元モデルへの移行に よる生産性向上等が期待されるものの,令和2年3月 版では「現行の契約図書に基づく2次元図面による発注・実施・納品」を前提にしている。2019年度は、 事業によらない共通部分を取りまとめた共通編を策定 したが、2020年度は設計業務等共通仕様書の構成に 合わせ、各分野を拡充する予定である。

(2) 発注者における BIM/CIM 実施要領(案)

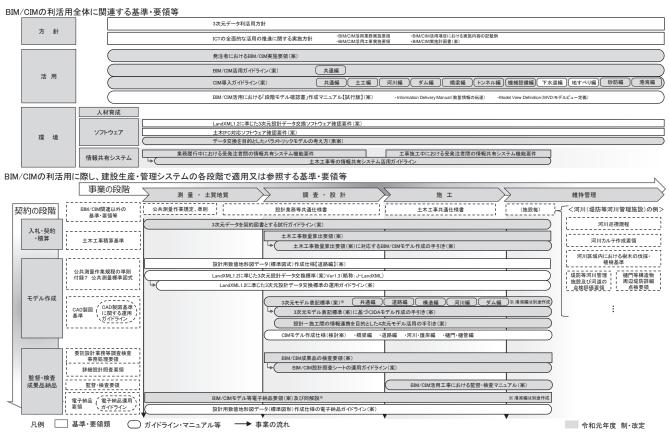
これまでの BIM/CIM 活用事業における導入効果を整理し発注者が自ら BIM/CIM を活用する目的を明確にするため、『発注者における BIM/CIM 実施要領(案)』を策定した。

発注者が自ら BIM/CIM 活用の目的を受注者に提示することで、より効果的な 3 次元データの活用が期待される。

(3) 土木工事数量算出要領(案)に対応する BIM/ CIM モデル作成の手引き(案)

BIM/CIM モデルの作成段階から自動数量算出に対応できるよう、『土木工事数量算出要領(案)に対応したBIM/CIMモデル作成の手引き(案)』を策定した。

BIM/CIM モデルを作成する段階から自動数量算出を想定することで、手戻り等の防止が図られることにより業務等の効率化が期待される(図 3)。



図―2 基準・要領等の整備対象とその関係(令和元年度)

■C区分のモデルの3次元モデル作成方法(例) <基礎砕石>

a)数量算出を目的として作成





3次元モデルを用いた土木工事数量算出の手引き(案)の構成

	章	概要		
第1章	はじめに	本手引きの位置づけ・目的、適用範囲、手		
		引きの構成について解説。		
第2章	土構造物	数量算出を目的とした土構造物の3次元モ		
		デルの作成方法や手順、考え方等を解説。		
第3章	コンクリート構造物	数量算出を目的としたコンクリート構造物の		
		3次元モデルの作成方法や手順、考え方等		
		を解説。		
第4章	鋼構造物	数量算出を目的とした鋼構造物の3次元モ		
		デルの作成方法や手順、考え方等を解説。		
第5章	参考文献	参考文献、参考となるソフトウェアのホーム		
		ページへのリンク等を掲載。		

対象構造物 (令和元年度)

土構造物、コンクリート構造物、鋼構造物の3工種

図一3 土木工事数量算出要領(案)に対応する BIM/ CIM モデル作成の手引き(案)

(4) BIM/CIM 活用工事における監督・検査マニュアル (案)

BIM/CIM を活用する場合における監督職員及び検査職員の実施項目を取りまとめ、BIM/CIM モデルを活用した監督・検査が可能となるよう、『BIM/CIM活用工事における監督・検査マニュアル(案)』を策定した。

2019年度は、BIM/CIM活用項目の実施やBIM/CIMモデル等の受領等、BIM/CIMに関連する部分の監督・検査を中心に記載し、実際の監督・検査はICT施工に関する基準・要領等を参照することとしている。将来的には、BIM/CIMと3次元出来形計測等のICTを連携させた遠隔臨場や機械的処理などにより、監督・検査に関する受発注者双方の負担軽減を目指す(図一4)。

(5) BIM/CIM モデル等電子納品要領(案)及び同解説

「工事完成図書の電子納品等要領」等の記載に合わせて構成を見直し、規定すべき部分を要領として、そ

の他の情報を解説として取りまとめ、電子納品の統一的な運用が可能となるよう『BIM/CIM モデル等電子納品要領(案)及び同解説』として改定した。

今後、建設に関する一層の情報の集約化が進むにつれ、現行のフォルダ構成によるファイルの管理(ファイルストレージ方式)からファイルごとに所有するメタタグ等による管理(オブジェクトストレージ方式)に移行することも検討しており、更なる情報の効率的な活用が期待される。

(6) その他の BIM/CIM 関連基準・要領等

『CIM 導入ガイドライン (案)』については、令和 2 年 3 月版で新たに「砂防編」及び「港湾編」を追加した。2020 年度は BIM/CIM 活用ガイドラインに統合する予定だが、引き続き対象構造物の拡大に努めている。

また、BIM/CIM をより効率的、効果的に活用していくためには、基準・要領等の整備を進めるだけでなく、それらを活用する環境についても整備していく必要がある。国土交通省では、BIM/CIM 活用のための



・使用材料、材質 等AR技術を活用した監督・検査・設計と出来形の確認



図―4 BIM/CIM 活用工事における監督・検査マニュアル(案)

基準・要領等だけでなく、データ交換等の環境整備も 推進しており、業務及び工事における情報共有システムの機能要件や活用ガイドラインの整備、オンライン 電子納品の2020年の運用開始に向けた準備を進めて いる。

4. 今後の取組について

国土交通省では、i-Constructionの普及拡大により、2025年までに建設現場の生産性2割向上を目指している。特に、3次元データの活用を生産性革命のエンジンと位置づけ、2017年に「3次元データ利活用方針」を策定し、建設生産・管理システム全体における3次元データの利活用に向けた取組を進めてきた。

今後更なる i-Construction の普及拡大を図るためには、3次元データの原則活用が可能となる環境を整備していく必要があることから、以下の3つの視点で更なる BIM/CIM の活用促進を図る(図-5)。

(1) BIM/CIM に関連する規格等の標準化

BIM/CIM の共通フォーマットである IFC の規格化については、ソフトウェア確認要件として公開したところだが、作成する BIM/CIM モデルの標準化については、CIM 導入ガイドライン等において参考に示しているものの作成者の判断にゆだねられている部分が多いのが実情である。また、関連する基準要領等やガイドライン等についても整理されておらず、全体像を把握することが困難となっている。

今後、BIM/CIM をより効果的に活用していくためには、国際規格である ISO を導入するだけでなく、すべての建設生産・管理システムの関係者が不自由なく BIM/CIM を活用できるよう、情報のシームレスな運用を可能とすることが必要である。

このため、形状および属性情報の標準化、ワークフローの標準化、規格等の標準化に取り組むこととした。

2020年度は、2019年度に整理した BIM/CIM 関連の用語の統一化を図るとともに、これまでに作成された BIM/CIM に関連する基準・要領・ガイドライン等の文書について適宜見直しを図り、2019年度に公開した BIM/ CIM ポータルサイトの更なる拡充を目指す。

(2) BIM/CIM の普及・促進

BIM/CIM を建設産業全体で活用していくためには、大企業における先導的な取組を進めるだけでなく、中小企業を含めた全建設産業で3次元データを活用できる環境整備が必要である。

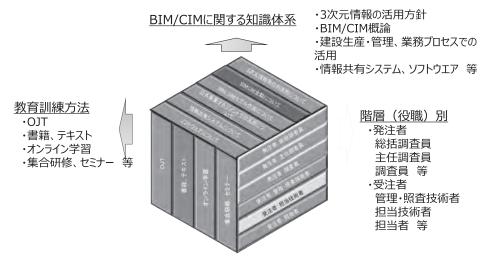
国土交通省では、2018年度から発注者に対する研修を開始したが、BIM/CIMを活用した更なる効率化・高度化に向け、普及・啓蒙により裾野を広げるとともに活用しやすい環境整備を促進する。

このため、適用事業の順次拡大、BIM/CIM 技術者の活用、効率化に資するツール等の普及に取り組むこととする。

2020 年度は、BIM/CIM 教育・研修フレームワーク の策定を目指し、BIM/CIM に関する技術者の能力開

目的	概要	項目	令和3年度を目途	令和7年度を目標
DIM GIME	すべての建設生産・管理システムの関係者が不自由なくBIM/CIMを活用できるよう、情報のシームレスな運用を可能とする。	形状および属性情報の標準化	IFC5に準拠する属性情報等の標準化	4D·5Dの標準化
BIM/CIMに 関連する規格 等の標準化		ワークフローの標準化	成果品に求める標準的な要 件の整理	ワークフローの標準化による業 務等の効率化
なる物土口		国内規格の標準化	ソフトウェア機能要件等の国 内規格の標準化	BIM/CIMのJIS化の検討
	BIM/CIMを活用したさらなる効率化・高度化に向け、普及・啓蒙により裾野を広げるとともに、活用しやすい環境整備を促進する。	適用事業の順次拡大	共通分野に配慮した BIM/CIM要領の策定	全事業でBIM/CIMを 原則適用(方式問わず)
BIM/CIMの 普及・促進		BIM/CIM技術者の活用	普及・啓蒙体制の構築	技術者を活用したデータ管理 による高度化
		効率化に資するツール等の普及	パラメトリックモデル等のモデル 作成支援ツールの実装	機械処理による部分的な自 動作図や設計照査の実装
BIM/CIMの 高度利活用の 推進	公共事業の効率化・高 度化に向け、BIM/CIM	公共事業の品質確保・向上	3D設計照査による成果品の 品質確保の実現	BIM/CIMによる設計照査や 監督・検査の要領への反映
	を活用することを前提とする業務改革の実現を目	発注関係事務の抜本的な見直し	3Dを主とする契約の基準化	BIM/CIMを主とする契約の 標準化
ع الله	指すとともに、継続的な 業務改善を推進する。	データ活用の拡大	BIM/CIMモデルの二次利用 (設計協議等)を促進	データプラットフォームにおける3 次元情報の活用促進

図-5 BIM/CIM 活用促進に向けた今後の取り組み



図―6 BIM/CIM 教育・研修フレームワーク(イメージ)

発に向けた検討を推進する(図—6)。また、2019年度に指定した全国10のi-Constructionモデル事務所で実施している3次元情報活用モデル事業におけるBIM/CIM監理業務等の発注者支援について取りまとめ、BIM/CIM技術者による設計品質の確保・向上等にも努めていく予定である。

(3) BIM/CIM の高度利活用の推進

BIM/CIM を活用することで、建設生産・管理システムにおける情報の集約化・可視化が可能となる。また、クラウドコンピューティング等の新技術を導入することにより、業務等の効率化・高度化につながる。さらに、これらのデータは建設生産・管理システムの外でも活用されることが期待されている。

国土交通省では、公共事業の効率化・高度化に向け、 BIM/CIM を活用することを前提とする業務改革の実 現を目指すとともに、継続的な業務改善を推進する。

このため、公共事業の品質確保・向上、発注関係事務の抜本的な見直し、データ活用の拡大に取り組むこととしている。

2020 年度は、3次元データを用いた監督・検査等の 効率化について前述のモデル事務所において試行を開 始するとともに、3次元データを契約図書とする場合 の課題について試行事業を通じて抽出する予定であ る。 また、BIM/CIM を活用した自動数量算出と積算システムを連携させるための手法の検討に着手するとともに、民間におけるコスト管理手法の妥当性確認方法について整理し、積算に関する業務の効率化に向けた検討を進める。

5. おわりに

建設現場の生産性向上を図るためには、3次元データ等の導入を国の直轄工事以外にも拡大していくことが必要である。

このため、i-Construction サポート事務所を各都道 府県に1事務所以上決定し、地方公共団体や地域企業 における取組をサポートするための相談窓口を設置し ている。

また,発注関係者の集まる発注者協議会や土木部長会議等の場において,国土交通省における取組について周知を図りつつ,連携して取組を進めてまいりたい。

J C M A

[筆者紹介] 榮西 巨朗(えいにし なお) 国土交通省 大臣官房 技術調査課 課長補佐

特集≫ 建設の BIM/CIM, XR, 遠隔操作

テレイグジスタンス

新しい働き方と生き方

舘 暲

バーチャルリアリティ(VR), 拡張現実(AR), 複合現実(MR), テレイグジスタンス(遠隔存在)が, どのようなものであるのかを, まずはそれらの関係性を考察しながら明らかにする。なかでもテレイグジスタンスは, アバターを自分の新しい身体とすることにより, 人間の存在の概念を拡張して, 人間の能力を飛躍的に拡張する究極のサイボーグ技術であり, これからの社会の課題解決の切り札の一つとして注目されている。このテレイグジスタンスについて, 現状を見据えながら解説し, このテクノロジーが, これからの社会, 我々の働き方, 暮らしをどのように変えてゆくのかを概観する。

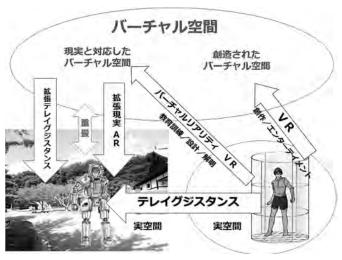
キーワード: テレイグジスタンス, アバター, テレプレゼンス, テレオペレーション, バーチャルリアリティ (VR), 拡張現実 (AR), 複合現実 (MR), 人間能力の拡張, サイボーグ

1. テレイグジスタンスとは

テレイグジスタンス (telexistence: 遠隔存在)とは、遠隔を意味する tel あるいは tele と、存在を意味する existence を合わせた造語で、人間が自分自身の現存する場所とは異なった場所に実質的に存在し、その場所で自在に行動するという人間の存在拡張の概念であり、また、それを可能とするための技術体系である 1).2)。

自分自身が現存する場所と異なった場所は、実空間でも、コンピュータが生成したバーチャル空間でもよく、後者の場合、すなわちバーチャル空間へのテレイグジスタンスは、バーチャルリアリティ(VR:virtual reality)と呼ばれている。

それらの関係を、図一1に示す。バーチャルリアリティ空間には、創造されたバーチャル空間と現実と対応したバーチャル空間の二通りがある。創造されたバーチャル空間を使った VR は、創作やゲーム、エンターテインメントに用いられる。一方、現実世界をモデルとしたバーチャル空間を用いる VR は、教育訓練や設計、あるいは、科学的解明などの目的に使用される。狭い意味でのテレイグジスタンスは、現実空間へのテレイグジスタンスであるが、これに、その空間に対応するバーチャル空間を重畳して利用すれば、拡張型テレイグジスタンスとなる。この場合の距離をゼロにしたものが、いわゆる拡張現実(AR:augmented reality)となる。



図─ 1 VR/AR/ テレイグジスタンスの関係図

最近、AR のほかに、複合現実(MR: mixed reality) という用語が使われている。ここで、VR、AR、MR の関係を明らかにしておきたい。図―2に示すよう に、現実空間とコンピュータの創生したバーチャル空 間の二つの空間が存在し、それらは互いに重なり合っ ている 3)。①がバーチャル空間を一切含まない純粋現 実空間、④が、現実空間を一切含まない純粋バーチャ ル空間であり、その間に、二つの空間が混在する空間 がある。その混在の仕方には二通りあり、②が、現実 空間にバーチャル空間を加えるもので現実空間をバー チャル空間で補強し拡張することから拡張現実(AR) と呼ばれている。③が、バーチャル空間に現実空間を 加える, 拡張 VR (AV: augmented virtual reality) である。バーチャルリアリティ空間に現実のシーンや 人物などを加えてバーチャルリアリティを充実させる ため拡張型のバーチャルリアリティになっている。こ の AR と拡張 VR である AV の二つをあわせて MR といっているのである。因みに、すべてをコンピュー タグラフィクスのみで創生すれば一番右側の純粋な VR 空間となる。

従って、MR は AR を含むが、VR のすべてを含むわけではない。逆に、2+3+4 の楕円が VR であり、VR は AR も MR も含んでいるのである。そのため、日本バーチャルリアリティ学会(VRSJ)では、それらのすべてを、VR と総称している。

2. 人間の能力の拡張

人間の能力拡張の観点から考察すれば、テレイグジスタンスは、人間が新たな拡張された身体を持つことにあたる。その身体は実世界ではフィジカルアバターであり、バーチャル世界では、バーチャルアバターとなる。なお、フィジカルアバターはロボット以外の別の人や動物であってもよい。人間以外の生物を使ったテレイグジスタンスに関しては、日本ロボット学会誌に1986年に掲載された「テレイグジスタンス―未来の夢と現在の技術―」4 を参照されたい。2009年に

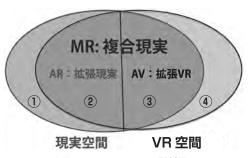


図-2 VR/AR/MR の関係図

公開されたジェームズ・キャメロン監督による映画「アバター」の世界が、映画公開よりも23年も前に上梓されたこの論文に既に記載されている。

人間の失った能力を補綴したり拡張したりする概念は、サイボーグと称されている。全身をサイボーグ化する装置としては外骨格型人力増幅器が有名である。これは、ロバート・ハインラインの SF では、パワードスーツと呼ばれ、1960 年代に米国陸軍と GE が実際に研究開発し 5)、その後、多くの SF やアニメなどの素材となった。図-3の左が、その人力増幅器の概念図である。このシステムでは、人間の各種の能力が人機一体となって補綴されたり拡張されたりする。見えないものを見たり、AI の記憶や判断を活用したり、力を増幅したりすることができる。

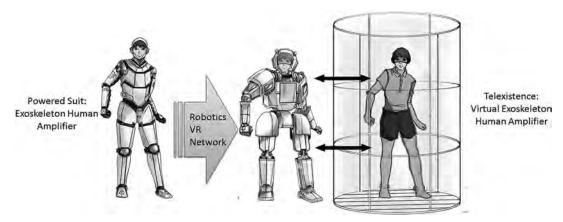
しかし、このシステムにはいくつかの欠点がある。 一つは、自動的にシステムを動かすことが極めて困難 であることである。ロボットが勝手に動くと人の身体 までが動かされてしまう。第二の欠点は、壊れた際に 使用者に被害が及ぶことである。第三は、その場に行 かないと使えないことである。

それらの欠点を解消したバーチャル(実質的)な、外骨格型人力増幅器が、テレイグジスタンスシステムである。図一3の右図のように、使用者は遠隔にいるにもかかわらず、ロボットをあたかもスーツのように着込み、その中に入った状態を実現している。それにより、外骨格型人力増幅器の長所はそのままで、その欠点を補っている。すなわち、人が新しいロボットの身体を手に入れ、その機能を使って自分の身体機能を拡張することができる。その上で、ロボットに自動で作業をさせるときには、自分が動かされることはない。従って、複数のロボットに順次テレイグジスタンスして使用することも可能となる(図一4)60。また、ロボットが壊れても人には危害が加わらない。勿論、その場に直接赴く必要も無いのである。

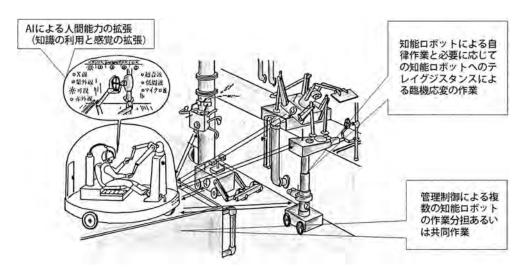
テレイグジスタンスが、しばしば究極のサイボーグであるといわれるのは、自身の身体を失わずに、新しい身体を得ることができると同時に、感覚、知、運動の能力の拡張に加えて、身体的な移動を伴わず空間を移動できると言う意味で時空の能力の拡張も可能とするからである。

3. 研究開発から実用化への潮流

「極限作業ロボット:1983-1991 年」,「人工現実感: 1995-1999 年」,「ヒューマノイドロボットプロジェクト:1998-2003 年」,「テレイグジスタンスを用いる相



図一3 外骨格型人力増幅器とテレイグジスタンス (バーチャルな外骨格型人力増幅器)



図―4 多数の知能ロボットを管理制御し必要に応じてテレイグジスタンスする

互コミュニケーションシステム:2000-2006年」,「再帰性投影技術を用いた相互テレイグジスタンス:2006-2008年」,「多人数が自由に行動する実空間への身体性を有したテレイグジスタンス:2008-2011年」,「さわれる人間調和型情報環境:2009-2015年」,「身体性メディア:2014-2019」などの国家プロジェクトを通して進展してきたテレイグジスタンス技術であったが,ここにきて急速に産業化の兆しが見えてきている。

その発端となったのが、XPRIZE 財団による ANA AVATAR XPRIZE である。2016 年 8 月 3 日、X プライズ財団のビジョネアーズ・プライズ・デザインというチームが、お台場にある日本未来科学館にある舘研究室を訪れた。X プライズ財団は、2014 年に世界の偉大なリーダー 50 人に選出され、イノベーション界のカリスマと評されるピーター・ディアマンデスが1995 年に創立したもので、これまでに有人弾道宇宙飛行コンテストや、海水からの原油回収など、大規模なプロジェクトを実行し成功に導いている。リンドバーグの大西洋単独無着陸飛行が、人間の移動や観光という新たな領域を爆発的に広げたように、世界規模

の賞金レースによって新たな産業を創出する企てであり、現在の民間宇宙産業を創出したのは XPRIZE の成果であるとされている。

非公開の研究棟にある舘研究室の一室で、TELESAR Vを体験した彼らはヘッドマウントディスプレイを装着、手袋をつけて体を動かした瞬間、驚きの声をあげた。「まさに、これだ!これが探し求めていたものだ」 7 。それから約2カ月後、Xプライズ財団はサミットを開いた。

約300人のメンターと呼ばれる投資家、学者、実業家、慈善事業家、芸術家、技術者が集まり、次期賞金レースの候補である9つのテーマを二日間にわたって審査した。このとき財団から招待され実演したのが、著者らが開発した TELESAR V である(写真一1). その功あって ANA AVATAR XPRIZE が2016年10月に次期賞金レーステーマに決定したのである。その後、開発目標と評価の詳細が X プライズ財団により煮詰められて2018年3月12日に米国テキサス州オースチンで開催された SXSW の会場で正式なローンチが宣言された 8 。



写真—1 XPRIZE 財団の主催する Visioneers Summit での TELESAR V の実演

2019 年 9 月末までに世界中からの千件近くのエントリーを受け付け、プロポーザルの書類審査を経て、2020 年 1 月 8 日には、19 か国からの 77 チームが挑戦権を得た。2021 年 5 月に予選大会にて 20 チーム以内に絞り込み、2022 年 1 月には本戦が行われる 9 。

最先端のテクノロジーである、VR (第二世代), ロボティクス (第四世代), AI (第三世代), ネットワーク (5G) が揃って新しい時代を迎えたことにより, テレイグジスタンス実用化の機が, いままさに熟したといえる。このコンテストは, この機を奇貨として, テレイグジステンスの産業化を実現し, 時空間瞬間移動産業を生み出そうとしているのである。

この動きの中、テレイグジスタンスを用いる遠隔就 労に挑戦するスタートアップである TELEXISTENCE INC. が 2017 年 1 月に生まれる ¹⁰⁾ 中、2018 年には、 新日鉄住金ソリューションズと NTT ドコモ ¹¹⁾、トヨ タ ¹²⁾ などが、臨場感があり作業も可能なテレイグジ スタンスシステム開発を対外発表、KDDI も 5G の普 及を見据えテレイグジスタンス事業に参入を表明する に至った。ANA は、2018 年から、大分県とともにテ レイグジスタンスの社会実装実験を始め、2020 年 4 月には、ANA ホールディングズを持ち株会社とする avatarin(アバターイン)(料を設立した ¹³⁾。そのほか にも、GITAI、Meltin MMI、Ory Lab、人機一体な どの多数のスタートアップが生まれ育っており、テレ イグジスタンスの産業化への道が、着実に拓けだして いる。

なお、建設機械施工における取組に関しては、本特集号に多くの報文が載せられていることから、ここでは、この分野の草分けともいえる、ごく初期のテレイグジスタンスに関連した歴史的な取り組みを紹介するに留めたい。その一つが、テレイグジスタンスを無人化施工に適用した世界で最初の事例である。1990年11月、長崎県雲仙普賢岳が198年ぶりに噴火し、

1991年6月から9月にかけて、大規模な火砕流や土石流が発生し、多くの被害が出た。1993年7月に建設省(現・国土交通省)が無人化施工技術を公募し、フジタは、1994年より、試験施工を経て¹⁴⁾、本格的に無人化施工を実施した¹⁵⁾。また、東急建設は、1994年に建設作業用マンマシンマニピュレイティングシステムを発表し¹⁶⁾、大林組も1995年のころからテレイグジスタンスに着手していた¹⁷⁾。詳しくは、参考文献を参照されたい。

4. テレイグジスタンス社会と新しい働き方・ 生き方

COVID-19 が蔓延する中, 我が国でもテレワークの活用が行われ始めている。しかし, 現在の遠隔からの在宅勤務は, 映像や資料, また会話などを伝える遠隔コミュニケーションやコンピュータを使ったデスクワークに限られ, 実際にその場に居ないと行えない工場での労働や建設現場の作業などを在宅で行うことは不可能である。一方, 我が国の社会を支えている社会インフラとそれを守る多くの仕事, 例えば, 医療, 福祉, 電気, ガス, 水, 道路, 鉄道, 物流, コンビニやスーパーマーケット, 建設, 土木などは, 人間の身体性を必要とする仕事であり, 現在のテレワークの範疇では全く解決できない。

それを解決する方法が、テレイグジスタンスである。テレイグジスタンスは、五感のみを伝える遠隔コミュニケーションという従来の範疇を逸脱して、人間の身体機能そのものを伝達してしまう画期的な方法である。身体機能を移動できるテレイグジスタンス社会が実現すれば、人と産業との関わりや社会のありかたが、根幹から変革する。

その技術の拓く世界はどのようなものであろうか。 世界中のあらゆる場所にアバターが置かれネットワークに繋がっていて、誰でもが空いているアバターにログインして利用できるし、いつでも自由にログオフすることも可能だ。コンピュータが生成したさまざまなバーチャル世界も、ネットワークに繋がっていて、誰もが利用可能である。じつは、使う側の人からすれば、自分が訪れる世界が実世界でもバーチャル世界でもかわりはない。アバターを自分の新しい身体としてその世界に存在し、情報を得たり、体験をしたり、楽しんだり、また仕事をしたりすることができるのである(図 -5)。

身体機能を瞬時に移動できるテレイグジスタンス社 会が実現すれば、人と産業との関わりや社会のありか たが根幹から変革する。労働環境の問題が解消され、 悪環境で働かなくても済む。どんな場所に工場を置い ても、仕事をする人を全国、あるいは全世界から集め られるため、いままでとは工場の立地条件が革命的に かわり、大都市への集中が避けられる。国外の労働者 も遠隔から就労できるため、移民問題を解消できるこ とになる。さらに時差を利用することで24時間の労 働力を時差のある複数の国外拠点から確保でき夜勤が 不要となるのである。男女問わず育児や介護をしなが らの労働参加が可能となり、子育てや介護がしやすい 社会が実現する(図—6)。

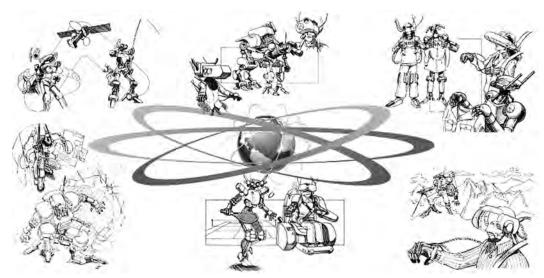
グローバルなビジネスにおける移動による時間的コストを解消するという点もメリットである。通勤に伴う移動が不要となり、交通問題を緩和できる。職住近接が必ずしも必要ではなくなり、都市への人口集中が緩和され地域の活性化が実現する。ワーク・ライフ・バランスを改善し、本人が住みたい場所に住んで、浮いた時間を活用し、生きがいのある生活を行えるようになると予測される。

また義体である分身ロボットにより身体機能を補綴

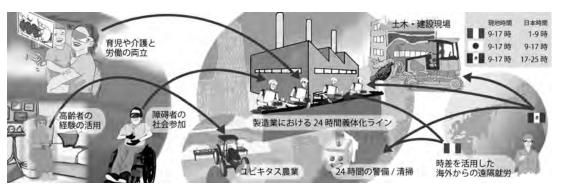
したり拡張したりすることで、高齢者や障碍者でも若者に体力的に負けず、豊富な経験を活かした労働参加が可能となり、労働の質が格段に向上し社会の活力がよみがえる。

なお特筆すべきは、テレイグジスタンスでの遠隔就 労が進めば、人が身体を利用して作業する際のデータ が数多く集まることによるビッグデータの活用であ る。それは、ビデオで撮影したデータとは異なり、人 がどこを見ながら手にどのような力を加えて作業して いるかまで分かるデータである。現在、人の臨機応変 で巧みな作業を知能ロボットに教え込むには、いわゆる教師とすべきビッグデータがなく深層学習を持って しても達成できていない。しかし、テレイグジスタン スによりそのような作業を世界中からの労働者により 行っている内に必要なデータが集まり、知能ロボット に置き換えることが可能となってゆく。その意味で も、テレイグジスタンスは重要な役割を果たす。また、 いわゆる巧みの技の伝承も完全な形で可能となろう。

さらに、世界的に一流のスキルを有する技術者・医 師等の専門家の招聘も容易になり、職能に応じた人材



図一5 ネットで繋がるテレイグジスタンス:世界中の分身ロボットを皆が自由にログインして使う



図―6 テレイグジスタンスで遠隔就労:世界中から誰でもが自由に好きな時に働け、働きながらにして知能ロボットの学習のためのビッグデータも得られる。時空間瞬間移動産業の創出とテレイグジスタンスの社会実装を通じて、新たな働き方、生き方、社会の在り方の実現を目指す

の最適配置が行える。逆に、医師や専門家の過疎地や海外への派遣も容易になる。災害時や非常時の緊急対応を安全な場所から瞬時に行うこともできるわけである。勿論、観光や旅行やショッピングまたレジャー、教育などに利用できることは言うに及ばない。このような「時空間瞬間移動産業」の創出によるテレイグジスタンス社会を実現することで、国民の利便性と生きがいが飛躍的に向上し、クリーンで省エネルギーな社会における健やかで快適な生活が実現されると見込まれている。

さて、私たちにとって何よりも大切なことは、基本 的に、人間が人間らしく生きるということである。私 たちだけではなく世界各国の人たちも、皆が人間らし く生きるための手助けとしてテレイグジスタンスや バーチャルリアリティがあると言っても決して過言で はない。それによって人間の能力を拡張したり、補っ たりでき、たとえ体が不自由でも、テレイグジスタン スの身体を自分の身体として使うことによって、究極 のサイボーグとなり、自分の体に不具合があっても、 新しい体が手に入るので、その体で様々な作業がで き、そのインターフェースによって、失った手が動く ようになったりするわけである。人間の失われた機能 を回復したり更にそれを強めたりして人間の能力を拡 張して、あとは、人が一番やりたい仕事ができるとい うことが理想である。それが人間らしく生きるという ことである。何が人間らしいかは、一人一人によって 違うが、そういった個々の願いを叶えさせるためにこ そ、科学技術を使っていくべきである。

世界には、貧困や紛争などで大変な暮らしを余儀なくされている人が多数いる。その現実を知るということを例にとっても、テレイグジスタンスで直接難民キャンプや現地を訪れて、その事態を目の当たりにし直接話を聞くことと、ただニュースを見ているのでは、その理解に天と地ほどの差がある。さらに、テレイグジスタンスを使って、自分の使える時間だけボランティア活動をすることもできるのである。専門家であれば、各種のコンサルティングや医療や介護などもテレイグジスタンスで容易に行える。多くの人が、自国のテレイグジスタンス社会を享受して、それにより自由になった時間を利用して、実際の移動を伴わずに、世界中の困っている人を助けることができるようになるのである。

5. おわりに

2016年はVR元年であるといわれ、ゴールドマン

サックスなどは、2020 年代に VR がテレビに匹敵する産業になると予測し、いまそれが現実になろうとしている。この第二次の VR ブームが始まる 4 年前の2012 年に、著者は、日本 VR 学会の基調講演で、歴史的な考察から、3D と VR 技術のもつ 30 年周期を発見し、第 2 次 VR ブームが 2020 年代に起きるとの予想を述べた 18 。

その予想どおり第二次の VR の興隆期を迎えつつある現在、また新たな次の潮流がみえてきている。それが、テレイグジスタンス(アバター)という潮流である。テレイグジスタンスは、著者が 1980 年 9 月 19 日に着想した概念であり、1982 年には最初の装置を作製し発表した ¹⁹⁾。その後、40 年近い歳月を経て技術が育ちテレイグジスタンスが最初の興隆期を迎えようとしている。

図―7に3D, VR, テレイグジスタンスに関する30年周期を俯瞰している。黎明期とは, 関係者は知ってはいるものの一般的には知られておらず, 興隆期を迎えてから, そういえばあの時に始まったと認識するものである。興隆期を迎え, 歴史を紐解いた時の原点の時代である。そして, 興隆期を2度ほど迎えて, そののち, 世の中に浸透してゆくように思われる。

1980年代から 2000年代までの 30年間は、テレイグジスタンスの黎明期といえよう。学界では認知されプロジェクト研究などが進んだ一方、社会に実装されブームを起こすまでには至っていない。現在、世の中の進歩が、まさにテレイグジスタンスに向かって動き出して、これから第一次の興隆期を迎えようとしている。その原動力の一つが、ANA AVATAR XPRIZEであることは疑いがない。

この AVATAR XPRIZE の影響を受け、我が国の科学技術政策も AVATAR を意識し始めている。内閣府が 1150 億円の基金のもと 2020 年度から開始するムーンショット型研究開発制度の六つの目標の第一目標として、「人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現」を掲げ、誰もが多様な社会活動に参画できるサイバネティック・アバター社会とサイバネティック・アバター生活の実現に挑戦する 200 。すなわち「テレイグジスタンス社会の実現」を目指しているのである。

2030年までに、一つのタスクに対して、1人で10体以上のアバターを、アバター1体の場合と同等の速度、精度で操作できる技術を開発し、その運用等に必要な基盤を構築するとともに、望む人は誰でも特定のタスクに対して、身体的能力、認知能力及び知覚能力を強化できる技術を開発し、社会通念を踏まえた新し

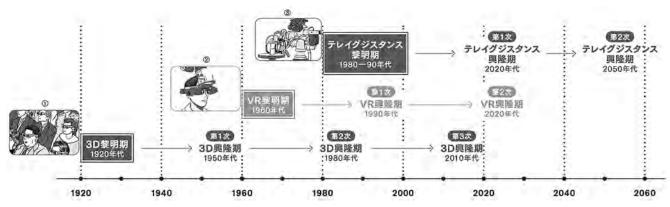


図-7 30 年周期で革新する 3D・VR・テレイグジスタンス

- ① 1922 年に Harry K. Fairall により上映された 3D 映画 「The Power of Love」
- ② 1968 年に Ivan Sutherland が開発した HMD 「The Sword of Damocles」
- ③ 1989 年に舘暲が開発したテレイグジスタンスロボット「TELESAR」

い生活様式を提案するとしている。そして,2050年までに,複数の人が遠隔操作する多数のアバターとロボットを組み合わせることによって,大規模で複雑なタスクを実行するための技術を開発し,その運用等に必要な基盤を構築し,望む人は誰でも身体的能力,認知能力及び知覚能力をトップレベルまで拡張できる技術を開発し,社会通念を踏まえた新しい生活様式を普及させる。

このような流れの中、世界的には AVATAR XPRIZE により、そして、国内的にはムーンショット型研究開発が機動力となり、2020 年から 2030 年にかけて、環境、距離、年齢、身体能力など様々な制限に関わらず自在に瞬時に移動することを可能とするテレイグジスタンス技術が大きく実用化され、時空間瞬間移動産業が生まれ育ち、遠隔就労やレジャーはもとより、例えば医師、教員、熟練技術者が不足している地域や、人間の立ち入りが困難な災害現場等でのアバターの活用等を通じて、社会課題の解決と経済発展の両立への貢献が期待される。さらに、30 年周期予想から、2050年代に、再び大きなステップアップが生じて、社会が大きく変わり、その時には、本格的なテレイグジスタンス社会が実現されるものと予想される(舘予想)。

人間に新しい身体を義体として与え、時空の瞬間移動をバーチャル(実質的)に可能とするテレイグジスタンスは、人間がより人間らしく生きてゆくことに、今後大きく貢献してゆくことであろう。

J C M A

《参考文献》

- 舘 暲:テレイグジスタンスの新展開,日本ロボット学会誌,vol.36, no.10,pp.2-6 (2018)
- 2) 舘 暲:テレイグジスタンスと時空間瞬間移動産業. 自動車技術.

vol.37, no.12, pp.17-23 (2019)

- 3) 舘 暲 監修: よくわかる VR, PHP 研究所, pp.22-24, (2019)
- 4) 舘 暲:テレイグジスタンス —未来の夢と現在の技術—, 日本ロボット学会誌, vol.4, no.3, pp.295-300 (1986)
- Ralph S. Mosher: "Handyman and Hardiman", Technical Paper 670088, SAE International (1967)
- 6) 舘 暲, 小森谷 清: "第3世代ロボット", 計測自動制御学会誌 計測と 制御, vol.21, no.12, pp.1140-1146 (1982)
- 7) "時間,空間,自分,すべての制約を超える働き方を異次元に導く「幽 体離脱」のテクノロジー", Forbes JAPAN, no.46, pp.34-39 (2018)
- 8) https://forbesjapan.com/articles/detail/20313
- 9) https://avatar.xprize.org/
- https://www.forbes.com/sites/japan/2018/01/26/telexistence-how-this-tokyo-startup-is-building-real-life-avatar-robots/#4a2964c14094
- https://www.nssol.nssmc.com/technology/iox-solution/5gfactory-002.html
- 12) https://www.youtube.com/watch?v=UB2xrX9gQtA
- 13) https://travel.watch.impress.co.jp/docs/news/1244424.html
- 14) 小田博志:建設ロボットの遠隔操作とテレイグジスタンス, 第2回産業用バーチャルリアリティ展・セミナー要録, pp.220-223, 幕張メッセ国際会議場 (1994)
- 15) 源昌彦:テレアースワークシステムにおける建設機械の遠隔操作(雲 仙普賢岳プロジェクトでの実用例), 第3回産業用バーチャルリアリティ展・セミナー要録, pp.62-65, 東京晴海国際見本市会場・貿易センターホール (1995)
- 16) 鷹巣征行:建設作業用マンマシンマニピュレイティングシステム,第2回産業用バーチャルリアリティ展・セミナー要録,pp.220-223,幕張メッセ国際会議場(1994)
- 17) 竹本靖:テレイグジスタンス実用化への展望,第3回産業用バーチャルリアリティ展・セミナー要録,pp.57-60,東京晴海国際見本市会場・貿易センターホール (1995)
- 18) 舘 暲: 特集 第 17 回大会 基調講演、原点回帰―バーチャルリアリティとテレイグジスタンスの将来を見据えて―、日本バーチャルリアリティ学会誌、Vol. 17 No. 4、pp.6-17 (2012)
- 19) 舘 暲: "テレイグジスタンスと私", 日本ロボット学会誌, vol.10, no.1, pp.29-30 (1992)
- 20) https://www8.cao.go.jp/cstp/moonshot/index.html



窟 瞳 (たち すすむ) 東京大学 名誉教授、 日本バーチャルリアリティ学会 初代会長



特集≫ 建設の BIM/CIM, XR, 遠隔操作

BIM 連携を可能とした建設ロボットプラットフォームの開発と取り組み

BIM と繋がる建設ロボットの普及展開を見据えて

永 田 幸 平

建設業界においても、技能労働者の減少による労働力不足を補うため AI、ロボットといった先端技術の開発が積極的に進められてきており、ロボットが建設現場に使われる機会も増えてきている。本稿では、ロボットを一元管理する機能及び BIM データと連携した経路シミュレーション等の機能を備えたクラウドシステム「建設ロボットプラットフォーム」に関する具体的取り組みと今後の課題について紹介する。 キーワード:ロボット、クラウド、シミュレーション、BIM、清掃、搬送

1. はじめに

昨今の技能労働者の不足と高齢化に加えて、業界の魅力発信不足により新規入職者が減少している。一方で、働き方改革による労働時間の削減にも努めていかなければならない中で、生産力の確保が喫緊の課題となっている。これらの課題に対し、当社は設計施工一貫方式の強みを生かして、飛躍的な生産性向上を目指している。特に設計から生産に至るプロセス全体にBIMやICT、AIやロボティクスなどの最新技術を取り入れて業務プロセス全体のデジタライゼーションを強力に推進している。ここで、BIMとは、建物の3次元設計モデルに、材料やコスト等の属性情報を付加し、単なる設計図ではなく建設計画のデータベースとして整備することにより、設計・施工・維持管理といった建物のライフサイクル全ての段階において、それらの情報を活用する仕組みである。

業務プロセス全体のデジタライゼーションの推進に対して具体的には、①BIMモデルをベースとした設計段階への生産情報の折り込み(フロントローディング)、②協力会社とのデータ連携によるデジタルファブリケーション、③ロボット・IoT技術などを活用した作業所におけるデジタルコンストラクションを3本の柱として、2025年までに生産性を大幅に向上させることを目標に、より魅力的な建築設計・生産プロセスの実現を目指している。本稿では、そのようなロボット・IoT技術の開発に該当する内容である。建設業界ではロボットの開発を積極的に行ってきており、導入ロボットの台数も増える中、運用面での問題も浮き彫りになってきた。例えば、日本全国各地でロボットを

稼働させる中で、ロボット異常時において、詳しいエラー内容が不明なため、復旧までに時間を費やし、稼働データの取得が出来ない等、ロボット側での処理、把握には限界がある。ロボット使用者も、現場監督や技能労働者であり、ロボットに対する知見も少ない。更に、BIMを中心としたデジタル情報に基づくものづくりへ大きくシフトしようとしている中、BIMとロボットと如何にデータ連携させていくことが重要と考えている。以上の背景により、建設用ロボットプラットフォームの開発を進めてきたので、本稿では、本開発の状況との実施内容を述べる。

2. システムの概要

(1) 概要

台数が増える建設ロボットに対して、1ロボットごとに個別の管理システムを構築した場合、複数のシステムを使用することになり、運用面での効率が悪い。そこで本システムである建設ロボットプラットフォームでは、統一されたプラットフォーム上で登録された建設ロボットを一元運用管理できることを主な特徴としている。具体的には、トラブル発生時、運用担当者の状況把握に費やす時間を低減させ、さらに遠隔でのロボット動作が可能であり、さらには、クラウド上でのCADデータ、BIMデータを使用した導入事前の経路、範囲の移動シミュレーションが可能である。そうすることで、施工対象のBIMを基にした指示ができ、リモートからロボットの状態を把握機能など施工時に必要な機能をプラットフォームサービスとして展開す

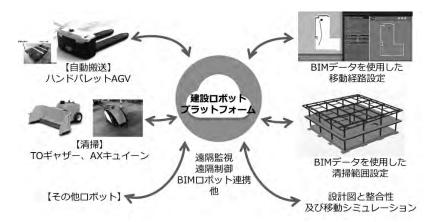


図-1 建設口ボットプラットフォーム

る。また、昨今の自動車の自動運転に代表される走行ソフトウェアの更新においても、すべて遠隔で対応可能となっている。本システムとロボットの接続に関しては、2019年から、既に開発済みであった清掃ロボット、搬送ロボットをターゲットとしてシステムの構築を行っている(図—1)。

(2) システムの特徴

(a) 全世界で稼働するロボットの状態を遠隔監視・ 制御

ロボット本体に搭載された通信設備よりプラット

フォームへ送信された稼働データを閲覧できる。具体的には、バッテーリー残量、ロボットステータス、稼働場所、実稼働ログ、アラート情報、保守、シミュレーション及びデプロイなどの情報を監視・制御できる仕様となっている。今回、優先的にクラウド連携を図るロボット群として、主に比較的単純作業の繰り返し作業や広大な作業エリアを補完するロボットであり、清掃、搬送を行うロボット群を想定している(図―2,3)。

(b) BIM データを使った移動シミュレーションと 経路設定

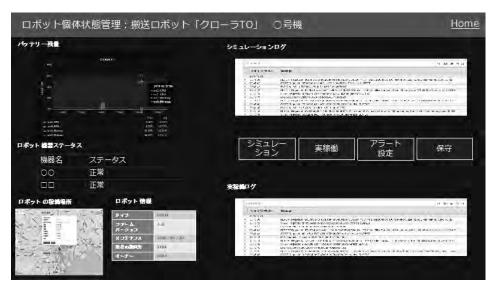
ロボットと BIM を連携し動作させるには、ロボッ



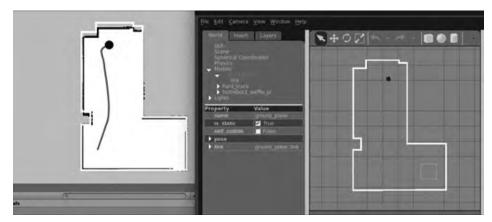




図―2 清掃、搬送ロボット(サービスロボット)



図―3 閲覧画面の一例



図―4 ロボットシミュレーションの一例



図─5 アプリケーション内容

トが BIM 上のどこにいるか把握する自己位置推定 と、どう動けば最適に作業を完了できるか経路計画を 推定できることの2点であると考えている。清掃ロ ボットであれば○ビル○階の執務エリアを清掃ロボッ トにて清掃させたい、○倉庫のエレベータホールから 資材を積み込み、搬送ロボットにて○エリアに搬送し たいなどの要求がある。当社が従来開発してきたロ ボットは地図データを持たせず、すべてカラーコーン を目印としてエリア、搬送経路を認識させていた。そ の方が、ロボット本体に高度な設定方法も不必要で、 作業員の使い勝手が良いと考えたからである。ロボッ ト用地図データを構築しようとした場合、建物内を一 度計測する等の膨大な手間が発生する。今回、BIM をロボット用地図データとしてすべてクラウド管理す ることにより、自由に範囲設定、経路設定をシミュレー ションも可能となり、ロボット用地図データが容易に 生成できることが最大の特徴である(図-4)。

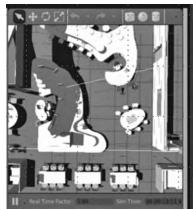
(c) アプリケーション内容

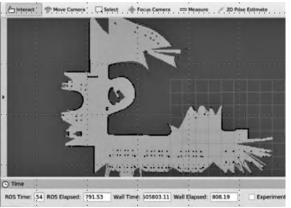
今回のクラウドシステムには、計12のアプリケーションを用意している。ここで、他システム連携とは、主にエレベータ等のシステムとの連携を想定している。例えばロボットがEVを呼び出したり、扉の開閉指示を可能とすることを考えている(図―5)。

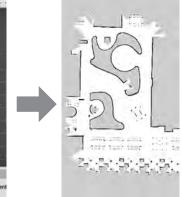
3. システムの BIM 活用手順と効果

BIMからロボットへの展開の順序について述べる。

- ①クラウド上へ BIM データを登録(アップロード) する。現時点ではクラウド上でのソフトウェア仕様 の関係により BIM データ登録時の拡張子を .stl, .dae, .gjb など 10 形式に限定している。
- ②登録された BIM データを用いたバーチャルシミュレーションにより、ロボット用の地図を生成する。具体的には、仮想ロボットを BIM 上で指定した範囲、経路にて動作させ(図—6)、動作エリアに対するロボット用地図が生成される(図—7)。仮想ロボットは、実ロボットのサイズ(縦横幅)、移動速度等の基本仕様だけでなく、センサー(LiDAR:レーザーレンジファインダ)取付高さも再現できることから、ロボットに取り付けられたセンサー目線(高さ)で種類の異なるロボット各々に応じた地図を生成することが可能である。
- ③移動経路(開始位置と目的地)を設定する。クラウド上で生成されたロボット用地図を用いて、操作者が希望する開始位置から目的地まで向かって、ロボットが確実に動作移動することを確認する(図―8)。実ロボットのサイズ(縦横幅)、移動速度がシステム上で再現できるため、走行不可ルートが事前

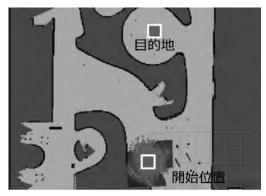






図―6 仮想ロボット走行による地図生成状況

図一7 生成されたロボット用地図



図一8 ロボット用地図上での経路設定

に把握でき、最終的に最適経路を判断することが可能である。

④③にて最適化された移動経路を実ロボットに対してデプロイ(展開)し、実現場で、実際のロボットが稼働する。ここで、シミュレーションの段階では、存在しなかった実現場での障害物等に対しては、LiDAR(レーザーレンジファインダ)から取得した点群データで検出、回避しながら走行する。

このように、クラウド上でロボット用地図が生成できるため、通常の現地での3Dスキャナ等を用いたロボット用地図生成時間と比較して大幅な時間短縮が図れることが本システム最大の特徴である。さらに、従来の地図を持たせず、カラーコーンをターゲットに可動範囲、経路を指定するシステムと比較した場合、カラーコーンが見える範囲でしか稼働できず、柱や障害物が在る場所ではロボットが動作しなかったが、当該

システムを活用することで、柱、障害物を含めた回避 走行もロボットが予め地図を把握していることにより 可能なため、ロボットの可動範囲が拡大できる。

4. おわりに

開発した本システムにより、場所に捉われずロボットの監視、制御、操作が行えるようになり、ロボットを適用する作業所での運用効率化だけでなく、ロボット保有会社の管理効率の一助にもなる。筆者らは2020年7月までに作業所において、試適用を繰り返し、2020年度中に本格的に運用を開始する予定である。併せて、ドローン等連携するロボットの種類、台数を増やし、建設業界全体のロボット普及展開に寄与していく。さらに、施工中のロボットだけでなく、竣工後の建物におけるロボット活用にも期待されていることから、システム全体の更なる仕様のバージョンアップと改良改善を引き続きタイムリーに行っていく所存である。

J C M A



[筆者紹介] 永田 幸平(ながた こうへい) (株)竹中工務店 大阪本店 西日本機材センター 開発グループ 課長

特集≫ 建設の BIM/CIM, XR, 遠隔操作

BIM/CIM と ICT 施工の融合

田 島 僚

3次元データを活用した生産性向上の動きが活発になってきている。しかしながら現状は計画段階のBIM/CIM, 施工段階のICT, そして維持管理段階と,各段階での効率化に留まっている。すべてを内包するようなデータ活用が行われてこそ,発注者・施工者での生産性向上が図れることが理想的である。本稿では、これら3次元データ活用に関わる現状とその課題、今後の検討事項について一考察を行った。キーワード:BIM/CIM, CIM 活用工事, ICT 活用工事, i-Construction, 生産性向上

1. はじめに

日本では2010年から人口の減少が始まり、世界的に見ても早い段階で高齢化を迎えつつある。建設業においてもその状況は変わらず、従事する労働者は2018年時点で約503万人であるが、そのうち55歳以上が約175万人と35%を占めている現状である。またその一方では、30歳未満の労働者が約56万人で11%となっており、将来的な担い手不足も懸念される。これら建設産業の抱える課題の中で、これからの持続的な経済発展のためには建設現場の生産性の向上が重要である。

これら建設業が抱える根本的な産業構造の変化に伴い、国土交通省では2016年を「生産性革命元年」と位置づけ、建設現場の生産性向上に関しての施策を開始した。施策は大きく3つに分類され、①建設現場における測量・調査から設計、施工、維持管理・更新までの建設生産・管理システムの各段階におけるICT等の活用、②プレキャスト製品などの規格の標準化、③履行期限の平準化等である。これらを活用し、継続的なカイゼンを推進するi-Constructionを重要施策の1つとして総力を挙げ生産性の向上に取り組んでいる。

また 2018 年には国土交通省が CIM(Construction Information Modeling/Management)のガイドラインを策定し、計画、調査、設計段階から 3 次元モデルを導入することにより、その後の施工、維持管理の各段階においても 3 次元モデルを連携・発展させることで事業全体にわたる関係者間の情報共有を容易にし、一連の建設生産システムの効率化・高度化を図ることを

目的とした。これにより、ミスや手戻りの大幅な減少、 単純作業の軽減、工程短縮等の施工現場の安全性向 上、事業効率及び経済効果に加え、よりよいインフラ の整備・維持管理による国民生活の向上、建設業界に 従事する人のモチベーションアップ、充実感等の心の 豊かさの向上が期待されている。なお、BIM/CIM と いう名称が一般的ではあるが、本稿では CIM で統一 し、表現することとする。

2. 3次元データを取り巻く現状について

(1) CIM モデル活用

CIM についての現状について述べる。CIM を活用する効果の大きなものとして、フロントローディングとコンカレントエンジニアリングというものがある。

フロントローディングとは、初期の工程(フロント)において負荷をかけて事前に集中的に検討することで、後工程で生じそうな仕様変更や手戻りを未然に防ぎ、品質向上や工期の短縮化を図ることを指す。設計段階では設計成果の可視化による設計ミス防止、コンクリート構造物の鉄筋干渉チェック、仮設工法の妥当性検討、施工手順のチェック等を行うことでの施工段階での手戻り防止などが期待されている。また設計段階、施工段階では、維持管理に必要な情報をCIMモデルに付与しておくことでの維持管理時の作業効率化、災害時の迅速な対応などが期待されている。CIMを活用することで、業務プロセスの課題検討を前倒しし、課題解決にかかる費用を最小限にすることができるようになる。

コンカレントエンジニアリングとは、製造業等での

開発プロセスを構成する複数の工程を同時並行で進め、各部門間での情報共有や共同作業を行うことで、開発期間の短縮やコストの削減を図る手法を指す。設計段階では、施工担当者の知見も反映することで施工性や供用後の品質を確保、更には景観や施設使用の快適性を向上させることが期待できる。設計段階から維持管理担当者の知見も反映し、維持管理上の配慮(材質や弱点となる箇所を設けないなど)を行うことも期待される。また、設計・施工段階では維持管理段階で必要となる情報を活用可能な形で提供することで,維持管理の効率化・高度化につながることが期待されている。つまり CIM を活用することで、計画、設計、施工、維持管理という通常であれば順に検討するへになる。CIM 上で同時に検討することで、業務全体の最適化を図ることができるようになる。

このような CIM の効果を期待した工事は CIM 活用 工事として発注され、2017 年から CIM による検討が 進められている。

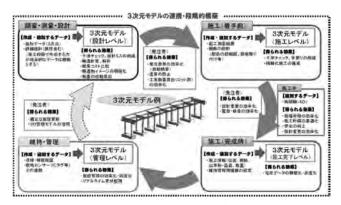


図-1 CIM の概念 (CIM 導入ガイドライン (案) 第 1 編 共通編 令和元 年 5 月)

(2) ICT 活用

次はICTの活用について述べる。無人航空機(UAV: Unmanned Aerial Vehicle 通称ドローン)やICTを搭載した建設機械等の開発・普及に伴い、建設現場においても3次元情報の利活用が進められている。特に3次元での計測技術はUAVをはじめとし、様々な手法が確立され、現場での施工進捗の把握や出来形確認に用いられるようになっている。国土交通省では、これら生産性の向上に資する新技術の円滑かつ効率的な建設現場への導入に向け、「UAVを用いた公共測量マニュアル(案)」(2016年3月30日)や「地上型レーザースキャナーを用いた出来形管理要領(土工編)(案)」(2016年3月30日)をはじめとする各種基準類を整備し、ICTの全面的な活用の推進を図っている。これまでと大きく異なるのは、3次元データでの

計測手法と検査手法が定められたことである。これにより、従来行っていた計測業務が抜本的に変更され、 飛躍的な生産性向上につながっている。

このような施工方法は ICT 活用工事として発注され,2016 年から拡大が広がっている。



図一2 ICT 活用工事(国土交通省 ICT 活用工事の実施方針より)

3. CIM と ICT 活用工事における現状と課題

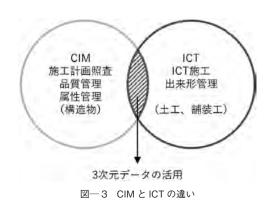
2020年5月現在では、建設業においては CIM 活用工事と ICT 活用工事という2種類の工事形態が存在する。どちらも3次元データを活用して現場を管理することが目的であるが、実際の運用方法は異なっている。これが今回考察する最も大きな問題点であると考えている。本章ではこの違いについて考察し、現状の住み分け状況を理解し、今後の方向性について考察することとする。

まず CIM 活用工事の目的は前章でも触れたが、CIM 導入ガイドラインによれば、「計画、調査、設計段階から3次元モデルを導入することにより、その後施工、維持管理の各段階においても3次元モデルを連携・発展させて事業全体にわたる関係者間の情報共有を容易にし、一連の建設生産システムの効率化・高度化を図ること」と記載されている。つまり、3次元モデルを構築し、現場の状態を早い段階で見える化することで設計業務や計画業務の見直し、再検討などを行うことに加え、施工時の品質情報を属性として付与しこれを共有することで現場情報の一括管理を目指している。施工に関する品質などの情報に重点を置き、これを管理することが主な目的となる。結果的に、計画時に3次元モデルは完成され、施工情報を保存するための箱になるのが CIM である。

一方で ICT 活用工事の目的は「生産性向上」である。測量,設計,施工,出来形管理,検査という建設

プロセスのすべてのプロセスにおいて ICT 技術を全面的に活用することで、建設産業における生産性を向上することがねらいである。そのため形状という情報に重点を置き、これを建設プロセスで共有し、生産性の向上を目指している。結果的に、ICT 活用工事における 3 次元データは現場の状況により常に更新されることとなる。

これを簡潔に述べると、CIM では品質管理情報を 完成したモデルで共有することが主な目的なのに対し て、ICTでは更新された出来形情報をモデルで共有 することが主な目的となる。3次元データを取り扱う ということは同じであるため、しばしば現場における 運用については、これらが誤解されることが多い。こ れら CIM と ICT の関わりを示したものが図—3であ る。いわゆる CIM において優先されるものは属性と して付与される品質管理データが主である。一方の ICT施工においては出来形管理データが主な管理デー タである。対応する工種も異なり、ICT 活用工事で は土工事、CIM 活用工事では構造物が主な対象とな る。これらが 2019 年までの CIM と ICT の現状であ る。図にも示しているように、CIM と ICT の重なり 合う部分こそが3次元データの本来の活用方法だと考 えられる。



現状を踏まえたうえで、なぜこのような現象が発生 し、両者の統合が進められていないかについて、実際 の現場での運用を踏まえた考察を行う。

(1) 設計段階から CIM モデルが活用されていない。

現状 CIM 活用工事や ICT 活用工事では、施工者が 3 次元モデルを構築しているという現状がある。日本 国内では、発注者が設計を行い、受注者が設計を基に 施工を行うことが多い。すでに設計や計画が完了した 後に、施工者側で 3 次元モデルを構築するのである。 つまり工事が開始された段階から 3 次元モデルを作成 する必要があり、本来の効果であるフロントローディ

ングなど計画・設計段階での活用が遅れるため効果が 薄いと考えられる。

(2) 設計段階での CIM モデルと施工段階での CIM モデルが異なる。

これは実際の運用を行ってみてはじめて得られた知 見である。たとえば計画段階では設計照査や数量算出 のため、材料などの属性ごとにモデルが分類化・分割 化されていればよい。これが施工の段階に移行する と、たとえばコンクリートなどは打設割ごとにモデル を分割する必要がある。分割されたモデルに従い、属 性情報などを添付し、情報を記録することになるから である。つまり発注者が必要とする3次元モデルと施 工者が必要とするモデルが異なる。ほかにも、仮設計 画などを行う場合は、必ず施工ステップごとのモデル が必要となる。線形構造物はそれに従いモデルを分割 する。またその際の地形形状もモデルに合わせて変化 させなくてはならない。2次元図面の場合は設計図と 施工図と分けて考えることができたが、3次元モデル にする場合,一括した管理を目標とするとすべてを内 包したモデリング自体が非常に困難であることが判明 している。

(3) 発注者からの設計 3 次元モデルを変更する必要がある。

これも実際の試行から得た知見であるが、CIM活用工事などでは発注者からCIMモデルが貸与される場合もある。データは共通データフォーマットであるifcやLandXML形式で作成されている。しかしながら工事が開始されると、設計変更などのため図面変更する必要がある。理想的には、受領したデータを用いて設計変更を行うことであるが、現状受領可能な更いて設計変更を行うことであるが、現状受領可能な更に対して使用できないことが多い。データを立て使用できないことが多い。データを読み込んでも属性情報が添付されていなかったり、パラメータによる形状編集ができなかったりする。そのため、せっかく受領したデータではなく、個別の3次元データ作成ソフトに依存したデータ形式を受領して、編集を行うことになる。ソフト依存したデータのため、ソフトによる制限を受けることもしばしばある。

(4) 設計データの確認方法が確保されていない。

ICT 活用工事の土工事などでは、土工事の3次元設計データから2次元の横断図面を抽出し、これを2次元の横断図面と比較し、設計図としての確認を行う必要がある。これにより、3次元設計データの正確性

を担保することができる。その一方で、土工事以外の CIM においては、3次元設計データとするための手法 が確立されていない。つまり、2次元図面と比較する べきかという規定がないため、3次元モデル自体を設計データとして扱うことが難しい。海外では3次元モデル自体から設計を始めることもあるが、わが国では 依然として2次元図面ありきでの3次元化のため、このような課題が挙げられる。

4. 改善に向けた取り組みとさらなる課題

先に述べた課題に対して、効果的な事項として挙げられるのが図―4に示すような3DAモデルの活用である。これまで設計図である2次元の図面には、文字や注意書き、寸法値などが入っている。ところがCIMにはこのような文字や寸法値が入っていないものが多い。それは先に述べたように、CIM自体が属性管理といった品質管理が主体となっているため、出来形管理としての情報を保持していなかったためである。そのため、現場の図面としての効果が薄れていることも事実である。3DAモデルとは、このような寸法値などのデータを3次元上に配置したモデルである。

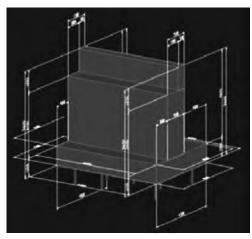


図-4 3DA モデル (3 次元モデル表記標準 (案) 国土交通省)

そこで、3DA モデルを躯体工事に活用した場合の検討を行った。その結果、3DA モデルを作成することによる効果は2点あった。以下にその結果を示す。(1)1つ目は設計照査についてである。先ほどまでに述べたように、これまでCIM モデルについては品質管理が主体であるため、モデルの寸法が厳密である必要はなかった。極端に言えば幅が5mであろうが5m10cmであろうが、あまり問題にならなかった。そのため現場での運用方法によりモデルの詳細度につ

いては施工者側が任意で決定していた。そこで 3DA を導入する。あくまで 2 次元図面での寸法が主体ではあるが、3 次元モデル内に断面図を配置することで、3 次元的に寸法などを確認することができる。検証したモデルでは、設計図面との差は見られなかった。ICT 活用工事でも、受注者側で作成した 3 次元設計モデルから測点ごとに横断図を抽出する。これを設計図の横断図に重ね合わせ比較することで、チェックを行う。この 3DA モデルを用いることで、土工事ではなく構造物の場合でも、CIM モデルのチェックを行うことが可能となる。

(2) 2つ目は出来形管理についてである。設計照査ができるということは最終的に構造物データを三次元で取得した際に設計モデルと比較し、出来形管理ができるということである。ICT 土工事では3次元での出来形管理が行われるが、構造物などはまだ対象外である。3DA モデルを構築することで、レーザスキャナなどで計測した3次元データである点群とCIM を比較し、出来形の管理が可能になる。また2次元の設計図面に記載のない箇所においても3DA モデル及び点群の比較を行うこともでき、より詳細な確認が可能となる。

このように 3DA モデルを構築することで、これまでの CIM よりもさらに現場での活用が可能になる。 先に示したように設計照査や出来形管理に適用することで、これまでの施工管理を大きく変えることになる。ICT 施工のように建設プロセス全体にわたり3次元データを活用することで、より生産性向上を検討することが可能となる。3DA モデル自体は CIM モデルにも発注者の要求事項として記載もあるが、まだまだ活用不足であるため、これまで以上の活用に期待している。

利点については以上だが、その一方で課題についても判明している。以下にその課題について述べる。
(1) 1つ目は現場モデルを CIM に集約した場合に、モデルの持つべき情報量が多すぎて、かえって理解しにくくなる場合がある。たとえば、数十枚、数百枚ある配筋図面を 3 次元モデル化することは可能であるが、それぞれの寸法値や図面データをすべて CIM 上に配置した場合、かえって情報の取得が困難になる。
(2) 2点目は 3 次元での出来形の確認方法についての課題である。ICT 施工が土工事で活用が大きく進んだ理由のひとつとして、設計データがひとつの面だけで表示できるということがある。これは、基本的には土工事の出来形管理は鉛直方向の確認だけで可能なためである。ICT 土工事では一つの設計の面データを

用いて、鉛直方向1方向でデータの可否を検討する。 具体的には設計面を $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ のメッシュに分割し、 その代表点の高さを比較することで、面的な出来形管 理を実施している。では構造物に対しても同様の管理 を行おうとした場合、鉛直の1方向だけではなく、 xvz の 3 方向で面的な挙動を確認しなければならな い。実際には構造物の各面から見た法線方向での比較 になると思われる。汎用的なソフトの中には比較する 設計面を指定すれば、法線方向の差分を抽出すること のできるソフトもある。しかしながら構造物のように 比較すべき面が複数存在する場合、各面ごとに比較す べき方向が異なり、非常に複雑な判定作業となる。ト ンネル工事などでは一部3次元での出来形管理などが 試行されているが、厳密に言えばトンネル中心線から 放射方向に出来形を確認しているため、構造物よりは 土工事の出来形確認に近い管理となっている。

(3)3点目は3次元の計測手法についての課題である。 ICT 土工事などで用いられる UAV などを用いて計測 する場合は計測精度が ± 50 mm 以内であるため、構 造物への適用は難しい。現状最も有効なのがレーザス キャナを用いた計測方法であり、計測精度は mm 単 位であるため、構造物への適用が可能である。ただし レーザスキャナの特性として、レーザスキャナで取得 した点群の点が、厳密に言うと端部を表わしていない 可能性がある。人力で計測を行う場合は、巻尺を用い る場合も、トータルステーションを用いる場合も計測 対象の端点同士を結び延長を計測する。スキャナの場 合,無作為に計測するため、この「端点」という概念 がない。計測密度を上げて計測することで端点に近づ くよう計測することもできるが、 その分計測データの 容量が大きくなり扱いが難しくなるという欠点も生じ てくる。

CIM と ICT を融合することでの有益性は高いが、 まだ課題は様々である。

5. 維持管理へ向けて

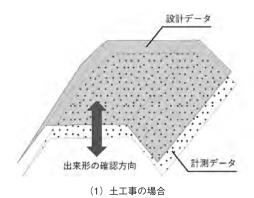
前章までに CIM と ICT の共通領域や課題について 述べた。最終的には維持管理の段階を見据えた場合の 考察を行った。最後にこの章ではそれらについて言及 する。

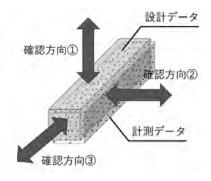
(1) 共通領域

基本的にCIMとICTを融合するだけでは、最終的に発注者の効率化につながらないと考える。それはあくまで設計・施工の効率化を図るものであり、維持管理のための情報を含有していないためである。例えば維持管理で最も必要なものは、現状使用している台帳のリストや、現場での図面などが3次元モデルにリンクされたものである。詳細な設計変更のデータや施工時の品質管理記録などは、実際には維持管理には使用されない。これらの情報は設計・施工段階ではリンクされた情報になっていない。実際の運用にあたっては、施工段階から維持管理情報を集約し、モデル化する必要があり、このような取り組みが今後必要になると考えられる。

(2) モデル分割度

モデル化の作業自体で大きく問題となることがある。それは計画、施工、維持管理の各段階において、必要とされるモデルの分割度が異なる点である。CIMとICTに関しての課題の際にも述べたが、同様に維持管理についても同様の問題が発生する。維持管理の段階ではコンクリートなどは打設割ごとのモデルまでは必要がない。維持管理については、もう少し粗い分割度が必要になる。具体的に述べると、〇〇トンネルの〇〇地点などのように、位置情報が重要となる。これらの位置情報に基づき維持管理情報を記録する必要がある。このように管理するモデルが異なるということは、維持管理用のモデルが必要になるということで





(2) 構造物の場合

図-5 出来形管理の比較

ある。それぞれが使用するモデルをどこかの段階で変 換する必要があること,またそれをどこかの段階で行 う必要があることが課題となる。

(3) データプラットフォーム

維持管理においてデータ管理を行っていく場合、設 計・施工段階と大きく変わるのが,工事単体でなく様々 なデータを一括して管理する点である。そこで問題に なるのがデータの容量である。CIM 活用工事や ICT 活用工事を行う場合、扱うデータの容量は小さいもの で数百 MB、大きいもので数十 GB にも及ぶ。これら のデータを一括で管理する場合、工事数が100工事と しても、数 TB 以上のデータとなる。現状そのような データを扱えるシステムはない。近年拡大が進むクラ ウドストレージの活用は必須であるが、これはあくま でデータの保管にのみ使用が限定されるため、その中 から必要なデータを検索したり、閲覧するための機能 がないため、ローカル PC にデータをダウンロード し、閲覧・編集作業を行う必要がある。その場合、通 常扱うデータ容量は数 GB 程度であり、大容量のデー タを活用していくには PC スペックや通信環境に大き く依存することになる。したがってクラウドシステム の構築や、通常の PC での対応方法などの課題が挙げ られる。

(4) 能力者の問題

ICT 活用工事や CIM 活用工事が拡大していく中で、かなりの部分が解消されつつあるものの、依然として大きな問題が 3 次元データの取り扱い能力の問題である。これまで一般的にデータは 2 次元であったものが 3 次元になったことで、取り扱い方法が煩雑になり、すぐにはデータの取り扱いが難しい。また今後は 3 次元データに様々なデータがリンクされ、かつ相互に関係した状態になる。これまでのデータの活用方法とは全く異なる処理方法が行われていくため、このような処理を扱う能力が必要になってくる。

6. おわりに

これまで、現在のCIM、ICTの現状とその課題、 さらには維持管理を見据えた課題について考察を行っ てきた。これらの課題が1つ1つ解消していけば、必 ずや建設業における生産性が向上し、ひいては建設業 が魅力ある産業へと変わっていくことを期待してい る。本稿がその一助になれば幸いである。

J C M A



[筆者紹介] 田島 僚 (たじま りょう) (㈱大林組 土木本部 生産技術本部 先端技術企画部 副課長

特集≫ 建設の BIM/CIM, XR, 遠隔操作

ICT をフル活用した大規模盛土管理の効率化・高度化

新東名高速道路川西工事における i-Construction の本格展開

中村洋丈・永田政司・藏重幹夫

新東名高速道路川西工事は盛土量 306万 m³,最大盛土高さ約70 mの大規模盛土を有する工事であり、生産性向上を目的に、3次元による測量、設計、施工、検査、納品に至る一連の過程で、i-Constructionに取り組んでいる。本工事はICT 土工を用いた出来形管理や施工管理という枠組みにとどまらず、ICTをフルに活用して工事管理や受発注者間のやりとりの効率化・高度化を目指した取り組みを行っている。本稿では、このICT フル活用の取り組み内容について報告する。

キーワード: ICT-Full 活用工事, BIM/CIM, AR・VR, 3次元設計データ

1. はじめに

新東名高速道路川西工事は、神奈川県西部の足柄上郡山北町に位置する高速道路新設工事である。総延長2.6 km, 大規模盛土306万 m³, トンネル上下線各1.2 kmを構築する塩沢工区(写真一1)と、長大のり面切土82万 m³, 橋梁下部工を構築する向原工区の2工区で形成されている。塩沢工区の盛土工事は、自工区のトンネル掘削ずりだけでなく、隣接する6か所の工事から発生するトンネルずりや掘削土の受け入れを行っている。現在の進捗(令和2年5月時点)は、盛土量約



写真一1 川西工事大規模盛土(塩沢工区)

i-constructionの取り組み 施工 測量 設計 検査・納品 丁張り設置 レベルや光波による測量 設計図から施工土量を算出 書類による検査 従来 人力による検測 Civil3DやTrend-Coreを 用いて設計データを3次元化 ICT土工による 丁張り不要の施工 3次元設計図と3D点群 UAV、LS等による3次元計測 ICT -夕測量による検査 測量効率向上および重機近接作業減による安全性向上 3次元設計データが 設計図となる。 丁張レスによる効率UPと 安全性の向上 納品のペーパーレス化、 維持管理も3D化で省人 工事 福井コンピュータ 演算工房 千代田測器 小林コンサルタン ジオサーフ 丸磯建設 会社 起工測量 F11 ICT土工(施工) ・MGによるブルドーザ 3次元データに 振動ローラの施工 よる出来形管理 品質管理帳票の作成。 3次元設計データの作成 点群データ 出来高算出

図―1 各プロセスの取り組み

100万 m³ である。

土木工事のICT は、i-Construction を旗印に国土交通省を中心に積極的な導入が進められている¹)。また、高速道路ではGNSSを利用した転圧管理²)などの品質管理を中心に、静岡県域の新東名高速道路の施工で進められてきた。本工事におけるICTの取り組みは、これらの流れを踏襲し、3次元による測量、設計、施工、検査、納品に至る一連の流れの中で、全てのプロセスを通してi-Construction に取り組んでいる(図一1)。また、ICT 土工を用いた出来形管理や施工管理という枠組みにとどまらず、工事全般にわたりICTをフル活用して工事管理や受発注者間のやりとりを効率化・高度化することを目指し、受発注者が協調している。

2. 工事の特徴と ICT 活用の実施体制

本工事は、他工事のトンネルずりや掘削土を盛土し、複雑な形状を有するスマートインターチェンジを構築する。したがって、ICTをフル活用して①広大な工事現場の可視化(約28万 m²の広大な盛土場における原地形の把握、工事進捗の確認、設計細部の検討、測量の効率化、検査の効率化)、②ICT 建機を用いた大規模土工事の効率化(大型重機によるマシンガイダンスやマシンコントロールを活用した盛土および切土)、③盛土の土量管理(多種多量の盛土材料の品質管理、複数工事からの受土管理、盛土材料の材料区分や材料配置の記録、土運搬ダンプの運行管理)などに対応する。

この ICT 活用の取り組みにあたっては,発注者は,工事事務所,支社および本社の技術基準・開発部署・情報システム部署と協同して,ICT 活用を計画,実施,評価する体制を構築した。また,受注者は,現場に

ICT 専門のグループを組織し、本社 BIM/CIM 部署と ICT システムベンダー(開発・販売供給元)も含めたサイバーチームを構成した。このサイバーチームの構成により、工事管理ワークフロー間の引継ぎやシステム改善に素早い対応を実施可能とした。

このように、ICTをフル活用して生産性向上に取り組んでいる。この具体例は次章で紹介する。

3. ICT フル活用の取り組み

(1) 3次元データによる現場の可視化

(a) 3 次元測量

3次元測量は、主に起工、出来高検査、出来形検査の際に活用している。それぞれに要求される精度が異なるため、 TLS^3 や UAV 測量 3 を組み合わせて、測量している(図-2)。 3次元測量で取得した点群データは、福井コンピュータ社製の TREND-POINT を使用することで、瞬時に土量算出や簡易計測を行うことができる(図-3)。これらは、施工計画の作成や盛土場の土配管理における数量算出手段として活用している。



図-2 3次元測量 (LS, UAV)

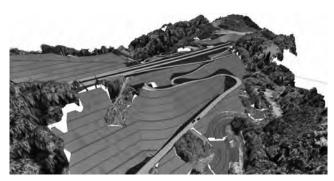


図一3 点群データを用いた土量算出(TREND-POINT)

出来高及び出来形測量の際には、約28万 m²もの広大な施工用地かつ高低差約70 m の急傾斜がある山岳地形に対してUAV 測量を行うため、飛行ルートの設定や、標定点及び検証点の設置・撤去にかかる時間の削減が課題である。また、出来形測量では、高盛土の沈下を出来形検査時に考慮する方法が課題となっている。

(b) 3次元設計データの作成

当初契約時の平面・縦断・横断図からなる2次元図面を用いて3次元設計データを作成している(図ー4)。3次元設計データを作成するCADオペレータには3次元CADスキルだけでなく、土工事の設計知識や施工経験が求められる。また、設計変更が生じた際に、円滑に3次元設計データの作成・修正を行うためには、リアルタイムに作業を行える人員体制の構築が重要となる。この対応として、作業所常駐のCADオペレータと本社BIM/CIM部署のCADオペレータが協調して3次元設計データの修正を行っている。また、3次元設計データを活用することにより、工事細部の照査のほか、コミュニケーションツールとしても利用でき、新技術の取り組みに幅広く展開できる。



図―4 3次元設計データ(塩沢工区)

(c) 設計細部の検討

3次元設計データを作成することにより、従来の20mピッチの横断図と平面図との組み合わせに比べて、設計上の不具合箇所を早期に発見し、工事着手前に十分な検討が可能となった。特に土工部と付帯構造物の取り合いや曲線部などの工事細部が明確となった。一例として、図一5に補強土壁と盛土のり面の取り合い部の検討結果を示す。これは、スマートインターチェンジのランプ部の3次元モデルであり、180°に曲がるランプ部に計画された補強土壁と盛土のり面の取り合いにおいて、不整合が生じている。従来は、現場で施工可能となった段階で設計の不整合が発覚し、現場合わせのための修正設計を行っていたが、3次元モデルで可視化することにより早期に修正することが可能となった。

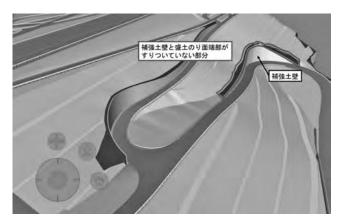


図-5 ランプ部の不整合箇所

(d) 施工方法の検討

本工事では、東名高速道路の上り線と下り線の間に、土運搬に必要なベルトコンベアを架設する計画があり、上下線間の狭隘な空間における施工検討に3次元設計データを活用している。実際に使用する220 t クレーンをモデル空間に配置し、ベルトコンベアの地組箇所やクレーンの旋回可能範囲などを検討した(図一6)。また、これに VR を活用し、実物を架設する前に施工のシミュレーションができ、着工前に現実に近い検討を行うことが可能となっている。さらに、本社 BIM/CIM 部署や同種工事の施工実績のある現場経験者が、遠隔地からインターネットを介して同じ VR空間内に入り、施工検討会を行っている。



図―6 施工検討の例 (ベルトコンベアの架設検討)

(2) 現場管理の効率化・高度化

(a) ICT 建機による施工

土工における ICT 建機は、敷均しブルドーザと転圧用の振動ローラ、切土用のバックホウを採用し、丁張を設置することなく施工を進め、省人化を実現している。盛土工事は、ジオサーフ社製の GNSS によるマシンガイダンス方式を採用し、約 2,500 m³/日の受入土量に対して、GNSS を搭載したブルドーザ4台と振動ローラ 2 台を使用している。施工の体制として



図一7 GNSS 搭載重機および車載モニター

は、JV 職員、施工業者を含め ICT 土工に精通した人員を配置している。また、重金属対策工の遮水層(ベントナイト混合土)や基盤排水層の敷均しは、マシンコントロールを搭載したブルドーザを採用している。 経験の浅いオペレータでも操作することができ、熟練度の高いオペレータと同レベルの出来形を確保することが可能である。

従来の施工ではオペレータの技量により、仕上がりの品質や出来形にばらつきが出る傾向にあったが、オペレータ本人が施工履歴を車載モニターで確認しながら施工を行えるため(図-7)、施工経験年数に関わらず全体的にばらつきの少ない施工を確保できている。

施工用の3次元データは、事務所にあるICT管理用パソコンからICT建機へ転送される。さらに、職員が携行しているタブレット端末から遠隔操作や施工状況を確認することが可能であり、職員や測量作業員が重機周辺に近づく機会が大幅に減少し、安全性も向上している。

ICT 建機の全面導入により、盛土で21%、切土で40%の削減効果があり省人化を達成している。しかし、大規模ICT 土工の施工において、以下に示す課題がある。

- ①施工モデルのデータ作成において、ダンプ走路や排水勾配をモデル化しようとすると、それぞれの勾配を考慮した施工モデルが必要となる。ダンプの受け場が変わるごとに勾配調整を要しており、通常のデータ作成時よりも多くの時間を費やしている。
- ②大規模盛土工事では、広大なエリアを施工するため に膨大な数の施工モデルが必要となり、転送時間を

多く要している。そのため、重機側パソコンの送受信負担を軽減することが必要である。さらに ICT機器等のトラブル発生時には、専門業者と共に、迅速に対応できる体制を整えることが重要である。

(b) 土量管理

土量管理は月に1回の頻度でUAVによる計測を実施している。計測により得られた点群データを用いて、起工測量データと比較して盛土量を算出する。算出された土量をもとに、毎月、土配計画を見直している。隣接工事を含めた全体土配会議を行い、隣接工事全体の工事進捗を確認しながら、無駄の少ない効率的な盛土を進めている。今後は、盛土沈下の動態観測結果も併せて3次元情報で取り込むことや、盛土転圧時の沈下量などを利用した土量変化率を確認する。

(c) 土運搬管理

当工事は隣接工事からの受土を実施しており、隣接工事から搬出される全ての土運搬ダンプに、同一の運行管理システムを導入することで、ダンプのリアルタイムモニタリング、運搬台数管理、盛土材料管理の一括管理を実現している。なお、このシステムは速度超過、急発進・急停車、ルート逸脱などのダンプの走行状態をモニタリングできるため、それらの回数が少なかった運転手に優良表彰をして、安全運転へのモチベーション向上にも役立てている。

(d) 出来形管理

出来形管理はICT土工で基準化されている点群データと設計データの標高差をヒートマップで表示して検査を実施する。3次元出来形測量による点群データと3次元設計データと重ね合わせることで、面的な

出来形ヒートマップを作成することができる。その他、現場検査では、GNSSローバを用いて、土工基面の任意点を計測して検査を実施している。

(3) コミュニケーションツールとしての活用

3次元設計データがあれば、幅広い分野の技術へ展開が可能となる。3次元設計データから AR(拡張現実: Augmented Reality) や動画を作成し、地元住民への説明会や警察との協議に活用している。例えば、土運搬設備を高速道路沿線に設置する工事において、3次元動画を作成した。これを用いることで工事内容のリアルな説明が可能で、完成時のイメージを容易に伝えることができる(図一8)。他にも、完成時のICランプの合流部における視認距離を検討し、警察との協議にも活用している。



図―8 協議・地元説明の事例(土運搬設備の設置イメージ動画)

(4) 受発注者間の情報共有

(a) BIM360Docs を用いた情報共有

クラウド型ドキュメント管理システム (CDE: Common Data Environment) である Autodesk 社製の BIM360Docs を用いた受発注者間の情報共有を試行している (図一9)。発注者が本工事のプロジェク

トスペースを立ち上げ、NEXCO中日本本社・支社・工事区、受注者のBIM/CIM部署、現場事務所の各職員にIDを付与して利用している。これは受発注者が同時に利用できるクラウドスペースであり、タブレット端末から操作・閲覧することが可能である。

このシステムは図面管理に特徴があり、図面の変更 や修正をリアルタイムに行うことができるだけでな く、図面の疑問点や修正点などの指示をクラウド上で 行うことができる。これまで受発注者間で3次元デー タの活用は、容量の大きさやソフトウェアのライセン スの関係で、ハードルが高いものであったが、発注者 側がこのツールの利用環境を整備することで3次元図 面の共有を容易にし、3次元データを受発注者間で活 用しやすい環境が整った。このクラウドに保存された データは、図面の他に工事監督立会や現場視察予定の 共有など、通常業務に必要なデータのやりとりにも活 用している。また、工事完了時に受注者のアクセス権 限を失効することにより、保存データをそのまま電子 納品の成果品とする予定である。

(b) 3次元点群データの共有

本工事では、データ共有クラウドである3次元点群データ管理ツールの活用についても試行している。3次元点群データを福井コンピュータ社製のCIMPHONY Plus(データ共有クラウドサービス)に取り込むことで、クラウド上で3次元点群データの操作ができる。クラウド空間での操作のため、パソコン環境に依存せず、距離計測や土量算出を行うことができる(図一10)。またCIMPHONY Plus は、クラウド上に時間軸と位置情報を3次元表示して管理できることから、工事の進捗に合わせて3次元点群データや3次元設計データ、工事写真を取り込むことで、工事現場の状況を容易に確認・共有することができる。

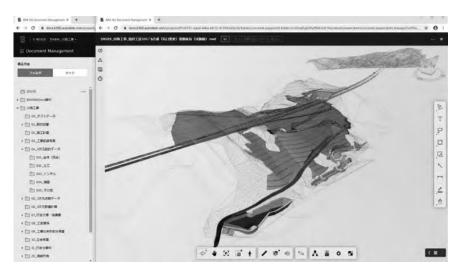


図-9 BIM360Docs のクラウドスペース



図-10 3次元点群データのクラウド共有(CIMPHONY Plus)

(5) 維持管理における活用 ~建設から保全管理

(a) BIM/CIM 構築

ICT 土工³⁾ の枠組みで作成する3次元設計データは、主に出来形検査を行うための施工データである。これは、あくまでも土工構造物の形状確認に主眼が置かれており、のり面保護施設、排水施設、擁壁等、保全対象の付帯構造物は作図されない。したがって、本工事では維持管理に必要となる3次元設計データの作成対象やモデルの詳細度を検討している。また、維持管理では保全対象物の工事記録情報、点検結果等の技術関連情報が一元管理されていることが望ましいことから、属性情報を直接3次元モデルに記録する方法を検討している。

(b) 施工履歴データ

ICT 建機による施工では、施工日時、位置、材料種別、出来形、品質等の施工履歴情報が蓄積されるが、これらは数字が羅列したログファイル形式で発注者へ

納品されることから、そのままでは維持管理で利用することは難しい。そこで、維持管理で活用できるBIM/CIMモデルの構築を行っている。

ICT 建機から取得される施工履歴情報の記録には、福井コンピュータ社製の TREND-CORE を利用し、施工履歴情報を 3 次元モデルの属性情報として格納することにより、施工履歴情報の 3 次元化を実現している(図―11)。施工履歴情報の記録には、VOXEL(ボクセル 50 cm × 50 cm × 50 cm) を導入し、VOXELごとに材料種別や転圧回数等の施工情報を格納している(図―12)。このデータはオープンファイルフォーマットである BIM/IFC (Industry Foundation Classes)ファイル形式で出力することにより、システムを限定することなくデータの利活用が可能となり、工事完成引渡し後の維持管理システムへの展開が可能である。これにより、例えば、材料種別を指定することで、盛土された部位を特定することができ、さらに VOXEL ごとの施工情報を確認することが可能となる。



図─11 施工履歴情報の3次元化の流れ

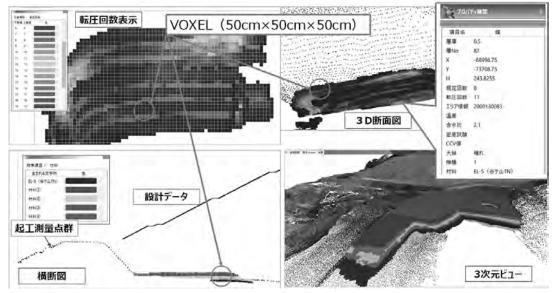


図-12 施工履歴情報の3次元化

4. おわりに

本工事はICTを最大限に活用し、3次元による測量、設計、施工、検査、納品に至る一連の過程でi-Constructionに取り組んでいる。また、従来の工事管理の枠組みにとらわれず、ICTをフルに活用して工事管理や受発注者間のやりとりの効率化・高度化を目指している。今後もこれらの取り組みを継続し、受発注者が協調して課題解決を図りながら、着実に取り組みを前進させていきたい。

《参考文献》

- 1) i-Construction 委員会,i-Construction ~建設現場の生産性改革~報告 書,2016
- 2) 中日本高速道路㈱, 土工施工管理要領, GNSS を利用した盛土の品質 管理, 2018
- 3) 中日本高速道路㈱, ICT を活用した土工工事の実施要領 (案), 2017



[筆者紹介] 中村 洋丈(なかむら ひろたけ) 中日本高速道路㈱ 東京支社 秦野工事事務所 松田工事区 工事長



永田 政司 (ながた まさし) 中日本高速道路(株) 技術・建設本部 環境・技術企画部 技術企画・開発課 係長



藏重 幹夫 (くらしげ みきお) 清水建設㈱ 土木東京支店 横浜土木営業所 新東名高速道路川西工事作業所 工事長

特集≫ 建設の BIM/CIM, XR, 遠隔操作

重機稼働を AI 識別して CIM 上にリアルタイム表示 Digital Twin

山 本 賢 司・緑 川 達 也

今般、建設業では客観的な指標に基づいて生産性をモニタリングし、継続的かつ組織的に生産性向上のPDCAサイクルを回す事の重要性が高まっている。最近ではセンシング技術の発達により、GNSSや各種計測機器(センサ)を用いてトラッキングしたデータを分析することで、最適な建設機械動線計画の立案や作業員の作業改善を図る手法を提案・試行しているが、機器の設置に要する労力、データの集約・分析の為のシステム構築により、時間・コスト面でのハードルが高く継続的なデータ収集は困難を極めている。本稿では比較的簡易に設置できる監視カメラを用い、広範にセンシングできる手法として画像認識技術に着目し、実証した内容を紹介する。

キーワード:画像解析,機械学習,デジタルツイン,BIM/CIM

1. はじめに

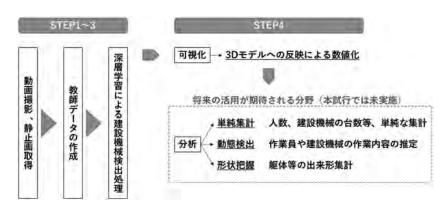
近年のICTの進歩により、監視カメラの普及や取得したデータをもとに機械学習技術を用いた画像認識が各業界へ広がり続けている。従来は物理現象を検出するセンサを組み合わせることで様々な事象を認識していたが、センサの種類と検出対象・動作原理等を正しく理解しないと扱えない事から、素人でも結果が一目で分かり、設置機器が少ない画像認識へとシフトすることはコスト面・拡張性の面から見ても有用である。中でもディープラーニング(以降、深層学習と表記する)を用いた認識技術は既に確立しており、マーケティングや防犯等を目的として人や車両の認識・行動の分析に広く活用されている。

建設業界においても人や建設機械、躯体形状を認識 することで、歩掛や稼働実績の取得、出来形・進捗管 理へと活用することが期待されるが、その専門性の高さ故に深層学習に利用する教師データを揃えることができていないのが現状である。そこで本試行業務は建設業における画像認識技術を確立するために、小石原川ダムの施工エリアを撮影した画像を用い、建設機械の認識・検出を行う。得られた建設機械位置や作業員の画像上の位置を CIM モデルに反映すれば、1秒~数分という短い時間間隔での建設機械位置を容易に再現することができると考えた。

2. 建設機械・作業員の認識・検出環境の概要

(1) 画像収集と画像解析の作業ステップ

画像処理による建設機械・作業員の認識・検出は以下のステップ(図-1)で実施し技術の確立を目指す。



図―1 画像認識による建設機械検出技術の作業ステップと今後の活用分野

(2) システム構成

建設現場のモニタリングにおける機器構成は、以下の構成概要図(図-2)通りとした。

(3) 画像解析認識対象

画像中の建設機械の種類や作業員などの認識には、AIの一分野である「深層学習」を使用する。小石原川ダムにて定点撮影した画像を利用し、人の手によって認識対象の建設機械(ダンプトラックやブルドーザ等)を矩形で囲うことで、教師データを作成し、AIに学習させる。認識対象は表—1に示す。

3. 画像解析手順と評価基準

(1) 画像解析作業の流れ

「1. 教師データの作成」 → 「2. モデル辞書の作成」 → 「3. 評価」 → 「評価結果の良くなかった個所に重点をおき、「1. 教師データの再作成」の繰り返しにより、本検証用モデル辞書の作成を実施。

(2) 評価基準

評価用データに対してモデル辞書を適用させ, 画像 解析を実施する。画像解析の結果, 認識した建設機械



写真-1 画像解析結果イメージ

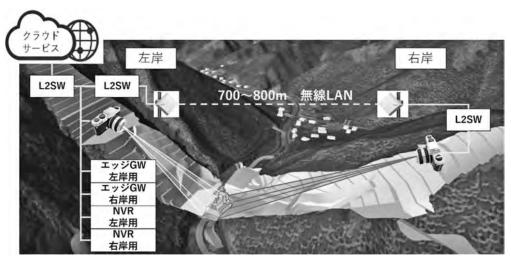
の上にカテゴリに応じた色の矩形が表示される(**写真** — 1)。その矩形の正否をもとに、精度を算出する(評価結果は3章参照)。

(a) 検知エリアによる評価データの選択

建設機械の稼働時間は、天候に左右されず24時間稼働していることも多いので、同様な条件での評価が必要となる。ただし、大雨や積雪などで作業が行われない時間を外し、以下のデータを使用して評価を実施した(表-2)。

(b) 評価結果

本検証における評価指標として再現率,適合率,F 値を用いる。正解,未検出,誤識別,過検出は,目視



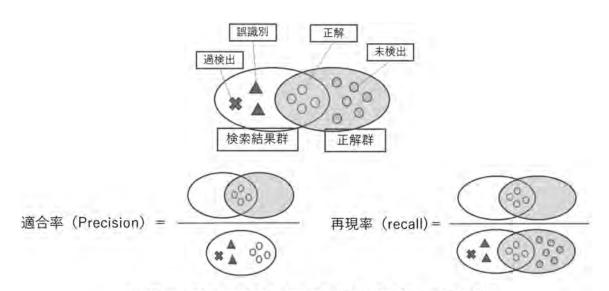
図―2 建設現場モニタリングシステム構成概要図

表一1 認識対象

認証対象	ダンプトラック	ブルドーザ	振動ローラ	バックホウ	作業員
対象画像			The same of the sa		1

カメラ	時間帯	バックホウ	ブルドーザ	振動ローラ	ダンプトラック	作業員	画像枚数
3-2-1	9:00-12:00	1222	869	1172	529	1506	864
カメラ 1 (左岸)	13:00-17:00	1570	988	1281	755	776	932
(江岸)	17:00-21:00	579	460	627	549	466	416
, , , , ,	9:00-12:00	926	976	686	577	2064	872
カメラ 2 (右岸)	13:00-17:00	1236	835	471	458	377	520
(石序)	17:00-21:00	203	187	97	212	324	130
合計		5736	4315	4334	3080	5513	3734

表―2 学習データ一覧 ※単位(件)



F値 = $(2 \times 適合率 \times 再現率) / (適合率 + 再現率)$

図-3 適合率・再現率・F 値の説明

による確認結果とする。図 - 3 にそれぞれの評価指数の概念を示す。

- ・適合率…検索結果(画像解析結果)の中に正解が含 まれている割合
- ・再現率…実際の正解の中に、検索結果(画像解析結果)の正解が含まれている割合

F値…上記評価指標が2つあると、どちらのシステムが優れているか比較が難しいので、再現率と適合率の調和平均を取った値をF値(F-measure)という指標で性能を表す。

見落とし、誤認識等が完全に無い場合、適合率、再

現率, F値ともに1.0となる。

4. 評価結果

表一3の様に学習データが増えることにより F 値が向上した。建設機械を対象にした場合、平均 0.9 以上 (0.92)の結果が確認できた。F 値の上昇率を見ると、学習データの追加で更に F 値が向上すると考えられる。(これまでの画像認識技術として、F 値は 0.90 以上でなければ実用として厳しいとされている。)

表一3 学習量毎のF値の変化

認証対象	1回目学習画像	2回目学習画像	3回目学習画像			
100日11八丁多	(1303 枚)	(2732 枚)	(3734 枚)			
バックホウ	0.78	0.80	0.90			
ブルドーザ	0.76	0.81	0.90			
振動ローラ	0.81	0.82	0.91			
ダンプトラック	0.75	0.77	0.95			
作業員	0.51	0.50	0.61			

(1) 時間帯別評価

表―4の様に時間別(全建設機械・作業員を対象)で見ると、9:00-11:00が適合率・再現率・F値のいずれも数値が高いことが分かった。日差しが比較的強くなく、太陽光の反射も少ないことが良い評価結果を生み出していると推測される。一方、17:00以降の暗い時間帯については、再現率(実際の正解の中に、検索結果の正解が含まれている割合)が極端に悪い。想定されたことではあるが、ライトの反射も影響が大きく、未検出(見つけられない対象物)が多くなっている。

表一4 評価結果一覧(時間別)

時間帯	適合率	再現率	F値
9:00-11:00	0.98	0.86	0.91
13:00-16:00	0.94	0.70	0.80
17:00-19:00	0.91	0.63	0.75





(2) 認識対象別評価

表―5の様に認識対象別にみると、作業員を除き 適合率における最大値はダンプトラックの 0.96 で、 最小値はブルドーザの 0.90 であった。再現率におけ る最大値はダンプトラックの 0.93、最小値はバックホ ウの 0.85 であった。F 値における最大値はダンプト ラックの 0.94、最小値はブルドーザの 0.89 であった。 再現率・適合率とも比較的安定しているダンプト

表一5 評価結果一覧(認識対象別)

認識対象	適合率	再現率	F値
バックホウ	0.95	0.85	0.90
ブルドーザ	0.90	0.88	0.89
振動ローラ	0.95	0.89	0.92
ダンプトラック	0.96	0.93	0.94
作業員	0.95	0.32	0.48

ラックは,他の対象に比較し,サイズが大きい(情報が多い)ことが起因していると推測される。

(3) 評価結果の整理と想定される原因 (表 6)

表一6 評価結果の整理と想定される原因

	評価結果	想定される原因
		車両の方向が360度回転するが、教師デー
(1)	全体的に認識	タとして全ての方向が学習できていない。
	精度が低い	建設機械は様々に変形するが、教師デー
		タとして全ての形状が学習できていない。
(2)	作業員の認識	建設機械の行動範囲を画角とすると、カメ
	精度が低い	ラの解像度に対して作業員が小さすぎる。
(3)	夜間の認識精	夜間 (人工照明下) では照明の逆光など
3	度が低い	が要因となり、再現率が低下
	手指にトフナ	単体画像で見ると, 車両の重なり等で,
4	重複による未	実際には存在するのに検出されない場合
	検出や誤識別	がある。

(4) 実用性向上に向けた対策

- (a) 全体的な認識精度向上に向けた対策
- ①学習するデータに対して、建設機械の向き及び形状を台帳管理し教師データの偏りを発生させない方法がある。ただし、準備すべき向き、形状の画像を探すことは非常に困難であり、更に分解能の問題(どこまで細かく管理するか)がある。
- ②建設機械の3Dモデルを準備し、様々な向き、形状を背景画像にマッピングし、教師データの作成を現場映像だけに頼らない方法が検討できる。ただし、合成した映像を基に作成したモデルによって、実映像の建設機械が認識できるかは、評価・検証を実施する必要がある。
- (b) 作業員の精度向上に向けた対応

現状よりも解像度の高い画像(4K)を利用する方法や、画角を稼げる工学ズームの採用、及びカメラ台数を増やすなど、小さい物体の検出が行なえるよう対策することを検討する必要がある。

(c) 夜間の精度向上に向けた対応

夜間でも検知対象を精度高く描写できるカメラの選 定(カメラ性能(高感度等), 最適な設定, 最適な画角)。

(d) 動体認識を使用し、認識できなかった情報を 補完

重複や遮蔽により検出できない場合に対して、未検 出や誤認識を防ぐ方法を検討する必要がある。

画像のみでは検知できなかったフレームも, 前後のフレーム情報から推測することが可能となり, 認識ミスを補うことができる可能性がある。映像データから認識した建設機械の追跡を行うソフトウェアを作成

し、前後フレームの結果を参照することで、補完する 機能を具備させる方法が考えられる。

5. 建設機械位置計測と CIM モデル連携検証

本章では、3D モデルへの反映について述べる。

カメラの撮影データに検出処理を行った後、得られた建設機械の画像上の位置をダムの 3D モデル上に復元し実用性の検証を行った。ここで、3D モデルは世界測地系で作成されているものを使用する。また、検証の際は現場に導入している ICT 建機(振動ローラ)の GPS 実績値を正解値とした。

図─4に3Dモデルへの復元のイメージを示す。

定点カメラの設置座標(世界測地系)を確定させ、 カメラアングルを測定・取得する。このことによりカ メラアングル(画角のベクトル方向)が確定できる。

3D モデル上に定点カメラ位置及びカメラアングルを描画することができれば、画角間に写っている認識対象物のベクトルが定まることから、施工が行われている Z 標高面上とベクトルの交点が認識対象物の現実の座標(世界測地系)となる。

尚,施工が行われている Z 標高は必ず前日の作業 打合せにおいて、翌日の作業場所やその標高が決めら れていることから設定可能である。

(1) 事前準備

事前に設置したカメラの位置、およびカメラの視準 方向を測量し、3Dモデル上のカメラアングルの設定 を行った。また、使用するカメラとICT建機に搭載 したGPSロガーの時刻はあらかじめ同期を行った。

3D モデルへの復元には、2018 年 12 月 10 日 14 時 33 分 3 秒時点の20 — 5 の画像を使用した。なお、GPS ロガーを搭載した建設機械は振動ローラのみであったため、今回は対象を振動ローラのみとした。

(a) 画像座標の取得

図―6で得られた画像から対象の振動ローラの画像上の座標を算出した。画像座標は図―6のように設定し、画像解析によって得られた矩形の底辺の中心を振動ローラの配置基準点として用いることとした。

(b) 3D モデルへの建設機械オブジェクトの配置

図―4で説明した方法で図―5及び図―6で示した画像から得られた建設機械の位置情報を幾何学的に求める(図―7)と、それぞれの世界測地系の座標は図―8のようになる。

(c) GPS 実績値

図―5の画像と同時刻の GPS 実績値を正解値として, 3D モデルに配置した。カメラの撮影時間における GPS 実績値を図―9 に示す。

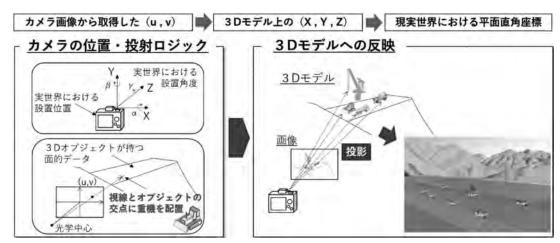
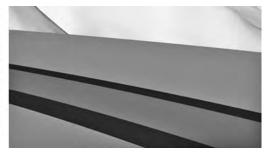


図-4 3D モデル上への復元イメージ

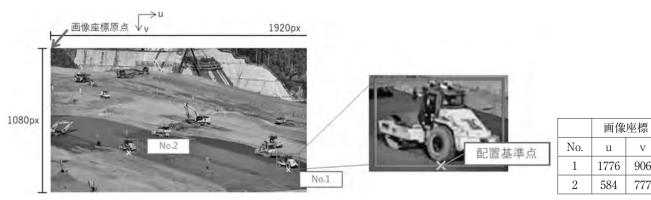




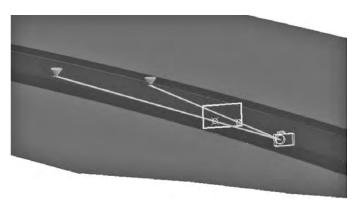
図─5 検証画像とカメラ視線からの 3D モデル画像

906

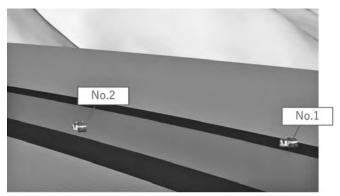
777



図―6 画像座標系における振動ローラの配置基準点

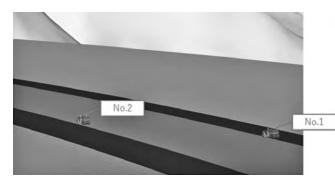


図―7 画像データから配置位置の決定するイメージ



	CAD上の座標値				
No.	X	Y	Z		
1	-21879.067	51838.804	312		
2	-21855.561	51798.849	312		

図―8 画像データをもとに配置した建設機械オブジェクト



	GPS値(X軸はCADに合わせ負とした)				
No.	X	Y	Z		
1	-21881.004	51833.394	312.225		
2	-21858.646	51795.042	312.501		

図─9 正解値をもとに配置した建設機械オブジェクト

(2) 実用性の検証

画像から配置した振動ローラ(黄)と GPS 正解値で配置した振動ローラ(赤)を図― 10 に示す。カメラ視点では一見しておおよそ正しい配置となっているように見えるが、平面的に比較すると大きな差異があることが分かる。

(3) 実用性向上に向けた対策

(a) 建設機械の検出結果と建設機械オブジェクトの 重心位置の誤差への対応

本検証では画像認識の検出結果を示す矩形底辺の中心と、建設機械オブジェクトの底面中心の位置を対応付け、3Dモデルへの復元を行った。しかしながら、この方法では少なくとも1m程度、建設機械の向きによっては数mの誤差が生じるのは明らかである(図ー11)。

- 4. (5) で述べた通り網羅的な学習を実施し、建設機械の様々な向き・形状を認識できるようになれば、その重心位置を把握することは比較的容易になり、誤差を大幅に改善できるものと考えられる。
 - (b) 現実世界の施工進捗と 3D モデルとの乖離による誤差への対応

多くの 3D モデルは、発注者へのプレゼン、施工ステップの確認といった、マイルストーンとなる時点を切り取ったものである。一方、現実世界の建設機械や

作業員配置を再現するには最大でも日次単位で3D モデルを作成しないと乖離が大きくなってしまう。日次単位の3D モデル作成方法として,日々の予定工程と作業進捗を画像から判断して,撮影時の地盤形状を反映させる等の方法がある。例えば,対象作業をコアの盛り立てとした本試行業務においては,ブルドーザの通過したエリアが施工エリアと推測できることから,施工エリアは1層30cm分標高が高くなっていると推測できる。さらに,ある程度の時間間隔で出来高測量を実施することで,標高誤差の補正も可能になると考えられる。

このような履歴の積み上げを日々3Dモデルに反映していくことで、現実世界との乖離を最小に留められることから、今後の開発においては、稼働履歴と測量による出来形を情報として取り入れた方法を検討する。

6. 今後の期待

今回の実証によって、カメラによる映像を画像認識で対象物の認識精度を向上させるには、画像解析の教師データを充実(特にダンプやバックホウの様に変形する建設機械)させ、更には高精度のカメラ(4K等)性能が向上することで改善されることは数値的に確認できた。但し、建設現場の様に常に建設機械や作業員

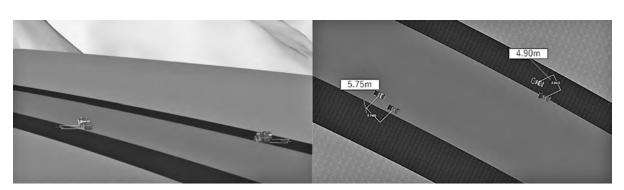
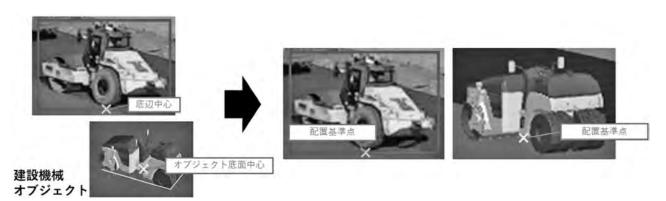


図-10 平面的な比較と差異



図─11 建設機械オブジェクトの配置基準点

の位置が変わる対象物の位置情報を画像から計測することはカメラと対象物との距離や高さが変わることで位置の計測精度に誤差が生じる。この位置精度を向上させるにはキャリブレーション作業を如何に工夫するかの対策が必要である。LiDAR 機器や GNSS 機器とカメラを連携させたカメラの活用、またはステレオカメラ等の活用といった実証もあるが、現在はコンピュータを搭載したカメラまたはスマートフォンといった新しい媒体と AI技術を活用して、キャリブレーション技術を向上させ、距離計測をし、位置精度の向上を目指す実証を進めている。

今後,これら機器や技術を活用することで,カメラ 画像から建設機械や作業員の精度の高い位置を検出す ることにより以下の効果が期待される。

(1) 建設現場の安全管理対策

特定エリアの何処で、誰がまたはどんな建設機械が どの様な作業をしているのかを画像で把握、更には建 設機械と作業員の接触、危険エリアへの侵入、一人作 業員等を画像からリアルタイムにアラートを出すこと で事故抑止につなげられることが期待できる。

(2) 現場作業の最適化

建設機械や作業員の動画から行動履歴をトラッキングすることで、これまでの歩掛という概念から生産方法の分析による最適化(生産性向上)を図る手法に変革することが期待できる。

(3) 見積精度の向上

上記結果を踏まえて、建設機械・作業員の稼働情報

を収集できれば、単品受注生産といわれる建設工事でも作業方法の最適化シミュレーションにおいて、短工期、低コストを実現する精度の高い見積りを行うことができるようになる。

7. おわりに

本実証を通して、現場からの画像取得・認識及び CIM モデル連携において実務で利用するには、いく つかの課題があることが認識できた。この課題を一つ 一つクリアにしていくことで、より画像解析の精度が 上がり、施工の進捗に合わせた CIM モデルの自動更 新等活用技術の向上による建設工事の DX 化も期待で きる。以上から、実証そのものに意義があり、方向性 が間違っていなかったことが明白だったと言える。今後は、建設現場全体の省力化・省人化、迅速な判断・安全対策、人材育成・品質向上対策というゴールに向 けて、本活動を継続し、更に成熟させていく。

J | C | M | A



[筆者紹介] 山本 賢司 (やまもと けんじ) 日本電気(株) 第二製造業ソリューション事業部 ソリューション推進部 シニアエキスパート



緑川 達也 (みどりかわ たつや) 鹿島建設㈱ 土木管理本部 生産性推進部 ICT・CIM 推進室

エリアから始める都市デジタルツイン

池 上 晃 司・上 田 恭 平・古 市 理

銀座エリアを様々な 3D モデルでクラウド上に構築し、管理上必要な CSV データと紐づけることでデジタルの双子を試作した。景観や統合データの可視化といった都市計画的な視点のシミュレーションや、多棟管理に必要な詳細情報を入力したモデル、紙図面から起こしたモデル、外観だけのモデルなど様々な種類のデータを統合したデジタルツインの試みを紹介する。西新宿エリアでは、日常・非常時の両面で生活者利便性向上を目指す参加共創型プラットフォームとしてデジタルツインを活用した。本稿では西新宿の温熱・人流・集中豪雨などを環境シミュレーションし、模型 + AR で見える化することにより、エリア課題とビジネスやサービスを繋げる試みを紹介する。

キーワード: デジタルツイン, Society5.0, BIM, デジタルサービス, クラウド, 環境解析, AR

1. はじめに

様々な業界で society5.0 を目指した「デジタルトランスフォーメーション(DX)」が叫ばれ、我々の暮らしをデジタルで変えていく動きが盛んだ。クラウドを基にデータを繋ぐ SaaS や MaaS が始まり、手書きの書類がデータフォームになったり、その変化には目まぐるしいスピード感がある。中でも Apple に代表される音楽関係のサービスは最も身近であり、老若男女問わず取り入れられ、社会に浸透している。先日のCEATEC2019(写真—1)で、DX 技術を総合的に展示したのだが、その際に、高校生にデジタルサービスの説明の例えとして音楽業界の例を使用したところ、すんなりとイメージできたようで、私自身も驚いてい

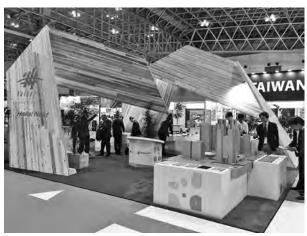


写真-1 CEATEC2019

る。すでに生活に組み込まれたサービスで考えるとわ かりやすいものだ。

DX を業務で行うことは、「個別の出来ること」で 考えれば、しばらくは大きな変化はないように思え る。音楽で言えば、カセットや CD で部屋に音楽を流 し、気に入った人がいたらそれを焼いて渡していたの が、急にカセットや CD はいらないのでクラウドサー ビスでプレイリストを共有してくださいと言われたよ うなものだ。つまり、「.jpg」や「.dwg」のような個 別ファイルや「紙」のやり取りで行っていた業務(ファ イルベース)をクラウドにデータを設置して、複数人 で共同作業する(クラウドベース)に変更してほしい というお願いなのだ。※本稿もクラウドベースで書類 を作成している。DX は業務をクラウド中心に行い、 人の手を極力排除するという「変革」である。建設業 にとっての DX の要は建物データである。その建物 データを創造的なモノづくりのツールとして最大限活 用し、より快適な都市サービスを創出するための技術 として、建物のデジタルツインとは何かを下記に述べ たい。

2. デジタルツインにおける BIM の課題

「デジタルツイン」とは、よくデジタル(仮想)とフィジカル(現実)の双子と例えられるが建築業界では違う流れでBIMという概念が入ってきたように思える。この論考を読まれている方々も多く経験されてい

るであろう、「設計と施工の BIM データの中身が違う」問題にここで触れておかねばならない。寸法や見た目は同じだが、入力されている中身が違うので設計と施工で互換性がないといった問題だ。おそらく本人たちにとっては、現実の建物の双子をデジタルで作ったつもりであろう。しかし、使う人と作る人が異なっているので双子でない。デジタルなだけでツインなはずなのに双子と呼べないという事象が起きている。同じ建物なのにデータを扱う人や部署によって違う…この謎を抱えたままでは建物のデジタルツインを作ることは不可能であり、役に立たないものを高いコストと多くの時間を使って作成することになる。

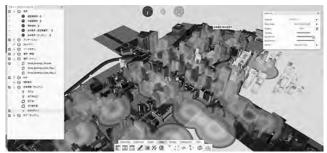
デジタルツインが製造業では一般的と言われるが. それはファブリケーションの流れで作成し、ファブリ ケーションの中で完結しているからで、さらに作り手 についても、ロボットや機械がメインになったデータ から作り上げるからこそデジタルツインが成立するの である。一方、建設業では、設計図書を成果物とする 設計者と、建物そのものを成果物とする施工者がそれ ぞれデータを作っている。細かく言えばファブリケー ション中(施工中)も人が入り、期間も半年から数年 と非常に長く、ファブリケーション中にも変更が起こ る。完成後は不動産指標的な情報や配管・設備などの 維持管理情報もあれば、建物使用者や来館者の入退出 や所在管理など様々な目的の情報が必要になる。つま り、時間軸によって、データの作り手と目的が大きく 変わっていくのである。そのため、様々なデータを一 つのファイルに納めていく建設業の BIM のやり方で は、容量が莫大に膨れ上がり、必ず操作性の限界が来 てしまうのだ。では、どのようにして BIM を活用し たデジタルツインをうまく使いこなしていくのか。こ れから我々が取り組んでいる活動を紹介したい。

3. デジタルツインに適した BIM の活用法

(1)「デジタル銀座」におけるクラウドとデータの 連関

昨年、PoCの取り組みとして銀座エリアのデジタルツインを構築した。クラウド上に配置された様々な3Dデータを基に、建物外装のヒートマップなど環境情報や、地下構造物のエリア情報など、様々な情報を即座に取り出し、可視化できる(図—1)。その中で、SaaSを取り入れた事業計画の構築に向けた検討を開始したことで、従来の受注事業との様々な違いが見えてきた。銀座エリアは社内情報と社内データベースを主に扱い、SaaSの上で統合し、そのほかはダミーの









図一1 銀座デジタルツイン

データを使用している。建物のデータは BIM をはじめ、様々な 3D の使用を試みており、設計 BIM や施工 BIM の違いをどのように扱うかには上述したように非常に苦労した。

さらには、データの責任所在が書類や設計図書と違い、まだまだ不明確で、サーバの容量を使い続けるクラウドという仕組みについても、従来の守秘義務というルールには完全には乗ってこないところがあった。様々なデータセットを駆使して、統合表示を行うが、サブスクリプション契約を切るとデータや仕組みそのものが消えてしまう等、一般的な「紙を成果とする事業」とコストの考え方が大きく違うことが分かった。



図-2 デジタル銀座ムービー

そういった意味では、今後、建設業として、または新たな建物サービスとしてのデジタルツインを構築していくうえで様々な課題を発見することができた。参考に銀座エリアのデジタルツインの動画を掲載しているのでQRコードを添付する(図-2)。

(2) デジタルツインに適したデータベースのつく り方

先日, 東京都で「3D ビジュアライゼーション実証」 という受託業務の入札が行われた。残念ながら我々の グループは応札に至らなかったが、提案書を作ってい く上で多くのことを整理できた。東京都は都民の QoL(クオリティオブライフ)の向上を目的とし、 AI や防災シミュレーション、自動運転と繋がる都市 の 3D モデル構築を要望していた。上述したように、 銀座エリアのデジタルツインを構築した際、全てを設 計情報や施工情報から構築したわけではなく、多くの 3D データを空箱状態(ダミー)にして、そこに様々 なデータベースを紐付けた。データの紐付けと建物 id は csv データを統合する BI の関係と非常に似てい る。ある SNS などの情報を違う SNS などに連動させ る API の概念を思い浮かべてもらえればよい。個別 の建物の 3D データに情報が入っているのではなく. 建物 id を介して、別のデータベースと紐付けするの である。必要な情報を必要なデータベースに集め、そ の行き着く先をid で記すのである。その際に、デー タベースの中身は目的によって異なるのは当然であ り、無理に合わせる必要はない。弊社は数年前から竣 工情報や営業情報、設計情報、維持管理情報などが各 部署で独自のデータベースを管理しており、それらは 部署によって「関わった時期のプロジェクト名称」が ついていた状態だ。例えば同じ建物の情報でも(仮称) がついていたり、○○整備事業となっていたりと。し かし、そのままでは 3D データに対して情報を引き出 せないので、各建物とそれぞれのデータベースに新た に共通の id を割り当てたのである。

このやり方は複数の部署のデータベース(建物個別情報)の統合であり、それ故にデジタルツインになり得たと感じている。おそらく、建物のデジタルツイン

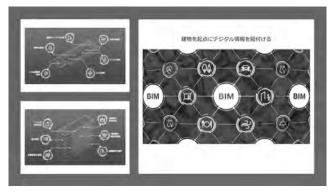


図-3 BIM と情報の紐づけ

を現状の建設会社の事業内容だけで構築してもあまり意味はなく、建物利用者のための情報のデータベースとしてどう構築していくかが鍵となる。建物の中のデータは様々なセンサーから集められ、勤怠管理情報やウェルネス情報、温熱情報、電力情報などが含まれたりするだろう。それらの情報をクラウドに集約し、建物の中の部屋ごと(部署や人でも可)に割り振られていき、建物一棟にまとめられ、街区や近隣、エリアごとに整理される。その仮想空間では、様々な情報を可視化し、複数の情報の関連性を発見したり、最適化することが可能となるだろう。このようにして現実世界の情報と連動するものが建物や都市のデジタルツインと呼ばれるのであろう(図一3)。

そこでは、建設会社1社だけで社会の様々な情報を 集めるには限界がある。建物を計画や企画の段階か ら、様々な関連会社の情報をデジタルツインに対応さ せるように、データを規格化して整理し、余分な情報 をそぎ落とすことが必要である (データ洗浄)。デジ タルツインとして活用するのであれば、BIM の詳細 な情報は不要で,必要な情報の集合体にどう変換する かが重要である。例えば、階の情報を管理したいなら、 床が必要で、人の出入りや移動情報であればエントラ ンスやエレベーターや階段が必要であろう。その場 合、照明や装飾ルーバーなどのデータはいらないので ある。照明は電力情報や明るさ情報、又は器具の維持 管理が必要なら、作成すれば良いのである。すなわち、 デジタルツインを運用するために, 必要なデータを選 出し、どのようにデータをクリーンに使いやすい状態 にするかが非常に重要なのである。そのようにして初 めて、ウェルネスの向上や徹底的な省エネ化をシステ ムで行え、配管などのデジタル情報を MR で確認し、 検査記録をクラウドに記録することが実現するのであ る。つまり、先に述べた、デジタルトランスフォーメー ションの第一歩が実現するのである。

このような新しい動向に対して、人の手でも行える

ではないかとよく反論を受ける。人の手で行えば確実 性とコストが抑えられる、と。例えば、建物 1 棟だ けあれば、最新の防災センターなどシステムと優秀な 管理者がいれば事足りるが、100棟行うとなれば話は 変わってくる。一つのシステムで 100 棟管理できるよ うになれば、コストでも有利になり事業性が出てくる のだ。実際に建設会社があるセンサーを開発し、それ らを設置するとしよう。センサー1個だけを1棟に設 置するのであれば問題はシンプルであるが、1棟につ き数十個. それらが 100 棟となればどうだろう。それ らをシステム的に管理するには、各センサーに id が 割り当てられ、クラウド上にセンシング情報が集約 し、どこの建物のどの部屋の情報かを判別できるよう にする必要があるだろう。このような場合にこそ、管 理する建物に対して、デジタルの双子をつくり、セン サーの管理者にとってのデジタルツインが誕生するの である。

4. デジタルツインによる環境解析ソリュー ション

(1) エリアの環境改善に活用される「デジタル西 新宿|

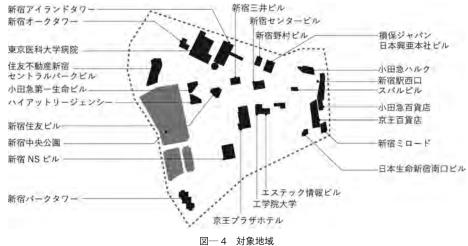
西新宿の副都心エリアは、老朽化した超高層ビル群 と閑散とした広大な公開空地のなかで、賑わいの創出 や防災が大きな課題としてあがっている。これまで東 京都、新宿区、大学、企業が連携した西新宿における エリアマネージメント組織の運営に参画してきた。そ の成果として、街路空間や公開空地を利用し、外部空 間における交流空間の創出を目的とした実証実験を複 数回開催し、データを蓄積してきた。そのようななか、 2019年に東京都が掲げたスマートシティ構想のも と、AI/IoT を活用したビジネスソリューションや、

多角的な視点で問題を解決するオープンイノベーショ ンの手法で、エリア全体を見直す動きが出てきている。

現在、デジタルツインを活用した環境解析により. 西新宿の諸問題を解決すべく活動している。都庁、工 学院大学, 京王プラザホテル, 新宿三井ビル, 新宿中 央公園などを含む、新宿副都心エリア(図-4)を対 象敷地とし、インフラや建築などの三次元情報を都市 モデルとしてデータ入力している。その BIM モデル を活用して、様々な企業とオープンイノベーションに 西新宿の具体的な環境改善策の洗い出しを行ってい る。その課題解決に際しては、弊社、技術センターが 保有するビル風・温熱・人流など様々な環境シミュレー ションをデジタルツインに実装させ、科学的な検証を 行っている。このように西新宿におけるデジタルツイ ンを「デジタル西新宿」と名付け、参加共創型のデジ タルプラットフォームとして、運用を開始している。 現段階では、ビル風の強弱を考慮したイベントスペー スの設置検討や地震時における避難所までの人流分析 など、エリアマネージメントにおける計画者側のツー ル開発を軸としているが、将来的には、都市生活者が 自由に使いこなすことができる避難誘導アプリなど、 ユーザー志向で新しい都市サービスを生み出すツール を目指している。

(2) デジタルツインの可視化と共有化

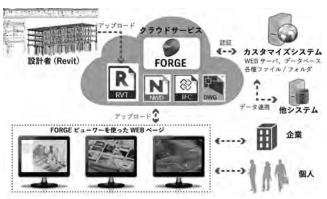
西新宿エリアの多様な環境シミュレーションは技術 センターが中心となり、大学や企業の保有している 様々な都市情報を利用して、コンピューターによる高 次元な解析を行っている。それらの解析結果を分かり やすく可視化するため、ゲームエンジンであるユニ ティに 3D モデルデータと各シミュレーション映像や 音声を同時に取り込み、重ね合わせて表示することで 独自のアニメーションに加工している。デジタルツイ



ン上に実装された環境解析は関係者全員で共有して議 論できるように、タブレット端末で AR として 1/300 の巨大都市模型に投影している。タブレットを手に 取って、模型にかざすと、様々な解析結果がバーチャ ルイメージとして現れる仕組みを創り出している(図 -5)。今後は、銀座エリアで実証したクラウド技術 を使い、都市に関わる様々な情報の統合管理やレ ビューを行えるシステムを構築することを考えてい る。そこでは、ライセンスを持つユーザーであれば誰 でもが、格納された都市の 3D データから WEB プロ グラムを使用して、人流など様々にカスタマイズした 解析をバーチャル都市でシミュレーションできる(図 - 6)。西新宿エリアの BIM モデルを利用して. 企業 や大学が其々のシステムを活用して、新しい都市サー ビスを実証実験してもらうことを想定している。もち ろん, 弊社の多様なシミュレーション技術を利用する ことも可能である。現状の BIM モデルは緑地、歩道 車道など地盤情報や樹木や建物の外装が中心だが、今 後は建物内部のフロアや設備、または地下空間をデー タ入力することで、内部のテナント情報や動線情報を 統合し、より立体的でより高次元な都市解析や情報管 理ができるように拡張予定である。



図-5 都市模型に AR 実装



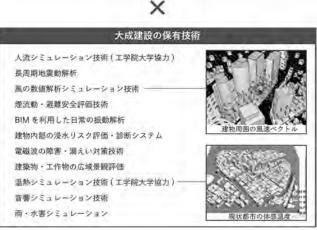
図一6 クラウドを使ったシステム

このように試行錯誤で生み出された「デジタル西新宿」は、各展示会でデジタルツインを活用した共創型の次世代ビジネスモデルにつながると大きな話題となっている。これまで情報共有が難しかった都市における人流解析や環境解析を立体的に、しかもユーザーが見たいアングルで分かり易く可視化したこと、様々なステークホルダーが一堂に集まり合意形成しやすい参加型であることが高く評価されている。CEATEC2019、横浜 IR 産業展、弊社技術フェアなどで、多くの企業や行政の方から賛同いただき、連携する企業を増やしながら、さらなるソリューションを組み込むためのバージョンアップが現在進行中である。

(3) デジタルツインを活用したサービス事例

現在、「デジタル西新宿」をベースにして、様々なビジネスパートナーと西新宿の課題解決に取組んでいる。その根底にある目的は、弊社の企業理念である「人がいきいきする環境をつくる」ためであり、デジタルツインを活用して、様々なステークホルダーが連携、共創して次世代都市を育てることをサポートしたいと考えている。具体的な開発プロセスとしては、エリア内における各企業の困りごとをヒアリングし、弊社が保有する人流や温熱などの環境解析によるソリューションをマッチング(図一7)して、デジタルツイン

イベント分野	ビル風の影響を受けにくい屋外スペースの設置場所検証
木質建材分野	熱環境など都市空間における木質建材による快適性の検証
サイン分野	避難誘導に効果的なデジタルサイネージのデザインや位置
エネルギー分野	街区全体・フロア各の消費電力の可視化とそのスマート運用
ホテル分野	店舗の種類や配置に関連づけた観光客の集客効果の分析
通信分野	5 Gのアンテナ設置位置に対応した電波障害エリアの特定
交通分野	交通渋滞を回避する信号機と自動走行車の同期やルートの予測
教育分野	都市や建造物の歴史的変遷や未来像のビジュアル化・体験化
ゲーム分野	リアルタイムの都市空間を活用した体験型・参加型ゲーム開発
不動産分野	高層ビル間のコワーク空間のネットワーク化や使用状況可視化



図―7 ソリューションのマッチング

でその効果を繰り返し検証している。その過程で、実 際の街路空間でセンシングしたデータを取り込んだ り、連携する企業がもつデータや技術を活用するな ど. 都市生活者目線で問題点を解決する仮説をたて. デジタルツインのバーチャル空間で解決の精度を高め ている。このように、デジタルな実証実験と実際の街 路空間を使ったフィジカルな実地調査を繰り返し、新 しい都市サービスのプロトタイプをアジャイルに開発 することを試みている。ここでは現在進行している具 体的な事例を5つ紹介したい。

【01】ビル風解析による屋外喫煙の最適スポット/日 本たばこ産業㈱と協働

日本たばこ産業(株は、最近改正された健康増進法に より、屋内喫煙の機会が減少する困りごとに対し、屋 外の快適な環境に喫煙エリアを設置するサービスを模 索していた。ここではデジタルツインを活用し、高層 ビル群のビル風解析によって,季節や時間ごとの弱風・ 強風エリアを導き出した。それにあわせて、西新宿エ リアの公開空地を実地調査し、付近のアクティビティ と調和する用途を融合させた可動式喫煙ユニットの設 置を検討した。その過程で、時間帯や季節によってビ ル風の影響のない広場にユニットを可動させるアイデ アがうまれた。これまで閑散としていた西新宿の高層 ビルの足元に、色鮮やかな喫煙ユニットが離散集合を 繰り返し、新たな賑わいを創出する提案につながった (図―8)。



図─8 ビル風解析と喫煙スポット

【02】人流解析による防災時のサイン計画/㈱コトブ キと協働

㈱コトブキは、屋外におけるデジタルサイネージの 新しい活用方法を検討していた。そのような中で、東 京都がセーフシティとして、西新宿エリアの防災を向 上させるビジョンが出された。そこで我々は、今後想 定される南海トラフなどの巨大地震において、新宿駅



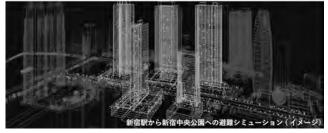


図-9 人流解析と防災サイン

から新宿中央公園までのルート上にどのようにして安 全な避難誘導を行うことができるかについて、デジタ ルツインを活用して検討した。マルチエージェントに よる人流解析を使い、各交差点に設置されたデジタル サイネージで新宿中央公園までの道筋をどのように迂 回させて誘導すれば、渋滞を防ぐことができるかにつ いてトライ&エラーを繰り返した。最終的に車椅子な どの身障者の動きも反映して. 混雑する地点を特定 し、避難渋滞を緩和するデジタルサイネージの効果的 な配置計画を導き出した(図─9)。

【03】ヒートアイランド解析を活用した都市の木造化 と緑化計画/銘建工業㈱と協働

銘建工業㈱は直交集成板である CLT を都市エリア でいかに循環利用すべきか悩んでいた。西新宿を実地 調査するなかで、近代遺産である高層建築やインフラ などの都市ストックを活かしながら、接木するように 木造や緑に更新・拡張していく「接木都市」のアイデ アを導き出した。デジタルツインを活用して、高層ビ ルのどの外装面を木造化し、道路のどの範囲を緑化す れば、街区に夏涼しく、冬暖かいウェルネスな温熱環 境が生み出せるか検証した。ヒートマップ解析によ り、西新宿エリアにおける立体的な木質化や緑化の方

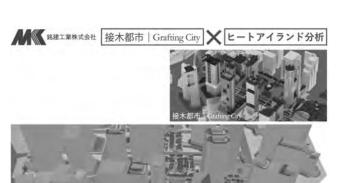
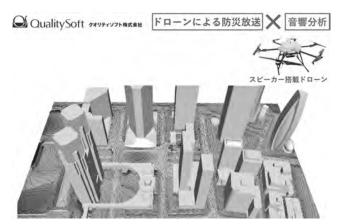


図-10 温熱解析と都市木浩

法を導き出し、接木都市の仕組みで、微気候を制御して熱環境の改善効果を考察できた(図-10)。

【04】音響解析に基づくドローンによる防災放送の提 案/クオリティソフト㈱と協働

クオリティソフト(株)はドローンを活用した避難誘導のサービスを展開していた。我々は都市部において、ドローンの羽音や都市騒音のなかで、防災放送の伝わりをシミュレーションすることを試みた。西新宿の各エリアの騒音を実地調査で測定し、デジタルツインに音情報を入力し、その音源にドローンによる防災音源をかぶせることで、都市ユーザーがエリア内のどの場所でどの程度、防災放送を聞き取れるかを分析した。その過程で、高層ビルによる音の反射や反響など、防災放送が届かないエリアが多数存在することが発見でき、今後のドローンの避難誘導における課題を導き出した(図―11)。



図―11 音響解析とドローン放送

【05】浸水解析に基づいた止水板の設置計画/大日産 業㈱と協働

止水板メーカーである大日産業㈱は、都市における新しい浸水対策サービスを検討していたが、都市部において、どのように浸水現象が進行するのかについて情報が不足していた。我々は、西新宿エリアでゲリラ豪雨を想定して、デジタルツインを活用して、時間ごとの浸水範囲の変化と浸水深さを内水氾濫シミュレーションで検証した。エリア内を実地調査し、各所に想定した止水板がどの順番で閉まれば、避難に支障がないかを考察した。結果として、道路と歩道の境界面を利用して、大日産業オリジナルの長大な止水板機構を設けることで、安全な避難ルートを確保できることを導き出した(図一12)。

今後は、デジタルツインを活用した環境解析について、上述のように単独の解析だけでなく、複数の解析により多目的に最適化する検証を考えている。例え



図-12 浸水解析と止水板設置

ば、エリア内でのモビリティの運用を検証する場合、 渋滞を解消する信号機の効果的配置の検証と、サイン による人流誘導の解析といった複数の解析の効果検証 が必要とされるだろう。このように、デジタルツイン により、複雑化する都市問題を迅速かつ低コストに可 視化・検証でき、全体最適や合意形成をスムーズに進 行させることができる。行政・大学・企業などが連携 して様々な知恵を出し合い、オフィスワーカー・観光 客・学生などの各ユーザー目線で街を育てる仕組み が、デジタルツインをプラットフォームとして形成さ れることになるだろう。

5. おわりに

銀座と西新宿という2つのエリアを対象に、試行錯 誤しながら,建設業界におけるデジタルツインの有効 な活用方法を模索してきた。そこには様々な協賛組織 と共創することで、初めて実現可能となった技術やア イデアが多数ある。今後は、BIM を使った施設づく りのデジタルツインも加速するだろう。施工ロボット や機械の指示系統がデジタル上にあり、現実の施工現 場の状況に合わせて、AI 搭載のカメラが出来高を読 み取り、自動的に BIM を現実に合わせた状態に編集 する必要が出てくる。時間軸に合わせた BIM が基に なり、ロボットなどが現実世界で動く世界が現れるの だ。施工 BIM/AI カメラ/位置設定 QR コード/施 エロボット/システム API など必要な設備は多い が、これらがスマホのように統合されていけば、近い 将来、必ず施工現場のデジタルツインは実現し、建設 会社のデジタルトランスフォーメーションが実現して いくだろう。その時には現場の建設会社の社員や施工 の職人などは各段に少なくなり、竣工後もそのシステ ムは応用されていくのだ。建設会社が作成したデータ が都市やエリアのデジタルツインとして運用され始め る日も遠くない。都市 OS といったシステムの API が建設会社の作ったデータに様々なデータベースを紐付けていく事で society 5.0 は実現していくと考えている。

今, 我々はコロナという未曾有の事態に立ち向かっている。テレワークが一般化し、ソーシャルディスタンスが叫ばれ、直接交流してアイデアを生み出すという人間的活動自体に見直しがかかっている。しかし、そのような状況だからこそ、デジタル技術によるコミュニケーションの開発について、当事者意識をもって取り組むことができる。デジタルツインという抽象概念を今一度起こっている具体的な問題に照射させ、その遠隔性や迅速性、創造性の効果を見つめ直すことができるのだ。みらいの都市は誰もが、いきいきとができるのだ。みらいの都市は誰もが、いきいきとができるのだ。みらいの都市は誰もが、いきいきとずできるのだ。みらいの都市は誰もが、いきいきとずいくを基盤に高度な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。

J C M A

[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 BIM 推進担当主任



上田 恭平 (うえだ きょうへい) 大成建設(株) 設計本部 第六部アーキテクト



古市 理 (ふるいち おさむ) 大成建設(株) 設計本部 第六部室長



特集≫ 建設の BIM/CIM, XR, 遠隔操作

先進技術を活用した建設現場の労働生産性向上への 取組み

映像認識 AI とデジタルツインを用いた施工改善支援システム

深 見 誠

国土交通省は、建設現場の生産性向上を目指すi-Construction と、統合イノベーション戦略(2018年6月15日閣議決定)を受け、「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」を始動した。筆者らは、同プロジェクトの助成を受け(平成30年度分)、映像から作業内容等の情報を自動で取得する映像認識 AIと建設機械の配置等をデジタル空間に表現するデジタルツインを開発・構築した。また、開発・構築したシステムを用いて、施工データを視える化し、同データを活用して建設現場の労働生産性を向上させる施策を実施した。本稿では、同システムの概要や労働生産性向上への取り組みについて述べる。

キーワード: AI, デジタルツイン, カイゼン活動, 労働生産性, i-Construction, 統合イノベーション戦略

1. はじめに

近年、ICT や IoT の急速な発展・普及やそれらに 追随した基準類の策定により、一部の工種においては 現場の労働生産性の向上が図られつつあるが、これら 先進技術の導入が未だ進んでいない工種も多い。この ような状況下、建設産業全体の生産性を向上させるた めには、さらなる技術の開発・導入に加え、日々の施 工において現場に潜んでいるムリ・ムラ・ムダを洗い 出し、施工改善を図っていくことが不可欠と考える。

一方, ムリ・ムラ・ムダの洗い出しに必要となる, 詳細な施工データは, 人力で収集することが多いため, 多大な労力がかかり, 施工改善を図るうえでの大きな負担となる。

本試行は、これらの負担を軽減すべく、従来人力で行われていた施工の詳細データを自動で取得・視える化するシステムを開発し、同システムを利用して労働生産性の向上を図る取り組みである。

2. 対象現場および対象工種の概要

本試行の対象工事は、愛知県豊田市から岐阜県を経由し三重県四日市市に至る高規格幹線道路である東海環状自動車道のうち、岐阜県山県市に位置する(仮称)高富 IC (現山県 IC) を施工する明かり工事である (表一1)。対象工種は、繰り返し作業が多数発生し、施工改善による生産性向上の効果が得やすいという理由

表一1 工事概要

工事名	平成 29 年度 東海環状高富 IC 北地区道路建設 工事					
施工場所	施工場所 岐阜県山県市西深瀬					
工 期	2018年2月8日~2019年8月30日					
発注者	: 者 国土交通省 中部地方整備局					
	盛土工 204,000 m³ 法面工 6,460 m²					
工事内容	逆 T 擁壁工 65 m 補強土壁工 3,877 m ²					
	地盤改良工 7,409 m³ 仮設工 1 式					



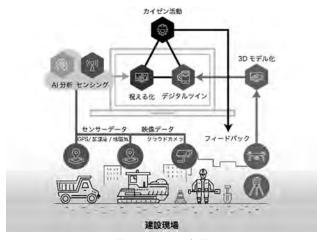
写真― 1 補強土壁工の施工サイクル

で、同工事の補強土壁工とした(写真-1)。

3. システム概要

(1) システムの全体概要

本試行で構築したシステムの概要を図-1に示す。

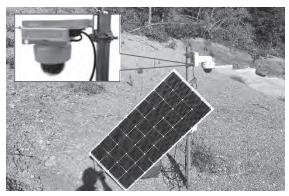


図一1 システム概要

本試行では、現場の映像データから、建設機械、作業者および資材の位置や動き、さらには作業内容や作業時間を、AI等により自動で数値化・グラフ化する「映像認識 AI」を開発し、作業の視える化を行った。また、建設機械にセンサーを取り付けて取得したデータを3Dモデル化し、現場の3Dモデルに反映させることで、現場の進捗や建設機械の配置等をデジタル空間に再現する「デジタルツイン」を構築した。さらに、同システムを現場適用し、現場の施工改善を図るためのカイゼン活動を実施することで、労働生産性の向上を目指した。なお、これらの情報は全てクラウド上に集約し、閲覧権限を付与することで、複数の関係者によるWeb上での幅広い情報共有を可能とした。

(2) 映像認識 AI による施工情報の視える化

施工情報の視える化に必要な現場映像データの取得は、写真—2に示すクラウド型監視カメラで行った。映像認識は、①クラウド環境にアップロードした動画データを 0.5 秒ごとに切り出して複数の静止画像を作成、② AI による各静止画像内のオブジェクトの種類と位置の認識(写真—3)、③認識した複数情報のパターン分析による作業内容の自動判別、という3つの



写真一2 クラウド型監視カメラ設置状況



写真-3 AIによるオブジェクト認識例

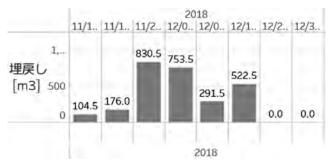


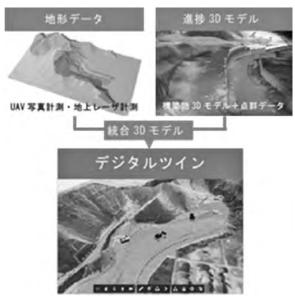
図-2 出来形数量の視える化



図-3 工程別作業時間の視える化

手順で行った。また、判別・数値化した出来形数量は、 作業内容および作業時間等、図一2、3に示すような グラフを用いて視える化し、後述するカイゼン活動の 基礎資料とした。

(3) デジタルツインによる現場のシミュレーション 現場の 3D モデルとして, UAV 写真計測・地上レーザー計測での地形データ, ハンディスキャナによる施工段階ごとの地形の点群データ, およびコンクリート構造物等の進捗 3D データを組み合わせた統合 3D モデルを構築した(図一4)。そして, 複数の車載センサー(写真一4) より得た建設機械のデータと, 先述の映像認識 AI により得た作業員や資材等のデータを組み合わせることで, 各種オブジェクトの配置を 3D モデル空間に表現した。なお, 今回構築したデジタルツインは, 現在の状況をデジタル空間に表現するだけではなく, 過去の作業データの蓄積・再現や簡易なシミュ



図―4 デジタルツイン構成図



写真-4 車載センサー設置状況

レーション機能も備えているため、日々の打合せ等において、建設機械や資材の配置計画の立案や見直しなどに効果的かつ効率的に活用することができる。さらに、今回実装したデジタルツインは、最適化により扱うデータ量を最小限に抑えることで、通常のパソコンやiPad等のスマートデバイスからでも快適な操作が可能な仕様とした。

(4) カイゼン活動の実施

映像認識 AI により視える化したデータとデジタルツインを活用することで、資材の手待ち状態などのムダ・ムラが発生している停滞作業を洗い出し、作業計画を改善する検討会議(写真—5)を実施するとともに、同結果を現場へフィードバックし、改善効果の検証を行った。そして、これらのサイクルを繰り返すことで、現場の労働生産性の向上を図った。なお、一連のサイクルは1週間程度とし、早期の改善行動実施に努めた。



写真-5 改善方法検討会議実施状況

4. 開発・適用結果と考察

(1) 映像認識 AI の精度

映像からの作業内容等の自動判別は先述の通り,主に AI による各オブジェクトの種類・位置の認識と,パターン分析による作業内容・作業時間等の判別の 2 工程に分けられる。それぞれの工程の精度検証結果を以下に示す。

(a) AI モデルの認識精度検証

映像認識 AI で適用した AI モデルの認識精度を検証するにあたり、AI による認識(予測)結果を表一2に示す混同行列の4象限に分類し、機械学習の評価手法として代表的である mAP (mean Average Precision:オブジェクトの有無の認識精度)と mIoU (mean Intersection over Union:オブジェクトの位置の認識精度)の2種類の指標を用いた。なお、今回は、施工の進捗に合わせて撮影位置・角度等を適時変更したため、条件が異なる3つのケースで精度を比較している(表一3、写真一6、7)。 mAP の算出方法を図一5、mIoU の算出方法を図一6、 両指標の算出結果を図一7にそれぞれ示す。 mAP については、AI の学習に用いた撮影条件である① 9/20 で 0.92836 と比較的高い値を示し、AI モデルとして適切であった一方、撮影条件が変わると、大きく低下した。また、

表—2 混同行列(confusion matrix)

		正	解
		正	負
		真陽性 TP	偽陽性 FP
認	正	(True Positive)	(False Positive)
		あると予測し	あると予測したが
識		実際にあった	実際はなかった
爭		偽陰性 FN	真陰性 TN
測	負	(False Negative)	(True Negative)
	貝	ないと予想したが	ないと予想し
		実際はあった	実際になかった

表一3 撮影条件一覧表

	① 9/20	② 11/12	③ 12/5~12/10
距離 (m)	88.2	64.5	61.1
焦点距離 (mm) (35 mm 換算)	106.6	74.6	73.7
俯角 (度)	10.8	13.5	10.0



写真-6 カメラ方向と施工箇所の関係(①9/20)

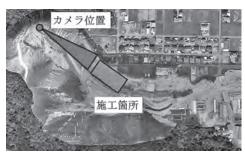
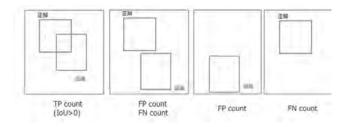
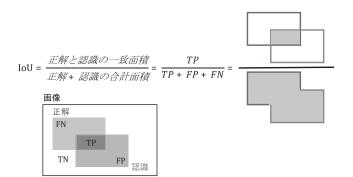


写真-7 カメラ方向と施工箇所の関係(②11/12)

$$AP(平均適合率) = \frac{TP_{count}}{FP_{count} + TP_{count}}$$



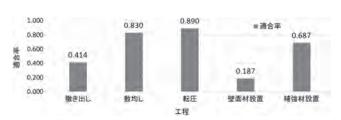
mAP: オブジェクト全種類で集計した AP 図-5 mAP の算出方法



mIoU: オブジェクト全種類で集計した IoU 図-6 mIoU の算出方法



図一7 撮影条件別の mAP および mloU の算出結果



図―8 工程別判別精度(適合率)の比較

mIoUでは、mAPと比較して全ての撮影位置・角度で低い精度に留まっており、オブジェクト位置の認識精度は高いとは言えない結果となった。

(b) 自動判別の精度検証

AI の認識精度評価と同様、パターン分析によって 自動判別された認識結果を混同行列の4象限に分類 し、適合率を算出した。算定結果を図一8に示す。 敷均しや転圧など、主に重機の静動で判別できる単純 な工程の判別精度は比較的高いものの、壁面材設置な ど、複数オブジェクトが作業に関係するうえ、オブジェ クトの位置情報等が必要になる複雑な工程の判別精度 は低い結果となった。

(2) デジタルツインのリアルタイム性の検証

デジタルツインは本来,全てのデータがリアルタイムでデジタル空間に反映されることが理想であるが,本試行では,種々の理由でタイムラグが生じている。表—4に示すとおり,建設機械に設置した車載センサーのデータは最大13分,AIのデータは最大40分程度,反映までのタイムラグが発生する。また,ハンディスキャナによる地形データの計測,データ反映については,計測自体は従来の地上型レーザースキャナ(TLS)と比較して手間が少ないものの,計測結果から3Dモデルを作成し,デジタルツインへ反映する際

表―4 デジタルツインへのデータ反映のタイムラグ

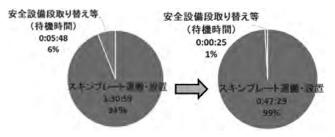
データ	データ送信	データ送信の	デジタルツイン	最大
取得元	頻度	タイムラグ	更新頻度	遅れ
車載		2~3分		13 分
センサー	10 秒/回	2 ~ 3 π	10 分/回	13 77
AI		最大 30 分		40分

には、TLSと同程度の約1週間かかっており、これ らのリアルタイム性に課題が残った。

(3) カイゼン活動による労働生産性向上の効果

カイゼン活動の一例として、補強土壁工における壁 面材設置作業での安全設備等撤去による建設機械の待 機時間が全体作業時間の6%を占めている状況を把握 し、作業手順の見直し等により同時間を全体の1%に 低減した (図一9)。こうしたカイゼン活動を複数回 実施することで、壁面材設置作業の労働生産性(施工 終盤)は、施工序盤と比較して20.2%、施工中盤(カ イゼン活動実施直前)と比較して5.6%向上した(表 ─5)。なお、施工序盤から施工中盤にかけての生産 性向上については、施工の慣れによるものも多分に含 まれていることから、施工中盤から比較した5.6%の 向上という結果が、カイゼン活動による効果だと考え ている。

また、カイゼン活動期間中に、生産性向上に資する 施策を実行できなかった補強材設置作業においては.



図一9 カイゼン活動による重機待機時間の削減



施工序盤から施工中盤にかけては、壁面材設置作業と 同様に15%程度生産性が向上している一方、施工中 盤から施工終盤にかけては施工条件の悪化により 10%程度生産性が低下している (表一6)。

同条件で施工した壁面材設置作業についても、カイ ゼン活動を実施しなかった場合、同程度の生産性低下 が起こっていたと考えられ、同値に、施工中盤から施 工後半にかけての生産性向上値5.6%(実績)を加え た15.6%の生産性向上が、カイゼン活動実施による効 果であると推定される(**図― 10**)。

5. おわりに

今回開発したシステムがさらに発展すれば、多大な 労力を必要とすることなく現場の詳細なデータが自動 で取得出来るようになり、現場に潜むムリ・ムラ・ム ダの洗い出しが容易となると考えられる。また、それ らをクラウド上で共有することにより、いつでも・ど

Z C Liminout of Employee								
#日日日	サンプル日数	設置面積	作業時間	施工人員	生産性			
期間	日	m^2	時間	人	m²/人・時			
① 8/23 ~ 11/5 (施工序盤)	17	255.43	13.18	4	4.85			
② 11/6 ~ 11/30 (施工中盤)	17	473.12	21.42	4	5.52			
③ 12/1 ~ 1/30 (施工終盤)	17	357.02	15.30	4	5.83			

表一5 各期間における壁面材設置の生産性

表一6 各期間における補強材設置の生産性

批	サンプル日数	設置長さ	作業時間×施工人員	生産性
期間	日	m	人・時	m/人・時
① 8/23 ~ 11/5 (施工序盤)	3	2,919	18.80	155.27
② 11/6 ~ 11/30 (施工中盤)	3	3,508	19.65	178.52
③ 12/1 ~ 1/30 (施工終盤)	3	3,298	20.53	160.64

こでも・誰にでも, 現場の進捗に関する問題・課題を認識することが可能である。

さらに、課題抽出から施工改善に至るプロセスの標準化に取り組む事で、適切なタイミングで過去の改善プロセスを引き出す事ができ、熟練者に依存せずに労働生産性の向上が可能になる技術であると考えている。

一方で、今回活用した手法を広く展開するためには、様々な工種や工法・作業単位のデータを取得しなければならず、非常に膨大なデータが必要となる。この膨大なデータの作成には、1つの会社や団体で取り組むには限界があり、産・官・学が連携し、業界全体で継続的に段階を踏んで取り組む必要があると考えている。

本試行が新技術の活用に対するノウハウや技術力を 高め、建設業の更なる発展に向けた一助となれば幸い である。

謝辞

本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」の助成を受けて実施したものである。試行にあたり、ご指導・ご協力いただいた関係各位に深く感謝の意を表します。

J C M A



[筆者紹介] 深見 誠 (ふかみ まこと) (㈱奥村組 旧:名古屋支店 土木部 高富北工事所 工事主任 現:東北支店 土木部 鹿糠道路工事所 工事主任



特集≫ 建設の BIM/CIM, XR, 遠隔操作

無人化施工 VR 技術の開発

シンクロアスリート®の無人化施工技術への適用

飛鳥馬 翼・北 原 成 郎・松 林 勝 志

無人化施工では外部カメラによる俯瞰映像や車載カメラによる作業用の近接映像を頼りに遠隔操作室で 遠隔操作式建設機械を操作する。映像による遠隔操作では建設機械の傾きの把握が困難なため、安全性を 重視すると作業時間の遅延が発生する。

本稿では、VR 技術の1つであるスポーツ観戦システム「シンクロアスリート[®]」(以下、「スポーツ観戦システム」)を応用し、建設機械の運転席内からの視界の他、建設機械の傾きや振動・音を提供することで、搭乗操作に近い感覚で遠隔操作可能な「無人化施工 VR 技術」を紹介する。

キーワード:無人化施工, VR, シンクロアスリート®, 操作支援, 360 度カメラ, モーションベース

1. はじめに

自然災害現場での無人化施工は2次災害を防ぐための極めて有効な手段である。無人化施工における建設機械の遠隔操作では、外部カメラによる俯瞰映像や車載カメラによる作業用の近接映像が必要になる。そのような遠隔操作では遠隔操作室にモニタを設置し、建設機械オペレータはモニタに映し出されたカメラ映像の情報だけで作業をする(写真一1)。モニタ上の映像は2次元の情報のため、無人化施工では車両の傾きや振動を把握することは困難であり、搭乗操作のような臨場感が無いため熟練が必要である。

バックホウ等の掘削機械は、掘削動作や土砂を抱え た状態での旋回動作など、重心の変化が生じる作業を 実施する。このため車両が傾いた状態での動作は転倒



写真一 1 遠隔操作状況

する危険性があり、水平状態での作業が基本となる。 また、不整地運搬車等の運搬機械は、日々変化する起 伏の多い工事用道路を走行するため、予期せぬ左右の 傾斜による転倒の危険性がある。これらのことより、 建設機械の傾きを把握することは安全性の観点から極 めて重要であり、車両の傾きを把握することが困難な 無人化施工では慎重な操作になってしまい、施工効率 が悪くなるという課題がある。

無人化施工支援の開発として、臨場感を得るためにヘッドマウントディスプレイ(以下、HMD)を使った車載映像の高度化に関する開発¹⁾や操縦体感を得るために建設機械の振動を同期させるコクピット型コントローラの開発²⁾が既に実施されている。しかしながら、これらの開発は単独の技術であり、臨場感と操縦体感を同時に得られる技術開発事例はほぼ無い。

本稿では、VR技術の1つであるスポーツ観戦システムを応用し、「映像・音声・動き」をリアルタイムにオペレータに提供することで、遠隔操作でありながら実際に搭乗した状態に近い環境を再現する無人化施工 VR技術を開発したので紹介する。

2. 無人化施工について

無人化施工とは遠隔地から無線通信技術を利用して 遠隔操作式建設機械により施工する技術の総称であ る。主に自然災害被災地のような危険性の高い場所で の施工に使用され、現地から十分離れた安全な遠隔操 作室から、カメラ映像とICTを使用して、建設機械



写真-2 無人化施工状況

をオペレータが遠隔操作する (写真-2)。

1994年の雲仙普賢岳で試験フィールド制度による 試験工事以来,技術は年々ブラッシュアップされ,近 年では IP ネットワーク化により IoT 技術が容易に導 入可能になっている。

特に通信技術の発達により、光ケーブルによる超遠隔操作 3 や 5G を利用した遠隔操作技術 4 も注目されている。

3. スポーツ観戦システム ⁵⁾ について

スポーツ観戦システムは3自由度モーションベースと HMD を用いて、自分が選手として今まさに他の選手と共に競技に参加しているような感覚を体感できるシステムである(写真一3)。

選手側では360度カメラとスマートフォンをスポーツ選手に取付け、選手目線での映像と選手の動き(スマートフォンの加速度センサ出力)を撮影・記録する。 観戦側では選手側で記録した360度映像をモニタと HMD で再生すると同時に、選手の動きデータによりモーションベースを駆動する。本システムはライブ配信・再生するリアルタイムモードのほか、あらかじめ記録しておいた映像と動きを再生するリプレイモードも実装している。

本システムの特長としては以下の通りである。

- ① 360 度カメラやスマートフォンをセンサとして使用することにより.可搬性・経済性に優れている。
- ②モーションベースは電動モータを使用することにより、油圧モータより可搬性・経済性に優れている(モーションベースのみで35 kg)。
- ③転回運動(ヨー角方向の運動)は3自由度では実現できないが、ベクション効果により疑似的に搭



写真-3 スポーツ観戦システム

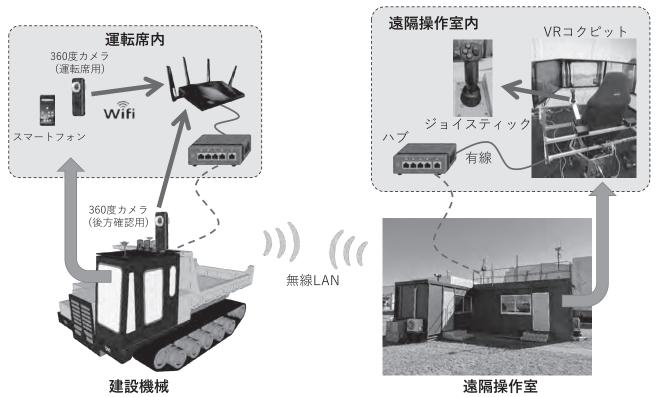
乗者に体感させている。

4. 無人化施工 VR 技術について

システム構成についてはスポーツ観戦システムの構成と変わらない。建設機械側では運転席に360度カメラとスマートフォンを搭載し、オペレータ目線での映像・音と車両の動きを撮影・記録する。360度カメラとスマートフォンで撮影・記録された情報はWi-Fiルータ(いわゆる家庭用ワイヤレスルータ)で受け、無人化施エネットワークを通じて遠隔操作室に伝送される。遠隔操作室側では建設機械側で記録した360度映像をモニタとHMDで再生すると同時に車両の動きデータによりモーションベースを駆動する(図一1)。

スポーツ観戦システムを無人化施工へ適用させるにあたり、専用のVRコクピットを作製した(**写真**—4)。 座席をボールチェアから自動車用のシートに変更した。また、車両の遠隔操作を可能にするためにアームレストに遠隔操作式建設機械の操作機(ジョイスティック)を取付けた。360度カメラの映像を車両の動きとシンクロさせるために映像を表示するモニタはモーションベースに取付けた。

360 度カメラを運転席に設置することにより、あたかも自分が運転席に搭乗しているかのように臨場感を得て操作をすることが可能である (写真 5)。不整地運搬車に適用させる場合、搭乗運転で後進時の後方確認はミラーとドアを開けての目視になる。本技術においてはドアを実際に開けて後方確認ができないた



図― 1 無人化施工 VR 技術システム構成

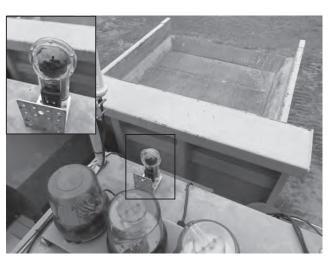


写真-4 VRコクピット



写真一5 360度カメラ設置状況(運転席)

め、運転席からの映像だけでは後方確認が不十分になる恐れがある。そこで運転席の屋根の上に後方を撮影する360度カメラを設置し(写真—6)、HMDを装着したオペレータが後方を振返ることで後方の映像を見られるようにした。屋根の上からの後方への視野は搭乗運転時には見ることが不可能なため、後方への視野が広がるという点で本手法には有意性がある。



写真―6 360度カメラ設置状況(運転席の屋根)

5. 本技術の運用方法の検討

VR コクピットの大きさは W×D=1400 mm × 940 mm であり、緊急工事で使用される遠隔操作室 1 棟の大きさは一般的に W×D=約5400 mm×約2200 mm (約3.5 坪)である。VR コクピットの可動域も考慮すると 1 棟当り 2、3 台の導入が限界である。多数の遠隔操作式建設機械を使用する無人化施工現場に本技術を導入する場合、遠隔操作室の棟数が増加してしまうため、遠隔操作室の設置場所が広くなければならない。緊急災害現場の場合、多数の遠隔操作室を設置できるような広い場所は無いため、使用する遠隔操作式建設機械すべてに本技術を導入することは困難であると考える。

そこで、現場導入時には無人化施工が不慣れなオペレータに使用してもらい、無人化施工の感覚を掴んでもらう。HMDで慣れれば、VRコクピットのモニタを見ての操作に移行してもらい、最終的には通常の遠隔操作へ移行する。平時においては無人化施工技術の訓練として無人化施工の未経験者・初心者に使用してもらい、熟練オペレータの技能を次世代へ継承していくことを考えている。

6. 無人化施工 VR 技術の評価

(1) 主観的評価

無人化施工オペレータ数名に VR コクピットから建設機械を遠隔操作してもらい評価を得た。今回は不整地運搬車で評価をした。以下に代表的な意見や感想を示す。

①操作感覚は実際に操作している感覚に近いと感じた。もう少し細かい振動もあると操作体感を感じ

られるのではないか。

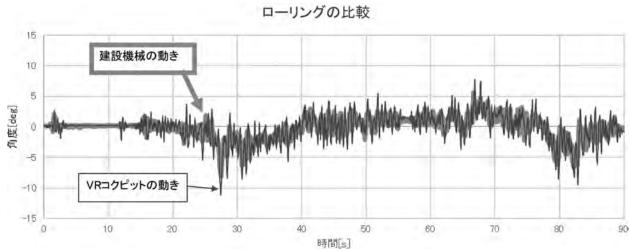
- ②画質が悪く,路面状況が認識しにくい。そのため 遠隔操作している車両の位置が分かりにくい。坂 が見えにくいため,どの程度傾いているのか把握 しにくい。
- ③ HMD ではモニタよりリアルに体感でき、画質も 良いように感じた。ただし、酔いを生じた。 HMD を装着すると操作機が見えないため、倒す 向きが分かりにくく直進が難しい。
- ①に関しては、再現する動きの大きさを変更できるようになっているので、より車両の動きに近付けるための調整作業が必要である。
- ②に関しては、ネットワーク帯域と映像遅延の理由から 2K 画質でのライブ配信を行っている。使用している 360 度カメラ自体は 4K でのライブ配信に対応しているが、本技術の実測値で 2K は 400 ms の遅延に対し 4K は 1000 ms の遅延が発生している。これに対してはソフトウェアの改良により遅延を減少させ、4K でのライブ配信を実現させる所存である。
- ③に関しては、HMD内で操作機を表示させるなどして対応していきたい。

(2) 客観的評価

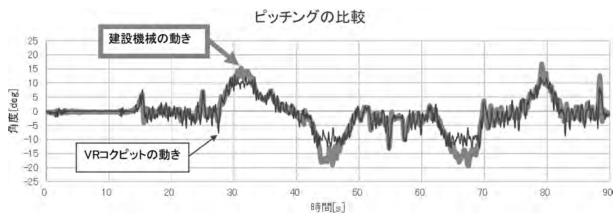
主観的な評価では高い評価が得られたが、VR コクピットが車両の動きをどの程度再現しているかを客観的に評価した。

評価方法として、始めに建設機械の動きを測定した。次に、その動きをリプレイモードで再生し、VR コクピットの動きを測定した。それぞれの動きの結果を比較し、VR コクピットの動きの評価を実施した。

建設機械の進行方向をx軸とし、ローリングの比較を図-2にピッチングの比較を図-3に示す。太



図―2 建設機械と VR コクピットの動きの比較(ローリング)



図―3 建設機械と VR コクピットの動きの比較 (ピッチング)

線が建設機械の動きで細線が VR コクピットの動きである。ローリング・ピッチング共に精度よく再現されていることが分かる。ただし、ピッチングにおいて角度の大きさが 10 度を超える部分は再現できていない。これは安全上モーションベースの傾斜に制限を掛けているためである。設計上は±19 度まで追従させることが可能である。

7. おわりに

本稿では、VR技術の1つであるスポーツ観戦システムを無人化施工に適用することで、遠隔操作でありながら搭乗操作に近い環境をオペレータへ提供する無人化施工 VR技術を紹介した。オペレータの方々からは実際の動きの再現性が高いとの評価をいただき、更には客観的評価により本技術が車両の動きを精度よく再現していることも確認した。

しかしながら、本技術は無人化施工オペレータ支援 として実用性があるかどうかの評価を実施していない。現状の課題である画質を向上しなければ実用化は 難しいだろう。更には搭乗操作・遠隔操作・本技術に おける作業効率の比較を実施し、本技術が遠隔操作以 上の作業効率になるよう技術改良を加えていきたいと 考えている。搭乗操作に近しい作業効率まで改良がで きれば本望である。

発生頻度や規模が拡大傾向にある近年の災害において、2次災害を防ぐ無人化施工の需要は高まっている。こうした突発的な災害に迅速に対応するためには、平時から無人化施工オペレータの準備が必要であるが、冒頭でも記述した通り、無人化施工は搭乗操作より熟練が必要になる。本技術を応急復旧チーム「KUMA-DECS」60のオペレータ養成に使用し、無人化施工オペレータを増員させていくと共に無人化施工

技術の更なる精度向上のために開発を実施していく所存である。

J C M A

《参考文献》

- 青木浩章・加藤崇・片山三郎,建機遠隔操作の高度化と建機自律制御の開発,建設機械施工,Vol.70, No.7, pp45-49, 2018
- (株)カナモト、KanaRobo-ver.2、(株)カナモト HP、https://www.kanamoto. co.jp/business/b_rental/product/pdf/KanaRobo-ver2.pdf、参照 2020-05-20
- 3) 野村真一・北原成郎・坂西孝仁、最新の無人化施工技術と i-Construction で挑んだ阿蘇大橋地区斜面防災対策工事、平成29年度 建設施工と建設機械シンポジウム論文集、2017
- 4) 古谷弘・岩下正剛・陣内英二・蔵田正人・岡本邦宏・小林只和,次世 代高速通信 5G を用いた重機の遠隔操縦の高度化,大林組技術研究所 報, No.83, https://www.obayashi.co.jp/technology/shoho/083/ 2019_083_33.pdf,参照 2020-05-20
- 5) 松林勝志・山下晃弘・冨平準喜・佐藤悠之輔・瀧島和則・本間朗・吉 川千里、3 自由度モーションベースの制御とカヌー競技への応用、情 報処理学会論文誌 コンシューマ・デバイス&システム、Vol.9、 No.3、ppl-9、2019
- 6) (㈱熊谷組, KUMA-DECS, (㈱熊谷組 HP, https://www.kumagaigumi. co.jp/tech/disaster/disaster/07_kumadecs.html, 参照 2020-05-20



[筆者紹介] 飛鳥馬 翼 (あすま つばさ) ㈱熊谷組 土木事業本部 ICT 推進室



北原 成郎 (きたはら しげお) (株熊谷組 土木事業本部 ICT 推進室 安長



松林 勝志 (まつばやし かつし) 国立東京工業高等専門学校 情報工学科 教授

特集≫ 建設の BIM/CIM, XR, 遠隔操作

他業界から得る 建築に必要な AR・VR 技術の活用事例

竹 内 一 生

AR・VRの技術は建築業界のみならず製造業や医療、航空など幅広く実践で運用が開始されている。 当社では他業種の技術を応用し、建築業界にマッチするものを提案し続けている。本稿では当社が活用し ている技術を事例とともに紹介する。ここだけでは伝えられないことが多いが、本稿を通して皆様と共に 設計や現場で直ぐに使える技術とアイデアを想像していきたいと思う。

キーワード: BIM, 建築, 建築意匠, 建設現場, 技術支援, 業務改善, AR, VR

1. はじめに

VR 元年と呼ばれる 2016 年を皮切りに Augmented Reality (以下 AR)・Virtual Reality (以下 VR) の技術が身近な存在になった。VR 元年で何が起こったかというと開発者向けの VR ヘッドマウントディスプレイ (以下 VRHMD) しか無かったものが、HMD 販売各社から一般向けにリリースされ、手に入りやすい状況が生まれた。また Microsoft から販売されている AR 向けの HMD である HoloLens も同年に販売開始された。

当社では AR・VR 開発を 2014 年から本格的に始動した。当社は建築 2D パースを描く事を主な業務としていたが、2 次元では伝えられないリアルタイム性を建築業界で必ず利用できると確信し AR・VR 製作も開始した。現在では既製品のソフトでは解決できない問題や業務効率向上が見込めるコンテンツを提供している。

2. 開発に必要な機材やソフト、HMD の紹介

(1) 開発プラットフォーム

AR・VRの開発には通常のパソコンと比べて高スペックのものが必要である。特に3Dグラフィックスを扱うため、グラフィックスボード(以下GPU)の性能が大きく関係している。

コンテンツを作るためのソフトが存在し、その中でも AR・VR 開発に特化しているものがゲームエンジンと呼ばれている。ゲームエンジンとは、ゲームなどを簡単に制作するためにプログラミングや 3D グラ

フィックス、映像や音などの処理を支援してくれるツールでありソフトウェアである。ゲームエンジンと聞くと、ゲームを作るものと思いがちだが、多様な側面を持ち、産業革命を起こしうる一角を担うと言われている。このゲームエンジンだが、特徴的なのはマルチプラットフォームに対応しているところである。モバイル端末やPC、Webなど様々な媒体へ書き出すことができる。そのため、一度作ったコンテンツを多様な端末で体験することが容易となっている。

(2) Unity

ゲームエンジンと呼ばれるものの代表格は米国のUnity Technologies が提供している "Unity" と呼ばれるもので、ゲームの開発では世界シェアで1位を獲得している。Unity を採用しているのは個人から大企業まで様々である。特にゲーム分野だと Nintendo やSony といった大企業が採用している。ゲームはもちろんのこと、ゲーム以外の分野でも活用されている。特に周知されているタイトルは Pokemon GO(Niantic, Inc.)(写真一1)や teamLab Borderless(teamLab Inc.)(写真一2)である。

Pokemon GO では位置情報と AR 機能をフルに活用している。特に AR 機能は画面内に現実風景と 3D モデルをリアルタイムに合成する技術をいち早く採用している。

teamLab Borderlessでは映像の投影技術や表現のシミュレーションを Unity で制御している。実際にプロジェクターで投影する検証を仮想世界で行い、現実へ同じように投影することで、モックアップなどにかかる時間の時短を図っている。



写真-1 Pokemon GO



写真-2 teamLab Borderless

Unity で扱える技術は常に更新されアップデートされている。近年、大きくアップデートされ、建築業界でも親しみのあるビジュアライゼーションやシミュレーション、BIM が容易に扱えるようになり始めた。

ビジュアライゼーションでは、妥協のないフォトリ アルなグラフィックからアニメのようなトゥーンな表 現まで幅広く出来るレンダリング技術が向上した。さ らに、NVIDIA の技術であるリアルタイムレイトレー シングを Unity 上で扱うことも出来るようになった。 リアルタイムレイトレーシングとは、リアルタイムに ライトのライティング、シャドウ、エフェクトを計算 し、画質を向上させてさらなる没入感を与える技術で ある。これらの技術をゲームではない業界で応用した 結果、現実と差異のないものへと昇華する(写真― 3)。シミュレーションでは、"Unity Simulation" と いう製品が発表された。これは、クラウドコンピュー ティングの力を活用して、何百万ものシミュレーショ ンを実際より短い時間で実行し、プロジェクトのテス ト,トレーニング,検証を大規模に行うことができる。 近年、自動運転の技術が話題になっている。自動運転 の自動車運転が路上で安全であるとみなされるのは 110 億マイル(約 177 億 km) が必要であると言われ ており、仮想世界での走行によりこれらの距離を稼ぐ ことが可能となっている。LGと Unity を活用した自



写真一3 Reality vs illusion: Unity real-time ray tracing (https://www.youtube.com/watch?v=AG7DDXwYpD0)



写真-4 LGSVL Simulator (https://www.youtube.com/watch?v=y_0N8h9GRFI)

動車シミュレーションでは、正確な自動車モデルとセンサー類を組み合わせ、更に現実世界の環境をフォトリアリスティックに再現し、デジタルツインなシミュレーションを可能にしている(**写真**— 4)。

今までは、BIM とゲームエンジンは相性が悪く、BIM をゲームエンジンへ取り込もうとすると、BIM に付属している 3D 情報以外が全て消失してしまっていた。だが、"UnityReflect"という機能によって、BIM 情報を欠落させること無く、取り込むことが近年可能となった。対応しているのは、Autodesk 社の Revit や Navisworks、GRAPHISOFT 社の ARCHICAD、Mc Neel 社の Rhinoceros などの建築向けソフトウェアである(順次対応ソフトがアップデートされている)。 UnityReflect はこれらのソフトウェアからリアルタイ



写真—5 Real-time BIM with Unity Reflect (https://www.youtube.com/watch?v=b-vEPNON2HI)

ムで変換し、Unity で作られたコンテンツで表示することが出来る機能を持っている。更に、配布されている無償 Viewer を使うことで、プログラミング技術などがなくとも BIM のモデルや情報を閲覧することが可能である。PC レビューはもちろんのこと、VR やモバイル端末でのARなどにも対応している(写真一5)。

(3) HMD

2020年段階では VR-HMD はかなりの数がある。マイナーなものからプロフェッショナルなものまで様々である。例えば、検索エンジンで [VR HMD おすすめ]と検索するとたくさんの機材がヒットする。ここでは、時代とともに VR-HMD の性能や価格も変動するので、参考程度に知識として見てもらえると幸いだ。

Oculus Rift と HTC VIVE, この2種は発売以来常に高い人気を保っており,2大 VR-HMD として広く認知されている。VR 機器の購入を迷われている方はこのどちらかを購入されるのが無難である。

VR 界で一番有名なのは Facebook(Oculus)である。VR ブームの火付け役である Oculus は 2013 年から開発者向けに VR-HMD を販売している。現在までに改良を重ね続け、どの人種でも装着しやすい形と重さのバランス、グラフィックス性能を常に向上させている。普及している理由としては、驚くべき低価格であるということだ。最新版の OculusRift は約5万円程度で購入が可能である。PC が要らず、ケーブルを接続する必要も無いスタンドアロン型の VR-HMD も同社から販売されている。

HTC VIVE の特徴は、装着者の頭や手の位置を認識して 3D 空間に反映する「ルームスケール」というトラッキング機能があるということ。VIVE トラッカーというトラッキングポイントを追加できる周辺機器を組み合わせることで、簡単に全身の動きをバーチャル空間で再現することが可能になった。最新のものだと、高精度なアイトラッキングにも対応し、目の動きを取得し、VR 体験の質が向上した。

最新のトレンドでは Varjo が提供している,人間の目レベルの解像度を持った" XR-1"が販売された。 XR-1では VR 空間と現実空間(AR 空間)をシームレスに切り替えることができ, VR と AR の両方の没入を可能としている。違和感のない体験として,高解像度でのデザインレビューや複雑なトレーニングなどで活用され始めている。但し,Oculus Rift と HTC VIVE の価格帯が 5 万~ 18 万円に対し, XR-1 は 100万円程度であるため,汎用普及と機能特化を見極める必要がある。

3. 当社の事例

(1) 安全体感 VR トレーニング

当社では、2016年度より安全教育トレーニングに力を入れてきた。2Dの映像での教育ではなく、バーチャル空間での体験・体感を行いながらトレーニングするものである。数多くのパートナー企業様に監修を頂き、【安全体感 VR トレーニング】(写真—6)を開発しており、労働災害ゼロを目指し、汎用性の高いコンテンツをラインナップしている。どなたでも直感的に体験できるパッケージを多数ラインナップしており、2020年では、様々なシチュエーションに対応した10タイトルを公開している。実績としては、様々な業界の皆様に採用して頂いており、約150社、400本以上の導入をさせてもらっている。

ラインナップの中で一番反響のあるものは、仮設足場設置作業中の墜落(写真—7)を再現したものである。建設現場等で一般的に用いられている仮設足場を再現し、設置作業中の墜落を体験する事ができるコンテンツである。実際に足場の上を歩く事が可能になり、高い没入感を実現している。建設現場や街並も細部まで表現し、臨場感溢れるコンテンツに仕上げ、高所の危険性、安全帯の重要性を再認識する事で、安全意識の向上を高所作業時に意識させることが可能であ



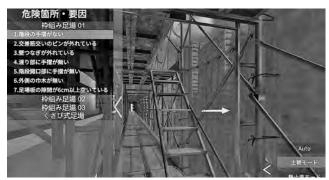
写真―6 安全体感 VR トレーニング (http://tsumikiseisaku.com/safetyvr/)



写真一7 建設現場における仮設足場からの墜落 (http://tsumikiseisaku.com/safetyvr/001.html)

る。

建設現場に特化したシリーズ(写真―8)も存在し、建設関係の3社様から特別に専門的な観点から情報提供を受け、実践的な教育ツールを開発したものも公開している。こちらのシリーズは他のシリーズと違い、繰り返し体験することでミスを減らす工夫が施されており、危険な行動や指摘箇所を指摘しなかった場合、体験の最後に採点機能が搭載されている。何が間違いなのかを指摘したり、正解の動作を確認する機能も搭載されている。ラインナップとしては、可搬式作業台、開口部廻り、外部仮設足場のシーンを用意している(順次追加予定)。



写真―8 建設現場シリーズ

可搬式作業台を使用した危険体験(http://tsumikiseisaku.com/safetyvr/c001. html)

開口部廻りの危険体験(http://tsumikiseisaku.com/safetyvr/c002.html) 外部仮設足場の危険体験(http://tsumikiseisaku.com/safetyvr/c003.html)

(2) 配筋検査教育システム

建設業においては、生産性向上や働き方改革の重要 性が増し、若手社員への現場 OIT による基礎教育に 費やす時間が取りにくくなっている。技術教育の中で も躯体工事における鉄筋工事に関する事項は特に重要 であり、確実に知識の習得が必要とされている。今回 開発したシステムは、建設関係の2社様に監修いただ いており、工事の躯体工事施工状況(柱・壁・梁・床 配筋施工状態)の仮想空間内にて、教育受講生が配筋 検査を行うものである。すでに制作済みの BIM デー タを有効活用し,正解,不正解をモデルの中で再現し ている。正解・不正解をバーチャル空間で切り替える 事で、どこに不具合があるのか、何が正しいのかを瞬 時に理解する事ができる。通常では手間がかかる検査 もバーチャルならではの手法で効率的に行うことがで き、VR 空間内で、鉄筋サイズや間隔を測ったり、図 面や仕様書を空間に表示させながらの検査が可能に なっている。VR 以外にもモバイル端末での受講も可 能で、場所を問わず事前学習が行える仕組みである。

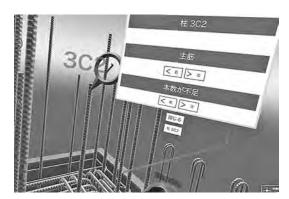


写真-9 配筋検査トレーニング (http://tsumikiseisaku.com/result/obayashi.html) (http://tsumikiseisaku.com/result/konoike.html)

(3) UnityJapanOffice プロジェクト

このコンテンツ(写真—10)は、Unityの最新技術を駆使して制作したフォトリアリスティックな建築ビジュアライゼーションコンテンツであり、ユニティ・テクノロジーズ・ジャパンのオフィスをデジタルで忠実に再現した。さまざまなパラメーターをリアルタイムで変更させ、内装デザインパターンの可視化、調光や反射のシミュレーションをすることが可能である。建築・建設業界においてデザインビジュアライゼーションは見た人を驚かせるだけでなく、建築デザイン表現を可能な限り相手に伝えて合意形成に役立てる効果がある。インタラクティブコンテンツを制作できるUnityを設計段階から導入することにより、クリエイターはデザインの承認プロセス全体を通じて、リアルタイムでテスト、設定変更、意思決定を迅速に行うことができるようになる。

本企画はユニティ・テクノロジーズと共同で製作し、当社が Unity 上でできる建築ビジュアライゼーションの可能性を建築業界に知って頂く為に制作している。現実に限りなく近いデータを制作する為、点群データを撮影し、点群をベースとしたモデリングを実施している。

本プロジェクトでは体験コンテンツだけでなく,



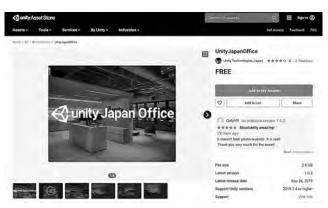
写真—10 Unity Japan Office プロジェクト (http://tsumikiseisaku.com/result/unity_jop.html)

Unity プロジェクトデータ、BIM データ、点群データも公開しており、Unity の活用を広く提案するものとなっている。

Unity プロジェクトデータは、Unity アセットストアという場所で配布している。Unity アセットストア (写真—11) とは、Unity で使用できる 3D モデルの素材や画像などを購入できるショップであり、Unity での開発効率を上げるためのプラグインも扱っている。アセットストアを使うことで、先駆者の技術を自身のプロジェクトに比較的簡単に適用することが出来る。

4. 今後

建築業界でこのような他業種の技術が応用され始め たのは最近のことである。事例として表に出ているも



写真—11 Unity Japan Office Unity Asset Store (https://assetstore.unity.com/packages/3d/environments/unityjapanoffice-152800)

のが少なく、認知されていないのが現状だ。何かを変えたいと思ったときに今回紹介した技術は大きく貢献してくれると思われる。建築業界で改善しなければいけない点はそれぞれのシーンで数多く存在するが、この技術がその一角を担えれば業務改善に大きくつながると信じている。さらに、建築業界では IoT やデジタルツインというワードが飛び交っている。たかがゲームと息巻いているのではなく、リアルな仮想世界は現実と遜色ない。建築業界は、相性が良いゲームエンジンと組み合わせることで、様々な点で大きく革新していくと思う。

J C M A

《参考文献》

- ・Unity ウェブページ
- HD レンダーパイプライン(https://unity.com/ja/srp/High-Definition-Render-Pipeline)
- Unity Simulation (https://unity.com/ja/products/simulation) UnityReflect (https://unity.com/ja/products/reflect)
- ・VR コンテンツ開発ガイド 2017 , エムディエヌコーポレーション -2017/5/16
- ・積木製作 ウェブページ
- 安全体感 VR トレーニング(http://tsumikiseisaku.com/safetyvr/) 配筋検査教育システム(http://tsumikiseisaku.com/result/obayashi.html) (http://tsumikiseisaku.com/result/konoike.html)
- UnityJapanOffice プロジェクト(http://tsumikiseisaku.com/result/unity_jop.html)



[筆者紹介] 竹内 一生(たけうち いっせい) ㈱積木製作 BIM Solution Manager

特集≫ 建設の BIM/CIM, XR, 遠隔操作

MR 技術を活用したトンネル維持管理システム における作図機能の開発

トンネル MR

若 林 宏 彰

MR 技術を活用したトンネル維持管理システム(トンネル MR)(以下「本システム」という)は、トンネルの維持管理に必要なデータを、実際の構造物の所定の位置に、ウェアラブル端末を介して3次元の仮想物体をホログラムとして表示することで、ひび割れなどの不具合や施工精度の確認を容易にしたものである。また、ウェアラブル端末の装着者がハンドジェスチャーで端末を操作しながら、現地でひび割れなどの不具合を直接スケッチできる作図機能を追加することで、高精度な点検調書を効率的に作成することが可能になる。

本稿は、本システムを用いて現場実証試験を実施し得られた知見を述べるとともに、今後の維持管理業務への導入効果について報告したものである。

キーワード:トンネル, 複合現実, ホログラム, 維持管理, ひび割れ, 作図

1. はじめに

我が国では、高度経済成長期に集中的に整備された インフラが今後一斉に老朽化する。国土交通省が掲載 するインフラメンテナンス情報では、現在使用されて いる約1万1千本の道路トンネルのうち、建設後50 年以上経過するトンネルが 2023 年では約 27%, 2033 年では約42%と今後15年以内に1.5倍以上増加する ことが明記されているため、効率的に維持管理業務を 行っていくことが重要になる。一方、道路トンネルの 点検では、国土交通省が定める「道路トンネル定期点 検要領」に基づき、5年に1回の頻度で近接目視と打 音検査による定期点検が実施されている。しかし、実 際のトンネル点検作業ではトンネル坑内が暗く、覆工 表面が排ガスや煤塵などで汚れている場合が多いた め、不具合箇所を探すのに時間を要している。また、 覆工の変状区分の判定においては,地形や地質,水圧 などの外圧に起因する変状なのか、乾燥収縮や温度変 化、中性化、アルカリ骨材反応などのコンクリートの 劣化に起因する変状なのかを判定するのが困難な場合 も多く. 現地では. 膨大な設計書. 施工記録や維持管 理記録から総合的な判定を実施するのが難しいといっ た問題点もある。

今回開発した MR 技術を活用した本システムは、ウェアラブル端末を使用し、現地で変状箇所と、地質情報や維持管理情報とを合わせて確認することで覆工

の変状区分の的確な判定を可能にするとともに, ひび 割れなどの品質不良を直接スケッチすることで維持管 理業務の効率化を図るものである。

本稿では、トンネル MR の有意性を確認するために国道 371 号(仮称 新紀見トンネル)道路改良工事において実施した現場実証試験から得られた知見を述べるとともに、今後の維持管理業務への導入効果について報告する。

2. 本システムの概要

(1) MR デバイス「HoloLens」

本システムは、MR 技術を活用してトンネルの点検や変状区分の判定に必要な維持管理データを、ウェアラブル端末を介して実構造物に投射するとともに、現地で維持管理データを追加・更新できるシステムである。

MR (Mixed Reality) とは「複合現実」を意味し、ヘッドマウントディスプレイ (HMD) などを使用して現実世界に3次元情報を表示するもので、装着者は現実世界に仮想の物体があたかもそこにあるかのように感じられる。これらのMR技術を活用するためには、一般に外界の3次元情報をリアルタイムにスキャンする仕組みと、自己位置を正確に特定する仕組みとが必要とされ、これらをケーブルレスかつ周囲に外部センサー機器などが一切不要な単体で実現できるものが



使用ソフト: GyroEye Holo (インフォマティクス社) (skp. 3ds, fbx, ifc, dxf等のファイルに対応)

図-1 HoloLens の概要

Microsoft 社製の HoloLens である(図―1)。HoloLens は、物体の形状や奥行きを認識できる深度センサー、周囲の映像から特徴点を認識する環境認識センサーといった外界センサーを搭載することにより SLAM 技術 (Simultaneous Localization and Mapping) を活用できる。この SLAM 技術は、深度センサーにより前方3~5 m 程度の範囲の物体を3次元メッシュデータとしてスキャンしながら、環境認識センサーにより広範囲かつ高精度に映像の特徴点を検出してトラッキングを行い、内部の IMU (Inertial Measurement Unit)センサーにより傾きを調整して装着者の自己位置を特定するものである。

今回、本システムのウェアラブル端末には Microsoft 社製の MR デバイスである『HoloLens』を使用し、維持管理データの投射・更新には当社と共同開発を進めるインフォマティクス社の HoloLens 対応の『GyroEye Holo』をカスタマイズしたシステムを採用した。

(2) ホログラム表示機能の概要

本システムのホログラム表示機能は HoloLens の SLAM 技術により覆工表面に構築された 3 次元メッシュデータ上に、任意の維持管理データをトラッキングさせながら映し出す機能である。

ホログラム表示機能の使用手順を以下に示す。

- ①トンネルの点検および覆工の変状区分の判定に必要となる維持管理データをHoloLensに登録する。
- ②トンネル坑内の覆工3~5BL毎の任意の位置に、 位置情報を付与したARマーカーを設置する。
- ③ HoloLens により AR マーカーから位置情報を読み込み、位置情報とリンクした維持管理データを呼び出す。
- ④ HoloLens の外界センサーにより、トンネル覆工 表面と装着者の位置を認識し、レイヤー覧から



図-2 地質展開図 表示例



図-3 ひび割れ展開図 表示例



図―4 2次元データ登録ポイント 表示例

呼び出した維持管理データを覆工表面の任意の 位置にホログラムとして投射する(図-2,3)。

- ⑤移動中は、常時、HoloLensの外界センサーにより、前方3~5m程度の範囲の物体をスキャンしながら現在位置を測定・認識し、移動に合わせて覆工表面にホログラムを追随させる。
- ⑥ 2次元データは予め任意の位置に登録ポイントとして配置しておき、装着者が 1 m 以内に接近すると自動的に展開するように設定する $(\mathbf{2}-4)$ 。

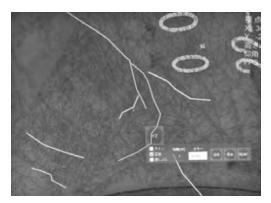
(3) 作図機能の概要

作図機能は HoloLens のハンドジェスチャー認識機能を使用し、SLAM 技術により覆工表面に構築され

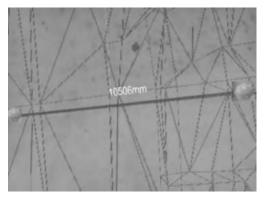
た3次元メッシュデータ上に、ひび割れのトレースや長さ計測、記号やコメントの貼付けを行うものである。今回使用したハンドジェスチャーは、Air Tap(人差し指を立ててまっすぐ下に倒す動作、クリックに相当)と、Tap and Hold(Air Tapをしてから人差し指と親指でつかむような動作、ドラッグやスクロールに相当)の2種類で、HoloLensが装着者の指の動きを認識して指先の延長にあるメッシュデータ上に作図を行うシステムである。

今回開発した作図機能の項目を以下に示す。

- ①ひび割れ朱書き機能:ひび割れの進展に合わせて ひび割れをトレースする機能(図-5)
- ②計測機能:ひび割れや不具合箇所の長さや大きさ



図―5 ひび割れ朱書き機能 表示例



図一6 計測機能 表示例

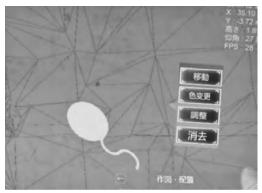


図-7 記号貼付け機能 表示例

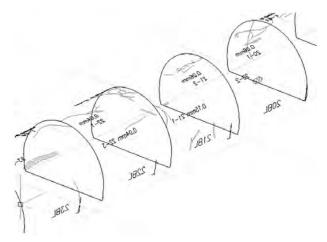


図-8 3次元ひび割れ展開図 表示例

を計測する機能(図-6)

- ③記号貼付け機能:現地の漏水箇所や剥離・剥落箇 所などに記号を付記する機能(図-7)
- ④コメント貼付け機能:現地のひび割れや不具合箇 所に音声や文字を付記する機能
- ⑤ CAD 出力機能: 現地で作図した3次元の維持管理データを,2次元展開図や3次元展開図としてCAD データに出力する機能(図-8)

3. 現場実証試験

(1) 現場実証試験の概要

本システムの有意性を確認するため, 国道 371 号(仮称 新紀見トンネル) 道路改良工事において現場実証 試験を実施し, 複数の維持管理データを投射・更新した際のシステムの視認性や動作性, システム精度について確認した。

今回使用した維持管理データを以下に示す。

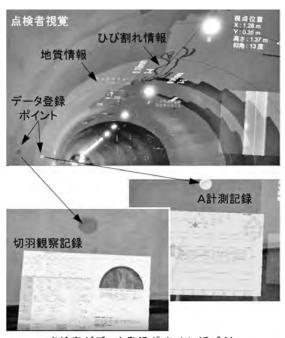
- ○2次元データ:断面図,切羽観察記録,内空変位 計測結果,トンネル品質管理記録,覆工出来形 調書
- ○3次元データ:ひび割れ展開図,地質展開図,湧 水展開図,支保パターン展開図,3次元モデル(舗 装コンクリート・排水)

(2) システムの視認性および動作性の確認

トンネル坑内の照度環境と、特徴点の少ない覆工表面において、本システムの視認性や動作性を確認した。

図―9にひび割れ展開図, 地質展開図および2次元データ登録ポイントを重ね合わせて表示させた装着者の視覚画像を示す。

HoloLens で投射されるホログラムは、坑外の明るい照度環境下においては視認しにくいことがあるが、

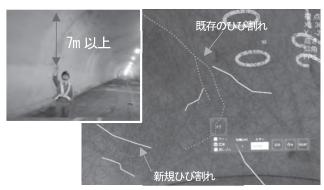


点検者がデータ登録ポイントに近づくと ハンズフリーで自動的にデータ表示

図-9 装着者の視覚画像



図―10 ひび割れ作図状況(トンネル側壁部)



図―11 ひび割れ作図状況(トンネル天端)

トンネル坑内の20~30ルクス程度の暗い照度環境下においては鮮明に視認できることを確認できた。また、特徴点の少ない覆工表面において、自己位置を特定しながら地質展開図やひび割れ展開図など複数のホログラムを重ねて表示させても、装着者の動きや移動に対してずれや遅れを生じることなくスムーズに追随することを確認できた。

図— 10, 11 に作図機能によるひび割れ作図状況を示す。

HoloLensでスキャンした覆工表面の3次元メッシュデータ上に、装着者が外界センサーの認識距離となる $3\sim 5$ m 離れた位置からひび割れや記号を作図できることを確認できた。また、一旦 HoloLens 内に外界センサーの認識距離内で3次元メッシュデータが記録されると、装着者の指先の延長にある約7 m 先のトンネル天端のメッシュデータ上にも、ひび割れや記号などを作図できることも確認できた。

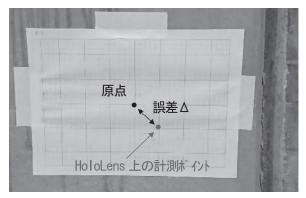
(3) システム精度の確認

装着者の移動時や作図時に生じる本システムのシステム精度を確認するために、トンネル側壁部やトンネル底盤部などの作図位置、その他の条件に応じて生じるずれとの関係性や規則性について確認し、その要因を推定した。システム精度の測定方法は、本システムの作図機能を使用して3次元データによる計測ポイントを方眼紙の原点に重ね合わせ、装着者が30m移動した際の方眼紙の原点とHoloLensが映し出す計測ポイントとのずれを確認する方法とした。

図― 12, 13 にシステム精度確認用方眼紙の設置状況を示す。 精度確認用の方眼紙は、トンネル側壁部(GL



図―12 システム精度確認用方眼紙の設置状況



図―13 システム精度確認用方眼紙

測	測点 L-1		L-2		L-3		L-4						
坑内	距離	0 m		10 m		20 m		30 m					
誤差	方向	Y	Z	Δ	Y	Z	Δ	Y	Z	Δ	Y	Z	Δ
設定 (mm)	1回目	8	0	8	0	0	0	-15	-5	16	-15	0	15
(111111)	2回目	- 32	- 25	41	- 40	-20	45	-50	5	50	-50	0	50
Δ最大信	Δ最大値 (mm)		41		45		50		50				
測	点		R-1		R-2			R-3			R-4		
坑内	距離		0 m		10 m			20 m		30 m			
细米	方向	Y	Z	Δ	Y	Z	Δ	Y	Z	Δ	Y	Z	Δ
誤差 (mm)	1回目	-40	10	41	-20	10	22	0	20	20	10	10	14
(111111)	2回目	0	-20	20	5	-20	21	15	-10	18	20	0	20
Δ最大信	Δ最大値 (mm)		41			22			20			20	

表一1 システム精度確認結果(トンネル側壁部)

表一2 システム精度確認結果(トンネル底盤部)

測	測点 LD-1		LD-2		LD-3		LD-4						
坑内距離		0 m		10 m		20 m		30 m					
30 3¢	方向	X	Y	Δ	X	Y	Δ	X	Y	Δ	X	Y	Δ
誤差	1回目	-30	40	50	0	15	15	15	20	25	25	20	32
(mm)	2回目	10	30	32	5	30	30	15	20	25	38	20	43
Δ最大信	Δ最大値 (mm)		50		30			25			43		
測	点		RD-1			RD-2		RD-3		RD-4			
坑内]距離		0 m			10 m			20 m			30 m	
和本	方向	X	Y	Δ	X	Y	Δ	X	Y	Δ	X	Y	Δ
誤差 (mm)	1回目	5	-5	7	-10	-2	10	10	-10	14	35	-10	36
(111111)	2回目	7	-5	8	- 15	8	17	10	0	10	20	5	21
Δ最大信	Δ最大値(mm)		8			17			14			36	

+1.5 m) およびトンネル底盤部 (GL ± 0 m) の L 側, R 側の 30 m 区間に 10 m 間隔で合計 16 箇所設置した。 表 1, 2 にシステム精度確認結果を示す。

30 m 歩行時のずれは8~50 mm の範囲にあり、最 大値 50 mm のずれが確認された箇所は、トンネル側 壁部で2点/8箇所、トンネル底盤部で1点/8箇所 であった。これにより、HoloLens のシステム精度は 歩行距離を 30 m とした場合に 0.17%程度の小さい値 であることを確認した。また、これらの結果から、作 図位置や測定回数との関係性や規則性は認められな かった。さらに装着者の歩行速度が速い場合や動作が 大きい場合に、HoloLens の外界センサーにより3次 元メッシュデータが新しく再構築され、HoloLens の 映し出す計測ポイントにずれが生じる傾向が見られ た。これらのことから、ずれの要因としては HoloLens の SLAM 機能が作動する際の自己位置を特定するた めの情報や、情報処理能力が不足していたことが考え られる。とくに過去のひび割れとスケッチとを重ね合 わせ、その進展状況を作図するような点検調査業務で は、ホログラムの表示精度や作図精度を向上すること

が重要であり、HoloLensの情報処理能力の向上、自己位置特定機能の改善や周囲環境情報の補填などについて開発を進める必要があると考えられる。

4. 本システムの導入効果

本システムを用いた現場実証試験で得られた結果を 踏まえ、今後の維持管理業務への導入効果について以 下にまとめる。

- ①ひび割れ展開図などの3次元データを実構造物に 投射することでトンネル変状箇所を容易に認識で き,点検漏れや見落としを防止できる。
- ②変状箇所と、地質や施工情報、維持管理情報などの登録データとを、紙媒体ではなく電子データとして比較することで、より多くの情報を手軽に確認できる。そのため、変状箇所と、設計・施工との因果関係や発生原因を的確かつ迅速に評価することが可能となる。
- ③内空断面や設計寸法が確認できるとともに,排水 管などの地下埋設物を3次元モデルとして現地に

投射できるため、補修・補強工事実施時の支障物 への損傷を防止できる。

④作図機能を使用して維持管理データを追加・更新し、2次元展開図や3次元展開図としてCADデータに出力できるため、点検調書の作成効率が向上する。

5. おわりに

今回, 本システム (トンネル MR) は現場実証試験 において得られた結果から, その有意性を確認できた。

MR技術を活用した HoloLens は、2017年に日本国内でリリースされた新しい技術であり、さまざまな分野で活用の広がりを見せている。建設業界では、これらの MR技術を活用することで維持管理段階のみならず、設計や施工段階の多種多様な業務においても効率化や省力化が図れることが期待されている。しかし、MR機器に入力し、表示するデータが正確なものでなければ、現地において不具合箇所と投射画像との整合性がとれないため、正確な点検や評価が実施できない

可能性がある。また、トンネル MR の実用化に向けてソフト面では今回開発した作図機能の項目選定や機能拡張に加え、国土交通省が進めるi-Construction の一環である CIM との連携や、AI によるひび割れ自動抽出技術などの導入を進める必要がある。一方、ハード面では、屋外作業時の気温や湿度変化への対応と防水性、防塵性の向上、バッテリー時間延長などが必要であり、こうした問題点を解決していくことでトンネルMR の適用範囲が広がっていく。

今後、トンネルを含むインフラの点検や建設工事に おける業務の効率化に寄与できるよう、さらに MR 技術の活用を図り、技術開発を進めていく所存である。

J C M A



[筆者紹介] 若林 宏彰 (わかばやし ひろあき) (株鴻池組 土木技術部 課長



特集≫ 建設の BIM/CIM, XR, 遠隔操作

無人化施工の迅速展開を目的とした HMD 映像表示システムの提案

山 内 元 貴・橋 本 毅

災害地にて安全な工事を可能とする無人化施工では、操作環境の構築時間の遅延が迅速な展開に対する課題となっている。そこで、操作環境の構築を容易とすることを目的として、従来の操作環境で使われている設備でディスプレイのみ HMD に置き換えたシステム、およびステレオ魚眼カメラを用いた VR システムの 2 種類の映像表示システムを提案する。本稿では、これらのシステムの概要および従来手法と比較した施工効率等を報告する。

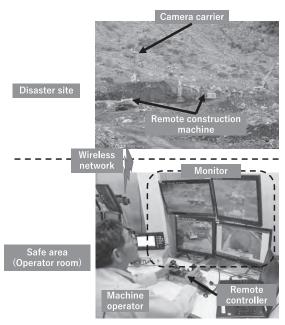
キーワード:無人化施工, HMD, VR, 油圧ショベル, 土工

1. はじめに

近年,日本では台風,大雨,地震などに起因する土砂崩れなど多くの土砂災害に見舞われており,甚大な被害が発生している。土砂災害が発生すると,その被害の軽減および復旧を目的とした工事が行われる。2次災害の危険を伴う災害地での工事では,操縦者が安全な地点から遠隔操作型の建設機械を操縦して工事を行う,無人化施工が実施される。無人化施工は1991年雲仙普賢岳の噴火を契機に研究開発,導入が進められており,これまで200件以上の活用実績がある1)。

無人化施工では,施工現場と安全地域が離れており 肉眼による直接視認で建設機械を操作できない場合に は,建設機械に搭載されたカメラの映像や建設機械外 に設置したカメラの映像などを,安全地域に設置した ディスプレイに表示し,オペレータはこれらの映像から現場の状況を判断し建設機械の操作を行う(図一 1)。この場合,オペレータの労働環境や各種機器の 保全などから,一般的には安全地域に運転室を構築す ることが必要となる。しかし,災害は周辺の交通障害 を引き起こす場合が多く,人員・機材・資材の輸送困 難による運転室の構築時間の遅延が,迅速な無人化施 工の展開に対する課題となっている。

本稿では、上記の課題に対する解決策として現場展開の迅速化を目的として、頭部装着型ディスプレイ(以下 HMD) の活用を提案する。次章にて HMD の有効性を述べるとともに、3章以降に実際に HMD を用いた 2 種類のシステムの概要と、従来のディスプレイを用いたシステムと比較した施工効率およびオペレー



図一1 無人化施工概要

タ使用感に関する検証実験の結果を述べる。

2. HMD の有効性

前章で述べた無人化施工の展開に関する課題を解決する一つの方法として、HMDの利用が考えられる。 HMDは図一2のように頭部に装着するディスプレイであり、これを利用することにより図一1に示したディスプレイ類をすべて省略することが可能となる。また、HMDそのものはコンパクトで軽量(本研究で使用したHTC社製VIVEの場合約3kg)であるため、可搬性に優れており、多数のディスプレイに比べると



図-2 HMD を装着した様子

災害現場へ容易に到着できる利点がある。さらに、ディスプレイのように机や架台、広い場所を必要としないため広い運転室が必要なくなり、場合によっては乗用車内から操作をすることも可能となる。したがって、HMDの活用は災害地域への迅速な無人化施工の展開に有効であるといえる。

上記利点を実現する具体的なシステムとして、本研究では「複数映像表示システム」「VRシステム」の2種類のシステムを提案・開発した。それぞれの概要および検証実験について次章以降に述べる。

3. 提案システム 1「複数映像表示システム」

(1) 複数映像表示システム概略

カメラ映像を介して無人化施工を行う場合,一般的には建設機械の運転席付近に設置したカメラ(車載カメラ)と,建設機械周辺状況を把握するため作業地域全体を俯瞰でとらえるカメラ(外部カメラ)の映像を見てオペレータは操作を行う。この手法は「雲仙普賢岳水無除石工無人化施工試験工事」にて確立され,現在では主流となっているものである。本章で提案する複数映像表示システムは,一般的な無人化施工におけるディスプレイの配置および大きさをほぼ同等にHMD内部に構築し、オペレータに表示するものである²(図一3、4)。この方法の場合、カメラ,通信機器などは従来のものをそのまま流用することができるので、システム構築が容易である。

(2) 検証実験概要

複数映像表示システムと従来のディスプレイを用いた映像表示システム(以下従来システム)における表示システムの違いにより、施工効率およびオペレータ使用感への影響について比較・検証実験を行った。実



図一3 従来システム

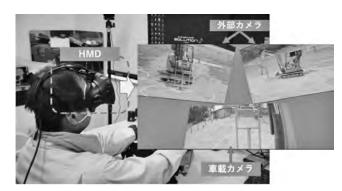


図-4 複数映像表示システム概要

表―1 複数映像表示システム検証実験オペレータ

	年齢	経験年数		年齢	経験年数
A	38	20	F	32	10
В	35	10	G	31	13
С	34	10	Н	46	20
D	34	10	I	39	15
Е	30	12	J	57	30

験は茂木らが提案したモデルタスクを用いて行うものとした(詳細は参考文献³⁾ 参照)。参加したオペレータ 10 名の年齢構成および建設機械の経験年数を表一1 に示す。各オペレータは従来システムを用いた操作、および複数映像表示システムを用いた操作をそれぞれ 10 回ずつ行い,モデルタスクの完了にかかる時間(以下サイクルタイム)を計測した。

(3) 実験結果

10名それぞれの4回目以降のサイクルタイムを平均したものを図—5に示す。ここで4回目以降のサイクルタイムを採用したのは、モデルタスクに対するオペレータの「習熟度」の影響を排除するためである。また、各オペレータにおけるサイクルタイムの差異が有意であるかを調べるためにt検定を行った。有意確率 pが 0.05より小さい場合は、有意差があるとし、

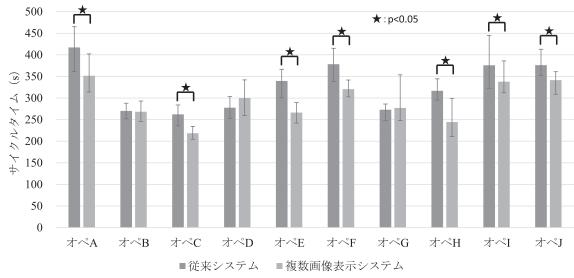


図-5 複数映像表示システム検証実験サイクルタイム

グラフに★印を追記した。

図―5より、10名中3名のオペレータでは従来システムと複数映像表示システムを用いた場合のサイクルタイム差に有意差があるとはいえないが、残り7名のオペレータにはサイクルタイムに有意差があり、複数映像表示システムのサイクルタイムの方が短い、すなわち施工効率が高いことがわかる。このことから、複数映像表示システムを用いた場合の施工効率は従来システムと同等以上であるといえる。

また、実験後にオペレータに複数映像表示システムの使用感について、インタビューを実施した。その結果、操作のやりやすさに関する感想では、10名中2名から「操作しやすい」、1名から「操作しにくい」、残り7名は「あまり違いがない」との回答があり、操作のやりやすさに関しては、複数映像表示システムは従来システムとおおむね同等と考えられる。

一方、装着感に関する感想では、10名中6名から「HMDが重い、窮屈、暑い」などの回答があった。 HMD本体の質量は約500gと軽量ではあるが、オペレータは通常顔面に装置を装着することはほとんどないため、HMDが大きな違和感を引き起こしていると考えられる。この点は今後の課題であると言える。

4. 提案システム 2 「VR システム」

(1) VR システム概略

本章で提案する VR システムは、建設機械の運転席にステレオ魚眼カメラを設置し、その映像を平面処理し HMD に表示することで、あたかも運転席に座っているような立体視をオペレータに提供するものである (図—6)。この方法の場合、死角はあるものの、建設



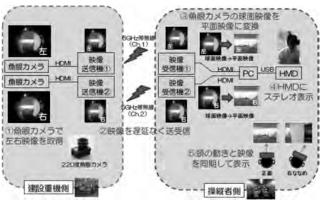


図-6 VR システム概要

機械周辺状況をほぼ把握できるため、外部カメラの省略が可能である。なお、ステレオ魚眼カメラの映像は無圧縮で伝送されており、建設機械~運転者間の大容量の無線通信を低遅延で行うために、本システムでは映像専用無線(5 GHz 帯)を左右それぞれのカメラに使用している。

(2) 検証実験概要

VR システムと従来システムとの, 施工効率および オペレータ使用感に関する比較・検証実験を3章と同様にモデルタスク³⁾ を用いて行った。参加したオペレータ5名を**表**—2に示す。

表-2 VR システム検証実験オペレータ

	年齢	経験年数
K	49	0
L	34	10
M	30	12
N	22	1
О	34	10

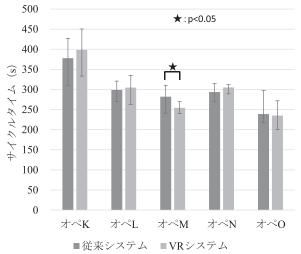
(3) 実験結果

3章と同様に5名それぞれの4回目以降のサイクルタイムの平均値、および有意確率pが0.05より小さくなったオペレータに \bigstar 印を追記したものを図—7に示す。

図―7によると、5名中4名のオペレータでは従来システムと VRシステムを用いた場合のサイクルタイム差に有意差があるとはいえないが、残り1名のオペレータにはサイクルタイムに有意差があり、VRシステムのサイクルタイムが短い、すなわち施工効率が高いことがわかる。このことから、VRシステムを用いた場合の施工効率は従来システムと同等以上であるといえる。

また、実験後オペレータに VR システムを使用した 感想を調査した。その結果、操作のやりやすさに関す る感想では、5名中 4 名から「操作しやすい」、1 名か ら「操作しにくい(VR 酔いをおこした)」との回答 があった。操作のやりやすさに関しては、VR システムは従来システムとおおむね同等と考えられる。しか し VR 酔いに関しては今後の課題であると言える。

一方, 装着感に関する感想では, 5名全員から「HMDが重い, 窮屈, 暑い」などの回答があった。3章と同様にこの点も今後の課題であると言える。



図―7 VR システム検証実験サイクルタイム

5. おわりに

災害発生地域への迅速な無人化施工の展開を目標として、HMDを活用した無人化施工システムの提案を行った。HMDの有効性を整理したところ、HMDの活用は迅速な無人化施工の展開に効果的であることが確認できた。

また、HMDを活用した具体的なシステムとして、「複数映像表示システム」「VRシステム」の2種類のシステムについて、従来システムと比較した施工効率およびオペレータ使用感に関する検証実験を行った。その結果、両システムともに施工効率は従来システムと同等以上、操作のやりやすさも従来システムとおおむね同等であることが判明した。一方、「HMDが重い、窮屈、暑い」という装着感や、VRシステムにおける VR 酔いに関しては今後の課題であることも判明した。今後さらなる研究を行っていきたい。

なお、本研究では、複数映像表示システム、VRシステムの比較検証は行っていない。両システムはどちらが優れているといったものではなく、現場の状況に応じて使い分けられるべきと考えている。

また、本VRシステムは大成建設㈱にて開発された ものを使用し、検証実験は大成建設㈱と土木研究所と の共同研究にて実施したものである。

J C M A

《参考文献》

- 1) 新田恭士: 災害復旧に貢献する無人化施工技術, 土木技術, Vol. 67, No. 4, pp. 16-23, 2012.
- 2) 山内元貴, 橋本毅, 藤野健一: HMD を用いた遠隔操作型油圧ショベルの視覚提示システムの開発, ロボティクス・メカトロニクス講演会2018, 2A2- A04, 2018.
- 3) 茂木正晴,油田信一,藤野健一:油圧ショベルの遠隔操作による作業の効率評価のためのモデルタスクの提案,建設機械施工,Vol. 66, No. 8, pp. 71-79, 2014.
- 4) 加藤崇, 木下勇人, 西田与志雄, 橋本毅, 山田充: HMD を用いた臨場型遠隔映像システムの開発その1. 基本性能検証, 第74回土木学会年次学術講演会, pp. VI346-VI347, 2019.



[筆者紹介] 山内 元貴 (やまうち げんき) 土木研究所 研究員 博士 (工学)



橋本 毅 (はしもと たけし) 土木研究所 主任研究員 博士 (工学), 技術士 (機械部門)

タワークレーンの遠隔操作技術の開発と取り組み

TawaRemo

柿 崎 貴 文・郡 山 純

建設業界では、機械は調達できるものの操作するオペレーターがいないなど、人手不足や高齢化が問題となっている。本開発はオペレーターの人手不足・高齢化問題を解消することを目的とし、情報化施工の実現・普及に寄与するものである。これまで業界では、無線 LAN・移動体通信システム(4G)によるタワークレーン遠隔操作の実施例など、建設現場での実績はない。遠隔操作の実用化に向け、法規の制約、障害物が多い立地条件下での電波障害、大容量データの長距離伝送、PLC(制御装置)の製作など課題がある。今回、これらの課題をひとつひとつ解消し、タワークレーンの遠隔操作システム TawaRemo(以下「本システム」という)を構築した。実機による基本的な揚重作業(吊り荷の移動)を試験的に行い、実用性を確認した。移動体通信システム(4G)を用いた遠隔操作システムは、オペレーターの身体的負担の軽減や作業環境の改善、若手への技術伝承や技量向上の課題に対し解決の一助になるシステムである。本稿では、無線伝送試験と実機での確認試験を通して、確認できた内容と今後の課題などを報告する。

キーワード:建設機械、クレーン、情報化施工、遠隔操作、人手不足、技術支援

1. はじめに

近年、少子高齢化問題に伴う建設業界の労働者不足、若者の入職者減少は、クライミング式ジブクレーン(以下「クレーン」という)のオペレーター(運転者)業種でも、深刻な問題となっており、オペレーターの確保が難しくなってきている。クレーン(揚重機)は調達可能だが、オペレーターの手配が付かないなどのために建設現場では作業の遅れが発生することもある。また、近年の技術進歩により高自立型のクレーンが多く、オペレーターは毎日、旋回部に設置された運転室まで40~50 m ある梯子を昇降しなくてはなら

ない。昇った後、仕事が始まると作業終了まで1日中 拘束され、高所かつ常に揺れている環境の中で仕事を している。特に高齢の方には肉体的な負担が高く、早 急なオペレーターへの身体的負担の軽減や作業環境の 改善に対する解決策が強く望まれている。筆者らはこ れらの問題を解決すべく、クレーンの遠隔操作システ ム開発に取り組んだ。場所に捉われず、操作室(以下 「コックピット」という)が設置された場所からクレー ンに搭載されたカメラ映像を無線伝送し、モニター画 面を見ながらクレーンを操作する。そのため、伝送技 術の確立が遠隔操作システムを構築する上で重要なポ イントとなる。しかし、建設現場の大半は市街地にあ



図-1 本システム構成図

り、「建物」「モノ(乗り物、電子機器他など)」などの障害により、電波障害が発生する環境にある。それらの影響を考慮し、移動体通信システム(4G)に着目した。無線 LAN に比べ、周波数が低く障害物の影になる場所にも回り込み(回析)電波が届きやすい特性があることから適用に向け検討した。また、これまで実績が無いことから、クレーンの操作信号や映像の途切れない安定した送受信と伝送時間の低遅延には、施工性・安全性・信頼性向上を図るうえで解決すべき課題がある。その効果を検証するために、実機によるクレーンの遠隔操作試験を行った。図―1に本システムの構成イメージを示す。最終的には、クレーン運転の自動化を目指し開発を進めているが、本稿では、本開発の状況と遠隔操作試験の実施内容を報告する。

2. 本システムの概要

(1) 概要

本システムは、クレーンとコックピットとの通信回線に4G 閉域網ネットワーク回線と固定光回線を利用し、現地に設置されたクレーンを離れた場所から、合図者の音声とモニター画面を見ながら遠隔操作し、荷下ろし、積込み、移動、取り付け、盛替え作業を継続的に実現する遠隔操作システムである。

(2) システムの特徴

(a) 通信回線システム

外部からの不正なアクセスにより,様々な被害を受けることが予測されるため,高いセキュリティが保た

れる 4G 閉域網ネットワーク回線を採用した。閉域網とは普段一般的に使われているインターネットのように誰もが利用できるオープンなネットワークではなく、閉域網と呼ばれる「閉じられた」ネットワーク(インターネットから直接アクセスを受け付けない)で、インターネットから分離されたネットワーク環境である。

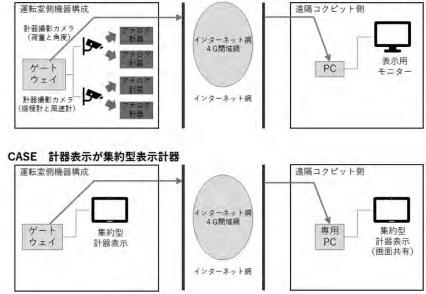
(b) 無線伝送遅延に対応した通信システム

クレーンに設置された複数台のカメラから映像が無 線伝送され, 近くの基地局を経由し, 地上 (または遠 隔地) にあるコックピットのモニター画面に送信さ れ,映像が映し出される。コックピットの操作系には, 実際のクレーン運転席上での操作と同等仕様にするた め、操作レバー、操作・異常信号等の表示灯など同じ ものを使用しており、そのほか、クレーンの振動・揺 れを再現するため、ジャイロセンサーを使用し、椅子 が揺れるようにしている。無線伝送では低遅延化のた め「KCL」(Kanamoto Creative Line)の複数端末同 士間で通信ができる通信方式と Full HD ジブ先端カ メラ (協立電子工業社製 TVK41 【特別仕様】) かつ Full HD カメラ解像度を落とすことなく. Full HD の まま短遅延で伝送できる「ライブ中継器 | (ソリトン システムズ社製 Smart-telecaster Zao-SHTM) の通信 システムを採用し、無線伝送の低遅延化を可能として いる。

(c) その他クレーン計器情報の表示構成

遠隔操作においてもオペレーターの安全な操作を確保するため、実際の運転席と同様の「操作に必要な情報(揚程、荷重、旋回角等)」を得る必要がある。運





図一2 クレーン計器情報の表示構成

転中に各種計器情報(揚程,荷重,旋回角等)がリアルタイムに視認できるシステムとした。今回の試験に使用したクレーンの運転室内で使用されている計器はアナログメータの表示となっており,運転室内の各種計器をHDカメラで映しだし,遠隔コックピット側モニターで見られる構成とした。今回開発したネットワーク機器構成は,各種表示計器がアナログメータではなく,デジタル集約型の計器表示を採用しているクレーン機種についても,集約型計器の表示画面をネットワーク回線で画面共有することで,コックピット側のモニターに表示し対応できる。そのため、クレーン機種を限定することなく運転室が搭載されているクレーンであればほとんどの機種で採用することが可能である(図一2)。

3. 本システムの技術開発・試験

本システムの技術開発は、早期実用化を意識しながらも、最終的な理想系を実現する観点から、3つのステップ(①通信環境、②機器構成、③実機による試験)に分けて段階的に行い、システム・技術の確立を図っていくこととした。

(1) STEP1 遠隔操作用通信回線選定と 4G 回線の 伝送速度試験

2019年の8月に遠隔操作の通信回線の伝送速度試験を実施した。試験は電気通信事業者の協力のもと、大阪市内にあるオフィスビル内の一室を借り、疑似的に無線伝送(上り下り)の速度試験(図一3)を実施した。無線通信区間には電気通信サービスの3G・4Gと4G閉域網ネットワーク回線を利用した。ネットワークカメラから映像データは10KB~数100MB程度の「映像信号」を伝送、閉域網の固定回線を経由しコックピットに見立てたPCへ情報を伝送する。試験は3回行い平均値算出、速度遅延は平均0.3 sec 程度、当初目標である遅延1.0 sec 以下を上回る実測結果となり、4G閉域網ネットワーク回線のセキュリティかつ通信速度を確認し採用した。

(2) STEP2 遠隔操作・カメラなどの機器構成確 認試験

ここでは、これまでに建設現場でのクレーン遠隔操 作の事例がないことから、調査・検証から開始した。 ①遠隔操作に向けたクレーン遠隔運転にかかわる法規 (「クレーンの種類及び型式」「クレーン構造規格に関 わる部分」「クレーン等安全規則」「JIS B 8823-1 クレー ン―操作装置―に関わる部分 | 「ICAS1002-2004 無線 操作式クレーンの安全に関する指針」「JCAS1002-2004 無線操作式クレーンの安全に関する指針」)から、抵 触する恐れがある条文に対して対策・処置方法を検討 した。②クレーン遠隔操作用の PLC(制御装置)の 製作。③では①の対策内容を踏まえ、カメラの設置位 置・台数並びに表示灯などの機器構成を確認するため 無線(ラジコン)操作での試験を実施した。場所は名 古屋市近郊にあるクレーンが設置された整備工場にて 行われた。遠隔操作用に購入した専用のコックピット はクレーンが見渡せる敷地内の事務所内に設置した。 今回の試験では操作信号並びカメラ映像の無線伝送は 5.6 GHz (2.4 GHz) 帯域を使用し実施した (図-4)。 コックピットでは合図者からの音声とモニター画面だ けを見ながらクレーンを操作し、 部材の移動作業を実 施した。試験結果としてはオペレーターから意見、カ メラ位置・台数,映像画質,カメラを映す方向など, 確認することができ、視認性を向上させ、次の STEP に向け準備を進めた。

(3) STEP3 4G 閉域網ネットワーク回線による遠隔操作試験

ここでは 4G 閉域網ネットワーク回線による通信速度を確認する試験を行った。また、操作信号と各カメラは3台のゲートウェイに接続し伝送するシステム構成(図一5)とし、コックピットは大阪市近郊にある建設機械整備工場内に設置、遠隔操作の対象クレーンは前回同様に名古屋市近郊にある整備工場に設置されたクレーンを使用して実施した。初回となる1回目の試験は、現状の通信システム構成での伝送速度を確認する試験を行った。また、名古屋エリアには非常事態に備え合図者のほかに監視人とオペレーターも配置した



図─3 無線伝送速度試験構成

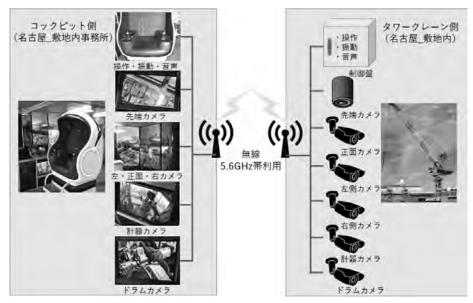
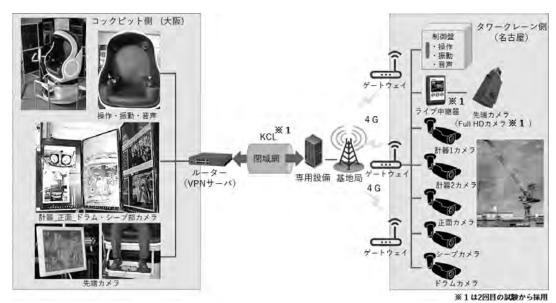


図-4 5.6 GHz 帯域無線回線による遠隔操作試験構成



図─5 4 G 閉域網ネットワーク回線による遠隔操作試験構成図

上で、合図者の音声合図に従ってクレーンの遠隔操作を実施した。試験結果は操作信号の遅延は見られず、合図者に合わせた操作ができ、特に問題が無かった。しかし、先端カメラと左・正面・右のモニターに映し出される映像は個々で遅延が発生しており、モニターを見ながらの操作ができないため、操作感覚が分からずクレーンのフックは左右にかなり揺れていた。また、時間にすると操作信号の速度遅延は平均0.3 sec 程度、カメラ映像(低解像度)の速度遅延が3~5 sec 程度となり、この伝送速度では難しいことが分かり対策を行った。実際にコックピットで操作したオペレーターからは普段から先端カメラの映像と合図者の音声を元にクレーンを操作していることから、操作と先端カメラの映像にタイムラグが生じると、安全な操作が

難しく,カメラ映像も画質が悪いと判断に困るなどの 意見が出された。その後,筆者らは無線伝送遅延対策 として,他の建設機械遠隔操作などで開発された技術 を採用する事とした。

対策①として通信方式をソケット通信方式(TCP)から複数の端末同士間で通信ができる「KCL」通信方式(UDP)に適応できないか、従来の通信方式と比較した(表—1)。また、伝送遅延の確認をSTEP1同様に電気通信事業者の協力のもと、PC・KCLを2セットとネットワークカメラを準備し、4G閉域網ネットワーク回線と固定光回線の通信環境を利用し、フレームレートと遅延時間の計測試験を行った。フレームレートと遅延時間は、PCモニター画面の情報フレームにデジタル表示される値と時刻を目視により読取っ

	メリット	デメリット	事例	遅延速度
ソケット 通信 (TCP)	・実装が簡単 ・既存の商品(IP カメラ)などを 買うだけでいい	・リアルタイム通信には向いていない・複数カメラだとより遅くなる	・メール ・監視カメラ	·3 s ~ 1 min 以上
KCL 通信 (UDP)	・リアルタイム性が高い ・低遅延 ・複数のカメラに対応できる	・ドライブレコーダーの様な機能を実装するのが難しい ・安定した通信回線(低遅延)を用意する必要がある ・実装が難しい(ソケット通信に比べて)	・ビデオ会議 ・自動運転 ・遠隔操縦	• 500 ms ∼ 1 s

表一1 ソケット通信方式(TCP)と KCL 通信方式の比較

表一2 「KCL」通信方式によるフレームレートと遅延時間の測定結果

No	構成	カメラ種類	画像の大きさ (よこ×たて) (px)	フレームレート (fps)	遅延(ms)	4G 回線 Down/Up (bps)	光回線 Down/Up (bps)
1	HD カメラ3台	HD	1280×720	11	394-559-632	200/14	310/260
2	+4K 360°	4K 360°	3840×1920	1.5	996-1314-1690	200/14	310/200
3	HD カメラ 3 台	HD	1280×720	20	482-576-663	260/14	400/250
4	HD カメラ 3 台	HD	1280×720	20	675-789-817	200/12	410/120
5	+ HD 360°	HD 360°	1280×640	15	627-810-907	200/12	410/120

表一3 映像トラブル一覧表

映像トラブル(症状)	原因	対策
①カメラが波打つ	クレーンの振動でカメラの電源ケーブルが揺れ、接	カメラのケーブルの長さは短くかつ結束し、出来る
	続不良により電力供給不足になっていたことで、カ	だけ別系統で電力を供給できるようにした。
	メラの映像に乱れが起きていた。	
②太陽の光による	明るさ調整ができない。	明るさの調整などができる広角カメラを購入した。
白飛び現象		
③通信が詰まる	ルーターの設定がハードビートの設定になってい	ルーターの設定をハートビートからキープアライブ
	た。疎通確認で接続が失敗しており、90秒ごとに	に変更、通信の詰まりは解決した。
	再接続要求、その再接続要求の時にネットワークが	
	切れ、また再接続されるという現象が起きていた。	

た。計測結果 (表-2), 4G 回線で HD カメラ×3台 +360°4Kカメラ×1台の映像を送った際に、360°4K カメラのフレームレート(以下「fps」という)を 1.5 fps まで下げないと解像度が安定しないことが分かった。 また, HD カメラ×3台のみの場合は, 20 fps で安定 したが、HD カメラ×3+360° HD の場合は、15 fps で安定した結果となった。対策②としてオペレーター からの意見でジブ先端カメラ映像の高画質化が求めら れたことから、Full HD 先端カメラに変更し解像度を 上げたが、速度遅延が発生した為、カメラ解像度を落 とすことなく、Full HD のまま短遅延で伝送できる「ラ イブ中継器 Zao-SH™」の通信システムを採用し(図 -5の※1に記載)、セキュリティの強化と無線伝送 の低遅延化を可能とした。その後、2回目の試験では 対策①②の採用により、操作信号並びにカメラ映像の 伝送速度遅延が $0.3 \sim 1$ sec 以下となり、目標の1 sec 以下の速度遅延を達成した。また、試験中、モニター画面に映し出された映像に①~③のトラブル(症状)が発生したことから、試験後に原因を突き止め対策を行った(表一3)。実機での試験は2019年9月から開始し、通信システム環境、コックピットの仕様変更などの改良改善を実施した。2020年1月には、通常の部材の積み込み、積み下ろし作業を遠隔で問題なく実施できた。今後さらなる操作性向上を目指し、5G回線の導入も検討している。

4. おわりに

本稿では、筆者らが進めてきたクレーン遠隔操作システムの革新的取り組みとして、移動体通信システム (4G) による遠隔操作システムの開発と実用化に向けた試験状況について述べた。本システムは 2019 年 1

月から技術開発に着手し、ステップごとに課題を解決 し、開発を進めてきた。本システムの導入により、運 転手を搭乗させずに、かつ場所に捉われずクレーンの 操作が行え、全国のネットワーク環境さえ整えば、ど こからでも支援ネットワークサポートが可能となる。 「突発的な作業」、「数回だけの短時間作業」、「熟練を 必要とする作業」「緊急対応」など、遠隔操作システ ムにより行えるようになる。その他、多地点に設置さ れたコックピットと連携し、熟練オペレーター1名に よる多数の若手オペレーターに対する指導教育も可能 となり、熟練から若手への技術伝承、技量向上の一助 になり、熟練オペレーター不足の課題を大きく改善で きる。また、昨今騒がれている新型コロナウイルス対 策としても,「感染リスクの高い建設現場に行かなく ても揚重作業ができる」など、ニーズが高まる可能性 がある。筆者らは2020年9月までに両社の作業所に おいて、諸官庁との協議を行いながら試適用を繰り返 し、クレーンへの本システム搭載を進め、2020年度 中に本格的な運用を目指している。併せて、共同開発 企業のレンタル会社㈱アクティオは、自社保有のタ ワークレーンに対して本システムを順次導入を進め, レンタル会社の㈱カナモトはコックピットおよび通信

システムのレンタル運用保守を担当し運用を進める。 今後、建設業界全体の更なる生産性向上や魅力向上を 目指し、クレーン以外の建設機械への本システム適用 に向けた開発を進めていく。

謝辞

最後になりますが、本システム開発に当り、共同開発にある(株)アクティオ様、(株)カナモト様には絶大なる協力を頂いた。ここに誌面を借りて心より感謝の意を表したい。

J C M A



[筆者紹介] 柿崎 貴文(かきざき たかふみ) ㈱竹中工務店 東京本店 東日本機材センター 開発グループ 主任



郡山 純 (こおりやま じゅん) 鹿島建設㈱ 機械部 技術 4 グループ 課長代理



交流のひろば/agora — crosstalking



他業種におけるスマートグラスの 活用事例と今後の展望

座 安 剛 史

労働力不足を背景とした生産性向上に向けての取組の中で注目されるスマートグラスの活用事例を通じ、今後の展望を記載する。ハンズフリーのメリットをもたらすスマートグラスが BtoB 領域で実際にどのようなシーンで利用されているのか、今回は建設業界以外の業界事例として、「訪問歯科診療での活用事例(内視鏡のモニターとしての活用)」「遠隔作業支援」「職業訓練機関(専門学校等)での技術教育での活用」「臨床工学技士支援の研究」の4つの事例を紹介する。

キーワード:ウェアラブル,スマートグラス,ハンズフリー,遠隔作業支援,技術教育・伝承,生産性向上

1. はじめに

スマートグラスは近年注目度の高い製品領域だ。メガネ型のウェアラブル(身に着ける)デバイスであり、ハンズフリー(両手を使える状態)で目の前にデジタル情報を見ることができるため、様々な業種での活用可能性が見込まれている。

日本全体で喫緊の課題となっている労働力不足(労働人口減少,熟練労働者の退職)への対応の一環としてデジタル化が各業界で進む中,スマートグラスの現在地と今後の展望について,現時点での活用事例を交えながら考察していく

2. 訪問歯科診療での活用事例(内視鏡のモニターとしての活用)

日本の高齢化進展に伴い、外来で歯科受診ができなくなる高齢者数が今後増加していく。口腔機能の維持管理は、食べるという機能だけでなく、健康寿命の延伸やQOLの向上に寄与するものであり、外来の補完・代替手段として訪問歯科診療の重要性は今後更に増していく。

訪問での診療内容は口腔内の清掃状態のチェックや、咀嚼・嚥下障害の早期発見や対応などがある。嚥下機能検査については内視鏡を用いて行われる。内視鏡は PC と接続して使用するタイプがあり、訪問診療向けに携帯ができる機器構成となっている。専用のソフトウェアによって録画が可能だ。ただ患者宅や施設に往訪して行う性質上、機器設置の場所に大きく制約

が伴う。広いスペースがあれば患者の向きと PC の位置関係を適切に配置できるのだが、狭スペース下では PC と患者の位置関係を 180 度逆に設置せざるを得ないなど、PC と患者の向きを診療に最適な同一の方向に設定できないケースも少なくない。その場合内視鏡映像は PC の画面で見るため、内視鏡映像を確認する際には患者から目を離す必要がある。これは作業的な負担につながるだけでなく、内視鏡映像を見る際には患者の細かな様子を観察することが難しいという難点がある。

スマートグラスは目の前で映像が確認できるようになるため、空間的制約が多い場所でも関係なく内視鏡映像を目の前で見ることができる。結果として内視鏡映像と患者の様子を僅かな視線の移動だけで見比べながら診療にあたることができるようになる。診療するスタッフの負担軽減につながるだけでなく、「患者を診る」ことがこれまで以上にできるようになることで、患者に提供する診療品質の向上が図られる(写真—1)。

内視鏡映像の投影にはEnhanlaboの「b.g.(ビージー)」が利用されている。「b.g.」は「両眼視設計×ノンシースルーディスプレイ」という設計だ。内視鏡下での嚥下機能検査においては長時間画面に投影されている映像を確認する必要がある。スマートグラスの歴史上、単眼タイプのディスプレイ形式の採用が多かったが、長時間投影情報を見続けるには装着者の負担につながりやすいという短所があった。これが両眼視を前提とした設計となることで、長時間集中を要する作業においても使用が可能となった。液晶には超小型の有機ELを左右に2枚採用し、それを独自の光学



写真―1 スマートグラスを活用した内視鏡下嚥下機能検査

機能で屈折・拡大を施して目に投影する設計となっており、約1M先に19インチ程度のモニターを見ているのと同等の感覚が得られる。表示される映像は非透過(ディスプレイの先は透けていない)であり、その結果内視鏡映像のような高精細な映像・画像を閲覧するにも十分耐えられるようになった。また装着する上では視力矯正が必要な方のためにメガネの上からかけられる設計になっている。頭部全体で支える構造になっていることで、装着者の着用上の負担を軽減している。近年の技術開発・進展によりスマートグラスの品質も年々向上しており、こうした診療など「見る画像・映像の鮮明さが高いレベルで要求されるシーン」においても、対応できる製品が開発されており、今後の普及が期待される。

3. 日本特殊陶業 SPE 事業部における遠隔作 業支援

スパークプラグおよび内燃機関用関連品,ニューセラミックおよびその応用商品の製造,販売等を手掛ける日本特殊陶業では、SPE事業部において小牧(愛知県)と仙台(宮城県)間で、設備保全サポートやOJTを目的とした遠隔コミュニケーションに活用し、業務改善を実現している。

SPE事業部では、仙台の工場(グループ会社)と協力してある製造工程を移管するプロジェクトを進行させていた。その際ある種類の装置・設備について小牧工場と同じものを仙台工場にも用意し、導入に向けた教育、OJTの目的で指導スタッフを小牧工場から仙台工場に3か月間派遣していた。その後一旦教育を全て完了させて派遣していた指導スタッフを小牧に戻すことになったが、業務内容の難易度に対して期間が限定的であり、また仙台の現地スタッフは業務を一か

ら覚える従業員が多く、なかなか習熟するのは難しい 状況だった。事業拡大にあたって、「インフラは投資 でまかなえる」が、「(インフラではない)人の教育は 単純に投資するだけではすぐには解決せず、課題とし て残る」状況だった。

そのため小牧と仙台の間でのコミュニケーションの 改善が命題となった。当初メールと電話でのやり取り だったが、トラブルや新しい品番導入時などメールと 電話だけではやり取りが不十分で、結局、仙台に出張 に行かざるを得ないケースが発生していた。その改善 に向けて映像を活用したハンズフリーでのリアルタイ ムのコミュニケーションが必要となり、スマートグラ ス導入を進めることとなった。タブレットの場合、工 場では作業スペースが必要になり、手で持たなければ いけなくなり両手で作業ができなくなるので、スマー トグラスの優位性が発揮されるシーンである。

運用上課題となるのがコミュニケーション品質だ。「ディスプレイの解像度」「カメラの解像度」「ノイズの少ないクリアな音質」「遅延の少ない遠隔コミュニケーションソフトウェア」が必要となる。遠隔作業支援の領域では、コンセプトは良いがこうした品質が実用レベルに絶えず現場作業員の不満につながるケースも少なくない。Enhanlaboの「b.g.」は HDMI で入力された情報を表示する、ディスプレイに特化したシンプルな構成で、様々なデバイスやソフトウェアと組み合わせて使用することができる。日本特殊陶業の場合は自分達が実現したい内容を一切妥協しないため、「b.g.」を構成の中心に据え、その他各技術要素を組み合わせて自身の業務への最適化を図る選択をした。

実業務においては小牧と仙台のスタッフがそれぞれスマートグラスを装着し、主に相手側が撮影している。事業拡張に伴い同種の設備を導入しているので、小牧の指導員のカメラが保全対象と同種の設備の映像を映し、その映像を仙台のスタッフのスマートグラスで確認することで、お手本を見ながら設備保全にあたることが可能になる。遠隔地にいながらも同じ作業をすることで仙台側のスタッフが不明点やトラブル発生時にリアルタイムで不具合事象の解決ができるようになっている。小牧側の指導員としても、仙台のスタッフがきちんと対処できているかをリアルタイムで確認しながら指示を進行することができる。なおSPE事業部では運用に慣れるため定期的な使用を行っており、遠隔のOJTとして利用を促進している(写真一2)。

また本取組は2020年に全世界で大流行し、経済にも大きな打撃を与えている新型コロナウイルス



写真―2 クリーンルーム内で設備保全のためにスマートグラスを着用している様子

(COVID-19) 蔓延の BCP (Business Continuity Plan) としても機能している。COVID-19 により、国外・国内共に原則出張が禁止になる企業が大半を締める状況の中、SPE 事業部の上記拠点では早期に上述の取組を行っていたため、出張禁止の影響を受けることなく業務進行が可能となっている。本取組は同社内でも非常に注目度の高い先進的プロジェクトという評価となり、現在他部署・他拠点への横展開につながっている。

4. 職業訓練機関(専門学校等)での技術教育での活用

日本国内で進行する高齢化を背景とした労働力不足は、あらゆる業種で大きな課題となっている。その中で、熟練技術が必要とされる職種の技能教育や伝承を、デジタル技術を活用してどう効率化させるのか、またその結果として教育を受ける側はこれまでよりも短期間で多様な技術と知識を身に付けられるようにして、生産性に大きく寄与する人材育成をどう実現するのか、先進的な取組を行う教育機関で研究や導入検討が急速に進みつつある。近年 XR(VR・AR・MR等)技術の教育への活用を積極的に推進するサービスプロバイダーも出てきており、教育分野はスマートグラスがその強みを発揮する重要な領域となっていくと考えている。

対象となる業種は医療・介護・美容・食(パティシエや調理師)・ペット産業(トリマー等)など多岐に渡るが、共通するのは対人サービスであり、スタッフの資質がサービスの質を左右する業種であるということだ。個人のスキル向上が良質なサービス提供に直決するため、優秀な人材の獲得及び育成を図ることが経営上極めて重要な課題になる。そのため、その業種を志す若い世代に対して教育を提供する専門学校などの教育機関においても、より高みを目指す自己啓発を促すだけでなく、環境整備が非常に重要となる。

「学ぶ」という言葉は、「まねぶ(学ぶ)」と語源が 同じで、「まねる(真似る)」とも同様だと言われてい る。上述した分野での実習において、学ぶ側は指導者 の手技・動きの実演を見て学ぶスタイルが一般的であ り、また指導者側も手本・見本を示すことでノウハウ を提供する。実演が重要である理由は「見せることに よって学ぶ側がイメージをつくりやすい」ためだ。学 ぶ側が、初めて取り組む手技や動きを覚えようとする とき、先ずは指導者の動きを実際に見ることから始ま り、次にその動きをまねるというプロセスを経ること で、技術を習得していく。その観点では映像コンテン ツの利用は非常に有意義だ。ただし従来のデバイス等 では、指導者の1人称視点と学ぶ側の視点の同期には 限界があった。また VR 技術を使って、完全没入の 360 度コンテンツを事前学習に使うのは非常に有望な 分野だが、「実技を行いながら真似て体得する」こと はできない。その点スマートグラスを活用すると指導 者の1人称視点の追体験には非常に有効だ。1人称視 点をメインコンテンツとしながら、適宜他の視点から 撮影されているコンテンツを組み合わせることで、技 術の細部まで学びやすくなる (写真-3)。

こうした取組を,職業訓練機関(専門学校等)が取り組む背景には少子化が大きく絡んでいる。少子化により定員割れリスクが高まっており,厳しい経営環境に置かれている機関も決して少なくない。そのため各教育機関はどう他と差別性を出すのか,ということが大きな経営課題となっている。その点スマートグラスやXR技術は技術教育と親和性が高く,最先端の教育を受けることができ,かつそれが高い教育効果を促すことで資格獲得実績向上等に繋がれば教育機関にとって大きなプラス材料となり,高い就職率等実績につながることを対外的に訴求することで,少子化による定員割れリスクへの打ち手につなげたいという考えも,スマートグラス導入を後押しする材料となっている。



写真-3 美容師の技術教育にスマートグラスを活用している様子

5. 京都医療センターにおける臨床工学技士 支援の研究

少子高齢化社会の大きな課題の一つに様々な専門性を持った人材の減少が挙げられる。特に個別かつ専門的な医療が求められる心臓血管外科領域において、専門医や経験豊富な臨床工学技士の様々な知識や経験を、数少ない次世代の医療従事者に的確かつタイムリーに提供するためのインフラ整備が求められている。2020年春より全世界を震撼させた新型コロナウイルス(COVID-19)の蔓延時の重症患者対応においても ECMO や人工呼吸器が増産できたとしても、それを操作する臨床工学技士が不足しているものの、その育成は一朝一夕にできるものではなく、医療崩壊を招く大きなリスク要因の一つとして世間から注目を浴びたのは記憶に新しいところだ。

京都医療センターでは従前より、スマートグラスを 医師・臨床工学技士等が心臓血管外科手術時に人工心 肺装置の準備や操作支援に役立つ機器として応用・導 入することにより、経験や習熟度に関わらず、安心安 全かつ適切に準備や操作が可能となる支援システムの 開発を目的とした研究をしている。

インフラとしてはスマートグラス, エッジコンピュータ, そして人工心肺操作の支援用アプリケーションを用いる。心臓血管外科手術を想定し, 未経験や準備経験の浅い臨床工学技士を対象に, スマートグラス着用と従来の方法とを用い, 準備完了までの時間を計測し比較をしたところ約30%の効率化が図られている(写真—4)。

ハンズフリーであることが業務の効率化に寄与していること、業務に必要なデータを常に閲覧できる環境が整っていることが後押しとなり、若手医療従事者に対する技術の継承・技術力向上と定着化につながっていくと期待されている研究だ。



写真―4 臨床工学技士がスマートグラスの表示内容に従い,人工心肺の 設置を行う様子

各種操作マニュアルをビューワーソフトによりスマートグラスのディスプレイに表示させることで,臨床工学技士や医師はほんの僅かな視線の移動だけで重要な情報を閲覧し診療を行うことができる。そのため手術時間の短縮や移動により監視個所から離れる危険性を最小限に抑えることが可能となる。またカメラを併用することで,遠隔地にいる熟練のスタッフからの適切な指導を受けながら,的確な状況判断を診療が可能になることを今後目指している。

一連の使用状況や閲覧情報のビッグデータを分析 し、改修改善に活用する PDCA サイクルを回してい けば、ナビゲーションの充実やトラブル予測が可能に なるだけでなく、経験の浅い臨床工学技士や手術を執 刀する若手心臓血管外科医へのシミュレーション教育 の充実が図られ、経験の少ない施設においても案指南 善かつ適切な人工心肺操作の提供が可能となる有用な 支援ツールとして、医療の質の向上に貢献することが 期待される。

6. おわりに

スマートグラスの認知は年々広がっている。ただし 日本国内において業務標準となるような状況まで利用 が広まるにはまだ時間がかかる。価格や性能の面でス マートフォンと比較して利用者の満足度の閾値に達す るまでに、超えるべきハードルはまだ残されている。 そして利用シーンを拡げるにはソフトウェアを含めた アプリケーションのユーザビリティ向上は勿論だが、 ユーザーのリテラシーを同時に培っていく環境整備が 必須だ。

そのため当面は、全方位網的にユーザーやアプリケーション開拓を進めるよりは、特定の用途に絞ってでも、その領域での業務標準になるような製品開発・顧客層構築を行うことがスマートグラスの更なる普及の具体的な打ち手になるのではないか、と筆者は考えている。海外と比較して導入スピードが遅い日本国内の状況ではあるが、生産性向上に向けた業務のデジタル化はもはや不可欠であり、その一助をスマートグラスが担っていく大きな可能性は大いにある。各業界で、製品開発の進展と共に実際に活用するユーザー層が増えていくことを期待したい。

J C M A

[筆者紹介] 座安 剛史 (ざやす たけし) ㈱ Enhanlabo (エンハンラボ) 代表取締役社長



トライアスロンの魅力



小野孝-

1. きっかけ

学生時代はラグビーに精を出しており、体脂肪率も常に1ケタ台であったが、社会人になった途端、運動する時間が激減し、年齢を重ねるにつれて体重が増加していった。ついには、定期健康診断で体重について指導され、身体のケアについて真剣に考え始めたのがことの発端である。周囲にはランニングやジムに通う人間が多数いたが、人とは違う何かをしたいと考え、手元にあったロードバイクを有効活用しようと、軽い気持ちで2018年にトライアスロンに初チャレンジした。

2. トライアスロンについて

トライアスロンは、スイム・バイク・ランの3種目を連続して行う競技であり、1974年に米国から広がった、比較的新しい競技である。

トライアスロンと一言でいっても、距離によって ショートディスタンス、ミドルディスタンス、ロング ディスタンスの大きく3つに分類され、筆者はショー トディスタンスにチャレンジした。

表一1 トライアスロンの種類について

	スイム	バイク	ラン
ショート	1.5 km	40 km	10 km
ミドル	2.5 km	80 km	20 km
ロング	3.8 km	180 km	42.2 km

競技を始めて『過酷なスポーツをよく選んだね』と言われることが多々ある。競技時間に焦点を当てると、ショートディスタンスのフィニッシュタイム(成人男性)は3時間前後が最も多い。一方、フルマラソンだが、ある大会の男性の平均完走タイムが4時間30分であったことを踏まえると、身体への負担はトライアスロンの方が小さいと言えるかもしれない。

3. トレーニング期間

大会に向けて、3つの種目を満遍なくトレーニング する必要がある。もともとロードバイクに乗る習慣が あり、バイクについてはある程度基礎ができていると 思っていたため、スイムとランを中心に練習する計画 とした。

ロードバイクで培った基礎体力があるため、練習初日に大会で実際に走る 10 km 走にチャレンジしてみたが、4 km 過ぎから走ることができなかった。練習後は、1 週間ほど筋肉痛が取れず、自分の基礎体力の無さを痛感した。

スイムについては、唯一の水中種目であり、呼吸動 作(息継ぎ)に慣れるまで、時間を相当費やした。

また、がむしゃらに手足を動かしても、無駄に体力を使うだけではなく、抵抗を生むことにもなり、スイムはテクニックが大切であることを知った。

上記のように、ラン、スイム共に練習を開始したが、思っていた以上にうまくいかなかった。そのため練習へのモチベーションも上がらず、3か月ほど練習しない日が続いた。トライアスロンを断念することも頭をよぎったが、そもそもの目的は体のケア(ダイエット)のため、練習を再開することにした。ただし、練習の頻度・強度は自分のモチベーションと相談し、自由に練習するスタンスに改めた。周囲からみれば、かなり低い運動強度であったと思うが、練習を継続することにより体重が10kg近く落ち、徐々にパフォーマンスが上がっていくのが実感できた。

4. 大会前日

国内には多くの大会があるが、筆者は生まれ故郷である愛媛県の大会にエントリーした。地方の大会ながら、開催回数は30回を超えており、業界内では老舗の大会らしい。トライアスロンは大会前日に、利用するロードバイクの検査や、レギュレーションの説明会がある。説明会後は前夜祭が催され、ほかのトライアスリートと交流する機会があった。初出場の方と話す機会があり、完走したらまた会いましょうと約束し、

20 時には就寝した。

5. 大会本番

いよいよ本番である。軽い気持ちでチャレンジを決めたが、もう後戻りはできない。ホーンが鳴れば、スタートするしかない。トレーニングは十分でなかったかもしれないが、後は自分を信じて体を動かすだけである。そんなことを思っていると、ホーンの音が鳴り響いた。『始まってしまった』などと思いながら、海に飛び込み、第1種目のスイムが始まった。

プールで練習するのとは違い、自分が泳ぎたいラインに他の競技者が存在し、手足がぶつかるため、泳ぐことすら困難な状況がしばらく続いた。また、波に流され、気が付くと自身の周囲に他の競技者がおらず、コースを外れていることが2回程度あった。泳ぎ始めて25分ほど経ち、陸が徐々に見えてくると、歓声が聞こえ始めてきた。あと少しと自分に言い聞かせ、第1種目のスイムが完了した。

ウェットスーツを脱ぎ、第2種目は得意のバイクである。自身のバイクを受け取りに移動したところ、驚愕した。半数以上のロードバイクが既にないのである。つまり、ほかの競技者は既にスイムを終え、バイクに移っているのである。『完走さえできればよい』と思っていたつもりが、いつの間にか『悔しい』と思うようになっていた。ロードバイクに乗り走り出すと、沿道に観客やボランティアが絶えずおり、声援が飛び交っていた。このような経験は今までになく、体は疲れているものの、何故か居心地よさを感じた。トライアスロンは個人種目ではあるが、沿道の人々と一体となって行うスポーツなのかもしれない。歓声を受けながら1時間10分ほどでバイクを終えた。

最終種目のランを開始した直後,ふくらはぎをつり、すぐさま立ち止まった。ストレッチしたところで、すぐに治るわけはなく、足を引きずりながら再び走り出した。疲労困憊で、『もう二度とトライアスロンなんかやりたくない』と何度も思ったが、あと少しの辛抱と奮起し、気力で走り切った。タイムは、2時間45分であった。ゴールテープを切った瞬間、今までにない達成感を感じた。

6. トライアスロンの魅力

チャレンジした経緯から大会終了まで、一通り紹介 してみた。心も体もしんどいことばかりであったが、 2年経った今でも、筆者はトライアスロンを続けてい る。そんなトライアスロンの魅力について、自身が思 うことをまとめてみた。

①完走した時の達成感

3種目の練習をしなくてはならないため、マラソンなどの単一種目と比較すると、練習配分や場所の確保などが生じ、練習が困難である。それを超えての完走は、何ものにも代え難いものだと思う。

② 3 倍楽しい

スイム,バイク,ランと3種目の面白さ,醍醐味を同時に体感することができる。誰しも得意な種目,不得意な種目が存在するため,そこに戦略が生まれ,奥深さも出てくる。

③スポーツと観光を同時に楽しめる

ショートディスタンスであれば、体への負担も小さく、大会後の観光も可能である。観光もかねて、全国各地の大会にエントリーするトライアスリートもいる。

④健康な体作りができる

例えば、ランニングでも体づくりは当然可能だが、 下半身に集中した内容になりやすい。トライアスロン の場合は、スイムで上半身、バイク・ランで下半身が 主に鍛えられ、全身をバランスよく鍛えることが可能 である。

7. おわりに

新型コロナウイルスの感染拡大に伴う緊急事態宣言が解除された。何事もなく、このまま収束し、トライアスリートたちと再会できる日が来ることを望む。

――おの こういち

(株)竹中工務店 大阪本店 西日本機材センター 計画グループ――

ずいそう

交換留学生からの宝物



岩崎茂雄

建設機械施工の「ずいそう」執筆依頼が来て、なに ぶん文才がないため、なぜ私にきたのか大変驚いてお ります。しかし、お断りもできないため経験談を紹介 させていただきます。

平成12年、オランダの交換留学生をお預かりすることになり、家中だれも英語が話せないのに大丈夫かと心配しましたが、我が家が望ましいと勧められ、悪戦苦闘の4か月を迎えることになりました。

電子辞書を片手に身振り手振りで意思の疎通をはかり、日常生活は支障なく過ごせましたが、少しでも日本の文化を知ってもらいたいと、こたつに入って日本の生活を日本語で必死に説明したことを覚えています。交換留学生は、大変まじめで積極的であり「学校での生活」、「書道教室」、「太鼓教室」など日本人とのコミュニケーションが人一倍多かったせいか、もともと才女であったことも功を奏し、4か月の間に日本語で日常会話ができるようになりました。

日本語は世界で一番難しい言語と思い込んでいましたが、短期間での上達ぶりに驚き、毎日少しずつの会話の繰り返しが上達の要因と自分なりに分析してみました。

我が社は除雪装置の製造を行っている企業となりますが、当時は除雪トラック業界もグローバル化が進み、海外の情報収集が盛んに行われる年代でありました。 一方、語学ができないと海外に行くのはツアーに限られ、好きな所へ行くなど考えてもみませんでした。



写真一 1 国際冬期道路会議屋外展示場

しかしながら、交換留学生の語学上達を目の当たりにして、もしかして自分も英会話スクールへ行けば何とかなるのではないかと思うようになり、石の上にも3年、50歳までなら上達も可能かもと47歳の時、趣味の英会話を始めました。

英会話スクールの触れ込みを信じ、「あるレベルまで上達したら一人で海外旅行ができる」との思いから、 平成18年にイタリアのトリノで開催された国際冬期 道路会議の視察を強行しました。

初めての海外一人旅, 英会話スクールで学んだフレーズが緊張のあまりスムーズに出てきません。しかしながら, 展示会で日本とはあまりにも異なる除雪機械を見て興味を抱き, 拙い片言の英語で話しかけると, その企業の担当者が社長を連れてきて, 構造説明や装置目的等を聞くことができました。語学力が伴わなかったためすべてを理解できなかったものの, 良い思い出になりました。

除雪機械の海外視察でせっかくヨーロッパへ行った のですから、後にかの交換留学生が住むオランダのデ ルフトの街を訪ねたのは言うまでもありません。

平成26年に60歳になった記念に夫婦でオランダへ旅行しました。私は「花に囲まれた落ち着いた色調の街並み」、「縦横無尽に走る運河」、「日本人好みのこじんまりとした家々」が好きなことから、交換留学生に世界遺産のキンデルダイクの風車を案内してほしいとあらかじめ頼んで出発しました。

オランダのスキポール空港で待ち合わせをしてデルフトへ移動しましたが、会ってすぐに彼女のおばさまがお亡くなりになり、葬儀に参列するためキンデルダイクへは同行できないと告げられました。しかし、「詳しい道のりメモがあれば自分で行けるよ」との事でした。

その夜は、彼女の家で旦那様と子供と一緒に夕食を ごちそうになり、ホテルへ戻りました。

翌朝, ホテルからタクシーでデルフト駅へ行き, 言われた電車に乗りました。

電車が間違っていないか不安があるため、向かいに 座っていた初老のご婦人に目的の駅に止まるかどうか 聞いたところ、「この電車は急行でその駅には止まり ません。次の普通列車に乗り換えなさい。」と教えてもらいました。

何とか目的の駅に着きましたがバスの乗り換えが必要となります。1時間程のバスの旅,あらかじめ運転手に降りるバス停を告げて難なく目的地に到着することができました。

キンデルダイクの風車は、現在も多くが稼働しており、風車の中は博物館になっています。施設は構造や昔の生活をうかがうことができ、運河を行く遊覧船からの景色は絶妙でまさにオランダでした。

ところが、帰りのバスでまたまたハプニング勃発です。よく似た景色に惑わされ間違って途中で下車してしまいました。バス停で待っていた初老のご婦人に事情を説明したところ、私が行こうとしている駅だから、バスが来たら一緒に乗ればよいと教えていただき、駅まで何とかたどりつくことができました。驚いたことに、バスの運転手に事情を話したところ、それなら運賃はいらないと寛大な対応をしていただきました。交換留学生の思わぬ葬儀参列で、想定外の貴重な体験をすることができました。

デルフトからの帰りはホテルから駅まで電車に乗り ましたが、車掌さんの計らいで一駅だから運賃はいら



写真-2 キンデルダイクの風車網

ないとサービスしてくれました。オランダは大変おおらかな国だなと、几帳面な日本の生活との違いを改めて感じました。短期間で多くの観光地を訪れるパッケージツアーも楽しいですが、ハプニングの連続の個人旅行も結構楽しい思い出ができます。

元をたどれば、交換留学生の日本語上達への驚き、 今となっては宝物です。

――いわさき しげお 岩崎工業㈱ 代表取締役――



新工法紹介 機関誌編集委員会

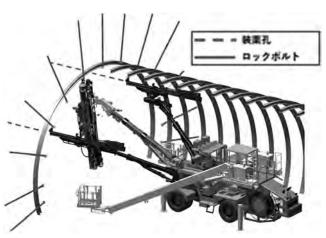
04-413 多機能機械「ロックボルタ」 フジタ 古河ロックドリル

▶ 概 要

山岳トンネルの切羽作業は、①発破(装薬孔穿孔、装薬、発破)、②ズリだし、③支保工(鋼製支保工建て込み、吹付けコンクリート,ロックボルト打設)の繰り返しが基本作業となり、これらの作業の中でロックボルト打設と次工程の装薬孔穿孔が、同一施工機械のドリルジャンボを使用した連続作業となる。しかし、この2つの作業は施工位置が異なる事から作業毎に施工機械の盛替えが必要となっていた。

また、一般的にロックボルト打設は、ロックボルト挿入孔穿孔をドリルジャンボによる機械作業で行い、定着モルタル充填やロックボルト挿入は切羽近くでの人力作業となっており安全性の課題であった。そこで、施工機械であるドリルジャンボの3ブームを有効活用し、これらの作業の効率化を図るために、ロックボルト打設と装薬孔穿孔を最適位置から同時に行える多機能機械の開発をした。

多機能機械は、3ブームドリルジャンボのセンターブームにロックボルト打設を遠隔にて打設可能な「ロックボルタ」を装着することで、切羽近傍の作業では、掘削面から岩石が落下して作業者を傷付けるリスクがあったロックボルト打設作業を遠隔化し、ロックボルト打設時の人による作業を回避することが可能となった。また、次工程の装薬孔穿孔とロックボルト挿入孔穿孔を施工機械の盛替えをすることなく作業可能にする事で、段取り替えの時間や併行作業による作業時間の短縮を実現した。これにより、切羽作業時の安全性向上と生産性向上を実現した(写真—1参照)。

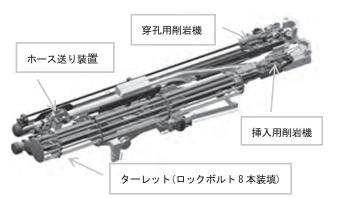


写真一1 施工イメージ

▶特 徵

本機械は、ドリルジャンボを多機能化することで山岳トンネルでの切羽作業の安全性と生産性の向上を目指すために開発された機械であり、多機能機械「ロックボルタ」の特徴を以下に示す。

- ・ロックボルタの収納マガジン(ターレット)にロックボルト を最大8本装填し、遠隔でロックボルト打設を可能とする多 機能機械(写真-2参照)。
- ・穿孔, モルタル充填, ロックボルト挿入の一連動作を作業員 が切羽に入ることなく施工が可能になり, 安全性が向上。
- ・3 ブームドリルジャンボの左右ブームを使用し、次工程の発 破孔の同時削孔が可能になり、生産性が向上(**写真**—3 参照)。



写真一2 ロックボルタ俯瞰図



写真一3 施工状況

▶ 用 途

・山岳トンネル工事 ロックボルト打設工,装薬孔穿孔工

▶ 実 績

・国道17号(仮称)新三国トンネル

▶問合せ先

(株)フジタ 土木本部土木エンジニアリングセンター 機械部 〒 151-8570 東京都渋谷区千駄ヶ谷 4-25-2 修養団ビル TEL: 03-3796-2278 04-414 上下自在連続ベルトコンベア フジタ タグチ工業

▶ 概 要

長大トンネルにおける掘削ずりの坑外搬出は、トンネル施工 延長の増加に伴いダンプトラックや重ダンプ等のダンプ方式から、切羽から坑外まで連続したベルトコンベア(以下、連続ベルコン)で搬出する連続ベルコン方式が採用されている。

連続ベルコン方式の特徴は、ダンプ方式と異なり施工延長に よるダンプ運転人員の増員がなく、切羽施工を当初から同じ人 数で施工可能であり、切羽作業員の省人化を実現出来る。

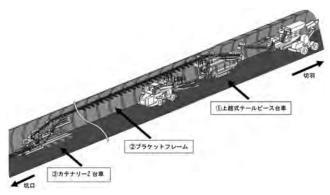
また、後続作業(インバート工、防水工及び覆工コンクリート工等)箇所でのずり出し車両の通過が減少し、安全性が確保され、作業環境面でも排気ガス抑制等メリットは大きい。

本システムは、新幹線トンネル工事において連続ベルコン設備を設置するにあたり問題となっていた切羽掘削作業区間での駐機スペースの確保や重機・車両の離合の課題を解決する「上越式テールピース台車」「ブラケットフレーム」「カテナリー Z台車」、覆工作業区間における覆工設備移動時の連続ベルコンの解体・組立作業を無くした「テレスコピックセントルのベルコン下通過方法」、覆工コンクリート打設時の車両離合を可能にした「連続ベルコン通過型スライディングステージ」など、掘削作業区間と覆工作業区間に個々に対応可能な当社独自の「上下自在連続ベルコンシステム」である(図一1,2参照)。

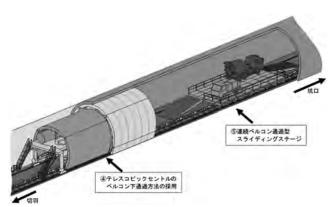
▶特 徴

- ①上越式テールピース台車
- ・ベルコンラインを上越し位置に変更。
- ・クラッシャー台車間に乗継用傾斜ベルコンを採用。
- ・ベルコン下部にカーゴスペースを確保。
- ②ブラケットフレーム
- ・ブラケットと中間部材を一体化にした構造。
- ・連続ベルコン設置後でもフレームの追加設置が可能。
- ③カテナリー Z 台車
- ・搬送ベルトの高さを短距離で変更可能。
- ・機長が64m必要なところ17mに短縮。
- ④テレスコピックセントルのベルコン下通過方法の採用 連続ベルコンを下置きにすることで,
- ・セントル移動時、中間部材組立・解体作業が不要。
- ・ベルコン稼働中に、セントル移動・セット作業が可能。

- ⑤連続ベルコン通過型スライディングステージ
- ・坑内通行車両の離合場所を確保。
- ・他作業の影響がなく覆工コンクリート打設が可能。
- ・移動可能なスライディングステージ。



図―1 システム構成図(切羽作業区間~インバート施工区間)



図一2 システム構成図(覆工区間)

▶ 用 途

・中断面のトンネル工事

▶ 実 績

・北海道新幹線, 野田追トンネル(北)他

▶問合せ先

(株)フジタ 土木本部土木エンジニアリングセンター 機械部 〒 151-8570

東京都渋谷区千駄ヶ谷 4-25-2 修養団 SYD ビル

TEL: 03-3796-2278

斯工法紹介

SMC-Tunneling シリーズ 自動 de 覆工 三井住友建設

▶ 概 要

通常の山岳トンネルにおける覆エコンクリートの施工では、セントル (移動式型枠) に設けられた打設窓より下方から上方、そして天端へと順に打設し、打設高さの確認やコンクリート圧送配管の切り替え作業は人力によって行われている。

これらの一連の作業を自動化し、経験不足の技術者・技能者でも施工可能な打設システム、SMC-Tunnelingシリーズ「自動 de 覆工」を開発した(図—1)。

本システムは、セントルのスキンプレートに設置したセンサによりコンクリート打設高さを検知し、あらかじめシミュレーションした最適な打込み位置に自動で配管を切り替えることができる覆工コンクリート打設システムである。

覆工コンクリートの打設状況(打設高さ,圧送速度)はリアルタイムにタブレットで確認でき,圧送位置の変更や異常時の圧送停止等の指示をタブレット上で行うことができるため,施工状況の一元管理による省力化と高品質化が可能となる。

現在, 当社で施工中の山岳トンネル工事の覆工コンクリート 施工において, 本システムを採用し, その有効性を確認した。

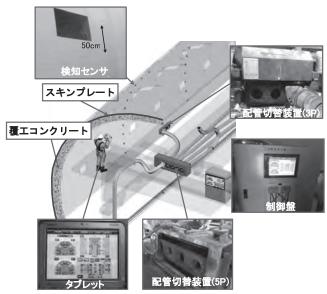


図-1 自動 de 覆工概要図

▶特 徵

①高さ検知センサ

高さ50cm 間隔でセントルのスキンプレート表面に設置したセンサにより、リアルタイムにコンクリートの打設高さを検知し、各打設位置での打設状況をタブレットに表示するとともに、制御盤に情報を送信する。

②自動配管切替装置

高さ検知センサから送信された打設高さや打設位置情報は、 制御盤を経由して配管切替装置に伝達され、所定の位置に自動 で配管が切り替わる。

③タブレットによるシステム管理

覆工コンクリートの打設位置毎の情報(打設高さ,圧送速度) はリアルタイムにタブレットに表示され、圧送位置の変更や異 常時の圧送停止等の指示をタブレット上で行う。

▶ 効果

①作業人員の削減

通常の覆工コンクリート打設作業では、打設の位置と高さに応じて配管切り替えを人力で行う必要があるが、本システムでは、センサと配管切替装置の組み合わせで切り替え作業を動化することにより作業員1名を削減できる(通常6名で作業)。

②作業時間の削減

通常の覆工コンクリート打設作業では、所定の高さまでコンクリートを打設後、人力で配管の切り替えと清掃作業を行うため、その都度コンクリート打設作業を中断する必要があるが、本システムではあらかじめ設定した位置に配管が自動で切り替わる。これにより、打設が完了した配管の清掃作業と次の打設作業を並行して行うことができるため、作業時間を約1時間短縮できる(通常の作業時間は7時間程度)。

▶ 用 途

・山岳トンネル工事における覆工コンクリート打設

▶ 実 績

・国道 118 号 (仮称)田代トンネル工事 トンネル延長:678 m. 内空断面積(代表値): 73.6 m²

▶問合せ先

三井住友建設(株) 広報室

〒104-0051 東京都中央区佃二丁目1番6号

TEL: 03-4582-3015

新機種紹介 機関誌編集委員会

▶ 〈07〉せん孔機械およびブレーカ

古河ロックドリル 大型油圧クローラドリル HCR1800-ED II ** 19.12 発売 新機種

岩石を破砕する砕石現場や大型土木工事で主に使用されている油圧クローラドリルである。従来のHCRシリーズの最大ロッドサイズはT51、最大せん孔径はΦ127 mm としていたが、本機種は、大径ロッドT60クラス対応の油圧ドリフタHD836によりシリーズ最大となるせん孔径Φ152 mm とし、より大きいビットおよびロッドにより、高い直進性、スピーディーなせん孔を可能としている。またパワーユニット(エンジン、油圧ポンプ、コンプレッサ)は下位機種と同一のものを搭載しダウンサイジングを図っている。また、オフロード法2014年基準適合クリーンエンジンとともに、メンテナンスコストの低減を図り、最先端の低燃費化技術「スーパーエコ

表-1 HCR1800-ED II の主な仕様

	35— I	HCK1000-ED II の主な仕様
質量	(kg)	19,830
油圧ドリフタ	7	HD836
エンジン		キャタピラー C9.3(Tier4Final StageW)
定格出力	(kW/min ⁻¹)	261 kW/2,200 min ⁻¹
コンプレッサ	÷	北越工業 PDSF290
吐出空気量	(m^3/MPa)	$13.5 \mathrm{m}^3 - 1.03 \mathrm{MPa}$
ロッドチェン	ノジャ	14 ft ST58, GT60 7(本格納) + 1(スタータロッド) GT60Tube 6(本格納) + 1(スタータロッド)
せん孔径	(mm)	$Φ$ 102 \sim 140 (ST58, GT60) $Φ$ 102 \sim 152 (GT60Tube)
価格	(百万円)	96



写真― 1 古河ロックドリル HCR1800-ED II 大型油圧クローラドリル

ノミーモード PLUS」により、岩質に応じて適正なエンジン回転速度を選択し、燃料消費量の低減を図っている。

問合せ先:古河ロックドリル㈱ 営業企画部 〒103-0027 東京都中央区日本橋一丁目5番3号 日本橋西川ビル8F

▶〈08〉トンネル掘削機および設備機械

20-〈08〉-01	熊谷組	サンライズビット	'17.11 プレス発表
------------	-----	----------	-----------------

シールド機のカッタービットの交換作業における安全の確保と、 工程の短縮を目的とした、機械式ビット交換技術である。

シールド機のスポーク内に複数のカッタービットを有する回転体を装備しておき、油圧ジャッキで回転させることによりカッタービットの交換を行う。カッタービットの交換が必要とされる回数に応じて、強化型シェルビットを最大8個まで装備することが可能である。

回転は油圧ジャッキを用いて交換箇所に作業員が入ることなく、 遠隔操作で交換作業を行うことができる為、作業員がシールド機の カッター前面に出る従来の作業方式に比べて、事故の危険がなく、 交換時間も短縮出来る。また、地盤改良が出来ない場合や高水圧下 など、人が立ち入れない環境での交換も可能であること、さらにシー ルド機発進時の仮壁の直接切削や、支障物切削時の専用ビットと使 い分けることも可能であるなどのメリットがあるという。

適用としては、①長距離掘進、②土砂地盤から岩盤までの複合地盤、③巨礫地盤など、カッタービットの摩耗が激しい地盤、④大深度や高水圧など、地盤改良が困難な条件が対象である。

※サンライズビットは(㈱熊谷組と JIM テクノロジー(㈱の共同開発 技術である。

問合せ先: ㈱熊谷組 土木事業本部 シールド技術部 〒162-8557 東京都新宿区津久戸町 2-1



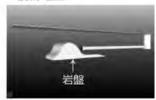
図-1 サンライズビット

| 新機種紹介

①延長10km 程度の超長距 離掘進



②土砂地盤から岩盤までの 複合地盤



③巨礫地盤など、カッター ビットの摩耗が激しい地盤



④大深度や高水圧など、地盤改良が困難な条件



図-2 サンライズビットの適用対象

▶〈09〉骨材生産機械

20-(09)-01

アーステクニカ インペラーブレーカ REXE(レグゼ)インペラー R RXB1010R, 1310R, 1315R

'19.10 発売 新機種

コンクリートやアスファルトに使用する骨材を製造する過程において、原料となる山や河川から採取した原石を 20 mm 程度の粒度に破砕したり、破砕処理で生産された骨材の角を丸め骨材製品を高品位化するための破砕機(インペラーブレーカ)である。

打撃板形状の改良により破砕能力を向上させながら、メンテナンス性を大幅に向上させることでランニングコストも低減可能とし、従来機と比較し約30%の生産性向上を図っている。

(1) 破砕能力

機械中心部に設けた、打撃板を備えたロータを両方向に回転する 構造により、片回転型インペラーブレーカに比べ打撃板を効率的に 使用し、業界トップクラスの粒形の生産を実現している。

また衝突板を整粒型と破砕型から選択できるようにしたことで、 目的に応じた製品生産が可能である。

表-2 REXE インペラーRの主な仕様

型式		RXB1010R	RXB1310R	RXB1315R
ロータ径	(mm)	1000	1300	1300
ロータ幅	(mm)	1000	1000	1500
電動機出力	(kW)	55 ~ 90	75 ~ 130	110 ~ 190
ロータ周速	(m/s)		21 ~ 36	
破砕能力	(t/h)	75 ~ 98	130 ~ 175	195 ~ 265
標準価格	(百万円)	25	29	36

- (注)(1)整粒型の適用周速は、30 m/s 以下。
 - (2) 破砕能力は、供給物の性状、粒度や運転条件により変動する。

(2) メンテナンス性の向上

打撃板の重量は、概ね100kg有り、打撃板の反転・交換作業負荷が従来機の課題であった。REXEインペラーRでは、打撃板の取付構造を新たに開発(特許出願中)。「打撃板のメンテナンスをロータ上部から行える仕様に改良」および「大型点検扉・専用ジブクレーンの採用」により大幅な省力化を達成し、製造ラインの停止時間の短縮や、プラント操業における生産性向上を図っている。

①打撃板作業を本体上部から行える仕様に改良

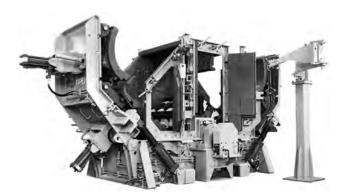
従来は機械側面から行っていた打撃板の反転・交換作業を,ロータ上部から行える仕様に改良したことにより,作業性が大幅に 改善された。

②大型点検扉・専用ジブクレーンの採用

本体側面に設けた点検扉の構造の見直しと大型化を図り、自社 従来機比約 6.5 倍の開口面積を確保している。さらに専用設計 したジブクレーンを標準装備することで、重量物である打撃板 の交換を機械器具で作業可能としたことで、ハンドリング性が 向上したほか、スムーズな反転・交換作業が可能になった。



機器運転時



機器メンテナンス時 写真―2 アーステクニカ RXB1310R REXE インペラー R

問合せ先:(株)アーステクニカ 技術部 〒 276-0022 千葉県八千代市上高野 1780 E-mail: ETCL@earthtechnica.co.jp

新機種紹介

▶〈10〉環境保全およびリサイクル機械

20-〈10〉-02	ドレーゲルジャパン 圧縮空気形呼吸用保護具 パスコルト 3700033, 3700034, 3700030	'20.1 発売 新機種
------------	--	-----------------

短時間用の自給式空気呼吸器で、避難・救助・閉鎖空間での活動 を想定している呼吸用保護具である。

また、複合式エアラインマスク(送気マスクと携帯用空気ボンベの組合せ)としても使用可能な保護具となっている。複合式エアラインマスクとは、通常の状態ではエアラインマスクとして使用し、万一、空気給気が途絶したような緊急時または作業の状況に応じて、携行した高圧空気ボンベから給気を受け、空気呼吸器として使用できる構造になっている。

いずれのタイプも, 圧縮空気を用いているため, 酸欠の可能性・あるいは有害物質の種類や濃度が特定できない環境の状況でも使用できる。また, 避難用空気ボンベを腰に装着するタイプのため, 装着が容易で, 狭い場所での活動性にも適している。

このパスコルトは、消防分野へ空気呼吸器の供給実績で知られているドイツの安全保護具メーカー、ドレーゲルが開発した製品である。

プレッシャデマンド形の全面形面体を採用し、エアライン給気の 圧力低下・携行避難用空気ボンベの圧力低下の警報機能を備えエア ラインマスクから空気ボンベへの給気切替を手動で行うタイプと自 動で行うタイプがある。

表一3 パスコルトの主な仕様

品名	パスコルト	パスコルト	パスコルト
	避難用保護具	複合式エアラ	複合式エアラ
		イン	イン
		手動切替式	給気自動切換 式
品番	3700033	3700034	3700030
適合規格	JIS 8155	JIS 8155 / JIS 8153	JIS 8155 / JIS 8153
高圧容器 ¹⁾ 公称使用可 能時間 (分)	10	10	10
高圧容器圧力 (MPa)	20	20	20
減圧器 2 次側圧力 (MPa)	0.7	0.7	0.7
高圧警報作動圧力 (MPa)	10 ~ 11	10 ~ 11	10 ~ 11
エアライン給気圧力 (MPa)	_	0.6 ~ 1.0	0.6 ~ 1.0
エアライン圧力警報作動 圧力 (MPa)	_	0.4 ~ 0.5	0.35 ~ 0.55
警報音量 (dBA)	> 90	> 90	> 90
重量 (kg)	2	2.4	3.0

1) 高圧容器公称使用可能時間は、呼吸速度 毎分40リットルで避難用ボンベを消費したと想定して計算している。実際の避難時間は避難時の身体条件により異なる。



写真一3 パスコルト

問合せ先:ドレーゲルジャパン セイフティー事業部 マーケティング部

〒 141-0021 東京都品川区上大崎 2-13-17 目黒東急ビル 4F Tel 03-6447-7171, Fax 03-6447-7170

統 計 機関誌編集委員会

主要建設資材価格の動向

1. はじめに

最近の建設資材価格の動向について、一般財団法人経済調査会発 行の「月刊積算資料」で発表している実勢価格調査の結果を用いて 考察した。

表一1は、主要建設資材28品目の直近6カ月間の東京地区の価格推移である。4月価格を11月価格と比較すると、28品目のうち13品目に変動がみられた。特に石油製品の下落幅が大きいのが目立つ。

2. 主要建設資材価格の動向

この主要 28 品目の中から、特に重要と思われる 10 品目について 一般財団法人経済調査会調査部門による 2020 年 4 月調査時点の東京地区の市況判断は以下の通りとなる。

(1) H 形鋼

需要の端境期で引き合いが低迷する中、新型コロナウイルスの感 染拡大に伴い荷動きはさらに精彩を欠いている。需要の停滞が鮮明

表—1 主要建設資材価格推移(東京地区)

〔価格=東京:円〕〔消費税抜き〕

A 重簡				2019	9年		2020	0 年		変動額(円)
A 重簡	資 材 名	規格	単位		12月	1月	2月	3月	4月	
ガソリン (石油諸秘込) レギュラー スタンド L 132 133 136 135 132 122 -10 軽油 (石油諸稅込) ローリー kL 94.500 97.000 100.000 98.500 90.500 72.500 -22.000 異彩棒鋼 SD295A・D16 kg 68 68 68 68 66 65 -3 H 彩鋼 (構造用細隔) 200 × 100 × 55 × 8 mm (SS400) kg 83 83 83 83 81 79 77 -6 H 彩鋼 (構造用細隔) 200 × 100 × 15 mm (SS400) kg 83 83 83 83 81 79 77 -6 H 彩鋼 (構造用細隔) 200 × 300 × 10 × 15 mm (SS400) kg 86	灯油	民生用 スタンド 18%活缶	缶	1,584	1,584	1,584	1,602	1,584	1,494	- 90
軽油 (石油諸税込) ローリー kl 94,500 97,000 100,000 98,500 90,500 72,500 -22,000 異形棒鋼 SD295A・D16 kg 68 68 68 68 66 65 -3 日形鋼(構造用細層) 200 × 100 × 55 × 8 mm (SS400) kg 83 83 83 81 79 77 -6 日形鋼(構造用紙層) 300 × 300 × 10 × 15 mm (SS400) kg 83 83 83 81 79 77 -6 日形鋼(構造用水園) 300 × 300 × 10 × 15 mm (SS400) kg 83 83 83 81 79 77 -6 普通鋼板(厚板) 無規格 16 ~ 25 914 × 1829 mm kg 86 86 86 86 86 86 86 86 86 86 86 86 90 10,000 10,000 10,000 10,000 10,000 10,000 10,000 10,000 10,000 10,000 10,000 10,000 10,000 10,000 10,000 10,000 10,000 10,000	A 重油	(一般) ローリー	kL	61,500	64,000	67,000	65,500	57,500	39,500	- 22,000
異形棒鋼 SD295A・D16 kg 68 68 68 68 66 65 -3 H 形鋼 (構造用細幅) 200×100×5.5×8 mm (SS400) kg 83 83 83 81 79 77 -6 H 形鋼 (構造用紙幅) 300×300×10×15 mm (SS400) kg 83 83 83 83 81 79 77 -6 普通鋼板 (厚板) 無規格 16~25 914×1829 mm kg 86 86 86 86 86 86 86 86 86 86 86 86 86	ガソリン (石油諸税込)	レギュラー スタンド	L	132	133	136	135	132	122	-10
日形鋼(構造用細幅) 200×100×55×8 mm(SS400) kg 83 83 83 81 79 77 -66 日形鋼(構造用広幅) 300×300×10×15 mm(SS400) kg 83 83 83 81 79 77 -66 普通鋼板(厚板) 無規格 16~25 914×1829 mm kg 86 86 86 86 86 86 86 86 86 86 86 86 86	軽油 (石油諸税込)	ローリー	kL	94,500	97,000	100,000	98,500	90,500	72,500	- 22,000
H 形鋼(構造用広幅) 300 × 300 × 10 × 15 mm(SS400) kg 8 83 83 83 83 81 79 77 -6 6 普通鋼板(厚板) 無規格 16 ~ 25 914 × 1829 mm kg 86 86 86 86 86 86 86 86 86 0 0 で メント 普通ボルトランド バラ t 10,800 10,800 10,800 10,800 10,800 10,800 10,800 10,800 0 つ ンクリート用砕石 20 ~ 5 mm(東京 17 区) m² 4,850 4,8	異形棒鋼	SD295A · D16	kg	68	68	68	68	66	65	-3
普通鋼板 (厚板) 無規格 16~25 914×1829 mm kg 86	H 形鋼(構造用細幅)	200 × 100 × 5.5 × 8 mm (SS400)	kg	83	83	83	81	79	77	-6
セメント 普通ボルトランド バラ t 10,800 10,800 10,800 10,800 10,800 10,800 0 コンクリート用砕石 20~5 mm (東京17区) m² 4,350<	H 形鋼(構造用広幅)	$300 \times 300 \times 10 \times 15 \text{mm} (SS400)$	kg	83	83	83	81	79	77	-6
コンクリート用辞石 20~5 mm (東京17区) m³ 4,350 4,350 4,350 4,350 4,350 4,350 0 砂 細目洗い (東京17区) m³ 4,850	普通鋼板 (厚板)	無規格 16 ~ 25 914 × 1829 mm	kg	86	86	86	86	86	86	0
砂 細目洗い (東京17区) m³ 4.850 4.850 4.850 4.850 4.850 4.850 0 クラッシャラン 40 ~ 0 mm (東京17区) m³ 4.350 4.350 4.350 4.350 4.350 4.350 0 再生クラッシャラン 40 ~ 0 mm (東京17区) m³ 1.200<	セメント	普通ポルトランド バラ	t	10,800	10,800	10,800	10,800	10,800	10,800	0
クラッシャラン 40~0 mm (東京17区) m³ 4,350 1,200 <td>コンクリート用砕石</td> <td>20 ~ 5 mm(東京 17 区)</td> <td>m³</td> <td>4,350</td> <td>4,350</td> <td>4,350</td> <td>4,350</td> <td>4,350</td> <td>4,350</td> <td>0</td>	コンクリート用砕石	20 ~ 5 mm(東京 17 区)	m ³	4,350	4,350	4,350	4,350	4,350	4,350	0
再生クラッシャラン 40~0 mm(東京17 区) m³ 1,200 1,200 1,200 1,200 1,200 1,200 0	砂	細目洗い(東京 17 区)	m ³	4,850	4,850	4,850	4,850	4,850	4,850	0
生コンクリート 強度 21 スランブ 18 cm 20(25) mm (東京 17 区) m³ 14,300 14,300 14,300 14,300 14,300 14,300 14,300 0 アスファルト混合物 密粒度 13 mm (東京都区内) t 9,500 9,500 9,500 9,200 9,200 9,200 -300 再生加熱アスファルト混合物 再生密粒度 13 mm (東京都区内) t 8,500 8,500 8,500 8,200 8,200 8,200 -300 ストレートアスファルト 針入度 60~80 t 75,000 75,000 75,000 75,000 75,000 74,000 74,000 74,000 -1,000 PHC パイル A 種 350 mm × 60 mm × 10 m 本 29,600 <	クラッシャラン	40~0 mm(東京 17 区)	m ³	4,350	4,350	4,350	4,350	4,350	4,350	0
### 14,300	再生クラッシャラン	40~0 mm(東京 17 区)	m ³	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	0
再生加熱アスファルト混合物 再生密粒度 13 mm(東京都区内)	生コンクリート		m ³	14,300	14,300	14,300	14,300	14,300	14,300	0
ストレートアスファルト 針入度 60 ~ 80 t 75,000 75,000 75,000 74,000 74,000 74,000 -1,000 PHC パイル A種 350 mm × 60 mm × 10 m 本 29,600	アスファルト混合物	密粒度 13 mm(東京都区内)	t	9,500	9,500	9,500	9,200	9,200	9,200	- 300
PHC パイル A種 350 mm × 60 mm × 10 m 本 29,600 <	再生加熱アスファルト混合物	再生密粒度 13 mm(東京都区内)	t	8,500	8,500	8,500	8,200	8,200	8,200	- 300
ヒューム管 外圧管 1種B形 呼び径 300 mm 本 9,790 9,600 9,790 9,600 60,000 </td <td>ストレートアスファルト</td> <td>針入度 60 ~ 80</td> <td>t</td> <td>75,000</td> <td>75,000</td> <td>75,000</td> <td>75,000</td> <td>74,000</td> <td>74,000</td> <td>-1,000</td>	ストレートアスファルト	針入度 60 ~ 80	t	75,000	75,000	75,000	75,000	74,000	74,000	-1,000
鉄筋コンクリート U 形 300B 300 × 300 × 600 mm 個 1,410 1,410 1,410 1,410 1,410 1,410 0 コンクリート積みプロック 250 × 400 × 350 mm 個 580 580 580 620 620 620 40 杉正角 (KD) 3 m × 10.5 × 10.5 cm 特 1 等 m³ 60,000 60,000 60,000 60,000 60,000 60,000 60,000 0 0 米ツガ正角 (KD) 3 m × 10.5 × 10.5 cm 特 1 等 m³ 61,000 61,000 61,000 61,000 61,000 61,000 0 コンクリート型枠用合板 12 × 900 × 1800 mm 枚 1,280 1,280 1,280 1,280 1,280 1,280 0 電線 CV 600 V ビニル 3 心 38 mm² m 1,010 1,010 1,010 1,010 975 939 -71 鉄屑 H2 t 13,000 14500 15500 12,500 10,500 10,500 -2,500 ガス管 白管ねじなし 25A 本 1,840 1840 1840 1,840 1,840 1,840 0	PHC パイル A 種	350 mm × 60 mm × 10 m	本	29,600	29,600	29,600	29,600	29,600	29,600	0
コンクリート積みブロック 250 × 400 × 350 mm	ヒューム管	外圧管 1 種 B 形 呼び径 300 mm	本	9,790	9,790	9,790	9,790	9,790	9,790	0
杉正角 (KD) 3 m × 10.5 × 10.5 cm 特 1 等 m³ 60.000 60.000 60.000 60.000 60.000 60.000 0 米ツガ正角 (KD) 3 m × 10.5 × 10.5 cm 特 1 等 m³ 61.000 61.000 61.000 61.000 61.000 61.000 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	鉄筋コンクリートU形	300B 300 × 300 × 600 mm	個	1,410	1,410	1,410	1,410	1,410	1,410	0
************************************	コンクリート積みブロック	250 × 400 × 350 mm	個	580	580	580	620	620	620	40
コンクリート型枠用合板 12 × 900 × 1800 mm 枚 1,280 1,280 1,280 1,280 1,280 1,280 0 電線 CV 600 V ビニル 3 心 38 mm² m 1,010 1,010 1,010 1,010 975 939 -71 鉄屑 H2 t 13,000 14500 15500 12,500 10,500 10,500 -2,500 ガス管 白管ねじなし 25A 本 1,840 1840 1,840 1,840 1,840 1,840 0	杉正角(KD)	3 m × 10.5 × 10.5 cm 特 1 等	m ³	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	0
電線 CV 600 V ビニル 3 心 38 mm² m 1,010 1,010 1,010 1,010 975 939 -71 鉄屑 H2 t 13,000 14500 15500 12,500 10,500 10,500 -2,500 ガス管 白管ねじなし 25A 本 1,840 1840 1840 1,840 1,840 0	米ツガ正角 (KD)	3 m × 10.5 × 10.5 cm 特 1 等	m ³	61,000	61,000	61,000	61,000	61,000	61,000	0
鉄屑 H2 t 13,000 14500 15500 12,500 10,500 10,500 -2,500 ガス管 白管ねじなし 25A 本 1,840 1840 1840 1,840 1,840 1,840 0	コンクリート型枠用合板	12 × 900 × 1800 mm	枚	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280	0
ガス管 白管ねじなし 25A 本 1,840 1840 1,840 1,840 0	電線 CV	600 V ビニル 3 心 38 mm ²	m	1,010	1,010	1,010	1,010	975	939	-71
	鉄屑	H2	t	13,000	14500	15500	12,500	10,500	10,500	-2,500
塩ビ管 一般管 VP 50 mm 本 1,230 1230 1230 1,230 1,230 0	ガス管	白管ねじなし 25A	本	1,840	1840	1840	1,840	1,840	1,840	0
	塩ビ管	一般管 VP 50 mm	本	1,230	1230	1230	1,230	1,230	1,230	0

(出典)(一財)経済調査会「月刊積算資料」

(注)毎月10日までに得られた調査結果。

となったことから、大手電炉メーカーが値下げを発表した。これを受けて、流通各社が在庫を圧縮するため価格の引き下げに動いたことから、販売競争が激化し、価格は、 200×100 で前月比2,000円下落の1当たり17万1,000円(東京②)どころと13カ月連続で下押した。

需要環境が好転しない中、需要者の値下げ要求は一段と強まり、 流通側も受け入れる場面が増加するとの見方から、相場の下落基調 が当面続くもよう。先行き、弱含みで推移する公算が大きい。

(2) 異形棒鋼

新年度入り後も着工物件が少なく、取引は小口当用買いが中心。 荷動きに精彩を欠いているため、メーカー各社は出荷量の減少を輸 出で補う一方で、生産調整を実施している。

価格は、SD295A・D16 で t 当たり 6 万 5,000 円 (東京②) どころと前月比 1,000 円の続落。需要低迷に加えて、新型コロナウイルスの感染拡大により、引き合いが停滞している影響で、販売側の売り腰が軟化した。

需要動向が不安視される中、需要者側はこれまでの鉄屑価格下落 分を販売価格に反映するよう求めている。これに対して、メーカー 側は採算を重視する姿勢を崩していないものの、足元の需要低迷を 背景に、徐々に安値に応じるとみる向きが多い。先行き、弱含み。

(3) セメント

セメント協会調べによる2月の東京地区セメント販売量は、前年同月比15.6%減の22万1,744t。これは、これまでの高力ボルト等の資材不足による工程遅れや、予定されていた東京オリンピック・パラリンピックの開催を想定して他の工事着工を控えていたことなどが要因。当面、荷動きは低調に推移する見通し。

価格は、普通ポルトランド(バラ)でt当たり1万800円と前月比変わらず。製販側は、働き方改革に伴う輸送・製造両面のコスト上昇分を吸収しきれていないことを理由に、過年度からの値上げ分の満額獲得を目指し売り腰を強める意向を示している。しかし、需要者側はさらなる値上げに対して強く抵抗しており、交渉に応じる姿勢はみられない。先行き、横ばい推移の見通し。

(4) 生コンクリート

東京地区生コン協組調べによる3月の出荷量は、大型物件の工事 進捗が遅れたことや新規工事が少なかったことが重なり20万 3,634 m³と前年同月比30.1%の大幅減少となった。しかし、4月入り後は大型再開発物件等の引き合いが増加しており、先行きは底堅 く推移する見通し。

価格は、建築標準物(21-18-20)で m³ 当たり 14,300 円どころと前月比変わらず。足元の出荷量は減少しているものの、契約残数量が増加していることを背景に、販売側は、4月引き合い分から 1,000 円の値上げ交渉を本格化させたい意向。しかし、需要者は様子見の姿勢を崩しておらず、交渉決着には時間を要する見込み。目先、横ばいで推移しよう。

(5) アスファルト混合物

2019年4~2020年2月期の都内向けアスファルト混合物製造量は、185万3,870 t と前年同期比11.1%増(東京アスファルト合材協会調べ)。羽田空港向けの出荷が堅調に推移したことが要因として挙げられるが、自治体発注工事向けの荷動きは鈍いことから、出荷量の増加は地域によって限定的。

価格は、再生密粒度(13)でt当たり8,200円と前月比変わらず。 年度末にかけて価格競争が顕在化し、2月上旬には下落したものの、 その後は横ばいで推移している。

新年度入り後、端境期から実需を喚起するような物件は乏しく、加えて、原油の大幅下落により主原料であるスト・アス価格の先安 観が強まる中、需要者の指し値は厳しさを増している。

一方, 販売側はこれ以上の価格の引き下げには応じず, 現状価格 維持に注力する姿勢を示している。先行き, 横ばい推移。

(6) 砕石・砂

〔道路用砕石〕

価格は、再生クラッシャラン $40 \sim 0$ mm で m^3 当たり 1,200 円どころと前月比変わらず。都心部における再開発に加え、河川護岸などの工事が活発で、コンクリート塊の発生量も旺盛である。

足元では、羽田空港などの大型舗装工事は一段落しているものの、 隣接県における港湾工事向けに東京地区の製品が供給されており、 荷余り感は見られない。需給の均衡を受けて、供給側は価格引き上 げの意向を持っているが、需要者側は、すぐに需給がひっ迫する状 況にはないとして価格の引き上げには難色を示している。先行き、 権ばいで推移しよう。

(7) ガス管

価格は、白管ねじなし (25A) で本当たり 1,840 円と前月比変わらず。市中在庫は一部規格でタイトな状況もあり、流通各社は、メーカー値上げ分を販売価格に転嫁したい意向。しかし、景気の減速感から、今後の需要は低迷する見通しで、値上げ浸透には時間を要するもよう。先行き、横ばい推移。

(8) コンクリート型枠用合板

足元では新型コロナウイルスの感染拡大への警戒感から荷動きは弱く、市場には様子見ムードが漂っている。販売側では、散発的に安値がみられるが相場の底割れには至っていない。価格は、型枠用合板(無塗装品ラワン・12 × 900 × 1800 mm)で枚当たり 1,280円どころと前月比変わらず。

今後の需要動向に見通しが立たない中,調達を控える動きが広まっているものの,目先,横ばい。

(9) 軽 油

価格は,前月比1万8,000円下落のkL当たり7万2,500円どころ。 運送向け需要が盛り上がりに欠けていることに加え,原油安が続き, 販売会社による価格の引き下げが一段と進んだ。足元の原油相場が

| 統 計

不安定で方向の定まらない展開の中, 販売業者は採算販売に徹する 構え。目先, 横ばいで推移する見通し。

(10) 電線・ケーブル

日本電線工業会が発表した電線受注出荷速報によると,主要部門である電気工事業者・販売業者向けの2月推定出荷量は,約2万5,600 t と前年同月比約7.2%の減少となった。昨年末から荷動きが低迷する中で,需要に明るい材料が乏しいまま年度末を迎えた。

一方、4月初旬の国内電気銅建値は海外銅相場安が続き、t 当たり 58万円と前月初旬比5万円の下落で、直近3カ月は弱い地合いが続いている。主原料である銅価の続落を受け、需要者側からの値下げ要求が強まっており、荷動きに精彩を欠く中、流通側は販売価格の引き下げを余儀なくされている。価格は、CV ケーブル(600V)3 心 38 mm²で m 当たり 939 円と前月比 3.7%の下落。今後の国内電気銅建値の価格推移が注目されるが、目先、横ばいで推移する見通し。

3. 主要資材の都市別価格動向

表-2 は主要 25 品目のうち、価格変動が頻繁に生じやすくさらに地域性の強い資材として 3 品目を抽出して主要 10 都市ごとに 2019 年 4 月時点と 2020 年 4 月時点を比較したものである。

まず, 異形棒鋼については, 原材料である鉄屑価格の下落に加え, 出荷量が落ち込んでいるため全国的に下落した。特に福岡では1年 の間に11円もの大幅な下落となった。

次に生コンクリートであるが、この資材は地区事情に影響される 資材であるため、個別の値動きとなる。10地区のうち6地区が上 昇し、1地区が下落となった。特に大阪ではセメント、骨材など原 材料の値上がり、設備の維持更新などを理由に生コン協同組合は値 上げを実施、3,200円もの上伸となった。また、新潟は安値受注の 排除により、高松は県下4協組の連合会共販体制への移行により、 それぞれ上伸となった。一方、仙台では震災前を下回る需要から価 格競争となり、500円の下落となった。

最後にアスファルト混合物は、全国的に大きな変化はなかったものの、東京地区において需要の減少から販売側の安値競争が顕在化し、この1年で二度の値下がりが起こった。

4. おわりに

図―1の建設資材価格指数(全国:総合)は、2010年4月からの建設資材価格の動きを指数化したグラフである。2012年10月を底に右肩上がりで大幅に上昇、その後2014年4月からは下落の傾向を辿ってきたが、2016年10月に再び上昇に転じている。

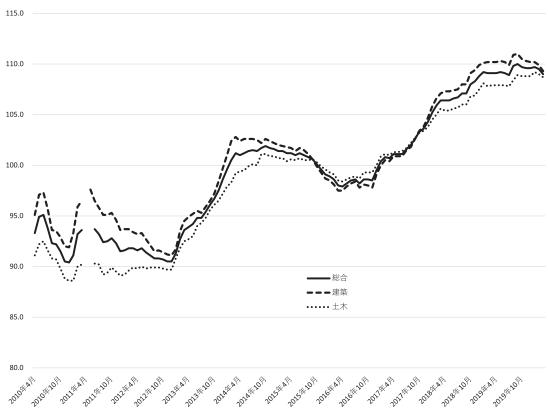
2019年9月をピークに、横ばいから下降線をたどるようになったのはオリンピック需要がひと段落したのが要因と思われる。今後は、新型コロナの影響で物流が円滑に流れなかったり、工事中断が相次いだりと先行きの見えない状況である。価格についても大きな動きが出る可能性があり、注視していかなければならない。

表一2 主要建設資材の価格推移(主要 10 都市)

価格:円(消費税抜き)

											価俗・円	(相質恍抜さ)	
資材	4	異	形 棒 鋼			生コ	ンクリート		アスファルト混合物				
規 札	各	SD2	295A · D16			21-1	.8-20 (25)		再生密粒度 13 (注 3 参照)				
地区	単位	2019 年 4 月調べ	2020 年 4 月調べ	変動額(円)	単位	単位 2019年 2020年 4月 4月			単位	2019 年 4月	2020 年 4月	変動額(円)	
札幌	kg	79.0	76.0	-3	m³	13,300	13,300	0	t	11,100	11,100	0	
仙 台	"	73.0	66.0	-7	"	13,000	13,000 12,500		"	10,100	10,100	0	
東京(注2	() "	72.0	65.0	-7	"	″ 14,000 14,300			"	8,800	8,200	-600	
新 潟	"	72.0	66.0	-6	"	7,800	10,000	2,200	"	11,000	11,000	0	
名古屋	"	70.0	63.0	-7	"	11,300	11,300	0	"	9,200	9,200	0	
大 阪	"	68.0	60.0	-8	"	16,200	19,400	3,200	"	9,100	9,100	0	
広 島	"	69.0	60.0	-9	"	14,950	15,950	1,000	"	9,500	9,500	0	
高 松	"	70.0	63.0	-7	"	12,300	14,800	2,500	"	12,600	12,600	0	
福岡	"	72.0	61.0	-11	"	13,450	0	"	9,500	9,500	0		
那 覇	"	78.0	74.0	-4	"	13,700	14,200	500	"	13,000	13,000	0	

- (出 典)(一財)経済調査会「月刊積算資料」
- (注1) 毎月10日までに得られた調査結果。
- (注 2) 東京の生コンクリートは東京 17 区価格、アスファルト混合物は東京 23 区価格。
- (注3) アスファルト混合物の札幌は密粒度 13F が対象。

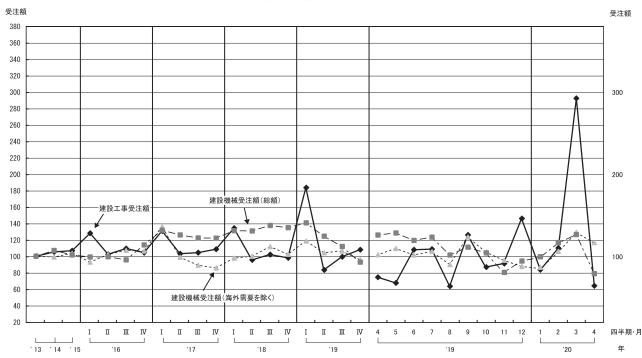


(一財)経済調査会「建築・土木総合指数」より作成。2015年度平均=100とした指数 東日本大震災の影響により、2011年4~5月データの一部に欠損が発生したため、全国のグラフも欠損データとなっている 図―1 建設資材価格指数(全国)

[文責:太田]

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 嫌設工事受注額・建設機械受注額の推移 嫌設工事受注額・機設工事受注動態無計類整大 (指数基準 2013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) (情数基準 2013年平均=100)



建設工事受注動態統計調査(大手50社)

(単位:億円)

			受	注	者 別	IJ		工事和	重 類 別	-la 701/ / I .	
年 月	総計		民 間		官公庁	その他	海外	建築	土木	未消化 工事高	施工高
		計	製造業	非製造業	B Z J	ての他	(毎 クト	建 架			
2013 年	132,378	89,133	14,681	74,453	31,155	4660	7,127	90,614	41,463	129,076	120,941
2014年	139,286	80,477	16,175	64,302	43,103	4822	10,887	86,537	52,748	138,286	125,978
2015 年	141,240	96,068	19,836	76,235	35,633	4993	4,546	95,959	45,281	141,461	141,136
2016年	146,991	99,541	17,618	81,923	38,894	5247	3,309	98,626	48,366	151,269	134,037
2017年	147,828	101,211	20,519	80,690	36,650	5183	4,787	99,312	48,514	165,446	137,220
2018年	142,169	100,716	24,513	76,207	30,632	8561	5,799	95,252	46,914	166,043	141,691
2019 年	156,917	114,317	24,063	90,253	29,957	5319	7,308	109,091	47,829	171,724	150,510
2019年 4月	8,183	6,409	1,394	5,015	1,282	369	124	4,853	3,331	179,654	9,115
5 月	7,410	5,107	1,322	3,785	1,588	375	340	4,951	2,459	177,577	9,975
6 月	11,907	8,683	3,285	5,398	2,583	449	193	8,455	3,453	179,151	13,337
7 月	11,979	8,579	2,677	5,901	1,943	464	994	8,102	3,878	180,203	9,909
8月	6,959	4,537	1,182	3,356	1,797	400	225	4,223	2,737	176,631	11,413
9月	13,899	10,465	2,088	8,377	2,523	556	356	10,217	3,682	174,182	16,096
10 月	9,558	7,314	1,812	5,502	1,674	321	249	6,979	2,579	174,522	9,732
11 月	10,034	6,362	1,537	4,825	1,720	383	1570	6,137	3,897	172,241	11,100
12 月	16,113	11,771	2,266	9,504	2,819	880	623	11,353	4,760	171,724	16,276
2020年 1月	9,201	5,889	859	5,030	2,331	363	617	5,443	3,758	171,126	9,299
2 月	12,135	8,202	1,743	6,459	3,075	423	436	7,563	4,572	171,571	12,006
3 月	32,354	22,796	3,515	19,282	6,807	506	2244	20,538	11,816	179,841	22,488
4 月	7,023	4,434	941	3,493	1,993	542	54	4,437	2,585	_	_

建設機械受注実績

(単位:億円)

年	月	13 年	14 年	15 年	16 年	17 年	18年	19年	19年 4月	5月	6月	7月	8月	9月	10 月	11 月	12 月	20年 1月	2月	3月	4月
総	額	17,152	18,346	17,416	17,478	21,535	22,923	20,151	1,799	1,835	1,705	1,763	1,449	1,586	1,487	1,145	1,344	1,420	1,668	1,808	1,124
海 外	需 要	10,682	11,949	10,712	10,875	14,912	16,267	13,277	1,250	1,245	1,158	1,193	965	920	920	633	873	954	1,097	1,111	629
海外需要	更を除く	6,470	6,397	6,704	6,603	6,623	6,656	6,874	549	590	547	570	484	666	567	512	471	466	571	697	495

(注) 2013 ~ 2015 年は年平均で、2016 ~ 2019 年は四半期ごとの平均値で図示した。

出典:国土交通省建設工事受注動態統計調査

2019年4月以降は月ごとの値を図示した。 内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

行事一覧

(2020年5月1日~31日)

機械部会



■トラクタ技術委員会

月 日:5月15日(金)

出席者: 椎名徹委員長ほか7名(web 会議で開催)

議 題:①次期燃費基準の件:基準案の 説明と討議 ②次期排出ガス規制対応 部会の概要報告 ③各社トピックス: コマツ オフロード法 2014 年基準適合 ホイールローダー「WA470-10」の紹介

■トンネル機械技術委員会・幹事会

月 日:5月18日(月)

出席者:橘伸一委員長ほか4名 (web 会議で開催)

議 題:①令和2年度総会(4/22)の延期の対応について②小断面トンネル 工事における機械、設備調査に関する 討議 ③技術講演会の件(テーマ、講 演者選定等) ④見学会について討議

■路盤・舗装機械技術委員会 幹事会

月 日:5月20日(水)

出席者:山口達也委員長ほか9名 (web 会議で開催)

議 題:①令和2年度活動計画の内容と 役割分担の確認 ②上期総会の日程と 発表内容について討議 ③現場・工場 見学会について討議 ④委員会名簿改 訂について

■ショベル技術委員会

月 日:5月21日 (木)

出席者: 西田利明委員長ほか 10 名 (web 会議で開催)

議 題:①次期燃費基準の件:基準案の 説明と討議 ②ショベルの最新情報の 共有:日立建機㈱「Aerial Angle STEP Ⅲ「物体検知+動作制限システム」」の 紹介, コマツ「KomVision 人検知衝 突軽減システム」の紹介 ③次期排出 ガス規制対応部会の概要報告

■機械整備技術委員会

月 日:5月22日(金)

出席者: 小室豊委員長ほか8名 (web 会議で開催)

議 題:①過去の成果物のホームページ 掲載について ②整備作業の法規制, 規格に関する調査について討議 ③各 社の近況報告,およびサービスマンの 技術伝承取組についての意見交換 ④見学会に関する検討

■除雪機械技術委員会・ロータリ分科会

月 日:5月26日(火)

出席者:太田正樹委員長ほか6名 (web 会議で開催)

議 題:ロータリ除雪車 安全装置について討議:各社における仕様・構造・作動条件等の確認,国交省報告を含む 今後のスケジュール

■ダンプトラック技術委員会

月 日:5月28日(木)

出席者:渡辺浩行委員長ほか9名 (web 会議で開催)

議 題: ①標準部からの説明: ダンプトラック関連の規制・規格の動向について②安全装置/システム 輪講: (株諸岡自動運転クローラダンプ「T-iROBO® Crawler Carrier」の紹介 ③各社トピックス: ヤンマー建機(株) ミニショベル「SV40」の紹介 ③ホームページの見直し: 近年の活動, その他

■情報化機器技術委員会

月 日:5月29日(金)

出席者: 白塚敬三委員長ほか8名 (web 会議で開催)

議 題: ①合同部会(2/18 開催)の報告と内容の共有 ② SICK 社(自動車向け LiDAR) 見学の具体的内容の共有 ③規制・規格の最新情報の共有 ④その他情報交換:㈱ ULJapanの大型電波暗室に関する情報、その他

標準部会



■ ISO/TC 127 土工機械委員会 パリ総会前 委員長会議

月 日:5月14日(木)

出席者:正田明平 SC 3 国際議長(コマツ) ほか11 名 (Web 参加)

場 所:Web上

議 題:①6月8日~24日に開催される国際会議 ISO/TC 127総会 (Web)に向けた準備 ②事前登録が必要な項目の確認(ISO Meeting Portal, Zoom Invitation)③CAG, SC 1~SC 4, TC 127各会議への参加登録状況確認
④各社委員一JCMA事務局一JISC/JSA参加登録フロー確認 ⑤ Microsoft Teamsを併用した国内参加者間のコミュニケーション方法確認

■ ISO/TC 127 土工機械委員会 国内総会

月 日:5月26日(火)

出席者:正田明平 SC 3 国際議長(コマッ) ほか19名(Web 参加)

場 所:Web上

議 題:①親委員会/各分科会活動の活

動状況報告 ②6月8日~24日に開催される国際会議 ISO/TC 127 総会 (Web) 対応協議…1) 参加者・アジェンダ確認、2) ISO 総会参加者の確定、3) ISO 総会登録方法 ③ JISC/JSAへの ISO GD 専門家登録・Meeting Portal と Zoomへの事前登録…4) Microsoft Teams 接続方法の説明、5) Zoom/Teams 同時利用トライアル ④ Zoom/Teams 併用の検証・Teams を用いた国内委員間交信方法の確認 (チャット又は電話) ⑤その他問題点 洗い出し

建設業部会



■三役会

月 日:5月14日(木)

出席者: 藤内隆部会長ほか5名 (web 会議)

議 題:①新型コロナウィルスによる業界及び各社の影響報告 ②①を踏まえた2020年度の建設業部会としての活動について・機電技術者意見交換会開催の検討(機電交流企画 WG 活動への影響)・クレーン安全情報 WG,建設業ICT 安全 WG の活動方針・見学会(現場)の状況報告 ③2019-2020年三役委員の引継ぎ・規格関連(標準部)委員,シンポジウム,健美優開発助成etc. ④その他

各種委員会等



■機関誌編集委員会

月 日:4月28日(火)

出席者:見波潔委員長ほか30名

議 題:①令和2年8月号(第846号)計画の審議・検討 ②令和2年9月号(第847号)素案の審議・検討 ③令和2年10月号(第848号)編集方針の審議・検討 ④令和2年5月号~令和2年7月号(第843~845号)進捗状況報告・確認 ※資料書類審査にて実施

支部行事一覧

北海道支部



■第1回運営委員会

月 日:5月8日(金) 場 所:北海道支部会議室 出席者:熊谷勝弘支部長ほか2名

内容:以下の議案について書面評決結果の確認・令和元年度事業報告(案)承認の件について・令和元年度決算報告(案)承認の件について・令和2年度事業計画に関する件について・令和2年度収支予算に関する件について・令和2・3年度運営委員候補(案)について・その他

■第9回支部通常総会

月 日:5月18日(月)

場 所:札幌市センチュリーロイヤルホ

出席者:熊谷勝弘支部長ほか12名

内 容:①令和元年度事業報告(案)及 び決算報告(案)承認の件 ②令和2 年度事業計画及び収支予算に関する件 ③令和2・3年度運営委員候補(案) に関する件 ④その他

東北支部



■令和2年度第9回東北支部通常総会

月 日:5月18日(月)

場 所:仙台市 仙台ガーデンパレス 出席者:支部会員:139社(委任状137社, 議決権総数144社),出席者総数:高 橋支部長ほか9名

内 容:①令和元年度事業報告について ②令和元年度事業決算について ③令 和2·3年度役員改選について ④令和 2年度事業計画について ⑤令和2年 度事業予算について

■情報化施工技術委員会 第2回幹事会

月 日:5月28日(木)

場 所:東北支部事務局会議室

出席者:鈴木勇治情報化施工技術委員会 委員長ほか6名

議 題:①令和2年度i-Construction(ICT 活用工事) セミナーについて ②セミナー説明資料について ③その他

北陸支部



■令和元年度第1回運営委員会, 北陸支部第9回通常総会

月 日:5月12日 (火)

場 所:新潟東映ホテル

出席者:丸山支部長ほか12名(運営委員),支部監査役1名,事務局5名,支部団体会員(委任67社)

議 題:①令和元年度支部事業報告及び 決算報告に関する件 ②令和2年度支 部事業計画及び収支予算に関する件

- ③令和2~3年度役員選任に関する件
- ④支部団体会費の改定に関する件
- ⑤令和2年度永年会員等表彰に関する 件 ⑥令和2年度優良建設機械運転 員・整備員表彰に関する件

■除雪機械管理施工技術講習会あり方検討会(第1回普及部会)

月 日:5月13日(水) 場 所:興和ビル10F

出席者:柴澤一嘉普及部会長ほか8名 議 題:①現状の除雪講習会の実態とそ の課題 ②今後の講習会のあり方につ いて ③除雪講習会の役割分担につい

■令和 2 年度 第 1 回北陸 ICT 戦略研究会

月 日:5月20日(水)

場 所:書面会議

議 題:①令和2年度の取組計画(案) について ②整備局における当面の取 組計画(案)について ③会員各機関 の取組計画(案)について ④その他 (HP掲載要領,前年度の意見回答お よび補足)

中部支部



■第1回運営委員会

月 日:5月15日(金)

場 所:書面会議

参加者:所輝雄支部長ほか23名

議 題:令和元年度事業報告・決算報告 の承認の件,令和2・3年度運営委員 候補の件,令和2年度建設機械優良技 術員表彰者の件,令和2・3年度役員 選出に関する件,令和2・3年度部会 設置に関する件

■第9回支部通常総会

月 日:5月20日(水)

場 所:桜華会館2階梅の間

出席者:所輝雄支部長ほか9名(議長への委任状120社)

議 題:令和元年度事業報告・決算報告

の承認の件, 令和2・3年度運営委員 選出の件

■感染症拡大防止下における大規模水害オ

ペレーション訓練

月 日:5月24日(日)

出席者:コマツカスタマーサポート(株)中 部 児玉浩氏

場 所:中部地方整備局他4箇所

内 容:新型コロナウイルス感染症の拡大下で,超大型の台風が東海地方に接近するケースを想定した水害対策訓練を国土交通省中部地方整備局,名古屋地方気象台,県,桑名市の四者がビデ

オ会議システムを使って実施した。当 支部のコマツカスタマーサポート(㈱が ICT 施工による破堤箇所の荒締め切 り施工を紹介した

関 西 支 部



■支部通常総会

月 日:5月18日(月)

場 所:関西支部

出席者:深川良一支部長以下5名

議 題:①令和元年度事業報告及び決算報告の件 ②令和2年度事業計画及び収支予算の件 ③任期満了に伴う役員選出の件 ④令和2年度会長表彰 ⑤優良建設機械運転員等表彰

中国支部



■第9回支部通常総会

月 日:5月18日(月) 場 所:広島 YMCA 会議室

出席者:河原能久支部長ほか12名

議 題:①令和元年度事業報告について ②令和元年度決算報告について ③令 和2・3年度役員選任について ④令

和2年度事業計画(案)について ⑤令和2年度収支予算(案)について

四国支部



■ R2 第 1 回運営委員会

月 日:5月21日(木)

場 所:ホテル「マリンパレスさぬき」 (高松市)

出席者:長谷川修一支部長ほか26名(うち委任状提出22名)

内 容:①令和元年度事業報告に関する 件 ②令和元年度決算報告に関する件 ③令和元年度会計及び業務監査報告に 関する件 ④令和2~3年度役員等候 補者(案)に関する件

■四国支部第9回(R2年度)通常総会

月 日:5月21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:119社(うち委任状提出113社) 出席者総数:長谷川修一支部長ほか10名 議 題:①第1号議案 令和元年度事業 報告承認の件 ②第2号議案 令和元 年度事業

年度決算報告承認の件 ③第3号議案 令和元年度会計及び業務監査報告に関 する件 ④第4号議案 役員改選に関 する件 ⑤第5号議案 令和2年度事 業計画に関する件 ⑥第6号議案 令 和2年度収支予算に関する件

九州支部

■ R2 年度第 1 回運営委員会

月 日:5月19日 (火)

場 所:福岡市博多区 リファレンス駅 東ビル

出席者:松嶋支部長ほか20名

議題:①令和元年度事業報告及び決算報告。②任期満了に伴う支部役員の改

選 ③ R2 年度事業計画及び収支予算

④ R2 年度優良建設機械運転員等表彰

■第9回通常総会

月 日:5月19日(火)

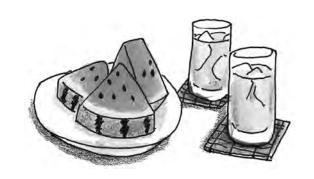
場 所:福岡市博多区 リファレンス駅

東ビル

出席者:松嶋憲昭支部長ほか62名

議 題:①令和元年度事業報告及び決算報告 ②任期満了に伴う支部役員の改選 ③ R2 年度事業計画及び収支予算 ④ R2 年度優良建設機械運転員等表彰

者の報告



編集後記

新型コロナウイルス感染症による「県境をこえる移動制限」が解除されましたが、世界における感染はまだ終息の気配を見せていません。「新しい生活様式」を定着させるととに、ワクチンの早期開発が待たれます。新型コロナウイルス感染症は、日常生活・経済活動において大きな「パラダイムシフト」を起こすキッカケとなりました。

建設業界においては「労働人口の減少」、「担い手不足」、「働き手の高齢化」問題が現在進行形で進んでいます。また2024年4月からは「労働時間の上限規制」が導入されますが、従来と同じことを同じやり方で行っていては、とうてい実現ができません。

情報化技術の進歩とともに、「作業のデジタル化」への取組みが高度化しています。デジタル化という手段を目的とするのではなく、作業をデジタル化し、IoT技術等を活用して取得したデータを活用することで「業務のプロセス」を変える「デジタルトランスフォーメーション」への進化が求められます。

また、建設業界では重層下請構造 となっており、下請負企業は複数の 元請企業の仕事を請負います。その ため、従来から行われている元請企 業単独での技術開発ではなく、企業の壁を越えての技術開発を行なわった、 の壁を越えての技術開発を行なわった。 ない限り、業界全体のデジタルにはラーメーションの実現に必要では必要ですが、各社で競いの競争は必要ですが、各社で競い人表表あるもの中には類似技術で4次あるの中には類似技術を4次るものには第5次産業革命とも称されるよりですが、情報化技術をパラダイ側といった既成概念からの「パラダと強くですが、を起こす必要があると強くをしている。

7月号では、「建設のBIM/CIM、 XR, 遠隔操作特集」と題して【巻頭 言】では大阪大学大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻 矢吹教 授に「BIM/CIM と XR による建設 の変革に向けて」と題して執筆して いただきました。【行政情報】では「国 土交通データプラットフォームの取 組」「国土交通省におけるBIM/ CIM 活用の普及・促進」を, 【技術 報文】では, BIM, CIM, XR をキー ワードにし, 東京大学 舘名誉教授 はじめ各社の取組み事例を掲載して います。最後になりますが、7月号 の執筆時期は新型コロナウイルスの 感染拡大がつづいている時期となり ました。ご執筆いただいた皆様には ご多忙中にも関わらず対応していた だき深く感謝申し上げます。

(内藤・岡本)

8月号「河川工事特集」予告

・令和元年洪水を契機に取り組む「緊急治水対策プロジェクト」 ・令和元年度の TEC-FORCE 活動 ・海底設置型フラップゲート式可動防波堤 ・災害復旧工事における ICT 施工の活用 ・令和元年東日本台風における栃木県建設業協会の災害時の取り組み ・河川改修(榎瀬川水門 工事) ・水陸両用建設機械を活用した河川工事事例報告 ・中国四川省・都江堰と林盤にみる グリーンインフラ ・河道掘削後の再堆積や樹林化を抑制するための技術 ・河川管理のニーズ を解決する除草機械技術 ・3次元計測を用いた「排水機場の構造物モニタリング技術」・那賀 川南岸堰補修工事における環境配慮ブロックの施工 ・陸上・水中レーザードローン

【年間定期購読ご希望の方】

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

詳しくは HP をご覧ください。

年間定期購読料(12 冊) 9,408 円(税・送料込)

機関誌編集委員会

編集顧問

 今岡 亮司
 加納研之助

 後藤
 勇 佐野 正道

 新開 節治
 関 克己

 髙田 邦彦
 田中 康之

 田中 康順
 中岡 智信

渡邊 和夫

編集委員長

見波 潔 村本建設㈱

編集委員

小櫃 基住 国土交通省安井 清貴 農林水産省

瀧本 順治 (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㈱ 赤坂 茂 大成建設㈱

字野 昌利 清水建設㈱

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㈱

竹田 茂嗣 鉄建建設㈱

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)

鈴木 貴博 日本国土開発(株)

斉藤 徹 (株) NIPPO

中川 明 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㈱

新井 雅利 ㈱加藤製作所

小六 陽一 古河ロックドリル(株)

太田 正志 施工技術総合研究所

事務局

(一社) 日本建設機械施工協会

建設機械施工

第72巻第7号 (2020年7月号) (通巻845号)

Vol. 72 No. 7 July 2020

2020 (令和 2) 年 7 月 20 日印刷

2020 (令和 2) 年 7 月 25 日発行 (毎月 1 回 25 日発行)

編集兼発行人 田 﨑 忠 行 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 静岡県富十市大渕 3154 電話 (0545) 35-0212 北 海 道 支 部〒 060-0003 札幌市中央区北三条西 2-8 電話 (011) 231-4428 北 支 部〒 980-0014 仙台市青葉区本町 3-4-18 雷話 (022) 222-3915 北. 幸 部〒 950-0965 新潟市中央区新光町 6-1 電話 (025) 280-0128 陸 中 部 丰 部〒 460-0002 名古屋市中区丸の内 3-17-10 電話 (052) 962-2394 関 部〒 540-0012 大阪市中央区谷町 2-7-4 電話(06)6941-8845 西 幸

 中
 国
 支
 部〒730-0013 広島市中区八丁堀 12-22

 四
 国
 支
 部〒760-0066 高松市福岡町 3-11-22

 九
 州
 支
 部〒812-0013 福岡市博多区博多駅東 2-4-30

電話 (082) 221-6841 電話 (087) 821-8074 電話 (092) 436-3322

本誌上へ **Sancana** 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





建設機械施工

広告掲載のご案内

月刊誌 建設機械施工では、建設機械や建設施工に関する 論文や最近の技術情報・資料をはじめ、道路、河川、ダム、 鉄道、建築等の最新建設報告等を好評掲載しています。

■職業別 購読者

建設機械施工/建設機械メーカー/商社/官公庁・学校/サービス会社/研究機関/電力・機械等

■掲載広告種目

穿孔機械/運搬機械/工事用機械/クレーン/締固機械/舗装機械/切削機/原動機/空気圧縮機/積込機械/骨材機械/ 計測機/コンクリート機械等

広告掲載・広告原稿 デザイン ―― お問い合わせ・お申し込み

サンタナ アートワークス

広告営業部:田中 san-mich@zam.att.ne.jp

TEL:03-3664-0118 FAX:03-3664-0138

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F

建設機械施工 カタログ資料請求票

本誌に掲載されている広告のお問い合わせ、資料の請求はこの用紙を利用し、ファクシミリなどでお送りください。 ※カタログ/資料はメーカーから直送いたします。 ※カタログ送付は原則的に勤務先にお送りいたします。

お 名	前:		所 属:						
会社名(ホ	交名):								
資料送	付先:								
電	話:		FAX:						
<u>E - m</u>	ail:								
	広告掲載号	メーカー名		製品名					
1)	月号								
2	月号								
3	③ 月号								
4)	月号								
5	月号								

FAX送信先: サンタナアートワークス 建設機械施工係 FAX:03-3664-0138

確かな技術で世界を結ぶ Attachment Specialists

可動式ハイキャブ



任意の高さに停止可能



車の解体・分別作業を大幅にスピードアップ

マテリアルハンドラ



ワイドな作業範囲で効果の良い荷役作業

油圧式マグネット



産廃物からの金属片取り出しなどに効果を発揮

ラバウンティシァ サーベルシリーズ



船舶・プラント・鉄骨物解体に威力を発揮

ウッドシァ



丸太や抜根を楽々切断



ルマテクニカ株式会社

■名古屋事業所

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

■ 本社・相模原事業所

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

■ 東京工場

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







MVC-F60HS NETIS No.TH-100006-VE MRH-601DS

低騒音指定番号5097



MLP-1212A



FX-40G/FU-162



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楽町1-4-3 TEL: 03-3292-1411 (代)



DH-2 対応ディーゼルエンジンオイル SAE10W-30 / SAE15W-40

それ い空のためにればいつまです つまでも









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

スモ石油ルブリカンツの 環境対応潤滑油



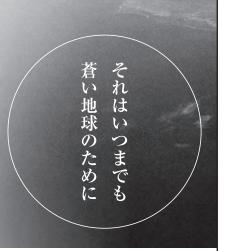
省電力型油圧作動油

コスモ スーパーエポック



省電力型工業用ギヤー油

コスモ ECOギヤ-



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 nttps://www.cosmo-lube.co.jp/ https://www.cosmo-lube.co.jp/

FA機器の

最適無線化提案

クレーン,搬送台車,建設機械,特殊車輌他 産業機械用無線操縦装置

N微弱電波 ①429MHz带特定小電力 ⑥1.2GHz带特定小電力

スリム ケープレス

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段押しスイッチ! ストロークの異なる2種類
 - から選択可能!



頑強 ケープレス 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

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



チップ ケープレス

N/Mシリーズ 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!

- トコトン機能を絞って コストダウン!■ 乾電池仕様
- 優れた耐塵・防雨性能



マイコリ ケープレス 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



▼ 受信機

32点



(オプション)

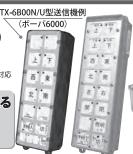
防爆形無線機

就一爪(BoBa) N/Uシリーズ

7B/8B…微弱電波のみ 6B…微弱・特定小電力両モデル対応

爆発の雰囲気がある 危険場所での 遠隔操作に!

標準型 TC-1000808S







特定小電力モデル対応



- ・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**ケープレス** 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!



マイティ 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!

ジョイスティック型例 全押しボタン例 コマンドスイッチ例

N/U/Gシリーズ 電波・特定小電力両モデル対応

標準型 RC-2512N 22万円~

価格もサイズも ハンディー並み!

■ 最大32リレ ■ 2段押し・ 特殊スイッチ装着可

*価格は全て、セット価格および、税抜表示となっています

常に半歩、先を走る

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/



朝日音響 検索



拡張現実システム Trimble SiteVision

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

マシンコントロール+拡張現実 Trimble EarthWorks AR



SMARTCONSTRUCTION



ICT油圧ショベル

複雑なレバー操作なしでも 高効率な施工を実現。

GNSS* アンテナと基準局から得た刃先の 位置情報、施工設計データをもとに、 作業機操作のセミオート化を実現した世界初の マシンコントロール油圧ショベルです。 *GNSS (Global Navigation Satellite System) GPS、GLONASS等の

衛星測位システムの総称。



PC300i

ICTブルドーザ

世界で初めて掘削から仕上げの整地までのブレード操作を自動化。また、粗掘削時にブレード負荷が増大すると、シュースリップが起こらないように自動でブレードを上げて負荷をコントロールし、効率良く掘削作業が行えます。 さらに、事前に設定した設計面に近づくと自動認識して、粗掘削から整地に自動的に切り換わります。











D61PXi

D65PXi/EXi

D85PXi/EXi

D155AXi

KOMATSU

コマツ国内販売本部

〒108-0072 東京都港区白金1丁目17-3 https://home.komatsu/jp/kcsj/





