

一般社団法人  
日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

2021

# 建設機械施工 **1**

Vol.73 No.1 January 2021 (通巻851号)

## 特集 建設機械



マイニングサイトの超大型ショベル800t級と  
ダンプトラック300t積

### 巻頭言 新年あいさつ セレンディピティ

- 技術報文
- 超大型建設機械対応コントロールバルブの開発
  - 次世代油圧ショベルに対応する遠隔操作アタッチメントの開発
  - 鉱山機械の遠隔監視システムの開発
  - 公道走行する大型建設機械の走行安全技術
  - 建設機械の自動化（自動操縦）を実現するAIの開発 他

CMI報告 ICT活用工事の推進に向けた地方自治体ICT導入支援と国土交通省の取り組み

- 行政情報
- 建設施工分野における取り組み
  - 国土技術政策総合研究所におけるICT活用工事実現に向けた近年の取り組み
  - 製造業は、不確実性の時代をどう生きるか？

JCMA報告 「令和2年度 建設施工と建設機械シンポジウム」開催報告

統計 建設機械産業の現状と今後の予測

一般社団法人 日本建設機械施工協会

# ダム工事用コンクリート運搬テルハ(クライミング機能付)

## 重力式コンクリートダム等の新しいコンクリート運搬装置

コスト・安全・環境に配慮した最適な施工が行えます。

### 特長

- コストパフォーマンスに優れる。  
機械重量が比較的軽量で、構造がシンプルなので運搬能力に対して安価である。
- 安全性に優れる  
コンクリートバケットが堤体上空を横切らないので安全性に優れる。
- 環境に優しい。  
河床に設置されるので、ダム天端付近の掘削を少なくできる。
- 大型機材の運搬も可能  
専用吊り具で車両等の大型機材の運搬が可能。



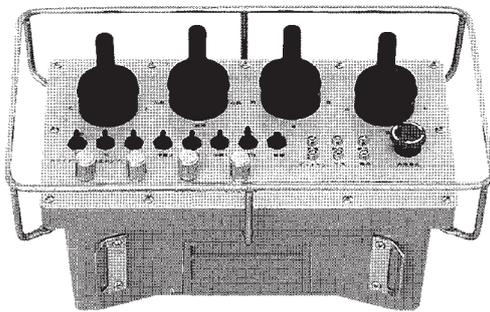
## 吉永機械株式会社

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

建設機械用  
無線操作装置

# ダイワテレコン

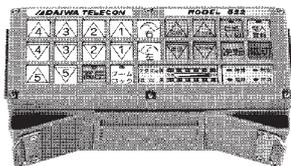
あらゆる仕様に対応  
指令機操作面はレイアウトフリー



ダイワテレコン 572 ※製作例 比例制御4本レバー仕様



受令機



ダイワテレコン 522

《新電波法技術基準適合品》

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

**DAIWA TELECON**

## 大和機工株式会社

常滑工場 〒479-0002 愛知県常滑市久米字西仲根 227 番  
TEL 0569-84-8582(直通) FAX 0569-84-8857  
ホームページ <http://www.daiwakiko.co.jp/>  
e-mail [mgclub@daiwakiko.co.jp](mailto:mgclub@daiwakiko.co.jp)  
営業所 東京、大阪、他

# 令和3年度 日本建設機械施工大賞の公募について

本協会では、平成元年度に一般社団法人日本建設機械施工協会会長賞を創設し、建設事業の高度化に関し顕著な功績をあげた業績について表彰して参りました。また平成27年度の募集から表彰内容を拡充したことに伴い、表彰名称を『会長賞』から『日本建設機械施工大賞』に変更いたしました。

令和3年度の表彰につきましても、下記により公募いたしますので、内容検討の上、奮ってご応募いただきますよう、ご案内いたします。

## 1. 表彰の目的

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

## 2. 表彰対象

本協会の団体会員、支部団体会員、個人会員又は関係者のうち表彰目的に該当する業績のあった団体、団体に属する個人及びその他の個人を対象とします。

## 3. 表彰の種類

表彰は、**各部門とも最優秀賞、優秀賞**とします。最優秀賞は総合的な評価の最も高かったもの、優秀賞はそれに準ずるものに与えられます。なお、ユニークなアイデアあるいは特に秀でた特徴を有するような提案があれば、選考委員会賞として表彰することもあります。

受彰者には賞状及び副賞として1件につき下記の賞金を授与します。

副賞賞金	大賞部門	最優秀賞	30万円
		優秀賞	15万円
	地域賞部門	最優秀賞	20万円
		優秀賞	10万円
	各部門とも	選考委員会賞	5万円

## 4. 表彰式

本協会第10回通常総会（令和3年6月17日（木）予定）終了後に行います。

## 5. 応募

別紙「**日本建設機械施工大賞応募要領**」に基づく**応募用紙**の提出により行われます。大賞部門と地域賞部門の両方へ応募することもできますが、同一内容の業績では、両部門へ重複して応募することはできません。なお、**自薦、他薦を問いません。**応募の締め切りは、**令和3年2月26日（金）（必着）**です。（申し込みアドレス：nomura@jcmnet.or.jp）

## 6. 選考

本協会が設置した「**日本建設機械施工大賞選考委員会**」で選考いたします。なお、該当する業績が無い場合は表彰いたしません。

## 7. その他

受賞業績は、概要を本協会機関誌「**建設機械施工**」及び本協会**ホームページ（HP）**に、応募業績は本協会**HP**に一覧表として掲載いたします。

以上

# 令和3年度 日本建設機械施工大賞 応募要領

『令和3年度 日本建設機械施工大賞』（大賞部門、地域賞部門）を部門ごとに募集いたします。大賞部門と地域賞部門の両方へ応募することもできますが、同一内容の業績では、両部門へ重複して応募することはできません。

それぞれの応募用紙を作成していただきます。

1. 表彰対象 (一社) 日本建設機械施工協会の団体会員、支部団体会員、個人会員又は建設機械及び建設施工に関する技術等の関係者のうち表彰目的に該当する業績のあった団体、団体に属する個人及びその他の個人。
2. 募集の方法 表彰候補の団体、団体に属する個人及びその他の個人の応募による。
3. 応募の方法 協会所定の応募用紙（大賞部門、地域賞部門）による。  
応募用紙は、当協会のホームページ（<https://jcmant.or.jp/>）からダウンロードし、必要事項を記載の上、Excel形式及びPDF形式とし、電子メールにてお申し込み下さい。  
(※Excel形式の枠内に自由にレイアウトして記載)  
なお、提出いただいた資料は返却いたしません。
4. 応募締切 令和3年2月26日（金）
5. 記載方法  
大賞部門
  - 「推薦文」（自薦・他薦を問わず、1ページ以内）
  - 「業績内容の概要」を記述する（1ページ以内）
  - 「業績内容」（下記aからiまで項目順に、簡潔に10ページ以内）
    - a. 業績の行われた背景
    - b. 業績の詳細な技術的説明
    - c. 技術的効果
    - d. 経済的効果
    - e. 施工または生産・販売実績
    - f. 類似工法または機械との比較
    - g. 波及効果
    - h. 特許、実用新案のタイトル（出願、公開、登録、国内・国外を明記）
    - i. 他団体の表彰等に応募中か、すでに表彰を受けているかを記述
  - 参考資料として次のものを添付して下さい。
    - a. 特許関係（公開または登録済みのものの最初のページの写し）
    - b. カタログ（主要なもの1～2点）
    - c. 学会、技術誌等への発表論文があれば、そのコピー（2～3点）
  - 提出物  
応募用紙（「推薦文」・「業績の概要」・「業績の内容」がセットのもの）  
参考資料

地域賞部門

- 「推薦文」（自薦・他薦を問わず、1ページ以内）
- 「業績内容の概要」を記述する（1ページ以内）
- 「業績内容」（下記aからeまで項目順に、簡潔に2ページ以内）
  - a. 業績の行われた背景
  - b. 業績の説明（工夫した点など）
  - c. 業績の効果
  - d. 施工または生産・販売実績
  - e. 地域への貢献度
- 参考資料として次のものを添付し、簡単に説明文をつけて下さい。
  - a. 学会、技術誌等への発表論文があれば、そのコピー（2～3点）
  - b. カタログ、パンフレット（主要なもの1～2点）
  - c. 新聞記事、写真等（主要なもの1～2点）
- 提出物  
応募用紙（「推薦文」・「業績の概要」・「業績の内容」がセットのもの）  
参考資料

6. 申込・お問い合わせ先

大賞部門 一般社団法人日本建設機械施工協会

本部

日本建設機械施工大賞事務局 TEL 03-3433-1501 FAX 03-3432-0289  
申し込みアドレス：[nomura@jcmanet.or.jp](mailto:nomura@jcmanet.or.jp)

地域賞部門 一般社団法人日本建設機械施工協会

本部

日本建設機械施工大賞事務局 TEL 03-3433-1501 FAX 03-3432-0289

支部

北海道	TEL 011-231-4428	FAX 011-231-6630
東北	TEL 022-222-3915	FAX 022-222-3583
北陸	TEL 025-280-0128	FAX 025-280-0134
中部	TEL 052-962-2394	FAX 052-962-2478
関西	TEL 06-6941-8845	FAX 06-6941-1378
中国	TEL 082-221-6841	FAX 082-221-6831
四国	TEL 087-821-8074	FAX 087-822-3798
九州	TEL 092-436-3322	FAX 092-436-3323

関係部署にも回覧をお願いします

橋梁架設工事及び設計積算業務の必携書

# 橋梁架設工事の積算

令和2年度版

∞∞∞ 改定・発刊のご案内 ∞∞∞

一般社団法人 日本建設機械施工協会

謹啓、時下益々ご清祥のこととお喜び申し上げます。

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

さて、このたび国土交通省の土木工事積算基準が改正され、令和2年4月以降の工事費の積算に適用されることに伴い、また近年の橋梁架設工事の状況、実績等を勘案し、当協会では「橋梁架設工事の積算 令和2年度版」を発刊することと致しました。

なお前年度版同様、橋梁の補修・補強工事の積算に際し、その適用範囲や積算手順をわかりやすく解説した「橋梁補修補強工事積算の手引き 令和2年度版」を別冊（セット）で発刊致します。

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

## ◆内容

令和2年度版の構成項目は以下のとおりです。

- (本編) 第1章 積算の体系
- 第2章 鋼橋編
- 第3章 PC橋編
- 第4章 橋梁補修
- 第5章 橋梁架設用仮設備機械等損料算定表

- (別冊) 橋梁補修補強工事 積算の手引き  
(補修・補強工事積算の適用範囲・手順の解説)

## ◆改訂内容

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

### 1. 鋼橋編

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

### 2. PC橋編

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

### 3. 橋梁補修編

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

別冊「橋梁補修補強工事 積算の手引き」

- ・本編改定内容を反映



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

### ●定価

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

- ※ 別冊のみの販売はいたしません。
- ※ 送料は別途。
- ※ また、複数または他の発刊本と同時に申込みの場合についても送料は別途とさせていただきます。

- 発刊 令和2年5月20日

関係部署にも御回覧をお願いします。

大口径・大深度の削孔工法の設計積算に欠かせない必携書

# 大口径岩盤削孔工法の積算

## 令和2年度版

∞∞∞ 改訂・発刊のご案内 ∞∞∞

令和2年5月 一般社団法人 日本建設機械施工協会

謹啓、時下益々ご清祥のこととお喜び申し上げます。  
平素は当協会の事業推進について、格別のご支援・ご協力を賜り厚く御礼申し上げます。  
本協会では、令和元年9月に「大口径岩盤削孔工法の積算 令和元年度版」を発刊し、関係する技術者の方々に広くご利用いただいております。

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

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

### ◆ 内容

令和2年度版の構成項目は以下のとおりです。

第1編 適用範囲	第2編 工法の概要
第3編 アースオーガ掘削工法の標準積算	第4編 パーカッション掘削工法の標準積算
第5編 ケーシング回転掘削工法の標準積算	第6編 建設機械等損料表

### ◆ 改訂内容

令和元年度版からの主な改訂事項は以下のとおりです。

#### 国土交通省土木工事標準積算の改正に伴う改訂

アースオーガ掘削工法に用いるクローラ  
クレーンの排出ガス対策型への移行  
標準積算例に解りやすく解説  
国土交通省基準に準拠した機械等損料表の改定  
最新の施工実績に更新

● A4判／約230頁（カラー写真入り）

● 価格

一般価格：本体6,000円＋消費税

会員価格：本体5,100円＋消費税

※ 送料は一般・会員とも

沖縄県以外 700円

沖縄県 450円（但し県内に限る）

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

● 発刊 令和2年5月15日



## 令和2年度版 建設機械等損料表

■発売日：令和2年5月15日

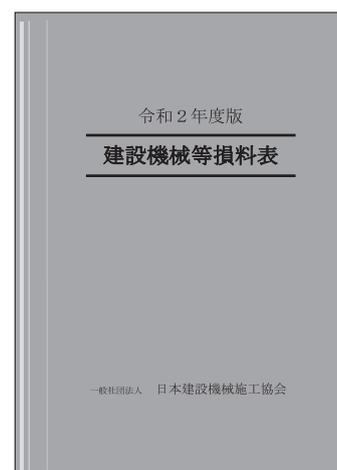
■体裁：A4判 モノクロ 約480ページ

■本体価格(税別・送料別)

一般価格 8,000円 会員価格 6,800円

■内容

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



■参考

近日発売予定の「よくわかる建設機械と損料2020」も併せてご活用ください。

(特長)

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

一般社団法人 日本建設機械施工協会

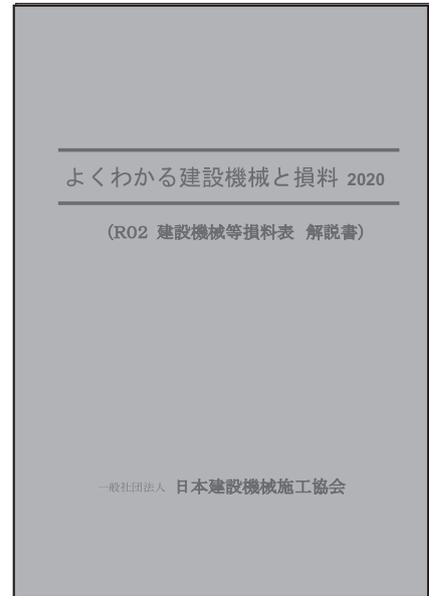
## 「令和2年度版 建設機械等損料表」の解説書 「よくわかる建設機械と損料 2020」の発売について

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

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

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

なお今回、解説文の文字を大きくしています。



書籍の表紙イメージ

\*\*\*\*\* 記 \*\*\*\*\*

■発売日：令和2年5月

■体裁：A4判、一部カラー、約330ページ

■本体価格(税別・送料別)

一般：6,000円 会員：5,100円

■内容・特長

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

\*\*\*\*\* 以上 \*\*\*\*\*

■お問い合わせ先

東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館内)

一般社団法人 日本建設機械施工協会 (TEL:03-3433-1501)

# 2019年版 日本建設機械要覧 電子書籍(PDF)版 発売通知

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

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

是非とも活用いただきたく、お願い申し上げます。

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

## 発売時期

令和元年5月 HP : <http://www.jcmanet.or.jp/>

様々な環境で閲覧できます。

タブレット、スマートフォンで外出先でもデータにアクセスできます。

## Webサイト 要覧クラブ

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

また、同じ要覧クラブ上で新機種情報も閲覧およびダウンロードできます。



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

# 2019年版 日本建設機械要覧

## 発売のご案内

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

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



### 発刊日

平成31年3月

### 体裁

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

### 価格（消費税10%含む）

一般価格 53,900円（本体49,000円）

会員価格 45,100円（本体41,000円）

（注）送料は1冊900円（複数冊の場合別途）

### 特典

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

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

### 2019年版 内容

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

# **論文投稿のご案内**

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

当協会ホームページ <http://www.jcmanet.or.jp>

## **★投稿対象**

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

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

## **★部門**

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

## **★投稿資格**

原稿の投稿者は個人とし、会員資格の有無は問いません。

## **★原稿の受付**

随時受け付けます。

## **★公表の方法**

当協会機関誌へ掲載します。

**★機関誌への掲載は有料です。**

**★その他：優秀な論文の表彰を予定しています。**

## **★連絡先**

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 (機械振興会館)

日本建設機械施工協会 研究調査部 論文担当

E-mail : ronbun@jcmanet.or.jp

TEL : 03 - 3433 - 1501

FAX : 03 - 3432 - 0289

## ◆ 日本建設機械施工協会『個人会員』のご案内

会費：年間 9,000円(不課税)

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

### ★個人会員の特典

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

この機会に是非ご入会下さい!!

## ◆一般社団法人 日本建設機械施工協会について

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

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

### 一般社団法人 日本建設機械施工協会とは…

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

#### ■会員構成

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

#### ■主な事業活動

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

#### ■主な出版図書

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

その他、日本建設機械施工協会の活動内容はホームページでもご覧いただけます！

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

※お申し込みには次頁の申込用紙をお使いください。

### 【お問い合わせ・申込書の送付先】

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

一般社団法人 日本建設機械施工協会 会長 殿

下記のとおり、日本建設機械施工協会 個人会員に入会します。

令和 年 月 日

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

**【会費について】年間 9,000円(不課税)**

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

**【その他ご入会に際しての留意事項】**

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

**【個人情報の取扱いについて】**

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

一般社団法人日本建設機械施工協会 発行図書一覧表 (令和3年1月現在) 消費税10%

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

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

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

特集	<b>建設機械</b>
巻頭言	4 新年あいさつ セレンディピティ 田崎 忠行 一般社団法人 日本建設機械施工協会 会長
行政情報	5 建設施工分野における取り組み 国土交通省 総合政策局 公共事業企画調整課 施工安全企画室
	11 国土技術政策総合研究所における ICT 活用工事実現に向けた近年の取り組み 小塚 清 国土交通省 国土技術政策総合研究所 社会資本マネージメント研究センター 社会資本施工高度化研究室 主任研究官
	15 製造業は、不確実性の時代をどう生きるか？ 2020 年版ものづくり白書から読み解く 矢野 剛史 経済産業省 製造産業局 ものづくり政策審議室長
特集・ 技術報文	19 超大型建設機械対応コントロールバルブの開発 高 圭介 コマツ 開発本部 油機開発センタ 所長付
	23 次世代油圧ショベルに対応する遠隔操作アタッチメントの開発 山本 茂太 キャタピラー 販売促進部
	28 鉦山機械の遠隔監視システムの開発 お客さまと共に課題を抽出し問題解決に貢献するソリューション ConSite <sup>®</sup> Mine 右田 浩史 日立建機(株) マイニング事業本部 開発・生産統括部 開発設計部 DMS グループ 主任技師
	33 油圧ショベルをベースにした林業専用機の開発 林業現場における生産性/安全性向上の技術 藤田 修平 コベルコ建機(株) ショベル開発部 環境機械開発グループ アシスタントマネージャー
	37 衝突軽減システム搭載・お知らせ機能付周囲監視装置 FVM2+ 泉川 岳哉 住友建機(株) 技術本部 先端技術部 ICT 建機開発グループ グループリーダー
	41 公道走行する大型建設機械の走行安全技術 ラフテレーンクレーンの走行安全技術 梅野 隆次 (株)加藤製作所 設計第一部 課長
	45 革新のセミオートドリリング制御と最先端の低燃費化技術を 搭載した大型油圧クローラドリルの開発 HCR1800-ED II 小六 陽一 古河ロックドリル(株) 営業本部 営業企画部 部長
	50 緊急ブレーキ装置搭載コンバインド型振動ローラ (搭乗型 2.5 t/4 t クラス) の開発 コンバインドローラの作業環境に適した 79 GHz 帯ミリ波レーダ 遠藤 涼平 酒井重工業(株) 開発本部 新技術開発部 森岡 則雄 酒井重工業(株) 開発本部 製品開発部
	56 軽量ブーム搭載の新型高所作業車 スカイボーイ AT-320XTG-1 山下 輝 (株)タダノ LE 開発第二部 高所・特機開発ユニット 主任
	62 コンパクトな車体と安全性、快適性を追求したクローラ クレーン「CC1908S-1」新発売 東福寺 望 (株)前田製作所 技術本部 技術部 グループ長 中園 豪気 (株)前田製作所 技術本部 技術部 主任 竹内 直樹 (株)前田製作所 産業機械本部 営業統括部 販売管理課長

	67	地上の技術の宇宙への応用を目指した建設機械軽量化技術の研究開発 岡田 康弘 (株)タグチ工業 技術本部
	73	建設機械の自動化（自動操縦）を実現する AI の開発 安本 雅啓 (株)アラヤ 取締役 CTO
	78	締固め機械史 2：突固め系の機械化 岡本 直樹 建設機械史研究者
交流のひろば	86	第 2 世代 CAN/ 無線ブリッジ CBR-100AC 製品化 有線 CAN/ 無線 LAN 変換で産業用車両の状態をリアルタイムで把握 山崎 泰 サイレックス・テクノロジー(株) グローバルマーケティングセンター 製品戦略室 プロダクトマーケティングマネージャー
ずいそう	91	イタリア駐在の思い出 濱田 知秀 コマツ 商品企画本部 商品企画室
	93	趣味紹介!! “シニアライフを釣りと全国温泉巡り” 藤目 正敏 (元) 近畿地方整備局
JCMA 報告	96	「令和 2 年度 建設施工と建設機械シンポジウム」開催報告 企画部
CMI 報告	99	ICT 活用工事の推進に向けた地方自治体 ICT 導入支援と国土交通省の取り組み 小川 涼 (一社) 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 研究第三部 技術員
統計	102	建設機械産業の現状と今後の予測 機関誌編集委員会
	107	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
	108	行事一覧 (2020 年 11 月)
	112	編集後記 (中川・花川)

◇表紙写真説明◇

マイニングサイトの超大型ショベル 800t 級とダンプトラック 300t 積  
写真提供：日立建機(株)

本写真は、ショベル EX8000 (重量 800t) と、ダンプ EH5000 (300t 積) である。  
鉱山の機械は、24 時間 365 日連続稼働も多く、計画的なサービス体制の構築や、突発的な不具合に対する早急な対応が求められる。  
機械コンディションをベースとした遠隔監視システムとサービスを実施する。

2021 年(令和 3 年)1 月号 PR 目次  
【ア】朝日音響(株)……………後付 6  
【カ】コベルコ建機(株)……………後付 1

コマツ……………表紙 4  
コスモ石油ブリカンツ(株)……………後付 5  
【サ】サイテックジャパン(株)……………表紙 3

【タ】大和機工(株)……………表紙 2  
【チ】(株)鶴見製作所……………後付 3  
【マ】マルマテクニカ(株)……………後付 4

三笠産業(株)……………後付 2  
【ヤ】吉永機械(株)……………表紙 2

## 巻頭言

# 新年あいさつ

セレンディピティ

田 崎 忠 行



新年あけましておめでとうございます。

セレンディピティという言葉があります。辞書によると「掘出し物を見つける才能、掘出し上手（ジーニアス英和辞典）」とあります。技術開発においても、こつこつと分析や実験を積み上げることに加えて、ある日突然新しい技術のきっかけを見つけるということがあります。ペニシリンを発見したアレキサンダー・フレミングの有名な逸話があります。黄色ブドウ球菌をシャーレに培養しようとして、誤ってカビを発生させてしまいました。通常はこのように失敗したものは滅菌して廃棄するのですが、よく見るとカビの周辺だけ菌が増殖していなかった。これはひょっとすると増殖を抑制する物質があるのではないか、ということからペニシリンの発見に至り、感染症対策につながりました。まさしくひょうたんから駒だったわけですが、ただ漫然と研究していても駒が出るわけではなく、常に好奇心を持って取り組む必要があることは言うまでもありません。

話は変わりますが、国の研究機関である国立研究開発法人の研究計画の流れは、まず主務大臣が社会的要請や研究の現状と動向を考慮して中長期目標を設定します。各研究開発法人はこれに基づいて中長期計画を策定し、さらに年度計画を策定します。研究業務が計画通り実施され所期の成果が達成されたかどうか、業務実施評価を受けます。この流れの根底にあるのは、限られた財源を効率的に投下して最大限の成果を出そうという、いわば選択と集中です。無論選択と集中に異論を唱えるものではありません。ただ、かつて研究にもかかわった個人的な経験からみると、通常は研究目標を現在の研究の延長線に設定することが多いと思います。しかしそれでは現状の研究水準から跳躍するような成果は生まれません。セレンディピティの言葉どおり、ああでもない、こうでもないといわき道に寄りながら、さらに幸運にも恵まれれば素晴らしい研究成果が生まれることもあるでしょう。ここが一般的な事業と異なるところです。一般的な事業であれば数年先の到

達目標をかなりの精度で想定することができ、適切な進捗管理や、場合によっては軌道修正をしながら目標を達成することが可能であり、これが一般的な事業管理の方法です。しかし研究開発では、計画通り着実に、ということが必ずしも良い成果を生むとは限らないのです。研究目標を設定して管理する手法を否定しているものではありません。しっかり管理して効率的に研究を進めることは重要です。しかし、これだけにとらわれてはならない、と思うのです。令和2年度は第5期科学技術基本計画の最終年度ですが、この計画には超スマート社会としてIoTやAIが例示されています。AI技術の発展は目を見張るものがありますが、研究になんでもAIをからませると世の中の受けが良い、というのは少し行き過ぎのような気がします。なかには第2世代のAIではないかと思われるような技術も散見されます。

私は建設技術を発展させるために、従来のようなニーズサイドに偏った新技術開発ではなく、シーズサイドの新技術活用を主張してきました（土木学会インフラメンテナンス分野の新技術適用推進に関する提言2020.4.23）。詳細は提言をご参照いただければと思いますが、研究においても目標を定めて着実に進めていくニーズサイドの手法に加えて、個々の研究者のシーズを育てて、実証試験なども行いながら社会実装につなげていくやり方も重要なのではないのでしょうか。どちらが良いというものではなく、両者がそのメリットを生かしながらいま総合作用が働くのが望ましい姿でしょう。これは基礎的研究が重要、という議論にも通じるように思います。

成熟社会においては、単に決まり切ったルーチンを繰り返すのではなく、いかに付加価値の高いものを生み出すかが重要です。このことが競争に打ち勝つための要諦です。そのためにも、時には過去の延長線から飛躍した新技術の出現が求められるのではないのでしょうか。

## 行政情報

## 建設施工分野における取り組み

国土交通省 総合政策局 公共事業企画調整課 施工安全企画室

「インフラ老朽化」「災害リスクの高まり」「少子高齢化・将来の技術者不足」など我が国の社会インフラを取り巻く課題解決や新型コロナウイルス感染症対策を契機とした非接触・リモート型の働き方への転換と抜本的な生産性や安全性向上を図るため、国土交通省総合政策局公共事業企画調整課施工安全企画室では「建設機械」や「ロボット技術」を「AI」「IoT」と連携し、早期に社会実装するため各種施策を推進している。

本稿では、近年取り組んでいる「建設施工分野のデジタルトランスフォーメーション（DX）の推進」に関連する施策について紹介する。

キーワード：DX, 建設施工, 生産性向上, 社会実装, AI, IoT, ロボット技術, i-Construction, 除雪機械, 自動化, 自律化

## 1. はじめに

我が国の社会インフラは「老朽化の進行」, 「地震・台風・雪害等の災害リスクの高まり」, 「豪雨災害の激甚化」, 「人口減少・少子高齢化等による将来の技術者不足」等のさまざまな課題に直面している。特に我が国の総人口は、戦後から増加が続いていたが、2008年（平成20年）の1億2,808万人をピークに減少に転じ、2000年（平成12年）頃は欧州諸国と同水準であった高齢化率についても、2005年以降は世界で最も高い水準となっている。

これらの課題を解決するため、これまで以上に、人の判断の代替としての「AI」や機械・ロボット制御に「IoT」を連携させるなど「AI・ロボット等革新的技術のインフラ分野への導入」等が必要不可欠となる。また新型コロナウイルス感染症対策を契機とした非接触・リモート型の働き方への転換と抜本的な生産性や安全性向上を図るため、インフラ分野のデジタルトランスフォーメーション（DX）を強力に推進する必要がある。

政府では「経済財政運営と改革の基本方針2020」（令和2年7月17日閣議決定）を定め、以下のような建設施工分野における生産性向上等を目指しているところである。

- ・ 社会資本整備については、デジタル化・スマート化を原則とした、抜本的な生産性向上や予防保全の高度化・効率化による長寿命化、集約等を通じ

た公的ストックの適正化を図る。

- ・ 防災・減災、国土強靱化について、デジタル化・スマート化を図りつつ、国・地方自治体をはじめ関係者が一致団結し総力を挙げ、ハード・ソフト一体となった取組を強力に推進する。
- ・ 社会資本整備分野においてもデジタル化・スマート化を進め、今後策定する次期社会資本整備重点計画を貫く原則と位置付ける。特に、ICT施工や建設生産プロセス全体での3次元データ活用などのi-Constructionを推進し、中小建設業を含め、規模の経済観点からの広域連携も図りつつ、全国的な浸透を図るとともに、デジタル化も活用したきめ細やかな施工・執行管理や地方自治体の取組の「見える化」を通じた施工次期の平準化等により生産性向上等を図る。またインフラの老朽化が進展する中で、予防保全に基づくメンテナンスサイクルを徹底し、その際、新技術やデータ活用による効率化・高度化を図る。

本稿では、これらの政府の基本方針における目標を実現するための建設施工分野における取り組みについて紹介する。

## 2. AI・ロボット等革新的技術のインフラ分野への導入

社会インフラの維持管理をめぐっては、老朽化の進行、現場の担い手不足等が喫緊の課題となっている。

国土交通省では、より効率的なインフラ点検を実施するための社会インフラ用ロボットの活用手法等を示すマニュアルを整備し、現場導入を推進している。

具体的には、平成25年度に重点導入5分野（橋梁、トンネル、水中（河川、ダム）、災害状況調査、災害応急復旧）を設定し、平成26年度より、重点5分野に関する民間企業のロボット技術を公募し、実際の現場等でその性能を検証した。平成30年度には、検証を行ったロボット技術を道路（橋梁、トンネル）及び河川（ダム）の実現場で活用するための環境を整備し、令和元年度より活用が始まっているところである。

一方、点検支援技術等から得られる膨大な写真の整理作業や、構造物の変状等を抽出する作業には時間を要するため、これら作業の効率化が求められている。効率化を実現する手法として、点検写真から構造物の3次元モデルを自動生成し、変状等を把握出来るビューアを用いて写真等を管理することや、AIを用いて変状等を自動抽出することが有効であると考えている。

### (1) 3次元モデルの活用

点検業務においては、点検にて損傷が認められた箇所の写真や損傷情報等を帳票等によって記録を残せば、点検支援技術等によって撮影した写真の全てを納品する必要はない。

しかし、点検支援技術等によって撮影した高精細かつ膨大な画像から3次元モデルを生成し、正確な損傷位置を3次元的に記録・蓄積することが出来れば、損傷の経年変化を容易に比較することが可能となり、診断等を行う技術者の判断への貢献も期待される。

これを実現するため、国土交通省では3次元モデルの作成に必要なデータに関する共通のデータ項目や仕様を規定し、点検支援技術等により取得した点検写真から、3次元モデルを生成するアプリケーション等を介して成果品を作成し納品する方法（図一1）を示す

「点検支援技術（画像計測技術）を用いた3次元成果品納品マニュアル（トンネル編／橋梁編）（案）平成31年3月」を作成し、実現場にて取得した点検データから3次元モデルを作成する試行を行っている。

### (2) AIの活用

現在は点検支援技術等を用いて取得した大量の写真から人手により損傷を判読しているが、将来的には人工知能（AI）を活用して損傷を自動判読することにより、点検記録作成に要する人の作業を支援することが出来ると考えている（図一2）。

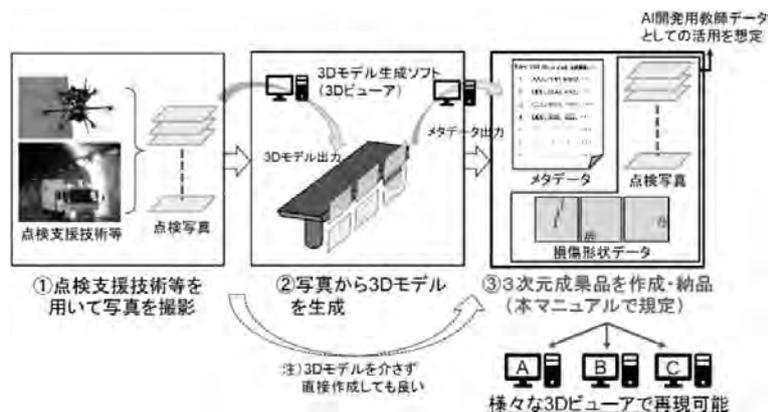
国土交通省では、民間との協調領域として教師データを作成し、これをAI開発者へ提供しAI開発を支援するとともに、開発されたAIの性能評価等を行うことを目的に「AI開発支援プラットフォーム」の設立を検討している。本プラットフォームの設立に先立ち、良質で効率的な教師データ整備のあり方や、点検に関するデータの取得・保存・分析・活用を円滑に行うデータ基盤のあり方の検討等を行うために「AI開発支援プラットフォームの開設準備ワーキンググループ」（以下AI-PF準備WG）を設置し、提供する教師データの要件について検討を進めている。

AI-PF準備WGでは、これまで検討した要件に基づき教師データを試作してきたところ（図一3）、今後はAIの性能評価試行や、AIを実現場に導入した際の活用効果の検証を行うことで、公開する教師データの品質を確認するなど、AI開発支援プラットフォームの設立に向けた取組を進める。

## 3. ICT施工の対象工種拡大及び普及促進

### (1) ICT施工の対象工種拡大

国土交通省では、調査・測量から設計、施工、検査等のあらゆる建設生産プロセスにおいてICT等を活



図一1 3次元成果品の納品までの流れ



図-2 点検フローの将来像

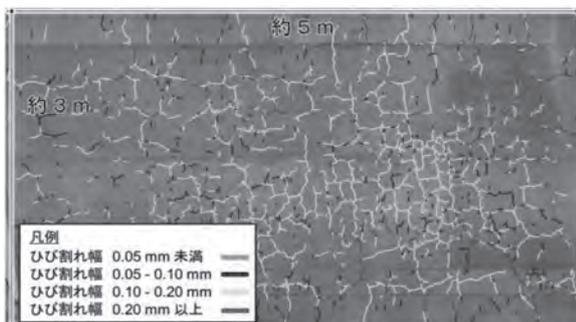


図-3 試作した教師データの例

用する i-Construction を推進し、2025 年度までに建設現場の生産性を 2 割向上させることを目指している。

i-Construction のトップランナー施策のひとつである「ICT の全面的な活用」については、これまでに土工、舗装工、浚渫工、地盤改良工、法面工、付帯構造物設置工、舗装工（修繕工）について「出来形管理要領」や「監督検査要領」などを策定し、対象工種の拡大を行ってきた。令和 2 年度は、BIM/SIM の令和 5 年度原則適用を踏まえ、構造物工（図-4）への工種拡大を行うとともに、路盤工の加速度応答を用いた密度管理や、民間から提案を受けた、施工履歴データを用いた出来形管理の土工への適用、UAV 写真測量でカメラを斜面に正対させた状態での斜め撮影手法の適用等の拡大を図る。

また、建設現場のデジタルトランスフォーメーション（DX）を推進するため、ICT 施工に係る各種データについて、施工者や発注者がクラウドシステム間でデータを連携し、様々なアプリケーションで利用（図-5）するために必要な API 連携について検討を進めている。

(2) ICT 施工の普及促進

ICT 施工の地方自治体発注工事に広く普及を図るため、平成 29 年度から令和元年度まで「現場支援型モデル事業」（25 自治体）を実施してきた。ICT 活用工事の発注件数は増えてきているが、中小建設業者に ICT 施工に対応した人材が不足しているなどの理由により、ICT 施工の実施件数は増えていないため、令和 2 年度からは、地方公共団体の ICT 施工担当者等に対し、中小建設業者へ現場条件に見合った ICT

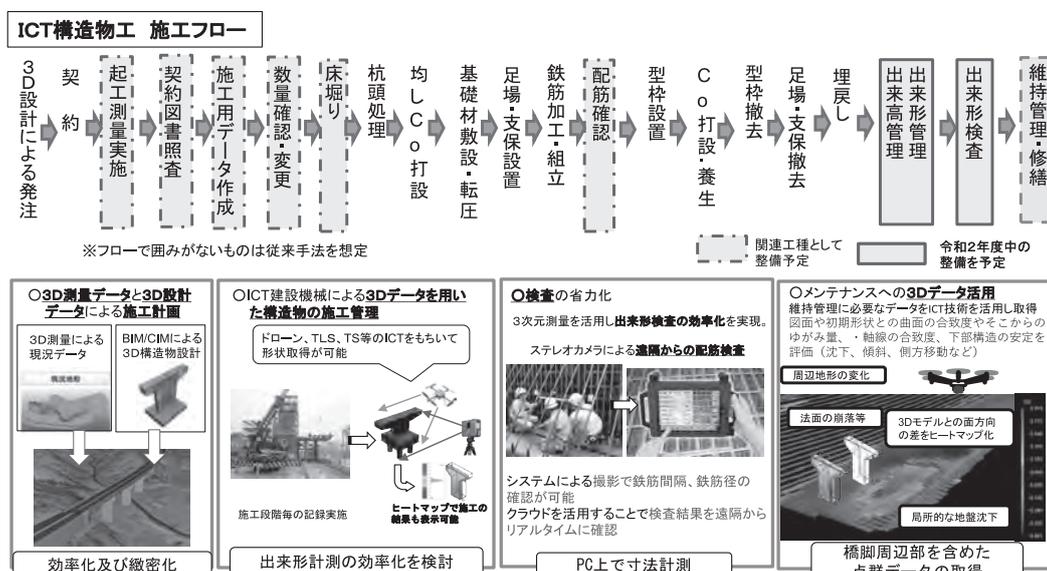


図-4 ICT 構造物工

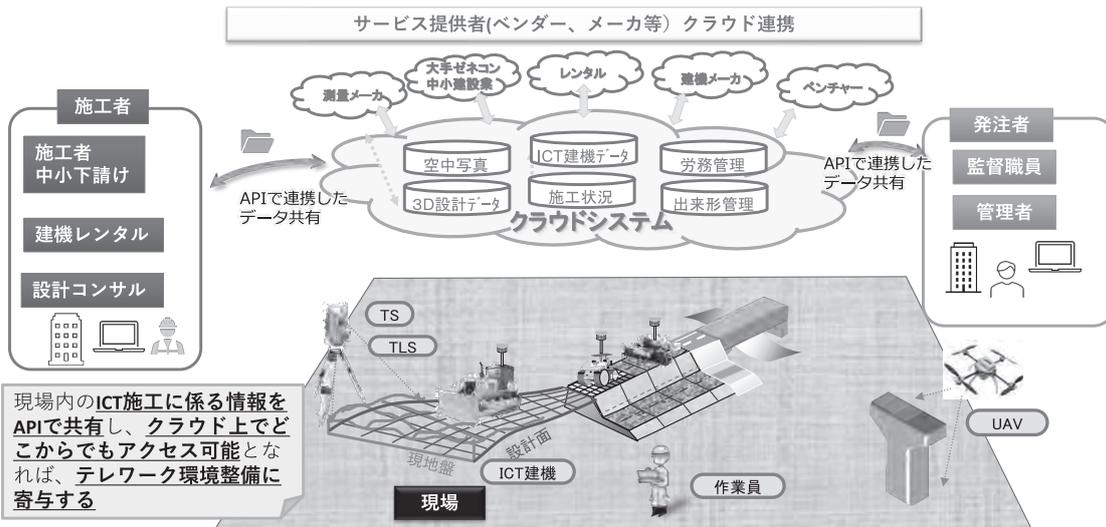


図-5 ICT 施工におけるデータ連携

活用方法等を適切にアドバイスができる人材・組織の育成を支援する。

### 4. 除雪機械の高度化

近年の除雪現場においては、担い手不足や作業の難易度が高いこと等からオペレータの高齢化及び技術者不足の問題が顕在化しており、今後も冬期道路の交通を確保していくために早急な対応が求められている。

労働力不足対策の1つとして、ロボット技術やAIを活用した省人化の試みが各業界で進められており、

自動車業界においては自動運転の開発が急速に進んでいる。

一方、国土交通省では、国道（国管理）の今後の維持管理のあり方について幅広く議論するための「国道（国管理）の維持管理等に関する検討会」が設置されており、その中間とりまとめにおいて、直轄国道の日常的な維持管理に新たな技術を活用するための「道路デジタルメンテナンス戦略」が策定され、道路の維持作業の分野（図-6）においても段階的に新技術の導入を目指している。

除雪作業の自動化に向けた検討については、過年度

ICT技術の導入により、維持作業の自動化を行い、作業の効率化・安全性の向上を図る。

<実現したいこと>

- ・機械の自動制御(作業装置のマシンコントロール化)による除雪作業等の効率化と安全性の向上
- ・熟練オペレータの技術の伝承

**C-① 除雪機械による除雪作業の自動化**

**技術イメージ** MMSを活用した高精度3次元地図とGPSにより路上障害物を自動検知し、除雪トラックなどの除雪作業(機械操作)を自動化する技術

**① 当面の取り組み**

自動化に必要な地図データ

作業装置の自動化に必要な道路施設の静的情報を抽出

【課題】除雪現場では、担い手不足のため熟練オペレータの機械操作技術が若手へ伝承されない

【取り組み】熟練オペレータの操作技術を自動制御

**② 開発目標**

除雪トラック作業装置の自動化を図る

除雪作業の安全性、施工性向上を目的として、除雪トラックの作業装置(フロントブラウ、グレーダ装置、サイドシャッタ)のマシンコントロール化を検討。最終開発目標は「完全自動運転(無人化)」

一次除雪機械(除雪トラック)のマシンコントロール化イメージ

各作業装置マシンコントロール化イメージ

**C-② 除雪作業の安全確認支援**

**技術イメージ** 作業場の死角の見え方や、悪天候時の視界不良時の映像鮮明化で作業の安全確認を支援する技術

除雪グレーダの運転支援

映像鮮明化技術

映像鮮明化処理装置により、事前に撮影された地吹雪映像の鮮明化処理を実施し有効性を確保。

**C-③ 維持作業(除草、清掃等)の機械操作の自動化**

**技術イメージ** 路上障害物を検知し、除草・清掃等の維持作業(機械操作)を自動化する技術

**C-④ 除雪車両等の完全自動化**

**技術イメージ** 除雪作業等の完全無人化

図-6 道路維持作業分野の新技術導入イメージ

に行った除雪作業従事者の実態調査結果などを踏まえ、特に優先的に取り組むべき内容として、技能習得に時間を要する除雪機械（装置）の操作に関する省力化に向けた技術開発を行っている。

以下に、現在取り組んでいる除雪機械の高度化について紹介する。

### (1) 除雪トラックの高度化

除雪トラックには、雪を路外にかき飛ばす車両前方にある「プラウ」、路面の圧雪を削り取る「トラックグレーダ（路面整正装置）」、一時的に雪を抱え込み交差点に雪を残さないようにする「サイドシャッタ」など各種除雪装置がある（図一7）。



図一7 除雪トラックの主な作業装置

従来、オペレータが手動で操作している装置を、道路の3次元地図データを基に、準天頂衛星「みちびき」等からの測位情報を利用した自車位置を確認し、あらかじめ設定された位置で各種除雪装置を自動操作する自動化に取り組んでいる。

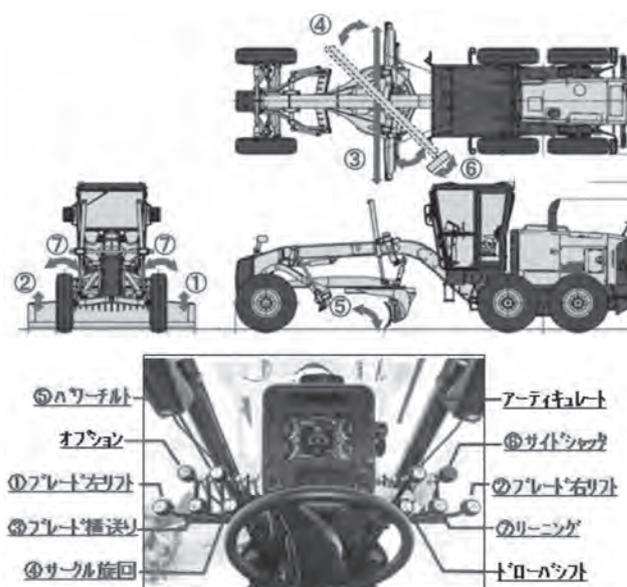
### (2) 除雪グレーダの高度化

除雪グレーダは、路面状況、道路構造、沿道条件等に合わせた複雑で難易度が高い操作が必要であり、ブレード操作は走行しながら、6～7本のレバーによりブレードを操作しており、オペレータの習熟が必須の機械である。

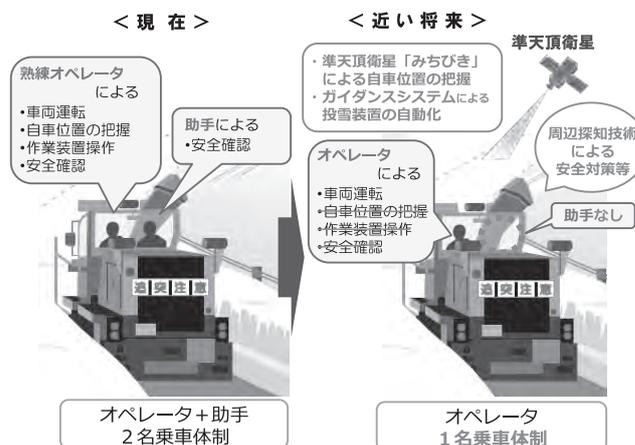
図一8に示す①から⑦までの動作を、除雪作業の負荷により除雪装置を自動化する高度化に取り組んでいる。

### (3) ロータリ除雪車の高度化

ロータリ除雪車は、拡幅除雪や運搬排雪に使用され、車両前部の装置（オーガ、ブロウ）を回転させて雪をかき込み、シュートと呼ばれる装置で方向や距離を調整し雪を飛ばす機械である。これら作業装置の自



図一8 除雪グレーダのブレード装置概要図



図一9 ロータリ除雪車の高度化

動化においても、除雪トラック同様に測位データで自車位置を確認し、各種除雪装置を自動操作するものである。また、実際のオペレータによる投雪装置の操作実績（操作判断基準）をティーチングし、その基本データで自動施工を目指す。風向・雪堤高さ・道路附属物等の情報データも補完し、自動化に取り組んでいる（図一9）。

現在の除雪作業では、熟練オペレータによる車両運転、自車位置の把握、作業装置操作、助手による安全確認等の作業が必要となることから、2名体制で乗車をしているところである。近い将来には、準天頂衛星「みちびき」等を活用し、自動化レベルを段階的に上げていくことで、オペレータに求められる作業の見直しやそれら技術の習得に必要な期間短縮などにつながると想定している。

## 5. 建設施工における自動化、自律化の促進

日本が世界をリードしている分野として、建設機械の自動化・自律化技術があり、本技術の導入による飛躍的な省力化、生産性の向上が期待されている。

建設現場における無人化施工技術そのものは日本独自の技術であり、平成6年より実施していた雲仙普賢岳における試験フィールド事業をはじめ、災害現場等の二次災害のリスクが懸念される現場にて、作業の安全性を担保するために建設機械の遠隔操作技術や遠隔での施工・品質管理技術を適用する形で導入を進めてきた。一方、これまでの無人化施工技術は、通信能力の低さ等に伴う映像伝送、表示の遅延による判断の困難さや施工効率の低さが課題となっていた。

しかし、近年は5GやAI等の革新テクノロジーを用いた新たな無人化施工技術の開発が進んできている。これには、従来取組んできた遠隔操作技術を搭乗操作の感覚に近づける技術や、建設機械の操作を自動化する技術、人工知能等を活用し判断まで行う自律化技術を含んでおり、これらの技術開発競争は世界的にも激化しているところである。

このような技術は現在開発導入の緒に就いたところであり、5GやAI等を用いた自動化、自律化技術の開発導入を促進するため、国として建設機械の自動化、自律化技術の導入に関する長期的なビジョンを策定し、社会実装に向けた制度整備を行うこととしている（図－10）。



図－10 無人化施工のイメージ

## 6. 建設施工における人間拡張技術の導入促進

近年は製造業や物流等において作業員の身体能力、認知能力を拡張する「人間拡張（Human Augmentation）」技術の導入が進んできている。人間拡張技術には、作業員の身体負荷そのものを軽減するパワーアシストスーツや作業員の視覚や判断を補助するVR、AR等が代表される。これらの技術には、建設施工の分野に応

用可能なものも含まれると考えられるが、その活用効果が明確ではなく普及には至っていない。

そこで、人間拡張技術の開発導入を促進するため、国として導入に向けた長期的なビジョンを策定し、技術の活用効果等について定量的に評価可能な指標を示すとともに現場実証を行い、導入に必要な制度整備を行う。

国土交通省ではまずパワーアシストスーツに注目し、その早期社会実装に向けた環境整備を推進するため、産官学による「建設施工におけるパワーアシストスーツ導入に関するワーキンググループ」を設置した（写真－1）。令和2年度は、パワーアシストスーツの活用場面の整理や、その導入効果評価指標・手法案について本ワーキンググループを通じて整理し、模擬環境現場において検証を行うこととしている。



写真－1 パワーアシストスーツを装着した様子

## 7. おわりに

インフラの老朽化が進行している中で、近年の災害の頻発化・激甚化が懸念されているとともに、人口減少・少子高齢化等による技術者不足等の課題が我が国は存在する。また新型コロナウイルス感染症対策を契機とした非接触・リモート型の働き方への転換と抜本的な生産性や安全性向上を図る必要がある。

このような状況に対応するため、「AI・ロボット等革新的技術のインフラ分野への導入」「ICT施工の対象工種拡大及び普及促進」「除雪機械の高度化」等の施策に加え、「建設施工における自動化、自立化の促進」「建設施工における人間拡張技術」の導入促進に取り組んでいるところである。

今後とも、日本の建設施工分野が抱えるさまざまな課題に対し、迅速かつ効果的に対応するためには、更なる新技術等の導入や普及が求められるであろう。

## 行政情報

# 国土技術政策総合研究所における ICT 活用工事実現に向けた近年の取り組み

小塚 清

国土交通省においては、平成 27 年度より、i-Construction の一環として、土工を皮切りに、工事の出来形管理・監督検査へ ICT を活用する取組みを進めている。以来、ICT 活用工事の工種拡大を行うとともに、実際の適用工事の事例に基づく基準類の改善を進めているところである。

同時に、ICT 活用工事の普及進展と相まって、民間レベルを中心に、ICT を活用した計測技術の開発や施工ノウハウの蓄積が急速に進められている。これらの最新の計測技術や施工ノウハウなどを公共工事の基準類へ適時適切に反映できるよう、令和元年度より、新たに ICT の活用に関する「民間等の要望を踏まえた基準の策定・改定」を進めているところである。国土技術政策総合研究所では、上記の提案に基づき、実現現場での適用性検証を実施し、その結果に基づき、汎用性も考慮しつつ、出来形管理等の基準類の案を作成している。

本稿においては、その一部である「ICT を活用した生産性の向上」やその深化に向けた当研究所の取組み状況等を中心に紹介する。

キーワード：i-Construction, 3次元設計データ, 点群データ, 出来形管理

## 1. はじめに

我が国において生産年齢人口が減少することが予想されている状況下において、経済成長を続けるためには、生産性向上は避けられない課題である。国土交通省においては、建設現場における生産性を向上させ、魅力ある建設現場を目指す新しい取組みである i-Construction を進めることとされた。調査・測量から設計、施工、検査、維持管理・更新までのあらゆる建設生産プロセスにおいて抜本的に生産性を向上させることにより、建設現場における一人一人の生産性を向上させ、企業の経営環境を改善し建設現場に携わる人の賃金の水準の向上や安全性の確保を図ることが狙いである。本稿では、i-Construction のトップランナー施策とされる「ICT 活用工事」、「コンクリート工の規格の標準化」、「施工時期の標準化」のうち、「ICT 活用工事」に関し、国土技術政策総合研究所（以下、「国総研」という）として進めてきた近年の研究成果の概要及び今後の取り組みを紹介する。

## 2. i-Construction に関するこれまでの研究成果

(1) ICT 活用工事の工種拡大へ対応した出来形管理要領等の技術基準案の作成  
既に相当程度 ICT 活用工事が普及してきた UAV

土工のほか、レーザースキャナ等により取得する点群データや、ICT 建設機械の施工履歴（刃先位置）等、面的に取得したデータを出来形管理に活用出来るよう、ICT 活用工事の「3次元起工測量、3次元設計データ、情報化施工、3次元出来形測量、出来形管理・検査」それぞれのプロセスにおいて、具体的な方法を要領として新たに整理する取り組みを実施している。その中で、従来の管理断面による基準値と同等の工事成果が得られるよう、面管理に必要な出来形管理規格値の案を新たに設定した。

令和元年度までに、実際の工事現場において、先進的に情報化施工が取り組まれている舗装工事、河川浚渫工事、地盤改良工（浅層、中層混合処理）、法面工（吹付工）を対象に追加した。令和 2 年度には、新たに地盤改良工（深層）、法面工（吹付法砕工）、舗装修繕工へ対象を拡大した。

(2) 民間レベルにおける新たな開発技術が実際の工事現場へ実用化可能となるような出来形管理要領等の技術基準案の作成

ICT 活用工事の普及に伴い、民間レベルにおいて、自己位置特定可能な UAV、移動体搭載型レーザースキャナ、レーザースキャナ搭載型の UAV、望遠鏡が搭載されていないトータルステーションなどが、新たに商

平成28年度	平成29年度	平成30年度	令和元年度	令和2年度	令和3年度 (予定)
ICT土工					
	ICT舗装工 (平成29年度:アスファルト舗装、平成30年度コンクリート舗装)				
	ICT浚渫工 (港湾)				
		ICT浚渫工 (河川)			
			ICT地盤改良工 (浅層・中層混合処理)		
			ICT法面工 (吹付工)		
			ICT付帯構造物設置工		
				ICT地盤改良工 (深層)	
				ICT法面工 (吹付法砕工)	
				ICT舗装工 (修繕工)	
				ICT基礎工・ブロック据付工 (港湾)	
				ICT構造物工	
				ICT路盤工	
				ICT海上地盤改良工 (床掘工・置換工)	
				民間等の要望も踏まえ 更なる工種拡大	

図一 ICT 活用工事の適用工種の推移

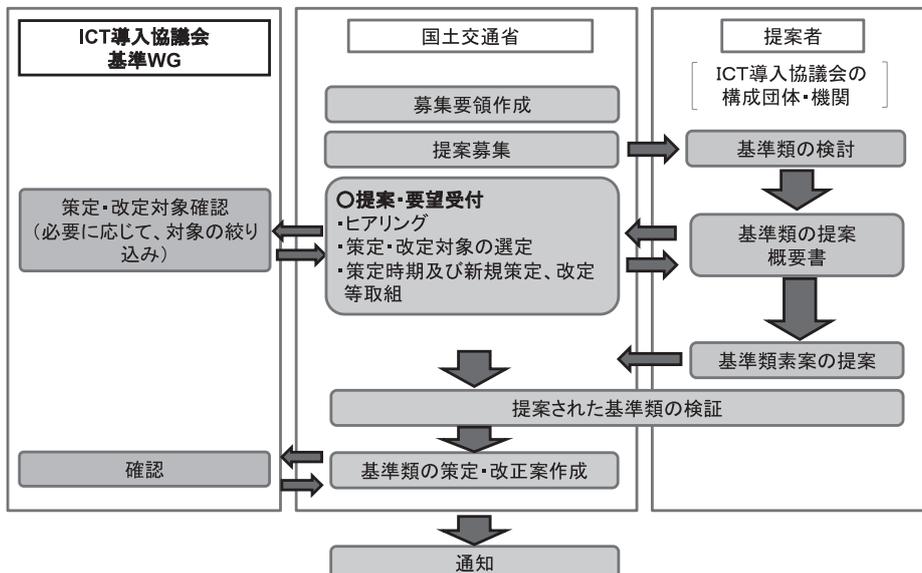
品化されるとともに、計測精度の向上、計測時間の短縮などの技術開発が進められているところである。これらの技術のうち、出来形管理において要求される精度へ対応可能なものについて、計測機器メーカー等から情報収集の上、実際の工事現場で円滑に出来形管理が実施できるよう、出来形管理要領の案を作成している。

(3) 民間等の提案に基づく出来形等に関する基準類案の作成

ICTの活用については、公共工事に用いられる工種が多種にわたること、また、近年民間レベルでのICTの進展が非常に早いことを踏まえ、国土交通省

において、(2)の取り組みと連動しつつ、令和元年度より、「民間等の要望を踏まえた基準の策定・改定」の取り組みを開始した。この取り組みを活用した提案から基準類策定に至るまでの流れを図一2に示す。

この取り組みの中で、国土交通省から、ICTを活用する立場にある関係団体に対し、基準類に関する提案を募集し、募集に応じ提出された提案に対し、提案者からのヒアリングを行い、提案の意図、根拠となるデータの有無及び効果について確認を行う。この結果を踏まえ、ICT導入協議会において、提出された提案に対し、基準類の策定・改定の対象とする提案の選定、提案を踏まえた基準類の策定期等を決定の上、



図一2 「民間等の要望を踏まえた基準の策定・改定」の流れ

基準類策定のために必要な現場検証等を経て、新規策定、改定等に至るという仕組みとなっている。

国土技術政策総合研究所においては、提案者からのヒアリングを通し、提案技術の有効性、提案者のニーズ、提案による生産性向上効果等を把握した上で、基準化に向けた優先順位の提案を行うとともに、基準化

に必要な提案内容・提供データの裏付けに必要な情報の収集を行っている。また、新たな面管理等規格値の設定が必要な場合等には、実際の工事現場等においてデータ収集を行った上で、基準案へ反映しているところである。現段階における提案（R1・R2年度提案）の概要及び、基準化に向けた対応方針・結果を表―1に示す。

表―1 民間提案（R1・R2年度）を踏まえた基準化の方針・結果（出来形・出来高に関するもの）

○令和元年度に基準類への反映が実現したもの

適用 ICT	適用工種等	提案区分	提案団体	提案の概要	対応
無人航空機を活用した空中写真測量	土工	カイゼン	JCMA	●標定点の設置を緩和する提案 ① RTK 搭載型 UAV による削減提案 ② UAV 写真計測時、GNSS 搭載型標定点の活用による削減提案	●要領（案）の追記
			日建連		
地上移動体搭載型レーザー扫描仪	土工	カイゼン	日建連	●重機搭載レーザー計測システムの適用を可能とする土工の出来形管理要領の提案	●要領（案）への追記
	舗装工（修繕工）	適用拡大	道建協	●舗装工（修繕工）において、TLS や TS（ノンプリ）の他、MMS の利用可能性も考慮する要望	●策定する要領により対応
地上移動体搭載ステレオ写真測量	土工	カイゼン	JCMA	●スマートフォンによる動画データ等から点群を生成し、土工の出来高管理を行う技術への対応提案	●要領（案）への追記
TS（ノンプリ）測量	構造物（トンネル）	適用拡大	日建連	●TS（ノンプリ）を用いて計測した三次元座標を、構造物の計測に適用を拡大する提案	●出来形計測要領測定対象の拡大

○令和2年度以降に基準類への反映を予定しているもの

適用 ICT	適用工種等	提案区分	提案年度	提案団体	提案の概要	対応方針
建設機械の施工装置位置履歴（ブル・バックホウ）	土工（切土）	カイゼン	R1	日建連	ICT 建設機械の作業装置（刃先）の「施工履歴データ」を、出来形管理データとして活用する提案	A
			R1	全建協		
	R1		JCMA			
	R2		日建連			
建設機械の施工装置位置履歴（バックホウ）	土工	適用拡大	R1	JCMA	任意の点を作業装置（刃先）の三次元座標を用いて計測、出来形管理等への適用拡大を提案	
建設機械の施工装置位置履歴（ローラ）	土工	適用拡大	R1	日建連	路体あるいは路床において、振動ローラの稼働軌跡データを、当該路体・路床の出来形データとする提案	C
空中写真測量（無人航空機）	法枠工	カイゼン	R2	JCMA	斜面（法面等）に対して UAV 搭載カメラを正対させて撮影する手法を認める	A
	土工		R2	日建連	平面に対して UAV 搭載カメラを斜めに設置する撮影手法を認める	B
空中写真測量（無人航空機）	護岸工・構造物工	適用拡大	R2	日建連	構造物の出来形（寸法）管理に UAV 写真の適用を認める	A
			R2	全建協		
地上設置型レーザー扫描仪	構造物（橋梁下部工等）	適用拡大	R2	JCMA	寸法管理が行われている、各種現場打構造物を、TLS で計測した点群データで出来形管理。点群データ納品により写真管理省略。	A
空中写真測量（無人航空機）	土工	カイゼン	R1	JCMA	UAV 写真計測時、使用するカメラのレンズにより、UAV 写真撮影時の縦断・横断ラップ率を緩和する	B
空中写真測量（無人航空機）	舗装工	適用拡大	R1	日建連	舗装の出来形（面管理）に UAV 写真の適用を認める	B
			R2	道建協		
無人航空機搭載型レーザー扫描仪	土工	カイゼン	R2	日建連	UAV レーザーには 2 周波 GNSS を搭載することが基準で定められているが、GNSS を搭載していない機体であっても、SLAM 機能を持つ UAV を許容する	B
地上設置型レーザー扫描仪	トンネル	適用拡大	R2	日建連	地上設置型レーザー扫描仪の、トンネル覆工の出来形（幅・基準高）の断面管理への適用を認める	B
地上移動体搭載型レーザー扫描仪	トンネル	適用拡大	R1 R2	日建連	地上移動体搭載型レーザー扫描仪で、トンネル覆工の厚さを面的に管理する	C
空中写真測量（無人航空機）	コンクリートダム	適用拡大	R2	日建連	コンクリートダムで打設するコンクリート数量の算出に用いる、岩着部分の形状を空中写真測量（無人航空機）で実施することを認める	対応済

注）対応方針

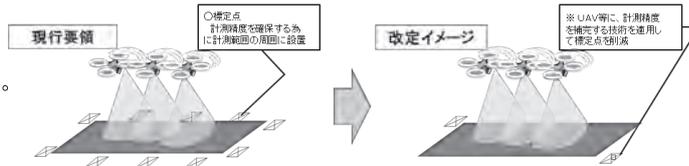
A：R2 年度対応（提案技術に実用性が認められると同時に、要領化に必要なバックデータの蓄積が満たされている。あるいは業界ニーズが高いため R2 年度から検討に着手するもの）

B：R3 年度以降対応（提案技術に実用性が認められるものの、今後要領化に必要なバックデータや現場実績の蓄積が必要）

C：R3 年度以降対応（技術が開発段階あるいは検証途上であり、今後実用性等の確認が必要）

■改定の概要（空中写真測量（無人航空機）を用いた出来形管理要領（土工編）（案））

UAVの自己位置を高精度に把握する技術を導入した場合、地上標定点の設置を任意とし、検証点における精度確認のみとする。



■改定の効果

- 空中写真測量実施時における省力化
- ・100m以内の間隔で配置している標定点の縮減または省略
- ・標定点の3次元座標計測作業の削減

■技術概要

自己位置を高精度に計測できるUAVを利用する事によって、写真測量SfM解析に用いる撮影位置を高精度に確定し、解析精度の向上を実現する技術

■構成機器(例)

- ・無人航空機
- ・自己位置測定装置(RTK、VRS、PPK、プリズム)

○自己位置の計測可能なUAV（例）



図-3 「民間等の要望を踏まえた基準の策定・改定」の代表例（UAVの自己位置を高精度に把握する技術を用いた要領の改定）

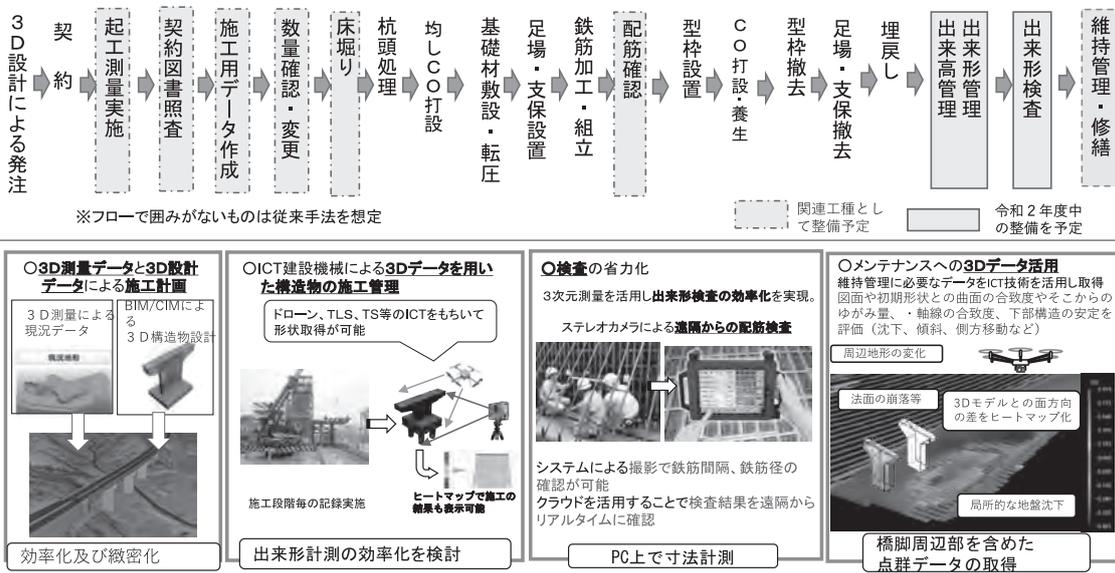


図-4 ICT 構造物工の概要

また、民間提案に基づく基準類改定の代表例として、UAVの自己位置を高精度に把握する技術を用いた出来形管理要領（土工編）の改定の概要を、図-3に示す。

3. ICT 活用工事に関する今後の取り組み

令和2年8月に開催されたICT導入協議会において、国土交通省として、「ICTの全面的な活用を推進する取組み」として今後以下を推進することとされた。

- ICT施工のさらなる工種拡大（ICT構造物工、ICT路盤工、ICT海上地盤改良工）

（図-4に、ICT構造物工の例を示す）

- 民間等の要望を踏まえた基準の策定・改定（第2章に記述）

これらの取り組みを実現するため、試行現場における計測データの収集分析、関係者へのヒアリング等を引き続き進めていく予定である。

同時に、現行要領の課題や新たな技術についての情報収集を引き続き進め、要領案の作成、改善を図るとともに、生産性向上に資するノウハウの蓄積を進める予定である。

J[CMA]

[筆者紹介]

小塚 清（こづか きよし）  
国土交通省 国土技術政策総合研究所  
社会資本マネジメント研究センター 社会資本施工高度化研究室  
主任研究官

## 行政情報

## 製造業は、不確実性の時代をどう生きるか？

## 2020年版ものづくり白書から読み解く

矢野 剛史

2020年版ものづくり白書では、米中貿易摩擦や度重なる自然災害、新型コロナウイルス感染症の拡大など、我が国製造業を取り巻く環境の「不確実性」が増す中、企業活動において「企業変革力（ダイナミック・ケイパビリティ）」を磨き、予想困難な環境変化に対して柔軟性や適応性を高めていくことが重要。そのためには、IoTやAIといったデジタル技術を活かしてDXを推進し、環境変化に瞬時に対応できる強靱な企業体質を構築することが急務。本稿ではこうしたものづくりの現場を取り巻く現状と課題について、2020年版ものづくり白書に沿って、振り返る。

キーワード：不確実性、企業変革力（ダイナミック・ケイパビリティ）、デジタル技術

## 1. 概況

第20回目の節目となる2020年版ものづくり白書は、新型コロナウイルス感染症の世界的な感染拡大によって戦後最大ともいえるべき危機が進行する中で策定されるものとなった。この新型コロナウイルス感染症がもたらした危機は、GDP（国内総生産）の2割を占め、我が国経済を支える製造業に、供給と需要の両面から影響を及ぼしている。

供給面を見ると、新型コロナウイルスが中国湖北省武漢において発生し、やがて中国全土に広がったことで、中国国内の生産拠点が操業停止を余儀なくされ、中国からの製品や部品等の供給が途絶もしくは減少するという事態が生じた。このため、マスク、医療用ガウン等の防護具等の供給の不足が問題となった他、自動車等をはじめとするサプライチェーンの長い分野において調達の確保が課題となった。さらに、感染がその他のアジア地域等に広がったことにより、中国の生産が回復基調に入った後においても、各社は引き続きサプライチェーンの問題に懸命に取り組んでいる。

供給面に続いて、需要面においても大きな影響が生じた。感染地域が欧州そして米国へと広がり、それらの地域でも感染の拡大防止のために経済活動の制限や都市の封鎖が行われた結果、大規模な需要が急速に減退する事態となった。その経済的被害の規模を現時点（2020年4月1日）において推測するのは難しいが、すでに2008年のリーマンショック時を上回る事象も生じており、深刻な経済状況に至る恐れがある。

我が国製造業は、これまでも、様々な不測の事態や環境の激変に直面してきた。1970年代のニクソンショックや二度の石油危機、1980年代のプラザ合意後の円高不況、1990年代のバブル崩壊やアジア通貨危機、そして21世紀に入ってからは、リーマンショック、欧州債務危機、東日本大震災等の出来事に見舞われた。我が国製造業は、こうした予測不能な危機や環境の激変に直面する度に、それを乗り越え発展してきた。しかし、今般の新型コロナウイルス感染症による危機に際し、その克服にあたってはこれまで以上の大きな変革が求められている。本白書においては、高まる不確実性への対処と変革への取組のあり方に焦点を当てて分析を行っている。

## 2. 不確実性の時代における我が国製造業の在り方

〈これまでの白書が提起した「4つの危機感」〉

2018年版ものづくり白書は、第四次産業革命が到来する中で我が国製造業が直面している課題として、次の四つを指摘した。

- ①「人材の量的不足に加え質的な抜本変化に対応できていないおそれ」
- ②「従来『強み』と考えてきたものが、成長や変革の足かせになるおそれ」
- ③「経済社会のデジタル化等の大きな変革期の本質的なインパクトを経営者が認識できていないおそれ」
- ④「非連続的な変革が必要であることを経営者が認識

できていないおそれ」

これを受けて、2019年版ものづくり白書においては、上記の4つの危機感で提起した課題や方向性とその後の環境変化を踏まえ、第4次産業革命下における戦略として、

- ①「世界シェアの強み、良質なデータを活かしたニーズ特化型サービスの提供」
- ②「第四次産業革命下の重要部素材における世界シェアの獲得」
- ③「新たな時代において必要となるスキル人材の確保と組織作り」
- ④「技能のデジタル化と徹底的な省力化の実施」

といった4点が戦略として重要であるとしている。

2018年版、2019年版白書では、デジタル技術革新が製造業に波及する中で、人材に求められるスキルの変化、各部署が部分最適に陥っているという問題、サービス化を含む新しい付加価値提供の動きの拡大等の状況を確認し、上記の危機感と戦略を提起してきた。

こうした課題や戦略には依然としてあてはまっているものもあるが、我が国製造業は現在新型コロナウイルス感染症の世界的な拡大をはじめとする事業環境の大きな変化に直面しており、非連続的変革の必要性や、デジタル化のインパクトに対する経営者の認識は当時と比べ格段に高まっていることが考えられるなど、変化した面も多い。今回のものづくり白書においては、これまでの白書を踏まえつつ、かつてない環境変化を乗り越えるために我が国製造業に求められる新たな在り方を模索している。

### 3. 2020年版ものづくり白書におけるメッセージ

#### (1) 企業変革力（ダイナミック・ケイパビリティ）強化の必要性

そこで、今年度（令和2年度）のものづくり白書では、我が国製造業が、この不確実性の時代において取るべき戦略として、企業変革力（ダイナミック・ケイパビリティ）強化の必要性について紹介している。

ダイナミック・ケイパビリティとは、戦略経営論における学術用語であるが、カリフォルニア大学バークレー校ハース・ビジネススクール教授のデイヴィッド・J・ティース氏によって提唱され、近年、注目を浴びている理論である。ダイナミック・ケイパビリティとは、一言で表すなら、環境や状況が激しく変化の中で、企業が、その変化に対応して自己を変革する能力のことである。それゆえ、今日のように、世界の不確実性が急激に高まっている時代において、製造業の在

り方を考える上で、多くの示唆を与えてくれる。

ティース氏によると、企業のケイパビリティは、「オーディナリー・ケイパビリティ（通常能力）」と「ダイナミック・ケイパビリティ（企業変革力）」の2つに分けることができる。ダイナミック・ケイパビリティの意義を正確に理解するためには、オーディナリー・ケイパビリティと比較することが有益である。オーディナリー・ケイパビリティとは、与えられた経営資源をより効率的に利用して、利益を最大化しようとする能力のことである。これは、労働生産性や在庫回転率のように、特定の作業要件に関して測定でき、ベスト・プラクティスとしてベンチマーク化され得るものである。企業にとってオーディナリー・ケイパビリティを高めることが根本的に重要であることは、論を待たない。しかし、オーディナリー・ケイパビリティだけでは、企業は競争力を維持することができない。なぜなら、ベンチマーク化されたベスト・プラクティスは他企業が模倣しやすく、特にグローバルな競争が激しい環境下では、急速に拡散するからである。

そこで、環境や状況の変化に応じて、企業内外の資源を再構成して、自己を変革するダイナミック・ケイパビリティを高めることが必要となる。もちろん、オーディナリー・ケイパビリティが企業の基本的な能力であることは、上述のとおりである。しかし、重要なのは、現状の企業行動が、環境や状況の変化に適合しなくなったかどうかを常に批判的に感知し、適合しなくなったと判断したならば、適合するように企業を変革することである。その変革に成功すれば、企業は、新たに構築されたオーディナリー・ケイパビリティの下で、再び効率性を追求することができる。ティース氏の卓抜した表現を借りるならば、オーディナリー・ケイパビリティとは「ものごとを正しく行うこと」であるが、ダイナミック・ケイパビリティは「正しいことを行うこと」ということになる。

ティース氏は、「正しいことを行う」能力であるダイナミック・ケイパビリティを、更に次の3つの能力に分類している。

- ・感知（センシング）：脅威や危機を感知する能力
  - ・捕捉（シージング）：機会を捉え、既存の資産・知識・技術を再構成して競争力を獲得する能力
  - ・変容（トランスフォーミング）：競争力を持続的なものにするために、組織全体を刷新し、変容する能力
- このダイナミック・ケイパビリティの中でも中核となるのは、資産を再構成（オーケストレーション）する企業家的な能力である。そのような能力は模倣することが難しいものであり、したがって、外から購入す

るよりは、企業内部で構築しなければならない。逆に言えば、このような能力は、企業の長年の学習によって構築された文化・遺産の産物であるがゆえに、他企業には模倣困難なものとなり、かつ長期にわたって維持されるものである。

この再構成の意義を説明するに当たって、ティース氏は「共特化 (co-specialisation)」の原理を強調している。共特化の原理とは、2つ以上の相互補完的なものを組み合わせることによって、新たな価値を創造することである。共特化の原理は、経済社会の至るところで観察することができる。例えば、自動車とガソリンスタンドの関係、美術館と館内カフェの関係、コンピュータのオペレーティング・システムとアプリケーションの関係、クレジットカードとそれを利用できる店舗の関係には、共特化の原理が働いている。共特化の原理を働かせることで、企業は、差別化製品の提供が可能になるだけでなく、費用を節約することができる。共特化の原理が働く資産を識別し、投資する経営者の能力は、企業の競争力にとって決定的に重要である。ダイナミック・ケイパビリティとは、環境や状況の変化に対応するために、共特化の原理に従って、組織内外の資産を再構成し、新たな価値を創造することも言うことができる。

この共特化の原理とダイナミック・ケイパビリティの関係を示す事例として、今年度（令和2年度）のものづくり白書では、富士フィルムホールディングス(株)の例を紹介している。同社は、デジタルカメラの普及という環境変化にさらされていたが、すでに自社で所有していた高度な写真フィルム技術を応用して開発した液晶パネルの生産に欠かせないディスプレイ材料事業に大胆な投資を行った。この事例は、同社が写真フィルムに液晶パネルとの共特化の関係を見だし、写真フィルム技術という資産を再構成して、ディスプレイ材料事業の拡大を加速するというダイナミック・ケイパビリティを発揮したものと解釈できる。なお、日本政府は、我が国の産業が目指すべき姿（コンセプト）として、人、モノ、技術、組織等が様々につながるにより新たな価値創出を図る“Connected Industries（コネクテッド・インダストリーズ）”のコンセプトを提唱し、世界に向けて発信している。ティース氏の理論に基づけば、この“Connected Industries”の意義は、多様なつながりが生み出す「共特化」の関係から、新たな価値を創出するところにあるとすることができる。

## (2) 企業変革力を強化するデジタルトランスフォーメーション推進の必要性

最後に、製造業のデジタル化 (DX) とダイナミック・ケイパビリティとの関係について少し触れておきたい。

一般社団法人電子情報技術産業協会の「2017年国内企業の「IT経営」に関する調査」(2018年1月)によると、我が国企業は米国企業に比べて、「業務効率化/コスト削減」のための「守りのIT投資」に重点を置いており、ITを活用した新たなビジネスモデルの構築やサービスの開発を行うための「攻めのIT投資」が進んでいない実態が示されている(図-1)。また、我が国の製造業企業に対して、IT投資の目的について調査したところ、やはり、業務効率化やコスト削減、あるいは旧来型の基幹系システムの更新や維持を重視していることが明らかとなった(図-2)。

確かに、デジタル技術が業務効率化・コスト削減に大きな効果を発揮することには、疑いの余地はない。また、設備の安定稼働や品質管理体制の強化、あるいは人手不足問題の克服の上でも、IoT、AIを始めとするデジタル技術は有効である。ただし、業務効率化、コスト削減、安定稼働、品質管理は、与えられた経営資源をより効率的に利用するオーディナリー・ケイパビリティに属するものである。しかし、デジタル技術が製造業にもたらす恩恵は、オーディナリー・ケイパビリティの強化にとどまるものではない。デジタル技術の活用によって、製造業が環境や状況の変化に対応するダイナミック・ケイパビリティを高めることもできる。

ティース氏は、ダイナミック・ケイパビリティを、「感知」「捕捉」「変容」の三能力に分類したが、デジタル技術は、このいずれの能力をも増幅させる。

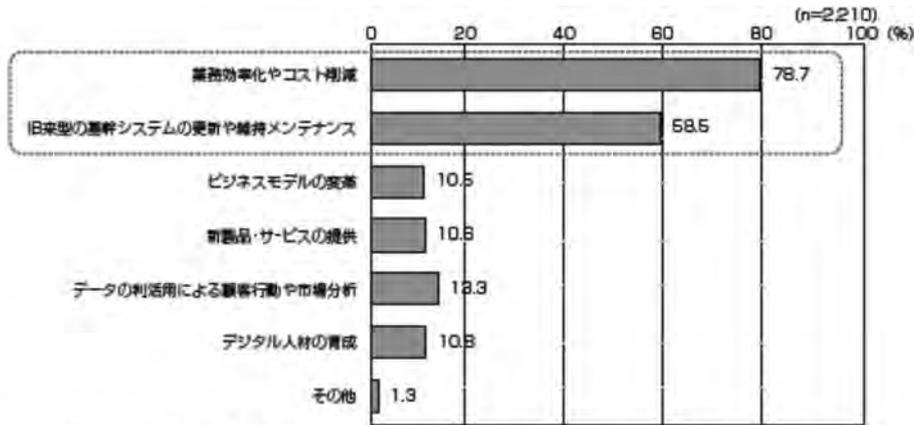
例えば、「感知」とは脅威や危機を感知する能力であり、ダイナミック・ケイパビリティの起点となるものである。この「感知」の能力を高める上で、デジタル技術を活用したデータの収集・分析は大きな力を発揮するであろう。また、近年、AIの発達と普及が著しいが、AIは、環境や状況の変化を予測し、不確実性を低減するのに効果的であろう。

「捕捉」、すなわち機会を捉え、既存の資産・知識・技術を再構成する能力を高める上で、リアルタイム・データの収集・分析は非常に強力な武器となる。特に、製造業の製品を通じた顧客へのサービスの提供(「製造業のサービタイゼーション」あるいは「ことづくり」)は、デジタル技術を活用して販売した製品からデータを収集して、顧客にサービスを提供するものであるが、これは顧客ニーズの機会を捉えて、製造業の資産・



資料：一般社団法人電子情報技術産業協会「2017年国内企業の「IT経営」に関する調査」(2018年1月)

図一 IT投資における日米比較



資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング(株)「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2019年12月)

図二 IT投資の目的

知識・技術を再構成して顧客体験価値を創造している。また、製造業のデジタル化により実現する変種変量生産やマスカスタマイゼーションは、顧客の特殊かつ少量のニーズの機会を逃さず捕捉することを可能にする。

「変容」は、競争力を持続的なものにするために、組織全体を刷新し、変容する能力であるが、デジタル技術による「変容」こそが、いわゆる「デジタルトランスフォーメーション」であるといえる。

このように、デジタル技術は、製造業のオーディナリー・ケイパビリティのみならず、ダイナミック・ケイパビリティをも高める上で、大きな可能性を秘めている。にもかかわらず、我が国の製造業企業の多くは、IT投資の主な目的は業務効率化やコスト削減や旧来型の基幹系システムの更新や維持にあるとみなしており、ダイナミック・ケイパビリティの強化のためにデ

ジタル技術を十分に活用しているとは言い難い。しかし、デジタル技術の活用によりダイナミック・ケイパビリティを高めることができれば、不確実性の高い世界においても、競争力を維持し、場合によっては強化することすら可能になる。したがって、デジタル技術を徹底的に利活用することにより、オーディナリー・ケイパビリティのみならず、ダイナミック・ケイパビリティを強化することこそ、不確実性の高い世界における我が国製造業のとるべき戦略であるといえる。

JICMA

【筆者紹介】  
矢野 剛史 (やの つよし)  
経済産業省 製造産業局  
ものづくり政策審議室長



# 超大型建設機械対応コントロールバルブの開発

高 圭 介

この度 200 ton 超のマイニング油圧ショベルの新系列として 300 t から 400 t の中間サイズになる PC3400-11M0 を開発・市場導入した。マイニング及び建設機械のコンポーネントは基本的に自社製品を搭載しているが、今回の超大型建機対応の超大型コントロールバルブが系列にないため、この度車両の開発に合わせて新規に開発した。本稿ではその概要について紹介する。

キーワード：超大型建設機械，マイニング，油圧ショベル，コントロールバルブ

## 1. はじめに

近年、世界各地の鉱山においてダンプトラックの積載量が大型化しているため、これに伴い掘削機であるマイニング油圧ショベルのバケット容量も大型化しており、従来からある 300 t と 400 t の系列の中間サイズに適したバケット容量に合わせた車格の機種について新開発となった（写真—1）。従来よりエンジンをはじめ油圧機器やトランスミッション、電子機器やコントローラや制御まで自社製品が基本で、各コンポの協調による作業性や燃費性能の作りやすさ及び優れた車体への搭載性につながられている。今回も開発機種の作業性、燃費、搭載性に適切に対応するべく超大型対応の新規コントロールバルブ（写真—2）を開発したので概要を紹介する。



写真—1 開発機 PC3400-11M0 の外観



写真—2 本稿紹介コントロールバルブ

## 2. 開発の背景

現バルブ系列の最上位機器は 80 ton クラスの油圧ショベルに最適設計されており、それ以上の 100 t や 200 t クラスには数を増やすことで対応している。この思想で設計した場合、数量が多すぎてコントロールバルブの搭載性や配管設計が非常に複雑になるうえ組立性、メンテナンス性も悪くなる事は必至である。車両従来系列の 300 t, 400 t には他油圧機器メーカー製のコントロールバルブが搭載されており、それを継続使用する選択肢もあったが、新機種の電子制御油圧システムで採用するには電子制御機器と制御用配管が煩雑化するためそれらをビルドインした新バルブを開発することとした。また燃費改善のためバルブの圧力損失低減も織込むこととした。

## 3. 新バルブの仕様及び特徴

### (1) 主な仕様

現バルブ系列と比較しながら仕様を検討した（表—1）。燃費改善としてポートサイズ UP, スプール径

表一 従来と本稿の仕様比較

系列	80～200 t用 バルブ	300 t 超量産 バルブ	本開発バルブ
ポートサイズ	SAE #14 相当	SAE #14 フランジ	SAE #20 フランジ
定格圧力	35 MPa	35 MPa	35 MPa
定格流量	500 L/min	1000 L/min	1000 L/min
圧力損失	300%	基準 (100%)	80%
自動化・ICT	対応困難	対応不可	対応済

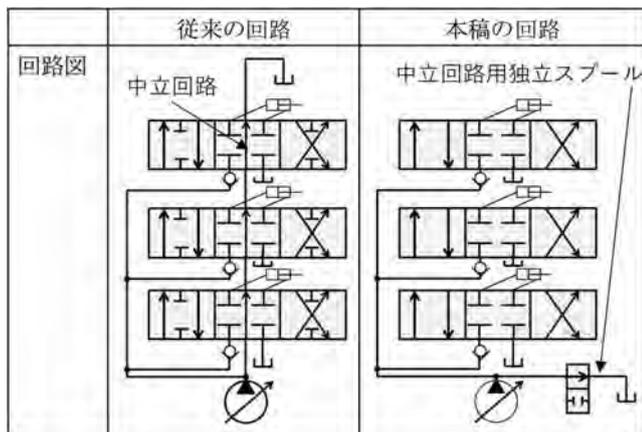
UPを採用する事とした。サイズUPにより大型化するが、従来品からの等比設計に当てはめるとバルブ自体が非常に大きく重くなってしまいうため、次項で述べるように設計的に小さくする工夫を取り入れた構造とした。また平行して生産部門にも入ってもらい、物づくりの面からも検討を重ね大きさを最小化するように進めた。これはコンポーネントを自社開発しているからこそできる強みである。

(2) バルブ構造の工夫

開発機種では電子制御油圧システムを採用し、操作レバーの操作量に応じて可変ポンプ斜板とバルブスプールストロークを比例作動させ流量制御をする。通常のコントロールバルブは①中立状態で可変ポンプの最小斜板流量をタンク回路に戻す中立回路 ②ポンプからアクチュエータへのメータイン回路 ③アクチュエータからタンクへのメータアウト回路が必要になる。この3回路を各セクションにレイアウトすると横幅が大きくなる。大きくなるとバルブ弁室が大きく、スプールも長くなり、場積と重量も増え、必要な加工、検査の増加、寸法精度への影響と様々な技術的ハードルが高くなってくる。

そこで本開発では①の中立回路を各セクションから分離し、独立したスプールにして横幅を抑え、中立ス

表二 従来と本稿の回路比較



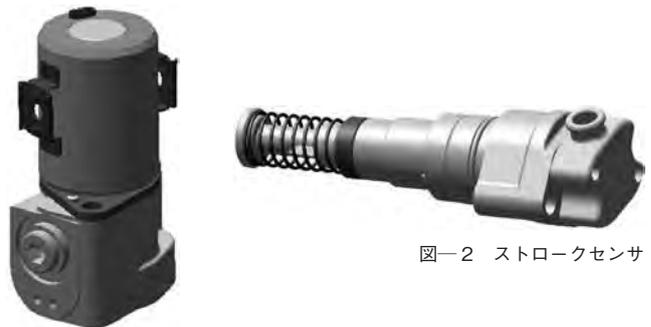
プールは空いている場所に入れる事で場積、重量を最適化させた(表一2)。場積が小さくなることで車体への搭載性も向上した。

また、中立回路を独立スプールにしたことでポンプ斜板制御と各セクションのスプール制御とは別にこの中立回路スプールでポンプ圧の立ち上がりかたを調整でき、作業内容や負荷に応じて操作性や動特性を変えることができるようになった。これは従来のコントロールバルブでは構造上できなかったことである。

(3) 自動化及びICT対応

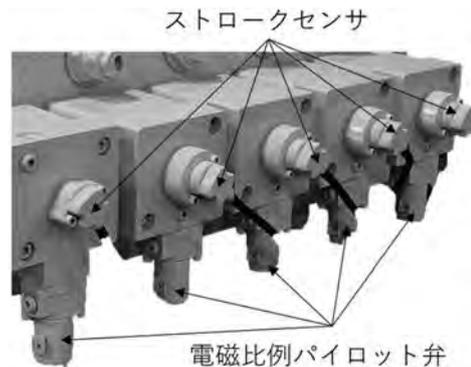
コントロールバルブは内部のスプールという部品を油圧で制御し内部で油路を切換えポンプからの油をアクチュエータに分配している。従来機種は車両のキャビン内の油圧パイロット弁からの油圧信号をホースでバルブまで導きスプールを駆動していたが、本バルブではバルブ内に電磁比例パイロット弁(図一1)を取り込み駆動することで油圧ホースによる遅れ要素を無くし応答性を飛躍的に向上させた。さらに電磁比例パイロット弁の適切な制御で作業機の急操作時の車体ショックの低減や複合操作の向上を達成した。

また、各セクションにはスプールの位置が分かるストロークセンサ(図二)を装着し、流体力によって指令とのずれが発生するが、このずれを感知し精度を向上する事ができるようになった。以上により将来の



図一 電磁比例パイロット弁

図二 ストロークセンサ



図三 電子機器の搭載

自動化やICT化への対応が容易になった。なお、この電磁比例パイロット弁、ストロークセンサも自社開発で、建設機械の過酷な環境で使用できるように設計した専用設計品である。

バルブへの搭載については図を参照（図-3）。

#### (4) 車両性能の狙いに対する効果

今回の開発でコントロールバルブ及び電子化油圧システム化の採用や車体仕様の変更で生産量の向上、燃費性能の向上を図ったがいずれも達成された。

##### ①生産量の改善

従来の積み込み機（300t）に対し積み込み時間を25%短縮

##### ②燃費性能の向上

従来の積み込み機（300t）に対し単位馬力当たり20%の燃費低減

## 4. MBD 開発

### (1) 試作前

従来の開発では過去の実験値に基づく各仕様の横にらみで開発の仕様を決め、試作品ができてから試験をして目標との差異に対し水準部品を作り再試験をするというやり方で進めていたが約20年前からシミュレーション技術の発達に伴い応力解析による強度設計、流体解析による油圧ロスやフローフォースの機能設計、MATLABやAMESimによるメカ・油圧及び制御の性能設計を試験と併用して実施し試験結果との同定や優位性確認を行ってきた。今回の開発ではやり直し防止と開発の効率化を狙い、強度設計と機能設計をバルブの図面検討と並行して行ったので事例を紹介する。

#### ①強度設計

応力解析ソフトのFEAで発生応力を計算し材質強度より発生応力が大きくなる箇所を特定、形状、加工変更で対策を行った（図-4）。

#### ②機能設計

今回の仕様は今までにない大流量、高流速であるため、流体解析ソフトのCFX等によりフローフォース設計を行いスプールの制御性が最適となる形状設計を行った（図-5）。

### (2) 試作品確

試作に入り新バルブを車載し品確を始めると、事前にいろいろシミュレーションはしているもののやはり今まで経験のない超大型のバルブという事で思いもか

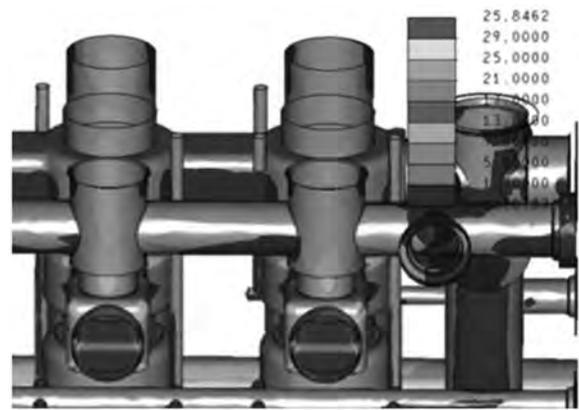


図-4 FEA 応力解析例

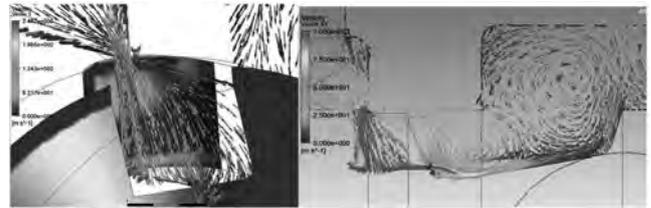


図-5 CFX フローフォース解析例

けない問題がいくつか発生した。そこでこれら問題に対してもシミュレーションを用いて問題の再現と対策の水準に対する効果の検証を行った。開発機種は非常に高価で試作車も複数台は作れず1台体制のうえ膨大な量の確認項目があるため新バルブの問題の確認に使える時間が限られる、新バルブが大きいため対策確認水準品も結構高がつき、また製作に時間もかかるという制約に対し、シミュレーションによって多くの水準を極短期間で試し絞り込む事ができた。

#### ①低温時の操作性悪化問題

新バルブは車載前にベンチで一通りの品確を実施するのだが、冬になり気温が低い時期になって操作性が変わったとの指摘が出た。朝動かし始めてからしばらく稼働させていて油圧回路が温まり、バルブも温まり切るまでのあいだ起きている。レバーの指令とスプールの動きであるストロークセンサの信号を確認して指令に対する誤差が大きくなっている事が分かった。どうも温まる過程でバルブボディとスプールのクリアランス（組立スキマ）がそれぞれの熱容量の差で変わってきて誤差がでていたと考えられた。そこで熱解析を用いバルブボディとスプールの熱伝達度合いをこの問題が起きたことのない従来バルブ（80～200t用）と本開発バルブ両方を解析し、比較してみた（表-3）。時間経過とともにバルブボディ、スプールとも温たまっていくが従来バルブに比べスプールの温まり方が早い本開発バルブはバルブボディに比べスプール温度が相対的に高めでありスプールが膨張してスキマが狭

表-3 従来と本稿バルブの仕様比較

	スタート時(20°C)	240sec後
80~200t用		
本開発バルブ		

②作業機急停止時のフレーム応力過大問題

応力過大とのことで応力が高い時の油圧を測定して見ると高いピーク圧が立っていた。バルブにはポートリリーフ弁が装着されていてピーク圧をカットする設計ではあるが、このポートリリーフ弁の性能が開発機種仕様の仕様に足りていないと思われた。フレーム応力とピーク圧が比例関係にあると考え、応力を7.5%低減させれば強度上許容されるとし、ピーク圧の目標を設定した。対策はポートリリーフ弁の「流量 vs 圧力性能」を改善する事としたが「流量 vs 圧力性能」の静特性がどのくらいになればピーク圧が目標以下になるかを AMESim にて動的に解析した。車体のモデルと油圧回路モデルを作り作業機急停止の油圧波形を実測と同定した後、ポートリリーフ弁の「流量 vs 圧力性能」水準をいくつか考え動解析で最も効果のある水準を選んだ(図-6)。この水準を試作車に組み込み確認した結果、ほぼ解析通りの結果となり対策できた。

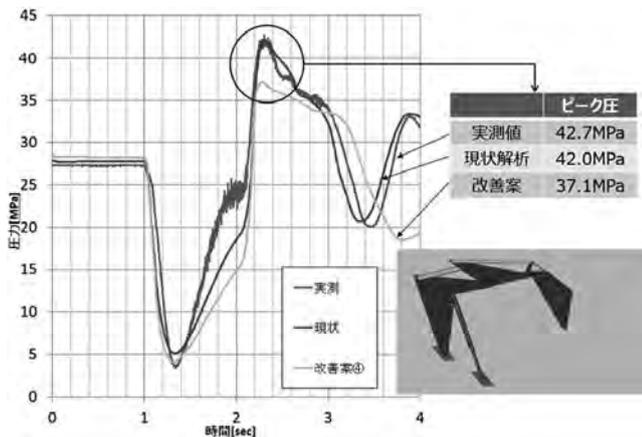


図-6 AMESim シミュレーション結果

くなっていると考えられ、対策としてバルブボディとスプールの組立スキマを膨張も考慮して適正な値に変更した。

5. おわりに

本稿ではコントロールバルブの開発について紹介した。開発したコントロールバルブと電子化油圧システムで車両の性能向上に貢献できたと思う。今後もこのコントロールバルブ及び油圧システムを機種展開できればと考える。

JCMA

【筆者紹介】

高 圭介 (たか けいすけ)  
 コマツ  
 開発本部 油機開発センタ  
 所長付



# 次世代油圧ショベルに対応する 遠隔操作アタッチメントの開発

山本 茂太

近年、建設機械の生産性向上を向上させるべく、2017年に新規機能を多数取り込んだ20tクラスの次世代油圧ショベル（Next Generation Hydraulic Excavator：NGH）を導入した。以来、NGHシリーズとして順次小型および大型油圧ショベルに展開している。そしてこの度、これら次世代油圧ショベルに後付けできる「遠隔操作アタッチメントキット」を開発した。双方向通信機能によって、機体が標準で装備している2Dマシンガイダンス／コントロールなど、様々な操作支援機能を遠隔で操作可能としている。本稿では、その機能や特徴について紹介する。

キーワード：遠隔操作，リモートコントロール，無人化施工

## 1. はじめに

2019年4月より働き方改革関連法案の一部が試行され、現在「働き方改革」は国内の企業にとって非常に重要な経営課題として認知されている。さらに今般の新型コロナウイルス感染拡大の影響によるテレワーク採用の増大など、従前の働き方が大きく見直される契機にもなった。また、建設業における就労者減少は大きな問題となっており、人材不足の解消ならびに生産性向上は喫緊の課題である。これらの課題を解決可能とするソリューションの一つとして、建設現場の遠隔化や自動化が期待されている。

現行型油圧ショベルシリーズである次世代油圧ショベルは、機体の作業機や旋回、走行といった操作が全て電子制御化しており、情報化施工に対応した2Dマシンガイダンス／コントロールや掘削重量計測、作業範囲制限といった高度なオペレータの操作支援機能を標準で装備している。本稿で紹介する次世代油圧ショベルに対応する「遠隔操作アタッチメントキット」は、これらの支援機能の内いくつかを遠隔でも使用可能としている。さらに、電気配線の改造のみで遠隔操作仕様へ改造する事が可能であり、既にフィールドで稼働している機体に対して迅速に低コストで後付け装着が出来る。

本「遠隔操作アタッチメントキット」は、従来遠隔操作建機が主に適用された災害復旧現場のみならず、様々な用途で幅広く活用できるため、前述の建設業界における課題解決に資するソリューションだと考えている。

## 2. 基本的な仕様

「遠隔操作アタッチメントキット」のシステム構成は、大きく分けて、オペレータが操作する「オペレータコンソール（遠隔操作器）」と、機体側のオンボード送受信機やモードインジケータライトなどを含む「車載コンポーネント」で構成されている。

### (1) オペレータコンソール（遠隔操作器）

オペレータコンソールの外観（図-1）と主な仕様（表-1）は別掲の通りである。

重量は約3.5kgであり、肩掛け式のショルダハーネスを標準装備しているため、安定した姿勢で直接目視による遠隔操作が出来る（写真-1）。

バッテリーは約4時間の充電で、18時間の連続動作が可能である。

使用可能な周波数は900MHz帯と2.4GHz帯であるが、日本国内では2.4GHz帯のみ使用可能となっている。



図-1 オペレータコンソールの外観

表一 1 オペレータコンソールの主な仕様

周波数範囲	2.402 ~ 2.480 GHz	905.2 ~ 908.375 MHz
周波数管理	周波数ホッピング方式のスペクトラム拡散	自動周波数選択 ( AFS , Automatic Frequency Selection )
無線電力	100 mW	16 mW
最大動作範囲	400 m ( 1312 ft )	400 m ( 1312 ft )
IP定格	65	
質量	3.5 kg ( 7.71 lb )	
作動温度	-20° C ( -4.0° F ) ~ 60° C ( 140.0° F )	
保管温度	-20° C ( -4.0° F ) ~ 45° C ( 113.0° F ) ( Li-Ion バッテリー限定 )	

※ 900 MHz 帯は国内では使用不可



写真一 1 遠隔操作状況

る。出力は 100 mW で、約 400 m までの離隔距離で操作可能である。周波数ホッピング式スペクトラム拡散方式を採用しており、同時に複数台が稼働した場合の混信や通信エラーの懸念が小さい。

オペレータコンソールと機体との間の通信は双方向方式となっている。そのため、機体の各種車輛情報を取得し、コンソール上部に備わったステータスディスプレイに表示することが出来る ( 図一 2 )。このステータスディスプレイとコンソールの操作キーにより、後述する様々な 2D マシンガイダンスやマシンコントロール機能も操作設定可能となっている。



図一 2 ステータスディスプレイの主な表示内容

### (2) 車載コンポーネント

機体側の車載コンポーネントは、オペレータコンソールとの通信を制御するオンボード受信機、車輛の動作を制御するリモートコントロール ECM、通信や車輛の状態を表示するモードインジケータライトと、それらを繋ぐハーネスで構成されている ( 図一 3 )。従来、多くの遠隔操作仕様に必要だった、油圧回路の電磁バルブやホースは含まれない。



図一 3 主な車載コンポーネント

各コンポーネントの機体への装着はボルトオンで可能であり、溶接や機体に合わせた加工は不要となっている。簡潔で短時間に工事を完了出来るように設計されている。

### (3) 安全装置

「遠隔操作アタッチメントキット」には各種の安全装置が装備されている。

オペレータコンソールには緊急停止スイッチが装備されている。また、オペレータコンソールが衝撃や落下、45 度以上の傾斜を検知すると操作を停止する。さらに、バッテリーの残量が少なくなった場合、段階的に警告する機能もある。

オペレータコンソールおよびオンボード受信機には RFID が装備されており、お互いに固有の ID を識別することで誤作動を防いでいる。またシステムの起動には、アクセスカードをオペレータコンソールにかざして認証する必要がある。

何らかの理由で、オペレータコンソールとオンボード受信機間の信号が弱くなったりロストしたりした場合は、機体は停止状態となる。

この他、マニュアルオーバライド機能があり、遠隔

操作中に機体側でジョイスティックレバーが操作されると遠隔操作を停止させる。

### 3. シンプルなキット装着

「遠隔操作アタッチメントキット」の大きな特徴の一つに、シンプルなシステム構成が挙げられる。前述の通り、「遠隔操作アタッチメントキット」の車載コンポーネントには油圧回路が含まれていない。これは次世代油圧ショベルが、油圧回路も含めて車体全体が電子制御化されているためである。

遠隔操作仕様へ変更するための「遠隔操作アタッチメントキット」装着工事は、車載コンポーネントの機体への装着とハーネスの配線および結線のみで完了し、油圧回路の改造や大掛かりな電磁コントロールバルブなどの装着は不要である。そのため、従来と比べて装着工事に掛かるコストと工数が大幅に低減される。また、装着工事に当たっては、専用の修理工場ではなく、最寄りの工場や稼働現場での実施も可能である。

これによって、既に次世代油圧ショベルを保有しているユーザにおいては、「遠隔操作アタッチメントキット」を後付け装着するハードルが非常に低くなる。また、災害発生時には、発生箇所の近傍に所在する通常の次世代油圧ショベルへ「遠隔操作アタッチメントキット」を送り、その場で装着することで、遠隔操作仕様へ迅速に変換することが可能となる。

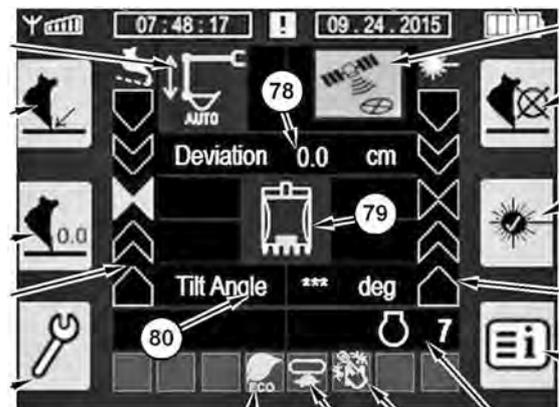
例えば、次世代油圧ショベルを複数保有するユーザでは、平時は標準仕様機として通常の工事に活用し、災害発生時には近傍の機体へ速やかにキットを装着することで、遠隔操作仕様として復旧工事へ迅速に投入することが想定できる。レンタル会社においては、平時に通常の工事に対して高価な遠隔操作専用機を運用する必要が無いため、保有資産の効率的かつ機動的な運用が可能となる。

### 4. 遠隔作業の生産性・安全性の向上

「遠隔操作アタッチメントキット」のベースマシンとなる次世代油圧ショベルの特徴の一つは、2D マシンガイダンス／コントロールや掘削重量計測システム、作業範囲制限機能を標準装備し、オペレータの負担低減と作業生産性の向上を実現していることである。「遠隔操作アタッチメントキット」では、これらの機体に標準装備されている機能のいくつかを、遠隔操作においても使用可能としている。

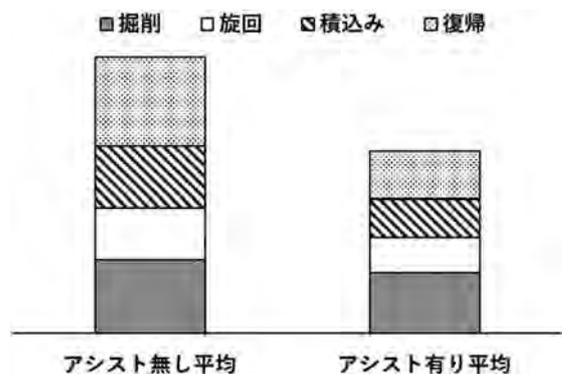
#### (1) 2D マシンガイダンス／コントロール

2D マシンガイダンス／コントロールの一部機能を、オペレータコンソールから遠隔で作動することが出来る。コンソール上部にあるステータスディスプレイの選択ボタンを使用して2D マシンガイダンス／コントロール画面を呼び出し、設定を行う。使用可能な設定は、高さ、高さオフセット、斜面、横断勾配である。それぞれの設定面からの離隔は、画面左右のインジケータに表示される（図—4）。また、コンソールのスイッチを用いて機能を作動させることでも、2D マシンコントロールが使用できる。



図—4 ステータスディスプレイのグレードコントロール画面例

旋回をトラックの荷台やクラッシャーなど所定の角度で自動停止させる、旋回自動停止機能（アシスト）も使用可能である。掘削積込作業における旋回自動停止機能の効果について社内テストを行ったところ、本機能を用いなかった場合と比較して、旋回動作のサイクルタイムが40%以上短縮した（図—5）。遠隔操作による掘削積込作業において、積込位置と掘削位置へ繰り返し正確に旋回停止させることは非常に難易度が高い作業である。旋回自動停止機能を用いる事で、任意の位置に自動で精度高く停止させることが出来るので、オペレータにとって作業を素早く楽に行うことが



図—5 アシスト有無によるサイクルタイム比較

できる。

従来、非常に高度な熟練を必要とした遠隔操作での様々な作業において、生産性とオペレータの作業環境を大きく改善することが出来る。

## (2) 作業範囲制限機能

作業範囲制限機能は、設定した作業高さ、作業深さ、旋回角にフロントが近づくと、フロント作業装置の動きを自動停止させる機能である。これらの機能は次世代油圧ショベルに標準装備されているが、コンソールにあるステータスディスプレイより設定することで、遠隔操作においても使用出来る。

「遠隔操作アタッチメントキット」で使用出来る機能は、高さ制限、深さ制限、旋回制限の三種である。ステータスディスプレイの選択ボタンを使用して作業範囲制限機能設定画面を呼び出し、設定する機能を選択する。その後、フロント作業装置を制限設定したい位置まで移動し、「Set」ボタンを押下することで制限範囲が設定され、フロント作業装置の自動停止機能を有効化出来る。

遠隔操作においては、作業範囲の死角が大きくなり、車輻周囲の安全確保が難しくなる。障害物など作業に支障のある個所で、作業機を自動停止させることが出来る本機能によって、安全性も大きく改善することが出来る。

## 5. 機能の拡張性

今回紹介する次世代油圧ショベルに対応する「遠隔操作アタッチメントキット」は、オペレータが直接目視にて作業を確認出来る距離（Line Of Sight）での遠隔操作に対応しているが、遠隔操作のラインナップである「遠隔操作アタッチメントキット」では、より長距離で直接目視に依らない遠隔操作（Non-Line Of Sight）を行う機能や、複数台を同時に操作することが出来る機能、半自動もしくは全自動で自律運転する機能も取りそろえている。将来的には、次世代油圧ショベル対応の「遠隔操作アタッチメントキット」にも、これらの機能が対応される予定である。

### (1) Non-Line Of Sight での遠隔操作

オンボードカメラや現場の俯瞰カメラの映像を見ながら遠隔操作する Non-Line Of Sight (NLOS, 直接目視外) では、オプションの Remote Operator Station (ROS) と映像を映すモニタを用いる (写真-2)。

ROS は、実機同様のシートとジョイスティックレ



写真-2 Remote Operator Station の外観

バーなどの操作入力装置で構成されている。シート正面のモニタには、オンボードカメラおよび現場俯瞰カメラの映像を映し、車輻の周囲や作業の状況を確認出来る。さらに、実機同様のメータクラスタをモニタ表示し、作業や車輻の状態も監視出来る。

実際に車輻が稼働する現場と ROS の間の通信は、インターネットや専用回線など任意の方式を使用することが出来るため、超遠距離からの遠隔操作も可能となる。2019年にドイツで開催された建機展示会 BAUMA では、会場から北米にあるブルドーザの遠隔操作を実演した。

現在、ROS は大型ブルドーザやコンパクトのオプションとして用意されており、国外の現場で導入が進められている。超大型ブルドーザでは、一つの ROS から複数台の車輻を同時に制御する「Semi-Autonomous Tractor (SAT)」も用意されている (図-6)。既にいくつかの鉱山現場で導入され、労務コストの削減と作業効率の向上に寄与している。

### (2) Universal ROS による複数機種の制御

一人のオペレータが ROS を用いて、現場で稼働する複数の車輻を操作することが出来る、Universal

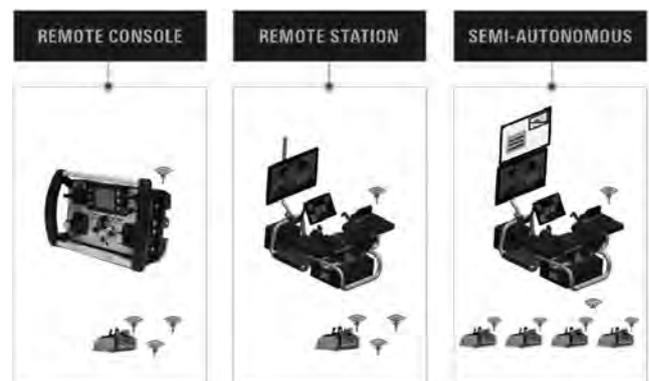


図-6 遠隔操作アタッチメントキットの拡張性

Remote Operator Station (UROS) を開発している。現場に所在する複数の車輜を、作業に応じて ROS のモニターで切り替えながら操作する (図-7)。

2020 年に米国で開催された CONEXPO にて実演を行った。数百 km 離れた場所にあるブルドーザとホイールローダをそれぞれ切り替えながら、遠隔操作した。現在、北米の複数のユーザ現場にて実証テストを行っている。

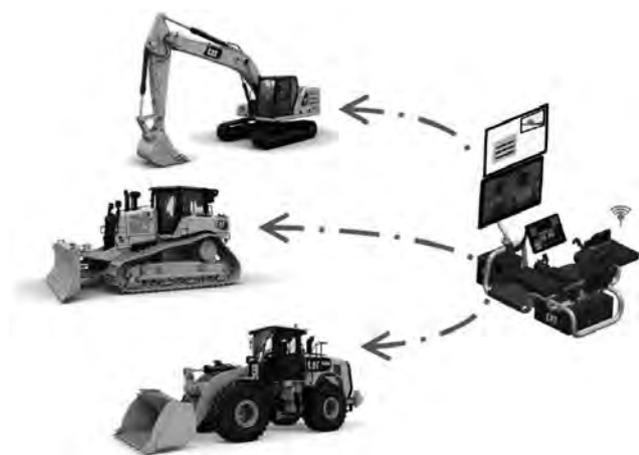


図-7 Universal Remote Operator Station

## 6. おわりに

本稿では次世代油圧ショベルへ搭載される遠隔操作アタッチメント「遠隔操作アタッチメントキット」に

ついて紹介した。本製品は、機体への装着も簡略化するばかりでなく、次世代油圧ショベルに標準装備されたオペレータ作業支援機能を遠隔でも使用可能とし、より多くのアプリケーションで遠隔操作を導入可能とする。また将来的に、より遠距離からの操作や、一人で複数台の車輜の制御も可能とする拡張性も有している。

建機オペレータの不足は、日本に限らず、いまや世界各国で共通の課題となっている。遠隔操作がこの課題を解消する一つのソリューションとなりうる。遠隔操作によって、安全で快適な場所から建機を操作出来ることは、業界のイメージ改善や若年層へのアピールにもなる。北米では、戦争によって肢体不自由となった帰還兵が建機を操作出来るツールとして、前述の ROS が注目を集めている。

本稿で紹介した遠隔操作アタッチメントキットラインナップを、従来、無人化施工のメインアプリケーションであった災害復旧現場のみならず、建機オペレータの苦渋作業を伴う様々な現場で導入していきたい。今後も社会要請やユーザニーズに応えられる新技術を適用、導入し、お客様のビジネス成功に貢献する事を追求していく所存である。

JCMMA

【筆者紹介】  
山本 茂太 (やまもと しげた)  
キャタピラー 販売促進部

# 鉱山機械の遠隔監視システムの開発

## お客さまと共に課題を抽出し問題解決に貢献するソリューション ConSite<sup>®</sup> Mine

右田 浩史

鉱山機械に対する顧客ニーズは生産性の向上だけではなく、ライフサイクルコストの低減、安全性の向上、環境負荷低減などさまざまなものがある。そのためお客さまの求めるサービス・ソリューションを提供するためには、さらなるIoT技術の導入とデータ活用が必須となる。特に鉱山で稼働する機械は、24時間365日連続稼働させる現場も多く、計画的なサービス体制の構築や、突発的な不具合に対する早急な対応が求められる。この解決策として、車載センサ情報を自動取得し、お客さまに価値ある情報に加工し、一目で把握出来るようにWebブラウザ上の画面に表示するダッシュボード機能と、機械コンディションベースのサービス提案システムを開発中である。本稿では、遠隔監視システムの概要と遠隔監視システムを活用したサービス提案例を紹介する。

キーワード：建設機械、油圧ショベル、ダンプトラック、保守・補修技術、遠隔監視、ダッシュボード

### 1. はじめに

鉱山で稼働する超大型油圧ショベル、ダンプトラック（写真—1）は、鉱物生産工程の最上流に位置しており、突発的な不具合により稼働不能となると、その後の全行程に影響を与えてしまうため、計画的な稼働が求められている。計画的な稼働を維持するために、車体稼働時間を基準とした定期的なオイル交換や部品交換、また構造物の目視点検や超音波探傷検査などがこれまで行われてきたが、お客さま毎に使用状況や使用環境が異なるため、車体稼働時間という単一基準によるメンテナンスサービスでは機械を構成する各機器の性能を最大限に維持することが困難であり、お客さまのニーズを満足させることが必ずしも出来ない場合がある。また、顧客ニーズは計画的な稼働による生産性の確保だけではなく、時間当たりの燃料費や交換部品費を最小限に抑えたいといったライフサイクルコストの低減や、機械・オペレータはもちろん、日々変化していく鉱山の地形など使用環境を含めた総合的な安全性の確保、また無駄なエネルギーロスを最小限に抑えることによる環境負荷低減への貢献などさまざまなものがあり、単なる製品・部品の提供に留まらず、お客さまとの接点を強化し、お客さまと共に課題を抽出し解決していくことが求められている。

そうした課題に対する解決方法として、これまではサービス員の経験に頼るところが大きかった。しか



写真—1 超大型油圧ショベル・ダンプトラック

し、日々高度化、複雑化していく車体システムに対して経験による対応には限界があり、またマイニングビジネスが世界各国で展開されている昨今では、地域や経験年数によりサービス員の技量もさまざまであり、安定したサービスを全世界で提供することは困難となってきた。そこで、その解決手段として、さらなるIoT技術の導入とデータ活用により機械コンディションの見える化と新しいサービス提案システムの構築が必須となっている。

### 2. 鉱山機械のメンテナンスサービスの課題

鉱山機械とコンストラクション機械を比較すると、使用用途、稼働時間、車体寿命、稼働環境、車体・部

品価格などが異なり、要求されるサービス・ソリューションにも違いがある。鉱山市場では近年の鉱物価格の変動や鉱山の深部化・奥地化等による鉱山投資コスト増加<sup>1)</sup>、操業コストの上昇により、燃料費や定期交換部品費が大きな比重を占めるライフサイクルコスト低減がお客様の重要課題の1つとなっている。これまで鉱山機械の定期交換部品の交換時間は、主に車体稼働時間を基準として決定されてきた。車体稼働時間を基準とした部品交換間隔は、世界各国で行われてきた部品交換やメンテナンスの履歴とその車体稼働時間を集計し、標準的な稼働を想定して決定されたものである。しかし、車体稼働時間基準で部品寿命を考えるとバラツキが生まれてしまう。超大型油圧ショベルの主要用途はダンプトラックへの掘削物の積み込みである。掘削・旋回・放土・旋回の積み込みサイクルを基本として、掘削場所の移動を適時行う。操作方法や掘削対象物により掘削時の負荷は大きく変わる。負荷が大きくなるとその分、機器への負担は大きくなり、機器寿命は短くなる。また、走行減速機などの走行用機器の寿命は走行時間に大きく左右されるため、車体稼働時間の中でどれだけ走行したか（走行頻度）が重要になってくる。ダンプトラックについても、積載量や地形・路面の状況などにより機器寿命は大きく左右される。以上のように機器にかかる負荷の違いにより機器の寿命は変わることから、図-1に示すように、負荷の小さい作業が多い機械にとっては、まだ継続使用しても不具合に至らない可能性がある部品交換をしてしまい、無駄にライフサイクルコストを上げてしまっているケースや、逆に使用環境や負荷が非常に厳しく、設定した部品交換間隔よりも短い間隔で部品交換しないと正常稼働が維持出来ないケースもある。

また、鉱山現場では、機械が保守や不具合により稼働出来ない時間（ダウンタイム）を如何に短くするかも重要となる。そのためには定期的なメンテナンスや

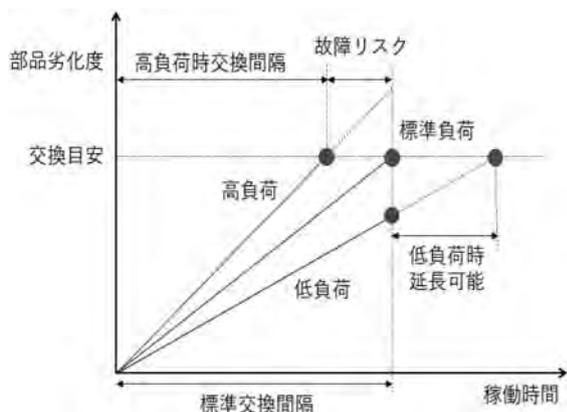


図-1 稼働時間と部品劣化度の関係

点検が必須となる。定期的なメンテナンスや点検は、部品の手配やサービス員の確保など事前に準備が出来るため、ダウンタイムを最小限にとどめることが出来る一方、超大型の機械になればなるほど、点検する部位は多くなり、限られた時間内での点検では個々の点検時間が短くなり十分な確認が出来ないこともある。例えば、構造物の定期点検は、目視や超音波探傷検査で行われるが、超大型の機械では目視による点検箇所は車体全体で100箇所以上となることもあり、1箇所での点検にかけられる時間は限られてしまう。また、損傷の可能性が部位毎に示されていないため、全ての箇所にかかる時間を均等にせざるを得ず、微細な損傷を見逃す可能性も出てしまう。

以上から、鉱山機械のメンテナンスサービスは、世界統一基準ではなく、お客様の使用状況、使用環境に合わせたカスタマイズされたものが望まれており、それを実現するためには、サービス員の経験のみに頼るのではなく、さらなるIoT技術の導入とデータ活用が必須となってくる。本稿では、弊社で2013年からコンストラクション向け油圧ショベルで運用開始されたデータサービス「ConSite<sup>®</sup>」(以下「遠隔監視データサービス」という)をベースとし、コンストラクション向け機械と比較してセンサリッチであることを生かすことで新たな診断やモニタリング機能を盛り込み、サービスやメンテナンスに活用するため開発中の「ConSite<sup>®</sup> Mine」(以下「本サービスシステム」という)の具体例を紹介する。

### 3. 本サービスシステムの特徴

#### (1) 本サービスシステムの概要

図-2に本サービスシステムの概要を示す。油圧ショベルやダンプトラックの稼働情報は衛星通信や携帯通信を介してサーバに送信され、お客様及び代理店に見やすい形に加工して情報を提供する。情報提供

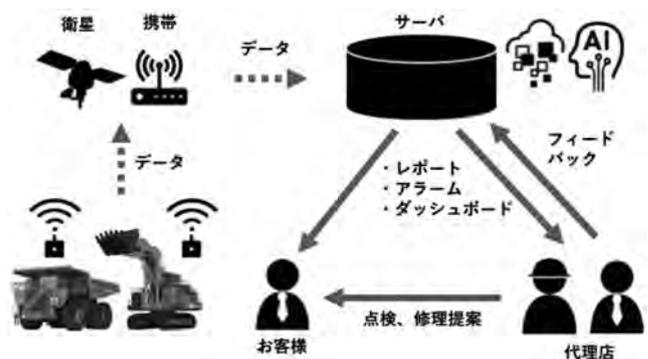


図-2 ConSite<sup>®</sup> Mineの概要

の手段としては、遠隔監視データサービスで運用されているレポートサービス及びメンテナンスや故障に関するアラーム通知に加え、リアルタイムに稼働情報がWebブラウザ上で見られるダッシュボードを設定する。

## (2) データ処理手段

稼働する機械を遠隔監視するための情報処理手段としては、必要な情報をサーバに収集した後にデータ処理を実施するクラウドコンピューティングと、必要な情報の生成元近くでデータ処理を実施するエッジコンピューティングの2通りが考えられるが、本サービスシステムでは、鉱山機械が置かれる情報通信インフラ環境を考慮し、エッジコンピューティングを主としたクラウドコンピューティングとの組合せによる情報処理手段を採用する。エッジコンピューティングは、大容量の車載センサデータを使用して計算することが可能であり、必要となる計算結果のみをクラウドに送信することで転送するデータ容量を抑えることが出来る。また、通信インフラ環境の不調により計算に使用する車載センサデータの一部が欠落した場合、計算精度が落ち正しく機械の状態を監視することが出来なくなるが、エッジコンピューティングであれば、その頻度を抑えることが出来る。一方、全てをエッジコンピューティングとすると、新しい機能の追加やロジックの改善を行う際に車体コントローラを書き換えるなどの作業が発生し時間を要してしまうため、機能によりクラウドコンピューティングを実施する。クラウドコンピューティングを実施するためには、大容量のデータを安定してクラウド上に取得し処理する技術が必要となるが、本サービスシステムでは、長年、鉱山運行管理システムを鉱山現場のお客さまに提供するビジネスを展開し、データ提供サービスの運用を得意とする弊社連結子会社である Wenco 社<sup>2)</sup> が持つリアルタイムモニタリングシステムを活用する。Wenco 社のリアルタイムモニタリングシステムは、稼働する機械のセンサデータなどをリアルタイムにクラウド上に大容量転送し、パソコンなどの端末に用意したダッシュボード上にデータを表示するシステムである。弊社が長年培ってきた製品設計ノウハウや統計モデリング・数値解析を組み合わせた異常検知技術や状態監視技術と、Wenco 社が持つソフトウェア技術を組み合わせることで、お客さまの課題解決に繋がる価値ある情報を見やすい形に加工して提供する。

以下では本サービスシステムの主要機能とその機能を用いたサービスの提案例を紹介する。

## (3) ブーム・アーム損傷予兆機能「Load Index」

油圧ショベルのブームやアームの溶接構造物への負荷は、操作方法や掘削対象物により大きく変わるため、損傷に至るまでの時間を予測出来れば事前対策が可能となり、ダウンタイムを低減することが出来る。溶接構造物にかかる負荷を知る手段としては、ひずみゲージを貼り付けた測定方法があるが、ひずみゲージを貼り付けた部位に限られる上、長時間の計測はひずみゲージの断線リスクなど耐久性に懸念がある。そこで、車載センサを活用し、ブームやアームの累積負荷を分析することで、き裂が発生する前に予兆を検知する技術を開発した。この手法は、写真-2に示すように、ブームやアームの高負荷となることが推定される部位に任意に評価点を設置することが出来る。



写真-2 Load Index の例

この Load Index を用いることで、適切なタイミングで補修溶接や点検をお客さまに提案することが出来るようになり、ライフサイクルコストの低減、ダウンタイムの抑制に貢献することが可能となる。また、お客さまに対して操作方法のアドバイスをを行い、早期の損傷を抑制することが可能となる。

現時点では、損傷した場合の影響度が大きい油圧ショベルのブーム、アームについて開発を行ったが、今後、他部位やダンプトラックの溶接構造物についても開発を行っていく予定である。

## (4) 油圧ポンプ異常検知機能

油圧ショベルのキーコンポーネントである油圧ポンプは破損すると車体稼働不能となるだけでなく、油圧ポンプ内部で損傷により生成された金属片が油圧回路全体に影響を与え、さらに油圧回路内の作動油をフラッシングしなければいけなくなり、復旧までに多大な時間を要してしまう。そのため、油圧ポンプの早期の異常検知が重要となる。油圧ポンプの異常検出手段として、弊社では油圧回路内にマグネット式のコンタミネーションセンサを設けている。マグネット式のコンタミネーションセンサは、検知部がマグネットで構成されており、マグネット部に鉄粉が付着することにより、作動油のコンタミネーション汚染を検出するも

のである。マグネット式のコンタミネーションセンサの弱点は、経年的なポンプ内部部品の正常摩耗でも鉄粉が出るため、異常損傷による鉄粉と区別が付きにくいことや、非鉄金属の損傷は検知が出来ないことである。そこで油圧波形分析を行うことで、初期の損傷を検知する技術を開発した。これにより、油圧ポンプが全損する前に油圧ポンプの交換が可能となり、ダウンタイムの低減が図れ、消耗品以外の油圧ポンプ内訳部品を再利用してオーバーホールすることでライフサイクルコストの低減にも貢献することが可能となる。

上記のような突発的な不具合に加えて、経年的な劣化を検出する手段の開発にも取り組んでいる。経年的な劣化を時系列で示すことにより、部品の最適な交換タイミングも分かるようになる。今後、検知可能な機器は拡充する予定であり、時間基準のメンテナンス(TBM: Time Based Maintenance) からコンディション基準のメンテナンス (CBM: Condition Based Maintenance) にすることで、お客さまの使用状況に合わせた最適なメンテナンスの提案を行っていく予定である。

#### (5) オイル性状監視機能

建設機械のオイル性状管理は非常に重要であり、定期的にサンプリングしたオイルをオイル分析会社に送付して分析し確認するという方法が一般的に行われている。この方法は、正確な成分分析によりオイルの状態を詳細に見ることが出来るが、定期的なサンプリングとなるため、急激な状態変化を早期に検知することは出来ない。また、オイルサンプリングからオイル分析結果が出るまでに輸送などの日数も含めて数週間かかる場合もあり、時間的な課題がある。

そこで、上記課題を解決するため、遠隔監視データサービスのメニューである ConSite<sup>®</sup> OIL を超大型油圧ショベルにも展開する。ConSite<sup>®</sup> OIL は、作動油などの温度、粘度、密度、誘電率を検知するセンサを油圧回路中に搭載し、常時性状を監視するシステムである。このシステムにより、24時間稼働を行う機械のオイル性状監視が常時行われ、お客さまには日報ベースでオイルの状態をお知らせする。また、オイル交換が行われるとオイルセンサが感知する粘度、密度、誘電率が変化しオイル交換されたことが遠隔で把握出来る。それにより、次のオイル交換タイミングを推定出来る上に、次のオイル交換タイミングの際、CBM で選定された機器の交換をお客さまに提案することにより、メンテナンスのための休車回数を減らすことでダウンタイムの低減、ライフサイクルコストの低減に貢献する。

#### (6) ダンプトラックのオペレーションモニタリング機能

近年の鉱山現場では、安全に対する要求が非常に高まっている。これまでモニタリング機能と言えば、機械の状態監視が主な役割であったが、機能を拡張しダンプトラックの運転操作を可視化することで、鉱山現場の危険因子も抽出することが望まれている。そこで車載センサを活用し、急ブレーキやタイヤの空回り、速度超過、荒地地面通過などを Web ブラウザ上のダッシュボード上に示した鉱山現場の地図上に表示し、事故発生につながりうる危険操作が起きた場所を特定出来るようにする。図-3 に示すように、お客さまは、地図上に表示された情報をもとに、走行ルートの整地や走行ルート自体の見直し、オペレータの教育などに活用することで、安全性の向上を行うとともに、非効率運転を見直すことで生産性も向上することが可能となる。



図-3 ダッシュボードに提供されるオペレーションモニタリングの例

#### (7) ダンプトラック最適燃費チューニングパターン分析機能

鉱山現場によってさまざまな走行ルートが存在するため、現場毎にエンジン回転数や加速性能などのパラメータをチューニングすることにより、燃料消費量の低減を図ることが可能となる。これまでは、サービス員が複数あるパラメータを順番に試して、最適なパラメータの組み合わせを選定していたが、選定の際には、鉱山現場の中の限られた走行ルートを使用してパラメータを試していたため、鉱山現場全体の走行ルートを加味した最適なパラメータの組み合わせになっているかは不明であった。そこで、その解決手段として、前項で紹介したオペレーションモニタリング機能と燃費チューニング機能を融合させ、走行データを自動収集してパラメータごとの燃料消費量への影響を分析して鉱山現場ごとに最適な燃料消費量となるように提案する。この方法を採用することにより、新車購入して

頂いた直後の燃料消費量の最適化だけではなく、走行ルートなどが変わった場合に燃料消費量の悪化を防ぐ新たな最適パラメータの提案も遠隔監視した情報から出来るようになる。

#### 4. おわりに

これまで鉱山機械の点検・メンテナンスは、車体稼働時間を基準に行われてきたが、お客さまごとに使用状況、使用環境が異なるため、適切なタイミングでの点検・メンテナンスの提案にはより詳細な車体稼働データを取得し、分析することが必要である。また、突発的な不具合に早急に対応するためには、24時間365日車体を遠隔監視し、時系列で傾向を分析することで劣化を予測したり、不具合の初期段階を捉えたりすることが重要である。今回遠隔監視システムを導入することにより、より詳細な稼働データを取得し、お客さまに価値ある情報に加工して提供することが可能

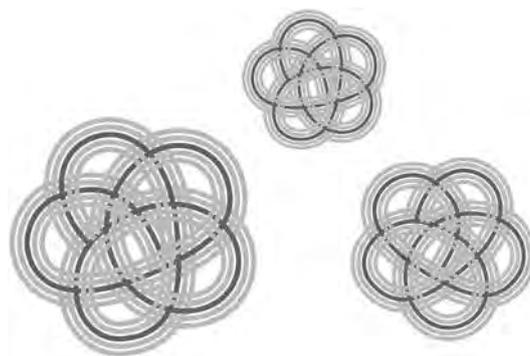
となり、ライフサイクルコストの低減やダウンタイムの低減が期待出来る。また、車載センサを活用し、鉱山現場の改善点を抽出することが出来るようになり、安全性・生産性の向上にも貢献出来るようになる。現在、本サービスシステム ConSite<sup>®</sup> Mine は、一部地域で実証試験を行っており、2021年中に全世界向けにリリースする予定である。

JCMIA

- 1) 資源エネルギー庁 鉱物資源をめぐる現状と課題
- 2) 正式名称 Wenco International Mining Systems Ltd. (Canada)

#### 【筆者紹介】

右田 浩史 (みぎた ひろふみ)  
日立建機株式会社  
マイニング事業本部 開発・生産統括部  
開発設計部 DMSグループ  
主任技師



# 油圧ショベルをベースにした林業専用機の開発

## 林業現場における生産性／安全性向上の技術

藤田 修平

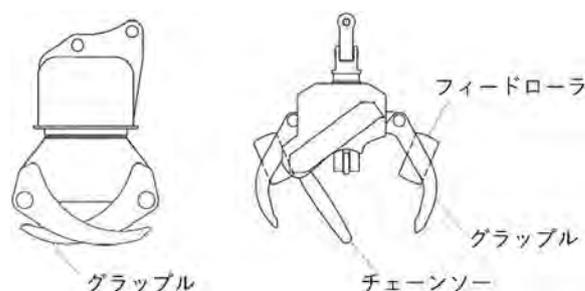
本稿では、伐採期を迎え、今後ますます重要度が高まる日本国内の林業現場で使用されている油圧ショベルをベースにした林業専用機の開発事例を紹介する。まず、国内林業現場を取り巻く環境について述べる。次に今回開発した林業専用機の仕様を説明する。そして、本開発機において木材伐出量を増やす生産性向上の取り組み／重量のある木材を扱う林内作業における安全性向上の取り組みの詳細内容を述べる。

キーワード：林業、油圧ショベル、生産性、安全性

### 1. はじめに

日本は国土の7割が森林面積を占める森林大国である。その多くが戦後に大規模植林されたものであり、現在伐採期を迎えている。近年、木の成長が伐採量を上回っており、森林資源の備蓄量が増加している状況である。日本の森林の特徴として、その多くが山地に分布しており、森林から木材を伐採し、搬出するまでの一連の作業は傾斜地で行われている。また、伐採対象となる木も直径50センチメートルを超える大径木になっており、1本あたり200kgを超える重量物である。傾斜地での作業に加え、重量物を扱うことから伐採作業に従事する作業者の肉体的な負担は大きく、重篤な災害が発生する傾向にある。労働災害の発生率を表す千人率では、全産業2.2に対して、林業は減少傾向ではあるものの20.8となっている（表—1）。一方、日本全体の労働人口は今後も減少する見込みであり、一人あたりの生産性を高めることがより重要になってくる。

林業での生産性、安全性の向上を目的として、高性能林業機械の導入が進んでいる。その中には油圧ショベルをベースに林業用アタッチメントを装着した機械も多く含まれている。林業用アタッチメントは、木材の伐採工程／集材工程／造材工程など素材生産作業に対して、立木を伐倒するフェラーバンチャをはじめ、



図—1 グラップル（左）とプロセッサ（右）

丸太にする造材作業を行うハーベスタ／プロセッサ、丸太を運搬車両に積込むグラップル、集材作業を行う地引ウインチなどが使われている（図—1）。

本稿では、油圧ショベルをベースに林業専用機として開発したSK75SR-7F（以下本開発機）の生産性／安全性向上の取り組みについて紹介する。

### 2. 本開発機の特徴

本開発機は、国内の林業で多く使用されている0.25 m<sup>3</sup>クラスの油圧ショベルをベースにしており、山林内での間伐現場および作業道の幅に制約がある現場など0.45 m<sup>3</sup>クラスで侵入できないような狭所に侵入することが可能である（図—2）。本開発機の主要諸元を表—2に示す。

林業用アタッチメントで重量のある丸太を扱うこと

表—1 労働災害の発生千人率（休業4日以上・平成31年／令和元年）

	全産業	製造業	鉱業	建設業	運輸業	林業	商業	金融業	農業	漁業
平成31年／ 令和元年	2.2	2.7	10.2	4.5	6.5	20.8	1.9	0.7	5.2	7.3

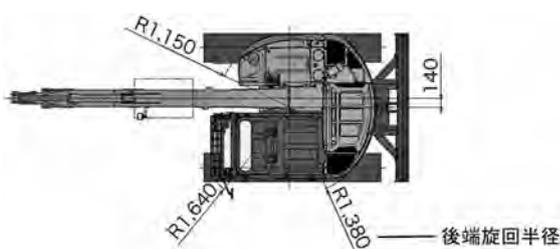
を想定し、車体後部のカウンタウエイトは、車体安定度を向上させるため標準機に対して 350 kg 増量したウエイトを標準設定とした。また、増量ウエイトは鋳物による形状の自由度を生かし、内側に増肉することで標準機と同じ後端旋回半径を実現し、狭所での旋回を可能にした（図—3，4）。



図—2 本開発機（グラブリング装着仕様）

表—2 本開発機の主要諸元

		本開発機
エンジン定格出力	kW	51.5
エンジン定格回転数	rpm	2,100
エンジン最大トルク	N・m/min-1	292
運転質量	kg	8,300
機械全長	mm	5,840
機械全高	mm	2,550
機械全幅	mm	2,300
最低地上高	mm	320



図—3 本開発機の旋回半径



図—4 増量カウンタウエイトの外観と内部の増肉箇所

### 3. 生産性向上の取り組み

#### (1) エンジン制御の見直し

山中での伐採作業は、日没後、あたりが暗くなると中断せざるをえないことから、限られた作業時間で生産量を高める必要がある。林内作業に従事するユーザーからも燃費よりも生産量を重視したいという声があった。そのために、本開発機では、作業の1つ1つの速度を高めるため、ブーム／アーム／バケット／旋回／走行などの油圧シヨベルの持つ個々のアクチュエータの作動速度を向上させる必要があり、標準機（SK75SR-7）のエンジン開発段階から、本開発機の作動速度向上を見込んだ開発を行った。これにより、エンジン定格出力は、従来モデル（SK75SR-3EF）に対して、25.6%アップし、エンジンの定格出力を最大限活用できるよう、標準機に対してエンジン回転数とエンジン制御を改善した。これらの変更により、アクチュエータの作動速度の向上を実現した。

特に林業現場で高い評価をいただいたものは、走行登坂速度の向上である。林内の作業道は未舗装、傾斜地、曲がり道などが多く、走行時には、油圧シヨベルの油圧ポンプが高圧になり、エンジンにパワーが求められる。本開発機では、前述のエンジン制御の改善に加え、走行制御の細かい変更により、急傾斜地の登坂走行で従来モデル比2倍まで走行速度を上げることができた。

エンジンの制御変更は、伐採作業に使う林業用アタッチメントの速度向上にも有効であった。特に、ハーベスタ、プロセッサなどの造材用アタッチメントは大流量の作動油を必要とする。これらの造材用アタッチメントは、木材を高速で送り、枝打ち用ナイフに枝を当てるためのフィードローラ、および丸太切断のため毎分数千回転するチェーンソーが装備されている。フィードローラとチェーンソーが有負荷時でも高速回転を続けるためには、油圧シヨベルの油圧ポンプが高圧な状態でも、流量を落とすことなく供給し続ける必要がある。この点が、走行登坂と共通している。

#### (2) ハーベスタ／プロセッサ専用配管

標準機と同じ配管径のまま、造材用アタッチメントのハーベスタ／プロセッサを使用すると、圧力損失が大きく、エンジン定格出力アップした分を大きくロスしてしまう。圧力損失は作動油の発熱になり、油温上昇による油圧機器のシール類への影響を考慮する観点からも望ましい状態ではない。そこで、本開発機では、標準機に対してポンプから造材用アタッチメント行きの配管および、造材用アタッチメントからタンクに戻

る配管をサイズアップした。配管サイズアップにより、圧力損失は低減され、ハーベスタ／プロセッサ使用時に従来モデル比30%以上多くの流量を供給することができるようになった(図-5)。また、主要なハーベスタ／プロセッサの取付条件を満足するレベルの背圧とすることができた。

### (3) 冷却性能向上

高圧状態の油圧ポンプから大流量を供給し続けると、エンジン冷却水および油の発熱が増加する。エンジン出力をアップした状態で、長時間の連続作業を可能にするため、エンジン冷却水、作動油の冷却能力も同時に向上させた。具体的には冷却用ファンの回転数を増加させ、吸気口および排気口のガードにスリットを設けた(図-6)。これらにより、冷却器に当たる風量が増え、ラジエータ、オイルクーラといった冷却器をより効率的に冷却することができた。さらに本開発機では、従来モデルから冷却器にフィルターを設置した構造を採用しており、冷却器にごみが直接付着しにくく、フィルターに付着したごみも短時間で清掃できるため、長時間の連続作業が可能になっている(図-7)。

また、連続造材作業では、ハーベスタ／プロセッサからタンクに戻る作動油の温度は高温状態となる。作動油を冷却するため、オイルクーラを通す油圧回路とした。

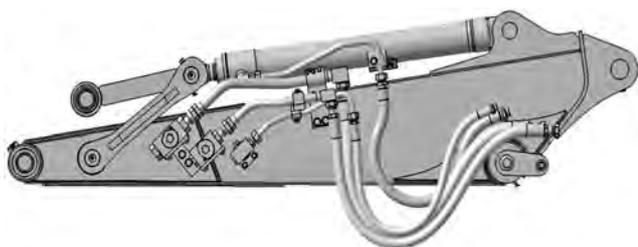


図-5 サイズアップし圧損低減した配管



図-6 スリットを追加したガード



フィルター 冷却器  
(ラジエータ、オイルクーラ)

図-7 ラジエータ前のフィルター

## 4. 安全性向上の取り組み

### (1) 周囲確認カメラの設定

立ち木の残る間伐現場、道幅のせまい林道での稼働は常に周囲の安全確認を行う必要がある。本開発機では周囲状況確認を行う手助けとして機体の左右および後方に最大3機のカメラを装備した(左カメラはオプション装備)。カメラは1台でより広い範囲を確認できるよう広角のものを使用し、周囲の障害物との干渉による破損を防止するために、本体から大きく飛び出さないガード内に埋め込む構成とした(図-8)。本体右前に搭載されたパイプガードも右カメラの撮像範囲に写りこまないような形状にした(図-9, 10)。カメラ画像を確認しやすくするためのモニターは10インチの大型モニターを採用した。

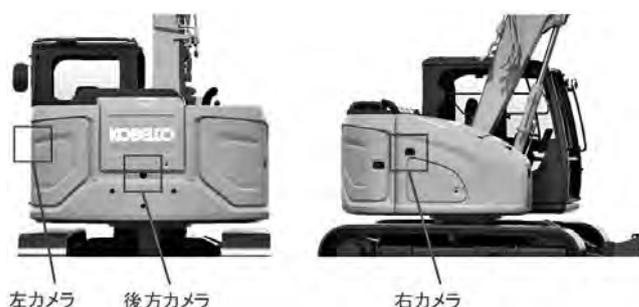


図-8 左右カメラ、後方カメラ



図-9 右カメラとパイプガード

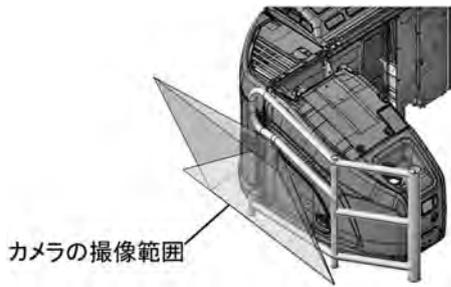


図-10 パイプガードとカメラの撮像範囲



図-13 マフラーテールパイプカバー (拡大図)



図-11 カメラ画像 (左) と合成画像 (右)



図-14 吸気口カバー (拡大図)

3つのカメラで撮影した画像は、単体の画像表示と合成した大きな1つの画像表示に切替え可能とした(図-11)。

(2) 木の葉の侵入防止、失火対策

林内で稼働する機械には各部の隙間から本体内部に木の葉等が入り込む可能性がある。また、木の葉等が高温になるマフラーテールパイプに直接接触すると火災の原因にもなる。そのため、各ガード等の開口には金網を貼り付け、木の葉等が本体内部へ侵入しにくい構造とした(図-12)。

マフラーテールパイプには、全体を覆う金属製のカバーを設置した(図-13)。吸気口の上に木の葉や雪などが堆積することを防ぐために、屋根付きのカバー

を設定した(図-14)。そして、運転席内に初期消火用の消火器を標準装備した。

5. おわりに

本稿では、油圧ショベルをベースとした林業専用機の開発における取組みを紹介した。今回紹介した生産性/安全性向上の取組みは、林業現場での情報収集に着想を得たものである。今後ますます重要度が高まっていく、日本の林業分野の発展に対して、その一助となるよう引き続き開発に取り組んでいく。

JCMA

《引用文献》

- ・林業労働災害の現況 (林野庁ウェブサイト)
- ・業種別死傷年千人率 (厚生労働省ウェブサイト)

[筆者紹介]

藤田 修平 (ふじた しゅうへい)  
コベルコ建機㈱  
ショベル開発部 環境機械開発グループ  
アシスタントマネージャー



図-12 林業専用ガード

# 衝突軽減システム搭載・お知らせ機能付周囲監視装置

## FVM2+

泉川 岳哉

当社では安全な建設現場実現の為、2011年に3台の車載カメラの画像を俯瞰画像として合成し後方270度がひと目で確認できる「FVM」を、2017年には、それらの画像を解析して機械周辺の人の形を認識して、人が居ると判断した場合にモニター画面への表示とお知らせアラームでオペレータに注意を促す「FVM2」を市場に投入し、オペレータの安全確認のサポートにいち早く取り組んできた。今回さらに、作業員と機械が接近した場合に、機械を自動で減速・停止することで油圧ショベルの接触事故リスクのさらなる低減に貢献する「FVM2+（フィールドビューモニター2プラス）」（以下「本システム」という）を開発した。本稿では、この本システムについて報告する。

キーワード：油圧ショベル、周囲監視装置、衝突軽減システム、安全性

### 1. はじめに

建設業の死亡事故は全産業の中でも依然として多く、その中でも建設機械に起因する事故が多く発生している。国土交通省が進めているi-Constructionにより機械周囲の作業員が減少し、安全性が向上していると推定されるが、ICT建設機械のオペレータを対象にしたアンケートではICT施工特有のリスクも挙げられている。マシンガイダンスのモニターを注視しすぎたことによるヒヤリハットや、機械周囲の作業員がいなくなったことから安全確認が不十分になったヒヤリハットなどが挙げられている。このことからICT施工の推進と合わせて、機械自体の安全性の向上を図ることが必要と考えられる。当社ではこの課題を解決するために、衝突軽減システム搭載・お知らせ機能付き周囲監視装置（以下「本システム」という）を開発した。

### 2. 本システムの概要

本システムは、3Dセンサーを活用した反射物検知方式により、危険エリアにいる安全ベストを着用した人を検知し、走行および旋回を自動で減速・停止させることで、衝突被害の軽減を図る装置である。安全ベストを着た人を反射物検知方式で高精度に検知し、また盛土などでは作動しないことから、安全性と作業効率を両立した。作動範囲は機械の後方周囲270度のワイドエリアに対応し、作動状況はモニターで確認出来

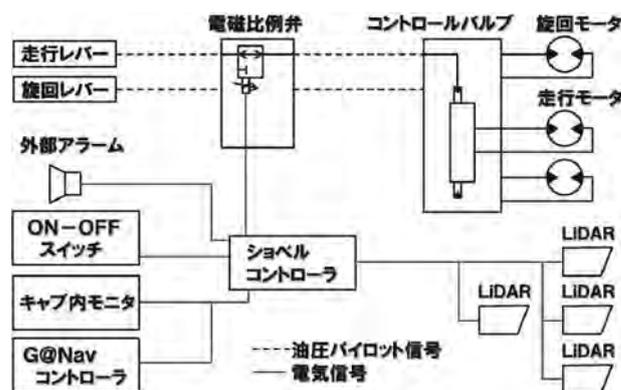


図-1 本システム構成図

るだけでなく外部アラームで周囲の作業員にも警報することが可能である。

図-1に本システムのシステム構成図を示す。LiDAR（以下「本センサー」という）からの反射物検知情報をショベルコントローラで処理し、走行・旋回パイロット圧力を制御することで、走行・旋回動作を減速・停止させる。同時にモニター及び外部アラームを制御し、警報を発する。検知情報はG@Navコントローラ（以下「本コントローラ」という）により稼働管理システムに送られ、遠隔地よりウェブ画面上で作動状況を確認可能となる。

### 3. 本システムの特徴

#### (1) 人検知機能

本システムでは本センサーによる反射物検知方式で

安全ベストを着た人を高精度に検知している。LiDARは一般的に埃があるとそれを物体として検知してしまう。埃の多い建設現場では埃を検知して機械が止まってしまうと、作業効率が著しく低下してしまう。本システムでは本センサーが検出した位置情報と合わせて反射強度情報を用いることで反射物のみを検知しているので、反射強度の低い埃を検知することはない。同様に建設現場に存在する盛土についても検知して停止することがなく、安全ベストを着た周囲の作業員を高精度に検知することで、作業効率と安全性を両立した。安全ベストを装着していれば作業員の姿勢に関係なく検知が可能で、屈んでいる作業員も検知可能である(図一2)。ただし、反射板付きのカラーコーンなどに反応して停止することが無い様、高さ60cm未満の反射物は検知しない。従って倒れている作業員は検知できない。同様に大きな荷物を持っていたり姿勢により安全ベストがセンサーから見えない状態であったり、安全ベストの種類や劣化により反射率が低下している物では検知できない場合がある。安全ベストは一般に販売されている物で検知可能であるが、丈が長く全体に反射ラベルがついており、また反射強度が強い物を推奨している。

本センサーは変調赤外線照射方式で外乱光に強く、夏の直射日光の下でも、冬の西日が差し込む状況でも、また暗がりの下でも反射物を検知可能である。



図一2 人検知機能

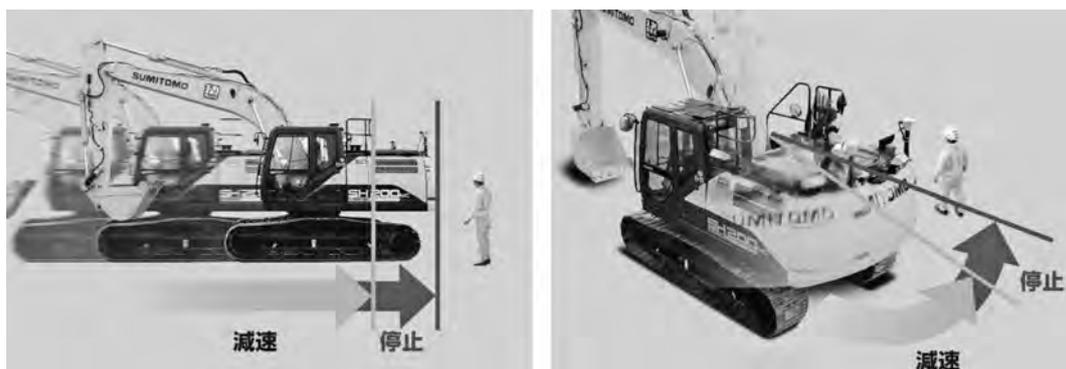
人の検知範囲は機械の後方周囲270度としており、オペレータがモニターのFVM画面上で視認可能なエリアと同一としている。これによりオペレータはシステムの作動範囲を容易に判断することが可能である。またショベルが後進している時のみでなく、下部走行体に対し上部旋回体を90度回転させて横方向に走行している時も想定した検知範囲としている。

## (2) 衝突軽減機能

安全ベストを着た人を検知すると、走行および旋回を自動で減速・停止させ衝突被害の軽減を図る(図一3)。機械が停止した状態で検知した場合は、機械の走行・旋回の起動を停止させる。機械が走行・旋回中であれば、減速した後に停止させ、急停止によるオペレータへの負担を軽減すると同時に、急停止による危険性も低減する。一度減速・停止制御が作動すると、人がいなくなっても制御を継続させる。人がいなくなった後、オペレータが操作レバーを中立にし、安全性確認が行われて初めて制御は解除される。これにより人がいなくなった後、機械が急に動き出す危険性を防ぐと同時に、操作レバーから手を放すことなく操作が再開でき、安全性と作業効率を両立させた。旋回の減速・停止制御は衝突する方向のみ減速・停止制御が行われ、回避する方向には操作が可能である。走行と左右旋回の減速・停止範囲は個別に設定されており、走行で衝突するリスクがあっても旋回で衝突するリスクが無い場合は、走行のみ減速・停止制御が行われる。走行、旋回以外のアタッチメントについては制御が行われないので、アタッチメントが急停止するようリスクは生じない。人の検知及び制御は十分高速に行われており、検知遅れによる制御のバラつきを最小限に抑えている。

## (3) 警報機能

人を検知し衝突軽減機能が作動すると、モニターで



図一3 走行・旋回時の減速・停止制御のイメージ



図一4 外部アラーム

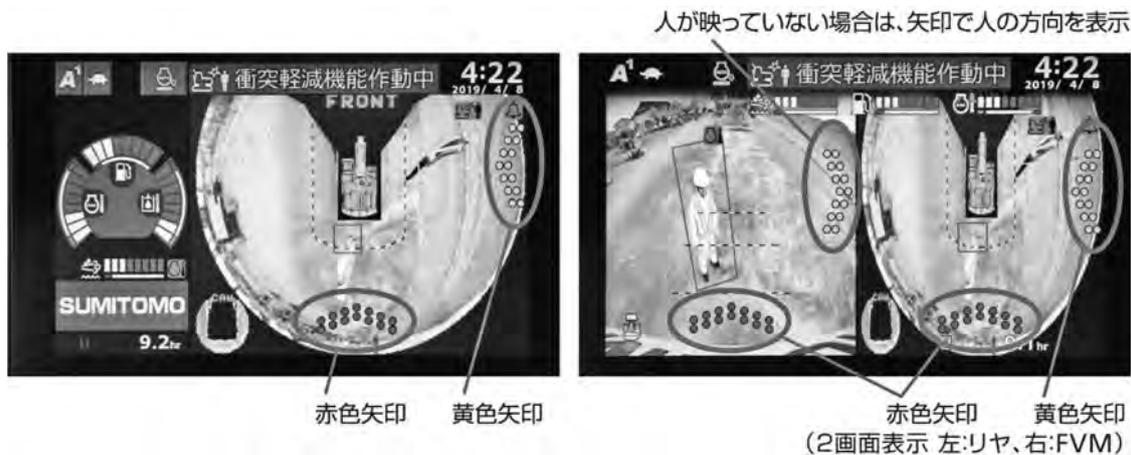
オペレータに警報すると同時に、外部アラームで周囲の作業者にも警報を行う（図一4）。これにより周囲の作業者が衝突のリスクに気づき、その場から退避するなどの行動を起こすことができる。外部アラームは夜間工事など騒音に配慮する必要がある場合は、モニターの設定画面でキャブ内のアラームのみに切り替えることができる。モニターには実際のカメラ画像上に検知した人の方向が矢印で表示されており、周囲の状態を一目で確認できるようになっている（図一5）。矢印表示は検知した人との距離に応じ2段階に、遠方の減速エリアでは黄色で、より近くの停止エリアでは

赤色で表示される。これらの警報や停止制御はゲートロックの状態や操作レバーの操作状態に関係なく常に行われる。作業開始前から周囲の人の検知状態をオペレータと周囲の作業者に警報することが可能となり、安全性が向上する。

衝突軽減システムの作動状況はリアルタイムで本コントローラから稼働管理システムに送信され、事務所などの遠隔地からウェブ画面上で本システムの作動状況を確認することが可能である。作動した場所を地図上に表示可能であり、現場の危険の発生リスクを見える化することで、安全対策に活用することが出来る（図一6）。

#### 4. おわりに

安全性のみでなく作業効率も考慮し、現場責任者だけでなくオペレータも使いたがる安全装置を目指し、本システムの開発を進めてきた。しかしながら現場の安全は、本システムのみでは実現されず、現場全体の安全管理、オペレータの安全操作が前提となり、さらに万が一の時に安全をサポートする機械の機能により、より安全な現場が実現できる。先を行く自動車業



図一5 モニター表示例



図一6 稼働管理システム表示例

界ではより高度な安全技術が開発されており、建設機械においても機械や現場の特性にあった安全装置の開発が求められる。今後もさらなる安全性の向上をめざして新しい技術開発を進めていきたい。

※ FVM は、住友重機械工業(株)の登録商標です。

※ G@Nav は、住友建機(株)の登録商標です。

JCMIA



[筆者紹介]

泉川 岳哉 (いずみかわ たけや)

住友建機(株)

技術本部 先端技術部 ICT 建機開発グループ  
グループリーダー



# 公道走行する大型建設機械の走行安全技術

## ラフテレーンクレーンの走行安全技術

梅野 隆次

国内の建設現場で欠かせない建設機械であるクレーンは、国内では移動式クレーンという形で非常にポピュラーな存在となっている。中でもラフテレーンクレーンは移動式クレーンの中心的な存在であるが、その特性上大型化は避けられず、車体中央付近にある運転席からの視界もある程度制限されたものとなる。またラフテレーンクレーンは公道を走行して作業現場まで移動するため、公道での走行安全向上は非常に重要である。本稿では公道走行する大型建設機械のうち、ラフテレーンクレーンの視界改善技術を始め、その他の走行安全に寄与する技術について解説する。

キーワード：荷役機械、移動式クレーン、ラフテレーンクレーン、走行安全、事故防止

### 1. はじめに

荷役機械のうち、国内で移動式クレーンのひとつであるラフテレーンクレーンは、4.9tから100tまでのつり上げ能力があり、公道走行できる走行装置を有する特徴がある。近年は建設現場の大型化により長いブームが求められ、車体の大型化が顕著となっている。大型のものでは公道走行時の全長が13mを超え、車幅も3m近い。そして車軸は最大4軸となっている。大型ラフテレーンクレーンの例を写真-1に、主要諸元を表-1に示す。

### 2. クリアランスソナーシステム

本システムは、平成29年発売の13トン吊りラフテレーンクレーンより搭載した機能で、超音波を利用した周囲監視技術の一つである。乗用車でも主に駐車時の障害物検知に一般化しつつある機能である。ラフテレーンクレーンの前方、左前、左後、後方にセンサを設置し、障害物の有無、距離を運転者に知らせる。これにより左折時の巻き込み防止や、左側をすり抜けようとするバイクの発見、後退時の接触防止などの事故防止に役立つ。また車速による検出の制御を設け、誤検知を低減している。システムイメージを図-1に、検出距離の仕様を表-2に示す。



写真-1 大型ラフテレーンクレーン例 (80トン吊り)

表-1 主要諸元

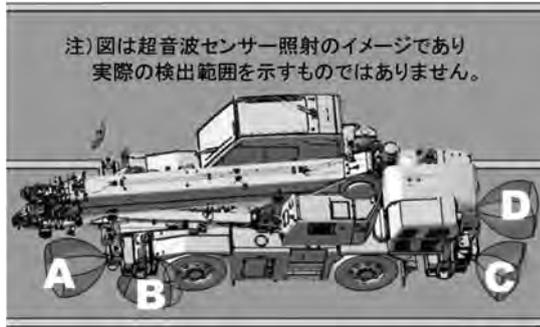
クレーン型式	SL-850Rf II
最大つり上げ能力	80.0 t×2.2 m
ブーム長さ	10.0 m ~ 45.0 m
ジブ長さ	9.52 m ~ 18.0 m
ブーム起伏角度	0.0° ~ 84.0°
ジブオフセット角度	5° ~ 60°
最大地上揚程	ブーム ジブ
	46.0 m 64.0 m
最高速度	49 km/h
最小回転半径 (4輪操向)	11.8 m
最小回転半径 (8輪操向)	7.4 m
アウトリガ最大張出幅	7.6 m
全長×全幅×全高 (公道走行姿勢時)	13.26 m×2.85 m×3.75 m



図一 システムイメージ

表一 検出距離の仕様

警報レベル	警報ランプ	検出距離	
		A, D	B, C
レベル1	遅い点滅	0.8 m 超～1.0 m	0.7 m 超～0.8 m
レベル2	早い点滅	0.6 m 超～0.8 m	0.5 m 超～0.7 m
レベル3	点灯	0.6 m 以下	0.5 m 以下



### 3. セーフティビューシステム

#### (1) サラウンドビューシステム

サラウンドビューシステムは、乗用車では一般的な画像による運転支援技術のひとつである。車両の四方に配置されたカメラの画像を合成し、車両を俯瞰した画像を作成することにより、車両感覚の支援、周辺の障害物の把握に役立つ。特に80トン吊りラフテレーンクレーンでは、10mを超す車両長への対応として車両側面のカメラを増加することによる合計6個のカメラを備えた独自のシステムとした。これにより長い車両

でもゆがみの少ない画像を提供することが出来る。合成した画像を表示するモニタも可能な限り大きくすべく、12インチのモニタを採用した。このモニタはタッチパネルでもあるため、表示の切り替え等に直感的な操作を可能にしている。

カメラの配置図を図一2に、サラウンドビューシステム画像例を写真一2に示す。

#### (2) カメラクリーナ

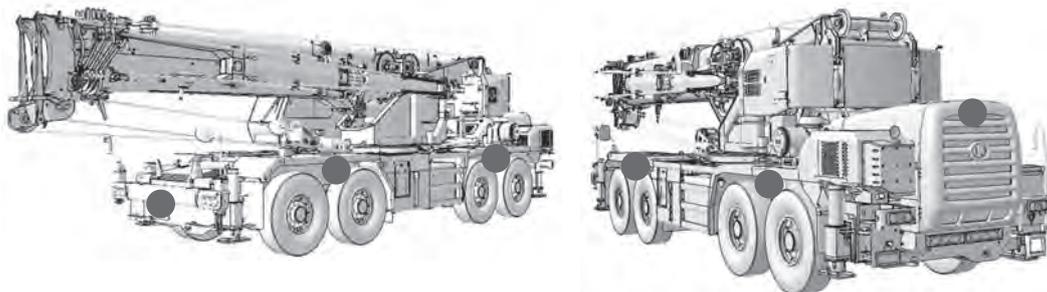
カメラクリーナはカメラのレンズ面に付着した雨滴、汚れを電動ポンプにより発生した圧縮空気により吹き飛ばし、視界を確保するものである。従来のサラウンドビューシステムを始めとするカメラによる運転支援技術は、悪天候時の視界確保が問題となっていた。カメラ形状に合わせた専用形状のノズルをカメラ上部に取り付けることにより、最適な角度、風速の圧縮空気の噴射を可能にしている。サラウンドビューカメラの



写真一2 サラウンドビューシステム画像例



写真一3 カメラクリーナ取付例



● : サラウンドビュー用カメラ

図二 サラウンドビューカメラ配置図

みではなく、右左方等の周囲確認カメラにも設定した。  
カメラクリーナのカメラへの取付例を写真—3に示す。

### (3) 人検知アシスト

本システムは画像認識により人物と思われる物体の周囲を赤枠で囲み、音響でも運転者へ注意を促すものである。カメラで撮影された画像データから人物と思われる物体を検出する技術であるため、コントローラ内に蓄積されたアルゴリズムにより人物の検出精度を向上させている。これにより車両周辺の人物や、左側をすり抜ける自転車やバイクの確認が出来るようになるため、事故防止に役立つ。

人検知アシスト機能の検出状況を写真—4に示す。



写真—4 人検知アシストシステムの検出状況

## 4. アンチロックブレーキシステム (ABS)

本機能も乗用車、トラック等では装着が義務化されているものだが、大型特殊車両であるラフテレーンクレーンでは25トン吊りにおいて国内で初めて搭載した。比較的車重が大きく、ホイールベースの短いラフテレーンクレーンには、道路表面の摩擦係数が低い条件下で車輪のロックを防止したり、制動時の安定性を



写真—5 アンチロックブレーキシステム試験状況

向上させることができる。アンチロックブレーキシステムの試験状況を写真—5に示す。

## 5. タイヤ空気圧センサ

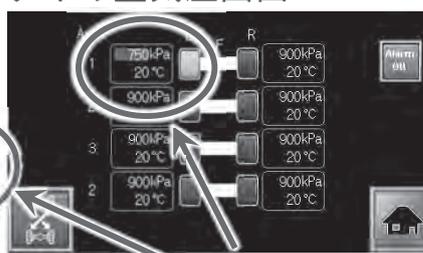
タイヤ空気圧センサは一部の大型車では一般的になりつつある機能である。タイヤを有する車両でその空気圧管理の重要さは既に承知のとおりであるが、ラフテレーンクレーンのタイヤサイズであると、その管理も大変さが増す。先述のように4軸車であるとタイヤを8輪管理しなくてはならないことになる。そこでコントローラがタイヤの空気圧とタイヤ内温度を常時モニタリングし、設定した空気圧、温度を超えると運転席に配置したディスプレイに警報を表示、ブザー音と共に運転者に警告を発する。タイヤ内のセンサとコントローラ間は無線により通信しているため、通常3~4年の寿命のあるバッテリーを装備することにより利便性を向上させた。タイヤのローテーションにも対応し、交換実施時の設定は画面で行えるものとした。これにより、タイヤの空気圧を始めとした管理を容易にした。

運転席の警告例を図—3に示す。

### ホーム画面



### タイヤ空気圧画面



異常時

図—3 タイヤ空気圧センサの警報画面例

## 6. おわりに

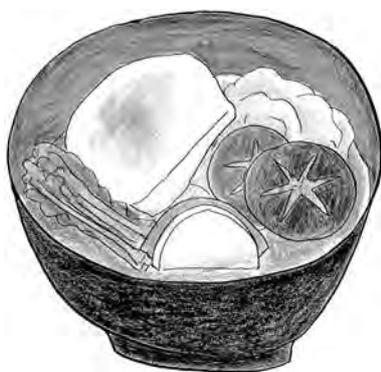
ラフテレーンクレーンのような移動式クレーンは公道を走行するという特徴から、公道走行時における安全性の向上は非常に重要な問題である。実際、建設機械が原因の交通事故もニュースに大きく取り上げられている。本稿で紹介したラフテレーンクレーンの走行安全技術は元来乗用車やトラックで開発された技術が多いが、それを大型建設機械にうまく応用することでコストと効果のバランスを見出している。今後も移動

式クレーンにおける更なる技術開発の推進に取り組んでいく所存である。

JCMMA



【筆者紹介】  
梅野 隆次 (うめの りゅうじ)  
株式会社加藤製作所  
設計第一部 課長



# 革新のセミオートドリリング制御と最先端の低燃費化技術を搭載した大型油圧クローラドリルの開発

## HCR1800-ED II

小 六 陽 一

都市の建設、インフラ整備に使用されている建築材料は、砕石現場や石灰石鉱山から供給されている。その為に使用されるせん孔機が必要不可欠であり、建設機械同様に生産性向上が求められている。大型油圧ドリフタによって油圧クローラドリルの大口径せん孔を実現した最新の技術を紹介し、生産性向上、低燃費化技術を報告する。また IT 機器を使用した機械情報の確認が可能になる最新の稼働サポートシステムを紹介する。

キーワード：せん孔機、油圧クローラドリル、ロッドビット、稼働サポートシステム

### 1. はじめに

昭和 52 年（1977 年）国産初の油圧クローラドリルを開発して以来、モデルチェンジとシリーズ化を図り、国内、海外で広く活躍し高い評価を得てきた。

本稿では、HCR1800-ED II（以下「本開発機」という）として、豊富な経験と技術力の結集により従来機種の上位機種を開発したのでここに報告する。

### 2. 概要

油圧クローラドリルは、岩石を破碎する砕石現場や大型土木工事で主に使用されており、従来の「HCR シリーズ」の最大ロッドサイズは T51<sup>\*1</sup>、最大せん孔径はΦ127 mm としていた。

この度、開発した本開発機は、大径ロッド T60 クラス対応の新型油圧ドリフタ HD836 により『HCR シリーズ』最大となるせん孔径Φ152 mm を実現する。

より大きいビットおよびロッドを搭載することにより大口径、高い直進性、スピーディーなせん孔を可能にするとともに、パワーユニット（エンジン、油圧ポンプ、コンプレッサ）は下位機種と同一のままでこれを実現したことで、ダウンサイジングを可能とした。また、オフロード法 2014 年基準適合クリーンエンジンを採用し、メンテナンスコストの低減を実現させたほか、最先端の低燃費化技術「スーパーエコノミーモード PLUS」を搭載したことで、岩質に応じて適正なエンジン回転速度を選択することが可能となり、燃料消費量の低減を実現させた。外観を写真—1 に、主な

仕様を表—1 に、大口径ロッド説明図を図—1 に示す。

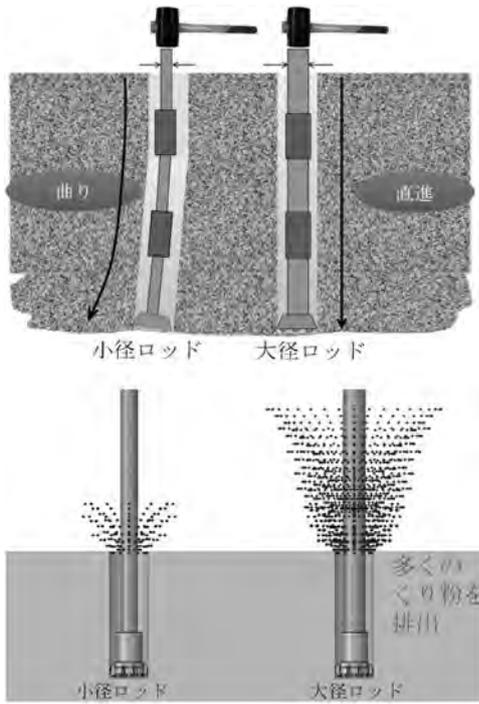
※1 直径 51 mm のロッド。



写真—1 本開発機外観

表—1 本開発機主な仕様

モデル名称	HCR1800-ED II
質量	19,830 kg
搭載ドリフタ	HD836
エンジン	キャタピラー C9.3 (Tier4Final Stage IV) 261 kW/2200 min <sup>-1</sup>
コンプレッサ	北越工業 PDSF290-S16 13.5 m <sup>3</sup> 1.03 MPa
ロッドチェンジャ	GR803 14 ft ST58, GT60 7 (本格納)+1 (スタータロッド) GT60Tube 6 (本格納)+1 (スタータロッド)
せん孔径	Φ 102 ~ 140 mm (ST58, GT60) Φ 102 ~ 152 mm (GT60Tube)

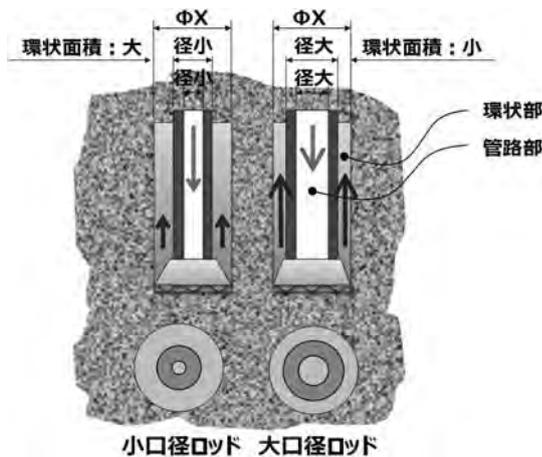


図一 大口径ロッド説明図

- 大径ロッドを使用する事の利点として
- ・孔曲がりが少ない（ロッドの強度アップ）
  - ・小風量にてフラッシング性能向上（管路部の圧損低減・環状部流速向上）
  - ・コンプレッサ風量節約による消費動力低減

同一ビット径の場合、大径ロッドは環状流速を高くすることができる。その為、コンプレッサ風量を少なくできエンジン回転数を低く出来る事で燃費低減を図る事が出来る。

大口径ロッドの説明図を図一に示す。

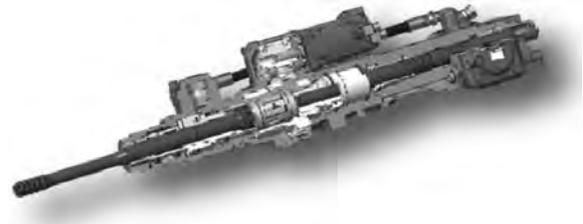


図二 大口径ロッド説明図

### 3. 本開発機主な特徴

#### (1) 大口径対応の高出力型油圧ドリフタ HD836 を搭載

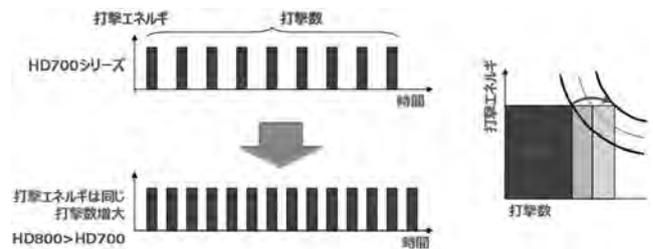
デュアルダンパ機構とエネルギー伝達効率を極めたくさび型ピストン形状及び新ピストン作動機構により、異なる岩質に幅広く、すばやく対応する。負荷に応じた最適な制御をすることで、高い破碎効率を実現した。複雑な操作もなく、ムダのないパワーで安定した快適なせん孔ができる。ドリフタ外観を図一に示す。



図一 新型油圧ドリフタ HD836

HD836 の高出力化とは、従来のモデルの HD700 シリーズの打撃エネルギーを維持して高打撃数化にする事である。（打撃）出力 = 打撃エネルギー × 打撃数である。

打撃出力説明図を図一に示す。



図一 打撃出力説明図

#### (2) 革新のセミオートドリリング制御 iDS (Intelligent Drilling System)

岩質の変化に応じた最適なせん孔状態に自動制御する iDS (インテリジェント・ドリリング・システム) を標準装備。回転圧異常、ビット目詰まりを検知して、自動的にドリフタを後退させる従来のアンチジャミングに加え、フィード・回転・打撃の3要素をバランスさせたスムーズなせん孔が可能である。初期設定された、フィード圧、打撃圧およびフィード速度に対し、岩質の変化による回転の上昇に対して、フィードの圧力を抑制、また、フィード圧の低下に対して、打撃圧力を抑制させることでその岩質に適したせん孔速度となるよう制御する。iDS を図一に示す。

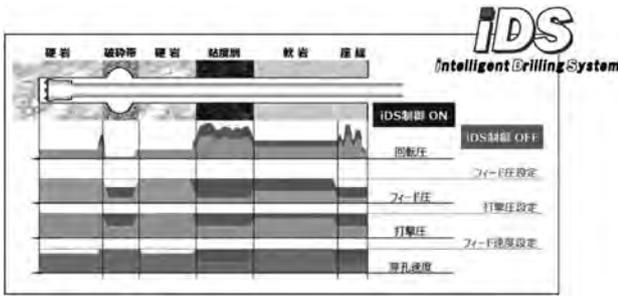


図-5 iDS (インテリジェント・ドリリング・システム)

(3) 環境にやさしいオフロード法 2014 年基準適合 クリーンエンジン搭載

先進の排気ガス浄化技術「尿素 SCR システム」を採用した、オフロード法 2014 年基準に適合したクリーンエンジンは、コモンレール式燃料噴射装置、排ガス処理装置、排ガス再循環装置等を装備して、環境有害物質の PM (粒子化合物)・NOx (窒素酸化物) とともに低減した最高レベルの低排出ガス成分を実現したエンジンである。排出ガスの浄化は、エンジンの燃焼制御及び後処理装置により、環境有害物質である粒子状浮遊物 PM 及び窒素酸化物 NOx を低減させ、規制値に対応させた。DEF タンク内の尿素水は、DEF サプライモジュールより、DEF ドージングバルブへ供給される。低温時、尿素水の凍結を防止する対策として、エンジン冷却水又は電気ヒータにより加熱され解凍・保温する。パワーユニットを図-6、尿素 SCR システムを図-7 に示す。

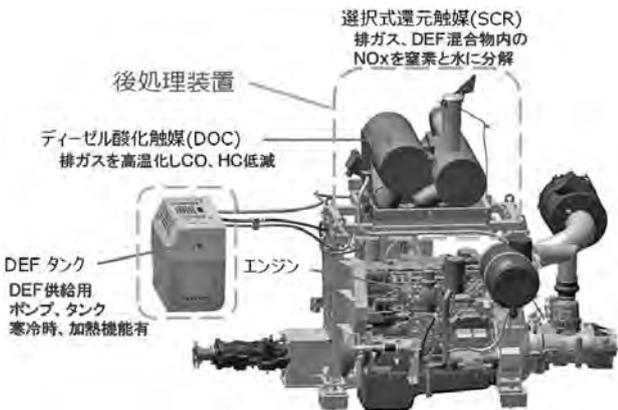


図-6 パワーユニット

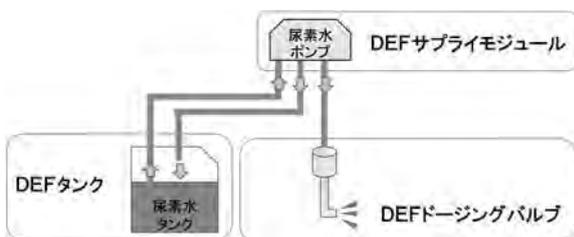


図-7 尿素 SCR システム

(4) 最先端の低燃費化技術「スーパーエコノミーモード PLUS」

iMS モニタ画面で、せん孔作業 (打撃&ブロー操作) 時のエンジン回転速度を 1600・1800・2000・2200 min<sup>-1</sup> の 4 段階より選択できる。岩質に応じて適正なエンジン回転速度を選択することで、打撃性能を維持しながら燃費改善に貢献する最先端の低燃費化技術である (特許取得済)。

クローラドリルの作業サイクルは、せん孔、走行、ブーム操作など、各作業モード別に分類される。従来その他モデル機から、せん孔作業を対象として、スーパーエコノミーモードを採用し、低燃費化を図ってきたが、せん孔以外の作業についても低燃費化を図るべく、さらに、2つの新技術、コンプレッサ新アンロード制御、および新オートスロットル制御を追加した、『スーパーエコノミーモード Plus』を開発した。

・スーパーエコノミーモード

穿孔作業モードに対応する技術であり、打撃性能を維持しつつ、エンジンを低回転化して低燃費化を図る。

・コンプレッサ・新アンロード制御

せん孔以外の圧縮空気を使用しない作業時のコンプレッサ待機動力を低減し、低燃費化を図る。

コンプレッサ待機動力を最小限に抑えるフラッシング連動式アンロード制御を PLUS。

エンジンの負荷軽減に連動し低燃費化を実現している。(特許取得済)

・新オートスロットル制御

各作業に合わせてエンジン回転速度を自動制御する機能を PLUS。

未作業時には自動的にアイドルリングにすることで燃費低減を図ったシステムである (特許取得済)。

スーパーエコノミーモード PLUS を図-8 に示す。

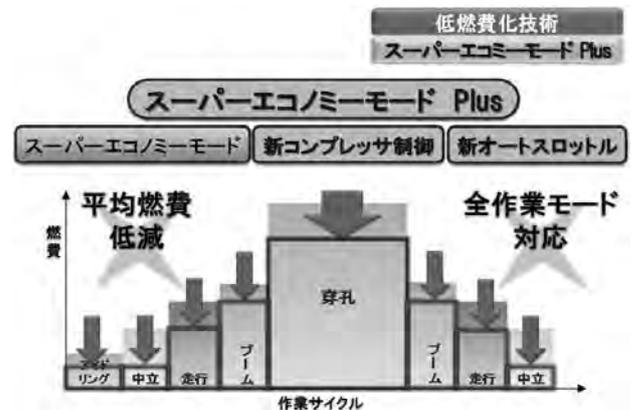


図-8 スーパーエコノミーモード Plus

(5) 機体のコンディションが一目でわかる iMS (Intelligent Monitoring System)

7インチカラー液晶パネルに機体の稼働情報やメンテナンス情報を集中表示。各種設定や作動中に生じたエラー履歴やメンテナンスが必要な個所についての情報をインフォメーションディスプレイ上に表示する。各種情報表示機器をワンディスプレイに集約し視認性を向上させた。インフォメーションディスプレイレイアウト図を図-9にインフォメーションディスプレイを写真-2に示す。

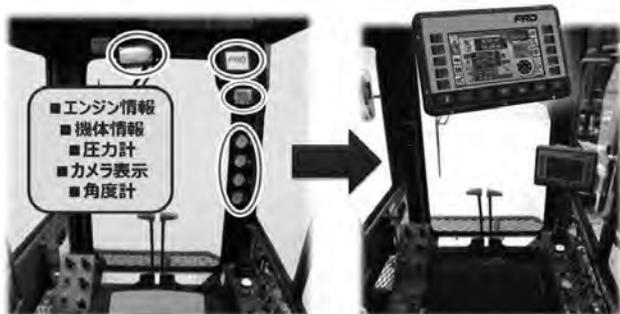


図-9 インフォメーションディスプレイレイアウト図



写真-2 インフォメーションディスプレイ

(6) 快適なキャビン&ゆとりの運転環境

全方向に広々とした視界を確保したキャビンには、ROPS/FOPS仕様(転倒時保護構造/落下物保護構造)を採用している。また、快適な室内環境を保つ外気導入型エアコンを標準装備。気密性が高く、多様な稼働条件のもとでも快適な作業ができる。キャビン内を写真-3に、ROPS & FOPS キャビンを図-10に示す。

(7) セミオートタイプのロッドチェンジャ

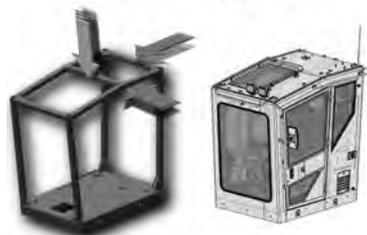
1本のロッドチェンジャ操作レバーを一方方向に倒すだけで、ロッドの「継足」から「回収」まで、一連の複合動作を連続して行うワンアクション型セミオートタイプのロッドチェンジャを装備。スピーディーな動きでサイクルタイムを短縮する。また、左コンソールボックスの側面には、調整用の個別操作チェンジャコントロールスイッチを装備。ロッドチェンジャの作動

確認や芯出し調整を行うときに使用する。ロッドチェンジャを図-11に、ロッドチェンジャコントロールレバーを写真-4に示す。



写真-3 キャビン内

安全面への配慮



ROPS & FOPSキャビン(標準装備)

図-10 ROPS & FOPS キャビン

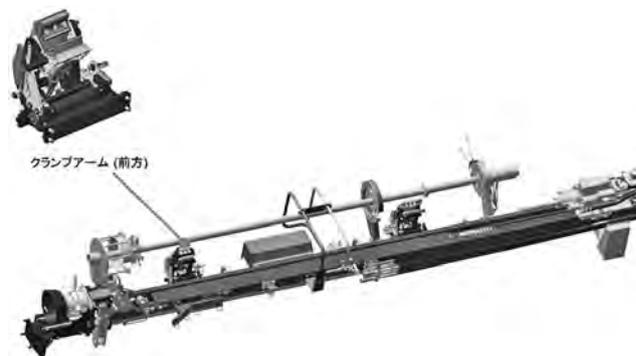


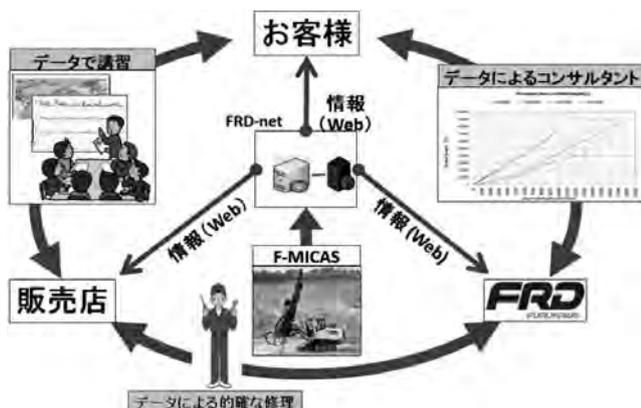
図-11 ロッドチェンジャ



写真-4 ロッドチェンジャコントロールレバー

(8) F-MICAS 稼働サポートシステム

F-MICAS とは、FRD Machine Information Control & Analysis System の略称でクローラドリルの稼働サポートを可能とするシステムの名称である。お客様のパソコンまたはスマートフォン等で機械情報の確認が可能である。F-MICASはクローラドリルの稼働情報、操作情報、不具合等の様々な情報の収集と蓄積が可能である。F-MICAS コミュニケーションイメージを図一12に示す。



図一12 F-MICAS コミュニケーションイメージ

4. おわりに

油圧クローラドリルの目的は「真っすぐな発破孔を速く、きれいに、より経済的にせん孔すること」である。今回の開発により大径ロッド T60 クラス対応、最大となるせん孔径Φ152 mm をムダのないパワーで安定した快適なせん孔が可能になり、油圧クローラドリルの目的を可成りのレベルまで達成出来たのではないかと考えている。

謝 辞

最後になりますが、今回の開発に際し、現場を提供頂き、多くの貴重なアドバイスを頂いた関係各位の皆様には誌面を借りて心より御礼申し上げます。

J|C|M|A

【筆者紹介】

小六 陽一 (ころく よういち)  
古河ロックドリル(株)  
営業本部 営業企画部  
部長



# 緊急ブレーキ装置搭載コンバインド型振動ローラ (搭乗型 2.5 t/4 t クラス) の開発

## コンバインドローラの作業環境に適した 79 GHz 帯ミリ波レーダ

遠藤 涼平・森岡 則雄

近年、自動車業界では緊急時の自動ブレーキが標準化へと向かっており、建設業界においても i-Construction の中で生産性を向上させる重要な要素として建設現場の安全性の向上が求められている。そのため、建設機械にも注意喚起システムだけではなく、緊急時に自動でブレーキを作動させる安全装置が開発、販売されている。しかしながら、施工作业が主となる建設機械では、緊急時のみ緊急停止できる安全性と通常作業時に従来通り作業ができる施工作业性の両立が重要かつ不可欠であり、緊急ブレーキ装置 Guardman シリーズの開発コンセプトとなっている。小型機種に該当するコンバインド型振動ローラ(搭乗型 2.5 t/4 t クラス)では、その使用環境や搭載環境などを考慮して検知センサに 79 GHz 帯ミリ波レーダを搭載することにより、「安全性と作業性の両立」を実現させた。

キーワード：安全装置、緊急ブレーキ、自動ブレーキ、転圧機械、舗装機械、ミリ波レーダ

### 1. はじめに

建設業における死亡災害件数は年々減少傾向にあるものの依然として、毎年およそ 300 件<sup>1)</sup>も発生している。その中で、令和元年(平成 31 年)における締固め機械では、2 件<sup>1)</sup>の死亡災害が発生しており、休業 4 日以上ケガを含めた場合、66 件<sup>1)</sup>もの死傷災害が発生している。図-1 にその内訳割合を示す。締固め機械の事故の多くは、衝突・巻き込まれ事故に分類され、77%<sup>1)</sup>も占めている。

締固め機械である転圧ローラの作業現場では、転圧ローラはゆっくりと動いており、一見危険な状況は少

なく見える。しかし、舗装作業時や端部の締固め作業時など、オペレータは常に転圧ローラの運転と路面品質の確認など、路面に注視して作業することが多く、また、周囲作業員も転圧ローラ近傍での作業が必要であり、お互いに注意をしても巻き込まれ事故を完全に防ぐことは難しい。また、重機の動作状況別の事故発生割合では、後進時<sup>2)</sup>がもっとも多くを占めており、転圧ローラにおいても後進作業時の巻き込み事故が多く発生している。

コンバインド型(搭乗型 2.5 t/4 t クラス)の振動ローラ(以下、コンバインドローラと称す)に着目すると、コンバインドローラは小型特殊自動車に分類され、車体が小さく運転がしやすいことから、意図せずに車速が速くなってしまうことがある。また、運転席からの視界性も良く、車両自体に圧迫感がないため、作業員が車両に接近して作業をしてしまうことがある。そのため、巻き込まれによる死傷災害は他の大型ローラと比較して多い傾向にあり、より安全性を重視した緊急ブレーキ装置の搭載が望まれていた。

一方で、前輪に鉄輪、後輪にタイヤを有しているコンバインドローラは、その利便性により小規模な舗装現場においては初期転圧から使用されることが多い。また、鉄輪やタイヤなどへの合材の付着を防ぐため、鉄輪やタイヤに適度に散水しながら転圧作業を行う必要がある。初期転圧では路面温度が高く、かつ鉄輪に比べてタイヤの場合は接地面積が大きいことから濃い

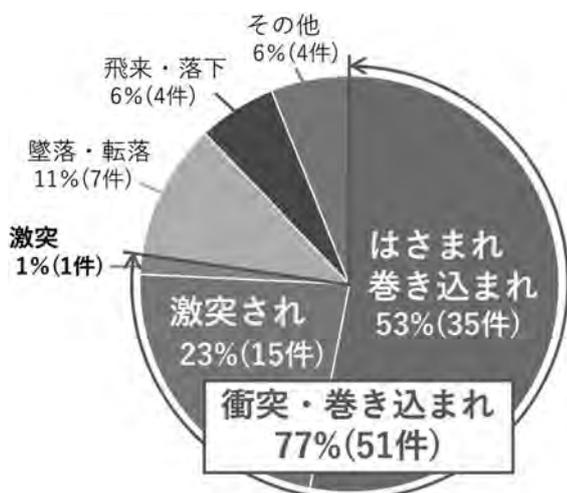


図-1 令和元年(平成 31 年)締固め機械の死傷災害発生割合<sup>1)</sup>

湯気が発生し、特に寒冷時のアスファルト施工においては顕著である。

これらの理由により、従来、大型機種の転圧ローラで搭載されている緊急ブレーキ装置用の検知用センサとして使用されてきた光学系のセンサ（3D-LiDAR や TOF センサなど）を使用した場合、コンバインドローラの作業環境や小型機種の限られた搭載環境では十分な検知性能が得られないことが懸念された。そのため、コンバインドローラの緊急ブレーキ装置の開発にあたっては、作業環境に適した新たな検知用センサが必要となった。

## 2. 緊急ブレーキ装置の概要

緊急ブレーキ装置 Guardman は、緊急時の安全性向上を目的とした衝突被害軽減装置であり、安全性と作業性の両立を実現した緊急ブレーキシステムである。後進時に巻き込まれる恐れのある対象物（主に周囲の作業者など）を検知した場合、オペレータと進行方向の作業者に対して注意や警告を行う。それでも、オペレータや作業者が気づかず回避行動ができない、または間に合わない場合には、緊急ブレーキが作動し転圧ローラを停止させ、衝突の回避もしくは被害の軽減をはかるものである。また、図-2 に示すように車両の作業速度に応じて、緊急ブレーキの作動位置を自動で調整させることにより、オペレータは従来通りの運転操作でより安全に作業を行うことができる。さらに、注意や警告を行う検知範囲も緊急ブレー

キの作動範囲と同様に車速に応じて自動で調整させることにより、警報が頻繁に鳴ることを抑制するとともに、作業者の警報に対する慣れや過信、システムへの信頼性の低下を防いでいる。その他、車両の停止方法には、HST ブレーキを採用しており、緊急ブレーキ作動時にも鉄輪やタイヤをロックさせずに停止させることで、施工路面への影響を必要最小限に抑えて、品質の低下を防ぐことができる。

新たに開発した4tクラスの緊急ブレーキ装置付コンバインドローラに搭載されている主要機器を図-3 に示す。なお、同じく2.5tクラスのコンバインドローラや、前後輪ともに鉄輪となる2.5tおよび4tクラスのタンデムローラの緊急ブレーキ装置付車両も同様のシステムとなっている。検知用センサは車両後端部から対象物までの距離を測定し、車速センサからの情報と合わせて制御コントローラにて、緊急ブレーキや警



図-3 コンバインドローラにおける緊急ブレーキ装置の主要機器



図-2 作業速度における緊急ブレーキの作動イメージ

報の作動を判断している。緊急ブレーキが作動した際には、制御コントローラから緊急ブレーキ用のバルブを制御し、HST ブレーキを作動させ、鉄輪やタイヤをロックさせずに停止させる。急勾配などの傾斜地などではHST ブレーキだけでは完全に停止することができないため、最終的にパーキングブレーキを作動させて車両を停止させる。また、振動ローラであるコンバインドローラでは、施工作业中にローラ部を振動させて施工作业を行うことがあるため、緊急ブレーキが作動した際には振動を自動でOFFにさせることで、施工路面への品質の低下を抑えている。運転席に搭載されているディスプレイでは、オペレータへシステムの状態を知らせる役割に加え、ボタンを操作することで緊急ブレーキ機能のモードを変更することができる。

これらのシステムは、大型機種の緊急ブレーキ装置付転圧ローラも同様であるが、大型機種では後方視界をより安全に確認しやすくするため、バックカメラを搭載している。また、従来では検知精度の高さから3D-LiDARを採用していたが、コンバインドローラの車両特有な作業環境や小型機種での搭載性を考慮し79 GHz 帯ミリ波レーダを採用した。

### 3. 79 GHz 帯ミリ波レーダの検知性能

#### (1) 各種センサの比較

コンバインドローラの開発当初、緊急ブレーキ装置の要となる対象物の検知センサは、下記の3つの方式を検討対象とした。

- ・カメラを使用した画像による物体検知
- ・LiDAR：同軸光学系方式（3D）
- ・ミリ波レーダ（24 GHz 帯／77 GHz 帯／79 GHz 帯）

カメラによる人物検知システムでは、人や車両などを分けて検知することが出来るため、施工現場には非

常に有用である。しかしながら、カメラは可視光線を使用したパッシブセンサであり、外乱光により検知性能が大きく変化する。日中の工事では、朝・昼・夕などの太陽の位置、夜間工事では、車両の作業灯や周囲に設置された作業灯の影響などにより、十分に検知性能を発揮できないことが懸念されたため、開発時点では採用を見送った。

LiDAR やミリ波レーダはアクティブセンサである。図-4 に示すようにLiDAR では赤外域、ミリ波レーダでは電波を使用している。同軸光学系方式の3D-LiDAR の場合、光源と受光部が分離している分離光学系方式や CCD/CMOS イメージセンサ方式の TOF カメラと異なり、光源と同軸上の受光部にて測距している。また、光源となる赤外線レーザーの角度を少しずつ変えており、1 フレームに数千点も測定していることから高い耐外乱光性を有する。仮に直射日光があった場合にも、影響を受けるのは太陽光の入射と同軸になるわずか数点のみであり、残りの大多数の測定点は影響なく測定することができる。これは、長い筒を用いて任意の場所を覗いた場合に、少しでも角度が変わると見えなくなる原理と同じである。一方、ミリ波レーダの場合、電波を使用しているため、太陽光の影響をほぼ受けないことが知られている。そのため、3D-LiDAR と同様に日中や夜間に関係なくセンシングすることが可能であり、転圧ローラの作業環境に適した検知センサである。

市販の自動車では、車両近傍の近距離用として24 GHz 帯、前方などの中・遠距離用として77 GHz 帯のミリ波レーダが多く採用されている。近年では、近・中距離用として24 GHz 帯に置き換わる79 GHz 帯ミリ波レーダが開発されているが、未だ市販車への搭載はわずかである。79 GHz 帯ミリ波レーダは、図-5 に示すように、24 GHz 帯に比べて各分解能が高く、特に転圧ローラのような作業者までの距離が近い建設

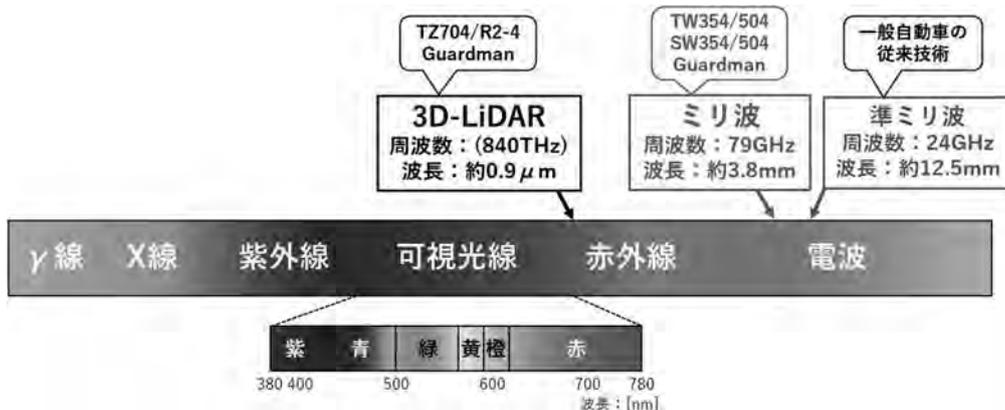
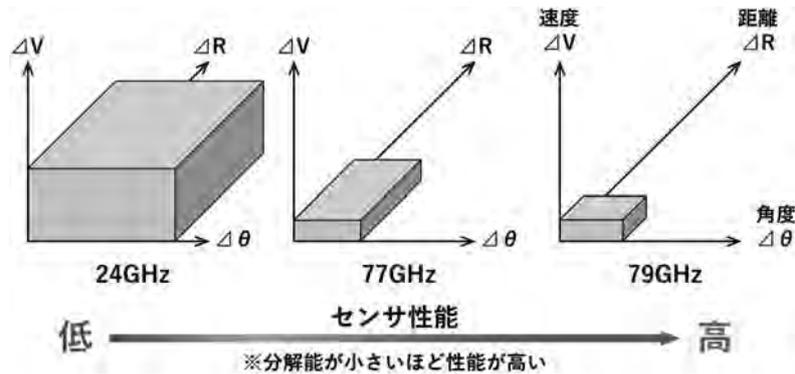


図-4 光と電磁波



図一五 各ミリ波レーダの分解能

機械において、対象物までの距離を精度よく測定することが出来る高性能なミリ波レーダである。

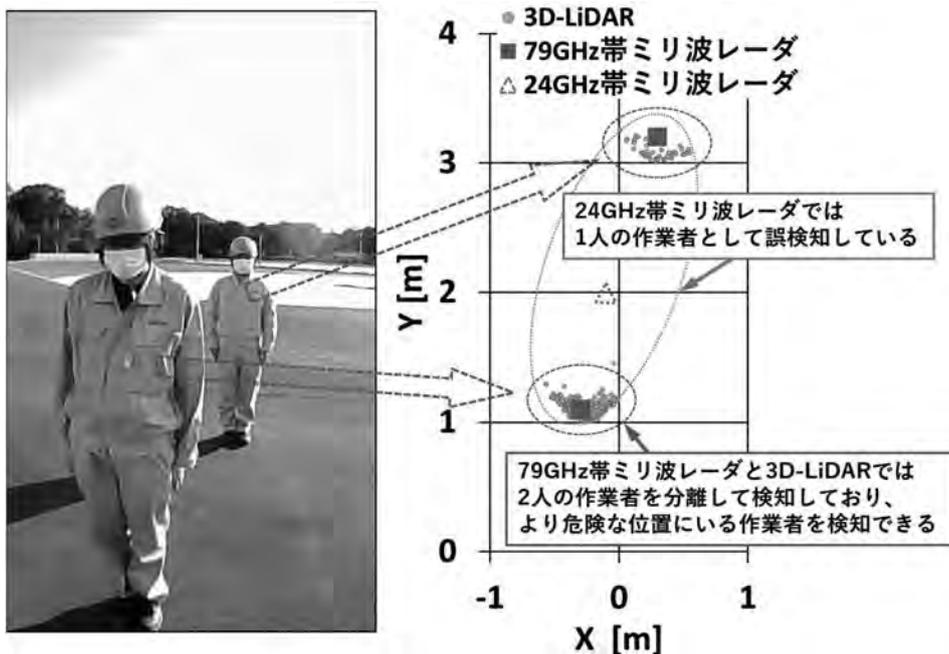
(2) 複数の対象物における検知精度

従来からの 24 GHz 帯ミリ波レーダの場合、単独の作業員や車両のみであれば、クリアに測定することが可能であった。しかし、転圧ローラの施工作业で想定される複数の人が密集して作業をしている場合や、複数の転圧ローラを使用して作業している現場、その他に転圧ローラの近傍に作業員がいる場合などでは、作業員をロストして認識できないことが多い。これは、角度分解能が低く距離の近い物体の分離が難しいことや、電波が反射しやすい対象物（転圧ローラなどの金属物体でレーダ反射断面積の大きいもの）に、一体化して検知してしまうことなどが要因に挙げられる。

一方で、高い分解能を持つ 79 GHz 帯ミリ波レーダは、このような複数の対象物を分離して測定すること

が可能である。さらに、コンバインドローラに搭載した 79 GHz 帯ミリ波レーダでは、より車両近傍の安全性を向上させるために 10 m 以下の近距離において、より精度の高い独自のアルゴリズムを開発・採用している。この 79 GHz 帯ミリ波レーダと 24 GHz 帯ミリ波レーダに加え、比較対象として、従来の 3D-LiDAR の測定結果を図一六に示す。なお、測定対象物は 2 人の作業員とし、検知センサから約 1 m の位置とそこから斜め後方約 2 m の位置に配置した。また、図中のグラフは横方向を x 軸とし、縦方向（奥行き）を y 軸とし、上面からの俯瞰視点で測定データを表している。

3D-LiDAR の測定データでは、2 人の作業員をそれぞれ点の集合体として測定しており、距離精度や作業員の大きさなどを高いレベルで認識できることがわかる。一方で、24 GHz 帯ミリ波レーダでは前述したように手前の作業員をロストしており、1 人の作業員（対



図一六 複数の対象物での検知性能

象物)として約2mの位置に誤検知していることがわかる。最後に、79GHz帯のミリ波レーダでは、2人の作業員(対象物)を分離して検知できており、3D-LiDARと比較すると位置精度が少し劣るものの、巻き込まれる恐れの高い危険な位置にいる手前の作業員を検知できることがわかった。そのため、緊急ブレーキ装置用の検知センサとして十分な検知性能を有していることがわかる。

### (3) 濃い湯気が発生する環境下における検知性能

小型特殊自動車となるコンバインドローラでは、大型機種種の転圧ローラと比べて、車両の全高が低い。また、運転席の高さも低く、後方視界を遮らないようにするためには、検知センサをより低い位置に搭載する必要がある。一方で、前述したようにコンバインドローラ特有の作業環境では、路面から濃い湯気が発生することが多く、施工作业中の誤検知による車両停止や誤警報による信頼性の低下を防ぐためにも湯気による影響を検証する必要がある。

冬季の濃い湯気が発生した場合を模擬的に再現し、79GHz帯ミリ波レーダの測定結果に加え、従来の3D-LiDARと比較した試験結果を図7に示す。3D-LiDARでは1m以内に発生している濃い湯気と約2m付近にいる作業員までの距離を測定していることがわかる。従来の3D-LiDARを搭載した大型機種種では、このような湯気が発生した場合においては、湯気を実断、除去して作業員までの距離を測定することで誤検

知を抑制<sup>3)</sup>している。本試験においては、3D-LiDARを大型車両で搭載している比較的高い位置に設置して測定しており、実際にコンバインドローラの搭載を想定した場合には3D-LiDARの設置高さが低くなることから、さらに湯気の影響が大きくなり、十分な検知性能が得られないことがわかった。また、2D-LiDARやTOFカメラにおいてもこうした濃い湯気が発生した状況下では同様の状態となり、その測定原理から、同軸光学系方式の3D-LiDARを超える検知性能は得られないことが推定される。

一方で、79GHz帯ミリ波レーダでは、湯気を検知しないで透過しており、作業員のみをしっかりと検知していることがわかる。そのため、コンバインドローラの作業環境では79GHz帯ミリ波レーダを採用することで、高い信頼性をもつ検知性能と小型機種種における限られた搭載環境に適合することできた。その結果、小型機種種であるコンバインドローラにおいても緊急ブレーキシステムの開発コンセプトである安全性と作業性の両立を実現することができた。

## 4. おわりに

コンバインド型振動ローラ(搭乗型2.5t/4tクラス)では、その施工環境や小型機種種ならではの限られた搭載環境を考慮すると、従来大型機種種で搭載していた3D-LiDARを搭載するよりも79GHz帯ミリ波レーダを搭載することで、施工作业中に発生する濃い湯気な

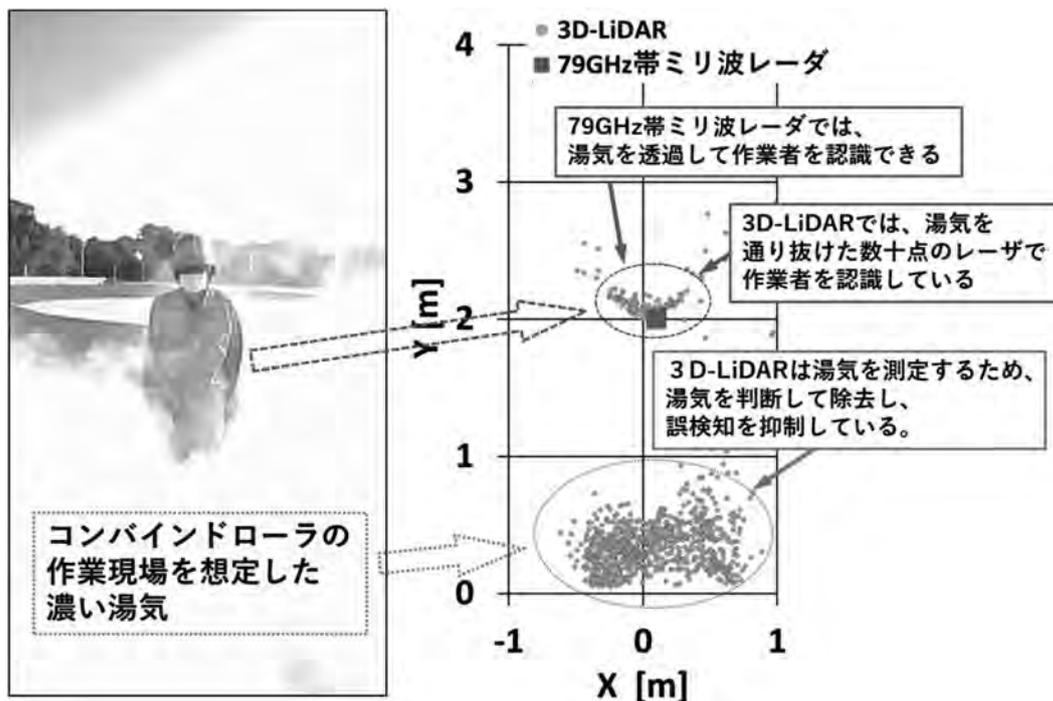


図7 濃い湯気が発生した場合の検知性能

どが発生した場合においても、湯気を透過してその先にいる作業者を検知することができる。そのため、誤検知や誤動作を抑制し、注意や警報の発報や緊急ブレーキの作動を本当に危険な状況下で発生させることで、高い信頼性を有する緊急ブレーキシステムを開発することができた。また、従来からの緊急ブレーキ装置 Guardman の開発コンセプトである「安全性と作業性の両立」を小型機種であるコンパインドローラにおいても実現することができた。

緊急ブレーキ装置にとって検知センサはシステムの要である。カメラ、LiDAR、ミリ波レーダなど様々な方式の検知センサがあるが、建設機械においては実際の施工環境や作業内容、そこに潜む危険な作業状況の他に、機械のサイズ、搭載性や視界性を考慮し、搭載車両に合わせた検知センサを採用することが重要である。また、昨今の乗用車における自動運転技術の発達により、検知センサも日進月歩に性能が向上しているため、今後も更なる安全性の向上を図るとともに、より高いレベルで施工性との両立ができる機械の開発に取り組む所存である。

しかしながら、安全性の向上につながる一番の対策は、作業員ひとりひとりの安全に対する意識である。「安全装置である緊急ブレーキ装置がついているから大丈夫」と慢心して機械に頼り過ぎては逆効果になる恐れもある。そのため、施工作业中に注意や警告が発

報した際や、もし緊急ブレーキが作動してしまう状況が発生してしまったときには、ヒヤリハット事例とし周知することで、改めて安全第一を思い出して頂き、その結果、施工現場における安全性を高めると同時に事故の発生を抑え、いずれは事故を撲滅させる一助になればと考えている。

J|C|MA

#### 《参考文献》

- 1) 厚生労働省 職場のあんぜんサイト 労働災害統計「労働者死傷病報告」による死傷災害発生状況
- 2) 国土交通省 安全啓発リーフレット（令和元年度版）参考資料 P.2
- 3) 日本建設機械施工協会 安全性と施工性を両立させた緊急ブレーキ装置搭載タイヤローラの開発 令和元年度建設施工と建設機械シンポジウム論文集・梗概集 P.157

#### 【筆者紹介】

遠藤 涼平（えんどう りょうへい）  
酒井重工業(株)  
開発本部 新技術開発部



森岡 則雄（もりおか のりお）  
酒井重工業(株)  
開発本部 製品開発部



# 軽量ブーム搭載の新型高所作業車

## スカイボーイ AT-320XTG-1

山下 輝

従来の限定中型免許（GVW8t未満）で運転可能な直伸式ブーム型の高所作業車は最大地上高27m以下であり、最大地上高32mの高所作業車は中型免許枠（GVW11t未満）であった。本稿で紹介するスカイボーイ AT-320XTG-1（以下「本機種」という）は、新規開発した21面体・5段同時伸縮の軽量ブーム採用により、限定中型免許で運転可能ながら従来の27m高所作業車と変わらないコンパクトな車両寸法と最大地上高32mの広い作業範囲を実現した。本稿では軽量化技術と共に本機種の概要と特長を紹介する。

キーワード：高所作業車，トラック，軽量化，ブーム，作業範囲，テレマティクス，環境性能

### 1. はじめに

高所作業車は、建築、土木、道路、点検・補修等のメンテナンスといったさまざまな現場で使用される車両である。車両のタイプとしては、機動性に富むトラック式と屋内作業や造船所で稼動するホイール式、建築現場等の不整地で稼動するクローラ式といった自走式があり姿・かたちもさまざまである。

特にトラック式の高所作業車は、作業高さ8m～40mの製品が日本国内で生産されており、その機動性を生かして「現場から現場へ」と迅速に対応できる車両として幅広い用途に使用されている。トラック式高所作業車を市場別に見ると、電気工所用、通信工所用、一般工所用に大きく分類される。その中でも一般工所用の使用用途は、建設工事、橋梁やトンネルの点検・整備、看板工事、メンテナンスなど多岐にわたる。特に近年は道路・トンネル等の道路関連市場、公共施設の耐震補強工事等のインフラ老朽化への対応が喫緊の課題としてクローズアップされており、その現場でも維持・管理のメンテナンス需要として高所作業車は必要不可欠な車両となっている。またトラック式高所作業車は公道を走行することから運転免許制度に依存し、車両総重量（以下GVWという）により免許区分が異なる。そのため最大地上高や作業範囲などの性能と共に車両の軽量化も求められる。

高所作業車の腕部分（以下ブームという）には伸縮式と屈伸式があり、伸縮式は操作が容易でレンタル向け用途に適するため日本国内の高所作業車の多くが直伸式ブームとなっている。一方、屈伸式は奥深く進入

でき障害物をよけることが可能で差し込み作業に適している。

このような状況の中、本稿では新規開発した軽量ブームの搭載によりGVW軽減と作業性能向上を両立した高所作業車の第一弾として本機種を開発したので概要について紹介する（写真—1, 2）。



写真—1 走行姿勢 外観



写真—2 作業姿勢 外観

## 2. 製品の概要と特長

本機種は限定中型免許で運転可能なGVW8t未満ながら最大地上高32mを実現した高所作業車であり、ブームにはレンタル用途に適した直伸式を採用している。従来の限定中型免許枠の直伸式ブーム高所作業車は最大地上高27m以下であったが、本機種は従来27m機種と同等のGVWと車両寸法ながら、最大地上高と最大作業半径を広げ「より高く、より広い」を実現した。これらの実現には技術的課題として構造物の軽量化が必須であり、本機種は新規開発した軽量ブームにより課題の解決を図った(表-1)。

### (1) 作業範囲の拡大

高所作業車の基本性能で重要視されるのが、車両の

コンパクト性と作業範囲である。よりコンパクトな車体で、より高く・より遠くへアプローチできるかが評価につながる。一般的には車両の大きさ・重量に比例して作業範囲(作業高さ・作業半径)も大きくなり、主要な購入ユーザであるレンタル会社のレンタル価格も作業高さに比例して高くなる価格設定となっている。

そこで本機種は従来27m機種と同等の車両コンパクト性と重量を維持しながら、最大地上高で+5m、最大作業半径で+1.6mの作業範囲拡大を実現した(図-1, 2)。これにより車両の機動性や使い勝手が従来27m機種と変わらないため、従来通りレンタル会社での専用オペレータ不要の機械のみの貸し出しを可能とするとともに、作業性向上による適用用途拡大と作業の効率化を可能としている。またブームには操作性

表-1 主要諸元比較

	本機種 AT-320XTG-1	従来27m機種 AT-270TG-2
バスケット積載荷重	200kg 又は 2名	200kg 又は 2名
最大地上高さ	32.0m	27.0m
最大作業半径	17.0m	15.4m
車両寸法(全長×全幅×全高)	8.67m × 2.2m × 3.75m	8.63m × 2.2m × 3.75m
車両総重量	8t未満	8t未満
架装対象車	4.0t車クラス	4.0t車クラス
ブームタイプ	直伸式	直伸式
ブーム形状	最大21面体	6面体
ブーム段数	5段同時伸縮	4段同時伸縮
ブーム長さ(全縮~全伸)	8.00~30.52m	8.00~25.52m

(注) 全長×全幅×全高(走行姿勢)は架装シャシにより異なる。

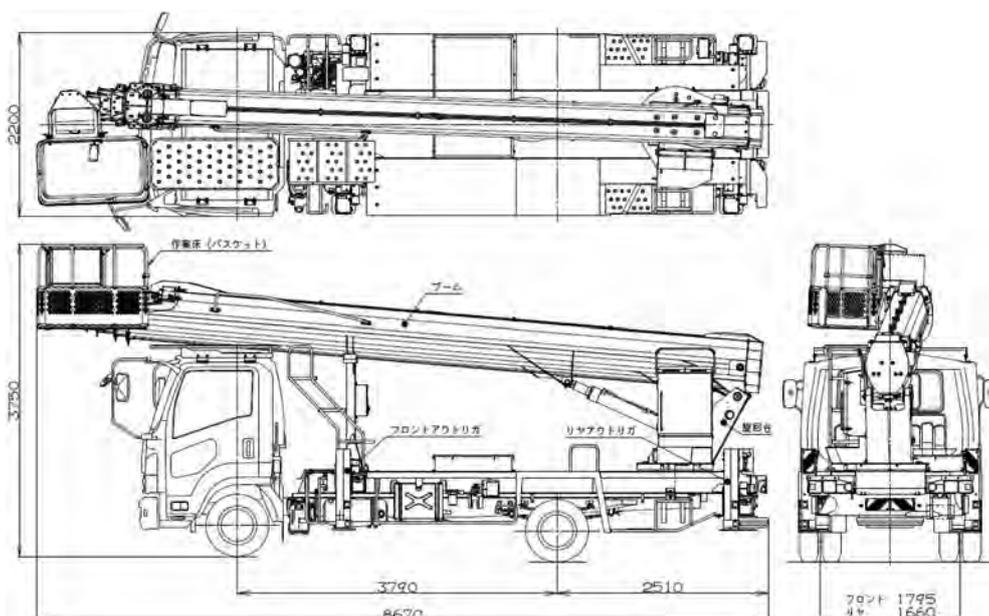
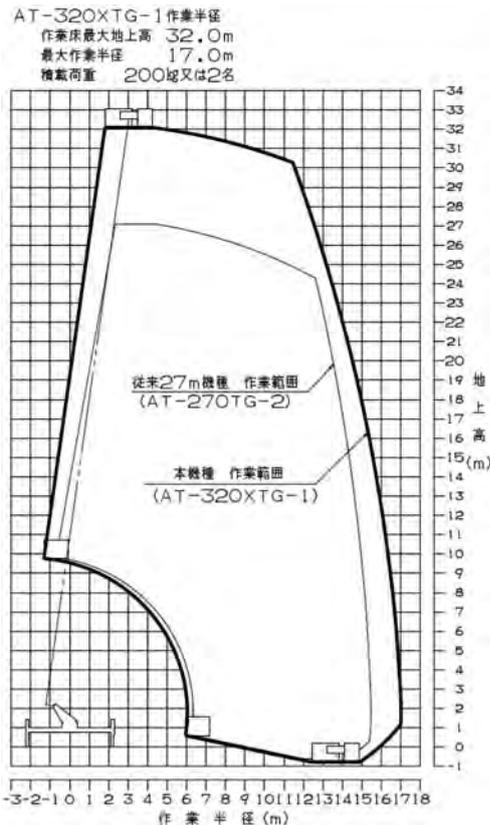


図-1 3面図



図一 作業範囲比較 (バケット積載荷重 100 kg 時)

の良い直伸式を採用するとともに、後述する軽量化と高剛性を両立した 21 面体断面を採用することでよりレンタル用途に適した機械となっている。

## (2) ブームの軽量化

車両のコンパクト性と作業性能の両立には技術的課題として構造物の軽量化が不可欠である。本機種ではブームを軽量化することで課題の解決を図った。高所作業車のブームは鋼板を折り曲げ、端部を溶接して箱形状にしたものを入れ子状に構成した構造が一般的であり、建設機械であることから高い耐久性と堅牢性を求められる。

本機種で採用したブームは、従来 27 m 機種同様の全縮長さと同様のブーム剛性を維持しながら全伸長さを 5 m 延長すると共に重量の軽量化を実現した。ブームの概要を以下に紹介する。

### (a) 薄板高張力鋼の採用

構造物の軽量化手法には新素材の採用やハニカム構造等の形状工夫なども挙げられるが、いずれもコストや製造性・メンテナンス性に課題がある。そこでブーム鋼板板厚を従来よりも薄くし軽量化した。またブーム鋼板材は従来 590 MPa 級の高張力鋼を使用していたが、より高強度の高張力鋼を採用することで薄板化に伴う応力増大や耐摩耗性などの課題を解決してい

る。

薄板高張力鋼を構造物に採用する課題として製造性の悪化が挙げられる。例えばブームは断面および前後端部を溶接接合する構造が一般的であるが、溶接は鋼板が薄く材料強度が高いほど溶接抜けや不良が発生しやすく、より高度な加工技術が必要となる。他にもプレス工程での加工精度悪化やブーム材に採用可能な長尺かつ平坦な鋼板製造などの課題がある。薄板高張力鋼の採用には、これら製造技術の向上も不可欠である。

### (b) 21 面体ブーム断面

高所作業車はブーム先端に設けられた作業床に作業者が搭乗し作業するため、ブームには堅牢性と剛性が求められる。しかしブーム材鋼板を薄板化すると強度と剛性が低下する。そこで本機種ではブーム断面の大断面化と共に、断面形状を従来の 6 面体から最大 21 面体の多角形状とすることで強度と剛性を確保した。これにより従来 27 m 機種と同等の剛性ながら軽量化を実現している (写真一 3)。



写真一 3 ブーム外観

### (c) 5 段同時伸縮機構

車両のコンパクト性と最大地上高 32 m の両立には、従来 27 m 機種同様のブーム全縮長さと共に全伸長さの延長が必要となる。そこで本機種はブーム段数を 4 段から 5 段とすることで全縮長さを維持しつつ全伸長さを延長した。多くの高所作業車はブーム先端に設けられた作業床に電気および油圧の供給が必要であるが、一般的にこれら電気ケーブルや油圧ホースはブーム内蔵式となっており、ブーム外面への露出を最小限とすることで作業時の接触等で損傷しにくい構造としている。一方、ケーブル類のブーム内蔵は伸縮機構が複雑であり、これまでの日本国内高所作業車のブーム段数は 4 段以下となっていた。

このような状況の中、本機種では5段同時伸縮機構を新規開発し搭載した。新伸縮機構は1本伸縮シリンダと伸縮ワイヤ掛け回しで構成され、一般的な高所作業車と同様に作動速度の速い5段同時伸縮とした。また作業床に供給する電気ケーブルおよび油圧ホースは従来通り損傷しにくい内蔵式とすると共に、伸縮シリンダ・伸縮ワイヤ・電気ケーブル・油圧ホース等の内蔵物を一体物として組立する構造とすることで軽量化と製造性・メンテナンス性の向上を図っている。

### (3) 安全性・快適性・利便性の追求

高所作業車は、高所作業での墜落・転落事故防止等の安全の確保や、工期短縮および経費削減等の作業効率の向上に寄与する機械として普及してきた。このような、より高い安全性や作業の快適性・利便性のニーズに対して本機種は以下の機能を備えている。

#### (a) 制御機器（検出器）の二重化

高所作業車の制御は、安全性・快適性・利便性向上など高度化してきている。そのなかでも、ブーム長さ・起伏角度・旋回角度、モーメント検出等の検出器データをもとに機械を制御し、労働災害につながる車両の転倒事故や過負荷による機械の損傷を防止している。従来これら検出器はその各々がそれぞれ1個のみ装備されているため、何らかの原因で故障が発生した場合には転倒事故や機械の損傷につながる。こうした課題に対して、より機械の安全性を高めるために各種検出器を二重化した。

これら検出器は車両に搭載されたコントローラ（AMC：写真—4）により制御されており、二重化した検出器の相互差をリアルタイムで監視することで、より安全な作業を可能としている。

### 新型AMC

テレマティクスや安全装置の拡充などの各種機能充実のために新型AMCを新開発。先進の機能と制御を支えます。



写真—4 コントローラ（AMC）外観

#### (b) 作動速度制御と緩起動・緩停止機能

高所作業車は、その姿勢に応じてブームの伸縮・起伏・旋回速度を制御して安全な作動速度を実現してい

る。例えば、ブームが長い状態では旋回の作動速度を遅く、ブームが短い状態では旋回の作動速度を早くするという速度制御により、作業床の作動速度（作業者の体感速度）を一定に制御している。また操作レバーの急操作時も緩起動・緩停止機能により、作動速度を徐々に変化させることで作業者へのショックを和らげる。本機種は制御条件をより細かく設定することで、軽量長尺化したブームにおいても急操作・急停止時の作業床の揺れを抑え作業の安全性と快適性を向上させた（図—3）。



図—3 作動速度制限と緩起動・緩停止機能

#### (c) テレマティクスシステム

遠隔地から車両の情報を確認できる通信システムであるテレマティクス機能を標準装備している。テレマティクスとは、テレコミュニケーション（通信）とインフォマティクス（情報工学）を合わせた言葉である。インターネットから専用のウェブサイトにアクセスする事で、稼動状況や位置情報、エラー履歴を確認することが可能となり、ユーザによる車両の保守管理や、故障時の迅速なサービス対応等のアフターサービスに活かされる（図—4）。

建設機械業界におけるテレマティクスシステムは、大手ショベルメーカーから車両の盗難防止を目的として搭載されるようになった技術であるが、時代の変化とともに省力化・自動化へと発展してきている。高所作業車においても他の建設機械との協調作業や自動化施工等、今後の更なる発展が期待される。



図-4 テレマティクスシステム

(d) その他

従来 27 m 機種は車両重量の関係で車両荷台の最大積載量は確保できていなかった。本機種はブーム軽量化により車両重量が軽量化できたことから最大積載量 100 kg の大型荷台を標準装備しており、資材や工具の積込みなど、更なる利便性向上に繋がっている。合わせて本機種は軽量化によってオートマチック式トラックへの架装も可能としており、よりレンタル用途としての利便性を高めている。また本機種の主要構造物は鋼製でありアルミ等の軽量素材は採用していない。特に鋼製の作業床は作業時の接触による変形や損傷の修理が容易でありメンテナンス性を高めている。

(4) 環境性能の向上

「低騒音」「省エネ」「CO<sub>2</sub> 排出量の低減」等の環境課題は建設機械においても対応が求められている。こうした課題に対し「アイドリングストップ」と「エンジン回転の無段階制御」を採用した。

(a) アイドリングストップ

一般工事用の高所作業車は、意図しない作動を防止

するためフットスイッチと操作レバーの同時操作で動作する。アイドリングストップはこのフットスイッチの操作に連動しており、フットスイッチを踏んでいない状態が一定時間継続するとエンジンを自動停止させる。その後、作業位置移動のためにフットスイッチを踏むと同時にエンジンが始動する(図-5)。アイドリングストップ機能の採用により燃料消費・CO<sub>2</sub> 排出量を約 20% 低減させる効果がある(図-6, 写真-5)。

(b) エンジン回転数の無段階制御

高所作業車の油圧駆動は、トラック式高所作業車の場合、PTO (Power Take-Off) を用いてトラックのエンジン回転から動力を得て油圧ポンプを駆動させている。従来機は、無操作時のアイドリングと操作時の低速・高速の 3 段階のエンジン回転制御であった。この場合、低速時のポンプ吐出量に少しでも不足が生じると高速回転となるため、エネルギーを無駄にしてしまう。本機種は車両エンジンの回転数を各作動に合わせて無段階で制御する機能を採用し、常に必要な流量を確保するようエンジン回転数を制御しており作業時燃料消費の改善効果がある。



図-5 アイドリングストップ状態遷移



図-6 アイドリングストップ効果イメージ

### 上部操作部

電気比例式十字操作レバーを採用。垂直・水平操作スイッチの切替で、垂直・水平移動が1レバーで行えます。



上部操作部

### アイドリングストップ機能と アクセル無段階制御

アイドリングストップ機能は、操作に応じてエンジンが自動停止、スムーズに再始動。CO<sub>2</sub>排出や燃料消費削減、アイドリング騒音の低減を実現します。さらにアクセル無段階制御※を採用し、ムダなエンジン回転の上昇を抑えることで、作業時の燃料消費も抑えました。

※アクセルスイッチがH(高速)の場合のみ



写真—5 操作部外観

### 3. おわりに

以上、最新の高所作業車について紹介した。本機種で採用した軽量ブームをはじめとする新技術は高所作業車の安全性とともに「より高く、より広い」を実現し、作業性・快適性・利便性を高めユーザにとって「より作業効率の高い機械」となっている。

今後も技術力の向上とともに市場の情報・要求に迅速に対応し、より一層顧客満足度の高い商品の開発に取り組む所存である。

JCM/A

#### [筆者紹介]

山下 輝 (やました ひかる)

(株)タダノ

LE 開発第二部 高所・特機開発ユニット

主任



# コンパクトな車体と安全性，快適性を追求した クローラクレーン「CC1908S-1」新発売

東 福 寺 望・中 園 豪 気・竹 内 直 樹

数年前に国内大手建設機械メーカー製造の8t吊りクローラクレーンが生産終了となり，海外を含む多くのユーザーから8t吊りクローラクレーンの開発要望が寄せられた。本稿ではコンパクトを最大のコンセプトに開発を進め，安全性と快適性を追求し，2020年3月発売に至った当社最大吊り能力となるクローラクレーン「CC1908S-1」（以下「本開発機」という）を紹介する。

キーワード：コンパクト，安全性，快適性，オプション，海外事例

## 1. はじめに

海外市場において吊り能力6t以上のクローラクレーンは，大手建設機械メーカーの8t吊りが生産終了となったため16t吊りまでレンジが無い状態となった。8t吊りクローラクレーンの市場要求が欧州や豪州から上がり，国内においても代替及び新規の需要が見込めるため最新型エンジンでの開発に着手した。狭所や地下などラフテレーンクレーンや大型クローラクレーンが入れない現場での使用に期待が寄せられている。

## 2. コンパクト化と機能性向上

### (1) コンパクト化

ユーザーヒアリングを実施し，都市土木など狭いところで動くために後端旋回半径を出来る限り小さくすることを1番のコンセプトにして開発に着手した。また運搬車両を考慮し，車体幅は道路法で道路の通行を規制されない最高限度幅2.5m以下のトレーラーに載るサイズに納めた。海外へ輸出時の輸送コストも考慮し，本体重量は20ton以下に抑えた(表-1, 図-1)。

### (2) 電気式操作レバーの採用

キャビン内に油圧ホースが無くなるためメンテナンス性が向上(写真-1)。さらに，作業効率向上に寄与するラジコンオプションの設定が可能となった(現状，ラジコンは海外仕様のみ)。

### (3) フック接地検出

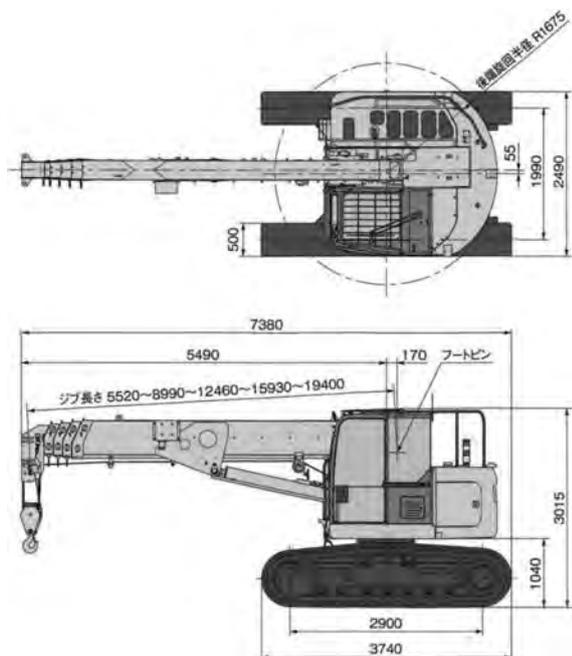
ドラム内ワイヤーが乱巻きになる一つの要因に巻き

下げ操作でフックを接地させてしまう事が挙げられる。常にフック自重分以上の張力がワイヤーに掛かる事で整然とワイヤーが巻き取られるので，ワイヤー張力の有無を検出する事でフックの接地を検出，巻き下げ操作を停止させてドラム内のワイヤー乱巻きを防止する機能を装備した(写真-2)。

表-1 本開発機主要諸元

クレーン能力	クレーン容量	8.1 t×2.8 m
	最大作業半径	19.23 m
	最大地上揚程	20.1 m
質量・寸法	機械質量	19,400 kg (バット付)
	全長×全幅×全高	7,380 mm×2,490 mm×3,015 mm
	機械後端旋回半径	1,675 mm
フック	ワイヤ掛数	6/4/2 本掛 (標準フック)
巻上装置	ドラム内乱巻確認	可, ミラー
	巻上速度	1 速: 19 m/min 2 速: 27 m/min (ドラム4層目, 6本掛時)
	変速	1 速/2 速
伸縮装置	ブーム伸長方式	ブーム断面5角形, 全自動5段
	伸縮ストローク/伸長時間	13.9 m/51 sec
起伏装置	起伏角度/起時間	0~80°/23 sec
	ロッドガード	標準装備
旋回装置	旋回角度/速度	360度連続/2.5 min <sup>-1</sup>
走行装置	走行速度	1 速: 1.8 km/h 2 速: 3.1 km/h
	変速	1 速/2 速
エンジン	メーカー, 型式	ヤンマー, 4TNV98CT
	定格出力(ネット)	52.3 kW
	DPF装置	有り
安全機能	揚程規制, 作業半径規制, ブーム角度上限規制, ブーム角度下限規制, 走行規制(過負荷&ブーム長), 旋回角度規制, 巻過自動停止装置, 過巻下自動停止装置, 三色回転灯, 走行時自動発報, マルチアシストビューカメラ, 非常停止スイッチ, 水準器(モニタ内表示), クレーン作業記録機能, ドラム内ワイヤ押さえ装置	

※単位は国際単位系によるSI単位表示。



図一 本開発機外観寸法図



写真一 電気式操作レバー（丸印）

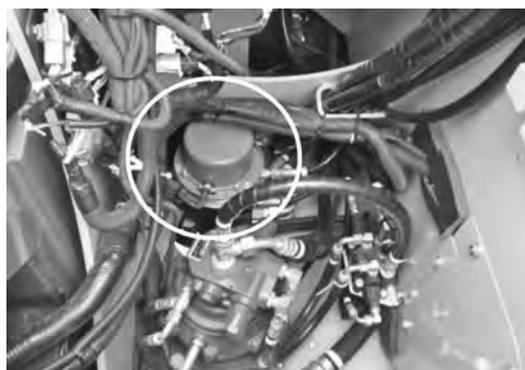


写真二 フック接地検出装置

### 3. 安全性の向上

#### (1) 旋回規制

従来機の揚程・作業半径・角度上限／下限規制に加え、旋回規制を標準装備。線路上や地下などの旋回範



写真一 3 旋回ポテンショメータ

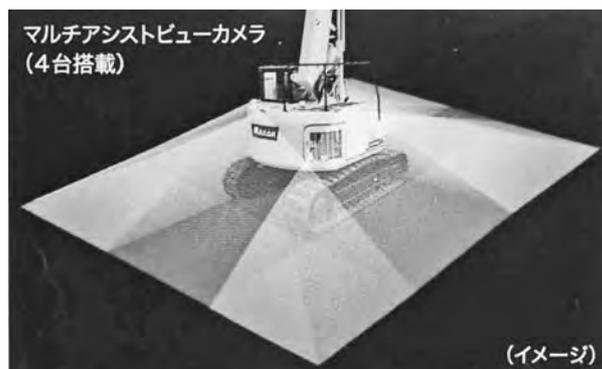


図二 タッチスクリーン

囲を制限したい現場での活用を目的に開発した。スイングマシナリ上に旋回ポテンショメータがあり（写真一3）、タッチスクリーンから設定可能（図二）。右旋回を規制した場合は右旋回のみ規制され、左旋回では規制点を越えることができる。設定値 $-3 \sim 0^\circ$ で停止する。その際、緩停止制御で急停止させないようにした。

#### (2) マルチアシストビューカメラ（図一3）

上空から俯瞰しているような映像で周囲を確認可能（写真一4）。旋回や走行による巻き込み事故防止につながり、高い安全性につながる。ブームを伏せた状態



図一3 マルチアシストビューカメラ



写真—4 モニタでのカメラ画像

モニタ起動中にも表示され、周囲の安全確認に役立つ。

旋回・走行入力が入ると自動で映像に切り替わる (ON/OFF 設定可能)。

操作は、モニタのカメラスイッチで映像に切り替え可能 (図—4)。左操作レバーのスイッチでも同様に切り替え可能 (図—5)。モニタに手を伸ばさなくても、手元で任意の映像に切り替えることができる。

ML モニタと一体で、映像に対し追加情報を表示、後端半径・走行方向を表示した。カメラ映像画面でも作業状態が一目で分かるようにして誤操作防止を図っ



写真—5 俯瞰+後方ビュー

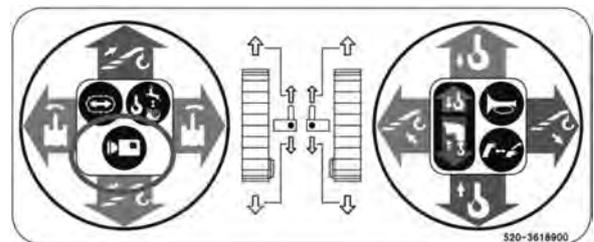


図—4 モニタ上のカメラスイッチ (丸印)

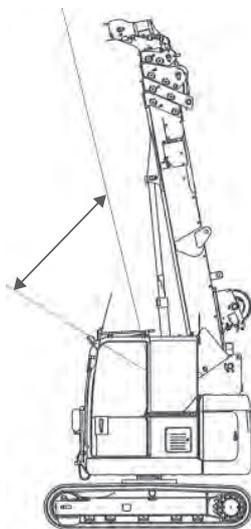
での走行時でも車体右側の確認ができ、安全性を確保。ミラーを廃止することで、旋回・走行時における接触事故の可能性を出来る限り排除した。

4カメラ映像をデジタル合成し、複数の画面表示が可能 (4画面×通常/拡大表示)。

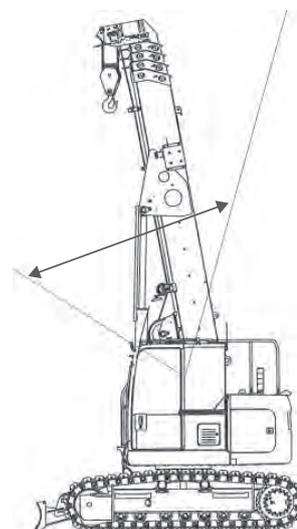
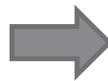
本開発機専用カスタムによりクレーンに必要な映像が得られる (俯瞰+後方ビュー、写真—5)。



図—5 左操作レバーのカメラスイッチ (丸印)



図—6 従来キャビン上方視界範囲



図—7 本開発機キャビン上方視界範囲

た。これは後付けの全周囲カメラユニットでは実現できない機能である。

映像には走行方向が表示される。走行レバーを前方に倒した際に進行する方向を表す。また、後端旋回半径表示としてカウンタウエイト後端の目安線が表示され、旋回範囲内に危険がないか確認できる。

### (3) キャビン内

当社従来キャビン比で天窓面積を後方に約40%拡大させ、クレーン作業に必要な上方視界を確保した(図-6→図-7)。

## 4. 快適性の追求

10 inch タッチスクリーン採用により各ML表示が大きくなり、視認性が向上。作業範囲設定やパスワード入力等がタッチで出来るため、直感的に操作できる。また、デザイナーによる新デザイン表示によりタッチできる箇所の見た目を統一、画面反射を軽減する青背景とした(図-2)。

## 5. オプションの設定

### (1) 1.5t油圧式フライジブ

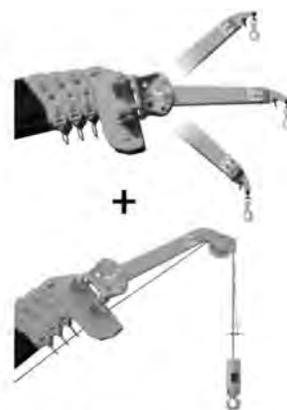
油圧による伸縮と起伏が可能なフライジブ(図-8)は、メインブーム先端に装着することで揚程を約6m稼ぐことが出来る他、ジブの起伏によりブーム先端の懐を確保でき、壁の向こう側へ荷物の積み下ろしが可能になるなど荷物の差し込みに便利なナックルブーム的な使用方法も可能になる。

### (2) 2.0tサーチャーフック(海外仕様のみ)

天井や橋梁下などの上面に制限がある現場で標準



図-8 フライジブ



Searcher Hook (2.0t) + Single Fall Hook (1.5t)

図-9 サーチャーフック・1本掛けフック

フックより更に揚程を稼げる。バキュームリフターの使用も想定し開発された。先端を付け替えることで固定フックと1本掛フックブロックの切り替えが可能である(図-9)。

### (3) ラジコン(海外仕様のみ)

伸縮旋回起伏巻上下の他、走行、ブレード、フライジブ操作が可能。特に、走行操作はピック&キャリーが特徴でもあるクローラクレーンの特性上有用である。キャビン内操作レバー同様にジョイスティックレバーを採用(写真-6)。ML情報も液晶パネルでモニタリングが出来、キャビン内と同等のオペレーションが可能である。

また、オペレータが玉掛け作業も可能になるため作業者を1人減らすことができ、現場の人手不足対策になる。

## 6. 海外事例(サーチャーフック)

海外でサーチャーフックが活用されている例を紹介する。

写真は、かにクレーンにサーチャーフックを取り付けた状態での使用例であるが、サーチャーフックにバキュームリフターを吊り下げておき、ガラスパネルを



写真-6 ラジコン送信機



写真—7 サーチャーフック使用事例

吸着させて設置場所に近づけている状態である（写真—7）。

ブームヘッドが邪魔をすることなく、メインフックでは困難な天井の際まで荷物を寄せることが出来る。

## 7. おわりに

現状、2.0tサーチャーフック及びラジコンは海外向けに限定されたオプション設定となっているが、国

内向きの認可が下りれば海外での使用事例を国内にも提案していくことが出来る。今後もユーザー視点に立ち、更に利便性と安全の確保、人手不足対策のため作業効率アップに寄与する製品開発を進めていきたい。

JCMA

### 【筆者紹介】

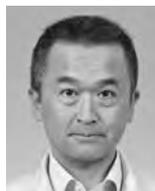
東福寺 望（とうふくじ のぞむ）  
 (株)前田製作所 技術本部 技術部  
 グループ長



中園 豪気（なかぞの ごうき）  
 (株)前田製作所 技術本部 技術部  
 主任



竹内 直樹（たけうち なおき）  
 (株)前田製作所 産業機械本部 営業統括部  
 販売管理課長



# 地上の技術の宇宙への応用を目指した 建設機械軽量化技術の研究開発

岡田 康弘

油圧ショベルには様々な要望があり「軽量化」もその一つである。しかし「油圧ショベルはある程度の自重が無いと車体が浮いて掘削出来ない（掘削力低下）」と言われており、軽量化はあまり進んでいない状態である。一方、宇宙では月面拠点建設検討時において何かしらの宇宙用建設機械の稼働を想定すると考えられるが、作業性向上、輸送コスト削減より「大型軽量化」がより求められると考える。そこで、本稿では地上と宇宙の共通課題である「軽量化」に着目し、油圧ショベルの「サイズを維持したまま軽量化する技術」について紹介する。

キーワード：CFRP、建設機械、油圧ショベル、軽量化技術、宇宙探査、月探査、月面拠点建設

## 1. はじめに

地上用建設機械の一つである油圧ショベルはその高い作業性能、汎用性により建設現場だけでなく災害現場での復旧作業においても欠かせない物となっており、機動性向上、安全性向上、燃費向上、輸送性向上、自動施工化等多くの要望が常にある。その中の一つである「軽量化」は、機動性向上、駆動エネルギー減少、組立時の作業効率・安全性向上、燃費向上、輸送性向上等が期待されるが「油圧ショベルはある程度の自重が無いと車体が浮いて掘削出来ない（掘削力低下）」と言われており軽量化はあまり進んでいない状態である。

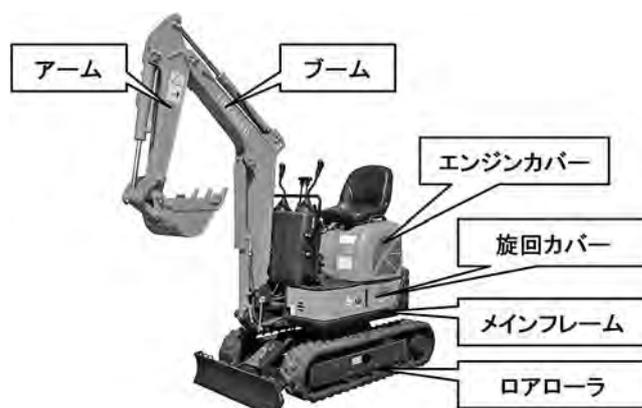
一方、宇宙では月面拠点建設検討時において何かしらの宇宙用建設機械の稼働を想定されると考えるが、宇宙用建設機械を地上から月面までロケットで輸送した場合の輸送コストは現在1kgあたり1億円とも言われている。月面での作業性向上、輸送コスト削減から宇宙用建設機械は「大型軽量化」がより求められると考えられる。

そこで本研究では地上と宇宙の共通課題である「軽量化」に着目し、油圧ショベルを「サイズを維持したまま軽量化する技術」の研究を実施した。本研究による軽量化技術は地上での利用を目的としているが、その軽量化技術は宇宙へも応用が可能と考えており、地上と宇宙のデュアルユースを目指す<sup>1)~3)</sup>。

## 2. 研究概要

本研究は、先ず地上での利用を目的とし、設計基準、評価試験等地上で動作する範囲で想定される事案に対して実施しており、宇宙での使用を想定した事案については考慮、実施していない。

軽量化対象となる油圧ショベルは1 ton クラス油圧ショベルであり、その構成部品である「アーム」「ブーム」「メインフレーム」「エンジンカバー」「ロアローラ」（写真—1）を主素材である鉄からCFRP（炭素繊維強化プラスチック）へ変更し、サイズを維持したまま軽量、強度、剛性を備えた設計・試作をし、油圧ショベルへ取り付け・性能評価試験を実施する事でその軽量化効果、有用性を検証した。



写真—1 油圧ショベル各部名称

### 3. 素材概要

本研究で使用した主素材であるCFRPは軽量、高強度であり、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)<sup>4)</sup>において、航空機、人工衛星等への利用に長年研究されており、その実績により地上での建設機械である油圧ショベルへの有用性も期待されると考えたが、建設機械、油圧ショベルへの適用実績は無く、試作にあたり様々な課題が生じた。

CFRPは炭素繊維を樹脂(プラスチック)で強化した物であるが素材特性として鉄の様に耐摩耗性は高く無い。また、鉄の様な等方性材料では無く、繊維を引張る方向によって強弱が変わる「異方性材料」である。試作部品の製作は、「プリプレグ」と呼ばれるシート状のCFRPを試作部品形状である「型」へ手作業にて貼り付け・積層するハンドレイアップによるオートクレーブ製法での成型を行った(図-1)。積層されたCFRPは積層方向に対する荷重方向によっては層間剥離を生じやすい(図-2)。

CFRPを用いた各部品の設計において、部品にかかる荷重の大きさ、方向を見誤った繊維・積層方向とすると、容易に剥離、破損が生じる為、この見極めも重要となる。

### 4. 複合材製軽量部品

試作部品は鉄製オリジナル部品とそのまま置換可能な取付互換を持たせる為、締結箇所はオリジナルと同

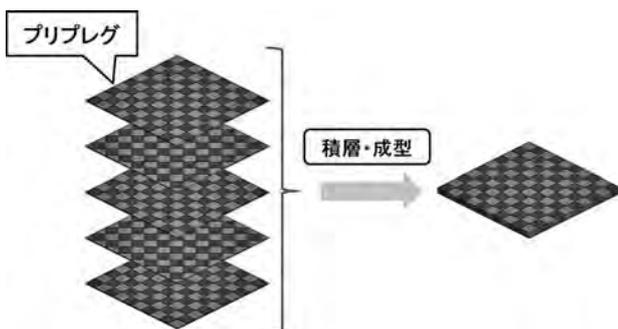


図-1 プリプレグ積層



図-2 層間剥離例

寸法としているが、オリジナル部品形状をそのままCFRPへ置換しただけでは軽量化されても強度・剛性不足となる。強度・剛性を優先させると軽量化不足となり、軽量化・強度を優先させると剛性不足となり、各部品に応じてCFRPの特性を生かしつつ軽量、強度、剛性といった各要素のバランスをどの様にするか見極めながらの設計も重要となった。各部品はCFRPの特性を生かした形状変更としているが油圧ショベルの作動範囲が大幅に変更となる様な形状変更や1tonクラス油圧ショベルが持つコンパクト性を大きく損なう形状変更は行っていない。また、メインフレームの様にCFRPでの設計時において強度・剛性の確保が困難であった物は、隣接する他部品(旋回カバー)と一体化した形状とする事で強度・剛性の確保を行ったが、油圧ショベル全体で見した場合の大幅な形状変更には至っていない。複合材製部品への各部品締結には金属製オリジナル部品であるピンやボルトを使用する為、締結部位や可動部位にはCFRPの強度、耐摩耗性向上として金属製部品の挿入を行っている。

試作完成した複合材製部品を写真-2～6に示す。



写真-2 複合材製アーム



写真-3 複合材製ブーム



写真-4 複合材製メインフレーム



写真一五 複合材製エンジンカバー



写真一七 複合材製軽量油圧ショベル



写真一六 複合材製口アローラ



写真一八 軽量化

## 5. 性能評価試験

試作した複合材製軽量油圧ショベル（写真一七）は鉄製オリジナル油圧ショベルと比べて200 kg以上の軽量化となった（写真一八）。

性能評価試験として「転倒角試験」「静的安定性試験」「走行牽引力試験」「作業量試験」を実施した。本性能評価試験は複合材製軽量油圧ショベルの最軽量状態での性能を把握する為、油圧ショベル後部への追加ウェイトは搭載していない。また、比較用の鉄製オリジナル油圧ショベルは複合材製軽量油圧ショベルと同一機種であるが同一個体では無い為、アワメータや内部構成部品（エンジン、油圧ポンプ、油圧モータ等）に僅かな個体差が生じている。

性能評価試験結果を表一1へ示す。試験結果の数値は鉄製オリジナル油圧ショベルを「0」とした相対値であり、「複合材製油圧ショベル（ウェイト追加時）」は、性能評価試験結果より算出された計算値である。

### (1) 転倒角試験

油圧ショベル全体での重心位置、前方向へ転倒するまでの角度を把握する事を目的としている（図一3）。軽量化により油圧ショベル全体の重心位置が鉄製オリジナル油圧ショベルよりも下位置となった為、油圧ショベルが前方へ転倒するまでの角度が大きくなり、安定性が増している。

### (2) 静的安定性試験

油圧ショベルの静的安定性及びリフト力（クレーン性能）の把握を目的とし、油圧ショベルのアーム先端へバケットを取付けた状態でのリフト力の計測を実施した（図一4）。

油圧ショベル構成部品軽量化に伴う形状変更の為、荷重点から支点までの距離が鉄製オリジナル油圧ショベルと複合材製油圧ショベルとで若干異なるが大きな影響は無いと考える。軽量化により鉄製オリジナル油圧ショベルよりもリフト力が低下する結果であった。低下要因として油圧ショベル質量がそのままリフト力へ影響している為である。複合材製油圧ショベル後部へ追加ウェイト（57 kg）（図一5）を搭載する事で、鉄製オリジナル油圧ショベルと同等なりフト力が得られる。

軽量化された200 kg分のウェイトが必要とならないのは、リフト力がモーメントのつり合いによるからである（図一6）。その為、複合材製油圧ショベルから更に離れた後方へ追加ウェイトを搭載すれば57 kgよりも軽いウェイトで可能となるが、その場合油圧ショベルの回転半径が大きくなり1 tonクラスのコン

表一 性能評価試験結果

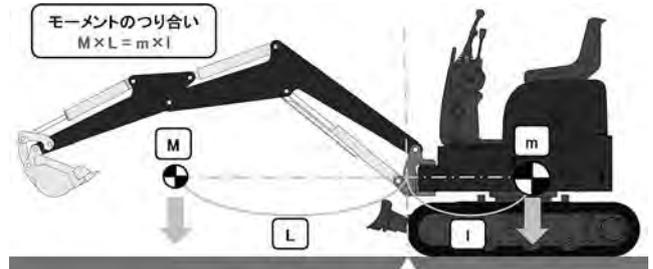
名称	試験開始時 アワメータ (hr)	機械質量 (kg)
鉄製オリジナル油圧ショベル	391	1,043
複合材製軽量油圧ショベル	10	833
複合材製軽量油圧ショベル (ウェイト追加時) ※値は全て計算値	10	890 (+57kg)

名称	静的安定性試験				走行牽引力	
	転倒角 (deg)	荷重点から支 点までの距離 (m)	リフト力 (kN)	モーメント (kN・m)	低速時 (kN)	高速時 (kN)
鉄製オリジナル油圧ショベル	0	0	0	0	0	0
複合材製軽量油圧ショベル	+5	+0.04	-0.31	-0.54	-1.34	-1.65
複合材製軽量油圧ショベル (ウェイト追加時) ※値は全て計算値	+8	+0.04	0	+0.1	-1.34	-1.65

名称	作業量試験			
	サイクルタイム (sec)	燃費 (L/hr)	燃費土量 (m <sup>3</sup> /L)	計算土量 (m <sup>3</sup> /hr)
鉄製オリジナル油圧ショベル	0	0	0	0
複合材製軽量油圧ショベル	0	+0.1	-0.1	0
複合材製軽量油圧ショベル (ウェイト追加時) ※値は全て計算値	0	+0.1	-0.1	0



図一三 転倒角



図一六 モーメントのつり合い



図一四 リフト力



図一七 ウェイト軽量化例

パクト性に影響が出る事となる (図一七)。

ウェイトを追加した状態での全体重量も鉄製オリジナル油圧ショベルと比べて軽量である。

(3) 走行牽引力

油圧ショベルの走行牽引力の把握を目的としている。軽量化により走行牽引力が低下する結果であったが、低下要因として走行用油圧モータの出力トルクに違いが生じている為と考えられる。



図一五 ウェイト追加

試験中、鉄製オリジナル油圧ショベル、複合材製油圧ショベルともにクローラが地面とスリップして牽引不能な状態とはなっておらず内部リリーフバルブによるものであり、走行用油圧モータの入口側圧力、出口側圧力も鉄製オリジナル油圧ショベルと複合材製油圧ショベルは同じ値であった。鉄製オリジナル油圧ショベルはアワメータが300時間以上と十分な「慣らし運転」がされているのに対し、複合材製軽量油圧ショベルは10時間とほぼ新品状態である。複合材製油圧ショベルの走行用油圧モータは十分な慣らし運転がされておらず、油圧モータがなじんでいない（アタリがつかない）状態である為、走行用油圧モータの機械効率に差が生じ、出力トルクへ影響したと考える。

油圧モータ出力トルク  $T$  [N・m] は油圧モータ容量  $q$  [cm<sup>3</sup>/rev]、有効圧力（入口側圧力－出口側圧力） $P$  [MPa]、油圧モータ機械効率  $\eta_m$  とすると、次式で表せられる。

$$T = \frac{P \times q \times \eta_m}{2\pi}$$

複合材製軽量油圧ショベルを十分な走行慣らし運転を行う事で走行用油圧モータの機械効率が上昇し走行牽引力は鉄製オリジナル油圧ショベルと同等になると推測される。

#### (4) 作業量試験

作業量、作業サイクル、燃料消費を計測し、燃費性能及び経済性の把握を目的としている。軽量化による影響は見られず同等な結果であった。要因としてサイクルタイム（掘削→90°旋回→排土→90°旋回→元の位置へ戻るまでの一連の動作時間）の短縮が見られない事より、1 ton クラス油圧ショベル自体が小型であり各動作間の稼働量・動作時間が小さく、軽量化による差が極微小であったと考える。燃費（時間当たりの燃費量）、燃費土量（燃料当たりの作業量）、計算土量（時間当たりの作業量）においても、誤差範囲内の同等な値であり、上記サイクルタイム他、作業負荷に応じた油圧ショベル内部システム制御の有無も影響したと考える。

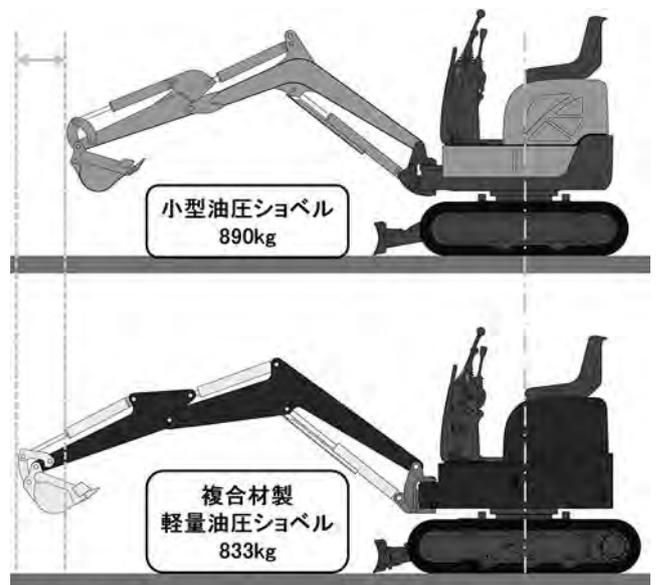
#### (5) 掘削状態

試験中、複合材製軽量油圧ショベルが浮いてしまって掘削出来ない、掘削時にアーム、ブームがしなって掘削出来ない、旋回停止時にアーム、ブームがブレてすぐに位置決め出来ない、破損した、という事は無く、鉄製オリジナル油圧ショベルとの違いが体感出来ない同等な作業姿勢、操作性、操作感で掘削が可能であっ

た。「油圧ショベルはある程度の自重が無いと車体が浮いてしまって掘削出来ない」と言われているが、実際に油圧ショベルの自重は掘削や安定性に大きく影響してくる。油圧ショベルは小型の物で質量 0.3 ton、大型の物で 200 ton と大小様々に存在しているが、小型の油圧ショベルだから掘削出来ないという事はない。つまり、掘削を可能とするには油圧ショベルの自重以外にも油圧ショベルの掘削姿勢、地盤状態も影響してくる。本試験条件では鉄製オリジナル油圧ショベルと複合材製軽量油圧ショベルに掘削状態に差は確認出来なかったが、地盤状態によっては差が確認出来る可能性もあると考える。

## 6. 大型軽量建機の実現

複合材製軽量油圧ショベルと近い質量の鉄製小型油圧ショベルと比較した場合、複合材製軽量油圧ショベルの作動範囲が広く、小型油圧ショベルから見た複合材製軽量油圧ショベルは「大型軽量建機の実現」と言える（図－8）。



図－8 油圧ショベル比較

## 7. 地上と宇宙のデュアルユース技術

本研究での性能評価試験結果より、複合材製軽量油圧ショベルは鉄製オリジナル油圧ショベルと比べて軽量でありながら同等な性能を有している結果を得た。軽量化の効果は他にも存在し、例えば輸送性の向上や油圧ショベルの更なる作業性能・作業効率向上が可能となる。輸送性の向上として、空路で輸送する場合使用するヘリコプタの最大積載量によっては油圧ショベ



写真—9 アタッチメント

ルを分解して輸送する必要があるが、軽量化により分解点数を減少させ作業現場での組立作業時間を短縮する事が可能となる。作業性能・作業効率の向上として、油圧ショベルには「アタッチメント」と呼ばれる主に油圧ショベルのアーム先端部へ装着し、作業用途に応じた機能を有する装置があり、土を掘削するアタッチメント、鉄骨を切断するアタッチメント、草を刈るアタッチメントと多種多様な物が存在する(写真—9)。

油圧ショベルの軽量化により、アタッチメントを装着した油圧ショベル全体の質量は鉄製オリジナル油圧ショベルと同等でありながら、大型アタッチメントの装着が可能となり、油圧ショベルの作業性能・作業効率向上が可能となる。

本研究での軽量化技術は油圧ショベルに限らず他の地上用建設機械への応用が可能と考える。また、宇宙側での課題である輸送コスト削減、大型軽量建設機械を解決する検討材料の一つに成り得ると考える。

## 8. おわりに

本研究は国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)<sup>5)</sup>「イノベーションハブ構築支援事業」に基づく国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)宇宙探査イノベーションハブ<sup>6)</sup>の共同研究であるRFP(研究提案募集)の「超軽量建機アタッチメントおよびブーム等の開発および実地検証」と「遠隔操作およびアタッチメントの自動脱着可能な軽量建機システムの開発と実地検証」によるものである。(株)タグチ工業<sup>7)</sup>、国立大学法人東京農工大学小笠原俊夫教授<sup>8)</sup>、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)宇宙探査イノベーションハブの共同研究により実施した。

JICMA

### 《参考文献》

- 1) 若林幸子 他, “宇宙探査イノベーションハブで目指す月面拠点基地”, 第16回建設ロボットシンポジウム論文集, P2-06, 2016.8.
- 2) 岡田康弘 他, “地上・宇宙のデュアルユースを目指した建設機械軽量化技術の研究開発”, 第17回建設ロボットシンポジウム論文集, P2-8, 2017.8.
- 3) 岡田康弘 他, “地上・宇宙のデュアルユースを目指した建設機械軽量化技術の研究開発2”, 第19回建設ロボットシンポジウム論文集, P-08, 2019.10.
- 4) 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)  
<http://www.jaxa.jp/>
- 5) 国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)  
<https://www.jst.go.jp/>
- 6) 宇宙探査イノベーションハブ  
<http://www.ihub-tansa.jaxa.jp/>
- 7) (株)タグチ工業  
<http://www.taguchi.co.jp/>
- 8) 国立大学法人東京農工大学  
<http://www.tuatac.jp/>

### 【筆者紹介】

岡田 康弘(おかだ やすひろ)  
(株)タグチ工業 技術本部

# 建設機械の自動化（自動操縦）を実現する AI の開発

安本 雅 啓

近年、AIの研究が加速している。AIの中でも、模倣学習や強化学習といった技術は、熟練者の行動の模倣や、試行錯誤的な学習によって、人間と同等レベルの作業、あるいは時には人間のパフォーマンスを超えることもできると言われている。建設機械の自動化に対しても、これらのAI技術を活用することで、これまで熟練者が行ってきた操縦をAIが代替し、建設業界における人材不足等の問題を解決することが期待される。本稿では、クレーンに取り付けられた荷物の揺れを抑えるというタスクと、油圧ショベルで掘削を行うというタスクをAIにシミュレーション上で学習させ、人間と同等、あるいは時には人間を超える性能を出せることを確認したので紹介する。

キーワード：AI、模倣学習、強化学習、機械学習、自動操縦、シミュレーション

## 1. はじめに

2012年に、コンピュータを用いた物体認識の精度を競う国際コンテスト「ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge (ILSVRC) 2012」で、トロント大学のチームが深層学習と呼ばれる技術を用いて、前年度と比較して大幅な精度向上を達成してから、AIの研究開発は大きく加速した。2016年には、Google傘下の企業であるDeepMindが開発した囲碁プログラム（AlphaGo）が、世界的なプロ棋士に対して勝利するという出来事も起こっている。AIの技術は画像だけでなく、自然言語、音声認識、ゲーム対局など、様々な領域に広がっており、今でも活発な研究は続いている。

これらのアカデミアでの研究の盛り上がりと並行して、産業界でもこれらのAIの研究成果を製品や業務に取り入れようという動きが急速に進んでいる。例えば、これまで人間が行ってきた製造物の検品や作業の監視といった作業を、カメラ+AIで置き換える技術は既に様々な現場で導入が進んでいる。これらのタスクは人間の認知・判断を代替するものであるが、判断した結果を実世界にまでフィードバックするというタスクとして、ロボットアームを用いたピッキング作業の自動化なども盛んに研究されており、今後、同様に産業界への適用が見込まれる。

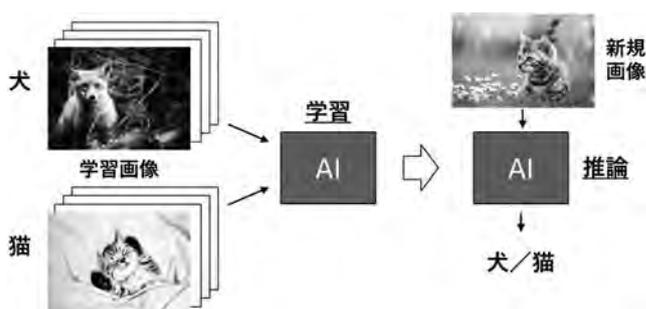
建設機械についても、ロボットアームと同じように、適切なセンサとAIをつなげることで、その操作

を自動化することができると考えられる。本稿では、シミュレータ上で建設機械の自動操縦タスクをAIに学習させたので、その内容と成果を報告する。

## 2. AI 技術

昨今、様々な場面でAIという言葉聞くことがあり、拡大解釈して使われている場面も多く見受けられる。ただ、最近のAIの盛り上がりは、専ら深層学習に端を発したものであり、これは機械学習の技術のカテゴリに入るものである。そこで本報では、機械学習のことをAIと呼ぶこととする。

機械学習とは、与えられたデータの中から法則性を見出すことである。例えばよくある例に、猫と犬の識別を行うというタスクがある(図—1参照)。AIには、犬と猫のラベルがついた画像が大量に与えられ、それらのデータを用いて学習を行う(学習フェーズと呼



図—1 機械学習タスクの例：犬と猫の分類

ぶ)。その後、今までに見たことがない犬または猫の画像を見せられたときに、それが犬か猫かを当てる、というものである（推論フェーズと呼ぶ）。このときAIは、大量の犬と猫の画像から、犬に共通する性質、猫に共通する性質を見出し、この性質（機械学習では特徴量と呼ばれる）に基づいて、犬か猫かを分類できるようにする。

今までに見たことがない新しい犬や猫を判別できるかどうかという性質を汎化性と呼ぶが、よい特徴量を見つけていれば、高い汎化性を得られるが、よくない特徴量を見つけてしまった場合には、汎化性は低くなる。例えば、学習用のデータに、黒い猫の画像と、白い犬の画像しか入っていないと、AIは、動物の色によって猫か犬かを判別できると「勘違い」してしまう。しかし、実際には色という特徴量は間違っており、例えば新しく白い猫を見せたときには、犬と誤認識してしまう。そのため、AIに正しい特徴量を獲得させるためには、多様性がある、大量のデータが必要となる場合が多い。

これから建設機械の自動化で用いる2つの技術「模倣学習」と「強化学習」は、いずれもこの機械学習に属する技術である。人間があらかじめ熟練者の作業データを取得し、これを用いて学習を行うのが模倣学習、エージェントが自ら環境とインタラクションをすることで学習データを生成し、これを用いて学習を行うのが強化学習である。以降、各手法の詳細について述べる。

### (1) 模倣学習

建設機械を操作するとき、人間は状況を知覚し（センシング）、知覚に基づいて操作をする（アクション）。このセンシングとアクションの対をデータとして保存し、AIにも同じようなことができるように学習させるというのが模倣学習である。学習したAIは、人間と同じように、センシング情報（例えば画像やセンサの値など）を与えることで、アクションを出力する。

模倣学習の特徴としては、十分な学習データがあれば、比較的短い時間で学習ができる。ただし、学習データについては、多様性が必要となる。ここで言う多様性とは、なるべく多くの環境条件におけるデータという意味である。前節でも述べたように、データに偏りがあると、誤った特徴量を抽出してしまう可能性がある。そのため、想定しうる様々な条件でデータを取得する必要がある。

また、学習データを取得する場合は、なるべく同じ人のデータを収集した方がよい。これは、ある状況に

おけるアクションの取り方が人によって異なる場合、AIはどちらの行動を出力すべきか、うまく学習ができないためである。同じ人であれば、基本的には同じ状況に直面したときには同じアクションを取ると想定されるため、なるべく同じ人のデータを取得することが望ましいと考える。また、その人のやり方を良い部分も悪い部分も同様に真似するように学習するため、どういった人を選ぶかにも考慮が必要となる。

### (2) 強化学習

強化学習とは、エージェントが環境内で探索を行い、その中で得られた報酬をもとに、学習を行っていく手法である。最初はほぼランダムに近い動作を行うが、動作する中で、どの行動に対して報酬が得られたのかという情報をもとに、より多くの報酬を得られるように自らの行動の方策を改善していく。

強化学習の特徴としては、報酬（一般的には関数として記述される）を上手く設計することができれば、人間のお手本なく、エージェントが自ら学習し、最適な行動方策を学習できる。また場合によっては、人間よりも高いパフォーマンスを実現できる可能性がある。

デメリットとしては、一般的に膨大な数の試行錯誤を必要とするため、学習に時間がかかること、試行錯誤を行うので、実世界だと危険を伴う可能性があること、学習が不安定なことなどが挙げられる。また、一般的に、適切な報酬関数を設計するのが難しい場合が多い。報酬関数が適切でない場合は、その適切でない部分を利用しようとする動作（報酬ハッキングと呼ばれる）を学習してしまうことがある。

### (3) 模倣学習と強化学習の比較

基本的には、熟練者のデータをとることができるのであれば、模倣学習からスタートした方がよいと思われる。理由は、強化学習を用いる場合、膨大な数の試行錯誤が必要となる場合があり、現実世界でこれを行うのは難しいためである。また、強化学習は試行錯誤を通して学習していくため、学習最初はあまり適切でない動作を出力してしまう場合も多く、現実世界で行うのは危険であることが多い。

強化学習のこれらのデメリットを軽減するような研究も行われている。例えば、模倣学習でAIの学習を行った後、この学習済みAIを初期値としてさらに強化学習で学習を行うという方法が提案されている。この方法により、強化学習における試行錯誤の回数を減らすことができると、初期動作が模倣学習によって

作られたある程度よいものとなるため、危険な動作をするリスクが減るというメリットがある。

### 3. 実験設定

建設機械の自動操縦タスクにおける模倣学習・強化学習の有効性検証のため、シミュレータを用いた実験を行った。シミュレータを用いれば、強化学習については、比較的多くの試行錯誤を行うことができるのと、仮に危険な動作をしたとしても問題ないというメリットがある。また、模倣学習についても、比較的短時間で熟練者のデータを多数取得することができる。

自動化の対象とするタスクとして、クレーンによる吊り荷の揺れ止めと、油圧ショベルによる土砂の掘削の2つを選定した。これらのタスクは、土木・建設工事において基本的なタスクであるが、制御モデルの設計を行うことが比較的難しく、また人間が操作するにしてもある程度の訓練・経験が必要となる、という観点で選んだ。

これらのタスクをシミュレートするためには、クレーンのワイヤーのたわみや、土砂の動きのシミュ

レーションができる必要がある。そこで、これらの動作のシミュレーションが可能な Vortex シミュレータを使用した。Vortex シミュレータでの建設機械の動作イメージを図-2 に示す。

#### (1) クレーンの揺れ止め

クレーンのワイヤーの先に荷物を取り付けて吊るし、荷物を移動させようとする際、大きく動かすと荷物が揺れてしまう場合がある。その際、揺れが止まるように制御する必要がある。ここでは、静止した状態から、まずクレーンのブームを大きく左右に振り、揺れが発生した時点をスタートとし、クレーンのブームを上下左右に動かすことで、揺れを止めるというタスクを設計した。

AI への入出力を図-3 に示す。入力としては、センサ値を入力とするケースと（図中ケース1）、深度画像を入力とするケース（図中ケース2）の2つを試した。ケース1は、加速度センサなどを機体に取り付けることでデータを取得することを想定、ケース2は、運転席に取り付けたステレオカメラや LIDAR センサでデータを取得することを想定している。AI は

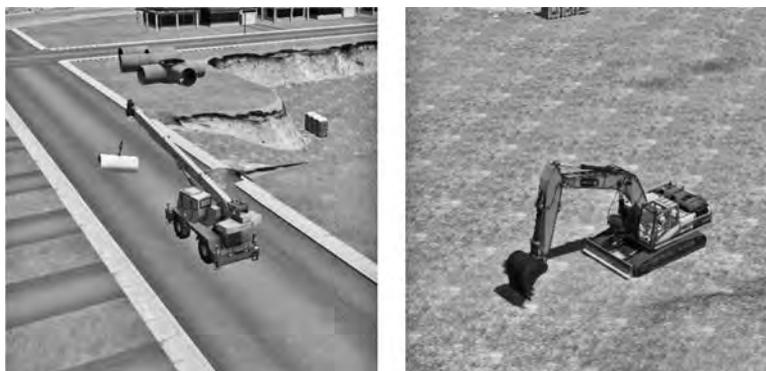


図-2 Vortex シミュレータでの建設機械の動作イメージ

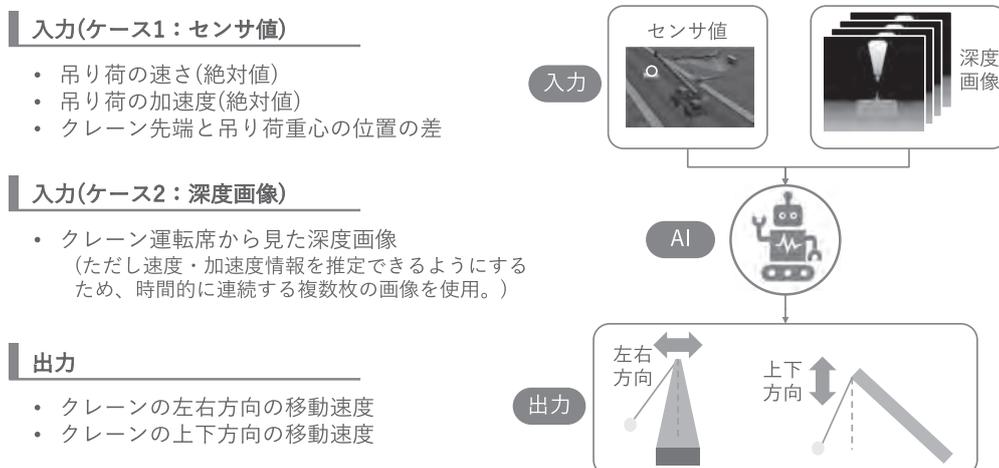


図-3 クレーンの揺れ止めタスクにおける AI の入出力情報

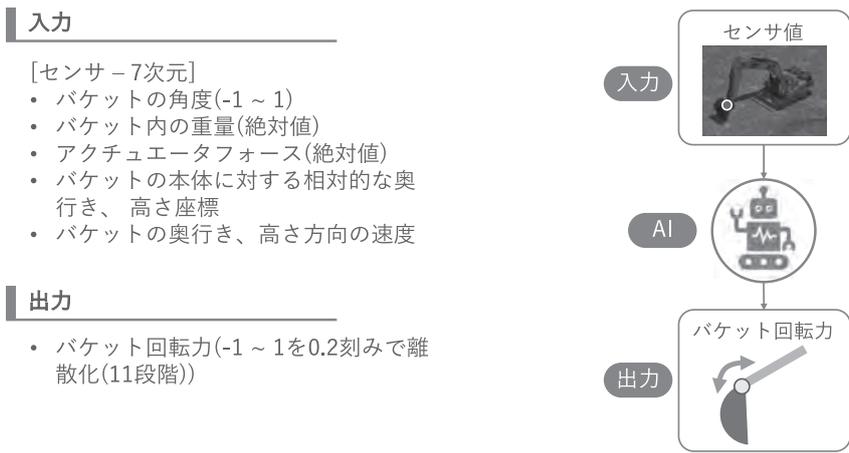


図-4 油圧ショベルの掘削タスクにおけるAIの入出力情報

- 入力**
- [センサ-7次元]
    - ・バケットの角度(-1 ~ 1)
    - ・バケット内の重量(絶対値)
    - ・アクチュエータフォース(絶対値)
    - ・バケットの本体に対する相対的な奥行き、高さ座標
    - ・バケットの奥行き、高さ方向の速度
- 出力**
- ・バケット回転力(-1 ~ 1を0.2刻みで離散化(11段階))

これらを入力として受け取り、処理した結果として、クレーンの左右方向と上下方向の移動速度を出力する。

クレーン先端と吊り荷重心の位置の差が 1.5 m 以下かつ、吊り荷速度が 1.5 m/s 以下の状態が数秒間連続した時、揺れがおさまったとみなし、タスク成功として定義した。

**(2) 油圧ショベルの掘削**

油圧ショベルで地面の土の掘削を行う際、一度にどの程度の土を掘削できるかは、ショベルの先についたバケットの角度をどのように制御するかによって大きく変化する。このバケット角度制御を自動化し、なるべく多くの土をバケットに入れるというタスクを設計した。

AIへの入出力を図-4に示す。バケットの角度などのセンサ情報を入力とし、バケットの回転力を出力するようにAIを学習する。

最終的にバケットの中に入っている土の量がある一定値を超えた場合を、タスク成功として定義した。

**(3) 学習アルゴリズム**

模倣学習では、MARWIL (Monotonic Advantage Re-Weighted Imitation Learning) と呼ばれるアルゴリズムを用いた。通常まず用いられるナイーブな模倣学習の手法 (Behavior Cloning と呼ばれる) が、与えられた教師データ全てに対して同じ重みで学習を行うのに対し、MARWIL は、報酬獲得のために有利な行動を重点的に模倣するという特徴を備えている。結果として、理論上は、Behavior Cloning よりも高い報酬を獲得可能と言われている。

強化学習では、PPO (Proximal Policy Optimization) と呼ばれるアルゴリズムを用いた。本アルゴリズムの

特徴としては、学習が比較的安定しているのと、学習並列化による高速化が可能である点などが挙げられる。

**4. 実験結果**

**(1) クレーンの揺れ止め**

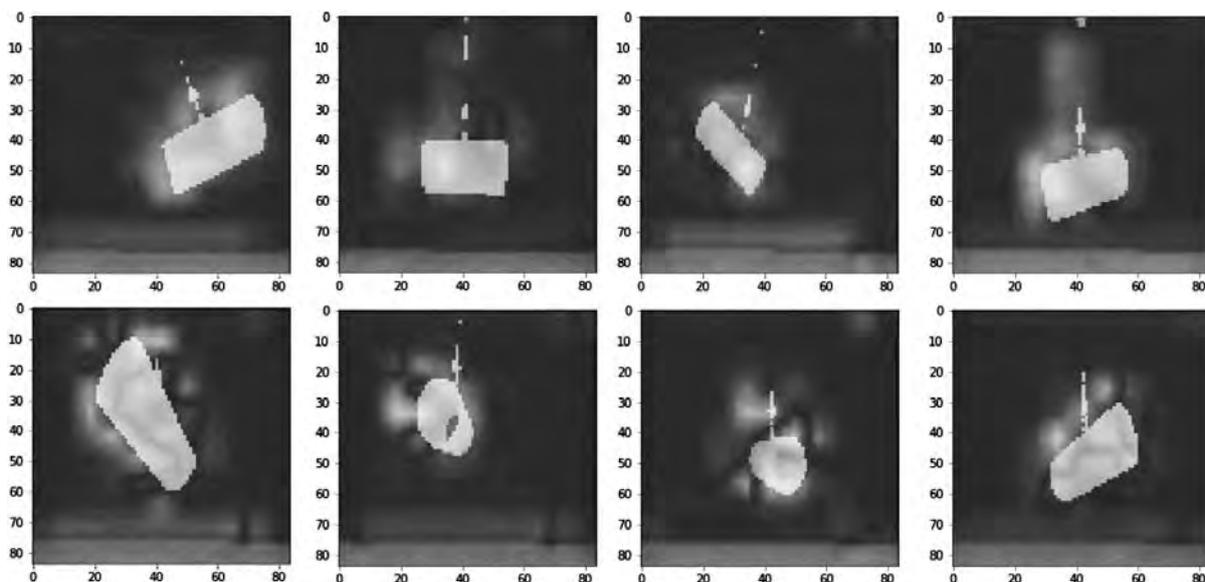
クレーンの揺れ止め実験の結果を表-1に示す。模倣学習については、入力がセンサ、深度画像のいずれの場合でも90%を超える成功率を達成できていることが分かる。強化学習については、入力がセンサの場合でも63.0%、深度画像の場合だと0%の成功率となった。

強化学習で成功率が低い原因としては、クレーンの揺れ止めタスクは、最初の数秒間、慎重に制御をしないと、加速度が逆に大きくなってしまい、または地面に衝突してしまって失敗となってしまい、なかなか成功体験を得るのが難しい、という点が想定される。強化学習は一般的に、成功した事例をもとに行動方策の改善を行うため、成功事例が全くない状態だと学習が進まない。そこで、模倣学習を用いてあらかじめ性能を向上させた方策を初期方策として強化学習を行うといった改善策が考えられる。

深度画像を入力とした模倣学習のケースについては、最終的に学習された制御方策に対して、エージェントがどこに注目しているかの可視化を行った。結果を図-5に示す。吊り荷の注目度が一貫して高く、時々、地面付近の注目度も増加していることが分か

表-1 クレーンの揺れ止めタスクの成功率

タスク	クレーン揺れ止め	
	センサ	深度画像
模倣学習での成功率	91.7%	92.0%
強化学習での成功率	63.0%	0.0%



図一5 AIの注目点の可視化結果

表一2 油圧ショベルの掘削タスクの成功率

タスク	油圧ショベル掘削
入力	センサ
模倣学習での成功率	81.0%
強化学習での成功率	96.0%

る。また、吊り荷の輪郭を抽出しているように見える。地面の注目度が高いのは、地面との接触を避けるためには地面と吊り荷との間の距離を把握しておく必要があるためと考えられる。また吊り荷の輪郭の注目度が高いのは、輪郭を抽出しその時間差分をとることで、揺れ止め制御に不可欠な、吊り荷の速度や加速度といった情報を算出するのが理由ではないかと考えられる。

なお、強化学習によって学習が進む様子は、<https://youtu.be/Ma-fFFWhWsI>で見ることができる。

## (2) 油圧ショベルの掘削

油圧ショベルの掘削実験の結果を表一2に示す。模倣学習で成功率81.0%なのに対し、強化学習での成功率はこれを超える96.0%であった。人が操作しても、4回に1回は失敗（所定の土量を超えられない）してしまうことがあることを考慮すると、これは人間を超える性能を達成できていると言える。

なお、強化学習によって学習が進む様子は、<https://youtu.be/32Y4OLVCFrY>で見ることができる。

## 5. おわりに

模倣学習と強化学習によって、クレーンによる揺れ

止めと油圧ショベルによる土の掘削のタスクで、高い成功率を達成することができた。模倣学習については、いずれのタスクでもある程度高い成功率をコンスタントに実現できていた。強化学習については、油圧ショベルのタスクでは模倣学習を超える成功率を達成できている一方、クレーンのタスクでは低い成功率となり、学習の難しさを改めて実感した形となった。

今後は、これら技術の実機での検証を進めていく予定である。実機ではシミュレーションと異なり、データ取得のコストが高いのと、強化学習による試行錯誤に危険が伴うといった課題が存在する。これらの課題に対し、シミュレーションであらかじめ学習したものを初期値として用いるといった対策が必要になると考えている。

## 謝 辞

Vortex シミュレータのご提供、および、建機自動操縦タスクの選定にあたっては、(株)電通国際情報サービスの飯田倫崇様、原悟様より、多大なご支援・ご協力を頂きました。誌面をお借りして厚くお礼を申し上げます。

JCMA

【筆者紹介】  
安本 雅啓 (やすもと まさひろ)  
(株)アラヤ  
取締役 CTO



## 締固め機械史 2：突固め系の機械化

岡本直樹

盛土の搗固め（突固め）法は、先史時代から種々考案されて延々と近代まで利用されてきた。まず、その突固め器具を紹介し、版築から現代のランマ、タンパ、タンピングローラに至る軌跡を辿る。その機械化は、20世紀初頭の回転タンパ（シープスフートローラ）の発明から、自走化、パッドフート化、全輪駆動化へと改良・発展した。国内の近代化では、明治期のグループドロラの導入、戦中の棘付点圧機の模倣製作があり、戦後は模索的開発と輸入機の導入から始まった。現在のタンピングローラは振動ローラと融合して、情報化施工による管理が行われている。

キーワード：建設機械史、版築、突固め、締固め、タンパ、ランマ、タンピング、パッドフート

### 1. はじめに

締固めは盛土の発生に伴って先史時代に生まれ、当初は足踏み程度だったものが、灌漑工事の築堤等で、より締固め効果の高い突固め法が求められた。我が国では、図-1のような突固め（搗固）法が昭和まで各地の地搗唄に合わせて用いられていた。千本搗きは版築にも用いられている。

版築（図-2）は、文字通り版（型枠）を用いて緻密に突固める方法である。黄河流域で黄土の締固め法として前3千年頃に生まれ、堤防、城壁等に用いられた。前2千年～15百年の里頭遺跡の宮殿跡の基壇・回廊・城壁は、その代表例である。我が国へは6世紀末迄に伝来し、墳丘・築堤・基壇・壁等の築造に用いられた。広義の版築は、吉野ヶ里遺跡の古墳群（BC50年頃）や纏向型前方後円墳、高松塚古墳（7世紀末）等でも使われたと言うが、版の使用痕跡が確認できる厳密なものとは限定される。663年の白村江敗戦後の唐・新羅軍来襲に備えた太宰府防衛の水城（写真-1）は版築の代表例である。現在でも版築は壁建築に西アジア等で

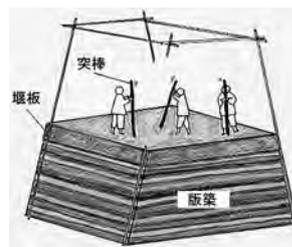


図-2 版築法<sup>29)</sup>



写真-1 水城の版築<sup>30)</sup>

施工されており、我が国の現代建築でも活用している。

1～3世紀のローマ帝国では、道路建設に木製ランマが使用されたと云う。当時のランマ図はないが、参考として後代の中世・近世のランマを図-3に示す。

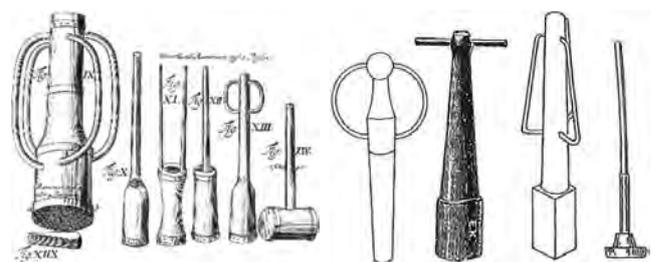


図-3 中世と近世のランマ

### 2. 機械化へ

転圧器としてのロードローラの起源は不明であるが、6000年前に大木輪切のロールで転圧していたとの説があり、インカ帝国の道路網建設で使われたとされる石造ローラ（5t、φ65cm）も出土している。中国の古書（尚書圖解）にも築堤時に石輪を転がしてい



図-1 搗固め法

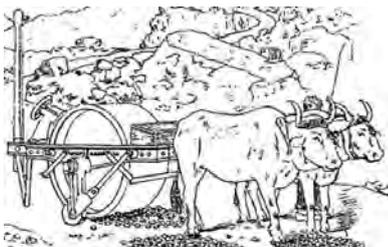


図-4 牽引ローラ

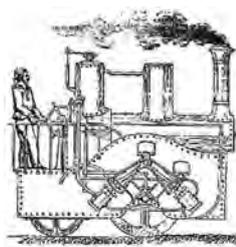


図-5 Lemoine

るような絵がある。欧州では、1725年になって Jakob Leupold の馬牽引鉄輪ローラの描画があり、蒸気ローラは1865年の Aveling が有名であるが、1859年に Lemoine (図-5) が発明している。

(1) タンピングローラ等

ロードローラは、道路等の締固めの高速化と整形に寄与したが、接地圧が低く、堰堤等の締固めには不十分であった。そこで土の締固め用として、線圧を上げた Grooved roller が生まれている。写真-2は、ACME社の1927年型録掲載のグルーブド盛土ローラで、分割独立した各ホイールの間に溝になっている。同様の蒸気ローラは、Kelly-Springfield 等が造っていて、日本にも1911年に導入(後述)されていた。

そして、伝統的なタンピング(突固め)からのアプローチも開始された。19世紀の英米では築堤盛土の締固めに羊等の群れが利用されていた。これをヒントにロサンジェルスで器械化が試みられ、ローラに羊の足が取付けられる。1902年に J.W.Fitzgerald が、最初のシープスフートローラ(鉄道用7inスパイク付3フィート径の回転タンバ:写真-3)を造った。改良・大型化を経て1906年に特許を取り、Fitzgerald Roller と呼ばれて、Killefer Mfg が製造して全国に拡がり、1923年に特許は切れた。フィルダムの締固めには、1920年の Lake Henshow Dam から使われ始め、やがて馬牽引(写真-4)からトラクタ牽引(写真-5)に移行した。

1933年に RR.Proctor が最適含水比を発見して締固め理論を ENR に発表すると、以降の締固め機械の開発もこの科学的な方法で締固め試験が行われ、評価されるようになる。



写真-2 Grooved roller



写真-3 Sheepsfoot



写真-4 馬牽引



写真-5 トラクタ牽引

戦後、グリッド(メッシュ)ローラを建設会社の Gardner Byrne が考案、そのデザインを Hyster が1949年から生産すると(写真-6)、広く普及した。また、仏 Albaret 社は、写真-7の下図のように形状を3通りに変えられるターンフートローラを1952年に開発している。

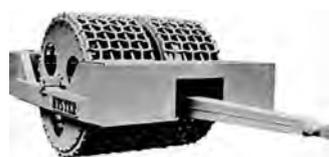


写真-6 Grid Roller

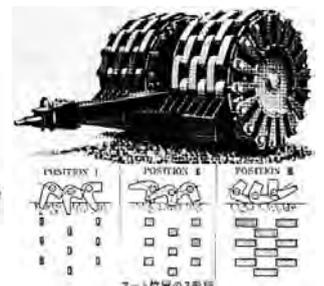


写真-7 Turning Feet

(2) ランマの機械化

一方、手動ランマの機械化は、独 Konrad Haage が最初の Explosion Rammer (combustion powered impact hammer: 写真-8) を1926年に開発、同年7月に Albert Pfluger が特許を取得した。1933年には、胴突きの機械化とも言える DELMAG frosch/frog も主任技師の K.Haage が開発し、翌年のライプツィヒの見本市で脚光を浴びる(500kg)。1936年には写真-9の1000kgを開発した。

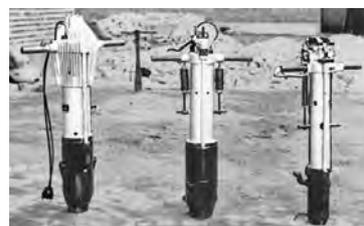


写真-8 Explosion Rammer



写真-9 Delmag 1000

(3) タンピングローラの自走化

1925年に H.W.Rohl が軽トラクタ装着の球状ヘッドフートのタンピングローラ(写真-10)の特許を取っているが、これが自走式の嚙矢のようだ。1930年代になるとメーカ製として、Trojan が3輪ローラ改造の Speed Tamper (250 psi: 写真-11) を販売している。

シープスフートローラでは、kneading 効果を上げながら Walk out となるまで締固めるが、土質によっ



写真-10 Rohlの自走式

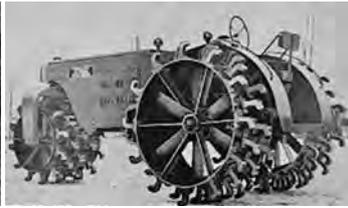


写真-11 Trojan Speed Tamper

では過剰こね返しとなり、これを駆動輪とするとより顕在化した。その解決策として、Buffalo-Springfieldはタンデムローラで、セグメントホイールによるパッドフット化(写真-12)を試み、本格的な4輪駆動型K45 Kompactor(写真-13)を1954年から1968年まで生産した。グループドロラの流れを汲むセグメントホイールは、土離れをよくするためであろう。

変わったところでは、Weiherhammer社が3輪ローラにシュー付車輪の一種であるKoppisch System(写真-14)を装着した18tのBBV18と25tのGBV25を1950年代に製作している。他のメーカーでは、Ferguson(写真-15)やBros SP-255B Tamper(1966年:写真-16)等が造られている。



写真-12 BuffaloのPad-foot

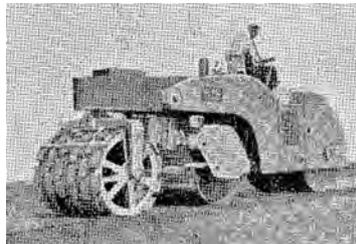


写真-13 Buffalo K45



写真-15 Ferguson



写真-14 Koppisch



写真-16 Bros SP-255B

また、タンピングローラ的高速化にモータスクレーパ(MS)のトラクタ利用が流行っている。特にHyster

が各種モデルを60年代に提供した。C410A(写真-17)は、CAT DW21, 631等のトラクタ部を利用して牽引している。C400B(写真-18)では、CAT 630の駆動輪をパッドフットローラに置換えた。写真-19はCAT DW20の駆動輪をパッドフット化して、更にパッドフットローラを牽引している。

その他のメーカーではROMEがSegmented Wheel Compactorを1965年にCAT 651に取付け、1968年には631(写真-20)に取付けている。



写真-17 DW21+Hyster C410A



写真-18 C400B

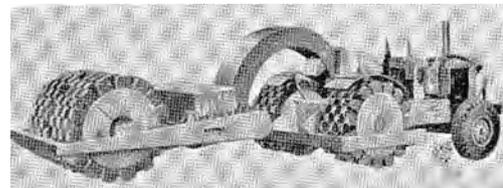


写真-19 Hyster DW20A



写真-20 Rome Compactor



写真-21 Tournapull Roller

#### (4) アーティキュレートと全輪駆動化

そして、土工機械の発明王R.G.LeTourneauも自走化に取組み、1950年代初期に道路市場用にTournapull Roller(写真-21)を試作しているが、1959年に45tアーティキュレート型全輪駆動のPower-Packers M-50(写真-22)とM50-55(写真-23)を設計、続けて改良型のM60-55(写真-24)やM-20も開発している。これらのシリーズは35台が生産され、後の各社のタンピングローラ設計に影響を与えた。

写真-25は、60年代初頭のPactor社のRex Segmented-pad Compactorであるが、3輪として全幅を締固められ、排土板を装着している。また、分割ホイールにも特徴があり、小口径ドラムにより図-6のように深部まで締固められる。これらにより人気があるのか、未だに生産が続いている。CMIが1997年に買収して、現在はCMI RexPactorとして販売されている。

他のメーカーでも全輪駆動型は、littleford(写真-26)、Wagner WC17 Padfoot(1963年:写真-27)、



写真-22 M50 Power-Packers



写真-23 M50-55



写真-24 M60-55



写真-25 Rex Pactor

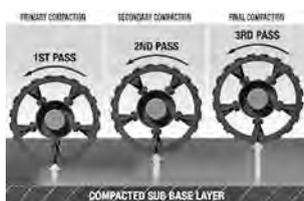


図-6 Walk out

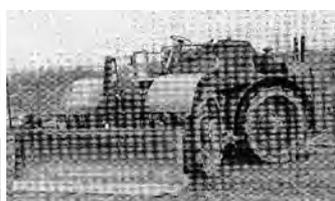


写真-26 Littleford



写真-27 Wagner WC17



写真-28 RayGo Ram45

RayGo Ram (写真-28) 等が造られた。RayGo Ram 45は、ホイールドーザをコンパクタに改造しているが、クッションのためか、タイヤにパッドフットローラを巻いている。因みに、RayGoはMSを改造した1969年の大型グレーダ Giant で名を馳せ、Hysterと並ぶ転圧機の2大メーカーでもあったが、1985年にCMIに買収された。

4輪駆動化では、Petersonも足跡を残している。G.F.Atkinson社が施工のBrionesダムでは、当初、D8+ シープスフットローラとDW-21牽引のHyster C410A、50tタイヤローラが使われていた。しかし、盛土材の含有巨礫に対処するため、CAT製品の改造で定評のあるB.PetersonがDual 631 Stomper (写真-29)を1963年に開発して投入した。631のタイヤをHyster C400Bのパッドフットローラに置換えた2台のトラクタ部を結合したものである。後に改良型のTwin 631B Tamperも1966年に製作して、Orvilleダ

ムに投入している。

そして決定打として、Caterpillar社が1969年にホイールドーザ(8x4シリーズ)をベースに、Pad-foot roller (写真-30)に換装した825, 835 (写真-31)を開発して市場投入した。翌年には815も追加した。写真-32の825はシープスフットを装着した珍しいタイプである。ゴミ埋立用ではフット形状を変えて、ランドフィルコンパクタ8x6シリーズとして販売した。類似同形式の自走式タンピングローラはBOMAGやDynapac (写真-33)も販売しているが、写真-34のBomag K-300は多角形型である。



写真-29 Dual 631 Stomper



写真-30 CAT Pad foot



写真-31 CAT 835



写真-32 CAT 825Sf



写真-33 Dynapac

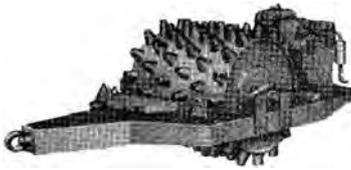


写真-34 BOMAG K-300

### (5) 振動化

そして、振動型タンピングローラが出現する。振動ローラのフラットローラをタンピングタイプに置換えた振動タンピングローラVibro-Verken/Dynapac CF-30 (写真-35)が販売され、やがて、各社が自走式を生産して普及すると、4輪駆動型タンピングローラの需要は低迷した。しかし、排土板付の高速タンピング敷均し能力には、まだ魅力が残っている。

写真-36~39に各社(ABG WZH185, 1968年のHyster CA450A, Ingersoll Rand SPF-56, CAT CP563E)の振動タンピングローラの例を示した。CATの振動ローラは、1985年からCMI傘下のRayGoの製品供給を受け、1987年に製造ラインを引継いだ。また、



写真—35 Dynapac CF-30



写真—36 ABG WZH185



写真—37 Hyster CA450A



写真—38 IR SPF-56



写真—39 CAT CP563E



写真—40 Tamping Wheel

参考として写真—40のバックホウ用アタッチメントのタンピングホイールも付加えた。これはトレンチ等の転圧に使われる。

### 3. 我が国の近代化

#### (1) 戦前

我が国でも古代から石材ローラが一部で使われていたとか、幕末期の道路工事では使われたとの説もあるが、確たる証拠は見つからない。しかし、遅くとも明治7年の兵庫県生野町や銀座の舗装工事では手押し式が使われただろう。自走式は蒸気ローラを明治28年に輸入していて、国産化は大正期となる。

アースダム工事では、明治44年/1911に大野ダム工事(48万m<sup>3</sup>, 堤高37m)において、前述のグループドローラが導入され、蒸気式4台(10t, 6t, 4t)と電動ウィンチ牽引式6台(8t, 6t, 2.7t:写真—41)による薄層締固めが行われ、初めて物理的・工学的な土質試験が行われた。昭和2～9年の東京市水道局山



写真—41 グループドローラ



写真—42 粘土試験所

口貯水池(狭山湖)工事のアースダムでも、盛土材の物理的・力学的試験(写真—42)による管理が行われ、蒸気ローラが使われた。

土の締固めに対してロードローラは非力であったが、タイヤローラが昭和5年から我が国に導入され、土の締固めへの有効性も確かめられることになる。

そして、太平洋戦争が始まり、米軍の飛行場の急速施工能力に驚いた我が軍が、急遽、ブルドーザ等を緊急開発して、機械化設営部隊を創設し、シープフットローラ(棘付点圧機:写真—43)も模倣作成して、施工に取入れた。

#### (2) 戦後

さて、戦後の昭和22年のカスリーン台風での利根川決壊復旧工事では、土工列車の盛土材を新鋭ブルドーザで敷均しているが、締固めは昔ながらの石蛸での突固め(写真—44の人の輪)である。石蛸も中国伝来のようで、昭和32年の中国視察時に蛸打ち(夯硯:写真—45)が撮影されている。



写真—43 設営隊の棘付点圧機



写真—44 石蛸による突固め



写真—45 黄河での夯硯



写真—46 鹿島式



写真—47 山本調整池



写真—48 御母衣ダム

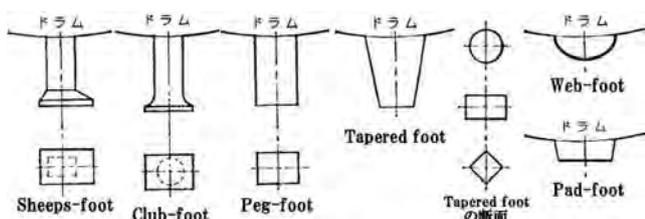
ローラの生産再開は、渡邊機械工業がBuffalo-Springfieldと昭和24年に提携し、同社型タンデムローラを生産した。シープスフットローラは、前述のように戦中から製作されていて、戦後はSouthwest社製等が輸入

されたが、我が国の高含水比粘性土では過剰こね返しの問題が発生した。そこで、鹿島製作所は（財）建設技術研究所の基礎研究と施工実績に基づいてタンピングフット形状を工夫したパッドフット型（写真—46）を早くから開発していて、昭和25年時点で12機種を揃えて受注生産としている。他に渡邊も先端角錐型テーパフットの単胴（～2.8t）と複胴型（～5.5t）を販売した。

昭和24年頃からは、発電・洪水調整・農業用等のダム建設が活発化した。写真—47の国鉄東京操機が機械施工で築造する信濃川発電所（山本調整池27～29年）のコア締固めでは、パッドフット型ローラが使われている。牽引トラクタは旧軍のロケ車がまだ使われている。

昭和31年になると「道路土工指針」が発刊され、道路公団は翌32年に土の締固め基準を作成し、名神高速道路を起工した。ダム工事では、初の大規模ロックフィルの御母衣ダム工事が昭和32～35年に行われ、コア締固めの20tシープフットローラは、テーパフット型（写真—48）が使われている。

また、シープフットローラによるこね返し対策として、山王海アースダムでウェブローラ（写真—49）が考案され、その報告が昭和26年に出ているが、各地で使われた記録も残っている。タンピングローラには新和機械工業も参入したが、写真—50は新和の自走式ウェブローラ（2.3t）である。タンピングローラは各種のフット形状が考案されたが、整理すると図—7のようになる。



図—7 各種のタンピングフット形状

その他にメッシュローラも造られ、酒井製作所が牽引式（写真—51）を昭和33年に製作した。軟弱地や破碎転圧に効果を上げ、建設省に多数導入された。翌年からはマカダムローラをベースとした自走式MR8508（写真—52）も製造された。破碎効果の他に駆動系が強化され勾配に強いので、林野庁の林道工事に歓迎され、インドネシア等へも輸出された。

写真—53は、渡辺が昭和36年頃に試作したパッドフット型の4輪セグメントホイールコンパクタ（10t）である。詳細は不明であるが、Buffaloのセグメント

ホイール（写真—12, 13）の様には隙間が空いていないみたいである。

初の自走式タンピングローラの導入記録としては、北海道開発局がショベルサプライ社のFerguson SP-22（22t：写真—54）を昭和36年に輸入、翌年に尾白利加ダムに投入、開発局は38年にも追加輸入している。

酒井のタンピングローラ参入は昭和38年で、FT1（6～10t）、FT11（3.3～5.4t）を投入している。同じ頃、新三菱重工は提携先の仏アルバレ社のターンフットローラF12（写真—55、ポジション-3の写真と形状変化図は写真—7を参照）を製造販売するが、取扱の煩雑さが難点であった。更に小松、日立もタンピングローラ製造に参入した。



写真—49 鹿島式ウェブローラ



写真—50 新和ウェブローラ



写真—51 牽引式メッシュローラ



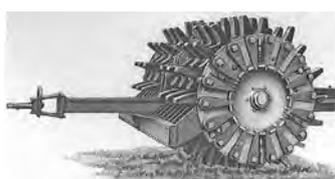
写真—52 自走式MR8508



写真—53 渡辺 セグメントホイール



写真—54 Ferguson SP-22



Position-1



Position-2

写真—55 三菱アルバレ ターンフットローラF12

昭和45年になるとCATの自走式タンピングローラ825が輸入販売され、各地のフィルダムに導入され、コア締固めの花形となる。小松も同形式のWF22Aを

製造した。昭和 49～55 年の新秋田空港工事では、著者も試験盛土から参加したが、超高盛土にゾーン型盛土を初採用し、3 台の自走式タンピングローラ 825 でシルト岩を破碎転圧して急速施工を行った。また、著者は海外の MS 施工の高速道路工事に、その急速締固め能力を生かすべく、825 と 815 の 7 台を投入して施工したことがある。写真—56 は、寒河江ダム工事に投入された 825 である。



写真—56 寒河江ダムの 825

自走式タンピングローラは、公的室内試験で締固め効果の優位性が認められている。また、高速締固めを意図したものであったが、国内では施工業者の思惑から、試験盛土で低速試験を余儀なくされ、施工でもそうした運用がなされ、高速施工能力を余り生かせなかった。そのためもあり、現在では振動型タンピングローラに覇を譲っている。

### (3) ランマ

我が国におけるランマは、ガソリン機関の爆発を応用したジャンプランマが戦後導入された。昭和 25 年迄に、新和のエキスプロージョン (写真—57) と守住土木機械のジョンソンランマが販売され、胴突・蛸搦を機械化したとある。28 年に明和製作所がジャンプランマ MS-5 型 3 機種 (100～60 kg：写真—58) で参入、田中土鉦機械も 28 年迄に加わり、その後、Delmag の模倣であろうか、田中式フログランマ (写真—59) も造っている。東京機械製造も TK10 型で 32 年迄にランマ製作に参入した。

バイプロランマは、エンジン回転をクランク機構で上下往復運動に変えて突固める方式で、昭和 36 年に



写真—57

写真—58

写真—59

写真—60

三笠産業が MTR-60 (60 kg：写真—60) を初国産。翌年に明和製作所もバイプロ型 VRA-120, 80, 60 (120～68 kg) を開発。その後も駆動方式は 2 サイクル、4 サイクル、電動、油圧、ディーゼル式と各種のものが開発された。協会では一時、ジャンプランマ (爆発ランマ) をランマ、バイプロランマをタンパと呼称して区別していたこともあったが、ジャンプランマは故障しがちで危険もあり、平成期には姿を消した。そのため、現在ではタンパ (バイプロランマ) をランマと称している。また、製造メーカーは大日本土鉦機械、大旭建機、ダイナパック建機、特殊電気工業、丸善工業、日本ワッカー、和光機械工業等も参入したが、現在残っているのは三笠、和光、酒井である。

さて、フィルダム岩着部のコンタクトクレイの締固めにプレートコンパクタやランマ、エアータンパが使われるが、岩着凹部では、岩着材の微妙な突固めに動力ランマではなく、杵が使われている (七ヶ宿ダム：写真—61)。そして、水平部の 4 層目以降は、ローラ転圧に切替わるが、アバット斜面部はエアータンパ突固めによる上昇が続く (写真—62)。そこで、このエアータンパの機械化を施工業者が図り、小型油圧ショベル用の 4 連タンパアタッチメント (写真—63) を自作して施工している。



写真—61 凹部の杵突き



写真—62 アバット部



写真—63 4連タンパ

### (4) 近年の動向

盛土の締固め管理では、平成 10 年に第二東名工事において厚層締固めが始まり、垂直振動 (2 軸偏心) 式の起振力 320 kN 級の大型振動ローラが活用された。また、10 年代に GPS を利用した管理要領を NEXCO

や国交省が規定化して運用を始め、近年は情報化施工による締固め回数管理に加えて、加速度応答法を用いた管理規定が活用されている。そして、タンピングローラも振動型が一般的となった。斜面用にクローラ駆動型振動ローラも造られたが、写真-64はそのタンピングフォート型である。そして、写真-65は酒井重工の垂直振動型タンピングローラSV900TVである。

ところで、高エネルギー衝撃を利用した締固め法には、クレーンを利用して10～30mの高さから、10～20tの重錘を落下させる動圧密工法（DC工法）が埋立地では行われている。小松は落差2.8mで550kgハンマの移動式ドロップハンマAH05を造ったことがある。

ローラでは、高エネルギーインパクトローラとして、写真-66のような多角形（3～5角）の牽引式ローラが海外にあり、小型のものはボマークがポリゴンドラム（八角形振動ローラ：写真-67）を2003年に発表し、我が国にも輸入された。ボマークは4輪自走型タンピングローラでも多角形型（写真-34）を出していて、白川ダムで使われた。



写真-64 斜面用クローラ型



写真-65 酒井 SV900TV



写真-66 牽引式 Impact Roller



写真-67 BOMAG ポリゴンドラム

#### 4. おわりに

締固め機械を調べ始めると、Earthmover 関係の書籍には、地味なためか締固め機械に焦点を当てた写真や解説記事が殆どない。舗装用を主眼としたロードローラ史は国内外に散見できるが、土の締固めに関わるタンピング史の全体を俯瞰したものが見当たらなかった。施工関係の古書を捲り、写真等の断片を拾い集めると、初見の機械が多く出てきて驚くが、メーカーは殆ど消滅しており、詳細が不明で調査は難航した。しかし、不十分であるが、この方面のパイロット調査研究として取敢えずまとめたので、参考として頂ければ幸いである。不詳なところは課題として調査を継続させたい。

JCMA

#### 《参考文献》

- 1) 大野調整池工事報告, 久保茂, '15.4
- 2) 建設機械概要, 河野, 笠原, 芳野, '60.4
- 3) 施工用土木機械, 中岡二郎, '60.6
- 4) 土の締固め, 久野悟郎, '63.2
- 5) モータグレーダと締固め機械, JCMA, '69.8
- 6) 産業機械工業戦後20年史, 日本産業機械工業会, '68.11
- 7) フィルタイプダムの施工技術, ダム協会, '69.8
- 8) 寒河江ダム工事誌, 東北地建, '91.3
- 9) セツ宿ダム工事誌, 東北地建, '92.3
- 10) ダムのはなし, 竹林征三, '96.2
- 11) 締固め機械, 酒井重工, '96.3
- 12) 機械化土工のあゆみ, 岡本, 土木施工, '09.8
- 13) 締固め・仕上げ, 岡本, 土木施工, '09.12,
- 14) 地盤の突固め技法と地搦石伝承の史学的研究, 奥田他, '10.9,
- 15) 我が国における締固め機械の変遷, JCMA, '11.9
- 16) 土の締固め, 地盤工学会, '12.4
- 17) 工事用の軽便軌条小史, 岡本JCMA, '14.5
- 18) 土の史跡, 岡本, 建設機械施工, '15.8
- 19) 古代東アジアにおける各種盛土の構築方法と風土の関係, 鬼塚克忠, '16.
- 20) 建設の機械化, 各号, JCMA, '50～
- 21) 日本建設機械要覧, 各号, JCMA, '50～
- 22) Factors that influence field compaction of soils, AW Johnson, JR. Sallberg, 1960.
- 23) The History of Road Building Equipment, F Pierre, KHL, '98
- 24) RG, LeTourneau heavy equipment, EC, Orlemann, Ig, '09
- 25) 90th Anniversary of DELMAG '12.1
- 26) The First Embankment Compactor, T. Berry, '18.3
- 27) Origins of Mechanical compaction, UMR
- 28) 土工教室 / <http://hw001.spaaqs.ne.jp/geomover/>
- 29) 大野市教育委員会所蔵
- 30) 九州歴史資料館（九州国立博物館ジオラマ）

#### 【筆者紹介】

岡本 直樹（おかもと なおき）  
建設機械史研究家  
e-mail : gemvnky@gmail.com



## 第2世代CAN/無線ブリッジ CBR-100AC 製品化 有線CAN/無線LAN変換で産業用車両の状態をリアルタイムで把握

山 崎 泰

通常の乗用車を含め車両制御ではECU (Electronic Control Unit: 電子制御装置) と共に、CAN (Control Area Network) 通信プロトコルが利用されている。建機、クレーン、農業トラクター、フォークリフトなどの産業用車両の可動部は車両部分と作業機部分に分かれるが、建機、クレーンでは一部車両を除きCAN通信プロトコルを使って両可動部を制御するのが一般的である。一方、これら産業用車両の利用現場においては、監視・保守業務の効率化や作業ダウンタイムの削減、またIoT遠隔サービス連携を目的としたCAN通信の無線化要望が高まっている。これらの用途では一般的な有線/無線ブリッジ端末では通信・ハードウェア仕様ともに利用要件を満たすことはできず、産業車両メーカー要望により専用のCAN/無線端末の開発をスタートした。第1世代製品であるCDS-2150の投入を経て、現在は第2世代製品となるCBR-100ACを開発し2021年2月のリリースを予定している。本稿はこれら製品の重要開発項目に関しその概要を紹介するものである。

キーワード：CAN通信、無線LAN、遠隔監視、遠隔保守、稼働率向上、ダウンタイム削減

### 1. はじめに

車両CAN通信を無線LANに変換し、パソコンやタブレットPC、スマートフォンなどのモバイル通信端末で車両・作業機の稼働情報をリアルタイムに監視できる最大のメリットは「車両オペレータの作業を止めずに」保守作業が可能となることである。既存の有線CANケーブルを利用するコンバータ端末では、ケーブル長の制限によりどうしても車両側にモバイル通信端末を設置するしかなく、狭い車両操縦席内での確認には車両オペレータによる作業を中断し、保守員自身が異常再現のため車両を操縦する必要があった。無線通信を活用することで車両オペレータの作業を止めず、保守員はモバイル端末を使って遠隔で車両動作を確認することが可能になると同時に、再現性が低い異常動作や車両オペレータ操作に起因する問題も容易に確認できる。さらに保守作業の現場では「訪問時に現象再現せず」というトラブルにも対応しなければならず、CAN/無線ブリッジ端末には「操縦席内への常時設置を前提にした稼働ロギング機能」も要望される。有線通信に比べ無線通信では車両オペレータの作業を止めずにCAN/無線ブリッジ端末内の稼働ログを回収できるため、この点でも無線通信のメリットが得られる。

CAN通信の電気・ソフトウェア的仕様はISO11898で共

通化されている。他方、無線通信に関してはIEEE802.11で規格化されている無線LAN (いわゆるWi-Fi通信) やBluetooth通信などの一般的なものから、センサー通信などの特定用途においては920MHz通信に代表されるSub-GHz無線の利用も進んでいる。CAN/無線ブリッジの利用目的である「現場での監視・保守作業の効率化」を簡易に実現するためには市販のモバイル通信端末で利用できる無線通信が必要となるため、製品化にあたっては無線LANとBluetoothの2方式を採用候補とした。最終的に「複数の保守用モバイル通信端末との同時通信、またその際のデータ転送速度」を確保するため無線LANを選択し、第1世代製品CDS-2150から第2世代製品のCBR-100ACを通してこれを採用している。

無線LAN通信には2.4GHz帯を利用するIEEE802.11b/g/nと5GHz帯を利用するIEEE802.11a/n/acの規格が存在する。2.4GHz帯は電波の回り込み特性が高いため、アーム・バケットなど通信障害物となる作業機を装備した建機車両での利用に適している。しかしこの周波数帯は一般的な無線LANアクセスポイントの初期設定で利用されており、車両リモコンや各種Bluetooth機器などでも使われているため無線干渉の影響を受けやすく、また利用可能なチャンネル数も少ないという特徴がある。一方、5GHz帯は、この周波数帯を利用する一般機器が2.4GHzに比べ少ないため無

無線方式	長所	短所
無線LAN 2.4GHz帯	採用機器が多い。また回折(回り込み)特性が高く、障害物に強い。	利用機器が多く、電波干渉を起こしやすい。
無線LAN 5GHz帯	採用機器が多い。また利用機器が少なく、電波干渉を避けた運用ができる。	直進性が高いため障害物に弱く、屋外利用には制限(DFS)がある。
Bluetooth 2.4GHz帯	通信接続管理が容易で、省電力性にも優れる。	通信速度や通信距離は無線LANに比べ劣る。
920MHz Sub-Giga無線	回折特性が高いため、障害物に強い。マルチホップ通信による長距離通信も可能。	採用機器が少なく、通信速度は無線LANに比べ劣る。

図一 周波数帯別の無線方式比較

線干渉のリスクは減るが、電波の直進性が高いため障害物に弱い。また使えるチャンネル数自体は2.4GHzに比べ多いが、屋外利用においては気象・航空レーダーに対する影響を抑えるためにDFS(Dynamic Frequency Selection:動的周波数選択)に該当するW53/W56チャンネルは実質的に利用できない。図一は各周波数帯の比較になるが、本製品開発にあたっては障害物迂回能力を重視して2.4GHz帯を選択し、その上で無線干渉時の対応を行う方針で開発を進めることとなった。利用周波数帯を絞り込んだことで副次的にはあるが無線機器に必要な各国認証をより安価に取得できるようになり、産業車両メーカーで要望の高い国内・海外双方での展開が容易になった。

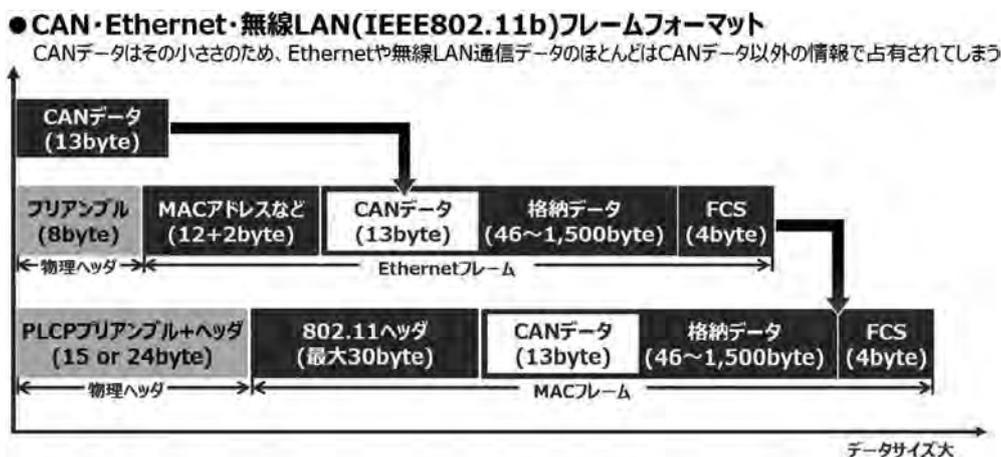
本製品の設置場所は温度、振動、防塵/防水が要求される産業用車両の操縦席であり、ハードウェア面では一般乗用車向けの通信機器と比べても高い耐環境性仕様が要求される。写真一のような密閉筐体を必要とする一方、屋外高温下での正常動作も要求されるため各種部品の選択からその基板実装、筐体への組付け方法などあらゆる点において、一般的なIT/通信機器の開発に比べて設計面での工夫が必要となった。



写真一 CAN/無線LANブリッジ筐体外観(サイレックス・テクノロジー製 CBR-100AC)

## 2. CAN/無線LAN変換機能の開発

CANと無線LANの通信変換を効率的に行うにあたって最も課題になるのはそのデータサイズの違いである。図二に示す通り、CAN通信ではそのデータフレームサイズは13バイトとなっているが、無線LANの基本となるEthernet通信フレームは転送データによって異なるが最小46バイトから最大1,500バイトまでとCANフレームに比べ極めて大きなサイズとなっている。無線LAN通信ではこのEthernetフレームに無線LANのヘッダー情報が付与されて転送



図二 通信方式によるデータフレームサイズの違い

されるため、さらに大きなフレームで通信することとなる。

このフレームサイズの違いは、CAN 通信が最大 1 Mbps までの低速通信に最適化されている一方、Ethernet や無線 LAN 通信は数十～数 Gbps という高速通信に対応していることから生じている。各々のフレームサイズのまま通信変換を行うと「大きなパケット (Ethernet/無線 LAN フレーム) で少量の水 (CAN フレーム) を運ぶ」形となり、極めて効率の悪い通信となってしまう。また小さなデータフレームを連続して変換し通信させることは CAN/無線ブリッジ端末内の SoC (System On Chip) に連続的負荷を与えるため処理負荷の変動や機能拡張に弱く、また密閉筐体内の発熱・放熱に悪影響が生じる。この課題に対処するため CAN/無線変換時に CAN フレームを Ethernet や無線 LAN 通信フレームサイズに適したレベルまでバッファリングしてまとめて転送することで、より効率的な通信を実現することができた。本方式による通信イメージは図-3 の通りであるが、単純に CAN フレームを大量にバッファリングしただけでは無線干渉や遠距離通信時のデータ再送信時の通信効率が落ちることもあるため、最適なバッファリングサイズは実利用環境での評価を踏まえて決定した。また、本バッファリング方式を実現することで通常の

CAN/無線 LAN 変換で課題となっていた SoC の発熱も抑えることができ、防塵・防水密閉筐体での運用にも目途を付けることができた。

### 3. 実運用評価のフィードバックと機能追加

#### (1) UDP 通信機能の実装

本製品は回り込み特性の強い 2.4 GHz 帯の無線 LAN を利用するが、図-4 のように車両操縦席内での取り付け場所やアーム・パケットの位置によっては遮蔽物により無線通信が弱くなる。また 2.4 GHz 帯無線を使うリモコンや、住宅街に近い工事現場などでの作業では一般家庭の無線 LAN アクセスポイントが出す無線に干渉を受けるため、図-5 にみられるような通信再送が多発する場合がある。

他方、リアルタイムで車両・作業機の稼働監視を行うにあたっては、稼働データの『完全性』が必要となる異常監視アプリケーションと、『データの完全性より通信の低遅延性・連続性』を重視する稼働傾向監視アプリケーションが存在する。当初、本製品の CAN/無線 LAN 変換では TCP (Transmission Control Protocol) 通信方式のみを採用し、本方式がサポートする再送機能により CAN データの完全性を担保していた。しかしながら本方式では遮蔽物や無線干渉による再送が多



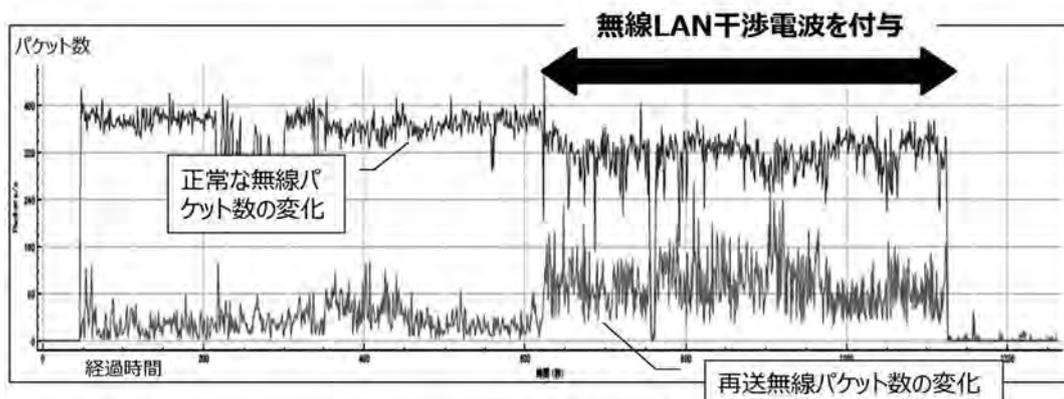
図-3 CAN/無線 LAN 変換におけるバッファリング通信方式イメージ



図-4 産業用車両内への端末設置とその無線通信傾向の例

### ●無線LAN通信中に干渉電波を与えた際の再送信数変化(2.4GHz帯利用時)

干渉電波により顕著に再送信数が上昇し、それに伴い正常無線パケットの受信数も減少する



図一五 無線 LAN 干渉試験による再送信数の変化



図一六 Windows OS の省電力通信機能の制御 (サンプルアプリケーション例)

発する環境では送信待ちデータが本ブリッジ端末内で増加し続け、再送トライ毎にデータが増大するのでさらに再送待ち確率が増大するという悪循環が発生した。これでは『データの完全性より通信の高速性・連続性』を重視する稼働傾向監視アプリケーションでは不要な待ち時間が発生してしまうため、UDP (User Datagram Protocol) 通信方式を追加で実装した。本方式の利用時はある程度のデータパケットロス許容する必要があるが、無線通信環境の悪化・再送による通信パフォーマンスの劣化を避けたアプリケーション利用が可能となった。なお、UDP 利用時のデータパケットロス率は無線干渉の程度により変化するが 0.001%～約 15%の幅で発生を確認している。

#### (2) パソコン・タブレット PC アプリケーションの無線 LAN 通信サポート

CAN/無線ブリッジが無線 LAN で CAN データを

転送するにあたって、その通信相手となる端末は市販のモバイル通信端末となる。これらの端末では稼働時間延長のため、データ通信に空きが生じるとすぐに省電力通信モードに入るといった細かな通信・電源処理が OS (Operating System) で実行されている。このような処理は CAN 通信のような小さなデータを連続して安定通信させるには不向きで、モバイル通信端末側で動作する稼働監視アプリケーションの利用中は常に省電力通信モードを解除しておく必要がある。一方、モバイル通信端末のユーザーが利用できる設定項目ではこのような設定を細かく指定することは困難なため、モバイル通信端末アプリケーション開発用に提供される CAN/無線 LAN 通信ライブラリプログラムに、図一六にみられるような Windows OS の省電力通信機能を直接制御する機能を追加することで安定通信を実現できた。

#### 4. おわりに

CAN／無線ブリッジの開発は必要な各ハード・ソフト機能部品を組み合わせることからスタートしたが、運用現場で十分利用可能な製品にするためにはそれら部品のすり合わせ・調整が不可欠であった。第1世代となるCDS-2150では運用現場への投入前後でこれらのすり合わせを行い、最終的に複数の産業用車両メーカーで採用頂けることとなった。一方、CAN／無線LAN変換で処理できるFPS（Frame Per Second:1秒あたりのデータフレーム数）能力や、CANデータフレームへのタイムスタンプ解像度、通信負荷増大時のデータ転送遅延、ブリッジ端末内に蓄積されるCANログサイズの拡張に課題を残していた。

第2世代製品となるCBR-100ACでは本稿で述べたCAN／無線ブリッジの開発成果を活かしつつ、内蔵SoCやOSおよびCAN・無線LANドライバソフトウェアを一新することで、第1世代製品で残っていた前述の課題を大きく改善することができた。無線LAN規格においては2019年に策定されたWi-Fi6と呼ばれる

IEEE802.11axの普及が今後見込まれている。本規格では「複数無線LAN端末の同時安定接続」や「無線混雑・干渉下での通信遅延の改善」対応が盛り込まれている。さらにWi-Fi6E規格では無線干渉が発生しにくい6GHz帯の利用が可能になる。現在6GHz帯を使った無線LAN利用では米国が先行しているが、日本国内でも2021年から2022年にかけて利用解禁が見込まれている。将来的にはこれら新規格を活用し、本製品をどこでも・いつでも・安定して使えるよう改善し、産業車両のさらなる高効率利用に役立てていきたい。

JCMA

#### 【筆者紹介】

山崎 泰（やまざき やすし）  
サイレックス・テクノロジー(株)  
グローバルマーケティングセンター 製品戦略室  
プロダクトマーケティングマネージャー



ずいそう

## イタリア駐在の思い出

濱田 知秀



### 1. はじめに

2015年4月から2018年3月までの3年間、イタリア北部のエステという町にある、Komatsu Italia Manufacturing（以下KIM）に、技術部長として赴任しました。以前、2003年から3年半の英国赴任に続き、2度目の欧州赴任でした。私の新婚旅行先であったイタリアに、思いもよらず、しかも家族帯同で赴任し、仕事もプライベートも素晴らしい経験をさせていただきましたので、その一部を記したいと思います。

### 2. イタリアでの仕事

KIMでは、1.4tから17tまでのミニショベルと油圧ショベル(PC)、9tと12tのホイールショベル(PW)、バックホーローダ(WB)及びスキッドステアローダ(SK)を製造しています。私の主な業務は、日本で開発した新型ミニショベルの欧州導入、欧州専用機PC80MRの開発、WB93/97の開発をはじめ、欧州各地からの要望対応、品質改善や原価改善などで、その多くをイタリア人技術者と共に担当しました。赴任以前は、「イタリア人はいい加減で責任感がないのだろうな」という漠然とした想像をしていましたが、実際に仕事をしてみると全くそんなことは無く、むしろ非常に真面目に業務に取り組んでくれました。聞くところによると、イタリア北部の人は南部と違い、働き者だそうです。考えてみれば、フィアット（トリノ）やフェラーリ（モデナ）など、イタリアの有名企業の多くは北部でしたね。

印象に残った仕事は、ある緊急性のある機種開発プロジェクトでした。イタリア人だけの設計者では手が足りないため、他地域から応援をもらって進めることにしました。その人員は、イタリア、日本、ロシア、インド、ドイツ、イギリスの6か国から集結して実行されましたが、恐らくコマツ史上、これだけ多様性に富んだ人員の組み合わせで機種開発したのは初めてだったと思います。欧州人は、夫々自国が一番だという思いが強く、プライドも高いとそれまで感じていましたが、このプロジェクトでは、皆が一つの目標に向

かい、団結することができました。これは私自身にとっても、チーム員にとっても、とても良い経験となりました。

また、赴任中、多くの現場に足を運び、実際に自分の目で見て、お客様の声を聴きました。

イタリア国内でミニショベルが使われているような現場は、日本よりもバケットのバリエーションが多いこと、クイックカプラの装着率が多いこと以外に、仕事自体の差はあまり無い印象でしたが、ドイツではチルトバケットの装着率が非常に高く、また北欧ではチルトローテータを装着し、また情報化施工が日本よりも格段に進んでいて、現場の効率化に非常に力を入れていることが良く分かりました。一言で「欧州ってどんな使われ方なの？」と聞かれても、東西南北の各国で現場の考え方や建機の使われ方が異なるので、夫々柔軟に対応する必要があることを強く感じました。

### 3. イタリアについて

私が住んでいたのは、ヴェネツィアから車で30分程のヴェネト州のパドヴァという歴史ある街で、ジョットのフレスコ画で有名なスクロヴェーニ礼拝堂のすぐ近くでした。イタリアには多くの魅力がありますが、私が思うイタリアの三大魅力は、「天気が良い、食事が美味しい、人が明るい」です。イタリアは、昔、社会科の授業で習ったいわゆる地中海性気候で、とにかく天気の良い日が多く、雨の多い北陸の石川県から赴任した私にとって、そこは天国のような土地でした。イタリアと言えば、まずはパスタやピッツァを思い浮かべますが、日本同様、周囲を海に囲まれているため、新鮮な魚が毎日のように手に入るばかりでなく、肉類や乳製品も充実していて、生ハムやチーズはイタリア人にとって、毎日の食卓には欠かせないものです。日本人にとってそれらは高級食材ですが、当然、現地では安価でしかもそのレベルが高い。美味くないはずはありませんよね。また、いたる所にブドウ畑が広がっていて、そのブドウ自体が美味いだけでなく、ワインも絶品です。私はヴェネト州の特産である白の発泡酒「プロセッコ」が大好きで、いつも食前、食中にはこ

れを欠かさず飲んでいました。人なつっこい人柄も非常に好印象です。現地社員と出張の際、見知らぬ人と居合わせた時など、以前から友達だったかのように、すぐに仲良くなっていてびっくりします。もっとも、南部の人の方がもっとその傾向が強いようですが。

その他にも色々と楽しみ方があります。ローマ時代から続く長い歴史を感じさせる街並みは、どんなに小さな町にも残っていますし、その町にある小さな商店の一つ一つがとても元気なのに驚きます。日本の地方にあるシャッター街は、その仕組みを見習わなければなりません。アルプス南部のドロミテ地方のように、豊かな自然の中でのハイキング、サイクリング、スキーはとても気持ちの良いものです。スキー後の昼食のために入った山小屋でピッツァを注文すると、寝かせていた生地を伸ばし、ソースをぬり、トッピングをした上で、窯で焼きあげる本格ピッツァでした。標高2000mを超えるこの場所でも、味に妥協を許さないイタリア人のこだわりには驚きました。

そんなイタリアですが、良い所だけではありません。私が唯一残念なところだと思うのは、治安の悪さです。家族は赴任早々、車上荒らしに合ってパスポートやクレジットカードを取られたし、ミラノの地下鉄ではよくスリと出くわしました。犯罪者は、ほぼイタリア以外から渡ってきた人たちのようです。日本と違い陸続きのため、北アフリカや東欧からの移民が多いことが原因で、政府としても一番の悩み所のようなのです。住民も旅行者もこれには常に気を付けなければいけませんでした。

以上、イタリアでは仕事でもプライベートでも充実した日々を過ごさせていただき、家族共々、すばらしい思い出を作ることができました。サポートいただいた多くの関係者の皆様に感謝しています。これを読まれた方も、機会があれば是非イタリアを訪れてみてください。

—はまだ ともひで コマツ 商品企画本部 商品企画室—



ずいそう

# 趣味紹介！！ “シニアライフを釣りと全国温泉巡り”



藤目正敏

## 1. はじめに自己紹介

私、<sup>ふじめ</sup>藤目のルーツは、香川県三豊郡豊中町（現：香川県三豊市豊中町）で、昭和28年1月に生まれました。初対面の方からは、珍しい名字ですねと言われ、スマホアプリの「名字由来 net」では全国名字の多さの順位9,430位、全国人数810人だそうです。

最後の役所勤めは、平成25年に国土交通省近畿地方整備局企画部技術調査課長を5年間務め定年退職しました。その後、近畿建設協会・近畿地域づくりセンターに再就職し、平成28年に退職して組織から解放され”自遊人”としてシニアライフを満喫しています。

## 2. 趣味紹介

### 趣味1. [バイクツーリング]

振り返れば51歳の時に“男カワサキ W650”を購入して、バイクにテント・寝袋・食器等を積み込み、ソロツーリングで全国の山奥の秘湯を巡り、10年間で地球2周を超える距離を走破しました。当時は現職でしたので、職場の皆様にご了解を得て5月の連休や夏季休暇を利用して、入ったことのない秘湯を求め金曜日に仕事を終えてから出発して、約3,000kmのツーリングを楽しみました。

大型バイクの魅力は、アクセルを開けるとGを感

じる加速と、山岳のワインディングロードもストレスなく、車体を傾けて風を切り新鮮な空気や臭いを感じながら走る爽快さは、車では感じることはできないものでした。

また年に数回、職場の機械職や土木職のバイク仲間との日帰りツーリングは、今では楽しい思い出となっています。

定年退職後は、何回かソロツーリングに出かけましたが、だんだんと200kgを超える車体の重さと、雨の中のカッパ、そしてテント設営などを負担に感じだしバイクを手放し、車での車中泊旅に切り替えました。

### 趣味2. [釣り]

子供の頃は、香川県の田舎に住んでいましたので、学校を終えるとミミズを掘り近くの川での魚釣りに夢中でした。

役所勤めでは16回の転勤と転居を10回する中で、色々な釣りにチャレンジしました。福井県の真名川ダムではアユの友釣りやイワナ・ヤマメ・アマゴの溪流釣り、兵庫県豊岡と京都府福知山では日本海沿いの磯で、ヒラメ・カツオ・アジ釣り、本四公団第二建設局（岡山）時代はチヌ・メバル・サヨリ等の五目釣りを楽しみ、転勤の度に釣り道具が増えていきました。

現在は、阪神淡路大震災時に住んでいた明石の官舎が半壊状態で住めなくなり、市内の海の近くに持ち家を確保し住むこととなりました。明石に居を構えてから、近所の方から船釣りの誘いがあり、仕立て船での船釣りデビューをしました。船釣りでは丘からは釣れないとても大きな魚が数多く釣れ、釣りの幅が広がりました。釣りは魚との真剣勝負ですので、つり針・ハリスを選び仕掛けを自分で作ることで、釣りに行く前から楽しみ、結果大漁となれば尚良しです。

毎年船釣りでは、春はガシラ（カサゴ）・タコ、夏はタコ・太刀魚・ベラ、秋はハマチ、冬はメバル釣り等で毎月1回の釣りを楽しんでいます。

昨年9月にハマチ狙いで、写真-2のブリが釣れ人生初大物の醍醐味を味わうことができました。船釣りは、家から自転車で5分の漁港から出港し、体力もいらずもう少し楽しめる趣味の一つです。



写真-1 青森県下北半島大間崎にて



写真一 船釣りでブリを釣り上げた!

### 趣味 3. [車での全国温泉巡り]

#### (1) 旅の足・SUBARU 車

私は、昔から戦闘機づくりをルーツに持つ、SUBARU 車が好きで『スバリスト』として、レガシー・アウトバック・フォレスターとスバル車ばかり乗り継いできました。冬の東北温泉・湯治旅に出掛けますが、スバルの AWD はスタッドレスタイヤさえ履いていれば、安心して走ることができタイヤチェーンはいりません。後席を倒して車中泊も可能で、旅の足として頼もしい相棒です。運転免許証の返納まであと何年残されているかわかりませんが、これからも安全運転で楽しい温泉旅が続けられたら幸せです。

#### (2) 旅の情報源

旅での情報源は、秘湯温泉に浸かりながら温泉談義をしたり、道の駅で出会った方とのコミュニケーションによるところが多いです。

今は、新型コロナでできませんが、早く終息することを願っています。

北海道で出会った方からは、宿に泊まるなら「とほ宿」が良いよ!また、雑誌「HO」を買うと無料の温泉が付いてくるよ!と教わりさっそく道内で2冊の本を購入して旅を楽しみました。「とほ宿」は一泊二食付きで5,000円位で、食事は家庭料理程度ですがオーナーは旅好きの方が多く、夕食前に近くの温泉に連れて行ってくれ、食後は全国各地から来ている方とのミーティングの場をセッティングしてくれたり、温泉旅館やホテルでは味わうことのできない宿です。私が北海道の定宿としているのは、「ニセコ旅物語」と「さ

ろまにあん」です。一度泊まってみることをお勧めします!

今、旅に出掛けるときに持っていく本は、『「まっとうな温泉」東と西日本編』発行:南々社で無期限の無料入浴券が100軒程付いています。『温泉博士』発行:マガジン倶楽部は1カ月有効の無料入浴券付きです。グルメ本は『日本全国百年食堂』発行:講談社、『日本全国B級グルメ』発行:えい出版社が役立っています。

#### (3) 特に好きな温泉

北海道に行くとき必ず立ち寄るのが帯広市の「天然温泉アサヒ湯」銭湯です。植物由来の有機物を含む“モール泉”で体中気泡に包まれ、ツルツルになりとても気に入っています。加えて秋田県乳頭温泉郷にある鶴の湯温泉の露天風呂も気に入っています。



写真一 秋田県乳頭温泉郷にある鶴の湯温泉にて

湯治宿では秋田県八幡平の「後生掛温泉」です。湯治部のオンドル部屋は、床下に温泉蒸気を通しその地熱で湯治効果を高め、真冬でも館内はTシャツ一枚で過ごせます。ベストシーズンは1月・2月の真冬がお勧めです。

後は、郡司勇さんの「秘湯、珍湯、怪湯を行く!」発行:角川書店に紹介されている、奇跡の名湯「足元湧出温泉」全国でも20~30ヶ所程度しかなく、源泉に直接入浴できる、大変貴重な温泉に入るのが好きです。

最後のページに、私が自ら入浴し好きな温泉を紹介していますので、温泉に興味を持って頂いた方は、参考にして貰えれば幸いです。

#### (4) テーマを決めて旅を楽しむ

最近では、旅の計画をするときに「温泉+〇〇テーマの旅」として出掛ける前から旅を楽しんでいます。



写真-4 小松基地のブルーインパルス

#### テーマ①：自衛隊基地見学

日本の自衛隊，陸上・海上・航空自衛隊基地は無料で見学ができ，様々なイベントも実施しています。私が一番感動したのは，石川県航空自衛隊小松基地の航空祭で見た，ブルーインパルスのアクロバット飛行です。物凄い爆音と，大空で展開する驚異の演技は素晴らしかったです。

その他，鹿児島県の「知覧特攻平和会館」は有名ですが，「海上自衛隊 鹿屋航空基地」にも特別攻撃隊にまつわる遺品や零戦の実機が展示されており，特攻隊員の遺書を読み涙しました。

#### テーマ②：自動車工場等の見学

日本の自動車産業の，トヨタ・スズキ・ホンダ・ヤマハ・カワサキの各工場等の見学に行きましたが，さすがと思ったのは名古屋駅近くの日本のトップ企業の「トヨタ産業技術記念館」です。65才以上は無料（昨

年10月から300円）で入館でき，広いスペースにトヨタ発祥の織機やトヨタ車の歴史を見ることができ素晴らしい施設だと思いました。

その他のテーマ：昨年は，果物産地巡りを楽しみましたし，これからB級グルメ・百年食堂・桜・紅葉・名水旅など，出掛ける前から小さな夢がふくらみ楽しんでいます。

### 3. おわりに

私も後2年で古希を迎え，「竹内まりや」さんの歌の歌詞『満開の桜や色づく山の紅葉をこの先いつか何度見ることになるだろ』『いつかは誰でもこの星にさよならをする時が来る』の，ように何時さよならするか分かりませんが，その時が来るまで健康寿命を保ち，一年一年旅を続けられたらと思っています。

#### 私の好きな温泉

- (1) 炭酸泉：大分県竹田市「七里田温泉下湯」，「長湯ラムネ温泉館」，山梨県韮崎市「韮崎旭温泉」
- (2) アルカリ泉：岡山県真庭市「真賀温泉真賀温泉館・幕湯」
- (3) ナトリウム泉：和歌山県田辺市「龍神温泉元湯」
- (4) 酸性泉：青森市「酸ヶ湯温泉」，群馬県吾妻郡「万座温泉日進館」
- (5) 露天風呂：岡山県真庭市「湯原温泉砂湯」
- (6) 歴史の宿：長野県「渋温泉金具屋」，群馬県吾妻郡「四万温泉積善館」
- (7) 湯治宿：岩手県北上市「夏油温泉元湯夏油」

## 「令和2年度 建設施工と建設機械シンポジウム」開催報告

—優秀論文賞3編・論文賞3編・優秀ポスター賞3編を表彰—

### 企画部

一般社団法人日本建設機械施工協会主催による「令和2年度 建設施工と建設機械シンポジウム」が、令和2年12月2日（水）、3日（木）の2日間にわたり、東京都港区の機械振興会館において開催されました。このシンポジウムは、「建設機械と施工方法」に関する技術の向上を目的に、技術開発、研究成果の発表の場として昭和50年より開催しています。今回で46回目の開催になり、産学官あるいは異業種間の交流連携の場にもなっています。

今年度は、新型コロナウイルス感染拡大の徹底した防止をふまえて、次の3つの方針のもとで行いました。

- ①論文発表では、従来の会場での口頭発表方式に加えて、遠隔会議システム Zoom ウェビナーを利用したオンライン発表方式を併用。
- ②特別講演、パネルディスカッション、表彰式等の実施を見送り。
- ③十分な感染防止対策を実施（マスク着用、入場前の検温、手指のこまめなアルコール消毒、飛沫拡散防止のための発表席・座長席でのアクリルパーティションの設置、座席数の低減による適正間隔の確保、会場扉の常時開放による換気量の強化、マイク等の頻繁なアルコール消毒、通路の一方通行化や歩行路と説明用ゾーンの区分けによる密の回避、等）。

国交省が推進する i-Construction 工事の一層の拡大普及により、適用事例の論文発表が増えるとともに、建設改革に繋がる新しい技術シーズに関する論文発表も散見され、聴講者の関心が集まりました。建設業界のみならず、メーカー特に情報機器関連事業の企業などからの参加も見受けられ、建設関係団体や学生の皆さん含めて参加者数は、会場参加者が211名、リモート参加者が403名となりました。

シンポジウムは、当協会の田崎会長による開会挨拶の後、2日間にわたって論文発表とポスターセッション発表が活発に行われ、最後にシンポジウム実行委員会の建山委員長（立命館大学理工学部教授）の閉会挨拶をもって滞りなく終了いたしました。

論文は、以下の6分野、「災害、防災、復旧・復興」、

「品質確保、生産性向上」、 「環境調査・保全、省エネルギー対策」、 「安全対策、事故防止」、 「維持・管理・補修」、 「建設改革に繋がる技術シーズ」について広く募集しました。

また、ポスターセッション発表においては論文と同様の6分野に加えて、さらに「新技術、新製品」、「有用性の高い成果」、「関心の高い課題」などに該当することを条件に募集しました。アブストラクトによる事前審査を経て、46編の論文、12編のポスターセッションの発表をお願いいたしましたが、これは直近5年間では最も多い発表件数となりました。

開会式では、田崎会長から、コロナ禍の影響により応募や参加が少なくなるのではないかと懸念していたが、会場参加者100名超、オンライン参加者400名超、という多くの参加をいただいたことに感謝を申しあげること、また例年は「建設改革」の分野に関する応募は少なかったが今年度は7編の応募があり、さらに他分野の論文でも建設改革に該当する論文が幾つか見受けられたことから、建設の分野では改革は必要・必須であるとの認識が広がっていること、発表においては異業種の連名によるものや発注者と企業との連名による論文が増えており、様々な分野が融合している印象を受け、熱い議論が交わされるものと期待される、との挨拶がなされました。



写真-1 開会挨拶（（一社）日本建設機械施工協会 田崎会長）

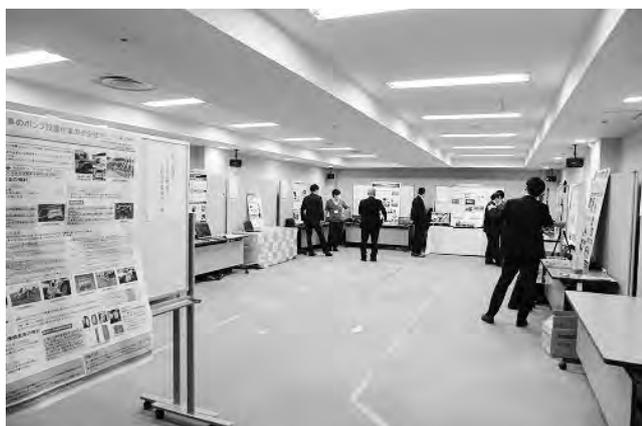
シンポジウム当日は、6分野について2会場で論文発表、1会場でポスターセッションの発表を行い、多数の参加者によって熱心な聴講と質疑応答が会場内およびオンラインを通して行われました。論文発表では実行委員会による事前の1次選考で厳正に査読・審査され、更に当日の発表内容を審査する2次審査の結果、優秀論文賞3編、論文賞3編、またポスターセッション発表では3編の優秀ポスター賞が決定し、授与されました。



写真一2 論文発表会場の様子



写真一3 論文発表者の発表状況



写真一4 ポスターセッション会場の様子

閉会の挨拶では、建山委員長から、当初は開催するかどうか難しい決断を迫られたが、いざ募集をしてみると論文46編、ポスター12編という多くの応募をいただいたことにあらためて感謝を申し上げたい、田崎会長の開会挨拶でも述べられていたように、発表論文内容の傾向から建設改革に関する意識が高まっていること、および安全・事故防止に関する発表件数も多かったことからIT・ICT等の先進技術を活用して事故を減少させようとする試みが増加していることが認められた、発表形式は対面発表とオンライン発表の併用を採用したが、今後の新しい形式として一つの有力な方法ではないか、とのご意見を頂戴しました。



写真一5 閉会挨拶（シンポジウム実行委員会 建山委員長）

#### ◆優秀論文賞3編◆

##### ■「土工の出来高算出における動画を使う写真測量の精度確認手法と撮影条件」

○金森宗一郎、小塚清  
（国交省 国土技術総合政策研究所）  
森川博邦（（国研）土木研究所）

3次元データを簡便に実現場への適用を可能とした新規手法の提案であり、実用性が高くICT技術の普及、生産性向上に有用な研究であることと、理論的な視点での検証結果が明確に示されているとともに、発表・説明・質疑応答が分かりやすかった点が評価されました。

##### ■「水路トンネル調査ロボットの開発—自律飛行可能な飛行船型ロボットによる水路トンネル調査の適用性確認—」

○松浦誠司、原田耕司（西松建設㈱）  
山本郁夫（長崎大学）

水路トンネル調査における飛行船採用はユニークであり、災害時調査の安全面、作業効率から有用な技術であること、技術的な対応・検証が適切にまとめられ

ていること、今後の適用範囲拡大や性能向上が期待されること、明快な質疑応答であったことが評価されました。

■「AIを用いて映像中の建設機械を自動的に検出するシステムの開発」

○早川健太郎（安藤ハザマ）  
増田裕正，寺原勲（富士ソフト）

土工現場の管理におけるAIの活用事例であり、運用結果と課題が明確に整理された新規性、完成度の高い内容であることから今後の実用上の有効利用が望まれる、として評価されました。

◆論文賞3編◆

■「ICT技術を用いた人と重機の接触災害リスク低減システムの開発—人と重機の協調安全—」

○奥田悠太，藤井暁也，佐藤有（清水建設(株)）

Safty2.0という安全に対する新しい考え方の導入に関して具体例をふまえて良くまとめられており、現場運用体制の確立についても検討がなされている、として評価されました。

■「重機搭載レーザー計測システム（トンネル版）の開発—ICT技術を使ったインバート掘削の出来形計測検証—」

○中村多聞，浅沼廉樹（株フジタ）  
浮田真樹（ジオサーフCS(株)）

センサーを多用し高精度で現況の計測を可能とすることにより、施工の生産性、安全性の向上、省力化に寄与する技術である、として評価されました。

■「高温域における煙突補修装置の開発—高温域煙突内部吹付装置—」

○城井光雄（株奥村組）  
丸山宣男，小林淳二（日本製鉄(株)）

ユニークな施工方法であり、装置開発から大掛かりな実証実験をふまえての有用な研究であることから、今後の実用化が期待されると評価されました。

◆優秀ポスター賞3編◆

■「地上写真測量（動画撮影型）を用いた土工の出来形算出要領（案）に対応—「Solution Linkage Survey」による現場計測—」

○田中一博（日立建機(株)）

現場映像の新しい使い方。高価な機器を使用しなくても簡便に出来形計測ができる点は実用性が高いと評価されました。

■「現場の清掃作業をロボットと協働—自動清掃車「e-madillo」—」

○佐藤芳和，山口秀樹（西尾レントオール(株)）  
屋外清掃作業におけるロボット技術の導入事例で、広く活用が期待される、として評価されました。

■「現場第一主義が生み出す「生きた技術」

—『TITRC 土木 ICT ソリューションシステム』  
クラウドによる土木事業全体の一括集中管理—

○山口孝人，野中浩平，村上四季  
（タイトレック(株)）

ICT導入による建設現場の総合的なマネジメントシステム開発の一環で、見える化は現場レベルの作業には有用な技術である、と評価されました。

◇事務局から

今回のシンポジウムは、新型コロナウイルス感染症の拡大防止をふまえて、構成を一部変更し開催しました。すなわち、論文発表は会場開催とWeb開催の併用、特別講演・パネルディスカッション・表彰式の実施を見送り、論文およびポスター発表会場ではコロナ感染防止対策の徹底、等を主な柱として行いました。特にWeb開催は事務局としては初めての試みであり、不手際や至らない点が少なからずあったにも関わらず、2日間で会場出席者：延べ211名、Web視聴者：延べ403名という多くの皆様にご参加いただきました。

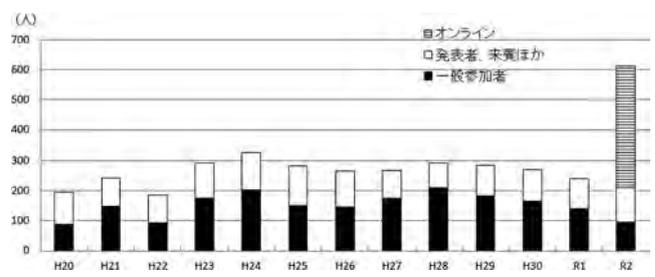


図-1 近年の参加者の推移

業務繁忙の中、論文やポスターを作成し、ご発表いただきました皆様、開催にあたりいろいろとお骨折りをいただきましたシンポジウム実行委員会の委員の方々、運営をお手伝いいただきました皆様、等多くの皆様のご支援・ご協力を賜りました結果、お陰様で無事にシンポジウムを終了することができました。

来年度も多くの皆様にご参加いただくことを祈願して、ここにあらためて深く感謝の意を申し上げます。

## ICT 活用工事の推進に向けた 地方自治体 ICT 導入支援と国土交通省の取り組み

小川 涼

### 1. はじめに

国土交通省では、生産性の向上を目的として「ICT 活用工事」を推進している。直轄工事のような規模の大きい現場では、ICT 活用により生産性が向上する例が見受けられる。しかし、各自治体における工事では規模が小さく、ICT 活用による効率化を図ることが難しい場合がある。中小規模の現場において効率化を図るには、ICT 活用の工夫だけでなく自治体の各現場にあった環境整備も必要である。昨今では各自治体で独自の ICT 活用工事の実施方針が取り決められ、普及促進がなされている。

本報告では、国土交通省事業支援業務による現場支援事例をもとに自治体での ICT 活用工事のポイントを整理するとともに、各自治体の ICT 活用工事の実施方針の現状について述べる。

### 2. 支援業務概要

#### (1) 支援対象現場

国土交通省事業支援業務では自治体発注工事を対象に、現場支援型モデル事業を実施した。令和元年度は 9 現場を対象とした（図—1 参照）。



図—1 支援対象現場

#### (2) 支援内容

国土交通省事業支援業務では、中小規模の現場において ICT 活用工事未経験社への ICT 活用方法のノウハウの蓄積、ICT 活用工事の積極的発注、ICT 活用工事の 5 つのプロセス全てに ICT の導入が難しい場合に、一部プロセスにおいて効率化を図る検討を行うこと等を目標とした。具体的な支援内容として、以下を実施した。

##### ① 施工計画段階における企画提案

施工計画段階および施工当初において、ICT を活用し効率化を図れるような施工計画の立案や、ICT 機器の活用方法の指導、計画上の ICT 適用範囲についてのアドバイス等を行った。

##### ② 支援協議会参加

支援協議会に参加し、施工者の ICT の工夫や現場にあった ICT 機器の選択方法等の周知を行った。

##### ③ 見学会等支援

現場見学会や 3 次元データ作成講習会等を企画立案し、中小規模工事でも効率化を図るための活用方法の周知を行った。各自治体が開催し、招待された場合についても、会内容に関する打合せを行いより ICT 活用工事の普及促進が見込めるような構成になるよう検討を行った。

### 3. 支援事例紹介

現場支援型モデル事業のうち、ICT 活用工事の適用範囲を変更することで効率化を図った事例（北海道）と、3 次元設計データを施工以外のプロセスにおいても活用し効率化を図った事例（愛媛）を紹介する。

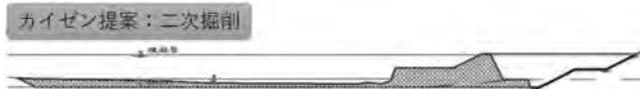
#### (1) 適用範囲の変更事例（北海道）

当該現場は一次掘削と二次掘削の施工箇所があり、当初計画では一次掘削部分において粗掘削から立面整形までの全てを ICT 施工で行う予定であった（図—2 参照 灰色部分が適用範囲）。

施工範囲の粗掘削に関しては、ICT 建機と従来建機のどちらを用いても施工効率に大きな差は生じない



図一2 当初計画図



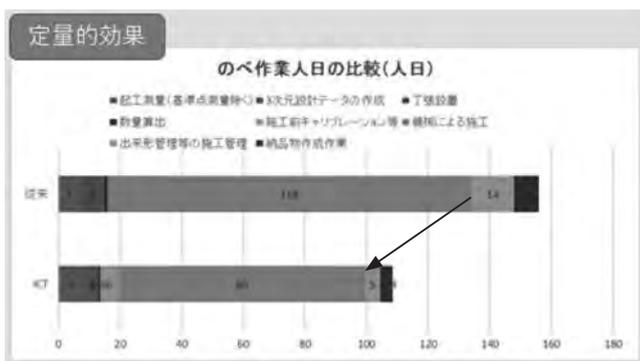
図一3 提案計画図

ため、粗掘削は従来建機で行い整形の場面のみ ICT 建機を借りて使用することでコストと施工日数を抑える形も考えられた。しかし、二次掘削には河川部の掘削も含まれていたため、適用範囲自体を変更し現場全体で ICT 建機を効率良く使用できるような環境を整える形を取った (図一3 参照 灰色部分が適用範囲)。

二次掘削において粗掘削が必要な部分は ICT 建機と従来建機を併用して施工を行うことで ICT 建機の稼働日数を調整してコストを抑えることができる。丁張設置についても 3次元設計データを用いることで効率化が図れるため、全てを ICT 建機で行うのではなく従来建機との併用を提案した。

以下は当該現場における従来工法との比較による定量的効果を示したグラフである (※ヒアリング値)。

機械施工の部分だけで約 30%、施工管理の部分では、約 50% 程度の削減ができていることがわかる (図一4 参照)。

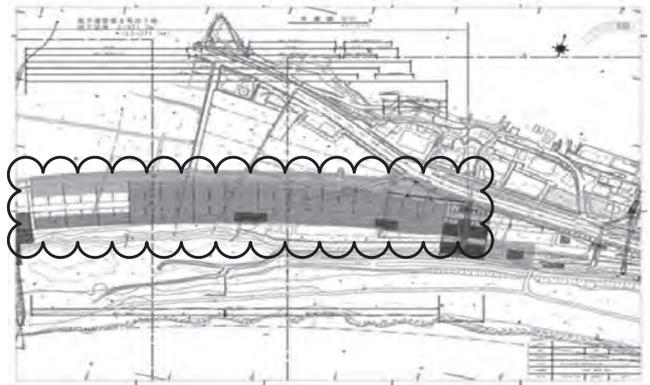


図一4 定量的効果図 (※ヒアリング値)

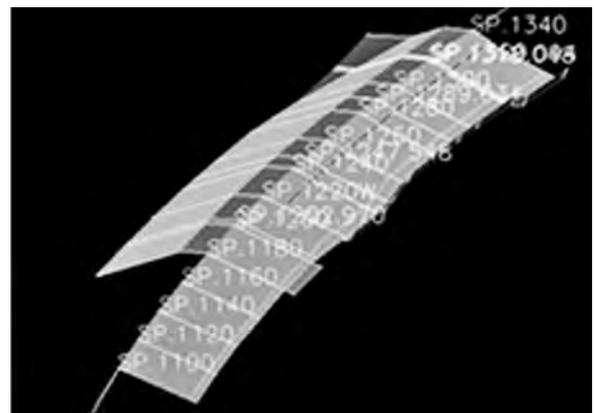
(2) 3次元設計データの活用事例 (愛媛)

当該現場は MG バックホウを導入していたが、ICT 施工適用範囲が築堤部の法面整形のみであり、施工の効率化が限定的であった。また、施工箇所が直線ではなく若干カーブしていたため、比較的多くの丁張を必要としていた (図一5 参照)。

適用範囲は築堤部の法面整形のみであったが、全体の 3次元設計データを作成していたため、丁張や適用



図一5 施工平面図



図一6 使用した 3次元設計データ

範囲以外の部分 (掘削工、護岸工等) についても 3次元設計データと MG バックホウを活用して施工の効率化を図った (図一6)。

以下は当該現場における定量的効果を示したグラフである (※ヒアリング値)。

機械施工の部分では約 50%、また、丁張設置の部分はほぼ無くなっている (図一7 参照)。



図一7 定量的効果図 (※ヒアリング値)

4. 各自治体の ICT 環境整備状況

ICT 活用工事の全プロセスにおいて ICT を用いることが必須とされていたが、ICT 活用工事の普及促進のための環境整備によって、現在では様々な実施方

針，形式が取られている。表一1～3は，ICT活用工事のプロセス一覧と国土交通省のICT土工における実施方針である。

表一1の①～⑤のプロセスにおいて，●は「ICTの活用が必須」，○は「ICTを活用するか選択可能」ということを表している。また，国土交通省では発注者指定型，施工者希望Ⅰ型，施工者希望Ⅱ型において全面活用が必須であることがわかる。しかし，施工者希望Ⅱ型には「加点が1点になるが①3次元起工測量と③ICT建機を用いた施工を必須としない，部分活用が認められているもの」も存在している。全面活用を行う必要がある発注形式でも③においては注釈にて「※砂防工事など施工現場の環境条件により，③ICT建設機械による施工が困難となる場合は，従来型建設機械による施工を実施してもICT活用工事とする」と規定されている。

地方自治体でも部分活用が認められている県は増えており，以下に一部抜粋を記載する。

表一1 ICT活用工事のプロセス一覧

① 3次元起工測量
② 3次元設計データ作成
③ ICT建設機械による施工
④ 3次元出来形管理等の施工管理
⑤ 3次元データの納品

表一2 国土交通省のICT土工における実施方針

	発注方式		土工					加点	減点
	指定型	希望型	①	②	③	④	⑤		
国土交通省	●		●	●	●※	●	●	2点	内容に応じ
		●(Ⅰ型)	●	●	●※	●	●	2点	3点
		●(Ⅱ型)	●	●	●※	●	●	2点	なし
		●(Ⅱ型)	○	●	○	●	●	1点	

表一3 地方自治体のICT土工における実施方針

	発注方式		土工					加点	減点
	指定型	希望型	①	②	③	④	⑤		
新潟県	●	●	●	●	●	●※	●	2点	
	●	●	×	●	●	×	×	2点	
三重県	●	●	●	●	●	●	●	2点	
	●	●	●	●	●	○	○	2点	なし
山口県		●	○	●	○	●	●	※	

表一3から，ICT部分活用には様々なバリエーションがあることがわかる。新潟県では②及び③でICT活用していれば，他のプロセスでの活用は問わずに2点加点となる。三重県では①・②・③で活用，山口県では，「※ICT施工技術の①～⑤の全てを実施した場合，創意工夫【施工】で2点を加点する。ICT施工技術のうち，必須項目(②・④・⑤)を実施した場合，創意工夫【施工】で1点を加点する」といったような活用に応じた加点数増減の形式を採用している。また，表一3はあくまで一部抜粋であり，各県ごとに多様なICT活用工事発注形態があることを留意したい。

### 5. おわりに

ICT活用工事では，本稿の「3. 支援事例紹介」及び「4. 各自治体のICT環境整備状況」より，どのプロセスでICTを活用すると効率化へ繋がるのか，全面活用を行う場合でもICTが活用しづらい箇所はないか，といったような入念な施工計画が重要である。

施工計画立案をなるべく効率化が図れるように行うためには，実施方針等でICT技術を活用しやすい環境整備が必要になる。

現状では，国土交通省・地方自治体においてICT技術が活用しやすく，普及促進の一助となるように実施方針が定まってきており，今後一層のICT活用工事普及拡大が期待されている。また，そういった環境整備を受けて，受発注者共にICT機器の使用法や特徴についての知識を深めることを第一とし，得た知見を基に，限られた現場条件の中でICT技術をどう活かせるか考えることこそが，ICT技術の活用促進・普及拡大のために今できることだと思われる。

JICMA

【筆者紹介】

小川 涼 (おがわ りょう)  
 (一社)日本建設機械施工協会  
 施工技術総合研究所  
 研究第三部 技術員



## 建設機械産業の現状と今後の予測

### 1. はじめに

当業界は、100年に一度と言われる世界同時不況となった2009年度から一転、2010年度にはV字回復した。2011年度も内需は震災復興の需要、外需は新興国、資源開発国向けの需要を中心に好調に推移した。2012年度は、内需は震災復興需要等で継続的に良かったものの、外需は世界的な景況の悪化から減少に転じた。2013年は震災復興の本格化、排ガス規制継続生産猶予期間終了前の旧規制機の需要増で再び2011年度並みに回復した。2014年度は国内に一部機種に反動減が見られたが、輸出が好調に推移し、2年連続で増加したものの、2015、2016年度は輸出が反動減となり、2年連続で減少となった。北米等の需要が好調であることから、2017、2018年度は輸出が再び大きく増加し、2年連続で増加したものの、2019年度は一転、全地域輸出が落ち込み、減少となった。

### 2. 建設機械産業の現状

経済産業省の機械動態統計から建設機械の生産金額の推移を見ていきたい（図-1参照）。

2012年度の総計は、1兆5,747億円で前年比約10%減少し、2005年度と同水準となった。2009年度は、総計が8,000億円を下回り、30数年前の生産金額と同水準まで落ち込んだが、2010年度、2011年度と、そこから大きく回復した。しかし、2012年度は、アジアを中心とした世界的な景況の悪化から一時的に減少に転じたものの、2013年度は、主力機械を中心に国内向けが大きく増加し、再び2011年度水準まで回復した。2014年度は、輸出を中心に続伸したものの、2015年、2016年度は資源開発国や中国向けが減少し、2年連続で減少した。2017、2018年度は再び輸出が大きく増加したものの、2019年は輸出が大きく落ち込んだ。

機種別の詳細は図-2の通り。

次に当工業会の自主統計である出荷金額統計で建設機械産業の現状を見ていきたい。

当工業会設立の1990年度から統計を開始した（図-3参照）。

2008年度のリーマン・ブラザーズ破綻を契機とした世界的な景況低迷により、内外需とも大幅に減少し、2009年度は、前年比43%の減少となった。

しかし、2010年に入ると旺盛な海外需要により、国内出荷は前年比14%増加、輸出が84%増加した。2011年度は、震災復興の需

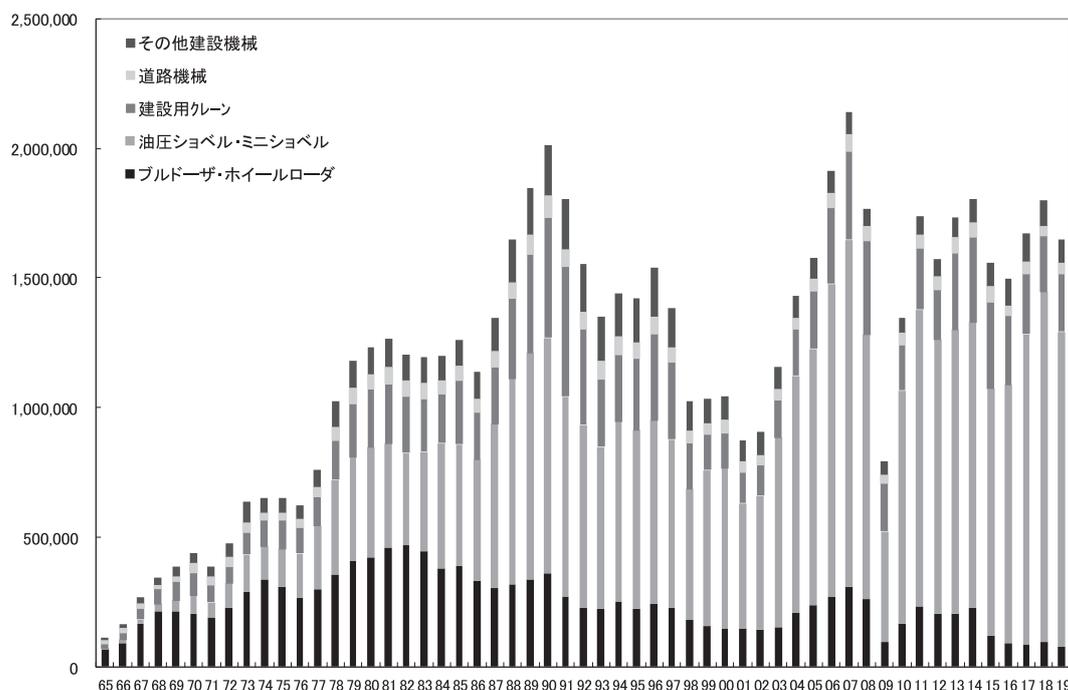
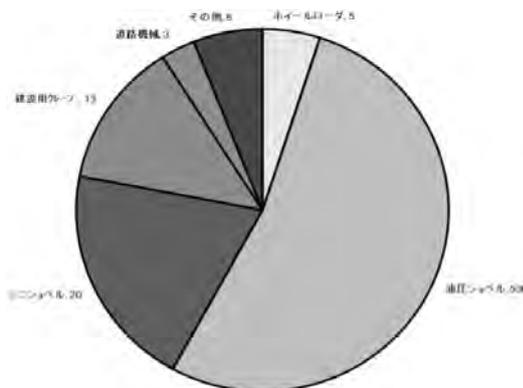


図-1 生産金額推移（総合計）

出典：経済産業省 機械動態統計



総額 16,502 億円  
 図一 2 機種別生産金額構成比  
 出典：経済産業省 機械動態統計

要等で国内出荷は同 34% 増加，輸出は同 17% 増加した。2012 年度は，震災復興の需要等の継続により国内出荷は同 18% 増加したものの，アジアを中心とした景気の悪化から，輸出は同 19% 減少した。2013 年度は，震災復興の本格化や排ガス規制継続生産猶予期間の終了前の旧規制機の需要増などにより，2011 年度水準まで戻った。2014 年度は，国内で一部機種に反動減が見られたものの，輸出が緩やかに回復し，続伸した。2015 年度は，国内の一部機種の反動減の継続，輸出も反動減となり，2016 年度もその傾向が続いた。2017，2018 年度は輸出が続伸し，過去最高の出荷額を記録した。2019 年度は輸出が落ち込んだ。

輸出比率は 2010 年に，最高の 75% を記録した（国内輸出比率は，当工業会が統計を取り始めた 1990 年度と真逆となった）ものの，2011 年度は 72%，2012 年度は 64%，2013 年度は 57% と減少してきている。これは上記の通り，震災復興や排ガス旧規制機の需要増により，国内に機械が多く出荷されたためである。ここ数年 50% 台で推移してきたが，再び輸出にドライブがかかり，2017 年度は 62%，2018 年度は 65% となった。2019 年度は輸出の落ち込みもあり 59% となった。

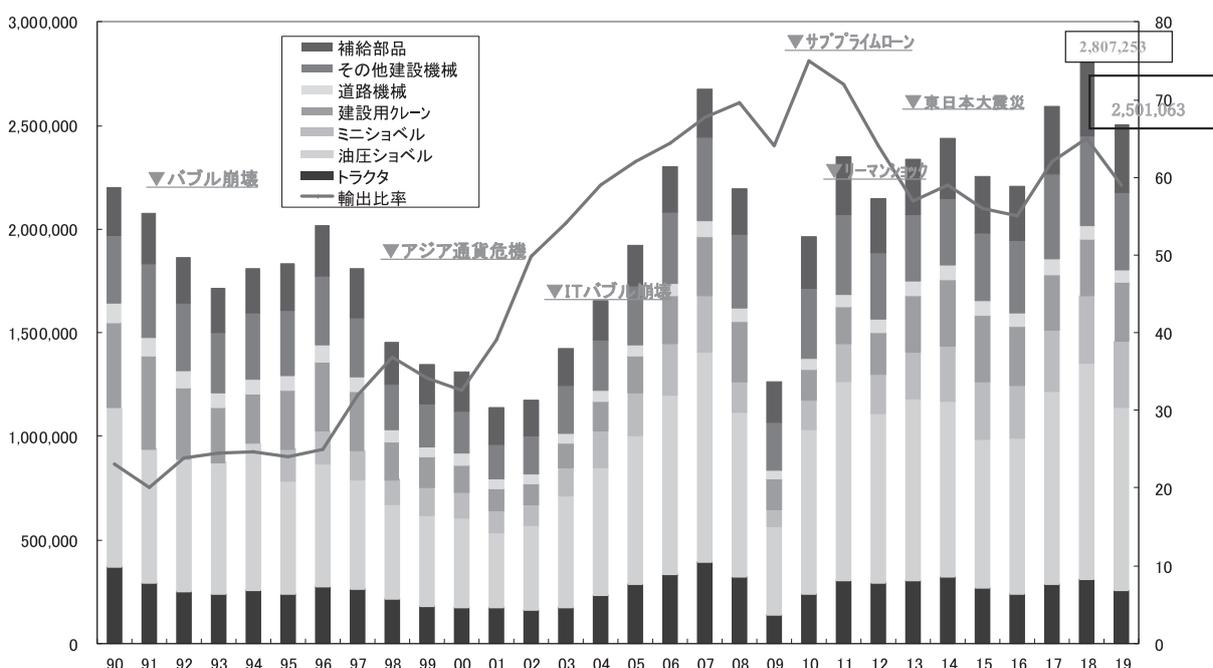
機種別出荷金額構成比は，代表的建設機械である油圧ショベルとミニショベルで 56%，これに主力機械である建設用クレーンとトラクタを足すと主力 4 機種で 8 割の構成比となっている（図一 4 参照）。

また，輸出先では，一時，不動産価格の下落や金融引き締め等の影響を大きく受け中国市場の比率が大きく下がったが，ここ数年 3% 程度で推移している。北米市場の需要が非常に好調，欧州市場も堅調に推移しており，この 2 地域で半分以上の構成比となっている（図一 5 参照）。

2019 年度は，最大輸出先の北米向けが 41% となり，欧州向けは 23%，アジア（中国を除く）向けは 12% と，3 大輸出先で 75% を超えた（図一 6 参照）。

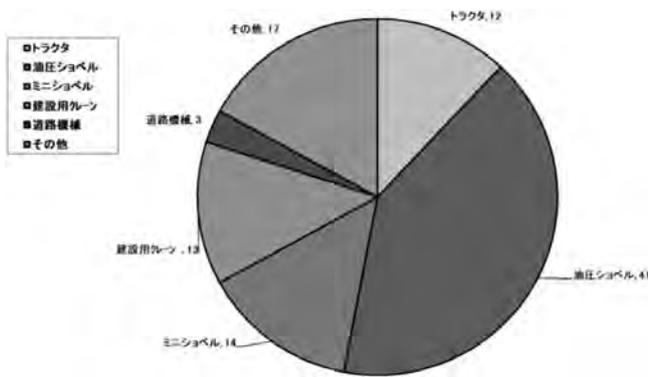
### 3. 今後の建設機械産業の展望

当工業会は 2020 年 8 月末に建設機械産業の 2020 ～ 2021 年度の補給部品を除いた建設機械本体ベースでの需要予測結果を発表した

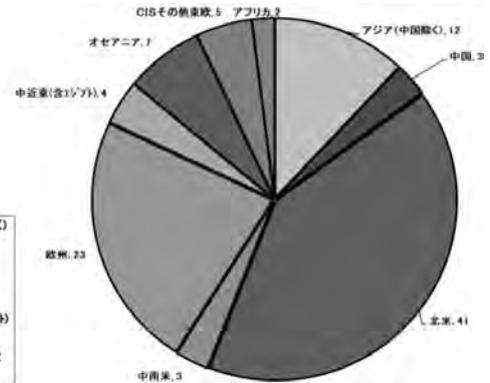


図一 3 出荷金額推移（総合計）  
 ※ 10 機種（油圧ショベル，ミニショベル，トラクタ，建設用クレーン，道路機械，コンクリート機械，トンネル機械，基礎機械，油圧ブレード圧砕機，その他建設機械，補給部品）の出荷金額ベース  
 出典：日本建設機械工業会自主統計

統計



総額 2兆 1750億円  
図-4 機種別出荷金額構成比



総額 1兆 967億円  
図-5 地域別輸出額構成比

※ 10機種（油圧ショベル、ミニショベル、トラクタ、建設用クレーン、道路機械、コンクリート機械、トンネル機械、基礎機械、油圧ブレーカ圧砕機、その他建設機械、補給部品）の出荷金額ベース  
出典：日本建設機械工業会自主統計

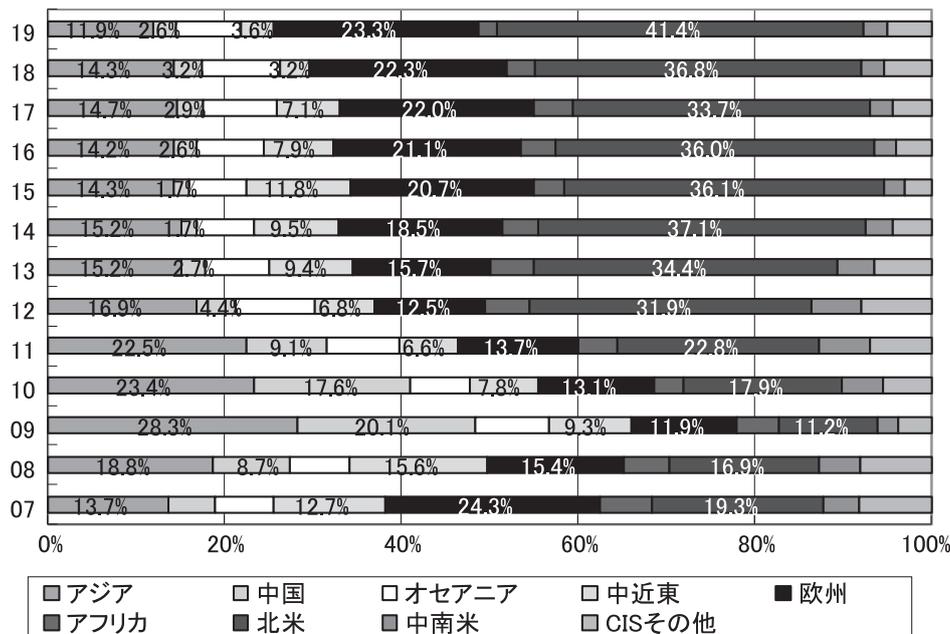


図-6 新車輸出の推移

(表-1参照)。

国内について2020年度は、新型コロナウイルス感染拡大の影響により、上期計では、建設用クレーンの前年同期比15%減少を始め8機種が減少し、4,131億円(前年同期比9%減少)、下期は、主力機種である油圧ショベル、ミニショベル等が回復するも、下期計では、4,341億円(前年同期比2%減少)と予測した。この結果、2020年度合計では、8,472億円(前年同期比5%減少)となり3年振りに減少すると予測した。2021年度は、土工系機械は増加するものの、住宅投資及び民間設備投資の落ち込みにより建築系機械が減少すると予測され、上期計では、4,059億円(前年同期比2%減少)、下期計では、4,360億円(前年同期並み)と予測した。この結果、2021年度合計では、8,419億円(前年同期比1%減少)となり、2

年連続の減少と予測した。

輸出について2020年度は、国内と同様に新型コロナウイルス感染拡大の影響により、全9機種が減少し、上期計では5,159億円(前年同期比28%減少)、下期は、減少幅は縮小するものの回復には至らず、下期計では、4,847億円(前年同期比14%減少)と予測した。この結果、2020年度合計では、1兆0,006億円(前年同期比22%減少)となり、2年連続で減少すると予測した。2021年度は、3大輸出先(北米、欧州、アジア)を中心に増加すると予測し、上期計では5,711億円(前年同期比11%増加)、下期計では5,303億円(前年同期比9%増加)と予測した。この結果、2021年度合計では、1兆1,014億円(前年同期比10%増加)となり、2年振りの増加と予測した。

# 統 計

表一 建設機械需要予測  
2020年度予測

上段：金額 百万円  
下段：対前年同期比指数 %

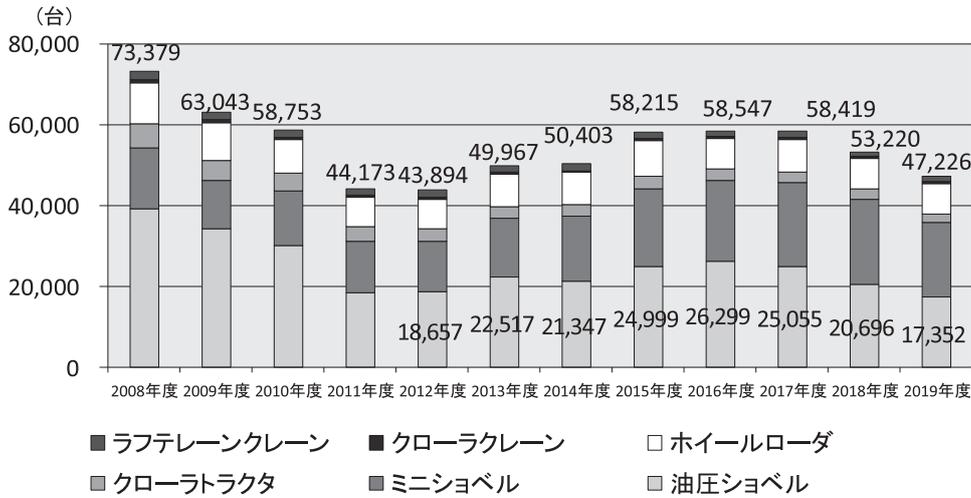
	上期見込			下期予測			年度予測		
	国内	輸出	合計	国内	輸出	合計	国内	輸出	合計
トラクタ	46,600	65,000	111,600	66,800	47,200	114,000	113,400	112,200	225,600
	86	78	81	100	86	94	94	81	87
油圧ショベル	137,800	236,500	374,300	147,400	221,700	369,100	285,200	458,200	743,400
	96	68	76	106	88	94	101	76	84
ミニショベル	43,000	95,400	138,400	41,300	94,300	135,600	84,300	189,700	274,000
	94	77	82	103	88	92	98	82	86
建設用クレーン	91,000	30,600	121,600	81,500	35,000	116,500	172,500	65,600	238,100
	85	72	81	89	82	87	87	77	84
道路機械	18,400	8,800	27,200	22,400	9,600	32,000	40,800	18,400	59,200
	104	78	94	100	98	99	102	87	97
コンクリート機械	14,500	600	15,100	13,400	400	13,800	27,900	1,000	28,900
	91	79	90	90	79	90	90	78	90
基礎機械	19,600	2,400	22,000	16,400	1,600	18,000	36,000	4,000	40,000
	89	82	88	87	82	87	88	83	88
油圧ブレーカ 油圧圧砕機	9,500	3,000	12,500	8,700	3,200	11,900	18,200	6,200	24,400
	90	72	85	86	71	82	88	72	83
その他建設機械	32,700	73,600	106,300	36,200	71,700	107,900	68,900	145,300	214,200
	88	72	76	96	82	86	92	77	81
合 計	413,100	515,900	929,000	434,100	484,700	918,800	847,200	1,000,600	1,847,800
	91	72	79	98	86	92	95	78	85

2021年度予測

上段：金額 百万円  
下段：対前年同期比指数 %

	上期予測			下期予測			年度予測		
	国内	輸出	合計	国内	輸出	合計	国内	輸出	合計
トラクタ	47,500	71,500	119,000	68,800	50,000	118,800	116,300	121,500	237,800
	102	110	107	103	106	104	103	108	105
油圧ショベル	140,600	267,200	407,800	153,300	246,100	399,400	293,900	513,300	807,200
	102	113	109	104	111	108	103	112	109
ミニショベル	44,700	102,100	146,800	43,800	101,800	145,600	88,500	203,900	292,400
	104	107	106	106	108	107	105	107	107
建設用クレーン	82,800	33,000	115,800	75,800	36,400	112,200	158,600	69,400	228,000
	91	108	95	93	104	96	92	106	96
道路機械	18,400	8,800	27,200	22,400	10,100	32,500	40,800	18,900	59,700
	100	100	100	100	105	102	100	103	101
コンクリート機械	13,100	500	13,600	12,300	300	12,600	25,400	800	26,200
	90	83	90	92	86	91	91	80	91
基礎機械	17,200	1,900	19,100	15,300	1,400	16,700	32,500	3,300	35,800
	88	81	87	93	87	93	90	83	90
油圧ブレーカ 油圧圧砕機	8,600	2,900	11,500	8,100	3,200	11,300	16,700	6,100	22,800
	90	97	92	93	100	95	92	98	93
その他建設機械	33,000	83,200	116,200	36,200	81,000	117,200	69,200	164,200	233,400
	101	113	109	100	113	109	100	113	109
合 計	405,900	571,100	977,000	436,000	530,300	966,300	841,900	1,101,400	1,943,300
	98	111	105	100	109	105	99	110	105

統計



図一七 機種別中古車輸出台数推移  
データ出典：財務省貿易統計

ここ数年の輸出シフトへの動きから、先述の通り、2010年度では輸出比率が75%を超えた。震災後、機械が国内に還流し、輸出比率は50%台で落ち着いていたが、2017年度から、再び60%を超えた。しかし一転、2020年度は新型コロナウイルス感染拡大の影響により、輸出が大幅に減少し、再び50%台になると予測する。

今回の新型コロナウイルスの感染拡大もそうだが、世界の状況はドラスチックに動いており、外的要因で状況が大きく変わる局面にあり、先行きは予断を許さない。

国内需要と相関関係のある中古車輸出については、2019年度の実績で、主要6機種（油圧ショベル、ミニショベル、ホイールローダ、クローラトラクタ、クローラクレーン、ラフテレーンクレーン）で、約4万7千台が輸出された（図一七参照、ピークは2007年度の約9万5,000台）。

2013年から4年連続で増加、2017年、2018年、2019年と3年連続して減少となった。

この3年で油圧ショベルが約1万台減少しており、中古車輸出の主力機である排ガス2006年次規制機が国内に少なくなってきた可能性がある。2011年次、2014年時規制機は燃料面も含め、取り扱いが難しく、今後数年減少する可能性もある。

状況の変化をしっかりと確認していきたい。

今後も国内の需要を図る上で、中古車輸出台数の推移は重要な資料であるので、継続してウォッチしていきたい。

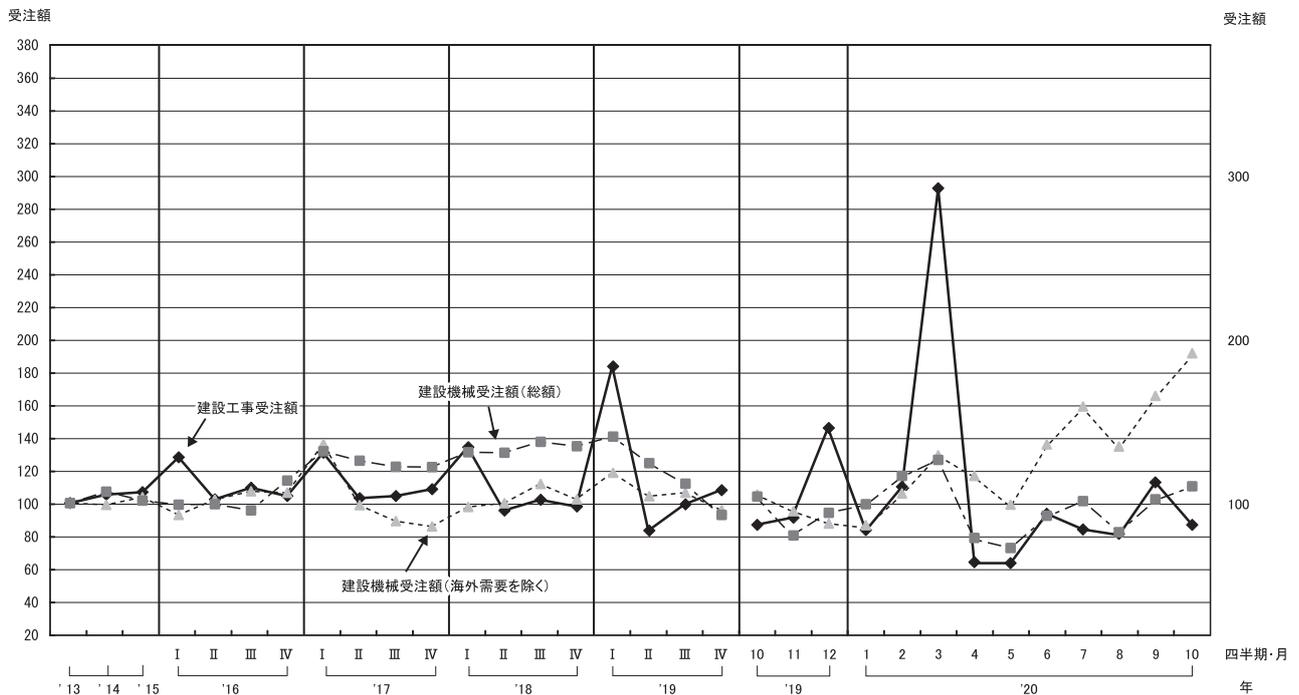
【筆者紹介】

内田 直之（うちだ なおゆき）  
（一社）日本建設機械工業会  
調査部長



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 2013年平均=100)  
 建設機械受注額：建設機械受注統計調査(建設機械企業数24前後) (指数基準 2013年平均=100)



建設工事受注動態統計調査 (大手 50 社)

(単位：億円)

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							
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
2019年	156,917	114,317	24,063	90,253	29,957	5,319	7,308	109,091	47,829	171,724	150,510
2019年 10月	9,558	7,314	1,812	5,502	1,674	321	249	6,979	2,579	174,522	9,732
11月	10,034	6,362	1,537	4,825	1,720	383	1,570	6,137	3,897	172,241	11,100
12月	16,113	11,771	2,266	9,504	2,819	880	623	11,353	4,760	171,724	16,276
2020年 1月	9,201	5,889	859	5,030	2,331	363	617	5,443	3,758	171,126	9,299
2月	12,135	8,202	1,743	6,459	3,075	423	436	7,563	4,572	171,571	12,006
3月	32,354	22,796	3,515	19,282	6,807	506	2,244	20,538	11,816	172,841	22,488
4月	7,023	4,434	941	3,493	1,993	542	54	4,437	2,585	177,186	8,282
5月	6,956	4,877	1,404	3,473	1,641	352	85	4,675	2,281	174,405	9,289
6月	10,306	6,725	1,114	5,612	2,971	453	157	5,651	4,655	172,281	12,579
7月	9,241	5,870	1,622	4,248	2,674	449	248	5,703	3,538	172,468	9,311
8月	8,945	6,618	1,032	5,586	1,878	382	66	5,914	3,031	171,851	10,264
9月	12,429	8,684	2,148	6,536	3,235	416	95	8,327	4,102	171,010	13,923
10月	9,550	6,408	1,298	5,109	2,756	395	-872	6,500	3,050	-	-

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	13年	14年	15年	16年	17年	18年	19年	19年 10月	11月	12月	20年 1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
総 額	17,152	18,346	17,416	17,478	21,535	22,923	20,151	1,487	1,145	1,344	1,420	1,668	1,808	1,124	1,035	1,318	1,446	1,173	1,462	1,577
海 外 需 要	10,682	11,949	10,712	10,875	14,912	16,267	13,277	920	633	873	954	1,097	1,111	629	534	733	859	726	894	1,035
海外需要を除く	6,470	6,397	6,704	6,603	6,623	6,656	6,874	567	512	471	466	571	697	495	501	585	587	447	568	542

(注) 2013～2015年は年平均で、2016～2019年は四半期ごとの平均値で図示した。  
 2019年10月以降は月ごとの値を図示した。

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

## 行事一覧

(2020年11月1日～30日)

### 機械部会



#### ■コンクリート機械技術委員会

月日：11月5日(木)(会議室, web 並行開催)

出席者：清水弘之委員長ほか10名

議題：①前回の議事録確認 ②各社技術紹介：エクセン(株)・会社紹介とパイプレータに関する製品説明 ③令和2年上期活動報告及び下期活動計画についての討議 ④今年度のJIS見直し結果の報告(標準部)

#### ■トンネル機械技術委員会・幹事会

月日：11月9日(月)(会議室, web 並行開催)

出席者：橋伸一委員長ほか9名

議題：①小断面トンネル工事における機械、設備調査に関する討議：調査結果のまとめ状況の確認と今後の進め方について ②技術講演会の件：開催案内案の確認 ③小断面トンネル工事現場見学会の件 ④その他

#### ■路盤・舗装機械技術委員会 幹事会

月日：11月10日(火)(会議室, web 並行開催)

出席者：山口達也委員長ほか10名

議題：①今年度の活動計画の進捗状況の確認 ②下期総会の日程と発表内容について討議 ③情報化機器保有アンケートに関する討議 ④現場・工場見学会の対応について討議：今年度は中止 ⑤来年度の委員会役員について

#### ■基礎工事用機械技術委員会

月日：11月11日(水)(会議室, web 並行開催)

出席者：樗沢淳一委員長ほか18名

議題：①日特建設(株)の技術プレゼン：会社概要、杭基礎工事の工法、地盤改良工法の紹介 ②各社トピックス：鉄建建設(株)・会社概要、超低空頭場所打ち杭工法の紹介

#### ■ショベル技術委員会

月日：11月12日(木)(web会議で開催)

出席者：西田利明委員長ほか9名

議題：①次期燃費基準の件：基準値案に関する再アンケート調査結果について、基準値案修正に関する討議

#### ■機械整備技術委員会

月日：11月13日(金)

出席者：小室豊委員長ほか9名(web会議で開催)

議題：①過去の成果物のホームページ掲載について(原稿の最終確認)

②整備作業の法規制、規格に関する調査について討議 ③各社の近況報告、およびサービスマンの技術伝承取組についての意見交換

#### ■原動機技術委員会

月日：11月19日(木)(web会議で開催)

出席者：工藤陸也委員長ほか21名

議題：①前回の議事録確認 ②建設機械の次期燃費基準の件：進捗状況の報告 ③海外排出ガス規制の動向に関する情報交換：中国ノンロード4次規制の件、トルコ5次 Stage V 導入発表、コロンビア、オーストラリアの情報共有 ④油脂技術委員会よりバイオ燃料に関する最近の話題について紹介

#### ■トラクタ技術委員会

月日：11月20日(金)

出席者：椎名徹委員長ほか7名(web会議で開催)

議題：①次期燃費基準の件：進捗状況およびスケジュール確認 ②「安全施工WG」について：9/9(木)開催WGの概要報告、「建設機械の物体検知及び衝突リスク低減に関する技術」の公募の件 ③建設機械の燃料消費試験方法国際標準化の検討状況に関する報告 ④各社トピックス：ヤンマー機械(株)・新型ミニホイールローダの商品紹介

#### ■ダンプトラック技術委員会

月日：11月26日(木)(web会議で開催)

出席者：渡辺浩行委員長ほか6名

議題：①各社トピックス：コマツ・シートベルト非装着時の警報、表示の事例についての紹介 ②安全装置/システム輪講：キャタピラージャパン(同)・船の安全装置に関する紹介 ③本年度活動計画に関する討議

#### ■情報化機器技術委員会

月日：11月27日(金)

出席者：白塚敬三委員長ほか8名(web会議で開催)

議題：①「i-Constructionによる建設生産性の向上」の実施項目(ラジコン通信方式の纏め等) ②ジック社(自動車向けLiDAR)見学の概要について ③規制・規格の最新情報の共有

## 標準部会



#### ■JIS原案作成委員会

月日：11月5日(木)

出席者：高橋弘(東北大学)ほか11名(Web参加)

場所：Web上(Zoom)

議題：(1)2019年度(区分B)JIS原案作成・結果報告・概要/スケジュール・JIS原案6件の規格概要 ①JIS A 8339 (ISO 13031) クイックカブラ(新規) ②JIS A 8341-1 (ISO 19014-1) 機能安全：第1部(新規) ③JIS A 8321 (ISO 8643) 作業装置降下制御装置(改正) ④JIS A 8334 (ISO 6750-1) 取扱説明書(改正) ⑤JIS A 8340-1 (ISO 20474-1) 安全：第1部：一般安全要求(改正) ⑥JIS A 8340-4 (ISO 20474-5) 安全：第4部：油圧ショベル(改正) (2)2020年度(区分B)JIS原案作成の進め方 (3)(参考)定期見直し(2021年度)の予定

#### ■ISO/TC 195/SC 1(コンクリート機械)委員会

月日：11月5日(木)

出席者：川上晃一(日工(株))ほか14名(対面+Web参加)

場所：協会会議室/Web上(ISO Zoom)

議題：(1)SC 1バーチャル総会報告 (2)TC 195バーチャル総会報告 (3)予備作業項目 ①SC 1/WG 8 PWI 5342「コンクリート機械・作業現場データ交換」対応協議 ②SC 1/WG 4 PWI 19711-2「トラックミキサー・安全要求」対応協議 ③SC 1/WG 9 PWI 6085「セルフローディングモバイルコンクリートミキサー・安全要求および検証」設置・専門家募集 (4)FDIS・DIS投票 ⑤SC 1/WG 7 DIS 18650-1 DIS投票結果 ⑥SC 1/WG 6 FDIS 21573-2 FDIS省略・最終文書作成 (5)定期見直し・委員会内投票(CIB)・連絡事項 ⑦SC 1/WG 2 ISO 13105-1, -2改正 ⑧SC 1/WG 5, SC 1/WG 6 コンビナーの再任及びWG存続 ⑨ISO文書サーバー“eCommittee”→“ISO Documents”への移行通知 (6)今後の対応・次回開催日程

#### ■ISO/TC 214/WG 1(高所作業車)国際Web会議

月日：11月5日(木)深夜

出席者：McGREGOR Ian Mr(主査, 米国Skyjack社)氏ほか海外20名, 日本からは西脇徹郎(JCMA標準部)(Web参加)

場 所：Web 上 (ISO Zoom)

議 題：ISO/PWI 16368 (高所作業車—設計, 計算, 安全要求事項及び試験方法) についての検討…①日本意見検討 ②未検討の各国意見検討 ③今後の予定の検討

■ ISO/TC 127/SC 1/WG 6 ISO 11152 「エネルギー使用試験方法」国内有志会合

月 日：11月9日(月)

出席者：正田明平(コマツ)ほか9名(Web参加)

場 所：Web 上 (ISO Zoom)

議 題：12月2日開催の国際 WG 会議に向けた詳細議事案すり合せ ①海外専門家との個別交渉結果報告 ② WG への提示資料・案文検討 ③日本が優先的に主張すべき内容の確認 ④想定される反応への対応検討

■ ISO/TC 195/WG 9 (自走式道路建設機械—安全要求) 国際バーチャル WG 会議

月 日：11月10日(火)～12日(木)夜、23日(月)～25日(水)夜の6日間  
出席者：小倉公彦(JCMA 標準部)ほか18名(Web参加)

場 所：Web 上 (ISO Zoom)

議 題：① ISO/DIS 20500-1 コメント審議(日本提案含む) ②次回会合日程：3時間/日×3日間×残り2回(2021/1/26-28, 2/9-11)

■ ISO/TC 127/SC 3/WG 5-ISO/TS 15143-4 (施工現場情報交換—施工現場地形データ) 作業結果特設チーム 国際 Web 会議

月 日：11月10日, 17日, 24日(いずれも火)

出席者：HJORT Michael Mr(チームリーダー, デンマーク国, Leica geosystems 社)ほか海外5～6名, 日本からは正田明平氏(コマツ)ほか1名程度(Web参加)

場 所：Web 上 (MS/Teams)

議 題：作業結果データの扱いに関する検討…①接続のための規約に関する論議 ②トプコン社提案の順運動学的処理についての論議 ③時間的経緯に関する論議 など ④特設チームとして ISO/TS 15143-4 案文の当該箇所作成のための各種事項検討

■ ISO/TC 127/SC 3/JWG 16-ISO 23870 (セキュアな高速移動体通信の通則) 連携関係設立特設国際 Web 会議

月 日：11月11日(水)

出席者：KITTLER Gregory Mr(主査, 米国 Deere 社)ほか海外2名, 日本からは正田明平氏(コマツ)ほか1名(Web参加)

場 所：Web 上 (Zoom)

議 題：ISO/TC 127/SC 3/JWG 16 と関係委員会などとの連携関係設立…①親委員会 ISO/TC 127/SC 3 から ISO/TC 23/SC 19 (農業用電子設備) への連携代表 WEIRES 氏(米国)の指名 ② AEF (Agricultural Industry Electronics Foundation 農業電子化基金), SAE J1939 活動, ISO/TC 22/SC 31 (自動車/データ通信) などとの連携関係設立検討

■ ISO/TC 127/SC 3/WG 5-ISO/TS 15143-4 (施工現場情報交換—施工現場地形データ) サーバー間交信特設チーム 国際 Web 会議

月 日：11月18日(水)早朝

出席者：RIEK Matthew Mr(チームリーダー, オーストラリア, トプコン)ほか海外5名, 日本からは正田明平氏(コマツ)ほか2名(Web参加)

場 所：Web 上 (MS/Teams)

議 題：OAuth をサーバー間交信に適用するかの検討(従前の論議どおり UMA 2.0 適用となり, 否定的結論となった)

■ ISO/TC 127/SC 3/WG 15 (ISO 6011 表示機器 改正) 国際 Web 会議

月 日：11月18日(水)～19日(木)

出席者：SPOMER Jonathan Mr(主査, 米国斗山 Bobcat 社)ほか海外5名, 日本からは正田明平氏(コマツ)ほか6名(Web参加)

場 所：Web 上 (Zoom)

議 題：① ISO/WD 6011 案文に対する各国意見検討 ②(日程遅延による廃案を防ぐため)改正業務の一旦取り下げ ③(従来の着座式機械だけでなく)直接操縦式機械を適用範囲に含める新業務提案の準備

■ ISO/TC 127/SC 3/WG 5-ISO/TS 15143-4 (施工現場情報交換—施工現場地形データ) 数値地形モデル特設チーム 国際 Web 会議

月 日：11月24日(火)夜

出席者：BOLLWEG Nicholas Mr(チームリーダー, 米国 Deere 社)ほか海外7名, 日本からは山本茂氏(コマツ)ほか3名(Web参加)

場 所：Web 上 (Zoom)

議 題：数値地形モデルとして, LandXML 1.2 に基づく MVD モデルビュー定義について, VESANEN Mikko Mr(フィンランド Novatron 社)の説明

## 建設業部会



### ■三役会

月 日：11月6日(金)

出席者：福田智之部会長ほか4名(内 WEB 参加1名)

議 題：① 10/8 建設業部会報告

② 11/26 「2020 年機電技術者のための講演会」について(機電交流企画 WG 報告) ③ 10/14 クレーン安全情報 WG 報告 ④ 11/18 建設業 ICT 安全 WG に向けた報告(11/10 日建連打合せ予定) ⑤ その他

### ■建設業 ICT 安全 WG

月 日：11月18日(水)

出席者：副島幸也委員ほか5名(内 WEB 参加1名)

議 題：① 主査の選出 ② 日建連との連携方法について報告(連携方法・会議体(位置づけ)の見直し) ③ 安全施工 WG とは別に本 WG で進められるデータ整理等の活動案について ④ その他

### ■2020 年機電技術者のための講演会

月 日：11月26日(木)

参加者：福田智之部会長ほか115名(内 WEB 参加88名)

趣 旨：例年開催していた機電技術者意見交換会に替り, 今年度は講演会を開催。講演は, 建設業と異業種からの2テーマを準備し, コロナ禍の影響を考慮しつつも, 多数の参加が可能になるよう, 直接参加と Web 参加を併用で開催

講 演：① 『建設施工におけるロボット技術の現状と課題について』国立研究開発法人 土木研究所 技術推進本部先端技術チーム 主任研究員 橋本 毅様, ②：『ニューノーマルな時代における5Gの取り組みのご紹介』ソフトバンク(株)法人事業統括法人プロダクト&事業戦略本部 デジタルオートメーション事業第2 統括部 法人5G推進室担当部長 小池勝矢様

## 各種委員会等



### ■機関誌編集委員会

月 日：11月4日(水)

出席者：見波潔委員長ほか26名

議 題：① 令和3年2月号(第852号)計画の審議・検討 ② 令和3年3月号(第853号)素案の審議・検討 ③ 令和3年4月号(第854号)編集方針の審議・検討 ④ 令和2年11月号～令

和3年1月号(第849～851号)進捗  
状況報告・確認 ※通常委員会及び  
Zoomにて実施

## 支部行事一覧

### 北海道支部



#### ■北海道開発局機械防災エキスパート制度 設立説明会議

月日:11月17日(火)

場所:札幌市(かでの2・7)

出席者:北海道開発局国島英樹機械施工  
管理官ほか19名

内容:①機械防災エキスパート制度に  
ついて ②今後の活動について ③そ  
の他

#### ■令和2年度建設工事等見学会

月日:11月18日(水)

見学場所:民族共生象徴空間(ウポポイ)

出席者:川崎博巳広報部会長ほか39名

### 東北支部



#### ■第1回EE東北'21実行委員会作業部会

月日:11月4日(水)

場所:仙台市ハーネル仙台

出席者:伊藤圭 東北地方整備局東北技  
術事務所 副所長ほか18名

内容:①EE東北2020決算・監査報  
告 ②EE東北'21組織(案) ③EE  
東北'21実施方針(案) ④EE東北  
'21予算(案)

#### ■除雪講習会

②仙台(1)会場

月日:11月5日(木)

場所:仙台市フォレスト仙台

受講者:74名

②仙台(2)会場

月日:11月6日(金)

場所:仙台市フォレスト仙台

受講者:81名

#### ■第1回EE東北'21実行委員会

月日:11月9日(月)

場所:東北地方整備局会議室

出席者:角湯克典東北地方整備局企画  
部長ほか29名

内容:①EE東北2020決算・監査報  
告 ②EE東北'21組織(案) ③EE  
東北'21実施方針(案) ④EE東北  
'21予算(案)

#### ■令和2年度建設ICT施工講習会

主催:青森県,(一社)青森県建設業  
協会

共催:(一社)日本建設機械施工協会

東北支部

月日:11月9日(月)～11日(水),19  
日(木)～20日(金)

場所:青森市内

受講者:9名

内容:1日目…座学 ICT活用工事の  
基礎,3次元計測等,2日目…実習  
起工測量(UAV,TLS)／座学 3次  
元計測,ICT建機施工等,3日目…実  
習 3次元設計データ作成,出来形管  
理等／座学 3次元設計データ作成,  
出来形管理等,4日目…実習 ICT建  
機施工(BH),出来形管理,検査(TS,  
GNSS),5日目…座学 ICT活用工事  
一般,応用,研修のまとめ

#### ■ICT活用工事監督・検査講習会

内容:①座学-1 ICT施工の監督検査  
②座学-2 ICT活用工事の要点 ③実  
習-測器実習 TS,GNSS ローバー

主催:東北地方整備局

講師:①東北地方整備局 ②③JCMA  
東北支部 情報化施工技術委員会メン  
バー

①山形会場

月日:11月24日(火)

場所:山形河川国道事務所 会議室,  
山形除雪ST構内

受講者:7名

②宮城会場

月日:11月27日(金)

場所:東北技術事務所 会議室,構内

受講者:10名

#### ■東北支部 情報化施工技術委員会 第6回 幹事会

月日:11月30日(月)

場所:東北支部 事務局会議室

出席者:鈴木勇治情報化施工技術委員会  
委員長ほか12名

議題:①令和2年度活動報告 ②令和  
3年度活動方針 ③EE東北'21につ  
いて ④高校等出前授業への対応方針  
⑤講師認定資格の扱いについて ⑥委  
員会の開催計画について

### 北陸支部



#### ■令和2年度第2回ダム技術研究会

月日:11月5日(木)～6日(金)

場所:ハッ場ダム,高瀬ダム,七倉ダ  
ム,大町ダム

出席者:ダム技術研究会 WEM委員 堤  
雄生 事務局長

参加者:21名(WEM委員6名,国交  
省職員13名,その他2名)

#### ■新潟市 車道除雪オペレータ研修

月日:11月25日(水)

場所:新潟テルサ 特別会議室

講師派遣:穂苅正昭企画部会長(小型除  
雪機械の安全対策について)

受講者:約35名

#### ■令和2年度 河川・ダム維持管理技術向 上検討会議

月日:11月25日(水)

場所:北陸地方整備局 6F河川上方管  
理室(WEB会議)

出席者:ダム技術研究会 WEM委員 堤  
雄生事務局長

参加者:約50名

#### ■新潟市 小型除雪機安全操作研修会

月日:11月27日(金)

場所:新潟市音楽文化会館 ホール

講師派遣:穂苅正昭企画部会長(道路除  
雪の施工方法と安全対策について)

受講者:約50名

### 中部支部



#### ■建設ICT出前授業

①愛知工業大学

月日:11月2日(月),20日(金)

受講者:工学部土木工学科1年約160名,  
2年約150名

②名古屋工業大学(web方式)

月日:11月4日(水)

受講者:工学部社会工学科環境都市分野  
3年60名

#### ■第2回運営委員会

月日:11月10日(火)

場所:愛知県名古屋市中区桜華会館

参加者:所輝雄支部長ほか21名

議題:上期事業報告及び上期経理概況  
について

#### ■道路除雪講習会

月日:11月11日(水)

場所:名古屋市中小企業振興会館

受講者:54名

#### ■広報部会

月日:11月16日(月)

出席者:濱地仁部会長ほか8名

議題:支部だよりの校正について

#### ■技術・調査部会

月日:11月16日(月)

出席者:青木保孝ほか部会員12名

議題:技術発表会原稿査読及び準備に  
ついて

#### ■技術講演会及び技術発表会

月日:11月25日(水)

場所:名古屋栄ビルディング12階大  
会議室

参加者:約70名

## 関西支部



### ■「ふれあい土木展 2020」 出展

月 日：11月6日（金）～7日（土）

場 所：近畿技術事務所

入場者：1,307人

テーマ：①「情報化施工の普及促進」

② 2本腕のロボット建設機械「アスタコ」及びミニショベルの展示

### ■企画部会

月 日：11月16日（月）

場 所：関西支部 会議室

出席者：村中浩昭企画部長以下4名

議 題：①令和2年度上半期事業報告（案）・経理概況報告（案）について  
②会員の推移 ③10月以降の各種行事等取り組み状況及び当面の行事等  
④運営委員会等の予定

### ■建設用電気設備特別専門委員会(第462回)

月 日：11月18日（水）

場 所：中央電気倶楽部 会議室

議 題：① JEM-TR121 建設工用電機設備機器点検保守のチェックリスト  
② JEM-TR104 建設工用受配電設備点検補修のチェックリスト ③その他

### ■運営委員会

月 日：11月20日（金）

場 所：大阪キャッスルホテル 会議室

出席者：深川良一支部長以下17名

議 題：①令和2年度上半期事業報告  
②令和2年度上半期経理概況報告  
③その他

## 中国支部



### ■第2回企画部会

月 日：11月6日（金）

場 所：広島 YMCA 会議室

出席者：塩形幸雄部長ほか8名

議 題：①中国地方整備局との意見交換会について ②情報伝達訓練について  
③その他懸案事項

### ■第2回部会長会議

月 日：11月10日（火）

場 所：広島 YMCA 会議室

出席者：塩形幸雄企画部長ほか9名

議 題：①令和2年度の活動状況について ②中国地方整備局との意見交換会について ③その他懸案事項

### ■秋季運営委員会

月 日：11月12日（木）

場 所：書面会議

参加者：河合研至支部長ほか34名

議 題：①令和2年度上半期事業報告の件 ②令和2年度上半期経理状況報告の件 ③令和2年度下半期事業実施計画（案）の件

### ■令和2年度新技術活用等現場研修会

月 日：11月20日（金）

場 所：一般国道9号大田・静岡道路静岡地区改良第10工事

参加者：27名

研修内容：新技術を活用した工事現場において新技術の活用状況を実習し、活用上の課題や問題点等について研修する。

## 四国支部



### ■R2 災害情報伝達訓練（協会独自）

月 日：11月2日（月）

場 所：支部事務局（情報集約）を拠点に会員各社にて

参加社：支部会員41社

伝達手段：E-mail

### ■R2 第2回運営委員会

月 日：11月11日（水）

場 所：建設クリエイトビル第1会議室（高松市）

出席者：岡村未対支部長ほか24名

議 題：① R2 上半期事業報告 ② R2 上半期収支状況報告 ③ R2 下半期事業計画（案） ④人事異動等に伴う役員等の変更について

### ■共催事業「ICT 施工技術講習会 2020in 四国」

月 日：11月16日（月）～17日（火）

場 所：国土交通省 四国技術事務所（高松市）

参加者：36名

内 容：実務講習…3次元設計データ作成、3D点群処理、出来形帳票作成、出来形計測…TS等を用いた出来形計測の実践

### ■国交省との共催事業「R2 遠隔操縦式バックホウ等操作訓練（四技）」

月 日：11月25日（水）～26日（木）

場 所：国土交通省四国技術事務所構内（高松市牟礼町）

受講者：支部会員会社等からの応募者12名

訓練評価者：山下安一事務局長ほか2名

内 容：① 1.0m<sup>3</sup>級バックホウをカメラ映像のみにより遠隔操縦する訓練  
② 0.45m<sup>3</sup>級バックホウを目視により遠隔操縦する訓練 ③バックホウ遠隔操縦訓練に関し、訓練前後の技量変化を評価 ④講習修了証の交付

## 九州支部



### ■企画委員会

月 日：11月18日（水）

場 所：リファレンスはかた近代ビル 105 会議室

出席者：企画委員長ほか11名

議 題：①第2回運営委員会資料について ②建設行政講演会の開催について ③令和3年度建設機械施工技術検定試験（実技）の試験監督者について ④その他

### ■第2回運営委員会

月 日：11月18日（水）

場 所：リファレンスはかた近代ビル 105 会議室

出席者：松嶋支部長ほか24名

議 題：①令和2年度上半期事業報告 ②令和2年度上半期経理概況報告 ③支部団体会員数について ④運営委員交代に関する件について

## 編集後記

新年明けましておめでとうございます。折からのコロナウイルスの感染拡大にて、コロナ禍で迎える新年となりました。複雑な想いのする年明けとなりましたが、皆様にとってよい年となりますよう心よりお祈り申し上げます。

1月号の特集は、毎年恒例の「建設機械」です。今回も、最近市場に出された機械を中心にその技術内容を紹介することとし、多くのメーカーの方々に執筆のご協力を賜りました。

とくに、今回は、IoT、安全性の向上、自動化といった軸を中心に技術報文をまとめております。

一方、国際的には、先月地球温暖化対策の国際的な枠組み「パリ協定」が採択されてから5年を迎えたことに合わせて、オンラインで首脳級の会合が開かれ、国連のグテーレス事務総長は各国の首脳に「気候の非常事態」を宣言し、対策を一層進めるよう求めました。

中国の習近平国家主席は、気候変動の対策を話し合う会合でビデオメッセージを寄せ、GDP＝国内総生産当たりの二酸化炭素の排出量を、2030年までに2005年と比べて65%以上削減する方針を明らかにし

ています。

米国の次期大統領も協定復帰を表明し、日本政府は、2050年までに温室効果ガスの排出量を実質ゼロとする目標を示し、実現に向けた決意を表明しました。

国際社会が化石燃料に依存しない社会へ転換をしていく方向性はいっそう強くなったことを感じますし、私たち人類の将来のためにも、あらゆる分野において環境対策に取り組んで考えていかなければならないことを切に感じるところであります。

一方で、コロナウイルスという未知なる脅威に対応するために、今月号の行政情報、経済産業省の矢野様のご提言のような、企業変革力の強化の必要性を痛感するところでもあります。

こう鑑みますと、私たちは今、時代の大きな転換点（パラダイムシフト）に位置しているものと痛感します。

2021年、本年も、「建設機械施工」誌をどうぞよろしく願いいたします。

本機関誌が、皆様の最新の業界動向や建設施工技術の理解の一助となれば幸いです。

最後になりますが、ご多忙の中、本号の執筆を快諾くださいました方々に厚く御礼を申し上げます。

(中川・花川)

## 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
安井 清貴	農林水産省
瀧本 順治	(独)鉄道・運輸機構
岡本 直樹	(一社)日本機械土工協会
穴井 秀和	鹿島建設(株)
赤坂 茂	大成建設(株)
宇野 昌利	清水建設(株)
佐藤 誠治	(株)大林組
内藤 陽	(株)竹中工務店
宮川 克己	(株)熊谷組
松本 清志	(株)奥村組
京免 継彦	佐藤工業(株)
竹田 茂嗣	鉄建建設(株)
副島 幸也	(株)安藤・間
松澤 享	五洋建設(株)
飯田 宏	東亜建設工業(株)
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
小六 陽一	古河ロックドリル(株)
太田 正志	施工技術総合研究所

### 事務局

(一社)日本建設機械施工協会

### 2月号「地下構造物、大深度地下特集」予告

・覆工型枠の設置期間の違いによる覆工コンクリートの力学的挙動に関する一考察 ・日本橋区間地下化事業の概要 ・少ない井戸数でVOC汚染地下水を効率的に浄化地下水サーキュレーターD<sup>3</sup> ・大深度・極限環境に適用する掘削物揚重用ぜん動ポンプの研究開発 ・線路下横断トンネル工事における薬液注入効果確認の一考察 ・幌延深地層研究計画地下施設の施工 ・光ファイバを用いたグラウンドアンカーの張力計測技術 ・硬質地盤の沈下掘削を可能とする水中掘削機の開発 ・偏心拡底掘削技術を用いた大底面場所打ちコンクリート拡底杭工法の開発 ・レーダ探査・AI解析による地下埋設物情報提供の取り組みの紹介 ・地盤切削ワイヤを使用した小断面ボックスの非開削施工

### 【年間定期購読ご希望の方】

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

詳しくはHPをご覧ください。

年間定期購読料(12冊) 9,408円(税・送料込)

## 建設機械施工

第73巻第1号(2021年1月号)(通巻851号)

Vol.73 No.1 January 2021

2021(令和3)年1月20日印刷

2021(令和3)年1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	〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8	電話(011)231-4428
東北支	〒980-0014 仙台市青葉区本町3-4-18	電話(022)222-3915
北陸支	〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1	電話(025)280-0128
中部支	〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10	電話(052)962-2394
関西支	〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4	電話(06)6941-8845
中国支	〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22	電話(082)221-6841
四国支	〒760-0066 高松市福岡町3-11-22	電話(087)821-8074
九州支	〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-4-30	電話(092)436-3322

本誌上への広告は  有限会社 サンタナ アートワークス までお申し込み、お問い合わせ下さい。

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F TEL: 03-3664-0118 FAX: 03-3664-0138

E-mail: san-mich@zam.att.ne.jp 担当: 田中

KOBELCO

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
<b>28%up</b>	<b>26.9%up</b>	<b>15%up</b>	<b>iNDR</b> <small>Integrated Noise &amp; Dust Reduction Cooling System</small>

※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

SK 75SR



# 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:052-504-3434  
金沢出張所 TEL:080-1013-9538

中国営業所 TEL:082-875-8561  
四国出張所 TEL:087-868-5111  
九州営業所 TEL:092-431-5523  
南九州出張所 TEL:080-1013-9558

沖縄出張所 TEL:080-1013-9328



大深度地下工事や大規模トンネル工事にも最適。  
大水量・高揚程仕様のLH型ラインナップ。

『大水量・高揚程タイプ』の  
LH10110型(110kW)とLH12185型(185kW)が  
ラインナップしました。  
新型LH型は、深化する大深度地下工事や大規模トンネル  
工事で大いに貢献します。

大水量  
高揚程  
仕様

耐久性  
の  
向上

メンテナンス性  
の  
向上

全面水路円筒形構造



浸水検出器装備



電極型

フロート型

底部から、羽根車・ケーシング・メカニカル  
シール・下部軸受等の部品交換ができます。

水切構造

ケーブルメンテナンス蓋

モータ保護装置

オイルリフターを装備

オイルリフターは、メカニカルシール  
(軸封装置)のシール(密封)性能  
アップによる水中ポンプの品質・信頼性  
向上を目的にツルミが開発しました。



両吸込型羽根車



大水量・高揚程仕様

LH型(110kW・185kW)

株式会社 鶴見製作所

大阪本店：〒538-8585 大阪市鶴見区鶴見4-16-40  
東京本社：〒110-0016 東京都台東区台東1-33-8

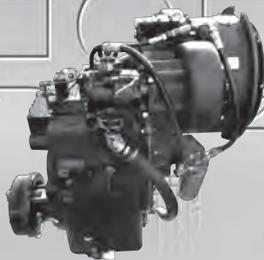
TEL.(06)6911-2351 FAX.(06)6911-1800  
TEL.(03)3833-9765 FAX.(03)3835-8429

北海道支店：TEL.(011)787-8385 東京支店：TEL.(03)3833-0331 中部支店：TEL.(052)481-8181 近畿支店：TEL.(06)6911-2311 四国支店：TEL.(087)815-3535  
東北支店：TEL.(022)284-4107 北関東支店：TEL.(027)310-1122 北陸支店：TEL.(076)268-2761 中国支店：TEL.(082)923-5171 九州支店：TEL.(092)452-5001

www.tsurumipump.co.jp

あらゆる建設機械／シールドマシン・・・  
**油圧機器の整備・再生**

各種トランスミッション整備で相談に応じます。



建設機械用ZFトランスミッション

点検・整備は、日本ではマルマのみが対応



建設機械のあらゆる油圧機器

斜板式ダブルポンプ



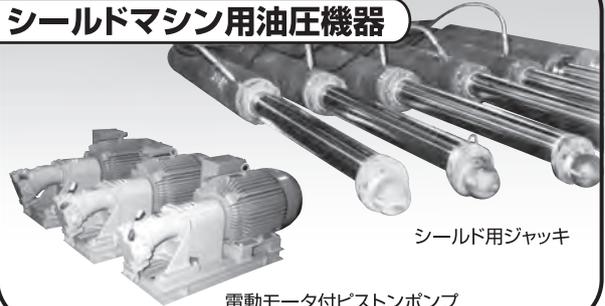
斜板式ピストンポンプ



斜軸式ピストンモータ



シールドマシン用油圧機器

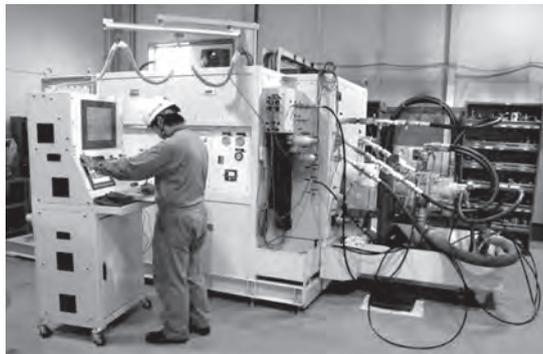


シールド用ジャッキ

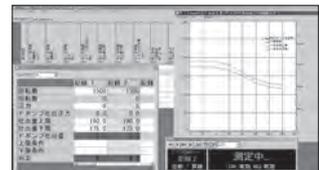
電動モータ付ピストンポンプ

**建機と共に半世紀以上。確かな「信頼」をお届けします！**

整備・再生された各Ass'yは、自社独自開発の多機能油圧機器試験機により性能を確認。各テストのデータはデータベースとして保存され、出荷後、マッチング調整や、搬送されてきた同等品の確認テストに活用します。この万全を期した体制がマルマの高い信頼性の由縁です。



MH-R220は従来の油圧ドライブ型油圧機器試験機に比べ、インバータ制御電動モーター駆動、及びエネルギー回生回路の採用により大幅な消費電力量の削減を実現しました。大型油圧ポンプの試験も可能です。



**マルマテクニカ株式会社**

本社・相模原事業所 営業部 整備油機課

〒252-0331 神奈川県相模原市南区大野台6-2-1

TEL042 (751) 3809 FAX042 (756) 4389

E-mail:yuki@maruma.co.jp

東京工場 〒156-0054

E-mail:tokyo@maruma.co.jp

名古屋事業所 〒485-0037

E-mail:n-service@maruma.co.jp

東京都世田谷区桜丘1-2-22

TEL03 (3429) 2141 FAX03 (3420) 3336

愛知県小牧市小針2-18

TEL0568 (77) 3311 FAX0568 (77) 3719

URL <http://www.maruma.co.jp/>

# コスモECOディーゼル

DH-2 対応ディーゼルエンジンオイル  
SAE10W-30 / SAE15W-40

それはいつまでも  
青い空のために



DH-2F 対応ディーゼルエンジンオイル  
SAE5W-30



新星



彗星



快星

美しい地球、豊かな環境を目指して  
ひた走るパワー、コスモルブ・ウェイ

## コスモ石油ルブリカンツの 環境対応潤滑油



省電力型油圧作動油  
コスモスーパーエポック **UF**



省電力型工業用ギヤー油  
コスモECOギヤー **EPS**

それはいつまでも  
蒼い地球のために

地球環境へ、

さらに新しい対応を求められている今、オイルもまた、次の課題をクリアする進化が問われます。  
コスモルブは、地球に、人に、優しい環境LUBEソリューションを提案してまいります。

# FA機器の 最適無線化提案

クレーン、搬送台車、建設機械、特殊車両他  
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!



## 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



## マイコン ケーブルレス

N/U/Gシリーズ  
微弱電波・  
特定小電力両モデル対応

**あらゆる環境での  
無線化に対応!**

- 16操作16リレー  
最大25リレーまで対応可能

標準型  
RC-6016N  
20万円~



## ケーブルレスミニ

Nシリーズ  
微弱電波モデル対応

標準型  
RC-4403N  
10万円~

**ポケットサイズの  
本格派!**

- 最大5リレーまで対応可
- 2段階押しスイッチ追加可能  
(オプション)



## 防爆形無線機 ボアバ (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  
(ボアバ6000)



TX-8B00N型送信機例  
(ボアバ8000)



危険場所設置用(オプション対応)  
耐圧防爆箱入り受信機

TX-7B00N型送信機例  
(ボアバ7000)

## 双方向データケーブルレス100S

Sシリーズ(920MHz帯)  
特定小電力モデル対応

標準型  
TC-1000808S  
26万円~

- ・FA機器の制御に特化!
- ・双方向制御が、1セットで対応可能
- ・8点の送受信が可能!



## データケーブルレス

N/U/Gシリーズ  
微弱電波・  
特定小電力両モデル対応

**工夫次第で  
用途は無限!**

- 機器間の信号伝送に!
- 多芯の有線配線の代わりに!



▼受信機



## MAX サテライト

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 サテライト

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

## リソナー 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/



無線化工事のことならフルライン、フルオーダー体制の弊社に今すぐご相談下さい。また、ホームページでも詳しく紹介していますのでご覧下さい。

朝日音響 検索

# この未来は あなたが拓く

マシンコントロール+拡張現実  
Trimble EarthWorks AR

拡張現実システム  
Trimble SiteVision

マシンコントロールシステム  
Trimble EarthWorks

**SITECH**

YOUR CONSTRUCTION TECHNOLOGY PROVIDER

SITECH-JAPAN.COM

サイテックジャパン株式会社 info@sitechjp.com  
東京都大田区南蒲田 2-1-6 2テックノボート大樹生命ビル  
TEL: 03-5710-2594 FAX: 03-5710-2731

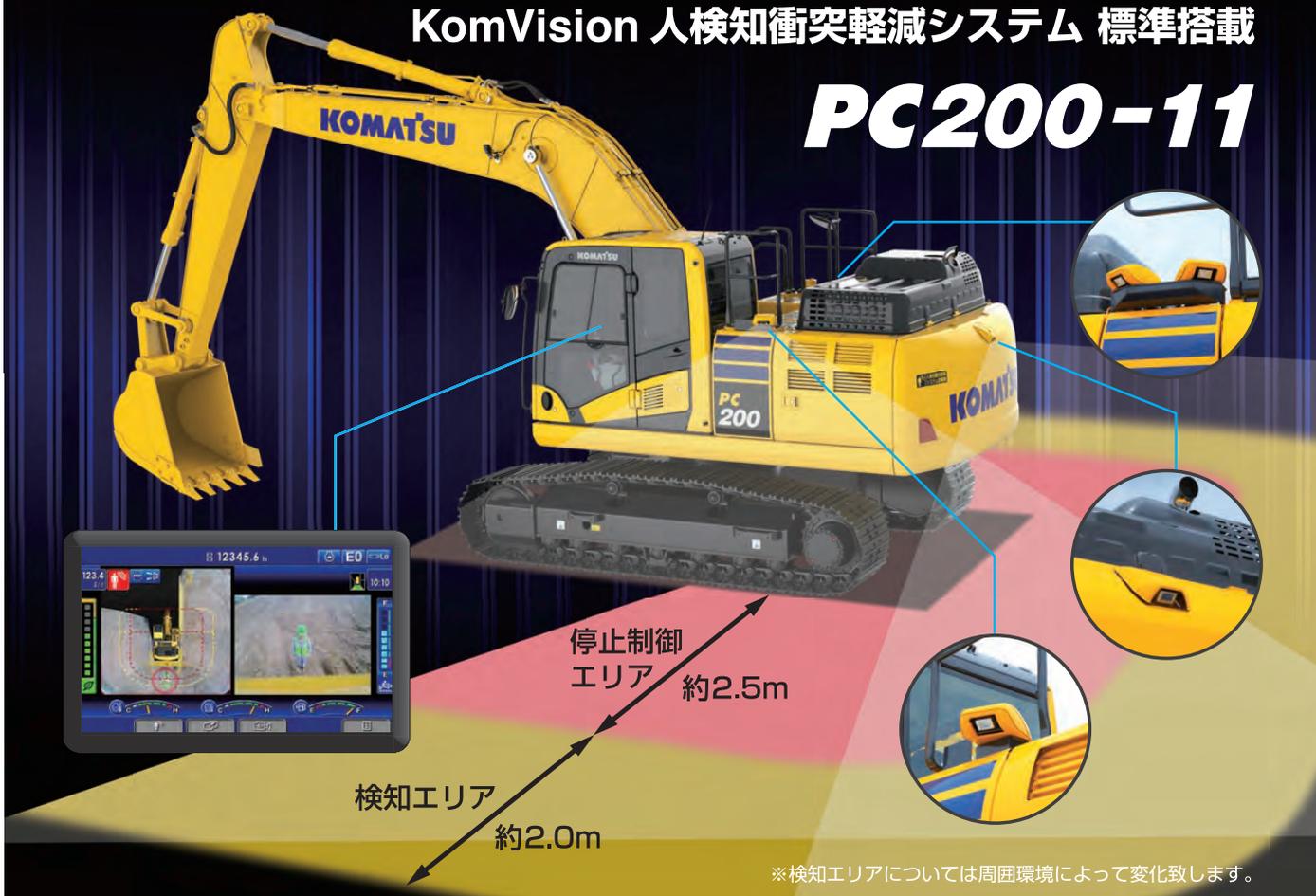
**Trimble**

Authorized Dealer

**KOMATSU**

**KomVision 人検知衝突軽減システム 標準搭載**

**PC200-11**



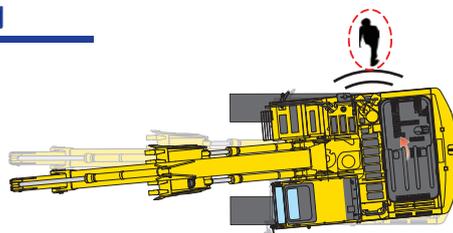
※検知エリアについては周囲環境によって変化致します。

- 本システムは、あらゆる条件で衝突を軽減する装置ではありません。性能には限界があります。システムに頼った使い方や間違った使い方を行った場合には、事故が発生する可能性があります。
- 本システムをお使いになる前には、必ず取扱説明書をお読み頂き、システムについて理解し、正しくお使い下さい。
- 本システムは、わき見操作や漫然な操作など、オペレータの不注意を防止するための装置ではありません。
- 高速または中速走行、旋回中や作業機の稼働に関しては、停止制御を行っていません。
- 前方や作業可動域、カメラで検知できる範囲外に対象物がある場合、機能は作動しません。
- 検知する対象物の状況（走ってくる、しゃがんでいる、周囲の色と明暗が少ない服装等）、カメラの状況（レンズ面の付着物、くもり等）、作業環境（悪天候、薄暗い、逆光、または夜間、水蒸気や煙が漂う等）によって、人を正しく検知できない可能性があります。
- 下記の条件の際、本システムにより機体が急停止して不安定になる可能性があるため、周囲の安全を確保して運転操作下さい。  
(つり荷走行、急斜面での作業、滑りやすい路面や地盤の柔らかい現場での作業)  
また、トレーラへの積み込み、積み下ろしの際に、本システムにより機体が急停止し不安定になるため、人検知衝突軽減システムを OFF にして下さい。

4台のカメラによる合成画面のモニターに加え、  
人を検知したら、ブザーで**注意喚起/機体停止**



停止状態から走行するとき、また走行中(低速のみ)でも、停止制御エリアで人を検知すると走行を停止します。



停止状態から旋回するとき、停止制御エリアで人を検知すると旋回の発進を停止させます。

**コマツ 国内販売本部**

〒108-0072 東京都港区白金 1-17-3 TEL:050-3481-5512

PC200-11の  
カタログは  
こちらから



雑誌 03435-1



4910034350117  
00800

「建設機械施工」

定価 本体八〇〇円(税別)