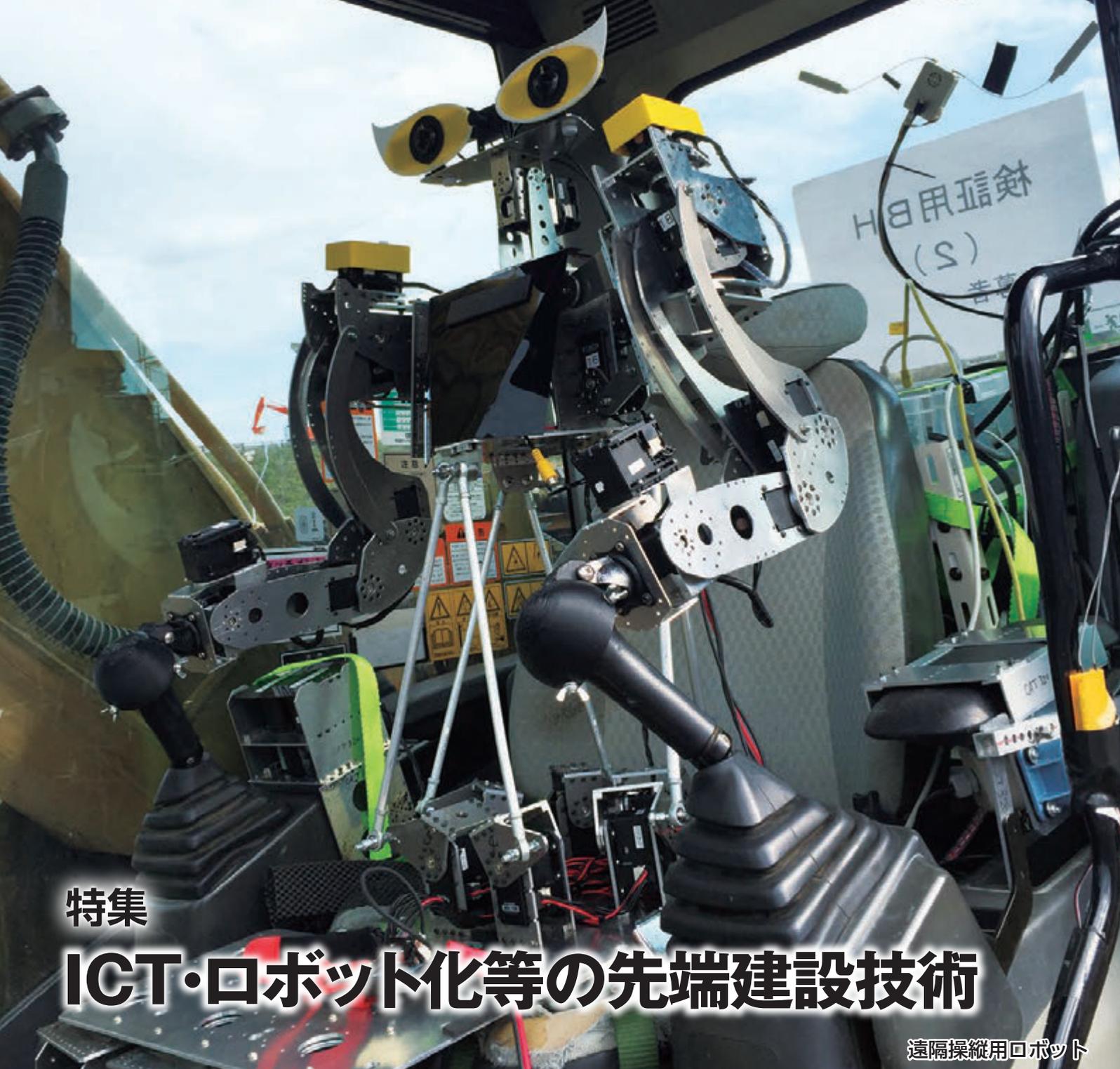


一般社団法人  
日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

2015

# 建設機械施工 **12**

Vol.67 No.12 December 2015 (通巻790号)



特集

## ICT・ロボット化等の先端建設技術

遠隔操縦用ロボット

### 巻頭言 「安かろう良かろう」を実現するために

- 技術報文
- 建機メーカーが描くICT建機施工を中心とした建設現場の未来
  - 建設機械の自動化を核とした次世代施工システム
  - 自律制御型建設機械の開発
  - 遠隔操縦用ロボットの開発
  - 施工CIM の最前線 他

- 行政情報
- 次世代社会インフラ用ロボット開発・導入の取組み
  - 革新的研究開発推進プログラム (ImPACT) の創設

交流の広場 DARPA・ロボティクス・チャレンジ・ファイナル

統計 平成27年度主要建設資材需要見通し

部会報告 除雪機の変遷 (その13) 除雪ドーザ (1)

一般社団法人 日本建設機械施工協会

# KOBELCO

低燃費のコベルコ!  
低炭素社会の実現へ

# KOBELCO

## 低燃費の進化は、 止まらない。

進化は、大胆に。次世代テクノロジーを結集した、コベルコの「新世機」。  
燃費の限界を超えて、低燃費の最先端へ。

### AGERA Geospec SK200

-18%の低燃費\*1で、新登場。

新開発エンジンを搭載し、ECOモードで最大約18%の燃費を低減\*1。3つのカメラで約270°の後方視界を提供する「イーグルアイビュー」  
を新採用\*2。さらに、カーナビのように掘削作業をナビゲーションしてくれる「ホルナビ」を新規設定\*2。  
大胆な進化を遂げた、コベルコの次世代マシン。

\*1. 従来機Sモード比/新ECOモード ※2. オプション設定



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

# 第62回欧州建設機械施工視察団 団員募集のお知らせ

## bauma 2016 (ドイツ・ミュンヘン)

本協会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、我が国の建設機械化の発展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。今回の視察の主目的は、ドイツ・ミュンヘン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“bauma 2016”の視察です。3年ごとに開催されるこの展示会は世界最大規模の展示会で、50カ国 3000社/団体以上が出展を予定しており、最新の建設機材、サービス、そして技術を一望することができます。そのほか、ドイツ・シュトゥットガルト/カールスルーエ/フランクフルトにおけるインフラ整備、都市再開発の工事現場視察等を予定しております。

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をキャッチするとともに、ヨーロッパの基盤整備状況を視察することにより、今後の事業展開に役立ちうる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。

### 【展示会概要】

【開催地】ドイツ・ミュンヘン 【期 間】2016年4月11日(月)～4月17日(日)  
 【周 期】3年毎 【主 催】ミュンヘン見本市会社  
 【会 場】ドイツ・ミュンヘン見本市会場 【出展社】3,420社(57ヶ国)(2013年実績)  
 【入場者】約530,000人(200ヶ国)(2013年実績)

### 【主要出展品目】

建設機械・機器、建設車輛、リフト、コンベヤー、工具、特別システム、コンクリート・モルタル処理・製造、型枠、足場、鋳業機械、原料抽出機械、原料処理、選鉱、各種製造プラント・システム・機械(アスファルト、コンクリート・コンクリート製品・プレハブ構成材、石灰砂岩・発電所残渣使用建材、石灰、石膏・石膏ボード、セメント、予混合ドライモルタル・漆喰・スクリードなど)、建材運搬・梱包、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 など

### 日 程 表

日次	月日曜	地名	発着現地時刻	交通機関名	摘 要
1	2016年 4月10日 (日)	東京(羽田)発 ミュンヘン着	昼 夕刻	航 空 機 専 用 車	空路、ミュンヘンへ(直行便利) 到着後、ホテルへ  (ウルム泊)
2	4月11日 (月)	ミュンヘン	終日	専 用 車	車にてbauma会場へ ★bauma 2016国際建設機械見本市視察  (ウルム泊)
3	4月12日 (火)	ミュンヘン	終日	専 用 車	車にてbauma会場へ ★bauma 2016国際建設機械見本市視察  (ウルム泊)
4	4月13日 (水)	ウルム発 シュトゥットガルト着	午前 午後	専 用 車	シュトゥットガルトへ ◎工事現場視察及び市内視察(シュトゥットガルト)  (シュトゥットガルト泊)
5	4月14日 (木)	シュトゥットガルト発 カールスルーエ着 フランクフルト着	朝 午前 午後 夕刻	専 用 車	カールスルーエへ ◎工事現場視察及び市内視察(カールスルーエ) ◎工事現場視察及び市内視察(フランクフルト)  (フランクフルト泊)
6	4月15日 (金)	フランクフルト フランクフルト発	夕刻	航 空 機	ご出発まで自由行動 空路、羽田へ(直行便利)  (機内泊)
7	4月16日 (土)	東京(羽田)着	昼		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 2016年4月10日(日)～4月16日(土) 5泊7日

視察地 ミュンヘン/シュトゥットガルト/カールスルーエ/フランクフルト(4都市)

催行人員 最少催行人員15名(添乗員同行)

参加費 お一人様432,000円(1名1室)(空港税・燃油サーチャージ別途)

※詳細は「募集パンフレット」でご確認の上お申し込みください。

締切日 募集締切日は2016年2月9日(火)

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 営業2課

担当:佐藤 瑛二

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: 森川

# 平成28年度 日本建設機械施工大賞の公募について

本協会では、平成元年度から、一般社団法人日本建設機械施工協会会長賞を創設し、建設事業の高度化に関し顕著な功績をあげた業績について表彰して参りましたが、前回から新たに、地域への貢献が顕著な業績も表彰することにいたしました。さらに、表彰内容の拡充に伴い表彰名称を『会長賞』から『日本建設機械施工大賞』に変更いたしました。

平成28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**独自の視点**に基づき、従来の施工方法・技術を改良したり、地域に普及させるなどの**取り組み**を通じて、**地域へ貢献**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への貢献度が高いものに与えられます。なお、ユニークなアイデアあるいは特に秀でた特徴を有するような提案があれば、選考委員会賞として表彰することもあります。

受賞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5回通常総会（平成28年5月27日（金））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28年1月31日（日）（必着）**です。

## 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**」で選考致します。なお、該当する業績が無い場合は表彰いたしません。

## 7. その他

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

以上

# 平成28年度 日本建設機械施工大賞 応募要領

前回から表彰名称を『日本建設機械施工大賞』と変更し、大賞部門と地域賞部門を設け、部門ごとに募集することといたしました。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28年1月31日(日)
5. 記載方法  
大賞部門
  - 「推薦文」(自薦・他薦を問わず、1ページ以内)
  - 「業績内容の概要」を記述する(1ページ以内)
  - 「業績内容」(下記aからiまで項目順に、簡潔に10ページ以内)
    - a. 業績の行われた背景
    - b. 業績の詳細な技術的説明
    - c. 技術的効果
    - d. 経済的効果
    - e. 施工または生産・販売実績
    - f. 類似工法または機械との比較
    - g. 波及効果
    - h. 特許、実用新案のタイトル(出願、公開、登録、国内・国外を明記)
    - i. 他団体の表彰等に応募中か、すでに表彰を受けているかを記述
  - 参考資料として次のものを添付して下さい。
    - a. 特許関係(公開または登録済みのものの最初のページの写し)
    - b. カタログ
    - c. 学会、技術誌等への発表論文があれば、そのコピー
  - 提出物  
応募用紙(「推薦文」・「業績の概要」・「業績の内容」がセットのもの)  
参考資料

地域賞部門

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

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

# 論文投稿のご案内

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

当協会ホームページ <http://www.jcmanet.or.jp>

## ★投稿対象

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

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

## ★部門

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

## ★投稿資格

原稿の投稿者は個人とし、会員資格の有無は問いません。

## ★原稿の受付

随時受け付けます。

## ★公表の方法

当協会機関誌へ掲載します。

★機関誌への掲載は有料です。

★その他：優秀な論文の表彰を予定しています。

## ★連絡先

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 (機械振興会館)

日本建設機械施工協会 研究調査部 論文担当

E-mail : ronbun@jcmanet.or.jp

TEL : 03 - 3433 - 1501

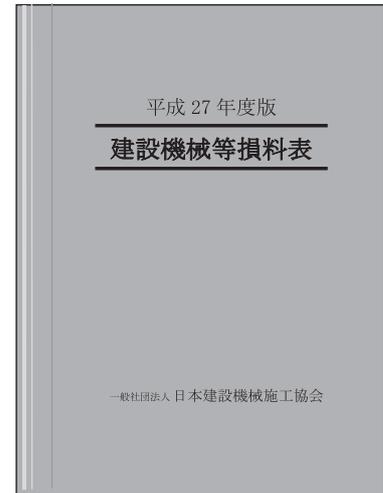
FAX : 03 - 3432 - 0289

## 平成27年度版 建設機械等損料表

- 発刊：平成27年5月9日
- 体裁：B5版 モノクロ 約620ページ
- 価格(送料別) 一般：7,920円(本体 7,334円)  
会員：6,787円(本体 6,285円)

### ■平成26年度版に対する変更点

- ・損料算定表の諸元欄の記載要領・表現を変更し読み易さを改善
- ・「機械運転単価表」の作成例を、現行歩掛に合わせて見直し
- ・関連通達・告示に「東日本大震災の被災地で使用する建設機械の機械損料の補正」を追加



\* 沖縄県の方は一般社団法人 沖縄しまたて協会 (TEL:098-879-2097) にお申込み下さい。

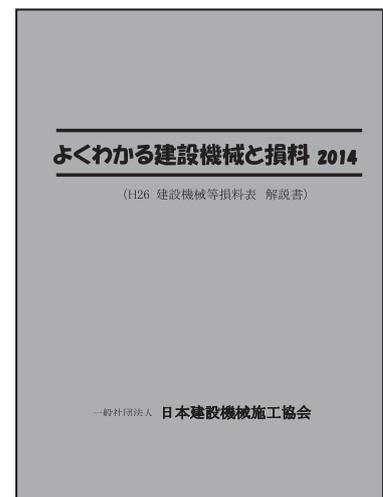
## よくわかる建設機械と損料 2014

本書は平成26年度版 建設機械等損料表の解説書として作成したのですが、平成27年度版 建設機械等損料表の解説書としてもお使い頂けます。

- 発刊：平成26年6月
- 体裁：B5版、一部カラー、約400ページ
- 価格(送料別) 一般：5,616円(本体:5,200円)  
会員：4,752円(本体:4,400円)

### ■特長

- ★ 損料用語、損料補正方法を平易な表現で解説
- ★ 各通達・告示類の要旨を解説
- ★ 各建設機械の分類コードの体系を図示
- ★ 各建設機械の概要(機能・特徴)を紹介
- ★ 主要建設機械のメーカー・型式名を表にして紹介
- ★ 機械の俗称からも掲載ページ検索が可能



# 橋梁架設工事の積算

平成 27 年度版

∞∞∞ 改定・発刊のご案内 ∞∞∞

平成 27 年 5 月 一般社団法人 日本建設機械施工協会

謹啓、時下益々ご清祥のこととお喜び申し上げます。

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

さて、このたび国土交通省の土木工事積算基準が改正され、平成 27 年 4 月以降の工事費の積算に適用されることに伴い、また近年の橋梁架設工事の状況、実績等を勘案し、当協会では「橋梁架設工事の積算 平成 27 年度版」を発刊することと致しました。

なお前年度版同様、橋梁の補修・補強工事の積算に際し、その適用範囲や積算手順をわかりやすく解説した「橋梁補修補強工事積算の手引き 平成 27 年度版」を別冊(セット)で発刊致します。

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

## ◆内容

平成 27 年度版の構成項目は以下のとおりです。

- 〈本編〉 第 1 章 積算の体系
- 第 2 章 鋼橋編
- 第 3 章 PC 橋編
- 第 4 章 橋梁補修
- 第 5 章 橋梁架設用仮設備機械等損料算定表
- 〈別冊〉 橋梁補修補強工事 積算の手引き  
(補修・補強工事積算の適用範囲・手順の解説)



## ◆改定内容

平成 26 年度版からの主な改定事項は以下のとおりです。

### 1. 鋼橋編

- ・送出し設備における説明文章、写真の追加
- ・少数 I 桁橋の足場工及び防護工の一部改定
- ・プレキャスト PC 床版工、場所打ち PC 床版工の一部改定

### 2. PC 橋編

- ・門構移動装置の新規掲載
- ・ポストテンション桁製作工他、各工種の適用範囲の明確化
- ・横組工 地覆・高欄施工足場の記載
- ・緩衝ゴム設置工 新規掲載

### 3. 橋梁補修編

- ・足場タイプ別詳細作業内容の掲載
- ・落橋防止システム工の一部改定
- ・ストップホール工の新規掲載
- ・塗替塗装 素地調整工の改定
- ・はく離材による塗膜除去作業の注意点の新規掲載

### 別冊「橋梁補修補強工事 積算の手引き」

- ・極少施工歩掛の考え方を新規掲載
- ・補修工事用数量集計マニュアルを新規掲載

● B 5 判／本編 1,201 頁 (カラー写真入り)  
別冊 197 頁 セット

#### ●定価

一般価格：9,720 円 (本体 9,000 円)  
会員価格：8,262 円 (本体 7,650 円)

※ 別冊のみの販売はいたしません。

※ 送料は一般・会員とも  
沖縄県以外 600 円  
沖縄県 610 円

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

● 発刊 平成 27 年 5 月 21 日

初の  
実務者向け入門版!!

# 情報化施工 デジタルガイドブック

2014.3  
発刊!

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

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

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

## 特徴

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

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

## 主な内容

- |                |                 |                 |                 |                   |               |                 |           |            |
|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|---------------|-----------------|-----------|------------|
| 1<br>情報化施工のあらし | 2<br>情報化施工技術の種類 | 3<br>情報化施工の適用工種 | 4<br>情報化施工の運用手順 | 5<br>建設機械・測量機器リスト | 6<br>情報化施工データ | 7<br>情報化施工の導入効果 | 8<br>導入事例 | 9<br>用語の説明 |
|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|---------------|-----------------|-----------|------------|

一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館  
TEL (03) 3433-1501 FAX (03) 3432-0289 <http://www.jcmanet.or.jp>

JCMA 図書 検索



## 情報化施工 デジタルガイドブック

## 定価

一般価格  
2,160円 (本体2,000円)

会員価格  
1,944円 (本体1,800円)

※送料別途

Windows版

デジタルブックDVD版  
(デジタル画像・動画等)

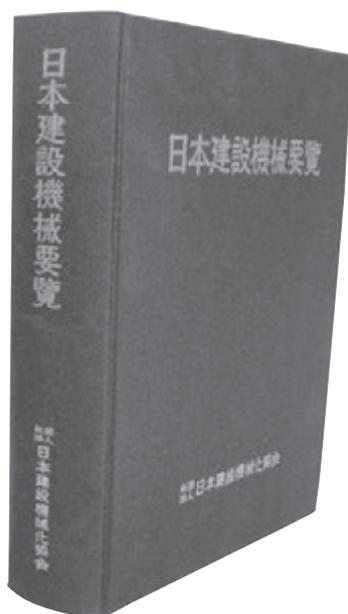
プレビューA4版冊子付

# 2013年版 日本建設機械要覧

## 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。



### 体 裁

B5判、約1,320頁／写真、図面多数／表紙特製

### 価 格

価格は次の通りです（消費税8%含む）

一般価格 52,920円（本体49,000円）

会員価格 44,280円（本体41,000円）

（注）送料は1冊900円となります。

（複数冊の場合別途）

### 特 典

2013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年版及び2010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2013年版を含めると1998年から2012年までの建設機械データが活用いただけます。

## 2013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、ウォータージェット工法用機器、CSG工法用設備、タイヤ、ワイヤロープ、検査機器等

## ◆ 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うけたとき。3.死亡し、又は失踪宣言をうけたとき。4.1年以上会費を滞納したとき。5.除名されたとき。○資格喪失時の権利及び義務:資格を喪失したときは、本協会に対する権利を失い、義務は免れます。ただし未履行の義務は免れることはできません。○退会の際は退会届を会長宛に提出しなければなりません。○抛出品の不返還:既納の会費及びその他の抛出品金は原則として返還いたしません。

**【個人情報の取扱いについて】**

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

No.	発行年月	図 書 名	一般価格 (税込)	会員価格 (税込)	送料
1	H27 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成 27 年度版	9,720	8,262	600
2	H27 年 5 月	平成 27 年度版 建設機械等損料表	7,920	6,787	600
3	H26 年 6 月	よくわかる建設機械と損料 2014	5,616	4,752	500
4	H26 年 5 月	大口径岩盤削孔工法の積算 平成 26 年度版	6,048	5,142	500
5	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
6	H25 年 6 月	機械除草安全作業の手引き	972	864	250
7	H25 年 3 月	日本建設機械要覧 2013 年版	52,920	44,280	900
8	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
9	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,240		400
10	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷【CD】	3,240		250
11	H22 年 7 月	情報化施工の実務	2,160	1,851	400
12	H21 年 11 月	情報化施工ガイドブック 2009	2,376	2,160	400
13	H21 年 9 月	道路除雪オペレータの手引	3,085	2,057	500
14	H20 年 6 月	写真でたどる建設機械 200 年	3,024	2,560	500
15	H19 年 12 月	除雪機械技術ハンドブック	3,086		500
16	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
17	H17 年 9 月	建設機械ポケットブック (除雪機械編)	1,029		250
18	H16 年 12 月	2005「除雪・防雪ハンドブック」(除雪編)	5,142		600
19	H15 年 7 月	道路管理施設等設計指針(案) 道路管理施設等設計要領(案)	3,456		500
20	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
21	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
22	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
23	H15 年 6 月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	540		250
24	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
25	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
26	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
27	H11 年 5 月	建設機械化の 50 年	4,320		500
28	H11 年 4 月	建設機械図鑑	2,700		400
29	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
30	H9 年 5 月	建設機械用語集	2,160	1,944	400
31	H6 年 8 月	ジオスペースの開発と建設機械	8,229	7,714	500
32	H6 年 4 月	建設作業振動対策マニュアル	6,172	5,554	500
33	H3 年 4 月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,079	9,565	600
34	S 63 年 3 月	新編 防雪工学ハンドブック【POD 版】	10,800	9,720	500
35	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
36		建設機械履歴簿	411		250
37	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。

## 目次

### ICT・ロボット化等の先端建設技術 特集

3	巻頭言 「安かろう良かろう」を実現するために ICT 導入への期待 .....	建山 和由
4	行政情報 次世代社会インフラ用ロボット開発・導入の取組み .....	新田 恭士
11	行政情報 革新的研究開発推進プログラム (ImPACT) の創設 .....	大崎 馨
16	建機メーカーが描く ICT 建機施工を中心とした建設現場の未来 「スマートコンストラクション」の導入 .....	四家千佳史・小野寺昭則・高橋 正光
21	建設機械の自動化を核とした次世代施工システム 次世代建設生産システム A <sup>4</sup> CSEL <sup>®</sup> (クワッドアクセル) .....	三浦 悟・黒沼 出・浜本 研一
26	自律制御型建設機械の開発 T-iROBO-Breaker (ブレーカ搭載自律制御型割岩油圧ショベル) .....	片山 三郎
32	無人化施工による応急対応技術とその基盤となるデジタル通信技術の開発 無人化施工の新たな工法と作業環境改善 .....	吉田 貴
37	小型多機能施工機械の自動制御化による路盤工事の合理化検討 .....	梶原 覚・浦田 公雄
42	大水深対応型水中作業ロボット Deep Crawler (ディープクローラ) .....	泉 信也・飯田 宏・小川 和樹
47	油圧ショベルの遠隔操作のための CG 重畳表示システム .....	谷本 貴頌・吉灘 裕
53	遠隔操縦用ロボットの開発 DOKAROBO2 .....	角 和樹・吉崎 航
59	建設機械のシンギュラリティ 機械土工自動化の未来 .....	岡本 直樹
65	施工 CIM の最前線 目的を明確にした施工 CIM の使い方 .....	杉浦 伸哉
70	現場力を高める BIM 最前線 .....	家入 龍太
75	クラウドを活用した建物管理システムの高度化 ビルコミュニケーションシステム <sup>®</sup> の適用と今後の展開 .....	後神 洋介
81	交流の広場 DARPA・ロボティクス・チャレンジ・ファイナル 福島第一原発事故を機にはじまった人間大ロボット競技会 .....	阿部 拓磨
88	ずいそう 博多祇園山笠 .....	古川 啓吉
90	ずいそう 座禅・瞑想はいかがですか .....	安念 正純
91	CMI 報告 次世代社会インフラ用ロボットの現場検証 トンネル維持管理分野を中心として .....	日本建設機械施工協会
94	部会報告 除雪機械の変遷 (その 13) 除雪ドーザ (1) .....	除雪機械技術委員会
101	統計 平成 27 年度主要建設資材需要見通し .....国土交通省	
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	
106	行事一覧 (2015 年 10 月)	
110	編集後記 .....	岡本・石倉
111	「建設機械施工」既刊目次一覧 2015 年 1 月号 (779 号) ~ 12 月号 (790 号)	

### ◇表紙写真説明◇

#### 遠隔操縦用ロボット

写真提供：(株)富士建

汎用建設機械の運転席に設置して遠隔操縦を可能とする人型ロボットである。人の立入が困難な災害現場では、

現地にて調達できる建設機械を遠隔操縦することにより迅速な応急復旧が可能となる。この遠隔操縦ロボットは、電動サーボモーターを使用し、安全で小型・軽量、高機能を目標に開発してきたもので、汎用建設機械に即時対応できることが特徴である。写真は「次世代社会インフラ用ロボット」平成 27 年度の現場検証時のものである。

## 情報化施工により東日本大震災の復興を支援

施工部会情報化施工委員会(委員長:植木睦央 鹿島建設株式会社東京建築支店機材部)は、情報化施工を通じ災害に強く信頼性の高い復興事業を実現できるように被災3県の施工者や発注者などを支援することとしました。

まずは、一般社団法人日本建設機械

施工協会のサイトに復興支援のためのホームページを立ち上げ、情報化施工に対する疑問や現場での困りごとについての相談に応じていくこととしました。次に、復興事業において情報化施工を取り入れ、自社のレベルアップを図ろうと考える施工者を、被災3県の

中から募り、業務受注後から竣工までをトータルサポートしていくこととされています。

<http://www.jcmanet.or.jp/sekou/hukkou/index.html>

## 第9回 日本建設機械施工協会 研究開発助成

### 1. 対象技術開発等

建設機械又は建設施工(施工に伴う調査を含む)に関する技術開発若しくは調査・試験研究であって、以下のいずれかをその目的として、新規性・必要性・発展性が高いと判断されるものを助成の対象とします。

- ①施工の合理化
- ②施工の品質管理
- ③建設工事における安全対策
- ④建設工事における環境保全
- ⑤災害からの復旧及び防災

⑥社会資本の維持管理・保全技術の向上又は合理化

⑦その他建設機械又は建設施工に関する技術等の向上と普及

### 2. 助成対象者

大学、高等専門学校及びこれらの附属機関、もしくは法人格を有する民間企業等の研究者及び研究グループ

### 3. 公募期間

平成27年8月10日(月)～10月31日(土);終了

### 4. 助成決定

平成27年12月中旬;終了

### 5. 助成期間

助成決定の翌日～平成29年3月31日

詳細問合せ先:

一般社団法人日本建設機械施工協会  
研究開発助成事務局 森川

TEL: 03-3433-1501

FAX: 03-3432-0289

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

## 日本建設機械要覧 2013 発売中

1950年より3年ごとに刊行し、好評を頂いている『日本建設機械要覧』の2013年版が刊行されました。

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。

2013年版購入の方への特典として、当協会が運営するWebサイト上で2001、2004、2007、2010年版の日本建設機械要覧のPDF版が閲覧およびダウンロードできます。

発刊:平成25年3月末;済み

体裁:B5判、約1320頁

写真、図面多数/表紙特製

価格(送料別途、消費税含む):

会員 44,280円(本体41,000円)

非会員 52,920円(本体49,000円)

詳細問い合わせ先:

一般社団法人日本建設機械施工協会  
業務部

TEL: 03-3433-1501

FAX: 03-3432-0289

[http://www.jcmanet.or.jp](http://www.jcmanet.or.jp/)

## 日本建設機械施工協会「個人会員」入会のご案内

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。

会費:年間9,000円

★個人会員の特典

○機関誌「建設機械施工」を毎月お届け致します。

本誌では、建設機械・施工技術に関わる最新情報や研究論文、本協会の行事案内・実施報告等のほか、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、会員価格で参加できます。

お問い合わせ・申込書の送付先

※お申し込みには本誌差込広告ページの申込用紙をご利用ください

一般社団法人日本建設機械施工協会  
個人会員係

TEL: 03-3433-1501

FAX: 03-3432-0289

[http://www.jcmanet.or.jp](http://www.jcmanet.or.jp/)

## 巻頭言

# 「安かろう良かろう」を実現するために ICT 導入への期待



建山和由

日本の将来を考える上で人口の推移は大きな論点となる。総務省統計局の推計によると平成 27 年現在の日本の総人口は 126,597 千人、このうち生産年齢人口と呼ばれる 15 歳から 64 歳の人口は 76,818 千人である。推計によると今後これらの人口は年々減少を続け、30 年後の平成 57 年に総人口は現在の 80.7% に、生産年齢人口に至っては 69.7% と 70% を下回ることが予想されている。このシナリオ通りに進むと、30 年後には現在の 70% に満たない生産年齢人口で日本の社会を支えていかなければならないことになる。

生産年齢人口の減少は、建設産業にも大きな影響を及ぼすことになる。直接的には建設従事者の減少が加速することが懸念されるが、それとともに建設投資の減少も問題となる。すなわち、税収が減少し、その結果、公共投資への予算の縮小を余儀なくされ、建設投資も縮小せざるを得ない状況になることが懸念される。

一方で、日本の総人口の減少に則して社会インフラの新規建設は勢いをなくしつつも、人々の活動と生活を支えるインフラの修繕と更新に伴う工事は今後益々増えていくことが予想される。すなわち、それを担う技術者と予算の不足は極めて深刻な状態になると予想され、この課題に対応するには、これまでの方策の延長線上の議論では不十分で、新たな技術や方策の導入に基づく大きな変革を図っていかなければならない。

このうち、担い手不足の課題に対する方策としては、生産年齢人口自体が大幅に減少していく状況の中で、現在でも担い手確保に苦慮している状況や建設投資が減少していくことを鑑みると、若手の入職者を確保することは益々難しくなると言わざるを得ず、これまで以上の努力と工夫が必要になる。また、同時に、高齢層でも仕事を担うことができる体制を作ることにより生産年齢の幅を広げること、省力化を追求し、現行ほど人手をかけずに工事を行う方法を構築していくこと、ならびに海外からの労働力の導入も併せて進めていかなければならない。

建設投資の減少への対処としては、単なるコストの

圧縮という話ではなく、技術の高度化による効率化や高品質化を図っていくことが求められる。生産性と信頼性を高め、これまでよりもコストを下げたより高い品質のインフラを整備することにより、維持管理の費用をも抑え、結果としてインフラ整備全体の予算を抑制していくことが求められる。すなわち、「安かろう悪かろう」ではなく、「安かろう良かろう」を実現していかなければならない。

これらの対策で重要な役割を果たすことが期待されるのが ICT を活用した施工技術の高度化である。無人化施工をはじめとする建設ロボットや情報化施工の導入は、高齢層や外国人の作業を容易にし、また少ない人手で効率よく、かつ精度を高めた工事を行うことを可能にしてくれる。さらに ICT やロボットを活用して現場の情報を収集し、それに応じて施工方法や施工計画を見直す精緻なマネジメントを実現することにより、コストを抑えつつ、質の高いインフラ整備を実現することも可能になる。

これらの対策を進める上で重要なことは、ロボットや ICT を活用すると「これまでできなかったことができるようになること」、あるいは、「これまでと比べて効率、精度、信頼性が画期的に向上すること」を活かし、施工全体の見直しを進めることと言える。すなわち、これまで人が行ってきた作業の一部をロボットや ICT で代替するという部分最適の発想ではなく、ロボットや ICT の導入を前提としてその長所を最大限活かして施工方法や構造物の設計全体を見直す全体最適を進めることによりコストを減らし、かつ確実にそれらの新技術の導入効果が得られる仕組みを作ることである。また、人が得意なところは人が行い、機械が得意なところは機械に委ねるなど、人と先端技術の融合を追求することにより、スムーズな導入を図ることも重要になる。今後、建設の分野でこの種の議論を盛り上げ、建設という技術を一段上のレベルの技術に高めていくことを強く期待する。

## 行政情報

## 次世代社会インフラ用ロボット開発・導入の取組み

新田 恭士

国土交通省では、労働力不足が懸念されるなか、膨大なインフラ点検を効果的・効率的に行い、また、人が近づくことが困難な災害現場の調査や応急復旧を迅速かつ確に実施するための「次世代社会インフラ用ロボット」の開発・導入を推進している。重点分野とした橋梁・トンネル・ダム・水中構造物等のインフラ点検や災害時の調査、応急復旧作業を対象に、平成26-27年度の2ヶ年で実用性に優れたロボットを公募し、試行的導入に向けた実用性を確認するための現場検証と評価を実施している。本稿では、本格導入に向けた現場検証の取組みについて紹介する。

キーワード：ロボット、現場検証、インフラ老朽化、点検、災害調査、応急復旧

## 1. はじめに

建設ロボット技術の導入に関して、国土交通省では、平成25年4月、「建設ロボット技術に関する懇談会（座長：油田信一芝浦工業大学特任教授）」での議論を経て、今後の調査・開発・活用の方向性やその実現に向けた方策を「建設ロボット技術の開発・活用に向けて～災害・老朽化に立ち向かい、建設現場を変える力～」として提言にまとめた。また、政府として「科学技術イノベーション総合戦略2015」（平成26年6

月19日閣議決定）、「日本再興戦略」改定2015（平成27年6月30日閣議決定）において、社会インフラにおける効率的・効果的な維持管理の実現、及び、安全且つ迅速・的確な災害対応を実現するために、ロボット技術の導入推進が掲げられたところである。また、「日本再興戦略」改定2014で宣言された「ロボットによる新たな産業革命」の実現に向けて設置されたロボット革命実現会議から「ロボット新戦略」（平成27年1月23日）が公表され、国際標準獲得を含め、世界を見据えたロボット利活用社会を目指すこと等が宣

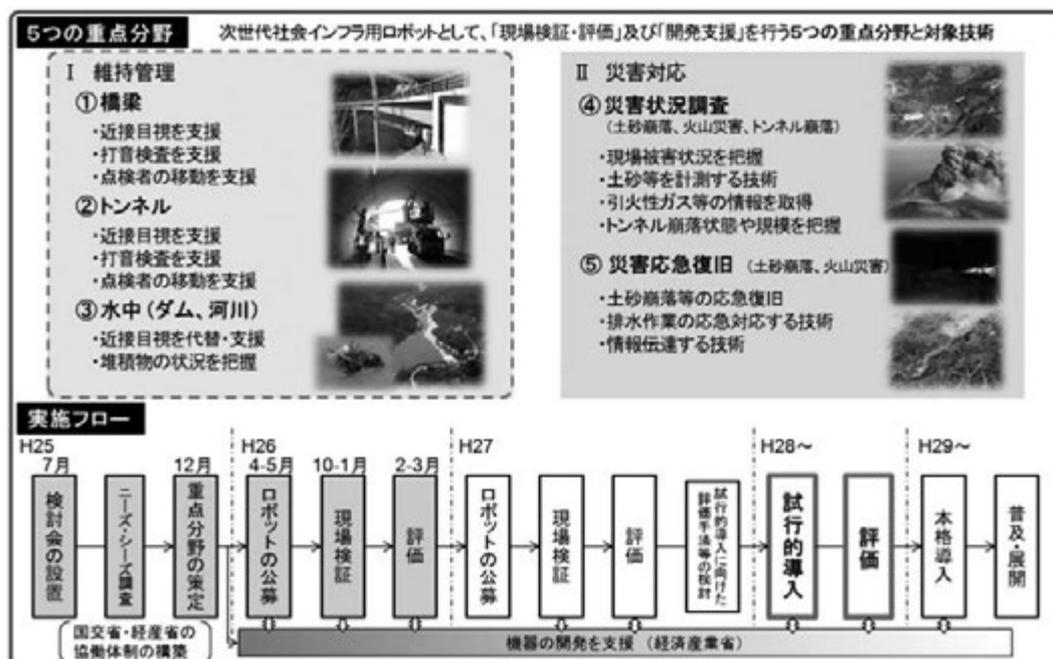


図-1 5つの重点分野と実施フロー

言された。

国土交通省では、開発・導入を推進する重点分野として、社会インフラの維持管理及び災害対応を行う国土交通省とロボット産業を育成支援する経済産業省が共同設置した「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入検討会」において、「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入重点分野」として5つの分野（維持管理：橋梁・トンネル・水中、災害対応：調査・応急復旧）を策定した。これに基づき、国土交通省では、民間企業や大学等から幅広く「点検ロボット」や「災害対応ロボット」を公募し、応募のあったロボットについて、2ヶ年（平成26-27年度）の直轄現場における実用性等に係る現場検証を実施するとともに、この結果を踏まえ、実用性に優れたロボットの試行的導入を予定している（図-1）。

## 2. 実現場を用いた現場検証の実施について

### (1) 検証の目的

現場検証は、ロボットの本格導入に向け“現場で使えるロボット”を見極める目的で行われ、基本要件（ユーザーニーズ）に対する機能と性能を現場環境の下で確認するものである。現場検証の結果、実用性が期待できる技術については、次年度以降に予定する試行的導入の対象技術として推薦する予定である。

今回の現場検証は2ヶ年で実施し、今年度も公募を

経て選定した69技術について142項目の現場検証を実施する。検証現場は、様々なロボットの性能を適切に確認できるよう、検証に適した一般的な条件の現場を全国11箇所において確保した。実際の現場は、形式構造も多種、周辺環境も多様であり、現場検証で確認できる条件も自ずと制約を受けざるを得ないが、応募技術の特長を踏まえ、より現場サイドの視点から安全性や作業効率等の実務的効果が期待できる技術の発掘・見極めを行えるよう工夫した。

さらに、現場検証では予期しないトラブルの発生もあるが、開発に寄与する有益な情報・ノウハウがもたらされており、検証の方法や結果を幅広く情報発信し、開発者と将来のロボットユーザー間で共有し役立てて頂くことを期待している。

### (2) 現場検証委員会と専門部会

現場検証と評価の実施にあたっては、「次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会」（平成26年2月25日設置）を設け、その下に5つの「専門部会」を設置した。委員会には、専門部会の長、ロボット分野の有識者の代表者、行政機関等および研究機関の代表者に参画頂くことで、開発と利用の両側面から現場検証を有益かつ効果的に運営するための審議体制を構築した。専門部会では、ロボット公募条件の設定、検証対象技術の選定、検証方法・評価項目・評価方法の決定、そして評価の実施までの現場検証に係る具体的事

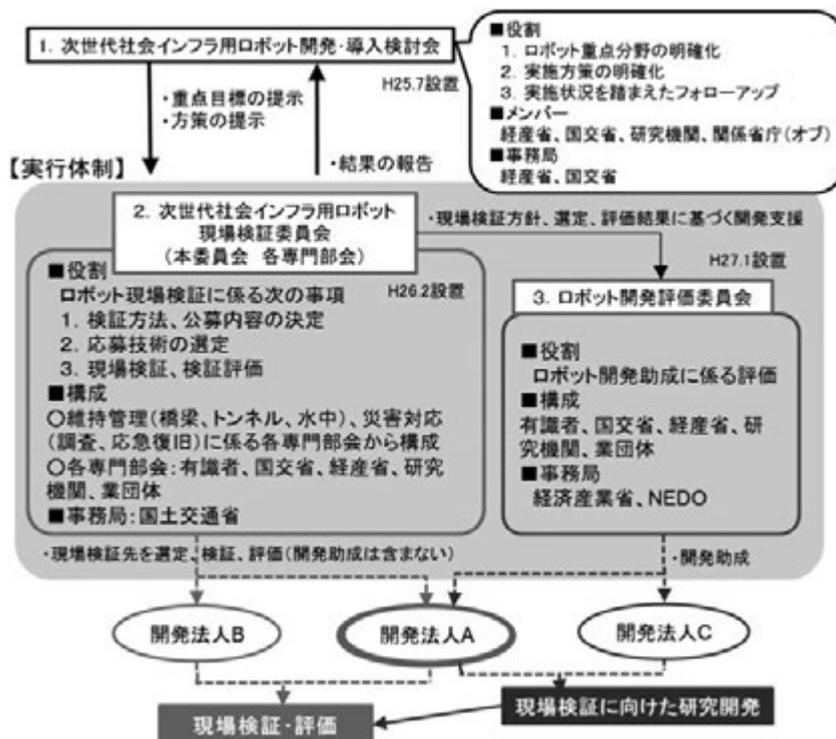


図-2 現場検証の実施体制

項を検討することとし、委員会では部会間での共通事項の審議などを行うこととした。なお、重点5分野毎に設置した専門部会にも産学官の有識者に参画頂いた。以下に、各分野の第一人者から成る専門部会の長、ロボット分野の有識者の代表者を示す。

#### 【次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会

(敬称略)】

- ・橋梁維持管理部会 (部会長：藤野陽三 横浜国立大学 先端科学高等研究院 上席特別教授)
- ・トンネル維持管理部会 (部会長：西村和夫 首都大学 教授)
- ・水中維持管理部会 (部会長：角哲也 京都大学 防災研究所 教授)
- ・災害調査部会 (部会長：高橋弘 東北大学 教授)
- ・応急復旧部会 (部会長：建山和由 立命館大学 教授)
- ・ロボット分野 (主に維持管理) 油田信一 芝浦工業大学 特任教授
- ・ロボット分野 (主に災害対応) 浅間一 東京大学大学院 教授

#### (3) 平成26年度の検証結果

昨年度は、平成26年10月から平成27年1月にかけて65技術91検証項目について、全国14箇所現場検証を実施した。実際の現場での検証を通じて、実導入に向けてロボットの効果と課題が明確になった。平成26年度は、現場検証1年目ということもあり、橋梁点検やトンネル点検においては、優れた性能を示した技術もあった一方で、様々な不具合も見られた。ロボットから得られた点検結果を、従来の近接目視点検の結果と比較照合した結果、現場適用が推奨された技術が無く、現行の人による点検を代替することの難しさが明らかとなった。災害調査や応急復旧について

は、現場への適用が推奨されると評価された技術もあり、これらの術については、現場検証を通じたロボットの詳細な技術情報及び動画を公開し、適した現場において活用を促進することとしている。平成26年度の検証結果の詳細については、以下の公開用ウェブサイト参照されたい (<http://www.c-robotech.info/> 平成26年度現場検証技術 db-1/)。

#### 【評価結果の要約】

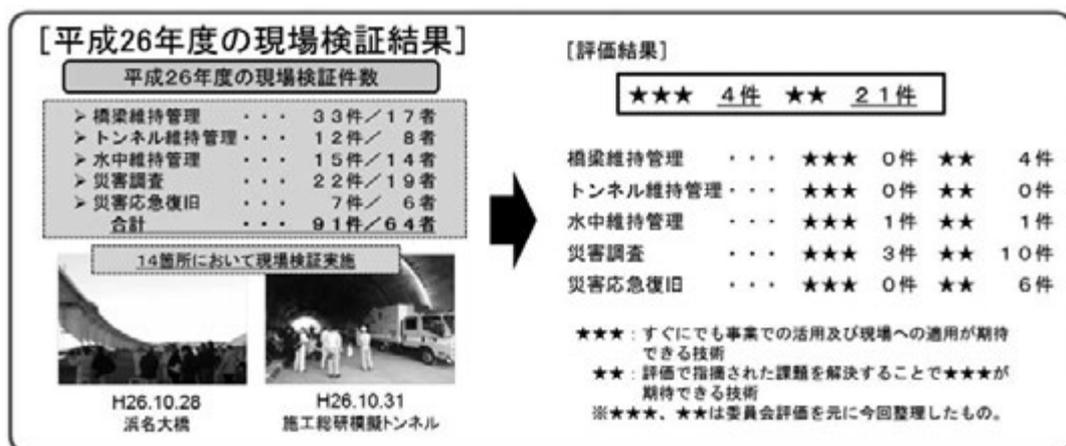
26年度の検証結果は、2ヶ年にわたる現場検証の中間段階評価であり、現場におけるロボットの効果と課題が明確となった。一方、現場適用が推奨される技術もあり、これらの技術については、現場検証を通じたロボットの詳細な技術情報及び動画を公開し、適した現場において活用を促進することとされた。

##### (a) 橋梁維持管理部会

従来手法による調査精度には至らなかった。飛行系(写真—1)については、橋梁へ近接し写真データの取得が可能なものもあったが、遠景程度のももあった。また、風が強い状況では飛行が不安定となり、更なる技術開発が望まれる。車両系(写真—2)、ポール系、懸架系においても、損傷状況の把握の精度の向上や操作の安定性に向けての技術開発が望まれる。なお、高精細な写真が得られても解析技術が未熟なため、最終成果の精度が低くなったとも考えられ、橋梁の損傷に関する知識や写真判読技術の向上も課題であることが指摘された。(試行的導入推奨技術:該当なし)

##### (b) トンネル維持管理部会

従来手法の近接目視による調査精度のレベルには至らず、従来手法による点検作業の代替または全面的な支援となる技術は確認できなかった。一方、現場検証によってロボット技術(実用検証技術)の長所および短所が明確となり、長所としては、現行手法による点検作業で必要となる車線規制時間が短縮される可能性



図—3 5つの重点分野と実施フロー



写真一 飛行系ロボット



写真二 車両系ロボット



写真三 堆積物の調査ロボット



写真四 土砂災害の調査ロボット

があること、ならびに点検作業の省力化の可能性が  
あることを確認した。また、短所としては、取得データ  
から変状を検出する作業において、検出者の熟練度等  
によって検出精度にばらつきが生じる可能性が確認さ  
れた。(試行的導入推奨技術：該当なし)

#### (c) 水中維持管理部会

ダムのゲート設備やコンクリート構造物等の近接目  
視を代替・支援する技術として、光学カメラを用いた  
技術は、比較的濁度での検証であったが、ほぼ画像  
を取得でき一定の評価ができた。また、一部の技術は、  
「期待する項目（より深く潜れる・ケレンができる・  
打音検査ができる）」まで満足することが確認された。  
堆積物の状況の全体像を把握するために音響測深機を  
用いた技術（写真一3）は、技術的に確立しているこ  
とが確認できたが、その適用条件には課題が残った。  
一方、『概査』（損傷が疑われる箇所を抽出するための、  
広範囲での1次スクリーニング）および『精査』（1  
次スクリーニングで抽出した箇所の詳細調査）といっ  
た、段階的な点検計画を考慮した場合の、それぞれの  
段階で水中ロボットに求められる仕様が異なるため、  
各々の要求精度を明らかにすることで、それぞれの段  
階に応じたニーズとシーズのマッチングを進める必要  
性が指摘された。(試行的導入推奨技術：1技術)

#### (d) 災害調査部会

特に土砂災害・火山災害の分野で多くの応募があっ  
たマルチコプターは、従来の有人飛行技術では不可能  
な被災箇所への接近撮影や計測が可能であり災害調査

に十分に役立つレベルにあると確認できた（写真一  
4）。ただし、特に条件の厳しい現場においては、調  
査結果としての成果の精度等が、運用技術（飛行計画・  
撮影計画の立案、オペレータの技量等）に大きく影響  
される点に留意が必要である。トンネル災害において  
は、崩落状況及び規模を把握するための画像と映像を  
取得できた一方で、移動機構や付属装置等の課題が明  
らかになった。(試行的導入推奨技術：3技術)

#### (e) 応急復旧部会

災害時の現場環境を考えると、使用されるロボット  
には、環境変化にも対応できるタフさと安定性が要求  
されるが、提案技術の多くは、この点の到達度が不十  
分だった。掘削や土砂運搬の応急復旧技術については、  
いずれの技術も建設機械を遠隔で操作することは可能  
だったが、操作性や安定性の課題が明らかになった。

排水作業の応急対応技術については、技術的に完成  
していることが確認され、適用可能な条件下に必要な  
場合は導入を検討すべき技術として推薦された。情報  
伝達技術については、通信標準を用いて汎用重機を遠  
隔操作する技術は、技術的に完成していることが確認

され、導入を検討すべき技術として推薦された。また、高精細な画像を低遅延で伝送する技術は、所定の性能を確認することができたものの、効果的な活用場面を明確化すべきことが指摘された。(試行的導入推奨技術：2技術)

### 3. 平成 27 年度の検証について

平成 26 年度の検証結果は、災害調査部会や応急復旧部会では、複数の応募技術が試行的導入に推薦される一方で、維持管理 3 分野においては、現時点の水準で点検員の近接目視点検には及ばない状況が明らかになった。

平成 27 年度の公募では、これらの状況を踏まえ、橋梁とトンネル点検について「近接目視や打音検査の代替・支援」から「代替」を外し「支援」に機能を絞り込むとともに、水中についても、利用場面を絞り込み実態に則した検証を実施することとした。昨年度の検証では、風速や流速に対する安定性といった技術的課題のみならず、利用場面や利用環境についての開発者の認識不足が見られる場面もあったが、今年度の現場検証に向けて課題が明らかになり、応募技術の更なる開発・改良が進んでおり大いに期待される場所である。

### 4. ロボットの活用場面について

ロボットの開発では、具体的利用場面を想定し、必要な機能と達成すべき性能目標を定量的かつ適切に設定することが重要である。勿論、自然相手の次世代イ

ンフラ用ロボットも例外ではない。トンネルや橋梁の点検作業を例に挙げると、国交省では道路管理者に近接目視を原則とした 5 年毎の定期点検及び診断を法的に義務付けており、絶対的な人手不足が懸念される中で、点検員が「コンクリート構造物全面にわたり表面にある幅 0.1 mm 程度の微細クラックを含め、遊離石灰把握、塗膜劣化などの基本的な損傷を把握し記録」している。点検ロボットが点検員の代替を目指す以上は、人と同等水準の点検成果が達成できることを基本要件とせざるを得ない。残念ながら昨年度の現場検証では、基本要件を達成した応募技術はなかった。結果的に現時点の技術で達成するには、容易な水準ではなかったが、維持管理コストを低減し専門技術者の不足を補う点において、導入効果が十分発揮されるならば、ロボットが必ずしも“人の代替”でなくともよい。そこで、今年度は“人の代替”を求めず“支援”できる技術を公募した。今年度の公募要領にロボットの利用場面を例示したので公開用ウェブサイト (<http://www.c-robotech.info/>) を参照頂きたい。本稿では、トンネル維持管理分野の公募要領に例示した利用場面として、点検員による近接目視点検終のスケッチ作業にロボットを利用するシナリオを紹介する(図-4)。このような利用法でも、点検作業の中で手間を要している記録手間の削減のみならず通行規制時間の短縮効果が期待できると考えている。

公募要領では、必須である「基本要件」に加え、「公募技術に期待する項目」として望まれる機能・性能を求めている。要求性能を定量化するためには、技術の成熟度に応じ利用場面(利用方法)を設定することが肝要であり、現時点では将来像を示しきれていない。引き

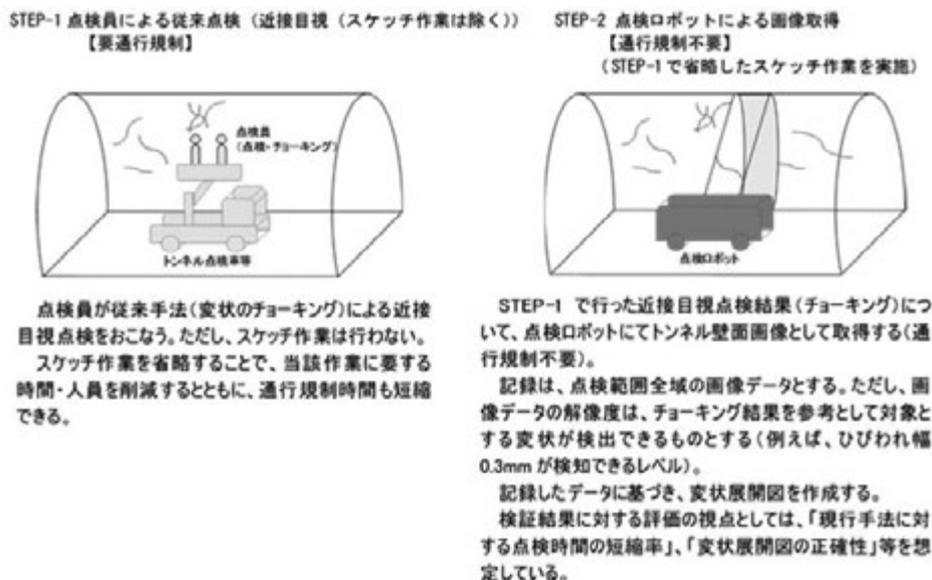


図-4 平成 27 年度の公募要領に示した支援のイメージ (トンネル維持管理分野)

続きユーザーや開発者とニーズや開発意図についての意見交換や議論を活発に行う必要があると考えている。

### 5. 今後の展開について

#### (1) 社会インフラ用ロボットの本格導入に向けた試行的導入のねらい

現場検証の結果、より高い導入効果が期待できるロボットについては、現場適用性や効果等を実務的な側面から検証するための試行的導入を実施する予定である。維持管理3分野については、試行的導入は、施設管理者が実施する実際の点検業務と同等の環境条件下においてロボットを用いた点検を試行し、ロボットによる点検成果を報告書にとりまとめ、別途施設管理者が実施した点検成果との比較検証を品質・効率・省人化の観点から実施する予定である（図—5）。試行的導入におけるロボットの機能や効果の発揮状況を踏まえ、ロボットを活用する上で最適な点検手順を提案したいと考えている。なお、災害調査と応急復旧の試行的導入については、導入に向けて技術基準等はないことから災害協定等を活用し積極的に試行的導入を図る予定である。

#### (2) ロボットを使った点検手順の提案

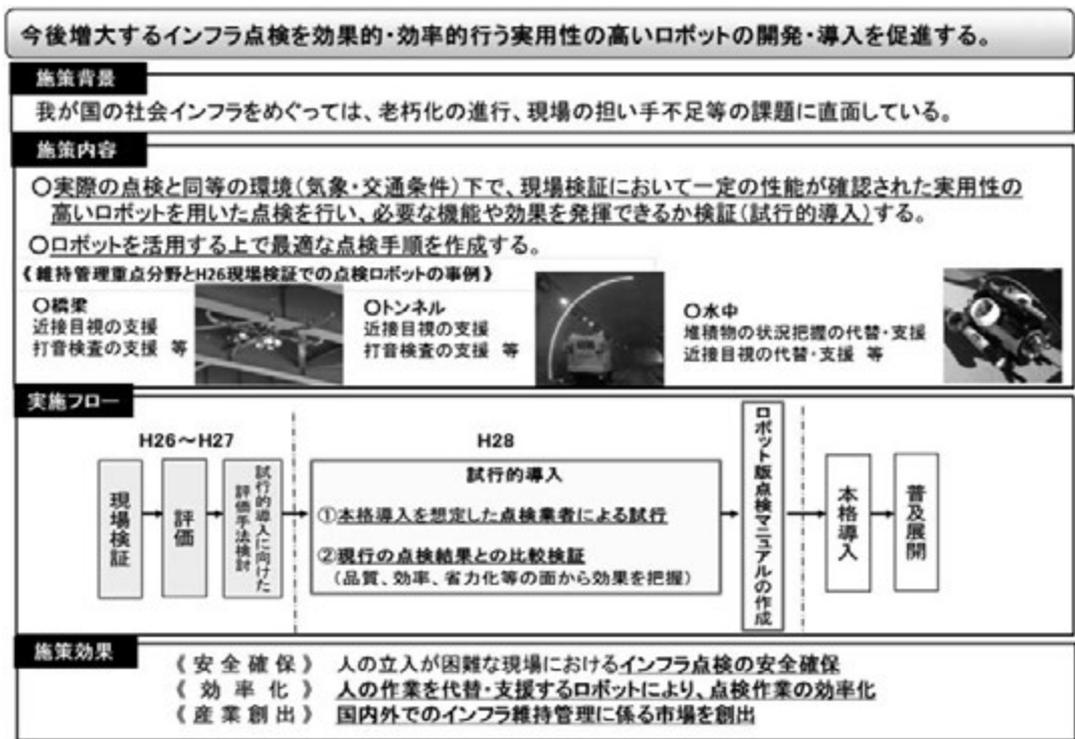
維持管理3分野（橋梁、トンネル、水中構造物）については、試行的導入を通じて得られるデータを検証

し、構造形式の違い等によるロボット技術の適用効果や点検品質の信頼性の違いなどを考慮し、施設管理者が行う点検業務へ適用するための点検手順（ロボット版点検マニュアル）の作成を行う予定である。

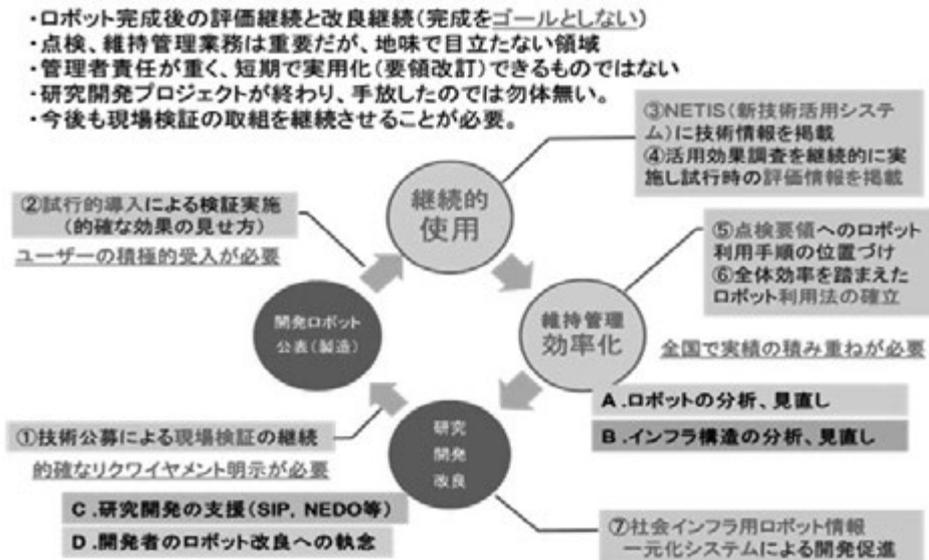
#### (3) SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）やNEDOプロジェクトとの連携

ここまでは、次世代社会インフラ用ロボットの現場検証について紹介したが、現場検証には研究開発プロジェクトであるSIPやNEDOプロジェクトで開発中の技術も参加しており、現場検証での検証・評価方法を含めて開発者の参考となっていることから、簡単に紹介する。

SIPは、科学技術イノベーション総合戦略及び日本再興戦略において、総合科学技術会議が司令塔機能を発揮し、科学技術イノベーションを実現するため創設された府省・分野横断型のプログラムである。基礎研究から出口（実用化・事業化）までを見据え、規制・制度改革や特区制度の活用等も視野に入れ推進され、現在10課題の開発プログラムが進行している。藤野陽三横浜国大先端科学高等研究員特別教授が率いるプログラム「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」の下で13課題が進行中であり、現場検証とも連携を図っている。中でも、本枠組みの下で国土交通省が実施している、「社会インフラの点検高度化に向けたインフラ構造および点検装置についての研究開発」



図—5 試行的導入の概要



図一六 ロボットの本格導入に必要な継続的な検証サイクル(私見)

では、ロボットを利用した点検作業に適したインフラ構造の開発を目指しており、国交省の現場検証で優れた評価を得たロボット技術等が共用できる構造を、現場検証を踏まえて提案している。また、「社会インフラ用ロボット情報一元化システムの構築」では、インフラ用ロボットに関する情報を核として、開発者同士、或いは開発社とユーザーを繋ぐことで、技術の発展、ビジネスの発展などの相乗効果をもたらすデータベースの開発と持続的な運営を目指している。国交省以外では、飛行型維持管理ロボット(6課題)、ガイド上移動式維持管理ロボット(2課題)、維持管理・災害対応ロボット遠隔操作技術(2課題)の開発が現在進められている。

また、NEDO(国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)では、現在「インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト(PL: 油田信一・芝浦工大教授)」の下で平成26年度から実施しており、橋梁維持管理・水中維持管理・災害調査をテーマでロボット11技術の開発が行われている。

- ・橋梁維持管理に関する研究開発(4課題)
- ・水中維持管理に関する研究開発(2課題)
- ・災害調査に関する研究開発(5課題)

これらSIPやNEDOプロジェクトの成果として期待される各種のロボット技術についても、実用化に向けて現場ニーズに則した検証評価の継続が必要であり、引き続き連携を維持して参りたい。

## 6. おわりに

近年の社会経済情勢の変化、とりわけ大規模災害へ

の備えとして国土強靱化や担い手確保の必要性が取り沙汰されるなか、これまで日本の社会資本整備を支えてきた建設施工技術に“機械化”に続く“ロボット化”を推進することで、社会資本整備とその維持管理に貢献することが期待される。

一般にロボット技術は、工場自動化(FA)など製造業分野が先行しているイメージがあるが、多様な自然環境条件と向き合う建設分野では、建設機械そのものがロボット技術であり、無人化施工や情報化施工等の優れた先行事例がある。今後も人手への依存度の高い作業を中心として、大きな生産性向上効果が期待できる分野である。

本稿で紹介した次世代社会インフラ用ロボットの現場検証の取組みについては、わずか2年間の実施予定であるが、ロボットの導入効果を得るために、技術開発成果が還元される継続的な取組みが必要である。

私見ではあるが、ロボットの開発・完成がゴールではなく継続的使用を通じてロボット利用法を確立し、改良のサイクルに載せることが、成果の社会実装であり恩恵を享受するために不可欠なことと考える。関係各位様には、次世代社会インフラ用ロボットの实用化と普及環境の構築に向けて引き続き力強いご支援をお願い申し上げます。

JICMA

【筆者紹介】

新田 恭士(にった やすし)  
国土交通省総合政策局公共事業企画調整課  
企画専門官



## 行政情報

## 革新的研究開発推進プログラム (ImPACT) の創設

大 崎 馨

我が国を取り巻く社会経済環境が厳しさを増す中、科学技術イノベーションの潜在力を発揮して閉塞感を打破し、経済再生を実現することが期待されている。その「カンフル剤」として、リスクの高い挑戦的な研究開発の機会を提供する「革新的研究開発推進プログラム」(Impulsing PARadigm Change through disruptive Technologies: 以下、ImPACT (インパクト) という) が創設された。本稿では、ImPACT 創設の経緯と概要について紹介する。

キーワード：研究開発、イノベーション、ハイリスク、ハイインパクト、プログラム・マネージャー

## 1. ImPACT 創設の背景

我が国は、1980年代のバブル経済の後、「失われた20年」とも言われる長期的な経済の停滞に苦しめられてきた。経済成長の原動力であるイノベーションは、単なる技術的な進歩だけではなく、その活用によって新たな価値を創造し、社会の変革をもたらすことによって実現する。かつて日本企業は、家電のように生活に密着した分野を中心に世界が驚くような商品を次々と送り出してきた。しかしこの20年の間に、インターネットに代表される情報通信技術 (ICT) の普及が社会に破壊的ともいえるほど大きな変化をもたらし、かつて予測できなかったような生活スタイルが出現したが、日本がその変化のうねりの中で中心的な地位を占めることができたかといえば心もとない。

この間、イノベーションの担い手も変化し、ベンチャー企業のように最初は小さくても画期的な種を生み出すプレイヤーが、世界中から優れたアイデアを集めながら相互作用を重ね、大きな価値を生み出していくといったオープンイノベーションが大きな役割を果たすようになってきている。科学技術の世界における「流儀」が変わりつつあり、残念ながら我が国はこうした流れに適切に対応できなかったと言わざるを得ない。日本がこれから復活を遂げるためには、これまでとは科学技術に対する取り組み方そのものを変えていく試みが必要である。

## 2. ImPACT 創設の経緯

ImPACT は、政府の科学技術・イノベーション政策の司令塔として内閣府に設置されている総合科学技術・イノベーション会議 (以下、CSTI という) が実施する新たな施策のひとつである。

CSTI は、これまでも内閣総理大臣、科学技術政策担当大臣のリーダーシップの下、科学技術システムの改革を主導してきたが、その施策のひとつに平成21年度から25年度まで実施した「最先端研究開発支援プログラム」(Funding Program for World-Leading Innovative R&D on Science and Technology: 以下、FIRST という) がある<sup>1)</sup>。FIRST は、「研究者を最優先」とすることを掲げ、我が国の代表となるような30名の中心研究者に一人当たり約30～60億円を助成して世界のトップを目指す研究を支援し、我が国の中長期的な国際的競争力の強化を図ることを目的とした制度である。その特徴としては、研究に専念するためのサポートを行う研究開発支援機関を任意に指名する等の研究開発支援体制の充実や、研究資金を基金化することにより年度にとらわれず自由度の高い執行を可能にするといった制度的に新しい取り組みがある。特に基金の設置は、研究の進捗に応じたタイムリーな調達や東日本大震災のような想定外の事態における柔軟な対応に威力を発揮し、FIRST は世界をリードする最先端の成果を数多く創出して成功裡に終了した。

第2次安倍内閣が取り組む経済再生の本丸ともいわれる成長戦略について具体的に著した「日本再興戦略」(平成25年6月14日閣議決定)において、困難な課

題に挑戦する気持ちを奮い立たせ（チャレンジ）、国の内外を問わず（オープン）、新たな成長分野を切り開いていく（イノベーション）、攻めの経済政策により経済の再生を目指すことが示されている。その実現のためのカギとして位置づけられている科学技術・イノベーション政策の方向性を示した「科学技術イノベーション総合戦略」（平成 25 年 6 月 7 日閣議決定）では、『我が国を「イノベーションに最も適した国」に創りあげていく』ために、従来の枠組みを超えた革新的研究への投資を行うことがうたわれており、ImPACT は、FIRST の制度的な特長を活かしながら、将来の経済社会・産業のあり方に大きな変革をもたらすようなインパクトを持つ独創的な研究を大胆に推進するためのプログラムとして創設することが決定された。

この中で、ImPACT は米国 DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency：国防高等研究計画局) の仕組みを参考にすることが示されている。DARPA は、インターネットや GPS といった今日の我々の生活の根幹を支える技術の創出に関わるなど、社会を大きく変革するイノベーションの担い手として世界的に高い評価を得ており、成果の民間転用についても非常に積極的である。時には空想的とさえ思える高い水準を要求し、それに挑戦するリスクを許容して国家として支えることによって、米国の産業の発展や市民生活の向上を図り、国力増進に寄与していることは明らかである。

こうした高い目標を実現している DARPA の特徴は研究開発プログラムの運営方法にあり、自ら研究者や施設を擁して研究開発を実施するのではなく、大学や企業等の外部の機関に資金を交付して研究開発を委託している。その際に、プログラム・マネージャー (PM) が大きな資金とその配分権限を有しており、自らの才覚で世界中の研究者や技術を目利きし、ミッションの達成に必要なかつ有望と思われるものに資金を与えて最強チームを編成することで、ハイリスクながらハイインパクトである研究開発を遂行している。一方で、進捗状況をシビアに判定し、時には同じ目標に対してメンバー同士を競わせてふるい落とすという、冷徹なマネジメントを行うことも要求される。

日本においては、従来の科学技術支援策は研究者や研究機関に重点が置かれてきたが、イノベーションの創出に当たっては研究開発成果は不可欠であってもそれだけでは不十分である。実現したい未来の姿を描いて、散在する技術をまとめ上げてアイデアを具現化する能力を持った PM という職域を国としても育てて

いく必要があり、これからはオープンイノベーションの下、PM がキーパーソンとして注目を浴びる存在となることを期待して ImPACT は制度設計されている。

### 3. ImPACT の概要

ImPACT は、図-1 に示すとおり、CSTI の責任の下で運営されている制度である。CSTI は、制度の指針となる基本的なルールを提示し、その中で研究開発実施の中核を PM が担う。PM の任務は図-2 に示すとおりであり、まず自らの掲げた構想を実現するためのアイデアやコンセプトを具体的にどのようなステップを経て実現に導くのかシナリオを組み立て、研究開発プログラムの全体をデザインすることから始まる。その上で、どの研究開発機関が優れた技術や人材を有しているか、自らの人脈や公開ワークショップ等の手法を駆使して情報を収集し、研究開発を委託する機関を選定する。ここで固まった研究開発プログラムの全体計画については、説得力を持つものであるかどうか CSTI が確認した後、実施に移される。これらの確認・承認に当たっては、CSTI 本会議（議長：内閣総理大臣）の下に設置された、革新的研究開発推進会議（座長：科学技術政策担当大臣）及び革新的研究開発推進プログラム有識者会議（CSTI 有識者議員及び外部有識者で構成）が実際の審議を行っている。

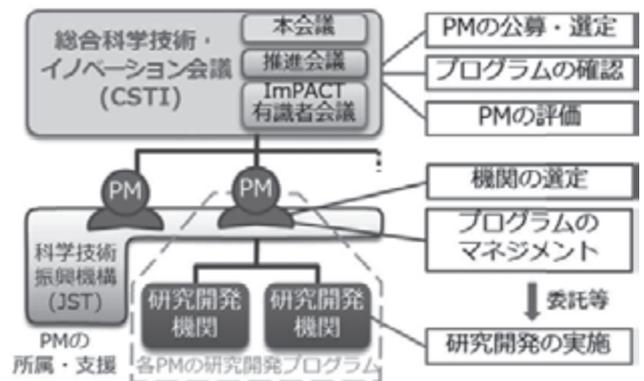


図-1 ImPACT の制度の概要

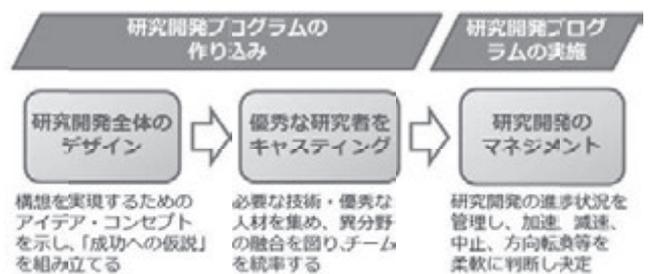


図-2 プログラム・マネージャーの任務

研究開発プログラムが実施段階に移行した後は、PMは委託先の研究開発機関の実施状況を適切に掌握し、進捗に応じて梃入れを図ったり、あるいは代替の計画を検討したり、時には委託を中止しプログラムの方向転換を図るといった大胆なマネジメントをすることが求められる。また、年2回程度を目途にCSTIに対して進捗報告を実施し、CSTIは助言や改善の要求を行うことで、今回の新しい試みが着実に推進されるよう努めることとしている。

ImPACTの財源及び運営組織については、平成25年度一般会計補正予算において550億円が計上され、国立研究開発法人科学技術振興機構（以下、JSTという）をPMの日々の活動を支援する機関とし、基金が設置された。財政事情が厳しい折、安倍総理の「将来に夢を繋ぐ国家重点プログラム」であるとの方針の下、山本科学技術政策担当大臣（当時）の強いリーダーシップによって、財政当局やJSTを所管する文部科学省をはじめとする各方面のご理解とご協力を得て発足にこぎつけたものである。

PMの身分については、PM業務が多忙を極めるものであることから、JSTに移籍して職員としてPM活動に専念してもらうこととした。ただし、現状において日本ではPMという職分が十分認知されておらず、DARPAのPMのようにプログラム終了後に就職の引く手あまたとなるほど人材流動性がないことに鑑みて、出身機関に籍を残し、ImPACT終了後に復帰

することを可能としている。その場合、大学教員においては研究室を維持するために一定の学務を継続する必要があることから、10%を限度としてエフォートを割くことを可能としており、そのために大学にはクロスアポイントメント制度（JSTと大学の職員としての身分を有し、エフォートに応じてそれぞれから給与を受けること）の導入を求めている。また、ImPACTにおいては目的達成のために最高の技術を結集することを求めているが、PM自身がその技術の保有者であることも少なくないことから、大学教員と公的機関職員である場合に限り、10%のエフォートを上限として、元の所属機関においてPM本人が自ら計画した研究開発の一部を受託することが可能な特例を設けている。

#### 4. ImPACTの実施状況

ImPACTの実実施スケジュールを図-3に示す。PMについては広く一般から公募を行い、平成26年においては3月7日に受付を開始し179名180件の応募があった。CSTIでは、外部有識者の意見も参考にImPACTの制度主旨との整合性やPM候補者の資質・実績及び構想内容の妥当性等を書面により審査し、選抜された候補者に対してヒアリングを実施して人物評価を行い、最終的に同年6月24日の第2回CSTI本会議において12名のPMを選定した。

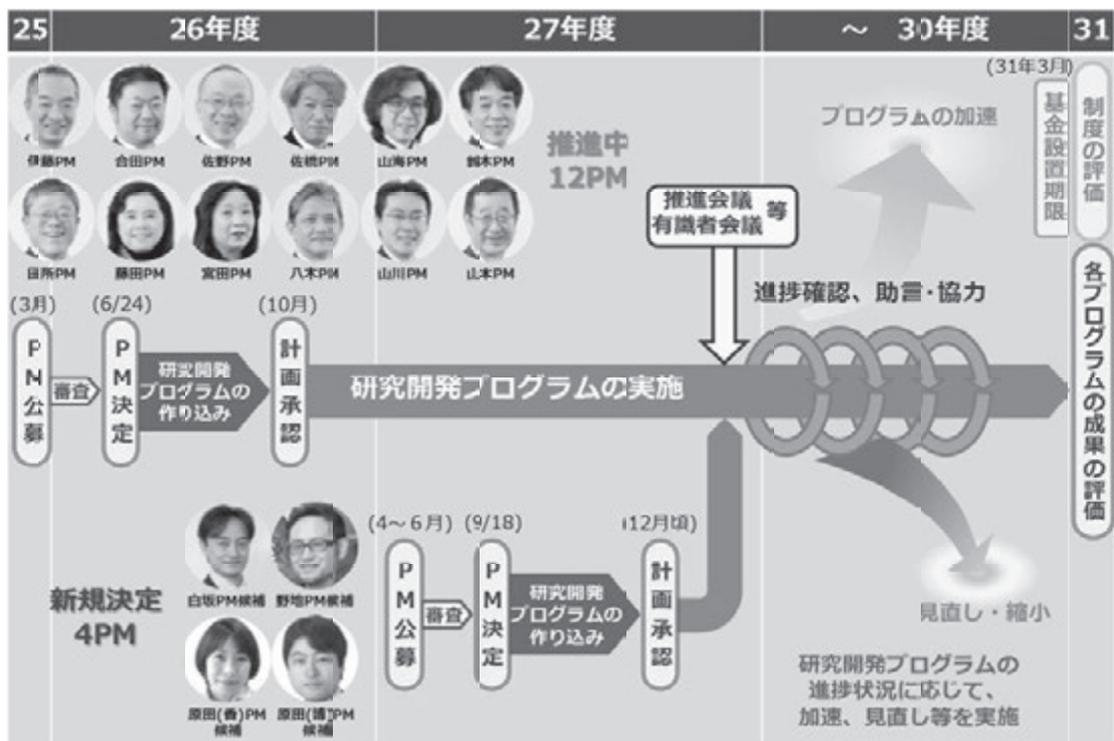


図-3 ImPACTの実施スケジュール

この時点において、各PMの研究開発プログラム構想はあくまでも応募当時までの情報によるものであり、その後、PMとして基金も活用しつつ研究開発プログラムの周知や情報収集、関係先との折衝等に当たり、研究開発実施機関の選定等の作り込みを進めて全体計画をまとめ上げ、同年10月2日及び30日の革新的研究開発推進会議において確認・承認を得て実施段階に移行した。このように、採択当時の計画にこだわらず、実施の準備過程や事業開始後においても内容や体制を柔軟にアップデートできることがImPACTの大きな特徴である。

さらに平成27年においても、国内外の諸情勢の変化を踏まえながら将来の方向性を先取りし、ImPACTの趣旨に適合するものを、先行的・先導的に取り上げていくため、果敢に挑戦する若干名の優れたPMを新たに採択することとした。4月17日より公募の受付を開始し75名76件の応募があり、審査の結果、9月18日の第11回CSTI本会議において4名のPMを

新規に選定し、研究開発プログラムの作り込みを実施しているところである。

16名のPMが実施する研究開発プログラムは表—1に示すとおりである。各研究開発プログラムの全体計画及び詳細については、ホームページに掲載されているのでご参照いただきたい<sup>2)</sup>。

## 5. 研究開発プログラムの事例紹介

次に、ImPACTにおいて実施されている研究開発プログラムの一例として、「タフ・ロボティクス・チャレンジ」について紹介する。

本プログラムは、未知で状況が刻一刻と変化する極限災害環境においてもへこたれずタフに仕事ができる遠隔自律ロボットを実現し、予防減災・緊急対応・復旧への解決策を提示することにより安全・安心な社会を目指すことを目標とするものであり、東北大学の田所論教授がJSTのPMに就任し、実施の責任者となっている。

平成9年に発生した阪神淡路大震災以来、災害救助にロボット技術を適用するべく多数の研究が行われており、平成23年の東日本大震災では初めてさまざまなロボットが災害現場に投入されその有効性を示したものの、消防をはじめとする関係機関に広く普及するに至っておらず、その効果は限定的なものにとどまることとなった。

その背景として、従来実現していたロボット技術は限られた環境の中でのみデモンストレーションが可能な「ひ弱な優等生」であり、災害により発生する予期できない過酷な環境に対応できるタフネス（頑健さ）を欠いたものであったのではないかという問題意識の下、本プログラムにおいて、現場に対応できる移動能力と認識能力、自ら状況を判断し一度失敗しても繰り返しやり直しを可能にするような高度な計画能力、これらを極限的な環境下で実現する耐久性・信頼性などについての課題を解決し、「タフでへこたれない」ロボットを実現しようとするものである。

図—4に示すように「飛行ロボット」、「脚ロボット」、「複合ロボット」、「索状ロボット」、「動物サイボーグ」という5種類のロボットプラットフォームを製作し、これに極限環境適応のボトルネックを解消するための機構等のロボットコンポーネント及びセンサ・ソフトウェア等のロボットインテリジェンスについての研究開発成果を統合し、実際の現場を想定した模擬環境フィールドにおいて実証的な評価試験を実施する予定である。また、デモンストレーションを通じて研究

表—1 プログラム・マネージャーと研究開発プログラム

PM氏名	プログラムの名称
伊藤耕三	超薄膜化・強硬化「しなやかなタフポリマー」の実現
合田圭介	セレンディピティの計画的創出による新価値創造
佐野雄二	ユビキタス・パワーレーザーによる安全・安心・長寿社会の実現
佐橋政司	無充電で長期間使用できる究極のエコIT機器の実現
山海嘉之	重介護ゼロ社会を実現する革新的サイバニックシステム
鈴木隆領	超高機能構造タンパク質による素材産業革命
田所論	タフ・ロボティクス・チャレンジ
藤田玲子	核変換による高レベル放射性廃棄物の大幅な低減・資源化
宮田令子	進化を超える極微量物質の超迅速多項目センシングシステム
八木隆行	イノベーティブな可視化技術による新成長産業の創出
山川義徳	脳情報の可視化と制御による活力溢れる生活の実現
山本喜久	量子人工脳を量子ネットワークでつなく高度知識社会基盤の実現
白坂成功	オンデマンド即時観測を可能にする小型合成開口レーダ衛星システムによる安心の実現
野地博行	豊かで安全な社会と新しいバイオものづくりを実現する人工細胞リアクタ
原田香奈子	バイオニックヒューマノイドが拓く新産業革命
原田博司	超ビッグデータプラットフォームによる社会リスク撤廃のための革新的イノベーション

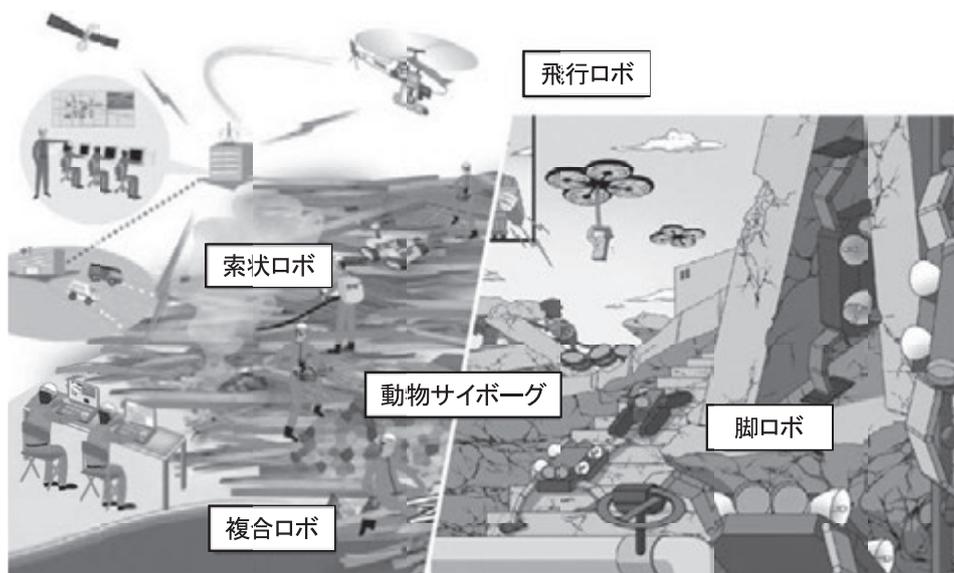


図-4 タフ・ロボティクス・チャレンジの概要

者とメーカー、ユーザーの間のコミュニケーションを図り、研究開発への要望の取り込みや実用化・事業化への流れを促進していくものである。

本プログラムの成果は、災害への対応のみならず、平常時における災害予防や社会基盤の維持管理といった屋外におけるロボットを用いた新たなサービス産業の開拓など、多方面への展開が期待されるものである。

## 6. ImPACTの今後について

ImPACTは、確実に成功を見込むことができないようなハイリスクなチャレンジを後押しする制度であり、百発百中を狙うものではないが、各PMは基金の法定設置期限(平成31年3月31日)までにそれぞれが掲げた目標を実現させるべく、全力で努力しているところである。

得られた成果については、迅速に民間企業に移転され実用化・事業化につながることを期待されるが、社会実装に向けてはより一段の技術開発を要するものや、公共性の高さの一方で収益化の見通しが遠い先であるため次の公的なプロジェクトへの引き継ぎが求められるケースも生じると思われる。内閣府の事務局と

しては、それぞれのプログラムの進捗と性格を見極めながら、イノベーションが花開くようサポートしていきたいと考えている。

また、ImPACTは単に技術的成果を得ることに焦点を当てた事業ではなく、国による研究開発支援の在り方について新しい試みを取り入れ、研究開発に関わる人たちのマインドセットをも変えていこうとするものである。ImPACTを先鞭として同様の制度が各方面で創設され、挑戦を促す雰囲気为社会に醸成されて停滞した雰囲気を打破するきっかけとなれば幸いである。

JICMA

### 《参考文献》

- 1) FIRST ホームページ <http://www8.cao.go.jp/cstp/sentan/index.html>
- 2) ImPACT 研究紹介ホームページ (JST) <http://www.jst.go.jp/impact/index.html>

### 【筆者紹介】

大崎 馨(おおさき かおる)  
内閣府  
政策統括官(科学技術・イノベーション担当)付  
革新的研究開発推進プログラム担当室  
参事官補佐



# 建機メーカーが描く ICT 建機施工を中心とした建設現場の未来 「スマートコンストラクション」の導入

四 家 千佳史・小野寺 昭 則・高 橋 正 光

建設業界では、労働力不足が深刻な問題となっている。そのような状況下で、必要な品質を確保しつつ、一定の工事量を消化するためには、建設生産システムの省力化・効率化・高度化を通じた生産性の向上が必要となる。この課題に対し、ICTを活用した建機等で建設現場の生産性や安全性を向上させる新サービス「スマートコンストラクション」（以下「本サービス」という）の提供を始めた。

キーワード：情報化施工，ICT 油圧ショベル，ICT ブルドーザー，UAV 測量，ステレオカメラ

## 1. はじめに

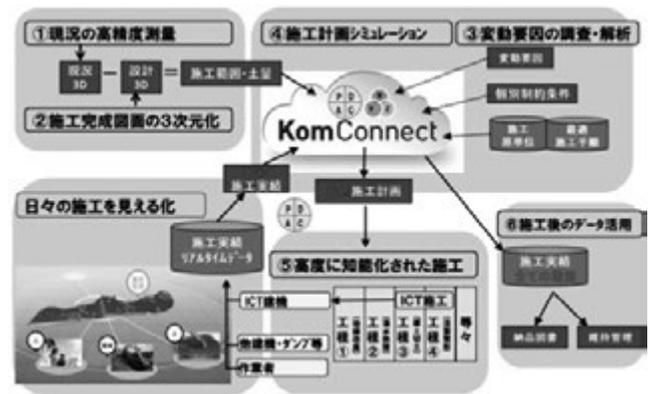
1992年度のピーク時には約84兆円あった建設投資は、2010年度には約44兆円まで落ち込んだものの、震災復興、2020年東京五輪、および、老朽化したインフラの更新などのニーズもあって、現在、建設投資は増加傾向へと転じている。しかし、それまでの建設投資の急激な減少等によるダンピング受注や下請け企業へのしわ寄せなどを背景に、建設技能労働者の減少及び高齢化の進行、新卒就業者の減少といった労働力不足が深刻な問題となっている。実際、建設業就業者数は、1997年度の685万人をピークに2014年度には505万人とピーク時から26.3%の減となっている。

そのような状況下でも、建設産業は、インフラの整備や維持管理などを担っていかねばならず、かつ、現場では生産性の向上、安全性の向上（危険作業の緩和）も求められている。

これらを受けて、建設作業の担い手の確保・育成を進めていくと同時に、建設機械の無人化・ロボット化などが推し進められている。

## 2. 建機メーカーの取り組み

このような様々な課題を抱える建設現場の問題解決には、建設会社だけでなく、それらに関与する各メーカーの努力も必要である。建機メーカーは、最新の技術を搭載した建設機械を建設現場に提供するだけでなく、その建機を最大限に活用できる仕組みをも提供しなければならないと考える。そこで、ICTを活用した建機などで建設現場の生産性や安全性を向上させる



図一 本サービス俯瞰図

新サービスの提供を始めた（図一）。

本サービスは、建設現場で施工に携わる、全ての人・機械・モノを、ICTで有機的につなげることで、現場の生産性を大幅に向上させ、安全でスマートな現場を実現させるのがねらいである。

2013年よりICTブルドーザー、昨年10月よりICT油圧ショベルなどのICT建機を導入した。ICT建機による自動制御によって、経験を問わず非熟練オペレータでも熟練オペレータのような精度での作業が出来るようになった。また、従来施工と比べて丁張設置や検測などの作業工程を大幅に削減することにもなった。

しかしながら、建設業界全体では、ICT建機による情報化施工の普及は、思いのほか進んではいない。

従来施工での前工程には、現場に設計面を示すための丁張の設置作業などがあるが、ICT施工では、建機が稼働するのに必要な施工用の3次元データを作成する作業のみとなり、現場での作業工数を削減でき

る。しかし、後工程については、工事完了後の納品図書の全てのフォーマットが情報化施工に沿ったフォーマットに変更されておらず、折角 ICT 建機で施工しても、ICT で得られたデジタルデータを以前のフォーマットへ落とし込む手間が発生してしまっている。そのため、ICT 建機を導入したメリットが薄れてしまう傾向にあった。

そこで、ICT 建機を現場に提供するだけでなく、ICT 建機の能力を最大限に活かすために、顧客視点に立ち、前述した前工程・後工程もソリューションとして提供することとした。

建機メーカーが、施工全体のソリューションまでも手がけたいと考えるのは、将来にわたり顧客にとって、なくてはならない存在になることを目指しているからである。そのためには、顧客の現場をより深くまで理解し、顧客の現場に新しい価値を創造する「イノベーション」を起こし続けることが最も重要だと考える。現場で得られた施工ノウハウが技術・製品の進化を促し、すぐに現場へと反映されていく。常に新たな価値を生み出し続ける好循環が日本の建設業界が求める真のソリューションにつながっていくと確信する。

そのために、建機メーカー自らも現場に入り、工事に関わる方、現場で作業される方から現場ならではの知見を教わりながら、建機メーカー自身も進化していくことで、未来の現場を顧客と一緒に実現していきたいと考える。

以降に、これらを実現するためのソリューションを紹介する。

### 3. UAV による高精度現況測量

近年、ICT を用いた現況測量として、トータルステーションや 3D レーザースキャナーなどが普及してきたが、まだまだ人手と時間がかかってしまっている。

そこで、広範囲の施工現場を短時間で、かつ、少ない人手で高精度な測量を実現できる無人ヘリ（以下「UAV」という）による 3 次元測量（写真—1）が有効であると考え。昨今、UAV が急速に普及しており、様々な分野での活用が見込まれ、航空法の改正など法整備も進んできている。

ここで、UAV による現況測量の手法を紹介する。事前に作成した飛行経路の情報を UAV へ転送することで、UAV は計画された飛行経路を逸脱することなく自動で飛行し、かつ、自動的に写真撮影を行う。空撮した写真をクラウドサーバへアップロードすると、撮影した写真からステレオマッチングの原理を用い



写真—1 UAV 測量

て、3次元の点群データを自動的に生成する。さらに、その写真に写り込んだ樹木や人工物などは土量計算に不必要な点群データとなるため、自動的にフィルタリングして、現況面のみの点群データ（現況 3 次元データ）に加工する。

土木工事における従来の施工では、施工前に設計図面を基に各測点の測量を行い、平均断面法やメッシュ法にて施工土量の算出を行ってきた。これからは、施工現場の現況が容易に、高精度な 3D データに自動で生成され、人の手だけでは決して実現できなかった線的ではなく面的な現況把握が短時間でできるようになり、より正確な施工土量の算出が可能となる。

### 4. 施工計画図面の 3 次元化

ICT 建機を稼働させる上で不可欠なのが、3次元の施工図面データである。その施工図面データを基にブルドーザーのブレードや油圧ショベルのバケットの刃先の管理を行う（図—2）。また、前項の測量で得られた現況 3 次元データと施工計画 3 次元データの差分を自動で計算し、施工する範囲や施工する土量を正確に把握することができる（図—3）。



図—2 ICT ブルドーザー 3次元施工データ

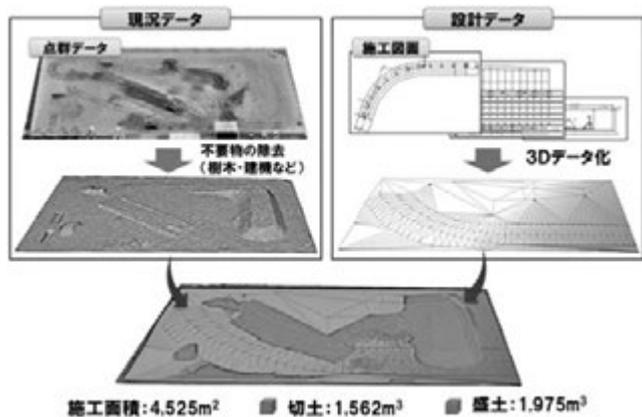


図-3 土量算出方法

## 5. 変動要因の調査・解析

建設現場の施工効率を左右する要因として、天候や湧水等の想定外の地盤状態などいくつか挙げられる。一般に、設計段階でボーリング等による地盤調査が実施されるが、必ずしも十分な調査数ではないことも少なくない。また、設計の変更があった場合、必要な箇所の地盤情報があるとも限らない。そこで、今まで建設現場の不確実性要因となってきたものを、事前に把握するための簡易的ツールを提供できないか、少なくともプロポーザル的な資料作成の材料となり、地盤調査の追加実施を促せるような手法を提供できないかを現在研究中である。

現場の不確実性要因を明確にすることによって、工事を進めていく過程で起こりうる問題を予測し、問題発生時の影響を最小限にとどめるよう施工計画への反映が可能となる。

## 6. 施工計画シミュレーション

建設会社では、蓄積された実績や個人の経験値を基に、自社のシステムや表計算ソフトなどを用いて、施工計画・見積・実行予算などを作成してきた。しかし、これから次々と建機メーカーから提供される新型機の性能を盛り込んだ計画書等の作成は、それらの情報収集などを含み時間がかかる作業となる。また、ほとんどの現行システムでは、施工途中での計画の見直し等に多くの手作業による作業工数を費やすこととなる。

そこで、必要な情報を常に提供でき、それらを考慮した必要建機台数・作業日数などを盛り込んだ実行予算が確認できるシミュレーションの提供が不可欠と考える。

ここまでに紹介した3つのソリューションを合わせれば、正確な施工範囲と施工土量を把握し、その箇所

の詳細な地盤情報を得ることが出来、より精度の高い施工計画が出来るようになる。

さらに、建機メーカーならではの工場生産で培ってきたノウハウを用いて、無駄のない最適な建機の選定からコスト計算や工期算出を、短時間に複数のケースにおいて行い、工期を最短にした場合やコストを最小に抑えた場合などの顧客のニーズに合ったシミュレーション結果を提供することが可能となる(図-4)。

また、情報化施工の核となる施工現場で稼働するICT建機から得られる日々の施工進捗量をフィードバックさせ、施工計画を見直すこともできるようになる。



図-4 シミュレーション結果 工程算出

## 7. 知能化されたICT建機による施工

現在、ICT油圧ショベルとICTブルドーザーを現場に提供している。

ICT油圧ショベルは、アームを動かす際にブームの位置を自動的に制御し、設計面を深掘りすることなく正確にバケットの刃先が設計面をトレースする「自動整地アシスト」(図-5)とアームやブーム、バケットを動かす際、設計面を傷つけないように自動停止させる「自動停止制御技術」を兼ね備えて、効率のよい掘削作業等が行えるようになった。



図-5 自動整地アシスト

ICTブルドーザーは、ブレードの操作を自動で行い、ブレードが目標位置に自動で下がり、粗掘削から仕上げ整地作業まで行える。さらに、ブレードにかかる負荷荷重が設定限界値を超えると、ブレードの位置を自動制御し、シュースリップを最小限に留める機能も備えており、設計掘削面へのダメージを軽減させ、作業効率も向上する（図—6）。



図—6 シュースリップ

これら ICT 建機を使用することで、建機周りでの人による補助作業が少なくなり、重機による事故も減少することとなる。

また、急な設計変更などが発生した場合などに対しては、顧客の現場を直接サポートするためのサポートセンタを新設し、図面の変更に伴う施工データの変更やトラブル等に迅速に対応している。

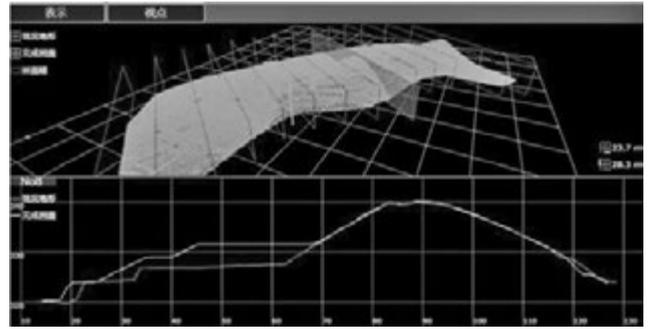
## 8. 日々の施工の見える化

本サービスによって現場で実現したいものは、ここで紹介した技術を個々に使うだけではなく、現場で稼働する全ての建機、現場作業員、現場で動かされる土など、現場に存在する全てのものを ICT で有機的につなげ、日々の施工を「見える化」することである。そうすることにより、現場にある全てのものの動きを、全て情報化し、その情報を基に、PDCA（Plan～Do～Check～Action）を実行し、その都度、見直しをかけ、常に最適な施工計画を現場へ提供していくことができる。

そして、これらを実現するためには、全ての技術を一元管理できるシステムが不可欠となる。

そこで、現場内のどこでも、どの端末からでも接続可能なクラウドサービス「KomConnect」を提供する。

ICT 建機による稼働データは、クラウドサービスに転送され、日々の施工の進捗状況に反映される。進捗図は切土部分・盛土部分と色分けで表示され、2次元・3次元表示に対応し、任意の断面での進捗も確認可能となる（図—7）。



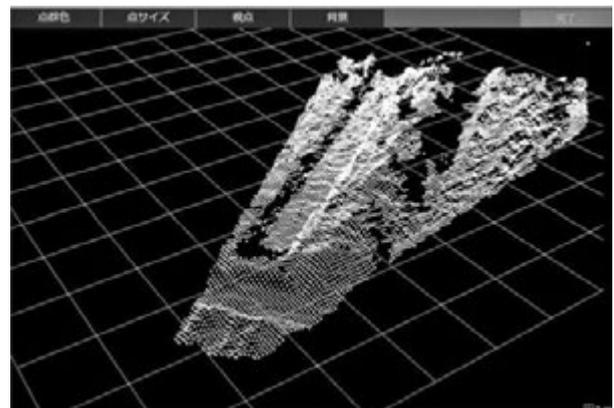
図—7 施工進捗断面表示

しかし、当然のことながら、ICT 建機以外の建機も現場内で稼働する。これらの施工情報は、ICT 建機と同じシステムで取り扱うことができない。そこで、ICT 建機以外の建機による施工の進捗をステレオカメラ搭載の ICT 建機にて管理する。

油圧ショベルのキャビン内に搭載されたステレオカメラにて、施工箇所を撮影することにより（写真—2）、3次元の点群データ（図—8）に変換することができ、ICT 建機にて施工した出来形データに加えることにより、現場内の全ての施工結果を把握することが可能となる。



写真—2 ステレオカメラでの現況写真



図—8 3次元点群データ

## 9. 施工実績データの活用

ICT 建機を使用することにより、現場における建機の稼働実績および施工実績が自動でクラウド上に蓄積され、それらを活用して、様々な帳票を自動作成できるようになれば、日々のルーチンワーク的な書類整理等が省力化され、現場担当者は、より一層現場の運営に集中でき、さらなる効率化が図れるようになると思われる。

## 10. おわりに

ICT の利活用で施工現場に存在する「人・機械・材料（モノ）」の全てがつながることができれば、施工の効率化、省力化、安全性向上等が図れる。

今までとは違った ICT を駆使した建設現場運営が若い人たちの関心へとつながり、建設業の魅力向上となれば、建設業全体の就業者数の増加にもつながると考える。

将来、これらのソリューションが一步一步進化していくことによって、完全無人化の建設現場が実現できると信じる。

JCMA

【筆者紹介】

四家 千佳史（しげ ちかし）  
 ㈱小松製作所  
 執行役員  
 スマートコンストラクション推進本部  
 本部長



小野寺 昭則（おのでら あきのり）  
 コマツレンタル㈱  
 代表取締役社長



高橋 正光（たかはし まさみつ）  
 ㈱小松製作所  
 スマートコンストラクション推進本部 事業企画部  
 GM



## 橋梁架設工事の積算 ——平成 27 年度版——

### ■改訂内容

#### 1. 鋼橋編

- ・ 送出し設備における説明文章、写真の追加
- ・ 少数桁橋の足場工及び防護工の一部改定
- ・ プレキャストPC床版工、場所打ちPC床版工の一部改定

#### 2. PC橋編

- ・ 門構移動装置の新規掲載
- ・ ポストテンション桁製作工他、各工種の適用範囲の明確化
- ・ 横組工 地覆・高欄施工足場の記載
- ・ 緩衝ゴム設置工 新規掲載 ほか

#### 3. 橋梁補修編

- ・ 足場タイプ別詳細作業内容の掲載
- ・ 落橋防止システム工の一部改定

- ・ ストップホール工の新規掲載
- ・ 塗替塗装 素地調整工の改定
- ・ はく離材による塗膜除去作業の注意点の新規掲載

■B5判／本編1,201頁（カラー写真入り）  
 別冊197頁 セット

### ■定価

一般：9,720円（本体9,000円）  
 会員：8,262円（本体7,650円）

※別冊のみの販売はいたしません。

※送料は会員・一般とも 沖縄県以外600円

注1) 沖縄県の方は一般社団法人沖縄しまたて協会  
 （電話：098-879-2097）にお申し込み下さい。

■発行 平成27年5月21日

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>

# 建設機械の自動化を核とした次世代施工システム

## 次世代建設生産システム A<sup>4</sup>CSEL<sup>®</sup> (クラウドアクセル)

三 浦 悟・黒 沼 出・浜 本 研 一

建設業界共通の喫緊の課題である「人手不足・熟練者不足」、「低い建設生産性」、「労働災害や事故の多さ」に対する解決法の一つとして自動化建設機械を用いた施工システムの開発を進めている。このシステムでは、作業指揮者がタブレット端末から作業指示を出すだけで複数の建設機械が同時に並行して自動運転を行うことが可能となっている。本報では、施工の安全性、生産性の大幅な向上を図ることを目的として開発した自律型自動建設機械を適用した、次世代施工システムのダム工事での実施状況について報告する。  
キーワード：自動建設機械、建設ロボット、自律制御、振動ローラ、ブルドーザ

### 1. はじめに

熟練技能者不足と高齢化のみならず建設作業員全体の減少が続き、建設事業費の縮小傾向も予想されている状況下では、現場生産性の向上、すなわち少ない人員で品質を確保しつつ施工することが必須となる。また、長年にわたり建設業の重要課題となっている労働災害抑制の抜本的対策も強く望まれている。それらを実現する一つの方法として、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の研究開発を進めている。図一に次世代建設生産システム A<sup>4</sup>CSEL<sup>®</sup> (クラウドアクセル: Automated/Autonomous/Advanced/Accelerated Construction system for Safety, Efficiency, and Liability) のコンセプトを示す。この施工システムの特徴は、いわゆる建設ロボットのような専用機械ではなく汎用機械をベースとした自動建設機械を開発するとともに、熟練者の運転操作をデータ化しそれを基に自動運転させること、及び状況に応じて決定しなければならない作業計画は人間が担当し、定型化された作業は自動建設機械が自動で行うことによって、少ない人員で多くの機械を動作させることで

安全で効率の良い施工が実現することにある。以下にその概要を記す。

### 2. 自律型自動建設機械の開発

近年、大規模土工事やダム工事を中心に ICT を活用した、いわゆる情報化施工システムの導入が積極的に進められている。建設機械に関連する代表的な例としては、GPS によって測定された建設機械の位置での設計データを照合して、例えば、ブルドーザであればブレードの高さを教示、あるいは自動制御することによって、熟練技能を持たないオペレータでも精度良く仕上げることを可能とする「3D-MG」や「3D-MC」と呼ばれる施工技術や、振動ローラの走行軌跡から転圧エリアと転圧回数をオペレータに提示して作業の品質を評価する「盛土締固め管理システム」といった管理技術などによる効率化、合理化が報告されている。

筆者らは、これらの技術をベースとして、就業人員・熟練作業員の減少、現場安全性の向上等に対してより一層貢献できる技術として、現状と同等以上の施工効率を極力少ない人数で達成することを目標に建設機械の自動化の研究開発を進めている。

今般、その第一段階として、汎用の振動ローラとブルドーザを対象に自動化装置や計測制御装置を後付けした、自動転圧システムと自動まき出しシステムを開発した。以下に、開発したシステムの概要と、本システムを RCD ダム現場他で試適用した結果を示す。



図一 自動施工システム (A<sup>4</sup>CSEL<sup>®</sup>) のコンセプト

(1) 振動ローラ自動転圧システム<sup>1)</sup>

(a) 開発の概要

転圧作業の自動化施工システムを実現するため、まず、振動ローラの自動化を行った。汎用の振動ローラにセンサや自動化装置を後付けするとともに制御用のPCを搭載し、計測データに基づいた自動制御信号を制御用PCから出力することで動作する自動振動ローラを実現した。

施工範囲や作業仕様などは作業指揮者が携帯するタブレットPC上で作成する。この作業指示を無線送信すると、自動振動ローラ上の計測制御PCによって走行経路を自動設定し、転圧作業を開始する。以降、安全確認を行いながら所定の指示内容を完了するまで自動で作業を行うことができるシステムとなっている。

本システムの現場導入にあたっては、特に、安全対策に十分留意した。遠隔操作型の建設機械も含め、これまで人が運転しない機械を一般の工事現場に導入した事例はなかった。このため、例えば、自動走行中は常時、前後の路盤形状を計測して、一定の値以上の凹凸形状に対しては障害物と認識して停止し、障害物が取り外されると運転再開するなど、人や他の建設機械が錯綜する施工実態に適した機能などを付加し、多重の安全確保を施した自動運転システムを実現した。

また、作業効率の向上を目的に一人の作業指揮者によって複数機械を同時並行作業させることができるよう、1台のタブレットPCから複数台の振動ローラに作業指令を出すことを可能としている。

(b) 自動化装置システム

写真一1に自動化した振動ローラ（酒井重工製SD451, 運転質量：11t, 全長：4.1m, 全幅：2.3m, 高さ：3.0m）を示す。この振動ローラに設置した各種装置について以下に説明する。



写真一1 振動ローラ

①後付け自動化装置

汎用の振動ローラを自動化するために後付け自動化装置を設置した。既設のハンドルにモータ駆動の操舵用装置を設置し、これによって操舵を制御できるようにした。また、前・後進の切り替えや起振の入り切りは既設の電子回路にスイッチング回路を接続して制御する方法を採用した（図一2）。

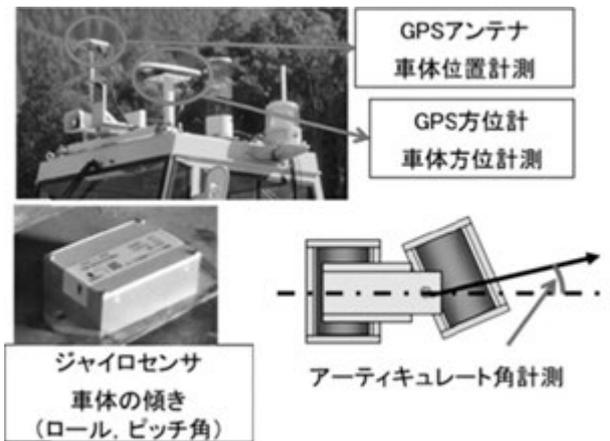


図一2 後付け自動制御装置

②計測センサ

振動ローラに各種センサを搭載した（図一3）。主なものを以下に記す。

- ・車体位置計測：RTK-GPS
- ・車体方位計測：GPS方位計
- ・車体の傾き（ロール、ピッチ角）計測：ジャイロ
- ・アーティキュレート角（前輪ローラとキャビンの相対角）



図一3 計測センサ類

③安全装置

前方監視センサとしてレーザスキャナを前後に設置し、障害物や法肩・法尻を検出し、その結果に基づき停止や走行方向を反転することができるようにした。また車体位置が万が一指示した設定範囲外に出た場合には停止する。さらに緊急時には非常停止ボタンを押すことで直ちにエンジンを停止できるようにして、多



図-4 安全装置類

重の装備で安全性を確保している (図-4)。

④作業指示インターフェース

作業指示画面を図-5に示す。施工範囲や転圧回数、ラップ幅、切り返し長さなどの詳細な作業内容の指示をタブレットPCのタッチパネルで簡単に行うことができる。

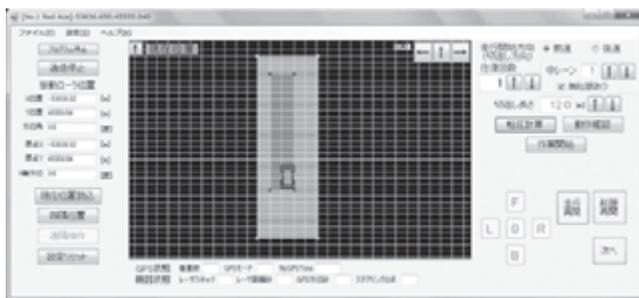


図-5 作業指示画面の例

⑤走行制御アルゴリズム

走行制御アルゴリズムを検討するために、熟練オペレータの操作を計測し、そのデータに基づいて車体位置や姿勢と目標走行線の距離や角度に応じて補正されるよう制御アルゴリズムを構築し、ハンドル操作をフィードバック制御している。特に、隣接レーン移動時の走行については、直線走行とは異なり、目標走行線を状況に応じて設定しなければならないため、熟練オペレータへのヒアリングと操作データを参考に目標軌道を作成している。

(c) RCD ダム施工での実適用

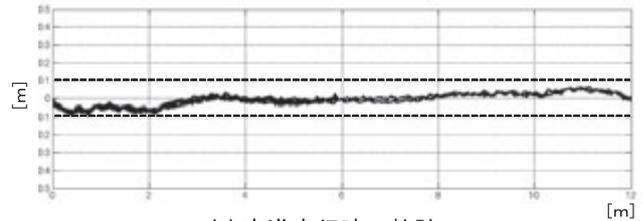
本システムを福岡県・五ヶ山ダム堤体工事のRCDコンクリート転圧作業に適用し、実用性を検証した。

まず、実施工において一人の作業指揮者で2台の自動化振動ローラを稼働させることができ(写真-2)、少ない人員で多くの建設機械をコントロールできることを確認した。

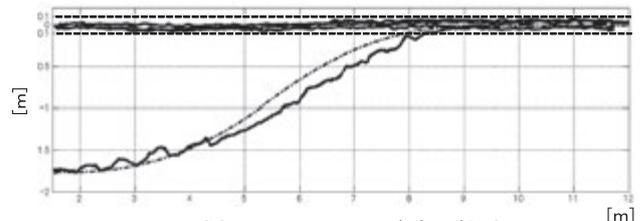
また、転圧時の機械の走行精度を尺度として、自動



写真-2 2台同時施工の状況



(a) 直進走行時の軌跡



(b) レーンチェンジ時の軌跡

図-6 自動転圧時の走行軌跡

施工の品質評価を行った。転圧走行時の軌跡を図-6に示す。直進走行では直線  $y = 0$  を目標として転圧し、レーンチェンジ走行では一点鎖線を目標軌道として走行後、直線  $y = 0$  を目標として転圧を開始する。太い点線は直線  $y = 0$  に対する  $\pm 10$  cm の誤差領域を示しており、どちらの図からも転圧時の誤差が  $\pm 10$  cm 内に収まっていることが分かる。

(2) ブルドーザ自動まき出しシステム<sup>2)</sup>

(a) 開発の概要

振動ローラと同様、自動化施工システムの前提となる自動ブルドーザの開発を進めた。写真-3に示すブルドーザ(コマツ製 D61-PXi, 機械質量: 18.9 t, 全長: 5.5 m, 全幅: 3.9 m, 高さ: 3.2 m)に各種センサや自動化装置を後付けし自動化した。なお、ブルドーザは振動ローラと異なり、掘削、押土、まき出し等、多くの作業に用いられるが、本開発では第一段階として、ダム工事、大規模土工事で作業量の多いまき出し作業を自動化の対象とした。



写真—3 ブルドーザ

なお、本システムは(株)小松製作所との共同研究開発で実施している。

(b) 自動化システム

①後付け自動化装置

後付け自動化装置としてブルドーザに搭載するのは、後述する計測センサ等からの信号を基に専用インターフェースを介してブルドーザ内部のコントローラと通信する計測制御用 PC で、これによって車体の走行や操舵、排土板操作を制御する。計測制御用 PC からブルドーザへ制御指令を送信すると同時に、ブルドーザの走行速度や各種レバー操作量、排土板操作量などの機体情報を取得することもできるようにして、本システムにおける制御則の基本形として活用している熟練オペレータの操縦データを記録することや、それらのデータを基に同じ動作を再現することなどにも使用している。

②計測センサ

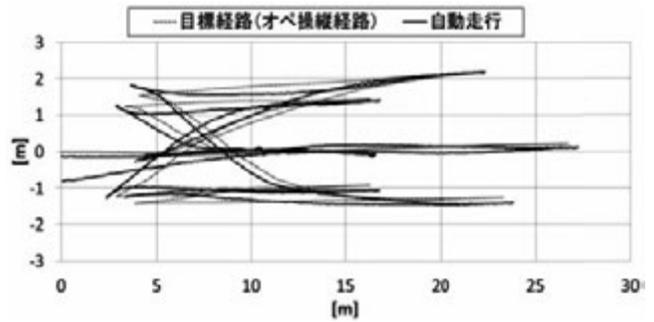
ブルドーザに次の量を計測するため各種センサを搭載した。

- ・車体位置計測：RTK-GPS
- ・車体方位計測：GPS 方位計
- ・車体の傾き（ロール、ピッチ角）計測：ジャイロ

③走行制御アルゴリズム

作業内容に応じて事前に目標経路を設定し、自車位置と目標経路との誤差に応じてステアリング量を演算し、目標経路へ追従するよう走行させる。同時に、走行区間ごとに前後進速度や排土板操作量などをそれぞれ設定し、作業に合わせた複雑な動作を全自動で行うことができる。

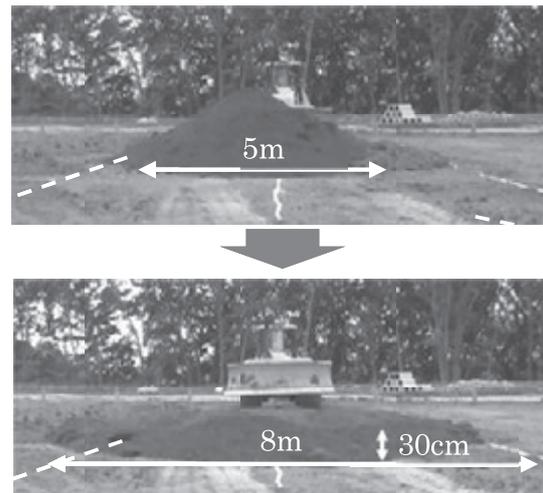
実機を用いた目標経路への追従実験結果の一例を図一7に示す。オペレータが実際にまき出し作業を行った経路(点線)を目標として自動走行により追従させた(実線)。複雑な目標経路に対して追従可能であることが確認できた。



図一7 オペ軌跡への追従結果

(c) 造成工事での試験施工

本システムの性能確認のため、実際の造成工事において試験施工を行った。ダンプトラックにより荷下ろしされた約 20 m<sup>3</sup> (直径 5 m, 高さ 3 m) の土砂を対象に、設定した作業経路、排土板動作でまき出しを行った。その結果、所定の仕様(幅 8 m, 厚さ 30 cm)を確保しながら全自動でまき出し作業を行うことができた(図一8)。



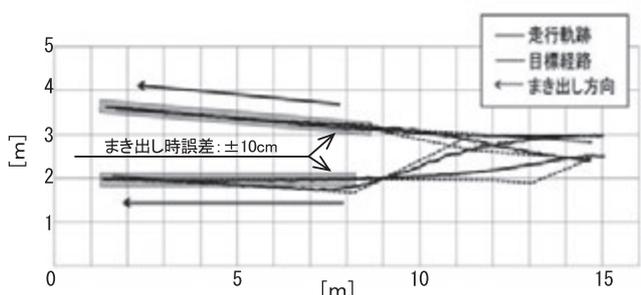
図一8 造成工事での自動まき出し結果の例

(d) RCD ダム堤体工事での試験適用

RCD ダム施工現場に本システムを試験導入し、実用性を検証した。福岡県・五ヶ山ダム堤体工事において写真—4に示すように、RCD コンクリートのまき出し及び整形作業の自動化性能を評価した。図—9は自動まき出し・整形作業時のブルドーザの目標経路に対する実走行経路の差の例を示している。図では目標経路は点線、走行軌跡は実線である。図中ハッチングの範囲はブルドーザが排土板に土砂を抱え、マウンド整形のために排土板の上下高さ、及び左右角度を制御しながら走行する範囲を示すと同時に、目標経路に対する±10 cmの誤差範囲を示している。これを見ると、マウンド整形経路への移動範囲(図の右半分)で



写真一4 RCD ダム工事での自動運転状況



図一9 RCD コンクリートまき出し・整形作業時の経路追従性能結果例



写真一5 RCD コンクリート自動まき出し・整形状況

は、直線距離の短い折れ線状の目標経路に対して、実際の走行軌跡の円滑さを優先したために目標経路との差が大きくなっているが、整形作業時にはほぼ±10 cm 程度の誤差で目標経路に追従させることができている。この結果、写真一5に示すように矩形のマウンド整形が施工上十分な精度を持って実施することができた。

### 3. おわりに

汎用の振動ローラとブルドーザに自動化装置や安全

装置を後付けして建設機械の自動化を図り、また、熟練オペレータの運転データを基に構築した制御アルゴリズムを導入することによって自動転圧システムと自動まき出しシステムを開発し、実工事において試験施工を行いその性能、有効性を確認した。今後、性能向上やシステムの高度化を継続して進める予定である。

一方、本報で紹介した自動化システムを実現場に本格的に展開、普及させるためには、自動化機械に合わせた施工手順や方法の検討が不可欠となる。これに関しては、ゼネコンだけで進められることは限られているため、発注者やコンサルタント、協力会社とのコラボレーションが必要となると考えており、機器、システムの開発と並行して実施していきたいと考える。そして、このような施工の仕組み作りも含めた研究開発活動を進めることが、土木の生産活動の大きな部分を占める施工段階の次世代への変革、業界の問題解決につながるものと考えている。

### 謝辞

本試験適用では福岡県五ヶ山ダム建設事務所より多大なご協力を頂きました。ここに謝意を表します。

JICMA

### 《参考文献》

- 1) 浜本 研一ほか：振動ローラの自動転圧システムの開発（その2）、土木学会第70回年次学術講演会，VI-050，2015。
- 2) 黒沼 出ほか：ブルドーザの自動撒出しシステムの開発，土木学会第70回年次学術講演会，VI-051，2015。

### 【筆者紹介】



三浦 悟（みうら さとる）  
鹿島建設㈱  
技術研究所  
プリンシパル・リサーチャー



黒沼 出（くろぬま いづる）  
鹿島建設㈱  
技術研究所 先端・メカトロニクスグループ  
主任研究員



浜本 研一（はまもと けんいち）  
鹿島建設㈱  
技術研究所 先端・メカトロニクスグループ  
主任研究員

# 自律制御型建設機械の開発

## T-iROBO-Breaker (ブレーカ搭載自律制御型割岩油圧ショベル)

片山三郎

従来の無人化施工は、建設機械のオペレータが建設機械及び機械周辺に設置された複数の動画カメラの映像を見ながら、絶えず操縦桿を操作する映像依存・ラジコン操作型である。この方式では操作の熟練度・カメラ車など複数の支援機械・動画伝送のための高速通信網などが必要であった。そこでこれらの問題を解決するため、建設機械に、人間の五感に代わるセンサ類を搭載し、機械自ら判断・作業する自律制御型の無人化施工システムを開発した。

本論では、ブレーカを搭載した0.45 m<sup>3</sup>級油圧ショベルの割岩作業自律化の手法の紹介、さらに本自律化システムの作業能率を検証している。検証は、10 mほど離れたφ1,000 mm程度の岩の割岩作業を、熟練度の異なるオペレータによる従来のラジコン型作業と、本システムによる作業を同条件で各々おこない、能率を比較している。なお本件は、平成24～26年度国土交通省建設技術研究開発助成制度に採択され、その助成金を活用しておこなったものである。

キーワード：無人化施工、自律制御、油圧ショベル、ステレオカメラ

### 1. 背景および目的

雲仙普賢岳の災害復旧工事に代表される無人化施工技術は当初、火山災害に関する災害復旧工事への適用が主流であった。しかし、近年では大雨による土砂災害、東京電力福島第一原子力発電所構内での作業など、人間が立ち入ることが危険な工事全般に使われ、適用範囲を拡大している。無人化施工技術は災害復旧に関する工事が多いため件数こそ少ないものの必要不可欠な技術である。また、いつ起こるかかわからない災害に対して十分な備えをしていく必要がある技術であるが、対応機械の確保やオペレータの育成といった課題を抱えているのも現状である。

このような現状でこれらの問題を解決する一つの手段として、作業開始命令のみを与えれば自ら判断して作業を行う常時操作不要の「自律制御」を適用した次世代型の無人化施工システムを開発した。本論は平成25年度に実証した振動ローラの自律走行に引き続き平成26年度に研究した油圧ショベルの割岩作業の自律制御の研究について述べる。

### 2. 無人化施工における割岩作業について

油圧ショベルは先端のアタッチメントを交換するこ

とで、多様な作業が可能となる大変便利な建設機械である。遠隔操作による無人化施工においても、アタッチメントを交換してコンクリート構造物の破碎・圧碎、鉄骨・配管等の切断はもちろん、緑化のための大型樹木の把持やロボットアームとして資材の移動等にも用いられている。しかしながら最も多い作業はバケットによる土砂の掘削であることから大半の運転者は、操作の正確性は高く要求されない。そのためこういった作業には短時間で適応できる傾向にあるが、一定の正確性を求められる作業においては苦手意識を持っているオペレータが多い。このような中、無人化施工において油圧ショベルの土砂の掘削・積込作業に次いで使用頻度の高い「ブレーカ」の割岩作業に注目した。ブレーカによる割岩作業は、除石工等で大型の岩石をダンプトラックに積込が可能なφ500 mm程度迄の小割に必要な作業である。写真1にブレーカによる割岩状況を示す。割岩は岩の中心辺りを目がけて垂直にブレーカを当て、油圧ショベルの重量を掛けて打撃しないと割れないばかりか、中心を外れた場合は打撃開始後に岩がバランスを失って逃げてしまったり、空撃ちや無理に押し当てて打撃を開始するとブレーカ本体が損傷するという事態も考えられるため、無人化施工の中でも厄介な作業にあたる。そういった厄介な作業を人間が判断して操作をするシステムか

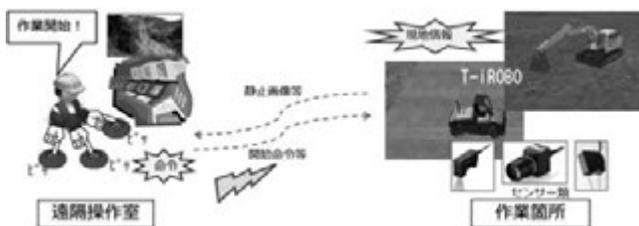


写真—1 割岩作業状況

ら、建設機械に搭載したセンサと演算により、人間が介在しないで実行できる事は無人化施工において画期的な事で、遠隔操作時のオペレータの負担軽減や熟練度不足対策、1人のオペレータで複数台の遠隔総操作も期待できる技術である。

### 3. 自律制御について

現行の無人化施工は、作業現場周辺に配置された複数台のカメラから送られてくる多角映像を見ながら常時、人間が操縦桿を握り遠隔操作をおこなう『常時操作型』の施工方法である。これに対して、『自律制御型』とは建設機械に人間の五感に代わるセンサ類を搭載することで、機械自らが周辺状況を把握して自律的に作業をおこなうことを可能にしたもので、人間の操作はスタートボタンを押すだけの「次世代無人化施工システム」である(図—1)。



図—1 次世代無人化施工システム

#### (1) 割岩作業における操作および自律制御アルゴリズム

本研究開発においては、0.45 m<sup>3</sup>級油圧ショベルにおいて10 m程度離れた場所から割岩対象の岩塊(以下、岩塊と記)を決定し、機械の作業可能範囲に入るまで接近後、打撃位置にブレイカーを当て割岩作業を実施する。これを自律制御によって図—2に示す4ステップによって実施している。また、これらのステップに移るまでの操作方法は建設機械に搭載したカメラからホストPC上に送られてくる静止画像上で、破碎



Step1 対象物までの距離検出



Step2 対象物までの自律走行

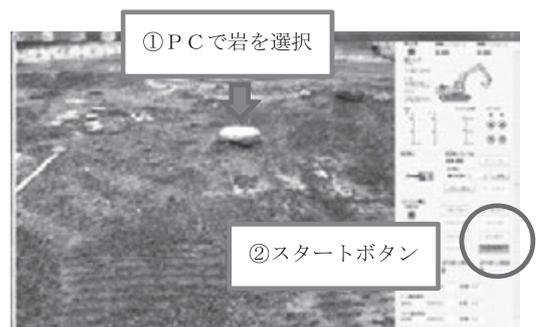


Step3 打撃位置の決定



Step4 割岩作業と割岩判定

図—2 自律制御フロー

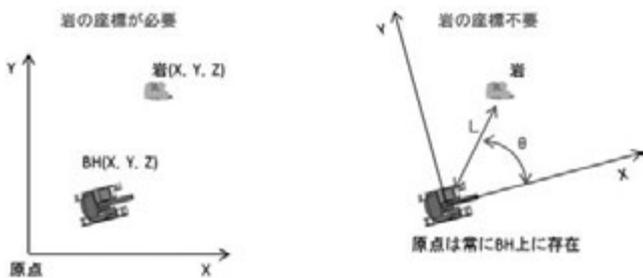


図—3 ホストPC操作イメージ

したい岩を選択し、スタートボタンを押すだけである。図一3にホストPCの操作イメージを示す。

(2) 相対座標制御方式の採用

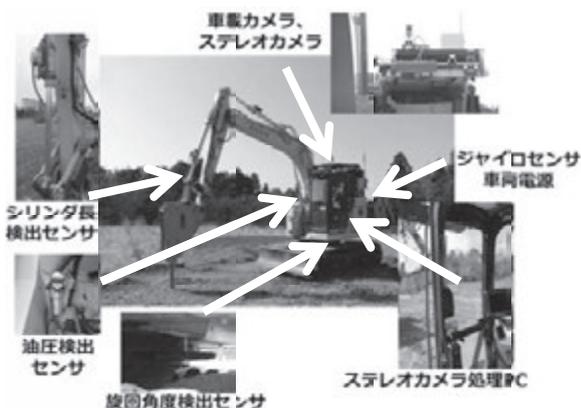
建設機械の制御技術の代表であるマシンガイダンスやマシンコントロール技術では、建設機械にGNSSを搭載し、自己位置と設計座標とを比較することで機械を制御する絶対座標制御を用いていることが一般的である。しかし除石工事のように災害で発生した岩は、設計データを持たないため、GNSSで建設機械の自己位置を把握しても、何らかの手段で岩の位置座標を入力しなければ座標制御できない。一方、人間が運転して割岩作業する場合、主に視覚情報を使って岩との大まかな距離と方向を認識しながら岩に近づき、打撃点に向けてマニピュレータを操作し作業する。このように我々人間が作業をおこなうとき通常、目で物を捉え自己位置と対象物との相対関係で作業をおこな



図一4 座標制御イメージ (左: 絶対座標, 右: 相対座標)

表一 搭載センサー一覧

分類	項目	適用センサー
機体状態	姿勢検出	MEMS3軸ジャイロ
	マニピュレータ位置検出	シリンダ長検出センサ
	旋回角検出	角度センサ
	割岩判定	油圧検出センサ
周辺状況	岩認識	ステレオカメラ
	車載カメラ	ネットワーク型カメラ



図一5 油圧ショベルへのセンサ搭載状況

う。これと同じ考え方を機械制御に取り入れるため、本件では絶対座標制御のツールであるGNSSではなく、主センサとして人間の目の代わりにステレオカメラを用いることで、建設機械と岩との相対関係の把握により割岩作業を実現する相対座標制御を採用した(図一4)。

(3) 搭載センサについて

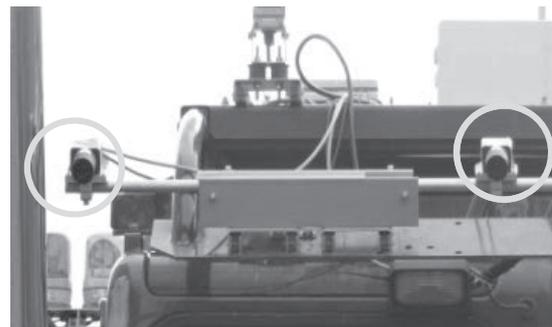
ベースマシンである油圧ショベルを制御して割岩作業を実現するために搭載したセンサー一覧を表一に、搭載状況を図一5に示す。センサは大きく2つに分類され、機械の姿勢やマニピュレータの位置を把握する機体状態把握センサと岩の位置等周辺状況を把握するセンサに分類できる。本自律制御は岩の位置をステレオカメラで検出することで機械と岩との相対位置を把握し、この岩認識を自動追尾しながら移動し、マニピュレータの届く作業範囲に達したら割岩作業を実施する。

(a) ステレオカメラによる岩認識

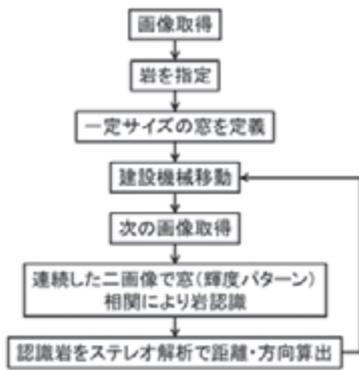
岩の認識センサとして使用したステレオカメラは2台のカメラを使って対象物を異なる方向から撮影し、「視差」を利用して平面情報を立体化する技術である。近年では乗用車の追突防止用の距離検出センサとして活用されている。図一6にステレオカメラ搭載状況を示す。今回このステレオカメラを利用して岩の認識をおこない、油圧ショベルと岩までの距離・方向の把握と岩の打撃点検出をおこなった。この時、岩までの距離・方向の把握と岩の打撃点の把握は各々独自のアルゴリズムでおこなっている。

① 距離・方向の検出アルゴリズム

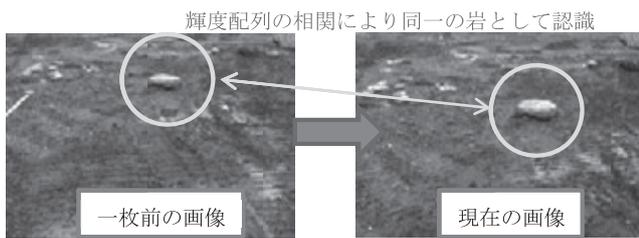
岩を選択した後、建設機械が岩に近づいていく時、対象の岩を自動追尾しながらリアルタイムに距離・方向を計算する。当然、この時建設機械が岩に近づくに従って、ステレオカメラの画像上の岩の映り方は変わるため、この常に変わる二次元の画像から同一岩として認識する手法が必要となる。そこで建設機械の移動



図一6 ステレオカメラ搭載状況



図一七 岩認識から距離・方向検出までのフロー



図一八 自動追尾イメージ

に伴う連続二画像データで岩の輝度パターンの相関を取ることで二画像間で映る岩を、同一の岩として認識することを実現している。そして認識した岩をステレオ解析し距離と方向を算出している。図一七に岩認識から距離・方向検出までのフローを、図一八に自動追尾における連続二画像イメージを示す。なお今回ステレオカメラによる画像の撮像は 10 fps でおこない、設置する二台のカメラ配置は精度検証した結果、最も精度の高かった基線長 750 mm と 22.5 度とした。

②打撃点算出アルゴリズム

通常作業における割岩作業時にブレイカ先端を当てる位置について、ベテランオペレータにヒアリングした結果、「岩塊の中心を狙う」というのが最も多い回答であった。理由は

- 1) 中心以外の他の部分を打撃しようとする、岩塊が回転して打撃ができなくなる。

- 2) 中心付近を狙った方が小割の回数が減る。

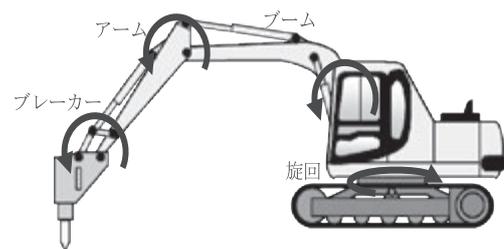
という回答であった。このようなベテランオペレータの作業方法を自律制御に反映し、打撃点を岩の中心とした。

これらを反映した岩の中心を演算するアルゴリズムはステレオカメラで得られる点群データの分布と、建設機械のカメラ設置位置を勘案して、一定高さ以上の点群データは除外し残った点群データから最小二乗法により想定地盤の平面方程式を定義する。この定義した地盤の平面方程式より、上方にある点群データと自動追尾している点周辺の点群の和集合を対象岩として認識する。この認識した岩の点群データを用いて岩塊の中心を演算し、その点の直上の岩表面の点を打撃点としている。図一九に打撃点算出までのステップを示す。

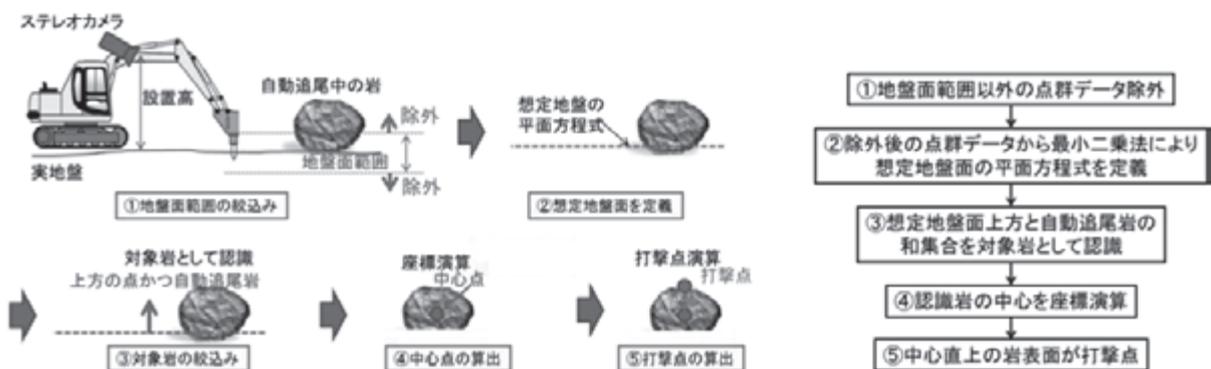
(b) 割岩動作

割岩するためにステレオカメラで打撃点を算出した後は、油圧ショベルの旋回、ブーム、アーム、ブレイカの4つの関節を(図一十)制御することでブレイカを打撃点(x, y, z)までアクチュエータ制御をする。

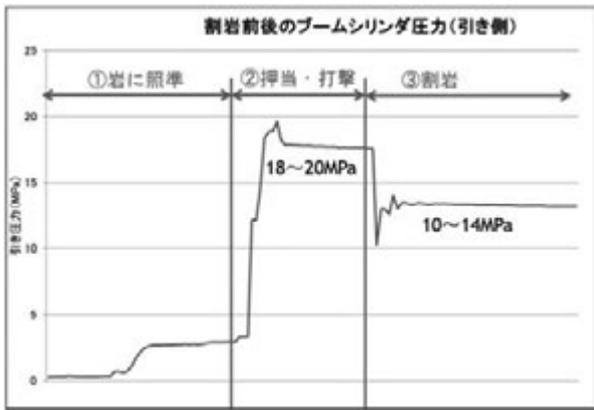
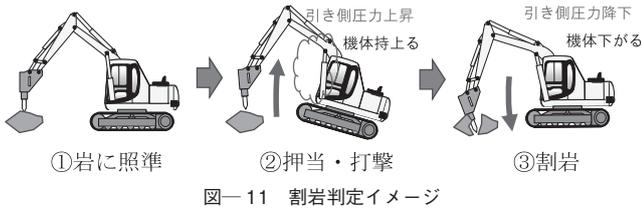
ブレイカを打撃位置に移動させた後、通常作業においても実施するように、機体重量が岩に掛かるように、機体が浮き上がるまでブレイカを岩に当てながら地面に向けて押し当てる。この動作によりブームシリンダに掛かる油圧が上昇するため、この油圧の上昇で割岩作業体勢の判断をし、油圧低下を検知すれば割岩完了判定することができる。図一十一に割岩判定イメージを、図一十二にブームシリンダの圧力変動を示す。



図一十 油圧ショベルの制御関節



図一九 打撃点算出ステップ (左: イメージ図, 右: フロー図)

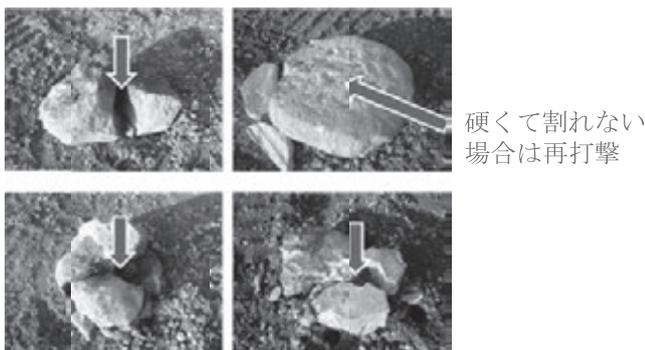


(4) 自律制御による割岩状況

写真一 2 に自律制御による割岩時の状況、図一 13 に破碎した岩を示す。図一 13 に示すように概ね岩の中心を捉えて破碎作業をおこなっていることがわかる。また本システムは一定時間打撃を加えて岩が硬くて割れない場合は一度打撃を止め、打撃点を再算出して再び打撃作業をおこなう。

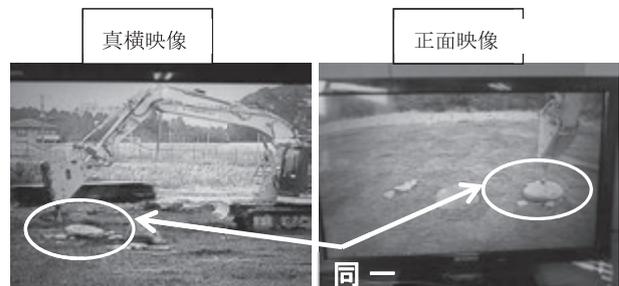


写真一 2 割岩時の状況



4. 従来無人化施工との比較

従来の無人化施工では、作業機械に搭載したオペレータ目線のカメラ映像と作業場所が俯瞰できる数台のカメラ映像によって作業をおこなっている。しかしながら狭隘な場所や立地・地形等の条件によっては作業場所を俯瞰できる位置に移動式カメラ車が配置できない現場もあり、作業機械の車載カメラのみでは「奥行」が把握しにくいいため、作業効率が上がらないというケースもしばしば存在する。図一 14 は同一の状況を別の角度から見た映像であるが、正面からの映像だけでは奥行が判断できないことがわかる。こういった状況において、操作命令のみで一定の作業を実施できる本研究の利用が期待できる。



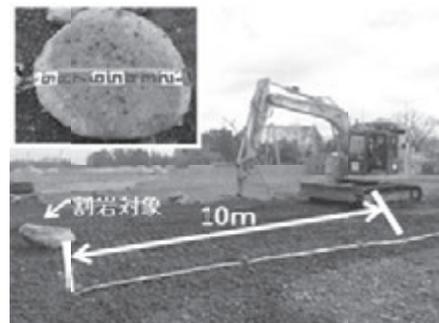
(1) 従来無人化施工との比較実験

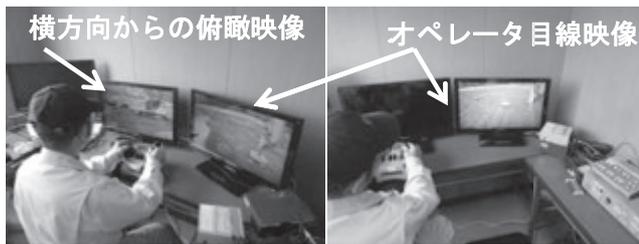
遠隔操作型の 0.45 m<sup>3</sup> 級油圧ショベルには本研究開発の自律化アルゴリズムを組込んである。

まず、通常のラジコンモードで

- ①無人化施工経験 20 年のベテランオペレータ
- ②一般施工経験 20 年の一般オペレータ
- ③本研究開発に従事した研究員

以上の三者にて自機から 10 m の位置に配置したφ 1,000 mm 程度の岩塊の割岩作業を、モニタのみを見て遠隔操作する作業時間を比較する実験をした(図一 15)。なお、時間はノミを岩塊に押し当てる「割岩体勢」としており、エンジン回転数は「低速」という条件とし、





図一 16 遠隔操作状況 (左: 2画面, 右: 1画面)

カメラ条件は下記の2パターンでおこなった(図一 16)。

- ①俯瞰映像と車載カメラの2画面
- ②俯瞰映像が無い車載カメラのみの1画面

これらの結果と自律制御でおこなった場合における作業時間のまとめを表一 2 に示す。

表一 2 実験結果

	ベテラン OP	一般Op	研究員	自律制御
2画面利用 【車載+横俯瞰】	35~45秒	40~50秒	50~60秒	
1画面のみ 【車載のみ、自律制御比較】	40~50秒	50~60秒	70~80秒	32~48秒

(2) 実験結果

表一 2 に各実験条件での所要時間を記してある。

その結果から、従来の無人化施工方式で実施した場合は、経験の差が如実に出る結果となっている。研究員はともかく、一般施工経験 20 年のオペレータといえども、無人化施工経験オペレータと差が付く結果となっており、遠隔操作が誰もが簡単に実施できるものではないという事を証明する結果になっている。

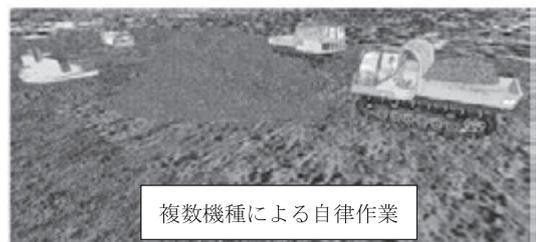
本研究開発である自律制御式と比較したいのが、俯瞰映像が無い車載カメラのみで作業した場合である。これも、経験の差の順に時間がかかっている事と、俯瞰画面が無いことによる奥行感の不透明さが各オペレータの作業効率を低下させている事がわかる。それらに対し、自律制御式は2画面使用時のベテランオペレータと同等の作業時間となっており、遠隔操作オペレータが確保できない現場において無人化施工をおこなうとき、支援する技術として本システムが期待ができるものであることが証明された。

本実験では、ベテランオペレータでさえ、1回でノミを岩に押し当てる事ができないという事も発生しており、俯瞰映像の重要性を改めて確認する事となったが、逆に俯瞰映像用機器が無くても、自律制御を用いればここまでできるという可能性を示すものとなっ

た。ベテランオペレータの作業時間は、今後の割岩自律制御の性能向上の指標としたい。また、自律制御された場合はノミを正確に岩塊の中心に当て、地面に向かって垂直に捉えているが、オペレータ操作の場合の正確さについては、本実験では定量的には測定していなかったが、恐らく自律制御の場合と比較してばらつきがあったようである。

5. おわりに

本技術は冒頭でも触れたように、従来の無人化施工技術を進化させた技術であり、オペレータ支援への可能性だけでなく、熟練工不足への対応としても期待が持てる技術である。また無人化施工技術は、雲仙普賢岳等でおこなってきた除石工・砂防堰堤構築等の土木工事の施工技術だけではなく、人間にとって苦渋な作業や、酷所環境における作業技術として多用され、改良・発展していくことが期待されている。本技術はこういったニーズに答えるために必要な技術であると考えている。今後は今回の様な単一作業の自律化で終わらず、複合作業の自律制御機械での協調作業により単工種を自律化することで従来技術を発展させた『次世代無人化施工システム』として技術の確立を目指していく(図一 17)。



図一 17 単工種の自律化イメージ

謝 辞

本技術開発にあたり技術的な支援を頂いております産官学委員会メンバーに感謝の意を表します。

JICMA

《参考文献》

- 1) 宮崎裕道・青木浩章・片山三郎: 次世代無人化施工システムの開発—自律制御による割岩作業—, 第 15 回建設ロボットシンポジウム, 2015.

【筆者紹介】

片山 三郎 (かたやま さぶろう)  
大成建設(株)  
技術センター 土木技術開発部 先端技術開発室  
課長代理



# 無人化施工による応急対応技術と その基盤となるデジタル通信技術の開発

## 無人化施工の新たな工法と作業環境改善

吉田 貴

近年の災害対処において、人間が作業できない危険条件下での施工を可能とする無人化施工技術が有効性を発揮している。しかし、適用可能な工種は限られており、近年、急速に発展した ICT 技術の導入には、無線通信等の制約が残る。また、これらの制約により、オペレータへ提供する画像情報等の改善や、この改善による施工の効率化または品質確保や向上が進展しにくい状況下にあると考える。本開発は、これらの課題を解決し、緊急時における我が国の災害対処能力を高めることを目的として実施したものである。

キーワード：無人化施工、新型土嚢、土質改良、デジタル映像伝送、建設技術研究開発助成

### 1. はじめに

無人化施工は、昭和 44 年（1969 年）の常願寺川の応急復旧工事が始まりとされる。その後、平成 5 年に国土交通省（旧建設省）により実施された雲仙普賢岳での「試験フィールド制度」の適用（写真—1）と以後の継続的な事業により実用的な工法として確立した。

近年、わが国は、地震活動期に入ったとも言われ、地震や火山活動が活発化している。また、各地で台風や豪雨による被害も発生している。これらの災害に対応する無人化施工への要求は、年々、高度化し、また、施工条件も厳しさを増している。

このような現状を鑑み、無人化施工による新型土嚢（どのう）を用いた高速築堤技術、泥濘化した軟弱地盤改良技術および無人化施工の適用範囲拡張につながる通信基盤技術の開発を平成 24 年から平成 26 年まで、3 ヶ年にわたり実施した。



写真—1 雲仙普賢岳 試験フィールド施工状況

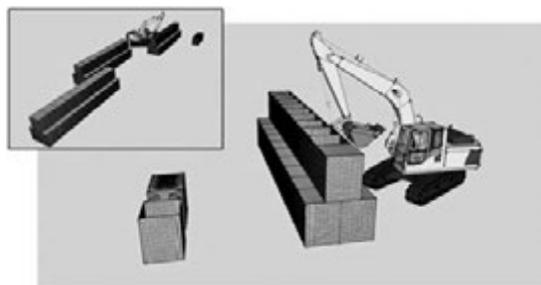
### 2. 新型土嚢を用いた高速築堤技術の開発

#### (1) 開発の概要

大型土のう工は、各種の災害対策現場において、代表的な工法と言える。その作業は、中詰土砂材料の確保、袋詰め、運搬、設置（玉掛、据付）の各ステップで、人手を要する細かい作業に時間を要しているのが実態である。そこで、これらの作業を省力化するとともに、まだ、危険性が残る災害地内で、安全に施工を行うため、無人化施工による新型土嚢を用いた高速築堤技術の開発に着手した。

具体的には、既存大型土嚢による築堤に対して、2～3 倍程度の高速施工を実現するための新型土嚢・土嚢展開装置（アタッチメント）・土砂等充填装置を開発し、フィールド試験で技術の成立性を実証することとした。また、被災地の地盤形状（起伏等）に追従し、曲線部・屈曲部施工に対応可能な構造を有する新型土嚢の構造および設置方法を開発（机上検討）することとした。

図—1 に概要図を示す。



図—1 新型土嚢の築堤概要図

(2) アタッチメントおよび治具の製作

平成 25 年度に数種類の試作品にて実施した実証実験の結果から、写真-2 のアタッチメントおよび土嚢設置治具を最終形状と定め、平成 26 年度に改良と評価を実施した。



写真-2 アタッチメントおよび治具概要図

(3) 新型土嚢仕様の決定

新型土嚢の仕様決定に際し、7種類の試作を行い、それぞれ、展開性や強度等について、場内試験を実施した(表-1, 図-2)。また、開発最終年度に雲仙普賢岳にて実証実験を行い、仕様を決定することとした。決定した新型土嚢の基本仕様は、1セルが1辺1(m)の立方体で、10セルとした。

表-1 新型土嚢の試験結果(抜粋)

品名	線径	目合い	判定
市販品	4 mm	75 mm	パネル切断発生
試作 1	6 mm	75 mm	良好
試作 2	6 mm	100 mm	若干変形
試作 3	8 mm	150 mm	強度過大

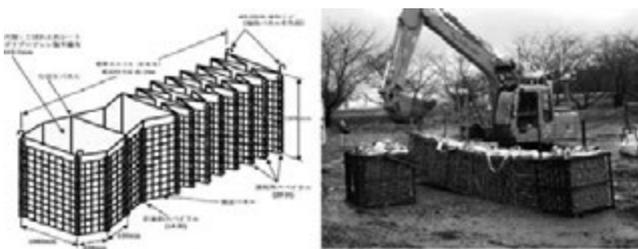


図-2 新型土嚢および場内試験状況

(4) 施工能力の確認と目標達成

最終年度に施工能力の確認を雲仙普賢岳実験ヤードにて行った。実証実験の結果、施工能力は、72 (m/日) となり、本開発の目標とする施工能力の 60 (m/日) を大きく上回った(表-2)。

(5) フィールドでの適用性の確認

フィールドでの適用性を確認するため、上記実証実験にて、2段積みを行い、出来形等を確認した。写真

表-2 実証実験結果

項目	内容等	結果
1 段目 1 列目	土嚢荷取り・セット	06 分 10 秒
	土嚢展開	05 分 00 秒
	土砂仮充填	12 分 00 秒
1 段目 2 列目	土嚢荷取り・セット	06 分 45 秒
	土嚢展開	07 分 25 秒
1 段目 全体	土砂全充填, 天端整地	1 時間 03 分 25 秒
1 段目 合計	20 m 築堤全作業	1 時間 40 分 05 秒
1 列の作業時間		50 分 02 秒
時間当たり作業量	(60 分 / 50 分) × 10 m	12m
日当たり作業量	作業時間を 6 時間とする	72m



写真-3 実証実験での出来形状況



図-3 新型土嚢施工フロー

一-3 に出来形写真を示す。有人施工に比しても遜色のない出来形となったと考えている。

(6) 施工方法の確立

実証実験をふまえ、新型土嚢の施工方法を確立した。施工フロー等を図-3 に示す。なお、この施工フローは、下段 2 列、上段 1 列・10 (m) の 2 段設置である。

3. 泥濁化した地盤改良技術の開発

(1) 開発の概要

近年の無人化施工では、土砂災害に対応した事例も

多く存在する。ここで問題になるのは、台風や豪雨によって被災した施工箇所の土質条件である。土質は、一般に含水比が高く、また、巨大な礫が存在することも多い(写真—4)。このような条件下での施工は、重機足場の確保が難しく、また、礫等による効率低下や施工のトラブルが発生しやすい。このため、一般(有人の場合)には、礫の除去、仮排水や改良材等による土質改善等の準備作業を実施した後に、応急対応を行ってきた。

しかし、無人化施工は、技術特性上、より緊急的対応が求められる場合に採用されることが多い。また、無人化施工で可能な準備作業は、限られている。この条件下での施工は、雲仙等で実施されている無人化施工と比べ、大幅な効率低下となっていた。

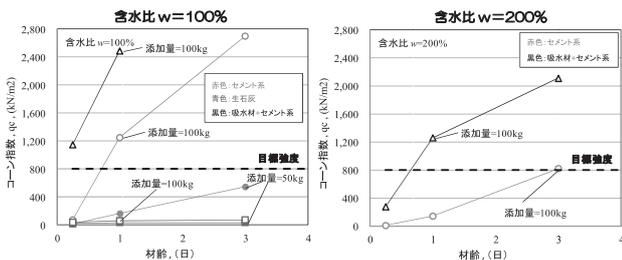
このような状況を鑑み、無人化施工の効率向上のため、泥濘化した軟弱地盤改良技術を開発することとした。開発の対象とする地盤は、含水比200(%)程度とし、目標とする改良能力は、コーン指数800(kN/m<sup>2</sup>)程度とした。また、目標とする施工能力は、時間あたり100(m<sup>2</sup>)程度とした。この目標を達成すべく、固化材、固化材供給方法、処理(攪拌)方法を検討・開発することとした。



写真—4 軟弱地盤下での施工状況

(2) 改良材の検討と決定

想定される高含水の泥濘軟弱土における土質改良特性を把握する目的で、模擬軟弱土を用いた室内固化実験を行った。無人化施工に適応可能な改良材として、セメント系改良材、生石灰、吸水材+セメント系固化材を用いて改良し、コーン試験で改良体の硬度を確認



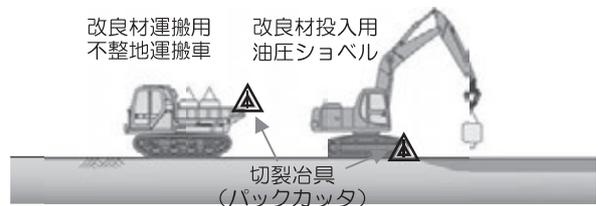
図—4 室内試験結果

した。室内試験(コーン試験)の結果(図—4)、セメント系固化材(粉体)を添加量100kg/m<sup>3</sup>使用することにより、材齢1日で、所定の強度が得られることを確認した。

(3) 改良材の供給方法の検討と決定

改良材の供給方法について、いくつかの手法を比較検討した。供給装置(空気圧送)、散布用バケツ、供給フィーダ等は、固化材を散布するための装置としては特殊となる。汎用性、緊急時における手配、故障した場合の対応等を考慮すると、専用機を適用するのは難しいと考えた。

この結果、無人化施工による改良材の供給方法は、フレコンパツクの直接投入(図—5)が最も適しているという結論とした。



図—5 改良材供給・散布方法概要図

(4) 切裂き冶具の試作と決定

切裂き冶具(パツクカッタ)の仕様等を決定するため、数種類の試作機を製作し、要素実験を実施した。

実験の結果、切裂き冶具にて、固化材を定量的に散布することは可能であった。冶具の形状、寸法等については、大きな穴をあけるのではなく、小さい穴を多数あける、下記の形状であれば、短時間で定量的に排出することが可能であった(表—3、写真—5)。

切裂き冶具の設置方法については、対象区域の近傍の泥濘化していない地盤、あるいは、セメント系固化材(フレキシブルコンテナ)を運搬する不整地運搬車のベツセル付近に設置する方法等がよいと考えている。

表—3 切裂き冶具による排出結果(抜粋)

項目	タイプ	タイプ	タイプ
突起幅(mm)	300mm	300mm	250mm
突起部高さ(mm)	300mm	300mm	250mm
設置間隔(mm)	250mm	300mm	250mm
投入時間 地切り~全部排出まで	2分35秒	1分50秒	5分10秒
切裂幅(mm)	約280	約280	約230
排出状況	多量に排出	多量に排出	安定して排出
備考	突起部の方向が45°	突起部の方向が45°	
切裂状況			



(3) テスト機による試験と開発項目の抽出

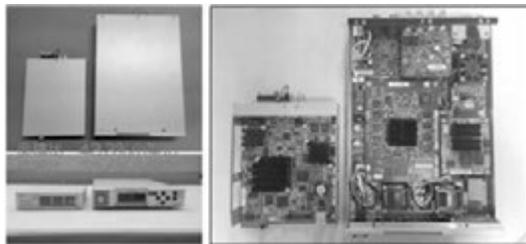
既存技術調査により選定したテスト機を使用し、開発目標を達成するための具体的な開発項目を抽出することとした。各種評価試験を実施し、表—5を開発項目とした。

表—5 開発項目一覧

開発項目		対応策
項目	概要	
画像改良	総合的な画質向上	①ノイズフィルタ追加 ②デブロッキングフィルタの最適化
	低レートでの映像破綻	処理ブロック単位の変更
	ブロックノイズ対策	グレーのブロックノイズに対する改良実施
通信性能改良	パケットロス時の画面フリーズ復帰対策	ネットワーク復旧後の速やかな再確立改良実施(10秒→1秒へ改良)
耐振動性能改良	建設機械への搭載対策	2G程度の振動に対する改良実施

(4) 試作品の製作と改良

具体的な開発項目のうち、ソフト対応(画質・通信性能)とハード対応(耐振動性能)を進め、試作品を製作した。試作機は、テスト機に対して、面積比・体積比が、約40(%)程度低減した(写真—7)。



写真—7 試作機とテスト機の比較

(5) 次世代社会インフラ用ロボット現場検証

試作品改良と併行して、平成26年4月に国土交通省が公募した次世代社会インフラ用ロボット現場検証に応募した。現場検証では、一定の評価が得られた。下記に概要を示す(写真—8)。

内容：次世代社会インフラ用ロボット



写真—8 現場検証状況

応急復旧部会 現場検証

日時：平成26年12月19日

場所：雲仙普賢岳水無川2号堰堤内実験場

検証内容：従来の2.4GHz帯(OFDM)によるSD映像と今回開発した画像伝送装置によるHD映像の操作性に関する検証

(6) 目標と成果の対比

本開発の開発目標と成果の比較表を表—6に示す。

表—6 開発目標と成果の比較表

本研究開発の開発目標	本研究開発の開発成果
高精度画像(30fps)の伝送	目標性能を確認。
3.0(Mbps)の伝送速度の実現	設定を3.0(Mbps)とし、7.0(Mbps)とほぼ同等の結果。特段の映像破綻もなし。目標達成と判断。
遅延時間70(msec)以内の伝送	遅延時間測定で10(msec)という結果。これに無線装置の伝送遅延が加わったとしても、目標達成と判断。
建設機械への搭載条件下での安定した動作確保性能の実現	実現場の搭載試験および現場検証においても、安定した動作。目標達成と判断。
必要な性能および仕様の公開	必要な性能を計測し、その性能に基づいて試作機を製作。仕様書を別途、作成。目標達成と判断。

5. おわりに

謝辞

本研究開発は、国土交通省大臣官房技術調査課から公募された平成24年度～平成26年度建設技術研究開発助成制度により実施したものである。共同開発者である国立研究開発法人土木研究所、青木あすなろ建設(株)、(株)大本組、(株)熊谷組、西松建設(株)、(株)フジタの各関係者のご尽力に厚く御礼を申し上げます。また、本報文を書くにあたり、ご協力およびご指導いただいた関係各位に深甚なる敬意を表します。

JICMA

《参考文献》

- 1) 無人化施工における連続土嚢を利用した高速築堤技術の開発(2015.09 第15回建設ロボットシンポジウム)
- 2) 無人化施工における低遅延高精細画像伝送システムの開発(2015.09 第15回建設ロボットシンポジウム)

【筆者紹介】

吉田 貴(よしだ たかし)  
(一財)先端建設技術センター  
企画部  
参事



# 小型多機能施工機械の自動制御化による 路盤工事の合理化検討

梶原 覚・浦田 公雄

小規模工事での道路舗装路盤工にて主に使用される小型の敷きならし施工機械が、国内メーカー間において生産を中止したことにより、対応が困難になることが予測される。また、少子高齢化に伴う建設業の技能者不足により、技量を必要としない施工機械が要求されている。

今般これに対応すべく、従来機械よりも操作が容易であり、簡単に交換できるアタッチメント（作業装置）により様々な工種に対応できるなどの特徴を持つ、コンパクトトラックローダに着目し導入した。本稿ではその概要と課題、本体改造による作業装置の自動制御対応結果について報告する。

キーワード：小規模工事、コンパクトトラックローダ、自動制御、アタッチメント、マシンコントロール

## 1. はじめに

近年、新設の道路舗装工事現場においては、道路舗装機械のマシンコントロール技術が一般的なものになってきている。これは、測量機器およびセンサ類、油圧制御機器、情報処理機器などの技術進歩により可能となったものである。また、建設業界は全産業の平均と比べても高齢者の割合が高く、さらに入職率も低下していることから、今後の就業者数減少は不可避であると明言されており<sup>1)</sup>、特に重機オペレータのような技能労働者の育成は難しいことから、それらに頼らざるを得ない環境になっていることも認識しなければならない。

さらに、国内建設機械メーカー間では、3.1m級モータグレーダや4t級ブルドーザなどの小型敷きならし機械が排ガス規制強化などの影響を受け、相次いで生産を中止している。今般これらの問題に対応すべく、従来の機械よりも操作が容易であり、欧米で普及が拡大しているコンパクトトラックローダに着目し、導入した。ここでは、導入後の課題と対策、および導入結果について報告する。

## 2. コンパクトトラックローダの概要

コンパクトトラックローダ（以下、CTL）とは、車体下部に配置された左右の履体（クローラ）の回転差および回転方向を変化させることにより走行し、車体後方から伸びたアームによる積込み機構を備えた小

型の建設機械である。作業装置はアタッチメント化しており、多種・多様な作業に対応することが出来る。

日本国内においてはこのCTLの前身である、走行部がホイール式のスキッドステアローダが主に畜産、農業の分野で多く使用されているが、CTL自体の建設業への普及は殆どない。今回導入したCTLの外観写真を写真-1に、主要諸元を表-1に示す。

### (1) 既存機械との比較

既存機械である4t級ブルドーザ（以下、ブルドーザ）との比較写真を写真-2に示す。機体の大きさはほぼ同等であるが、約2倍の出力があるエンジンを搭載している。操作は基本的に座席左右に配備された2本のジョイスティックの傾倒動作で行い、左側が走行操



写真-1 CTL 外観

表一 1 CTL 主要諸元

走行制御方式	HST
機械質量	4,520 kg
定格出力	61.9 kW
総排気量	3,319 cc
全長	3,740 mm
全幅 (本体)	1,770 mm
全高	2,270 mm
ブレード幅	2,450 mm
ブレード高	584 mm



写真一 2 4t級ブルドーザとの機体比較

作、右側が作業装置操作となっている。

クローラの駆動方式には HST を採用しており、エンジン回転数に関係なく走行速度を可変させることができるため、作業装置の動作に必要な作動油量を確保しつつ、低速度で施工を行う自動制御施工に適している。

## (2) 作業時における操作

積み込み機械の機構を有するため、アーム上/下、バケットの抱え込み/開放動作が基本となる。例えば、敷きならしアタッチメントを取り付けて作業を実施する場合、その上下動作は、バケットの抱え込み/開放動作にて行う。チルトおよびアングル動作は、アタッチメント自体にその機構が設けられているため、ジョイスティックに設置してあるボタンやトリガーを操作して、アタッチメントに装備されている電磁バルブを作動させることにより行う。ブルドーザと比較して、作業装置上下動作の回転中心が車体の前方にあり、且つその回転半径も短いいため、過敏に反応する傾向があり、操作方法を含め、ブルドーザに慣熟しているものにとっては、扱いに若干時間を要すると思われる。

## (3) アタッチメント交換

CTL はアタッチメントを交換することにより、多種多様な作業に対応することができる。取り付け部近傍のアーム部分に、油圧出力ソケットや電源コネクタを備えており (写真一 3)、それらを接続することにより油圧を動力源とするアタッチメントを動かすことができる。交換作業は CTL 本体に備わっている油圧ロック機構により、簡単・迅速に行うことができ、油圧や電源を必要としないアタッチメントであれば、オペレータは運転席を離れることなく交換作業が出来る。



写真一 3 アタッチメント接続コネクタ

## (4) 動作の特徴と周辺視認性

CTL はその走行体の機構から小回りが非常に効き、履体もゴムであることから動きが俊敏である。またその独特な構造上、アームやアームの支点部分により視界が遮られるため、比較的后方周辺の視認性が悪い。

## 3. アタッチメント (敷きならし作業用) の課題

この CTL に敷きならし作業用アタッチメントを取り付けて作業し、ブルドーザのような敷きならし高さ精度を得るには、前述した構造、操作性、動作の特徴から手動操作では困難であることが確認された。

自動制御について検討したところ、CTL 本体には自動制御機構が備わっていないため、自動制御機構を備えた敷きならし作業用アタッチメント (写真一 4) にて対応している実状にあった。これらについて調査したところ、一部 CTL メーカーでそのメーカーの専用品を扱っていることが確認されたが、それ以外については基本的に国内販売代理店が無く、入手した情報によると価格が非常に高価であり、スペックの詳細や精度



写真一4 自動制御機構を備えたアタッチメント例  
(ATI社 LevelBest LASER GRADING BOX)

は不明であるため、導入するには非常に困難な状況であった。

#### 4. 課題への対応

##### (1) CTL 本体油圧回路改造

前述の課題に対応するため、CTL 本体に改造を施し、汎用敷きならし作業用アタッチメントでの自動制御施工に対応することとした。

バケットやアームを動かす油圧シリンダ駆動部に電磁油圧バルブを組み入れ、アタッチメントには高さ、アタッチメントの取り付け部分には姿勢（勾配）を確認するためのセンサ類を設置し、CTL 車内にはそれらを制御するための制御装置を搭載した（写真一5）。



写真一5 制御装置とレーザ受光器

##### (2) 安全補機類の設置

上記の改造と同時に、操作環境で課題となっている後方周辺の視認性改善対策として、安全補機類を設置した（写真一6）。バックミラーをアーム左右に設置



写真一6 安全補機類 (バックミラーとバックモニター)

して車体側方の後方視界を確保し、車体後部にカメラと車内にモニタを設置して車体後方が確認できるようにした。モニタには補助線（クローラ位置）を設けて、回送車両への積み込み作業が安全に行えるようにした。

#### 5. センサの種類と自動制御動作

今回使用した制御装置には、同種あるいは異種の2つのセンサを同時に設置することができ、その作業状況に応じた作業装置の自動制御を可能とする。今回使用したセンサと、その制御内容を以下に示す。

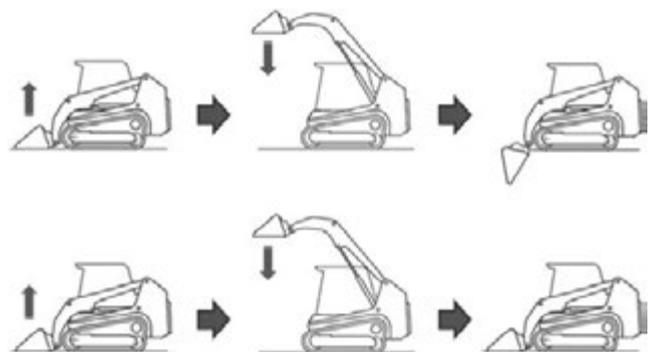
##### (1) レーザ受光器

敷きならしアタッチメントの中央部にレーザ受光器を設置するためのポールと、レーザ受光器を取り付けた。今回は上下動作のみの制御ということによりこのようにしたが、レーザ受光器を2個取り付けることにより、敷きならしアタッチメントの高さとチルトを同時に制御することも出来る。回転レーザから発光されるレーザ光を高さの基準とし、それに沿うように油圧シリンダを作動させ、敷きならし高さの制御を行う。

##### (2) ピッチセンサ（縦断方向勾配検出）

前述のようにこのCTLは積み込み機械の機構を有する。しかしながらショベルローダの様にアームの上昇・下降動作時両方ともに、路面に対するアタッチメントの角度を保持する機能は備わっておらず、アームを上昇させるときのみこの機能を有する（図一1）。そのためフォークリフトのように高いところから荷物を下ろす作業をする場合、荷物が前方へ落下しないように手動にて角度補正を行う必要がある。

アタッチメントの取り付け部にピッチセンサを取り付けて角度を認識させ、バケットシリンダを自動制御させることにより、ショベルローダ同様の動きが出来るようになった。



図一1 CTL アーム昇降動作におけるアタッチメントの角度  
(上図：制御なし、下図：制御あり)

## 6. 実施工現場（路盤工）への導入

関西の民間グラウンド工事現場の上層路盤工において、回転レーザを使用した当該機の自動制御施工を実施した（写真一7）。アタッチメントを容易に交換して作業が出来ることから、敷きならし作業だけでなく、補足材料の追加作業（写真一8）、埋め戻し材のふるい分け作業なども一台ですることができ、その機能性、有効性が確認された。



写真一7 施工状況 (2DMC)



写真一8 同一現場での材料配置作業状況

### (1) 施工結果

施工の結果、計画値と実測値の差は標準偏差で4.7 mmを取得した（表一2）。この結果は、モータグレーダの3D-MC仕様による自動制御施工結果とほぼ同等であり、非常に良好であると言える。施工速度は7t級ブルドーザの3D-MC仕様とほぼ同等であり、問題ないレベルと言える。

また今回はブルドーザ同様の施工方法（転圧と敷きならしの分離施工）にて実施したが、クロウラがブロックパターンを持ったゴム素材であるため走行時に施工

表一2 出来形結果

施工面積	約 1,000 m <sup>2</sup>
路盤材料	M-25
最小値 (min)	-13 mm
最大値 (max)	+8 mm
平均値 (ave)	+2.2 mm
標準偏差 (σ)	4.7 mm
データ個数 (n)	46 個



写真一9 敷きならし面におけるCTLのクロウラ跡

面を痛めることが少なく（写真一9）、また後退速度も速いことから、モータグレーダ同様の施工方法（転圧と敷きならしの同時施工）を適用し施工数量を伸ばすことも可能と思われる。

### (2) CTLの有効性

#### (a) コスト

今回の改造にかかったコストは、自動制御機構を備えた敷きならし作業用アタッチメントを購入するより安く実施できた。

従来機械との施工コスト比較は、従来機械はレンタル等で安価に用意できるため、現時点では機械損料そのものは高額となる。しかし、今回の現場ではCTLを導入したことによって、本来必要だったショベルローダを削減することができた。また機械が削減できたことから、人員（機械オペレータ）、その他機械経費も削減することができた。その他にも多くのアタッチメントがあり、導入することにより更に機械を削減できる可能性がある。このことから、複数の用途で活用することができれば、機械、人、運搬費それぞれ大幅なコストダウンが可能と想定される。

ただし、並行して行う作業が多い現場であれば、時間的にロスとなる可能性がある。

### (b) 安全性の向上

複数の機械を現場で稼働させるのに比較して、機械が錯綜する環境がなくなることから、安全面でも貢献できると考える。

## 7. 搭乗アンケートの実施

重機作業経験の異なる8人にこのCTLに試乗してもらい、その感想・評価を収集した。結論として、「操作が簡単であり且つ快適に作業ができ、自動制御により高い敷きならし精度が出せる」という意見が100%得られた。簡単な操作はもとより、エアコン装備の運転席や、ゴムクローラにより走行時の振動が少ないことなどが、快適性を感じさせているものと思われる。その反面この機械の特徴である、「後方の死角が多い」という意見も多くあがった。今後のCTLの普及を見据え、安全補機類の更なる充実化などにより、改善すべき項目である。

## 8. おわりに

今回の検証試験を通して、このCTLが舗装工事現場における敷きならし作業機械として、十分有効であることが確認された。また、建設業就業者の減少が謳われている時代において、1台で複数の作業ができるという点も魅力である。また、本施工には間に合わなかったが、その後の改良によりチルト動作の自動制御に対応できるようにした(写真—10)。上下およびチルト動作が自動制御できるようになったことから、今後3D-MCへの対応も検討する予定である。現在当該機の後継機を導入準備中であり、研究・開発の対象も



写真—10 チルト動作への対応（デュアルマスト設置状況）

そちらへ移行する予定である。今後は積極的に小型工事に導入をはかり、その有効性について検証を実施し、施工の合理化を追求していく所存である。

JICMA

### 《参考文献》

- 1) (一財)建設経済研究所
- 2) ATI社HP：<http://www.level-best.com>

### 【筆者紹介】

梶原 覚（かじわら さとる）  
 (株)NIPPO  
 総合技術部 生産機械第一グループ  
 係長



浦田 公雄（うらた きみお）  
 西尾レントオール(株)  
 アドバイザー



# 大水深対応型水中作業ロボット

## Deep Crawler (ディープクローラ)

泉 信也・飯田 宏・小川 和樹

近年の水中施工機械に求められる多様化に対応するため、小型軽量で水深 3,000 m の海底や狭小な場所でも作業可能な水中作業ロボット「Deep Crawler」を開発・実用化した。本機は 4 軸のクローラとマニピュレータを装備し、遠隔操縦が可能である。本機の概要とともに、海底ケーブル調査で活用された事例などについて報告する。

キーワード：水中施工機械、水中作業ロボット、大水深、遠隔操縦、クローラ、フリッパ、マニピュレータ

### 1. はじめに

従来の水中土木工事においては、そのほとんどを潜水士による人力作業に頼っていたのが実情であり、潜水士の安全の確保・海中作業技術の伝承、施工能力の向上等の課題に常に直面していた。水中土木作業の効率化と安全性の向上に寄与するため潜水士搭乗型の水中多機能作業機「水中バックホウ」が平成 7 年に開発・実用化され、捨石均し工事、水中掘削工事等々、現在に至るまで国内の様々な水中土木工事へ導入されている。

水中バックホウの実用化により、大水深域や危険箇所等の過酷な環境での施工をはじめ、その適用範囲の拡大が求められるようになった。これに呼応して、このような施工条件においても潜水士の安全性向上や施工能力の向上を実現していく必要があった。そのような課題を解決するべく遠隔操縦型水中バックホウ「イエローマジック 7 号」が新たに開発・建造された<sup>1)</sup>。それと同時に、重機の体感情報（視覚、聴覚、触覚）をオペレータへ提供する「水中バックホウ施工支援システム」も開発され、同機へ採用された<sup>2)</sup>。これにより潜水士作業では危険度が高いとされてきた条件下（暗渠、狭隘箇所等）での無人化施工も可能となった。

これらの水中バックホウは施工水深としては概ね -30 m 以浅を対象としていたが、近年海洋資源開発などの機運も高まっており、水深数千 m という過酷な水圧に対応可能な無人化施工システムが求められていること、またその一方で、従来の水中バックホウでは進入不可能な極めて狭隘な環境下での無人化施工シ



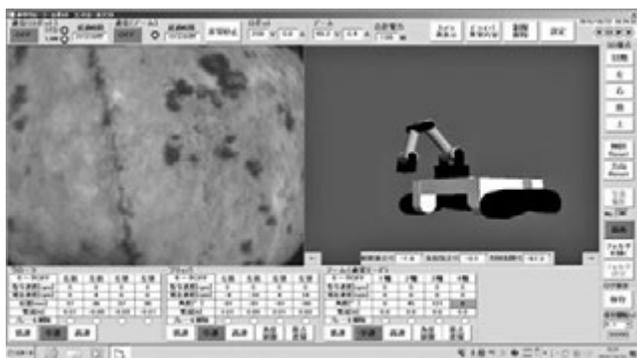
写真-1 Deep Crawler 外観

ステムも求められていることから、今回小型軽量で大水深に対応可能な水中作業ロボット「Deep Crawler (ディープクローラ)」(写真-1) (以下「本ロボット」という)を開発・実用化した。

本稿では本ロボットの概要を紹介するとともに、離島間の海底ケーブル調査に活用された事例などについても報告する。

### 2. 本ロボットの概要

本ロボットは電動式の駆動方式を採用しており、遠隔操縦による操作を行う。標準操作はパソコンに取り付けたコントローラ 2 個により行う。図-1 に操作装置表示画面、写真-2 に操作装置の構成を示す。コントローラは、クローラ及びフリッパの足回りと本体に取り付けられた 4 軸のアクチュエータをそれぞれ操作するため、2 個装備している。



図一 1 操作装置表示画面



写真一 3 駆動装置 (クロラ部)



写真一 2 操作装置



写真一 4 駆動装置 (マニピュレータ部)

(1) 装置主要目

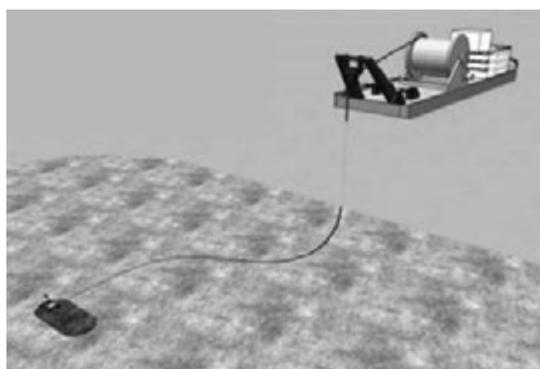
- 装置名 Deep Crawler
- 寸法 L2.25 m × B1.65 m × H2.2 m
- 駆動方式 電動式
- 装 備 4 軸アクチュエータ  
光学水中カメラ
- 質 量 約 1.0 t (気中)
- 耐圧性能 水深 3,000 m 耐水圧
- 操作方式 遠隔操縦
- 通信方式 光ファイバー通信

(2) 特徴

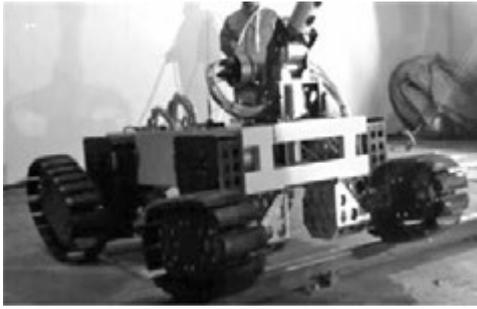
- ①水深 3,000 m 相当の耐圧試験<sup>3)</sup>をクリアした各部パーツ (写真一 3, 4 及び試験状況を写真一 5) を装備しており, 海底鉱物資源の開発事業などにおいても調査や軽作業に導入可能である (図一 2)。
- ②フリッパー角度調整可能な 4 つのクロラを装備しており, 不陸のある場所での走破性能を向上させている (写真一 6)。
- ③小型軽量の装置のため, 運搬や搬入に大型の設備が不要であり, 水路内の作業など様々な現場条件に導入可能である (図一 3)。



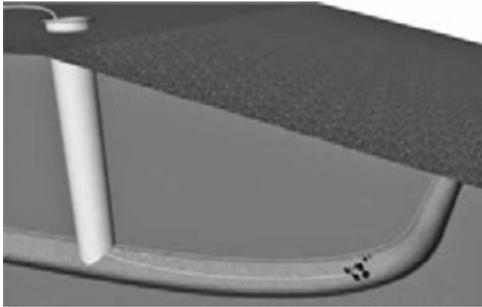
写真一 5 耐圧試験状況 (30 MPa)



図一 2 海底鉱物資源作業イメージ



写真一六 障害物走破試験状況



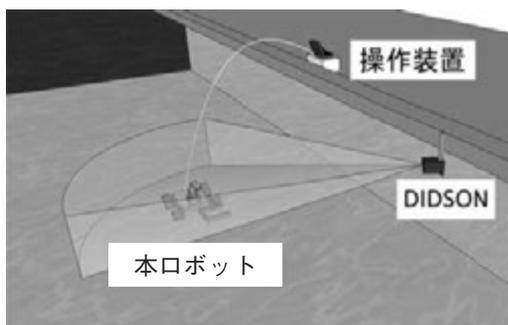
図一三 狭隘な水路内における作業イメージ

### (3) 操作性

本ロボットの遠隔による操作試験を造船用ドライドック内の海水中で行った<sup>3)</sup>。ドック内の海水は透明度が低く、光学式水中カメラでは水中での本ロボットの位置や姿勢を把握することができなかつたため、音響カメラ (DIDSON<sup>4)</sup> : 写真一七) を使用し、周囲の状況を確認しながら操作を行った。図一四に本ロボットの遠隔操作概要を示す。



写真一七 音響カメラ (DIDSON)



図一四 ドライドック内遠隔操作概要

ドック下床版に障害物 (H 鋼) を配置し、離れた位置に着底させた本ロボットがその上を乗り越える操作を行った。音響カメラは対象物が動くことにより更に詳細な認識を促すことができ、障害物まで移動し、障害物の上部に乗り上げるところまで問題なく操作できた。図一五に試験時の DIDSON 表示画面を示す。



図一五 音響カメラによる映像 (中央部が本ロボット)

本ロボットは移動速度が 0.35 km/h 程度で陸上での移動は遅く感じるが、情報量の少ない透明度の低い水中での移動では十分な速度であった。

透明度の高い水域での作業では、マニピュレータ先端に標準装備している光学式水中カメラのみによる移動も可能であるが、前後左右の全方向を常時確認できる映像を取得することにより本ロボット単体での操作が円滑に行え、作業効率を上げることができる。

### 3. 本ロボットによる海底ケーブル調査

我が国には数多くの離島があり、送電用や通信用の海底ケーブルも数多く敷設されている。本年 10 月、九州地方の離島間に敷設された海底ケーブル調査において本ロボットが活用された。

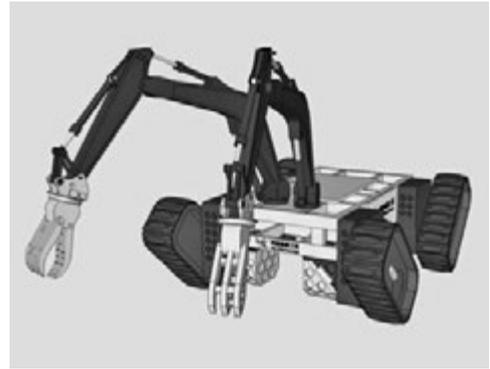
海底ケーブル調査の目的は、敷設状況や摩耗・損傷状況の確認と、敷設ルート的位置確認であったが、この種の作業には通常水中カメラなどを搭載した ROV が利用されることが多い。しかし、海岸線 (波打ち際) から浅い海域や、潮流の速い海域、波浪の強い海域などでは ROV による作業が難しく、今回本ロボットが採用された。

海底ケーブルは送電用 1 系統と通信用 1 系統で、調査対象区間の水深は 10 ~ 20 m 程度、調査したケーブルの延長は約 500 m であった。また現場の海底地

形は、一部に岩礁や転石もある砂地盤であった。

前述のとおり本ロボットは小型軽量（空中重量約1.0t）であり、写真—8のように、潜水作業にも利用される小型船舶にも簡単に搭載できた。写真—9には現場海域での本ロボットの稼働状況を示す。

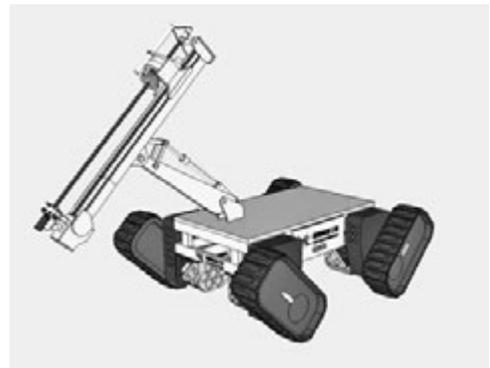
現場海域の透明度は高く、本ロボットのマニピュレータ先端に搭載した光学式水中カメラでも十分に視認可能であったことから、この水中カメラでケーブルの状況を確認した。水中カメラによる画像は前出の図—1のように操作装置画面で表示・記録した。



図—6 双腕型アーム装着イメージ



写真—8 潜水作業船への搭載状況



図—7 削孔機（ドリフター）装着イメージ



写真—9 海底でのケーブル調査状況



図—8 ダンプユニット搭載イメージ

#### 4. 今後の取組み

本ロボットは箱型のフレームにクローラ装置やマニピュレータなどを装備する簡単な構造となっているため、現状のマニピュレータ以外にも各種のアタッチメントやユニットを装備することにより、多機能な水中作業ロボットとして活用可能である。

##### (1) アタッチメント開発

本ロボットのフレーム上に装備するアタッチメントの一例として、図—6には双腕型アームを、図—7には削孔機（ドリフター）を装着したイメージを示す。双腕型アームにより人間の手と似たような作業が可能

となり、また削孔機により各種の土質・地盤調査も可能となる。

また図—8のようにダンプユニットを搭載することにより海底の荷役機械として活用することも可能である。

##### (2) 作業性の拡大

本ロボットは水中のインフラ施設の調査用もしくはメンテナンス用にも活用可能だが、その一例として、図—9には水中の橋脚下部での作業状況のイメージ図を示す。

またダム堤体や港湾岸壁など勾配のある構造物や垂直な構造物での作業にあたっては、図—10のように



図-9 橋脚下部での作業イメージ

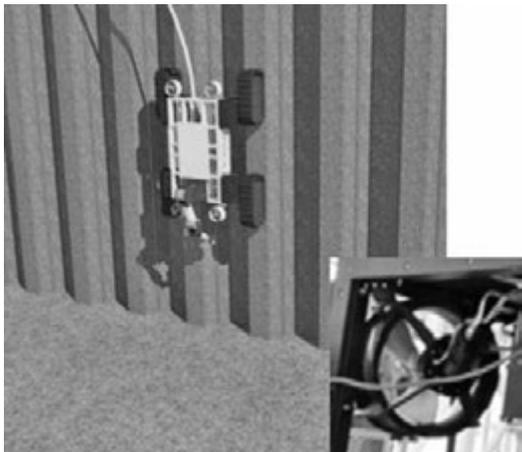


図-10 壁面での作業イメージ (スラスタ搭載)

本ロボットにスラスタ（推進装置）を取り付け、壁面上を平面的に移動しながら作業可能であることを動解析シミュレーションにより確認している。

## 5. おわりに

本稿で紹介した大水深対応型水中作業ロボット Deep Crawler は新たな事業を開拓できるツールとして非常に有望な施工機械であると考えている。大水深での構造物などの建設，調査，メンテナンス，さらには海底鉱物資源開発，石油天然ガス等の開発も視野に

入れ，装置を発展させて行くことが期待できる。建設工事にとらわれず海洋資源開発分野にも一歩踏み出すことで，新しい発見があることを信じて今後の装置発展・設備開発に取り組んでいきたい。

## 謝 辞

最後になりますが，本機の開発・実用化にご協力いただきましたトピー工業(株)，ならびに水中における走行性などについてご指導いただきました東北大学大学院環境科学研究科教授高橋弘先生はじめ，関係の方々へ心から感謝し，御礼を申し上げます。

J C M A

## 《参考文献》

- 1) 飯田宏，森澤友博，泉信也：水中バックホウによる海底鉱物資源掘削に向けた開発，第24回海洋工学シンポジウム，OES24-061，pp.1-4，2014.
- 2) 熊谷崇信：遠隔操縦対応型水中バックホウの施工事例と有効性，建設の施工企画，pp.41-45，2011.3
- 3) 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15回建設ロボットシンポジウム講演集，O-51，2015
- 4) URL：<http://www.soundmetrics.com/Products/DIDSON-Sonars/DIDSON-Diver-Held>

## 【筆者紹介】



泉 信也 (いずみ しんや)  
東亜建設工業(株)  
土木事業本部機電部次長



飯田 宏 (いいた 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課長



小川 和樹 (おがわ かずき)  
東亜建設工業(株)  
土木事業本部機電部機械グループ

# 油圧ショベルの遠隔操作のための CG 重畳表示システム

谷 本 貴 頌・吉 灘 裕

近年は災害現場等での無人化施工の需要が増しているが、無人化施工で用いられる遠隔操作では遠近感の把握が難しく、作業効率の低下が問題であった。従来は複数視点のカメラ映像を用いていたが、複数のディスプレイで距離を確認しながらの作業となるために効率の低下を招いていた。そこで操作者視点の映像に歯先人工影と地形モデルのグリッドをCGで重畳表示することで、地表面上でのバケット歯先と掘削地点との距離を二次元映像上で視認可能とした。遠隔操作プラットフォームを用いた位置合わせ評価実験を行った結果、位置合わせ作業における誤差が低減することを示した。

キーワード：無人化施工，遠隔操作，油圧ショベル，数値地形モデル，拡張現実

## 1. はじめに

近年、危険な災害現場や町から遠く離れた鉱山での無人化施工の必要性が増してきている。無人化施工の方式としては設計図面に沿って建設機械を自動制御する方式<sup>1)</sup>と、人が遠隔地から遠隔操作で制御する方式<sup>2)</sup>が存在するが、作業対象の土砂や礫の混合具合や土の質などの予測が難しい状況では、完全な自動制御による作業は現実的ではない。一方、遠隔操作による作業では、搭乗操作と比較して作業効率が大幅に低下するという問題を抱える<sup>2)</sup>。

従来の遠隔操作では複数の視点から作業対象を撮像し、複数ディスプレイで作業状況を確認しながらの作業であった。しかし、表示される映像は二次元映像であるために遠近感の把握は難しい。作業対象と歯先との距離を確認するために各視点のカメラ映像を交互に見ながらの作業となるため、作業時間の増加に繋がる<sup>3)</sup>。

三次元情報を提示して遠隔操作を支援する研究も進められてきた。藤吉ら<sup>4)</sup>や川本ら<sup>5)</sup>は距離画像センサやステレオカメラを用いて、周囲地形を三次元点群として表示した。しかし、カメラ映像程の解像度や色などの情報はないために、カメラ映像と三次元点群の画面の両方を見なければならず効率の低下を招く。また、各作業毎に三次元点群を見る最適な視線方向が異なるため、視点の移動をする必要も出てくる。複数視点映像を利用して遠隔操作を行わせた場合でも、一つの視点のみで作業を行う方が効率の向上に寄与することが知られている<sup>6)</sup>。

そこで本研究では、操作者視点の二次元映像のみで

も遠近感の把握を容易にすることを目的とし、操作者視点映像への地形モデルCG重畳表示システムを構築した。周囲の地形情報は距離画像センサを用いて取得し、地形モデルを生成した。地形を水平面で格子状に分割し、各格子点で高さ情報を持った数値地形モデル(DTM)でデータを保持することで、データ量の軽量化と処理の高速化を実現した。操作者視点座標に地形モデルを表示し、水平面で等間隔な格子を地表面に投影することで、地形の凹凸を二次元映像で表現した。さらに作業対象位置とバケット歯先位置の相対的な位置関係を二次元上で視認しやすくするために、バケット歯先座標から地表鉛直下の位置に人工的な影を重畳表示した。これにより、作業対象の位置とバケット歯先位置の地表面上での距離が二次元映像上で視認可能となった。また、篠原ら<sup>7)</sup>の開発した実機特性を付与した遠隔操作評価プラットフォームを利用することで、作業効率の評価実験を行った。

## 2. 遠隔操作評価プラットフォーム

遠隔操作の作業効率評価において、実機で実験をすることは望ましいが、実験場や車両整備などの実験条件を揃えることが難しい。そこで、篠原ら<sup>7)</sup>の開発した模型を用いた遠隔操作評価プラットフォームに周囲地形を計測する距離画像センサを追加してシステムを構成した。システムの構成を図-1に示す。

本研究では、操作対象として1/12縮尺の油圧ショベル模型の模型プラットフォームを使用した。模型の

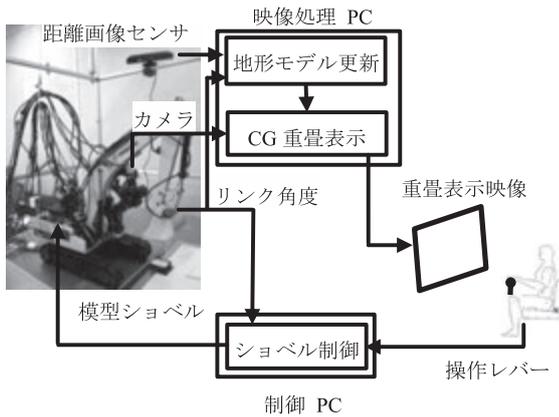


図-1 システム概要

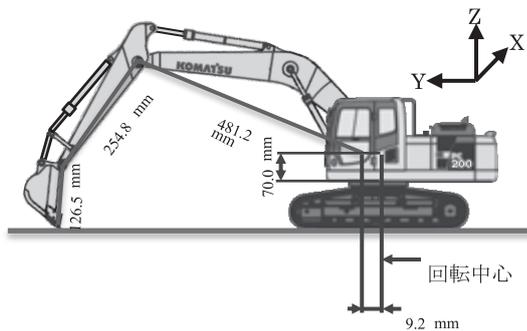


図-2 模型ジョベル寸法図

座標系, 各リンク長を図-2に示す。この模型は市販の油圧式ラジコンジョベルをベースとしており, 模型の制御特性を実機の制御特性に近づけるため, 実機のダイナミクスモデルを構築し, 模型のダイナミクスモデルへ導入することで実機相当の運動特性が付与されている<sup>7)</sup>。模型制御PCと映像処理PCは別であるため, 模型の各関節角度をTCP/IP通信により映像処理PCへ送信し, 地形CG重畳表示に使用した。

遠隔操作で表示する操作者視点映像のための撮像装置にはPointGrey社のFlea3を利用し, 模型の操縦席付近に装着した。解像度 $1920 \times 1080$  pixelでフレームレート60 fpsで撮像を行った。得られた映像は地形モデルCGを重畳表示し, 55インチディスプレイ(東芝社REGZA55EX3)で表示した。ディスプレイと操作者との距離は1.7 mとした。

地形情報取得のための距離画像センサにはMicrosoft社のKinectを用い, 図-1で示すようにジョベル模型上方の実験フレームに固定した。実機における使用を考えた場合は模型本体への取り付けが望ましいが, 模型で作業する領域の多くがKinectから近すぎるために測定範囲外となるため, 模型外部に設置した。実機においてもカメラ車等を使用して外部から映像を取得し, 遠隔操作を行うこともあるため, 本研究では模型外部の実験フレームへの設置とした。

### 3. 地形モデル生成

地形情報の表示のために, 距離画像センサから周囲地形の距離情報を取得し, 世界座標上で地形モデルの生成を行った。本研究では座標空間は3つあり, 地形モデルや車両の情報を扱う世界座標, 距離画像センサの距離画像センサ座標, 操作者視点の操作者視点座標である。本研究で用いたカラーカメラおよび距離画像センサはどちらもカラー画像を撮像できるため, 距離画像センサ座標と操作者視点座標との変換行列 $R_{do}$ ,  $T_{do}$ は, OpenCV<sup>8)</sup>のキャリブレーションを用いて計算できる。ただし, カラーカメラと距離画像センサの距離や設置角度が大きく異なるため, キャリブレーションの位置精度に問題があった。そのため, カメラ間の位置計測を行い調整を行った。操作者視点位置はカラーカメラ設置位置であるため, カメラ位置と姿勢を計測し, 操作者視点座標と世界座標との変換行列 $R_{go}$ ,  $T_{go}$ を設定した。周囲の地形情報は距離画像センサ座標で計測されるため, 世界座標への変換行列 $R_{dg}$ ,  $T_{dg}$ は式(1)で算出した。

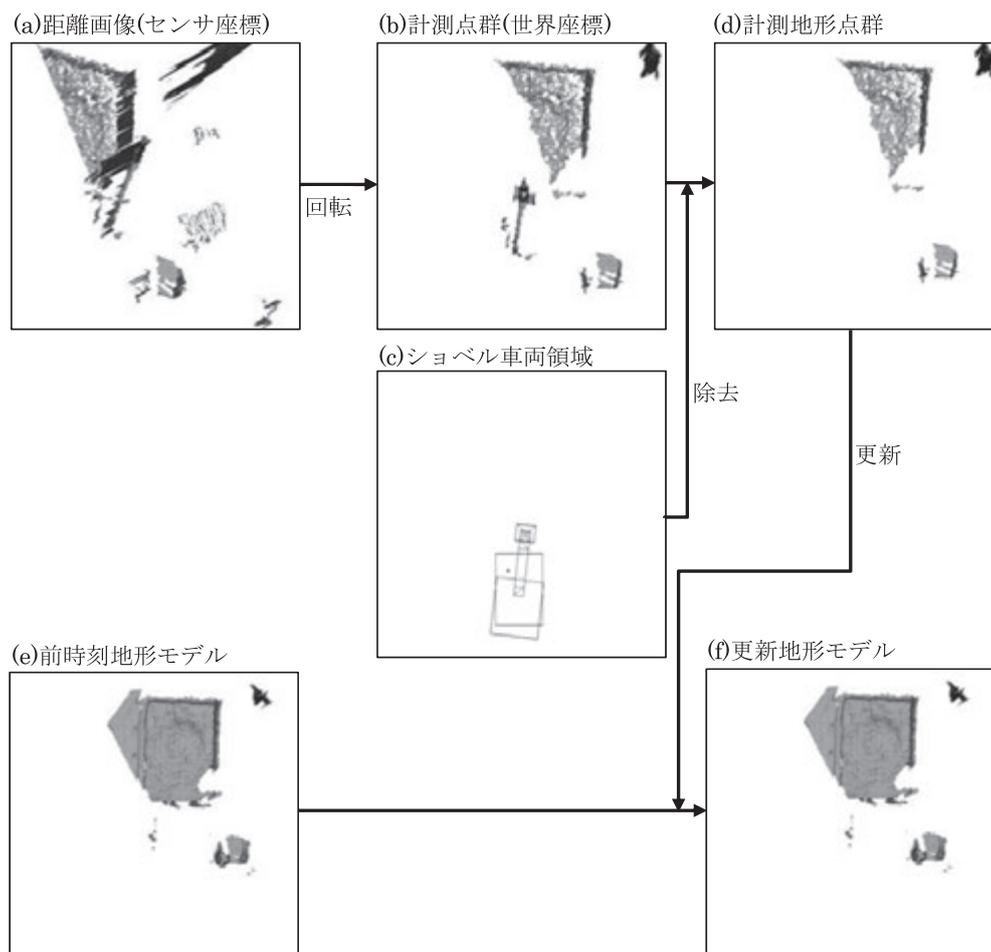
$$\begin{aligned} R_{dg} &= R_{go}^T R_{do} \\ T_{dg} &= R_{go}^T (T_{do} - T_{go}) \end{aligned} \quad (1)$$

距離画像センサで計測した図-3(a)の距離情報を上記変換行列で世界座標に変換した結果を図-3(b)に示す。得られた座標データ群は車両も含んでいるため, その領域を除去して地形情報とした。車両の各リンク領域を直方体 $L_i$ で近似し, 制御PCから得られた模型リンク角度と模型のモデル情報を基に車両領域を計算した。世界座標上で計算された車両領域を図-3(c)に, 計測領域から車両領域を除去した地形更新領域を図-3(d)に示す。

地形は作業による変化があるため, ベイズ推定を用いたモデルの更新を行った。距離画像センサから得られる地形モデルは誤差を含むため, 観測された座標のZ方向について正規分布を仮定し, DTM上の高さ情報もZ方向についても正規分布を仮定し, ベイズ推定により更新を行った。

$$p(m_t | z_t) = p(z_t | m_{t-1}) p(m_{t-1}) \quad (2)$$

ここで $p(z_t | m_{t-1})$ は距離画像センサで観測した $z_t$ における条件付き確率,  $p(m_{t-1})$ がDTMの事前確率,  $p(m_t | z_t)$ が事後確率とした。この時に最も確率が高くなるZ値をDTMの高さ情報とし, 正規分布を仮定した事後確率を設定した。距離画像センサにより観測される条件付き確率の分布は, Z方向のみの



図一3 地形モデル更新プロセス

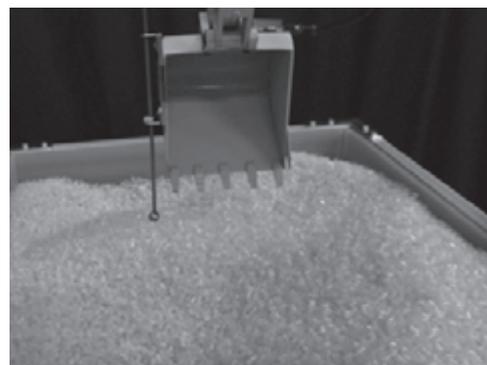
正規分布として中央値の確率を 0.5 とした。また、作業による地形の変化に対応するため、次時刻の事前確率に前時刻の事後確率をそのまま使うのではなく、中央値の確率を低減させることで新たな観測値の影響を強くした。地形更新領域から事後確率を計算し、上記により得られた更新後の地形モデルを図一3 (f) に示す。

上記で計算された地形情報を数値地形モデル (DTM) で保存した。鉱山などの周囲に人工物がない作業環境の場合は、二次元格子点に高さ情報だけを持った DTM で十分に地形が表現でき、地表面メッシュの計算量削減や最近傍点探索が不要になるためである。地形モデルは格子間隔を 5 mm とし、XY 方向に ±1280 mm の範囲の情報を保持することで、模型作業範囲内を概ねカバーする地形モデルを生成した。

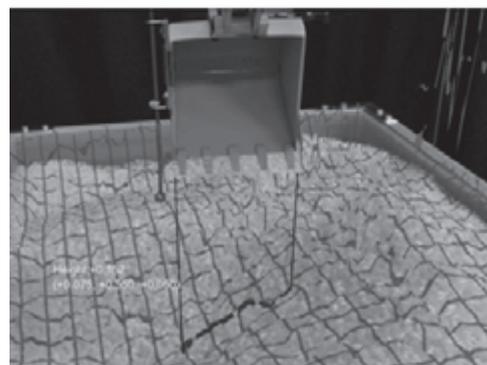
#### 4. 地形 CG 重畳表示

操作者視点映像がカメラ映像そのままであると、二次元映像であるためにバケット先端から作業地点までの高さや距離等の情報が得られない (図一4 (a))。

(a)通常カメラ映像



(b)CG重畳表示映像



図一4 地形モデル重畳表示例

そこで、地形モデルから地表面の等間隔グリッド、およびバケット歯先の人工影を生成することで、地表面上でのバケット歯先位置と作業地点との距離を二次元映像上で確認可能にした。

地表面のグリッド描画のためには地表面メッシュ情報が必要となるが、地形モデルがDTMで構成されているため、地表面メッシュは隣接格子点で構成される。地表面のメッシュ情報は隣接格子点で固定であるため、地形の更新情報は地形モデルの座標情報だけでよく、ディスプレイへの描画時にOpenGL上で各描画点の座標がメッシュの座標情報から自動的に補間される。補間された座標が地形グリッドの描画間隔から閾値以内にある場合に地形グリッドの描画を行った。地形の凹凸や車両領域によりグリッド線の遮蔽が起るため、Zバッファを利用して遮蔽部分は描画対象から除去した。本研究では描画グリッド間隔をDTMの格子間隔と同じ5mmとしたが、作業位置までの距離によって見やすい描画グリッド間隔が変わる可能性があるため、地形グリッドのON、OFFや描画グリッド間隔を変更できるようにした。

バケット歯先の人工影はバケット歯先の位置が二次元上で視認できることが求められるため、バケット歯先から鉛直下の地表面に人工影の描画を行った。自然の影は照明源と物体との延長線上に生成されるが、照明位置により状況が変化するため、完全な位置指標にはならない。人工影の描画には照明光と地表面との衝突点探索は行う必要がなく、本研究では遠隔操作時の模型の角度、モデル情報から得られるバケット位置のxy座標に該当するDTM上の座標に直接描画が可能となる。

作業地点と投影されたバケット歯先人工影とが地表面の画素間の距離として視認できるため、等間隔な描画グリッドと比較することで、グリッドの数や歪みなどから作業地点までの距離の視認が二次元映像上であっても容易になる。地形グリッドを青線、バケット歯先人工影を赤線で操作者視点に重畳表示した結果を図-4(b)に示す。

## 5. 作業効率評価実験

本研究のシステムを用いて、図-5に示す位置合わせ機材を用いた位置合わせ評価実験を行った。制御特性や作業の種類を考慮すれば、実機による掘削排土作業での効率評価が望ましいが、遠近感が乏しいことによる作業性の低下が原因であれば、簡易な位置合わせ作業でも作業時間や精度に差が生じると考えられ

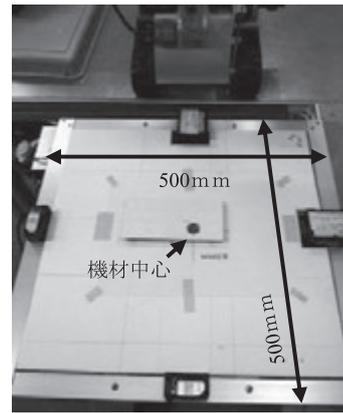


図-5 位置合わせ評価機材

る。そこで本研究では、操作者視点映像上で重畳表示の有無を変え、位置合わせ操作の作業時間、操作精度を評価した。

### (1) 実験方法

評価実験は位置合わせ機材上の中心部を目標地点として、作業時間および位置合わせ誤差を評価した。位置精度を正確に評価するために、図-4に示すようにバケット歯先左側に金属球のついた棒を装着し、金属球を目標地点に下ろす作業とした。金属球のy軸位置はレーザー変位計(Keyence社製IG-208)を用いて計測した。

実験の手順は以下の操作で行った。

- ①開始地点に歯先先端部(金属球)を移動
- ②合図と共に目標地点上空まで金属球を移動(y軸のみ操作)
- ③目標地点上空に到達したと操作者が判断した時に目標地点へ金属球を降下(z軸のみ操作)
- ④移動開始から金属球の降下完了までの作業時間、金属球の位置精度を評価

作業開始地点は目標地点からy軸に+170mm、z軸に+10、20、30、40mmの位置に設定した。yz平面での実験概要図を図-6に示す。上記の作業を被験者1名が各高さで10回試行し、重畳表示の有無で比較を行った。

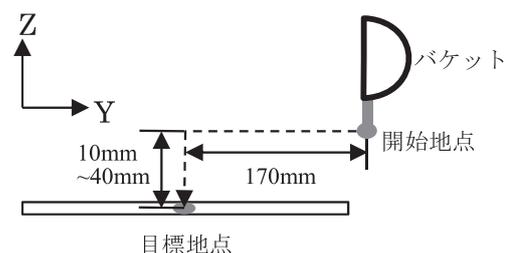


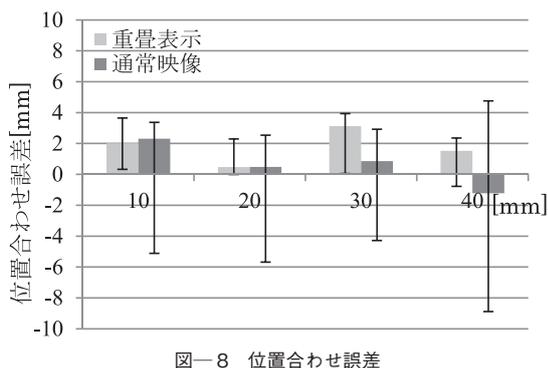
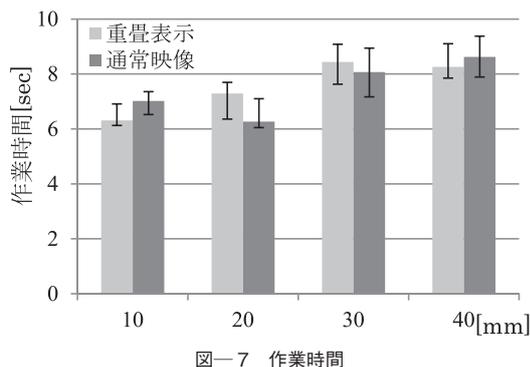
図-6 実験手順図

二次元映像上での遠隔操作の問題は遠近感の不足であることから、本実験では模型の旋回操作は行わず、yz平面上での操作だけに限定して評価を行った。本実験では実験用に目標地点を赤丸で強調しているため、目標地点付近でyz両軸の操作ができると目標地点が車両先端部により遮蔽されることで遠近感がなくとも位置合わせできてしまう問題がある。そのため、目標地点上空までの移動と降下を分けることにより、目標点の近傍での操作による遮蔽の影響を少なくした。実機の場合でも200～300mm程の高さから地面に降下させる場合は、本実験と同程度の高さでの作業となる。

また被験者は実機の操作未経験者であるため、実機の操作パターンに慣れていなかった。そのため、非熟練者であっても表示方式の違いによる評価が行いやすい操作方式が求められ、篠原ら<sup>7)</sup>が用いた座標軸とレバー軸が1対1対応になったベクトル操作方式を用いた。

(2) 実験結果

実験結果の作業時間を図一7に、位置合わせ誤差を図一8に示す。グラフは各高さの実験における作業時間、誤差の中央値を示し、エラーバーは四分位数である。図一7からわかるとおり、操作開始地点が高くなれば、移動時間が増えるために作業時間は増加した。重畳表示がある場合はない場合と比較して平均



103.3%であり、重畳表示の有無による作業時間の差は見られなかった。しかし、位置合わせ誤差については重畳表示を用いた場合に誤差の四分位範囲が平均43.4%に低減した。したがって、操作者視点の二次元映像のみであっても、バケット歯先の人工影と地形グリッドを重畳表示することで、従来の課題であった遠近感の不足を補うことができ、位置の調整が容易になるため、作業効率の向上が見込めると考えられる。

本実験では非熟練者を被験者として実験したが、藤野ら<sup>2)</sup>の報告によれば熟練に関わらず対象物操作時の距離確認に時間を要している。そのため、重畳表示による距離情報の支援があれば、操作の習熟に関わらず作業効率の向上が期待できると考えた。ただし、熟練者の場合は歯先の幅情報と比較して空間把握を行っているとの報告もあるため、今後の課題として実機上での作業効率評価実験があげられる。

6. おわりに

近年、危険な災害現場や鉱山等で建設機械の無人化施工が求められている。しかし無人化施工に用いられる遠隔操作では搭乗操作に比べて効率が低下することが知られており、特に二次元映像上では遠近感の把握が難しいという点があげられていた。従来は複数視点映像や両眼立体視を用いていたが、操作対象の距離を複数視点で確認すると作業時間が増加し、両眼立体視では長時間の作業では疲労が激しくなるという欠点があった。そこで本研究では、操作者視点映像にバケット歯先の人工影と地形モデルのグリッドを重畳表示することで遠近感の把握を容易にすることを提案した。

地形モデル生成のために遠隔操作評価プラットフォームに距離画像センサを用いることで、地形の三次元情報を取得した。距離画像センサから得られた距離情報を世界座標へ変換し、車両領域を除去し、DTM上に地形情報を保存することで、地形モデルを作成した。

二次元映像上での遠近感の把握のために地形モデルから地表面の等間隔グリッド、およびバケット歯先の人工影を操作者視点映像に重畳表示した。これにより地表面上での歯先位置と作業対象地点との距離が二次元映像上でも可能になった。

遠隔操作評価プラットフォームと位置合わせ評価機材を用いて評価実験を行った結果、作業時間に関しては重畳表示の有無による違いは見られなかったが、位置合わせ誤差に関しては重畳表示を用いることで誤差の四分位範囲が約43.4%に低減する結果が得られた。

今後の課題として、カメラキャリブレーションの高精度化、他の表示方式と比較した位置精度評価実験、実機実験や遠隔操作の遅延による影響の評価などがあげられる。

J|C|M|A

## 《参考文献》

- 1) 山元弘, 茂木正晴, 大槻崇, 柳沢雄二, 野末見, 山口崇, 油田信一, “動作計画と制御に3次元情報を用いた自律油圧ショベルプロトタイプの開発”, 計測自動制御学会論文集, Vol.48, No.8, pp.488-497, 2012.
- 2) 藤野健一, 茂木正晴, 西山章彦, 橋本毅, “無人化施行におけるオペレータの熟達に関する研究”, 第13回建設ロボットシンポジウム, 2012.
- 3) A. Nishiyama, M. Moteki, K. Fujino and T. Hashimoto, “Research on the comparison of operator viewpoints between manned and remote control operation in unmanned construction systems,” Proc. the 30th Int. Symp. on Automation and Robotics in Construction and Mining (ISARC), pp. 772-780, 2013.
- 4) 藤吉卓也, “無人化施工におけるリアルタイム3Dスキャナーの活用”, 建設機械, Vol.50, No.11, pp.21-27, 2014.
- 5) 川本駿, 皿田滋, 小谷内範穂, 坪内孝司, “ステレオビジョンと複合現実感を用いた建設遠隔操作のための作業環境呈示手法の提案とその模擬環境および実環境への適用”, 第13回建設ロボットシンポジウム, pp. 275-282, 2012.

- 6) 関川健一, 本間政幸, “無人化施工機械の操作性向上の検討”, Technical report, 北陸技術事務所, 2006.
- 7) 篠原啓, 吉灘裕, 倉鋪圭太, 深野亮, “建設機械遠隔操作の研究—建設機械模型システムの開発と画像提示方法の評価—”, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2014, IP1-L04, 2014.
- 8) OpenCV official website. : www.opencv.org.

## 【筆者紹介】



谷本 貴頌 (たにもと たかのぶ)  
大阪大学大学院 工学研究科  
特任助教



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

## 「建設機械施工ハンドブック」改訂4版

建設機械及び施工の基礎知識、最新の技術動向、排出ガス規制・地球温暖化とその対応、情報化施工などを、最新情報も織り込み収録。

建設機械を用いた施工現場における監理・主任技術者、監督、世話役、オペレータなどの現場技術者、建設機械メーカー、輸入商社、リース・レンタル業、サービス業などの建設機械技術者や、大学・高等専門学校・高等学校において建設機械と施工法を勉強する学生などに必携です。

建設機械施工技術の修得、また1・2級建設機械施工技士などの国家資格取得のためにも大変有効です。

## 【構成】

1. 概要
2. 土木工学一般
3. 建設機械一般

4. 安全対策・環境保全
5. 関係法令
6. トラクタ系機械
7. ショベル系機械
8. 運搬機械
9. 基礎工事機械
10. モータグレーダ
11. 締固め機械
12. 舗装機械

●A4判/825ページ

## ●定 価

一般：6,480円（本体6,000円）

会員：5,502円（本体5,095円）

※送料は一般・会員とも沖縄県以外は600円、沖縄県1,050円

●発行 平成23年4月20日

### 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>

# 遠隔操縦用ロボットの開発

## DOKAROBO2

角 和 樹・吉 崎 航

汎用建設機械の運転席に設置して遠隔操縦を可能とする人型ロボットである。近年、大規模な自然災害が多発傾向にあり、現地で調達可能な汎用建設機械を遠隔操縦することでの迅速な応急復旧が望まれている。2014年度の国土交通省公募における「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入現場実証（災害応急復旧）」においてDOKAROBO（以下「本ロボット開発機」という）で検証させて頂き、その評価を基に課題を改良したDOKAROBO2（以下「本ロボット」という）の紹介である。紹介する操縦ロボットは安全で小型・軽量、高機能を目指して開発してきたもので、汎用建設機械に即時対応できることが特徴である。  
キーワード：汎用建設機械、人型ロボット、小型軽量、V-Sido（ブシドー）、サーボモーター

### 1. はじめに

災害現場は人の立ち入りが困難な場合や人命に危険を及ぼす状況が多く、人が安全に復旧作業を行うためには遠隔操作の建設機械が必要となる。普及するためには運用コストも重要であり、汎用機器を多用し安価で使いやすい遠隔操縦システムを目指している。本システムは2007年より開発を開始し、次世代社会インフラ用ロボット開発・導入現場実証に参加させて頂きながら、改良を加えて機能向上を目指している。

### 2. 開発の目的

現在、建設機械を遠隔操縦する必要性は、殆どが災害現場における人命に危険を及ぼす場所での迅速な復旧作業である。そのためには緊急時に対応できるシステムでなくてはならないが、いつ発生するかわからない災害に専用機械を待機させ、そのための訓練を行うのはコストが掛かり現実的ではない。将来的には遠隔操縦対応機が全国隅々まで配備される時代が来ると予測するが、それまでは汎用建設機械に遠隔操縦装置が必要な時に使いながら対応していくことになると思われる。通常の現場施工に使用できる遠隔操縦ロボットが有れば、特別な訓練無しに災害時の即応体制が整わずであり非常に有効な手段となる。災害現場は個々に条件が異なり作業手順や使用機械の種類も違うため、掘削、積込、運搬、整地等の多種多様な機械が必要となってくる。遠隔操縦ロボットの利用価値を

向上させるためには、ハードウェアはそのままソフトウェアによりあらゆる機械に対応できることが望ましいと考えている。

### 3. 本ロボットの改良点

2014年度の次世代社会インフラ用ロボット開発・導入現場実証に参加した1号機は、課題が多く現場活用には改善が必要という評価を頂いた。主な課題を下記に示す。

- ①衝撃により中立位置がズレることがある。
- ②操縦装置の操作性が悪くオペレータの疲労が懸念される。
- ③汎用無線LANを使用しているため混信による速度低下や通信が途切れやすい。
- ④車載カメラだけでは前方下部に死角ができ、振動も影響して見づらい。

上記の課題を含めた問題点により作業効率は従来技術より半分程度となった。

1号機は忠実に人型の構造としたためバックホウの操縦に不要なサーボモーターも多数存在した。そのため消費電力も大きく、制御的にも遅くなることから基本コンセプトを再考した。

下記に基本コンセプトを示す。

- ①ロボット本体の構成を見直し、サーボモーターの配置を最適化する。  
ロボットの重量が軽減され、振動・衝撃に有利になる。

②通信の信頼性を向上させるため制御系と画像伝送系を別系統にする。

#### (1) ロボットの構造変更

今回の変更はバックホウに特化する目的でサーボモーター数を減らし信頼性を向上させることにある。

##### (a) 胴体部構造の見直し

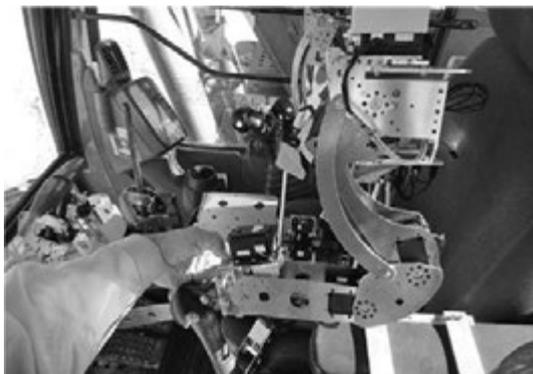
作業中の衝撃でロボットがズレてしまい予期せぬ動作が生じたため、胴体部の機構は衝撃を吸収するスチュワートプラットフォーム型とした。この機構の長所は、自由度が大きい、構造が簡単、剛性が高い、高速、高精度で、短所は動作範囲が狭いことである。胴体部底面にサーボモーターを三角形に6個配置する構造で6自由度（X, Y, Z, ロール, ピッチ, ヨー）を有し、両腕取付の肩部ユニットの上下, 左右, 振りの調整が可能である。この機構によりズレた場合でもロボットの姿勢をソフトウェアにて調整可能となる。V-Sido（以下「本ソフトウェア」という）の特徴である外部衝撃からの姿勢保持機能を使い振動, 衝撃を吸収し作業レバーへの影響を減少させることが可能となった。写真一1に胴体部のリンク機構を示す。

##### (b) 腕の構造

上腕部をリンク機構, 肘部を独立ピッチ軸, 手首部をピッチ軸とヨー軸の構造とした。実機操縦レバーを



写真一1 胴体部のリンク機構



写真一2 腕部の構造

前後に動かす場合に肘のサーボモーターに負荷が掛かるが, それを軽減するための構成である。これにより腕部のサーボモーターを11個から7個と大幅に削減できた。写真一2に腕部を示す。

## 4. 本ロボットの構成

### (1) ハードウェアの構成

本ロボット本体は双腕, 双脚を持った人型をしており, バックホウの場合は双腕先端を実機作業レバーに取り付けて掘削等の作業を行う。移動時の走行は双脚で実機走行レバーを操作することで可能となる。写真一3にロボット本体の写真を示す。写真一4は参考のために本ロボット開発機を示す。

本ロボット本体は上半身と下半身に分割されており組立てると一体化する。その他に制御ユニット, 通信ユニット, 電源供給ユニットから構成され運転席後部



写真一3 本ロボット本体



写真一4 本ロボット開発機本体

表—1 本ロボットの主要諸元

項目	内容
全長／最大幅	150 cm／50 cm
操縦ロボット重量	18 kg／ロボット部
設置時間	60分／2人
動力	電力：12 V, 300 W
アクチュエータ	サーボモータ 34 個
自由度	26／全体
フレーム材料	ジュラルミン, アルミ
カメラ	FullHD (1920 × 1080) 2 台
無線方式	無線 LAN (IEEE802.11b/g/a/n) 特定小電力無線
操作距離	200 m (中継局により延長可能)

または前部に設置される。電源供給ユニットは動力源として建設機械のバッテリーから 12 V 及び 100 V を変換出力する電源装置で本体に取り付けられる。電圧安定化のため補助電源としてバッテリーを取り付ける。各部位のサイズは概ね身長 150 cm の成人と同じ構成で、肩から足先まで 140 cm である。キャビン付の運転席は機種にもよるが、人が座るとスペース的に余裕が少なく双腕双脚の場合は腕脚がスリムでないと操作時に干渉が起き目的の作業ができないという問題が生じる。2号機では腕や脚の断面を 10 cm × 10 cm 以下の断面となるように設計し可動範囲を確保している。本体のフレームは軽量化のためにアルミやジュラルミンを使用し接合部はアルミブロックにて強靱な構造としている。本ロボットの主要諸元を表—1に示す。

## (2) ソフトウェアの構成

本ロボットは本ロボット開発機と同じく主制御装置の基本ソフトウェアとして本ソフトウェアを採用している。本ソフトウェアはロボットの動作をリアルタイムに生成するための制御ソフトウェアであり、サーボモーター等を組み合わせた多関節ロボットに対して、様々な操作インターフェイスを提供する。本ソフトウェアはシミュレータとロボットをリアルタイムに同期させる独自のシステムにより、手脚の目標姿勢を計算しながらより安全な姿勢に自動変換し安全で正確な制御を可能としている。以下のような特徴を持っている。

- ①多様な入力機器に対応：ジョイスティック, Kinect やマウス, タッチパネル, スマートフォン, バイラテラル装置など, 様々な機器からの操縦が可能
- ②リアルタイム性：逆運動学などをリアルタイムに計算し, ロボットの動きに反映させる
- ③様々な駆動方法に対応：各種ロボット用サーボ

モータや油圧, 空圧などの制御が可能

- ④遠隔操縦・複数人での操縦に対応：ロボット自体を HTTP サーバ化することで, インターネットを通じた複数人での遠隔操縦および機器監視にも対応可能

本システムでは, この本ソフトウェアの機能を利用することで, 以下の機能を実装した。

- ①ジョイスティックを利用したロボットの操縦
- ②特定小電力無線やインターネットを通じた遠隔操縦
- ③ロボット本体に装着したジャイロセンサによる建設機械本体の姿勢把握
- ④操縦者の頭部に装着したジャイロセンサによるカメラのトラッキング
- ⑤ヘッドマウントディスプレイを利用した 2 眼カメラ映像の 3D 表示

## 5. 本ロボットの特徴

本ロボットの特徴を安全性, 仕様, 機能に分けて説明する。

### (1) ハードウェアの安全性

#### (a) アクチュエータ

60 W 以下の小型電動サーボモータを使用して安全な動作が行える構造としている。肩や脚の主要な駆動部は最大トルク 100 kg・cm のサーボモータを 2 個連結およびリンク構造を採用している。サーボモータの内訳は肩, 胴, 首部の上半身で 22 個, 脚部に 10 個使用している。さらにキーの操作とエンジン回転数の調整用に 2 個が必要である。片腕の自由度は肩から手首部まで 6 自由度とし, 稼働範囲は狭いが人に近い動きが可能である。ハンドは省略して実機操作レバーに直接掴みやすい構造で作業時に外れない構造となっている。各部位の自由度は首 3, 双腕 12, 胴部 6, 双脚 5, 計 26 自由度である。起動時の待機電流は 4A 以下で, 操作時は最大 10 A 程度である。

#### (b) 安全装置

機械本体の実機安全レバー入切は操縦装置の非常停止ボタンにより行い, 緊急時には独立して作動することができる。ロボットの制御装置により通信が途絶えた場合や異常が発生した場合に自動で作動する。

### (2) ソフトウェアの安全性

ソフトウェアによる多重安全システムを採用しており, 狭い運転席では色々な部分との干渉が起きるため

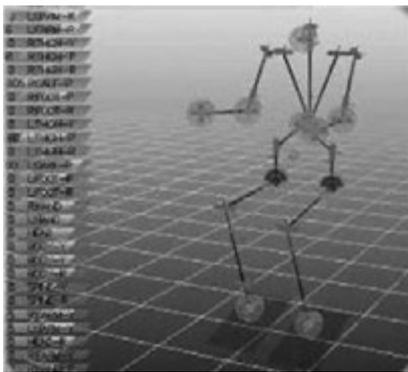
個々のサーボモーターの可動範囲設定や物理シミュレーションでの干渉回避設定を行っている。本ソフトウェアの多重安全システムを利用し、安全な操縦を行うために以下のような対策を取っている。

(a) サーボモータ単位での可動範囲設定

関節が想定外の角度に回転して関節を痛めてしまうのを防止するため、各サーボモータごとに、回転可能な角度範囲をあらかじめ指定している。また、トルクが必要ない関節には最大トルクの設定を低めに設定しておくことで、想定外の動きをしたときに周囲のものを破損する可能性を防ぐ。

(b) シミュレーションに基づいた各関節の可動範囲設定

各関節ごとに可動範囲を指定するだけでは、全身の姿勢によっては干渉などを起こす可能性が高い。そこで、ロボットの動きをリアルタイムにシミュレートし、全身の動きが問題なく行える範囲での動作を生成する。本ソフトウェアのシミュレータ画像を写真—5に示す。



写真—5 シミュレータ画像

(c) コンプライアンス（柔軟性）の設定

シミュレーションに基づいた各関節のコンプライアンス設定をして現在の姿勢に合わせた適切なコンプライアンス値を随時各関節に指定することで、腕の柔らかな動きを実現する。

(d) コマンドプロトコル

サーボモータの制御はRS485のシリアル通信により行われ、主制御装置からコマンドが送受信されている。コマンドは通信エラー等で異常がないかのチェックを行っている。

(e) 通信エラー時の設定

通信が途絶えた場合は安全な位置で停止する機能を設定している。以上のような安全対策を行っている。

(3) 仕様（小型・軽量・容易）

2号機本体は運転席に一人で運べるように全長



写真—6 設置状況

150 cm、重量 18 kg と扱いやすくなっている。腕と胴体部の上半身が 10 kg、下半身の脚部が 8 kg である。これは狭い運転席に片側のドア越で設置する場合に複数人での作業は困難であることから2分割としている。一人で搬入し設置している状況を写真—6に示す。

(a) 容易な運搬

人型であるため乗用車に人と同じ座らせた姿勢で運搬が可能であり、クッション材で保護しベルトで固定する。梱包する場合は上下2分割で運搬することも可能である。車載した状況を写真—7に示す。



写真—7 運搬状況

(b) 短時間で建設機械に設置・撤去が可能

運転席のシートに 30 cm 角の鉄板を敷き専用ベルトにて固定するため部品の取外しがなく改造が不要である。2人で60分程度の作業で設置が完了し、撤去も2人で30分程度である。設置完了状況を写真—8に示す。



写真—8 設置完了状況

#### (4) 機能

現地にある汎用機械を対象に製造会社、機種問わずに使用できることを目標としており、現在3社のバックホウの操縦が可能である。

(a) 製造会社、機種問わずに使用できる

多種類の建設機械を操作可能にするためには運転席からのレバーの位置（距離、高さ、方向）が異なっても十分な作動範囲が確保できなければならない。片腕の自由度は6軸あり人と同じ動作がほぼ可能である。胴体はスチュワートプラットフォームにより6自由度の動作が可能であるため、ソフトウェアで機種に合わせた対応が可能となる。また、規格による実機作業レバーの変換が可能で操縦者が慣れている操作を選定することもできる。

(b) 操縦装置の仕様

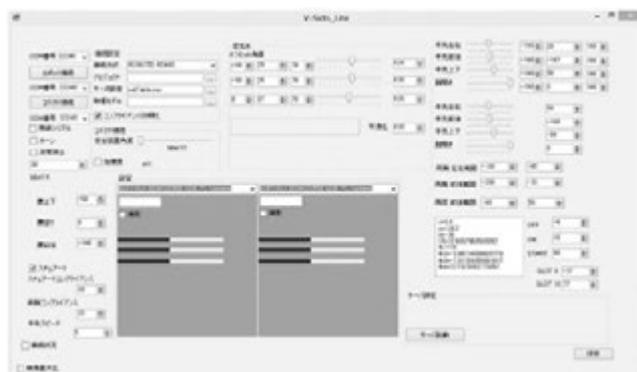
操縦装置にはブーム、アーム、バケット、旋回を行うための操縦用作業レバー2本と移動時のクローラを動かす操縦用走行レバー2本及び岩盤破碎用アタッチメントの操作ペダル用の各種操作モーションを起動するボタンスイッチが付いている。操縦用作業レバーは倒れ角に対応した実機作業レバーの目標位置を計算し、搭乗時と同じ操作になるよう制御されている。ロボットにはジャイロセンサが取付けてあり機械本体の傾斜等を把握することで作業中の転倒防止が可能である。操作状況を写真—9に示す。



写真—9 操作状況

(c) 教示機能により位置校正が容易

ロボット設置後に両腕と両脚にレバーやペダルの位置及び稼働範囲を教え込まなければならないため、教示機能モードにより位置校正を容易に行うことができるようになっている。本ソフトウェアを起動し校正モードで実機作業レバーと実機走行レバーの位置を人の手でそれぞれ教示させ設定する。中立位置が確定すれば各レバーの可動範囲を前後左右に動かして教示させ作動を確認する。写真—10に本ソフトウェアの設定画面を示す。



写真—10 本ソフトウェアの設定画面

(d) 3D映像により操作が可能

ロボットの頭部には2台のFullHD（1920×1080）カメラが装着されており操縦装置側に3D画像化し伝送する。合成画像とすることによりデータ量を減らし遅延の少ないシステムにすることが可能となる。ヘッドマウントディスプレイに表示させれば立体感を感じることができ、バケットの位置の判定がし易くなる。2眼カメラの画像を処理し結合したものを写真—11に示す。この画像がヘッドマウントディスプレイで左右それぞれの目に表示される。

人の頭部に相当するカメラの雲台はピッチ、ロール、旋回の3軸仕様となっており操縦者頭部のジャイロセンサにより視点をトラッキングすることも可能と



写真—11 立体画像



写真-12 頭部カメラ



写真-13 破碎作業用のバックホウ

なっている。この機能により操縦者は搭乗して操作している時と同じ目線での作業が可能となる。頭部カメラを写真-12に示す。

#### (e) 遠隔操縦距離

特定小電力無線と無線LANにより200m程度離れた場所から操作が可能である。操作データと視覚情報データを別々に送ることで円滑な操作を可能としている。また、それぞれ中継局を設置すれば操作距離を延長できる。遠隔操縦用無線及び映像伝送用無線は特定小電力無線と無線LANを使用するため基本的に資格、免許は不要である。

## 6. 課題と展開

現在、本ロボットの動作は本ロボット開発機と比較すると遅延が短くなっているため、作業効率も良くなっている。作業効率の向上には確実な動作と、操作側と実機側の動作遅延と視覚情報遅延を少なくすることが必須条件であり、そのためには確実な通信回線の確保が必要である。視覚情報を補足するには作業位置や周りの状況判断ができる距離や起伏の情報が必要であり、それにはロボットの頭部もしくは機械本体に距離センサや測域センサを設置し情報を画面にインポートすることにより作業の効率化を促すことができる。現在、破碎機による作業も可能となっており、今後は地盤改良機のアタッチメントやブルドーザー、不整地運搬車の遠隔操縦も予定している。写真-13に破碎作業用のバックホウに設置した例を示す。

## 7. おわりに

本ロボット DOKAROBO2 は小型・軽量なロボットに高機能なソフトウェアを実装し、汎用建設機械を安全に効率よく遠隔操作することを目標に開発を進めている。基本的な作業が確実・安全に行え、誰もが安心して使用できるロボットを開発し、災害復旧などの危険な作業での活用を図っていきたいと思っている。

JICMA

#### 《参考文献》

- 1) ROBO-ONE 委員会：“ROBO-ONE で進化する二足歩行ロボットの造り方”，(株) オーム社
- 2) 草薙洋平：“JAPANESE MAKERS”，(株) 学研教育出版

#### 【筆者紹介】

角 和樹 (すみ かずき)  
 (株)富士建  
 専務取締役



吉崎 航 (よしざき わたる)  
 アスラテック (株)  
 チーフロボットクリエイター



# 建設機械のシンギュラリティ 機械土工自動化の未来

岡本直樹

近年のAI技術の進展は目を見張るものがあり、シンギュラリティが話題になっている。そんなAIを取巻く研究開発の現状と将来進化の予測<sup>1), 2)</sup>を調べてみた。そして、近頃の先端土工機械の状況を見据えて、自動化の将来を考えてみる。その際、建機メーカーが描く「ICT建機施工の未来」をベースに、専門工事業者の立場から機械土工自動化のトータルシステムを考察した。また、参考のために本稿に関連する本号掲載の他の関連報文等を該当箇所に示した。

キーワード：建設機械、機械土工、建設ロボット、情報化施工、自動化、ICT、AI、シンギュラリティ

## 1. はじめに

現在は、農業革命（1万5千年前）、産業革命（18世紀）に続く情報革命の時代と言われている。更に細分すると1785年以降、図-1のような技術革新の波が起こっており、近年は高度情報化社会への急加速が始まっている。ビッグデータ、クラウド、モバイル、ウェアブル、ロボット、BMI、UAV、IoT、BIM、CIM、VR、AR、SR、DNN等、枚挙に暇がない。人工知能（AI）では、近年、Deep Learning（深層学習）で50年来のブレークスルーが起こり、第3次AIブームが到来している。また、夢物語だった市街地自動運転の実用化も目前に迫っている。

さて、AIが人間の知能を超える時をシンギュラリティ（技術的特異点）と呼び、ムーアの法則により技

術革新はこれからも益々加速（収穫加速の法則：図-2）し、2045年頃にそれは訪れるとR. Kurzweilが2005年出版の「The Singularity is Near」（写真-1）で予測した。

これは2045年問題とも呼ばれて、TIME誌は2011年2月21日号（写真-2）において、2045年をThe Year Man Becomes Immortalとセンセーショナルに

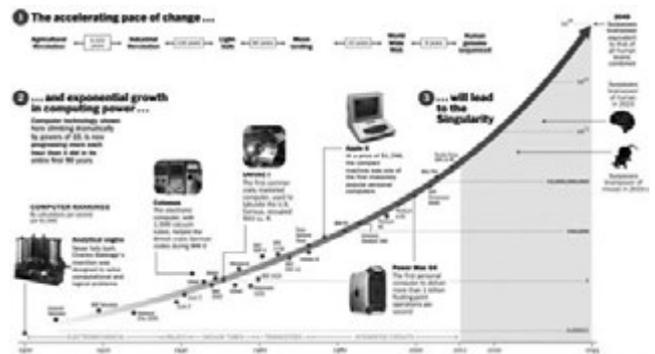


図-2 ムーアの法則による収穫加速

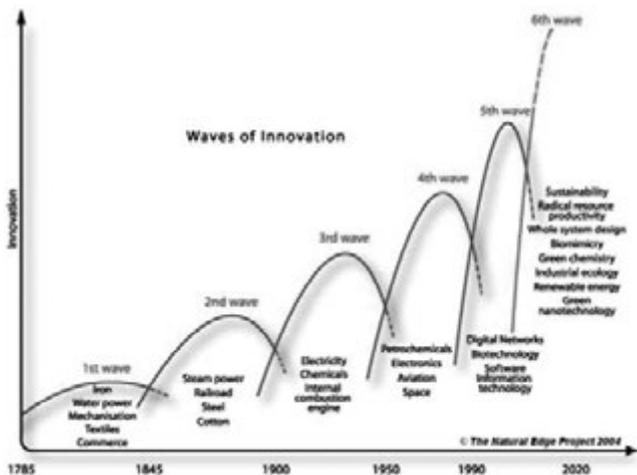


図-1 技術革新の波

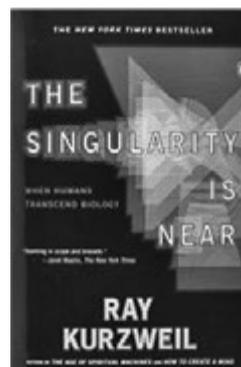


写真-1 著書



写真-2 TIME誌

取上げた。

建設機械に限れば、それ以前にシンギュラリティ、つまり建設機械の自動化は到来することになる。それでは、建設機械にとってのシンギュラリティはどんな状況なのだろうか。「大規模土工の近未来風景」<sup>3)</sup>を2003年に著したことがあり、当時の土工機械関係の先端技術から近未来を描いてみた。今回は、AI技術の近年の著しい成果を踏まえてその先を夢想してみる。

## 2. AI 研究と関連技術

### (1) 第1次 AI ブーム

AI 研究は、1956年のダートマス会議で John McCarthy が、初めて Artificial Intelligence という言葉を使って、第1次 AI ブーム (1956年～60年代) が始まった。定められたルールに従って探索木を分析していく推論・探索型のプログラムの時代であったが、やがてトイ・プロブレム (玩具的な課題) しか解けないと揶揄され、60年代登場のニューラルネットワークも限定的な問題しか解けないと指摘されると下火になってしまった。しかし、1997年にチェスの世界チャンピオンを破った Deep Blue (IBM) や昨今の将棋電脳戦は、この技術の延長線上にある (図-3)。

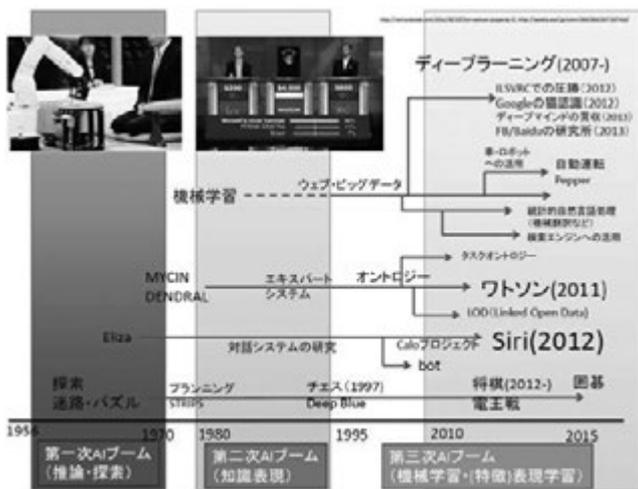


図-3 AI 開発の流れ<sup>1)</sup>

### (2) 第2次 AI ブーム

第2次 AI ブームは、専門家の知識を知識ベースに蓄え推論を行うエキスパートシステムの時代である。国家プロジェクトとしては「第五世代コンピュータ Pj/ICOT 1982～1992」があった。建設業でも工法選定等のエキスパートシステムが盛んに開発された。弊社ではオイル分析による建機故障診断システム MORES を開発し、現在も改良版を使い続けている<sup>4), 5)</sup>。しか

し、エキスパートシステムの研究はより高度化するための大規模知識ベースの構築が難しく下火となってしまった。この技術は機械学習と組み合わせて、今話題の Watson (IBM) に引き継がれている。

### (3) 第3次 AI ブーム

ビッグデータと機械学習の時代である。ビッグデータは2004年に Google Map Reduce の論文が発表され、翌年 Hadoop がつくられ普及が始まった。

機械学習は当初、人間が特徴量を教示することにより機械自ら学習するものであったが、50年来のブレークスルーと言われる Deep Learning (深層学習) が登場した。トロント大の Hinton 教授が2006年に深層化に成功し、2012年の画像認識コンペ ILSVRC で圧勝して一躍注目され、世界の AI 研究者がこぞって深層学習にのめり込んでいる。深層学習はニューラルネットワークを深化させて、情報抽出を多階層に行って高い抽象化(メタ化)を実現する機械学習の一種である。人間が得意でコンピュータが不得手だったパターン (画像・音声・行動等) 認識において人間を凌駕し始めている。深層学習に対する過大な期待がある反面、限界を指摘する声もあるが、この先に広がる世界に期待を掛けて (図-4)、深層学習が第3次 AI ブームを大きく牽引している。

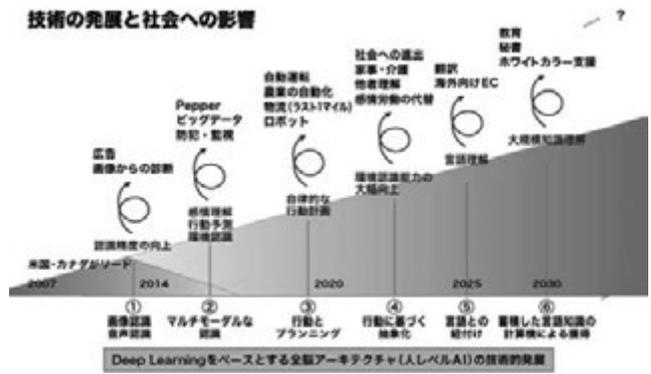


図-4 深層学習の発展<sup>1)</sup>

### (4) ニューロチップと量子コンピュータ

脳を模したニューロチップの開発 Pj を表-1に、関連大規模 Pj を表-2に示す。DARPA/SyNAPSE Pj においては、Neuromorphic chip の開発が進められ、Phase1で2011年に脳型チップを試作、Phase3では2014年に IBM が100万ニューロンチップ (昆虫の脳程度) の TrueNorth (図-5) を開発し、16チップを搭載したボード (蛙の脳程度) を作成、15年8月現在でボードを繋げて4800万ニューロン (鼠の脳程度) を実装、1億ニューロンを目指す。更に Phase4

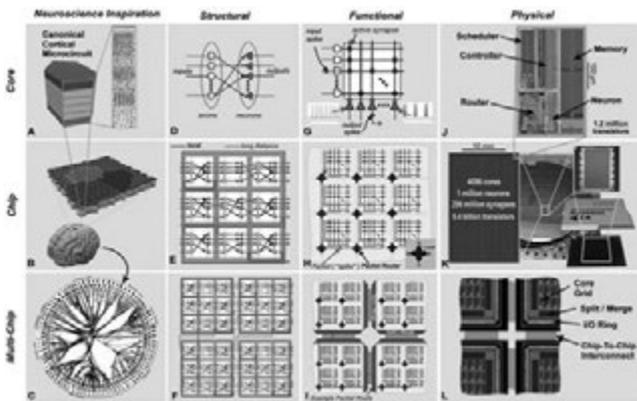
表一 脳型チップの開発

プロジェクト名	研究主体	目的	チップの組織構成	システム構成	写真
BrainScaleS	独ハイデルベルグ大学など	脳神経細胞ネットワークの最も難しい、高時間的精度(1000倍〜1万倍)で再現可能なシステムの開発	アナログ・デジタル混成	1枚のウエハ上で動作するウエハレベルシステム	
spiNNaker	英マンチェスター大学など	脳神経ネットワークを参考にした超並列コンピュータの開発	デジタル (同型型)	1枚のARMコアを持つチップ40個を1枚の基盤に実装	
NeuroGrid	米スタンフォード大学など	計算論的神経科学者がニューロンの発火モデルを研究するために必要な、低コストなシステムの開発	アナログ・デジタル混成	16枚のチップを1枚の基盤に実装	
SyNAPSE	米IBMなど	フロンティア・ニューロンチップを実現できる、超並列コンピュータチップに向けた新たなアーキテクチャの研究	デジタル (混成型)	単体で動作、または16枚のチップを1枚の基盤に実装	

表二 各国の大規模プロジェクト<sup>1)</sup>

プロジェクト名	目的	最新技術による脳型チップネットワークの完全な実装プロジェクト	ロボット革命推進会議 (目的の整理)
主要な目的	内閣府 ① 脳型チップの開発 ② 脳型チップを用いたシステムの実現 ③ 脳型チップを用いたシステムの実現 ④ 脳型チップを用いたシステムの実現	① 脳型チップの開発 ② 脳型チップを用いたシステムの実現 ③ 脳型チップを用いたシステムの実現 ④ 脳型チップを用いたシステムの実現	① ロボット技術の活用 ② ロボット技術の活用 ③ ロボット技術の活用 ④ ロボット技術の活用
内容	① 脳型チップの開発 ② 脳型チップを用いたシステムの実現 ③ 脳型チップを用いたシステムの実現 ④ 脳型チップを用いたシステムの実現	① 脳型チップの開発 ② 脳型チップを用いたシステムの実現 ③ 脳型チップを用いたシステムの実現 ④ 脳型チップを用いたシステムの実現	① ロボット技術の活用 ② ロボット技術の活用 ③ ロボット技術の活用 ④ ロボット技術の活用
発表年	2013年	2013年	2014年
期間	2014年(第1期)〜2015年(第2期)	2014年(第1期)〜2015年(第2期)	2014年〜2020年
予算	500億円(第1期)〜1000億円(第2期)	250億円(2015年度)	370億円(2015年度)

プロジェクト名	Brain Initiative	SyNAPSE	Human Brain Project	Industry 4.0
実施国	米	EU	EU	ドイツ
内容	① 脳型チップの開発 ② 脳型チップを用いたシステムの実現 ③ 脳型チップを用いたシステムの実現 ④ 脳型チップを用いたシステムの実現			
発表年	2014年	2008年	2013年	2011年
期間	2014年〜2021年	2008年〜2014年	2013年〜2022年	2012年(第1期)〜15年度(第2期)
予算	1億1000万ドル(2014年)	1億1000万ドル(2014年)	1億1000万ドル(2014年)	2億1000万ドル(2014年)



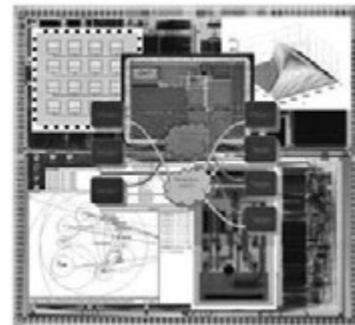
図一五 TrueNorth の構成概念

では、1億ニューロンチップにより100億ニューロンを目指す。スタンフォード大ではBrain Pjが進行中で、2014年に106万ニューロン+数十億シナプスの

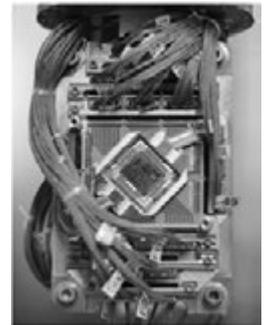
集積基盤 Neurogridを試作している。また、EUではThe Human Brain Pjが2013年に発足し進行中で、マンチェスタ大のチップ spiNNaker (写真一3)やハイデルベルク大での研究が進められている。その他にQualcomeもZerothを開発中であり、わが国でも関連Pjとして表一2の上表に示すものがある。

量子コンピュータは、ノイマン型に不向きな最適化問題に適している、D-WAVEが量子アニーリング方式 (写真一4)により時代を先取りして商品化した。それをGoogleとNASAが利用している。他に日本では、レーザネットワーク方式の研究が進められている。

DARPAは、上記のSyNAPSE以外にもインターネットやGPS、ドローン、自動運転等の様々な技術革新を創出してきて、最近ではDRC (本号交流の広場の「DARPA・ロボティクス・チャレンジ・ファイナル」)を主催した。最近、わが国でも産学界の要望により、DARPAを模してハイリスク・ハイリターンに挑戦するImPACT (表一2、本号行政情報の「革新的研究開発推進プログラムImPACTの創設」)が創設された。



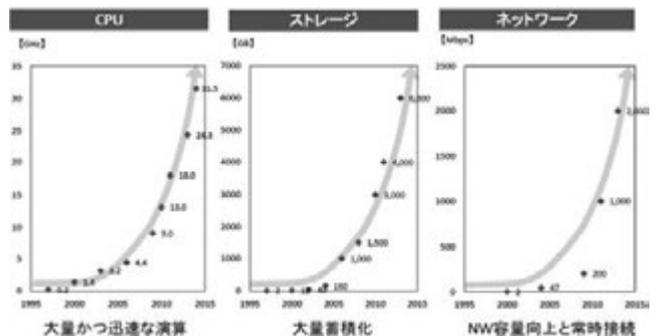
写真一三 spiNNaker



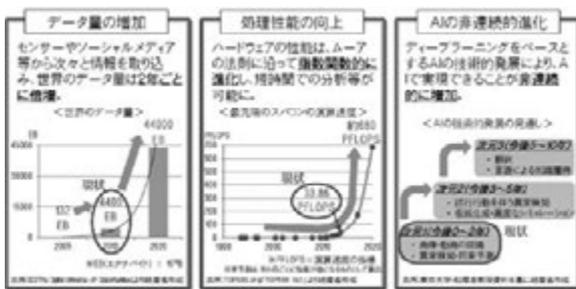
写真一四 D-WAVE

(5) コンピュータ性能進化の見通し

図一6は、CPU・ストレージ・ネットワークのこれまでの性能進化を示している。そして、図一7は今後5年のデータ量と処理性能・AI進化を示したものである。



図一六 コンピュータ技術の進化<sup>1)</sup>

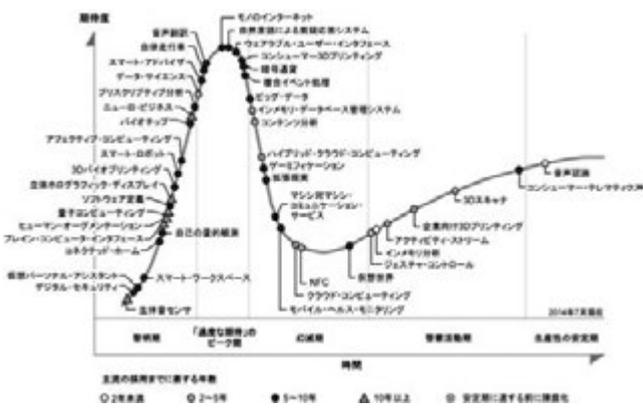


図一七 コンピュータ技術の進化<sup>2)</sup>



写真一五 ICT 建機 D61PXi と PC200i

図一八は、各種関連技術の期待度の変化と実用化までの時間を示している。



図一八 技術実用化までの年数

3. 土工機械の現状

Oxfordの研究(2013)によると、AIの進展により10年で消えそうな職業や仕事が702業種あり、その中に建設機械のオペレータや測量士が含まれている。

さて、先端技術の状況についてAI技術を中心に概観したが、建設工事の中では機械化の最も進んでいる機械土工が、自動化を最も進め易い工種と考えられる。しかし、繰り返し作業で単純にも見えるが、周囲の環境把握や施工進捗等の変化への対応、段取作業等が自動化を難しくしている。これらにはディープラーニングによるパターン認識(画像・行動)学習に期待が掛かっている。土工機械の関連技術の現状を以下に示す。すると、無人の自律機械が動き廻る大規模土工の現場、そんな時代への萌芽が既に始まっているようである。

(1) 情報化施工

情報化施工は、出来形管理が直轄工事において一般化され、出来形検査基準も情報化施工に適するよう見直しがされるようである。また、MG(マシン・ガイダンス)やMC(マシン・コントロール)を採用す

る工事が増え、多くのレンタル会社が機器を取扱うようになった。最近の機種では、MCバックホウやシュースリップを検知してブレードコントロールを行うインテリジェントブルドーザ(写真一五)が登場している。

そして、脱着等の取扱が容易になったシステムも現れた。また、新しい機種(コンパクトトラックローダ)への装着(本号掲載の「小型多機能施工機械の自動制御化による路盤工事の合理化検討」)も試みられている。しかし、情報化施工機器はまだ高価で、経済的便益を發揮しているとは言い難い。一層の価格低下と簡便性が望まれる。

(2) 無人化施工(遠隔操作)

無人化施工は、人が立入ると危険な地区で遠隔操作により施工を行う方法である。平成6年の雲仙普賢岳における試験施工から研究が始まり、移動体画像伝送やネットワークの通信技術が発展した。最近開発された最新の関連技術は、本号の「無人化施工による応急対策技術とその基盤となるデジタル通信技術の開発」に示されている。また、遠隔操作式搭乗ロボットにロボQやASIMOがあったが、新たに汎用ロボットOS(V-Sido)を利用したDOKAROBO(本号掲載の「遠隔操縦用ロボットの開発」)が加わった。本号行政情報にある「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入の取組み」に応募した技術の1つである。

(3) 広域測量技術とCIM

近年、UAVと写真測量解析ソフトウェア<sup>6)</sup>の性能とコストダウンが革新的に進み、一気に利便性が向上した。そのためCIMにおける地形情報の有力な入力手段となっている(本号掲載の「施工CIMの最前線」)。

(4) フリート管理<sup>7)</sup>

フリート(建設機械群)管理のシステムは、海外露天掘り鉱山で利用されていて、Modular社(コマツ系)、CAT、Wenco(日立系)、Leica等が提供している。最適化や意思決定支援に利用され、クラウドとAIを

利用したビッグデータ処理の取組みが始まっている。

海外大型鉱山での建設機械は、維持修理費込みの販売契約を建機メーカーが行っている。このため機械の保全管理システムを含む稼働管理システムが必要となり、ソフトベンダを取込んで運用している。そして、これらのシステムは配車・フリート管理サービスも提供している。

(5) 自動化・ロボット化

土工機械の自動化<sup>3)</sup>を見てみると、作業装置系では、ブレードコントロールやバケットコントロールが古くから研究され、その成果が情報化施工や無人化施工に取り入れられている。自動走行の研究では、電磁誘導から始まり、位置認識にコーナキューブ、電波灯台、TS、GNSSが利用されている。著者は図-9のミリ波電波灯台方式の試験研究<sup>8)</sup>(1988～93)に携わったことがあるが、現在はGNSS方式が主流である。無人ダンプトラックの運行では、1996年頃からCATやコマツが取組み、現在、コマツの無人ダンプ(AHS: Autonomous Haulage System: 写真-6)は100台近くが稼働中という。また、日立建機も豪州で300tダンプ6台による試験運転を行っており、2017年の販売を目指している。

そして、施工自動化の試みも始まった。A<sup>4</sup>CSEL(本号掲載の「建設機械の自動化を核とした次世代施工システム」)では、振動ローラ(写真-7)と敷均ブルドーザの自動運転に取り組んでいる。ブルドーザは前記の

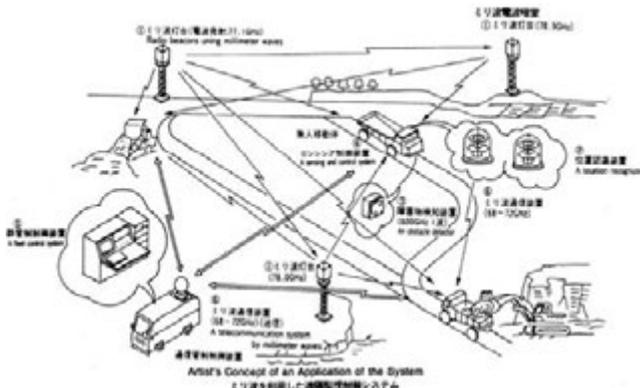


図-9 ミリ波による遠隔監視制御システム



写真-6 AHS



写真-7 A<sup>4</sup>CSEL

ICT建機D61PXiを利用して無人化している。また、ブレーカによる小割作業の自動化を狙って、T-iROBO-Breaker(本号掲載の「自律制御型建設機械の開発」)が登場した。

4. 機械土工の将来

本年1月にSmartConstruction(以下SC)<sup>9), 10)</sup>という野心的な新事業の計画をK社が発表した。これは建機製造・販売からその枠を超え、工事現場にICT技術によるソリューションを提供する経営革新であるという。2月からこのサービスを開始した。マルチコンピュータによる空撮測量を行って土量を把握し、施工計画を立て、ICT建機(D61PXiやPC200i等)を用いて施工を行い、施工データはクラウド(KomConnect)の施工計画にフィードバックさせるという。10月にはPC200iにステレオカメラを搭載して出来形を把握し、KomConnectに連動したリアルタイム施工管理サービスを始めたと発表している。徐々に進化発展させていくようだ(図-10)。

これまでイノベーションを推進し、3つのフェーズ(ダントツ商品(ハイブリッドショベル)→ダントツサービス(KOMTRAX)→ダントツソリューション(AHS))を経て、事業領域を拡大してきたが、今回のSCは、創業以来の変革であるという<sup>9), 10)</sup>。AHSでダンプトラック運行管理というソリューションを手掛け、更にSCで施工領域まで踏込むようだ(図-11)。

このためオープンイノベーションを強化し、自動運転やロボット技術に強いZMPやビッグデータ処理で

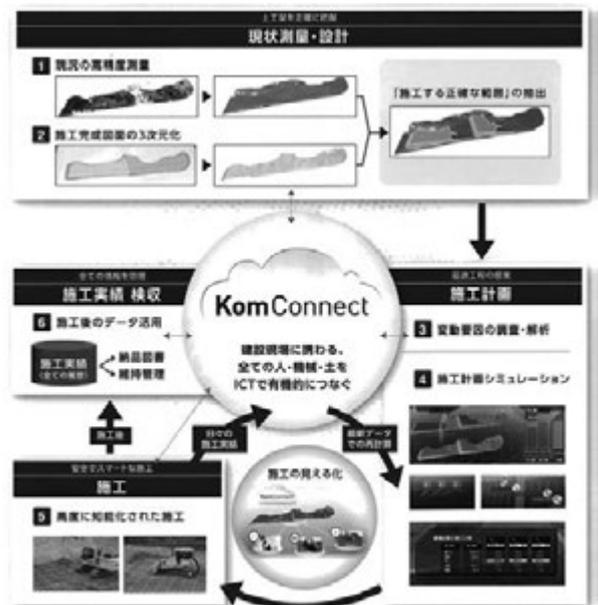


図-10 ソリューションサービス<sup>10)</sup>

GMと提携している。また、ロボット技術関係の大学との提携を深め、学内研究所設置も進め、阪大には「みらい建機協働研究所」を開設する。これから総力で建設機械の自動化・ロボット化に邁進するようだ。本号掲載の「油圧ショベルの遠隔操作のためのCG重畳表示システム」は産学提携による成果の1つである。

建設機械のロボット化が進めば、フリートとしての管理が必要となる。そのためには土量を把握して、施工計画を立案する必要がある。施工計画を立てるためには、土量の他に土質等のデータや施工ノウハウが必用である<sup>11), 12)</sup>。まだ、メーカーに満足のいく施工計画の立案能力があるとは思えない。しかし、メーカー各社は既にKOMTRAK (IoTの走り) 等で機械稼働のデータ収集を行っており、これから施工データの収集を始める。ビッグデータをクラウドに収集蓄積し、ディープラーニング等のAIで分析して利用するだろう。将来は自動立案を目指しているのかもしれない。しかし、当面はマンマシンシステムとして協働のステップを経て、その先に完全自動化があるのだろう。

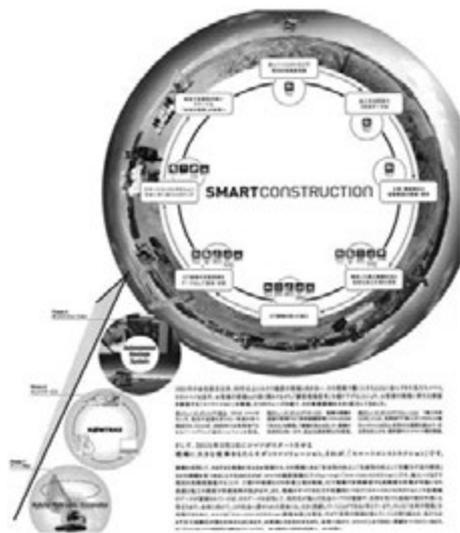


図-11 SmartConstruction<sup>10)</sup>

ICT建機 (D61PXi や PC200i 等) はレンタルでしか提供していない。最近の建機は電子化が進み、ユーザでの修理・整備が困難になっている。更にスマート化が進めば建機の販売はなくなりそうだ。ICT建機とSCを組合せてソリューションを提供する。将来、ICT建機が自律化すれば、建機と施工計画・管理のトータルソリューションを提供することになる。重機の専門工業者は不要になるのかも知れない。つまり重機屋もなくなる職業の1つなのだ。生き残りは、工事を知悉して未来の施工システムを統べることができる者のみかもしれない。

## 5. おわりに

本誌2003年新年号に「大規模土工の近未来風景」を本省の方からの依頼で著して、思わぬ方面からの反響が多々あり驚いたことがある。当時も土工機械の自動化には、AIへの期待と必要性を痛感していたが、「第五世代」の蹉跎感がまだ漂っており言及は憚れた。しかし、近年のAI技術の革新や関連プロジェクトの進行を踏まえて、更に最近発表されたメーカーの新事業構想をベースに機械土工自動化の未来を想像してみた。

さて、シンギュラリティは到来するのか？ 総務省の研究会<sup>1)</sup>では真剣に議論された。2045年は兎も角、蓋然性があるとする意見は多い。2045年については否定論が多いが、それは加速度的進化に想像力が追いつかないためだろう。しかし、到来は時間の問題だとも言っている。また、シンギュラリティ後のAIの危険性をイーロン・マスクが訴え、ホーキング博士やビル・ゲイツも警鐘を鳴らしている。「人類はAIを發明するために生まれ、覇を譲ることになる。」とさえ言う者もいる。映画「ターミネータ」や「マトリックス」の世界がやって来るといえるのか？ 人間を凌駕するかどうかは、意識(自我)を持つことができるかどうかのような気がするが、これも賛否両論がある。さて、いずれにしろ建設機械のシンギュラリティはやって来る。

JICMA

### 《参考文献》

- 1) 総務省情報通信政策研究所, インテリジェント化が加速するICTの未来像に関する研究会 報告書, '15.6
- 2) 経済産業政策局, ビッグデータ・人工知能がもたらす経済社会の変革 '15.4
- 3) 岡本, 大規模土工の近未来風景, 建設の機械化, '03.1
- 4) 建機の"故障診断"をAIで, 日経コンストラクション, '90.8.10
- 5) 花嶋隆志, 建設機械の故障診断におけるオイル分析エキスパートシステムの開発, 建設の機械化, '90.6
- 6) 岡本, 4D土工管理のマルチコプタ運用, 建設機械施工, '14.4
- 7) 岡本, 海外露天掘削山の情報化施工, 建設機械, '09.11
- 8) ミリ波を利用した遠隔監視制御システム, 建設ロボット・自動化便覧, 先端建設技術センター, 1995
- 9) 建機メーカーが描く「スマートコンストラクション」の未来, ロボコンマガジン, '15.5
- 10) コマツ, SmartConstruction 資料等, '15.
- 11) 岡本, デジタルアースムービング, 建設の施工企画, '09.3
- 12) 岡本, 専門工事業者による施工計画, 建設機械施工, '13.9
- 13) 土工教室 / IT-Topics, <http://www.yamazaki.co.jp>

### 【筆者紹介】

岡本 直樹 (おかもと なおき)  
山崎建設(株)  
技術顧問



# 施工 CIM の最前線

## 目的を明確にした施工 CIM の使い方

杉浦 伸哉

生産性向上を目的とした CIM 導入は、国土交通省が 2012 年 7 月から本格的な取り組みとして進みはじめずでに 3 年が経過した。その間、試行業務や試行工事をはじめ多くの取り組みがなされている。建設業にこのような新しい流れを起こさせた、もしくは起こさせざるを得ない状況とさせたのは、人材不足が大きく関与している。

建設就業者数が 1997 年のピーク時である 685 万人から 2014 年では 505 万人となり、約 120 万人の減少 (73.7% の減少) となっており、今後、日本の人口構成や生産人口の減少の流れが変わらない限り、品質を維持して施工を進めていくためには、一人当たりの生産性を向上させ、少数精鋭で臨まなければならない。少ない人数で手戻りをなくし、多くの効率的な検討を行うには従来と同じ方法では実現できない。規格化された製品を大量に作り上げる製造業と違い、我々建設業は、一つとして同じ条件がないものに対し、一定の期限と品質を確保して取り組まなければならない。そのためのツールとして、昨今 CIM というマネジメント手法に注目が集まっている。

CIM は一般的に、設計段階における不具合をなくし、手戻りなく、効率的な設計を行うツールとしての位置づけが強いが、本報告では、施工での利用に特にこだわり、その中で特に効果を上げている UAV や AR/VR を利用した出来形管理も含めた事例を紹介する。

キーワード：生産性向上、施工 CIM, UAV, AR, VR

### 1. はじめに

2012 年 7 月から実施されている CIM の効果検証を確認する取り組みでは、国土交通省にて主に設計段階での試行と、そのデータを施工で利用した場合の施工段階での効果検証が行われている。

構造物などを 3 次元で表現し、そこに施工に必要な時間軸を入れて 4D シミュレーションを実施し、3 次元情報に物性値を入れることで、コストや数量などの情報が取得できるようになるため、検討や管理として利用するツールとしては非常に効果のあるものであることが確認できつつある。

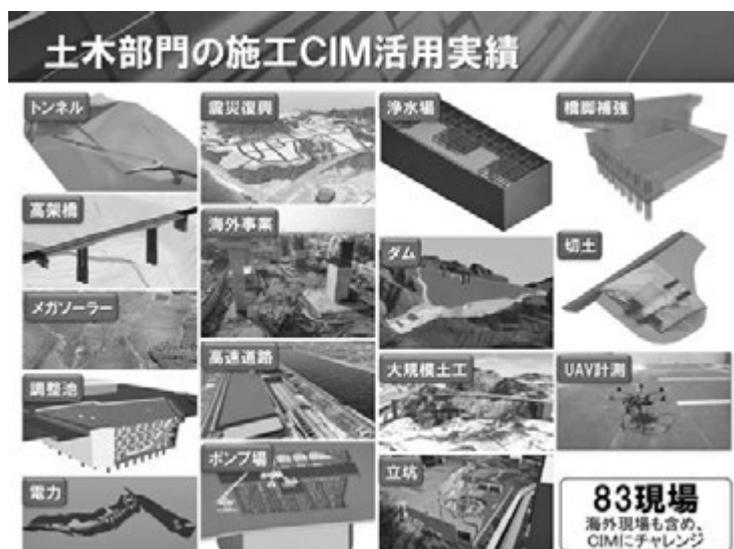


図-1 CIM 実施工種一覧

従来より施工段階における CIM 活用の可能性にいち早く着目し、生産性向上の切り札として現場での活用を進めてきた。

2012年2月から取り組みをはじめ、2015年9月末で83現場の適用実績があり全現場の約30%を超える実施状況となっている(図-1)。

CIM 適用範囲は、幾何座標軸(空間)に工程軸(時間)、コスト管理軸(出来形計測)と維持修繕軸(メンテナンスデータ)を加え6次元 CIM モデルとしている(図-2)。

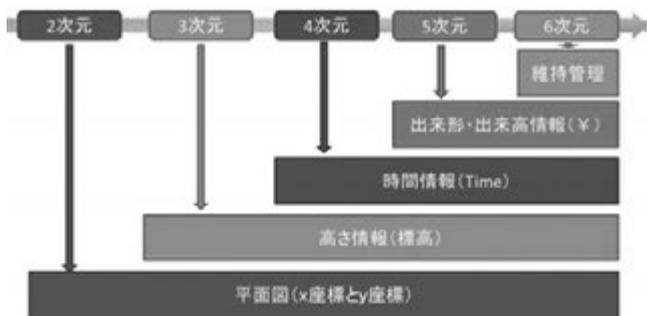


図-2 CIM 実施の各ステージ

すでに施工段階での CIM 活用は、生産活動を向上させるツールとして非常に有益なものとしての認識が高く、また施工現場における利用も進んできたことから、さらに次の具体的な取り組みとして、土木工事での施工管理として必要な土工出来形管理に関して、UAV を活用した出来形管理手法についてまとめた。

## 2. 土工事への見える化

土という不定形な形状の表現の難しさなどから、構造物の3次元対応とは違い、土工の出来形管理への取り組みには高いハードルがある。

3D レーザスキャナによる点群を利用した形状計測管理は従来より実施しているが、3D レーザスキャナにおける計測は広範囲計測には不向きで、さらに大規模土工では出来形数量や形状管理に必要な時間的制約や、データ処理の制約があり、実利用まで至らないことが多々あった。

そこで、短時間で大規模なエリアの形状、出来形を把握する方法として、写真撮影を利用した取り組みを進めることにした。

土工現場全体の写真を大量に撮影し、その画像データを解析し土工の出来形管理を実施することで、短時間でいち早く現場の形状と、その形状差から土量を把握し、施工管理に役立てようとするものである。

写真の撮影方法としては UAV を利用しており、現在は固定翼と呼ばれる UAV を1機、回転翼と呼ばれる UAV を6機保有している(図-3)。

さて、この固定翼と回転翼では、その特性から、撮影できるエリアの大きさが違ってくる(図-4)。

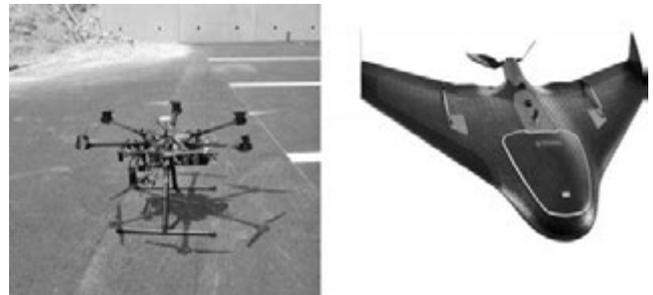


図-3 保有 UAV (回転翼と固定翼)

	固定翼	回転翼	スキャナー	デジカメ計測
広いエリア (<2km)	○	△	×	×
狭いエリア (<500m)	△	○	△	×
極小 (<200m)	△	△	○	◎
精度	cm	cm	mm	cm

図-4 点群取得手段の比較表

これらの特性を生かし、かつこれらの特性を混ぜ合わせながら、土工計測を実施する全体を写真撮影し、その画像から3次元点群を構築している。

ここで表示したのは撮影から画像解析を実施し、点群を作成するまでの流れである(図-5)。

UAV で撮影した情報が点群として画像解析され、その後点群モデルが生成される。点群として生成されたあとは、時間軸でその点群モデルを比較することにより、土量変化を確認することが可能である。

3次元 CAD にさえなってしまうえば、土量差分を出すことも容易にできそうに思われるが実はかなり高度な3次元 CAD をつかった操作を行わなければならない。そのためには3次元 CAD の利用に精通しなければならないが、施工会社の職員が全員、3次元 CAD の利用に精通しているわけではない。

そこで「誰でも」「迅速に」「簡単に」実施することができるか否かという点で、市販されているソフトウェアを組み合わせて利用する方法で、着実に差分を出す方法を実施し、効果を上げている(図-6)。



図一5 3DCAD 対応までの流れ

3次元CADの利用に長けた一部の職員だけが利用するのではなく、すべての職員が対応できる仕組みを構築することこそ、施工での利用が進むポイントである。

### 3. 計測管理データの見える化

ここでは、施工管理として重要な計測管理データの見える化事例を紹介する。

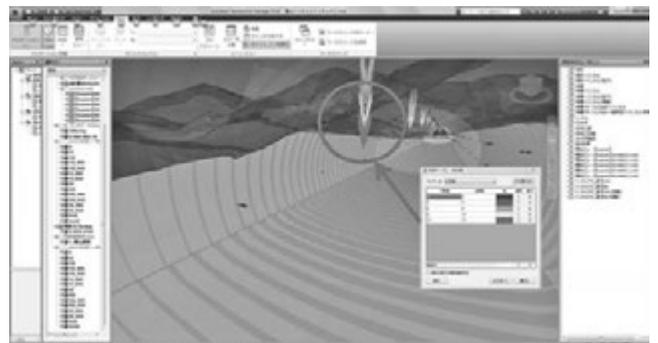
従来は計測機器から出力されるデータをEXCELなどでグラフ化し、閾値を超えるか否かという管理をするのが一般的な計測管理の見える化であった。

しかし、昨今の3次元データを表現する多くのツールを組み合わせることで、変位や応力の変化が線形上で時系列に見えることにより、変化の傾向が理解しやすくなった。

例えばトンネルの天端や側壁の変位といった地山の挙動を見る見える化することで、施工管理として全体像が把握でき、安全管理のみならず品質管理への利用も可能である(図一7)。



図一6 点群をつかった土量差分取得の流れ

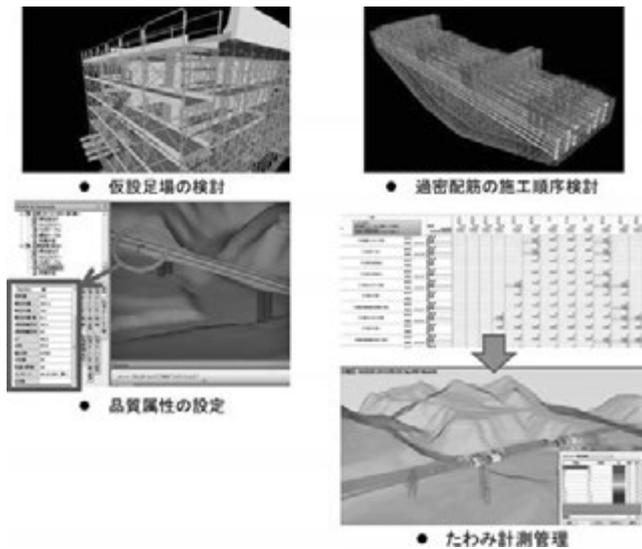


図一7 トンネル内変位計測の状況

### 4. 施工管理ツールとしての活用

PC 上部工工事への適用では、仮設足場計画検討、過密配筋の施工順序検討、品質属性の設定、たわみなど計測データをモデルに取り込み、危険予知・回避といった施工管理での活用などで効果を発揮した(図一8)。

デジタルモックアップとしての活用においては、発注者～技術者、技術者～技能者間のコミュニケーションにより、問題点・注意箇所の早期認識・特定に役立ち、また計測結果をモデルに取り込むことで品質確保・工程厳守が達成された。今後は、竣工後の不具合の原因特定手段としても利用される予定である。



図一8 各種検討活用

## 5. 合意形成ツールとしての利用

着工前の現地空間データに設計モデルを組み入れることで将来計画全体像を、技術者・技能者だけでなく、地元住民や納税者に対して現況～施工各段階～全体完成～供用までを立体可視化して提供・共有化することで理解が深まり、ステークホルダー全員の事業に対するベクトルが揃い迅速な事業推進が可能となる。

図一9は街づくりへの適用例で、6Dモデルで街づくり計画・ステークホルダー間の合意形成・土工計画・維持管理計画などの取り組みを実施した。街全体のイメージを共有化することで、地元説明会では従来の3Dモデルでは説明しにくい経時的な質問にも迅速に対応でき、また関係機関との協議では合意形成を早めるといった効果があった。



図一9 街づくりへの適用事例

## 6. 最新テクノロジーを活用したイメージの共有ツール

これら3次元データを活用した見える化ツールや施工管理ツールとしての取り組みを、職員だけではなく、建設事業に携わるすべての関係者が共有することで、CIMの持つポテンシャルがいかに発揮できるものと思っている。

そのために、最新テクノロジーを建設産業にも適用することを積極的に進めている。

3Dモデルがあれば仮想空間の中で自由に移動できるといったAR技術を通して、多くの関係者が仮想空間のデータをもとに建設事業を進めていけるのではないかと、これら新しいデバイスをつかった建設事業への展開に様々な現場で取り組みを始めている(図一10)。



● ゴーグル型の仮想空間



● タブレットをつかった仮想空間体験

図一10 最新デバイスを活用した仮想空間

## 7. おわりに

2014年に土木学会の米国CIM視察調査団として参加した際、イリノイ大学のNora博士が「20世紀のものしか使っていないければ、20世紀の方法で得た利益しか得られない。21世紀の新しいものを使って、プロセスやルールなどの仕組みを変えるパラダイムシフトができれば、20世紀の技術で得られる利益を大きく超えることができる。」と言われていた。

今まさに、建設産業は新しいマネジメント手法を得て、それをどのように活用するか、産学官全体で挑戦しているところである。従来の手法でも十分対応できるマネジメントを21世紀型にチェンジするには、従来の思考回路を大きく変える必要がある。そのためには大局的な視野でマネジメント手法や、全体プロセスを見直す必要がある。

施工フェースにとどまらず、本来の建設産業全体のイノベーションとしてCIMの持つ意味を理解し、現状にとどまらずさらなる活用を広げていきたい。

そのためには、個別最適化にとどまらず、施工全体の利用の流れとしてつなげていくことが重要だと思ひ、将来の建設現場がICTやCIMといった生産性向



図-11 ICTを活用した将来の施工現場

上ツールを活用し、魅力ある建設業となることを期待してやまない。

少なくとも現場では、これらの展開を積極的に進めることで、さらなる施工の効率化を図っていく予定である(図-11)。

JCMA

[筆者紹介]

杉浦 仲裁 (すぎうら しんや)  
 ㈱大林組  
 土木本部本部長室情報企画課  
 課長



## 平成 27 年度版 建設機械等損料表 発売中

■平成 26 年度版に対する変更点

- ・ 損料算定表の諸元記載要領も変更し読み易さを改善
- ・ 「機械運転単価表」の作成例を、現行歩掛に合わせて見直し
- ・ 関連通達・告示に「東日本大震災の被災地で使用する建設機械の機械損料の補正」を追加

■B5 判 モノクロ 本編 592 ページ

■一般価格

7,920 円 (本体 7,334 円)

■会員価格

6,787 円 (本体 6,285 円)

■送料 (単価) 600 円 (但し沖縄県を除く日本国内)

注 1) 沖縄県の方は一般社団法人沖縄しまたて協会 (電話: 098-879-2097) にお申し込み下さい。

■発刊 平成 27 年 5 月 9 日

### 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>

## 現場力を高める BIM 最前線

家 入 龍 太

建設業界では2009年ごろから、従来の図面を使った設計から、コンピューター上に構築した建物の3Dモデルを使って設計する「BIM（ビルディング・インフォメーション・モデリング）」と呼ばれる手法が本格的に普及しはじめた。

当初、BIMは設計段階でのデザイン検討やプレゼンテーション、部材同士の干渉チェックに使われることが多かったが、施工段階での活用へと進むと3Dプリンターによる実物大モックアップや施工シミュレーション、さらにはコンクリートを材料として実際の建物を建設する巨大3Dプリンターも開発が進み、実用化レベルに迫っている。こうした最近の動きを紹介しよう。

キーワード：BIM, 3Dプリンター

### 1. BIM とは

BIM（「ビム」と読む）とは、コンピューター上に実物の建物と同じような3次元モデルを作って設計を進める手法だ。

図面は建物を表すためにいろいろな方向や角度、切り口から建物を見た状態を図形で表現する。これに対してBIMは、コンピューター上に実物と同じ形や構造、大きさで3次元の仮想の建物を作って表現する。いわば、建築模型をコンピューターでバーチャルに作りながら設計を進めていく手法と言えよう。

BIMでは柱や梁、鉄骨、配管、空調ダクトといった壁や天井の裏に隠れたところまで忠実に3次元でモデル化する。隠れた柱や配管まで忠実に作ってあるので、ある階でBIMモデルを水平方向に切断すると外壁や仕切り壁、柱、エレベーターなどの断面が現れ、「平面図」になる（図-1）。また、BIMモデルを外から見ると「立面図」、鉛直方向に切断すると「断面図」になる（図-2）。

これらの図面は、1つのBIMモデルから切り出して作るので、従来の図面のように平・立・断の各図間で不整合は起こらない。

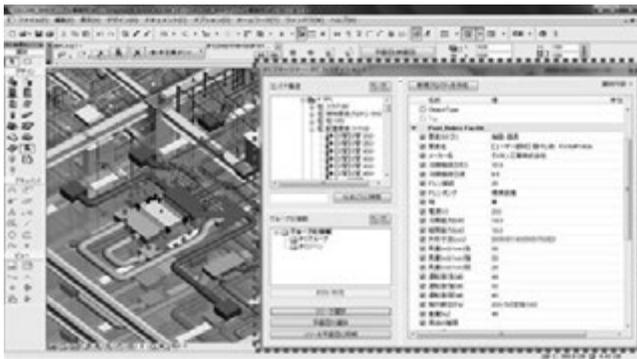
建物の形や構造などを3次元で表現することは、一般の3次元CADでもできる。BIMが従来の3次元CADと違うのは、壁や柱などの中に「属性情報」が格納されていることだ。属性情報には部材の材質や型番、メーカー名など、必要に応じていろいろなものを



図-1 BIMモデルの例。内部には隠れた柱や梁、配管なども忠実に作られている（資料提供：美保テクノス）



図-2 BIMモデルをいろいろな視点で切断することで図面が作れる（資料提供：福井コンピュータアーキテクト）



図一三 設備の属性情報の例。円内の空調機の BIM モデルを開くと、右側の画面にメーカー名や電源の電圧、質量などの属性情報が入力されている（資料提供：グラフィソフトジャパン）

入れることができる（図一三）。

つまり、BIM とは建物や設備の 3 次元形状や寸法とともに、建物のデータベースとも言える属性情報をまとめて扱うことで、図面作成や数量計算、空調シミュレーションなどの作業を大幅に自動化、効率化することができるのだ。

## 2. 施工の効率化に有効な干渉チェック機能

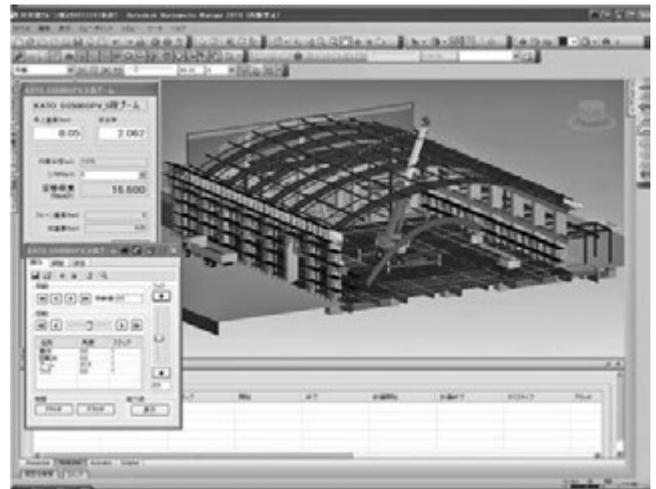
BIM ソフトを使って施工の効率化を図る上で最も便利な機能の 1 つに「干渉チェック」がある。

意匠、構造、設備の BIM モデルを 1 つに統合し、部材同士が空間的にぶつかっている個所を見つける機能だ。これまでは意匠、構造、設備の図面を 1 枚の図面上にまとめた「総合図」というものを作り、技術者が目を凝らしながら部材が干渉している部分を見つけては設計を修正していた。

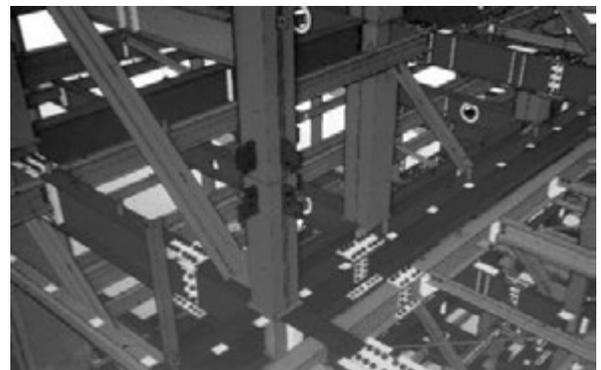
BIM ソフトの干渉チェック機能を使うと、BIM モデル上で干渉している部分を自動的に検索し、BIM モデル上に色分け表示したり、それに対応する一覧表を表示したりする。BIM モデルと一覧表はリンクし



図一四 構造部材と配管の干渉チェックの例（画像提供：テクラ）



図一五 クレーン作業中の 4D による干渉チェック（画像提供：美保テクノス）



図一六 細かい部材を含めて干渉チェックを行う「バーチャル竣工」のイメージ（画像提供：竹中工務店）

ており、相互に行き来して干渉部分を確かめられるのだ（図一四）。

現場での施工時には、各部材を取り付け場所まで搬入する必要がある。この搬入経路上で他の部材や仮設材などと接触しないかをチェックすることを 4D による干渉チェックという（図一五、六）。4D とは、3D に時間軸を加えたものという意味だ。

## 3. 建設業界での 3D プリンターの使われ方

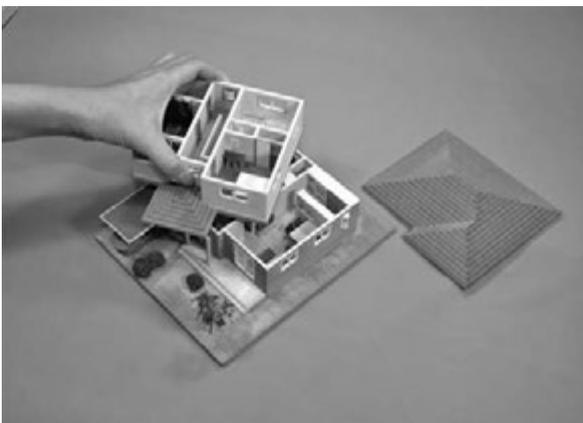
BIM の普及に伴って、建物の 3D モデルデータから模型や実物の建物などを作る 3D プリンターという機械も建設業界で使われ始めた。その用途は、複雑なデザインの模型作成から施工手順・施工方法の検討、さらには巨大 3D プリンターによる実物の建物の施工にまで広がっている。

### (1) 意匠的なデザインの検討

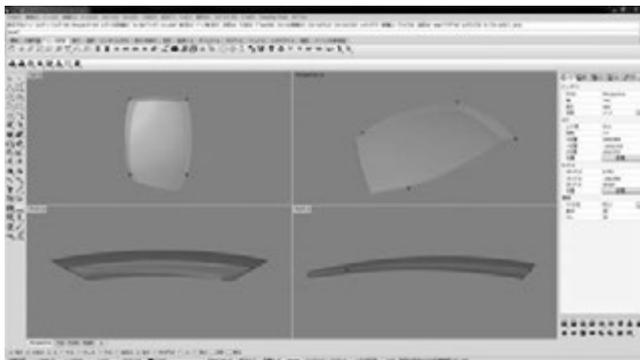
3D プリンターのメリットのうち、設計者のにとって最大のものは何と言っても「設計の見える化」だろう。

設計中の建物を3Dプリンターで模型にすると、設計中の建物がまるで実物の建物のように見えるので、誰にでも完成時のイメージがわかる。そのため、図面では気がつかなかったデザインや間取りなどの問題も、工事に着手する前にわかり、希望通りの建物ができるように設計を修正しておくことが可能になる。

最近では前述のようにBIMの普及で屋根などの形をコンピュータープログラムによって生成する「アルゴリズムックデザイン」という手法も使われるようになった。複雑な曲面を正確に模型化するのは手作業では難しいため、3Dプリンターによる造形が用いられている(図一7, 8)。意匠デザインを重視した建物で



図一7 3Dプリンターで作成した住宅の模型。屋根や階ごとに分解できる(写真:メガンソフト)



図一8 アルゴリズムックデザインにより設計された複雑な屋根形状(上)と3Dプリンターで作成した模型(下)(資料・写真:梓設計)



図一9 清水建設における実物大モックアップの作成例(写真:家入龍太)

は、窓のサッシ枠やドアノブなどを特注で作る場合も多い。デザインはスケール感とともに、人間の体感も含めて検討される。そのため、サッシ枠の断面を3Dプリンターで実物大のモックアップを作成し、スケール感や実際の見え方、手触りなどを確認することもある(図一9)。

## (2) 施工手順、施工方法の検討

建設会社にとっての3Dプリンターの活用メリットは、工事現場での「手戻り防止」にあるといえるだろう。工事現場で大きな問題となるのが、構造部材と配管、空調ダクトなどの部材同士の干渉だ。平面の図面を使った設計では、どうしても干渉が残ったままになり、現場で施工をやり直す「手戻り」がよく発生することになる。

そこでBIMソフトで設計した意匠、構造、設備の3Dモデルを3Dプリンターで出力して模型を作ると、各部材が干渉していないかを確認することができる。同時に、施工手順も検証し現場で組み立てが可能かどうかともチェックすることができる(図一10)。

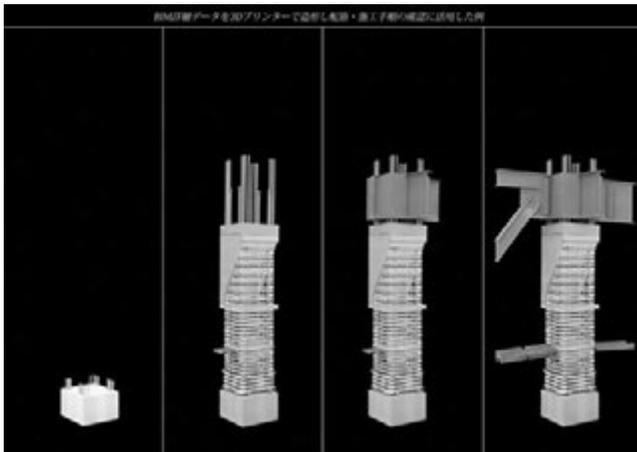
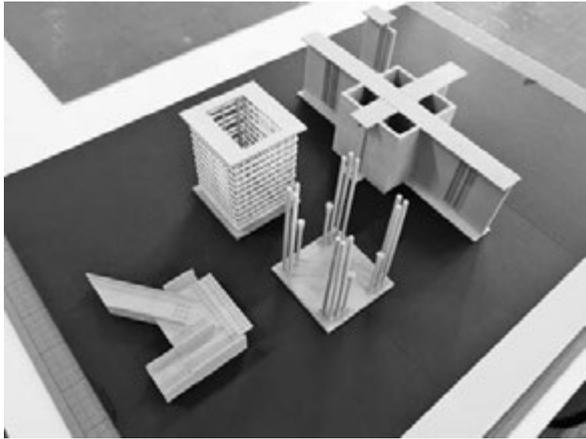
## (3) 巨大3Dプリンターによる建物の施工

3Dプリンターで模型を作る原理は、模型を薄い断面ごとにスライスし、その断面に沿って0.1mm厚程度の材料を積み重ねていくことにある。

この仕組みを大型化し、実際の建物を作れる「巨大3Dプリンター」が今、実用化の域に達しつつある。コンクリート状の材料を数センチずつ積み重ねて壁を造っていくタイプと、砂状の材料を固化材で固めて造形するタイプが代表的だ。

代表的な巨大3Dプリンターの1つは、建物の壁を型枠なしで現場施工するタイプだ。

生コンクリート状の材料を建物の壁の断面に沿っ



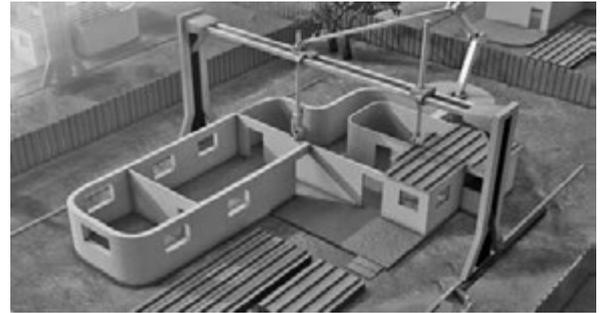
図一10 清水建設が3Dプリンターで作った構造部材の模型（上写真：家入龍太）。3Dプリンターで作成した模型による施工手順の検討（下写真：清水建設）

て、一定厚で積み重ねることによって、壁を造形する。まるでデコレーションケーキの上に生クリームでいろいろな装飾を施していくような感じで建物を造っていく。

このタイプの巨大3Dプリンターは、造形範囲をまたいで平行に設置された2本のレールに沿って動く門形クレーンのような形をしており、材料を吹き出すノズルが取り付けられている。ノズルは造形範囲内をX、Y、Zの3方向に動くようになっており、壁の断面に沿って下から上へと一定の厚さで材料を吹き出しながら層状に積み重ねていく。

このタイプの巨大3Dプリンターは、南カリフォルニア大学で開発中の「コンター・クラフティング（Contour Crafting）」が代表的だ（図一11）。ソフトベンダーや建設会社などの協力を受けて、実用化に向けての取り組みが行われている。同様のタイプの巨大3Dプリンターは中国やスロベニアなどでも開発されている。

もう1つの巨大プリンターは、砂状の材料を固めて



図一11 巨大3Dプリンター「コンター・クラフティング」の完成イメージ（上）。壁の造形風景（下）。壁の内側、外側、内部を順次、層状に積み重ねて造っていく（資料・写真：南カリフォルニア大学）



図一12 米国ミネソタ州のアンドレー・ルーデンコ氏が巨大3Dプリンターで造った住宅サイズのお城（写真・資料：Andrey Rudenko）

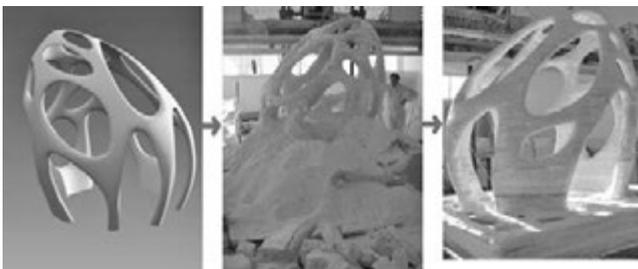
彫刻や家具、建物のブロックなど任意の3D形状の立体を造るタイプだ。石こうなどの粉末を固めて造形する3Dプリンターを、そのまま大きくしたような仕組みである（図一12）。

このタイプの代表的な巨大3Dプリンターは、イタリア・ピサに住むエンリコ・ディニ氏が開発した、幅7.5m、奥行き7.5m、高さ3.18mの「D-SHAPE」だ（図一13）。

造形の仕組みは、砂状の材料を5～10mmの厚さで平らに敷きならしては、造形する物体の断面に沿って液体の固化材をプリンターヘッドから噴射して固め



図一13 D-SHAPEの外観 (写真: 家入龍太)



図一14 D-SHAPEの造形手順 (資料: Enrico Dini)

ていく、という作業を延々と繰り返すというものだ。最後に固まっていない部分の砂を除去すると、3Dモデルの形通りに固まった彫刻や家具が現れる(図一14)。

D-SHAPEの特徴は、複雑な曲面からなる物体を自由自在に造形できることだ。建物を造る場合は、建物の各部分をブロックに分割して造形し、ワイヤなどでつないで一体化する方法などが考えられている。

#### (4) 3Dプリンターによる鋼橋の架設計画

オランダのアムステルダムで、3Dプリンターを使って実物の鋼橋を架設しようというプロジェクトが進んでいる(図一15)。使用する3Dプリンターは、産業用ロボットのアームに溶接機を取り付けたような形だ(図一16)。

このプロジェクトを進めているのは、MX3Dという企業で、オートデスクや、オランダの建設会社、ハ



図一15 3Dプリンターで鋼橋を架ける現場のイメージ(資料:MX3D B.V.)



図一16 産業用ロボットのような形をした3Dプリンター(写真:MX3D B.V.)

イジマズ(Heijmans)のほか、重電メーカーのABB、デルフト工科大学など十数の企業や学校、自治体が協賛している。

#### 4. おわりに

ここ十数年、建設業の実務にはインターネットや様々なIT機器が導入されてきた半面、設計・施工の方法は従来とあまり変わらなかった。BIMの導入は、こうした建設業のワークフローを革新することにつながり、本格的な生産性の向上の実現を期待している。

JCMA

#### 【筆者紹介】

家入 龍太 (いえいり りょうた)  
建設ITジャーナリスト  
株式会社エイリ・ラボ  
代表取締役



# クラウドを活用した建物管理システムの高度化 ビルコミュニケーションシステム<sup>®</sup>の適用と今後の展開

後 神 洋 介

今まで、建物管理システムは閉鎖的なシステムになっており、建物外にあるシステムとの連携などを志向していなかった。ネットワーク技術の高度化や、クラウドの普及と低廉化はそれらの状況を変えつつある。そうした技術に加え、ビッグデータなど様々なトレンド技術をビルに適用しようという動きが活発化しており、そのため建物管理システムはクラウドで様々なシステムと連携することが必須になってきている。ビルコミュニケーションシステム<sup>®</sup>（以下「本システム」という）は、電力自由化やスマートコミュニティといった新たなニーズに応えるために、高度なICTを適用した次世代の建物管理システムである。  
キーワード：AI, BIM, IoT, 機械学習, クラウド, 自動制御

## 1. はじめに

ICT（情報通信技術）を使った建物設備システムの高度化は、1980年代のインテリジェントビルの時代から試みがあった。そのきっかけとなったのは、オフィスオートメーション（OA）によるLANの普及と、1985年の通信自由化により電気通信会社の新規参入が可能になったことであった。これにより建築設備のネットワーク化が可能になったことを受けて、「生産性向上のための建築空間・建築設備および共用の情報通信設備を備えて、入居者がそれらのサービスを受容できるオフィスビル」というコンセプトの下、インテリジェントビルの様々なサービスが考案された。

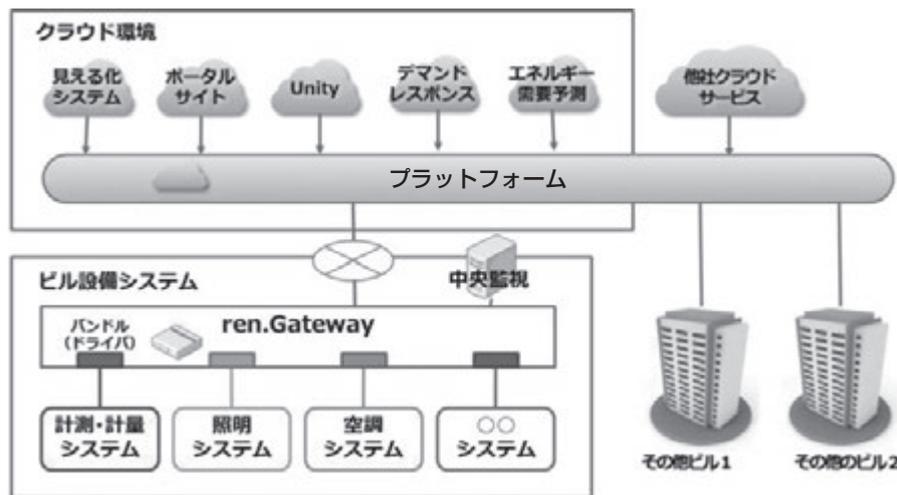
インテリジェントビルで特徴的であるのは、ビルディングオートメーション（BA）による建物設備の最適自動制御と、OAとBAを融合する統合ネットワーク、ビル共用の情報設備をテナントで共有するシェアードテナントサービス（STS）の提供などである。しかしながら、これらのサービスは、共通規格化が進んでいないという技術的な課題、高額なランニングコスト、業務のアウトソーシングの急増に加え、インターネットや企業ネットワーク、携帯電話などが安価に普及していったことによって衰退していった。

一方、インターネットを支えるネットワーク技術や、1台のサーバを仮想的に複数台に見せて運用する仮想化技術などの高度化によって、クラウドコンピューティング（クラウド）が2010年以降、急速に普及してきた。クラウドとは、今までローカル環境に

構築していたサーバを、データセンターで集約的に設置・運用されているサーバに移して、様々なサービスをネットワークから受けることであり、SaaS（Software as a Service）<sup>1</sup>、PaaS（Platform as a Service）<sup>2</sup>、IaaS（Infrastructure as a Service）<sup>3</sup>など、様々な形態が存在する。なお、今までのローカルに物理的にサーバを設置することに対して、クラウドの利点としては、①保守性向上、②セキュリティ向上、③高い拡張性と柔軟性、があげられる。

このようなクラウドの普及と、建物設備システムにおける国際標準規格の制定によって技術的な課題解決が進んだことにより、インテリジェントビルの「生産性向上、共用の情報通信設備を備える」というコンセプトが再び注目を集めている。また、様々なデバイスがネットワークにつながるIoT（Internet of Things）や、統計や機械学習などの技術を使って大量のデータから知見を得ようとするビッグデータの技術をビルに適用する動きや、ICTの利活用によって地域の効率化・活性化を目指すスマートコミュニティについても、多くの地域で実証が行われている。加えて、間近に迫った電力自由化に対応する多様なソリューション提案が各社から始まってきている。

- 1 ソフトウェアをインターネットなどを通じて提供し、利用者が必要なものを必要なときに呼び出して使うような利用形態
- 2 アプリケーションソフトが稼動するためのハードウェアやOSなどの基盤（プラットフォーム）一式を、インターネット上のサービスとして遠隔から利用できるようにしたもの
- 3 情報システムの稼動に必要な機材や回線などの基盤（インフラ）を、インターネット上のサービスとして遠隔から利用できるようにしたもの



図一 ビルコミ構成図

この度、これらの新たな技術と建物設備システムを組合せることで、今後の新たなニーズに対応し、既存の中央監視システムでは提供できなかった機能を提供するシステムとして、本システムを開発した。本稿では、本システムの概要と、適用事例を中心に述べる。

## 2. ビルコミュニケーションシステム(ビルコミ)

### (1) 概要

本システムは、様々な機能のシステム（コンポーネント）の組み合わせからなる疎結合のシステムである（図一1）。疎結合とは、個々のコンポーネントの結びつきが緩やかで独立性の強い状態であり、それによってもたらされる柔軟性が本システムの特徴である。ビルコミは主として以下の3種類のコンポーネントから構成される。

- ①建物から取得される計量、計測、警報などのデータをリアルタイムにクラウドに送信するゲートウェイ
- ②ゲートウェイから送信されたデータを受けとり、特定のサービスに配布するプラットフォーム
- ③プラットフォームから取得される情報を使って、建物や入居者に対してサービスを提供するクラウド上に設置された様々なアプリケーションシステム

### (2) 従来の課題と本システムでの採用技術

従来、建物設備システムは、閉鎖的なネットワーク構成や独自の通信規格（通信プロトコル）の採用が多かった。その後のインターネット技術の普及により、IP（インターネットプロトコル）による建物設備ネットワークの統合が進み、米国においては1990年中頃から、IPを利用して建物設備を制御するBACnetやLonworksといったオープン標準の仕様策定が行われ

てきた。日本においても、独自仕様を加えながらそれらの標準化が進められ、現在では一般化した技術となっている。しかしながら、それらの建物設備システムのプロトコルは、セキュリティにおいて十分な考慮がなされていない上、通信トラフィックを圧迫するような仕様になっていることが課題として認識されている。東京大学の江崎浩教授が主導するGUTP（Green University Tokyo Project）では、これらの課題を解決するため、IEEE1888というプロトコルを開発した。IEEE1888はISO/IECにも認められた国際標準であり、国内を中心として対応する設備機器メーカーや情報システムベンダーが増えてきている。

本システムでは、IEEE1888に加え、IBMが主導したMQTT（MQ Telemetry Transport）<sup>4</sup>という通信プロトコルを採用している。MQTTは大量のセンサを空間に配置するセンサネットワークなどと親和性が高く、高速な処理が可能である。我々は、MQTTやIEEE1888の建物への適用妥当性の評価のため、様々な実証実験を社内ビルにて行った。詳細は割愛するが、興味のある方は参考文献1)を参照いただきたい。

## 3. 適用事例

### (1) 大手センタービル

大手センタービルは1983年に竣工、延床面積67,411 m<sup>2</sup>のテナントオフィスビルである（写真一1）。2014年に行われた中央監視システム改修工事に伴ってビルコミを導入し、新築の最先端ビルと同等の機能を持つビルにリニューアルすることができた。本システム（図一2）によって提供可能となった機能（サー

4 <http://mqtt.org/>



写真-1 大手センタービル

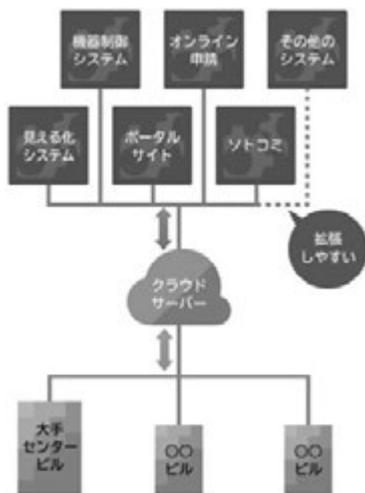


図-2 大手センタービルにおける本システム構成図

ビス)としては、以下がある。

(a) 一般向け WEB サイト

入居している店舗の紹介や、アクセス情報の提供、ビルの先進性アピールのため、誰もが閲覧することができる WEB サイト<sup>5</sup>を構築した(図-3)。プロのデザイナーを起用し、大手センタービルや本システムの技術を分かりやすく伝えられるように配慮している。例えば、ビルで計測された直近の気温・湿度・風速、それらを基に計算されたソトコミ指数(AE版<sup>6</sup>)をトップページに表示することで、建物とつながっているホームページであることを意識させる工夫をしている。

(b) 入居者専用ポータルサイト

テナントサービスの向上を目的として、館内利用規則などを参照できるポータルサイトを構築した(図-



図-3 一般向け WEB サイト



図-4 ポータルサイト

4)。お知らせやおすすめ情報を、ビルオーナーや管理者から発信することもできる。

(c) オンライン申請

ポータルサイト内の1機能であり、電球の交換、空調延長申請、入館申請、貸会議室予約などがオンラインのフォームからできるようになっている。作業の効率化のため、申請された内容は管理画面からそのまま帳票として印刷できるようにした。また、申請内容はテナント管理者にメールで配信され、証跡として管理することができる。

(d) 見える化システム

ビル全体、テナント全体、フロア毎のエネルギーや環境情報を見える化するシステムである。入居者サイトにアクセスした際のIDによって、見える化する範囲が自動的に設定される。目標設定や前日・前週・前年との比較表示も可能であり、表示中のデータのダウンロードが可能である。また、管理画面ではテナントに紐づける計量ポイントの設定変更が可能となっており、テナントが増えた際のシステム設定変更も容易に

5 <http://www.otecenter.tokyo>

6 外部環境の快適性を表す指数。簡易的な計算であるため、AE (approximately equal) 版としている。



図一五 見える化システム

行うことができる。もともと、複数ビルを統合管理する計画であったため、それらのエネルギーの比較・分析が行える機能の構築も行った。単にビル間のエネルギーを比較するだけではなく、テナント・店舗ごとの比較ができるようにするなど、分析に役立つ機能も実装している（図一五）。

これらのサービスは建築主およびビル管理会社と共同で企画・検討した。導入の狙いは、①先駆的なビルサービスの構築による先進性アピール、②既存入居テナントの満足度向上、③賃貸オフィス市場での競争力の維持向上である。ビルコミを適用することによって、サービスを複合的に構築することが可能になり、将来的な機能更新や追加が容易になっている。

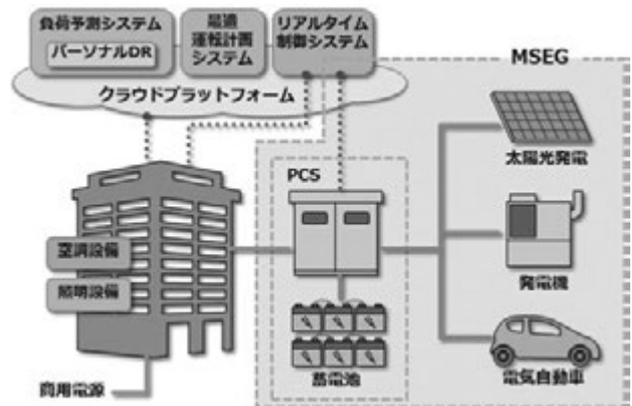
(2) TAK 新砂

TAK 新砂ビルは2010年竣工のテナントオフィスビルである。床面積が3,918 m<sup>2</sup>の小型のビルである

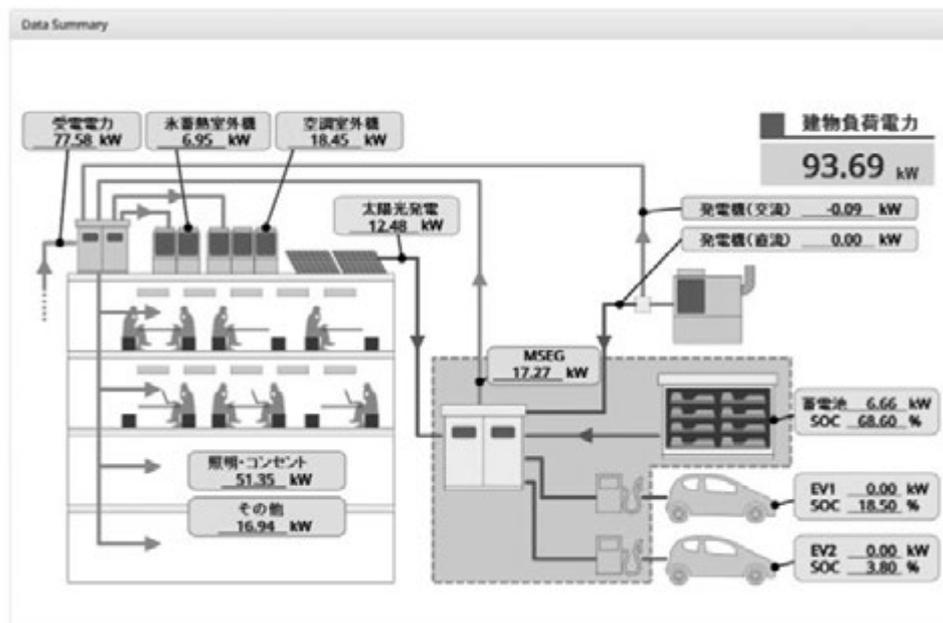
が、2015年の改修で、電力自由化時代の電力コスト最適化を目指して、竹中工務店とIKS社で開発したMSEG (Musti Source Energy Gateway) や発電機、専有部、共用部の照明、空調などを電力デマンドに併せてコントロールするシステムを開発・導入し、NEDOの補助を受けて実証を行っている。これらのマネジメントシステムはISEM (I. Smart Energy Management) という呼称であり、システムの基幹部分にビルコミの技術が採用されている。図一六にシステム構成、図一七にシステムのモニタリング画面を示す。

(a) MSEG

パワーコンディショナー機能 (PCS) とバッテリー機能を一体化したコンポーネントを制御するシステム。太陽光発電、発電機、電気自動車など最近のビルに採用されているさまざまな分散型電源を統合して、



図一六 I.SEMの構成図



図一七 I.SEMのモニタリング画面

ビルに提供することができる。リアルタイム制御システムによって、効率よくビルの電力デマンドを調整することができる。

#### (b) 負荷予測システム

機械学習の技術を使って、電力負荷と熱負荷を $\pm 5\%$ で予測するエンジン。将来、電力自由化により、負荷予測に基づき安い電力を事前購入予約するなどの役割を果たす。またピーク時の予測が、設定上限値を超える予測の際は、居住者に不満のない環境を保ちつつ、ピークカットする機能を実現している。

#### (c) 最適運転計画システム

電気熱源やガス熱源、蓄熱などの複雑な熱源機器と電気自動車の充電スケジュールを、コストや省CO<sub>2</sub>などの目的に合わせて最適化し、電力調達の計画値を決定するシステム。必要な分析機能を、ビルコミで構築することにより、高速かつセキュアなシステムを提供している。30分単位の計画値に対して電力デマンドを $\pm 3\%$ に制御するが、更に短い周期で制御できるポテンシャルを有している。

#### (d) リアルタイム制御システム

MSEGや建物内設備の節電制御を実現するクラウドシステム。複数サーバによる高速な処理をインターネット経由でセキュアに利用することによって、リアルタイムのビッグデータ処理を実現している。具体的には、負荷予測システム・最適運転計画システムからの事前計画をもとに、電力の同時同量を達成するために、MSEG内の蓄電池の状態を確認しつつ、充放電や発電機の発停、空調・照明などの節電制御を行っている。パーソナル対応デマンドレスポンス技術を使った入居者の快適性を損なわない制御も特徴である。

現状ではシステムの動作に大きな課題は見えていないが、制御対象の設備機器とリアルタイム制御のアルゴリズムの関係によっては、データ取得の周期をより細かくする必要性などが見えてきた。このようにリアルタイム制御ならではの課題が、今後多く発見されるものと考えている。

一方で、システム運用が大きな課題となっている。今回構築した本システムの仕組みは、定常的なメンテナンスが必要とされる高度な情報システムとなっている。そのため、こうしたシステムを理解し、メンテナンスできる建物管理人材や組織の育成が必要といえる。しかしながら、そうした高度な専門知識を持たない管理者でも適正にシステムを使用できるよう、機械学習を使ってパラメータを自動学習したり、システム運用を提案したりできるような改善も必要だろう。

## 4. 本システムの展開

### (1) ビルコミ 3D

当社と株式会社Tスポットが開発し、株式会社大塚商会が販売しているビルコミ 3Dは、BIM (Building Information Modeling) とビルコミを組み合わせたシステムで、Unity<sup>7</sup>というゲームエンジンと連携させることで、3Dモデルからの設備制御が可能になっている。

3Dモデルを使うことで直感的な設備制御が可能であり、Unityを使うことによって、ゲームをはじめとするエンターテインメント分野への活用も期待できると考えている。本システムは前述したTAK新砂や竹中工務店の東京本店、技術研究所内のスマートライフオフィス<sup>®</sup>、または東京大学のI-REF棟などにおいて実績がある(図-8、9)。

### (2) ビルコミ AI

ビルコミでは、いわゆるビッグデータ(統計処理、機械学習)を使った取り組みを行っており、それをビルコミ AI (Artificial Intelligence) と呼んでいる。建



図-8 スマートライフオフィス<sup>®</sup>での本システム 3D

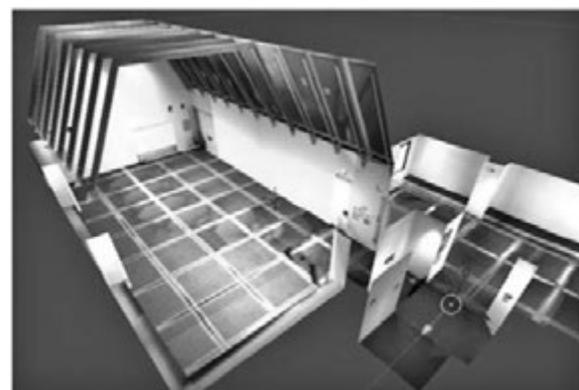


図-9 東大 I-REF 棟での本システム 3D

7 <http://japan.unity3d.com/>

設分野におけるビッグデータ利用は、異常検知や各種の予測、最適化などに期待されている。たとえば、設備の異常検知が高精度になってくれば、事前の改修や予防保全によって建物のメンテナンス効率が向上することが期待できる。他にも高度な予測や最適化が可能になれば、快適性を落とさずに細かな省エネ制御が可能になり、入居者満足の向上などに役立てることができらる。

このようなビッグデータ処理には、一般的に大量のデータを処理するための計算リソースが必要になるが、近年、各社が提供するクラウドでは、ビッグデータ処理のためのサービスが数多く生まれてきている。ビルコミ AIはそれらのサービスと、ビルコミによるリアルタイムの建物制御技術を組み合わせたシステムである。

機械学習サービスの一例としては、Microsoft による AzureML<sup>8</sup> (Machine Learning) がある。図-10のように、ウェブブラウザから簡単に統計処理や機械学習ロジックを組み合わせることが可能であり、それらのアウトプットをビルコミと連携させて、建物制御を行うことも可能である。このようなサービスの利用は、構築したシステムに適用しているロジックの変更、パラメータ設定など、メンテナンス性の向上につながる。システムのために大量のサーバを調達する必



図-10 AzureMLによる機械学習ロジックの記述

要もなく、サービスが自動的にCPUやメモリを割り当ててくれるため、適切な設計を行うことで、安価にビッグデータ処理の仕組みを実現することが可能になる。

これらの技術は当社でもまだ検証中の技術であるが、先に述べた大手センタービル、TAK新砂ビルなどをターゲットに適用を進めていく計画である。

## 5. おわりに

クラウドの普及とICTの高度化は、遠隔からのリアルタイム制御やビッグデータ処理といった今まで容易に実現できなかった仕組みを安価に実現できるように変えていった。我々が開発している本システムは、それらの技術を取り入れることで、システムの高度化と柔軟性といった特長を獲得し、電力自由化やスマートコミュニティなどの新たな時代の要請にも対応可能な機能を有している。

現在、大手センタービルでの適用をはじめとして、TAK新砂など様々なビルで実証を続けており、ビッグデータ処理をはじめとする更なる高度化に向けた検証を行っている。これらの取り組みが、建設設備システム全体の機能向上に寄与することになれば幸いである。

J C M A

### 《参考文献》

- 1) 粕谷ほか、スマートシティのためのMQTTプラットフォームの検証、FIT2014(第13回情報科学技術フォーラム)論文(2014)

### 【筆者紹介】

後神 洋介(ごかん ようすけ)  
 ㈱竹中工務店  
 情報エンジニアリング本部



8 <https://azure.microsoft.com/en-us/services/machine-learning/>



## DARPA・ロボティクス・チャレンジ・ファイナル 福島第一原発事故を機にはじまった人間大ロボット競技会

阿 部 拓 磨

2015年6月5日、アメリカのカリフォルニア州にて人間大ロボットによる競技大会「DARPA・ロボティクス・チャレンジ・ファイナル」が二日間にかけて開催された。この競技大会では、世界6カ国から参加した23チームが、人間大ロボットを遠隔操作し、設けられた8つの競技で点数とタイムを競い合った。  
キーワード：DARPA、災害用ロボット、ヒューマノイド型ロボット

### 1. 開催までの経緯

DARPA・ロボティクス・チャレンジ（以降DRCと表記）とは、災害ロボット技術のノウハウを収集することを目的に、DARPA（米国防高等研究計画局）が開催した、人間大ロボットによる競技会である。開催のきっかけとなったのは、2011年3月11日に我が国で起きた東日本大震災であった。以前より米国防総省は、人的災害や自然災害などに対応可能なロボット開発を計画していたが、東日本大震災で発生した福島第一原発事故を機にDARPAに対し、自然災害および人的要因による事故が発生した際、単独でその危険地域や汚染地域で活動可能な人間大ロボットの開発と、その早期実用化を指示した。

ここでDARPAについて簡単に触れてみたい。DARPA（Defense Advanced Research Projects Agency）はアメリカ国防総省の機関であり、その最大の任務は日々革新的な技術や装備品を生み出し続けることにより、アメリカの軍事技術の優位性を維持し、アメリカが知り得ない軍事技術による奇襲攻撃を未然に防ぐことにある。DARPAが誕生するきっかけとなったのは、1957年10月のソ連による世界初の人工衛星「スプートニク1号」の打ち上げの成功であった。アメリカはソ連との宇宙分野における技術ギャップを埋めるべく、1958年にDARPAの前身となるARPA（高等研究計画局）を設立。その後宇宙関連技術部門がNASAへと引き継がれると、ARPAは国防関連技術開発を担う組織へと姿を変え、1972年に組織名もDARPAに改称された。DARPAが特に力を注いでいるのが、高いリスクを伴うも、既存の概念を一新してしまうような可能性を秘めた先進技術や研究を見つけ

出し、その研究開発を支援し、実用化に結びつけることだ。その結果、これまでにDARPAは、インターネットの前身となったARPANET（アーパネット）、GPS衛星位置測位システム、ステルス戦闘機技術、無人航空機（UAV）、近年では音声アシスタントアプリ『Siri』の開発指揮および資金提供を行ってきた。

そして2012年4月にDARPAは、ロボット開発に必要な人材や叡智を幅広い分野から集めることを目的とした人間大ロボットによる競技大会、DRCの開催を発表し、その参加条件枠として、次の4つの枠を設けた。

- ①「A枠」…DARPAの資金援助（総額300万ドル）のもと、ロボット本体とそれを制御し、操作するためのソフトウェアの両方を独自開発することが条件とされる枠。
- ②「B枠」…DARPAの資金援助（37万5000ドル）のもと、DARPAから貸与される予定の大会用ロボット（ボストン・ダイナミクス社製「ATLAS」）を制御し、操作をするためのソフトウェアを独自開発することが条件とされる枠。
- ③「C枠」…参加側が自腹でDARPAから貸与される予定の大会用ロボットを（ボストン・ダイナミクス社製「ATLAS」）を制御し、操作するためのソフトウェアのみを開発することが条件とされる枠。
- ④「D枠」…参加チームが自腹でロボット本体と、それを制御し、操作するためのソフトウェアの両方を開発することが条件とされる枠。

DRC開催が発表されるや、世界各国から100を超えるチームから応募が殺到した。DARPAはまず、「A枠」参加希望チームに対する審査を実施。結果、6チー

ムに対し「A 枠」での参加資格と、2013 年 12 月に開催される予選大会への出場権と開発援助金を与えた。次に DARPA は「B 枠」でのエントリーを希望した 11 チームと、最も応募が殺到した「C 枠」115 チームをふるいにかけるべく、2013 年 6 月に CG シミュレーション上でのロボット競技大会「ヴァーチャル・ロボティクス・チャレンジ」(VRC) を開催した。VRC において各チームは、独自開発したソフトウェアを使い、コンピューター上に再現された『ATLAS』二足歩行型ロボットを操り、仮想空間上に用意された三つの種目(自動車運転、不整地踏破、消化ホース接続)で競い合った。その結果、総獲得ポイントが多かった上位 6 チームが予選大会への出場権と、開発予算 75 万ドル、そして『ATLAS』二足歩行型ロボットの実機が与えられた。

## 2. DRC 予選大会 (開催日 2013 年 12 月 20 日 ~ 21 日 会場 フロリダ州マイアミ ホームステッド・マイアミ・スピードウェイ)

2013 年 12 月にフロリダで開催された DRC 予選大会では、VRC で勝ち上がった「B 枠」「C 枠」参加の 6 チームと、ロボットのソフトウェアとハードウェアの両方を独自に開発した「A 枠」6 チーム。「D 枠」参加の 4 チームの計 16 チームが出場し、福島第一原発で起きた状況を元に考案された 8 つの種目で競い合った。

### ●第一種目…自動車運転

約 80 m 先の目的地まで人が行うのと同じ工程でロボットに自動車を運転させる

### ●第二種目…不整地踏破

ブロックや木材や瓦礫など、2.4 m ごとに異なる障害物で構成された不整地コースを自力で踏破し、約 24 m 先の目標地点まで移動する

### ●第三種目…階段踏破

階段は手すり付き角度 60° 階段または、手すり無し 75° の作業階段のいずれかのコースを選択し、高さ約 2.4 m の頂上部まで昇る

### ●第四種目…瓦礫撤去

行く手をふさぐ木材や金属の瓦礫を取り除き、指定された建物入り口の前まで移動する

### ●第五種目…ドアを開き目的地まで移動

約 7.2 m のコース上に設置された押し戸、引き戸、鉄扉の三つのドアを全て開け、指定された地点まで移動する

### ●第六種目…電動工具で壁に穴を開ける

用意された電動工具(ロータリーツール、トリガー付きマルチツール、ツーハンドル型)を使い、壁に描かれた三角形の形に穴を開ける(※その際、壁に描かれた三点全てを通過しなければならない)

### ●第七種目…バルブの閉鎖

マニピュレータを使い、建物内に設置された三つのバルブを回して閉める

### ●第八種目…消化ホースの接続

壁に設置された消火ホースの先を 5 m 先にある消火栓の金口に接続する

各チームには種目ごとに設定された達成度に応じて 0~4 ポイントが与えられる。つまり、全ての種目をノーミスでクリアした際の最高得点は、8 種目×4 ポイント=32 ポイントとなる。各種目の制限時間は 30 分。この時間を越えた時点で競技終了となる(※クリアしたタイムの速さは評価の対象にならない)。そして総獲得点数が多かった上位 8 チームが決勝大会に進出する。各チームのオペレーターは、ロボットから送られた映像を元に、離れた部屋から画面越しにロボットを操作する。ロボットとの通信は有線ケーブルで行われ、駆動に必要な電源も外部から供給される。また転倒防止のため各チームのロボット本体には、安全ハーネスが取り付けられた。

二日間にわたり実施された予選大会を制したのは、日本から「A 枠」で出場した無名のベンチャー企業「SCHAFT」社であった。SCHAFT 社は、8 種目中 6 種目で満点の 4 ポイントを獲得するなど、最高総点数 32 ポイント中 27 ポイントを獲得。二位の IHMC (20 ポイント) と大差をつけての優勝だった。SCHAFT 社は 2012 年に東京大学の情報システム工学研究室でロボット技術を研究してきた中西雄飛氏と、浦田順一氏が中心となり設立された。SCHAFT 製ロボットの最大の“売り”は、過熱なしに高スピードと高トルクを生み出せる独自開発した小型の水冷モーターと大出力のドライバーモジュールアクチュエーターを組み込んだ強力なアクチュエーターを搭載したロボットアーム。そして、川田工業製の HRP-2 ロボットの脚部をベースに「蹴っ飛ばしても倒れないロボット」を目標に開発した二足歩行システム(通称「浦田レッグ」)であった。

SCHAFT 圧勝で終わった予選大会だったが、「THOR」,「VIGER」,「KAIST」, の 3 チームが同点だったため、当初決勝大会に進めるのは 8 チームのみだったが、結局は「A 枠」出場の 4 チーム(「SCHAFT」,「TARTAN RESCUE」,「ROBOSIMIAN」,「THOR」),

「B 枠」「C 枠」参加の 6 チーム（「IHMC」「MIT」「TRACLabs」「WPI-CMU」「TROOPER」「VIGER」）、「D 枠」参加の 1 チーム（「KAIST」）の合計 11 チームが決勝大会出場の切符を手にとることとなった。

### 3. SCHAFT の離脱と、決勝大会出場チームの改編

予選大会終了後、決勝大会出場予定チームの改編が進んだ。2014 年 6 月、予選大会を 1 位で通過した SCHAFT は、商用製品開発を優先させるとの理由で DRC 決勝大会への不参加を発表する。だが不参加を表明した本当の理由は、Google 社にあるとされる。SCHAFT は 2013 年 12 月に「Google」社に買収され、そのグループ傘下にあった。そして Google 社には“Don't be Evil”（悪をなすな）という創立以来の社訓が存在する。そのため DRC 決勝大会に SCHAFT が参加することは、間接的に軍事技術開発に荷担することを意味し、Google 社が掲げる“悪をなすな”という社訓に反すると判断されたため、辞退に至ったとささやかれている。SCHAFT の離脱を受け DARPA は、予選大会で同率 12 位だった 2 チーム（「HKU」「DRC-HUBO」）を決勝大会に繰り上げ出場することを決定した。

だがこれ以降も、チームの再編や改編が実施される。予選大会 9 位の 2 チーム（「VIGER」と「THOR」）から離脱したメンバーがそれぞれ新たなチーム（「HECOTR」と「ROBOTIS」）を設立し、「D 枠」での参加を表明。そして DARPA も「D 枠」での参加チームの追加募集を実施し、審査の結果、日本の 5 チーム（「AIST-NEDO」「AERO」「HPR2-TOKYO」「NEDO-HYDRA」「NEDO-JSK」）を含む、11 チーム（「GRIT」「INTELLIGENT PIONEER」「NIMBRO RESCUE」「VALOR」「SNU」「WALK-MAN」）に対し決勝大会への参加資格を与えた。その結果 DRC 決勝大会は合計 25 チームで競われることとなった。



写真—1 DRC 決勝大会競技コース

### 4. DRC 決勝大会（開催日程 2015 年 6 月 5 日～6 日 会場 カリフォルニア州ポナモ フェアプラクス・フィールド）

今年 6 月に行われた決勝大会では、当初 25 チームが参加する予定であったが、開催直前に「INTELLIGENT PIONEER」が棄権し、大会前日に「NEDO-HYDRA」が出場基準を満たせず失格となったため、本選に出場したのは 23 チームであった。

決勝大会で各チームは災害下を想定した 8 つの種目での獲得ポイントとクリアタイムを競った。

#### ●第一種目…自動車運転

ロボット自ら人間と同じ操作方法で自動車を目的地まで運転する

※この種目を辞退の場合は第三種目の場所まで自力で移動する

#### ●第二種目…降車

運転した自動車から自力で降車し、第三種目の前まで移動する

#### ●第三種目…ドア開け

バルブを回転させ押し戸を開き建物内に入る（建物に進入後はオペレーターとロボット間の通信状態は低下する）

#### ●第四種目…バルブ閉鎖

競技場内に設置されたバルブを一回転させ閉める

#### ●第五種目…穴開け

電動工具を使い、壁に描かれた模様よりも大きな穴を開ける

#### ●第六種目…サプライズタスク

一日目と二日目とで競技内容は異なる。一日目は壁に設置されたレバーを下げるタスク。二日目は壁に設置されたプラグを左から右へ差し替えるタスク

#### ●第七種目…不整地踏破

ブロックで構成された不整地コースまたは、瓦礫に埋もれたコースのいずれかを選択し、自力で踏破する

#### ●第八種目…階段

四段の階段を頂上まで昇る

1 種目をクリアするごとに 1 ポイント獲得（8 種目合計で 8 ポイント）。8 つの種目の総競技時間は 60 分。各チームは二日間で 2 回競技を行い、総合点のよかった方が正式記録となる。上位 3 チームにはそれぞれ、1 位 200 万ドル、2 位 100 万ドル、3 位 50 万ドルの賞金が授与される。

競技ルールも大幅に変更された。各チームのオペレーターは、ロボットに搭載したカメラからの映像を元に約 400 メートル離れた建物内からロボットを無線

(周波数帯域 5 GHz, 通信速度 300 Mbit/sec) で遠隔操作しなければならない。しかも、ロボットとオペレーターの間には通信妨害装置 (DCE) が組み込まれ、第三種目から第七種目の間は実際の災害における建物内の状況を再現するため、通信状態の低下や遮断といった妨害がランダムで入るように設定された。さらに、ロボットのパワーソースは機体の内部電源のみ。転倒防止用ハーネスの使用禁止。また、競技中にロボットが倒れた際にメンバーは機体に触れてはならないが、競技を棄権するために人の手が必要な場合や、ロボットが行動不能に陥った際は 10 分間のペナルティーと引き替えにメンバーの直接介入が許される (介入後は必ず第三種目から再スタートしなければならない)。棄権した種目の点数は加算されないが、時間内に再度挑戦し成功すればその分のポイントは加算されるなど、大会規定も予選大会に比べより厳格なものとなった。

こうした厳しい条件のもと、二日間にわたった激闘を制したのは、韓国代表の「KAIST」だった。初日に「KAIST」は、“穴開け”以外の種目をクリアし 7 点を獲得し二位。二日目は、44 分 28 秒という驚異的なタイムで全種目をクリアした。「KAIST」が使用したロボット『DRC-HUBO』は当初、本田技研工業の『ASIMO』同様、エンターテインメント向けの二足歩行型ロボットとして開発されたが、DRC 予選大会に参加した事を機に、災害ロボット競技会用として的大幅改良が実施された。主な変更点は、①正座姿勢をとることで膝に搭載された車輪で移動する機能。②腰部分に 180 度の回転領域を設け、上半身の作業領域を拡大。③腕関節の自由度数増加と、モーターの強化。④階段や不整地を安定して踏破するため、“逆くの字”歩行が行えるよう再設計、等であった。そして決勝大会では、これらの機能を種目ごとに使い分け、一度も転倒することなく全 8 競技をクリアした。

第二位は、ボストン・ダイナミクス社製の二足歩行型ロボット、新型『ATLAS』で挑んだ「IHMC」。新型『ATLAS』は、DRC 競技用として開発されたヒューマノイド型ロボットである。全高 188 cm, 重量 156 kg。決勝大会で使用された新型『ATLAS』は、肩の位置の変更、腕の長さ、モーター出力、内部電源用リチウムバッテリーを内蔵したバックパックの増設など、予選大会で使用された機体の約 75% の箇所に改良が加えられた。「KAIST」と異なり「IHMC」は、全ての種目を二足歩行にて挑んだ。「IHMC」は、人型ロボット (ヒューマノイド型) こそが、あらゆる状況に適応可能なベストな形態のロボットであるとの考



写真一 2 KAIST「DRC-HUBO」第八種目階段“逆くの字”歩行



写真一 3 第二位 IHMC「ATLAS」第二種目降車

えのもと、人間に近い動きの再現と、バランス能力を追求すべくプログラム開発に焦点を置き、さらに電波が遮断された際の対策や各タスクを容易にこなすための工夫を操縦システムに施した。また耐久性を高めるため機体の頭部を補強し、胸部には衝撃緩衝材を埋め込んだ。その結果、初日は二度転倒するもすぐに復帰し、階段を除く全ての種目をクリアし 7 点を獲得。二日目は、全種目をほぼノーミスでクリアし 8 点を獲得するも、「KAIST」と約 6 分の差で優勝を逃した。

第三位は、「TARTAN RESCUE」。これまで DARPA 主催の様々な大会に参加し、好成績を収めてきた、カーネギー・メロン大学を中心に結成されたチームだ。彼らが開発したロボット『CHIMP』は、人間とはかけ



写真一 4 第三位「CHIMP」第五種目穴開け

離れたかたちをしている。両腕と両足にはそれぞれクローラー（無限軌道）が搭載された全く同じ性能のロボットアームが使用されており、これを使い二足あるいは、四つん這いの姿勢でさながら戦車のように移動する。ちなみに、福島第一原発の事故調査には、千葉工業大学が中心となり開発した、クローラー移動型ロボット『Quince』が投入され、その走破力の高さにより数多くの実績を上げている。『CHIMP』は200kg以上の重量がありながらも、マニピレーターを使い穴開けやサプライズタスクなどの繊細な作業も見事にこなす。また、今大会では転倒した状態から自力で起き上がり競技に再復帰できた唯一のロボットでもあった。決勝大会では8点満点を叩きだすも、タイムの差で敗れた。



写真一五 HRP-2TOKYO [HRP-2改] 第一種目自動車運転

一方、日本から参加した4チームの競技内容はお世辞にも良いとはいえないものであった。東京大学の「AERO」は、一種目もクリア出来ずに二日間ともリタイア。独自開発した機体で挑戦した東京大学の「NEDO-JSK」は、初日は“自動車運転”と“ドア開け”を成功させるも、続く“バルブ閉め”でバルブを握らない状態で腕を回転させ、その勢いで転倒しリタイア。二日目は、“自動車運転”、“ドア開け”、“バルブ閉め”を成功させるも、続く“穴開け”中に転倒。メンバーの介入により競技に復帰するも、残り時間がわずかとなったため、三つの種目を飛ばして最後種目“階段”に挑戦。日本チームで唯一この種目を成功させ4点を獲得するも11位。川田工業製の二足歩行型ロボット『HRP-2』の改良機で挑んだ東京大学の「HRP-2TOKYO」は、一日目は“自動車運転”を成功させるも、その後、豪快に転倒し1点獲得でリタイア。二日目は“自動車運転”、“ドア開け”、“バルブ閉め”と、三つの種目をクリアするが、その後突如活動を停止し競技を終了。結果13位。同じく『HRP-2』改良型を投入した産業技術総合研究所の「AIST-NEDO」は、初

日は“自動車運転”を成功後、“ドア開け”中に突如後ろ向きのまま転倒しリタイア。二日目は、“自動車運転”、“ドア開け”、“バルブ閉鎖”、“サプライズタスク”をクリア。続く“不整地踏破”の完走間際に豪快に転倒し行動不能に陥るもクリアと判定され、日本勢最高の5点を獲得するも9位に終わる。



写真一六 転倒した NEDO-JSK [JAXON]

## 5. 日本チームの課題…DARPAが求めたロボットと日本が目指すロボット開発の乖離

なぜ日本勢は、お家芸とも言われた人型ロボットの競技で敗れたのか。一つ目が二足歩行に対する“固執”である。日本から参加した4チーム中、3チームが二足歩行型ロボットで出場した。一方、優勝した「KAIST」はこの“固執”を捨てていた。「KAIST」が決勝大会で投入したロボット『DRC-HUBO』は、高い場所での作業を行う種目では二足歩行。転びやすい場所は車輪移動。階段を昇る際にはバランスの取りやすい“逆くの字”歩行といった具合に状況に応じて移動手段を使い分けた（ハイブリッド型）。また二位の「TARTAN RESCUE」も二足歩行ではなく、無限軌道で走行する四足型のロボットを投入し8点満点の成績をあげた（変形型）。一方、日本勢は二足歩行に“固執”した結果、競技中にバランスを崩し相次い



写真一七 正座姿勢で穴開けを行う KAIST [DRC-HUBO]

で転倒したため、結果を残すことができなかった。

二つ目が種目への“執着”である。今大会で8点を獲得した上位三チームは、全ての種目を“獲る”ために約1年半をかけてロボットの改造や競技の分析など入念な準備を行っていた。一方日本勢は、決勝大会へのエントリーが遅かったこともあり十分な準備期間が得られないままでの参加となった。そして全チームが今大会で最も難しいとされた第二種目“降車”を棄権したため、この時点で優勝は消滅。また同率四位のチームが全て7点獲得のため、日本勢がBグループに入るには、一種目も落とせない状況にあった。DRCはそうしたハイレベルな戦いだったにもかかわらず、日本勢の最高点は「AIST-NEDO」の5点にとどまった。



写真一八 四つのクローラーで移動する「CHIMP」

三つ目が“愛着”である。主催者である DARPA は、ロボットをあくまでも“道具”とみなしている。“道具”は頑丈であるほうがよく、行動不能に陥った際には使い捨てにできればなおよい。この意図を汲み取っていたアメリカ勢のロボットは強固な構造となっていた。二位「IHMC」と三位の「TARTAN RESCUE」チームは、競技中に何度か転倒するも、損害を負うことなく直ぐに復帰した。一方日本勢はロボットへの“愛着”が強いためか、機体に無用な飾りを施したり、耐久性よりもデザイン性を優先させた設計となっていた。その結果、大会では転倒ただけで致命的なダメージを負い、行動不能に陥るケースが続出した。

## 6. なぜ、「KAIST」は優勝したのか？

DRC 決勝大会で優勝した「KAIST」を指揮したのは、韓国ロボット開発の第一人者、呉俊鎬氏であった。呉氏は、大会終了後に開催されたメディア向け説明会において、今回の勝因について次のように語った。



写真一九 優勝した KAIST と呉俊鎬氏（中央）

### ●徹底したトップダウン型組織…韓国独自の儒教思想

「私は言うなればチームの“親”で、メンバーは“子”のような存在です」。この言葉が示すように呉氏は、絶対的存在としてチームを指揮した。これは韓国企業のあるシステムに類似している。“会議好き”の日本企業は、一つのことを決断するのに多くの時間を費やす。一方アメリカ企業は、個人の能力を尊重するため、個々が腹をくくれば行動は早いが異論が上がることある。しかし韓国は、儒教思想に基づく上下関係が非常に厳しく、大手企業などでは上司の命令は絶対であり、意見を具申することは許されない。そのためリーダーが決断を下せば、それを阻害する存在がないため、実行までのスピードは非常に早い。今回「KAIST」が投入した『DRC-HUBO』は、呉氏が掲げる目標のもと徹底的な改造が実施され、目標と異なる方に向かいそうなたびに呉氏自らが修正を加えた。物づくりにおいてトップダウン方式と、現場の意見を吸い上げるボトムアップ方式のいずれが効果的であるかについては今も意見が分かれるも、今大会に限っては呉氏のトップダウン方式に軍配が上がった。

### ●競技に特化した戦術…“災害用”ロボットではなく、“大会用”ロボット

さらに呉氏はこう語った。「私にとっての“災害”とは自然災害や人災では無かった。今大会で私にとっての“災害”とは、ロボットが機材を落としてしまうことや、競技中に動かなくなることだ。「KAIST」は、約一年半をかけて、“災害”ではなく、“大会”で起きうるトラブルを想定したロボットの研究と開発を実施し、その結果、従来の二足歩行を捨て競技ごとに形態を変える戦術への転換を図ることができた。さらに呉氏は各種目をクリアーするためだけに、膨大な時間を練習に充てたという。このドライな考えこそが彼が掲げた目標であったと言えよう。

## 7. DRC ファイナル開催前後の出来事

2015年6月の決勝大会をもって、DRCの全てのスケジュールが終了し、DARPAのプロジェクトチームも解散した。しかしDRCはその後も各方面に様々な影響を及ぼしている。



写真-10 ロボット消防士「ESCHER」

- 2月15日、『CNN』は、アメリカ海軍が進める船内消火活動用ロボット開発計画「SAFFiR」(Shipboard Autonomous Firefighting Robot)に関するニュースを報じた。同計画ではヒューマノイド型ロボットを弾薬保管庫などで発生した火災の消火にあたる“消防士”としての導入が検討されており、その検証と研究にはDRCに出場した「VALOR」チームが使用した『ESCHER』や、「THOR」,「ROBOTIS」チームなどが使用した『THOR』などのロボットが参加している。
- 8月13日、Google社は新たな親会社として「アルファベット社」の設立を発表。その目的はCEO制を導入することによりこれまで買収してきた182の企業活動内容とその説明責任をより明確にするとともに、権限を委譲することで各セクションの個性を引きだし、業界トップのビジネス力の継続成長を促すことにあると説明した。こうしたセクションには以前買収した、SCHAFT社および、ボストン・ダイナミクス社などが含まれている。
- 2015年8月15日に、ボストン・ダイナミクス社は、森林や山道を走破する『ATLAS』の動画を公開。詳しい用途などについては言及されなかった。

- 2015年9月4日にトヨタ自動車は、DRCの総責任者だったギル・プラット前DARPAプロジェクトマネージャーを招聘し、同氏の協力のもとクルマやロボットの知能化研究を強化していくと発表。今後の産業技術の基盤を担う人工知能に関する研究開発をより一層強化することをアピールした。

- 2015年10月7日～10日に幕張メッセにおいて「ジャパンバーチャル・ロボティクスチャレンジ」が開催された。この競技会では、ロボットやロボットのソフトウェア開発に携わる研究者やチームが、トンネル内事故などをはじめとする災害現場での作業を想定したタスクにロボットシミュレーターによるコンピューターシミュレーション上でその性能を競い合うことから、そのコンセプトはまさに、2013年にDARPAが開催したVRCの日本版ともいえる内容である。

このようにDRCは単なる災害用ロボット大会ではなく、民間、軍事など様々な分野に大きな影響を与え続けている。

## 8. おわりに

DRCでは災害により損害を受けた建物内での作業に適したロボットの形態としてヒューマノイド型、変形型、ハイブリッド型などが模索されるも、完全な正解までには至らなかった。そのため屋内向けの災害用ロボットのプラットフォームが確立されるには今しばらくの時間が必要とされる。また今回の競技大会では、暗所、熱、水、放射線等を想定した種目が設けられなかったため、こうした悪条件下でも稼働可能なロボットの実用化にはさらに多くの資金と研究が求められる。一方、今後災害用ロボットの規格が定まれば、今度は各施設の建設の際には人間だけではなく、こうした災害用ロボットがより活動しやすくするための新たな構造基準や設計基準が定められる可能性も考えられる。またDRCにより集められた技術やノウハウは災害用途だけでなく、今後は様々な分野へと応用されることになるであろう。

JICMA

【筆者紹介】

阿部 拓磨 (あべ たくま)  
軍事研究者



ずいそう

## 博多祇園山笠

古川啓吉



今年の夏は、全国各地共 30～35 度以上と近年にない猛暑が続き、皆うんざりしたものだが、それでも暑さにもめげず、有名な大きなお祭りから、村の鎮守様の素朴なお祭り、そして盆踊りと色々な夏祭りが催された事と思う。それには豊年満作、無病息災、暑気払い、楽しみ等々の庶民の諸々の願いが込められている。そしてその祭の行事の中に昔の人達の「生活の知恵」が感じられる。

私の住む福岡の博多祇園山笠は、豪華さと威勢のよいお祭りである。その山笠のルーツは、仁治2年(1241)当時流行した悪疫を追放する為、承天寺の聖一国師が祈願に施餓鬼棚に棒を付けて和尚がその上に乗り、人々が昇き回り町中に甘露水を振り撒き祈禱したのが始まりとされている。774年の歴史である。やがて博多の総鎮守櫛田神社の祭りとなったが、博多祇園山笠の昇き山は、必ず承天寺に立ち寄る習わしである。中世にも山笠が行われた記録が残っているが、太閤(秀吉)の町割り以後変遷はあったが、現在では七流が山笠を実行している。大黒流、東流、西流、土居流、恵比須流、千代流、中洲流の七流れである。流れとは、山笠の所属する町内の組織的な団体である。

山笠。これを地元の人々は単に「山」「山」と呼んで親しんでいる。「今年も、もうすぐ山ばい」と言った調子である。

前に述べた豪華さは、「飾り山」に象徴される。昔は高さ53尺(16メートル)の山をそのまま担いだが、明治時代、通りに電線が張られた為、飾り山と昇き山に分離された。「飾り山」は、これは見せる為、見る為の山であり、非常に絢爛豪華に作られて飾られており、見る人の目を楽しませてくれる。山の正面側を「表」、裏側を「見送り」と称している。表は武者等をあしらった歌舞伎調の勇壮なもの、見送りは恋物語や世話もの等の優雅なものが通常であり、それぞれの人形師が腕によりをかけ競っている。今年の一五番山の飾り山は、表は「祝博多乃連獅子」、見送りは「博多祭之七福神」であった。

しかし、最近は見送りにTVの人気番組や、マンガも多く飾られるようになった。

そして山笠の醍醐味、勇壮さは何と言っても「昇き山」である(この山にも人形が飾られている)。昇き山の台は、太い材木を釘1本使わずに組んで作られ重さは1トン近く、28人の若手や壮年の男達が、水法被とメ込みを付けて「いなう」って(かつぐ、とは言わない)大地を踏みしめると悪鬼が恐れて退散し、おまけに台上には武人の旗さし物や、いかめしい人形が

飾られ悪鬼をにらめつけているとの、昔の民俗信仰がある。

山笠の祭は、6月28日から飾り始めた飾り山が、7月1日一斉に公開される。そして14本程博多の町に立ちその絢爛さを競い合い、15日早朝迄公開される。

7月1日 夕方からは当番町のお潮井とりで、その年の当番町の人達は水法被の上に乗る。当番法被を重ね箱崎浜迄駆け足で行き、海水で身を清め、海水からお潮井(清め砂)をお潮井てぼに掬い沈む太陽に祈る。みそぎの一種である。その後、箱崎宮、そして又駆け足で櫛田神社迄行き参拝する。山笠期間中の安全の祈願とかき手達の足慣らしの為でもある。

7月9日 夕方から各流れのお潮井取り。やり方は7月1日の当番町と同じ。

7月10日 午後、流れ昇き、ここで初めて山が動く。各流れごとに自分の流れの区域を昇き回る。静(飾り山)から動(昇き山)へ、山の主役はうつる。とは言え「動」と「静」の対比もこれ又魅力である。

7月11日 朝山(午前5時頃)。祝儀山、縁起山とも言われ、朝山では、山笠に長年功績のあった長老に台上がりをしてもらい、流れ昇きを行う。

他流れ昇き(午後)、他の流れの地区まで出向いて山を昇く。相互表敬訪問と言ったところ。



- 7月12日 追山ならし（櫛田入り午後3時59分）追山ならしは、いよいよ3日後に迫った本番とほとんど同じコースを走る。いわばリハーサルである。以後各流れは5分間隔で櫛田入りした後、博多の町筋を約4キロ昇き回りゴールに向かって突進する。
- 7月13日 集団山見せ（午後3時半スタート）。昇き山が博多部から那珂川を渡り、福岡部を走るのはこの日だけ。知事、市長ら地元の知名士が台上がりするのが慣例になっている。福岡市の幹線道路を走る。この集団山見せが終わると、自分の流れに帰って、生前山笠に功績のあった故人を供養する。これを「追善山」と言う。
- 7月14日 10日と同じ流れ昇きを行う。
- 7月15日 7月1日に始まった祭りも、この15日早朝の「追い山」でフィナーレとなる。午前1時過ぎから、櫛田神社前の道路には次々と昇き山が据えられる。夜明けが近づくにつれて昇き手も見物客も増え足の踏み場もないようになる。早暁の午前4時59分ドーンと響く大太鼓の合図で山留め竿（出発点）がさっと上り、一番山が怒涛の勢いで櫛田神社の境内へ、清道を半周すると昇き山を神社の能舞台に向けて止め、棧敷の観客達と一緒に「祝い目出度」の大合唱をした後、一気に街へ飛び出す。このタイム33秒前後を競い合う。この後5分おきに順次櫛田入りをし全部で7本の山が追い山コースを全力を出して疾走する。最後に番外として飾り山1本が櫛田神社の清道入りのみをする。今まで提灯の灯がくっきり浮かび上がっていた夜のとぼりが東の空から白みかける



のもこの頃である。重さ1トンの昇き山が5kmのコースを、朝の静けさを破る「オイサ、オイサ」の掛け声と、沿道からの勢い水を浴びてまっしぐらに都心を走り抜けて行く。このタイム33分から35分と言う驚くべき速さである。法被に浴びた勢い水がほてった体に心地よく、そして体の熱で湯気を立て始める。1番になっても何の賞品もなく、唯隣の山から勝った、負けたと言う荣誉と悔しさだけの生き甲斐、心意気である。

この祭りが、都会の住民が忘れかけた連帯感を息づかせる。最近、青少年による犯罪が発生し、国民の多くが心を痛めているところであるが、若者達は町の祭りにもっと参加し、汗を流し大いに青春を燃やすべきである。

7本の昇き山と、1本の飾り山が櫛田神社の清道を走り出た後は、境内の能舞台で鎮めの舞が行われている。

最後に、山笠運営の組織について、お話ししたいと思う。私の所属する大黒流は12の町で形成しており、参加者は1000人近い数である（7流全体7000人以上）。各町は一般参加者（小学生以下・役員OB含む）と町内役員で構成され若手（中学生以上）⇒赤手拭（実労部隊）⇒取締（町代表責任者）⇒町総代（町内会長）の順で上下関係を明白にしており、頭に巻いている手拭の色で識別されている。

中学生になると、町総代及び取締にお酒を持って挨拶に伺い若手入りをお願いに行く。いわゆる昔でいう元服の儀式である。これで大人として山の男として認められるわけである。そして彼らは、憧れの赤手拭になるため5年以上、山の修行が始まる。赤手拭とは20代から30代の実労部隊である。

又肩からかけるタスキの色で役割分担を決めている。①赤・白＝台上り（山に乗る人）②黄・白＝前さばき（憲兵ともいい、山が進む道をあけさせる人）

③水色・白＝鼻取り（山の棒の四隅の縄を握って方向を定めていく人）④緑・白＝交通整理 等々で歴史の仕来りである。

祭りのない土地はない。そこには優れた風土性がしみ出た祭りの特色があるであろう。「山笠があるけん、博多たい」とは、よく言われるフレーズだが、同感である。ちなみに我が家では、親子孫三代打ち揃っての参加である。

山が終わると、梅雨も明け、博多の街には本格的な夏が来る。

ずいそう

## 座禅・瞑想はいかがですか

安念正純



堅苦しい話と思われるかもしれませんが、国内には「座禅」のようなものがいくつかあります。先ずお寺関係では、「真言宗の阿字観瞑想」と、「禅宗の座禅」です。また、ヨガや癒し系の「ヒーリング」に親しむ方は、瞑想をされます。今回は、その中でも、「真言宗の阿字観瞑想」についてのお話です。

今年は、高野山開創1200年の節目に当たり、いろんな行事が和歌山県高野山に限らず、あちこちでそれにちなんだ催しが開かれておりますので、お目・耳・手にされたことと思います。

私は、東京都内の高野山東京別院というお寺で阿字観教室が開催されていることを知り、かねてから興味があったので参加し、もう10回以上通っています。そこでは、「なにもしようとは思わないこと」「がんばらないこと」などの基本から丁寧に指導いただけるので、分かり易く安心です。阿字観瞑想とは大体どのようなものを説明すると、

- ・居眠りをしても棒でたたかれることはありません
- ・気分がすぐれない時は、ロビーのソファで寝てもいいです
- ・足を組めなければ、無理しなくていいです
- ・神秘体験ではありません
- ・悟りを得ようとか、何か積極的にしようとは思わないこと

といった感じですが、どうでしょうか、何かいい加減な感じがしますが、ご指導いただく先生がとても優しく自然体で分かり易く説明されますので、どなたでもトライできると思います。

もう少し詳しく説明すると、釈迦が瞑想により悟りを得た後、弟子たちがそのやり方をめいめいに研究しつづけて今に受け継がれたものです。いろいろ手順を踏んで準備をして、鼻（嗅覚）・目（視覚）・身体（触覚）などの外部からの刺激を最小限にし（眠らない程度に）、呼吸・心拍数・血圧を平常時よりも下げた状態にもっていきます。その状態で呼吸に集中して静かに座っています。それだけです。15分～20分程度で終了し、そこから通常の状態にゆっくり体を戻します。その作業がとても重要で、心が解放されたような感じがします。終わりの作業の最後には、今ここで座っていたことも忘れるようにして帰るくらいがいいと先生は言われます。

人間の脳は寝ている時に記憶の整理をしますが、瞑想では、刺激を抑え、起きたまま寝たような状態にした時に、脳が自分で勝手に意識の深い部分を整理し始めるとのこと。その状態を作ったら、後は脳に任せるだけで余計なことはするなということでした。

私も良くはわかりませんが、何回か通っているうちに、イライラしたりとかカチンとくるのがなくなってきたと感じています。（単に、年齢のせいかも）

「忙」しいという字は、「心をなくす」と書くと、松原泰道さんが「般若心経入門」の中で説かれていました。私たちは、仕事・家庭・地域社会などにかかわる上で、多種多様の膨大な情報があふれかえった中に暮らしています。毎日が忙しく、あっという間に1年が過ぎていく感じです。

そのような中であって、ただ単に黙って座るだけで、本来の平常心にひと時でも戻れるのは、なかなか味わいがあると私は感じました。この話を当社女子社員に紹介したところ、早速、友達を誘って体験してきたそうで、「とても面白かった」とのことでした。

さて、皆さまいかがでしょうか？

——あんねん まさずみ 山崎建設(株) 営業本部営業部 部長——



高野山東京別院



阿字本尊

## CMI 報告

## 次世代社会インフラ用ロボットの現場検証 トンネル維持管理分野を中心として

(一社) 日本建設機械施工協会

国土交通省および経済産業省が共同設置した「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入検討会」では、社会インフラの維持管理と災害対応を効率的に行うことを目的として、実現場で役立つロボットの開発・導入を検討している。この中に、各分野での点検・調査へのロボットの導入効果と課題を現場検証により明らかにする「現場検証委員会」が設置されており、本業務では、当該委員会の審議結果を踏まえた現場検証を実施している。

現場検証は、昨年度および今年度の2箇年で行われており、当協会では昨年度よりトンネル維持管理分野を対象に現場検証業務を実施している。本稿では、昨年度のトンネル維持管理分野での現場検証について紹介する。  
キーワード：ロボット、維持管理、トンネル、点検、近接目視、打音検査

### 1. はじめに

国土交通省が「メンテナンス元年」と位置付けた2013年、その翌年の国土交通白書<sup>1)</sup>の表紙をめくると、第I部には「これからの社会インフラの維持管理・更新に向けて ～時代を越えて受け継がれる社会インフラ～」と題されている。その中では、トンネルや橋梁等のインフラ構造物の老朽化の現状と、自然災害が多発する我が国における社会インフラの維持管理上の課題が詳述されている。その中の課題の一つに、本格的な人口減少社会を迎える近い将来、数少ない現役世代で高齢化世代を支えることの必要性が述べられている。

一方、国土交通省は、2014年6月にトンネルや橋梁等の各種構造物に対する「定期点検要領」を策定した。同要領では、5年に1回の定期点検が義務付けられている。人口減少社会を迎えることが不可避の我が国では、点検に携わる技術者を確保・育成することが益々困難になることが懸念される中で、同要領に示された点検作業を、必要な質を確保しながら効率的に行うことは重要な課題となる。

このような現状のもと、国土交通省および経済産業省では、社会インフラの維持管理と災害対応を効率的・効果的に行うことを目的として、平成25年7月16日に「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入検討会」を共同設置し、各種構造物の維持管理・点検作業にロボットを導入することを検討している。その中で当協会では、昨年度および本年度のロボットの現場検証の支援業務を行っており、本稿では昨年度当協会が担当したトンネル維持管理分野を中心に概略を紹介する。

### 2. 次世代社会インフラ用ロボットの現場検証の概要

前述の「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入検討会」では、橋梁、トンネル、水中の各々を対象とした維持管理（点検）作業、ならびに災害時の調査および応急復旧を対象に、各分野へのロボット技術導入による効率化等の効果と課題について現場検証を通じて明らかにし、開発・導入を促すことを目的としている。現場検証とは、ロボット技術による各種構造物の点検作業や調査等を実際の土木構造物を利用して模擬的に行い、ロボット技術の導入による効果と課題を検証するものである。なお、ロボット技術は民間企業や研究機関等から公募されたものを対象としている。

当協会では、昨年度ならびに今年度の2箇年にわたって行われる現場検証において、昨年度はトンネル分野のみ、今年度はトンネルおよび水中の各分野の現場検証について支援業務を行っている。昨年度のトンネル



写真—1 昨年度の実物大模擬トンネルでの現場検証の状況

分野における現場検証では、近接目視、打音点検に関するロボット技術を対象に、ダム周回道路トンネルおよび当施工技術総合研究所所有の実物大模擬トンネルにおいて現場検証および評価を行った。写真—1は、昨年度の実物大模擬トンネルでの現場検証の状況である。

### 3. 昨年度のトンネル維持管理分野における応募技術の概要

#### (1) 公募対象技術

トンネル維持管理分野では、昨年度および今年度とも「近接目視」、「打音検査」、「点検箇所への接近」を対象としたロボット技術を公募した。ここで、近接目視とは、トンネル内の点検対象箇所にてトンネル点検車等を用いて肉眼により部材の変状等を把握し評価が行えるまで接近して観察する行為を指し、打音検査とは、点検用ハンマーを用いて点検箇所を打撃して変状状況

を把握する行為を指す<sup>2)</sup>。これらはいずれもトンネルの点検箇所、具体的には覆工面に点検者が近づいて行う行為であり、そのために必要な点検箇所への接近に関する技術についても公募対象とした。写真—2および写真—3は、現状における近接目視および打音検査の作業状況である。

#### (2) 応募技術の概要

昨年度のトンネル維持管理分野の現場検証では、近接目視のみを対象としたものが2技術、打音検査のみを対象としたものが2技術、近接目視・打音検査の両者を対象としたものが6技術の計10技術の応募があった。なお、点検箇所への接近を対象とした技術については、応募はなかった。応募技術の詳細については、ホームページ<sup>3)</sup>で公開されているためここでは割愛するが、各応募技術をその特性に応じて大別すると表—1のようになる。



写真—2 近接目視の作業状況



写真—3 打音検査の作業状況

### 4. 前年度の現場検証と結果の概要

#### (1) 現場検証の概要

現場検証の方法や評価方法は、「現場検証委員会 トンネル維持管理部会（部会長：首都大学東京 西村和夫教授）」で検討を行った。トンネル維持管理分野における現場検証の目的は、トンネルの点検作業においてロボット技術をどのように活用しうるかを明らかにすることにある。これを踏まえ、昨年度の現場検証では、実際のトンネルを対象とした現行のトンネル点検作業およびロボットによる点検作業を実施し、各々の結果を比較することでロボットの活用方法を検証することとした。

また、昨年度の現場検証では、応募されたロボット技術を「実用検証技術」と「要素検証技術」に分類し、それぞれの目的に応じた検証を行った。前者は、現段階で実現場での利用の可能性があると判断される技術であり、後者は、現時点では実現場での適用は困難であるものの、今後の開発により実現場での利用が見込める技術である。前者については、実際の使用を想定した現場検証を実施し、後者については、データ収集

表—1 昨年度の応募技術の概要（トンネル維持管理分野）

技術分類	技術分類の概要
壁面移動型検査技術	カメラ等を装備したトンネル壁面等を移動する装置
車両走行型検査技術	カメラ等を搭載した車両によりトンネル内を撮影・スキャンする装置
飛行型検査技術	カメラ等を搭載した無人の飛行ロボット
打音検査技術	トンネル壁面等を打撃する装置



(a) 車両走行型検査技術その1



(b) 車両走行型検査技術その2

写真—4 実用検証技術による検証状況<sup>4)</sup>



(a) 飛行型検査技術



(b) 打音検査技術

写真—5 要素検証技術による検証状況<sup>4)</sup>

や各要素の稼働状況の確認を目的として現場検証を実施した。写真—4には実用検証技術による検証状況、写真—5には要素検証技術による検証状況を示す。

成果が、今後の社会インフラにおける維持管理の一助となれば幸いである。

JICMA

## (2) 検証結果

昨年度の現場検証結果は、国土交通省のホームページに掲載されている<sup>4)</sup>ため詳細は割愛するが、要点を整理すると以下のようである。

- ・ロボット技術の長所として、現行手法による点検作業で必要となる車線規制時間が短縮される可能性があること、ならびに点検作業の省力化の可能性を確認した。
- ・ロボット技術の短所として、取得データから変状を検出する作業において、検出者の熟練度等によって、変状検出精度にばらつきが生じる可能性があることを確認した。

## 5. おわりに

国土交通省では、以上の一連の取り組みの結果を踏まえ、次年度以降は各ロボット技術を実際の定期点検業務と同等の環境下で試行的に導入する予定である。

少子高齢化が顕在化して久しいが、それに呼応するように省力化を目指したロボット技術も着実に進歩している。これからは、ロボット技術をいかに現場へ導入するか、という応用段階にあると考える。本業務の

### 《参考文献》

- 1) 国土交通省編：国土交通白書<2014>、2014.7.
- 2) 国土交通省道路局国道・防災課：道路トンネル定期点検要領、2014.6.
- 3) 次世代社会インフラ用ロボット技術・ロボットシステム～現場実証ポータルサイト～（ホームページ）：<http://www.c-robotech.info>、2015.10.参照
- 4) 次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会：次世代社会インフラ用ロボット開発・導入の推進トンネル維持管理技術の現場検証・評価の結果、2015.3.

### 【筆者紹介】



寺戸 秀和（てらと ひでかず）  
（一社）日本建設機械施工協会  
施工技術総合研究所 研究第一部  
研究課長



加藤 剛（かとう たかし）  
（一社）日本建設機械施工協会  
施工技術総合研究所 研究第一部  
主任研究員



安井 成豊（やすい しげとよ）  
（一社）日本建設機械施工協会  
施工技術総合研究所 研究第一部  
部長

## 部 会 報 告

## 除雪機械の変遷（その13） 除雪ドーザ（1）

機械部会 除雪機械技術委員会

## まえがき

本史は、土木用建設機械から発展した除雪ドーザの変遷を記したものである。

土木用ホイールローダは、作業用途に応じた多くのアタッチメントがあるが、その中でバケットの代わりに、ブレードを取付けたものが、除雪作業に使用されるようになった。

除雪ドーザは、土木用トラクタショベルに除雪用ブレード（プラウ）を取り付けたものであり、主に雪を押し除ける作業に使用される機械である。したがって除雪ドーザの本体の変遷は、土工、碎石等で使われているホイールローダの技術的変遷とほとんど同じであり、必然的にその歴史に触れることになる。

昭和14年に二輪駆動のホイールローダが、昭和22年には四輪駆動のホイールローダ（リジッド式＝フレーム固定型後輪換向）が米国で誕生し、昭和29年にはアーティキュレート式（フレーム屈折式操舵型）が米国で開発された。

戦後、昭和23年に旧建設省が発足し、また、昭和26年までに、北海道開発局、青森県、新潟県で道路除雪が始まった。これを機に、除雪機械の試験導入や開発も進み、昭和28年に車輪式除雪ドーザ（米国ルターナ製）が試験導入された。翌昭和32年に国産初の車輪式除雪ドーザ（三菱日本重工業<sup>(注4)</sup> WH形）が導入され、また、北海道開発局において昭和32年度から、旧建設省東北地方整備局・北陸地方整備局においては昭和34年度から直轄事業としての道路除雪が開始された。

わが国におけるホイールローダは、土木工専用トラクタの足回りを履带式から車輪式に変えて発展し、昭和24年日本輸送機<sup>(株)</sup>が国産初の二輪駆動機 SDA25 を試作し、昭和35年には東洋運搬機<sup>(株)</sup><sup>(注1)</sup> が国産第1号の四輪駆動機（リジッド式）85A を開発し、碎石現場における軽作業用として使われた。

その後、ホイールローダは、高度経済成長期に需要が急増し、昭和37年に川崎車輛<sup>(株)</sup><sup>(注6)</sup> が国内初のアーティキュレート式（川崎車輛<sup>(株)</sup> KLD5P）を開発、昭和40年に<sup>(株)</sup>小松製作所が JH30B、さらに昭和41年

にキャタピラー三菱<sup>(株)</sup><sup>(注7)</sup> が CAT922 を開発し、市場形成に弾みをつけた。

## 5-1 黎明期（昭和20, 30年代）

昭和20年代に、旧建設省北陸地方建設局、北海道開発局においては、履带式除雪ドーザが、除雪機械の代表機種であり、昭和25年に、国産ブルドーザが、昭和27年には、米国のキャタピラー製 D-8 形（Vプラウ付）が除雪に導入された。

この頃の履带式除雪ドーザには、キャビンがなかった。また、他の除雪機械の性能が向上したこと、道路の改良が進んだこと、除雪後の道路の平坦性が劣るなどの理由で、履带式ドーザは、次第に姿を消していった。

昭和28年に試験導入された米国製車輪式除雪ドーザ米国ルターナ製 C 形は、Vプラウとサイドウイングを有し、履带式除雪ドーザの3倍の除雪速度があった。

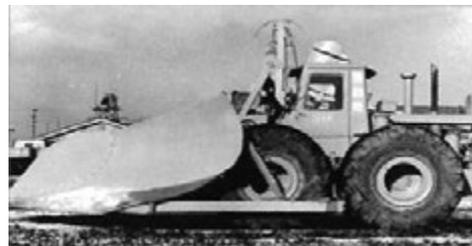


写真 5-1 車輪式除雪ドーザ，ルターナスーパー C 型  
ルターナ社 昭和28年

昭和28年に日本特殊鋼<sup>(株)</sup>（現大同特殊鋼<sup>(株)</sup>）が製作した履带式除雪ドーザ NTK-77 は、ブルドーザをベースとして Vプラウを有していた。当時は、キャビンがなかったため、オペレータは防寒着を着用して作業した。



写真 5-2 履带式ドーザ NTK-7 (Vプラウ)  
日本特殊鋼<sup>(株)</sup>（現大同特殊鋼<sup>(株)</sup>） 昭和28年

昭和30年に(株)小松製作所が導入したキャビン付き履帯式除雪ドーザは、15t級のブルドーザをベースにし、Vプラウとキャビンを有していた。

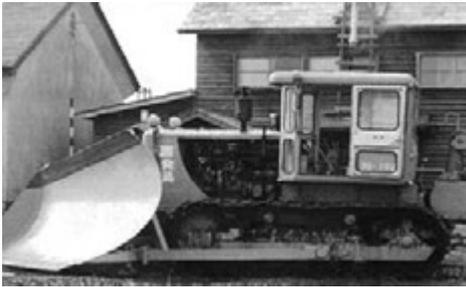


写真 5-3 キャビン付き履帯式除雪ドーザ D80  
(株)小松製作所 昭和30年

昭和31年に、「積雪寒冷特別地域に於ける道路交通の確保に関する特別措置法」(略して「雪寒法」)が制定され、雪対策が総合的な施策として計画的に行われ、道路除雪事業が脚光を浴びるようになり、雪国における人々の生活の安定を図る一環として国産除雪機械の開発が本格化した。

各方面で、各種除雪機械の開発が鋭意進められる中、機動性のある車輪式の建設機械が道路除雪用として着目された。

昭和32年、東洋運搬機(株)<sup>(注1)</sup>は、四輪駆動のショベルローダ SD25 にスノーバケット、雪寒用品を装備したスノーローダを開発した。

昭和32年、三菱日本重工業(株)の車輪式除雪ドーザ WH 型が除雪現場に導入された。



写真 5-4 ホイル式ドーザ WH 型 三菱日本重工業(株)<sup>(注4)</sup> 昭和32年

昭和34年、旧建設省東北地方建設局において、土工用の車輪式ドーザやブルドーザが除雪ドーザとして使用された。

昭和35年、東洋運搬機(株)<sup>(注1)</sup>は、米国クラーク社との技術提携による国産初のホイールローダ 85A を製作し除雪機械市場に参入した。

昭和38年、キャタピラージャパン(株)は、ダイレクトドライブ、後輪操舵方式を特徴とするスノーローダ Cat922 を開発した。



写真 5-5 ホイールローダ 85A 東洋運搬機(株)<sup>(注1)</sup> 昭和35年<sup>3)</sup>



写真 5-6 スノーローダ Cat922 キャタピラージャパン(株) 昭和38年

昭和38年、東洋運搬機(株)<sup>(注1)</sup>は、四輪駆動で低価格という旧建設省の除雪機械に対する要望に応え、SD22 をベースに除雪ローダ SD25 を開発した。これは、SD22 の荷役機構からリーチ機構を取り外したもので、前輪は複輪4本、後輪操舵の四輪駆動であった。これは、約30台製作され、本格的な除雪ローダとして青森市役所、富山市役所等で活躍した。このSD25 が量産ベースにのった日本における初期の純国産トラクタショベルで、その後同社の STD25 に引き継がれた。



写真 5-7 スノーローダ SD25 東洋運搬機(株)<sup>(注1)</sup> 昭和38年

## 5-2 昭和の変遷(昭和40～60年代)

昭和40年代にはベース機として車体屈折式ホイールローダが採用され、雪の横押しに重宝された。また45年頃からはアングリング機構付きのブレードの導入が進んだ。また、ロータリ除雪車が使用されるようになり、除雪ドーザは、拡幅作業から交差点などの特

定箇所を除雪に作業形態が変わっていった。

昭和40年、東洋運搬機(株)<sup>(注1)</sup>は、トラクタシヨベルSTD25にスノーバケット、サイドダンプバケットを装備したスノーローダを開発した。

昭和41年、東洋運搬機(株)<sup>(注1)</sup>は、アングリングプラウ、ティルト付サイドシフトアングリングプラウ、Vプラウ、ロータリ除雪装置、サイドダンプバケット、リヤブレード等様々なオプションが装備可能な9t級除雪ドーザ75Ⅲを開発した。



ティルト付サイドシフトアングリングプラウ



ロータリ除雪装置



サイドダンプバケット



リヤブレード

写真5-8 9t級除雪ドーザ75Ⅲ 東洋運搬機(株)<sup>(注1)</sup> 昭和41年

昭和42年、キャタピラージャパン(株)は、トルクコンバータ、内部拡張式ブレーキ、アーティキュレート操舵方式を特徴とするCat950を開発した。



写真5-9 除雪ドーザCat950 キャタピラージャパン(株) 昭和42年

昭和42年、東洋運搬機(株)<sup>(注1)</sup>は、大型で力強く、山岳道路での拡幅、平地での横押し、高雪堤の段切り、高積み作業が可能な14t級除雪ドーザ125Ⅲを開発した。



写真5-10 14t級除雪ドーザ125Ⅲ 東洋運搬機(株)<sup>(注1)</sup> 昭和42年

昭和43年、大型ドーザでは主流であった履带式ドーザに代わる、機動性を併せ持った除雪機械が要望され、東洋運搬機(株)<sup>(注1)</sup>は、旧建設省指導のもとリジットフレームで国産最大の18t級除雪専用ドーザ180Ⅲを開発した。これは車輪式だが、履带式ドーザと同等以上の圧雪処理、最大除雪能力を持ち、機動性があり、常に四輪が接地して安定した牽引力が発揮できた。またプラウが左右にティルトし、路面に適した除雪作業が可能であった。



写真5-11 プラウ付ホイールドーザ180Ⅲ 東洋運搬機(株)<sup>(注1)</sup> 昭和43年

昭和44年、旧建設省東北地方建設局において、18t級除雪ドーザが開発導入された。

昭和44年、東洋運搬機<sup>(注1)</sup>は、車幅をおさえるために前車輪の外側から出ていたアームを、前車輪内側とフレームの間に移動して車体全幅を小さくした180ⅢSを開発した。C型フレーム構造アームの採用により、ワンクラス下のホイールローダより狭い車体幅とすることにより、狭い道路幅、豪雪地帯での除雪作業が可能であった。また、除雪ドーザ用の多くのアタッチメントの取り付けが可能であった。



写真 5-12 プラウ付、サイドウイング付ホイールドーザ 180ⅢS 東洋運搬機<sup>(注1)</sup> 昭和44年

昭和45年頃、旧建設省北陸地方建設局において、アングリング機構付のリバーシブルブレード（アングリングプラウ）を装備した車輪式の除雪ドーザの導入が進んだ。

昭和45年、キャタピラージャパン<sup>(株)</sup>は、クラス初の四輪ディスクブレーキ／チルトハンドルを特徴とする除雪ドーザ Cat920 を開発した。



写真 5-13 除雪ドーザ Cat920 キャタピラージャパン<sup>(株)</sup> 昭和45年

昭和45年、東洋運搬機<sup>(注1)</sup>は、エンジンの出力をアップし、超大型ワイドタイヤを装着した土工用ホイールドーザ220を、19t級除雪ドーザとして開発した。

同年、東洋運搬機<sup>(注1)</sup>は、155PSの高出力エンジンを搭載し、かじ取り装置をアーティキュレート形（フレーム屈折式）にした12t級除雪ドーザ75ⅢAを開発した。

昭和46年、東洋運搬機<sup>(注1)</sup>は、180Ⅲと同様に、C型フレーム構造アームを採用した19t級除雪ドー



写真 5-14 19t級除雪ドーザ 220 東洋運搬機<sup>(注1)</sup> 昭和45年



写真 5-15 12t級除雪ドーザ 75ⅢA 東洋運搬機<sup>(注1)</sup> 昭和45年



写真 5-16 19t級除雪ドーザ 220 東洋運搬機<sup>(注1)</sup> 昭和46年

ザ220を開発した。

昭和47年、東洋運搬機<sup>(注1)</sup>は、応答性の良いフルパワーブレーキで安全な二系統ブレーキシステム、大容量のトルクコンバータにより大きな牽引力をもった8t級除雪ドーザ45およびサイドスライド・テイルト式アングリングプラウを装着した牽引力7000kgの8t級除雪専用ドーザ45TDを開発した。

昭和48年、キャタピラージャパン<sup>(株)</sup>は、ディスクブレーキ二輪／四輪（オプション）を特徴とするCat910を開発した。

昭和49年、東洋運搬機<sup>(注1)</sup>は、履带式除雪ドーザに代わる、除雪専用形として開発された18t級除雪専用ドーザ180Bを開発した。160PSの高出力エンジンでありながら作業時幅員が2990mmと使いやすく、山岳道路、豪雪地帯の新雪・吹き溜まり・拡幅除雪に、また、高い線圧を利用しての路面整正、圧雪処理にも適していた。

東洋運搬機<sup>(注1)</sup>は、オプションとして、雪堤の段切り、かき込み作業用全油圧サイドウイングを開発



45



45TD

写真 5-17 8t級除雪ドーザ 45, 45TD  
東洋運搬機株<sup>(注1)</sup> 昭和47年



写真 5-18 除雪ドーザ Cat910 キャタピラー<sup>(注1)</sup> 昭和48年



写真 5-19 18t級除雪専用ドーザ 180B  
東洋運搬機株<sup>(注1)</sup> 昭和49年

した。

昭和50年代に、旧建設省東北地方建設局において除雪ドーザの小回りや回送を容易にするため、車体屈折式（アーティキュレート式）の除雪ドーザが導入され、「雪の抱え込み」が可能なブレードが、交差点での機動性のある除雪に威力を発揮した。

特にブレードの形を色々に変えられ、雪の抱え込みだけでなくVプラウや左右片流しプラウとしても使



写真 5-20 全油圧サイドウイング 東洋運搬機株<sup>(注1)</sup> 昭和49年



写真 5-21 Uブレード付き除雪ドーザ KLD70  
川崎重工業株<sup>(注8)</sup> 昭和51年

えるマルチプラウは、その広い適応性により市町村道の除雪の主役として現在も活躍している。

昭和50年、東洋運搬機株<sup>(注1)</sup>は、160PSの高出力エンジンを搭載し、耐久性、操作性のある12t級除雪ドーザ75Bを開発した。これは、2枚板構造のブームアームによりバルクランクピボット部に加わっていた偏荷重をなくすと同時に、2系統全輪ディスクブレーキを採用していた。



写真 5-22 12t級除雪ドーザ 75B 東洋運搬機株<sup>(注1)</sup> 昭和50年

昭和51年、東洋運搬機株<sup>(注1)</sup>は、市町村道の狭い路や交通量の多い市街地除雪向けに6t級除雪ドーザSTD30を開発した。

昭和52年、東洋運搬機株<sup>(注1)</sup>は、115PSエンジン



写真 5-23 6t 級除雪ドーザ STD30 東洋運搬機株<sup>(注1)</sup> 昭和 51 年



写真 5-25 18t 級除雪専用ドーザ 180S 東洋運搬機株<sup>(注1)</sup> 昭和 53 年



写真 5-24 9t 級除雪ドーザ 55B 東洋運搬機株<sup>(注1)</sup> 昭和 52 年

を搭載した 9t 級除雪ドーザ 55B を開発した。

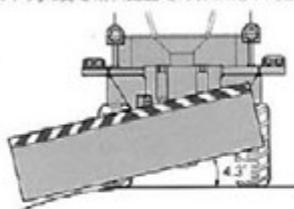
昭和 53 年、東洋運搬機株<sup>(注1)</sup> は、小回りの利くアーティキュレート式換向、パワーシフトトランスミッションおよびパワーステアリングにより運転者本位の容易な操作性およびアングリング、ティルト、ピッチング、サイドスライドの 4 種類の動作が可能な 18t 級除雪専用ドーザ 180S を開発した。昭和 56 年、サイドスライド式除雪ドーザが旧建設省東北地方建設局に導入された。

18t 級除雪専用ドーザ 180S の特徴は以下の通りである。

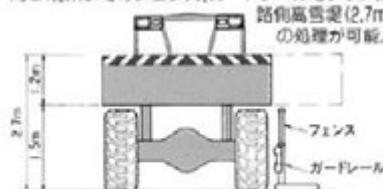
1. 土工用ブルドーザーと同様ブレードの左右ティルト機構を有し、路面の傾斜に合わせた除雪作業が可能である。
2. ローマウントブームアーム（アームのヒンジポイントがアクスル中心より下にある）で、スムーズで力強い押し出し力を発揮し、圧雪処理に適している。
3. 左側 1000 mm、右側 300 mm のサイドスライドにより、雪堤上の雪の排除、さらに、ガードレールを越えた歩道の雪のかき出しが可能である。
4. アーム支持が低い荷役機構により、運転席からの視界が広い。

昭和 57 年、東洋運搬機株<sup>(注1)</sup> は、高い回送速度（最高速度 33.5 km/h）により回走時間の短縮を図り、ワイドタイヤ（17. 5-25-12PR）により走行安定性を向上させ、直噴 6 気筒エンジンの搭載で燃費の改善を

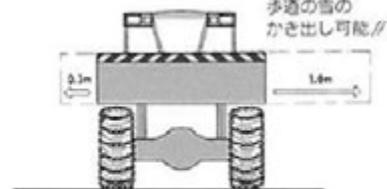
ティルト角4度で傾斜路面での作業効率向上 //



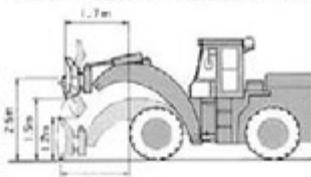
高さ1.5mまでのフェンス、ガードレールをクリア// 路側高雪堤(2.7m)の処理が可能 //



サイドスライド1mで雪堤上の雪を排除// 歩道の雪のかき出し可能 //



大きな作業範囲 // プレート起し時2.5mクリアランス //



1.9mのリーチによって押雪能力が向上 //

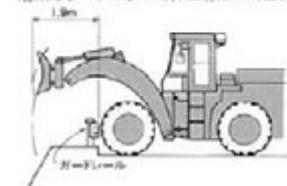


図 5-1 18t 級除雪専用ドーザ 180S の特徴



写真 5-26 9t級除雪ドーザ 50B 東洋運搬機株式会社<sup>(注1)</sup> 昭和57年



写真 5-27 除雪ドーザ Cat936 キャタピラー・ジャパン株式会社 昭和59年

図った9t級除雪ドーザ 50Bを開発した。  
 昭和59年、キャタピラー・ジャパン株式会社は、Cat936を開発した。  
 昭和61年、東洋運搬機株式会社<sup>(注1)</sup>は、エンジンの出力アップを図り、雪や氷結に影響されない完全密閉形油圧式

ディスクブレーキを装着した、6t、9t、12t、14t級除雪ドーザ 830、835、850、860を開発した。昭和62年、東洋運搬機株式会社<sup>(注1)</sup>は、エンジンの出力アップを図り、プラウ水平姿勢で揚高1500mm、ガードレール越えの雪の押し出し作業が可能な18t級除雪専用ドーザ 180S IIを開発した。



写真 5-29 18t級除雪専用ドーザ 180S II 東洋運搬機株式会社<sup>(注1)</sup> 昭和62年



注1：TCM株式会社をへて現日立建機株式会社  
 注4：現三菱重工業株式会社  
 注6：川崎重工業株式会社をへて現KCM株式会社  
 注7：現キャタピラー・ジャパン株式会社  
 注8：現KCM株式会社

《参考文献》

- 3) 除雪機械の歴史 平成3年3月 監修 建設省北陸地方建設局 発行 社団法人日本建設機械化協会北陸支部



830



835



850



860

写真 5-28 6、9、12、14t級除雪ドーザ 830、835、850、860 東洋運搬機株式会社<sup>(注1)</sup> 昭和61年

## 平成 27 年度主要建設資材需要見通し

国土交通省土地・建設産業局 建設市場整備課

### 1. はじめに

国土交通省では、建設事業に使用される主要な建設資材の年間需要量の見通しを公表することにより、建設資材の安定的な確保を図り、円滑な建設事業の推進に資することを目的として、昭和 51 年度より「主要建設資材需要見通し」を毎年公表している。

本稿では、平成 27 年 10 月 9 日に公表した「平成 27 年度主要建設資材需要見通し」の概要を報告する。

### 2. 対象建設資材

平成 27 年度主要建設資材需要見通しでは、「①セメント」「②生コンクリート」「③骨材、砕石」「④木材」「⑤普通鋼鋼材、形鋼、小形棒鋼」及び「⑥アスファルト」の 6 資材 9 品目を対象とし、需要見通しを推計・公表している。

### 3. 需要見通しの推計方法

平成 27 年度の主要建設資材の需要見通しは、「平成 27 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平成 27 年 10 月 2 日公表）」の建築（住宅、非住宅）、土木（政府、民間）等の項目ごとの建設投資見通し（実質値）に、建設資材ごとの原単位（工事費 100 万円当たりの建設資材需要量）を乗じ、さらに各建設資材の需要実績等を考慮して、平成 27 年度の主要な建設資材の国内需要の推計を行った。

### 4. 平成 27 年度主要建設資材需要見通し

#### (1) 概況（平成 26 年度および平成 27 年度）

平成 26 年度の主要建設資材の需要量実績は、同年度の建設投資見込み（名目値）が前年度比 0.0% の増加で、うち土木部門は 5.0% の増加となったものの建築部門は -4.5% の減少となり、全ての資材が減少となった。

平成 27 年度の主要建設資材の需要見通しは、同年度の建設投資見通し（名目値）が前年度比 -5.5% の減少で、うち建築部門は 0.3% の増加、土木部門は -11.4% の減少と見通されていることから、木材を除く資材において昨年度実績値と比べて減少と見通される。

平成 27 年度主要建設資材需要見通しは、図-1 および表-1 のとおりである。

#### (2) 主要建設資材の需要見通し

##### ①セメント、②生コンクリート

平成 26 年度における需要量実績は、セメントが前年度比 4.5% 減少の 4,555 万 t、生コンクリートが前年度比 4.9% 減少の 9,401 万 m<sup>3</sup> であった。平成 27 年度については、セメントが前年度比 3.4% 減少の 4,400 万 t、生コンクリートが前年度比 3.2% 減少の 9,100 万 m<sup>3</sup> と見通される。

##### ③骨材、砕石

平成 26 年度における需要量実績は、骨材が前年度比 3.6% 減少の 24,409 万 m<sup>3</sup>、砕石が前年度比 3.6% 減少の 12,474 万 m<sup>3</sup> となると推計される。平成 27 年度については、骨材が前年度比 2.9% 減少の

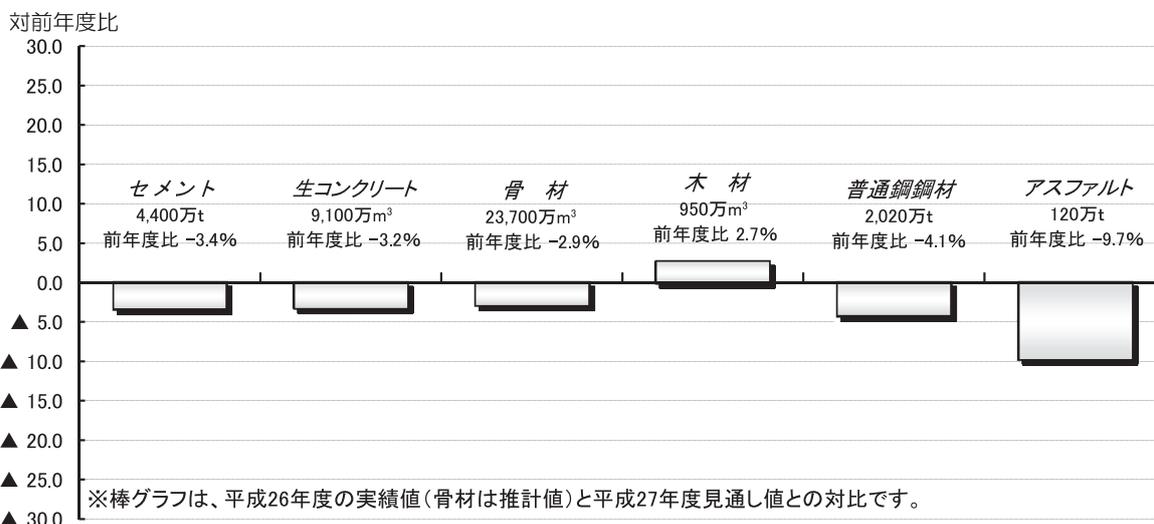


図-1 平成 27 年度主要建設資材需要見通し

# 統計

表一 主要建設資材の需要量実績値及び推計値

資材名称	単位	需要量			伸び率	
		H25年度 実績値	H26年度 実績値	H27年度 見通し	26/25	27/26
セメント	万t	4,770	4,555	4,400	-4.5%	-3.4%
生コンクリート	万m <sup>3</sup>	9,885	9,401	9,100	-4.9%	-3.2%
骨材	〃	25,313	24,409	23,700	-3.6%	-2.9%
砕石	〃	12,939	12,474	12,000	-3.6%	-3.8%
木材	〃	1,023	925	950	-9.6%	2.7%
普通鋼鋼材	万t	2,192	2,107	2,020	-3.9%	-4.1%
形鋼	〃	489	457	440	-6.5%	-3.7%
小形棒鋼	〃	882	829	790	-6.1%	-4.7%
アスファルト	〃	145	133	120	-8.6%	-9.7%

(注1) 本見通しは、「平成27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 平成27年10月2日公表)」をもとに推計したものである。

(注2) 各資材の対象は、セメントは〔内需量〕、生コンクリート、砕石は〔出荷量〕、木材は〔製材品出荷量〕、骨材は〔供給量〕、普通鋼鋼材、形鋼は〔建設向け受注量〕、小形棒鋼は〔建設向け出荷量〕、アスファルトは〔建設向け等内需量〕。

(注3) 本見通しの有効数字は、セメントは〔100万t〕、生コンクリート、骨材及び砕石は〔100万m<sup>3</sup>〕、木材は〔25万m<sup>3</sup>〕、普通鋼鋼材、形鋼及び小形棒鋼は〔10万t〕、アスファルトは〔5万t〕。

(注4) 平成26年度の需要量のうち、骨材については推計値を使用しているため、見込み値(イタリック体)。その他の資材については実績値。

23,700万m<sup>3</sup>、砕石が前年度比3.8%減少の12,000万m<sup>3</sup>と見通される。

#### ④木材

平成26年度における需要量実績は、前年度比9.6%減少の925万m<sup>3</sup>であった。平成27年度については、前年度比2.7%増加の950万m<sup>3</sup>と見通される。

#### ⑤普通鋼鋼材、形鋼、小形棒鋼

平成26年度における需要量実績は、普通鋼鋼材が前年度比3.9%減少の2,107万t、うち形鋼が前年度比6.5%減少の457万t、小形棒鋼は前年度比6.1%減少の829万tであった。平成27年度については、普通鋼鋼材が前年度比4.1%減少の2,020万t、うち形鋼が3.7%減少の440万t、小形棒鋼が4.7%減少の790万tと見通される。

#### ⑥アスファルト

平成26年度における需要量実績は、前年度比8.6%減少の133万tであった。平成27年度については、前年度比9.7%減少の120万tと見通される。

## 5. 主要建設資材需要量の推移

主要建設資材の国内需要量推移を表一2および図一2に示す。各主要建設資材の需要量実績、需要見通しの対象は、次の(1)～(8)のとおりである。

### (1) セメント

国内メーカーの国内販売量に海外メーカーからの輸入量を加えた販売等の量を対象としている。「内需量」=「国内販売量」+「輸

入量」。

なお、表一2および図一2の平成26年度までは実績値で、(一社)セメント協会の「セメント需給実績」の値を用いている。

### (2) 生コンクリート

全国生コンクリート工業組合連合会組合員工場の出荷量とその他の工場の推定出荷量とを加えた出荷量を対象としている。「出荷量」=「組合員工場出荷量」+「その他工場推定出荷量」。

なお、表一2および図一2の平成26年度までは実績値で、全国生コンクリート工業組合連合会・協同組合連合会の「出荷実績の推移」の値を用いている。

### (3) 骨材

国内における供給量を対象としており、輸入骨材も含んでいる。

なお、表一2および図一2の平成26年度までは実績値で、経済産業省の「骨材需給表」をもとに算出した値である。平成26年度は推計値で、経済産業省の「砕石等統計年報」「砕石等統計四半期報」「骨材需給表」をもとに算出した値である。

### (4) 砕石

メーカーの国内向け出荷量を対象としている。

なお、表一2および図一2の平成26年度までは実績値で、経済産業省の「砕石等統計年報」「砕石等統計四半期報」をもとに算出した値である。

平成27年10月9日 現在

表一2 主要建設資材の国内需要量実績の推移

	セメント (内需要)		生コンクリート (出荷量)		骨材 (供給量)		砕石 (出荷量)		木材 (製材品出荷量)		普通鋼鋼材 (建設向け受注量)		形鋼 (建設向け受注量)		小形棒鋼 (建設向け出荷量)		アスファルト (建設向け等内需要)	
	千 t	前年度比 (%)	千 m <sup>3</sup>	前年度比 (%)	千 t	前年度比 (%)	千 t	前年度比 (%)	千 t	前年度比 (%)	千 t	前年度比 (%)						
3年度	85,287	▲1.2	192,182	—	574,375	▲3.2	287,875	▲0.7	28,107	▲6.0	31,812	▲12.0	8,522	▲15.8	12,742	▲14.1	4,558	▲2.4
4年度	78,616	▲7.8	181,958	▲5.3	557,500	▲2.9	281,688	▲2.1	27,324	▲2.8	28,715	▲9.7	8,093	▲5.0	11,212	▲12.0	4,800	5.3
5年度	82,142	4.5	172,615	▲5.1	540,000	▲3.1	266,250	▲5.5	26,022	▲4.8	26,633	▲7.3	6,892	▲14.8	10,615	▲5.3	4,573	▲4.7
6年度	79,743	▲2.9	175,773	1.8	532,500	▲1.4	259,938	▲2.4	25,592	▲1.7	27,876	4.7	7,141	3.6	11,837	11.5	4,361	▲4.6
7年度	80,377	0.8	175,723	▲0.0	530,625	▲0.4	258,875	▲0.4	23,880	▲6.7	28,667	2.8	7,226	1.2	11,988	1.3	4,243	▲2.7
8年度	82,417	2.5	180,256	2.6	538,750	1.5	275,125	6.3	24,395	2.2	30,659	6.9	8,114	12.3	11,836	▲1.3	4,266	0.5
9年度	76,573	▲7.1	167,292	▲7.2	512,500	▲4.9	253,250	▲8.0	21,103	▲13.5	28,642	▲6.6	7,303	▲10.0	11,373	▲3.9	4,117	▲3.5
10年度	70,719	▲7.6	153,308	▲8.4	459,375	▲10.4	228,688	▲9.7	18,924	▲10.3	25,715	▲10.2	6,399	▲12.4	10,554	▲7.2	3,777	▲8.3
11年度	71,515	1.1	151,167	▲1.4	455,625	▲0.8	222,438	▲2.7	18,396	▲2.8	26,863	4.5	6,704	4.8	10,726	1.6	3,823	1.2
12年度	71,435	▲0.1	149,483	▲1.1	458,750	0.7	219,156	▲1.5	17,282	▲6.1	28,024	4.3	6,896	2.9	11,001	2.6	3,804	▲0.5
13年度	67,811	▲5.1	139,588	▲6.6	466,250	1.6	209,089	▲4.6	15,196	▲12.1	26,004	▲7.2	6,011	▲12.8	10,695	▲2.8	3,580	▲5.9
14年度	63,514	▲6.3	131,413	▲5.9	442,500	▲5.1	191,503	▲8.4	14,270	▲6.1	25,828	▲0.7	5,615	▲6.6	10,700	0.0	3,366	▲6.0
15年度	59,687	▲6.0	123,735	▲5.8	414,237	▲6.4	179,269	▲6.4	14,042	▲1.6	25,177	▲2.5	5,704	1.6	9,827	▲8.2	3,229	▲4.1
16年度	57,569	▲3.5	118,982	▲3.8	368,750	▲11.0	165,265	▲7.8	13,446	▲4.2	25,066	▲0.4	5,623	▲1.4	9,725	▲1.0	3,014	▲6.7
17年度	59,089	2.6	121,549	2.2	343,130	▲6.9	164,219	▲0.6	13,161	▲2.1	24,703	▲1.4	5,659	0.6	10,089	3.7	2,478	▲17.8
18年度	58,985	▲0.2	121,903	0.3	340,000	▲0.9	166,472	1.4	12,791	▲2.8	25,781	4.4	5,926	4.7	10,991	8.9	2,400	▲3.1
19年度	55,506	▲5.9	111,881	▲8.2	317,500	▲6.6	153,616	▲7.7	11,912	▲6.9	24,984	▲3.1	5,616	▲5.2	10,508	▲4.4	2,323	▲3.2
20年度	50,087	▲9.8	101,009	▲9.7	285,000	▲10.2	136,105	▲11.4	10,809	▲9.3	21,240	▲15.0	4,738	▲15.6	8,722	▲17.0	1,882	▲19.0
21年度	42,732	▲14.7	86,030	▲14.8	243,750	▲14.5	118,691	▲12.8	9,282	▲14.1	17,384	▲18.2	3,696	▲22.0	7,360	▲15.6	2,092	11.2
22年度	41,614	▲2.6	85,278	▲0.9	237,500	▲2.6	117,084	▲1.4	9,498	2.3	18,473	6.3	3,791	2.6	7,450	1.2	1,796	▲14.2
23年度	42,650	2.5	87,964	3.1	233,125	▲1.8	116,998	▲0.1	9,217	▲3.0	19,243	4.2	3,973	4.8	7,759	4.2	1,739	▲3.1
24年度	44,577	4.5	92,098	4.7	238,130	2.1	121,670	4.0	9,380	1.8	20,604	7.1	4,314	8.6	8,234	6.1	1,566	▲10.0
25年度	47,705	7.0	98,850	7.3	253,130	6.3	129,390	6.3	10,232	9.1	21,920	6.4	4,886	13.3	8,824	7.2	1,455	▲7.1
26年度	45,551	▲4.5	94,014	▲4.9	244,090	▲3.6	124,740	▲3.6	9,249	▲9.6	21,071	▲3.9	4,570	▲6.5	8,289	▲6.1	1,329	▲8.6

(注1) 各資材の需要量は四捨五入して算出しているため、各月の合計と年度計とは一致しない。

(注2) 前年度比欄の▲はマイナス。

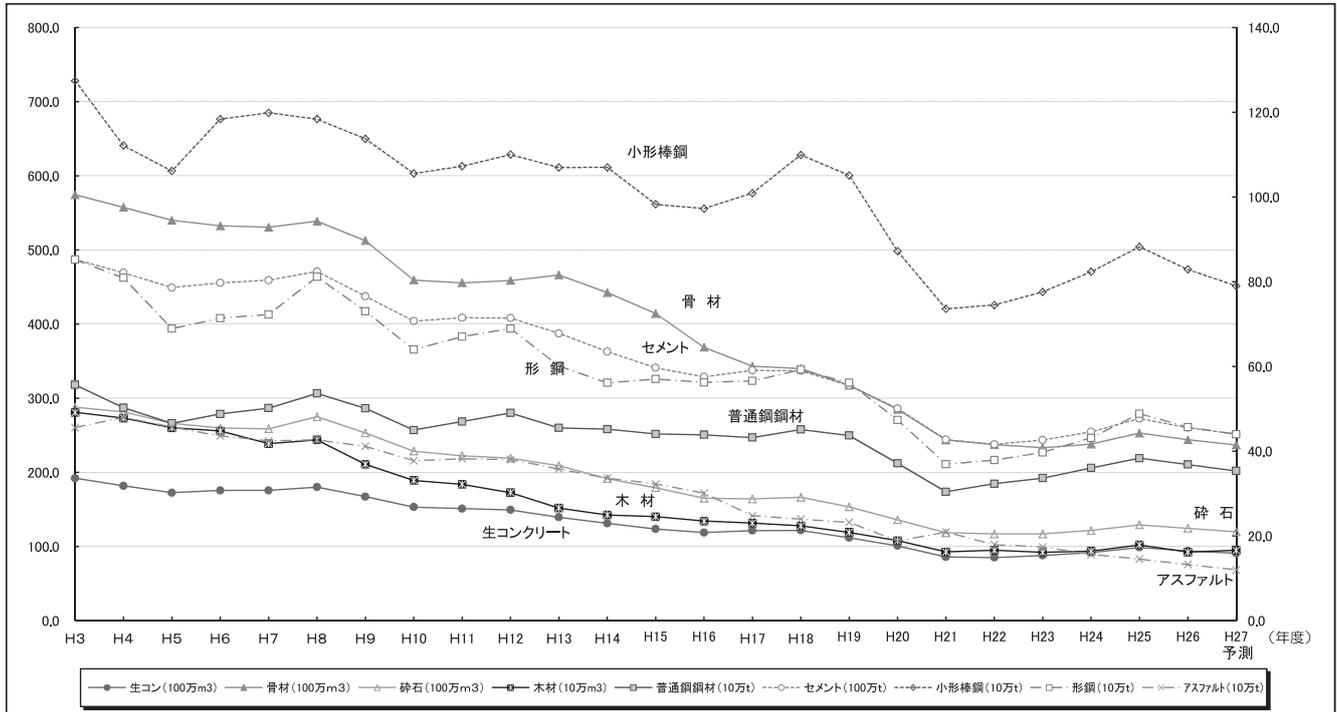
(注3) 骨材は、平成25年度までは実績値、平成26年度は推計値(イタリック体)で、経済産業省「砕石等統計年報」[砕石等統計年報]「砕石等統計年報」[砕石等統計年報]で、経済産業省「砕石等統計年報」[砕石等統計年報]「砕石等統計年報」[砕石等統計年報]をもちに算出。

(注4) 木材の平成23年度実績値には、東日本大震災の影響により、平成23年4月～6月の岩手県、宮城県及び福島県分、アスファルト…石油連盟資料(石油アスファルト統計月報)、アスファルト…石油連盟資料(石油アスファルト統計月報)、生コンクリート…全国生コンクリート工業組合連合会、協同組合連合会(出荷実績の推移)、普通鋼鋼材、形鋼、小形棒鋼…一般社団法人日本鉄鋼連盟資料

(出典)

- セメント…一般社団法人セメント協会(セメント需給実績)
- 木材…農林水産省資料(製材統計)
- アスファルト…石油連盟資料(石油アスファルト統計月報)
- 生コンクリート…全国生コンクリート工業組合連合会、協同組合連合会(出荷実績の推移)
- 普通鋼鋼材、形鋼、小形棒鋼…一般社団法人日本鉄鋼連盟資料

# 統計



(注) グラフの見方・実線(生コンクリート、骨材、砕石、木材、普通鋼鋼材)については左軸、点線(セメント、小形棒鋼、形鋼、アスファルト)については右軸を参照。  
 ・平成26年度の需要量は、骨材については推計値、その他の資材については実績値。  
 ・ただし、木材の平成22・23年度実績値には、東日本大震災の影響により、平成23年2月～6月の岩手県、宮城県及び福島県分の出荷量が含まれていない。  
 ・平成27年度の需要量は、見通しの値。

《資料出所》 ○セメント … (一社)セメント協会 (セメント需給実績) ○普通鋼鋼材 … (一社)日本鉄鋼連盟 資料  
 ○生コンクリート … 全国生コンクリート工業組合連合会・協同組合連合会 (出荷実績の推移) ○形鋼 … (一社)日本鉄鋼連盟 資料  
 ○骨材 … 経済産業省 (骨材需給表) ○小形棒鋼 … (一社)日本鉄鋼連盟 資料  
 ○砕石 … 経済産業省 (砕石等統計年報、砕石等統計四半期報) ○アスファルト … 石油連盟 (石油アスファルト統計月報)  
 ○木材 … 農林水産省 (製材統計)

図一 主要建設資材需要量の年度推移

## (5) 木材

国内メーカーの製材品出荷量を対象としており、建設向け以外の量を含んでいる。また、製材用素材として外材を含んでいる。

なお、表一2および図一2の平成26年度までは実績値で、農林水産省「製材統計」の値を用いている。

ただし、平成22・23年度実績値には、東日本大震災の影響により、平成23年2月～6月の岩手県、宮城県及び福島県分の出荷量は含まれていない。

## (6) 普通鋼鋼材及び形鋼

国内メーカーの国内建設向け受注量を対象としている。

なお、表一2および図一2の平成26年度までは実績値で、(一社)日本鉄鋼連盟の資料の値(国内向け受注総量から国内建設向け受注量を推計したもの)を用いている。

## (7) 小形棒鋼

国内メーカー及び国内販売業者からの国内建設向け出荷量を対象としている。ただし、海外メーカーからの輸入量は含まれていない。

なお、表一2および図一2の平成26年度までは実績値で、経済産業省「鉄鋼需給動態統計」と(一社)日本鉄鋼連盟の資料の値を用いている。

## (8) アスファルト

国内メーカーの建設向けストレートアスファルト内需量のうち、燃焼用及び工業用を除いた国内建設向け等内需量を対象としている。「建設向け等内需量」＝「国内建設向け内需量」＋「建設向け輸入量」。

なお、表一2および図一2の平成26年度までは実績値で、石油連盟の「石油アスファルト統計月報」の値を用いている。

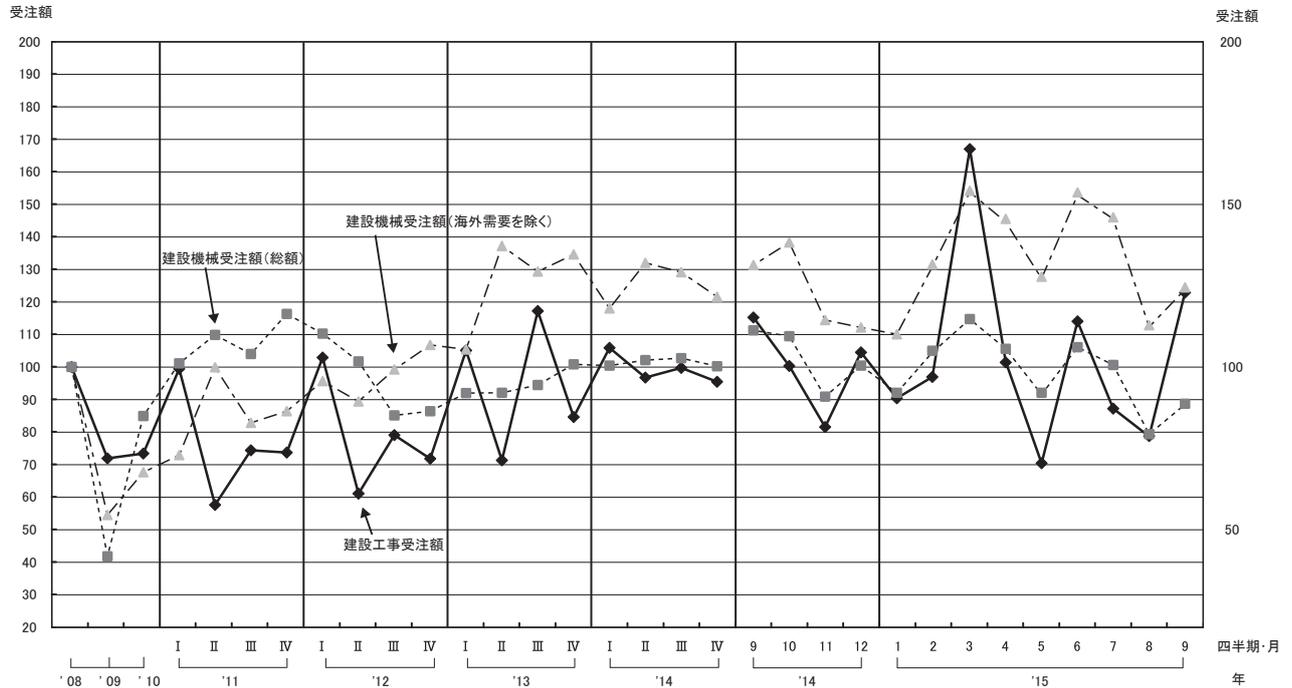
## 6. おわりに

「主要建設資材需要見通し」は、国土交通省のホームページ(統計情報のページ)で公表しているので参照されたい([http://www.mlit.go.jp/statistics/details/kgyo\\_list.html](http://www.mlit.go.jp/statistics/details/kgyo_list.html))。

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 2008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 2008年平均=100)



建設工事受注動態統計調査(大手50社)

(単位：億円)

年 月	総 計	受 注 者 別						工 事 種 類 別		未消化 工事高	施工高
		民 間			官 公 庁	そ の 他	海 外	建 築	土 木		
		計	製 造 業	非製造業							
2008年	140,056	98,847	22,950	75,897	25,285	5,741	10,184	98,836	41,220	128,683	142,289
2009年	100,407	66,122	12,410	53,712	24,140	5,843	4,302	66,187	34,220	103,956	128,839
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
2014年 9月	13,461	9,484	1,926	7,557	2,855	466	657	9,250	4,211	139,433	13,045
10月	11,711	7,083	1,417	5,666	2,927	471	1,231	7,219	4,492	140,773	8,915
11月	9,504	6,319	1,225	5,095	2,449	385	350	6,602	2,902	139,657	10,204
12月	12,199	7,249	1,334	5,915	3,290	386	1,274	8,117	4,082	138,286	14,320
2015年 1月	10,538	7,525	1,502	6,023	2,490	360	164	7,817	2,721	147,814	10,220
2月	11,306	7,809	1,174	6,635	2,910	438	148	7,788	3,517	136,998	10,628
3月	19,543	12,683	1,855	10,828	6,342	407	112	11,622	7,921	140,330	19,823
4月	11,836	8,791	2,135	6,656	2,383	557	105	8,489	3,347	145,449	9,296
5月	8,193	5,622	1,131	4,491	1,958	353	260	5,284	2,908	145,260	9,626
6月	13,316	8,635	1,525	7,110	3,445	502	734	8,758	4,558	146,253	12,424
7月	10,167	7,221	2,122	5,099	2,454	372	120	7,202	2,965	146,731	8,728
8月	9,178	5,975	1,867	4,108	2,455	370	378	5,928	3,251	142,165	10,141
9月	14,360	10,758	1,572	9,187	2,877	450	274	10,831	3,529	-	-

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	08年	09年	10年	11年	12年	13年	14年	14年 9月	10月	11月	12月	15年 1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月
総 額	18,099	7,492	15,342	19,520	17,343	17,152	18,346	1,679	1,652	1,370	1,514	1,388	1,584	1,732	1,593	1,388	1,600	1,517	1,195	1,336
海外需要	12,996	4,727	11,904	15,163	12,357	10,682	11,949	1,120	1,063	883	1,037	920	1,024	1,075	973	844	945	895	715	806
海外需要を除く	5,103	2,765	3,438	4,357	4,986	6,470	6,397	559	589	487	477	468	560	657	620	544	655	622	480	530

(注) 2008～2010年は年平均で、2011～2014年は四半期ごとの平均値で図示した。  
 2014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

(2015年10月1日～31日)

### 機械部会



#### ■情報化機器技術委員会

月日：10月2日(金)

出席者：白塚敬三委員長ほか4名

議題：①9/28開催の機械部会幹事会の報告について、平成27年度上期の活動結果報告と下期の活動計画 ②傾斜検出センサの情報整理の検討について ③国土交通省のi-Construction(仮称)(建設現場の生産性向上)の動きについて ④その他情報交換

#### ■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

月日：10月6日(火)

出席者：吉野友純分科会長ほか8名

議題：①アスファルトプラントの変遷原稿P28～P35までの修正部分の確認について ②第4章の文章の検討について ③今後の編集作業の進め方について

#### ■ダンプトラック技術委員会

月日：10月7日(水)

出席者：田中哲委員長ほか4名

議題：①各社トピックスについて ②ホームページ掲載動画のコピー選定について ③安全作業ガイドの内容見直しについて ④9/28開催の機械部会幹事会の報告について ⑤建設機械用タイヤ選定使用基準書の改定原稿の内容確認について ⑥その他

#### ■トンネル機械技術委員会 環境保全分科会

月日：10月7日(水)

出席者：坂下誠分科会長ほか8名

議題：①「トンネル工事用排ガス対策型建機 現状の課題と今後の対応検討」の内容最終確認 ②まとめ成果資料の他部会(製造業部会、建設業部会等)への意見確認方法について ③11月中旬～下旬開催予定の全体委員会(両分科会)、懇親会の開催について ④9/28開催の機械部会幹事会の報告について ⑤その他

#### ■建築生産機械技術委員会 移動式クレーン分科会

月日：10月9日(金)

出席者：石倉武久委員長ほか6名

議題：①地球温暖化対策検討分科会に向けたWGからの説明資料について

※移動式クレーン業界へのアンケートorヒヤリングについて ②ラフテレーンクレーンのJCMAS作業燃費測定標準案の検討について ③その他

#### ■基礎工用機械技術委員会

月日：10月14日(水)

出席者：山下高俊委員長ほか18名

議題：①9/28開催の機械部会幹事会の報告について ②基礎工用機械の分類とそのアタッチメントの委員長整理(案)について ③パイプロハンマ(振動杭打抜き機)用クレーンの選定基準の見直し主旨(目的・根拠・新旧型式の台数)について ④下期活動計画の大深度(市街地)立坑の施工技術調査の進め方について ⑤矢上川地下調整池中間立坑ニューマチックケーソン工事の現場見学会について ⑥その他

#### ■コンクリート機械技術委員会

月日：10月15日(木)

出席者：大村高慶委員長ほか9名

議題：①前回(8/6)委員会の議事録内容の確認 ②9/28に開催した機械部会幹事会の報告 ③ISO/TC195/SC1の国際会議について、Mobile Mixer、コンクリート及びモルタル用プラント ④その他

#### ■トンネル機械技術委員会 建設生産システムの変革分科会

月日：10月15日(木)

出席者：橘伸一分科会長ほか9名

議題：①山岳TN、シールドTNについての各社作成の比較表(A3,1ページ完結)の説明 ②集計した(要求される技術の)キーワードの説明 ③比較表を作成するキーワードの選定 ④11月中旬～下旬開催予定の全体委員会(両分科会)、懇親会の開催について ⑤9/28開催した機械部会幹事会の報告について ⑥その他

#### ■トラクタ技術委員会

月日：10月16日(金)

出席者：高松伸匡委員長ほか6名

議題：①各社のトピックス ②9/28に開催した機械部会幹事会の報告について ③市場燃費とJCMAS評価値の整合性の検討について、経産省省エネ建機導入補助事業の燃料計算についての過去の経緯確認 ④建設車両用タイヤの選定・仕様・整備・基準のチェック確認について ⑤その他

#### ■機械部会 機械整備技術委員会

月日：10月23日(金)

出席者：森三朗委員長ほか5名

議題：①2011年排出ガス規制対応車

の「DPF再生の仕組み、洗浄、廃液処理等」についてのユーザー教宣の進め方と資料作成について ②エンジン診断装置の共通化要望についての情報交換と問題点の整理について ③「整備の基本」と「ハイブリッド建機・電動建機の安全整備・点検のためのガイドライン」のホームページ掲載についての確認 ④9/28開催の機械部会幹事会の報告 ⑤その他

#### ■原動機技術委員会

月日：10月23日(金)

出席者：六本木明人委員長ほか18名

議題：①前回(8/28)議事録の確認について ②国土交通省・環境省の排出ガス規制担当課長補佐殿の異動の件 ③オフロード法2014年排出ガス規制の各実施要領等についての情報交換 ④海外排出ガス規制の動向についての情報交換 ⑤9/28開催した機械部会幹事会の報告について、平成27年度上期の活動結果と下期の活動計画、12/7開催予定の合同技術連絡会 ⑥9/29開催した陸内協「第15回技術フォーラム」の紹介について「小型産業用ディーゼルエンジンの排ガス対応」 ⑦建設機械要覧2016見直し結果の報告について ⑧その他

### 建設業部会



#### ■第19回機電技術者意見交換会

月日：10月8日(木)～9日(金)

出席者：鈴木嘉昌部会長ほか35名

議題：①自己アピール ②「あなたは機電技術者として今何を頑張りますか～魅力ある建設業にするために～」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8日(木)

出席者：鈴木嘉昌部会長ほか4名

議題：①標準部会 標準化委員会の委員選任について ②冬季現場見学会について ③各WG報告 ④合同部会について ⑤若手現場見学会について ⑥機電職員のPR活動について ⑦その他

#### ■クレーン安全情報WG

月日：10月22日(木)

出席者：久保隆道主査ほか10名

議題：①9/30建設業部会報告について ②移動式・定置式クレーン事故情報の共有 ③クローラ転倒事故事例の安全情報WGとしての取組みについて、STEP1・2：タワーフロント倒壊

事故広報の仕方について ④協会 HP  
への事故事例掲載について ⑤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6日(火)  
出席者：阿部弘二幹事長代理ほか6名  
議 題：①「レンタカー運用の適正化に  
向けた取組について」各委員提出案の  
審査 ②その他

## 各種委員会等



### ■機関誌編集委員会

月 日：10月7日(水)  
出席者：三浦弘喜編集委員ほか19名  
議 題：①平成28年1月号(第791号)  
の計画の審議・検討 ②平成28年2  
月号(第792号)の素案の審議・検討  
③平成28年3月号(第793号)の編  
集方針の審議・検討 ④平成27年10  
～平成27年12月号(第788～790号)  
の進捗状況の報告・確認

### ■新工法調査分科会

月 日：10月14日(水)  
出席者：高橋浩史分科会長ほか2名  
議 題：①新工法情報の持ち寄り検討  
②新工法紹介データまとめ ③その他

### ■建設経済調査分科会

月 日：10月21日(水)  
出席者：山至孝分科会長ほか5名  
議 題：①平成27年度建設投資見通し  
の概要(荒川)素案検討 ②平成27  
年度主要建設資材の見通し(荒川)素  
案検討 ③その他

### ■新機種調査分科会

月 日：10月27日(火)  
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27年度建設工事等見学会

月 日：10月2日(金)  
見学場所：①平取ダム建設現場の見学  
②二風谷ダム施設の見学  
出席者：峰友博広報委員長ほか17名

### ■平成27年度除雪機械技術講習会(第4回)

月 日：10月7日(水)  
場 所：オホーツク・文化交流センター  
(網走)

受講者：172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

### ■平成27年度除雪機械技術講習会(第5回)

月 日：10月14日(水)  
場 所：旭川道北経済センター(旭川)  
受講者：242名  
内 容：上記第4回と同じ

### ■第2回企画部会

月 日：10月16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11名  
内 容：①平成27年度上半期事業報告  
②平成27年度上半期経理報告 ③平  
成27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

### ■第2回運営委員会

月 日：10月22日(木)  
場 所：札幌市、センチュリーロイヤル  
ホテル  
出席者：西股忠克副支部長ほか18名  
内 容：①平成27年度上半期事業報告  
②平成27年度上半期経理報告 ③平  
成27年度下半期主要行事計画 ④そ  
の他

### ■平成27年度除雪機械技術講習会(第6回)

月 日：10月27日(火)  
場 所：とちか館(帯広)  
受講者：189名  
内 容：上記第4回と同じ

### ■平成27年度除雪機械技術講習会(第7回)

月 日：10月29日(木)  
場 所：北海道建設会館(札幌)  
受講者：172名  
内 容：上記第4回と同じ

## 東北支部



### ■除雪講習会(施工部会)

①横手会場  
月 日：10月1日(木)  
場 所：横手市 秋田ふるさと村  
受講者：321名  
②奥州(1)会場  
月 日：10月8日(木)  
場 所：奥州市 奥州市文化会館  
受講者：176名  
③奥州(2)会場  
月 日：10月9日(金)  
場 所：奥州市 奥州市文化会館  
受講者：190名  
④新庄会場

月 日：10月15日(木)  
場 所：新庄市 新庄市民プラザ  
受講者：172名  
⑤天童会場  
月 日：10月16日(金)  
場 所：天童市 べにばなスポーツパーク  
受講者：222名  
⑥会津会場  
月 日：10月20日(火)  
場 所：会津若松市 会津アビオ  
受講者：267名  
⑦岩手(1)会場  
月 日：10月27日(火)  
場 所：滝沢市 岩手産業文化センター  
受講者：278名  
⑧岩手(2)会場  
月 日：10月28日(水)  
場 所：滝沢市 岩手産業文化センター  
受講者：288名  
⑨宮古会場  
月 日：10月30日(金)  
場 所：宮古市 陸中ビル  
受講者：107名

### ■平成27年度建設機械施工技術検定試験 実地試験反省会(施工部会)

月 日：10月5日(月)  
場 所：仙台市 パレス宮城野  
出席者：高橋弘東北支部長ほか20名  
内 容：実地試験の反省を踏まえた課題  
と対策の整理

### ■建設部会

月 日：10月7日(水)  
場 所：東北支部 会議室  
出席者：佐野真部会長ほか3名  
内 容：①平成27年度活動計画・実績  
②「支部たより」安全コーナー ③特  
殊工事現場研修会のスケジュール最終  
確認

### ■情報化施工技術委員会(施工部会)

月 日：10月9日(金)  
場 所：東北支部 会議室  
出席者：鈴木勇治委員長ほか8名  
内 容：①工業高校向けセミナーについ  
て ②トップセミナーの進め方につい  
て ③平成28年度のセミナー開催場  
所について

### ■特殊工事現場研修会(建設部会)

月 日：10月14日(水)～15日(木)  
場 所：宮古～盛岡横断道路 新区界ト  
ンネル工事現場  
出席者：佐野真部会長ほか13名  
内 容：岩手河川国道事務所発注の工事  
現場視察(本坑・避難坑・ズリ土捨場  
等)

### ■EE東北'16第1回作業部会(広報部会)

月 日：10月28日(水)

場 所：仙台市 フォレスト仙台  
 出席者：狩野武志東北技術事務所副所長  
 ほか22名  
 内 容：①EE東北'15決算・監査報告  
 ②EE東北'16組織(案) ③EE東北  
 '16実施方針(案) ④EE東北'16予  
 算(案) ⑤今後の予定

## 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1日(木)  
 場 所：新発田市カルチャーセンター  
 受講者：79名
- 除雪機械管理施工技術講習会(魚沼会場)  
 月 日：10月6日(火)  
 場 所：魚沼地域振興センター  
 受講者：253名
- 除雪機械管理施工技術講習会(上越会場)  
 月 日：10月14日(水)  
 場 所：上越商工会議所  
 受講者：142名
- けんせつフェア北陸 in 金沢 2015  
 月 日：10月16日(金)～17日(土)  
 場 所：石川県産業展示館4号館  
 出席者：丸山輝彦支部長、穂苅正昭企画  
 部会長ほか会員多数  
 来場者：約4,000名
- 除雪機械管理施工技術講習会(富山会場)  
 月 日：10月22日(木)  
 場 所：富山県農協会館  
 受講者：195名
- 北陸防災連絡会議幹事会  
 月 日：10月27日(火)  
 場 所：北陸地方整備局会議室  
 出席者：宮村兵衛事務局長  
 議 題：①北陸防災連絡会議検討項目と  
 各機関の取り組み ②北陸地方の大規  
 模災害に対する備え ③隣接地域の大  
 規模災害に対する取り組み他
- 「道路除雪オペレータの手引き」改訂第  
 2回WG  
 月 日：10月27日(火)  
 場 所：新潟県建設会館  
 出席者：青木鉄朗雪氷部会委員ほか9名  
 議 題：「道路除雪オペレータの手引き」  
 改訂について
- 除雪機械管理施工技術講習会(金沢会場)  
 月 日：10月29日(木)  
 場 所：石川県地場産業振興センター  
 受講者：103名
- 平成27年度除雪作業に関する安全講習会  
 月 日：10月30日(金)  
 場 所：妙高市勤労者研修センター  
 出席者：穂苅正昭企画部会長を講師派遣

受講者：約150名

## 中 部 支 部

- 情報化施工ガイドブック作成実行委員会  
 月 日：10月16日(金)  
 出席者：青木部会長ほか6名  
 議 題：高校生向け情報化施工参考書「情  
 報化施工技術基礎」の打合せ
- 第1回部会長・副部会長会議  
 月 日：10月26日(月)  
 出席者：三宅豊企画部会長ほか7名  
 議 題：上期事業報告及び上期経理概況  
 について
- 第2回運営委員会  
 月 日：10月29日(木)  
 場 所：愛知県名古屋市中区桜華会館  
 参加者：所輝雄支部長ほか20名  
 議 題：上期事業報告及び上期経理概況  
 について

## 関 西 支 部

- 第4回近畿地方整備局 情報化施工推進  
 WG  
 月 日：10月13日(火)  
 場 所：近畿地方整備局 会議室  
 出席者：宮本裕副委員長ほか3名  
 内 容：①情報化施工推進WG規約  
 ②近畿における情報化施工の取り組み  
 について ③各団体の活動報告
- 「ふれあい土木展」第2回連絡調整会議  
 月 日：10月16日(金)  
 場 所：近畿地方整備局 会議室  
 出席者：松本克英  
 内 容：①実施計画の確認 ②運営体制  
 の確認 ③今後の調整事項等
- 平成27年度 施工技術報告会 幹事会  
 月 日：10月20日(火)  
 場 所：関西支部 会議室  
 出席者：松本克英事務局長以下7名  
 議 題：論文申込みについて
- 建設施工研修会  
 月 日：10月22日(木)  
 場 所：建設交流館 グリーンホール  
 参加者：107名  
 内 容：①第1部 事例発表「情報化施  
 工推進戦略」(講師：国土交通省近畿  
 地方整備局 企画部 施工企画課 課長補  
 佐 矢野公久氏) ②第2部 第48回建  
 設施工映画会「橋梁用舗装高さ自動制  
 御システム」など9編
- 広報部会  
 月 日：10月22日(木)  
 場 所：建設交流館 グリーンホール控  
 室

出席者：高橋通夫広報部会委員以下7名  
 内 容：①「建設技術展2015近畿」に  
 ついて ②「JCMS関西」第108号  
 の発刊について

- 建設技術展2015近畿 出展  
 月 日：10月28日(水)～29日(木)  
 場 所：マイドームおおさか  
 入場者：15,087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421  
 回)  
 月 日：10月28日(水)  
 場 所：中央電気倶楽部 会議室  
 議 題：①前回議事録確認 ②JEM-  
 TR236 建設工事用400V級電気設備施  
 工指針の見直し検討 ③JEM-TR246  
 建設用電気設備の接地工事指針の見  
 直し検討

## 中 国 支 部

- 第3回施工技術部会  
 月 日：10月2日(金)  
 場 所：中国支部事務所  
 出席者：齋藤実部会長ほか5名  
 議 題：①情報化施工技術研究会(第5  
 回)について ②道路除雪講習会(案)  
 の企画について ③その他懸案事項
- 平成27年度新技術活用等現場研修会  
 月 日：10月7日(水)  
 場 所：①庄原ダム ②三次河川国道事  
 務所国営備北丘陵公園  
 参加者：18名  
 研修内容：「新技術活用の動向と泥土リ  
 サイクル技術-ボンテラン工法」の施  
 工事例の研修
- 第3回企画部会  
 月 日：10月14日(水)  
 場 所：中国支部事務所  
 出席者：鷺田治通部会長ほか6名  
 議 題：①運営委員会(秋季)について  
 ②中国地方整備局との意見交換会につ  
 いて ③その他懸案事項
- 第3回部会長会議  
 月 日：10月15日(木)  
 場 所：広島YMCA 会議室  
 出席者：鷺田治通企画部会長ほか9名  
 議 題：①運営委員会(秋季)について  
 ②中国地方整備局との意見交換会につ  
 いて ③その他懸案事項
- 第37回「新技術・新工法」発表会  
 月 日：10月21日(水)  
 場 所：広島市まちづくり市民交流プラ  
 ザ  
 参加者：59名  
 内 容：①(講話)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機械施工管理官 錦織豊氏 ②(技術発表) マルチ測定車による道路空間三次元データの活用…大林道路(株)中国支店 光谷修平氏 ③(技術発表) キャタピラー情報化施工の最新取り組み…日本キャタピラー 西海真人氏 ④(技術発表) 多機能型排水性舗装(フルファンクションペーパー (FFP)) …(株)ガイアート T・K 手塚聡士氏 ⑤(技術発表) CIM 対応施工における3次元データの利活用 (TREND-CORE) …福井コンピュータ(株) 尾張哲矢氏 ⑥(技術発表) IC タグを用いた舗装用建設機械の安全対策…(株)NIPPO 宮本多佳氏

#### ■秋季運営委員会

月 日: 10月23日(金)

場 所: 広島YMCA 会議室

出席者: 河原能久支部長ほか22名

議 題: ①平成27年度上半期事業報告に関する件 ②平成27年度上半期経理状況に関する件 ③平成27年度下半期事業実施計画(案)について ④その他懸案事項

#### ■第4回施工開発部会

月 日: 10月26日(月)

場 所: 中国支部事務所

出席者: 齋藤実部会長ほか5名

議 題: ①情報化施工技術研究会(第5回)について ②道路除雪講習会(案)の企画について ③その他懸案事項

## 四 国 支 部



#### ■協賛事業「四国の道路を考える会」総会

月 日: 10月14日(水)

場 所: 高松シンボルタワー 17F 会議室(高松市)

出席者: 前克之支部長代理ほか加盟31団体・組織から31名

議 題: ①平成26年度事業報告・収支決算及び監査報告 ②平成27年度事業計画及び事業予算 ③その他(意見交換会)

#### ■国交省との共催事業「平成27年度遠隔操縦式バックホウ等操作訓練」

月 日: 10月14日(水)～15日(木)

場 所: 国土交通省四国技術事務所構内(高松市牟礼町)

受講者: 支部会員会社等からの応募者19名

訓練評価者: 岩澤委式事務局長ほか1名

内 容: ①0.45m<sup>3</sup>級バックホウを目視により遠隔操縦する訓練 ②1.0m<sup>3</sup>級バックホウをカメラ映像により遠隔操

縦する訓練 ③土嚢造成機の操作訓練 ④目視による遠隔操縦訓練に関し、訓練前後の投量変化を評価 ⑤講習修了証の交付

## 九 州 支 部



#### ■軟弱地盤改良講演会

月 日: 10月7日(水)

場 所: 福岡県中小企業振興センター

参加者: 193名

講演内容: ①軟弱地盤改良の現状について ②真相金剛処理工法(DJM工法)について ③ALiCC(低改良率セメントコラム)工法について ④ジェットグラウト工法について ⑤特別講演「液状化対策工法について」

#### ■企画委員会

月 日: 10月21日(水)

出席者: 久保田正春企画委員長ほか10名

議 題: ①第2回運営委員会の開催について ②建設行政講演会について ③九州支部入会案内(案)について ④九州地方整備局との意見交換会について ⑤その他



## 編集後記

本号はICT・ロボット化等の先端建設技術の特集です。近年、自動運転・ロボット・AI・ビッグデータ・IoT等の言葉がマスコミを賑わせています。これらの技術は人工知能(AI)と深く関わっていて、シンギュラリティ(技術的特異点)やAIに仕事を奪われて、なくなる仕事・職業が話題になっています。技術系雑誌の編集も将来はAIが最適な案件を見つけ、最適な編集を行うようになるのでしょうか。報文執筆もAI任せになるかもしれません。

さて、巻頭言は、わが国の情報化施工や建設ロボットを主導する建山教授に執筆頂きました。また、行政情報では「次世代社会インフラ用ロボット」と「革新的研究開発推進プログラム ImPACT」について、報

文では、スマートコンストラクション、A<sup>4</sup>CSEL、T-iROBO-Breaker、最新無人化施工技術、CTLの2D-MC化、大水深対応水中ロボット、CG重畳表示、DOKAROBO2、シンギュラリティ(自動化の未来)等のホットな先端建設技術の話題を紹介できました。また、BIM・CIMではそれぞれの第一人者に最前線情報を伝えて頂き、今話題の機械学習ではビル管理システムを取上げています。なお、表紙写真は「次世代社会インフラ用ロボット」平成27年度現場検証時のDOKAROBO2です。この他にも取上げたい案件が沢山ありましたが紙幅の制限から断念しました。

最後になりましたが、ご多忙にもかかわらず、快くご執筆を引受けて下さいました皆様様に心より感謝を申し上げます。

(岡本・石倉)

### 1月号「建設機械特集」予告

- ・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
- ・モータグレーダ12M
- ・アスファルトフィニシャ「HA90C-2」
- ・新型ミニショベルの紹介
- ・50tつりラフテレーンクレーン
- ・新型オールテレーンクレーン
- ・基礎土木向けクローラクレーン
- ・クローラテレスコピッククレーン
- ・SMW工法におけるリアルタイム着底判定システム
- ・シームレス補正機能を備えた転圧管理システム
- ・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
- ・シミュレーション技術が支える建設機械の開発
- ・ブルドーザ開発の歴史

### 【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」に以下事項をのりなく記入のうえ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)

## 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

田中 康順	鹿島道路(株)
-------	---------

### 編集委員

新田 恭士	国土交通省
大槻 崇	国土交通省
三浦 弘喜	農林水産省
早矢仕 明	(独)鉄道・運輸機構
加藤 誠	鹿島建設(株)
立石 洋二	大成建設(株)
岩野 健	清水建設(株)
赤井 亮太	(株)大林組
久保 隆道	(株)竹中工務店
安川 良博	(株)熊谷組
中村 優一	(株)奥村組
京免 継彦	佐藤工業(株)
岡田 英明	五洋建設(株)
齋藤 琢	東亜建設工業(株)
赤神 元英	日本国土開発(株)
相田 尚	(株)NIPPO
岡本 直樹	山崎建設(株)
太田 順子	コマツ
大塚 清伸	キャタピラー・ジャパン(株)
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)
原 幹生	(株)KCM
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

## 建設機械施工

第67巻第12号(2015年12月号)(通巻790号)

Vol.67 No.12 December 2015

2015(平成27)年12月20日印刷

2015(平成27)年12月25日発行(毎月1回25日発行)

編集兼発行人 辻 靖 三

印刷所 日本印刷株式会社

発行所 本部 一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内

電話(03)3433-1501; Fax(03)3432-0289; <http://www.jcmanet.or.jp/>

施工技術総合研究所	〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154	電話(0545)35-0212
北海道支部	〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8	電話(011)231-4428
東北支部	〒980-0802 仙台市青葉区二丁目16-1	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

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 27 年 1 月号 (第 779 号) ~平成 27 年 12 月号 (第 790 号)

## 平成 27 年 1 月号 (第 779 号)

表紙写真  
小型双腕重機型ロボット  
写真提供：日立建機(株)

### 建設機械 特集

協会活動のお知らせ

- ◆巻頭言 土木の仕事……………辻 靖 三 / 3
- ◆新春特別インタビュー……………機関誌編集委員会 / 5
- ◆行政情報 省エネルギー型建設機械の導入促進…浅井 俊行 / 10
- 淡路土砂や津波堆積物の分別・分級・有効利用と処分量の減容化…御手洗 義夫 / 15
- ソイルセパレータ・マルチ工法
- 多軸攪拌方式の地盤改良等の打設精度管理システムの開発 …野口 達也 / 20
- マルチコラムナビ ……萩 晃 一
- 新型アスファルトフィニッシャーの紹介 ……徳田 憲作 / 25
- F45WJ4, F45W4
- ラチスブームホイールクレーン MK650 ……花本 貴博 / 29
- 油圧式杭圧入引抜機、ハット形鋼矢板 900 の仕様拡大 …梶野 浩司 / 33
- サイレントバイラー-F301 により硬質地盤への対応が可能
- ハイブリッド油圧ショベル ……西田 安哲 / 38
- HB335-1 / HB365-1
- 新型バッテリー式フォークリフトの開発 ……大田 章夫 / 43
- FE25-1 ……道中 願 慶 一
- ウォータージェットを用いた ……白石 彰之 / 48
- コンクリート天井の表面処理機 ……石川 敏 健 之
- 福島第一原子力発電所に無人双腕重機 ……小俣 貴之 / 52
- 小型双腕重機型ロボット ASTACO-SoRa
- 粉塵防止型セメントミルク混合装置の開発 ……大竹 元志 / 56
- スリーエスマシン
- “コンディションモニタリング” による多面的な機械状況把握 ……石渡 博丈 / 61
- UHF 帯 RFID を用いたレンタル電気機器の ……小林 真哉 / 67
- 管理システム ……川 健 一
- 無線 LAN 測位技術によるトンネル坑内の ……中 浩朗 / 72
- 建設機械接触災害に対する安全監視システム…藤本 克郎
- ICT 建設機械接近警告システム ……瀧 間 作
- 除雪グレーダの最近の動向……………井口 慎治 / 77
- 建設機械のモンスター達……………岡本 直樹 / 82
- ◆論文 ……近 希 / 89
- 車両の通行を想定した伸縮可能な緊急橋の ……有 希 一 郎
- 力学特性と簡易評価手法に関する実験的研究 ……小 野 秀 正
- ◆交流の広場 ……渡 辺 諒 / 99
- IT 活用 高齢化にらむ 除雪ロボット
- ◆交流の広場 ……白石 和行 / 102
- 機械遺産「南極点到達車 KD604, KD605」…と日本の雪上車
- ◆ずいそう ベルリンの衝撃 2 感……………常 田 賢 一 / 109
- ◆ずいそう ウルルへ……………加 藤 晃 / 110
- ◆JCMA 報告 ……企 画 部 / 111
- 「平成 26 年度 建設施工と建設機械シンポジウム」開催報告…企
- 優秀論文賞 2 編・論文賞 2 編・優秀ポスター賞 2 編を表彰
- ◆JCMA 報告 ……試 験 部 / 114
- 平成 26 年度建設機械施工技術検定試験結果報告
- ◆部会報告 除雪機械の変遷 (その 3) ……機 械 部 会 / 116
- ロータリ除雪車 (3)
- ◆新機種紹介……………機関誌編集委員会 / 122
- ◆統 計 建設機械市場の現状……………機関誌編集委員会 / 125
- ◆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 / 130
- 行事一覧 (2014 年 11 月) …… / 131
- 編集後記……………(江本・石倉) / 134

## 平成 27 年 2 月号 (第 780 号)

表紙写真  
丘陵地における大規模太陽光発電 メガソーラー  
写真提供：(株)大林組

### エネルギー・エネルギー施設 特集

協会活動のお知らせ

- ◆巻頭言 エネルギー問題の構図と解決の方向性 ……山 地 憲 治 / 3
- ◆行政情報 小水力発電 (従属発電) の普及への取組…益 子 修 / 4
- ◆行政情報 下水熱利用推進に向けた取組 ……安 陪 達 哉 / 10
- 都市に眠るエネルギー鉱脈
- 世界・日本のエネルギー動向……………小 林 幸 三 / 15
- 村上 誠
- 丘陵地における大規模太陽光発電……………加 藤 博 之 / 26
- (メガソーラー) ……三 島 博 国 良 春 邦
- 既設港湾構造物を活用した ……木 原 一 禎 / 32
- PW-OWC 波力発電装置の開発 ……金 谷 泰 邦
- 有孔ケーソンを利用した波力発電装置 ……増 田 光 一
- 水中浮遊式海流発電システム……………長 屋 茂 樹 / 38
- 南あわじ太陽熱バイナリー発電……………沖 山 信 雄 / 43
- 実証設備が稼働開始 ……小 田 山 村 信 和 彦 真
- 温泉バイナリー発電の試み……………秋 田 涼 子 / 48
- 省エネから、ゼロエネへ。……………梶 山 隆 史 / 53
- ZEB 実証棟の建設 ……山 口 拓 亮 也
- バイオディーゼル燃料の普及に向けた排出ガス調査 ……杉 谷 康 弘 / 60
- 車載型排出ガス計測装置による計測事例 ……藤 野 健 一
- 管路内設置型熱回収技術を用いた下水熱利用…田 熊 章 / 65
- 管路更生と組み合わせた下水熱利用システムの開発…中 井 健 司 / 70
- 大深度立坑の施工……………浜 崎 尚 樹 / 75
- 根 秀
- ◆交流の広場 水素社会の実現に向けた取組…江 川 光 / 81
- ◆ずいそう 機械・産業遺産を巡る……………溝 口 孝 遠 / 85
- ◆ずいそう “被災者の立場” と “土木技術者の ……柳 瀬 健 一 郎 / 86
- 視点” から見た 8・20 広島市土砂災害
- ◆JCMA 報告 ……矢 吹 信 喜 / 87
- 平成 24 年度 研究開発助成 成果報告 (その 1) ……超広帯域通信 IC タグと 3 次元モデルを用いた
- 建設施工管理システム
- ◆JCMA 報告 ……亀 崎 允 啓 / 92
- 無人化施工における環境カメラのための ……岩 田 浩 康
- 半自動制御システムの基礎研究 ……菅 野 重 樹
- ◆JCMA 報告 ……小 櫃 基 住 / 101
- 平成 26 年度 一般社団法人日本建設機械施工協会 ……研究開発助成 助成対象研究開発 決定のお知らせ
- ◆部会報告 除雪機械の変遷 (その 4) ……除雪機械技術委員会 / 102
- ロータリ除雪車 (4)
- ◆部会報告 古河ロックドリル(株) 吉井工場見学会…トンネル機械技術委員会 / 109
- ◆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 / 113
- ◆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 (2014 年 12 月) …… / 117
- 編集後記……………(立石・上田) / 120

平成 27 年 3 月号 (第 781 号)

表紙写真

災害対応作業ロボット MEISTeR

写真提供：三菱重工業(株)

災害対応, 災害復旧・復興 特集

協会活動のお知らせ

- ◆巻頭インタビュー 地方回帰こそ日本再生のキー…坂 根 正 弘 /3
- ◆行政情報 緊急災害対策派遣隊 TEC-FORCE…澤 頭 芳 博 /7
- ◆行政情報 道路管理者による放置車両・立ち往生車両対策の強化…柳 田 誠 二 /13  
[災害対策基本法の改正]
- 東日本大震災により被災した三陸鉄道の復旧工事 (続編)…野 田 軍 治 /17  
佐々木 健
- 米国ハリケーン・カトリナ被害復旧・復興からの教訓…株 田 文 博 /22
- 降雨災害による崩壊盛土の復旧工事の施工…柏 木 和 也 /28  
JR 九州豊肥線の災害復旧工事
- 振動ローラの自律走行の実証  
建設技術研究開発助成制度を活用した…青 木 浩 章 /32  
次世代無人化施工システムの開発
- 災害対応作業ロボット“Super Giraffe”の開発と…藤 田 淳 /39  
福島第一原子力発電所でのロボット活用
- レスキューロボットコンテスト 土 井 智 晴 /46  
技術を学び人と語らい 災害につよい…奥 川 雅 之  
世の中をつくる 横小路 泰 義
- 情報化施工の展望と新技術…柿 本 亮 大 /51
- ◆交流の広場 UAV(無人飛行ロボット)のビジネス活用の動向と今後の注目点…矢 野 誠 二 /58
- ◆ざいそう 美しく青きドナウ…山 勝 三 /62
- ◆ざいそう 建設機械の思い出…島 弘 /63
- ◆JCMA 報告 平成 24 年度 研究開発助成 成果報告 (その 2) 無人化施工の効率・安全性を高める映像の注視・解釈支援に関する調査研究…亀 崎 允 啓 康 樹 /64  
岩田 浩重
- ◆JCMA 報告 動電式加振器のコンクリート構造物地震時損傷評価への応用…鈴 木 基 行 樹 /74  
内藤 基英
- ◆JCMA 報告 国土交通大臣の設立認可を受け「次世代無人化施工技術研究組合」設立…田 中 芳 行 /79  
次世代を見据えた無人化施工に関する研究開発スタート
- ◆CMI 報告 施工技術総合研究所 創立 50 周年記念報告…見 波 潔 /82  
第 1 部 施工技術総合研究所のあゆみ ご挨拶
- (1) 研究第一部の活動紹介 トンネル・地盤等…安 井 成 豊 /83
- (2) 研究第二部の活動紹介 橋梁(鋼構造およびコンクリート)…谷 倉 泉 /88
- (3) 研究第三部の活動紹介 情報化施工…伊 藤 文 夫 /91
- (4) 研究第四部の活動紹介 建設機械…飯 盛 洋 /97
- 第 2 部 パネルディスカッション [抄録]… /103
- ◆CMI 報告 高さ補完機能付き RTK-GNSS による…藤 島 崇 士 /110  
高さ精度の検証報告 椎 葉 祐
- ◆部会報告 除雪機械の変遷 (その 5) ……除雪機械技術委員会 /113  
除雪トラック (1)
- ◆部会報告 第 18 回 機電技術者意見交換会報告 ……建設業部会 /119
- ◆新工法紹介……機関誌編集委員会 /127
- ◆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 /128
- 行事一覧 (2015 年 1 月) …… /129
- 編集後記……(赤井・伊藤) /132

平成 27 年 4 月号 (第 782 号)

表紙写真

ボスボラス海峡横断鉄道トンネルにおけるシールド施工

写真提供：大成建設(株)

建設業の海外展開, 海外における建設施工 特集

協会活動のお知らせ

- ◆巻頭言 ゼネコンの海外展開…松 井 波 夫 /3
- ◆行政情報 日本高速道路インターナショナル(株)における…山 口 修 一 祐 宏 /4  
海外道路事業の展開 中 齊 藤
- ◆行政情報 JICA における海外インフラ展開…紺 屋 健 一 /8
- ◆行政情報 (株)国際協力銀行(JBIC)の海外インフラ事業展開支援…(株)国際協力銀行企画・管理部門経営企画部報道課 /15
- ノンプリ橋建設工事 タイ初のエクストラロード橋プロジェクト…高 橋 克 行 /19
- トルコボスボラス海峡横断鉄道トンネルにおけるシールド施工…今 石 尚 一 郎 /25  
岩盤泥水シールドの掘進と沈埋トンネルとの海底下直接接合 長 光 憲
- 貫通 東南アジア最長 44.6 km : パパン・セランゴール導水トンネル…河 田 孝 志 邦 健 /34  
仲野 義
- 台湾における地下鉄工事への取り組み…中 島 健 一 /41
- ネパール国シンズリ道路建設事業 日本の山岳道路建設技術の粋を集めて完成した…藤 澤 博 明 慶 /46  
無償資金協力援助最大級の事業 内 原 宏
- ベトナムハノイ市における交通インフラ整備…向 市 博 昭 /52  
工期短縮への取り組み
- 鉄筋付鋼製型枠工法による作業の軽減化…阿 南 正 典 也 /56  
キリバス ベシオ港拡張工事 木 下 一
- ベトナムハノイ市都市鉄道整備事業支援…長 谷 川 收 良 /61
- 外地の機械化施工…岡 本 直 樹 /65
- ◆交流の広場 安全な水への挑戦 ベトナムで初の高度浄水処理設備導入…矢 山 将 志 /72
- ◆交流の広場 サウジアラビアの海水淡水化技術の課題とこれからの展望…松 井 康 弘 /75
- ◆ざいそう 歴史探訪……久保田 正 春 /79
- ◆ざいそう 自家用飛行機は、異次元の感動 小型飛行機の操縦は、日々の生活雑踏を忘れさせる、…野 村 達 夫 /80  
最高のリフレッシュ
- ◆JCMA 報告 平成 26 年度 建設施工と建設機械シンポジウム開催報告 (その 2) ……三 浦 悟 出 /81  
放射線環境下における建設機械の自動運転システム 黒 沼 本 研 一
- ◆JCMA 報告 コンクリート構造物非破壊検査のための…杉 本 恒 美 之 /85  
遠距離非接触音響探査法 川 歌 片 倉 景 義
- ◆部会報告 除雪機械の変遷 (その 6) ……除雪機械技術委員会 /91  
除雪トラック (2)
- ◆部会報告 ISO/TC 127/SC 2/WG 22 (ISO 17757 土工機械—自律式機械の安全) ……標 準 部 会 /99  
2014 年 9 月オーストラリア連邦パース市 国際作業グループ会議報告
- ◆部会報告 千住関屋現場見学会……建設業部会 /102
- ◆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 /112
- 行事一覧 (2015 年 2 月) …… /113
- 編集後記……(藤内・大塚) /116

平成 27 年 5 月号 (第 783 号)

表紙写真  
保安帽の進化  
写真提供：(株)谷沢製作所

安全対策・労働災害防止 特集

協会活動のお知らせ

- ◆巻頭言 労働災害防止対策の進歩と今後の方向…伊藤 正人 / 3
- ◆行政情報 建設業の労働災害発生状況と建設機械災害の防止対策…建設業労働災害防止協会 / 4
- ◆行政情報 移動用発電設備の取扱いと維持管理…小林 公雄 / 8
- 山岳トンネルの切羽崩落予測システム…小泉 悠介 / 15
- 切羽ウォッチャー…伊達 健泰
- 3D クレーンブーム位置監視システムの実用化…三上 博隆 / 19
- 近接工事における立体的なクレーン作業範囲の監視…千伊 史峰
- 法面吹付工の機械施工システムの開発…庭田 和之 / 24
- 吹付けロボット「Robo-Shot」
- 安全性と施工性が両立したシステム吊足場…鈴木 正人 / 29
- 先行床施工式フロア型システム吊足場…大久保 一将
- 「クイックデッキ」
- 産業用ヘルメットの進化 ヘルメット規格の変遷とともに…谷澤 直人 / 35
- 粉じんによる疾病を防ぐ呼吸用保護具の進化…石川 健彦 / 40
- モノのインターネットによる建設現場の施工支援…國塚 篤郎 / 46
- 建設 IoT (Internet of Things =モノのインターネット) システム
- 工用車両の衝突防止支援システムの開発…加瀬 太郎 / 50
- 工用車両と一般車両の車間距離判定を用いた…千宮 互弘
- システムの紹介
- クレーン仕様バックホーの安全対策…二戸 木張 宣彦 / 54
- トラック搭載型クレーン開発史 ユニッククレーン…植野 由梨佳 / 59
- 650 t クレーン架設におけるアウトリガー養生…鈴木 教之 / 63
- シンガポールの労働安全に対する取組み…関本 昇一 / 69
- 久保田 祥
- ◆ずいそう 再びインドにて…石見 博之 / 74
- ◆ずいそう 龍馬と江藤新平…光石 正幸 / 75
- ◆JCMA 報告 平成 26 年度 建設施工と建設機械シンポジウム開催報告 (その 3) …西岡 晃洋 / 76
- 66 時間型棒倉置可能な新型テレスコピックセントルの開発…手塚 康成
- ◆JCMA 報告 傷んだアスファルト舗装を簡易に補修する…越村 聡介 / 82
- 工法機械の開発…平野 中純
- ◆部会報告 除雪機械の変遷 (その 7) …除雪機械技術委員会 / 88
- 除雪トラック (3)
- ◆部会報告 ISO/TC 127/SC 1/WG 10 (ISO 8643 土工機械—油圧ショベル及びバックホウローダの (作業装置) 降下制御装置—性能基準及び試験方法) 2014 年 9 月イタリア国ボローニャ市国際作業グループ会議報告…標準部会 / 95
- ◆部会報告 ISO/TC 127/SC 3/WG 7 (ISO 10906 土工機械—外部への警報装置—室内試験手順及び要求事項) 2014 年 9 月…標準部会 / 98
- 英国ロンドン近郊サウスダレンス村国際作業グループ会議報告
- ◆部会報告 新名神高速道路箕面トンネル…建設業部会 / 100
- 東工事 現場見学会
- ◆新工法紹介…機関誌編集委員会 / 102
- ◆新機種紹介…機関誌編集委員会 / 104
- ◆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 / 110
- 行事一覧 (2015 年 3 月) … / 111
- 編集後記…(京免・太田) / 114

平成 27 年 6 月号 (第 784 号)

表紙写真  
築地大橋の大ブロック一括架設工法による施工  
写真提供：(株)IHI インフラシステム

都市環境向上, 都市基盤整備, まちづくり 特集

協会活動のお知らせ

- ◆巻頭言 建設とマネジメント…今西 肇 / 3
- ◆行政情報 『コンパクト+ネットワーク』の形成に向けた…国土交通省 / 4
- 立地適正化計画制度の創設…都市局都市計画課
- 都市再生特別措置法の改正の概要
- 首都直下地震対策 (盛土耐震補強) …須賀 克己 / 9
- 御茶ノ水防災対策工事における…土屋 尚堅
- 壁面自在移動足場の開発と実用化…塚田 明生
- 相鉄・JR 直通線羽沢駅 (仮称) 工事における…松高 知明 / 15
- 横断歩道橋付替工事…須賀 伸卓
- 築地大橋の施工…道菅 裕一 / 21
- 357 号東京港トンネル工事報告…中津留 寛介 / 28
- 床版同時施工シールド工法 (ボックスダンプ工法)
- 21 m<sup>3</sup>/s の都市用水を通水しながら老朽化した水路を改築…山本 政彦 / 34
- 武蔵水路改築事業…大川 俊紀
- 川崎五反田川放水路整備事業における…細井 元規 / 39
- 高水圧下大断面放水路トンネル築造工事…後藤 誠
- 浜松市防潮堤工事 M-Y ミキサを用いた連続 CSG 製造設備…酒井 雅英 / 45
- 柱リフトアップ工法と大屋根スライド工法 (仮) …飯塚 誠 / 51
- JR 新橋駅改良工事における大屋根新設工事への適用…藤野 照政
- 分粒装置付ロードスタビライザの施工事例…端 孝之 / 56
- 神社参道ほかグラウンド整備工事
- 東松島市野蒜北部丘陵地区震災復興事業…白土 稔 / 61
- ベルトコンベヤ設備による大量土砂搬出の計画および施工…堀 隆浩
- PPP で進めるスマートコミュニティによるまちづくり…田代 晃一 / 67
- 宮古市スマートコミュニティの事例
- ◆交流の広場 富士教育訓練センターにおける人材育成教育…小松原 学 / 72
- ～ものづくりは人づくり～
- ◆ずいそう 熊谷組での常勤産業医としての…清本 芳史 / 77
- 5 年間
- ◆ずいそう 『格別』なる自身の愉しみ…本郷 毅 / 78
- ◆JCMA 報告 第 27 回 日本建設機械施工大賞 受賞業績 (その 1) … / 79
- ◆CMI 報告 災害対策用照明装置の開発…加藤 弘志 / 86
- ◆部会報告 除雪機械の変遷 (その 8) …除雪機械技術委員会 / 91
- 除雪トラック (4)
- ◆新工法紹介…機関誌編集委員会 / 98
- ◆新機種紹介…機関誌編集委員会 / 100
- ◆統計 平成 27 年度 公共事業関係予算…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 / 110
- 行事一覧 (2015 年 4 月) … / 111
- 編集後記…(赤神・安川) / 114

平成 27 年 7 月号 (第 785 号)

表紙写真

奇跡の一本松と希望のかけ橋

写真提供：清水建設(株) (社内報担当カメラマン：古明地賢一)

橋梁 特集

協会活動のお知らせ

- ◆巻頭言 レジリエンスとインフラの維持管理…中村 光 /3
- ◆行政情報 国土交通省における建設技術の...国土交通省 /4  
研究開発等に関する最近の取り組み 大臣官房技術調査課
- 各務原大橋上部工の施工 移動架設術を用いた張出し架設…栃木 謙一 /9
- 新名神高速道路川下川橋の施工…波田 匡司 /14  
萩 福田 雅人
- 東九州自動車道 寺迫ちょうちょ大橋の設計と施工...前原 直樹 /20  
世界初のバタフライウェブ箱桁橋 中 積 健一
- 鋼管集成橋脚の開発と実橋への適用 金 治 英 貞 /27  
損傷を制御し、性能向上とコスト縮減を両立 小 篠 聖
- デジタルカメラ計測の橋梁補修補強工事への適用…田中 伸也 /33
- 橋梁の維持管理 現状・課題・将来展望…古田 均 /37
- 高性能橋梁点検システム『橋竜』の開発と提案 ロボット技術導入による橋梁維持管理業務の...友野 洋平 /41  
高度化・効率化と更なる安全性向上に向けて
- 並列・近接する PC 上部工 3 橋の同時施工...工藤 朗太 /44  
熊野尾鷲道路古川高架橋 PC 上部工事
- 橋梁を対象としたセンシングシステムの考え方と適用事例…佐々木 栄一 /49
- 伊良部大橋における鋼橋の耐久性向上を...仲 嶺 智 /54  
目指した取り組み 翁 山 正 勝 長 城 統
- 陸前高田市震災復興事業「希望のかけ橋」の設計・施工...小野澤 龍介 /61  
巨大ベルトコンベヤ搬送設備用吊橋 加 北 藤 秀 剛
- ◆交流の広場 橋梁模型づくりに挑戦した学生たち...渡 邊 友 尚 /66
- ◆ずいそう 美しい自然と溪流魚たちに感謝…大 作 孝 宏 /71
- ◆ずいそう 夢の丸太小屋に暮らす...中 野 至 /73
- ◆JCMA 報告 平成 27 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績 (その 2) ... /75
- ◆JCMA 報告 シンガポール 現場視察旅行記...浅 野 公 隆 /84
- ◆CMI 報告 既設鋼床版の疲労損傷に対するスタッドボルトを...小 野 秀 一 /88  
用いた鋼床版下面からの補強方法に関する研究 渡 辺 真 至
- ◆部会報告 除雪機械の変遷 (その 9) ...除雪機械技術委員会 /97  
除雪グレーダ (1)
- ◆新工法紹介...機関誌編集委員会 /104
- ◆新機種紹介...機関誌編集委員会 /105
- ◆統 計 平成 27 年主要建設資材価格の動向...機関誌編集委員会 /106
- ◆統 計 建設技能労働者の動向...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 /114
- 行事一覧 (2015 年 5 月) ... /115
- 編集後記... (齋藤・中村) /118

平成 27 年 8 月号 (第 786 号)

表紙写真

国宝姫路城の保存修理

写真提供：鹿島建設(株)

歴史的建造物の保存・修復・復元 特集

協会活動のお知らせ

- ◆巻頭言 土木遺産が切り開く新たな地平...阿 部 貴 弘 /3
- ◆行政情報 歴史まちづくり法に基づく取組と今後の展開...酒 井 隆 行 /5
- 世界遺産、国宝姫路城を鉄骨で覆う 複雑な牙城を攻略し、大天守を素屋根で包囲した施工記録...望 月 義 延 /10  
片 山 博
- 東京大学(本郷)講堂改修工事 天井耐震改修工事を中心に...櫻 庭 記 彦 /15
- 重要文化財自由学園明日館の保存と活用 保存修理工事後 10 年経過時の建物調査と評価...杉 江 夏 呼 /23
- 「歴史を継承する」想いで取り組んだ保存・修復・復元工事 谷 田 進 一 /28  
東京都選定歴史的建造物 昭和 5 年創建「江戸橋倉庫ビル」の再生 松 野 本 正 真
- 転倒防止機能を備えた塔状建物対応型...小 野 孝 一 /35  
トラベリング工法の開発 三 幸 謙 久 春 川 郎
- 城郭を中心とした歴史的建造物の復元とそれを支える技術...外 館 寛 /41  
木造天守と石垣の復元・修復工事に携わって
- 歴史的建築物の外観デザインを保った耐震改修工事...宮 崎 信 宏 /47  
北九州市 旧戸畑区役所庁舎図書館活用耐震改修工事
- 歴史的鋼橋の補修工事 長浜大橋の補修工事の紹介...池 田 一 郎 /53
- 土木遺産のリノベーションと長寿命化 中 山 元 /59  
余部鉄橋「空の駅」展望施設のデザインと設計 増 田 貴 充 大 波 修 二
- 土の史跡 機械化施工による近代改修工事...岡 本 直 樹 /65
- 豊岡市新庁舎建築工事に伴う旧本庁舎の...河 本 潔 /72  
曳家改修工事 瀧 恒 賢 治 聡
- 重要文化財修理工事 (筑後川昇開橋修理工事)...田 中 晴 彦 /79
- 国指定重要文化財 旧下野煉化製造会社煉瓦窯保存修理工事...鈴 木 行 雄 /83  
歴史的赤煉瓦建造物の修理・保存・復元
- 歴史的建造物改築工事の記録 ヴィクトリアシアター&コンサートホール (シンガポール)...加 藤 純 /89
- ◆交流の広場 福井の歴史的建造物等の保存・活用に向けた取組み...蟻 塚 直 人 /96
- ◆ずいそう 「蛇ぬけ」の教訓...原 一 儀 /101
- ◆ずいそう 芝公園界隈を散策...内 山 康 夫 /103
- ◆JCMA 報告 情報化施工技術の活用効果...相 良 幸 雄 /105  
小 藤 櫃 島 基 住 崇
- ◆統 計 建設企業の海外展開...機関誌編集委員会 /110
- ◆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 /115
- 行事一覧 (2015 年 6 月) ... /116
- 編集後記... (岡田・久保) /120

平成 27 年 9 月号 (第 787 号)

表紙写真

ハンマーを用いないコンクリート打音検査  
写真提供：公益財団法人 鉄道総合技術研究所

維持管理・延命化, リニューアル 特集

協会活動のお知らせ

- ◆巻頭言 耐久的な構造物を実現するために必要なこと …石田 哲也 / 3
- ◆行政情報 道路メンテナンス技術集団の活動 On the activities of Road maintenance technology group …田中 倫英 / 4
- ◆行政情報 鉄道構造物の維持管理に関する基準の検証 …潮崎 俊也 / 8
- 橋梁の維持管理における非破壊検査技術の研究開発 …石田 雅博 / 14  
高橋 博美
- 既設橋梁の復元設計システム  
写真と基本データから橋梁図面の復元 …長崎 富彦 / 20
- 鉛直シャフトを昇降・旋回する水中作業機械…清 水 正 巳 / 24  
T-iROBO UW …上 山 淳
- 次世代社会インフラ用ロボット開発・導入の  
推進 宮ヶ瀬ダム堆砂深淺測量 …富岡 秀 / 30  
自動航行型測深システム「自動ペルーガ」
- スマートフォンを用いた舗装路面評価手法の…白井 悠 / 35  
開発
- 鉄道構造物の維持管理の現状と…谷村 幸裕 / 41  
新しいリニューアル技術の開発
- ハンマーを用いずに新幹線トンネル覆工…御崎 哲一 / 46  
コンクリートを打音検査 …篠田 昌義
- スマートフォンを活用した漁港施設の点検と…長野 章平 / 52  
今後の課題 漁港施設点検システム …田 晋正
- 中大口径管きょ更生工法 パルテム・フローリング工法 …田中 翔吾 / 57
- ◆交流の広場 論理的な保全だけがプラントを維持管理できる! …若槻 茂 / 62
- ◆ずいそう 管理釣り場の楽しみ …安藤 隆 / 72
- ◆ずいそう 香港は楽しい …伊勢木 浩二 / 74
- ◆JCMA 支部報告 情報化施工技術委員会活動報告 東北支部 …鈴木 勇治 / 76
- ◆CMI 報告 コンクリート内部に発生した…谷倉 泉 / 81  
微細ひび割れの微破壊試験法に関する研究 …渡 晋也
- ◆部会報告 除雪機の変遷 (その 10) …除雪機技術委員会 / 86  
除雪グレーダ (2)
- ◆部会報告 ISO/TC 127 (土工機械) 審議状況 …標準部会 / 92
- ◆部会報告 千代田区永田町一丁目、霞が関二丁目付近、…建設業部会 / 99  
再構築工事現場見学会
- ◆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 建設工事受注額・建設機械受注額の推移 …機関誌編集委員会 / 111
- 行事一覧 (2015 年 7 月) … / 112
- 編集後記 …(相田・原) / 116

平成 27 年 10 月号 (第 788 号)

表紙写真

高圧ジェット水を用いた油汚染土壌の洗浄プラント  
写真提供：東京電力(株), (株)土壌環境プロセス研究所, (株)間組

地球温暖化対策・環境対策・環境対策工 特集

協会活動のお知らせ

- ◆巻頭言 建設機械施工分野における環境対策への期待 …高橋 弘 / 3
- ◆行政情報 建設業におけるバイオディーゼル燃料利用ガイドライン …柳 雅之 / 4
- 我が国の温暖化防止対策の状況 …村友 上延 弘 誠輝 / 9
- 油汚染土壌の新バイオフィル工法の開発 …門倉 伸行 / 21  
ちゅらバイル工法 …佐々木 保静 一郎 幹
- 油や放射能汚染などの土壌洗浄・濁水処理及び混合技術  
混合器として水噴流型混合器を利用した土壌洗浄及び濁水処理 …藤井 忠広 / 28
- オゾンマイクロバブルを用いた油・揮発性…小三 河吉 篤純 / 33  
有機化合物含有水の高効率な浄化技術 …長 史男 佳
- 全周波数帯域に対応した…伊藤 藤田 哲大 / 38  
トンネル発破消音器の開発 …木 梨 泰 秀
- 低炭素施工システムの構築 …周樋 口 正一 / 43  
"TO-MINICA" Web システム
- オンサイト除染排水処理システムの開発・実用化…久保田 洋河 / 47  
…繁野 泉口 恒 俊太郎
- 地下空洞充填におけるシールド泥水の有効利用…平川 間端 昭康 信夫 / 52
- 製品化に至るまでの二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) 排出量を  
実質ゼロ以下にできる環境配慮型コンクリート …関 健吾 / 56  
CO<sub>2</sub>-SUICOM (スイコム) …庄 原 司 敦 慎
- 生分解性作動油  
次世代脂肪酸エステル系作動油 …小川 仁 / 60
- ◆ずいそう 四国遍路と石組の文化を訪ねて…高倉 寅喜 / 65
- ◆ずいそう ジャズの楽しみ …小河 義文 / 66
- ◆JCMA 報告 平成 27 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績 (その 3) … / 68
- ◆CMI 報告 ラフテレーンクレーンの作業燃費調査 …稲葉 友喜人 / 75  
…佐藤 充 弘
- ◆部会報告 除雪機の変遷 (その 11) …除雪機技術委員会 / 78  
除雪グレーダ (3)
- ◆部会報告 (株)協和機械製作所, (株)日本除雪機製作所…機械部会 / 84  
工場見学会
- ◆部会報告 厚幌ダム建設事業 ダム本体工事 現場見学会 …建設業部会 / 87
- ◆新工法紹介 …機関誌編集委員会 / 89
- ◆新機種紹介 …機関誌編集委員会 / 91
- ◆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 / 100
- 行事一覧 (2015 年 8 月) … / 101
- 編集後記 …(小倉・竹本) / 104

平成 27 年 11 月号 (第 789 号)

表 紙 写 真

屋上に超大型制震装置 (1800 t) で長周期地震動の揺れを半減

写真提供: 三井不動産(株), 鹿島建設(株)

防災, 安全・安心を確保する社会基盤整備 特集

協会活動のお知らせ

- ◆巻頭言  
性能の明示による安全・安心の具体化……………常 田 賢 一 /3
- ◆行政情報 土砂災害防止法の改正……………野 村 康 裕 /4
- ◆行政情報  
水門・陸閘等の安全かつ確実な管理運用の推進…河 野 真 典 /7  
水門・陸閘等管理システムガイドラインの改訂
- ◆行政情報  
東日本大震災から 4 年半が経過して……………笹 森 秀 樹 /12
- 「気象情報リモート監視ネットワーク」と「道路管理・  
車両運行システム」の連携による防災・減災への取り組み…佐 藤 英 明 /20  
群馬県みなかみ町の事例 藤 木 英 範 生
- 流水型ダム建設に向けて……………宮 成 秀 一 郎 /25  
立野ダム建設事業の概要 寺 下 進 康 成 森
- ジオテキスタイルを用いた震災時の道路段差軽減工法…山 内 崇 寛 /30  
ジオブリッジ工法
- 格子状補強枠を有するシートを用いた……………岡 本 道 孝 /34  
盛土構造物の液化化対策 小 原 隆 志 義 北 本 幸
- パレスシート工法による不同沈下の軽減……………川 本 卓 人 /38  
がれき残渣を有効活用した建設資材 森 田 晃 司
- アップサイクルブロック……………北 島 明 /43
- 粘り強い堤防構造の開発 FRESH BANK 工法……………内 閣 府 政 策 統 括 官 /49  
火山防災対策の推進「御嶽山噴火を踏まえた今後の火山防災対策の推進について(報告)」…(防災担当)付参事官  
及び活動火山対策特別措置法の改正の概要等 (調査企画担当) 付
- 港湾構造物における巨大地震対策……………野 津 厚 /55  
小 大 濱 英 陽 矢 大 介
- ケーブルテレビ事業者が考案した……………瀬 間 健 司 /60  
「防災行政無線をテレビで聞く」システム テレビルモコンの簡単な操作で実現する効果的な災害情報伝達
- 屋上に超大型制震装置 (1800 t) で……………栗 野 治 彦 /64  
長周期地震動の揺れを半減
- 防災研究にかかるとの連携……………和 田 一 範 /70  
自然科学との連携
- ◆交流の広場  
防災・災害分野への地球観測衛星データの利用……………伊 東 明 彦 /74
- ◆ずいそう 輝いていた昭和時代の建機……………吉 丸 泰 生 /79
- ◆ずいそう 息子との旅行日記……………橋 本 美 春 /80
- ◆部会報告 除雪機械の変遷 (その 12)……………除雪機械技術委員会 /82  
除雪グレーダ (4)
- ◆新工法紹介……………機関誌編集委員会 /88
- ◆新機種紹介……………機関誌編集委員会 /91
- ◆統 計 平成 27 年度 建設投資見通し……………国 土 交 通 省 /95
- ◆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 /100
- 行事一覧 (2015 年 9 月)…………… /101
- 編集後記……………(加藤・江本) /104

平成 27 年 12 月号 (第 790 号)

表 紙 写 真

遠隔操縦用ロボット

写真提供: (株)富士建

ICT・ロボット化等の先端建設技術 特集

協会活動のお知らせ

- ◆巻頭言 「安かろう良かろう」を実現するために…建 山 和 由 /3  
ICT 導入への期待
- ◆行政情報  
次世代社会インフラ用ロボット開発・導入の取組み…新 田 恭 士 /4
- ◆行政情報  
革新的研究開発推進プログラム(ImPACT)の創設……………大 崎 馨 /11
- 建機メーカーが描く ICT 建機施工を中心とした……………四 家 千 佳 史 /16  
建設現場の未来「スマートコンストラクション」の導入 小 野 寺 昭 正 高 橋 剛 光
- 建設機械の自動化を核とした次世代施工システム……………三 浦 悟 出 /21  
次世代建設生産システム A'CSEL 黒 濱 沼 本 研 一 (クワッドアクセル)
- 自律制御型建設機械の開発……………片 山 三 郎 /26  
T-ROBO-Breaker (ブレーカ搭載自律制御型割岩油圧ショベル)
- 無人化施工による応急対応技術と……………吉 田 貴 /32  
その基盤となるデジタル通信技術の開発 無人化施工の新たな工法と作業環境改善
- 小型多機能施工機械の自動制御化による……………梶 原 覚 雄 /37  
路盤工事の合理化検討 浦 田 公
- 大水深対応型水中作業ロボット……………泉 信 也 /42  
Deep Crawler (ディーブクロウラ) 飯 田 和 宏 樹 小 川
- 油圧ショベルの遠隔操作のための……………谷 本 貴 頌 裕 /47  
CG 重畳表示システム 吉 灘
- 遠隔操縦用ロボットの開発 DOKAROBO2……………角 和 樹 航 /53  
吉 崎
- 建設機械のシンギュラリティ 機械土工自動化の未来……………岡 本 直 樹 /59
- 施工 CIM の最前線 目的を明確にした施工 CIM の使い方……………杉 浦 伸 哉 /65
- 現場力を高める BIM 最前線……………家 入 龍 太 /70
- クラウドを活用した建物管理システムの高度化……………後 神 洋 介 /75  
ビルコミュニケーションシステム<sup>®</sup>の適用と今後の展開
- ◆交流の広場  
DARPA・ロボティクス・チャレンジ・ファイナル……………阿 部 拓 磨 /81  
福島第一原発事故を機にはじまった人間大ロボット競技会
- ◆ずいそう 博多祇園山笠……………古 川 啓 吉 /88
- ◆ずいそう 座禅・瞑想はいかがですか……………安 念 正 純 /90
- ◆CMI 報告  
次世代社会インフラ用ロボットの現場検証……………日 本 建 設 機 械 協 会 /91  
トンネル維持管理分野を中心として 施 工
- ◆部会報告 除雪機械の変遷 (その 13)……………除雪機械技術委員会 /94  
除雪ドーザー (1)
- ◆統 計 平成 27 年度主要建設資材需要見通し……………国 土 交 通 省 /101
- ◆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 /105
- 行事一覧 (2015 年 10 月)…………… /106
- 編集後記……………(岡本・石倉) /110
- 「建設機械施工」既刊目次一覧…………… /111

# 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 サテレタ リンナー 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! 日々互換性を継承、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段階押しスイッチ  
装着可能

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

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リレーまで対応可能

セットで  
22万円  
(税別価格)



新 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。

頑強ケーブルレス N/U/Gシリーズ

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



## マイティサテレタ

N/U/Gシリーズ  
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)

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

ジョイスティック  
RC-7132N

ジョイスティック  
RC-7126N

● 操作信号数 最大32点  
(またはプロボ最大6項目と入出力信号26点以下)

旧アンリツ製 デジタルテレコン  
入替専用モデル

新型ジョイスティック

3ノッチ  
ジョイスティック型  
RC-7233UAN

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  
RC-7215U

全押しボタン型  
RC-7215U

## 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)



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

トコトコ機能を絞って  
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送信機のみ取替も可

ボタン部の突起  
ボタン間の仕切  
一体型の  
シリコンカバーで  
操作性が向上

片手で握り替えずに  
正確操作が行えます!

送信機は既設のまま送信機のみ取替も可

送信機は既設のまま送信機のみ取替も可

送信機は既設のまま送信機のみ取替も可

送信機は既設のまま送信機のみ取替も可

送信機は既設のまま送信機のみ取替も可

送信機は既設のまま送信機のみ取替も可

## ケーブルレスミニ

微弱電波・ラジコンバンド  
両モデル対応

標準型  
RC-4303N/R

セットで  
10万円  
(税別価格)

マイクロNシリーズは240MHz化でより安定した電波の飛び!

● 3操作3リレー

● 2段階押しスイッチ追加可能!

● 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

## 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)

マイクロNシリーズは240MHz化でより安定した電波の飛び!

● 3操作3リレー

● 2段階押しスイッチ追加可能!

● 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

## リンナー 離操作

N/U/Gシリーズ

標準型  
RC-2512N

セットで  
22万円  
(税別価格)

● 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

● 見易くなった電池残量告知ランプ付

● 見易くなった電池残量告知ランプ付

● 見易くなった電池残量告知ランプ付

● 見易くなった電池残量告知ランプ付

● 見易くなった電池残量告知ランプ付

価格もサイズも  
ハンディー並み!



## データケーブルレス

N/R/U/G  
シリーズ

標準型 セットで  
20.5万円  
(税別価格)

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!

7100型

6300型

5700型

3200型

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

## MAXサテレタ

Uシリーズ  
Gシリーズ

標準型  
RC-9300U

セットで  
95万円  
(税別価格)

● 多機能多操作  
(比例制御対応も可)

金属シャーシの  
多操作・特注仕様専用機!!



## 無線式火薬庫警報装置

発破番 ES-2000R

標準付属品付  
セットで  
40万円  
(税別価格)

ER-2000R(受信機) ET-2000R(送信機)

ER-2000R(受信機) ET-2000R(送信機)

ER-2000R(受信機) ET-2000R(送信機)

ER-2000R(受信機) ET-2000R(送信機)

ER-2000R(受信機) ET-2000R(送信機)

ER-2000R(受信機) ET-2000R(送信機)

● 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

本カタログの価格は、全て税抜表示となっています。

無線化工事のこなすフルライン、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

常に半歩、先を走る

# 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](http://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。



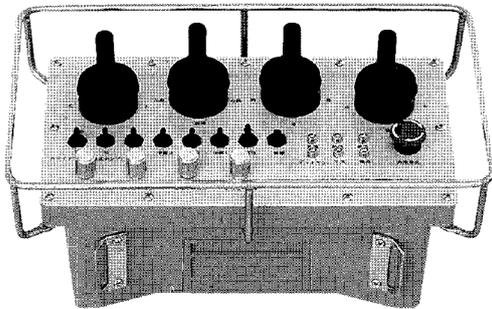
## マシンケアテック株式会社

〒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/>

建設機械用  
無線操作装置

# ダイワテレコン

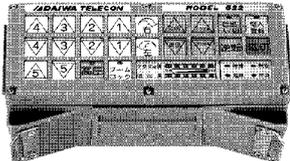
あらゆる仕様に対応  
指令機操作面はレイアウトフリー



ダイワテレコン 572 ※製作例 比例制御4本レバー仕様



受令機



ダイワテレコン 522

《新電波法技術基準適合品》

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

## DAIWA TELECON

### 大和機工株式会社

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

# 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

**Santana** **サンタナアートワークス**  
ART WORKS

広告営業部：田中 [san-mich@zam.att.ne.jp](mailto:san-mich@zam.att.ne.jp)

TEL:03-3664-0118 FAX:03-3664-0138

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F

本誌に掲載されている広告のお問い合わせ、資料の請求はメール、FAXでお送りください。

※カタログ/資料はメーカーから直送いたします。  
※カタログ送付は原則的に勤務先にお送りいたします。

お名前： 所属：

所 属：

会社名(校名)：

資料送付先：

電 話： FAX：

E-mail：

広告掲載 メーカー名	製品名

FAX 送信先 **サンタナアートワークス** **FAX 03-3664-0138**  
建設機械施工係

# ダム工専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>

# MIWA K-40N KIRUNA K-40N トンネルズリ運搬車

オフロード法  
2014年  
排出ガス基準  
適合エンジン  
搭載車



### ▶ 最新型コンテナ式運搬車

特徴

- 1 工期短縮
- 2 運搬車両台数の削減
- 3 坑内作業環境の向上
- 4 ズリ搬出制約の対応
- 5 多目的使用

流れすみやかに! トランスポート・イノベーション ミワ・システム車両



## 三輪運輸工業株式会社

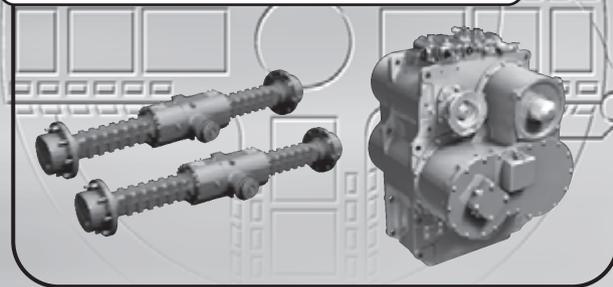
<http://www.miwa-gr.co.jp> >>

本社：〒651-0072 神戸市中央区脇浜町2-1-16  
TEL：078-251-5001 FAX：078-251-4525

プロダクトカンパニー：〒675-0155 兵庫県加古郡播磨町新島39  
TEL：079-435-5115 FAX：079-435-1565

あらゆる建設機械／シールドマシン・・・  
**油圧機器の整備・再生**

**イタリアDANA社のアクスルトランスミッション**



**建設機械用ZFトランスミッション**

点検・整備は、日本ではマルマのみが対応



**建設機械のあらゆる油圧機器**

斜板式ダブルポンプ



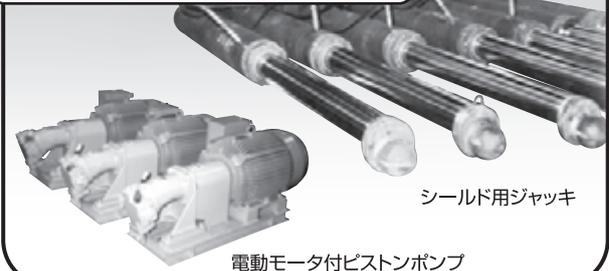
斜板式ピストンポンプ



斜軸式ピストンモータ



**シールドマシン用油圧機器**



シールド用ジャッキ

電動モータ付ピストンポンプ

**建機と共に半世紀以上。確かな「信頼」をお届けします！**

整備・再生された各Ass'yは、自社独自開発の多機能油圧機器試験機により性能を確認。各テストのデータはデータベースとして保存され、出荷後、マッチング調整や、搬送されてきた同等品の確認テストに活用します。この万全を期した体制がマルマの高い信頼性の由縁です。



MH-R220は従来の油圧ドライブ型油圧機器試験機に比べ、インバータ制御電動モーター駆動、及びエネルギー回生回路の採用により大幅な消費電力量の削減を実現しました。大型油圧ポンプの試験も可能です。



**マルマテクニカ株式会社**

本社・相模原事業所 営業部 整備油機課

〒252-0331 神奈川県相模原市南区大野台6-2-1

TEL042 (751) 3809 FAX042 (756) 4389

E-mail:yuki@maruma.co.jp

東京工場 〒156-0054

E-mail:tokyo@maruma.co.jp

名古屋事業所 〒485-0037

E-mail:service@maruma.co.jp

東京都世田谷区桜丘1-2-22

TEL03 (3429) 2141 FAX03 (3420) 3336

愛知県小牧市小針2-18

TEL0568 (77) 3311 FAX0568 (77) 3719

URL <http://www.maruma.co.jp/>



未来へ伸びる、三笠の技術。



吸塵式乾式カッター

MCD-RY14

NETIS No.TH-150001



Mr.LIGHT 2

MLP-1212A



高周波バイブレーター

FX-40/FU-162

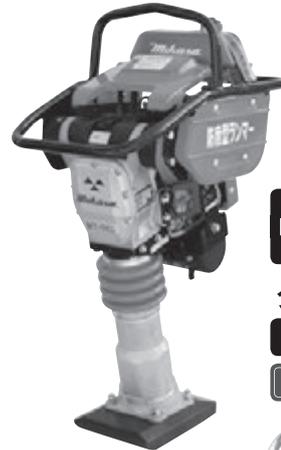


転圧センサー

バイプロコンパクター

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 東京都千代田区猿樂町1-4-3 TEL : 03-3292-1411 (代)

大阪支店 TEL:06-6541-9631  
 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

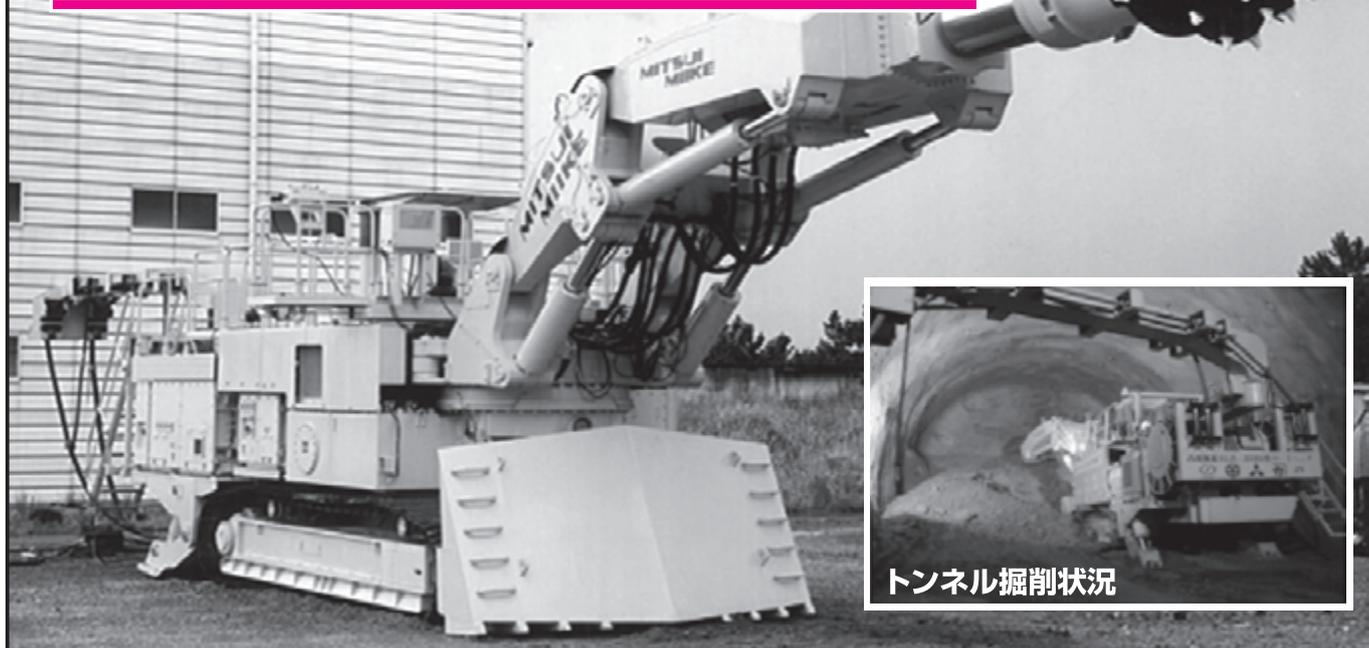
北関東営業所 TEL:0276-74-6452  
 長野出張所 TEL:080-1013-9542  
 中部営業所 TEL:052-451-7191  
 金沢出張所 TEL:080-1013-9374

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

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](mailto:sanki@mitsumiike.co.jp)



# VÖGELE Dash 3

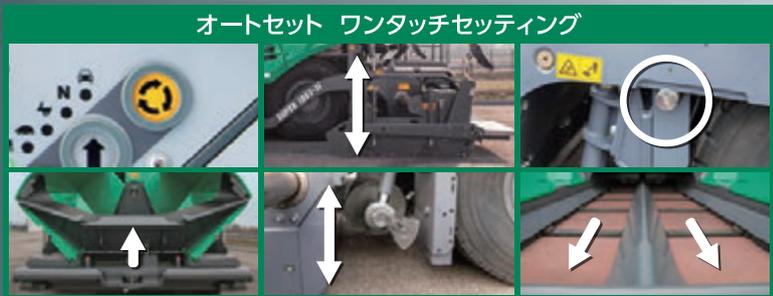
フェーゲル ダッシュ



燃費低減エコプラス  
パッケージ



新型エルゴプラス 3  
カラーディスプレイコンソール



[www.wirtgen.co.jp](http://www.wirtgen.co.jp)



WIRTGEN JAPAN

ヴィルトゲン・ジャパン株式会社  
東京都千代田区神田神保町 2-20-6  
TEL : 03-5276-5201 FAX : 03-5276-5202  
✉ mail@wirtgen.co.jp

排出ガス 2011 年  
基準少数生産車



超低騒音型  
建設機械



雑誌 03435-12



4910034351251  
00800

「建設機械施工」 定価 本体 800 円 (税別)