

一般社団法人
日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

2020

建設機械施工



Vol.72 No.1 January 2020(通巻839号)

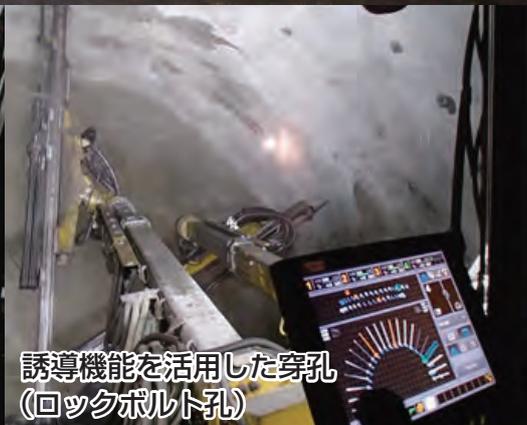
特集 建設機械



4ブームフルオートコンピュータジャンボ
令和元年度 日本建設機械施工大賞受賞



フルオート機能による穿孔(装薬孔)



誘導機能を活用した穿孔
(ロックボルト孔)



ロックボルト工出来形

巻頭言 新年あいさつ

- 行政情報**
 - 建設機械の環境性能に関する一考察
 - 除雪機械の高度化に関する取組
- JCMA報告**
 - 「令和元年度 建設施工と建設機械シンポジウム」開催報告
 - 日本建設機械施工大賞 受賞実績(その2)
- 統計** 建設機械産業の現状と今後の予測

- 技術報文**
 - 建設現場の生産性を向上させる次世代型ブルドーザの開発
 - モータグレーダのカッティングエッジ摩耗と掘削抵抗に関する研究
 - ミニショベル排土板の自動制御による整地作業の生産性向上
 - 最新の都市型油圧ショベル
 - 新たな山岳トンネル施工方法への挑戦 他

ダム工事用コンクリート運搬テルハ (クライミング機能付)

重力式コンクリートダム等の新しいコンクリート運搬装置

コスト・安全・環境に配慮した最適な施工が行えます。

特長

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



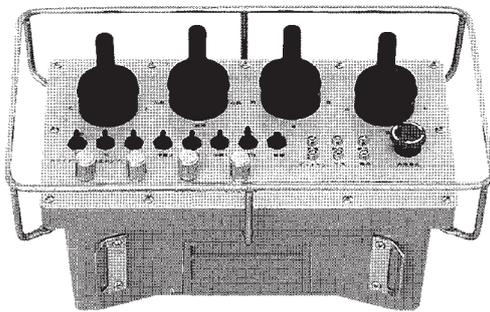
吉永機械株式会社

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

建設機械用
無線操作装置

ダイワテレコン

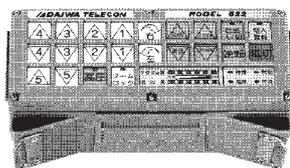
あらゆる仕様に対応
指令機操作面はレイアウトフリー



ダイワテレコン 572 ※製作例 比例制御4本レバー仕様



受令機



ダイワテレコン 522

《新電波法技術基準適合品》

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

DAIWA TELECON

大和機工株式会社

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

令和2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2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9回通常総会（令和2年6月16日（火）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2年2月28日（金）（必着）**です。（申し込みアドレス：t-abe@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2年度 日本建設機械施工大賞 応募要領

『令和2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://jcmanet.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2年2月28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：t-abe@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

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	建設機械スプック一覧表、 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プ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

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

令和元年度版

∞∞∞ 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、平成 31 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 令和元年度版」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 令和元年度版」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

令和元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 P C 橋編
- 第 4 章 橋梁補修編
- 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、平成 30 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
 - ・アルミ検査路設置歩掛の策定
 - ・地組溶接架台施工写真の追加
 - ・架設用製作部材単価の改訂
2. P C 橋編
 - ・地覆高欄作業車の計算例を追加
 - ・桁下足場、橋台・橋脚回り足場ブラケット工の設置月数について追記
 - ・外ケーブル工の P E 保護管について規格変更
3. 橋梁補修編
 - ・工種毎適用足場の考え方についての表を掲載
 - ・支取代替工（施工パッケージ以外）の歩掛等改定
 - ・落橋防止システム工の掲載構成を変更
 - ・外ケーブル工の参考写真を掲載
 - ・ブラスト、湿式剥離養生工の歩掛および環境対策費と安全衛生保護具費用の改定

別冊「橋梁補修補強工事 積算の手引き」

- ・施工パッケージを考慮した積算要領への改訂



- A 4 判／本編約 1,050 頁（カラー写真入り）
別冊約 250 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。
- ※ 送料は一般・会員とも
沖縄県以外 900 円
沖縄県 710 円（但し県内に限る）
- ※ なお送料について、複数又は他の発刊本と同時申込みの場合は別途とさせていただきます。
- 発刊 令和元年 5 月 20 日

<図書紹介>

令和元年度版 建設機械等損料表

- 発刊日 : 令和元年5月6日
- 体裁 : A4判 モノクロ 約475ページ
- 定価 : 一般価格 本体 8,000円 (税別)
会員価格 本体 6,800円 (税別)

■ 内 容

令和元年度版の構成項目は以下のとおりです。

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



一般社団法人 日本建設機械施工協会

2019年版 日本建設機械要覧

発売のご案内

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

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



発刊日

平成31年3月

体裁

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

価格（消費税10%含む）

一般価格 53,900円（本体49,000円）

会員価格 45,100円（本体41,000円）

（注）送料は1冊900円（複数冊の場合別途）

特典

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

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

2019年版 内容

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

◆ 購入申込書 ◆

一般社団法人 日本建設機械施工協会 行

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

上記図書を申込み致します。令和 年 月 日

官公庁名			
会社名			
所 属			
担当者氏名	印	TEL	
		FAX	
住 所	〒		
送金方法	銀行振込 ・ 現金書留 ・ その他（ ）		
必要事項	見積書（ ）通 ・ 請求書（ ）通 ・ 納品書（ ）通 （ ）単価に送料を含む、（ ）単価と送料を2段書きにする（該当に○） お願い：指定用紙がある場合は、申込書と共に送付下さい		

◆ 申込方法 ◆

- ①官公庁：FAX（本部、支部共）
- ②民 間：（本部へ申込）FAX
（支部へ申込）現金書留のみ（但し会員はFAX申込可）
- ※北海道支部はFAXのみ
- ※沖縄の方は本部へ申込

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

[お問合せ及びお申込先]

本 部	〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館	TEL 03 (3433) 1501 FAX 03 (3432) 0289
北海道支部	〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8 さっけんビル	TEL 011 (231) 4428 FAX 011 (231) 6630
東北支部	〒980-0014 仙台市青葉区本町3-4-18 太陽生命仙台北町ビル5F	TEL 022 (222) 3915 FAX 022 (222) 3583
北陸支部	〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 興和ビル	TEL 025 (280) 0128 FAX 025 (280) 0134
中部支部	〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10 三愛ビル	TEL 052 (962) 2394 FAX 052 (962) 2478
関西支部	〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4 谷町スリースリースビル	TEL 06 (6941) 8845 FAX 06 (6941) 1378
中国支部	〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22 築地ビル	TEL 082 (221) 6841 FAX 082 (221) 6831
四国支部	〒760-0066 高松市福岡町3-11-22 建設クリエイイトビル	TEL 087 (821) 8074 FAX 087 (822) 3798
九州支部	〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-4-30 いわきビル	TEL 092 (436) 3322 FAX 092 (436) 3323

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

（これらの目的以外での利用はいたしません）当協会のプライバシーポリシー（個人情報保護方針）は、ホームページ（http://www.jcmanet.or.jp/privacy_policy.htm）でご覧いただけます。当協会からのダイレクトメール（DM）送付が不要な方は、下記口欄にチェック印を付けてください。

当協会からの新刊図書案内や事業活動案内のダイレクトメール（DM）は不要

消融雪設備 点検・整備ハンドブック

平成30年7月発行

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

■消融雪設備 点検・整備ハンドブック

本編

消融雪設備 点検整備ハンドブック本編

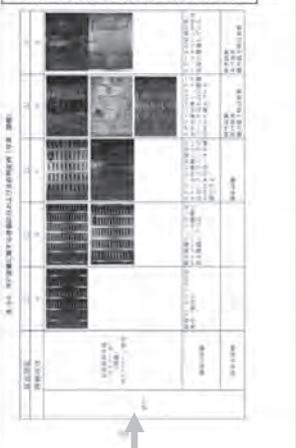
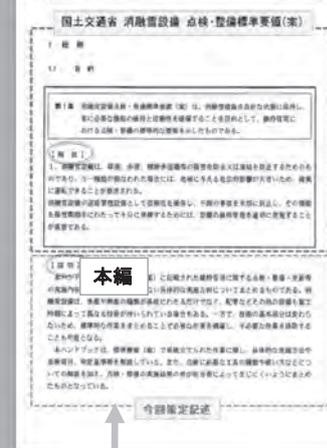
点検結果の評価区分及び良否判定例

付表

「必要箇所をコピーして活用」を想定

点検整備チェックシート

点検整備チェックシート解説



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

標準要領の目的理解を支援

○5段階状況写真等を利用した評価例と施設の状態解説、対処方法例を掲載。

的確な判定を支援

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

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

技術の継承・支援

○点検方法、判定方法および判定基準、不良時の措置方針を掲載。

若手技術者育成・支援

消融雪設備 点検・整備ハンドブック策定委員会

(一社) 新潟県融雪技術協会	〒950-0965	新潟市中央区新光町 6-1	TEL (025) 282-1114/FAX (025) 281-1507
(一社) 日本建設機械施工協会 北陸支部	〒950-0965	新潟市中央区新光町 6-1	TEL (025) 280-0128/FAX (025) 280-0134
北陸融雪技術協議会	〒950-0965	新潟市中央区新光町 6-1	TEL (025) 281-8812/FAX (025) 281-8832

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2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
2	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	-
3	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	-
4	R元年 5月	橋梁架設工事の積算 令和元年度版	11,000	9,350	900
5	R元年 5月	令和元年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
6	H31年 3月	日本建設機械要覧 2019年版	53,900	45,100	900
7	H30年 8月	消融雪設備点検・整備ハンドブック	13,200	11,000	700
8	H30年 5月	よくわかる建設機械と損料 2018	6,600	5,610	700
9	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
10	H30年 5月	橋梁架設工事の積算 平成30年度版	11,000	9,350	900
11	H30年 5月	平成30年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
12	H29年 4月	ICTを活用した建設技術（情報化施工）	1,320	1,100	700
13	H28年 9月	道路除雪オペレータの手引	3,850	3,080	700
14	H28年 5月	よくわかる建設機械と損料 2016	6,600	5,610	700
15	H28年 5月	大口径岩盤削孔工法の積算 平成28年度版	6,600	5,610	700
16	H26年 3月	情報化施工デジタルガイドブック【DVD版】	2,200	1,980	700
17	H25年 6月	機械除草安全作業の手引き	990	880	250
18	H23年 4月	建設機械施工ハンドブック（改訂4版）	6,600	5,604	700
19	H22年 9月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,300		700
20	H22年 9月	アスファルトフィニッシャの変遷【CD】	3,300		250
21	H22年 7月	情報化施工の実務	2,200	1,885	700
22	H21年 11月	情報化施工ガイドブック 2009	2,420	2,200	700
23	H20年 6月	写真でたどる建設機械 200年	3,080	2,608	700
24	H19年 12月	除雪機械技術ハンドブック	3,143		700
25	H18年 2月	建設機械施工安全技術指針・指針本文とその解説	3,520	2,933	700
26	H17年 9月	建設機械ポケットブック（除雪機械編）*	1,048		250
27	H16年 12月	2005「除雪・防雪ハンドブック」（除雪編）*	5,238		250
28	H15年 7月	道路管理施設等設計指針（案）道路管理施設等設計要領（案）*	3,520		250
29	H15年 7月	建設施工における地球温暖化対策の手引き	1,650	1,540	700
30	H15年 6月	道路機械設備 遠隔操作監視技術マニュアル（案）	1,980		700
31	H15年 6月	機械設備点検整備共通仕様書（案）・機械設備点検整備特記仕様書作成要領（案）	1,980		700
32	H15年 6月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	550		250
33	H13年 2月	建設工事に伴う騒音振動対策ハンドブック（第3版）	6,600	6,160	700
34	H12年 3月	移動式クレーン、杭打機等の支持地盤養生マニュアル（第2版）	2,724	2,410	700
35	H11年 10月	機械工事施工ハンドブック 平成11年度版	8,360		700
36	H11年 5月	建設機械化の50年	4,400		700
37	H11年 4月	建設機械図鑑	2,750		700
38	H10年 3月	大型建設機械の分解輸送マニュアル*	3,960	3,520	250
39	H9年 5月	建設機械用語集	2,200	1,980	700
40	H6年 8月	ジオスペースの開発と建設機械	8,382	7,857	700
41	H6年 4月	建設作業振動対策マニュアル	6,286	5,657	700
42	H3年 4月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,266	9,742	700
43	S63年 3月	新編 防雪工学ハンドブック【POD版】	11,000	9,900	700
44	S60年 1月	建設工事に伴う濁水対策ハンドブック*	6,600		250
45		建設機械履歴簿	419		250
46	毎月 25日	建設機械施工【H25.6月号より図書名変更】	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 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

建設機械

巻頭言

- 4 新年あいさつ 働き方改革を進めるために
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

- 6 建設機械の環境性能に関する一考察
北川 順 国土交通省 総合政策局 公共事業企画調整課 インフラ情報・環境企画室 課長補佐

- 11 除雪機械の高度化に関する取組

石道 国弘 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 建設機械係長

特集・
技術報文

- 16 建設現場の生産性を向上させる次世代型ブルドーザの開発
中型ブルドーザ D6/D6 XE

富永 安生 キャタピラー・ジャパン合同会社 商品サポート部 主任

- 21 モータグレーダのカッティングエッジ摩耗と掘削抵抗に関する研究

上前 健志 コマツ 開発本部 車両第三開発センタ グレーダ開発グループ チーム長
小林慎太郎 コマツ 開発本部 車両第三開発センタ グレーダ開発グループ 主任技師

- 26 ミニショベル排土板の自動制御による整地作業の生産性向上

中谷賢一郎 (株)日立建機ティエラ 開発・調達本部 開発設計センタ 主任技師

- 31 最新の都市型油圧ショベル SK75SR-7

西本 裕章 コベルコ建機(株) ショベル開発部 中型ショベル Gr

- 35 55tつりクローラクレーンの開発 SCX550-3

越 達夫 住友重機械建機クレーン(株) 生産統括本部/開発センタ 主任技師

- 39 ブラストホールドリルの稼働管理システム

五味 敏彦 古河ロックドリル(株) ライフサイクルサポート本部 カスタマーサポート部 部長

- 43 新たな山岳トンネル施工方法への挑戦

4ブームフルオートコンピュータジャンボの導入

三浦 孝 鹿島建設(株) 機械部 技術1グループ 次長

- 48 クレーン装置非分解型移動式クレーンの新技術と安全対策

最大つり上げ荷重 110t オールテレーンクレーン KA-1100R

中嶋 光也 (株)加藤製作所 設計第一部 グループマネージャー

- 56 ICT活用による除雪機械の情報化施工技術開発

除雪トラックの作業ガイダンス装置及びマシンコントロール化の検討

山田 拓 国土交通省 北陸地方整備局 北陸技術事務所 施工調査・技術活用課 機械調査係長

- 61 ローダの開発史

岡本 直樹 建設機械史研究者

- 68 ハッ場ダム仮設備計画における ICT 技術の活用

骨材輸送設備計画における 3D レーザースキャナ活用事例

藤吉 卓也 清水建設(株) 関西支店 土木第一部

	76	理想的なエネルギー変換機構 XY 分離クランク機構 村上 誠 NPO 法人新エネ研究会東日本 理事長 吉澤 匠 NPO 法人新エネ研究会東日本 Zメカニズム技研㈱ 代表取締役 吉澤 穰 Zメカニズム技研㈱ 開発技術部長
交流のひろば	83	建設業界への新たな取組み, フリーペーパー『けんせつ姫』 経営者歴 26 年のママ社長が, 建設業に携わる女性たちの輝く姿を取り上げたフ リーペーパー『けんせつ姫』発刊へ至る経緯 柴田 久恵 土佐工業㈱ 代表取締役, けんせつ姫 編集長
ずいそう	88	記憶 鈴木 隆好 ㈱ NICHIGO 代表取締役社長
JCMA 報告	89	「令和元年度 建設施工と建設機械シンポジウム」開催報告 —優秀論文賞 2 編・論文賞 3 編・優秀ポスター賞 2 編を表彰— 企画部
	93	日本建設機械施工大賞 受賞業績 (その 2)
部会報告	98	北海道新幹線, ニッ森トンネル (尾根内) 工事現場見学会 報告 機械部会 トンネル機械技術委員会
	101	コベルコ建機(株) 大久保事業所 見学会報告 機械部会 基礎工事用機械技術委員会
	103	新工法紹介 機関誌編集委員会
	105	新機種紹介 機関誌編集委員会
統計	108	建設機械産業の現状と今後の予測 機関誌編集委員会
	113	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
	114	行事一覧 (2019 年 11 月)
	118	編集後記 (村上・新井)

◇表紙写真説明◇

4 ブームフルオートコンピュータジャンボ

写真提供：鹿島建設(株)

山岳トンネルの長大化は進み, 高速施工のニーズはますます高まっており, 切羽における装葉時の穿孔時間の縮減と, トンネル掘削断面の余掘り低減が重要となっている。そこで, 5,000 m 級長大トンネル工事に, 日本で初めて 4 ブームフルオートコンピュータジャンボを導入し, 4 基のブームの穿孔作業を専任オペレータ 1 名で行うとともに, 穿孔時間の短縮と余掘りの低減を図るため, 新たな山岳トンネルの施工方法に挑戦した。

巻頭言

新年あいさつ 働き方改革を進めるために

田 崎 忠 行



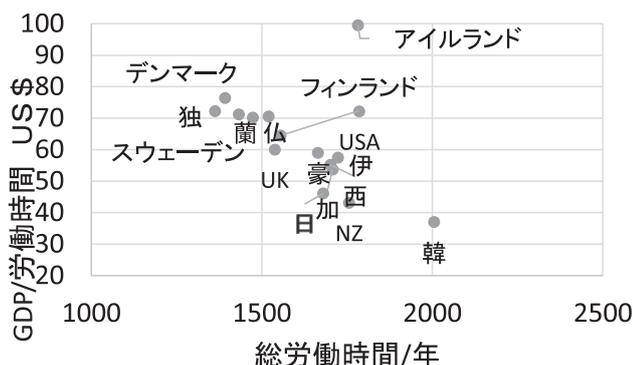
新年あけましておめでとうございます。

まず図—1を見ていただきたい。これはOECDのデータベースから各国の労働時間当たりGDP、すなわち労働生産性と年間総労働時間をプロットしたものです。明らかに右下がりの傾向を読み取ることができます。すなわち年間総労働時間の短い国のほうが労働生産性が高い。ここには示していませんが、我が国の産業別労働生産性と労働時間を見てみると、建設業は労働生産性が低くて労働時間が長いことがわかります。これらのデータだけから軽率に結論付けることは危険ですが、一つの仮説として日本は、そしてその中でも建設業は一定の生産額を得るのに長い労働時間を要している、ということが言えるのではないのでしょうか。むろん国によって労働環境や法制度が異なるし、日本の場合賃金が比較的低い非正規就業者の割合が高いということもあります。これからはより付加価値を高めるように産業を構造改革していかなければならない、というのも当然です。建設業についていえば、産業に特有の安全対策、環境対策によって生産に直結しない作業が多数存在するのも理由の一つでしょう。ただ、そのような制約条件を前提としつつ、同じ生産額を得るのに少しでも労働時間を短縮する努力をすべきである、ということにはあまり異論はないのではないのでしょうか。労働時間の短縮は、働き方改革の目的そ

のものであり、建設業従事者のQOLを向上させるとともに、ひいてはサービスの需要者により低廉なコストでの提供をもたらすからです。しかし諸外国と比較して、我が国の労働生産性が低いというデータには違和感を持つ方も多いのではないのでしょうか。日本人は勤勉で手先が器用ですし、労働者の働きぶりを見ても他国に勝りこそすれ、劣っていることはないと直感的には感じます。それではなぜ統計上の生産性が低いのでしょうか。

建設業で労働時間を短縮するには、各要素作業を効率化していくことが必要です。i-Constructionで建設現場にIoTを導入して作業を効率化し、生産性向上を目指しているのはまさにこの取り組みです。しかし労働時間には各要素作業に費やされるもののほかにも多くの時間が含まれており、これを減少させることが総労働時間を少なくするのに不可欠です。

まず書類の削減です。建設事業を進めるには膨大な書類の作成、提出が必要です。とくに公共事業では工事契約書に基づいて工事開始前に始まり、工事進捗に従って様々な協議、報告、提出、通知を文書することが規定されており、受注者はこのために多大な労力を費やしています。近年書類の電子化が進められて効率はかなり改善してきました。もうひとつ受注者を悩ませているのが手戻りです。手戻りの発生によって書類のやりとりも手戻りとなり、二重の非効率になってしまいます。手戻りのなかには自然条件によるもの等、やむを得ないものもありますが、改善しなければならないのは本来工事着手以前に決定しておかなければいけない工事にかかわる条件が不明確で、仮の条件で着手してしまっ、その後精査の結果条件が変更になるというようなケースです。契約前の条件明示は、数十年来その徹底が議論されてきましたが、依然として課題として残っています。これを根本的に解決するには設計段階まで立ち戻る必要があると思います。設計段階で現場条件を十分に吟味し、現場条件に内在する課



図—1 各国の労働時間と労働生産性

題をしっかり設計に反映する必要があります。また施工において留意すべき点を抽出して十分な検討を行い、工事契約の設計図書に盛り込む必要があります。こうすることによって発注者と受注者が当該現場の技術的課題を共有し、お互いに知恵を出しながら工事を進めることができ、手戻りの少ない工事とすることができるでしょう。最近採用されるようになったECIはこの改善に大いに寄与するものと考えられます。

工事の監督、検査は従来人手で実施することを前提としていましたが、ICT施工が普及し始めた段階ですから、ICT施工を前提とした基準を検討する必要があります。施工の数値データをもとに施工管理、監督、検査を一貫して行えば従来に比較して大幅に効率化が図られると同時に、施工の信頼性も向上します。すでに土工機械の刃先の位置データを施工管理や検査に活用する試行が行われています。さらなる拡大を期待したいところです。出来形や品質のデータを施工現場に加えて企業の管理部門、発注者が共有することによって、ミスの防止に寄与するとともに、維持管理段階で必要なデータとして活用されます。製造業の現場では同様の取り組みがすでに行われていますが、建設業では現場が短期間で移動すること、自動化を可能とする技術がなかったことから、人手で抽出データによる管理が長いこと行われてきました。ICT施工が現実となった現在、人手を前提とした施工管理や監督、検査の基準から、ICTを前提とした基準に変えていかなければなりません。そうではなく、単に人手を前提とした基準を満足するようにICT機器を使うのでは、本当の性能を生かしているとは言えません。無論施工データそのものの信頼性が重要ですから、

技術基準との整合性、測定機器の信頼性、測定データと実データの整合性、改ざん可能性の排除等をしっかり吟味しなければなりません。ICT施工やこれに関連する測定技術は日進月歩ですから、ICT施工を前提とした基準を策定する際は、現在の技術を前提としたものに固定するのではなく、新技術に対応してアップデートできるような柔軟な基準であることも大切です。

施工時期の平準化も重要です。受注産業という制約から、製造業のように製造者自ら生産調整をすることが困難であることから、工事量の季節変動が大きな課題でした。i-Constructionの取り組みのなかで、従来年度末に集中しがちであった工期が分散するようになってきましたし、国庫債務負担行為の積極的活用も進んできました。

このように労働時間を短縮するためには、作業時間の短縮だけではなく、これに関連するあらゆる時間の短縮が重要です。これまでに述べてきたようにそれらの多くは従来の仕事のやり方を根本的に変える、いわばパラダイムシフトを求めています。しかし今までこの方法でやってきたから、とか今までこの方法で特に問題はなかった、という言い訳を続けていると、いつの間にか産業の競争力も魅力も失われてしまうことになりかねません。新たな一步を踏み出すことによって、より魅力のある産業に脱皮していくことができると思います。

会員各位、関係者の皆様の今年一年のご多幸をお祈りいたします。

行政情報

建設機械の環境性能に関する一考察

北川 順

国土交通省では、大気汚染防止及び地球温暖化対策の観点から、建設機械から発生する排出ガスや温室効果ガスによる環境負荷を低減させるため、環境対策の図られた建設機械の普及促進に取り組んでいる。本稿では、近年の環境対策に関する取り組みを振り返り、建設機械の環境性能の推移について考察する。
 キーワード：大気汚染防止、NO_x、PM、オフロード法、地球温暖化対策、CO₂、燃費基準達成建設機械

1. 建設機械の排出ガス対策

自動車排出ガス等に含まれる窒素酸化物（NO_x）や粒子状物質（PM）は、大気汚染の原因物質とされており、呼吸困難や気管支炎等の健康に与える影響が懸念されている。そのため、自動車や船舶等の各分野において、その排出について規制が設けられるなど、排出ガス対策が講じられている。

国土交通省では、建設機械の排出ガス対策を進めるため、1991年に排出ガス基準値を定め、基準値を満足する建設機械を指定する制度である「排出ガス対策型建設機械指定制度」を導入した。さらに、国土交通省発注工事において排出ガス対策型建設機械の使用を原則化することで、その普及を促進してきた。その後、基準値を、2001年に第2次基準値、2006年に第3次基準値と順次基準を強化するとともに、地方自治体発

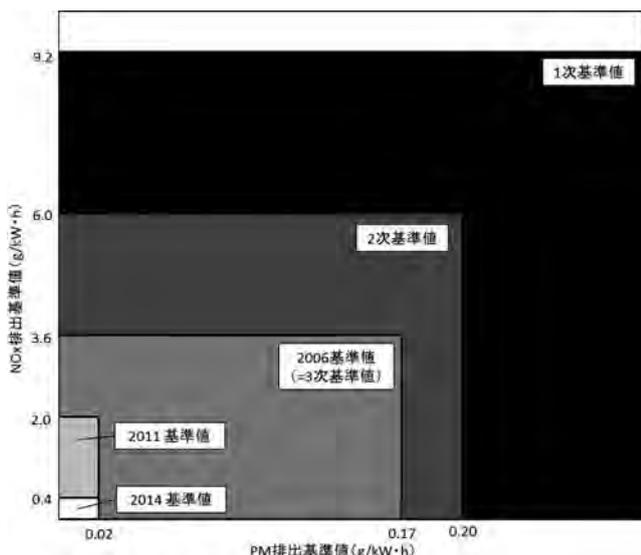
注工事においても排出ガス対策型建設機械の使用原則化が採用されるなど、建設機械の排出ガス対策を進めてきた。

一方、2003年の中央環境審議会第6次答申において、既に導入されていた公道を走行する特殊自動車の排出ガス規制強化に合わせる形で、建設機械をはじめとする公道を走行しない特殊自動車（以下、「特定特殊自動車」という）についても、排出ガスの寄与率の大きいエンジン出力帯（19 kW以上～560 kW未満）について、同一の排出ガス基準値により排出ガス規制を導入することとなり、「特定特殊自動車排出ガスの規制等に関する法律」（以下、「オフロード法」という）に基づく法規制が、2006年10月1日より開始された。

さらに、2008年の中央環境審議会第9次答申において、今後、自動車全体に占めるディーゼル特殊自動車のNO_x、PMの寄与割合が増加すること、また、

種別(出力帯別)	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1	R2	
19kW以上 2006基準					H19.10規制開始						経過措置23ヶ月								
37kW未満 2011基準											H25.10規制開始		経過措置11ヶ月						
(D1) 2014基準													H26.10規制開始						
37kW以上 2006基準						H20.10規制開始				経過措置13ヶ月									
56kW未満 2011基準											H25.10規制開始		経過措置11ヶ月						
(D2) 2014基準													H26.10規制開始						
56kW以上 2006基準						H20.10規制開始				経過措置18ヶ月									
75kW未満 2011基準											H24.10規制開始		経過措置23ヶ月						
(D3) 2014基準													H27.10規制開始						
75kW以上 2006基準					H19.10規制開始				経過措置19ヶ月										
130kW未満 2011基準											H24.10規制開始		経過措置23ヶ月						
(D4) 2014基準													H27.10規制開始						
130kW以上 2006基準				H18.10規制開始				経過措置19ヶ月											
560kW未満 2011基準											H23.10規制開始		経過措置23ヶ月						
(D5) 2014基準													H26.10規制開始						
中央環境審議会による答申	●				●				●				●						
	第6次答申(H15.6)				第9次答申(H20.1)								第14次答申(R2予定)						

図-1 オフロード法規制強化の経緯



図一2 排出ガス基準値の変遷 (130 kW 以上～560 kW 未満)

※出力帯として D5 (130 kW 以上～560 kW 未満) の例を掲載。

※排出ガス基準には、NOx 及び PM の他に、一酸化炭素 (CO)、非メタン炭化水素 (NMHC)、黒煙などの基準値もある。

※1次基準値では、PM の基準値を設定していない。

今後ディーゼル特殊自動車についても NOx, PM 後処理装置の導入が可能になると考えられることから、将来の環境基準達成を確実なものにするためには、ディーゼル特殊自動車の排出ガス対策を行うことが必要である旨が示され、2011年、2014年と順次規制が強化され、2006年基準値と比較して排出される NOx, PM が約9割削減されるなど、建設機械の排ガス性能が大幅に改善されることとなった(図一1, 2)。

2. 建設機械の地球温暖化対策

地球温暖化問題は、人間の活動に伴う大気中の二酸化炭素 (CO₂) をはじめとした温室効果ガスの増加によるものとされており、近年の豪雨災害等の異常気象の原因となっている可能性が高いと指摘されるなど、国際社会全体で取り組む必要がある問題である。

国土交通省では、建設機械における地球温暖化対策に取り組むため、1999年に地球温暖化対策検討分科会を設置して検討を進めてきた。その取組の一つとして、建設機械の燃費性能を統一された数値(燃料消費量評価値)によって比較可能とするため、油圧ショベル、ブルドーザ、ホイールローダの燃料消費量測定方法を「エネルギー消費量試験方法(それぞれ、JCMAS: H020, H021, H022)」として規格化し、さらに建設機械メーカーの開発目標とするため、燃費基準値(2020年目標)を設定し、この基準を達成する機械を認定する「燃費基準達成建設機械認定制度(以下、「認定制度」という)」を2013年度より開始した。また、建設機械

の購入に対する補助制度や融資制度において、燃費基準の達成を要件の一つとすることで、燃費性能の優れた建設機械の普及を促進してきた。さらに、2018年度から認定対象に小型油圧ショベルを追加し、2022年度からホイールクレーンを追加予定であるなど、対象機種拡大にも取り組んでいる。なお、この認定制度は、排出ガス対策の法規制とは異なり強制力はないが、各種促進施策の効果もあり、2019年10月末時点で、107型式が認定されるなど、燃費性能の優れた建設機械の開発が進められている。

3. 建設機械の環境性能に関する考察

ここからは、近年の建設機械の環境性能の推移について考察する。考察にあたっては、認定制度における申請資料を用いた。申請資料には、燃料消費量評価値や、エネルギー消費量試験の結果記録表が含まれている。

認定制度で定める燃費基準値(2020年目標)は、認定制度創設当時(平成20年台前半)に販売されていた建設機械の燃料消費量評価値を調査し、そのトップランナー値を採用している。当時の排出ガス規制は、オフロード法2006年基準であったことから、調査した建設機械はオフロード法2006年基準に適合していた。また、認定制度は、認定要件を「オフロード法2014年基準に適合(19 kW 以上～56 kW 未満の建設機械は2011年基準でも可)」し、かつ「燃費基準値(2020目標)を達成」していることとしているため、認定された建設機械は1型式を除き2014年基準に適合している。そのため、認定制度創設当時の建設機械と、認定された建設機械の燃費性能を比較することは、オフロード法「2006年基準適合車」と「2014年基準適合車」の燃費性能を比較することにもなることから、以降、認定制度創設時に調査した建設機械を「2006年基準適合車」、認定された建設機械を「2014年基準適合車」と呼ぶこととする。なお、排出ガス性状を向上させるためには、DPF や SCR のような後処理装置の追加等の対策を行う必要があるため、一般的には排出ガス規制強化は燃費性能の悪化に繋がると考えられる。

2006年基準適合車と2014年基準適合車の燃費性能を比較するため、燃料消費量評価値の分布を図一3～5に示す。基準値(2020年目標)を達成する燃費性能を持った建設機械が多数認定されており、全体の傾向として燃費性能が向上していることがわかる。これは、排出ガス規制強化による燃費性能への悪影響を上

回って燃費性能が改善され、排出ガス性能と燃費性能の向上を同時に達成したことを示している。

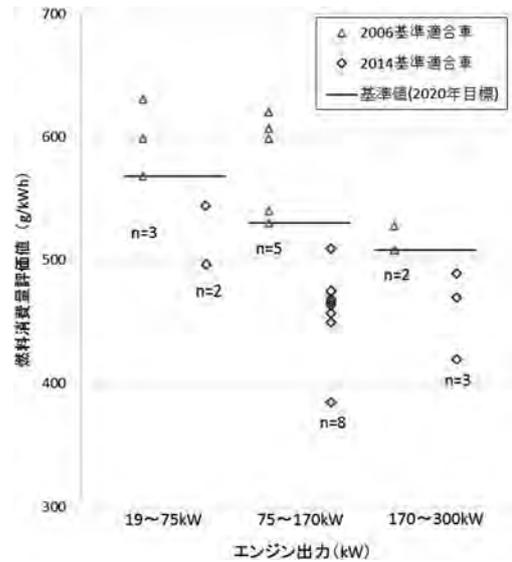
なお、図一3～5において、2006年基準適合車は、燃費性能に関係なく認定制度創設ときに調査した燃料消費量評価値であるが、2014年基準適合車については、認定された建設機械のみの値であり、市場には認定されていない建設機械（燃費基準を達成していないと想定される）も存在することにご留意頂きたい。

4. 建設機械の作業性能に関する考察

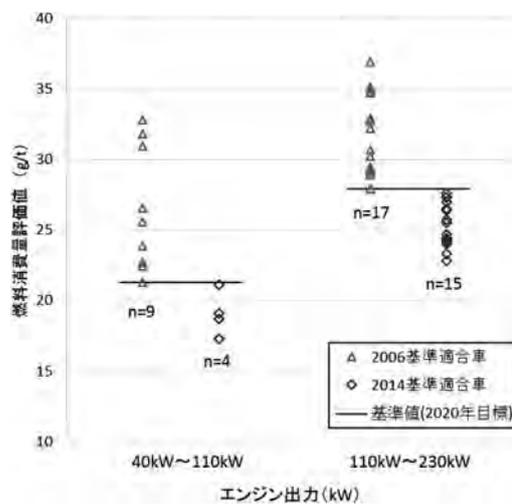
次に、作業性能の推移について考察する。先述のエネルギー消費量試験方法では、掘削の模擬動作や走行を行った際の燃料消費量を測定するなど、作業量を考慮した燃費性能を評価できる方法となっている。例えば、油圧ショベルの場合はバケット容量に応じて定められた掘削・積み込み動作試験、ならし動作試験、走行試験、待機試験を行うこととされており、待機試験以外については、作業を可能な限り素早く、最大出力で行うこととされている。そして、これらの作業に要する時間と燃料消費量を、実現場を想定した動作割合で案分し、「標準動作当たりの燃料消費量」を「燃料消費量評価値 F_{HEX} (kg/標準動作)」として算出している。 F_{HEX} は以下の式で与えられる。

$$F_{HEX} = \frac{F_1 \times M_s \times \alpha + F_2 \times C_s + F_3 \times S_s + F_4 \times L_1}{1000}$$

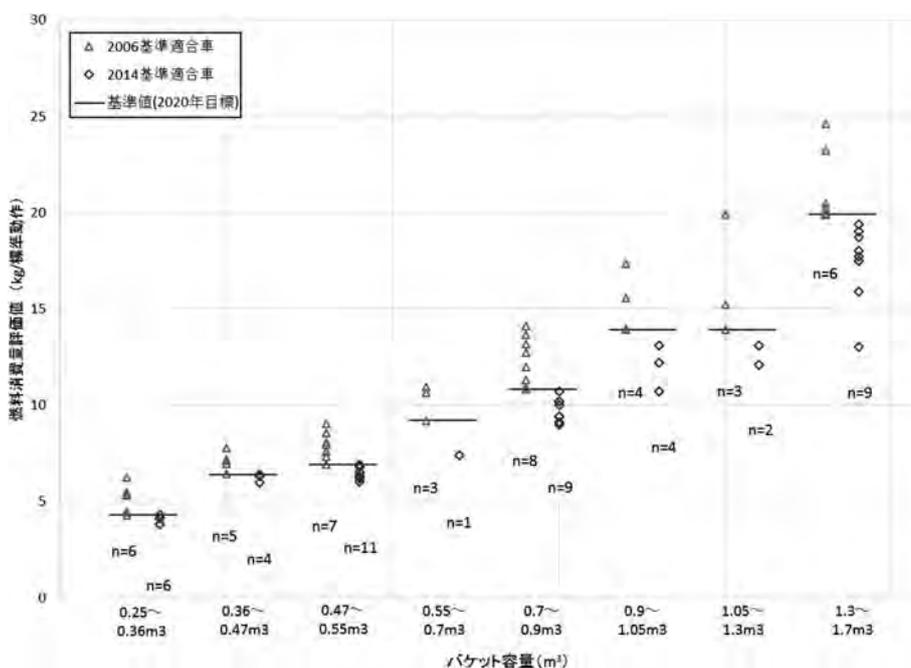
F_{HEX} : 油圧ショベル燃料消費量評価値 (kg/標準動作)



図一4 ブルドーザの燃料消費量評価値の推移



図一5 ホイールローダの燃料消費量評価値の推移



図一3 油圧ショベルの燃料消費量評価値の推移

- F_1 : 掘削・積込み試験時のサイクル当たり燃料消費量 (g/サイクル)
- F_2 : ならし動作試験時のサイクル当たり燃料消費量 (g/サイクル)
- F_3 : 走行試験時の走行距離当たり燃料消費量 (g/m)
- F_4 : 待機試験時の時間当たり燃料消費量 (g/h)
- M_S : 模擬動作の評価サイクル (サイクル) 【定数】
- C_S : ならし動作の評価サイクル (サイクル) 【定数】
- S_S : 走行の評価走行距離 (m) 【定数】
- L_1 : 待機の評価時間 0.30 (h) 【定数】
- a : 作業効率改善係数 (通常 1 とし, バケット形状等の改善によって作業量が改善することが証明された場合に用いる。) 【定数】

燃料消費量評価値は, 小さいほど燃費性能が優れていることを表すが, この評価値を小さくする方法として, 「1 サイクル当たり動作時間 (s/サイクル)」を短くする方法, 「時間当たり燃料消費量 (g/h)」を小さくする方法, あるいは両者による方法などが考えられる。例えば, 建設機械には, 燃料消費量削減に有効な「省エネモード」を搭載したものが存在するが, これは出力を下げることで時間当たりの燃料消費量を低減させる代わりに, 作業性能が低下し, 動作時間が若干延びる傾向があるとされている。

建設機械の「作業性能」と「時間当たり燃料消費量」の関係性を把握するため, 「燃料消費量評価値 F_{HEX} (kg/標準動作)」を, 「標準動作に要する時間 T_{HEX} (s/標準動作)」と「重み付け時間当たり燃料消費量 Q_{HEX} (kg/h)」に分解する。 T_{HEX} , Q_{HEX} はそれぞれ以下の式で与えられ, $F_{HEX} = T_{HEX} \times Q_{HEX}$ が成立する。

$$T_{HEX} = T_1 \times M_S + T_2 \times C_S + T_3 \times S_S + 3600 \times L_1$$

T_{HEX} : 油圧ショベル標準動作に要する時間 (s/標準動作)

T_1 : 掘削・積込み試験時のサイクルタイム (s/サイクル)

T_2 : ならし動作試験時のサイクルタイム (s/サイクル)

T_3 : 走行試験時の走行距離当たり時間 (s/m)

M_S : 模擬動作の評価サイクル (サイクル) 【定数】

C_S : ならし動作の評価サイクル (サイクル) 【定数】

S_S : 走行の評価走行距離 (m) 【定数】

L_1 : 待機の評価時間 0.30 (h) 【定数】

$$Q_{HEX} = Q_1 \times \frac{T_1 \times M_S}{T_{HEX}} + Q_2 \times \frac{T_2 \times C_S}{T_{HEX}} + Q_3 \times \frac{T_3 \times S_S}{T_{HEX}} + Q_4 \times \frac{3600 \times L_1}{T_{HEX}}$$

Q_{HEX} : 油圧ショベル重み付け時間当たり燃料消費量 (kg/h)

Q_1 : 掘削・積込み試験時の時間当たり燃料消費量 (kg/h)

Q_2 : ならし動作試験時の時間当たり燃料消費量 (kg/h)

Q_3 : 走行試験時の時間当たり燃料消費量 (kg/h)

Q_4 : 待機試験時の時間当たり燃料消費量 (kg/h)

T_{HEX} は, 作業速度を表す指標であり, 建設機械の作業性能ととらえることができる。

3. で示したように, 2014 基準適合車は 2006 年基準適合車と比較して, 燃料消費量評価値の低下が見られたが, その際に作業性能にどのような変化があったかを確認するため, 2006 年基準適合車に対して, その後継機が 2014 年基準適合車として認定されている型式について, 2006 年基準適合車を 100% として, 作業性能と時間当たり燃料消費量を比較した (図-6, 7)。

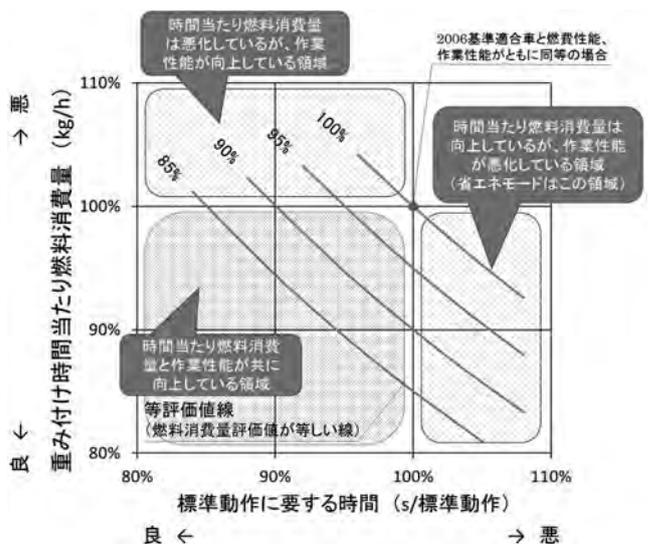


図-6 グラフの見方 (油圧ショベルの場合)

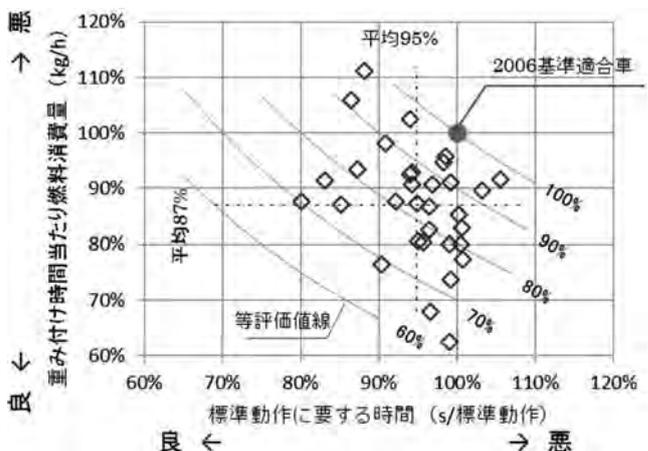


図-7 油圧ショベルの作業性能の推移

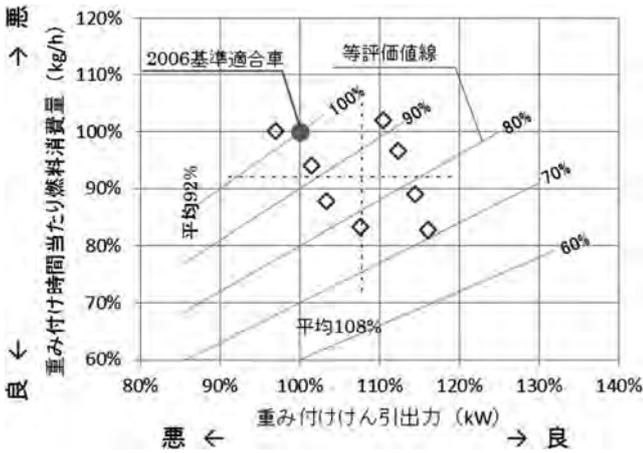


図-8 ブルドーザの作業性能の推移

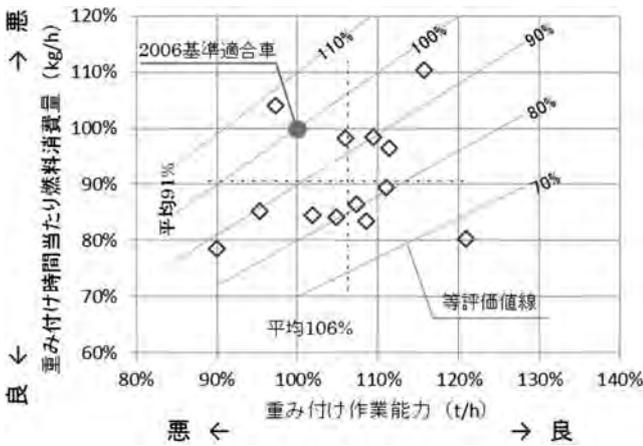


図-9 ホイールローダの作業性能の推移

さらに、ここでは詳細な説明は割愛するが、油圧ショベルの場合と同様に、ブルドーザとホイールローダについても、作業性能としてそれぞれ「重み付けけん引出力 (kW)」、「重み付け作業能力 (t/h)」を指標とし、2006 基準適合車と 2014 基準適合車を比較した (図-8, 9)。

いずれの機種についても、作業性能、時間当たり燃料消費量の平均がともに向上していることがわかる。これは、全体の傾向として、排出ガス性能と燃費性能を向上させるために、作業性能を低下させることなく、むしろ作業性能も向上していることを示している。

5. おわりに

建設機械は、近年の排出ガス規制の強化に伴い、排出ガス性能の向上が図られてきた。また、原油の高騰やユーザーの環境意識の高まりなどから、燃費性能の向上も求められるようになってきた。当然のことではあるが、建設機械にとって、作業性能は最も重要な要素である。これらのトレードオフの関係にある課題について、本文で述べたように、いずれの性能も向上してきており、建設機械メーカー各社の技術開発によって、その課題を克服してきたと考えられる。

現在、中央環境審議会自動車排出ガス専門委員会において、今後の自動車の排出ガス対策のあり方について議論がされており、令和2年度に第14次答申がなされる予定である。答申の内容については検討中であるが、建設機械の排出ガスについても、影響がある可能性がある。排出ガス対策と燃費性能はトレードオフの関係にあることから、国土交通省では、この答申の内容を踏まえ、2030年に向けた新たな燃費基準策定に向けた検討を行っているところである。また、近年、電動の建設機械や新たな燃料等、環境対策に繋がる技術の開発が進められている。さらに、ICT施工等による施工の効率化によっても、建設機械の稼働時間が短縮され、環境負荷軽減に繋がると考えられている。

国土交通省としては、このような環境負荷を低減する技術の開発及び普及を促進し、建設施工分野全体の環境対策の推進に努めて参りたい。

謝 辞

建設施工分野の環境対策の推進において、ユーザー、メーカー、関係機関、関係団体等の多くの皆様にご協力を頂き、感謝申し上げます。

JCMIA

《参 考》

国土交通省 HP 建設施工・建設機械
<http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/index.html>

[筆者紹介]

北川 順 (きたがわ じゅん)
 国土交通省 総合政策局
 公共事業企画調整課 インフラ情報・環境企画室
 課長補佐

行政情報

除雪機械の高度化に関する取組

石道 国弘

除雪作業員の高齢化及び担い手不足の問題は、除雪業界においても顕在化しており、今後の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。このような状況を受け、国土交通省では除雪作業の将来的な自動化に向けた検討を始めており、その一環として除雪機械オペレータを対象としたアンケート調査を実施した。

本稿では、アンケート調査の結果を基に、優先的に取り組むべく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開発ニーズを踏まえつつ、除雪車の高度化による自動化を目的とした技術開発の一部について報告する。

キーワード：道路除雪、除雪機械、技術開発、自動化

1. はじめに

平成20年を境に国の総人口が減少に転じ、高齢化が急速に進展するなか、近年各業界において、労働力不足が叫ばれるようになってきている。担い手の不足及び高齢化の問題は除雪業界においても同様の状況であり、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。

労働力不足の対策の1つとして、ロボットや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技術の開発が急速に進んでいる。

一方、国土交通省では、除雪作業の将来的な自動化に向けた検討を始めている。

この検討の一環として、直轄国道における除雪体制の現状把握、及び今後の除雪機械の高度化・自動化に向けた基礎資料を得ることを目的に、過年度除雪業者を対象としたアンケート調査を下記の要領にて実施した。

①調査対象

国が委託している除雪工事（作業）の受注業者

②調査数

430社（H29受注業者：398社、H28受注業者：32社）

③調査期間

平成29年8月～9月

④主な調査内容

・除雪作業従事者の年齢、経験年数、就業状況

- ・除雪機械別人員状況
- ・除雪機械及び作業装置別習得難易度
- ・除雪オペレータの必要能力
- ・アクシデント発生状況 …等

アンケート結果では、除雪業界における担い手の不足及び高齢化の問題が顕著であり、それらに加え、新オペレータの高齢化も見られる等、その程度が非常に厳しい状態であることを再確認した。また、業界団体が実施した実態調査等、各種調査においても同様に指摘されているところである。

また、アンケート調査結果から得られた課題を踏まえ、特に優先的に取り組むべき内容としては、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開発ニーズがあることが確認された。

国土交通省の各地方整備局においては、これらの開発ニーズを踏まえつつ、除雪車の高度化による自動化を目的とした技術開発を行っている。本稿ではこれまで実施した除雪機械の高度化の一部について紹介する。

2. 除雪トラックの高度化

担い手の不足及び高齢化により熟練オペレータが減少している傾向にある中、一から十分な運転操作技術を身につけるためには、相当の現場経験が必要であり、新たなオペレータの育成が課題となっている。また、近年ゲリラ的な集中豪雪が多く、応援除雪で担当

工区とは異なった土地勘のない場所において、道路構造、周辺状況が不明な中での作業を行うこともある。

北陸地方整備局では、初心者でも熟練オペレータ並に安全で作業効率の良い除雪車のオペレーションが可能となるよう、ICT（情報通信技術）を活用した「除雪機械の情報化施工技術」の検討開発に取り組んでいる。本取組では、平成22年度から「凍結防止剤散布車」、「ロータリ除雪車」、「歩道除雪車」の作業ガイダンス装置を開発し、順次現場への導入を進めてきた。

現在は、一次除雪機械である「除雪トラック」のMG（マシンガイダンス）を検討している。除雪トラックは、作業速度が約30 km/hと速く、作業装置周辺の視認性が悪い機械である。

MGには、道路上の障害物（橋梁ジョイント、マンホール等）、注意区間（家屋連坦部、交差点部）及び特殊な作業を要する区間（ランプ、駐車帯）の接近警告機能が必要である。また、悪天候でも自車位置を把握するために必要となる、道路附属物（アスカブ、ポール、中央分離帯など）の情報や道路区画線（道路中心線や外側線など）の表示機能を検討した。

除雪トラックの主な作業装置には、プラウとトラックグレーダ（路面整正装置）などがある（写真-1）。



写真-1 除雪トラックの主な作業装置

除雪トラックには、プラウの推進角度を変えられるタイプやトラックグレーダのブレードを伸縮できるタイプがあるため、作業装置の状態も除雪作業の状況毎に異なる。したがって、プラウとトラックグレーダの作業状態毎に路肩端や道路中心線（中央分離帯）との離隔を設定し、条件毎に接近警告を表示できる設定とした。作成した作業ガイダンスソフトの基本的な画面構成を以下に示す（図-1, 2）。

開発したMGを導入することにより得られる効果は以下のとおりである。

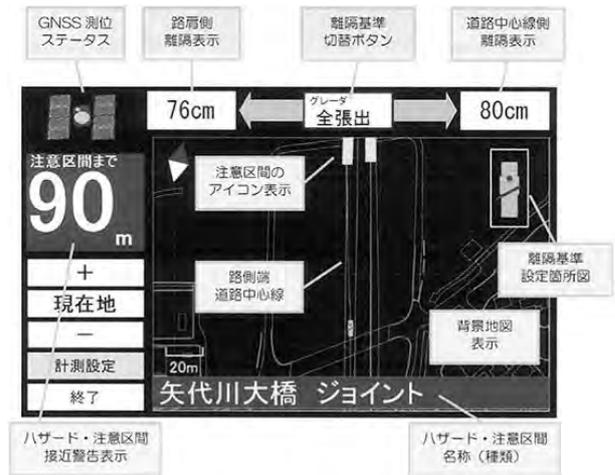


図-1 作業ガイダンスソフト画面構成①

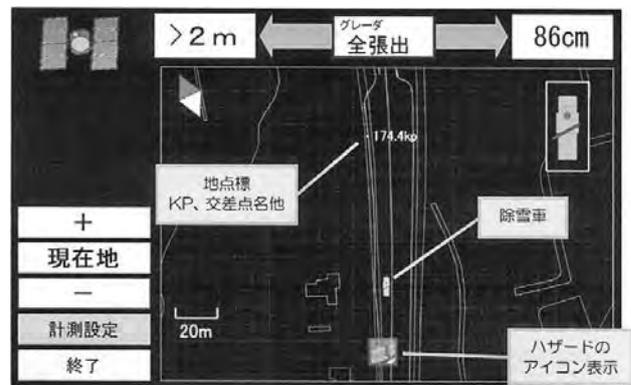


図-2 作業ガイダンスソフト画面構成②

(1) 安全性・施工性向上

除雪作業の直接的な障害となる障害物をガイダンスすることで、接触事故防止による安全性向上が見込まれる。

この他、作業注意区間（ランプ・パーキングエリア）を登録し事前ガイダンスすることで、ミス防止による施工性向上も期待できる。

(2) 除雪作業支援効果

工区間応援で不慣れな地域で作業を行う場合の支援になるほか、運転経験が浅いオペレータには安全性の向上が見込め、ベテランオペレータにはケアレスミス防止にも有効である。

一方、除雪トラックの除雪装置の自動化に向けたMC（マシンコントロール）の技術開発も実施している。写真-1に示した作業装置について、下記スケジュールにて段階的に検討を行っている（図-3）。

平成30年度より開発検討を進めているのがサイドシャッタ装置の自動化（MC）である。除雪トラックは、交差点に入ると側面に装着しているサイドシャッタを下ろし、一時的に雪を抱え込み交差点に雪を残さ

開発（検討）年度		H29 (2017)	H30 (2018)	R1 (2019)	R2 (2020)	R3 (2021)
除雪トラック	ガイダンス装置(MG)	■	■			
	サイドシャッター(MC)		■	■	■	■
	ブラウ(MC)			■	■	
	トラックグレーダ(MC)				■	■

図-3 除雪トラック開発検討スケジュール



写真-2 サイドシャッターの動作状況

ないように作業する（写真-2）。従来は、オペレータが手動で装置の上げ下げをしていたが、道路の3次元地図データを基に、準天頂衛星システムからの高精度測位情報を利用した自車位置情報から、交差点等あらかじめ設定された位置でのサイドシャッターの自動化に取り組んでいる。

令和元年度からは、雪を路外にかき飛ばす車両前方のブラウ、路面の圧雪を削り取るトラックグレーダの自動化にも取り組み始めている。

3. 除雪グレーダの高度化

除雪グレーダによる冬期路面管理作業は運転手・助手の2名で作業してきたが、昨今の排ガス規制強化に伴うメーカーのグレーダ機種種の標準化により、助手が搭乗できない1人乗りとなり、ベース車両も除雪幅（ブレード幅）によらず単一となった。そのため、平成27年度以降は、助手が担っていた安全対策の代替措置を確保した上で1人乗り除雪グレーダを導入している。

昭和31年に「積雪寒冷特別地域における道路交通の確保に関する特別措置法」が制定されたことを機に除雪作業の機械化が促進される中、技術事務所等と国内製造会社による除雪作業に特化した機種や装置などの共同開発を行い、除雪グレーダは大型化、高速化など土工用とは異なる独自の進化を遂げてきた。

しかしながら、排出ガス規制「公道を走行する大型特殊自動車及び小型特殊自動車の排出ガス規制（ディーゼル車）強化」や公共事業予算縮小に伴う除雪グレーダ購入台数の減少、国内製造会社のグローバ

ル化に伴う国内販売比率の減少も相まって、国内製造会社は平成25年（2013年）3月末に全ての国内向け除雪グレーダの新車製造・販売事業を一時中止した。背景には、新しい排ガス規制（2014年規制）に向けた開発を進めるとともに、グレーダ機種種の世界的な標準化で計画され、日本独自の除雪専用機種種の開発は不可能であるとの方針が平成25年6月に国内製造会社より示された。除雪グレーダによる除雪作業は国土交通省における冬期路面管理に必要不可欠であること、また、このまま販売停止の状況が続くことによる悪影響を考慮し、製造・販売事業が継続可能である1人乗り除雪グレーダによる除雪作業を受け入れることとした。

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、オペレータには熟練した技術が求められる。

しかし、除雪グレーダのオペレータにおいても担い手の減少や高齢化が進んでおり、我が国の国土保全上必要不可欠な冬期交通（除雪レベル・品質）を確保・維持していくためには、担い手の確保が急務となっている。

また、助手が担っていた安全確認などもオペレータ1人で行わなければならない、除雪作業時の安全性や作業効率の低下が懸念されている。

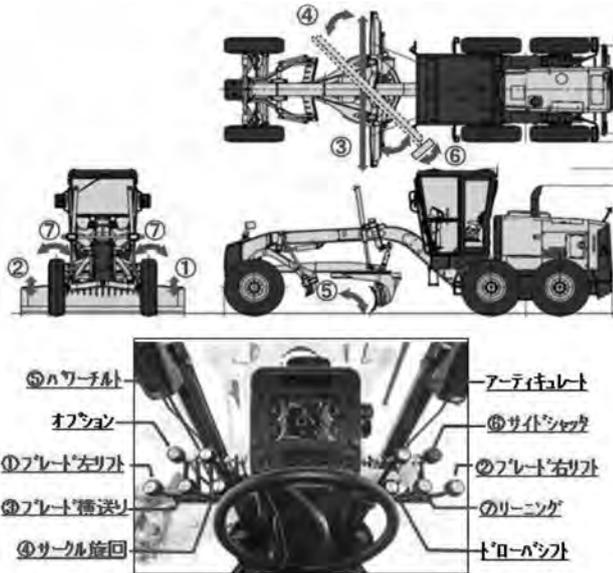
そこで東北地方整備局では平成29年度以降、オペレータの安全確保、負担軽減などを目的として、ICTを用いた作業装置の自動制御と、その運用時に必要となる安全確認に関する技術について、下記スケジュールにて調査・検討している（図-4）。

開発（検討）年度		H29 (2017)	H30 (2018)	R1 (2019)	R2 (2020)	R3 (2021)	R4 (2022)
除雪グレーダ	バリエابلブレード（効率化）				■	■	■
	ブレード（MC）	■	■	■	■	■	■

図-4 除雪グレーダ開発検討スケジュール

除雪グレーダの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-5に示す①から⑦までの装置を段階的に高度化へ取り組んでいる。

また、旧型機にあったバリエابلブレード（可変幅形ブレード）装置を、1人乗り除雪グレーダ用に検討開発した試作機により、今年度の冬期に試験施工を予定している（写真-3）。



図一5 除雪グレーダのブレード装置概要図



写真一3 試作中のバリエブルブレード

4. 運搬排雪作業の効率化・ロータリ除雪車の高度化

運搬排雪は、ロータリ除雪車などの除雪機械のほか、ダンプトラック、誘導員など多くの資機材と人員が必要な作業である。円滑な作業の実施にあたっては、運搬車両（ダンプトラック）の適正な台数管理及び適量かつ過積載とならない雪の積込み量の把握が必要である。現状の作業においては、補助作業員による確認や、ロータリ除雪車オペレータの熟練度の違いによる作業性の低下を伴っており、特に、オペレータによる積込み量のバラツキや雪こぼれが発生し、別途人力による雪こぼれ処理が必要なことから作業ロスが発生している（写真一4）。

これらの課題を解決するために、北海道開発局において平成30年度以降、ICT計測技術を用いて運行管理や積込み量の適正化に基づく運搬排雪作業全般の効率化及びコスト縮減を下記スケジュールにて検討して



写真一4 運搬排雪の作業ロス状況

開発（検討）年度		H30 (2018)	R1 (2019)	R2 (2020)	R3 (2021)
ロータリ除雪車	運搬積込量適正化（効率化）				
	ロータリ除雪装置（MC）【i-Snow】				

図一6 ロータリ除雪車開発検討スケジュール

いる（図一6）。

ロータリ除雪車においてもICTを活用した高度化を図っており、北海道開発局を中心とした除雪現場の省力化による生産性・安全性の向上に関する取組プラットフォーム「i-Snow」（図一7）において、ロータリ除雪車に自動制御システムを搭載し、操作の省力化を検討している。

ロータリ除雪装置は、大きく8種類の動作方法があり、段階的に自動化に取り組んでいる（図一8）。

令和元年度の実証実験範囲は図一8の太枠部である。左下の「シュートキャップ」は、投雪位置をピンポイントで微調整するもので、右上の「シュート旋回」は、投雪方向、投雪位置を変更し、その下の「シュート伸縮と起倒」は、シュート作業姿勢に持つて行くための伸縮、起倒である。なお、「プロワ旋回」については、平成30年度に自動化実現済みである（写真一5）。

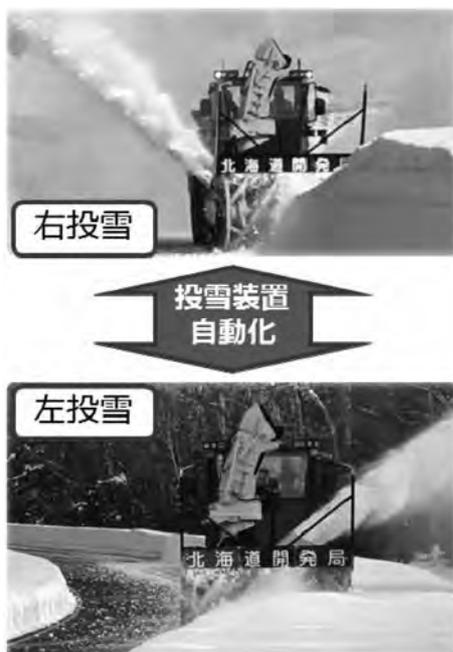
ロータリ除雪車の作業装置の自動化においては、ティーチングの手法を検討し、実装しているところで



図一七 i-Snow の活動イメージ

昇降		シュート旋回 (R01実証実験)	
チルト		シュート伸縮 (R01実証実験)	
チップバック		ブロワ旋回 (H30実証実験)	
シュートキャップ (R01実証実験)		シュート起倒 (R01実証実験)	

図一八 作業装置自動化の範囲



写真一五 ブロワ装置の投雪方向自動化を確認

で利用されてきた手法である。

ロータリ除雪車による除雪作業の場合は、基本的には場所によって投雪方向や投雪禁止箇所が決められているため、位置情報等をもとに、ある地点に到達したらシュートを旋回し投雪方向を変える、などの操作をロータリ除雪車に搭載するコンピュータに記憶させる。

ロータリ除雪装置の自動化に向けては、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）をティーチングの基本データとするが、風向・雪堤高さ・道路附属物等の情報データも補完し、詳細検討する予定である。

5. おわりに

除雪業界における担い手の不足及び高齢化の問題については、以前より業界団体が実施する実態調査等、各種調査により指摘されていたが、国土交通省が平成29年度に実施した除雪事業者向けアンケートにおいて、その程度の厳しさを再確認した。国土交通省においては、各除雪機械の作業装置自動化に向けた検討開発を開始したところである。

今後も、市場の技術開発を踏まえつつ、担い手確保や安全作業に寄与する除雪機械の省力化・自動化に向けた検討開発を進めていきたい。

JICMA

《参考文献》

- 1) 今野孝親：除雪作業従事者の実態と体制確保に向けた課題，建設機械施工 2018.10 No.824
- 2) 長谷川崇，橋本隆志：除雪機械の情報化施工技術の検討について，第31回ゆきみらい研究発表会（ゆきみらい 2019in 新庄）
- 3) 山田拓，橋本隆志：除雪機械の情報化施工技術の開発（除雪トラック），ゆき 2019.6 No.115
- 4) 飯田和彦：運搬排雪 ICT 化に関する基礎検討，ゆき 2018.6 No.111
- 5) 国土交通省北海道開発局 Web サイト：i-Snow とは，<https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/jg/gijyutu/splaat0000010dmm.html>
- 6) 岸寛人，飯田和彦，石道国弘：除雪機械の高度化に関する検討—準天頂衛星を利用した除雪作業の効率化について—，第62回（平成30年度）北海道開発局技術研究発表会
- 7) 石道国弘：除雪機械の高度化に関する技術開発の取組，ゆき 2019.9 No.116
- 8) 石渡史浩：除雪に係る最近の話題，ゆき 2019.9 No.116

〔筆者紹介〕

石道 国弘（いしどう くにひろ）
 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
 建設機械係長



ある。

ティーチングとは、たとえば作業装置がある場所に来たら特定の動作を行うということであらかじめ機械に覚えさせる手法であり、工場内の産業用ロボット等

建設現場の生産性を向上させる 次世代型ブルドーザの開発

中型ブルドーザ D6/D6 XE

富永安生

建設現場における課題は労働人口の減少および熟練オペレータ不足への対応や建設施工のさらなる効率化である。誰でも簡単に操作でき、かつ安全で生産性の高い機械が求められている。そこで、「生産性」、「安全」、「ICT」をコンセプトに、お客様のニーズにマッチし、お客様の利益の最大化に貢献する次世代型ブルドーザを開発した。本稿では、その主な特長を紹介する。

キーワード：D6/D6 XE, エレクトリックドライブ, マシンコントロールブルドーザ, 慣性センサユニット (IMU), 安全

1. はじめに

国内建設現場における課題は少子高齢化による労働人口の減少と過酷な建設現場に興味を持つ若年層の減少等による労働力不足がある。また、近年では世界中で大規模な気象災害が発生し、特に暴風雨や洪水などによる水災害の被害は非常に大きく、インフラ整備の重要性を改めて感じさせられた。政府は災害に強い安全な国土づくり、危機管理に備えた体制の充実強化を図っているが、円滑に進めるためには労働力の確保や建設現場のさらなる生産性向上が欠かせない。この課題を解決するために、さまざまな技術や機能を搭載した次世代型ブルドーザを開発したので、その特長について紹介する（写真—1）。



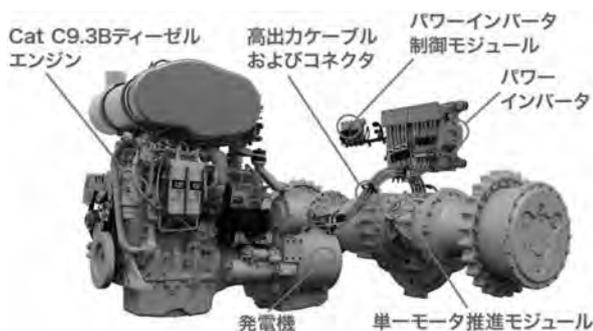
写真—1 D6/D6 XE ブルドーザ

2. パワートレイン

稼働現場やアプリケーションによって求められる作業性能は大きく異なり、車両性能とお客様のニーズにマッチしていないケースがあった。そのため、稼働現場やアプリケーションに合わせて最適なパワートレインを選択できるように、エレクトリックドライブとトルコンドライブの2つのパワートレインを開発した。車両の開発においてはパワートレイン関連部品のレイアウトを最適化し、パワートレインを除く多くの部品を共通化し、車両コストの低減と部品点数の最小化を図っている。パワートレインの詳細は以下の通り。

(1) エレクトリックドライブ (D6 XE)

年間稼働時間が高いお客様向けに高い生産性と低燃費性を追求した高効率のエレクトリックドライブを採用した。エレクトリックドライブはディーゼルエンジンで発電機を駆動し交流電流を発生させ、パワーインバータで整流・昇圧し制御し易い直流電流に変換した上で、再び任意の周波数の交流電流に変換する事でACモータを駆動し確実に制御する（可変周波数制御）。エンジンには作業負荷が直接伝わらないため、ほぼ一定回転数で効率的な発電が可能で、大幅な燃費改善を図っている。ACモータは前後進切替え及び無段階での車速調整を電氣的に行うことができ、メカニカルドライブのようなトルクコンバータやトランスミッションは不要であり、ディファレンシャルステアリングと組み合わせることでACモータからファイナルドライブまで完全な直結構造を可能としている。構



図一 エレクトリックドライブ構成図

造が単純になったことで、伝達効率の向上と併せ、耐久性やサービス性の向上を図っている。社内テストではトルコンドライブ（3速ミッション）を採用している従来モデル D6T と比較して、最大 35% の燃料生産性 (m³/L) 向上という結果を得ており、大幅な省エネ、省 CO₂ 化を実現した（図一）。

(2) トルコンドライブ (D6)

低いインシャルコストと運転コストを求めめるお客様向けには、動力伝達効率に優れたロックアップ機能付きトルクコンバータを引き続き採用した。フルタイム自動変速機能と新型エンジンが相まって高効率作業を実現し、トルコンドライブ（3速ミッション）を採用している従来モデル D6T と比較して、最大 20% の燃料生産性 (m³/L) 向上という結果を得た。

3. 作業装置

稼働現場やアプリケーションによって求められる作業装置は異なる。これまでストレートチルトドーザのみ日本国内に供給していたが、お客様のニーズに合わせて、2つの作業装置から選択できるように新規開発した。

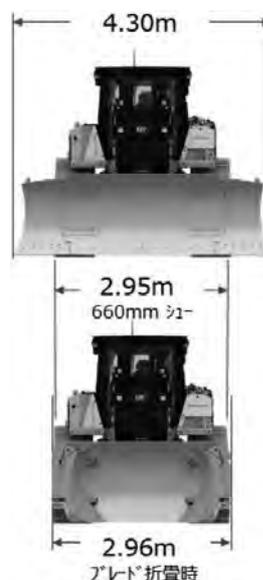
(1) ストレートチルトドーザ

優れた掘削性能や生産性を発揮するストレートチルト

ドーザ（プッシュアーム）は、定評あるデザインから再設計した。車体バランスの改善、更なる高負荷作業に耐えるための強度アップ、オペレータ視界の向上、ブレード容量アップ（Sブレード：3.7→3.8 m³、SUブレード：5.3→5.7 m³）等により高い掘削性能、作業量を実現した。

(2) VPAT ドーザ

VPAT（可変パワーアングルチルト）ドーザは、アングル操作が可能で汎用性が高く、さまざまなアプリケーションに対応できる。Cフレーム構造やリフトシリンダ取付け位置などを抜本的に変更することにより車体バランスの改善を図り、追加のカウンタウエイトの装着なく、優れた作業性能と低接地圧を実現した。また、輸送性に優れた折りたたみ式ブレード（輸送幅：3m未満）も開発し、ブレードを外すことなく現場間移動が可能となっている。これにより、現場間輸送やブレード脱着費用も大幅に削減することが可能となっている。尚、VPAT ドーザは D6（トルコンドライブ）のみの対応となっている（図一2、3）。



図一3 折りたたみ式ブレード



図一2 作業装置の種類

4. 安全性

建設業における労働災害は高止まりしており、安全性に関する機能は最重要項目として開発している。主な特長を以下に紹介する。

(1) 内蔵型 ROPS キャブ

キャブと ROPS（転倒時運転者保護構造）を一体化することで高い剛性を確保するとともに、ROPS 構造をなくしたことにより、キャブ側方視界性が大幅に改善した（図—4）。

(2) シートベルト未装着警告

運転中の車両からの転落事故の多くはシートベルトの未装着によるものである。シートベルト未装着時にディスプレイ画面中央上部にアイコンが点灯して、オペレータに注意を促す。未着用のまま、ミッションを前進または後進のいずれかに入れると、ディスプレイ上部に警告メッセージの表示とともに、警告音が発せられ、オペレータに再度注意を促す。これによりシートベルト装着忘れを防止できる（図—5）。

(3) 着座感知シート

オペレータシートに着座センサを装備し、オペレータが未着席時に前後進切替え、ステアリング、作業機などのレバー操作を無効化する。これにより、オペレータがエンジンをかけたまま車両を降りる際、誤ってレバーに触れても車両や作業機が動かず、オペレータや周囲の作業員の安全性を確保している。

(4) 高解像度リアビューカメラ

高解像度のリアビューカメラを標準装備し、車両と作業員や建物などの構造物との接触防止に役立てることができる。前進時にもディスプレイ中央部に表示することにより後方の状況を常に確認できる上、後進時はカメラ画像がディスプレイに大きく表示されるので、後方の視認性が大幅に高まっている（図—6）。

(5) メンテナンス用ラダー

車両左後部にメンテナンス用ラダー（梯子）を標準装備した。燃料給油口やキャブエアフィルタなど、レイアウト上やむを得ず高いところに設置しなければならなかったメンテナンス箇所へのアクセス性・安全性を向上させている。ラダーは作業時には折りたたんで格納することが可能で、作業の妨げとならないよう配慮している（図—7）。

5. ICT

国土交通省では測量から検査に至るまでの全ての建設生産プロセスで ICT 等を活用する「i-Construction」



図—5 シートベルト未装着警告



図—6 リアビューカメラ画像（後進時）



図—4 内蔵型 ROPS キャブ



図-7 メンテナンス用ラダー

を推進しており、GNSS 測量等の ICT 技術を利用した建設機械が急速に普及しつつある。マシンコントロールブルドーザは GNSS 測量技術等を搭載して、設計データに基づいてブレードを自動制御する。自動制御で正確に施工することができるため、施工精度および速度が向上し、かつ、やり直し作業も削減できることから大幅な生産性向上が見込める。また、丁張や検測作業が不要になることから、人件費を削減できる上、現場への人の立ち入りが減ることから、作業現場の安全性も向上する。自動制御により経験の浅いオペレータでも高精度な施工が可能になり、熟練オペレータ不足の解消にも貢献する。ここでは新開発のメーカー純正 3 次元マシンコントロールシステム (Cat グレード 3D) の特長について紹介する。

(1) システム構成と特長 (図-8)

(a) GNSS アンテナ

GNSS アンテナは破損や盗難のリスクが少ないキャブ後部に装着した。アンテナを 2 個装備することで車体の方向をリアルタイムで検出し、旋回を伴う作業でも安定した車両位置、姿勢の検出が可能となっている。アンテナはエアコンユニット部に収納する形で設置したことにより、全高を抑えることができた。

(b) 慣性センサユニット (IMU)

車両本体、C フレーム、ブレードにそれぞれ IMU を装備し、GNSS アンテナからブレード刃先位置を検出・制御する。高精度の IMU によりさらに高速で高精度な施工を実現した。

メーカー純正品のメリットは精度を担保し、かつ破損リスクの少ない場所に IMU が装着されて工場出荷される点である。また、従来のメーカー純正品ではシリンダのストローク量から、ブレードの刃先位置や傾

きを検出するためのポジションセンサ付シリンダを採用していた。この場合センサが故障するとシリンダ単位での交換が必要でありお客様にとって高額の負担となっていたが、新システムでは IMU が故障した場合、IMU のみの交換で済む。

(c) 新型ディスプレイ

ディスプレイは大型の 10 インチカラーディスプレイを採用した。タッチスクリーン式で直感的操作が可能で視認性も優れており、オペレータの作業効率を向上させる (図-9)。



図-8 システム構成



図-9 ディスプレイ

(2) ブレード負荷制御機能

粗掘削時にブレード負荷が増大し土が押せなくなった場合、足回りのスリップが発生し、車両の進行が停止する。オペレータはマニュアル操作でブレードを上げ、負荷を軽くしてから作業を続ける必要があるが、Cat グレード 3D ではブレード負荷が増大し、設定した負荷を超えるとシュースリップが起らないように、自動でブレードを上げ、負荷をコントロールする。これにより、常に抱えられる最大の土量で効率よく施工できるとともに、足回りのスリップが削減でき足回り部品の摩耗も低減できる。経験浅いオペレータのサポートはもちろんのこと、オペレータの疲労を軽減する効果もある。また、作業現場の土質条件に合わせてブレード負荷設定を調整できるようになっている。

6. おわりに

本稿では国内建設現場における課題解決に役立つ、「生産性」、「安全」、「ICT」をコンセプトに開発された次世代型ブルドーザの特長を紹介した。今後も生産性や安全性の向上に寄与する商品の開発に尽力してゆく所存である。

JCMA

[筆者紹介]

富永 安生 (とみなが あんせい)
キャタピラー・ジャパン合同会社
商品サポート部
主任



モータグレーダのCuttingエッジ摩耗と掘削抵抗に関する研究

上 前 健 志・小 林 慎 太 郎

土工作业や除雪作業などで使用されるモータグレーダは、路面を切削する能力に優れるため、硬い土砂路面の不整（凹凸）を削り均す道路メンテナンスや、踏み固められて硬化した圧雪・氷を取り除く圧雪除去などの作業において、ブレード先端に装着されているCuttingエッジは非常に過酷な状況で使用されている。このためCuttingエッジには、耐摩耗性の向上や掘削抵抗低減といった高効率化への改善が期待される。本稿では、Cuttingエッジ形状の摩耗速度および掘削抵抗への関係について、シミュレーションと模擬実験で確認したので紹介する。

キーワード：Cuttingエッジ，摩耗，掘削抵抗，接地面積，シミュレーション，模擬実験

1. はじめに

モータグレーダのブレード先端に装着されるCuttingエッジ（図-1）は、硬い土砂路面や圧雪などを相手に作業をする場合、摩耗が激しくなる。除雪時の路面状況によっては一度の除雪出動でCuttingエッジの摩耗代が無くなり交換となってしまうこともある。

またエッジ摩耗が進むと、路面との接地面積が大きくなり、掘削抵抗が増大するため、Cuttingエッジの貫入性および作業燃費が悪化する。そのため、圧雪除去のような硬い路面に対しては、オペレータはパワーチルト（ブレードを前後に傾斜させる）機能を使用し、エッジ刃先を研ぐようにしながら作業をすることも多い。

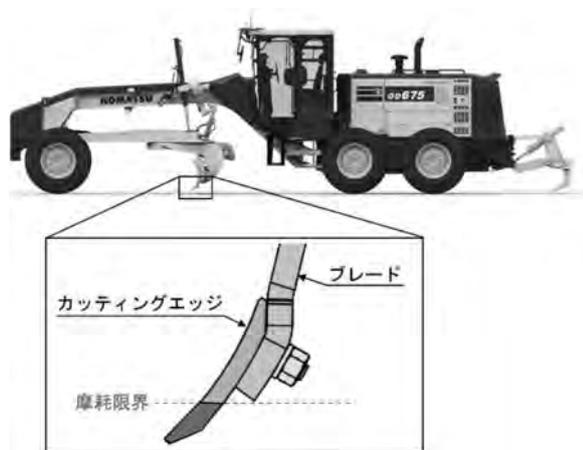


図-1 Cuttingエッジ

従って、Cuttingエッジの耐摩耗性や掘削抵抗を改善することが出来れば、エッジ交換コストの低減以外にも、掘削作業性の改善、燃費向上などの効果が期待できるが、これまでCuttingエッジの材質に対する改善は実施されているものの、その形状についての改善はほとんど検討されておらず、初期のグレーダからJIS準拠の形状のまま変更されていない。

そこで本研究では、形状改善によるCuttingエッジの高効率化（長寿命化・掘削抵抗低減）を目的とし、金沢大学との産学連携共同研究で金属切削加工の見地から、Cuttingエッジ形状と摩耗速度および掘削抵抗との関係をシミュレーションと圧雪を被削物とする模擬掘削実験で確認した。

2. 実摩耗の進展

図-2にグレーダ実機でのCuttingエッジ摩耗進展状況を示す。摩耗はエッジ先端から逃げ面にかけてほぼ鉛直方向に進展し、ブレード本体が摩耗する手前で寿命到達となる。すくい面の摩耗はほとんど見られない。

3. 切削シミュレーションによる解析

Cuttingエッジ形状の検討を行うにあたり、モータグレーダ実機に搭載しての確認はコストと時間が掛かる上に、土砂や圧雪の成分・密度および試験条件にも大きく結果が左右されるため、定量的な比較評

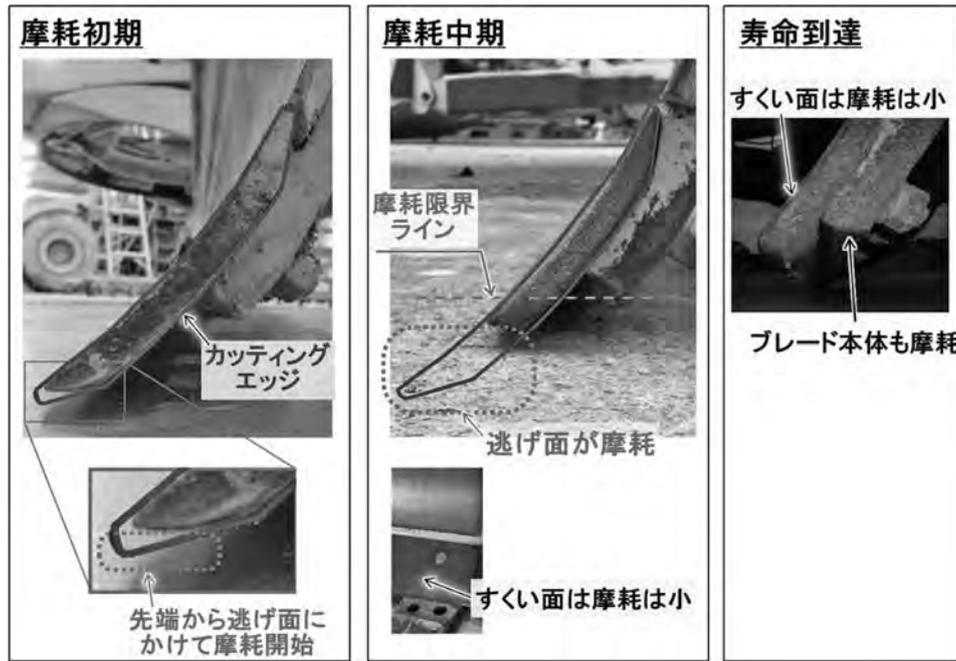


図-2 カuttingエッジの摩耗進展

価は困難である。そのため本研究では、金属加工に対して使用されている“切削シミュレーション”を用いることで、掘削現象の解析を実施した。

(1) シミュレーションモデル

切削シミュレーションには、比較的容易に塑性変形による材料除去現象のシミュレーションが可能な、汎用ソフトのDEFORMを使用した。図-3にDEFORMでの解析モデルを示す。

但し、シミュレーションにて現実の掘削現象を再現するには、工具（エッジ）および被削材（土砂・圧雪）の機械・物理特性に関するデータが不可欠であるが、土砂や圧雪の物性値は一定ではなく、これを特定するのは困難であるため、本シミュレーションでは物性値の合わせこみは行わないこととし、難易度が高い定量的な評価（摩耗量の算出）を目指すのではなく、定性的な評価（工具形状によって摩耗量がどのように変化するか）に主眼を置いた。

(2) 切削シミュレーションと実掘削との乖離の修正

金属切削加工では切りくずによるすくい面摩耗の影響が大きいですが、これに対し実掘削では2章で述べたように、すくい面側の摩耗はほとんど見られず、逃げ面のみで摩耗が進展しているのが、金属切削加工と異なる点である。

また、グレーダ実機にて圧雪面に対する掘削の様子を観察したところ、排出された圧雪は図-4のようにせん断型切りくずに近い形態となり、路面の圧雪とは完全に分断されるため、すくい面側の排雪は摩耗にほとんど影響しないと考えてよい。土砂の掘削においても排土は分断され連続性はほぼ残らないため、圧雪と同様と考えることができる。このことは2章の摩耗状況確認結果とも一致する。

従って、従来どおりの切削加工のシミュレーションではすくい面摩耗が大きくなってしまいう点で実掘削と大きく乖離するため、モデルを図-5のように修正した。

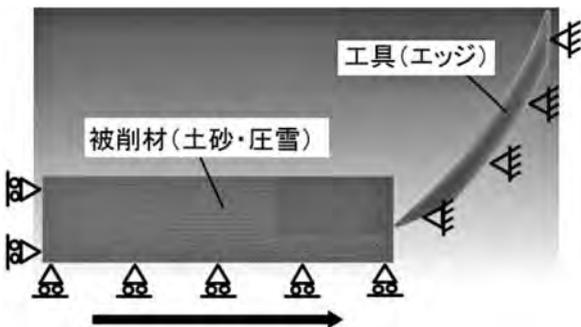


図-3 シミュレーションモデル

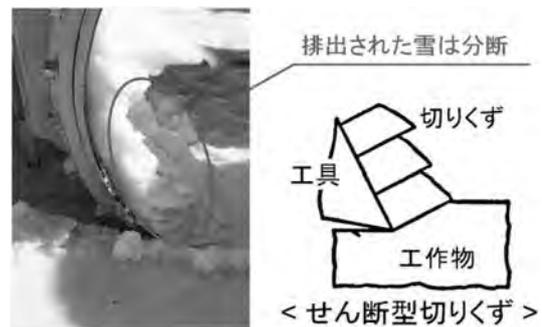
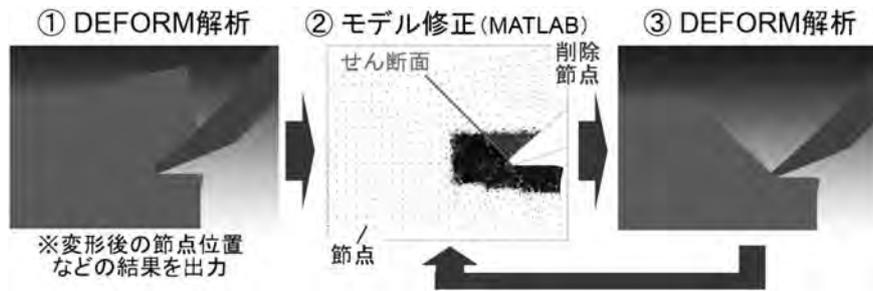


図-4 圧雪掘削



図一五 すくい面の切りくず除去サイクル

まずは DEFORM で短時間の切削解析を行い、変形後メッシュの節点位置を出力して、MATLAB に送る。エッジ先端で掘削されてすくい面側に巻き上げられた切りくず（排土・排雪）を MATLAB でモデル形状から削除し、再度 DEFORM にフィードバックさせるというサイクルを自動で繰り返し、モデル形状を逐次修正し続けるようにすることで、すくい面の影響を無くし、逃げ面摩耗のみを評価できる解析手法とした。

(3) エッジ形状の更新

切削加工では一般的に工具が摩耗した時点で寿命と判断するため、切削シミュレーションにおいても工具形状が摩耗により変化するという概念が無く、カッティングエッジのように寿命に至るまですり減り摩耗

しながら形状を更新していくような解析にはそのままでは対応できない。そこで、以下の方法でエッジ形状を更新できるよう改善を行った。

掘削時の面圧とすべり速度の分布から、摩耗現象のモデルである“Archard モデル”により、摩耗深さを図一六に示す式で求めることができる。その摩耗量から一定時間後のエッジ形状を推定し、続く解析にフィードバックできるようにした。

(4) シミュレーション結果

切り込み量を一定とし、エッジ初期形状時と摩耗時でそれぞれ掘削時の面圧と掘削反力を比較した結果を図一七に示す。

当初は、接触面積が大きいと掘削に必要な力が分散されて面圧が低くなると予測していたが、予測に反して、摩耗が進展し接触面積が増加しても、面圧はほとんど変わらないという結果が得られた。面圧が変わらないため、接触面積の増大に伴い、掘削反力は X 方向（必要牽引力に影響）、Y 方向（必要ブレード押付力に影響）ともに増加している。

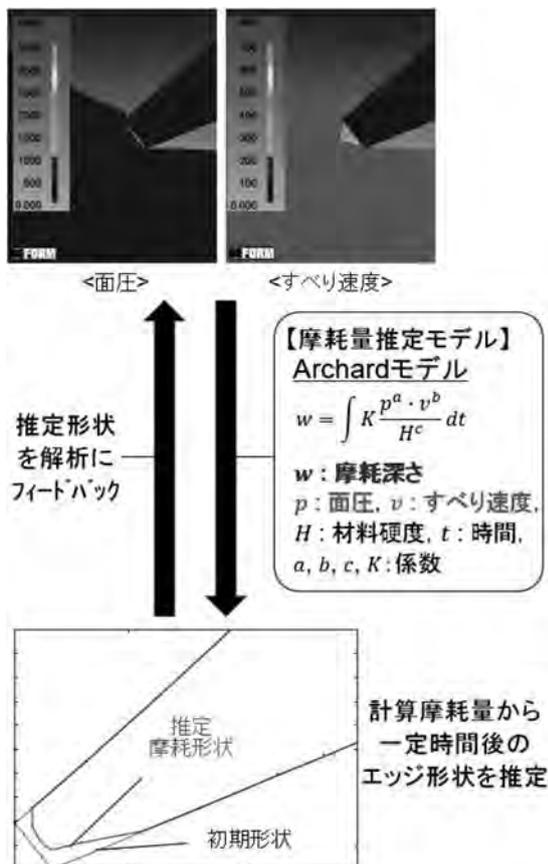
これらの結果から、掘削作業で実際に仕事をしているのはエッジの先端部分のみであり、先端から後方逃げ面の接触部分については、抵抗となって掘削抵抗を増大させているのみと考えることができる。

4. 模擬掘削実験による検証

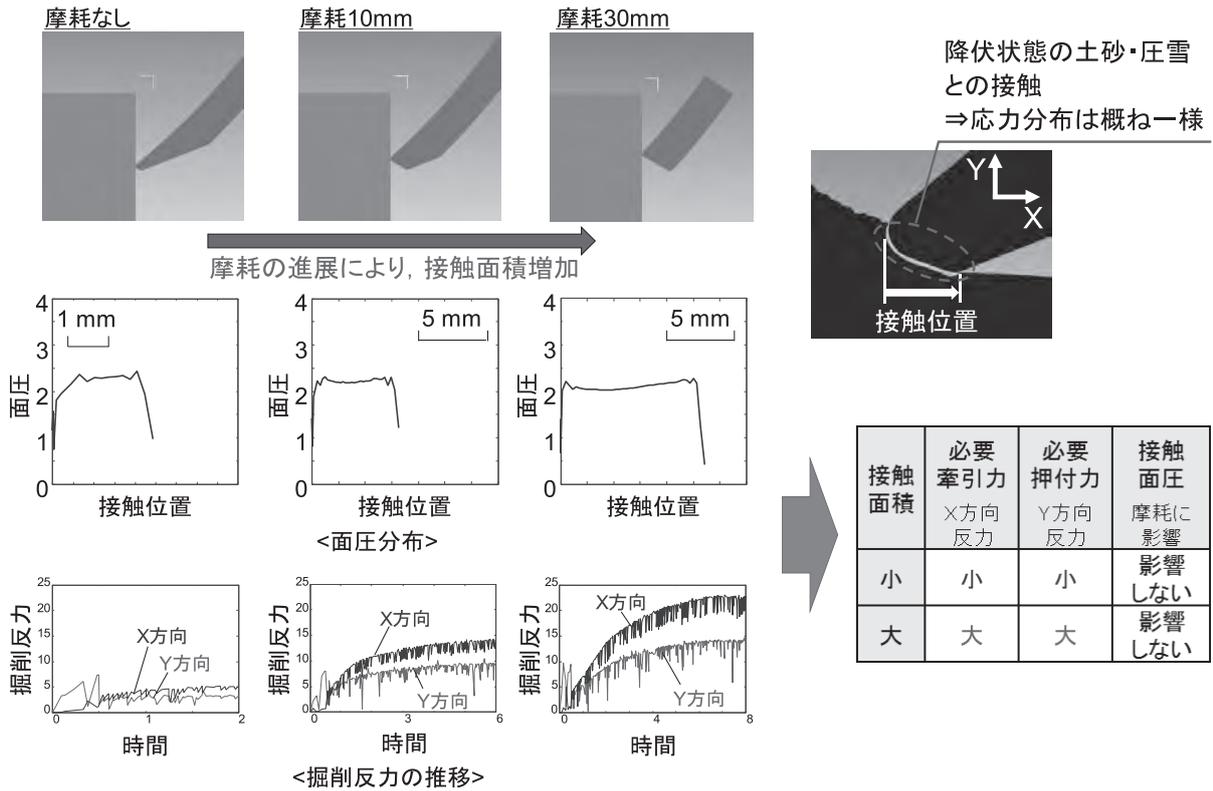
切削シミュレーション結果の妥当性を検証するため、旋盤を活用した圧雪掘削の模擬実験を行った。

(1) 模擬実験方法

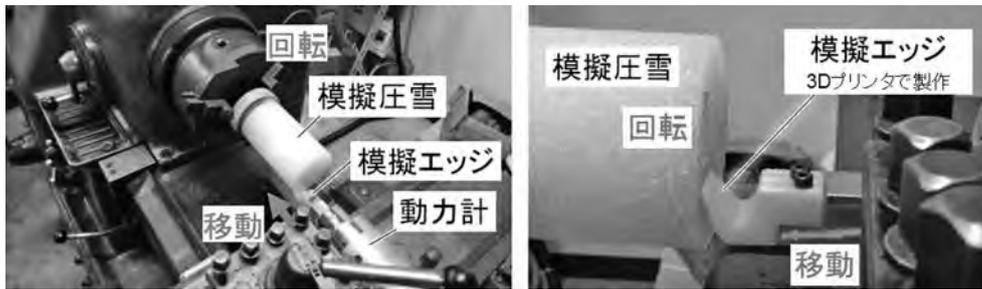
図一八に実験の模式図を示す。細かく砕いた氷に摩耗速度を加速させるための A 系砥粒を分散混入させてプレス機で成型圧縮した円筒状の模擬圧雪を、一定時間冷凍後に被削物として旋盤で保持し、回転運度を与える。その端面に 3D プリントでカッティングエッジ先端形状を模して製作した樹脂 (PLA) 製の



図一六 エッジ形状の更新方法



図一七 シミュレーション結果



図一八 模擬実験装置

模擬エッジを押し当てることにより、圧雪の掘削作業を再現する。実験は、実際の除雪作業を想定した掘削速度と切り込み量を実験のスケールに換算した条件で実施した。

(2) 模擬実験結果

現状のエッジ先端形状を模擬した水準1と、逃げ面を肉厚にして意図的に接触面積を増加させた形状の水準2にて、模擬実験での刃先摩耗量の比較評価を行った結果を図一九に示す。

実験の結果、一定時間経過後の摩耗深さは、接触厚さ(⇒接触面積)によらずほぼ同じであり、シミュレーションと同様の結果となることが確認できた。

また、一定時間毎の摩耗による形状変化を計測した結果についても、図一十に示すとおり初期摩耗後の摩耗速度は減少することなく、ほぼ一定となり、接触

面積に大きく依存しないことが確認できた。

5. おわりに

グレーダでの掘削において、カッティングエッジの刃先接地部の面圧はエッジ接地面積に依存しないことがシミュレーションと実験にて確認できた。この結果から、厚さを含めたエッジ形状の変更によって摩耗寿命を大幅に改善するのは難しいという結果が得られたが、一方、接地面積を小さくすることで、切り込み量に対する掘削反力を少なく出来ることが確認出来た。本研究で得られた知見を生かして、今後も掘削効率低減を目指したカッティングエッジの検討を継続したい。

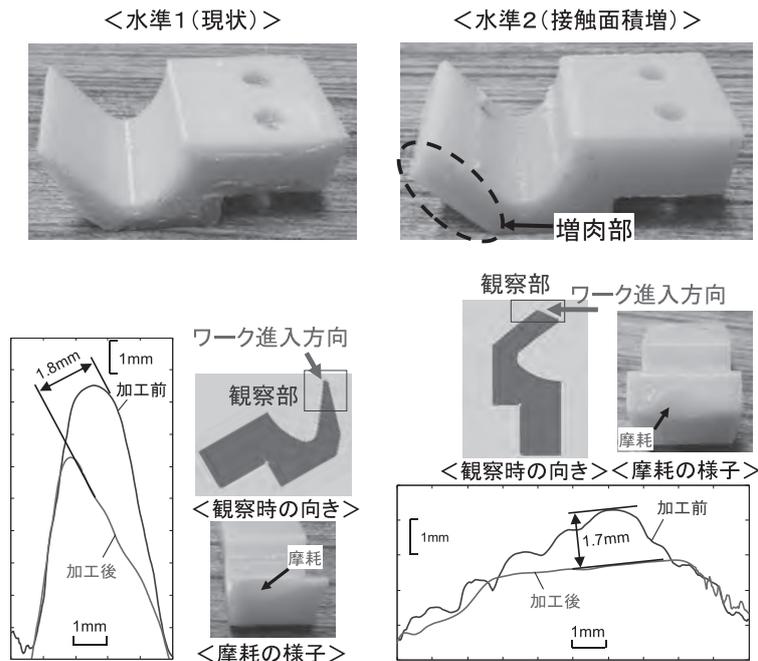


図-9 模擬実験での摩耗量比較結果

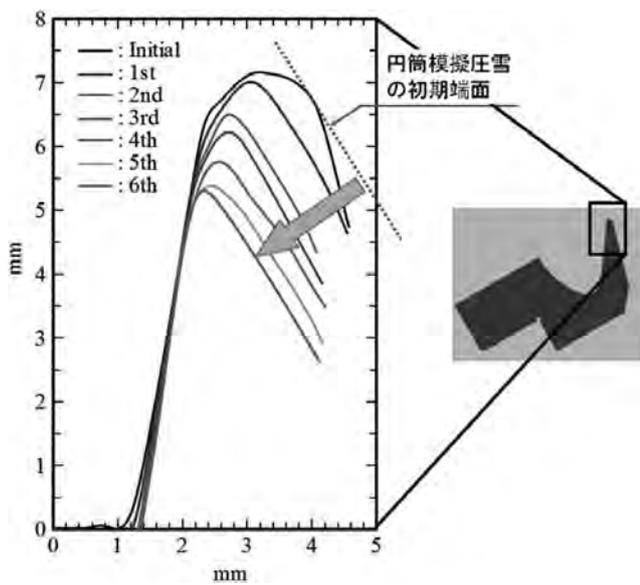


図-10 時間ステップ毎のエッジ形状推移

謝辞

当初、建機における掘削現象に対して、切削加工分野からの検討をいかに適用できるか大きな不安もあったが、共同研究者である金沢大学理工研究域機械工学系の細川先生、橋本先生および学生の皆様のご協力によって、これまで把握出来ていなかった新たな知見を得ることが出来た。ここにご協力を頂きました皆様に、誌面をお借りして厚くお礼を申し上げます。

JICMA

[筆者紹介]

上前 健志 (かみまえ たけし)
 コマツ
 開発本部 車両第三開発センタ
 グレーダ開発グループ
 チーム長



小林 慎太郎 (こばやし しんたろう)
 コマツ
 開発本部 車両第三開発センタ
 グレーダ開発グループ
 主任技師



ミニショベル排土板の自動制御による 整地作業の生産性向上

中 谷 賢一郎

近年、建設業における就業者の減少や高齢化が顕著であり、生産性向上の取り組みが盛んに行われている。このような背景から、市街地の駐車場など狭小な現場における整地作業の生産性を向上させる試みとして、従来のマシンコントロール用機材を用いることで、3次元の設計面に沿ってミニショベルの排土板を自動制御することができるシステムを開発した。本稿では、このシステムおよび現場に適用した事例について紹介する。

キーワード：ミニショベル、排土板、PAT ブレード、情報化施工、舗装、整地

1. はじめに

建設業の就業者は減少および高齢化が進んでおり、このような状況において、いかに生産性を上げることができるかが喫緊の課題となっている。

そのような中で、舗装工事は情報化施工をいち早く取り入れて生産性を向上させてきた工種の一つであるが、そのような工種にあっても、熟練した建設機械のオペレータが減少傾向にあることや、排ガス規制が進む中で機械質量4t前後の小さいクラスのブルドーザやモータグレーダが減少していること、情報化施工の導入が大規模な現場を中心に推進されていること等から、市街地の駐車場といった小規模な現場においては依然として生産性向上が強く求められている。

このような背景から、3D 設計面に沿って排土板を自動制御することができるミニショベルを開発し、舗装工事の上層路盤の整地作業の生産性向上を図る取り組みを行なった。

本稿では、開発したシステムの概要および現場導入による効果、および今後の課題について報告する。

2. ミニショベルの排土板の自動制御について

(1) 概要

本システムは、排土板を備えたミニショベルと自動制御用のコントローラから構成される。概要を図-1に示す。母機としては3.5tクラスのミニショベルを使用した。これは通常よく見られる上下動のみの排土板ではなく、ブルドーザのようにチルトやアングル動



図-1 本システムの概要

作も可能な排土板を備えた仕様となっており、整地を効果的に行うことができる。また、本体には後述のマシンコントロール用のコントローラからの信号に応じて排土板を上下およびチルト動作させるためのバルブを追加している。

自動制御のための装置としては、ブルドーザの排土板のマシンコントロール（以下、MC）に使われる機材を使用している。今回、MC用機材の構成として、GNSS受信機ではなく自動追尾式のトータルステーション（以下、TS）とターゲット（プリズム）を使用した構成としている。これは実際に使用される場面として、市街地が多いと推測されることと、上層路盤の整地においては、設計面に対して±10mm以内といった高い精度が求められることによる。ただし、コントローラが対応していればGNSS受信機を使用した構成とすることも可能である。

(2) 使用した機材について

(a) ミニショベル

開発したミニショベルおよび排土板の仕様を表一1および図一2に示す。通常使用される上下動だけではなく、ブルドーザと同じようにチルト・アングルといった動作も可能な排土板（以下、PATブレード）を備えている。なお、このPATブレードは今回特別に開発したのではなく、すでに市販している装備である。

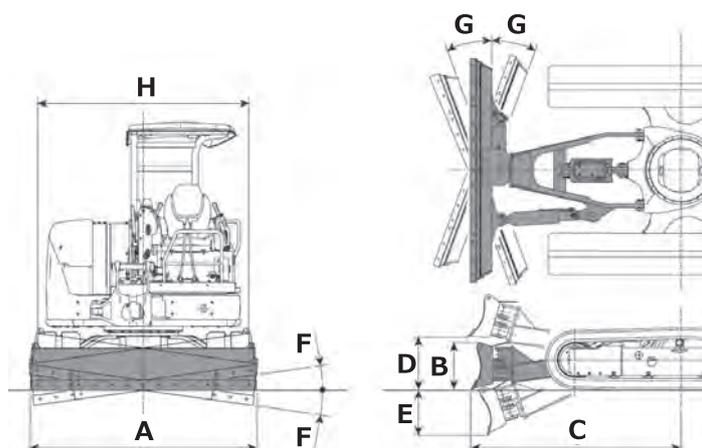
(b) 自動制御用機器

排土板の自動制御に使用する機器は、ブルドーザ排土板のMC用の機器をそのまま使用している。現在のところ、トプコン社およびトリンプル社の機器において動作を確認している。搭載状況を図一3～5に示す。

先に記した通り、測位の方式は自動追尾式TSおよびターゲットを用いた構成としている。コントローラ、モニタ、自動制御のON/OFFを切り替えるスイッチ

表一1 ミニショベルの仕様

型式		ZX35U-5B PAT ブレードマシンコントロール仕様機 (2柱キャノピ)
機械質量	kg	3,900
標準バケット容量 新JIS/旧JIS	m ³	0.11/0.10
標準バケット幅 (サイドカッタ無)	mm	600 (550)
エンジン		水冷式3気筒直接噴射式 電子制御式ガバナ
名称		3TNV88
定格出力 ネット (JIS D0006)	kW/min ⁻¹	18.0 / 2,400 (24.5/2,400)
性能		
旋回速度	min ⁻¹	9.1
走行速度 高/低	km/h	4.3/2.8
油圧装置		
主リリーフ弁セット圧	MPa	24.5, 20.6
フロント		
ブームスイング角度	度	左 72 / 右 62
足回り		
標準シュー幅 ゴムクローラ	mm	300
接地圧	kPa	36
クローラ全幅	mm	1,740



A 排土板幅	mm	2,000
B 排土板高さ	mm	400
C 排土板先端距離	mm	1,790
D 上昇量	mm	440
E 下降量	mm	440
F チルト角度 左回転 / 右回転	度	8 / 8
G アングル角度 左回転 / 右回転	度	20 / 20
H クローラ幅	mm	1,740

図一2 PAT ブレードの仕様

等をミニショベルの運転席内あるいは周囲に設置し、排土板のチルト角度を検出するための傾斜角センサおよびターゲットを排土板上に設置している。また、TSとの通信機、アンテナをキャノピに取り付けてある。

3. 施工手順のイメージ

従来および本システムを用いた場合の施工の手順を図一6および図一7に示す。従来の施工の手順は



図一5 計測器類の搭載状況（ターゲットと傾斜角センサ）



図一3 計測器類の搭載状況（コントローラ）



図一4 計測器類の搭載状況（モニター）

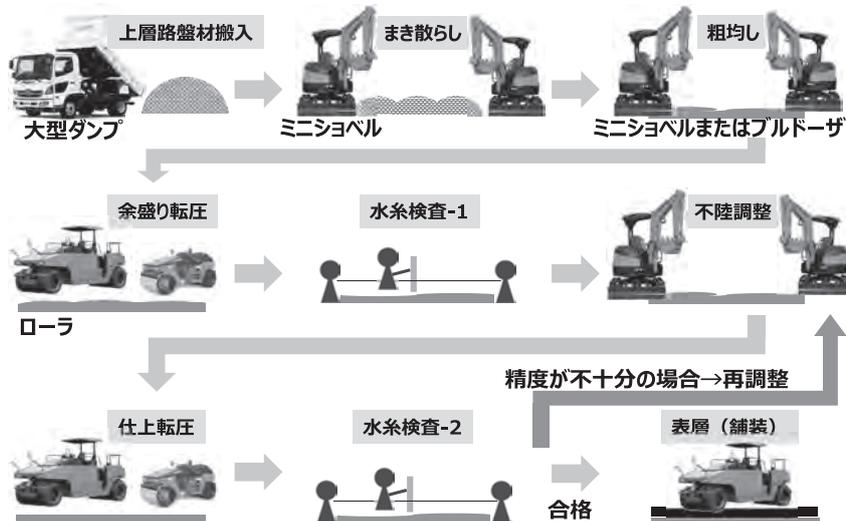
おむね下記の通りである（図一6）。

- ①上層路盤材搬入
- ②路盤材のまき散らし
- ③粗均しと余った路盤材の積込み
- ④余盛り転圧
- ⑤水系検査-1
- ⑥不陸調整
- ⑦仕上げ転圧
- ⑧水系検査-2
- ⑨舗装

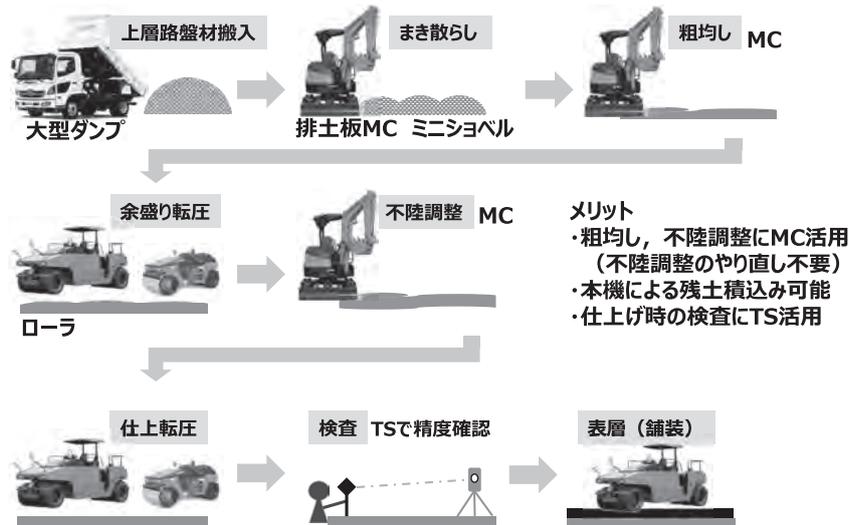
最後の検査の結果が合格とならなかった場合は、合格となるまで、「⑥不陸調整」「⑦仕上げ転圧」「⑧水系検査-2」を繰り返す必要がある。

このうち、「⑥不陸調整」の工程に本システムを使用すると設計面通りに整地を行なうことができるため、「⑥不陸調整」「⑦仕上げ転圧」を繰り返す必要がなくなる（図一7）。

また、不陸調整だけではなく、「②路盤材のまき散らし」「③粗均しと余った路盤材の積込み」にも本機を使用することができるため、ブルドーザを使用した



図一6 従来の工程



図一七 本システムを使用した場合の工程

- メリット
- ・粗均し、不陸調整にMC活用
(不陸調整のやり直し不要)
 - ・本機による残土積込み可能
 - ・仕上げ時の検査にTS活用

場合と比較しても、機材の集約を図ることができる。

4. 現場導入による効果

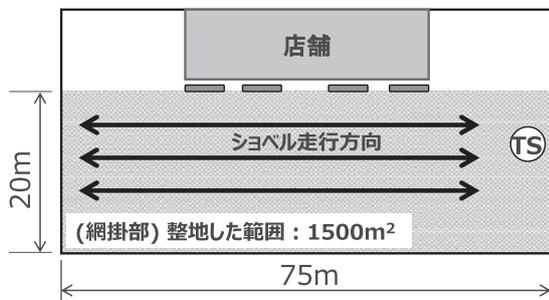
本システムの効果を確認するため、実機にて実際に上層路盤の整地を行なった事例について報告する。実際の施工に要する時間については、敷地の形状や状況、TSを設置する場所、天候など各種の条件による影響が大きいので、あくまでも一例として考えて頂きたい。



図一九 現場写真(整地後)

(1) 現場および作業の概要

現場の概要を図一八および図一九に示す。現場は店舗の駐車場の舗装工事の現場であり、敷地の広さは約1,500m² (75m × 20m) である。工期は作業員5名にて4日間とのことで、そのうち重機による路盤整地の作業は、自動制御などを使用しない通常ミニショベル2台で2日間という計画であった。



従来工法による計画 (作業員5名)

- ① 人力による路盤作業 1日
- ② 重機による路盤作業 2日 →②の路盤作業が
- ③ 舗装 1日 1日で完了

図一八 現場の概要

(2) 3Dデータの作成

工事が小規模であることから、3Dモデルによる設計データを予め作成するのではなく現場にてデータ作成を行なった。すでに施工が完了しているコンクリート構造物など、実際に守るべきポイントを自動追尾式TSと手持ちのターゲットで測定し、手持ちの端末を使い、測定した点を繋ぐことで3Dデータを作成することができる。

3Dデータの作成は約2時間で完了した。作成した3Dデータを車体に搭載したコントローラにUSBメモリ経由で転送することでMCによる自動制御が可能となる。

今回は現場にて3Dデータを作成したが、もちろん予め設計データを作成して施工を行なうことも可能である。

(3) 粗均しおよび不陸調整

準備終了後、実機を使用して均し作業と不陸調整を行なった。自動制御の切り替えスイッチをONにすることで、機体の位置に応じた設計面の高さや傾きに合

わせて、排土板が自動制御される。そのため、オペレータは排土板の操作を行なう必要はなく、ミニショベルを走らせるだけで良い。精度良く仕上げるためには、排土板前の路盤材の量に応じて走行スピードを調整する必要があるが、排土板が自動制御されているので、オペレータは走行スピードの調整と周囲の安全確認に集中することができる。

粗均し→ローラによる余盛り転圧→仕上げ均しの流れで整地を行ない、約6時間で整地を完了することができた。

(4) 結果の検証

この現場においては、自動制御を行なわない場合は2日間かかる予定の作業を、3Dデータ作成を含めて1日で完了し、整地作業にかかる時間を半減することができた。実際に作業にかかった時間から換算すると、1時間当たり約250m²の整地作業ができた計算となる。様々な条件にも左右されるが、1日あたり1,500~2,000m²というのが、本システムの能力だと考える。

使用前の準備やMC機器の操作もブルドーザのMCと変わらないため、すでにブルドーザなどでMCによる施工を行なったことがあれば、同じように使うことができる。

(5) 生産性以外のメリット

実際に作業を行なった際に、本システムには生産性以外にも下記のようなメリットがあることが分かった。

- ①仕上げの検査が最後の1回だけで済むため、作業員が測定を行なうために頻繁に現場に出入りする必要がなく、より安全に作業ができる
- ②ブルドーザに比べて、ミニショベルの方が機材の調達やオペレータのやり繰りがしやすい。事前の調整が容易である

5. 今後の課題と検討

前項に挙げたメリットがある一方で、使いづらいつ感じられる点もあった。

- ① MCによる整地を行なう際、本体と排土板上の傾斜センサを接続するケーブルを接続する必要がある。旋回する時にこのケーブルを切らない

ように注意する必要がある

- ② MCによる整地を行なう際、機体の位置を検出するターゲットを排土板上に配置する必要がある。そのままショベルのフロント操作を行なう際には、バケットをターゲットにぶつけないように注意する必要がある
- ③ TSとターゲットの間に他の機械や作業員が入ってしまうと、TSがターゲットを見失ってしまう上記の①のような排土板上に配置した機器とコントローラとの接続については、より使いやすくなるように今後も開発を続けていく。例えば無線で接続する等が考えられるが、現場にて安定した運用ができる事も重要だと考えており、作業性と運用面とのバランスが取れる構成とすることが課題となる。また、②③においては、機器の仕様や寸法だけではなく、TSの設置位置など運用面の工夫で改善できる面もあるので、活用の事例を積み重ねていきたい。

6. おわりに

本稿では、整地作業の生産性を上げる試みとして、ミニショベルの排土板を自動制御するシステムについて報告した。いわゆる情報化施工においては、大規模な現場や機材が対象になっているものも多いが、市街地など狭小な現場は数多く存在するし、小型建設機械も広く使われている。そのような小さな現場でも活用され、生産性を上げられるように引き続き改良・開発を行なっていく。

謝辞

最後になるが、本開発にあたっては測定機メーカーや道路会社の方々には多大な協力を頂いた。特に実際に使用して頂いた現場の関係者からは様々な知見を得ることができた。ここに感謝の意を表する。

【筆者紹介】

中谷 賢一郎 (なかたに けんいちろう)
 (株)日立建機ティエラ 開発・調達本部
 開発設計センター
 主任技師



最新の都市型油圧ショベル

SK75SR-7

西本 裕章

重機ショベル総需の約25%を占める7tクラスの油圧ショベルは近年増加している都市再開発などの身近な都市土木現場で活躍する非常にポピュラーなモデルである。最新の後方小旋回モデルであるSK75SR-7（以下「本開発機」という）は、油圧ショベルに求められる作業性能だけでなくオペレータの快適性や外観デザイン性を従来機に対して大幅に向上させ、都市土木現場のみならず建物解体や産廃処理、林業などの幅広い現場への対応を可能にしている。

キーワード：SK75SR-7、産廃仕様、後方小旋回ショベル、都市土木

1. はじめに

日本の都市土木現場は道路工事、管工事のほか建物が隣接した建物解体工事など、狭隘な場所での作業が多く、このクラスの機械は機械後方の張り出しが少ない後方小旋回ショベルが標準的なモデルとして各社ラインナップされている。

様々な用途に使われる中から出て来るニーズに応えるため、本開発機（写真-1）は油圧ショベルの種々の用途への適合性、堅牢と快適性をコンセプトに基本性能の改善と各種装備の見直し、及び外観、キャブ内装のデザインを一新した最新モデルとして開発した。また、従来モデルのSK75SR-3E（以下「従来モデル」という）（写真-2）同様に各種土木オプション仕様やセパレートブーム、林業仕様に加え、今回新たに粉塵の多い産廃処理現場向けに、冷却器目詰まりによるオーバーヒート対策を施した産廃専用仕様機を新たに



写真-2 従来モデル

開発した。

2. 本開発機の改善ポイント

7tクラスの油圧ショベルは比較的小型のモデルではあるが、小さいながらもパワフルな作業性能と高負荷作業に耐える構造物の強度が求められる一方、都市部での作業にマッチした低騒音、低燃費も両立させなければならず、これらのバランスが重要である。またオペレータの快適性要求や作業現場の安全意識も非常に高くなっており、これらの機能充実も図っている。

〈主な改善ポイント〉

- ①出力/作業速度アップと低騒音、低燃費の両立
- ②堅牢をコンセプトに外観デザインの一新
- ③キャブ内のデザイン一新と快適性アップ



写真-1 本開発機

- ④メンテナンス時間の短縮
- ⑤安全機能の追加

①出力／作業速度アップ

本従来モデルは低燃費性能と低騒音で高い評価を得ているが、これに加えてユーザの要望として作業効率を上げるための出力アップの要望が強かった。本開発機は、エンジン出力を従来の41 kWから52.3 kWに28%アップし、ポンプ吐出流量も大幅にアップすることが出来た。このエンジンは、日本国内のみならず欧米市場の排ガス規制にも対応出来る様、欧州 Stage V に対応した排ガス後処理装置を搭載している。

出力アップにより、アーム掘削力を従来モデル比15%改善するとともに掘削サイクルタイムも7%改善、登坂の走行速度も26.9%改善することが出来た。

一方、これと相反する燃費・騒音性能悪化を最小限に抑えるため、性能アップの範囲を限定し不要な部分は出力を抑えることやiNDr (Integrated noise & dust reduction cooling system) を踏襲することでJCMAS 低燃費基準☆☆☆ (三つ星) と国内超低騒音基準を達成している。

さらに大きくなったエンジン質量は機械の安定度を向上させ、国内クレーン仕様での吊り上げ能力の改善にも寄与している。

②外観デザインの一新

従来の丸みを帯びたデザインに対しカウンターウェイトを含めたラインを強調、凹凸をはっきりさせるこ

とで力強さを表現した。エンジン大型化に伴うボンネットサイズアップもサイズ感を上げる効果となっている。

右側の外観パネルは従来モデルはパネルが開く構造であったが、狭所作業などによるパネル破損でロック部が破損しやすかったことから、パネルの大型化を行いメンテ用の開閉小窓に構成を変更した。

③キャブ内デザインの一新と快適性アップ

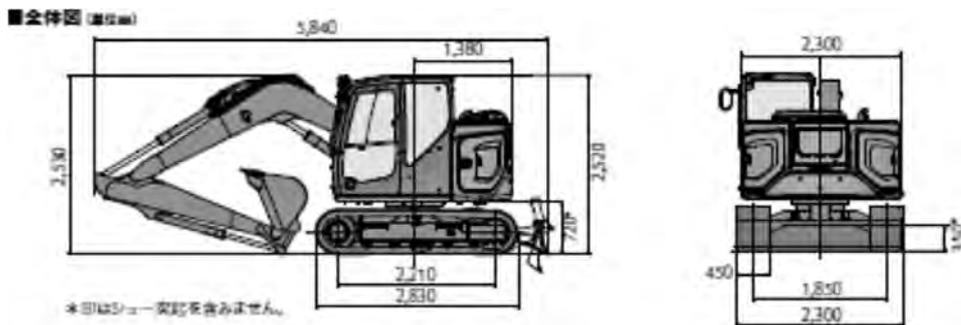
キャブ内の快適性の向上とデザインの融合をコンセプトとし、作業機という意識から自動車のような洗練さと高級感に変化させることで作業中及び作業外でも快適な空間にする為の装備・機能を設定した(写真-3)。

エアコン、ラジオの操作パネルのデザイン変更、Bluetooth (ハンズフリーフォン機能付)、USBポートの追加、スイッチは大型化とバックライト追加で押しやすく夜でも見やすいようにした。

アタッチメント操作レバーは負荷低減の為、操作力低減と取り付け角度を見直しアームレストも設定した。



写真-3 内装外観



主要諸元比較	従来モデル	本開発機
エンジン型式	いすゞ 4LE2XDPC	ヤンマー YDN-4TNV98CT
エンジン定格出力 (JIS D 0006-1) (kW/min ⁻¹)	41/2,000	52.3/2,100
運転質量 (kg)	7,440	7,820
全高 (mm)	2,530	2,530
後端半径 (mm)	1,290	1,380
バケット掘削力 (新 JIS) (kN)	52.7	60.2
最大掘削半径 (mm)	6,480	6,430

図-1 本体外観寸法と主要諸元

シートについてもエアサスペンション付きシートを設定することで疲労軽減、エアコンの吹き出し口を工夫することで、夏場や長時間運転時の着座部の蒸れ防止効果も狙った。

モニター画面は10インチ大型液晶パネルを採用。タッチパネル式にせずジョグダイヤル操作方式にすることでオペレータの作業姿勢の維持と液晶画面の傷付き防止を狙った。画面デザイン(写真-4)も一新し、見やすくするとともにスマートフォンのアイコンをイメージしたインターフェースとした。機能としては、種々の先端アタッチメントに合わせてプリセットした流量が選択できるアタッチメントモード(アイコン表示)でモード切替えもわかりやすくなった。また、遮光用のフロントロールスクリーンをオプション設定し快適性を向上させた。

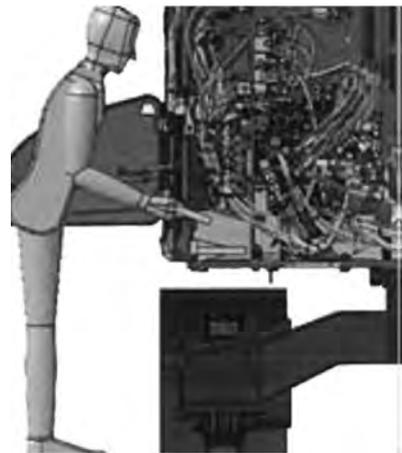


図-2



写真-4 クラスタ画面



写真-5

④メンテナンス時間の短縮

メンテナンス部位へのアクセス性を考慮したレイアウトでメンテナンス時間の短縮を図っている。

- ・燃料給油口の高さを下げることで地上から給油出来る様にした
- ・エンジンオイルドレインにワンタッチロックを採用
- ・燃料ドレインもリモート化し届きやすい位置に設定

また、国内でよく使われる平爪を収納する収納スペースも右側メンテ小窓内に確保した。平爪に限らず工具等も収納できる(図-2, 写真-5)。

⑤安全機能の追加

モニター画面を大型化するとともに、カメラ画像の2画面对応及び3方カメラの標準設定とし、鳥瞰合成画像処理することで周囲の安全確認を容易にしている。カメラはパネル内部に設定することで落下物や飛散物による破損リスクの低減を図った。

運転席からの右側直接視においても右前タンクの高さを抑えることで右前の視界を見えやすくした(写真



写真-6

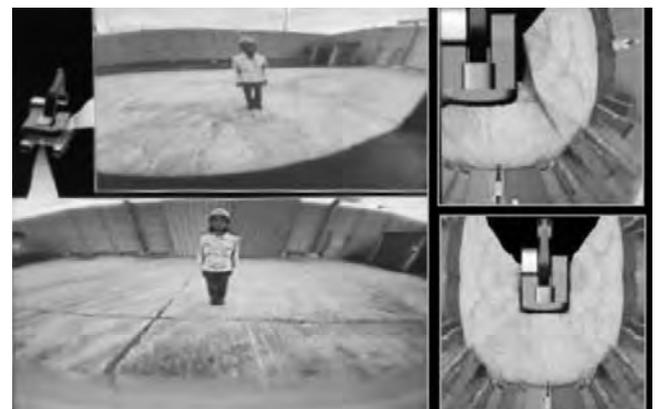


写真-7

—6, 7)。

シートベルトについては装着を促すシートベルトアラーム表示を追加した。作業灯／前照灯はLEDを採用することで照度アップと消費電力を低減。室内灯もLED化に加え、ドア開閉と連動した自動点灯機能も追加し夜間に安全に乗降できるようにした。

3. 産廃専用仕様について

産廃処理現場で取り扱われる廃プラやコンパネからは非常の多くの粉塵が発生する。特に繊維系の粉塵によってラジエータが目詰まりし、オーバーヒートすることで頻繁に作業を中断して粉塵を除去しなければならず、作業効率が悪くなる問題を潜在的に抱えている。

特許技術であるiNDRシステムは、独自のフィルターでラジエータへの粉塵の進入を抑えることができ、このような環境での稼働に一定の効果を果たしているが、やはり定期的なフィルタの清掃は避けられず更なる改善が求められていた。

本開発機では、iNDRに加えて油圧リバーシブル式のエンジンファンを採用。エンジン冷却風を逆流させてフィルタに付着した粉塵を定期的に外に排出する機構を導入した(図-3)。逆転のタイミングは粉塵がフィルタに固着せず、且つ逆転による水温上昇を最小

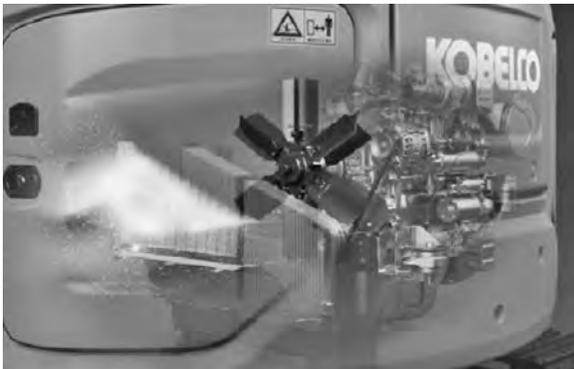


図-3



写真-8

限となるインターバル、逆風時間を設定している。また、リバーシブルファン以外にも粉塵の侵入防止や各部の清掃性に配慮した装備品を設定した。

- ①吸気口／排気口の粉塵侵入防止メッシュガード
- ②粉塵防止バッテリーカバー
- ③アンダーカバーの粉塵排出口(写真-8)

以上の専用装備により、過酷な産廃現場でもオーバーヒート起こさずに連続稼働することができ、作業効率の改善に寄与している。

4. おわりに

上記の新しい技術を採用した新モデルの開発を行い市場からは高い評価を頂いている。今後も世の中のニーズにマッチした機械を提供することで社会に貢献していきたい。

JCMA

[筆者紹介]

西本 裕章 (にしもと ひろあき)
コベルコ建機㈱
ショベル開発部 中型ショベル Gr



55 t つりクローラクレーンの開発 SCX550-3

越 達 夫

このたび、つり上げ能力 55 t のクローラクレーン「SCX550-3」(以下「本開発機」という)を 2019 年 7 月 1 日に販売開始した。本開発機は、従来機の優れた基本性能はそのままに、オフロード法 2014 年基準の排ガス規制に対応すると共に SCX-3 シリーズ (以下「本シリーズ」という) 共通のコンセプトに基づき開発したモデルである。

本稿では、本開発機の特徴について紹介する。

キーワード：クローラクレーン, 環境, 組立分解, 省燃費

1. はじめに

前モデルである SCX550 (以下「従来機」という)は、1994 年に発売し、以後改良を重ねながら 20 年以上にわたり国内外で販売してきたが、近年は最新の排ガス規制対応や安全性、輸送性及び快適性向上のため、モデルチェンジを強く求められるようになってきた。そこで、従来機の優れた基本性能はそのままに、本シリーズ共通のコンセプトである安心をキーワードにライフサイクルコストのミニマム化を目指して開発したクローラクレーン本開発機を 2019 年 7 月 1 日に発売し



写真—1 本開発機と従来機

表—1 本開発機仕様

		クレーン仕様	クラムシェル仕様
最大つり上げ荷重×作業半径	t × m	55 × 3.7	—
基本ブーム長さ	m	10	10
最長ブーム長さ	m	52	19
クレーンジブ長さ	m	6.0 ~ 15.0	—
ブーム+クレーンジブ最長	m	43.0 + 15.0	—
ロープ速度*	フロント/リヤ (定格 6.5t 負荷時)	m/min	110 (53)
	ブーム起伏	m/min	60
旋回速度	min ⁻¹ (rpm)	4.2 (4.2)	74 (支持および開閉ロープ速度)
走行速度* 高/低	km/h	2.0/1.5	4.2 (4.2)
登坂能力	% (度)	2.0/1.5	2.0/1.5
バケット容量	m ³	40 (22)	40 (22)
クラムシェル許容グロス質量	t	—	0.8/1.0/1.2
最大掘削深さ	m	—	6.0
エンジン名称		—	36
最高出力	kW/min ⁻¹ (PS/rpm)	日野 J05E-UN (オフロード法 2014 年基準適合)	
		138/2100 (188/2100)	
接地圧	kPa (kgf/cm ²)	73.1 (0.75) (基本ブーム 55 t フック付)	75.1 (0.77) (基本ブーム 1.2 m ³ バケット付)
全装備質量	t	約 53.4 (基本ブーム 55 t フック付)	約 54.8 (基本ブーム 1.2 m ³ バケット付)

*印は負荷により速度変化します。

た。本稿では、本開発機の特徴について紹介する（写真—1，表—1）。

2. 本開発機的主要特徴

(1) 輸送性と機動性の向上

(a) 輸送幅 3200 mm 化

従来機の輸送幅 3300 mm に対して上部旋回体幅とカーボディ幅を縮小することで、輸送幅を 3200 mm とし輸送性を高めた。機械幅を縮小しながらも後端半径は従来機と同等の 3850 mm とコンパクトに収め、狭所作業にも対応できる（図—1）。

(b) カウンタウエイト

カウンタウエイトは、組立時間の短縮、輸送性及び安全性向上のため、従来機の 3 列縦型タイプから 3 段横積みタイプとした。最下段となるベースウエイトとその上の 2 段目ウエイトは取外し時に逆積み可能な構造としており、狭所現場での分解時に便利である。また、減少カウンタウエイト仕様もオプション設定し、重量や接地圧に制限がある現場にも対応可能である（写真—2）。

(2) 様々な用途への対応

(a) ウインチ

従来機は、クレーン作業から重掘削作業まで幅広い

用途で使用されている機械であり、各作業で好評を得てきた。本開発機においてもその汎用性の高さを引き継ぐこととし、ウインチは実績と信頼のある減速機内蔵型フリーフォール付きウインチを標準装備。ドラムブレーキはバンドブレーキ式とした。近年のドラムブレーキは湿式多板式が主流となりつつあるが、本開発機は小型機ならではの汎用性を考慮し、各種作業に合わせてブレーキ調整することができるバンドブレーキシステムを採用している（写真—3）。

(b) 旋回操作性の向上

旋回操作性を向上させるため旋回中立フリー／ブレーキモード切替え機能や、強風や傾斜地での操作時に役立つ旋回ブレーキ操作ペダルなどの新機能もオプションで装着可能としている（写真—4）。

(3) 排出ガス規制対応と低燃費対応

(a) クリーンエンジン搭載

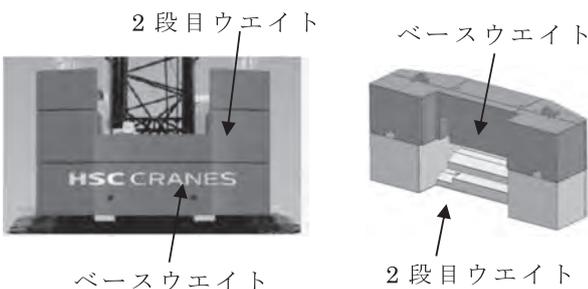
本開発機は、オフロード法 2014 年基準適合の新世代クリーンエンジンを搭載。本エンジンは、コモンレール式燃料噴射システム、可変ノズルターボやクールド EGR の搭載により、PM（粒子状物質）、NOx（窒素酸化物）を低減。加えて PM 捕集フィルタと尿素 SCR * システムを一体化した後処理装置を採用。前段



図—1 機械幅と後端半径



写真—3 減速機内蔵型フリーフォール付きウインチ



写真—2 横積みカウンタウエイト



写真—4 旋回操作性向上機能

のフィルタでPMを捕集し、後段の尿素SCRでNO_xを大幅に低減する。PM捕集フィルタは、その性能を保つために、PMがフィルタに一定量堆積した場合にフィルタの温度を上げてPMを燃焼させ、フィルタ機能を復活させる「再生」が必要である。本開発機では、機械作業中に再生制御が実行された場合でも、より違和感なく作業できるように、再生時の油圧制御方式を改良した(写真-5, 図-2)。

* SCR (Selective Catalytic Reduction) : 選択触媒還元

(b) 低燃費対応技術

軽負荷時にエンジン低回転のまま高速で巻上げ作業が可能なエコウインチモードと、非作業時にエンジンを停止するオートアイドルストップ機能を標準装備し、燃費低減に貢献する(図-3)。

(c) 低騒音化

本開発機は国土交通省の超低騒音型建設機械の指定を受けている。近年の排ガス規制対応により、エンジンはより高い冷却性能が必要となる傾向にある。一般

的に冷却性能の向上と低騒音化はトレードオフの関係にあるが、最新の排ガス規制に対応しつつ、超低騒音を実現した。

(4) 快適性と安全性能を向上

(a) キャブ

キャブとキャブ内装備品は、本シリーズとして統一化を図り、居住性を向上させた。操作レバーは、好評を得ているアームチェアコントロールレバーを採用。手元でレバー操作ができオペレータの負担低減に貢献し、かつ広大な前方視界を確保している(写真-6, 7)。

(b) 過負荷防止装置 (M/L)

過負荷防止装置 (M/L) には、本シリーズで採用の8インチ大型ディスプレイを搭載した。安全機能の追加や排ガス浄化システムの高性能化に伴い表示項目は増加傾向にあるが、各種警告灯やエンジン関係の情報をオペレータが見やすい表示となるように画面右側に集約した。

また、エンジンや排ガス浄化システムに重大な不具合が発生した場合は、状況や対応方法についてのガイ

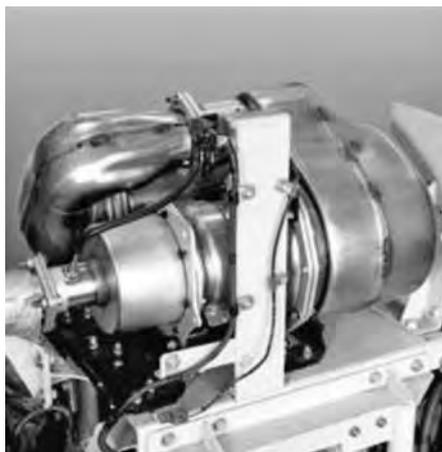


写真-5 後処理装置



写真-6 キャブ

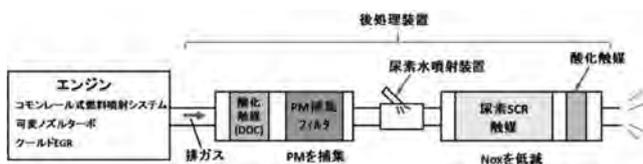


図-2 後処理装置の構成図



図-3 エコウインチ



写真-7 キャブ内部と前方視界

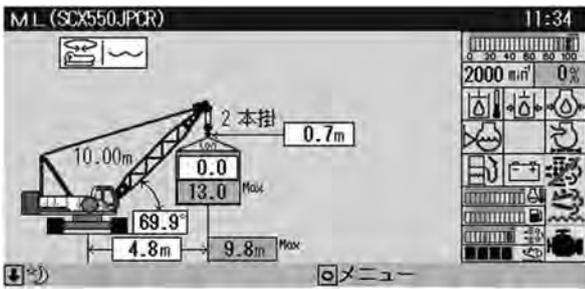


図-4 8インチ大型ディスプレイ

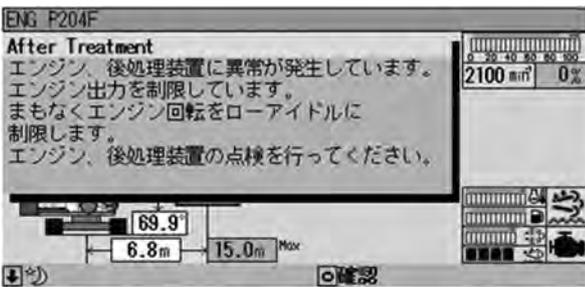


図-5 ポップアップ表示 (異常時表示例)

ダンスをポップアップ表示し、情報を見落とさないように配慮している (図-4, 5)。

(c) 安全装備

ボイスアラーム、起伏オートドラムロックなどの標準搭載機能に加え、旋回角度制限装置もオプションで搭載可能とした。旋回角度制限装置とは、作業前に旋回制限範囲を設定しておき、作業中にその制限外に出ないように警報を鳴らしたり、減速や自動停止をしたりするものである。また、M/Lの作業範囲制限機能と合わせることで、限られた作業空間における安全性をさらに高めることができる。その他、幅広タイプのサイドウォークや機械上面からの転落防止のためのハンドレール (輸送時折畳み式) も標準で装備、ブームにはつり環を設ける等、各部位で安全性を向上させた (図-6)。

(5) 安心の予防保全システム

予防保全システムであるリモートセンシングを標準搭載。機械の稼働状態を把握し、予防保全管理を徹底することで、計画的なメンテナンスを可能にし、機械の稼働率向上につながる。また、整備にかかる時間やコスト削減にも役立つシステムである。さらに本システムにはメール配信機能がある。

この機能は、法令点検であるクレーン性能検査や定



図-6 旋回角度制限装置



図-7 リモートセンシング

期交換部品の交換時期が近づいた際にユーザーにお知らせメールを配信、適正時期での検査とメンテナンス実施を促すものである (図-7)。

3. おわりに

本開発機はクローラクレーンの中で、小型機械の位置付けとなる。このクラスの機械は、クレーン作業だけでなくバケット作業など耐久性が重要視される作業で使用されることも多く、従来機はこの点においても好評を得ている。今回、様々な作業への対応力の高さはそのままに、最新シリーズ機の機能を搭載したモデルチェンジを実施した。今後も、市場での様々な顧客ニーズに対応していきたい。

JCMMA

[筆者紹介]
越 達夫 (こし たつお)
住友重機械建機クレーン(株)
生産統括本部/開発センター
主任技師

ブラストホールドリルの稼働管理システム

F-MICAS の開発

五味 敏彦

鉱山や碎石現場で稼働するブラストホールドリルは多くの装置（さく岩機、高圧コンプレッサ、ロッド交換装置等）を搭載しており、これらの装置は現場の状況（岩質）やユーザの使用条件によって稼働状況や使用状況が様々であり、消耗部品等の交換サイクルも様々である。

稼働管理はリアルタイムな稼働情報の収集と分析により現場の状況を把握する事が可能になり、データを基にユーザへ改善提案を行う事でより最適な状態で機械を使用して頂く事が可能になる。また、機械のダウンタイムを低減する為故障しそうな箇所の予想を行い、故障する前に修理するまたは故障した場合は迅速な修理が可能となる。

キーワード：さく岩機、トップハンマ、ダウンザホールドリル、鉱山、碎石、IoT、ICT

1. はじめに

ブラストホールドリルからデータを収集し稼働状況を把握する事で機械の稼働を適正化する為の分析を行える稼働管理システムを開発した。本稼働管理システムの名称を F-MICAS（エフマイキャス）と言う。

F-MICAS とは、FRD Machine Information Control & Analysis System の略称（以下「本システム」という）でクローラドリルの稼働管理を可能とするシステムの名称である。2019年5月から国内に出荷されるクローラドリルは全ての機械に対して本システムが利用可能となっており、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。

2. 概要

運用を開始した本システム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になる。

図-1は本システムのコミュニケーションイメージである。お客様、販売店は稼働情報を WebSite で閲覧でき、突発的に発生する異常信号をメール等で配信する事で迅速な対応が可能になり機械のダウンタイムを軽減する。また、機械の定期メンテナンスやドリフタのオーバーホールのタイミングをタイマーにお知らせする。

お客様の機械情報から稼働状況分析や操作状況分析を行い、様々な提案を行う事で機械の安定的かつ効果

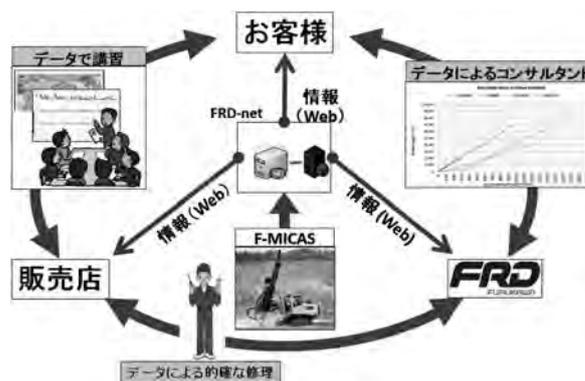


図-1 本システムコミュニケーションイメージ

的な稼働を図り、納車から機械の寿命（すべてのライフサイクル）までの管理を行いお客様の満足度を向上するサービスを提供して行く予定である。

3. システム内容

オペレータキャビン内に搭載されている【通信端末】（通信及び情報収集デバイス）は機械本体を制御しているコントローラ及びエンジン ECU との通信によりデータ収集を行っている。

また、穿孔情報に必要な穿孔長、穿孔速度を測定する為の【穿孔長センサ】穿孔長センサを標準装備している。

GPS 装置を搭載している為、機械の最新位置及び移動履歴を確認できる。

デバイスは【3G、LTE/4G】通信が可能であるが、

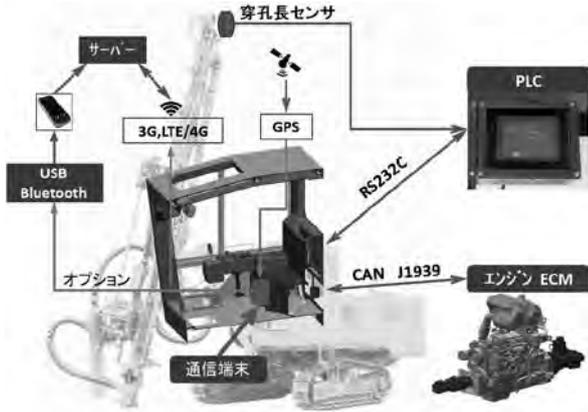


図-2 ハード構成イメージ図

モバイル通信が利用できない場合は収集データを数か月ストックしUSB等でデータの取り出しを行う事が出来る。



図-4 機械の基本情報

4. 本システムコミュニティーサイト

(1) WebSite



図-3 ログイン後の画面

本システム WebSite へログインする事でお客様が所有している機械の情報が閲覧可能である。

(2) 機械の基本情報

図-4 はお客様の所有機の基本情報としてシリアル番号, 担当支店, 販売店, エンジン運転時間等の表示をする。また, 機械の稼働状態を「緑: 正常, 黄: 注意, 赤: 異常」で表し, 「黄: 注意, 赤: 異常」の場合は内容を表示する。

「黄: 注意, 赤: 異常」発生時はメールにて営業担当者や修理担当者に連絡を行う。

(3) 稼働時間と燃費情報

日々の運転時間 (時間/日) と平均燃費 (L/時間) を閲覧できる。図-5 のグラフは過去 30 日の変化を示しているが, 利用者がグラフの表示期間 (数日, 数週間, 数か月) を任意に変更でき, エクセル等のエクスポートが可能である。

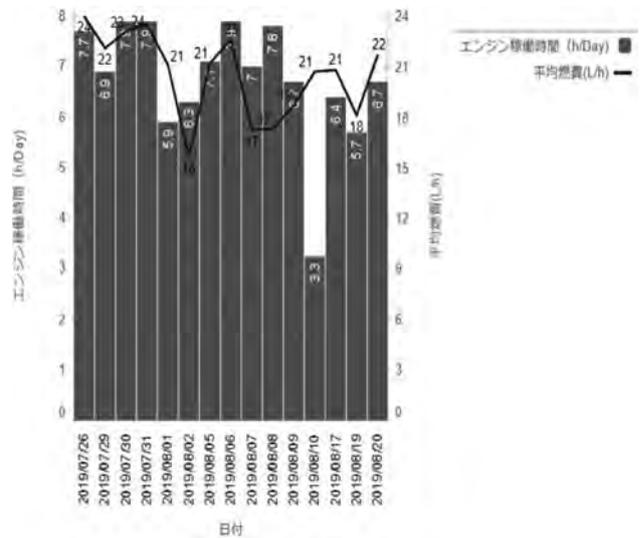


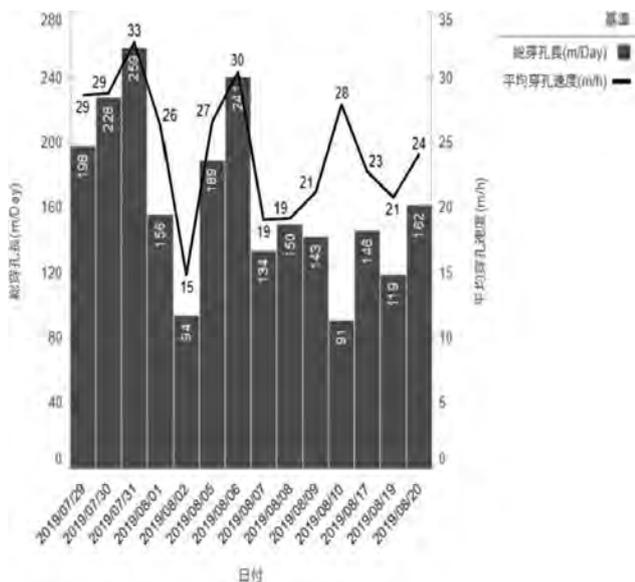
図-5 稼働時間 (時間/日) と燃費

(4) 穿孔情報

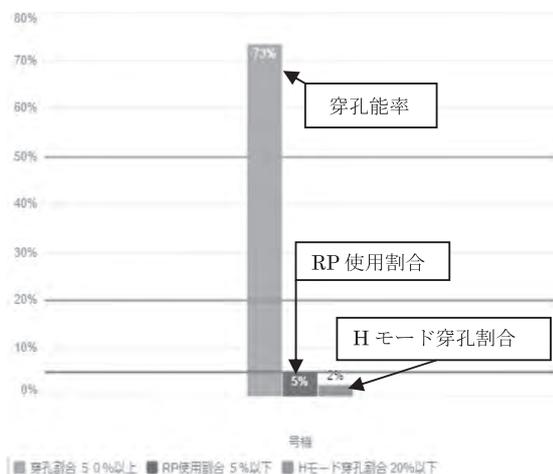
日々の総穿孔長 (m/日) と平均穿孔速度 (m/時間) を閲覧できる。総穿孔長は実際に穿孔した距離を記録している為, 装薬に使用できなかった孔も総穿孔長に含まれている。図-6 のグラフは利用者がグラフの表示期間 (数日, 数週間, 数か月) を任意に変更でき, エクセル等のエクスポートが可能である。

(5) 穿孔状況

図-7 は穿孔状況のグラフ表示している。「穿孔能率」は 50% を下回ると穿孔作業に無駄が多いと判断でき, 穿孔手法の改善, ドリルツールの選定等の改善が必要となる可能性がある。当社で採取している穿孔やオペレーションに関するその他のデータ分析と現場での状況を確認しお客様への改善提案を行う事が可能となる。



図一六 穿孔情報



図一七 穿孔状況

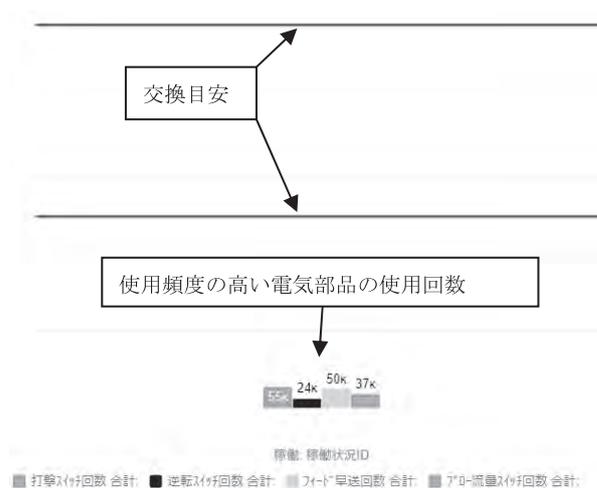
また、ドリフタの部品やドリルツールの消耗に関係する「Hモードを使った穿孔」や「RPの使用」についても一定基準を超えた場合お客様へのヒアリング等とデータ分析の結果により穿孔手法の改善やツールの選定等の提案を行う事が可能となる。

穿孔に関する改善については当社が提供するWebSiteで穿孔状況をお客様と共有する事で機械を適正に使用して頂く為のコミュニケーションツールとして活用して行く。

(6) 電気部品の使用回数

図一八は使用頻度の高い電気部品の使用回数を表している。

上記グラフに示す電気部品の使用頻度が「交換目安」を超えた場合、交換を推奨する事で電気部品の突然の故障を低減する事が可能になる。



図一八 電気部品の使用状況



図一九 地図情報

(7) 現在位置と移動履歴

GPS装置により最新の位置情報と移動履歴の表示が可能である。

GPS精度を上げて切羽での穿孔位置を正確に把握するには当社のオプションが必要となるのでご相談下さい。

(8) エンジンデータ閲覧

エンジンのECMから収集したデータを閲覧可能である。例えば、冷却水温度、バッテリー電圧、エンジン負荷率等定期的にデータを収集する事でエンジン稼働の変化を把握する事が可能である。

突発的なエンジンの異常を検出してあらかじめ決められた担当者にメールで発生内容を連絡する事で故障を未然に防ぐ事が可能になる。

(9) クローラ本体の異常情報

クローラ本体が発信する異常情報、例えば作動油量

低下，各種オイルフィルタ目詰まり等をあらかじめ決められた担当者にメールを配信しフィルタ交換等のお知らせを行う。

定期メンテナンス（オイル交換，フィルタ交換）及びドリフタのオーバーホールの推奨時間が近づくとメールを配信してお知らせする。

(10) チャット機能

本システムの利用者はコミュニケーションツールとしてチャットを使用できる。

チャット機能はお客様と当社支店及び販売店やサービス工場と繋がる事が可能であり，利用者からの質問等を発信できる。

機械の情報を共有しながら安全かつ迅速なコミュニケーションが行える為，本システムを利用して，利用者が必要なデータや当社からの分析結果の配信が可能となる。

5. おわりに

油圧クローラドリルは多くの装置（さく岩機，高圧コンプレッサ等）を搭載しており，これらの装置は現場の状況（岩質）や稼働条件によって最適な設定が必要であり，当然消耗部品等の交換サイクルも様々である。

今後共本システム F-MICAS によるリアルタイムな情報により多種多様な現場の状況変化に合わせて最適な提案をできる様システム改良を進めて行く。

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皆様に心より御礼申し上げます。

J|C|M|A

[筆者紹介]

五味 敏彦（ごみ としひこ）
古河ロックドリル㈱
ライフサイクルサポート本部
カスタマーサポート部
部長

新たな山岳トンネル施工方法への挑戦

4ブームフルオートコンピュータジャンボの導入

三 浦 孝

4ブームフルオートコンピュータジャンボの導入により、作業員の技量に関係なく一定精度に孔尻を描いて穿孔することでトンネル掘削の発破進行率を安定させ、穿孔圧力を制御することで孔曲がりを抑制して余掘量を適正管理し、穿孔データを自動収集することで地質状況を可視化して把握、さらにフルオート穿孔機能で施工人員の省人化を実現した。本稿では、コンピュータジャンボの導入により生産性を向上させた「新たな山岳トンネル施工方法」について報告する。

キーワード：山岳トンネル、フルオート、コンピュータジャンボ、穿孔、省人化、余掘り低減

1. はじめに

近年の深刻化する建設労働者不足への対策として、働き方改革と生産性向上を目指して「現場の就労環境改善」、「業務効率化」、「R&D」などを積極的に進めている。特にトンネル工事では、熟練作業員の高齢化や若手就業者の減少への対応、そしてさらなる現場の労働安全性と生産性の向上を目指し、自動化技術の確立を急いでいる。

日本トンネル技術協会「トンネル年報2016」によると、現在施工中の国内総トンネル工事数は648件あり、そのうち63%はNATMトンネル(New Austrian Tunneling Method)である。NATMは主に山岳部のトンネルに用いられる工法であり、その作業サイクルは①穿孔 ②装薬・発破 ③ずり出し ④アタリ取り ⑤吹付け ⑥ロックボルトであり、①穿孔は生産性の約6割を占めると言っても過言ではないため、穿孔の自動化はトンネル工事を合理化するための重要な技術である。

発破孔をあけるドリルジャンボの穿孔操作技術は作業員の熟練度に依存し、かつ1ブームあたり1名の作業員を必要とする。そこで4ブームフルオートコンピュータジャンボを導入し同機のフルオート穿孔機能により、従来であれば作業員4名が必要なところを専任オペレータ1名による省人化を実現した。コンピュータ制御により穿孔パターン通りの角度や長さを穿孔し、余掘りを低減することによって、上述の③ずり出しと⑤吹付コンクリートの“量と作業時間”を削減して生産性を上げていくことは、新たな生産システムを実現することにつながる(写真-1, 2)。



写真-1 4ブームフルオートコンピュータジャンボ



写真-2 コンピュータ操作画面（キャビン内）

2. 開発の背景

トンネル工事において、いわゆる「山を読む」(地質状況を予測する)ことのできる熟練作業員は急速に減少している。このような中、穿孔の省力化を目的とし

てコンピュータを搭載したドリルジャンボを採用するようになってきたが、穿孔の位置合わせは作業員が機械および切羽面の座標を基にキャビン内の小型画面からブームを誘導する方式としている。この方式では穿孔時間や余掘り量は作業員の熟練度に依存するとともに、操作も1ブームあたり1名の作業員を必要とする。

一方で中央新幹線の建設に代表されるように山岳トンネルの長大化は進み、高速施工のニーズはますます高まっており、切羽における発破時の「穿孔時間の短縮」とトンネル掘削断面の「余掘り低減」を図ることは重要となってきている。そこで、5,000 m 級長大トンネルである岩手県の新区界トンネル工事に、穿孔時間の短縮と余掘り低減を図るため、日本で初めて4ブームフルオートコンピュータジャンボを導入し、さらに4基のブームによる穿孔作業を専任オペレータ1名で行う“新たな山岳トンネル施工方法”に挑戦した。

3. 新たな山岳トンネル施工方法

穿孔機にはフルオートコンピュータジャンボを採用し、次のような効果を期待した(図-1)。

- ①作業員の技量に関係なく一定精度に孔尻を揃えて穿孔し進行を安定させること
- ②穿孔圧力の適正な制御により孔曲がりを抑制し余掘量を適正に管理すること
- ③穿孔データの自動収集機能により地質状況を可視化し把握すること
- ④施工人員を省人化すること

従来、作業員の熟練度に依存したブラックボックスの部分「見える化」して、データに基づく分析から最適穿孔パターンを導き出し、コンピュータの自動制御によって計画通りに正確な角度・長さの穿孔作業により発破進行率を確保しつつ余掘りを低減し、同機の持つフルオート機能により専任オペレータ1名による省人化を実現して自動化への道を拓いた(図-2)。

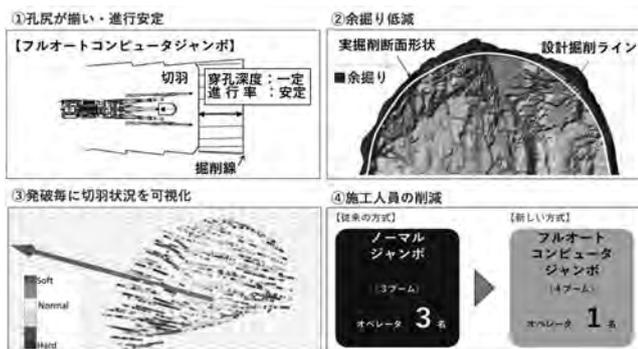


図-1 期待できる効果

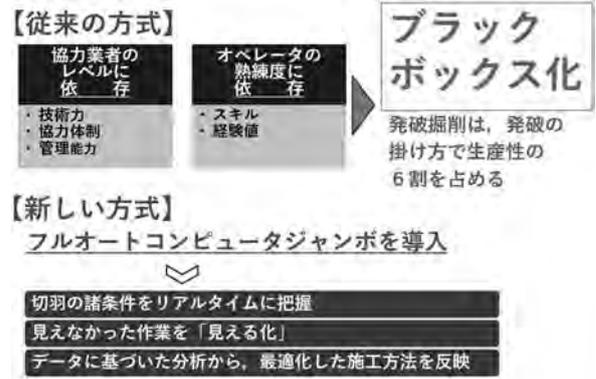


図-2 発破工法の「見える化」

4. 技術概要

フルオートコンピュータジャンボは、コンピュータによるマシンコントロールシステムを搭載しており、穿孔プランに対する各ブームの穿孔範囲と順番を事前登録する「コンピュータ制御のフルオート穿孔」としているため、専任オペレータ1名による穿孔作業を可能としている。

穿孔の基準とする切羽面(仮想切羽面)のトンネル延長(位置)と予定進行長、および穿孔プランを予め設定することにより、発破プラン上の穿孔長と差角をコンピュータが算出し、フルオート穿孔により全ての孔尻は揃い外周孔も設計通りの差角になる。これにより穿孔精度は向上するので、穿孔プラン通りに掘削面を仕上げるができる(図-3)。

また、ロックボルト工についても誘導機能に従って穿孔することにより、マーキングせずに所定の位置に

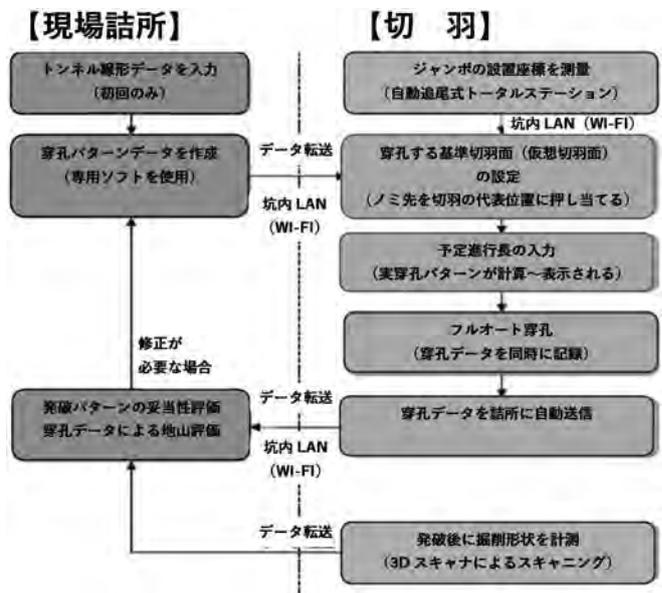
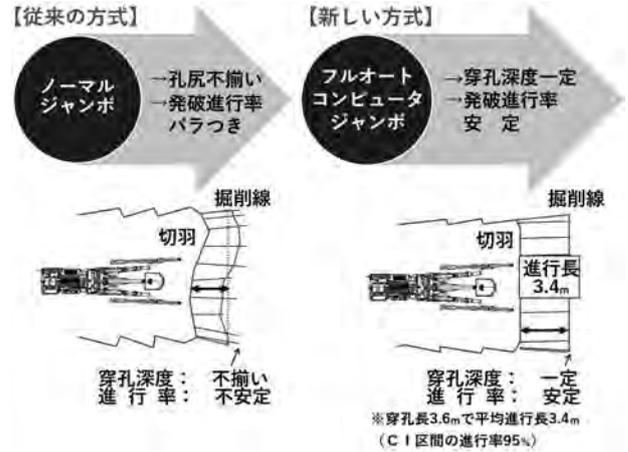


図-3 コンピュータジャンボの活用フロー



写真一3 誘導機能を活用した穿孔



図一4 発破進行率の比較



写真一4 ロックボルト工出来形

ロックボルトを打設することができる(写真一3,4)。

5. 技術的効果

フルオートコンピュータジャンボの導入により、次の効果を確認した。

(1) 穿孔精度の向上 (1 発破進行率の向上)

(a) 1 発破進行率の向上

従来方式のノーマルジャンボによる穿孔では、作業員の熟練度に依存していることから、穿孔深度、孔尻位置は不揃いであり発破進行率もばらついた。一方、新しい方式のフルオートコンピュータジャンボによる穿孔では、コンピュータの自動制御によって穿孔深度、孔尻位置は揃い、計画穿孔長 3.6 m に対して平均進行長 3.4 m 程度と安定し、発破進行率は向上した(図一4)。

(b) 穿孔データと 3D 計測データの連携

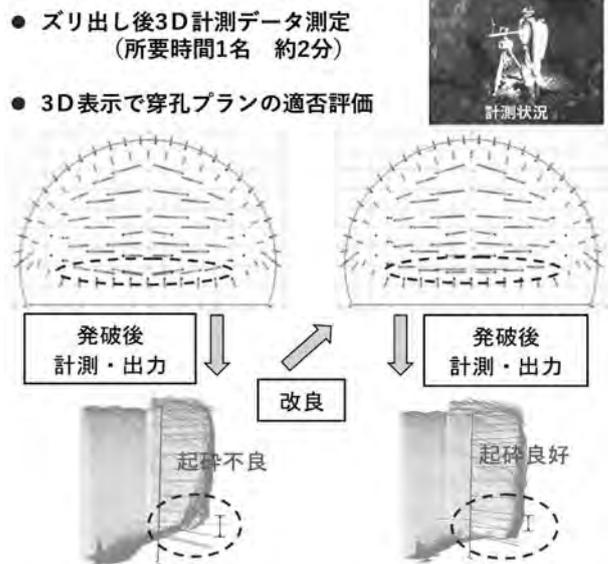
発破後の形状を迅速かつ高精度に評価するため、3D スキャナによって測定した。据付・測定・撤収は

1 名で実施し、所要時間は約 2 分と短いため、施工サイクルを妨げることはない。また、計測結果を 3 次元的に表示できることから、穿孔プランの適否評価はわかりやすくなった。これにより当初の穿孔プランでは、踏前中央部において発破後の計測結果から起砕不良であることが判明したので、孔尻間隔を狭くしたところ、踏前中央部の起砕は良好に改善された。

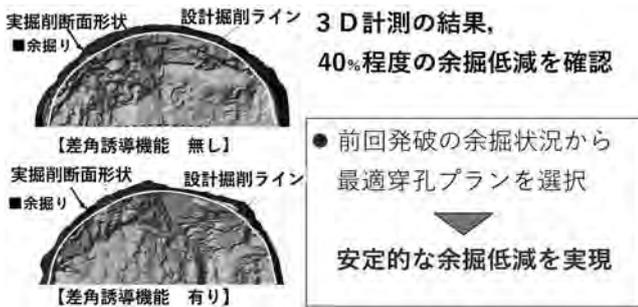
このように、フルオートコンピュータジャンボの穿孔データと 3D 計測データを連携させることによって、より効率の良い穿孔プランの作成を可能とした(図一5)。

(2) 差角制御による余掘低減

フルオートコンピュータジャンボの差角誘導機能の有無による余掘低減効果について検証した。差角誘導機能を有する場合、余掘を 40% 程度低減したことを確認した(図一6)。



図一5 穿孔データと 3D 計測データの連携



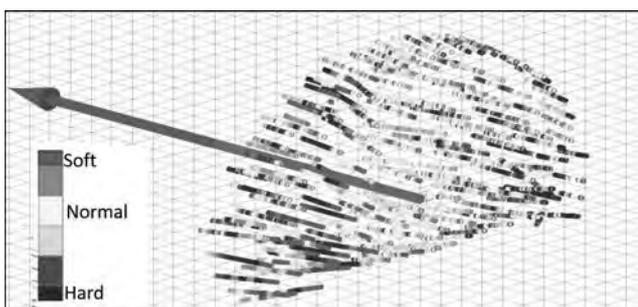
図一六 3D計測結果の比較

しかしながら、地山の性質（部分的な硬軟、亀裂の入り方）は常に変化するため、穿孔プランは随時地山の性質に合わせて修正を必要とする。そこで、最適な余掘管理を行うために、基準となる設計穿孔プランを作り、外周孔差角のみを変えた穿孔プランを複数用意し、前回発破の余掘り状況から穿孔プランを適時選択することによって安定的に余掘を低減させた。

(3) コンピュータジャンボによる地質評価

コンピュータジャンボは各種センサーを搭載し、穿孔中の回転・打撃・送り圧力といった穿孔に直接関係するパラメータの他に、日時、穿孔速度、穿孔長、穿孔位置座標（開始位置、終了位置）、差角などといったデータを取得している。

ここでは穿孔データの1つである穿孔速度を視覚化したものを示す。この画像は三次元的な回転操作を可能とするため、脆弱部を立体的に把握することができる（図一七）。



図一七 穿孔実績データ例（穿孔速度）

(4) 施工人員の削減

通常の3ブームジャンボによる穿孔作業は2～3名の作業員を必要とするが、今回導入した4ブームフルオートコンピュータジャンボは、専任オペレータ1名で4ブームの穿孔作業が可能である（図一八）。

このため、大断面トンネル施工時において3ブームジャンボを2台並べて使用する場合に比べ、4ブーム



図一八 施工人員削減モデル

フルオートコンピュータジャンボは1台で同等の穿孔能力を有しているので、大幅な施工人員の削減を達成した。穿孔作業は専任オペレータ（昼夜各1名）に加え、他の機械のメンテナンスを担当するメカニック（昼1名）の計3名とし、メカニックは専任オペレータの病欠等による不在時のオペレータを兼務した。

穿孔中の切羽作業員は換気・電気設備盛替や後方支援、次工程の段取りなどを行い、分業化により効率的に作業を進めることができた。

6. 経済的効果

フルオートコンピュータジャンボの導入により、工程短縮による工事費・諸経費減、余掘低減による残土運搬費や吹付コンクリートの材料費減、省人化による労務費減などにより機械費の増加分を相殺できる。今後、機械費が安価になると更なる経済的効果も期待できる。

7. 導入実績

①国土交通省東北地方整備局

宮古盛岡横断道路 新区界トンネル工事

導入期間：平成28年1月～平成29年2月

導入実績：トンネル延長L = 4,998 m

内空断面積 95 m²（うち1,500 mで使用）

②国土交通省東北地方整備局

国道45号 白井地区道路工事

導入期間：平成29年5月～平成30年4月

導入実績：トンネル延長L = 2,058 m

内空断面積 93 m²（うち800 mで使用）

8. おわりに

当初、作業員の経験と勘というあいまいな操作技術をマニュアル化することは困難だったことから、熟練

作業員の穿孔パターンをデータ化し、フルオート穿孔モデルの基準とした。

一般に自動化技術は人間から技能を奪うと言われていたが、今では自動化を進めることによって操作データは整理され、効率的な基本運転技能も明確になり、自動運転マニュアルは作業員に対する作業習得マニュアルとしての活用を可能としている。更に ICT・AI・ロボット技術などを活用してマニュアル化された作業の自動化を進めることによって、熟練作業員不足への対策にもなる。

これらの自動化への取組みにより、将来的に人為的ミスはなくなり、作業はデータベース化され、施工計画の立案・変更をデータに基づいて効果的に行えることから、不安定な労働集約型産業からの脱却を期待できる。すなわち、建設業への他産業からの参入促進が、生産技術革命など旧態建設業からの変革の弾みとなり、建設業が夢・魅力のある産業として若年層の入職は促進され、“担い手不足解消”につながるものと期待して止まない（図—9）。

▶▶ 長距離化・不安定な地質対応、担い手不足解消



図—9 新たな施工方法例（山岳トンネル）

J C M A

《参考文献》

- 1) 赤石ら：「4ブームフルオートコンピュータジャンボによる ICT 施工例」, 土木学会第 72 回年次学術講演会, VI-717, 2017
- 2) 西川ら：「発破後の切羽の形状測定結果に基づく穿孔プランの改善」, 土木学会第 72 回年次学術講演会, VI-719, 2017

【筆者紹介】

三浦 孝（みうら たかし）
鹿島建設㈱
機械部 技術 1 グループ 次長



クレーン装置非分解型移動式クレーンの 新技術と安全対策

最大つり上げ荷重 110 t オールテレーンクレーン KA-1100R

中 嶋 光 也

最大つり上げ荷重 110 t のオールテレーンクレーンである KA-1100R（以下「本機種」）は、ワイドキャブを装備した全輪操向可能な 4 軸キャリヤに、最長 51.3 m の 6 段ピンロック式ブームと最長 20.4 m の 3 段スーパーラフィングジブ（油圧により伸縮・起伏が可能：以下「SL ジブ」）を装備し、クレーン装置を分解することなく公道走行が可能な移動式クレーンである。走行時の左右傾斜安定度を確保するための低重心化およびメンテナンスコスト低減のため、シングルエンジン方式を採用した。安定域性能向上のためのカウンターウエイトは最大 29.8 t で、ウエイト中央部の窪みにより全装備のブーム最伏姿勢で現場内移動が可能となっている。また、電気式ジョイスティック採用に伴う各種機能拡充により、操作性向上および操作時の疲労を軽減させている。本稿では本機種の特長および機能について解説する。

キーワード：荷役機械，移動式クレーン，オールテレーンクレーン，シングルエンジン

1. はじめに

荷役機械のうち、移動式クレーンのひとつであるオールテレーンクレーンのなかでも 4 軸 100 t クラスのオールテレーンクレーンは、ラフテレーンクレーン（ひとつの運転席で走行とクレーン操作が可能）では能力が不足するような比較的に大規模な建設現場はもとより、都市部の狭所での作業にも用いられる。我が国で稼働するオールテレーンクレーンは、国産機と輸入機（主にドイツ製）を合わせ、最大つり上げ荷重 100 t 以上のクラスで多くの機種が存在している。これらの大型機は、その機体サイズや重量の制限から、ブームや上部旋回体のクレーン装置を分解して輸送することを前提として使用される。本機種は、最大つり上げ荷重 110 t ながらクレーン装置を分解することなく公道走行を可能とし、旋回後端半径の短縮やブーム起立角度の拡大など、現場へのアプローチや設置場所に制約の多い日本国内の作業現場に合致させるべく開発したものである。

2. 機種概要

本機種は、最大つり上げ荷重 110 t の 4 軸オールテレーンクレーンである。移動式クレーンにおいて重要な要素である機動性に大きく影響するクレーン装置の分解をなくし、簡単で迅速なクレーン設置作業を可能

とした。ワイドキャブを装備した全輪操向可能な 4 軸キャリヤに、最長 51.3 m の 6 段ピンロック式ブームと最長 20.4 m の 3 段 SL ジブを装備し、最大地上揚程 72.3 m、最大作業半径 57.7 m の作業空間をカバーする。安定域性能確保のためのカウンターウエイトは最大 29.8 t で、カウンターウエイト中央部にはブーム最伏格納のための窪みを設定し、全装備の現場内移動でブーム最伏姿勢を可能としているため、現場内での移動設置にも迅速に対応できる。なお、現場間移動のために一般公道を通行する場合は、一部の装置を取り外して別送する必要がある。環境対応では、油圧制御による省エネシステムや国土交通省による低騒音型建設機械指定の取得により環境に配慮している。クレーン作業の安全対応では、作業領域制限機能や負荷率制限機能を有する過負荷防止装置等を搭載している。本機種の輸出仕様はドイツのミュンヘンで開催される世界



写真—1 現場内移動姿勢例

最大の建設機械展である BAUMA2019 にも展示した。本機種の現場内移動姿勢例を写真-1 に、主要諸元を表-1 に示す。

表-1 主要諸元

クレーン型式	KA-1100R
ブーム最大つり上げ能力	110.0 t × 2.0 m
SL ジブ最大つり上げ能力	5.6 t × 26.6 m
ブーム長さ	11.1 m ~ 51.3 m
SL ジブ長さ	8.8 m ~ 20.4 m
ブーム起伏角度	-1.0° ~ 84.0°
SL ジブオフセット角度	2° ~ 60°
最大地上揚程 ブーム	52.2 m
SL ジブ	72.3 m
最大作業半径 ブーム	48.0 m
SL ジブ	57.7 m
カウンターウエイト (最大)	29.8 t
キャリア型式	カトウ KA4120
エンジン型式 (キャリア)	ベンツ OM470LA
最高出力	320 kW/1700 min ⁻¹
最大トルク	2100 N·m/1300 min ⁻¹
最高速度	75 km/h
最小回転半径	8.9 m
アウトリガ最大張出幅	7.2 m
全長×全幅×全高 (公道走行姿勢時)	13.20 m × 2.75 m × 3.79 m

3. 特長および機能

(1) ブーム

ブームは、1180 MPa 級高張力鋼を使用した 6 段箱型で、最縮小時の長さは 11.1 m ながら最大 51.3 m まで伸長させることができる。各断面形状は 2 枚の鋼材を曲げ加工により各々略 U 字形に成型し、曲げ応力が低くなる断面の上下中央 (中立軸) 付近で溶接により接合しているため、構造的信頼性が高い。この構造は、現代の移動式クレーンでは多くの機種で採用されている。また、断面サイズを最大限拡大して全体撓みを抑制した。ブーム伸縮機構は、軽量化に有効である 1 本の油圧シリンダとブーム各段固定のためのピンを装備した方式を採用した。ブーム各段の固定機構は、各ブーム後端にあるロックピンで連結することにより隣接するブーム間が連結される。また、テレシリンダユニットと称する伸縮装置に装備したグリップピンにより伸縮させる段と連結して伸縮させる。なお、テレシリンダユニットには、ロックピンとグリップピンが同時に解除できないよう機械的なインターロック機構が内蔵されている。

伸長操作は、テレシリンダユニットと伸長させるブームをグリップピンにて連結後、ロックピンを抜き、テレシリンダユニットを伸長させる。目標の長さ

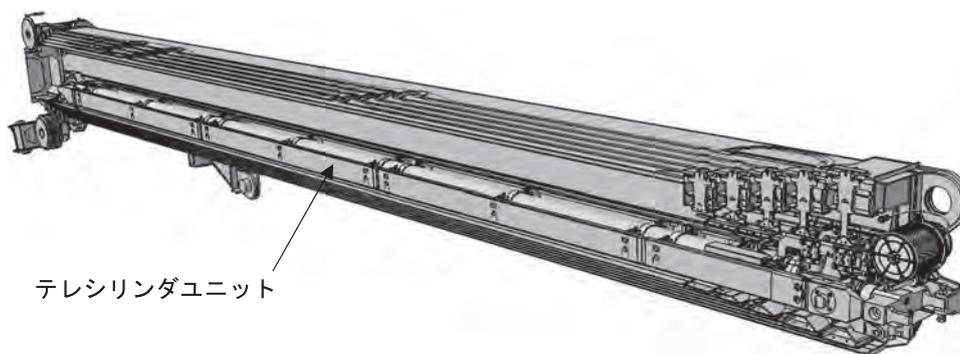


図-1 ブーム軸線断面図

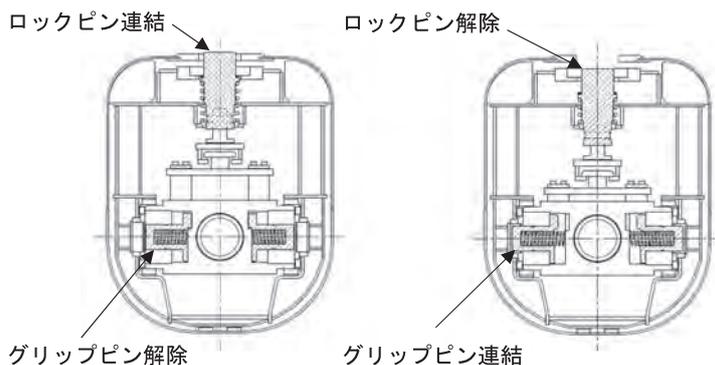


図-2 ロック部断面図

まで伸長させた後、伸長段と一段基部側のブームをロックピンにて連結する。その後、次の伸長段を伸長させるため、前工程で伸長したブームとグリップピンの連結を解除し、テレシリンダユニットを縮小させる。この操作の繰り返しにより所定のブーム長さに伸長させる。伸縮用テレシリンダユニットの配置が確認できるブーム軸線断面図を図一1に、ロック装置が確認できる断面図を図一2に示す。

なお、ブーム摺動面のグリース塗布などの保守点検の場合には、任意のブーム伸長割合に伸縮可能である。いずれも運転室内の操作レバーとスイッチで操作でき、テレシリンダコントローラ（ブームの伸縮を制御・各種インジケータを表示：以下「TCC」）のディスプレイ上でブームの伸縮状態が確認できる。また、ブーム上面には作業時の安全確保のため格納式スタンション（水平親綱取付用）を設定した。

(2) SL ジブ

SL ジブは、3段箱型で、最縮小時の長さは8.8 m ながら最大 20.2 m まで伸長させることができる。各断面形状はブームと同様に2枚の鋼材を曲げ加工により各々略U字形に成型している。伸縮動作は、1本のテレシリンダとワイヤロープ併用の伸縮装置により全段等長で伸縮させる。起伏（オフセット）動作は、基部ジブ下部に配置されるデリックシリンダの伸縮により起伏させる。運転室内の操作選択スイッチにて選択後、ペダルもしくはレバーで操作でき、TCCのディスプレイ上で伸縮・起伏の状態が確認できる。

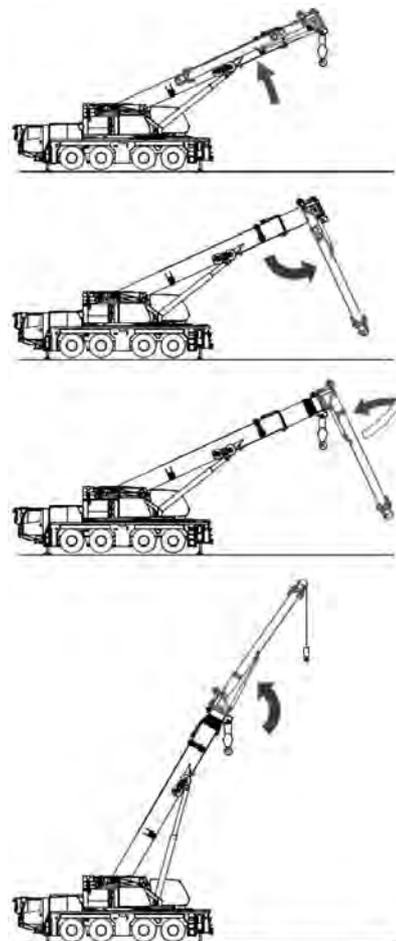
SL ジブ作業時には、ブーム先端部に装着して地上揚程を拡大させる他、ブームの基軸線に対して最大60°までオフセットさせることができるため、障害物超えの懐の深い作業が可能になる。別送のための着脱作業は、積載形トラッククレーンによりブーム側面格納状態またはブーム先端装着状態にすることが可能である。なお、SL ジブのブーム側面格納状態からは、省スペースでの振出作業が可能である。これらの機能は、特に都市部での狭い作業現場で威力を発揮するもので、海外メーカー製の移動式クレーンにはない日本独自の機能と言える。SL ジブの作業姿勢例を写真一2に、振出作業手順例を図一3に示す。

(3) 上部旋回体

本機種は、ラフテレーンクレーンと同様、上部旋回体には作業用としてのエンジンを搭載していない。下部走行体のエンジン動力により油圧源を確保するシングルエンジンシステムとしてメンテナンス性を向上さ



写真一2 SL ジブ作業姿勢例



図一3 SL ジブ振出作業例

せている。ウインチは、主巻用および補巻用を前後ではなく左右に配置した。これにより、旋回後端半径が大幅に短縮した。ウインチの左右配置は、ワイヤロープのフリートアングルが悪化するが、ウインチドラムをブーム中心側に対して傾斜させて装着することで前後配置と同等としている。補巻用ウインチは、公道走行時の車両総重量軽減のため着脱可能とし、固定ピンの取り扱いはキャリア上面から可能として作業の安全性を確保した。油圧回路では、大容量のオイルクーラーとサブオイルクーラーを装備することにより作動油温の上昇を抑制した。

クレーン運転室は、水平状態から15°までチルトさせることができるため、高揚程作業での視界性確保に有効である。なお、クレーン運転室がチルト状態では、公道走行時の全高が登録値を超過してしまうため、チルト状態のまま走行しようとした場合は走行用運転室に警告表示を出す安全機能を設けている。クレーン運転室には、電動式のスライドデッキが装備され、デッキ前面にはクレーン電源OFF状態でも格納可能なスイッチをパワーウインドスイッチと併せて装備している。操作レバーは、電気式ジョイスティック（1本のレバーが前後左右に傾斜可動）を採用し、クレーン作業に適したグリップを新たに設定した。レバーはショートストロークでかつ操作力を軽くし、操作時の疲労を軽減させた。また、グリップには6個のスイッチおよび振動モータを内蔵しているため、操作姿勢のまま旋回ブレーキ等頻度の高い操作を可能とし、振動モータによりウインチドラムの微速作動がグリップで確認できる。ジョイスティックの特性として、複合操作時に意図しない方向にレバーが操作されていることがあるが、左コンソール上面のグリップ後方に操作選択スイッチを装備し、操作選択スイッチを入れないかぎり操作を受け付けない誤操作防止対策を採用している。右コンソールにはTCC操作用のジョグダイヤルを設定し、フロントパネルのタッチパネルまで上体を

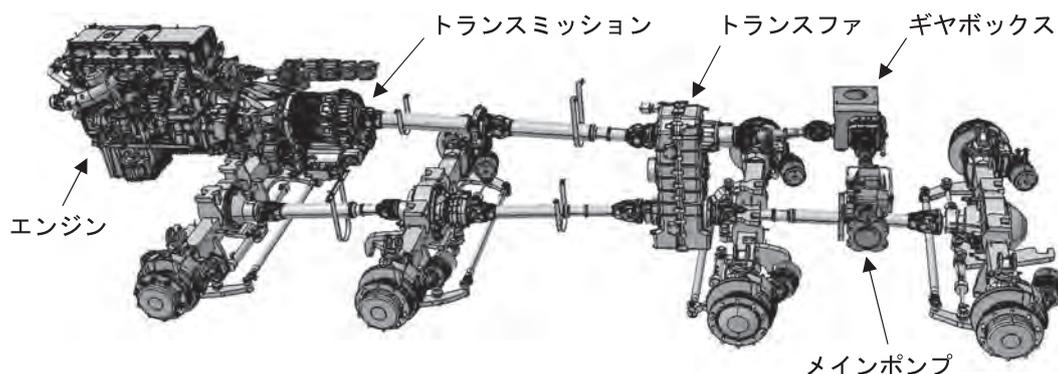


写真—3 クレーン運転室内

移動せずにTCC操作が可能である。ラフテレーンクレーンにおいては、ウインチのレバーとペダルが連結されておりペダルでウインチ操作を行うオペレーターも多い。100tクラスのオールテレーンクレーンはラフテレーンクレーンからのステップアップも多く、ペダルによるウインチ操作の要望に応えるべく、ブーム伸縮-SLジブ操作ペダルに加え、主補ウインチブーム起伏を選択可能なペダルも設定した。運転室内には、過負荷防止装置表示器やTCC表示器を装備している。クレーン運転室内の表示器やレバーの配置を写真—3に示す。

(4) キャリヤ

本機種は、シングルエンジンシステムを採用しているため、走行時とクレーン作業時共に下部走行体のエンジンにより駆動する。クレーン用メインポンプは、メンテナンス性を考慮して車両左側の3軸と4軸の間に配置した。ポンプへの動力伝達は、トランスミッションのアウトプットからトランスファを経由し、出力軸



図—4 動力伝達装置

より90度方向転換させたギヤボックスを介してメインポンプへ伝達させている。動力伝達装置を図-4に示す。

本機種のキャリヤは4軸車であるが、オールテレインクレーンとしての必須機能である全輪操舵機能を搭載している。1～2軸の操舵は機械的なリンケージ構造であるが、3～4軸には電子制御ステアリングシステムを装備した。一般走行時には3軸が中立で固定され4軸がフロント2軸に対し逆相に操舵される。走行速度が高くなると4軸は中立で固定され走行安定性を向上させる。これらの機能により、高速走行時の安定性が良く、低速時には小回り性に優れる。特殊操向では、クラブ（同位相）、カウンター（逆位相）、マニュアル（前後輪独立）、後部振出抑制の4つの操向方式を選択できる。これらは、作業現場の状況に応じて運転室内のスイッチのみで操作できる。電子制御ステアリングシステム概念図を図-5に示す。なお、助手席側のサイドミラーは電動格納式を装備したため、狭所への進入性が向上した。

制動装置は、前2軸と後2軸が独立した2系統フルエアシステムである。新たに装備したABSシステムにより、急制動時にタイヤがロックすることを防止し、ハンドル操作で障害物を回避できる可能性が向上する。また、補助制動装置は、エンジンのデコンプレッションブレーキに加えトランスミッションに内蔵された流体式リターダを装備している。ブレーキバルブ等の排気ポートにはサイレンサを装備して圧縮空気の排気騒音を低減している。また、オプションとして設定したタイヤ空気圧モニタリングシステムは、空気圧に加え温度もリアルタイムでインフォメーションディスプレイに表示し異常時は即座に確認できる。

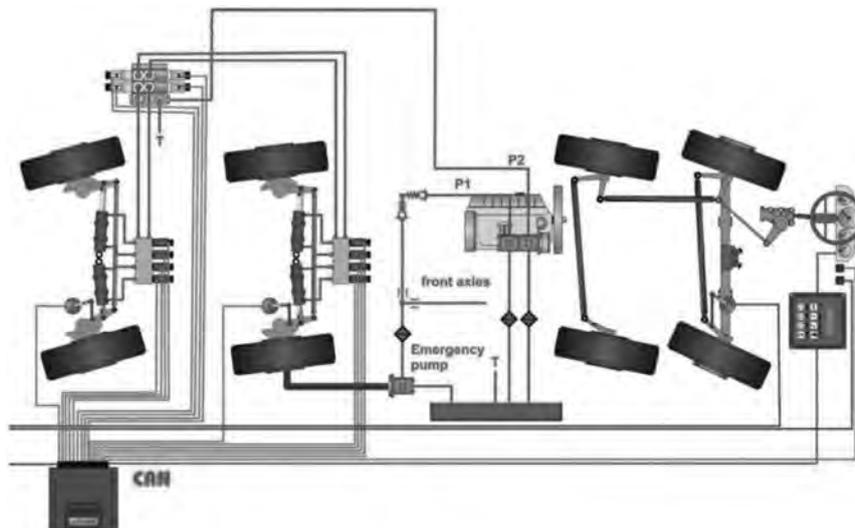


図-5 電子制御ステアリングシステム概念図

アウトリガ操作はキャリヤ側面にある液晶タッチパネルまたはラジコンで行う。バーチカルシリンダ圧力検出機能により各アウトリガの反力値を、キャリヤ側面、キャリヤ運転室内、クレーン運転室内に表示させることができる。また、電子式水準器の採用により機体の傾斜状態がリアルタイムで表示される他、機体の水平設置のための補助機能も有している。液晶パネルでは、サスペンションの操作も可能である。アウトリガラジコンおよび操作パネルと表示例を図-6に示す。

(5) TCC (テレシリンダコントローラ)

TCCは、タッチパネル式カラー液晶表示器であり、クレーン運転席のダッシュボード中央部に配置されている。必要に応じて画面を切り替えることができ、以下のような内容を表示する。

○常時表示

燃料計、尿素水量計、作動油／エンジン水温／トルコンオイル温度計、エンジン回転数、燃料消費



図-6 アウトリガラジコンおよび操作パネルと表示例

量, アワーメータ

- ①ホーム画面
ブーム伸縮状況, アウトリガ反力, ジョイスティック割り当てを表示
- ②ブーム伸縮画面
ブーム伸縮制御, 最適ブームパターン設定
- ③ジョイスティック設定画面
ジョイスティックおよびペダルの操作の割り当てを ISO 標準操作以外に, 3 パターン選択可能
- ④操作速度設定画面
各操作を個別に 10 段階で設定可能
- ⑤メンテナンス画面
バッテリー電圧, エンジン冷却水やエンジンオイル温度, 作動油温度, トルコンオイル温度, テレシリンダ圧力, テレシリンダユニット長さ, 各ポンプ圧力表示, メンテナンスアラーム設定
タコメータには, エンジン回転保持機能および eco

モード時に機能有効アイコンと共にメータ上にポイントを表示し, 回転範囲を直感で認知可能とした。また, ジョイスティック割り当てアイコンは, 操作不可時は【紺】, 操作可能時は【緑】, 操作中は【橙】に表示を切り替え, さらにレバーのみでなく, ボタン操作も表示することにより操作状況の確認を可能とした。TCC のホーム画面例を図-7 に示す。

ジョイスティック設定画面では, 市場要求の多い操作パターンを 3 種類設定し, 操作に応じて割り当てを変更できる。操作速度設定画面では各操作の速度設定が可能で, 3 パターンの速度を保存できるためオペレータごとに好みの操作速度を設定できる。メンテナンス画面では, 各ポンプ圧力, テレシリンダ圧力を新たに表示することにより, メンテナンス性が向上し, 操作時の負荷把握も可能である。TCC のジョイスティック設定画面例, 操作速度設定画面例, メンテナンス画面例を図-8 に示す。

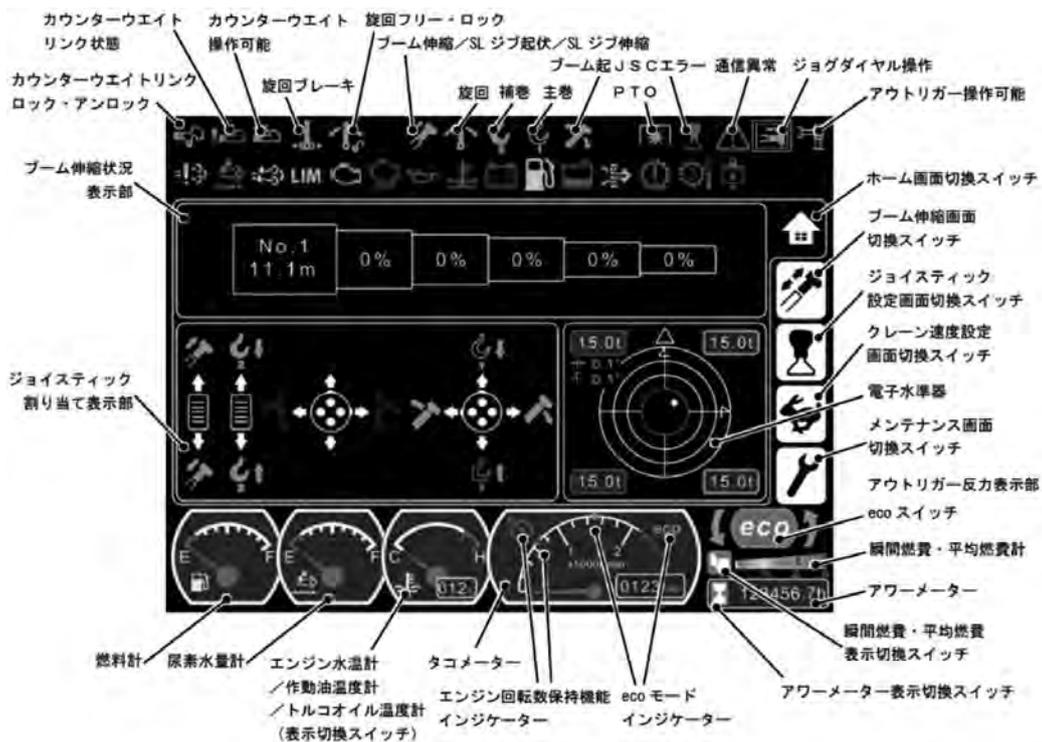


図-7 【TCC】ディスプレイのホーム画面例



▲ジョイスティック設定画面例

▲操作速度設定画面例

▲メンテナンス画面例

図-8 【TCC】ディスプレイの表示例

(6) フックおよびワイヤロープ

本機種のフックは、55t (5枚シーブ)、37t (3枚シーブ)、5.6tを設定、最大荷重時はさらに重荷重装置の使用が必要となる。重荷重装置は、ブーム先端下面にシーブブロックとイコライザを装着、フックは、55tフック+(37tフック+サブフックシーブ)の組み合わせとし、標準設定されているフックのみで構成することで通常使用しない余分なフックを削減した。55tと37tの主巻フックには要望の多い両鉤を採用し、37tフックにはオプションで片鉤フックも設定した。5.6tの補巻フックは、近年の玉掛けロープのナイロンスリング使用頻度増加に対応するため、鉤部内径を約20%増大させた鉤を新規に設定、フック自体も高さ寸法を短縮することで使い勝手を向上させた。重荷重作業姿勢を写真-4に、フック詳細を写真-5に示す。

ワイヤロープは、非自転性であるナフレックスロープを採用。端部はフラットエンド加工とし、フック掛数変更時のロープ掛回し作業が迅速に可能である。ワイヤロープ端部を図-9に示す。



写真-4 重荷重作業姿勢

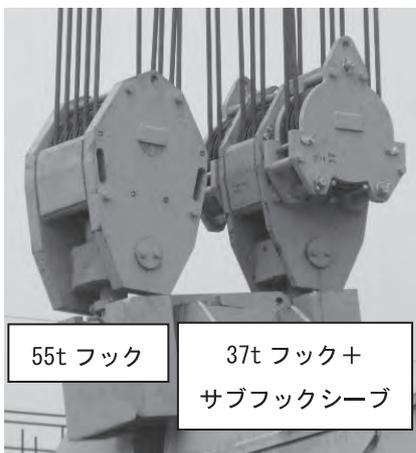


写真-5 フック詳細

(7) カウンターウエイト

クレーン作業における安定域性能向上のため、8分割で5種類の性能がある最大29.8tonのカウンターウエイトを設定した。上部旋回体への着脱は、従来下部走行体中央部に設置し上部旋回体が後方向きでの着脱制限があったが、本機種では下部走行体後方に設置し上部旋回体が前方向きでも可能とした。また、上部ウエイトを除く全ての組み合わせで下側ウエイトの一体吊りを可能とし、クレーン設置作業時間を短縮した。カウンターウエイトの一体吊り状態を写真-6に示す。

全装備の現場内移動時の高さを抑えるため、ウエイト中央部にはブーム最伏格納のための窪みを設定した。限られたスペースでカウンターウエイトの重量を増加させるため、サイドウエイトは中央部の窪みにも搭載可能とした。また、上部ウエイトは上部旋回体に固定可能とすることで、サイドウエイト外側搭載時はブームを最伏姿勢にでき、また内側搭載時はブームを

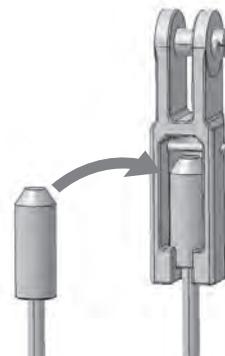


図-9 ワイヤロープ端部



写真-6 カウンターウエイト一体吊り



写真一七 全装備現場内移動姿勢（上部旋回体前方向）



写真一八 全装備現場内移動姿勢（上部旋回体後方向）

上げることにより車幅内にウエイトを収めた姿勢にできる。サイドウエイトを後方のウエイト用ブラケットに固定すれば、全装備状態での現場内移動が可能である。なお、上部旋回体を後方に向け、ウエイトを下部走行体に乗せた状態でも現場内移動が可能である。上部旋回体前方向きでの全装備現場内移動姿勢を写真一七に、上部旋回体後方向きでの全装備現場内移動姿勢を写真一八に示す。

(8) 分解輸送

本機種は、一般公道を通行する場合には、車両制限令により補巻ウインチ、主フック、SLジブ、SLジブ用ホースリールを取り外す必要がある。移動式クレーンにおいて機動性は重要な要素であり、分解組立が必要な機種では、簡単で迅速な作業が望まれる。本機種の補巻ウインチ、主フック、SLジブ、ジブ用ホースリールは、積載形トラッククレーンにて装着が可能であり、また、カウンターウエイトは自力でキャリア上面に吊上げ可能な為、ラフテレーンクレーン等の補助機を必要としない。従って、カウンターウエイト輸送用のトレーラーとSLジブ等の輸送用の積載形トラッククレーンの合計2台での運搬および機体設置が可能である。SLジブはブーム側面装着のみでなく、ブーム先端部への直接装着も可能なため、さらに機体設置の効率化が図れる。SLジブ運搬および補巻ウインチ組立状態を写真一九に示す。



写真一九 SLジブ運搬および補巻ウインチ組立状態

4. おわりに

オール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、クレーン関係のみでなく車両系の法令も遵守しなければならない。本稿で紹介した110t吊りオールテレーンクレーンは、刻々と変化する法的要求事項に加え、クレーン装置を分解することなく公道走行が可能な移動式クレーンとして、能力向上や分解品目の削減によるクレーン設置作業の効率化に対応したものである。近年クレーン業界では、オペレータの人材不足が深刻であり、若い世代が操作の難易度からクレーンオペレータを敬遠することが多いという。移動式クレーン運転士免許を取得したばかりでも、熟練オペレータと同様の作業ができるクレーンが欲しいとの意見もいただいている。これらのことから、オペレータの技量に左右されない一部の自動化を含めたクレーン操作補助機能等の開発も急務である。法的規制への対応、更なる高機能・高性能に対応するだけでなく、若いオペレータにも安心して操作可能な製品を市場投入することが、クレーン業界および建設業界の一助になると思量する。そのためにも、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。

JCMIA

【筆者紹介】

中嶋 光也 (なかじま みつや)
 (株)加藤製作所
 設計第一部 グループマネージャー



ICT 活用による除雪機械の情報化施工技術開発

除雪トラックの作業ガイダンス装置及びマシンコントロール化の検討

山田 拓

昨今、除雪機械の熟練技能を持つオペレータの高齢化に伴う引退や新規入職者の減少により、担い手不足が重要な課題となっている。この対策として、北陸技術事務所では、初心者でも安全で作業効率の良い除雪作業が可能となるよう、ICT（情報通信技術）を活用した「除雪機械の情報化施工技術」の検討に取り組んでいる。本稿では、平成 29～30 年度に実施した、除雪トラックの作業ガイダンス装置及びマシンコントロール化の検討内容について報告する。

キーワード：情報化施工、除雪トラック、マシンガイダンス、マシンコントロール

1. はじめに

北陸地方整備局では、管内（新潟県・富山県・石川県）の直轄国道管理区間 14 路線、合計約 1,076 km の冬期道路交通を確保するため、約 500 台の除雪機械を配備し除雪作業を実施している（写真—1）。

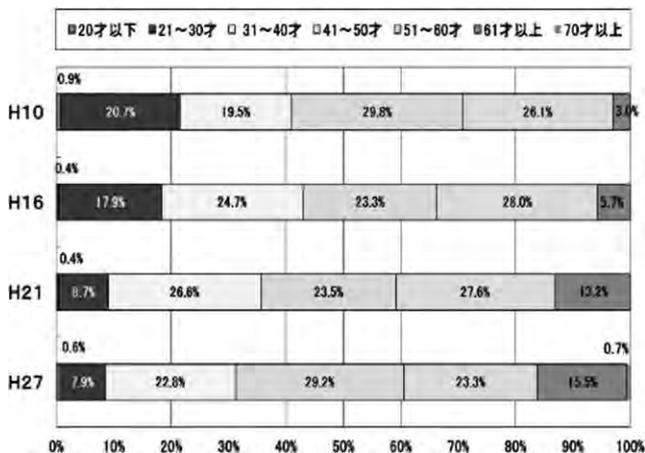
各除雪機械の運転は、路面状況、道路構造、沿道状況等の変化に適応させた操作が必要であり、経験と熟練した技術が必要である。

昨今においては、除雪機械の熟練技能を持つオペレータの高齢化に伴う引退や新規入職者の減少により、担い手不足が重要な課題となっている（表—1）。

このような背景のもと、北陸技術事務所では初心者でもベテラン並に安全で作業効率の良い除雪作業が可能となるよう、ICT（情報通信技術）を活用した「除雪機械の情報化施工技術」の検討に取り組んでいる。

H22 年度から検討を行っており、これまでに凍結防止剤散布車、ロータリ除雪車、歩道除雪車、一次除雪

表—1 除雪機械オペレータ年齢構成（新潟・富山・石川県）直轄および地方公共団体



資料：（一社）日本建設機械施工協会北陸支部調べ

機械（除雪トラック）の 4 機種別の作業ガイダンス装置を開発し、順次現場への導入を進めてきた。

現在は、将来目標の除雪機械マシンコントロール化（以下 MC 化という）に向け、一次除雪機械（除雪トラック）の MC 化を検討中である（表—2）。

本稿では、H29～H30 年に実施した、一次除雪機械（除雪トラック）の作業ガイダンス装置開発及び MC 化の検討について報告するものである。

2. 作業ガイダンス装置の開発

(1) 機能の検討

除雪トラックの作業ガイダンス装置は、過去に開発したロータリ除雪車の作業ガイダンス装置をベースと



写真—1 除雪作業状況

し、除雪トラックの作業補助に必要となる機能を追加、及び改良することで開発した。

(a) 接近警告機能

基本的なガイダンス機能は、障害物、道路構造物との接触事故防止、及び作業注意区間への接近警告機能とした(写真-2, 3)。

(b) 作業速度

除雪トラックの作業速度は約 30 km/h であり、作業中にオペレータが画面を注視することが難しい。そのため、容易に確認が可能となるよう画面表示(文字+矢印)と音声により接近警告を行う仕様とした(図-1)。

表-2 検討の経緯

機名	年度									備考
	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	
凍結防止剤散布車	ガイダンス開発							ガイダンス改良		M C 化
ロータリ除雪車				ガイダンス開発			ガイダンス改良			
歩道除雪車						ガイダンス開発				
一次除雪機械 (除雪トラック)							ガイダンス開発 MC化検討			



写真-2 進行方向のガイダンス対象 (障害物)



写真-3 進行方向のガイダンス対象 (作業注意区間)



図-1 画面全体での接近表示

(c) 測位方式

測位方式は、一般的な ICT 建機で使用実績があり、cm 単位で正確な測位が可能となる、VRS 方式を採用した(表-3)。

(d) 地図データ

地図データは、計測した路肩端、道路中心線データと、国土地理院の背景地図データを組み合わせ作成し、計測精度は 10 cm 以内となるよう設定した。

また、視界不良時の位置確認、土地勘のないオペレータの作業補助のため、国土地理院の地図データをベースに距離標、交差点名を表示可能となるよう改良した(図-2)。

(2) 機器・画面構成

完成した作業ガイダンス装置の車載状況は写真-4、機器構成・画面構成は、図-3のとおりである。

表-3 測位方式概要

測位方式	概要	測位誤差
VRS 方式	①サービス事業者より、リアルタイムで自車位置の補正データを受信 ②基準局を必要とせず、GPS 受信機 1 台で高精度の測位が可能であるが、通信料が必要	水平 2 ~ 3 cm 標高 3 ~ 4 cm

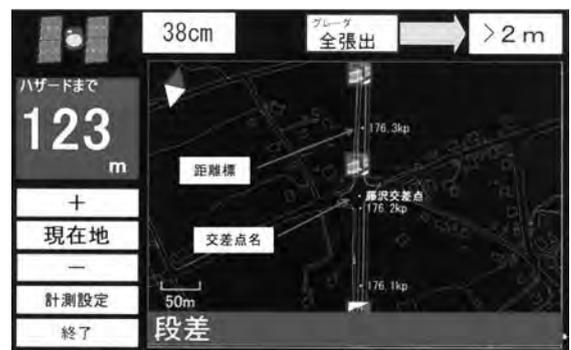


図-2 地図データ



写真-4 ガイダンス装置車載状況



図-3 機器・画面構成

(3) 実用性の検証

(a) 進行方向解析

通常の ICT 建機は位置測位を行うアンテナが2基で構成されているが、本ガイダンス装置はコスト縮減のため1基で構成している。

この場合、アンテナの移動軌跡から車両の進行方向を解析する必要があるが、解析完了まで正確なガイダンスを行うことが出来ない。

この解析時間が実作業ほどの程度影響を与えるか検証するため、停車状態から方向解析完了までに必要な時間と距離を計測した。

結果、平均して6秒、距離については5～15mという結果であった(図-4)。

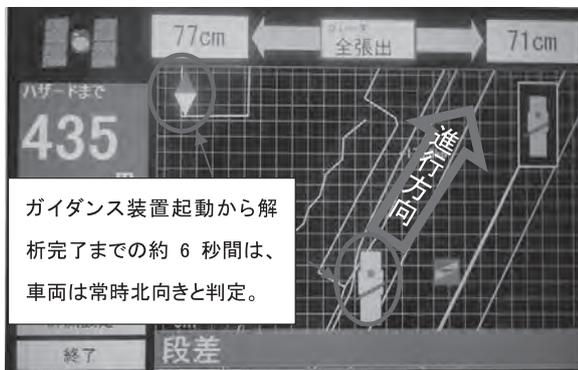


図-4 進行方向解析完了前のガイダンス画面

停車、方向転換を頻繁に繰り返す場合は、追加でセンサー又はアンテナを設置する必要もあるが、一次除雪作業は直進が主である。

よって、6秒程度の解析時間であれば影響は少ないと判断し、追加設置は行わないこととした。

(b) 測位精度

今回採用した機器・地図データは、ロータリ除雪車の作業ガイダンス装置で使用実績があり、基本的な性能は確認済みである。

ただし、過去に開発したロータリ除雪車(5 km/h以下)と今回開発した除雪トラック(約30 km/h)では、作業速度に大きな違いがあるため、一次除雪作業の速度下でも、正確な測位を行うことが可能か、試験コースを平均速度30 km/hで走行し検証した。

結果、水平誤差は平均して10 cm以内と各機器の公称精度内に収まっており、正常に動作することが確認できた。

(4) 導入効果

(a) 安全性・施工性向上

除雪作業に直接的な障害となる障害物をガイダンス

することにより、接触事故防止の安全性向上が見込まれる。

この他、作業注意区間(ランプ・パーキングエリア)を登録し事前ガイダンスすることにより、ミス防止による施工性向上も期待できる。

(b) 除雪作業支援効果

背景地図機能により自車位置を確認できるため、工区間応援で土地勘のない地域で作業を行う場合や、吹雪による視界不良時に有効である。

3. 一次除雪機械 MC 化の検討

(1) 検討方針

除雪トラックは、フロントプラウ、グレーダ装置、サイドシャッタ操作のため、多様なレバー操作が必要である。

この作業装置類を完全自動化することを目標に、H29年度よりMC化の検討に取り組んでいる(写真-5)。今回は、H30年度に実施したサイドシャッタ装置のMC化の検討結果について報告する。



写真-5 簡素化イメージ、操作レバー

(2) 検討スケジュール

除雪機械の作業装置MC化を行うためには、次の3点の技術を組み合わせたシステムを構築していく必要がある(表-4)。

このうち、高精度の自車位置情報、センサー技術については、既存技術の組み合わせで対応可能と想定される。上記2点の技術を基に、状況を判断し作業装置を自動制御するAI技術が必要となるが、既存技術では対応が難しい。

当面は作業装置毎に段階的に自動化の検討を進めていき、技術開発の動向を踏まえ、各技術を組み合わせたMC化の検討を行う予定である(表-5)。

(3) サイドシャッタ装置のMC化検討

サイドシャッタは、路面整正装置で除雪した雪を、交差点や乗入部に残さないよう、シャッタを閉めることで一時的に雪を抱え込む装置である(写真-6)。

表-4 MC化に必要な技術

No.	要素技術	候補技術	要素技術から得られる情報	要素技術による操作制御
1	精度の高い衛星受信機	・VRS受信機 ・準天頂衛星システム「みちびき」 ・慣性計測装置 等	自車、作業装置の位置情報の把握	車両位置情報での作業装置動作制御（誤差は数cm）
	精度の高い地図データ	・MMSデータ ・ダイナミックマップ 等		
2	センサー技術	・傾斜計 ・ストローク計 等	路面積雪量、雪抱え込み量、作業装置の状況 等 把握	雪の量に合わせた作業装置の角度、押付圧等の動作制御
3	AI技術	・画像認識技術 ・車線、障害物等認識技術	積雪の有無、障害物・人間等の感知 車線の把握 オペレータ作業履歴の蓄積 等	作業装置動作タイミングの自動化制御 障害物・歩行者等の回避制御

表-5 検討スケジュール

検討年度	H29	H30	H31	R2	将来
①位置情報と合わせたマシンコントロール化					自動 運 転 化
マシンガイダンス					
サイドシャッタ操作					
ブラウ操作					
グレーダ操作					
②センサー技術と合わせたマシンコントロール化	数年後に実用化の可能性あり				
③AI技術等によるマシンコントロール化	市場の技術開発に応じて実用化を検討				



写真-6 サイドシャッタ動作状況

このサイドシャッタの自動制御は、開閉操作を行う位置情報のみによる制御が可能なることから、前項で述べた3技術のうち、高精度の自車位置情報を使用したMC化に取り組んだ。

(a) 衛星測位システム

MC化の検討では、H30年11月より正式運用された、準天頂衛星システム（みちびき）のセンチメートル級測位補強サービス（CLAS）を採用した。

移動体の公称精度は水平誤差12cm、標高誤差24cmであるが、今回新潟市内から福島県境にかけて片道68kmを試験走行した結果、誤差30cm以下が6割程度という結果であった。

平野部では公称精度内に収まるが、トンネル等の上空遮蔽物、樹木の影響がある衛星不感地帯で大きな誤

差が生じていた。

R1年度は、慣性測定装置（IMU）等を使用し、衛星測位の不感地帯での測位を補うシステムを検討中である。

(b) 地図データ

MMS（モバイルマッピングシステム）で取得したレーザー点群データから、除雪装置の制御に必要な道路中心線、縁石、障害物等を抽出した地図データを作成した（写真-7）。

MMSの公称精度は、水平・標高誤差ともに±25cmであるが、今回作成した地図データは、水平誤差5cm、標高誤差6cmであった。

(c) 運転技術データ

サイドシャッタの自動制御を行うため、ドライブレコーダー、データロガーによりオペレータの運転データを取得し、整理、解析を行った（図-5）。

解析したデータは、MMSで作成した地図に落とし込み、除雪作業用地図データを作成した（図-6）。

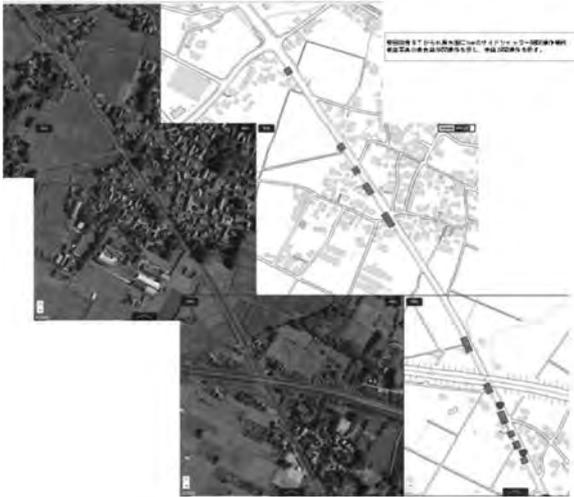
(d) 制御ユニット

サイドシャッタMC化の制御ユニットは、除雪作業用地図データをインストールしたタブレットPC、衛星測位システム、制御装置（サイドシャッタへ信号を出力する機器）で構成した。

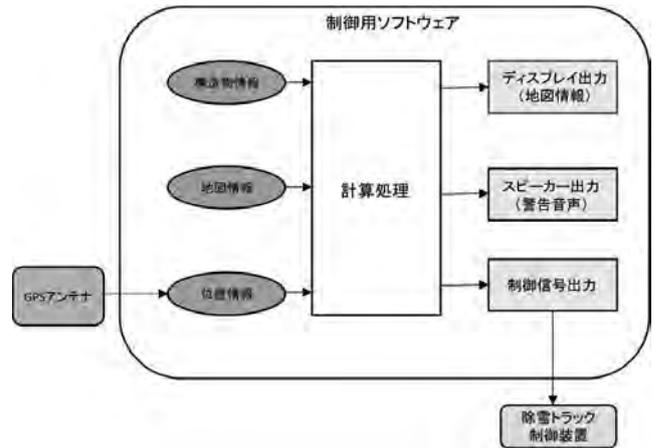
各機器をLAN通信で交信させて制御を行い、自車位置と地図の基準点が一致した際に制御信号出力を行



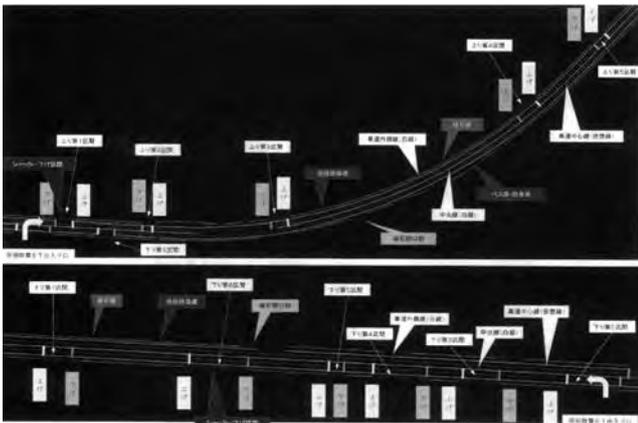
写真-7 MMS搭載車両、地図データ



図一五 サイドシャッター運転データ



図一七 制御ユニットイメージ



図一六 除雪作業用地図データ



写真一八 基準点

う仕様とした (図一七)。

(e) 動作確認試験

作成した制御ユニットにて動作確認試験を行った。作業条件は実際の除雪作業と同等の 25 ~ 30 km/h とし、1 km の試験区間に設定した、14 箇所の基準点通過時の動作タイミングを計測した。

なお、基準点は確認が容易となるとよう、乗り入れ等に設置されている視線誘導標とした (写真一八)。

結果、始動誤差は平均して 0.42 秒、距離にして約 1 m であり、実用レベルであることを確認した。

4. おわりに

H22 年度から行ってきた作業ガイダンス装置の開発は、今回一次除雪機械 (除雪トラック) の開発が完了したことにより一通り完了した。

ICT (情報通信技術) は日進月歩であることから、今後は市場の技術開発動向を踏まえ、開発した各除雪機械ガイダンス装置のフォローアップを行っていきたい。

また、将来目標の除雪機械自動運転化に向け、各除雪機械の作業装置の操作自動化 (マシンコントロール) の技術開発を行い、除雪作業における安全性、施工性、生産性の向上に努めていきたい。

J C M A

【筆者紹介】

山田 拓 (やまだ たく)
国土交通省 北陸地方整備局 北陸技術事務所
施工調査・技術活用課
機械調査係長



ローダの開発史

岡本直樹

最初に積込機の変遷を概観してから、ローダ開発の歴史を振り返る。ローダアタッチメントの開発から始まって専用機が生まれ、バケットリンク機構・操舵方式・パワートレイン等の各々の変化に加えて、大型化の進展も捉えて、それぞれの導入時期を記した。また、わが国の状況としては輸入・技術導入・国産化の流れを示した。

キーワード：建設機械史，土木史，積込機，ホイールローダ，クローラローダ，トラクタショベル，ドーザショベル

1. はじめに

ローダは文字通り積込機であるが、その歴史を辿る前に積込機の変遷を振り返る。積込みの機械化は、運河や河川土工のバケットラダーエクスカベータから始まり、わが国へは明治32年に河川工事に導入され、昭和30年代まで使われるが河川土工にほぼ限定された。ケーブル式ショベルは明治40年の導入を嚆矢とし、一般土工の積込機の主流を昭和40年代初頭まで続ける。昭和40年代にクローラローダが台頭するが、50年代に激減、ホイールローダと油圧ショベルが取って代わる。油圧バックホウは40年代に構造物掘削等で普及が進むが、積込専用（バカ積）としては、大型化に伴って、昭和50年代から徐々にローダの地位を奪うことになる。この頃、バケットの大きな油圧ローディングショベルも導入されたが、まもなく土木現場から姿を消す。ローダは現在、大型ホイールローダが重ダンプ積込みに、中型機は機動性を求められる採石場等で使われている。クローラローダはトンネル工事等での利用に限定されている。

2. ローダ史

最初のローダを誰が手掛けたのかは不明であるが、米国の農民が肥料等の積込みにトラクタに工夫した装置を取付けたのが端緒と推測されている。

黎明期の1920年代

ローダアタッチメントの最初の商業製品は、Blair社

にいたFrank G. Houghが1922年に販売したFordsonトラクタ用のNorth Hydraulic digger（写真—1）である。Blair社のHoughは、McCormick-Deering（Mc-D）やAllis-Chalmers（A-C）、Caseのトラクタ用ローダBlair Hydraulic diggerを20年代に開発した。写真—2はそれをCaterpillar 20に取付けたもので、後部の垂直油圧シリンダでケーブルを引揚げている（この写真のローダ装置をTrackson（1922年創業）製とする資料もある）。

1920年代に多くのアタッチメントメーカーが製作販売は始めていて、この頃の著名なメーカーには、Killefer、Trackson、Drott等がある。1926年にKilleferは、小型スクレーパボウルを利用したフロントローダをHoltトラクタに上手く取付けた。同年撮影の写真—3は、Best 30に装着の海兵隊の所属機で、FWDの4駆ダンプに積込んでいる。1927年のMonarchローダは、Mc-D 10-20（写真—4）に装着している。1928年にはTracksonとDrottが1/3ヤードバケットのケーブル式ローダ装置を供給していて、写真—5はFordsonに装着のTracksonローダである。Drottローダは、Blairと同様にケーブル式に油圧を組合わせたところがあるが、1930年撮影のCAT 15に装着したDrott



写真—1 North/Fordson



写真—2 Blair/CAT 20



写真一3 Killefer/Best30



写真一4 Monarch/Mc-D



写真一9 Payloader HS



写真一10 Trackson/CAT 20



写真一5 Trackson/Fordson



写真一6 Drott/CAT15



写真一11 Anderson/CAT15



写真一12 1937 Anthony/CAT 30

ローダ(写真一6)を見るとマストを廃した斬新なケーブル機構に垂直油圧シリンダを組合わせている。

1930年代

Hough は1931年にBlair社を買収し、1933年にFrank G. Hough社として法人化した。1934年頃のMc-D I-12に取付けたHough製ローダを写真一7に示す。1936年には、A-C Mトラクタのクローラを延長強化して、油圧リフトの大型ローダを取付けたWM型(写真一8)をリリースした。そして、1939年にHS(Hough Small:写真一9)を開発した。文字通り小型であるが、初のホイールローダー体型専用機の誕生で、Payloaderと命名する。

Tracksonローダは、当初、Mc-Dトラクタに装着していたが、1936年からCATに装着している。写真一10は、1937年のCAT 20装着のTracksonローダで、頑丈な4本マストのレールに沿ってバケットアームを引揚げ、ラッチ機構でバケットの荷を下ろす。これがTraxcavatorの原形となる。

写真一11のオーバヘッドローダは、Anderson兄弟が1932年に1/2yd³バケットをCAT 15に装着したものである。写真一12は、1937年のCAT30装着のAnthonyモデルB(多目的ツールショベル)であ

るが、詳細は不明である。

1940年代

Tracksonは、1940年にCAT D2~D7向けにシリーズ化したT2/D2, T4/D4, T7/D7(0.5~2yd³)をTraxcavator(写真一13)の商標で売出した。

Houghは、1941年のHLで油圧リフトアームを、1944年に油圧バケットチルトと自動復帰機能のPayloaderを開発した。1947年には初の4輪駆動リアエンジンの油圧式ホイールローダHM(写真一14)を開発する。

Tractomotiveもバケット油圧操作ローダを1946年に開発している。A-C HD-5に装着したTS5(写真一15)が、A-Cとの協働の端緒となる。

その他に40年代では、Bucyrus-ErieもInternational-Harvester向けに油圧ローダアタッチメントを供給している。写真一16は、TD-6に装着したものである。別の形式では、オーバショット型ローダが50年代まで造られているが、写真一17はAtheyのCAT D4用である。

欧州のローダ開発は戦後となるが、1945年に英



写真一7 Hough/Mc-D I-12



写真一8 Hough/A-C WM



写真一13 Traxcavator



写真一14 Hough HM



写真—15 Tractomotive/HD5



写真—16 Bucyrus/TD6



写真—17 Overshot Athey/D4



写真—18 Chaseide

Chaseide (後に JCB が吸収：写真—18) が欧州初の専用ローダを開発している。油圧式は1947年の伊 Benfra の全輪駆動フロントローダが初である。

1950年代

1950年にTracksonは油圧化したローダ HT4/D4 (写真—19) を発表、このデザインを気に入った CAT は、翌年にTracksonを買収し、Traxcavatorの商標も引継ぐ。このモデルは1955年まで生産されたが、1953年に改良型の No.6 が、1955年には 933, 955, 977 が登場して、900シリーズが始まる。ホイールローダは1959年の944 (写真—20) から始まるが、末尾奇数がクローラ型、偶数がホイールローダである。

Tractomotiveは、50年代のA-Cのローダ生産を設計から担っていたが、1959年にA-Cに吸収された。写真—21は1950年の世界最大クローラローダのHD-20Gである。50年代初期にケーブル式は油圧式への転換が進む。アーティキュレート式の先駆はMixermobile (Wagner) のScoopmobile LD-5で、写真—22のLD-20は1957年時点の世界最大のホイールローダ (4.6 m³) である。

1950年にInternational-Harvester (I-H) とDrottは、クローラローダをInternational-Drottの名で販売することに合意した。写真—23のDrottバケットは、ローダ、ドーザ、クラムシェル、スクレーパの4用途を熟せる多目的バケットである。今日でもマルチパーパスバケットとして、各メーカーで用意されている。

Houghは、1952年にトルコン、パワーシフト T/M、プラネタリアクスルを導入した最初の4輪駆動ホイールローダHWをリリースする。ローダ業界を技術的にも市場でもリードしていたHoughであるが、同年11月にI-Hに売却して子会社となる。しかし、1954年にパワーシフト T/M やプラネタリアギア・ファイ

ナルを採用したPayloaderの新ラインナップ HU, HH, HO を投入している。また、1955年にクローラ型では初のリアエンジンの12型 (1 3/4yd³：写真—24) を開発した。そして、1958年にZバーリンケージを考案し、H-#シリーズのPayloaderから取付けられ、今日では殆どのローダに採用されている。

1953年のMichigan初のホイールローダ75Aは、リアホイールステアリングを採用。また、同年に独 Ahlmannが造った初のローダはスイングローダである。

そして、50年代半ばから注目すべき技術革新が生まれている。最初のスキッドステア型ローダは、1954年のLiebherr 90 “Elefant” と思われ、1958年の英 Muri-Hill が続く。

アーティキュレート式は、1955年に独 Schopf が開発して L142 に装備した。後に英 Matbro がライセンスを受けている。GMのEuclid部門も1956年にプロトタイプ3UPM (写真—25) を開発していて、1958年からフィールドテストに入り、量産型は1962年のL-20からとなる。ローダ・バックホウは、CASEが



写真—19 Trackson HT4/D4



写真—20 CAT 944



写真—21 A-C HD-20G



写真—22 Scoopmobile LD-20



写真—23 Drott バケット



写真—24 Hough 12



写真—25 Euclid 3UPM



写真—26 Case 320

320 (写真—26) を 1957 年に製品化する (バックホウ・アタッチメントは、1954 年の JCB が既発)。

1960 年代

1960 年に Melroe のスキッドステア型コンパクトローダ M400 (写真—27) が生まれ、1962 年からは Bobcat の愛称で親しまれる。また、同年には Euclid がアーティキュレート式ローダ L-20, L30 を発売している。

HST (ハイドロスタティック) は、1966 年に Hough が H25B に装備し、Paylomatic と称している。JCB は 1968 年にプロトタイプを造り、2年後に製品化する。

他方、60 年代を通じてホイールローダは大型化に向かっている。1963 年の CAT 988 (6 yd³), 1964 年の I-H Hough H-400 (10 yd³), 1965 年の Michigan 475, オフセットキャブが特徴の Dart 600C (18 yd³, 104 Ton : 写真—28), LeTourneau は 1952 年に写真—29 を試作して、1966 年にラック & ピニオン式の RS40 (写真—30) を造っている。

1967 年に Scoopmobile 1200, 1968 年には CAT が 992 を、1969 年に 5 yd³ のクローラ型最大の 983 を発表した。

1970 年代

JCB がリアエンジンの HST ローダ 110 (写真—31)



写真—27 Melroe M400



写真—28 Dart 600C



写真—29 LeT 試作機



写真—30 LeT RS40



写真—31 JCB 110



写真—32 Michigan 675

を 1970 年に発売、1971 年の CMC (Poclair) C11・C21, 1975 年には Deer JD755 と Liebherr PR732 が続く。

70 年代の大型化では、I-H が 1970 年に世界最大の Hough 580 (21 yd³) を発表、1973 年には Clark Michigan 675 (24 yd³: 写真—32) がレコードを更新。

1980 年代

CAT は、HST 駆動でリアエンジン配置としたデザイン—新のクローラローダ 943 を 1980 年に発表、9x3 シリーズとして 933~973 となる。

1986 年には、日本の SMEC (石炭露天掘機械技術研究組合) が世界最大の 200T (25 yd³, 200 Ton : 写真—51) を完成。

I-H は 1982 年に Dresser に買収され、1988 年に Komatsu-Dresser (KDC) となった。

1990 年代

CAT は 1990 年に最大機種 994 (18 m³: 写真—33) を発表。1997 年にはシングル・リフトアーム (グレートアーム) 装備のホイールローダ 992G (写真—34) を開発し、998G にも装備したが他には波及していない。LeTourneau (LeT) は、1990 年に L-1400 (28 yd³), 1993 年に L-1800 (33 yd³: 写真—35) を発表し、世界レコードを塗り替えて行く。LeT はユーザの評価が高いが、台数シェアは CAT が圧倒的である。

1992 年に KDC が Hough 580 をアップグレードした HaulPak 4000 (24 yd³: 写真—36) を開発する。そして、KDC は 1996 年に Komatsu-America (KAC) となる。より大型をユーザから求められるが、品質に問題のある HaulPak 4000 の改良ではなく、コマツ本体での開発となり、1999 年に機械駆動最大の WA1200-3 (20 m³: 写真—37) を発表した。



写真—33 CAT 994



写真—34 CAT 992G



写真—35 LeT L1800



写真—36 HaulPak4000



写真—37 コマツ WA1200



写真—38 LeT L2350

2000 年代

LeTourneau は、MINExpo2000 で L-2350 (40 m³ 級: 写真—38) をデビューさせて、再びレコードを更新した。下から見上げたその偉容はミシガンを彷彿させた。今日でも世界最大のローダであるが、名門 LeTourneau ブランドは JOY 傘下の P&H ブランドとなり、現在は JOY を買収したコマツの傘下となっている。

3. 国内史

日本でのローダ開発は戦後始まることになるが、昭和 24 年に日本輸送機が 2 輪駆動のホイールローダ SD25 を試作したのが始まりである。以下、年代順にトピックを記す。

昭和 25 年 小松製作所が D50 モビローダ (写真—39) を開発、オーバヘッド式の油圧モータでウインチを回すケーブル式バケット制御である。

昭和 27 年 国鉄が CAT トラクスカベータを輸入。神鋼電機は蓄電池式ローダ VE-0.5 (写真—40) を開発、ガソリン駆動型も発売する。

昭和 28 年 東洋運搬機製造 (TCM) が SGB-4T-240 (写真—41) を開発。日特は小松と同様なモビローダ NTK-4L 型を作成し、油圧フロントエンド型のトラッ

クローダ NTK4-SHS (0.75 m³: 写真—42) も開発する。昭和 30 年にこれが道路工事に採用されると、トラックローダ普及の契機となり他社も追従製作を始める。**昭和 29 年** 三菱重工が BB IV 型ドーザをベースとした BS 型ローダを開発。

昭和 30 年代 (1955 ~ 1964)

昭和 31 年 小松がフォークリフトをベースにしたリーチショベル SD20 (0.8 m³, 写真—43) を開発、著者が大型特殊免許を取った機種でもあった。

昭和 34 年 日特がチップバックが可能なトラクタショベル NTK4-WHS (0.95 m³), 小松が D50S (写真—44) を開発。

昭和 35 年 TCM は昭和 32 年に米 Clark 社と技術提携をしたが、その技術導入による初国産の 4 輪駆動ローダ 85A (1.3 m³, 85PS: 写真—45) を発表。翌年には 125A (1.7 m³) を試作し、38 年に販売開始した。

昭和 36 年 川崎車輛は独 Scoopmobile とショベルローダで技術提携、翌年 H 型を製造。

昭和 37 年 川崎車両スクープモビール H 型、三菱日本 WS20、スイングショベルローダ小松 SW20 を製作。

昭和 38 年 輸入機は、熊谷組のホイールローダ CAT 944、前田建設のホイールローダ Euclid L20。提携では、三井造船と Eimco、エキスカベータローダで汽車製造と英 J.C.Bamford、トラクタで住友機械工業と独 Reinsthal Hanomag がある。

国産機は、東洋運搬機製のホイールローダ 125A、川崎車両の国内初のアーティキュレート式ホイールローダ KLD5P (写真—46)、浦賀重工の WL ML200、小松の D60S が造られた。



写真—39 D50 モビローダ



写真—40 神鋼ショベル



写真—41 SGB-4T-240



写真—42 日特 NTK4-SHS

昭和 40 年代 (1965 ~ 1974)

昭和 40 年 神戸製鋼が技術提携により A-C TS260 (山 15.2 m³) を製作。



写真—43 SD20



写真—44 D50S



写真—45 TCM 85A



写真—46 川崎 KLD5P

3月に小松と米I-Hの合弁会社小松インターナショナルを設立、5月にI-H社の子会社であるフランク・G・Hough社から技術導入して、ペイローダJH30B(4輪駆動、 1.0 m^3)の製造を開始、PayloaderはHough社の商標であるが、わが国ではペイローダがホイールローダの代名詞となる。JHシリーズ(リジッドフレーム)は、41年にJH60(1.4 m^3)、45年にJH90E(3.5 m^3)、49年にJH80Bを出荷した。

CAT三菱が、トラックローダ955H、951、922の生産開始。

昭和41年 川崎車両の 1.5 m^3 ホイールローダ(スクープモビル)KLD6、CAT三菱がトラックローダ977Kを生産。

昭和42年 小松製作所がD75S-2とフロントフレーム側に運転席のアーティキュレート式JH65C(1.9 m^3 :写真—47)を生産。

昭和43年 汽車製造のエキスカベータローダJCB3C、トラックタショベルは、日立TS15、CAT三菱951Bを生産。ホイールローダは、三井造船日開のHL5、神戸製鋼の545H(A-C提携)、CAT三菱が950、東洋運搬機SD22Ⅲを生産。日本輸送機のSDA50と東洋運搬の175ⅢAは試作、小松インターナショナルはH120Cを輸入。

昭和44年 CAT 992(写真—48)5台を山崎建設等が初輸入。

昭和46年 川崎がKLD100s(5.5 m^3)を生産。ミシガン475を前田建設向けに2台輸入。

昭和47年 CAT三菱株が966Cを、小松は560(5 m^3)を国産化する。

昭和47～50年の長崎空港造成工事の投入ローダは、I-H H400B×3、CAT 992×7、988×6、980×1、966×1、983×2、977×7、小松D95S×3、D75S×2である。

昭和49年 小松が最大のクローラローダD155Sを開発。

昭和50年代(1975～1984)

昭和51年 小松インタがペイローダ510を開発、JHシリーズからアーティキュレート機構を採用した500

シリーズに移行する。輸出用は別にWシリーズを出す。500シリーズは、51年に510、53年の505、54年の530、57年の545を出荷した。59年からはWAシリーズを開始して、WA200、WA350、WA40を販売した。**昭和52年** Zバーリンク採用のCAT 988B輸入販売を開始。

昭和56年 山崎建設がCAT 992C(10 m^3 級:写真—49)を77t級ダンプ初採用となる寒河江ダムに投入。

昭和57年 小松がI-H社との提携を2月に解消、小松ペイローダ545を開発。3月には通産省主導の11社共同研究機関として、石炭露天掘機械技術研究組合(SMEC: Surface Mining Equipment for Coal Technology Research Association)を設立、世界最大クラスのマイニング機(180t級ホイールローダと420t級ショベル)の研究開発を目指す。

昭和59年 コマツがHSTリアエンジン型D66S-1(写真—50)を開発。鳥形山鉱山にLeTourneauの 13 m^3 ホイールローダL-1000を導入。

昭和60年代(1985～1984)

昭和60年 コマツが国産最大の 10.5 m^3 ホイールローダWA800-1を発売、耐久性を2型で改善する。

昭和61年 前述の石炭露天掘機械技術研究組合(SMEC)で研究開発した 19 m^3 ホイールローダSMEC 200T(180t:写真—51)が完成、製造は川崎重工が担当したが製品化には至らず。

平成期(1984～2019)

平成5年 CATがジョイスティックステアリングの988Fを国内販売。 18 m^3 ホイールローダCAT 994を東谷鉱山に初輸入、10年には秋芳鉱山にも導入。

平成8年 コマツがWA900(13 m^3 :写真—52)を



写真—49 CAT 992C



写真—50 コマツ D66S



写真—47 小松 JH65C



写真—48 CAT 992



写真—51 SMEC 200T



写真—52 コマツ WA900



写真—53 TCM L130

写真—54 日立 ZW220Hyb

発表, ジョイスティック操向をこの機種からオプションで用意する。

平成 11 年 コマツが前述の WA1200-1 (20 m³: 写真—37) を開発し, 豪州建機展 (AIMEX1999) でデビューさせる。

平成 13 年 CAT 中型ホイールローダの G シリーズ (980G : 5.1 m³ ~ 938G : 2.5 m³) 6 機種の国内販売を開始。

平成 16 年 産総研で研究されていたローダ自動積込み (山祇) の実機試験を始める。

平成 20 年 TCM がハイブリッドローダ L130 (13 m³: 写真—53) を開発。年末に CAT が 992K の国内販売を開始し, 翌年, CAT 993K (14.5 m³) を販売した。

平成 28 年 日立建機がハイブリッドローダ ZW220HYB-5B (3.4 m³: 写真—54) を市場投入。

平成期のローダを整理すると, ホイールローダは油圧ショベルとの棲み分けが進み, 大型機は重ダンプ積込みの需要があるが, 中・小型機は土木現場では見掛けなくなり, 採石場等の機動性を求められる現場に追いやられている。クローラローダはトンネル工事等に限定され, 殆どのメーカーが製造から撤退, 国産機はなくなった。

構造的には, 走行ダンプ, オートマチック T/M の普及, 油圧駆動 HST が中型機まで進み, オペ環境も向上 (大型キャブ, ROPS, エアサスペンションシート) して, 電子制御も進化し, 大型機ではジョイスティックステアリング, コマンドコントロールステアリング, T/M 操作のボタンやトグルスイッチを採用して, 腕力操縦から手首・指操作となっている。そして, 超大型機の最新モデルは, CAT 994K (23 m³), コマツ WA1200-6 (20 m³) と P&H L-2350 (40 m³) となっている。

平成 20 年頃からの国内ホイールローダメーカーの再編は, 平成 20 年に川崎重工業と日立建機・TCM の 3 社がホイールローダ事業で業務提携している。翌年には, 川崎重工の建設機械部門が (株) KCM として独立。同年, 日立建機が TCM を完全子会社化。そして, 日立建機が平成 22 年に KCM に資本参加し, 平成 31 年に吸収合併して 3 社は一本化された。

4. おわりに

ローダ史の資料は, 今まで整理していなかったの
で, 執筆に当たってはローダ記述がありそうな手元の書籍 (以下の参考文献) 等を取り出して, 取敢えずまとめたが, 多くのメーカーの詳細や文献間の記述の相違等を満足に整理しきれなかった。商業化以前の開発前史や消滅した企業等の隠れた資料の発掘も課題である。また, ローダ開発史の百年は, 前半の Hough の技術的貢献が大きく刮目に値する。他の未整理な部分と共に更に掘り下げてみたい。

JCMA

《参考文献》

- 1) P.A.Letourneau, Caterpillar 30 Photo Arch, Iconografix, '93
- 2) H.H.Cohrs, 500Years of Earthmoving, KHL, '95
- 3) P.A.Letourneau, International TracTracTor, Iconografi, '96
- 4) P.A.Letourneau, Caterpillar Photo gallery, Iconografix, '97
- 5) K.Haddock, Giant Earthmovers, MBI, '98
- 6) N.Swinford, Allis-Chalmers, MBI, '98
- 7) K.Haddock, The Earthmover Encyclopedia, MBI, '02
- 8) R.Amato, D.J.Heimbürger, Crawlers & Dozers, HH, '03
- 9) O.H.Will III, PayLine, MBI, '06
- 10) E.C.Orlemann, LeTourneau Heavy Equipment, EB, '14
- 11) R.Amato, I-H Hough & Dresser, BRI, '16
- 12) 岡本, 建設機械の歴史, 建設の施工企画, JCMA, '08.1
- 13) 岡本, 建設機械のモンスター達, 建設機械施工, JCMA, '15.1
- 14) 岡本, 平成の土工機械, JCMA, '19.11
- 15) 土工教室 /<http://hw001.spaaqs.ne.jp/geomover/>

【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

ハッ場ダム仮設備計画における ICT 技術の活用

骨材輸送設備計画における 3D レーザースキャナ活用事例

藤 吉 卓 也

ハッ場ダムは、群馬県の吾妻川中流、長野原町に位置する多目的ダムで、洪水調節、流水の正常機能維持、水道、工業用水供給および発電を目的とする。原石山より採取された原石は骨材製造設備で破碎・篩分けされてダム堤体コンクリート用骨材となり、全長 9.36 km にわたって敷設されたベルトコンベアで、第 1 調整ビンを経由しコンクリートの練り混ぜを行う堤体左岸天端の第 2 調整ビンまで移送される。

ベルトコンベアの計画においては、現地の地形を測量調査し、それをもとに詳細な配置計画や設備仕様の検討を行うことが必要であった。本稿ではそのうちベルトコンベア計画段階において、3D レーザースキャナを活用した事例を述べる。

キーワード：ダム用仮設備、ベルトコンベア、ICT 技術、3D レーザースキャナ

1. はじめに

ハッ場ダムは、首都圏の上流域を流れる吾妻川に建設中の堤高 116 m、堤頂長 290.8 m、堤体積約 100 万 m³ の重力式コンクリートダムである。吾妻川は流路延長約 76 km におよぶ一級河川であり、利根川の支川の一つである。当ダムは、洪水調節、流水の正常な機能の維持、水道及び工業用水の供給並びに発電を目的とする多目的ダムである。

ダムおよび貯水池の諸元を表-1、ダム本体地域概要図を図-1、堤体上流面図を図-2、堤体断面図を



図-1 ダム本体地域概要図

表-1 ダムおよび貯水池の諸元

ダム		貯水池		
位置	群馬県吾妻郡長野原町(川原)黒まか	河川	利根川水系吾妻川	
形式	重力式コンクリートダム	集水面積	711.4km ²	
堤高	116.0m	湛水面積	約 3.0km ²	
堤頂長	290.8m	総貯水容量	107,500,000m ³	
堤体積	約 1,000,000m ³	有効貯水容量	90,000,000m ³	
ダム天端標高	EL586.000m	治水容量	65,000,000m ³	
基礎岩盤標高	EL470.000m	利水容量 (洪水想)	流水の正常な機能の維持	
洪水吐	常用洪水吐 高圧ラジアルゲート 4.85m×4.85m×1 門		水道用水	1,313,000m ³
			工業用水	22,814,000m ³
	非常用洪水吐 ラジアルゲート 11.0m×15.1m×4 門	計画推砂容量	973,000m ³	
水位維持放流設備	高圧ラジアルゲート	設計洪水位	17,500,000m ³	
取水設備	連続サイフォン式	サーチャージ水位	EL584.000m	
利水放流設備	φ2200×1 条	常時満水位	EL583.000m	
地質	安山岩	洪水期制限水位	EL585.200m	
		最低水位	EL586.300m	

わたる。

骨材輸送用のベルトコンベアにおいては、その役割から大きく二つに分類される。一つ目は原石山付近に設けられた骨材製造設備のストックヤードから旧河原湯温泉駅跡地に設置された第1調整ビンまでのベルトコンベアを、TBC(Transport Belt Conveyor)と呼び、原石山から堤体付近まで、骨材を高速運搬することを目的とする。二つ目は第1調整ビンから堤体左岸天端に設けられた第2調整ビンまでのベルトコンベアをSBC(Stock Belt Conveyor)と呼び、堤体打設に伴い消費していく第2調整ビンの骨材ストックをリアルタイムに補充することを目的とする。3種類の粗骨材と砂を短時間で切り替えながら運搬するために、ベルト速度は同種類の骨材の高速運搬を目的とするTBCに比べ、やや低速での制御運転を行う。第1調整ビンと第2調整ビンを合わせて打設量2日以上以上の骨材ストックを可能とし、ベルトコンベアの故障対応等により、打設工程が遅れるリスクを大幅に低減した。

ベルトコンベアの計画においては施工や設備にかかるコストを抑えつつ、工事工程を短縮することが重要な課題であった。そのため原地形の造成にかかる工事を極力少なくしつつ、基礎やベルトコンベア等製作部材を最小限とすることが必要であった。計画に先立ち敷設ルート用地全域の踏査と現況測量を実施し、最適な敷設ルートを設定した。

ベルトコンベアの施工計画(基礎の設計や施工方法、ベルトコンベア組立時の重機配置等)においては、現況地形や季節構造物を考慮し、3次元的な計画を行う必要がある。手戻りが少なく、スピード感のある合意形成を行うためには、通常の測量データに加えて3次元点群データを活用することが有効であると考え、重要課題を抱える箇所については3Dレーザースキャナを用いて3次元モデルを作成し、各種検討を行った。

本稿では3Dレーザースキャナを実施工計画で活用した事例をいくつか述べる。

3. 既設構造物との干渉チェック (TBC7～13)

全長約3,000mの大柏木トンネルは、工事期間中、骨材輸送用ダンプトラック向けの工事用トンネルとして施工されたものである。TBCのうちベルコンNO.7～13は先に述べた大柏木トンネル坑口から県道下のボックスカルバートを抜け、不動沢の谷を超え、共用中の上湯原橋上を通り、主幹工事用道路をオーバーパスし旧JR吾妻線に乗り上げる線形が複雑な部分であ

る。高低差のある現地の地形、供用中の工事用道路、既設構造物が絡み合い、かつ他工事との作業間調整も多い区間であった。

2次元的な図面だけでは、ベルトコンベア設置後のイメージを得ることが難しいと判断し、既設構造物との干渉チェックおよび工事関係者間でのスムーズな合意形成の取得を主目的に、3Dレーザースキャナによって地形の点群データを取得し(写真-1)、それに計画したベルコン線形を重ねて3次元モデル(図-5,6)を作成した。



写真-1 3Dレーザースキャナ使用状況

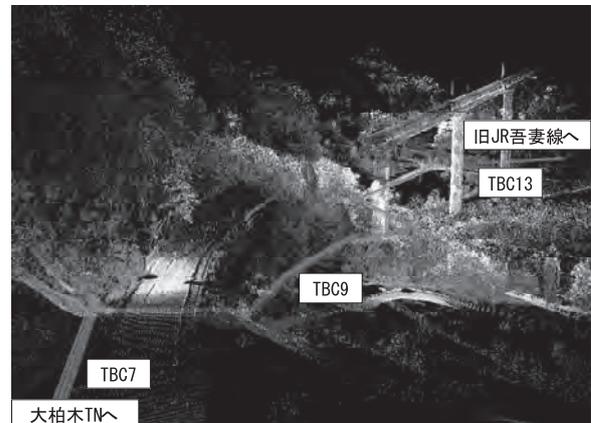


図-5 TBC7周辺の点群データとベルコン線形

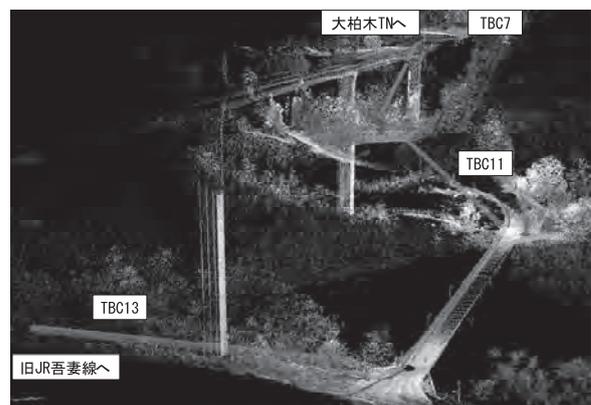


図-6 TBC13周辺の点群データとベルコン線形

ベルトコンベアの線形計画において、コントロールポイントとなる既設構造物は、県道アンダーパス部のボックスカルバート、不動大橋 P4 橋脚、上湯原橋、JR 吾妻線法面部フリーフレームおよび東京電力電柱であった。3 次的にこれらとの干渉を避け、長大なベルトコンベア組立工事を行うためには、3 次元モデルを用いて様々な視点から確認を行うことが非常に有効であった。

計画時における課題を以下に述べる。

- ①付替え道路の高さから旧国道 145 号線に降りてくる高低差を解消するために、ベルコンを所定の縦断勾配以内で計画すること。
- ②組立作業時の揚重機械の配置も含めて既設構造物との干渉を避けること。
- ③供用中の工事用道路の運用に極力影響を与えないこと。

写真一 2 不動沢の谷越え部、写真一 3 に不動大橋橋脚基礎付近から上湯原橋歩道部、写真一 4、5 に上湯原橋から旧 JR 吾妻線への乗り上げ部のベルトコンベア設置状況を示す。



写真一 2 ベルトコンベア設置状況 (TBC10)



写真一 3 ベルトコンベア設置状況 (TBC11 ~ 12)



写真一 4 ベルトコンベア設置状況 (TBC12 ~ 13)



写真一 5 工事用道路部組立状況 (TBC13)

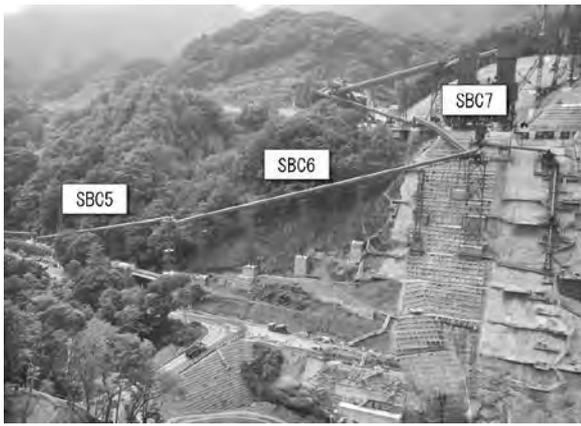
通常の平面図と縦断図を用いた計画に加え、3次元データを干渉チェックに活用したことにより、手戻りもなく、スピーディーに線形計画や組立計画を行うことができた。また複雑かつ立体的なベルトコンベアの形状を工事関係者間で事前に共有できたことにより、各社の工事用動線の確保をはじめ作業間調整を円滑に進めることが出来た。

4. 近接する岩壁との干渉チェック (SBC5)

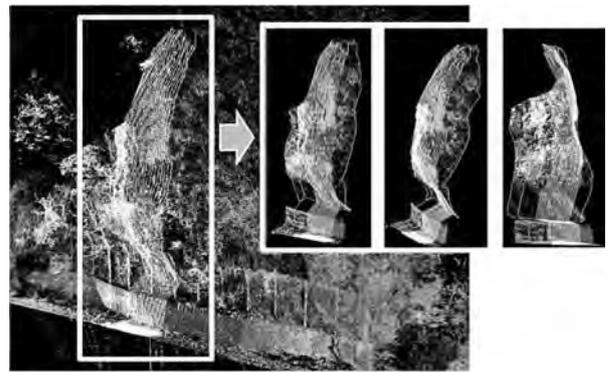
SBC5 ~ SBC7(写真一 6)は堤体左岸法面に沿って、旧 JR 吾妻線軌道敷 (EL515) から左岸天端仮設備ヤード (EL586) まで、標高差で約 70 m 上方へ骨材を運搬する直線コンベアであり、本工事における全仮設備計画のうち最も難易度が高い計画であった。

そのうち SBC5 は軌道上直線部分の中心線に沿って敷設される水平機長 121.3 m、揚程 29.6 m の直線コンベアである。

軌道敷直近の岩壁が軌道側に張り出しており (写真一 7)、その岩壁がベルトコンベアの設置に影響しな



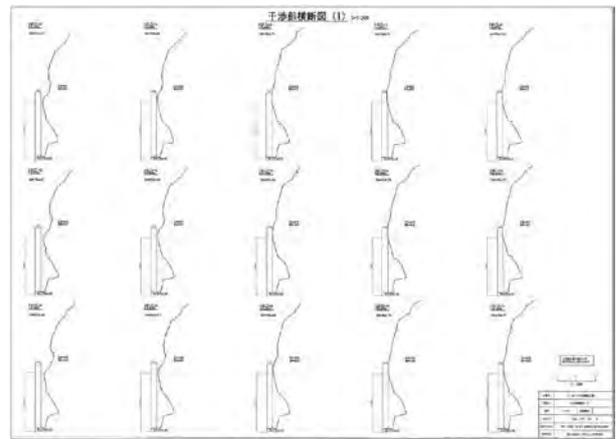
写真一六 SBC5～SBC7 全景



図一七 岩壁張り出し部の点群データ



写真一七 岩壁張り出し部の状況



図一八 干渉懸念部付近の各断面図

いか事前に判定し実施に反映することが課題であった。すなわちベルトコンベアの計画・設計段階で、張り出した岩壁とベルトコンベアのフレームとの干渉チェックを行い、必要に応じベルコン線形の見直しや岩壁の掘削などの具体的な対策を検討しなくてはならなかった。

張り出した岩壁部への通路はなく、測量を行うために軌道敷上に足場を組まなくてはならない状況であった。また岩壁は複雑な形状であり、ベルトコンベアとの干渉部分を立体的に把握するためには、岩壁表面の緻密な測量が必要であった。

よって3Dレーザースキャナを用いて岩壁部全体の形状を点群データとして取得し、計画しているベルコン図面と合わせて3次元的な干渉チェックを行った。(図一七、八)

干渉チェックの結果、岩壁張り出し部分とベルトコンベアフレームとは、最も近接する部分でもわずかな離隔距離があることが確認できた。しかしながら測量誤差や組立時の施工誤差、岩壁の小さな突起部など実施で干渉する要因は複数想定できる状況であった。

対応として、基本形状ではベルトコンベアの両側に

点検歩廊を設けているが、干渉の可能性のある10m程度のスパン(写真一八)については、岩壁側の点検歩廊を予め除いたうえで開口部は手すりにて転落防止措置したのち組立作業を行った。

結果、運用上全く問題なく岩壁とベルトコンベアの間には十分な離隔を設けることができた。またフレーム揚重前に、地上でベルトコンベアの歩廊部分の改造を行ったことにより、現地での採寸や加工作業を無くすことに繋がり、組立作業の安全性も向上した。



写真一八 岩壁張り出し部

5. 急斜面部の大規模ベルトコンベアの計画 (SBC6)

SBC6は堤体左岸法面急斜面部に敷設される水平機長130.2m、揚程37.3mの直線コンベアである。

「SBC5からの乗継いだ架台高さを長尺の支持脚で保ちながら、急峻な左岸法面に沿って急勾配で上げていくベルトコンベア」

この概念をSBC6のコンベアフレームの基本的な設計概念とし、その後過去の実績を踏まえ、以下の条件を設定した。

- ①骨材が下方に逆走しないように、バルコンの傾斜角度を16度以内とする。
- ②バルコンフレームの支持脚の高さは30m以下とする。

また前述の基準を満足した線形計画であっても、基礎の位置の地盤が悪い、基礎の施工が困難な急峻な岩壁である、など実施工においての問題も考えられる。次の段階として、現地の地形データをもとに設計条件を満たしつつ、現地地盤の情報や基礎の形状を考慮した後、バルコン線形計画を行う必要がある。

しかし堤体左岸法面については、工事着手時に入手できた等高線図は古く、現地の岩壁の形状など細かな情報は反映されていないものであった。

本計画向けに大規模な測量が必要であったが、左岸法面の大部分が急峻な岩壁であること、ロープ等の介助なしでは人が登れないほどの急傾斜ということ（写真—9、10）、保安林に指定されており伐採について制約が大きいこと、これら作業員が容易に近寄れない条件が多かったことにより現況の地形測量は困難な状況であった。

これら問題点の解決策として、3Dレーザースキャナを用いて、堤体左岸法面全体の3次元点群データを取得し、ベルトコンベア線形計画のための3次元モデルを作成した。測量は地表面の点群を精度よく取得するために、樹の葉が概ね落ちてきた初冬に行った（写真—11）。

3次元モデルでの机上検討（図—9）については、A案から始まり現地の地盤確認等設計条件の確認、基礎構築の施工方法やベルトコンベアフレームの組立にかかる問題点などから見直しを繰り返し、最終的に7案目であるG案（図—10）で決定した。

実施工段階では、伐採、基礎工事、コンベアフレーム組立、試運転調整を順次行った。これらの施工計画を行うにあたり、詳細な現況の地形情報は非常に有効であった。仮設備計画に使用した左岸法面全域の等高



写真—9 堤体左岸法面全景（工事着手時）



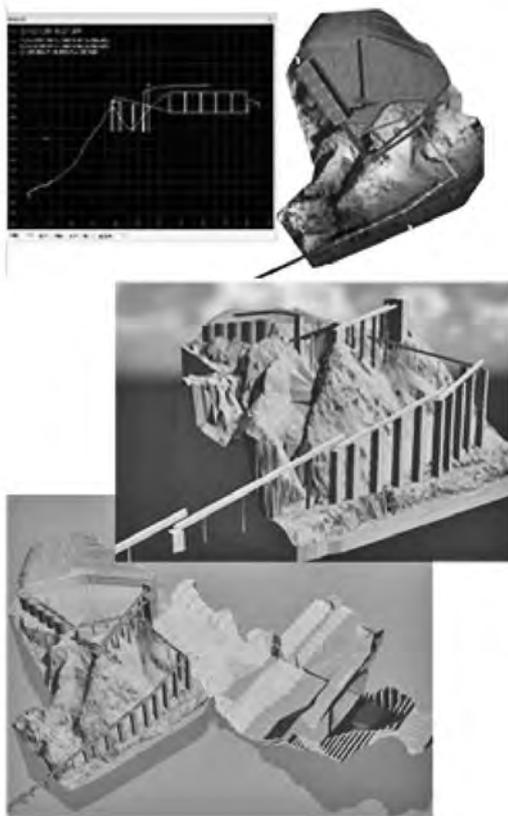
写真—10 堤体左岸法面状況



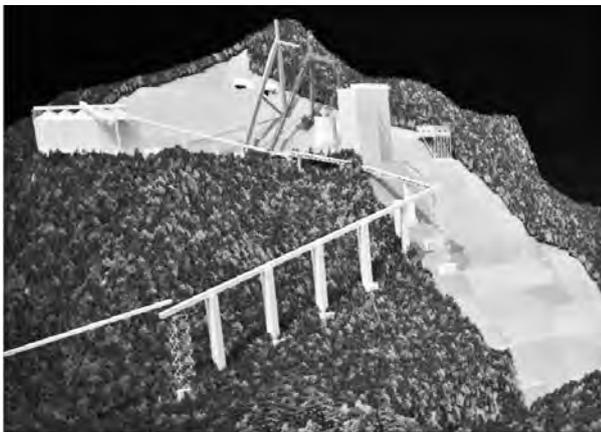
写真—11 3Dレーザースキャナ計測状況

線図は、3Dレーザースキャナにより取得した点群データをもとに作成し、計画全般に活用した。

ベルトコンベアの計画線形上は国有保安林であったため、保安林解除申請を行った後、伐採を開始した（写真—12）。谷側に向かって樹木の張り出しが大きく、枝葉のベルトコンベアへの干渉が危惧されたので、伐採ラインはバルコンセンターから平面図上で15mの離隔を設定した。



図一 9 3次元モデル検討例



図一 10 3次元モデル最終案 (G案)



写真一 12 SBC6 向け伐採状況

コンベアフレームの基礎は重力式とし、コンクリートを岩着させるものとした。基礎の施工においては、足場が悪い箇所での施工、安定度を確保するための大規模な基礎、堤体基礎掘削土砂運搬向け重ダンプとの競合等、工程短縮を求められるなか解決すべき問題点が多くあった。

コンベアフレームの設計において重要である基礎形状ならびに天端高さの設定においては、所要コンクリートボリュームをもとに3Dレーザースキャナで取得した現況地形データと照らし合わせて行った。また基礎の規模が大きくなるSBC6とSBC7の乗継ぎ部の構台基礎については、EL540とEL550の法面小段を利用して基礎を2分割して最小化を図った(写真一13)。



写真一 13 SBC6 基礎

SBC6コンベアフレームの組立は、主に2台の大型クレーンを用いて行った。組立前半は左岸天端より最大吊上荷重350tのクローラクレーン、組立後半は旧国道上より最大吊上荷重200tのクローラクレーンを用いて行った。クレーン作業計画においては、3Dレーザースキャナを用いて作成した左岸天端平面図や等高線図が有効活用された。

左岸天端(EL586)からのベルトコンベア組立作業においては、バッチャープラント2号機が3次的にクローラクレーンのジブと干渉するので組立開始時期をSBC6組立の後工程に調整した。左岸天端の法肩付近にクローラクレーンを配置し、バッチャープラント計画位置上空をまたいで、法面側に向けてジブを倒し部材の組付けを行った(写真一14)。

3Dレーザースキャナを用いて作成した平面図は、通常の平面図では反映されていない構造物等の現地地形が反映されることが特徴である。旧国道(EL510)からのベルトコンベア組立作業においては、重ダンプ走路との近接等、制約条件が多い施工ヤードにおい



写真—14 左岸天端からのSBC6組立状況



写真—15 旧国道からのSBC6組立状況

て、クローラクレーンの長尺ジブ（90 m）を活かした配置位置を事前に検討することが出来た（写真—15）。

6. 活用事例まとめ

大規模ベルトコンベアの計画における3Dレーザースキャナの活用事例をいくつか紹介した。機器の特徴として、広範囲の現地の地形データを短時間で取得することができること、人が近づけない高所や急峻な法面もしくは危険箇所の測量が可能であること、などが挙げられる。

これらの特徴を活用すれば、大規模もしくは測量が困難な現場の現況3次元モデルを短時間に作成することが可能である。3次元モデルの活用効果としては、既設の障害物との計画段階の3次元的な干渉チェック、精度の高い仮設備の最適モデルの検討、発注者から作業員までの幅広い合意形成手段などが考えられる。当時はまだ汎用性が低かった3Dレーザースキャナであったが、ハツ場ダムの仮設備計画において大きな効果を発揮した。

7. おわりに

建設就業者の減少、技術者不足といったこの国が抱える大きな問題に関連して3次元モデルの活用が急速に進んでいる。現在はドローン空撮等と合わせて、その活用場面が格段に広がってきている。これらは建設現場において非常に有用な技術であると考えられる。

今後共積極的にこれらの技術を取り入れ現場の生産性向上に向け取り組みたいと考える。

JICMA

【筆者紹介】

藤吉 卓也（ふじよし たくや）
清水建設㈱ 関西支店
土木第一部



理想的なエネルギー変換機構 XY 分離クランク機構

村上 誠・吉澤 匠・吉澤 穰

地球温暖化、温室効果ガスの削減は喫緊の課題である。温室効果ガス、特に、二酸化炭素を削減する為には、風力・水力や化石燃料から生み出されるエネルギーを効率よく必要な運動エネルギーに変換する機構が求められる。その為に要求される要素技術一つは、回転運動と直線運動を効率よく相互交換できる技術である。この要となる技術が今回紹介する XY 分離クランク機構である、今後多くの分野で活用が期待されている。

キーワード：回転運動と直線運動相互交換、低振動、低騒音、コンパクト、高出力

1. はじめに

人類は古より、水流や風を利用した現在で言うところの再生可能エネルギーを使い、水車や風車を動かし、揚水や粉挽きなどに活用してきた。これらは、ほとんどの場合、回転運動を直線運動に変換することで仕事（エネルギー）として取り出す技術であった。その後、1712年にニューコメンが蒸気機関（図-1）¹⁾を発明し²⁾、その後ワットがこれを自らが考案した疑似直線運動機構（図-2）³⁾やクロスヘッド⁴⁾、スライダクランク機構などを用いて改良することで本格的な

産業革命が勃興した。この回転運動と直線運動を相互変換する機構を理解したときから、人類は運動を自分の望む形に変換し、大きなエネルギーを自在に操る術を手に入れた。こうして生まれた蒸気機関は、再生可能エネルギーに頼らずに大きな仕事を行う機械として、大型の産業機械へと発展する口火となり、人類は爆発的な生産能力と移手段を手に入れることになった。その後、オットーやディーゼルなどの偉大な技術者たちにより、石油の燃焼によるレシプロエンジンが開発され、自動車をはじめとする数々の産業機械が生み出されたことで産業力は更に増大した。

現代の我々の生活を支える機械の中で最も認知されている機械は、このレシプロエンジンとあって良い。これは①ピストン、②コネクティングロッド、③クランクシャフトで構成されるスライダクランク機構（図-3）が用いられている。基本的な動作は、シリンダー内の燃焼によって発生する圧力によってピストンを直線運動させ、これをコネクティングロッドによって媒介・伝達し、クランクシャフトによる回転へと伝達している。こうした基本的な動きを如何に効率的に伝達できるかが問われているが、スライダクランク機構は発明された当初から、機構由来のロスによる様々な問題を有しており、人類は実に240年以上もこの問題に向き合い解決を試みてきた。

今回紹介する新機構・XY分離クランク機構（図-4）⁵⁾は、こうしたスライダクランク機構が持つロスを解消することで、エネルギー変換を効率良く行う技術である。このメカニズムを使用することにより、極めて振動が少なく、効率的なエンジンやポンプを製作す

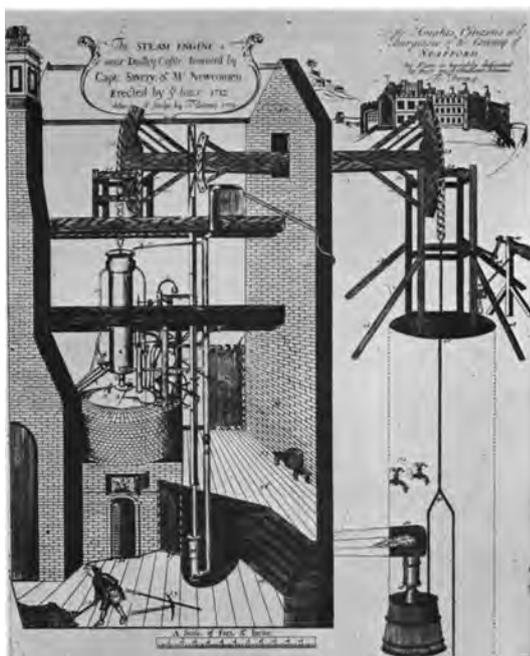
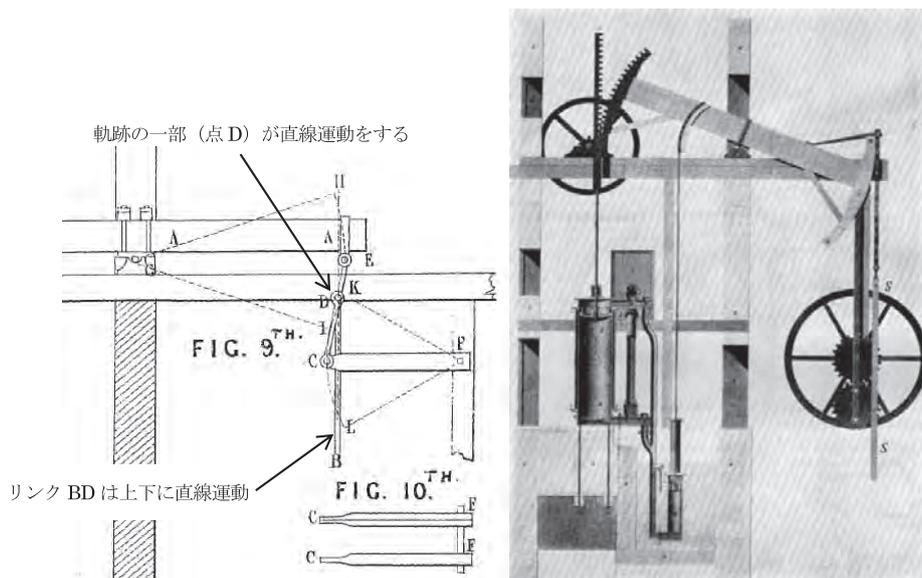
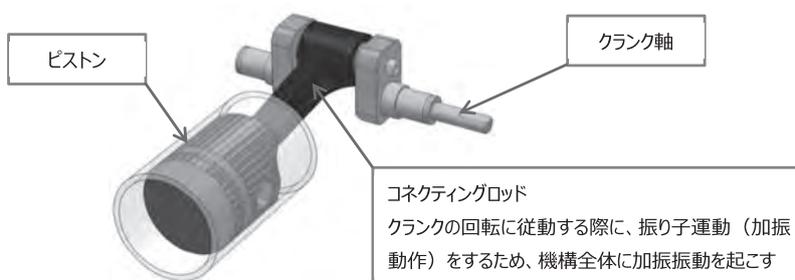


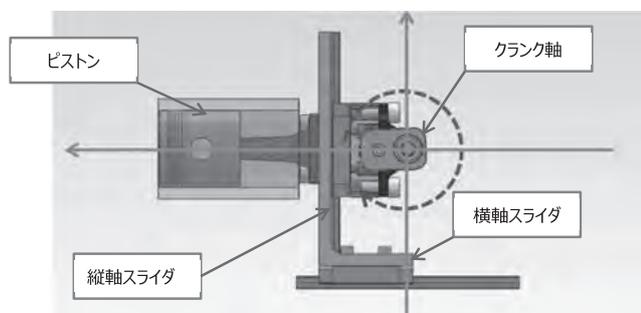
図-1 ニューコメンの蒸気機関（1712年）



図一2 ワットの疑似直線運動機構 (左側) と蒸気機関⁴⁾ (右側)



図一3 スライダクランク機構



図一4 XY 分離クランク機構の側面図

る事が可能となる。これを応用し、現在バッテリー駆動のドローンをエンジン駆動へ変えることで長時間稼働による可搬能力の向上が期待できる。

本稿では、この新機構を用いて製作した2つの応用機械を示し、①エンジンに関する極低振動性能と、②単段で-60度以下の極低温空気を生成する空気冷凍機について述べる。

2. 従来機構とXY分離クランク機構の比較

現在、ピストンを用いる機械の大半にスライダクラ

ンク機構が用いられている。これはクランク軸が回転すると、コネクティングロッドがそれに従動し、ピストンを押す動作をする。このとき、コネクティングロッドによって押されたピストンには斜め方向の力が発生し、サイドスラストロスが発生する。

これに対して、XY分離クランク機構は、クランク軸と直交する2つのスライダ、コンビネータで構成される。クランク軸で発生した回転力を、直交する2軸に分離分解しピストンへ直交伝達することで、直線運動を回転運動へ、または回転運動を直線運動へ変換する機構である。スライダの組み合わせによって、ピストンを直線的に押すため、機構由来のサイドスラストロスが発生せず、理想的な変換機構である。

図一5にスライダクランク機構とXY分離クランク機構の力伝達の比較を示す。スライダクランク機構に発生するサイドスラストロスを▲破線のグラフで、出力を■破線のグラフで表す。スライダクランク機構ではクランク角度100度と250度近傍において、ピーク値の位相がずれている。これはピストンクランク機構特有の挙動であり、クランクの回転運動とコネクティングロッドの揺動運動による動作軌跡の合成に

よって発生する。次にXY分離クランク機構の出力を●実線のグラフで表す。力は正弦波状に伝達されるため、ピストンは等速で動作する。前述のスライダクランク機構とXY分離クランク機構が伝達する力の波形は異なっていることがわかる。

次に図-6にクランク軸角度に対するピストン位置の比較を示す。スライダクランク機構のピストンの動作を破線グラフで表す。先述のとおり、スライダクランク機構は、クランクの回転運動とコネクティングロッドの揺動運動による軌跡の合成がある。そのた

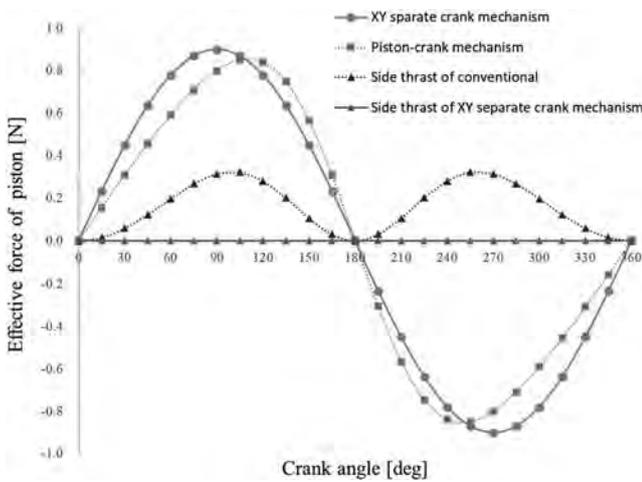


図-5 スライダクランク機構とXY分離クランク機構の動作の相違

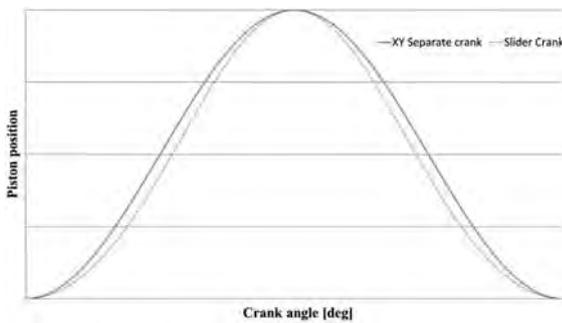


図-6 スライダクランク機構とXY分離クランク機構のピストン動作の相違

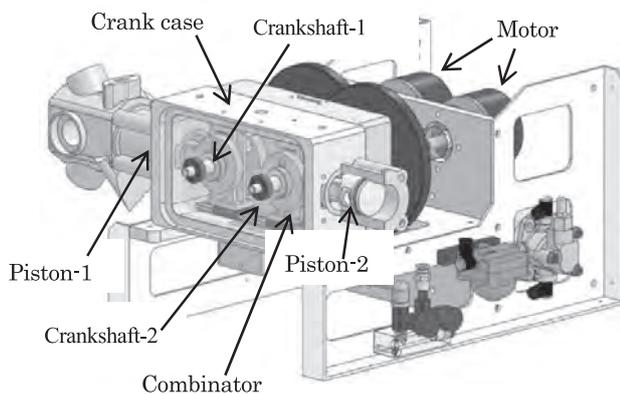
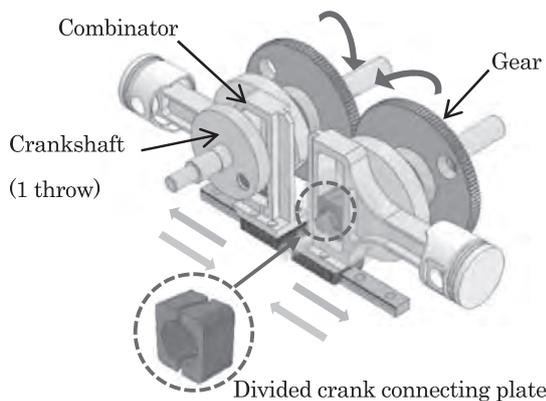


図-7 XY分離クランク機構の構成とエンジン外観

め、ピストンが下死点から上死点に向かうまでに厳正な正弦波の軌跡を描かず、遅く上がり早く下がるという挙動となる。XY分離クランク機構のピストン動作を実線のグラフで表す。この機構は、回転運動を変換する際に二つの直動運動によって行うため、円弧状の軌跡の合成が発生しない。よって、ピストンはクランク軸の動作に従い、厳正な正弦波状に動作することから理論的に等速運動を行う。つまり、XY分離クランク機構で動作させるピストンは、理論上、クランク軸の回転とまったく同じ速度で動作する。

力を厳正な正弦波状に伝達するXY分離クランク機構の動作特性がどのような効果を得られるのかを確認するため、実際にこの機構を組み込んだエンジンを製作し実験を行った。

3. ガソリンエンジンへの応用⁴⁾

(1) エンジンの構成

今回製作したエンジンの内部機構を図-7に、実機写真を図-8に示す。本構成では、ギアによって連結された二本のクランク軸がそれぞれ回転する。回転方向のモーメントは、鏡像配置された二つの機構が互いに逆方向の回転をすることで解消され、機構は180度位相が違うので往復慣性力は互いに打ち消しあう。つまり、二本のクランク軸の回転方向は互いに逆方向であり、相互逆転しながら出力することになる。

先述の図-4に示した通り、XY分離クランク機構のコンビネータの基本形状はL型であるが、図-7のようにクランク接続プレートを内包するような門型の形状とすることもできる。この形状にすることで、クランク接続プレートなどの構成部品と組み合わせる際、調心・調整などが簡便になる。今回製作したエンジンは、コンビネータの形状をこの門型とした。同時に、クランク接続プレートについても形状を最適な形

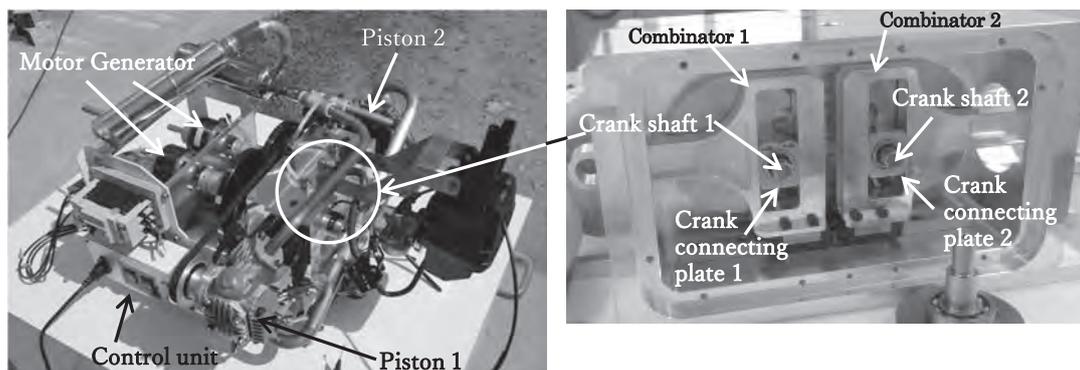


図-8 実際のエンジン外観と内部

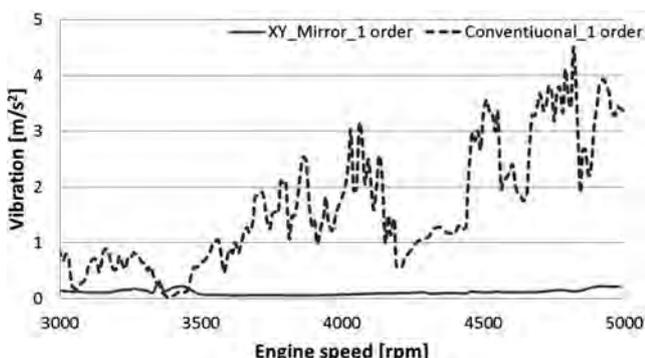


図-9 一次振動の比較

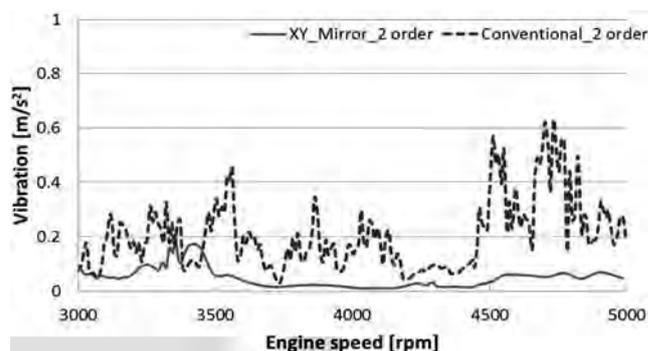


図-10 二次振動の比較

に置換した。

(2) 振動の比較実験と結果

製作した鏡像配置二気筒エンジンと、従来型 50 cc 単気筒エンジンの Z 軸方向パワースペクトルについて比較を行った。

図-9 に一次振動の比較図を示す。全体的に振動加速度の状況が異なり、鏡像配置二気筒エンジンの振動は少なくなっており、改善されていることがわかる。振動加速度のピーク値を比較すると、従来型 50 cc 単気筒エンジンは $4.5 [m/s^2]$ であったのに対して、鏡像配置二気筒エンジンは $0.26 [m/s^2]$ と大幅な改善が見られた。

図-10 に二次振動の比較図を示す。二次振動についても鏡像配置二気筒エンジンの方の振動加速度が少なくなっていることが確認できた。ピーク値を比較すると、従来型 50 cc 単気筒エンジンは $0.6 [m/s^2]$ であったのに対して、鏡像配置二気筒エンジンは $0.2 [m/s^2]$ となった。この結果から、機構を変更した場合における効果が確認できたと考える。

次に、振幅の大きさを相対的に比較するため、キャンベル線図にてそれぞれのエンジンについて次数振動と振動が発生している周波数域と大きさを確認した。鏡像配置二気筒エンジンと従来型 50 cc 単気筒エンジ

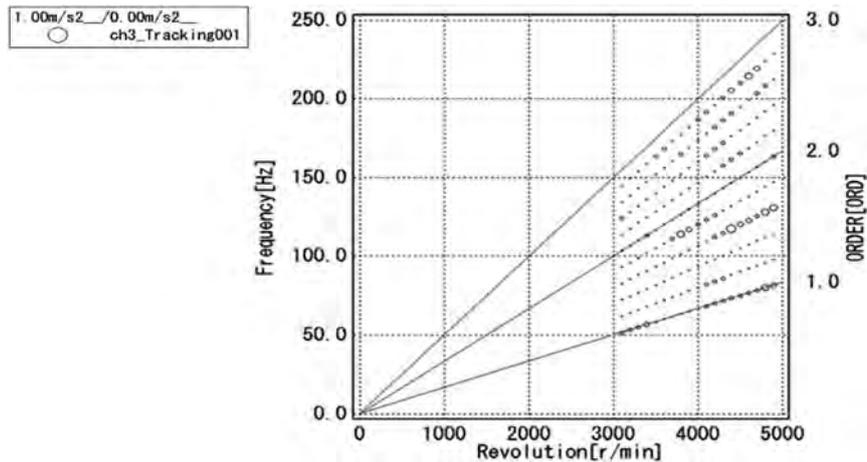
ンのキャンベル線図を、それぞれ図-11, 12 に示す。

機構由来の振動次数である一次振動において鏡像配置エンジンと従来型 50 cc 単気筒エンジンの一次振動について比較すると、特に 4000 rpm から 5000 rpm までの間の振動についての差異が大きく、両機構の間で異なった振動状態を確認した。

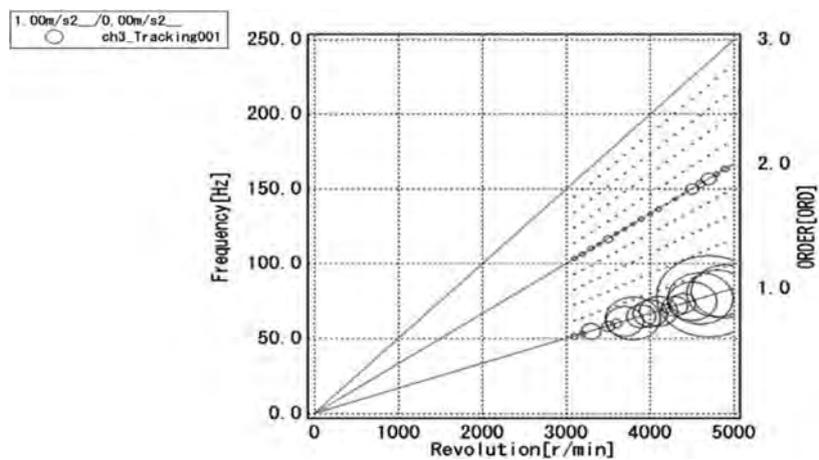
それぞれのエンジンのパワースペクトラムを比較すると、一次振動において、従来型 50 cc 単気筒エンジンは回転数が上昇すると振動加速度が上昇していくのがわかる。それに対し、鏡像配置二気筒エンジンは実験を行った回転数のほぼ全域に渡って振動加速度の値が変化せずグラフとして表示すると平坦な形状となった。これは従来型 50 cc 単気筒エンジンとは全く異なる振動形態であり、機構を変更したことによるものと考えられる。二次振動についてもほぼ同様の結果となり、機構を変更することによる振動形態の変化であると考えられる。

またキャンベル線図の結果からも、製作したエンジンでは一次振動、二次振動ともに極めて小さいことが確認された。これは、内部の機構を鏡像配置することによって各方向の力が相殺されていることを示している。

同時に、回転モーメントについても機構を鏡像配置することで逆転動作による打ち消し効果があると推測



図一11 製作したエンジンの振動（キャンベル線図）



図一12 従来エンジンの振動（キャンベル線図）

できる。

理論上、ピストンにサイドスラストロスが発生しないXY分離クランク機構を鏡像配置した場合、振動の原因となっている一次振動、二次振動を大幅に抑制・改善できることが実験によっては明らかになった。また、機構を鏡像配置することにより、回転モーメントの打ち消しを、内部機構のみで達成する有効な設計手法である可能性を示した。

(3) 二重反転出力の用途

本エンジンは、二本のクランク軸が相互逆転しながら動作する。これは、二重反転プロペラ（Contra Rotating Propeller）に直接的に接続できると考える。現在、二重反転プロペラには出力を二本の軸に分離し、相互逆転するギアボックスが不可欠となっている。このため、現状では流体力学的に効率が良い二重反転プロペラを用いるには、機械の大型化が避けられない。このエンジンと同じ方式を用いれば、こうした逆転動作機構を別途設ける必要がなくなり、高効率の

船舶エンジンや二重反転プロペラ駆動による高いペイロードを有するドローンの製作が可能となる。

4. 極低温空気冷凍機への応用

(1) 空気冷凍機概要

XY分離クランク機構のもう一つの適用例として、完全ノンフロン空気冷凍機⁷⁾がある。

空気冷凍機とは、自然空気を圧縮・膨張のサイクルによって極低温空気を作り出すものである。この技術は1948年にプランク（Plank）がRefrigerating Engineeringに寄稿した論文にて解説しており⁸⁾、その後、アメリカ人医師のジョン・ゴリー（John Gorrie）が黄熱病患者の治療に必要な氷を作るために実機を製作、1951年に特許を出願した⁹⁾。ゴリーが発明した空気冷凍機は、コンプレッサにより生成した圧縮空気を、スライダクランク機構を用いた膨張機によって大気圧まで膨張させるといふ、極めて簡便なシステムである。後に、空気冷凍機において冷気を効率よく生成するため圧縮空

気を持つエネルギーの一部を取り出す（エントロピを減少させる）方式が考案され、近年では、タービンをを用いたコンプレッサと膨張機を同軸上に接続し一体型とした方式が上市されている。この方式はコンプレッサと膨張機を同軸に接続することで膨張の際にコンプレッサ側で機械的に負荷を与える方式であるが、これは負荷変動が大きい場合には完全な同期が困難である。同時に製作コストが高く大型化するため一部の大型施設で用いられているのみで一般的に使用されていない。

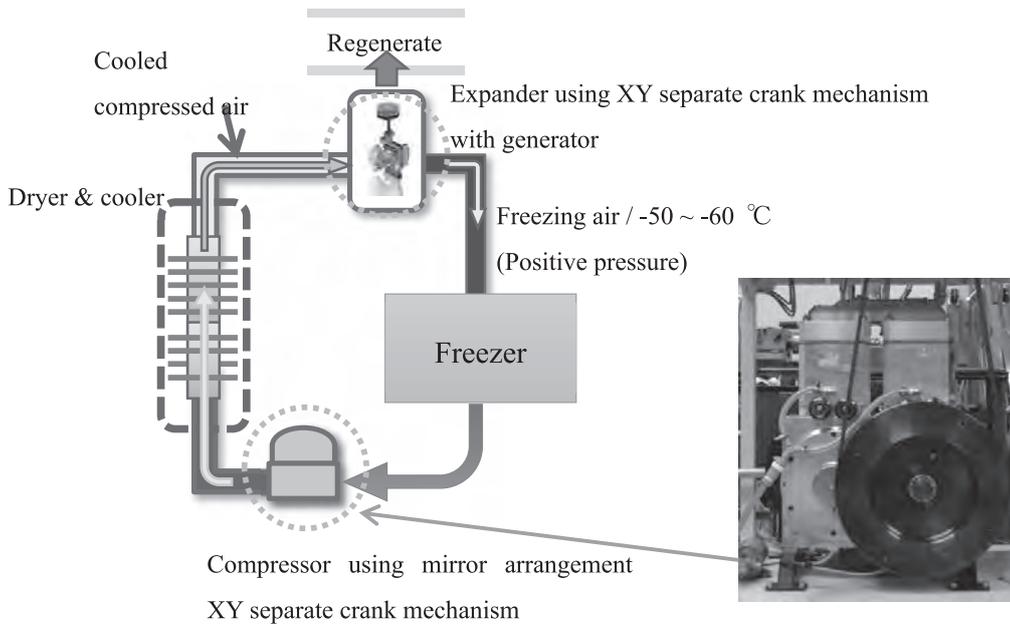
(2) XY 分離クランク機構を用いた空気冷凍機

我々が開発したシステム（図一13）は、膨張機の機構部にXY分離クランク機構を用い圧縮空気の膨張行程で発生する機構ロスを抑制している。同時に、圧縮空気を膨張させる際に、膨張機に接続した発電機に

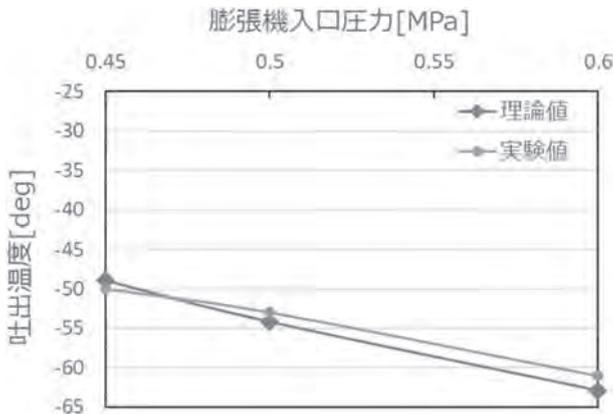
よって動力回収、いわゆる回生発電を行う。これにより与える負荷を電子的に制御することで、圧縮機と膨張機をそれぞれ独立動作させ、且つ同期させるなどの操作を電子的に制御できるため、安定した動力の回生と冷気生成を可能としている。

この実機の動作試験において使用した圧縮空気の圧力は0.45～0.6 MPaであり、一般的なコンプレッサで生成することが出来る圧力である。開発した空気冷凍機は最大で-61℃の極低温空気の生成を確認した。この実験値は、図一14に示すように理論計算式とほぼ一致することを確認できた。理論計算にあたって空気の比熱比は1881年イギリスにて行われた空気冷凍実験結果¹¹⁾より $\kappa = 1.289$ を用いた。

この空気冷凍機で用いた膨張機は、バイナリー発電システムの膨張機としても使用することが可能であり冷凍機以外の分野に対しても応用が可能である。



図一13 XY 分離クランク機構を用いた空気冷凍機



図一14 空気冷凍機の実験値と理論値の比較

膨張機吐出口における温度

$$T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}$$

- T1 : 膨張機入口温度
- T2 : 膨張機出口温度 (吐出口)
- P1 : 圧縮圧力
- P2 : 膨張機出口圧力 (大気圧)
- κ : 空気の比熱比 ($\kappa = 1.289$)

5. 今後の研究開発

最近よく聞かれるのは、気象庁から発表される『今まで経験したことが無いような…』

今年も多く、千葉県・長野県・福島県などで、大型台風の上陸による風雨で大災害をもたらされた。これらの、最も大きな要因は温室効果ガスの増加による地球温暖化と考えられる。特に、影響が大きいのは二酸化炭素の増加である。このまま温室効果ガスが増加を続ければ、2100年には地球の平均気温は4度上昇し、世界規模での大きな自然災害が予想される。世界各国は2015年のパリ協定を多くの国が批准し、2030年二酸化炭素削減の目標値を決め2100年における温度上昇を2度未満に抑える取り組みを始めている。しかし、2020年以降の運用・先進国と後進国の線引き・米国の離脱等多数の問題を抱えている。しかし、二酸化炭素の削減は国単位の取り組みばかりでなく各企業、個人も取り組まなければならない大きなテーマである。NPO 新エネ研究会東日本では再生可能エネルギーの普及が二酸化炭素削減に個人レベルで貢献できると考え、バイオマスの炭化発電に取り組んでいる。これは、林地残材や農業残渣等の不要なバイオマス資源をオンサイトで活用し炭化発電するもので、炭化炉1基10日間で約50トンのバイオマス資源を炭化することが出来、その炭化物で大凡10kWのバイナリー発電機5機を10日間稼働が出来る。これは130軒程度の家庭へ電力供給が可能な量と試算されている。今後、今回紹介したXY分離機構を採用した小型で高出力のバイナリー発電機が開発できれば、コンテナ型の移動用炭化発電機の開発も可能であると考えている。災害発生時にコンテナ型の炭化発電装置を現場に持ち込み、災害地に発生する廃棄バイオマスをオンサイトで炭化発電することにより、災害ゴミの処理と地球環境に優しいバイオマス発電の電気を地元へ供給することで、災害地に貢献できるものと考えている。

また近年、発電以外で二酸化炭素を多量に発生する自動車メーカー各社はハイブリッド・電気自動車・水素自動車の研究開発を進めている。一方、ヨーロッパでは生産⇒使用⇒廃棄・再利用までを考えたライフサイクルアセスメント(L.S.A.)により生産から廃棄までの総二酸化炭素排出量を計算し評価する検討も始まり、従来型レシプロエンジンの効率を高めたエンジンが見直され始めている。今後、従来型のレシプロエンジンの機構の一部としてXY分離機構が採用されれば、

エネルギー効率が高く振動の少なくコンパクトなレシプロ型のエンジン開発が可能であると考えられる。今後、研究を重ねてXY分離機構を組み込んだエンジンが開発され、二酸化炭素発生量を現在より少なくでき、この効果により地球温暖化対策の一助となれば幸甚である。

謝辞

本稿の空気冷凍機の開発においては、本研究は、経済産業省による戦略関基盤技術高度化支援事業の認定(2014～2017)を受け進められた。研究を遂行するためにご協力頂いた関係各位に深甚なる謝意を表す。

JCM/A

《参考文献》

- 1) H. W. Dickinson, A short history of the steam engine, P36, (1939)
- 2) J. F. Sandfort, Heat Engines Thermodynamics in theory and practice P15-24, (1962)
- 3) J. Watt, Fire and Steam Engines, &c., No.1432 (1784, British Patent)
- 4) E. S. Ferguson, Kinematics of mechanisms from the time of Watt, SMITHSONIAN INSTITUTION, p187-229, (1962)
- 5) 吉澤保夫, 他3名, XY分離クランク機構およびこれを備えた駆動装置, 日本特許第5632962号, 第5393907号, 米国特許 US 9,316,249 B2.
- 6) 吉澤稷, 他4名, 新機構・鏡像配置XY分離クランク機構を用いた極低振動高回転ガソリンエンジンの開発(第2報), JSAE, (2017)
- 7) 吉澤匠, 他3名, XY分離クランク機構を用いた完全ノンフロン空気冷凍機の開発(第1報), 日本冷凍空調学会年次大会(2017)
- 8) R. P. Plank, Cold air refrigerating cycles, Refrigerating Engineering, No.1, pp. 53-58 (1948)
- 9) J. Gorrie, Improved process for the artificial production of ice, US8080 (1851, USA Patent)
- 10) 山田治夫, 冷凍機および熱ポンプ, p235-236, 養賢堂, (1960)
- 11) J. A. Ewing, The mechanical production of cold, p184-185, Cambridge University Press (1908)

【筆者紹介】



村上 誠(むらかみ まこと)
NPO 法人新エネ研究会東日本
理事長



吉澤 匠(よしざわ たくみ)
NPO 法人新エネ研究会東日本
Zメカニズム技研(株)
代表取締役



吉澤 稷(よしざわ ゆたか)
Zメカニズム技研(株)
開発技術部長



建設業界への新たな取組み、フリーペーパー『けんせつ姫』 経営者歴 26 年のママ社長が、建設業に携わる女性たちの輝く姿を 取り上げたフリーペーパー『けんせつ姫』発刊へ至る経緯

柴 田 久 恵

一中小企業である土佐工業(株)が、フリーペーパー『けんせつ姫』発刊を通して、建設業界へ新しいアプローチを行う。女性技術者や女性技能者の存在を広く周知し、建設業界への求人数の拡大や、労働環境の改善に取り組んでいる。

キーワード：国土交通省、建設産業で働く女性がカッコイイ、建設産業女性活躍、もっと女性が活躍できる建設業、女性職人、女性現場監督、女性技能者

1. はじめに

建設業界へ飛び込んだのは 20 歳でした。当時、宅内の下水道切替工事に携わっており、浄化槽の解体は「臭い」「汚い」という、誰もが好んで向かう現場ではありませんでした。

でも、私には仲間と協力し、1 現場を終わらせるスタイルが性に合っていたので、充実感と伴に遣り甲斐がありました。

そして、21 歳で経営者になる夢を実現しましたが、今日までの道のりは決して楽ではありませんでした。しかし、建設業は、インフラ整備には欠かせない業種ですし、近年では自然災害が多く、TV ではなかなか報道されませんが、災害時には地元の建設業の方々も動いています。縁の下の力持ちであり、無くてはならない業種、どうにか建設業の魅力を発信出来ないかと思ひ悩む日々でした(図-1~3)。

2. 第 1 弾 女性作業着

まず最初に思いついたのが「女性向け作業着を作ったらどうだろうか?」

当時、女性用の作業着はなく、上着は男性用の M サイズ、パンツもウエスト 70 センチ、靴は 24 センチからしかありませんでした。

男性は胸ポケットに携帯、お尻ポケットにお財布というスタイルが多いですが、女性はポケットに入れる物が男性とは違う使い方なので、女性ならではの機能性を備えようと思ひました。現場にミニポーチなど持参は出来ないで、生理用品、口紅、手鏡をしまえ、



図-1



図-2

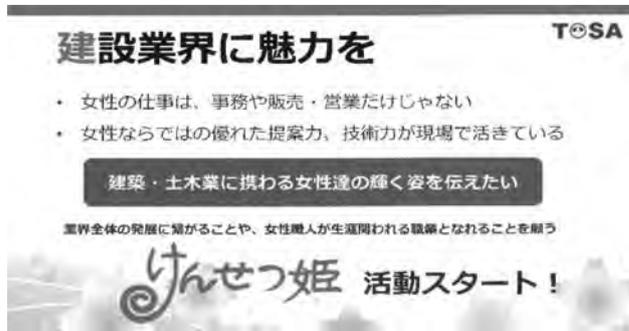


図-3 建設業界に魅力を

穴掘りの下向き作業、背伸びをしておの作業も考え、色々なことを気にせず作業へ集中できるような服。しかし、蓋を開けてみると、安易な考えで製作を手掛けたこと、

私が無知だったと思い知らされました。

大量生産ではないのでコストも高く、宣伝活動もしていなかったのに、浸透は薄く、これでは業界アピールに役立たない。何度止めようと思ったことか。ただ途中で断念することは、自身に納得がいかず、約4年かかりましたが女性向け作業着を完成することが出来ました(図-4)。



図-4 第1弾 女性作業着

3. 第2弾 冊子フリーペーパー

そして次に考えたのは、危険作業と隣り合わせで、全身ホコリにまみれても現場で真剣に働く女性技術者、技能者の実像を紹介したら、未来のけんせつ姫たちは、先輩の姿を見て建設業をより身近に感じて、就職希望者が増えるかと思いました。ならば、現場へ行き彼女たちに光を当てた冊子を作ろう。それが第2弾です。

弊社は大会社ではないので弊社自体も人が少なく、本業の傍ら、けんせつ姫探し、取材アポ、日程管理、現場取材、執筆、校正まで、これも一苦勞、二苦勞と



図-5 創刊号 2018年2月3日発行 2千部



図-6 第2号 2019年2月1日発行 1都6県 1万部



図-7 第3弾 座談会



図-8 2018年4月27日 第1回 座談会と掲載記事

あります。第1弾とは違い第2弾は、多くの新聞社様に取り上げて頂き、記者の目線からの有難いご意見も頂きました。本当に予想していない状況に驚きを隠せませんでした(図-5~8)。

4. 各方面より取り上げられる

けんせつ姫を発刊して以降、次々と取材やご連絡を頂くようになりました。

2018年8月3日に、千葉県労働局様や(一社)千葉県建設業協会本部からもお声掛けがあり「建設業における女性活躍推進シンポジウム」へ登壇させて頂きました。

同年12月4日には、日本タウン誌・フリーペーパー大賞2018にて全国342誌エントリーの中、企業誌部門にて最優秀賞を受賞致しました(図-9)。

2019年5月12日に、千葉テレビでけんせつ姫活動

が取り上げられました。創刊号の時に日本経済新聞に掲載されたこともあり、法務省コレワークの方からお話しを頂き、2018年9月5日に群馬県の榛名学園を視察しました。2019年11月6日、都内の愛光女子学園で職業講話をさせて頂くことになり、冊子に掲載したけんせつ姫、数名を連れて行ってきました。

そして、2019年4月19日、第2回目の座談会には「中小ならでは！作業をする側！」の声をすくいあげに国土交通省の方もお越し下さいました。また、その様子についてフジテレビの番組「めざましTV」も取材に入りました(図-10, 11)。

全国各地から、また行政機関や学校関係と幅広くご連絡を頂くようになり、女性技術者や女性技能者へのニーズが建設業界だけに留まらず、多くの方々に注目して頂ける機会となったことに驚きと共に喜びも感じておりました。

5. 新しい流れへ

そして、最近、第3弾というくりにしたのですが、2019年4月19日に2回目の座談会を開催しましたが、創刊号、第2号、第3号予定者のけんせつ姫たちの交流も含めた形で、現場に携わる者同士の意見交換会をしました。女子会モードで参加したけんせつ姫たちも、笑顔で「また明日から頑張ります」と言ってくれました。また座談会で交流したメンバー間でのグループLINEは、会を重ねるごとに増えていきます。色々な情報を発信、時にはお悩み相談会もしております。



図-9 「日本タウン誌・フリーペーパー大賞2018」にて、けんせつ姫が企業誌部門で最優秀賞を受賞しました。



図-10 2019年4月19日 第2回 座談会と掲載記事



図-11



図-12 一般社団法人全国建設業協会様より、建設業社会貢献活動功労者企業として、建設業のイメージアップ・広報活動部門にて表彰されました。

特に当日取材入りされたためごまじし TV が全国放映された 2019 年 7 月 9 日以降、けんせつ姫たちの周囲には反響があったようで、建設業を盛り立てようと、けんせつ姫たちの意欲がより増したようです。

けんせつ姫の発刊により、新しい流れが起こり、少しずつではありますが建設業界への女性技術者、女性技能者への注目が高まり、今まで建設業界への就職を考えなかった女性達への新しい選択肢の一つになればと思います。

そして、建設業で女性を応援している企業が参加できる「建設ジョブ.net with けんせつ姫」の求人サイトを立ち上げました。求人サイトの開設のきっかけは、サイト運営会社からの提案でした。けんせつ姫の活動が目目され、様々な業種の企業からコラボ企画のお話を頂きますが、利益を求めている訳ではないので、お断りしてしまいましたが、この求人サイトは建設業に雇用を生み出し、業界の活性化や女性活躍に結びつくと思いましたので、進めることに決めました。多くの企業に参加して頂き、女性求職者にとっては建設業界の希望する仕事を探しやすく、また女性技術者や女性技能

者を採用したい企業にとっては、特化された求人サイトにより、求めている人材を採用出来るという双方にとってより良い仕組み作りとなっていると思います。

6. おわりに

皆様の周りで、女性技術者、技能者がいらっしゃいましたら、けんせつ姫第 4 号のモデル候補として是非ご紹介下さい。もちろん取材、掲載料は頂きません。

全国見渡しても、女性技術者、特に技能者は本当に少ない現状です。だからこそ、輝ける女性技術者、技能者を発掘していきたいと思っております。2020 年 2 月発行の冊子けんせつ姫第 3 号は、全国版です。各地のけんせつ姫に取材をして参りました。新たなけんせつ姫たちをご紹介出来るかと思えます。そしてけんせつ姫活動にご興味のある方は、弊社の HP を閲覧して頂けると嬉しいです。

私は、けんせつ姫に関わる方、関わった方々と、3K、男性の業界イメージを消し、女性も出来る仕事、イコール男性も出来る。男性女性の隔てなくお互いを

尊重し合い，良い所を伸ばし，建設業の魅力を表現していき，結果，担い手不足に貢献出来たら良いと思っています。団塊世代が引退するのに技術継承も考えると時間はないです。

J C M A



【筆者紹介】
柴田 久恵 (しばた ひさえ)
土佐工業(株) 代表取締役,
けんせつ姫 編集長



ずいそう

記憶

鈴木 隆 好



令和元年の秋、札幌市やその他多くの地域で市街地への熊出没があり、北海道でも地方紙の一面にヒグマの出没と市街地での駆除の難しさを話題に取り上げていました。私の生まれ故郷は、冬は流水に覆われるオホーツク海に面した田舎で、私が小学校に入学した頃は乳牛と羊を数頭ずつ飼育しながらビートやジャガイモなどの畑作を営む兼業農家でした。昭和50年代が終わるころに父親が急死した時は乳牛も80頭を超える酪農専業となっていました。長男である私の心の準備ができていないこともあり廃業してしまいました。クマ出没のニュースが流れたとき、小学校低学年の頃に幾度か野生のクマに遭遇した時のことを思い出しました。当時は家のすぐ近くにも雑木林があり、ところどころに畑や牧草地が開けていました。ある朝祖父とともに牧草地に鎖で繋いでおいた羊の様子を確認するために向かったのですが、そこで見たのは無残にもクマに殺られた羊の姿でした。祖父と私は一旦、家に引き返しリヤカーを引いて現場に向かいクマに殺られた羊をリヤカーに乗せ、難を逃れた羊を引き連れて家に戻る途中にクマに後をつけられたのです。祖父は「後ろを振り向くな」、「目を合わせるな」、「走るな」と言うようなことを言ったと記憶していますが、今でもはっきりと思い出せるのは、50mくらいの距離を置いてゆっくりとクマが私たちの後を追ってくるという恐怖のシーンです。それから何回か間近で野生のクマを目撃し恐怖を味わいました。こんな経験をしない人でもクマは怖いという学習はできるのですが、私の場合自らの経験として記憶し、学習しました。人間の記憶は必ずしも正確ではなく、又すべての経験や学んだこと、人から聞いたことを記憶するわけでもありません。それにも拘わらず人間の知能により近づけて、あらゆるデータベースを基に最適解を求めようと日々進化しているAI技術は今後どこまで進化していくのか楽しみです。

人間の記憶容量にはっきりとした物理的限界があるとは思えませんが、私が今の会社に入社して5年ほどたった頃、「メカトロ」という時代の波が当社にも押し寄せて、それまではリレーの組み合わせやシーケンサを使っていた電気回路にマイコンを取り入れるべく奮

闘しました。当時はZ80CPUに、わずか2KBのROM(read-only memory)を外付けしたマイコンボードで、プログラムの作成には非常に苦勞しました。当然のことながらC言語などの高級言語はプログラム容量が増えるため使用できず、もっぱらアセンブリ言語でのプログラム開発を行っていました。今思えば少ないプログラム記憶容量には泣かされましたが、CPUと直接会話の言語を使いCPUに余計な仕事をさせず、効率的な言語記憶で成り立っていたことに懐かしさを覚えます。パソコンに於いても当時ハードディスクは無く外付け記憶装置の容量は片面単密の8インチとか5インチフロッピーディスクで100KB程度だったと少ない記憶容量の私は記憶しています。デジタルカメラ写真1枚のデータも記憶できないくらいだった当時の記憶媒体が今では桁の大きさを理解するのが難しいほどのテラバイト容量となっているパソコンが当たり前になっています。大容量となった記憶媒体のどのフォルダに作成した文書を記憶させたかを記憶から消してしまい検索機能を頼りに捜した経験を持つ人も多いと思います。

数十年で飛躍的に進化したデジタル記憶装置に比べ人間の記憶能力は時代と共にあるいは年齢と共に進化しているのか学術的見解は、その道のプロにお任せするとして、記憶に対する私の考えるところ、人間は成長と共に上手に記憶をコントロールできるようになるのではないかと思います。それは深く記憶に残す必要のないもの、記憶から消し去るべき事柄を脳が学習してきたからなのではないかと思います。家内の長い話を聞き流す能力もその一つと言うと批判を浴びるかもしれませんが、元々男と女の人の記憶のメカニズムは少しだけ違うのではないかと感じるのは私だけではないと思います。

世の男性諸氏、昔二人で行った思い出の場所、二人で観た懐かしの映画などについてエピソード記憶能力が女性よりも劣る男性脳の曖昧な記憶に基づいて話をするときには十分にお気をつけください。

忘却とは忘れ去ることなり 忘れ得ずして……くれぐれも君の名を間違えないようにしましょう。

—すずき たかよし (株)NICHUJO 代表取締役社長—

JCMA 報告

「令和元年度 建設施工と建設機械シンポジウム」開催報告

—優秀論文賞 2 編・論文賞 3 編・優秀ポスター賞 2 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「令和元年度 建設施工と建設機械シンポジウム」が、令和元年12月2日（月）、3日（火）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45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。

国交省が推進する i-Construction 工事の普及により、適用事例の論文発表が増え聴講者の関心が集まりました。建設業のみならず、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、239名になりました。



写真一 1 シンポジウム開会式での会長挨拶

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においても論文と同様の分野でさらに、「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



写真一 2 発表状況



写真一 3 ポスターセッション会場の様子

前審査を経て、41編の論文、10編のポスターセッションの発表をお願いいたしました。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行われました。

論文は事前の実行委員会による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2編、論文賞3編、またポスターセッションで2編の優秀ポスター賞が決定し、授与されました。

◆優秀論文賞 2 編◆

■「トンネルにおける施工の合理化，生産性向上の取組み ～ロックボルト打設装置の開発，ツインアーチセントルと連続ベルトコンベヤの組合せ～」

○田村広行，山岸隆史，小林真吾（鹿島建設株）

従来の山岳トンネル施工の課題であった，重量物であるロックボルト打設の自動化や，覆工コンクリートの品質向上につながる新型セントルとベルコンを組合せた技術開発により施工の生産性向上，作業効率の向上が図られているだけでなく，現場の作業環境の向上にも寄与している点と，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。

■「路面切削機での GNSS を用いたマシンガイダンス活用事例について」

○宮内賢徳，宇田川健治，砂原良太郎（前田道路株）

既存の切削機を使って実用的な ICT 施工が出来ること，鉛直方向におけるユニークな精度向上方法に対する十分な検証成果が示されていたこと等が分かりやすく説明されており，MC にも適用が可能であるテーマとして今後の展開に期待できるものと評価されました。

◆論文賞 3 編◆

■「一人乗り除雪グレーダの安全性向上の検討—近接車両検知システムの開発—」

○田村直樹，宇野賢一（国土交通省 東北地方整備局 東北技術事務所）

除雪機械のワンマン化における課題を分析し，その改善対策として開発された技術が実用的な成果に結びついており，グレーダの安全性向上に大きく貢献する，として評価されました。

■「新幹線トンネルにおけるベルトコンベア方式採用 ～「連続ベルトコンベアシステム」の開発～」

○石坂仁，井上正広，浅沼廉樹（株フジタ）

連続ベルコンの採用に多くの工夫を施すことで坑内という制約に起因する課題を克服し，実用化にこぎつけた内容であり，安全性と施工性を向上させた好事例であると評価されました。

■「MC グレーダ施工におけるスリップ防止装置の適用効果について」

○高山拓也，武岡真一，田中純（大成ロテック株）

排土量の増大で負荷が過大になるとスリップするという課題に対して現場発想により改善を図った技術開発であり，論文資料・発表資料ともに分かりやすい内容であることが評価されました。

◆優秀ポスター賞 2 編◆

■「画像認識技術と人工知能を応用した建設機械自動停止装置の開発」

○吉田道信，角和樹，植木良（株カナモト）

今後の建設 ICT の一つの技術的方向性を示しており，有用な内容であることが評価されました。

■「ハイブリッド・サイフォン排水装置—燃料費を大幅に軽減し，高揚程を達成—」

○馬淵剛，馬淵和三（株山辰組）

省エネ効果が高く，実証を重ね実用的なレベルに達しており，災害対応のための技術として活用が期待される，と評価されました。



写真—4 表彰式及び表彰者

■施工技術総合研究所 研究報告

・「トンネル DB の構築」

○瀧本英明 研究第一部

・「床版防水層の健全度評価手法に関する研究」

○三浦康治 研究第二部

・「新たな ICT 活用に向けた基礎研究事例」

○永沢薫 研究第三部

■70 周年記念特別講演会「演題：次世代の建設生産システム」

講演者：建山和由様（立命館大学 理工学部教授）

日本における現状の建設分野では，生産年齢人口の



写真一５ 建山和由様（立命館大学理工学部教授）の講演状況

大きな減少に伴う税収等の減少に起因するインフラ投資予算の縮小、深刻化する建設従事者・熟練技術者の不足による有効求人倍率の大幅な増加、ますます激化する自然災害に対応するためのインフラの維持修繕・更新をはじめとする工事の増加といったことが指摘されている。これらの課題を克服するためには、社会に対し、将来にわたって安定的にインフラを提供することができる体制の構築が必須であり、労働生産性が低い建設業が変わらなければならないと述べられた。この建設業の体質改善策として、ICTの活用、標準化・工場生産、発注の平準化を掲げi-Constructionを積極的に導入してきた。その結果、生産性向上の効果が現れるようになってきたが、全産業にくらべるとまだまだ低いのが実情である。更なる効果を得るためには、新3K実現への意識的推進、地方自治体への普及、「危険」の解消・安全性向上、といった視点が必要であり、一層のICT活用が重要であるとされた。

これらの現状総括をふまえて、次世代の建設の理想像を展望すると、現場レベルから建設システムのレベルまでにさまざまなイノベーションが試行される産業であり、「挑戦に対する加点」が当たり前になる産業であり、アジャイル的思考が主流になる産業であり、異

分野とのコラボを積極的に推進する産業である、と提起された。この理想の実現に向けての建設改革の方向性には3つの視点が重要であると述べられた。1つ目は、「無駄の削減・精緻なマネジメント」であり、無駄の削減の代表的なものとしてリーン生産方式の建設分野への適用、精緻なマネジメントの事例としてICTの活用を挙げ、最終的には技術者の良い判断力が必要である、と結論付けていた。2つ目は、「3Dの活用：デザイン性の導入」であり、3DデータとICT施工により法面形状のデザインの多様化が可能になり、自然との共生や景観に大きく寄与することができる、と述べられた。3つ目は、「担い手に多様性の積極的導入」であり、女性人材の活用による効率的な分業体制を構築できた事例、屋根工事へのi-Constructionの導入による生産性向上の事例、外国人技術者の雇用という新たな担い手層が生まれることによる組織改革の実現可能性の事例等を紹介された。これらの3つの視点が次世代の建設の理想像の実現に向けての建設改革の方向性であると、結論付けられていた。

■特別講演「演題：特許出願傾向から見る建設×ICTの今、そしてこれから」

講演者：大森伸一様（特許庁 審査第一部 首席審査長）

第四次産業革命と言われている現在では、特許出願の対象も従来の「モノ」だけでなく、データやIoTといったソフト、サービス（ビジネスモデル等）に関連する分野が増加している。また、世界では、企業の経営戦略におけるイノベーションの位置づけが高くなってきており、「知的財産」の重要性が一層大きくなってきていること等をふまえて、「建設×ICT×知財」という紐づけでご講演をいただいた。

国別に見ると、日本国籍の企業は、建設×ICTに関する多くのアイデアを有している一方で、欧米企業に比べて内国出願偏重傾向である、英語論文発表がきわめて少ないという特徴があり、また、最近では中国・韓国企業の出願が増加している傾向が認められること等を指摘されていた。技術別では、建設プロセス、建築後の建築物、建設物維持管理のいずれにおいても、BIM + CIMに関する特許出願の伸びが顕著であること、建設技術へのICT技術の適用に当たって、建設プロセスや建設物維持管理において積極的に適用する流れが読み取れること等から、どのような企業戦略およびそれに伴う知財戦略を構築するかが今後のカギとなるであろう、とまとめられた。企業別に見た場合には、建設とICTの融合領域では、既存の建設・建築



写真—6 大森伸一様（特許庁審査第一部首席審査長）の講演状況

以外の業種の企業が、ソフトウェアやシステムを中心として建設技術に関しても特許を取得してきており、今後は競争や競合が必至であり、その際にはビジネスツールである知財は極めて重要になること、外国企業の動向も注視が必要であること、既存の建設に関する出願だけを行っている、将来的にはICT関連企業に重要なキーポイントを持って行かれる懸念がある、ことなどを結論として述べられた。

◆事務局から

今回のシンポジウムの入場者数は、239名でした。事務局として不手際や至らない点が少なからずあったにもかかわらず、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、また、ご参加いただいた聴講者の皆様にもご支援・ご協力を賜り、無事に終了することができました。来年度も多くの皆様に参加いただくことを祈願して、ここに深く感謝の意を申し上げます。

JICMA

的に停止することができます。

『クアトロアイズ』の仕様を表—1に示します。

本装置の水平視野角は、これまでのバックモニターや人を認識するカメラなどの類似機器にはない180度を達成しました。また、動作を保証する最低照度はトンネル工事における最暗部と定められている20lxを確保しました。

b. 装置の構成と設置方法

バックホウを例に『クアトロアイズ』の構成を示します(図—2)。

『クアトロアイズ』の本体は、重機の死角を監視できる位置に超強力磁石で貼り付けるだけで設置できます。

本体から入出力する配線は、バックホウの運転席にある外部からの配線やエアコンのホースなどを通す穴から取り込みます。配線は3本あり、1本目は、バックホウのシガーソケットに差し込むことで、バックホウから『クアトロアイズ』本体に電源が供給されます。2本目は、運転席内から『クアトロアイズ』を起動したりリセットしたりするための簡単な制御装置につながります。3本目は、市販の車載モニタに差し込むことで、『クアトロアイズ』が撮影したものを運転席内で確認できるようにします。

最後に制御装置とバックホウを接続します。バックホウのロックレバーに通じるラインに割り込むことにより配線は完了します。これにより『クアトロアイズ』の制御装置が疑似的にロックレバーのスイッチをON/OFFすることができるようになり、『クアトロアイズ』の信号に従いバックホウを自動的に止めることが可能になります。

全ての設置作業に資格は不要で、簡単に設置でき、必要となる時間も最大で1時間程度です。

c. 技術的效果

『クアトロアイズ』の効果は「現場の安全性の向上」に

尽きます。従来の安全装置では達成できなかった「人と物を確実に見分けて、人が接近したことをオペレータに知らせる」だけでなく、更に危険性が増した時に「オペレータの意思に関係なく自動的に重機を止める」ことを実現しました。

①作業員検知精度の飛躍的向上

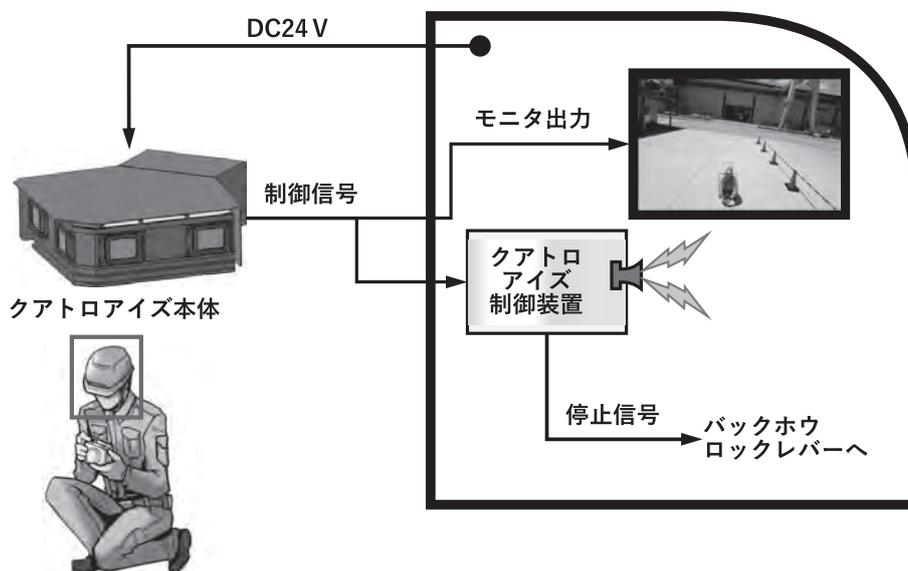
従来のカメラによる作業員検知システムでは、屈んだ姿勢や、大きな材料に体が隠れた場合には作業員を検知できませんでした。『クアトロアイズ』は、最新のAI技術であるディープラーニングを利用した画像認識により、あらゆる作業姿勢の画像と、世界中のヘルメットをさまざまな角度から撮影した画像により特徴を学習することで、検知精度が飛躍的に向上しました。

建設現場内で実施した実証実験では、一般的なカメラによる作業員検知システムでは検知できなかった屈んだ姿勢や大きな材料を運んでいる作業員を検知することを確認しました。また、輝度補正などの画像処理技術を用いることで、トンネル坑内など20lx程度の比較的暗い作業場所や逆光にも対応が可能です。

②ヒューマンエラーの排除

冒頭で述べたとおり、従来の安全装置は、重機オペレータや作業員に対し警報を発するだけで、回避や停止の判断と操作は最終的に人間に委ねられていたため、正確に検知可能であってもヒューマンエラーによる接触事故が発生する可能性がありました。

『クアトロアイズ』は、ステレオカメラにより作業員との距離を正確に計測し、警戒距離に近づいたときに警報を発するだけでなく、さらに重機に近づき接触の恐れがある距離に至った時には強制的に重機を停止させるため、ヒューマンエラーを排除でき、より安全性が高まります。



図—2 クアトロアイズの構成

d. 経済的な効果

後述しますが、『クアトロアイズ』は従来の類似安全装置の1/3以下のコストでの導入が可能となり、現場への導入促進が期待できます。

更に、『クアトロアイズ』を導入することで、オペレータがモニタにより広い範囲の目視確認ができるため、安全監視員の削減につながります。また、接触等による労働災害の防止は、工事の停止や遅延のリスクが減る一方、生産性が向上するなど、副次的な効果も含め大きな経済的な効果が考えられます。

図一3に『クアトロアイズ』の適用事例を示します。

e. 類似工法または機械との比較

①人と物との区別

近接センサやレーダ等を用いた従来の安全装置は、人と物を区別することができません。このためこれらの安全装置を付けた場合は、バックホウなどの重機が旋回するたびに、看板や足場など人以外の物にも繰り返し反応し、重機のオペレータは頻繁過ぎる警報によって緊張感を失いがちでした。その他、作業効率が低下するという理由で安全装置を切ってしまうケースも見られました。

『クアトロアイズ』は、まずは人が巻き込まれる災害を根絶することを目標に、人だけを検出して警報と重機の停止動作を行えるように開発されました。このためオペレータが

警報に必要以上に悩まされることがなく、かつ災害の危険が迫っている時は自動で重機を停止させることができます。

②人の検知機能

カメラにより人を検出する従来の安全装置は、その検出能力が限定的です。例えば、人が屈んだり膝をつくような姿勢をとったりすると、「人」として認識されませんでした。図一4に従来のカメラ方式による安全装置の弱点について示します。

『クアトロアイズ』はこの弱点を克服すべく、AIを用いた人の検出手法を取り入れました。AIを用いることで人の検出能力は格段に向上しました。更に、作業現場で取得したあらゆる作業姿勢画像をAIに追加学習させた結果、人間が見て「人」と判断できる場合は、作業姿勢にかかわらずほぼ全て「人」として検出することが可能になりました。表一2にAIによる現場での作業姿勢を追加学習させたことによる「人」の検出率の比較を示します。

表一2 AIによる「人」の検出率の比較

姿勢	立位	屈んだ姿勢	寝た姿勢
一般的な人物画像を用いた学習	97%	60%	17%
建設作業中の画像を追加学習	99%	99%	69%



図一3 クアトロアイズ適用状況



図一4 カメラ方式による従来の安全装置の弱点

上記の最先端技術（AI）の適用に加え、大きな資材を運搬する場合などを想定し、ヘルメットを被った作業員のヘルメット周りの画像についても集中的にAIに学習させました。これにより、資材から頭部さえ露出していれば人として検出し、警報や停止動作を行えるようになりました。図一5に『クアトロアイズ』によるヘルメットの認識状況を示します。

どのような資材を運ぶとしても、前を見て歩くために頭部は露出させなければ運べないことを考えると、この発想は『クアトロアイズ』による人の検出機能の向上に極めて有効な手法です。



図一5 クアトロアイズによるヘルメットの認識状況

現在ではさらなる追加学習を続けて性能を向上させたことにより全身、上半身、胸より上、ヘルメットを含む頭部の4種のいずれかを認識することで、作業員を検知できるようになりました。このことにより人を見逃す可能性をさらに低減させることに成功しました。

③重機自動停止機能

これまでも、人が近づいた時に重機を自動で停止させる技術の研究や試作は行われてきました。最近では、人や物を検出して重機を止める技術の報告がなされていますが、『クアトロアイズ』は、Ⅰ. 極めて簡易な作業で後付けでき、Ⅱ. 多くの種類の重機に取付けが可能で、かつⅢ. 人を確実に識別できる点において、類似技術を圧倒していると考えています。

④運用

従来の類似技術には、作業員にIDタグを持たせたりチョッキを装着させたりすることで、重機との距離を測定する手法が多く採用されてきました。これらを現場に採用する際は、全作業員にIDタグなどを忘れず持たせる必要があり、定期的に電池の残量や故障の有無について確認する必要があります。したがってIDタグ方式などの類似技術は20人～30人規模の現場であれば、採用が可能ですが、数百人からそれ以上の大規模現場での運用は現実的ではあ

りませんでした。

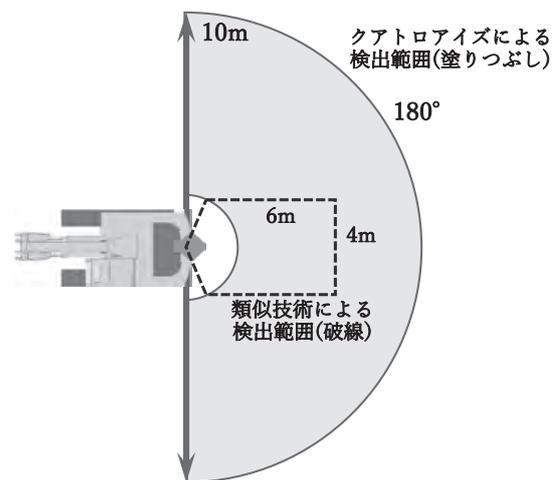
『クアトロアイズ』はこの欠点も克服すべく、何も持たせなくても作業員を検出することに拘りました。その結果、作業員がIDタグなどを意識的に持たずとも『クアトロアイズ』により確実に検出できるようになりました。

⑤コスト

『クアトロアイズ』の開発にあたっては、現場が容易に導入できるように、従来の類似技術の導入コストに比べ、最低でも50%以下とすることを目標の一つに開発を進めてきました。

結果として、某社のカメラ方式の類似技術と近い価格帯となりましたが、同じ広範囲を検出するために、従来の類似技術は3セット以上必要となることから、総合的なコスト評価は従来の1/3以下になったと考えています。

図一6に従来類似技術との検出範囲の面積比較を示します。『クアトロアイズ』は従来類似技術の約6倍になります。



図一6 従来類似技術との検出範囲の比較

f. 波及効果

①バックホウ以外の重機への展開

現状、『クアトロアイズ』はバックホウのみへの適用でしたが、すでにバッテリーロコヤトレーラなどへの適用範囲の拡大に成功しました。今後振動ローラやフォークリフトなどへの展開を計画しています。高速で動くフォークリフトやクレーンについては、強制的な停止が、むしろ危険を増大させる可能性があるため、停止動作の代わりに、運転席や周辺に対する大音量での警報や表示灯などの明滅により、オペレータや周辺の作業員に危険な状態を知らせるなど、重機の種類、作業内容、現場の考え方などに応じて柔軟に対応できる仕様としています。

②プラント等の定置設備への展開

『クアトロアイズ』は重機以外の定置設備にも適用が可能です。例えばベルトコンベヤや破碎機が稼働しているよ

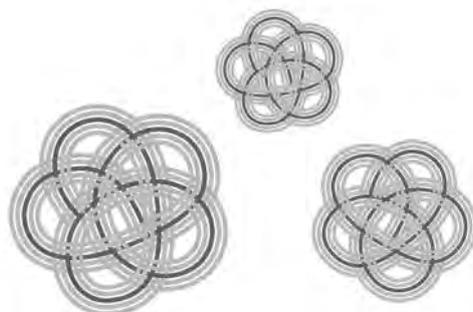
うな、プラントなどの入り口に設置することにより、関係者以外の立入りを防止したり、プラントの遠隔操縦室に機械への人の接近を知らせたりするなど、重機以外への危険地帯への立入禁止装置としても適用を進めております。

③他社、他業種への展開

『クアトロアイズ』は今後、弊社だけでなく他社や他業種への展開も視野に入れていきます。この技術が重機など人と人の接触による災害・事故を根絶することを目標に今後とも機能、性能の向上に努めて参ります。

お断り

このJCMA 報告は、受賞した原文とは一部異なる表現をしています。



北海道新幹線建設局

- ・施工業者 清水・岩倉・札建・吉本特定建設工事共同企業体

4. 現場見学

(1) 北海道新幹線の概要説明（鉄道・運輸機構 鶴谷所長様）

北海道新幹線は、現在新函館北斗～札幌間で建設中であり、この事業の概要について、発注者である鉄道・運輸機構の鶴谷所長様に概要を説明していただきました。

- ・全長は 212 km（うちトンネル区間が約 80%とトンネル区間が非常に多い）
- ・完成時のトンネル内空断面は幅員約 10 m、高さ約 8 m
- ・2019 年 10 月 1 日現在、トンネル工事延長約 155 km、35 工区発注済み（契約率 74%）
- ・2019 年 10 月 1 日現在、全トンネル延長約 170 kmのうち、掘削進捗率は約 21%

(2) 現場概要説明（清水 JV 雨宮副所長様）

北海道新幹線、ニツ森トンネル（尾根内）工区は、余市郡仁木町尾根内を拠点とする新幹線トンネル工事



写真一 鶴谷所長様による事業説明状況



写真二 坑外設備（バルコン、テント）

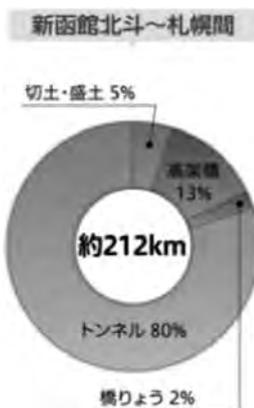
であり、清水 JV の雨宮副所長様に工事概要を説明していただきました。

- ・ニツ森トンネルは全長 12.63 km であり、本坑は中工区（延長 4615 m、斜坑 230 m、工事用道路 2060 m あり）。
- ・2017 年 11 月より斜坑掘削開始、現在は札幌方工区終点まで掘削完了し、新青森方の掘削中。

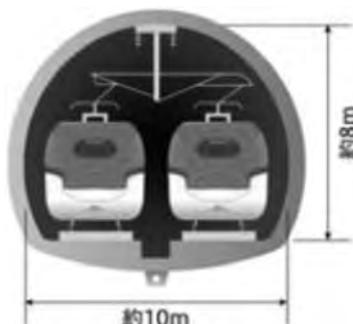
(3) 現場見学（清水 JV 雨宮副所長他皆様にて対応）

朝礼広場で、工事概要等の説明を受けたのち、清水 JV の雨宮副所長様はじめ現場の皆様のご案内で現場見学を行いました。見学は坑外設備をはじめ、斜坑を通過して切羽まで徒歩で行いました。また本坑見学时、途中で発破の時間になり、清水 JV 様の指示によりトンネル坑内の安全な場所で発破の体験もでき、大変貴重な時間となりました。

- ・坑口までの工事用道路沿線は民家が複数あり、工事用車両の通行速度、掘削残土置き場の飛散防止テント等大変配慮されている様子でした。
- ・ずり出しは斜坑の固定バルコン、本坑は連続バルコンを採用しており、坑内環境に配慮されていました。
- ・切羽部のクラッシャは海外製（metso 製）を採用しており、国内製と比較し、ずりの投入口が低く、



図一 2 構造物の種類と延長



図一 3 トンネル標準断面図



写真一三 坑内連続ベルコン（ストレージ）



写真一七 発破後の切羽状況



写真一四 海外製クラッシャ（metso製）



写真一八 記念写真



写真一五 クラッシャへのズリ投入状況



写真一六 安全通路整備状況

サイドダンプ式ホイールローダーでのずり投入の作業性の向上が図られていました。

- ・坑内安全通路は購入砂で敷き詰められ、非常に歩きやすく整備されていました。また重機停止時の見える化対策（キャタピラ上への安全コーンの配置等）も徹底されており、現場の安全に対する意識の高さを感じました。

5. 謝辞

最後に、大変お忙しい中、今回の現場見学のご説明、ご案内をしていただきました鉄道・運輸機構の鶴谷所長様、清水JVの宇治川所長様はじめ現場の皆様、また今回の準備、現場との調整役をして頂いた清水建設(株)藤内委員には厚く御礼申し上げます。

JCMA

【筆者紹介】

佐藤 卓也（さとう たくや）

大成建設(株)

土木本部機械部 次長、

(一社)日本建設機械施工協会

機械部会 トンネル機械技術委員会 副委員長

部 会 報 告

コベルコ建機(株) 大久保事業所 見学会報告

機械部会 基礎工事用機械技術委員会

1. はじめに

機械部会の基礎工事用機械技術委員会では、年間行事として現場見学、工場見学を毎年実施している。今回、兵庫県明石市のコベルコ建機(株) 大久保事業所を見学したので紹介する。

参加者は事務局も含め9名であった。

2. 見学会スケジュール:令和元年6月5日(水)

13:30 : 西明石駅集合
 13:45 ~ 13:55 : 概要説明
 13:55 ~ 14:10 : ビデオ上映
 14:10 ~ 15:20 : 工場見学
 15:20 ~ 16:00 : 質疑応答
 16:30 : 西明石駅到着, 解散

3. 見学会内容

(1) 大久保事業所について

大久保事業所は1960年に設立され、主に移動式クレーン(タイヤ式, クローラ式)の開発, 生産を行っている事業所である。現在の敷地面積は13万平米とこのことで、市街地にある工場としては大規模な工場だと感じた(写真-1)。

始めに、齋藤所長に概要を説明していただいた。大



写真-2 クローラクレーン

写真-3 テレスコピッククローラクレーン



1250t SL16000J-H (SHL仕様)
 写真-4 クローラクレーン



写真-1 大久保事業所

久保事業所はクローラクレーン(写真-2)関係がメインの工場で、月産出荷台数は約40台で年間出荷台数は500台弱とのことである。その中で、約半数が海外へ輸出、残りの半数が国内向けとのことである。

国内向けの中でテレスコピッククローラクレーン(写真-3)の生産割合は、15%くらいとのことである。

商品ラインアップとしては、28機種で50t~1,250tクラス(写真-4)を生産している。

クレーン関係は基本的には受注生産で、受注から平均納期は約11ヶ月ということであり、多種多様な製品を短納期で製作されているという印象を受けた。



写真—5 ラフテレーンクレーン



写真—6 ラチスブームホイールクレーン

(2) 工場見学について

今回の工場見学の中でもラチスブームホイールクレーンに関する説明が大変興味深く感じた。個人的にはホイールクレーンは、自走が可能で、箱型ブームを搭載したラフテレーンクレーン（写真—5）しか知らなかったが、ラチスブームを搭載したラチスブームホイールクレーン（写真—6）を知ることができた。

最初は、ホイールクレーンでラチスブームというのはどんなメリットがあるのだろうかと感じていたが、機動性と吊り能力の向上で港湾向けであるという説明を聞き納得できた。

工場見学はクレーンの組立現場（写真—7）、製缶現場等を拝見したが、全ての現場で整理整頓が確実にされていた。工具、治具などの乱雑さがないことはもちろんであるが、部品も必要ときにアセンブリ作業場に搬入されるのとこと、組み立て待ちの余分な部品などが置かれていることは無かった。

また、ラチスブームの製缶現場ではロボットによるラチスブームの溶接システムを導入しており、生産性向上、溶接品質の安定化を狙っているとことを説明いただいた。



写真—7 クローラクレーン組立現場



写真—8 工場前集合写真

4. おわりに

最後にコベルコ建機大久保事業所の皆様には、当委員会の見学を快くお受けいただき、工場全般を丁寧に説明いただいたことに感謝し、厚く御礼申し上げます。

JCMA

【筆者紹介】

田中 祐介（たなか ゆうすけ）
三和機材㈱ 技術部
オーガー1グループ 部長代理、
（一社）日本建設機械施工協会
機械部会 基礎工専用機械技術委員会 委員



04-408	切羽作業サイクル判定システム	安藤ハザマ
--------	----------------	-------

▶ 概 要

山岳トンネル工事では、通常1.0～2.0mごとに掘削を進める。掘削作業では、①削岩（穿孔・装薬・発破）、②ずり出し、③鋼製支保工建込み、④吹付けコンクリート、⑤ロックボルト打設などの一連の作業を繰り返して行う（図—1）。これらの一連の作業の流れを掘削サイクルといい、各作業工程をタイムテーブルにしたものがサイクルタイムである。サイクルタイム内の各工程はそれぞれクリティカルパスとなることから、トンネル掘削作業の効率化に向けて、各工程のサイクルタイムを把握し、改善することが重要である。しかし、トンネル掘削作業は昼夜を問わず行われ、サイクル間での重機の入替えの際に坑内整備などの雑作業も行われるため、経験のある技術者でなければ、正確にサイクルタイムを算定することが難しい。

これまでに、当社は、サイクルタイムの自動取得に向けて、重機にICタグをつけてログ情報を取得する方法などを試行してきたが、データを集めるための手間や設備の設置に伴うコストが課題であった。

このような背景のもと、近年、トンネル内に常設している切羽の監視カメラに着目し、得られるカメラ画像（写真—1）から、人工知能（AI）を用いてサイクルタイムを取得する「切羽作業サイクル判定システム」を開発した。



図—1 トンネル掘削サイクル



写真—1 切羽監視カメラ画像

▶ 特 徴

掘削サイクルのうち、「削岩とロックボルト打設」と「鋼製支保工建込みと吹付けコンクリート」はそれぞれ同じ重機を用いた類似作業となるため、従来の画像識別技術では、これらを正確に判断することが困難だった。このため、画像識別技術のみで、掘削サイクルの判定精度を向上させるためには、膨大な教師データを必要とした。

そこで、AIによる全体画像の認識技術に、火薬運搬車や吹付け機のエレクターといったオブジェクトを特定する物体検知アルゴリズム YOLO (You Only Look Once:リアルタイムでオブジェクトを検出するアルゴリズム) を組み合わせることで、少ない教師データで類似作業を見分ける仕組みを構築した（写真—2）。

本システムは、トンネル内に常設している切羽監視カメラの画像のみからサイクルタイムを取得することができるため、トンネル内の設備の改造や増設の必要がない。また、過去に記録した切羽の監視カメラの画像データも分析可能である。さらに、AIによる画像識別技術と物体検知アルゴリズムを組み合わせることで、少ない教師データでの分析が可能となり、新規現場に導入する際の学習の手間を最小化することができる。

今後、各トンネル現場に設置している切羽の監視カメラで取得したデータを分析し、施工の無理・無駄を把握して施工効率面・品質面での作業改善を図っていく。



写真—2 YOLOによる物体検知例

▶ 用 途

- ・山岳トンネル工事のサイクルタイム取得

▶ 実 績

- ・今後の新規受注案件に導入予定

▶ 問 合 せ 先

(株)安藤・間 建設本部 先端技術開発部
 〒107-8658 東京都港区赤坂 6-1-20
 TEL：03-6234-3786

新工法紹介

04-409	山岳トンネル CIM 総合管理システム	西松建設
--------	---------------------	------

概要

最近の山岳トンネルにおける CIM は、地質情報を基に詳細な 3 次元地質モデルを作成し、その地質断面図を用いた断層や地質変化点等の予測とともに、削孔検層等の前方探査及び既掘削区間の施工情報を見直すことによる前方地質の予測に活用している。一方で、掘削時に得られた削孔データ等を基に、切羽前方や周辺地山の地質や変位をより高精度に予測・解析するシステムは CIM とは独立して運用しているに留まっている。

当社は、従来の CIM に独自開発した前方探査・変位計測及び数値解析結果を 3 次元モデルで一元管理し、簡便な操作性により高精度な地質・変位予測結果の共有が行える山岳トンネル CIM 総合管理システムを開発した (図-1)。これにより、施工段階における地質や変位予測の更なる精度向上が可能である。



図-1 山岳トンネル CIM 総合管理システム 概要図

特徴

- ①各種データの更新を自動化
各種データを自動的にインポートし、膨大なデータの登録や 3 次元モデルへの反映を省力化できる。
- ②動作遅延を解消
3 次元地質モデルや前方探査・数値解析結果等を統合した詳細なモデルでも、動作遅延を解消できる。
- ③表示切替えによる操作の簡便化
前方探査・予測解析等の各項目の表示切替えが容易なため、任意のデータを簡単に閲覧できる。

活用例

- ①施工計画
事前調査を基にした詳細な 3 次元モデルより、断層や地質の変化点を事前に把握し、事前協議等の対応が迅速化できる。
- ②掘削中
各種前方探査・予測解析データを一元管理し、地質分布や掘削変位の 3 次元的な予測・把握をより高精度に行え、既掘削区間のデータを予測にフィードバックが可能になる。
- ③竣工時
各種データを一元管理しているため、施工全体の品質のトレーサビリティの確保や竣工後の維持管理に活用できる (図-2)。

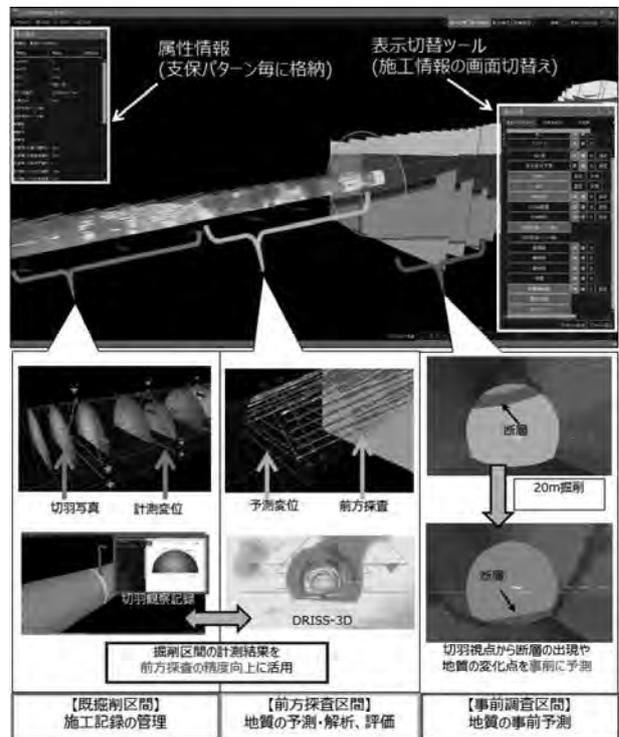


図-2 掘削段階における CIM 活用例

用途

- ・山岳トンネルにおける地質及び変位の高精度な予測、情報共有の迅速化

実績

- ・北海道新幹線、渡島トンネル (台場山)

問合せ先

西松建設(株) 技術研究所 先端技術グループ
〒105-0004 東京都港区新橋六丁目17番21号
TEL: 03-3502-0273

新機種紹介 機関誌編集委員会

▶ 〈02〉 掘削機械

19-〈02〉-08	コマツ ミニショベル PC18MR-5, PC20MR-5, PC25MR-5	'19.11 発売 新機種
------------	---	------------------

新型のミニショベルである。

PC18MR-5は、ブームシリンダを背面配置の構造にしたことにより、ダンプカー荷台への積み込み時や深掘り作業時にシリンダを傷付けることがなく作業できる。さらに従来機から評価の高い複合操作性が加わることで自社従来機に比べて15%（※1）の作業効率の向上を図っている。

PC20MR-5, PC25MR-5は、ブーム根元のブームスイングシリンダを車体の左側に移設したことにより、左スイング時のブームスイングブラケットの車体からはみ出し量を大幅に縮小し、壁際での作業時にシリンダのはみ出しを気にせず安全かつ快適に作業できる。

そのほか、機械質量についてPC20MR-5は、標準仕様だけでなく、キャノピ、アームクレーン仕様でも2t未満に抑えているほか、今回新たに2.5tクラスに追加したPC25MR-5は、フル装備（※2）でも3t未満に収まり、それぞれ2tトラック、3tトラックで輸送できる。

さらに、3機種に共通して、左右どちらからでも乗り降りできるウォークスルーフロア構造を採用したほか、3～5tクラスの上位機種と共通のセミハイバックシートの標準装備と広い足元スペースの確保により居住性の改善を図っている。また、ロックレバーロック解除スイッチや、シートベルト未装着警報機能を追加して安全性の向上を図っている。

表-1 PC18/20/25MR-5の主な仕様

	PC18MR-5	PC20MR-5	PC25MR-5
機械質量 (t)	1.68	1.93	2.48
エンジン定格出力ネット グロス (kW/min ⁻¹) (PS/rpm)	11.8/2600 [16.0/2600]	15.8/2500 [21.5/2500]	
標準バケット容量 (JIS A 8403-4) (m ³)	0.044	0.066	0.08
標準バケット幅 (サイドカッタ含む) (m)	0.4 (0.45)	0.43 (0.5)	
全長 (輸送時) (m)	3.67	3.75	4.045
全幅 (m)	1.28 (※縮小時:0.99)	1.45	1.5
全高 (輸送時) (m)	2.41	2.485	2.52
後端旋回半径 (m)	0.635	0.725	0.76
クローラシュー幅 (m)	0.23	0.25	0.3
価格 (工場裸渡し消費税抜き) (百万円)	3.1	3.4	3.8



写真-1 コマツ PC18MR-5, PC20MR-5, PC25MR-5 ミニショベル (一部オプションが含まれる)

- ※1. 作業量データは自社内実測比較結果による。作業条件により変わる
- ※2. 鉄シュー・ゴムパッド、キャブ、アタッチメント配管、アームクレーン仕様

問合せ先: コマツ コーポレートコミュニケーション部
〒107-8414 東京都港区赤坂2-3-6

▶ 〈03〉 積込機械

19-〈03〉-03	コマツ ホイールローダー WA900-8R	'19.7 発売 新機種
------------	-----------------------------	-----------------

積込作業に自動制御技術を織り込んだ大型ホイールローダーである。

作業負荷に応じた最適なパワー供給システムと低燃費油圧システムにより、燃料消費量を自社従来機に比べ10%低減（※1）している。

また、掘削時に対象物が滑らかにバケット内へ入っていくよう形状を見直した新形状のバケットを標準装備し、作業効率向上を図っている。さらに、作業機にかかる負荷を感知し作業機を自動制御することで掘削開始からすくい込みまでをアクセル操作のみで作業できるオート掘削機能や、V シェーブローディング中にダンプトラックへ近づくと自動で作業機が上昇し、スイッチを押すだけで積み込み作業を可能にするセミオートアプローチ&ダンプシステムを標準装備している。これらの機能により、オペレーターの熟練度に関係なく安定した積み込み量を確保し、生産性の向上と疲労軽減を図っている。

また、鉱山向け大型機械管理システムであるKOMTRAX Plusにより、衛星通信経路で遠隔地からでも車両の「健康状態」や「稼働状態」を把握し機械トラブルを未然に防止するなど車両管理業務の効率化を図っている。ほかに燃料消費量やアイドリングなどの作業情報をもとに、省エネ運転支援レポートなど、ユーザーに有益な情報を提供することでトータルライフサイクルコストの低減を図っている。

- ※1. 自社従来機との比較（自社テスト基準による）。実作業では作業条件により異なる場合がある。

新機種紹介

表—2 WA900-8R の主な仕様

運転質量	(t)	116.4
エンジン定格出力 ネット	(kW [PS]/rpm)	671 [912]/2,050
バケット容量 山刃ロック (チップ式ツース付) /山刃ロック (ツース付 オプション)	(m ³)	13.0/11.5
最大掘起力 (バケットシリンダ)	(kN[kgf])	705[71,900]
全長/全幅 (バケット幅)/全高	(m)	15.355/4.935/5.600
ダンピングクリアランス (45度前傾爪先端まで)	(m)	4.61
ダンピングリーチ (45度前傾爪先端まで)	(m)	2.685
最小回転半径 (最外輪中心)	(m)	9.88
価格 (工場裸渡し消費税抜き)	(百万円)	215



写真—2 コマツ WA900-8R ホイールローダー
(一部オプションが含まれる)

問合せ先：コマツ コーポレートコミュニケーション部
〒107-8414 東京都港区赤坂 2-3-6

▶ 〈08〉トンネル掘削機および設備機械

19-〈08〉-01	鹿島建設 ロックボルト打設専用機 Robodrill P612	'19.07 開発 新機種
------------	---------------------------------------	------------------

山岳トンネル工事におけるロックボルト工のモルタル注入とロックボルト挿入を機械化し、切羽近傍での人による作業をなくし作業員の負担低減を目的に開発されたロックボルト打設専用機である。穿孔・モルタル注入・ロックボルト挿入の一連作業をブーム1本により連続施工ができる。

ホイールローダをベースとして、前方にロックボルト打設専用ブーム1本とバスケットブーム2本を装備し、後方に電動油圧ポンプ、配電盤などを装着している。駆動エンジンは最大出力388kWで、オフロード法2014年基準に適合している。

ロックボルト打設専用ブームは、穿孔用・モルタル注入用・ロックボルト挿入用各フィードおよびロックボルトホルダ、フィード回転軸から成り、各フィードはフィード回転軸を中心に同心円上に配置され、ブームをロックボルト打設位置にセットすると、ブームを動かすことなく穿孔からロックボルトの挿入までの一連の作業を行う。ロックボルトは、ロックボルトホルダに8本と挿入用フィードに1本を搭載可能であり、ロックボルト長3m、4mに対応している。

表—3 Robodrill P612 の主な仕様

総重量	(t)	46
ベースマシン全長※ブーム含まず	(mm)	10,124
ベースマシン全幅	(mm)	3,200
ベースマシン全高	(mm)	4,295
削岩機重量	(kg)	142
穿孔用フィード長	(mm)	4,068
モルタル注入用フィード長	(mm)	4,000
ロックボルト挿入用フィード長	(mm)	4,717
ロックボルト打設専用ブームストローク長	(mm)	1,750
エンジン最大出力	(kW)	388
エンジン最大回転数	(rpm)	2,100
電動モータ容量	(kW) × (台)	75 × 2
価格	(円)	-

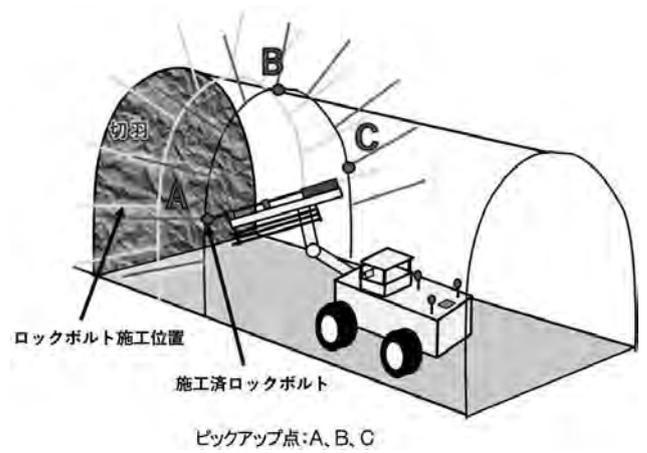


写真—3 鹿島 Robodrill P612 ロックボルト打設専用機



図一 1 Robodrill P612 ロックボルト打設専用ブーム

ロックボルトの施工位置は、ガイダンス機能（特許出願中）により位置決めを行う。これは、予め入力した支保パターンと進行長を選択し、1つ手前の施工済ロックボルト頭部の位置を穿孔用フィード先端部により3点（図一2に記載のA点、B点、C点）ピックアップすることによって、相対的に当該断面位置を算出し、その断面内においてロックボルトの打設位置と角度をキャビン内の画面に表示



図一 2 Robodrill P612 ガイダンス機能の構成

してガイダンスするものである。

切羽近傍での人力作業をなくし安全性の向上をロックボルト挿入の機械化により、作業員の負担の軽減を図っている。実施工では、穿孔からロックボルト挿入までの作業をオペレータ1名により機械操作のみで行えることを確認している。

問合せ先：鹿島建設株式会社 機械部 技術1グループ
〒107-8348 東京都港区赤坂6-5-11

建設機械産業の現状と今後の予測

1. はじめに

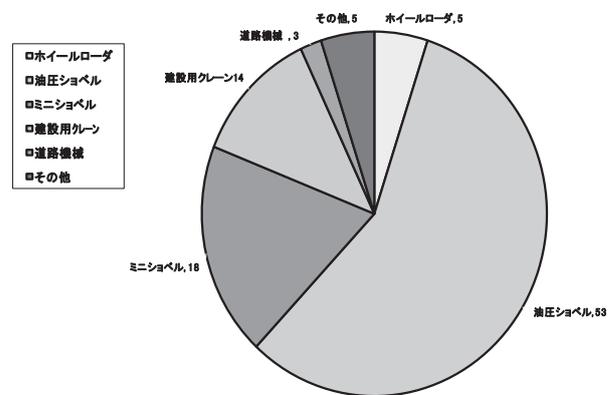
当業界は、100年に一度と言われる世界同時不況となった2009年度から一転、2010年度にはV字回復した。2011年度も内需は震災復興の需要、外需は新興国、資源開発国向けの需要を中心に好調に推移した。2012年度は、内需は震災復興需要等で継続的に良かったものの、外需は世界的な景況の悪化から減少に転じた。2013年は震災復興の本格化、排ガス規制継続生産猶予期間終了前の旧規制機の需要増で再び2011年度並みに回復した。2014年度は国内に一部機種に反動減が見られたものの、輸出が好調に推移し、2年連続で増加したものの、2015、2016年度は輸出が反動減となり、2年連続で減少となった。北米等の需要が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

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、主力機種を中心に国内向けが大きく増加し、再

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、1兆5,747億円前で前年比約10%減少し、2005



総額 18,006 億円

図-2 機種別生産金額構成比

出典：経済産業省 機械動態統計

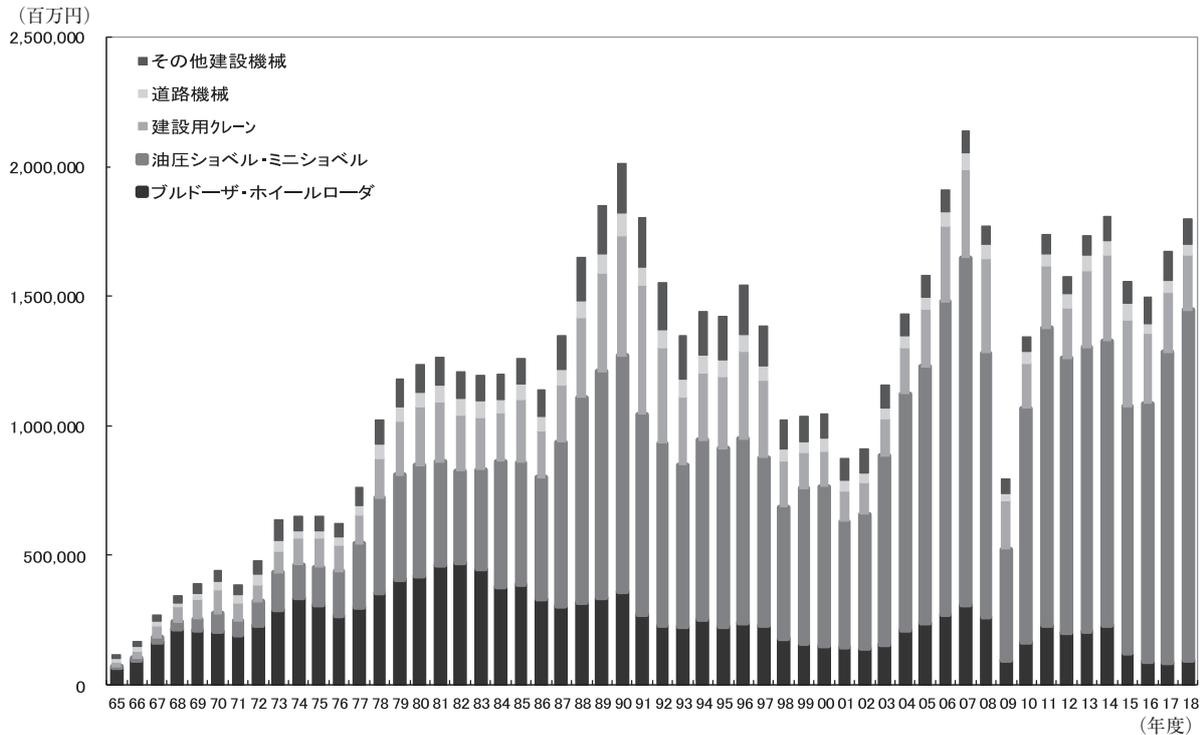
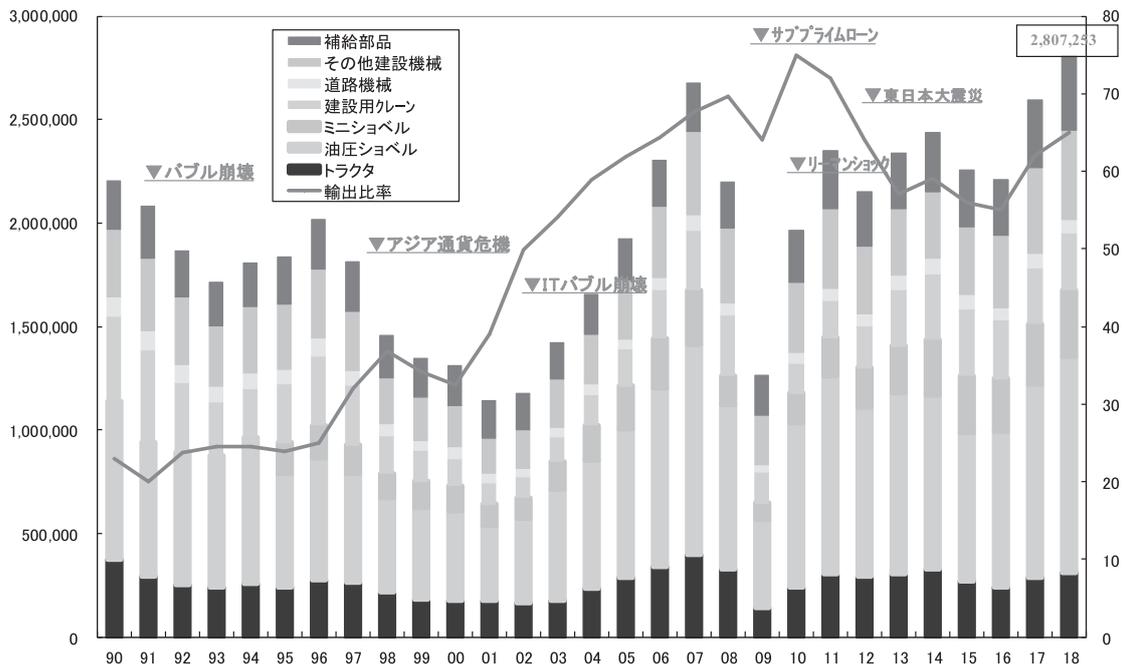


図-1 生産金額推移(総合計)

出典：経済産業省 機械動態統計



図一 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

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、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。

機種別の詳細は図一 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 (図一 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気低迷により、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た。

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、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。

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 地域で半分以上を構成比となっている (図一 5 参照)。

2018 年度は、最大輸出先の北米向けの需要が堅調で 37% となった。また、欧州向けの構成比は昨年に引き続き 22% と好調に推移している (図一 6 参照)。

3. 今後の建設機械産業の展望

当工業会は 2019 年 8 月末に建設機械産業の 2019 ~ 2020 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。

2019 年度の国内出荷は、一部機種の 2014 年次排ガス規制生産猶予期間終了に伴う旧型機需要の反動減の影響がなくなり、上期計では、油圧ショベルの前年比 21% 増加を始め全機種が増加すると見込み、4,255 億円 (前年同期比 10% 増加)、下期は、消費税増税前

統計

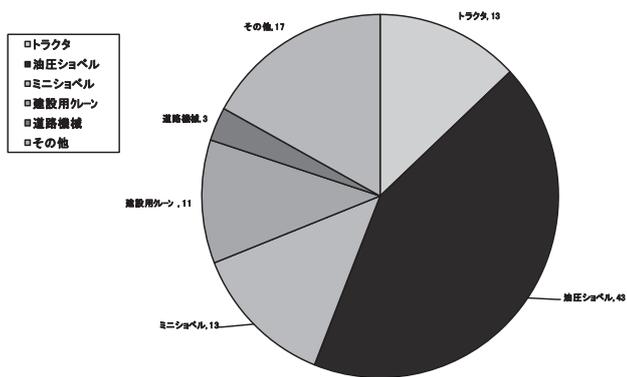


図-4 機種別出荷金額構成比

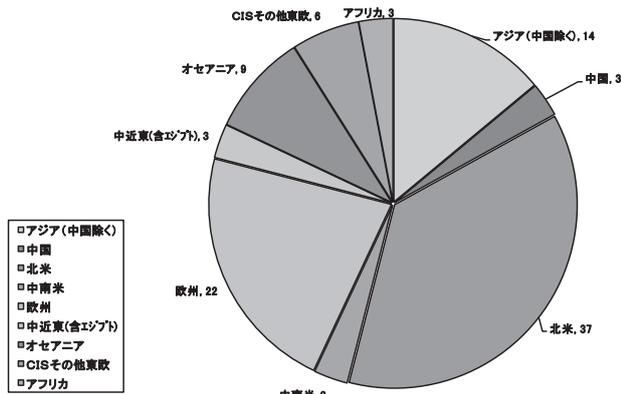


図-5 地域別輸出額構成比

※ 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

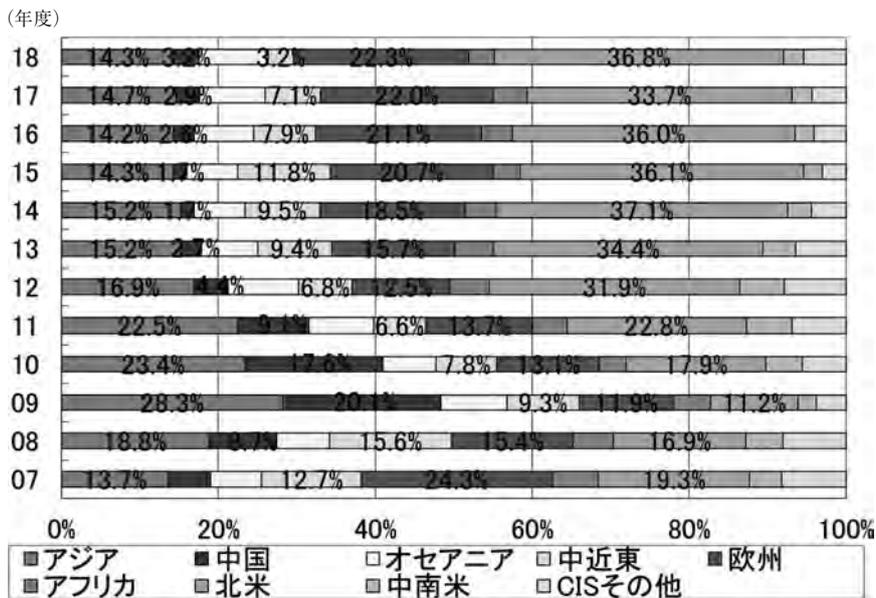


図-6 新車輸出の推移

の駆け込み需要の反動減が想定され、下期計では、4,773 億円 (前年同期比 2% 減少) と予測した。この結果、2019 年度合計では、9,028 億円 (前年同期比 3% 増加) となり 2 年連続で増加すると予測した。2020 年度は、安定した建設投資が継続するものの、設備投資及び住宅投資の減少が予測され、上期計では、4,076 億円 (前年同期比 4% 減少)、下期計では、4,676 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、8,752 億円 (前年同期比 3% 減少) となり、3 年振りの減少と予測した。

2019 年度の輸出は、北米及び欧州は引き続き堅調に推移するものの、アジア及びオセアニアの需要減少により、5 機種が減少し、上期計では 7,534 億円 (前年同期比 1% 減少)、下期は、上期同様に北米及び欧州は堅調に推移するもののアジア等の需要が減少すると

見込まれ、下期計では、7,952 億円 (前年同期比 3% 減少) と予測した。この結果、2019 年度合計では、1 兆 5,486 億円 (前年同期比 2% 減少) となり、3 年振りに減少すると予測した。2020 年度は、引き続き北米を中心に他の地域も高水準で推移するものの、上期計では 7,418 億円 (前年同期比 2% 減少)、下期計では 7,856 億円 (前年同期比 1% 減少) と予測した。この結果、2020 年度合計では、1 兆 5,274 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。

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% を超えてきている。

現状、輸出は高水準で推移しているが、海外の状況はドラステッ

統 計

表一 建設機械需要予測
2019年度予測

上段：金額 百万円
下段：対前年同期比指数 %

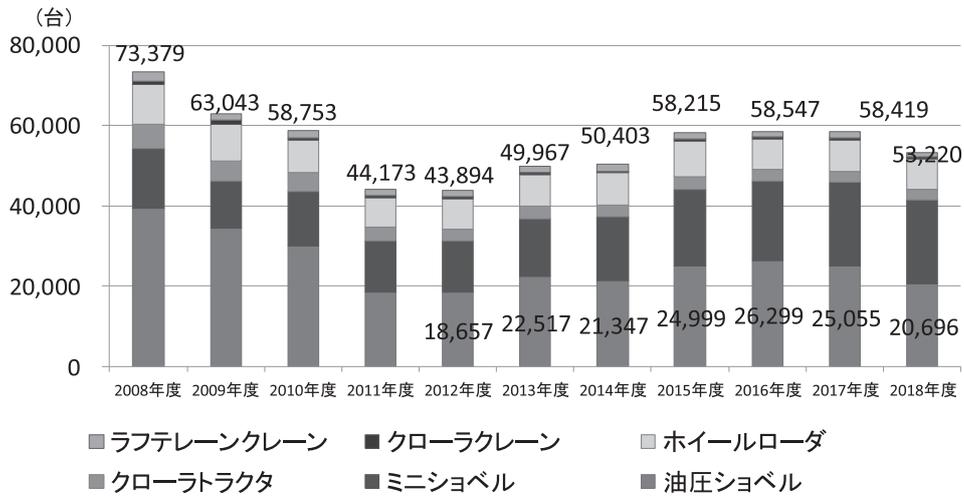
	上期見込			下期予測			年度予測		
	国内	輸出	合計	国内	輸出	合計	国内	輸出	合計
トラクタ	45,800	85,600	131,400	75,100	94,900	170,000	120,900	180,500	301,400
	105	95	98	96	95	95	99	95	97
油圧ショベル	141,500	367,800	509,300	152,100	393,500	545,600	293,600	761,300	1,054,900
	121	100	105	99	97	98	109	98	101
ミニショベル	42,800	111,600	154,400	46,300	121,900	168,200	89,100	233,500	322,600
	105	104	104	95	99	98	100	101	101
建設用クレーン	92,500	42,500	135,000	97,500	46,000	143,500	190,000	88,500	278,500
	103	106	104	96	105	99	99	106	101
道路機械	19,800	14,300	34,100	18,700	13,900	32,600	38,500	28,200	66,700
	116	85	101	100	92	96	108	88	99
コンクリート機械	13,300	500	13,800	14,900	500	15,400	28,200	1,000	29,200
	101	101	101	99	102	99	100	108	100
基礎機械	22,800	1,900	24,700	23,000	1,900	24,900	45,800	3,800	49,600
	108	90	106	103	87	102	105	89	104
油圧ブレーカ 油圧圧砕機	9,700	4,900	14,600	10,600	4,900	15,500	20,300	9,800	30,100
	100	98	99	98	98	98	99	97	98
その他建設機械	37,300	124,300	161,600	39,100	117,700	156,800	76,400	242,000	318,400
	111	96	99	100	97	98	105	96	98
合 計	425,500	753,400	1,178,900	477,300	795,200	1,272,500	902,800	1,548,600	2,451,400
	110	99	103	98	97	98	103	98	100

2020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	45,300	85,600	130,900	76,600	94,900	171,500	121,900	180,500	302,400
	99	100	100	102	100	101	101	100	100
油圧ショベル	137,300	360,400	497,700	150,600	389,600	540,200	287,900	750,000	1,037,900
	97	98	98	99	99	99	98	99	98
ミニショベル	42,800	109,400	152,200	46,300	119,500	165,800	89,100	228,900	318,000
	100	98	99	100	98	99	100	98	99
建設用クレーン	86,000	44,600	130,600	90,700	47,400	138,100	176,700	92,000	268,700
	93	105	97	93	103	96	93	104	96
道路機械	16,600	14,300	30,900	17,800	14,300	32,100	34,400	28,600	63,000
	84	100	91	95	103	98	89	101	94
コンクリート機械	12,600	500	13,100	14,200	500	14,700	26,800	1,000	27,800
	95	94	95	95	90	95	95	100	95
基礎機械	22,100	1,700	23,800	22,500	1,700	24,200	44,600	3,400	48,000
	97	87	96	98	87	97	97	89	97
油圧ブレーカ 油圧圧砕機	9,100	4,700	13,800	10,200	4,700	14,900	19,300	9,400	28,700
	94	96	95	96	96	96	95	96	95
その他建設機械	35,800	120,600	156,400	38,700	113,000	151,700	74,500	233,600	308,100
	96	97	97	99	96	97	98	97	97
合 計	407,600	741,800	1,149,400	467,600	785,600	1,253,200	875,200	1,527,400	2,402,600
	96	98	97	98	99	98	97	99	98

統計



図一 機種別中古車輸出台数推移
データ出典：財務省貿易統計

クに動くことが多く、外的要因で状況が大きく変わる局面にあり、先行き予断を許さない。

国内需要と相関関係のある中古車輸出については、2018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、ブルドーザ、クローラクレーン、ラフテレーンクレーン）で、約5万3千台が輸出された（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年は2年連続して減少となった。為替等外的な要因もあるかもしれないが、落ち着いてきている。

前年比較で油圧ショベルが5千台程度減少しており、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。転換期を迎えている可能性もあるため、状況の変化をしっかりと確認したい。

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、継続してウオッチしていきたい。

【筆者紹介】

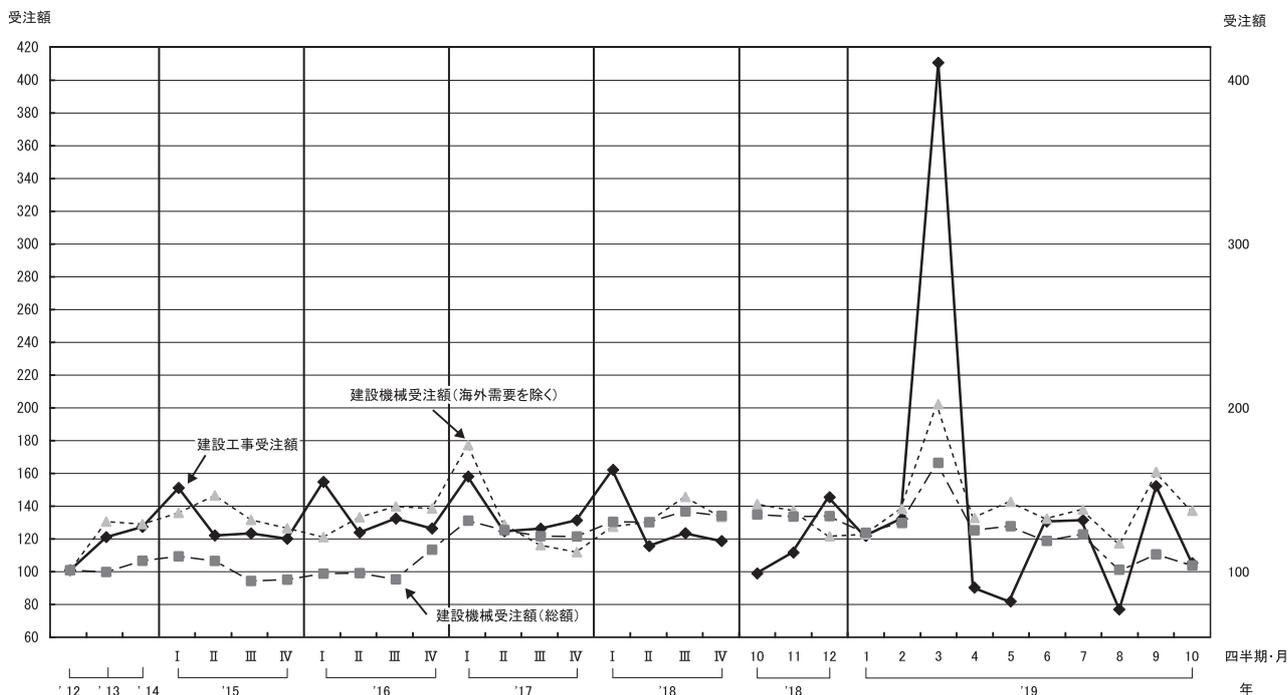
内田 直之（うちだ なおゆき）
（一社）日本建設機械工業会
業務部次長



統計 機関誌編集委員会

建設工事受注額・建設機械受注額の推移

建設工事受注額：建設工事受注動態統計調査(大手50社) (指数基準 2012年平均=100)
 建設機械受注額：建設機械受注統計調査(建設機械企業数24前後) (指数基準 2012年平均=100)



建設工事受注動態統計調査 (大手 50 社)

(単位：億円)

年 月	総 計	受 注 者 別						工 事 種 類 別		未消化 工事高	施工高
		民 間			官 公 庁	そ の 他	海 外	建 築	土 木		
		計	製 造 業	非製造業							
2012年	110,000	73,979	14,845	59,133	26,192	4,896	4,933	76,625	33,374	113,146	111,076
2013年	132,378	89,133	14,681	74,453	31,155	4,660	7,127	90,614	41,463	129,076	120,941
2014年	139,286	80,477	16,175	64,302	43,103	4,822	10,887	86,537	52,748	138,286	125,978
2015年	141,240	96,068	19,836	76,235	35,633	4,993	4,546	95,959	45,281	141,461	141,136
2016年	146,991	99,541	17,618	81,923	38,894	5,247	3,309	98,626	48,366	151,269	134,037
2017年	147,828	101,211	20,519	80,690	36,650	5,183	4,787	99,312	48,514	165,446	137,220
2018年	142,169	100,716	24,513	76,207	30,632	8,561	5,799	95,252	46,914	166,043	141,691
2018年 10月	8,982	6,236	1,417	4,820	2,029	430	285	6,052	2,930	170,072	9,948
11月	10,161	7,584	1,656	5,929	1,869	325	383	7,261	2,900	168,450	11,647
12月	13,271	10,259	2,337	7,922	2,295	394	323	9,283	3,988	166,043	15,551
2019年 1月	11,088	7,006	1,799	5,207	2,713	314	1,054	6,304	4,783	166,472	9,832
2月	12,055	8,533	1,375	7,158	2,966	382	174	8,339	3,716	165,316	12,640
3月	37,732	29,551	3,326	26,225	6,349	426	1,406	29,178	8,554	181,913	21,085
4月	8,183	6,409	1,394	5,015	1,282	369	124	4,853	3,331	179,654	9,115
5月	7,410	5,107	1,322	3,785	1,588	375	340	4,951	2,459	177,577	9,975
6月	11,907	8,683	3,285	5,398	2,583	449	193	8,455	3,453	179,151	13,337
7月	11,979	8,579	2,677	5,901	1,943	464	994	8,102	3,878	180,203	9,909
8月	6,959	4,537	1,182	3,356	1,797	400	225	4,223	2,737	176,631	11,413
9月	13,899	10,465	2,088	8,377	2,523	556	356	10,217	3,682	174,182	16,096
10月	9,558	7,314	1,812	5,502	1,674	321	249	6,979	2,579	-	-

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	12年	13年	14年	15年	16年	17年	18年	18年 10月	11月	12月	19年 1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
総 額	17,343	17,152	18,346	17,416	17,478	21,535	22,923	1,940	1,921	1,925	1,777	1,864	2,397	1,799	1,835	1,705	1,763	1,449	1,586	1,487
海外需要	12,357	10,682	11,949	10,712	10,875	14,912	16,267	1,356	1,353	1,423	1,270	1,292	1,558	1,250	1,245	1,158	1,193	965	920	920
海外需要を除く	4,986	6,470	6,397	6,704	6,603	6,623	6,656	584	568	502	507	572	839	549	590	547	570	484	666	567

(注) 2012～2014年は年平均で、2015～2018年は四半期ごとの平均値で図示した。
 2018年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

(2019年11月1日～30日)

機械部会



■トンネル機械技術委員会

月日：11月5日(火)

出席者：橋伸一委員長ほか17名

議題：①技術講演会について(開催案内の内容確認) ②日立建機(株)(常陸那珂臨港工場)見学会の詳細確認 ③トンネル工事全般に係わる安全技術に関するアンケート調査について(各回答企業との意見交換)

■ダンプトラック技術委員会

月日：11月7日(木)

出席者：渡辺浩行委員長ほか5名

議題：①各社トピックス：日立建機：ダンプトラックのトロリー架線逸脱防止装置の紹介 ②安全装置/システムに関する輪講：安全対策へのドローン技術活用事例の紹介 ③ホームページの見直し：掲載動画の検討

■基礎工専用機械技術委員会

月日：11月13日(水)

出席者：遠藤智委員長ほか12名

議題：①三信建設工業(株)の技術プレゼン：高圧噴射攪拌工法について ②各社トピックス：(株)技研製作所 ジャイロプレス工法の説明、前田建設工業(株)施設紹介 ③前田建設工業(株)ICI総合センター見学会の説明

■路盤・舗装機械技術委員会 幹事会

月日：11月14日(木)

出席者：山口達也委員長ほか10名

議題：①R元年度活動計画の推進状況の確認 ②下期総会の発表内容、時間割の確認について ③工場・現場見学会の最終確認 ④「ISO15143 土工機械及び走行式道路工事機械・施工現場情報交換経緯」の説明(標準部)

■原動機技術委員会

月日：11月21日(木)

出席者：工藤睦也委員長ほか18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次期排出ガス規制対応部会(10/30開催)の概要報告 ④海外排出ガス規制の動向に関する情報交換：中国GB4排出ガス規制に関する情報 ⑤油脂技術委員会より「バイオ燃料に関する最近の話題」

■除雪機械技術委員会・ロータリ分科会

月日：11月26日(火)

出席者：太田正樹委員長ほか4名

議題：①ロータリ安全装置について：具体的な構造案協議、具体的な仕様取り決め、国土交通省への上申について

■路盤・舗装機械技術委員会 見学会

(独)水資源機構 浦山ダム・日本キャタピラー D-Tech Center 見学

月日：11月27日(水)

参加者：奥澤昌副委員長ほか29名

見学内容：①浦山ダムの内部及び防災資料館見学(ダム職員の方からの説明) ②日本キャタピラー D-Tech Center 施設およびデモンストレーションの見学 ③質疑応答

■情報化機器技術委員会

月日：11月29日(金)

出席者：白塚敬三委員長ほか9名

議題：①自動車でのサイバーセキュリティと機能安全との関連性に関する情報共有：サイバーセキュリティについて(UNECE WP29, ISO/SAE 21434) ②規制・規格の最新情報の共有 ③機械部会幹事会(10月開催)の概要報告

標準部会



■ISO/TR 11152 エネルギー消費量試験方法 事前会議

月日：11月6日(水)

出席者：正田明平標準部会長(コマツ)ほか19名(Web参加2名含む)

場所：会館内会議室

議題：①ISO/TR 11152の検討再開に向けた打合せ ②12月9～10日のISO/TC 127/SC 1/WG 6国際WG会議に備えて国内関係者の情報共有 ③過去の検討経緯、最新ドラフト、JCMAS H020～H022制定経緯、予想される議論の確認

■ISO/TC 195 神戸国際会議

月日：11月18日(月)～22日(金)

出席者：川上晃一SC1国際議長(日工)ほか69名(Web参加3名含む)

場所：神戸商工会議所

議題：①WG9会議(11/18～11/19午前)：自走式道路建設機械の安全要求 ②WG5会議(11/19午後)：道路建設及び維持用機器-用語及び仕様 ③SC1総会(11/20)：コンクリート工事用機械及び装置 ④SC2/WG1会議(11/21)：道路作業機械-冬期保守用機器 ⑤TC195総会(11/22)：建設用機械及び装置

■ISO/TC 127/SC 3/WG 5 施工現場情報交換 特設有志会合

月日：11月28日(木)

出席者：正田明平標準部会長(コマツ)ほか15名(Web参加3名含む)

場所：協会会議室

議題：12月3日～6日のISO/TC 127/SC 3/WG 5国際WG会議に備えて対応方針検討(ISO/AWI TS 15143-4各特設チーム活動)…①サーバー間交信・Localization(現場座標系)・作業結果・プロジェクトデータ ②デジタル地形モデル(ISO/AWI TS 15143-4全般) ③第1部、第2部との整合・盛土工に関する国内基準の紹介・メンテナンス機関 ④国際WG会議の出席予定者確認

建設業部会



■機電交流企画WG

月日：11月13日(水)

出席者：松本清志主査ほか8名

議題：①機電職就活パンフについて ②令和元年度機電技術者意見交換会アンケートについて ③その他

■三役会

月日：11月26日(火)

出席者：藤内隆部会長ほか4名

議題：①各WG報告 ②2019年度見学会について ③その他

各種委員会等



■機関誌編集委員会

月日：11月6日(水)

出席者：見波潔委員長ほか21名

議題：①令和2年2月号(第840号)計画の審議・検討 ②令和2年3月号(第841号)素案の審議・検討 ③令和2年4月号(第842号)編集方針の審議・検討 ④令和元年12月号～令和2年1月号(第838～839号)の進捗状況報告・確認

■建設経済調査分科会

月日：11月20日(水)

出席者：山名至考分科会長ほか3名

議題：①「建設業の状況」原稿確認 ②安全関係・過去の災害統計等資料の収集報告 ③その他

■新機種調査分科会

月日：11月25日(月)

出席者：江本平分科会長ほか5名

議題：①新機種情報の持ち寄り検討 ②新機種紹介データまとめ ③その他

支部行事一覧

北海道支部



■建設技術担い手育成プロジェクト（帯広高校出前授業）

月 日：11月7日（木）
場 所：帯広工業高校
受講者：環境土木工学科2年生40名
内 容：①現場で利用される3次元測量（座学）②TS、GNSS3次元測量（実習）③ICT建機（実習）④建設VR体験⑤UAV空中写真測量（実習）
講師等：鈴木勇治プロジェクトリーダーほか

■i-Construction 施工講習説明者認定試験及び更新講習

月 日：11月15日（金）
場 所：札幌市（かでの2・7）
試験受検者：15名
講習受講者：13名

■令和元年度除雪機械展示・実演会出席者会議

月 日：11月21日（木）
場 所：出光カルチャーパークグラウンド及び苫小牧市民会館2F会議室
出席者：本部水口企画部長ほか38名
議題等：①展示実演会場確認②実施要領の説明③質疑応答

東北支部



■第1回 EE 東北 2020 実行委員会

月 日：11月5日（火）
場 所：仙台市 TKP ガーデンシティ勾当台
出席者：西尾崇東北地方整備局企画部長ほか34名
内 容：①EE東北'19決算・監査報告②EE東北2020組織（案）③EE東北2020実施方針（案）④EE東北2020予算（案）

■除雪講習会

⑮仙台会場
月 日：11月6日（水）
場 所：宮城県仙台市 フォレスト仙台
受講者：219名

■2019年度 外国人試験・試験監督員研修会

月 日：11月11日（月）～12日（火）
場 所：施工技術総合研究所
参加者：渡辺和弘業務執行理事ほか22名
内 容：①上級試験採点実習②技能評

価部の新設について③今年度の試験実施状況について④今後の試験体制の整備等⑤試験官の不足等⑥学科試験問題、機械運転要領、学科の教本について

■技術部会現場研修会

月 日：11月18日（月）～19日（火）
場 所：岩木川ダム統合管理事務所 津軽ダム管理支所
出席者：技術部会委員ほか10名
内 容：①津軽ダム管理設備の概要説明②津軽ダム管理設備の視察

■情報化施工技術委員会 第3回 幹事会

月 日：11月26日（火）
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11名

議 題：①EE東北202030周年記念イベント「i-Construction 体験広場（仮称）」について②R1年度1から2月の予定③次年度活動に向けて

■岩手県金ヶ崎町の i-Construction (ICT 活用工事) セミナーに関する打合せ

月 日：11月27日（水）
場 所：東北支部 事務局会議室
出席者：岩手県金ヶ崎町 総合政策課 今野和也主幹ほか3名
議 題：①開催日程について②実施体制について③資料について

北陸支部



■i-Construction 施工講習説明者 認定試験

月 日：11月5日（火）
場 所：興和ビル7F会議室
受検者：2名

■i-Construction 施工講習説明者 更新講習

月 日：11月5日（火）
場 所：興和ビル10F会議室
受講者：6名

■除雪作業に関する安全講習会

月 日：11月5日（火）～6日（水）
場 所：阪神高速技術㈱ 大阪市西区西本町1丁目4-1オリックスビル1F
講師派遣：穂刈正明企画部会長
参加者：約100名

■北陸雪氷シンポジウム 2019

月 日：11月12日（火）
場 所：ホテルニューオータニ長岡
パネルディスカッション：道路雪対策を維持的に発展させていくためには？
パネルスト出席者：穂刈技師長（機械開発）
参加者：350名

■河川・ダム維持管理技術向上検討会議

月 日：11月20日（水）～21日（木）
場 所：駅南貸会議室 KENTO（プラウカ32階）
出席者：ダム技術研究会 WEM 委員 堤雄生事務局長
参加者：約60名

中部支部



■第2回運営委員会

月 日：11月1日（金）
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20名
議 題：上期事業報告及び上期経理概況について

■建設 ICT 出前授業

①岐阜県立高山工業高等学校
月 日：11月5日（火）
受講者：建築インテリア科1年39名
②静岡県立科学技術高等学校
月 日：11月14日（木）
受講者：都市基盤工学科2年40名
③愛知工業大学
月 日：11月25日（月）、27日（水）
受講者：工学部土木工学科1年約140名、2年約130名

■技術・調査部会

月 日：11月6日（水）
出席者：青木保孝ほか部会員11名
議 題：技術発表会原稿査読及び準備について

■道路除雪講習会

月 日：11月8日（金）
場 所：岐阜県高山市飛騨・生活文化センター
受講者：43名

■道路除雪講習会

月 日：11月13日（水）
場 所：名古屋市中小企業振興会館
受講者：73名

■令和元年度公共工事（道路清掃関係）の諸課題に関する意見交換会

月 日：11月15日（金）
場 所：NDB名古屋ダイヤビルディング
参加者：中部地方整備局 野田茂樹道路部道路管理課長ほか3名
中部支部 川西光照企画部会長ほか会員12社
（一社）日本道路清掃技術協会 亀田丈司 理事長ほか会員6社等

■ICT 施工講習会

①静岡会場
月 日：11月15日（金）
場 所：静岡県建設業協会
参加者：約60名

②岐阜会場

月 日：11月20日(水)
場 所：サンレイラ岐阜
参加者：約60名

③三重会場

月 日：11月27日(水)
場 所：三重県教育館
参加者：約60名

■技術講演会及び技術発表会

月 日：11月20日(水)
場 所：名古屋市中企業振興会館
参加者：86名

■広報部会

月 日：11月22日(金)
出席者：濱地仁部会長ほか7名
議 題：支部だよりの校正について

関西支部



■i-Construction 施工 講習説明者認定試験

月 日：11月6日(水)
場 所：エル・おおさか
受検者：7名

■i-Construction 施工 講習説明者更新講習

月 日：11月6日(水)
場 所：エル・おおさか
受講者：6名

■企画部会

月 日：11月13日(水)
場 所：関西支部会議室
出席者：村中浩昭企画部会長以下7名
議 題：①令和元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 ③今後の予定

■「ふれあい土木展 2019」出展

月 日：11月15日(金)～16日(土)
場 所：近畿技術事務所
入場者：2,391人
テーマ：①「情報化施工の普及促進」
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

■除雪機械運転技術講習会

月 日：11月22日(金)
場 所：今庄365スキー場
参加者：64名
内 容：①除排雪作業に伴う労働災害の防止について ②メンテナンス実技指導 ③除雪機械運転における留意点について ④除雪作業の施工に関する留意事項について

■運営委員会

月 日：11月26日(火)
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24名
議 題：①令和元年度上半期事業報告
②令和元年度上半期経理概況報告

③その他

■建設用電気設備特別専門委員会(第456回)

月 日：11月27日(水)
場 所：中央電気倶楽部 会議室
議 題：①「JEM-TR121 建設工事用電機設備機器点検保守のチェックリスト」見直し検討 ②その他

中国支部



■令和元年度新技術活用等現場研修会

月 日：11月7日(木)
場 所：山陰道 三隅・益田道路(鎌手地区・遠田地区・岡見地区)
参加者：23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

■第3回部会長会議

月 日：11月8日(金)
場 所：広島YMCA 会議室
出席者：鷺田治通企画部会長ほか7名
議 題：①運営委員会(秋季)について ②令和元年度意見交換会の準備状況について ③その他懸案事項

■秋季運営委員会

月 日：11月14日(木)
場 所：広島YMCA 会議室
出席者：河原能久支部長ほか22名
議 題：①令和元年度上半期事業報告に関する件 ②令和元年度上半期経理状況報告に関する件 ③令和元年度下半期事業実施計画(案)について ④その他懸案事項

■第2回広報部会

月 日：11月25日(月)
場 所：中国支部事務所
出席者：錦織豊部会長ほか3名
議 題：①広報誌(CMnavi)53号の編集、発行について ②広報誌(CMnavi)54号の編集について ③支部ホームページの見直しについて ④その他懸案事項

四国支部



■R1 災害情報伝達訓練(協会独自)

月 日：11月1日(金)
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43社
伝達手段：E-mail

■R1 秋季合同部会幹事会

月 日：11月5日(火)
場 所：建設クリエイティブビル第1会議室

(高松市)

出席者：宮本正司企画部会長ほか19名
議 題：①R1上半期事業報告 ②R1上半期収支状況報告 ③R1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 2019in 四国」

月 日：11月6日(水)～7日(木)
場 所：国土交通省 四国技術事務所(高松市)
参加者：38名

内 容：【実務講習】点群ソフトによる実習体験、3次元設計データ作成、出来形帳票の作成 【出来形計測】計測機器を用いた付帯構造物出来形計測の実践

■R1 第2回運営委員会

月 日：11月18日(月)
場 所：ホテルマリンパレスさぬき(高松市)
出席者：長谷川修一支部長ほか22名
議 題：①R1上半期事業報告 ②R1上半期収支状況報告 ③R1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「ドローン操作訓練」

月 日：11月19日(火)
場 所：国営讃岐まんのう公園(多目的広場)
共催者：(一社)建設コンサルタンツ協会 四国支部、(一社)四国クリエイティブ協会、(一社)日本建設機械施工協会 四国支部、(一社)日本補償コンサルタンツ協会 四国支部、(株)建設マネジメント四国

参加者：共催団体から3社16名、ドローン5機、JCMS 四国支部会員会社から1社3名参加、支部からは事務局長が参加

内 容：公園休園日を利用して、災害発生時に迅速に対応するため、各社所有のドローンを用いて訓練を実施

■共催事業「ICT 施工経営者講習会 2019 in 四国」

月 日：11月20日(水)
場 所：国土交通省 四国地方整備局(高松市)
参加者：60名

内 容：i-Construction に積極的に取り組んでいる2社から取組についての紹介(株)川畑建設、(株)山口土木

■R1JCMS 四国支部「建設施工研修会」

月 日：11月26日(火)
場 所：建設クリエイティブビル第1会議室(高松市)

参加者：37名
内 容：「フロート式プラスチックボートドレーン工法」等、全15件の建設記録映像DVDを上映

九州支部



■令和元年度Ⅱ期 i-Construction (活用編) 技術講習会 (大分会場)

月 日：11月6日(水)
場 所：ビーコンプラザ1階 中会議室
受講者：44名
内 容：①国土交通省の i-Construction への取組み ② ICT 工事優秀施工者の実施体験講話 (国土交通行政功労表彰) ③衛星測位の活用 ④ ICT 活用技術 (出来形管理要領の解説と運用) ⑤ソフトウェアの効果的活用

■令和元年度Ⅱ期 i-Construction (活用編) 技術講習会 (熊本会場)

月 日：11月12日(火)

場 所：火の国ハイツ2階瑞鳳
受講者：111名
内 容：①国土交通省の i-Construction への取組み ② ICT 工事優秀施工者の実施体験講話 (国土交通行政功労表彰) ③衛星測位の活用 ④ ICT 活用技術 (出来形管理要領の解説と運用) ⑤ソフトウェアの効果的活用

■企画委員会

月 日：11月13日(水)
場 所：博多グリーンホテル2号館 2F 第11会議室
出席者：企画委員長ほか10名
議 題：①第2回運営委員会資料について ②令和元年度 i-Construction 技術講習会の実施状況について ③建設行政講演会の開催について ④その他

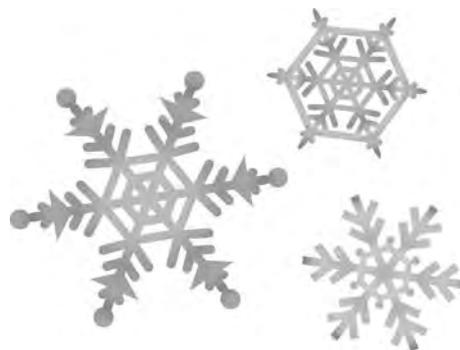
■第2回運営委員会

月 日：11月13日(水)
場 所：博多グリーンホテル2号館 2F 第11会議室

出席者：松嶋支部長ほか24名
議 題：①令和元年度上半期事業報告 ②令和元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

■令和元年度Ⅱ期 i-Construction (活用編) 技術講習会 (鹿児島会場)

月 日：11月28日(木)
場 所：鹿児島県市町村自治会館 401号室
受講者：55名
内 容：①国土交通省の i-Construction への取組み ② ICT 工事優秀施工者の実施体験講話 (国土交通行政功労表彰) ③衛星測位の活用 ④ ICT 活用技術 (出来形管理要領の解説と運用) ⑤ソフトウェアの効果的活用



編集後記

新年明けましておめでとうございます。年号が、令和になり初めてのお正月を迎え、皆さまには健やかに新春をお迎えのこととお慶び申し上げます。

1月号の特集ですが恒例ではありませんが、「建設機械特集」であり、幅広く機械について最新の情報を紹介出来ればと思いました。

巻頭言は、田崎会長より新年の挨拶と働き方改革について執筆をいただきました。

行政情報は、国土交通省の方より建設機械の環境性能と除雪機械の高度化について解説いただきました。

報文については、今回は10編ほどあり建設機械の新技术、ICT、IoT、無人化、情報化施工、ロボット化、性能向上、安全性などをキー

ワードとして昨年市場に出たばかりの機械などを紹介しております。

交流のひろばでは、建設業界への新たな取り組みとして、女性技術者や女性技能者の発掘や女性の働きやすい環境を求めた建設業の魅力を紹介しました。

昨年は、新天皇即位と元号の改正、ラグビーのさくら日本の健闘、台風などの自然災害、消費税増税などいろいろな事があった年でありました。今年は、東京オリンピック・パラリンピックの年です。どのような年になるのでしょうか！ 災害などの無い明るい日本が訪れますように！！

最後になりますが、ご多忙の中にも関わらず、本号の執筆を快諾くださいました著者の方々に厚く御礼を申し上げます。

(村上・新井)

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
竹迫 勝久	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)
玉記 聡	(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
村上 進	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「新しい建設材料特集」予告

・「建設発生土の官民有効利用マッチングシステム」を活用した建設発生土の有効利用 ・官庁管轄における木材の利用の促進 ・セメントを使わないコンクリートを用いた天然石材調建材
 ・大規模都市木造の実現に向けた取り組み ・人と環境に優しい仮設資材を土木現場に適用 ・本仮設兼用鋼-コンクリート合成地下壁の開発 ・鋼繊維補強PFC(無孔性コンクリート)の開発と適用 ・塩分吸着型エポキシ樹脂の塩分吸着及び鉄筋腐食抑制効果 ・ワイン搾りかすを用いたVOC汚染土壌浄化に関する検討と現場適用 ・CFRPを用いた鋼構造物の補修・補強技術
 ・橋梁用高降伏点鋼板(SBHS)の利用による鋼橋の施工省力化 ・高剛性アスファルト舗装による鋼床版疲労対策の概要 ・CFRP接着された鋼構造物の応力伝達メカニズム

【年間購読ご希望の方】

①お近くの書店でのお申込み・お取り寄せ可能です。②協会本部へお申し込みの場合「図書購入申込書」に以下事項をもちきり記入のうえFAXにて協会本部へお申込み下さい。

…官公庁/会社名、所属部課名、担当者氏名、住所、TELおよびFAX

年間購読料(12冊) 9,408円(税・送料込)

建設機械施工

第72巻第1号(2020年1月号)(通巻839号)

Vol.72 No.1 January 2020

2020(令和2)年1月20日印刷

2020(令和2)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

誰でも働ける現場へ
KOBELCO IoT

「掘削」も「敷き均し」も、



業界初!*「掘削」と「敷き均し」、両方の施工を効率化する
2Dマシンガイダンスシステム「iDig Dozer」登場。

*国内マシンガイダンスシステムとして

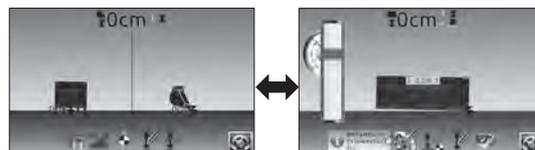


2D^MACHINE GUIDANCE iDig, iDig Dozer

オフセットブーム対応

ドーザマシンガイダンス
後付け対応

設定も操作もかんたん!



シヨベルモードからドーザモードへは、
モニタでワンタッチで切り替えます。

コベルコ建機株式会社



HITACHI

Reliable solutions

スムーズに、意のままに 施工図面を再現。

日立建機の制御技術を集約したマシンコントロールにより
オペレータをサポートしながら、高精度な作業を実現。
スマートフォン感覚で扱えるタッチパネルディスプレイにより、
オペレータの要求にスピーディに応えます。



写真には、一部オプション品が含まれます。

ICT油圧ショベル
ZAXIS200x

後方超小旋回型 ICT油圧ショベル
ZAXIS135usx

高精度に、図面を再現

Solution Linkage Assist

システムに登録した施工図面に沿って掘削を行うICT油圧ショベルは独自のマシンコントロール技術により、オペレータの操作をアシスト。3D/2Dに対応し、お客さまの現場に合わせてICT油圧ショベルの仕様を選択できます。

3Dシステム i-Construction*対応機

3D設計データ必要 丁張り大幅削減

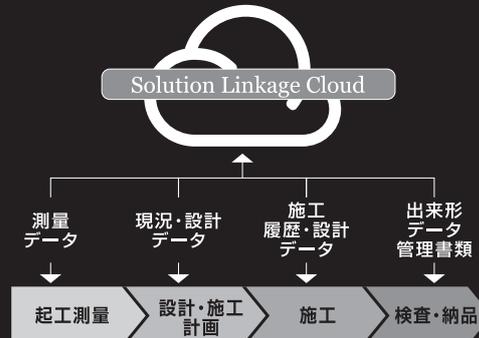
*i-Constructionは、国土交通省の登録商標です。

2Dシステム

3D設計データ不要 丁張りを利用

ICT施工を包括的に支援

“Solution Linkage Cloud”



クラウドで、ICT施工の全工程を管理できます。
アプリケーションを活用し、作業工程を効率的にサポートします。

- 1つのIDでそれぞれのアプリにログインが可能
- 10GBまでデータ保存無料
- ICT油圧ショベルに便利なアプリを集約



Solution Linkage Cloud

 日立建機株式会社

www.hitachicm.com/global/jp/



特定特殊自動車
排出ガス2014年基準
適合車



国土交通省
超低騒音型建設機械
指定機



2020年燃費基準
100%達成建設機械

建設機械施工 広告掲載のご案内

月刊誌 建設機械施工では、建設機械や建設施工に関する論文や最近の技術情報・資料をはじめ、道路、河川、ダム、鉄道、建築等の最新建設報告等を好評掲載しています。

■職業別 購読者

建設機械施工／建設機械メーカー／商社／官公庁・学校／サービス会社／研究機関／電力・機械等

■掲載広告種目

穿孔機械／運搬機械／工事用機械／クレーン／締固機械／舗装機械／切削機／原動機／空気圧縮機／積込機械／骨材機械／計測機／コンクリート機械等

広告掲載・広告原稿デザイン — お問い合わせ・お申し込み

サンタナアートワークス

広告営業部：田中 san-mich@zam.att.ne.jp

TEL:03-3664-0118 FAX:03-3664-0138

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F



建設機械施工 カタログ資料請求票

本誌に掲載されている広告のお問い合わせ、資料の請求はこの用紙を利用し、ファクシミリなどでお送りください。

※カタログ／資料はメーカーから直送いたします。 ※カタログ送付は原則的に勤務先にお送りいたします。

お名前： _____ 所属： _____

会社名(校名)： _____

資料送付先： _____

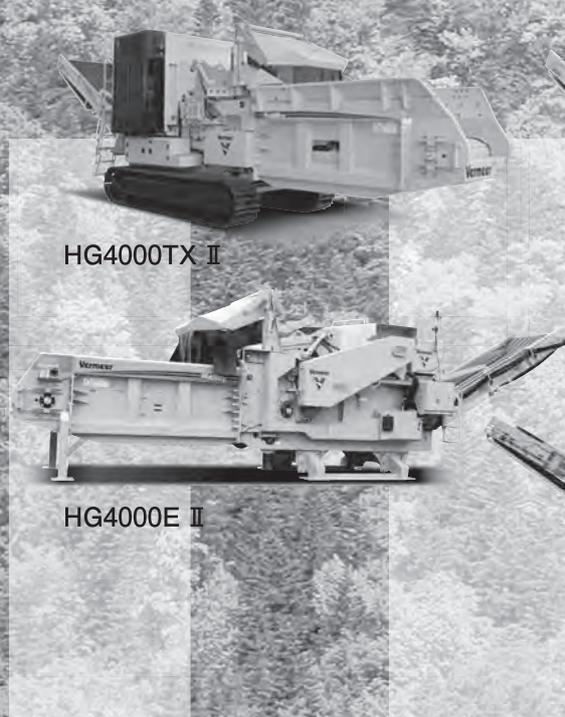
電話： _____ F A X： _____

E-mail: _____

	広告掲載号	メーカー名	製品名
①	月号		
②	月号		
③	月号		
④	月号		
⑤	月号		

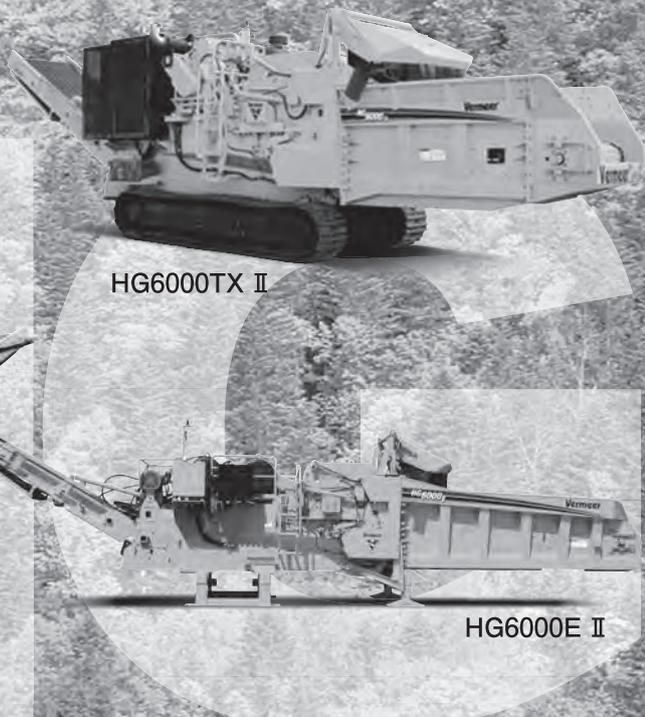
FAX 送信先：サンタナアートワークス 建設機械施工係 FAX:03-3664-0138

マルマテクニカのホリゾンタルグラインダー



HG4000TX II

HG4000E II



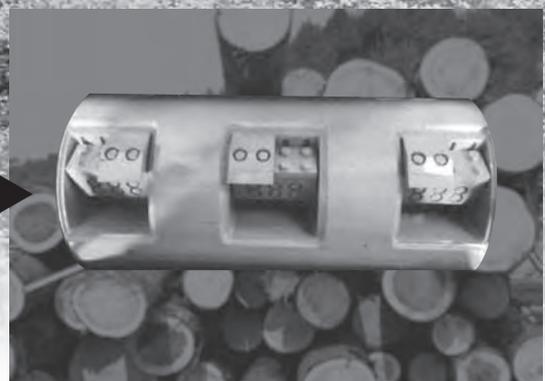
HG6000TX II

HG6000E II

1台の破碎機でピンチップも切削チップも生産できる!用途別に選べる2タイプ。



破碎部のみの載せ替えが可能!!
様々な用途に1台で対応が可能



特長

- チップサイズは均一で、バイオマス発電向け燃料として実績が多数。
- 新車破碎機の在庫保有と新車の短納期体制で対応。
- 休車時間をなくすため、Vermeer 社破碎機部品の在庫を保有し、即納体制で対応。



URL <http://www.maruma.co.jp/>

本社・相模原事業所	〒252-0331	神奈川県相模原市南区大野台6-2-1	TEL.042(751)3091	FAX.042(756)4389	E-mail:s-sales@maruma.co.jp
厚木工場	〒243-0125	神奈川県厚木市小野651	TEL.046(250)2211	FAX.046(250)5055	E-mail:atsugi@maruma.co.jp
東京工場	〒156-0054	東京都世田谷区桜丘1-2-22	TEL.03(3429)2141	FAX.03(3420)3336	E-mail:tokyo@maruma.co.jp
名古屋事業所	〒485-0037	愛知県小牧市小針2-18	TEL.0568(77)3313	FAX.0568(72)5209	E-mail:n-sales@maruma.co.jp



小型 pH 中和処理装置

TPC-0103G 型

処理能力▶1~3m³/h



0306G 型

処理能力▶3~6m³/h

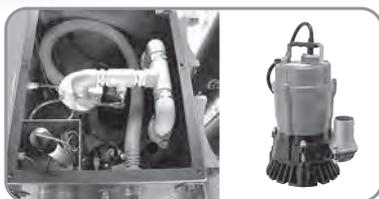


比較的小規模な土木建設現場、生コン工場、碎石工場、ゴミ焼却場、で発生する少量のアルカリ排水を炭酸ガスを用いて排水基準内のpHに中和調整。

- 原水ポンプ不要の自吸式!
- 单相 100V 仕様!
- 炭酸ガス方式で操作が容易!
- 台車型で移動が容易!
- コンパクトで二段積可能!



写真は TPC-0306G 型



特殊エジェクタを内蔵。
また、吸引攪拌ポンプには HS 型を使用。
(0103G型 ×1台、0306G型 ×2台)



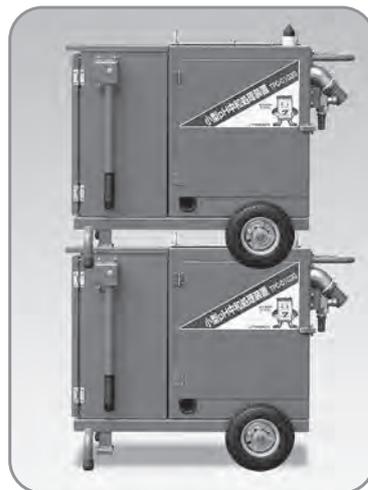
扱いやすい操作パネル
pH 記録計装備



炭酸ガス圧力調整器、
炭酸ガス注入電磁弁付



0103G型はハンドル
折りたたみ式



両型共に二段積可能。
(写真は 0103G 型)



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 TEL.(06)6911-2351 FAX.(06)6911-1800
東京本社：〒110-0016 東京都台東区台東1-33-8 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

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。

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

FA機器の 最適無線化提案

クレーン、搬送台車、建設機械、特殊車輛他
産業機械用無線操縦装置

①微弱電波 ②429MHz帯特定小電力 ③1.2GHz帯特定小電力
④315MHz帯特定小電力 ⑤920MHz帯特定小電力

スリム ケーブルレス

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

**No.1の
オーダー対応!**

- 優れた耐塵・防雨性能
- 選べる2段階押しスイッチ!
ストロークの異なる2種類
から選択可能!



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!**

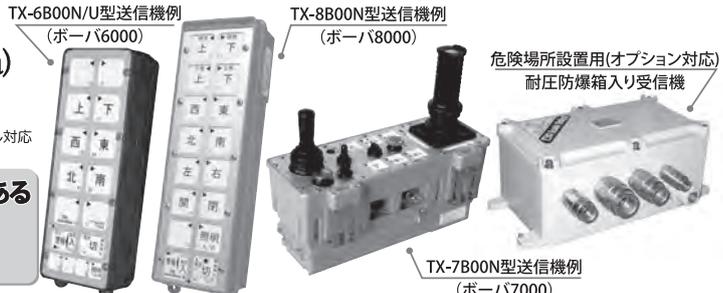
- 最大5リレーまで対応可
- 2段階押しスイッチ追加可能
(オプション)



防爆形無線機 ボーパー (BoBa)

N/Uシリーズ
7B/8B...微弱電波のみ
6B...微弱・特定小電力両モデル対応

**爆発の雰囲気がある
危険場所での
遠隔操作に!**



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!



MAX サテラ

U/Gシリーズ
特定小電力専用モデル

**金属シャーシの
多操作・
特注仕様専用機!**



マイティ サテラ

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

■操作信号数
最大32点

**特殊スイッチ、
ジョイスティック
装着可能!**



リゾナー 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

AUGMENT YOUR REALITY

未来へ挑む技術者へ

複合拡張現実システム

Trimble SiteVision

高性能 GNSS
受信アンテナ。

サンシェードで
視認性アップ。

受信衛星数、GNSS 精度、
ジャイロ精度を表示。

レーザー距離計搭載。バーチャル
⇄リアル、バーチャル⇄バーチャル、
リアル⇄リアルの距離を測定。

軽量の携帯ユニットに、長時間使用
できる充電バッテリーを交換可能。

スマートフォン
Smart Phone

レイヤー表示で必
要なデータのみを
チョイスして確認。

3D ビューと 2D ビュー
のワンタッチ切替で、現
在位置を即座に把握。

透明度スライダーを使用し
て、データを透過させること
で、多彩なバーチャルとリア
ルの重ね合わせ表示が可能。

リアルとバーチャルの重ね合わせ表
示をイメージキャプチャとしてク
ラウドへ保存。



SITECH-JAPAN.COM

サイテックジャパン株式会社 info@sitechjp.com
東京都大田区南蒲田2-16-2テクノポート大樹生命ビル
TEL:03-5710-2594 FAX:03-5710-2731

SITECH®
YOUR CONSTRUCTION TECHNOLOGY PROVIDER

労働力不足やオペレータの高齢化、安全やコスト、工期に関わる現場の課題を、お客様とともに解決していきたいと私たちコマツは考えました。現場全体をICTで有機的につなぐことで生産性を大幅に向上。そんな「未来の現場」を創造していくソリューションです。

次代に向けて、 知性をその手に。

～ICT建機、ラインナップ拡充～

ICT油圧ショベル

複雑なレバー操作なしでも
高効率な施工を実現。

GNSS* アンテナと基準局から得た刃先の位置情報、施工設計データをもとに、作業機操作のセミオート化を実現した世界初のマシンコントロール油圧ショベルです。

*GNSS (Global Navigation Satellite System) GPS、GLONASS等の衛星測位システムの総称。



PC200i

PC300i

ICTブルドーザ

世界で初めて掘削から仕上げの整地までのブレード操作を自動化。また、粗掘削時にブレード負荷が増大すると、シュースリップが起これないように自動でブレードを上げて負荷をコントロールし、効率良く掘削作業が行えます。さらに、事前に設定した設計面に近づく自動認識して、粗掘削から整地に自動的に切り換わります。



D37PXi



D61PXi



D65PXi/EXi



D85PXi/EXi



D155AXi

KOMATSU

コマツ国内販売本部

〒108-0072 東京都港区白金1丁目17-3 <https://home.komatsu.jp/kcsj/>

動画で紹介



雑誌 03435-1



4910034350100
00800