

一般社団法人

日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

2016

建設機械施工



Vol.68 No.8 August 2016 (通巻798号)

特集

i-Construction



ドローンを用いた空撮測量の実工事への適用

巻頭言 イノベーションを取り込むための建設生産システム革命

グラビア bauma 2016

行政情報 i-Construction ICT土工の全面展開に向けた技術基準の紹介

投稿論文 無人化施工による破碎・解体作業時における触知覚情報の必要性と実態

JCMA報告 ドイツ・ミュンヘン国際建設機械見本市 bauma 2016
第62回欧州建設機械施工視察団 視察報告

技術報文

- IoTで建設現場の生産性向上
- ドローンを用いた空撮測量の実工事への適用
- MMS点群データを活用したインフラマネジメント 他

交流の広場

ICTを活用した精密農業の取り組み

部会報告

除雪機械の変遷（その21） 小形除雪車（3）

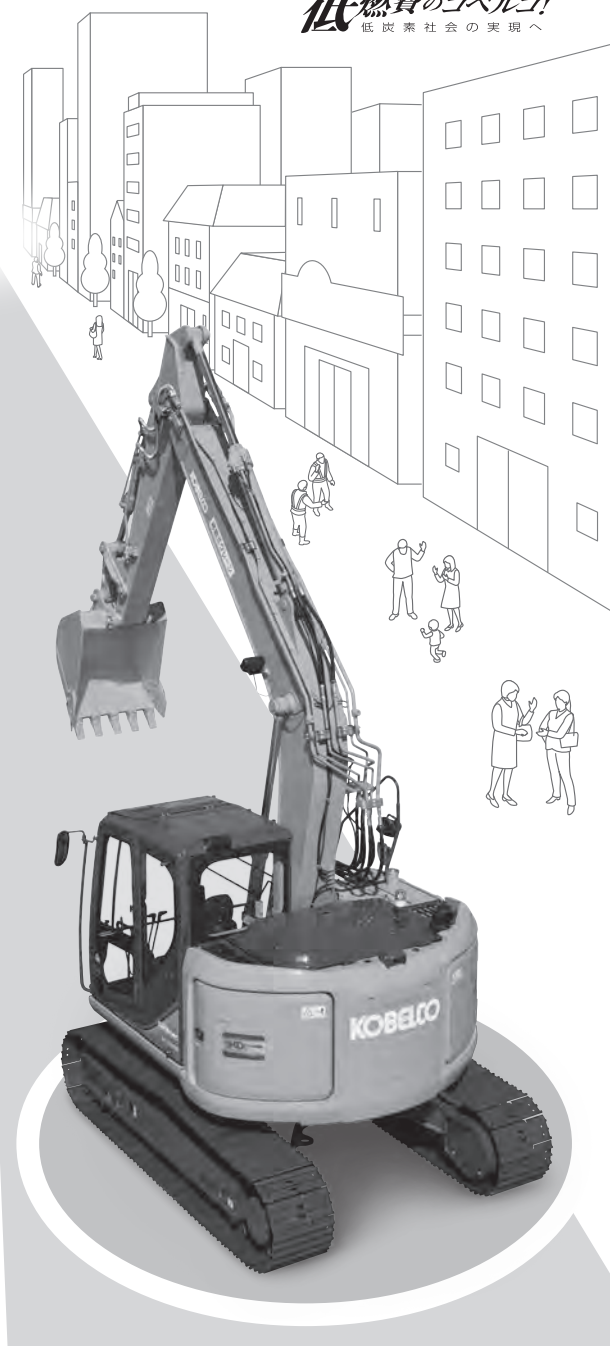
一般社団法人 日本建設機械施工協会

KOBELCO

低燃費のコベルコ!
低炭素社会の実現へ

小旋回機の未来は、 いつもコベルコから。

「狭い所で自由に働ける建機を」
重機で初めての本格後方超小旋回機は
現場の声をなによりも大切にする
コベルコから生まれました。
コンパクトな作業範囲。
後方への安心感と操作のしやすさ。
これまでなかった機能を生み出したのは
独自の発想とテクノロジー。
そしてその技術力で、つねに時代の
最先端マシンへと進化を続けています。
iNDrが革新した静かさ。
新たに、最大で21%向上した圧倒的な低燃費*。
都市工事のニーズを理想のかたちにする
ものづくりの力は、コベルコのDNAとして
未来へ続いていきます。



**AGORA
Geospec**
SK135SR

コベルコの
新世機

圧倒的な燃費性能で新たな世代をリード
するコベルコの「新世機」。その技術で、
低燃費のコベルコは、もっと低燃費の
コベルコになる。

—21%の低燃費で、新登場。

—13トンクラスは、コベルコ—

SK125SR SK130UR SK130SR+



2020年燃費基準値達成度
★★★をクリア。



オフロード法 2011年基準適合
排出ガス中のPM (粒子状物質) を大幅削減。



約270°の後方視界で
安全性を確保。
(オプション設定)

※従来機Sモード比/新ECOモード

コベルコ建機株式会社 東京本社 / 〒141-8626 東京都品川区北品川 5-5-15 ☎03-5789-2111 www.kobelco-kenki.co.jp



「平成28年度版 建設機械等損料表」を発売しました。

一般社団法人 日本建設機械施工協会(会長:辻 靖三)は、書籍「平成28年度版 建設機械等損料表」を下記の通り発売しました。

本書は建設工事で使用される各種の建設機械や建設設備等に関する機械損料諸数値(国土交通省の“建設機械等損料算定表 平成28年度版”の内容に準拠)を掲載したものです。

工事費の積算や施工計画の立案、施工管理等、いろいろな場面において有効・有益な資料であり、広く活用頂ければ幸いです。

***** 記 *****

■発売日 : 平成28年5月9日

■体裁 : A4版、モノクロ、約460ページ

■本体価格(送料別)

一般価格 8,640円(本体8,000円)

会員価格 7,344円(本体6,800円)

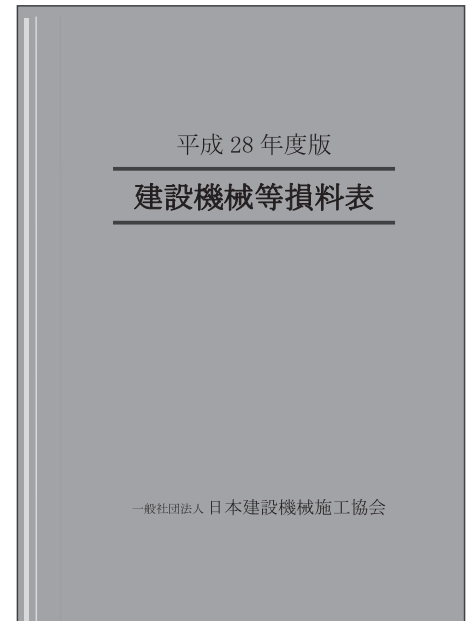
■内容・特長

- (1) 国土交通省制定「建設機械等損料算定表」に準拠
- (2) 機械経費・損料等に関する通達・告示類を掲載
- (3) 燃料・電力消費率を掲載
- (4) 書籍のサイズを、これまでのB5版からA4版に拡大

■備考

従来当該書籍に掲載していた損料諸数値や損料補正等の計算例、運転単価表の作成例、機械器具等の概要解説(図・写真付)は削除し、これを別冊の解説書(下記参照)に集約する事によって両書籍間の役割分担を明確化。

***** 以上 *****



書籍の表紙イメージ

■書籍に関するお問い合わせ先

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館内)

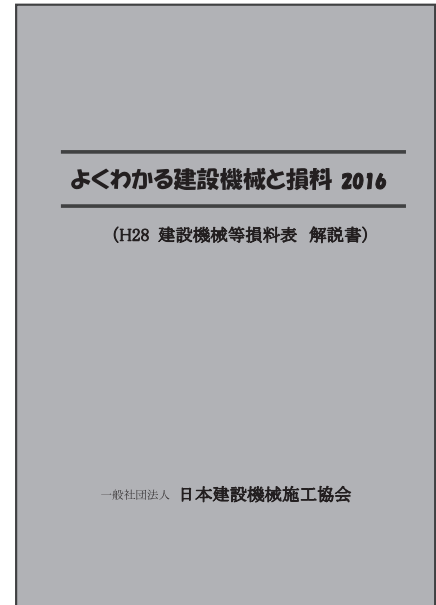
一般社団法人 日本建設機械施工協会 (電話 03-3433-1501)

「平成28年度版 建設機械等損料表」の解説書
「よくわかる建設機械と損料 2016」を発売しました。

一般社団法人 日本建設機械施工協会(会長:辻靖三)は、5月31日に書籍「よくわかる建設機械と損料 2016」を発売しました。

本書は先に発刊した書籍「平成28年度版 建設機械等損料表」の記載・掲載内容をわかりやすく解説したもので、下記のような多くの特長を持っています。

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



書籍の表紙イメージ

■発 売 日 : 平成28年5月31日

■体 裁 : A4版, 一部カラー, 約320ページ

■価格(送料別途)

一般 : 税込 6,480円 (本体 6,000円)

会員 : 税込 5,508円 (本体 5,100円)

■内容・特長

- (1) 損料表の構成・用語の意味, 損料補正方法などを平易な表現で解説
- (2) 17件の関連通達・告示類の位置付けと要旨を解説
- (3) H28損料表の主要な改正・変更点を一覧表にして紹介
- (4) 損料表に掲載の機械について, 大分類別にコード体系を図示
- (5) 損料表に掲載の機械について, 写真・図を添えて概要・特徴を紹介
- (6) 主要な建設機械については, メーカー・型式名を一覧表にして紹介
- (7) 「俗語⇒損料表における機械名称」対照表を掲載
- (8) 書籍のサイズを従来のB5版からA4版に拡大

***** 以上 *****

■お問い合わせ先

東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館内)

一般社団法人 日本建設機械施工協会 (TEL:03-3433-1501)

2016年版 日本建設機械要覧

発刊ご案内

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

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



発 刊 日

平成28年3月末

体 裁

B5判、約1,340頁／写真、図面多数／表紙特製

価 格

一般価格 52,920円（本体49,000円）

会員価格 44,280円（本体41,000円）

（注）送料は1冊900円（税込）となります。

（複数冊の場合別途）

特 典

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

2016年版 内容目次

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

今後の予定

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

◆ 購入申込書 ◆

一般社団法人 日本建設機械施工協会 行

日本建設機械要覧 2016年版

冊

上記図書を申込み致します。

平成 年 月 日

官 公 庁 名			
会 社 名			
所 属			
担当者氏名	⑩	TEL	
		FAX	
住 所	〒		
送 金 方 法	銀行振込 ・ 現金書留 ・ その他（ ）		
必 要 事 項	見積書（ ）通 ・ 請求書（ ）通 ・ 納品書（ ）通 （ ）単価に送料を含む、（ ）単価と送料を2段書きにする（該当に○） お願い：指定用紙がある場合は、申込書と共に送付下さい		

◆ 申込方法 ◆

①官公庁：FAX（本部、支部共）

②民 間：（本部へ申込）FAX

（支部へ申込）現金書留のみ（但し会員はFAX申込可）

※北海道支部はFAXのみ

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

〔お問合せ及びお申込先〕

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

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

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

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

☐ 当協会からの新刊図書案内や事業活動案内のダイレクトメール（DM）は不要

2016年版 日本建設機械要覧 電子書籍(PDF)版 発売通知

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

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

是非とも活用いただきたく、お願い申し上げます。

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

発売時期

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

Webサイト 要覧クラブ

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

また、同じ要覧クラブ上で新機種情報も閲覧およびダウンロードできます。

様々な環境で閲覧できます。

タブレット、スマートフォンで外出先でもデータにアクセス



今後の予定

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

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

論文投稿のご案内

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

当協会ホームページ <http://www.jcmanet.or.jp>

★投稿対象

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

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

★部門

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

★投稿資格

原稿の投稿者は個人とし、会員資格の有無は問いません。

★原稿の受付

随時受け付けます。

★公表の方法

当協会機関誌に掲載します。

★機関誌への掲載は有料です。

★その他：優秀な論文の表彰を予定しています。

★連絡先

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8（機械振興会館）

日本建設機械施工協会 研究調査部 論文担当

E-mail : ronbun@jcmanet.or.jp

TEL : 03 - 3433 - 1501

FAX : 03 - 3432 - 0289

初の
実務者向け入門版!!

情報化施工 デジタルガイドブック

2014.3
発刊!

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

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

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

特 徴

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

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

Windows版

情報化施工デジタルガイドブック

第1版(2014年発行)

JCMA
一般社団法人 日本建設機械施工協会
(禁複製)

デジタルブックDVD版
(デジタル画像・動画等)

プレビューA4版冊子付

情報化施工
デジタルガイドブック

JCMA
一般社団法人
日本建設機械施工協会

定 価

一般価格

2,160円 (本体2,000円)

会員価格

1,944円 (本体1,800円)

※送料別途

主な内容

1

情報化施工
のあらまし

2

情報化
施工技術の
種類

3

情報化施工
の適用工種

4

情報化施工
の運用手順

5

建設機械・
測量機器リスト

6

情報化
施工データ

7

情報化施工
の導入効果

8

導入事例

9

用語の説明

一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館

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

JCMA 図書

検 索

◆ 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。 ○抛出金の不返還:既納の会費及びその他の抛出金品は原則として返還いたしません。

【個人情報の取扱について】

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

No.	発行年月	図 書 名	一般価格 (税込)	会員価格 (税込)	送料
1	H28 年 5 月	よくわかる建設機械と損料 2016	6,480	5,508	500
2	H28 年 5 月	大口径岩盤削孔工法の積算 平成 28 年度版	6,480	5,508	500
3	H28 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成 28 年度版	10,800	9,180	600
4	H28 年 5 月	平成 28 年度版 建設機械等損料表	8,640	7,344	600
5	H28 年 3 月	日本建設機械要覧 2016 年版	52,920	44,280	900
6	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
7	H25 年 6 月	機械除草安全作業の手引き	972	864	250
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	建設施工における地球温暖化対策の手引き	1,620	1,512	400
20	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
21	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
22	H15 年 6 月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	540		250
23	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
24	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
25	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
26	H11 年 5 月	建設機械化の 50 年	4,320		500
27	H11 年 4 月	建設機械図鑑	2,700		400
28	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
29	H9 年 5 月	建設機械用語集	2,160	1,944	400
30	H6 年 8 月	ジオスペースの開発と建設機械	8,229	7,714	500
31	H6 年 4 月	建設作業振動対策マニュアル	6,172	5,554	500
32	H3 年 4 月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,079	9,565	600
33	S 63 年 3 月	新編 防雪工学ハンドブック【POD 版】	10,800	9,720	500
34	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
35		建設機械履歴簿	411		250
36	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

i-Construction 特集

3	グラビア bauma 2016	
11	巻頭言 イノベーションを取り込むための建設生産システム革命	小澤 一雅
12	行政情報 i-Construction ICT 土工の全面展開に向けた技術基準の紹介	近藤 弘嗣
18	IoT で建設現場の生産性向上 ソリューションを一元管理するクラウド型プラットフォーム「KomConnect」	四家千佳史
23	ドローンを用いた空撮測量の実工事への適用	加藤 康生・松永たかこ
28	MMS 点群データを活用したインフラマネジメント InfraDoctor によるスマートインフラマネジメント	永田 佳文・津野 和宏
34	重力式コンクリートダム取水塔施工での 4D モデル・3D 模型の活用	深田 裕司・徳永 裕樹・松木 優佳
41	無線発信機を活用した作業所内の高所作業車・作業所員の位置把握システム	染谷 俊介
48	掘進中にシールド機外周部の介在砂層をリアルタイム探査 比抵抗センサーを用いた介在砂層探査技術	大木 智明
52	VR による安全管理 ゴーグル型ディスプレイによる安全の可視化	坂下 淳一・真柄 毅
55	ブルドーザーマシンコントロールシステムの最新技術の紹介 マストレスタイプ MC システム 3D-MC ^{MAX}	本田 肇
59	複雑な地形形状における覆工設置工事への 3 次元地形データの適用	太田 啓介・小島 文寛・池田 直広
64	投稿論文 無人化施工による破碎・解体作業時における触知覚情報の必要性と実態 媒体を通じた人の触知覚の実態	茂木 正晴・藤野 健一・三嶋 博之
74	交流の広場 ICT を活用した精密農業の取り組み 農業における IoT を実現する新たな取り組み	金子 和真
79	ずいそう インドネシア駐在の思い出	坂井 睦哉
81	ずいそう 幼い頃の博打の思い出	古川 恒雄
83	JCMA 報告 ドイツ・ミュンヘン国際建設機械見本市 bauma 2016 第 62 回欧州建設機械施工視察団 視察報告	太田 正志
91	CMI 報告 情報化施工研修会の取り組みと i-Construction へ対応した研修会に向けて	椎葉 祐士・藤島 崇・岩渕 裕
95	部会報告 除雪機械の変遷 (その 21) 小形除雪車 (3)	除雪機械技術委員会
102	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
108	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
109	行事一覧 (2016 年 6 月)	
112	編集後記	中川・太田

◇表紙写真説明◇

ドローンを用いた空撮測量の実工事への適用

写真提供：鹿島建設(株)

2014 年、関東地区の大規模造成現場にドローンによる空撮測量を初適用した。従来の地上測量に比べて、短

時間で広範囲の測量が可能であり、着工前の現地地形を撮影し、そのデータを造成計画や施工計画の作成に活かした。また、切盛土工事施工中にも随時地形測量を行うことで進捗管理業務の効率化につながるなど、その活用範囲は広い。本年 4 月より i-Construction の導入が始まり、ドローンによる空撮測量は更なる精度向上と普及が加速され、土工事生産性向上が大きく期待される。

平成 28 年度 建設機械施工技術検定試験のご案内

平成 28 年度 1・2 級建設機械施工技術検定試験（建設業法に基づく建設機械施工技士の国家試験）を以下のとおり実施いたします。なお、平成 28 年度より、試験実施年度末（平成 29 年 3 月 31 日）の時点で 17 歳以上となる方は、実務経験や学歴に関係なく 2 級の学科試験のみを受検することができます。

1. 申込み方法
受検申込みに必要な用紙が添付されている「受検の手引」を当協会等から購入の上申込み願います。
2. 申込み受付期間
3 月 4 日（金）～ 4 月 4 日（月）；済
3. 試験日
学科試験：6 月 19 日（日）；済
実地試験：8 月下旬～ 9 月中旬

4. 受検資格
学歴等の資格区分に応じ実務経験年数が必要となります（2 級（学科試験のみ）は除く）。詳しくはお問合せ願います。
詳細問い合わせ先：
一般社団法人 日本建設機械施工協会
TEL：03-3433-1575
<http://www.jcmanet.or.jp/>

平成 28 年度版 建設機械等損料表 発売のお知らせ

建設工事で使用される各種の建設機械や建設設備等に関する機械損料諸数値を掲載。工事費の積算や施工計画の立案、施工管理等、いろいろな場面において有効・有益な資料です。

1. 内容・特長
・国交省制定「建設機械等損料算定表」に準拠

- ・機械経費・損料等に関する通達・告示類を掲載
 - ・燃料・電力消費率を掲載
2. 発売日
平成 28 年 5 月
 3. 体裁
A4 版、約 460 ページ

4. 本体価格（送料別）
一般：8,640 円
会員：7,344 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
TEL：03-3433-1575
http://www.jcmanet.or.jp

2016 年版 日本建設機械要覧 電子書籍（PDF）版 発売のお知らせ

2016 年 3 月に発行した「日本建設機械要覧」の、2 種類の電子書籍（PDF）版を発売。PC、タブレット、スマートフォンからアクセスでき、現場技術者の工事計画の立案、積算や、機械技術者の建設機械のデータ収集等に活用できます。購入は HP（<http://www.jcmanet.or.jp/>）からお申込みください。

1. 商品名、価格（3 年間、税込）
・日本建設機械要覧 2016 電子書籍（PDF）版
会員 54,000 円／非会員 64,800 円
・建設機械スベック一覧表 電子書籍（PDF）版
会員 48,600 円／非会員 59,400 円

2. 購入特典
Web サイト「要覧クラブ」において、過去の日本建設機械要覧が閲覧、ダウンロード可能。
詳細問い合わせ先：
一般社団法人 日本建設機械施工協会
TEL：03-3433-1575
<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

- 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

ドイツ・ミュンヘン国際建設機械見本市

bauma 2016

Messe Munchen GmbH ドイツ・ミュンヘン見本市会場

2016年4月11日～17日

【レポート Part1】（詳細は本文視察報告を参照）

第62回欧州建設機械施工視察団にて調査した世界各国の展示製品を可能な限り幅広く紹介する。

掘削関連機械（油圧ショベル）



LIEBHERR（ドイツ）



KOMATSU（日本）



HITACHI（日本）



YANMAR（日本）



HYUNDAI（韓国）



DOOSAN（韓国）

掘削関連機械（ホイールローダー他）



EUROMACH（イタリア）
4輪4脚ショベル



VOLVO（スウェーデン）
ホイールローダー



CUKUROVA（トルコ）
ホイールローダー



MeCALAC（フランス）
ホイール式油圧ショベル



SENNEBOGEN（ドイツ）
掘削機械他



Bobcat（アメリカ）
スキッドステアローダーのデモ

基礎工事機械



BAUER (ドイツ)



casagrande (イタリア)



casagrande (イタリア)



soilmec (イタリア)

運搬機械 (ダンプトラック)



LIEBHERR (ドイツ)



HYDREMA (デンマーク)



PERLINI (イタリア)



BERGMANN (ドイツ) 不整地運搬車

その他の建設機械



PTH (オーストリア)
グレーダー



PTH (オーストリア)
リッパー



TESMEC TRENCHER (イタリア)
トレンチャー



CAT (アメリカ)
マテリアルハンドラー



JCB (イギリス)
テレハンドラー



MERLO (カナダ)
ホイールリフト



Bobcat (アメリカ)
トラックローダー



CAT (アメリカ)
アスファルトフィニッシャー



BOMAG (ドイツ)
振動ローラー



MORATH (ドイツ)
クローラドリル



CAPPELOTTO (イタリア)
真空吸引装置



OPTIMAS (ドイツ)
舗装用機械

特殊な建設機械



WATERKING (オランダ)
湿地河床地用クローラ



CAT (アメリカ)
レール締固め機械



BROKK (スウェーデン)
小型ラジコン機械



FOCKERSPERGER (ドイツ)
配管・ケーブル等埋設機

各種アタッチメント



FRD 古河ロックドリル (日本)
大型油圧ブレーカー



STEELWRIST (スウェーデン)
複合アタッチメント



Lehnhoff (ドイツ)
各種アタッチメント



ARDEN EQUIPMENT (フランス)
各種大型アタッチメント



Lehnhoff (ドイツ)
クイックカプラ



JCB (イギリス)
大型土のう投入ホッパ



Oilquick (スウェーデン)
締固め装置



KESLA (フィンランド)
林業用ハーベスター



ROTOTILT (スウェーデン)
クイックカプラデモ

情報化施工・測量機器



Trimble (アメリカ)
無人航空機システム (固定翼)



Trimble (アメリカ)
無人航空機システム (ドローン)



Leica Geosystems
(スイス) 各種測量機器



Leica Geosystems
(スイス) 操作シミュレーター



MOBA (ドイツ)
各種測量機器



TOPCON (日本)
各種測量機器

巻頭言

イノベーションを取り込むための 建設生産システム革命

小澤 一 雅



国土交通省は、平成 27 年 12 月に建設現場の生産性向上を推進するため「i-Construction 委員会」を設置し、平成 28 年 4 月に報告書を取り纏めた。近年の情報通信技術（ICT）や IoT 等のめざましい発展を現場に取り込み、調査・測量から設計、施工、検査、維持管理・更新までのあらゆる建設生産プロセスにおいて抜本的な生産性向上を目指すものである。情報通信技術の発展は、大量の情報を高速に保存、加工、処理、伝送することを可能とし、利用可能な情報がセンシング技術の発展や準天頂衛星システムの開発により飛躍的に広がり、さらに分析技術の高度化は人工知能等の発展をもたらし、あらゆる産業において様々な課題解決を図るために、これらのイノベーションを利用することが期待されている。

一方、これまでの高度経済成長を支える大量のインフラ整備を短期間で実現するために構築された建設生産システムは、工場生産の活用と機械化施工技術を取り込んだ標準化された技術体系の下で、調査、設計、施工、維持管理の建設生産プロセスの各段階で分業化された役割をそれぞれが果たすシステムであった。個々の担当者は、それぞれの与えられた境界条件の下で最適化を図り、効率的な方法を追求することで、全体の最適化を図るシステムであり、標準設計、標準的な施工方法や標準積算要領等がこのシステムを支えてきた。インフラ事業は、そのプロセスにおいて数多くの関係者が関与し、建設生産プロセスにおいて段階的に意思決定を行うためにも、これらのシステムは有効に機能してきたと言える。

情報通信技術のイノベーションを建設生産システムに取り込むためには、そのプロセスにおいて関係者が共有できる情報基盤を構築する必要がある。BIM/CIM の技術は、そのための重要な技術基盤となるであろう。建設生産システムが対象とする構築物の情報だけでなく、その周辺の自然・人工物環境や人間の社会経済活動に関する情報も取り込むことが期待される。構築されたサイバー空間とフィジカル空間（現実社会）

を高度に融合させ、システムの高度化や複数のシステムの連携協調をどのように推進するかが重要である。これにより、インフラ事業の価値連鎖の中で、多様な関係者がどのタイミングでどのように関わり事業を推進するのが良いかを再構築することが可能となる。

例えば、事業の計画段階から設計・施工・維持管理の専門家が参画し知恵を出し合えば、現地の施工環境に適した維持管理のしやすい構築物の設計が可能となる。また、周辺住民や利用者の意見を取り込めば、環境に優しい施工や利用しやすいインフラ施設の建設も可能となる。さらに、設計・施工段階においても、工事のサプライチェーンに関係する専門家が参画し知恵を出し合えば、現場の生産性に優れた建設システムを実現することも可能となる。サイバー空間で時系列に構築される構築物に多様な関係者の意見や知恵を取り込み、より価値の高いインフラ施設とその設計・施工システムを創造し、これを実際に現場で実現する新しい建設生産システムである。

この新しい建設生産システムを実現するためには、必要なデータや情報を収集分析し、サイバー空間に構築物を構築し、関係者間の意思決定に必要な情報を提供できる技術者と多様な意見を調整し、事業全体を推進することのできるマネージャーが必要である。また、インフラ施設を整備するために必要なこれまでの行政手続き、各種基準（標準）類や行政側の体制を新しい建設生産システムを実現するために見直す必要がある。さらに、事業に参画し様々な知恵やサービスを提供する多様な専門家に対して、それぞれの貢献の程度に見合う対価を適正に支払う方法と技術が発展するメカニズムを考える必要がある。

情報通信技術のイノベーションを取り込み、技術者の創造力を活かした価値の高いインフラを提供する新たな建設生産システム構築のためのチャレンジに期待したい。

行政情報

i-Construction ICT 土工の全面展開に向けた
技術基準の紹介

近 藤 弘 嗣

生産年齢人口減少があらゆる業種において問題となっている中で、国土交通省は建設現場の生産性向上と魅力ある建設現場創出による入職促進等をターゲットとして i-Construction という施策を打ち出した。その理念については以前 5 月号において紹介させていただいたところであるが、本稿では、トップランナー施策として進めている「ICT の全面的な活用 (ICT 土工)」を直轄工事で実現するために、本年 3 月末に発出した主な技術基準類と発注方針について紹介する。

キーワード：i-Construction, 情報化施工, UAV, レーザースキャナ, 出来形管理

1. はじめに

国土交通省が打ち出した i-Construction では、「土工等の建設現場の生産性向上」、「限られた人材の有効活用」を解決するトップランナー施策として、「ICT の全面的な活用 (ICT 土工)」、「全体最適の導入 (コンクリート工の規格の標準化等)」、及び「施工時期の平準化」を位置づけている。このうち土工への ICT 全面的な活用を実現するために直ちに取り組む措置として、国土交通省が定めていた基準類の改訂や新基準の策定を 28 年 3 月末に実施し、4 月以降の工事で適用できるように措置した。

本稿では、「ICT 土工」を直轄工事で実現するための「ICT 活用工事」の発注方針と主な技術基準について紹介する。

2. ICT 活用工事の流れ

(1) 「ICT の全面的な活用 (ICT 土工)」の概要

「ICT の全面的な活用 (ICT 土工)」のトップランナー施策としての対応として、4 月から直轄の土工工事において「ICT 活用工事」の公告が始まった。その核となる考え方は、3 次元起工測量、3 次元設計データ作成、ICT 施工、3 次元出来形管理及び 3 次元データでの納品を行うというものである (図-1)。

(2) 15 基準について

ICT 活用工事の実施にあたり、表-1 の 15 の基準類を昨年度末に発出したところである。

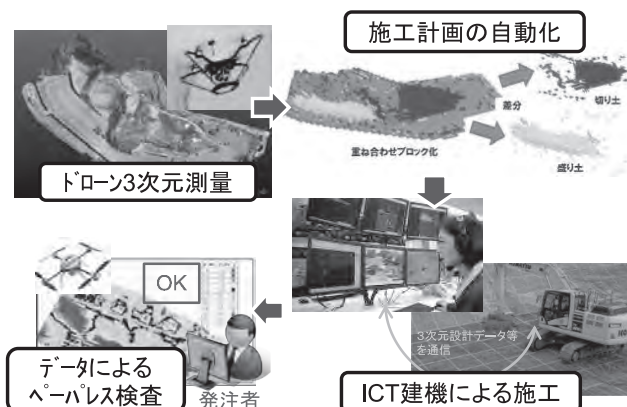
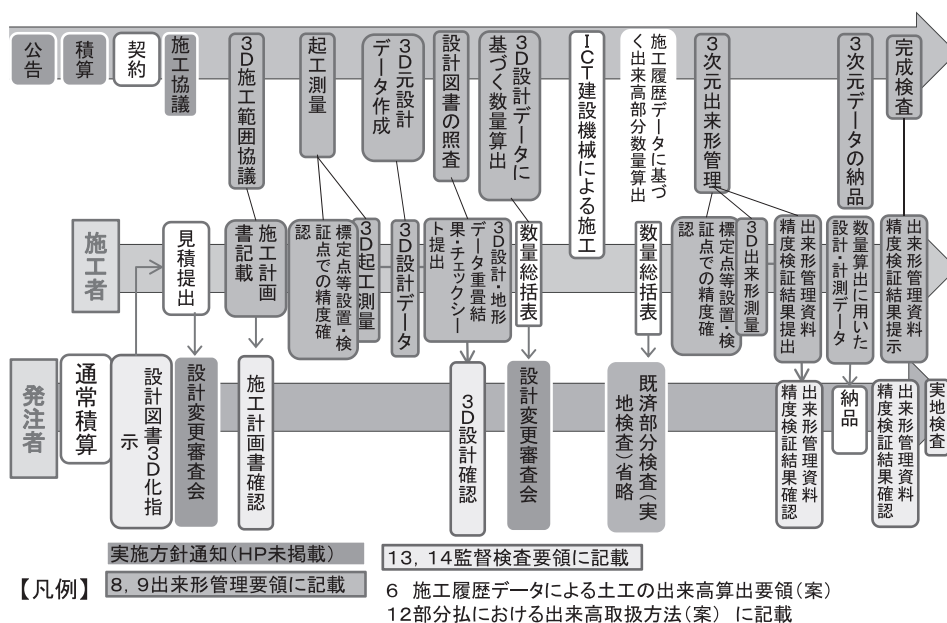


図-1 ICT 全面的活用のイメージ

表-1 15 の新基準とその適用場面について

	名称	適用場面・概要
測量設計	1 UAVを用いた公共測量マニュアル(案)	・路線測量等、詳細設計の横断図に供する公共測量(発注仕様として) ・工事測量(参考文献として)
	2 電子納品要領(工事及び設計)	・フォルダ構成変更、大容量メディア追加
	3-1 LandXML1.2に準拠した3次元設計データ交換標準V1.0	・CADソフトベンダー向け
施工管理	3-2 3次元設計データ交換標準運用ガイドライン	・詳細設計での3次元設計(発注仕様として) ・工事での3次元設計データ作成(参考文献)
	5 土木工事施工管理基準(案)(出来形管理基準及び規格値)	・3次元出来形データによる面管理を自主管理、発注者の監督・検査に適用する場合
	6-1 土木工事数量算出要領(案)	・3次元CADの面データの差分による数量算出をICT活用工事や3次元設計で適用する場合 ・部分私における出来高取扱方法(案)に基づく、重機の稼働履歴を用いた具体的な対応
	6-2 施工履歴データによる土工の出来高算出要領(案)	・3次元出来形データによる面管理を適用する場合に発注者に提出する「出来形管理資料」
	7 出来形合否判定総括表	・起工測量～納品までのICT活用工事の受注者の対応の一切を記載した内容(UAV、レーザースキャナの技術別に記載)
検査	8 空中写真測量(無人航空機)を用いた出来形管理要領	・下位通知である「出来形管理の監督・検査要領」改正を受けた技術的修正
	9 レーザースキャナを用いた出来形管理要領	・出来高部分払い方式において、既済部分検査のみの場合の実地検査を省略し、簡便な方法で数量の確認を受ける場合に適用
	10 地方整備局土木工事検査技術基準(案)	・監督職員の確認行為、検査職員の検査内容等ICT活用工事の対応を記載した内容
	11 既済部分検査技術基準(案)及び同解説	・出来形管理図表の変更に伴う、出来高の算出方法の変更
	12 部分私における出来高取扱方法(案)	
	13 空中写真測量(無人航空機)を用いた出来形管理の監督・検査要領	
	14 レーザースキャナを用いた出来形管理の監督・検査要領	
	15 工事成績評定要領の運用について	

このうち ICT 活用工事の起工測量から完成検査までの流れ (図-2) において特に重要な基準類は、出来形管理要領及び監督・検査要領である。次章以降に詳説する。



図一 2 起工測量から完成検査までの流れと基準類の関係性

3. UAV 空中写真測量による出来形管理のルール

「空中写真測量（無人航空機）を用いた出来形管理要領（土工編）」で規定される出来形管理の手順について紹介したい。（正確な情報は <http://www.mlit.go.jp/common/001124402.pdf> を参照されたい。）

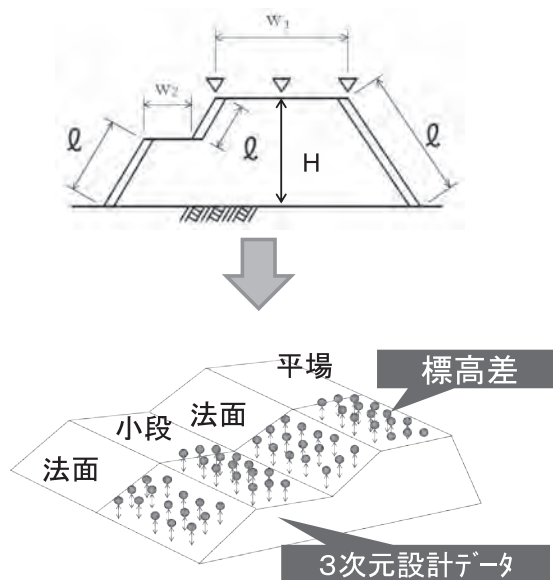
(1) 出来形管理基準について

起工測量から検査までの受発注者間のやりとりを3次元データで行うにあたり、最も画期的な概念は、出来形管理における「面管理」の導入である。これは、ドローン等で計測される点群データにより施工の良否を評価する考え方として、計測点と3次元データの標高較差について規格値を定めるものである（図一3）。これは、多量に点を取得する計測方法であるレーザースキャナや写真測量では、個々の点の計測位置を指定することはほぼ不可能であることから、こうした機材を導入するためには必要不可欠な管理概念である。

この面管理について、道路土工、河川土工の掘削工、盛土工（路床・路体盛土工）の出来形管理基準に追加した。詳細は（表一2）のとおりである。

(2) 3D 施工範囲の協議

出来形管理要領によれば、ICT 活用工事において必ずしも工事契約上の施工範囲全てにおいて面管理を求めるわけではない。例えば、そもそも ICT 施工がなじまない硬岩掘削（おそらくダイナマイトが利用される）や、光学的機器での測定が物理的に困難な水中部においては、適用範囲から除き、従前の管理方法を



図一 3 面管理の概念図

表一 2 出来形管理基準

工種	測定箇所	測定項目	規格値(mm)		測定箇所
			平均値	個々の計測値	
河川盛土	天端	標高較差	-50	-150	
	4割<法面勾配	標高較差	-50	-170	
	4割≧法面勾配	標高較差	-60	-170	
掘削工	平場	標高較差	±50	±150	
	法面(小段含む)	水平or標高較差	±70	±160	
路体盛土工 路盛土 路床土工	天端	標高較差	±50	±150	
	法面(小段含む)	標高較差	±80	±190	

取るべきであろう。こういった現場条件に応じて ICT 活用を実施するのに適切な範囲を、あらかじめ協議することが規定されている。

(3) 施工計画書記載事項

起工測量等の計測に入る前に、機材等の性能等の確認、精度確認結果の確認を発注者から受ける必要がある。そのため施工計画書に確認を受けるべき事項を記載するが、主要な内容は以下のとおりである。

① 3D 施工範囲の記載

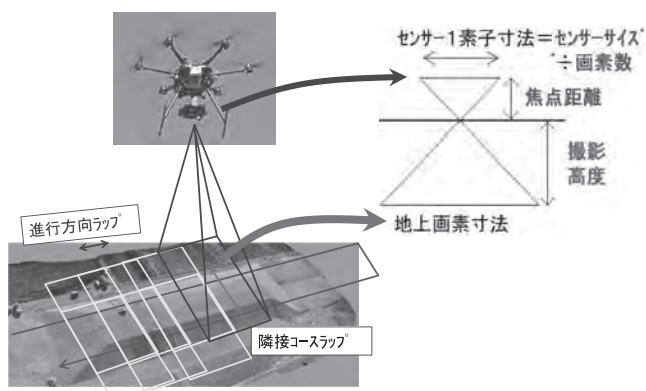
② 使用機材のカタログ・ソフトウェア仕様書等の提出

③ (UAV の場合) 飛行計画の提出

特に以下の点について言及を必要とする。

- ・所定のラップ率 (図—4)、地上画素寸法が確保できる飛行経路及び飛行高度の算出結果

地上画素寸法 (1 cm/ 画素以下) を確保出来る対地高度であることを、使用するカメラの素子寸法及び画面距離から求めて、整理する (図—4)。



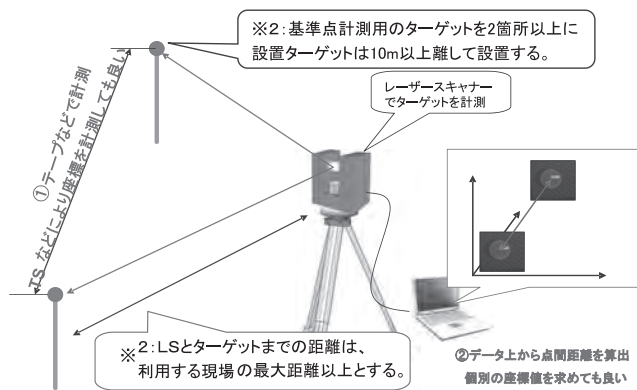
図—4 ラップ率・地上画素寸法について

- ・標定点、検証点の外観及び設置位置、標定点位置の測定方法を示した設置計画

標定点等の設置間隔についての規定があり、それを満たしていることを図面等により示す。標定点等の設置方法としては、TS等の4級基準点測量・3級水準点測量として利用される計測手法で計測の上設置する。

④ (LS の場合) 精度確認結果報告書

発注者として計測精度を確認する方法として、UAVの場合は、撮影の都度確認することになるが、LS (レーザースキャナ) の場合は、現地で利用する最も厳しい条件下 (最も遠い距離) での事前確認が認められているため、その精度確認結果を提出する。なお、やり方としては、TS等の4級基準点測量・3級



図—5 LSにおける事前精度確認のイメージ

水準点測量として利用される計測手法で計測された2既知点間の距離が、真値と比べて $\pm 20 \text{ mm}$ 以内に収まっていることの確認を行う (図—5)。

(4) 起工測量等活用場面別の要求精度

起工測量をはじめとして、本要領ではいくつかの計測場面について、それぞれ規定が設けられており、計測結果に対する要求精度について、表—3のとおり差を設けている。起工測量の場合は、数量算出に用いるので、中央の「数量計測」にあたる。なお、ハッチングをかけているところは、UAV 地形測量マニュアルから借用したので正確なところはそちらを参照されたい。

表—3 フェーズごとの要求精度

	出来形計測	数量計測	部分払い数量計測
要求精度	$\pm 50 \text{ mm}$	$\pm 100 \text{ mm}$	$\pm 200 \text{ mm}$
地上画素寸法	1 cm	2 cm	2 cm
点密度	10 cm メッシュ以下	50 cm メッシュ以下	50 cm メッシュ以下
標定点密度	外縁 100 m 以内 天端上 200 m 以内	外縁 100 m 以内 天端上 400 m 以内	外縁 200 m 以内 天端上 400 m 以内
検証点密度	天端上 200 m 以内	天端上 400 m 以内	天端上 600 m 以内

(5) 計測

計測については、起工測量も出来形計測資料も要求精度に応じた規定の他は、やることに大差ない。ここでは、UAV による出来形管理の場合の手順を紹介する。

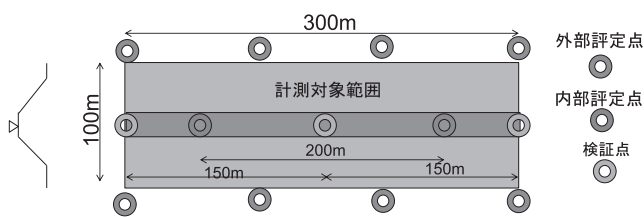
(a) 標定点及び検証点の設置

標定点とは、写真測量から得られた点群データ (相対座標値) に絶対座標を与えるとともに、誤差配分によりゆがみを修正するための座標既知点である。UAV マニュアルにおける外部標定点として、計測対象範囲を包括するように撮影区域外縁に 100 m 以内の間隔となるように設置する。内部標定点として天端

上に 200 m 以内の間隔となるようにする。

検証点は、写真測量から得られた点群データの点検用として、モデル生成には利用しないものである。UAV マニュアルにおける外部検証点及び内部検証点として、天端上に 200 m 以内の間隔とするものとし、さらに設置した標定点と交互になるようにすることが望ましい。

以上のことから、標準的なサイトにおいて（図—6）のようなイメージでの設置となるだろう。



図—6 標定点と検証点の設置イメージ

(b) 精度確認

標定点により補正が終わった計測データに写りこんでいる検証点の座標をデータから抽出し、あらかじめ分かっている検証点の座標と各成分（x, y, z）で比較する。これが ± 50 mm 以内であることを確認したら、精度確認結果報告書として取りまとめ、納品物として整理する。50 mm から外れていたなら、ひとつ前のステップに戻っていくものとする。

(6) 3次元設計データ作成

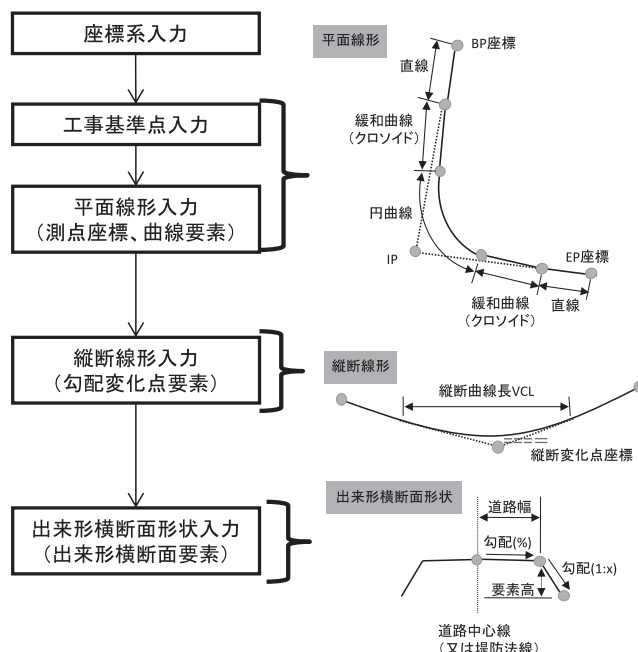
(a) 要素データ作成

平面線形を一意に定める構成要素である測点座標や曲線要素（クロソイド開始測点、クロソイド長、曲線半径等）、縦断線形を一意に定める勾配変化点要素である、勾配変化点測点や縦断曲線長を順次入力する。これにより、道路中心線等の線形構造物の中心線形が定義できる。

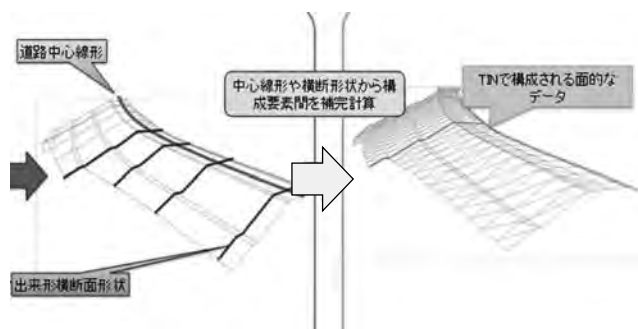
次に、管理断面となる測点上の横断面形状を一意に定める格子要素として、道路幅、横断勾配、法面勾配値（1:x の x）、比高（法肩と法尻の標高差）を順次入力する。これにより、管理断面の横断面形状が定義出来るので、各管理断面に同様の処理を行う（図—7）。

(b) 面データ作成

面管理を行うには、設計図も面データである必要がある。面データは、表面形状を多くの3次元座標の変化点標高データで補完する代表的なデータ構造である、TIN（Triangular Irregular Network）データとして生成する。TIN は表面形状の多くの変化点を3次元上の直線でつないで三角形を構築したものであ



図—7 要素データ作成のイメージ



図—8 要素データから面データの作成

る。

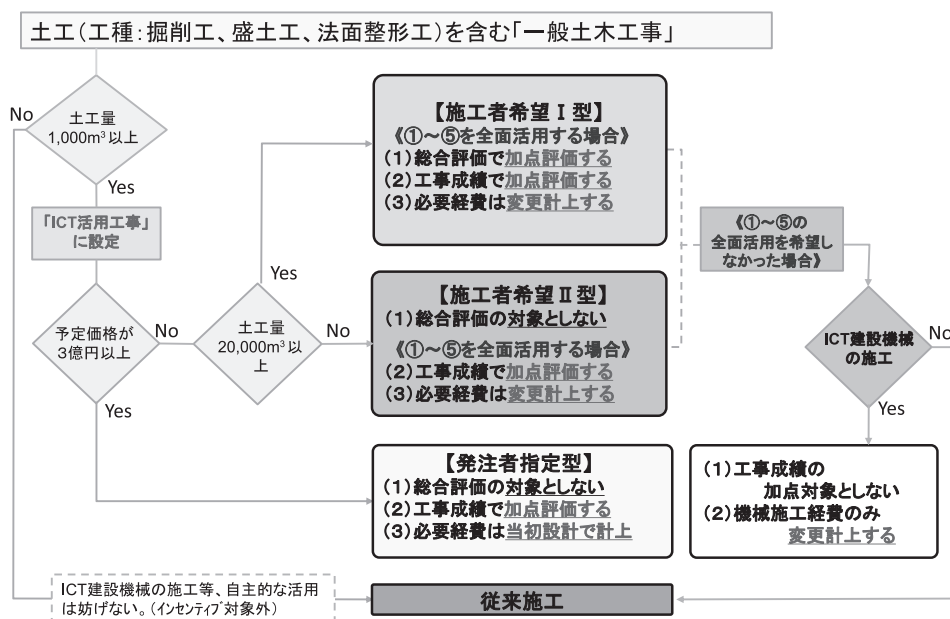
通常、面データについては、要素データを基に、ソフトウェア上で横断面形状を中心線形に沿って補完計算させることで構築することが出来る（図—8）。

要素データと面データを合わせたものを3次元設計データと本要領では呼んでいる。このデータは出来形の面管理の他、面的な数量算出にも利用される。

(7) 出来形評価

(a) 出来形計測データから出来形評価データの生成

出来形計測データが 10 cm メッシュより細かい点群である一方で、出来形評価は 1 点 / 1 m² 以上担保されていればよいので、これを間引く作業を行う。また、法肩、法尻から水平方向に ± 5 cm 以内に存在する計測点は、標高較差の評価から除く。同様に、標高方向に ± 5 cm 以内にある計測点は水平較差の評価から除く（図—9）。



図— 11 ICT 活用工事発注フロー (関東地整例)

を「工事完成図書の電子納品等要領」で定める「ICON」フォルダに格納することとされている。この時の命名規則は(表— 4)のとおりである。

4. ICT 活用工事の実施方針について

直轄事業での ICT 活用工事については、各地方整備局により若干の違いがあるが、一般土木工事で土工量 1000 m³ 以上の発注案件で、公告文等に ICT 活用工事である旨記載することとなる。積算の仕方及びインセンティブの措置の仕方により、

- ・発注者指定型

ICT 活用した場合には工事成績での加点
当初発注より ICT 積算基準適用

- ・施工者希望Ⅰ型

ICT 活用について入札時に評価
ICT 活用した場合には工事成績での加点
変更により ICT 積算基準適用

- ・施工者希望Ⅱ型

ICT 活用した場合には工事成績での加点
変更により ICT 積算基準適用

の 3 パターンでの発注となる (図— 11)

ICT 活用の定義としては、

- ① 3 次元起工測量
- ② 3 次元設計データ作成

③ ICT 建機による施工 (3DMG / MC)

④ 3 次元出来形管理等の施工管理

⑤ 3 次元データの納品

のすべてを行うことが原則であるが、図— 11 の通り、③のみであっても工事成績加点のインセンティブはないものの、ICT 活用工事として扱われる。

5. おわりに

ICT 活用工事に備えた 15 基準については、これまで建設工事に利用されることのなかった技術や手法を示したものであるため、今後活用が進むにつれて様々な不具合も想定される。より良いものとするために毎年見直しを図る所存であるが、そのためにも出来るだけ多くの工事件数を重ね、課題を明らかにする必要がある。この意味においても、多くの施工業者の方々に ICT 活用工事にチャレンジしていただきたいと考える。

J C M A

【筆者紹介】

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



IoT で建設現場の生産性向上

ソリューションを一元管理するクラウド型プラットフォーム「KomConnect」

四 家 千佳史

2015年2月1日より開始した「スマートコンストラクション」を構成するソリューションや様々なシステムを一元管理するため、クラウド型のプラットフォーム「KomConnect」を用意した。施工に関するデータを一元管理することにより、管理すべきデータのシステムからシステムへの受け渡しがスムーズになるだけでなく、セキュリティ向上、ヒューマンエラー防止・軽減にもつながる。

キーワード：土工、ICT 油圧ショベル、ICT ブルドーザー、IT、見える化

1. はじめに

ICT を活用した建機等で建設現場の人手不足解消と生産性向上を目的に、2015年2月1日より新しいサービス「スマートコンストラクション」の提供を開始した。「スマートコンストラクション」(以下「本サービス」という)とは、その名の通り“スマート”な建設現場を実現するためのサービスである。

本サービスは、ICT 建機を現場に提供するだけではなく、ICT 建機的能力を最大限に活かすために、建設現場の作業工程毎に ICT を駆使して現場をサポートするソリューションを提供し、さらに、顧客に提供するソリューションを一元管理するシステムとし

て、クラウド型プラットフォーム「KomConnect」(以下「本プラットフォーム」という)を用意した。

以下に本プラットフォームに用意した機能を紹介する。

2. 本サービスで提供するソリューション

本サービスには、大きく分けて6つのコンテンツがある(図-1)。

①高精度の現況測量

施工前の現況をドローン(無人ヘリ)や3D レーザースキャナを利用することで正確に把握する。

②施工完成図面の3次元化

施工図面から ICT 建機で使用する3次元データを

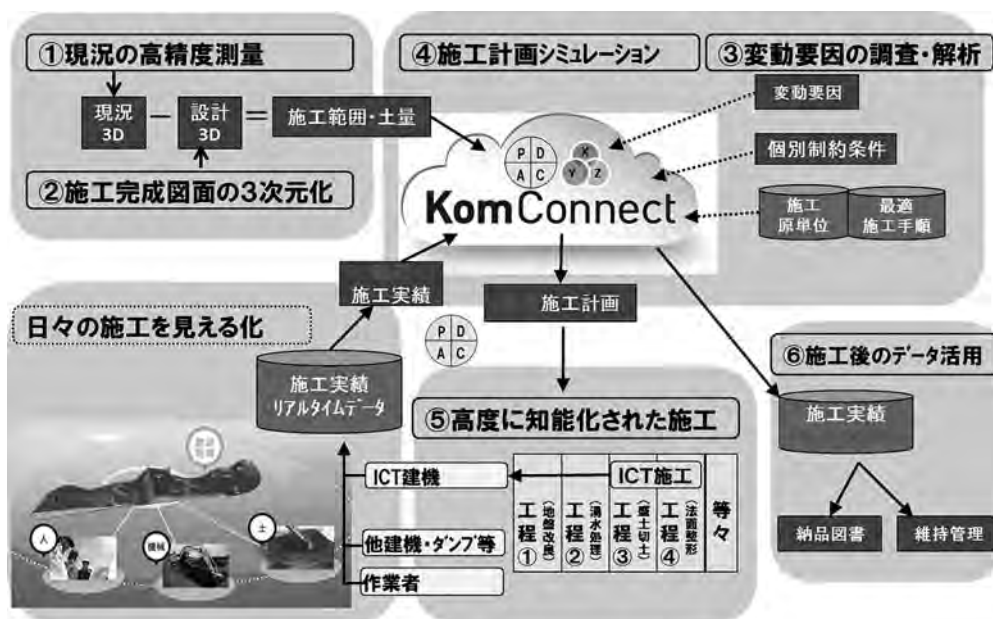


図-1 本サービスの俯瞰図

作成する。また、現況測量の結果と比較することで正確な施工土量を算出する。

③変動要因の調査・解析

土質や埋設物など、施工に影響する要因を調査・解析をすることで、変動要因による施工への影響を最小限にとどめる。

④施工計画シミュレーション

様々な施工パターンをシミュレーションすることにより、現場に応じた複数の施工計画を比較・評価することができる。

⑤高度に知能化された施工

ICT 建機のマシンコントロール技術で高精度・高効率な施工を実現する。

⑥日々の施工の見える化

ICT 建機の日々の施工実績をリアルタイムに管理し、施工の出来高・出来形が見える化する。

これらのコンテンツを提供するための核となるのが、クラウド型の本プラットフォームである。

本プラットフォームは工事に関わる、全ての人、建機、土までも ICT で有機的に繋げ、現場の施工の始まりから終わりまでを全てデータにより一元的に管理することで、施工現場の IoT 化を実現させるものである。

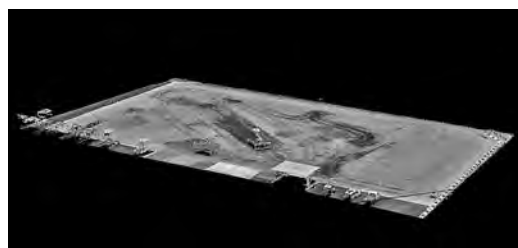
3. クラウド型プラットフォーム

本プラットフォームは、現場に関わる全ての人々が利用でき、パソコン、スマートフォン、タブレットなど様々な端末で利用可能な Web システムであり、いつでも、どこでも素早く現場の情報を確認することができる。インターフェイスは、視覚的で直感的な操作性を追求し、誰でも簡単に操作できるように設計している（図—2）。

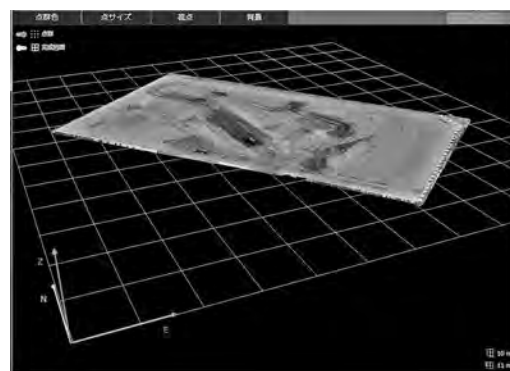
以下に本プラットフォームに搭載しているシステムを紹介する。

(1) 現況測量結果の 3 次元データ化

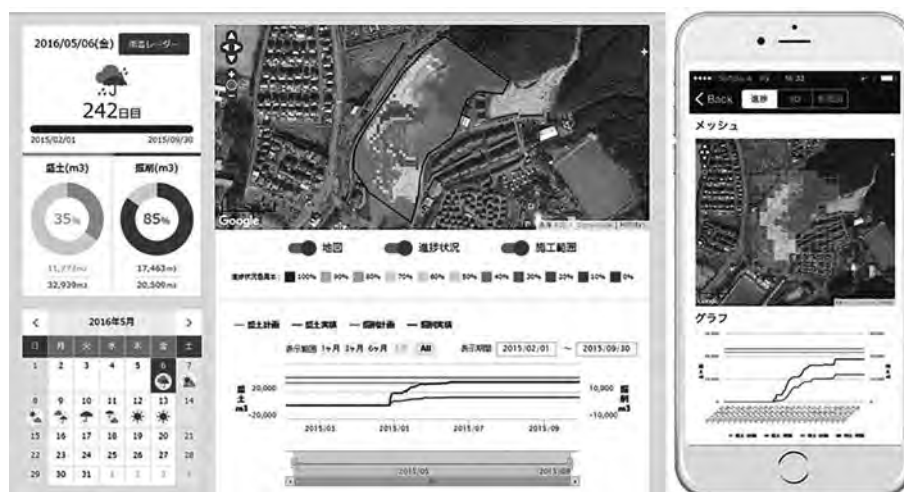
本プラットフォームのシステムを用いることにより、ドローン（無人航空機）や 3D レーザースキャナで測量した結果を 3 次元の点群データへ変換し、土量計算に不要となる樹木や人工物を自動的にフィルタリングして施工箇所の現況面のみを表現する点群データを作成することが可能である（図—3、4）。図—3 から建機と建屋が消去された 3 次元点群データを図—4 に示す。機種異なるドローンによる測量結果に対しても同様の処理が可能である。



図—3 フィルタリング前の 3 次元点群データ



図—4 フィルタリング後の 3 次元点群データ

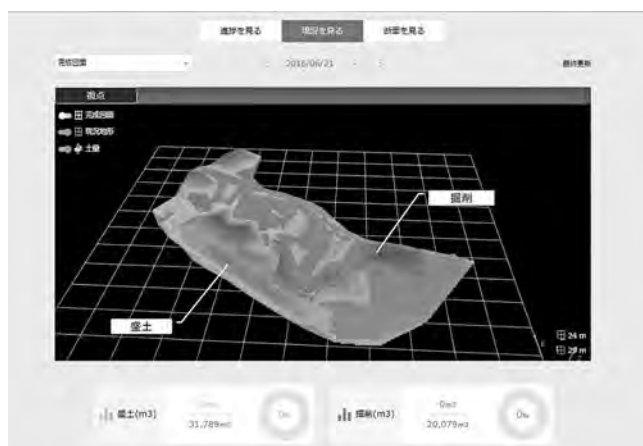


図—2 クラウド型プラットフォーム

(2) 施工完成図面の3次元データ化

本プラットフォームのシステム上で、顧客から預かった施工計画図面（CAD データなど）から「施工完成図面の3次元データ」を作成し、CAD ソフトを介せず閲覧することが可能である。施工計画図面のCADデータのフォーマットは、どの形式でも構わず、本プラットフォームのシステム上で変換され、ICT 建機の施工データに加工される。本プラットフォーム上で生成された建機用の施工データは、クラウド上からICT 建機へ転送することが可能である。よって、建設現場にて、突然発生した現場合合せな設計変更などは、顧客現場をサポートするために開設したサポートセンターが、すぐさま最新の施工データへ変更し、データを建機へ転送することができる。

また、現況測量結果の3次元データとの差分から施工土量も自動に計算され、掘削箇所、盛土箇所で色分け表示される（図—5）。



図—5 施工土量表示結果

(3) 地盤情報などの事前提供

施工現場には天候や土質、地下埋設物など様々な不確定な変動要因があり、工事の遅延や施工方法の変更等に影響を与える。これら工事に影響を与える不確定な変動要因を事前に把握できるよう本プラットフォーム上に機能を追加していく。

現在、ゲリラ豪雨対策として、雨雲の動きが観れる機能をダッシュボード内に付加している。

さらに、今回、他社との協業で、事前に既往資料より施工現場の地盤リスクを顧客に提供するサービスを開始する（図—6）。地盤リスクを想定した施工計画やプロポーザル書類の作成に役立つ。

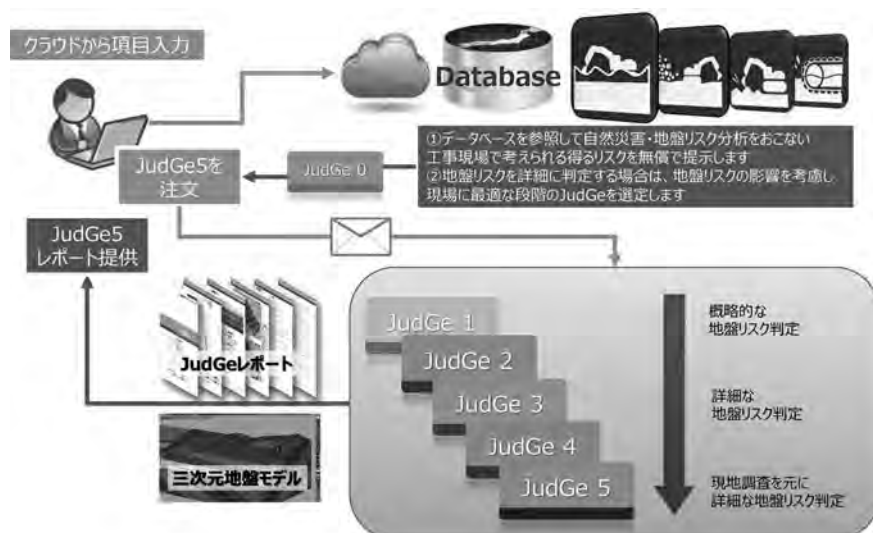
(4) 施工計画シミュレーション

正確な施工土量が算出された後は、「施工計画シミュレーション」による計画の立案を行う。この「施工計画シミュレーション」の機能は、工場生産で培ってきた生産技術のノウハウを活かし、現場の生産性を最大限発揮できるように様々なケースのシミュレーションを繰り返し、現場の状況に応じた最適な使用機種・建機の台数、工期、コストなどの計算を行い、その結果を基に建機の組合せ・工期・コストをグラフ化することで、複数パターンの施工計画を提供する。この結果から、任意の施工計画を選択することで簡単に工程表を作成することも可能である（図—7）。

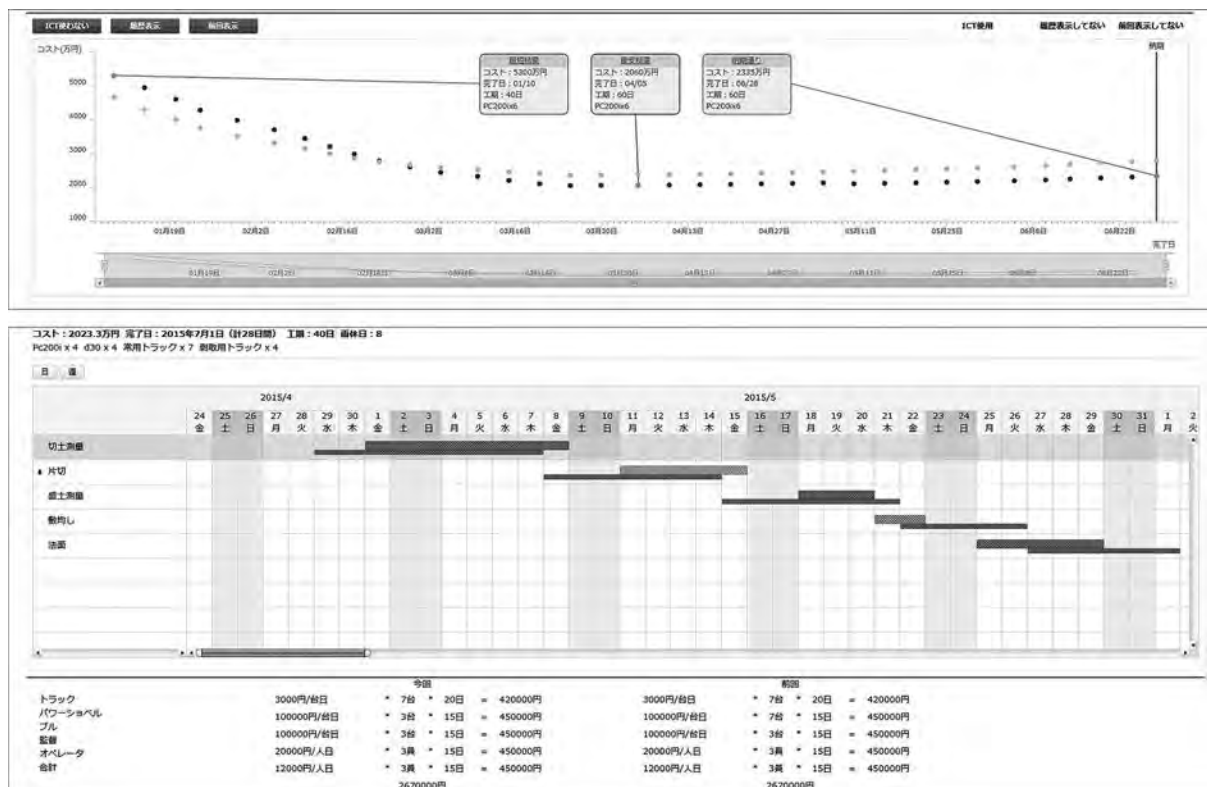
さらには、施工の進捗に伴い、再度「施工計画シミュレーション」を実施することで施工計画の見直しを行うことも可能である。

(5) ICT 建機の管理

本サービスの核となる ICT 建機も本プラットフォーム



図—6 地盤リスク情報レポートサービス概要



図一七 施工シミュレーション結果 (イメージ)

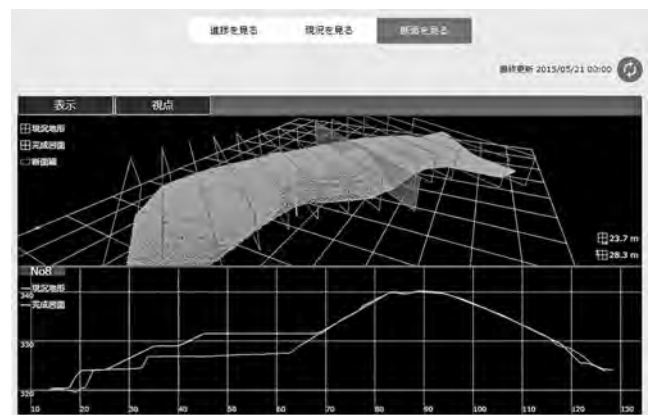
ム上のシステムで遠隔に管理できる。

ICT建機を投入する現場とのデータの紐付けや、施工データの建機への転送などをプラットフォーム上から行うことができる。

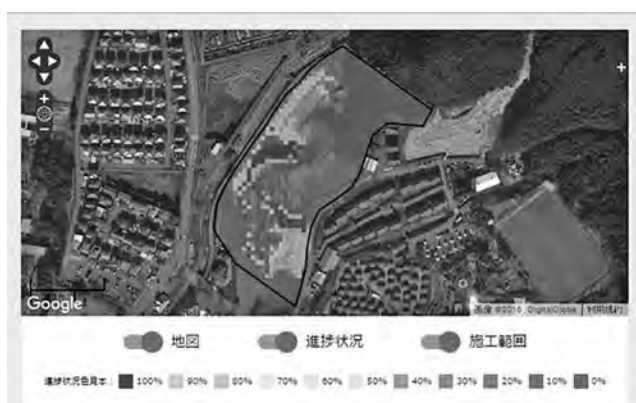
(6) 日々の施工の見える化

ICT建機の稼働データはリアルタイムに本プラットフォームのシステムに転送され、日々の施工の進捗状況に反映される。

日々の施工の進捗状況は、地図上への進捗状況のカラーマップ表示(図一八)、3次元での表示や断面形状表示(図一九)で確認することができる。また、1日の施工土量は表となって表示される。これら全ての



図一九 進捗の断面表示



図一八 進捗の平面表示

データは、本プラットフォーム上に3次元データとして蓄積され、自由にダウンロードができ、半永久的に管理保存される。災害が発生した場合などには、被災した現況を測量し、施工完了時のデータと照合することで、復旧すべき範囲を即座に確認することができる。

(7) プラットフォーム上のデータの管理

1つの建設現場に様々なデータファイルが存在する。これらを管理するため、セキュリティ対策を万全に行っている。

外部からの不正アクセス対策はもとより、情報漏えい対策も行っている。

ダウンロード可能なファイルについては、証明を付

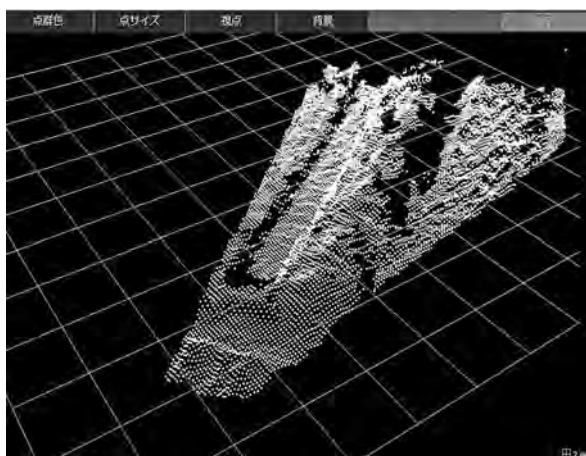


図—10 証明付ファイルのダウンロード

与した形でダウンロードでき、データの信頼性を保証できる（図—10）。

（8）ステレオカメラ撮影結果からの3次元データ化

車体の位置情報を有するICT油圧ショベルはステレオカメラを搭載しており、ステレオカメラで車体周辺の地形を撮影することで、撮影データが撮影後数分でプラットフォームに自動転送され、10 cm メッシュの3次元点群データとして、現況の3次元地形データに重ね合せることができる（図—11）。これにより、ICT建機以外で施工した箇所、メーカーの異なる建機が施工した箇所まで、現場内の全ての施工履歴の3次元データ化が可能である。



図—11 ステレオカメラからの3次元点群データ生成

ステレオカメラの撮影からデータの転送、写真管理、3次元点群データ生成、現況データへの反映までを本プラットフォームにシステムとして有する。

（9）位置情報管理

現場のリソース（人・モノ・建機）の日々の作業実績や地図上での現場内位置を確認することができる。

建機に搭載されている建機稼働確認システムやスマートフォンの位置情報などを本プラットフォーム上の



図—12 位置情報管理

システムに表示させることが可能である（図—12）。

（10）転圧管理

他社との協業にて、本プラットフォーム上で、日々の転圧作業の状況を確認でき、締固め回数分布図などの帳票を出力することも可能である。

（11）Web 看板

外部向けの工事情報公開用の広報サイトを簡単に作成することができ、工事日誌を登録することで簡単に工事の情報を近隣住民に公開することができる。

4. おわりに

本サービスを構成するソリューションの管理値等は、本年度より始まった国交省の「i-Construction」に準拠しており、さらに、現場の生産性を向上させるため、今後も、建機の性能向上およびシステムの高精度化、充実化を図っていく。

プラットフォーム化することにより、様々なシステムが一元管理でき、データのやり取りもスムーズに行え、メディアなどを介すこともなくなり、結果、セキュリティも向上し、データを取り違えるなどといったヒューマンエラーなども軽減できる。

J C M A

【筆者紹介】

四家 千佳史（しけ ちかし）

コマツ

執行役員 スマートコンストラクション推進本部長



ドローンを用いた空撮測量の実工事への適用

加 藤 康 生・松 永 たかこ

大規模造成工事などの土工事では、施工計画や施工管理等で、地形測量が非常に重要である。しかしながら、これまでは光波測量や GNSS 測量が一般的で、時間やコスト、安全性等で種々の制約があった。

本報文では、ドローンを用いた空撮測量の精度検証を行い、大規模造成工事の施工管理に初めて適用し、高い効果が確認できたので、その内容について報告する。

キーワード：土工事，施工管理，空撮測量，ドローン，地形測量，i-Construction

1. はじめに

少子高齢化が進み建設業においても熟練工の不足や次世代の担い手不足が深刻化してきている。さらに、土工事ではこの約 30 年間に於ける生産性の向上は僅かであった。このような状況の中、国土交通省は「i-Construction」への取組み・推進を決め、土工事における生産性向上に向けた対策が本格的に始動した。

ドローンを使った空撮測量もそのうちの一つであり、その効果が大いに期待されている。

今回、ドローンを用いた空撮測量（写真—1）の精度向上と実工事への適用を図り、高い効果が確認できたので、その概要と効果について報告する。



写真—1 空撮実施状況

計画が策定され、切土・盛土の土量配分が決められている。

この土配計画策定に使用される「土量変化率」は事前の地質調査結果や、過去の施工実績等に基づいて設定されるが、刻々と変わる土質条件や施工条件により、計画通りに行かず、土配計画に差異を生ずることが多い。しかも、大規模造成工事では、大型重機を多数使用するので（写真—2）、日当り作業量が数千 m^3 ～数万 m^3 となる。したがって、この差異を放置したまま施工を続けると、工事終盤になって、数万 m^3 という大量の過不足が生じ、工事の大幅な計画変更や手戻りが発生することになる。



写真—2 大型重機稼働状況

2. 大規模造成工事における施工管理

(1) 進捗管理

大規模造成工事においては、計画・設計段階で土配

そのため、施工途中での進捗管理では、対象範囲の地形測量を行うことで、当初の土配計画と実施状況との差異を早期に把握し、妥当性確認や将来予測に活用している。さらに、必要であれば造成形状の変更も含め、計画変更等の対策を講じることになる。

このように、大規模造成工事における進捗管理は、



写真一3 光波測量とGNSS測量



工事の成否を決める重要な管理ポイントと言える。

(2) 従来の現地測量方法

従来の現地地形測量は一般的に下記の方法で行っている。

- (a) 光波測量機，GNSS 測量機（写真一3）による地形測量

最も一般的な方法で，人が測量機器を持ち，対象範囲内を歩いて，地形変化点を計測するものである。したがって，測量範囲が広がる程，作業に膨大な時間を要する。また大型重機が稼働している場合には，安全性を考慮して測量作業は不可となる。また，地形変化点は測量者の判断によるため，誤差も大きくなる。

- (b) 3D レーザースキャナーによる地形測量（写真一4）

高精度な測量と3次元データの取得が可能のため，近年普及が進んでいる。離れた場所から高精度な地形測量が可能だが，地形の起伏や重機等により死角となる場所のデータは取得できないため，測量機械の盛替えが必要となる。また，光波測量機と比べてまだまだ高価である。



写真一4 3D レーザースキャナー

3. ドローン空撮測量

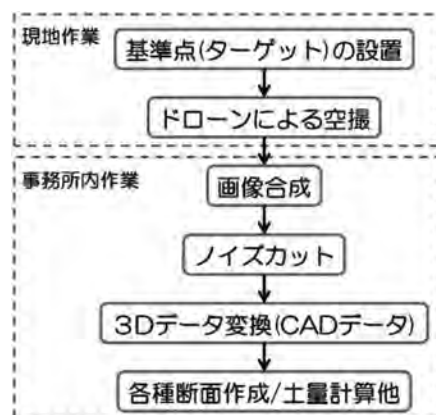
(1) ドローン空撮測量の特徴

上述した従来の測量方法に対し，ドローン空撮測量は下記の特徴がある。

- ①稼働重機を止める必要がない。
- ②短時間で広範囲の撮影（測量）が可能である。
- ③遠隔操作のため，重機との離隔が確保でき安全である。
- ④モニターを見ながらの作業のため，撮影漏れがない。

(2) 作業フロー

ドローン空撮測量の作業フローを図一1に示す。図中の「基準点（ターゲット）の設置」は，事前準備作業であり，最初に1回設置すれば，基本的には2回目以降は不要な作業である。事務所内作業は空撮した写真を基にパソコン上で行う作業である。



図一1 作業フロー

(3) 測量精度

ドローン空撮測量を実工事に適用可能なレベルまで精度を向上させるため，種々の検討を行った。

表—1に示す項目が、空撮測量の精度に影響するパラメーターである。これらを様々なパターンで組合せて精度比較を行い、最適化を図った。

表—1 空撮測量の精度に影響するパラメーター

分野	項目	要因
ハード面	カメラ	レンズ焦点距離、解像度
	ドローン本体	カメラ搭載能力
ソフト面	合成・変換ソフト	写真合成、データ変換
運用面	基準点	配置、間隔
	撮影方法	飛行高度、速度、撮影間隔（写真ラップ率）

(4) 精度の検証

ドローン空撮測量を実際に適用する前に、各測量方法の精度を比較し検証を行った。検証は高精度測量が可能な3Dレーザースキャナーを基準として、ドローン空撮測量と光波測量の差異を比較して行った。

(a) 3Dレーザースキャナーと空撮測量

どちらも、3次元データを持った点群（図—2）を取得できるため、同一エリアの測量をそれぞれの方法で行い、エリア内の同一ポイントでの高低差比較を行った。

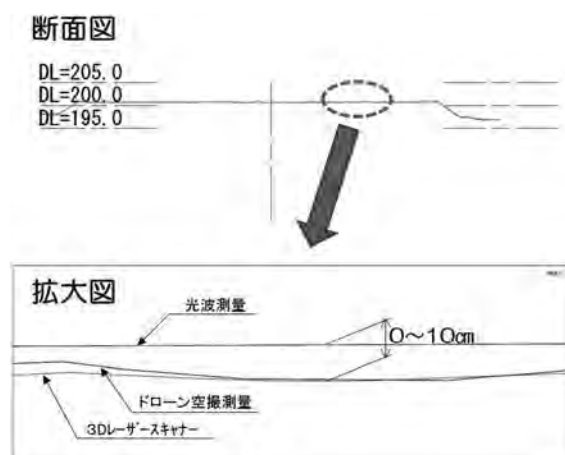
図—3に比較結果を示す。測量範囲内の99.39%が、

高低差 10cm 以内となっていることがわかる。

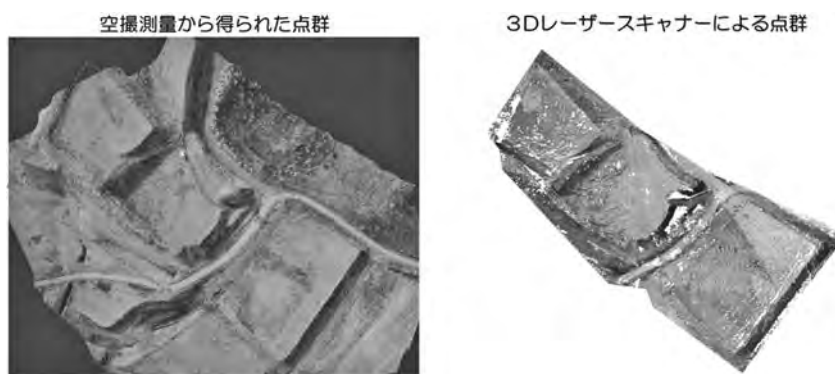
(b) 3Dレーザースキャナーと光波測量と空撮測量

光波測量との比較は断面測量（断面図）を用いて、高低差の比較を行った。3Dレーザースキャナーによる測量結果から、同一位置の断面図を作成し、各点での高低差を比較した。さらに、ドローン空撮測量による同一位置の断面図についても比較を行った。

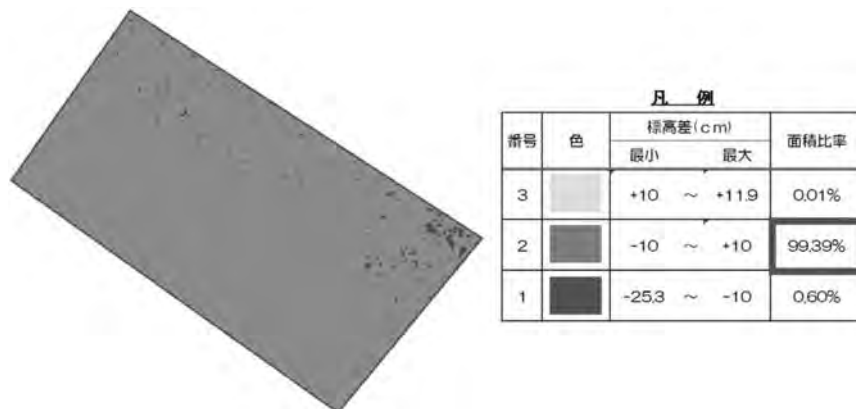
図—4に重ねた断面図を示す。光波測量よりもドローン空撮測量のほうが3Dレーザースキャナーに近い結果となっていることが分かる。



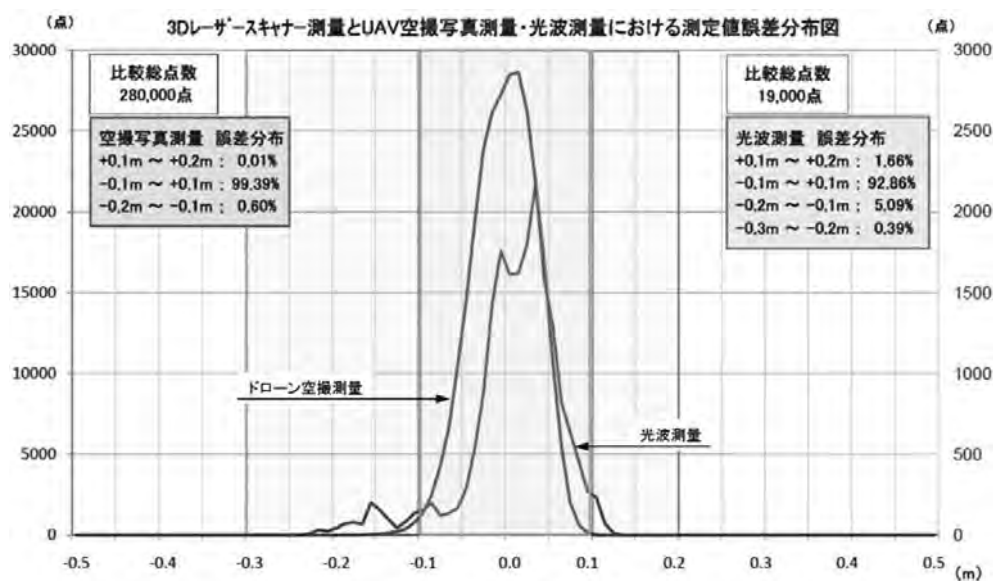
図—4 断面図比較



図—2 点群データ



図—3 高低差比較



図—5 誤差分布グラフ

以上の比較結果をグラフ化したものを図—5に示す。これまで、大規模造成工事の進捗管理には、光波測量が広く使われてきたこと、また精度的には3Dレーザースキャナが最も高精度であることを考えると、ドローン空撮測量は、進捗管理の手段として十分に適用可能と考え、適用に至った。

4. 実工事の施工管理への適用

(1) 適用工事概要

工事場所：関東地区

敷地面積：100万 m^2 以上

土工量：約100万 m^3 （敷地内でバランス）

施工期間：約7か月（土工事）

(2) 本工事の特徴

本工事は、約7か月で100万 m^3 以上の土工事を行うものであり、工期の厳しい工事であった。このため、

重機の稼働率を確保することが非常に重要であり、出来る限り重機を止めない施工管理が求められた。さらに土量のアンバランスによる手戻りや急な計画変更を避けるため、高い精度での進捗管理が必要であった。

一方で、施工範囲が広大なため、従来方法による地形測量を、短時間かつ頻繁に行うことは不可能であった。

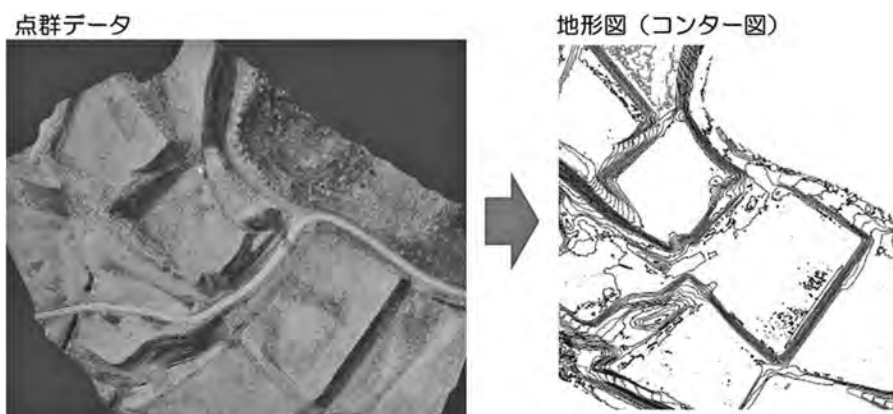
(3) 適用内容

(a) 地形測量

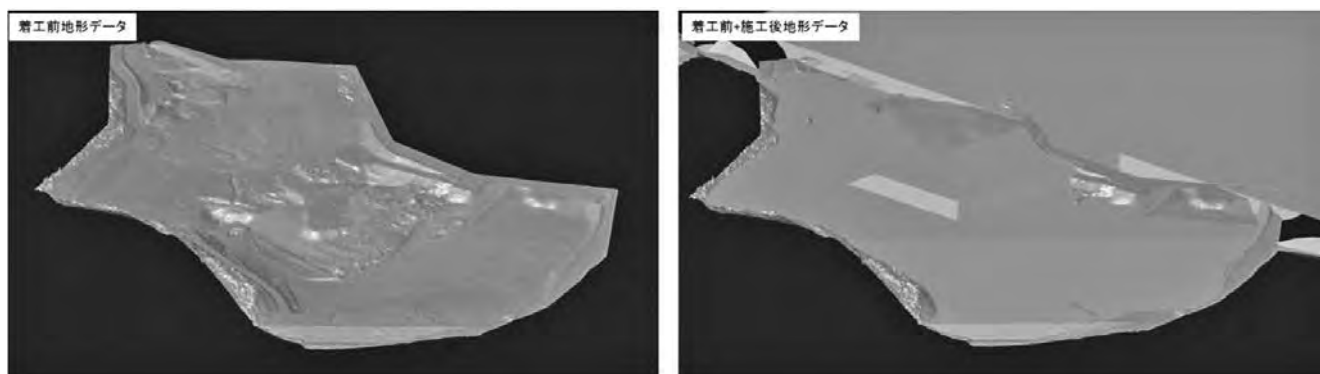
空撮測量から得られた地形図を基に、造成計画の作成や仮設道路計画の作成を行った。地形図は3次元データとなっているため、3D-CADによる作業が可能である（図—6）。

(b) 調整池容量確認

本工事の防災調整池は、元地形利用のため複雑で、しかもその面積は80,000 m^2 以上と非常に広大であった。このため、ドローンによる空撮測量を行い、調整池出来形容量の確認を行った。



図—6 地形図変換



図一七 地形図からの土量計算

(c) 土量計算

重機土工事の進捗管理として、空撮測量から得られた施工途中の地形データと、着工前の地形データを重ね（図一七）、切土量・盛土量の施工済み土量を把握した。また、完成地形データと比較して残施工量を算出することで、最終土量バランスの予測を行い、土配計画の修正を行った。

(4) 実績

本ドローン空撮測量を実工事の施工管理に適用した結果、得られた効果を下記に挙げる。

①空撮から図面作成までに要する時間が短い

表一 2 に従来の測量方法との所要時間と概算費用の比較を示す。表を見てわかるように、大幅に短縮されたことがわかる。

表一 2 従来測量との比較

測量方法	測量面積	測量日数	成果品 作成日数	概算費用 UAV を 1.0 とした場合
ドローン 空撮測量	約 2 ha (平坦)	1 時間	1 人工 (1 日)	1
3D レーザー 測量		1 日	2 人工 (2 日)	4
光波測量		3 日	10 人工 (5 日)	5.6

②光波測量と同等以上の精度

これまでの一般的な光波測量機による地形測量より精度は向上し、3D レーザースキャナーにより近い結果が得られた。

③現場の安全性が向上

現地作業は遠隔操作のため、重機稼働エリアに立ち入ることなく作業ができ、重機との接触リスクがなくなった。

④重機稼働を止める必要がない

上空からの撮影のみなので、重機を止める必要がなく、測量のための工程ロスがなくなった。

以上より、ドローンによる空撮測量は、大規模造成工事の施工管理において、品質・安全・工程上で高い効果を得ることができた。

5. おわりに

今回、ドローン空撮測量を土工事の施工管理に適用し、生産性が非常に向上することが確認できた。今後も改良を進め、測量精度を上げることで、出来形管理他にも展開して行く。またダム現場においては、高精度でかつ樹木等の下部の地形データが得られる、ドローンによるレーザー測量技術を既に適用している。この両測量技術を、目的や要求精度によって適宜使い分け、工期・コスト面での最適化を図っていく予定である。

J C M A

【筆者紹介】

加藤 康生（かとう やすお）
鹿島建設㈱
土木管理本部土木工務部環境緑化造成 Gr
グループ長



松永 たかこ（まつなが たかこ）
鹿島建設㈱
土木管理本部土木技術要素技術開発 Gr
職員



MMS 点群データを活用したインフラマネジメント

InfraDoctor によるスマートインフラマネジメント

永田 佳文・津野 和宏

GIS プラットフォームと三次元点群データを用い、道路・構造物の維持管理業務を支援し、インフラマネジメントの効率および確実性の向上に資するシステムの共同開発を行った。

三次元点群データは、主としてレーザスキャナを搭載した MMS と呼ばれる車両を用いて道路上を走行しながら取得し、同時に全方位動画も収録する。三次元点群データは各計測点が位置情報を有するため、パソコン画面上で寸法や距離の計測が可能である。

MMS によって事前に取得した点群データから、二次元の CAD 図や三次元モデルを半自動的に作成することができる。鉄道や街路等管理者の異なる構造物が輻輳するような個所でも、全体的な図化やモデル化が可能となった事例について紹介する。

キーワード：MMS 点群、維持管理、GIS プラットフォーム、3D モデル作成

1. はじめに

高度成長期時代に作られた構造物の高齢化が進むと同時に、少子高齢化により労働人口減少に伴う技術者不足が大きな社会問題として指摘されている。このような状況において、インフラの維持管理業務の効率化・高度化が求められている。また、2013 年に国土交通省は「社会資本メンテナンス元年」と位置付け、構造物の点検・診断、補修・補強に対して総合的かつ横断的な取組方針を打ち出し、同年 6 月道路法等の一部改正する法律が公布され、道路構造物を適正に管理するために 5 年に 1 度の近接目視による点検が法制化された。その一方で、センサ技術の発展、中でも LiDAR (Light Detection and Ranging) は小型化、低価格化が進み、UAV (Unmanned Aerial Vehicle) 向けや自動運転を目指した一般車両への搭載型も開発されている。ここで取得されるポイントクラウドの利用目的に応じた処理技術が、インフラの維持管理への適用が今後ますます求められている。

MMS (Mobile Mapping System) の開発・導入が始まって 10 年近くが経過し、MMS で取得したポイントクラウドの代表的な活用事例として、道路台帳附图を対象とした地形図作成があるが、そもそもこのデータは直接計測された 3 次元 (3D) かつ高密度なデータであるため、道路及びその周辺空間の基礎的な 3D データとしてさらなる活用が期待されている。そ

こで、道路及び構造物の維持管理支援システムの開発の中で、MMS により取得したポイントクラウドの高度利活用を行った事例を報告する。

2. MMS ポイントクラウド

MMS は交通規制を行うことなく、一般車両と同じ速度で道路を走行しながら搭載されたセンサによりポイントクラウドや全周囲画像等、各種データを収集する。MMS には LiDAR が搭載されており、装置によっては道路から数 100 m 離れた対象物を計測することができる。このため、複雑な構造を持つ都市型道路に適した計測手法といえる。そこで筆者らは、首都高速道路の一部を対象とし、道路構造物の維持管理のための MMS によるポイントクラウドを取得した。

本開発で使用した MMS の仕様を図 1 に示す。



図 1 MMS (Mobile Mapping System)

LiDAR は、計測距離 800 m、ショット数 110 万 / 秒、測定精度は 150 m 離れた場所で 5 mm 程度の性能を持つ。これを車両屋根後部に走行方向に向かってスキャンラインを 45° 傾けた向きで 2 機搭載し、道路空間の計測時の死角をなるべく減らすように配置している。表—1 には、走行速度と測定対象物までの距離に応じたポイントクラウド密度を示す。この車両にて実際に計測したポイントクラウドを、図—2 に示す。道路はもちろん、道路から少し離れた場所にある構造物の形状も取得できていることが確認できる。

表—1 MMS により取得された走行速度とポイントクラウド密度

走行速度 20km/h の場合		走行速度 60km/h の場合	
照射距離 (m)	点密度 (点/m)	照射距離 (m)	点密度 (点/m)
2.5	16,836	2.5	5,646
5	8,418	5	2,823
10	4,592	10	1,540
25	1,804	25	605
50	886	50	297
100	447	100	150
200	223	200	75
400	111	400	37

➤ 推奨の機器設定を行った場合の理論値

➤ 実際の点密度は、上記の値に対して、実際の反射率（路面の場合は約 60%）を乗じた値となる



図—2 ポイントクラウド 3D 表示

3. 道路・構造物維持管理支援システム概要

MMS により取得したポイントクラウドを用いて道路をはじめとする構造物の維持管理業務を支援するためのシステムとして、図—3 に示すようなシステム構成の検討、構築を行った。

以下に主な機能について説明する。

(1) GIS プラットフォーム

一般に、構造物の 3D 計測を行う場合には、地上据置型 LiDAR を使用し、取得されたポイントクラウド



図—3 システム概要

は任意座標で管理されることが多い。これに対して、MMS によるポイントクラウドは、地球上にマッピングできる測量座標を持つため、現実世界の位置と重ね合わせて使用することができる。また、首都高速道路の総延長は約 310 km であり、そのネットワークは東京都とその周辺の広範囲にわたるため、地図と関連付けてポイントクラウドを管理することにより情報管理者にとっての利便性は飛躍的に向上する。そこで本開発では、地理空間データを取り扱う地理情報システム (GIS: Geographic Information System) をベースとしたクラウド型のプラットフォーム（以降、GIS プラットフォームとする）を開発し、ポイントクラウドはもちろん、地図上に関連付けられる台帳等のデータの一元管理を図った。これにより、情報管理者は地図に関連付けられるデータを GIS プラットフォームで統合管理することができ、また、情報利用者はインターネットに接続された PC あるいはタブレットから、地図をベースとしたインタフェースにより情報の取得ができる形とした。図—4 に GIS プラットフォームの動作画面事例を示す。



図—4 GIS プラットフォーム動作画面事例

図—4 において、左側に全体を概覧できる地図を表示し、その中に MMS の走行軌跡を太線で示している。右側には色付きポイントクラウドが 3D 表示され、視点位置と方向を左側の地図の中に扇形のシンボルで表し

ている。この画面内で、情報利用者はマウス操作等により、概覧地図上から走行軌跡線上の任意の場所を指示することで、容易に見たい場所のポイントクラウド鳥瞰図等を表示することができる。また、表示方向、拡大率等も変えて表示するだけでなく、MMS 走行方向に向かってアニメーション表示することも可能である。

(2) 道路管理台帳・点検結果台帳管理

GIS プラットフォームでは、GIS の典型的な機能の一つである台帳管理機能を持ち、アプリケーション機能として道路管理台帳機能、点検結果台帳機能を実装した。また GIS プラットフォームでは、ここで統合管理された全てのデータを対象とした一括検索機能である、インテリジェントサーチ機能(図一5)を備えている。例えば、ある構造物で補修作業が必要となり、同じ構造物を持つ場所に対して必要に応じて予防補修を計画するといったユースケースを想定した場合、GIS プラットフォームでは、構造形式や部材名称等のキーワードを入力するだけで、該当する場所、写真、台帳、点検記録、図面等を瞬時に検索・閲覧することができる。この機能により、紙で管理されていた台帳の調査、別システムを使用した検索に係る作業時間の大幅な短縮を実現した。

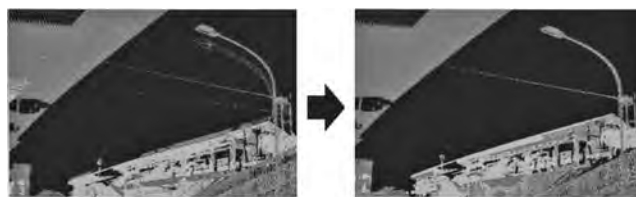


図一5 インテリジェントサーチ機能による検索結果画面

(3) MMS ポイントクラウド自動レジストレーション

MMS で首都高速道路及びその周辺構造物のデータを取得する場合には、主に橋梁構造物から構成されている対象物を可能な限り多方面から計測するため、首都高速道路本線に加え、高架橋下の道路からも計測する。この結果、同じ対象物を複数回計測することになり、これらのデータを重ね合わせると、LiDAR から対象物までの計測距離に応じて数 10 cm ずれることがある。つまり複数の計測コースで取得したポイントクラウドは、それぞれ測量精度は確保されたデータであっても、重ね合わせると同じ構造物であってもデータにギャップが生じる。これまでは、手作業でこのよ

うなギャップを調整していたため、作業時間がかかるばかりではなく、作業者による品質のバラツキの問題もあった。すなわち、MMS 計測後のデータ提供までの処理において、この工程が処理時間及び品質のボトルネックとなっていた。そこで筆者らは、MMS によるポイントクラウドのギャップを自動調整する自動レジストレーション機能(図一6)を開発した。これにより、従来の作業に係る時間と比べ約 1/10 の処理時間に短縮することができ、MMS 計測後に GIS プラットフォームに登録できるポイントクラウド提供に係るリードタイムを大幅に短縮することができた。



図一6 自動レジストレーション処理前、処理後の画像

(4) 3D 寸法計測

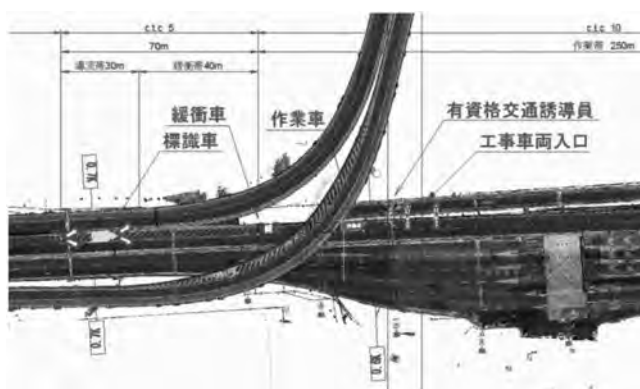
道路構造物補修や補強の設計、点検や工事の施工計画の立案等の維持管理業務において、道路幅員や構造物の各種寸法を正確に把握することが求められる。ポイントクラウドを構成する各点は、それぞれが測量精度を持っているため、これを利用することで正確に寸法を計測することができる。例えば、ダブルデッキ構造の道路において下部道路面から上部道路部の主桁までの高さを求める等、MMS を用いれば交通規制無しに高精度なデータを取得することが可能であるため、計測に関する労力や時間を大幅に削減することができる。筆者らは、寸法計測をよりわかりやすいインタフェースで行う方法として、MMS で同時に取得する全方位画像を表示させ、そこにポイントクラウドをマッピングし、映像の中から測りたい場所の寸法を計測することができる機能(図一7)を開発した。



図一7 3D 寸法計測機能

(5) 協議用図面作成

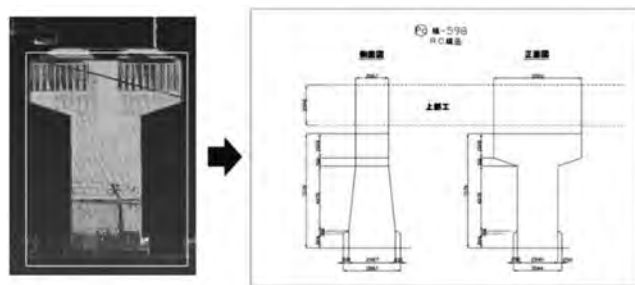
車線を規制して工事や補修作業等を行う際には、事前に関係機関と調整するため、当該箇所、規制開始及び終了場所等を記入した協議用図面を作成する。これまでは紙の道路図面上に必要な事項を手作業で記入し、協議用図面を作成してきた。ポイントクラウドは各点に色情報に加えて反射強度情報も持っており、反射強度を色として濃淡表示すると、路上の白線部分が明確にわかる特徴がある。この特徴を利用して反射強度表示したポイントクラウドを真上から投影表示すると、道路上の実際のマーキングが鮮明に表示され、写真図のようになる。そこで、これを協議用図面の背景図とし、半自動でパイロンを一定間隔で配置したり、実寸の工事車両を置いたりする等、効率的に協議用図面を作成することができる機能の開発を行い、協議資料作成業務の効率化を図った。図—8 にこの機能を用いて作成した協議用規制図の例を示す。なお、ここで作成された成果は全て 3D デジタルデータであるため、規制時の状態を運転者の視点でドライブスルー表示することができ、事前に適切な規制であるかどうかのチェックを行うこともできる。



図—8 協議用規制図

(6) 2D CAD 図作成

補修や補強工事等が度重ねて行われた箇所は、設計図と現況が乖離している場合が少なくない。そこで筆者らは、ポイントクラウドを利用して構造物の輪郭線を自動抽出し、2次元のCAD (Computer Aided Design) 図面作成を支援する機能 (図—9) を開発した。この機能を利用することで、図面そのものが無い構造物の維持管理を行うための一般図や、管理者が異なる構造物を含む図面を容易に作成することができるようになり、設計業務、点検業務、測量業務、施工計画業務の効率化を実現した。なお、構造物の輪郭線を確実に取得するためには、対象となる構造物の表面の点群データが取得されている必要があるため、首都高速道路の

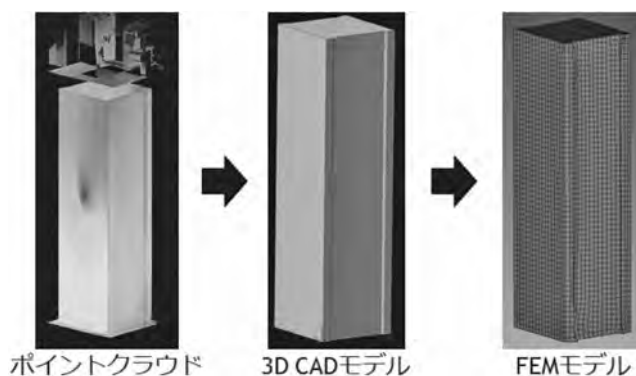


図—9 2D CAD 図作成

場合は、首都高速道路本線だけではなく、首都高速道路の高架橋下の道路を走行して計測する。しかしながら、このような計測を行っても、MMS では計測できない箇所も存在する。その場合には地上据置型レーザ計測装置、UAV 等を用いて撮影した多視点画像から SfM (Structure from Motion) 技術により作成したポイントクラウド等で補完を行う。

(7) 3D CAD モデル作成

MMS によるポイントクラウドから平面及び曲面を自動抽出することで、構造物の 3D CAD モデルを自動で作成する機能を開発した (図—10)。これにより、現況の形状の FEM (Finite Element Method) モデルを容易に作成することができ、設計業務、施工計画業務の効率化を実現した。また、ここで作成された 3D モデルは、CIM (Construction Information Modeling) のデータとしても活用することを検討している。

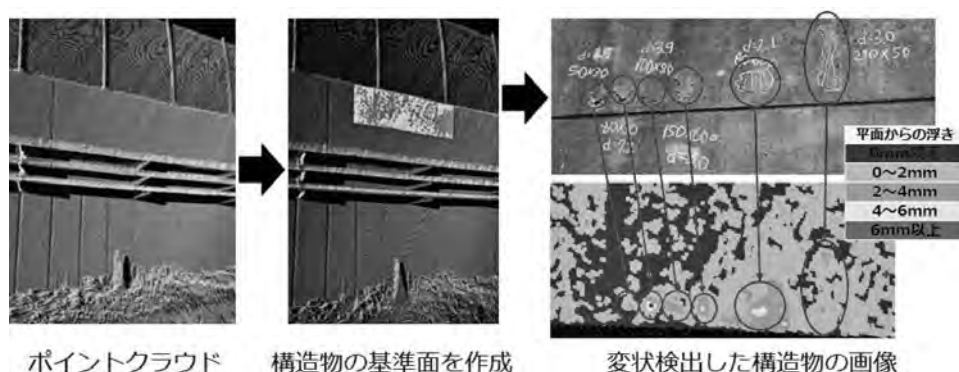


図—10 3D CAD モデル

(8) 変状検出

ポイントクラウドから構造物の基準面を作成し、その基準面から個々の点との差分を求めることで変状を検出する機能を開発した。これにより、コンクリートの浮き・剥離損傷等の早期発見やスクリーニング点検を実用化し、点検業務の高度化を図る。

図—11 は、損傷がある構造物のポイントクラウドを MMS により取得し、どの程度の変状が検出できる



図一 11 変状検出

か検証を行った結果である。MMS レーザ計測装置から対象物までの距離が約 5 m であったため、理論上、相対値で 2 mm の計測精度でポイントクラウドが取得できているとみなすことができる。これに対して、開発した機能で基準面を作成、その差分を色別表示した図と、実際の構造物の損傷箇所を比較すると、損傷箇所の広がり状況に応じて 4 mm 以上のギャップは把握できることが確認された。点検業務の現場からは 2 mm ～ 3 mm 程度のギャップ検出が求められているため、引き続きポイントクラウドの処理方法、映像等其他のデータの組み合わせ、あるいは計測方法等様々な方法やツールによる改良を行っている。



図一 12 重機シミュレーション

(9) 重機シミュレーション

これまでの、橋梁点検車や高所作業車等の重機を使った構造物点検や補修作業を行う際には、対象となる現場のしゅん工図や写真により事前検討を行った上で、現場にてその場所の現況に合わせながら作業を行ってきた。そこで、本開発にて橋梁点検車両等を 3D モデル化し、ポイントクラウド上で動的シミュレーションを行う機能(図一 12)を提供した。これにより、最適な重機の選定、配置場所の確認、周辺構造物との

干渉チェックを事前に行うことができ、設計業務及び施工計画業務の効率化、現場作業の時間短縮を実現した。

4. おわりに

これらの MMS の機能はシステム化され、首都高速道路(株)、首都高技術(株)、(株)エリジオンおよび朝日航洋(株)の 4 社により共同開発し、「InfraDoctor」として、



図一 13 InfraDoctor とインフラマネジメントシステム

首都高速道路㈱及びグループ会社で運用を始めている。この技術は、行政機関及び民間企業の道路管理者にも有用と考えられるため、国内外を問わず積極的な展開を検討している。

近年、CIM (Construction Information Modeling) による三次元電子データを用いた施工管理が実用化されている。ここから材料、施工、出来形等に関する各種初期データを InfraDoctor に移行し、ICT および IoT を活用して、各種点検・管理データを統合することが可能となる (図—13)。この結果、構造物を総合的に診断・評価するとともに構造解析等により、精度の高い性能評価、劣化診断、劣化予想を行うことで適時・的確な補修・補強の実施が可能となり、効率的でシームレスな社会インフラの維持管理を実現することを考えている。

さらには、高齢化が進む膨大なインフラの維持管理に向け、少子高齢化に伴う生産年齢人口減少によるエンジニアの減少に備え、技術開発による生産性の向上

が求められている。この InfraDoctor のデータを始め、損傷・補修データ、センシングデータを IoT により関連させ、さらにロボット技術、画像処理技術、分析・解析技術、人工知能 (AI) 等、幅広い異分野の技術の統合により、総合的な分析・判断を目指していく所存である。

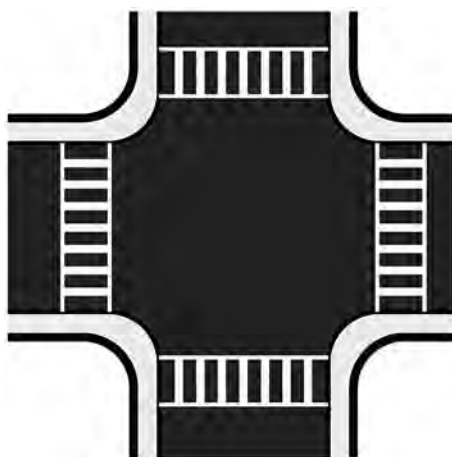
J C M A

【筆者紹介】

永田 佳文 (ながた よしふみ)
首都高速道路㈱
保全・交通部 保全企画課
課長



津野 和宏 (つの かずひろ)
首都高技術㈱
技術部
次長



重力式コンクリートダム取水塔施工での 4D モデル・3D 模型の活用

深 田 裕 司・徳 永 裕 樹・松 木 優 佳

技能労働者の減少・高齢化を背景に、建設分野の生産性向上は喫緊の課題である。生産性向上に対する取り組みの1つとして、各種 ICT 技術の活用が挙げられる。本稿では、重力式コンクリートダムの取水塔施設の施工において、ICT 技術に基づくツールの1つである 3D-CAD を用いて 3 次元モデルを構築することで、複雑な作業を可視化し、設計者・現場管理者・作業者の各者の技術を計画段階から取り込むことを試みた事例について述べる。3D モデル・3D 模型及び 4D モデルは、建設生産システムの向上に資する技術として期待される。

キーワード：重力式コンクリートダム、取水塔施工、3D モデル、3D 模型、4D モデル、ICT、i-Construction

1. はじめに

「i-Construction」の取り組みは、ICT 技術の全面的な活用等により、建設事業の生産性向上を行うとともに魅力ある建設現場の創出を目指している。こうした生産性向上に資する技術として、近年「CIM (Construction Information Modeling/Management)」が注目されている。この CIM の取り組みは、社会インフラの計画・設計・施工・維持管理・更新等の構造物のライフサイクルにわたり、関係者間で情報を共有し、効率的な社会資本整備とインフラのストックマネジメントに貢献する新たな仕事のフレームとして着目されている。しかしながら、矢吹¹⁾が指摘するように、現状の CIM はこのレベルには到達しておらず、建設産業に携わる技術者・研究者の手により、いずれ実現する将来像とされているのが現状である。

CIM において 3 次元モデリング技術は大きな位置を占め、このモデリングには 3D-CAD が用いられるが、従来の土木工事においては積極的な 3 次元の活用はあまりなされてこなかった。一部大規模工事・特殊工事の計画・設計部材の収まりや景観の検討等に 3D-CAD が用いられてきたにとどまってきた。

土木構造物等を 3 次元化することで、従来の 2 次元図面では確認しにくい、構造物相互の位置関係や細部の情報を視覚的に捉えることができる。3 次元化に関する技術は、近年の熟練工の減少・高齢化の中で、複雑な構造物の施工を行う際に直面する課題を補い、施工現場の生産性向上に資するシステムを提供するもの

であると考えられる。

本稿では、こうした背景のもと、重力式コンクリートダムの取水塔施設において、本設構造物及び仮設構造物の 3 次元モデルを作成し、工事の生産性向上に努めた事例について述べる。

2. 取水塔の概要と 3 次元化

本工事における取水塔の形状写真を写真—1に示す。2 次元図面に基づいて設計された当該設備は、複雑な鉄筋コンクリート構造（以下、RC 構造物と呼ぶ）であり、計画・設計段階では想定することが非常に難しい施工上の課題を伴うことが予め予想されていた。また、当該設備は、ダム工事としては前例の少ない張り出し長さを持つスラブ状構造物である。こうした構



写真—1 取水塔の形状写真

造の複雑性・特殊性から、実際に施工を行う際、作業者に作業の方法及び手順がうまく伝わらないことに起因する、作業遅延や手戻り等が相当量発生することが危惧されていた。さらに、取水塔の機械設備製作・据付けメーカーも加わり、こうした手戻りが発生すれば、経済性だけでなく、安全性をも損なう可能性があった。このため、取水塔の施工計画にあたり、3D-CADを用いて3次元モデル（以下、3Dモデルと呼ぶ）を作成し、再度本体構造と仮設計画の詳細について検討することとした。

当該取水施設は、コンクリートボリュームこそ比較的少ないものの、堤体から張り出した片持ちスラブのような構造形式となっており、堤体から吊支保工を設置する必要がある大掛かりな仮設計画になる。

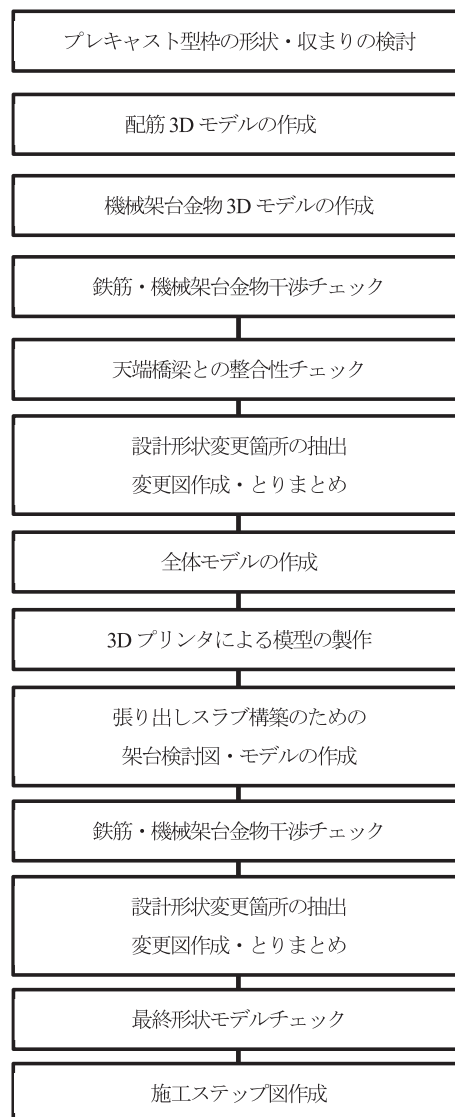
特に仮設計画は、構造物出来形だけでなく、施工時の安全性や工期・コスト等に大きな影響を与えるため、策定にあたっては予め入念な準備を行った。当初設計の場所打ちコンクリート案に対し、設計変更を提案し、修正設計の一部と構造物の3次元化及び測量に携わる機会を得たので、以下記述する。

ここで作成された取水塔の3Dモデルは、後に述べるように、発注者・受注者間の円滑な合意形成を促しただけでなく、現場作業への施工内容の把握に加え、施工順序の適正化と問題点抽出や、測量管理までデータが活用される等、様々な場面で利用された。

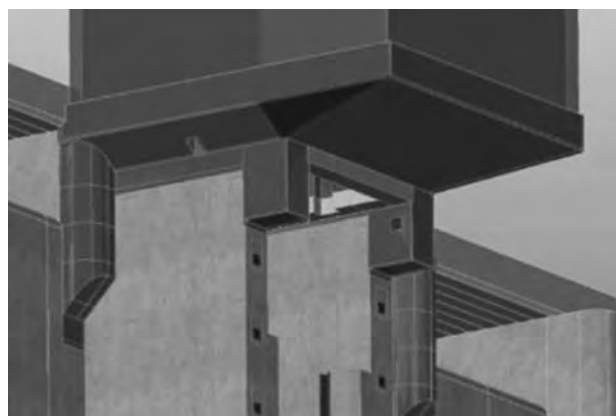
3. 取水塔 3次元モデル化の手順

今回の3次元モデルの作成フローを図—1に示す。RC構造物である取水塔は、現場打ちで計画されていたが、工程の短縮と施工性の向上を目的に、主としてプレキャスト型枠を用いることにした。プレキャスト型枠については、予め寸法や細部収まりの確認を行い、形状を決定したが、この時点から3Dモデルによる検討を行い、形状のシミュレーションを行った。取水塔付近のプレキャスト型枠の配置状況は図—2に示す通りだが、本構造物を場所打ちで実施することの困難さと、プレキャスト型枠を適用することの優位性を確認できたのは、3Dモデルを構築したことの効果に拠るところが大きい。プレキャスト型枠の一般図及び詳細図を作成した後は、プレキャスト部材製作メーカーと協議しながら詳細を詰めた。

その後、受注時に提供された2次元図面の配筋図・鉄筋加工図を基に配筋の3Dモデルを作成した。この3D配筋モデルについては、専用の3D配筋CADが一部で実用化されているが、本工事においては3D-CAD



図—1 取水塔 3次元モデル作成のフロー



図—2 プレキャスト型枠の 3D 配置モデル

を用いて、鉄筋の「太さ」を持たせたモデルを作成した。

3D配筋モデル作成の過程では、2次元図面では検証が難しい配筋図の不整合を確認することができた。これにより、鉄筋加工組立時の作業の手戻りを防止することが可能になったことに加え、設計図では明確に

図示されていない複雑な加工形状も明確化でき、配筋業者への説明・指示も的確に行う事ができた。配筋図を3D化することで、配筋図に含まれている不整合箇所を検出できるメリットは、文献2)等)に示されるように、土木工事においてもその有用性が認められつつある。

取水塔には、土木工事完了後に機械設備を据え付けるための架台（以下、機械架台と呼ぶ）が計画されていた。機械架台の金物は一部がコンクリート中に埋め込まれる計画となっていたため、埋め込み金物と鉄筋との取り合いが重要となった。本工事の3Dモデルにおいては、埋め込み金物のフランジ・ウェブ・ステイフナー等に及ぶまで詳細にモデル化し、鉄筋との干渉チェックを行った。

図-3は、鉄筋と機械架台の埋め込み金物間の干渉部である。主筋と配力筋の一部が埋め込み金物を立体的に貫通してしまっている。こうした干渉を2次元図面で確認することは難しく、3Dモデルを作成することで、はじめて検証が可能となる。また、この後、干渉回避シミュレーションを実施することで、配筋や機械架台の見直しだけにとどまらず、発注者や複数の施工業者間で相互に連携し、構造上・設備上の問題にまで踏み込んだ問題解決の模索を行うことが可能となった。なお、使用した3D-CADでは、離隔距離を入力することで、干渉及び離隔狭小箇所の抽出が可能であり、互いに干渉するオブジェクトどうしは半自動的に判定される。さらに、設計形状の変更箇所の抽出を行い、整理して変更図を作成した。

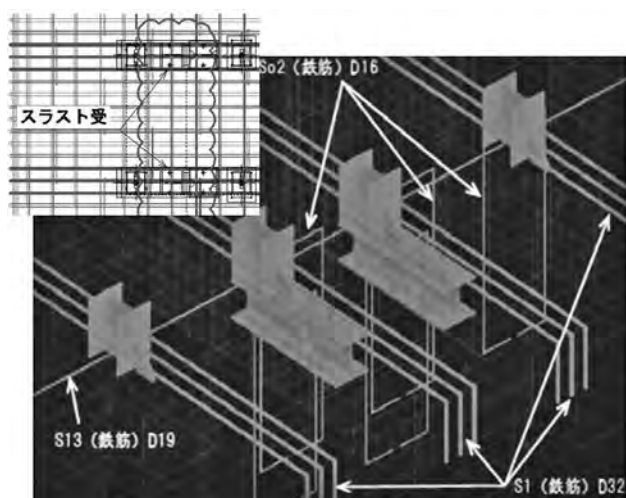


図-3 鉄筋と埋め込み金物の干渉部

加えて、3Dモデルの作成によって、プレキャスト型枠・吊ボルト・水平材・主桁が縦横に配置された形状の吊支保工が、設置方法や地組みの方法によっては

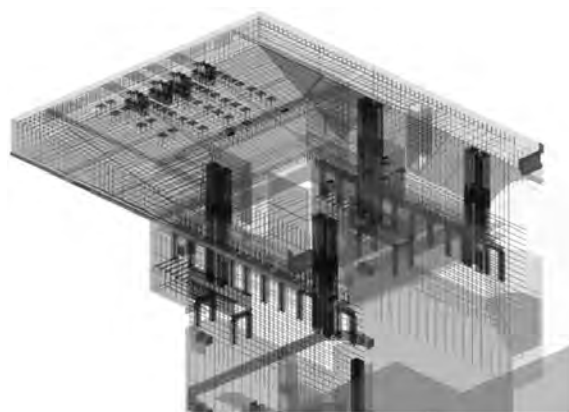


図-4 取水塔の3Dモデル

部材同士が干渉することが明らかとなった。こうしたことから、施工の際は必要に応じて、構造計算上不要な鋼材も吊用鋼材として使用した。以上のようにして作成した取水塔本体の3Dモデルが図-4である。

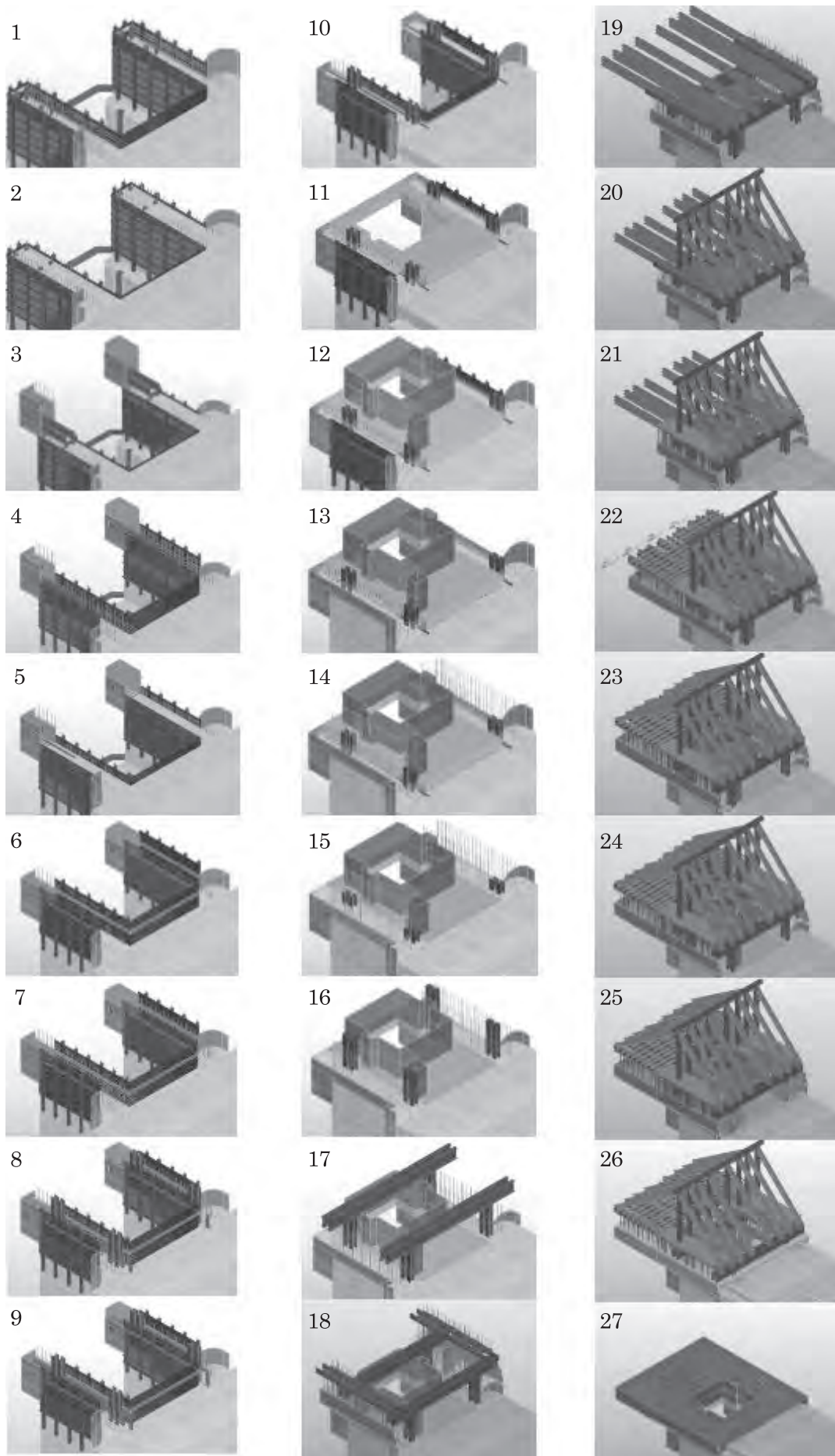
4. 施工計画の策定

本工事は、高所及び狭隘な作業空間となる上、鉄筋の加工組立、型枠の設置・撤去、コンクリートの打設・養生、仮設鋼材の設置・撤去等、異なる作業を担当する協力会社がたびたび入れ替わる煩雑な現場である。そのため、3Dモデルの作成においては、上記の理由による作業の遅延及び手戻りを防止する目的で、3次元形状の表現にとどまらず、時間軸を考慮したステップ図を準備した（図-5）。

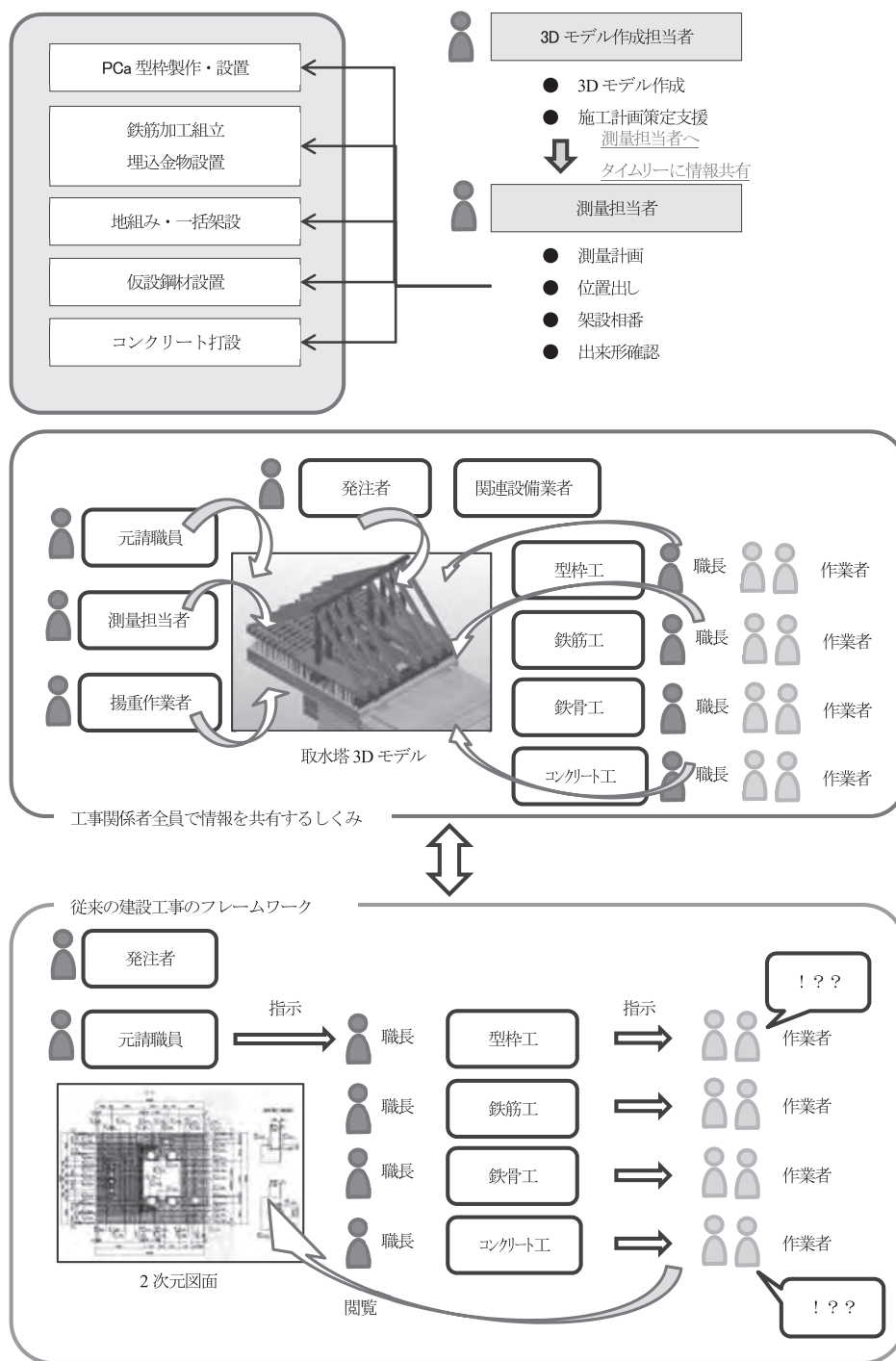
このように、時間の経過に伴って、構造物の3次元モデルがどのように変化するかを示したものは、4Dモデル¹⁾と呼ばれている。今回、この4Dモデルを予め作成し、担当する協力業者と行う事前の周知会において活用をしながら施工上の問題点を抽出し、必要に応じて修正を加えて施工に反映させた。その結果、周知会等において、工事関係者間で情報が共有され、工事の進捗具合と次工程の把握のしやすさに寄与したほか、関係者間の施工計画への理解が深まり、現場の一体感が醸成された。また、施工計画を3次元的に視覚化したことで、結果として、施工時の安全性の確保にも繋がったと考えられる。

従来の土木工事の枠組みと比較した、本工事における3Dモデル共有の概念図を図-6に示す。作成された3Dモデルは、元請会社の職員・モデル作成担当者・測量担当者だけでなく、作業員間でも共有され、工事を円滑に進めることに寄与した。

さらに、施工計画策定支援の詳細について述べる。写真-1、図-4及び図-5に示すように、本工事に



図一5 取水塔の施工ステップ図 (4D モデル)

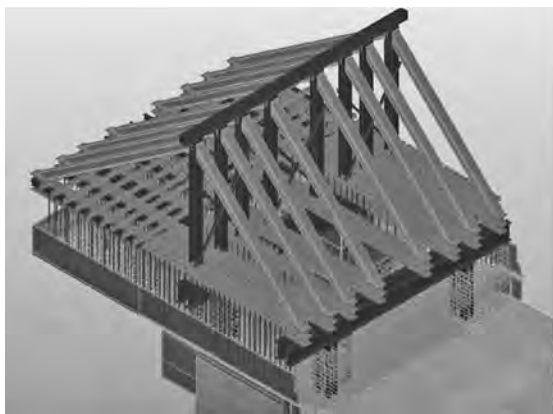


図ー6 本工事における 3D モデル共有の概念図

おける取水塔は、堤体から張り出したスラブ状になっており、吊支保工を設ける計画となった。本工事の 3D モデル活用の特徴は、取水塔本体の形状だけでなく、仮設計画についても 3D モデルを作成し、工事関係者間で共有し、工事進捗の円滑化を図ったことにある。仮設工事部分についても 3 次元モデルを作成した事例として、文献 2) に示される取り組みがあるが、本工事では、取水塔という複雑な構造物に対し、吊支保工を用いた仮設計画にも 3D モデルを適用した点は特筆すべき事項である。

仮設構造物である吊支保工の構造及び使用部材は、予め構造解析を実施して決定された。当初計画から仮設計画を見直すこととなったため、幾度かのモデルの修正を伴うことになった。本工事における取水塔の仮設計画の 3D モデルと施工状況を図ー7 に示す。吊支保工（架台）は仮設鋼材で構成される傘のような形状となっている。

吊支保工は、架台の基礎となる支持杭、受桁（H-900 × 300）2 本、8 列の主桁（H-400 × 400）・垂直材・斜材、水平継材等からなる。吊支保工の垂直材及び下流



図ー7 仮設工事の3Dモデルと施工状況

の斜材を設置した後、主桁間に短い水平材を掛け渡し、この水平材から吊ボルトにより張り出し部を支えるものである。取水塔上流側の張り出し部は、プレキャスト型枠を底型枠・側面型枠とし、鉄筋及び機械架台を併せてブロックごとに地組みを行い、クローラークレーン 350 t 吊にて、一括架設することとした。

一括架設完了後に上流側の斜材（H-400 × 400）を取り付け、コンクリート打設に備えた。吊支保工の部材は、鋼材自重、プレキャスト型枠や鉄筋の重量、コンクリート打設時の重量により変形する。プレキャスト型枠内へのコンクリート打設は衝撃的な荷重が作用しないように細心の注意を払って行われた。吊支保工主桁の先端にシート型プリズムを貼り付け、随時高精度トータルステーションを用いて先端の変位をモニタリングした。変位計測結果は、主任技術者及び現場作業者に逐次報告し、情報共有を行い、作業時の安全性と出来形の確保に努めた。

作成した 3D モデルは、2 次元の紙媒体の印刷物でも、3D PDF のような電子フォーマットでも扱えるため、専用の 3D-CAD がインストールされていないパソコンでも閲覧が可能である。本工事では、より一層合意形成への効果を高めるため、最近個人用途にも使用され始めた 3D プリンタにて、3D モデルを試行的に製作することにした。

具体的には、3D-CAD で作成した、取水塔本体の 3D モデルの CAD データを STL 形式に変換し、CJP 方式 3D プリンタにて、積層ピッチ 0.1 mm にて製作した。製作した 3D モデルを写真ー2 に示す。STL 形式のデータは、米国にて開発された 3D-CAD のフォーマットの一形式で、現在では 3D プリンタ用のデータとして広く普及している。STL データでは物体は三角形の面で構成され、三角形の頂点の座標と法線ベクトルの情報がファイルに記述されている。

3D プリンタで製作した 3D モデルは、現場事務所に



写真ー2 取水塔近傍の 3D モデル

置くことで、関係者間の合意形成に寄与した。3D モデルを囲んで入念に打合せを行い、作業者と構造物の出来上がりと施工手順のイメージを共有しながら作業を進めたことは、本工事の特色の 1 つである。当初、作業者の中には 2 次元図面に不慣れなことから、作業の方法や手順をイメージすることができず、その都度、熟練労働者の指示を仰ぐ必要があると思われる者も多数いた。しかし、従来の 2 次元図面に基づくのではなく、3D モデルを活用し、工事関係者全員に施工方法と施工手順の理解を促したことは、画期的なことであったと考える。

5. おわりに

本稿では、重力式コンクリートダムの取水塔施設について、時間軸を考慮した 4D モデルを作成するとともに 3D モデルの製作を行い、施工の円滑化に貢献した事例について述べた。本工事では、構造物本体の形状だけでなく、複雑な施工手順を可視化することで、作業者を含め、工事に携わる者全員が情報を共有することが可能となり、手戻りの防止や安全性の向上に寄与することができた。今後は、4D モデルに実施工程を

反映させ 5D 化を行うとともに、工程の各段階での 3D 模型の製作と活用を実施し、さらなる情報共有の実現を目指す。このような取り組みが今後の類似工事への参考となり、「i-Construction」のより一層の推進につながれば幸いである。

J C M A

《参考文献》

- 1) 矢吹信喜：CIM 入門 ―建設生産システムの変革―，理工図書，2016.01.
- 2) CIM 技術検討会：2015 施工 CIM 事例集（CIM 技術検討会 平成 26 年度報告 巻末資料）

【筆者紹介】

深田 裕司（ふかた ゆうじ）
 (株)コイシ
 工事測量部



徳永 裕樹（とくなが ゆうき）
 (株)コイシ
 工事測量部



松木 優佳（まつき ゆか）
 (株)コイシ
 工事測量部



無線発信機を活用した作業所内の 高所作業車・作業所員の位置把握システム

染谷 俊介

建設工事では、大規模になると千人規模の現場員・作業員と数百台の建設機械を同時に使用することもあり、施工管理者にとっては人・物双方の配置管理が常に課題となっている。その解決策として、屋外工事ではGPSを活用した情報化施工の取組等があるが、屋内も含めた位置把握技術は実用化が難しかった。そこで本報では、近年普及が進んでいる近距離無線通信規格「iBeacon」^{a)}に着目し、現場員と建設機械の位置をリアルタイムに把握するシステムを開発するとともに、作業所において運用を開始したので、概要を報告する。

キーワード：無線発信機、携帯端末、位置把握、屋内測位、稼働率、工事現場、現場員、作業員、建設機械

1. はじめに

(1) 開発の背景

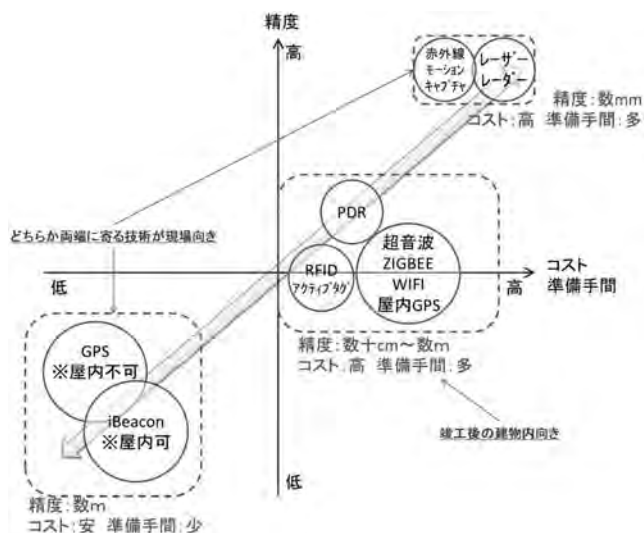
建設工事では、作業所内の人員や資機材の位置を把握するニーズが、以前から大きかった。例えば、人員管理の面では、大規模作業所では場内が広大であるため、現場員や作業員がお互いの位置をリアルタイムで把握するニーズが大きい。お互いの位置が分かれば、近くにいる時間を見計らって細かいコミュニケーションを取ることが可能だが、実際は関係者が集まる定例打合せまで情報が共有されないことが多い。資機材管理の面では、建設機械の位置を把握するニーズが大きい。大規模作業所では数多くの建設機械を使用し、高所作業車は同時に数百台を使用することもある。施工管理者はこれらの配置管理を目視で行っており、多くの手間を要していた。

そこで本報では、これらの課題を解決する手段のひとつとして、無線発信機を活用した屋内向け位置認識システムを開発し、作業所で運用を開始したので、報告する。

(2) 開発の目的

位置認識技術としては、土木・道路工事の分野ではGPSをはじめとした位置把握技術を活用した情報化施工の取組が進んでいる。しかし、GPSを使ったシステムは屋内では使用できないため、屋内での作業が多い建設工事では活用できない。その他、RFID タグ

やZIGBEEといった無線発信機を使った位置認識技術もあるが、専用の受信機を多数配布する必要があるため、コスト・手間の両面で実用化が難しかった。図—1に示す通り、技術をコスト・手間と精度の関係性でマッピングすると、作業所では「コスト・手間が少なく、精度も数m」か「コスト・手間が多くても、精度が数mm」の両極端なものが有効であると、筆者は考える。本報の用途では、精度は数mで良いため、コスト・手間の削減が必要であった。そこで、新しい技術である近距離無線通信規格「iBeacon」に着目し、「コスト・手間が少なく、精度も数m単位」である位置把握システムを開発した。



図—1 位置把握技術の技術マッピング

a) iBeacon は、Apple Inc. の登録商標。

2. 開発システムの概要

(1) システム構成

近距離無線通信規格「iBeacon」とは、Bluetooth Low Energy（以下、BLE という。）という近距離無線通信技術を活用した iOS の通信技術・機能のことをいう。BLE は Bluetooth の拡張仕様の一つであり、使用電波は免許なく使える 2.4 GHz 帯で、通信距離は 15 m 程度である¹⁾。iOS 端末（以下、携帯端末という。）を受信機として使用できること、および省電力であることが特徴であり、iBeacon 端末（以下、無線発信機という。）自体のコストも安価であることから、建設工事に向いていると判断して採用した。

必要な機器としては、図一 2 に示す通り、①発信機：無線発信機②受信機：携帯端末③サーバー、の 3 種類である。これらハード機器は市販製品を活用し、携帯端末側のアプリケーション、およびサーバー側のソフトウェアを独自に開発した。専用アプリケーションではデータの送受信や表示・編集機能を持たせ、サーバー側のソフトウェアで複数端末のデータを統合・整理している。

無線発信機を使った位置把握では、無線発信機が発信する電波の強度を基に、受信機側で算出した距離の値を活用する方法が多い。まずは無線発信機もしくは受信機のどちらかを場内に固定し、あらかじめその位置座標をサーバー側で登録しておく。もう一方は常に動くが、固定側との位置関係を算出することで、位置を把握する。最終的に位置座標を同定する方法としては大きく 2 種類ある。一つ目はエリア判定である。移動側 1 個に対し最も近接した固定側 3 個によって三角形エリアを算出する方法である。精度は固定側の配置密度に依存するが、電波強度から算出される距離値の精度が良ければ、エリア内でさらに正確な位置座標を計算することも可能となる。二つ目は単体判定である。移動側 1 個が最も近接した固定側 1 個の位置を現在地として採用するもので、精度は固定側の配置密度

に依存する。本報の用途では、数 m の精度で十分であること、およびエリア判定では固定側の一部の不具合が大きく精度に影響することから、単体での判定方法を採用した。

建設用途では、固定側の端末数が多くなる場合が多いため、コストを考慮し、安価な無線発信機を固定側、高価な携帯端末を移動側とした。また、建設機械も移動側になるが、携帯端末を搭載すると盗難や破損の危険が大きいことから、あえて無線発信機を搭載し、ユーザーが建設機械の近くを通ったタイミングで位置情報を更新する方式とした。

(2) 機能の概要

(a) 各種初期登録機能

ユーザーが状況に応じてシステムをメンテナンスすることができるよう、各種情報の登録機能は携帯端末側のアプリケーション側に搭載した。システムとして初期登録が必要な情報としては①無線発信機固有の ID（以下、端末 ID という。）②端末 ID 固有の XY 座標③端末 ID 固有のフロア情報④端末 ID 固有の建設機械 ID⑤ユーザー情報⑥図面情報、の 6 種類である。この内、①～⑤までの登録機能を携帯端末内のアプリケーションに搭載し、⑥のみサーバー側のソフトウェアに搭載した。⑥のみサーバー側に搭載した理由は、縮尺や画面サイズの調整等、表示精度に関わる細かい設定が必要であり、携帯端末上での設定が困難であるためである。

(b) 位置表示機能

携帯端末を持ったユーザーが無線発信機の半径 10 m 以内に近づくと、アプリケーションが無線発信機の ID を受信し、ID に紐付けて登録されている位置情報をサーバーに送信する。アプリケーションは、定期的にサーバーから情報を収集し、①各ユーザーの位置②建設機械の位置、の 2 種類を図面上に表示する。図一 3 に示す通り、ユーザーは○アイコン、建設機械は△アイコンとし、ユーザー・建設機械の名称や連絡



図一 2 位置を認識する仕組み



写真一2 高所作業車を使った作業例

行っており、場内を巡回して、各建設機械の近くまで行き、添付された号車番号を確認しなければならない。仕上工事がメインの時期になると、間仕切ボードが張られていき、さらに見通しが悪くなる。この作業は慣れた現場員でも一日30分から1時間程度必要であり、位置把握技術による効率化への期待が大きかった。

(3) 作業所場内の環境

施工中のインフラ環境は、一般的な建設工事同様、変化が大きかった。鉄骨建方の開始時期に、デッキ吊り下げ型の仮設照明の配備が進み、分電盤等の仮設電源が増設されていく。スラブのコンクリート打設を効率的に実施するため、水平工区を複数に分割していることから、場所によって作業進捗が大きく異なり、分電盤や倉庫を中心とした資機材置場が日・週単位で変化した。仮設照明は、天井ボードが張られた後も多くを残置し、天井の本設照明が設置されるまで使用された。

また、現場員は2015年6月時点で29名在籍しており、全員が会社から携帯端末を支給されていた。携帯端末は、図面確認や写真撮影、メール確認等、日常的に作業所場内の業務で使用されるため、現場員は常に携帯して移動していた。携帯端末はセルラーモデルであり、通信環境は常に良好であった。

次章では、上記の課題・環境下における具体的なシステム適用方法を報告する。

4. 適用方法

(1) 使用機器

使用した機器は、①市販無線発信機400個（固定側300個、移動側100個）②独自に作成したアプリ起動用BLE端末10個③社内で既に配備されていた携帯端

末30台④新たに契約した市販レンタルサーバー1台、の4種類である。①無線発信機については、出荷時に割り当てられているUUIDに加えて、majorID・minorIDをユーザー側で設定することができる。本プロジェクトでは、majorIDにフロア番号、minorIDに端末固有の番号を割り当てた。②アプリ起動用BLE端末については、アプリの自動制御が可能な特殊なコマンドを送信するもので、メーカーに依頼して独自に製作した。③携帯端末には、開発したアプリケーションを事前にインストールし、現場員が一人一台、常に持ち歩いた。先述の通り、全てセルラーモデルであり、④サーバーと常に通信が可能な状態であった。

(2) 無線発信機の設置方法

固定用の無線発信機は、仮設照明に設置した。その理由は、①仮設照明と同時に設置可能であり、設置手間が少ない②天井本設照明の施工直前まで残置予定であり、盛り替えが少ない③竣工後は撤去される仮設材であり、回収漏れの恐れがない、の3点である。無線発信機は透明のビニール袋で養生し、設置後にminorIDを目視できるように印字した。設置方法は、まず仮設電気工にフロア別に仕分けした無線発信機と配置計画図（既存の仮設照明配置図に、無線発信機の位置を重ねたもの）を支給し、写真一3に示す通り、仮設照明設置時に照明上部へ設置してもらった。配置密度は図一4に示す通り、1スパン（9m）に一つの割合で設置されている仮設照明に対し、無線発信機は2スパン（18m）に一つの割合で、千鳥形状に配置した。2スパン置きに配置した理由は、無線発信機が発信する電波の受信限度が10～15m程度であることから、全域を漏れなく管理するためである。配置数は1フロア約100個であり、駐車場フロア4Fを除く1～3Fに



写真一3 仮設照明に設定した無線発信機

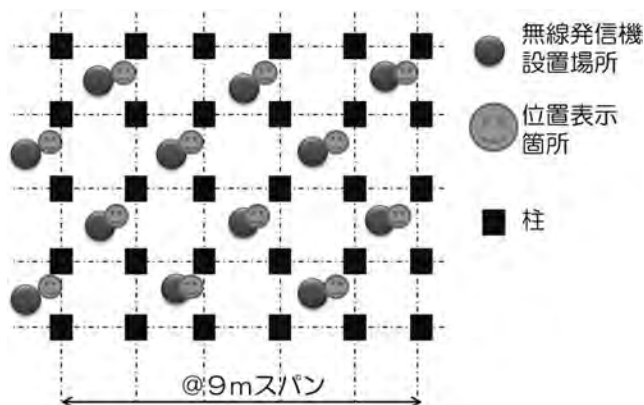


図-4 作業所場内における無線発信機の配置方法

計 300 個配置した。配置後、現場員が現地で minorID を目視し、アプリケーション上の機能で配置位置を登録した。竣工後は、仮設照明と同時に無線発信機も回収された。

移動用の無線発信機は、日によって使用者が変わるスポット使用用途の高所作業車およびフォークリフト計 100 台に配置した。写真-4 に示す通り、運転席のコンソール回りにテープ等で固定した。



写真-4 高所作業車に設置した無線発信機

アプリケーション起動用 BLE 端末については、市販の無線発信機よりも受信距離が大きいものを使用したため、1フロア3個程度の計 10 個を使用した。この端末の使用方法については、次項でアプリケーションの使用方法とともに記載する。配置場所は明確に固定する必要がないため、メンテナンス性を考慮して、写真-5 に示す通り地上の資機材倉庫等に設置した。

また、参考情報として、図-5 の通り、仮設事務所にも無線発信機を 21 個配置し、仮設事務所内の人員配置の見える化も試みた。



写真-5 資材置場の倉庫に設置したアプリケーション起動用 BLE 端末

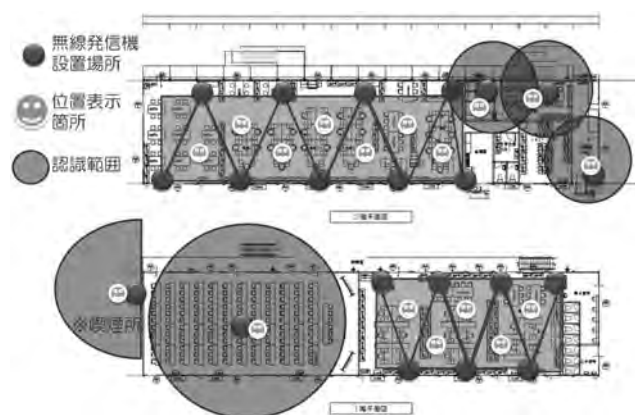


図-5 仮設事務所における無線発信機の配置方法

(3) アプリケーションの使用方法

アプリケーションではフロア別に図面を登録しており、①事務所 1F ②事務所 2F ③作業所 1F ④作業所 2F ⑤作業所 3F、の 5 種類を選択可能とした。図-6 に作業所 1F における表示例を示す。ただし、実際に使用した図面は公開できないため、イメージ図としている。図面上では登録されているユーザー・高所作業車・フォークリフトの現在地がアイコンで表示されている。一覧では各々がリスト表示され、氏名（号車番

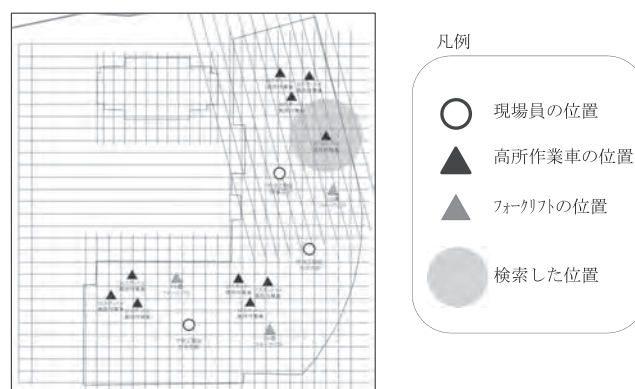


図-6 位置把握システムの画面例（作業所 1F）

号)・所属会社・所在フロア・直近で移動した時刻、が表示されており、図面上で選択対象を検索することができる。3時間以上、位置の更新がないものについては赤く警告表示した。

アプリケーションの表示は、起動している間は常時サーバーに接続し、最新の情報に更新した。各携帯端末からサーバーへの位置情報の送信は、アプリケーションが起動している場合は1回/秒とし、未起動時は1回/3分とした。未起動時は、通常は自動でのデータ送信は不可能であるが、アプリケーション起動用BLE端末からのコマンド送信によって自動制御を可能とした。なお、起動時の更新を1回/秒とした理由は、無線発信機の電波発信間隔が1回/秒のためである。未起動時に1回/3分とした理由は、携帯端末のバッテリー消費を考慮したためであり、終日の業務利用に影響しない範囲での最短データ送信間隔が3分であった。

(4) サーバー側の設定

サーバーには、各携帯端末から①日時②無線発信機ID③ユーザーID(号車番号)④XY座標⑤フロア番号が送信される。これらをデータベースとして整理し、各ユーザー・建設機械の最新のフロア・位置座標・3時間以上滞留の有無を算出した。データの履歴はデータの軽量化を考慮し、SQL形式で保存し、管理者がいつでも抽出することができる仕組みとした。

5. 適用結果

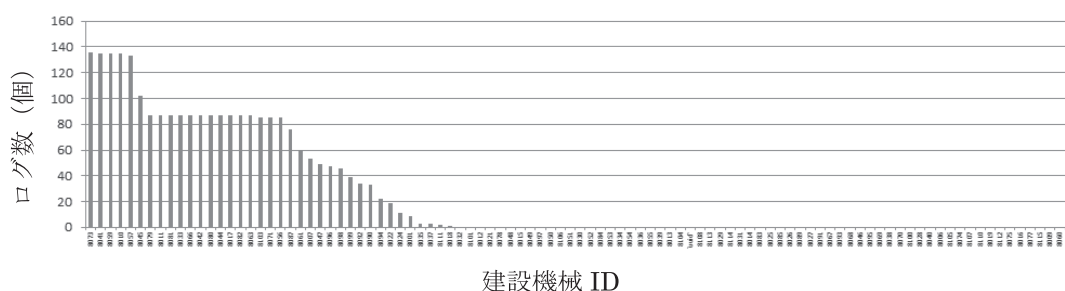
(1) データの取得結果

取得したデータの例として、建設機械1週間分のログの一部を図-7に示す。1週間のデータを抽出した理由は、本プロジェクトにおいてスポットの建設機械を貸与する場合、同一ユーザーが連続して1週間使用する場合が多かったからである。設定期間は鉄骨建方と設備工事が混在する7月28日～8月4日とし、対象となる建設機械は99台であった。対象期間では、1週間で42,870個の位置データが記録されており、その内2,495個が3時間以上移動のないデータ(以下、滞留データという)であった。図-8に建設機械ごとの滞留データ数を示す。滞留データが1以上であったものが37台、0であったものが62台であった。ただし、業務時間外となる0時～8時、17時～24時のデータは除外している。このように、ログデータを分析することにより、建設機械の稼働状況を定量的に評価できる可能性がある。

また、取得したデータの位置精度は、水平方向では無線発信機の設置密度に依存するため、18m間隔で設置した本プロジェクトでは±9m誤差となった。垂直方向、つまりフロア把握では、BLE電波に透水性がないこと、および端末のmajorIDにフロア番号を登録していたことから、ほぼ誤認識はなかった。ただし、外壁のない建物外周部のみ、上下フロアの無線発信機の電波を受信する可能性があることから、誤認識する場合があった。

A	B	C	D	E	F	G	H	I
資機材ID	uuid	位置特定用ID	X座標	Y座標	位置ID	赤マーク	電波受信時刻	サーバー側の時刻
1	8041 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0902	17.41	5.78	N		2015/7/28 0:02	2015/7/27 15:03
2	8073 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0902	24.31	5.78	N		2015/7/28 0:01	2015/7/27 15:03
3	8041 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0902	24.31	5.78	N		2015/7/28 0:05	2015/7/27 15:06
4	8073 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0902	24.31	5.78	N		2015/7/28 0:04	2015/7/27 15:06
5	8041 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0902	24.31	5.78	N		2015/7/28 0:08	2015/7/27 15:09
6	8073 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0901	1.3	10.1	N		2015/7/28 0:12	2015/7/27 15:12
7	8041 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0902	17.41	5.78	N		2015/7/28 0:11	2015/7/27 15:12
8	8073 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0902	17.41	5.78	N		2015/7/28 0:14	2015/7/27 15:15
9	8041 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0902	17.41	5.78	N		2015/7/28 0:14	2015/7/27 15:15
10	8073 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0902	24.31	5.78	N		2015/7/28 0:17	2015/7/27 15:18
11	8041 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0902	17.41	5.78	N		2015/7/28 0:18	2015/7/27 15:18
12	8073 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0902	17.41	5.78	N		2015/7/28 0:21	2015/7/27 15:21
13	8041 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0902	17.41	5.78	N		2015/7/28 0:20	2015/7/27 15:21
14	8073 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0902	24.31	5.78	N		2015/7/28 0:23	2015/7/27 15:24
15	8041 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0902	17.41	5.78	N		2015/7/28 0:21	2015/7/27 15:24
16	8073 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0902	24.31	5.78	N		2015/7/28 0:26	2015/7/27 15:27
17	8041 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0902	17.41	5.78	N		2015/7/28 0:26	2015/7/27 15:27
18	8073 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0902	24.31	5.78	N		2015/7/28 0:29	2015/7/27 15:30
19	8041 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0902	17.41	5.78	N		2015/7/28 0:29	2015/7/27 15:30
20	8073 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0902	17.41	5.78	N		2015/7/28 0:33	2015/7/27 15:33
21	8041 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0901	1.3	10.1	N		2015/7/28 0:31	2015/7/27 15:33
22	8073 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0902	24.31	5.78	N		2015/7/28 0:35	2015/7/27 15:36
23	8041 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0901	1.3	10.1	N		2015/7/28 0:36	2015/7/27 15:36
24	8073 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0902	17.41	5.78	N		2015/7/28 0:38	2015/7/27 15:38
25	8041 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0902	24.31	5.78	N		2015/7/28 0:38	2015/7/27 15:38
26	8073 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0902	17.41	5.78	N		2015/7/28 0:41	2015/7/27 15:42
27	8041 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0902	17.41	5.78	N		2015/7/28 0:41	2015/7/27 15:42
28	8073 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0902	24.31	5.78	N		2015/7/28 0:45	2015/7/27 15:45
29	8041 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0901	1.3	10.1	N		2015/7/28 0:44	2015/7/27 15:45
30	8073 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0902	17.41	5.78	N		2015/7/28 0:48	2015/7/27 15:48
31	8041 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0901	1.3	10.1	N		2015/7/28 0:46	2015/7/27 15:48
32	8073 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0902	17.41	5.78	N		2015/7/28 0:50	2015/7/27 15:51
33	8041 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0901	1.3	10.1	N		2015/7/28 0:50	2015/7/27 15:51
34	8073 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0902	24.31	5.78	N		2015/7/28 0:53	2015/7/27 15:54
35	8041 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0902	17.41	5.78	N		2015/7/28 0:53	2015/7/27 15:54
36	8073 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0902	17.41	5.78	N		2015/7/28 0:57	2015/7/27 15:57
37	8041 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0902	17.41	5.78	N		2015/7/28 0:56	2015/7/27 15:57
38	8073 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0902	17.41	5.78	N		2015/7/28 1:00	2015/7/27 16:00
39	8041 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0902	24.31	5.78	N		2015/7/28 0:59	2015/7/27 16:00
40	8073 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0902	24.31	5.78	N		2015/7/28 1:02	2015/7/27 16:03
41	8041 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0902	24.31	5.78	N		2015/7/28 1:01	2015/7/27 16:03
42	8073 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0902	24.31	5.78	N		2015/7/28 1:05	2015/7/27 16:06
43	8041 00000000-85CC-1001-B000-001C4D11C8F0	0902	24.31	5.78	N		2015/7/28 1:01	2015/7/27 16:06

図-7 取得したデータの例(高所作業車およびフォークリフト)



図一 8 建設機械ごとの3時間滞留ログ数

(2) 効果

先述の通り、従来、担当の現場員が毎日、建設機械の位置を目視で探索している。これは慣れた現場員でも1日30分～1時間要する作業である。一方、本プロジェクトでは、全ての現場員が作業の進捗確認のために行う巡回行為を通じて、建設機械の位置情報を自動で更新しており、特定の現場員による探索作業を削減することができた。削減効果は、システムが順調に稼働した期間を6か月とし、1日の削減時間を30分とすると、計72時間と試算することができる。

また、定量的効果以外にも、現場員の位置がリアルタイムに表示されていることにより、作業員も含めて、近くを巡回・作業する人員同士のコミュニケーションが容易となり、密な情報共有を図ることができた。また、作業員が誤って異なる高所作業車を使用した場合にも、本システムを使用して使用位置を特定し、迅速な作業是正が可能になった。

(3) 課題

本システムでは建設機械の滞留データから稼働状況の把握を試行したが、正確な稼働率は算出することができなかった。その理由は二つ挙げられる。

一つ目は、稼働判定が困難であったためである。今回は3時間以上移動のないデータを抽出したが、例えば高所作業車の場合、同じ位置に留まっても、作業台の上では作業員が作業している可能性がある。さらに、今回の位置精度は±9mであったため、作業中の移動が1スパン以内であった場合、その変化を把握することができなかった。これらを解決するためには位置把握以外の判定ロジックが必要であり、次のプロジェクトに向けて研究中である。

二つ目は、情報の更新頻度の粗さである。本プロジェクトでは、携帯端末のコストとセキュリティを考慮し、建設機械にも無線発信機を設置したことから、建設機械の情報更新は現場員の巡回間隔に依存した。現場員の巡回は1日の中で、朝礼後・11時半会前・終業前の3回に集中する傾向があり、密な情報更新がで

きなかった。これを解決するためには、受信の役割を担うユーザーを増やす必要がある。例えば、作業員が持つ携帯端末にもアプリケーションを配布すれば、より密な情報更新が可能となる。それを実現するため課題として、セキュリティの問題がある。アプリケーション内では、氏名や会社名といった個人情報や、図面等の機密情報が含まれる。さらに、ウィルス等による情報漏洩の恐れがあるため、本システムに限らず、私有携帯端末を業務で使用することは基本的に許されていない。このため、一部のプロジェクトでは、施工管理者から職長へ携帯端末を貸与する取組が進みつつある。この場合であれば、本システムも導入可能であり、情報の更新頻度も密になると考えられる。

6. おわりに

本報では、無線発信機を使った位置把握システムを開発し、作業所に適用した。作業所では現場員・高所作業車・フォークリフトの位置把握を屋内9mの精度で実現した。運用面では、現場員に配備されている携帯端末を受信機として活用するとともに、アプリケーション側で位置情報を自動で共有する仕組みを構築することで、導入や運用を容易にした。課題として、作業員の行動履歴や資機材の稼働率といった生産情報の算出、および情報の更新頻度の向上が挙がっており、今後の研究開発を通じて解決していきたい。

JICMA

《参考文献》

- 1) 染谷俊介, Q & A コーナー Beacon とは?, 空気調和・衛生工学, 第89巻, 第7号, pp.59, 2015.1

〔筆者紹介〕

染谷 俊介 (そめや しゅんすけ)
 (株)竹中工務店 BIM推進チーム
 主任



掘進中にシールド機外周部の介在砂層をリアルタイム探査

比抵抗センサーを用いた介在砂層探査技術

大 木 智 明

シールド工事向け探査技術として、シールド機外周部の砂層を高精度に検出する砂層探査システムを開発した。本技術は、シールドマシンのカッター側面に【比抵抗センサー】を設置することで、シールド掘進中にシールド機外周部の介在砂層を連続的に測定・探査できるものである。【比抵抗センサー】は、土質調査でよく行われる比抵抗検層（電気検層）と同じ原理を用いたものである。本技術により、掘進中に掘削断面全周の土質状況をリアルタイムに把握し、精度の高い土質情報を取得することで、施工の安全性と効率のよい掘進管理が可能となる。

キーワード：シールド、土質調査、地中探査、リアルタイム、比抵抗値、介在砂層、表示システム

1. はじめに

シールド工法によるトンネル築造工事では、地上からのボーリング調査等から得られた数百 m おきの土質情報を基に、掘削領域全体の土質分布を想定して計画・施工にあたるのが一般的である。そのため、調査地点間の土質は想定した土質と違う場合がある。

密閉型シールド工事においては、掘削中の土質を直接目視で確認できない。そのため、想定通りの土質かどうかの判断は、掘削残土やシールド機の計測機器等の数値から間接的にを行い、泥水・泥土の調整をして施工管理を行っている。間接的な土質判断しかできないので、実際には想定と違う土質であるのに気づくのが遅れ、掘進遅延等のトラブルが起こる場合がある。

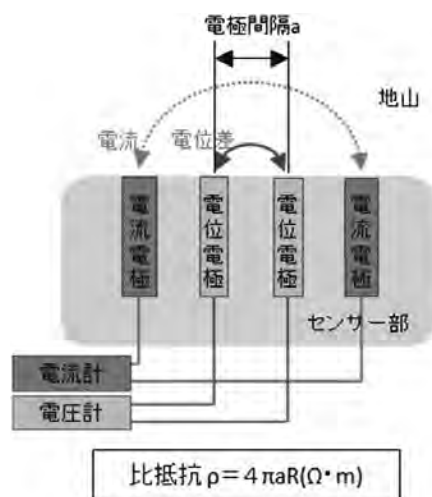
特に、施工断面が大断面の場合には複数の土質を跨いだ掘進（砂層と粘土層の互層を掘進など）となる場合がある。しかし、掘削残土は各土質が混合された状態であり、実際の土質構成の推定はできない。そのため、泥水・泥土の調整などの掘進管理を適正に行うために、掘進中において直接土質を把握できる技術が望まれていた。

そこで、シールド工事向けの探査技術として、シールド機のカッターヘッド側面に「比抵抗センサー」を装備してシールド機外周部の砂層を高精度に検出する「介在砂層探査システム」を開発した。本システムの特長は、シールド掘進中に、カッターヘッドの回転と合わせて「比抵抗センサー」が回転して、掘削断面外周の土質状況をリアルタイムに探査できることであ

る。これにより、精度の高い土質情報に基づく掘進管理が可能となる。

2. 探査原理

本技術の測定原理は、電気を地中に流すことでその電位差（抵抗値）を測定し比抵抗値を求め、この比抵抗値の値により土質を判別するものである。図—1に測定原理を示す。

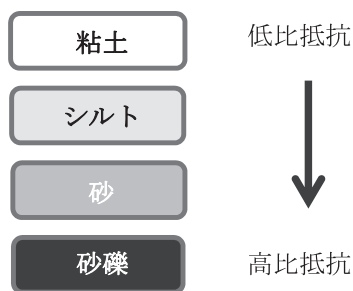


図—1 測定原理

ここで測定される抵抗値は、同じ地層を測定しても、電極間隔を広くするか狭くするかにより測定される抵抗値に差が出る。これは、電流の流れる範囲が変化するためである。そこで、この抵抗値を標準化する

ため、1 m 真四角の立方体の両端の抵抗値に換算した数値を「比抵抗 ρ (ロー)」と定義して使用する。比抵抗の単位は「 $\Omega\cdot\text{m}$ 」(オーム・メートル)で、均質な土質なら、測定する電極間隔に影響されず同一の値になる。

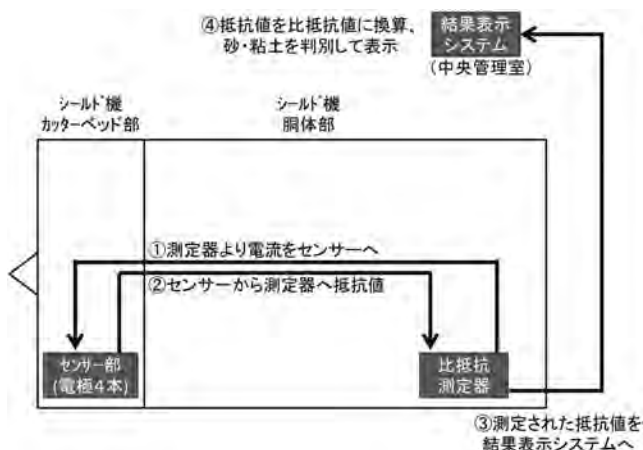
比抵抗は土質の違いによって異なることが知られているため、測定された比抵抗値の違いにより土質を判別するものである。図一2に土質と比抵抗の関係を示す。これは、土質調査でよく行われる比抵抗検層(電気検層)と同じ原理である。



図一2 土質と比抵抗の関係

3. 探査システム概要

本システムは、センサー部、比抵抗測定器、結果表示システムの3つからなる。図一3に探査システム概要図を示す。



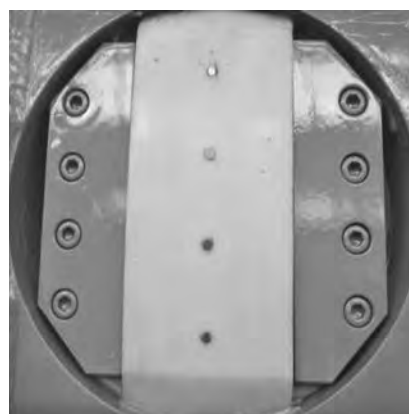
図一3 探査システム概要図

(1) センサー部

センサーは、シールド機カッターヘッド部側面に設置する。後述する実証実験時の設置状況を写真一1、2に示す。このセンサーは電極が4本で構成されており、外側2本の電極から電気を地山に流し、中側2本の電極で抵抗値(電位)を測定する。本センサーはカッターヘッド側面に埋め込まれている。シールド掘進時



写真一1 センサー設置状況



写真二 センサー部拡大

には、カッターヘッド回転とともに本センサーは回転し、シールド機掘削外周面を測定する。

(2) 比抵抗測定器

比抵抗測定器は、シールド機機内に設置され、センサー部電極へ電気を流す役割とともに、センサー部で測定された抵抗値(電位)を結果表示システムに渡す役割を持つ。

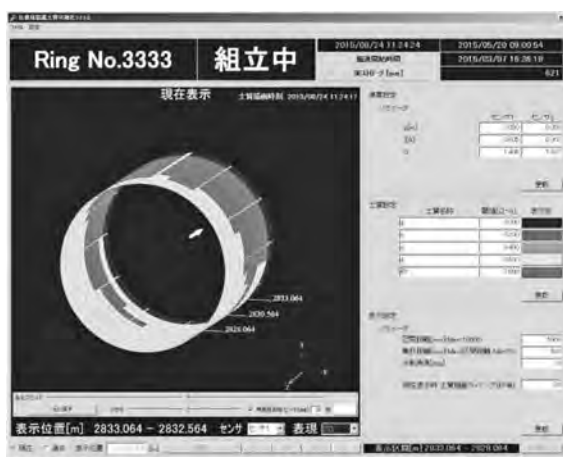
(3) 結果表示システム

結果表示システムは原則として中央監視室に設置し、比抵抗測定器から受け取った抵抗値を比抵抗値に換算、砂・粘土の判別結果をリアルタイムに表示するシステムである。後述する実証時の表示状況を写真一3に示す。なお、写真中砂層と判定した部分は赤、粘土層と判定した部分は青で表示されている(システムとしては5色表示まで可能である)。

この表示システムは、その後改良を行い、3D表示が可能となっている(写真一4)。これにより土質の経時変化も視覚的に把握することが可能となっている。



写真—3 2D表示システム



写真—4 3D表示システム

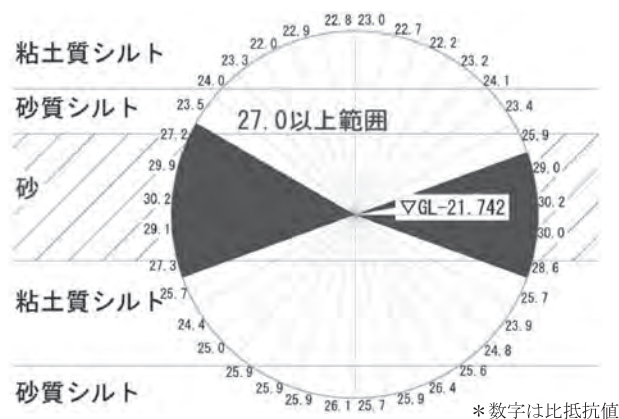
4. 実証実験概要

要素実験を経て、比抵抗センサーの性能確認・実証を目的として、実工事に適用した。比抵抗センサーをシールド機に装備し、掘進中に常時測定を行った。比抵抗センサーはシールド機カッターヘッド側面に2箇所設置した（内1箇所は予備）。

砂層と粘土層を判別するためには、比抵抗値の境界値（以後しきい値と呼ぶ）を設定する必要がある。そのために測定初期段階において、測定された比抵抗値に対して実際の土質がどうだったかの対比（キャリブレーション）が必要となる。これは、同じ土質であっても、生成年代等の諸条件により比抵抗値に相違があり、対象土質の固有値を把握する必要があるからである。本実証においては、実際の土質分布を把握するため、地上からボーリングを行ってコアを採取し、土質分布を調査した。キャリブレーション用として1箇所、設定したしきい値が正しかったかを検証するために2箇所の合計3箇所のボーリング調査を実施した。

5. キャリブレーション

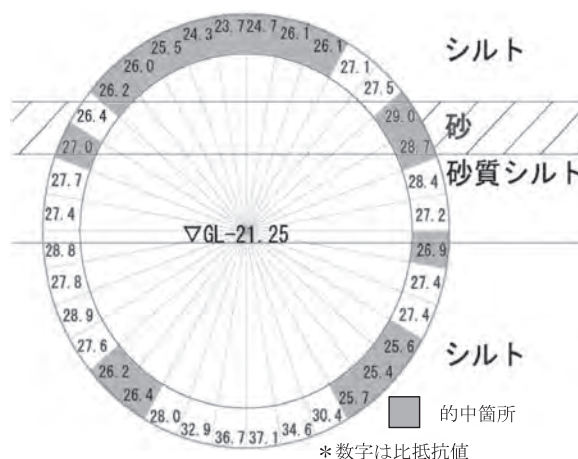
掘進延長約440 m地点（調査ボーリング1）にて、キャリブレーション用の調査ボーリングを実施した。得られた土質柱状図と、測定された比抵抗値との比較を行い、しきい値を設定した。結果を図—4に示す。なお、比抵抗値は連続で測定されているため、掘進方向0.5 m分のデータを使用し、断面方向に36分割（10度毎）して集計、分割角度毎に平均値を算出し比較した。比較の結果、比抵抗値27 $\Omega \cdot m$ 以上を砂層、27 $\Omega \cdot m$ 未満を粘土層と区分すると柱状図の土質と合致した。この結果により、しきい値を27 $\Omega \cdot m$ とした。



図—4 キャリブレーション

6. 検証結果と考察

掘進距離約880 m地点（調査ボーリング2）と約1100 m地点（調査ボーリング3）の2箇所において調査ボーリングを実施し検証を行った。結果を図—5, 6に示す。調査ボーリング3では約8割の的中率であったが、調査ボーリング2では約5割程度であった。的中率一覧を表—1に示す。



図—5 調査ボーリング2結果

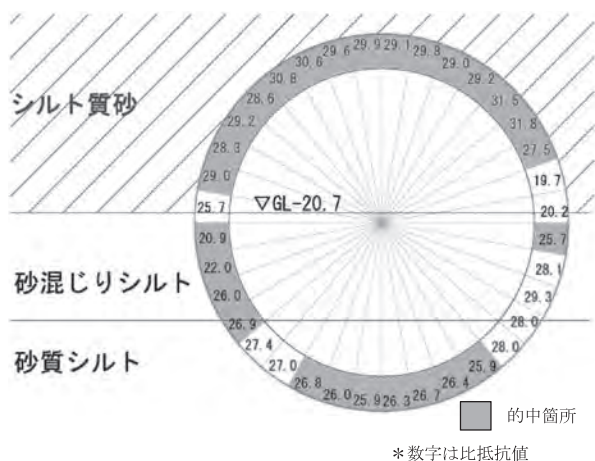


図-6 調査ボーリング3結果

表-1 的中率一覧

	調査ボーリング2	調査ボーリング3
全体	47% (17/36)	75% (27/36)
砂層	75% (3/4)	83% (15/18)

砂層については、実際の砂層を、比抵抗値により砂層と判定した的中率はいずれも約8割と高い精度である。

誤差の原因としては、探査範囲にあるオーバーカット分の掘削泥土の影響及び、泥土中の砂分が下方に堆積した状態であると推測される。したがって、今後の改善案としては、オーバーカット分の泥土の比抵抗を

別途測定する補正センサーを搭載し、泥土分の影響を排除すれば、的中精度は向上すると考えられる。

7. おわりに

本技術の特長は、掘進中にリアルタイムかつ連続測定が可能な点である。したがって、密閉型シールドの掘進中においてもシールド機周辺の土質分布状況の変化を的確に把握できることから、掘進中の加泥材の選択や泥水管理等といった掘進管理においても非常に有効な情報を提供できるものとなっている。

今後は、補正センサーを追加装備した比抵抗センサーを実工事において展開・検証し、さらに精度向上を図っていく所存である。

J|C|M|A

《参考文献》

- 1) 大木智明他：比抵抗センサーを用いた介在砂層探査技術の開発，土木学会第70回年次学術講演会，VI-103, 2015.

【筆者紹介】

大木 智明（おおぎ ともあき）
清水建設㈱
土木技術本部 開発機械部 技術開発グループ
課長



VR による安全管理

ゴーグル型ディスプレイによる安全の可視化

坂 下 淳 一・真 柄 毅

水管橋架設上部工事を施工するにあたり、作業環境の難易度に関わらず施工ステップと建造される橋桁の規模を事前に把握する事により、従来の目視やスケッチに替えてゴーグル型ディスプレイの3DVRを採用するに至った。これを用いることによって現場での圧倒的な没入感をよりリアルに体感する事ができ、施工関係者全員が施工ステップと危険箇所を容易に把握し、安全意識の高揚と安全性が確保できたので、以下に施工ステップを可視化した安全管理について紹介する。

キーワード：安全管理、水管橋、鋼橋架設、バーチャルリアリティ

1. はじめに

本工事は札幌市水道水源の98%をまかなう豊平川の水質を将来にわたって保全していくために、豊平川上流域における自然由来に含有するヒ素、ホウ素などの水質悪化の要因を排除するとともに、災害発生時においても良質な原水を確保することを目的としている。その内、桁高2.9m橋長60.0mの水管橋鋼橋桁を架設する工事における安全管理を報告する。

2. 工事概要

工事概要を「表—1」、全体図を「図—1」に示す。

3. 施工上の課題と対策

(1) 水管橋架設施工課題について

鋼橋が4種7分割にされた構造の架設において国有林野内の渓谷に位置し、作業環境が非常に制限されている。このため、仮設備や搬入車両を厳選し施工する必要性があった事から、架設工法の検討を行った。

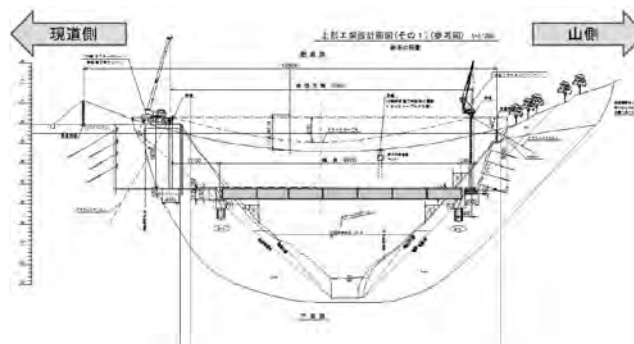
まず、河川占用制限区域を明確にし現場内に搬入施工の出来る機械を考慮し以下の通り検討を行った。

- ① ケーブルクレーンエレクション工法
- ② 750t大型クレーンによる一括架設工法
- ③ 送り出し工法
- ④ ベント架設工法

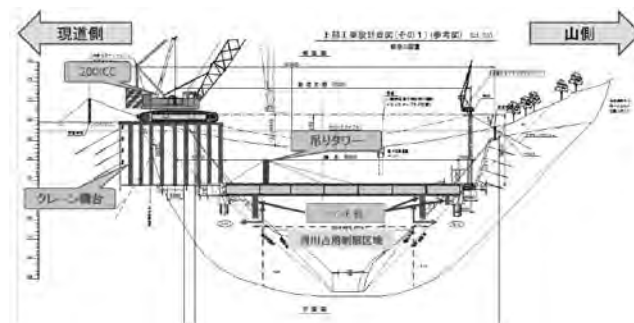
この結果、大型クレーンの機種選定や分割された橋梁架設に必要なベント杭などを特定し施工可能である

表—1 工事概要

工 事 場 所	札幌市南区定山溪温泉東1丁目
工 期	平成27年2月25日～平成28年3月25日
発 注 者	札幌市水道局 給水部 工事課工事一係
施 工 者	一二三北路(株)
工 事 内 容	橋梁上部 ①工場製作工 223.5 t ②鋼橋架設工 架設工 一式 支承工 8基 現場継手工 15,226本 橋梁下部 ①深礎工 2本 橋台躯体工 1基



図—1 全体図



図—2 架設工法計画図

事が確認できた為、④のベント架設工法を採用した(図—2)。

(2) 施工上の留意点

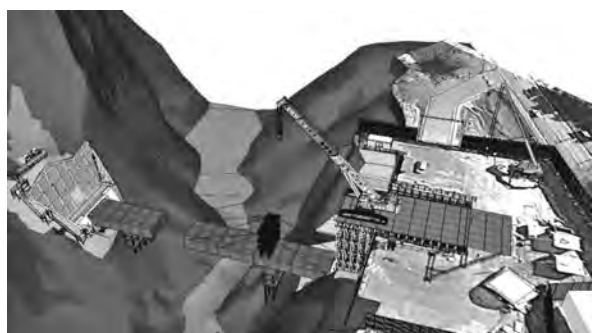
施工場所の作業環境の制限と、特異な工法により現場従事者の安全確保を十分に考慮しなければならなかった。さらに、当該工事における施工班は年配の熟練工から若手の未熟練工まで幅広い層で構成されているために、工法についての認識度の差異が生じて不安全行動が多発する事が予想された。

このことから、施工関係者全員で現場環境と施工方法を熟知し共有する事で不安全行動の撲滅が図られ無事故・無災害が達成されることが考えた。

4. 安全管理について

施工関係者全員が作業環境と作業方法を熟知共有するために、コンピューターグラフィックスによって作成された画像などを閲覧する事で様々な危険箇所の可視化ができると考えた。

まず、SketchUp (スケッチアップ) を採用し3次元化した施工方法のモデリングの作成を行った(図—3)。



図—3 架設工法施工ステップ3次元画像

そして、SketchUp (スケッチアップ) 3次元画像を施工開始前に施工関係者全員で閲覧し検討を行い不可視部分の可視化や施工ステップの確認を行った(図—4)。

これにより、施工関係者全ての意識共有を実現する事が出来たが、視認効果のみで体感できるものが少なかったため、安全意識向上への成果が低かった。

そこで、ゴーグル型ディスプレイを採用した「現場没入型」のVR (バーチャルリアリティ) を活用し更なる現場の可視化を図った(図—5)。

基礎知識がある程度無いと作業環境や施工方法の説明を受けても構造物や完成イメージが理解できない事



図—4 SketchUp (スケッチアップ) 3次元画像閲覧状況



図—5 ゴーグル型ディスプレイ体感状況

が多い。そこで、ゴーグル型ディスプレイ採用により、工事の内容あるいは施工順序や施工ステップ、構造物の完成イメージなどといった視覚情報を強調・補完する仕組みを活用する事で、構造物の規模・形状寸法について理解度が向上した。

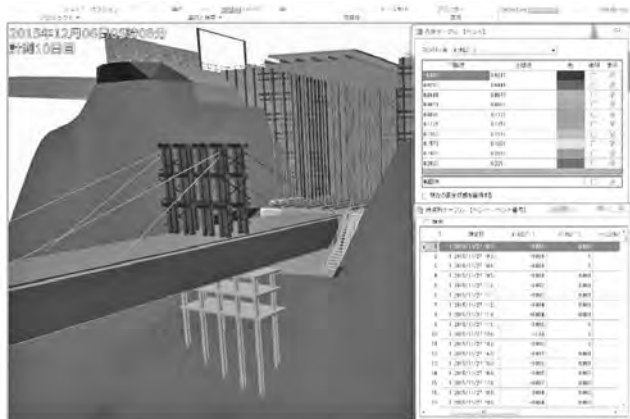
つまり、視覚情報の優位性(例えばメラビアンの法則など)の解消が達成されたと判断する。

さらに、施工方法以外にも架設に伴う仮設構造物(特にベント杭とクレーン構台)の変位をリアルタイムに計測管理する事で、危険予知を行い安全性の向上に努めた。

これには、変位計・ひずみゲージを図—1に表記した現道側河川部へベント杭12箇所とクレーン構台に4箇所設置しインターネット回線を利用し現場内外で監視できるようにした（写真—1、図—6）。



写真—1 現場内変位確認状況



図—6 現場外変位確認状況

この表示は「青＝正常」「赤＝異常」を示した情報になっており、架設状況の偏移をリアルタイムで監視する事で安全性の向上に繋がったと判断する。

5. おわりに

水管橋架設工事は、13ヶ月間の工期であったが無事故・無災害で完成する事ができた。これは、ゴーグル型ディスプレイの活用により安全性の可視化が図れた事と、施工ステップなどを施工関係者全員が熟知共有する事で実現でき、さらには施工ロスの減少にも繋がった事に貢献できたと判断する。

その他、施工関係者以外の一般向けの現場見学会にも採用する事で、見学者に工事を分かり易く伝えることができ、工事への理解度向上に繋がった事は、独自のアンケート結果などの検証で実証することができた。

つまり、安全の可視化を実現しながら工事情報の明確化が達成される事で、工事全体を可視化する事ができるツールとして今後も安全管理に大きく貢献できるものとする。

謝 辞

本工事を進めるにあたり御指導と御協力を賜った札幌市水道局様、そして関係者の皆様に感謝の意を表するとともに、建設業本来の魅力と安全を最優先に考え、引き続き工事に従事していく所存である。

J C M A

【筆者紹介】

坂下 淳一（さかした じゅんいち）
一三北路（株）
土木工事部
課長



真柄 毅（まがら たけし）
（株）岩崎
CIM・情報化施工チーム
課長



ブルドーザーマシンコントロールシステムの最新技術の紹介

マストレスタイプ MC システム 3D-MC^{MAX}

本田 肇

情報化施工が行われて既に幾年の月日が流れているが、建機の位置や刃先の位置を何らかの方法で計測し、油圧制御する方式は従来から大きく変化が無い。しかしながら、建機の位置や姿勢を検出するセンサー技術の進歩に伴い、情報化施工の分野にも高度な技術が採用され続けている。本稿では、世界にも例を見ない画期的かつ効率的な施工を実現する IMU（慣性計測装置：Inertial Measurement Unit）を用いたブルドーザーマシンコントロールシステムを紹介する。

キーワード：ブルドーザー、マシンコントロール、3D、マストレス、IMU、高速応答性

1. はじめに

昨今の GNSS リアルタイム測位技術の進化は、土木施工技術に大きな進化をもたらした。三次元設計データを利用した情報化施工技術であるマシンコントロール（以下 MC）、マシンガイダンス（以下 MG）は、短期間で高品質な施工を可能にするだけでなくオペレーターの負担の軽減も達成することができた。

また、2016 年 4 月に実施された国土交通省による i-Construction 施策のスタートも相まって、今後、旧態存在している丁張作業やトータルステーションを使った測量から、建機による直接施工への移行がより加速していくことが予想される。本稿では最先端の技術を使ったブルドーザーマシンコントロールシステムを紹介する。

2. MC システムについて

MC システムとは、GNSS や自動追尾トータルステーションによる測位技術を用いて建機や排土板の位置（三次元座標）を検出し、あらかじめ建機内のコントローラーに登録した施工対象となる三次元設計データに基づいて排土板の高低や傾きを自動で制御するシステムである。このシステムを用いると建機のオペレーターは、排土板を手動で制御する必要がなくなるばかりでなく、ディスプレイ上で設計面あるいは作業面に対して作業進捗状況が分かるように差分として確認することができる。このため、例えばオペレーターの熟練度に関係なく品質の良い施工ができることより、多くの現場で既に導入されている実績がある。

3. ブルドーザーの MC システム

（1）従来のブルドーザー MC システム

ブルドーザーの MC は大きく 2D と 3D に分けられる。2D システムは外部に設置した回転レーザーから発光される光を排土板に取り付けたマストを昇降する受光器で受信し、排土板の位置を高低差で管理するシステムである。2D システムを写真—1 に示す。



写真—1 2D-MC システム

一方、3D の MC システムは、三次元設計データとセンサーで検出・計算した情報から、三次元座標で管理するシステムである。3D の MC システムには GNSS 方式と自動追尾トータルステーションによる LPS 方式があり、それぞれ特徴が異なるため、現場や環境により使い分けられている。本稿では GNSS 方式の MC システムについて言及する。

従来の3DのGNSS方式のMCシステムは、排土板に取り付けられたGNSSアンテナとアンテナを支えるマスト及び排土板の角速度、加速度を検出するIMU（慣性計測装置：Inertial Measurement Unit）もしくは傾斜センサーで構成され、GNSSで検出される三次元座標情報と排土板の姿勢から排土板の刃先の位置を計算、三次元設計データとの比較により自動的に排土板を設計通りに制御するシステムが用いられてきている。これにより、三次元で設計データ通りに施工することが可能となる。従来の3D-MCシステムを写真—2に示す。



写真—2 3D-MC システム

しかしながら、従来機では以下の欠点が挙げられた。

- ・GNSSのサンプリング周波数の遅さによる排土板制御の応答性の遅れ
- ・GNSSアンテナのケーブルやマストが排土板に取り付けられていることによるオペレーターの前方視界の妨げ。
- ・車両回送時ならびに盗難防止などの安全管理を目的としたアンテナやケーブルなどの取り外し作業の煩わしさ。

(2) マストレスタイプMCシステム (3D-MC^{MAX})

前項に記述した従来機の欠点を改善するためにマストレスタイプのMCシステム (3D-MC^{MAX}) (以下「本システム」という) が開発された。

特徴は以下の通りである。

- ・従来、排土板に取りついていたGNSSアンテナを取り外し、キャビンの上部に取り付けることで、オペレーターの前方視界の妨げが無くなる。
- ・従来、1つだったGNSSアンテナを2個取り付けることにより、車体の向きを常に把握することができる。

- ・従来、排土板のみにセンサーを取り付けていたが、排土板と車体の両方にセンサー (IMU) を取り付けることにより、車体及び排土板それぞれの角速度、加速度を独立して検出することができる。

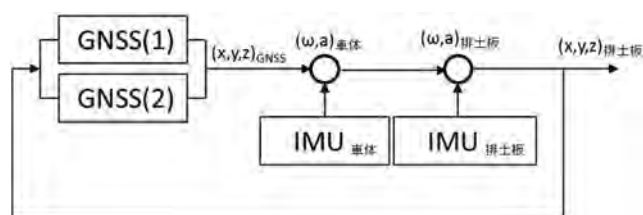
本システムの構成を写真—3に示す。



写真—3 本システムの構成

(3) 座標計算アルゴリズム

MCシステムは排土板の刃先の三次元座標が直接検出できないため、各センサーからその三次元座標を正確に計算することが重要である。キャビンに取り付けられた2個のGNSSアンテナから車体の位置 (x, y, z)、向き、進行方向を検出し、車体及び排土板に取り付けられたIMUセンサーで検出された角速度 (ω)、加速度 (a) から、排土板の刃先の位置 (x, y, z) を計算する。座標計算アルゴリズムのイメージを図—1に示す。

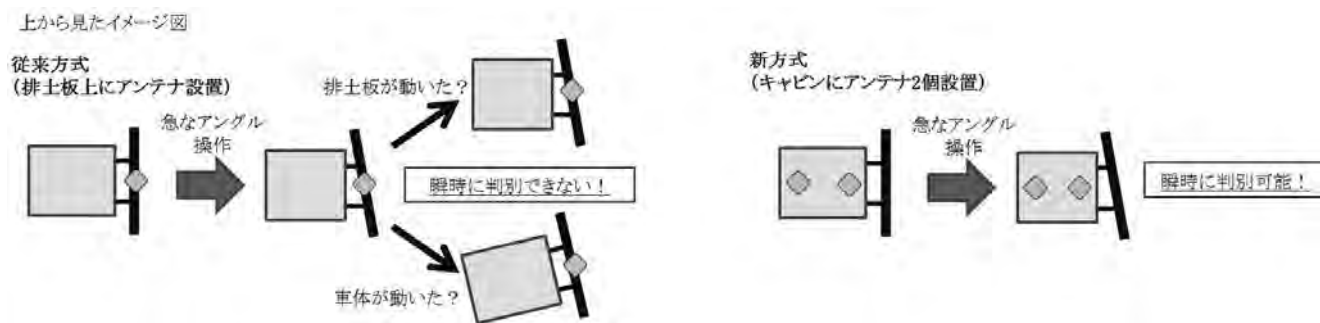


図—1 制御イメージ

(4) 効果

排土板にGNSSアンテナが取りついた方式では、例えば急激なアングル制御を行った際に、排土板にアングル操作を施したのか、それとも車体の方向が変化したのかの検知にタイムラグを生じ、高速走行時にはこれが施工に誤差を生じることがありえた。

しかしながら、2個のGNSSアンテナと2個のIMUにより排土板と車体の姿勢を独立して管理しているこのシステムでは、それぞれの方向と姿勢をリアルタイムで把握し、適切な制御を行うことが可能とな



図ー2 効果の説明

り、複雑な施工に対しても高速で品質良い施工を可能にする。効果の説明を図ー2に示す。

また、従来は排土板の座標はGNSSの検知性能に依っていたため、GNSSの座標検出性能のバラつきが施工のバラつきを決めていた。しかしながら、このシステムの場合は、車体の位置はGNSSで決められるが、排土板の制御はIMUの高サンプリングレート(100 Hz)の検出能力に従う為、よりリアルタイムな制御が可能になり、施工面もより滑らかな結果を得ることができる。

このシステムの高速な排土板の応答性により、前進・後進時に3速フルスロットルの前進・後進時でも1～2 cm(標準偏差)でのばらつきで施工が可能になる。これにより、作業者に短時間での施工を実現させることができ、施工管理上においても生産性の向上を図ることができる。写真ー4に3速バック引きで行った施工結果面を示す。



写真ー4 施工結果面

(5) 特記事項

(a) IMU(慣性計測装置: Inertial Measurement Unit)のイニシャライズ

IMUは物体の運動計測を目的に、ロボット、自動車、飛行機などに応用されているが、近年ではドロー

ンなどにも活用され、飛行制御、姿勢制御にも活用されている計測装置である。本システムではIMUを活用し車体の姿勢、排土板の姿勢を計算し安定した制御を行うことができるが、排土板のアングル角についてはIMUから出力される角加速度より求めることから、角度原点を得る必要がある。このことから、システム電源投入時に角度の始点として排土板を左端にセットする作業が必要である。この作業はキャビン内に設置されたディスプレイ上に作業要求が黄色で表示され、オペレーターが排土板を左端にアングル移動させることで緑色に変化し正常に完了したことが直ちにわかる。従ってオペレーターは正常にイニシャライズが終了したことを判別でき、不安なく作業に移行できる。

(b) 寸法キャリブレーション

GNSSアンテナからの測位から排土板の位置を検出するため、各センサーの物理的な位置関係を正確に事前に登録しておくことが必要である。GNSSアンテナ及びIMUセンサーと排土板の刃先との相対間隔だけでなく、排土板の回転中心や履帯との距離についても寸法を事前に計測しておくことが必要である。ただし、これは初期導入時に実測しコントローラーに値を入力するだけでよく、取り付け位置を変更しなければ再設定は不要である。

(c) 取り付け

取り付け作業として、GNSSアンテナのキャビン上部への設置、IMUセンサーの固定、配線が主な作業となる。IMUセンサーはブラケットを車体と排土板にそれぞれ溶接した後に取り付けることになるが、センサーの取り付けだけだと半日程度の作業工数で取り付けが可能である。配線はそれぞれのセンサー間とコントローラーの接続ケーブルのみである。

(d) 装着マシン

このシステムは後付けのシステムであるので、原理的には建機のメーカーに依らないシステムであるが、現状はコントロールシステムの互換性などにより、す

すべての車種に対応とは至っていない。

4. おわりに

本稿では、ブルドーザーで使う MC システムの最新システムを紹介した。IMU を 2 個用いた本システムマストレス MC システム (3D-MC^{MAX}) は世界でも例が無く、IMU の利点である高速な応答性を十分に生かす制御アルゴリズムの実現により、高速走行時の排土板の高速制御を実現しただけでなく複雑な形状の施工に対しても対応できる。この結果、このシステムは今後の情報化施工の分野で求められる高品質、高度化された施工を可能にするものと捉えている。

また、このシステムは i-Construction で掲げられて

いる「生産性の向上」、「オペレーター不足の解消」、「安全性の向上」などの課題の解決に貢献する画期的な MC システムであり、今後のブルドーザーの MC システムにおいて次世代の標準システムとして位置付けられ、情報化施工の現場に生産革命をもたらすものと感じている。

J C M A

【筆者紹介】

本田 肇 (ほんだ はじめ)

(株)トプコン

営業本部 国内 ICT 一施工／農業推進部

ICT 一施工 営業企画課

シニアエキスパート



複雑な地形形状における 覆工設置工事への3次元地形データの適用

太田 啓介・小島 文寛・池田 直広

渋谷駅前の再開発工事において、国道246号線部では、東口地下広場から地上への出入口構築工事が行なわれている。工事箇所は、昼夜通して交通量が多く、縦横断勾配を持つ幹線道路であり、地下構造物施工中の路面覆工には、騒音、振動防止のため、段差のない覆工の施工が要求されていた。そこで、移動式3次元レーザースキャナーで、正確な現地地形データを取得し、作成した3次元モデルを活用することで、合理的な路面覆工の設置高、勾配の計画策定を行なった。また、3次元モデルを活用した、構造物の干渉確認、施工検討を行なった。

キーワード：3次元レーザースキャナー、CIM、仮設工、路面覆工、舗装、測量

1. はじめに

現在、技能労働者の高齢化、若年者の入職が少ないことから、今後十数年を見通した場合、技能労働者数の減少が続く見込みであり、建設業に従事するものとして、生産性を向上させることが求められている。近年推進されてきた、CIM、IoT、そして今年度から開始されたi-Construction等、建設業の技能労働者の減少に対して、3次元データを活用した、設計、施工計画、および、情報化施工やICT活用による現場施工の効率化・省力化が進められている。本報文は、渋谷駅周辺再開発に伴う、東口地下広場出入口構築工事における路面覆工、および仮舗装において、3次元レーザースキャナー測量を行い、路面覆工設置計画、および施工計画の策定を行ったものである。

2. 3次元地形データを用いた覆工設置工事の計画策定

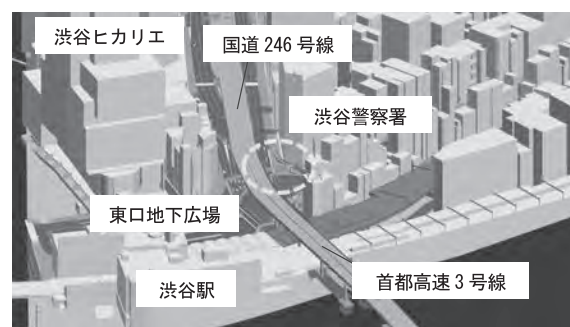
(1) 渋谷駅周辺再開発の概要

渋谷駅は、東急、JR、東京メトロ、京王の4社8線が結節している主要交通ターミナル、そして、渋谷駅周辺の商業地区への玄関口として、交通、商業の拠点となっている。現在、交通アクセスの利便性向上、駅前広場の拡充、周辺の駅ビルの解体・新設を含めた渋谷駅街区の再開発、また、降雨時の浸水対策を含めた渋谷駅前都市基盤の整備のため、複合的な大規模再開発工事が行われている。渋谷駅周辺再開発事業で

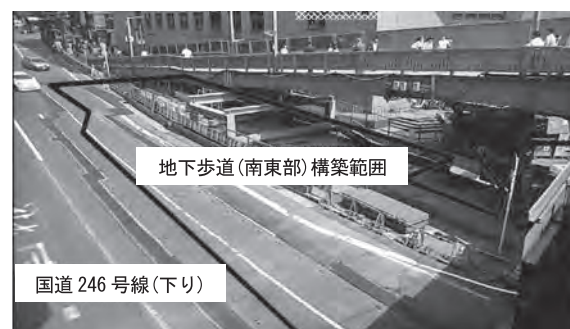
は、東口駅前広場整備の一環として、東口地下広場が計画されている。東口地下広場は、地上に整備される東口・西口駅前広場と合わせて、再開発後における渋谷駅前の歩行者ネットワークの中心的な施設となる。

(2) 現場概要

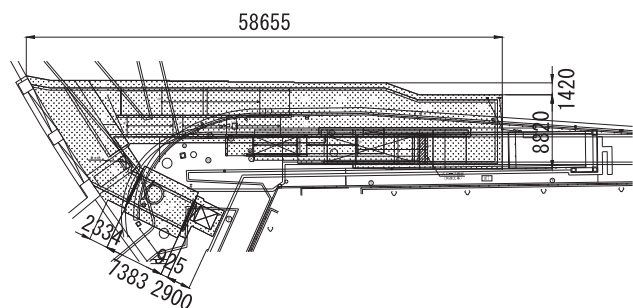
渋谷駅東口地下歩道（南東部）構築工事は、国道246号線と明治通りとの交差点付近に、東口地下広場



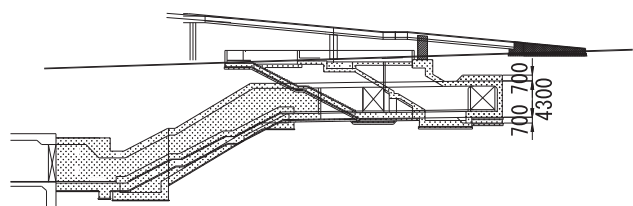
図一 東口地下広場出入口構築位置



写真一 東口地下広場出入口工事箇所（着工前）



図—2 現場平面図 (単位: mm)



図—3 現場縦断面図 (単位: mm)

から地上への出入口を構築する工事である (図—1, 写真—1)。当工事では、国道 246 号線直下に深さ 8 ~ 16 m の掘削を行ない、出入口躯体を構築するため、約 700 m² の路面覆工を行なう (図—2, 3)。

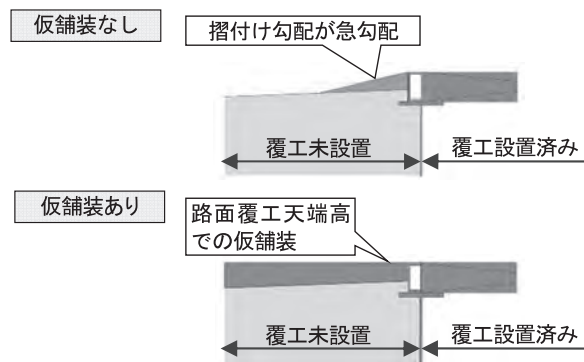
(3) 現場の特徴と問題点

出入口の構築に伴う路面覆工範囲は、片側 4 車線の国道 246 号線と明治通りとの交差点付近に位置しており、3% 以上の縦断勾配に加え横断勾配によるねじれを含む複雑な形状をしている。

また、国道 246 号線は、昼夜を通して交通量の多い主要幹線道路であり、交通車両による騒音・振動を最小限とするため、段差のない路面覆工を施工することが求められた。

路面覆工範囲は、最大設置幅約 15 m、延長約 60 m に渡る約 700 m² であるため、覆工作業は夜間分割での作業となる。しかし、覆工設置箇所はねじれを含む複雑な路面形状をしているため、覆工設置作業の際、覆工設置済み箇所と未設置箇所との摺りつけ舗装が急勾配となる恐れがあった。そこで、本工事では、事前に路面覆工天端高で仮舗装を行い、その後、順次覆工板を設置することで、路面覆工施工中の段差をなくす計画とした (図—4)。

設計段階の覆工計画では、車道の単勾配のみを考慮した概略設計となっており、覆工設置作業中の段差については考慮されていない。路面覆工高を決定するにあたり、覆工位置毎での横断測量を行うのが理想的である。しかし、トータルステーションによる測量では、夜間のみ交通規制の中で、すべての断面の測量を行うには多大な時間と労力が必要とされるため、現実的



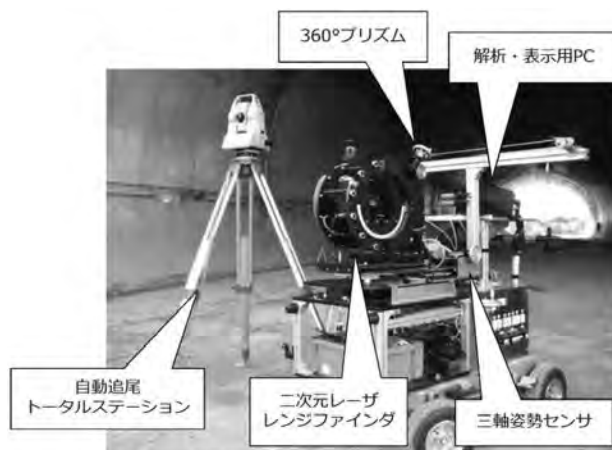
図—4 覆工天端高での仮舗装

には、ポイントを絞っての測量となる。そこで、本工事では、比較的短時間で、広範囲を面的に測量することのできる 3 次元レーザースキャナーによる現況測量を採用した。

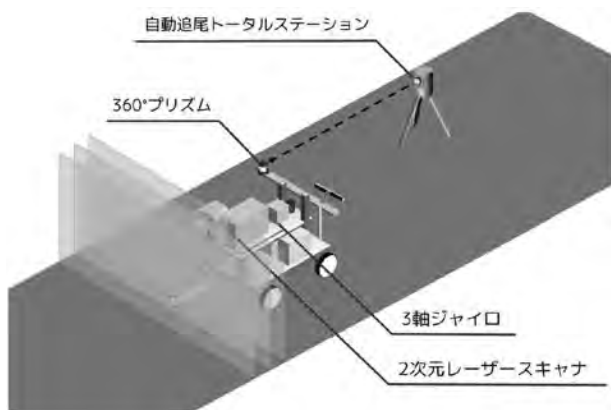
(4) 3 次元レーザースキャナーによる現況測量

3 次元レーザースキャナーは、対象物を短時間で、面的に測量することのできる比較的新しい測量方法であり、トータルステーションによる測量の代替として、土木工事においても、起伏や変化の激しい地形で、工事区域全体の面的把握を行う際に、使用される機会が増えている。i-Construction に関わる基準が整備されたことを受け、今後はさらに普及すると考えられる。

本工事では、現地での測量時間の低減による道路規制期間の短縮のために、一般的に使用されている定置式の 3 次元レーザースキャナーではなく、自社開発した移動式の 3 次元レーザースキャナーである、移動計測型形状計測システム「RaVi (Real-time architecture Visualizer)」¹⁾ (以下「本計測器」) を使用した (写真—2)。本計測器は移動架台に搭載したレーザースキャナーと、自動追尾機能付きトータルステーションで構成されており、二次元レーザーレンジファインダを搭



写真—2 本計測器の構成



図一五 本計測器の計測原理概念図

載した移動式架台位置を、自動追尾トータルステーションにより常時計測するシステムである(図一五)。移動式である本計測器では、計測器の真下から $\pm 95^\circ$ の範囲を計測でき、自動追尾トータルステーションと通信可能な範囲であれば、トータルステーションを盛替えることなく連続的に、広範囲の3次元形状を計測することができる。そのため、トンネルや道路等の細長い空間の計測に効果的であり、計測時間の短縮、連続した面的データの取得による、施工管理、および、品質管理の高度化、効率化を図ることができる。また、計測中に手元の解析・表示用PCに計測データがリアルタイムに表示され、設計データを予め用意することで、計測と同時に設計との比較・評価を行なうことも可能である。

本現場のように、周囲に構造物や段差による死角の多い現場条件においては、定置式の測量器械では、器械を盛り替える回数が多くなり、測量時間が増加するが、本計測器を使用することで計測は連続した1回で完了することができる。一般的なトータルステーションによる従来の測量方法では、計画に必要な範囲の計測には、夜間3日間で18時間程度の時間を要する。一方、本計測器による計測時間は6時間程度であった。さらに、覆工範囲の路面標高データだけでなく、摺り付けに必要となる、周辺形状も計測しており、従来方法と比べ、短時間で、より多くのデータを取得することができる。

3次元レーザースキャナーによる測量では、数mmピッチの密度で面的な地形データの取得が可能であり、路面にねじれを有する本工事箇所においても、追加計測を行なうことなく路面覆工計画に必要な任意の断面を再現することができた(写真一三)。

また、3次元レーザースキャナーでは、非接触のレーザーにより測量を行うため、測量に伴う道路規制範囲を最小限に留めることができ、また、大幅な測量時間

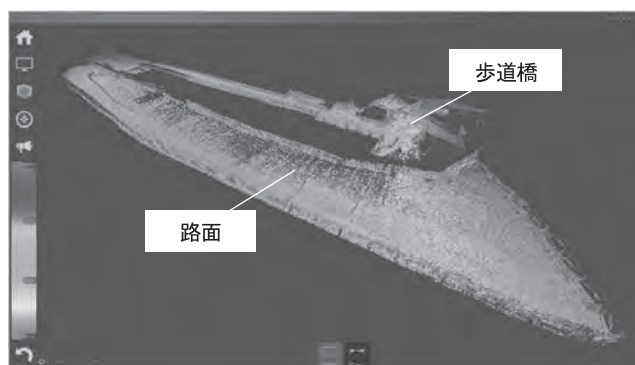


写真一三 本計測器による測量状況

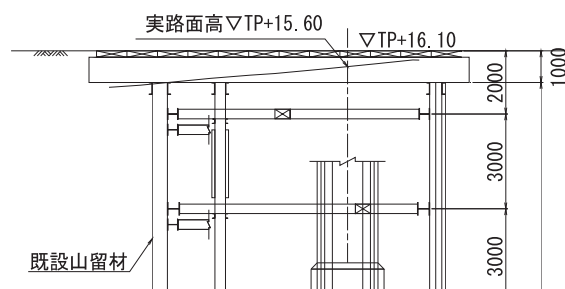
の短縮により、道路規制期間を短縮することもできた。加えて、3次元レーザースキャナーは、機械的にレーザーによる対象物からの反射波を計測するため、夜間での光源の少ない状況での測量に適しており、現地測量における準備作業、測量時間の短縮にも寄与した。

(5) 覆工計画への3次元データの適用と効果

3次元測量により得られた路面覆工範囲の地形点群データは路面の縦横断勾配を再現できており、この計測データに基づき、路面覆工計画の変更を行なった(図一六)。現地測量により得られた実路面高は、設計段階での路面高に比べて低く、交差点付近では、500mm程度低い値であった(図一七)。覆工計画高



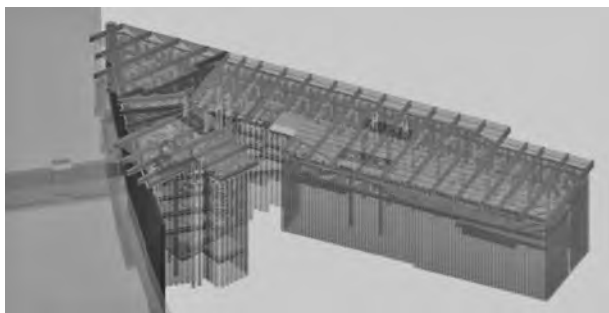
図一六 3次元地形点群データ



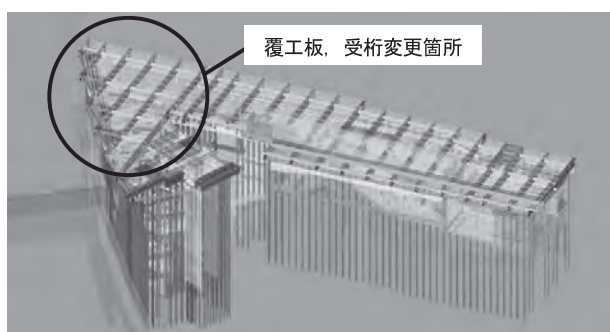
図一七 設計路面高と実路面高の比較例(単位:mm)

は実路面高に合わせて修正し、計画した覆工天端高で予め仮舗装を行うことで、路面覆工設置期間中の段差をなくすことができた。

また、路面覆工は、定型の覆工板（ $3 \times 1 \text{ m}$ ）と異形特殊覆工板を組み合わせで使用している。そこで、3次元計測により得られた、現況の路面データに、位置情報を付与した覆工板の3次元データを重ね合わせ、現地に適合した路面覆工計画を立案した（図—8, 9）。特殊覆工板は別途工場での製作となるが、製作図面作成にも3次元モデルからの情報を活用した。3次元モデルを使用することで、整合性を確保しつつ、2次元図面上では煩雑となる検討を容易に行なうことができ、微細な高さ調整検討の省力化にも寄与した。



図—8 覆工計画図（変更前）

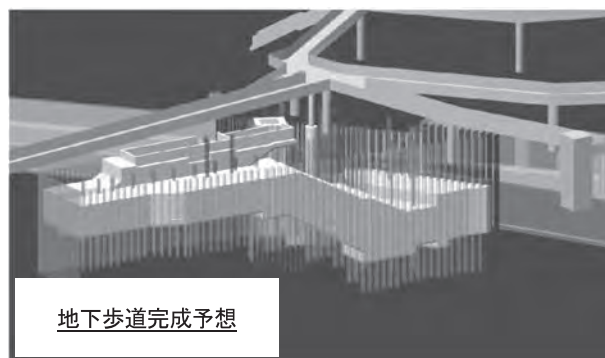


図—9 覆工計画図（変更後）

3. 3D データを活用した仮設構造物の施工検討

本工事で構築する東口地下広場出入口躯体は、地下広場との接続通路、中間踊場、地上接続通路等により、複雑な形状をしている。また、明治通りに沿って既設の土留め杭が存在していた。加えて、工事箇所の直上には歩道橋が位置しており、覆工板を含む、土留め支保工などの仮設構造物の形状や設置位置は、本体躯体、および、周囲の構造物との干渉を確認し、施工の作業性を考慮して決定する必要があった。

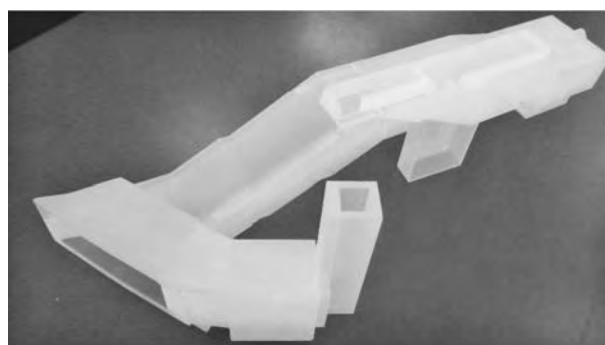
そこで、現地測量による地形データ、覆工板に加え、覆工桁、桁受、覆工桁を受ける土留め壁（地中連続壁、



図—10 仮設構造物と周辺構造物の干渉確認

鋼矢板、場所打ち杭）、既設歩道橋等を含めた工事区域全体の3次元モデルを活用することにより、構造物同士の干渉、クレーンによる吊り込み作業時の歩道橋との取合いを確認し、覆工受桁の位置を変更した（図—10）。

加えて、本現場では、作成した3次元データを元に、3Dプリンターで模型を製作し、施工検討に利用した。模型は、3次元データと違い、誰でも直感的に把握することができるため、現場でイメージの共有ができ、施工検討に効果を発揮した（図—11）。



図—11 3D プリンタによる製作模型

4. おわりに

今回、渋谷駅周辺再開発に伴う、東口地下歩道構築工事において、3次元地形データを利用した、路面覆工計画の策定、および、施工検討を行なった。以下に本工事により得られた知見を示す。

- ①縦横断勾配を有する複雑な地形での路面覆工計画において、3次元レーザースキャナーによる現況測量を用いた路面覆工計画の策定、および、計画に基づく覆工板製作により、施工中も含めて、段差なく路面覆工を設置することができた。
- ②現況の舗装面を測量する際、移動計測型形状計測システム（RaVi）を使用することにより、測量時間の短縮、道路規制期間の縮小を図ることができた。

③現況データを含めた3次元モデルを活用することで、構造物の干渉確認、工場製品作成時の省力化を図ることができる。

現状、設計段階での3次元データの活用は十分には普及していない。本案件のような、現況地形との整合性が重要となる工事では、3次元データを活用した設計が効果を発揮することが確認できた。また、現況の3次元測量についても比較的容易に行うことができた。今後、本工事のように制約条件が多い都市土木工事や、全体把握が重要となる広大な土工事において、3次元データを活用することにより、設計の合理化、そして、生産性の向上に効果が発揮されることを期待する。

謝 辞

移動計測型形状計測システム「RaVi (Real-time architecture Visualizer)」の開発は、平成21、22年度国土交通省建設技術研究開発助成制度から補助金を受けて実施したものである。

J C M A

《参考文献》

- 1) 池田直広ほか：3次元形状計測システム「RaVi」の現場活用事例の紹介，電力土木，2013.11

【筆者紹介】

太田 啓介（おおた けいすけ）
東急建設㈱
土木本部土木技術設計部



小島 文寛（おじま ふみひろ）
東急建設㈱
土木本部土木技術設計部
チームリーダー



池田 直広（いけだ なおひろ）
東急建設㈱
技術研究所
グループリーダー



|| 投稿論文 ||

無人化施工による破碎・解体作業時における 触知覚情報の必要性と実態 ～媒体を通じた人の触知覚の実態～

茂木 正晴¹・藤野 健一²・三嶋 博之³

¹ 早稲田大学大学院人間科学研究科 (〒 359-1192 埼玉県所沢市三ヶ島 2-579-15),
土木研究所 技術推進本部先端技術チーム主任研究員 (〒 305-8516 茨城県つくば市南原 1-6)

E-mail : m-moteki@moegi.waseda.jp

² 土木研究所 技術推進本部先端技術チーム主席研究員 (〒 305-8516 茨城県つくば市南原 1-6)

E-mail : fujino@pwri.go.jp

³ 早稲田大学人間科学学術院 准教授 (〒 359-1192 埼玉県所沢市三ヶ島 2-579-15)

E-mail : mishima@waseda.jp

災害現場復旧において作業者の安全確保のための有効な施工方法として、無人化施工が活用されている。現在、災害現場で利用されている無人化施工技術の多くは、カメラからの伝送映像を中心とした視覚情報に依存したシステム構成となっている。また、実際の復旧作業の多くは、土砂掘削や盛土といった作業に限定されている。しかし、無人化施工技術が実際に活用されている現場では、ガレキの破碎や解体といった複雑な作業が必要な場合もあり、視覚情報のほかに物のかたさに関する情報が必要となるが触知覚に関する技術開発は、十分に組み込まれていない状況にある。

本研究では、建設機械オペレータへのヒアリングから、建設機械による掘削や破碎等の作業を安全・迅速に進めるうえで、能動的な探索行為による触知覚の情報が重要かつ必要であることを確認した。そして、実験により、媒体を通じたかたさ知覚が偶然によるものでなく知覚されていること、および、触知覚のための探索動作が、正解率上位者と下位者とで異なっていることを確認した。また、主に建設機械を遠隔で操作する際、効率的・効果的に現場で活用するために必要となる操作系インターフェースへの触知覚の必要性について述べる。

キーワード : *Unmanned construction, Haptic perception, Operational interface, Operational efficiency, Active touch*

1. まえがき

建設機械は、土木工事における構造物の構築、破碎・解体といった、あらゆる場面で利用されている。建設機械を操作するオペレータは、環境からの視覚・聴覚・触覚といった知覚情報を取得することによって目的とする作業を遂行している。

オペレータの多くは、工種や作業内容によって、視覚・聴覚・触覚といった知覚情報を無意識に使い分けている。例えば、山砂などのかたさの異なる材質による盛土・掘削作業に関しては視覚情報の利用を中心としているが、解体工や破碎作業のようなかたさの異なる材質を取り扱う作業に関しては、視覚情報の他に聴覚や触覚といった情報を取り入れて作業を進めていると考えられる。

このように、建設作業の場面や作業内容によっては、

視覚情報に限らず、適切な知覚情報をオペレータに対して総合的に伝達することが必要と言える。

しかしながら、現在、災害現場で利用されている無人化施工技術に関しては、カメラからの伝送映像を中心とした視覚依存のシステム構成となっており、実際の復旧作業の多くも、視覚的な情報のみでも行いやすい土砂掘削や盛土等を中心とした作業に限定されているのが実情である。

このような状況を踏まえ、視覚以外の知覚情報を利用するための検討も行われている。例えば、マイクロフォンによる破碎音(聴覚情報)をオペレータに聴覚的に伝達しての作業や、岩塊の破碎振動を運転座席に触覚情報として伝達して作業する事例が存在している。しかし、これらは現場での積極的な採用、実用化にまでは至っておらず、特に無人化施工技術が実際に活用されている現場

の実情に合わせたかたちでの触知覚に関する技術開発については、十分に組み込まれていない状況にある。

本報告では、昨今発生している災害時の復旧活動の1つであるガレキ等撤去時のガレキ破碎や解体において、一般的にオペレータからのニーズとしてあげられている触知覚情報の必要性和媒体を通じた触知覚の実態について実験をとおして明らかにした。また、主に建設機械を遠隔で操作する際、効率的・効果的に現場で活用するために必要となる操作系インターフェースへの触知覚情報の必要性に関して述べる。

2. 背景と課題

2.1 無人化施工における作業効率向上の課題と研究対象

建設作業に関しては、一般的に形状等の状況判断を視覚情報により行っている部分が多いものと考えられている。また、近年火山・土石流等の災害発生時に人が入りこむことができない環境での復旧作業について、写真-1に示す建設機械をテレビカメラからの映像によって遠隔操作する無人化施工が適用されている。しかし、無人化施工による復旧作業は、テレビモニタからの映像による視覚情報のみを頼りに建設機械を操作することから、一般的に臨場感が乏しく直接搭乗して作業するより多くの時間を要するといわれている。



写真-1 無人化施工による施工状況（2013.9 雲仙復興現場より）

現場で活用されている無人化施工における作業効率の実態把握として、土木研究所内で搭乗操作と遠隔操作による比較実験¹⁾をオペレータ15人に実施している。結果として、図-1¹⁾に示すように遠隔操作は搭乗操作と比較して約2～3倍のサイクルタイム(作業時間)となるとい実態¹⁾が明らかとなっている。なお、映像情報量をパラメータとした実験が現在進められており、その詳細については、別報にて報告する予定である。

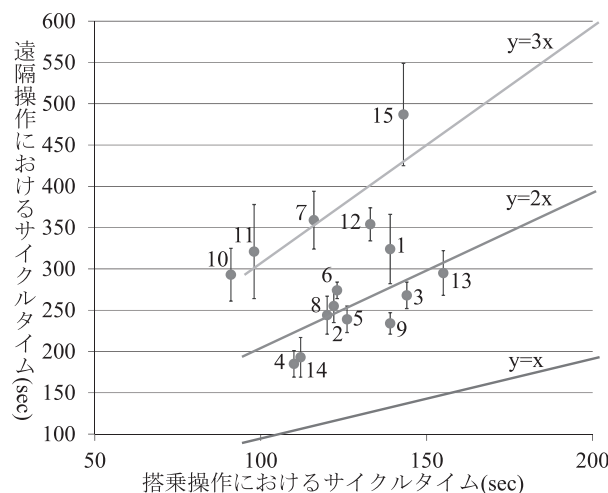


図-1 オペレータ15人による搭乗と遠隔操作の比較

遠隔操作に伴うこのような作業効率低下を改善するため、伝えられる視覚情報を改善する方策の検討が進められているが、作業効率を搭乗での建設機械の操作に近づけるためには、搭乗時にオペレータが体感している対象物への感触や音といった他の知覚情報も重要な要素だと考えられる。特に触知覚情報に関しては、遠隔での操作経験のあるベテランオペレータ10名へヒアリングを行った結果、現場での掘削、コンクリートブロックなどの破碎、建築物の解体・撤去等において対象物のかたい・やわらかいといった、触知覚の情報が重要かつ必要だとしており、触知覚を本研究対象にすることとした。

2.2 媒体を通じた触知覚情報の必要性

ベテランオペレータへのヒアリング結果から、触知覚の情報が重要かつ必要だとされているが、その背景については以下のようなことが考えられる。

人は、触知覚によって、物の大きさや重さ、かたさなどの情報を取得しており、取得された情報に応じて目的とする行動を調節することができる。例えば、日常場面では対象物に直接触ることで必要となる情報を取得している一方、全盲やロービジョンのように視覚障害がある場合、白杖を利用するような場面等では、直接地面に触れることがなく媒体を通じて状態を感知している。同様に、土木作業現場で作業者は、スコップ等の道具や建設機械等といった媒体を介して土に触れることでその状態を感知し、それに応じて掘る、叩く、押しつける等といった適切な作業を選択実行している。つまり、媒体を通じた触知覚を利用した探索の中で、作業者は能動的(アクティブ・タッチ²⁾)にかたい・やわらかいといった判断を行ったうえで、もしかたかった場合にアプローチしようとする対象物を破壊せずに除去、ないしは回避する行動をとることになる。

また、一般的な土木作業で土の内部に隠れているもの、例えば、土中にコンクリート片等が埋設されているか否かの判断(図-2)などは、スコップや建設機械などの先端部を介して得られる情報によって、聴覚的、触覚的に内部状況を判断している。ちなみに、土の締固め状態や、粘土から岩石までの段階を持ったかたさの判断は、ある程度の作業経験によって獲得が可能と現場では一般的に考えられており、目的とする作業を円滑に進めるうえで触知覚は必要な情報の1つだと考えられる。

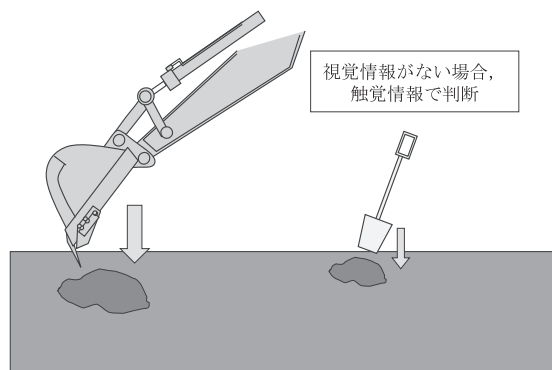


図-2 土木作業における触覚イメージ

3. 媒体を通じた人の触知覚に関する実験

3.1 実験の目的

本研究では、媒体を介した人の能動的(アクティブ・タッチ)なかたさ知覚の実態を実験により明らかにすることを目的とした。また、この実験結果に基づき、かたさ知覚の正確性として、正解率上位者と下位者において、触覚を得るための探索の動作(行為)に個人差があるのか、また、その動作には特徴的な傾向があるのか、動作解析により考察することとした。

3.2 実験内容

かたさの異なる6種類(ゴム、ウレタン、プラスチック、木材、コンクリート、鋼材、いずれも200 mm × 200 mm × 高さ100 mm)を用意した(写真-2)。また、後の分析で使用するため、6種類の供試体に対して、表-1に示すようにかたさを3つのカテゴリに分類した(以下、「カテゴリ別」という。)。探索方法は、図-3に示すように、探索棒を供試体に押しつけて振り、材質を答えてもらうことを12回実施した。次に探索棒で供試体を擦り、材質を答えてもらうことを12回実施した。最後に探索棒で供試体を垂直に叩き、材質を答えてもらうことを12回実施した。

実験に使用する探索棒は、ABS樹脂製の剛体の棒(φ20 mm × 250 mm、以下、探索棒という。)を用意した。



写真-2 供試体

表-1 供試体の種類

材質	やわらかい		ふつう		かたい	
	1	2	3	4	5	6
	ゴム	ウレタン	プラスチック	木材(松)	コンクリート	鋼材
縦弾性係数	約0.1 GPa	約0.5 GPa	約4 GPa	約9 GPa	約30 GPa	約200 GPa

※縦弾性係数に関しては、供試体製作会社にて確認

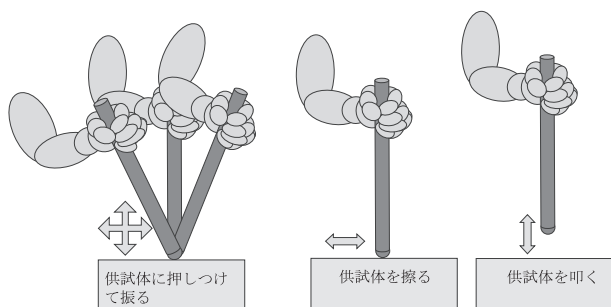


図-3 探索方法の種類

実験中は、実験協力者に供試体が目視できないように遮蔽し、聴覚による判別が発生しないように、カナル型イヤホンから提示されるノイズにより外部音を遮蔽した。また、12回の探索では、同材質を乱数表に基づき異なる順番で2回提示するように実施した。

なお、実験により得られたデータは、統計処理及び動作解析を行った。

3.2.1 実験の流れ

実験にあたっては、以下①～③の流れで進めた。なお、知覚対象の供試体は、乱数表に基づいて決定された順番で研究協力者に提示した。

- ①実験協力者は、本実験開始前に全ての供試体を目視しながら探索を行い、予めかたさに関する印象を確認する。
- ②実験協力者から供試体を見えないようにした状態で探索する(写真-3)。探索までの時間に関しては特に制限を設けないこととする。
- ③供試体の材質を回答してもらう。

3.2.2 実験協力者

実験協力者は、国立研究開発法人土木研究所において進めている「建設機械の遠隔操作技術の研究」における関係者44名(建設機械オペレータ16名、土木作業員11名



写真-3 実験状況

内女性3名、研究者11名、事務員等6名内女性2名、平均年齢44.9歳)にて実施した。

3.3 実験結果

3.3.1 探索方法毎の正解率

探索棒を供試体に押しつけて振る探索では、正解率が平均値及び標準偏差 0.430 ± 0.167 、変動係数 0.389、探索棒で供試体を擦る探索での正解率は平均値及び標準偏差 0.648 ± 0.167 、変動係数 0.257、探索棒で供試体を叩く探索での正解率は平均値及び標準偏差 0.494 ± 0.141 、変動係数 0.286 という結果となった。

図-4 に示すように「探索棒を供試体に押しつけて前後左右に探索」と「探索棒で供試体を叩く」では、一部を除いて、0.5-0.6 の正解率を境界とする傾向が見られた。「探索棒で供試体を擦る」に関しては、正解率は 0.5-0.6 を中心とした山型の分布となった。

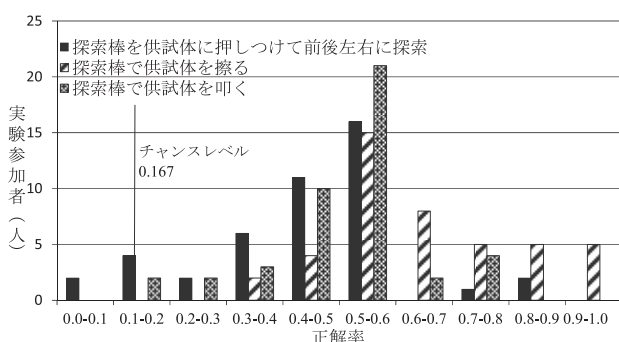


図-4 正解率に基づく探索方法毎のヒストグラム 1

いずれもチャンスレベル 0.167 を上回る結果となった。

表-1 に示す「やわらかい」「ふつう」「かたい」といったカテゴリ別での探索結果として、探索棒を供試体に押しつけて振る探索では、正解率が平均値及び標準偏差 0.646 ± 0.153 、変動係数 0.237、探索棒で供試体を擦る探索での正解率は平均値及び標準偏差 0.841 ± 0.129 、変動係数 0.154、探索棒で供試体を叩く探索での正解率は平均

値及び標準偏差 0.763 ± 0.132 、変動係数 0.172 という結果となった。

図-4 と比較した場合、概ね平均正解率が高いこと、バラツキが少なくなる結果となった。

図-5 のヒストグラムに示すように、探索棒を供試体に押しつけて前後左右に探索するケースでは正解率は低く、探索棒で供試体を擦る・叩くといったケースでは、正解率が高いことが確認できた。

実験協力者の多くは、「やわらかい」「ふつう」「かたい」といったカテゴリ別での判断は、媒体を通じた触覚において、概ね正確な判断が可能であることが確認できた。

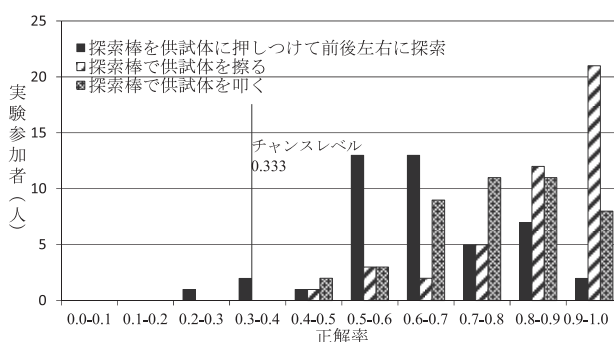


図-5 カテゴリ別における正解率のヒストグラム 1

3.3.2 動作解析評価

実験時の記録として撮影した記録映像に基づき、動作解析ソフト (Kinovea) による動作軌跡解析及び探索時の動作変位を動画記録を用いて比較検証した。

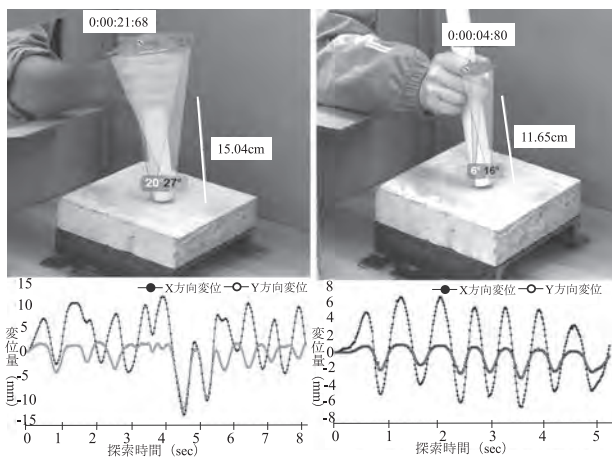
動作解析にあたっては、実験協力者 44 名中正解率上位者 10 % 以内から、正解率上位者 4 位までと下位者 4 位までを選抜し、それぞれの探索軌跡を解析した。

図-6 ～ 8 に、選抜された正解率上位者と下位者による、各探索時における動作軌跡の代表例を示す。それぞれの動作軌跡は、(i) が正解率上位者の動作軌跡で、(ii) が正解率下位者の動作軌跡である。

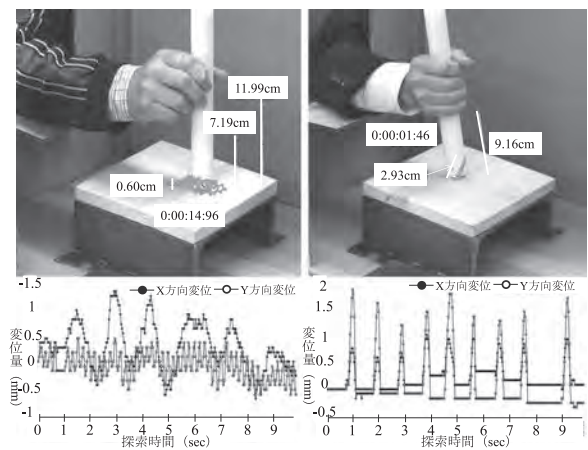
また、視覚的な動作軌跡だけでは、正解率の差異を明らかにすることが難しく、不明な点が多いことから、探索動作に関する傾向の解析を進めるうえで、動作軌跡の解析と同様に、正解率上位 4 位者と下位者 4 位までの動作状況について動作変位量に基づく解析を行った。具体的な解析方法は、映像の X (横)、Y (縦) 方向の動作軌跡を数値データ (CSV 形式) として記録したものを、Microsoft Excel により横軸を探索時間、縦軸を動作変位量とした時系列変位グラフを作成した。

a. 探索棒を供試体に押しつけて振る

図-6 については、「探索棒を供試体に押しつけて振る」



(i) 正解率上位者：時系列変位 (ii) 正解率下位者：時系列変位
図-6 探索棒を供試体に押しつけて振る

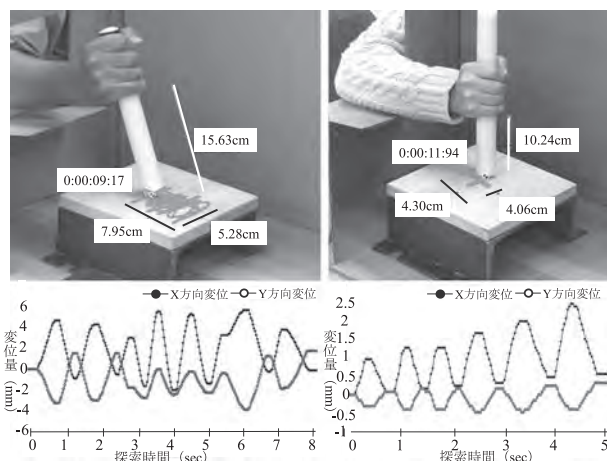


(i) 正解率上位者：時系列変位 (ii) 正解率下位者：時系列変位
図-8 探索棒で供試体を叩く

動作の代表的な動作軌跡例を示す。傾向としては、正解率上位者は、前後左右や回転による変化に富む探索を行っているのに対して、正解率下位者については、比較的画一的な回転動作が行われていることが分かった。

b. 探索棒で供試体を擦る

図-7 については、「探索棒で供試体を擦る」動作に関する代表的な動作軌跡を示す。正解率上位者は、広範囲に変化に富む探索を行っている。正解率下位者は、前後左右に画一的な探索を行っていることが分かった。



(i) 正解率上位者：時系列変位 (ii) 正解率下位者：時系列変位
図-7 探索棒で供試体を擦る

c. 探索棒で供試体を叩く

図-8 については、「探索棒で供試体を叩く」動作の代表的な動作軌跡を示す。正解率上位者は、広範囲に小刻みで変化に富む探索を行っている。正解率下位者は、ほぼ同一の箇所に対して画一的な探索を行っていることが分かった。

4. フーリエ解析及びRQA (Recurrence Quantification Analysis) による動作傾向の評価

正解者上位者と下位者の双方に見られる動作傾向について、より詳細に把握する手法として、正解率上位4位と下位4位までのデータ(時系列変位)についてフーリエ解析(技術計算製作所フーリエ変換ソフト Discrete Fourier Transform, 窓関数: ハミング)を行い、探索時における特性を明らかにした。

また、動作解析によって得られた時系列変位(図-6～8)は、正解率上位者と下位者の探索パターンに相違があると予測されることから、MATLAB Signal Processing Toolboxにより、平均値及び標準偏差では評価しえない不規則に変動する動作の時系列データを解析する手法としてRQA (再帰定量化解析: Recurrence Quantification Analysis) による解析を行い、解析によって得られた結果について正解率上位者と下位者における探索の有意差を t 検定によって判定した。

4.1 フーリエ解析による探索特性

フーリエ解析結果として、各種探索時の正解率上位者と下位者における探索棒を握る手の動きについて(振る、擦るに関してはXY方向、叩くに関してはZ方向)周波数特性及び探索時の正解と不正解の周波数特性、供試体固有の特性に依存した周波数特性についてまとめた。

4.1.1 探索棒を供試体に押しつけて振る

正解率上位者における探索時の周波数特性は、ピーク値の平均値及び標準偏差は $1.321 \text{ Hz} \pm 0.305$ となり、1 Hz 周辺での探索特性が傾向として見られた。供試体固有の特性に依存する特質した周波数特性は見られな

かった。

正解率下位者は、平均値及び標準偏差 $1.558 \text{ Hz} \pm 1.454$ からによるバラツキが傾向として見られた。

なお、正解率上位者と同様に正解と不正解及び供試体固有の特性に依存するような特質した周波数特性は見られなかった。

4.1.2 探索棒で供試体を擦る

正解率上位者における探索時の周波数特性は、平均値及び標準偏差 $1.423 \text{ Hz} \pm 0.715$ によるバラツキが見られた。

正解率下位者の探索時の周波数特性は、平均値及び標準偏差 $1.346 \text{ Hz} \pm 0.416$ となっており、探索棒を供試体に押しつけて前後左右に探索する正解率上位者に類似する 1 Hz 周辺での探索特性が見られた。

なお、正解率上位者と下位者共に正解と不正解及び供試体固有の特性に依存するような特質した周波数特性は見られなかった。

4.1.3 探索棒で供試体を叩く

正解率上位者及び下位者における探索時の周波数特性は、正解率上位者の周波数特性としてピーク値が、2つ若しくは3つに分布する傾向が見られた。正解率下位者の周波数特性は、 $1 \text{ Hz} \sim 4 \text{ Hz}$ の範囲に分布している傾向が見られた。なお、正解率上位者と下位者共に正解と不正解及び供試体固有の特性に依存するような特質した周波数特性は見られなかった。

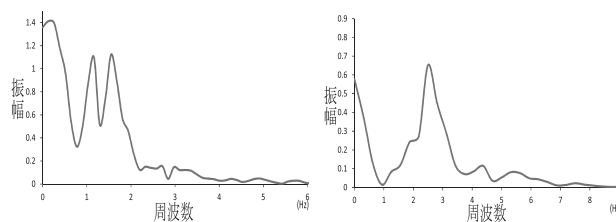
4.1.4 解析のまとめ

探索棒を供試体に押しつけて振る探索と探索棒で供試体を擦るといった探索方法は、探索時の時系列的な動作変位量に基づくフーリエ解析による周波数特性を見る限りでは、正解率上位者と下位者には、特徴的な差異を見ることができなかった。このことは、図-9、10の代表例に見られるような一部類似するような特性からもうかがうことができる。

探索棒で供試体を叩くに関しては、図-11の代表例に見られるように正解率上位者には、固有の特性として2つ若しくは3つの周波数ピーク値が傾向として確認できた。しかし、正解率上位者と下位者との特徴的な差異を見ることはできなかった。

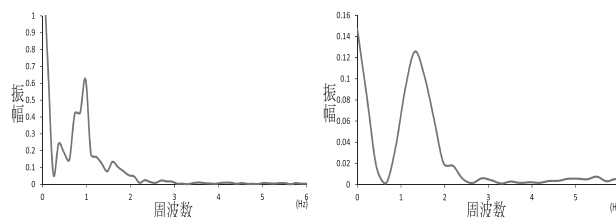
4.2 t検定に基づく正解率上位下位者の差異

各探索方法における時系列変位(図-6～8)を動作解析による動作軌跡を見る限り、正解率上位者には変化に富む動きが見られるのに対し、正解率下位者は画一的な動



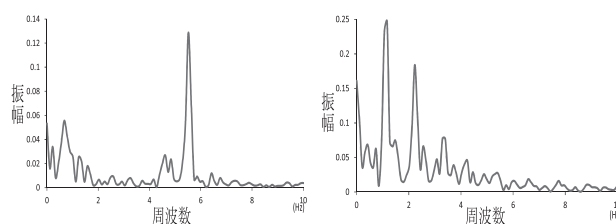
(i) 正解率上位者 (ii) 正解率下位者

図-9 フーリエ解析の代表例 1
(探索棒を供試体に押しつけて前後左右に探索)



(i) 正解率上位者 (ii) 正解率下位者

図-10 フーリエ解析の代表例 2
(探索棒で供試体を擦る)



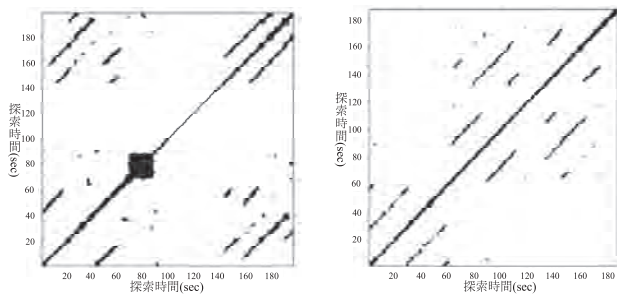
(i) 正解率上位者 (ii) 正解率下位者

図-11 フーリエ解析の代表例 3
(探索棒で供試体を叩く)

きが見られ、探索パターンに相違が見られた。

そこで、各探索方法における正解率上位者と下位者の視覚的な違いを定量的に評定した。まず、Cross Recurrence Toolbox³⁾により、RQA(Recurrence Quantification Analysis)を行った。RQAを進めるうえで各探索方法においてデータの解析プロット幅としてRR(recurrence rate)を2%～3%にほぼ収まるようにDimension, Lag, 閾値, Theiler window(RQAに必要となる埋め込み次元等のパラメータ)を設定し、解析結果として、各探索時における時系列動作変位量よりDET(Determinism)とLmax(Maximal diagonal line length)を整理した。

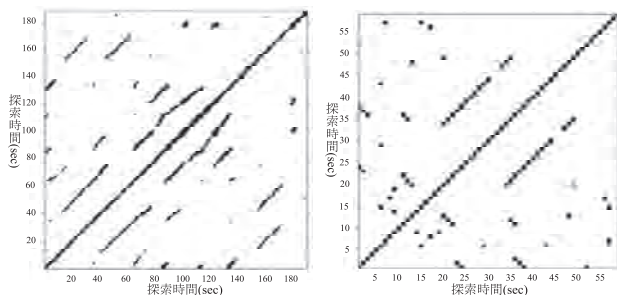
その結果、「探索棒を供試体に押しつけて振る」については、Dimension: 4, Lag: 6, 閾値: 0.65 SD, Theiler window: 3, 「探索棒で供試体を擦る」については、Dimension: 3, Lag: 5, 閾値: 0.5 SD, Theiler window: 3, 「探索棒で供試体を叩く」については、Dimension: 3, Lag: 5, 閾値: 0.5 SD, Theiler window: 3によりRQA



(i) 正解率上位者

(ii) 正解率下位者

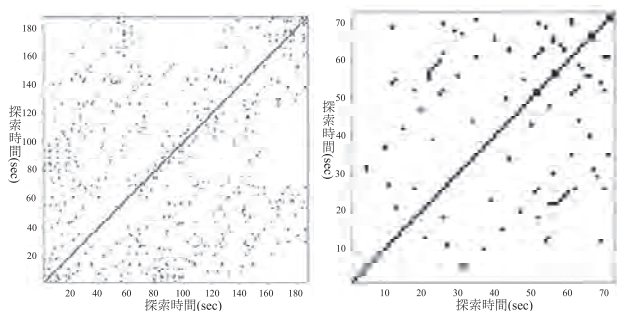
図-12 RQA (探索棒を供試体に押しつけて前後左右に探索)



(i) 正解率上位者

(ii) 正解率下位者

図-13 RQA (探索棒で供試体を擦る)



(i) 正解率上位者

(ii) 正解率下位者

図-14 RQA (探索棒で供試体を叩く)

を行い、図-12～14に示す結果が得られた。

DETは、Recurrence plotsの点パターンにより系の振る舞いを定量化する手法の1つとして提案されているものである。このDETは、RQAによって視覚化されたRecurrence plotsの斜め線をなす点の割合である⁴⁾。時系列データが探索として意味ある行動パターンの特徴(決定論的カオスの力学的特徴)が見られる場合、DETは大きな値(プロット点が多い。)を示す傾向があるとされており、正解率上位者と下位者の違いを見るうえでの指標とした。

Lmaxは、RQAによって視覚化されたRecurrence plotsの斜め線の最大長(対角線を除く。)であり⁴⁾、このLmaxは、リアプノフ指数⁴⁾の逆数と考えられている。リアプノフ指数は、解析対象が「どの程度カオス的か」⁵⁾

ということを定量化する指標であり、リアプノフ指数の逆数であるLmaxが小さければ、系の軌道不安定性が高い傾向にあるものと判断した。

なお、t検定は、統計解析ソフトR及びjs-STAR⁶⁾によるウェルチの法によるt検定を行った。帰無仮説は正解率上位者と下位者には違いが無いものとし、対立仮説を正解率上位者と下位者に差があるとした。

4.2.1 「探索棒を供試体に押しつけて振る」に関するt検定結果

DETにおけるt検定の結果、正解率上位者と下位者の平均の差は有意ではなかった(t値=-1.8159, 自由度df=6.20, $p=0.1177>0.05$, effect size $d=-0.9706$, power=0.3370, 両側検定)。しかし、検定力は小さいため、帰無仮説の採用には慎重になる必要があると考えられた。一方、効果量dが十分に大きいことを考えると、正解率下位者は上位者に比べてその振る舞いはより決定論的であった可能性が認められた(図-15)。

Lmaxにおけるt検定の結果、正解率上位者と下位者の平均の差に傾向差が見られた(t値=-2.2125, 自由度df=9.73, $p=0.0606>0.05$, effect size $d=-1.134$, power=0.4806, 両側検定)。ただし検定力は小さかった。一方、効果量dに注目するとそれは十分に大きいものとなっており、これらを総合して、正解率下位者は上位者に比べてLmaxが大きく、系の軌道安定性が高い傾向があると判断した(図-16)。

Lmaxはリアプノフ指数の逆数と考えられており、正解率上位者は下位者平均に比べてLmaxが小さいことから、軌道不安定性が高い傾向にある可能性が示された。

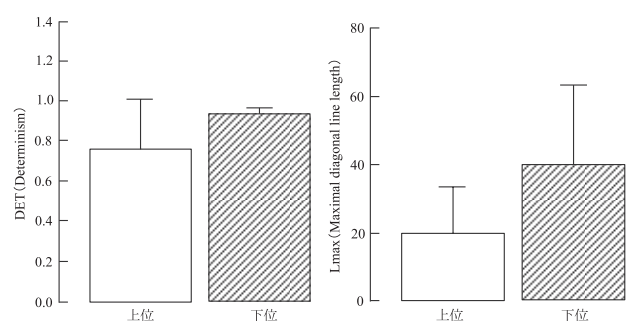


図-15 DET (振る)

図-16 Lmax (振る)

4.2.2 「探索棒で供試体を擦る」に関するt検定結果

DETにおけるt検定の結果、正解率上位者と下位者の平均の差は有意だった(t値=2.3115, 自由度df=13.99, $p=0.0366<0.05$, effect size $d=1.1557$, power=0.5759, 両側検定)。検定力は十分でないものの、効果量dは十分に大きいことを総合して、正解率上位者と

下位者の DET における平均値に差があり、上位者は下位者と比べてより意味のある探索行為(決定論的な振る舞い)となっていると判定した(図-17)。

Lmax における t 検定の結果、上位者と下位者の平均の差は有意ではなかった(t 値 = -0.7366 , 自由度 $df = 9.98$, $p = 0.4783 > 0.05$, effect size $d = -0.3683$, power = 0.0982 , 両側検定)。検定力は小さいものの、効果量 d も小さいため、正解率上位者と下位者の Lmax における平均値には差が認められないと判定した(図-18)。

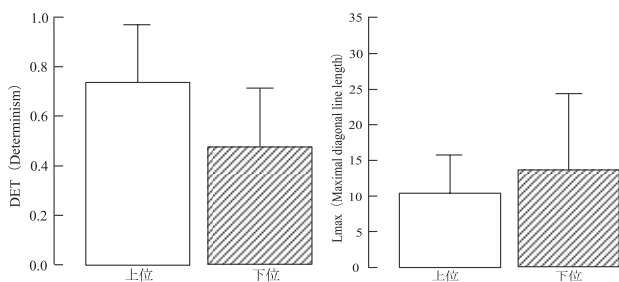


図-17 DET (擦る)

図-18 Lmax (擦る)

4.2.3 「探索棒で供試体を叩く」に関する t 検定結果

DET における t 検定の結果、正解率上位者と下位者の平均の差は有意ではなかった(t 値 = 1.1272 , 自由度 $df = 5.37$, $p = 0.3075 > 0.05$, effect size $d = 0.7129$, power = 0.1532 , 両側検定)。ただし、検出力は小さく、また効果量 d が中程度の大きさであることを考えると、正解率上位者と下位者の DET における平均値に統計的な差は認められないものの、一定の効果が存在する可能性については示唆された(図-19)。

Lmax における t 検定の結果、上位者と下位者の平均の差は有意ではなかった(t 値 = -0.208 , 自由度 $df = 6.39$, $p = 0.8417 > 0.05$, effect size $d = -0.1315$, power = 0.0375 , 両側検定)。検定力は小さいものの、効果量 d も小さいため、正解率上位者と下位者の Lmax における平均値に差はないと判定した(図-20)。

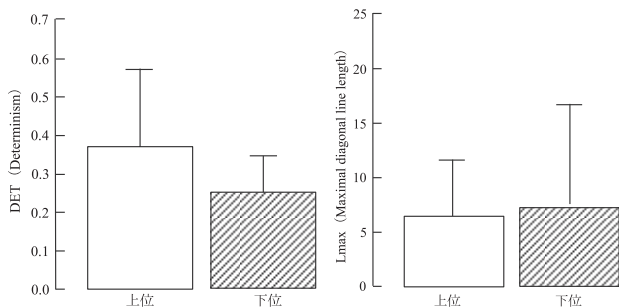


図-19 DET (叩く)

図-20 Lmax (叩く)

5. 考察

各探索方法によるかたさ判断因子の抽出及び動作解析結果から、探索動作傾向について考察する。また、建設機械を効率的・効果的に現場で活用するために必要となる操作系インターフェースへの触知覚情報の必要性について述べる。

5.1 各探索方法によるかたさ判断因子の抽出

本研究では、かたさ知覚が触覚的に有効に行われている可能性を3つの探索方法において実験的に検証し、偶然によるものでなく一定の正解が得られることを確認した。この事実は、視覚的に遮蔽されており、かつ触覚的にも媒体を介した間接的な状況で対象が知覚されること、すなわち対象の内部特性が触覚的に認識されうることと示していると考えられる。

供試体の弁別については、探索棒で供試体を擦る方法での正解率が高い結果となっていたことから、表面特性すなわち対象表面の肌理が重要な情報因子となっていたと考えられる。また、個人差はあるが、探索棒で供試体を擦る方法によって得られる表面特性の把握に加えて何らかの圧力が供試体に与えられ、摩擦抵抗や反力といった情報因子によって優位な弁別が図られたものと考えられる。

また、探索棒を供試体に押しつけて前後左右に探索する方法や、探索棒で供試体を叩く方法も、材料の内部特性を把握する手法として一定程度有効な探索方法であると考えられる。

5.2 探索動作傾向

探索動作の時系列変位の代表例(図-6～8)を見ると、正解率上位者は探索時の動作が変化に富むものとなっている一方で、正解率下位者については、画一的な運動が繰り返される傾向が認められる。

正解率上位者の探索動作時系列変位に見られる複雑性は、正解率上位者がより多くの情報を得ようと、環境に対してアプローチしていることが反映しているものと考えられる。一方、正解率下位者に関しては、画一的な動作に終始していたため、環境に対して情報を得ようとするアプローチに至っていないものと考えられる。このことは、本実験での正解率上位者の多くは、ギブソン²⁾が述べている環境に存在する情報「不変項」に対して、変則的でアクティブな探索を行うことによって系として同調しようとしているものと考察する。

また、本実験における正解率上位者と下位者との間の探索動作の差異は、RQAの指標であるDETもしくは

Lmax の差異によって定量的に確認できることが明らかとなった。

DET については、正解率上位群は下位群に比較して、「探索棒を供試体に押しつけて振る」動作で低く、「探索棒で供試体を擦る」動作と「探索棒で供試体を叩く」動作で高くなる傾向があった。Lmax については、正解率上位群は下位群に比較して、「探索棒を供試体に押しつけて振る」動作で低くなる傾向があった。DET と Lmax は、どちらも異なる種類の系の安定性の指標であり、それらが数値的に高ければ、系は安定していると判断される。ただし、知覚判断においては、必ずしも「安定」していることがいつも知覚的な成績を向上させるとは限らない。単に身体運動として安定していても、外界の情報への感受性が低ければ知覚的な成績は低くなると考えられる一方、身体運動単体としては不安定であっても、環境をも系として含む「身体-環境系」として安定した状態を構築できれば、知覚的な成績は向上する可能性がある。また、知覚情報の発見という観点から見れば、知覚情報を発見できていない状態での系の安定は知覚を向上させ得ないが、系に一定の不安定性があれば、現時点では感受できていない知覚情報を探索し、それに遭遇する可能性を増やすという効果を持ちうる。DET や Lmax がどの種の安定性/不安定性の指標となっているのかについては、知覚学習の過程をも射程にのけた観察を通じて、今後も慎重に検討していくことが必要である。

5.3 操作系インターフェースにおける触知覚の必要性

建設機械の搭乗・遠隔操作に関係なく、オペレータに対して作業環境に関わる情報をより多く伝達することは、安全・迅速な作業を進めるうえで必要だと考えられる。

現在、2. で述べている災害時の復旧活動に利用されている無人化施工技術の作業効率が低いといった課題に対して、視覚情報の提供を中心とした研究開発が進められている。具体的には、映像技術や操作系インターフェース等^{7)~9)}の研究開発が、民間及び国立研究機関で進められている。

しかし、視覚情報ではカバーできない不可視部における建設作業を対象とした触知覚に関する研究は十分に行われていない状況にある。

そこで、本研究で対象としている触知覚に関する基礎研究は、作業効率を向上するうえで必要であり、オペレータのニーズのひとつでもある。特に無人化施工技術を利用した災害時の復旧活動で見られる掘削時における土中の岩塊や瓦礫の破碎撤去といった作業において、操作系インターフェースに触知覚情報を提供することは、安全・

迅速な作業を進めるうえで重要な要素だと考えられる。

6. まとめ

建設機械オペレータへのヒアリングから、建設機械による掘削や破碎等の作業を安全・迅速に進めるうえで、能動的な探索行為による触知覚の情報が重要かつ必要であることを確認することができた。

また、実験により、媒体を通じたかたさ知覚が偶然によるものでなく知覚されていること、および、触知覚のための探索動作が、正解率上位者と下位者とで異なっていることが確認できた。

本研究では、実験をとおし媒体を通じた人の触知覚が探索時の行為によって、かたさに関する正確な情報を得ることができる可能性を見ることができた。この点において、本研究の知見は、今後の操作系インターフェースの研究に一定の貢献が可能と考えられる。

7. 今後の課題

土木工事で見られる、掘削時における土中の岩塊や埋設物の有無、破碎等の作業に関しては、その表面の状態を擦って確認できない場合も多い。本実験によって擦る以外の探索方法でもかたさの知覚が一定の正解率で可能であることが確認できた意義は大きいものと考えられ、更なる研究の必要性があるものと考えられる。

特に、正解率上位者に特徴的にみられる能動的な探索時に発生する振動や応力の把握といった工学的なアプローチと、ギブソン²⁾が述べている環境に存在する不変項を明らかにするといった生態心理学的アプローチの更なる融合が期待される。更に生態心理学的な視点から建設機械の操作時における外部特性に類似した個別情報(反力や振動・加速度などの情報)の研究を進め、人と機械をつなぐマンマシンインターフェースの提案を進めたい。

参考文献

- 1) 茂木正晴, 藤野健一, 油田信一: 無人化施工におけるヒューマンインターフェースの作業効率評価, 日本ロボット学会誌, Vol.33, No.6, pp.426-429, 2015.
- 2) Gibson, J. J.: The senses considered as perceptual systems, Oxford University Press, 1966. (Gibson, J. J. (著) 佐々木正人, 古山宣洋, 三嶋博之 (監訳): ギブソン生態学的知覚システム-感性をとらえなおす-, 東京大学出版会, 2011.)
- 3) Marwan, N., Romano, M. C., Thiel, M., Kurths, J.: Recurrence Plots for the Analysis of Complex Systems, Physics Reports, 438 (5-6), 2007, pp.237-329.
- 4) 平田祥人: リカレンスプロット-時系列の視覚化を超えて-, 数理解析研究所講義録, 第1768巻, pp.150-162, 2011.
- 5) 池口徹, 小室元政, 山田泰司 (著), 合原一幸 (編): カオス時系列解析の基礎と応用, 産業図書, 2000.

- 6) 田中敏, 中野博幸 (著): R&STAR データ分析入門, 新曜社, 2013.
- 7) 吉瀬裕: 大型マニピュレータのヒューマンインターフェース, 日本ロボット学会誌, Vol.33, No.6, pp.396-399, 2015.
- 8) 山田宏尚: 建設機械の遠隔操作のためのヒューマンインターフェース, 日本ロボット学会誌, Vol.33, No.6, pp.400-403, 2015.
- 9) 平林丈嗣: 水中油圧ショベルのためのヒューマンインターフェース, 日本ロボット学会誌, Vol.33, No.6, pp.412-415, 2015.
- 10) 茂木正晴, 三嶋博之: 媒体を通じた触覚によるかたさ知覚について—間接的な人の触覚に関する実験報告—, 日本生態心理学会第5回大会, 2014.
- 11) 茂木正晴, 油田信一, 藤野健一: 油圧ショベルの遠隔操作による作業の効率評価のためのモデルタスクの提案, 建設機械施工, Vol.66, No.8 pp.71-79, 2014.
- 12) Masaharu Moteki, Kenich Fujino, Takashi Ootuki, Takeshi Hashimoto.: RESEARCH ON VISUALPOINT OF OPERATOR IN REMOTE CONTROL OF CONSTRUCTION MACHINERY, The28th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, pp.532-537, 2011.
- 13) 茂木正晴, 藤野健一, 西山章彦: 建設機械遠隔操作の習熟に関する研究 —建設機械の搭乗及び遠隔操作時における作業効率・精度に関する考察—, 平成24年度建設施工と建設機械シンポジウム論文集・梗概集, pp.19-24, 2012.
- 14) Masaharu Moteki, Kenich Fujino, Akihiko Nishiyama.: RESEARCH ON OPERATORS' MASTERY OF UNMANNED CONSTRUCTION, The30th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, USB No.186, 2013.
- 15) 茂木正晴: 媒体を通じた触覚による人のかたさ知覚に関する研究, 早稲田大学大学院人間科学研究科修士論文, 早稲田大学, 2014.
- 16) 佐々木正人, 三嶋博之 (編訳): アフォーダンスの構想—知覚研究の生態心理学的デザイン—, 東京大学出版会, 2001.
- 17) 三嶋博之: エコロジカルマインド—知性と環境をつなぐ心理学—, NHK 文庫, 2000.
- 18) ダーヴィット・カット (著) 東山篤規, 岩切絹代 (訳): 触覚の世界—実験現象学の地平線—, 新曜社, 2003.
- 19) 岩村吉晃: タッチ, 医学書院, 2001.
- 20) 仲谷正史, 寛康明, 白戸寛和: 触感をつくる—〈テクタイル〉という考え方—, 岩波書店, 2011.
- 21) 木戸口孝人, 清水能理, 高橋潤: リカレンスプロットに基づくカオス時系列の統計的解析, 計測自動制御学会東北支部第250回研究集会, 資料番号250-4.

(2016. 1. 19 受付, 2016. 6. 30 採用決定)

Haptic perceptual information in the operation of unmanned construction machines

— Haptic perception of remote objects through a rigid probe —

Masaharu MOTOKI¹, Kenichi FUJINO² and Hiroyuki MISHIMA³

¹Waseda Graduate School of Human Sciences,

(Senior Researcher, Construction Technology Research Department, Public Works Research Institute)

²Team Leader, Construction Technology Research Department, Public Works Research Institute

³Associate Professor, Faculty of Human Sciences, Waseda University

Unmanned construction systems, which are remotely controlled by human operators, have been utilized for construction operations in serious disaster areas where humans cannot enter due to safety concerns. In the present unmanned construction systems, transmitted information for operators depends heavily on vision, whereas, in typical manned construction situations, operators also use other information like haptics. Consequently, teleoperations for dismantling or crushing, in which haptic information about the hardness of an object has an important role in controlling the action, are much more difficult than ordinary manned construction situations where operators can utilize haptic information about objects conveyed through operating levers. Therefore, there is a high demand for technological development of efficient haptic interfaces for unmanned construction systems. In this study, an interview survey of construction machine operators found that the operators seemed to regard haptic information about objects as being important and necessary for smooth operation. In addition, a perceptual experiment showed that (1) the hardness of six different test pieces was haptically distinguished by participants using a rigid probe, (2) their exploratory movements were qualitatively different between a high perceptual performance group and a low perceptual performance group. The role of haptic perceptual information in developing a teleoperation interface to promote work efficiency is discussed.



ICT を活用した精密農業の取り組み 農業における IoT を実現する新たな取り組み

金子 和 真

近年の技術革新のスピードはすさまじいものがある中で、土木分野において GNSS や 3 次元データを利用して施工の自動化を図る『情報化施工』技術に取り組んでいる。その応用として、2012 年から特に広大な北海道で効果が発揮される、トラクタ制御技術をはじめとした『精密農業』にも取り組んできた。

さらに、UAV やセンサー技術などの ICT の進化が著しく、農業分野において活用できるチャンスが到来している。本報では、現在取り組んでいる「進化する精密農業」についてご紹介する。

キーワード：IoT、圃場整備、可変施肥、生育ばらつき、センシング、UAV

1. はじめに

北海道は、全国の耕地面積の約 1/4 を有し、農家 1 戸当たりの平均耕地面積は、都府県の約 15 倍に当たる 26.5 ha (2015 年) にのぼり大規模な農業経営が展開されている地域である。また、日本の食料自給率(カロリーベース)は、1965 年度の 73 % から 2014 年度の 39 % へ大きく低下する中、北海道の食料自給率は、全国一の 200 % (2012 年) であり、北海道は国内最大の食料生産地域である。しかし、農業分野全体としては、食料自給率の低下に加え、農業就業人口の減少および高齢化、異常気象による作物の生育環境の変化など、様々な課題を抱えている(図—1)。これらの課題に対応するために、より安全で高品質な農産物の生産性向上や低コスト化技術、効率的な圃場整備などを目指して、ICT を活用した精密農業が着目されてきた。

日本の食料自給率の推移(カロリーベース)

1965年度	2014年度
73%	39%

日本の農業就業人口の減少と高齢化

2000年度	2014年度
380万人 (平均61.1歳)	226万人 (平均66.8歳)

(農水省ホームページより)

図—1 日本における農業の現状

2. これまでの精密農業の取り組み

これまでの、GNSS を利用した情報化施工技術の応用として、トラクタのガイダンスやオートステアリングシステム、生育センサーを利用した可変施肥システムを中心に精密農業の取り組みを開始した。

(1) トラクタのガイダンス・オートステアリングシステム

ガイダンスシステムとは、あらかじめ設定した走行ラインをトラクタの運転席のモニタ上でナビゲーションするシステムで、北海道ではこのシステムの 2014 年の導入台数は約 1,000 台(2015 年 北海道農政部調査)にのぼり、精密農業の基本システムとして位置づけられる。更に、RTK-GNSS の補正情報を受けて走行精度を向上させ、ハンドルを自動制御するオートステアリングシステムも徐々に普及台数が伸びており、これらは、走行経路の無駄を省き作業効率の向上、燃料費の削減、作業者の疲労軽減などの効果を発揮している。国からの補助金を受けて固定局を設置し、システムを導入する地域も増加しており、普及台数の向上を後押ししている。

(2) 可変施肥システム

可変施肥システムは、トラクタで走行中に、レーザー式センサーにより小麦を中心とした作物の生育のばらつきを判断しながら、適切な肥料散布量をリアルタイムに制御するシステムである(図—2)。この可変施肥システムは、北海道立総合研究機構の「普及推進事



図-2 可変施肥システム

項」として推奨されている。これまでに、2012年からシステムの導入、運用サポートに注力しており、収量や歩留まりの向上、タンパク含有率の平準化などの効果を発揮し、北海道の畑作地域を中心に導入が進んでいる。

こうした取り組み以外にも、情報化施工そのものを農地整備に適用し、圃場の大区画化に対応した事例(図-3)や、肥培施設工事における3DCGによる完成予想、牛舎に対する3D騒音シミュレーションによる家畜への影響評価、圃場の維持管理のための測定の事例もあり、農業関連分野のお客様を幅広くサポートしている。

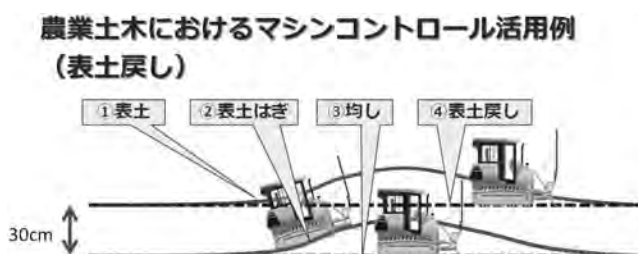


図-3 情報化施工の農地整備への適用例

3. 「進化する精密農業」～精密農業のこれから～

前述の可変施肥システムは、施肥作業の効率化、肥料の削減などの効果が得られるが、実は、同時に出力される生育ばらつきマップや施肥量マップこそが、精密農業の本来目指す圃場のデータ化、可視化につながる重要な役割を担う。これらの情報は、具体的には、生育状態の把握や作業実績の把握および地力の推定や次年度の基肥設計へ活用されている。このようなことから圃場を様々なセンシング技術でデータ化し、得られた情報を収穫年単位や地域単位で統合的に管理していくことが、今後重要になると考える。

(1) UAVの活用

2016年度から国土交通省が推進しているi-Construction

においてもその活用が大きく期待されているUAV(Unmanned Aerial Vehicle、通称「ドローン」)は、広い意味では、農業分野においてラジコンヘリによる肥料散布を中心に利用されてきた。しかし、近年のマルチコプターおよび写真測量ソフトウェアの急速な発展により、従来の衛星を用いたりリモートセンシングによる圃場計測を手軽に実践するツールとして、UAVの導入が広がることが予想されているところから、UAVの農業分野への活用を展開するため、試験フィールドでの検証や農業関係機関との連携により、その取り組みを最も強化している。

(a) 圃場上空写真の作成

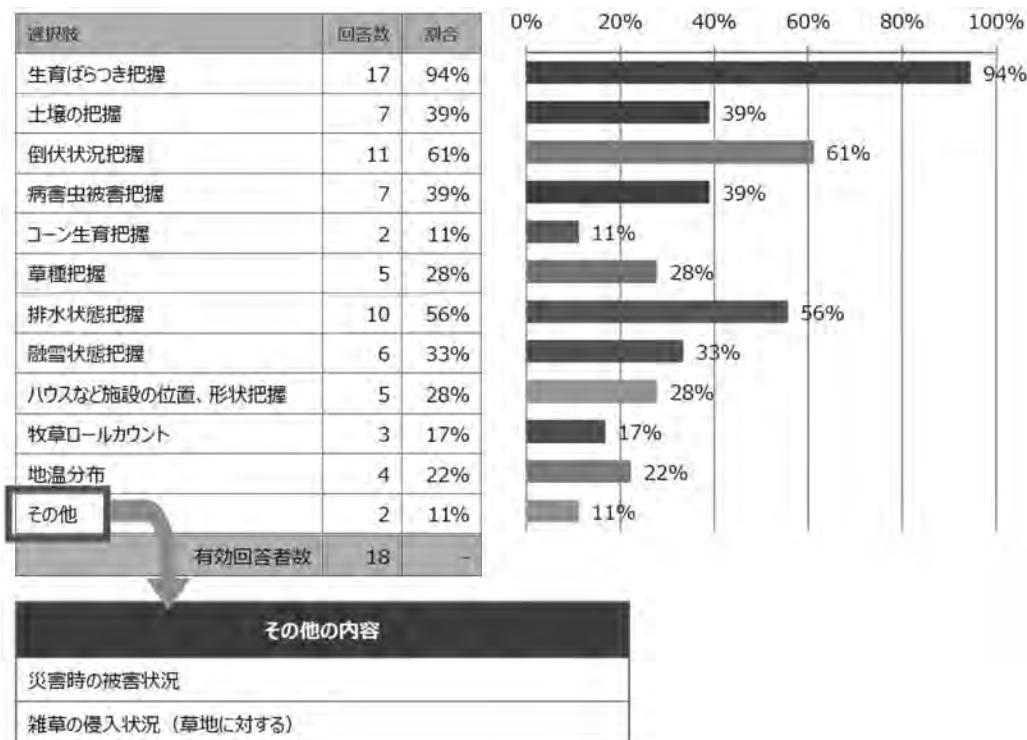
UAVによる空撮データから、圃場や周辺のオルソ画像を作成することができる。衛星に比べて高画質な写真が得られることに加え、計測時期も自由に設定できることから、生育ばらつきの把握を中心として様々な目的で高画質な圃場上空写真の活用が期待される(図-4)。

(b) 様々なセンサーによる生育診断

3つのバンド(近赤外、可視緑、可視赤)によるスペクトル画像の取得ができるマルチスペクトルカメラをUAVに搭載することで、得られたスペクトルデータからNDVI(Normalized Difference Vegetation Index: 正規化植生指数、植生の分布状況や活性度を示す指数)図を生成することができ、植生をデータ化し、圃場の診断に活用することができる。更に、赤外線サーモカメラを搭載することで、圃場の温度分布を上空から画像として面的に把握することができる。温度分布から、水田の冷害や芝生の日照効果などを推定し、生育にかかわる情報を取得することができる。いずれもセンサーとしては従来存在していたが、近年UAVへの搭載を主目的として小型軽量化されたものが開発されている(図-5)。

(c) 3次元データの活用

UAVで空撮したデジタルカメラの画像から3次元データ(点群)を生成することができ、様々な形で活



図一 4 UAV による高解像度圃場写真の活用法調査（2015 年農業改良普及指導員研修会）

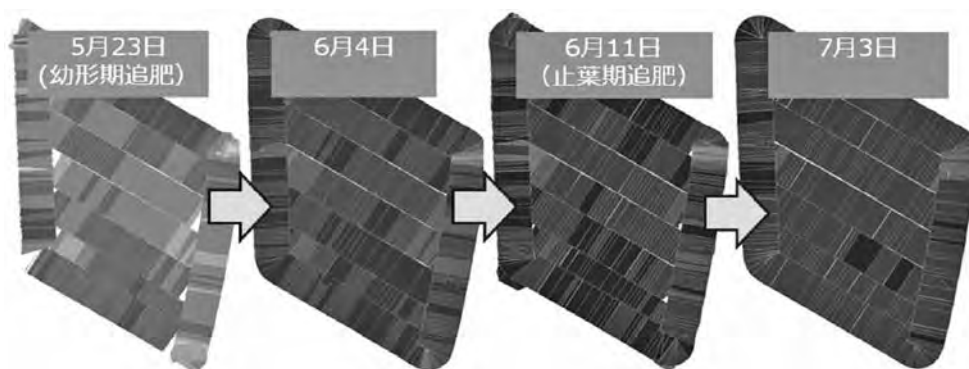


図一 5 UAV と様々なセンサーを活用した精密農業

用が可能である。例えば、成長したコーンなど作物で圃場が覆われた場合の3次元データからは、地盤面と対比して生育高を把握することで生育診断につなげることができる。また、収穫後など作物のない地表面の3次元データからは、地盤が算出され、圃場平面図作成のための現地測量作業が効率化される。

(2) データ表示ツールの必要性

圃場をセンシングして得られた画像やデータは、位置情報と合わせて統合的に管理する必要がある。その上で、生育状況の時系列変化（図一 6）や、周辺地域との相関、年ごとの作付けとの相関など一元的に表示できるツールが求められる。これらのツールは地域の収量等を広く把握する農業関連機関、生育や施肥について生産者へ指導をする農業改良普及センターなどで



図－6 生育ばらつきの時系列変化

有効である。さらに、最も重要なことはGIS ベースとなるこうしたツールが、実際に圃場を所有する生産者にとっても使いやすく、導入しやすいものであることである。今後ともこうした独自のツールを開発していく計画である。

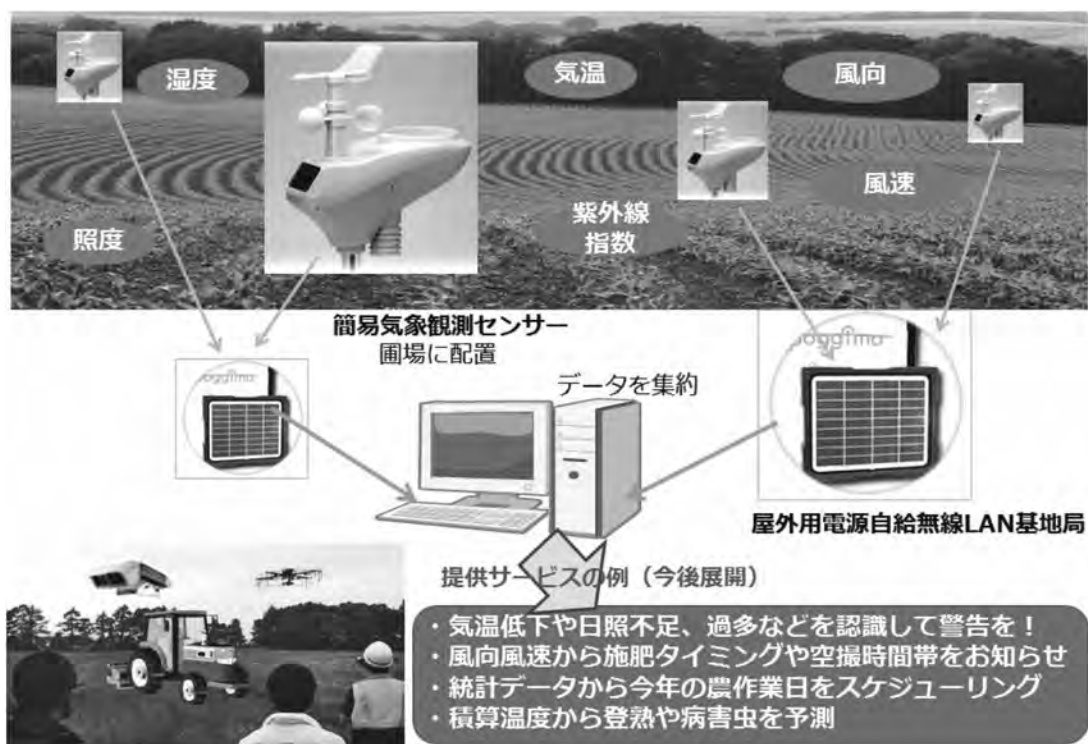
(3) センサーネットワークを活用した精密農業におけるIoT

局所的な気象データなどの情報も圃場の特性を把握するのに重要である。以前から気象センサを圃場に設置して単体での計測はされているが、近年は集約した情報をクラウド上の生産管理アプリケーションと連携する方式が増えてきている。各種センサーをネットワーク化し、収集したデータを農業のICT化による生産性向上に対応できるよう検証を進めている。そこ

で重要な課題として、実際に圃場を所有する生産者にとって導入しやすい安価なセンサーの選定、センサー間およびPCとのデータ送受信を無電源で実行できるネットワークノードの選定、得られたデータを活用した新たなアプリケーションの作成が挙げられ、これらを実現することで、前述のUAVという計測ツールもあわせて、農業分野におけるIoTを広く実践していくことになる(図－7)。

4. 試験フィールドの活用

札幌中心部にある本社から車で40分ほど北に位置する当別町には、精密農業等様々な検証を行うための試験フィールド(約3ha)がある。複数メーカーのGNSS固定局を常設し、情報化施工の試験と合わせて、



図－7 センサーネットワークを活用した農業IoT

様々な検証を実施している。精密農業に関しては、トラクタのオートステアリングシステムに関するテストや実際に小麦等を作付けし可変施肥システムによる収量効果も検証している。北海道大学大学院農学院の野口教授によるロボットトラクタの実演も本試験フィー



写真—1 公開体験会（北海道当別町 岩崎試験フィールド）



写真—2 UAV講習会(北海道本別町 北海道立農業大学校「先進機械学演習」)

ルドで実施した経緯がある。現在は、UAV 空撮の検証およびオペレータ訓練の場所としても有効に活用している。ユーザを集めての公開体験会や視察会も多く実施しており、冬季間の座学中心の研修会も合わせると 2012 年から 2016 年春までの間に実施回数で 70 回、延べ人数で 2,705 名が参加するまでに至っている。このように年間を通して岩崎の取り組みの最新情報をユーザへ提供する体制が整っている（写真—1, 2）。

5. おわりに

以上、ICT を活用した精密農業について、(株)岩崎の取り組みをご紹介した。広大な北海道における一大産業である農業は、生産者の高齢化や就業人口の減少という深刻な問題に直面しており、こうした状況に対応するためには ICT の活用は必至であり、日々試行錯誤しながら新たなソリューションをユーザへ提供する活動を今後も継続したい。その結果、作業の効率化が進み、時間や労力に余裕ができた生産者は、作物流通やレストラン経営などにも従事できる可能性が増え、農業の 6 次産業化や多角的な発展に寄与できる期待度は高まる。

J C M A

【筆者紹介】

金子 和真（かねこ かずま）

(株)岩崎

企画調査部 企画開発グループ

精密農業チームリーダー 課長代理



ずいそう

インドネシア駐在の思い出

坂井 睦 哉



2016年1月に、約18年間のインドネシア駐在を終えて帰国しました。コマツに入社して約28年ですので、会社生活の半分以上がインドネシアでの仕事ということになります。インドネシアではいろいろな業務に関わったこともあり、振り返るとあつという間であつたというのが正直な感想です。インドネシア駐在の思い出を書けば本一冊分くらいにはなると思いますが、誌面の関係もありますので印象に残った3つのトピックを書きます。

1. 植林プロジェクト

1997年の4月に、インドネシア共和国林業省と弊社の植林プロジェクトのリーダーとして、赴任しました。当時、インドネシアの林業は、天然林施業から人工林施業へと大きく舵を切り始めていました。背景には、天然林施業の主要樹種であつたフタバガキ科樹種の資源減少がありました。フタバガキ科樹種は、フィリピンではラワン、マレーシア・インドネシアではメラントと呼ばれ、戦後日本に輸入された南洋材の主力樹種です。しかし、結実が不定期なため苗生産が難しく、伐採の一方ではほとんど植林されていないのが実態でした。伐採したフタバガキ科樹木の搬出のためのブルドーザを販売してきた弊社は、フタバガキ科樹種の再生植林に技術的に協力できればとの趣旨でプロジェクトに参画しました。プロジェクトでは、フタバ



ガキ科数樹種の苗生産技術を確立し、約20万本の植林を実施しました。もっとも古い植林地は約20年生となり、林業省の貴重な試験林となつて、現在も研究・教育に有効活用されています。

2. アジア通貨危機のころ

赴任当時は、約30年続いたスハルト政権の末期でした。そのころ、それほど政治経済に関心を持っておりませんでした。1997年の8月頃に、それまで比較的安定していた交換レート1ドル＝約2000ルピアが1ドル3000ルピアを超え、ドル預金引き出しの人々で銀行が混雑し始め、混乱の予兆を感じたのを記憶しています。その後、ルピアは急激に下落し、最終的には対ドルでその価値は20%以下になります。貨幣の意味を考えさせられた出来事でした。1998年5月に暴動が勃発し、それを引き金にスハルト政権が倒れます。その後、いろいろなものを読みますと、いろいろな思惑が絡んだ動きであつたようですが。

当時、植林プロジェクトの面倒をみていた自分は、ジャカルタから南へ約60kmほど下ったボゴール市の、林業省の研究所に勤務しておりました。仕事仲間はインドネシア林業省の研究員で、日本人は一人でした。このころに最もインドネシア語を習得したと思います。

5月中旬だったと記憶している暴動の日は、研究所に出勤後しばらくすると、弊社現地法人の総務担当の日本人の方から電話があり、すぐに帰宅するようとのことでした。すでに、ボゴール市内でも道路封鎖が始まっており、林業省の職員の方にバイクで道順を偵察してもらった後、ジャカルタに戻る高速道路の入り口まで公用車で先導してもらいました。ジャカルタ市内への通行は警察によって規制されており、車がほとんど走っていない高速道路は緊張しました。

アジア通貨危機の後、インドネシアはしばらく迷走することになりますが、努力の甲斐もあつて、2005年頃から資源高を背景に急成長を遂げることとなります。自分も、このころからジャカルタにあるコマツの現地法人に異動し、マーケティング関係の仕事をする

ことになりました。経済発展に伴い、ジャカルタではショッピングセンターが林立し、街中にはバイク、車があふれてきます。現在では、慢性的な交通渋滞で、一説には世界で最も渋滞の酷い都市と言われている。高速道路網、MRT、空港拡張、高速鉄道等のインフラ整備が急ピッチで進んでいます。一刻も早くインフラの脆弱さを克服し、さらなる発展を目指して欲しいです。

3. インドネシアのサッカー

さてここからは、思い出に残ったインドネシアのサッカーを紹介したいと思います。インドネシアはバドミントンが有名ですが、実は一番人気のあるスポーツはサッカーです。どんな地方に行っても、男の人は例外なしにサッカーの話が好きです。最も有名な日本人は、ナカタ。ホンダ、トヨタも有名ですが、人の名前とは認識していないかも知れません。会社にいた運転手さんの子供の名前はマリオ、往年のアルゼンチン代表のストライカーでインドネシアリーグでもプレーしたマリオ・ケンペスから取ったと言っていました。モスリムでマリオはありか、と思いましたが、それ以上は突っ込んでいません。

郊外に行くと、赤土むきだし、石ころだらけで、竹で作ったゴールのサッカーグラウンドがたくさんあります。プロリーグもあり、4年に一度のワールドカップは全試合が民放で放映されます。もちろん、まだ出場したことはありませんが。

プロリーグのチームは各都市にあり、ライバル都市同士の対戦、例えばジャカルタ対スラバヤなどは、大

いに盛り上がり、サポーター同士のいざごごはしょっちゅう、警官が列を組んでピッチ内で警戒するほどです。ちなみにジャカルタのホームチームはプルシジャ、サポーターはジャックマニアと呼ばれ、ホームの試合になると何台ものバスを貸し切り、チームカラーのオレンジ色をまとってバスの上に乗って、大騒ぎでスタジアムに向かいます。現在は、日本人も何人かインドネシアリーグでプレーしているらしいです。また、各国の代表が争う東南アジア選手権は、お互い愛国心むき出しで、サッカーのレベルは別にして、大変白熱します。

自分の子供が通っていたサッカースクールのドイツ人サッカーコーチが（インドネシア協会に招聘されていたプロのコーチです）、ブラジルとインドネシアは、国土、人口、気候など似通っているにも関わらず、一方は世界チャンピオンで、一方はサッカー弱小国、理由はこう思うと持論を展開してくれました。ブラジルは、才能のある素材を認め、みんなが協力して育てて引っ張りあげるが、インドネシアにはまだそういうシステムがない。自分はまだブラジルには行ったことはありませんが、確かにインドネシアの少年サッカーは裾野が広く、10代前半くらいまでは高いレベルにあるような気がします。なぜ代表レベルの年齢になると急に失速するのでしょうか。

眠れる獅子のインドネシアサッカーが、ガルダを胸にワールドカップに出場するのを楽しみにしておきます。

——さかい ちかや コマツ 建機マーケティング本部

林業機械事業部——

ずいそう

幼い頃の博打の思い出

古川 恒雄



1. 思い出

実は私、小学校に上がる前からパチンコや競輪に親しんだ。

育った町は、福岡県久留米市国分町で、今は弟が住んでいる我が家は、旧陸軍 48 連隊の敷地から 200 メートルほどのところにあった。その昔、国分寺があった町だ。戦後、その 48 連隊（当時の通称「ヨンパチ」）は、暫くは九州大学の分校や、久留米第六中学校として使われていたが、朝鮮戦争の激化に伴い、警察予備隊が置かれ、それが保安隊となり、今の自衛隊となった。

当時、若い隊員たちが隊列を組み、歩調を合わせて「保安隊の歌」を大声で唄いながら、通りや川の土手を行進したり駆けたりしていた。一節歌い終わると、指揮官から「声が小さ〜い！！」と叱咤激励されながら唄っていたことも、懐しく思い出される。

そうした時代背景があって、我が家の裏山には久留米競輪場が建設され、商店街には、夜の飲食店と共にパチンコ店が何軒か開店した。

ところで、私が幼い頃、近所には幼稚園などはなかった。いや、そのようなものがあることすら知らずに育った。遊びたい時は、友達の家に行って「〇〇ちゃん、遊ば！」と声を掛け、晴れた日は外の道路上か空き地で、雨の日は当然家の中で遊んだ。小・中学生たちが学校から戻ったら、上は中学生から下は幼児まで、空き地や道路で一緒に夫々何かをして遊んでいた。いや上級生が、幼子も入れて遊んでくれていた。

パチンコの話をするが、そうした小・中学生がまだ学校に行っている間に、遊びに飽いた我々幼子たちは、連れ立ってパチンコ店に度々行った。パチンコ店に入りするのが悪いことだとは、なんとなく知っていたが、後ろめたい遊びをするのも魅力的であった。昼間の早い時間だから、開店していても客はパラパラしか居らず、我々は店内の床に落ちている玉を拾って遊んだ。今と違いパチンコ台には椅子などないので、背伸びしてパチンコ台の穴に入れ、レバーを弾いて、玉が釘の間を駆け巡るのを、目と耳で楽しんで遊んだものである。店員から、特別とがめられた記憶はない。当時は、ガラス板の内側に、10 か 25 とかの数字が書

かれたポケットがあるだけの、所謂チューリップなどない、単純なパチンコ台であった。そんな訳で、幼児時代にパチンコに親しんだとは言っても、賭博をしたのではない。可愛いものである。

次に競輪だが、我が家の裏の山に、当時「忠霊塔」と言っていた場所があった。

第二次大戦以前の戦死者の慰霊碑で、全国各地にあるはずだ。その塔を取り囲むように、久留米競輪場は建設された。子供の足で 20 分も歩けば着く競輪場には、競技開催とは関わりなく、週に 1 回程度、友達と行っていた。

周りの藪には、紙鉄砲や水鉄砲、水中鉄砲、ゴム銃、チャンバラ用の材料の、竹や木が生えていたからでもある。

競輪開催日には、朝必ず、ドドーンと数発の花火が上がる。その花火の火薬玉の殻、ワンガラを藪の中に見つけるのも、楽しい遊びの一つだった。いつも、小高い崖の上から競技を見物していた。競技の最終の周回を知らせる鐘がカンカンカンと鳴り響くと、目を凝らして、どの選手が一等になるかを眺めていたが、何度も通っていると、どの選手がトップになるか、ある程度当てることが出来るようになっていった。

レースが始まる前に、顔見世のためにトラックを 1 周する時に、予想するのだ。当時、選手の顔見世の周回で走る姿から判断し、かなりの率で当てていたことを覚えている。

そのコツは、秘密だが、今でも使えると思う（笑）。我が家の近くには、競輪選手の家も何軒かあった。どの選手の家も、周りの家々とは 1 ランクも 2 ランクも上の立派な家で、周辺の子供たちにとって、今の J1 サッカー選手みたいなものだった。当時、「競輪選手は 1 日に 10 個も生卵を食べるらしい。」とか、噂をしていた。食料も乏しい当時の子供たちは、運動会の日、やっと生卵を食べさせてもらえる程なので、生卵を毎日 10 個の競輪選手は、憧れの職業であった。

2. パチンコの不思議

ところで、パチンコは法的には「博打・賭博ではな

い」そうだが、何故そうなのか今も私には理解できない。出した玉はパチンコ店内では換金できないが、外では換金できる。大学生になってからよく行った。換金する場所へは、価値のありそうにもない、何度も使い回され、傷もある換金用の品物を持って行くがちゃんと換金できた。

記憶では、その換金所は、パチンコ店から1筋も2筋離れた路地裏の寂れた通りにあった。いかにも秘密めいた雰囲気、仕舞屋風の家の壁に小さな窓口があって、中に誰がいるのかも判別できないほどの暗い室内から、現金を持った手だけが出てきて換金してくれた。だから、換金している現場を、警官などに現行犯で逮捕されてもおかしくない雰囲気に溢れていた。

理屈としては、パチンコ店で得た玉を一旦品物に換えて、全く別の業者に買い取ってもらうとすれば、パチンコは賭博ではないと言い張れるのかもしれない。しかし、パチンコ店が渡す換金用の品物に、そんな価値があるとはとても思えないし、恒常的に行われていることも賭博ではないと言い張るには異様である。ところが、今ではパチンコ店と同じ建物の中にも、その換金所があるようだ。いや、ある。実に堂々と、おおびらに換金している。

九州博多駅前のパチンコ店がその一つである。しかもあらぬことか、その換金窓口の正面には交番まであった。その現状を見つけた時、私は目を疑った。だから、この換金所は交番からは目障りなので、その内どこかへ移転するだろうと、私は予想していた。

ところが、結果を見て私は更に仰天した。換金所はそのまま残り、交番がどこかへ行ってしまった。(えっ!!) そこまで、見て見ぬフリするか。まさに、パナマ文書の租税回避地、すなわちカリブ海に浮かぶバージン諸島やケイマン諸島と同じではないか。租税回避地ならぬ「賭博罪回避」のパチンコ換金の仕組みは、言い逃れの域を出ず、博打で得た金のマネーロンダリングである。パチンコをしたことのある国民で、「パチンコは賭博ではない」と思っている人は一人としていないのではなからうか。しかし、パチンコの換金で逮捕された事件は、寡聞にして知らない。

最近、賭博に関係して、オリンピック代表候補のバドミントン選手やプロ野球選手たちが逮捕され、賭博に対して、悪であるとの世論は厳しい方向に向っているのに。不思議である。

3. 公営ギャンブルの改善策

賭博は人をのめり込ませ、人生を台無しにしてしまう危険性がある一方、公営の賭博は、収益の一部を公益的な目的に使っている。私は、それだけではなく、賭博に使われている物の有用性が必要だと考えている。その点、競輪、競艇、オートレースは、使用される機械の開発に大いに貢献している。これらの機械は、国民生活において日常頻繁に使われ、有用・不可欠な機械である。公営ではないが、パチンコも、機械やソフトの開発に相当貢献していると推測する。

その点、競馬の馬は、問題がある。馬は、日本人の生活には使われなくなった。昔は、農耕、運搬に、日常的に、また軍馬として、盛んに使われていた。ただ、競馬は競馬用の馬の開発にしか、役に立っていない。日本人には、ペットとして盛んに飼われるようになった犬の方が、身近である。だから競馬を止めて、競犬、ドッグレースの方が、良いのではないか。「西欧諸国では、紳士淑女の嗜みであり、競馬場は社交の場である。」とか、「競争馬は姿が美しい、芸術である。」と言う人もいるだろうが、乗馬の習慣も殆ど無い日本人が、西欧人の真似をしなくても良いのではないか。また「犬の姿も美しい。その走る姿は芸術である。」と言いたい。

再びパチンコの話に戻るが、パチンコは私企業が経営しているので、収益が公益的な目的には使われていない。この点を改良すれば良いのではないか。

最近、カジノを許可して、大々的に海外の観光客の呼び込みに使おうと言う気運が高まっている。この機会を捉えて、パチンコも公営にしたら如何だろうか。パチンコはスロットマシンに似ている。ただ放り込む玉が、球形かコイン形であるかの違いと、勝敗が決まるまでの複雑さの違いであろうか。世界の中で、パチンコを好むのは日本人だけなのかもしれない。でも、是非パチンコも公営にして、その面白さを漫画と同様、世界に広め、その利益の一部を、財源が不足がちな福祉などに回せば、一層メリットが増すのではないだろうか。

JCMA 報告

ドイツ・ミュンヘン国際建設機械見本市 bauma 2016

第 62 回欧州建設機械施工視察団 視察報告

太田 正志

1. はじめに

当協会（JCMA）では、4月10日～16日の7日間、ドイツ・ミュンヘンにて開催された bauma2016（第31回国際建設機械・建設資材製造機械・鉱業機械・建設車輛・関連機器専門見本市）及びドイツ国内における工事現場視察を組み合わせた第62回欧州建設機械施工視察団を実施した。

現地では、bauma2016を2日間、工事現場3箇所を2日間という行程で、応募団員19名と添乗員及び現地の案内者が貸切バスにて移動した。

本稿では、bauma2016の概要と出展機械、工事現場の状況を報告する。

2. bauma2016 の概要

bauma とは、アメリカの「CONEXPO」、フランスの「INTERMAT」とともに3年に1度開催されている世界最大の建設機械分野の専門見本市で、ドイツ語の Bau（建設）と Maschinerie（機械）を表している。

1954年の初回以来ミュンヘン市内にて開催されており、31回目となる今回は前回の bauma2013 を超える過去最大規模での展示会となった。

以下に bauma2016 の概要を示す。

開催期間：2016年4月11日（月）～17日（日）

開催場所：ドイツ・ミュンヘン見本市会場

主 催：Messe Munchen GmbH メッセ・ミュンヘン

後 援：VDMA - ドイツ機械工業連盟

CECE - 欧州建設機械工業連合会

開催規模：605,000 m²（東京ドーム約13個分）
（2013年：570,000 m²）

出展社数：58ヶ国から3,423社

（2013年：57ヶ国から3,421社）

来場者数：200ヶ国から約58万人

（2013年：200ヶ国から535,062人）

（参考：bauma2016 ファイナルレポート）

会場の全体図を図-1に、全景を写真-1に示す。

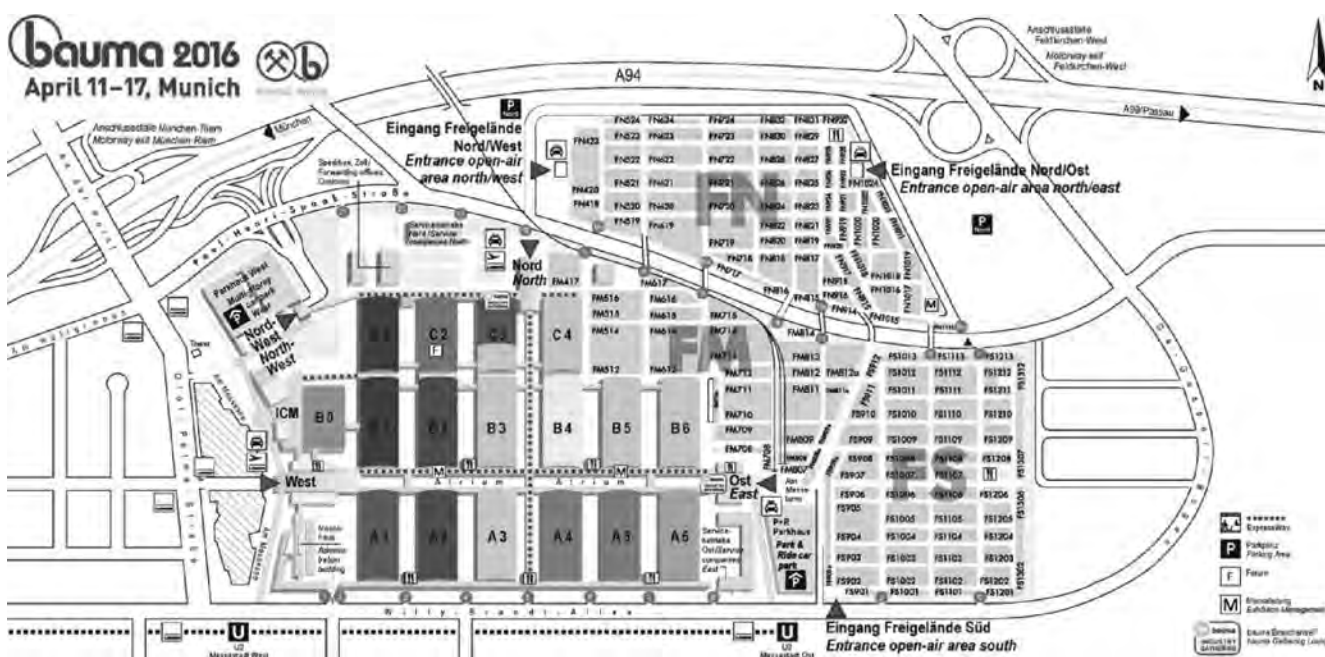


図-1 bauma2016 展示会場の全体図



写真—1 bauma2016 会場全景（手前が屋内展示，奥が屋外展示）

Bauma2016 は、前回比約 9% 増となる来場者数で開催された。ドイツに続いて来場者数の多い国は、オーストリア、スイス、イタリア、フランス、オランダ、英国、スウェーデン、ロシア連邦、ポーランド、チェコ共和国となっており、周辺諸国が多数を占めている。

出展社はドイツ国内企業が 1,263 社（37%）、国外は 2,160 社（63%）で、国外の出展社数は開催史上最多となった（bauma2016 ファイナルレポートより）。

展示会場は、屋内が A1 ～ A6, B1 ～ B6, C1 ～ C4 と 16 箇所、会場入口の B0 を含め約 180,000 m²、屋外は屋内の 2 倍近い範囲を FN, FM, FS に区分して、建設機械関連はもちろんのこと、車両、プラント、工具、測量機器、消耗部品など、多種多様な展示が行われていた。

特に屋外展示は、来場者の目を引く大型機械の展示や迫力のデモンストレーションが行われていた。

なお、入場料金は前売価格で 1 日券が 22 ユーロ、3 日券は 47 ユーロ、7 日通し券は 59 ユーロである。



写真—2 会場での参加者集合写真

3. 出展機械の概要

展示会場は非常に広大で出展会社も多いため、全ての範囲を確認することは困難であり、一際目立った展示ブースや、日本には珍しい特徴的な機械などを中心に見学した。そのため、本稿ではやや偏りのある不十分な紹介となってしまうことをご了承頂きたい。

(1) 一般的な建設機械

ドイツを中心としたヨーロッパ各国の企業が多い中、LIEBHERR（ドイツ）は大型の建設機械を複数展示しており、デモの様子も圧巻であった（写真—3）。



写真—3 大型油圧ショベルのデモ

CAT の屋内ブースには多種多様な機械が展示され、日本では珍しいが欧州などでは良く利用されているバックホウローダーや、2 ～ 3 階へも荷物を持ち上げられるホイール式のテレハンドラー（テレスコピック型フォーク仕様）があった（写真—4、5）。



写真—4 バックホウローダー



写真—5 ホイール式テレハンドラー

KOMATSU は、屋外に巨大な 36 m^3 の油圧ショベル PC7000 と 0.022 m^3 のマイクロショベル PC09 を並べており、現地のニュースでも紹介されていた（写真—6）。



写真—6 大小2機種の油圧ショベル

また、屋内ブースには建設機械の側面に監視カメラを配置し、乗用車と同様な周囲の安全確認を行う技術として KomVision が展示されていた（写真—7）。



写真—7 KomVision のモニター

その他、近年の傾向としては、ハイブリッドや電動建機の展示も多く、SENNEBOGEN（ドイツ）の電動駆動シリーズは、エンジンではなく大型の電動モーターが油圧の動力源となっており、eGREEN と記された大型コンセントが横に置かれていた（写真—8）。



写真—8 電動機械シリーズの展示

（2）特殊な建設機械

次に、日本ではあまり生産されていない、欧州特有と思われる個性的な機械を紹介する。

EUROMACH（イタリア）は4輪4脚式の油圧ショベルで、伸縮アームのタイプもあり、急傾斜地や災害現場などでも利用可能な特殊作業機である（写真—9）。



写真—9 4輪4脚式の油圧ショベル

FOCKERSPERGER（ドイツ）は、4輪を自由に配置できる構造で、一見何をする機械か分からないが、資料によれば、リッパ付のアンカー台車と組み合わせて、ウインチを巻き取りながら地中にケーブルなどの配管類を埋設する特殊な専用機械であった（写真—10）。

Cable Plow, Pipe Laying などと紹介されている。



写真—10 ケーブル埋設用特殊機械

BROKK（スウェーデン）は、運転席の無いラジコン専用の油圧ショベルで、ゴムクローラに加えてアウトリガ4脚という足回りに、豊富なアタッチメントが組み合わせられる印象的な機械であった（写真—11）。

MTS（ドイツ）は、砂や小石などを吸い上げて掘削する Suction Excavator で、狭い範囲や筒状の掘削作業には便利と思われるが、吸引性能や地盤条件などにより適用範囲が限定される（写真—12）。



写真—11 ラジコン専用小型機械



写真—12 吸引方式の掘削機械

(3) 各種アタッチメント

建設機械の便利な機能には、各種アタッチメントを作業や用途に合わせて装着できることがあり、油圧ショベルやトラクタ機械と組み合わせたデモや展示が行われていた。

油圧ショベルでは、チルトローテーターとグリップフィンガーなどの複合式アタッチメントが多く（写真—13）、各種草刈装置（写真—14）も展示されていた。

写真—13 油圧ショベルに多い複合アタッチメント
(スウェーデン STEELWRIST など)

写真—14 草刈装置アタッチメント（イタリア Ghedini ing Fabio など）

なお、油圧ショベルのアタッチメントにはクイックカブラなどの固定ピンと油圧配管が同時に接続・解放できるものがあり（写真—15）、オペレータが運転席からレバー操作のみで付替えるデモが行われていた（ROTOTILT（スウェーデン）、Oilquick（スウェーデン）、Lehnhoff（ドイツ）など）。



写真—15 付替容易なクイックカブラ

JCB（イギリス）のバックホウローダーでは、高速道路の清掃仕様が展示されていた（写真—16）。



写真—16 バックホウローダーの道路清掃仕様

(4) クレーン

屋外ブースではブームを空高く伸ばした大型クレーンの展示が目立っており、LIEBHERR（ドイツ）、TEREX（アメリカ）、Manitowoc（アメリカ）、KOBELCO、TADANO など複数の機種を見ることができた。

LIEBHERR の吊上能力 500 t クレーンは、ウェイトを含めた自重が 490 t であったが（写真—17）、最大級は吊上能力 3,000 t で、自重約 2,000 t とのことである。



写真—17 LIEBHERR の 500 t クレーン

一方、トラックなどに搭載する架装用のクレーンも複数あり、HYVA（オランダ）、ATLAS（ドイツ）、maxilift, PM（イタリア）などを見ることができた（写真—18）。



写真—18 HYVA の架装用クレーン

(5) コンクリート・プラント関連

コンクリートに関連する各種ミキサーやポンプ、骨材設備なども展示されており、Putzmeister（ドイツ）の大型車両にはアジテータとポンプ、ブームが組み合わせて搭載されていた（写真—19）。

屋外には、移動式骨材破碎機や分級機、骨材・コンクリートプラントなど、実機や実物が展示されていた（（写真—20）AMMANN（スイス）、CDE（イギリス）など）。



写真—19 ミキサー・ポンプ搭載車



写真—20 骨材・コンクリートプラント

(6) 車両・その他

建設機械ではないが、建設工事に関連する車両やトラクタ、トレーラなども複数の展示があった（写真—21、22）。

その他、エンジンや油圧機器類なども展示されていたがここでは割愛する。



写真—21 MercedesBenz のトラック



写真—22 大型トレーラの展示

(7) 情報化施工

トータルステーションなどの測量用機器や、マシンコントロール、マシンガイダンスなどの情報化施工に関連する機器、さらにドローンなどの UAV も多く展示されていた（写真—23, 24）（Trimble（アメリカ）、Leica Geosystems（スイス）、TOPCON（日本）、MOBA（ドイツ）など）。



写真—23 Leica Geosystems（スイス）ドローン



写真—24 Trimble（アメリカ）無人航空機 UX5



写真—25 現在の中央駅周辺の工事状況



図—2 将来の中央駅完成イメージ

4. 工事現場の視察

(1) シュトゥットガルト中央駅（Stuttgart21）

ドイツ南西部に位置する都市シュトゥットガルトの中央駅は、複数の鉄道路線が流入するターミナル駅であるが、並列した16番線が慢性的に混雑しており、ICEなどの高速鉄道を地下に交差する通過駅形状に分離することも含めて大規模再開発工事が行われている。

ウルム—シュトゥットガルト間の高速鉄道は、約60 kmを新設する計画で、約30 km区間はトンネル工事となっている（BAHNPROJEKT STUTTGART-ULM）。

駅周辺は地下水位が4 m程度と比較的浅く、既存の鉄道や道路など周辺の生活環境への影響を考慮して工区ごとに分割施工が行われていた（写真—25）。

2021年完成予定で、現在の駅舎を残しながらも高速鉄道と地方路線の分離と効率化、空港からの乗り換えなどが便利になる予定である（図—2）。

(2) フランクフルトの都市開発

90 haもの貨物基地跡地を都市開発する工事現場で、新設する路面電車の周囲にメッセ会場や緑地帯、居住地などがブロックごとに構成されている（写真—26）。

近年はフランクフルト市内への移住が増加傾向にあり、約4,700世帯分の住居（マンション）が新築される計画で、そのうち約半数は40 m²未満の单身向けとのことである。

見学した基礎工事現場では、25 mの地中連壁施工後に地下水の汲み上げと床掘が行われており、周囲には土止め用の長さ17 mのコンクリート柱とワイヤーアンカーが構築されていた（写真—27）。

低層建築はコンクリートのベタ基礎で、高層になると鋼管杭が施工され、日本と同様な状況である。

また、希少なトカゲの生態系保護も配慮されている。



写真—26 工事の経過状況と開発計画



写真—27 基礎工事の作業状況

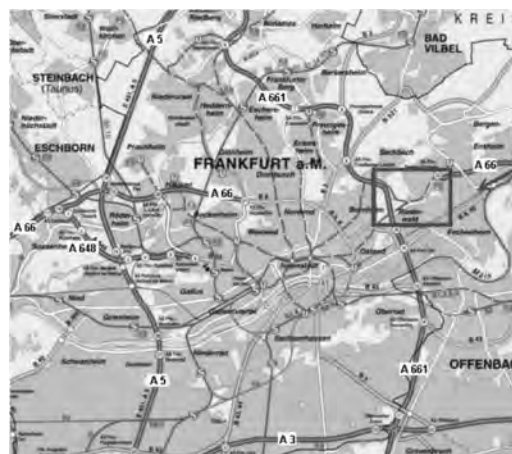
(3) フランクフルト高速道路のトンネル工事

アウトバーンの A66 と A661 を結ぶ区間とジャンクションの工事は、1960 年代から計画が進められ、1970 年代には高架案となっていたが、騒音や排ガスによる周辺環境への影響などを考慮してトンネルを含む設計に変更された (A66-A661 Riederwald Tunnel)。

フランクフルト周辺のアウトバーンは約5万台/日、市内中心地は約33万台/日の交通量ということで、自動車中心の移動手段と道路事情が顕著となっていた。

視察した工事は延長1.1kmの開削トンネルで、路盤および側壁の鉄筋コンクリートが施工されており、ここでも地下水位が浅く、トンネル構築後も自然流量を回復・確保させるため、碎石などによる透水礫質層をトンネル側面と底面に配置させる構造であった。

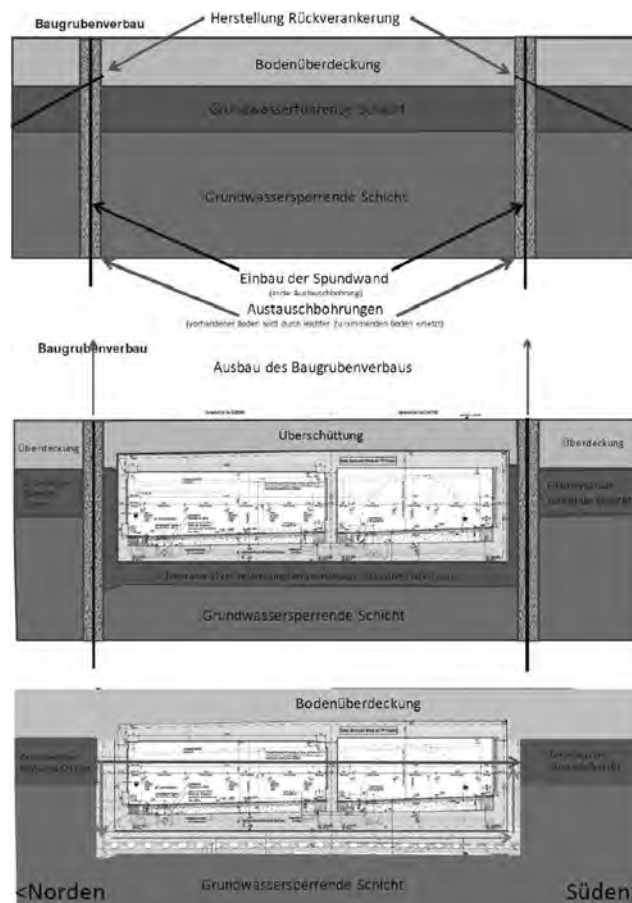
A66-A661 Riederwald Tunnel の位置を図—3に、



図—3 A66-A661 Riederwald Tunnel の位置



写真—28 A66-A661 Riederwald Tunnel の施工状況



図—4 A66-A661 Riederwald Tunnel の工事手順

施工状況を写真—28に、鋼矢板による仮設の土留め壁から3車線×2本のトンネル構築、地下水流量の復元までの工事手順を図—4に示す。

この区間の接続には長い年月の計画と変更があり、周辺の住宅環境やコウモリの森を保護するための路線調整などが行われた。

なお、トンネル工事の施工費は地上部の2.5倍となり3.2億ユーロである。

土工量は約110万m³で、鋼材が約4.3万t使用される。

5. おわりに

Bauma2016見本市の視察は、開催初日と翌日の2日間であったが、宿泊地から会場までは約130kmで片道2時間のバス移動ということもあり、現地の滞在時間は予想以上に少なく、通訳の方と同行して展示会場の半分程度を見学したに過ぎない。そのため、出展会社や機械について、より多くの特徴などを詳しく報告できないことは非常に残念である。

工事現場3箇所の視察は、現地の案内者による説明と通訳の方を介した質疑が行われ、地域の特徴や設計方針などを確認し、大変有意義な経験ができた。

謝 辞

最後に今回の視察中、ドイツの文化や歴史、訪問地の特徴などさまざまな話題を教えて頂き、夕食も毎日案内して下さった添乗員の川尻さん、現地のガイドや通訳の方々など、JTBの関係各位、参加された皆様のおかげにより、本当に充実した思い出深い視察となりました。あらためてここに感謝の意を表します。

J C M A

【筆者紹介】

太田 正志（おおた まさし）
一般社団法人日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所 研究第三部
主席研究員



情報化施工研修会の取り組みと i-Construction へ対応した研修会に向けて

椎葉 祐士・藤島 崇・岩渕 裕

1. はじめに

国土交通省では、平成 28 年を「生産性革命元年」と位置づけ、調査・測量、設計、施工、検査及び維持管理・更新のあらゆるプロセスに ICT を取り入れることで生産性を向上させる「i-Construction」を推進している。この i-Construction では、施工段階への ICT 技術の全面活用として、土工を対象に情報化施工のマシンコントロール技術やマシンガイダンス技術等の「ICT 建設機械による施工」に加えて、「無人航空機を用いた空中写真測量」や「地上型レーザースキャナー」を用いて起工測量や出来形管理などを実施し、施工全体の生産性を向上させることを目指している。

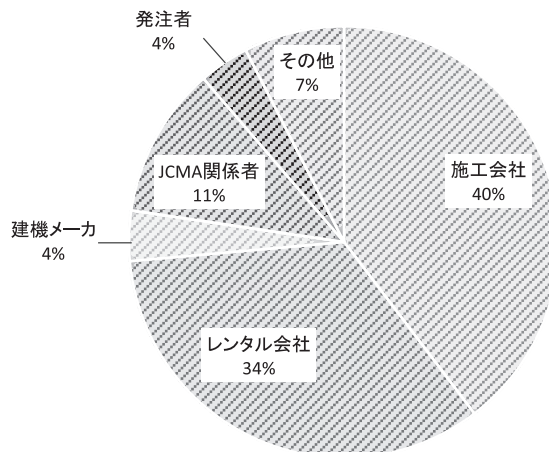
一般社団法人日本建設機械施工協会（以下、JCMA）では、この i-Construction の動きに対応するために、「i-Construction 施工による生産性向上推進本部」を設立するとともに、新たに i-Construction 普及 WG（情報化施工委員会内）を設置し、平成 28 年度より発注される「ICT 活用工事」に対応できる技術者育成に向けた取り組みを進めている。

本報告では、平成 20 年度より実施してきた ICT 建設機械による施工に係わる「情報化施工研修会」の取り組みを紹介するとともに、現在計画中の「i-Construction 研修会」について紹介する。

2. 情報化施工研修会の取り組みと実績

(1) これまでの情報化施工研修会の取り組み

情報化施工の研修会は、公募型研修会と企業研修会の 2 種類があり、公募型研修会は、標準カリキュラムや標準テキストを用意し、年に最大 4 回ほど開催している。受講対象者は、施工に携わる現場管理者・オペレータ、国や自治体などの発注者、情報化施工機器やソフトウェアの開発者、販売・レンタルする方々など幅広く参加頂いている。図—1 に過去 3 年間の公募型研修会の受講者種別を示す。また、企業研修会は、不定期で実施し、受講対象者は、施工会社やメーカーなど企業単位で実施している。



図—1 過去3か年の公募型研修会受講者種別

(a) 研修会カリキュラム

公募型研修会のカリキュラムは、2 日間のコースとなっており、表—1 の情報化施工技術に対応して「情報化施工の概要」、「情報化施工関連要領の解説」、「情報化施工に必要なデータ作成」、「情報化施工の現場実習」等、座学や実習により、理解を深める教育内容となっている。

表—1 対象の情報化施工技術と主な実習内容

情報化施工技術	データ作成、データ処理	計測／操作
TSを用いた出来形管理技術	・基本設計データの作成 ・出来形管理帳票の作成	・計測実習 ・実地検査実習
MC/MG 技術 グレーダ、ブルドーザ、バックホウ	・3次元設計データの作成 (路線データ、TIN データ)	・搭乗実習 ・精度管理
TS・GNSSを用いた締め回数管理技術	—	・搭乗実習

なお、カリキュラムについては、受講者ニーズや情報化施工に関する施策の動向に合わせて平成 20 年より随意改訂を実施してきた。

また、企業研修会のカリキュラムは、企業ごとにカスタマイズを行い、受講企業のニーズに応じた教育内容となっている。

(b) 実習内容

情報化施工に必要なデータ作成や建設機械を操作体験する実習は、施工技術総合研究所内のパソコンが設

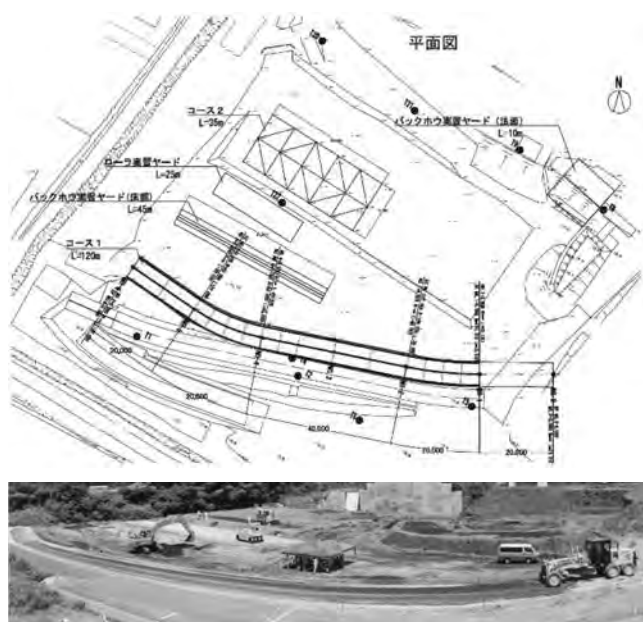
置された研修施設やグラウンドで実施した。実習の実施状況を写真—1、2に、現場実習の配置状況を図—2に示す。



写真—1 研修会の実施状況（データ作成実習）



写真—2 研修会の実施状況（現場実習）



図—2 実習コース 配置図

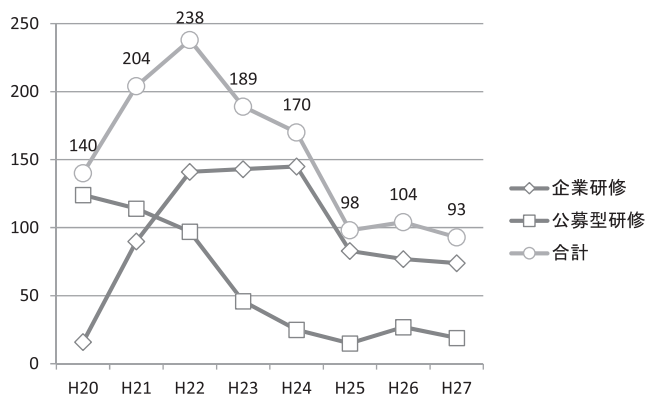
実習では、受講者が各自作成した設計データを建設機械に読み込んで、路盤・土工の敷均しや、土工の掘削・法面整形作業等を実際体験できるようになっている。また、施工後はTSやRTK-GNSSを用いて計測を行い、出来形管理も実施できるなど、データ作成～施工～施工管理の一連の流れを体験できる実習内容となっている。

(2) 実績

表—2に平成20年度～平成27年度までの受講者数を示すが、公募型研修会467名（25回）、企業研修会769名（46回）、合計1236名（71回）と千名を超える受講者数となっている。図—3の受講者数の推移をみると、情報化施工の普及当初の平成20年度から平成22年度までは受講者数が増加しているが、平成22年度をピークに減少傾向となっている。

表—2 情報化施工研修会実績

種別	累計（H20-27）
公募型研修会	467名／25回
企業研修会	769名／46回
計	1236名／71回



図—3 受講者数の推移

(3) 情報化施工研修会を取り巻く現状と今後の展開

情報化施工推進戦略の策定から約8年が経過し、国土交通省の発注する工事における導入状況をみると、平成26年度の調査結果では、MC/MG技術の年間の導入件数が300件を超え、TSを用いた出来形管理については、平成25年度より使用原則化（1万m³以上の土工事）されるなど、多くの現場で導入が進んでいる。その中で、全国各地で民間企業や発注者による情報化施工に関する講習会や研修会の増加や、現場導入による活用経験によって施工者や導入支援者（レンタル会社、開発メーカ）などの技術レベルが向上してき

たと推察される。

この結果、情報化施工の入門向けの研修会である公募型研修会は、受講生が減少傾向となり、情報化施工の人材育成に関して一定の役割を果たしたといえる。

以上のことから、当面、情報化施工の公募型研修会は休止とし、以後は開催ニーズの高まり等の条件により再開を検討することとした。

また、企業研修会については、これまでと同様に引き続き開催することとし、現有の施設や建設機械などを有効活用しながら、施工者や企業のニーズに合わせて柔軟な形態で対応していく予定である。

3. i-Construction に対応した研修会

(1) i-Construction 研修会の運営体制

JCMA の i-Construction 普及 WG では、国土交通省が推進する i-Construction の ICT 技術の全面的な活用（土工）の取り組みに対応して、i-Construction に対応した講習テキストの作成や研修会の支援を実施する予定である。

また、急激な i-Construction の普及・導入に対して、多くのユーザーを対象に一定の水準（要領の記載事項に対して意図した内容を的確に理解し、個々の解釈や作業内容に違いがでない）の教育を実施するためには、全国各地で実施される研修会での講師など指導的立場の技術者を育成することも急務となっている。そのため、標準カリキュラムや標準テキストを作成することで、一定水準の教育内容を確保するとともに、当協会の研修会を受講していただいた技術者の皆様にさらに講師として活躍いただく仕組みも計画している。

(2) i-Construction 研修会カリキュラム（案）

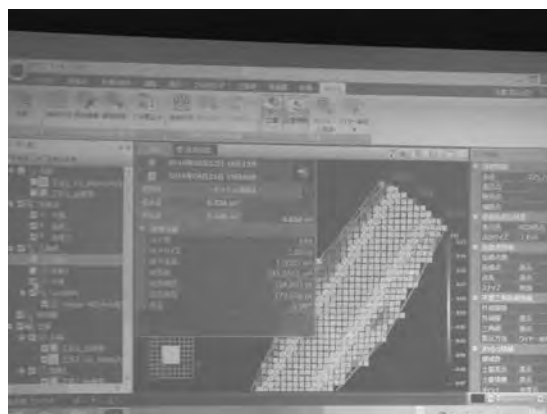
現在、計画中の研修会カリキュラムは、表—3 に示す i-Construction 関連の要領に記載されている各技術や各実施項目に対応できるように、5 回シリーズの研修（表—4）を計画中である。

表—3 i-Construction の対象技術と主な実習内容

i-Construction 技術	データ作成、データ処理	計測／操作	提出資料および確認資料
空中写真測量（UAV）を用いた出来形管理	・3次元データ作成 ・データ処理、帳票の作成、数量算出	・計測実習 ・実地検査実習	・資料作成例 ・作成時の留意点
LS を用いた出来形管理	・3次元データ作成 ・データ処理、帳票の作成、数量算出	・計測実習 ・実地検査実習	・資料作成例 ・作成時の留意点
ICT 建機の施工履歴	・3次元データ作成 ・データ処理、数量算出	搭乗実習	・資料作成例 ・作成時の留意点

表—4 研修会カリキュラム案

回	テーマ
第1回	【空中写真測量を用いた出来形管理（前編）】 計画準備～起工測量～3次元設計データの作成
第2回	【空中写真測量を用いた出来形管理（後編）】 出来形計測～出来形管理帳票作成～検査への対応
第3回	【レーザースキャナーを用いた出来形管理（前編）】 計画準備～起工測量～3次元設計データの作成
第4回	【レーザースキャナーを用いた出来形管理（後編）】 出来形計測～出来形管理帳票作成～検査への対応
第5回	【施工履歴データによる土工の出来高算出】 計画準備～施工履歴データの取得～出来高算出、資料作成



写真—3 研修会の実施イメージ（データ処理実習）



写真—4 研修会の実施イメージ（空中写真測量の実演）

各研修会の所要日数は、1日間となっており、研修内容は、主に① i-Construction の施策や利用技術に関する講演、② i-Construction 関連要領の解説と活用ポイントの講習、③デモンストレーションを含む各作業の運用例紹介（データ作成・データ処理、計測・操作等）の3本立てとし、写真—3、4に示す座学による学習や実機等によるデモンストレーションにより、理解を深める教育内容となっている。なお、カリキュラム案については、現在、計画中により、今後変更になる場合もあるため、あらかじめご了承ください。

4. おわりに

現在計画中の「i-Construction 研修会」の策定に向けては、情報化施工研修会で培った教育内容や現場における効果的な活用方法、課題等のノウハウを基に、現場ニーズに則した研修内容も取り入れながら進めていきたい。また、施工技術総合研究所においても、引き続き情報化施工や i-Construction に関する「人材育成」を支援し、施工現場での ICT 利用が急速に進む中、円滑な現場導入やさらなる普及拡大の一端を担っていく所存である。

J|C|M|A

【筆者紹介】



椎葉 祐士（しいば ゆうし）
（一社）日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所
研究第三部 主任研究員



藤島 崇（ふじしま たかし）
（一社）日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所
研究第三部 次長



岩渕 裕（いわぶち ゆたか）
（一社）日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所
研究第三部 主任研究員



部 会 報 告

除雪機械の変遷（その 21） 小形除雪車（3）

機械部会 除雪機械技術委員会

（4）平成年間（元年～21 年）

平成 7 年，(株)新潟鐵工所^(注3)は，第 1 次排出ガス規制に対応するため NR222 をモデルチェンジした NR40（除雪幅 1.0 m，40 PS）を開発した。

写真 7-59 小形除雪車 NR40 (株)新潟鐵工所^(注3) 平成 7 年

平成 8 年，(株)日本除雪機製作所は，HTR141 をモデルチェンジした HTR142（ツーステージ，135 PS，除雪幅 1.50 m および 1.80 m）を開発した。これは，車体コンパクト化による旋回性能，走行と作業の操作性および安全性を向上させ，また第 1 次排出ガス規制対応のエンジンにしたものである。



写真 7-60 小形除雪車 HTR142 (株)日本除雪機製作所 平成 8 年

平成 8 年，(株)新潟鐵工所^(注3)は，第 1 次排出ガス規制に対応するため NR322 をモデルチェンジし除雪装置に HST を採用し，全油圧駆動とした NR80（除雪幅 1.3 m，80 PS）を開発した。

同年，(株)新潟鐵工所^(注3)は，第 1 次排出ガス規制に対応するため NR423 をモデルチェンジした NR140 を開発した。

写真 7-61 小形除雪車 NR80 (株)新潟鐵工所^(注3) 平成 8 年

平成 9 年，(株)日本除雪機製作所は，HTR81 をモデルチェンジした HTR82（ツーステージ，87 PS，除雪幅 1.30 m および 1.50 m）を開発した。これは，除雪性能，走行と作業の操作性，安全性を向上させ，走行中スムーズにシフトアップ，ダウンを行えるパワーシフトミッションを装備し，また第 1 次排出ガス規制対応のエンジンにしたものである。



写真 7-62 小形除雪車 HTR82 (株)日本除雪機製作所 平成 9 年

また，平成 11 年に，(株)日本除雪機製作所は，HTR82 と同様に，KBR100 から KBR101（ツーステージ，100 PS，除雪幅 1.50 m，前輪 2 軸 4 輪タンデム構造）へモデルチェンジを行った。

平成 11 年，(株)日本除雪機製作所は，“小型”特殊免許で運転可能な 50 PS 級の小型ロータリ除雪車 HTR50（ツーステージ（オーガセントドライブ），35 kW，除雪幅 1.0 m）を開発した。

平成 13 年，TCM (株)^(注2)は，ロータリ除雪車のフルラインナップ化を図るため，歩道，狭あい道路の除雪に最適な小形ロータリ除雪車 1.0 m 級 JR30，1.3 m



写真 7-63 小形除雪車 KBR101 (株)日本除雪機製作所 平成 11 年



写真 7-66 小形除雪車 NR101T 新潟トランス(株) 平成 15 年



写真 7-64 小形除雪車 HTR50 (株)日本除雪機製作所 平成 11 年



写真 7-67 小形除雪車 HTR51 (株)日本除雪機製作所 平成 15 年



JR30

JR60

写真 7-65 小形除雪車 JR30, JR60 TCM (株)^(注2) 平成 13 年

写真 7-68 小形除雪車 HTR143 (株)日本除雪機製作所 平成 15 年

級 JR60 を開発した。本開発により、TCM (株)^(注2) は、小形除雪車に初参入した。

平成 14 年、新潟トランス(株)は、NR80 をベースとし、エンジン出力 100 PS の前輪タンデム車両 NR100T を開発した。

平成 15 年、新潟トランス(株)は、第 2 次排出ガス規制対応のため、NR41, NR81, NR101T (除雪幅 1.5 m, 74 kW) を開発した。

平成 15 年、(株)日本除雪機製作所は、除雪装置の駆動方式及びエンジンを変更した HTR51 (ツーステージ (チェーン伝動式), 32 kW, 除雪幅 1.0 m) を開発した。

平成 15 年、(株)日本除雪機製作所は、国土交通省の第 2 次排出ガス規制に対応すべく、HTR142 を HTR143 (102 kW, 除雪幅 1.50 m および 1.8 m) へ、HTR82



写真 7-69 小形除雪車 HTR83 (株)日本除雪機製作所 平成 15 年



写真 7-70 小形除雪車 KBR102 (株)日本除雪機製作所 平成 15 年



JR30-2



JR60-2

写真 7-71 小形除雪車 JR30-2, JR60-2 TCM (株)^(注2) 平成 15 年

を HTR83 (68 kW, 除雪幅 1.30 m および 1.50 m) へおよび KBR101 を KBR102 (74 kW, 除雪幅 1.50 m, 前輪 2 軸 4 輪タンデム構造) へ各々, モデルチェンジを行った。

平成 15 年, TCM (株)^(注2) は, 国土交通省第 2 次排出ガス規制に伴い, 小形ロータリ除雪車 1.0 m 級 JR30-2, 1.3 m 級 JR60-2 を開発した。

平成 16 年, (株)日本除雪機製作所は, 国土交通省, 第 2 次排出ガス規制に対応すべく, HTR51 を HTR52 (ツーステージ (チェーン伝動式), 38 kW, 除雪幅 1.0 m) へモデルチェンジを行った。



写真 7-72 小形除雪車 HTR52 (株)日本除雪機製作所 平成 16 年

平成 18 年, 新潟トランスは, 第 3 次排出ガス規制対応のため NR41 をモデルチェンジして NR42 (除雪幅 1.0 m, 33 kW) を開発した。



写真 7-73 小形除雪車 NR42 新潟トランス(株) 平成 15 年

平成 19 年, 新潟トランス(株)は, 第 3 次排出ガス規制対応のため, NR82 (除雪幅 1.3 m, 74 kW), NR102T, NR142 (除雪幅 1.5 m, 105 kW) を開発した。NR142 より除雪装置を油圧駆動とした。



写真 7-74 小形除雪車 NR82 新潟トランス(株) 平成 19 年



写真 7-75 小形除雪車 NR142 新潟トランス(株) 平成 19 年

平成 18 年, 第 3 次基準排出ガス対策型建設機械指定制度が創設され, 窒素酸化物 (NOx), 微粒子物質 (PM) が 1 次規制と比較すると共に約 6 割の削減となった。これに対応すべく平成 20 年に, (株)日本除雪機製作所は, HTR143 を HTR145 (112 kW (152.4 PS), 除雪幅 1.5 m および 1.8 m), KBR102 を KBR103 (88 kW (120 PS), 除雪幅 1.5 m, 前輪 2 軸 4 輪タンデム構造) へ, 平成 21 年には HTR83 を HTR85, HTR52 を HTR53 (36 kW (49 PS), 除雪幅 1.0 m) へ, 各々モデルチェンジを行った。



写真 7-76 小形除雪車 HTR145 (株)日本除雪機製作所 平成 20 年



写真 7-77 小形除雪車 HTR103 (株)日本除雪機製作所 平成 20 年



写真 7-78 小形除雪車 HTR85 (株)日本除雪機製作所 平成 21 年



写真 7-79 小形除雪車 HTR53 (株)日本除雪機製作所 平成 21 年

(5) 各種アタッチメントによるロータリ除雪車の有効利用 (昭和 47 年～平成 18 年)

ロータリ除雪車の本体をベースに各種アタッチメントを取り付けて、有効利用を図った例を紹介する。

昭和 47 年, (株)日本除雪機製作所は, MR120 ロータリ除雪車アタッチメントに, パッチングローラ (道路用転圧機) を製作した。



写真 7-80 ロータリ除雪車 MR120 のアタッチメント・パッチングローラ (道路用転圧機) (株)日本除雪機製作所 昭和 47 年

昭和 56 年, (株)日本除雪機製作所は, 小形除雪車 HTR80 にアタッチメントとして全油圧式バロネス形草刈り装置を製作した。



写真 7-81 小形除雪車 HTR80 のアタッチメント・全油圧式バロネス形草刈り装置 (株)日本除雪機製作所 昭和 56 年

昭和 59 年頃, (株)日本除雪機製作所は, 小形除雪車 HTR140 のアタッチメントとして路面清掃装置を製作した。



写真 7-82 小形除雪車 HTR140 のアタッチメント・路面清掃装置 (株)日本除雪機製作所 昭和 59 年

昭和 59 年頃, (株)日本除雪機製作所は, 小形除雪車 HTR140 のアタッチメントとしてバケット装置を製作した。

昭和 63 年, (株)日本除雪機製作所は, HTR81 の小形除雪車アタッチメントとして, 路肩汚泥処理装置を製作した。

平成元年頃(株)日本除雪機製作所は, 小形除雪車 KBR100 のアタッチメントとして, 路面清掃装置を製



写真 7-83 小形除雪車 HTR140 のアタッチメント・バケット装置
(株)日本除雪機製作所 昭和 59 年



写真 7-87 小形除雪車 KBR101 のアタッチメント・全油圧式ディスク形草刈り装置 (株)日本除雪機製作所 平成 15 年



写真 7-84 小形除雪車 HTR81 のアタッチメント・路肩汚泥処理装置
(株)日本除雪機製作所 昭和 63 年



写真 7-88 小形除雪車 KBR101 のアタッチメント・全油圧式ワンパス形草刈り装置 (株)日本除雪機製作所 平成 18 年



写真 7-85 小形除雪車 KBR100 のアタッチメント・路肩清掃装置
(株)日本除雪機製作所 平成元年



写真 7-86 小形除雪車 KTR141 のアタッチメント・排水ポンプ装置
(株)日本除雪機製作所 平成 14 年

作した。

平成 14 年、(株)日本除雪機製作所は、小形除雪車 HTR141 のアタッチメントとして、排水ポンプ装置を製作した。

平成 15 年、(株)日本除雪機製作所は、小形除雪車 KBR101 のアタッチメントとして、全油圧式ディスク

形草刈り装置を製作した。

平成 18 年、(株)日本除雪機製作所は、小形除雪車 KBR101 のアタッチメントとして、全油圧式ワンパス形草刈り装置を製作した。

7-3 安全装置の変遷

小形除雪車の技術開発としては、安全性向上に多くの努力が払われている。また、作業者の疲労軽減のため、操作レバーの集約化などもなされた。

7-3-1 小形除雪機

昭和 63 年度に国土交通省は、歩道除雪機安全対策指針（案）を策定した。これは、施工方法と除雪機の安全規格について触れたものである。

安全規格には以下の項目が規定されている。

- 1 回転灯およびクレーン吊り具
- 2 緊急停止装置（危険時にエンジンを緊急停止させる）
- 3 運転者離脱時安全機構（作業車転倒時プラグが外れてエンジンが停止する）
- 4 セーフティスタータ機構（除雪クラッチレバーと走行レバーの両方がオフの時エンジン始動）
- 5 後進時緊急停止機構（後進時に転倒したとき、走行を停止させる装置）
- 6 シュート安全機構（シュートカバーにつけたスイッチにより、カバー開でエンジン停止、また

閉でないとエンジンが始動しない)

- 7 雪詰まり除去具
- 8 オーガサイドカバー（オーガの両側面の開口部をなくすか、カバーをする）
- 9 危険箇所の表示

平成 10 年度に国土交通省東北技術事務所は、作業効率の悪い 1 m 未満の歩道を対象にハンドガイド式小形除雪機を開発した。

全幅 0.8 m, 最大除雪量 100 t/h であり、性能面では、同じ除雪幅の市販機と比較し高出力エンジンを搭載することで、最大値において除雪量、作業速度で約 2 倍の能力を有している。

安全対策としてオーガ安全カバー、操作機構に関しては、運転操作の省力化・操縦性及び安全性向上を目的として操作レバーの集約、パワーアシスト機能の充実、シュート部の雪詰まり防止機能等が取り入れられている。オーガ安全カバー（特許申請中）は、除雪作業中の歩行者の巻き込み防止のため、オーガの前部に取り付けられ、前方からの飛び込みに安全に対応できるものである。また、平成 20 年度以降、現場に導入されている。



写真 7-89 ハンドガイド式小形除雪機
国土交通省東北技術事務所開発 平成 19 年

7-3-2 小形除雪車

平成 17 年に、国土交通省北陸技術事務所は、機械運転経験の浅いオペレータでも取り扱い易く、操作性と安全性に優れた簡易操作型小形除雪車を開発した。下記にその主な改良点を示す。

①除雪装置操作レバーの集約化

従来の 5 本操作レバーを 1 本のジョイスティックレバーにまとめた。これにより、レバーの持ち替えがなくなり操作回数が低減し、ハンドル操作に集中できるため操作性、安全性の向上が図られた。

②雪詰まり防止機構

過負荷時走行停止機構は、ブロー回転数をセンサー



写真 7-90 1 本レバー

で検知し、処理能力以上の雪を取り込み回転が設定値以下になると車両走行を自動停止させる機構である。シュートの雪詰りを未然に防止し、雪詰まりの除去が不要となった。

積雪深別速度制御機構は、除雪開始時の積雪深を入力すると作業速度の上限を自動的に設定する機構である。これにより、過負荷が予防され、経験の浅いオペレータでも熟練オペレータ並の作業速度が得られる。

③不陸追従機構

歩車道間の段差や不陸に除雪装置が追従する機構である。これにより、不陸部での除雪装置の操作が大幅に軽減され、オペレータはハンドル操作と投雪位置制御に専念できるようになった。

また、シャープピン交換作業時間短縮のため、差し込み形のワンタッチシャープピンを開発した。

簡易操作形小形除雪車は、平成 18 年度から現場に導入されている。

注 2：現日立建機㈱

注 3：現新潟トランス㈱

あとがき

除雪機械の変遷を述べる貴重な機会を与えられたことに感謝します。除雪機械メーカーにとっても、時間の経過とともに記憶や資料が散逸していくのは避けがたく、ここでもとまりのある資料ができたことは、時宜を得た意義深いものでした。なお、除雪機械技術委員会として網羅できなかった機種、情報不足の面もあった点は、ご容赦願います。

除雪機械は、冬期道路交通確保における除雪作業に必要不可欠のものであります。除雪機械の歴史は、ユーザである官庁の主導による開発の歴史であったといえます。機械の開発試作と現場での施工による改良の繰り返しで、揺籃期を経て次第に実用に耐えるものになっていきました。

現在、除雪機械は、いかなる豪雪にも対応できる充

分な除雪能力を備えており、ラインアップも豊富ですが、操作に熟練を要する機種もあり、今後は、高齢化社会を踏まえ、だれでも簡単に操作できる機械へとソフト面、運転支援、管理技術において進化していくと思われます。

この報文が、我が国の除雪機械の歴史の一資料として何らかのお役に立てれば幸いです。

最後に、執筆、掲載にご協力いただいた関係各位に深く感謝いたします。

J C M A

《参考文献》

- 1) 北海道開発局における除雪機械の変遷 昭和55年3月 編集発行 北海道開発局建設機械工作所
- 2) 道路除雪30年史 平成3年3月30日 編集 建設省東北地方建設局

道路部道路管理課・機械課 発行 社団法人東北建設協会

- 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 (株)日本建設機械化協会北陸支部
- 4) ゆきみち今昔 社団法人 日本建設機械化協会 北陸支部
- 5) 技建報 VOL.4 No.41 北海道開発局建設機械工作所
- 6) 技建報 VOL.13 No.56 1978 昭和53年 北海道開発局建設機械工作所
- 7) 建機技報 1987 No.65 昭和63年10月 北海道開発局建設機械工作所
- 8) 建機技報 1990 No.68 平成2年10月 北海道開発局建設機械工作所
- 9) 建機技報 1991 No.69 平成3年10月 北海道開発局建設機械工作所
- 10) 昭和43年度編纂 北海道開発局 道路除雪機械の技術経緯 昭和44年 北海道開発局建設機械工作所
- 11) 第33回(平成元年度) 北海道開発局技術研究発表会 講演概要集(1) 平成2年2月 (助)北海道開発協会
- 12) 第34回(平成2年度) 北海道開発局技術研究発表会 講演概要集(2) 平成3年2月 (助)北海道開発協会
- 13) (株)協和機械製作所 五十年のあゆみ 平成2年2月 (株)協和機械製作所



新工法紹介 機関誌編集委員会

04-369	切羽前方に生じる微細な地盤挙動をトンネル坑内から直接把握する計測管理技術	大成建設
--------	--------------------------------------	------

概要

トンネル先行変位計測システム『TN-Monitor (Taisei NATM Monitor)』は、都市部でのトンネル工事に山岳トンネル工法(NATM)が適用される場合において、切羽前方で生じる微細な地盤変形をトンネル坑内から把握するために開発された技術である。本技術により、トンネルが断層などの不良地盤に遭遇する前に、トンネルを安定して構築するための補強や、地中に埋設されているインフラ施設への影響を低減するために、地盤の状態に応じて早期に適切な対策を講じることができる。

特徴

本技術では、トンネル坑内から切羽前方の約20m区間に図—1に示す2種類の計測機器を設置する。一つは「SAA」というMEMS技術による小型・高精度の加速度計を搭載した傾斜計を数珠つなぎにした機器で、トンネル掘削に伴って影響を受ける切羽前方の地盤の沈下分布が把握できる。もう一つは、「T-REX」という地中(押し出し量)変位計で、切羽から設置した計測管に沿って生じる地山挙動に応じて動くリング状の磁性体のトンネル軸方向の位置変化を、管内に挿入するプローブにより計測し、切羽前方からトンネル内に押し出してくる地盤の動きを捉える。これらの計測機器の組合せにより、トンネル掘進時の前方の地盤の様子を詳細に把握し、適切な対策を迅速に施すことができる。

本計測システムは、地表からのボーリングなどによる従来の計測方法とは異なり、トンネルの掘削方向と平行して計測器を設置してトンネル全線にわたって計測が可能である。また、

SAAで取得した切羽前方の沈下分布データは直ちに図—2(a)に示すグラフに整理され、坑内に設置された表示装置により、技術者や作業員全員が切羽前方の地盤挙動を確認できるようになっている。一方、T-REXによる地盤の押し出し量についても1日数回計測データを取得して図—2(b)のように整理し、地盤の硬軟の評価や崩落リスクおよび対策工の検討ができるようになっている。

用途

都市部における山岳工法によるトンネル施工の他、供用中のトンネルや、重要施設に近接したトンネル施工において有効である。

実績

現在、本計測システムを福岡市地下鉄の七隈線博多駅(仮称)工事に初適用し、都市部でのトンネル工事を安全かつ合理的に進めている。

産業財産権

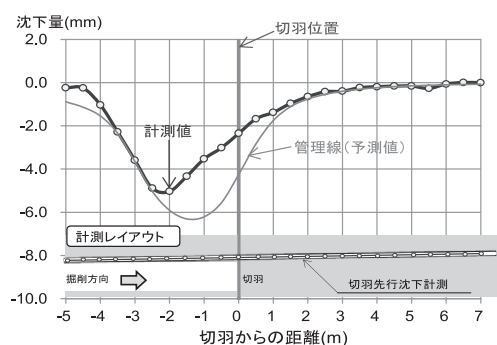
関連特許を出願済みである。

問合せ先

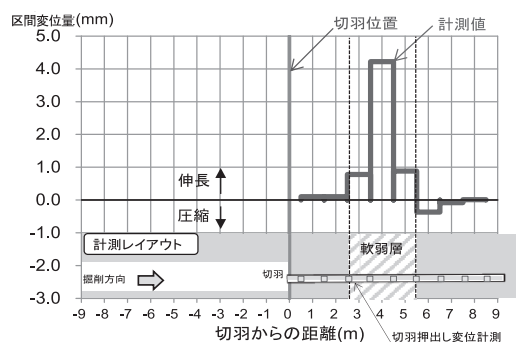
大成建設技術センター 土木技術研究所 地盤・岩盤研究室

〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1

TEL: 045-814-7217 FAX: 045-814-7236

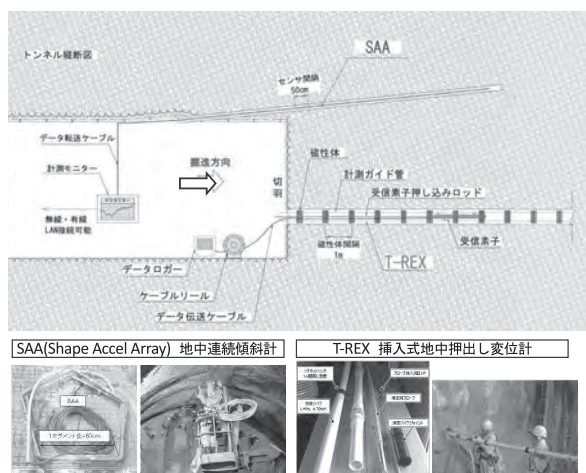


(a) SAAによる沈下分布による施工管理



(b) T-REXによる変位分布で切羽前方の弱層を捉えた例

図—2 TN-Monitorによる計測結果



図—1 TN-Monitorで使用する2種の計測機器

04-370	テールクリアランス 自動計測装置	奥村組
--------	---------------------	-----

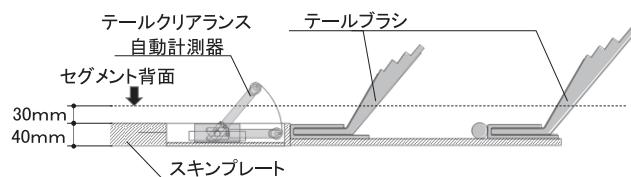
▶ 概 要

都市部の鉄道や下水道などの地下トンネル構造物を構築するシールド工事では、シールド機テール部内でトンネル構造物の外壁部材となるセグメントをリング状に組み立て、これを反力としてシールド機を押し出しながら前方の土砂を削り取ることで掘進し、後方にセグメントを組立てる。一般的に、シールド機とセグメントが同一線形を描きながら掘進する条件であれば、テールクリアランスはほぼ均一に保たれる。しかし、シールド機が先行して方向を変える曲線部など、互いの線形にずれが生じる場合にはテールクリアランスをバランスよく確保することが困難となり、セグメントとシールド機テール部のスキンプレートが接触して変形や損傷に繋がる可能性が高くなる。

このため、テールクリアランスの変化を適切に把握して、互いの線形のずれが大きくなる前にシールド機やセグメントの軌道を補正する必要がある。従来の人力による計測では掘進にともない刻々と変化するテールクリアランスをリアルタイムで把握することが困難で、また近年開発が進んできたレーザー光やデジタルカメラ等を用いた非接触式の自動計測装置でも裏込め注入材の残滓や洗い水などに阻害されて計測不能となるケースも散見されることから、常時計測を安定的に行える手法が求められていた。

今回開発した「テールクリアランス自動計測装置」は、ねじりばねで起立するアーム、アーム先端に取り付けたローラータイプの接触子およびアームの回転角度を感知するセンサーで構成され（図—1）、シールド機テール部のスキンプレート内面に設けた切欠きに装備する（図—2、写真—1）。

テールクリアランスの計測はセグメント外面に押し当てたアームの回転角度から自動で割り出す方式を採用しており、汚



図—2 計測器の設置位置（実績工事の例）



写真—1 計測器の設置状況（実績工事の例）

れや水などが散在する環境でも安定的な常時計測が可能となる。計測結果は、シールド機運転室や地上のモニターなどからリアルタイムに確認することができる。

▶ 特 徴

①高精度なテールクリアランス計測が可能

高精度な回転角度センサー（計測精度 ± 1 mm 以内）により、セグメント背面とのクリアランス量を直接計測できる。そのため、画像解析等の演算処理時に誤差が生じやすい非接触式の自動計測装置と比べ、確実かつ高精度なテールクリアランス計測が可能となる。

②テールクリアランスの変化をリアルタイムに把握可能

掘進中のテールクリアランスの変化をリアルタイムに連続して計測可能となり、これをシールド機の掘進やセグメントの組み立ての補正に早期に反映することで、セグメントの真円度を高精度に確保できる（実績工事において真円度 ± 10 mm 以内に収めた）。

▶ 用 途

・シールド工事全般

▶ 実 績

・和歌山市建設局発注

・公共下水道和田川排水区 2 号雨水幹線工事その 1

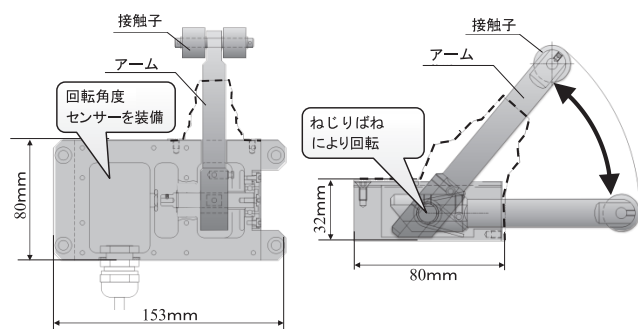
（シールド機外径： $\phi 5,240$ mm、掘進距離：1,229 m）

▶ 問 合 せ 先

（株）奥村組 土木本部

〒545-8555 大阪府大阪市阿倍野区松崎町 2-2-2

TEL：06-6625-3893



図—1 計測器の概要

新機種紹介 機関誌編集委員会

▶ 〈01〉ブルドーザおよびスクレーパ

16-〈01〉-01	コマツ ブルドーザ D65EX/PX-18, D155AX-8	'16.4 発売 新機種
------------	---------------------------------------	-----------------

NOx（窒素酸化物）とPM（粒子状物質）の排出量を大幅に低減し、オフロード法（*1）2014年基準に適合したブルドーザである。実績ある掘削ブレード「シグマドーザ（*2）」のドーピング作業効率を向上させ、高い動力伝達効率を誇るロックアップ機能付き自動変速パワーラインを採用することにより、生産性と燃費性能を両立させながら、燃料消費量を低減している。

運転席には高精細7インチLCDモニタを搭載し、後方モニタシステム、シートベルト未装着警報などの安全装備と合わせ、安全かつスムーズな作業を実現している。また、エコガイダンス等の表示により省エネ運転のサポートや、新たに採用したオートアイドルストップ機能で無駄な燃料消費を抑えている。

表ー1 D65PX/EX-18, D155AX-8の主な仕様

	D65PX-18	D65EX-18
仕様	湿地	乾地
ブレード種類	ストレート	シグマ
機械質量 (t)	21.600	20.100
エンジン定格出力 ネット (JIS D0006-1) (kW/min ⁻¹ (PS/rpm))	162/1950 (221/1950)	
ブレード容量 [SAE] (m ³)	3.7	5.6
ブレード最大上昇量/下降量 (m)	1.225/0.44	1.130/0.505
全長（スコップホルダを含まず） (m)	5.700	5.490
全幅（本体/ブレード） (m)	2.990/3.970	2.390/3.410
全高（キャブ上端まで） (m)	3.190	3.155
価格 (百万円)	30.5	33.5
		D155AX-8
ブレード種類		シグマ
機械質量 (t)		42.800
エンジン定格出力 ネット (JIS D0006-1) *冷却ファン最低回転速度時の値 (kW/min ⁻¹ (PS/rpm))		264/1900 (359/1900)
ブレード容量 [SAE] (m ³)		9.4
最大上昇量/下降量 (m)		1.315/0.68
全長 (m)		8.405
全幅（本体/ブレード） (m)		2.765/4.060
全高 (m)		3.390
価格 (百万円)		67

また、新車購入時に付帯される、パワーラインの保証延長と無償メンテナンスを取り入れた、サービスプログラム「KOMATSU CARE（コマツ・ケア）」により、トータルライフサイクルコストの低減と稼働に貢献するものと思われる。

- *1. オフロード法:特定特殊自動車排出ガスの規制等に関する法律。
- *2. D65 シリーズには今回より D65EX に標準設定。D155AX には標準搭載。

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



写真ー1 コマツ D65EX-18 ブルドーザ
（一部オプションが含まれる）



写真ー2 コマツ D155AX-8 ブルドーザ
（一部オプションが含まれる）

新機種紹介

▶ 〈02〉掘削機械

16-〈02〉-06	コマツ ミニショベル PC30/35MR-5	'16.1 発売 新機種
------------	------------------------------	-----------------

国土交通省第3次排出ガス基準に適合したミニショベルである。

エンジンと油圧システムを最適に制御する独自の電子制御システムに加え、E（エコノミー）モード、オートデセル、オートアイドルストップ機能、ダイヤル式燃料コントロールにより、従来機の作業性能を維持しながら燃料消費量を7%低減（*1）している。また、作業機レバーニュートラル検出機能、セカンダリエンジン停止スイッチ、およびシートベルト未装着警報などにより安全性の向上を図っている。燃費やメンテナンス情報などを見やすく表示するため3.5インチカラー液晶多機能モニタおよび位置情報やサービスメータ時間（SMR）情報に加え、燃費情報や負荷頻度など取得可能なデータが大幅に増えたKOMTRAXにより、機械稼働の「見える化」を図っている。キャブ仕様においては、新設計の大型ドアの採用やエアコン標準装備などにより快適なオペレータ空間の実現を図っている。

*1. 従来機との比較（コマツテスト基準による）。実作業では作業条件により異なる場合がある。

表—2 PC30MR/35MR-5の主な仕様

	PC30MR-5	PC35MR-5
機械質量 (t)	2.950 〈3.140〉	3.380 〈3.570〉
エンジン定格出力ネット (JISD0006-1) (kW/min ⁻¹ [PS/rpm])	17.4/2200 [23.7/2200]	
標準バケット容量 (JIS A 8403-4) (m ³)	0.09	0.11
標準バケット幅 (サイドカッタ含む) (m)	0.43 (0.5)	0.53 (0.6)
全長 (輸送時) (m)	4.560	4.825
全幅 (m)	1.550	1.740
全高 (輸送時) (m)	2.520	
後端旋回半径 (m)	0.79	0.87
クローラシュー幅 (m)	0.3	
ブレード (幅×高さ) (m)	1.550×0.355	1.740×0.355
価格 (百万円)	4.4	4.78

写真—3 コマツ PC30MR-5 ミニショベル
(一部オプションが含まれる)

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

16-〈02〉-08	東亜建設工業 イエローマジック 8号 YM-8	'15.3 建造 新機種
------------	-------------------------------	-----------------

水際と水中での機械施工を目的とした0.8m³級水中バックホウである。

多種多様なアタッチメント（水中ブレーカ、削孔機、切削機、ポンプ、コンクリート破砕機、トレンチャーなど）によって各種作業が可能である。エンジン式と電動式のどちらの駆動方式でも1台で水際から水中まで施工でき、エンジン駆動による水際作業では陸上機と変わらない機動性を発揮する。

電動式では必要に応じて、水中カメラや各種ソナーなどの装備や遠隔操縦への対応ができ、遠隔操縦システムでは機体の運転状況、掘削状況、周囲・前面の堆積土砂までの距離を把握できる。また、音響スピーカから出る水中での運転音やポンプ排送音および、機体の傾斜や振動の体感装置により挙動認識の向上を図っている。

生分解性の作動油・グリースの使用により、環境への影響を考慮している。

表—3 YM-8の主な仕様

全長×全幅×全高		
エンジン式 (m)	9.3 × 2.8 × 3.1	
電動式 (m)	9.3 × 2.8 × 2.9	
気中質量 (ton)	19.5	
走行速度 (水中) (km/h)	3.4	
登板能力 (水中) (度)	30	
接地圧 (標準) (kPa)	45	
適応水深 (エンジン式) (m)	4	
適応水深 (電動式) (m)	50	
価格 (基礎価格) (百万円)	103	

新機種紹介



写真一4 東亜建設工業 YM-8 イエローマジック8号 電動式



写真一5 東亜建設工業 YM-8 イエローマジック8号 エンジン式

問合せ先：東亜建設工業(株) 土木事業本部機電部
〒163-1031 東京都新宿区西新宿 3-7-1 新宿パークタワー 31F

16-(02)-10	コベルコ建機 ミニショベル (超小旋回型) SK20UR-6	'16.04 発売 新機種
------------	--------------------------------------	------------------

管理設、路面補修などの工事で利便性を発揮する2トンクラスの超小旋回型ミニショベルである。

従来モデルに比べて、更なる燃費低減を実現している。Hモード（作業優先モード）に加えて、Sモード（省エネ・燃費優先モード）のレバーポジションを設定し、作業負荷に合わせた作業モードの選択が可能であり、燃料消費量は、従来モデルのHモードに対して、Sモードで、最大約25%の低減を図っている。

また、エンジン冷却の排風を上方向に向け、接近する植木に直接熱風を当てず、立ち枯れを抑制している。

キャノピは、右サイドに安全バーを装着し、TOPS（横転時オペレーター保護構造）に適合している。左前部に支柱の無い3本支柱

構造は、左サイドがフルオープンとなっているため乗降性に優れている。

ハイリーチクレーン仕様（最大吊り上げ能力0.6t）、高さ深さ制限装置をオプション設定している。

表一4 SK20UR-6の主な仕様

本体型式		SK20UR-6
標準バケット容量（山積／平積）（m ³ ）		0.066／0.06
クローラ仕様		ゴムクローラ 鉄クローラ
機械質量（t）		2.1 2.2
定格出力（kW/min ⁻¹ ）		13.3/2,200
燃料タンク（l）		25
旋回速度（min ⁻¹ rpm）		9.4 9.4
走行速度（1速／2速）（km/h）		2.3／3.7
登坂能力（％（度）		58（30）
最大掘削力	バケット（kN kgf）	18.5 1,880
	アーム（kN kgf）	12.3 1,250
全長（m）		3.55
全幅（m）		1.38
全高（m）		2.27
最大掘削半径（m）		3.98
最大掘削深さ（m）		2.24
最大掘削高さ（m）		4.76
最大ダンプ高さ（m）		3.45
価格（税抜き）（百万円）		4.091



写真一6 コベルコ建機 SK20UR-6 ミニショベル (超小旋回型)

問合せ先：コベルコ建機 営業促進部
〒141-8626 東京都品川区北品川 5丁目5番15号
（大崎ブライトコア 5F）

新機種紹介

▶ 〈06〉 基礎工事機械

16-〈06〉-01	日本車両 全回転チュービング装置 RT-250L	'15.10 発売 新機種
------------	--------------------------------	------------------

場所打ち杭・鋼管杭の施工や、障害物撤去工法などに使用される定置式全回転チュービング装置である。上空制限のある施工用途にあわせ機体全高を抑えた低空頭型で掘削口径φ 2.5 mに対応している。標準型やハイパワー型と比べ、低空頭であると同時に軽量であることが特徴である。低空頭型従来機の RT-150L II (掘削口径φ 1.5 m 対応) や RT-200L (掘削口径φ 2.0 m 対応) と全高が同じで、ケーシング引抜補助のためのサブチャックを装備した場合の質量は 23.1 t とし軽量化を図っている。また、作業デッキの一部を取り外した輸送時機械全幅は 3.0 m で通常輸送においては分解組立の必要がなく、輸送性の向上を図るとともに相判クレーンの小型化に対応している。

油圧ユニットは国土交通省から第 3 次排出ガス対策型建設機械の指定を受けており、低騒音型建設機械の基準値にも適合し、軽量で輸送性も良い。

表—5 RT-250L の主な仕様

全回転チュービング装置		RT-250L
回転トルク〔高/低〕	(kN・m)	1,860/630
回転数	(min ⁻¹)	1.0/2.9
ケーシング引抜力	(kN)	2,360
ケーシング押込力	(kN)	390 (シリンダ力) + 170 (自重)
押込ストローク	(m)	0.500
寸法〔施工時 L × W × H〕	(m)	5.000 × 3.545 × 2.587
質量〔サブチャック含〕	(t)	23.1
油圧ユニット		RTP-2W
エンジン名称		日野 J08E-TM
エンジン出力		159 kW (216 PS)/2000 min ⁻¹
寸法〔L × W × H〕	(m)	4.270 × 1.648 × 2.150
質量〔燃料等含〕	(t)	5.5
価格〔標準仕様〕	(百万円)	143

(注) 価格は全回転チュービング装置と油圧ユニット標準仕様の合計



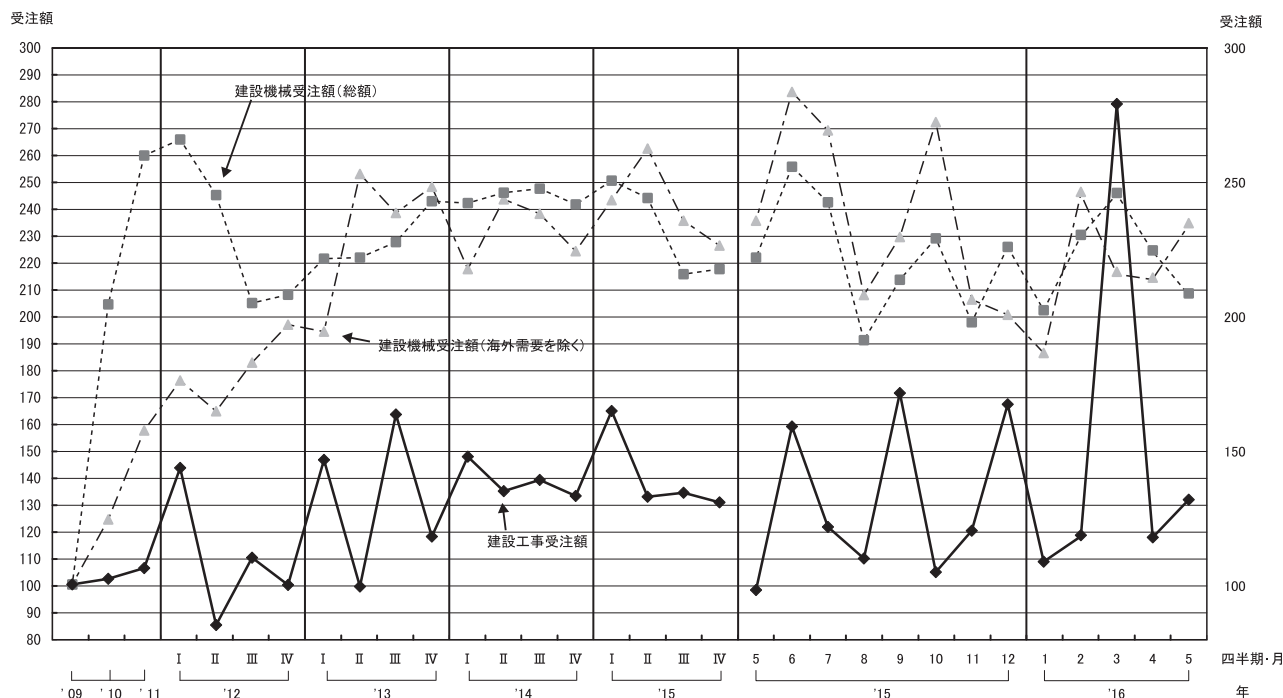
写真—7 日本車両 RT-250L 全回転チュービング装置

問合せ先：日本車両製造㈱ 機電本部営業総括部
〒 458-8502 愛知県名古屋市長区鳴海町字柳長 80 番地
e-mail : kiden-eigyo@n-sharyo.co.jp

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 2009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 2009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							
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
2015 年	141,240	96,068	19,836	76,235	35,633	4,993	4,546	95,959	45,281	141,461	141,136
2015 年 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	143,650	14,223
10 月	8,754	5,681	1,632	4,049	2,439	377	258	5,862	2,893	141,723	10,835
11 月	10,045	5,942	1,466	4,477	2,670	417	1,016	6,293	3,752	140,930	11,339
12 月	14,004	9,426	1,855	7,572	3,210	390	977	10,085	3,919	141,461	13,853
2016 年 1 月	9,081	5,789	1,017	4,772	2,189	344	758	6,103	2,978	144,221	9,496
2 月	9,906	6,887	1,360	5,527	2,394	443	183	6,520	3,386	142,223	10,642
3 月	23,414	15,234	1,823	13,411	7,211	557	411	15,157	8,257	144,084	18,435
4 月	9,838	6,613	1,786	4,827	2,588	503	135	6,103	3,736	143,928	8,278
5 月	11,022	8,540	1,160	7,380	1,609	642	231	8,464	2,559	—	—

建設機械受注実績

(単位: 億円)

年 月	09 年	10 年	11 年	12 年	13 年	14 年	15 年	15 年 5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	16 年 1 月	2 月	3 月	4 月	5 月
総 額	7,492	15,342	19,520	17,343	17,152	18,346	17,416	1,388	1,600	1,517	1,195	1,336	1,433	1,237	1,413	1,265	1,441	1,539	1,405	1,304
海 外 需 要	4,727	11,904	15,163	12,357	10,682	11,949	10,712	844	945	895	715	806	804	761	950	835	872	1,039	910	762
海外需要を除く	2,765	3,438	4,357	4,986	6,470	6,397	6,704	544	655	622	480	530	629	476	463	430	569	500	495	542

(注) 2009～2011 年は年平均で、2012～2015 年は四半期ごとの平均値で図示した。

2015 年 5 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

(2016年6月1日～30日)

機械部会



■基礎工事用機械技術委員会

月 日：6月8日(水)

出席者：関徹也委員長ほか12名

議 題：①最近の岩盤掘削機の動向について各社の資料の件 ②立坑の現場見学について検討 ③首都圏のシールドトンネルについて ④ニューマチックケーソン大深度立坑について ⑤自動化オープンケーソンについて ⑥アーバンリング工法・NH-PC ウェル工法について ⑦その他

■コンクリート機械技術委員会

月 日：6月9日(木)

出席者：大村高慶委員長ほか6名

議 題：①内部振動機の定期見直し ②パワートロウエルの手腕振動について ③トラックミキサー ④パッチャープラント ⑤SCI 議長候補 ⑥ TC195 国際会議日程 ⑦ TC297 対応 TC195 業務範囲 各テーマの進捗状況及び問題点について報告

■トンネル機械技術委員会・岩手県トンネル工事現場見学会

月 日：6月9日(木)～10日(金)

出席者：加藤誠幹事ほか21名

議 題：①国道45号新鉄台トンネル工事現場見学 ②宮古盛岡横断道路 新区界トンネル工事現場見学

■油脂技術委員会・高効率作動油分科会小委員会

月 日：6月13日(月)

出席者：永井利幸分科会長ほか9名

議 題：①高効率作動油規格制定に向けて、実機効率評価と相関があるラボ効率評価について協議

■トラクタ技術委員会

月 日：6月17日(金)

出席者：高松伸匡委員長ほか7名

議 題：①各社トビックスについて ②建設車両用タイヤマニュアル改訂の具体的な進め方について ③ホームページ改訂の具体的な進め方について ④省エネ運転マニュアル改訂の進め方について

■原動機技術委員会

月 日：6月24日(金)

出席者：工藤睦也委員長ほか23名

議 題：①オフロード法2014年排出ガ

ス規制の各実施要領についての情報交換 ②排出ガス不正事案を受けたディーゼル乗用車等の検査見直しについての中間報告 ③海外排出ガス規制の動向についての情報交換 ④ディーゼル用潤滑油の標準化活動について ⑤協会ホームページの見直しについて

■油脂技術委員会・高効率作動油分科会・規格普及促進分科会

月 日：6月29日(水)

出席者：豊岡司委員長ほか26名

議 題：①高効率作動油分科会 6/13 小委員会での議論内容の報告 ②規格普及促進分科会 JAMA Engine Oil Seminar 参加有無の検討他 ③油脂技術委員会 35VQ25 試験に関する審議等 ④講演 インドの潤滑油事情 ⑤平成27年度のオンファイル状況について等

製造業部会



■幹事会

月 日：6月14日(火)

出席者：絹川秀樹部会長ほか16名

議 題：①新任挨拶 部会長、幹事長及び事務局より ②平成25年～平成27年の中期実績報告と平成28年～平成30年の中期計画について ③平成27年度実績報告と平成28年度事業計画について ④i-Construction についての説明 ⑤平成29年のISO 広島国際委員会について

建設業部会



■クレーン安全情報 WG

月 日：6月21日(火)

出席者：久保隆道主査ほか7名

議 題：①50t ラフテレーンクレーンの転倒報告について ②移動式クレーン実態アンケート ③事故事例 ④積み上げのクレーン版のデータの精査について ⑤「クレーン安全協議会」名の名称存続について

■三役会

月 日：6月22日(水)

出席者：佐藤康博部会長ほか3名

議 題：①各 WG 報告 ②現場見学会について ③その他

レンタル業部会



■レンタル業部会

月 日：6月2日(木)

出席者：渡部純部会長ほか12名

議 題：①平成26年度事業報告内容に

ついて ②分科会の活動状況について ③各社の取組事項、部会員共通の問題、課題について ④その他

■コンプライアンス分科会

月 日：6月7日(火)

出席者：岩佐広文分科会長代理ほか5名

議 題：①当年度分科会活動計画について ②その他

各種委員会等



■機関誌編集委員会

月 日：6月1日(水)

出席者：田中康順委員長ほか18名

議 題：①平成28年9月号(第799号)の計画の審議・検討 ②平成28年10月号(第800号)の素案の審議・検討 ③平成28年11月号(第801号)の編集方針の審議・検討 ④平成28年6月号～平成28年8月号(第796～798号)の進捗状況の報告・確認

■建設経済調査分科会

月 日：6月15日(水)

出席者：山名至孝分科会長ほか4名

議 題：①「建設企業の海外展開」原稿検討(清水委員) ②その他

■新工法調査分科会

月 日：6月22日(水)

出席者：戸崎雅之分科会長ほか4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

■新機種調査分科会

月 日：6月23日(木)

出席者：江本平分科会長ほか5名

議 題：①新機種情報の持ち寄り検討 ②新機種紹介データまとめ ③その他

支部行事一覧

北海道支部



■「2017 ふゆトピア in 函館」実行委員会

月 日：6月9日(木)

場 所：北海道開発局 15F 特別会議室

出席者：本田幸一北海道開発局長ほか20名(社会長出席)

議 題：①実行委員会設立(実行委員会規約) ②基本計画(案)、予算計画(案)について ③今後のスケジュール(案)について

■第1回施工技術検定委員会

月 日：6月15日(水)

場 所：さつげんビル 6階会議室

出席者：秋場健治施工技術検定委員長ほか30名

議 題：①建設機械施工技術検定学科試験の実施要領と監督要領の打合せ

■建設機械施工技術検定学科試験会場設営

月 日：6月18日（土）
場 所：北広島市（道都大学）
出席者：石塚事務局長ほか6名

■建設機械施工技術検定学科試験

月 日：6月19日（日）
場 所：北広島市（道都大学）
受験者：1級370名、2級710名（延1,080名）

■平成28年度除雪機械技術講習会（第1回）

月 日：6月24日（金）
場 所：旭川市（道北経済センター）
受講者：220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

東 北 支 部



■EE東北'16

月 日：6月1日（水）～2日（木）
場 所：仙台市 夢メッセみやぎ
キャッチコピー：「広げよう新技術 つなげよう未来へ」

来場者、出席者：14,200人

内 容：①出展技術数：304社、832技術（うち支部会員13社）②新技術プレゼンテーション：52社、52題（うち支部会員3社）③UAV（ドローン）競技会：総合技術部門6チーム、一般参加部門5チーム

■i-Construction（ICT）セミナー

月 日：6月10日（金）
場 所：八戸市 ユートリー（八戸地域地場産業振興センター）
受講者：40名

内 容：①i-Construction～概要と取組について～…講師：東北地方整備局山尾昭施工企画課長 ②情報化施工の測位…講師：情報化施工技術委員会委員長 鈴木勇治 ③ICT活用工事（情報化施工技術）…講師：情報化施工技術委員会 千葉隆宏 ④ICT活用工事における3次元測量と出来形、出来高…講師：情報化施工技術委員会 委員長 鈴木勇治

■情報化施工技術委員会

月 日：6月15日（水）
場 所：東北支部 会議室
出席者：鈴木勇治委員長ほか6名
内 容：東北地方整備局職員向けセミナーについて

■i-Construction（ICT）セミナー

月 日：6月15日（水）

場 所：仙台市 ハーネル仙台

受講者：180名

内 容：①i-Construction～概要と取組について～…講師：東北地方整備局山尾昭施工企画課長 ②情報化施工の測位…講師：情報化施工技術委員会 岩田好正 ③ICT活用工事（情報化施工技術）…講師：情報化施工技術委員会 中村充彦 ④ICT活用工事における3次元測量と出来形、出来高…講師：情報化施工技術委員会 大場健

■建設機械施工技術検定学科試験

月 日：6月19日（日）
場 所：滝沢市 アピオ（岩手産業文化センター）

受験者：1級	327名
2級	1,053名
種別毎 1種	181名
2種	757名
3種	29名
4種	70名
5種	14名
6種	2名
1・2級 合計	1,380名

■i-Construction（ICT）セミナー

月 日：6月21日（火）
場 所：大館市 大館市北地区コミュニティセンター
受講者：61名

内 容：①i-Construction～概要と取組について～…講師：東北地方整備局山尾昭施工企画課長 ②情報化施工の測位…講師：情報化施工技術委員会 岩田好正 ③ICT活用工事（情報化施工技術）…講師：情報化施工技術委員会 清水亮 ④ICT活用工事における3次元測量と出来形、出来高…講師：情報化施工技術委員会 委員長 鈴木勇治

■i-Construction（ICT）セミナー

月 日：6月22日（水）
場 所：滝沢市 アピオ（岩手産業文化センター）
受講者：74名

内 容：①i-Construction～概要と取組について～…講師：東北地方整備局山尾昭施工企画課長 ②情報化施工の測位…講師：情報化施工技術委員会 岩田好正 ③ICT活用工事（情報化施工技術）…講師：情報化施工技術委員会 坪井正博 ④ICT活用工事における3次元測量と出来形、出来高…講師：情報化施工技術委員会 委員長 鈴木勇治

四 国 支 部



■ICT活用工事推進の意見交換会

月 日：6月3日（金）
場 所：サンポート合同庁舎「702会議室」（高松市）
出席者：四国地整側：赤松薫技術調整管理官ほか16名
業界側：岩澤委式JCMA四国支部事務局長ほか18名

内 容：①業界団体（各社）のi-Constructionの取組について ②ICT活用工事の施工にあたっての適用条件について ③ICT活用工事における作業分担について

■平成28年度建設機械施工技術検定【学科】試験

月 日：6月19日（日）
場 所：香川大学経済学部・法学部（高松市）
受験者：1級：228名、2級：534名 計762名

北 陸 支 部



■第1回普及部会

月 日：6月15日（水）
場 所：新潟県建設会館
出席者：青木鉄朗普及部会長ほか9名
議 題：①平成27年度支部事業報告及び決算報告について ②平成28年度事業について

■建設機械施工技術検定学科試験

月 日：6月19日（日）
場 所：新潟コンベンションセンター朱鷺メッセ
受験者：1級延べ267名、2級延べ712名

中 部 支 部



■技能検定委員会会議

月 日：6月1日（水）
出席者：永江豊事務局出席
議 題：建設機械整備技能検定の実施に関する実務打合せ

■広報部会

月 日：6月10日（金）
出席者：高木理仁広報部会長ほか9名
議 題：「中部支部ニュース」第35号について

■建設機械施工技術検定学科試験

月 日：6月19日（日）
場 所：愛知学院大学名城キャンパス
受験者：1級336名、2級641名

■愛知県ブロック前期災害対策用機械操作訓練

月 日：6月29日（水）～30日（木）
出席者：会員企業23社54人出席
内 容：無線操縦バックホウ、排水ポンプ車、照明車等の操作訓練

関 西 支 部



■平成28年度1・2級建設機械施工技術検定試験（学科）試験監督者打合せ

月 日：6月6日（月）
場 所：関西支部 会議室
内 容：①学科試験監督要領について
②その他留意事項

■平成28年度1・2級建設機械施工技術検定試験（学科）

月 日：6月19日（日）
場 所：大阪工業大学 大宮キャンパス
受検者：1級580名、2級919名（1種61名、2種838名、3種4名、4種53名、5種15名、6種12名）

■広報部会

月 日：6月23日（木）
場 所：関西支部 会議室
出席者：河村部会長以下7名
内 容：①平成28年度事業計画
②「JCMA 関西」について

■建設用電気設備特別専門委員会(第426回)

日 時：6月23日（木）
場 所：中央電気倶楽部 会議室
議 題：①前回議事録確認 ②「JEM-TR236 建設工事用400V級電気設備施工指針」の見直し検討 ③「JEM-TR246 建設用電気設備の接地工事指針」の見直し検討

■広報部会

月 日：6月30日（木）
場 所：関西支部 会議室

出席者：河村部会長以下4名
内 容：見学会の開催について

中 国 支 部



■「中国地方整備局所管施設にかかる応急対策業務に関する協定」による情報伝達訓練

月 日：6月13日（月）
場 所：中国支部事務所ほか
参加者：鷺田治通企画部会長・齋藤実施工技術部会長・役員2名ほか協定参加会員35社（内支部団体会員28社）
内 容：被災想定に対応した訓練（応急対策業務支援）を実施し、協定で定める実施体制・連絡系統の再確認を行った

■「建設機械等損料・橋梁架設・大口径岩盤削孔の施工技術と積算」講習会

月 日：6月22日（水）
場 所：広島YMCA 会議室
参加者：16名
内 容：①大口径岩盤削孔の施工技術と積算…（一社）日本建設機械施工協会大口径岩盤削孔委員会委員 内海正人氏 ②建設機械等損料の積算…（一社）日本建設機械施工協会中国支部企画部会幹事 大石静夫氏 ③PC橋架設の施工技術と積算…（一社）日本建設機械施工協会橋梁架設工事委員会委員 荒川直樹氏 ④鋼橋架設の施工技術と積算…（一社）日本建設機械施工協会橋梁架設工事委員会委員 藤原誠治氏

■平成28年度1級・2級建設機械施工技術検定（学科）試験

月 日：6月19日（日）
場 所：広島工業大学
受験者：1級144名、2級424名

■第1回施工技術部会

月 日：6月27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平成28年度部会事業実施計画について ②I-CON（情報化施工）関係行事（案）について ③平成28年度道路除雪講習会（案）の企画について ④その他懸案事項

九 州 支 部



■企画委員会

月 日：6月15日（水）
出席者：久保田正春企画委員長ほか8名
議 題：①橋梁架設・大口径岩盤削孔の積算及び建設機械等損料講習会について ②i-Construction（情報化施工）技術講習会について ③建設機械技術検定試験（学科試験）について ④平成27年度決算結果について ⑤その他

■i-Construction（情報化施工）技術講習会（熊本会場）

月 日：6月24日（金）
場 所：㈱アクティオ熊本南営業所
受講者：66名
内 容：①国土交通省のi-Constructionへの取組み ②i-Construction（ICT土工）への取組み ③実技研修

■橋梁架設・大口径岩盤削孔の積算及び建設機械等損料講習会

月 日：6月28日（火）
場 所：福岡建設会館
受講者：39名
内 容：①大口径岩盤削孔の施工技術と積算 ②建設機械等損料の積算 ③鋼橋架設の施工技術と積算 ④PC橋架設の施工技術と積算

編集後記

今回8月号を担当させて頂いた2人とも前任者からの引き継ぎと編集準備の時期が重なり、何をするのかよく分からないまま作業が始まりました。

当初は情報化施工の特集を予定しておりましたが、今後の注目となりうる新たなキーワードとして、「i-Construction」の特集に決まり、2月下旬頃から関連した記事などを探すこととなりました。

幸い、情報化施工と共通する内容や技術が主体で、ドローンを含む3D測量や、CIMなどの3Dモデルに関連した技術から、原稿の候補を探しました。

巻頭言をご執筆くださった小澤教授をはじめ、多くの方々に原稿作成を依頼し、ご了承頂くことができました。

また、交流の広場やずいそうなどの記事も執筆承諾を頂き、慣れない対応で関係する皆様には多々ご迷惑をお掛けしながらも、概ね準備が整い、お陰様で編集後記を作成する段階になりました。

なお、本8月号は通巻798号となり、大変永きに亘って発行されていることに、これまでの諸先輩方による原稿執筆者と編集担当者のご尽力

には、ただただ頭が下がる思いです。

ところで、今年は台風が非常に少なく、ラニーニャ現象？から猛暑になるのではという長期予報がありましたが、8/1現在、関東周辺では曇り空となることが多く、湿度は高いものの、やや涼しめの夏日のように感じております。

一方、関西以西の西日本では、梅雨の間からも暑い日が続く、この差は何だろうと思う今日この頃です。

また、降雨のバランスが局所に集中することもあり、歩けないほどの豪雨もあれば、都内の水源となるダムの貯水率が低下している状況は気掛かりでなりません。

その東京では、新たに小池都知事による新体制がスタートしました。金銭問題や政党に振り回されることなく、多くの問題解決と、4年後の東京オリンピック・パラリンピックの成功に向けた新たな旋風が吹いて欲しいものです。

今週末からは、南米大陸初となるリオデジャネイロオリンピックが始まり、寝不足の日々が続きそうですが、日本代表選手の大活躍に期待したいところです。

最後にお忙しい中、貴重な原稿をご執筆頂いた方々には、本当に感謝いたしております。どうも有り難うございました。

(中川・太田)

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
田中 忠重	農林水産省
浅野 仁之	(独)鉄道・運輸機構
加藤 誠	鹿島建設(株)
赤坂 茂	大成建設(株)
荒瀬 純治	清水建設(株)
三輪 敏明	(株)大林組
久保 隆道	(株)竹中工務店
北原 成郎	(株)熊谷組
中村 優一	(株)奥村組
京免 継彦	佐藤工業(株)
竹田 茂嗣	鉄建建設(株)
岡田 英明	五洋建設(株)
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)
中川 明	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

9月号「道路特集」予告

・凸部、狭窄部および屈曲部の設置基準に関する技術基準の制定 ・大規模災害時における道路交通情報提供の役割と高度化 ・コンクリート床版上面補強工法の確立 ・供用中の二層式高速道路高架橋における上下層拡幅工事 ・路面排水処理作業における新規機械の開発 ・舗装工事におけるCIMの試行 ・道路用ボラードの利用状況とテロ対策用ボラードの性能評価 ・移動式防護柵、国内で初導入 ・センサー技術を活用した道路用機械の安全対策技術の開発 ・新たな視線誘導灯の開発 ・グレーダ開発史 ・次世代型路床安定処理機械の開発 ・除雪作業の安全性向上に関する検討 ・土木・建築分野における高品質、高精度な測量機器の最新技術の紹介

【年間購読ご希望の方】

①お近くの書店でのお申込み・お取り寄せ可能です。 ②協会本部へお申し込みの場合「図書購入申込書」に以下事項をもれなく記入のうえFAXにて協会本部へお申込み下さい。

…官公庁／会社名、所属部課名、担当者氏名、住所、TELおよびFAX

年間購読料 (12冊) 9,252円 (税・送料込)

建設機械施工

第68巻第8号 (2016年8月号) (通巻798号)

Vol.68 No.8 August 2016

2016 (平成28) 年8月20日印刷

2016 (平成28) 年8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 〒980-0014 仙台市青葉区本町 3-4-18

電話 (022) 222-3915

北陸支 部 〒950-0965 新潟市中央区新光町 6-1

電話 (025) 280-0128

中部支 部 〒460-0002 名古屋市中区丸の内 3-17-10

電話 (052) 962-2394

関西支 部 〒540-0012 大阪市中央区谷町 2-7-4

電話 (06) 6941-8845

中国支 部 〒730-0013 広島市中区八丁堀 12-22

電話 (082) 221-6841

四国支 部 〒760-0066 高松市福岡町 3-11-22

電話 (087) 821-8074

九州支 部 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東 2-4-30

電話 (092) 436-3322

本誌上への
広告は



有限会社 サンタナ アートワークスまでお申し込み、お問い合わせ下さい。

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町 2-21-5 井手口ビル 4F TEL : 03-3664-0118 FAX : 03-3664-0138

E-mail : san-mich@zam.att.ne.jp 担当 : 田中

HITACHI

Reliable solutions

Reliable solutions powered by ICT

日立建機は、施工の効率化や品質向上、労働力不足といったお客様の課題に向き合い、情報化施工に対応する建設機械をはじめ、ICTを活用したソリューションを提供。お客様の多様なニーズにお応えしていきます。

お客様の多様なニーズに応える、日立のICT建機。

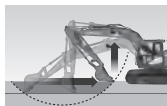
マシンコントロール

目標面の施工に対して必要なフロント操作の一部を、リアルタイムで半自動制御。施工現場に応じて、3D設計データ又は2D設計データに対応できます。

ベテランオペレータのような施工ができる機能

● 掘り過ぎ防止機能

フロント作業を半自動制御することで、施工目標面に対する掘り過ぎを防止。効率的な掘削が可能になり、生産性・品質が向上します。



● バケット角度保持モード

バケット操作を気にすることなく、角度を一定に保つことができ、アームとブームの操作のみで法面などを仕上げることができます。



マシンガイダンス

目標面の施工に対して必要な操作を、モニタや音によりオペレータに分かりやすくナビゲートします。

施工目標面を見える化する機能

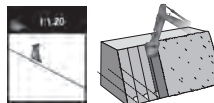
● 3Dマシンガイダンス用モニタ

機械の位置・姿勢情報と3D設計データに基づいて、施工目標面とバケット爪先の距離をモニタで見やすくナビゲートします。



● 目標設定ダイレクトモード

バケットを接地し、スイッチを押すだけで、施工目標面を設定することができ、数値入力の手間と時間を省きます。



ICT油圧ショベル
ZX200X-5B



日立建機株式会社 日立建機日本株式会社

www.hitachi-kenki.co.jp/ レンタル機をご用命の際は、最寄りの日立建機日本の営業所へお問合せください。

ダム工事用コンクリート運搬テルハ(クライミング機能付)

重力式コンクリートダム等の新しいコンクリート運搬装置

コスト・安全・環境に配慮した最適な施工が行えます。

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



吉永機械株式会社

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

建設機械施工 広告掲載のご案内

月刊誌 建設機械施工では、建設機械や建設施工に関する論文や最近の技術情報・資料をはじめ、道路、河川、ダム、鉄道、建築等の最新建設報告等を好評掲載しています。

■職業別 購読者

建設機械施工／建設機械メーカー／商社／官公庁・学校／サービス会社／研究機関／電力・機械 等

■掲載広告種目

穿孔機械／運搬機械／工事用機械／クレーン／締固機械／舗装機械／切削機／原動機／空気圧縮機／積込機械／骨材機械／計測機／コンクリート機械 等

広告掲載・広告原稿デザイン—— お問い合わせ・お申し込み

 **サンタナアートワークス**

広告営業部：田中 san-mich@zam.att.ne.jp

TEL:03-3664-0118 FAX:03-3664-0138

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F

本誌に掲載されている広告のお問い合わせ、資料の請求はメール、FAXでお送りください。

※カタログ／資料はメーカーから直送いたします。

※カタログ送付は原則的に勤務先にお送りいたします。

お 名 前： 所 属：

所 属：

会社名(校名)：

資料送付先：

電 話： FAX：

E-mail：

広告掲載 メーカー名	製品名

FAX 送信先 サンタナアートワークス 建設機械施工係 **FAX 03-3664-0138**



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-40G/FU-162

未来へ伸びる、三笠の技術。



転圧センサー

バイブロコンパクター

MVH-308DSC-PAS

NETIS No.TH-120015



防音型

タンピングランマー

MT-55L-SGK

NETIS No.TH-100005



低騒音型

プレートコンパクター

MVC-F40S

NETIS No.TH-100006



低騒音型

バイブレーションローラー

MRH-601DS

低騒音指定番号5097

三笠産業株式会社

MIKASA SANGYO CO., LTD. TOKYO, JAPAN

本社／〒101-0064 東京都千代田区猿樂町1-4-3 TEL: 03-3292-1411 (代)

大阪支店 TEL: 06-6745-9631
札幌営業所 TEL: 011-892-6920
仙台営業所 TEL: 022-238-1521
新潟出張所 TEL: 090-4066-0661

北関東営業所 TEL: 0276-74-6452
長野出張所 TEL: 080-1013-9542
中部営業所 TEL: 052-451-7191
金沢出張所 TEL: 080-1013-9374

中国営業所 TEL: 082-875-8561
四国出張所 TEL: 087-868-5111
九州営業所 TEL: 092-431-5523
南九州出張所 TEL: 080-1013-9558

沖縄出張所 TEL: 080-1013-9328

www.denyo.co.jp

発電機・溶接機・コンプレッサは抜群の性能を誇るデンヨー製品で!



三相・単相独立巻線で余裕ある単相出力が可能!



三相・単相同時出力機
DCA-60LSIE-D

国土交通省
新技術情報提供システム
NETIS
登録製品
自動アイドリングストップ機能付エンジン燃費改善装置
登録番号 KT-100112

自動アイドリングストップ機能で燃料消費量を大幅に削減!



GAW-190ES

国土交通省
新技術情報提供システム
NETIS
登録・公開製品
可変圧・可変容積エンジンコンプレッサー
登録番号 HR-110004

高圧・低圧のコンプレッサが複数必要な現場も
1台でカバーします。



可変圧・可変容量型
DIS-200VPS-D
ドライエア仕様



●技術で明日を築く

デンヨー株式会社

本 社：〒103-8566 東京都中央区日本橋堀留町2-8-5
TEL:03(6861)1122 FAX:03(6861)1182
ホームページ：http://www.denyo.co.jp/

札幌営業所 011(862)1221
東北営業所 022(254)7311
信越営業所 025(268)0791
北関東営業所 027(360)4570
東京営業所 03(6861)1122

横浜営業所 045(774)0321
 静岡営業所 054(261)3259
 名古屋営業所 052(856)7222
 金沢営業所 076(269)1231
 大阪営業所 06(6448)7131

広島営業所 082(278)3350
 高松営業所 087(874)3301
 九州営業所 092(935)0700



耐海水用水中ポンプシリーズ

港湾・護岸整備などの 海洋土木工事に対応

「耐海水特殊鋳鉄」「防食塗装」「流電陽極」の
組み合わせで、優れた「耐海水性能」を発揮！

新開発材質

羽根車へ新開発の『耐海水特殊鋳鉄』を採用。
モータシャフトを防食します。



電気防食が困難な
シャフトに防食効果を発揮

防食塗装

『ジंकリッチプライマ』と『変性エポキシ樹脂塗料』の
塗装により防食効果を高めます。

電気防食

長年の経験に基づく独自の防食設計により『流電陽極』を
適正配置。ポンプ本体を防食します。



流電陽極

幅広い用途に幅広いバリエーションでお応えします。

株式会社 鶴見製作所

大阪本店：〒538-8585 大阪市鶴見区鶴見4-16-40 TEL.(06)6911-2351 FAX.(06)6911-1800
東京本社：〒110-0016 東京都台東区台東1-33-8 TEL.(03)3833-9765 FAX.(03)3835-8429

北海道支店：TEL.(011)787-8385
東北支店：TEL.(022)284-4107

東京支店：TEL.(03)3833-0331
北関東支店：TEL.(027)310-1122

中部支店：TEL.(052)481-8181
北陸支店：TEL.(076)268-2761

近畿支店：TEL.(06)6911-2311
中国支店：TEL.(082)923-5171

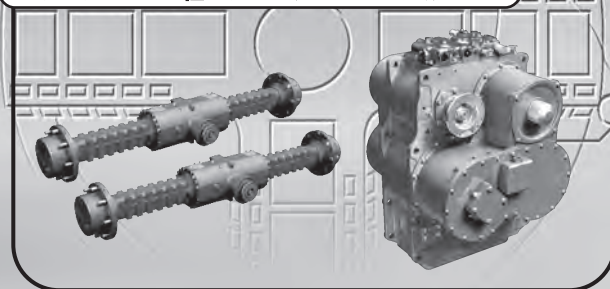
四国支店：TEL.(087)815-3535
九州支店：TEL.(092)452-5001

www.tsurumipump.co.jp

MARUMA

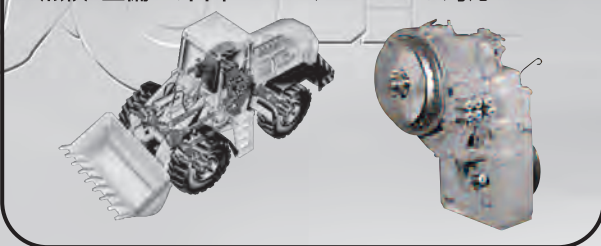
あらゆる建設機械／シールドマシン・・・ 油圧機器の整備・再生

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

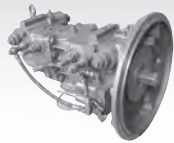


建設機械のあらゆる油圧機器

斜板式ダブルポンプ



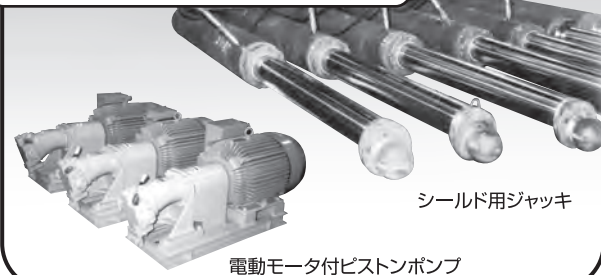
斜板式ピストンポンプ



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/>

ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー



主な特長

- カッター出力は330kWで、強力な切削力を発揮し、軟岩から硬岩まで幅広い地質に対応。
- 機体寸法は、高さ3.9m×幅4.2m×長さ16.5m（ケーブルハンガーを除く）
- 定位置最大切削範囲は、高さ8.75m×幅9.5m
- 高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とピック消費量低減。
- 接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

KYB カヤバ システム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO., LTD

<http://www.kyb-ksm.co.jp>

本 社 ・ 営 業
カスタマーサービス相模事業所
大 阪 支 店
西 部 支 店
三 重 工 場

〒105-0012 東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル
〒252-0328 神奈川県相模原市南区麻溝台1丁目12番1号
〒564-0063 大阪府吹田市江坂町1丁目23番20号 TEK第二ビル
〒812-0016 福岡県福岡市博多区博多駅南1丁目7番14号 ボイス博多
〒514-0396 三重県津市雲出長常町1129番地11

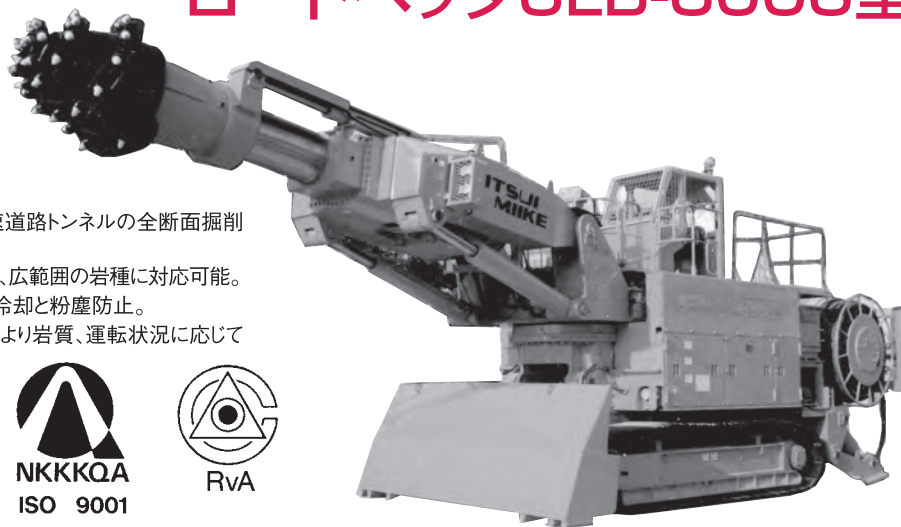
TEL. 03-5733-9444
TEL. 042-767-2586
TEL. 06-6387-3371
TEL. 092-411-4998
TEL. 059-234-4111

安全・高能率な掘削を実現!

全断面对応中硬岩用トンネル掘進機 ロードヘッドSLB-300S型

特長

1. 最大8.8mの掘削高さで、新幹線、高速道路トンネルの全断面对掘削が可能。
2. 300kW:2速切換型電動機の採用により、広範囲の岩種に対応可能。
3. ピック先端に高圧水を散水させ、ピック冷却と粉塵防止。
4. モード切換式パワーコントロール装置により岩質、運転状況に応じて作動設定の変更が可能。
5. 運転操作が優れ、全操作がリモートコントロールで運転可能。
6. ケーブルリール装置により、電源ケーブルの取扱いが容易で移動が迅速。



製造・販売・レンタル及びメンテナンス

 株式会社 三井三池製作所

本店/〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井ビル2号館
TEL.03-3270-2005 FAX.03-3245-0203

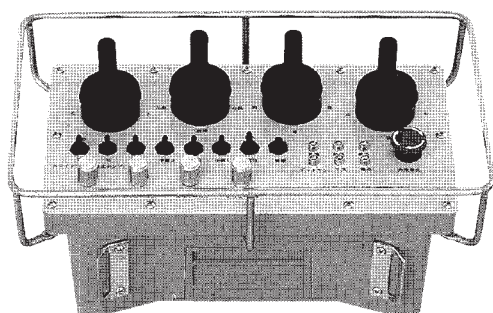
<http://www.mitsumiike.co.jp>

E-mail : sanki@mitsumiike.co.jp

建設機械用
無線操作装置

ダイワテレコン

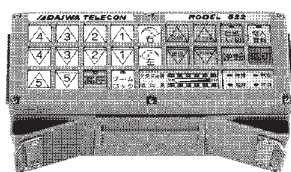
あらゆる仕様に対応
指令機操作面はレイアウトフリー



ダイワテレコン 572 ※製作例 比例制御 4本レバー仕様



受令機



ダイワテレコン 522

《新電波法技術基準適合品》

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

DAIWA TELECON

大和機工株式会社

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

進化した、 本物の ハイブリッド。

2008年から発売を開始した
コマツハイブリッド油圧ショベルは、
国内で1,200台を超える実績を重ね、
確かな信頼を得ました。
さらなる進化を遂げて誕生した
コマツ第三世代ハイブリッドHB205-2は、
油圧ショベルのスタンダードとなります。

NEW

- 特定特殊自動車排出ガス2011年基準適合車
- 低炭素型建設機械
- 超低騒音型建設機械
- NETIS登録商品(登録番号KT-120070-A)



- 燃料消費量

PC200-8N1 比 **30% 低減/時間**
PC200-10 比 **20% 低減/時間**

※ KOMTRAXの解析による平均作業パターン時。
実際の作業では、作業内容により上記以下に
なる場合があります。



KOMATSU

コマツ 国内販売本部

〒107-8414 東京都港区赤坂2-3-6 <http://www.komatsu-kenki.co.jp>

