

一般社団法人
日本建設機械施工協会誌（Journal of JCMA）

2019

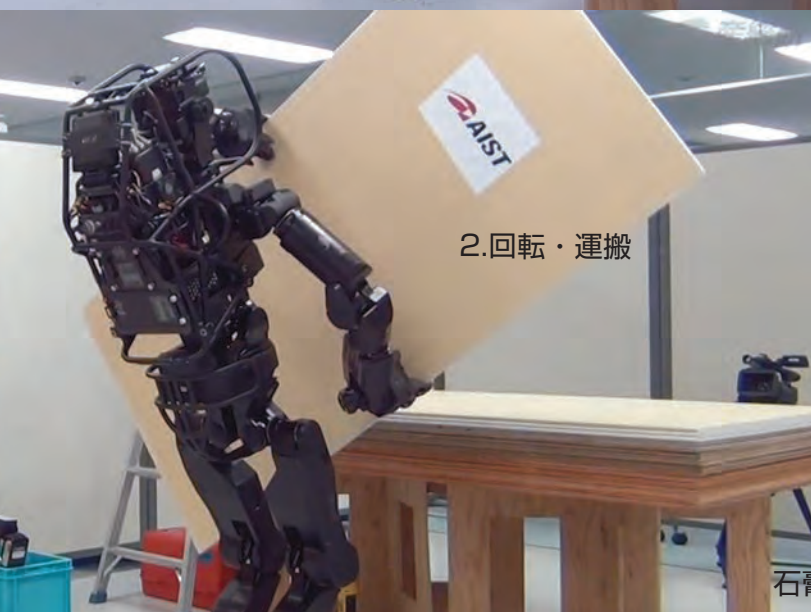
建設機械施工



Vol.71 No.4 April 2019（通巻830号）

特集 建築

1. ボード持上げ



2. 回転・運搬



3. ビス打ち

石膏ボード壁面施工を行う人間型ロボット試作機 HRP-5P

行政情報

- 国土交通省におけるBIM/CIMの普及・促進
- 官庁営繕事業における生産性向上に係る取り組み

技術報文

- 鉄骨工事における自動化施工技術に関する開発
- 人間と同じ重労働が可能な人間型ロボット試作機 HRP-5Pの開発
- 建築分野における3Dモデリング
- 建設業界におけるVR/ARの取り組みと活用事例 他

投稿論文

建設機械から排出される温室効果ガスの亜酸化窒素とメタンの概況把握を目的とした排出ガスの測定

交流の広場

建設機械のデザイン変遷

JCMA報告

平成30年度（一社）日本建設機械施工協会研究開発助成助成対象とする研究開発の決定のお知らせ

一般社団法人 日本建設機械施工協会

KOBELCO

あなたは二度、新体感する。

Performance **X** Design
sk75SR

Performance × Design は、
コベルコが挑む新SKシリーズコンセプト。
ユーザーが求める生産性、安全性を飛躍的に高めること。
ユーザーが体感できる快適性、デザイン性を極めること。異なる
2つの革新が高い次元で融合されることで、新型SK75SRが誕生しました。

エンジン出力* | 登坂走行性能* | アーム掘削速度* | NETIS登録

28%up

26.9%up

15%up

iNDR Integrated Noise & Dust Reduction System

※SK75SR-3E 型機比数値は条件により変動します。

コベルコ建機株式会社 お問い合わせ 03-5789-2111

SK75SR



<図書紹介>

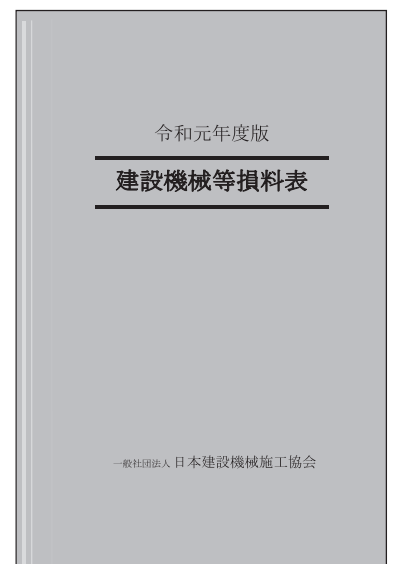
令和元年度版 建設機械等損料表

- 発刊日(予定) : 令和元年5月中旬
- 体 裁 : A4版 モノクロ 約475ページ
- 定価 : 一般価格 本体 8,000円 (税別)
会員価格 本体 6,800円 (税別)

■内容

令和元年度版の構成項目は以下のとおりです。

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



一般社団法人 日本建設機械施工協会

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8%含む）

一般価格 52,920円（本体49,000円）

会員価格 44,280円（本体41,000円）

（注）送料は1冊900円（複数冊の場合別途）

※2019年10月から本体価格＋消費税10%となります。

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

今後の予定

好評をいただきました2016年版につづき2019年版「日本建設機械要覧」の電子版も作成し、より利便性の高い資料とすべく準備しております。御期待下さい。

◆ 購入申込書 ◆

一般社団法人 日本建設機械施工協会 行

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

上記図書を申込み致します。平成 年 月 日

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

◆ 申込方法 ◆

①官公庁：FAX（本部、支部共）

②民 間：（本部へ申込）FAX

（支部へ申込）現金書留のみ（但し会員はFAX申込可）

※北海道支部はFAXのみ

※沖縄の方は本部へ申込

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

〔お問合せ及びお申込先〕

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

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

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

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

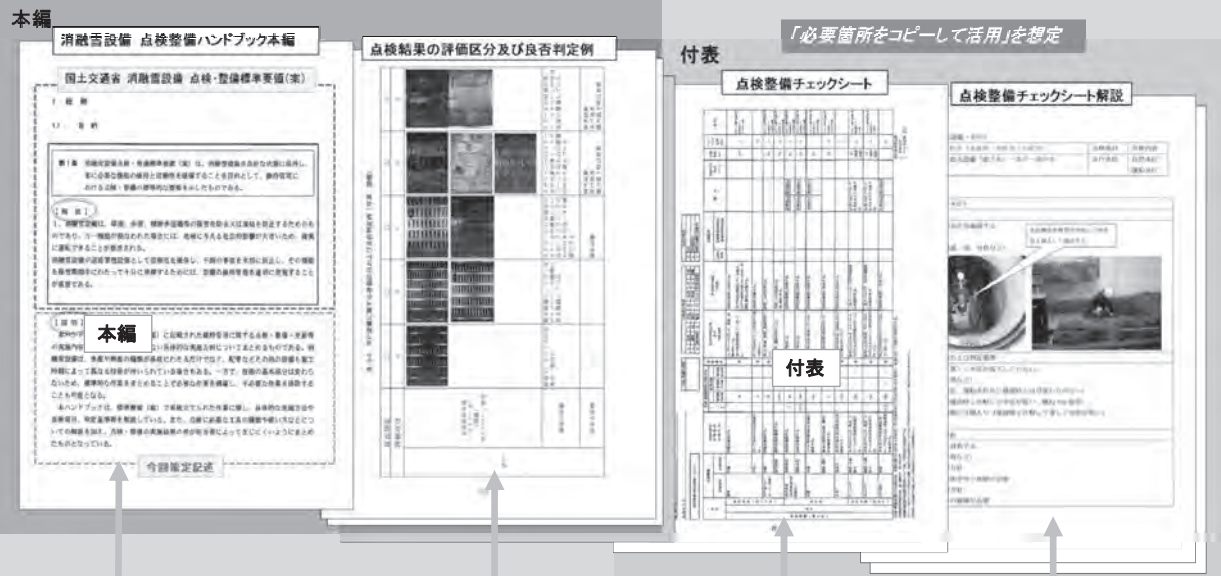
☐ 当協会からの新刊図書案内や事業活動案内のダイレクトメール（DM）は不要

消融雪設備 点検・整備ハンドブック

平成30年7月発刊

本書は、消融雪設備の老朽化対策として平成28年3月に国土交通省が策定した「消融雪設備点検・整備標準要領（案）」の技術者向け解説書です。

■消融雪設備 点検・整備ハンドブック



○箱枠内に「消融雪設備点検・整備標準要領（案）」を掲載し、【説明】として解説事項を箱枠外に掲載。

標準要領の目的理解を支援

○5段階状況写真等を利用した評価例と施設の状態解説、対処方法例を掲載。

的確な判定を支援

○「消融雪設備 点検・整備標準要領（案）」に、実際の点検内容の解説等を追加掲載。

本書の購入者は、出版元ホームページからID、PASSでチェックシートのダウンロードが可能です

技術の継承・支援

○点検方法、判定方法および判定基準、不良時の措置方針を掲載。

若手技術者育成・支援

消融雪設備 点検・整備ハンドブック策定委員会

(一社) 新潟県融雪技術協会

〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 TEL (025) 282-1114/FAX (025) 281-1507

(一社) 日本建設機械施工協会 北陸支部

〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 TEL (025) 280-0128/FAX (025) 280-0134

北陸融雪技術協議会

〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 TEL (025) 281-8812/FAX (025) 281-8832

※ 裏面に注文書があります。

消融雪設備 点検・整備ハンドブック注文書

注文日： 平成 年 月 日

官公庁・会社名			担当部署：
担当者			
電話番号	-	-	
FAX番号	-	-	
メールアドレス			
お届け先	住所	〒	
注文内容	会員 ・ 非会員 ← どちらかに○印をつけて、必要部数を記入してください。		
		会員	非会員
	必要部数	冊	冊
	価 格	10,000円/冊	12,000円/冊
	消費税	800円/冊	960円/冊
	送 料	700円/冊	700円/冊
	合 計		
備考	請求書の宛名等ご希望をお知らせください		

※ 送料(送料・手数料)は冊数が複数になる場合は、変更になります。

【申し込み先】（一社）日本建設機械施工協会 北陸支部 他 最寄の本部・支部。
※ 北陸支部については、北陸支部ホームページからご注文が可能です。
<http://www.niigata-inet.or.jp/jcmahoku/>

【内容問合せ先】（一社）日本建設機械施工協会 北陸支部
TEL 025-280-0128
FAX 025-280-0134

2016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2016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2016 電子書籍（PDF）版		建設機械スペック一覧表、 電子書籍（PDF）版
2	形態	電子書籍（PDF）		電子書籍（PDF）
3	閲覧	Web上で閲覧 パソコン、タブレット、 スマートフォンからアクセス		Web上で閲覧 パソコン、タブレット、 スマートフォンからアクセス
4	内容	要覧全頁		spec一覧表
5	改訂	3年毎		3年毎
6	新機種情報	要覧クラブで対応		要覧クラブで対応
7	検索機能	1.単語検索		1.単語検索
8	附属機能 注）タブレット・スマートフォンは、 一部機能が使えません。	・しおり ・拡大・縮小 ・付箋機能 ・ペン機能 ・目次からのリンク ・各章ごと目次からのリンク ・索引からのリンク ・メーカーHPへのリンク		・しおり ・拡大・縮小 ・付箋機能 ・ペン機能 ・メーカーHPへのリンク
9	予定販売 価格 (円・税込)	会員	54,000（3年間）	48,600（3年間）
		非会員	64,800（3年間）	59,400（3年間）
10	利用期間	3年間		3年間
11	同時ログイン	3台		3台
12	認証方法	ID+パスワード		ID+パスワード
13	購入方法	WEB上にて申込み（HP参照下さい）		WEB上にて申込み（HP参照下さい）

発売時期

平成28年5月 HP：<http://www.jcmanet.or.jp/>

様々な環境で閲覧できます。

タブレット、スマートフォンで外出先でもデータにアクセス

Webサイト 要覧クラブ

2016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、2004年版、2007年版、2010年版及び2013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2016年版を含めると1998年から2015年までの建設機械データが活用いただけます。

また、同じ要覧クラブ上で新機種情報も閲覧およびダウンロードできます。



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

初の
実務者向け入門版!!

情報化施工 デジタルガイドブック

2014.3
発刊!

土木工事の施工現場においては、施工および施工管理の省力化、品質向上を目的として、モーターグレーダやブルドーザなどのマシンコントロール技術やトータルステーションを用いた施工管理・出来形管理技術をはじめ、ICT技術の活用事例が大規模工事現場はもちろんのこと、小規模工事においても適用されはじめています。

このような中、国土交通省は、平成25年3月に今後の情報化施工の普及促進のための新たな施策「情報化施工推進戦略」～「使う」から「活かす」へ、新たな建設生産の段階に挑む!!～を発表しています。

当協会では、情報化施工を考えておられる実務者の皆様のために新しい情報化施工入門書「情報化施工デジタルガイドブック」を刊行いたしました。本書によって、情報化施工技術を理解していただき、現場施工に役立てていただきたいと考えています。

特 徴

本書では、情報化施工を担当する現場技術者の皆様に対象として作成したもので、DVD版の主な特徴は以下のとおりです。

- ★画像・映像による解りやすい技術紹介
- ★業務の流れに沿った解説
- ★導入効果の概説
- ★50項目以上の用語説明
- ★インターネット・エクスプローラ等のブラウザを使用して画面を切り替えながら見ることができる

Windows版

情報化施工デジタルガイドブック

第1版(2014年発行)

JCMA
一般社団法人 日本建設機械施工協会
(禁複製)

デジタルブックDVD版
(デジタル画像・動画等)

プレビューA4版冊子付

情報化施工
デジタルガイドブック

JCMA
一般社団法人
日本建設機械施工協会

定 価

一般価格

2,160円 (本体2,000円)

会員価格

1,944円 (本体1,800円)

※送料別途

主な内容

1

情報化施工
のあらまし

2

情報化
施工技術の
種類

3

情報化施工
の適用工種

4

情報化施工
の運用手順

5

建設機械・
測量機器リスト

6

情報化
施工データ

7

情報化施工
の導入効果

8

導入事例

9

用語の説明

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3-5-8 機械振興会館

TEL (03) 3433-1501 FAX (03) 3432-0289 <http://www.jcmanet.or.jp>

JCMA 図書

検 索

論文投稿のご案内

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

当協会ホームページ <http://www.jcmanet.or.jp>

★投稿対象

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

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

★部門

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

★投稿資格

原稿の投稿者は個人とし、会員資格の有無は問いません。

★原稿の受付

随時受け付けます。

★公表の方法

当協会機関誌に掲載します。

★機関誌への掲載は有料です。

★その他：優秀な論文の表彰を予定しています。

★連絡先

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8（機械振興会館）

日本建設機械施工協会 研究調査部 論文担当

E-mail : ronbun@jcmanet.or.jp

TEL : 03 - 3433 - 1501

FAX : 03 - 3432 - 0289

◆ 日本建設機械施工協会『個人会員』のご案内 ◆

会 費：年間 9,000円

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され、建設機械・施工技術に関心のある方であればどなたでも入会頂けます。

★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864円/送料別途)。
「建設機械施工」では、建設施工や建設機械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・建設機械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)で参加できます。

今後、続々と個人会員の特典を準備中です。この機会に是非入会下さい!!

◆ 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年に設立された公益法人です。国土交通省および経済産業省の指導監督のもと、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…

- 建設機械及び建設機械施工に関わる学術研究団体です。(特許法第30条に基づく指定及び日本学術会議協力学術研究団体)
- 建設機械に関する内外の規格の審議・制定を行っています。(国際標準専門委員会の国内審議団体(ISO/TC127、TC195、TC214)、日本工業規格(JIS)の建設機械部門原案作成団体、当協会団体規格「JCMAS」の審議・制定)
- 建設機械施工技術検定試験の実施機関に指定されています。(建設業法第27条)
- 災害発生時には会員企業とともに災害対応にあたります。(国土交通省各地方整備局との「災害応急対策協定」の締結)
- 附属機関として「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。

■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(個人:建設施工や建設機械の関係者等)、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の実施。
- ・機関誌「建設機械施工」をはじめ各種技術図書・専門図書の発行。
- ・建設機械と施工技術展示会“CONET”の開催。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。 etc.

■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
- ・建設機械図鑑
- ・建設機械用語集
- ・地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル
- ・建設施工における地球温暖化対策の手引き
- ・建設機械施工安全技術指針本文とその解説 etc.

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使用してください。

【お問い合わせ・申込書の送付先】

一般社団法人 日本建設機械施工協会 個人会員係

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館

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

一般社団法人 日本建設機械施工協会 会長 殿

下記のとおり、日本建設機械施工協会 個人会員に入会します。

平成 年 月 日

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

【会費について】年間 9,000円

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

【その他ご入会に際しての留意事項】

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

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

【個人情報の取扱について】

ご記入頂きました個人情報は、日本建設機械施工協会のプライバシーポリシー(個人情報保護方針)に基づき適正に管理いたします。本協会のプライバシーポリシーは http://www.jcmanet.or.jp/privacy_policy.htm 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（平成 31 年 4 月現在）

消費税 8%

No.	発行年月	図 書 名	一般価格 (税込)	会員価格 (税込)	送料
1	H31 年 3 月	日本建設機械要覧 2019 年版	52,920	44,280	900
2	H30 年 8 月	消融雪設備点検・整備ハンドブック	12,960	10,800	700
3	H30 年 5 月	よくわかる建設機械と損料 2018	6,480	5,508	700
4	H30 年 5 月	大口径岩盤削孔工法の積算 平成 30 年度版	6,480	5,508	700
5	H30 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成 30 年度版	10,800	9,180	900
6	H30 年 5 月	平成 30 年度版 建設機械等損料表	8,640	7,344	700
7	H29 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成 29 年度版	10,800	9,180	900
8	H29 年 4 月	平成 29 年度版 建設機械等損料表	8,640	7,344	700
9	H29 年 4 月	ICT を活用した建設技術（情報化施工）	1,296	1,080	700
10	H28 年 9 月	道路除雪オペレータの手引	3,780	3,402	700
11	H28 年 5 月	よくわかる建設機械と損料 2016	6,480	5,508	700
12	H28 年 5 月	大口径岩盤削孔工法の積算 平成 28 年度版	6,480	5,508	700
13	H28 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成 28 年度版	10,800	9,180	900
14	H28 年 5 月	平成 28 年度版 建設機械等損料表*	8,640	7,344	900
15	H28 年 3 月	日本建設機械要覧 2016 年版	52,920	44,280	900
16	H26 年 3 月	情報化施工デジタルガイドブック【DVD 版】	2,160	1,944	250
17	H25 年 6 月	機械除草安全作業の手引き	972	864	700
18	H23 年 4 月	建設機械施工ハンドブック（改訂 4 版）	6,480	5,502	700
19	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,240		250
20	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷【CD】	3,240		700
21	H22 年 7 月	情報化施工の実務	2,160	1,851	700
22	H21 年 11 月	情報化施工ガイドブック 2009	2,376	2,160	700
23	H20 年 6 月	写真でたどる建設機械 200 年	3,024	2,560	700
24	H19 年 12 月	除雪機械技術ハンドブック	3,086		700
25	H18 年 2 月	建設機械施工安全技術指針・指針本文とその解説	3,456	2,880	250
26	H17 年 9 月	建設機械ポケットブック（除雪機械編）*	1,029		250
27	H16 年 12 月	2005「除雪・防雪ハンドブック」（除雪編）*	5,142		250
28	H15 年 7 月	建設施工における地球温暖化対策の手引き	1,620	1,512	700
29	H15 年 6 月	道路機械設備 遠隔操作監視技術マニュアル（案）	1,944		700
30	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）	1,944		700
31	H15 年 6 月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	540		250
32	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）	6,480	6,048	700
33	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）	2,675	2,366	700
34	H11 年 10 月	機械工事施工ハンドブック 平成 11 年度版	8,208		700
35	H11 年 5 月	建設機械化の 50 年	4,320		700
36	H11 年 4 月	建設機械図鑑	2,700		700
37	H10 年 3 月	大型建設機械の分解輸送マニュアル*	3,888	3,456	250
38	H9 年 5 月	建設機械用語集	2,160	1,944	700
39	H6 年 8 月	ジオスペースの開発と建設機械	8,229	7,714	700
40	H6 年 4 月	建設作業振動対策マニュアル	6,172	5,554	700
41	H3 年 4 月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,079	9,565	700
42	S 63 年 3 月	新編 防雪工学ハンドブック【POD 版】	10,800	9,720	700
43	S 60 年 1 月	建設工事に伴う濁水対策ハンドブック*	6,480		250
44		建設機械履歴簿	411		250
45	毎月 25 日	建設機械施工【H25.6 月号より図書名変更】	864	777	700
			定期購読料 年 12 冊 9,252 円(税・送料込)		

購入のお申し込みは当協会 HP <http://www.jcmanet.or.jp> の出版図書欄の「ご購入方法」の「図書購入申込書」をプリントアウトし、必要事項を記入してお申し込みください。

※については当協会 HP <http://www.jcmanet.or.jp> の出版図書欄を参照下さい。

特 集

建築

行政情報

4 国土交通省における BIM/CIM の普及・促進

那須 大輔 国土交通省 大臣官房 技術調査課 課長補佐

10 官庁営繕事業における生産性向上に係る取り組み i-Construction 建築分野にも拡大

山田 剛 国土交通省 大臣官房 官庁営繕部 整備課 施設評価室 企画専門官

特集・ 技術報文

16 鉄骨工事における自動化施工技術に関する開発 揚重作業の効率化と安全性確保

鈴木 信也 戸田建設㈱ 技術開発センター 施工革新ユニット 地上構築チーム 主管

24 建設工事における鉄骨現場溶接作業の自動化と課題 角形鋼管柱および溶接組立箱型断面柱の自動溶接工法の開発

梅津 匡一 大成建設㈱ 本社建築総本部・生産技術推進部 課長

32 人間と同じ重労働が可能な人間型ロボット試作機 *HRP-5P* の開発

建築現場や航空機・船舶など大型構造物組立での実用化を目指して

阪口 健 (国研) 産業技術総合研究所 知能システム研究部門 ヒューマノイド研究グループ 主任研究員

40 建築分野における 3D モデリング

西 乃輔 クモノスコーポレーション㈱ 企画開発部 主席技師
木寺 浩紀 クモノスコーポレーション㈱ 空間情報事業部 部長

45 AOA 方式を利用した屋内測位システムとその事例紹介

趙 晨 ジオサーフ㈱ マーケティング・グループ セールス・エンジニア
竹添 明生 ジオサーフ㈱ 代表取締役 CEO

51 BIM とデジタル測定機器を連携させた設備検査手法の構築 設備測定記録書の自動作成による省人化・省力化を実現

園田 真吾 ㈱竹中工務店 東京本店 設備部 設備施工 BIM グループ 設備担当

58 BIM モデルの活用による昇降機計画の効率化 昇降機 BIM モデルの利用によるレイアウト検討・関係者間合意形成の効率化

梅木 偉斗 三菱電機㈱ ビルシステム事業本部

62 建設業界における VR/AR の取り組みと活用事例

真柄 毅 ㈱岩崎 技術本部 企画開発部 CIM 課 課長

67 安全教育における VR の活用 建築現場安全教育 VR

小林 和哉 ㈱ダイサン 経営企画室 情報システム課
高田 直紀 ㈱ファイブ 営業グループ

72 建設工事写真管理における IT 活用整備と自動処理化の取組み 「写真の達人」の構築とシステムの機能拡張の取組み

石井 清 ㈱アウトソーシングテクノロジー 建設パッケージソリューション課

78 中大規模の木造建築を念頭にした CLT 床の開発

松岡 直人 ㈱熊谷組 技術本部 新技術創造センター 担当部長

投稿論文	82	建設機械から排出される温室効果ガスの亜酸化窒素とメタンの概況把握を目的とした排出ガスの測定 吉永 弘志 国立研究開発法人土木研究所 主任研究員 新田 恭士 国立研究開発法人土木研究所 上席研究員
交流のひろば	91	建設機械のデザイン変遷 前原 健男 (株)加藤製作所 チーフデザイナー
ずいそう	97	仕事始め 諏訪 昇 (株)加藤製作所 開発管理部 課長
	98	野菜づくり 原尻 克己 梅林建設福岡支店 技術部長
JCMA 報告	100	平成 30 年度（一社）日本建設機械施工協会研究開発助成助成対象とする研究開発の決定のお知らせ
部会報告	101	住友建機(株)千葉工場 JFE スチール(株)東日本製鉄所千葉地区見学会報告 機械部会 路盤・舗装機械技術委員会
	103	新工法紹介 機関誌編集委員会
	106	新機種紹介 機関誌編集委員会
統計	110	建設工事受注額・建設機械受注額の推移 機関誌編集委員会
	111	行事一覧 (2019 年 2 月)
	120	編集後記 (佐藤・新井)

◇表紙写真説明◇

石膏ボード壁面施工を行う人間型ロボット試作機 HRP-5P

写真提供：(国研) 産業技術総合研究所

人間の重労働作業や危険な環境での作業を自律的に代替することを目指した人間型ロボットの試作機において、最新のハードウェア技術によるシリーズ最高の身体能力に環境計測・物体認識技術、全身動作計画・制御技術などのロボット知能を搭載することで、建築現場での代表的な重労働作業である石膏ボード壁面施工の自律的な遂行を実現した。今後、ビル・住宅、航空機や船舶などの大型構造物組立現場でのさまざまな作業の自律的代替を目指す。

2019 年(平成 31 年)4 月号 PR 目次
【ア】朝日音響(株)……………後付 1
【カ】コスモ石油ルブリカンツ(株)……………後付 3

コベルコ建機(株)……………表紙 2
【サ】サイテックジャパン(株)……………表紙 4
【タ】大和機工(株)……………表紙 3

デンヨー(株)……………後付 6
【マ】マルマテクニカ(株)……………後付 5
三笠産業(株)……………後付 4
(株)三井三池製作所……………表紙 3

【ヤ】吉永機械(株)……………後付 2

行政情報

国土交通省における BIM/CIM の普及・促進

那 須 大 輔

建設産業の生産性向上に関しては、測量・調査から設計、施工、維持管理・更新までのあらゆる建設生産プロセスの各段階において3次元データやICT等を活用するi-Constructionを重要施策の一つとして取り組んでいるところである。

国土交通省では、3次元データの利活用の取組の1つとして、CIMモデルを活用するモデル事業を進めており、これらモデル事業の結果も踏まえ、2017年3月に「CIM導入ガイドライン（案）」を策定した。

本稿では、これまでのCIM導入に向けた取組みとガイドラインの概要、今後の取組について紹介する。
キーワード：3次元データ、BIM/CIM、CIM導入ガイドライン（案）、3次元データ利活用方針

1. はじめに

建設生産プロセスにおいてBIM/CIM（Building/Construction Information Modeling, Management）を導入することにより、2次元図面から3次元モデルへの移行による業務変革やフロントローディングがもたらされ、合意形成の迅速化、業務の効率化、品質の向上、生産性の向上等の効果が期待される。

このため国土交通省では、BIM/CIMの本格的な導入に向けて、BIM/CIM導入効果の把握やルール作りの検討のため、業務については平成24年度より、工事については平成25年度よりCIMの試行を進めており、これまで設計業務で144件、工事で274件の合計418件で実施してきており、2018年度は大規模構造物詳細設計においてBIM/CIMを原則適用とする等により、200件の導入を目標としている（表1）。

本稿では、これまでのBIM/CIM導入に向けた取組とガイドラインの概要、今後の3次元データの利活用に向けた取組について紹介する。

2. 要領・基準等の整備

(1) CIM導入ガイドライン（案）

国土交通省では、これまでのBIM/CIM活用モデル事業で得られた知見やソフトウェアの機能水準を踏まえ、現時点でBIM/CIMモデルの活用が可能な項目を中心に、受発注者の役割、基本的な作業手順や留意点とともに、BIM/CIMモデルの作成指針（目安）、活用方法（事例）を参考として記載した「CIM導入ガイドライン（案）」（以下「ガイドライン」という。）を2017年3月に策定した。ガイドラインは、公共事業に携わる関係者（発注者、受注者等）がBIM/CIMを円滑に導入できることを目的に作成している。

ガイドラインについては、2018年に新たに「設備分野」や「地質・土質調査分野」を拡充したところであり、概要を以下に示す。

(a) 設備分野

機械設備に関するBIM/CIMの試行に向け、水門設備を対象に、CIMモデルの詳細度、設計・施工段階での作成方法を記載している。

また、電気通信設備に関するBIM/CIMの試行に向けて、箱抜き点群データを例として、データ取得方法及び取得時期、本体工事とのデータ連携による生産性向上について記載している。

(b) 地質・土質調査分野

地質・土質調査分野においては、3次元地盤モデルの作成手順、作成・納品時の留意事項等について追加した。

表1 BIM/CIM活用業務・工事件数の推移

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	合計
業務	11	19	10	16	34	54	144
工事	-	21	28	60	87	78	274
合計	11	40	38	76	121	132	418

留意事項について、例えば、1) 3次元地盤モデルは、柱状図、地質平面図、地質断面図等を3次元空間に配置したものに、ボーリング調査結果等を基にさまざまな情報を地質学的な解釈を加えて作成されたものであるが、不確実性を含むことに留意すべきこと、2) 元データの精度やモデル構築条件を属性情報や報告書等で信頼性を把握した上で利用すること、3) 地質土質技術者がモデル作成を実施すること等を明記している。

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、2018年度版では「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。

また、2019年度は、新たに「下水道分野」、「地すべり分野」について内容を拡充する予定である。

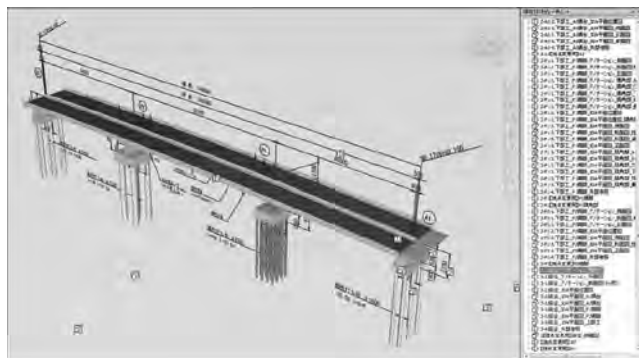
(2) 3次元モデルの表記標準 (案)

BIM/CIMでは、建設生産プロセスで一貫してCIMモデルを流通・利活用し、各プロセスで発生した情報を連携していくことで、より一層の生産性向上が見込まれる。そこで、契約図書におけるCIMモデルの位置付けを従前の2次元図面の参考図書から、単独の設計図書へと転換することを企図し、「3次元モデル表記標準 (案)」(以下、「本標準」という。)を作成した。

2018年度には本標準に基づくCIMモデル作成の試行を進めることで、設計・施工間での円滑な受け渡し、2次元図面とCIMモデルの二重納品の解消、2次元図面からCIMモデルを活用した契約へ転換を目指す(図一1)。

本標準は、設計図書として活用するCIMモデルの寸法や注記及び管理情報の表記・表示の方法を定めたものである。一方で、2次元図面からCIMモデルへの円滑な移行を補助するため、CIMモデルより切り出した2次元図面に従来のCAD製図を踏襲した方法で詳細な寸法・注記を加える方法も記載している。

なお、本標準で定めた表記・表示の方法は、CIM



図一1 表記標準 (案) に基づく CIM モデルの作成例

モデルから2次元図面を生成し、従前の2次元図面に近づけるものではなく、CIMモデルを用いて従来の情報を伝達するための方法であることに留意する必要がある。

2018年度は、ダム、トンネル、河川構造物について表記標準を拡充するとともに、土工及び橋梁分野において、本標準をBIM/CIM活用事業に適用し、実践により得られた課題に対応するとともに、関連する基準類の整備と連携しながら、本標準を継続的に改善・拡充を図っている。改善・拡充にあたっては、CIMモデルでは構造物の寸法や注記をモデル内から取得可能であることから、従来の2次元での製図法にとらわれない、より効率的な表記・表示の方法を検討している。

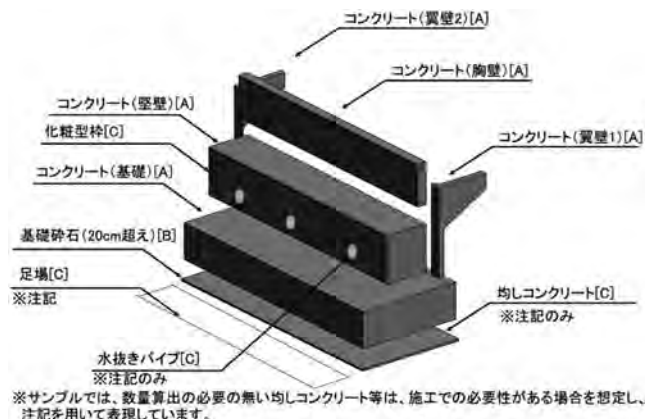
また、電子契約の実現に向けて課題を抽出し、CIMモデルを契約図書と位置づける場合の手法や留意点を別途とりまとめる予定である。

(3) 土木工事数量算出要領 (案)

CIMモデルから算出された数量の活用にあたり、従前の「土木工事数量算出要領 (案)」では、CADソフト等による体積の算出結果について、適宜結果を確認したうえで適用可能と定義されており、必ずしも記載内容が十分ではなかった。

このため、積算業務の効率化に向けCIMモデルから自動算出された数量をそのまま積算に活用できるよう「土木工事数量算出要領」を2017年度末に改定した。

具体的には、「第1編 (共通編) 1章 基本事項」に土構造、コンクリート構造と鋼構造の工事数量算出に用いるCIMモデルの基本的な表現方法を新たに追加している(図一2)。また、これまで工種ごとに記載していた3次元CADソフト等による工事数量算出方法などを、3次元モデルに対応した「数量算出項目及び区分一覧表」として整理した。



図一2 数量算出要領に基づく CIM モデルの作成例

2018年度版では、土構造、コンクリート構造、鋼構造合わせて計58工種について、数量算出項目及び区分一覧表を整理しており、2018年度はこれらを拡充し、240工種全ての分野で3次元モデルに対応した改定を実施する予定である。

(4) 実施方針要求事項（リクワイヤメント）

2017年度以降はガイドラインを適用するとともに、発注者が受注者にCIMモデルの導入・活用に関する要求事項（リクワイヤメント）を設定し、事業を進めてきた。

この要求事項に基づき、受発注者がそれぞれ知見やノウハウを出し合いCIMモデルを構築し、課題の抽出及び解決策を検討している。

2018年度は、新たに「契約図書化に向けたBIM/CIMモデルの構築」と、「関係者間での情報連携及びオンライン電子納品の試行」を加え、課題の抽出及び改善に取り組んでいる（表－2）。

2019年度に向けては、新たに定める基準類に基づ

く試行を実施するとともに、最低限実施すべき項目や各工種において検討すべき項目を整理し、基準要領等の改善を図っていく予定である。

3. 3次元データ利活用方針

建設現場の生産性向上を図るためには、3次元データを測量・調査段階から導入し、その後の設計、施工、維持管理の各段階において情報を流通・利活用することが、より一層の生産性向上に不可欠である。

このため、国土交通省は平成29年11月に「3次元データ利活用方針（図－3）」を策定し、今後、以下の取組を進めていくこととした。

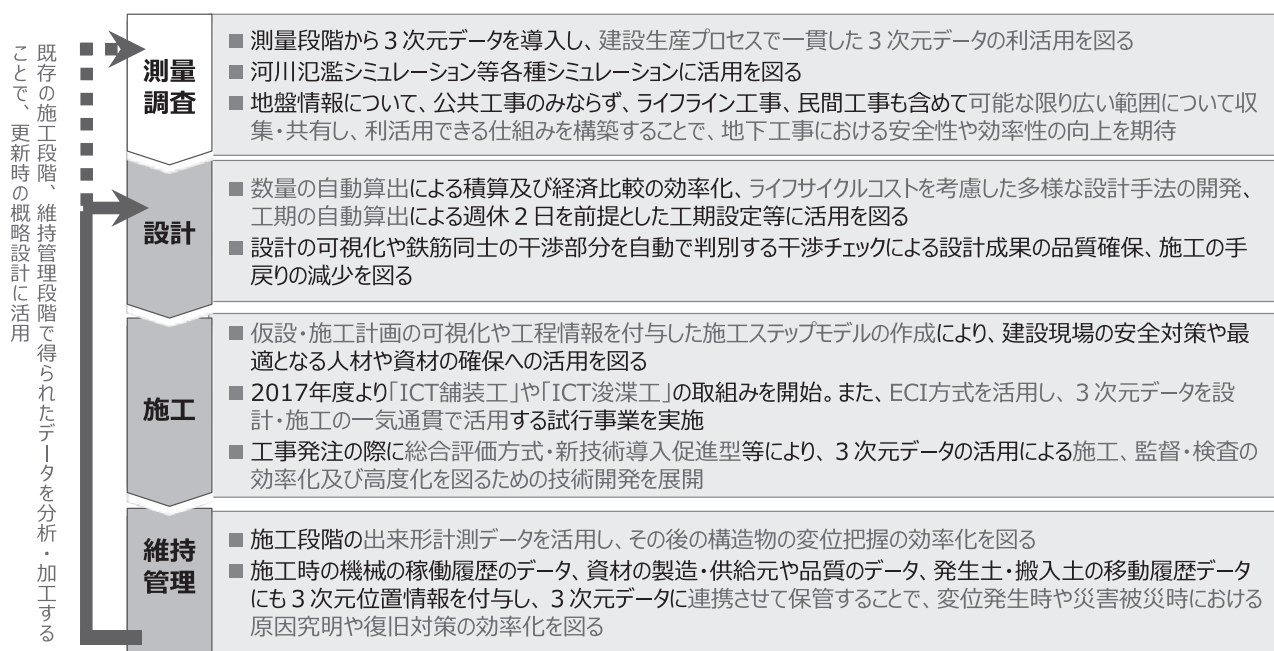
(1) 測量・調査段階

3次元化された公共事業の測量データと土地利用データとの重ね合わせにより、河川氾濫シミュレーション等各種シミュレーションへの活用や、都市部における土木・建築構造物の景観検討に利活用することが可能となる。さらに、地表面の地滑り地域と地質・土質調査結果を重ね合わせることで、災害復旧や防災対策において、精緻な検討に利活用することが可能である。

特に、ボーリングデータ等の地盤情報については、国や地方公共団体の公共工事のみならず、ライフライン工事、民間工事も含めて可能な限り広い範囲について収集・共有し、3次元データ化された情報を利活用できる仕組みを構築することで、地震・液状化シミュ

表－2 2018年度の要求事項一覧

2018年度要求事項（リクワイヤメント）	
a)	契約図書化に向けたCIMモデルの構築
b)	関係者間での情報連携及びオンライン電子納品の試行
c)	属性情報の付与
d)	CIMモデルによる数量、工事費、工期の算出
e)	CIMモデルによる効果的な照査の実施
f)	施工段階でのCIMモデルによる効果的な活用



図－3 3次元データ利活用方針（各シーンでの利活用方法）

レーション等の各種シミュレーションに活用できるほか、不確実な地盤情報に起因する事故発生の低減に活用できるなど、地下工事における安全性や効率性の向上が期待される。

(2) 設計段階

関係者間協議等において、可視化された3次元データを活用し計画内容等を説明することで、合意形成の迅速化を図るほか、図面間の不整合の解消、鉄筋同士との干渉部分を自動で判別する干渉チェックにより設計品質の向上を図るとともに、施工段階での手戻りの防止を図る。

また、周辺環境、景観などのシミュレーションの実施や、仮設・施工計画や維持管理段階に係る事前検討、いわゆるフロントローディングにより設計成果の品質向上・公共工事の効率化に資する活用を図る。

さらに、3次元データからの数量の自動算出による積算及び経済比較の効率化、ライフサイクルコストを考慮した多様な設計手法の開発、工期の自動算出による週休2日を前提とした工期設定などにも利活用が可能である。また、既存の施工・維持管理段階で得られたデータを分析・加工することで更新時の概略設計への活用が期待される。

(3) 施工段階

3次元データにより仮設・施工計画の可視化や工程情報を付与した施工ステップモデルを作成することで、建設現場の安全対策や最適となる人材や資材の確保への活用を図るとともに、設計段階から施工段階へ3次元データを引き継ぐことで、施工着手時の図面の照査等の効率化、3次元データとUAV写真測量、レーザースキャナー、マルチビーム等による3次元計測を連携し施工の実施状況の把握及び出来形管理の効率化、3次元データからの数量の自動算出による最適調達の実現、工期の自動算出による最適な施工工程の実現が可能となる。

また、3次元データに部材の工場製作のため必要となる属性情報を付与することで、工場の生産ラインの効率化が図られるとともに、出来形などの情報を建設現場に早期に伝達することにより、建設現場の効率化が可能となる。

(4) 維持管理段階

維持管理段階においては、3次元化された施工段階の出来形計測データを活用することにより、構造物の変位把握の効率化が可能である。特に災害時に発生し

た地形等を経年的に計測することにより、変位把握の効率化が可能となる。

また、施工時の機械の稼働履歴のデータ、資材の製造・供給元や品質のデータ、発生土・搬入土の移動履歴データにも3次元位置情報を付与し、CIMモデルに連携させて保管することで、変状発生時や災害被災時における原因究明や復旧対策の効率化が可能となる。

4. 3次元データの利活用に向けた取組

建設現場の生産性向上を図るためには、3次元データの普及・拡大が不可欠であり、今後、以下の取組を進めていくこととする。

(1) G空間情報センターとの連携

G空間情報センターは、国、地方公共団体、大学、民間等が保有するオープンデータ、有償・無償データ、独自データなどの多様なデータ等を提供しており、これらを活用することにより、電子地図上で必要な情報を確認することが可能である。

3次元データの普及・拡大にあたっては、G空間情報センターが保有する情報等と併せて活用することで、様々な利活用モデルの実用化を図ることが可能となることから、積極的に連携を図っていく。

(2) 3次元データの仕様の標準化

データの標準的な仕様での納品を徹底することにより、測量・調査から設計、設計から施工に移行する際に、大幅な修正や追加が生じることなくデータの利活用が可能となることから、異なる事業者等が作成したデータでも、誰もが等しく利活用できるようになるものと期待している。

このため、2017年度は橋梁及び土工について表記標準（案）を策定した。2018年度はトンネル、ダム、河川構造物（樋門・樋管）におけるデータの標準的な仕様を策定することとしている。また、ファイル形式については、国際標準化の動きとあわせ、順次、国際標準の適用を進めることとしており、その際、国際標準化に向けた検討状況を適時把握し、標準化されたファイル形式が日本でのBIM/CIMの利活用の支障とならないよう、必要な提案を行いながら順次国際標準の適用を進めていく。

(3) データ利活用環境の整備

3次元データの利活用にあたっては、既存の2次元データも活用しつつ、測量、調査、設計、施工、維持

管理で一貫通貫の流通・利活用することを目指している。このため、各段階のプレイヤーが効率的にデータを利活用できるシステムの検討を進め、2018年度までにシステムの基本的な仕様等を取りまとめ、2019年度からシステムの構築を開始する。

また、今後早期に維持管理段階で3次元データを利活用できるようにするためには、これまで国土交通省が発注してきた業務及び工事における2次元図面等の電子成果品の格納データも活用し3次元化する必要がある。このため、さらに成果品の的確かつ確実な格納を進めるとともに、2019年度までに電子納品保管管理システムに格納されている2次元図面を活用し、既存構造物等を効率的に3次元化する方法を策定し、順次転換を図る。

(4) 3次元データ利活用モデルの実現の支援

国土交通省が持つ公共事業に関するデータと、国や地方公共団体等が所有する地形・地盤・気象・交通情報などのデータを連携して利活用することで、様々なモデルの構築が可能となる。

このため、国等の安全、データ改ざん等のセキュリティ対策、データ所有権の明確化、利活用の目的に応じたデータの評価等の解決すべき課題を整理し、国土交通省が持つ公共事業に関するデータのオープン化などの3次元データの利活用が促進される環境整備を目指す。

5. BIM/CIM の活用に向けた環境整備

BIM/CIM を効果的に活用していくためには、基盤要領等の整備を進めるだけでなく、それを活用する環

境も併せて整備していくことが重要である。このため、2018年度から、建設生産・管理システム全体で3次元データを活用する環境を整備するための取組を開始している。

(1) 情報共有システム機能要件の整備

国土交通省直轄土木工事では、工事書類の管理に情報共有システムを活用している。今後、BIM/CIM を効果的に活用していくためには、これら情報共有システム上でCIMモデルを共有、確認できる環境を整備することが重要である。

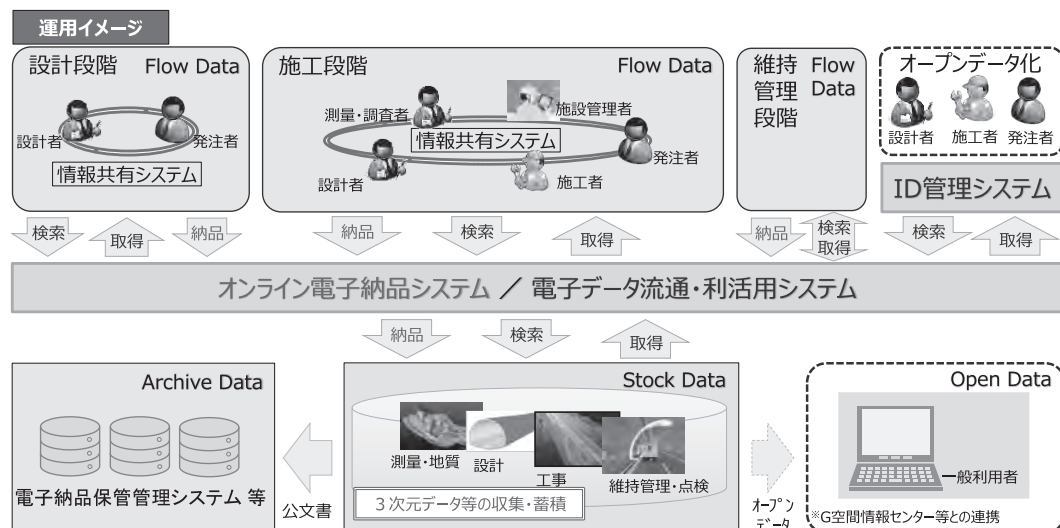
2018年度は、情報共有システム機能要件に新たに3次元モデルの取り扱いについて追記するとともに、設計業務等においてもCIMモデルの共有が可能となるよう、業務版を新たに策定したところである。

2019年度に向けては、機能要件の解説編を策定し、情報共有システム上でCIMモデルを共有、変更指示が可能となるよう働きかけていく。

(2) オンライン電子納品システムの構築

これまでは建設生産・管理システムの各段階で3次元データを活用してきたが、今後は建設生産・管理システムで一貫したデータを活用していくことが不可欠である。このため、2017年度からは、設計から施工、維持管理までデータが流通するようCIMモデル等の3次元データを成果品として位置づけることとした。

また、電子データを利活用するにあたり、遅滞なく最新のデータが共有されるよう、情報共有システム機能要件を整備するとともに、電子成果品をオンラインで受渡しが可能となるようオンライン電子納品システムの構築に着手している（図－4）。



図－4 オンライン電子納品システム

2018年度は、仮想サーバを使用したオンライン電子納品の試行により課題を抽出し、2020年度のシステム実装を目指している。

(3) 発注者の育成

BIM/CIM をより効果的に活用していくためには、BIM/CIM を利用する受発注者双方がその利用方法を十分に理解することが必要である。

このことから、国土交通省では2018年度から発注者向け研修に着手している。研修では、BIM/CIM とは何か、何が可能となるのかについて学習するため、導入の背景と目的、また関連基準等の理解を深めるための講義を実施している。ここでは、概念としてのBIM/CIM の活用だけでなく、発注者としてどのような活用が可能なのかについてもあわせて学習することになっている（図—5）。

また、BIM/CIM の現状と課題を把握するためには、発注者だけで検討するだけでなく、実作業を担当する設計者、施工者の意見を共有することが重要であることから、それぞれの段階でどのように活用されて

いるのかについても学習している。

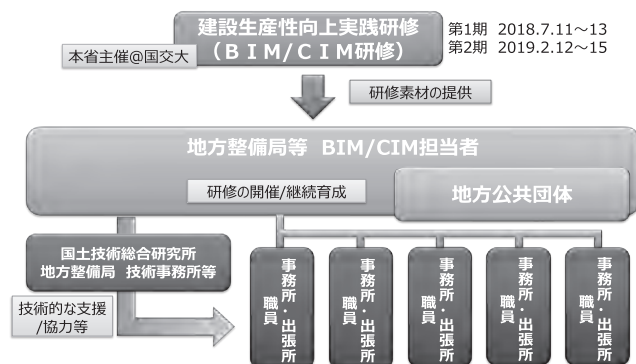
なお、BIM/CIM の活用を促進していくためには、一部の職員だけが研修を受講できるだけでなく、より多くの職員が研修等を通じた技術習得を可能とする環境づくりが必要である。このため、研修資料等を各地方整備局等と共有し、地整等においても地整職員や地方公共団体職員を対象にBIM/CIM に関する研修の実施を推進している。

6. おわりに

建設現場の生産性向上を図るためには、i-Construction の取組み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、地方自治体に対して、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、CIM を始めとしたi-Construction に関する様々な基準について周知を図りつつ、連携して取組みを進める。また今後、より使いやすいガイドラインとするため、CIM を実践して得られた課題への対応や関連基準類の整備状況を踏まえて、継続的に改善を図っていく所存である。

J C M A



図—5 発注者向け研修の実施



〔筆者紹介〕
那須 大輔（なす だいすけ）
国土交通省 大臣官房 技術調査課
課長補佐

行政情報

官庁営繕事業における生産性向上に係る取り組み

i-Construction 建築分野にも拡大

山 田 剛

2016年9月、政府が設置する未来投資会議において、「建設現場の生産性を2025年までに2割向上を目指す」という方針が示され、国土交通省では、i-Constructionの取組を開始した。2018年度から建設現場における生産性を向上させるi-Constructionを建築分野にも拡大する方針とし、2018年6月に閣議決定した「未来投資戦略2018」の具体的施策として、官庁営繕工事における施工合理化技術の採用及びBIMガイドラインを改定することが盛り込まれた。本稿では、官庁営繕事業の生産性向上の取組における具体的施策を紹介する。

キーワード：働き方改革、BIMガイドライン、施工BIM、ICT建築土工、施工合理化技術

1. はじめに

2016年9月、政府が設置する未来投資会議において、「建設現場の生産性を2025年までに2割向上を目指す」という方針が示され、政府を挙げて生産性向上の取組を開始し、国土交通省においてもi-Constructionの取り組みを開始した。また、2017年3月、政府において「働き方改革実行計画」が決定されるとともに、2018年6月に働き方改革関連法が成立、2019年4月法施行から5年猶予後に建設業へも罰則付きの時間外労働上限規制が適用されることとなったことから、建設業の働き方改革及び生産性向上は喫緊の課題となっている。

2017年12月には、「新しい経済政策パッケージについて」が閣議決定され、2018年度からi-Constructionを建築分野にも拡大する方針が政府方針として示された。

また、2018年6月に閣議決定した「未来投資戦略2018」の具体的施策として、官庁営繕工事における施工合理化技術の採用及びBIMガイドラインを改定することが盛り込まれた。これらを始めとして、官庁営繕部において生産性向上の取組を進めているところである（図—1は、官庁営繕部における働き方改革及び生産性向上の取組について、パッケージ化して示したもの（2018年8月時点））。

本稿では、官庁営繕事業において生産性向上（i-Construction）の推進に取り組むに当たって整理を行った建築分野の特徴及び営繕工事における具体的な

取組を紹介する。

2. 建築分野の特徴

「平成30年度建設投資の見通し」（国土交通省総合政策局調べ）によると、土木分野の投資額の約8割が公共投資であるのに対し、建築分野では民間投資が約9割を占めている（図—2）。

このため、これまでICT等の導入については、民間工事で普及したものを営繕工事に取り入れていく受注者提案型の施策を進めてきた。

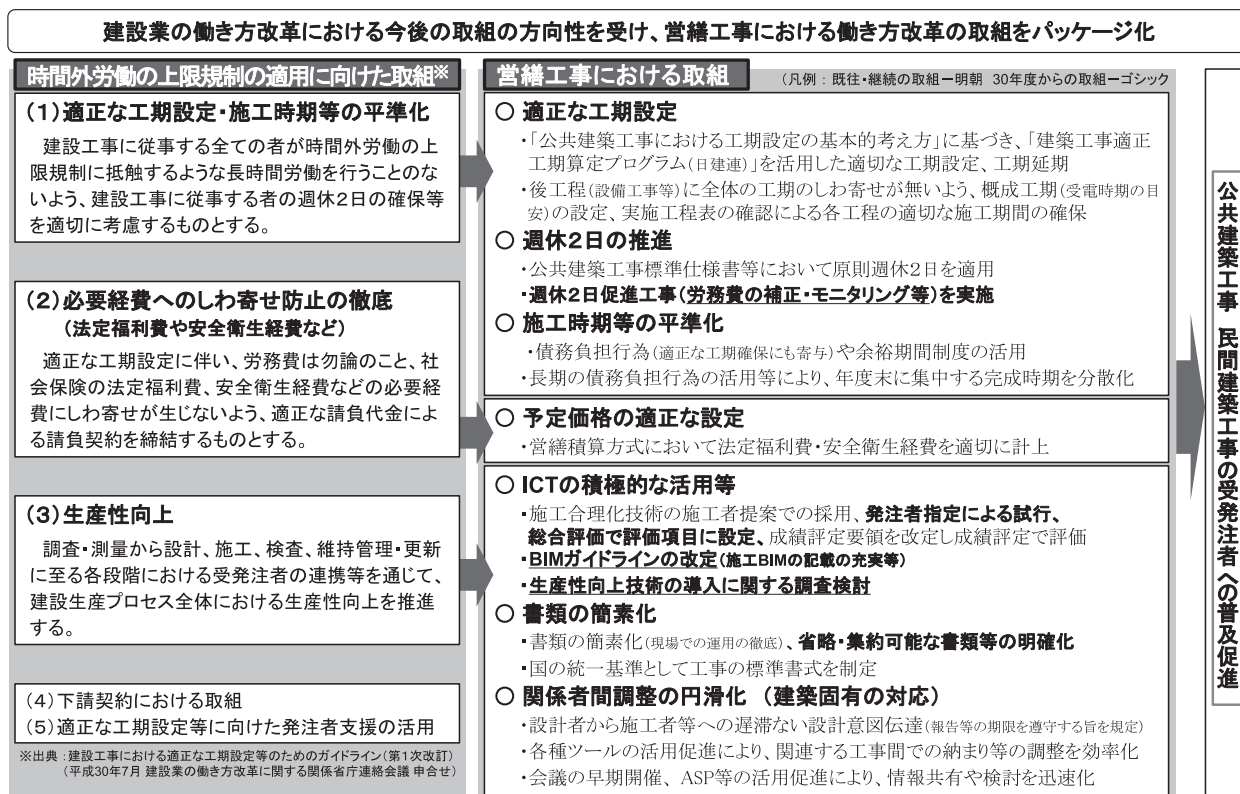
2018年度からi-Constructionを建築分野にも拡大する方針を受け、2017年11月に開催された未来投資会議構造改革徹底推進会合「地域経済・インフラ」会合において、官庁営繕におけるICT等の導入を始めとした生産性向上の推進に関する取組項目を次の（1）から（3）に整理し、具体的に示した。

（1）営繕工事における生産性向上の推進に向けた取組

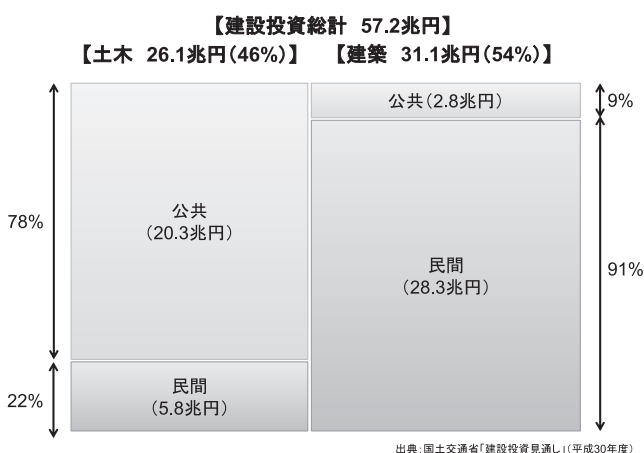
- ・生産性向上に向けた施工合理化技術^{*1}の導入に関する施工者の提案を積極的に採用

※1：施工合理化技術：プレハブ化、ユニット化、自動化施工（ICT施工、ロボット活用等）、BIM（Building Information Modeling）、ASP（Application Service Provider）等を活用したもので施工の合理化に資するもの

- ・ICT等の活用による遅滞ない合意形成及び書類作成の手間の縮減



図一 営繕工事における働き方改革の取組



図二 建設投資の見通し内訳 (平成30年度)

要領 (設計・工事)・BIM ガイドライン)

(3) 公共建築工事・民間建築工事への水平展開の支援

- ・全国営繕主管課長会議等を活用し、公共発注者間で情報共有・周知
- ・日建連と連携し、「いつでも・だれでも」採用可能な施工合理化技術^{※4}について、中小建設業者等への普及を支援

※4：日本建設業連合会において「省人化事例集」として2018年4月に公表。中小建設業者等に対する技術の普及に活用

(1) から (3) の整理に当たっては、基準類の改定、工程管理の改善、施工合理化技術の活用、情報共有・周知など ICT 技術に限定せず生産性向上に資する施策を広く取り入れている。

これらの取組項目を①設計段階、②施工計画段階、③施工段階、④監督検査段階といった建築生産プロセスに沿って具体例を落とし込んでイメージ化したのが図一3である(2017年11月28日 未来投資会議構造改革徹底推進会合「地域経済・インフラ」会合(インフラ)(第1回)資料4-2)。

従来、図一3下段のように従来技術で実施してきた建築生産プロセスを、図一3上段のように ICT 等

- ・工程管理の改善のため、工期算定プログラム等^{※2}の活用、週休2日工事のモニタリングを実施

※2：建築工事適正工期算定プログラム(日本建設業連合会)等

(2) 施工合理化技術の導入を考慮した基準類等の整備

- ・施工合理化技術の導入を優位に評価するよう、「営繕工事成績評定実施要領」の運用方法を改定^{※3}
- ・i-Construction に対応した基準類の改定(電子納品

※3：工事成績評定への加点により施工合理化技術を導入した企業を次回以降の入札時に優位に評価

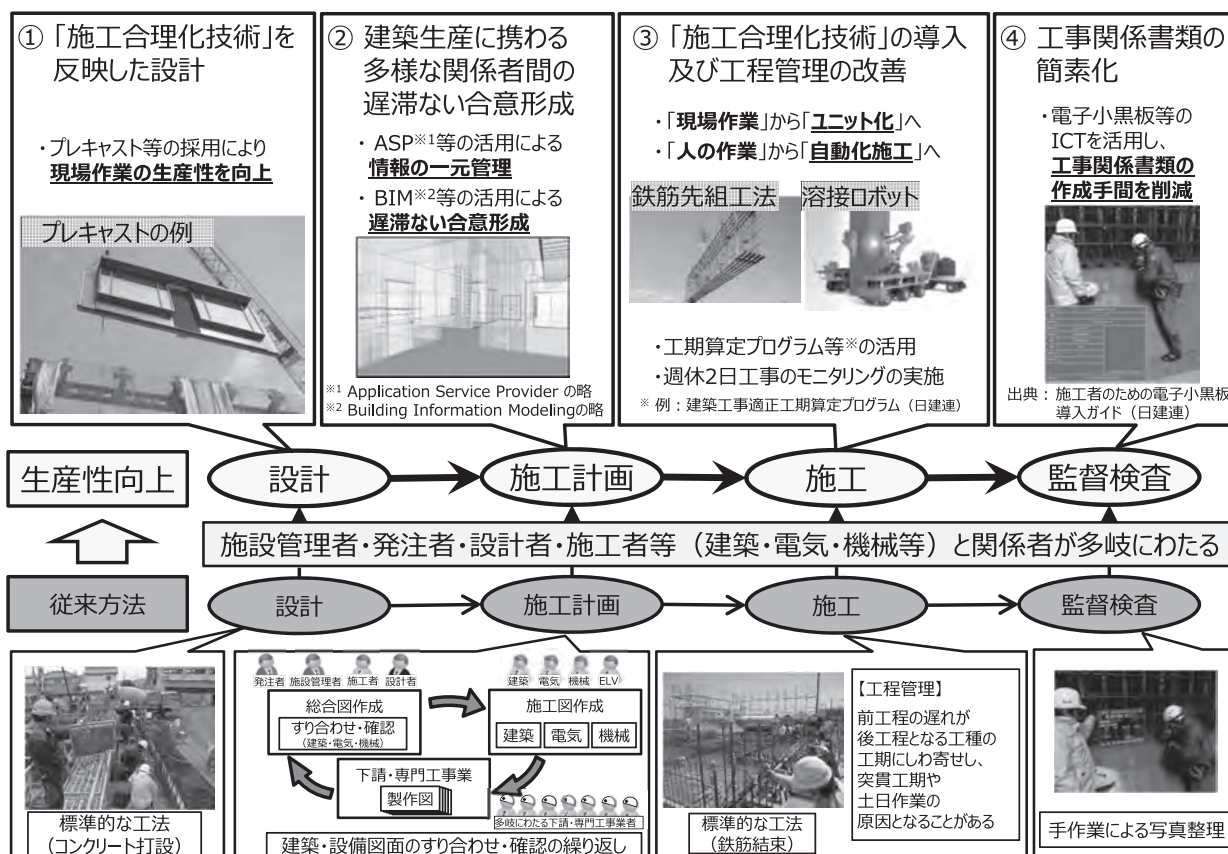


図-3 建築分野における ICT 等の導入による生産性向上

を活用することで、建築の生産性向上を図ることとしている。次節では、①～④の段階毎に、官庁営繕における i-Construction の主な具体的な施策を紹介する。

3. 官庁営繕における i-Construction の具体的な施策

①設計段階（施工合理化技術を反映した設計）

例えばプレキャストなど、施工段階では手戻りが大きく提案しにくい技術については、①の設計段階から設計者が現場作業の生産性向上を図るため、施工合理化技術を反映した設計を行うことが有効となる。

②施工計画段階（建築生産に携わる多様な関係者間の遅滞ない合意形成）

②の施工計画段階では、多岐にわたる関係者間での合意形成を円滑かつ遅滞なく行い、手戻りを防止することが生産性向上に有効となる。情報共有システムやBIMの活用はそのための有力なツールとなる。

従来、建築現場では、建築、電気、機械の各工事の情報を2次元の総合図に重ね合わせ、関係者間での調整を行うのが一般的であった。それが、BIMを活用し3次元データ上で重ね合わせることで、従来の2次元図面ではにはわかには分らなかった部材の重なり部

分が可視化される（干渉チェック）。

これにより、発注者や施設管理者を含めた様々な技術レベルの関係者でも施工内容の理解が容易となり、合意形成や承認行為を円滑かつ遅滞なく行い、手戻りを防止することが可能となる。

このような施工段階でのBIM活用を推進するため、2018年8月1日付けで「官庁営繕事業におけるBIMモデルの作成及び利用に関するガイドライン」(以下、「BIMガイドライン」という。)について以下の改定等を行い、受注者がBIMをこれまで以上に提案しやすくなった。

- ・発注者指定等によるBIM活用への対応
- ・施工段階のBIM活用方法についての充実

併せて、BIM電子成果品の作成方法及び確認方法を定めたものとして「BIM適用事業における成果品作成の手引き（案）」を新たに作成し公表。

- ・着手時におけるBIMモデルの受発注者間協議を明記
- 詳しく5.で紹介する。

③施工段階（施工合理化技術の導入及び工程管理の改善）

③の施工段階では、プレハブ化、ユニット化、ロボットを活用した自動化施工などの提案を施工者に促した

め、2017年12月、これらの施工合理化技術の採用に対して工事成績評定での加点評価を確実に行うための運用の改定を行い、翌1月から直轄営繕工事に適用した。

また、この取組を各省庁及び地方公共団体にも拡大してもらうため、発注機関毎に制定する工事成績評定要領の標準的な項目や項目毎の記載の考え方を定めた「公共建築工事成績評定要領作成指針」を改定し、2018年8月1日付けで中央官庁の営繕担当課長会議構成員及び全国の都道府県・政令市の営繕主管課長会議構成員あてに通知した。

④監督検査段階（工事関係書類の簡素化）

④の監督検査段階では、従来、工事写真の改ざん防止の観点から電子小黒板の採用が見送られていたが、2017年3月から営繕工事でも活用可能となり、既に実際の工事で採用され始めている。

工事写真の整理など、工事関係書類の作成手間を削減できるため、生産性の向上に有効である。

4. 2018年度以降の新たな取組

官庁営繕部は、2018年4月9日付で「営繕工事における施工合理化技術の活用方針」を策定し、2018年度発注予定の新営工事を対象に次の3つの取組を実施することを地方整備局等に通知した（図－4）。

- (1) 2018年度に発注する新営工事において、発注者指定で施工合理化技術の活用（試行）を開始

対象技術：①施工BIM、②情報共有システム、③ICT建築土工、④電子小黒板

対象工事：栃木地方合同庁舎（栃木市）、高山地方合同庁舎（高山市）、海上保安大学校国際交流センター（呉市）の3工事に適用

- (2) 総合評価落札方式で施工合理化技術の評価項目とする取組を導入（入口評価）

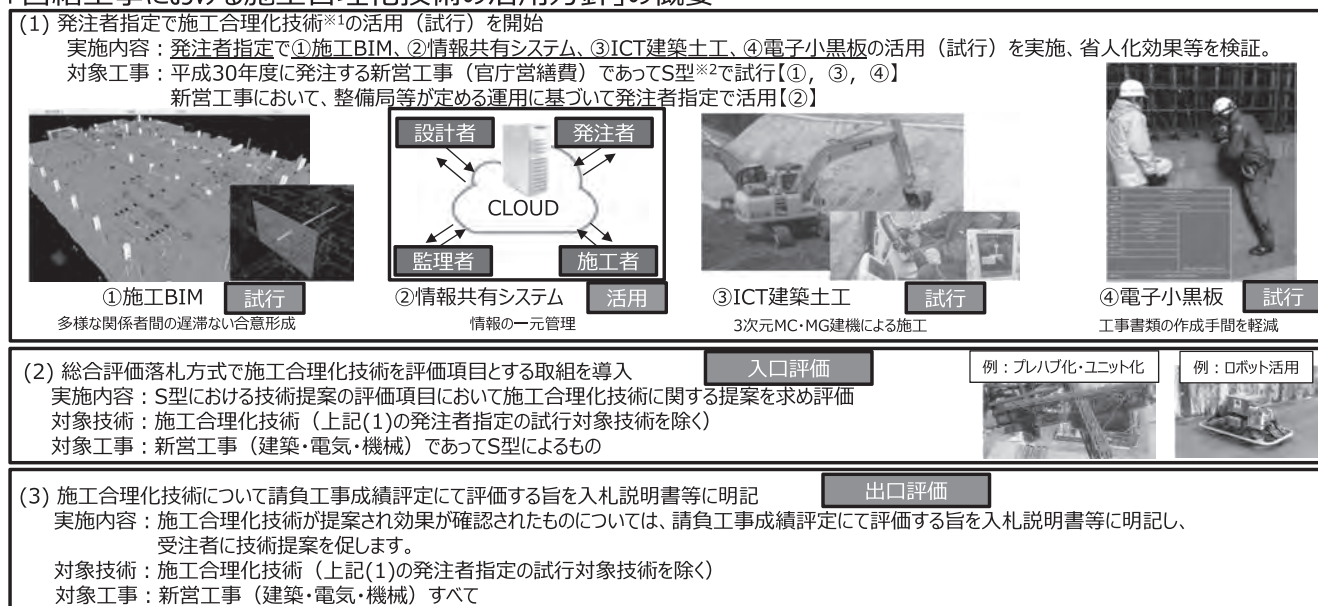
- (3) 施工合理化技術を提案し効果が確認された場合は工事完了後の請負工事成績評定にて評価する旨を入札説明書等に明記（出口評価）

なお、(2) (3) の取組については、2018年度に限らず、2019年度以降も継続して実施することとしており、受注者提案のインセンティブとしている。

対象技術のうち、③のICT建築土工については、土木に比べて小規模土工となる建築工事においてもメリットを享受できるよう、3次元データの作成手間の削減や床付精度に合わせた管理方法を採用するなど、建築工事独自の土工として試行を行い効果の検証を行うこととしている（図－5）。

また、建築分野にどのような施工合理化技術があり、その効果やコストがどの程度であるか等の調査を2018年度から2019年度の2カ年で実施することとしており、芝浦工業大学の蟹澤宏剛（かにさわひろたけ）教授に座長をお願いし、設計・施工各業界団体の代表の方をメンバーとした「官庁営繕事業における生産性向上技術の導入に関する検討会」を設置した。

「営繕工事における施工合理化技術の活用方針」の概要



※1 施工合理化技術：フレバ化、ユニット化、自動化施工（ICT施工、ロボット活用等）、BIM、ASP等を活用したもので施工の合理化に資するもの。

※2 S型：入札契約方式が技術提案評価型S型を指す。

（発注者が標準案に基づき算定した工事価格を予定価格とし、その範囲内で提案される施工上の工夫等技術提案と価格との総合評価を行う方式）

図－4 営繕工事における施工合理化技術の活用方針

発注者指定でICT建築土工の試行を開始

実施内容:発注者指定でICT建築土工の試行を実施、省人化効果等を検証。

対象工事:平成30年度に発注する新営工事(官庁営繕費)であってS型※2で試行

※2 S型:入札契約方式が技術提案評価型S型を指す。

(発注者が標準案に基づき算定した工事価格を予定価格とし、その範囲内で提案される
施工上の工夫等技術提案と価格との総合評価を行う方式)

試行

3次元MC・MG建機
による施工



栃木地方合同庁舎(着工済み)



海上保安大学校国際交流センター(着工済み)



高山地方合同庁舎(2月下旬開札済み)

受注者提案によるICT建築土工の活用例(H29)



オープンカット法面整形(60°3D) つぼ堀 床付け(3D:2D+深さ)

ICT建築土工 H30試行の特徴(一般的な建築土工との違い)

- データの入力 : 傾斜のある形状は3Dを活用。床付けのみの箇所は2D-CAD情報の活用によりデータ入力を簡略化。
- 3DMC・3DMG: 掘削時の縄張り・遣方(丁張り)が省略でき、施工性が向上。
- 3D床付け管理: 建築床付け管理に必要な精度が3Dで確保出来ているかを今回の試行で検証するため、一般的な測量機器を併用して管理。
- 電子納品 : 今回の試行では施工データをオリジナル形式とpdf形式で納品。



ICT建築土工の試行結果により省人化効果を検証

図一5 営繕工事における ICT 建築土工の試行

検討会は、第1回を昨年11月22日に、第2回の検討会を2月19日にそれぞれ実施済みであり、中間報告を行う予定である。

また、1月21日に表彰式が行われた「第2回 i-Construction 大賞」では、3つの大臣賞と22の優秀賞が授与され、今回建築部門としては初めて優秀賞として1件表彰された。表彰案件では、受注者提案により改修工事の施工図をBIMを用いて作成し、VR(Virtual Reality バーチャル・リアリティ)技術を使ってメンテナンス性の確認と詳細な施工手順の検討を行ったものである。狭い機械室の中での施工計画を効率的に立案し、限られた日程で工事を完了した優れた事業であったことが評価された。

これまで新築工事でのBIMの取組が主であったが、改修工事でもBIMの効果が得られることがわかった。今後の取組に大いに参考とし、今後もこのような好事例があれば積極的に推薦し、受注者の生産性向上へのモチベーションにつなげたい。

5. 2018年8月にBIMガイドラインを改定

(1) 発注者指定等によるBIM活用への対応

従前のBIMガイドラインは、主に設計業務・工事の受注者からの技術提案等によるBIM活用を念頭に置いて策定した。適用対象は、「BIMモデルの作成及び利用をして図面及び仕様書(設計業務の場合。工事

の場合は完成図等。)の成果物を作成する場合や技術的な検討を行う場合」と広く読める範囲とし、受注者が幅広く技術提案等を行えることを企図していた。

今般、i-Constructionの推進の一環として、発注者指定により施工BIM等の施工合理化技術の試行を行い、また、今後も発注者指定によりBIMを活用することが考えられるため、BIMガイドラインの適用対象について改めて整理を行った。

具体的には、「発注者の指定」又は「受注者からの技術提案等」によりBIMモデルの作成及び利用をすることにより、「発注者に提出する成果物を作成する場合」又は「発注者に確認を受けるために提示するデータを作成する場合」をBIMガイドラインの適用対象とし、「発注者を介さずに受注者自らの検討、調整等のためにBIMモデルの作成及び利用をする場合」については、BIMガイドラインの適用対象としないものの、BIMガイドラインを参考とすることを明記した。

BIMガイドラインの適用対象となった場合、受注者はBIMモデルの作成及び利用をする内容、実施方法(BIMソフトウェア、解析ソフトの名称・バージョン等を含む。)、実施体制等について発注者との協議が必要となる。

これに加え、施工段階においては、BIMモデルの作成及び利用をすることにより、施工計画書、施工図等の内容について発注者に確認を受ける場合が考えられることから、確認を受ける具体的な範囲及び手順に

ついて、発注者と協議することを追加した。

(2) 施工段階における BIM の活用方法についての充実

施工段階における BIM の活用実績が少ない現状を踏まえ、施工段階における技術的な検討例の追加、BIM モデルの詳細度の参照資料の紹介等を行い、施工段階において BIM モデルを利用しやすい環境整備を行った。

施工段階における技術的な検討の例として、従来からあった「干渉チェック」に「施工手順、施工計画等の検討」「施工図等の作成」「デジタルモックアップ」「数量算出」「各種技術資料等の作成」を加え、部分的な BIM 利用ができる項目の例を追加した。

また、施工段階における技術的な検討において、BIM モデルの作成する際に実務上参照できる資料として、(一社)日本建設業連合会 HP^{※5}の紹介を追加した。

※5 施工図の LOD と BIM 施工図への展開 (一般社団法人日本建設業連合会 HP より)

(3) BIM 適用事業における成果品作成の手引き(案)の作成

従来の BIM ガイドラインでは、技術提案等により作成した BIM モデルを電子成果品として発注者に納品させることを想定していなかったため、BIM モデルの電子納品に関して明記されていなかった。

今般、発注者指定による BIM 利用等、BIM モデルを発注者に提出する場合への対応が必要となったため、BIM 電子成果品の作成方法及び確認方法を定めるものとして、BIM ガイドラインの改定と併せて「BIM 適用事業における成果品作成の手引き(案)」を新たに作成した。

本手引きにおいては、BIM モデル等の成果品のフォルダ構成等のほか、受発注者間の認識違い・手戻り等がないよう、設計業務又は工事の着手時に、発注者からの指定又は受注者からの技術提案等に従い、BIM モデル作成・利用の目的、作成・更新の範囲、詳細度、ファイル形式等を受発注者間で協議し、成果品として

作成する BIM モデル等を決定することを明記している。

また、成果品として作成する BIM モデルについては、検討目的に応じた詳細度に関連する図面等(図面の他、BIM モデルを利用して作成した計算書、数量書等の数値等を含む。)と整合していることを受注者が確認することを明記している。BIM モデルと完成図書(設計業務の場合は実施設計図書、工事の場合は完成図。)の内容が整合していることは求めるものの、完成図書に求められる詳細度との一致までは求めておらず、受注者の過度の負担とならないよう配慮している。

(4) 着手時における BIM モデルの受発注者間協議

設計業務又は工事の着手時に、発注者からの指定又は受注者からの技術提案等に従い、BIM モデルの作成及び利用の目的、作成・更新の範囲、詳細度、ファイル形式等を受発注者間で協議し、成果品として作成する BIM モデル等を決定する。このとき、受発注者間の認識違い、手戻り等がないよう、初期段階における協議を実施することを手引き(案)に明記した。

6. おわりに

人口減少時代を迎え、生産年齢人口も減少する中、建設業がその役割を果たすためには、業界を挙げて生産性向上と担い手確保に取り組まなければならない状況である。

国土交通省は、2019 年を「生産性革命・貫徹の年」と位置づけ、建築分野にも ICT 導入を定着させる段階に入った。官庁営繕は、業界団体、各省庁、地方公共団体とも連携して生産性向上の推進に取り組んでいく。

J C M A

【筆者紹介】

山田 剛(やまだ つよし)
国土交通省 大臣官房
官庁営繕部 整備課 施設評価室
企画専門官



鉄骨工事における自動化施工技術に関する開発 揚重作業の効率化と安全性確保

鈴木 信也

筆者らは、建設現場の生産性向上を目指し、建物がさまざまな部材を現場で組み立てることで建てられること、即ち「建物は接合部のかたまりである」ことに着目して、接合作業と接合に係るさまざまな現場作業に、新たな構工法・自動化技術などを用いて生産性を向上させる取り組みを行っている。

本報では、鉄骨工事における接合作業や接合に係る部材に関する技術として、吊荷旋回制御装置、鉄骨柱の建入自動計測・建入れ制御装置の有効性について技術開発を行い、実際に現場で検証した結果を報告する。

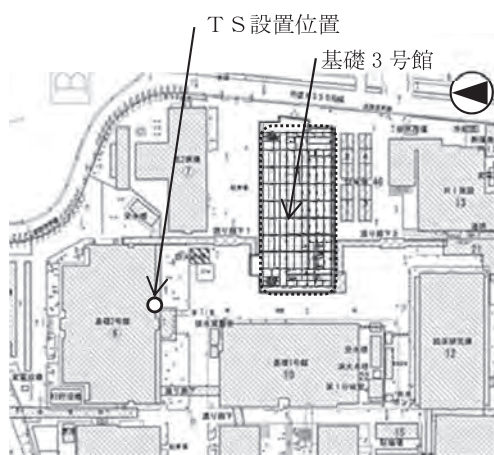
キーワード：鉄骨工事，自動化施工，自動計測，鉄骨柱の自動建入計測・自動建入れ制御装置，吊荷旋回制御装置

1. はじめに

建設業の労働生産性は、製造業における労働生産性が年々増加していることに反して1990年以降低下傾向にあり、近年では製造業の半分以下になっている。この要因として、バブル経済崩壊後に始まった過当競争による建築受注金額の低下と、建築現場における省力化・機械化の遅れに伴い、建設業が労働集約型産業のまま停滞していることが考えられる。さらに、建設業に従事する就業者は他産業に比して高齢化が進んでおり、また、熟練工不足が建築生産の制約となっていることから、労働集約型産業からの早期脱却が望まれる。

筆者らは、建設現場の生産性向上を目指し、建物がさまざまな部材を現場で組み立てることで建てられること、即ち「建物は接合部のかたまりである」ことに着目して、接合作業と接合に係るさまざまな現場作業に、新たな構工法・自動化技術などを用いて生産性を向上させる取り組みを行っている。

本報では、鉄骨工事における接合作業や接合に係る部材に関する技術として、吊荷旋回制御装置および鉄骨柱の建入自動計測・建入れ制御装置の概要と、実際に久留米大学基礎3号館（図—1）において在来工法との比較検証を行った結果について報告する。



図—1 現場全体図

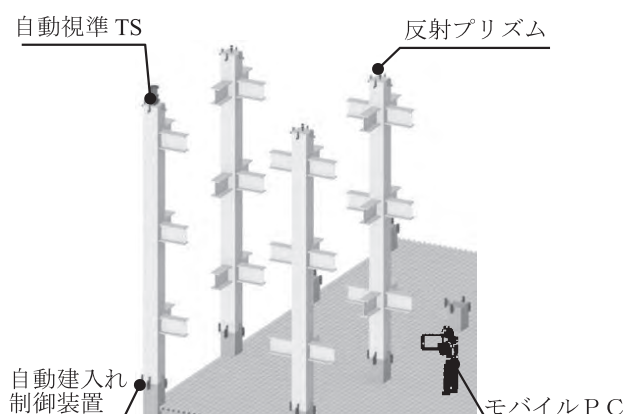
2. 鉄骨柱の自動計測・建入れ制御システム概要

(1) 鉄骨柱の自動計測・建入れ制御システムの機構
一般的に鉄骨の建入れ計測は、従来のトランシットを使用した2方向からの計測（以下「在来工法」）や鉄骨柱にターゲットを貼りトータルステーション（以下「TS」）を使用した計測方法が多く活用されている

が、いずれも計測機器は建方階に設置しており、吊足場や安全ネットなどからの視認性の悪さや盛替え作業が発生する。「鉄骨柱の自動計測・建入れ制御システム」は、視認性の悪さや盛替え作業の発生を回避するため、「見下げ計測」としている。

鉄骨機器に鉄骨図の3次元データを搭載した自動視準TSにより、設計データと実際に計測した建入れデータとの差分に基づき、鉄骨柱接合部に取りつけた装置を自動制御するシステム(図—2)である。また、鉄骨柱接合部に建入れ制御治具と自動建入れ制御装置(以下「本装置」)を取り付け、自動計測システムにより計測した鉄骨柱頂部の位置情報から、自動で鉄骨柱を設計位置に建起こすシステムである。

自動建入れ計測システムは、3次元計測において汎用的に使用されているTSを用い、TSは計測する鉄骨柱の頂部に設置した反射プリズムより高い位置に設置する。TSの自己位置計測指示や、鉄骨柱の建方精度計測開始や設計データと計測結果の差分から建入れ精度を $\pm 1\text{ mm}$ 以内に誘導する自動制御開始指示などの送受信はモバイルPCを用いる。モバイルPCのディスプレイを写真—1に示す。計測結果の差分データ



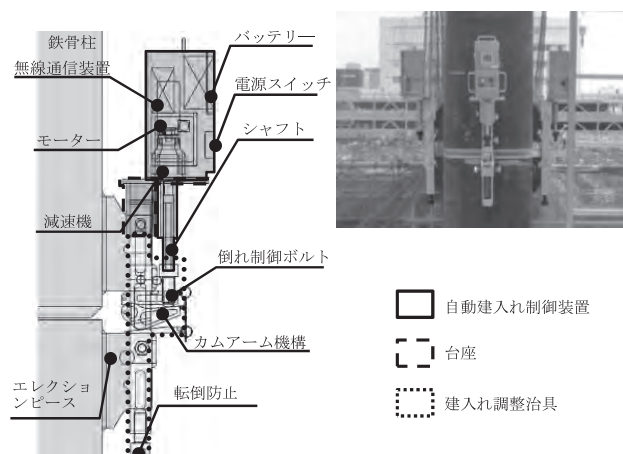
図—2 建入れ制御システム全体イメージ図



写真—1 モバイルPC ディスプレー

はモバイルPCから無線LANで本装置へ送られ、一連の計測作業が終わるまで計測者は一切の操作が不要となる。

本装置の機構を図—3に示す。建入れ制御治具の上部に台座を介して本装置を設置し、倒れ制御ボルトを自動で回し98 kN (10 t) までの鉄骨柱の建入れ制御を自動で行うものである。倒れ制御ボルトの上部にモーター、減速機、シャフトを連続配置することで、最小限の重量になるように構成されている。本装置の重量は約10 kgである。



図—3 自動建入れシステムの機構

(2) TSの設置箇所の検討

計測する反射プリズムよりも高い位置に設置するTSの設置箇所は、近隣建物屋上、鉄骨柱頂部もしくはTS専用の支柱が考えられる。鉄骨柱頂部に設置するTSは仮置きされた鉄骨柱に地上で設置するため、写真—2に示す常時鉛直を保つ機構の治具に取り付けて揚重する。TS専用の支柱(写真—3)への設置は支柱内を自昇降するテーブルに設置する。いずれの設置方法も高所作業が不要であり、計測作業の安全性が向上する。



写真—2 TS 鉛直保持治具



写真一3 TS専用支柱

(3) 柱頂部や専用支柱の振動

柱頂部やTS専用の支柱への設置は、鉄骨建方階の作業による振動や風速により、計測精度に悪影響を及ぼす事を避けなければならない。そこで、当該作業時の柱頂部や専用支柱頂部の振動を計測した。いずれも変位は加速度時刻歴の2重積分から求めた。

柱建方直後の最大変位は、X方向で0.4 mmであり、TSの斜距離精度である±1 mm以下である事が確認できた。また、デッキ仮置き時の最大変位は、Y方向で1.2 mmと斜距離精度とほぼ同程度であり、柱の歪直し時の計測等に大きな影響を与えるものではないと判断できた。ただし、梁取り付け時には、衝撃によりY方向の最大変位が1 mmを大きく超える瞬間があり当該作業時は、計測精度に悪影響を及ぼす可能性が示唆された。一方、TS専用支柱頂部の最大変位は1 mm以下と推測され、計測結果に大きな影響を与えるものではないと判断できた。

(4) 建入れ制御量算出方法

柱の倒れの模式図を図一4に示す。柱の倒れが θ° である場合、本装置の制御量は下式で求めることができる。

$$H = X \times D \div L1 \text{ (mm)}$$

H: 建入れ制御量 (mm) X: 柱のずれ量 (mm)

L1: 柱長 (mm) D: 建入れ制御治具間距離 (mm)

自動建入れ計測システムにより計測した柱のずれ量と設計情報(柱長、柱幅)から建入れ装置の制御量を自動算出する事ができる。

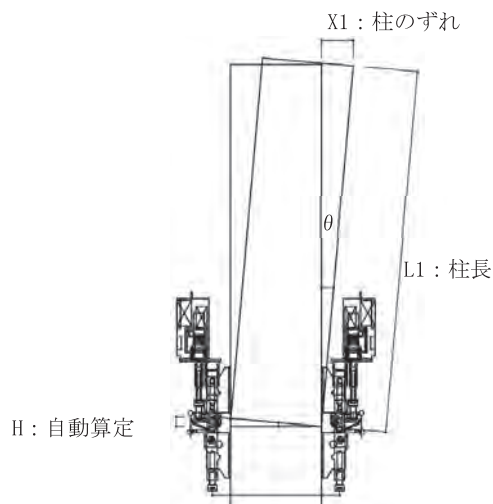
(5) 必要トルクの算出方法

倒れ制御ボルトの必要トルクTは下式により求めた。

$$T = N \times d \times K = 87.3 \text{ (Nm)}$$

N: ボルト軸力 (kN) = 29.4

d: ボルト軸径 (m) = 0.033 m



H: 自動算定

D: 建入れ調整治具間距離

図一4 柱の倒れ模式図

K: トルク係数=0.09

1/100 減速機(トルクロス5%を想定)を用いたモーターの必要トルクは、約0.92 Nmとなる。モーターは、ピークトルク1.07 Nm、定格トルク0.48 Nmのモーターを選定した。

(6) 制御の検討

自動計測システムによる柱位置の計測結果から、建入れ制御量を自動計算し、無線LANによりモバイルPCから本装置に動作信号が送信され、X方向とY方向の自動制御が始まる。汎用的に使用されている自動視準トータルステーションを用いて計測を行っているため、一回の自動視準計測に20秒程度かかる。一方向制御毎に計測を行うと制御回数分の計測時間がかかるため、一回の計測で二方向同時に制御をして、計測時間の短縮を図っている。自動建入れ制御は、柱の建入れ精度が±1 mm以下になった時点で自動停止する。本装置の設置状況を写真一4に示す。

本装置は、モーターの温度、電圧、トルクを監視し



写真一4 自動建入れ制御装置

ており、許容値を超えた場合、異常信号をモバイルPCに送信し、動作が止まる安全装置が組み込まれている。

(7) 制御装置の検討

建入れ制御治具は鋳物あるいは鍛造のため、大きさにばらつきがある。そのため、台座と本装置の間で遊びを設ける必要がある。台座と本装置との間に前後方向長穴を設け、倒れ制御ボルトの位置に合わせて本装置の位置制御ができるようにして、本装置と建入れ制御治具の芯ずれに対応できるようにした(写真—5)。



写真—5 自動建入れ装置の台座

本装置と建入れ制御治具を連結するシャフトは、倒れ制御ボルトの六角凹型に合わせ、押付けバネ内蔵の六角ボルトで計画したが、倒れ制御ボルトは、カムアームに取り付いているため、シャフトが本装置から垂直になるとは限らない問題が発生した。そこで、押込みに合わせて角度が変化するように、シャフト上下端部をボールポイント形状にして、建入れ制御ボルトの角度の変化に追従可能とする事で、スムーズにモーター回転を制御治具に伝達できる機構としている。

3. 吊荷旋回制御装置の概要

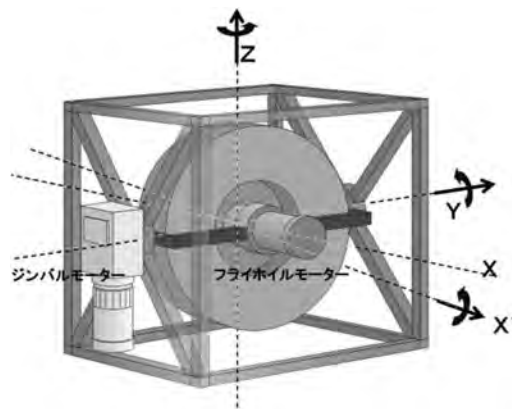
(1) 制御の検討

一般に、建設工事では鉄骨やカーテンウォールなど様々な資材をタワークレーンを用いて揚重し、取り付ける作業が行われている。しかし、風の影響やクレーンの動きに伴う慣性力によって吊荷が旋回することが多くあり、安全面や作業効率の改善が求められている。この様な課題の克服に向け、タワークレーン作業の更なる効率化と工期の短縮、及び安全性の向上を目指して様々な技術開発が行われ、ジャイロトルクにより吊荷の方向制御などを行うコントロールモーメントジャイロ技術などの高度な制御技術の導入も試みられている。

ジャイロトルクによる吊荷の方向制御の能動制御にカラートラッキング手法を用いて、吊荷を目的の位置で正確に静止させられる旋回制御装置を開発した。

(2) ジャイロ機構を用いた吊荷旋回制御装置

ジャイロ機構(図—5)を用いた旋回制御方法に、受動制御と能動制御がある。受動制御は、外力吊荷が外力により z 軸回り回転した場合、ジンバル軸(y 軸)を回転し、吊荷の旋回を抑制する。それに対し、能動制御は、ジンバル軸(y 軸)を回転させることで、吊荷を z 軸方向に旋回させることができる。

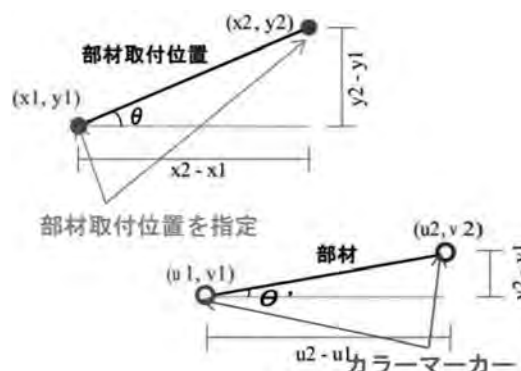


図—5 ジャイロ機構

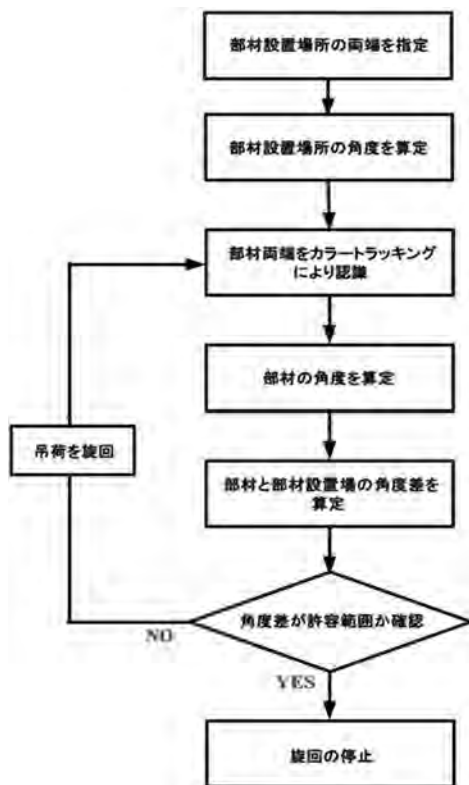
(3) カラートラッキング手法を用いた能動制御

開発にあたっては、吊荷位置と部材取付け位置の角度の把握が重要となる。そこで、部材取付け位置の角度については、タワークレーンジブトップのカメラ画像をもとにマウスなどを用いて部材取付け位置の両端をマーキングし、吊荷位置については吊荷旋回制御装置にマーカーを設置しカラートラッキング手法を用いることにより把握する。

吊荷の自己位置は、カラートラッキング手法を用いて設計座標と実測位置から吊荷旋回角を演算し、演算結果からジンバル軸を傾斜させ、吊荷を取付位置と平行に旋回制御を行う(図—6)。開発した吊荷の自動旋回制御手法は、ジャイロ機構を用いた装置とカラートラッキング技術を活用した手法であり、アルゴリズムに大きな特徴がある。



図—6 旋回制御角度



図ー7 吊荷旋回のアロリズム

(4) 吊荷旋回制御の吊荷位置把握アロリズム

吊荷旋回制御のアロリズムを図ー7に示す。

(a) 部材設置場所の両端を指定

タワークレーンジブトップのカメラ画像上で、部材取付け位置の両端を指定する。

(b) 部材取付け角度を算定

部材設置場所の両端の座標を $(x1, y1)$, $(x2, y2)$ とすると、部材設置場所の角度 θ を

$\theta = \tan^{-1}((y2-y1)/(x2-x1))$ として算定する。

(c) 取付け部材両端をカラー-trackingによる認識部材の両端に異なるカラーマーカ（tracking対象物）を設置する。

(d) 取付け部材の角度を算定

部材両端の座標を $(u1, v1)$, $(u2, v2)$ とすると、部材取付け場所の角度 θ' を

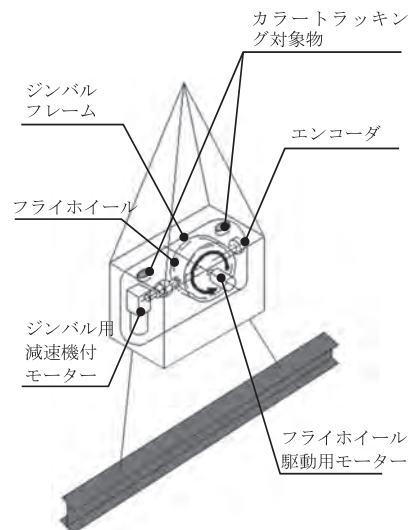
$\theta' = \tan^{-1}((v2-v1)/(u2-u1))$

として算定する。

部材取付け場所の角度 θ と取付け部材の角度 θ' の差を算定し、誤差範囲内かどうかを確認する。

(5) 吊荷旋回制御装置の機構

吊り荷旋回制御装置の構成を図ー8に示す。前記のカラー-trackingの角度差によりジンバル用減速機を用い、ジンバルフレームを傾ける事により、吊荷を旋回させることができる。ジンバル回転角検出用エン



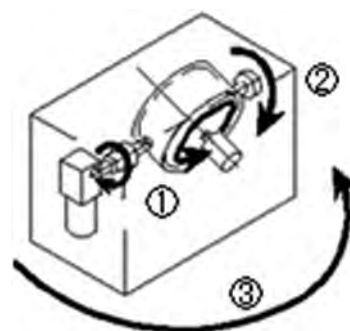
図ー8 吊荷旋回制御装置概略図

コーダは、ジンバルフレームの角度を監視し、旋回制御が可能であることを確認する。

(6) 能動制御

図ー9に旋回制御方向の概略図を示す。カラー-trackingで③方向に旋回させる場合、フライホイールが②方向に回転している時、ジンバル減速機を用いて、ジンバルフレームを①方向に傾けることによりフライホイール回転慣性力の反力で吊荷を③方向に旋回させることができる。

カラー-trackingによる旋回角度が一致した時点で、ジンバルフレームの傾きを止め、ジンバル用の減速機付モーターのブレーキを開放すると、ジャイロ効果によりフライホイールは①と逆の方向に傾き、吊荷の旋回③を吊荷の取付け角度で停止する。



図ー9 旋回制御方向概略図

(7) 受動制御

ジンバル用の減速機付きモーターのブレーキ解放を続ければ、外力に対しての抵抗として働き、吊荷の旋回位置を保持することになる。能動制御を開始する際に吊荷の旋回が静止した状態で機械抵抗を無視する

と、ジンバルフレームを傾けて旋回を行い、ブレーキを開放すると旋回は止まり、ジンバルフレームは旋回時の角度に戻る。受動制御は、有風時の旋回制御として有用な制御となる。

(8) カメラ画像補正

カラートラッキングによる色情報は環境変化に脆弱である。しかし色情報を使った応用事例では色を効果的に利用できることが証明されている。つまり環境を限定すれば十分に利用できることを示唆している。我々は、生活環境に施された色情報を昼間や夕方と違ったものとして見ることはなく、色についても本来の色を知ることができる。光源環境によって変化する見え方を経験しているから、変化した環境においても本来の状態を推し量ることができる。このように、環境に応じた色の扱い方を使い分けることでカラートラッキングターゲット（以下、ターゲット）を認識する知覚方法をコンピュータビジョンに応用することを考える。

カメラから観測される色情報は、屋外環境の変動や物体の移動により変化する。細かく言えば屋外環境の光によるホワイトバランスによる影響も考慮に入れるべきであるが、ここでは昼間の太陽光の下での影響に特化して考察する。太陽光のもとでの物体の色情報は、炎天下と曇りでは大きな違いが出る。炎天下の場合は太陽光の強い日差しが物体に反射し、カメラのオートアイリス機能でもそのターゲット以外の情景を含めて撮影する為にはその閾値を下げ過ぎることは出来ない。曇りの場合は全体の明るさを確保する動作を行う。アイリスが変化すると照明変動がなくても出力されるRGB値に変化が生じる。そこで筆者らは、電子装置が人間の目で見たまゝの状態に近いイメージを表現することが出来る技術である Retina-Morphic Processing（網膜模倣原理）に着目した。一般的にカメラのCCDなどはディスプレイやプリンタなどよりはるかに高いダイナミックレンジを持っており、ガンマ補正などのテクニックは特に暗い領域でのディスプレイ表示において詳細情報を失うことがある。我々の目がイメージを我々の脳に送るとき、強力なダイナミックレンジ圧縮が網膜のセルによって行われる。Retina-Morphic Processingは人間の目や脳がダイナミックレンジを圧縮する方法をまねているため、イメージを加工することなしにバランスのよいコントラストを保つことが可能となる。

(9) 輝度補正空間保持モデルの確立

カラートラッキングに適した色情報の位置が決定したとしても、その色情報の位置を保持する方法を決定することが難しい。前述の通り、屋外での作業の場合、カメラの撮影の明るさを一定に保つ方式には限界がある。また、トラッキングを行う対象物が単純な反射光による色情報ではなく、LEDなどの発光体の場合はその色が薄くなる現象や色相の変化が見られるのではと考察される。

筆者らが着目した Retina-Morphic Processing（網膜模倣原理）を応用した場合の可能性について以下考察する。

考察1：カメラから得た映像に対し、網膜模倣原理にて各画素単位に異なった輝度補正を行うことで、それぞれの物体のコントラスト比が上がり、ターゲットとなる物体が認識しやすくなる。

考察2：輝度補正を行うことで明度が一定化され、色情報が変化しにくくなる。

考察3：カメラの特性に対応する為、色相・彩度をあらかじめ決定することで、トラッキングに適した色情報が保たれる。

(10) 評価実験

カメラ位置を地上より20mの高さに設置し、真下に向けて撮影した。この撮影方法は太陽光が地面とターゲットに直接反射するカメラにとって好ましくない状況と仮定し、評価実験は晴れた午後の日差しの強い日に行った。

ターゲットを目視した場合、左のターゲットは黄色、右は水色と判断する（写真—6）。実際のターゲットは左が赤のLED、右が緑のLEDである。結果として太陽光の光により赤のLEDは彩度が高いことから反射光と交わることで明度が高くなり、結果的に黄色に見え、緑のLEDも同様に水色に見えたと考えられる。

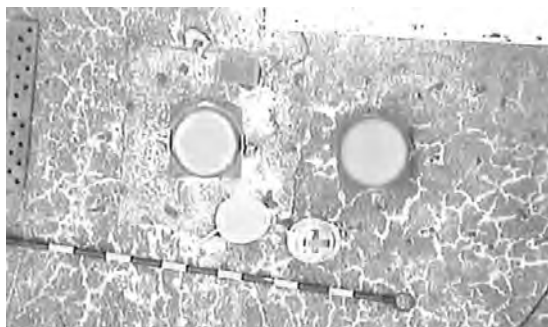
ターゲットの色相の変化を抑えるために行った実験



写真—6 標準撮影

は、画素単位輝度圧縮補正による「コントラスト強調」、色情報を保つ目的とした「彩度強調」、補正を行った場合に強調されるカメラの色ずれ補正の為の色相補正を行うことで期待している元のターゲットの色情報に近づけることが可能かどうかを実証した。

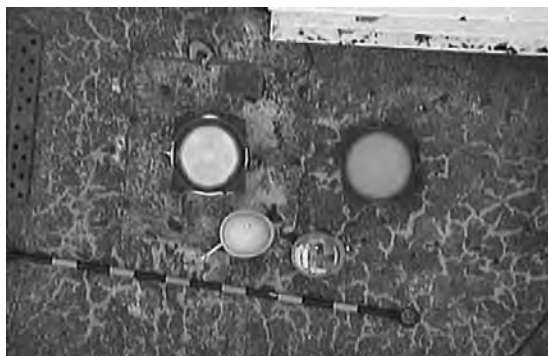
「コントラスト強調」を行った場合、ターゲットをはっきりと認識できるようになるが、カメラのカラーノイズも強調されてしまう結果となった（写真—7）。この結果に「色相補正」を行い、元の色情報に近づけてみた（写真—8）。ターゲットの色は期待した元の色を保ちつつ、まわりの物体の色も若干のカラーノイズを除けば元々の固有の色を保っていることが確認できる。また、ズームすることでカメラがとらえる明るさが変化し、暗くなった場合でも、色の明度は変化するものの色情報は保たれることを実証している（写真—9）。



写真—7 輝度補正後撮影



写真—8 輝度色相補正後撮影



写真—9 輝度色相補正後 ズーム撮影

(11) トラッキング検証実験

ターゲットを撮影した画像を用いて、トラッキングの検証実験を実施した。写真—10 にターゲットの撮影画像を示す。撮影画像のターゲット（青色 LED）を選択し、RGB 情報を取得した。R=86, G=171, B=255 であり、B の数値が高いため青色に見える。RGB 値の許容範囲を ± 10 とし、最小値は 0, 最大値は 255 と制限した。R の許容範囲は $76 \leq R \leq 96$, G の許容範囲は $161 \leq G \leq 181$, B の許容範囲は $245 \leq B \leq 255$ となる。

RGB の許容範囲内の部分と許容範囲外の部分で 2 値化した画像を写真—11 ~ 13 に示す。白で表示されている部分が許容範囲内の領域を表している。写真—14 に写真—11 ~ 13 で抽出された領域の重なり合わさる部分を画像 RGB に示す。最初を選択した青色部分が検出できていることが分かる。ターゲットの位



写真—10 ターゲットの撮影画像



写真—11 画像 R



写真—12 画像 G



写真-13 画像 B

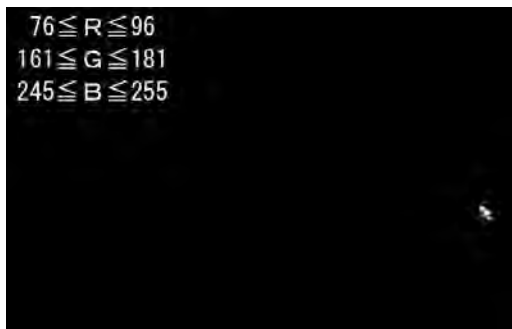


写真-14 画像 RGB

置は検出領域の重心座標を算出することにより求めることができる。屋外環境に合わせて許容範囲を設定し、一連の処理を連続的に繰り返すことにより、ターゲットの位置を連続して自動算出することが可能であることを確認した。

屋外環境でターゲット（青色 LED、赤色 LED）をカメラ撮影し、自動検出の可能性を検証した。赤色部分と青色部分の LED の RGB 値を取得し、RGB の許容範囲を ± 10 とした結果、ターゲットの水平移動に追従して自動追尾できることを確認した。

4. 現場検証実験

2017 年 4 月から久留米大学基礎 3 号病院北作業所において、鉄骨建入れ時の保有技術である鉄骨柱の自動計測・建入れ制御システム、吊荷旋回制御装置を用いて鉄骨建方を行った（写真-15）。一部の工区を在来工法によって鉄骨建方を行い、比較検証実験を行った。

(1) 柱の建て方について

柱 1 本あたりの作業時間は、自動計測・建入れ制御システムを用いた場合では 14.40 分／本、在来工法では 25.40 分／本となり、在来工法の約半分の時間で、柱の建入れ調整ができることを確認した。また、作業人員は、在来工法は 4 名（計測工 2 名、薦工 2 名）であったのに対して、自動計測・建入れ調整システムを



写真-15 吊荷旋回制御装置の現場使用状況

用いた場合は、2 名（計測工 1 名、薦工 1 名）となり、作業人員も半分の人員であることを確認した。

(2) 梁の建て方について

大梁 1 本あたりの作業時間は、吊荷旋回制御装置を用いた場合では 5.1 分／本、在来工法では 18.4 分／本となり、吊荷旋回制御装置を用いることにより、作業時間を約 1/3 に削減することができた。

また、高所作業を減らす事ができ、安全性の向上につながることが確認できた。

5. おわりに

鉄骨柱の建入れ自動計測・建入れ制御装置、吊荷旋回制御装置を用いる事により、柱の作業時間を約 1/2、梁の作業時間を約 1/3 に削減し、生産性の向上と言う点で有効性を示す事が出来た。また、高所作業を減らすことができ、安全性の向上に寄与できる事がわかった。

今後は、更なる生産性向上と安全性の向上を目指して、鉄骨垂直時のリアルタイム計測やタワークレーンの 3 次元誘導等の技術開発を進める予定である。

JICMA

《参考文献》

- 1) 井上文宏, 小泉達也, 小野佳之, 矢田和也, 椎名肖一:「ジャイロモーションを利用した高出力吊荷旋回制御装置の開発」第 19 回建築の自動化技術シンポジウム pp37-42, 2012
- 2) 鈴木護真:「画像線メカ処理装置で用いられる超解像技術」画像電子学会誌 Vol.44 No.4 pp704-711, 2015

〔筆者紹介〕

鈴木 信也 (すずき しんや)
戸田建設(株)
技術開発センター 施工革新ユニット
地上構築チーム
主管



建設工事における鉄骨現場溶接作業の自動化と課題 角形鋼管柱および溶接組立箱型断面柱の自動溶接工法の開発

梅 津 匡 一

建設工事現場における鉄骨溶接作業の技能者不足解消と生産性向上を図るべく汎用可搬型ロボットを用いた自動溶接工法を開発した。現場溶接の中でも特に高度な技量を要する冷間成形角形鋼管柱や溶接組立箱型断面柱を対象に、柱全周の溶接をロボットで行う工法を立案し、基本性能試験および現場施工にて所定の要求水準を満足できることを実証した。また、同工法の汎用化と建設業界への浸透を図るべく技術的課題や運用上の課題を把握した。

キーワード：技能者不足、鉄骨、溶接、自動化、ロボット、生産性向上

1. はじめに

(1) 背景と目的

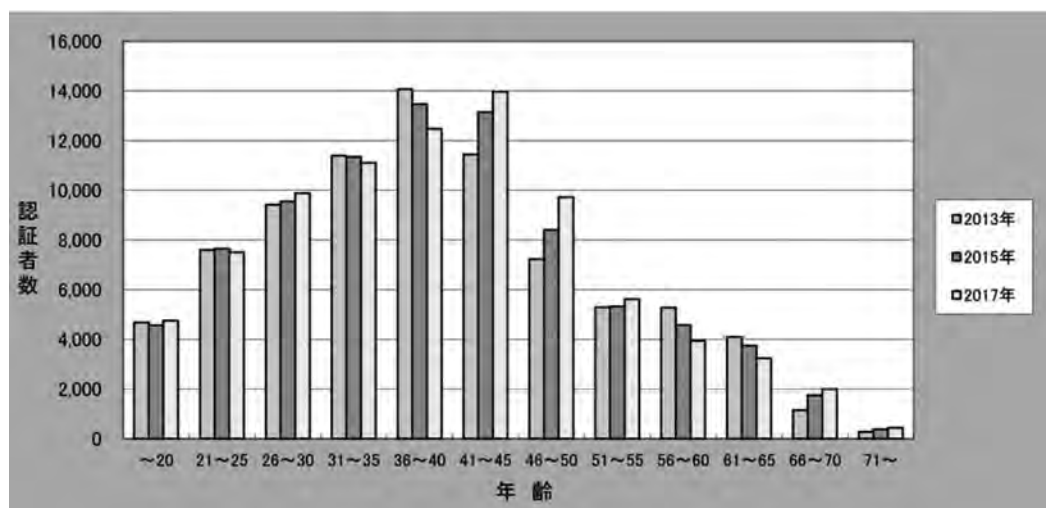
近年溶接技能者の高齢化が進んでおり、今後もこの傾向が続けば熟練者の離職増加に伴う優良技能者不足が懸念される（図—1）。優良技能者の不足は工程遅延を招くほか、品質に影響を及ぼすリスクもある。そこで著者らは、技能者不足を補填し将来も安定した品質や生産性を確保し続けることを目的に、汎用可搬型溶接ロボット（以下「ロボット」）を用いた鉄骨現場溶接の自動化を試みた。

本報では現場溶接の中でも特に高度な技量を要し、これまで自動化が困難であった冷間成形角形鋼管柱（以下「コラム」）、および溶接組立箱型断面柱（以下

「ボックス柱」）の継手溶接を対象としたロボット溶接工法（以下「本工法」）の概要、諸性能、並びに実用的課題について報告する。

(2) 本工法におけるロボットの位置付け

本工法におけるロボットの位置付けとして、従来の半自動溶接工法と本工法における作業手順および作業分担を表—1に示す。開先寸法計測と同計測値に基づく積層条件（層・パス数）と溶接条件（電流・電圧・溶接速度・入熱量・初期狙い位置）の演算処理をロボットが担うことで、溶接管理技術者の事前作業を効率化する。また継続的かつ反復的なトーチの運棒動作も自動化する。一方、溶接前後の検査、ロボット動作条件設定、ビード整形等、複雑な判断や技能を伴う作業を



図版出典「溶接関係の統計」（一般社団法人 日本溶接協会）
図—1 溶接技能者認証者数の年齢構成

表—1 現場溶接の作業手順と作業分担区分

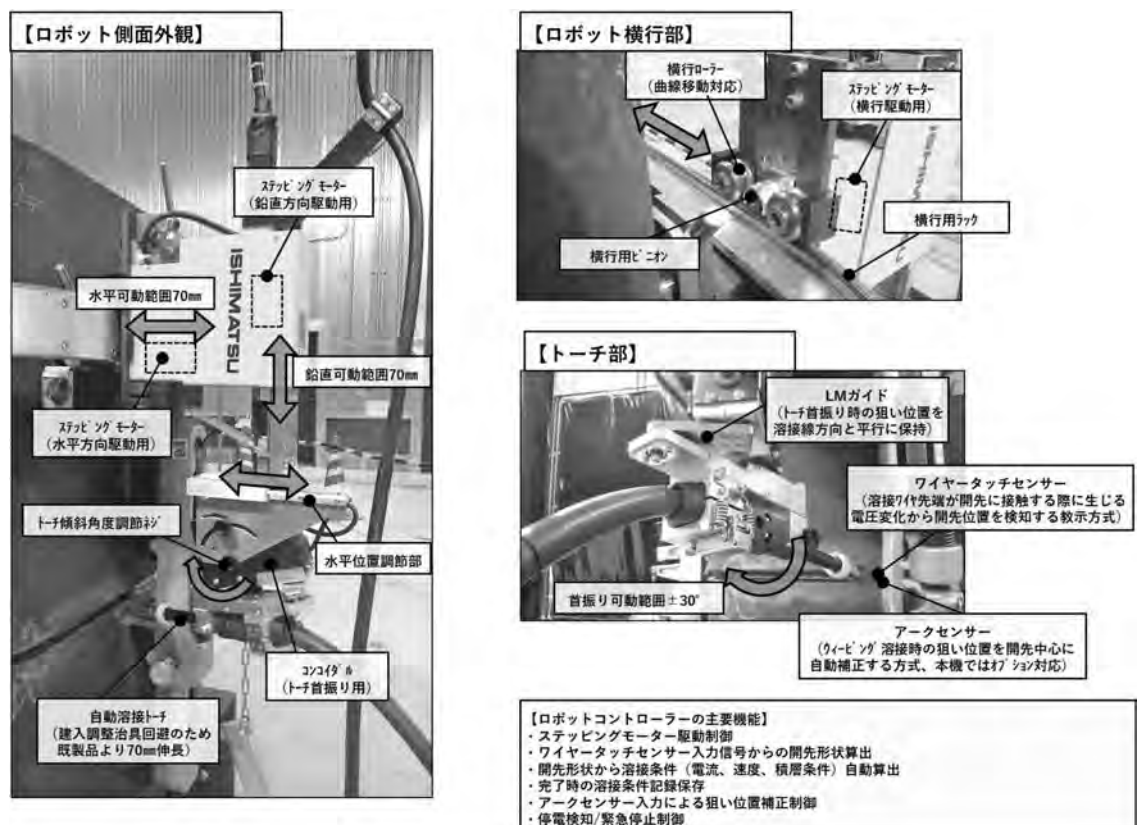
作業内容	半自動溶接（従来工法）		ロボット溶接（本工法）		
	溶接管理技術者	溶接工	溶接管理技術者	ロボット操作者	溶接ロボット
1. 溶接前の自主検査	○		○		
2. 開先清掃		○		○	
3. 使用機材の設置	○	○	○	○	
4. 溶接ロボットの動作設定	—	—		○	
5. 開先寸法の計測	○				○
6. 積層条件（層・パス数）の決定	○				○
7. 溶接条件（電流・速度等）の決定	○				○
8. 溶接ロボットの起動・停止命令	—	—		○	
9. 溶接実施		○			○
10. 積層・溶接条件の微調整（適宜）		○		○	
11. スラグ・スパッタの除去		○		○	
12. ノズル清掃・消耗部品の交換		○		○	
13. ビード不整箇所の整形		○		○	
14. 緊急対応（突風・故障など）		○		○	
15. 完了後の自主検査	○		○		

溶接管理技術者やロボット操作者（以下、「操作者」）が担う。

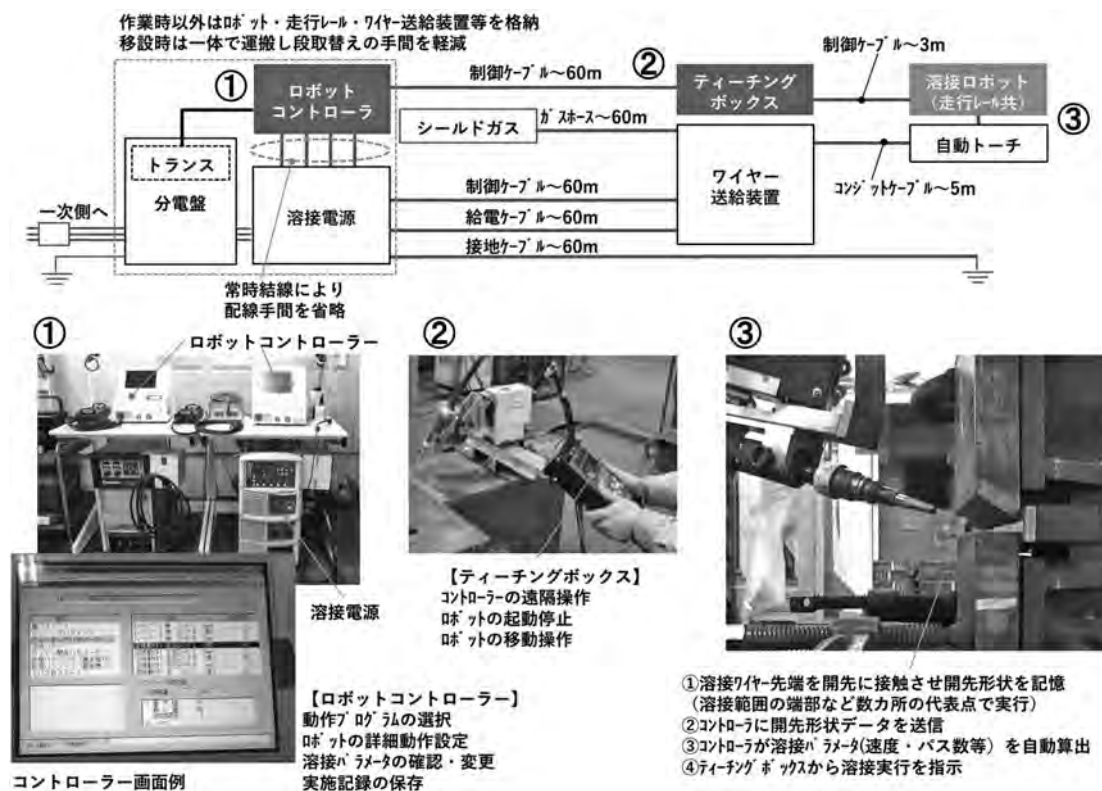
このように、本工法はロボットによる作業の全自動化を指向するものではなく、人間とロボットが相互補完的に作業を遂行することで、現場溶接作業一連の生産性向上を図るものである。

2. ロボット概要

本工法では鉄骨製作工場等において豊富な導入実績を有する汎用可搬型ロボットを採用した。図—2にロボットの各部詳細を示す。採用理由としては、i) 軽量小型で現場における運搬・設置が容易であるこ



図—2 溶接ロボット各部詳細



図一 3 溶接ロボットシステム構成

と、ii) 全ての溶接姿勢で使用可能であること、iii) 開先裕度が大きく鉄骨誤差に追従できること、iv) 開先計測や積層条件算出を自動化でき利便性が高いことが挙げられる。

本工法のシステム構成を図一 3 に示す。半自動溶接において用いられる溶接電源、ワイヤー送給装置に加え、ロボット本体、走行レール、操作用ティーチングボックス、制御用コントローラー（コンピューター）で構成される。本システム移設時における運搬・配線手間の軽減や機器の損傷防止に配慮し、機材一式をユニット化し一体で水平移動や揚重が行える構成とした。

3. 本工法の特徴

(1) 仮固定治具の回避による初層溶接への適用

写真一 1 に示すように溶接前の柱鉄骨は仮固定治具（以下、「治具」）で連結されているが、治具と干渉する範囲ではロボットを使用できないため、従来は i) 初層から治具撤去までは溶接工が施工する、或いは ii) 治具に干渉しない範囲をロボットで溶接し治具撤去後に残りの範囲を溶接工、またはロボットで施工する必要があった。このような工法では作業効率が低下するうえ、ビード継目箇所が多く欠陥発生リスクが高まる。そこで本工法では、写真一 2 に示すようにロボッ

トが自動でトーチ部分を傾斜させ、治具を回避しながら連続溶接する機構を導入することで、初層からのロボット溶接適用を実現した。



写真一 1 溶接前のコラム外観と仮固定治具



写真一 2 仮固定治具の回避溶接機構

(2) コラム隅角部における平面部と曲面部の連続溶接

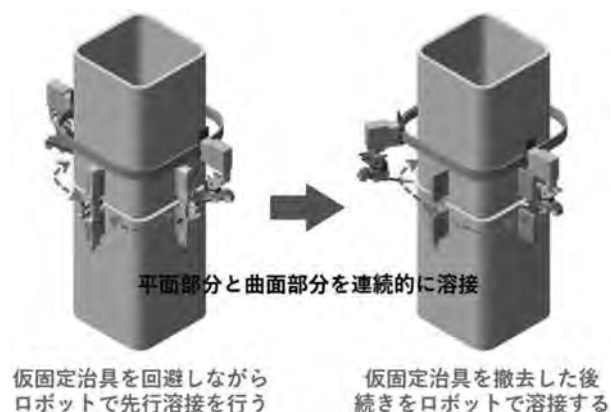
コラムの隅角部は曲面形状となっているが、既往の汎用可搬型ロボットでは、図—4に示すようにそれぞれの範囲を個別に溶接する必要があった。平面部では溶接速度と等速でロボットが移動するが、曲面部ではロボット移動速度が溶接速度よりも速く、平面部と曲面部の境界付近で複雑な速度制御を要するためである。

しかし、汎用可搬型ロボットでは同一パス内で移動速度の切り替えを行う事例はなかった。

そこで本工法では、平面部と曲面部の境界位置において連続的なビードを形成可能な速度制御方式を導入することにより、図—5に示すような平面部と曲面部の連続溶接を実現した。本方式の採用により治具の有無にかかわらず、広範囲を1パスで連続的に溶接することが可能となった。

(3) ボックス柱の隅角部溶接への適用

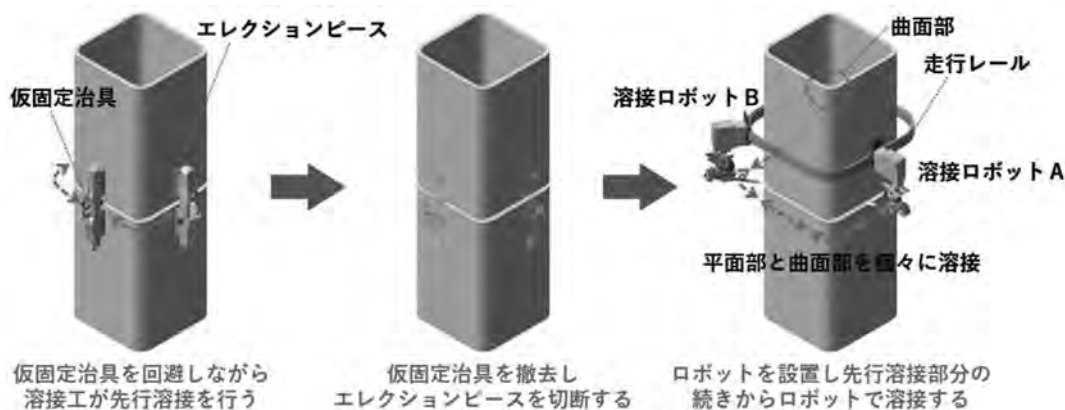
ロボットを用いたボックス柱の施工事例は既に報告されているが、隅角部については施工の難易度が非常に高く、部分的に溶接技能者が施工する必要があった。隅角部を含む全周をロボットのみで施工する方法としては、i) 前述したコラム隅角部と同様の連続溶接方法、ii) 2台のロボットを用いてパスごとに接合



図—5 本工法によるコラム施工法例

する方法、iii) 一面の隅角部を初層から最終層まで溶接した後、これに直交する未溶接面の隅角部を初層から最終層まで溶接する方法が挙げられる。

しかし i) ではロボット動作制御と溶接方法のいずれも難易度が極めて高く、ii) では接合タイミングの難易度や作業効率の低下が懸念されたため、ロボットのみで合理的に施工するためには、iii) の施工方法が適切であると判断した。具体的には図—6に示すように、柱隅角部の開先内に専用セラミックタブを設けロボット溶接にて整形なビード端部が得られるようにした。また、良好な溶け込みを確保するため、通常の始末端部溶接時よりも入熱が大きくなるよう適切なロボット制御パラメータを抽出した。



図—4 既往ロボットによるコラム施工法例



図—6 ボックス柱隅角部用セラミックタブを用いた施工例

4. 施工方法

本工法によるコラム、ボックス柱の施工手順例を以下に述べる。人員構成はいずれも溶接管理技術者1名（適宜立会い）、および操作者1名であり、ロボットは柱1本につき2台使用する。

(1) コラムの施工方法

図一7にコラムの施工法2例を示す。施工法①は、治具が取り付けられた状態で、隣接する治具間の範囲（全周の約4分の1）を初層から数層溶接する（治具を撤去可能な溶接量は施工条件により異なる）。この際、溶接による柱の変形を抑制するため2台のロボットで同一パスを対面溶接する。次に2台のロボットを残りの未溶接範囲に移設し同様に初層から数層溶接する。ここで治具を撤去した後に2台のロボットで半周ずつ対面溶接しながら最終層まで仕上げる（治具を撤去可能な溶接量は施工条件により異なる）。施工法①を採用する場合、溶接範囲ごとに初期設定と開先計測を行う必要があるが、施工完了時のビード継目が2箇所になるため、欠陥発生リスクの低減に有効である。

施工法②は隣接する治具間の範囲を初層から最終層まで対面溶接し、次に残りの未溶接範囲を同様に初層

から最終層まで溶接する方法である。ビード継目が4箇所になるため慎重な継目品質管理が必要となるが、施工法①よりも開先計測の回数が少ないため作業効率が高くなる。ビード継目の品質については第5章にて詳細に報告するが、適切な欠陥防止措置を遵守する限り高い省力効果を期待できる施工法である。

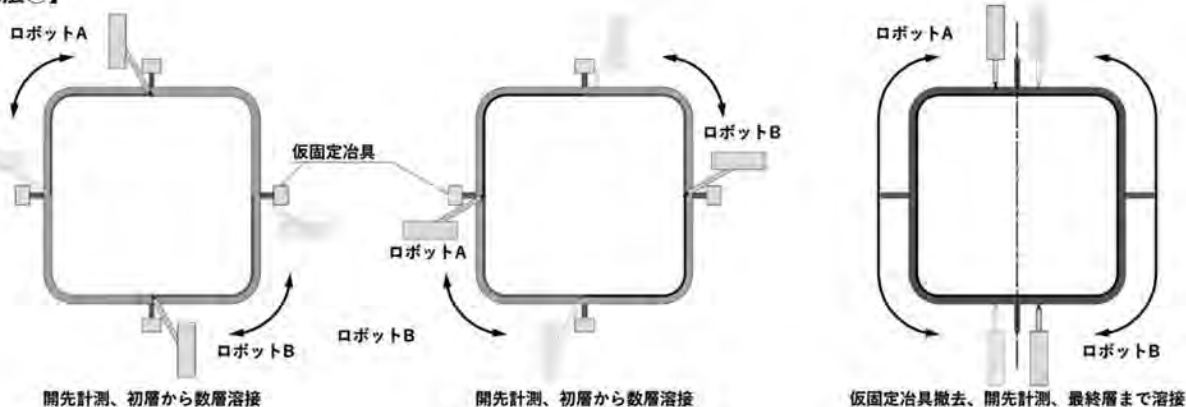
(2) ボックス柱の施工方法

図一8にボックス柱の施工例を示す。施工法③は治具近傍から柱隅角部までの範囲（一面の約半分の範囲）を初層から最終層まで対面溶接する。隅角部の開先内には第3章3節で触れたセラミックタブを予め設置しておく。次に同一面の未溶接範囲を前手順と同様に対面溶接し、完了後にセラミックタブを撤去する。

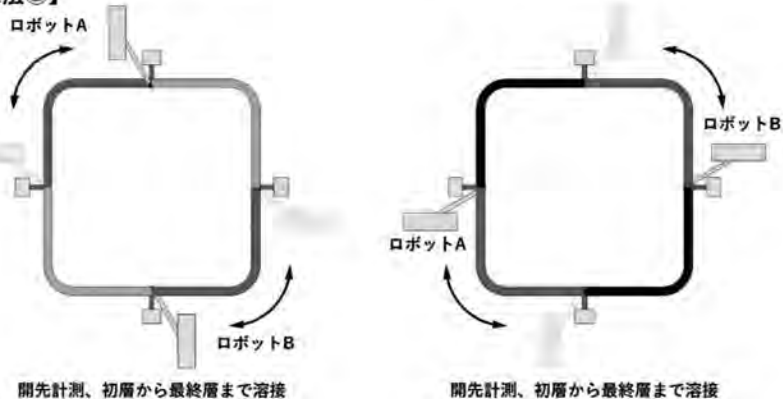
この際ビード端部の形状を確認し、必要に応じてグラインダー等で整形する。治具を撤去した後2台のロボットを未溶接面にそれぞれ移設し、初層から最終層まで対面溶接を行う。

先行する施工面の治具付近2箇所と隅角部4箇所にビード継目を生じるため、コラムと同様の欠陥防止措置（第5章参照）を必要とするが、全溶接範囲をロボットのみに施工可能である。またコラムに比べて開先計測等の準備作業が簡潔であるため高い作業効率を確保できる。

【施工法①】

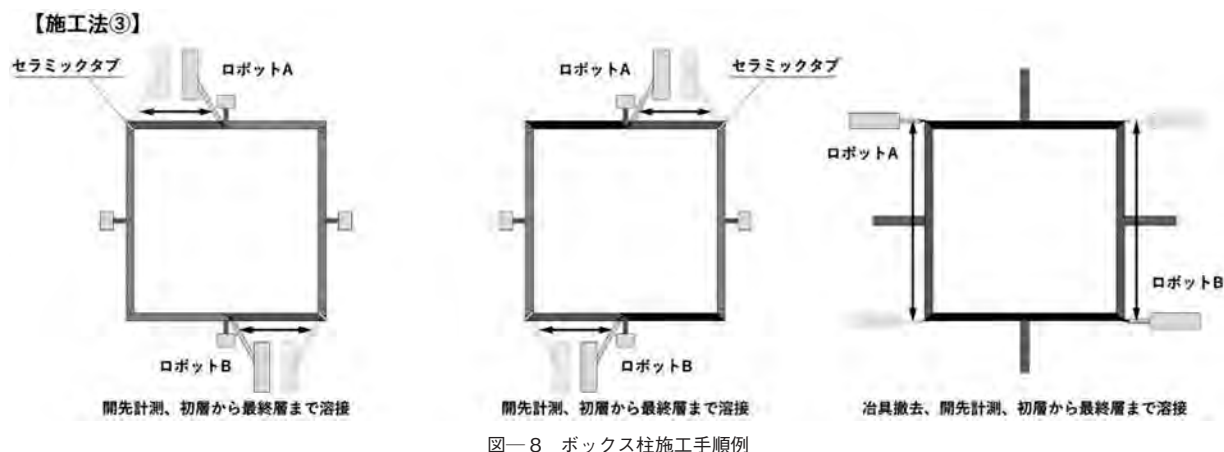


【施工法②】



（備考）
施工法①～③のいずれの場合も、治具を撤去可能な溶接量を構造計算により予め算出しておく必要がある。

図一7 コラム施工手順例



5. 溶接品質

本工法による品質確保性能を検証するため実大溶接試験を行い第三者検査機関による非破壊検査、および機械試験を実施した。490 N/mm²級鋼材（板厚 28 mm, 突き合わせレ型 35° 開先, ルート間隔 7 mm）における試験結果の一例を表—2 および写真—3 に示す。いずれも良好な試験結果が得られており、本工法にて半自動溶接と同等の品質を確保できると言える。

但し、ビード継目の初層付近では微小な欠陥を生じ

やすい点に留意が必要である。これは、継目部の余盛が僅かに高く直上層との溶け込みが不十分な場合に生じやすい欠陥である。従って、ビード継目部分（各パスの始末端部）の施工時には、以下の方策を実施することが重要である。

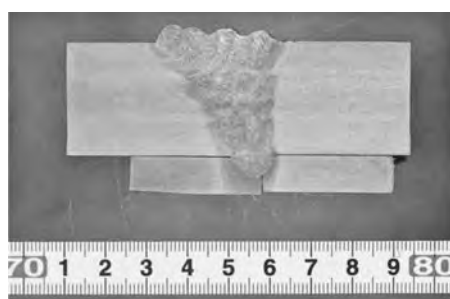
i) 凸ビードの発生を防止し十分な溶け込みが確保されるよう適切な溶接条件を設定する。

（溶接条件は開先計測後に自動設定されるため、必要に応じて設定値を修正する。）

ii) ビードに凹凸が生じた場合はグラインダー等で表

表—2 機械試験結果一覧

試験種別	引張試験	衝撃試験					曲げ試験
試験方法	JIS Z 2241	JIS Z 2242					JIS Z 3122
試験片	A1 号	V ノッチ (10 mm × 10 mm × 55 mm)					裏曲げ
特性値	引張強さ	試験温度	吸収エネルギー				曲げ性
			個々		平均		
単位	MPa	℃	J				曲げ率：r = 2 t
許容値	≥ 490	0	－			≥ 70	備考による
結果	573	0	141	115	142	133	欠陥無し
判定	合格	合格					合格
備考	・ 曲げ試験の許容値は以下の通りとする。 ①長さ 3.0 mm を超える割れがないこと ② 3.0 mm 以下の割れの合計が 7.0 mm 以下のこと ③ 0.2 mm を超えるブローホール及び、割れの合計個数 10 個以下のこと ④溶け込み不良及びスラグ巻き込みの著しいものがないこと						



写真—3 断面マクロ画像（左）および放射線透過試験画像（右）

面を平滑に整形する。

また現場施工（溶接長延べ約 450 m）において、第三者検査機関による外観、超音波探傷検査にていずれも合格しており、実用上問題ないことを確認した。

ボックス柱については、490 N/mm² 級鋼材（板厚 40 mm, 突き合わせレ型 35° 開先, ルート間隔 7 mm）にてコラムと同様の実大溶接試験を実施し、外観検査および超音波探傷検査にて隅角部の品質を評価した。外観、超音波探傷検査のいずれも合格であったが、隅角部に関してはコラムのビード継目と同様の欠陥抑止対策を施す必要がある。

6. 生産性

本工法による省力効果を把握するため現場施工の所要時間を集計した。施工対象の鉄骨柱は同一現場、同一工区内のコラム継手 5 箇所（BCP325, □ 800 × 28, レ型 35° 開先）であり、操作者 1 名（JIS Z3841 にて規定する溶接技能者資格 SA-3H を保有）およびロボット 2 台にて操作指導員立会いの下で施工した。施工方法はいずれも施工法①（第 4 章 1 節参照）を採用した。以下に示す作業種別毎に所要時間を分単位で計測した。但し休憩および天候不良等による作業中断は集計対象外とした。

- A. 準備作業：ケーブル配線、機材運搬設置、養生、開先清掃等、溶接前自主検査、片付清掃
- B. 開先計測：ロボット動作設定、開先計測実行、積層条件および溶接条件の確認・調整
- C. 溶接作業：溶接、スラグ除去、ノズル清掃、パス間温度確認、消耗品交換、不整ビードの整形
- D. 付随作業：治具撤去など溶接に直接関係しない（必ずしも操作者が行う必要のない）作業

集計結果を図 9 に示す。総所要時間は初回以降徐々に短縮される傾向が見られたため、操作者の習熟効果が得られたと判断できる。特に C ではロボット操作の円滑化に加え溶接条件やトーチ位置の微調整作業もスムーズに行われるようになり、最終的には所要時間が約 50 分短縮された。また B も操作者には馴染みの薄い作業であったが、ロボット操作方法や確認要点的習熟により所要時間が約 30 分短縮された。

一方 A ではロボット・走行レール設置のような定常作業に加えて、雨天後の開先乾燥作業など非常作業も発生したため、所要時間は 40 分から 120 分とばらつきが見られた。また、1 箇所の柱継手を複数日にわたって施工すると、養生や機器の再設置・点検など重複作業が発生するほか、ロボット復旧時の誤操作な

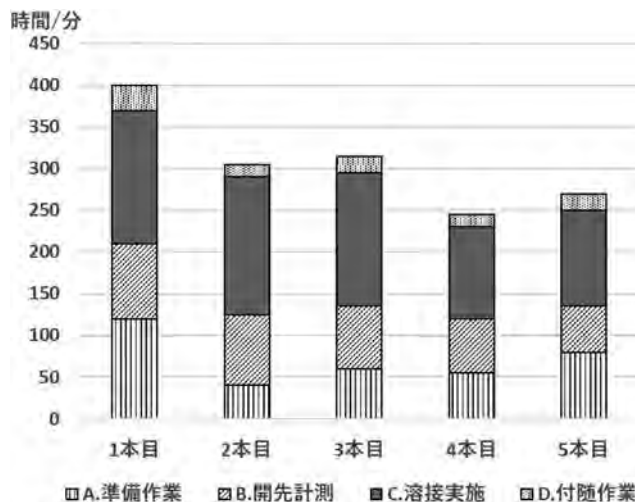


図 9 作業区分別の所要時間集計結果

ど不慮の作業中断を招く恐れもあるため、可能な限り当日内に最終層までの溶接を完了させることが望ましい。

本施工結果による 1 日当たり（実働 6.5 時間）の施工数量は柱 1 ～ 1.2 本であり、溶接長では約 71 ～ 85 m/ 日（隅肉 6 mm 換算）、ロボット 1 台当たり 36 ～ 43 m/ 日の歩掛であった。著者らの試算では半自動溶接と同等以上の生産性を得るためには、ロボット 1 台当たり約 70 m/ 日以上、すなわち本施工時と同規格のコラムを 1 日 2 本以上施工する必要がある。しかし、外径が細く板厚が薄い柱ほど準備作業に要する時間の割合が高くなり歩掛が低下する。従って本工法にて生産性向上を図るためには、太径で板厚が厚い柱へ優先的に適用するなど継手 1 箇所の施工数量が比較的多い柱を適用対象とすることが有効である。また、機材移設の手間が少ない機材配置や配線経路を計画することで、溶接作業以外の所要時間を短縮することも重要である。

ボックス柱については現場施工実績がまだ無く、実大溶接試験（B □ 1000 × 40, レ型 35° 開先, 第 4 章 2 節に記載の施工法③を採用）の実績を基に歩掛を算出した。結果は約 166 m/ 日（隅肉 6 mm 換算）、ロボット 1 台当り 83 m/ 日であり、太径で極厚の柱継手では半自動溶接以上の生産性が期待できることを確認した。

以上の結果を整理すると、本工法により歩掛や生産性の課題を克服するためには次の方策が有効と考えられる。

- ①操作者の事前訓練による本工法への習熟（操作指導者と熟練溶接技能者が適宜立会う）
- ②1 箇所当りの施工数量が多い柱継手へ適用し当日内に施工完了させる（溶接長 140 m/ 箇所以上を推奨）
- ③合理的機材配置・配線計画による非溶接時間の短縮

7. 本工法の採用基準

建設現場における工法は一般的に施工者責任により決定されるが、実績が少ない新技術の採用については設計者や工事監理者(プロジェクトによっては発注者)の理解が必要になる場合がある。本工法についても、当面はプロジェクト毎に採否判断を行うことが予想されるが、判断根拠として参照すべき採用基準類は整備されていない。そこで著者らは本工法の採用条件として、i) ロボットの信頼性、ii) 操作者の適格性、iii) 施工条件への適合性を公正かつ客観的に示すことを提言する。以下に本工法採用基準の一例を示す。

- i) 一般社団法人日本ロボット工業会による建築鉄骨ロボット型式認証を取得したロボットの使用。
- ii) 一般社団法人日本溶接協会による建築鉄骨ロボット溶接オペレータの資格保有者、又は溶接技能者資格(JIS SA-3H)保有者によるロボット操作。
- iii) 現地施工と同様の施工条件、合否判定基準による模擬施工試験の実施。

i) はロボット単体の性能を認証する制度でありロボット製造事業者が取得する。開発着手当初は工場溶接を対象とする認証取得機種のみであったが、本工法にて採用したロボットは後に角形鋼管柱の現場継手溶接に対応した型式認証を取得しており、現場溶接においてもロボットの信頼性が担保された。

ii) の建築鉄骨ロボット溶接オペレータは、型式認証を取得したロボットの操作技能者を認証する資格制度である。受験者は予めロボット製造事業者による特別教育を受講し、本工法の施工要領を習得していることが前提であるため、必ずしも溶接技能者である必要はない。また溶接技能者資格(SA-3H)は鉄骨柱(厚板)の横向き溶接従事者が保有する資格である。現場溶接の専門知識を有しているため、ロボット操作方法さえ習得すれば、本工法による一連の施工や自主管理を適切に行うことができる。初回適用プロジェクトでは前者が、2件目では後者がロボット操作に従事し、いずれも良好な施工結果が得られることを実証済みである。従って、操作者の適格性を判断する手法として、専門機関による上記資格制度の活用が有効であると言える。

iii) の模擬施工試験では、AとBの要件を満たすロボットと操作者により実際の施工と同じ条件(鉄骨仕様、施工手順、管理基準等)で問題なく施工可能か総合的に確認する。本工法の適用環境はプロジェクト毎に異なるため、プロジェクト固有のリスクを事前に把握する意味でも重要な位置付けの試験である。同試

験の結果を基に、本工法の施工要領や管理方法が妥当かを客観的に評価することができる。但し施工実績を多く蓄積し、本工法の信頼性を同試験が省略可能な水準まで更に高めていくことも重要な課題である。

以上の採用基準はあくまで一例だが、工事監理者等による採用承諾条件の明確化に資すると考えられる。

8. おわりに

本工法の導入により、鉄骨の現場溶接作業において従来自動化が困難であったコラム全周溶接やボックス柱隅角部溶接へのロボット適用が実現した。これにより一般的な鉄骨現場溶接継手のほぼ全部位をロボットで溶接することが可能となった。性能試験や現場施工を通じ所定の要求水準を満たす品質を確保できることを実証したが、歩掛や生産性の面で課題が顕著になり、操作者の現地施工への習熟や経験蓄積の重要性を認識した。本工法が十分な導入効果を発揮するためには、適用条件や施工中の溶接部良否に応じて適切な施工方法やロボット使用方法を選択できる技能の習得が重要である。従って、そうした技術指導に従事する新たな職能の創出、ロボット操作指導要領の整備、施工管理基準の策定など、運用実施体制の充実化が急務と言える。

今後は発注者や工事監理者に対して本工法の効能と信頼性を説明し導入機会の増進に努めると共に、関連事業者との連携を強化し施工実績の蓄積と業界への浸透を推進する所存である。発展途上の技術ではあるが、本報が技能者不足対策と生産性向上という喫緊の課題に対する解決の一助となれば幸いである。

JCM A

《参考文献》

- 1) 「溶接関係の統計」, 一般社団法人日本溶接協会 (<http://www-it.jwes.or.jp/statistics/statistics2.jsp>)
- 2) 吉田康之他, 「鉄骨柱の現地横向きロボットの開発」, 三菱重工技報 Vol.32 No.6 (1995-11)
- 3) 「鋼構造建築溶接部の超音波探傷検査規準・同解説(第4次改訂版)」, 日本建築学会(2008)
- 4) 「建築工事標準仕様書 JASS6 鉄骨工事(第8次改定版)」, 日本建築学会(2015)
- 5) 梅津匡一, 「建築鉄骨の現場溶接におけるロボット溶接工法の開発と課題」, 溶接技術 2017 年 3 月号

〔筆者紹介〕

梅津 匡一(うめつ きょういち)
大成建設㈱
本社建築総本部・生産技術推進部
課長



人間と同じ重労働が可能な人間型ロボット試作機 HRP-5Pの開発

建築現場や航空機・船舶など大型構造物組立での実用化を目指して

阪 口 健

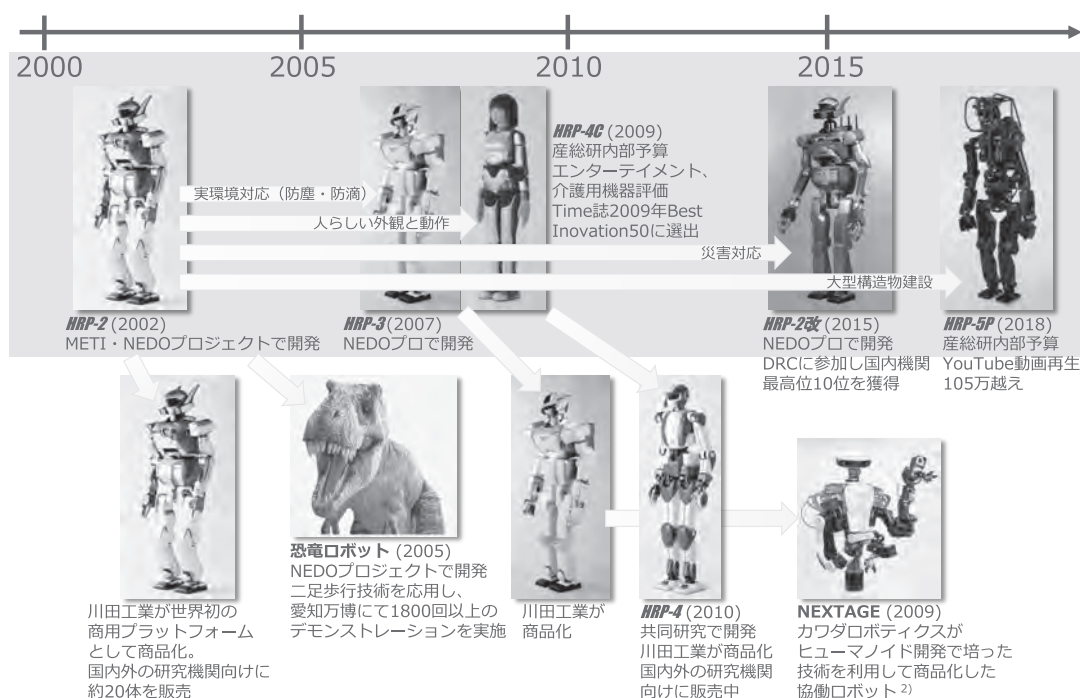
国立研究開発法人 産業技術総合研究所（以下、産総研）では、人間の重労働作業や危険な環境での作業を自律的に代替することを目指した人間型ロボットの試作機 **HRP-5P¹** を開発した¹⁾。この試作機は、産総研にてこれまでに開発してきた人間型ロボット **HRP** シリーズの技術を継承しながら最新のハードウェア技術を活用しシリーズ最高の身体能力を備える。これに環境計測・物体認識技術、全身動作計画・制御技術、タスク記述・実行管理技術、高信頼システム化技術からなるロボット知能を搭載することで、建築現場での代表的な重労働作業である石膏ボード施工の自律的な遂行を実現した。

キーワード：人間型ロボット、大型構造物組立、ロボット設計、ロボット知能、ロボットプラットフォーム、環境に応じた作業システム開発、新ロボットサービス

1. はじめに

少子高齢化に伴い、建設業など多くの業種が今後深刻な人手不足に陥ると見込まれており、これをロボット技術によって解決することが急務となっている。また、建築現場や航空機・船舶の組み立てなどの非常に大きな構造物を組み立てる現場では、作業員が危険な

重労働作業を行っており、これらの作業をロボット技術によって代替することが望まれている。しかしこれらの大型構造物の組立現場では、ロボットに合わせた作業環境の整備が難しくロボットの導入が進んでいない。その点、人間型ロボットは人間と類似した身体構造を持つので作業環境を変えずに人間の作業を代替でき、重労働作業からの解放が可能となる。



図一 産総研における人間型ロボット開発とその展開

¹ 産総研において開発された歴代人間型ロボットは **HRP** シリーズと呼ばれ、今回の開発機は 5 代目の試作機という意味で **HRP-5P** と命名されている。

産総研は、複数の民間企業と協力してこれまでに複数台の人間型ロボットを開発し、実用化に向けた基盤技術の開発に取り組んできた（図—1）。2002年に開発した人間型ロボット **HRP-2** では二足歩行、寝転び・起き上がり動作、隘路歩行などを実現し、2007年に開発した人間型ロボット **HRP-3** では滑りやすい路面での歩行や遠隔操作による橋梁のボルト締め作業を可能とした。産総研が2011年から取り組んできた災害対応人間型ロボットの研究では、**HRP-2** の身体能力（手足の長さや可動範囲、関節出力など）を向上させた改良版 **HRP-2改** により、環境の3次元計測に基づく不整地歩行やバルブ回しなどの作業の半自律実行を実現してきた。しかし、石膏ボード壁面施工のような重労働作業には身体能力が不足し、また、複雑な環境での人間の運動を模擬するには関節数や関節の可動範囲が十分ではなかった。そのため、産総研は、人間の重労働作業を代替できる身体能力を備えた人間型ロボットを開発することとし、今回の試作機 **HRP-5P** 開発となった。

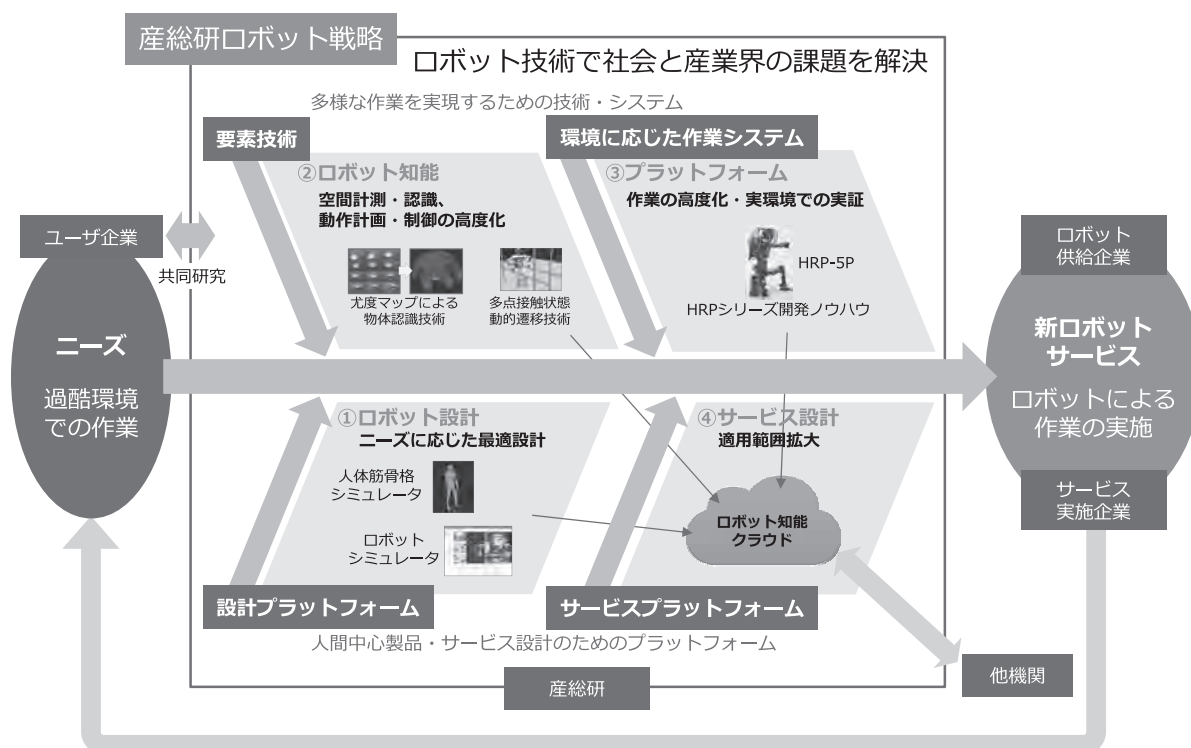
2. 開発の経緯

大型構造物の組立作業現場では、作業員不足が深刻化してきており（建設業就業者数は平成9年ピーク時685万人から平成28年は492万人と約28%減³⁾）、狭隘な空間での困難な姿勢での作業や単純繰り返し作

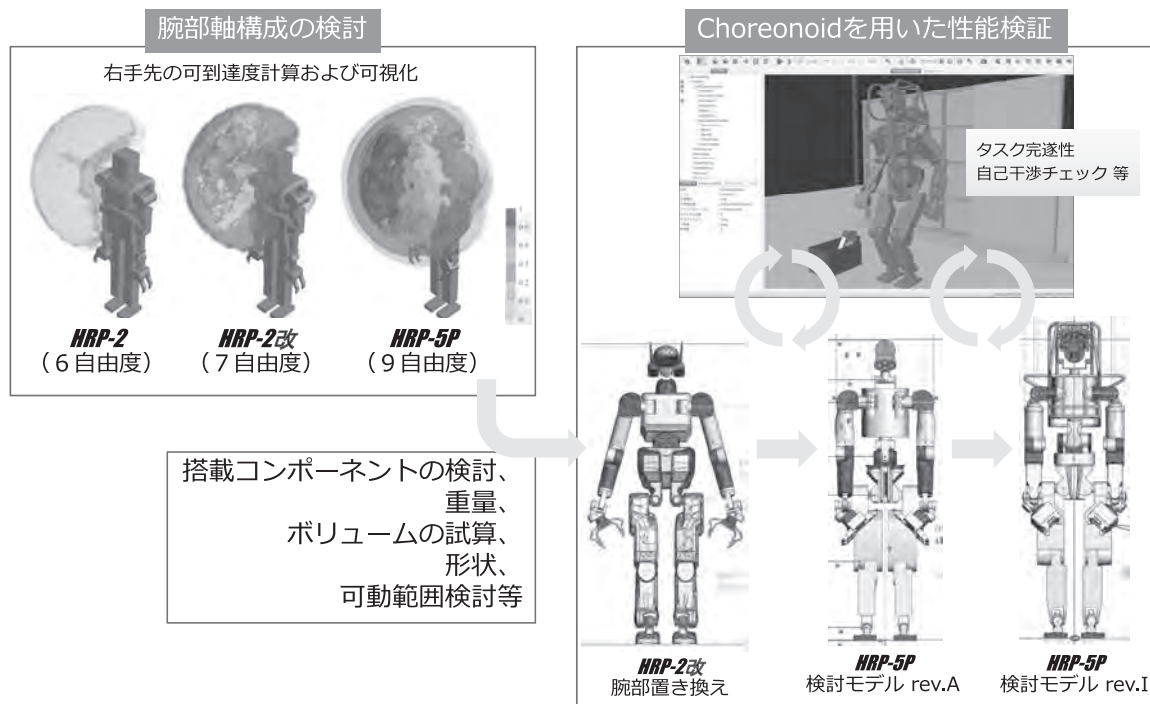
業、重負荷作業、危険作業という現場の課題が浮き彫りになっている。我々は、石膏ボードという重量物搬送が重労働であること、多数のビス打ちは単純繰り返し作業であること、天井へのビス打ちは上向き作業で作業員にとり高負荷であること、ボードを抱えた脚立昇降は危険作業であることなどから、石膏ボード壁面施工に建築業界のロボット化のニーズがあると考えた。事実、このような状況を打破すべく、清水建設や積水ハウス⁴⁾も既にロボット化を検討し始めている^{4), 5)}。

このニーズに基づき、産総研では図—2に示すような形で戦略を立て、ロボット設計、ロボット知能の要素技術開発、環境に応じた作業システム開発を行い、適用範囲拡大をはかりつつ、パートナーとなる企業を探し、その企業と共に新ロボットサービスを作り上げていくといった枠組みを考え、その実現に取り組んでいる。

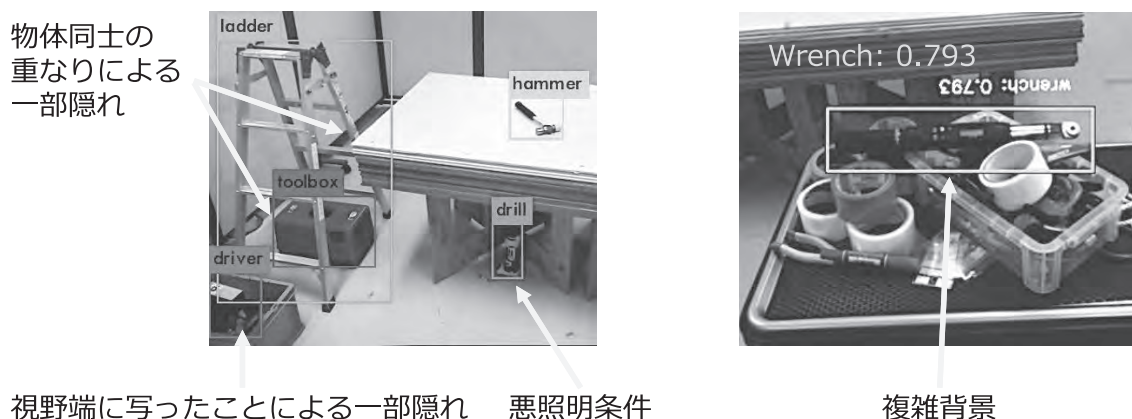
- ①ロボット設計では、オープンソースのロボット用統合 GUI ソフトウェアであり、動力学ロボットシミュレーターでもある Choreonoid⁶⁾ を設計プラットフォームとして活用し、例えば腕部軸構成を何自由度にすれば目的の作業を実行できるか、しやすくなるかをシミュレーションしながら最終デザインを詰めていった（図—3）。
- ②ロボット知能としては、環境計測・認識技術、動作計画・制御技術、高信頼システム化技術などの要素技術を開発した。環境計測・認識技術では、



図—2 産総研の人間型ロボット戦略



図一3 Choreonoid を用いたロボット設計例



図一4 対象物検出例

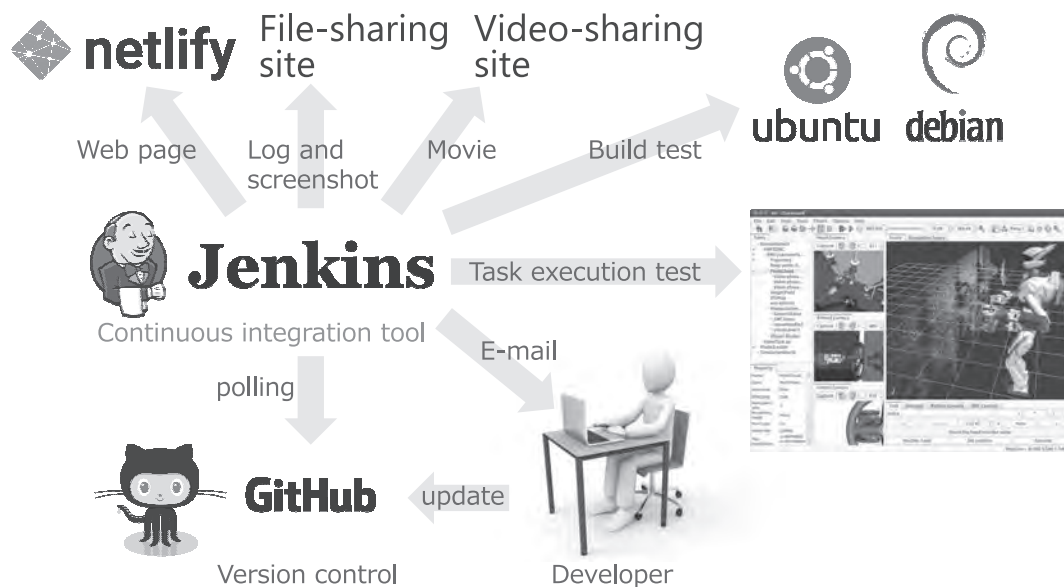
物体の見え方、照明、背景等の条件が一定ではない非整備環境において、物体の位置と種類を検出するために、作業現場に適した画像DBを構築して深層学習を適用することで90%以上の高精度で対象物体を認識できるようにした(図一4)。動作計画・制御技術では、環境計測データに基づいたロボスト多点接触運動技術を開発し、手足の環境との接触状態に応じて動作時間を伸縮可能で高速な動作生成と制御を可能とした。また、高信頼システム化技術を導入し、ロボットシミュレーター上にロボット知能の仮想テスト環境を構築し、24時間ソフトウェアのリグレッションを監視することで約25万行の大規模ソフトウェアの品質を維持し、信頼性の高いロボットシステムを構築することを可能とした(図一5)。

このようにして大型構造物組立での人間型ロボットプラットフォーム(図一2③)として試作機 **HRP-5P** を開発した。

3. 人間型ロボット試作機 **HRP-5P** の特徴

重労働作業の代替を目指し、強靱な身体と高度な知能を兼ね備え、ロボット単体で自律的な作業ができる人間型ロボット試作機 **HRP-5P** の特徴は以下の通りである。

- 身長 182 cm, 体重 101 kg で首部 2 自由度, 腰部 3 自由度, 腕部各 8 自由度, 脚部各 6 自由度, ハンド部各 2 自由度の合計 37 自由度を備え, ハンド部を除く自由度数では歴代 **HRP** シリーズで最大。
- ・ **HRP-2改** に比べて, 腰に 1 自由度, 腕部付け根



図一五 シミュレータを用いたCI（継続的統合）環境

に1自由度を追加したことにより、より人間に近い動作が可能。

- ・石膏ボード（1820 × 910 × 10 mm、約 11 kg）やコンパネ（合板）（1800 × 900 × 12 mm、約 13 kg）のような大きな対象物の両腕でのハンドリングが可能。
- 人間よりも自由度数が少ないロボットで人間の動作を模擬するため、複数の関節が集中する股関節部や腰関節部でも、最大限の可動範囲を確保。
- ・例えば、脚を屈曲・伸展させる股関節の可動範囲は人間の140度に対して本試作機は202度、上体を旋回させる腰関節の可動範囲は人間の80度に

対して本試作機は300度。

- ・これにより深く屈み込んで上体をひねった姿勢などさまざまな姿勢での作業が可能（図一六）。
- 高出力モーターの採用、駆動機構への冷却導入、および一部の関節での複数モーターによる関節駆動方式の採用により、**HRP-2改**に比べて関節トルク、速度ともに平均で約2倍に向上。
- ・これにより石膏ボードを平積み状態から持ち上げるような重負荷作業が可能。
- ・腕を水平に伸ばした状態での片腕の可搬重量が**HRP-2改**の1.3 kgに対して本試作機では2.9 kg。
- 頭部複合センサーを用いて、常時（0.3 Hz）周辺環



前後180度開脚

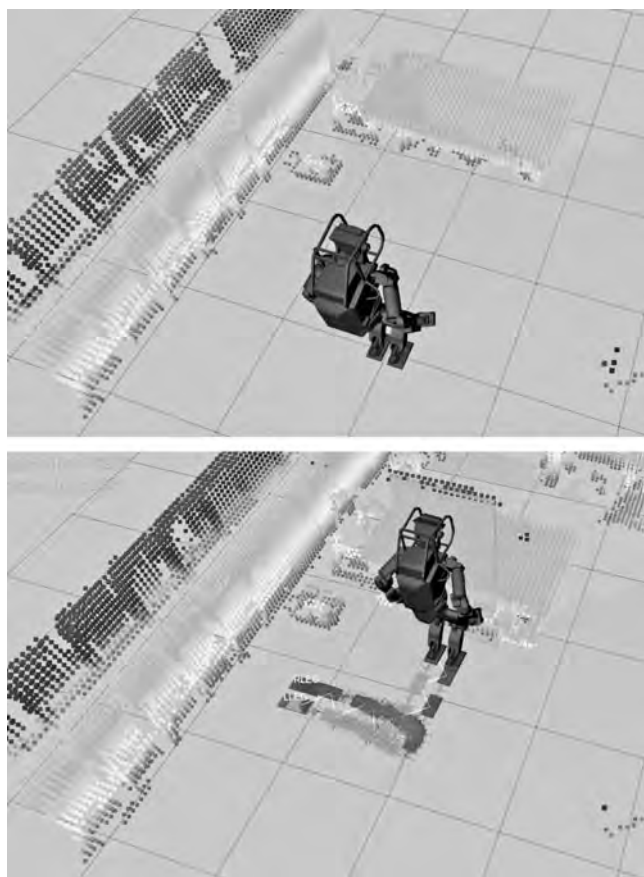


90度以上の前屈



腰高さ程度の台への乗り上げ

図一六 多自由度化、可動範囲拡大による人動作模擬能力の拡大



図一七 周辺地図（上）と歩行計画（下）

境を3次元計測。

- ・計測結果の蓄積や記憶の更新により作業対象物で視野が制限される状況でも搬送の歩行計画や足部の滑りなどに対する歩行補正が可能（図一七）。



作業環境の一例



ハンドと内蔵カメラ



しっかりと正確に把持

HiKOKI 18Vコードレス連結ねじドライバ WF18DSL⁹⁾

HRP-5Pが握りやすいグリップ形状に変更し、Wi-FiによりスイッチをON/OFFできるボードをグリップに内蔵

高精度ARマーカをグリップエンドに取り付けることで把持精度を向上



改造後の連結ねじドライバ

図一八 作業とロボットに合わせた電動工具改造

4. 人間型ロボットによる石膏ボード壁面施工

前章で述べた各技術の統合により、大型重量物のハンドリング、搬送が必要な石膏ボード壁面施工を、模擬住宅建築現場（図一八左上）において本試作機単体で自律的に遂行することを実現した。

但し、試作機のハンドでは電動工具のトリガーが引けないことと、しっかりと把持しないとビス打ち時に工具がはじけ飛ぶ可能性があり危険なこと、ネジ打ちの位置ズレを防ぐためには工具先端の位置・姿勢をしっかりと定める必要があることなどの理由から工具に改造を施した。具体的には、試作機のハンド形状に合わせたグリップ形状にして握りやすくし、そのグリップの空間内に電源用リレースイッチと無線モジュールを内蔵することでスイッチのON/OFFを無線化、グリップエンドに産総研で開発した高精度ARマーカを貼ることでグリップ把持位置の認識精度を向上した（図一八右および下）。この高精度ARマーカは、Lenticular レンズによりモアレ縞を作ることで、正面からの撮影を苦手とするARマーカの弱点を克服し、単眼カメラのみで複数のマーカの位置・姿勢を高精度に検出できるという特徴を持ち⁷⁾、市販化もされている⁸⁾。

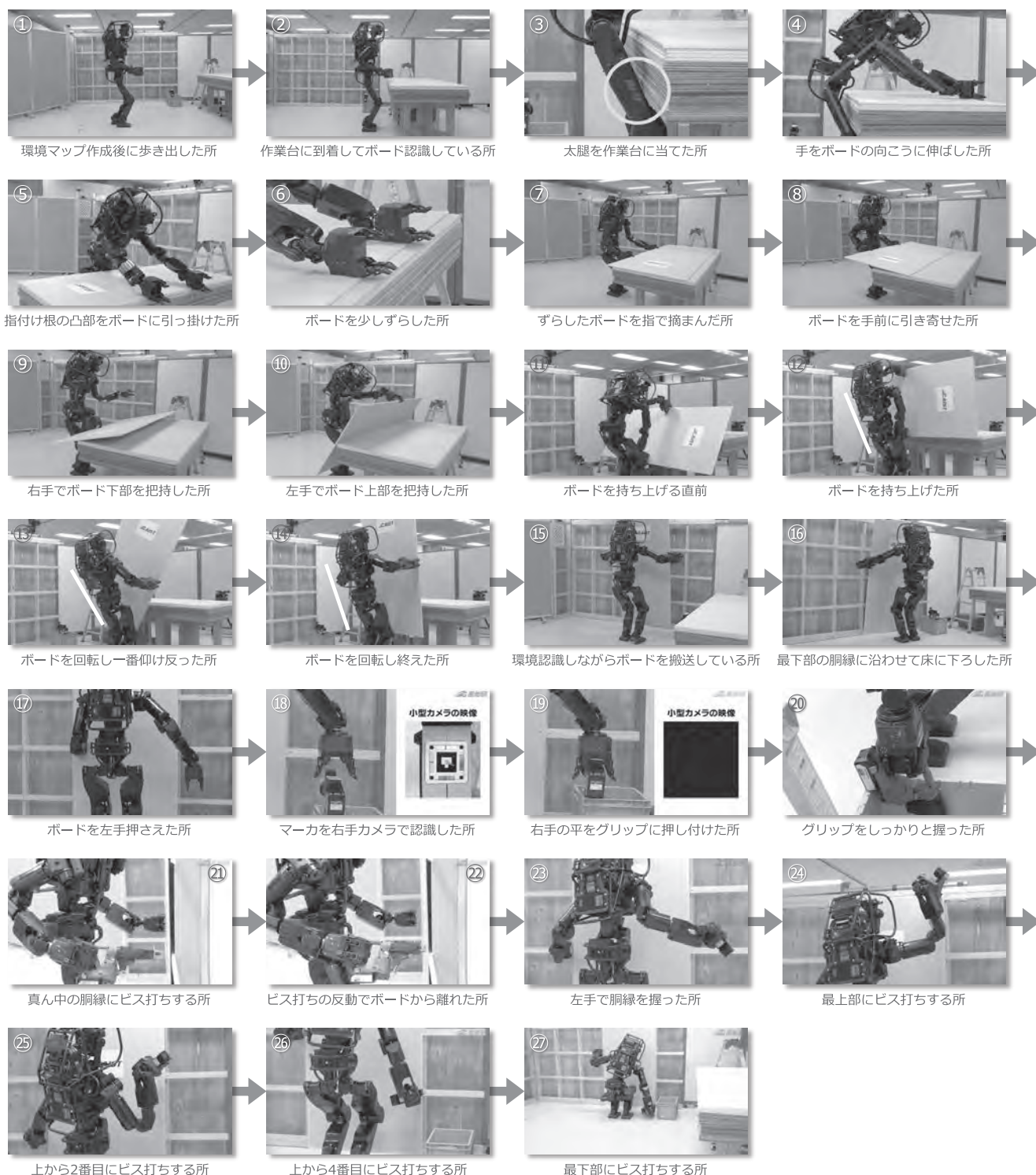
なお、電動工具のグリップをロボット用に改造することに関しては、多くの大工が自分用の道具を持ち、自分の手に馴染むように使い込んでいることから、さほど大きな問題ではないと考えている。また、最近で

はBluetoothにより集塵機と無線連動する工具も登場してきているので、近い将来、ロボットと通信できる無線化改造は不要になる可能性がある。

図—8に示すような作業環境において、具体的には以下の一連の動作を行い、石膏ボード壁面施工を自律的に実行している（図—9）。

図—7上にあるように **HRP-5P** はまず作業環境全体の3Dマップを作成した後に作業台に近づく（図—

9①）。この最初の立ち位置は特に決められたものではなく、作業環境全体を把握しやすい位置に設定される。作業台に近づいたら石膏ボードを認識し（図—9②），石膏ボードに対する立ち位置を同定する。ここで、同定した位置がボードの左右方向の真中心と、石膏ボードの端から手前に設定した目標位置からどれだけずれているかを計算する。目標立ち位置に対して現在の立ち位置が大きくずれている場合は歩行し、20



図—9 人間型ロボット試作機による自律的な石膏ボード壁面施工

～30 mm 程度のズレならボードに手をついてにじり寄る際にその誤差を織り込むように動作を生成する。

作業台に平積みされた石膏ボード山から最上部の一枚を取り上げるには、**HRP-5P** のハンドは人間ほど器用ではないので、体全体を使ってまず石膏ボードを手前に少しずらすようにした。この際、二本脚で立ったままでは手を石膏ボードの向こうへ伸ばすことができないので、まず太腿を石膏ボード山に当て（図—9③）、そこで体を支えるようにして手を伸ばしている（図—9④）。指の付け根の凸部に一枚目の石膏ボードを引っ掛け（図—9⑤）、体を縮めるようにして石膏ボードを少しずらす（図—9⑥）。体を起こしてから少し後退し、ずらした石膏ボードを指でつまんで（図—9⑦）作業台から手前に引き（図—9⑧）、テコの原理を用いて石膏ボードを傾けながら（図—9⑨）両手で石膏ボードを把持する（図—9⑩）。

しっかりと把持したら石膏ボードを持ち上げ（図—9⑪⑫）、上体を反らしてバランスを保ちながら一気に石膏ボードを回転させる（図—9⑬⑭）。これは、**HRP-5P** の各部のトルクアップや自由度数を増した事による効果といえ、人間的には体幹を強化したことに相当する。体の仰け反り具合は⑫～⑭の白線を比較されたい。

石膏ボードを縦にした後、周辺環境を認識しながら石膏ボードを壁まで搬送する（図—9⑮）。約 11 kg の重量物を両手で把持して移動するので、足裏のスリップは否めない。また、畳大の石膏ボードを前に抱えているので目の前の情報が極端に狭くなってしまうが、図—7 下のように最初に計測して得られた環境マップにて計画しておいた経路を辿りつつ、足裏のスリップなどでずれてしまった経路を随時修正しながら目標位置まで移動する（図—10）。ただし、畳大の重量物を持っているので大股となるステップは抱えた石膏ボードを膝蹴りしたり、大きくバランスを崩す危険性があるので、瞬時の大幅なステップ修正は行わないように設定し、図—10 (c) のように徐々に経路修正

するようにしている。なお、経路上に脚立が置かれていたり、床に木の切れ端が転がっていたりするような、より現場に近い環境での石膏ボード運搬もできる能力がある¹⁰⁾。目標位置に辿り着いたら石膏ボードの下端を一番下の胴縁に当て、力情報に基づきながらピッタリと床に下ろすようにしている（図—9⑯）。

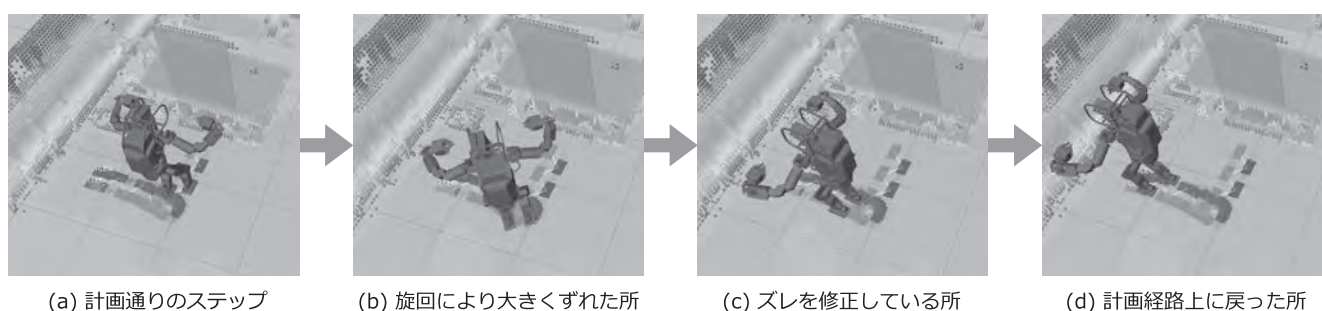
石膏ボードを床に下ろしたら工具箱に入っている工具を拾い上げる。この際、未固定の石膏ボードが倒れてこないように左手で押さえつけながら（図—9⑰）、右手の平に内蔵された小型カメラで高精度 AR マーカを認識して右手で取りに行っている（図—9⑱）。この際、右手の平がグリッパーに当たったことを手首の力センサにて判断し（図—9⑲）、しっかりと握れたことを設定把持角度から判断し工具を拾い上げるようにしてあり（図—9⑳）、把持失敗と判断すれば一旦手を離して再認識と再把持を繰り返す。

ビス打ちの一発目は石膏ボードを左手で押さえた状態で行うため、前傾姿勢で最も力が出やすい真ん中の胴縁にビスを打つようにした（図—9㉑）。ビスの頭が石膏ボードから飛び出たままにならないようにある程度強く打ち付けるので一瞬左手が浮くほどの反動がある（図—9㉒）。石膏ボードが固定できたらビス打ちの反動を押さえ安定性を確保する為に左手で胴縁を握り直す（図—9㉓）。この状態で、最も力の出にくい最上部から順に真ん中を飛ばして最下部まで合計 5 箇所ビスを打って石膏ボードを固定する（図—9㉔～㉗）。実際の動きは、YouTube 動画^{11), 12)}を参照されたい。

なお、右端列のビス打ちが終われば、真ん中、左端列と順に移動しながら打つことになるが、あとは同じ行動の繰り返しなので、動画では割愛している。

5. おわりに

本稿では、人間の重労働作業や危険な環境での作業を自律的に代替することを目指した人間型ロボットの



図—10 自己位置同定による歩行修正の様子

試作機 **HRP-5P** について、その開発経緯や特徴、模擬住宅建築現場における石膏ボード壁面施工を実現したことを紹介した。

今後、我々はこの試作機の技術をベースにした研究開発プラットフォームの開発並びに産学連携による活用を促進し、人間型ロボットの実用化を目指す。プラットフォーム上でロボット知能の研究開発を進め、ビル・住宅、航空機や船舶などの大型構造物組立現場でのさまざまな作業の自律的代替を目指す。これにより作業員不足を補うとともに、人間を重労働作業から解放し、より付加価値の高い作業に労働力を割り振れるようになることが期待される。

J C M A

《参考文献》

- 1) K. Kaneko, H. Kaminaga, T. Sakaguchi, S. Kajita, M. Morisawa, I. Kumagai, and F. Kanehiro, "Humanoid Robot HRP-5P: an Electrically Actuated Humanoid Robot with High Power and Wide Range Joints," IEEE Robotics and Automation Letters, Vol.4, Issue 2, pp.1431-1438, Apr. 2019.
- 2) KAWADA Robotics Gallery から引用 (<https://www.kawadarobot.co.jp/gallery/>).
- 3) 国土交通省資料「建設業及び建設工事従事者の現状」, <http://www.mlit.go.jp/common/001180947.pdf>
- 4) 清水建設ニュースリリース, "建築工事現場で最先端技術を搭載したロボットと人がコラボ〜次世代型生産システム「シミズ スマート サイト」〜", <https://www.shimz.co.jp/company/about/news-release/2017/2017011.html>, 2017.07.12.
- 5) 積水ハウス㈱プレスリリース, "作業の負担を最大7割軽減し施工現場の環境を改善 住宅施工現場にロボット技術導入へ", https://www.sekisuishouse.co.jp/company/topics/datail/_icsFiles/afieldfile/2018/05/16/20180516_2.pdf, 2018.05.16.
- 6) Choreonoid ホームページ, <http://choreonoid.org/ja/>
- 7) H. Tanaka, Y. Sumi, and Y. Matsumoto, "A Portable 6-DOF Motion Tracker Using High-Accuracy AR Markers - First Report on the Feasibility", Proc. of the 14th IAPR Int. Conf. Machine Vision Applications (MVA), pp.563-566, May 2015.
- 8) ㈱フォトロン, "6D-MARKER Analyst", <https://www.photron.co.jp/products/analysissoft/6d-marker/>
- 9) HiKOKI 18V Automatic Screw Driver から引用 (<https://www.hikoki-powertools.com/products/powertools/li-ion-drill/wf18dsl/wf18dsl.html>).
- 10) I. Kumagai, M. Morisawa, S. Nakaoka, T. Sakaguchi, H. Kaminaga, K. Kaneko, and F. Kanehiro, "Perception Based Locomotion System for a Humanoid Robot with Adaptive Footstep Compensation under Task Constraints," Proc. of 2018 IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS), pp.713-719, Oct. 2018.
- 11) YouTube 動画, **【HRP-5P】 Humanoid Robot** 【産総研公式】, <https://www.youtube.com/watch?v=ARpd5J5gDMk>, 2018.09.27.
- 12) YouTube 動画, **【HRP-5P】重量のある実物の資材で建設作業に成功【産総研公式】**, https://www.youtube.com/watch?v=kxi3hpAm_eQ, 2018.10.16.

【筆者紹介】

阪口 健 (さかぐち たけし)
(国研) 産業技術総合研究所
知能システム研究部門 ヒューマノイド研究グループ
主任研究員



建築分野における 3D モデリング

西 乃 輔・木 寺 浩 紀

我が国に大量に形成されている建築ストックの老朽化への対応が社会的課題となっており、3D モデルの活用が設計段階や施工段階だけでなく、既存建築物の維持管理段階にも広がりを見せている。しかしながら、既存建築物は設計図面や竣工図面が残っていない場合や、改修や増築が反映されていない図面のみしか残っていないために、現況の 3D モデル作成が難しいことが多くある。そこで、3D レーザースキャナにより現況を計測して 3D モデリングを行い、補修や改修等の維持管理目的に使用する事例が増えてきている。

本稿では、3D レーザースキャナの計測データをもとにした 3D モデル作成の特徴を示し、建築物維持管理における活用事例を紹介する。

キーワード：建築、3D レーザースキャナ、モデリング、維持管理

1. はじめに

戦後 60 年余の中で大量に形成された建築ストックについて、老朽化や不十分な耐震性が問題となっている¹⁾。それらの建築物を効率的に活用していくためには、改修を行うことで、現在の基準に合わせた建築物に更新する必要がある。しかし、建設から時間が経っており図面が残っていない、既存図面と現況が変わっているため現況がデータ化されていないといった事例が多い。そこで、建築物の現況を正確にデータ化するための計測機器として、3D レーザースキャナ（図—1）の活用が広がっている。3D レーザースキャナは、数 mm ～ 数 cm の間隔で並ぶ（x, y, z）の座標値を持

つ点の集まり（点群データ）として、計測対象物を瞬時にデータ化する。点群データで表現される建築物の形状は正確な寸法情報を持つため、効率的に図面を作成することができるというメリットがあり、これまでには主に 2 次元の図面を最終の成果とする業務が主体であった。

一方、建築業界では、BIM の広がり等により、設計段階から 3D モデルを活用する事例が増えてきており、構造物の改修といった維持管理段階でも、3D モデルによる計画・検討を行うことに対する需要が高まっている。そこで近年では、既存建築物の計測したデータの最終成果が 3D モデルとなるケースが増加している。しかしながら、外壁等の外観や配管設備、梁や柱といった構造材、天井等の非構造材というような計測対象の違いや、3D モデルをどのように活用するかといった目的の違いによって、モデリングに対するアプローチが異なることになる。

そこで本稿では、建築物のモデリングに関する事例を紹介することで、建築物の改修や維持管理等において 3D モデルが果たす役割と、目的に応じたモデリング手法の違いについてまとめる。

2. 点群データをもとにしたモデリング手法

(1) 概要

点群データは数 mm ～ 数 cm の間隔で計測対象物



図—1 3D レーザースキャナ（FARO 社 Focus S350）

表—1 点群データを基にしたモデリング手法の比較

点群データの扱い	参考情報としてモデル化	直接モデル化
データ形式	サーフェスまたはソリッド	メッシュ
長所	・データが軽い ・きれいなモデルデータが作成できる	・自動的にモデルを作成できる ・複雑な形状でもモデル作成可能
短所	・2次元の断面形状等を抽出する必要がある ・複雑な形状への対応が難しい	・データが重い ・現況に正確なモデルデータが作成できる

を高密度に面的に計測したデータであるが、面としての情報を持たないため、点群データのままでは取り扱いが難しい。また、点群は1点1点が座標値と反射強度や色（RGB）情報を持つため、データ処理や表示、編集にはパソコンに高負荷がかかることになる。そこで、点群データから3Dモデルを作成することになるが、その手法は主に2種類ある。表—1に両手法の比較の概要をまとめ、次項以降で詳述する。

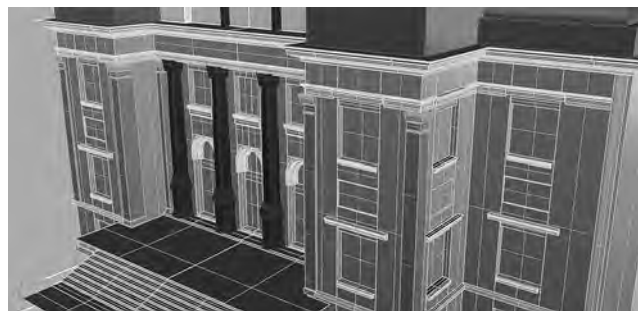
(2) 点群データを参考情報としてモデル化する手法

平面と曲面で構成される比較的単純な形状の部材で構成される構造物では、点群データからモデリングに必要な断面形状と寸法情報を抽出して、その情報をもとに3Dモデル化する手法を採用する。すなわち、3Dで表現される点群データから、直接3Dモデルを作成するのではなく、情報の2次元化というステップを踏む。モデルのデータ形式としては、サーフェスまたはソリッドとなり、用途に応じて使い分けることになる。この手法でモデル化した建築物を図—2に示す。

2次元の断面形状と寸法情報から3Dモデルを作成するという手法は、3Dモデルを作成する上で最も一般的な方法である。設計段階のモデリングや2次元図面をもとにモデリングを行う際にも採用されていることから、3D CADソフトやモデリングソフトにおける基本機能となる。そのため、3Dデータである点群データを3Dモデル化するという場合でも、一度2次元化したほうが、効率よく作成できる場合が多い。

この手法でのモデリングの特徴は、設計段階でのモデル作成と同様の作り方になることから、建築物の構造等のモデル化に適している。また、設計図面が残っているものの、改修等により現況の構造が変わっている建築物のモデリングを行う場面でも、あらかじめ作成しておいた設計図面からのモデルと現況の点群データとを比較したうえで、差分のみを新たにモデル化するという手法が採れるため、効率的なモデリングを行うことができる。

しかしながら、直線や平面を一枚の面として単純化して表現し、点群データとして取得した1点1点の座



図—2 点群を参考情報としてモデル化した建築物

標値の情報は失われることから、部材のひずみやたわみを反映することは難しくなる。また、曲面を多用した複雑な形状の場合には寸法や形状の2次元化が難しいため、この手法を採用することは適さない。

(3) 点群データを直接モデル化する手法

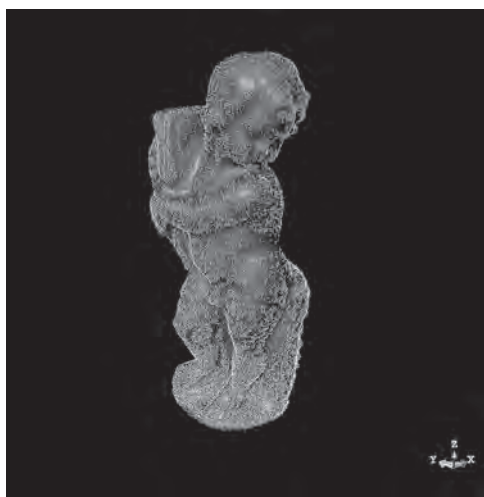
点群データから直接モデリングを行う手法としては、メッシュデータの生成による方法がある。点群データから生成するメッシュデータの最も一般的な形式は、TIN（Triangulated Irregular Network）と呼ばれる大きさや形状の異なる三角形の集合体である。TINデータは、点群データのすべての点を頂点（ノード）として結線した三角形により構成され、点の密度の濃い箇所は小さな三角形で、密度の薄い箇所は大きな三角形で表現されるため、点の密度の調整により必要に応じた詳細度を決定することができる。この手法でモデル化したモニュメントを図—3に示す。

この手法では、近似的な補完を行わず、点群データの座標値がそのまま保持されるため、現況を精度よく反映したモデルが作成できるが、点群の持つ座標情報はメッシュの頂点に引き継がれるため、データの軽量化効果は大きくない。高密度なデータでは曲面の組み合わせによる複雑な形状も表現可能であり、微小な凹凸まで表現できる点が特徴である。そのため、たわみやひずみ等による部材の変状も反映した正確な現況のモデリングを行うことができる。また、この手法でのモデル化は、モデリングソフトにより自動的に行うことができる。

一方で、すべての点がモデルデータに反映されてしまうため、計測データに含まれるノイズや3Dレーザースキャナの性能や計測対象物の素材に起因するデータの厚みといった、モデル化に不要となる点を事前に入念に削除しておかなければならないことに留意しておく必要がある。点群データの不要点の削除については、多くの点群データ解析ソフトに自動削除機能が実装されており、自動削除の精度も向上しているものの、特に本手法を採用するような形状が複雑なモデル作成で求められる丁寧な不要点削除では、最終的には手動での削除が必要となるのが現状である。

さらに、3Dレーザースキャナの死角となって点群データが欠損している箇所は、モデルデータに穴が開いてしまう、あるいは、実際の形状を無視して強制的に点を結んだモデルとなってしまう。そのため、データ欠損のない点群データを取得できるように現場計測作業を行う必要がある。

このように、データ計測やモデル化にあたっての留意事項や制約は、点群データを参考情報として使用する場合に比して大きくなるが、点群として得られた精度の良いデータが活かされたモデルが作成されるという点は、非常に大きなメリットである。



図一3 点群を直接モデル化したモニュメント

3. 建築分野における3Dレーザースキャナ及び3Dモデルの活用事例

(1) 多目的ホール天井の改修事例

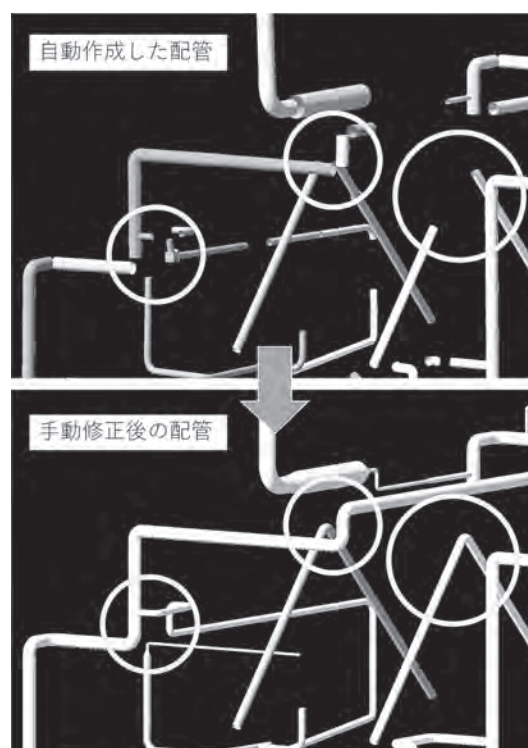
多目的ホールの特定天井の改修でも3Dモデルが活用されている。特定天井については、平成26年に改正された建築基準法施行令で、落下防止措置を講ずべきことが定められており²⁾、既存構造物に関しても改修が進められている。特定天井の改修は、足場を設置

して行うことになるが、当該施設では、特定天井の構造だけでなく、座席や舞台・音響といった多目的ホールとしての設備の位置や大きさ等も考慮に入れて足場設置計画を立てる必要がある。特定天井の構造とホール設備の両方を計測できる3Dレーザースキャナで計測したうえで、モデリングを行う。

定型の人工構造物であり、改修計画や足場設置計画を立てるにあたってのデータの取り扱いやすさという観点から、点群を参考として扱いモデリングを行っている。モデリングしたデータは、構造物全体のBIMモデルと統合して活用される事例もある。

(2) 配管設備の維持管理への適用事例

配管等の設備のモデリングに関しては、専用のモデリングソフトが開発され、モデリング作業の自動化が進んでいる。これは、配管の径の規格がいくつかのパターンで決まっており、点群データを解析して得られる配管の形状と配管の規格を比較して、最適な規格の配管を点群データにフィットさせる形でのモデリングが容易であるためである。3Dレーザースキャナでは、配管を下から計測することが多いことから、管の1/3～1/2程度しか点群データを取得できないが、径の規格情報を参照することで自動モデリングを行うことが可能である。しかしながら、図一4上図のように管が曲がっている箇所や著しくデータが欠損している箇所等では、形状を自動認識できずに配管が分断され、



図一4 自動作成された配管の修正

起点から終点までつながらない形でのモデリングや、誤ったつなぎ方でのモデリングとなる場合もあるため、図一4下図のように配管をつなぐように手動で修正を施すことになる。

(3) 工場や倉庫でのモデル活用

急速に自動化が広まっている工場や倉庫では、従来とは違う形での3Dモデルの活用が広がりつつある。これまでは、工場自体の維持管理や前項で述べたような配管等の増設や設備の配置計画に使われることが多かったが、工場・倉庫内の不陸計測が新たな需要となっている。これは、工場・倉庫内を自動的に動き回るロボットのためのデータ作りの一環で、人間にとっては問題にならないが、ロボットの移動には妨げとなる微小な段差を把握するという目的での活用となる。

このような活用では、床面の高さの基準となる平面をサーフェスで作成、現況の床面をメッシュで作成し、高さの差を算出することで、床面の勾配や段差、凹凸を解析し、図一5のようなヒートマップや等高線図として視覚化する。

また、モデルの差を解析して可視化する方法は、構造物の変位解析にも用いることができる。例えば、ビルの外壁パネルを季節ごとに計測して、それぞれメッシュモデルを作成し、メッシュモデル同士の比較解析をすることで、気温の違いによる外壁パネルの浮きの変化を明らかにする用途でも活用されている。また、サーフェスで作成した設計モデルと、メッシュで作成した現況モデルを比較することで、設計と現況の差を明らかにする用途での活用実績もある。

(4) 歴史的建物の保存

老朽化の進む歴史的な建物の保存という目的でも3Dレーザースキャナによる計測と3Dモデル化を行っている。



図一5 工場床面の不陸解析

例えば、日本における近代建築の黎明期に建てられて、現在も営業されている商業施設で、外観の大幅な改築により、外壁の一部となっている意匠的な彫刻ごと取り壊すという建築物で、取り壊し予定の施設外観を3Dレーザースキャナで計測して、そのモデルデータをデジタルアーカイブデータとして保存するという目的で活用された実績がある。また、データをモデル化することで、3Dプリンタで出力し、資料として保管するといった活用の広がりの可能性も考えられる。

また、別の類似事例では、一度取り壊して補修を行った後、再び意匠を補修後の外壁に復元するときの資料として活用したり（図一6）、別の場所に復元するための資料として活用したりといった事例もあった。

このような歴史的な建物の事例では、多くの場合、細かな装飾が施された意匠的な箇所を含むため、点群データから直接モデルデータを作成することになる。



図一6 外壁壁面彫刻の保存

(5) 建築物の耐震工事計画

建築物の耐震工事でも3Dモデルは活用される。例えば、文化財としての価値もある大規模建造物の事例では、建造物自体が曲面を多く使った複雑な形状であったことに加え、内部にも多数のモニュメントが配置されていたため、耐震工事のための足場の設置が非常に難しい状況であった。そこで、内部の構造に加え、多数のモニュメントもモデル化を行うことでモニュメントの位置を正確に割り出し、モニュメントを移動することなく足場を架設することができ、工期を短縮することができた。

この事例では、内壁等の建造物の構造にあたる部分は点群データを2次元してモデリングする手法を採用し、2次元では表現することが非常に難しいモニュメントは、点群データから直接モデルを作成する手法を採用した。そのため、モニュメントのデータに欠損箇所が発生しないよう、点群データの取得は多数の器械

点から綿密に行っている。サーフェスのデータとメッシュのデータは、一つのデータとして取り扱うことができないが、この事例では、内壁とモニュメントが独立していたため、両手法を組み合わせることで、効率的かつ必要十分な精度でのモデル化に成功している。

(6) 新たな活用の提案

スタジアムの3D計測事例では、新たな活用の提案を行っている。この事例では、当初の目的では、スタジアム内設備の維持管理目的での2次元図面作成が目的であり、3Dモデルを作成する予定はなかったが、新たな活用への提案のために3Dモデルを作成している。この事例では避難経路シミュレーション(図-7)や洪水シミュレーション(図-8)、設備増設のイメージ映像の提供(図-9)等で新たな活用を提案している。



図-7 避難経路シミュレーション



図-8 洪水シミュレーション



図-9 屋根の増設イメージ画像

2次元化した情報からのモデル作成手法を採用しているが、あくまで提案のためのモデル化であることから、断面形状を簡易的に押し出す、見た目上重要でない箇所は省略する等、CG的なモデリング手法を併用することで、モデル作成に掛かる時間を短縮している。当然のことながら、このような手法で作成したモデルは、実業務目的で活用する精度は保持していない。しかしながら、一度計測した点群データがあることから、再計測することなく目的に応じた詳細度でモデルを再作成することができる。

4. おわりに

本稿では、点群データを用いたモデリング手法について述べ、その適用事例を通じて、モデル化手法の選択方法や留意すべき事項について紹介した。

点群データをもとにしたモデリングと言っても、その目的や計測対象に応じて最適な手法や計測時・点群データ解析時・モデル作成時の各段階で留意すべき事項が異なる。一方で、モデル作成時の詳細度の設定でモデル作成にかかる手間を増減できることから、モデルの活用が進み、別の目的でモデルを活用したいという場面でも、一度点群データを取得しておけば、再度計測を行うことなく、より詳細なモデルを新たに作成し直すという活用ができる点も3D計測の魅力となる。

点群データの活用やモデルデータの作成手法は日進月歩で進歩しているため、今後も新しい技術を取り入れながら、建築分野の維持管理の一助となり、新たな価値を付加できるような活用方法の提案を進めていきたい。

JICMA

《参考文献》

- 1) 全国営繕主管課長会議：全国営繕主管課長会議付託事項 公共建築物の老朽化対策に係る事例集、2014年
- 2) 国土交通省：平成25年国土交通省告示第771号、2013

【筆者紹介】

西 乃輔（にし だいすけ）
クモノスコーポレーション(株)
企画開発部
主席技師



木寺 浩紀（きでら ひろき）
クモノスコーポレーション(株)
空間情報事業部
部長



AOA 方式を利用した屋内測位システムとその事例紹介

趙 晨・竹 添 明 生

屋外における位置情報アプリケーションは、その使用用途に応じて、GNSS を利用した様々な測位精度と運用方法を持ったアプリケーションが広く普及している。一方、位置情報アプリケーションは屋内においても需要が高く、幾つかの方式が提案されており、それぞれに特徴がある。本稿では代表的な屋内測位の各方式について整理した上で、特に AOA 測位方式の概要について説明し、利用事例について紹介する。
キーワード：屋内測位、インドアポジショニング、AOA（Angle of Arrival）方式、Bluetooth、安全管理、生産性向上

1. はじめに

位置情報アプリケーションは、屋外においては MSAS、QZSS 等の GPS を補完するシステムの拡充や、GALILEO、GLONASS、BAIDOU 等、GPS 以外の Global Navigation Satellite System（GNSS）の整備が進み、スマートフォンでの一般的な利用から、情報化施工や精密農業等、業務用システムとしての利用まで幅広く普及が進んでいる。一方、GNSS が利用できない屋内においても、現在、Bluetooth や RFID、Wi-Fi 等、様々な信号を用いた方法が利用されている。本稿では屋内測位の各方式について整理した上で、特に AOA 測位方式の概要について説明し、利用事例について紹介する。なお、本稿においては、屋内測位対象の移動体を移動局、算出する移動局の位置の基準になる固定された施設を基地局と呼ぶこととする。

2. 屋内測位で利用されている測位方式

代表的な屋内測位方法の概要と特徴を整理したものを表 1 に示す。屋内測位において比較的高い精度を求める場合、UWB、もしくは Bluetooth AOA 方式を選択利用する形となるが、汎用的ではない基地局の設置等、特別な設備の設置が必要となる。UWB と Bluetooth AOA 方式を比較すると、測位精度は UWB の方が高くなるが、移動局・基地局自体のコスト、及び設置コストを考慮すると、Bluetooth AOA 方式の方が比較的、低く抑える事が出来る。

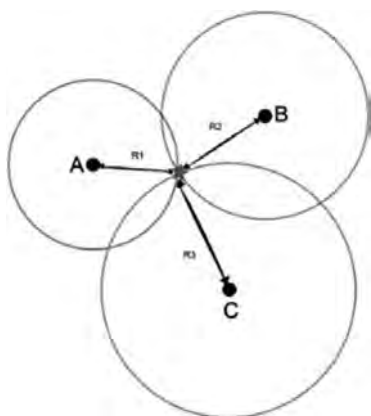
(1) RSSI（Received Signal Strength Indicator）方式

RSSI 方式では、基地局が電波の発信、移動局で電波の受信と測位計算という形を取る。信号は信号源から遠くなればなるほど強度が規則的に弱くなるため、

表 1 主な屋内測位方法の比較

	Bluetooth		RFID	Wi-Fi	ZigBee	UWB
測位方式	AOA	RSSI	RSSI	RSSI	RSSI	AOA
使用周波数（Hz）	2.4G		125k/ 数百 M	2.4G	2.4G	4 ～ 10G
測位精度	○○○○○ (30 cm)	○○ (数メートル)	○○○ (数メートル)	○○ (数メートル)	○○ (数メートル)	○○○○○ (10 cm ～)
移動局の電力消費	○	○	○○○	○○○○○	○○	○○○○○
電波干渉の強さ	○○○○○	○○○	○○○	○○	○○○	○
モバイル端末利用等の汎用性	○○○○○	○○○○○	○○○	○○○○○	○	○
使用する基地局	Bluetooth 受信機	BLE ビーコン送信機	RFID 送信機	無線 LAN AP	ZigBee 送信機	UWB 送信機
受信距離	10 ～ 100 メートル 通常数十メートル	10 ～ 100 メートル 通常数十メートル	数メートル	100 ～ 300 メートル	10 ～ 70 メートル	数メートル

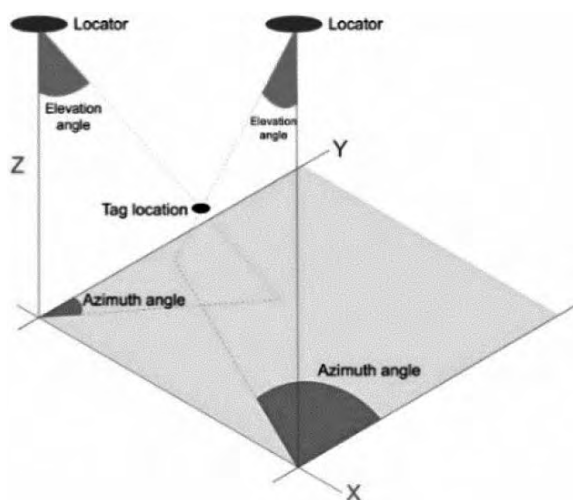
信号の減衰度により、移動局自身と基地局の距離を計算することが出来る。3 台の基地局からの距離が分かると、図一1 の様に三辺測量方式で位置計算を行うことが出来る。しかし、信号は壁などの障害物にあたると反射するため、反射した電波が互いに重なって干渉し、誤差が発生する。屋内では反射する障害物が多くあり、電波の干渉を避けることが難しいため、測位精度としては数メートルとなる。



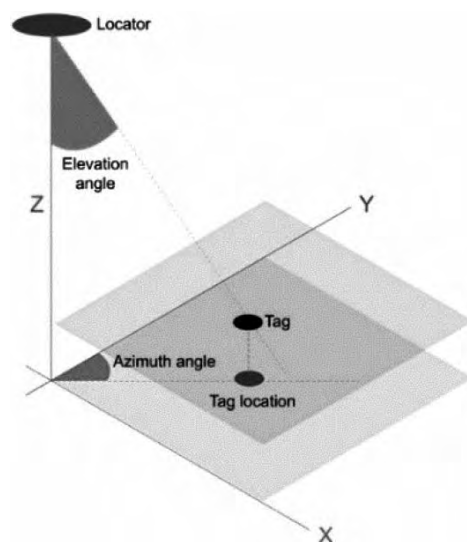
図一1 三辺測量方式

(2) AOA (Angle of Arrival) 方式

AOA 方式では、RSSI 方式とは逆に移動局で電波を発信し、設置位置を事前に綿密に設計した基地局で電波の受信を行い、各移動局の測位計算を行う形を取る。さらに移動局から発信された電波が基地局にて受信される際の電波の到達角度を利用して、RSSI 方式よりも高精度な測位計算を行う仕組みである。施設内に複数台の基地局を設置した場合は、移動局の 3D 位置を計測することが可能である（図一2）。また基地局を 1 台だけ設置して、移動局の 2D 位置を計測することも可能である（図一3）。



図一2 2 台の基地局を用いた 3D 測位

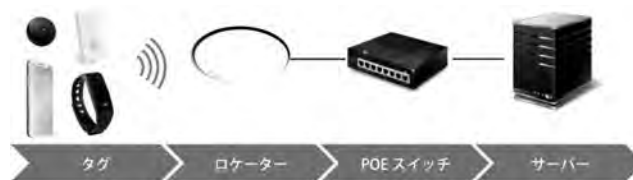


図一3 1 台の基地局を用いた 2D 測位

3. AOA 方式を用いた SiPS システム概要

(1) SiPS システム構成について

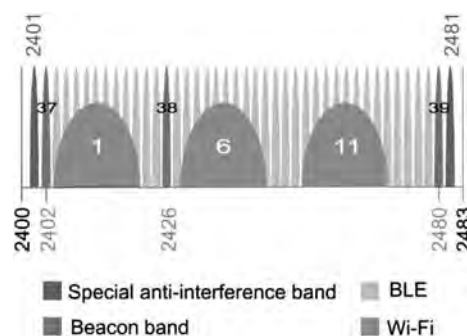
SiPS システムでは移動局から発信される電波が、基地局で受信され、電波到達角度データを別途設置されたサーバーに送信し、各移動局の測位計算を行う（図一4）。



図一4 SiPS システムの構成

(2) SiPS システムで利用する信号

SiPS システムでは、信号として一般的に広く利用されている Bluetooth を利用するため、移動局として専用のタグだけでなく、一般的なスマートフォンやタブレット PC を利用することも出来る。また、2.4 GHz の信号の中でも、両端の 2401 Hz & 2481 Hz のみを使用し、電波干渉の影響を最小限に抑えている（図一5）。

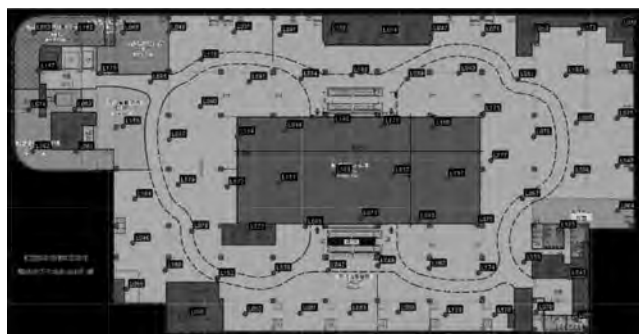


図一5 SiPS システムで利用する 2.4 GHz 帯

(3) SiPS システムの導入までの流れ

(a) ロケーター（基地局）の設置検討

SiPS システムでは求められる測位精度や測位対象範囲に応じて、設置が必要となるロケーターの数や設置位置を専用ソフトウェアを用いてシミュレーションすることが出来る（図—6）。当該ソフトウェアに利用対象エリアの平面図や、天井の高さ等の情報を入力し、必要とされるロケーターの数やそれぞれの設置位置を算出する。



図—6 ロケーター設置シミュレーション例

(b) ロケーターの設置

ロケーターはデータを専用サーバーに送信するため、データ通信用の LAN ケーブルで接続する。前述したソフトウェアで得た、ロケーターの設置シミュレーション結果を参照しながら、対象施設にロケーターを設置する（写真—1）。ロケーターは基本的に施設上部に設置される。



写真—1 ロケーター設置工事

(c) システムのキャリブレーション

全てのロケーターの設置完了後、システムのキャリ

ブレーションを行う。ロケーターには、複数の Bluetooth モジュールが決まったレイアウトで配置されており、キャリブレーション専用のロケーターを用いて、設置したロケーターの設置方向のオフセット量を計測し、システムに登録する（写真—2）。キャリブレーションを行うことで、システムは高精度にタグの位置を測定することができる。



写真—2 専用ロケーターを用いたキャリブレーション作業

(d) タグのモニタリング設定

前述したソフトウェアにて、取り込んだ対象エリアの平面図上にポリゴンを作成し、特定のエリア内へのタグの侵入をモニタリングすることが出来る。この設定は ID が振られた個別のタグに対して、または ID で定義されるタググループに対して行う事が出来る。

4. SiPS システム実用事例

(1) 台車の現在位置と稼働状況の把握

(a) 台車管理の課題

紡織工場では完成した布巻きを運搬する目的で、約 1000 台の台車が稼働していたが、全ての台車の位置を把握する方法が無かったため、布巻きのリアルタイムの生産状況の把握が出来なかった。このため、生産数の不足を補うための追加生産を行ったり、数量不足により納品遅れを避けるために、常に必要数量以上の生産を行ったりする方法で対応していたが、生産効率を向上させるために台車の現在位置の把握が必要となっていた。

(b) SiPS システムの導入

工場内の台車の移動範囲（60 m × 230 m のエリア）をカバーして、30 ～ 50 cm の測位精度で全ての台車

の現在位置を把握するために、シミュレーションソフトウェアでシステム設計を行い、工場の高さ10mの天井にロケーターを13個設置した(図-7)。また、全ての台車に専用タグを設置し、ロケーターにて受信、LANケーブル通信でサーバーに送信し、全ての台車の現在位置を計算し、オフィスにあるパソコンの画面で工場内の全ての台車の位置をリアルタイムに確認可能なシステムを構築した。

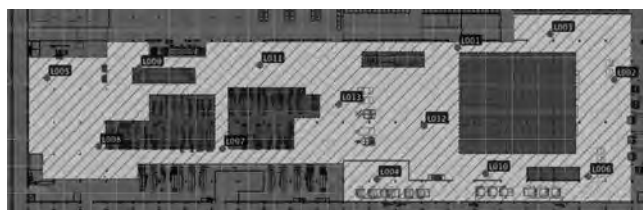


図-7 ロケーター設置検討(シミュレーションソフトウェア画面)

(c) SiPS システムの導入効果

①台車の稼働率の向上

台車の移動ルートや稼働率の把握が可能になり、台車の配置の最適化を図った結果、工場内に準備する台車の数を年間5～10%ほど削減することが出来て、また台車の稼働率が10%以上向上する効果が得られた。

②製造コストの削減

工場内の台車の現在位置を把握する事が出来るようになったことで、生産から運搬までの流れを各台車の現在位置を踏まえて計画し、効率的に作業を進める事が出来るようになり、製造コストの削減に繋がった。

③作業員の生産性向上

システム導入前は、台車の現在位置が分からなくなることが頻繁に発生し、従業員が台車の搜索に勤務時間を費やしてしまう事があった。SiPSシステム導入後は全ての台車の現在位置がマップ上にリアルタイムで表示されるようになり、システム上で台車番号を検索することで目当ての台車の現在位置が容易に把握出来るようになった。これにより台車搜索に費やした時間を通常業務に充てることが可能になり、従業員の生産性向上に繋がった。

(2) モノとヒトの一元管理

工場は、材料や生産物や従業員、台車や車など様々な個体が存在している空間である。天井に設置したロケーターは台車だけではなく、タグを設置することで空間を存在する全ての移動体の一元管理に利用する事が出来るため、工場は次の様に管理範囲を拡大するシステム拡張を検討した：①来場者モニタリング；②従

業員モニタリング；③スタッカー・フォークリフトマネジメント；④災害発生時の人の避難管理(図-8)。

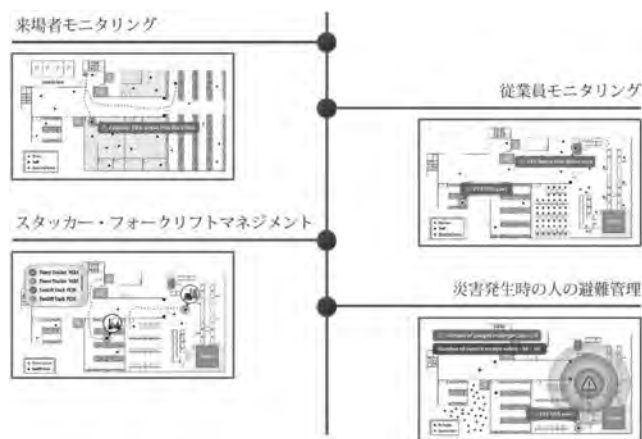


図-8 モノとヒトの一元管理

(a) 来場者モニタリング

工場では学生団体や一般市民等の工場見学を実施している。工場内には、原材料から布巻きの完成までの生産工程や、以前使用していた様々な機械の展示スペースなど一般公開エリアがある一方、開発・設計等の企業機密情報が含まれる一般非公開エリアも存在する。このため、一般非公開エリアへの関係者以外の立ち入りをモニタリングするシステムが求められていた。

工場では全ての来場者にタグを配布して入場させて、システムのモニタリング対象に一般来場者を追加することにした。来場者には従業員とは異なる設定をしたタグを配布し、着用して貰った。来場者専用タグを持つ人が一般非公開エリアに立ち入ると、システムが検知し、工場のシステム管理側に通報されることとなり、関係者が直ちに状況を確認して対応する事が可能になった(図-9)。

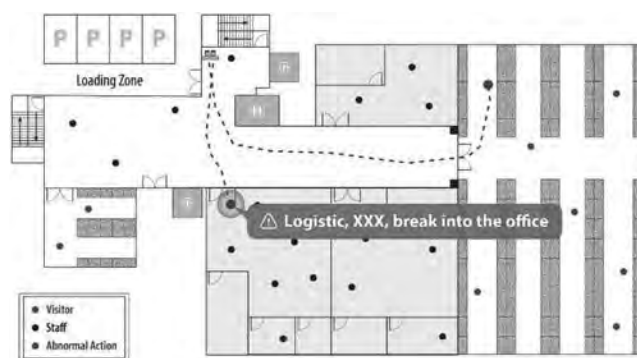
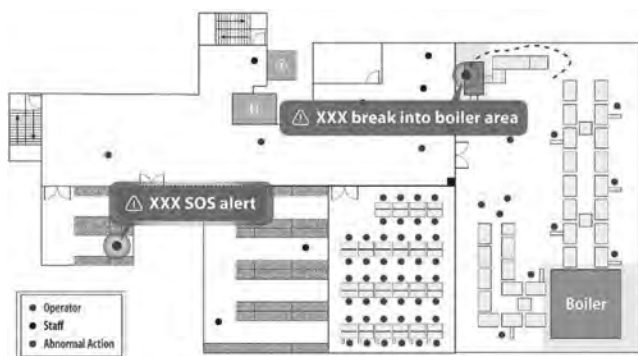


図-9 一般非公開エリアの設定と来場者モニタリング

(b) 従業員モニタリング

工場内には、ボイラー等の設備が設置されている危

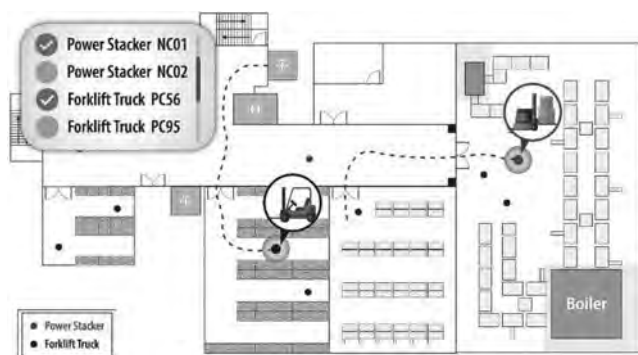
危険エリアがあり、過去には、従業員の不注意な立ち入りによる労災事故が発生した事があったため、従業員の安全管理システムの実現が会社運営上、重要な課題となっていた。このため、事故発生防止を目的として、工場内の危険エリアをシステム上に設定し、タグを着用している従業員が許可なしに危険エリアに立ち入った際に工場内のアラームが作動する機能をシステムに追加した（図—10）。



図—10 危険エリアの設定と従業員モニタリング

(c) スタッカー・フォークリフトマネジメント

この工場では、製造ラインで完成した布巻き運搬用の台車の他に、工場～倉庫～運送用トラックの間の荷物の運搬用にスタッカーやフォークリフトも稼働している。全てのスタッカーやフォークリフトについても台車と同様にタグを設置し、システムのモニタリング対象に含める機能拡張を行った（図—11）。この機能拡張によって、台車のみならず、スタッカーやフォークリフトについても、現在位置や稼働時間、稼働率を把握することが可能になり、移動ルートの最適化を検討し、作業の効率化を実現することが出来た。

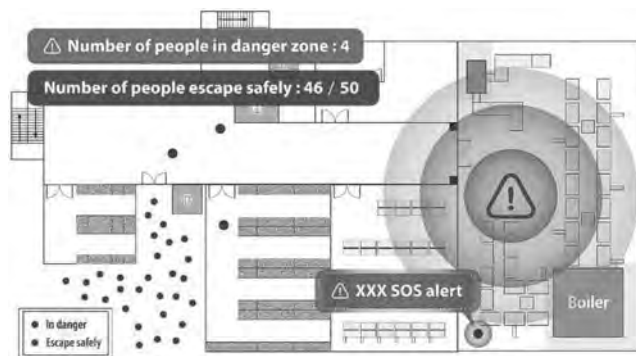


図—11 スタッカーとフォークリフトの現在位置モニタリング

(d) 災害発生時の人の避難管理

万が一、火事のような災害が発生した際に、被害を最小限に留めるために、同システムに避難管理機能を

組み込んだ。工場内の来場者、従業員を含む全ての人の現在位置を把握することで、工場内にいる人の避難状況を確認することが出来るようになった。また、工場内に残っている人を迅速に救出するために、システム上で来場者と従業員の現在位置から避難場所までの安全な避難ルートを検討し、正しい避難方法を指示することで、災害時の被害を最小限に留める事が可能になった（図—12）。



図—12 災害発生位置と来館者・従業員の現在位置モニタリング

5. おわりに

本稿では、屋内測位システムの方式について整理した上で、測位において利用する電波の種類、並びに設備投資が最小限で済む RSSI 方式と、比較的高精度が得られる AOA 方式について概要を説明した。Bluetooth AOA 方式を採用した SiPS システムについて紹介し、その実用事例から工場内での様々な移動体（台車、スタッカー、フォークリフト、従業員、来場者）の現在位置のモニタリングをベースにして、管理に必要な基礎データの収集が可能になり、効率性・生産性を向上させた事、更に施設内のゾーニングデータと組み合わせるワーニングシステムを実現した事を説明した。

建設分野においても、建設現場や施設において、GNSS が利用できない環境での移動体の現在位置の把握やワーニングシステムの構築は需要が高く、施工作業中の作業員の安全管理、誘導、建設機材の現在位置の把握等をどう実現して行くかという課題がある。屋内測位システムを活用した場合、用途ごとに求められる測位精度と屋内測位に求められる設備整備のバランスを取ることが求められるが、工場の実例で示したように、構築した設備を違う目的の機能追加に用いていく事で、このバランスを改善することが出来る。例えば、施工時に整備した屋内測位システムを施工後の維持管理業務で活用することが出来れば、設備整備の

ハードルは下がるのではないかと考える。
本稿がその発展の一助となることを祈念する。

謝 辞

STARWING Technology Co.には各種データの提供において多大なご協力を頂いた。ここに記して謝意を表します。

J C M A



【筆者紹介】
趙 晨 (ちょう ちえん)
ジオサーフ(株)
マーケティング・グループ
セールス・エンジニア



竹添 明生 (たけぞえ あきお)
ジオサーフ(株)
代表取締役 CEO



BIM とデジタル測定機器を連携させた 設備検査手法の構築

設備測定記録書の自動作成による省人化・省力化を実現

園 田 真 吾

建設工事における設備検査は、近年デジタル化が進み、測定データを Bluetooth で送信できるデジタル測定器による測定が主流になってきた。また、建設業界では、BIM (Building Information Modeling) を施工管理で活用する事例が増えてきており、デジタル化による生産性向上が期待されている。本報文では、施工管理活用が進む BIM とデジタル測定器を連携させ、設備検査のさらなる効率化を目指した取り組みを紹介する。

キーワード：BIM, デジタル測定器, BIM/CIMArk, 設備検査, 照度測定, 水圧・満水試験, 風量測定, 現場管理, 測定記録書自動作成

1. はじめに

建築物を施工する際の設備検査は、さまざまな設備の機能が正しく確保されているかを確認するため、躯体工事から仕上工事に至る各工程の中で行われ、品質上確実に行わなければならない設備検査が数多くあり、膨大な時間と労務がかかっている。

設備検査では、運転確認や各種測定、写真撮影などを行い、その測定記録を検査報告書としてまとめ、竣工時に建築主に引き渡すため、確実な記録を残す必要があるが、測定記録書の書式は会社ごとに異なり、各社ごとに合わせた測定記録書を作成する必要がある。測定記録書には表計算ソフトを用いたものが多く、現地で測定した結果を紙の野帳に記入し、その後表計算ソフトの測定記録書に転記して作成する。その際転記ミスといったヒューマンエラーが発生する可能性がある。

昨今は各測定はデジタル測定器での測定が普及してきている。デジタル測定器には、測定結果を Bluetooth 経由でタブレット側のアプリケーションに送信することができる機能を持った測定機器も増えてきている。そのデジタル測定器の導入により、設備検査の測定か

ら測定記録書作成までの効率が向上した。

また、建設業界では、BIM (Building Information Modeling) を施工管理で活用する取り組みが行われてきている。BIM による施工管理では、検査に必要な帳票を BIM から自動で出力し、合否判定や日時、担当者といった施工管理情報を BIM に連動させることで一元的に管理することができる。BIM を用いることで、未測定箇所を BIM 上でハイライト表示させることができ、施工管理状況の見える化も可能となる。

本稿では、施工管理活用が進む BIM とデジタル測定器を連携させた仕組みの概要と検証結果を紹介する。

2. BIM とデジタル測定器を連携する仕組み

従来のデジタル測定器を用いた測定では、下記3点が課題としてあった(図-1)。

- ① デジタル測定器からメーカー独自書式の測定記録書に出力することはできるが、任意書式への出力ができない。そのため、検査帳票として求められる測定記録書の書式に転記し直すといった作業が必要であり、転記ミス等の可能性があった。



図-1 デジタル測定器の課題点

②測定範囲などは紙の施工図などに着色して、検査野帳を作成するなど、手作業での管理が必要であった。

③未測定箇所を自動で検出することはできず、目視チェックで未測定箇所が無いかを確認していた。

一方、BIM から任意書式の測定記録書を出力する仕組みはすでに確立されており、統合ソフト（BIM/CIMArk：コンピュータシステム研究所）を用いることで可能となる（統合ソフト：複数の BIM データを重ね合わせて一つの BIM モデルとすることができるソフト）。そのため、デジタル測定器の測定結果を BIM 側に直接取り込むことができれば、任意書式の測定記録書の出力まで自動化することができる。また、BIM は 3D モデルを扱うため、上記の課題にある測定範囲や未測定箇所の見える化に対してもモデルを活用した解決案が提示できると考え、BIM とデジタル測定器を直接連携できる仕組みを構築することとした（図—2）。

デジタル測定器から送信された測定データを BIM 側で受信するため、測定データを受信する取込画面を作成した。施工管理者は工事現場内で BIM モデルを立ち上げて、取込画面の受信ボタンをタップすることにより測定データを BIM モデルに直接取り込むことができるようにした。

BIM に測定データを取りこむと、測定データの入っていないモデルだけをハイライト表示して未測定箇所を見える化することができる。

また、BIM 側では、モデルの部材一つ一つに GUID という普遍的な番号を持っており、その番号はモデルを削除しない限り変わらない性質を持つ。その番号を測定記録書と紐づけることで、部材の持つ属性データを確実に測定記録書へ出力することができる。

3. 水圧・満水試験での取り組み

給水管や排水管などは、配管をつなげて施工するた

め、継手部から漏水する可能性がある。そのため、給水管などの圧力のかかる配管は、施工後に管内に水压をかけ、漏水が無いか圧力変化を確認する水压試験を行う。また、排水管のように管内に圧力がかからない配管は、管内を充水させ、漏水が無いか水位変化を確認する満水試験を行う。

(1) 従来の測定方法と課題

水圧・満水試験では、測定を行った範囲を記録する必要があるため、従来は、測定記録書のほかに、系統図や施工図に測定した範囲を着色した図面を添付していた。また、測定の記録として写真を残す必要があるため、水压試験では測定前後の圧力ゲージの写真を、満水試験では満水状態から水位変動の有無がわかる写真を撮影し、測定終了後、作業所事務所に戻り、Excel 等に写真を貼り付けて写真帳票を作成していた。

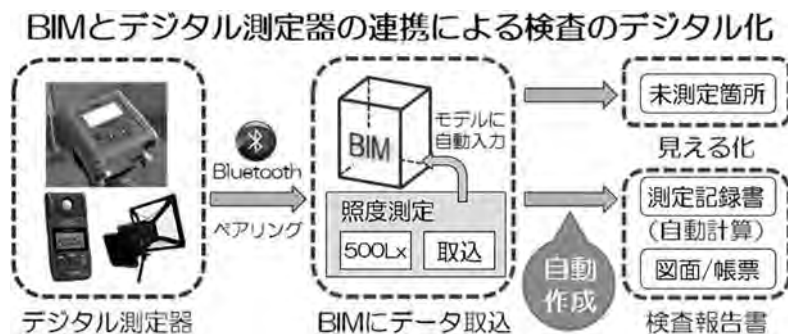
(2) BIM 連携での測定方法

水圧・満水試験では、工事の進捗により、すべての配管を一度に測定することができないため、測定範囲ごとに測定を進めていく。その際どこまでの配管を測定したかを明確にする必要がある。そこで、測定範囲に対応した BIM の配管モデルをグループ化する機能を追加した。グループ化した配管を選択し、デジタル測定器をペアリングさせることで測定データを BIM に取り込む。

施工管理では、測定の進捗を把握し、未測定箇所がなく、工事が完了しているかを確実に管理する必要がある。

BIM に入っている測定データの有無を検出すれば、測定の進捗状況が分かり、未測定の配管だけをハイライト表示することで、未測定箇所の見える化が可能となり、BIM 連携により、確実な測定を行うことができる。

水圧・満水試験は、測定完了までに数か月かかることが多く、測定記録書の量も膨大になるため、書類整



図—2 BIM とデジタル測定器連携フロー

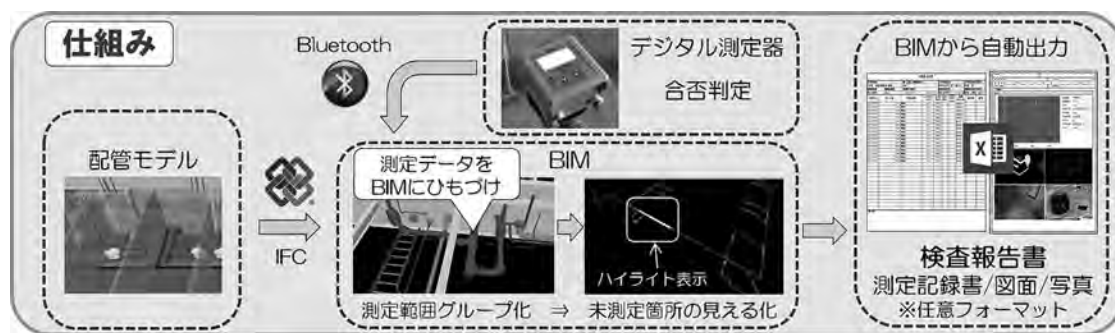


図-3 BIMを活用した水圧・満水試験の仕組み

備も重要となる。そこで、BIM側から、測定記録書、測定結果のグラフ、測定範囲、測定写真を一括でまとめて出力する仕組みとし、従来煩雑になりがちであった測定記録書の管理を容易にした（図-3）。

(3) BIMモデルをグループ化する方法

水圧・満水試験では、現地の測定範囲を確実にBIM上の配管にも反映し、グループ化する必要がある。施工管理者が現場内で直感的に操作できるように、BIM上の配管をなぞるだけでグループ化できる仕組みを構築した。

また、グループ化の際に他の配管等を選択しないように、レイヤで選択できるモデルの種別を制限し、誤選択を防止する仕組みも取り入れた（図-4）。

(4) 測定記録書の出力

BIMで一元管理した測定データを、任意書式の測定記録書に自動出力する仕組みを構築した。測定記録書には、測定データ、測定範囲、測定写真の3点が必要な要素として求められるため、今回次の項目について仕組みを構築した（図-5）。

- ①測定データは、BIMモデル内にある、すべての水圧・満水試験の測定データを一覧で出力する仕組みとした。
- ②1つの測定データに対して、測定結果のグラフ、測定範囲、測定写真を、1枚の帳票としてまとめ

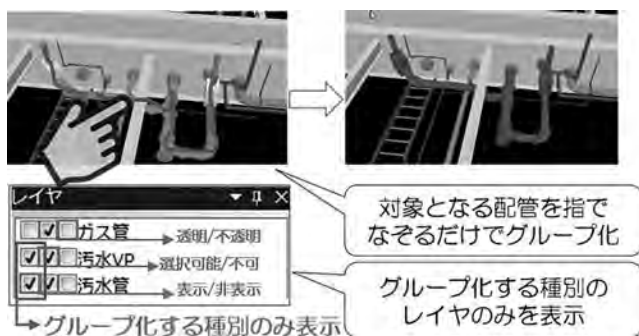


図-4 グループ化の仕組み



図-5 測定記録書の仕組み

て出力する仕組みとした。

デジタル測定器からは、時系列の数値データしか送信されないため、BIM側で測定データを受信した際に、自動でグラフ化するプログラムを組んだ。また、グラフや測定結果は、Excelでの出力となるため、改ざん防止対策として、JPEG化して出力し、書き換えができない仕組みとした。

また、デジタル測定器の測定結果を正確に抽出するために、BIM側に検算プログラムを組み込んだ。これにより、測定器から異常なデータを受信した場合は、再度測定器にリクエストの信号を送り、正しいデータが受信できるまで繰り返す仕様とした。

グラフの上限・下限の範囲は、取り込んだ測定データをもとに、自動設定することにより、測定結果がグラフのレンジ内に納まるようにした。

- ③測定範囲は、BIMモデルの形状情報を帳票に自動で貼り付ける仕組みとした。

BIM上でグループ化した配管モデルをパース状にキャプチャを撮り、帳票に貼り付けることで、測定した配管の上下方向の立体的なつながりも確認することができる。また、モデルを平面的に見た状態で、モデルから最も近傍にある通り芯を表示させてキャプチャを撮ることにより、平面図上でどこに位置しているかを表現した。これにより、従来作成していた測定範囲の着色作業を省略することができた。

- ④測定写真は2枚まで撮影して帳票に貼り付ける仕様とした。

(5) 実現場での状況

当社の作業所において、測定準備から測定記録書作成までの検査時間を検証したところ、20%程度の検査効率の向上を確認した。

5系統分の満水試験を行い、各工程の平均の数値から検査時間を算出した。

測定範囲のグループ化を現場で作業することができるため、従来よりも事務所作業を削減することができた。また、従来は測定データをPCに送信してから出力する必要があったが、BIMから印刷ボタンをタップするだけで測定記録書を一度に出力できるため、測定記録書の作成時間が大幅に削減することができた(図—6)。

4. 照度測定での取り組み

照度測定では、部屋ごとに決められた設計照度を確保できているかを照度計を用いて測定し、室用途によっては空間全体の平均照度(5点法)を算出して確認する。

(1) 従来の測定方法と課題

従来の照度測定では、測定者と記録者が2人1組となり、測定点をあらかじめ記入しておいた図面を現場に持っていき、測定者が照度計の数値を読み上げ、記録者が図面上に手書きで記入していく。手書きのため、聞き間違いや記入ミスがあっても気づきにくく、作業所事務所に戻ってからExcelの測定記録書にさらに転記するため、転記ミスなどのヒューマンエラーの発生が考えられる。

(2) BIM連携での測定方法

照度測定では、測定点ごとに照度を記録する必要があるため、BIMにもともと存在しない「測定点」のオブジェクトを付加し、その測定点にデジタル測定器のデータを紐づける方法とした。

2Dの施工図データを、BIM/CIM Arkに取り込み、BIM上で測定点のオブジェクトを入力する。その測定点には、番号や設計照度など、様々な属性情報を入力することができる。

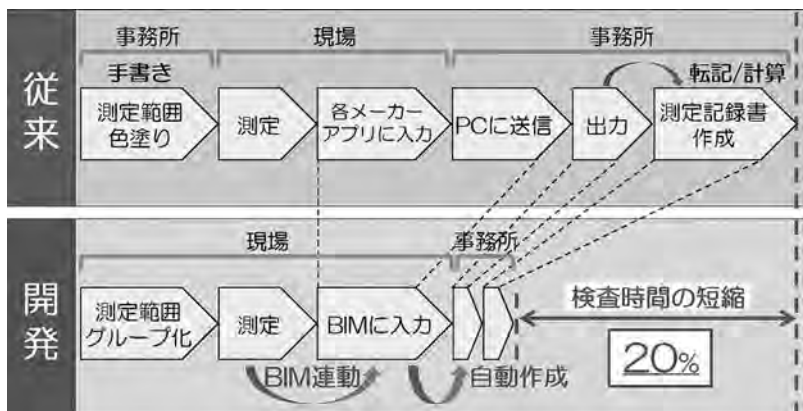
デジタル測定器の測定データを測定点に紐づけるため、照度計のデータを表示させる取込画面を作成した。これにより、照度計で測定しているリアルタイムの数値をBIM上で確認することができる。そして取込ボタンをタップすることで、測定値が確定し、測定点に測定値を入力する。

照度の測定と記録がBIM側の操作で完結するため、従来測定者と記録者の2名必要であった作業を1名で行うことが可能となり、50%の省人化となった。

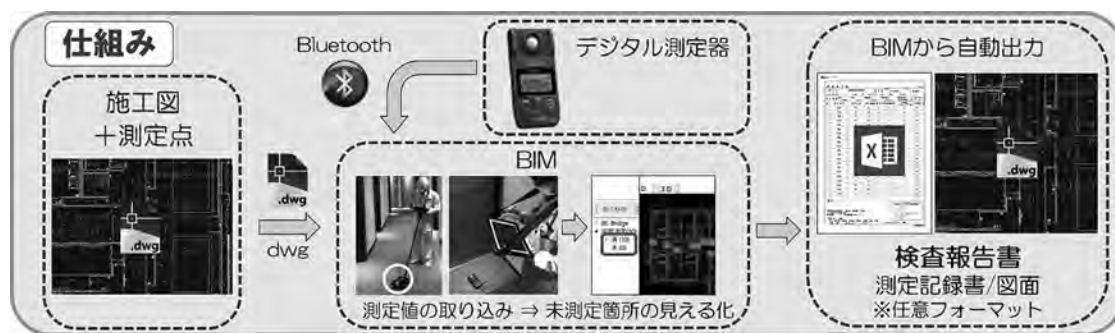
また、非常照明の照度測定時は床面照度が1~2lxと暗く、照度計の測定数値が読みづらいことがあったが、BIM側に測定値が表示されることによって、非常照明下でも測定値をはっきりと確認することができるようになった。

さらに、測定点にあらかじめ設計照度の数値を入力しておくことで、測定した照度の数値と比較し、現場内で照度が基準値以上かどうかを自動で判定することができる。

照度測定では、測定した数値と測定箇所が分かる資料を測定記録書として提出する必要がある。そのため、BIM上の印刷ボタンをタップするだけで測定値の一覧表と測定箇所が分かる図面を出力することができる仕様とした。転記作業等は必要なく、自動で測定記録書まで出力することができ、従来時間がかかっていた測定記録書の作成時間を大幅に短縮することができた(図—7)。



図—6 満水試験検証結果



図ー7 BIMを活用した照度測定の仕事

(3) 事前準備の工夫と未測定の防止対策

照度測定では、測定点を入力する事前準備が必要となる。測定作業全体を効率化させるためには、事前準備も効率的に行う必要がある。そこで、2Dの施工図上に測定点を配置する際、測定点に入力される測定番号を自動で連続した番号になる仕組みとした。これにより、施工管理者は、測定点を配置してだけで事前準備が完了する。

また、未測定箇所をリアルタイムに確認し、迅速な測定を可能とするために、測定が完了した測定点には、測定した照度の数値を表記する仕組みとした。これにより、測定値を容易に確認でき、どこまで測定したかが分かりやすく、未測定の防止となる（図ー8）。

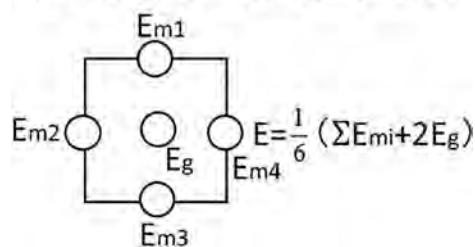
(4) 照度測定の自動計算

室内の視環境を照度で評価する場合、照明器具の直下とそれ以外の箇所では、照度の値が異なり、正しく評価することができない。そのため、平均照度（5点法）を算出して室空間全体の照度を確認する（図ー9）。

平均照度は室空間の中心の測定値に重みを付ける計算式のため、どの測定点が中心かを判断する必要がある。Excel等を使用しても自動計算することが難しく、従来は図面に記入した測定値をExcelに転記して算出していた。

そこで、BIMを用いて平均照度を自動計算する仕

〈5点法による平均照度の算出法〉



図ー9 平均照度の算出式

組みを構築した。

測定点はBIM上に3Dオブジェクトとして存在するため、XYZ軸の座標を持っている。平均照度を算出する5点の測定点をBIM上で囲み、グループ化することで、BIM側でどの点を平均照度の計算式に当てはめるかを定義する。BIM側では、測定記録書に出力する際にグループ化した測定点の座標を計算し、平均座標を算出することにより、平均座標の最も近傍にある測定点が中心に位置する測定点であると推測することができる。それにより、中心の測定点を割り出し、重みづけのある平均照度の計算式に当てはめることで、自動で平均照度の計算が可能となる。

また、算出した自動計算の式は検算ができるように帳票欄外に数式を表記する。これにより、万が一プログラムの故障で間違った計算が行われたとしても、施工管理者側で間違いを確認することができる（図ー10）。



図ー8 事前準備の工夫と未測定の防止対策の仕事



図—10 平均照度の自動計算の方法

(5) 実現場での状況

当社の作業所において、測定準備から測定記録書作成までの検査時間を検証したところ、20%程度の検査効率の向上を確認した。

観測点30か所の照度測定を行い、各工程の平均の数値から検査時間を算出した。

測定時間は、従来の2名作業に比べると時間がかかってしまうが、事務所での平均照度計算や、測定記録書作成の時間を大幅に削減することができた(図—11)。

5. 風量測定での取り組み

建物の換気システムが正常に稼働し、設計した風量を確保できているかを確かめるために、制気口ごとに風量測定を行う。

(1) 従来の測定方法と課題

風量測定では、測定によって得られた風速に開口面積と開口率を掛けて風量を算出する。風量が設計値と差がある場合は、ダンパーを操作して適正風量になるまで調整する。測定と調整を繰り返すため、測定自体に時間がかかる。

風量測定には風速計を用いる。風速計はある点の風速を測定するため、制気口の風速を測定するには、5点以上測定し、平均の風速を求める。

測定自体は、測定者と記録者の2名体制で行い、上述した風速を用いて風量をその都度手計算で算出し、判定を行なっている。また、現地では紙の図面に測定箇所と測定記録を記入し、作業所事務所に戻ってからExcelの測定記録書に書き直している。

(2) BIM連携での測定方法

BIM連携では、照度測定と同じ方法を採用した。照度測定同様、2Dの施工図データをBIMに取り込み、測定点オブジェクトを入力し、その測定点にデジタル測定器の測定データを紐づける。

風量測定では、測定時の風量にばらつきが生じるため、風速が安定したときのデータを収集する必要がある。そのため、データ取得時に平均値を算出できる仕組みを構築した。

また、測定記録書への出力も照度測定同様、印刷ボタン一つで可能となる(図—12)。

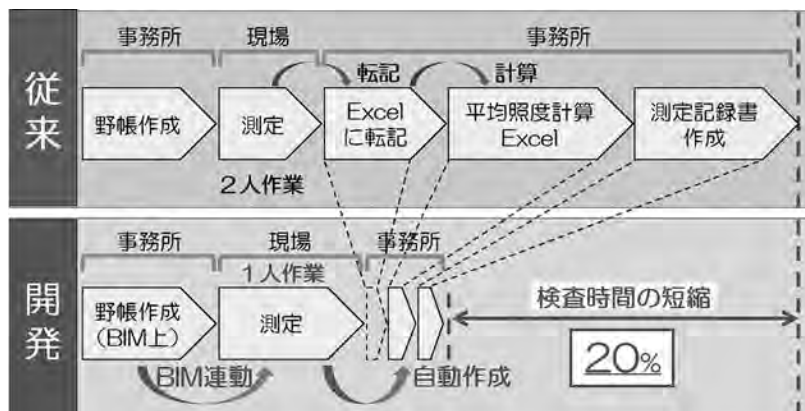
(3) 実現場での状況

風量測定に関しては、今後実現場での実証を行っていく。

6. おわりに

今回構築したBIMとデジタル測定器の連携では、管理点数の多い、水圧・満水試験、照度測定、風量測定の3種類を対象とした。今後は連携できる測定機器の種類を増やすとともに、実証実験を重ね、より使いやすい仕組みへと改善していく。

すでに空圧試験器の連動ができており、より活用幅が広がっている。



図—11 照度測定の検証結果



図一 12 風量測定の仕組み

謝 辞

最後に、本開発を行うにあたりご尽力いただいた関係各位に感謝の意を表すと共に、本報文が今後の設備検査効率化の参考となれば幸甚です。

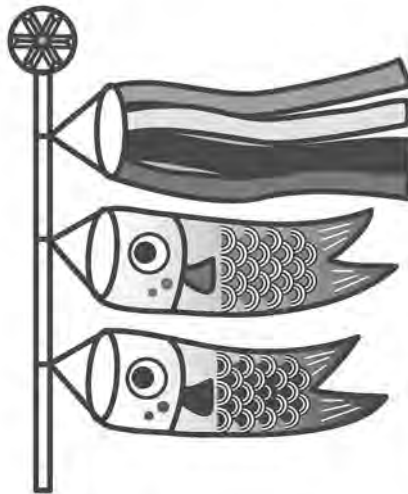
【筆者紹介】

園田 真吾（そのだ しんご）

（株）竹中工務店

東京本店 設備部 設備施工 BIM グループ
設備担当

J C M A



BIM モデルの活用による昇降機計画の効率化

昇降機 BIM モデルの利用によるレイアウト検討・関係者間合意形成の効率化

梅 木 偉 斗

従来、建物に設備や配管・配線を納めるためのとりあい調整を行う場合には、平面・断面の図面を作成して必要なスペースを確保するという方法で行ってきた。しかし、図面の作成・確認作業には多大な労力が必要となり、コスト抑制の障害となっていた。

近年、これらの作業を軽減する方法として BIM モデル活用による各種業務の効率化への関心が高まり、検討が進められている。本報では昇降機 BIM モデルの利用によるレイアウト検討・関係者間合意形成の各業務効率化について紹介する。

キーワード：昇降機、エレベーター、エスカレーター、BIM

1. はじめに

建築物の設計・施工計画において、図面の作成は不可欠である。関係者間で確認を行うためには図面を作成し、相互にチェックをすることで自部門・自社に必要なスペースや部材を確保している。しかし、従来のこれらの方法では他工種工事箇所についても図面化しなければならないこともあり、図面の作図・チェック・修正には多くの工数を要している。昇降機工事においても建築壁・建築梁を作図し、建築工事成図面や鉄骨工事成図面との整合性を確認し、建築要素の変更発生時には自社図面にも反映しなければならなかった。そのため、1つの変更があった場合には、いくつもの工種で変更に対応する修正をしなければならず、チェック・確認作業についても再度行う必要があった。

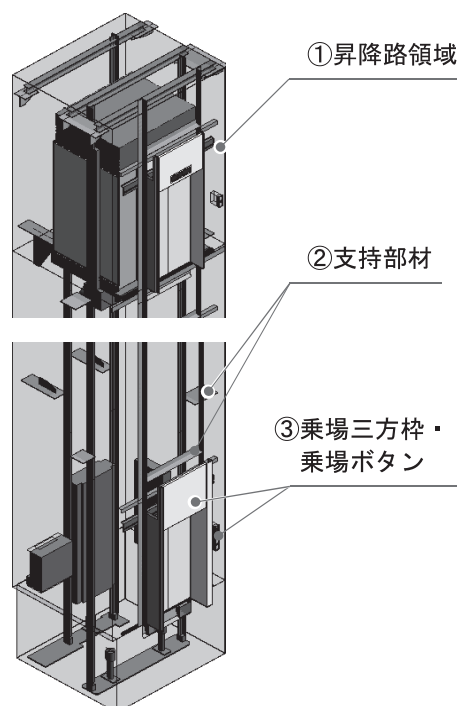
これに対し、BIM モデル活用の検討が進められている。各業者が自社工事部分や自社工事に必要な部分のみを BIM モデルを作成し、互いに読み込むことで、従来のような重複した図面化を行うことなく、作図・確認業務を削減することが可能になる。上述の例で言えば、昇降機工事は昇降機の必要スペースや必要支持部材のみをモデル化し、建築工事が作成した建築壁や鉄骨工事が作成した建築梁を読み込むことで、これらの要素を自社で作図する必要がなくなる。逆に建築工事や鉄骨工事は昇降機のモデルを読み込むことで、昇降機の必要スペースの確認が容易になる。本報では昇降機計画の効率化を重点的に、これらの事項について紹介する。

2. エレベーターの BIM モデル

図—1 にエレベーターの BIM モデルの一例を示す。エレベーターの BIM モデルは、主に次の要素で構成されている。

①昇降路領域

必要な昇降路のスペースを四角形の領域で表現している。建物側の BIM モデルを読み込んで干渉チェック処理を行えば、どの箇所が干渉しているのかを確認



図—1 エレベーターの BIM モデル

することができる。また、他工種にこの BIM モデルを渡すことで、建物側の変更が生じて建築壁や建築梁を移動しなければならない場合にも、昇降路領域と干渉していないか確認しながら修正作業を行うことができる。

②支持部材

レールを固定するために必要なファスナーや、乗場を固定するために必要な三方枠支持部材、敷居受材などをモデル化している。これらのモデルを使い、各支持部材の設置に必要な建築部材の有無を確認することができる。

③乗場三方枠・乗場ボタン

建物により、納入する乗場三方枠や乗場ボタンの仕様は異なる。そこで、昇降路領域や支持部材とは別に、乗場三方枠・乗場ボタンを用意し、物件用の BIM モデルを作成するベースとしている。

3. パラメーター化による修正作業の効率化

建物により、納入するエレベーターの各部位の寸法は異なる。寸法が変わることによって形状にも変化が生じるが、物件毎に毎回形状を人間が手修正すると手間がかかってしまい、修正漏れやヒューマンエラーの原因にもなりかねない。そこで、修正する可能性がある箇所はパラメーターで指定可能なデータとして作成している（図-2）。

例えば、乗場三方枠であれば出入口のサイズ（巾・高さ）や枠のサイズ（奥行）をパラメーター化している。もしも修正が必要な場合には、これらのパラメーターを修正することで、自動的に BIM モデルの形状が変化する。このようなモデルにすることにより、熟達した BIM オペレーターでなくとも修正が可能になることで品質が向上し、物件用のデータを作成するのに要する時間を短縮する効果生まれる。また、BIM モデル形状自体を変更することで、その BIM モデルを見ている 2 次元の図も自動的に修正されるので、従来のように平・立・断の図面を各々修正する必要がなくなる。

4. 意匠プレゼン資料としての活用

一般的に、エレベーターの各意匠部品は建物のイメージに合わせて選択することができる。従来ではイメージに合う塗装色を選択するために、図面とは別にパース CG を作成し、塗装色の提案を行っていた。

このような場合に対応できるよう、BIM モデルの各

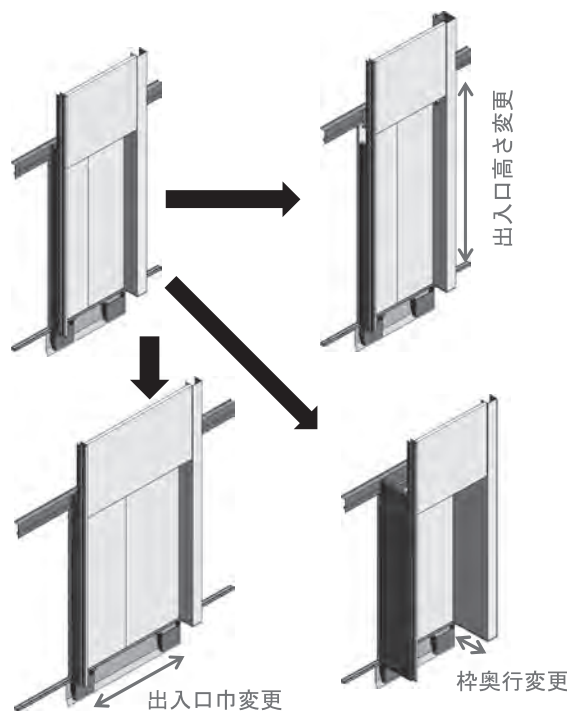


図-2 パラメーター変更による形状変更



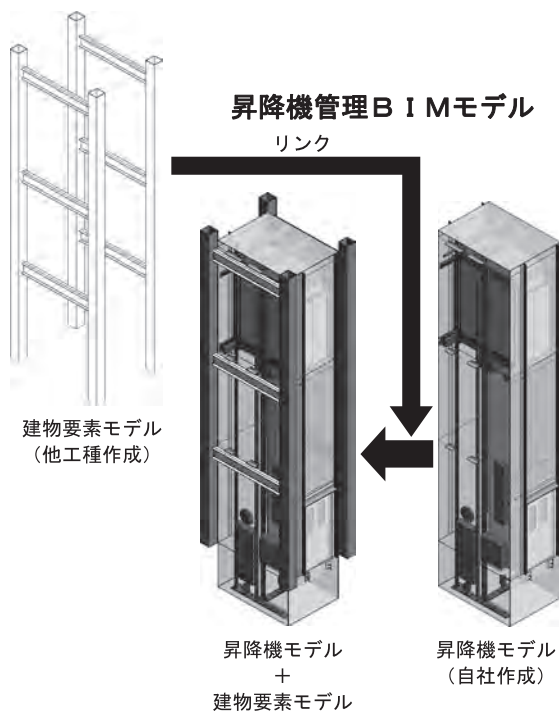
図-3 パラメーター変更による色の変更

意匠部品の材質をパラメーターで指定可能なモデルとすることで、簡易的に塗装時のイメージを提案することを可能にしている（図-3）。詳細なパース CG とするためには相応の作り込みを要するが、意匠のイメージを関係者間で共有するには BIM モデルによる簡易的なイメージでの打合せも効果的だと考えられる。

5. 建築データとの重ね合わせ

図面による打合せでは、他工種の工事範囲についても作図を行っていた。昇降機工事の場合、昇降路付近の建築壁・建築梁についても設計図や施工図を参考に自社の図面に反映し、干渉の有無や支持部材の形状検討を行ってきた。

もしも、他工種が BIM モデルを作成していれば、他工種が作成した BIM モデルを自社の BIM モデルにリンクさせることによって重ね合わせを行うことが可能になる。



図一４ 他工種作成モデルとの重ね合わせ

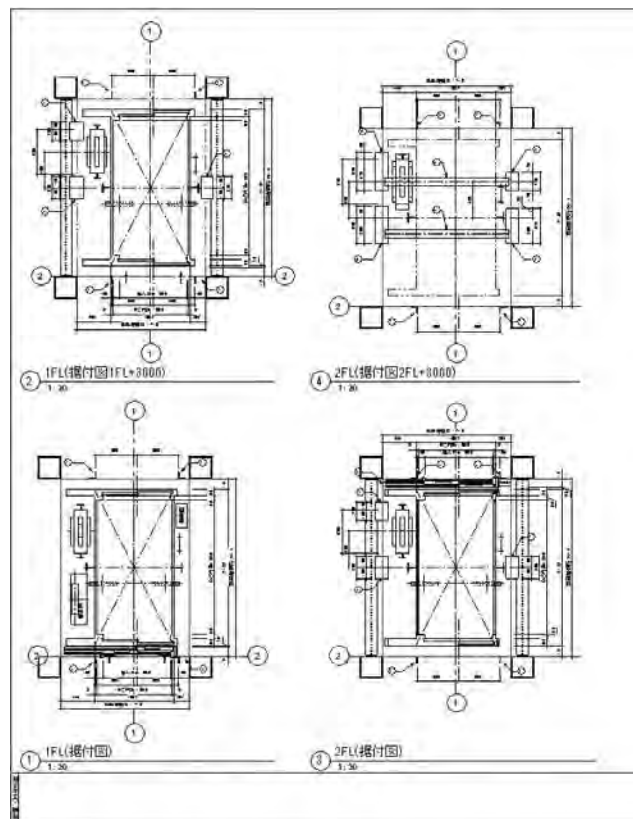
図一４に他工種で作成した BIM モデルを重ね合わせたイメージを示す。この方法を採用する場合、昇降機工事の場合エレベーター本体と、エレベーターを支持するために必要な支持部材のみをモデル化する。建物要素については他工種で作成した要素をリンクさせ、重ねて表示できる。

重ねた BIM モデルは各 2 次元のビューでも表示されるので、図面の下敷きとしても使用することが可能になり、建築要素を昇降機工事で別途図面化する必要がなくなる。このように、BIM モデルを工種間で互いに受け渡してリンクさせることで、従来のような重複作図作業や確認作業を削減することができる。重ね合わせを行った後、図面化したものを図一５に示す。

6. エスカレーターの BIM モデル

図一６にエスカレーターのモデルの一例を示す。エスカレーターの場合、エレベーターと違い移動部と固定部が近接している関係上、建築躯体に関連する安全対策が必要になる。必要な安全対策を検討できていないと、見積から漏れてしまったり、後から設置しようとした場合に施工上の問題が発生してしまうケースも少なくない。そこで、必要な安全対策についてもモデル化を行い、必要な対策を網羅できているか視覚的に検討を行えるようにした。

イメージの共有については、エスカレーター本体のイメージ共有にも活用できる他、光電装置や誘導手す



図一５ モデルから図面化した例



図一６ エスカレーターの BIM モデル

りとエスカレーター本体との位置関係の確認に特に有効である。光電装置をモデル化した事例を図一７に示す。

また、エスカレーターの外装検討についても効率化できることを確認できた。吹抜けに面する位置にエスカレーターを設置する場合、エスカレーターに外装を設ける場合があるが、図面による検討では外装の範囲を表現するために、複数枚の図面を作成して関係者間で確認を行う必要があった。しかし、BIM モデルを



図一七 光電装置の BIM モデル



図一八 エスカレーター外装の BIM モデル

利用することで外装が必要な箇所を3次元的に検討することが可能になり、外装の要否検討が容易となる。図一八に外装を設けたエスカレーターの BIM モデルを示す。

7. 今後の課題

これまでの取り組みにより、エレベーター BIM モデルの構造やパラメーターについて検討を進め、関係者間のイメージの共有・作図作業の効率化・干渉検討時間の短縮に効果があることを確認することができた。

課題としては、BIM モデルと図面との二重管理の問題が挙げられる。BIM 導入後も、関係者間の最終合意や BIM 未導入の関係者との打合わせには、図面が必要になる。しかし、BIM モデルからの図面化が完全にできていなければ、BIM モデルとは別に図面を用意し、これらの図面業務に対応しなければならない。しかし、この方法では BIM モデルと図面との不整合が発生してしまう可能性がある。特に、スケジュールの都合により図面打合せを急いで進める必要がある物件などは、打合せの為に図面が先行してしまうことで、上記のような事象が発生してしまいがちである。

このような問題を解決するためには、BIM モデルから図面化するための社内システム構築や体制の整備に加え、BIM 導入現場における適切なスケジュールの設定が重要だと考えられる。

社内システムの構築や体制の整備については、図面化に適した BIM モデルのライブラリ化や、BIM オペレーターの教育が必要である。単純に他ソフトで作成した 3D CAD データを用意しても、図面化や打合せには適さないことも多いので、注意が必要である。

BIM 導入現場においては、まずは BIM モデルによって問題点抽出や調整を行った後に作図することで、図面の作図時間や修正時間を短縮し、全体としての工程短縮を図れるスケジュールが理想と考えられる。また、全ての問題点を BIM モデルで解消しようとする様々な困難が生じてしまうので、無理のないスケジュールを策定することも重要である。

課題はあるものの、BIM モデルを活用することで得られる様々なメリットがあることは確かである。まずはできることから検討を進め、効率化を図っていきたい。

J C M A

【筆者紹介】
梅木 偉斗（うめき たけと）
三菱電機㈱
ビルシステム事業本部



建設業界における VR/AR の取り組みと活用事例

真 柄 毅

VR（仮想現実）や AR（拡張現実）は業界を問わず多方面から注目が寄せられている。建設 ICT が普及する中、建設業界においても BIM/CIM の 3 次元モデルと VR/AR を連動させた取組が実現している。VR/AR がもたらす没入感や現実感により、BIM/CIM のメリットの一つである「フロントローディング」の効果がより一層高まり、様々な場面での活用が期待されている。本稿では VR/AR を建設現場で実施した際の効果や活用が期待される場面を、実際の建設現場で導入された事例を通じて紹介する。

キーワード：VR, AR, BIM/CIM, 体験, 情報共有, 地域住民交流, イメージアップ

1. はじめに

昨今の建設業界では、BIM/CIM や i-Construction といった施策を導入することで、建設生産システム全体の向上を目指している。3 次元モデルを利活用した取組は、土工の現場のみならず橋梁やトンネルといった構造物、または河川工事や農業土木といった建設現場でも効果を挙げている。

BIM/CIM で作成されたデータは、建設物の完成イメージ図を表現するだけでなく、現場の特色に合わせた様々な活用方法がある。例えば複雑な形状の取り扱い確認を 3 次元モデル上で迅速に把握し、施工途中の様子を表現することで施工計画の確認を行える。段階毎の土量やコンクリート数量の算出シミュレーションを実施することも可能である。特に近年はソフトやパソコンの性能が著しく向上し、現実とほぼ変わらないような 3 次元 CG データを作成することが可能となった（図—1）。

リアルな 3 次元モデルは、あたかも自らが仮想空間内にいるような疑似体験が可能である。ICT を活用

することで生まれるこれからの建設業界における新しい取組みとして、VR/AR 技術について事例を交えて紹介する。

2. VR 技術による安全教育訓練

VR とは Virtual Reality（仮想現実）の略称で、立体視が可能な VR 型ヘッドマウントディスプレイ（HMD）を装着し、モーショントラッキングセンサーで頭部の動きと仮想空間の視線を連動させることで、体験者は 3 次元のデータで作成された仮想世界を、まるで現実世界の出来事のように体験することが可能となる技術である。

鋼橋架設の現場に携わったとび職のグループに、作業前安全教育訓練として、VR による疑似体験をしてもらった。VR 空間内ではあらゆる視点からの閲覧が可能となる。例えばクレーンの運転席からの視野や、桁上からの俯瞰、仮設ワイヤーブリッジからの視点など、多角的に現場の状況やスケール感を捉えることができる（写真—1）。



図—1 BIM/CIM モデル



写真—1 VR を使用した鋼橋架設作業の疑似体験

体験者のグループは熟練から若手まで、様々な経歴の技能者で構成されており、各々の立場から意見が挙げられた。高所での作業が想定されており「思っていたよりも高くない」「冬期の施工時には足元が滑りやすそうだ」といった意見が自然と飛び出してくる。施工する上で検討すべき点をVRが気づかせているのだ。体験者によっては、高所では足が震えるほどに高さを感じ、仮想空間上で橋から落下しそうになり驚きの声を上げていた。

目で見えるほか、実際の手すりの模型を掴ませたり、現場の環境音を流したりするなど、視覚以外の五感情報を刺激することにより現実に近い状況を作り出し、体験者の没入感を一層高めることも可能である（写真—2）。



写真—2 足場模型を使用したVR体験実施状況

VR空間は、CGで表現された現実世界のハリボテだけではない。さながらゲームソフトのように、シナリオに沿って様々なイベントを発生させることができ、安全教育資料として活用することが可能である。

建設現場に設置された安全通路を、両手に持ったコントローラーの操作で歩いていく。通路のすぐそばにバックホウが作業をしている。横を通行しようと不用意に近づいた途端、重機が旋回し接触事故が発生する。臨場感のある危険ポイントに近づくことで、実際に起こった現場災害のシナリオを擬似的に追体験することができる（図—2）。



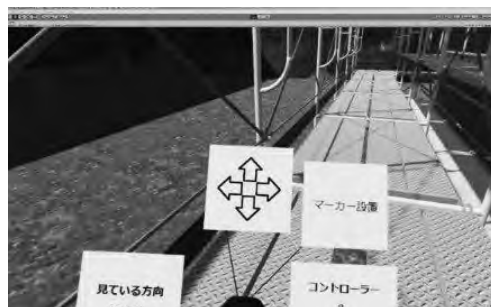
図—2 バックホウとの接触災害体験

ここで体験者は、安全に通行するにはどんな対策が必要かを考えることができる。通行する前に合図者に報告すべきだったか、安全通路は適切な位置に配置されていたかなど、積極的に安全管理を意識することになるだろう。口頭や紙資料の文面で注意喚起を見たり聞いたりするよりも、バーチャル空間で安全教育を体験することが、より一層安全意識を高めることに繋がる。

VR上では現場特性に応じたシナリオを作成することが可能である。クレーンでの揚重作業時に吊り荷が落下し被災してしまう体験や、仮設足場の組立に不備がないかVR上で安全点検を行うシミュレーションなども再現可能である（図—3、4）。



図—3 クレーン災害体験



図—4 足場点検シミュレーション

様々なシナリオのVRシミュレーションを用いてロールプレイングする安全教育は、これまでに見えてこなかった課題や対策を見出すことが可能となる。現場に乗り込む前に、まずVR上で体験してみると、紙図面やイメージでは見えてこなかった点に気づくことができる。

現場所長や職員、重機オペレーターといった建設現場に携わる者であっても、それぞれの立場や経験によって気づきのポイントが異なる。熟練の経験者だからこそ気づけるポイントもあれば、若手の職員の目線から見えている現場の様子もある。ここで各々が想定しているイメージを話し合っ比較し対話を行うことが重要である。従来の座学形式での教育は、講師側か



写真—3 安全教育訓練の様子

らの一方的な教育に陥りやすいが、VRが作業の進め方や安全管理に関する思考を促進させるため、全員がより活発に意見を出し合える場となりディスカッションが生まれる（写真—3）。

3. AR 技術を活用した施工計画検討

ARとはAugmented Reality（拡張現実）の略称で、スマートフォンやタブレットPCのカメラを通じて、現実世界の映像に3次元のCGや文字などの情報を重ね合わせて投影する技術である。

建設現場の活用事例として、クレーン作業計画書の用紙をARマーカーとして登録し、タブレットPCのカメラを通じて見ることで、あらかじめ作成した現地の3次元モデルが浮かび上がるアプリケーションを開発した。タブレットPCを現場の休憩所に常備し、作業に従事する関係者全員がいつでも閲覧できる環境を整えることで、従来の2次元の略図に比べ地形の高低差を立体的に把握でき、重機や保安設備の配置位置や危険のポイントなど、管理者が作成した作業計画書の内容をより理解しやすく周知させることが可能となった（写真—4）。

また、現地の位置情報に合わせて3次元モデルを合成させることも可能である。防護柵や排水側溝が設置予定の場所に、タブレットPCを通じて覗き込んでみる。すると現実のカメラ風景と3次元のCGデータが



図—5 施工現場とARデータの比較

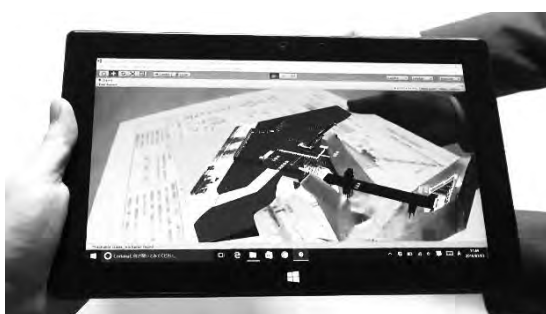
重なって映し出され、構造物の設置位置やスケール感を、現地を歩きながら確認し捉えることができる（図—5）。

複雑な仮設計画などもARを活用して現地に投影することができる。経験の浅い若手職員では把握しにくい作業工程も、施工の進捗に合わせてARで確認することでミスのない施工管理を実現させる。

ほかにも、監督員や関係機関との立会および打合せにおいても、ARを通じて工事の流れを見ることで、円滑な合意形成を得ることができる（図—6、写真—5）。



図—6 構造物仮設計画



写真—4 作業計画書をマーカーとしたAR



写真—5 監督員立会状況

4. VR/AR 技術による地域交流

建設現場では、定期的に説明会や見学会を開催することで、地域住民や一般の方へ工事に対する理解を得ながら工事を円滑に進めているが、紙の図面や写真などを使用して説明する従来の打合せや説明会では、ある程度の専門的な用語や知識を聞き手に要求するため、詳細部まで想像し理解することは困難な場合がある。

このような場面で VR および AR を活用することで、誰にでも工事の完成形状を体感できる環境を構築することができる。最新技術を活用することで、時おり楽しみながら建設工事への関心を深めていただくなど、地域交流にも効果的であると言える(写真—6, 7)。



写真—6 VRを用いた住民説明会①



写真—7 VRを用いた住民説明会②

視覚情報を通じて行われるコミュニケーションは、「百聞は一見に如かず」という言葉があるように、閲覧者に分かりやすくかつ正確に情報を伝達するメリットがある。時にそれは言葉の壁を越えて、外国人の方でも等しく同じ仮想空間内にて自由に閲覧し想像を膨らませることが可能である(写真—8)。

建設現場の専門的な知識がない子どもにも VR・AR によるコミュニケーションは効果的である。小学校周辺の工事現場説明会に際し、仮想空間で建設現場を自



写真—8 海外からの現場視察会での AR 活用

由かつ安全に歩き回ることができる VR システムを構築した。重機の 3 次元 CG をコントローラーでクリックすると、重機の名前やどんな仕事ができる車両かフキダシで表示され、更に重機の運転席に座ってレバーを動かすと、本物と同じように操縦することができる。ゲームソフトで遊んでいるように、興味を持って自然と建設業界に触れるきっかけとなる(写真—9)。

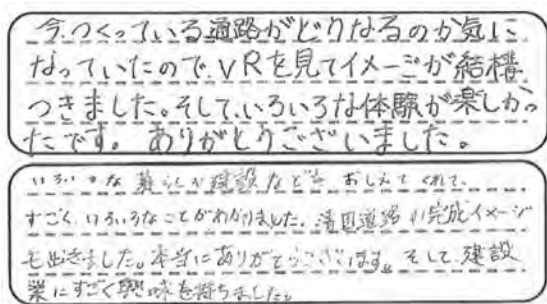
普段は見ることが出来ない地中の埋設管を VR で見ながら、公共事業の役割を学ぶことができる出前授業を開催した際には、児童からの感想として「VR を見てイメージがついた」「建設業界に興味を持った」といった声が数多く寄せられた(写真—10、図—7)。



写真—9 小学校での説明会



写真—10 小学校での出前授業の様子



図ー7 児童からのアンケート

5. おわりに

VR および AR 技術は業界を問わず世界的に日々進化している。前述した建設業界での事例は、現段階で活用して得られた効果であるが、今後の更なる進化により、測量や維持管理および情報共有ツールとしての可能性を秘めている。

例えば AR の位置精度が向上することで、AR 丁張りが実現し測量業務が簡略化され、地中に埋設された水道管やガス管などのライフライン設備を可視化することで、調査業務の効率化に繋がるであろう。また、既設構造物を透過して内部の状況を確認するといった、今後の維持管理手法の一つとなりうることも想像できる（写真ー11、12）。

VR においては複数人があらゆる場所から一つの3次元モデル上にアクセスし、仮想空間内で会議や立会、検査を行うといった活用方法が実現する日も近いだろう。

今後、少子高齢化による労働力不足が深刻化する建設業界では、生産性向上と働き方改革を実現するべく、様々な ICT の全面的な導入と活用が必要不可欠



写真ー11 埋設管をARで表現



写真ー12 鉄筋探索結果をモデル化しARで表現

となる。これまで培われてきた技術や経験を最新技術と融合させ、次世代の魅力ある建設業界実現の一助となるように、引き続き取り組んでいきたい。

J C M A

【筆者紹介】

真柄 毅（まがら たけし）
㈱岩崎
技術本部 企画開発部 CIM 課
課長



安全教育における VR の活用

建築現場安全教育 VR

小 林 和 哉・高 田 直 紀

建設業全体の労働災害に関して、近年では減少傾向がみられるものの、建設現場では安全に対する意識がまだまだ低く、危険な現場を放置してしまっている状態が散見される。そうした状況を改善する為、現場にて体感型安全教育を行ってはいったが、従来の安全教育の課題を受けて、「建築現場安全教育 VR」を開発し、安全教育に VR を活用するに至った。本稿では、「建築現場安全教育 VR」の制作をもとに、安全教育に VR を活用するにあたっての課題や重要視すべき点を述べるとともに、VR を活用して得られた効果に関して報告を行う。

キーワード：建設業、転落事故、安全帯、安全教育、VR

1. はじめに

近年、建設業全体の労災事故及び墜転落事故件数は、減少傾向が見られるものの、労災事故に対する墜転落事故の割合におおきな変化は見られない（表—1）。

住宅現場のみならず、広く建設現場で従事される方々は多重労働、賃金水準の低さ、社会保険未加入など決して恵まれた処遇とは言えない。そのことが、仕

事に対する思いやプライド、安全意識の低さに繋がっており、若者の建設離れを招いていると考えられる。実際、住宅現場における足場作業や各専門業者の方々は、自分自身の身を守る最終手段である安全帯使用が未だ不徹底であり、安全意識の低さを表している。また、各専門業者による足場の盛り替え（足場の組み替え）放置が常態化していることも事実であり、危険な現場を放置している状態が散見される。

表—1 建設業における事故の型別 労働災害発生状況

[人]

		H25	H26	H27	H28	H29
死亡災害		342	377	327	294	323
事故の型別	墜落・転落	160	148	128	134	135
	交通事故（道路）	33	45	28	39	50
	崩壊・倒壊	27	26	29	27	28
	はさまれ・巻き込まれ	19	38	34	19	28
	激突され	27	26	29	22	23
	飛来・落下	20	18	25	15	19
死傷災害		17,189	17,184	15,584	15,058	15,129
事故の型別	墜落・転落	5,983	5,941	5,377	5,184	5,163
	はさまれ・巻き込まれ	1,889	1,892	1,731	1,585	1,663
	転倒	1,621	1,795	1,546	1,512	1,573
	飛来・落下	1,802	1,655	1,545	1,457	1,478
	切れ・こすれ	1,632	1,568	1,409	1,422	1,312

安全帯の不使用、責任の所在が不明な足場計画図作成、不十分な足場点検が墜転落事故撲滅の大きな課題となっている。

2. 今までの取り組み

(1) ハーネス型安全帯の標準化

これまでの行政の動向、過去の墜転落災害の発生を受け、2年前より従来の胴ベルト型からハーネス型安全帯を全施工スタッフが使用しており、移行の際には、墜転落災害発生要因である安全帯不使用の実態を施工スタッフと共有した上で、行動面、製品機能面から皆が使いやすいビケハーネス型安全帯を標準化している（写真—1）。



写真—1 ビケハーネス型安全帯

(2) 体験的安全教育での指導

体験的安全教育は、現場作業における危険を身をもって擬似的に体験し、安全な動作を学ぶことができる（写真—2、3）。

ヘルメットや安全帯などの保護具の重要性や、足場部材の正しい扱い方、現場での危険ポイント、基本的な車両運転・バック時の誘導など自ら体感して学ぶことで、危険に対する感受性を高め、安全動作を習得することが目的となる（写真—1、2）。

だが、実施するには実際の足場施工が必要であり、スペース、人員、時間が必要である。



写真—2 体験的安全教育（部材の持ち方）



写真—3 体験的安全教育（安全帯）

3. VR の活用

(1) なぜVRなのか？

上記の通り、ハーネス型安全帯の標準化、体験的安全教育を行ったとしても墜転落事故を始め、労災事故の防止には繋ぎきれないのが実状である。

その原因の一つとして、従来の体験的安全教育には、時間的、場所的制約があり、多大なコストも要する為、頻繁に訓練を行うことができず、時間とともに安全帯の使用に対する意識の希薄化が伴うことが挙げられる。また、特に現場に入って間もない若者に対して強い興味をもたせるような安全教育を行う事は難しく、現実味がないことも課題の一つとなっている。

このことから、安全な場所にいながら、もっと身近に、かつ手軽に、落下防止の為に安全帯を使用する重要性、高所作業の危険性を認識することができる教育ツールが必要であった。

教育ツールであれば、VRでなくとも映像での座学など、様々な媒体が存在する。ただ、その中でもVR研修を導入する最大のメリットは、よりリアリティのある研修ができるようになることだ。映像を見る研修

は、どうしても受動的な体験になってしまいがちになるが、VRを利用することで、研修を受ける側に自身の視点や身体の動きに連動、体験が現実のものと錯覚し、能動的な参加を求めることができる。また、危険の伴う訓練もVRを使うことで安全かつより現実味のある内容にすることが可能となる。

そして、数年前にVR機器が世の中に出回った時期に比べて、解像度の向上、手足の連動が可能になる等、機器の性能が良くなり、価格に関しても30～40万円でVR体験に必要な機材一式取り揃えることができるようになったのも大きな要因である（写真—4）。



写真—4 VR機材 (HTC VIVE)

(2) 建築現場安全教育 VR の内容

次項以降を述べるにあたって「建築現場安全教育VR」の内容を簡単に説明することにする。

まず、体験における準備として、体験者にはゴーグル、耳にヘッドホンを装着し、両手両足にVIVEトラッカーと呼ばれるモーションセンサーを取り付ける。専用機器対角線上に置いた赤外線センサーによって空間を作り出し、体験者の位置を特定する。また、より現場のリアリティを創出する為、床に踏板を敷き、その上からスタートする事であたかも実際に足場の上にいるかのような感覚を抱かせる（写真—5, 6）。

具体的な体験のストーリーは下記の通り

手順1) 体験の舞台は閑静な住宅街の先行足場の新築物件。体験者は現場を見渡し、まずは建物等のリアルな質感、ユニフォームを着た自分の分身、響き渡る施工音を感じることができる。そして、自身の手足を動かすと、それに連動して画面の中の分身も同じ動作を行う（写真—7）。

手順2) 見上げた足場の4層目の高さまで移動する事を告げられると、一気に4層目の高さまで移動する。ここで体験者は、まず高所を体感し、左側に目を向ければ基礎のみが出来上がっており、落下したら大変な事故になることが容易に想像できる。そして、自身の手で安全帯を掛けて安全の確認を行う（写真—8, 9）。

手順3) 時系列が進み、家が組みあがった状態での再

開。その際はさっきまで見えていた踏み板や安全帯が外れており、外壁塗装の作業中にそこから落下してしまう（写真—10, 11）。



写真—5 VR体験の様子 (開始時)



写真—6 VR体験の様子 (落下時)



写真—7 VRイメージ1



写真—8 VRイメージ2



写真—9 VR イメージ 3



写真—10 VR イメージ 4



写真—11 VR イメージ 5

(3) VR の問題点

一概に安全教育用の VR コンテンツといっても簡単に制作できるものではない。自身の身を守り、従来の体験的安全教育に置き換わる VR コンテンツとなると、非常に高度な VR コンテンツが求められる。もし、コンテンツの完成度が低ければ現実との乖離に冷めてしまい、十分な効果を発揮することはできない。

VR 体験は没入感があり、あたかも建築現場にいるかのような映像が流れているとはいえ、実際にいるのはあくまで部屋の中であって、建築現場そのものではない。そして、現実世界の部屋の中は VR の世界と違い、手摺もなければ何層にも組まれた足場があるわけでもなく、ましてや落下できるスペースも当然がないのである。

上記に記載したような VR の世界と現実世界の差異をいかにして埋めるかが、最大の問題であり、それを

クリアできなければ、安全教育用の VR コンテンツとしての役割を果たすことはできない。

(4) 建築現場安全教育 VR の制作

「建築現場安全教育 VR」では、問題点として挙げた VR の世界と現実世界の差異をなくすため、下記の内容を取り入れた。

第一に、手足にモーションセンサーを取り付け、現実世界と VR の世界で手足が連動する仕組みとした。また、VR の世界では手足の動きに影も連動しており、現実世界と変わらない印象を抱くことができる。

よりリアルな体験を行うにあたって、VR コンテンツのグラフィック精度をあげることももちろん重要ではあるが、VR の世界でも現実世界と同じように“当たり前前のことが当たり前のようにできる感覚を抱かせる”ということが、現実世界と VR の世界の差異をなくす第 1 歩だと考える

そして、その次に大切だと考えるのは、限られたスペースの中で“自分で動く”ということである。VR の中では、コントローラーだけで移動したり、自分が意図せず、アニメーションによって自動的に移動したりするものもあるが、その段階でエンターテインメント性が上回り、緊張感のある VR 体験とはならない可能性がある。もちろん、より多くの人、特に若い人に体験していただくにあたって、エンターテインメント性も必要であると思われるが、安全教育用の VR という点では、“楽しかった”よりも“身になった”と思っただけのものにしなければならない。

こういった点を考慮して作成されたのが「建築現場安全教育 VR」である。

(5) 建築現場安全教育 VR の効果

VR が抱える問題をクリアして完成した「建築現場安全教育 VR」は、様々な場所で体験がなされ、体験した大多数の人が現実さながらの恐怖心を感じたとの意見であった。

また、従来の体験型安全教育では、足場の組み立てから体験まで数時間を要していたところ、「建築現場安全教育 VR」の場合は、準備から体験終了まで 10 分程度におさまる、時間的なメリットは大きいものとなった。

そして、コスト面においても機材の用意だけで済み、少人数でも体験が可能となったため、体験者が特定の場所に集まる必要がなくなり、コストの削減につながった。

時間的、場所的制約からの解放、そして従来の体験

的安全教育と変わらぬ効果を実現したという意味で、安全教育に VR を活用するという手段は成功であったと言える。

4. おわりに

「建築現場安全教育 VR」は、安全帯不使用による転落の恐怖を体験出来るコンテンツだが、VR の技術を用いれば、部材キャッチングや部材立てかけ、重大な事故事例に基づいた内容や交通事故など、安全教育全般に応用することできると考える。

現状では、VR の主たる活用分野はゲームなどのエンターテインメント部門であると言えるが、今後、こういった安全教育型 VR を建設業に従事する各企業が積極的に企画・開発し、世の中に浸透することによって、建設業全体の労災事故及び墜転落事故件数 0 の社会が実現されることを期待してやまない。

J C M A

《参考文献》

- ・厚生労働省 WEB ページ 平成 29 年労働災害発生状況の分析等
(<https://www.mhlw.go.jp/file/04-Houdouhappyou-11302000-Roudoukijunkyokuanzeneiseibu-Anzenka/0000209163.pdf>)

【筆者紹介】

小林 和哉（こばやし かずや）
（株）ダイサン
経営企画室 情報システム課



高田 直紀（たかだ なおき）
（株）ファイン
営業グループ



建設工事写真管理における IT 活用整備と自動処理化の取組み

「写真の達人」の構築とシステムの機能拡張の取組み

石 井 清

建設工事においては全工期中に多種多様な各種専門工事が次々に行われ、コンクリート打設後の柱内部の配筋状態、仕上工事後の躯体施工状況などのように次工程段階において前工程の施工結果が見えなくなることが多い。品質管理上の記録ツールとしてチェックシート等はあるが、施工の各専門工事工程段階で撮影された工事写真記録はビジュアルで客観的かつ重要な施工実施の証明情報となる。

本稿では工事写真の作成・管理を支援するソフトの整備と現在取り組んでいる工事写真関連業務の自動処理化に関して述べる。ここでは1現場で100種を超える専門工事が行われる建築工事への適用を中心に報告する。

キーワード：写真の達人，工事写真，配筋写真，工事写真管理，自動仕分け

1. はじめに

近年のコンプライアンス、記録保管、説明責任、情報公開などの社会ニーズの変化に伴って工事写真の重要性が増し、さらに工事量増大、施工不良問題、施工管理要員不足、等が加わって工事写真関連の業務負担が大幅に増大した。具体的には、配筋写真のように以前は主要箇所撮影から全数撮影に変わることなどが増え、撮影総枚数は大型工事では何万枚～何十万枚と膨大な量となったため、撮影、撮影写真の仕分け、撮り忘れ防止、工事監理者等へのタイムリーな提出などの多忙な日常業務が発生する。このため、便利な撮影ツールだけでなく、撮影後の迅速な集録と編集、工事関係者間の情報共有、竣工後の適切なデータ保管などにIT活用が強く求められてきた。

そこで施工品質確保などに大きく影響する工事写真管理の迅速化・省力化および業務品質向上のために、国土交通省からデジタル写真が工事写真として許可された頃から施工管理実務上要求される具体的機能について建設会社を会員とする関連協議会の協力を得て、工事写真の収録・属性情報活用・提出アルバム編集・工事関係者間の情報共有等の工事写真管理業務の品質確保と迅速化・省力化のためのソフト機能整備に取り組む、さらに最近は自動処理化に取り組んでいる。以下にその内容を報告する。

2. 施工管理実務に沿った工事写真管理ソフトの整備

(1) 工事写真管理の業務把握

品質管理として適切な内容の工事写真撮影と絶対避けなければならない工事写真撮り忘れの防止などのために、着工時に建設会社の作業所は建築主と工事監理者と協議し、どのような工事写真を撮るかについて詳細な協議を行うことが一般的である。その工事写真管理の標準的な手順を表1に示す。表中の1～6項が着工時の検討作業であり、7～11項が着工後期中の日常的工事写真の作業となる。最後に竣工時の写真データ保管作業となる。

表1 工事写真管理の標準の手順

- | |
|---------------------------------|
| 1. 建物用途・規模、設計図・仕様、工程などの確認 |
| 2. 撮影体制と撮影者の選定 |
| 3. 撮影ツール（デジカメ、携帯端末等）と写真管理ソフトの選定 |
| 4. 撮影基準（撮影対象、撮影内容、時期等）の検討 |
| 5. 対象と同一画面で撮る黒板の記載内容の検討 |
| 6. 当該工事の撮影計画表の作成 |
| 7. 撮影の実施 |
| 8. 撮影写真の収録と必要な属性データの追加 |
| 9. 収録写真内容の不具合確認と撮影計画表との充足照合 |
| 10. アルバム写真の編集と提出 |
| 11. 各工程終了後の写真データの整理と保管 |
| 12. 竣工時の写真データの整理、保管 |

着工時にその工事専用の撮影計画表が作成される。その撮影対象や内容は建築種別（事務所、共同住宅など）や構造種別によって異なる。

(2) 工事写真管理ソフトとしての要求機能とその対応

工事中は作業所の施工管理担当者別に複数のデジタルカメラ等の撮影ツールで日常的に撮影された写真データ量は膨大となるのでパソコンに移行して必要な選択・編集の処理をされた上で作業所共有サーバーに保管される。それを処理する工事写真管理ソフトとしては、

- ①写真データ改ざん防止機能の保有（撮影写真の回転等でも改ざんとなるので原データの継続保有など）
- ②個々の写真画像に管理上必要な属性データ（工事種別、階、工区、部材名・符号、撮影者、等）の付加
- ③建築種別（事務所、集合住宅、等）を考慮した上で大量の収録写真を正確に分類管理するための仕分け機能（工事種別、階、工区、部位、等）
- ④多数の収録写真の一覧表示と検索ができる便利な編集管理画面

などの機能が求められる。そこで具体的な工事写真管理ソフトとしての操作の流れを図一1に示す内容に整理した。

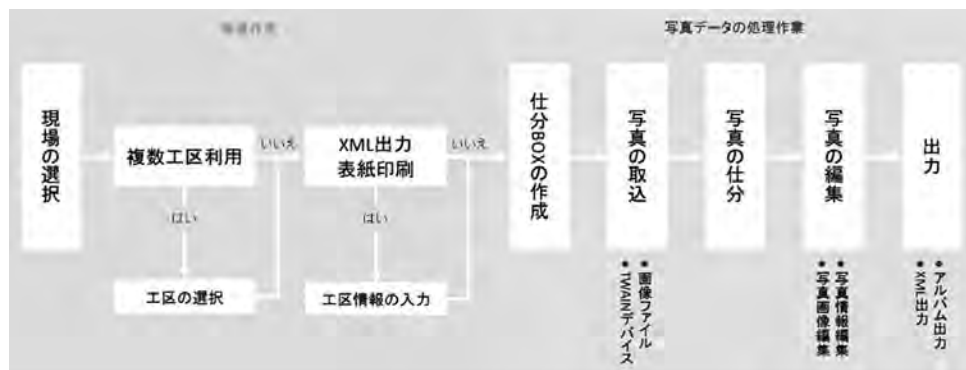
これらの施工管理実務のニーズを反映し、同時に「工事写真の撮り方」¹⁾及び「国土交通省デジタル写真管理情報基準」²⁾に準拠して構築された工事写真管理ソフトが「写真の達人」（以下「本管理ソフト」という）である。

3. 機能拡張の整備

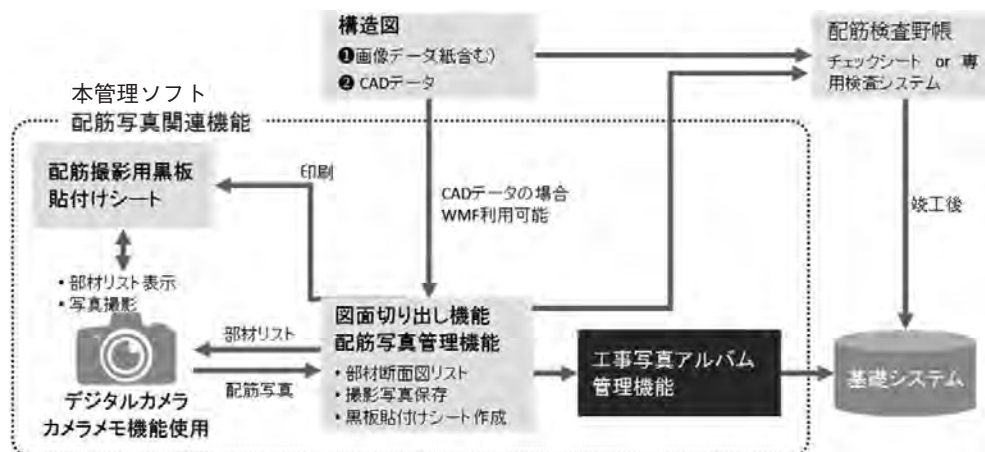
本管理ソフトは既に建設業界で幅広く使用されているが、周辺環境の変化に伴って新たな機能拡張を図った。その内容を以下に紹介する。

(1) 配筋写真における構造設計図データ利用機能（配筋図面切出し機能）

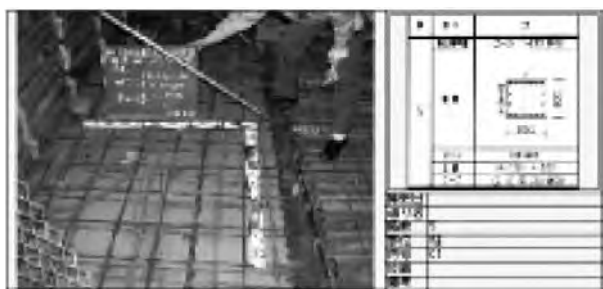
配筋写真に関しては構造偽装問題以降、工事記録写真への要求内容が一段と厳しくなり、工事写真の中でも撮影枚数が大幅に増大した。コンクリート打設前の配筋状態の撮影写真には構造設計図の中にある柱、梁、壁等の配筋図を添える必要がある。



図一1 工事写真管理ソフトを使った基本処理



図二 配筋写真撮影におけるソフトの構成



図—3 配筋写真（左）と配筋図面（右）

柱部材だけでも同一階で数種以上の配筋図が存在するので黒板に描く手書きでは手間がかかり、さらに工事中の設計変更に伴う配筋仕様変更もあるので最新の配筋図データを利用したい要望が出た。

そこで本管理ソフトに配筋図面切り出し機能を持たせた。撮影前にパソコン上で構造設計図データから必要な配筋図面（各階・各部材毎）を切り出しておき、写真管理ソフトに格納した配筋工事写真に配筋図を添付することが可能となった。図—2にデジタルカメラを使った場合の構造設計図からの配筋図面切り出し機能を使った場合の処理とソフトの構成を示す。図—3に示すようにアルバム写真上で配筋写真の横に構造図から切出した配筋図を掲載することもできる。

(2) 電子黒板対応機能の追加

上述した工事写真の手書きの黒板は撮影対象物と同一画面内同時撮影が基本であったが、2017年3月に国土交通省営繕部より電子黒板の利用の許可が出た。即ち、予め作成された黒板記載情報を一定条件の下に工事写真の中に挿入するか添付する方法が取れるようになった。具体的にはデータ改ざん防止のために撮影写真毎に個別指定コードが自動付与され、撮影後に写真が修正されたら指定コードが無効になって改ざんを判別できる技術を導入し、市販写真管理ソフト自体を国が指定した機関が認定する仕組みが発足した。本管理ソフトは2017年4月に電子黒板利用ソフトとして



(デジタル工事写真の小黑板情報電子化対応)

図—4 電子黒板

認可された。図—4は左下に電子黒板が組み込まれた工事写真の例である。

(3) 新規撮影ツールへの利用拡大（携帯端末機、スマートフォンの利用）

工事写真の撮影はデジタルカメラが防水性、フラッシュ内蔵などの点から現在でも多く使われている。しかし、施工管理者は現場での撮影時に設計図等の関連情報を確認したいこと等が多々ある。その点で携帯端末機は現場持参でき写真撮影と同時に図面参照ができる。そこで本管理ソフトのiPad対応版を開発して2017年にリリースした。iPadの利用形態を図—5に示す。

本ソフトは予めパソコンから仕分けフォルダを転送しておいて現場で写真を撮り、タッチ画面を使って属性情報の追加を行う。デジカメのUSB経由パソコンデータ移行作業に比べ、撮影直後に専用サーバーへデータを瞬時に転送できるので業務迅速化が図れる（図—5）。



図—5 iPad 対応版の写真データ転送

一方、この数年におけるスマートフォンの普及は目覚ましく、その写真解像度も飛躍的に向上した。最近では施工管理者全員が常時携帯しているため現場で随時撮影できるので品質管理だけでなく安全管理等にも活用できる。2019年春にiPhone対応版がリリース予定となっている。

4. 工事写真管理ソフトの自動化の取り組み

2年ほど前から社会全体でAI活用の期待が急速に高まってきた。そこで工事写真管理の省力化と迅速化をさらに進めるために自動処理機能を活用する取り組みを2年前に開始した。以下その内容を記す。

(1) 自動処理化の事前検討と開発項目の選定

上述の関連協議会の協力を得て最初に工事写真管理業務においてAI技術等を適用して自動処理化できる範囲を検討した。着工時からの工事写真管理全体の作業は表—1に示す内容であるが、その中で日常的に繰り返される工事写真管理業務の範囲に絞って自動化

表一 2 日常的工事写真管理業務

- ① 撮影予定日の撮影対象部材の確認
- ② 黒板・電子黒板記入，配筋図データ，写真仕分けBOXの事前準備
- ③ 撮影予定日の工事写真撮影の実施
- ④ 属性情報（工事種別・位置等の基本情報+追加情報）の付加
- ⑤ 撮影ツールからコンピュータ・サーバへ写真データ転送
- ⑥ 収録写真データの不具合，類似写真の除去
- ⑦ 収録写真の工事種別，階，工区等による仕分け
- ⑧ 収録写真と属性データと電子小黒板，等の照合
- ⑨ 撮影予定と収録写真の照合（撮り忘れ防止）と撮影実施記録
- ⑩ 提出アルバムの写真編集とアルバム提出

を検討した。日常的工事写真業務を表一 2 に示す。

表中の項目に対して省力化効果，技術的早期実現性などの観点からさらに絞り込む検討を行った結果，⑥～⑨の項を先行整備することとした。

また，AI 技術に関しては 100% の自動処理でなくとも採用する方針とした。これは完全自動化にこだわらず AI + 人的処理のハイブリッド型でも実務上の確な効果が見込めれば採用する早期実現性を考慮した結果である。その結果として下記 3 項目の自動処理化に着手した。

- a. 不具合写真の自動検出と類似写真の自動選別
- b. 画像解析による部材・材料の判別による自動仕分け支援
- c. 撮り忘れ防止の自動検出

その具体的内容を以下に記す。

(2) 不具合写真の自動選別と類似写真の自動選別

現場で撮影した大量の写真の中にはピンボケ，光量不十分，構図不良などが多数含まれる。今までは担当者が目視で除外してきたが，AI で自動的に除外する処理を目指した。AI で不具合写真を学習してかなりのレベルで不具合写真を選別することができるようになった。工事写真管理の前処理的作業の自動化に位置する技術である。具体的には不具合閾値（しきい値）を指定して閾値外の写真を不具合 BOX に自動仕分けする。図一 6 に不具合写真を自動選別する画面例を示す。ぼやけた写真，輝度の明るすぎ写真，輝度の暗すぎ写真等が選別されて除外される。

また，重複していると思われる複数の似たような写真についても指定した類似閾値を使って類似写真を類似写真 BOX に自動仕分けすることもできるようになった。図一 7 にその画面例を示す。

(3) 画像解析による部材・材料の判別による仕分け作業の自動化

画像解析技術の発達が目覚ましい。最新技術では人の顔の個別認識（顔認証）ができるまでになった。画像解析技術を使って，施工された部材（柱，梁等）や材料（タイル，クロス仕上等）の撮影写真を AI に事前学習させて，新たな撮影写真の部材や材料を判別する自動技術（部材・材料認証）の実現性は高い。弊社



図一 6 不具合写真の自動選別



図一 7 類似写真の自動選別



図一8 画像解析を用いた建築部材、材料の識別処理のフロー

では現在その取り組みを開始した。この判別処理に撮影対象の階・工区等の属性情報を加えれば撮影写真の自動仕分けが可能となる。最近のGPSは進化しつつあるが撮影高さ（階等）は自動認識できないので、写真仕分けのためには現時点ではAIの画像解析結果に一部の属性情報の追加が必要となる。この処理の流れを図一8に示す。最近のAR分野等では3次元自動認識能力が向上しているので、次段階の開発では自動空間認識技術を併用すれば人的情報追加作業なしで工事写真の完全自動仕分けすることを目指したい。工事写真の自動仕分けができると撮り忘れ防止確認も早めることができるので効果は大きい。

（4）撮り忘れ防止の自動認識

現在取り組んでいるのは、本管理ソフトに登録した撮影予定に対して過不足を自動チェックして不足写真の警告表示や目標達成度などを知らせる機能である。撮影計画ライブラリから取り込んだ工事種別写真撮影計画一覧表を現場固有にカスタマイズすることで、撮り忘れていないかを確認することができるようになる。即ち、工事種別単位に撮影箇所に対する撮影枚数や撮影位置などを登録することで撮影漏れがパソコン画面で自動的に確認できる。そのソフト開発の完成は近い。

5. 建設工事におけるAI活用の共通課題

上記の自動化の取り組みの中でこの分野へのAI適用に関していくつかの課題もあることも判明した。

（1）大量の学習データの取得

建築工事は建物種別、工事種別、部材、材料、等が多様である。そのため、AIの学習段階で大量の実際の工事写真が必要となる。実工事写真を利用するためには建築主、設計者、施工会社等の許可が必要となるためにソフト会社が大量の工事写真を入手するこ

とは容易ではない。その方策としてAI技術適用でベネフィットを得る建設会社等と提携を組むなどがある。本課題は工事写真に限らず大量のAI学習データを必要とする多くの分野の共通の課題ともいえる。

（2）個別作業所で利用可能なAIコンピュータ環境の構築

現在のAI学習には大量データ処理のために高性能なコンピュータが必要とされる。しかし、個々の一般的作業所で高価な高性能AIコンピュータを設置して学習と判別処理を行うには時期尚早に思える。そのため現時点では、学習処理と判別処理を分けて大量写真の学習処理は夜間に作業所外のクラウドコンピュータ等で処理し、その学習結果を利用して撮影写真の個別判別を作業所内コンピュータで処理する方法などの運用形態がベストな方式と思われる。

6. おわりに

以上、前段で既往IT技術を取り込んで工事写真管理の業務改善に資する取り組みを述べた上で、更なる省力化と迅速化を目指してAI技術等を導入した工事写真管理業務の自動化技術整備の取り組みについて報告した。建設工事に直接携わらないソフト会社としてその活動範囲に限界があるが、個々の建設工事作業所で要求品質が異なる工事写真管理の実質的な業務改善に役立つためにきめ細かい個別要求まで対応できる地道なクライアント型AI構築を目指したいと考える。また、工事写真を利用した品質管理や工程管理の自動化（例、配筋工事の不適合診断、分譲住宅オプション工事の適正チェック、工事進捗管理、リニューアル工事対応、等）への展開もあるが、これは高度な画像解析、位置検出、BIM等の他の先進技術の進歩普及と連携も必要とされ、工事写真管理業務の領域を遥かに超えるのでその実用化には慎重な対応を要すると思われる。

謝 辞

最後になりますが本稿で述べた取組を進めるに当たり絶大な協力を賜りました（一社）建設データベース協議会殿、（一財）日本建設情報総合センター（JACIC）殿には心より謝辞を申し上げます。

J C M A

【筆者紹介】

石井 清（いしい きよし）
（株）アウトソーシングテクノロジー
建設パッケージソリューション課



《参考文献》

- 1) 財公共建築協会：「工事写真の撮り方」
- 2) 国土交通省：「デジタル写真管理情報基準」
- 3) ㈱井上書院：建築携帯ブック「工事写真」



中大規模の木造建築を念頭にした CLT 床の開発

松岡直人

中大規模の木造建築は、2010 年「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」の施行により、公共建築物を中心として建設されている。その中で新しい木質建材である CLT（Cross Laminated Timber：直交集成板）は、木造建築の床や壁に利用されている。CLT を使用した床構造（以下 CLT 床という）は、鉄筋コンクリート床に比べると比重が小さいことから、特に子供が飛び跳ねた音などの重量床衝撃音（注 1）の対策が難しい。本稿では、CLT 床に付加材を組合せて、単体での重量床衝撃音で高い遮音性能となる床仕様を開発したので紹介する。

キーワード：中大規模木造建築、CLT、乾式遮音床、重量床衝撃音

1. はじめに

国は、2010 年「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」を定め、公共建築物を中心に木造化を促進するとともに、民間企業にも木材利用を促していることから、ホテルや共同住宅など中大規模の木造建物等の適用の検討が拡大してきている。中大規模の木造建築では、柱や梁に集成材、壁や床に CLT が採用されている。この CLT は、断熱性に優れると共に、コンクリートよりも軽いという特徴を兼ね備えている。一方その比重は、鉄筋コンクリートに比べると約 1/5 と小さいこと、並びに剛性も低いことから遮音性能が劣るという課題がある。特に子供が飛び跳ねた音などの重量床衝撃音への対策は難しく、ホテルや共同住宅などの建築物では、CLT 床の上にコンクリート等を打設することで対応している。しかし、この対策では、コンクリートの重量によって軽量性に優れる CLT 床の特性を活かしきれないことや、乾式工事である CLT 床に湿式工事のコンクリート打設が加わることで工期が長くなるなどの問題点がある。

乾式工事のみで遮音対策を実験した「日本 CLT 協会 技術報告会 2017（4. 床遮音性能試験 2016 年度活動報告）」¹⁾ では、CLT 床および付加材（制振マット付乾式二重床、グラスウール付 CLT 二重天井）によ

る仕様を採用し、実験室における単体測定で、重量床衝撃音の遮断性能（タイヤ衝撃源）で Lr-55 相当（注 2）を達成している。

そこで、当社では、軽量性に優れる CLT 床の特性や工期短縮等の観点から乾式工事の採用が不可欠であるとして、CLT 床に付加材（遮音シート付軽量気泡コンクリートパネル（以下 ALC という）、高剛性高密度な二重床、防振天井）を組合せた乾式床構造の開発を行い、重量床衝撃音で高い遮音性能となる Lr-45 相当（注 2）の床仕様を達成したので、以下に概要を紹介する。

2. 実験概要

共同住宅の最低限の遮音性能としては、日本建築学会遮音性能基準において、集合住宅やホテルで望まれる水準は、「一般的な性能水準」となる 2 級 L-55 等級が求められる（実施工状態）。更に、実験室での試験結果であることを考慮すると、試験室では Lr-50 相当～Lr-45 相当の高い遮音性能値が望まれる。そこで、軽量性に優れる CLT 床の特性等を活かすために CLT 床に付加材として ALC、高剛性高密度な二重床、防振天井を組合せた高い遮音性能を有する床仕様を開発し、試験を実施した。以下にその概要を紹介する。

（注 1）重量床衝撃音は、JIS A 1418-2 に規定される衝撃力特性（1）の標準重量衝撃源（タイヤ衝撃源）である。

（注 2）Lr 相当は、CLT 床単体の測定が JIS で規定されていないため、残響室で床単体の重量床衝撃音（標準重量衝撃源）の測定結果を JIS A 1419-2 にプロットして数値化し、相当値として表現したものである。

(1) 試験体

今回の試験で使用した最も遮音性能の高い試験体の断面イメージを図—1に示す。

試験体は、CLT床とALC部分の床構造、その上側に二重床部分となる床仕上げ構造、下側に防振仕様天井を設けた。それぞれの仕様は、表—1に示すとおりである。この中で床構造となるCLT床は、1時間の耐火仕様を想定して、上部にALC、下部に石膏ボードと断熱耐火パネルからなる耐火層（燃え止まり層）を設けた。また、床仕上げ構造では、実際の納まりを考慮して二重床端部と壁面（仮想壁）との間に3mm程度の隙間を設けた。

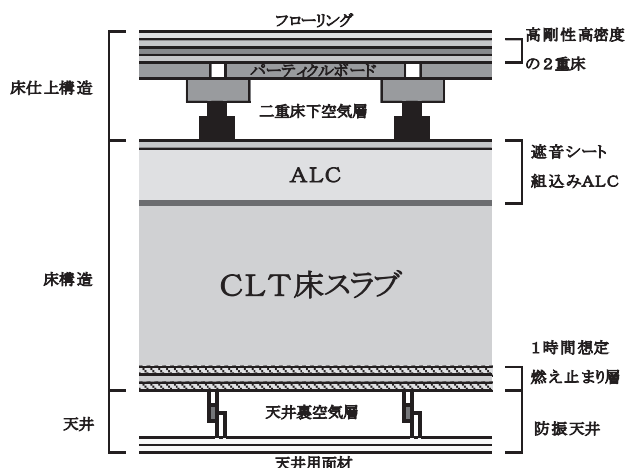
(2) 試験方法

(a) 試験室

試験は、一般財団法人建材試験センターの残響室で

表—1 試験体概要

床仕上げ構造	・フローリング（厚さ12mm） ・合板（厚さ12.5mm） ・アスファルトシート（厚さ8mm×2層, 比重2.3） ・合板（厚さ12.5mm） ・パーティクルボード（厚さ20mm） ・支持脚（ゴム硬度65度） ・防振根太（ゴム硬度70度）
床構造	・合板（厚さ12.5mm） ・ALC（厚さ100mm, 密度600kg/m³） ・遮音緩衝材としてポリエチレンフォーム（厚さ10mm） ・CLT（2,950mm×3,950mm, 厚さ210mm） ・硬質せっこうボード（厚さ12.5mm×2層） ・断熱耐火パネル（厚さ6mm） ・硬質せっこうボード（厚さ9.5mm）
天井	・天井吊木用部材（木製幅40mm×厚さ30mm） ・天井吊用部材（軽量鉄骨□-40mm×40mm） ・防振ハンガー ・LGS野縁受け（C38） ・LGS野縁（M19） ・強化せっこうボード（厚さ9.5mm+12.5mm）

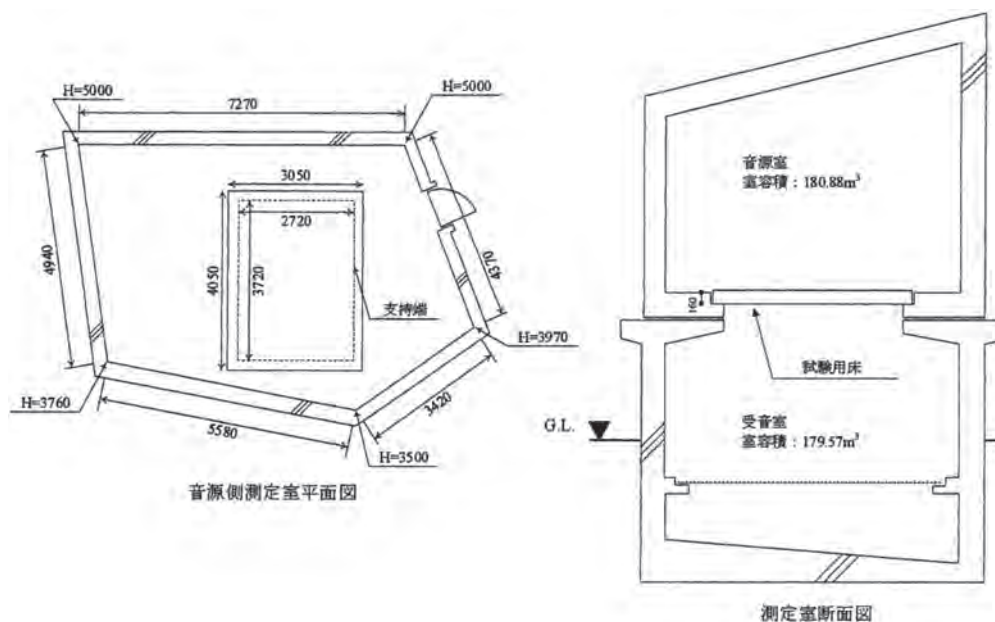


図—1 試験体の断面イメージ

行った（図—2）。試験体の取り付け開口寸法は、縦2,720mm×横3,720mmである（開口部約10m²）。この開口部にゴムシートを挟んで縦2,950mm×横3,950mmの試験体であるCLT床を設置し、順次仕様を変更しながら測定を行った。

(b) 試験方法

床衝撃音の測定は、「JIS A 1418-2 建築物の床衝撃音遮断性能の測定方法—第2部：標準重量衝撃源による方法」を参考に行った。JISによる測定方法には、CLT床の測定方法について記載されていない。従って、JISの測定方法を参考に残響室で床単体の重量床



図—2 残響室の平面と断面²⁾

衝撃音（標準重量衝撃源）を測定し、その結果を「JIS A 1419-2 建築物及び建築部材の遮音性能の評価方法 - 第2部：床衝撃音遮断性能」の規定する等級曲線にプロットして L_r 相当値として表現した。

床衝撃音の測定は、50 Hz ～ 5,000 Hz の周波数帯域で1/3オクターブバンドごとに行った。また、1/3オクターブバンドの測定による結果からオクターブバンドごとの値を算出した。試験体の設置状況については、写真—1～4に示すとおりである。

(c) 評価方法

床衝撃音の遮音性能の評価は、日本建築学会の「建築物の遮音性能基準と設計指針」の中で提案されている適用等級（ L 値）と適用等級の意味に照らし合わせて評価する。適用等級 L 値は、建物用途で遮音性能が示されており、適用等級の意味では、住宅における生活実感と L 値の対応例が人の音に対する体感例として示されている。本試験では、 L_r 相当（注2）であるので、厳密にはこの L 値の対応例を採用することはできないが、参考にする目安値として代用する。



写真—1 CLT 床設置状況



写真—2 二重床設置状況



写真—3 天井設置状況



写真—4 試験体設置終了

3. 試験結果

この度実施した重量床衝撃音の遮音性能試験は、次に示す4種類の床構造仕様、①CLT床スラブ単体、②1時間耐火を想定した床構造、③マンション等で採用事例の多い二重床と防振天井、④高剛性高密度な二重床と防振天井、それぞれの遮音性能を把握することを目的として実施した。4種類の床構造仕様と重量床衝撃音の遮音性能は、図—3に示すとおりである。

① CLT 床スラブ単体の試験

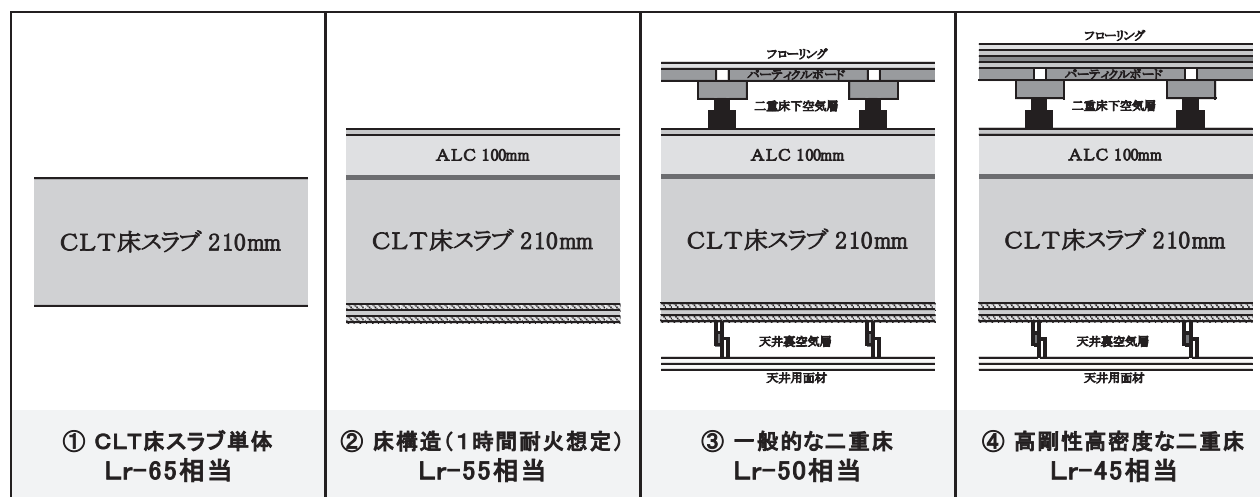
CLT 試験体は、縦 2,950 mm × 横 3,950 mm の厚さ 210 mm の単板である。CLT 床スラブ単体の重量床衝撃音は、 L_r -65 相当（注2）であった。参考目安としての遮音等級 L -65（注3）は、「良く聞こえ気になる」である。

② 1 時間耐火想定 of 床構造の試験

この試験での床構造は、1時間の耐火仕様を想定しており、表—1に示す床構造の試験体である。

床構造 CLT 床の上部に 100 mm の遮音シート付 ALC、下部に石膏ボードと断熱耐火パネルを積層さ

（注3） L 等級は、日本建築学会の「建築物の遮音設計基準と設計指針」における床衝撃音レベルに関する適用等級であり、集合住宅（居室の隣戸間界床）の重量床衝撃源での適用等級を L -45（特級：特別仕様）、 L -50（1級：標準）、 L -55（2級：許容）、 L -60・木造の場合 L -65（3級：最低限）としている。遮音等級に対する「住宅における生活実感と L 値との対応例」は、 L -45（聞こえるが気にならない）、 L -50（殆ど気にならない）、 L -55（少し気になる）、 L -60（良く聞こえ気になる）である。



図—3 試験体の種類と遮音性能

せた燃え止まり層とした。この床構造試験体の重量床衝撃音は、Lr-55 相当であった。参考目安としての遮音等級 L-55 は、「少し気になる」である。

③一般的な二重床と防振天井の試験

マンション等の床仕上げ構造として一般的な二重床の仕様の試験体は、②の 1 時間耐火想定の上の次に示す構造、支持脚（ゴム硬度 65 度）と防振根太（ゴム硬度 70 度）の上部にパーティクルボード 20 mm およびフローリング 12 mm の床仕上げ構造と表—1 に示す防振天井を床構造の下部に設置したものである。二重床と防振天井の重量床衝撃音は、Lr-50 相当であった。参考目安としての遮音等級 L-50 は、「殆ど気にならない」である。

④高剛性高密度な二重床と防振天井の試験結果

高剛性高密度な二重床の仕様は、表—1 に示す床仕上げ構造+床構造+天井で構成される。③の採用例の多い二重床と防振天井の仕様と異なる点は、二重床のパーティクルボードとフローリングの間に高剛性高密度となる「合板+アスファルトシート 2 層+合板」を設けたことである。密度の高いアスファルトシートを合板でサンドイッチ構造にすることで剛性も高めている。

高剛性高密度な二重床と防振天井の重量床衝撃音は、Lr-45 相当であった。参考目安としての遮音等級 L-45 は、「聞こえるが気にならない」である。③と④との重量床衝撃音の差は約 5 dB であり、採用例の多い二重床から新たに開発した高密度高剛性な二重床へ変更することで、重量床衝撃音が 1 ランク改善できるとがわかった。

4. おわりに

本稿で紹介した CLT 床の開発では、重量床衝撃音の

遮断性能の向上に重点を置き開発を進めている。4 種類の試験体を用いた試験により、結果として高い床衝撃音遮断性能となる Lr-45 相当（注 2）を達成した。CLT 床の付加材は、乾式工事となる ALC、二重床、防振天井を組み合わせることで、施工性と軽量性にも優れた仕様となっている。中大規模の木造建築を念頭にした CLT 床における主な遮音対策は、下記のとおりである。

- ・ 210 mm の CLT 床の上に遮音シートを組み込んだ ALC（100 mm）を設置
- ・ 重量床衝撃音の対策として、高剛性高密度な二重床を設置
- ・ 防振ハンガーによる防振天井を設置

今回の試験結果は、210 mm の CLT 床および付加材を組み合わせた床単体の試験体を用いた実験室での遮音性能を示したものである。実際の建築物に適用する場合は、床、壁や梁等の諸条件、例えば梁と床の接合などの納まりや壁からの放射音によって実験室の試験値と異なる結果が出る可能性もあるので、留意が必要である。

今後は、上記課題等について検討を行い、実建築物へ適用する CLT 床構造仕様の確立を目標としている。

J C M A

《参考文献》

- 1) 日本 CLT 協会 技術報告会 2017, 一般社団法人日本 CLT 協会, 2017, 5.30
- 2) 品質性能試験報告書(第 18A1356 号)床構造の床衝撃音遮断性能試験, 一般財団法人建材試験センター, 2018.11.15

〔筆者紹介〕

松岡 直人（まつおか なおと）
（株）熊谷組
技術本部 新技術創造センター
担当部長



|| 投稿論文 ||

建設機械から排出される温室効果ガスの 亜酸化窒素とメタンの概況把握を 目的とした排出ガスの測定

吉永 弘志¹・新田 恭士²

¹ 国立研究開発法人土木研究所 主任研究員 (〒 305-8516 茨城県つくば市南原 1-6)

E-mail : h-yoshinaga@pwri.go.jp

² 国立研究開発法人土木研究所 上席研究員 (〒 305-8516 茨城県つくば市南原 1-6)

建設機械から排出される温室効果ガスの亜酸化窒素 (N_2O) とメタン (CH_4) の概況を把握することを目的として油圧ショベル 7 台の排出ガスを FTIR (フーリエ変換赤外分光光度計) を使用した PEMS (Portable Emissions Measurement System) で測定した。測定対象の動作は、動力の小さい「待機」、および動力が走行、掘削等と同程度の大きさで測定値の標準偏差が小さい「ならし (模擬動作)」の 2 種類とした。国内外の文献にみあたらない以下の知見を得た。(1) SCR (尿素選択的還元装置) 搭載車の「ならし (模擬動作)」で排出される N_2O の温室効果が相対的に大きい。(2) 「ならし (模擬動作)」で排出される N_2O の温室効果ガスとしてのシェア (relative contribution to GHG emissions (CO_2 -equivalent)) は、SCR 非搭載車 3 台の平均で 0.45%, SCR 搭載車 4 台の平均で 2.7% であった。SCR 搭載車の 2.7% は公道を走行する SCR 搭載の自動車 5 台の文献値と同程度の値であった。

キーワード : greenhouse gas, N_2O , CH_4 , earth-moving machinery, SCR, portable emissions measurement system, FTIR

1. はじめに

1.1 背景

建設機械に搭載されるエンジンから排出される窒素酸化物 (NO_x)、非メタン炭化水素 (NMHC)、粒子状物質 (PM)、および一酸化炭素 (CO) は、特定特殊自動車排出ガスの規制等に関する法律 (通称「オフロード法」) により、エンジン単体の室内試験値で規制されている (規制値の例、図-1)。国内の規制は、欧州連合 (EU)、米国等との

国際調和を考慮して定められているが、情勢はめまぐるしく変化している。米国では、VW 社の排出ガスの不正問題を受けて米国連邦環境保護庁 (EPA) による台上試験と実路走行 (RDE : Real Driving Emission) 試験を継続することになったが、EU では、公道を走行する自動車の RDE 試験を 2017 年から義務付けており^{1), 2)}、日本でも 2022 年から導入することになった³⁾。また、EU では可搬式の排出ガス測定システム (PEMS : Portable Emissions Measurement System) を使用して建設機械等の non-road mobile machinery から排出されるガスを測定する ISM (in-service monitoring) を義務づけることになり⁴⁾、最速で 2019 年から適用される見込みである。中国でも 2020 年から ISM を導入する規制を検討している。一方、米国では EU および日本では未規制の温室効果ガス (GHG : greenhouse gas) の二酸化炭素 (CO_2)、亜酸化窒素 (N_2O) (地球温暖化係数は CO_2 の 298 倍⁵⁾)、およびメタン (CH_4) (同 25 倍⁵⁾) の規制値 (standard⁶⁾) を定めており、測定値の報告を義務づけている。

自動車から排出される CH_4 は、天然ガスエンジンの不十分な燃焼による副生成物であり、 N_2O は三元触媒

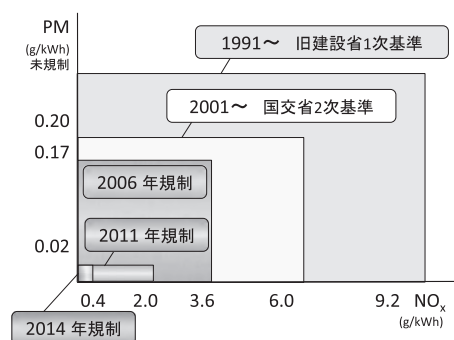


図-1 排出ガス規制値の推移例
(定格出力 130 kW 以上 560 kW 未満)

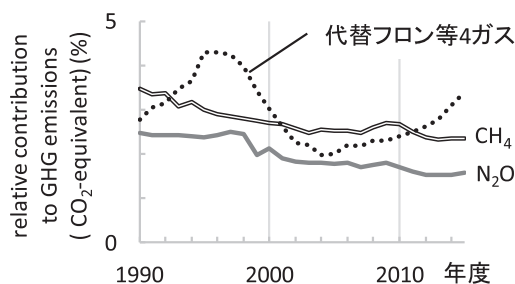


図-2 国内における CO₂ 以外の温室効果ガスのシェア
縦軸の値は引用文献⁹⁾では「シェア」としているが、他の文献の「GHG 中に占める排出割合」, 「relative contribution to GHG emissions (CO₂-equivalent)」に相当する。代替フロン等 4 ガスは、ハイドロフルオロカーボン HFCs, パーフルオロカーボン PFCs, 六ふっ化硫黄 SF₆, および三ふっ化窒素 NF₃ の合計

TWC, および尿素選択的還元装置(SCR: Selective Catalytic Reduction System)の触媒反応の副生成物⁷⁾と説明されていることから、ディーゼルエンジンから排出される CH₄ による温室効果の影響は皆無であるが、NO_x 規制に対応して SCR を搭載する機種が増えたため、N₂O が温室効果ガスの評価に影響する可能性がある。国土交通省においては、建設機械から排出される温室効果ガスについて、2007 年の 1130 万 t を 2030 年に 1000 万 t に減じる目標を定めており⁸⁾, 国内における N₂O, および CH₄ のシェアを国立環境研究所が公表⁹⁾している(公表値を図示したものを図-2 に示す。)が、今後の地球温暖化対策の政策判断では N₂O の影響(シェア)に関する知見が必要になると考えている。また、測定技術は進歩しているものの、日本では N₂O の測定方法が定められていないので、測定方法にかかる知見も必要になると考えられる。

1.2 既往の研究

国内外の文献を科学技術振興機構(JST)の科学技術文献情報(主として和文)の JDreamⅢ, および米 Thomson Reuters 社の Web of Science で検索した(2018 年 5 月)。貨物車, バス等のディーゼルエンジンの自動車から排出される N₂O, および CH₄ については国内外で研究されている^{7), 10)~16)}が、建設機械から排出される N₂O, および CH₄ の測定値について報告したものは、過年度の土木研究所によるもの^{17)~19)}以外にみあたらなかった。土木研究所においてはフーリエ変換赤外分光法(FTIR: Fourier Transform Infrared Spectroscopy)で N₂O を測定したが、他機関での測定方法ごとの機関別の数を図-3 に示す。また、文献に記載された N₂O, および CH₄ の温室効果ガスとしてのシェア(relative contribution to GHG emissions(CO₂-equivalent))を図-4, 5 に示す。N₂O についてはシェアが 30% 程度と読み取れるグラフを記載した文献もみうけられたが、これらの図には含まれていない。その理由は、2008 年の発表のため、初期の SCR

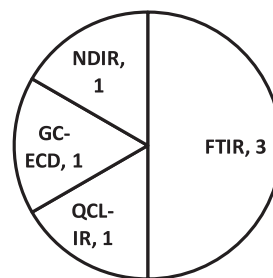


図-3 N₂O の測定方法ごとの機関別の数
記載された文献, および略称の意味は以下。FTIR^{7), 12), 15)}: Fourier Transform Infra-red Spectroscopy, フーリエ変換赤外分光法, QCL-IR^{14), 16)} (1 機関 2 文献), Quantum Cascade Laser Infra-red, 量子カスケードレーザ赤外分光法, GC-ECD¹⁰⁾, GC: Gas chromatograph, ガスクロマトグラフ, ECD: Electron Capture Detector, 電子捕獲検出器, NDIR¹³⁾: Nondispersive infrared analyzer, 非分散形赤外線分析計。測定機器についての記載がない文献, および土木研究所の測定は含まれていない

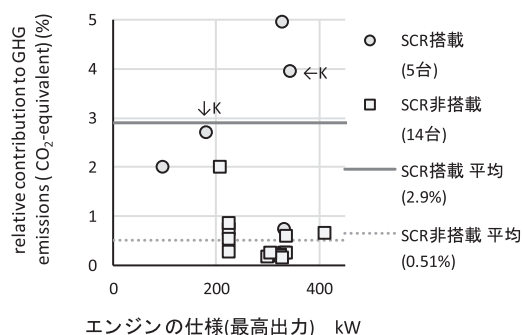


図-4 温室効果ガスとしての N₂O のシェア (ディーゼルエンジンの自動車)
縦軸は国内の文献での「シェア」, 「GHG 中に占める排出割合」に相当する。「↓K」, および「←K」は推定した熱効率より換算したもの

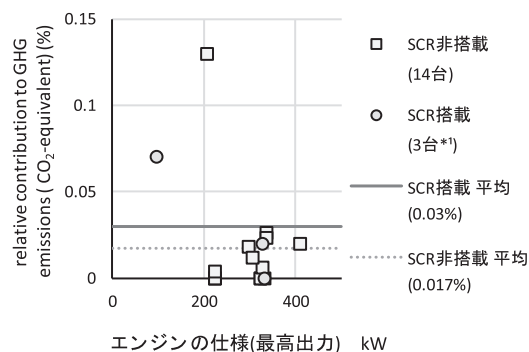


図-5 温室効果ガスとしての CH₄ のシェア (ディーゼルエンジンの自動車)
縦軸は国内の文献での「シェア」, 「GHG 中に占める排出割合」に相当する。3 台*: N₂O を測定した 5 台のうち CH₄ を測定したものは 3 台

搭載車を測定したものであり、副生成物の抑制が十分に行われていなかったことが考えられること、および測定方法が記載されていなかったためである。測定方法が示されていない他の文献も除外した。一方、温室効果ガスとしてのシェアが記載されていない文献もみうけられたが、文献¹¹⁾の記載値に基づいて推定した熱効率 $\eta = 36\%$ を準用し、仕事量比の排出量 R_{GpW} を CO₂ 比の排出

量 R_{CO_2} に換算してグラフに含めた(図-4の2点)。換算の方法は付録 a.1 に示す。

温室効果ガスとしてのシェア(平均値)は大きい順に、SCR 搭載車の N_2O で 2.9 %、SCR 非搭載車の N_2O で 0.51 %、SCR 搭載車の CH_4 で 0.03 %、および SCR 非搭載車の CH_4 で 0.017 % となった。

1.3 本研究

土木研究所では、建設機械から排出される N_2O と CH_4 の概況を把握することを目的として 2015 年度から 2018 年度の 4 年間で油圧ショベル 7 台の排出ガスを測定した。2015 年度、および 2016 年度は測定予定の SCR 搭載車が市場投入されていなかったため、SCR 非搭載車 1 台を測定して、偏差が少なく、かつ実稼働での動力を代表できる測定値を簡素に得る方法について調べた。簡素化した測定方法で 2017 年度は SCR 搭載車 2 台を測定し、さらに 2018 年度は SCR 搭載車 2 台、および SCR 非搭載車 2 台を測定した。

2. 測定

2.1 測定方法

測定方法の概要を表-1 に示す。2011 年規制、および

表-1 測定概要

測定時期	2015 年度（10 月, 1 月）, 2016 年度（12 月）, 2017 年度（10 月）, 2018 年度（8 月）			
測定場所	土木研究所構内（2015, 2016 年度） つくば市内のレンタル会社（2016, 2017 年度）			
測定対象 (建設機械)	油圧ショベル			
	規制年	メーカーと クラス	排出ガス後 処理装置	測定 年度
	2011	A 社 20 t	DOC, DPF	2015, 2016
	2011	B 社 20 t	DOC, DPF	2018
	2011	B 社 13 t	DOC, DPF	2018
	2014	A 社 20 t	DOC, DPF, SCR	2017
	2014	B 社 20 t	DOC, SCR	2018
	2014	A 社 13 t	DOC, SCR	2017
	2014	B 社 13 t	DOC, SCR	2018
測定項目と測定装置	測定項目	測定装置		
	エンジン回転数, トルク	CAN データロガー (VECTOR, GL1000) (2015, 2016, 2017 年度) 振動センサー式回転計 (2018 年度, 回転数のみ)		
	排気流量	ピトー管式流量計 (2015, 2016, 2017 年度)		
	排出ガス濃度	FTIR (岩田電業, FAST-2200)		
測定対象 (ガス)	CO ₂ , CO, CH ₄ , N ₂ O, NO, NO ₂ , NMHC (非メタン炭化水素), NH ₃ 他			
サンプリング周波数	5 Hz (0.2 秒間隔)			

2014 年規制に対応して、後処理装置のディーゼル微粒子捕集フィルター (DPF : Diesel Particulate Filter), ディーゼル酸化触媒 (DOC : Diesel Oxidation Catalyst), および SCR を搭載した 20 t, および 13 t クラスの油圧ショベルを測定した。

エンジン回転数とトルクは、2015, 2016, および 2017 年度において CAN データロガーを使用して測定した。2018 年度は、振動センサーでエンジン回転数のみ測定した。排気流量は、2015, 2016, および 2017 年度においてピトー管の流量計で測定したが、2018 年度は測定しなかった。エンジン回転数, トルク, および排気流量の測定を省略した事情等については付録 a.2 で説明する。排出ガスの濃度は FTIR (測定原理は付録 a.3.) で測定した。周波数別の音の大きさをフーリエ変換で分析するように、赤外光の波長別の吸収率を測定して排出ガスの種類別の濃度を分析する。測定対象としたガスは CO_2 , N_2O , CH_4 の他に CO , NO , NO_2 , NMHC (非メタン炭化水素) も含めた。

2016 年度、および 2017 年度の測定状況を図-6, および図-7 に示す。2015 年度は図-6 と同様に測定器を建設機械に搭載して測定した。2018 年度は図-7 と同様に測定器を建設機械に隣接させたが、Flow Meter (流量計) は使用しなかった。

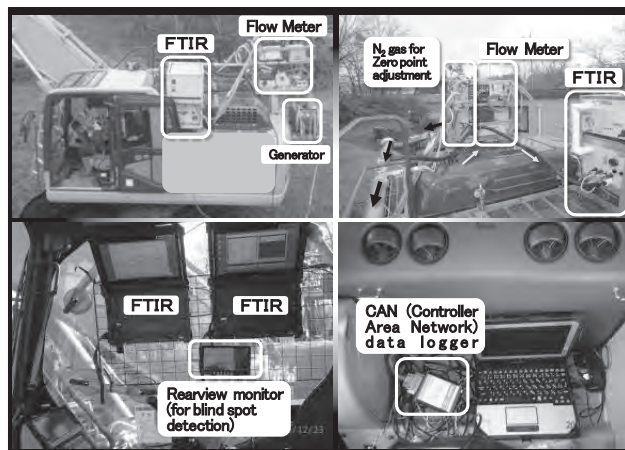


図-6 2016 年度の測定

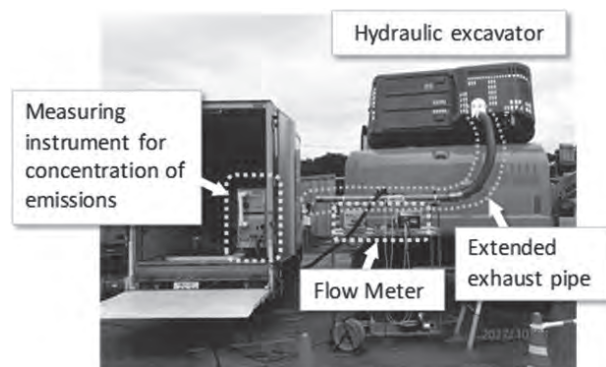


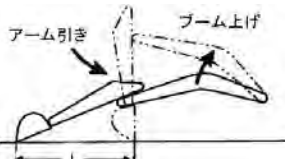
図-7 2017 年度の測定²⁰⁾

測定対象の動作は、2015年度、および2016年度の測定では「待機」、「走行」、「ならし(模擬)」、「掘削(実作業)」、「掘削・積込(模擬)」としたが、以下が明らかになった²¹⁾ので2017年度、および2018年度の測定対象の動作は「待機」と「ならし(模擬)」の2種類とした(表-2)。

図-8は動作別の動力とCO₂比の排出ガス量をプロットしたものである。「待機」は他の動作と動力、および排出ガス量が大きく異なるので測定は必須とした。「待機」以外の動作は動力、およびCO₂比の排出ガス量が同程度であり、「待機」以外の動作のなかで「ならし(模擬)」は中心に近い値であった。さらに、「ならし(模擬)」は測定値のばらつき(標準偏差)が最も小さかった。

なお、本調査はCO₂比の排出量の測定のため「ならし(模擬)」で代表できると判断したが、燃料消費量の測定においては各種の動作別の測定値が必要と考えている。

表-2 測定時の動作

動作	内容
待機	アイドリング／20分(異なる時間の測定有)、コールドスタートで3回測定。
ならし(模擬)	 アーム引き、ブーム上げ アーム、およびバケットが一直線になる状態を開始姿勢とし、Lの範囲で水平引き。2017年度は100サイクル×3人、2018年度は50サイクル×3人。 L = 4.5 m (20 tクラス) L = 4.0 m (13 tクラス) (JCMAS H 020:2014²²⁾ 引用)

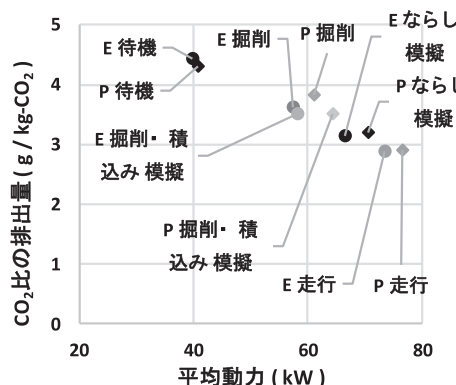


図-8 動作別のNOxの測定値²¹⁾。CO₂1kg 当りの排出量 (g)。
E: エコモード, P: パワーモード
各プロットは3人×2回=6回の測定値の平均

2.2 測定値の解析

測定値は図-9に示すように時間変動する。温室効果ガスに関して必要な知見は総排出量のため、データ処理においては時間変動する測定値を時間平均すればいいが、測定時間、測定数が十分であるかどうかを確認して

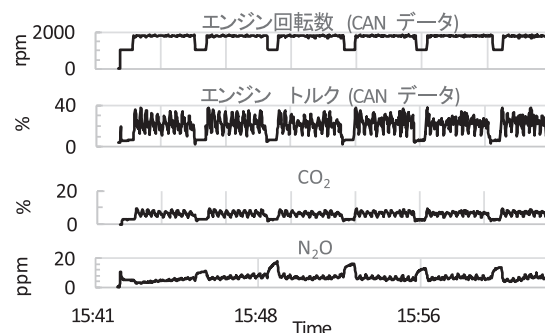


図-9 「ならし(模擬)」の測定値の例
5 Hzでサンプリングしたデータを1 Hzに平均処理している。N₂Oの濃度がアイドリング時に多いのは、直前の動作の影響と考えられる。長時間のアイドリングでは少なくなる

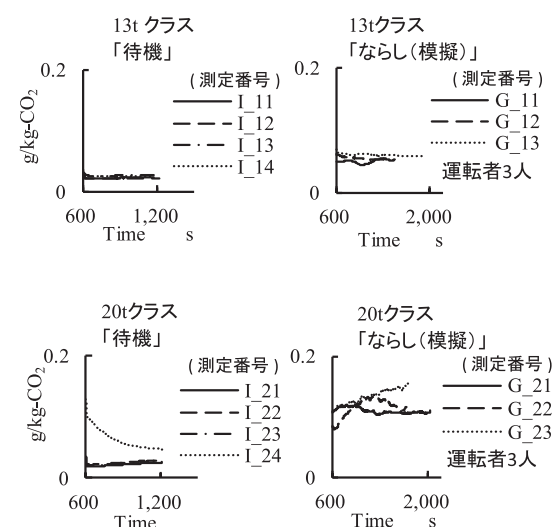


図-10 SCR搭載車から排出されるN₂O
600秒間の移動平均値としたため開始時刻は600秒となっている。「待機」の測定の開始は、I_11, I_12, I_21, およびI_22では6時間以上のエンジン停止後、I_13は「ならし(模擬)」後58分、I_14は「待機」後4分、I_23は「待機」後80分、I_24は「ならし(模擬)」後16分

おくことが必要である。温室効果への影響が大きいと考えられるのはSCR搭載車のN₂Oのため、N₂Oの測定値の測定経過時間、および測定数による変動について、グラフ化して定性的に調べた。図-10は2017年度の測定値の600秒間の移動平均を示す。「待機」の測定では、I_24の測定値の傾向が他と異なっていた。学識経験者にヒヤリングして以下が原因と考えた。SCR搭載車では尿素から生成したアンモニアで窒素酸化物を窒素と水に還元しているが、「待機」の測定前の「ならし(模擬)」の動作で生成したアンモニアが「待機」では過剰になり、未反応のアンモニアが酸化して亜酸化窒素が生成された。2018年度の「待機」測定は、エンジン停止後6時間以上経過した後のコールドスタートで統一した。グラフの600秒(1～600秒の平均)は、1200秒(601秒～1200秒の平均)と大きく変わらないので、測定時間は600秒で十分と考えられるが、他目的で他のガスを分析すること

も考慮して 1200 秒の測定は継続することにした。「ならし(模擬)」の測定値は、13t クラスでは操作者による違いがなかったが、20t クラスでは操作者による測定値の違いが大きかった。2018 年度の測定においても操作者を 3 人として平均することにした。また、動作の繰り返し数は 100 回としたが、各操作者の半分の時間での排出量と試験終了時点での排出量に大きな違いがないこと、3 人の測定値を平均すること、および単調な操作の繰り返しによる運転者の精神的な疲労を考慮して、2018 年度の測定においては 50 回に減じることにした。

3. 測定結果

排出量を CO₂ 比(g/kg-CO₂)とし、さらに「ならし(模

擬)」と「待機」の比を算定したものを図-11 に示す。2011 年規制対応の 3 台は尿素 SCR 非搭載であり、2014 年規制対応の 4 台は尿素 SCR を搭載していた。尿素 SCR を搭載した機種の N₂O のみが 1.0 以上となり、「ならし(模擬)」の排出量が多かった。文献¹¹⁾、および学識経験者へのヒヤリングにより、SCR 搭載車では SCR 触媒から脱離したアンモニアが、後段の酸化触媒で酸化されて N₂O が生成することが原因と考えた。

測定対象とした油圧ショベルは、全てアイドリングストップ機能が装備されていたこと、および「ならし(模擬)」における N₂O の排出量が相対的に多いことから、「ならし(模擬)」における N₂O、および CH₄ の温室効果ガスとしてのシェア(relative contribution to GHG emissions(CO₂-equivalent))の平均値を算定し、図-4、および

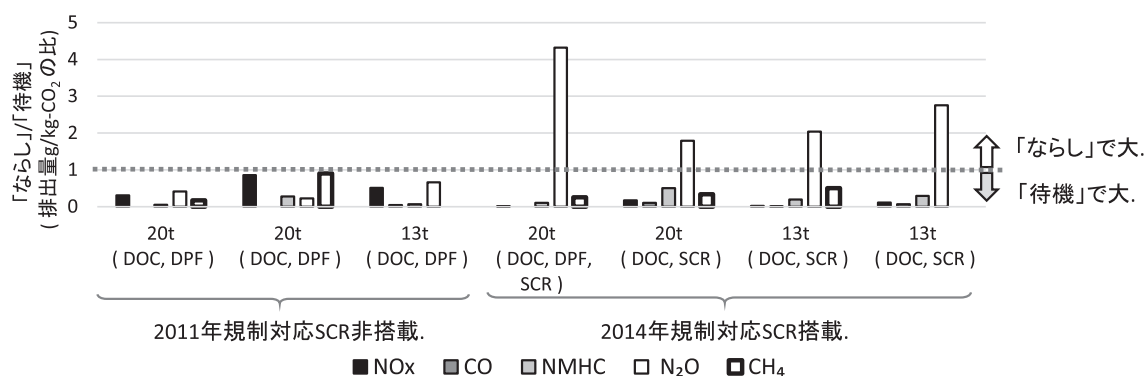


図-11 「ならし(模擬)」動作での排出量と「待機」での排出量の比

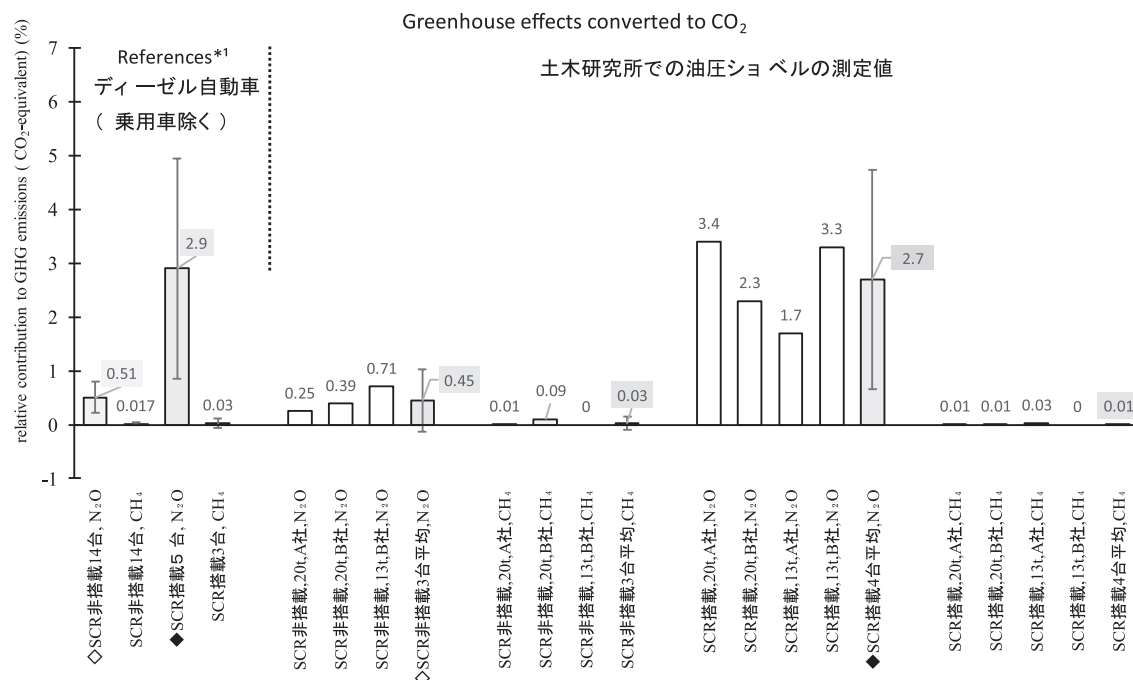


図-12 ディーゼル自動車および建設機械から排出される CO₂ 以外の温室効果ガスのシェア

縦軸は国内の文献での「シェア」、「GHG 中に占める排出割合」に相当する。本論文では 付録の式 (a8)、および (a9) で計算した。References*1: 環境省 (カナダ)、ウエストバージニア大 (米国)、California Air Resources Board (米国)、EU Joint Research Centre (イタリア)、交通安全環境研究所 (日本) の文献値。測定方式が記載されていない文献を除外し、文献より推定した熱効率で CO₂ 比に換算した文献を含む。エラーバーの範囲は、測定値の平均値の分布を t 分布と仮定して推定した母平均の 95% 信頼区間

図-5の文献値と比較した結果を図-12に示す。N₂O、およびCH₄の地球温暖化係数(GWP: global warming potential)は、米国の連邦規則集⁵⁾に記載され、国立環境研究所⁹⁾でも使用している298、および25とした。CH₄のシェアは、7台全て0.1%未満であった。N₂Oのシェアは、SCR非搭載車3台の平均で0.45%であったが、SCR搭載車4台の平均で2.7%となった。この値は、公道を走行するSCR搭載のディーゼル車5台の文献値の平均2.9%と同程度であった。

4. おわりに

米国では、EUおよび日本では未規制の温室効果ガス(GHG: greenhouse gas)の二酸化炭素(CO₂)、亜酸化窒素(N₂O)(地球温暖化係数はCO₂の298倍⁵⁾)、およびメタン(CH₄)(同25倍⁵⁾)の規制値(standard⁶⁾)を定めている。ディーゼルエンジンから排出されるCH₄は極微量のため温室効果の影響は皆無であるが、NO_x規制に対応してSCR(尿素選択的還元装置)を搭載する機種が増えたため副生成物のN₂Oが温室効果ガスの評価に影響する可能性がある。国土交通省においては、建設機械から排出される温室効果ガスについて、2007年の1130万tを2030年に1000万tに減じる目標を定めており⁸⁾、今後の政策判断ではN₂Oの影響(シェア)や測定方法に関する知見が必要になると考えられる。

そこで、油圧ショベル7台から排出されるN₂OとCH₄を以下の通り測定した。(1)測定装置はFTIR(フーリエ変換赤外分光光度計)でガスの濃度を測定するPEMS(Portable Emissions Measurement System)とした。(2)2015年度、および2016年度は、SCR非搭載の20tクラスの油圧ショベル1台で「待機」、「走行」、「ならし(模擬)」、「掘削(実作業)」、および「掘削・積込(模擬)」の動作を測定し、測定値の信頼性向上と簡素化の検討を行った²¹⁾。(3)2017年度、および2018年度は、20t、および13tクラスのSCR搭載車とSCR非搭載車の双方の油圧ショベル(合計6台)を簡素化した測定方法で測定した。測定対象の動作は、動力が小さい「待機」、および動力が走行、掘削等と同程度の大きさで排出ガスの測定値の標準偏差が小さい「ならし(模擬動作)」の2種類とした。

測定値をとりまとめ、国内外の文献にみあたらない以下の知見を得た。(1)SCR(尿素選択的還元装置)搭載車の「ならし(模擬動作)」で排出されるN₂Oの温室効果が相対的に大きい。(2)「ならし(模擬動作)」で排出されるN₂Oの温室効果ガスとしてのシェア(relative contribution to GHG emissions(CO₂-equivalent))は、SCR非搭載車3

台の平均で0.45%、SCR搭載車4台の平均で2.7%であった。SCR搭載車の2.7%は公道を走行するSCR搭載のディーゼル自動車5台の文献値と同程度の値であった。

謝辞: 本研究は土木研究所に在籍していた杉谷康弘(~2014年度)、野村正之(2015年度)の研究を引き継いで実施したものである。測定および測定値の解析については、共同研究を実施している国立環境研究所の近藤美則氏と今野秀徳氏、交通安全環境所の山本敏朗氏、ならびに茨城大学の田中光太郎氏にご指導をいただいた。関係の皆様に謝意を表する。

付録

a.1 計算式

計算式を表-3に示す。仕事量比の排出量 R_{GpW} 、CO₂比の排出量 R_{GpCO_2} 、および熱効率 η には式(a5)の関係がある。文献に R_{GpW} と R_{GpCO_2} の記載があれば η を算出できる。また、 R_{GpW} と η の推定値から R_{GpCO_2} を算出できる。

温室効果ガスとしてのN₂O、およびCH₄のシェア(relative contribution to GHG emissions(CO₂-equivalent)) $R_{N_2O_GWP}$ 、および $R_{CH_4_GWP}$ は式(a8)、および(a9)で計算した。

a.2 測定項目

NO_x等の排出ガスの規制値は仕事量比の排出量 R_{GpW} で定められているので規制値の単位での排出ガス量を評価するためにはエンジン回転数 R_E 、およびトルク T_E の測定値が必要になるが、 $R_{N_2O_GWP}$ 、および $R_{CH_4_GWP}$ は式(a8)、および(a9)で計算できるので、温室効果ガスのシェアを評価する際には R_E 、および T_E の測定値は必要ではない。これらの評価量を得るために必要な測定項目を表-4に整理した。研究では規制されているガスの評価量、および測定の簡素化を検討したので、 R_E 、および T_E の測定値も活用したが、 $R_{N_2O_GWP}$ 、および $R_{CH_4_GWP}$ を知るために必要な測定値は排気流量 V 、および排出ガスの濃度 C_G となる。

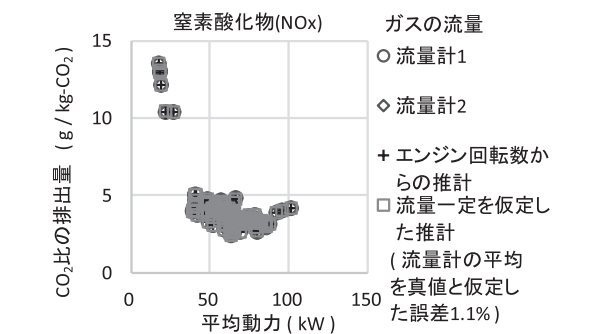
本研究においては、 V の測定の簡素化について2015年度、および2016年度の測定値で検討した²¹⁾。(a) V と C_G の測定値による R_{GpCO_2} (式(a.4))を真値とみなし、(b) R_E から V を推定し、 V を測定しない方法、(c) C_G の測定値のみによる方法(式(a.7))を比較し、図-13に示すように(b)および(c)でも信頼性の高い測定値を得ることができることが明らかになった。二つの流量計で測定した V の平均値で計算した R_{GpCO_2} を真値とみなした場合の(c)の計算方法の誤差は、比較的濃度の高いNO_xで1.1%、NO_xの1/100程度のごく低濃度のN₂Oでも3.1%

表-3 計算式

計算式	番号	記号
$R_{GpW} = M_G / W$	(a1)	R_{GpW} : 仕事量比の排出量 (g/kWh), M_G : 排出ガスの質量 (g), W : 仕事量 (kWh).
$M_G = \int \frac{C_G \rho_G V}{1,000,000} dt$	(a2)	C_G : 排出ガスの濃度 (ppm), ρ_G : 排出ガスの密度 (g/m ³), V : 排気流量 (m ³ /s).
$W = \int \frac{2\pi R_E T_E}{1000 \cdot 3600} dt$	(a3)	R_E : エンジン回転数 (/s), T_E : トルク (N・m).
$R_{GpCO2} = M_G / M_{CO2}$	(a4)	R_{GpCO2} : CO ₂ 質量比の排出量 (g/kg-CO ₂), M_{CO2} : CO ₂ の量 (kg).
$k = \frac{R_{GpW}}{R_{GpCO2}} = \frac{M_{CO2}}{W} = \frac{1}{\eta} m$	(a5)	k : 仕事量比の排出量と CO ₂ 比の排出量の比, η : エンジンの熱効率, m : 軽油の CO ₂ 排出原単位 (kg/kWh). 0.0687 kg/MJ (環境省 web site 掲載値) を採択して単位を変換すれば, $m = 0.24732$ kg/kWh.
$R_{C_GpCO2} = \int C_G dt / \int C_{CO2} dt$	(a6)	C_{CO2} : CO ₂ の濃度 (ppm).
$R_{GpCO2} \cong 1,000 \cdot R_{C_GpCO2} \cdot \rho_G / \rho_{CO2}$	(a7)	ρ_{CO2} : CO ₂ の密度 (g/m ³).
$R_{N2O_GWP} = \frac{K_{N2O} \cdot M_{N2O} \cdot 100}{(M_{CO2} + K_{N2O} \cdot M_{N2O} + K_{CH4} \cdot M_{CH4})}$ (建設機械から排出される温室効果ガスを CO ₂ , N ₂ O, および CH ₄ の3種類とみなした場合の式.)	(a8)	R_{N2O_GWP} , R_{CH4_GWP} : 温室効果ガスとしての N ₂ O, および CH ₄ のシェア (relative contribution to GHG emissions (CO ₂ -equivalent)) (%), K_{N2O} , K_{CH4} : N ₂ O, および CH ₄ の地球温暖化係数. 本論文では $K_{N2O} = 298$, $K_{CH4} = 25$ としたが, 異なる値を使用している文献もある.
$R_{CH4_GWP} = \frac{K_{CH4} \cdot M_{CH4} \cdot 100}{(M_{CO2} + K_{N2O} \cdot M_{N2O} + K_{CH4} \cdot M_{CH4})}$ (建設機械から排出される温室効果ガスを CO ₂ , N ₂ O, および CH ₄ の3種類とみなした場合の式.)	(a9)	

表-4 測定値の評価量と測定項目

排出ガスの 評価量	測定項目			
	エンジン 回転数 R_E	トルク T_E	排気流量 V	排出ガス の濃度 C_G
仕事量比の排出量 R_{GpW}	○	○	○	○
GHG のシェア R_{N2O_GWP} , R_{CH4_GWP}			○	○

図-13 排気流量の測定値または推計値と CO₂ 比排出量の例²¹⁾

であった²¹⁾。「真値とみなした」と表現したのは流量計の測定値にも誤差が含まれるためである。

2018 年度は, (b) または (c) でデータ処理する予定でエンジン回転数 R_E を測定して排気流量を測定しなかったが, 図-14 のようにエンジン回転数の測定値には除外処理が必要な異常データが含まれたため, 排出ガス量の計算は (c) によることとし, R_E は使用しなかった。

2018 年度において, CAN のデータロガーでの測定を行わなかったのは測定対象とした建設機械の CAN のデータ処理に必要なパラメータの情報等がなかったためである。大半の建設機械では CAN のデータへのアクセスが困難である旨を記載した論文²³⁾があること, および CAN のデータはメーカーが取り扱いに留意しているこ



図-14 エンジン回転計の異常データの例



図-15 排気流量測定のために製作した接続管の例

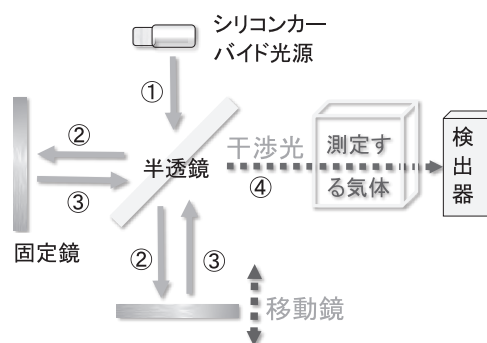


図-16 二重構造の排気管の例

とから、第三者による収集については、その是非を含めた検討が必要と考えている。また、排気流量の測定を省略したのは測定台数を増やすために測定を簡素化したためである。排気流量を測定するためには排気管の図面を入手して図-15のような接続管を機械毎に製作することが必要になる。2018年度において測定対象とした建設機械は図-16のような二重管の構造をしており、限られた時間でメーカーの関係者と協議して接続管を製作することは困難と判断し、排気流量の測定を省略した。高温による事故防止等、なんらかの事情で二重管の構造にしていることも考えられるので、排気流量の測定も、その是非や吸入空気量その他の測定値での代替案の検討が必要と考えている。

a.3 FTIR

FTIRの測定原理は以下である²¹⁾。気体が吸収する赤外線の波長は気体の種類により異なり、多種類の混合気体に広い波長分布を光源(シリコンカーバイド)とした赤外線を通過させると各気体で複合的に赤外線が吸収される。一方、図-17のとおり、(1)広い波長分布の赤外線を(2)半透鏡で反射光と透過光に分割し、(3)それぞれ固定鏡と移動鏡で反射させて(4)再合成すると干渉光が得られる。干渉光を検出器で測定した強度は、移動鏡の位置を変化させると各波長固有の周期で変化するので、測定対象の気体を通過させた場合の出力をフーリエ変換し、気体がない場合と比較すれば波長別の吸収率を計算できる。さらに波長別の吸収率を逆行列等で逆解析することで各種の気体の濃度を計算できる。このように光を半透鏡で分割し、再合成させた干渉光を観測する測定方

図-17 FTIRの模式図²¹⁾

法は、特殊相対性理論の立証や重力波の検出で使用された技術(マイケルソン干渉計)を応用したものであり、フーリエ変換は音や振動の周波数分析で多用されている計算方法である。ともに製造業、環境、医学など実務で広範に活用されている。

参考文献

- 1) European Commission : Press release, Commission welcomes Member States' agreement on robust testing of air pollution emissions by cars Brussels, 28 October 2015.
- 2) 深野泉 : これが欧州の RDE 試験だ, Nikkei Automotive, 2016.11.
- 3) 国土交通省 : 排出ガス不正事案を受けたディーゼル乗用車等検査方法見直し検討会 最終とりまとめ 平成 29 年 4 月 20 日.
- 4) The European Union (EU), REGULATION (EU) 2016/1628 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 14 September 2016, Official Journal of the European Union, 2016.
- 5) U.S. GOVERNMENT PUBLISHING OFFICE : ELECTRONIC CODE OF FEDERAL REGULATIONS, Title 40, PART 86-CONTROL OF EMISSIONS FROM NEW AND IN-USE HIGHWAY VEHICLES AND ENGINES, § 86.1818-12 Greenhouse gas emission standards for light-duty vehicles, light-duty trucks, and medium-duty passenger vehicles. (参照日 2016.08.17)
- 6) U.S. GOVERNMENT PUBLISHING OFFICE : ELECTRONIC CODE OF FEDERAL REGULATIONS, Title 40, PART 1036-CONTROL OF EMISSIONS FROM NEW AND IN-USE HEAVY-DUTY HIGHWAY ENGINES, § 1036.108 Greenhouse gas emission standards. (参照日 2016.08.17)
- 7) Arvind Thiruvengadam, Marc Besch, Daniel Carder, Adewale Oshinuga, Randall Pasek, Henry Hogo, Mridul Gautam : Unregulated greenhouse gas and ammonia emissions from current technology heavy-duty vehicles, JOURNAL OF THE AIR & WASTE MANAGEMENT ASSOCIATION, vol.66, No.11, pp.1045-1060, 2016.
- 8) 国土交通省 : 平成 26 年度建設施工の地球温暖化対策検討分科会, 分科会資料. 国土交通省 web site (参照日 2018.10.15).
- 9) 国立環境研究所 : 日本国温室効果ガスインベントリ報告書 (NIR), <http://www.gio.nies.go.jp/aboutghg/nir/nir-j.html> (参照日 2017.11.15)
- 10) GRAHAM Lisa A., RIDEOUT Greg, ROSENBLATT Deborah, HENDREN Jill : Greenhouse gas emissions from heavy-duty vehicles, Atmos Environ, Vol.42, No.19, pp.4665-4681, 2008.
- 11) 鈴木央一, 石井素, 山本敏朗 : 自動車から排出される亜酸化窒素の排出傾向について - 最近の技術革新による排出特性の変化 -, 交通安全環境研究所フォーラム講演概要, Vol.2011, pp.13-16, 2011.
- 12) 山本敏朗, 堤玲子, 岩田恒夫, 小川恭弘, 加藤裕 : 尿素 SCR システム搭載貨物車の路上走行時における NOx, NH₃, および N₂O の排出挙動, 公益社団法人 自動車技術会 学術講演会前刷集 No.68-13, 2013.
- 13) 陸田雅彦, 門屋真希子, 岡田めぐみ, 舟久保千景, 大谷義明, 柳井孝一, 小谷野真司, 山崎実 : 大型および小型使用過程車の排出ガス調査結果について, 大気環境学会年会講演要旨集, Vol.56th, p.407,

- 2015.
- 14) SUAREZ-BERTO A Ricardo, MENDOZA-VILLAFUERTE Pablo, BONNEL Pierre, PERUJO Adolfo, ASTORGA Covadonga, LILOVA Velizara, HILL Leslie : On-road measurement of NH_3 and N_2O emissions from a Euro V heavy-duty vehicle, Atmospheric Environment, Vol.139, pp.167-175, 2016.
 - 15) Quiros David C., Smith Jeremy, Huai Tao, Hu Shaohua, Thiruvengadam Arvind : Greenhouse gas emissions from heavy-duty natural gas, hybrid, and conventional diesel on-road trucks during freight transport, Atmospheric Environment, Vol.168, pp.36-45, 2017.
 - 16) Mendoza-Villafuerte Pablo, Suarez-Bertoa Ricardo, Giechaskiel Barouch, Riccobono Francesco, Bulgheroni Claudia, Astorga Covadonga, Perujo Adolfo : NO_x , NH_3 , N_2O and PN real driving emissions from a Euro VI heavy-duty vehicle. Impact of regulatory on-road test conditions on emissions, Science of the Total Environment, Vol.609, pp.546-555, 2017.
 - 17) 杉谷康弘, 藤野健一 : バイオディーゼル燃料の普及に向けた排出ガス調査 - 車載型排出ガス計測装置による計測事例, 建設機械施工, Vol.67 No.2, pp.60-64, 2015.
 - 18) 野村正之 : 建設機械における稼働時の温室効果ガスの検討, 建設機械 2016.5, pp.63-69, 2016.
 - 19) 吉永弘志, 野村正之 : 油圧ショベルが各種の動作で排出する温室効果ガスおよび窒素酸化物の測定, 平成 28 年度建設施工と建設機械シンポジウム論文集・梗概集, pp.109-114, 2016.
 - 20) <https://www.pwri.go.jp/jpn/about/pr/webmag/wm044/kenkyu.html> (参照日 2018.10.16).
 - 21) 吉永弘志 : 建設機械の排出ガス測定にかかる信頼性向上と簡素化, 土木学会論文集 G (環境), Vol.73, No.6, pp. II _321- II _332, 2017.
 - 22) 一般社団法人日本建設機械施工協会標準部会, JCMAS H020:2014.
 - 23) Heidari Bardia, Marr Linsey C. : Real-time emissions from construction equipment compared with model predictions, JOURNAL OF THE AIR & WASTE MANAGEMENT ASSOCIATION, vol.65, no.2, pp.115-125, 2015.

(2018.11.16 受付, 2018.12.23 採用決定)

MEASUREMENT OF EXHAUST GAS TO CLARIFY THE APPROXIMATE AMOUNT OF THE GREENHOUSE GASES NITROUS OXIDE AND METHANE EMITTED BY EARTH-MOVING MACHINES

Hiroshi YOSHINAGA¹ and Yasushi NITTA²

¹ Senior Researcher, Public Works Research Institute

² Leader of Advanced Technology Research Team, Public Works Research Institute

To clarify the approximate amount of the greenhouse gases (GHGs) nitrous oxide (N_2O) and methane (CH_4) emitted by earth-moving machines, a series of measurements were carried out using a portable emissions measurement system (PEMS) that included a Fourier transform infrared (FTIR) analyzer. A total of seven hydraulic excavators were provided for testing: three machines that conform to the 2011 Japanese standards without selective catalytic reduction (SCR) and four machines equipped with SCR that conform to the 2014 standards. The measurements were taken during two types of operation: idling, which is a low-power operation, and grading (simulated work), which is a higher power operation than idling. Grading has similar power requirements to traveling and excavation, and variation in the measured values is small. The results provided the following information which has hitherto not been published in Japan or elsewhere. (1) Earth-moving machines equipped with SCR emit relatively large amounts of N_2O during grading (simulated work). (2) The relative contribution to GHG emissions (CO_2 -equivalent) of N_2O during grading (simulated work) by the three non-SCR-equipped vehicles, and by the four SCR-equipped vehicles account for averages of 0.45% and 2.7% respectively. The average of 2.7% for SCR-equipped vehicles is roughly equal to the average of 2.9% obtained in five measurements described in the literature reporting on SCR-equipped vehicles traveling on public roads.

交流のひろば/agora—crosstalking—



建設機械のデザイン変遷

前 原 健 男

一般的には無骨で見分けがつかない建設機械は男性的な世界と認識されている。しかし、今やサステイナビリティが求められ、更に人手不足となっている日本では人に優しい機械も求められており、外観、カラーリングに新たなデザインが模索されて久しい。しかし、優しいだけでは不十分で、頼りがいのある乗りたくなる機械となって初めて商品としてのデザインが完成する。この相反する要求を満たすため、デザイナーが何を考え、感じているのか、デザインの世界を覗いてみたいと思う。

キーワード：デザイン、スタイリング、未来

1. プロローグ「ショベルにデザインってあったの？」

ある時、釣り仲間で、家族ぐるみの友人とロボットが車に変身する映画を観ていた時、パワーショベルから変身するロボットが、一瞬、出てきた。何気なく、「僕もショベルをデザインしているよ」と呟くと、マレーシアのビジネスマンで、奥様が日本人の彼は、あっけらかんと、

「ショベルにデザインってあったの？」

っと初めて僕の職業を知るとともに、素朴な疑問を投げ掛け、僕の妻を大爆笑させた。

2. デザイナーが志した形

実際、デザイナーがかかわっていない建設機械も多い。しかし、建設機械が持つエキセントリックで機能的なシルエットはとても魅力的で、刺激に満ち溢れている。

1970年代、フランスのポクレン社のパワーショベル（図—1）、キャタピラー社（図—2）の製品群やドイツ、ユーゴスラビア製品にはすでにデザインのアプローチが取り入れられていた。

1977年、日本では日本製鋼所〔JSW NIKKO BH-70〕（図—3）が発表され、機械工業デザイン賞にて通産大臣賞を受賞した。製品コンセプトは「品質、デザイン共に世界の一級品を目指すことを最大の製品意図とした」とされており、シンプルなスタイリングが高い商品性を獲得していた。



図—1 Poclain Ic80f



図—2 Cat 225D



図—3 ISHIKO 375

3. デザイナーが夢見た未来

1993年、コベルコ建機(株)から新型パワー・ショベル「アセラ・スーパーバージョン」(図—4)が発売され、「グッドデザイン賞」を獲得。翌年、そのデザイン開発過程がデザイン専門誌カースタイリングに掲載され、華麗なイメージスケッチや未来型ホイール・ショベルのスケール・モデル等自動車メーカーなみのプロセスが紹介された。

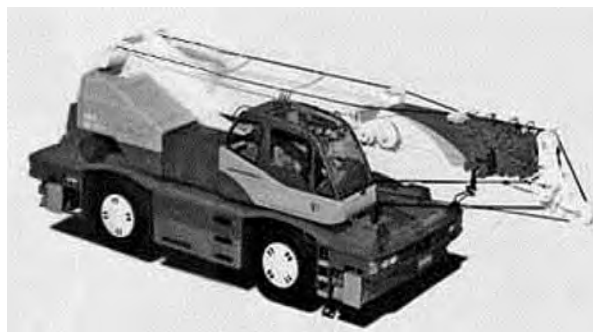
すでに日本は都市部の再開発が増えたことや少子高齢化社会による人手不足が表面化したため、「人に優しい」というキーワードに着目し、新たな形、色を模索したデザインが展開された結果であった。

1994年、(株)タダノと建設省関東地方建設局のコラボレーションから生まれたコンセプト・クレーン[CREVO TR-250C](図—5)もソフトなカラーリングを纏って発表され、「グッドデザイン賞」を受賞した。

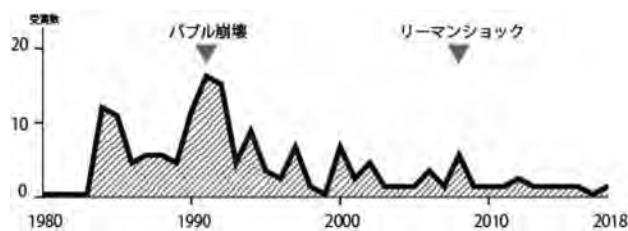
「人に優しい」デザインにするためにアセラ・スーパーバージョンがミントグリーンなのに対して、クレボはラベンダーを採用した。

当時の国際工業デザイン団体協議会(ICSID)会長のディーン・リチャードソンは日本の建設機械デザイン・レベルは世界最高だと評価していた。

しかし、バブル崩壊及びリーマンショックの後、日本の建設機械メーカーではそれまでの揺り返しのように野心的なデザインは影を潜め、図—6からわかるように一定の流れの中に収束したかのような状況になっていった。



図—5 CREVO



図—6 建設機械によるグッドデザイン賞の推移(シャベル、ブルドーザー、ホイールローダー、クレーン等)

4. 21世紀のミュンヘン

2007年、ミュンヘンにて開かれたBAUMA2007において海外メーカーにより衝撃的な発表が行われる。スウェーデンのボルボCEが突然、アドバンスト・モデル「ボルボ・スフィンクス」(図—7, 8)を発表したのである。ブースはスタイリッシュなスケール・モデルを一目見ようとする観客で溢れかえったが、そのデザインはショー・カー「ボルボ SCC (Safety Concept Car) (図—9) コンセプト」の流れを汲むも



図—4 KOBELCO Acera Super Virsion



図-7 VOLVO SFINX



図-8 VOLVO SFINX



図-9 VOLVO-SCC Concept



図-10 VOLVO Griffin



図-11 VOLVO CENTAUR



図-12 VOLVO FENIX



図-13 VOLVO GaiaX 2030

ので、北欧らしい洗練されたものであった。

そしてその後、「グリフィン・ホイールローダー・コンセプト」(図-10),「ケンタウル・ハウラー・コンセプト(オフロード・ダンプ・トラック)」(図-11),「フェニックス・ペイパー・コンパクト・コンセプト(アスファルト・フィニッシャー)」(図-12),「ガイアックス・エクスカベーター・コンセプト(ミニショベル)」(図-13)と矢継ぎ早な発表が続いた。

そして、2018年、「レゴブロック」のレゴ社とのコ

ラボレーションにて「ZEUX ホイール・ローダー」(図-14)を発表する。完全なAIを搭載した無人電動ホイール・ローダーで上空の付属ドローン(マッピング・ドローン)により周囲の状況をインプットするシステムとなっており、子供達の想像力を刺激するデザインとなっている。このプロポーザルは、子供のためのデ



図-14 volvo-lego-ZEUX

デザインであるからこそ、「親しみやすさ=可愛さ」ではなく、「クールで親しみやすい」と言う、相反するテーマを大真面目にとらえた志の高いデザインに挑戦したと言える。

5. デジタル・デザインの時代

2009年、(株)斗山（Doosan）がスリークな「コンセプト・エクスカベーター」（図-15）を発表、世界的に最も権威のあるデザイン賞の一つである the Red Dot Design Award Show の「the Best of the Best Award」を受賞、続いて「ドゥサン インテリジェント フォークリフト」（図-16）「ドゥサン コンパクト・ホイール・ローダー」（図-17）を発表している。以後、2016年「2016 Doosan Campaign」として、華麗なプロモーション・ムービーを展開している¹²⁾。

2014年、一方、日本ではヤンマー(株)からヘッドマウントディスプレイを使って操縦する無人ショベル「ヤンマー コンセプトバックホー」（図-18, 19）が発表された。これは、実際にプロトタイプが公開されたことと、板金（平面構成）によるデザインに挑戦したプロポーザルとして注目すべきである。

2016年、トルコの建設機械大手、ヒドロメック社が「HMK ビジョン コンパクター」（図-20）を發



図-16 Doosan Concept Forklift



図-17 Doosan Concept Wheel Loader



図-18 YANMAR CONCEPT BACKHOE



図-19 YANMAR CONCEPT BACKHOE



図-15 Doosan Concept Excavator



図-20 HMK VISION COMPACTOR

表した。こちらも世界的な「IF DESIGN 2016」にて Professional Concept カテゴリーで受賞しており、デザインの完成度は非常に高いものとなっている。

2016 年、コマツは新コンセプトの巨大な無人専用運搬車両「Innovative Autonomous Haulage Vehicle」を米国ラスベガスで開催される鉱山機械見本市「MINExpo INTERNATIONAL 2016」にて実機展示している（図—21）。



図—21 KOMATSU Innovative Autonomous Haulage Vehicle

400 トンを超える巨大な無人オフロード・ダンプは鉱山とはいえ、人が乗るパトロール車両などの普通の大きさの“小さな”乗用車とすれ違うこととなるが、その威圧感と恐怖感を減少させるようなデザインがなされており、これまでの巨大建設機械にはないデザインとなっている。

2017 年、BMW グループはジョン・ディア社のために「The Backhoe of the Future」（図—22, 23）をデザインしている。新素材と技術革新を駆使して伝統的なバックホーを劇的に再構成したもので、「Fixstern」と呼ばれる独自の研究および設計プロセスを用いることでサステナビリティを実現するプロポーザルとなっている。

2018 年、ヤンマー(株)は 2035 年のリノベーション時代到来に向けた次世代コンセプト建機「Y-RENOVATOR」



図—22 John Deere The Backhoe of the Future



図—23 John Deere The Backhoe of the Future



図—24 YANMER Y-RENOVATOR

（図—24）を発表している。もはや完全なロボットとしてのデザインが興味深い。フルスケールモデルを公開、ショールームを新設し、展示している。

6. おわりに

前述の友人とのやり取りでは、苦虫をかみつぶすのが精いっぱいとなってしまったが、実は建設機械においては様々なデザインの試みがなされていた。しかし、自動車メーカー各社が「電動化へのシナリオ」を表明し、インフラも含めた変革が始まる時、建設機械も新たな時代を迎え、IT と電動化を纏った高度な次世代建設機械が登場することになる。その一方で、発展途上国等、その国の事情やインフラに合わせたシンプルな機械も必要とされる。そうした様々な要求に対する時、新技術と共に新たなデザインが必要とされと考えられる。21 世紀となった今、彼をびっくりさせるようなデザインの建設機械が良きパートナーとして人々の暮らしを支える時代になっているのだ、と考えずにはいられないのである。

JCM/A

《参考文献》

- 1) カースタイリング第20号 (三栄書房)
- 2) カースタイリング第99号 (三栄書房)
- 3) SFINX (VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT)
<https://www.volvoce.com/global/en/this-is-volvo-ce/what-we-believe-in/innovation/sfinx-crawler-excavator-concept/>
- 4) GRYPHIN WHEEL LOADER CONCEPT (VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT)
<https://www.volvoce.com/global/en/this-is-volvo-ce/what-we-believe-in/innovation/gryphin-wheel-loader-concept/>
- 5) CENTAUR HAULER CONCEPT (VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT)
<https://www.volvoce.com/global/en/this-is-volvo-ce/what-we-believe-in/innovation/centaur-hauler-concept/>
- 6) FENIX PAVER-COMPACT CONCEPT (VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT)
<https://www.volvoce.com/global/en/this-is-volvo-ce/what-we-believe-in/innovation/fenix-paver-compact-concept/>
- 7) GaiaX 2030 Concept Excavator (VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT)
<https://www.volvoce.com/global/en/this-is-volvo-ce/what-we-believe-in/innovation/gaiax-compact-excavator-concept/>
- 8) Concept Wheel Loader ZEUX (VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT)
<https://www.volvoce.com/global/en/this-is-volvo-ce/what-we-believe-in/innovation/zeux/>
- 9) Concept Excavator (Doosan Equipment Europe)
<http://www.doosaninfracore.com/en/media/news-view/?seq=6796>
<http://www.doosan.com/en/media/news-view/?seq=4146>
<https://www.youtube.com/watch?v=pBM8mjVDuHw>
- 10) Concept Wheel Loader (Doosan Equipment Europe)
<http://www.doosan-iv.com/en/news-view/?seq=39219>
- 11) Concept Forklift (Doosan Equipment Europe)
<http://www.doosan.com/en/media/news-view/?seq=4800>
<https://www.youtube.com/watch?v=sMrb0oozJWg>
- 12) 2016 Doosan Campaign
<http://www.doosan.com/en/> (http://www.doosan.com/download/vod/campaign/CE_BGM_en.mp4)
- 13) HMK VISION COMPACTOR (HIDROMEC INC)
<https://www.hidromek.com.tr/78/hmk-vision-compact>
- 14) ヤンマー コンセプトバックホー (ヤンマー(株))
http://www.kenokuyamadesign.com/main/?page_id=6401
- 15) Innovative Autonomous Haulage Vehicle (株小松製作所)
<http://www.komatsu.co.jp/CompanyInfo/press/2016092615315327190.html>
- 16) Backhoe of the Future (John Deere and BMW collaborate)
<http://www.bmwgroupdesignworks.com/news/john-deere-fixstern-backhoe/>
- 17) 「Y-RENOVATOR」(ヤンマー(株))
https://www.yanmar.com/jp/about/ymedia/article/construction_y_renovator.html

【筆者紹介】

前原 健男 (まえばら たけお)
 (株)加藤製作所
 チーフデザイナー



ずいそう

仕事始め

諏訪 昇



仕事始めの夕方、カミサンからのメールで熱が38.5℃あるので動けない。夕食は作れないとのこと。食欲がないので、ウイダーinゼリーを買って帰る様にとの指示。

昨日とれた歯の詰め物を再び入れてもらいに、運よく当日予約が取れた歯医者で診てもらう。申し訳ないが優先させてもらう。

最寄駅のI系スーパーでウイダーinゼリー数個と各種プリン、バナナ、自分用の弁当を買って帰る。レジ袋1枚2円でした。Mスーパーでは取られないのに。

レジが従来型なのに気付く。Sスーパーは半分以上がセルフだし、Mスーパーは商品のバーコード・スキャンだけ係りがやり、支払いは専用器とするシステムである。お釣りが自動ででてくるようになってから、わずかの間で進歩した。スキャン作業が自動化されればレジ係りの人がいなくなるのも時間の問題と思った。

家に着くと、カミサンがマスクをしたままエアコン、加湿器をガンガンさせた寝室で横になっていた。ベッドカバーは外に干すのにくじけて、全自動洗濯機の中にあるので持ってきてセットしてほしいとのこと。行ってみると、しわくちゃのベッドカバーがあった。取り出すと、全自動洗濯機のドア付近に糸屑がびっしりこびりついていて、このままでは次の洗濯に使えないと思い、ウエットティッシュで粗方拭き取る。横になったままのカミサンの上からベッドカバーをセットして、買ってきたウイダーinゼリーを与える。ベッドカバーは犬と猫がベッドに上がるので必需品である。

それから、犬の散歩がまだなので、スーツを着たままだ散歩に出かける。帰ってきて、犬と猫に食事を与えて、自分も買ってきた弁当を電子レンジで温めて食べるのだが、電子レンジの使い方をカミサンに聞かなければならなかった。これが何度聞いても忘れる。前のレンジはコンビニ弁当モードがあった。

夕食をすまして皿洗いをして、取り込んだままの洗濯ものを畳んで、風呂に入る。

風呂から出て、いつもは朝する洗濯をカミサンの着

替えと一緒にその晩にしてしまう。共働き当時のパターンを思い出す。

ビールを飲みながらテレビを見て、洗濯が終了するのを待つ。NHK BSの「M資金」なる融資詐欺事件の内容であったと思う。半分以上寝ていて、気がつくと京都特集の番組に変わっていて、急いで歯を磨き、洗濯物を家の中に干して寝る。午前1時を回っていたと思う。カミサンは相変わらずつらそうに咳をして寝ていた。咳は一晩中続いた。背中越しに聞いているだけで何も出来ずに一晩を過ごした。

翌朝、熱を測ってもらうと、38.5℃のまま高熱が続いていたので、会社を休み、病院に連れていくことにした。いい機会なので、カミサンにせいぜい尽くそうと思う。

朝の犬の散歩をしていると、前を歩く中学生達がインフルエンザの話をしていたので、たぶんカミサンもじゃないかと思った。自分の母校の生徒と思うが、在学中の詰襟とセーラー服の制服がブレザーに変わっていた。高校も男子校から共学になり、詰襟がブレザーに変わったことを思い出す。

家に帰り、犬と猫に食事を与え、カミサンに何か食べるか聞いたが、食欲がないとのこと。スポーツドリンクがまだ余っているので何もいらないと言われる。

自分の朝食にとりかかるとする。いつもは食パンにジャムとマーガリンを付けるだけだが、時間があるので、トーストする。

食事の後片づけをして、室内干しの洗濯物を外に出して、カミサンの様子が少し落ち着くのを待って、病院に連れていく。病院の駐車場で待っていると、インフルエンザに罹っているとのメールが入る。一緒になって初めてと思う。自分は、50代前半にタミフルで半日で熱が下がったが、50代後半になるとタミフルでも熱が下がるのに2日かかる様になり、それ以来、予防接種を受けている。カミサンは今まで受けていなかったもので、今後、一緒に受けたほうが良いと思った。

——すわ のぼる (株)加藤製作所 開発管理部 課長——

ずいそう

野菜づくり

原 尻 克 己

私の故郷は、東洋のナイアガラといわれる「原尻の滝」がある大分県豊後大野市の緒方盆地です。滝廉太郎で有名な岡城の藩主により江戸時代に農業用の水路が造られ、米どころとなったところです。私の家の前にも石垣づくりの水路が通っていて子供のころは夏によく泳いでいたものです。現在は、コンクリートの三面張りですが、「原尻の滝」から約3 km 以上もある家の前を過ぎて、ずっと石垣づくりの水路でしたから江戸時代に作ったものとすれば当時は大変な労力が掛ったのではないのでしょうか。

その水路沿いに私の家は、小さな農家で田んぼが1反ほどあります。小さいころは、一輪車（当時「ねこ」と呼んでいた）を使って稲運びなどを手伝っていました。やがて田んぼが畑になり、私が就職して、転勤族になるとお盆や正月、ゴールデンウィークで帰省した時は、小さなガソリンエンジン付きの耕運機で畑を耕したり草刈りをして、野菜づくりの手伝いをしていた程度でした。年月が経つのは早いもので還暦を迎えると母の指導（監督）のもと手伝いではなく、福岡から、月に2～3回程度帰省して、はじめての「野菜づくり」をすることになりました。

夏の太陽

7月ごろから始めた本格的な野菜づくりです。すでにサツマイモが20株とサトイモが2列100株ほど植

わっています。ネギやジャガイモも植え替え時期に来ているところです。

サトイモの葉っぱは青々としていましたが、監督から、「サトイモは乾燥に弱いから株に土を寄せて盛り上げ、周りに水が通るように」と指導がありました。ここで農業用の水路が活躍します。水路がそばを通っているので水を引くことはできそうですが、サトイモの周りに水を通すための溝づくりをしなければなりません。溝は3列で合計約50 m 位です。まず、周りの土が固いので耕運機で掘り起こし、鍬で掻き上げやすいように段取りをしました。機械は頑張ってくれましたが、照りつける夏の太陽の下、人力で鍬を使い20 cm 程度掘って、サトイモにその分の土を寄せ上げ溝を作るのに、5 m 行ったらサトイモの葉っぱの陰でひと休み。掘り起こした土でも人力土工はこんなにも辛いものかと思いついたところです。寄せ終わった後は、水路の堰を外し、水を通します。管理は監督の仕事です。夕方のビールとうまさ、疲れを癒してくれました。

新たな種蒔きと収穫1

昨年とれた黒枝豆の種が家にとってありました。7月の中旬で少し遅かったけど、20 m ほどの列（畝という）を1 m 間隔で3列づくり、種を蒔きました。種蒔きの労力は、耕運機で耕し、少し土を盛り上げ、畝を作り、化成肥料を加え30 cm ピッチくらいで3～5粒蒔いていきます。種を蒔いてからいつ芽が出るだろうかと、期待しつつ、お盆には芽が出そろって9月初旬ごろには、葉っぱは青々として豆が出来つつありました。「後、ひと月だな」と思いきや9月中旬には葉っぱは穴だらけ、青虫がいっぱい付いていました。恨めしや、監督から殺虫剤の使用方を教えてもらい、試してみます。翌日、見てみると効果はあり、無農薬にはならなかったけど10月中旬に立派な黒枝豆が出来ました。収穫した黒枝豆は、自分で売って歩けないので、親戚や友人たちにすべて貰っていただき喜んでもらいました。



写真—1 原尻の滝

新たな種蒔きと収穫2

9月初旬に、秋から冬にかけて収穫する白菜と大根を植えることになりました。田んぼの表土（20 cm くらい）の下は堅い粘土質で根が入っていかないようになっています。また、解れた表土は、水を含むと大変なことになりますが、そのあとは、表土でも固くなり、鍬が入らない状況になります。後で知ったのですが、山の畑と違い、もともと田んぼであったところに作る根物の野菜は、土を盛り上げてあげないと大きくなることがわかりました。監督は「ある程度、簡単に畝を作っておき、種を蒔いていけばよい」と言っていたのですが、白菜はよいとしても、大根は、30 cm 以上になる。根ができる深さプラスとして30 cm 位は、土を寄せて盛っておく必要があるため、慣れない人力土工をまた行うこととなりました。おかげで11月初旬に、直径10 cm 長さが40 cm 位の大根が収穫できるようになりました。出来たはいいけど1列に100本以上あり12月になってもすべて収穫できていない状況の中、12月中旬には、地表面より上に20 cm 以上伸びているのです。1本50 cm 以上となり地表に出ている部分は緑色となっていました。白菜や大根は、沢山貰ってもらうにも限度があり、枝豆と違って2か月くらい畑に残っていました。

真っ白な畑

11月中旬に2週間ぶりに帰ったその日に見た畑には、ジャガイモ、サツマイモ、山芋の葉っぱが青々としていました。次の日の仕事は、家の周りの片づけと大根や白菜など出来たものを少し収穫して友人たちにお土産で持って帰るだけでいいなと思っていたところ、朝起きると一面真っ白。霜が降りたのでした。霜柱は3 cm 位ありました。

霜が融けないと畑仕事もできないので、家の周りの片づけをしていたら監督から「ジャガイモ、サツマイモ、山芋を全部収穫しないとダメになってしまう」と言われ、よく見るとイモ類の葉っぱは霜煮えていました。イモは大丈夫か、それからが大変です。掘って日に乾かす必要があるため、午前中の仕事を芋ほりに費やしてしまいました。家族のレクリエーションで1株を楽しんで掘るのは楽に見えるけれど、30株も40株も人力土工により傷がつかないように鍬で掘り起こすのは大変です。おまけにイモについた土を落とし、日に干して乾燥させ袋に入れて保存しなければなりません。



写真—2 畑

ん。天日干ししたイモは食べてみないと分かりませんが夕方までに何とか片付けました。家の片付けは出来ず、一日仕事になってしまいました。

種の保存

豆類の種は、種が落ちる前に収穫し皮がカラカラになって、乾いた豆を紙袋等で湿気が来ないように倉庫の高いところに保管する必要があります。そのため、天日干しにした豆は、夜晩酌の後に酔っぱらいながら仕分けをしたところです。

まとめ

初めての「野菜づくり」は7月から12月までの半年でしたが、昔の人は凄い、人力土工に体力がこんなに要るものかと痛感しました。夏の太陽の下では、特に厳しい思いをしました。熱中症対策は重要です。また、2～3週間に一度しか畑に行けなかったのも、野菜の芽が出るか草の伸びが早いのか、虫がついたら、生育に合わせた間引きや追肥、土寄せなど食べられるようになるまでの管理は大変でした。片手間では駄目です。監督からは「百姓は大変だろ、正月の野菜が出来たね」と、労って貰ったところです。道の駅などに出せるようなものは作れませんでした。周りの人に喜んで食べていただいたのが成果です。冬野菜までの体験を並べましたが、また春から夏にかけての野菜づくりが始まります。晩酌の供に「野菜づくり」を体力が続く限り頑張っていきたいと思います。

JCMA 報告

平成 30 年度（一社）日本建設機械施工協会研究開発助成 助成対象とする研究開発の決定のお知らせ

平成 30 年度研究開発助成担当 技師長 梶田洋規

1. はじめに

（一社）日本建設機械施工協会は、平成 30 年度の研究開発助成対象研究開発を決定しましたのでお知らせいたします。

この「研究開発助成」は、建設機械及び建設施工に関する技術等の向上と普及を図り、もって国土の利用、開発及び保全並びに経済及び産業の発展に寄与することを目的として、建設機械又は建設施工（施工に伴う調査を含む）に関する優れた技術開発若しくは研究に対して助成する制度で、本年度は第12回目となります。

本年度は、応募 5 件に対して研究開発助成審査委員会（委員長 阿部 雅二郎 長岡技術科学大学 教授）において厳正な審査を行い、その審査結果を参考に『モニター画像からの重機の状態推定と現場環境モデルの構築に関する研究（芝浦工業大学 工学部 電気工学科 教授 吉見 卓氏）』の 1 件に対し助成することを当協会として決定しました。

なお、研究期間は平成 31 年 4 月から平成 32 年 3 月末で、研究開発成果は平成 32 年 11 月開催予定の「建設施工と建設機械シンポジウム」、機関誌「建設機械施工」等で発表される予定です。

2. 助成研究開発の概要

今回助成を決定した研究開発の概要は以下のとおりです。

○モニター画像からの重機の状態推定と現場環境モデルの構築に関する研究

芝浦工業大学 工学部 電気工学科 教授 吉見 卓氏

無人化施工においては、重機操縦者が遠隔地からモニター映像を通して無人の重機の状態や周囲環境の状況を確認しながら運転操作を行っている。その安全・確実・効率的な運転操作のためには、操縦者は各重機の位置や向き、姿勢等の状態を、常に正確に把握している必要がある。

そこで本研究では、重機操縦者に提示されるモニター映像に、人の骨格位置を画像のみから推定するア

ルゴリズムである Openpose アルゴリズムを適用することで、そこに映っている重機の位置・向き・姿勢を推定し、提示する手法・システムの構築を目指す。Openpose アルゴリズム自体には大きな変更は行わず、ツールとしての利用を想定し、重機のどの位置を関節位置としてモデル化するのが適切であるかといった点を考え、適用方法の工夫、検討を行う（図—1）。



図—1 重機の姿勢認識結果（イメージ）

さらに、得られた情報をゲームエンジンを利用して統合し、施工現場環境のモデル構築を行う。これにより、モデル構築における豊富な拡張機能、作業効率向上が期待される。構築する状態モデルの一例（イメージ）を図—2に示す。



図—2 構築する施工現場環境モデルの例（イメージ）

部 会 報 告**住友建機(株)千葉工場 JFE スチール(株)東日本製鉄所千葉地区
見学会報告**

機械部会 路盤・舗装機械技術委員会

1. はじめに

JCMA 機械部会路盤・舗装機械技術委員会では年間行事として現場見学、工場見学を毎年実施している。今年度は住友建機(株)様の千葉工場と JFE スチール(株)様の東日本製鉄所千葉地区を総勢 26 名にて訪問させて頂いた。今回の見学会では住友建機様で当委員会に関係の深い舗装機械の製造工場を、そして JFE スチール様では建設機械の原材料でもある鉄の製造工場を見学することができた。

2. 住友建機(株) 千葉工場

住友建機(株)は 1963 年に住友機械工業(株) (現、住友重機械工業(株)) の建機事業部としてスタート、ショベル及びクレーンについて米国リンク・ベルト社と技術提携し、翌年より機械式ショベルと機械式トラッククレーンの販売を開始した。その後 1975 年に油圧式ショベルの生産増強を目的に千葉工場が新設された。本工場では長い歴史の中で培った高度な技術に加えてさらなる効率化、また高い品質と信頼性の追求がなされている。7t から 80t の油圧ショベルとアスファルトフィニッシャが日々生産され国内だけでなく全世界にむけて出荷されている。

今回は油圧ショベル及びアスファルトフィニッシャの組立ラインと、アスファルトフィニッシャの最新モデル HA60W-10 を見学させて頂いた。

また、製造工場だけでなくサービストレーニングセンターをご紹介頂いた。社員だけでなく、代理店、そして、お客様の建設機械サービス員のサービススキル向上を目的に 2015 年に開設した施設で、油圧ショベル及びアスファルトフィニッシャの整備業務全般の講習、実技訓練を行っている。アスファルト合材の敷き均しを現場以外で体験することは通常難しいが、模擬材料を使用したアスファルトフィニッシャの敷き均し訓練も行うことができる。施設にはスタッフの方たちが制作した油圧機器のカットモデルや改良を重ねてきた溶接実習のブース等があり、よりよい環境で実のあ



写真—1 集合写真 住友建機(株)千葉工場様にて

るトレーニングを提供している。知識と技能技術を習得し、自信とスキルを向上させるべく当施設を訪れた受講者は約 5,000 名になる。

3. JFE スチール(株)東日本製鉄所 千葉地区

東京ディズニーランド 10 個分の敷地面積を持つ JFE スチール東日本製鉄所千葉地区は、1951 年に開設された製鉄所である。重厚長大企業が無かった京葉地区に 200 億円 (当時の千葉市財政規模の 40 倍) を投じて開設、京葉臨海コンビナート進出第 1 号となった。当時はまだ戦後であり製鉄所建設のための莫大な投資に対して大きな批判もあったとのことだが、日本初の銑鋼一貫の臨海製鉄所として開設、日本の高度経済成長の礎を担った。因みに開所以来 60 年間で生産した鉄鋼は東京タワー約 5 万 3,000 本分に相当する。

現在、世界の粗鋼生産の約半分は中国によるものだが、会社別でみると JFE スチール(株)の生産量は年間 3 千万 t で世界第 8 番目の生産量を誇る。当千葉地区の特徴は①シンプルで効率的な生産工程、②高品質の薄板製品に特化、③クリーンな都市型製鉄所ということで、効率的で高い生産及び世界に冠たる高い品質を実現している。高品質な薄板製品は自動車・家電・電化製品・飲料缶に使用されている、品質の高い



写真—2 集合写真 JFE スチール(株)東日本製鉄所 (千葉地区) 様にて

薄板技術は時代とともに高められ洗練され、複雑な流線型デザインの自動車ボディや軽い飲料缶となってわれわれの生活に提供されている。

千葉地区はクリーンな都市型の製鉄所である。市街地に近く、隣接した商業施設もあるので、さまざまな粉塵飛散防止対策を講じている。当地区では降下煤塵量を計測しホームページで結果を公表しているが、その測定数値は千葉市の環境目標値を下回っている。

4. 見学所感

住友建機様の工場見学では品質の向上と信頼性の追求、先進的なものへ取り組む姿勢を垣間見ることが出

来た。また、サービス員のスキル向上を目的としたサービストレーニングセンターは国内舗装業界を支えるものであると、その活動に敬服した。

JFE スチール様では日本の高度経済成長の礎を担った重厚長大企業の歩み、世界最高レベルの品質と製品の製造といった貴重なお話に感銘を受けた。また、クリーン環境実現に向けた取り組みや社会貢献活動についても知ることが出来た。

限られた時間の中での見学会であったが、普段立ち入ることの出来ない工場を見学し貴重なお話をお伺いし、今回も大変有意義な時間を過ごすことが出来た。

5. おわりに

最後に住友建機(株)様、住友建機販売(株)様、JFE スチール(株)東日本製鉄所千葉地区様には当委員会見学を快く受け入れていただき、最先端に行く工場設備や製品、取り組みをご紹介いただき見学させていただきましたことに心より感謝し厚く御礼申し上げます。

J C M A

【筆者紹介】

田中 誠 (たなか まこと)
キャタピラー・ジャパン (同)
舗装機械担当



新工法紹介 機関誌編集委員会

03-186	「水平自動搬送システム」 (T-CART1000)	戸田建設
--------	------------------------------	------

▶ 概 要

本システムは、AGV^{※1}「T-CART1000」を用いて資機材の自動搬送を行い、搬送作業の省力化を実現する。従来は、ハンドパレットやキャスター台車を用いて3～5人がかりで行っていた作業を、AGVが代替して行う。オペレーターが初期設定を行った後は、無人で運用でき、大幅な省力化が可能である。

▶ 自動搬送の手順

図-1に水平自動搬送の概要を示す。自動搬送の手順を以下に示す。

- 1) RFID^{※2}タグを取付けられた資機材がゲートアンテナに接近すると、管理PCがゲートアンテナを介してRFIDタグに登録された資機材の寸法等の情報を自動取得する。
- 2) 管理PCに資機材の情報が届くと、あらかじめ登録しておいた搬送先の情報をAGV「T-CART1000」に送信する。
- 3) 搬送予定の資機材を専用台車に載せて所定の位置に置いておくと、「T-CART1000」が専用台車の下に潜り込んで牽引し、搬送先まで自動で搬送する（専用台車を使わず、直接積載も状況に応じて可能）。

▶ 特 徴

- 1) SLAM^{※3}を採用しており、磁気テープ等のガイドが不要
- 2) 走行ルートを管理PCで容易に設定可能
- 3) 資機材に応じて専用台車牽引、直接積載の選択が可能

- 4) 管理PC1台につき3台までのAGVを連動可能
- 5) 障害物を検知し、自動で回避することが可能
- 6) 許容積載重量1000kg、本体重量200kg

本体寸法 W680 × H1200 × H170

連続走行可能時間 4時間

▶ 用 途

- ・仕上げ資材等の水平搬送

▶ 実 績

- ・関東近郊の3現場

▶ 問 合 せ 先

戸田建設(株) 技術開発センター 施工革新ユニット

サブマネージャー 市村 元

〒104-0031 東京都中央区京橋 1-7-1

TEL：050-3818-5234（直通）

※1 AGV：Automated Guided Vehicleの略称。コンピュータ制御により無人で走行し、搬送や荷役を行う車両のこと。レール上を走行するタイプと軌道を持たず走行するタイプがある。

※2 RFID：Radio Frequency Identifierの略称。ID情報を埋め込んだRFタグから、電磁界や電波などを用いた近距離（周波数帯によって数cm～数m）の無線通信によって情報を取得できる技術。

※3 SLAM：Simultaneous Localization and Mappingの略称。測域センサー等を用いて、自己位置推定と周辺環境の地図作成を同時に行う技術。

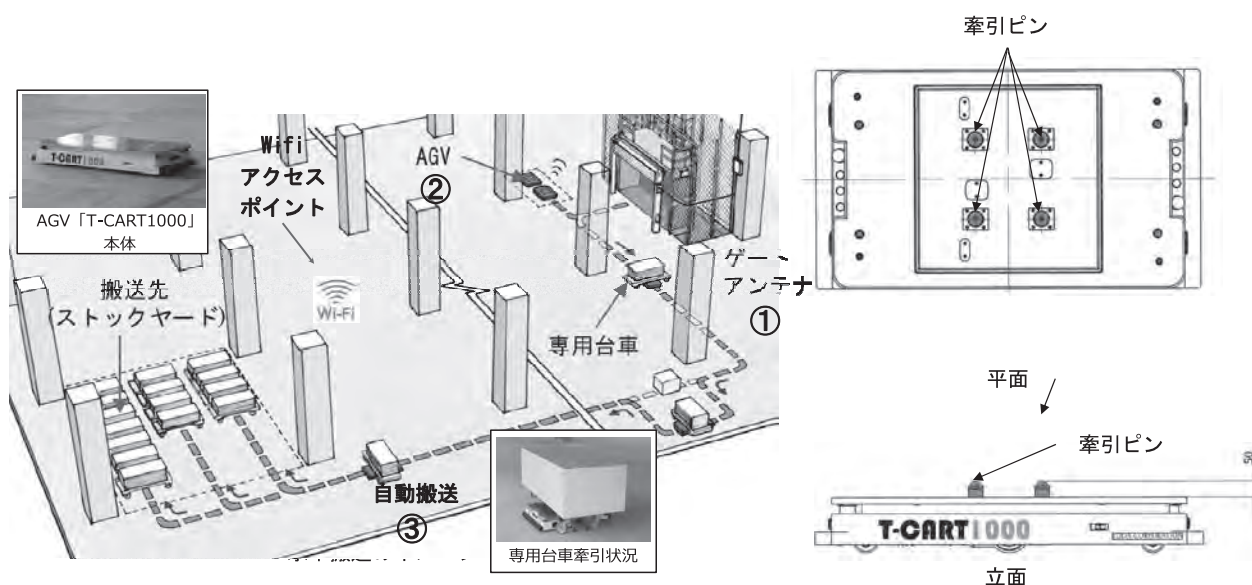


図-1 水平自動搬送の概要図

新工法紹介

04-399	「アクティブターゲットサイレンサー」と「チューブセルサイレンサー」による発破音対策システム	フジタ
--------	---	-----

▶ 概要

山岳トンネル工事における発破掘削は、昼夜を問わず一日に複数回行われ、非常に大きな騒音が発生する。掘削の初期段階では全周波数帯域の音が問題となる一方、掘削距離が進むにつれて可聴音が減衰するため低周波音が卓越した周波数特性になるなど、掘削段階により特性が異なる発破音対策は技術的難易度が高いものとされている。

そこで当社は、制御対象周波数の異なる二つの対策技術を組み合わせることにより、掘削段階に応じて効率的に発破音を低減するシステムを開発し、現場適用実験によりその効果を確認した。

▶ 特徴

「アクティブターゲットサイレンサー」

- ① 音の波動性を利用したアクティブノイズコントロールを用い、対象民家への伝搬音を瞬時に解析し、制御スピーカから発破音を打消す逆位相音を再生。制御点近傍における 100 Hz 以下の低周波音を局所的に低減（図—1、写真—1）。
- ② 坑口から離れた地点で制御を行うことで、制御スピーカの設置数や出力レベルが抑えられ、坑口から 100 m 地点において 100 Hz 以下の低周波音を制御する場合、スピーカ 1 台でおよそ 200 m² の範囲を 5～10 dB 低減することが可能。

「チューブセルサイレンサー」

- ① 防水シート張り台車など、トンネル坑内に設置される作業台車に多孔質吸音材を取付けることで、100 Hz 以上の可聴音を低減させるサイレンサーを形成（図—2、写真—2、3）。
- ② 100～1000 Hz の周波数帯域で 4～6 dB 程度の低減効果が得られ、可聴音が問題となる掘削初期にサイレンサーとして利用した後、作業床の吸音材を取外すことで通常の作業台車として利用することが可能。

当社が施工するトンネル工事で検証した結果、両システムの組み合わせにより騒音レベルで 10 dB、低周波音レベルで 6 dB の低減効果を確認した。

▶ 用途

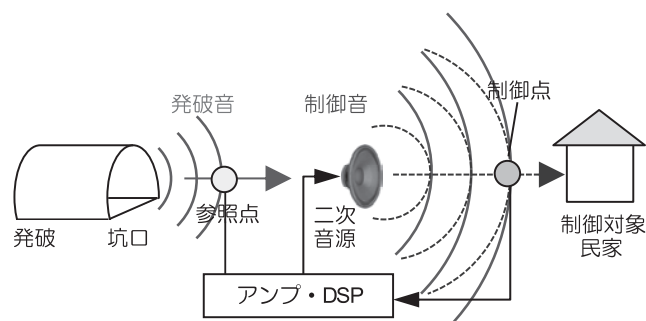
・山岳トンネル工事

▶ 問合せ先

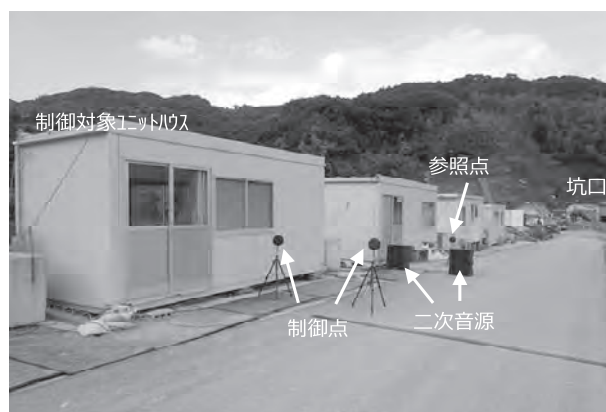
(株)フジタ 建設本部 阿部将幸

〒243-0125 神奈川県厚木市小野 2025-1

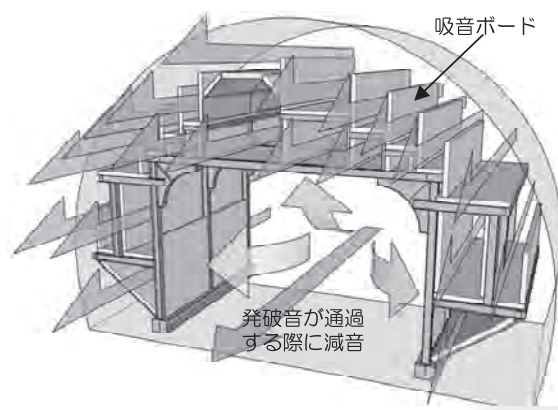
TEL：046-250-7095



図—1 「アクティブターゲットサイレンサー」システム概要



写真—1 ユニットハウスを制御対象とした検証実験の様子



図—2 「チューブセルサイレンサー」断面図



写真—2 吸音材取付前



写真—3 吸音材取付後

新工法紹介

11-113	3D レーザースキャナーを用いた 構造物の自動出来形検測システム 「SMC- スマートメジャー」	三井住友建設
--------	--	--------

▶ 概 要

構造物の出来形検測作業では、現在に至っても2名1組となりスケール（メジャー）を用いて採寸し記録している。また合否判定のための検測では発注者機関の立会いが必要であるとともに、机上確認の際にはエビデンスとして各部材寸法をおさめた写真と出来形検測調書を提出する必要がある、一連の検査業務が施工管理者にとって大きな負担となっている。一方、出来形検測作業の代替技術として高精度な計測が可能な3D レーザースキャナー等のICTによって建設生産プロセスの生産性向上が期待されている。しかし、膨大な量の三次元点群データの処理方法や時間、データを取り扱う熟練技術者の確保などの課題が山積しており、抜本的な管理体制の改善は図れていない。

そこで、三井住友建設はそれらの課題を解決するため、構造物の自動出来形検測システム「SMC- スマートメジャー」を開発した（図-1）。本システムは、3D レーザースキャナーで計測した三次元点群データから構造物の断面形状を自動抽出し、指定した箇所の出来形寸法を自動検測し、施工管理の記録書類である出来形検測調書に自動出力するシステムである。

▶ 特 徴

- ①施工管理者は、三次元点群データのファイル指定とSMC スマートメジャーの実行キーを押すだけで、点群データの合成から設計断面の指定、実構造物の断面形状抽出、寸法測定お

よび記録書類（帳票）の作成までの一連業務を全自動化。

- ②抽出された実構造物の断面形状は、三次元CADデータとして出力可能で、寸法測定精度はスケール（メジャー）と同等レベル。
- ③三井住友建設が推進する橋梁建設のプラットフォーム「SMC-Bridge」（クラウド）上で出力データを共有できるため、発注者を含む全ての関係者で情報を取得し運用可能。
- ④As Built データとして橋梁断面を取得し、供用開始時の初期データとして活用することで、将来の維持管理の効率化やライフサイクルコストの低減を図ることも可能。
- ⑤開発中の3D レーザースキャナー自動搬送装置が完成すると計測はほぼ無人化され、労働生産性の向上は約2倍に向上。

▶ 用 途

- ・コンクリート橋上部工の出来形検査
- ・上記ほか、コンクリート工場製品の出来形検査など

▶ 展 開

- ・国土交通省「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」対象技術Ⅱ：データを活用して土木工事における品質管理の高度化等を図る技術に採用され、現在試行中（2018年度）。

▶ 問 合 せ 先

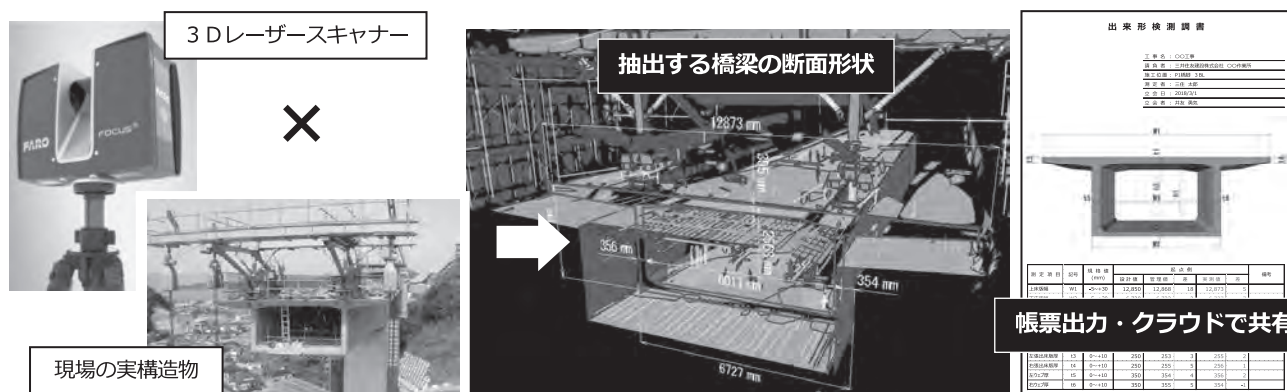
三井住友建設㈱

〒104-0051 東京都中央区佃二丁目1番6号

広報室 平田 豊彦

TEL：03-4582-3015 FAX：03-4582-3204

E-mail：information@smcon.co.jp



3Dレーザースキャナー × 現場の実構造物 → 三次元点群データから断面形状抽出・寸法計測・帳票作成を全自動化

図-1 SMC- スマートメジャーの概要

新機種紹介 機関誌編集委員会

▶ 〈02〉 掘削機械

18-〈02〉-11	ヤンマー建機 後方超小旋回ミニショベル ViO20-6	'18.10 発売 モデルチェンジ
------------	-----------------------------------	----------------------

機械質量 2t クラスの後方超小旋回ミニショベルのモデルチェンジである。従来モデルの輸送性をそのままに ECO モード、オートデセル、外部エンジン停止 SW、液晶モニタを標準装備し、燃費性能向上及び排出ガス、低騒音といった環境性にも考慮している。

ECO モード使用時は、通常状態よりも 20% 燃費低減している。また、上位クラスと同様にクレーン機能及び作業機制限機能もオプション設定している。

表ー1 ViO20-6 の主な仕様

バケット容量 (山積)	(m ³)	0.06
最大掘削深さ	(m)	2.27
床面最大掘削半径	(m)	4.02
最大掘削高さ	(m)	4.07
機械質量	(t)	1.99
定格出力	(kW (PS)/min ⁻¹)	14.3 (19.4) / 2,400
走行速度 高速/低速	(km/h)	4.2 / 2.2
旋回速度	(min ⁻¹ rpm)	10 10
接地圧	(kPa)	25.1
最低地上高	(m)	0.26
クローラ中心距離	(m)	1.13
クローラ全幅 (シュー幅)	(m)	1.38 (0.25)
全長×全幅×全高 (輸送時)	(m)	3.89 × 1.38 × 2.40
価格 (税抜き)	(百万円)	3.70

※仕様は、キャノピ、標準ゴムクローラ



写真ー1 ヤンマー建機 ViO20-6 ミニショベル (後方超小旋回型ミニショベル)

ション設定している。

低重心化により、安定した作業性を確保すると共に、クローラの幅よりアッパ後端が突出しない完全ゼロテールとし、オペレータは後方を気にせず作業することができ、運転負担の軽減を図っている。

また、高耐久長寿命の LED ライトにより、夜間作業での視認性向上が図られている。

TOPS/ヘッドガード基準に適合した 2 柱キャノピ仕様を標準とし、ROPS 対応の 4 柱キャノピ、キャビン仕様もラインナップしている。

問合せ先：ヤンマー建機(株) 開発部

福岡県筑後市熊野 1717-1

18-〈02〉-12	日立建機 ハイブリッド油圧ショベル ZH120-6	'18.10 発売 新機種
------------	---------------------------------	------------------

油圧蓄圧式ハイブリッドシステム「HIOS IV -HX」を搭載した 12t クラスのハイブリッド油圧ショベルである。

ブーム下げのエネルギーをアキュムレータに蓄圧し、貯められた圧力を使用してフロント動作、および操作回路をアシストする油圧蓄圧式ハイブリッドシステムにより、コストアップを最小限に抑えつつ、燃料消費量を ZX120-5B と比較して 12% 低減している。

「2020 年燃費基準 100% 達成建設機械☆☆☆」、および「低炭素型建設機械」に認定されているほか、NETIS (新技術情報提供システム) にも、「油圧蓄圧式油圧ショベル」として登録されている。

燃費性能の向上に加え、尿素 SCR なしでオフロード法 2014 年基準に適合させることにより、尿素水の管理や補充の手間を省き、ライフサイクルコストの低減を図っている。

表ー2 ZH120-6 の主な仕様

標準バケット容量	(m ³)	0.5
運転質量	(t)	12.8
エンジン定格出力	(kW/min ⁻¹)	73/2,000
最大掘削半径	(mm)	8,300
最大掘削深さ	(mm)	5,540
最大掘削高さ	(mm)	8,600
最大ダンプ高さ	(mm)	6,190
最大掘削力 (昇圧時)	(kN)	104
旋回速度	(min ⁻¹)	13.3
走行速度 (高/低)	(km/h)	5.5 / 3.1
全長	(mm)	7,700
全幅	(mm)	2,490
全高	(mm)	2,870
後端旋回半径	(mm)	2,190
最低地上高さ	(mm)	410
標準小売価格	(百万円)	14.4

(注) 価格は工場裸渡し、消費税別。

新機種紹介



写真—2 日立建機 ZH120-6 ハイブリッド油圧ショベル

車体上部へのハンドレールや、広範囲に大きく開く全開式エンジンカバーにより、メンテナンス作業時の安全性およびメンテナンス性の向上を図っている。

また、バッテリーを電気系統から遮断できる、「バッテリーディスコネクトスイッチ」により、メンテナンス中の感電事故のリスクの低減を図っている。

問合せ先：日立建機(株) 経営管理統括本部 ブランド・コミュニケーション本部 広報戦略室 広報・IR部 広報グループ
〒110-0015 東京都台東区東上野二丁目16番1号

▶ 〈13〉 舗装機械

18-〈13〉-02	住友建機 クローラ式アスファルトフィニッシャー HA45C-10	'18.08 発売 新機種
------------	--	------------------

オフロード法2014年基準に適合したクローラ式アスファルトフィニッシャーである。道路舗装をはじめ、駐車場や小規模な現場にも対応可能なコンパクトボディと、自社独自の2mから4.5mまで無段階に伸縮可能な3連伸縮スクリード（J・Paver スクリード※1）を組み合わせ、舗装の精度および品質の向上を図っている。

運転席には7インチの高輝度カラーモニターを採用し、ホッパ内に設置された監視カメラにより、アスファルト合材残量およびホッパ前方の安全確認作業をサポートしている。また、運転席パネルの色分けにより、使用頻度の高いスイッチ類の視認性を高め、オペレーターの操作性の向上を図っている。

環境に配慮したエンジンとエコモード機能により、低燃費運転を図っている。最高舗装速度が24.9m/分となるパワーモード機能により、作業量の確保を図っている。また、軟弱地盤でも安定したクローラ走行が可能である。

メンテナンス面では、自社独自の遠隔稼働管理システムのG@Nav

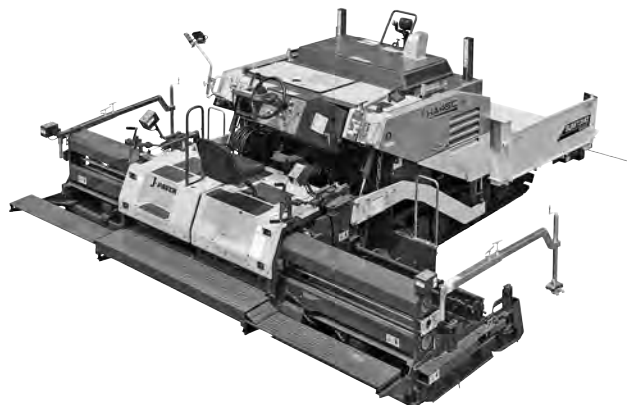
（ジーナビ）により、機械の稼働をサポートしている。また、使用頻度の高い点検機器類をサイドカバー内に集約し、点検・整備における作業効率の向上を図り、運転席パネルのカラーモニターにより、機械コンディション、各種作業情報を確認できる。

※1 J・Paver スクリード

住友建機が独自に開発した延長スクリードを必要としない伸縮自在のスクリード

表—3 HA45C-10の主な仕様

舗装幅	(m)	2.0 ~ 4.5 (無段階)
舗装厚	(mm)	10 ~ 150
舗装速度	(m/min)	1 ~ 24.9
ホッパ容量	(t)	約 4.2
質量	(kg)	7,400
長さ×幅(輸送時)×高さ	(mm)	5,205 × 2,180 × 2,055
総排気量	(cc)	3,769
定格出力	(kW/min ⁻¹)	54.6/2,200
最大トルク	(N・m/min ⁻¹)	305.4/1,500
価格	(百万円)	35.9



写真—3 住友建機 HA45C-10 クローラ式アスファルトフィニッシャー

問合せ先：住友建機販売(株) 営業企画部

〒141-6025 東京都品川区大崎2-1-1

▶ 〈14〉 維持修繕・災害対策用機械および除雪機械

18-〈14〉-05	アクティオ 軽散水車 AST350	'18.04 レンタル開始 新機種
------------	-------------------------	-------------------------

狭い公道や市道でも路面の清掃や粉塵の抑制ができる軽トラック散水車である。

従来の軽散水車は、発電機、高圧洗浄機、ポリローリタンクを搭載するため、軽トラックの最大積載量350kgを超過する車両やフ

新機種紹介

ロントバンパーからノズルが前方へはみ出した車両など、道路運送車両法に抵触する場合があった。

本機は、適法に道路を走行でき、小回りが利く、コンパクト設計となっている。

動力源を車両エンジンで発電した電源をインバーターで制御しポンプを駆動させ加圧散水できる。発電機や高圧洗浄機をなくすことにより、最大 350 L の水を積載することが可能である。発電、散水バルブの操作は運転席よりでき散水車としての要件を満たしている。車両前方は加圧式散水に、後方は重力散水にすることで、散水量を増やしている。また低速で街路樹などに散水できる左側方散水を設置し、車両後部には手持ち散水ノズル（ホースは 10 m）を搭載している。前方散水 4.3 L/min、後方散水 6.1 L/min。前方・後方全開で 10.4 L/min。全開で 30 分以上の散水が可能である。オートマチック車のため、AT 限定免許でも運転が可能である。また、低速（徐行）走行での散水もできる。

普通運転免許で運転できるので、建築・土木現場に限らず、幅広い用途に利用できる。

表—4 AST350 の主な仕様

全長	(mm)	3,395
全幅	(mm)	1,475
全高	(mm)	1,760
最大積載量	(kg)	350
車両総重量	(kg)	1,425
乗車定員	(人)	1
車体の形状		散水車
駆動方式		パートタイム 4WD（4 輪駆動）



写真—4 アクティオ 軽散水車 AST350

問合せ先：(株)アクティオ 広報課

〒103-0027 東京都中央区日本橋 3-12-2 朝日ビルディング 7 階

▶ 〈19〉建設ロボット、情報化機器、タイヤ、ワイヤロープ、検査機器等

18-〈19〉-08	日立建機 ICT 油圧ショベル ZX135USX-6	'18.07 発売 新機種
------------	----------------------------------	------------------

オフロード法 2014 年基準に適合し、ICT 機能を搭載した油圧ショベルである。

国土交通省が推進する i-Construction に対応するとともに、13 t クラスの後方超小旋回型の特徴を生かした、建築基礎、宅地造成、圃場整備などのさまざまな現場での ICT 施工の支援を図っている。

車体と施工目標の位置関係や姿勢情報を 2D または 3D で示す「マシンガイダンス機能」や、施工目標データに基づき車体を半自動制御する「マシンコントロール機能」を備えた情報化施工対応システム「Solution Linkage Assist」を搭載している。

施工目標面は、2D では専用モニタで直接入力し、3D では 3D 設計データを取り込むことで入力する。また、専用モニタを大画面タッチパネル式とすることにより各種機能を見やすくし、直観的な操作が可能である。

「マシンコントロール機能」は、施工目標面を掘り過ぎることなく自動でブーム上げ操作やアーム速度調整を行う「掘り過ぎ防止機能」により、効率的な掘削・整地を行う。「掘り過ぎ防止機能」には、速度優先の「粗掘削モード」と、仕上げ精度優先の「仕上げモード」の 2 つのモードが用意されている。また、整地の際には施工目標面に対してバケット角度を一定にする「バケット角度保持モード」を使用することで、バケットのレバー操作をすることなく法面仕上げを行える。

応答性のよいフロント姿勢センサにより、マシンコントロール作業で求められる速度や精度・操作性の向上を図っている。

さらに、クラウドソリューションサービス「Solution Linkage Cloud」との連携を可能としている。

表—5 ZX135USX-6 の主な仕様

標準バケット容量	(m ³)	0.5
運転質量	(t)	13.9
エンジン定格出力	(kW/min ⁻¹)	74.9/2,000
最大掘削半径	(mm)	8,390
最大掘削深さ	(mm)	5,490
最大掘削高さ	(mm)	9,290
最大ダンプ高さ	(mm)	6,830
最大掘削力（昇圧時）	(kN)	104
旋回速度	(min ⁻¹)	13.3
走行速度（高／低）	(km/h)	5.5／3.3
全長	(mm)	7,370
全幅	(mm)	2,490
全高	(mm)	2,870
後端旋回半径	(mm)	1,490
最低地上高さ	(mm)	410
標準小売価格	(百万円)	32.0（3DMC）

新機種紹介



写真—5 日立建機 ZX135USX-6 油圧ショベル

問合せ先：日立建機(株) 経営管理統括本部 ブランド・コミュニケーション本部 広報戦略室 広報・IR部 広報グループ
〒110-0015 東京都台東区東上野二丁目16番1号

18-〈19〉-12	Terra Drone Terra Lidar (マルチ GNSS アンテナ型 UAV レーザシステム)	'19.01 発売 新機種
------------	---	------------------

UAV (※1) 写真測量をする際に、測量時間や作業効率の向上を図るシステムである。

ここ数年 UAV 写真測量技術は急速な発展をしており、公共測量マニュアル案が国土交通省より発行されるなど、UAV レーザ測量も注目を集めている。UAV レーザ測量には森林下の地表面を計測できるという点をはじめ、UAV 写真測量の SfM (Structure from Motion) に比べて点群生成時間が短い点などの利点がある。

3次元空間上の位置を計測するセンサである GNSS アンテナが幾何的な位置関係を変えずに UAV に固定されている場合、3点の GNSS アンテナの位置関係から UAV の姿勢が算出可能となる。姿勢を高精度に求めるため、UAV に搭載する1周波 GNSS と地上の基準局を用いたキネマティック測位を用いて GNSS の位置測位精度の向上を図っている。アンテナ間の距離を大きくとって GNSS の位置の不確かさ成分の姿勢算出に対する影響を減らすため基線長と要求精度のシミュレーション結果より最適なハードウェアの設計を行っている。複数の GNSS アンテナを用いることで、UAV の姿勢、位置の精度の向上を図っている。本システムを用いて、2018年4月4日茨城県古河市で評価実験を行っている。

傾きなどの位置姿勢推定を行う IMU (※2)、現在位置を決定する衛星測位システムの GNSS、対象物をレーザの照射・反射時間に

よって計測するレーザの3つが用いられてきた従来型の UAV レーザに対し、IMU を必要としない構成によって従来型のシステムで飛行開始時と終了時に必要であった事前飛行を不要としている。

事前準備場所の確保や複雑な航路の操縦などといったオペレータの負担を軽減し、離陸直後から測位が可能となる。

システムの価格を約1,500万円～3,000万円の価格帯の IMU センサ方式に比べて1/2～1/3で提供可能としている。

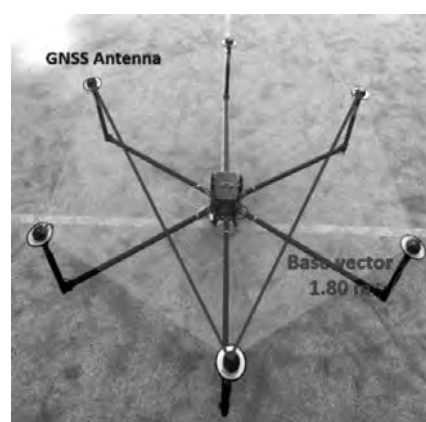
現状20～30分程度とされる UAV のバッテリーの持続時間を2～6分節約する上、事前準備場所の確保や複雑な航路の操縦などといったオペレータの負担を軽減し離陸直後から測位が可能となる。

- ※1. 無人航空機(UAV:Unmanned Aerial Vehicle 通称ドローン)
- ※2. 慣性計測装置(IMU:Inertial Measurement Unit) 運動を司る3軸の角度(または角速度)と加速度を検出する装置。

表—6 Terra Lidar の構成

部品	製作会社	型式
Laser scanner	Velodyne	VLP-16
GNSS receiver	Ublox	NEO-M8T
GNSS Antenna	Tallysman	TW2710

※本体価格(税込)5～(百万円)



写真—6 Terra Drone Terra Lidar マルチ GNSS アンテナ型 UAV レーザシステム

問合せ先：Terra Drone(株)
〒150-0001 東京都渋谷区神宮前5-53-67

— 記 —

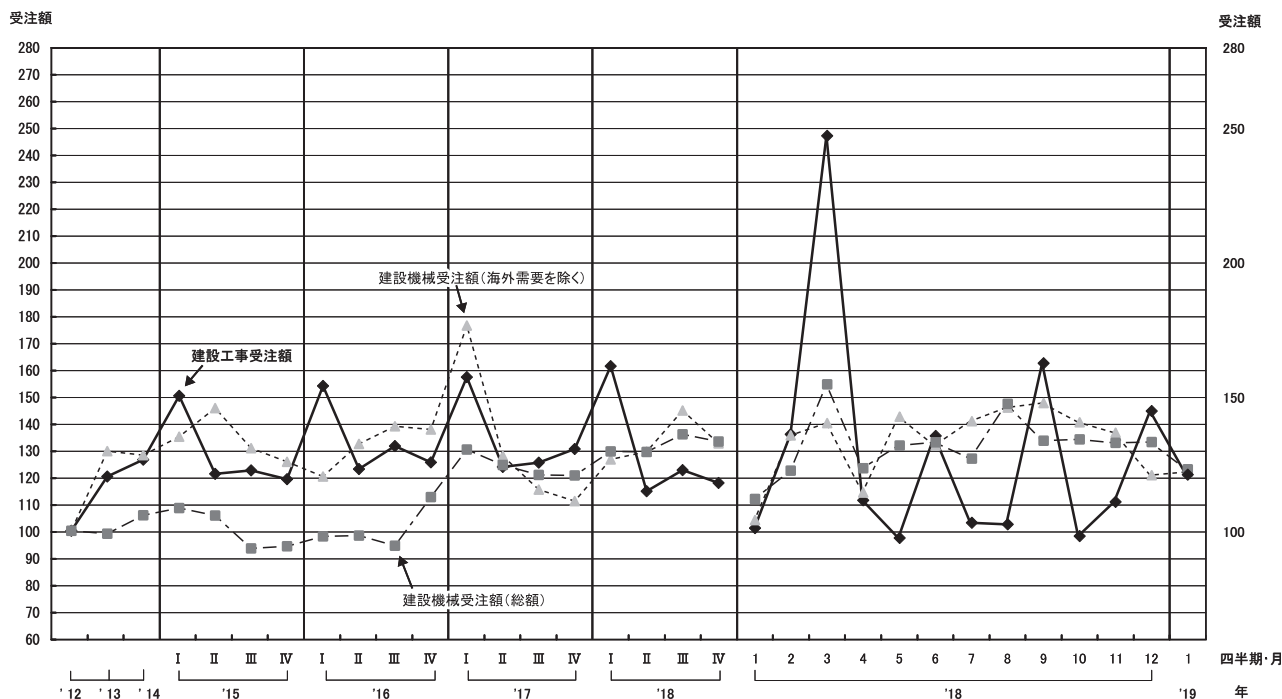
お詫び：先月号(H31年3月号)に掲載したキャタピラー・ジャパン油圧ショベル Cat336/336GCについて表—2の価格に誤記がありましたので訂正させていただきます。

336の価格(千円) 誤：33,815.70 正：37,534

336GCの価格(千円) 誤：37,534 正：33,815.7

建設工事受注額・建設機械受注額の推移

建設工事受注額：建設工事受注動態統計調査(大手50社) (指数基準 2012年平均=100)
建設機械受注額：建設機械受注統計調査(建設機械企業数24前後) (指数基準 2012年平均=100)



建設工事受注動態統計調査 (大手 50 社)

(単位：億円)

年 月	総 計	受 注 者 別						工 事 種 類 別		未消化 工事高	施工高
		民 間			官 公 庁	そ の 他	海 外	建 築	土 木		
		計	製 造 業	非製造業							
2012 年	110,000	73,979	14,845	59,133	26,192	4,896	4,933	76,625	33,374	113,146	111,076
2013 年	132,378	89,133	14,681	74,453	31,155	4,660	7,127	90,614	41,463	129,076	120,941
2014 年	139,286	80,477	16,175	64,302	43,103	4,822	10,887	86,537	52,748	138,286	125,978
2015 年	141,240	96,068	19,836	76,235	35,633	4,993	4,546	95,959	45,281	141,461	141,136
2016 年	146,991	99,541	17,618	81,923	38,894	5,247	3,309	98,626	48,366	151,269	134,037
2017 年	147,828	101,211	20,519	80,690	36,650	5,183	4,787	99,312	48,514	165,446	137,220
2018 年	142,169	100,716	24,513	76,207	30,632	8,561	5,799	95,252	46,914	166,043	141,691
2018 年 1 月	9,256	6,082	1,439	4,644	2,213	491	469	6,269	2,987	164,744	8,927
2 月	12,479	8,030	2,160	5,870	3,428	383	638	7,722	4,757	165,489	11,064
3 月	22,717	15,428	3,004	12,424	5,894	556	839	14,500	8,216	170,719	19,336
4 月	10,212	7,007	1,473	5,534	2,473	438	293	5,763	4,448	171,143	8,522
5 月	8,921	6,449	2,271	4,178	1,940	330	202	6,091	2,830	170,234	9,361
6 月	12,424	9,114	2,245	6,869	2,100	487	723	8,989	3,435	170,862	13,342
7 月	9,439	6,656	2,205	4,451	1,445	358	980	6,221	3,217	170,204	9,200
8 月	9,390	6,336	1,863	4,474	2,564	380	109	6,512	2,878	169,495	10,528
9 月	14,917	11,535	2,443	9,092	2,382	444	555	10,589	4,328	169,770	14,265
10 月	8,982	6,236	1,417	4,820	2,029	430	285	6,052	2,930	170,072	9,948
11 月	10,161	7,584	1,656	5,929	1,869	325	383	7,261	2,900	168,450	11,647
12 月	13,271	10,259	2,337	7,922	2,295	3,939	323	9,283	3,988	166,043	15,551
2019 年 1 月	11,088	7,006	1,799	5,207	2,713	314	1,054	6,304	4,783	—	—

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	12 年	13 年	14 年	15 年	16 年	17 年	18 年	18 年 1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	19 年 1 月
総 額	17,343	17,152	18,346	17,416	17,478	21,535	22,923	1,617	1,770	2,237	1,784	1,906	1,923	1,836	2,132	1,932	1,940	1,921	1,925	1,777
海 外 需 要	12,357	10,682	11,949	10,712	10,875	14,912	16,267	1,185	1,206	1,654	1,309	1,313	1,375	1,250	1,525	1,318	1,356	1,353	1,423	1,270
海外需要を除く	4,986	6,470	6,397	6,704	6,603	6,623	6,656	432	564	583	475	593	548	586	607	614	584	568	502	507

(注)) 2012～2014 年は年平均で、2015～2018 年は四半期ごとの平均値で図示した。

2018 年 1 月以降は月ごとの値を図示した。

出典：国土交通省建設工事受注動態統計調査

内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

行事一覽

(2019年2月1日～28日)

機 械 部 会



■建築生産機械技術委員会 (ラフテレーン作業燃費分科会)

月 日：2月5日 (火)

出席者：石倉武久委員長ほか6名

議 題：ラフテレーン作業燃費基準について：最大吊り荷重80t以上の機械の対応に関する検討

■コンクリート機械技術委員会

月 日：2月7日 (木)

出席者：野中祥昌委員長ほか9名

議 題：① JIS A 8612:2008(コンクリートポンプ車のブーム装置先端のホース延長について) について全圧連からの要求事項に対する討議 ② HP 見直しの件 ③ H30 年度活動報告, H31 年度事業計画の策定 ④ 委員長, 副委員長の改選

■トラクタ技術委員会

月 日：2月8日 (金)

出席者：椎名徹委員長ほか5名

議 題：① ジック(株)「建設業界におけるセンシング技術活用事例」について技術紹介 ② 次期燃費基準の件：燃費低減技術アンケート結果について、燃費基準の区分に関する検討 ③ 次期排出ガス規制対応部会 (12/17, 2/4 開催) の概要報告 ④ 建設機械の燃費測定方法の国際標準化 (ISO 化) について ⑤ H31 年度事業計画策定について

■基礎工事用機械技術委員会

月 日：2月13日 (水)

出席者：遠藤智委員長ほか14名

議 題：① 三信建設工業(株)による「薬液注入工法」のセミナー ② (株)加藤製作所「都市型アースドリル KE-1500Ⅲ」製品紹介 ③ 標準部から：「ISO TC195/SC3 設置と委員選出」の件 ④ H31 年度事業計画策定の件

■トンネル機械技術委員会 幹事会

月 日：2月15日 (金)

出席者：坂下誠幹事ほか7名

議 題：① ICT 技術アンケート結果まとめ方について ② 見学会について：シールドトンネル見学会の最終確認 ③ 1月23日開催の技術講演会に関する意見収集 (次年度対応のため) ④ 次期委員長選出の件 ⑤ H31 年度事業計画策定の件

■トンネル機械技術委員会 見学会 東京外かく環状道路 本線トンネル (北行) 工事現場見学

月 日：2月19日 (火)

参加者：室賀大二郎幹事ほか38名

見学内容：① 工事現場概要説明 ② 工事現場見学 ③ 質疑応答

■合同部会 (主催 機械部会)

月 日：2月20日 (水)

出席者：福本英士機械部会長ほか128名

議 題：講演4本 ① トンネル施工現場における安全管理支援システムについて：(独法) 労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所 統括研究員 清水尚憲様 ② 安全に関する運転支援装置の各社の取組みについて：機械部会 ショベル技術委員会 委員長 日立建機(株) 研究・開発本部事業戦略室 室長 西田利明様 ③ 「ICT 施工及び i-Con 施工事例収集・分析」の取り組み中間報告：建設業部会 機電 i-Con 現場 WG 主査 鹿島建設(株) 機械部 技術1グループ長 宮内良和様 ④ i-Construction の取り組みについて：(一社) 日本建設機械施工協会 梶田洋規技師長

■路盤・舗装機械技術委員会 見学会 住友建機(株)千葉工場, JFE スチール(株)東日本製鉄所 見学

月 日：2月21日 (木)

参加者：山口達也委員長ほか25名

見学内容：① 住友建機(株)千葉工場：油圧ショベル生産ライン, アスファルトフィニシャーの生産, トレーニングセンタの見学 ② JFE スチール(株)東日本製鉄所：千葉地区の概要説明, 圧延工場見学

■ショベル技術委員会

月 日：2月22日 (金)

出席者：西田利明委員長ほか9名

議 題：① ジック(株)「建設業界におけるセンシング技術活用事例」について技術紹介 ② 次期燃費基準の件：燃費低減技術アンケート結果の報告 ③ 次期排出ガス規制対応部会 (12/17, 2/4 開催) の概要報告 ④ 合同部会で発表した「安全に関する運転支援装置」について内容共有 ⑤ 標準部から：建設機械の燃費測定方法の国際標準化 (ISO 化) について ⑥ H31 年度事業計画策定の件

■建築生産機械技術委員会 (ラフテレーン作業燃費分科会)

月 日：2月28日 (木)

出席者：石倉武久委員長ほか4名

議 題：ラフテレーン作業燃費基準について：最大吊り荷重80t以上の機械の

対応と認定開始時期の検討

標準部会



■ISO/TC 195/SC 1 建設用機械及び装置—コンクリート機械及び装置分科委員会

月 日：2月7日 (木)

出席者：清水委員 (KYB) ほか6名

場 所：協会 会議室

議 題：① SC 1 案件の審議-WG 6 中国提案, WG 7 米国提案, WG 4 日本提案 対応協議 ② 2019 年 ISO/TC 195 国際会議 (11/18～22@ 神戸商工会議所) 開催準備状況

■ISO/TC 195/WG 8 建設用機械及び装置—自走式破碎機分科委員会 (A)

月 日：2月19日 (火)

出席者：中村委員 (イディアコンサルタン) ほか1名

場 所：協会 会議室

議 題：① 2019 年 ISO/TC 195 国際会議 (11/18～22@ 神戸) 開催への参加・協力依頼 ② WG 8 分科委員会案件の対面審議 ハンブルク国際会議での決議事項：-DIS 21873-2 投票結果及び FDIS 21873-2 投票開始, -ISO/PWI 21873-3 自走式破碎機—生産能力の測定及び決定方法 (韓国提案) 対応 ③ TC 195 委員会案件の説明：SC 2, SC 3, SC 4 (仮) 分科委員会の設立

■ISO/TC 195/WG 8 建設用機械及び装置—自走式破碎機分科委員会 (B)

月 日：2月28日 (木)

出席者：副島委員 (中山鉄工所) ほか2名

場 所：協会 会議室

議 題：2/19 (火) 開催の同分科委員会 (A) と同じ内容を説明・審議

建設業部会



■機電 i-Con 現場 WG

月 日：2月7日 (木)

出席者：宮内良和主査ほか6名

議 題：① 「i-Con 事例」及び「ICT 安全の事例」アンケート集計結果・報告書作成に伴う検討 ② HP 掲載データベースの内容について検討 ③ その他

■クレーン安全情報 WG

月 日：2月12日 (火)

出席者：久松栄一主査ほか10名

議 題：① クレーン休業姿勢 アンケート結果報告書の骨子検討 ② 教本改訂に向けての検討 (災害事例報告・改訂に伴う校正作業分担) ③ 災害事例報告 ④ 3/19 建設業部会報告について

⑤その他

■三役会

月 日：2月22日（金）

出席者：金丸清人部会長ほか5名

議 題：①各WG報告 ②2/22合同部
会について ③3/19建設業部会につ
いて ④その他・下期見学会について・
H31事業計画及びH30事業報告につ
いて

レンタル業部会



■コンプライアンス分科会

月 日：2月5日（火）

出席者：平清二郎部会長ほか8名

議 題：①基本契約書に関する諸問題の
検討 ②各社からの報告書 ③その他

各種委員会等



■機関誌編集委員会

月 日：2月6日（水）

出席者：見波潔委員長ほか19名

議 題：①平成31年5月号（第831号）
の計画の審議・検討 ②平成31年6
月号（第832号）の素案の審議・検討
③平成31年7月号（第833号）の編
集方針の審議・検討 ④平成31年2
月号～平成31年4月号（第828～
830号）の進捗状況報告・確認

■新工法調査分科会

月 日：2月13日（水）

出席者：戸崎雅之委員ほか3名

議 題：①新工法情報の持ち寄り検討
②新工法紹介データまとめ ③その他

■建設経済調査分科会

月 日：2月20日（水）

出席者：山名至考分科会長ほか2名

議 題：①国土強靱化対策について（検
討） ②その他

■新機種調査分科会

月 日：2月21日（木）

出席者：江本平分科会長ほか2名

議 題：①新機種情報の持ち寄り検討
②新機種紹介データまとめ ③その他

支部行事一覧

北海道支部

■平成30年度除雪現場の省力化による生
産性・安全性の向上に関する取組プラッ
トフォーム『i-Snow』（第4回）

月 日：2月15日（金）

場 所：TKP札幌駅カンファレンスセ

ンター

事務局：北海道開発局

出席者：石塚芳文事務局長ほか

議 題：①規約の改正 ②有識者からの
情報提供 ③知床峠実証実験について
④その他

東北支部

■ゆきみらい2019 in 新庄 - 除雪機械展示・
実演会 -

月 日：2月7日（木）～8日（金）

場 所：新庄市 JR 新庄駅東口特設会場

参加者数：民間企業15社（うち会員8社）、
東北地方整備局東北技術事務所 計16
団体内 容：①展示機械数16団体35台
②実演台数7団体9台 ③来場者数
1900名

■第3回東北土木技術人材育成協議会

月 日：2月25日（月）

場 所：東北地方整備局 会議室

出席者：西尾崇東北地方整備局企画部長
ほか43名内 容：①新規加入団体について ②覚
書の改定、名簿の改定について ③今
年度の活動報告 ④次年度の活動方針
（案）

■「チャレンジ型ICT活用工事」打合せ

月 日：2月26日（火）

場 所：米沢市 東北地方整備局山形河
川国道事務所 米沢国道維持出張所会
議室出席者：情報化施工技術委員会 鈴木委
員長ほか20名内 容：受発注者合同勉強会：・現場概
要の確認 ・ICT建機施工について
・TLS・UAV計測について ・設計
データソフト、点群処理ソフトについ
て ・質疑応答

北陸支部

■第3回建設機械整備技術委員会（標準
作業工数検討委員会）

月 日：2月18日（月）

場 所：新潟県建設会館402号室

出席者：水澤和久建設機械整備技術委員
会委員長ほか22名議 題：①新機種等改定全般について
②除雪トラック、除雪グレーダ、除雪
ドーザ、ロータリ除雪車、小形除雪車、
散布車、管理システム改定（素案）に
ついて ③工数表改定スケジュール
（案）について

■第1回企画部会 広報委員会

月 日：2月20日（水）

場 所：新潟県建設会館403号室

出席者：上杉修二企画部会広報委員会委
員長ほか8名議 題：①あかしや通信No.37の編集に
ついて ②編集及び発刊までのスケ
ジュールについて ③JCMA北陸支
部のホームページの更新について

中部支部



■技術・調査部会

月 日：2月5日（火）

出席者：青木保孝部会長ほか8名

議 題：春季講演会について

■応急組立橋架設講習会

月 日：2月15日（金）

会 場：中部地方整備局中部技術事務所

参加者：災害協定会員会社6社11名

関西支部



■平成30年度施工技術報告会

月 日：2月13日（水）

場 所：建設交流館 グリーンホール

参加者：139名

内 容：①大規模地下構造物の耐震補強
工事例 ②水源枯渇の可能性調査及び
発破に伴う住環境への影響低減 ③ブ
レキャストパネルと高強度繊維補強モ
ルタルを用いた耐震補強工法（CBパ
ネル工法） ④周辺環境に配慮したト
ンネル施工■「建設技術展2018近畿」主催・共催者
会議

月 日：2月15日（金）

場 所：大阪マーチャングイズ・マート
ビル

出席者：松本克英事務局長

議 題：①「建設技術展2018近畿」の
開催結果について ②次回開催に向け
て（反省、提案等） ③その他■建設業部会、リース・レンタル業部会
合同討論会

月 日：2月20日（水）

場 所：エル・おおさか

出席者：菊岡良治建設業部会副会長、山
本祥平リース・レンタル業部会長以下
37名内 容：①「近畿整備局における
i-Constructionの取り組み」について：
近畿地方整備局 企画部 建設専門官 武
本昌仁氏 ②「放電破砕設備による施
工事例の紹介」について：ニチゾウテッ
ク(株) 機械・建設事業本部営業部 部長

代理 田中幹雄氏 ③「コンクリート打設天端仕上がり高さ管理システム」について：レンタルのニッケン関西営業部課長 待兼二郎氏 ④「3D スキャン計測システム」について：計測ネットサービス㈱関西営業所長 山下譲治氏

中国支部

■第6回広報部会

月 日：2月26日（火）

場 所：中国支部事務所

出席者：錦織豊部会長ほか4名

議 題：①広報誌（CMnavi51）号の編集について ②支部ホームページの管理について ③その他懸案事項

■第3回開発普及部会

月 日：2月28日（木）

場 所：中国支部事務所

出席者：飯國卓夫部会長ほか5名

議 題：①平成31年度部会事業活動について ②その他懸案事項

四国支部

■共催事業「ICT 施工技術講習会 2019in 高知」

月 日：2月20日（水）

場 所：国土交通省 土佐国道事務所（高知市）

参加者：実践講習 14名

内 容：①3次元点群処理の実務演習
②3次元設計データ作成の実務演習

九州支部

■産学官連携会議（ICT・標準化作業部会）

月 日：2月5日（火）

出席者：九州支部 監査役 玉石修介

議 題：①最新の取組状況 ②ICT 土工の地方公共団体等への展開・支援
③i-Construction 教育の充実 ④その他

■企画委員会

月 日：2月19日（火）

出席者：11名

議 題：①平成31年度事業計画について ②災害協定について ③H30年

度第3回運営委員会について ④第8回支部総会について ⑤その他

■i-Construction 説明者試験

月 日：2月20日（水）

場 所：リファレンス駅東ビル 2階 I 会議室

受験者：19名

■i-Construction 説明認定者（マスター）向け説明会

月 日：2月20日（水）

場 所：リファレンス駅東ビル 4階 P 会議室

受講者：12名

■i-Construction 施工による九州支部生産性向上推進会議

月 日：2月21日（木）

場 所：リファレンス駅東ビル 2階 Y-2 会議室

議 題：①「i-Construction 施工による生産性向上推進本部」の取組動向
②国土交通省の i-Construction に関する取組動向 ③ H31「i-Construction（ICT 活用工事）技術講習会など」の取組方針について ④ H31「九州地方整備局の ICT に関する行事」の協力要請について ⑤その他

“建設機械施工” バックナンバー紹介（抜粋）

平成 28 年 7 月号（第 797 号）



コンクリート工事、コンクリート構造 特集

- ◆巻頭言 プレキャスト技術による耐久性の向上
- ◆技術報文
 - ・場所打ち UFC による PC 道路橋 デンカ小滝川橋
 - ・外ケーブルを合理化配置した有ヒンジ橋の多径間連続化技術 涼徳橋上部工連続化工事
 - ・プレキャスト工法を活用したサッカー専用スタジアムの設計施工
 - ・火災時におけるコンクリートの爆裂評価方法
 - ・場所打ち函渠における品質確保の取組み 丹波綾部道路瑞穂 IC 函渠他工事における SEC 工法、ND-WALL 工法の事例
 - ・設計基準強度 300 N/mm² の超高強度プレキャスト RC 長柱の開発と適用
 - ・スラグ骨材を用いた舗装用コンクリートの特性
 - ・後施工六角ナット定着型せん断補強鉄筋による耐震補強工法
 - ・電子制御式コンクリートミキサー車の紹介
 - ・中性子遮蔽コンクリートの技術改良 普通コンクリートの 1.7 倍の中性子の遮蔽性能を有するコンクリートの生産性を向上
- ◆投稿論文
 - ・環境に優しく豪雨と地震に強い新しい補強土壁工法の研究開発
- ◆CMI 報告 油圧ショベルの省エネ施工 省エネ効果の検証試験
- ◆部会報告 除雪機械の変遷（その 20） 小形除雪車（2）
- ◆統計 建設企業の海外展開

平成 28 年 8 月号（第 798 号）



i-Construction 特集

- ◆巻頭言 イノベーションを取り込むための建設生産システム革命
- ◆行政情報
 - ・i-Construction ICT 土工の全面展開に向けた技術基準の紹介
- ◆技術報文
 - ・IoT で建設現場の生産性向上 ソリューションを一元管理するクラウド型プラットフォーム「KomConnect」
 - ・ドローンを用いた空撮測量の実工事への適用
 - ・MMS 点群データを活用したインフラマネジメント InfraDoctor によるスマートインフラマネジメント
 - ・重力式コンクリートダム取水塔施工での 4D モデル・3D 模型の活用

- ・無線発信機を活用した作業所内の高所作業車・作業所員の位置把握システム
- ・掘進中にシールド機外周部の介在砂層をリアルタイム探査 比抵抗センサーを用いた介在砂層探査技術
- ・VR による安全管理 ゴーグル型ディスプレイによる安全の可視化
- ・ブルドーザーマシンコントロールシステムの最新技術の紹介 マストレスタイプ MC システム 3D-MC^{MAX}
- ・複雑な地形形状における覆工設置工事への 3 次元地形データの適用
- ◆投稿論文
 - ・無人化施工による破碎・解体作業時における触知覚情報の必要性和実態 ～媒体を通じた人の触知覚の実態～
- ◆交流の広場
 - ・ICT を活用した精密農業の取り組み 農業における IoT を実現する新たな取り組み
- ◆CMI 報告
 - ・情報化施工研修会の取り組みと i-Construction へ対応した研修会に向けて
- ◆部会報告 除雪機械の変遷（その 21） 小形除雪車（3）

平成 28 年 9 月号（第 799 号）



道路 特集

- ◆巻頭言 道路事業の今後と課題
- ◆行政情報
 - ・「凸部、狹窄部及び屈曲部の設置に関する技術基準」の制定
 - ・大規模災害時における道路交通情報提供の役割と高度化
- ◆技術報文
 - ・コンクリート床版上面補強工法の確立 PCM 舗装施工機械開発
 - ・供用中の二層式高速道路高架橋における上下層拡幅工事
 - ・路面滞水処理作業における新規機械の開発 自走式路面乾燥機の開発
 - ・舗装工事における CIM の試行 CIM 導入による効果と課題
 - ・道路用ボラードの利用状況とテロ対策用ボラードの性能評価
 - ・日本の高速道路における移動式防護柵の初導入 常盤自動車道における試行導入結果
 - ・センサー技術を活用した道路用機械の安全対策技術の開発
 - ・新たな視線誘導灯の開発 帯状ガイドライト設置事例及びドライバーに与える効果
 - ・グレーダ開発の変遷史
 - ・次世代型路床安定処理機械の開発 ディープスタビライザの品質・安全性向上への取り組み
 - ・除雪作業の安全性向上に関する検討
 - ・ペイロードマネジメントによる過積載の防止と生産性の確保
- ◆交流の広場
 - ・地中レーダの原理・特徴と適切に活用するための留意点
- ◆JCMA 報告
 - ・平成 28 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績（その 2）
- ◆部会報告
 - ・アスファルトプラントの変遷（その 1）黎明期～昭和 12 年
- ◆CMI 報告 吹付けノズルマンの技能評価試験
- ◆統計 平成 28 年度 建設投資見通し

平成 28 年 10 月号 (第 800 号)



800 号記念, 維持管理・リニューアル 特集

◆グラビア

- ・「建設機械施工」誌 表紙の変遷
- ・「建設機械施工 (旧誌名: 建設の機械化)」誌創刊第 2 号, 第 3 号

◆巻頭言

- ・インフラ整備への地域住民の協働参画と ICRT の積極的な活用
～地方の道をだれがいかんかに守っていくか～

◆記憶に残る工事

1. 黒四の工事と建設機械
2. 名神高速道路 山科工事の土工実績と今後の問題点
3. 東海道新幹線の工事について
4. 青函トンネルの概要について
5. 福島原子力発電所建設の工事概要
6. 新東京国際空港の大土工工事

◆行政情報

- ・「国土交通省インフラ長寿命化計画 (行動計画)」の概要, インフラ老朽化対策の主な取り組み等

◆技術報文

- ・多機能橋梁常設足場の開発 耐用年数 100 年の長寿命化を目指して
- ・高速道路における大規模更新・大規模修繕工事
高速道路リニューアル事業の本格始動
- ・首都高速道路における更新事業の取り組み
- ・移動式たわみ測定装置の紹介
舗装の構造的な健全度を点検する技術の開発
- ・調整池法面改修工事に係るフェーシング機械
定張力ウインチを搭載した自走式ウインチの開発

◆交流の広場

- ・ドローン等を活用したセキュリティサービスと新たな脅威への対応

◆CMI 報告

- ・災害復旧支援に向けた応急橋の開発 (続報)

◆部会報告

- ・アスファルトプラントの変遷 (その 2) 昭和 13 年～31 年

平成 28 年 11 月号 (第 801 号)



土工 特集

- ◆巻頭言 ICT 導入による建設施工の生産性向上に向けて

◆行政情報

- ・CM 方式を活用した震災復興事業の現状報告

◆技術報文

- ・「機械の声を聞く」i-Construction を含有した総合的建機ソリューションの提供 Cat Connect Solution の提案

- ・i-Construction における重機 ICT コミュニケーション
ライカ アイコン テレマティックス
- ・加速度応答システムの適用性評価
- ・マシンコントロール機能を搭載した油圧ショベルの開発
ICT 油圧ショベル「ZX200X-5B」
- ・セミオートマシンコントロールシステムを搭載した油圧ショベル
の開発 施工効率向上を実現する Cat[®] グレードアシスト
- ・UAV 搭載レーザ計測システムの開発
- ・土工用建設ロボットの開発における新たな挑戦
無人化施工機械から地盤探査ロボット開発の概要紹介
- ・大分川ダム建設工事
- ・大規模土工における ICT 施工と CIM 化への対応
陸前高田市震災復興事業での取り組み
- ・シェル型浸透固化処理工法 新しい注入形態
- ・ジオシンセティックス補強土構造物による災害復旧対策
剛壁面補強土工法 (RRR (スリーアール) 工法) による強化復旧対策
- ・近頃の土工技術 デジタルアースムービング
- ◆交流の広場
- ・海洋探査技術の現状 水中音響計測技術の応用例紹介
- ◆CMI 報告
- ・補強土壁工法の新技術 帯状ジオシンセティックス補強土壁の紹介
- ◆部会報告
- ・アスファルトプラントの変遷 (その 3) 昭和 32 年～36 年
- ◆統計 平成 28 年度 主要建設資材需要見通し

平成 28 年 12 月号 (第 802 号)



防災, 安全・安心を確保する社会基盤整備 特集

◆行政情報

- ・次世代社会インフラ用ロボットの開発・導入
取り組みの紹介と災害調査・応急復旧ロボット分野の検証概要

◆技術報文

- ・凍土方式による陸側遮水壁の造成
凍結管の削孔・建て込み, 凍結設備の設置工事
- ・工事を支える二つの『見える化』
山田宮古道路—山田北道路改良工事
- ・早期復興に應えるために取り組んだ現場運営の紹介
国道 45 号吉浜道路工事の事例
- ・東京モノレールにおける橋脚基礎の耐震補強
- ・締固めによる木曽三川下流域堤防基礎耐震化の事例紹介
砂圧入式静的締固め工法 (SAVE-SP 工法)
- ・災害対応ロボット電波を使用した遠隔操縦ロボット用災害対策車
両システムの開発 遠隔操縦ロボットシステム ASAM

◆投稿論文 振動ローラの機械仕様に関する研究

◆交流の広場 防災・災害把握へのドローンの利用

◆JCMA 報告

- ・平成 28 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績 (その 3)

◆部会報告

- ・アスファルトプラントの変遷 (その 4) 昭和 37 年～42 年

◆統計

- ・インフラシステムの海外展開の動向
- ・平成 28 年 建設業の業況

平成 29 年 1 月号 (第 803 号)



建設機械 特集

- ◆巻頭言 変化に対応できる生き物が生き残る
- ◆行政情報
 - ・国土交通省における「建設施工の地球温暖化対策検討分科会」における燃費基準の検討の動向
- ◆技術報文
 - ・新型振動ローラの紹介 SW654 シリーズ
 - ・最新型ホイールローダ 950MZ
 - ・新型 50t 吊ラフテレーンクレーン Rf シリーズラフター SL-500Rf PREMIUM
 - ・2014 年度排出ガス規制適合エンジン搭載 4.9t 吊クローラクレーン開発 CC985S-1 の特長
 - ・ガソリン /LPG エンジン式小型フォークリフト FOZE 0.9 ～ 3.5 トン
 - ・リチウムイオンバッテリーを搭載した新型ハイブリッド油圧ショベル SK200H-10
 - ・フォークリフト用燃料電池システムの開発と今後の取り組み
 - ・新型高所作業車の開発 スカイボーイ AT-170TG-2, AT-220TG-2
 - ・全回転チュービング装置 RT シリーズ 大口径低空頭・軽量型 RT-250L の紹介
 - ・新世代 350t 吊クローラクレーンの開発 SCX3500-3
 - ・搭乗式スクレーパの開発 HBS-2000「RHINOS」(ライノス)
 - ・大型自航式ポンプ浚渫船 CASSIOPEIA V
 - ・鉄道クレーン車 KRC810N
 - ・油圧ショベル PC138US/PC128US-11
 - ・ショベル系の開発と変遷史
- ◆交流の広場
 - ・安全の責任について考える ～技術者の身に着けるべきグローバルな安全感覚～
- ◆部会報告
 - ・アスファルトプラントの変遷 (その 5) 昭和 43 年～50 年
- ◆統計 建設機械産業の現状と今後の予測について

平成 29 年 2 月号 (第 804 号)



大深度地下、地下構造物 特集

- ◆巻頭言 トンネル工事の効率化のために
- ◆技術報文
 - ・地下鉄建設技術と工事用機械 90 年の歴史を概観する
 - ・倉敷国家石油ガス備蓄基地 LPG 岩盤貯槽建設工事 プロパン 40 万 t を貯蔵する水封式岩盤貯槽
 - ・非開削工法による海底ケーブル陸揚管路敷設 リードドリル工法

- ・地下ダム工事における SMW 工法の精度管理システム!! リアルタイムによる施工管理システム
- ・本体兼用鋼製連壁の地下トンネル築造工事
- ・3 連揺動型掘進機による地下通路の施工実績 日比谷連絡通路工事 R-SWING®工法
- ・国内最大のシールドマシン 東京外環 (関越～東名) 事業に使用
- ・縮径トンネル掘削機の開発 トンネル掘削機外径の縮小・復元が可能な縮径 TBM
- ・海外のケーブル埋設用掘削機械の実態調査と掘削試験
- ・情報化施工を活用した大口径・大深度立坑における効率的な水中掘削技術 自動化オープンケーソン工法による大口径・大深度オープンケーソンの施工
- ・大型埋設物を切り回し地下鉄直上に短期間で通路を築造 東京メトロ東西線・パレスホテル東京 地下通路
- ・大水深構造物の点検用水中調査ロボット
- ・トンネル等屋内工事現場における位置把握システムの開発 屋内空間でのヒト・モノの位置をリアルタイムに把握
- ◆投稿論文
 - ・振動ローラの加速度計測を利用した地盤剛性値の算出について
- ◆部会報告
 - ・アスファルトプラントの変遷 (その 6) 昭和 51 年～58 年
- ◆統計 建設業における労働災害の発生状況

平成 29 年 3 月号 (第 805 号)



地球温暖化対策、環境対策 特集

- ◆巻頭言 自動車及び建設機械の排ガス浄化・低燃費化施策
- ◆技術報文
 - ・二酸化炭素 (CO₂) 排出量を 6 割削減できる高炉スラグ高含有セメントを用いたコンクリートの実工事への適用 ECM(エネルギー・CO₂ ミニマム)セメント・コンクリートシステム
 - ・CO₂ 排出量削減に向けた IoT 技術の活用事例 IoT 技術で取得した建設機械稼働データの分析 KenkiNavi
 - ・水素社会を実現する具体的提言 産業廃棄物処理の現場から水素社会を実現する技術
 - ・土木機械設備における LCA 適用の考え方に関する一考察
 - ・山岳トンネル工事のエネルギーマネジメントシステム TUNNEL EYE
 - ・自動粉じん低減システム 粉じん見張り番
 - ・帯電ミストによる浮遊粉塵除去システムの開発 マイクロ EC ミスト®
 - ・グラブ浚渫の効率化と精度向上を実現したトータルシステム 浚渫施工管理システムに三次元データを導入したグラブ浚渫トータル施工システム
 - ・凝集効果が長期間持続する凝集剤による濁水処理方法の紹介 徐放性凝集剤「J フロック」
 - ・自然由来ヒ素汚染土壌の分離浄化処理工法の開発
 - ・高性能ボーリングマシンの低騒音化・自動化 再生可能エネルギー熱の普及に向けた取組み
 - ・トンネル工事の発破に伴う低周波音の低減装置 サイレンスチューブ
 - ・おもりを生かした工事振動低減工法の概要 地盤環境振動低減工法 GMD 工法
- ◆交流の広場
 - ・VR による BIM と建築環境シミュレーションの同時可視化システム

◆部会報告 アスファルトプラントの変遷（その7）

平成 29 年 4 月号（第 806 号）



建設業の海外展開，海外における建設施工 特集

◆巻頭言 建設業のインフラ海外展開

◆行政情報

- ・建設業の海外展開と ODA

◆技術報文

- ・ラックフェン国際港アクセス道路・橋梁工事
ベトナム国内最大の海上橋
- ・既設営業線直下での圧気併用開放型矩形シールド機による施工
シンガポール地下鉄トムソン線マリーナベイ新駅
- ・シンガポール MRT
トムソン－イーストコーストライン T207 工区
- ・台北市における大深度圧入ケーソンの施工実績
台湾・大安電力シールド工事
- ・スマラン総合水資源・洪水管理事業ジャティバランダム建設工事
JICA Loan IP-534
- ・ケニア モンバサ港コンテナターミナル開発工事
JICA Loan Agreement No. KE-P25
- ・シンガポール・チュアスフィンガーワンコンテナターミナル埋立工事
大型自航式ポンプ浚渫船〈CASSIOPEIA V〉による埋立浚渫工事
- ・シンガポール・トゥアス地区でのグラブ浚渫
トゥアスコンテナターミナル建設プロジェクト
- ・ソロモン諸島ホニアラ港施設改善計画工事

◆交流の広場

- ・日本企業による水ビジネスの海外展開

◆部会報告 アスファルトプラントの変遷（その8）

平成 29 年 5 月号（第 807 号）



解体とリサイクル，廃棄物処理 特集

◆巻頭言 建設系廃棄物のリサイクルの今後の展望

◆技術報文

- ・環境負荷を大幅に削減した解体工法を本格適用
シミズ・クールカット工法
- ・最新の超大型建物解体機 SK2200D
- ・各種技術を駆使したダム撤去工事
- ・解体コンクリートの現場内有効利用の多様化
ガラダム工法の適用範囲・施工法の拡充
- ・大規模土工事における岩塊の有効活用と搬送設備のリユース
東松島市野蒜北部丘陵地区震災復興事業における取組み
- ・震災コンクリートがらを利用した海水練りコンクリートの製造・施工

- ・産業用ロボットを応用した建設廃棄物選別システム
- ・植物廃材を活用した「バイオマスガス発電」
- ・汚染土壌対策 戦略的な土地活用を支援する「サステナブルレメディエーション」に基づく評価ツールの開発 SGRT-T
- ・新東名高速道路における建設時の重金属含有土対策
- ・簡易破碎方式によるベントナイト混合土を用いた遮水層の効率的施工技術
T-Combination クレイライナー工法による現地発生土の有効利用
- ・港湾内放射性汚染物質の被覆・封じ込め
1F 港湾内海底土被覆工事の概要
- ・放射能汚染土の分級減容化と再生利用に関する検討

◆交流の広場 新幹線地震対策技術の進化を振り返る

◆部会報告 アスファルトプラントの変遷（その9）

◆統計 平成 29 年度 公共事業関係予算

平成 29 年 6 月号（第 808 号）



都市環境，都市基盤整備，自然再生等 特集

◆グラビア 時代の建層（ときのけんそう）

◆巻頭言 育てる

◆技術報文

- ・整備新幹線の軌道・電気工事用機械
- ・地下水流動を妨げずに事業継続できる汚染地下水の拡散防止技術
原位置で多様な複合汚染地下水に対応可能なマルチバリア工法
- ・硬質粘土塊を対象とした自然由来砒素の浄化技術
- ・微生物を利用した水銀汚染土壌の浄化技術
- ・礫間接触酸化槽と植生浮島を適用した小規模閉鎖性湖沼の水質浄化事例
- ・集中豪雨時の道路冠水対策・河川氾濫対策
樹脂製雨水貯留浸透槽の道路下への適用「セキスイ アクアロード」の開発
- ・多発する集中豪雨に対応した高機能雨水貯留施設の開発
ハイブリッド雨水貯留システム
- ・建設工事における生物多様性保全および環境創造技術
- ・敷地の潜在的な力を引き出す自然再生による「六花の森」プロジェクト
- ・「再生の杜」ビオトープ竣工後 10 年目の生物生息状況
都市域における生物多様性向上を目指して
- ・転炉系製鋼スラグ資材を用いた海域環境造成技術の開発
- ・樹木対応型壁面緑化システムの開発
パーティカルフォレスト®
- ・時代の建層（ときのけんそう）
建設残土を利用した，時代を積み重ねる都市更新の提案

◆交流の広場

- ・セメント製造工程を活用した車載リチウムイオン電池のリサイクル技術

◆CMI 報告 ブルドーザの燃費評価値から実作業燃費への換算

◆部会報告 アスファルトプラントの変遷（その10）

◆統計 主要建設資材価格の動向

平成 29 年 7 月号 (第 809 号)



基礎工, 地盤改良 特集

- ◆巻頭言 大規模災害で発生する災害廃棄物対策にむけて
- ◆技術報文
 - ・高機能, 施工の省力化, 省資材化を達成した防潮堤の開発
ハイブリッド防潮堤の開発施工事例
 - ・ニューマチックケーソンによる深さ 70 m 大深度立坑築造工事
 - ・狭隘空間でも施工可能な場所打ち杭工法の概要と施工事例
超低空頭場所打ち杭工法 C-JET18
 - ・地中障害物撤去の新技術・新工法の開発 A-CR 工法
 - ・都市高速道路における ASR 劣化が生じた橋脚梁部の再構築施工
阪神高速道路 西船場ジャンクション改築事業における事例紹介
 - ・空頭制限 2.0 m 以下で施工可能な小口径鋼管杭工法の開発
ST マイクロパイル工法
 - ・地盤改良体方式斜め土留め工法の適用事例
富山新港火力発電所 LNG1 号機新設工事
 - ・廃棄物最終処分場の減容化技術の開発と施工事例
リフューズプレス工法
 - ・大口径相対攪拌工法の概要と施工事例 KS-S・MIX 工法
 - ・地盤改良分野の ICT 活用技術 ジェットグラウト施工管理システム, GNSS ステアリングシステム, 3D-ViMa システム
 - ・大口径掘削杭工法対応のアースドリル開発 SDX612
 - ・三点式杭打機フェニックスシリーズ「DH758-160M」の紹介
 - ・低空頭, 狭隘地で活躍する軽量小型の地中連続壁掘削機の開発
MPD-TMX 工法
 - ・地盤改良工事を全自動で施工管理
ICT を導入した全自動施工管理制御システムの開発 Y-LINK
 - ・木造住宅の耐震性 ビッグフレーム構法とマルチバランス構法
- ◆JCMA 報告 平成 29 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績(その 1)
- ◆部会報告 ISO/TC 127 国際作業グループ会議報告

平成 29 年 8 月号 (第 810 号)



歴史的遺産・建造物の修復 特集

- ◆グラビア
 - ・3D 技術を用いた軍艦島のデジタルアーカイブ
過去, 現在そして未来へ
- ◆巻頭言 歴史遺産感動の 3 要素
- ◆技術報文
 - ・魅せる素屋根の技術と見せる保存修理
近代ニッポンを支えた世界遺産 旧富岡製糸場
 - ・伝統建築における設計施工一貫 BIM
薬師寺食堂(じきどう)復興事業
 - ・熊本城の櫓を鉄の腕で支える
飯田丸五階櫓倒壊防止緊急対策工事
 - ・経年が 100 年を超える鉄道土木構造物の維持管理

- ・国重要文化財の永代橋, 清洲橋の長寿命化
- ・大規模シェル構造ラジアルゲート建設への取り組み
大河津可動堰改築ゲート設備工事
- ・新橋駅の改良とレンガアーチの補強・保存
- ・狭山池の改修とその技術の変遷
- ・歴史的鋼橋の補修補強工事
土木遺産である晩翠橋の補修補強工事の紹介
- ・3D 技術を用いた軍艦島のデジタルアーカイブ
過去, 現在そして未来へ
- ・歴史的建造物の移動(曳家), 免震化(レトロフィット)工事
- ・消えた建設機械遺産群 わが国の建設機械の始祖

◆交流の広場 博物館明治村

◆JCMA 報告 平成 29 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績(その 2)

◆CMI 報告 放置車両等を移動する道路啓開機材の開発検討

◆部会報告

- ・アスファルトプラントの変遷(その 11)
- ・ISO/TC 127 国際作業グループ会議報告

◆統計 建設企業の海外展開

平成 29 年 9 月号 (第 811 号)



維持管理・老朽化対策・リニューアル 特集

- ◆巻頭言 社会インフラの老朽化, これは JAPAN IN RUINS ですか
- ◆行政情報
 - ・ダム再生 既設ダムの有効活用
 - ・道路の老朽化対策の取り組み
- ◆技術報文
 - ・車線供用下での東名高速道路リニューアル事業の施工
用宗高架橋(下り線)の床版取替え工事
 - ・PC ゲルバー橋の連続化 首都高速 1 号羽田線 勝島地区橋梁
 - ・短工期を実現した天井板撤去の取組み
神戸長田トンネル天井板撤去工事
 - ・走行型高速 3D トンネル点検システム MIMM-R(ミーム・アール)
画像・レーザー・レーダー技術による点検・調査・診断支援技術
 - ・武蔵水路「安全・安心な施設へのリニューアル」
水路改築工事におけるプレキャスト工法の施工実績
 - ・福岡空港における高強度 PRC 版による老朽化対策
 - ・港湾構造物の維持管理への ICT の活用
無線操作式ボートを用いた港湾構造物の点検・診断システム
 - ・鉄道構造物の維持管理と検査・診断技術
 - ・鉄道構造物の延命化・リニューアル技術
 - ・高強度かつ高耐久性のセメント系繊維補強材料
タフショットクリート®
 - ・産業遺産である老朽化した水力発電所の改修と立坑掘削時における地山の変位と対策
 - ・歴史的建造物(レンガ建屋)の曳家工法による保存
蔵上浄水場第 1 高区配水池改良工事
 - ・船場センタービル外壁改修工事
大規模商業施設における外壁改修
- ◆JCMA 報告 平成 29 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績(その 3)
- ◆CMI 報告
 - ・構造物の耐衝撃性評価に関する試験・研究
鋼製台車とレールを用いた衝突試験装置の紹介
- ◆部会報告 アスファルトプラントの変遷(その 12)
- ◆統計 平成 29 年度 建設投資見通し

平成 29 年 10 月号 (第 812 号)



建築 特集

◆巻頭言 人工技能研究のすすめ

◆行政情報

- ・「適正な施工確保のための技術者制度検討会」とりまとめ
- ・建築物省エネ法の概要

◆技術報文

- ・ホール舞台スノコ天井リフトアップ工事
- ・既存建物の不快な床振動を低減する制振技術 SPADA (スパーダ) - Floor
- ・VR 技術を活用した教育システムの開発と運用 施工技術者向け VR 教育システム
- ・地上躯体に適用可能な中品質再生骨材を用いたコンクリートの実用化
- ・外側耐震補強構法『KG 構法』の新たな展開 完全外部施工方法の開発
- ・杭頭接合部の耐震性能向上および施工の省力化技術 鋼板補強型杭頭接合工法 TO-SPCap 工法の開発
- ・スマートデバイスを活用した『杭施工記録システム』の開発 「KOC Co チェックシステム」アプリケーションの紹介
- ・ロボット溶接による建築現場溶接施工法の開発と適用
- ・自律型清掃ロボットを開発 T-iROBO® Cleaner
- ・建物の安全性即時診断システム 1ヶ所の地震計で地震後即時に建物の安全性を自動診断
- ・ハイブリッド架構による耐火木造建築の技術開発

◆交流の広場

- ・デザイン思考でデジタル活用 労働安全分野への適用

◆JCMA 報告

- ・平成 29 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績 (その 4)

◆部会報告 ISO/TC 127 国際作業グループ会議報告

平成 29 年 11 月号 (第 813 号)



防災、安全／安心を確保する社会基盤整備 特集

◆巻頭言 社会資本整備を考える

◆行政情報

- ・Lアラート：防災情報共有システムの現状

◆技術報文

- ・平成 28 年熊本地震における阿蘇大橋地区斜面防災対策工事での分解組立型バックホウの活用
- ・国内初大型ニューマチックケーソン 2 両同時設置施工
- ・サイフォンと水中ポンプの機能を併用した排水システムの開発 ハイブリッド・山辰サイフォン排水システム
- ・熱赤外線サーモグラフィによる斜面調査

- ・地下鉄トンネル覆工のはく離・浮きの可視化による検出システムの検討

- ・無排泥粘土遮水壁工法の開発 エコクレイウォールⅡ工法
- ・老朽化した狭小導水路トンネルリニューアルの機械化施工
- ・超音波振動を併用した薬液注入工法 UVG 工法
- ・石積み擁壁耐震補強工事における鉄道営業線近接施工

◆交流の広場

- ・非常食の循環システム付き宅配ロッカー「イーバルボックス」ソリューションによる、ローリングストック実現にむけて

◆JCMA 報告

- ・平成 29 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績 (その 5)

◆部会報告

- ・ISO/TC 127 土工機械広島総会及び ISO/TC 127/SC 3/WG 12ISO 6405 土工機械—操縦装置などの識別記号 国際 WG 会議報告

◆統計 平成 29 年 建設業の業況

平成 29 年 12 月号 (第 814 号)



先進建設技術 特集

◆巻頭言

- ・建設産業がけん引する「第 4 次産業革命」 具体化への期待

◆行政情報

- ・i-Construction 推進の取組み状況 普及促進事業の進捗
- ・国土交通省における CIM の導入・推進

◆技術報文

- ・ImPACT タフ・ロボティクス・チャレンジにおける災害対応建設ロボット
- ・総合的な i-Construction による緊急災害対応 阿蘇大橋地区斜面防災対策工事における無人化施工
- ・油圧ショベル用遠隔操縦装置の開発 災害現場への適応性を向上させた新型簡易遠隔操縦装置ロボ QS
- ・自律移動ロボットによる盛土締固め度及び水分量測定の自動化
- ・次世代建設生産システムの現場適用と生産性向上への展望 ロックフィルダムへの適用紹介とインフラ無線システム
- ・大水深対応型水中作業ロボットの開発 DEEP CRAWLER
- ・ドリル NAVI における新機能の開発

- ・AI を活用したコンクリート表層品質評価システムの開発

- ・建設機械の改造が不要で着脱可能な装置による無人化施工技術の開発 熊本城崩落石撤去へ汎用遠隔操縦装置「サロゲート」の適用事例

- ・次世代型ビーコンを利用した屋内作業員の可視化による現場管理システムの開発 EXBeacon プラットフォーム現場管理システム

- ・IoT を活用した建設機械用アタッチメントの稼働管理システム (TO-MS) の開発 AI で故障予知・稼働監視を実現、未来型アフターサービスの提供によるランニングコストの低減

- ・移動体多点計測技術 (MMS) を用いた出来形管理に向けた基礎的研究

◆交流の広場

- ・パワーアシストスーツを活用した作業者の負担軽減

◆部会報告

- ・ISO/TC 127/SC 2/JWG 28 国際ジョイント作業グループ会議報告

編集後記

今年の冬は、インフルエンザが猛威を奮い、読者の皆さまにも辛かった日々があったのではないのでしょうか。また、今では花粉症に悩まされる方々も多いかと思います。桜前線も北上し、春らしく感じられる季節になりました。

4月号の特集は、「建築」です。溶接ロボットなどの従来から注目されているテーマに加え、BIMやVRなどの最新技術を建築に応用させた事例、及びそれらの最新技術によって期待される建築の今後の展望を紹介することとし、多くの方々に執筆のご協力を賜りました。行政情報では、建設現場での生産性向上のために、i-Constructionを建築分野にも取り入れ、重要施策の1つとして取

り組んでいます。

今後の労働者不足に向けて自動化、ロボット化の研究開発がすすみ、より一般的に施工で使われる機会が増えると思い執筆していただきました。また、BIMやVR、3Dモデリングなどの情報化が進み、発注・管理・検査・維持管理など広範囲にわたって活用され始めています。このような視点から特集を構成し、本機関誌が皆さまの理解の一助となれば幸いです。

平成から新たな年号「令和」に変わりますが、どのような世の中になるのでしょうか。災害などの無い明るい日本が訪れますように！！

最後になりますが、ご多忙の中にも関わらず、本号の執筆を快諾下さいました著者の方々に厚く御礼を申し上げます。

(佐藤・新井)

5月号「橋梁特集」予告

・道路構造物における土木研究所 CAESAR（シーザー）としての取組 ・道路構造物メンテナンスに向けた国総研の取り組み ・スパンバイスパン架設工法&プレキャストセグメント桁製作 ・橋梁上下部工事での省力化施工 新名神高速道路 武庫川橋 ・ロアリング工法によるコンクリートアーチ橋の施工 ・リフトアップバジ大ブロッカー一括架設 ・北陸新幹線 福井高柳高架橋他押出し架設 ・橋梁上部工事のCIM活用と品質向上への取組み ・低空頭ウォータージェットによる効果的なコンクリート除去技術 ・狭い幅員の橋梁点検・補修用移動式足場の開発 ・構造物点検のための音波照射加振による遠距離非接触音響探査法 ・PC単純下路桁鉄道橋の架替え工事 ・LDV・UAVを健全度調査に活用、鉄道構造物の検査を効率化、安全を目指す ・鋼橋の塗装塗替長期化に向けた取り組み事例

【年間購読ご希望の方】

①お近くの書店でのお申込み・お取り寄せ可能です。 ②協会本部へお申し込みの場合「図書購入申込書」に以下事項をもれなく記入のうえFAXにて協会本部へお申込み下さい。

…官公庁／会社名、所属部課名、担当者氏名、住所、TELおよびFAX

年間購読料（12冊） 9,252円（税・送料込）

建設機械施工

第71巻第4号（2019年4月号）（通巻830号）

Vol.71 No.4 April 2019

2019（平成31）年4月20日印刷

2019（平成31）年4月25日発行（毎月1回25日発行）

編集兼発行人 田崎忠行

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 静岡県富士市大淵 3154

電話 (0545) 35-0212

北海道支 部 〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8

電話 (011) 231-4428

東北支 部 〒980-0014 仙台市青葉区本町 3-4-18

電話 (022) 222-3915

北陸支 部 〒950-0965 新潟市中央区新光町 6-1

電話 (025) 280-0128

中部支 部 〒460-0002 名古屋市中区丸の内 3-17-10

電話 (052) 962-2394

関西支 部 〒540-0012 大阪市中央区谷町 2-7-4

電話 (06) 6941-8845

中国支 部 〒730-0013 広島市中区八丁堀 12-22

電話 (082) 221-6841

四国支 部 〒760-0066 高松市福岡町 3-11-22

電話 (087) 821-8074

九州支 部 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東 2-4-30

電話 (092) 436-3322

機関誌編集委員会

編集顧問

今岡 亮司	加納研之助
後藤 勇	佐野 正道
新開 節治	関 克己
高田 邦彦	田中 康之
田中 康順	中岡 智信
渡邊 和夫	

編集委員長

見波 潔 村本建設(株)

編集委員

小櫃 基住	国土交通省
山口 康広	農林水産省
中村 弘	(独)鉄道・運輸機構
岡本 直樹	(一社)日本機械土工協会
穴井 秀和	鹿島建設(株)
赤坂 茂	大成建設(株)
宇野 昌利	清水建設(株)
佐藤 正明	(株)大林組
内藤 陽	(株)竹中工務店
宮川 克己	(株)熊谷組
中村 優一	(株)奥村組
京免 継彦	佐藤工業(株)
竹田 茂嗣	鉄建建設(株)
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(株)
新井 雅利	(株)加藤製作所
村上 進	古河ロックドリル(株)
山下純一郎	(株)前田製作所
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

本誌上への
の広告は



有限会社 サンタナ アートワークスまでお申し込み、お問い合わせ下さい。

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町 2-21-5 井手口ビル 4F TEL：03-3664-0118 FAX：03-3664-0138

E-mail：san-mich@zam.att.ne.jp 担当：田中

FA機器の 最適無線化提案

クレーン、搬送台車、建設機械、特殊車輛他
産業機械用無線操縦装置

①微弱電波 ②429MHz帯特定小電力 ③1.2GHz帯特定小電力
④315MHz帯特定小電力 ⑤920MHz帯特定小電力

スリム ケーブルレス

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

**No.1の
オーダー対応!**

- 優れた耐塵・防雨性能
- 選べる2段階押しスイッチ!
ストロークの異なる2種類
から選択可能!



8操作
標準型
RC-5808N
15万円～



12操作
標準型
RC-5812N
17万円～



16操作
標準型
RC-5816N
19.5万円～

※ボタン配置自在

タフ 頑強ケーブルレス

N/U/Gシリーズ

微弱電波・特定小電力両モデル対応

**タフな現場に!
落下にタフ、
水にタフ!**

- 堅牢なボディ!
- 特殊スイッチ装着可能

標準型
RC-8616N
22万円～



チップ ケーブルレス

N/Mシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

**使えば分かる、
コストパフォーマンス!**

- トコトン機能を絞って
コストダウン!
- 乾電池仕様
- 優れた耐塵・防雨性能



8操作
標準型
RC-3208N
12万円～



5操作
標準型
RC-3205M
11万円～



12操作型
標準型
RC-3212M
14万円～

マイコン ケーブルレス

N/U/Gシリーズ

微弱電波・特定小電力両モデル対応

**あらゆる環境での
無線化に対応!**

- 16操作16リレー
最大25リレーまで対応可能

標準型
RC-6016N
20万円～



ケーブルレスミニ

Nシリーズ
微弱電波モデル対応

標準型
RC-4403N
10万円～

**ポケットサイズの
本格派!**

- 最大5リレーまで対応可
- 2段階押し追加可能
(オプション)



防爆形無線機

ボーパー (BoBa)

N/Uシリーズ

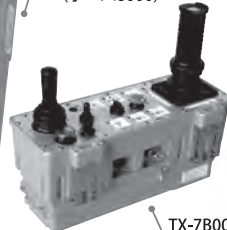
7B/8B...微弱電波のみ
6B...微弱・特定小電力両モデル対応

**爆発の雰囲気がある
危険場所での
遠隔操作に!**

TX-6B00N/U型送信機例
(ボーパー6000)



TX-8B00N型送信機例
(ボーパー8000)



危険場所設置用(オプション対応)
耐圧防爆箱入り受信機



TX-7B00N型送信機例
(ボーパー7000)

双方向データケーブルレス100S

Sシリーズ(920MHz帯)
特定小電力モデル対応

標準型
TC-1000808S
26万円～

- ・FA機器の制御に特化!
- ・双方向制御が、1セットで対応可能
- ・8点の送受信が可能!



データケーブルレス

N/U/Gシリーズ

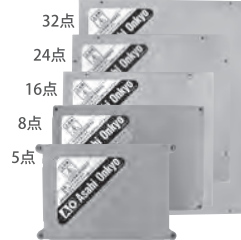
微弱電波・特定小電力両モデル対応

**工夫次第で
用途は無限!**

- 機器間の信号伝送に!
- 多芯の有線配線の代わりに!



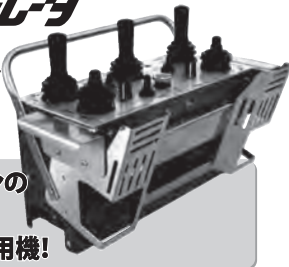
▼受信機



MAXサテラ

U/Gシリーズ
特定小電力専用モデル

**金属シャーシの
多操作・
特注仕様専用機!**

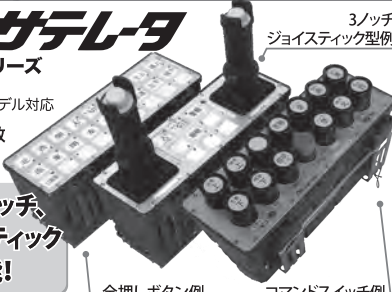


マイティサテラ

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

- 操作信号数
最大32点

**特殊スイッチ、
ジョイスティック
装着可能!**



全押しボタン例

コマンドスイッチ例

リソーサー 離操作

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

標準型
RC-2512N
22万円～

**価格もサイズも
ハンディー並み!**

- 最大32リレー
- 2段階押し・
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。



朝日音響株式会社

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

無線化工事のこともフルライン、フルオーダー体制の弊社に今すぐご相談下さい。また、ホームページでも詳しく紹介していますのでご覧下さい。

朝日音響 検索



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、構造がシンプルなので運搬能力に対して安価である。
- 安全性に優れる
コンクリートバケットが堤体上空を横切らないので安全性に優れる。
- 環境に優しい。
河床に設置されるので、ダム天端付近の掘削を少なくできる。
- 大型機材の運搬も可能
専用吊り具で車両等の大型機材の運搬が可能。



吉永機械株式会社

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

建設機械施工 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



広告営業部：田中 san-mich@zam.att.ne.jp

TEL:03-3664-0118 FAX:03-3664-0138

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F

本誌に掲載されている広告のお問い合わせ、資料の請求はメール、FAXでお送りください。

※カタログ／資料はメーカーから直送いたします。
※カタログ送付は原則的に勤務先にお送りいたします。

お名前： 所属：

所 属：

会社名(校名)：

資料送付先：

電 話： FAX：

E-mail：

広告掲載 メーカー名	製品名

FAX 送信先 サンタナアートワークス 建設機械施工係 **FAX 03-3664-0138**

コスモECOディーゼル

DH-2 対応ディーゼルエンジンオイル
SAE10W-30 / SAE15W-40

それはいつまでも
青い空のために



DH-2F 対応ディーゼルエンジンオイル
SAE5W-30



★ 新星



★ 彗星



★ 快星

美しい地球、豊かな環境を目指して
ひた走るパワー、コスモルブ・ウェイ

コスモ石油ルブリカンツの 環境対応潤滑油



省電力型油圧作動油

コスモ
スーパーエポック **UF**



省電力型工業用ギヤー油

コスモ
ECOギヤー **EPS**

それはいつまでも
蒼い地球のために

地球環境へ、

さらに新しい対応を求められている今、オイルもまた、次の課題をクリアする進化が問われます。
コスモ・ルブは、地球に、人に、優しい環境LUBEソリューションを提案してまいります。

コスモ石油ルブリカンツ株式会社 <http://www.cosmo-lube.co.jp/>
カスタマーサポートセンター：0120-15-4899

Mikasa 

<http://www.mikasas.com>

街づくりを支える、信頼の三笠品質。



転圧センサー

バイプロコンパクター

MVH-308DSC-PAS

NETIS No. TH-120015-VE

タンピングランマー

MT-55H

NETIS No. TH-100005-VE



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樂町1-4-3 TEL: 03-3292-1411 (代)

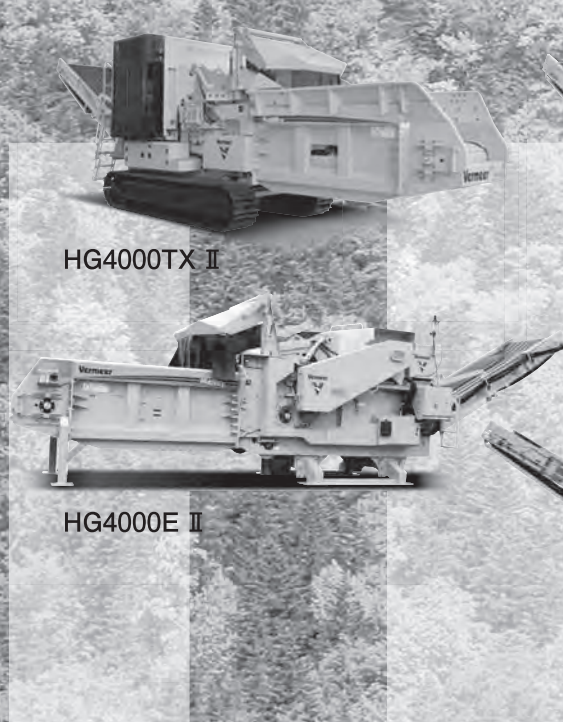
大阪支店 TEL: 06-6745-9631
札幌営業所 TEL: 011-892-6920
仙台営業所 TEL: 022-238-1521
新潟出張所 TEL: 090-4066-0661

北関東営業所 TEL: 0276-74-6452
長野出張所 TEL: 080-1013-9542
中部営業所 TEL: 052-451-7191
金沢出張所 TEL: 080-1013-9538

中国営業所 TEL: 082-875-8561
四国出張所 TEL: 087-868-5111
九州営業所 TEL: 092-431-5523
南九州出張所 TEL: 080-1013-9558

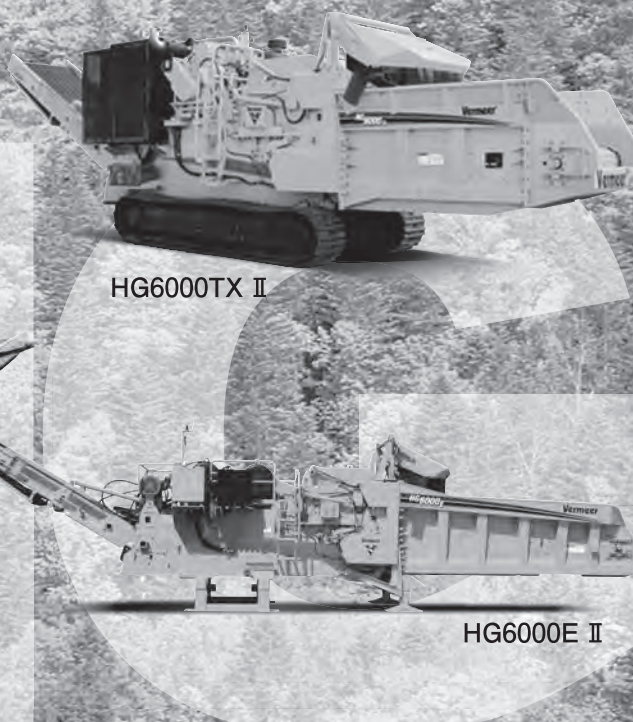
沖縄出張所 TEL: 080-1013-9328

マルマテクニカのホリゾンタルグライNDER



HG4000TX II

HG4000E II



HG6000TX II

HG6000E II

1台の破碎機でピンチップも切削チップも生産できる!用途別に選べる2タイプ。



破碎部のみの載せ替えが可能!!
様々な用途に1台で対応が可能



特長

- チップサイズは均一で、バイオマス発電向け燃料として実績が多数。
- 新車破碎機の在庫保有と新車の短納期体制で対応。
- 休車時間をなくすため、Vermeer 社破碎機部品の在庫を保有し、即納体制で対応。



マルマテクニカ株式会社

URL <http://www.maruma.co.jp/>

本社・相模原事業所	〒252-0331	神奈川県相模原市南区大野台6-2-1	TEL.042(751)3091	FAX.042(756)4389	E-mail:s-sales@maruma.co.jp
厚木工場	〒243-0125	神奈川県厚木市小野651	TEL.046(250)2211	FAX.046(250)5055	E-mail:atsugi@maruma.co.jp
東京工場	〒156-0054	東京都世田谷区桜丘1-2-22	TEL.03(3429)2141	FAX.03(3420)3336	E-mail:tokyo@maruma.co.jp
名古屋事業所	〒485-0037	愛知県小牧市小針2-18	TEL.0568(77)3313	FAX.0568(72)5209	E-mail:n-sales@maruma.co.jp

www.denyo.co.jp

発電機・溶接機・コンプレッサは抜群の性能を誇るデンヨー製品で!



DCA-25MZ

GAW-155ES



DIS-8

DIS-80LBE



札幌営業所 011(862)1221
東北営業所第1課 019(647)4611
東北営業所第2課 022(254)7311
信越営業所 025(268)0791
北関東営業所 027(360)4570

東京支店 03(6861)1122
横浜営業所 045(774)0321
静岡営業所 054(261)3259
名古屋営業所 052(856)7222
金沢営業所 076(269)1231

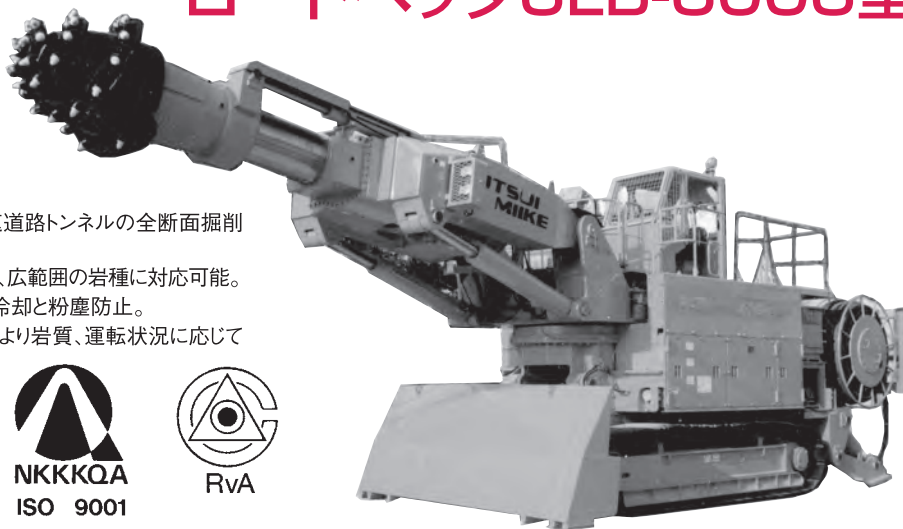
大 阪 支 店 06(6448)7131
 広 島 営 業 所 082(278)3350
 高 松 営 業 所 087(874)3301
 九 州 営 業 所 092(935)0700

安全・高能率な掘削を実現!

全断面对応中硬岩用トンネル掘進機 ロードヘッダSLB-300S型

特長

1. 最大8.8mの掘削高さで、新幹線、高速道路トンネルの全断面对掘削が可能。
2. 300kW・2速切換型電動機の採用により、広範囲の岩種に対応可能。
3. ピック先端に高圧水を散水させ、ピック冷却と粉塵防止。
4. モード切換式/パワーコントロール装置により岩質、運転状況に応じて作動設定の変更が可能。
5. 運転操作が優れ、全操作がリモートコントロールで運転可能。
6. ケーブルリール装置により、電源ケーブルの取扱いが容易で移動が迅速。



製造・販売・レンタル及びメンテナンス



株式会社 三井三池製作所

本店/〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井ビル2号館
TEL.03-3270-2005 FAX.03-3245-0203

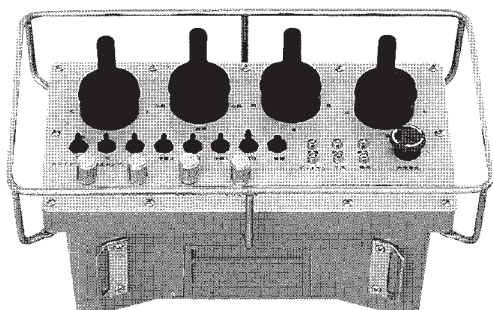
<http://www.mitsumiike.co.jp>

E-mail : sanki@mitsumiike.co.jp

建設機械用
無線操作装置

ダイワテレコン

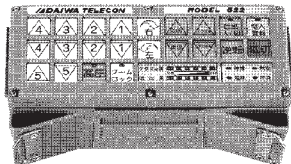
あらゆる仕様に対応
指令機操作面はレイアウトフリー



ダイワテレコン 572 ※製作例 比例制御 4本レバー仕様



受令機



ダイワテレコン 522

《新電波法技術基準適合品》

- スイッチ・ジョイスティック・その他、混在装備で最大操作数驚異の**96CH**。
- コンパクトな指令機に業界最大**36**個の押しボタンスイッチ装着可能。
- 受令機の出力はオープンコレクタ（標準）リレー・電圧（比例制御）又は油圧バルブ用出力仕様も可能。
- 充電は急速充電方式（一△V検出+オーバータイムタイマー付き）
- 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

大和機工株式会社

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/>
e-mail mgclub@daiwakiko.co.jp
営業所 東京、大阪、他



マシンコントロール / マシンガイダンスシステム
Trimble EARTHWORKS

しっかりと、未来へ

NEW

コネクテッドコントローラ

Trimble TSC7

NEW

スキャニングトータルステーション

Trimble SX10



〒144-0035 東京都大田区南蒲田2-16-2 テクノポート大樹生命ビル 03-5710-2594 SITECH-JAPAN.COM

サイテックジャパン株式会社

雑誌 03435-4



4910034350490
00800

「建設機械施工」

定価 本体 八〇〇円 (税別)