

一般社団法人
日本建設機械施工協会誌（Journal of JCMA）

2017

建設機械施工 12

Vol.69 No.12 December 2017（通巻814号）

特集 先進建設技術



災害対応建設ロボットと遠隔操作コックピット

巻頭言 建設産業がけん引する「第4次産業革命」具体化への期待

技術報文

- ImPACTタフ・ロボティクス・チャレンジにおける災害対応建設ロボット
- 総合的なi-Constructionによる緊急災害対応
- 油圧ショベル用遠隔操縦装置の開発
- 自律移動ロボットによる盛土締固め度及び水分量測定の自動化
- 次世代建設生産システムの現場適用と生産性向上への展望
- AIを活用したコンクリート表層品質評価システムの開発
- 建設機械の改造が不要で着脱可能な装置による無人化施工技術の開発 他

行政情報

- i-Construction推進の取り組み状況
- 国土交通省におけるCIMの導入・推進

交流の広場

JCMA報告

部会報告

パワーアシストスーツを活用した作業者の負担軽減
「平成29年度 建設施工と建設機械シンポジウム」開催報告
ISO/TC 127/SC 2/JWG 28 国際ジョイント作業グループ会議報告

一般社団法人 日本建設機械施工協会

KOBELCO

誰でも働ける現場へ
KOBELCO IoT

事故“ゼロ”を目指して。



停止エリア

減速エリア

コベルコ建機は、いま現場が抱える安全対策を解決するため、
建機業界初となる衝突軽減システム「K-EYE PRO」を開発しました。

人や障害物を検知すると、自動で減速、停止。
最先端のテクノロジーで、働く人を選ばない次世代の現場を、ともに作ります。



コベルコ建機株式会社

東京本社 / 〒141-8626 東京都品川区北品川 5-5-15 ☎03-5789-2111

www.kobelco-kenki.co.jp

平成30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『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が、平成27年度からは、表彰内容の拡充に伴い表彰名称を『会長賞』より『日本建設機械施工大賞』に変更いたしました。

平成30年度の表彰につきましても、下記により受賞候補者を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、その高度化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、地域に根ざした**独自のアイデア・創意工夫等**により従来の施工方法・技術を改良したり、地域に普及させる等の**取り組み**を通じて、**地域の建設事業**に貢献している業績を表彰し、もって**国土の利用、開発及び保全並びに経済及び産業の発展に寄与**することを目的とします。

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、**大賞部門は最優秀賞、優秀賞**とし、**地域賞部門は地域貢献賞**とします。

大賞部門の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、また地域賞部門の地域貢献賞は当該地域特性に合わせたアイデアや創意工夫により、従来の施工方法・技術を改良したり、それらを地域に普及させる等の取り組みで地域の活性化や地域の建設業の魅力向上に寄与したと判断され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業績があれば、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	最優秀賞・・・・・・・・30万円	優秀賞・・・・・・・・20万円
	地域貢献賞・・・・・・・・10万円	選考委員会賞・・・・・・5万円

4. 表彰式

本協会第7回通常総会（平成30年6月12日（火））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、平成30年1月31日（水）（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と判断された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

平成30年度 日本建設機械施工大賞 応募要領

『平成30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（<http://www.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 平成30年1月31日（水）
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があれば1頁目の写し2～3点）
 - 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（地域特性に合わせたアイデア・創意工夫などの独創性について）
 - 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（地域での適用実績など）
- 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@jcmnet.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

第64回欧州建設機械施工視察団 団員募集のお知らせ

INTERMAT 2018 (パリ)

本協会では、毎年海外視察団を派遣し、海外の建設機械及び施工技術を見聞し、我が国の建設施工の機械化に寄与して参りました。本年度も関係各位のご要望にお応えして、下記要領により海外視察団参加者を募集し派遣することになりました。今回の目的は、フランス・パリで開催される国際的な建設機械及び建設資材等の展示会“INTERMAT 2018”の視察です。3年ごとに開催されるこの展示会は世界3大建機展の一つで、2015年には1,450社／団体が出展しております。最新の建設機械、部品、サービスなどの技術を一望することができます。また、注目されている工事現場視察や建設機械メカなどの工場見学も企画しております。関係各位におかれましては、最新の国際的な建設機械の動向とともに、欧州の建設施工を視察することにより、社会基盤整備に携わる建設産業の今後に役立つものと思われまます。多数の方々にご参加賜りたく、ご案内を申し上げます。

皆様のご参加をお待ち致しております。(現場視察や工場見学は、旅行者が確定してからの決定になります。)

【INTERMAT 展示会概要】

【開催地】フランス・パリ

【期 間】2018年4月23日(月)～28日(土)

【周 期】3年毎

【主 催】Comexposium France

【会 場】パリ、ノール ヴィルパント見本市会場

【出展社】1,450社(2015年実績)

【入場者】183,000人(2015年実績)

【主要出展内容】

土木・建設機械、建設用車輛、リフティング、ハンドリング機械、コンベヤ、建設機器・工具、モルタル処理・製造、型枠、足場、鉱業用原料抽出機械、原料処理、選鉱、建材用セメント・石灰・石膏製造、コンクリート・コンクリート製品・プレハブ構成材製造機械・システム、アスファルト製造機械・プラント、予混合ドライモルタル・漆喰・スクリード製造機械・プラント、石灰岩、発電所残渣使用建材製造・プラント、石膏・石膏ボード製造機械・システム、建材処理・包装トランスミッション・流体技術、発電ユニット、付属品、摩耗部品、サービス、検査、測定、プロセス制御技術、通信、ナビゲーション、作業安全、土砂運搬、解体、基礎工事、道路、採掘、碎石、ビル建設など

日 程 表

	2018年 月・日	発着地／滞在地名	発着現地 時刻	交通機関名	摘 要
1 日 目	4月22日 (日)	東京(羽田)発 シャルルドゴール着	10:35 16:10	航空機 専用車	8:30集合 日本航空、パリへ 到着後、ホテルへ (パリ泊)
2 日 目	4月23日 (月)	パリ滞在	終 日	専用車	◎INTERMAT2018国際見本市視察 (パリ泊)
3 日 目	4月24日 (火)	パリ滞在	終 日	専用車	◎INTERMAT2018国際見本市視察 (パリ泊)
4 日 目	4月25日 (水)	パリ滞在	終 日	専用車	メトロ拡張計画、EOLE駅建設プロジェクト 見学 または、建機メカ(EXPOMAT、fayat、Haulotte) 見学予定 (パリ泊)
5 日 目	4月26日 (木)	パリ発 フランクフルト着	AM PM	専用車 航空機	パリ→フランクフルト エールフランス フランクフルト空港第三ターミナル建設プロジェクト見学予定 (フランクフルト泊)
6 日 目	4月27日 (金)	フランクフルト発	午 前 16:30 19:20	航空機	自由行動 日本航空、帰国の途へ (機内泊)
7 日 目	4月28日 (土)	東京(成田)着	午 後		到着後、入国審査及び通関手続終了後、解散

※発着地及び交通機関は変更になることがあります。

- ・視察期間 平成30年4月22日(日)～4月28日(土) 5泊7日
 - ・視 察 地 パリ・フランクフルト(2都市)
 - ・催行人員 催行予定人員15名(添乗員同行)
 - ・参 加 費 お一人様※449,500円 (1名1室)
- (空港諸税・燃油サーチャージ、INTERMAT2018入場料・登録代行手数料、見学施設入場費用は別途)
- ・締 切 日 募集締切日は2018年2月19日(月)

※お申込み人数が15名未満の場合参加費が変わります。
8人未満の時は催行いたしません。

●募集パンフレット請求先 ⇒ (株)JTBコーポレートセールス 法人営業横浜支店 担当：佐藤
TEL045(316)2376 FAX045(316)5531

●お問い合わせ先 一般社団法人 日本建設機械施工協会
〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館2階
TEL03(3433)1501 FAX03(3432)0289
担当：安川

ICTを活用した建設技術 (情報化施工)

2017.3
発行!

国土交通省では、平成28年度より建設現場における生産性を向上させ、魅力ある建設現場を目指す新しい取り組みとして、i-Construction(アイ・コンストラクション)を進めています。

具体的な取り組みとして、ICT(情報化施工)を建設現場に積極的に取り入れようとする「i-Construction」対応工事(ICT土工)では、①3次元起工測量、②3次元設計データの作成、③ICT建設機械による施工、④3次元出来形管理等の施工管理、⑤3次元データの電子納品の5項目について実施することになっています。

既に建設現場では、ICTを活用した建設技術(情報化施工)として工事が実施されています。

本書は、これから建設分野を目指す学生や初めてICTを活用した建設工事に携わる方々を対象に作成いたしました。

既刊の「情報化施工デジタルガイドブック」と併せてお読み頂ければ、より詳しくICTを活用した建設技術(情報化施工)がご理解頂けるものと思います。

主な内容

- 1 情報化施工のあらし
- 2 従来の設計・施工
- 3 情報化施工の測位
- 4 情報化施工技術
- 5 3次元設計データ
- 6 i-Construction
- 7 情報化施工の効果的活用
- 8 ICTを活用した建設技術の一般的な用語の解説



定 価

※送料別途

一般価格

1,296円(本体1,200円)

会員価格

1,080円(本体1,000円)

学生価格

(学校からの申込みに限る)

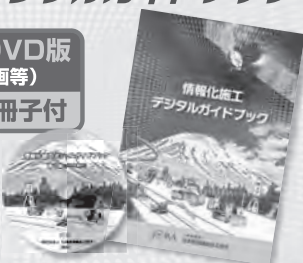
648円(本体600円)

実務者向け!! 情報化施工デジタルガイドブック

デジタルブックDVD版
(デジタル画像・動画等)

プレビューA4版冊子付

好評刊行中!



一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館

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

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

JCMA 図書

検 索

ICTを活用した建設技術（情報化施工）

購入申込書

一般社団法人 日本建設機械施工協会 行

ICTを活用した建設技術
（情報化施工）

部



上記図書を申込みます。

平成 年 月 日

官 公 庁 名 会 社 名			
所 属			
担当者氏名	TEL		
		FAX	
住 所	〒		
必 要 書 類	見積書()通	請求書()通	納品書()通
送料の取扱	()単価に送料を含む ()単価と送料を2段書きにする（該当に○） 【指定用紙がある場合は、申込書とともにご送付下さい】		

●お申込方法

FAXにて、当協会本部または最寄りの各支部あてにお申込み下さい。

（注）沖縄地区は、本部へお申込みください。

●お問合せ及びお申込先

支部名	住 所	TEL	FAX
本 部	〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館	(03)3433-1501	(03)3432-0289
北海道支部	〒060-0003 札幌市中央区北3条西2-8 さっけんビル	(011)231-4428	(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	(022)222-3915	(022)222-3583
北 陸 支 部	〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 興和ビル	(025)280-0128	(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5F	(052)962-2394	(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	(06)6941-8845	(06)6941-1378
中 国 支 部	〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22 築地ビル	(082)221-6841	(082)221-6831
四 国 支 部	〒760-0066 高松市福岡町3-11-22 建設クリエイトビル	(087)821-8074	(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	(092)436-3322	(092)436-3323

2016年版 日本建設機械要覧

発刊ご案内

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28年3月末

体 裁

B5判、約1,340頁／写真、図面多数／表紙特製

価 格

一般価格 52,920円（本体49,000円）

会員価格 44,280円（本体41,000円）

（注）送料は1冊900円（税込）となります。

（複数冊の場合別途）

特 典

2016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、2004年版、2007年版、2010年版及び2013年版日本建設機械要覧のPDF版が閲覧及びダウンロードできます。これによって2016年版を含めると1998年から2015年までの建設機械データが活用いただけます。

2016年版 内容目次

- ・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・災害対策機械および除雪機械
- ・作業船
- ・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、情報化機器
- ・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

今後の予定

「日本建設機械要覧」の電子版も作成し、より利便性の高い資料とするべく準備しております。御期待下さい。

◆ 購入申込書 ◆

一般社団法人 日本建設機械施工協会 行

日本建設機械要覧 2016年版

冊

上記図書を申込み致します。

平成 年 月 日

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

◆ 申込方法 ◆

①官公庁：FAX（本部、支部共）

②民 間：（本部へ申込）FAX

（支部へ申込）現金書留のみ（但し会員はFAX申込可）

※北海道支部はFAXのみ

（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 さつけんビル	TEL 011 (231) 4428 FAX 011 (231) 6630
東 北 支 部	〒980-0014 仙台市青葉区本町3-4-18 太陽生命仙台本町ビル5F	TEL 022 (222) 3915 FAX 022 (222) 3583
北 陸 支 部	〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 興和ビル	TEL 025 (280) 0128 FAX 025 (280) 0134
中 部 支 部	〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10 三愛ビル	TEL 052 (962) 2394 FAX 052 (962) 2478
関 西 支 部	〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4 谷町スリースリースビル	TEL 06 (6941) 8845 FAX 06 (6941) 1378
中 国 支 部	〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22 築地ビル	TEL 082 (221) 6841 FAX 082 (221) 6831
四 国 支 部	〒760-0066 高松市福岡町3-11-22 建設クリエイトビル	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

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

（これらの目的以外での利用はいたしません）当協会のプライバシーポリシー（個人情報保護法方針）は、ホームページ（http://www.jcmanet.or.jp/?page_id=422）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

2016年版 日本建設機械要覧 電子書籍(PDF)版 発売通知

当協会では、国内における建設機械を網羅した『日本建設機械要覧』を2016年3月に刊行し、現場技術者の工事計画の立案、積算、機械技術者の建設機械のデータ収集等に活用頂き、好評を頂いております。

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

是非とも活用いただきたく、お願い申し上げます。

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

発売時期

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

Webサイト 要覧クラブ

2016年版日本建設機械要覧およびスペック一覧表電子書籍(PDF)版購入の方への特典として、当協会が運営するWebサイト(要覧クラブ)上において2001年版、2004年版、2007年版、2010年版及び2013年版日本建設機械要覧のPDF版が閲覧及びダウンロードできます。これによって2016年版を含めると1998年から2015年までの建設機械データが活用いただけます。

また、同じ要覧クラブ上で新機種情報も閲覧およびダウンロードできます。

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



今後の予定

更に高機能の「日本建設機械要覧」の検索システム版も作成し、より利便性の高い資料とするべく準備しております。御期待下さい。

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

論文投稿のご案内

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

当協会ホームページ <http://www.jcmanet.or.jp>

★投稿対象

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

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

★部門

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

★投稿資格

原稿の投稿者は個人とし、会員資格の有無は問いません。

★原稿の受付

随時受け付けます。

★公表の方法

当協会機関誌に掲載します。

★機関誌への掲載は有料です。

★その他：優秀な論文の表彰を予定しています。

★連絡先

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8（機械振興会館）

日本建設機械施工協会 研究調査部 論文担当

E-mail : ronbun@jcmanet.or.jp

TEL : 03 - 3433 - 1501

FAX : 03 - 3432 - 0289

◆ 日本建設機械施工協会『個人会員』のご案内 ◆

会 費 : 年間 9,000円

個人会員は、日本建設機械施工協会の定款に明記されている正式な会員で、本協会の目的に賛同され、建設機械・施工技術に関心のある方であればどなたでも入会頂けます。

★個人会員の特典

- 「建設機械施工」を機関誌として毎月お届け致します。(一般購入価格 1冊864円/送料別途)。
「建設機械施工」では、建設施工や建設機械に関わる最新の技術情報や研究論文、本協会の行事案内・実施報告などのほか、新工法・新機種の紹介や統計情報等の豊富な情報を掲載しています。
- 協会発行の出版図書を会員価格(割引価格)で購入できます。
- シンポジウム、講習会、講演会、見学会等、最新の建設機械・建設機械施工の動向にふれることができる協会行事をご案内するとともに、会員価格(割引価格)で参加できます。

今後、続々と個人会員の特典を準備中です。この機会に是非入会下さい!!

◆ 一般社団法人 日本建設機械施工協会について ◆

一般社団法人 日本建設機械施工協会は、建設事業の機械化を推進し、国土の開発と経済の発展に寄与することを目的として、昭和25年に設立された公益法人です。国土交通省および経済産業省の指導監督のもと、建設の機械化に係わる各分野において調査・研究、普及・啓蒙活動を行い、建設の機械化や施工の安全、環境問題、情報化施工、規格の標準化案の作成などの事業のほか、災害応急対策の支援等による社会貢献などを行っております。今後の建設分野における技術革新の時代の中で、より先導的な役割を果たし、わが国の発展に寄与してまいります。

一般社団法人 日本建設機械施工協会とは…

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

■会員構成

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

■主な事業活動

- ・学術研究、技術開発、情報化施工、規格標準化等の各種委員会活動。
- ・建設機械施工技術検定試験の実施。
- ・機関誌「建設機械施工」をはじめ各種技術図書・専門図書の発行。
- ・建設機械と施工技術展示会“CONET”の開催。除雪機械展示会の開催。
- ・シンポジウム、講習会、講演会、見学会等の開催。海外視察団の派遣。 etc.

■主な出版図書

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

その他、日本建設機械施工協会の活動内容はホームページでもご覧いただけます！

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

※お申し込みには次頁の申込用紙を使用してください。

【お問い合わせ・申込書の送付先】

一般社団法人 日本建設機械施工協会 個人会員係

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館

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

一般社団法人 日本建設機械施工協会 会長 殿

下記のとおり、日本建設機械施工協会 個人会員に入会します。

平成 年 月 日

個人会員入会申込書		
ふりがな		生 年 月 日
氏 名 (自 署)		昭和 平成 年 月 日
勤 務 先 名		
所 属 部 課 名		
勤 務 先 住 所	〒 TEL _____ E-mail _____	
自 宅 住 所	〒 TEL _____ E-mail _____	
機関誌の送付先	勤務先 自宅 (ご希望の送付先を○印で囲んで下さい。)	
そ の 他 連 絡 事 項	平成 年 月より入会	

【会費について】年間 9,000円

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

【その他ご入会に際しての留意事項】

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

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

【個人情報の取扱について】

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

一般社団法人日本建設機械施工協会 発行図書一覧表（平成 29 年 12 月現在）

消費税 8%

No.	発行年月	図 書 名	一般価格 (税込)	会員価格 (税込)	送料
1	H29 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成 29 年度版	10,800	9,180	600
2	H29 年 4 月	平成 29 年度版 建設機械等損料表	8,640	7,344	600
3	H29 年 4 月	ICT を活用した建設技術（情報化施工）	1,296	1,080	400
4	H28 年 9 月	道路除雪オペレータの手引	3,240	2,160	500
5	H28 年 5 月	よくわかる建設機械と損料 2016	6,480	5,508	500
6	H28 年 5 月	大口径岩盤削孔工法の積算 平成 28 年度版	6,480	5,508	500
7	H28 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成 28 年度版	10,800	9,180	600
8	H28 年 5 月	平成 28 年度版 建設機械等損料表*	8,640	7,344	600
9	H28 年 3 月	日本建設機械要覧 2016 年版	52,920	44,280	900
10	H26 年 3 月	情報化施工デジタルガイドブック【DVD 版】	2,160	1,944	400
11	H25 年 6 月	機械除草安全作業の手引き	972	864	250
12	H23 年 4 月	建設機械施工ハンドブック（改訂 4 版）	6,480	5,502	600
13	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,240		400
14	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷【CD】	3,240		250
15	H22 年 7 月	情報化施工の実務	2,160	1,851	400
16	H21 年 11 月	情報化施工ガイドブック 2009	2,376	2,160	400
17	H20 年 6 月	写真でたどる建設機械 200 年	3,024	2,560	500
18	H19 年 12 月	除雪機械技術ハンドブック	3,086		500
19	H18 年 2 月	建設機械施工安全技術指針・指針本文とその解説	3,456	2,880	400
20	H17 年 9 月	建設機械ポケットブック（除雪機械編）*	1,029		250
21	H16 年 12 月	2005「除雪・防雪ハンドブック」（除雪編）*	5,142		600
22	H15 年 7 月	建設施工における地球温暖化対策の手引き	1,620	1,512	400
23	H15 年 6 月	道路機械設備 遠隔操作監視技術マニュアル（案）	1,944		400
24	H15 年 6 月	機械設備点検整備共通仕様書（案）・機械設備点検整備特記仕様書作成要領（案）	1,944		400
25	H15 年 6 月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	540		250
26	H13 年 2 月	建設工事に伴う騒音振動対策ハンドブック（第 3 版）	6,480	6,048	500
27	H12 年 3 月	移動式クレーン、杭打機等の支持地盤養生マニュアル（第 2 版）	2,675	2,366	400
28	H11 年 10 月	機械工事施工ハンドブック 平成 11 年度版	8,208		600
29	H11 年 5 月	建設機械化の 50 年	4,320		500
30	H11 年 4 月	建設機械図鑑	2,700		400
31	H10 年 3 月	大型建設機械の分解輸送マニュアル*	3,888	3,456	500
32	H9 年 5 月	建設機械用語集	2,160	1,944	400
33	H6 年 8 月	ジオスペースの開発と建設機械	8,229	7,714	500
34	H6 年 4 月	建設作業振動対策マニュアル	6,172	5,554	500
35	H3 年 4 月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,079	9,565	600
36	S 63 年 3 月	新編 防雪工学ハンドブック【POD 版】	10,800	9,720	500
37	S 60 年 1 月	建設工事に伴う濁水対策ハンドブック*	6,480		500
38		建設機械履歴簿	411		250
39	毎月 25 日	建設機械施工【H25.6 月号より図書名変更】	864	777	400
			定期購読料 年 12 冊 9,252 円(税・送料込)		

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

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

特 集

巻頭言

行政情報

特集・
技術報文

先進建設技術

4 建設産業がけん引する「第4次産業革命」具体化への期待

田中 成典 関西大学 総合情報学部 教授, 関西大学 先端科学技術推進機構 社会空間情報科学研究センター長

5 i-Construction 推進の取組み状況

普及促進事業の進捗

近藤 弘嗣 国土交通省 総合政策局 公共事業企画調整課 課長補佐

9 国土交通省における CIM の導入・推進

城澤 道正 国土交通省大臣官房 技術調査課 課長補佐

13 ImPACT タフ・ロボティクス・チャレンジにおける災害対応建設ロボット

吉瀬 裕 大阪大学大学院 工学研究科 特任教授

20 総合的な i-Construction による緊急災害対応

阿蘇大橋地区斜面防災対策工事における無人化施工

坂西 孝仁 熊谷組 土木事業本部 機材部 担当部長

北原 成郎 熊谷組 土木事業本部 ICT 推進室 室長

27 油圧ショベル用遠隔操縦装置の開発

災害現場への適応性を向上させた新型簡易遠隔操縦装置ロボ QS

川上 勝彦 ㈱フジタ 建設本部土木エンジニアリングセンター機械部 主席コンサルタント

平野 高嗣 ㈱フジタ 建設本部土木エンジニアリングセンター機械部 担当課長

32 自律移動ロボットによる盛土締固め度及び水分量測定の実用化

神山 和人 ㈱竹中工務店 技術研究所 新生産システム部門 ロボティクスグループ 研究主任

妻木 俊道 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 研究開発部門第二研究ユニット (ロボティクス) 主任研究員

千葉 力 ㈱竹中土木 技術・生産本部 技術開発部

36 次世代建設生産システムの現場適用と生産性向上への展望

ロックフィルダムへの適用紹介とインフラ無線システム

田中 秀昭 鹿島建設㈱ 機械部 自動化施工推進室 担当部長

太田 裕士 鹿島建設㈱ 機械部 自動化施工推進室 担当部長

41 大水深対応型水中作業ロボットの開発

DEEP CRAWLER

飯田 宏 東亜建設工業㈱ 土木事業本部 機電部 機械グループ 担当課長

46 ドリル NAVI における新機能の開発

若林 宏彰 ㈱鴻池組 土木技術部 課長

宮越 征一 古河ロックドリル㈱ 吉井工場 開発設計部 課長

宮原 宏史 マック㈱ 代表取締役社長

51 AI を活用したコンクリート表層品質評価システムの開発

佐野 健彦 日本国土開発㈱ 土木事業本部技術部技術設計グループ 課長 修士 (工学)

小笠原一基 ㈱科学情報システムズ ソリューション本部ソリューションシステム部 主任 修士 (理学)

佐原 晴也 日本国土開発㈱ 土木事業本部技術部技術開発グループ 博士 (工学)

58 建設機械の改造が不要で着脱可能な装置による無人化施工技術の開発

熊本城崩落石撤去へ汎用遠隔操縦装置「サロゲート」の適用事例

森 直樹 ㈱大林組 本社機械部 担当課長

古屋 弘 ㈱大林組 技術研究所 上級首席技師

宮内 賢治 ㈱大林組 大阪機械工場

64 次世代型ビーコンを利用した屋内作業員の可視化による現場管理システムの開発

EXBeacon プラットフォーム現場管理システム

橘 伸一 ㈱大本組 東京本社土木部

佐藤 浩都 ㈱大本組 東京支店土木部

藤島 伸吾 ㈱ WHERE IoT 基盤センター

	69	IoT を活用した建設機械用アタッチメントの稼動管理システム (TO-MS) の開発 AI で故障予知・稼動監視を実現, 未来型アフターサービスの提供によるランニングコストの低減 柘植 一慶 東空販売㈱ 専務執行役員 井手 紀行 東空販売㈱ 営業本部 開発マーケティング室 室長
	74	移動体多点計測技術 (MMS) を用いた出来形管理に向けた基礎的研究 椎葉 祐士 (一社) 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 主席研究員 桑野 裕士 ライカジオシステムズ㈱ ジオスペーシャルソリューションズ事業部 事業部長
交流の広場	79	パワーアシストスーツを活用した作業者の負担軽減 藤本 弘道 ㈱ ATOUN
ずいそう	84	マイ・ヨットライフ 望月 光 東亜建設工業㈱ OB
	86	私の中国 井上 哲夫 ㈱三井三池製作所 福岡支店
JCMA 報告	88	「平成 29 年度 建設施工と建設機械シンポジウム」開催報告
CMI 報告	92	公営競技施設の維持管理支援 竹之内博行 施工技術総合研究所 技術顧問 小野 秀一 施工技術総合研究所 研究第二部 部長
部会報告	96	ISO/TC 127/SC 2/JWG 28 国際ジョイント作業グループ会議報告 岡 ゆかり 標準部会 ISO/TC 127/SC 2/JWG 28 国際ジョイント作業グループ主査 (コマツ)
	105	羽沢トンネル工事現場見学会報告 機械部会トンネル機械技術委員会
	108	新工法紹介 機関誌編集委員会
	109	新機種紹介 機関誌編集委員会
統計	117	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
	118	行事一覧 (2017 年 10 月)
	122	編集後記 (山本・飯田)
その他	123	“建設機械施工” 既刊目次一覧 平成 29 年 1 月号 (第 803 号) ~ 平成 29 年 12 月号 (第 814 号)

◇表紙写真説明◇

災害対応建設ロボットと遠隔操作コックピット

写真提供：大阪大学

内閣府総合科学技術・イノベーション会議が主導する革新的研究開発推進プログラム (ImPACT) タフ・ロボティクス・チャレンジで開発中の災害対応建設ロボット。無線通信で遠隔操作される。新しい「2 重旋回・複腕機構」を開発し、作業のフレキシビリティが飛躍的に向上している。多様な映像情報とオペレータへの力覚や触覚の提示により、従来の建設機械では困難であった繊細で器用な作業にも対応することができる。

2017 年 (平成 29 年) 12 月号 PR 目次
【ア】朝日音響㈱…………… 後付 1
ヴィルトゲン・ジャパン㈱… 表紙 4

【カ】カヤバシステムマシナリー㈱… 後付 10
コベルコ建機㈱…………… 表紙 2
【ク】大和機工㈱…………… 後付 5

デンヨー㈱…………… 後付 7
【ハ】日立建機㈱…………… 後付 6
【マ】マシンケアテック㈱…… 後付 2・3

マルマテクニカ㈱…………… 後付 8
三笠産業㈱…………… 後付 9
㈱三井三池製作所…………… 表紙 3
【ヤ】吉永機械㈱…………… 後付 5

巻頭言

建設産業がけん引する 「第4次産業革命」具体化への期待

田 中 成 典

平成 28 年度文部科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞 科学技術振興部門 受賞



もともと世界的にも災害リスクが高いとされる日本だが、近年は地震をはじめ、地球温暖化による異常気象に起因すると考えられる水害など、深刻な被害をもたらす様々な災害が頻発している。それらはしばしば、長年地元で暮らす人々が「初めての経験」と形容するほどの、あるいは科学的な想定を超えるほどの自然の猛威を見せつける。そうしたことから、国民の安心・安全に対する要求が増すとともに、今日の防災や減災も含む、広範なリスクを事前に回避しようという意識の高まりに繋がっている。そのような状況に対応することで、各種技術の進化は新たな価値の創造ももたらしつつある。一方、日本は少子高齢化とそれに伴う人口減少が急速に進む過程にある。これは、蓄積された膨大な社会基盤が老朽化する局面において、それらの維持や整備を支える技術者が不足してくることをも意味する。つまり、人間社会の常として、既に享受する日常生活のレベル維持はもちろん、安心・安全へのニーズを含むサービスのレベルアップに対して、たゆまぬ努力と新たな見地による工夫が求められる。

*

加えて、上述の災害リスク及び少子化といった社会問題とその情勢のみならず、建設業界に目を向けると、長年、他産業と比べて低い生産性や現場での労働災害の多さが問題視されてきた。そこで、これら諸問題を解決するための具体策の検討が喫緊の課題となっている。そうした中、施工の効率化や高精度化対応へのソリューションとして情報化施工が早期に着目され、最近では i-Construction への取り組みが進んでいる。具体的なアプローチとして注目される技術的なトレンドの一つが、ロボットの活用である。とりわけ近年、UAV（無人航空機）が急速に普及し、それと連動するようにセンサ技術が加速度的に進歩を遂げ、小型軽量で使い勝手が良く、低価格にもかかわらず精度の優れたセンサが大量に流通しつつある。これを受け、多様な用途に応じて各種センサを駆使する計測が身近なものになってきた。また、昨今は人工知能の要素技術であるディープラーニング（DL：深層学習）の利用が進展し、従来であればセンサを通じ取得した計測データを基に特徴を分析、整理した上で、それを機械に学習させるプロセスが必要だったのが、DLを利用することで機械が計測データを解析し、特徴は自動的

に抽出される。

*

これら手法の活用はまた、IoT（モノのインターネット）などの技術革新をコアとする「第4次産業革命」の具体化に通じる。しかも社会基盤や社会活動の空間に関わる社会空間情報は応用範囲が広く、それをベースに、建設分野のみならずスポーツ科学を含む多様かつ新しいサービス形態の展開が期待される。まず、「社会基盤」においては、道路や河川等の地物にレーダ、レーザやカメラ等の計測機器を用いて、社会・空間に纏わるデータ、情報、そして新たな気づき知識の利活用が注目されている。また、「社会活動」では、多様かつ高機能な計測機器を実装したモバイル端末が私たちの生活必需品として定着したことにより、最近では、ヒト・モノ・コトが計測されたプローブデータの分析とその利活用にも関心が高まってきた。これはコミュニティの動向分析やマーケティング戦略のみならず、スポーツ科学分野の健康管理、状況判断、戦術分析等における新たなビジネスの創出にも繋がる。

*

そのような流れを受けて平成 28 年 4 月、関西大学では、「社会空間情報」の研究に包括的に取り組むべく、「社会空間情報科学研究センター」を設立した。社会空間情報分野における新サービスの創出を視野に、1) 社会空間情報の計測・集積・管理、2) ビッグデータの解析やデータマイニング処理、3) 社会空間情報を活用した新たな気づきとなるサービス及びその提供、などに関する技術の開発を目指している。また 4) 産官と連携して、その研究成果を広く普及させるための運用規定の策定にも取り組んでいる。すなわち、時には「3K（きつい、危険、きたない）職場」の一例にも数えられた建設分野だが、実は社会空間情報を巡る最先端のノウハウを蓄積してきた。今後は、それを活用し他の産業分野も巻き込む形で、日本の産業構造を次なるパラダイムへとリードする可能性を秘める。その中核をなす当該分野の技術者が果たすべき役割は、益々重要になってくる。

——たなか しげのり

関西大学 総合情報学部 教授

関西大学 先端科学技術推進機構 社会空間情報科学研究センター長——

行政情報

i-Construction 推進の取組み状況

普及促進事業の進捗

近 藤 弘 嗣

i-Construction のトップランナー施策として H28 年度より進めている「ICT の全面的な活用 (ICT 土工)」については、直轄工事を中心に相当な件数で実施されているが、この効果を建設業全体に広げるには、地方自治体や、その工事を受注する中小建設業者に拡大していくことが重要と考える。国土交通省では平成 29 年 3 月に ICT 土工に係る基準類「カイゼン」の中に、中小建設業での適用を踏まえたメニューを盛り込んだ他、自治体をフィールドとしたモデル事業の実施を核とする普及加速事業を平成 29 年度より実施しており、これらの最新状況について紹介する。

キーワード：i-Construction, ICT 土工, モデル事業, 支援協議会, 自治体

1. はじめに

国土交通省は建設現場の生産性向上の施策として i-Construction を提唱し、そのトップランナー施策である ICT 土工について、15 の技術基準類を整備のうえで平成 28 年度より直轄工事での工事公告を開始した。平成 28 年度は、直轄の土工を含む工事において「ICT 活用工事」として 1,620 件の工事を公告し、584 件において実際に ICT 活用工事が行われた。かつて情報化施工として実施していた頃と比べても急速に普及が進んでいるところであるが、i-Construction の目指すところは、建設現場全体の生産性向上であることから、この効果を建設業全体に広げることが重要で、そのためには、地方自治体やその工事を受注する中小建設業者に拡大していく必要があるというのが、認識している課題である。

国土交通省では、ICT 土工に関して 1 年間の取り組みを通じて知り得た課題を掘り下げて、i-Construction 報告書で指摘された「カイゼン」に繋げていくことを目的に、「ICT 活用効果に関する調査」を実施した。この度、平成 28 年度実施分の調査結果がある程度整理できたため、特に中小建設業者へ展開する上での改善の方策について論じるとともに、「i-Construction 普及加速事業」として自治体をフィールドとしたモデル事業の実施を核とする中小建設業者支援のための取り組みを平成 29 年度より実施しており、これらの最新状況について紹介するものである。

2. ICT 活用効果に関する調査

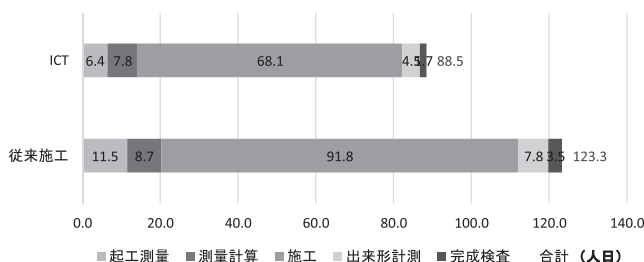
ICT 活用工事においては「ICT 活用効果に関する調査」を悉皆で実施している。平成 29 年 3 月時点で回収できた 181 件の調査票から、効果と課題について以下のとおり分析したので紹介する。

(1) 時間短縮効果

ICT 活用工事を構成する作業である「3 次元起工測量」を従来の起工測量と、「3 次元設計データ作成」を従来の測量計算作業と、「ICT 建設機械による施工」を丁張設置して ICT 建設機械を利用しない施工と、「3 次元出来形管理」及び「3 次元データの納品」を従来の出来形管理及び出来形管理資料作成作業とで、延べ作業時間を比較したものが図一 1 である。結果として 28.3% の延べ人工削減効果が確認された。

(2) コスト分析

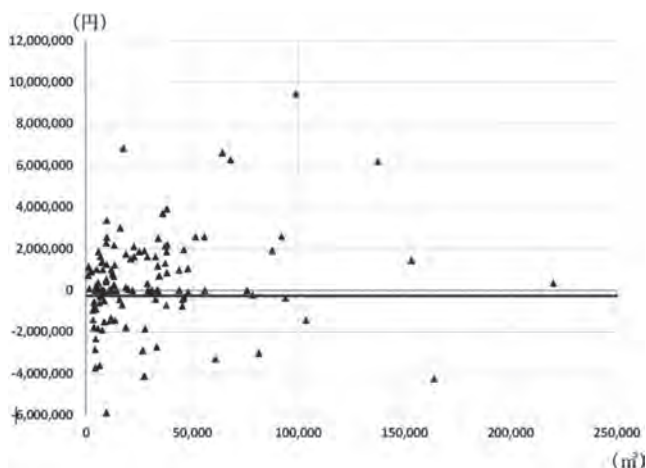
ICT 活用工事積算要領では、「ICT 建設機械による施工」については「ICT 建設機械」を調達すること



図一 1 起工測量～検査までの所要時間比較

で追加的に発生する費用と「ICT 建設機械」を利用することで「労務」が経済的になることを踏まえた「施工パッケージ」が設定され、通常施工の「施工パッケージ」よりも概ね増額となっている。また、「3次元起工測量」と「3次元設計データ作成」については、見積もりで積算することになっている。

このように ICT 活用工事積算要領により通常の積算より増額措置されている額から、ICT 活用工事を構成する作業を実施するのに実際に要した費用を差し引いた収支を示したのが図—2である。



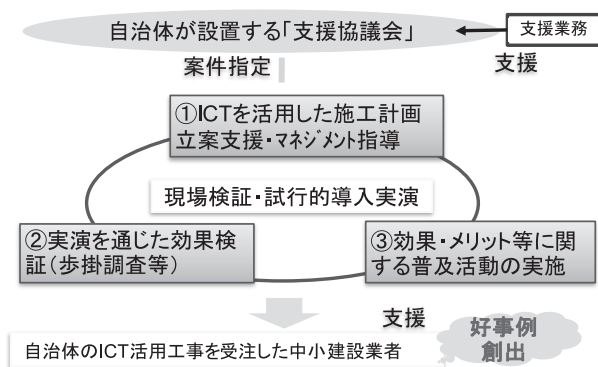
図—2 ICT 活用の収支と施工規模の関係

施工規模に依らず、収支がプラスマイナスいずれのケースも存在することがわかる。「ICT 活用効果に関する調査」においても、施工箇所点在等の理由で ICT 建設機械の稼働率が上がらないことにより、収支が悪化する状況も見受けられ、「個々の現場における現場条件や、ICT の上手な運用が出来るかどうか」が重要である。

3. i-Construction 普及加速事業について

通常よりも追加的な費用が必要となる ICT 施工においては、先述のとおり個々の現場条件に応じた ICT の運用のノウハウが重要であり、特に、中小規模の工事の場合は、ICT の効果を引き出す前に工事が終わってしまい、収支を悪化させる可能性が高いことが考えられる。

国土交通省では、ICT 施工の業務プロセスを建設業全体に広げるには、地方自治体や、その工事を受注する中小建設業者に拡大していくことが重要と考え、自治体発注工事をフィールドに現場支援型モデル事業を実施することとした。本事業では、自治体が設置する支援協議体の下で、ICT 活用を前提とした工程計



図—3 i-Construction 普及加速事業のイメージ

画立案支援や、ICT 運用時のマネジメント指導による好事例創出、効果検証及び普及活動の支援を行うものである。具体的には、国が発注する支援業務を通じてモデル工事のフィールドに ICT 施工の専門家を派遣し、これら支援にあたる（図—3）。

本事業は、（一社）日本建設機械施工協会が東日本大震災復興支援として行っていた、「震災復興工事チャレンジ事業」に着想を得たものであり、震災復興ではないが、生産性向上のために i-Construction にチャレンジしたいと考える意欲的な自治体やその受注者を支援し、横展開できるようなノウハウを創出したいと考える。

実施自治体は各地整毎に i-Construction に関する地方の会議体等において1箇所選定することとしており、平成 29 年度のモデル事業実施自治体は概ね決定している。現時点では、秋田県、茨城県、新潟市、岐阜県、兵庫県、鳥取県、徳島県、大分県、沖縄県であり、当該事業での直接の支援ではないが、昨年度プレ実施をした静岡県についても、モデル自治体として位置付けている。

事業のねらいとしては、以下のとおりである。

(1) 発注者の意識改革

中小建設業者の活躍するフィールドが地方自治体の発注工事であることから、その発注者に ICT 活用工事への不安（例えば、面管理基準を採用し二重管理をしないことに対する不安等）を取り除いてもらうことが不可欠であり、同じ組織で行われる ICT 活用工事をフィールドとして、その検査手法やメリットを発注担当職員に体感してもらうことが肝要と考えたものである。

(2) 自治体の小規模工事特有のノウハウ創出

自治体発注工事は ICT 土工が対象としている道路土工・河川土工以外の工種（例えば宅地造成等）も存

在する。また、施工量が少ないために、直轄での ICT 活用工事で想定する技術が、種類によってはコストを含めてペイできる状況ではないことも想定される。

そこで、現場に応じて、ICT の施工能力を踏まえた工程計画を立案の上、場合によっては ICT 活用工事の要件 (3 次元測量～3 次元納品) にこだわらずに、現場条件に応じて有効な ICT 建設機械を選定するノウハウを体系的に整理するものである。

(3) ノウハウの横展開

中小建設業者に ICT 施工の業務プロセスを拡大することが最終的な目的なので、当事業で創出したノウハウについては、モデル事業の受注者のみならず、広く展開される必要があり、また投資判断をする経営層に響く形で整理される必要がある。したがって、モデル工事で創出したノウハウは、コスト構造を含めて包み隠さず地域に公開するとともに、支援協議会の一員として各県建設業協会等地域の業団体と連携して、ノウハウの横展開にあたるものである。

4. 好事例の紹介

(1) 工事諸元

- ・発注者：県土木事務所
- ・工種：宅地造成（土工）面積では約 20,000 m²
- ・規模：掘削：18,480 m³，路体盛土：22,900 m³

(2) 支援実施内容

(a) ICT 施工を活かせる工程計画の検討支援

自治体発注工事のように規模の小さい工事の場合、ICT をうまく活用しなければ、日当たりの費用を回収しきれない恐れがある。そこで、ICT 建機の施工能力と現場条件を踏まえて、ICT に合った工程順序に入れ替えることが有効である。このようなノウハウは ICT 活用工事を数回実施しなければなかなか習得することは出来ない。

そこで、本事業では ICT 専門家をモデル工事の現地に派遣して、ICT を活かした工程計画を提案するものである。本工事の場合は、運土計画を変更することで大幅な工期短縮が見込まれたため、3 次元設計データ作成を単に ICT 建機を動かすために作成するのではなく、運土計画の可視化が出来るような形でモデリングを実施した。当該工事の施工者の当初の計画では、図-4 上図のように現況において点在していた仮置き土を端部に寄せてから、順次反対方向に押土していくこととしていたが、これだと一つの区画の作

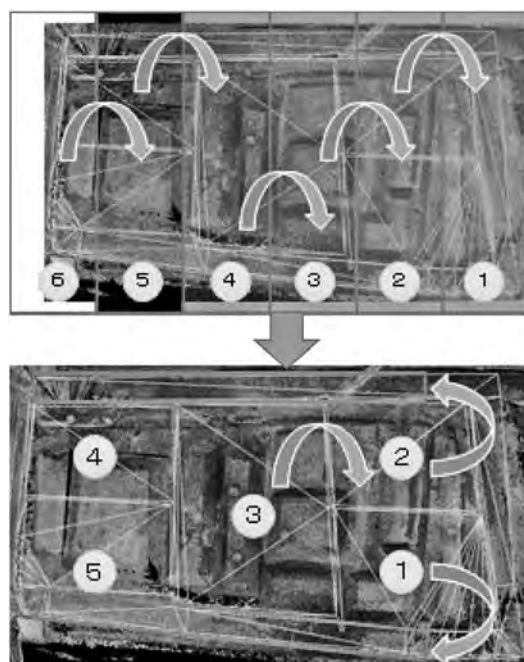


図-4 工程計画変更提案イメージ

業範囲が狭くなる。可視化したモデルを利用して山の均し方を検討し、図-4 下図のように一つの区画を大きく確保できる段取りに変更した。このようにフロントローディングを実践することだけで、当初計画約 60 日を変更計画約 40 日に短縮することが出来た。

(b) 適切な ICT 機材選定の支援

上記工程計画立案の過程で、必ずしも ICT 活用工事の要件、すなわちドローン等を用いた 3 次元起工測量、3 次元設計データの作成、3DMG/MC での施工、ドローン等を用いた 3 次元出来形管理、3 次元納品を網羅することにこだわらず、現場状況に応じてコスト面でメリットが出やすい適切な機種・能力の機材にのみ厳選することで、小規模工事でも赤字を出すことなく効果を出せるように提案するものである。

本工事の場合は、掘削と盛土があることから、ICT 活用工事としては ICT バックホウと ICT ブルドーザの使用が標準となるが、法長が 1m 程度の宅地造成ではマシンガイダンス機能が無くても比較的平滑に法を仕上げる事が出来るため、ICT 建設機械はブルドーザのみとすることを提案した。

(c) ICT 導入時の技術支援

ICT 技術導入に必要な 3 次元設計データの作成に関する技術指導、ICT 建機活用時の留意点などの技術指導を行った。通常レンタル会社等が有償・サービスで行っている内容に近い。

例えば、ICT 活用工事で想定している 3 次元設計データと造成工事のそれとはまったく異なり、より単純なモデルで事足りることから、自治体工事で適用事

例も多く見込まれる工種に相応しい3次元モデルの作成方法の現地指導を行った。

(d) 知見を広める活動の支援

本モデル工事で得られたノウハウの横展開や、工事をフィールドとした見学会を通じたICTに関する知識の普及を目的として、各自治体にて設置をお願いしているモデル工事支援協議会の活動を支援した。具体的には、地域の施工者を対象とした宅地造成の3次元データ作成方法の講習会の開催や、自治体の発注機関職員を対象とした現場見学会の運営支援を実施した。

(3) 本活動で得られた知見のまとめ

(a) ICT 機械の施工能力を把握すること

- ・熟練オペレータでは、作業スピードに大きな差は無いが、丁張りを省略しても従来と同等以上の仕上がりが確保できる。
- ・コストの圧縮効果は丁張りが削減出来ることによるところがほとんどである。

(b) 必要最低限のシステム構成を熟慮すること

- ・ICT 建設機械の稼働率をあげられるような工程を組むことが重要。
- ・他の要因でICTの施工能力が十分発揮できない場合は、日ごろ施工管理で普段使いしているであろうGNSSローバやTSを活用して丁張り代わりの目印を簡易に設置したうえで、通常の建機を用いることも検討すべき。

(c) ICT 建設機械の特徴を活かす工程計画を組み直す

- ・施工性が上がるのでそれに合わせて材料の運搬・搬出体制を見直すことではじめて工事全体の日当たりの処理量の増加が確保できる。
- ・丁張無しで均一な施工が出来るということは、施工範囲を広げることが出来、これにより複数重機の投入、大型重機の投入が可能になる。

5. おわりに

本事例以外にも、i-Construction 普及加速事業における好事例が徐々に整理されつつある。ICT 活用工事を進めるにあたっては、それをやること自体が目的化するのではなく、それを活用することで真に生産性向上が図られることが望まれる。今後とも、各地域においてICT活用工事を実施したくなるような好事例の創出に取り組んでいきたい。

J C M A

【筆者紹介】

近藤 弘嗣 (こんどう こうじ)
国土交通省 総合政策局
公共事業企画調整課 課長補佐



行政情報

国土交通省における CIM の導入・推進

城澤道正

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

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

本稿では、これまでのCIM導入に向けた取組みとガイドラインの概要、今後の取組みについて紹介する。
キーワード：i-Construction、生産性向上、CIMの効果と課題、CIM導入ガイドライン

1. CIM 試行で確認された効果と課題

建設生産プロセスにおいてCIM（Construction Information Modeling/Management）を導入することで、2次元図面から3次元モデルへの移行による業務変革やフロントローディングがもたらされ、合意形成の迅速化、業務効率化、品質の向上、ひいては生産性の向上等の効果が期待される。このため国土交通省では、CIMの本格的な導入に向けて、CIM導入効果の把握やルール作りの検討のため、業務については2012年度より、工事については2013年度よりCIM

の試行を進めており、これまで、設計業務で90件、工事で196件の合計286件で実施している（表—1, 2）。

これらの業務等の受発注者に対し、以下のとおりアンケート調査を実施した。

- ・調査項目：CIMの導入により効率化が図られた
利活用項目
CIMの導入にあたっての課題
- ・時期：2017年1月
- ・対象：2016年度に実施中（2015年度からの繰越し含む）のCIM活用業務37件、工事101件の受発注者

表—1 CIM 活用件数の推移（設計）

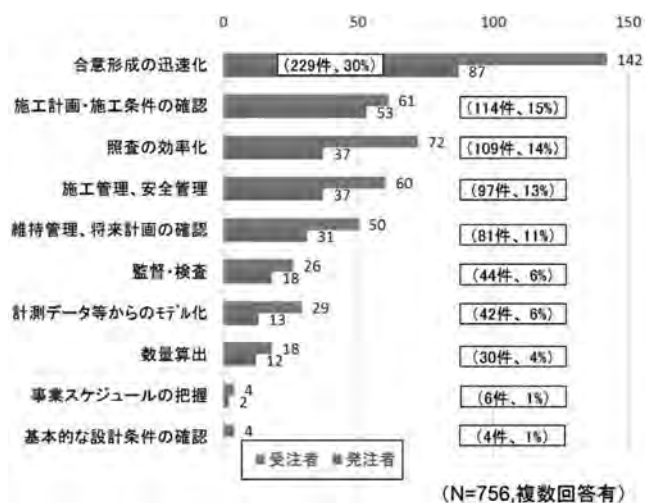
		2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	合計
道路	検討・概略・予備	0	4	1	0	6	11
	詳細・修正	11	11	6	6	12	46
河川	検討・概略・予備	0	1	1	2	5	9
	詳細・修正	0	3	2	8	11	24
合 計		11	19	10	16	34	90

表—2 CIM 活用件数の推移（工事）

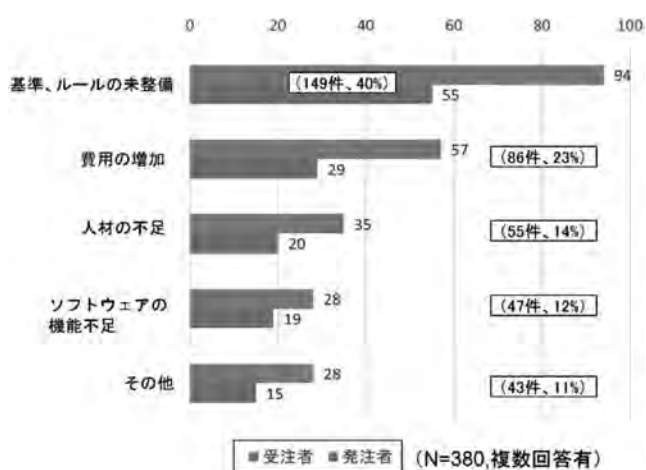
	2013年	2014年	2015年	2016年	合計
橋梁	5	12	37	49	103
トンネル	3	5	8	12	28
ダム	7	2	1	2	12
河川	1	4	3	6	14
道路	5	5	8	14	32
その他	0	0	3	4	7
合 計	21	28	60	87	196

・ 回 答：発注者回答・・・79件（57%）、受注者回答・・・103件（75%）

アンケート調査の結果は、以下のとおりである。



図—1 CIMモデルにより効率化が図られた項目（※回答項目を上記10項目に再集計）



図—2 CIMモデル導入における課題（※回答項目を上記5項目に再集計）

CIMモデル導入により効率化が図られた項目は、可視化された構造物モデルを活用して住民説明や関係者間協議を実施したり、周辺環境、景観などのシミュレーションの実施結果を活用し発注者等と打ち合わせすることにより「合意形成の迅速化」が図られるという回答が229件（30%）と最も多く、意思伝達ツールとしての有用性が確認されている。一方で、「監督・検査」では44件（6%）、「数量算出」では30件（4%）、「事業スケジュールの把握」では6件（1%）と、CIMモデルの効果として期待されているものの、その機能が必ずしもを活かしきれていない項目もあることが現状である（図—1）。

CIMモデルの利活用にあたっての課題は、モデル作成の手順・手法に関する「基準、ルールの未整備」

が149件（40%）で、今後、速やかに対応することが必要との調査結果となった。次いで、CIMモデル導入のための人件費や設備費など「費用の増加」が86件（23%）、CIMに対応できる「人材の不足」が55件（14%）、「ソフトウェアの機能不足」等が47件（12%）となっている（図—2）。

2. CIM導入ガイドライン等の策定

(1) ガイドラインの概要

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

将来的には2次元図面から3次元モデルへの移行による生産性向上等が期待されるものの、2017年度版では「現行の契約図書に基づく2次元図面による発注・実施・納品」を前提にしている。

(2) ガイドラインの構成と対象工種

ガイドラインは、共通編（第1編）と各分野編（土工編、河川編、ダム編、橋梁編、トンネル編）の全6編で構成されており、各編を組み合わせることを想定している。なお、土工編（第2編）については「ICT土工」の要領・基準類に基づき、発注者・受注者が行うべき事項が示されている。

(3) CIM導入ガイドライン 共通編

CIM及びCIMモデルの作成・活用の基本的な考え方や、各分野共通で行う測量、地質・土質のモデルの考え方を示している。

(a) CIMモデルの定義・構成

CIMモデルとは『対象とする構造物等の形状を3次元で表現した「3次元モデル」と「属性情報」を組み合わせたもの』と定義している。また、構造物モデル、地形モデル等の各要素単位のCIMモデルと、それらCIMモデルを統合して活用する「統合モデル」の考え方を示している。

(b) CIMモデル詳細度

詳細度とは、CIMを活用する目的、場面、段階等に応じた3次元モデルの形状、属性情報に関する作り

詳細度	工種別の定義	
	構造物(橋梁)のモデル化	サンプル
100	対象構造物の位置を示すモデル (橋梁)橋梁の配置が分かる程度の矩形形状もしくは線状のモデル	
200	構造形式が確認できる程度の形状を有したモデル (橋梁)対象橋梁の構造形式が分かる程度のモデル。 上部工においては一般的なスパン比等で主桁形状を定める。モデル化対象は主構造程度で部材厚の情報は持たない。 下部工は地形との高さ関係から概ねの規模を想定してモデル化する。	
300	主構造の形状が正確なモデル (橋梁)計算結果を基に主構造をモデル化する。主構造は鋼板桁であれば床版、主桁、横桁、横構、対傾構を指す。また、添接板等の接続部形状はここでモデル化する。 下部工は外形形状および配置を正確にモデル化。	
400	詳細度300に加えて接続部構造や配筋を含めてモデル化 (橋梁)桁に対してリブや吊り金具といった部材や接続部の添接板の形状と配置をモデル化する。また、主な付属物(ジョイントや支査)の配置と外形を含めてモデル化する。接続部構造(ボルトはキャラクター等で表現)、床版配筋や下部工の配筋をモデル化する。さらに、各付属物の形状と配置を正確にモデル化する。下部工は配筋モデルを作成すると共に、付属物の配置とそれに伴う開口等の下部工の外形変化を追加する。	
500	—	—

図—3 CIMモデルの詳細度(橋梁の例)

込みレベル(目安)を示すものである。CIMモデルをどこまで詳細に作成するかは、CIMモデル作成や活用の目的により異なるが、詳細度といった指標がない場合には、3次元モデルを構築・納品した際に、作成者ごとにモデルの作り込み内容が異なる等によって、無駄、手戻り等の発生や混乱が生じる。そのため、受発注者間で事前に確認協議のうえ、決定しておく必要があり、本ガイドラインでは共通編及び各分野編で各工種の詳細度を示している(図—3)。

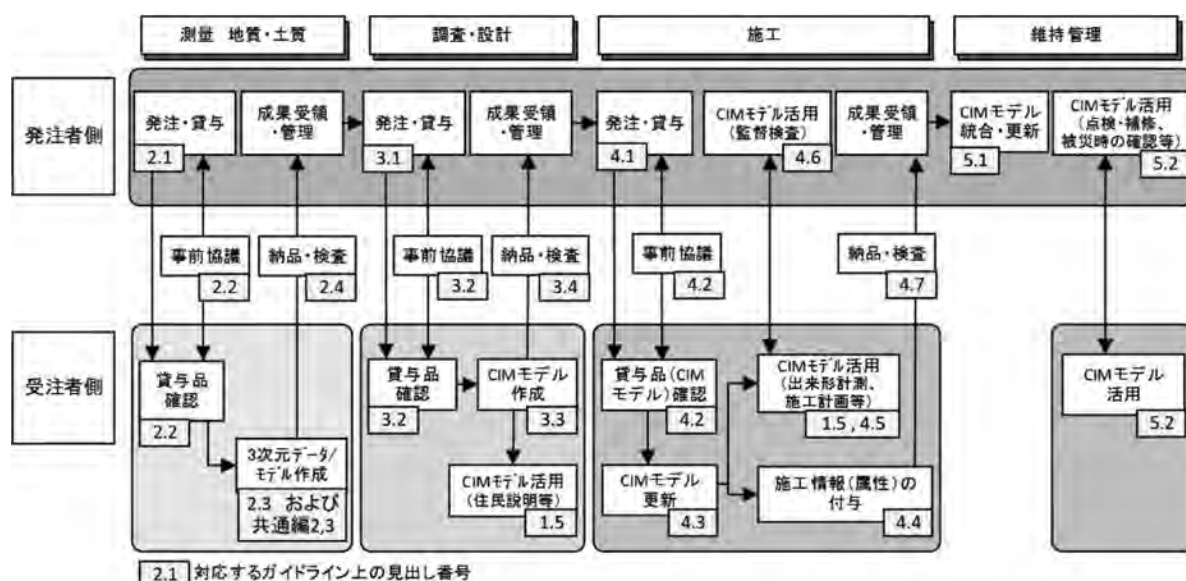
(4) CIM導入ガイドライン(案)各分野編

各分野編では、各段階において発注者、受注者それぞれが取り組むべき内容を示し、作業の流れと対応し

た目次構成としている(図—4)。対象は、測量、地質・土質、調査・設計、施工、維持管理までの段階を記載している。また、別途、各要領・基準等で規定されている作業も含め、受発注者がやるべきことの概略を把握できるようにしている。

測量、地質・土質、調査・設計、施工の各段階においては、主に次の事項を示している。

- ・各段階の発注者・受注者が行う事前協議事項
- ・測量段階で取得する3次元データの精度、密度等
- ・地質・土質調査段階で作成する地質・土質モデルの作成指針
- ・設計段階で作成するCIMモデルの作成指針、各段階で付与すべき属性情報



図—4 CIM導入ガイドラインの目次構成

・施工段階での CIM モデルの確認方法、活用方法

3. CIM モデルの利活用に向けた取組み

建設現場の生産性向上を図るためには、3次元データを活用した CIM モデルの普及・拡大が不可欠であり、今後、以下の取組みを進めていく。

(1) 施工段階における取組みについて

土工分野では、3次元データを活用するため、2016年3月に15の新基準や積算基準を整備し、ICTを実装した建設機械等を活用する ICT 土工を進めている。2016年度は584件の工事で実施しており、ICT土工により、起工測量から完成検査まで土工にかかる一連の作業時間について、平均で28.3%の削減効果を確認している。ICT 土工については、引き続き導入を推進していくとともに、2017年度からは舗装工や浚渫工においても ICT を全面的に導入する「ICT 舗装工」や「ICT 浚渫工」の取組みを開始する。

また、CIM モデルの現場実装にあたっては、2017年度より ECI 方式（施工者と技術協力業務を締結し、設計に技術提案内容を反映させる契約方式）を活用して、CIM モデルを設計・施工の一気通貫で活用する CIM 試行事業を実施する。ECI 方式では、発注者が受注者に CIM モデルの導入・活用に関する要求事項（リクワイアメント）を設定する。これに基づき、発注者、設計者、施工者がそれぞれ知見やノウハウを出し合い、CIM モデルを構築し、一層の効率的な事業の推進を図ることとしている。これら事業を通じて、CIM モデルの本格導入に必要な課題の抽出及び解決方策を整理するとともに、今後のデータの標準的な仕様の整備等につなげていく。

(2) CIM モデルの仕様の標準化

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

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

(3) データ利活用環境の整備

3次元データの利活用にあたっては、既存の2次元データも活用しつつ、測量、調査、設計、施工、維持管理で一気通貫の流通・利活用することを目指しています。このため、「CIM 導入推進委員会」において、既存の電子納品保管管理システム等と連携し、各段階のプレイヤーが効率的にデータを利活用できるシステムの検討を進め、2018年度までにシステムの基本的な仕様等を取りまとめ、2019年度からシステム構築を予定している。

4. おわりに

建設現場の生産性向上を図るためには、i-Construction の取組みを国の直轄工事以外にも拡大していくことが必要である。

このため、地方自治体に対して、発注関係者の集まる発注者協議会や土木部長会議等の場において、CIM を始めとした i-Construction に関する様々な基準について周知を図りつつ、連携して取組みを進める。また今後、より使いやすいガイドラインとするため、CIM を実践して得られた課題への対応や関連基準類の整備状況を踏まえて、継続的に改善を図っていく所存である。

J C M A

[筆者紹介]
城澤 道正（しろさわ みちまさ）
国土交通省大臣官房
技術調査課
課長補佐

ImPACT タフ・ロボティクス・チャレンジにおける 災害対応建設ロボット

吉 灘 裕

内閣府総合科学技術・イノベーション会議が主導する革新的研究開発推進プログラム（ImPACT）タフ・ロボティクス・チャレンジでは、災害対応を目的とする建設ロボットの開発を進めている。これは従来の油圧ショベルの機構・システムを原点から見直し、その運動性能を飛躍的に向上させて、より高い災害現場への適応性と作業の自在性の実現を目指したものである。現在そのプロトタイプロボットが完成し、評価実験を進めている。本稿ではその概要を紹介する。

キーワード：ImPACT，災害対応，建設ロボット，遠隔操作，力覚・触覚，ドローン，俯瞰映像

1. はじめに

災害対応にロボットを導入する試みは広く行われている。ただし実際の災害現場で十分に機能を発揮した事例は多くない。それは現在のロボットを災害環境下へ適応すると、「現場で動けない」、「現場の状況が不明」、「失敗すると全体が破綻」、「作業条件が合わない」等の問題点が露わになるためと考えられる。内閣府総合科学技術・イノベーション会議が主導する革新的研究開発推進プログラム（ImPACT）タフ・ロボティクス・チャレンジ（プロジェクトマネージャー：田所論東北大学教授）¹⁾ は、これらの課題を解決した、災害などの極限環境下において活動できるタフでへこたれない「タフロボット」の実現を目指した研究開発プロジェクトである。現在、5つのロボットプラットフォームの研究開発が進められているが、そのひとつが本稿で紹介する建設機械技術をベースとした「災害対応建設ロボット」である。

建設機械は、土砂災害や建物の倒壊などの幅広い災害現場で用いられている。建設機械自体は、一般の災害対応ロボットと比較して圧倒的にタフと言えるであろう。しかし不安定な瓦礫を崩れないように撤去する、あるいは被災車両のドアを開けるといった繊細な作業は苦手で、災害現場でのそのような作業は人手に頼らざるを得ないのが現状である。また比較的高い不整地の走破性能を有しているが、災害現場に多く見られる急傾斜地や泥濘地への適応性は必ずしも十分ではない。さらに建設機械オペレータの二次被災の危険を考慮すると、機械は遠隔で操作することが望ましい。

無人化施工など、建設機械の遠隔操作の取り組みが行われているが、搭乗操作時と比較して、作業効率が大幅に低下することが課題とされている。本研究開発では、現行の油圧ショベルの機構や油圧、制御、操作のシステムを原点から見直し、運動制御特性、遠隔操作性を飛躍的に向上させた災害対応建設ロボット（以下「建設ロボット」）を実現することを目標としている。

2. ImPACT タフ・ロボティクス・チャレンジの建設ロボット

ImPACT タフ・ロボティクス・チャレンジの建設ロボットでは、以下の3つの研究課題の実現を目標としている。

課題1：力持ちで繊細・器用な作業性を持つ機械の実現

課題2：高い対地適応性の実現

課題3：遠隔操作性の飛躍的改善

これらの課題を解決するために、本研究開発では、以下の新しい機構とシステムの開発を進めている。

(1) 2重旋回・複腕機構

ナイフとフォークで食事をするように、人間はほとんどの作業を両腕で行う。ロボットも2本の腕を与えることで、作業の自在性が1本腕のロボットに比べて飛躍的に高くなる。一般に2本腕というと、人間のように体の両脇に腕がついた右腕・左腕の構成がイメージされる。これまでに開発された複腕のロボットも、

ほとんどがこの構成を取っていると言ってもいいであろう。しかし機械システムを考える場合には、必ずしも人間を規範とする必要はなく、もっと自由な発想を取り入れることができる。本ロボットでは「2重旋回・複腕機構」を採用しているが、これは腰から2本の腕が生えているという構成である。人間も重たいものを持つときは腰を使うように、腰部に腕があることで重負荷への対応能力がきわめて高くなる。また右腕・左腕という概念を捨てて、「上腕」・「下腕」の構成を採用している。この構成では、2本の腕が上下に配置され、しかもどちらの腕も360°エンドレスに回転することができる。こうすることで両腕のレイアウトを自由に設定でき、またロボットのどちらが前方でどちらが後方かという区別もなくなる。生物ではあり得ないロボットならではの機構である。

2重旋回・複腕機構は、図-1のように左右の腕の肩の旋回部を同軸上に重ねており、肩の関節が別々の軸上に配される機構に比べて、はるかに大きな直径のベアリングを使うことができる。またロボットの重心付近で両腕を支持しているので、ロボットの安定性が高いという特徴がある。この機構の採用により、本ロボットは大きな負荷への適応性が高く、重作業に適した構造となっている。また同軸上に配置されたそれぞれの腕が360°回転するため、両腕の向きを自由に変更することができる。本ロボットは、自由な方向に向

けることのできる腕で地面を支えながら、クローラで移動することが可能で、災害現場の厳しい環境への適応性が高い。例えば、急傾斜地や凹凸の激しい現場で、片腕で立木や地面の固定物を掴んでロボットを安定化させ、もう片方の腕でハンドリング作業を行うことが可能である。また腕とクローラを協調して動作させることで、大きな段差を乗り越えることもできる（図-2）。また両腕を同じ方向に向けて複腕の協調作業を行うことも可能だが、2重旋回の特徴を活かして、右腕・左腕の配置を入れ替えることができる。これにより、片腕にカッター、もう一方の腕にグリッパのように2つの腕に異なる機能を与えた場合、作業状況に応じて各腕に適切な機能を割り振ることができ、多様で

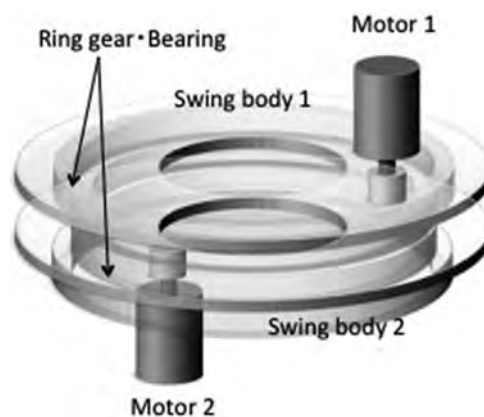


図-1 2重旋回機構

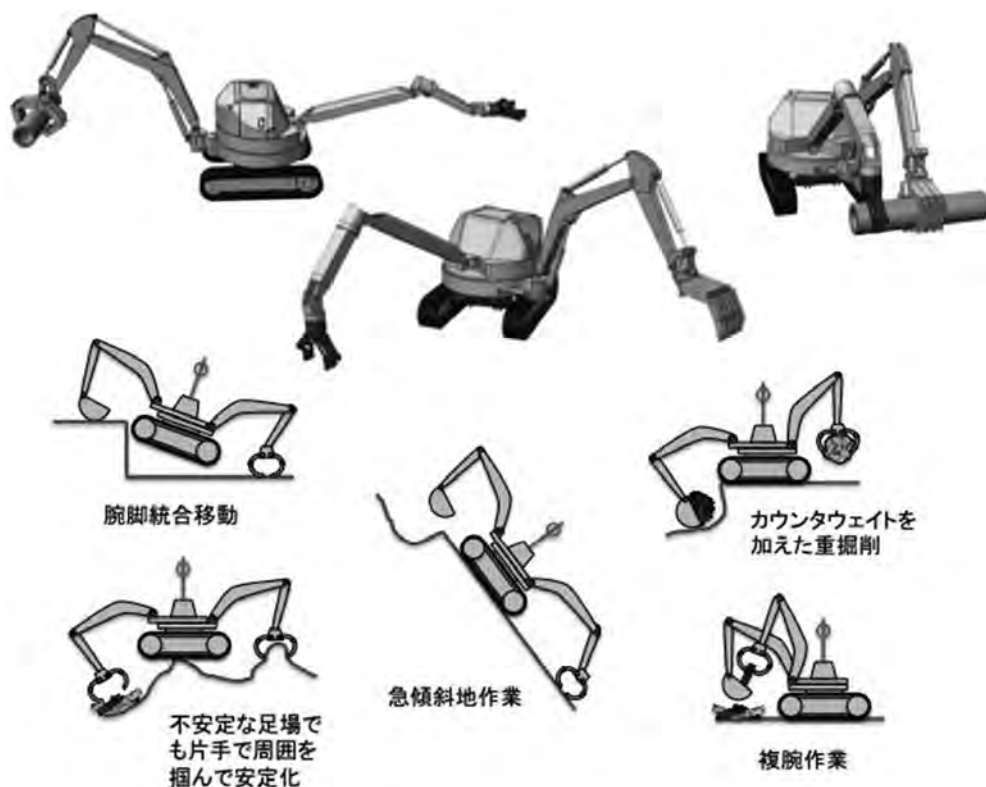


図-2 2重旋回・複腕機構の活用例

複雑な災害現場の作業に柔軟に対応することができる。

しかし腕が2本あっても、それらを自在に操ることができなければ、むしろ互いの腕が邪魔になってデメリットの方が大きくなってしまいう可能性が高い。この課題を解決するために本研究開発の建設ロボットでは、油圧システムの応答性を従来の建設機械よりも1桁高めるとともに、アクチュエータの摩擦特性を大幅に改善することにより、作業機の高い運動特性と力制御性を実現している。また力覚・触覚の機能を加え、対象物を壊さずに操作する繊細さと器用さを実現している。

(2) ロボット周囲情報の取得と新しい操作方式

遠隔操作時の作業性向上のためには、遠隔地の情報を可能な限りオペレータの周辺に再現することが望ましい。その代表的な研究としてテレグジスタンス²⁾があるが、システムが複雑となるため、発災直後の災害現場への搬送と設置が容易ではないことが考えられる。本研究開発では、可搬性に優れた遠隔操作コクピットの実現を目標としている。このため基本的に、画像提示と力覚・触覚の提示だけで操作システムを構成することを検討している。その条件の中で遠隔操作時の情報の欠落をできるだけ少なくするために、有線給電ドローンによるロボット周囲状況の把握、任意視点の俯瞰映像生成、煙や霧などの透過視、半隠消映像の生

成、音源探索などの研究開発を行っている。また複腕ロボットの多自由度の作業機を操作するために、直感性に優れた新しい操作システムの開発と、ロボットの動力学シミュレータを用いた操作トレーニングシステムの開発を行っている。これらにより現行の建設機械遠隔操作時の作業効率の低下（搭乗操作比50～60%）を飛躍的に改善することを目標としている。

図-3に建設ロボットを構成する技術を示す。また図-4に建設ロボットの災害現場への適用のイメージを示した。建設ロボットには、以下の11の研究チームが参画し、要素技術とシステム技術の開発を進めている。

- ①大阪大学 吉灘研究室
- ②東北大学 永谷研究室
- ③東北大学 昆陽研究室
- ④東京大学 浅間研究室・山下研究室
- ⑤神戸大学 横小路研究室
- ⑥東京工業大学 鈴森研究室
- ⑦東京工業大学・産業技術総合研究所 田中研究室
- ⑧慶應大学 石上研究室、横浜国立大学 尾崎研究室
- ⑨産業技術総合研究所 ヒューマノイド研究グループ
- ⑩産業技術総合研究所 デジタルヒューマン研究センター
- ⑪建機メーカー

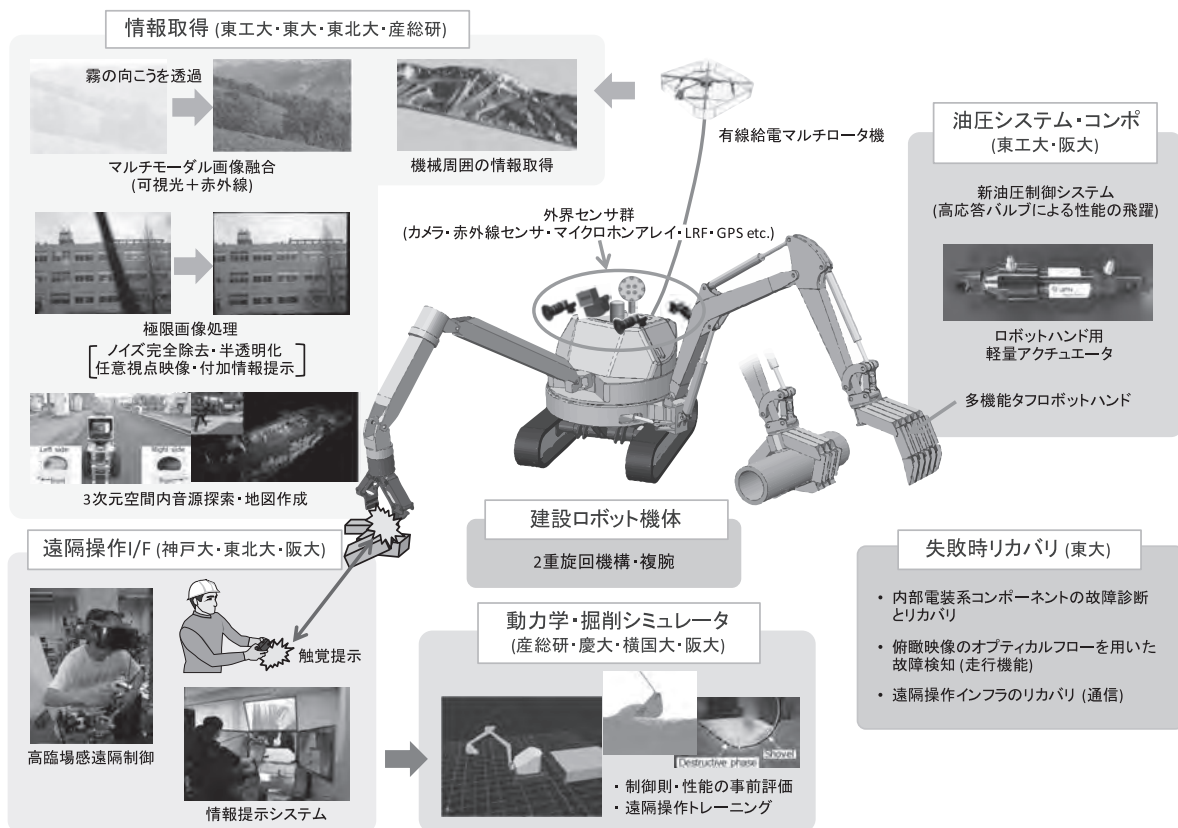


図-3 建設ロボットを構成する技術



図ー4 建設ロボット適用のイメージ

3. 建設ロボットプロトタイプ

建設ロボットは、本稿執筆の2017年10月時点で、2重旋回・複腕機構を備えたプロトタイプ機による1回目のフィールド実験を終え、その結果を踏まえて改良を進めている段階である。本章では、このプロトタイプ機の概要を紹介する。

(1) 2重旋回・複腕機構建設ロボット

写真ー1に2重旋回・複腕機構を採用した建設ロボットの外観を示す。開発したロボットは、車重2.5t、全幅1450mm、全高1900mm、クローラ全長1880mmである。駆動源には出力16kWのディーゼルエンジンを用いている。両腕はどちらも重負荷に対応しているが、上側の腕（アッパーム）はマニピュレータのような繊細かつ器用な作業用、下側の腕（ローアーム）は油圧ショベルのような掘削作業も可能な重



写真ー1 建設ロボットプロトタイプ機

作業用と異なる特性を与えている。

アッパームは、7DOF+グリッパの構成で、各関節のアクチュエータには、本研究開発で開発された低フリクションの制御性の高いものを使用している。オペレータへの力覚と触覚の提示機能を備えており、力覚は各シリンダの圧力から高精度に手先負荷力を推定し³⁾、力帰還型バイラテラルでオペレータに作業反力を伝達している。なお現在はグリッパにはバイラテラル制御は組み込まれていないが、これは次のステップで織り込む計画である。触覚は、ロボットアームの手首に取り付けた振動ピックアップにより、アームの触覚情報を振動信号として検出する。振動信号には、多様な振動が含まれるが、その中から接触に関する振動情報をリアルタイムで抽出し、オペレータに伝達する⁴⁾。オペレータへの触覚の提示は、リストバンドに取り付けた触覚ディスプレイを介して行われる。なお力覚、触覚ともに、手先部にセンサを組み込まない方式を採用しており、本ロボットのようなヘビィデューティな機械に適した方式となっている。ローアームは、現在5DOFで力覚・触覚の提示機能は持っていない。これは次ステップで7DOFとし、力覚・触覚も織り込む計画である。

(2) 多指タフロボットハンド

ローアームの先端には、本研究開発で開発された4本指のタフロボットハンドが装着されている⁵⁾。このハンドは、6個の油圧シリンダと2つの油圧モータで駆動され、これらのアクチュエータを動作させてハ



バケットモード



ハンドモード

写真—2 多指タフロボットハンド

ンドの形状を変更することにより、土砂などを掘削する「バケットモード」と、対象物の形に応じて4本の指で対象物を扱う「ハンドモード」に切り替えることができる（写真—2）。またハンドモードでは相手の形状に応じて握ることができ、握力は14 N～3000 Nの範囲で、自由に調整することが可能である。

（3）ロボット周囲情報提示

無人化施工などの建設機械の遠隔施工では、建設機械本体に搭載したカメラだけでは十分な映像情報を得ることが困難なため、専用のカメラ車を用意して、第三者視点からの映像情報を取得する工夫が行われている。しかし防災直後の災害対応では、カメラ車を自由に配置することは困難と考えられ、別の方法で第三者視点の情報を取得する必要がある。今回のプロトタイプロボットでは、以下のロボット周囲情報の提示技術を搭載している。

本ロボットでは、ロボット上に設けたヘリパッドに、マルチローター機（ドローン）を搭載している。このドローンに搭載したカメラにより、第三者視点の映像を取得することができる。ドローンは、ロボット本体からの有線による給電方式を採用しており、長時間の飛行が可能である⁶⁾。また給電ケーブルの繰り出し方向や張力から、ロボットに対するドローンの相対位置を、GPSを使わずに取得することができる。さらにケーブルを巻き取りながら着陸することにより、ヘリパッドへのピンポイントの着陸が可能である。もうひとつのロボット周囲情報提示技術として、ロボットに取り付けた複数の魚眼カメラの映像から、俯瞰画像を構成するシステムを搭載している⁷⁾。車体に取り付けた複数のカメラ映像を画像処理で合成して俯瞰画像取得する方法は、自動車などにも採用されており運転操作を容易にするものとして知られている。ただし自動車の例では、俯瞰画像の視点は一点に固定されており、変更することはできない。路上の駐車などの簡単な操作はそれでも十分であるが、災害現場のような複雑な環境下では、一方向からの俯瞰画像だけでは安全かつ確実に走行することは困難である。本研究開発では新しい画像処理アルゴリズムを開発して、ロボット本体に搭載した4個の魚眼カメラの映像を合成し、ロボットのオペレータに、任意視点からの俯瞰映像をリアルタイムに提示することを可能としている。これらのシステムを用いることにより、災害現場のような複雑な環境下でも、ロボット周囲の状況を分かり易く把握することができ、屋外のタフな環境でのロボットの遠隔操作を可能としている。

（4）遠隔操作システム

プロトタイプ機の遠隔操作には、昨年開発した単腕実験機のための遠隔操作コクピット⁸⁾を、複腕操作作用に拡張したシステムを用いている（写真—3）。操作インターフェースとして、アッパアーム、ローアームそれぞれの操作作用にハプティックデバイス2個、走行および旋回操作作用のフットペダル4個が設置されている。ロボットの作業機は、異構造のマスタスレーブを基本として操作され、前述のように力帰還型のバイラテラル制御が組み込まれている。またマスタスレーブに3次元マウスとして操作できる機能を加えて作業機の全動作領域を有効に使うことができる。さらに作業内容に応じてマスタ操作からスレーブ動作への拡大比率を変更することが可能である。コクピットには、情報提示用として5つのディスプレイがあり、ロボットに取り付けたカメラ映像やドローンカメラ映像、俯瞰



写真—3 遠隔操作コクピット



写真—4 ピン嵌合作業

映像を適宜切り換えて提示する。また無線通信状況やロボット本体の姿勢角や圧力、油温などの情報も提示可能である。なお現在の操作システムは暫定版であり、映像提示システム、操作I/Fともに全面的に刷新した遠隔操作システムの開発を進めている。

ロボットと遠隔操作コクピット間は無線で通信が行われている。無線技術は、本研究開発の研究課題として掲げていないが、フィールドの実験環境では、5.7 GHz 帯（映像用・ロボット無線）、4.9 GHz 帯（操作信号）、5 GHz 帯・2.4 GHz 帯（情報通信）、特定小電力無線（エンジン始動停止・非常停止）などの専用および汎用の無線機器を組み合わせて使用している。

4. フィールド実験

2017年6月、東北大学青葉山新キャンパスに設けた災害現場を模擬したテストフィールドにて、1回目の評価実験を行った。今回は、ローアームに力覚が織り込まれておらず自由度も不足しているため、複腕の協調作業は行わなかったが、2重旋回などのロボットの基本性能および器用なアップアーム、パワフルなローアーム、それぞれの機能を確認するための実験を行った。ロボットの操縦は、ロボットから約50m離れた位置に遠隔操作コクピットを設置し、有視界は遮断して、ロボット搭載カメラやドローンカメラ映像、俯瞰映像のみを見て行った。アップアームについては、操作性を評価するためにピン嵌合作業を行った（写真—4）。ローアームでは、多指タフロボットハンドを用い、ハンドモードで瓦礫を除去し、その下の砂利を掘削する模擬作業を行った（写真—5, 6）。いずれの作業においても、期待どおりの作業性を示し、操作にそれほど習熟していなくても、比較的容易に作業が行えることを確認した。なおフィールド実験時の



写真—5 瓦礫把持



写真—6 土砂掘削

ピン嵌合作業では、かなりクリアランスの大きなピンと孔を使用した。その後のサーボ系、操作系の改善より、現在は50 μ m程度のクリアランスのピン嵌合作業が可能になっている。

5. おわりに

ImPACT タフ・ロボティクス・チャレンジ建設ロボットの研究開発において、2重旋回・複腕機構の建設ロボットのプロトタイプ機を開発した。プロトタイプ機にはまだ開発中の要素技術の一部しか搭載していないが、今後図—3に示す技術が順次搭載される計画であり、引き続きフィールドでの評価実験が計画されている。また、操作する自由度の多い複腕ロボットを、容易に操縦できる遠隔操作システムの開発を進めており、これらの技術の導入により、より実現場に近い環境での作業実験に進む計画である。

本研究は総合科学技術・イノベーション会議により制度設計された革新的研究開発推進プログラム (ImPACT) により、科学技術振興機構を通して委託されたものである。

J C M A

《参考文献》

- 1) “革新的研究開発推進プログラム ImPACT タフ・ロボティクス・チャレンジのウェブサイト”, <http://www.jst.go.jp/impact/program/07.html>
- 2) 舘暲, “テレグジスタンス”, 日本ロボット学会誌, Vol.33, No.4, pp.215-221, 2015

- 3) 岡田大貴, 横小路泰義, 田崎勇一, 吉灘裕, 中村晋也, 倉鋪圭太, “多自由度油圧駆動ロボットのシリンダ圧力に基づく手先負荷力推定による力覚フィードバック”, ROBOMECH2017 予稿集, 2A1-P06, 2017/5
- 4) 竹之内栄人, 曹南, 永野光, 昆陽雅司, 田所諭, “建設ロボットの遠隔操縦支援のための高周波振動変調に夜触覚情報の提示”, ROBOMECH2017 予稿集, 2A1-P07, 2017/5
- 5) 井手徹, 難波江裕之, 廣田善晴, 山本明菜, 鈴森康一, “小型低撓動アクチュエータの開発と多指タフロボットハンドへの応用”, 第35回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 2F1-04, 2017
- 6) Seiga Kiribayashi, Jun Ashizawa, Keiji Nagatani, "Modeling and Design of Tether Powered Multicopter", 2015 IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics, p. 57, (2015)
- 7) Wei Sun, Soichiro Iwataki, Ren Komatsu, Hiromitsu Fu-jii, Atsushi Yamashita and Hajime Asama: "Simultaneous Tele-visualization of Construction Machine and Environment Using Body Mounted Cameras", Proceedings of the 2016 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO2016), pp. 382-387, Qingdao (China), December 2016
- 8) 吉灘裕, 横小路泰義, 永谷圭司, 昆陽雅司, 山下淳, 田中正行, 大井健, “ImPACT タフ・ロボティクス・チャレンジ (TRC) 建設ロボット—単腕モデルによるフィールド評価実験”, ROBOMECH2017 予稿集, 2A1-P01, 2017/5

【筆者紹介】

吉灘 裕 (よしなだ ひろし)
大阪大学大学院 工学研究科
特任教授



総合的な i-Construction による緊急災害対応

阿蘇大橋地区斜面防災対策工事における無人化施工

坂 西 孝 仁・北 原 成 郎

熊本地震（本震）により、熊本県南阿蘇村立野地区において大規模な斜面崩壊が発生した。この災害に対して国土交通省九州地方整備局の直轄砂防災害関連緊急事業により、阿蘇大橋地区斜面防災対策工事が実施された。この工事は最新の無人化施工技術と建設 ICT を導入し総合的な i-Construction を実現した。
キーワード：熊本地震、緊急対策工事、無人化施工、建設 ICT、i-Construction、自動運転

1. はじめに

平成 28 年 4 月 16 日に発生した熊本地震（本震）により、熊本県南阿蘇村立野地区において大規模な斜面崩壊が発生した。この崩壊の影響により、国道 57 号や JR 豊肥本線が崩壊した土砂により流出し、国道 325 号では阿蘇大橋が落橋するなど周辺一帯では甚大な被害を受けた。この災害に対して緊急的な対策を安全かつ迅速に講じるため、国土交通省九州地方整備局の直轄砂防災害関連緊急事業により、地震直後から建設 ICT や最新無人化施工技術を駆使しながら、阿蘇大橋地区斜面防災対策工事が実施された。また今回崩壊地内に立ち入ることなく、安全かつ迅速に実施することが求められ、過去に類例のない環境下で緊急災害対応を実施し、調査・設計・施工・管理の全ての段階において総合的な i-Construction を実現した。

2. 工事概要

(1) 工事施工体制

阿蘇大橋地区で発生した大規模崩壊の規模は、長さ約 700 m、幅約 200 m にもおよび、崩壊土砂量は約 50 万 m^3 と推測される。この崩壊斜面の上部には至る所に開口亀裂や段差が発生し、滑落斜面は切立って急傾斜となっており、降雨や余震等により更なる崩壊の危険性があった。このような状況の中、本工事においては二次災害を防ぐことを最重要課題とし、滑落斜面およびその周辺地盤の挙動を監視・計測しながら最新の無人化施工技術を導入した。また砂防、地盤、機械システムの専門家からなる施工委員会を設置し、技術的対応について検討、助言を得ながら施工の流れに基



図—1 阿蘇大橋地区斜面防災対策工事全体概要図

づき復旧工事を進めている。

(2) 無人化施工の工事概要

斜面下部の交通インフラ復旧に向け、斜面下部での有人による施工環境を迅速に整える必要があることから、恒久的な法面对策の前に斜面上部からの落石を捕捉し、斜面下部で行われる復旧工事の安全を確保するために、土留盛土工を無人化施工で築造した。また斜面頭部の不安定土砂の除去（以下、ラウンディングという）は遠隔操作で上段土留盛土工完了後施工した（図—1）。

(a) 土留盛土工

土留盛土工は崩壊地下部に落石や崩落土砂を捕捉する上下 2 段各 300 m を施工した。盛土位置は落石シミュレーションの結果に基づき、施工性を考慮し比較的緩勾配となる勾配変化点に配置した。盛土形状は無人化施工での施工性を考慮し、高さ 3 m、土留天端幅を 5 m とした（図—2）。

本工事の無人化施工による土留盛土工は、最新の

表—1 2段階立上げのシステム比較

	第1段階	第2段階
概要	高機能遠隔操作室の設置・運用	超遠隔操作室の設置・運用
内容	崩壊地現場詰所付近に3日程度で立ち上げた高機能遠隔操作室の使用	崩壊地より1 km 程度離れた安全な場所から14台の建設機械を遠隔操作した操作室の設置
設備	下流下部無線局、下流中部無線局設置作業用固定カメラ6台	4箇所無線局設置 作業用固定カメラ13台 監視用固定カメラ3台
稼働建設機	バックホウ2台、不整地運搬車2台 ブルドーザ1台、カメラ車1台	バックホウ6台、不整地運搬車4台 ブルドーザ1台、カメラ車3台
作業内容	工事用進入路造成	土留盛土築造
設置位置	崩壊地現場下流（熊本側）現場詰所付近	崩壊地現場下流（熊本側）1 km 付近病院付近
外観		



図—2 土留盛土工施工状況

ネットワーク対応型無人化施工システムを導入した。

大規模な緊急対策工事であり、かつ迅速に無人化施工設備を立ち上げ、多数の遠隔操作式建設機械を用いて施工することが必要なため、無人化施工システムを、以下に示す2段階で立ち上げて施工を進めた（表—1）。

①第1段階（高機能遠隔操作室の設置・運用）

本工事は地震直後の平成28年5月5日より施工体制を確保し、着手した。第1段階ではバックホウ2台、不整地運搬車2台、ブルドーザ1台と高機能遠隔操作室を導入し、短期間で遠隔操作を開始した。通常無人

化システムの稼働には、機器の設置や設定、調整に10日程度を要するが、本システムは遠隔操作室の機器設置と設定が事前に完了しており、現地に運搬した段階で機器の調整のみで容易にシステムが稼働できる状態となっている。このシステム化された高機能遠隔操作室を導入することで、3日という短期間で無人化施工を開始することができ、土留盛土施工箇所までの工事用進入路造成に速やかに着手できた。

②第2段階（超遠隔操作室の設置・運用）

第2段階では、高機能遠隔操作室により無人化施工を実施している間に準備を進め、遠隔操作式建設機械と設備の増強を図った。遠隔操作室は二次災害を受けにくい現場から約1 km離れた場所に設置した（以下、超遠隔操作室という）。高機能遠隔操作室と超遠隔操作室の切り替えは、各々の無線環境を両立させながら行うことにより作業の連続性を確保し昼の休憩時間中30分程度で完了した。第2段階は平成29年6月中旬より運用を開始し、14台の建設機械と21台の作業用固定カメラを操作できる設備とした。

また段階的な伝送システムを採用した。超遠隔操作室から700 m間は光ファイバーケーブルを敷設し、その先のケーブル敷設が困難な区間は、150 Mbpsの伝送量のある25 GHz高速アクセスシステムを2系統設置して無線中継局まで伝送した。無線中継局から各無線局までは有線LANおよび25 GHz高速アクセス

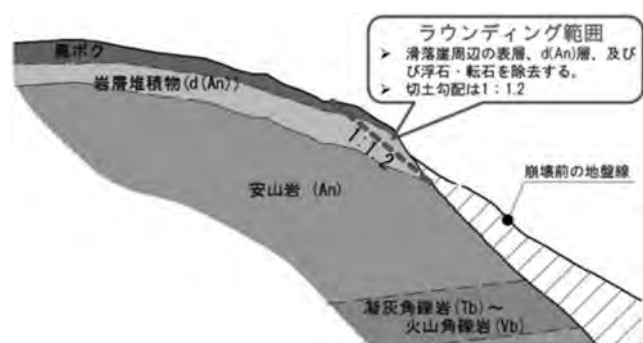


図一3 阿蘇大橋地区斜面防災対策工事無線システム概要図

システムで伝送し、各無線局から建設機械までは、5 GHz の無線 LAN を使用した。このような段階的な伝送容量をもつシステムを採用したことにより、安定的に超遠隔操作室から現場建設機械間 1 km のデータ伝送が可能となった（図一3）。

(b) ラウンディング

崩壊地頭部の滑落崖周辺は極めて急勾配で黒ボク等がオーバーハングしている。亀裂も多くみられ、岩屑堆積物が不安定な状況であり、落石の危険性が高い。このため、崩壊地下部の土留盛土工と併せて、滑落崖周辺の不安定土砂を除去するラウンディングを実施した（図一4）。



図一4 ラウンディング標準断面

ラウンディングは頭部に設置したアンカーからワイヤで吊り下げた高所法面掘削機により実施した。40°程度の急斜面部をラウンディングすることから、高所法面掘削機の横移動が可能なセーフティクライマー工法を採用した。施工は崩壊地頭部付近の遠隔操作によ

る無人化施工であるため、高所法面掘削機に搭載した車載カメラと施工付近の作業用固定カメラ映像をオペレータがカメラモニターで確認し施工を進めた。今回は目視およびモニター映像を確認しながらの遠隔操作を行い、約 17,000 m³ を切土掘削 1 : 1.2 の勾配で除去した。各モニター映像は超遠隔操作室まで配信され、総合的な施工監理を実施した。

3. 最新無人化施工システムの導入

阿蘇大橋地区斜面防災対策工事の無人化施工には、最新のネットワーク対応型システム、建設 ICT を導入し、総合的な i-Construction を確立した。その概要について述べる。

(1) ネットワーク対応型無人化施工システムの導入

従来の無人化施工システムでは建設機械操作データ、作業用固定カメラ・車載カメラの映像データ、マシンガイダンス・マシンコントロールの情報データを各個別の無線機で対応していたことから無線機の台数も多くなり調整に時間を要した。

また中継が難しく伝送も 300 m 程度であるため、遠隔操作室の位置も限定されていた。

これらの問題を解消すべく開発したネットワーク対応型無人化施工システムは、以下のメリットがある。

①無線資源の有効活用が可能

建設機械操作データ、作業用固定カメラ・車載カメラの映像データ、マシンガイダンス・マシンコントロー

ル等の情報データは変換機器で IP（インターネットプロトコル）化して送信するため、1 周波数に多くのデータが効率良く送信可能になり無線資源の有効利用となる。

②遠隔操作室の設置位置の自由度が向上

IP 化により長距離無線 LAN、光ファイバーケーブル等の使用が可能で、中継も容易になった。これより遠隔操作室位置の自由度が向上し、現場から数十 km 離れたより安全な位置に遠隔操作室の設置が可能になった。

③最新技術の導入が容易

IoT 機器や自律運転等の最新技術の導入も容易になり、システムの発展性や拡張性が向上した。

本システムは東日本大震災を契機に、広域での災害対応（火山災害・原子力災害等）を想定し、国土交通省が平成 23 年 3 月に雲仙復興事務所で実施した「超長距離からの遠隔操作実証実験」の成果を基に確立された。この結果により 80 km を超える遠隔操作室から、安定して建設機械の操作が可能であることが実証された。

この技術はその後、赤松谷川 11 号床固工工事等で実績を重ね、今回本工事にも導入された。

(2) 建設 ICT（情報化施工）の導入

当現場では 3 次元ガイダンスシステム、マシンコントロール（ブルドーザ排土板制御）を搭載した建設機械を使用した（図一 5）。通常は建設機械にコントローラが搭載されているが、当現場ではコントローラを遠隔操作室に設置できるように、CAN（Controller Area Network）方式を採用するコントローラに、特

殊な CAN-LAN 変換器を開発・使用した。これによりコントローラを遠隔操作室に設置でき、ガイダンス操作、データ設定や機器設定も遠隔操作室で可能になった。

これはネットワーク対応型無人化施工システムによる基盤技術のメリットの一つである。

(a) マシンガイダンス（バックホウ）

マシンガイダンスを法面整形施工のガイダンスの他に、改良材攪拌作業範囲の指示や測量機として検査立会いに使用した。

①改良材攪拌作業

マシンガイダンスを、改良材攪拌作業へ使用した。1 ブロック毎の改良範囲を赤枠で表示し、オペレータは改良範囲に対応した改良材を投入した後に、図示された範囲と作業深さを確認しながら作業を実施した。

②法面整形作業

盛土の平面形状は数か所の折れ点を有する形状であり、作業用固定カメラや車載カメラによる映像とマシンガイダンスを併用し施工した。無人化施工においては必要不可欠なシステムの一つである。

③出来形検査立会

マシンガイダンス搭載バックホウを測量機として、出来形検査立会に使用した。バケットの爪先で、盛土施工済位置を計測し、盛土が正確に築堤されているか、発注者立会いのもと検査を実施した。バックホウを測量機代わりに使用し、現場から 1 km 程度離れた安全な遠隔操作室から立会いが可能になった。

④水平器の使用

作業現場周辺地盤は黒ボク土が多く堆積しており、降雨時には建設機械が沈み込んだり、滑ったりするこ



図一 5 施工における i-Construction の取組み

とが多々発生したため、マシンガイダンスの水平器機能を使用し、建設機械の傾斜を確認しながら施工を進めた。カメラの配置によっては映像のみでは、微妙な角度は認識できない。そのため、機械の傾きはオペレータの経験のみに頼らざるを得なくなる。水平器機能の使用により定量的な角度を把握でき、オペレータにとっては重要な判断情報が得られ重大なトラブル回避につながった。

(b) マシンコントロール（ブルドーザ排土板制御）

ブルドーザによる基盤整形、盛土の敷均しにマシンコントロールを導入した。盛土高さの仕上げにおいて、オペレータの負担は大きく減り、各盛土層の高さを数 cm 程度の誤差に収める精度の高い盛立が可能になった。

(3) i-Construction の確立

今回の工事では有識者会議を開催し、同会議での見解をベースに、発注者と施工者の検討会議を主体とした事業マネジメントを実施した。また3次元データを一貫して使用した建設 ICT の導入により、調査、設計、施工、管理検査も含めた総合的な i-Construction を実現した（図－6）。

調査では航空レーザ測量により、崩壊地の詳細な地形情報取得を行った。

設計では調査結果より、その3次元データの地形図上に3次元モデルによる対策工の計画・設計を行った。

施工では前述したとおり、3次元設計モデルを活用した建設 ICT を導入し、精密な無人化施工を実現した。

管理、検査では ICT 建設機械を使用した出来形検査や UAV した。

差分解析は着工前、大雨後、または工種の変わり目に実施した。崩壊地法面土砂の的確な堆積状況の把握が可能になり、柔軟な現場施工対応につながった。

4. 新技術の開発

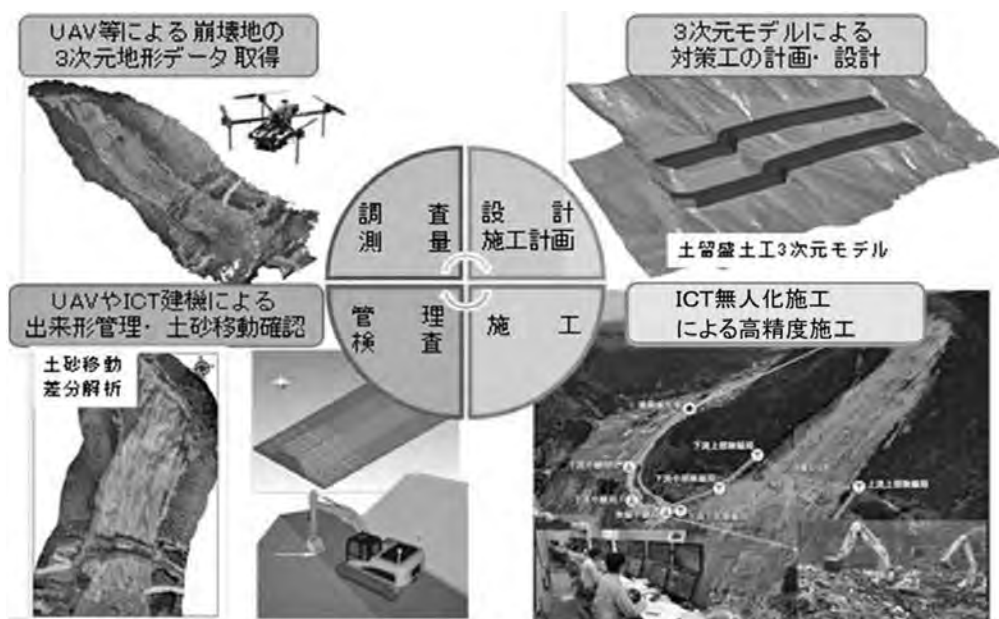
本工事では不整地運搬車の自動運転技術と無人移動体画像伝送システム用無線機の開発を行っている。

(1) 不整地運搬車の自動運転

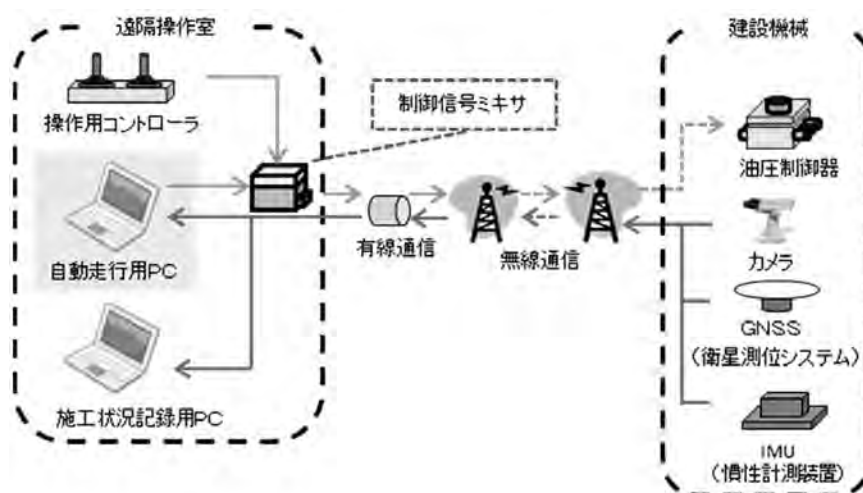
建設機械の自動運転は建設 ICT と制御 PC により、複数の建設機械を1人のオペレータで操作し、生産性向上が期待できる。

本工事では、決められた運搬経路を走行する不整地運搬車に着目し、自動運転させることにした。オペレータが操縦により、走行させたい軌道をあらかじめ走行させた際の Way Point（以下、WP とする）を保存し、その後、WP に沿って自動制御による追従走行を行った。建設機械には GNSS と慣性センサユニット (IMU) を搭載し、現在の建設機械の位置情報と方位角をセンサから読み取り、自己位置を推定し、WP に対しフィードバック制御を行った。本開発の自律制御システムを以下に示す（図－7）。

- ① 遠隔操作式建設機械であれば制御信号ミキサにより制御 PC からの指令を操作器と同じ信号に変換して制御するので、建設機械の改造が必要なく経済的である。



図－6 i-Construction による総合的な取組み



図一 自動走行システム

- ②制御信号ミキサおよび制御 PC は遠隔操作室側に設置されるため、自動制御とオペレータ制御の切替および制御プログラムの変更が容易である。
- ③制御信号ミキサは操作器からの信号を優先して建設機械へ送信するため、万が一自動制御により建設機械が暴走してしまった際には操作器から信号を与えることにより自律制御が停止するシステムになっている。

WP と自律制御との誤差は、一部曲線部で 1 m 程度の誤差があるものの概ね 40 cm 以下の誤差で WP に追従し制御できた。

(2) 無人移動体画像伝送システム用無線機の開発

無人化施工では 4.9 GHz 帯無線 LAN を中心に使用しているが、使用できるチャンネル数が減り、安定して使用可能な有効な無線機が少ない状況にある。平成 28 年 9 月に電波法が改正され利用可能となった「無人移動体画像伝送システム」新規 2.4 GHz 帯、新規 5.7 GHz 帯の無線周波を利用可能な無線機（表一 2）と既存の無線機を本工事内の不整地運搬車とドローンに搭載し、受信する電界強度、映像の伝送速度を既存の無線機と比較を行った。今回実験で使用した無線機は既存の無線機と比べ出力が高いため、既存 2.4 GHz 帯の

無線機と比べ長距離においても通信が可能となった。しかし、新規 2.4 GHz 帯については使用帯域が 5 MHz と狭いことからデータ容量が大きい映像を伝送する際にコマ落ちが発生した。新規 5.7 GHz 帯についてはチャンネル幅が既存の周波数と同様 20 MHz であるため問題なくデータを伝送することを確認できた。

5. まとめ

今回工事での無人化施工に係る成果は、以下のとおりである。

- ①ネットワーク対応型無人化施工技術の確立とその高度化

ネットワーク対応型無人化施工システムを導入し、2 段階立上げをしたことにより、工事用進入路造成等の初期対応時は高機能操作室により迅速に遠隔操作に着手できた。また多数の建設機械が必要となる盛土工事でも、光ファイバケーブルを使用し 1 km 離れた安全な遠隔操作室から、無線システムのトラブルもなく建設機械を稼働することが可能となった。

- ② i-Construction を先導する技術基盤の形成

3 次元モデルと ICT 建設機械・機器を活用し遠隔操作室で集中管理することにより調査・設計・施工・検査の全過程で i-Construction を実現した。施工機械と連動した技術は無人化施工に限らず広く i-Construction を推進する基盤を形成することができた。

6. 今後の展望

無人化施工は当初からネットワーク化された無線システムと遠隔操作室を使用することから、ICT 機器を集中管理しやすい環境が整っている。今回の事例

表一 2 実験で使った無線機の仕様

周波数帯	2.4 GHz	5 GHz
チャンネル数	5 MHz 幅 2 ch	20 MHz 幅 5 ch
出力	400 mW	50 mW
動作温度湿度	- 40 ~ + 65℃ 0 ~ 90%	
防水防塵性能	IP65	
寸法	(W) 150 (H) 115 (D) 55 mm	
重量	450 g	



は、今後の無人化施工による緊急対策工事のみならず他工種でも、UAVを主体にした測量、測量結果の3次元モデル化、そのデータを使用したICT建設機械による施工というi-Construction確立に参考になる要素が多くある。当現場でも活用した施工中の差分解析は、現場状況の変化を定量的に把握でき、出来形管理、安全管理等に活用できる。更に解析速度が上がり、日々の現場管理に使用されると更なる省力化が期待でき、今後急速に開発が進む技術である。

第5世代移動通信システム時代に入ると遅延は1ms、伝送量は10Gbpsと現状の有線システムと変わらない品質で、無線伝送が可能になる。IoTが加速し、多くの建設機械を離れた場所から遠隔操作することが可能になる。またその情報網を使用して、機械データ、位置データ、作業量データ等が自動的に集中管理されることによりi-Constructionの取組も加速される。来年よりみちびき（準天頂衛星システム）の本格的サービスが開始されると通常のGPSシステムで高精度のナビゲーションが可能になり、建設機械の自動化は更に進むことになる。我々はこれを機に省力化の推進と作業効率の向上を進め、作業員不足の改善等の諸問題に取り組むことが今後の課題となる。

7. おわりに

謝 辞

本稿作成にあたり、国土交通省九州地方整備局をはじめ、現場関係者の方々にご助言やご見解を教示していただいた。この場を借りてお礼を申し上げる。今後は無人化施工等の幅広い分野への適用を目指して精進し、新技術を取り入れながら、機器開発や技術提案のすそ野を広げていきたいと考えている。

J C M A

【筆者紹介】

坂西 孝仁（さかにし こうじ）
熊谷組
土木事業本部 機材部
担当部長



北原 成郎（きたはら しげお）
熊谷組
土木事業本部 ICT推進室
室長



油圧ショベル用遠隔操縦装置の開発

災害現場への適応性を向上させた新型簡易遠隔操縦装置ロボ QS

川 上 勝 彦・平 野 高 嗣

災害時に応急対策工事、復興工事を実施する場合、2次災害の恐れがある現場ではオペレータの安全を担保するため遠隔操縦式建設機械を使用して無人化施工で実施する。この際、現地で調達可能な油圧ショベルに簡単に搭載できるタイプの簡易遠隔操縦装置が非常に有用となる。

本報告では20年近くに及ぶ初代簡易遠隔操縦装置の稼働実績を基に、さまざまな法的要求事項や災害現場におけるニーズを整理したうえで開発した新型の簡易遠隔操縦装置について紹介する。

キーワード：土砂災害、無人化施工、遠隔操縦、油圧ショベル

1. はじめに

1991年雲仙普賢岳の噴火災害に対応して1994年に実施した試験工事が無人化施工の本格的な始まりとされている。その後、有珠山、三宅島でも同様の工事は実施されたが、いずれも汎用の重機を改造した大型の無人化施工専用機が使用された。

しかし、その他の自然災害のひとつである土砂災害では、規模や発生場所が様々であり、特に緊急対応が必要な場合が多いが、以下の理由で現地への専用機の導入が困難な場合が多い。

- 1) 大規模災害に対応するため大型の機種が多い。
 - 分解、組立、特車申請等が必要な場合が多く輸送に時間が掛かる。
 - 狭隘な侵入路や災害地への侵入が難しく素早い対応ができない。
- 2) 稼働率が低く維持コストが高いため絶対台数が少ない。
 - 災害地近傍に無いことが多い。
 - 調達先が見つからない。

そこで迅速な無人化施工が可能な方法が必要であるとの要望から、1998年に汎用の建設機械を改造することなく搭載可能な遠隔操縦装置として初代の簡易遠隔操縦装置が開発をおこなった。対象とした建設機械は土工事で最も万能で調達も容易な油圧ショベルとした。

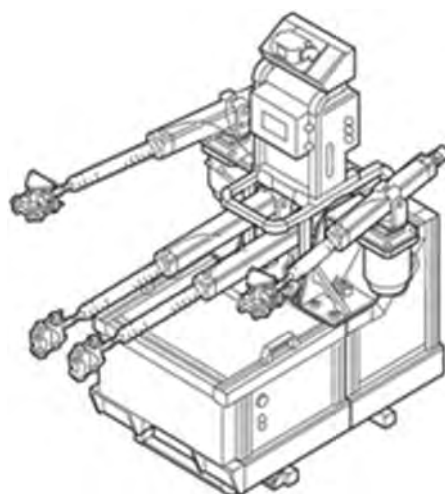
2. 初代簡易遠隔操縦装置

新型装置の紹介の前段として初代装置について以下に示す。

(1) 特徴

初代装置はロボットの発想から開発されているため、制御機器を密に内蔵した躯体の外壳に、腕の機能を持つアクチュエータが4本装備されている形状となっており（図—1）、油圧ショベル運転席の作業機操作用レバー（前後左右方向）2本、走行操作用レバー（前後方向）2本をそれぞれ把持している。

それぞれのアクチュエータを操縦用ラジコンからの指令で制御することで、遠隔操縦を可能にしている。表—1に特徴を示す。



図—1 初代簡易遠隔操縦装置

表－1 初代簡易遠隔操縦装置の仕様

項目	仕様
設置方法	ユニット組立方式。重機シートを外してボルトで固定
総重量	180 kg
駆動源	エンジン式コンプレッサ
駆動方式	空圧サーボアクチュエータ
制御システム	Z80 マイコン制御
耐環境性能	防水・防塵：IP50 周囲温度：0～50 度 耐振性：JISD 1601 3 種 B 耐衝撃性：147 m/s ²
緊急停止方法	建機エンジン停止
操縦用無線距離	特定小電力（見通 150 m）
その他機能	エンジン発停・調速
映像装置	超広角カメラ 1 台（SS 無線伝送）

3. 新型装置の基本仕様検討

機械の安全上の要求仕様、災害現場で油圧ショベルに搭載するために要求される性能、及び初代装置の稼働時や遠隔操作訓練時の運用担当者や訓練者からのアンケートの分析結果からニーズを分析して新型機の基本仕様の検討を実施した。以降に詳細を記す。

(1) 安全上の要求仕様

本装置は事故が発生した場合のリスクが高い油圧ショベルをコントロールする機械であるため、「機械の包括的安全基準に関する指針」に則って、油圧ショベルを一体とした装置としての危険を想定して「製造物責任予防」に対応した。検討結果の概要は以下の通り。

- ①機械安全の国際規格を階層別に示した ABC 規格のうち B 規格（グループ安全規格）を準用する。
- ② JISB9703 規格により、重機に対して停止カテゴリ 0（即時動力遮断）、本装置に対して停止カテゴリ 1（制御回路からの駆動部停止の後、電源遮断）に準拠して実施。
- ③ ISO 13849 に基づく安全カテゴリは 1 及び 2 として、「使用環境ストレス要求事項への耐性」「基本安全原則の使用」「十分吟味された部品の使用」「システムは点検及びその結果を出力する機能を持つ」等に留意して設計する。
- ④ノイズ誤作動対策として EMC（電磁環境両立性）に留意して設計する。
- ⑤残留リスクを機器およびマニュアルに明示する。
- ⑥法的要求事項は以上であるが、無人化施工用機械

は機械の存在する場所自体が危険地帯で、人員の立ち入りが禁止されているため、遠隔での故障復帰で出来るだけ遠隔で現場脱出を可能とする設計とする。

(2) 災害現場で汎用の油圧ショベルに搭載するために要求される性能

防水防塵性能：IP65（JISC0920 規格）

耐衝撃性能：137 m/s² 以上（事前計測により稼働中の油圧ショベルに発生する衝撃値が約 88 m/s²であったため、1.5 倍値とした）

周囲温度：想定最高周囲温度、摂氏 50 度

搭載方式：初代装置で実績があるユニット組立式とする。ユニット 1 個当りの最大重量 15 kg 以下とする。PL 法の観点から建機に対する改造は行なわない。また、エンジン始動制御回路への電気的接合は、建機盗難防護の観点からコンプライアンスに問題があるため実施しない。

電源容量：簡易遠隔操縦装置は発電機を装備しない場合、重機の発電機＋バッテリーから電気の供給を受けることになる。本装置の他に映像機器や ICT 機器を搭載することを考慮して DC24V-10 A 以下に収まるように設計する。

(3) ニーズ分析結果対応

(a) 建設機械への搭載方法

装置を組立・搭載する際、油圧ショベルの部品脱着作業はボルトにゆるみ止め等が施されているため時間を要し、重量物、例えば座席シートの脱着も労力を要する。また、装置の組立にボルト、ネジの締結が多用されている場合は、災害現場での条件の悪い搭載作業であっても、締付トルク管理、ゆるみ止め処置が不十分であると稼働中の脱落が発生する。そこで、各ユニットは一人で無理せず持てる重量とし、機器同士の接合、寸法調整もワンタッチ式のものを採用し、油圧ショベルの運転席にはほとんど手をつけず、工具や技術をほぼ要さずに短時間で装置の搭載ができるようにする。

(b) 遠隔と搭乗の運転方法の両立

災害現場は、二次災害の恐れがある無人エリアと人が立ち入ることが可能な有人エリアに区分けして作業を実施する。しかし、遠隔操縦は安全が確保される反

面、施工効率に劣ることが知られている。よって、施工中は危険状態に応じて無人エリアの範囲を調整しながら施工するが、装置がオペレータの着座位置を占有している場合、臨機応変に搭乗運転と遠隔操縦運転を切り替えて施工することが難しい。そこで、本装置は、搭載したままでの搭乗操縦が可能な構造とし、災害復旧工事の効率化を図ることとする。

(c) 災害派遣時の輸送性

油圧ショベルを本体ごと現地に搬入する必要がある無人化施工専用機に対し、汎用機に後付する初代ロボQは小型トラックで運搬できる利点があったが、エンジンコンプレッサに含まれる「ガソリン・エンジンオイル・バッテリー」が輸送時の危険品目であり、空輸や混載輸送が出来ない問題があった。本装置は更なる小型化を行い、宅急便での発送、ワンボックスカーで運べるサイズとすると共に、空輸可能な部品のみで構成し、離島への早急な初動対応も可能とする。

(d) メンテナンスの容易さ

ロボットは、設置スペースの関係や厳しい要求仕様に応える機器が無いために、特注品や特殊部品が多くなる傾向にあり、故障や修理が必要な場合に部品調達に時間を要することが多い。また、電子機器を高密度で積層配置することが多く修理に専門性を要することも多い。そこで本装置は、メンテナンス性に優れたFA装置の制御盤を参考に、市販品や一般に手に入りやすい部品を脱着容易な方法で構築し、メンテナンスモニタで不良箇所の抽出を容易にすることにより、専門性の必要が少ない早急な故障対応を可能とする。

4. 本装置の設計

装置の構成を以下の4ユニットに分けて設計を実施した。

- ①油圧ショベルのレバーを動かすアクチュエーションユニット
 - ②それらを固定するフレームユニット
 - ③制御機器で構成されるコントロールユニット
 - ④ラジコンを主体とする遠隔操縦ユニット
- 次に各ユニットの設計概要を記す。

(1) アクチュエーションユニット

走行レバーには前後方向1自由度、作業レバーには前後左右方向2自由度のアクチュエータが必要になる。一般的なアクチュエータはその動力源により「油圧」「空気圧」「電動」に大別される。選定にあたり、油圧駆動に関しては油圧ポンプが必要となり配管の接

続が必要なこと、また大きく重量があるため対象外とした。空圧駆動は初代装置で採用しており利点も多いが、コンプレッサを搭載する必要があることや、厳しい環境下での制御安定性に掛けることがあるため同じく対象外とした。電動駆動は過負荷で機能停止する恐れがあるが、近年過負荷に対応可能なトルク制御機能を持つものが製品化されており、事前試験でも高い適応性が確認されたため、電動アクチュエータを採用することとした。

駆動機構としては様々な形状を検討したが、出来るだけ単純な形状が良いとしたため、走行レバー用としてシリンダー、作業レバー用として図-2のようにモーターとシリンダの組合せで、複雑な機械機構を介さずに直接駆動する方法とした。

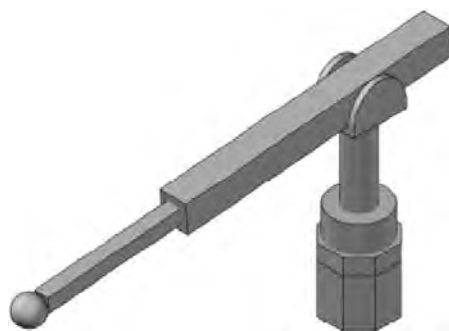


図-2 作業レバー用アクチュエータ

(2) フレームユニット

搭載体対象とする油圧ショベルのサイズはニーズの多い0.28 m³ 及び0.5 m³ (このクラス以上はほぼ同寸である) クラスとした。フレームは高強度アルミ製パイプフレーム構造の分割式として、それぞれをロックピンで連結固定する方式とし、位置調整用のピン穴を多数開けることで、工具レスで各社各機種毎に形状の異なる運転席に搭載するための寸法調整を容易に行なうことを可能にした。

(3) コントロールユニット

操縦用ラジコンからの伝送データ処理や装置全体の制御を行うプログラマブルコントローラー(以下PLC)、アクチュエータ用のモーターを制御するドライバ、リレー等で構成される。操縦用ラジコンからの操作信号の入力に対し各アクチュエータの同期が悪い場合、油圧ショベルの動きが操縦者の意図しないものになってしまう恐れがあるため、モータードライバは多軸同期制御が可能な物を選定した。それら全ての部品はメンテナンス性を考慮してワンタッチで取り外し可能なように制御盤内に平面的に設置した。

緊急停止方法は、油圧ショベルに対しては油圧遮断（建機側油圧ロック割込み）、本装置に対してはモータのサーボオフとした。安全性確保のために建機の緊急停止方法は4系統準備し、一部はCPUを通さずに電気回路のみで作動するように設計した。使用する部品は安全規格対応のものとし、さらに多重安全回路とした。

電磁ノイズによる誤作動を防ぐために、主幹部の信号伝送は差動型デジタル信号を主選択とし、回路もEMCに十分考慮した設計とした。

(4) 遠隔操縦ユニット

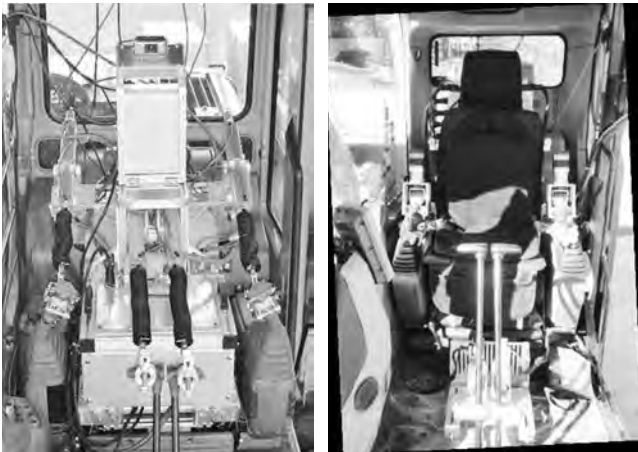
遠隔で操縦するためのラジコンと緊急停止用のラジコンで構成される。操縦用ラジコンと緊急停止用ラジコンに使用する電波は、免許を要しない特定小電力方式とした。ただし使用する周波数帯を操縦用ラジコンは400 MHz 帯、緊急停止用ラジコンは1.2 GHz 帯と分け、特定周波数の混信に対応した。操縦用ラジコンのレバーは油圧ショベルと同様の操作方法とし、装置状態を確認するための簡易モニターを装備した。

以上で設計した、新型装置と初代装置の比較写真を写真―1に、装置の組立イメージを図―3に示す。

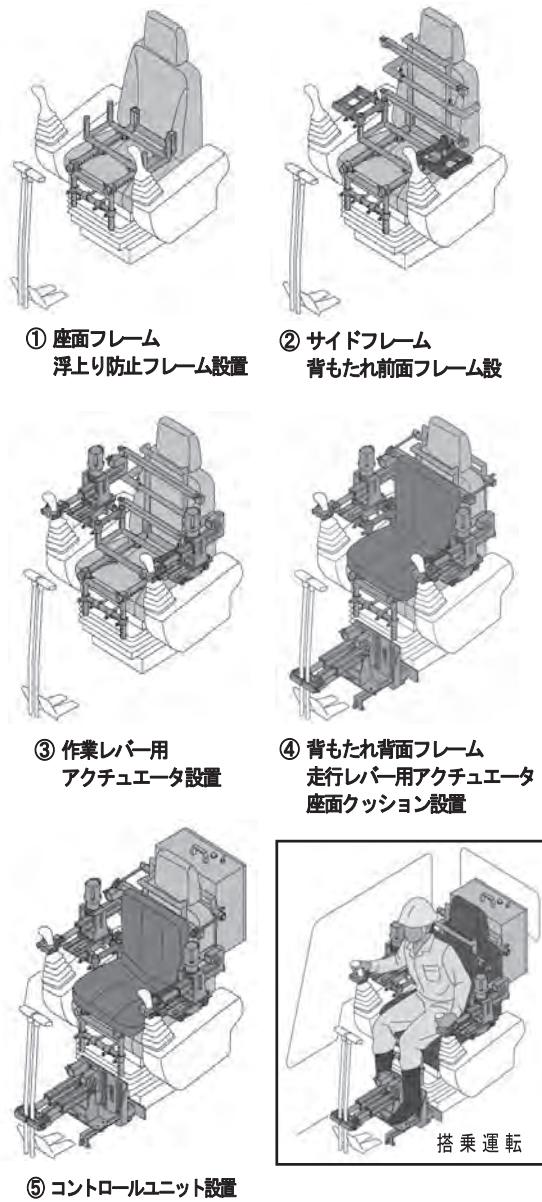
5. 機能の検証

製作した装置の機能・耐久性を確認するため以下の試験を実施した。

- ・IP（International Protection）65 試験
- ・恒温室温度試験（外気温度変化想定 最高温度 50 度）
- ・連続稼動試験（8 時間× 5 日）
- ・衝撃試験（連続稼働試験中に加速度 137 m/sec² 以上を複数回発生させる）



写真―1 初代（左）新型（右）装置の比較写真



図―3 装置本体組立イメージ

表―2 新型簡易遠隔操縦装置の仕様

項目	仕様
設置方法	ユニット組立方式 本体設置は工具不要 2人で60分程度
総重量	69 kg
駆動源	重機バッテリー
駆動方式	電動ステッピングモータ
制御システム	PLC
耐環境性能	防水・防塵：IP65 周囲温度：0～50度 耐衝撃性：140 m/s ²
緊急停止方法	建機油圧ロック
操縦用無線距離	特定小電力（見通150 m）
その他機能	コンディションモニター
映像装置	別システム

上記試験過程において、ソフト、ハードの若干の修正をおこなったが、何れも容易に対応が可能なものであり、致命的な欠陥も無く試験を全てクリアして装置の性能を確認した。最終的な仕様を表—2に示す。

6. おわりに

今回、油圧ショベル用遠隔操縦装置「ロボQS」が完成したことにより、災害の際の更なる迅速な初動対応が可能となった。本装置は一般の油圧ショベルに限らず、ロングリーチ仕様や泥濘地仕様等の油圧ショベルへの搭載も可能であるなど、幅広い機種へ搭載可能であるため、使用箇所・用途に適した油圧ショベルに搭載出来ることが強みである。また、省エネタイプ、排ガス規制対応の新型機種にも搭載可能であり、本装置を更新しなくとも、ICT建機などの技術革新された機種に搭載すれば自動的に施工性能が上がるという利点もある。

文中でも述べたが、経済的に維持の難しい無人化施工専用機が減少する現状において、一般の油圧ショベルで遠隔操縦可能な本装置の重要性は高まっていくと思われる。

今後は、災害復旧現場において巨礫の破碎や倒木の撤去作業が必要となることが多いため、ブレーカや解体用つかみ機等のアタッチメントへの対応を予定している。

謝 辞

本装置は、国土交通省九州地方整備局九州技術事務所及び㈱IHIと共同で開発したものである。また、開発に当たり様々なご指導いただいた関係各位には厚く御礼を申し上げます。

J C M A

《参考文献》

- 1) 平成13年6月1日（基発第501号）厚生労働省労働基準局長：機械類の包括的な安全基準に関する指針
- 2) 平成21年度厚生労働省委託業務中央労働災害防止協会：機械設備のリスクアセスメントマニュアル
- 3) JIS B 9703：機械類の安全・非常停止
- 4) JIS C 0920：電気器具の外被の保護型式試験

【筆者紹介】

川上 勝彦（かわかみ かつひこ）

㈱フジタ

建設本部土木エンジニアリングセンター機械部
主席コンサルタント



平野 高嗣（ひらの たかつぐ）

㈱フジタ

建設本部土木エンジニアリングセンター機械部
担当課長



自律移動ロボットによる 盛土締固め度及び水分量測定の実験

神山和人・妻木俊道・千葉力

本稿では、建設作業のロボットによる代替のひとつとして、自律移動ロボットを用いた RI (Radio Isotope) 計器による盛土の品質管理の自動化について報告する。RI 計器を搭載した台車を自律移動ロボットがけん引し測定を行うことで盛土品質管理のための試験を自動化した。ロボットは複数のセンサ情報から自己位置推定を行い、目標地点を目指して移動する。現場での実証実験の結果、人手による作業と同等の測定結果が得られた。

キーワード：ロボット、自律移動ロボット、盛土品質管理、ROS (Robot Operating System)、RI 試験

1. はじめに

高度成長期に建設されたインフラの維持管理など今後も建設業における需要は一定数あり続けられると思われる。しかし、我が国における労働人口の将来推移は減少の一途を辿り、2015 年に約 7,700 万人いる生産年齢人口は 2060 年には約 4,400 万人にまで減少する見通しとなっている。建設業における技能労働者数に絞ってみると 2014 年に 341 万人居た労働者は 2025 年には 216 万人にまで減少するとされている¹⁾。それに対し、建設投資額の推移に関してはほぼ横ばいとなっており、大幅な人手不足が懸念され、新規労働者の確保が喫緊の課題となっている。

労働者不足の課題に対し、新規労働者の確保のみだけでなく、建設生産の効率化も同時に図っていかねばならない。建設材料や新工法等様々な研究がなされており、その一つにロボットによる建設作業の自動化が挙げられる。建設作業のロボットによる自動化は、その複雑さゆえ現在でも非常に困難ではあるが、一部の作業に関しての自動化の研究は多数行われている。資材運搬用ロボット²⁾、墨出しロボット³⁾、コンクリート仕上げロボット⁴⁾や、広義には溶接作業の半自動化⁵⁾や BIM (Building Information Modeling) による作業支援なども今後ロボットによる自動化を支える技術となっていくと考えられる。

本稿では、建設作業のロボットによる代替のひとつとして、自律移動ロボットを用いた RI (Radio Isotope) 計器による盛土の品質管理の自動化について報告する。

2. RI 計器を用いた盛土の品質管理手順

RI 計器を用いた盛土の品質管理は施工した盛土に対し複数地点に計器を設置し、その締固め度、水分量を測定するものである。測定地点の選定は国交省の定めた管理要領に記されており、以下となっている⁶⁾。

- ①盛土を管理する単位（以下「管理単位」）に分割して管理単位毎に管理を行うものとする。
- ②管理単位は築堤、路体、路床とも一日の一層当たりの施工面積を基準とする。管理単位の面積は 1,500 m² を標準とする。また、一日の施工面積が 2,000 m² 以上の場合、その施工面積を 2 管理単位以上に分割するものとする。
- ③各管理単位について原則 15 個のデータ採取を行い、平均してその管理単位の代表値とする。ただし、一日の施工面積が 500 m² 未満であった場合、データの採取数は最低 5 点を確保するものとする。
- ④データ採取はすべて施工当日に行うことを原則とする。
- ⑤一日の施工が複数層に及ぶ場合でも 1 管理単位を複数層にまたがらせることはしないものとする。
- ⑥土取り場の状況や土質状況が変わる場合には、新規の管理単位として取り扱うものとする。

RI 計器の写真を写真 1 に、測定フローを図 1 に示す。写真 1 にある計器は重量約 10.5 kg 及び線源棒 2 kg となっており、試験時に線源棒は取り付けられる。測定フローは機材の準備から始まり、線源以外からの線量を計測する標準体 BG (Back Ground) 測定後、線源を取り付け標準状態で計測しキャリブ

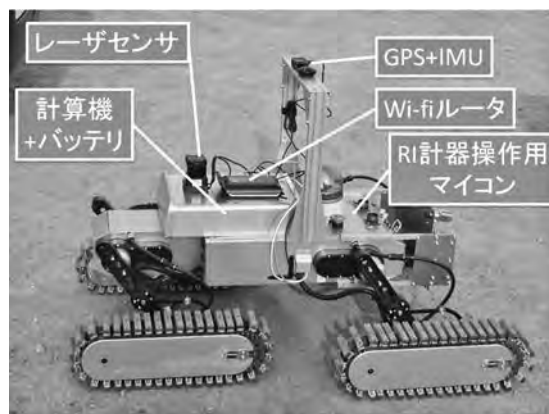
写真-1 RI 密度水分計「ANDES」⁷⁾

図-2 マルチクローラ型移動ロボット

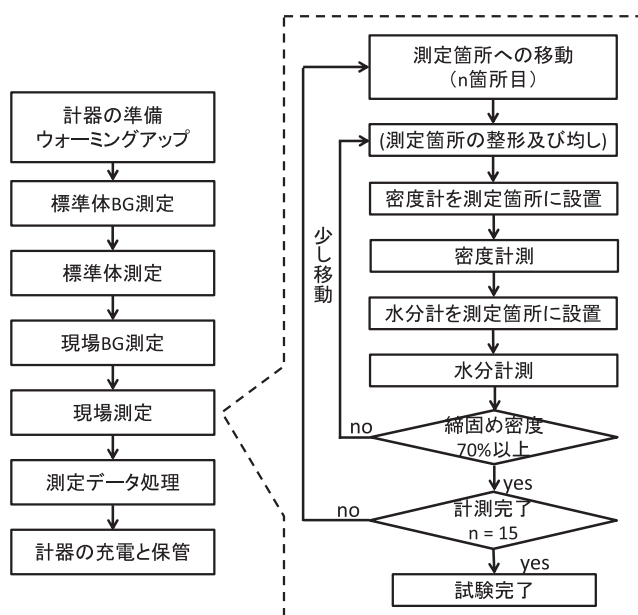


図-1 RI 計器による測定フロー

レーションを行う。その後、現地での線源以外からの線量を計測し(現場 BG 測定), 現場測定へ移る。今回、自動化を進めるのはこの現場測定の部分である。図-1 右側にその詳細なフローを示す。測定箇所 1 点につき、データ収集は 1 回/秒で 1 分間行われ、その平均値が記録される。また、表面不陸による測定不良を除くため締固め密度 70% 未満のデータは取り除く。計測地点を変更しながらこの作業を標準で 15 回繰り返し試験終了となる。

3. 自律移動ロボット及び計測器搭載台車

(1) マルチクローラ型移動ロボット

本研究で用いる自律移動ロボットのハードウェアは宇宙航空研究開発機構が開発した“健気”と呼ばれているクローラ型ロボットで、図-2 にその全景を示す⁸⁾。4 つのクローラ及び 8 つの受動機構リンクを生

かし、約 450 mm の垂直段差を乗り越え、約 45 deg の斜面を踏破する性能を持つため、不整地の多い建設現場での適用が可能と考え選定した。

本ロボットに RI 計器が搭載された台車をけん引させ、複数点ある測定箇所を順に巡らせることで試験の自動化を図る。そのためには、ロボットがどこにいるのか、どの方角を向いているのか、という自己位置推定及び、目的地へ到達するための経路生成、障害物があった際の回避行動などのソフトウェアが必要となる。本研究では、自己位置推定は GPS 及び慣性計測装置 IMU (Inertial Measurement Unit) の情報を用いて行い、障害物回避はレーザセンサ LiDAR (Laser Imaging Detection and Ranging) の情報を用いて行う。

(2) 計測器搭載台車

図-3 にマルチクローラ型移動ロボットとそれに接続された計測器搭載台車の上面及び側面図を示す。台車には RI 試験を行う計器が搭載されており、台車内部に配置されたマイコンから信号を送ることで計器を昇降させることが可能になっている。また、移動ロボットが稼働するために必要な充電電池も台車内に配置している。台車はリンクにより移動ロボットと接続さ

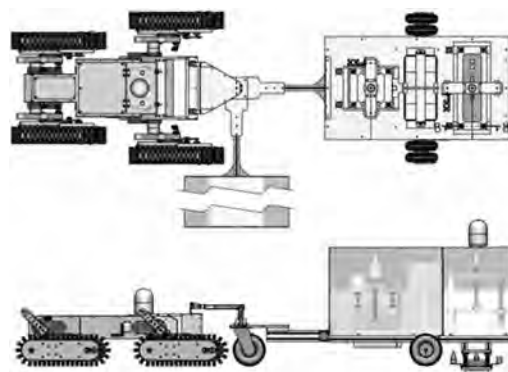


図-3 計測器搭載台車の上面及び側面図



写真—2 移動ロボット及び計測器搭載台車

れており、移動ロボットの動きに追従するようになっている。写真—2にハードウェア全景を示す。

4. ロボットの自律移動化

ロボットの自律移動化には前述のように自己位置推定、経路生成、障害物回避といった多岐にわたるプログラム開発が必要となる。短期での建設現場への適用可能性を探るため、本研究におけるロボット制御にはROS (Robot Operating System) を用いた⁹⁾。

ROSでは機能毎にプログラムがパッケージ化されており、パッケージを組み合わせることで短期に必要なシステム開発が行えるようになっている。本研究ではRobot Localization package 及び Navigation stack と呼ばれるパッケージを組み合わせ、制御システムの開発を行った。制御プログラムの機能の組み合わせと情報の流れをブロックダイアグラムで表したものが図—4となる。

図—4左端にあるGPS及びIMUから出てくる情報をRobot Localization packageで受け、自己位置推定を行う。得られた自己位置情報はNavigation stackの一部であるLocal plannerに入力される。Navigation stackでは経路生成が行われるが、大きくGlobal plannerとLocal plannerに分けられ、大域的な経路生成と局

所的な経路生成が行われる。大域的な経路生成は主としてゴール地点を入力とする。局所的な経路生成では、推定された自己位置からロボットが予測した位置との差分を計算し、経路に修正を加える。その後、次のタイミングでの速度指令値を出力する。

一方で、図—4右端にあるLiDARからの情報及び事前に指定したMapからの情報を入力として障害情報であるCostmapが作成される。これは移動コストを計算するものである。LiDARからの情報はLocal costmapに反映され、その情報を基にLocal plannerは経路生成を行う。移動経路に障害物があった場合、その場所の移動コストが高くなるため、別の経路へ変更される。

制御プログラムの出力値である速度指令値はモータドライバへと送られ、モータが駆動される。

5. RI 試験の自動化実証実験

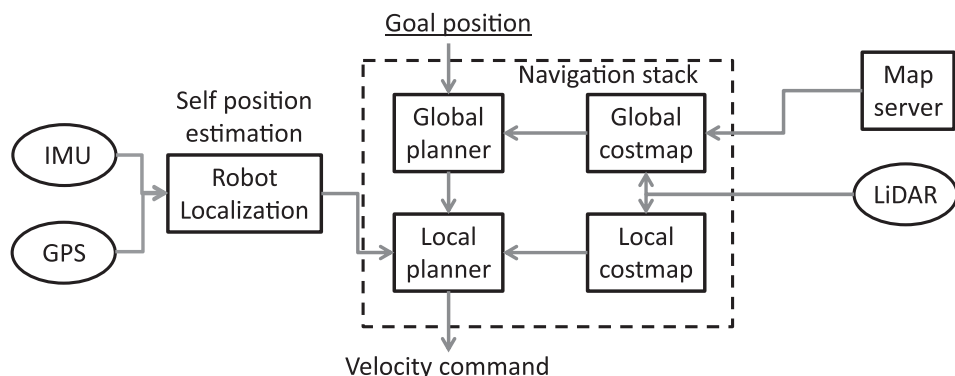
(1) ロボットによる試験フロー

前述のRI計器を用いた盛土の測定フローに基づき、ロボットを用いた測定は以下の流れで行う。

- ① 15点分の測定点のGPS座標値を事前に計測し記録しておく
- ② 移動ロボットに搭載した計算機に測定点を入力
- ③ 移動ロボットが計測器搭載台車を引き、測定点まで移動
- ④ 到着後、計器を降ろし地面に密着させ測定を行う
- ⑤ 測定終了後、計器を上げ、次の測定点へ移動→④に戻り繰り返す

(2) 現場でのRI試験自動化実証実験・評価

5.1にあるロボットによる試験フローに基づきRI試験の自動化実証実験を行った。実験は約30m×200mの長方形エリアを対象とし、約10m間隔で15点の測定点を設定した。測定点を中心とした半径2m



図—4 制御プログラムのブロックダイアグラム



写真一 3 RI 試験自動化実証実験の様子

表一 1 締固め密度・含水比計測結果の比較

試験方法	自動 RI 試験	従来試験	差
締固め密度 ρ_t (g/cm ³)	2.192	2.242	0.05
含水比 w (%)	7.0	6.9	-0.1

の円内に移動ロボット本体が入った時点で搭載されている計器は到着したと認識し、測定を開始する。計器を地面に密着させた後、1分以上測定を行い、終了後計器を戻し、次の測定点への移動を開始する。写真一 3 に実験中の様子を示す。写真一 3 中左下に白線で×印が描かれており、この印の位置が予め指定した測定点を表している。また、台車後方の下部から測定器が降ろされ地面に接地されている。

表一 1 に RI 試験の結果得られた盛土の締固め密度及び含水比を示す。データは 15 回分の測定結果の平均を示しており、どちらの測定結果も自動 RI 試験と従来試験で大きな差は無く、測定誤差である測定値に対して約 2% の程度となっている。実証実験の結果、移動ロボットを自律移動させ、RI 試験を自動化することが可能であることが分かった。

6. おわりに

本研究では盛土の品質管理自動化を目的とし、RI 計器を搭載した台車を自律移動ロボットがけん引し測定を行うものである。今回は ROS を利用したロボッ

トの自律移動制御ソフトウェアに関して詳細を述べ、また実験の結果概ね想定通りに測定点移動が行えることを示した。今後はより高い精度で移動可能とすると共に、盛土の品質管理以外の作業の自動化に応用していく予定である。

J C M A

《参考文献》

- 1) 中央建設業審議会・社会資本整備審議会産業分科会建設部門 第 13 回基本問題小委員会 参考資料 <http://www.mlit.go.jp/common/001121700.pdf>
- 2) 大本絵利, 土井暁, 金子智弥, “低床式 AGV の開発 —新築工事における資材搬送の省力化—,” 第 16 回建設ロボットシンポジウム, P2-9, 2016.
- 3) 大本絵利, 井上文宏, 土井暁, “自走式墨出しロボットシステム,” 大林組技術研究所報 大林組技術研究所 編 (76), 1-7, 2016.
- 4) 中村洋祐, “コンクリート床仕上げロボットの開発,” 第 16 回建設ロボットシンポジウム, O3-2, 2016.
- 5) 大成建設株式会社プレスリリース, T-iROBO Welding, http://www.taisei.co.jp/about_us/release/2016/1439223854872.html
- 6) 国交省・RI 計器を用いた盛土の締固め管理要領 (案), http://www.qsr.mlit.go.jp/s_top/doboku/hikkei-kanri12.pdf
- 7) ソイルアンドロックエンジニアリング株式会社, <http://www.soilandrock.co.jp/products1/andes>
- 8) 妻木俊道, 本田瑛彦, 加藤裕基, 藤岡紘, “4 クローラ型不整地踏破ロボットの開発,” 日本ロボット学会誌, vol. 34, No.7, pp.422-431, 2016.
- 9) ROS (Robot Operating System), <http://wiki.ros.org/>

【筆者紹介】



神山 和人 (かみやま かずと)
 ㈱竹中工務店 技術研究所
 新生産システム部門 ロボティクスグループ
 研究主任



妻木 俊道 (つまき としみち)
 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 (JAXA)
 研究開発部門第二研究ユニット (ロボティクス)
 主任研究員



千葉 力 (ちば つとむ)
 ㈱竹中土木
 技術・生産本部 技術開発部

次世代建設生産システムの現場適用と生産性向上への展望

ロックフィルダムへの適用紹介とインフラ無線システム

田 中 秀 昭・太 田 裕 士

熟練作業員の高齢化による減少，低い生産性，高い労働災害発生率という建設業の重要問題を解決するため，省人化及び生産性と安全性の向上を同時に図ることを目的として，筆者らは建設機械の自動化技術を核とした次世代建設生産システム A⁴CSEL[®]（Automated/Autonomous/Advanced/Accelerated Construction system for Safety and Efficiency and Liability：クワッドアクセル）の開発を進めている。本稿ではその成果として振動ローラ，ブルドーザ，ダンプトラックの各自動化システムの概要を紹介する。また，各システムを連携動作させる通信バックボーンとしてインフラ無線システムを実用化，その要素技術について報告する。

キーワード：ダム工事，自動運転，ICT 施工，無人化，安全，無線 LAN，メッシュ無線 LAN

1. はじめに

建設施工における熟練作業員の高齢化と建設作業従事者全体の減少が予測される中，現場での生産性向上と省人化，そして作業安全性の確保による労働災害の抑制が強く求められている。筆者らは，その実現を目指す一つの方法として，次世代建設生産システムの開発を進めている（図—1）。その特徴は，いわゆる建設ロボットといった専用機ではなく，汎用の建設機械をベースに自動化を進め，熟練オペレータの運転技能をデータ化したものと組み合わせたものである。建設作業の中でも定型的な作業や繰り返し作業は自動化した建設機械で行い，機械の不得意な作業計画や手順の立案は人が安全な場所で行うことを基本としている。これまでに振動ローラとブルドーザの自動化技術を開発し，RCD ダムの施工現場においてコンクリートの自動転圧や自動まき出し・整形に関しての有用性を明

らかにしてきた。これら2機種はロックフィルダム施工において実運用を行った。今般，「土砂を運搬・荷下ろしして，まき出し後，転圧する」というダム盛立工事の一連作業を自動化するため，新たにダンプトラックの自動化を進めており，これらの連携動作を安定して運用するためのバックボーンとなる通信システムの構築も行った。以下，その概要を紹介する。

2. 各システムの概要

(1) 自動化振動ローラ

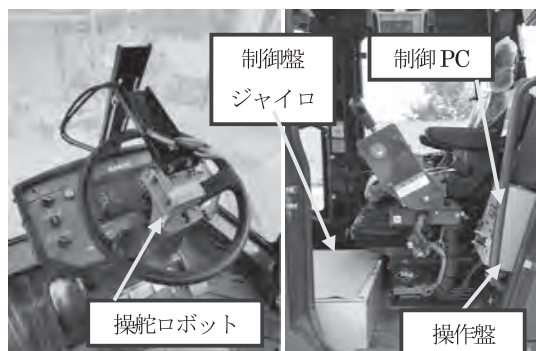
自動化振動ローラを写真—1に示す。汎用の振動ローラに計測機器・自動化装置を搭載して自動化を実現した。この後付け法の採用によってローラ本体に大掛かりな改造を必要とせず，低コストかつ短時間に多



図—1 次世代建設生産システムのコンセプト



写真—1 自動化振動ローラ



写真一2 自動化機器の配置（振動ローラ車内）



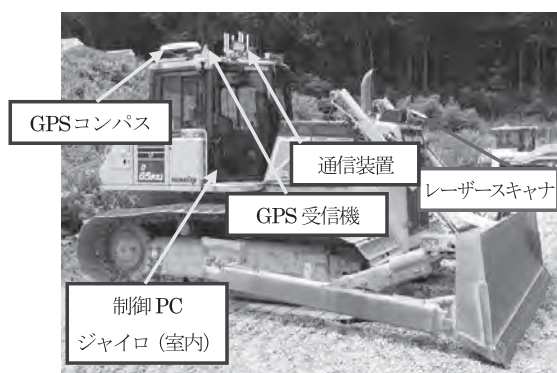
写真一3 2台の振動ローラによるコア材自動転圧

機種種の振動ローラの自動化を可能とした（写真一2）。

本機はRCDダムでの試行後、安全機能の強化、操作の簡略化、振動対策等を行い、ロックフィルダム施工におけるコア材、ロック材の転圧に適用した。ロックフィルダムの施工においては、1つの転圧エリアを2台の振動ローラによって分担施工することが多い。このため1台のタブレットによって複数の自動化振動ローラへの自動転圧指示を可能とした（写真一3）。

(2) 自動化ブルドーザ

ブルドーザの自動化は建機メーカーとの共同研究開発により、同社製ICTブルドーザをベースに自動化を実現した（写真一4）。自動化ブルドーザは、荷下ろしされた材料を指定した厚み（高さ）とまき出し形状

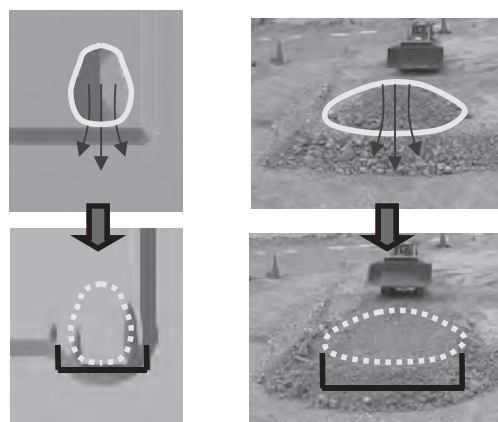


写真一4 自動化ブルドーザ 22tクラス

に応じて全自動でまき出しと整形を行う。ブルドーザの作業は荷下ろしされた材料の種類や位置、山の形状によってまき出し時の材料挙動は異なり、最適なまき出し経路は多様に変化する。熟練オペレータは目視と経験によってこれに対応するが、現場実験において全てを確認することは不可能である。このため筆者らは、ブルドーザのまき出しシミュレーションによるまき出し経路のモデル化を実施、併せて走行経路、ブレード高さなどの制御法を自動計画した。なお、今回ロックフィルダムでの試行にあたり、従来のRCDダムに用いた19tブルドーザに加えコア、フィルター用として22t、ロック用として41tの自動化ブルドーザを新たに開発、運用を開始した。

(a) まき出しシミュレーション

まき出しシミュレーションにおいては、ブルドーザの押土作業に伴う土砂の挙動とブレードの接触をシミュレートし、土砂の形状がどのように変化するかを予測する。一例として55tダンプ1台分のロック材（約25m³）をダンプアップし、これをブルドーザによってまき出すケースについてシミュレーション結果と実際のまき出した状況の比較を図一2に示す。



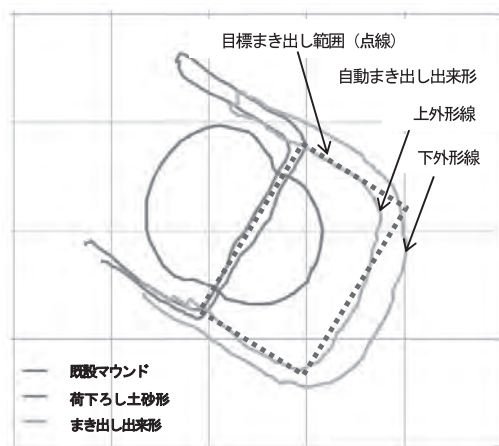
図一2 作業シミュレーションと実際のまき出し

(b) 経路のモデル化と作業計画の自動策定

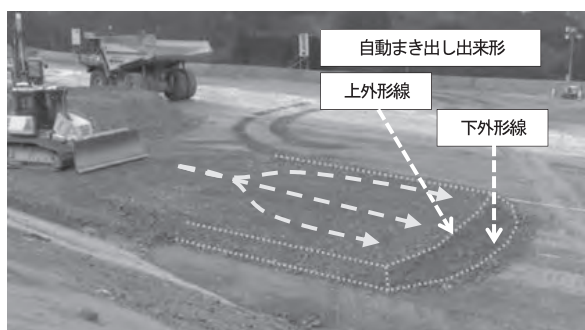
ロックフィルダムでは、コア、フィルター、ロックそれぞれに荷下ろしした材料とブルドーザの作業方向、材料の山形状やまき出し範囲、一層の厚みの仕様などは異なる。このため実作業における熟練オペレータの作業解析を行い、施工条件ごとに経路のモデル化を実施した。まず、まき出しシミュレーションの結果と作成した経路モデルからブルドーザの自動運転の基準となる作業（経路）計画を材料種類ごとに複数作成する。これを現場状況に応じて修正しながら自動化ブルドーザの作業計画を自動策定する。

事例としてフィルター材の自動まき出し結果を図—3および写真—5に示す。図—3に点線で示す長方形の目標まき出し範囲に対し、自動まき出し出来形がほぼ同じ形状であることから自動化ブルドーザの良好な性能を確認することができる。

これまでにコア、フィルター、ロックそれぞれについて作業計画を作成、ダンプトラックと連携した自動まき出しを連続して行えることをロックフィルダムでの試行において確認した。



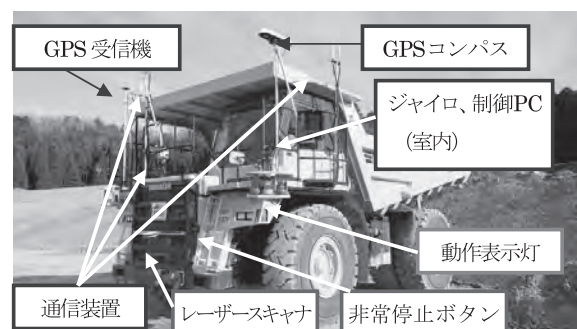
図—3 フィルター材自動まき出し結果（幅 10 m）



写真—5 フィルター材自動まき出し結果（幅 10 m）

(3) 自動化ダンプトラック

ダンプトラックの自動化はブルドーザ同様、建機メーカーとの共同研究開発により同社製 55 t ダンプトラックをベースに実現した（写真—6）。ダンプトラックの走行速度、操舵角などの情報は車体搭載のセンサを用いて計測している。ダンプトラックへの各種制御指令値はスロットル（アクセル）量、リターダ（ブレーキ）量、操舵角度、ベッセル昇降速度等である。これらは制御 PC によって演算し PLC を介して各装置へ指令される。



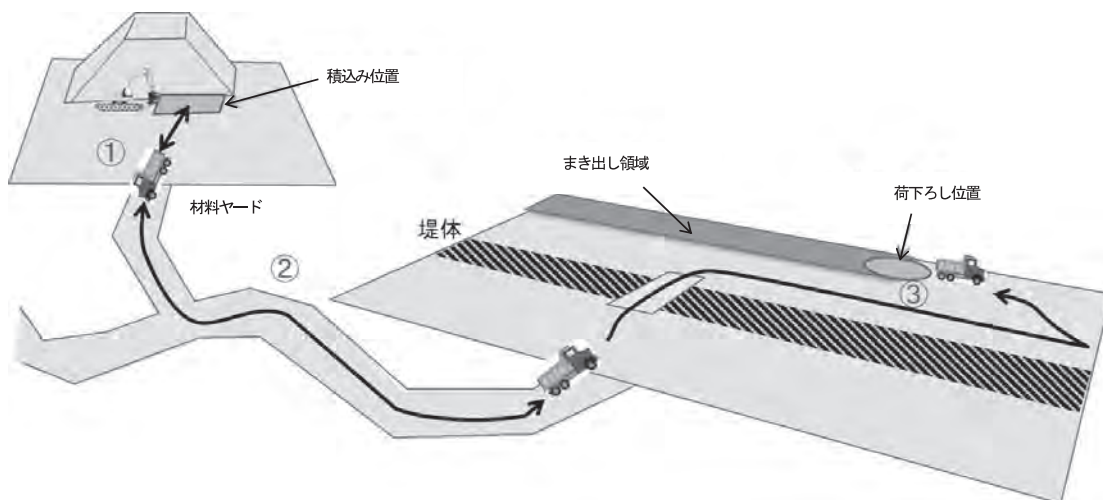
写真—6 自動化ダンプトラック 55 t 積み

(a) ダンプトラックの自動化に必要な機能

ロックフィルダム工事におけるダンプトラックの基本作業として次の①～③が挙げられる（図—4）。

- ①材料ヤードの材料を積み込み
- ②ダム堤体まで材料を運搬
- ③堤体のまき出し領域に材料を荷下ろし

この3つの作業を自動化するためにダンプトラックの基本機能として「走行」、「停止」、「操舵」、「作業（ベッセル昇降）」の自動化を実現した。さらにロックフィルダム工事においてダンプトラックの自動化に求められる機能は次の2点である。



図—4 ロックフィルダムにおけるダンプトラックの作業

①走行経路の自動生成機能

工事用道路など走行可能な領域、材料の積込み位置と荷下ろし位置、他の車両や重機との衝突回避など各種制約を満たす走行経路を自動的に生成する機能を有すること。

②指定経路への精度良い追従走行機能

自動生成した走行経路に対して、走行路面の勾配や不陸、降雨による路面状況の変化等があっても精度良く指定経路に追従できる走行機能を有すること。

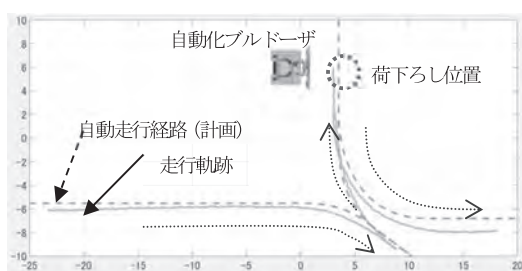
この2つの機能を堤体付近においてコア材の運搬および荷下ろし作業に対応できるように走行制御プログラムに実装し、実証を行った。

(b) ロックフィルダムでの実証試験

自動化ダンプトラックを自動化ブルドーザと連携させ、ダム堤体内のコア材運搬、コア盛立現場の荷下ろし、退避、次に自動化ブルドーザによるまき出し、整形まで一連の自動運転機能について検証を行った。走行経路は事前に図—5の破線のように定めておき、走路上は障害物などが無い状態で自動運転を行った。その際の走行軌跡は図—5の実線となり、荷下ろし位置での誤差は約50 cm以下であった。なお、自動化ブルドーザはダンプトラックの荷下ろし位置が1 m程度ずれても、まきだし経路の自動修正を行う機能を有しており、自動化ダンプトラックと連携した自動まき出しが行えることを確認した(写真—7)。

(4) インフラ無線システム

広範囲の施工現場において多数の自動化重機を運用



図—5 コア材運搬での自動走行経路と走行軌跡



写真—7 自動化ダンプトラックと自動化ブルドーザの連携作業

するためには、高速かつ高い信頼性を有する無線通信を必要とする。また、走行中のダンプトラックとの通信、ならびにタブレットからの接続機能も必要である。無線通信に求められる主な機能は次の3点である。

① Wi-Fi が利用できること

図—1に示したように、一人で複数の建設機械を同時に稼働させるためにタブレット等を利用する。このため Wi-Fi との接続機能は必須である。

② 伝送遅延が小さく、途切れないこと

複数の自動化重機間での共調連携や近接防止など通信の中断は許容できず、伝送遅延も小さいほど良い。

③ ダンプトラックの走行中に利用できること

30 km/h 程度以上で走行するダンプトラックに対しても安定した通信の確保を必要とする。

これらの機能を満たすため以下の評価を行った。

(a) 無線 LAN 装置の評価

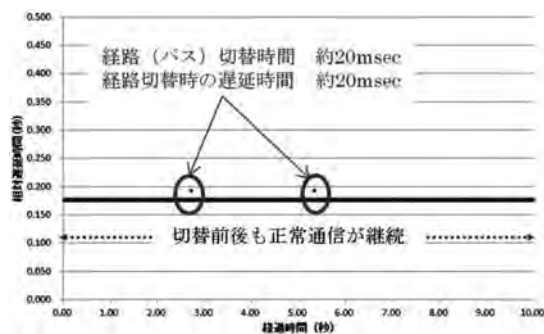
広範囲の施工現場において移動体との通信を確保するには、Wi-Fi 用の定置式アクセスポイント（以下 AP）を複数設置し、AP 間を有線で接続する方法が一般的である（図—6）。移動体はいずれかの Wi-Fi AP に無線接続し、移動によって通信状態が悪化すると他の AP に切替を行う（ローミング方式）。



図—6 一般的なアクセスポイントの配置

移動体の速度が概ね 10 km/h 以下である振動ローラおよびブルドーザにおいては、ローミング方式の利用に問題はない。しかし、より高速に移動するダンプトラックとの通信に際し、30～40 km/h での通信試験を行ったところローミング方式では AP の切り替えに失敗し、通信中断が発生した。このため、より高速に AP を切り替えられる通信方式としてメッシュ無線 LAN の評価を行った。なおメッシュ方式では AP の切替方法がローミング方式と異なり、移動体側の装置は常時複数の AP と無線接続（パス）を確保、常時最善の回線を選択して通信を行う（パスの切替）。

1 周約 500 m の試験走行路にメッシュ AP を 4 か所



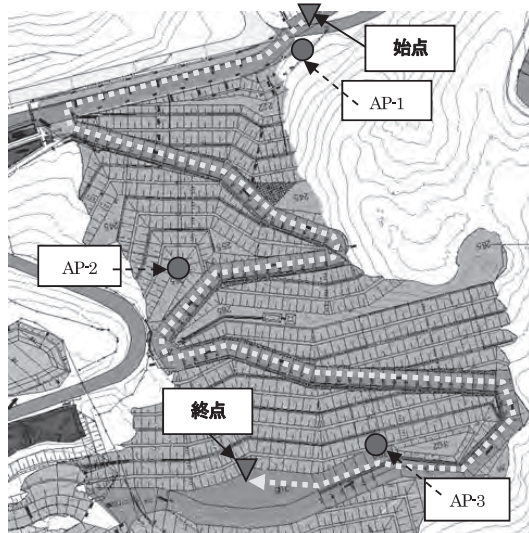
図一七 メッシュ無線 LAN による通信状態

設け、メッシュ無線 LAN 端末機を設置した車両を約 30 km/h で走行させた。通信状態の一部を図一七に示す。図中ではバスの切替が 2 回発生しているが、走行中の通信中断は発生せず、良好であった。また走行中のバスの切替は 20 回／分程度の頻度で発生していた。

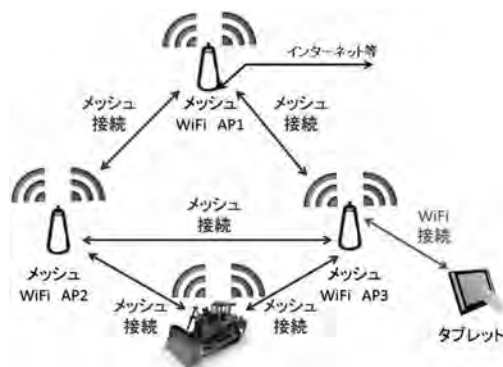
(b) 現場地形での評価

次にメッシュ無線 LAN をダム工事用道路に設置し実走試験を行った（図一八）。始点から終点までの走行距離約 1000 m、高低差 93 m 斜距離 320 m の登り走路にメッシュ AP を 3 台配置した。試験車両にはビデオカメラを搭載し、最大 40 km/h で走行中のビデオ画像（約 2 Mbps）についてデータ伝送を行った。その結果、走行中においてもビデオ画像に乱れはなく、低遅延であり通信中断の無い良好な結果を得られた。

ここまでの結果よりダンプトラックの移動中の通信手段としてメッシュ無線 LAN は有効であると判断した。しかし自動化重機への指示を行うタブレットにメッシュ機能はない。このため重機間の通信にはメッシュ機能、重機と指示者の通信には Wi-Fi を利用できるハイブリッド構成のインフラ無線システムを構築した（図一九）。これにより、自動化振動ローラ、ブルドー



図一八 現場材料運搬路での実走試験



図一九 インフラ無線システム（イメージ）

ザ、ダンプトラックおよびタブレット等の通信を一元化するとともに、現場内走行中のダンプトラックにおいても安定した画像と信号の伝送を実現した。

3. おわりに

本報文で紹介した各自動化システムは、単独の自動運転から複数台の同時運転、さらにブルドーザとダンプトラックの連携運転を実現するに至った。今後、さらに多台数・多機種の総合的な自動化を進めていく所存である。その中では既存の施工法の自動化ではなく「自動化を前提とした施工法」へ発展させるべきであろう。また、建設業における画期的な生産性向上を実現するためには発注者や建設業界に加え、コンサルタント、大学、メーカーや異業種など産官学一体となった幅広い研究開発活動を進めることが重要であると考えます。

謝 辞

最後になりますが、自動化ブルドーザ、ダンプトラックの開発、運用にあたり、D61PXi, D65PXi, D155AXi, HD465 についてコマツ殿と共同研究開発を行った際、コマツの方々には大変お世話になりました。ここに誌面を借りて心よりお礼を申し上げます。

J C M A

【筆者紹介】

田中 秀昭（たなか ひであき）
鹿島建設㈱
機械部 自動化施工推進室
担当部長



太田 裕士（おおた ひろし）
鹿島建設㈱
機械部 自動化施工推進室
担当部長



大水深対応型水中作業ロボットの開発

DEEP CRAWLER

飯 田 宏

水中での潜水土による重労働を低減するために、水中バックホウが実用化され、多岐に亘る工事に適用されてきた。しかし、水中バックホウでは進入不可能な極めて狭隘な環境下や、波浪や潮流の激しい海域、浅海域での施工装置も求められている。また一方では、海洋資源開発などの機運の高まるにつれ、水深数千mという過酷な圧力下に対応可能な無人化施工装置も求められている。本稿では、これらの条件下でも作業が可能な水中作業ロボット「DEEP CRAWLER」（以下「本ロボット」という）について説明し、作業事例を紹介するとともに今後の展開について述べる。

キーワード：水中作業ロボット，無人化施工，水中構造物調査，海洋資源開発

1. はじめに

水中バックホウによる遠隔操縦作業の実績から、大水深域や危険箇所等の過酷な環境下での施工をはじめ、その適用範囲の拡大が求められるようになった^{1),2)}。更に、動けなくなった場合など緊急時の対策も求められており、潜水土の補助を必要としない遠隔からの緊急時対処を行う必要もある。以上の要望を受け、小型軽量で遠隔操縦による本ロボットを建造するに至った。写真—1に大型施工実験水槽で作動テストを行う本ロボットを示す。

本稿では本ロボットの概要及び性能を紹介するとともに、作業実績と今後考えている展開について述べる。



写真—1 本ロボット全景

2. 本ロボットの全体概要

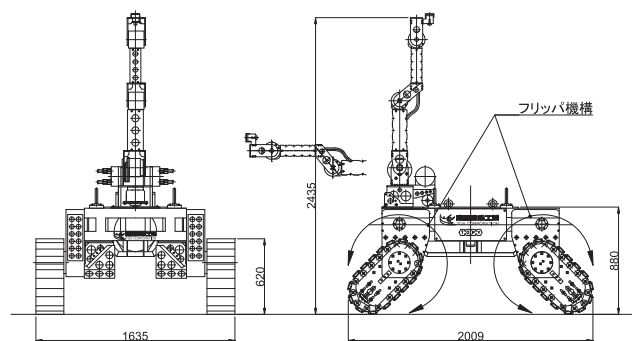
(1) 概要

今回開発した本ロボットは、様々な地形・地盤での走行性を高めるため4軸のクローラ装置を装備していることが第一の特徴となっている。このクローラ装置は各々を任意の角度に変更できるため、走行地形や、走路上の障害物に応じた機体の安定性を向上させている。

水中バックホウによる作業が不可能な狭隘な現場にも適用可能とするため、最小で幅1.6m×長さ2.0m程度とコンパクトな設計としている(図—1)。また、海洋資源開発分野等への適用を想定し、水深3,000mという非常に高い水圧にも対応可能としている。

(2) 構造

図—1に示した通り本ロボットは4軸式のクローラ構成となっている。走行用のクローラは可動式とし



図—1 本ロボット外形（フリッパ135°）

たフリッパ機構を採用しており、各クローラを単独で操作できる構造としている。また、フリッパは無限回転する。

(3) 機能及び性能

クローラ式の本ロボットは水中での走行が重要であるが、各種走行試験は、水中質量 800 kg を想定して行った。

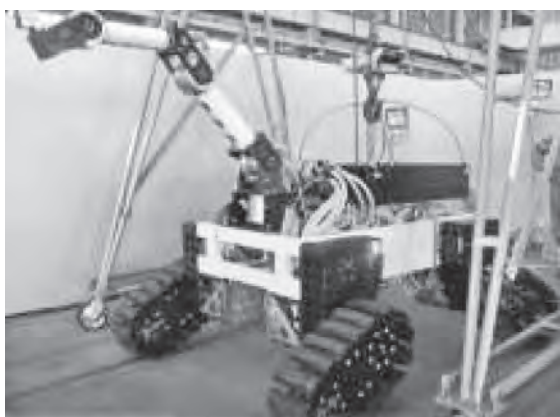
(a) 走行性能

平坦な路面（傾斜 $\pm 3^\circ$ 以下）において、以下の走行が可能である。

- ① 走行速度約 0.35 km/h
- ② 走行旋回及び超信地（その場）旋回
- ③ 200 mm の段差乗り越え

(b) フリッパリフトアップ性能

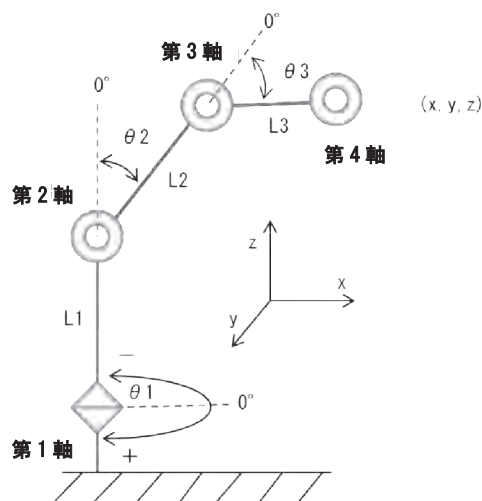
写真—2 にはリフトアップ試験状況を示す。気中質量 1,500 kg（錘搭載）にて、フリッパでのリフトアップが可能である。各種装置を装備した状態で本体姿勢を変化させることができるため、追加機材を装備した状態でも海底面の岩などに乗り上げた際の回避や乗り越えを可能とする。



写真—2 リフトアップ試験

(c) マニピュレータ

本ロボットには 4 軸のマニピュレータを装備しており、マニピュレータ先端に作業ハンドやコアリング装置等を取り付けることにより各種作業が可能となる。マニピュレータ各軸の可動模式図を図—2 に示す。第 1 軸は水平回転、第 2 軸は円直面回転、第 3 軸は円直面回転、第 4 軸は円直面回転としており、マニピュレータ各軸の可動範囲は、第 1 軸 $\pm 30^\circ$ 、第 2 軸 $0 \sim 80^\circ$ 、第 3 軸 $0 \sim 120^\circ$ 、第 4 軸 $0 \sim 60^\circ$ である。また、マニピュレータ本体取付角度は 5 段階（ $0 \sim 90^\circ$ ）に設定することが可能である。



図—2 マニピュレータ可動模式図

(d) 耐水圧性能

クローラとフリッパにそれぞれ 4 軸、マニピュレータに 4 軸のアクチュエータを装備しており、この耐水圧性を高めることにより水深 3,000 m（30 MPa）にも耐えうる性能を確保している。

アクチュエータはモジュール化しており、各モジュールは設計圧力を掛け、耐圧性能を確認している。

3. 遠隔操作システム

本ロボットには、遠隔操縦による無人化施工を可能とする光通信を採用している。

(1) 姿勢センサ

ロボット本体には多数のセンサを搭載しており、これらのデータを操作画面に数値と 3D グラフィックで表示し、異常値を検出した場合の警報機能も組み込まれている。また、機体が大きく傾いた時に一旦動作を停止させ、転倒を防止する安全機能も有する。図—3 に遠隔操縦システムの操作画面を示す。操作画面の左側は標準装備されている光学式カメラからの映像を表示する。



図—3 操作画面

(2) 操作コンソール

写真—3に遠隔操縦システムの操作コンソールを示す。12個のアクチュエータ（クローラ4軸、フリッパ4軸、マニピュレータ4軸）は、すべて単独で操作できる。海底面によっては非常に複雑な操作が求められるため操作用のコントローラを足回り用（クローラ等）とマニピュレータ用の2つに分けることで操作を簡略化し、作業性を向上させている。また、あらかじめフリッパやアームの角度を操作PC内で設定しておくことにより、簡単に角度調整を行うことができる。

操作コントローラには、適正な手順以外の操作が安易に行えないよう、インターロック機能が組み込まれており、各アクチュエータの誤操作を防止している。



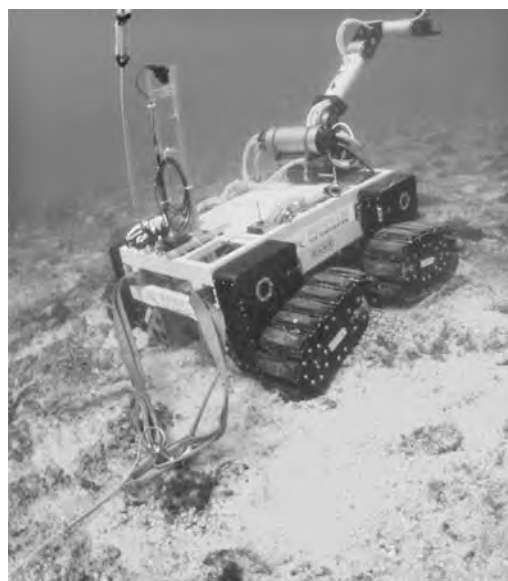
写真—3 操作コンソール

(3) 操作性

本ロボットは、移動速度が最速 0.35 km/h と遅めの設定であるが、情報量が少ない水中での移動では十分と考えている。透明度の高い水域での作業では、標準に装備されている光学式の水中カメラのみによる移動も可能であるが、前後左右の確認ができる映像を表示することにより作業性を向上できる。

4. 緊急時対処方法

本ロボットの走行装置が作動不能になった場合、軽度又は重度の2段階で対処を考えている。軽度は構造上一部機能が停止しても走行できる程度とし、重度は完全に機能が停止した場合とする。クローラ部のアクチュエータはそれぞれモジュール化しており、1基が作動不能となっても、他の3基には影響なく作動可能な構造となっている。そのため、作動可能なクローラのみでバランスを取りながら自力退避を行う。フリッパの無限回転のみを使用した移動も可能である。重度な故障である完全に機能が停止した場合は、退避用の



写真—4 緊急時回収用ワイヤ取り付け状況



写真—5 緊急回収時の吊り上げ確認

ワイヤーをウインチで強制的に巻き取り、機体を引き出す。水路などでの作業を行う場合では、緊急時回収用のワイヤーをロボット後部フレームに接続した状態で調査を行うこととしている。クローラによる走行であるため、十分な引っ張り強度を有したワイヤーを数百m引き回すことが可能である。写真—4に緊急時回収用ワイヤーを取り付けた状況を、写真—5に緊急回収時の吊り上げ確認状況を示す。

5. 作業実績

(1) 海底ケーブル調査

海洋工事を行う際には周辺海域の精度が高いケーブル位置を把握しなければ、作業船のアンカリングでケーブルに損傷を与える可能性がある。そのため、海図に示されているケーブル敷設位置の再確認を行った。調査海域では、潮流による海底ケーブルの移動や砂などがケーブルに覆い被さっていることが多く、ケーブルの敷設位置をトレースすることが難しい。し

かし、船上から肉眼で確認ができる浅瀬からクローラ型の本ロボットで海底ケーブルの調査を実施した（写真—6）。砂地盤上に敷設されたケーブルは、大部分が砂に埋もれた状態であり、地盤上からでは全く視認することができない範囲もあったが、海底地面の状況とケーブル敷設の僅かな痕跡から、ルートを予測しながらトレースし、ケーブル敷設座標及び水深、ケーブルの敷設状態を確認できた。

〈調査概要〉

- ・水深：5～20m
- ・地盤：砂
- ・潮流：0～3ノット
- ・延長：300m 程度×2系統
- ・装備：光学式カメラ、音響測深機、GPS



写真—6 海底調査状況

(2) 水路内部調査

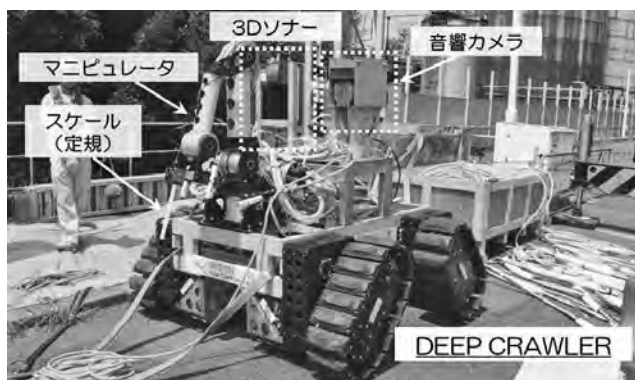
本ロボットにより水路内部（幅×高さ：2.5×2.5 m）の調査を行った。水路内では滞留する水が濁ること、光学式カメラは十分な役目を果たすことができないと予想され、濁りに強い音響カメラと内部に存在する障害物等の形状を非接触で計測できる3Dソナーを装備した。写真—7に調査時の装置外観を示す。調査は、水路内の堆積物確認、堆積量（厚さ）計測、側壁への付着物確認、天井面への付着物確認を目的に行われた。水路内は潮位によるが天井面が没水しない時間があるため、必要に応じてカメラを水面上に出す必要があり、マニピュレータ先端のカメラを活用した。側壁面の確認は濁っていても対応できるように10 cm程度までカメラを近づけた。下床部には堆積物が薄く全面を覆っていたが、側壁面・天井面共に付着物は疎らであり、広範囲にわたるコンクリート面の確認も行うことができた。今回の調査では、コンクリートの浮き、剥離等は確認できなかったが、水路内の流速が変化する地点に直径1 m近い障害物が存在しているこ

とを確認した。実寸確認は、マニピュレータに取り付けたスケールの先端で障害物表面をトレースすることにより、先端座標の軌跡を抽出、幅及び高さを測定した。

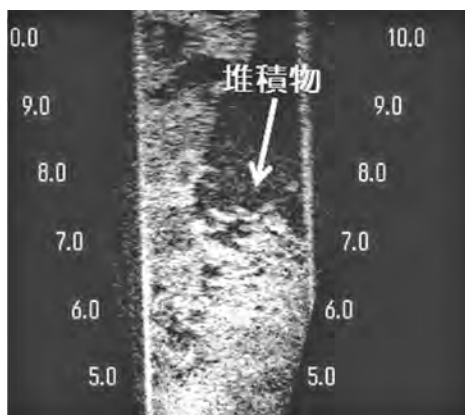
濁り対策で装備した音響カメラ及び3Dソナーの画像を図—4及び図—5に示す。音響カメラは、堆積物や障害物の確認に有用であった他、ロボットの前方を確認、進路調整時にも有用であった。3Dソナーは水路の構造に因ると考えられるが、ノイズと考えられる表示が多く、実際には何もないところに障害物があるように表示されることを散見した。3Dソナーで詳細に状況を把握することは難しいが、全体の確認をリアルタイムで行えることに有用であった。今後知見を増やし、適用条件の確立や計測精度の向上を図りたい。

〈調査概要〉

- ・水深：1～3 m
- ・地盤：コンクリート
- ・流速：なし
- ・延長：約150 m
- ・本数：1本
- ・装備：光学式カメラ、音響カメラ、3Dソナー



写真—7 調査時外観



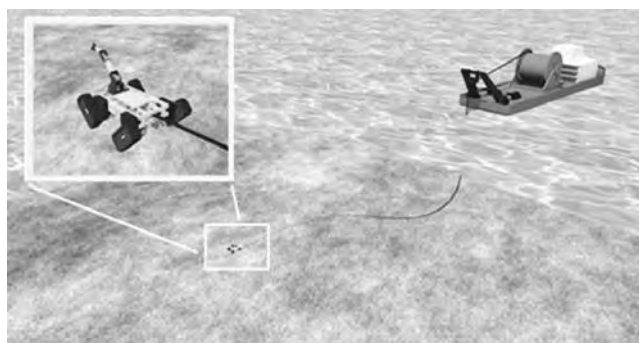
図—4 音響カメラ画像（堆積物）



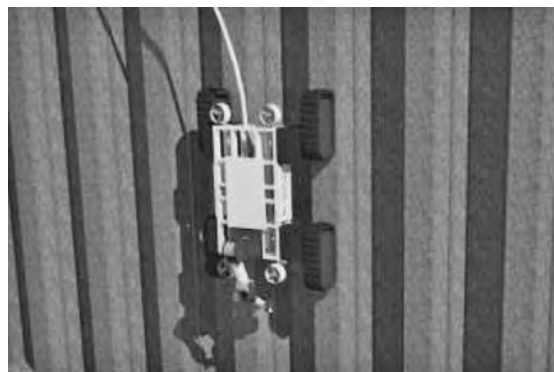
図—5 3D ソナー画像（水路内部）

6. 今後の作業

本ロボット本体は水深 3,000 m まで耐えられる構造を採用しており、海底資源開発での調査や補助作業を見据えた研究開発を進めている。作業イメージを図—6 に示す。また、狭隘な水路トンネルなどの内部での調査のみではなく、構造物が損傷している箇所の補修や障害物の撤去など実際の作業まで行うことを見据えた研究も進める。その他、高さが 2 m を超える壁の調査は、水中重量を小さくし、スラストで壁に貼り付きながら壁面移動ができる装備を計画中である（図—7）。



図—6 大水深での調査概要



図—7 壁面調査時の姿勢制御方法

7. おわりに

本ロボット水中作業ロボットは、今までできなかった危険度の高い条件下での調査や作業を可能にするツールとして非常に有用であると考えている。本体上面には様々な装置を装備できるようにスペースを設けてあり、多様な作業に対応して行きたい。また、日本の広い EEZ 内で確認されているレアアース³⁾などの海底鉱物資源開発にも寄与できるよう、取り組んでいく所存である。

JCMCA

《参考文献》

- 1) 泉信也, 飯田宏, 津久井慎吾, 大村誠司, 高橋弘: 大水深対応型水中作業ロボットの開発, 第 25 回海洋工学シンポジウム, 日本海洋工学会, 2015.
- 2) 小川和樹, 泉信也, 高橋弘: 大水深対応型水中作業ロボットの開発, 建設施工と建設機械シンポジウム論文集・梗概集, 一般社団法人日本建設機械施工協会, pp.49-54, 2015.
- 3) 経済産業省資源エネルギー庁, 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構: レアアース堆積物の資源ポテンシャル評価報告書, 2016.

〔筆者紹介〕

飯田 宏 (いいだ ひろし)
東亜建設工業(株)
土木事業本部 機電部 機械グループ
担当課長



ドリル NAVI における新機能の開発

若 林 宏 彰・宮 越 征 一・宮 原 宏 史

ドリル NAVI（以下「本システム」という）は、山岳トンネル工事の穿孔精度を向上させる穿孔誘導技術、穿孔作業で取得した穿孔データから地山評価を行う地山診断技術、坑内無線 LAN を通して穿孔データやジャンボ診断情報を現場関係者と共有する情報共有技術の 3 技術で構成され、余掘り低減と高速・安全施工を可能としたシステムで、関連する 4 社で協同開発した NETIS 登録技術である。

本稿では、本システムの従来の 3 技術に加え、今回、新たに開発したロックボルト穿孔誘導技術、穿孔データ自動取得機能、CIM 出力機能について紹介するとともに、国道 371 号（仮称新紀見トンネル）道路改良工事で活用した事例について紹介する。

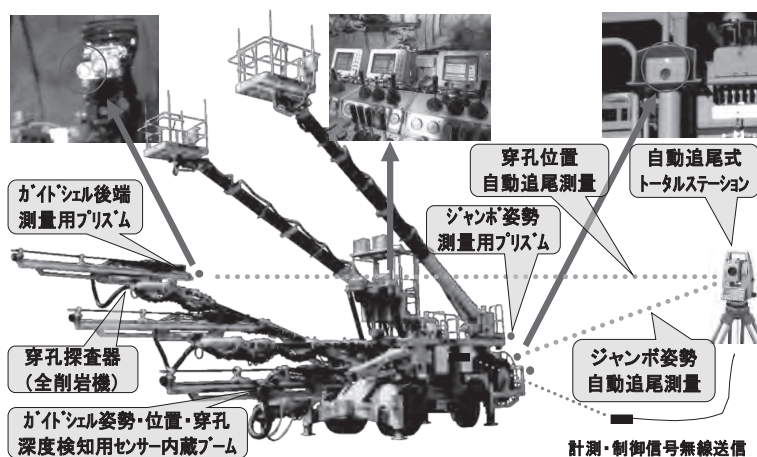
キーワード：山岳トンネル、穿孔誘導、穿孔エネルギー、CIM、維持管理

1. はじめに

国内大型プロジェクトとして期待されるリニア中央新幹線では、路線の大半を長大トンネルが占める。このような山岳トンネル工事で多く採用される発破工法では、一般に余掘りの増大が課題となっている。この余掘りの増大は、材料や施工サイクルのロスになるほか、トンネル周辺地山を痛め、安全性や品質の低下の原因となる可能性がある。また、山岳トンネルは地下深部にある線状構造物であり、事前に地表から十分な地質調査を行えないのが一般的であり、トンネルの品質を確保しながら安全に施工するためには、トンネル施工中に切羽前方や切羽周辺の地質を適切に評価しながら掘進することが重要である。このような背景のな

か、本システムは、山岳トンネルで標準的に使用するドリルジャンボに、①発破や先受け工などの穿孔作業を正確に行える穿孔誘導技術、②切羽前方探査や日常の穿孔作業で取得した 3 次元の穿孔データを用いて地山評価を行う地山診断技術、③坑内無線 LAN により穿孔データやジャンボ診断情報を工事関係者と共有する情報共有技術を搭載することで、山岳トンネル工事の品質や安全性の確保、コスト縮減や工程確保を可能としたものである（図—1）。本システムは、平成 27 年 7 月に九州新幹線（西九州）新長崎トンネル（東）他において初号機が導入されて以来、平成 29 年 10 月時点で全国の 20 箇所のトンネル現場で採用されてきた。

一方、近年の土木構造物の老朽化に伴い維持管理工



図—1 本システム概要図

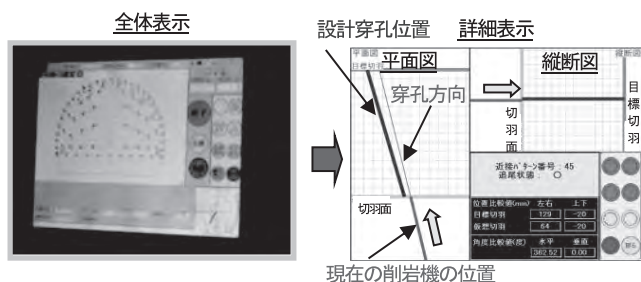
事が増えるなか、山岳トンネルでもその必要性が高まっており、供用後に覆工コンクリートのひび割れや剥落、トンネル変状が発生した場合、発生原因を的確に推定し、最適な対策工を選定していくことが求められている。今回、本システムは、従来の3技術に加え、新たに①ロックボルト穿孔誘導技術、②穿孔データ自動取得機能、③CIM出力機能を追加することで、日常のトンネル掘削作業でトンネル周辺地山の硬軟や緩み状況を定量的かつ容易に確認できるようになり、トンネル施工中のみならず供用後の維持管理工事においても、不具合原因を的確に推定し、最適な対策工を選定できるようになった。

2. 本システムの従来技術

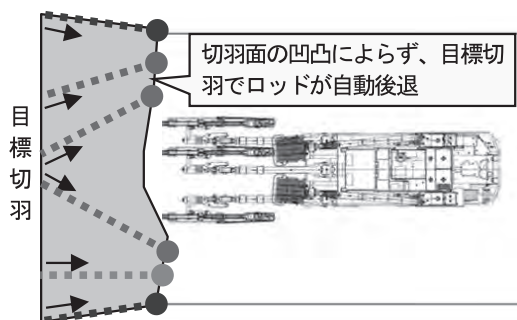
本システムの従来技術の概要について以下に説明する。

(1) 穿孔誘導技術：ドリル NAVIGATION

穿孔誘導技術は、自動追尾式トータルステーションと位置検知用センサーにより削岩機の穿孔位置を把握し、ガイダンス用モニターにしたがって計画した穿孔位置へ削岩機を誘導する技術（図—2）であり、穿孔ビットが計画位置（目標切羽）に到達すると、自動的に穿孔が終了しロッドが後退するオートリターン機能を有する（図—3）。本技術により、切羽外周孔のみならず芯抜き孔を含む穿孔について±5cmの高精度



図—2 ドリル NAVIGATION（発破孔誘導，モニター画面）

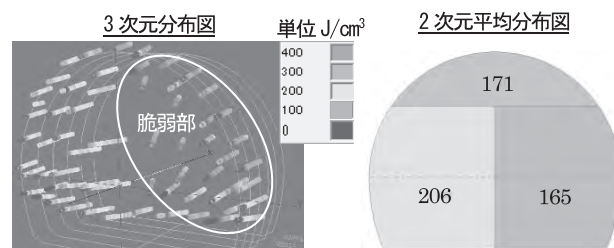


図—3 オートリターン機能 概要図

で穿孔できるため、オペレータの勘や経験に関係なく穿孔精度が向上し、余掘りを低減できる。

(2) 地山診断技術：ドリル EXPLORA

穿孔中の油圧データ（打撃圧、フィード圧、穿孔速度、打撃数、回転圧）を取得できる穿孔探査器を全削岩機に搭載し、得られた油圧データから地山状況の定量的な指標となる穿孔エネルギーを算出する。地山診断技術は、本技術で取得した穿孔エネルギーと穿孔誘導技術で取得した穿孔位置データとを統合することで、3次元穿孔データを算出して地山評価を行う技術である（図—4）。本技術により、日常の掘削作業において容易に3次元穿孔データを取得できるため、切羽前方、切羽周辺の地山状況を定量的かつ適切に評価できる。



図—4 ドリル EXPROLE（穿孔エネルギー表示例）

(3) 情報共有技術：ドリル NET

情報共有技術は、ドリルジャンボのシステムパソコンと、工事事務所、ドリルジャンボ製造工場、本社技術部等とを坑内無線LANを経由してネットワーク回線で結び、常時、穿孔データやジャンボ診断情報を情報共有することで、各専門分野における迅速かつ確かな技術支援を受ける技術である。本技術により、地山トラブルや機械トラブルを未然に防ぐことができ、トンネル現場での工程遅延を防止できる。

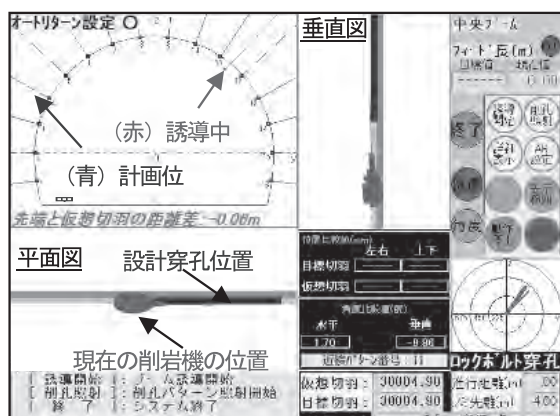
これらの技術を、山岳トンネル工事で通常、使用されるドリルジャンボに搭載することで、山岳トンネル工事の品質や安全性の確保、コスト縮減や工程確保を可能とした。

3. 本システムの新機能

今回、開発した本システムの新機能について以下に説明する。

(1) ロックボルト穿孔誘導技術

従来技術では、発破孔や先受け工など切羽前方の穿孔誘導を対象に開発を進め、余掘り低減や先受け工の穿孔精度の向上を図ってきた。今回開発したロックボ



図—5 ロックボルト誘導技術（モニター画面）

ルト穿孔誘導技術は、ロックボルトやレッグパイルなどトンネル周方向の穿孔誘導を対象とし、オペレータの操作席に設置したガイダンス用モニターに表示された穿孔位置や穿孔角度にしたがって削岩機を誘導することで、高精度に穿孔できるようになった（図—5）。

(2) 穿孔データ自動取得機能

従来技術ではオペレータが本システムを起動しないと3次元穿孔データを取得できなかった。このため、火薬量の少ない不良地山やロックボルト孔などの孔数の少ない穿孔作業では、オペレータが本システムを起動しないことがあり、3次元穿孔データを取得できない場合があった。

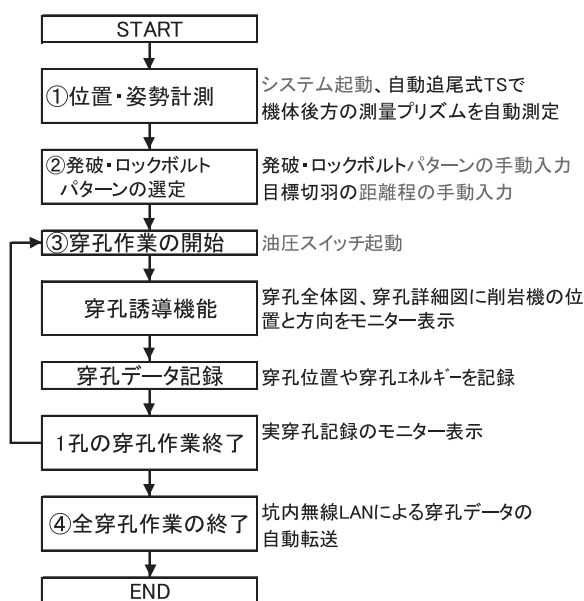
今回開発した穿孔データ自動取得機能は、オペレータが通常作業で削岩機の油圧スイッチを起動するだけで、それに連動してドリルジャンボの座標位置をTSが計測し、こそくや支保工照射で使用する切羽マーキングシステムに記録された目標切羽の距離程をシステムパソコンに入力して本システムが自動的に起動するようにした（図—6, 7）。これにより、オペレータが本システムの起動を意識することなく、全穿孔作業において3次元穿孔データを自動取得できるようになった。

(3) CIM 出力機能

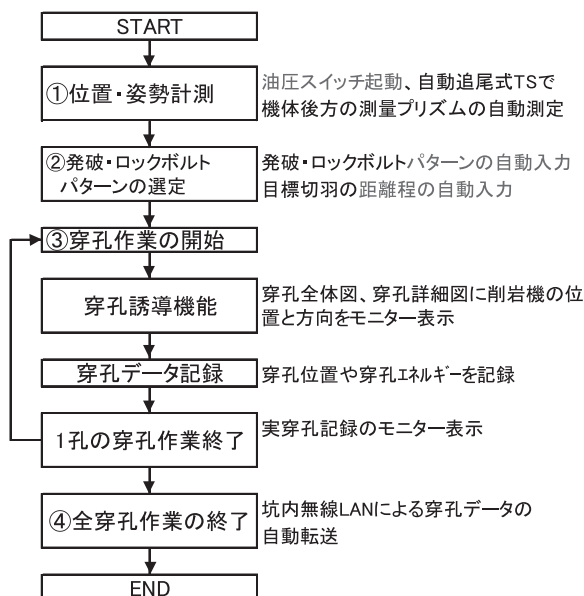
現在、国土交通省ではi-Constructionの一環となるCIMの活用が進められており、土木構造物の設計、施工から維持管理にそれぞれのデータを積極的に活用していくことが求められている。今回開発した本システムのCIM出力機能では自動取得した3次元穿孔データを、コンター図や点群データとして汎用のCIMソフトに容易に出力、分析できるようにした。

(a) コンター図への出力

従来の本システムでは、発破孔などの切羽前方の穿



図—6 従来の穿孔データ取得方法



図—7 穿孔データ自動取得機能

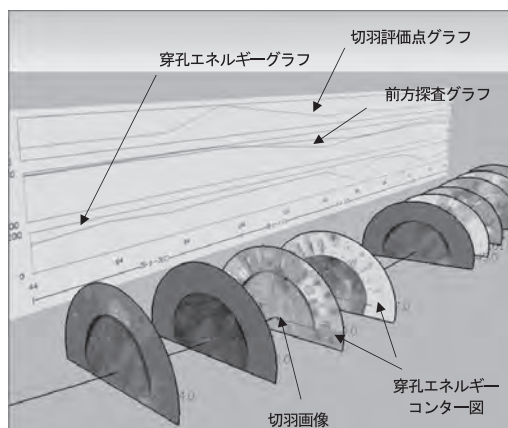
孔データをコンター図として出力していたが、新機能ではロックボルトやレッグパイルなどのトンネル周方向の穿孔データも表示できるようになった。また、これらの穿孔データは2次元のコンター図や3次元のコンター図としてJPGやBMPなどのファイル形式に出力でき、汎用のCIMソフトに容易に取り込むことが可能になった。図—8は、SketchUp (Trimble) のプラグインソフトを新規開発し、切羽画像、ロックボルト穿孔エネルギーのコンター図、切羽評価点や計測結果などのグラフを、自動的に3次元にモデル化(*.skp)して表示させた事例である。

(b) 点群データへの出力

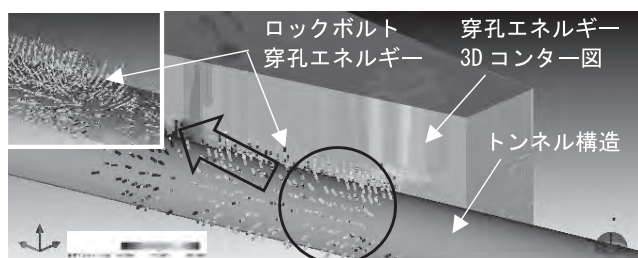
従来技術では、本システム専用の表示ソフトを用い

て3次元穿孔データ分布図や2次元コンター図を出力していたが、新機能では1孔毎の位置座標データ(XYZ)、穿孔エネルギー及び閾値にあわせたRGB値を、CSVやTXTファイルとして出力できるようになり、これにより汎用のCIMソフトに容易に取り込むことが可能になった。

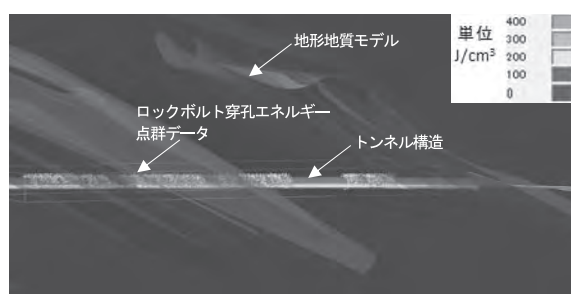
図—9はGeo-Graphia(地層科学研究所)で作成し



図—8 SketchUp (Trimble) へのコンター図出力例



図—9 Geo-Graphia (地層科学研究所) への穿孔データ出力例



図—10 CIVIL3D (Autodesk) への点群データ出力例

たトンネル構造及び地形地質モデルに、専用のコンバータソフトを新規開発して一括してロックボルト穿孔エネルギーを分析表示させた事例、図—10はCIVIL3D (Autodesk) と Georama (CTC) で作成したトンネル構造及び地質モデルに、ロックボルト穿孔エネルギーを点群データとして出力表示させた事例である。

4. 新紀見トンネルにおける本システムの新機能の活用事例

今回開発した本システムの新機能について、国道371号(仮称新紀見トンネル)道路改良工事において活用した事例について紹介する。

(1) 国道371号(仮称新紀見トンネル)道路改良工事の概要

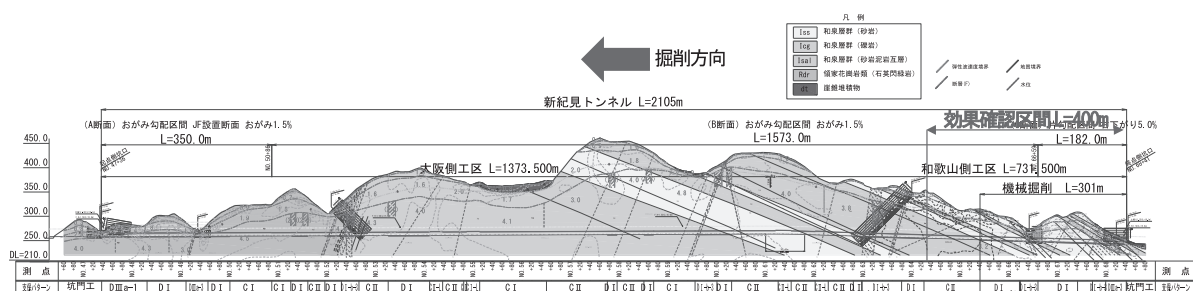
国道371号(仮称新紀見トンネル)道路改良工事(トンネル延長L=2105m)は、大阪府河内長野市を起点として和歌山県橋本町から南北に縦貫して串本町に至る一般国道371号の慢性化した交通渋滞を解消する目的で進められており、完成後50年近く経過した紀見トンネルに平行して施工するトンネル新設工事である。

本トンネルの地質は、和歌山県側から1600mは、和泉層群の砂岩・礫岩・砂岩泥岩互層、それ以降は領家花崗岩の石英閃緑岩が主体となっており、トンネル全体で15箇所の破碎帯が想定されている。また、掘削側坑口となる和歌山県側坑口から約300m間は、土砂化した崖錐堆積物や亀裂の発達した五条谷断層の破碎帯が分布する。今回、本システムの新機能の試行にあたり、和歌山県側坑口から約400m間においてその効果を検証した(図—11)。

(2) 本システムの新機能活用結果

(a) ロックボルト穿孔誘導技術

図—12に新紀見トンネルにおけるロックボルト穿孔誘導技術の活用状況を示す。ロックボルト穿孔誘導



図—11 新紀見トンネル地質縦断面図



図—12 ロックボルト誘導技術の使用状況

技術の打設精度については、システムに記録される穿孔履歴と、打設したロックボルト頭部の位置測量により確認した。その結果、実打設位置が設計打設位置に対して $\pm 5\text{ cm}$ の高精度で打設できることを確認した。また、ロックボルト誘導技術の導入による施工サイクルについては、ロックボルト穿孔履歴のジャンボの稼働時間から算出した。その結果、ロックボルト誘導技術の導入により施工サイクルが約10%向上することを確認した。これらの結果より、通常のロックボルト穿孔では、作業員が穿孔位置にマーキング後、それにしたがってオペレータの感覚にしたがって削岩機的位置と角度をあわせて穿孔するが、ロックボルト穿孔誘導技術を導入することで、オペレータがガイダンス用モニターを見ながら削岩機を適切な位置及び角度に誘導するため、穿孔精度と施工サイクルの向上に寄与したものと考えられる。

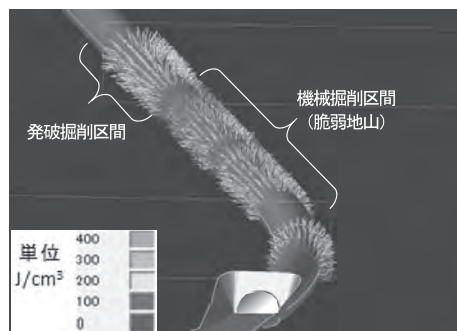
(b) 穿孔データ自動取得機能

穿孔データ自動取得機能により、発破孔や先受け工などの切羽前方の穿孔、ロックボルトなどのトンネル周方向の穿孔において、それぞれ3次元穿孔エネルギーを自動取得できることを確認した。

(c) CIM 出力機能

図—13に機械掘削区間と発破掘削区間におけるロックボルト穿孔エネルギーのCIM出力結果を示す。その結果、ロックボルト穿孔エネルギーは、機械掘削区間では $E = 50 \sim 200\text{ J/cm}^3$ 、このうち補助工法区間では $E = 50 \sim 100\text{ J/cm}^3$ 、発破掘削区間では $E = 200\text{ J/cm}^3$ 以上の値を示し、トンネル周辺の地山状況を定量的に把握できることを確認した。

以上より、新紀見トンネルにおいて本システムの新機能の優位性を確認できた。本トンネルでは今後も本システムを継続的に活用し、削孔検層で得られる長尺かつ単数の穿孔エネルギーに加え、日常の穿孔作業で得られる短尺かつ複数の穿孔エネルギーを自動取得しながら、最適な支保パターンや補助工法を選定していく予定である。



図—13 ロックボルト穿孔エネルギー

5. おわりに

今回、ドリル NAVI の新機能の開発にあたり、トンネル全線で3次元穿孔データを自動取得し、汎用のCIMソフトに容易に出力、分析できることを確認した。現在、大学や建設会社などの各研究機関では、これらの技術を活用し、3次元穿孔データと支保パターン、地質、岩盤強度、切羽評価点などの相関性について分析することで切羽の安定性を評価する手法が検討されはじめている。これにより、従来からの長尺の削孔検層に加え、日常の穿孔作業で自動取得した短尺の穿孔データを活用して地山を評価することで、トンネル周辺や前方地山の予測精度がさらに向上していくものと考えられる。今後は本技術の活用方法についてさらに研究が進み、最適なトンネル設計や施工、維持管理への活用に少しでも貢献できれば幸いです。

尚ドリル NAVI は鴻池組、古河ロックドリル、マック、カヤク・ジャパンの4社で協同開発したものである。

J C M A

【筆者紹介】

若林 宏彰 (わかばやし ひろあき)
 (株)鴻池組 土木技術部
 課長



宮越 征一 (みやこし せいいち)
 古河ロックドリル(株) 吉井工場 開発設計部
 課長



宮原 宏史 (みやはら ひろふみ)
 マック(株)
 代表取締役社長



AIを活用した コンクリート表層品質評価システムの開発

佐野 健彦・小笠原 一基・佐原 晴也

コンクリート構造物の長期耐久性は、コンクリート構造物の表層部分の品質によって大きな影響を受ける。国土交通省東北地方整備局にて試行的に導入されているコンクリート表層部分の目視評価手法に着目し、数千枚のコンクリート表層部のデジタル画像に対してコンクリート診断士が評価した評価値をデータベースとして、畳み込みニューラルネットワークを用いて構築したAIを活用した表層品質評価システムを開発した。このシステムは、調査者の技量および経験に左右されない客観的な評価を行うことを可能にした。さらに、コンクリート表層部分の品質評価項目のうち表面気泡を対象とした評価において本システムの有効性を確認した。

キーワード：ディープラーニング、画像認識、AI、コンクリート、表層品質目視評価

1. はじめに

コンクリート構造物の長期耐久性は、コンクリート表層部分の品質によって大きく左右される¹⁾。コンクリート構造物の耐久性を向上させるためには、かぶりコンクリートの厚さを確保するとともに、水、塩類および二酸化炭素などの外的劣化因子の侵入抵抗性を向上させるための表層コンクリートの「密実さ」や「緻密さ」として表現される物質移動抵抗性²⁾を確保することが最も重要である。コンクリート構造物の耐久性を判断するための表層部の定量的な評価方法としては、表層透気試験³⁾や表面吸水試験⁴⁾などがあるが、点データとしての評価であり、構造物全体の評価を行うためには多くの測定データが必要なこと、測定結果が測定面の乾燥状態の影響を大きく受けること、簡便さに欠けるなどの課題⁵⁾がある。このような状況を鑑み、コンクリート表層品質向上を目的とした表層品質目視評価手法が提案⁶⁾され、施工時における品質向上の取り組みが始まった。この手法は、目視によって、コンクリート表層部分の表面気泡、沈みひび割れ、打重ね線、型枠継ぎ目のノロ漏れ、砂すじなどの表面出来映えの状態に着目し、それぞれの項目についてあらかじめ準備された評価基準を参考にランク分けを行い、これまで定性的な評価にとどまっていたコンクリート表面の出来映えを面的に定量評価するものである。また、評価結果に基づき、施工方法の見直し、改善、計画を常に実施し、PDCAサイクルを活用して

品質向上を図る点が特徴である。2013年秋からは、国土交通省東北地方整備局で導入⁷⁾され、復興道路・復興支援道路で試行中⁸⁾である。この手法は、調査者の経験および技量によって同じ対象物を評価した際の結果が大きくばらつく点や、現場技術者が自ら施工する現場を評価した場合、過剰に厳しく評価する傾向があるといった主観が入る要素が大きく、客観性に劣る点が指摘⁹⁾されている。この点に関しては、一定のトレーニングを実施することで、改善が可能であるとの報告⁹⁾もあるが、例えば、画像認識技術を活用した、画一的で客観的な評価方法を積極的に導入し改良していく余地は十分あると考えられる。

画像認識技術¹⁰⁾は、GPUやマルチコア化されたCPUなどによって構成されたコンピュータの飛躍的な性能向上により、急速な発展を遂げており、文字認識、医療画像による診断支援、自動運転自動車のコア技術など幅広い分野において応用的に活用されている。これらの画像認識技術は、AI技術の一領域であり、今後、技能労働者やベテラン技術者といった生産労働人口の大幅な減少、更新期を迎える多くの土木構造物の維持管理業務の増大が見込まれる建設業への適用は不可避であると考えている。さらに、AI技術は、コンクリート診断士や、ベテラン技術者のノウハウを若手技術者に伝承するためのツールとしても期待出来る。

以上を踏まえ、本研究では、コンクリート構造物の長期耐久性の向上を目的としたコンクリート構造物の

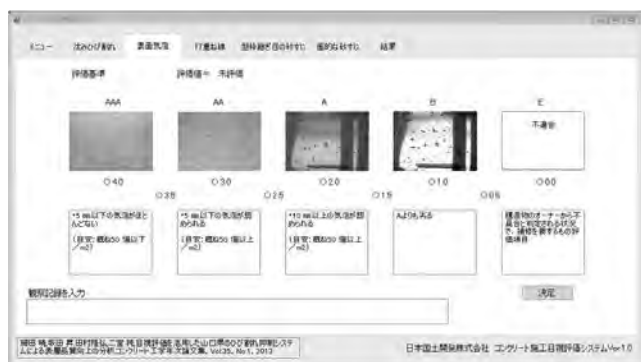
表層部分の品質確保に関する取り組みに対して、AIを活用したコンクリート表層品質評価システムの開発について述べる。

2. 開発の経緯

コンクリート表層品質目視評価手法は、特殊な測定機器を必要とせず、調査者が調査用紙だけで簡便で迅速な評価を行うことが出来る点が特徴である。本章では、この手法をベースにAIを活用したコンクリート表層品質評価システムの開発に至った経緯について時系列に述べる。

(1) タブレット端末を活用したコンクリート表層品質の目視評価手法

既往の研究^{11), 12)}では、目視評価手法による調査の更なる円滑化を目的とし、調査用紙に代えてタブレット端末を活用した調査を行うとともに、評価データを広範囲かつ統一的にとりまとめたデータベースの構築により、将来のコンクリート施工の品質確保および維持管理の可能性について提案している。本研究では、既往の研究による調査手法を準用し、2014年5月～8月にかけてL型擁壁、橋脚などの構造種別の異なる4現場において、図—1に示すタブレット端末で動作可能なアプリケーションプログラムを活用した測定および評価を行った。測定および評価は、調査用紙を用いた調査と同様にして調査者が目視によって評価した結果をもとに、評価項目ごとに評価点をラジオボタンをタップしてデータを入力した。また、評価時には、タブレット端末に内蔵されているカメラを用いて評価結果に対応する写真を撮影した。さらに、調査時のコメントは、コメント欄に入力してデータベースに残す仕組みとした。既往の研究に基づくタブレット端末を活用した評価システムは、実効性の高い品質管理手法の1つであることを確認した。



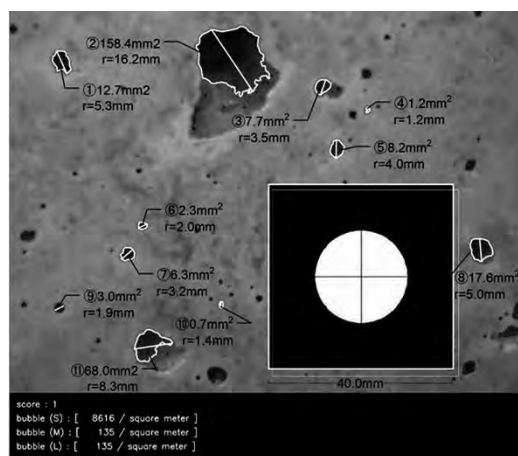
図—1 タブレット端末によるプログラムの表示例

(2) 画像処理によるコンクリート表層品質の評価

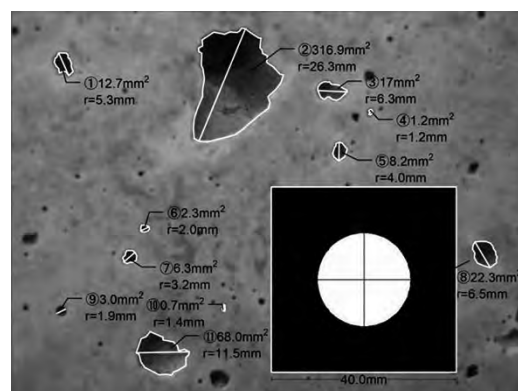
タブレット端末を活用したコンクリート表層品質評価システムでは、大量の写真画像を取得することが出来るため、データベースの観点からは有用であるが、そのデータ処理には多くの労力を要することとなった。そのため、大量のデータを短時間に客観的に評価するシステムが必要であると考えに至った。そこで、得られた画像データに対してコンピュータビジョンを用いた画像処理による点数化を試みることにした。本研究では、デジタルカメラを用いて撮影したコンクリート表層部分の表面気泡に着目し、画像解析を行った。評価基準は、気泡の個数および大きさによって4.0点から1.0点の範囲で評価し、評価点が高いほど気泡が少なく、評価点が高いほど気泡が多く大きいという尺度である。画像解析には、オープンソースのコンピュータビジョン向けライブラリ Open CV¹³⁾を用いた。具体的な画像処理は、表—1に示す通りである。一般的に、対象物の認識や測定を行う場合は、対象と背景とに分類する処理を経た二値画像¹⁴⁾として扱うと特徴抽出がし易い。そこで、画素の色情報を基準とするしきい値に対して255（白色）と0（黒色）の二値に分けて画像を単純化した二値化処理を実施した。着目した気泡の大きさを計測するため、二値化した画像に対して、輪郭抽出の処理を行った。その後、極端に小さいノイズを除去するフィルター処理を施し、強調表示されたコンクリート表層部分の表面気泡の輪郭から面積を計算してスコアを算出しグレーディングした。図—2は、二値化処理による気泡面積の自動検出と目視による評価結果の違いを示している。図—2(a)は、画像処理プログラムを用いた気泡面積の自動検出結果を示し、図—2(b)は、CADを用いて、写真画像から表面気泡を目視トレースした図である。両図中に表示されている黒色の四角形と白色の円形は、プログラムの自動検出でスケール情報を獲得するために配置したものである。自動検出および目視によるトレースの結果について表—2に示す。自動検出と目視評価によるCADトレースでは、気泡面積に

表—1 画像処理の概要

画像処理項目	画像処理の概要
二値化処理	しきい値によって画像を白黒に分類する処理
輪郭検出	二値化した画像に対して気泡などの輪郭検出をしやすい処理を行う
フィルター処理	極端に小さいノイズなどの除去をする
スコア算出	輪郭面積の大きい順に並び替え、輪郭面積を基にスコア化を行う



(a) プログラムによる自動検出図



(b) 目視によるトレース図

図—2 二値化処理による気泡面積の自動検出と目視による評価結果の違い

表—2 気泡面積の比較

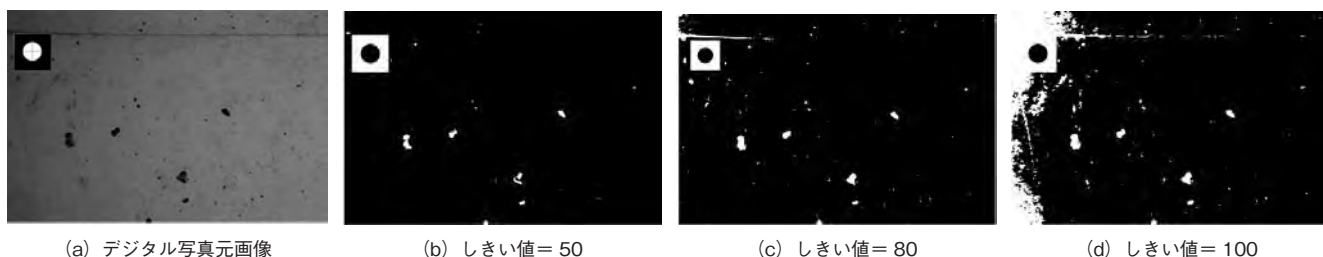
No.	気泡面積		面積誤差 (mm ²)
	自動検出 (mm ²)	目視評価 (mm ²)	
①	12.7	12.7	0.0
②	158.4	316.9	-158.5
③	7.7	17.0	-9.3
④	1.2	1.2	0.0
⑤	8.2	8.2	0.0
⑥	2.3	2.3	0.0
⑦	6.3	6.3	0.0
⑧	17.6	22.3	-4.7
⑨	3.0	3.0	0.0
⑩	0.7	0.7	0.0
⑪	30.1	68.0	-37.9

誤差を生じている部分が存在していることがわかる。これらの数値に対して図—2 (a) および図—2 (b) を見比べると、同じ部分の気泡を検出出来ているが、その検出範囲に差異があることが見てとれる。これは、二値化処理では、気泡の浅い部分は、白色に近く検出されないためだと判断出来、深さが一様な気泡では問題ないが、深さが一様でない気泡では明度によって健全度が過大に評価される可能性があることを意味している。図—3 は、コンクリート表面画像の二値

化処理のしきい値の違いによる評価結果の例を示している。図—3 (a) は、デジタル撮影された元画像であるが、図—3 (b)、図—3 (c)、図—3 (d) はそれぞれ、二値化におけるしきい値を変更した場合の気泡の検出を可視化したものである。この検証から、二値化処理を基本とした画像処理では、しきい値の設定によって結果が大きく異なることがわかる。以上から、画像処理による評価は、撮影した写真の明度、陰影などの影響を受け、結果を左右するしきい値の調整が非常に困難だという課題が生じたため、別の手法を考える必要性が生じた。

3. ディープラーニング手法を用いた表層品質評価システム開発の概要

ディープラーニングは、多層のニューラルネットワークを用いた機械学習手法の1つとして、音声認識、画像認識や自動翻訳に代表される文書処理などに適用され、AIを実現するためのアプローチとしてその有用性が広く認知された手法である。本章では、ディープラーニング手法をコンクリート表層品質評価に対して適用した開発の概要について詳細を示す。



図—3 コンクリート表面画像の二値化処理のしきい値の違いによる評価結果の例

(1) ディープラーニング手法の概要

本研究では、カリフォルニア大学バークレー校のBLVC (Berkeley Vision and Learning Center) が中心となって開発しているオープンソースのディープラーニングライブラリCaffe¹⁵⁾を使用し、畳み込みニューラルネットワーク (convolutional neural network, CNN) と呼ばれるニューラルネットワークを用いた。Caffeは、画像認識分野で広く利用¹⁶⁾されており、高速処理が可能な点が特徴である。畳み込みニューラルネットワークは、入力層、畳み込み層、プーリング層と、分類を行う全結合層、出力層で構成され、画像認識分野では高い性能が出ることが知られている¹⁷⁾。畳み込み層は、入力データに対して、フィルターのウインドウを一定間隔でスライドさせながら適用し、畳み込み演算を行い、画像の局所特徴を抽出する層である。プーリング層は、畳み込み層で抽出された特徴の位置感度を若干低下させる（物体の位置が変動しても同一の物体であるとみなす）役割をする。全結合層は、直前の層のすべてのユニットを結合している層であり、畳み込み層、プーリング層を通して抽出された特徴を基にパターン分類を行う分類器の役割をする。出力層では、ソフトマックス関数などの尤度関数を用いて、尤度の最大を分類して出力する。

(2) ディープラーニング設定パラメータの概要

畳み込みニューラルネットワークは、あらかじめ決定しておくべきパラメータがいくつか存在する。ネットワークに関するパラメータとしては、畳み込み層のフィルタサイズとフィルタ数、活性化関数の種類、プーリングの種類、層の構成、過学習を回避するためのドロップアウトの割合、データの正規化の有無などがある。また、学習に関するパラメータとして、ミニバツ

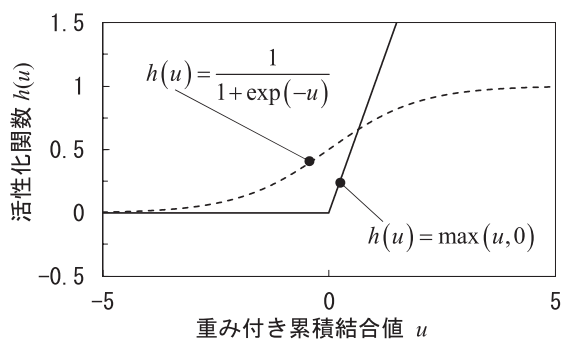
チのサイズ、学習係数、更新回数などがある。図—4は、学習により得られた畳み込み層におけるフィルタと入力画像を対象とした場合の出力例を示している。図—5は、本研究で用いたニューラルネットワークの全体構造を示している。入力層、5層の畳み込み層、5層のプーリング層、2層の全結合層と出力層の全14



図—5 ニューラルネットワークの全体構造

入力画像	畳み込み層1	畳み込み層2	畳み込み層3	畳み込み層4	畳み込み層5
サイズ: 256x256 	フィルタ				
	フィルタサイズ: 5x5 フィルタ数: 8 	フィルタサイズ: 5x5 フィルタ数: 8 	フィルタサイズ: 5x5 フィルタ数: 8 	フィルタサイズ: 3x3 フィルタ数: 16 	フィルタサイズ: 3x3 フィルタ数: 16
	画像入力時の出力				
	サイズ: 256x256 	サイズ: 128x128 	サイズ: 64x64 	サイズ: 32x32 	サイズ: 16x16

図—4 各層におけるフィルタと入力画像を対象とした場合の出力例



図—6 シグモイド関数とReLUの比較

層で構成されている。プーリング層は最大プーリングを採用している。活性化関数は、入力信号の総和を出力信号に変換する関数であり、代表的な活性化関数としては、シグモイド関数などの非線形関数があるが、図—6の点線に示すように、指数関数のため、重み付き累積結合値の変動が大きい場合には、出力が0または1のどちらかになりパラメータの更新がほとんど行われないう特徴がある。本研究では、画像認識の処理においてシグモイド関数よりも良い結果が得られることが報告¹⁸⁾されているReLUを用いた。ReLUは、図—6の実線で示すように重み付き累積結合値が0以下ならば出力が0、重み付き累積結合値が0以上ならばその値を出力するという非線形関数である。過学習の状態を回避するためのドロップアウトの割合は、0.75とし、全結合層1と全結合層2の間で設定した。出力層には、1.0点、2.0点、3.0点、4.0点に対応する4つのユニットを定義した。

(3) 学習データの概要

学習に使用した画像は、複数のコンクリート診断士によって診断された1.0点から4.0点までを0.5点刻みの7段階に分類した評価値および画像データを用いた。実際の撮影では、1.0点306枚、1.5点17枚、2.0点421枚、2.5点87枚、3.0点560枚、3.5点110枚、4.0点427枚の合計1938枚の写真データを集めた。これらの画像データは、畳み込みニューラルネットワークによるディープラーニングで一般的に用いられるデー

タ拡張の考え方を活用して、水平鏡面反転処理を施した画像データによる拡張を行った。上下鏡面反転処理による拡張は、画像処理的には十分可能であるが、コンクリート打設によるノロだれなどの重力方向の影響を考慮出来ないため採用していない。データ拡張も含めた画像データは、6056枚にのぼり、このデータで表面気泡に関するディープラーニングを実施した。

4. AIを活用したコンクリート表層品質評価システム

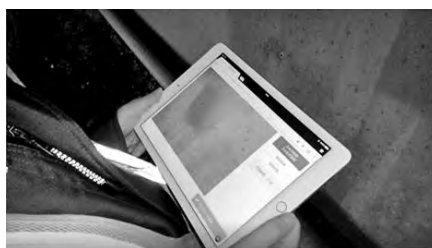
写真—1(a)および写真—1(b)は、現場におけるAI評価を実施している状況である。現場では、Wi-Fi接続が可能なスマートフォンやiPadなどのタブレット端末を用いて、コンクリート表面の写真撮影を行う。撮影した写真は、その場でクラウド上にあるAIに評価値の問い合わせを行うことで、瞬時にコンクリート表面の出来映えについて評価をすることが出来る。また、インターネットに接続出来ないトンネルなどの閉鎖空間では、写真—1(c)に示す、可搬性に優れた携帯型小型サーバとの通信で評価値の問い合わせが出来るシステムを構築してある。また、更なるAIの精度向上を目的とした学習データ収集を行う機能も有しており、品質向上を目的とした施工におけるPDCAサイクルの中でAIの育成も出来る環境を整えてある。図—7は、タブレット端末を用いて撮影した現場のコンクリート表面写真に対してAIによる評



図—7 AIによる画像診断結果



(a) 現場における評価状況

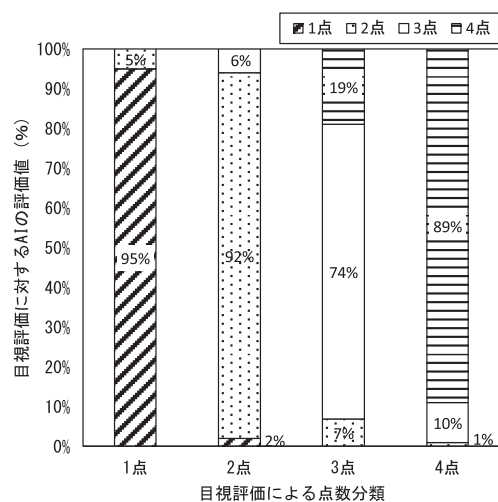


(b) 端末使用状況



(c) 携帯型小型サーバー

写真—1 タブレット端末を活用したAI診断



図—8 AI 評価の学習成熟度指標

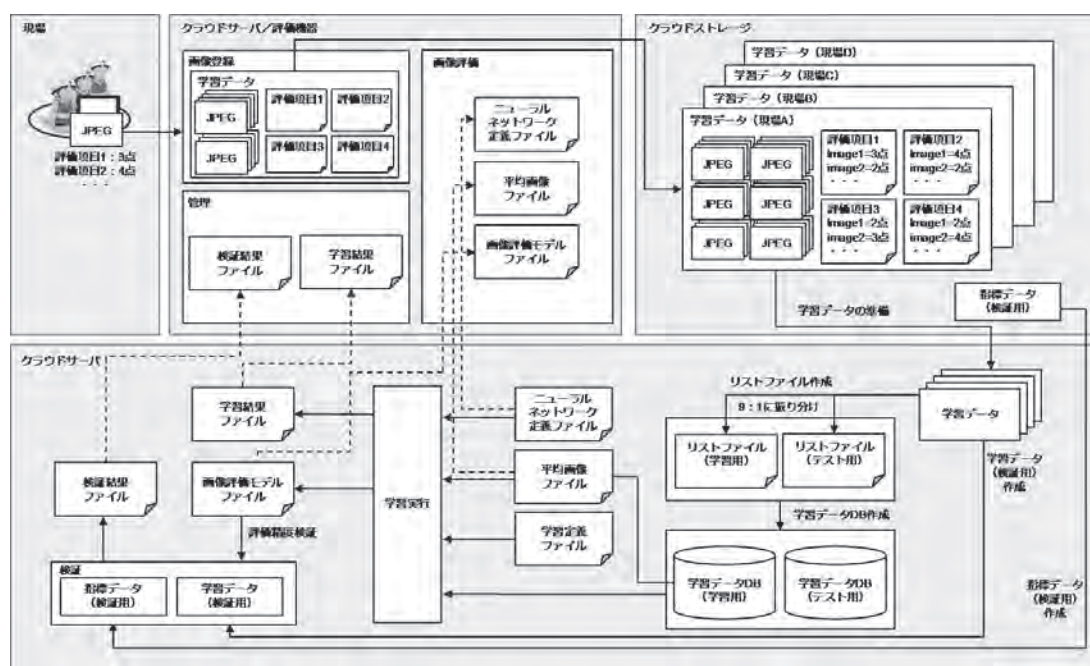
価を行った例である。この図では、評価結果として4.0点が表示されている。また、AI 評価値と人間の目視による評価値に乖離がある場合は、目視の評価値を学習データとしてアップロードすることも可能である。アップロードされた画像データは、AI による評価精度向上のための教師データとなる。評価スコアとしては、71.7%の確からしきで4.0点であると判定していることを意味している。図—8は、AI 自体の学習成熟度を指標として表したグラフである。学習成熟度の検証には、指標データとして、学習データに使用していないコンクリート診断士によって評価分類されたデータを用いた。図中の斜線塗り潰し、ドット塗り潰し、塗り潰しなし、横線塗り潰しは、それぞれ1点、2点、3点、4点を示している。グラフの縦軸は、表

層品質目視評価の評価値に対するAIの評価値を示し、横軸は、表層品質目視評価による点数分類である。例えば、横軸の1点の項目に着目すると、棒グラフは、斜線塗り潰しとドット塗り潰しの2パターンで構成されていることがわかる。これは、1点の画像をAIによって評価した場合に、正しく斜線塗り潰し（1点）と評価する確率が、約95%であることを示し、ドット塗り潰し（2点）と評価する確率が5%程度であることを示している。その他についても同様であるが、図中の評価点3点は、3パターンで構成されており、評価結果にばらつきが生じ易いことを示している。ただし、3点と正しく判定する確率は74%であり、精度的には満足出来る状況だといえる。図—9は、AIを活用したコンクリート表層品質評価システムの概要を模式的に表した図である。

5. おわりに

本研究では、コンクリート構造物の表層部分の品質確保に関する取り組みに対して、AIを活用したコンクリート表層品質評価システムの開発を行った。今回の検討範囲内で得られた知見を以下にまとめる。

- (1) 本評価システムは、評価者によるばらつきを小さくすることを目的とした複数のコンクリート診断士による評価結果を学習データとしており、調査者の技量や経験に左右されない客観的な評価が可能であることを確認した。
- (2) 畳み込みニューラルネットワークを用いたディ-



図—9 AI を活用したコンクリート表層品質評価システムの概要

プラーニングでは、学習データ量やパラメータの調整によって評価結果が大きく異なるため、指標データによる学習成熟度の把握による最適なパラメータ調整が必要であるとともに、さらに多くの画像データによる学習および精度向上が必要である。

今後は、表面気泡以外の評価項目に対して本システムが適用出来るように開発を行っていく予定である。

JCM A

《参考文献》

- 1) 土木学会：構造物表層のコンクリート品質と耐久性検証システム研究小委員会（JSCE335 委員会）第二期成果報告書およびシンポジウム講演概要集，コンクリート技術シリーズ 97，2012.
- 2) 酒井雄也，中村兆治，岸利治：コンクリートの物質移動抵抗性を代表する空隙構造指標の抽出と検証，土木学会論文集 E2（材料・コンクリート構造），Vol. 70，No. 4，390-401，2014.
- 3) 吉田早智子，細田暁，林和彦，内田晃一：表面吸水試験および透気試験による山口県の構造物の表層品質評価，コンクリート工学年次論文集，33 巻 1 号，pp.1823-1828,2011
- 4) 林和彦，細田暁：表面吸水試験によるコンクリート構造物の表層品質の評価方法に関する基礎的研究，土木学会論文集 E2，Vol.69，No.1，pp.82-97，2013
- 5) 坂田昇，渡邊賢三，細田暁：コンクリート構造物の品質向上と表層品質評価手法，コンクリート工学，Vol.50，No.7，pp.601-606，2012.7
- 6) 細田暁，坂田昇，田村隆弘，二宮純：目視評価を活用した山口県のひび割れ抑制システムによる表層品質向上の分析，コンクリート工学年次論文集，Vol.35，No.1,2013
- 7) 日経コンストラクション：「強度＝耐久性ではない」，8 月 26 日号，pp.64～69，2013
- 8) 佐藤和徳：復興道路・復興支援道路に関する取組み，コンクリート工学 Vol.53，No.1，pp.15-20,2015.1
- 9) 渡邊賢三，小林聖，坂田昇，細田暁：目視調査に基づくコンクリート構造物の表層品質評価手法の特徴・傾向に関する分析，コンクリート工学年次論文集，Vol.37，No.1，pp.1813-1818，2015.
- 10) 原田達也：機械学習プロフェッショナルシリーズ 画像認識，講談社，2017
- 11) 井林康，細田暁，二宮純，岩城一郎，田村隆弘：コンクリートの施工状況把握チェックシートおよび施工後目視評価のタブレット端末への適用，「データベースを核としたコンクリート構造物の品質確保」に関するシンポジウム，2013.9.
- 12) Kou IBAYASHI, Osamu YODA, Yasushi TANAKA and Kyuichi MARUYAMA : Road Bridge Brief Inspection And Input System With Tablet Computer, International Conference on Sustainable Construction Materials & Technologies, 2013.8.
- 13) OpenCV (Open Source Computer Vision Library: <http://opencv.org>)
- 14) 高木幹雄，下田陽久：新編 画像解析ハンドブック，東京大学出版会，A5 判，pp.1519-1546，2004.
- 15) Y. Jia, E. Shelhamer, J. Donahue, S. Karayev, J. Long, R. Girshick, S. Guadarrama, and T. Darrell. Caffe: Convolutional architecture for fast feature embedding, arXiv:1408.5093, 2014.
- 16) 山下隆義：イラストで学ぶディープラーニング，講談社，2016
- 17) Y. LeCun, B. Boser, J. S. Denker, D. Henderson, R. E. Howard, W. Hubbard and L. D. Jackel: Backpropagation Applied to Handwritten Zip Code Recognition, Volume 1, No. 4, pp. 541-551, 1989
- 18) 岡谷貴之：機械学習プロフェッショナルシリーズ 深層学習，講談社，2015

【筆者紹介】

佐野 健彦（さの たけひこ）
日本国土開発㈱
土木事業本部技術部技術設計グループ
課長 修士（工学）



小笠原 一基（おがさわら かずき）
㈱科学情報システムズ
ソリューション本部ソリューションシステム部
主任 修士（理学）



佐原 晴也（さわら はるや）
日本国土開発㈱
土木事業本部技術部技術開発グループ
博士（工学）



建設機械の改造が不要で着脱可能な装置による 無人化施工技術の開発

熊本城崩落石撤去へ汎用遠隔操縦装置「サロゲート」の適用事例

森 直 樹・古 屋 弘・宮 内 賢 治

建設分野でのロボット化は、危険作業の代替や調査点検などを目的として開発され、近年無人化施工機は一般的になり、その他多くのロボットが開発されている。筆者らはこれらのロボットのの一つとして、主に災害対応を目的とした、既存の建設機械に大きな改造を施すことなく容易に装着可能な汎用遠隔操縦装置「サロゲート」（以下「本装置」という）を開発し、熊本城飯田丸五階櫓石垣復旧工事にて崩落石の回収に適用した。本報では、この開発概要と適用事例に関して報告する。

キーワード：無人化施工，遠隔操縦，建設ロボット，震災復興，石垣復旧

1. はじめに

近年、①社会インフラの老朽化の進行、②地震・風水害等の災害への備え、③人口減少・少子高齢化を背景に、建設分野におけるロボット化によって、社会インフラの維持管理の合理化、および災害対応の効果・効率を格段に高めることが期待されている。特に、①に示した社会インフラの老朽化に対する調査点検は、その重要性が再認識され、新しい調査点検手法が幾つか提案されており、調査点検用ロボットの開発提案もなされている¹⁾。これらの開発技術は、調査点検など高齢化や減少が進む技能工の代替であるが、建設ロボットは②に示した災害復旧に代表される危険作業の代替としての「無人化施工」が出发点であり、長年数多くの現場で活躍している^{2), 3)}。この「無人化施工」では、遠隔操縦専用の建機を用いるか装置を後付けする方法でシステム構築を行う事になるが、無人化施工機器自体が少ないことやコストが高いことから調達が課題となっている。

そこで筆者らは、既存の建設機械に大きな改造を施すことなく容易に装着可能な汎用遠隔操縦装置本装置を大裕株と共同開発した。本装置は軽量かつコンパクトであり、建設機械の運転席に容易に後付けできるようにすることで、機種間の汎用性を向上させるとともに、装置を装着したままで遠隔操縦から搭乗操縦に容易に切り替えられることも特徴である。

本報告では、この開発概要と実際の現場適用に関して報告する。

2. 開発の背景

建設分野におけるロボット化は、最近の i-Construction の取組みにより開発が進展し、今日さまざまな現場で活躍するに至っているが、特に近年は地震、豪雨、噴火災害など大規模災害が各地で発生し、それに対する対策に無人化施工が数多く適用されている。近年、我が国は不幸なことに、表—1に示すような数多くの自然災害にさらされ（1993年から2016年まで記載）、多くの被害を受けている。これらの災害復旧や社会インフラの再構築に無人化施工技術は大いに活躍している。しかし、国土交通省の地方整備局への無人化施工重機の配備やレンタル建機も増加しているとは言え、コストの増加や調達の難しさなどの課題が導入の妨げになっている。コストの増加に至る主な要因には、油圧システムへの大がかりな改造を要することが挙げられ、この点を解決できる安価で装着が容易な装置があれば、無人化施工機械の導入が推進されと考え本装置を開発することとした。開発のコンセプトは以下の通りである（写真—1～3参照）。

- ①建設機械に大規模な改造を施すことなく、運転席に容易に後付けできる
- ②装着する建設機械を問わず汎用的に取り付けが可能
- ③装置を取り付けたままでも迅速容易に遠隔操縦と搭乗操縦を切り替えられる
- ④装置の可搬性の向上と低コスト化

上記のうち③に関しては本装置の大きな特徴である。災害復旧現場のような危険な場所では遠隔操縦を、比較的安全な場所では作業効率に優れる搭乗操縦

表—1 近年の大規模災害（1993～2016）

年	大規模災害
1993	北海道南西沖地震（7月） 平成5年8月豪雨（鹿児島県）（8月）
1994	北海道東方沖地震（10月） 三陸はるか沖地震（12月）
1995	兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）（1月）
1997	鹿児島県出水市針原川土石流災害
1998	高知豪雨（9月）
1999	6.29 豪雨災害（福岡・中国地方）（6月）
2000	有珠山噴火（3月～） 三宅島噴火：全島避難（7月～） 東海豪雨（9月） 鳥取県西部地震（10月）
2003	宮城県北部地震（7月） 十勝沖地震（9月）
2004	新潟・福島豪雨／福井豪雨（7月） 新潟県中越地震（10月）
2006	平成18年豪雪（日本海側） 平成18年7月豪雨（九州・中部）（7月）
2007	能登半島地震（3月） 新潟県中越沖地震（7月） 福岡県西方沖地震（9月）
2008	岩手・宮城内陸地震（6月） 平成20年8月末豪雨（紀伊半島から関東）（8月）
2009	平成21年7月中国・九州北部豪雨（7月）
2010	西日本豪雨災害
2011	東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）（3月） 紀伊半島豪雨災害（9月）
2012	平成24年梅雨前線豪雨（九州から近畿）（7月） 三陸沖地震（12月） 平成24年豪雪（11月～平成25年3月）
2013	平成25年台風26号（大島土石流）（10月）
2014	伊豆大島近海地震（5月） 平成26年8月豪雨による広島市の土砂災害（8月） 御嶽山噴火（9月）
2015	箱根山で火山活動が活発化（5月） 鬼怒川の氾濫（9月）
2016	平成28年（2016年）熊本地震（4月） 平成28年台風第10号（8月）



写真—1 汎用遠隔操縦装置『本装置』の装着状況



写真—3 運搬時の状態



写真—2 装置の装着状況（操縦席）

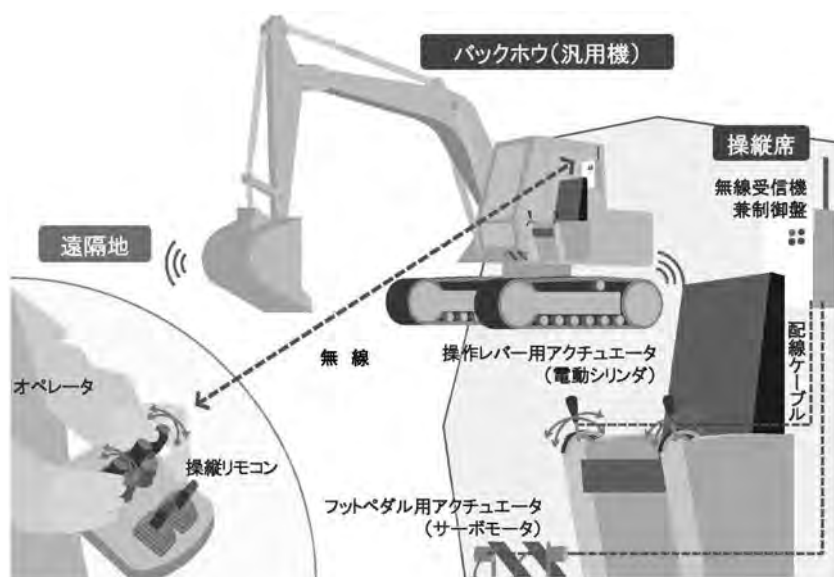
3. システム構成

本装置は、操作レバー用アクチュエータ、フットペダル用アクチュエータ、操縦リモコン、無線受信機兼制御盤で構成されており、2つのアクチュエータを例えば一般的なバックホウの操縦席に取付けることによって、安全な場所から遠隔操縦を行うことを可能とする。システムの概要を図—1に、諸元を表—2に示す。一般的な利用状況を写真—4に示す。

(1) 機器の取付けと可搬性

装置サイズを簡単に持ち運べるユニット（写真—3）に分割することで、容易に運搬と組み立てができる仕様である。また、建設機械操縦席への装着には、ボル

を選択できるため、作業環境に応じた柔軟な運用が可能となり、より多くの現場で利用する事を可能としている。



図一 本装置の概要

表一 2 使用機器の諸元

項 目	仕 様
操作レバー用アクチュエータ	電動シリンダ方式 重量 13 kg × 2 式
フットペダル用アクチュエータ	サーボモータ方式 重量 8 kg × 2 式
無線方式	特定小電力無線 (429 MHz)
遠隔操縦距離	100 m (無線の使用環境による)



写真一 4 本装置の利用状況



写真一 5 操作レバー側アクチュエータ

ト締めおよび配線ケーブルの接続のみであり、特殊な工具や技能は不要で、さらに取り付け金具を変更することで、様々なメーカーや機種への装着を可能とした。

(2) 各アクチュエータの解説

操作レバー用アクチュエータ (写真一 5) は、操作レバーと直交する 2 本のガイドレールにて挟むようにして装着し、これが全方向の操作を可能とする機構とした。オペレータが遠隔操縦用リモコンで入力した操作は、電動シリンダから操作レバーを介して建設機械に伝達されることとなる。2 本のガイドレールは円弧状となっており、オペレータの手の動きと同様に三次

元的な動きを再現することで操作性の向上を図っている。この機構により、操作レバーに入力情報を伝達する電動シリンダは、遠隔操縦するオペレータのリモコン入力に対して俊敏に反応する。さらに、リモコン入力に対する電動シリンダの操作量は、任意に動作特性を変更でき、オペレータ個々の好みに調整することも可能である。

クローラ走行操作に用いるフットペダル用アクチュエータ (写真一 6) は、フットペダルに装着したステー



写真—6 フットレバー側アクチュエータ

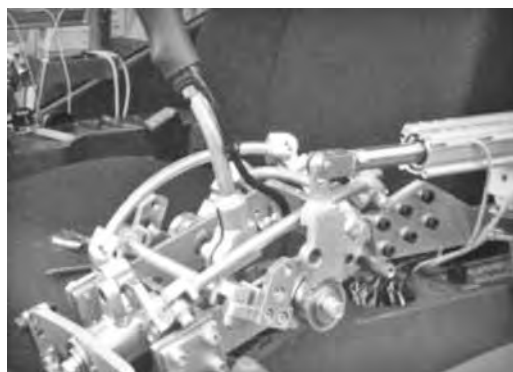
先端の内歯車を操縦席フロアに設置したサーボモータにより駆動させる。オペレータが操作用リモコンで入力した操作量は、フットペダルを介して建設機械に伝達される機構である。なお、フットペダル用アクチュエータは、泥等で汚れる恐れがあるため高い防水性と防塵性を確保している。

(3) 操縦方式の切り替え

従来の着脱可能な遠隔操縦装置では、遠隔操縦用ロボットがオペレータの操縦席を占有するため、即座に搭乗操縦に切替えることが難しいシステムである。本装置では、搭乗操縦と遠隔操縦の切り替えを操作レバーガイドのピン（写真—7、8）を着脱することの



写真—7 操作方法切り替え状況



写真—8 搭乗操作状態（動力伝達解放）

みで行えるため、搭乗操縦への変更が容易で、遠隔操縦と作業効率の高い搭乗操作を簡単に切り替えられ、様々な現場での対応を可能とした。装置の転換は約3分で切り替えが可能であり、切り替えによる作業時間の遅延は非常に少ないことも大きな特徴である。

(4) 安全対策

従来の無人化施工機は災害地等の特殊環境での使用に特化していたのに対し、本装置は一般工事などより多くの現場への適応を想定している。このため、遠隔操縦中の暴走防止等のフェールセーフ機能については、対象とする重機の電装系システムに直接介入して制御信号を入力し、操縦中の無線通信の断絶や機器故障による暴走を未然に防止することとした。

4. 熊本城崩落石撤去適用事例

平成28年4月に発生した熊本地震により損壊した熊本城のうち、飯田丸五階櫓の崩落石を回収する工事に本装置を適用した事例を紹介する。この現場の崩落石回収工事においては、今なお続く余震の影響により建屋や石垣のさらなる倒壊の可能性があるため、付近で人員を要する作業を行うことが困難であった。そこで、現場状況を勘案し本装置を使用して無人化施工による崩落石回収工事を行うことを検討し、実施することとした。

この工事は、損壊した熊本城のうち飯田丸五階櫓石垣の復旧工事であり、石垣の復旧と五階櫓建屋の解体を行う。写真—9、10に崩壊後の飯田丸五階櫓の状況を示す。石垣は25%程度崩壊しており、建築工事にて建屋を解体したのち石垣崩壊部分の解体、復旧に移行する。建屋に関しては、従前の工事にて設置した仮受構台により支持されているが、この仮受構台を存置したままでは建屋の解体作業が不可能であるため、解体時に建屋を下から支持する倒壊防止受構台に受け



写真—9 南面崩壊後全景（約21%崩落）



写真—10 東面崩壊後全景 (37% 崩落)

替える必要がある。そこで、倒壊防止受構台の設置に支障となる崩落石垣の回収を行う事となったが、安全の確保の点から建屋の下の作業に無人化施工を採用することとなった。

なお、回収対象となる崩落石は特別史跡内石垣の石材であるため、回収作業中に損傷させないように丁寧に扱うことが求められた。

本工事にて石回収の無人化を実現するにあたり、本装置に施した改造内容を以下に記す。

(1) ベースマシンの選定

本装置を搭載するベースマシンは、最大1t近くある石垣を撤去でき、かつ地震の影響で脆弱となった作業地盤の崩落リスク軽減のため、可能な限り重量の小さい機体とした。なお、アタッチメントについては、狭隘な作業場所において石垣を1つずつ確実に回収できるものとして、回転機構を備えた5本爪油圧グラップルを選定している。

- ・ベースマシン：0.5 m³ 級バックホウ解体機仕様
- ・アタッチメント：回転機構付5本爪油圧グラップル (写真—11)



写真—11 油圧グラップル

本装置は、実証試験の段階では通常のバックホウ(バケット)に搭載していたが、上記アタッチメントの操作においては回転(左右)、把持(開閉)の2系統4操作が加わるため、追加機能としてこれらを遠隔操縦に対応させる改造を行った。特殊仕様の解体機に遠隔操縦機は存在しないため、後付け可能な本装置が非常に有用であった。

(2) 各操作に対する個別応答性の設定

操作性の向上を図るために、ブーム、アーム、アタッチメント、旋回、アタッチメントの回転、掴みの各動作について個別にその応答性を設定できるようプログラムを追加した。これにより、オペレータの好みに合わせて各動作の応答速度を変更することを可能とした。さらに、現場納入前に実施した石掴み実証試験にてオペレータの操作感をヒアリングし、より崩落石を撤去しやすいスムーズな動作となるよう調整を行った。

(3) 崩落石損傷防止策としての把持力調整・緩衝材の取付け

把持力調整については、グラップルの掴み動作を制御する油圧ラインの上限圧力を設定する機能を設けて、強く把持したことによる崩落石の圧砕を未然に防止した(写真—12)。また、鋼製のグラップルにて崩落石を掴んで撤去する際、崩落石の表面を損傷させる可能性があるため、接触面保護として緩衝材を取付けた。

最も崩落石に接触する爪先端部は損耗したら直ちに取替える部品という位置づけで、交換が容易かつ市場性のあるゴムホースを採用した。ゴムホースの断面形状は円形であるため、ゴム自体の弾力および円形のホースが変形することによる弾力をもって崩落石を保



写真—12 緩衝材取付状況

護することが可能となる。なお、固定用の部材は耐久性を考慮し、ゴムより硬質でかつ崩落石を損傷させないウレタン樹脂を選定した。ウレタン部材に加工した座繰り孔にボルト・ナット類が収まるよう設計し、金属類が露出しないよう配慮した。

(4) 施工結果

上記の損傷防止対策を実施することにより、様々な大きさ、形状の崩落石について損傷させることなく回収を行うことができ、機械搬入等の準備工を経て、実作業日 22 日間で 466 個の崩落石およびすべての栗石の回収を遅滞なく完了することができた。結果として、無事故で当初予定から 4 日の工程短縮となった(写真—13)。



写真—13 崩落石回収状況

5. おわりに

建設においても、近年の IoT、AI など様々な新しい技術の適用と開発が試みられている。このような中で、無人化施工は成熟したロボット技術として社会貢献を果たしていると言える。工学的な観点から、適用する技術は、対象とするものの成果と費用対効果の両者を最適化する必要があり、コストは重要な検討項目となる。今回紹介した本装置「サロゲート」はこのような点をクリアする一つの提案技術である。機器のコスト低減や可搬性のさらなる向上など改良点は少なくないが、適用機会を増やし、さらに新しい技術も付加して技術をブラッシュアップさせたいと考える。

J C M A

《参考文献》

- 1) 災害調査技術の現場検証・評価の結果：次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会災害調査部会，2015.3.19
- 2) 建設無人化施工協会 技術委員会：無人化施工の推移と展望，建設の施工企画，2006.11
- 3) 猪原幸司他：災害復旧における遠隔操作式建設機械の現状と最新の工事事例，建設機械，2005.5

【筆者紹介】

森 直樹（もり なおき）
 ㈱大林組
 本社機械部
 担当課長



古屋 弘（ふるや ひろし）
 ㈱大林組
 技術研究所
 上級主席技師



宮内 賢治（みやうち けんじ）
 ㈱大林組
 大阪機械工場



次世代型ビーコンを利用した 屋内作業員の可視化による現場管理システムの開発

EXBeacon プラットフォーム現場管理システム

橋 伸 一・佐 藤 浩 郁・藤 島 伸 吾

山岳トンネル、シールドおよび地下施設等において、入場者・資機材（以下、入場者等）の現在地把握は、生産性（施工効率）向上に重要な要素の一つであるが、屋内空間等において位置把握のための GPS 技術を利用できない個所ではその情報をリアルタイムに得ることは困難である。よって、運用が容易で低コストであるビーコンを利用して入場者等の位置を把握できるシステムを開発し実用化を図った。

本システムは、小型・軽量のビーコンを所持した入場者等が次世代型ビーコン（EXBeacon：以下、EXB）の電波が届く範囲にあればゲートウェイを通じてクラウドに自動的にデータが集約し、そのデータから入場者等の位置情報を特定しアプリの現場内 3D マップ上にプロットし見える化する。

キーワード：情報化施工，生産性向上，位置把握，次世代型 Beacon

1. はじめに

建設業において高齢化等により技能労働者が大量に離職することが予想され、将来にわたる社会資本の品質確保と適切な機能維持を図るためには、建設業の将来を担う若者の人材確保や生産性向上技術の開発等が重要となっている。

山岳トンネル、シールドおよび地下施設等において、入場者等の現位置把握は、生産性（施工効率）向上に重要な要素の一つであるが、GPS 技術を利用できない屋内空間等の現場において現位置をリアルタイムに把握することは困難である。

近年、IoT（Internet of Things）を活用したシステム開発が盛んであることから、容易かつ安価に屋内入場者等の位置情報をリアルタイムに把握するシステムの開発を目指した。

2. 開発概要

安衛則では、ずい道内部において作業を行う労働者の人数および氏名を常時確認することができる措置を講じなければならない。入坑管理の多くは、トンネルの出入り口で表裏がそれぞれ赤白名札を入場者自らひっくり返す「名札管理」で行っているが、名札の反転を忘れることにより坑内に残っていても、気付かない可能性がある。これら根本的な課題と今回運用した現場（既設構造物の再構築工事）における特有な問題

点を解決するために GPS を用いない「IoT を活用した入退場および位置把握システム」を開発した。

現場特有の問題点は以下の通りである。

- ①施工箇所が 4 系列に分かれ施工の進捗により目視による入場者の確認が仮設物、構造物により遮られる。進捗に伴い足場支保工により上空が遮られる
- ②多工種の作業員が多数入場する
- ③複数個所での作業や支保工足場が設置されている以上より、従来の「名札管理」、屋内空間等で使用が制限される「GPS 技術を活用したシステム」に替わり、設置が容易かつ安価な「次世代型ビーコンを活用したシステム」により入退場管理および現位置把握管理を実施した。

3. システム概要

(1) システム構成

本システムは、小型・軽量のモバイル用ビーコン（以下、Tx）を所持した入場者等が、作業エリア各所に設置された EXB の電波が届く範囲にあればゲートウェイを通じてクラウドに自動的にデータが集約する。集約されたデータから入場者等の位置情報を特定し、監視モニタにて可視化する（図—1）。

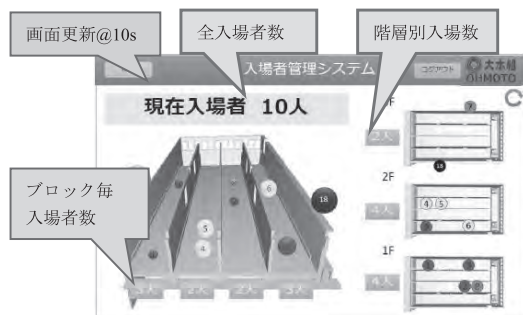
※次世代型ビーコン：独立して電波を発信していた従来型ビーコンと違い、相互通信を行う機能を持つもので、メッシュネットワーク機能を搭載したもの

①作業箇所を設置された EXB が Tx の電波を受信した際に、該当する場所に Tx の番号を表示する。

②同時に複数の EXB で Tx を受信した場合、過去 1 分間の Tx の受信強度の平均で、値がより大きい場所に Tx 番号を表示する（図－5）。

(d) 帳票作成

入退時間等の作業員情報をデータベース化し入退記録（出勤記録）管理表を作成する。協力会社別に取りまとめ CSV 出力することが可能である。



図－3 監視モニタ

4. 実証結果

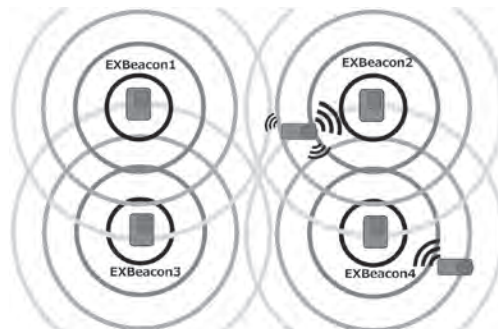
(1) 現場条件およびシステム設置状況

本システムは、既設構造物の改修工事に適用した。条件等は下記の通りである（図－6、7）。

①既設構造物:全長 L = 60 m, 全幅 W = 26 m (@5 m × 4 ブロック), 高さ H = 4.5 m

② Tx : 60 基

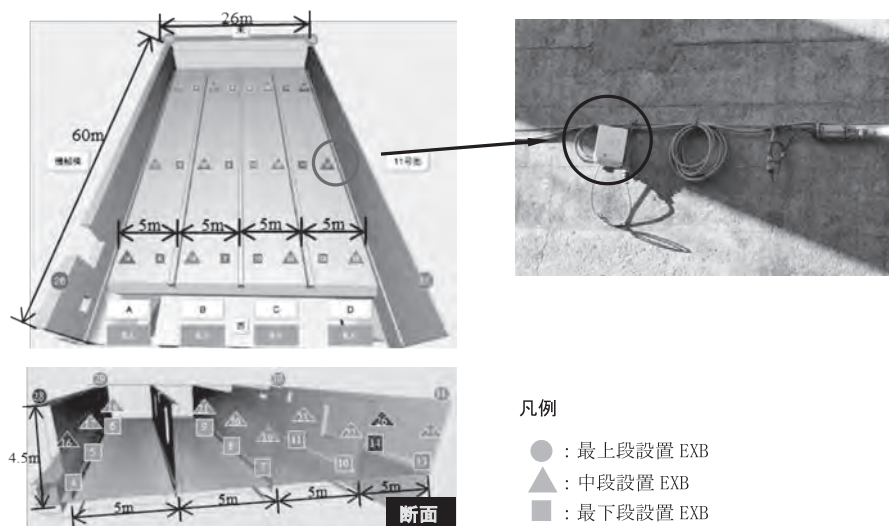
③ EXB:32 基「1F (14 基), 2F (16 基), 3F (4 基)」



図－5 Tx 検知概念

No	カテゴリ	社会	氏名	設備	設備	入場	退場	入場合計時間	備考
1	大車組	〇〇	〇〇	〇〇	〇〇	09:23	09:40		
2	大車組	〇〇	〇〇	〇〇	〇〇	09:23	09:40		
3	協力会社	〇〇	〇〇	〇〇	〇〇	10:14	04:54		
4	協力会社	〇〇	〇〇	〇〇	〇〇	10:12	06:07		
5	協力会社	〇〇	〇〇	〇〇	〇〇	10:13	06:15		
6	協力会社	〇〇	〇〇	〇〇	〇〇	10:12	06:16		
7	協力会社	〇〇	〇〇	〇〇	〇〇	10:19	03:53		
8	協力会社	〇〇	〇〇	〇〇	〇〇	10:23	04:09		
9	協力会社	〇〇	〇〇	〇〇	〇〇	10:30	06:07		
10	協力会社	〇〇	〇〇	〇〇	〇〇	10:26	06:12		
11	協力会社	〇〇	〇〇	〇〇	〇〇	10:30	06:49		
12	協力会社	〇〇	〇〇	〇〇	〇〇	10:30	06:11		
13	協力会社	〇〇	〇〇	〇〇	〇〇	10:25	06:55		
14	大車組	〇〇	〇〇	〇〇	〇〇	09:56	09:19	01:51	
15	大車組	〇〇	〇〇	〇〇	〇〇	10:49	10:14	01:44	

図－4 入場者等名簿表示イメージ



図－6 現場状況および EXB 設置状況

(2) 実証結果

(a) 「現位置検知」に関する受信強度調査

Tx の有効電波到達範囲を半径 10 m と想定し、奥行き 60 m、幅 5 m、高さ 4.5 m の地下ピットに対し、受信機である EXB を 20 m おきに 3 基設置することで、Tx の有効電波到達範囲を捕捉できると想定し、ヘルメット内部に Tx を装着した状態で受信強度調査を実施した。Tx の電波強度設定は「+4 dBm」, 「0 dBm」, 「-4 dBm」, 「-8 dBm」, 「-12 dBm」, 「-16 dBm」, 「-20 dBm」, 「-30 dBm」の 8 段階で設定可能である。

① Tx の発信電波強度を最も弱い「-30 dBm」設定

現地状況（閉鎖空間、EXB の設置間隔）を考慮し、Tx の電波強度設定を「-30 dBm」とし調査を実施した。しかし、EXB の直近にいる状態（1 m 付近）でのみしか受信できなかった。これは、Tx をヘルメット内部へ装着したため、水分（人体）が電波を吸収し、想定よりも電波が飛ばなかったと想定する（図-8）。

② Tx の発信電波強度を 2 段階強く「-16 dBm」設定

Tx の電波強度設定を「-20 dBm」では上記と同様な結果であったため、「-16 dBm」とし測定した。

EXB から離れた場所（15 m 付近）であっても常に受信できることを確認した（図-9）。

上記より、各 EXB で Tx の電波がクラウドを通じ

て収集できることが確認できたため、場内の不感地帯がないと判断した。

(b) 「入退場検知」に関する受信強度調査

当初、階段の上・中・下段に EXB を設置し、EXB を下、中、上の順で受信できれば入場処理、上、中、下の順で受信できれば退場処理とする計画であったが、すべての EXB を受信し順番通りに受信できない事象が発生した。この対策として上下段のみに EXB を設置した。また、受信率が低かったため改善策としてそれぞれ 1 基ずつ EXB を追加設置することとした。このダブルチェックにより誤認識を低減し精度が向上した（図-10）。

(3) 問題点

屋内空間にてその位置情報をおおまかに把握できることを確認したが、同時に以下の問題も存在する。



図-10 入退場管理イメージ

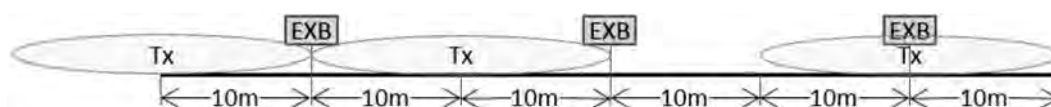


図-7 EXB 設置状況

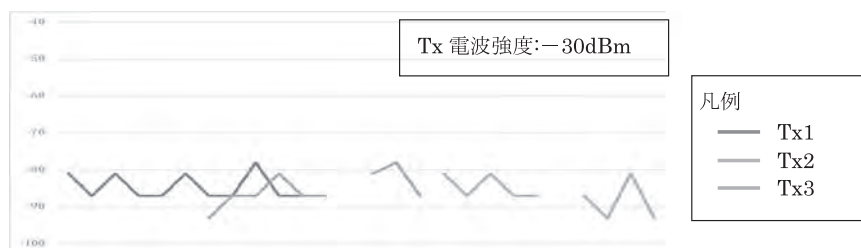


図-8 EXB が設置された箇所を通過した際の受信強度（縦軸：電波強度（dBm）、横軸：時間（s））

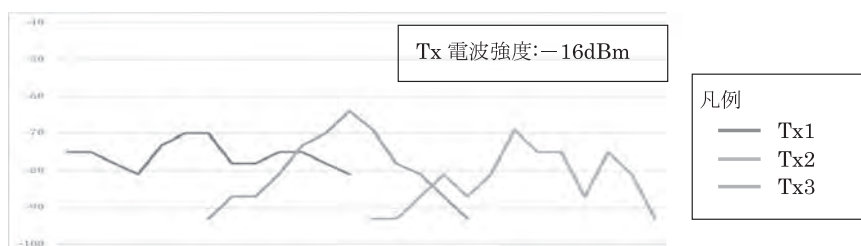


図-9 EXB が設置された箇所を通過した際の受信強度（縦軸：電波強度（dBm）、横軸：時間（s））

- ①足場支保工設置後、1Fと2Fを誤検知する箇所もあった。対策として、個体別に電波遮断シート等で指向性を持たせることも必要となる。
- ②場内外周に設置したEXBに場外から受信してしまうことがあったため、外周に設置したEXBに閾値を設定し、一定以上の受信強度のみ正の値とした。
- ③出入口のEXBにおいて階段を移動していない状態でも、受信してしまうことがあったため、閾値を設定し直近を通過した場合にのみ処理することにした。
- ④位置測位精度を高めるためにはEXBの設置基数を増やす必要がある。
- ⑤Txの電池交換が必要である。

(4) 導入効果

(a) 入場者の行動の見える化

- ①入場者の見える化によりその情報を俯瞰的に確認できるため、管理者からの指示等が効率的となる。
- ②協力会社（入場者個々）毎に集計し、月報を出力することが可能である。

(b) 生産性（施工効率、安全性）の向上

- ①入場者（作業員）の動線を確認・分析することにより、作業員の配置や資機材置場の最適な配置計画等に利用できる。
- ②リアルタイムな現況把握により、万が一事故等があった場合においても迅速な初動対応が可能で重篤化を防止できる。

(c) その他

- ①EXB同士がネットワークを構築するため接続ケーブル敷設が不要である。
- ②機器の小型化、単純化により現場作業員にて設置や移動が可能である。

5. おわりに

廉価な端末同士でネットワークを形成することができ、閉鎖空間において入退場およびおおよその現位置を把握することを確認できた。しかし、足場等障害物における上下方向の検知精度を向上させるためにはソフトやハード面で工夫が必要であると考えさらに検証を行う必要がある。

今後は、山岳トンネルおよびシールドにおける入退場管理、機械・資材の搬出入および位置把握に利用することにより生産性向上を図る予定である。

また、安全対策として体温・脈拍等のバイタル信号を取得するセンサーと組み合わせることにより転倒や熱中症等の早期確認も可能となるため複合的に運用する予定である。

JCMA

【筆者紹介】

橘 伸一（たちばな しんいち）
 (株)大本組
 東京本社土木部



佐藤 浩郁（さとう ひろふみ）
 (株)大本組
 東京支店土木部



藤島 伸吾（ふじしま しんご）
 (株) WHERE
 IoT 基盤センター



IoT を活用した建設機械用アタッチメントの稼動管理システム (TO-MS) の開発

AIで故障予知・稼動監視を実現，未来型アフターサービスの提供によるランニングコストの低減

柘 植 一 慶・井 手 紀 行

建設機械で既に市場導入されている稼動管理システムに対し，建機に搭載されるアタッチメントにおいても同様に稼動管理を行い，建機+アタッチメントのトータルで管理したいというニーズが高まってきた。そこでこのニーズを満たす TO-MS (TOKU Management System) (以下「本システム」という) の開発にチャレンジした。本開発は，このニーズを具現化するために始めたものであり，未だ課題をかかえた開発途上ではあるが，IoT 並びに AI を活用する事で実用化の目途がたったので，今回その具体的な内容を紹介させていただくものである。

キーワード：IoT，AI，稼動管理，建設機械，アタッチメント，メンテナンスコスト

1. はじめに

2000 年以降，建設機械業界では，建機の長期稼動やレンタル化が進んだことから，ダウンタイムを無くしたり，稼動管理，配車管理を向上させるニーズが高まり，この対応として，建機メーカーは独自の稼動管理システムを導入してきている。

一方，その建機に搭載されて使われる，油圧ブレーカに代表される建機アタッチメント (写真—1) においては，①単価が建機に比べて安いこと，②アタッチメントそのものの稼動時間が不明であること，により「壊れるまで使う。」，「壊れたら修理，交換する。」というのが慣例であった。

その結果，修理費等のユーザのランニングコスト負担は高くなり，従って，どうせ壊れるなら安いもので十分というユーザも多く，価格競争の商品になっているのが現状である。

しかしながら近年，建機の稼動管理システム同様の

管理を行うことで，「建機+アタッチメント」のトータルでランニングコストミニマム化を進めたいというユーザニーズが高まってきた。

本開発は，このニーズを具現化するために，システム開発を進めているものであり，課題や解決の手段，そのプロセスを含めて以下に紹介する。

2. 建設機械の稼動管理システムとの違いと，それによる課題

建機の稼動管理システムは，一般的には，建機が自身で搭載しているエンジンや油圧ポンプ，モータといった駆動源の圧力や回転数などの基礎データをセンサーを使って測定し，その数値が予め設定された閾値に対し，逸脱したかどうかを，これも車体に搭載された，機械稼動に必要な電子制御用エッジデバイスを活用して，その可否判断させることで成り立っている。またそのさまざまな計測データを IoT を使ってメーカー独自のクラウド上に蓄積させ，これを履歴管理することで，故障予防・保全に活用されている。

従って，これまでのところ，AI による学習機能は使われていない。

一方，建機用アタッチメントにおいては，以下のような違いがあり，この違いが独自の稼動管理システムの構築をより困難にさせている。

①アタッチメントそのものは駆動源そのものを持たない。そのため建機の駆動源の稼動情報ではアタッチメントの実稼動時間を特定できない。又建機の駆動



写真—1 油圧ショベル+ブレーカの稼動写真

源にさまざまなセンサーを取り付けることはほぼ不可能。

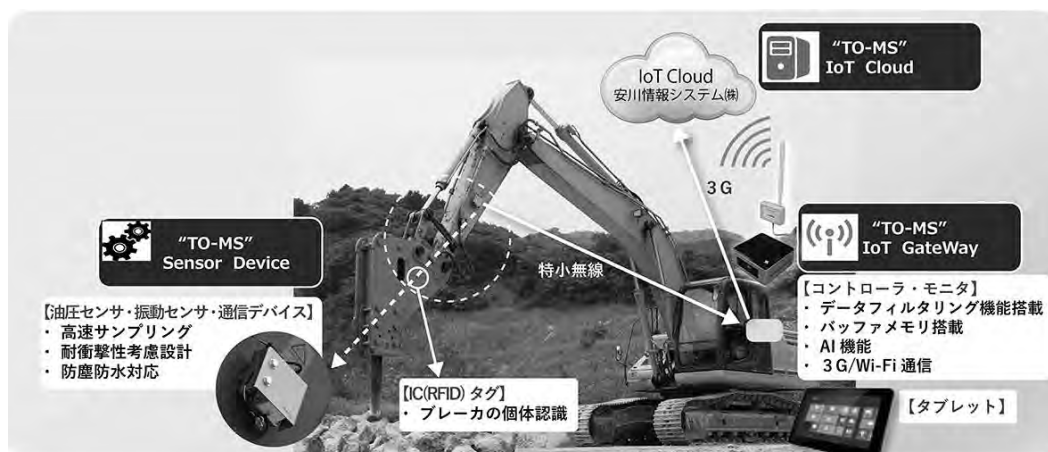
- ② レンタル機械の場合などのように、建機本体とアタッチメントは常に同じ機械同士の組み合わせで使われるとは限らない。
- ③ 建機メーカー毎に仕様が異なり、センサーに判断させる閾値を一義的に設定できない。
- ④ アタッチメントは常に新車の建機に搭載されるとは限らず、長い時間使用された古い建機に取り付く場合には、建機の劣化とともに、その閾値が変わる。
- ⑤ アタッチメントの取り付け位置は建機のなかでも最も振動・衝撃の多い、作業機の先端であり、また、アタッチメント自身が振動源となるので、耐久性が課題。

以上纏めると以下の課題解決が必要となる。

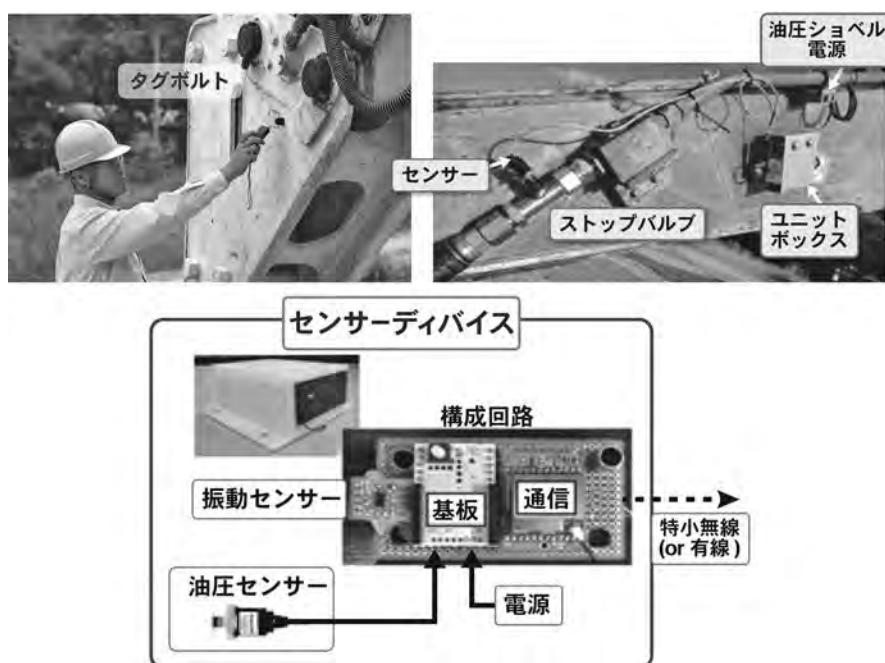
- ① 建機のサービスメータに頼らない、独自の稼働時間計測方法。
- ② 建機以上の振動・衝撃に耐えうる耐久性。
- ③ 限られた計測要素と部位で得られる、データを、閾値に頼らず分析する技術。
- ④ 建機の稼働管理との一元化を可能にするデータ情報の授受方法の確立。

3. 課題解決のための技術手段とそれを用いた本システムのシステム構成

前章で述べた、技術的課題を解決する手段として、本システムを図一1のような3つの構成要素に分割した。



図一1 本システムのシステム構成



図二 センサーデバイス

(1) 計測要素を構成する「IoT センサーデバイス」 (図—2 参照)

・計測する要素として以下を有する。

- ①アタッチメントを駆動させる作動油の油圧センサー
 - ②建機の作業機先端部分の振動センサー
 - ③アタッチメントの個体識別のための IC タグ
- ・又、計測されたデータは無線通信により、オペレータキャブ内にあるゲートウェイに通信伝達する。

(2) 計測したデータを分析し、判断をする「IoT ゲートウェイ」(図—3 参照)

・多量なデータ分析には、AI による機械学習を用いた。具体例として、オペレータの種々の操作の仕方が異なった場合の、油圧波形の違いを図—4 に示す。

AI により、この違いを即座に判断させ、通常ではない操作に対し、オペレータに警告を発することができる。

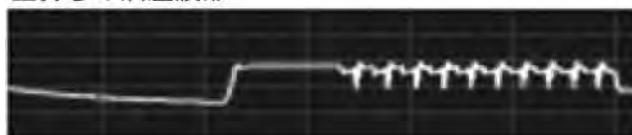


図—3 IoT ゲートウェイ

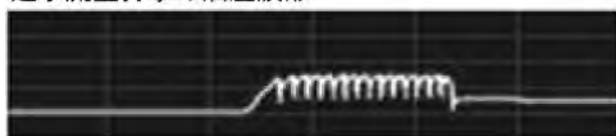
通常打撃の油圧波形



空打ちの油圧波形



過小流量打撃の油圧波形

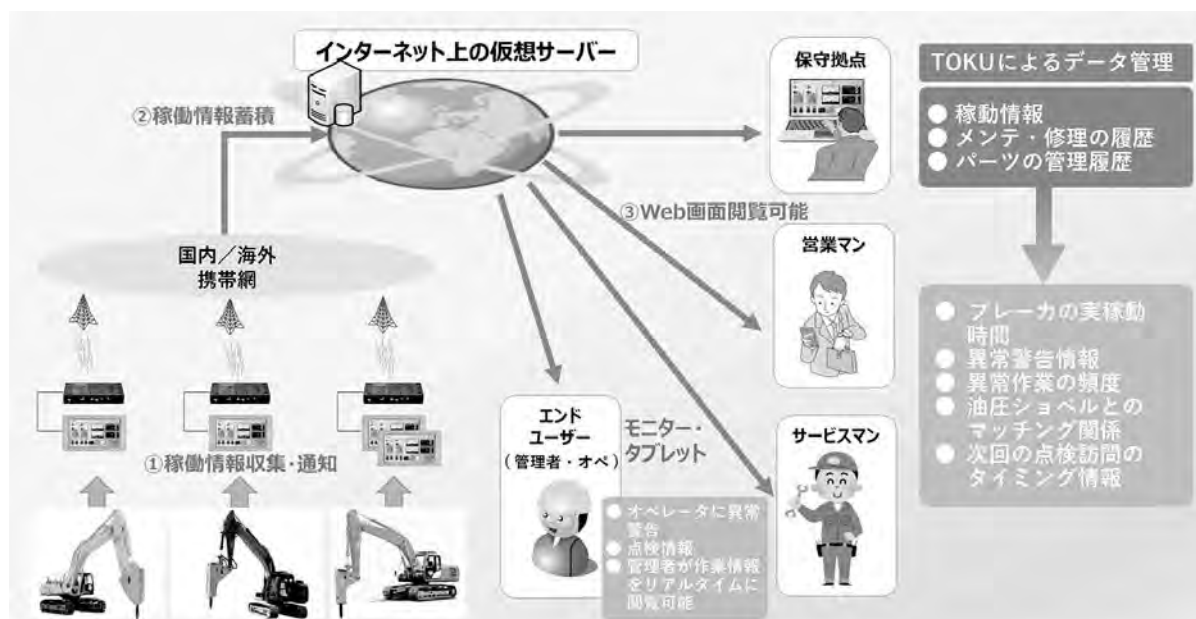


図—4 油圧波形の例

・この分析結果は、3G 通信を使って、独自に設定したクラウドに上げると共に、必要に応じてオペレータにも通信伝達する。

(3) 多量な時間毎の判断結果を履歴として蓄積しておく「IoT クラウド」(図—5 参照)

- ・ゲートウェイからの情報を履歴として蓄積し、必要に応じて、オペレータ、ユーザ管理者、自社サービスに情報提供する。
- ・又、市場の多くの機械からもたらされた個々の情報を基に、常に判断基準を最適化することで、学習効果のレベルアップを図っている。



図—5 IoT クラウド想定図

No	表示項目	具体例
1	稼働管理の情報提供	・ 実稼働時間(1日、累積等)の表示 ・ 稼働場所の表示(経歴含む) ・ 修理・メンテナンス履歴の検索 ・ ・
2	定期メンテナンスのアナウンス	・ 定期メンテナンス ・ グリースのタイミング ・
3	消耗品交換時期のアナウンス	・ オーバーホール時期 ・ チゼルブッシュ/ホルダブッシュ/チゼルの寿命 ・ スペーサ/防振ゴムの摩耗寿命 ・ オートグリースのカートリッジ交換時期 ・
4	異常作業の告知、警告	・ 連続打撃時間の警告 ・ 空打ち作業の警告 ・ 掃き作業の警告 ・ 極端な斜め打撃作業の警告 ・
5	ブレーカが異常状態であることのアナウンス	・ 打撃力低下(油圧ショベルの設定不良) ・ 打撃数低下(油圧ショベルの設定不良) ・
6	緊急作業停止の警告	・ ブレーカのオーバーヒートの感知 ・ ・

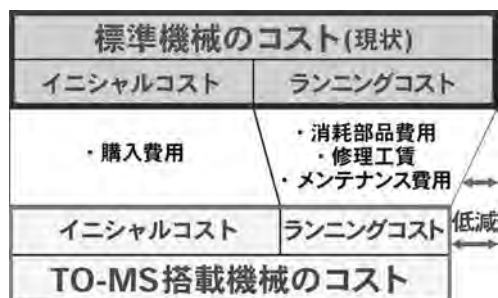
図ー6 技術検討項目

4. 本システムによる効果の予測（ユーザメリット）

本システムによるメリットは、アタッチメント独自の稼働時間のみならず、定期メンテナンスや消耗部品交換のアナウンス、異常作業の警告、又故障予知として、さまざまな機械異常の兆候が現れたら、それを即時に知らせることで、機械の故障被害のダメージを軽減し、早期修理に繋げる。具体的に技術検討している項目を図ー6に示す。

また、メーカのサービス部門も、同じこの情報を同時に監視できるので、メーカのタイムリーな訪問・連絡による、早期修理、メンテナンスにつなげることが出来る。

これらの活動を通じ、ユーザが機械の購入後、発生する日々のメンテナンスコストを大幅に削減することで、油圧ブレーカのトータルライフコストを10%以上低減することを目指す（図ー7）。



図ー7 トータルライフコストのイメージ

5. 開発の進捗状況

- ・ 本開発は、約2年前にその基礎的研究からスタートした。
- ・ この先行研究を通じて、油圧ショベルに搭載された油圧ブレーカの種々の稼働情報をデータとして取り込み、これをAI機能を使って分析することで、前述のようなさまざまな状態を識別することが可能となった。又、その識別に必要とされる各センサーの仕様も明確になった。
- ・ 又、同時に各種センシング要素をマウントする油圧ショベルや油圧ブレーカのさまざまな部位の振動状態を計測することで、その振動に耐えうる要素機器の信頼性の確認も完了している。
- ・ 現在は、この先行研究の結果を織り込んだ試作品を製作完了し、これを使って、基礎研究と同じ結果が出ることの確認を社内テストで実施している段階である。
- ・ さらに、実際の作業現場で効果を確認すべく、さまざまな業種のユーザにおいて、実用テストを開始するところである。これを通じて、数多くのデータを収集することで、より精度の高い判断能力を求めていくものである。例えば、ショベル、ブレーカの経年変化による波形データの変化と不具合の発生の相関を知り、より適切なタイミングでの告知をすることが考えられる。



図ー8 大割圧碎機, 小割圧碎機, フォークグラップル (つかみ機)

6. これまでの結果と残された課題

これまで、稼動システムの、機能確認とそのレベルUPを目標に進めてきた。これについては、今後、市場での実用テストでユーザにより評価されると思われる。

- ①しかしながら、本システムの実用化には、コスト面を考慮する必要がある、今後は実用テストを通じて、現在のシステムの中から、必要不可欠な機能を選別し、コストパフォーマンスの高い製品に仕上げる必要がある。
- ②又、建機の稼動システムとの合体（相互情報交換）については、建機各社との技術的議論は始めているものの、各社それぞれとの個別対応となる。この技術的対応が今後の課題となる。

7. 今後の進め方

- ・現在の実用テストは、6～10ヶ月を目処に実施し、データの収集とAIのレベルUPを含め、商品としての仕様を決定する計画である。
- ・その結果を踏まえて商品化を進め、2018年度前半の市場導入を目指す。
- ・これまで本システムは油圧ブレーカのみを対象として開発してきたが、本来油圧を媒体としているアタッチメントには全て適用でき、又ユーザもさまざまなアタッチメントを保有しているので、このシステムを油圧ブレーカ以外のアタッチメント、例えば油圧クラッシャーやフォークグラップルなどの機械にも適用拡大する必要がある（図ー8参照）。

8. おわりに

アタッチメントメーカは建機メーカとは異なる企業であり、その規模も小さいことが多い。しかしながらユーザから見れば、「建機+アタッチメント」で始めてひとつの仕事をする機械（システム）となるわけであり、その稼動管理は一元化したいという要望が強い。本システム TO-MSはこのユーザニーズを実現すべく、取り組んできたものであり、今後は、このシステムを建機メーカとのタイアップ、すなわちサードパーティー情報として、建機の稼動システムと情報共有することのみならず、アタッチメントの同業他社とも協業・提供することで、本システムの業界グローバルスタンダード化を目指したい。

このテーマのように、今後とも常にユーザニーズに貢献できることを目標として取り組んでいく所存である。

謝 辞

最後になりましたが、この開発にご協力頂いている建機メーカ様、ユーザ様、並びに共同開発を担って頂いている安川情報システム(株)様、(株)スカイディスク様に深く御礼申し上げます。

JICMA

【筆者紹介】
 柘植 一慶（つげ かずよし）
 東空販売(株)
 専務執行役員



井手 紀行（いで のりゆき）
 東空販売(株)
 営業本部 開発マーケティング室
 室長



移動体多点計測技術（MMS）を用いた 出来形管理に向けた基礎的研究

椎 葉 祐 士・桑 野 裕 士

国土交通省は、生産性向上の施策として「i-Construction」に取り組んでおり、平成 28 年度は土工事を対象に、平成 29 年度は舗装工事を対象に ICT を全面的に活用する工事が進められている。その中では、3 次元計測技術として、地上型レーザースキャナーやドローンを用いた空中写真測量が適用できることとなっており、面的に多点の計測を実施できる技術が導入されている。筆者らは、新たな計測技術の導入によるさらなる生産性向上の可能性を確認すべく、移動体多点計測技術を用いた出来形管理に着目し計測精度や作業性について検証した。なお、本報告は、すべての移動体多点計測技術を網羅した検証結果ではなく、今回の検証対象とした適用技術から得られた結果として、適用可能性の一側面を述べる。

キーワード：i-Construction, 出来形管理, MMS, IMU, レーザースキャナー, トータルステーション, GNSS

1. はじめに

国土交通省では、平成 28 年度を生産性革命元年と位置づけ、調査・測量、設計、施工、検査及び維持管理・更新のあらゆるプロセスに ICT を取り入れることで生産性を向上させる「i-Construction」を推進している。この i-Construction の取り組みでは、ICT の全面的な活用（ICT 土工・ICT 舗装工）として、「無人航空機を用いた空中写真測量」や「地上型レーザースキャナー（以下、TLS）」などの面的な計測技術を用いて起工測量や出来形管理などを実施し、施工全体の生産性を向上させることを目指している。また、ICT 土工で導入される機器についても、平成 29 年度には UAV レーザーを新たに適用するなど、新技術を活用できるような改善もされている状況である。

2. 目的

本報告は、i-Construction の ICT 土工・ICT 舗装工やトンネルなどの構造物の計測において、今後期待されている技術の 1 つである移動体多点計測技術の効果検証結果を報告するものである。移動体多点計測技術（以下、MMS）は、測位技術、IMU、レーザースキャナーを搭載し、計測機器の位置を測位しながら移動して計測するため、地上型レーザースキャナーや空中写真測量に比べて、点群データのための解析や位置決めに必要な標定点の設置・計測が不要となる特徴を有す

る。そのため、ICT 土工や ICT 舗装工の起工測量や出来形管理等の計測作業をさらに効率化する技術の 1 つとして期待されている¹⁾。そこで、本報告では、土工や舗装工、構造物を対象とし、実験ヤードにて移動体多点計測技術による計測と TS・レベルなどによる正解データの計測を行い、計測精度や作業時間などについて検証を行った。

3. 移動体多点計測技術に関する効果検証

(1) 背負子型 MMS の ICT 土工への適用可能性検証

(a) 検証概要と適用技術

本検証では、背負子型の MMS（ライカジオシステム(株)製ペガサスバックパック）を利用した。今回使用した背負子型 MMS の概要を図一 1 に示すが、レーザースキャナー、5 台のカメラ、GNSS/IMU を搭載



図一 1 適用技術

した機材となっている。搭載されている IMU の計測頻度は 125 Hz/ 秒であり、移動中の計測者・センサーの挙動を正確に再現できることから、計測者が背負って歩き回ることによって、3次元計測できるツールである。本技術では機材初期化作業のため、計測前後に静止、および計測前に IMU 初期化のために移動しながらの初期化を行う。

(b) 検証項目

背負子型 MMS の ICT 土工への適用可能性検証は、面的な計測精度および作業時間について、検証を実施した。面的な計測精度は、TS を用いて計測した標高値（以下、正解データ）を真値とした比較により評価を実施した。また、作業時間については、TLS による面的な計測作業を基準として背負子型 MMS の作業時間と比較した。調査する作業項目は、標定点設置・計測、初期化、機械設置、計測、盛替え回数とした。

(c) 検証方法と検証条件

検証場所は、施工技術総合研究所内の土工事（切土および盛土）を模擬した試験ヤードで実施した。試験ヤードの状況を写真-1に示すが、切土部は、延長約 20 m、法長約 7 m、盛土部は、延長約 40 m、法長約 4 m（一部小段を有する）の形状となっている。また、背負子型 MMS の計測は、切土部、盛土部の順に一筆書きの経路にて実施し、正解データは、TS を用いて、約 2 m 間隔にて計測を実施した（写真-2）。

背負子型 MMS の計測データと正解データとの標高較差の比較は、図-2に示すとおり、点群データから TIN データ化し、正解データの平面座標値における三角面上の標高座標と正解データの標高値を比較した。

(d) 計測精度の検証結果

既に ICT 土工で適用されている TLS や空中写真測量を用いた出来形管理要領では、出来形管理に必要な



写真-1 試験ヤードの状況

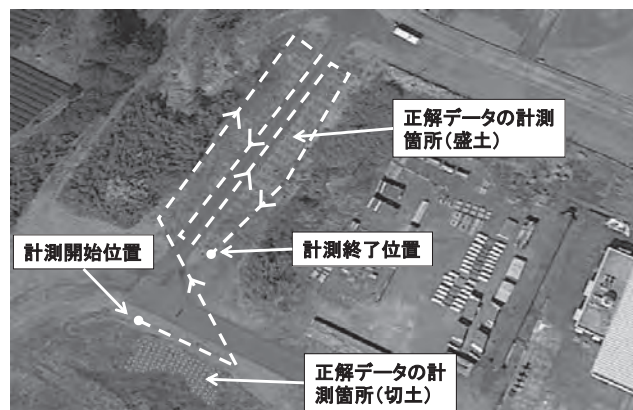


写真-2 検証方法と検証条件（計測経路）

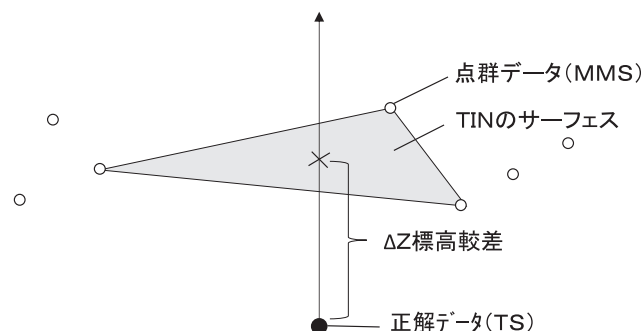


図-2 標高較差の評価方法

表-1 計測精度の検証結果

計測対象	1 回目			2 回目		
	検証 点数	平均 (mm)	標準偏差 (mm)	検証 点数	平均 (mm)	標高較差 (mm)
盛土	157	14	19	157	15	22
切土	115	9	23	115	-22	28

計測機器の計測精度が ± 50 mmと定められている²⁾。

表-1に精度検証結果を示すが、背負子型 MMS の計測データと正解データとの標高較差の標準偏差をみると、切土部、盛土部の標準偏差の2倍が ± 50 mmに収まる可能性が高い結果となった³⁾。

(e) 作業時間の検証結果

計測作業に係わる所要時間を表-2に示す。背負子型 MMS と TLS の計測時間を比較すると、6割程度作業時間が短縮する結果となった。要因としては、背負子型 MMS による計測では、IMU の初期化など

表-2 作業時間の検証結果

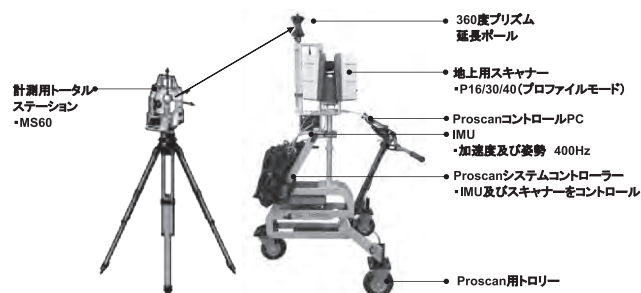
時間(分)	標定点 設置・計測	初期化	機械 設置	計測	盛替 回数	合計
TLS	60 (4箇所)	—	12	14	4	86
背負子型 MMS	—	23		10	—	33

に時間を要するものの、標定点の設置・計測や計測機器の盛替えが不要となることが作業時間の短縮につながったと考えられる。

(2) 手押車型 MMS の ICT 舗装工への適用可能性検証

(a) 検証概要と適用技術

H29 年度より、ICT 活用工事の工種拡大として ICT 舗装工が実施されており、現在、適用可能な 3 次元計測技術は TLS および TS となっている。本検証では、手押車型 MMS（ライカジオシステム(株)製プロスキャン）を利用した。今回使用した手押車型 MMS の概要を図一 3 に示すが、レーザースキャナー、カメラ、IMU を搭載した機材となっており、測位方法は TS で実施した。本技術では、初期化のために、計測前後に数分静止、計測中は、8 m 移動ごとに数秒停止を繰り返して計測する。



図一 3 適用技術

(b) 検証項目

手押車型 MMS の ICT 舗装工への適用可能性検証は、面的な計測精度および作業時間について、検証を実施した。面的な計測精度は、レベルを用いて計測した標高値（以下、正解データ）を真値とした比較により評価を実施した。また、作業時間については、TLS による面的な計測と手押車型 MMS との作業時間の比較を実施した。調査する作業項目は、標定点設置・計測、初期化、機械設置、計測、盛替え回数とした。

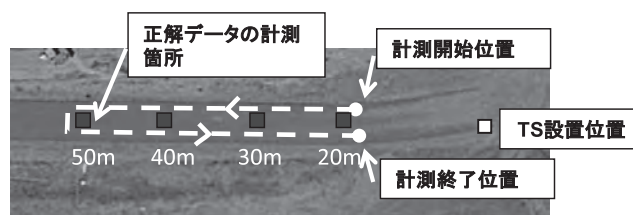
(c) 検証方法と検証条件

検証場所は、施工技術総合研究所内の舗装工事を模擬した試験ヤードで実施した。試験ヤードの状況を写真一 3 に示すが、舗装面は延長 50 m であり、表層（密粒度アスファルト舗装）を対象に行った。また、手押車型 MMS の計測は、50 m の延長を往復して実施し、正解データは、レベルを用いて計測機器から移動体の距離が 20 m, 30 m, 40 m, 50 m の検証面を計測した（図一 4）。

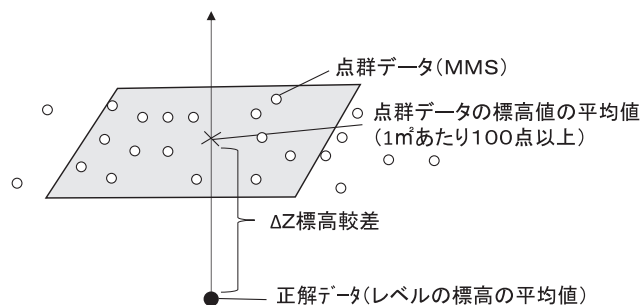
手押車型 MMS の計測データと正解データとの標高較差の比較は、現行の要領では、鉛直方向の精度は、



写真一 3 試験ヤードの状況



図一 4 検証方法と検証条件（計測経路）



図一 5 標高較差の評価方法

1 m² の検証面に 100 点以上計測できる条件とし、計測点の標高の平均値とレベルで計測した真値（検証面の 4 隅の標高の平均値）と比較して求めていることから、図一 5 に示す方法で実施した。

(d) 検証結果

既に ICT 舗装工で適用されている TLS を用いた出来形管理要領では、表層・基層の出来形管理に必要な計測機器の計測精度が ± 4 mm と定められている⁴⁾。図一 6 に計測データ、表一 3 に精度検証結果を示すが、手押車型 MMS の計測データ（1 m² 当たり 100 点以上の標高の平均値）とレベルで計測した正解データとの標高較差がすべての計測距離の条件において 4 mm に収まる結果となった。

(e) 作業時間の検証結果

計測作業に係わる所要時間を表一 4 に示す。手押車型 MMS と TLS の計測時間を比較すると、7 割程度作業時間が短縮する結果となった。要因としては、



図—6 手押車型 MMS の計測データと検証箇所

表—3 計測精度の検証結果

計測モード 50 Hz			計測モード 100 Hz		
距離 (m)	点数 (1 m ² 当たり)	標高較差 (mm)	距離 (m)	点数 (1 m ² 当たり)	標高較差 (mm)
20 m	2543	-1	20 m	2438	-2
30 m	2619	-2	30 m	2710	-2
40 m	4316	-3	40 m	2304	-2
50 m	2707	-1	50 m	3423	-1

表—4 作業時間の検証結果

時間(分)	標定点 設置・計測	起動・ 初期化	機械 設置	計測	盛替 回数	合計
TLS	60 (4箇所)	-	6	10	2	76
手押車型 MMS	-	6	6	9	-	21

手押車型 MMS による計測では、背負子型 MMS と同様に、IMU の初期化などに時間を要するものの、標定点の設置・計測や、計測機器の盛替えが不要となることで作業時間の短縮につながったと考えられる。

(3) 手押車型 MMS のトンネル工への適用可能性検証

(a) 検証概要と適用技術

ICT 活用工事の工種拡大として、構造物工などへの適用も期待されている。本検証では、トンネル工への導入を想定し手押車型 MMS (ライカジオシステム 樹製プロスキャン) を利用した。

(b) 検証項目

手押車型 MMS のトンネル工への適用可能性検証は、面的な計測精度および作業時間について、検証を実施した。面的な計測精度は、ノンプリズム式 TS を用いて計測した座標値 (以下、正解データ) を真値とした比較により評価を実施した。また、作業時間については、TLS による面的な計測と手押車型 MMS との作業時間の比較を実施した。調査する作業項目は、

標定点設置・計測、初期化、機械設置、計測、盛替え回数とした。

(c) 検証方法と検証条件

検証場所は、施工技術総合研究所内のトンネル工事を模擬した試験ヤードで実施した。トンネルは延長 80 m である。また、手押車型 MMS の計測は、80 m の延長を往復して実施し、正解データの計測は、トンネル側面にターゲットを設置し、ノンプリズム TS を用いて計測した。手押車型 MMS は、反射強度を用いてターゲットの中心を判別し、座標値を抽出した。手押車型 MMS の計測データと正解データとの比較は、座標値の水平成分と鉛直成分の較差を評価した。

(d) 計測精度の検証結果

表—5 に精度検証結果を示すが、手押車型 MMS の計測データと正解データとの座標の各成分の較差をみると、± 10 mm に収まる結果となった。

(e) 作業時間の検証結果

計測作業に係わる所要時間を表—6 に示す。手押車型 MMS と TLS の計測時間を比較すると、7 割程度作業時間が短縮する結果となった。

表—5 計測精度の検証結果

	1 回目			2 回目		
	検証 点数	平均 (mm)	標準 偏差 (mm)	検証 点数	平均 (mm)	標高 較差 (mm)
水平	15	8	5	15	9	5
鉛直	15	-1	2	15	-1	2

表—6 作業時間の検証結果

時間 (分)	標定点 設置・計測	初期化	機械 設置	計測	盛替 回数	合計
TLS	60 (4箇所)	-	12	14	4	86
手押車型 MMS	-	6	10	12	-	28

4. 考察

(1) 背負子型 MMS の ICT 土工への適用可能性

背負子型 MMS の ICT 土工への適用検証結果より、計測精度については、現行の要領で要求している計測精度 ± 50 mm を満たす可能性が高い結果となった。今回の検証では、既知点の標高を用いた計測データの調整を実施していないため、既知点の標高で高さ調整することで、RTK-GNSS の高さ精度の影響を少なくでき、さらなる精度向上も期待できる。また、作業時

間については、TLSと比較して、7割程度時間短縮する結果となっており、背負子型MMSでは、一人で計測できることから、TLSを二人作業で想定するとさらなる時間短縮効果も期待できる。

(2) 手押車型 MMS の ICT 舗装工への適用可能性

手押車型MMSのICT舗装工への適用検証結果より、計測精度については、現行の要領で要求している計測精度 $\pm 4\text{ mm}$ を満たす結果となった。今回の検証では、延長50mの範囲での検証であったが、測角精度の高いTSを利用することで、数百m程度を一度に計測することも可能であると推察される。また、作業時間については、TLSと比較して、7割程度時間短縮する結果となっており、背負子型MMSと同様に手押車型MMSでは、一人で計測できることから、TLSを二人作業で想定するとさらなる時間短縮効果が期待できる。

(3) 手押車型 MMS のトンネル工への適用可能性

手押車型MMSのトンネル工への適用検証結果より、計測精度については、座標値の各成分の計測精度 $\pm 10\text{ mm}$ を満たす結果となった。図-7に示すような面的な出来形計測や面的な変状の確認等への活用が期待できる。

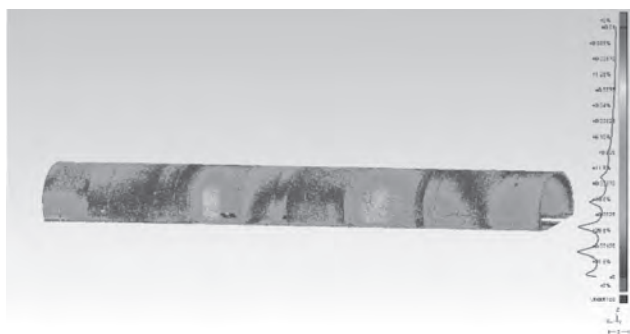


図-7 トンネルの面的な変状の把握イメージ

(4) 精度確認方法の提案

背負子型や手押車型MMSは、RTK-GNSSやTSなどの測位技術、レーザースキャナー、IMUを搭載しており、計測精度については、測位技術がTSの場合は、TSの測角精度に起因するTSと被計測位置の計測距離、IMUのドリフトに起因する航路のずれ、レーザースキャナーのレーザの入射角に起因する計測距離などの影響が考えられるため、精度確認手法を確立する必要がある。そのため、図-8に示すような移動体の進行方向と左右方向について検証面や検証点を設置して評価する精度確認方法を提案する。

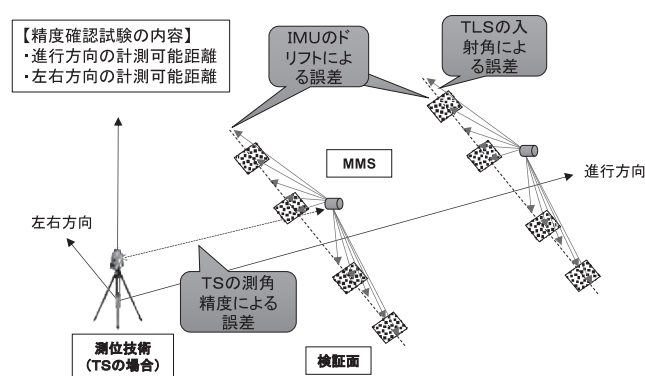


図-8 計測精度の検証結果

5. おわりに

本報告では、i-Constructionの取り組みの中で進められているICT土工やICT舗装工に適用する3次元計測技術として、背負子型MMSと手押車型MMSによる出来形管理の適用可能性について検証を実施した。検証の結果、計測精度については、既出要領の要求精度を満たす可能性が高く、作業性についても、TLSに比べて効率が向上することを確認できた。今後の展開としては、ICTは、日進月歩で新たな技術が開発されているため、本報告のような検証を進めるとともに、現場条件や現場規模に応じた適切なICTが導入できるような環境整備が継続的になされることを期待する。

JICMA

《参考文献》

- 1) ICT導入協議会 ICT 施工普及促進に関する重点プログラム（提案）
<http://www.mlit.go.jp/common/001151895.pdf>
- 2) 地上型レーザースキャナーを用いた出来形管理要領（土工編）（案）
http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei_constplan_tk_000031.html
- 3) 近藤弘嗣ら：i-Constructionで適用する土工出来形の面管理に関わる基準類の検討，第16回建設用ロボットシンポジウム論文集，2016
- 4) 地上型レーザースキャナーを用いた出来形管理要領（舗装編）（案）
<http://www.mlit.go.jp/common/001181639.pdf>

【筆者紹介】

椎葉 祐士（しいば ゆうし）
（一社）日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所
主席研究員



桑野 裕士（くわの ゆうじ）
ライカジオシステムズ㈱
ジオスペーシャルソリューションズ事業部
事業部長





パワーアシストスーツを活用した 作業者の負担軽減

藤 本 弘 道

(株) ATOUN では、さまざまな分野で労働力の不足の声があがる高齢社会において、年齢や性別に関係なく元気に働くことのできる、力（パワー）の面で障壁（バリア）がない社会「パワーバリアレス社会」の実現を目指し取り組んでいる。本稿では既に製品化した、着用型の「パワーアシストスーツ」や直感操作を特徴とする「パワーアシストアーム」、開発中のプロトタイプについて説明する。また、物流や建設、農業などの現場で荷上げや荷下ろしを助けるパワーアシストスーツ ATOUN MODEL A の評価研究が、福井大学教育学部の山田准教授により進められている。同研究によると、MODEL A の着用により、重量物拳上時に腰部にかかる負担および苦痛度が大きく軽減されるため、腰痛予防に大きく資する効果をもたらすと示唆されている。これら評価研究の経過についても紹介する。

キーワード：パワーバリアレス社会、パワーアシストスーツ、労働負担、作業負担軽減

1. 「パワーバリアレス」の重要性

社会生活が便利になり、医学が進歩すると、少産少死型の社会となり、いわゆる高齢化が進む。そこで起こる課題として、昨今は高齢者が自分よりさらに高齢の親を介助する「老老介護」などの社会問題が注目されはじめているが、実は経済界とて例外ではなく、深刻な課題への直面が予測される。現場に若手人材が定着していない一部の製造業や林業などの分野ではすでに見られるとおり、さまざまな分野で労働力が不足しはじめるのである。

こうした状況に対して、外国人労働者を多数雇用し、機械化を進めるなどして労働力を補填しよう、という考え方もあるかもしれない。が、ネット通販の成長によって物流量が大幅に増加し、労働環境が悪化した物流業界の例からもうかがえるように、労働力の補填は一朝一夕に出来るものではない。一方で自律型ロボットシステムなどの導入により省人化と効率化を目指す取り組みは大企業を中心に進んでいる。しかし、自律型ロボットシステムの導入には非常に大きな原資が必要となり、中小企業などでは導入できないケースも多い。最も現実的なのは、現状の労働力を維持すべく、加齢による身体能力の低下に対抗し、低下した分を「パワーアシストスーツ」で代替するといった対策であると言える。

(株) ATOUN (旧社名：アクティブリンク(株)) では、

2003 年の創業以来、着用型の「パワーアシストスーツ」や直感操作を特徴とする「パワーアシストアーム」など、アクチュエータのパワーによって作業を支援できる、さまざまなパワーアシスト機器の実用化を進めている（写真—1）。年齢や性別に関係なく元気に働くことのできる、力（パワー）の面で障壁（バリア）がない社会「パワーバリアレス社会」の実現を目指しての取り組みである。

2. パワーアシスト機器の現状

(1) 当社のパワーアシスト機器のラインアップ

パワーアシスト機器は、作業時の身体の負担の一部（腕、脚、腰など）を軽減することができる装置である。当社が開発している機器は、着用して使用するパワーアシストスーツとロボットアーム型の装置を直接操作するパワーアシストアームの2種類に大別される。人が出せないような非常に大きな力の発揮が求められる場合は、安全性の確保しやすさという点でパワーアシストアームに優位性があるが、汎用性という点では、パワーアシストスーツに大きな可能性がある。

(2) 腰負担を軽減する「パワーアシストスーツ」

2015年9月より出荷を開始したパワーアシストスーツ ATOUN MODEL A（写真—2）は、作業時の腰の負担を最大で 15 kg 分軽減することができるパワー



写真—1 パワーアシストスーツ（左）とパワーアシストアーム（右）



写真—2 パワーアシストスーツ ATOUN MODEL A (AWN-03B)

アシストスーツである（2017年秋からは、着用ベルトの軽量化を図った新モデルを投入）。狭い現場でも使用できることから、作業内容、環境の両面で柔軟な適応が求められる物流や建設、製造業界での導入の意欲が高い。たとえば、物流現場ではバンニング作業は特に腰への荷重が大きく、くり返すなかで作業員の身体に過剰な負荷をかける可能性がある。が、パワーアシストスーツを用いれば、作業自体の効率化をはかることができるのと同時に、作業員の身体にも配慮することができ、生産性と安全性の両面で質的向上をはかることが可能となる。また MODEL A は国際防護等級 IP55 をクリアし、防塵防水機能へのニーズにも応えており、屋外での使用ができるなど、活躍のシーンも幅広い。加えて当社では、より多様な作業領域で活用いただくことを目標に、価格面での努力を続けると同時にレンタル利用という選択肢を設けるなど、導入障壁の軽減にも取り組んでいる。

当社内においてモデル作業を設定し、前モデルの「ATOUN MODEL A (AWN-03B)」を使って繰り返

し重量物の持ち上げ作業を行った際の効果を測定した結果を以下に示す。モデル作業では、10kg の重量物をパレットから腰の高さまで持ち上げて下ろすという作業を繰り返し行い、パワーアシストスーツを着用した場合と着用していない場合について、同一人物の一定時間内の作業回数を測定して比較した。それぞれの測定の間には十分なインターバルを取り、筋疲労の影響が出にくいようにも配慮している。

実験は、5名の被験者（女性2名、男性3名）について、合計7回（5名中2名は2回実施）行った。結果、すべての実施回において、MODEL A 着用時の持ち上げ作業回数が、非着用時の回数を上まわった。増加率に個人差はあったが、着用時の作業回数が、非着用時の5倍を超える例も見られた。

厚生労働省の平成28年度労災疾病臨床研究事業において、福井大学 芸術・保健体育教育講座の山田孝禎准教授がパワーアシストスーツの着用が重量物挙上時に腰部にかかる負担および主観的苦痛度に及ぼす効果や腰痛予防効果について研究を行っている。健康な

成年男性 10 名（年齢：22.4 ± 5.0 歳，身長：173.9 ± 6.7 cm，体重：69.5 ± 6.9 kg）が，背筋および膝関節を伸展させたまま股関節を 90 度に屈曲し，各被験者の体重の 0，20 あるいは 40% の重量物を保持した姿勢からの重量物を挙上時の負担を評価している（写真—3）。そもそも重量物の持ち上げ動作（Lifting 動作）は，膝関節が伸展したままの「Stoop lifting 法」と体

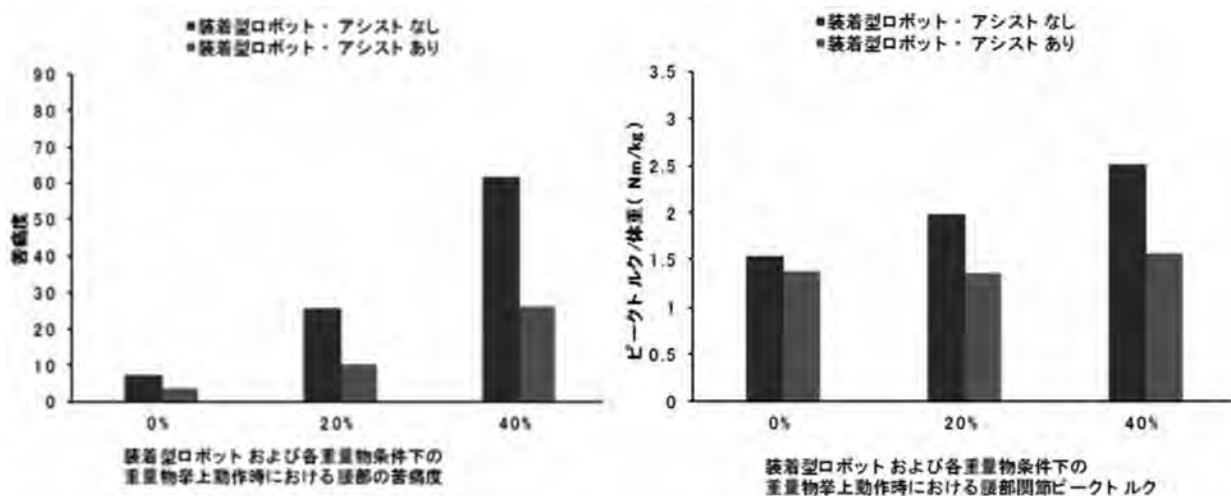


写真—3 Stoop lifting による挙上動作

幹の前傾が小さく膝関節を屈曲させる「Squat lifting 法」に大別される（後藤，2001）。前者は，日常的によく用いられるが（Straker，2000），後者は膝伸展筋力を活用して持ち上げる。本研究においては，「Stoop lifting」による重量物の持ち上げ動作を選択し，各被験者の体重の 0，20，および 40% の重さの重量物を用いている。実験の結果，図—1 に示されるように重量物挙上時における腰部の苦痛度と関節ピークトルクは，MODEL A を着用しアシスト力を得た方が大きく軽減されることになり，腰痛予防に大きく資する効果があると期待できる。

当社のパワーアシストスーツ ATOUN MODEL A は，発売から約 1 年半が経過して，物流や建設，製造業界などのさまざまな現場で利用されるようになり，出荷数もいまや 250 着（2017 年 10 月時点）を超えている。写真—4 は，実際に MODEL A が使われている現場の写真である。大阪港のコンテナ取扱高で圧倒的なシェアを誇る（株）辰巳商会在，コンテナからフォークリフトへのデバンニング作業に用いるなど，文字どおりの最前線で活用されている。

MODEL A による腰の負担軽減については，現場



図—1 腰部の苦痛度（左）と腰部関節ピークトルク（右）



写真—4 作業現場での利用シーン（左：物流現場作業，中：建設現場作業，右：農作業）



写真一五 腕支援機能付きパワーアシストスーツ ATOUN MODEL As

からは概ね高い評価をいただいている。加えて寄せられたのが、重量物を把持し、運搬する腕への補助機能を期待する声だった。それを受けて開発したのが、MODEL A をベースに、腕支援機能を付加したパワーアシストスーツ ATOUN MODEL As (写真一五) である。MODEL As は、装置体幹を支持するフレームに取りつけた Y 字型部品およびベルトで手首と腕を支え、作業時に腕にかかる負担を装置体幹に伝達することで軽減をはかる。現在、MODEL As は、製品の発売に備えて、水産加工業を営む宮本水産(株) (宮城県石巻市) の協力のもと、2017 年 3 月から魚が入ったケースの運搬作業などへの利用を想定した実証試験に取り組んでいる。

(3) 重作業用「パワーアシストアーム ATOUN MODEL K」

建設業界では、熟練工の大量離職時代を目前に、現場の生産性向上が急務となっている。こうした課題を踏まえて清水建設(株)とともに開発したのが、人間の右

腕の機能をスケールアップしてロボット化したパワーアシストアーム ATOUN MODEL K である (写真一右)。人の意思に沿った直感的かつなめらかな操作性によって作業が容易に行えるようになったことで、6～7 人を要していた重量 200 kg クラスの重量鉄筋の配筋作業が、操作者 1 人、鉄筋の介添え役 1 人の計 2 人という、従来の半数以下で遂行できるようになった。また、パワーアシストアームの操作自体は、ほぼ誰にでもできることから、作業経験が乏しい人でも配筋作業に従事できるようになった。この装置のもうひとつの特徴は現場で組み立てて使える構成としたことである。パワーアシストアームの総重量は約 160 kg であるが、約 40 kg のパーツに 4 分割することができる。作業現場において作業員 2～3 人が 15～20 分で組み立て、使用し、終了後は解体し別の作業現場へと移動することになる。

パワーアシストアーム ATOUN MODEL K は、新たな施工法として建設業界および専門家に高く評価され、日本建設機械施工大賞最優秀賞 (平成 29 年度)、土木学会技術開発賞 (平成 28 年度) を受賞した。

3. 特殊環境での作業負担の軽減

パワーアシスト機器にはまた、災害救助などのレスキュー現場での活用も期待されている。人命救助やがれき除去といった作業には、非常に大きな力と多様な環境への対応が求められることから、当社ではパワーアシストスーツとパワーアシストアームの双方の特長を備えたパワードスーツを提案している。パワードスーツは非常に大きな力を発揮することから、操作者の安全を確保するために、操作者と機械の繋がりは一部分とし、関節軸が一致しない疎結合であることを前



写真一六 パワーローダー NIO (左) とパワーローダー KOMA (右)

提として開発している。

当社がパワーアシスト制御の研究機として開発したパワードスーツのプロトタイプ「NIO」(写真—6 左)は、20 軸のモーターを備えた 6 軸の力センサーで操作者の意図を検出し、50 kg の重量物を片腕で 2 m の高さまで持ち上げることができる。

ただ、この「NIO」のような後ろから装置に抱え込まれるシステムは、人間の骨格の外側にアクチュエータやフレームが配置されることになり、非常に大きな仕掛けにならざるをえない。そこで、2016 年 9 月に公開した「KOMA」(写真—6 右)では、操作者が装置を後ろから抱え込むようなシステムにすることで小型化をはかった。装置を前抱えする方式の場合は、操作者の前面にある装置自体が死角を作る可能性があるが、本体下部にカメラシステムを設置し(写真—7 左)、さらに天面に配置したディスプレイにカメラがとらえた映像をリアルタイムで表示してモニタリングできるシステムを導入することで作業時の視野を確保(写真—7 右)。さらに、このモニタリングシステムでは、あらかじめ学習させた障害物を自動で検知して、そこまでの距離を表示することもできるなど、技術を活かした作業時の安全性確保に積極的に取り組んでもいる。

脚部の可搬重量は 60 kg。ロボットアームを備えることで数十キロの重量物の運搬が可能となる。災害救助や建設現場において、重機を使用することが困難な状況での利用を想定している。他にも、原子力発電所作業における放射線遮蔽スーツ着用時の使用や、防衛・警察における作業支援も用途として考えられる。

2011 年の東日本大震災をきっかけに起こった東京電力福島第一発電所の炉心溶融事故は、高放射線環境下におけるプラント復旧の難しさを私たちに知らしめた。このような環境下においては、通常ならば遠隔操作型作業ロボットや自律移動型作業ロボットが活用さ

れるが、災害発生の直後などは現場の状況が把握できない可能性も高く、自律移動型作業ロボットの投入は容易ではないと予想される。特に作業員による迅速な判断が必要とされるケースでは、やむをえず高放射線環境下にある現場に放射線遮蔽スーツを着用した人間が赴くことも想定される。だが、タングステンをを用いた放射線遮蔽スーツは非常に重く、着用者の動作能力を低下させる。そういう場合にパワーローダーを活用すれば、放射線遮蔽スーツを保持して作業者の被ばくを防ぎつつも、スーツの重さに邪魔されることなく、作業を遂行することができる。

4. おわりに

(株) ATOUN では、物流、製造、農業、建設、土木や救急レスキュー、原子力事故、防衛の用途で利用いただけるような軽作業用パワーアシストスーツや重作業用パワードスーツ、パワーアシストアームを、今後も継続して提案しつづけていく。それら提案を通じて、顕在化しつつある高齢社会特有の課題の解決に貢献し、年齢や性別に関係なく元気に働くことのできる「パワーバリアレス社会」の実現を目指していきたい。

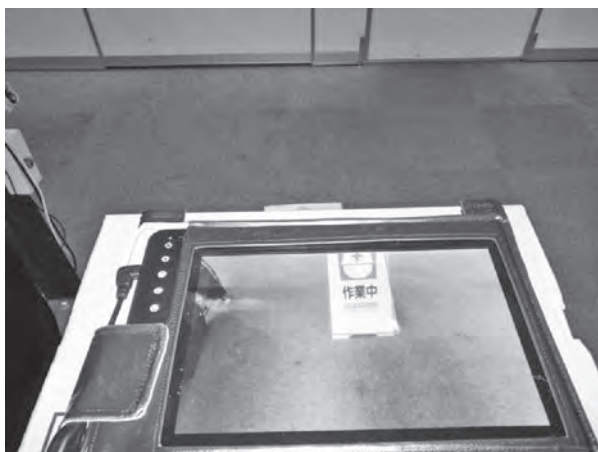
JICMA

《参考文献》

- 1) 藤本弘道, 電気評論 2017 夏季増刊, 産業図書, pp.37-40 (2017)
- 2) 谷林宏紀, 『倉庫』日本倉庫協会編 145 号, pp.59-63 (2016)

〔筆者紹介〕

藤本 弘道 (ふじもと ひろみち)
(株) ATOUN



写真—7 操作者の死角の範囲 (左) とモニタリングシステムによる視界の確保 (右)

ずいそう

マイ・ヨットライフ

望 月 光



大学のヨット部でメインとジブ・セールを備えた2人乗りスナイプに乗り始めてから、いつの間にか48年が経ち満67歳になってしまいました。それでも未だ現役として32ftのセーリング・クルーザーのスキッパーとして月例クラブレースや夏のクルージングを楽しんでいます。

学生時代のヨット部での練習は、週末と長期休暇時の合宿が主体で、その4年間は合宿の連続で年間100日以上乗艇していました。その頃のスナイプは一度沈すると水船になってしまい再帆走が難しいヨットだったので極力沈しないように操船していました。当時の夏合宿は浜名湖で行っており費用を安くあげるために朝は自炊、昼夜は給食弁当で、合宿所は小学校の体育館やお寺の本堂を借用して実施していました。期間は前期・後期それぞれ2週間ずつの計28日間で、風が強ければシートを握る手から血が流れ出し、セールが破れれば夜の内に補修しなければならず、塩かぶれや合宿所に巣くう蚊の襲撃にもめげず、今から思えばよくやっていたなと驚かされます。合宿の最終日とも

なるとヨット部員は全員真っ黒で、目と歯だけが白く目立つ異様な集団となっていました。

私は海好きなこともあって昭和48年にマリコンと呼ばれる建設会社に就職しました。就職後も何とかしてヨットを続けたいと思っていましたが、なかなかヨットに接する機会がありません。昭和50年頃に三浦半島諸磯湾に係留しているクルーザーがクルーを募集していることを知り、早速応募してクルーとなりました。これが私のクルーザーとの出会いです。

その船は31ftのオーシャンレーサーで年間500マイル以上レースに出場することをモットーに活動していました。ヨットに乗りたくてうずうずしていた私にとってクルーザーのイロハから教えてもらうことができ、非常にラッキーでした。出場したレースは、初島、大島、神子元島などの島回りや、鳥羽、洲本などのロングレース、また三角形に設置したブイを回るレースなど様々です。この頃のロングレースの航法はコンパスと電波方位探知機だけが頼りの推測航法で、レース中はセールのトリムだけでなくチャートワークと天気図の作成もクルーの大切な仕事でした。大時化の中、船室内での作業は船酔いとの戦いで、ビニール袋を片手に鉛筆を持ち吹っ飛びそうになる体を抑えての作業となり厳しいものがありました。クルー同士では「俺達は馬鹿だよな。世の中では布団にくるまって畳の上で寝ているのに、何を好き好んでカッパ着て濡れ鼠となって徹夜でヨットを走らせているのだ」と愚痴るのですが、ゴールした後はこれらのことは忘れ去って次





のレースにあわせてスケジュール調整をしていました。当時は今と違って非常に休暇が取りにくい状況にあったので有給休暇のほとんどはヨットレースのために費やされるような有様でした。

昭和62年に野上・斉藤ペアのオリンピック出場支援とセーリング活動の普及を目指して会社にヨット部を作ることになり、私のヨット経験も役に立つということで、新たに購入するクルーザーの選定も含め発足当初からヨット部に係わることになりました。昭和63年8月にはベネトー社製クルーザー FIRST32S5「TOA75 ソアリング」が進水しクルーザーによるセーリング活動も開始され、船齢29年の現在でも現役で活躍しています。1988年開催のソウル・オリンピックでは女子470級ヨット競技部門に社員の野上・斉藤ペアが出場し、その応援にヨット部を代表して釜山に行く機会にも恵まれました。

セーリング・クルーザーには船底に横流れ防止用の重い鉄製キールが取り付けられており、それが錘となって簡単にはひっくり返らないようになっています。艇内にはトイレやガスレンジ、数名分のベッド等の居住設備、また補助エンジンも搭載しており、長期間の航海に耐えられるだけの設備が備わっています。もちろんヨットレース中には補助エンジンを推進用には使用しませんが、港内の航行や出入港時に使用します。帆走時のクルーザーの艇速は大体10kt以下で走るように設計されており、その調整は風に合せてセール、セール面積、および展張角度を変更することで対応します。レース艇の場合はメイン、ジブ、スピナーカーを合せて全部で8枚程度のセールを持っており、走りながらセール交換を行います。またセールの調整は通常ウインチを使用しシート類の出し入れで実施します。



クルーザーの長所は年齢相応な楽しみ方ができることです。観天望気に基づく天候の予想は経験のある年配者の知恵にはかないません。またセール交換やウインチ操作には体力が要求され、スキルを持った若者が重宝されます。したがって乗組員の年齢構成がばらついていてもそれがマイナスになることはありません。

クルーザーに乗る際、いつも気を付けなければいけないことはメインセールを取り付けたブーム（横桁）の予期せぬブームパンチを喰らわないようにすること、船から落ちないように片手はいつも体を支えられるようにしておくこと、またライフジャケットを付けて自分の安全は自分で確保することです。クルーザーは滅多に「沈」はしませんが、波によっては船体突き上げられたり、落下したりすることがあります。この時は人間の体も簡単に飛ばされて、落水することもあります。気象・海象条件の急変に備えて早めにライフハーネス（命綱）を付けることが望まれます。

クルーザーにゲストを招待してセーリングを楽しむ機会も多いのですが、本当に天候に恵まれて皆が船酔いもせず楽しい時間を過ごせるという機会は意外と少なく年に4～5回と言ったところでしょうか。そんな時には「今日一日、良い天気を恵んで下さってありがとうございました」と感謝したくなるほどです。

ナイトセーリング時、満天の星空の下、夜光虫の光る茫洋とした航跡を残しながらヨットを進める機会に恵まれた時には、ヨットをやっている良かったなど、何とも云えぬ幸福感を感じます。手前味噌になるかも知れませんが、やはりヨットは楽しいものです。どちらかと言えば、ヨットの楽しさというのは、大自然の厳しさの中で、自然に逆らわず、自然の持つ優しさの中にとけ込んで、自然と共に遊ばせてもらう楽しさなのかもしれません。

ずいそう

私の中国

井上 哲夫



①広東省珠海への赴任

私は、2008年北京五輪の熱狂の中で中国広東省珠海市に赴任した。

直後にリーマンショックとなり慌ただしいスタートとなったが、幸い赴任先の自動車部品FB（ファインブランキング）事業は中国自動車産業の急回復によって少しずつ軌道に乗って行った。

珠海は中国南部の珠江の河口で、香港の対岸、マカオ（澳門）の隣町の風光明媚な観光都市である。特にマカオはポルトガルの租借地で、500年以上東洋と西洋の文化の交流点として特別な歴史を持ち、日本との関係も深い土地である。

また、広東省は中国の明治維新とも言われる辛亥革命の始まりの地域であり、近代中国にとっても重要な舞台となっている。



写真—1 総経理室

海外駐在員にとって大きな課題である現地での食生活は、恵まれた環境であった。

中華料理は「北京料理」「上海料理」「湖南料理」「四川料理」等の地方食があり、そのメニューは豊富で中国人が一生かけても全部を制覇するのは不可能な数であると言われている。その中でも「食在広州」と言われるように「広東料理」は豊富な食材で、我々日本人にとっても親しみ易い料理である。

加えて、陸路で繋がる隣都市「マカオ」はポルトガル料理をはじめ多様な西洋料理を食することが出来る食の宝庫であった。

②仲間との出会い

中国では多くの人と出会い、大変お世話になった。

まず、私を支えてくれた現地パートナーのお話をしたい。彼は上海生まれで、日本の大学に留学経験もある大の日本通であった。文化大革命の時には農村生活で大変な苦勞をしたと話してくれた。

当社も建設に携わった宝山製鉄所の中国側通訳として昭和40年代に来日した際に、ジャーナリストであった彼の祖父との再会は、まさに「大地の子」を思い起こさせるエピソードであった。赴任直後に珠江の夕日を見ながら、互いの家族や人生について語り合ったことは、中国生活の中でも一番の思い出である。

工場とともに働いた仲間達も忘れられない存在である。

毎年春節前に行われる従業員全員参加の忘年会で、キラキラと希望に満ちた目を輝やかせながら大合唱し



写真—2 モンテコタイよりマカオ市街



写真—3 MTF 全員写真



写真—4 孫文と滔天の筆談



写真—5 桂林の絶景

た「明天会更好」（明日はもっと良い日になる）は、今でもはっきりと記憶に残っている。

今日の中国経済の大躍進を予感させる感動のシーンであった。

③歴史探訪

初めての海外赴任で日本語に飢えていたのか、それまでも大好きだった歴史小説に加えて、中国では陳舜臣氏の中国維新前夜の小説を多数読むことになった。

孫文生誕地に近いところでの生活も動機の一つかもしれない。

日本帰国に合わせてアマゾンで購入したランクー杯に詰め込み、航空追加料金を支払うことになったこともあった。

陳舜臣氏の作品は、「中国5千年」の歴史から現代に至るまで幅広いジャンルがある。

その中でも、特に熱中したのは中国近代史を舞台とした「阿片戦争」「太平天国」「孫文」「江は流れず」「山河在り」等々である。実際に広州の国民政府・黄浦軍事学校跡を見学した時は、当時の息づかいに触れることが出来た。

中国は悠久の歴代王朝と辛亥革命から現在の中華人民共和国の建国に至るまで動乱の歴史があり、日本に与えた影響とともに興味は尽きない。

④日中友好

最後に、日本と中国の関係についてお話ししたい。

我社の九州事業所がある福岡県大牟田市の隣街に熊本県荒尾市がある。

そこには、近代中国の父と尊敬される孫文と固い友情で結ばれた宮崎滔天兄弟の生家が残されている。

筆談によって、互いの思いを確認し深い信頼関係を築いたと解説されている。

辛亥革命の支援を受けた孫文は、国民政府の臨時大統領就任直後に、お礼のため2度目の宮崎家への訪問をしている。三池炭鉱の視察も行なった孫文は、数多くの足跡を残している。歴史ファンの皆さんには是非とも機会あれば訪ねて頂きたい。

当社50周年記念式典の際に、先にお話した中国パートナーと一緒に荒尾の宮崎兄弟の生家を訪問した。彼もまた展示物を非常に熱心に見ていたのが印象に残っている。

今回中国珠海という東西文化の融合点に住み、色々な国の人達の共存共栄が可能なことを実際に体験することが出来た。それを可能にするのは、常に民間人の交流であると確信した。そうした意味で、今日の訪日外国人3000万人の時代はこれからの未来を切り開く明るい材料として歓迎したい。

私にとって今回の中国赴任は貴重な経験であり、明らかに物事を見る視点が変化したと感じている。

これからの人生を豊かにする可能性を大きく切り開いてくれたことに感謝したい。

今後、時間が取れるようになったら、まず近日完成間近と聞く港珠澳大橋（香港・珠海・マカオ）を見学し、中国維新に関する小説をもう一度読み返し、まだ実現出来ていない中国の景勝地や歴史遺産等を訪問したいと考えている。

JCMA 報告

「平成 29 年度 建設施工と建設機械シンポジウム」開催報告



優秀論文賞 3 編・論文賞 1 編・審査員特別賞 2 編・優秀ポスター賞 2 編を表彰

一般社団法人日本建設機械施工協会主催による「平成 29 年度 建設施工と建設機械シンポジウム」が、平成 29 年 11 月 8 日（水）、9 日（木）の 2 日間にわたり、東京都港区の機械振興会館において開催されました。

このシンポジウムは、「建設機械と施工法」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 43 回の開催になり、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あり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延べ参加者数は、285 名になりました。



写真—1 シンポジウム開会式での会長挨拶

論文は、以下の 5 分野、「災害、防災、復旧・復興」、「品質確保と生産性向上」、「環境保全・省エネルギー対策」、「安全対策」、「維持・管理・補修」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に加え、「新技術、新製品」、「有用性の高い成果」、「関心の高い課題」などに該当することを条件に募集しました。アブストラクトによる事前審査を経て、37 編の論文、8 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、5 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 3 編、論文賞 1 編、審査員特別賞 2 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。



写真—2 表彰者集合写真

◆優秀論文賞 3 編◆

■「最新の無人化施工技術と i-Construction で挑んだ阿蘇大橋地区斜面对策工事」

○坂西孝仁、北原成郎（㈱熊谷組）、野村真一（国土交通省九州地方整備局熊本復興事務所）

実際の災害復旧現場へ導入した無人化施工の実績であり、i-Construction による出来形管理など説得力があり、今後の施工に有益である、と評価されました。

■「次世代建設生産システムの現場適用と生産性向上への展望」

○田中秀昭、太田裕士（鹿島建設㈱）

次世代の建設生産システムとして新しい取り組みで将来の建設施工の展開に期待できるものと評価されました。

■「インフラ検査のための音波照射加振を用いた高速非接触音響探査法」—マルチトーンバースト波を用いた橋梁における検証—

○杉本恒美、杉本和子（桐蔭横浜大学大学院）、歌川紀之（佐藤工業㈱）

非接触による探査法は、インフラ点検の効率化に大いに寄与するもので、実用化に向け更なる現場検証が期待される点が評価された。

◆論文賞 1 編◆

■「遠隔操縦装置（バックホウ用）の開発」

○平野高嗣，川上勝彦（㈱フジタ），山崎峻一，塙 裕彰（㈱IHI）

ロボQに改良を積み重ね完成度を高めていく開発過程の報告である。更に実用による生産性向上の報告を期待したい，として評価されました。

◆審査員特別賞 2 編◆

■「舗設時におけるダンプトラック後退誘導表示装置の開発」

○新満伊織（鹿島道路㈱）

アスファルトフィニッシャー作業の安全向上を目指す開発で，わかり易い説明と実験による現場導入で効果をまとめている点が評価されました。

■「センサネットワーク技術を活用した作業員見守りツールの開発」—合材工場と道路建設現場における取り組み—

○駒坂 翼，宮本多佳，中田真弥（㈱NIPPO）

現場における問題点を検討し，検証を行い効果を確認できた点をわかり易く説明した点が評価された。

◆優秀ポスター賞 2 編◆

■「自動追尾型トータルステーションを利用した機械施工の効率化の提案「E三S」」

○清水 亮，笹原久之（㈱カナモト），大和田弘光（㈱佐藤工務店）

ポスターだけでなく実機見本の展示もあり，わかり易いプレゼンとしての取り組みが評価されました。

■「ブリッジハンガー（小規模橋梁を対象とした移動式橋梁検査路）」

○牧角龍憲（（一社）NME 研究所），村上俊明（エスイーリペア㈱），藤田全彦（西尾レントオール㈱）

論文でも発表されていて，ミニチュア模型を展示して現場におけるイメージを掴みやすい展示となっていた。現場での使用に期待が高いと評価されました。

◇施工技術総合研究所 研究報告

・「橋梁の大規模更新と耐久性評価への取り組み」

○松本政徳 研究第二部

・「ICT 活用工事の工種拡張と普及促進に向けた取り組みについて」

○椎葉祐士 研究第三部

・「トンネル維持管理点検の高度化を目指して」

～トンネル覆工マーカの研究開発～

○安田成豊 研究第一部

◇特別講演 I 「テーマ：月面開発」

コーディネータ：立命館大学 建山和由教授

講演者：

・宇宙航空研究開発機構 宇宙探査イノベーションハブ

川崎一義様

・先端建設技術センター 企画部

佐々木哲男様

・鹿島建設㈱ 技術研究所

三浦 悟様



写真—3 特別講演 I の講演者の皆さん

「JAXA の描く月面開発のシナリオと建設分野への期待」

JAXA と先端建設技術センターを中心にした地上の先端建設技術を適用した月面拠点建設の概念検討ワーキングチームによる作業の進捗を報告していただいた。

月面有人拠点基地は，無人，遠隔操作で建設されることが前提となるため，無人化施工技術など実現性の高い技術を念頭に条件を設定しているが，月面特有な条件を考慮したアイデアも盛込み，WG を進めて工程や長期シナリオをつくとしている。



写真—4 特別講演 I 川崎一義様



写真—5 特別講演Ⅰ 佐々木哲男様



写真—8 特別講演Ⅱ 米森 力様



写真—6 特別講演Ⅰ 三浦 悟様



写真—9 特別講演Ⅱ 藤田一弥様

◇特別講演Ⅱ「テーマ：建設施工におけるビッグデータ・AIの活用に向けて」

コーディネータ：立命館大学 建山和由教授

講演者：

- ・(株)NTT データ エボリューション IT センタ
米森 力様
- ・(株)フォワードネットワーク
藤田一弥様
- ・(株)公害技術センター 環境開発センター
和田尚之様



写真—10 特別講演Ⅱ 和田尚之様



写真—7 特別講演Ⅱ 講演者の皆さん

米森様からは、「NTT データ社におけるスマートモビリティの取組みについて」、中国における渋滞予測、信号制御にビッグデータを活用したシミュレーションによる渋滞緩和効果の例、観光マネジメント、需要促進の実証実験。また、AR、VRの活用による作業支援システムを紹介していただきました。

フォワードネットワーク社、藤田様から「ビッグデータを利用した疑似シミュレーションによる強化学習について

て」，建設機械の自動化は，今後の新しい方向であることを踏まえて，強化学習により目標を定めることだけで自動操作の実現が可能となる時代が来るかもしれない，というAIと強化学習を紹介していただきました。

公害技術センター和田様からは，「機械学習と解析が意外と簡単に身近なソフトを使うことによってできる」ことを解説いただきました。いずれも建設分野にも徐々に迫ってくる技術革新であり，こういった分野の技術者が必要になってくる時代がすぐにもやってくるようです。

■事務局から

今回のシンポジウムは，入場者数は延べ285名でした。業務多忙の中で論文やポスターを作成し，発表いただきました皆様，開催にあたり色々とお骨折りをいただきましたシンポジウム実行委員会委員や運営をお手伝いいただきました皆様，また，多くの聴講者の皆様にもご協力いただき，無事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お願いして，ここに深く感謝申し上げます。

受章のお知らせ

熊谷北海道支部長が，平成29年秋の叙勲瑞宝中綬章を受章しました。

平成29年秋の叙勲において，当協会熊谷勝弘北海道支部長が，瑞宝中綬章（国土交通行政事務功労）を受章いたしました。

瑞宝章は国家または公共に対して功労がある者に授与されますが，熊谷支部長は，昭和45年に北海道開発庁（現在は国土交通省に統合）に入庁，平成11年からは北海道開発局長を務めるなど数々の要職に就き，国土交通行政に大きな功績を残してきています。（北海道支部）



公営競技施設の維持管理支援

竹之内 博行・小野 秀一

1. はじめに

浜名湖南端に位置する浜名湖競艇場は、浜松市と湖西市を構成市とする浜名湖競艇企業団（以下、企業団と称す）によってモーターボート競走事業が行われている。企業団が所有する建築物、道路、橋梁などの施設は、その多くが昭和43年の競走場移転に伴い、50年代にかけて集中的に建設されたために老朽化が進み、今後一斉に更新時期を迎えることから大きな費用負担が予想されている。厳しい収支状況を踏まえ、長期的に健全な事業運営を継続するためには、施設全体を包括的に、効率的かつ計画的に維持更新することが求められている。

この企業団が建設した施設の特異性として、図—1に示すように、競艇場と周辺地域を結ぶ6本の橋梁が含まれていることが挙げられる。これらの橋梁は競艇場へのアクセスとして建設されたが、現在では湖西市の市道として認定され地域交通網の一部を形成している。また、企業団によって建設された橋梁を含む市道の維持管理業務は、協定に基づいて企業団により行われているのが実態である。しかし、多くの地方公共団体等と同様に、企業団でも維持管理に関わる体制、特

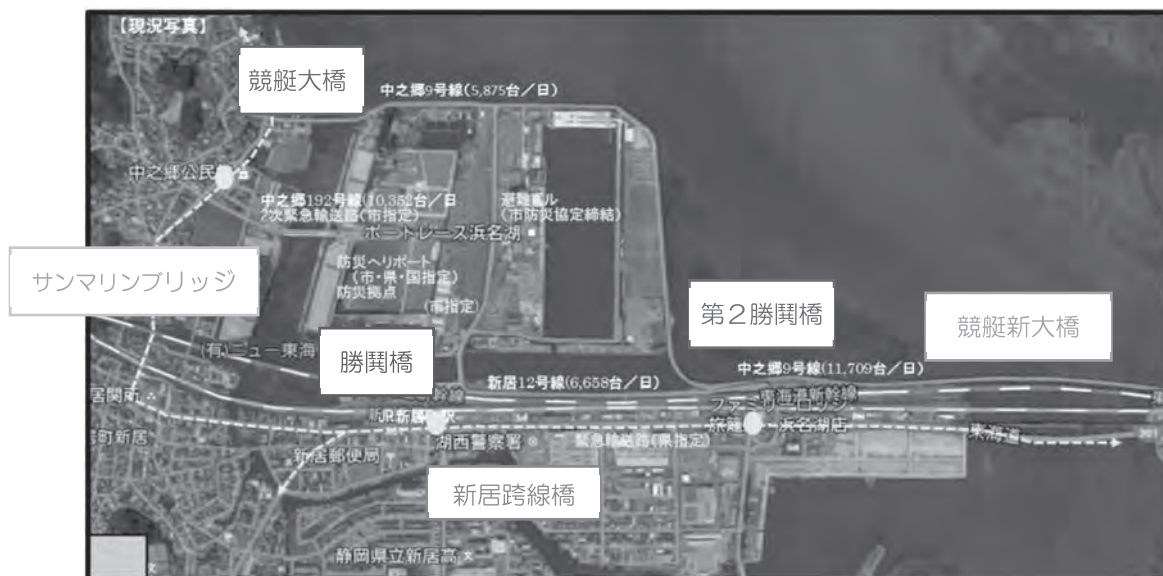
に橋梁の様に専門性が高い構造物に対する体制は、技術者の数や専門性の面で十分とは言えない状況である。恐らくこのような状況は全国の地方公共団体でも同様であろう。

このような背景のもと、施工技術総合研究所では、橋梁維持管理技術の専門家チームとして企業団の維持管理体制を支援する立場で、対象とする橋梁ごとの構造特性・使用条件・環境・劣化損傷状況など、現時点での具体的な状況に立脚して、今後の維持管理を効率的かつ効果的に行うための基本方針を検討する支援業務を実施した。本稿ではこの実施概要について紹介する。

2. 実施内容の概要

企業団が管理する橋梁は大小形式が異なる6橋で、それぞれの概要を表—1、外観を写真—1～6に示す。

本業務では、まず既存資料の整理及び電子データ化を行い、実橋の現状調査および耐震性能の確認を踏まえて、長寿化計画を立案した。業務の全体フローを図—2に示す。



図—1 橋梁位置図

表―1 対象橋梁概要

橋梁名	型式	設計荷重	橋長 (m)	建設時期	備考
新居跨線橋	単純合成鈑桁 (JR 部) 単純合成箱桁 + 単純合成 I 桁橋 (国道部)	TL-14	330	1968	写真―1
勝関橋	合成単純鈑桁	TL-14	72	1967	写真―2
競艇大橋	ポストテンション単純 T 桁 + 鋼床版鈑桁橋	TL-14	110	1966	写真―3
第 2 勝関橋	2 径間連続非合成鈑桁 + 3 径間連続箱桁	TL-20	310	1983	写真―4
競艇新大橋	ポストテンション 9 径間連続中央ヒンジ付き連続ラーメン + PC 単純桁	TL-20	650	1976	写真―5
サンマリンプリッジ	ポストテンション 2 径間連続中空床版橋 + 2 径間連続複合斜張橋	TL-20	260	1996	写真―6



写真―1 新居跨線橋 (国道部)



写真―5 競艇新大橋



写真―2 勝関橋



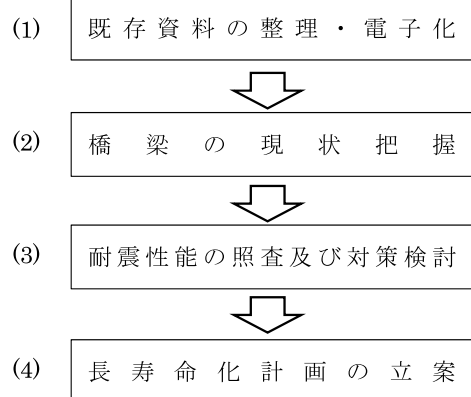
写真―6 サンマリンプリッジ



写真―3 競艇大橋



写真―4 第 2 勝関橋



図―2 業務全体のフロー

(1) 既存資料の整理および電子化

各橋梁に関わる資料の保管は、ほとんどが紙ベースの資料として保管庫に散在している状況であったため、まず、耐震性能確認及び長寿命化計画の検討に必要な各橋梁の設計図書 (図面・計算書等) 及び補修履

歴を確認し、資料の不足が確認された場合は、現地測量等による図面作成、施工業者への聞き取り調査や同年代の工事記録を参考とした構造推定を実施し、必要な基本情報の整備を行った。

確認された設計図書や補修履歴については、すべてを電子データ化して迅速な利活用が出来る状態に整理した。さらに、今後の検討・計画に活用するための代表的な図面（上部工、下部工、一般図等）についてはCAD化した。

（2）実橋の現状把握

これまで対象橋梁においては、法令に基づき定期的に点検を実施してきているが、ここでは、形式的な点検記録の確認にとどまらず、今後の維持管理上の課題を抽出・整理するため、各橋梁の全径間を橋面及び橋下面より目視調査を行うとともに、必要に応じて非破壊検査や微破壊検査を行って、各橋梁の現状確認を行った。

（3）耐震性能確認検討

対象橋梁においては、これまでにJR跨線部で耐震補強が行われてはいるものの、現行規準による耐震検討は行われていないことから、現橋の設計条件と劣化状況を整理した上で、耐震性能照査を行った。検討にあたっては、橋梁の設計年度や適用された設計基準を整理し、現地確認で把握した劣化状況を含めた橋梁状況、および橋梁の重要度を勘案した適切な耐震性能と照査方法の設定を行って実施した。

また、現行基準の道路橋示方書等に準拠して、現行基準の活荷重による断面照査、静的荷重による耐震性能照査等を行うとともに、耐震基準（道路橋示方書）に準じた適切な耐震性能について、以下の項目を確認し、適用可能な対策を提案した。

- ①必要な上部工補強方法
- ②必要な下部工補強方法
- ③必要な落橋防止システム
- ④現状の劣化状況を考慮し、維持補修を兼ねた耐震補強方法
- ⑤概算工事費

（4）長寿命化計画の立案

確認された橋梁の現状と耐震性能の両面から、総合的な判断に基づく長寿命化計画（維持管理計画）を立案した。ここでは、既往の点検調査結果と橋梁の現状を踏まえ、今後の調査における留意項目や調査要領を作成し、橋梁個別の劣化傾向や重要度に応じた調査点

検計画と維持補修計画を作成した。

また、耐震対策の規模や橋梁の重要度から、各橋梁に必要な耐震措置に対する詳細の検討や工事発注時期について整理し、耐震対策計画を立案した。さらには、長寿命化計画に基づいて実施する詳細点検作業、補修工事、耐震対策工事等に必要な費用について検討した。

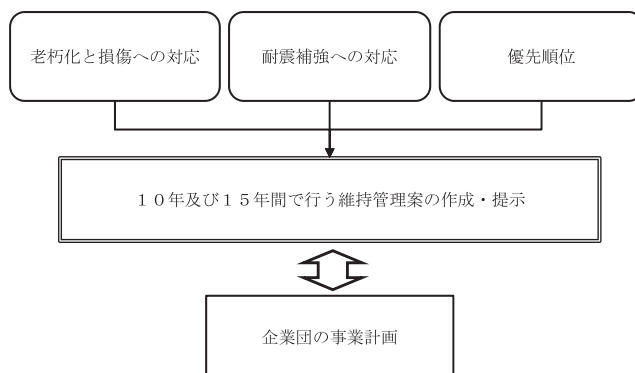
3. 長寿命化計画検討結果の概要

（1）維持管理の基本方針

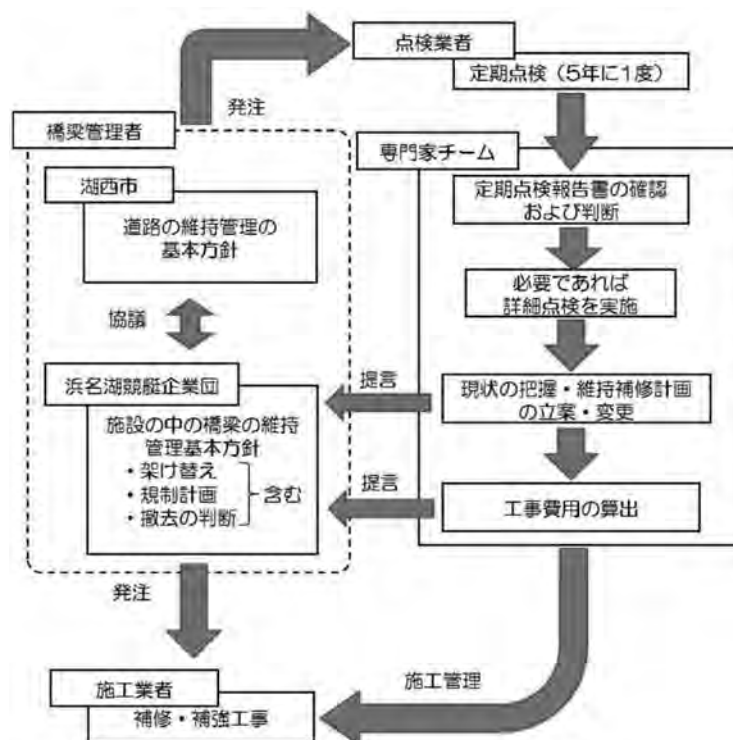
今後、企業団が長期的に健全な事業運営を継続するためには、道路だけでなく建築物や護岸など他の施設も含めて、施設全体を包括的に、効率的かつ計画的な維持管理を実施することが不可欠である。したがって、事業運営と施設の有効活用の基本方針に則って、施設全体の予算の枠組みの中で、これらの橋梁群を維持管理することが基本となる。

また、企業団における本橋梁群の維持管理に関しては、静岡県社会資本長寿命化計画橋梁ガイドラインによる中長期の長寿命化計画に則する湖西市橋梁長寿命化修繕計画に基づいて実施する必要がある。湖西市が管理する他の多くの橋梁と同様にリスクマネジメントの観点およびアセットマネジメントの観点で適切に管理することが基本となる。

上記のような背景に鑑みて、図—3に示すように、対象橋梁群（6橋）について、橋梁ごとの建設年度・構造特性・使用条件・環境・劣化損傷状況などから想定される優先順位や現時点での具体的な損傷状況を考慮して、今後の維持管理を効率的かつ効果的に行うための基本方針を検討した。さらに耐震性能確認結果をもとに、当面実施すべき老朽化と損傷への対応と耐震補強への対応や、維持補修修繕費についても現状で考えられる概略費用の算出を行い、今後の検討に資することとした。



図—3 基本方針の骨子



図一 4 維持管理の流れと実施体制

(2) 維持管理の流れと実施体制

企業団の特殊性を考慮した維持管理の流れおよび実施体制案を図一 4 に示す。

橋梁の定期点検は、道路法により 5 年に 1 度の実施が義務づけられているため、実施に当たっては、効率的に事業を推進する必要があることを考慮すると、専門技術を有する点検業者で行うことが望ましいと考える。

また、企業団の橋梁に対する現実の管理体制を考えると、専門家チームを設けて、専門家チームにより具体的な対策の検討を行い、適宜、企業団に提言することが効率的かつ効果的であると考えられる。

専門家チームは、点検業者が実施した定期点検の確認を行い、その結果に基づいて詳細点検や維持補修計画等の検討を行い、企業団に提言を行う。企業団は、専門家チームからの提言をうけて、施設全体の予算の枠組みの中でこれらの橋梁群の維持管理を行うために、湖西市との協議を行った上で、施工業者への工事発注等を行うことが望ましい。

4. おわりに

本稿は、浜名湖競艇企業団が建設した橋梁施設の維持管理方針に関する検討業務について紹介したものである。

企業団が所有する施設は、橋梁のみならず護岸、道

路、建築物、電気、ガス、上下水道などすべてのインフラ施設を含み、あたかも一つの都市といっても過言ではない。今後の維持管理の方向性としては、これら施設を包括的に管理し、いわゆる「コンパクトシティ」的な考えに立脚し最少のコストで施設全体の有効活用を目指すことが望ましいと考える。現在、周辺護岸の維持管理についても検討に入ったところであり、これらについても次の機会に報告したいと考えている。

また、本業務にあたりご理解とご協力を頂いた、静岡県、湖西市、浜名湖競艇企業団をはじめとする関係各位に感謝の意を表すとともに、本稿が他地域・他種の施設維持管理にも役立たせることができれば光栄である。

J C M A

【筆者紹介】

竹之内 博行（たけのうち ひろゆき）
施工技術総合研究所
技術顧問



小野 秀一（おの しゅういち）
施工技術総合研究所 研究第二部
部長



部 会 報 告

ISO/TC 127/SC 2/JWG 28 (ISO 21815 土工機械—衝突気付き及び回避) 2016 年 7 月 第 1 回 東京 国際ジョイント作業グループ会議報告

標準部会 ISO/TC 127/SC 2/JWG 28 国際ジョイント作業グループ主査 岡ゆかり (コマツ)

国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 127 (土工機械) 傘下の国際ジョイント作業グループ ISO/TC 127/SC 2/JWG 28 (ISO 21815 土工機械—衝突気付き及び回避) 第 1 回 JWG 会議が 2016 年 7 月に東京で開催され、同グループの主査として会議を主催した岡ゆかり氏の英文報告に基づき、事務局が編集した会議報告を紹介する。

1 開催日：2016 年 7 月 12 日 (火) ～ 14 日 (木)

2 開催地：機械振興会館 B3-2 会議室

3 出席者：19 名

米国 (ANSI) 6 名, オーストラリア (SA) 1 名,
日本 (JISC) 12 名

4 会議概要：オーストラリア、南アフリカなど資源産出国で使用する鉱山機械 (ダンプトラックなど) の衝突事故防止に与する技術開発への関心が高まっており、また、自動車分野では運転支援システムの実用化が進んでいる。

このような背景の下、ISO/TC 127 は海外の大手鉱山会社による機械安全対策の協議団体 EMESRT (Earth Moving Equipment Safety Round Table) から“土工機械の衝突気付き及び回避”に関する標準化の要請を受け、日本がコンビナー (主査) 兼プロジェクトリーダーを務める国際ジョイント作業グループ ISO/TC 127/SC 2/JWG 28 が設立された。規格作成を進めるに当たり、第 1 回 JWG 会議を 2016 年 7 月に東京で開催する運びとなった。

規格作成方針として、当面は共通的な事項を第 1 部：一般で、衝突気付き及び回避のための機器と母機との交信を第 2 部：交信インターフェースで、各適用分野を第 3 部～以降でそれぞれ扱うこととし、初めに露天掘り鉱山を対象とする機械から着手する。差し当たり、第 1 部を日本、第 2 部をオーストラリア、第 3 部を米国が担当し ISO 規格案文を準備する。同年 10 月に第 2 回 JWG 会議を東京で開催し、準備した案文を検討することとなった。なお、細部は未だ十分に煮詰まっていないが、例えばオーバライドの是非などについて議論されている。

5 議事：

5.1 会議 1 日目の主要議事

1) 開会：7 月 12 日 (火) 配布文書確認

2) コンビナー代行：(当初コンビナー予定のコマツ出浦氏が社内異動のため退任、代わりに同社 岡氏が各国専門家を歓迎、各国専門家は自己紹介、岡氏がコンビナー代行として了承された。

3) 会議運営の事務的事項：次回会合は平成 28 年 10 月 24 日～28 日の週に ISO/TC 127/SC 2/WG 25 - ISO 16001 (危険検知装置及び視覚補助) 会議と併せて開催、詳細日程は今回会議終了時に決定する。

4) 議事案承認：ドラフトアジェンダ (議事案) N 13 が承認された。なお、新業務提案 (ISO/TC 127 N 922) では第 5 部とされていた Machine interface「機械との交信」はおそらく第 2 部となるが、これは鉱山業界からの要請に基づくものであることから、ISO/TC 82 (鉱山) との連携が必要、などの意見があった。

5) コンビナー兼プロジェクトリーダーの報告：新業務提案における、本規格の各パートの構造 (第 1 部～第 5 部となっていた)、新業務投票の結果 (承認)、各国意見などが文書 N 3～N 6 などで報告された。また、フランス国立安全研究所：INRS (Institut National de Recherche et de Securite) 発行の文書 ED 6083 が以下の URL から入手可能であることが紹介された。ただし、同文書はフランス語であり、英文による要約が望ましい。

<http://www.inrs.fr/dms/inrs/CataloguePapier/ED/TI-ED-6083/ed6083.pdf>

6) 各専門家の報告：

- ・新業務提案についてオーストラリア専門家より報告：EMESRT の鉱山における重機関連事故の対策活動、衝突回避の技術的目標などを文書 N 8 を用いて説明、併せて鉱山現場及び衝突事故事例のビデオが紹介された。
- ・日本専門家より報告：インド及びインドネシアなど鉱山現場の事例が紹介された。鉱山現場の写真を紹介し、鉱山現場ではその全てが適切に管理されているわけではないと説明された。

- ・再度オーストラリア専門家より説明：ニューサウスウェールズ州の鉱山保安当局が発行した MDG 2007 “Guideline for the selection and implementation of collision management systems for mining” について説明，同附属書で，危険源とそれに応じた注意喚起・警報・機械停止など対処の要求区分を記した Appendix 3 - Sample hazard and zone requirement table に触れ，その重要性を強調した。

7) 第1部案文の検討：文書 N 2, N 9～N 11, 一部 N 6 を参照（注：新業務提案時点では“用語及び基本的な定義”であったが，案文の表題は“性能要求事項及び試験”となっている）

- ・簡条 1 適用範囲：適用対象を“operator-riding”：運転員搭乗機械に限定しない。当初適用対象外となっていた“Tele-remote controlled”：遠隔操縦機械も適用対象から排除せず，“autonomous”：自律式機械だけが対象外。
- ・簡条 2 引用規格 及び 簡条 3 用語及び定義 については，（本文の内容によって左右される点もあるので）追って検討。
- ・簡条 4 性能要求事項：

細分簡条 4.1 一般要求事項：（機械制御に関する参照規格を）ISO 15998 から ISO 19014 に変更した。

細分簡条 4.2.1 対象物の定義：（衝突回避の）対象物として（人や機械の他に）4）周囲環境 及び 5）穴 を追加した。

細分簡条 4.3 危険源の程度の定義及び警報動作及び衝突回避：EMESRT は“気付き”の段階を加えることを要請した。

細分簡条 4.3.1 警報の打ち切り：警報は視覚的なものと音響的なものだけではなく，また，両方のこともあり，より詳細に定義すべきである。

細分簡条 4.4.1 機械（再）起動時の衝突気付き及び回避機器も再起動すること に関しては“必ず”を追記し，一般要求事項に移行する。

細分簡条 4.4.2 当該装置の作動，不作動を運転員に示すこと…に関しては，他の簡条に移行する。

細分簡条 4.4.3 当該装置を単にスイッチオフだけで不作動とできてはならない に関しては複数段階の動作が必用とされた。むしろ，機械保全作業中だけしか不作動とできない などとすべき。

8) 全般の議論：（新業務提案時点と多少異なるが）当面は，第1部：一般，第2部：交信インターフェース，第3部以降：各適用分野（露天掘り鉱山，地下鉱山，建設）として作業を進めることとされた。

9) 1日目閉会



ISO/TC 127/SC 2/JWG 28 会議風景（1日目）

5.2 会議2日目の主要議事

1) 開会：7月13日（水）

2) 今後の予定（次回以降の会議など）：翌14日に検討する。

3) 前日からの議論継続（第1部の検討）：

- ・（全般事項）：ISO 21815 の適用範囲にどのような技術を含むべきか検討となったが，要求事項を満足する技術を定義するわけではない。また，ISO 21815 を構成する対象物検知及び視覚補助技術には，ISO 16001 が寄与する。

・（続き）

細分簡条 4.5 自己診断，状態表示及び故障の警告：細分簡条の名称を“起動”としては，と論議された。また，（機械の）原動機の始動に先立って運転員が装置を起動することがあるとの指摘があった。

細分簡条 4.7 動作の完全性：ISO 15998 に代えて ISO 19014 参照との指摘もあったが，他規格の参照そのものが廃止となった。

・簡条 5 試験手順

細分簡条 5.1 試験環境条件：“降水のないこと”の表現として，graupel（雪あられ）の代わりに sleet（みぞれ）を事例に含める。また，試験に影響する風が吹いていてはならないとの規定で「強い」風という表記は避ける。騒音関係で，ISO 6395 (=JIS A 8317-1) の試験環境条件を参照とされ，ISO 19014-3 の試験環境条件を参照とされた。試験は装置の性能評価のためであり，信頼性評価のためではない。

細分簡条 5.1.1 地面の条件：重ダンブトラックに関して，坂路での試験も必要ではとの指摘があったが，この規格は制動装置の性能を規定するものではないため，平坦な路面で試験してもよいとした。

細分簡条 5.2 試験機械の条件：この試験は制動装置の性能試験とは異なるとされ，さもないければ，第三者

機関が試験できないなどと指摘された。

箇条5全般:箇条5は(EMESRTでの)レベル7(気付き),レベル8(注意),レベル9(介入)に関連して危険源の程度及び(装置が介在して対応する)動作を検討した後で再構成し,共通的な部分は第1部に残すが,他の個別的な部分は第3部などに移行すべきとされた。

- ・附属書:各部に関連して附属書を再構成すべきとの指摘があった。

4) 第5部(機械との交信)の案文新業務提案時の各国意見含め検討:

第5部の検討に先立ち, EMESRT 活動関連文書(N 8 ~ N 11 など)に基づき説明, 検討された。(英文 N 17 での参照文書番号は適切か? 要検討)

- ・衝突気付き及び回避の筋書き: 露天掘り及び地下鉱山では「機械と人」, 「機械と機械」, 「機械と周囲環境」, 「機械と穴」の4通りに大別される。衝突が近づく各段階での対処手段の要求事項について論議され, (衝突気付き及び回避の)筋書きの考え方, (想定外の事態に対しても, 弱点があまり生じない)耐性があるか, といった点が説明された。「機械と機械」の衝突回避に関する技術について論じられ, 将来の技術について予測できるか, などと指摘された。第三者すなわち機器製造業者が, 母機に機器を装着する場合の問題についても指摘があった。「機械と機械」間の交信に関しても指摘があった。

第5部(第2部となる)の検討を開始:

- ・規格名称:(この時点では)“土工機械—衝突気付き及び回避—第2部:CAN-BUS 交信”としては。(ただし, 後段の論議で見直された)
- ・箇条1 適用範囲:どのような情報を交換するか, 機器側でどの時点で信号を出すか, CAN-BUS を交信手段の標準として決定するか, 二種の異なる機器を装着した場合はどうするか, 高速の機械(重ダンプトラック, ロード, グレーダ)を優先, 低速機械(ブルドーザ, ショベル)はその次とされた。(システムとしての優先順位か? 検討作業の優先順位か?)
- ・箇条2 引用規格:SAE J1939
- ・箇条3 用語及び定義:追って検討
- ・箇条4 性能要求事項

細分箇条4.1 一般要求事項:新業務提案(ISO/TC 127 文書 N 922 = JWG 28 文書 N 6)に貼付の第5部案文部分の箇条6 Proposed Protocol Messages を参照。

5) 2日目閉会



ISO/TC 127/SC 2/JWG 28 会議風景(2日目)

5.3 会議3日目の主要議事

1) 開会:7月14日(木)

2) 前日からの議論継続(第5部の検討続き):

- ・(全般事項):米国専門家より各種使用条件に関する第3部を作成との考え方を説明, 次回までに“土工機械—衝突気付き及び回避—第3部:露天掘り鉱山で使用する機械の性能要求事項”案文作成の用意があると示唆された。対象の機械は重ダンプトラック, グレーダ, ホイールロード及び油圧ショベルで, リスクのある領域と性能要求事項を規定し, 機械の走行速度, 地表面の条件(路面の傾斜, 滑りやすさ), 機械の荷重などを考慮する。スキッドステアロードをホイールロードに含めて扱うかは要検討であり, 車輪式油圧ショベルは, 走行速度, 作業機の動き, リスク領域などの点で履带式ショベルとは別に扱う。また, ISO 5006 運転員の視野において, 長期的な全面改正版の案文で規定するリスク領域は, 機械周囲の小さな視界評価円であるが, ISO 21815 のリスク領域と齟齬が生じるのは不都合, との指摘があった。
- ・試験仕様及び共通的な筋書きを付して, EMESRT の衝突の筋書きを第1部の附属書に取り入れては, との意見が示された。
- ・第2部の適用範囲を CAN-BUS だけに限定するのは適切か問題提起し, 今回作業グループ会議の結論としては, 各部の本体部分では一般的な要求事項を規定し, CAN-BUS について(の要求事項)は附属書に「規定」し, CAN-BUS 以外の技術を除外することはせず, 規格名称からは CAN-BUS を外すこととなった。また, 各交信事項の扱いに関しては, ISO 15143-2 施工現場情報交換—第2部:データ辞書に定めるデータ項目の表及び値域の表を参照例とするのがよい, と指摘された。なお, (CAN-BUS 以外

の) 新技術も扱う必要がある場合は、それを対象とする附属書を追加することを作業グループで検討すべきと指摘された。また、第2部の序文に、この規格は利用可能な技術の完全なセットではなく、作業中のものである旨の表記を追加すべきなどと論議された。

- ・オーストラリア専門家より(衝突気付き及び回避のための段階設定)レベル7(気付き)、レベル8(注意)、レベル9(介入)について、PAT: 接近気付き技術 Proximity Awareness Technology, PDT: 接近検知技術 Proximity Detection Technology 及び CAT: 衝突回避技術 Collision Avoidance Technology について、各レベルでの所要の介入動作と関連付けて説明した(N 10 スライド8を使用)。
- ・EMERSTでのレベル7(気付き)、レベル8(注意)、レベル9(介入)について、第1部細分箇条4.3と対比させると下記のようにとなる。
 - ー通常の段階: レベル7(気付き awareness)に対応
 - ー接近警報段階: レベル8(注意 advisory)に対応
 - ー衝突危険段階: レベル9(介入 intervention)に対応
 気付き awareness 段階では視覚的情報だけでもよく(母機製造業者の判断)、運転員に対応動作を求めないが、接近警報 advisory 段階では、適切な情報提供技術レベルによる支援が必要である。
- ・第1部の細分箇条4.3.2を修正し、更に検討することとした。
 - ー衝突の危険源となる状態にあった障害物が去る
 - ー機械又は作業装置が完全に停止し、運転員はそれを確認した旨の動作をする。
- ・次の二種の停止動作後、どのように作業再開すべきか議論した。
 - 1) 非常停止: (作業再開には) 運転員による積極的な確認動作が必要
 - 2) 操作による停止: ある種の確認動作(例えばブレーキペダルの踏み加減)が必要
- ・運転員は、装置をクルーズコントロールの一部として使用するかもしれない。
- ・操作による減速(例えば、機械の進路上を鹿が横切るなど)について議論(このような場合、機械を完全停止に導く必要はない)



ISO/TC 127/SC 2/JWG 28 会議風景 (3日目)

- ・機械又は装置が運転操作の優先機能を持つのがよい
 - か議論(例えば、障害物が横から衝突しそうになったときに、衝突を防ぐには加速するしかない場合)
 - ・この規格では、低速及び減速だけを扱うことを目的としているが、適用範囲を狭める意図はない
- 以下、会議の結論について議論された。

3) EMESRT との連携: JWG として EMESRT を歓迎し、連携を確立する。

4) 会議の決定事項の確認:

- ・ISO/TC 127/SC 2/JWG 28 コンビナー: 岡氏を後任コンビナーとして指名するよう推奨する。
 - ・決定事項: 案文へのコメント提出に関して
- 今回会議で検討した案文をJWGの各専門家に回付する。次回会合に先立つ準備として、清書版の案文を準備し、2016年9月までにJWG幹事へ送付する。JWG幹事はすぐに各専門家へ送付し、各専門家は同9月末までにJWG幹事へ意見を提出する。各国専門家は、下記パートを担当する。

第1部: 日本、第2部: オーストラリア、第3部: 米国

- ・次回会合: 第2回JWG会議は、前述の通り2016年10月24日~26日にISO/TC 127/SC 2/WG 25 (ISO 16001 危険検知装置及び視覚補助) 国際WG会議とつなげて東京で開催する。

5) 閉会

以上

部 会 報 告

ISO/TC 127/SC 2/JWG 28 (ISO 21815 土工機械—衝突気付き及び回避) 2016 年 10 月 第 2 回 東京 国際ジョイント作業グループ会議報告

標準部会 ISO/TC 127/SC 2/JWG 28 国際ジョイント作業グループ主査 岡ゆかり (コマツ)

国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 127 (土工機械) 傘下の国際ジョイント作業グループ ISO/TC 127/SC 2/JWG 28 (ISO 21815 土工機械—衝突気付き及び回避) 第 2 回 JWG 会議が 2016 年 10 月に東京で開催され、前回に引き続き、同グループの主査として会議を主催した岡 ゆかり氏の報告を紹介する。

1 開催日：2016 年 10 月 24 日 (月)～26 日 (水)

2 開催地：機械振興会館 B2-2 会議室

3 出席者：20 名

米国 (ANSI) 5 名, オーストラリア (SA) 1 名,
ドイツ (DIN) 1 名, 日本 (JISC) 13 名

4 会議概要：

2016 年 7 月に東京で行われた第 1 回 JWG 会議で、以下のパートに分けて進めていく方針を決めた。

・第 1 部：一般

・第 2 部：車体—検知装置間の通信プロトコル

・第 3 部：露天掘り鉋山

・第 4 部：坑内掘り鉋山機械 ※現時点で案文なし

・第 5 部：建設機械 ※現時点で案文なし

今回の会議では、第 1 部～第 3 部について広く議論を行った。全く新しい標準の作成であることから、ブレインストーミング的要素が多く、話が前に進んだかと思うと、また後戻りするような議論を何度も繰り返しながら、扱うべき内容を洗い出す作業となった。

5 議事：

5.1 第 1 部：一般

日本専門家が主担当として執筆している。機械が緊急の回避動作を自動で行う場合、運転者による介入を認めるべきか否かの議論があった (案文では運転者の介入を認めていない)。衝突気付き及び回避システムは運転者を補助する機能であり、またシステムが完璧でない以上、常に運転者の操作を優先すべきとの意見があり、審議を継続する。

危険レベルとそれに応じたアクションに関し、案文ではレベルを Phase 0～Phase 2 までの 3 段階に分け、各々を定義している。これをどのように区切るかは専門家によって意見が分かれ、引き続き調整を要する。また、米国担当の第 3 部とも整合を図る必要がある。

テスト方法の記述に関連する部分は第 1 部では簡潔にし、具体的な方法については既存の技術をベースに限られた条件のみを記している。一方、現在は達成できていなくても、考える試験条件を幅広く記載すべきとの意見もある。

機能安全に関する意見は明確な方向性が出ていない。案文では性能要件に機能安全の標準を満足する旨の記述を規定していたが、OEM (サードパーティ＝第三者) の機器を母機に装着する際に機能安全を満足できないとの意見があり、継続審議とする。

5.2 第 2 部：車体 - 検知装置間の通信プロトコル

オーストラリア専門家が中心となり執筆が行われている。EMESRT を Liaison-D として迎え入れる手続きを現在行っているが、既に EMESRT を中心に詳細が検討されている。

適用範囲に含まれるものは、近接検知システム：PDS (Proximity Detection System) が指令を発信し、受信する車両がそれに従うシステムに限定するとし、OEM が独自に組み込んだ衝突気付き及び回避システムは対象としない。

車両から PDS に発信するデータの内容と形式についての記載はあるが、受信する PDS による使い方の記述は無い。これについては引き続き検討する。

5.3 第 3 部：露天掘り鉋山

米国専門家が中心に担当している。“衝突気付き及



ISO/TC 127/SC 2/JWG 28 会議風景 (1 日目)



ISO/TC 127/SC 2/JWG 28 会議風景（2日目）



ISO/TC 127/SC 2/JWG 28 会議風景（3日目）

び回避の標準である以上、まず検知（気付き）範囲を定義すべき”との考えをベースに、車両の状況ごとに検知が必要な最低限の範囲を定義することが目的。停車時、低速走行時、高速走行時の進行方向線上に対象物がある場合等、状況ごとの提案を今後行っていく。

現時点では検知の範囲についての考え方を露天掘り鉱山のパートで準備しているが、建設機械の稼動する現場にも当てはめが可能であるため、第3部であるこ

とには固執しない。

5.4 その他のパート

執筆を担当する専門家を募集する。

6 今後の予定：

第3回 JWG 会議 2017年2月末 米国

第4回 JWG 会議 2017年7月中旬 南アフリカで
開催の可能性を探る

以上

部 会 報 告

ISO/TC 127/SC 2/JWG 28 (ISO 21815 土工機械—衝突気付き及び回避) 2017 年 3 月 第 3 回 サンディエゴ 国際ジョイント作業グループ会議報告

標準部会 ISO/TC 127/SC 2/JWG 28 国際ジョイント作業グループ主査 岡ゆかり (コマツ)

国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 127 (土工機械) 傘下の国際ジョイント作業グループ ISO/TC 127/SC 2/JWG 28 (ISO 21815 土工機械—衝突気付き及び回避) 第 3 回 JWG 会議が 2017 年 3 月に米国サンディエゴ市で開催され、前回に引き続き、同グループの主査として会議を主催した岡 ゆかり氏の英文報告に基づき、事務局が編集した会議報告を紹介する。

1 開催日：2017 年 3 月 1 日 (水) ～ 3 日 (金)

2 開催地：米国カリフォルニア州サンディエゴ市 クラウンプラザホテルミッションバレー会議室 Kauai

3 出席者：14 名

米国 (ANSI) 7 名、オーストラリア (SA) 1 名、ドイツ (DIN) 1 名、日本 (JISC) 5 名

4 会議概要：道路運送車両の分野では、衝突被害軽減ブレーキ等の運転支援システムが既に商品化され普及しつつあり、土工機械の分野でも、作業現場に混在する機械同士の衝突、或いは車両、人員との接触等による災害発生リスクを軽減する為、衝突気付き及び回避技術の標準化により安全性向上を図ることが求められている。このような状況から、国際ジョイント作業グループ ISO/TC 127/SC 2/JWG 28 が、海外大手鉱山会社による機械安全対策の協議団体 (EMESRT: Earth Moving Equipment Safety Round Table) の要請により設立された。土工機械と周囲の機械、車両及び人員などとの衝突気付き及び回避技術に関する ISO 21815 シリーズ作成の為、第 3 回 JWG 会議にコマツから JWG コンビナー (主査) 及び第 1 部プロジェクトリーダー 4 名が参加した。これを支援し、国際標準作成を推進すべく、協会事務局からも 1 名が出席した。

現状、下記 第 1 部～第 3 部の標準化を図っている。

第 1 部：性能要求事項及び試験 土工機械全般に要求される性能の試験及び評価方法

第 2 部：交信インターフェース 使用する機器と母機間の伝送通信方式

第 3 部：露天掘り鉱山で使用する機械の性能要求事項 露天掘り鉱山機械に要求される固有の性能

将来は適用分野の拡大に応じて、第 4 部以降も追加する見通しである。

5 議事：

2017 年 2 月に豪州ブリスベン市で開催された EMESRT ワークショップでの議事、及び今回 JWG 会議に先立ち、2 月 27 ～ 28 日に同所で開催された ISO/TC 127/SC 2/JWG 22 ISO 17757 (自律式機械) 国際 WG 会議での議事が報告された。また、2016 年 10 月に東京で開催された ISO 21815 第 2 回国際 JWG 会議での決定事項を基に、第 1 部 (日本)・第 2 部 (オーストラリア)・第 3 部 (米国) の各 PL が作成した案文に対する意見照会を実施、各国コメントを事前に共有した上で、出席者達が議論した。

(主な議論)

第 1 部～第 3 部 案文及び各国コメントを検討した。

第 1 日：前回 10 月会議以降の修正箇所を中心に概説、第 1 部に関するコメント文書 Doc N 43 を検討した。

第 2 部 データ登録 (SAE 登録, TC 127/SC 3 業務) について討議した。

データ通信様式 Ad Hoc グループの活動内容について説明—2 月 20 ～ 22 日の EMESRT ワークショップでの議論が報告され、メンテナンス機関 (JCMA) による ISO 15143-2 データ辞書への登録プロセスを確認した。Ad Hoc グループの設置、活動開始時期について JWG 28 が決定する。

第 2 日：EMESRT ワークショップの意見に関し、文書 Doc N 36 コメント表を検討した。



ISO/TC 127/SC 2/JWG 28 会議風景 (1 日目)



ISO/TC 127/SC 2/JWG 28 会議風景（2日目）

第1部の4.3項にある危険レベル、警告動作、衝突回避の定義について検討した。

コメント表 Doc N 43 を検討、第1部にある“警告段階 1.1, 1.2, 2”を維持することで合意した。第3部では、EMESRT のレベル 7, 8, 9 を参照する。

第3部に関するコメント表 Doc N 45 を検討、第1部との整合を図ることとした。

速度及び時間をパラメータとする検知領域の構想を作成する必要性が説明された。第2部に関するコメント表 Doc N 44 を検討した。

第3日：会議に先立ち、第1部と第3部の用語及び定義に関する Ad Hoc 会議を行い、検知領域の定義について議論した。その後、3日間にわたる議論の結果を以下の様に整理した。

第1部

3.1 衝突気付き、助言、回避の定義について

衝突気付き及び衝突回避の定義（衝突気付き「及び」回避システムを定義に含める）を4.3項として作成し、第3部の検知領域の定義と整合させる

4.3 危険レベル、警告動作、衝突回避の定義について

Doc N 46（2日目に説明された ppt 資料）に基づき書き直す

4.5 自己チェックについて

ISO/DIS 16001 4.6 continuous self-checking の項を適用する

5 試験条件について

試験手順を更に作り込み、どのパートへ盛り込むか議論するとともに、地下作業に関連しない記述を除外する

附属書 B について

試験手順—第3部と整合させる

第2部

附属書 A について

ブリスベン会議（EMESRT ワークショップ）での意見及び JWG 28 のコメント Doc N 44 に基づき、見直し作成する

文書の回付について

附属書 A を修正し、JWG 内で回付する

コメント期間 30 日の経過後、JWG が次段階（ISO 15143 メンテナンス機関にデータ辞書を提出）へ進めることの可否を決定する

ISO-bus, parallel bus について

新業務提案に向け、米国専門家らが次回 JWG 会議にアイデアを持参する

第3部

検知領域の作成について

OEM（サードパーティ）の米国専門家とさらに作り込む

用語について

第1部との整合：日本の専門家が整合すべき用語を米国 PL に知らせる

性能要求をどのパートに記述すべきかについて

一般的な性能基準は第1部へ、False positive/negative は米国専門家が検討する

附属書 D について

5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60 km/h の各速度における停止距離チャートを PL が作成する

調査の実施

自動車分野の事例：規格・試験手順等、米 SAE, 独 VDA の知見を次回 JWG へ持参する

TC 82 への広報活動—ドイツ専門家より催促する

6 次回開催予定：

2017 年 7 月 24～28 日の週にオーストラリア国ブリスベン市で国際 JWG 会議を開催する（24～26 日：ISO 21815, 27～28 日：ISO 17757）

さらに、10 月 16～18 日にもドイツ国フランクフ



ISO/TC 127/SC 2/JWG 28 会議風景（3日目）

ルト市 VDMA で開催する（CECE サミットが 10 月 11 ～ 12 日に開催される予定）

7 今後の対応：

SAE J 1939 の適用に関して専門家からのフィードバックを得る為、EMESRT ワークショップ及び今回 JWG 会議のコメントを基に PL が第 2 部の通信様式を見直し、一連のメッセージを最新にして事務局へ送る。専門家は文書を検討し、コメントを提出する。JWG は以下の方法で作業案文を修正する：

- ・各パートの粗案文レビュー結果をコンビナーへ提出する
- ・専門家は粗案文へのコメントを返信する
- ・編集チームは Part 1 ～ 3 修正案文を提出する
- ・（ISO サーバへアップロードした）修正案文へのコメントを返信する

EMESRT に対し当 JWG への連携を要求するとともに、露天掘り及び地下鉱山の代表者を任命し、次回 2017 年 7 月の JWG 会議へ出席させるよう要請する。

8 備考：

今回、海外での JWG 会議開催となったが、協会事務局も出席したことで、議事メモ作成・ISO サーバへのアップロードによる配信が速やかに行われた。また、

ISO 15143-2 メンテナンス機関へのデータ辞書登録手順に関して協会事務局（TC127/SC3 幹事）に確認する必要が生じたが、その際も持参した WebEx 会議用機器を用いて日本側とリアルタイムで接続することができ、議事のスムーズな進行に寄与した。

9 その他：

当 JWG 会議の進行には影響がなかったが、2017 年 2 月にカリフォルニア州を襲った暴風雨で、近くを流れるサンディエゴ川が増水した影響か、宿泊場所及び会議開催場所であるクラウンプラザホテルミッションバレーのある地域（ホテル・サークル・ノース）だけが約 24 時間にわたり停電となった。このため、2 月 27 ～ 28 日に同処で開催が予定されていた ISO 17757 国際 WG 会議は、急遽場所を変更することとなった。また、（自家発電設備で電力供給できるロビーを除く）ホテル全体が 3 月 1 日の明け方まで停電だった為、食事が提供できないばかりか、照明も暖房もなくお湯も出ない真っ暗な客室で、懐中電灯の明かりだけを頼りに、会議前日の一夜を寒さに震えながら過ごす羽目となった。

以上

部 会 報 告

羽沢トンネル工事現場見学会報告

機械部会トンネル機械技術委員会

1. はじめに

機械部会のトンネル機械技術委員会では、平成 29 年度現場見学会を 2017 年 11 月 16 日に神奈川県横浜市の SENS 工法で行われている鉄道トンネルの現場を対象に見学会を実施したので本誌に紹介します。

参加者は事務局を含め 22 名でした。

2. 見学会スケジュール

平成 29 年 11 月 16 日 (木)

- 13:30 JR 新横浜駅集合
- 13:30-13:45 貸切バスにて現場事務所まで移動
- 13:45-14:20 現場事務所にて着替え、現場概要説明
(パワーポイントにて)
- 14:20-14:30 貸切バスにて現場作業ヤードまで移動
- 14:30-15:50 現場内見学(坑内 No2 台車まで徒歩にて)
- 15:50-16:00 貸切バスにて現場事務所まで移動
- 16:00-16:25 着替え、質疑応答
- 16:40 JR 新横浜駅着、解散

3. 工事場所・概要

- ・工事名称 相鉄・東急直通線 羽沢駅(仮称)～新横浜駅(仮称) 羽沢トンネル工事
- ・工事概要 開削トンネル工：165.85 m、シールドトンネル 3349.95 m (内訳：RC セグメント 931.2 m, SENS：2256 m, その他：162.75 m)
- ・発注者 (株)鉄道建設 運輸施設整備支援機構 東京支社 新横浜鉄道建設所
- ・施工業者 大成・東急・大本・土志田特定建設工事
共同企業体
- ・事務所住所 神奈川県横浜市神奈川区羽沢南 3 丁目 21

4. 現場見学

(1) 現場概要説明

“相鉄・東急直通線は、神奈川東部方面線の機能の

一部として、相鉄・JR 直通線の羽沢駅(仮称)から新横浜を経由し、東急東横線・目黒線日吉駅までの区間に連絡線を整備するもの(図-1)。

この連絡線の整備により、相鉄線と東急線との相互直通運転が可能となり、広域鉄道ネットワークの形成と機能の高度化が図られるとともに、速達性の向上、新幹線アクセスの向上、JR 東海道線などの既設路線の混雑緩和や乗換回数の減少、沿線地域の活性化等に寄与します。今回、現場見学させていただきました工区は既設の JR 貨物横浜羽沢駅に隣接した(仮称)羽沢駅から(仮称)新横浜駅間の羽沢トンネルになります。”(以上矢野課長より)。

その他、工区内の地質、SENS 工法の簡単な説明、その他の工法の説明を受けました。



図-1 現場概要

(2) 工事の進捗

発進立坑より坑内へ移動、RC セグメント部(施工済)、SENS 工法工区のトンネル距離として坑口より 1400 m 部分を掘削中でした。

(3) 坑内見学

坑内に入る前に主な地上設備の説明、坑内から搬送される掘削ブリの搬出までの流れを説明いただきました。

大森代理人、矢野課長同行のもと、徒歩にて坑内へ移動し、途中のブリ搬出用ベルトコンベヤ、生コン車

(5) 坑外設備

坑外へ出た後、SENS 工法で重要な役割をになうコンクリート製造設備関連をご紹介いただき、現場併設のコンクリート試験室の説明を受けました。24 時間体制で生コンを供給するからこそ、その各種試験を外注に出すことなく、自前で実施できるという意義は非常に大きく、現場の品質に対する強い意志が感じられました。

(6) 質疑応答、現況報告

- ・作業員は 20 人／シフト制として、3 シフトで回している
- ・12 リング／日が目標であるが、ブリの閉塞、各種トラブルもあり、予定通りには必ずしも行っていないが進行は落ち着いてきつつある状態
- ・SENS 仕様の生コンを使用しているため、4～8 時間で硬化が始まり、15 リング後に押すというサイクル。そのため硬化中の構造物を押すことになるため早すぎるサイクルはシステム上無理で、その場合は内型枠の増設などを検討が必要
- ・割れ等は上記運用で対応し、ひどいものは当現場ではなし
- ・SENS 部はクラック、湧水は基本的に発注者了承済。2 次覆工後で対応すれば OK
- ・2 次覆工をしていないが、発注者から早期にブりを



写真一七 コンクリート製造設備外観(ヤード奥行きの関係上全景は不可能)



写真一八 試験室内部(試験機群)の一部



写真一九 見学者全員の記念撮影

出すよう要請を受け、掘削先行で施工している。なお 2 次覆工は無筋

- ・OP は掘削担当、生コンポンプ制御担当、JV 職員 3 人の体制
- ・工区が切羽に向って下り 34% の勾配であるが、インバート打設等に特段の対策は取っていない。ただし、厚みがあるため、2 段階打設で施工している
- ・ブりは本牧の方面に埋め立土として搬出、数量は概算 200 台／日

(7) 考察

- ・SENS 工法は日本国内で 4 例目であるが、段階を経てその施工体制は確立しつつある工法であると再認識
- ・作業ヤードの幅が狭い中で、効率的に資機材を配置し、ストレスのない施工を行っている
- ・現場の整理整頓が行き届いていて、安全看板、警報類もそつがなく、現場の JV の職員の意識の高さを感じた

(8) 謝辞

今回の準備、現場との調整役をして頂いた大成建設(株)室賀委員及び現場の方々には当委員会見学を快くお受け頂き、感謝申し上げます。

J C M A

[筆者紹介]

岩野 健(いわの たけし)
清水建設㈱
土木技術本部 開発機械部
課長 技術士
(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
委員長

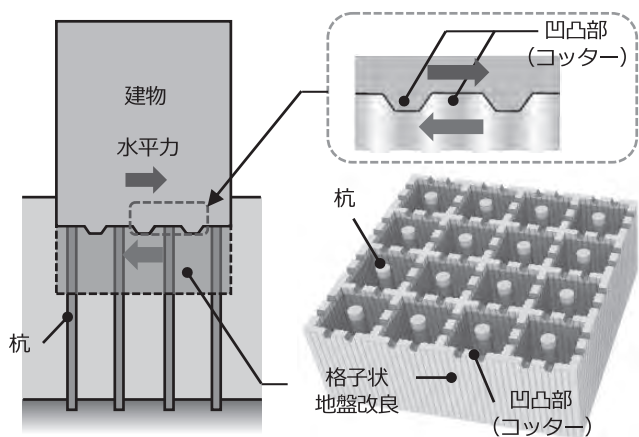


新工法紹介 機関誌編集委員会

05-71	ソイルクラベット®工法	竹中工務店
-------	-------------	-------

▶ 概 要

「ソイルクラベット®工法」は、建築物または工作物に生じる地震時の水平力を地盤改良体に伝達させるために基礎スラブまたは基礎梁と地盤改良体との間に凹凸部（コッター）を設けて結合する工法である。基礎直下の地盤改良体は、液状化対策工法として用いられている格子状地盤改良工法「TOFT 工法®」との組み合わせで活用することが多い。杭基礎やパイルド・ラフト基礎の場合には、基礎スラブと地盤改良体の接地圧が小さく、地震時に基礎底面の滑動が生じ杭の負担水平力が大きくなる場合がある。地震時水平荷重を地盤改良体に伝達させることにより、杭の損傷低減および基礎梁の応力低減、また杭径の縮小化が図られる（図—1）。また、基礎底面の滑動を防止することで、基礎全体の捩じれ等を防止することができる。

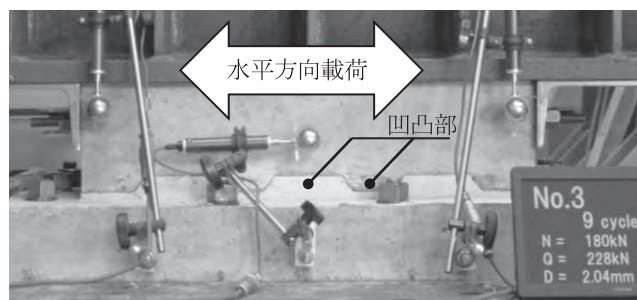


図—1 ソイルクラベット工法の概要

▶ 特 徴

本工法には、図—1のように地盤改良体に凹凸を設ける方法（TypeA）と、柱列配置の場合には基礎スラブまたは基礎梁の下部に地盤改良体を挟むように垂れ壁を設け、この内面と地盤改良体側面の凹凸部を利用して結合する方法（TypeB）がある。

いずれのタイプも構造実験で水平荷重伝達機構を確認している。図—2は構造実験の一例（TypeA）である。また、凹凸部（コッター）の形状による基礎スラブまたは基礎梁と地盤改良体の結合部の力学性能として、水平荷重伝達力の算定式を規定しており、この伝達力算定式は、TypeAの場合、接地圧、コッ



図—2 構造実験の様子



写真—1 地盤改良体の凹凸部（コッター）の施工状況

ター深さ、コッター間隔および改良体の圧縮強度を考慮したモデルとしている。算定式の妥当性は実験結果より確認している。

凹凸部（コッター）の施工例を写真—1に示す。凹凸部は手すりでも作製可能であるが、機械化施工により格段に施工効率が向上する。

▶ 用 途

- ・杭の地震時応力低減
- ・基礎の滑動防止

▶ 実 績

- ・9件（オフィス5件、集合住宅2件、研究施設2件）

▶ 参 考 資 料

- ・本多剛，濱田純次，谷川友浩，尾本聡，ウサレム・ハッサン，宇佐美徹：コッターによる格子状地盤改良体への水平力伝達機構の検討，第49回地盤工学研究発表会発表講演集，pp.1409-1410，2014。
- ・Tanikawa, T., Hamada, J. and Honda, T.: Mechanical joints transmitting lateral force to grid-form soil improvement, 15ARC, 2015.

▶ 問 合 せ 先

竹中工務店 広報部

〒136-0075 東京都江東区新砂 1-1-1

TEL：03-6810-5140

新機種紹介

機関誌編集委員会

▶ 〈01〉ブルドーザおよびスクレーパ

17-〈01〉-02	コマツ ブルドーザ D37EX/PX-24, D39EX/PX-24, D61EX/PX-24	'17.5 発売 新機種
------------	--	-----------------

窒素酸化物 (NOx) と粒子状物質 (PM) の排出量を大幅に低減し、オフロード法 2014 年基準に適合したブルドーザである。

電子制御 HST (※ 1) によるエンジンと HST ポンプの低回転マッティング制御、2つの運転モード (P モード、E モード) の設定、オートアイドルストップ機能などにより、同社従来機に比べ、作業量を 10% 向上、燃料消費量を 10% 低減 (いずれも P モード時) し (※ 2)、国土交通省 2020 年の燃費基準達成率 100% を達成している。

また、ラジエーターを後方に配置したスーパースラントノーズ設計による前方視界性の確保および後方モニターシステム、バッテリーディスコネクトスイッチ、セカンダリーエンジン停止スイッチ、シートベルト未装着警報により安全性の向上を図っている。また、機械モニターには高精細 7 インチ液晶ディスプレイ (LCD) を採用し、エコガイダンス等の表示により省エネ運転を支援している。KOMTRAX (機械稼働管理システム) によりオペレーターごとの車両運転情報の管理および排出ガス後処理システムの選択触媒還元 (SCR) に必要な AdBlue[®] (※ 3) の消費量確認を行っている。

さらに、パワーラインの保証延長と無償メンテナンスを取り入れたサービスプログラム「KOMATSU CARE (コマツ・ケア)」が新車購入時から付帯され、トータルライフサイクルコストの低減と長時間稼働への貢献を図っている。

また、標準装備である ROPS (※ 4) とキャブを一体化したモノコックキャブに加え、D37EX/PX-24、D39EX/PX-24 には ROPS キャノピーをオプション設定している。

※ 1. Hydro-Static Transmission (ハイドロスタティック・トランスミッション：油圧駆動変速機)

※ 2. 当社従来機との比較 (当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ります。

※ 3. ドイツ自動車工業会 (VDA) の登録商標。尿素 SCR システム専用の高品位尿素水のこと。

※ 4. ISO 3471

表ー 1 D37EX/PX-24 の主な仕様

	D37EX-24	D37PX-24
仕様	乾地	湿地
ブレード種類	標準ブレード	標準ブレード
機械質量 (t)	8.78	9.12
エンジン定格出力 ネット (JIS D0006-1) (kW/min ⁻¹ (PS/rpm))	66.1/2200 (89.8/2200)	
ブレード高さ (m)	0.865	0.835
ブレード最大上昇量/下降量 (m)	0.790/0.390	0.850/0.325
全長 (m)	4.26	
全幅 (本体/ブレード) (m)	1.970/2.710	2.310/3.200
全高 (KOMTRAX アンテナ上端まで) (m)	2.775	2.8
価格 (工場裸渡し消費税抜き) (百万円)	13.4	14.5

表ー 2 D39EX/PX-24 の主な仕様

	D39EX-24	D39PX-24
仕様	乾地	湿地
ブレード種類	標準ブレード	標準ブレード
機械質量 (t)	9.71	10.11
エンジン定格出力 ネット (JIS D0006-1) (kW/min ⁻¹ (PS/rpm))	78.4/2200 (107/2200)	
ブレード高さ (m)	0.98	0.91
ブレード最大上昇量/下降量 (m)	0.810/0.450	0.880/0.380
全長 (m)	4.385	4.37
全幅 (本体/ブレード) (m)	2.080/2.710	2.510/3.250
全高 (KOMTRAX アンテナ上端まで) (m)	2.84	2.865
価格 (工場裸渡し消費税抜き) (百万円)	16.8	17.5

表ー 3 D61EX/PX-24 の主な仕様

	D61EX-24	D61PX-24
仕様	乾地	湿地
ブレード種類	パワーアングル パワーチルト ドーザー	折りたたみ式 パワーアングル パワーチルト ドーザー
機械質量 (t)	1.831	1.923
エンジン定格出力 ネット (JIS D0006-1) (kW/min ⁻¹ (PS/rpm))	125/2200 (171/2200)	
ブレード高さ (m)	1.195	1.155
ブレード最大上昇量/下降量 (m)	1.025/0.580	1.105/0.500
全長 (m)	5.480	5.5
全幅 (本体/ブレード) (m)	2.500/3.250	2.990/3.860
全高 (KOMTRAX アンテナ上端まで) (m)	3.18	3.2
価格 (工場裸渡し消費税抜き) (百万円)	24.4	27.3

新機種紹介



写真—1 コマツ D61PX-24 ブルドーザー
(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

▶ 〈02〉 掘削機械

17-(02)-08	コベルコ建機 油圧ショベル (後方超小旋回型) SK125SR-5, SK135SR-5, SK130SR+5 (超小旋回型) SK130UR-5	'17.09 発売 モデルチェンジ
------------	--	----------------------

13 トンクラスの油圧ショベル4機種のモデルチェンジ機である。オフロード法 2014 年基準に適合しており、メンテナンスフリーの DOC (排出ガス後処理装置) と尿素 SCR (選択的触媒還元) などにより、窒素酸化物 (NO_x) と粒子状物質 (PM) の排出量の削減を図っている。

機器類の故障予兆を検知できる予防保全機能により、機械停止などの大きなトラブルを最小限に抑えることが可能となり、さらに新車保証期間の延長、フィルタ類の見直しなどにより、耐久性の向上およびライフサイクルコストの低減を図っている。

国土交通省の NETIS (新技術情報提供システム) において事後評価 (V 登録) を受けた「iNDr (エンジン冷却システム)」や「AIS (オートアイドルストップ)」を搭載している。「iNDr」は防塵性、メンテナンス性および低騒音性を兼ね備えており、「AIS」は、待機時などの無駄なアイドリングをなくし、燃料消費量と排ガス排出量の抑制を図っている。

また、作業レバーの操作負荷を従来機より最大 25% 低減し、運転時の疲労軽減を図っている。

表—4 SK125SR-5, SK135SR-5 の主な仕様

本体型式	SK125SR-5	SK135SR-5
標準バケット容量 (山積) (m ³)	0.45	0.50
運転質量 (t)	13.3	13.9
定格出力 (kW/min ⁻¹)	73.9/2,000	
最大掘削半径 (m)	8.34	
最大掘削深さ (m)	5.52	
最大掘削高さ (m)	9.19	
全長 (m)	7.41	
全幅 (m)	2.49	
全高 (m)	2.85	
燃料タンク容量 (l)	190	
価格 (税抜き) (百万円)	13.790	14.380

表—5 SK130UR-5, SK130SR+5 の主な仕様

本体型式	SK130UR-5	SK130SR+5
標準バケット容量 (山積) (m ³)	0.45	
運転質量 (t)	13.8	14.1
定格出力 (kW/min ⁻¹)	73.9/2,000	
最大掘削半径 (オフセット無し時) (m)	7.57	7.57
最大掘削深さ (オフセット無し時) (m)	4.82	4.92
最大掘削高さ (オフセット無し時) (m)	8.51	8.15
全長 (m)	7.43	
全幅 (m)	2.49	
全高 (m)	2.81	2.84
燃料タンク容量 (l)	190	
価格 (税抜き) (百万円)	17.150	15.820



写真—2 コベルコ建機 SK135SR-5 油圧ショベル (後方超小旋回型)

問合せ先：コベルコ建機 営業促進部
〒141-8626 東京都品川区北品川 5 丁目 5 番 15 号
(大崎ブライトコア 5F)

新機種紹介

17-〈02〉-09	コベルコ建機 油圧ショベル（標準型） SK200-10, SK210LC-10	'17.09 発売 モデルチェンジ
------------	---	----------------------

20 トンクラス油圧ショベルのモデルチェンジ機である。オフロード法 2014 年基準に適合し、従来機で PM（粒子状物質）排出量を削減するために搭載した DPF（排出ガス後処理装置）に加え、NOx（窒素酸化物）排出量を削減するために尿素 SCR（選択的触媒還元）を搭載し、より一層の排ガスクリーン化を図っている。

燃費性能は、従来機と比較すると、H モード（作業優先モード）で▲12%, S モード（省エネ・燃費重視モード）で▲10%, ECO モードでは▲6%の低燃費となっている。また、機器類の故障予兆を検知できる予防保全機能、新車保証期間の延長、フィルタ類の見直し、アタッチメントの強度の増加などにより、経済性と耐久性の向上を図っている。

さらに、「衝突軽減システム」（仮称）を新たにオプション設定している。これにより機械周辺の障害物を検知し、オペレーターへ障害物の位置表示や警報にて注意喚起を行うとともに、自動で機械の旋回、走行を減速・停止し、停止後もアタッチメントの操作が可能であり、作業性と安全性の向上を図っている。

表-6 SK200-10, SK210LC-10 の主な仕様

本体型式	SK200-10	SK210LC-10
標準バケット容量（山積）（m ³ ）	0.8	
運転質量（t）	20.5	20.9
定格出力（kW/min ⁻¹ ）	119/2,000	
最大掘削半径（m）	9.90	
最大掘削深さ（m）	6.70	
最大掘削高さ（m）	9.72	
全長（m）	9.60	
全幅（m）	2.80	2.99
全高（m）	3.01	
燃料タンク容量（l）	320	
価格（税抜き）（百万円）	19.367	20.458



写真-3 コベルコ建機 SK200-10 油圧ショベル（標準型）

エアコン本体容量のアップと吹き出し口の数をも2個から4個に増設、乗降遮断レバーについては、跳ね上げ式を廃止し、レバーのみ可動するタイプに変更することでレバー操作力を軽減、さらに、作業レバーの操作負荷を従来モデルから最大25%低減するなど、運転時の疲労軽減と快適性の向上を図っている。

問合せ先：コベルコ建機 営業促進部

〒141-8626 東京都品川区北品川5丁目5番15号
（大崎ブライトコア5F）

17-〈02〉-14	コベルコ建機 油圧ショベル（後方超小旋回型） SK225SR-5, SK235SR-5, SK235SR-5, SK235SR-5	'17.09 発売 モデルチェンジ
------------	---	----------------------

23 トンクラス油圧ショベルのモデルチェンジ機である。オフロード法 2014 年基準に適合し、従来機で PM（粒子状物質）排出量を削減するために搭載した DPF（排出ガス後処理装置）に加え、NOx（窒素酸化物）排出量を削減するために尿素 SCR（選択的触媒還元）を搭載し、より一層の排ガスクリーン化を図っている。

機器類の故障予兆を検知できる予防保全機能により、機械停止などの大きなトラブルを最小限に抑えることが可能となり、さらに新車保証期間の延長、フィルタ類の見直しなどにより、耐久性の向上およびライフサイクルコストの低減を図っている。

国土交通省の NETIS（新技術情報提供システム）において事後評価（V 登録）を受けた「iNDr（エンジン冷却システム）」や「AIS（オートアイドルストップ）」を搭載している。「iNDr」は防塵性、メンテナンス性および低騒音性を兼ね備えており、「AIS」は、待機時などの無駄なアイドリングをなくし、燃料消費量と排ガス排出量の抑制を図っている。

また、作業レバーの操作負荷を従来機より最大25%低減し、運転時の疲労軽減を図っている。



写真-4 コベルコ建機 SK225SR-5 油圧ショベル（後方超小旋回型）

新機種紹介

表—7 SK225SR-5 の主な仕様

本体型式	SK225SR-5	
標準バケット容量 (山積)	(m ³)	0.8
運転質量	(t)	23.0
定格出力	(kW/min ⁻¹)	119/2,000
最大掘削半径	(m)	9.70
最大掘削深さ	(m)	6.58
最大掘削高さ	(m)	10.58
全長	(m)	8.69
全幅	(m)	2.99
全高	(m)	3.13
燃料タンク容量	(l)	330
価格 (税抜き)	(百万円)	20.590

表—8 SK235SR-5, SK235SRLC-5 の主な仕様

本体型式	SK235SR-5	SK235SRLC-5
標準バケット容量 (山積)	(m ³)	0.8
運転質量	(t)	24.8 25.3
定格出力	(kW/min ⁻¹)	119/2,000
最大掘削半径	(m)	9.85
最大掘削深さ	(m)	6.65
最大掘削高さ	(m)	11.21
全長	(m)	8.78 8.97
全幅	(m)	2.99 3.19
全高	(m)	3.16
燃料タンク容量	(l)	330
価格 (税抜き)	(百万円)	22.480 23.630

問合せ先：コベルコ建機 営業促進部

〒141-8626 東京都品川区北品川5丁目5番15号

(大崎プライトコア 5F)

▶ 〈03〉 積込機械

17-〈03〉-01	コマツ ホイールローダー WA270-8, WA320-8	'17.4 発売 新機種
------------	-------------------------------------	-----------------

窒素酸化物 (NO_x) と粒子状物質 (PM) の排出量を大幅に低減し、オフロード法 2014 年基準に適合したホイールローダーである。

2 モーター方式の電子制御 HST (※ 1) や、油圧システム・走行システム・エンジンを最適にコントロールする協調制御システム「コマツスマートローダロジック」により、燃料消費量を同社従来機に比べ 3% 低減し (※ 2) 燃費性能の向上を図っている。

ヒーター付きエアサスペンションシートや、マルチモニター内蔵ロードメーターの標準搭載により、快適性と作業効率の改善を図っている。また、KOMTRAX (機械稼働管理システム) によりオペレーターごとの車両運転情報の管理および排出ガス後処理システムの選択触媒還元 (SCR) に必要な AdBlue[®] (※ 3) の消費量

確認を行っている。

さらに、新車購入時に自動的に付帯される、パワーラインの保証延長と無償メンテナンスを取り入れた、サービスプログラム「KOMATSU CARE (コマツ・ケア)」の提供により、トータルライフサイクルコストの低減と長時間稼働への貢献を図っている。

※ 1. Hydro-Static Transmission (ハイドロスタティック・トランスミッション：油圧駆動変速機)

※ 2. 同社従来機との比較 (同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。

※ 3. ドイツ自動車工業会 (VDA) の登録商標。尿素 SCR システム専用の高品位尿素水のこと。

表—9 WA270-8, WA320-8 主な仕様

	WA270-8	WA320-8
運転質量	(t)	12.605 15.175
エンジン 定格出力 ネット	(kW[PS])	111/2,000 [151/2,000] 123/2,100 [168/2,100]
バケット容量	(m ³)	2.5 (ルーズマテリアル用 B.O.C. ※ 4 付) 3.0 (ルーズマテリアル用 B.O.C. ※ 4 付)
最大掘起力 (バケットシリンダ)	(kN[kg])	116[11,860] 149[15,150]
全長/全幅 (バケット幅)/全高	(m)	7,500/2,685/3,200 7,775/2,685/3,200
ダンピングクリアランス (45 度前傾 B.O.C. ※ 4 先端まで)	(m)	2.875 2.835
ダンピングリーチ (45 度前傾 B.O.C. ※ 4 先端まで)	(m)	1.03 1.165
最小回転半径 (最外輪中心)	(m)	5.175 5.38
価格 (工場裸渡し消費税抜き)	(百万円)	24.2 29.5



写真—5 コマツ WA270-8 (左), WA320-8 (右) 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

新機種紹介

▶ 〈04〉 運搬機械

17-〈04〉-01	日本キャタピラー 自走式ベルトコンベヤ（マクロス キーインターナショナル社製） ST80T, ST80TV	'17.06 輸入販売
------------	--	----------------

砕石場や港湾などの現場で、屋内外の貯留や船積み、材料の搬送など多様な用途で使用が可能な自走式ベルトコンベヤである。

ST80TVは、材料投入口（ホッパー）が開いた仕様となっている。

排出ガス規制は、「オフロード法 少数特例」に適合している。作業現場の貯留場所を自由に選択でき、貯留量の確保や安全性の向上を図っている。輸送時はコンベヤを折りたたむことで、分解することなくトレーラーでの輸送が可能である。

製造元は、カナダより自走式環境機械を世界に供給するマクロスキーインターナショナル社である。輸入・販売は、建設機械・ディーゼルエンジン等の販売・サービスを行う日本キャタピラーが行う。

問合せ先：日本キャタピラー合同会社 応用機・環境機器事業部
ソリューション支援部 環境機器グループ

〒253-0111 神奈川県高座郡寒川町一之宮 7-11-1

表—10 ST80T/ST80TVの主な仕様

		ST80T	ST80TV
機械質量	(kg)	11400	12700
全長 作業時/輸送時	(m)	24.1/15.6	24.1/15.9
全幅 作業時/輸送時	(m)	2.6/2.6	4.5/3.2
全高 作業時/輸送時	(m)	9.5/4.0	9.5/3.5
ベルト幅	(mm)	900	900
ベルト長	(m)	24.4	24.4
ベルト速度	(m/min)	167	167
運搬量	(t/h)	500	800
エンジン型式		CAT3.4 T4F	CAT3.4 T4F
エンジン定格出力	(kW/rpm)	55/2400	75/2200
価格	(百万円)	見積もり	見積もり



写真—6 ST80T 自走式ベルトコンベヤ



写真—7 ST80TV 自走式ベルトコンベヤ

▶ 〈05〉 クレーン、インクラインおよびウインチ

17-〈05〉-09	コベルコ建機 テレスコピッククローラークレーン TK750G/TK750GFS	'17.06 発売 新機種
------------	---	------------------

主にハードな基礎土木作業向けに開発されたテレスコピッククローラークレーンである。

材料・構造・溶接を最適化した高剛性4プレート構造ブームにより軽量化を実現している。さらに、形状・肉厚・材質を変更した強化型シューにより強度および耐久性の向上を図っている。

主補ウインチを後端上下配置とした独自のレイアウトにより、旋回後端および全長をコンパクト化し、小型で高出力のエンジンにより最小輸送幅2.99mを実現している。さらにブーム脱着装置・クローラ自力脱着装置をオプション設定することで、輸送時にブーム・クローラをはずすことができるようになり、輸送性・組み立て性の向上を図っている。

実作業半径10mで14.35～16.5tをつれる能力は基礎工事におけるパイプロやオーガなどの作業に有効であり、さらにブーム2段目と3段目を最大に伸ばした状態でのつり上げ能力29t×6m

表—11 TK750G/TK750GFSの主な仕様

		TK750G	TK750GFS
最大定格総荷重場×作業半径	(t×m)	75.0×3.0 (11本掛け)	75.0×3.0 (8本掛け)
ブーム長さ	(m)	10.0～30.1	10.0～30.1
ロープ速度	主巻/補巻 (m/min)	120	125
	サード (m/min)	120	125
旋回速度	(min ⁻¹)	2.5	2.5
走行速度	(km/h)	1.7/1.2	1.7/1.2
作業時質量 (標準仕様+75tフック+ボールフック)	(t)	70.6	73.5
エンジン 定格出力	(kW/min)	Daimler OM936LA (MTU 6R1000) 254/2,000	
価格(税抜き)	(百万円)	94.4	103.4

新機種紹介

はパイプロ作業に適している。また、最短ブーム長を 10.0 m と短く抑えるとともに、ウインチ配置を工夫することでブームフット部を後方レイアウトとしており、高架下などの高さ制限のある現場でも高いつり上げ能力を発揮している。例えば高さ制限 7 m で、26.3 t × 7.5 m (TK750GFS) を実現している。

オフロード法 2014 基準に適合しており、排ガス後処理装置「尿素 SCR」により PM (粒子状物質)、NO_x (窒素化合物) の排出量を削減し、また、低騒音型建設機械の基準値をクリアしている。



写真—8 コベルコ建機 TK750G/TK750GFS テレスコピッククローラークレーン

問合せ先：コベルコ建機 営業促進部
クレーンマーケティンググループ
〒141-8626 東京都品川区北品川 5 丁目 5 番 15 号
(大崎ブライトコア 5F)

▶ 〈13〉 舗装機械

17-〈13〉-01	住友建機 アスファルトフィニッシャー HA60W-10	'17.09 発売 新機種
------------	-----------------------------------	------------------

オフロード法 2014 年基準に適合したホイール式アスファルトフィニッシャーである。

尿素 SCR システムを搭載し、排気中に尿素を噴射し、NO_x を化学反応により無害な窒素と水に浄化することでクリーンな排出ガスを実現し環境性能を高めている。また油圧系の効率化を図り、従来機比で燃費が 5% 向上している。

2.3 m から 6.0 m まで伸縮する J・Paver スクリード (※ 1) は、フロントスクリードを 2 枚方式に変更することで、安定した舗装精度を実現している。

各種作業状況を容易に把握するための大型 7 インチのカラーモニタを運転席に装備し、操作性、安全性の向上を図っている。また前方安全確認支援システムのフィールドビューモニタ (FVM) をオプション設定している。

メンテナンス面では、遠隔稼働管理システムの G@Nav (ジーナビ) を標準化し、機械の安心稼働をサポートしている。

※ 1 J・Paver スクリード: 住友建機が独自に開発した延長スクリードを必要としない伸縮自在のスクリード

表—12 HA60W-10 の主な仕様

舗装幅	(m)	2.3 ~ 6.0 (無段階)
舗装厚	(mm)	10 ~ 300
舗装速度	(m/min)	1 ~ 20
ホッパ容量	(t)	11
質量 (ガス加熱) ※ 装備により機械の質量は異なる	(kg)	13,860 ~ (TV 仕様) 13,500 ~ (V 仕様)
質量 (電気加熱) ※ 装備により機械の質量は異なる	(kg)	14,130 ~ (TV 仕様) 13,780 ~ (V 仕様)
全長	(mm)	6,955
全幅	(mm)	2,490
全高 (キャノピ付)	(mm)	2,575 (3,640)
軸距	(mm)	2,700
輪距 (前輪/後輪)	(mm)	2,110/1,980
総排気量	(L)	2,999
定格出力	(kW/min ⁻¹)	86/2,200
最大トルク	(N・m/min ⁻¹)	375/1,800
燃料タンク容量	(L)	147
価格	(百万円)	64

注) 価格は、装備等により異なる。



写真—9 住友建機 HA60W-10 アスファルトフィニッシャー

問合せ先：住友建機販売(株)営業企画部
〒141-6025 東京都品川区大崎 2-1-1

新機種紹介

▶ 〈19〉 建設ロボット、情報化機器

17-〈19〉-07	コマツ ICT 油圧ショベル PC300i/PC300LCi-11	'17.4 発売 新機種
------------	---	-----------------

オフロード法 2014 年基準に適合し、「i-Construction」(※1)に対応し、NETIS (※2)の有用な新技術(活用促進技術)に指定された ICT 油圧ショベルである。

コマツ KomVision (機械周囲カメラシステム)、オートアイドルストップ機能、ロックレバー自動ロック機能などを標準搭載している。

GNSS (GPS+GLONASS) アンテナと GNSS 補正情報から得たバケット刃先の位置情報を施工設計データに照合しながら、設計面を傷つけないように作業機(ブーム、アーム)操作を制御する、世界初(※3)の「インテリジェントマシンコントロール」技術を搭載している。バケットの刃先が設計面に達すると作業機が自動的に停止、また、アシスト機能で刃先が設計面に沿って動くため、オペ

表-13 PC300i/PC300LCi-11 の主な仕様

	PC300i-11	PC300LCi-11
機械質量 (t)	32.6	33.4
エンジン定格出力 ネット (JIS D0006-1) (kW/min ⁻¹ [PS/rpm])	192/1,950 [261/1,950]	
標準バケット容量 (JIS A 8403-4) (m ³)	1.4	
標準バケット幅 (サイドカット含む) (m)	1.340 (1.445)	
全長/全幅/全高※4 (m)	11.145/3.190/3.325	
クローラーシュー幅 (m)	0.6	
クローラー全長 (m)	4.625	4.955
接地圧 (kPa[kg/cm ²])	66.4[0.67]	62.9[0.64]
価格(工場裸渡し消費税抜き)(百万円)	53	54.3

※4. 全高の数値はクローラー高さも含む。

レーターは掘り過ぎを気にせずに掘削作業が行える。従来施工と比べて丁張りや検測などの作業工程を大幅に削減し、施工効率の向上を図るとともに、機械周辺で作業を補助する人員を削減することにより現場の安全性向上も図っている。また、ステレオカメラを標準装備しており、クラウド型プラットフォーム「KomConnect」と連携した現況測量・3D データ化により日々の施工管理に役立つ情報が提供される。さらに、新車購入時に自動的に付帯される、パワーラインの保証延長と無償メンテナンスを取り入れた、サービスプログラム「KOMATSU CARE (コマツ・ケア)」の提供により、トータルライフサイクルコストの低減と長時間稼働の両立を図っている。

- ※1. 国土交通省が推進する、「ICT の全面的な活用 (ICT 土工)」などの施策を建設現場に導入することによって、建設生産システム全体の生産性向上を図り、魅力ある建設現場を目指す取り組み。
- ※2. 国土交通省の、新技術の活用、情報の共有及び提供を目的とした新技術情報提供システム
- ※3. 自社調べ。市販ベースのクローラー式油圧ショベル、ホイール式油圧ショベルにおいて。

NETIS 登録番号：KT-140091-VE、技術名称：インテリジェントマシンコントロール油圧ショベル

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

17-〈19〉-08	コマツ ICT ブルドーザー D37PXi-24, D51PXi-24, D61PXi-24	'17.5 発売 新機種
------------	---	-----------------

オフロード法 2014 年基準に適合し、「i-Construction」(※1)に対応した ICT ブルドーザーである。

全地球測位システム (GNSS (※2)) 衛星と基準局から得た車両の現在位置情報と施工設計データをもとにブレードを自動制御する。

オペレーターは車両を前後左右に操縦するだけで、設計図面通りの施工が完成する。また、掘削時にブレード負荷が増大するとシュースリップが起こらないように自動でブレードを上げて負荷をコントロールする。従来施工と比べて丁張りや検測などの作業工程を大幅に削減できるため、施工効率の向上を図るとともに、機械周辺で作業を補助する人員の削減により現場の安全性の向上を図っている。また、クラウド型プラットフォーム「KomConnect」により施工データを活用して、日々の施工管理に役立つ情報を提供する。さらに、新車購入時に自動的に付帯される、パワーラインの保証延長と無償メンテナンスを取り入れた、サービスプログラム「KOMATSU



写真-10 コマツ PC300i-11 ICT 油圧ショベル
(一部オプションが含まれる)

新機種紹介

表—14 D37PXi-24, D51PXi-24, D61PXi-24 の主な仕様

	D37PXi-24	D51PXi-24	D61PXi-24
仕様	湿地	湿地	湿地
ブレード種類	パワーアングル パワーチルト ドーザー	パワーアングル パワーチルト ドーザー	折りたたみ式 パワーアングル パワーチルト ドーザー
機械質量 (t)	9.3	14.12	19.68
エンジン定格出力 ネット (JIS D0006-1) (kW/min ⁻¹ (PS/rpm))	66.1/2200 (89.8/2200)	97.6/2200 (133/2200)	125/2200 (171/2200)
ブレード高さ (m)	0.835	1.12	1.155
ブレード最大上昇量/ 下降量 (m)	0.800/0.380	1.015/0.455	1.025/0.580
全長 (m)	4.275	4.8	5.48
全幅 (本体/ブレード) (m)	2.310/3.200	2.590/3.350	2.990/3.860
全高 (GNSS アンテナ上 端まで) (m)	2.945	3.175	3.34
価格 (工場裸渡し消費税 抜き) (百万円)	29.1	36.8	41.8

CARE (コマツ・ケア)」の提供により、トータルライフサイクルコストの低減と長時間稼働の両立を図っている。

- ※ 1. 国土交通省が推進する、「ICT の全面的な活用 (ICT 土工)」などの施策を建設現場に導入することによって、建設生産システム全体の生産性向上を図り、魅力ある建設現場を目指す取り組み。
- ※ 2. Global Navigation Satellite System の略。GPS, GLONASS などの衛星測位システムの総称。

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



写真—11 コマツ D61PXi-24 ICT ブルドーザー
(一部オプションが含まれる)

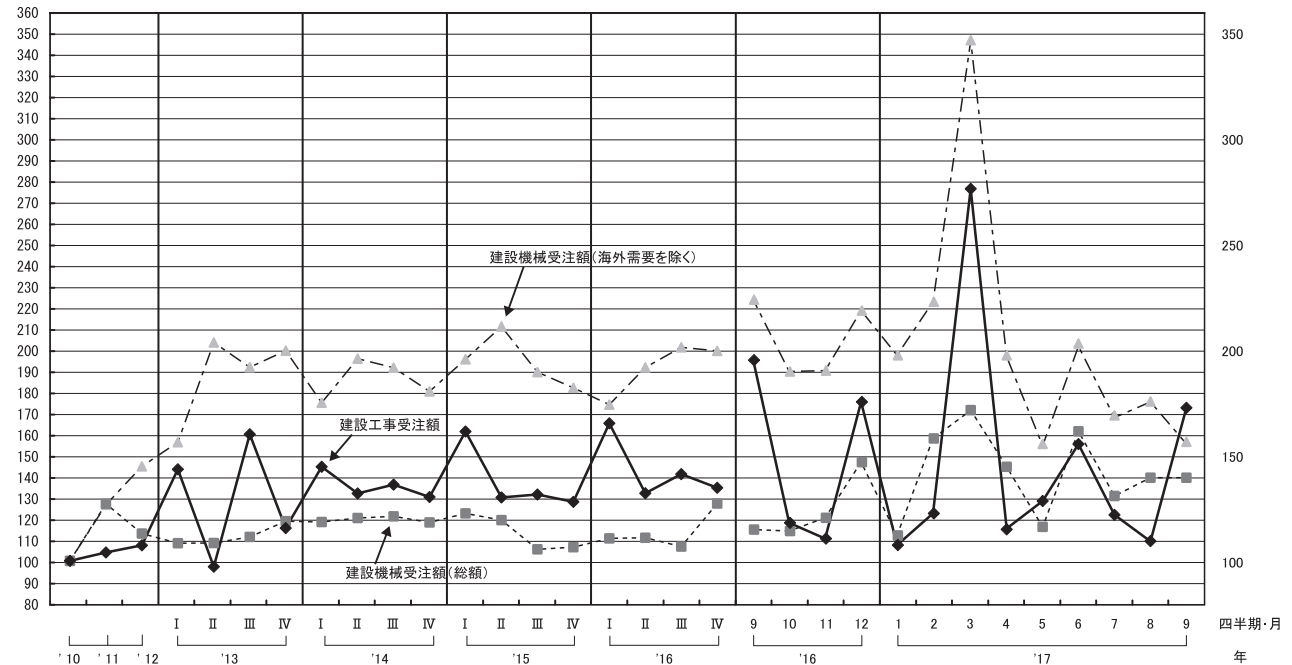
統計 機関誌編集委員会

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 2010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 2010年平均=100)

受注額

受注額



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							
2010 年	102,466	69,436	11,355	58,182	22,101	5,472	5,459	71,057	31,408	107,613	106,112
2011 年	106,577	73,257	15,618	57,640	22,806	4,835	5,680	73,983	32,596	112,078	105,059
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	10,310
2016 年 9 月	16,699	9,766	1,619	8,146	6,810	510	- 387	10,458	6,241	151,671	12,624
10 月	10,084	7,069	1,071	5,998	2,266	376	373	6,792	3,291	151,397	9,684
11 月	9,445	7,227	1,581	5,646	1,654	394	171	6,838	2,608	151,269	10,310
12 月	15,004	10,262	1,835	8,427	3,609	423	710	10,751	4,253	153,050	13,787
2017 年 1 月	9,177	6,865	1,181	5,683	1,727	391	194	6,526	2,651	152,200	9,298
2 月	10,468	6,785	1,638	5,147	3,044	396	243	6,717	3,750	152,452	10,560
3 月	23,672	15,598	2,562	13,036	6,815	500	759	15,074	8,598	156,805	17,212
4 月	9,819	6,468	1,375	5,092	2,442	405	505	6,586	3,233	157,721	8,111
5 月	10,970	7,014	1,613	5,401	3,075	364	517	6,896	4,074	158,899	9,766
6 月	13,289	8,796	1,424	7,371	3,779	510	205	8,527	4,761	159,386	12,772
7 月	10,407	7,374	1,477	5,898	2,471	402	160	7,487	2,920	161,416	9,378
8 月	9,339	6,346	1,566	4,780	2,543	341	110	6,715	2,624	161,441	10,088
9 月	14,762	10,547	1,941	8,606	2,752	640	823	10,104	4,658	-	-

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	10 年	11 年	12 年	13 年	14 年	15 年	16 年	16 年 9 月	10 月	11 月	12 月	17 年 1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月
総 額	15,342	19,520	17,343	17,152	18,346	17,416	17,478	1,469	1,460	1,541	1,880	1,433	2,024	2,196	1,851	1,485	2,067	1,674	1,785	1,785
海 外 需 要	11,904	15,163	12,357	10,682	11,949	10,712	10,875	826	915	995	1,252	866	1,384	1,199	1,284	1,039	1,484	1,189	1,281	1,336
海外需要を除く	3,438	4,357	4,986	6,470	6,397	6,704	6,603	643	545	546	628	567	640	997	567	446	583	485	504	449

(注) 2010～2012年は年平均で、2013～2016年は四半期ごとの平均値で図示した。

2016年9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

(2017 年 10 月 1 日～31 日)

機 械 部 会



■機械部会 幹事会

月 日：10 月 2 日（月）

出席者：阿部里視副部会長ほか 15 名

議 題：①副部会長より挨拶 ②各委員長より平成 29 年上期の活動状況報告と下期の予定について説明

■コンクリート機械技術委員会

月 日：10 月 3 日（火）

出席者：佐野和幸副委員長ほか 7 名

議 題：①i-Construction の取組みについて情報共有 ②合同部会についての報告 ③機械部会幹事会についての報告 ④前回議事の確認 ⑤各社メンテナンス、定期点検のポイントについて ⑥ユーザへの注意喚起について

■トンネル機械技術委員会 幹事会

月 日：10 月 5 日（木）

出席者：岩野健委員長ほか 4 名

議 題：①トンネル現場見学会について ②委員会総会についての最終確認 ③平成 30 年 2 月の工場見学について

■情報化機器技術委員会

月 日：10 月 6 日（金）

出席者：白塚敬三委員長ほか 7 名

議 題：①合同部会についての報告 ②機械部会幹事会についての報告 ③各社のトピックスについて ④オプザバ参加のジックからの概要説明 ⑤下期の委員会議題、内容について

■ダンプトラック技術委員会

月 日：10 月 12 日（木）

出席者：田中哲委員長ほか 5 名

議 題：①各社のトピックスについて ②海外の鉱山用ダンプの自動停止機能について ③今後の委員会の議題について

■ショベル技術委員会

月 日：10 月 13 日（金）

出席者：小澤学委員長ほか 9 名

議 題：①機械部会幹事会への平成 29 年上期の活動報告について ②次期燃費基準のスケジュールについて ③機械災害への対応について ④ショベルの最新技術について共有

■除雪機械技術委員会

月 日：10 月 16 日（月）

出席者：江本平委員長ほか 12 名

議 題：①協会ホームページの改訂状況

について ②ロータリ除雪の安全対策について ③除雪機械技術ハンドブックの見直しについて（除雪ドーザ） ④除雪機の未来像について ⑤ KCM 龍ヶ崎工場見学の報告 ⑥委員長交代について

■トンネル機械技術委員会 総会

月 日：10 月 25 日（水）

出席者：岩野健委員長ほか 43 名

議 題：講演 4 本…①トンネルトラブル対応最後の手段について ②さく岩機の変遷と今後 ③トンネル汎用機械開発の軌跡と課題 ④山岳トンネル ICT

■トラクタ技術委員会

月 日：10 月 27 日（金）

出席者：高松伸匡委員長ほか 5 名

議 題：①各社トピックスの情報共有 ②機械災害についての対案の検討 ③特殊自動車の排ガス規制について ④次期燃費基準についての情報共有

■建築生産機械技術委員会（ラフテレーン作業燃費分科会）

月 日：10 月 31 日（火）

出席者：石倉武久委員長ほか 7 名

議 題：①新型機の仕様情報の共有と燃費評価についての検討 ② 80 t クラスの分類についての検討

製 造 業 部 会



■作業燃費検討 WG 国交省との情報共有と意見交換

月 日：10 月 19 日（木）

出席者：阿部里視 WG 主査ほか 17 名

議 題：①次期燃費基準策定スケジュールについて ②排ガス規制検討開始による影響について ③現状の申請状況と数値について ④今後の進め方について等

建 設 業 部 会



■第 21 回機電技術者意見交換会

月 日：10 月 16 日（月）～17 日（火）

出席者：植木睦央部会長ほか 42 名

議 題：①自己アピール ②「将来を見据え、生産性向上をはかるために、機電技術者として何を開発するか」について討議 ③講演会 ④討議成果報告、講評 ⑤その他

■三役会

月 日：10 月 17 日（火）

出席者：植木睦央部会長ほか 4 名

議 題：①新 WG 立ち上げについての

検討 ②運営幹事会資料の確認 ③冬季現場見学会、第二回若手現場見学会の検討

■クレーン安全情報 WG

月 日：10 月 24 日（火）

出席者：久松栄一主査ほか 8 名

議 題：①クレーン休業姿勢 アンケート結果報告書の骨子検討 ②災害事例精査 ③ホームページ UP 用 25 件の災害事例の検討進捗状況 ④その他

レンタル業部会



■コンプライアンス分科会

月 日：10 月 3 日（火）

出席者：平清二郎幹事長ほか 7 名

議 題：①レンタル機器納入・引取時における諸問題について ②その他

各種委員会等



■機関誌編集委員会

月 日：10 月 4 日（水）

出席者：見波潔委員長ほか 19 名

議 題：①平成 30 年 1 月号（第 815 号）の計画の審議・検討 ②平成 30 年 2 月号（第 816 号）の素案の審議・検討 ③平成 30 年 3 月号（第 817 号）の編集方針の審議・検討 ④平成 29 年 10 月号～平成 29 年 12 月号（第 812～814 号）の進捗状況報告・確認

■建設経済調査分科会

月 日：10 月 24 日（火）

出席者：山名至孝分科会長ほか 6 名

議 題：①「H29 建設業の業況」原稿検討 ②新規テーマの提案

■新機種調査分科会

月 日：10 月 26 日（木）

出席者：江本平分科会長ほか 3 名

議 題：①新機種情報の持ち寄り検討 ②新機種紹介データまとめ ③その他

支部行事一覧

北海道支部



■平成 29 年度建設工事等見学会

月 日：10 月 3 日（火）

見学場所：一般国道 274 号日勝峠災害復旧工事現場の見学

出席者：川崎博巳広報部会長ほか 45 名

■平成29年度除雪機械技術講習会(第5回)

月 日:10月5日(木)

場 所:網走市 オホーツク文化交流センター

受講者:120名

内 容:①除雪計画 ②除雪の施工方法
③冬の交通安全 ④除雪の安全施工
⑤除雪機械の取り扱い

■建設業魅力発信セミナー(第4回)

月 日:10月7日(土)

場 所:旭川市民文化会館

主 催:北海道庁

協 力:北海道支部

講 師:鈴木勇治本部情報化施工委員会
委員ほか

受講者:62名

内 容:ICTを活用した建設工事

■第2回企画部会

月 日:10月20日(金)

場 所:札幌市 センチュリーロイヤル
ホテル

出席者:川村和幸企画部会長ほか13名

内 容:①平成29年度上半期事業報告
②平成29年度上半期経理報告 ③平
成29年度下半期主要行事計画 ④第
2回運営委員会次第(案) ⑤その他

■平成29年度除雪機械技術講習会(第6回)

月 日:10月24日(火)

場 所:帯広市 とかち館

受講者:88名

内 容:上記第5回と同じ

■平成29年度除雪機械技術講習会(第7回)

月 日:10月26日(木)

場 所:札幌市 北海道建設会館

受講者:145名

内 容:上記第5回と同じ

■第2回運営委員会

月 日:10月27日(金)

場 所:札幌市 センチュリーロイヤル
ホテル

出席者:熊谷勝弘支部長ほか29名

内 容:①平成29年度上半期事業報告
②平成29年度上半期経理報告 ③平
成29年度下半期主要行事計画 ④そ
の他

■建設業魅力発信セミナー(第5回)

月 日:10月29日(日)

場 所:函館市勤労者総合福祉センター
主 催:北海道庁

協 力:北海道支部

講 師:鈴木勇治本部情報化施工委員会
委員ほか

受講者:47名

内 容:ICTを活用した建設工事

東 北 支 部



■除雪講習会

①青森会場

月 日:10月3日(火)

場 所:青森県青森市 ホテルクラウン
パレス青森

受講者:257名

②弘前会場

月 日:10月4日(水)

場 所:青森県弘前市 弘前文化センター

受講者:183名

③山形会場

月 日:10月12日(木)

場 所:山形県山形市 山形ビッグウイ
ング

受講者:288名

④新庄会場

月 日:10月13日(金)

場 所:山形県新庄市 新庄市民プラザ

受講者:177名

⑤秋田(1)会場

月 日:10月17日(火)

場 所:秋田県秋田市 秋田テルサ

受講者:173名

⑥秋田(2)会場

月 日:10月18日(水)

場 所:秋田県秋田市 秋田テルサ

受講者:179名

⑦横手会場

月 日:10月19日(木)

場 所:秋田県横手市 秋田ふるさと村
受講者:除雪講習会:323名、「立ち往
生車両の移動に関する実技講習会」:
144名

⑧岩手(1)会場

月 日:10月24日(火)

場 所:岩手県滝沢市 岩手産業文化セ
ンター

受講者:285名

⑨岩手(2)会場

月 日:10月25日(水)

場 所:岩手県滝沢市 岩手産業文化セ
ンター

受講者:286名

⑩宮古会場

月 日:10月27日(金)

場 所:岩手県宮古市 陸中ビル

受講者:136名

⑪会津会場

月 日:10月31日(火)

場 所:福島県会津若松市 会津アピオ

受講者:278名

■第1回 EE 東北'18 実行委員会作業部会

月 日:10月5日(木)

場 所:仙台市 TKP ガーデンシティ勾
当台出席者:宮本典明東北技術事務所副所長
ほか26名内 容:①EE 東北'17 決算・監査報告
②EE 東北'18 組織(案) ③EE 東北
'18 実施方針(案) ④EE 東北'18 予
算(案)

■第1回 EE 東北'18 実行委員会

月 日:10月13日(金)

場 所:仙台市 TKP ガーデンシティ勾
当台出席者:渡邊泰也東北地方整備局企画部
長ほか37名内 容:①EE 東北'17 決算・監査報告
②EE 東北'18 組織(案) ③EE 東北
'18 実施方針(案) ④EE 東北'18 予
算(案)

■情報化施工に関する講演

月 日:10月17日(火)

依頼者:東北建交会

場 所:仙台市 仙台市市民活動サポー
トセンター講 師:鈴木勇治情報化施工技術委員会
委員長ほか2名内 容:i-Construction ~ ICT 施工で進
む建設現場と復興~

受講者:51名

北 陸 支 部



■除雪機械管理施工技術講習会(新発田会場)

月 日:10月2日(月)

場 所:新発田カルチャーセンター

受講者:100名

■除雪機械管理施工技術講習会(長岡会場)

月 日:10月6日(金)

場 所:ハイブ長岡

受講者:197名

■除雪機械管理施工技術講習会(上越会場)

月 日:10月13日(金)

場 所:上越商工会議所

受講者:137名

■除雪機械管理施工技術講習会(富山会場)

月 日:10月17日(火)

場 所:富山県農協会館

受講者:138名

■除雪機械管理施工技術講習会(魚沼会場)

月 日:10月19日(木)

場 所:魚沼地域振興センター

受講者:283名

■除雪機械管理施工技術講習会(金沢会場)

月 日:10月24日(火)

場 所:石川県地場産業振興センター

受講者：90名

■除雪機械管理施工技術講習会(金沢会場)

月 日：10月25日(水)

場 所：新潟県建設会館

受講者：119名

■妙高市除雪作業安全講習会

月 日：10月31日(火)

場 所：妙高市勤労者研修センター

内 容：講師派遣(穂荻正昭技師長)

受講者：約100名

中 部 支 部



■「高校生・大学生のためのICT講座」

月 日：10月13日(金)

場 所：東海工業専門学校

参加者：土木工学科1年37名

講 師：国土交通省中部地方整備局企画

部施工企画課施工係長 出口大治氏、

(株)ニコン・トリンプル 鈴木勇治氏、

(株)NTジオテック中部 渡邊英樹氏

内 容：最新の建設ICT技術等の紹介

■第1回部会長・副部会長会議

月 日：10月26日(木)

出席者：川西光照企画部会長ほか9名

議 題：上期事業報告及び上期経理概況

について

関 西 支 部



■近畿地方整備局との意見交換会

月 日：10月11日(水)

場 所：近畿地方整備局 会議室

参加者：松本克英事務局長以下15名

内 容：①話題提供…Ⅰ. 近畿地方整備局における工事の入札契約制度・試行について、Ⅱ. 土木機械設備工事で試行する入札契約制度について、Ⅲ. 参考『発注者責務に関する取組』～改正品確法の遵守に向けて～ ②意見交換

■建設施工研修会

月 日：10月12日(木)

場 所：建設交流館 グリーンホール

参加者：64名

内 容：第1部 事例発表「建設関係新技術の活用について」…国土交通省近畿地方整備局企画部施工企画課課長補佐 味田悟氏、第2部 第50回建設施工映画会「パワーブレンダー工法」など12編

■広報部会

月 日：10月12日(木)

場 所：建設交流館 グリーンホール控室

出席者：河村謙介広報部会委員以下5名

議 題：①「建設技術展2017近畿」

②「ふれあい土木展2017」 ③「JCMA関西」について

■平成29年度施工技術報告会 幹事会

月 日：10月18日(水)

場 所：関西支部 会議室

出席者：松本克英事務局長以下9名

議 題：①共済団体の追加承認について

②発表論文の応募について ③講演原稿作成依頼について(採用通知および原稿作成依頼等) ④H29講演開催会告文」について ⑤「まえがき」について

■「建設技術展2017近畿」出展

月 日：10月25日(水)～26日(木)

場 所：マイドームおおさか

入場者：15,187人

テーマ：「情報化施工の普及促進」

■建設用電気設備特別専門委員会(第439回)

月 日：10月25日(水)

場 所：中央電気倶楽部 会議室

議 題：①前回議事録確認 ②「JEM-TR246建設用電気設備の接地工事指針」改正案審議 ③次期JEM-TR改正方針検討

中 国 支 部



■「中国地方整備局所管施設にかかる応急対策業務に関する協定」による情報伝達訓練

月 日：10月4日(水)

場 所：中国支部事務所ほか

参加者：鷲田治通企画部会長・齋藤実施工技術部会長・役員2名ほか協定参加会員35社(内支部団体会員28社)

内 容：被災想定に対応した訓練(応急対策業務支援)を実施し、協定で定める実施体制・連絡系統の再確認を行った

■第3回施工技術部会

月 日：10月4日(水)

場 所：中国支部事務所

出席者：齋藤実部会長ほか3名

議 題：①i-Con(情報化施工)関係行事について ②H29除雪機械の運転技術講習会について ③その他懸案事項

■平成29年度新技術活用等現場研修会

月 日：10月5日(木)

場 所：①矢口川総合内水緊急対策事業(広島市安佐北区口田南) ②広島豪雨土砂災害緊急事業(広島市安佐南区八木地区ほか)

参加者：20名

研修内容：①矢口川総合内水対策計画及び排水機場の建設計画及び工事の概要等現場見学・実習 ②事業実施上の課題及び解決への取組や対策、これらに関する新技術の活用等実地による研修

■第41回新技術・新工法発表会

月 日：10月26日(木)

場 所：広島市まちづくり市民交流プラザ

参加者：46名

発表課題：【講話】①国土交通行政の最近の状況について…中国地方整備局企画部施工企画課長 竹田幸嗣氏

②「橋、高架の道路等の技術基準」(道路橋示方書)の改定について…(株)荒谷建設コンサルタント 川本篤志氏

【技術発表】①ICTにおける点群計測手法の検証…ライカジオシステムズ(株)利光吉紀氏 ②i-Constructionに備えて使えるノンプリスキャン…(株)建設システム 前土井章次氏 ③山岳トンネルにおける大容量・低リバウンド吹付けコンクリートの現場適用について…(株)安藤・間 多宝徹氏 ④無人ボートを利用した三次元海底地形測量…(株)東陽テクニカ 小林拓未氏

■除雪機械の運転技術講習会

月 日：10月31日(火)

場 所：【座学】倉吉市防災センター大会議室、【実習】湯梨浜スノーステーション

参加者：90名

内 容：①冬期における道路交通の確保について…国土交通省鳥取河川国道事務所総括保全対策官 中丸勝利氏 ②鳥取県における除雪計画について…鳥取県道路企画課維持担当 椎木孝三氏・岡秀樹氏 ③除雪作業体制と作業の安全確保について…日本建設機械施工協会中国支部(株)加藤組 中篠迫亮氏・大下理永氏 ④除雪機械の取扱い…日本建設機械施工協会中国支部(株)大和エンジニアリング 大石静夫氏 ⑤除雪機械毎の取扱い(現地実習：機械別)…日本建設機械施工協会中国支部・鳥取県建設業協会

四 国 支 部



■協賛事業「四国の道路を考える会」平成29年度総会

月 日：10月10日(火)

場 所：高松サンポート合同庁舎103会議室

参加者：井原健雄会長（香川大学名誉教授）ほか 30 名（支部からは山下安一事務局長が支部長代理として出席）

議 題：① H28 事業報告・収支決算報告等 ② H29 事業計画及び事業予算 ③その他

九 州 支 部



■九州建設技術フォーラム 2017 実行委員会

月 日：10 月 3 日（火）

出席者：深田英二事務局長

議 題：フォーラムの開催準備状況

■九州建設技術フォーラム 2017

月 日：10 月 18 日（水）～ 19 日（木）

出席者：深田英二事務局長

内 容：①基調講演及び記念講演 ②プレゼンテーション ③ポスターセッション

■企画委員会

月 日：10 月 23 日（月）

出席者：7 名

議 題：①第 2 回運営委員会の開催について ②支部長代行について ③建設行政講演会の開催について ④ i-Construction（ICT 活用工事）技術講習会について ⑤その他



編集後記

本編集後記を執筆時点ですが、今年も残すところあと数週間となりました。振り返りますと、政治経済の分野で色々と話題の多い1年でした。景気は持続的に成長しているそうですが、市井の人間に実感が伴うにはまだ勢いが足りないようです。更に一段飛躍するためには、新たな改革やイノベーションが必要だと思います。特に労働者の働き方を改善し、各産業の生産性を向上させることは、景気の改善のみならず今後の高齢化社会に備える上でも喫緊の課題と言えるでしょう。

建設産業においても生産性向上は至上命題であり、官民挙げて様々な開発や取り組みがなされています。

本号では「先進建設技術特集」と銘打ち、官民の最先端建設技術に関する情報を集めました。いま国内では、建設現場の生産性を ICT で革新する i-Construction の普及推進はもちろんのこと、更にその先を行く先進的な研究開発が数多く行われています。本号でご紹介するのはそれらのほんの一部ですが、こうした取り組みが近い将来の建設産業の生産性を飛躍的に向上させ、同時により魅力的な産業へと変える大きな推進力となる事を確信できました。

お忙しい中、大変貴重な原稿をご執筆頂いた方々に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。読者の皆様におかれましては、どうぞよい年をお迎えください。

(山本・飯田)

1月号「建設機械特集」予告

・国土交通省技術基本計画 ・災害用ロボットに関するデータベースの試行的公開 ・遠隔操縦式水陸両用大型バックホウ開発と工事事例報告 ・坑内 ICT を駆使した大断面トンネル高速施工技术 ・坑内で掘進機回収 ・ICT を活用した盛土の締固め管理技術 ・次世代型油圧ショベルの開発 ・尿素水不要のエンジンを搭載したハイブリッド油圧ショベルの開発 ・伸縮ブームクローラークレーン ・自航式多目的船を使用した魚礁設置実績 ・矩形シールド工法による高速道路ランプ部の施工実績 ・遠隔操縦型水中バックホウと水陸両用型水中バックホウ ・水深 100 m をロボ点検

【年間購読ご希望の方】

①お近くの書店でのお申込み・お取り寄せ可能です。 ②協会本部へお申し込みの場合「図書購入申込書」に以下事項をもれなく記入のうえ FAX にて協会本部へお申込み下さい。
…官公庁／会社名、所属部課名、担当者氏名、住所、TEL および FAX
年間購読料 (12 冊) 9,252 円 (税・送料込)

建設機械施工

第 69 巻第 12 号 (2017 年 12 月号) (通巻 814 号)

Vol. 69 No. 12 December 2017

2017 (平成 29) 年 12 月 20 日印刷

2017 (平成 29) 年 12 月 25 日発行 (毎月 1 回 25 日発行)

編集兼発行人 田崎 忠行

印刷所 日本印刷株式会社

発行所 本部 一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3 丁目 5 番 8 号 機械振興会館内

電話 (03) 3433-1501; Fax (03) 3432-0289; <http://www.jcmanet.or.jp/>

施工技術総合研究所 〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154

電話 (0545) 35-0212

北海道支 部 〒060-0003 札幌市中央区北 3 条西 2-8

電話 (011) 231-4428

東北支 部 〒980-0014 仙台市青葉区本町 3-4-18

電話 (022) 222-3915

北陸支 部 〒950-0965 新潟市中央区新光町 6-1

電話 (025) 280-0128

中部支 部 〒460-0002 名古屋市中区丸の内 3-17-10

電話 (052) 962-2394

関西支 部 〒540-0012 大阪市中央区谷町 2-7-4

電話 (06) 6941-8845

中国支 部 〒730-0013 広島市中区八丁堀 12-22

電話 (082) 221-6841

四国支 部 〒760-0066 高松市福岡町 3-11-22

電話 (087) 821-8074

九州支 部 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東 2-4-30

電話 (092) 436-3322

機関誌編集委員会

編集顧問

今岡 亮司	加納研之助
後藤 勇	佐野 正道
新開 節治	関 克己
高田 邦彦	田中 康之
塚原 重美	中岡 智信
中島 英輔	本田 宜史
渡邊 和夫	

編集委員長

見波 潔	村本建設(株)
------	---------

編集委員

山口 武志	国土交通省
山口 康広	農林水産省
浅野 仁之	(独)鉄道・運輸機構
岡本 直樹	(一社)日本機械土工協会
加藤 誠	鹿島建設(株)
赤坂 茂	大成建設(株)
宇野 昌利	清水建設(株)
三輪 敏明	(株)大林組
久保 隆道	(株)竹中工務店
宮川 克己	(株)熊谷組
中村 優一	(株)奥村組
京免 継彦	佐藤工業(株)
竹田 茂嗣	鉄建建設(株)
岡田 英明	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)
相田 尚	(株)NIPPO
中川 明	コマツ
山本 茂太	キャタピラー・ジャパン
小倉 弘	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)
江本 平	範多機械(株)
太田 正志	施工技術総合研究所

事務局

日本建設機械施工協会

本誌上への
の広告は



有限会社 サンタナ アートワークスまでお申し込み、お問い合わせ下さい。

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町 2-21-5 井手口ビル 4F TEL: 03-3664-0118 FAX: 03-3664-0138

E-mail: san-mich@zam.att.ne.jp 担当: 田中

“建設機械施工” 既刊目次一覧

平成 29 年 1 月号 (第 803 号) ~ 平成 29 年 12 月号 (第 814 号)

平成 29 年 1 月号 (第 803 号)

表紙写真

ハイブリッド油圧ショベルのパワートレイン

写真提供: コベルコ建機㈱

建設機械 特集

◆巻頭言 変化に対応できる生き物が生き残る……………辻 靖 三 / 4	
◆行政情報 国土交通省における「建設施工の地球温暖化 対策検討分科会」における燃費基準の 検討の動向……………勝 田 健 史 / 5	
新型振動ローラの紹介 SW654 シリーズ ……笹 森 良 / 10	
最新型ホイールローダ 950MZ ……………三 富 亮 治 / 14	
新型 50 t 吊ラフテレーンクレーン Rf シリーズラフター SL-500Rf PREMIUM ……近 藤 康 博 / 19	
2014 年度排出ガス規制適合エンジン搭載 4.9 t 吊クローラークレーン開発 CC985S-1 の特長 ……東福寺 望 / 25	
ガソリン / LPG エンジン式小型フォークリフト FOZE 0.9 ~ 3.5 トン ……高 辻 昌 宏 / 30	
リチウムイオンバッテリーを搭載した 新型ハイブリッド油圧ショベル SK200H-10 ……佐 伯 誠 司 / 35	
フォークリフト用燃料電池システムの開発と 今後の取り組み……………鈴 木 宏 紀 / 39	
新型高所作業車の開発 スカイボーイ AT-170TG-2, AT-220TG-2 ……川 松 雄 一 / 43	
全回転チュービング装置 RT シリーズ 大口徑低空頭・軽量型 RT-250L の紹介 ……高 山 浩 司 / 48	
新世代 350 t 吊クローラークレーンの開発 ……星 野 浩 之 / 52	
搭乗式スクレーパの開発 HBS-2000「RHINOS」(ライノス) ……島 中 徹 徳 / 57	
大型自航式ポンプ浚渫船 CASSIOPEIA V ……松 藤 広 行 / 60	
鉄道クレーン車 KRC810N ……………大 島 時 生 / 64	
油圧ショベル PC138US/PC128US-11 ……橘 龍 彦 / 70	
ショベル系の開発と変遷史……………岡 本 直 樹 / 76	
◆交流の広場 安全の責任について考える……………杉 本 旭 / 84	
~技術者の身に着けるべきグローバルな安全感~	
◆ずいそう 金星探査機「あかつき」日本で初めての……………廣 瀬 史 子 / 88	
惑星周囲衛星に	
◆ずいそう チャレンジ・ウォーキング……………廣 田 昭 次 / 90	
◆JCMA 報告 平成 28 年度 建設機械施工技術検定試験 ……試 験 部 / 91	
結果報告	
◆JCMA 報告 JCMA i-Construction セミナ 開催報告 ……i-Construction 生産性向上推進本部 / 93	
◆部会報告 アスファルトプラントの変遷 (その 5) ……機械部会 路盤・舗装機械技術委員会 (アスファルトプラント変遷分科会) / 95	
昭和 43 年 ~ 50 年	
◆新工法紹介……………機関誌編集委員会 / 100	
◆新機種紹介……………機関誌編集委員会 / 104	
◆統計 建設機械産業の現状と今後の予測について……………(一社) 日本建設機械工業会 / 111	
◆統計 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 / 116	
行事一覧 (2016 年 11 月) …………… / 117	
編集後記……………(中川・小倉) / 120	

平成 29 年 2 月号 (第 804 号)

表紙写真

3 連揺動型推進機

写真提供: 鹿島建設㈱

大深度地下, 地下構造物 特集

◆巻頭言 トンネル工事の効率化のために……………真 下 英 人 / 4	
地下鉄建設技術と工事用機械……………平 野 隆 / 5	
90 年の歴史を概観する	
倉敷国家石油ガス備蓄基地 LPG 岩盤貯槽建設工事 ……征 矢 雅 宏 / 12	
プロパン 40 万 t を貯蔵する水封式岩盤貯槽	
非開削工法による海底ケーブル陸揚管路敷設……………渡 邊 康 人 / 18	
リードドリル工法	
地下ダム工事における SMW 工法の精度管理システム ……鹿 野 和 博 / 25	
リアルタイムによる施工管理システム ……山 田 三 洋 / 25	
本体兼用鋼製連壁の地下トンネル築造工事……………寛 哲 志 / 31	
3 連揺動型掘進機による地下通路の施工実績 ……中津留 寛 介 / 38	
日比谷連絡通路工事 R-SWING® 工法 ……上 童 敏 隆 / 43	
国内最大のシールドマシン 東京外環 ……松 坂 敏 博 / 43	
(関越~東名) 事業に使用	
縮径トンネル掘削機の開発 トンネル掘削機外径の縮小・復元が可能な縮径 TBM ……市 川 政 美 / 49	
海外のケーブル埋設用掘削機械の実態調査と……………小 林 勇 一 / 54	
掘削試験	
情報化施工を活用した大口徑・大深度立坑に おける効率的な水中掘削技術……………秋 田 満 留 / 59	
自動化オープンケーソン工法による大口徑・大深度オープンケーソンの施工	
大型埋設物を切り直し地下鉄直上に短期間で通路を築造 ……神 原 康 貴 / 64	
東京メトロ東西線・パレスホテル東京 地下通路	
大水深構造物の点検用水中調査ロボット……………杉 本 英 樹 / 71	
トンネル等屋内工事現場における位置把握 システムの開発 屋内空間でのヒト・モノの……………澤 清 水 正 充 / 76	
位置をリアルタイムに把握 ……清 賀 川 義 昭 / 76	
◆投稿論文 振動ローラの加速度計測を利用した……………横 山 隆 明 / 79	
地盤剛性値の算出について……………藤 村 山 和 由	
◆交流の広場 地下にある畑 ウド室について……………小 野 義 雄 / 86	
◆ずいそう 「真田丸大河ドラマ館」の一年を振り返って! ……唐 澤 信 幸 / 88	
◆ずいそう オレンジ回航 (瀬戸内海縦断) ……………津 田 敏 貴 / 90	
◆JCMA 支部報告 我が社のオリムピックイヤー……………阿 部 誠 / 92	
◆部会報告 アスファルトプラントの変遷 (その 6) ……機械部会 路盤・舗装機械技術委員会 (アスファルトプラント変遷分科会) / 96	
昭和 51 年 ~ 58 年	
◆部会報告 ISO/TC 127 米国・ラハイナ総会及び……………標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会 / 101	
ISO/TC 127/SC 3/WG 12 米国・ラハイナ 国際 WG 会議報告	
◆部会報告 コマツ 栗津工場見学会……………機械部会 路盤・舗装機械技術委員会 / 110	
◆新工法紹介……………機関誌編集委員会 / 112	
◆新機種紹介……………機関誌編集委員会 / 114	
◆統計 建設業における労働災害の発生状況……………機関誌編集委員会 / 116	
◆統計 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 / 120	
行事一覧 (2016 年 12 月) …………… / 121	
編集後記……………(中村・山本) / 124	

平成 29 年 3 月号 (第 805 号)

表 紙 写 真

3D グラブバケットによる効率化、精度向上を実現した浚渫工事

写真提供：東洋建設㈱

地球温暖化対策、環境対策 特集

グラビア

2017 ふゆトピア・フェア in 函館 除雪機械展示・…………… /4
実演会、競技会 (除雪車チャンピオンシップ)

◆巻頭言

自動車及び建設機械の排ガス浄化・低燃費化施策……………塩 路 昌 宏 /8

二酸化炭素 (CO₂) 排出量を6割削減できる高炉スラグ高含有セメントを用いたコンクリートの実工事への適用 ECM (エネルギー・CO₂ ミニマム)……………小 島 大二郎 /9
セメント・コンクリートシステム……………正 康 弘CO₂ 排出量削減に向けた IoT 技術の活用事例
IoT 技術で取得した建設機械稼働データの分析……………高 倉 望 /15
KenkiNavi水素社会を実現する具体的提言 産業廃棄物……………村 上 本 誠 /20
処理の現場から水素社会を実現する技術……………橋 芳 郎土木機械設備における LCA 適用の考え方に……………石 松 敬 一 /27
関する一考察……………田 村 敬山岳トンネル工事のエネルギーマネジメント……………白 石 雅 嗣 /32
システム……………昌 澤 健 男
TUNNEL EYE

自動粉じん低減システム 粉じん見張り番……………田 中 ゆう子 /38

帯電ミストによる浮遊粉塵除去システムの開発……………高 木 賢 二 /44
マイクロ EC ミストグラブ浚渫の効率化と精度向上を実現したトータル……………杉 浦 仁 久 /49
システム 浚渫施工管理システムに三次元データを……………導入したグラブ浚渫トータル施工システム凝集効果が長期間持続する凝集剤による……………山 崎 啓 三 夫 /55
濁水処理方法の紹介……………黒 岩 浦 正 俊 彦
徐放性凝集剤「J フロック」……………本 田 達 生 英 /60自然由来ヒ素汚染土壌の分離浄化処理工法の……………山 本 達 生 英 /60
開発……………岩 増 田 昌 昭高性能ボーリングマシンの低騒音化・自動化……………伊 藤 春 彦 /66
再生可能エネルギー熱の普及に向けた取組み……………トンネル工事の発破に伴う低周波音の……………角 田 晋 相 /71
低減装置 サイレンスチューブ……………石 橋 知 大おもりを有した工事振動低減工法の概要……………成 田 修 英 /76
地盤環境振動低減工法 GMD 工法

◆交流の広場

VR による BIM と建築環境シミュレーションの……………佐 藤 大 樹 /81
同時可視化システム……………

◆ずいそう 建機ミニチュアの世界……………井 浦 和 則 /85

◆ずいそう 子供同伴研修 (ママとチビのステップアップ研修)……………角 崎 由 貴子 /87

◆JCMA 報告

平成 28 年度 一般社団法人日本建設機械施工協会……………二 瓶 正 康 /89
研究開発助成対象研究開発決定のお知らせ……………

◆JCMA 報告

除雪機械展示・実演会、競技会 (除雪車チャンピオンシップ)…………… /90
開催報告 2017 ふゆトピア・フェア in 函館……………◆部会報告……………機械部会 路盤・舗装機械技術委員会 (アスファルトプラント変遷分科会)…………… /97
アスファルトプラントの変遷 (その 7)……………

◆部会報告 ISO/TC 国際会議報告……………標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会…………… /101

◆部会報告……………平成 28 年度 第 2 回若手現場見学会……………建設業部会 /117
羽根トンネル工事視察……………

◆新工法紹介……………機関誌編集委員会 /120

◆新機種紹介……………機関誌編集委員会 /121

◆統計 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 /125

行事一覧 (2017 年 1 月)…………… /126

編集後記……………(浅野・江本) /128

平成 29 年 4 月号 (第 806 号)

表 紙 写 真

海上部でのセグメントの架設

写真提供：三井住友建設㈱

建設業の海外展開、海外における建設施工 特集

◆巻頭言 建設業のインフラ海外展開……………大 本 俊 彦 /4

◆行政情報 建設業の海外展開と ODA……………伊 藤 隆 司 /5

ラックフェン国際港アクセス道路・橋梁工事……………政 木 範 雄 /10
ベトナム国内最大の海上橋……………永 井 柳 哲 夫既設営業線直下での圧気併用開放型矩形シールド機による施工……………橋 田 薫 光 /16
シンガポール地下鉄トムソン線マリナーベイ新駅……………多 田 博シンガポール MRT……………大久保 明 /23
トムソン・イーストコーストライン T207 工区……………台北市における大深度圧入ケーソンの……………石 巴 丸 裕 行 /30
施工実績 台湾・大安電力シールド工事……………大 隈 紀 充スマラン総合水資源・洪水管理事業ジャティバラダム……………清 水 比呂志 /36
建設工事 JICA Loan IP-534ケニア モンバサ港コンテナターミナル開発工事……………宮 本 浩 司 /41
JICA Loan Agreement No. KE-P25シンガポール・チュアスフィンガーワンコンテナ……………山 下 大 彦 /46
ターミナル埋立工事 大型自航式ポンプ浚渫船……………光 成 祥

〈CASSIOPEIA V〉による埋立浚渫工事……………近 藤 真 行 /49

シンガポール・トウアス地区でのグラブ浚渫……………近 藤 真 行 /49
トウアスコンテナターミナル建設プロジェクト……………

ソロモン諸島ホニアラ港施設改善計画工事……………東 郷 伊佐夫 /54

◆交流の広場……………吉 村 和 就 /59
日本企業による水ビジネスの海外展開……………

◆ずいそう 西の美術館、東の博物館……………古 川 広 子 /64

◆ずいそう 健康と地域とのかかわり……………後 田 徹 /66

◆JCMA 報告 i-Construction 施工における……………i-Construction /68
生産性向上推進本部、委員会活動報告……………普及 WG 事務局◆部会報告……………機械部会 路盤・舗装機械技術委員会 (アスファルトプラント変遷分科会)…………… /69
アスファルトプラントの変遷 (その 8)……………◆部会報告……………標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会…………… /74
ISO/TC 127/WG 8 持続可能性……………2015 年 11 月中国湖南省国際会議報告……………◆部会報告……………標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会…………… /76
ISO/TC 127/SC 2/WG 24 (ISO 19014 土工機械……………一制御システムの安全) 2016 年 3 月ドイツ・……………

カイザーラウテルン市 国際作業グループ会議報告……………

◆部会報告……………標準部会 /81
2016 年度 ISO/TC 127 土工機械委員会 活動状況報告……………◆部会報告……………標準部会 /83
ISO/TC 195 (建設用機械及び装置専門委員会)……………フランス・パリ国際会議報告……………◆部会報告……………建設業部会 /95
第 20 回 機電技術者意見交換会報告……………◆部会報告……………建設業部会 /100
日立建機 ICT デモサイト、土浦工場見学会……………

◆新工法紹介……………機関誌編集委員会 /103

◆新機種紹介……………機関誌編集委員会 /107

◆統計 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 /113

行事一覧 (2017 年 2 月)…………… /114

編集後記……………(加藤・齋藤) /116

平成 29 年 5 月号 (第 807 号)

表 紙 写 真

産業用ロボットを応用した建設廃棄物選別システム

写真提供：東急建設(株)

解体とリサイクル，廃棄物処理 特集

◆巻頭言 建設系廃棄物のリサイクルの今後の展望	嘉 門 雅 史	4
環境負荷を大幅に削減した解体工法を 本格適用 シミズ・クールカット工法	奥 山 信 博 加 藤 和 博 八 幡 孝 行	5
最新の超大型建解体機 SK2200D	山 崎 隆 典 和 田 一 朗	11
各種技術を駆使したダム撤去工事	宮 地 利 宗 野 間 達 也	15
解体コンクリートの現場内有効利用の多様化 ガラダム工法の適用範囲・施工法の拡充	西 正 晃	21
大規模土工事における岩塊の有効活用と搬送設備のリユース 東松島市野蒜北部丘陵地区震災復興事業における取組み	白 土 稔 新 井 健 司	26
震災コンクリートがらを利用した海水練り コンクリートの製造・施工	新 村 亮 典 竹 田 宣 典	33
産業用ロボットを応用した建設廃棄物選別 システム	中 村 聡 井 上 大 輔 白 井 大 月	39
植物廃材を活用した「バイオマスガス発電」	渡 辺 真 人 堀 井 秀 基 喜 久 里 政 宏	45
汚染土壌対策 戦略的な土地活用を支援する 「サステナブルレメディエーション」に基づく 評価ツールの開発 SGRT-T	古 川 靖 英 舟 川 将 史	49
新東名高速道路における建設時の重金属含有土対策	山 脇 慎	54
簡易破碎方式によるベントナイト混合土を用いた 遮水層の効率的施工技術 T-Combination クレイライナー工法による現地発生土の有効利用	磯 さ ち 恵 本 島 貴 之 森 川 義 人	58
港湾内放射性汚染物質の被覆・封じ込め 1F 港湾内海底土被覆工事の概要	橋 本 敦 斎 藤 司 小 松 季 寛	64
放射能汚染土の分級減容化と再生利用に 関する検討	田 中 真 弓 川 端 淳 一 小 澤 一 喜	67
◆交流の広場 新幹線地震対策技術の進化を振り返る	鳥 村 誠	73
◆ずいそう 泥水シールド工法創生期	齋 藤 雅 春	78
◆ずいそう 晴耕雨読の夢？	川 村 和 幸	80
◆部会報告 アスファルトプラントの変遷（その 9）	機 械 部 会 路 盤・ 舗 装 機 械 技 術 委 員 会 (アスファルトプラント変遷分科会)	83
◆部会報告 ISO/TC 127/SC 国際作業グループ会議報告	機 械 部 会 ISO/TC 127 土 工 機 械 委 員 会	91
◆部会報告 除雪現場見学会	機 械 部 会 除 雪 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	108
◆統計 平成 29 年度 公共事業関係予算	機 関 誌 編 集 委 員 会	117
◆統計 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	122
行事一覧（2017 年 3 月）		123
編集後記	(上 田 ・ 竹 田)	126

平成 29 年 6 月号 (第 808 号)

表 紙 写 真

敷地の潜在的な力を引き出す自然再生プロジェクト

写真提供：(株)大林組

都市環境，都市基盤整備，自然再生等 特集

グラビア 時代の建層（ときのけんそう）		4
◆巻頭言 育てる	久 保 幹	7
整備新幹線の軌道・電気工事事用機械	鮎 川 博 信 細 田 豊	8
地下水流動を妨げずに事業継続できる汚染地下水の拡散防止技術 原位置で多様な複合汚染地下水に対応可能なマルチバリア工法	根 岸 昌 範	14
硬質粘土塊を対象とした自然由来砒素の 浄化技術	山 崎 啓 三 高 三 浦 尚 哉 三 浦 俊 彦	20
微生物を利用した水銀汚染土壌の浄化技術	根 岸 敦 規	25
礫間接触酸化槽と植生浮島を適用した 小規模閉鎖性湖沼の水質浄化事例	須 江 正 裕 中 村 瀬 邦	30
集中豪雨時の道路冠水対策・河川氾濫対策 樹脂製雨水貯留浸透槽の道路下への適用 「セキスイ アクアロード」の開発	町 田 誠	38
多発する集中豪雨に対応した高機能雨水貯留施設の開発 ハイブリッド雨水貯留システム	村 田 勝 彦 川 合 克 実	44
建設工事における生物多様性保全および環境創造技術	越 川 義 功	50
敷地の潜在的な力を引き出す自然再生による 「六花の森」プロジェクト	岩 井 洋	56
「再生の杜」ビオトープ竣工後 10 年目の生物生息状況 都市域における生物多様性向上を目指して	米 村 惣 太郎	62
転炉系製鋼スラグ資材を用いた 海域環境造成技術の開発	加 藤 敏 朗 小 山 杉 知 山 越 陽 介	67
樹木対応型壁面緑化システムの開発 パーティカルフォレスト®	佐 久 間 護	74
時代の建層（ときのけんそう） 建設残土を利用した，時代を積み重ねる 都市更新の提案	小 幡 知 哉 涌 井 里 匠 阿 部 歩	80
◆交流の広場 セメント製造工程を活用した車載リチウム イオン電池のリサイクル技術	石 田 泰 之 村 多 典 敏 本 威 曉	86
◆ずいそう しまなみ海道とサイクリング	大 川 宗 男	90
◆ずいそう 人と道路構造物の健康管理	濱 岡 正	92
◆CMI 報告 ブルドーザの燃費評価値から実作業燃費への換算	稲 葉 友 喜 佐 藤 充 弘	93
◆部会報告 アスファルトプラントの変遷（その 10）	機 械 部 会 路 盤・ 舗 装 機 械 技 術 委 員 会 (アスファルトプラント変遷分科会)	98
◆部会報告 ISO/TC 127/SC 国際作業グループ会議報告	機 械 部 会 ISO/TC 127 土 工 機 械 委 員 会	106
◆新工法紹介	機 関 誌 編 集 委 員 会	118
◆新機種紹介	機 関 誌 編 集 委 員 会	119
◆統計 主要建設資材価格の動向	機 関 誌 編 集 委 員 会	120
◆統計 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	124
行事一覧（2017 年 4 月）		125
編集後記	(三 輪 ・ 太 田)	128

平成 29 年 7 月号 (第 809 号)

表 紙 写 真

都市高速道路における ASR 劣化が生じた橋脚梁部の再構築施工

写真提供：清水建設㈱

基礎工、地盤改良 特集

グラビア 第 25 回 ISO/TC 127 国際会議 速報	中野正樹	4
◆巻頭言 大規模災害で発生する災害廃棄物対策にむけて	中野正樹	8
高機能、施工の省力化、省資材化を達成した 防潮堤の開発 ハイブリッド防潮堤の開発施工事例	内田崇浩 奈良正	9
ニューマチックケーソンによる深さ 70 m 大深度立坑築造工事	河野浩之 森田篤	14
狭隙空間でも施工可能な場所打ち杭工法の概要と 施工事例 超低空頭場所打ち杭工法 C-JET18	竹田茂精 加藤嗣亮	19
地中障害物撤去の新技术・新工法の開発 A-CR 工法	衣井笠正雅 上弘	26
都市高速道路における ASR 劣化が生じた 橋脚梁部の再構築施工 阪神高速道路 西船場ジャンクション改築事業における事例紹介	若槻晃右 山中利明 大高正裕	36
空頭制限 2.0 m 以下で施工可能な 小口径鋼管杭工法の開発 ST マイクロパイル工法	東芝崇 奥野本太郎 橋秀	43
地盤改良体方式斜め土留め工法の適用事例 富山新港火力発電所 LNG1 号機新設工事	照井太一 嶋田洋一 伊藤浩邦	48
廃棄物最終処分場の減容化技術の開発と 施工事例 リフューズプレス工法	池田通陽 小林英司 真	53
大口径相対攪拌工法の概要と施工事例 KSS-MIX 工法	島野嵐	59
地盤改良分野の ICT 活用技術 ジェットグラウト施工管理システム、 GNSS ステアリングシステム、3D-ViMa システム	関徹也 永岡藤彦	64
大口径拡底杭工法対応のアースドリル開発 SDX612	樗沢淳一	69
三点式杭打機フェニックスシリーズ 「DH758-160M」の紹介	上野洋路	73
低空頭、狭隙地で活躍する軽量小型の 地中連続壁掘削機の開発 MPD-TMX 工法	小林貴史	77
地盤改良工事を全自動で施工管理 ICT を導入した全自動施工管理制御システム の開発 Y-LINK	奈須徹夫 平川真吾 吉田哲雄	82
木造住宅の耐震性 ビッグフレーム構法とマルチバランス構法	金子雅文 佐々木修平	87
◆ずいそう 建設機械と私	和田航一	92
◆ずいそう リターンライダーと呼ばれて	河野良一	93
◆JCMA 報告 平成 29 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績 (その 1)		95
◆部会報告 ISO/TC 127 国際作業グループ会議報告	標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会	97
◆部会報告 (速報) 第 25 回 ISO/TC 127 国際会議 広島総会及び付帯 WG 会議 報告	標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会	106
◆部会報告 日立建機㈱ ICT デモサイト及び 常陸那珂臨港工場見学会	機械部会 基 礎工事用機械 技術委員会	107
◆新工法紹介	機関誌編集委員会	109
◆新機種紹介	機関誌編集委員会	114
◆統計 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	120
行事一覧 (2017 年 5 月)		121
編集後記	(石倉・赤神)	124

平成 29 年 8 月号 (第 810 号)

表 紙 写 真

3D 技術を用いた軍艦島のデジタルアーカイブ

写真提供：長崎大学

歴史的遺産・建造物の修復 特集

グラビア 3D 技術を用いた軍艦島のデジタルアーカイブ 過去、現在そして未来へ		4
◆巻頭言 歴史遺産感動の 3 要素	伊東孝	8
魅せる素屋根の技術と見せる保存修理 近代ニッポンを支えた世界遺産 旧富岡製糸場	嘉本敬樹 田中愛 山中実喜夫	10
伝統建築における設計施工一貫 BIM 薬師寺食堂 (じきどう) 復興事業	本弓省吾	19
熊本城の櫓を鉄の腕で支える 飯田丸五階櫓倒壊防止緊急対策工事	原田恒則	26
経年が 100 年を超える鉄道土木構造物の 維持管理	鈴木利方 友高橋武彦 高志	33
国重要文化財の永代橋、清洲橋の長寿命化	紅林章央	39
大規模シェル構造ラジアルゲート建設への 取り組み 大河津可動堰改築ゲート設備工事	首藤祐司	45
新橋駅の改良とレンガアーチの補強・保存	今野夏実	49
狭山池の改修とその技術の変遷	吉井克信 西川寿勝 浜地長生	54
歴史的鋼橋の補修補強工事 土木遺産である晩翠橋の補修補強工事の紹介	蛭澤隆行	60
3D 技術を用いた軍艦島のデジタルアーカイブ 過去、現在そして未来へ	出水享	66
歴史的建造物の移動 (曳家)、 免震化 (レトロフィット) 工事	川越耕治	71
消えた建設機械遺産群 わが国の建設機械の始祖	岡本直樹	76
◆交流の広場 博物館明治村 ～明治時代を体験・体感できる野外博物館～	中野裕子	83
◆ずいそう 疑問を抱き夜空の果てを求めて	近藤高弘	89
◆ずいそう 地域に根差す建設業の立場で、 自然災害に備える心構え	馬淵剛	91
◆JCMA 報告 平成 29 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績 (その 2)		93
◆JCMA 報告 国土交通大臣表彰を受賞しました	総務部	101
◆CMI 報告 放置車両等を移動する道路啓開機材の開発検討	太田正志	102
◆部会報告 アスファルトプラントの変遷 (その 11)	機械部会 路盤・ 舗装機械技術委員 会 (アスファルトプ ラント変遷分科会)	106
◆部会報告 ISO/TC 127 国際作業グループ会議報告	標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会	115
◆新機種紹介	機関誌編集委員会	128
◆統計 建設企業の海外展開	機関誌編集委員会	130
◆統計 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	134
行事一覧 (2017 年 6 月)		135
編集後記	(赤坂・岡本)	138

平成 29 年 9 月号 (第 811 号)

表紙写真

車線供用下での東名高速道路リニューアル事業

写真提供：川田建設(株)

維持管理・老朽化対策・リニューアル 特集

◆巻頭言 社会インフラの老朽化、これは JAPAN IN RUINS ですか	三木千壽	4
◆行政情報 ダム再生 既設ダムの有効活用	村田啓之彰	5
◆行政情報 道路の老朽化対策の取り組み	築地貴裕	12
車線供用下での東名高速道路 リニューアル事業の施工 用宗高架橋 (下り線)の床版取替え工事	北川学修 真田徹也	16
PC ゲルバー橋の連続化 首都高速 1 号羽田線 勝島地区橋梁	花房禎三 相智彦和	21
短工期を実現した天井板撤去の取組み 神戸長田トンネル天井板撤去工事	村岸聖介 高田英樹	27
走行型高速 3D トンネル点検システム MIMM-R (ミーム・アール) 画像・レーザー・ レーダー技術による点検・調査・診断支援技術	山本秀樹 重田幸亨	33
武蔵水路『安全・安心な施設へのリニューアル』 水路改築工事におけるプレキャスト工法の施工実績	犬童眞二 道脇誠	39
福岡空港における高強度 PRC 版による老朽化対策	北口航	45
港湾構造物の維持管理への ICT の活用 無線操作式ボートを用いた港湾構造物の点検・診断システム	本山昇	51
鉄道構造物の維持管理と検査・診断技術	小島芳之	57
鉄道構造物の延命化・リニューアル技術	小島芳之	64
高強度かつ高耐久性のセメント系 繊維補強材料 タフショットクリート®	川西貴士 石関嘉隆	69
産業遺産である老朽化した水力発電所の改修と 立坑掘削時における地山の変位と対策	高橋克明	74
歴史的建造物(レンガ建屋)の曳家工法による保存 蹴上浄水場第 1 高区配水池改良工事	北村徹二 大西毅	78
船場センタービル外壁改修工事 大規模商業施設における外壁改修	遠藤孝治 岩本平潔	83
◆ずいそう 帆船模型	近藤敏夫	89
◆ずいそう 五輪出場命中	中山由起枝	92
◆JCMA 報告 平成 29 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績 (その 3)		94
◆CMI 報告 構造物の耐衝撃性評価に関する試験・研究 鋼製台車とレールを用いた衝突試験装置の紹介	設楽和久 渡辺真至	104
◆部会報告 アスファルトプラントの変遷 (その 12)	機械部会 路盤・ 舗装機械技術委員 会 (アスファルトプ ラント変遷分科会)	108
◆部会報告 鶴住居川水門工事現場見学会	機械部会 基礎工事 用機械技術委員会	114
◆新工法紹介	機関誌編集委員会	117
◆新機種紹介	機関誌編集委員会	118
◆統計 平成 29 年度 建設投資見通し	国土交通省 総合政 策局 情報政策課 建設経済統計調査室	120
◆統計 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	125
行事一覧 (2017 年 7 月)		126
編集後記	(岡田・宇野)	136

平成 29 年 10 月号 (第 812 号)

表紙写真

ホール舞台スノコ天井リフトアップ工事

写真提供：(株)竹中工務店

建築 特集

◆巻頭言 人工技能研究のすすめ	平沢岳人	4
◆行政情報 「適正な施工確保のための技術者制度検討会」 とりまとめ	国土交通省 土地・建設業 局建設課	5
◆行政情報 建築物省エネ法の概要	亀田谷雅彦	12
ホール舞台スノコ天井リフトアップ工事	嘉本敬樹 長谷川祐二 麓哲	22
既存建物の不快な床振動を低減する制振技術 SPADA (スパーダ) - Floor	松下仁士	28
VR 技術を活用した教育システムの開発と運用 施工技術者向け VR 教育システム	中島芳樹	33
地上躯体に適用可能な中品質再生骨材を 用いたコンクリートの実用化	高橋祐一	37
外側耐震補強構法『KG 構法』の新たな展開 完全外部施工方法の開発	牧田敏郎 大田昌卓	44
杭頭接合部の耐震性能向上および施工の省力化技術 鋼板補強型杭頭接合法 TO-SPCap 工法の開発	福田圭健 石塚健介	49
スマートデバイスを活用した『杭施工記録システム』の開発 「KOC0 チェックシステム」アプリケーションの紹介	波多野純洋 矢部	54
ロボット溶接による建築現場溶接施工法の開発と適用	遠藤明裕	58
自律型清掃ロボットを開発 T-iROBO® Cleaner	加藤崇	64
建物の安全性即時診断システム 1ヶ所の地震計で地震後即時に建物の 安全性を自動診断	森下真行人 齊藤芳弘 龍明	68
ハイブリッド架構による耐火木造建築の技術開発	河内武	73
◆交流の広場 デザイン思考でデジタル活用 労働安全分野への適用	長井治	81
◆ずいそう 後退新技術	小堺規行	87
◆ずいそう 自然に恵まれた国際観光都市ひろしま	安楽義明	89
◆JCMA 報告 平成 29 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績 (その 4)		91
◆CMI 報告 次世代社会インフラ用ロボット開発・導入に 関するトンネル維持管理分野の取り組み	寺戸秀和 井成豊 伊吹真一	103
◆部会報告 ISO/TC 127 国際作業グループ会議報告	標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会	107
◆部会報告 ハッ場ダム、古河ロックドリル見学会	建設業部会	117
◆部会報告 (株) KCM 龍ヶ崎工場 見学会	機械部会 除雪 機械技術委員会	119
◆統計 平成 29 年度 主要建設資材需要見通し	国土交通省 土地・建設業局 建設市場整備課	121
◆統計 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	125
行事一覧 (2017 年 8 月)		126
編集後記	(久保・相田)	136

平成 29 年 11 月号 (第 813 号)

表 紙 写 真

国内初の大型ニューマチックケーソン 2 函体同時沈設施工

写真提供：(株)大林組

防災、安全／安心を確保する社会基盤整備 特集

グラビア 2017 NEW 環境展 at 東京ビッグサイト 2017 年 5 月 23 日～26 日	／4
◆巻頭言 社会資本整備を考える.....	村 田 和 夫／12
◆行政情報 Lアラート：防災情報共有システムの現状.....	前 田 京太郎／13
平成 28 年熊本地震における阿蘇大橋地区斜面 防災対策工事での分解組立型バックホウの活用.....	戸 田 修 実／20
国内初大型ニューマチックケーソン 2 函同時沈設施工.....	小 山 一 朗／25
サイフォンと水中ポンプの機能を併用した排水システムの開発..... ハイブリッド・山辰サイフォン排水システム	馬 淵 和 三／31
熱赤外線サーモグラフィによる斜面調査.....	山 内 政 也／37
地下鉄トンネル覆工のはく離・浮きの 可視化による検出システムの検討.....	小 川 大 貴 治／41 小 伊 藤 聡
無排泥粘土遮水壁工法の開発..... エコクレイウォールⅡ工法	池 田 幸一郎／46 宇 梶 伸
老朽化した狭小導水路トンネルリニューアルの 機械化施工.....	小 金 澤 里 佳 和雄／51 森 子 仲 康
超音波振動を併用した薬液注入工法..... UVG 工法	本 谷 洋 二／57
石積み擁壁耐震補強工事における鉄道営業線近接施工.....	平 木 智 明／62
◆交流の広場 非常食の循環システム付き宅配ロッカー 「イーバルボックス」ソリューションによる、 ローリングストック実現にむけて.....	科 部 元 浩／68
◆ずいそう AI って何？.....	京 免 継 彦／72
◆ずいそう 「女性技術者」に想う.....	末 次 綾／73
◆JCMA 報告 平成 29 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績 (その 5).....	／75
◆CMI 報告 ICT 活用工事の工種拡張と普及促進に 向けた取り組み.....	藤 島 崇 士／82 椎 葉 祐 和 八木橋 宏
◆部会報告 ISO/TC 127 土工機械広島総会及び ISO/ TC 127/SC 3/WG 12ISO 6405 土工機械— 操縦装置などの識別記号 国際 WG 会議報告.....	標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会／85
◆部会報告 平成 29 年度 第 1 回若手現場見学会..... 大手町二丁目地区再開発施設建築物 A 棟工区建設等工事見学会	建設業部会／97
◆新工法紹介.....	機関誌編集委員会／101
◆新機種紹介.....	機関誌編集委員会／103
◆統計 平成 29 年 建設業の業況.....	機関誌編集委員会／105
◆統計 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／113
行事一覧 (2017 年 9 月).....	／114
編集後記.....	(京 免・宮 川)／124

平成 29 年 12 月号 (第 814 号)

表 紙 写 真

災害対応建設ロボットと遠隔操作コックピット

写真提供：大阪大学

先進建設技術 特集

◆巻頭言 建設産業がけん引する「第 4 次産業革命」... 具体化への期待.....	田 中 成 典／4
◆行政情報 i-Construction 推進の取組み状況..... 普及促進事業の進捗	近 藤 弘 嗣／5
◆行政情報 国土交通省における CIM の導入・推進.....	城 澤 道 正／9
ImPACT タフ・ロボティクス・チャレンジに おける災害対応建設ロボット.....	吉 灘 裕／13
総合的な i-Construction による緊急災害対応 阿蘇大橋地区斜面防災対策工事における 無人化施工.....	坂 西 孝 仁 郎／20 北 原 成
油圧ショベル用遠隔操縦装置の開発 災害現場への適応性を向上させた..... 新型簡易遠隔操縦装置ロボ QS	川 上 勝 彦 嗣／27 平 野 高
自律移動ロボットによる盛土締固め度及び 水分量測定の前自動化.....	神 山 和 人 道力／32 妻 千 木 葉
次世代建設生産システムの現場適用と生産性 向上への展望 ロックフィルダムへの適用..... 紹介とインフラ無線システム	田 中 秀 昭 士／36 太 中 裕
大水深対応型水中作業ロボットの開発..... DEEP CRAWLER	飯 田 宏／41
ドリル NAVI における新機能の開発.....	若 林 宏 彰 一史／46 宮 越 原 健 彦 基也／51 宮 野 一 晴
AI を活用したコンクリート表層品質評価 システムの開発.....	佐 野 健 彦 基也／51 小 笠 原 一 晴
建設機械の改造が不要で着脱可能な装置による 無人化施工技術の開発 熊本城崩落石撤去へ 汎用遠隔操縦装置「サロゲート」の適用事例.....	森 直 樹 弘 治／58 古 屋 内 賢
次世代型ビーコンを利用した屋内作業員の 可視化による現場管理システムの開発..... EXBeacon プラットフォーム現場管理システム	橋 藤 伸 浩 一 郁 吾／64 佐 藤 島
IoT を活用した建設機械用アタッチメントの稼働 管理システム (TO-MS) の開発..... AI で故障予知・稼働監視を実現。未来型アフター サービスの提供によるランニングコストの低減	柘 植 一 紀 慶 行／69 井 手 秀
移動体多点計測技術 (MMS) を用いた 出来形管理に向けた基礎的研究.....	椎 葉 祐 士 士／74 桑 野 裕
◆交流の広場 パワーアシストスーツを活用した作業者の 負担軽減.....	藤 本 弘 道／79
◆ずいそう マイ・ヨットライフ.....	望 月 光／84
◆ずいそう 私の中国.....	井 上 哲 夫／86
◆JCMA 報告 「平成 29 年度 建設施工と建設機械シンポジウム」開催報告.....	／88
◆CMI 報告 公営競技施設の維持管理支援.....	竹之内 博 行／92 小 野 秀
◆部会報告 ISO/TC 127/SC 2/JWG 28..... 国際ジョイント作業グループ会議報告	岡 ゆかり／96
◆部会報告 羽沢トンネル工事現場見学会報告.....	機械部会トンネル 機械技術委員会／105
◆新工法紹介.....	機関誌編集委員会／108
◆新機種紹介.....	機関誌編集委員会／109
◆統計 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／117
行事一覧 (2017 年 10 月).....	／118
編集後記.....	(山 本・飯 田)／122
“建設機械施工”既刊目次一覧.....	／123

“建設機械施工” バックナンバー紹介（抜粋）

（平成 28 年（2016 年）1 月号～ 12 月号分）

平成 28 年 1 月号（第 791 号）



建設機械 特集

- ◆巻頭言 新しい建設生産システムへのスタートを願って
- ◆新春特別インタビュー 国土造りの現状と今後の展望
- ◆行政情報
 - ・省エネルギー型建設機械の導入促進
 - ・活用が進む NETIS の現状と今後の展開
- ◆技術報文
 - ・最新型モータグレーダ 12M3
 - ・新型アスファルトフィニッシャーの紹介 HA90C-2
 - ・新型ミニショベルの紹介 ACERA GEOSPEC シリーズ
 - ・50t 吊りラフテレーンクレーン GR-500N-2
 - ・新型オールテレーンクレーン最大吊り上げ荷重 130t KA-1300R
 - ・基礎土木向けクローラークレーン BM1500G
 - ・2014 年度排出ガス規制適合エンジン搭載 4.9t 吊クローラークレーンの開発 CC1485S-1 の特長
 - ・SMW 工法におけるリアルタイム着底判定システム ボトムシーク
 - ・シームレス補正機能を備えた転圧管理システム GNSS 情報遮断時の慣性／TS 補正切り替えシステムの開発
 - ・GNSS を利用した「法面締固め管理システム」を採用した盛土の総合管理
 - ・CAN 制御車両の遠隔操作システムの実用化 建設機械のロボット化を推進
 - ・シミュレーション技術が支える建設機械の開発
 - ・ブルドーザの誕生 ブルドーザ開発小史 その 1
- ◆交流の広場
 - ・生活支援ロボット事業のすすめ方・市場動向 福祉・介護ロボット事業におけるビジネス戦略
- ◆部会報告 除雪機械の変遷（その 14） 除雪ドーザ（2）
- ◆統計 建設機械産業の現状と今後の予測

平成 28 年 2 月号（第 792 号）



自然再生、自然景観 特集

- ◆巻頭言 自然再生の今後の展望
- ◆行政情報
 - ・生物多様性条約における民間参画への取組と期待

- ・『自然再生士』資格制度と生物多様性の保全推進

◆技術報文

- ・皆ですぐできるウナギ保護再生策
- ・質の高い都市緑地を創出するための設計に関する技術開発 緑地の生き物と鳥類を指標種とする生息地評価モデル
- ・汚染された腐葉土層等を効果的・限定的に除去 SC クリーンシステムの開発
- ・生物多様性評価ツールの開発と展開 「いきものプラス®」生物多様性配慮に考慮した緑化計画を支援
- ・サンゴ礁州鳥形成メカニズムの解明 サンゴ礁の維持保全へ貢献できるモデルを目指して
- ・生態系との共存を実現する「多摩ニュータウン東山」での街づくり
- ・大山ダムホタルビオトープの JHEP 認証取得 ホタル生息環境の再生・創出とその定量的評価方法の構築
- ・水中騒音振動監視システムによる水産資源の保全 水域の施工における周辺環境への配慮
- ・日本万国博覧会記念公園の 40 年間にわたる自然再生の取組み 自立した森づくり
- ・生物多様性の簡易評価ツール「いきものコンシェルジュ」の開発
- ・生物多様性の保全・普及への取り組み 生物多様性簡易評価ツール CSET・BSET
- ・歴史的文化財の景観復元への取り組み 連続繊維補強土工を適用した歴史的な文化財での斜面災害復旧事例
- ・高速道路緑化と生物多様性の取り組み
- ・都市鳥類の生息モデルに基づいた緑地計画技術

◆交流の広場

- ・急速充電対応型電池推進船の開発 らいちょう

◆部会報告 除雪機械の変遷（その 15） 凍結防止剤散布車（1）

◆統計 平成 27 年 建設業の業況

平成 28 年 3 月号（第 793 号）



ライフライン、インフラ 特集

◆巻頭言

- ・世代を越えて使うインフラのための分野横断型「SIP インフラ」プロジェクト

◆技術報文

- ・電力設備の自然災害対策
- ・砂防堰堤を活用した小水力発電事業への民間事業者としての取り組み
- ・多摩地区の送水管ネットワーク構築 多摩丘陵幹線のトンネル技術
- ・外ボルト締結型コンクリート中詰め鋼製セグメントの気中組立てによる管路の構築
- ・下水道管路調査診断システム 衝撃弾性波検査法
- ・阪神高速における更新事業 大規模更新・大規模修繕
- ・東海道新幹線大規模改修工事の構造物毎の施工事例
- ・供用中の鉄道トンネルに対する補強工事

- ・ダム再開発工における洪水吐増設時の仮締切設備合理化を実現 仮締切としての機能を持つ予備ゲート設備の製作・施工
- ・栈橋上部工点検用 ROV の研究開発
- ・世界標準型の LNG 輸送船受入栈橋前面の増深工事 広島港廿日市地区泊地（-12m）浚渫工事

◆交流の広場

- ・世界の産業インフラに対するサイバー攻撃とセキュリティ対策の実情

◆JCMA 報告

- ・平成 27 年度 建設施工と建設機械シンポジウム開催報告（その 2）

◆部会報告 除雪機械の変遷（その 16）凍結防止剤散布車（2）

平成 28 年 4 月号（第 794 号）



鉄道 特集

◆巻頭言 鉄道ネットワークと地域再生

◆技術報文

- ・巨大地震に対する鉄道の取組み 強さと回復力を有する地震対策を目指して
- ・鉄道函体直下への透し掘り連壁の施工 JR ゲートタワー新設工事
- ・東武スカイツリーライン竹ノ塚駅付近連続立体交差事業 下り急行線高架橋工事にもなう軽量盛土工事および仮設地下通路施工にともなう鋼矢板圧入工
- ・常磐快速線利根川橋梁改良工事
- ・画像処理技術を用いてトンネルを検査する
- ・ミャンマー大規模無償資金協力プロジェクト
- ・香港地下鉄觀塘延伸線トンネル及び何文田駅新設工事 市街地における大規模オープン掘削と明かり発破
- ・ライトレール 路面電車南北接続 第 1 期事業 富山駅南北接続線軌道施設（その 1）工事（報告）
- ・山中における大山ケーブルカー大規模設備更新
- ・首都圏における大規模な車両基地の整備・撤去工事 品川車両基地整備工事・品川旧車両基地撤去工事
- ・新幹線軌道内で使用する重量軌陸運搬台車

◆交流の広場 ホーム安全設備の紹介

◆JCMA 報告

- ・平成 27 年度 建設施工と建設機械シンポジウム開催報告（その 3）

◆部会報告 除雪機械の変遷（その 17）凍結防止剤散布車（3）

平成 28 年 5 月号（第 795 号）



トンネル 特集

◆巻頭言 これからのトンネル建設技術開発に期待すること

◆行政情報

- ・i-Construction への導入 i-Construction 報告書を中心に

◆技術報文

- ・風化破砕地山における超大断面トンネルの施工
- ・トンネル切羽前方探査システム TSP303 切羽前方の断層破砕帯や地質境界面及び湧水の有無を弾性波反射法の 3 次元解析で予測
- ・新版・換気技術指針に対応した電気式集じん装置 FTE2400-E/FTE2700-E
- ・硬岩トンネル掘削機の開発 TM-100 ディスクカッタにより硬岩を自由断面に掘削
- ・「メッシュマッピングアシスト」をトンネルズリの重金属含有岩石判定の補助技術として導入
- ・長距離、急勾配トンネル工事に対応するバッテリーロコ最新技術
- ・コンクリート構造物の機能保持技術 タフネスコート
- ・トンネル天井用乾式研掃装置の開発と現場適用
- ・セグメント真円度とテールクリアランスの自動計測システム開発 高精度な一次覆工を実現

◆JCMA 報告

- ・平成 27 年度 建設施工と建設機械シンポジウム開催報告（その 4）

◆部会報告 除雪機械の変遷（その 18）凍結防止剤散布車（4）

平成 28 年 6 月号（第 796 号）



新しい建設材料、最先端の高度な建設技術の開発と実用化 特集

◆グラビア CONEXPO LATINAMERICA（その 3）

◆巻頭言 これからの土木分野で大切な技術

◆行政情報

- ・国立研究開発法人 土木研究所における技術の普及
- ・新技術の普及促進に向けた取組み 官民協働と海外展開支援を中心に

◆技術報文

- ・自由断面分割施工方法によるトンネル構築技術
- ・拡翼型機械式攪拌工法 WinBLADE 工法
- ・急速ずり処理システム トンネル掘削施工におけるずり処理の高速化
- ・砂防ソイルセメントを使用した砂防堰堤の開発 JS ウォール堰堤工法
- ・土質に応じてシールドマシンのカッタービットを変更 全地盤対応型「カメレオンカッタ工法」
- ・建設工事における自然由来セレン含有排水の処理方法
- ・振動低減型舗装の開発 特殊改質アスファルト混合物「ロードサスペイブ」の開発
- ・穴開き帯状鋼板を用いた覆工コンクリートひび割れ抑制対策の現場適用 ハイグリップ・メタルバンド
- ・超高耐久橋梁の開発とその実証橋の建設 鋼材を一切用いない「Dura-Bridge」の実現
- ・電磁波レーダを活用した RC 床版上面の非破壊調査システムの開発 床版キャッチャー
- ・強力超音波音源を用いた音響探査技術の開発

◆交流の広場

- ・宇宙応用を目指した先端材料宇宙曝露実験

◆JCMA 報告

- ・第 28 回 日本建設機械施工大賞 受賞業績（その 1）

◆部会報告 除雪機械の変遷（その 19）小形除雪車（1）

◆CMI 報告 建設技術審査証明事業

◆統計 主要建設資材価格の動向

平成 28 年 7 月号 (第 797 号)



コンクリート工事, コンクリート構造 特集

◆巻頭言 プレキャスト技術による耐久性の向上

◆技術論文

- ・場所打ち UFC による PC 道路橋 デンカ小滝川橋
- ・外ケーブルを合理化配置した有ヒンジ橋の多径間連続化技術
淳徳橋上部工連続化工事
- ・プレキャスト工法を活用したサッカー専用スタジアムの設計施工
- ・火災時におけるコンクリートの爆裂評価方法
- ・場所打ち函渠における品質確保の取り組み
丹波綾部道路瑞穂 IC 函渠他工事における SEC 工法, ND-WALL 工法の事例
- ・設計基準強度 300 N/mm² の超高強度プレキャスト RC 長柱の開発と適用
- ・スラグ骨材を用いた舗装用コンクリートの特性
- ・後施工六角ナット定着型せん断補強鉄筋による耐震補強工法
- ・電子制御式コンクリートミキサー車の紹介
- ・中性子遮蔽コンクリートの技術改良
普通コンクリートの 1.7 倍の中性子の遮蔽性能を有するコンクリートの生産性を向上

◆投稿論文

- ・環境に優しく豪雨と地震に強い新しい補強土壁工法の研究開発

◆CMI 報告 油圧ショベルの省エネ施工 省エネ効果の検証試験

◆部会報告 除雪機械の変遷 (その 20) 小形除雪車 (2)

◆統計 建設企業の海外展開

平成 28 年 8 月号 (第 798 号)



i-Construction 特集

◆巻頭言 イノベーションを取り込むための建設生産システム革命

◆行政情報

- ・i-Construction ICT 土工の全面展開に向けた技術基準の紹介

◆技術論文

- ・IoT で建設現場の生産性向上 ソリューションを一元管理するクラウド型プラットフォーム「KomConnect」
- ・ドローンを用いた空撮測量の実工事への適用
- ・MMS 点群データを活用したインフラマネジメント
InfraDoctor によるスマートインフラマネジメント
- ・重力式コンクリートダム取水塔施工での 4D モデル・3D 模型の活用
- ・無線発信機を活用した作業所内の高所作業車・作業所員の位置把握システム

- ・掘進中にシールド機外周部の介在砂層をリアルタイム探査
比抵抗センサーを用いた介在砂層探査技術
- ・VR による安全管理 ゴーグル型ディスプレイによる安全の可視化
- ・ブルドーザーマシンコントロールシステムの最新技術の紹介
マストレスタイプ MC システム 3D-MC^{MAX}
- ・複雑な地形形状における覆工設置工事への 3 次元地形データの適用

◆投稿論文

- ・無人化施工による破碎・解体作業時における触知覚情報の必要性和実態 ～媒体を通じた人の触知覚の実態～

◆交流の広場

- ・ICT を活用した精密農業の取り組み
農業における IoT を実現する新たな取り組み

◆CMI 報告

- ・情報化施工研修会の取り組みと i-Construction へ対応した研修会に向けて

◆部会報告 除雪機械の変遷 (その 21) 小形除雪車 (3)

平成 28 年 9 月号 (第 799 号)



道路 特集

◆巻頭言 道路事業の今後と課題

◆行政情報

- ・「凸部、狭窄部及び屈曲部の設置に関する技術基準」の制定
- ・大規模災害時における道路交通情報提供の役割と高度化

◆技術論文

- ・コンクリート床版上面補強工法の確立 PCM 舗装施工機械開発
- ・供用中の二層式高速道路高架橋における上下層拡幅工事
- ・路面滞水処理作業における新規機械の開発
自走式路面乾燥機の開発
- ・舗装工事における CIM の試行 CIM 導入による効果と課題
- ・道路用ボラードの利用状況とテロ対策用ボラードの性能評価
- ・日本の高速道路における移動式防護柵の初導入
常盤自動車道における試行導入結果
- ・センサー技術を活用した道路用機械の安全対策技術の開発
- ・新たな視線誘導灯の開発
帯状ガイドライト設置事例及びドライバーに与える効果
- ・グレーダ開発の変遷史
- ・次世代型路床安定処理機械の開発
ディープスタビライザの品質・安全性向上への取り組み
- ・除雪作業の安全性向上に関する検討
- ・ペイロードマネジメントによる過積載の防止と生産性の確保

◆交流の広場

- ・地中レーダの原理・特徴と適切に活用するための留意点

◆JCMA 報告

- ・平成 28 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績 (その 2)

◆部会報告

- ・アスファルトプラントの変遷 (その 1) 黎明期～昭和 12 年

◆CMI 報告 吹付けノズルマンの技能評価試験

◆統計 平成 28 年度 建設投資見通し

平成 28 年 10 月号 (第 800 号)



800 号記念、維持管理・リニューアル 特集

◆グラビア

- ・「建設機械施工」誌 表紙の変遷
- ・「建設機械施工 (旧誌名: 建設の機械化)」誌創刊第 2 号, 第 3 号

◆巻頭言

- ・インフラ整備への地域住民の協働参画と ICRT の積極的な利活用
～地方の道をだれがいかにか～

◆記憶に残る工事

1. 黒四の工事と建設機械
2. 名神高速道路 山科工事の土工実績と今後の問題点
3. 東海道新幹線の工事について
4. 青函トンネルの概要について
5. 福島原子力発電所建設の工事概要
6. 新東京国際空港の大土工事

◆行政情報

- ・「国土交通省インフラ長寿命化計画 (行動計画)」の概要, インフラ老朽化対策の主な取り組み等

◆技術報文

- ・多機能橋梁常設足場の開発 耐用年数 100 年の長寿命化を目指して
- ・高速道路における大規模更新・大規模修繕工事
高速道路リニューアル事業の本格始動
- ・首都高速道路における更新事業の取り組み
- ・移動式たわみ測定装置の紹介
舗装の構造的な健全度を点検する技術の開発
- ・調整池法面改修工事に係るフェーシング機械
定張力ウインチを搭載した自走式ウインチの開発

◆交流の広場

- ・ドローン等を活用したセキュリティサービスと新たな脅威への対応

◆CMI 報告

- ・災害復旧支援に向けた応急橋の開発 (続報)

◆部会報告

- ・アスファルトプラントの変遷 (その 2) 昭和 13 年～31 年

平成 28 年 11 月号 (第 801 号)



土工 特集

- ◆巻頭言 ICT 導入による建設施工の生産性向上に向けて

◆行政情報

- ・CM 方式を活用した震災復興事業の現状報告

◆技術報文

- ・「機械の声を聞く」i-Construction を含有した総合的建機ソリューションの提供 Cat Connect Solution の提案

- ・i-Construction における重機 ICT コミュニケーション
ライカ アイコン テレマティックス
- ・加速度応答システムの適用性評価
- ・マシンコントロール機能を搭載した油圧ショベルの開発
ICT 油圧ショベル「ZX200X-5B」
- ・セミオートマシンコントロールシステムを搭載した油圧ショベルの開発 施工効率向上を実現する Cat[®] グレードアシスト
- ・UAV 搭載レーザ計測システムの開発
- ・土工用建設ロボットの開発における新たな挑戦
無人化施工機械から地盤探査ロボット開発の概要紹介
- ・大分川ダム建設工事
- ・大規模土工事における ICT 施工と CIM 化への対応
陸前高田市震災復興事業での取り組み
- ・シュル型浸透固化処理工法 新しい注入形態
- ・ジオシンセティックス補強土構造物による災害復旧対策
剛壁面補強土工法 (RRR (スリーアール) 工法) による強化復旧対策
- ・近頃の土工技術 デジタルアースムービング
- ◆交流の広場
- ・海洋探査技術の現状 水中音響計測技術の応用例紹介
- ◆CMI 報告
- ・補強土壁工法の新技術 帯状ジオシンセティックス補強土壁の紹介
- ◆部会報告
- ・アスファルトプラントの変遷 (その 3) 昭和 32 年～36 年
- ◆統計 平成 28 年度 主要建設資材需要見通し

平成 28 年 12 月号 (第 802 号)



防災、安全・安心を確保する社会基盤整備 特集

◆行政情報

- ・次世代社会インフラ用ロボットの開発・導入
取り組みの紹介と災害調査・応急復旧ロボット分野の検証概要

◆技術報文

- ・凍土方式による陸側遮水壁の造成
凍結管の削孔・建て込み, 凍結設備の設置工事
- ・工事を支える二つの『見える化』
山田宮古道路一山田北道路改良工事
- ・早期復興に應えるために取り組んだ現場運営の紹介
国道 45 号吉浜道路工事の事例
- ・東京モノレールにおける橋脚基礎の耐震補強
- ・締固めによる木曾三川下流域堤防基礎耐震化の事例紹介
砂圧入式静的締固め工法 (SAVE-SP 工法)
- ・災害対応ロボット電波を使用した遠隔操縦ロボット用災害対策車
両システムの開発 遠隔操縦ロボットシステム ASAM
- ◆投稿論文 振動ローラの機械仕様に関する研究

◆交流の広場

- 防災・災害把握へのドローンの利用

◆JCMA 報告

- ・平成 28 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績 (その 3)

◆部会報告

- ・アスファルトプラントの変遷 (その 4) 昭和 37 年～42 年

◆統計

- ・インフラシステムの海外展開の動向
- ・平成 28 年 建設業の業況

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

今や、業界唯一。
日本国内 自社自力生産・直接修理を实践中！

ポケットサイズ ハンディ～ショルダー機 フルラインアップ!!

ケーブルレス サテル-タ リーザー
離操作

Nシリーズ 微弱電波
Rシリーズ 産業用ラジコンバンド
Uシリーズ 429MHz帯 特定小電力
Gシリーズ 1.2GHz帯 特定小電力
ポーバ 防爆形無線機

- ◆ 業界随一のフルラインの品揃えとオーダー対応制度で多様なニーズに対応！
- ◆ 常に！業界一のコストパフォーマンス！
- ◆ 迅速なメンテナンス体制！
- ◆ 未来を見据えた過去の実績を見て下さい！
代々互換性を継承、補修の永続制

新 スリムケーブルレス より安価なオーダー対応を実現！

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力
両モデル対応
2段階押し
装着可能
モデルチェンジ！
内部設計を一新
自由度の高い
多様なオーダー対応
ボタン配置自在／最大32点
優れた
耐塵・防雨性能
送信機はIP65相当
自社開発 高耐久性
2段階押しスイッチを
装着可能
パネルゴム突起で
操作クリック感が
向上

8操作標準型
RC-5808N
●8操作8リレー
●軽量コンパクト
受信機
セットで
15万円
(税別価格)

12操作標準型
RC-5812N
●12操作12リレー
●照明出力リレーの
保持を標準採用
セットで
17万円
(税別価格)

16ボタン
モデル
16操作標準型
RC-5816N
●16操作16リレー
●同じ外形で
16個のボタンを
コンパクトに配置

マイコンケーブルレス

N/U/Gシリーズ
標準型
RC-6016N
●16操作16リレー
最大25リレーまで
対応可能
セットで
20万円
(税別価格)
防爆形 対応可能 (N/Uシリーズ)

微弱電波・特定小電力
両モデル対応
2段階押し・特殊
スイッチ装着可能
標準型
RC-8616N
●16操作16リレー
最大32リレー迄
対応可能
セットで
22万円
(税別価格)
モデルチェンジ！内部設計を一新！
全ての互換を優先しました！
N/U/Gシリーズ
頑強 ケーブルレス
堅牢なボディ
耐衝撃性能が向上
優れた
耐塵・防雨性能
送信機はIP65相当
自社開発 高耐久性
2段階押しスイッチを
装着可能
ハンディなのに
特殊スイッチを
装着可能
特殊スイッチ
オーダー対応例
防爆形はTX-8400型送信機で対応 (Nシリーズのみ)

マイティ サテル-タ N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力
両モデル対応
防爆形 対応可能 (Nシリーズのみ)
3ノッチジョイスティック型
RC-7132N
セットで
90万円～
(税別価格)
ジョイスティック
特殊スイッチ装着可能
全押しボタン
RC-7126N
セットで
45万円～
(税別価格)
ジョイスティック
2本装着オーダー例

旧アンリツ製 デジタルテレコン
入替専用モデル
RC-7233UAN
RC-7215U
新型ジョイスティック
3ノッチ
ジョイスティック型
スイッチガード付き押しボタン
全押しボタン型
オーダー例

チップケーブルレス Nシリーズ

微弱電波モデル
対応
標準型
RC-3208N
●8操作
8リレー
セットで
12万円
(税別価格)
片手で握り替えずに
正逆操作が行えます！
ボタン部の突起
ボタン間の仕切り一体型の
シリコンカバーで
操作性が向上

コンパクトという選択肢!!

チップ部品採用で
ポケットサイズ化
トコト機能を絞って
コストダウン
アルカリ乾電池なら
連続使用60時間以上
高い防水性能
送信機はIP65
従来の機と
信号互換あり！
受信機は既設のままで送信機のみ取替も可

ケーブルレスミニ

N/Rシリーズ
微弱電波・ラジコンバンド
両モデル対応
●3操作3リレー
最大5リレーまで対応可能
●2段階押しスイッチ追加可能！(オプション)
特許！
ケーブルハには
「ゼロ線電源」で
電気配線工事 不要!!
更に、おんぶ/だっこ金具*で
取付簡単!! (*オプション)

ポケットサイズの本格派!

標準型
RC-4303N/R
セットで
10万円
(税別価格)

リーザー 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
●12操作12リレー
最大32リレーまで対応可能
●見易くなった電池残量告知ランプ付
セットで
22万円
(税別価格)

価格もサイズも
ハンディー並み！
軽量コンパクト
ショルダータイプ

データケーブルレス

N/R/U/G
シリーズ
微弱電波・特定小電力
両モデル対応
●機器間の信号伝送に！
●多芯の有線配線の代わりに！
標準型
TC-1305R 20.5万円 (税別価格)
TC-1308N(微弱電波) 22万円 (税別価格)

工夫次第で用途は無限！
送信機
(外部接続入力型)
7100型
6300型
5700型
3200型
受信機
写真は
Uシリーズ

MAX サテル-タ Uシリーズ Gシリーズ

特定小電力
専用モデル
ジョイスティック
特殊スイッチ装着可能
RC-9300U
●多機能多操作
(比例制御対応も可)
全押しボタン
装着タイプ
セットで
95万円
(税別価格)

金属シャーシの
多操作・特注仕様専用機!!
無段変速ジョイスティック
2本装着例

無線式火薬庫警報装置

発破番 ES-2000R
音声
一般電話へ
自動転送!
音声
音声メッセージ
2km～(6km)
ER-2000R(受信機) ET-2000R(送信機)

標準付属品付
セットで
40万円
(税別価格)
●長距離伝送
到達距離約2km～(6km)
●受信機から
電話回線接続機能
●高信頼性
異常判定アルゴリズム
●音声メッセージで
異常箇所を連絡(受信側)
●大音量警鳴音発生
110dB/m

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



朝日音響株式会社

〒771-1350 徳島県板野郡上板町瀬部
FAX:088-694-5544(代) TEL:088-694-2411(代)
http://www.asahionkyo.co.jp/



マシンケアテック 株式会社

〒361-0056 埼玉県行田市持田1-6-23
TEL: 048-555-2881 FAX: 048-555-2884
URL: <http://www.machinecaretech.co.jp/>

ボルボ ABG アスファルトフィニッシャー

環境・安全・品質 — 設立以来揺るがぬボルボのコアバリュー
舗装性能、環境性、メンテナンス性、信頼性の向上を実現した
最新アスファルトフィニッシャーをお届けします

VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT

www.volvoce.com



GOMACO

Gomaco社の舗装機器は、どんなスリップフォーム工法にも対応します。



Commander III

最も汎用性の高い機種です。一般道路舗装のほか、路盤工事、河川工事、分離帯・縁石などの構造物構築に最適です。



RTP-500

長ブームの砕石・コンクリート搬入機です。このほかにも、ロック・ホッパーなどへの舗装支援機器として、どんなスリップフォーム機械にも対応可能です。



マシン ケアテック 株式会社

〒361-0056 埼玉県行田市持田 1-6-23
TEL:048-555-2881 FAX:048-555-2884
URL: <http://www.machinecaretech.co.jp/>

建設機械施工

広告掲載のご案内

月刊誌 建設機械施工では、建設機械や建設施工に関する論文や最近の技術情報・資料をはじめ、道路、河川、ダム、鉄道、建築等の最新建設報告等を好評掲載しています。

■職業別 購読者

建設機械施工／建設機械メーカー／商社／官公庁・学校／サービス会社／研究機関／電力・機械 等

■掲載広告種目

穿孔機械／運搬機械／工事用機械／クレーン／締固機械／舗装機械／切削機／原動機／空気圧縮機／積込機械／骨材機械／計測機／コンクリート機械 等

広告掲載・広告原稿 デザイン — お問い合わせ・お申し込み

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

ダム工事用コンクリート運搬テルハ(クライミング機能付)

重力式コンクリートダム等の新しいコンクリート運搬装置

コスト・安全・環境に配慮した最適な施工が行えます。

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



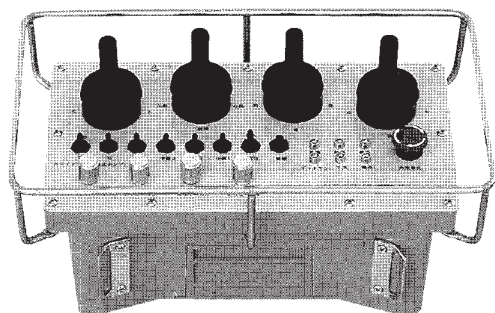
吉永機械株式会社

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

建設機械用
無線操作装置

ダイワテレコン

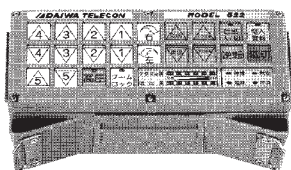
あらゆる仕様に対応
指令機操作面はレイアウトフリー



ダイワテレコン 572 ※製作例 比例制御4本レバー仕様



受令機



ダイワテレコン 522

《新電波法技術基準適合品》

- スイッチ・ジョイスティック・その他、混在装備で最大操作数驚異の**96CH**。
- コンパクトな指令機に業界最大**36**個の押しボタンスイッチ装着可能。
- 受令機の出力はオープンコレクタ（標準）リレー・電圧（比例制御）又は**油圧バルブ**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

HITACHI

Reliable solutions

巧みな作業を、 すべての人へ。

10.1インチの
タッチパネルディスプレイ



ズームイン/
ズームアウト



ローテーション
機能

優れたパフォーマンスと、
視認性が向上したタッチパネルディスプレイ。
施工図面を高精度に再現するICT建機が、さらに進化しました。

「Solution Linkage Assist」を搭載

生産性の向上を支援するために、日立建機独自のマシンコントロール機能によって、オペレータの操作をアシスト。従来機 (ZX200X-5B) と比べ、仕上げモード時の水平引き操作においてサイクルタイム35%短縮、最大速度25%向上を実現しました。

POINT

掘り過ぎ防止機能

バケット角度保持モード

i-Constructionなど、ICT施工をトータルにサポート

各施工プロセスに必要なデータを一元管理できるクラウドソリューション「Solution Linkage Cloud※」によって、国土交通省が推進する、i-ConstructionをはじめとしたICT施工に役立つさまざまなアプリケーションを提供します。いつでもどこでも用途に応じて大容量のデータを簡単に共有・活用することができます。



※Solution Linkage Cloudの一部アプリケーションは別途契約が必要です。



ICT 油圧ショベル ZX200X-6

NETIS 登録
国土交通省新技術登録システム
省エネルギーシステムTRIAS搭載油圧ショベル
登録番号CG-130004



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
申請中

「平成29年度 省エネルギー性能の優れた建設機械の導入に対する補助金」
対象機械です (補助上限額300万円)。

 日立建機株式会社

www.hitachicm.com/global/jp/

ZX200X-6 の詳細はこちら



www.denyo.co.jp

発電機・溶接機・コンプレッサは抜群の性能を誇るデンヨー製品で!



DCA-25MZ

GAW-155ES



DIS-8

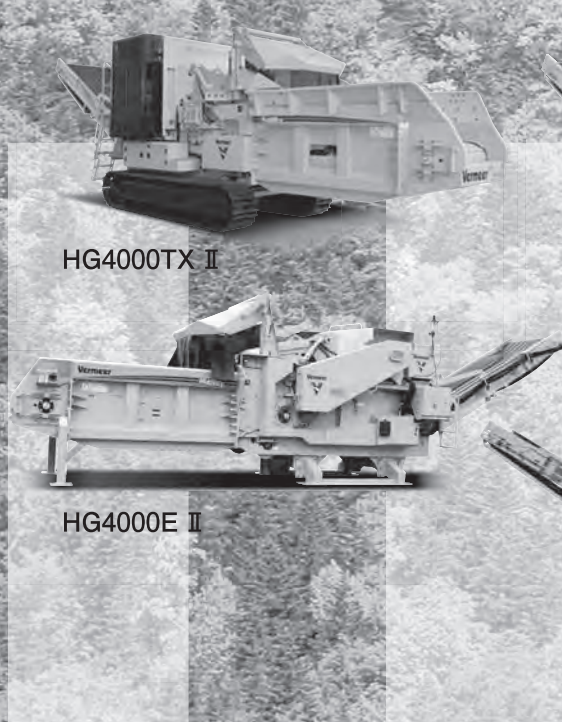
DIS-80LBE



東京支店 03(6861)1122
横浜営業所 045(774)0321
静岡営業所 054(261)3259
名古屋営業所 052(856)7222
金沢営業所 076(269)1231

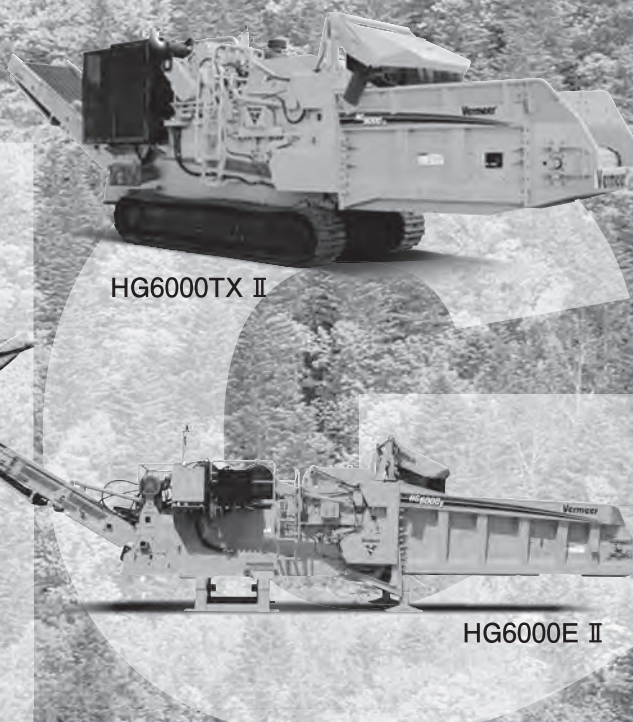
大 阪 支 店 06(6448)7131
 広 島 営 業 所 082(278)3350
 高 松 営 業 所 087(874)3301
 九 州 営 業 所 092(935)0700

マルマテクニカのホリゾンタルグライNDER



HG4000TX II

HG4000E II



HG6000TX II

HG6000E II

1台の破碎機でピンチップも切削チップも生産できる!用途別に選べる2タイプ。



破碎部のみの載せ替えが可能!!
様々な用途に1台で対応が可能



特長

- チップサイズは均一で、バイオマス発電向け燃料として実績が多数。
- 新車破碎機の在庫保有と新車の短納期体制で対応。
- 休車時間をなくすため、Vermeer 社破碎機部品の在庫を保有し、即納体制で対応。



マルマテクニカ株式会社

URL <http://www.maruma.co.jp/>

本社・相模原事業所	〒252-0331	神奈川県相模原市南区大野台6-2-1	TEL.042(751)3091	FAX.042(756)4389	E-mail:s-sales@maruma.co.jp
厚木工場	〒243-0125	神奈川県厚木市小野651	TEL.046(250)2211	FAX.046(250)5055	E-mail:atsugi@maruma.co.jp
東京工場	〒156-0054	東京都世田谷区桜丘1-2-22	TEL.03(3429)2141	FAX.03(3420)3336	E-mail:tokyo@maruma.co.jp
名古屋事業所	〒485-0037	愛知県小牧市小針2-18	TEL.0568(77)3313	FAX.0568(72)5209	E-mail:n-sales@maruma.co.jp



吸塵式乾式カッター

MCD-RY14HS

NETIS No.TH-150001



Mr.LIGHT 2

MLP-1212A



高周波バイブレーター

FX-40G/FU-162

未来へ伸びる、三笠の技術。



転圧センサー

バイブロコンパクター

MVH-308DSC-PAS

NETIS No.TH-120015



防音型

タンピングランマー

MT-55L-SGK

NETIS No.TH-100005



低騒音型

プレートコンパクター

MVC-F40S

NETIS No.TH-100006



低騒音型

バイブレーションローラー

MRH-601DS

低騒音指定番号5097

三笠産業株式会社

MIKASA SANGYO CO., LTD. TOKYO, JAPAN

本社／〒101-0064 東京都千代田区神田猿樂町1-4-3 TEL: 03-3292-1411 (代)

大阪支店 TEL: 06-6745-9631
札幌営業所 TEL: 011-892-6920
仙台営業所 TEL: 022-238-1521
新潟出張所 TEL: 090-4066-0661

北関東営業所 TEL: 0276-74-6452
長野出張所 TEL: 080-1013-9542
中部営業所 TEL: 052-451-7191
金沢出張所 TEL: 080-1013-9374

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

ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー



主な特長

- カッター出力は330kWで、強力な切削力を発揮し、軟岩から硬岩まで幅広い地質に対応。
- 機体寸法は、高さ3.9m×幅4.2m×長さ16.5m（ケーブルハンガーを除く）
- 定位置最大切削範囲は、高さ8.75m×幅9.5m
- 高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とピック消費量低減。
- 接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

KYB カヤバ システム マシナリー株式会社

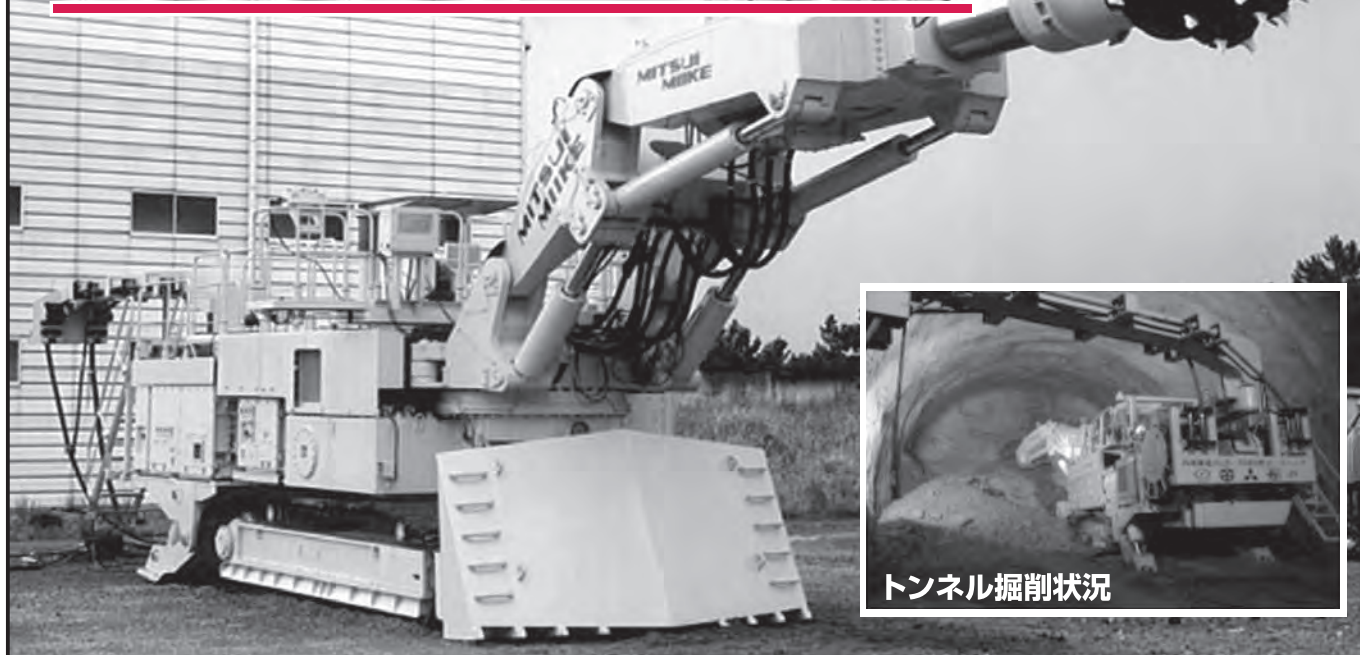
KAYABA SYSTEM MACHINERY CO., LTD

<http://www.kyb-ksm.co.jp>

本 社 ・ 営 業	〒105-0012	東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル	TEL. 03-5733-9444
カスタマーサービス相模事業所	〒252-0328	神奈川県相模原市南区麻溝台1丁目12番1号	TEL. 042-767-2586
大 阪 支 店	〒564-0063	大阪府吹田市江坂町1丁目23番20号 TEK第二ビル	TEL. 06-6387-3371
西 部 支 店	〒812-0016	福岡県福岡市博多区博多駅南1丁目7番14号 ボイス博多	TEL. 092-411-4998
三 重 工 場	〒514-0396	三重県津市雲出長常町1129番地11	TEL. 059-234-4111

全断面对应トンネル高速施工掘進機

ロードヘッドSLB-350S



大断面トンネルの高速施工を目指して

特 徴

- 国内最大の350/350kW定出力型2速切換式電動機を搭載しており、軟岩トンネルはもとより、中硬岩トンネルにおいても十分な掘削能力を発揮します。
- 切削部には中折れブームを採用しており、ベンチ長は最大5mまで確保できます。又、中折れブームを取り外しての全断面掘削、及び上半掘削も可能です。
- 中折れブームの取り外し、及び低速掘削を行うことにより、機体安定性と掘削トルクが増加し、中硬岩トンネル掘削時において高い効果を発揮します。(硬岩用ドラム使用)
- 油圧式のスライドデッキを機体両サイドに装備しており、機体幅より各々1mの張り出しが可能であるため、下部掘削時等におけるオペレータの視界が大幅に改善されます。
- ディーゼルエンジンの搭載により、ロードヘッド単独での走行が可能です。
よって、機体移動に際し配線替えや別途発電機の準備が不要となり、作業時間が短縮されます。

※1 ディーゼルエンジンはオプション仕様となります。

※2 揺寄・コンベヤ仕様の場合、ディーゼルエンジンは搭載されません。



製造・販売・レンタル及びメンテナンス



株式会社 三井三池製作所

本店／〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井ビル2号館

TEL.03-3270-2005 FAX.03-3245-0203

<http://www.mitsumiike.co.jp>

E-mail : sanki@mitsumiike.co.jp

A WIRTGEN GROUP COMPANY



Leading with excellence

フェーゲル SUPER 1803-3i



テクニカルハイライト

- > 最大作業幅8mで、狭い道路から高速道路などの大型舗装まで、様々な施工に柔軟に対応。
- > 騒音および燃費を大幅に低減しながら最大のパフォーマンスを実現するフェーゲルオリジナルのエコプラス駆動コンセプト。
- > ピボットステア機構で最小回転半径3.5m。
- > 快適性を追求する様々な自動機能を搭載したエルゴプラス3操作システムによる極めてシンプルな操作。

> www.voegele.info

ヴィルトゲン・ジャパン株式会社 ・ 〒101-0051 東京都千代田区神田神保町2-20-6 ・ Tel 03-5276-5201 ・ Fax 03-5276-5202

雑誌 03435-12



4910034351275
00800

「建設機械施工」

定価 本体八〇〇円 (税別)