

# 建設機械施工 **4**

Vol.66 No.4 April 2014(通巻770号)

特集

## 建設の情報化, 無人化, ロボット化



飛行中のモニタ画面



マルチコプタによる航空写真測量

### 巻頭言 作業の自動化とロボット化

#### 行政情報

- 次世代社会インフラ用ロボット開発・導入に向けて
- 国土交通省におけるCIMの取組み

#### 部会報告

コンクリート機械の変遷 (2)

#### 技術報文

- 情報化施工の現状と将来展望
- 情報化が導くスマートな建設現場 一事例紹介
- 情報化施工を活用した3D盛土情報管理システム
- 災害対応のためのロボット技術開発と運用
- 4D土工管理のマルチコプタ運用

# クレーン、搬送台車、建設機械、特殊車輛他 産業機械用無線操縦装置

今や、業界唯一。  
日本国内 自社自力生産・直接修理を實踐中!

## ポケットサイズ ハンディ～ショルダー機 フルラインアップ!!

**ケーブルレス** **サテレ-タ** **リモコン** **離操作**

Nシリーズ 微弱電波  
Rシリーズ 産業用ラジコンバンド  
Uシリーズ 429MHz帯 特定小電力  
Gシリーズ 1.2GHz帯 特定小電力  
ポーバ 防爆形無線機

- ◆ 業界唯一のフルラインの品揃えとオーダー対応制度で多様なニーズに対応!
- ◆ 常に! 業界一のコストパフォーマンス!
- ◆ 迅速なメンテナンス体制!
- ◆ 未来を見据えた過去の実績を見て下さい! 日々互換性を継承、補修の永続制

## 新 スリムケーブルレス より安価なオーダー対応を実現! マイコンケーブルレス

N/U/Gシリーズ

微弱電波・特定小電力  
両モデル対応

2段階スイッチ  
装着可能

**モデルチェンジ!**  
内部設計を一新

全ての  
互換を優先  
しました

自由度の高い  
多様なオーダー対応  
ボタン配置自在/最大32点

優れた  
耐塵・防雨性能  
送信機はIP65相当

自社開発 高耐久性  
2段階スイッチを  
装着可能

パネルゴム突起で  
操作クリック感が  
向上

8操作標準型  
RC-5808N

●8操作8リレー  
●軽量コンパクト  
受信機

セットで  
15万円  
(税別価格)



12操作標準型  
RC-5812N

●12操作12リレー  
●照明出力リレーの  
保持を標準採用

セットで  
17万円  
(税別価格)



16ボタン  
モデル

16操作標準型  
RC-5816N

●16操作16リレー  
●同じ外形で  
16個のボタンを  
コンパクトに配置

セットで  
20万円  
(税別価格)



マイコンケーブルレス  
N/U/Gシリーズ  
標準型  
RC-6016N

●16操作16リレー  
最大25リレーまで  
対応可能

セットで  
20万円  
(税別価格)



防爆形 対応可能 (N/Uシリーズ)

微弱電波・特定小電力  
両モデル対応

2段階・特殊  
スイッチ装着可能

標準型  
RC-8616N

●16操作16リレー  
最大32リレー迄  
対応可能

セットで  
22万円  
(税別価格)

**新** **頑強ケーブルレス**

N/U/Gシリーズ

モデルチェンジ! 内部設計を一新!!  
全ての互換を優先しました。

堅牢なボディ  
耐衝撃性能が向上

優れた  
耐塵・防雨性能  
送信機はIP65相当

自社開発 高耐久性  
2段階スイッチを  
装着可能

ハンディなのに  
特殊スイッチを  
装着可能

特殊スイッチ  
オーダー対応例

防爆形はTX-8400型送信機で対応 (Nシリーズのみ)



マイティサテレ-タ N/U/Gシリーズ

微弱電波 特定小電力  
両モデル対応

ジョイスティック  
特殊スイッチ装着可能

防爆形 対応可能 (Nシリーズのみ)

3ノッチジョイスティック型  
RC-7132N

セットで  
90万円~  
(税別価格)

全押しボタン  
RC-7126N

セットで 45万円~  
(税別価格)

ジョイスティック  
2本装着オーダー例



●操作信号数 最大32点  
(またはプロボ最大6項目と入出力信号26点以下)

旧アンリツ製 デジタルテレコン  
入替専用モデル

新型ジョイスティック

3ノッチ  
ジョイスティック型  
RC-7233UAN

スイッチガード付き押しボタン

全押しボタン型  
オーダー例  
RC-7215U



チップケーブルレス Nシリーズ

微弱電波モデル  
対応

標準型  
RC-3208N

●8操作  
8リレー

セットで  
12万円  
(税別価格)

片手で握り替えずに  
正逆操作が行えます!

チップ部品採用で  
ポケットサイズ化

トコトン機能を絞って  
コストダウン

アルカリ乾電池なら  
連続使用60時間以上

高い防水性能  
送信機はIP65

従来機と  
信号互換あり!

受信機は既設のまま送信機のみ取替も可



ケーブルレスミニ N/Rシリーズ

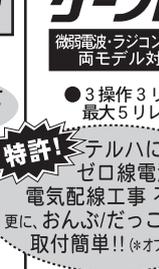
微弱電波・ラジコンバンド  
両モデル対応

●3操作3リレー  
最大5リレーまで対応可能

●2段階押しスイッチ追加可能! (オプション)

特設! テレハには  
ゼロ線電源\*で  
電気配線工事 不要!!  
更に、おんぶだっこ金具\*で  
取付簡単!! (\*オプション)

取付例



ポケットサイズの本格派!

標準型  
RC-4303N/R

セットで  
10万円  
(税別価格)



リモコン 離操作 N/U/Gシリーズ

微弱電波・特定小電力  
両モデル対応

標準型  
RC-2512N

●12操作12リレー  
最大32リレーまで対応可能

●見易くなった電池残量告知ランプ付

セットで  
22万円  
(税別価格)

軽量コンパクト  
ショルダータイプ

価格もサイズも  
ハンディー並み!



データケーブルレス N/R/U/G  
シリーズ

微弱電波・特定小電力  
ラジコンバンド  
全モデル対応

送信機  
(外部接点入力型)

7100型▶  
6300型▶  
5700型▶  
3200型▶

受信機

写真は  
Uシリーズ

●機器間の信号伝送に!  
●多芯の有線配線の代わりに!

標準型 セットで  
TC-1305R 20.5万円 (税別価格)  
TC-1308N(微弱電波) 22万円 (税別価格)

工場次第で用途は無限!



MAX サテレ-タ Uシリーズ  
Gシリーズ

特定小電力  
専用モデル

ジョイスティック  
特殊スイッチ装着可能

全押しボタン  
装着タイプ

RC-9300U

●多機能多操作  
(比例制御対応も可)

セットで  
95万円  
(税別価格)

無線変速ジョイスティック  
2本装着例

金属シャーシの  
多操作・特注仕様専用機!!



無線式火薬庫警報装置  
発破番 ES-2000R

標準付属品付  
セットで  
40万円  
(税別価格)

●長距離伝送  
到達距離約2km~(6km)

●受信機から  
電話回線接続機能

●高信頼性  
異常判定アルゴリズム

●音声メッセージで  
異常箇所を連絡(受信側)

●大音量警鳴音発生  
110dB/m

ER-2000R(受信機) ET-2000R(送信機)



無線化工事のことならフルライン、フルオーダー体制の弊社に今すぐご相談下さい。また、ホームページでも詳しく紹介していますのでご覧下さい。 朝日音響 検索

本カタログの価格は、全て税抜表示となっています。

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、情報化施工技术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思います。



## 特徴

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

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



Windows版

デジタルブックDVD版  
(デジタル画像・動画等)  
プレビューA4版冊子付

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

一般社団法人 日本建設機械施工協会

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

JCMA 図書

# 橋梁架設工事の積算

平成26年度版

∞∞∞ 改訂・発刊のご案内 ∞∞∞

平成26年5月 一般社団法人 日本建設機械施工協会

謹啓、時下益々ご清祥のこととお喜び申し上げます。

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

さて、このたび国土交通省の土木工事積算基準が改正され、平成26年4月以降の工事費の積算に適用されることに伴い、また近年の橋梁架設工事の状況、実績等を勘案し、当協会では「橋梁架設工事の積算 平成26年度版」を発刊することと致しました。

なお前年度版同様、橋梁の補修・補強工事の積算に際し、その適用範囲や積算手順をわかりやすく解説した「橋梁補修補強工事積算の手引き 平成26年度版」を別冊(セット)で発刊致します。

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

敬 具

## ◆内容

平成26年度版の構成項目は以下のとおりです。

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



## ◆改訂内容

平成25年度版からの主な改訂事項は以下のとおりです。

### 1. 鋼橋編

- ・ 送出し架設 留意項目の追加
- ・ 橋梁補修 (掲載歩掛一覧表、塗替塗装用足場工、仮設ブラケットの設置・撤去、素地調整 (ブラスト工法、コンクリート補修歩掛) の追加
- ・ 積算例題の見直し

### 2. PC橋編

- ・ 工事用エレベーター運転費の電力設備に発動発電機を追加
- ・ 外ケーブル工予備孔の設置歩掛りを追加
- ・ 外ケーブルPE管グラウトタイプ PCケーブル工歩掛の変更
- ・ 重量型伸縮継手装置の設置歩掛りを追加
- ・ 検査孔蓋の設置歩掛りを追加
- ・ 複合損料の改定
- ・ 積算例題の見直し

● B5判/本編約1,100頁(カラー写真入り)  
別冊約120頁 セット

### ●価格

一般価格: 8,640円 (本体 8,000円)  
会員価格: 7,344円 (本体 6,800円)

※ 別冊のみの販売はいたしません。

※ 送料は一般・会員とも

沖縄県以外 600円

沖縄県 610円 (但し県内に限る)

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

● 発刊予定 平成26年5月20日頃

大口径・大深度の削孔工法の設計積算に欠かせない必携書

# 大口径岩盤削孔工法の積算

平成26年度版

∞∞∞ 改訂・発刊のご案内 ∞∞∞

平成26年4月 一般社団法人 日本建設機械施工協会

謹啓、時下益々ご清祥のこととお喜び申し上げます。

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

本協会では、平成24年5月に「大口径岩盤削孔工法の積算 平成24年度版」を発刊し、関係する技術者の方々に広くご利用いただいております。

さて、このたび国土交通省の土木工事積算基準及び建設機械等損料算定表等が改正され、平成26年4月1日以降の工事費の積算に適用されること等に伴い、当協会では、内容をより充実し、また解りやすく説明した「大口径岩盤削孔工法の積算 平成26年度版」を発刊することと致しました。

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

## ◆ 内容

平成26年度版の構成項目は以下のとおりです。

第1編 適用範囲

第3編 アースオーガ掘削工法の標準積算

第5編 ケーシング回転掘削工法の標準積算

第2編 工法の概要

第4編 パーカッション掘削工法の標準積算

第6編 建設機械等損料表

## ◆ 改定内容

平成24年度版からの主な改定事項は以下のとおりです。

- ・国土交通省の損料改正に伴う関連箇所の全面改訂
- ・オーガ、パーカッション、ケーシング回転掘削工法の施工機械を最新情報に改定
- ・工法写真、標準積算例により解りやすく解説
- ・施工条件に対応した新たな岩盤削孔技術事例を追加
- ・施工実績の改定に伴う掘削工法の種類と選定資料の部分改定

● A4版／約250頁（カラー写真入り）

● 価格

一般価格：6,048円（本体5,600円）

会員価格：5,142円（本体4,762円）

※ 送料は一般・会員とも

沖縄県以外 500円

沖縄県 350円(但し県内に限る)

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

● 発刊予定 平成26年5月20日

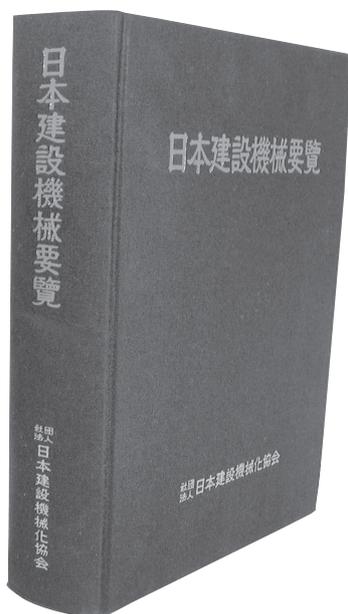


# 2013年版 日本建設機械要覧

## ご案内

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

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



### 体 裁

B5判、約1,320頁／写真、図面多数／表紙特製

### 価 格

価格は次の通りです（消費税8%含む）

一般価格 52,920円（本体49,000円）

会員価格 44,280円（本体41,000円）

（注）送料は1冊900円となります。

（複数冊の場合別途）

### 特 典

2013年版日本建設機械要覧購入の方への特典として、当協会が運営するWebサイト（要覧クラブ）上において2001年版、2004年版、2007年版及び2010年版日本建設機械要覧のPDF版が閲覧及びダウンロードできます。これによって2013年版を含めると1998年から2012年までの建設機械データが活用いただけます。

### 2013年版 内容目次

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

## ◆ 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 2013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	印	TEL	
		FAX	
住 所	〒		
送金方法	銀行振込 ・ 現金書留 ・ その他 ( )		
必要事項	見積書 ( ) 通 ・ 請求書 ( ) 通 ・ 納品書 ( ) 通 ( ) 単価に送料を含む、( ) 単価と送料を2段書きにする (該当に○) お願い：指定用紙がある場合は、申込書と共に送付下さい		

### ◆ 申込方法 ◆

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

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

本 部	〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館	TEL 03 (3433) 1501 FAX 03 (3432) 0289
北海道支部	〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8 さっけんビル	TEL 011 (231) 4428 FAX 011 (231) 6630
東北支部	〒980-0802 仙台市青葉区二日町16-1 二日町東急ビル	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 建設クリエイティブビル	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/privacy\\_policy.htm](http://www.jcmanet.or.jp/privacy_policy.htm)）でご覧いただけます。

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

当協会からの新刊図書案内や事業活動案内のダイレクトメール（DM）は不要

## ◆ 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840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)3433-0401

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)		大正 昭和 平成 年 月 日
機関誌の送付先	A. 勤務先 B. 自宅 (ご希望の送付先に○印で囲んで下さい。) ※「勤務先」に送付の場合は下記(A)の項目に、「自宅」に送付の場合は下記(B)の項目にご記入下さい。	
(A) 勤務先名		
(A) 所属部課名		
(A) 勤務先住所	〒 _____ TEL _____ E-mail _____	
(B) 自宅住所	〒 _____ TEL _____ E-mail _____	
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。○拠出金の不返還: 既納の会費及びその他の拠出金品は原則として返還いたしません。

**【個人情報の取扱いについて】**

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

No.	発行年月	図 書 名	一般価格 (税込)	会員価格 (税込)	送料
1	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
2	H25 年 6 月	機械除草安全作業の手引き	972	864	250
3	H25 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成 25 年度版	8,640	7,344	600
4	H25 年 5 月	平成 25 年度 建設機械等損料表	7,920	6,787	600
5	H25 年 3 月	日本建設機械要覧 2013 年版	52,920	44,280	900
6	H24 年 5 月	よくわかる建設機械と損料 2012	5,616	4,752	500
7	H24 年 5 月	大口径岩盤削孔工法の積算 平成 24 年度版	6,048	5,142	500
8	H23 年 4 月	建設機械施工ハンドブック (改訂 4 版)	6,480	5,502	600
9	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,240		400
10	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷【CD】	3,240		250
11	H22 年 7 月	情報化施工の実務	2,160	1,851	400
12	H21 年 11 月	情報化施工ガイドブック 2009	2,376	2,160	400
13	H21 年 9 月	道路除雪オペレータの手引	3,085	2,057	500
14	H20 年 6 月	写真でたどる建設機械 200 年	3,024	2,560	500
15	H19 年 12 月	除雪機械技術ハンドブック	3,086		500
16	H18 年 2 月	建設機械施工安全技術指針・指針本文とその解説	3,456	2,880	400
17	H17 年 9 月	建設機械ポケットブック (除雪機械編)	1,029		250
18	H16 年 12 月	2005「除雪・防雪ハンドブック」(除雪編)	5,142		600
19	H15 年 7 月	道路管理施設等設計指針(案) 道路管理施設等設計要領(案)	3,456		500
20	H15 年 7 月	建設施工における地球温暖化対策の手引き	1,620	1,512	400
21	H15 年 6 月	道路機械設備 遠隔操作監視技術マニュアル(案)	1,944		400
22	H15 年 6 月	機械設備点検整備共通仕様書(案)・機械設備点検整備特記仕様書作成要領(案)	1,944		400
23	H15 年 6 月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	540		250
24	H13 年 2 月	建設工事に伴う騒音振動対策ハンドブック(第 3 版)	6,480	6,048	500
25	H12 年 3 月	移動式クレーン、杭打機等の支持地盤養生マニュアル(第 2 版)	2,675	2,366	400
26	H11 年 10 月	機械工事施工ハンドブック 平成 11 年度版	8,208		600
27	H11 年 5 月	建設機械化の 50 年	4,320		500
28	H11 年 4 月	建設機械図鑑	2,700		400
29	H10 年 3 月	大型建設機械の分解輸送マニュアル	3,888	3,456	500
30	H9 年 5 月	建設機械用語集	2,160	1,944	400
31	H6 年 4 月	建設作業振動対策マニュアル	6,172	5,554	500
32	H6 年 8 月	ジオスペースの開発と建設機械	8,229	7,714	500
33	H3 年 4 月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,079	9,565	600
34	S 63 年 3 月	新編 防雪工学ハンドブック【POD 版】	10,800	9,720	500
35		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

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

### 建設の情報化, 無人化, ロボット化 特集

3	巻頭言	作業の自動化とロボット化	油田 信一
4	行政情報	次世代社会インフラ用ロボット開発・導入に向けて	増 竜郎
9	行政情報	国土交通省における CIM の取組み	本村信一郎
13	情報化施工の現状と将来展望		建山 和由
18	情報化が導くスマートな建設現場	—事例紹介—	古屋 弘
25	情報化施工を支える最新技術		
		電子制御式建設機械と施工における活用の可能性	周藤 健
29	油圧ショベルマシンガイダンス	MOBA 社製 Xsite シリーズ	島村 明
34	情報化施工を活用した 3D 盛土情報管理システム		
		岩谷 隆文・佐藤 靖彦・田中 勉	
39	4D 土工管理のマルチコプタ運用		
		土工管理の見える化	和田 章三・田中 正人・岡本 直樹
46	北股地区河道閉塞緊急対策工事無人化施工		
		ネットワーク型無人化施工と情報化施工の導入	北原 成郎・坂西 孝仁
53	重機遠隔操作における 3D スキャナーの活用		
		3D 無人化施工支援システムの開発	藤吉 卓也
59	災害対応のためのロボット技術開発と運用		浅間 一
64	壁面放射線量測定装置の開発		
		さー兵衛 トータル除染システムを確立 放射能汚染対応をワンストップで提供	
		森 一紘・板谷 俊郎・澤田 晃也	
70	磁界と IC タグを利用して重機周囲を常時監視		
		アラウンドウォッチャー	三宅ヨシタカ
73	交流の広場	ロボカップこれまでとこれから	清水 優・高橋 友一
77	ずいそう	40 年を迎える「都市小屋一集」	久武 経夫
78	ずいそう	とある講演会	會澤 達也
79	CMI 報告	MC 施工現場を対象としたトータルステーションを用いた出来形管理	
			竹本 憲充
82	部会報告	コンクリート機械の変遷 (2)	機械部会
89	部会報告	ISO/TC 127 (土工機械 専門委員会) /SC 3/WG 11 (ISO 12509 土工機械—照明, 信号, 車幅などの灯火及び反射器) サンディエゴ (米国) 国際 WG 会議出席報告	標準部会
91	部会報告	ISO/TC 127 (土工機械) /SC 2/WG 16 (電磁両立性 ISO 13766 改正) 2014 年 2 月 ロンドン国際作業グループ会議出席報告	標準部会
94	部会報告	前田製作所, 浅川ダム見学会	建設業部会
96	新工法紹介	機関誌編集委員会	105 行事一覧 (2014 年 2 月)
99	新機種紹介	機関誌編集委員会	108 編集後記 (久保・岡本)
104	統 計	建設工事受注額・建設機械受注額の推移 機関誌編集委員会	

#### ◇表紙写真説明◇

#### マルチコプタによる航空写真測量

写真提供: 山崎建設㈱

土工管理のための出来形測量に, マルチコプタを利用

した航空写真測量を行えば, 広域測量を迅速に行うことができる。写真はプロポ操縦による離陸直後の映像で, この後, 自律飛行モードに移り, 予定飛行ルート上の等間隔ラップ写真を連続的に撮影して戻ってくる。左下の写真は, 飛行中のモニタ画面である (本文 p.39 ~ 45)。

## 情報化施工により東日本大震災の復興を支援

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

まずは、一般社団法人日本建設機械

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

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

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

## 平成 26 年度 一般社団法人日本建設機械施工協会会長賞 ご案内

下記の通り、「一般社団法人日本建設機械施工協会会長賞」をご案内致します。

### 1. 表彰の目的

我が国の建設事業における建設機械及び建設施工に関連する技術等に関して、調査、研究、技術開発、実用化等によりその高度化に顕著な功績をあげたと認められる業績を表彰し、もって建設事業の高度化を推進することを目的とします。

### 2. 表彰対象

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

### 3. 表彰の種類

本賞(会長賞)、貢献賞及び奨励賞

### 4. 応募

1月31日(金)；終了

### 5. 選考

本協会が設置した「一般社団法人日本建設機械施工協会会長賞選考委員

会」で選考致します。

### 6. 表彰式

本協会第3回通常総会(5月28日(水))終了後に行います。

詳細問い合わせ先：

一般社団法人日本建設機械施工協会  
阿部宛

E-mail:t-abe@jcmanet.or.jp

TEL：03-3433-1501

FAX：03-3432-0289

## 平成 26 年度建設機械施工技術検定試験

### — 1・2 級建設機械施工技士 —

平成 26 年度 1・2 級建設機械施工技術検定試験を次の通り実施いたします。

この資格は、建設事業の建設機械施工に係る知識や技術力を検定します(以下の記載内容は概略ですので、詳細は当協会ホームページを参照又は電話による問い合わせをしてください)。

### 1. 申込み方法

所定の受検申込用紙に必要事項を記

載し、添付書類とともに郵送。

平成 26 年 3 月 7 日(金)～4 月 4 日(金)まで、受検申込み用紙を含む「受検の手引」を当協会等で販売します。

### 2. 申込み受付

平成 26 年 3 月 7 日(金)～4 月 4 日(金)；終了

### 3. 試験日

学科試験：平成 26 年 6 月 15 日(日)

実地試験：平成 26 年 8 月下旬から  
9 月中旬

詳細問い合わせ先：

一般社団法人日本建設機械施工協会  
試験部

TEL：03-3433-1575

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

### 【お詫びと訂正】

本誌 2014 年 3 月号 P.55 左段において、下記の通り修正漏れがありました。関係各位にお詫びし訂正いたします。

5 行目 (誤) 蓄電池放電及びセルフデマンドレスポンス (Self-DR：後述) に対応する。

(正) 蓄電池放電及びデマンドレスポンスに対応する。

22, 24 行目 (誤) Area-DR (正) 地域-DR

22, 28 行目 (誤) Self-DR (正) 構内-DR

機関誌編集委員会

## 巻頭言

# 作業の自動化とロボット化

油 田 信 一



製造業や農林水産業、建設業などでは、対象とする「もの」を動かしたり、変形させたり、あるいは組み立てるなどの「作業」が遂行すべきことの中心である。これらの分野では、その「もの」を対象とする作業を、作業従事者にとって安全で楽なものとし、また、それを、効率化すること、さらに、この延長上において従来は出来なかった作業を可能とすることが求められている。それが、作業の機械化や自動化の目的であり、今までに、多くの道具が発明され、作業における安全性や効率の向上等が図られてきた。

これらの分野の技術においては、人間に負荷をかけず自律的に効率よく作業を行う、究極的な自動作業機械の実現を図ることが、一つの向かうべき方向である。この究極的な自動作業機械こそが「ロボット」のイメージであろう。もちろん、自動化を考えるとしても、最初から最後まで人間が全く関わらないことはあり得ない。達成すべき作業の中で人間と機械がどのように役割分担をするかは、自動機械のパフォーマンスやその実現法、そしてその経済性に大きく影響する。したがって、作業やそのための段取りの中で、人間が果たすべき役割を十分に考慮することは不可欠であり、その上で自動化すべき作業の内容を定めていく必要がある。

建設施工においても、作業機械の自動化や、作業における人間の負荷を軽減することが強く求められている。とくに、社会が成熟するに伴って発生してきている社会インフラの老朽化への対応や、その作業のコストの低減、および、自然災害等の発生時に二次災害を避けながら被害や社会の機能の低下を最小化する作業の実現など、社会には大きなニーズが存在する。建設機械のロボット化やあるいは、ロボット技術の導入によってこれに 대응していくことが求められている。

どの分野であれ、作業を自動化、あるいは作業機械を導入しようとするとき、その全体のシステム設計はきわめて重要である。そこでは、一般にまず、作業環境を自動機械が働きやすいように十分に整備することが求められる。これは環境の構造化 (environment structuring) とよばれる。製造業において自動機械や産業用ロボットによる生産の自動化が大きく進んだ

のは、いわゆるオートメーションラインなど、機械が作業すべき環境があらかじめ十分に構造化されていたことが大きく寄与している。とくに、製造ラインでは同じ作業の繰り返しが求められることが多く、ここでは、作業は制限された環境の状況の中で遂行できればよい。環境が整備 (あるいは、構造化) されていれば、対応すべき環境の状況の種類、すなわち、場合の数は、大きく制限される。それによって、シミュレーションが可能となり起こりうる状況への対処が実現できるのである。

これに対し、建設施工、あるいは、土を相手とする作業においては、一般に、機械が働く対象物の状況をしっかりとセットすることが出来ない。したがって、発生しうる環境条件の幅が大きく、その状況を事前に知ることも難しい。このように「環境の構造化が難しい」ことが、建設施工における自動化やロボット化を妨げる最大の要因である。

これに対処する一般的で簡単な手法はない。この問題に対しては

- (1) 今まで人間 (作業員) が行ってきた作業方法を踏襲し、その中で、徐々に人の働きの機械への置き換えを図る。
- (2) ここにおいて、大出力化や精密化など、人には出来ないが機械にとっては得意なことを、一つずつ組み込んでいく。
- (3) 全体システムの設計において、環境の条件を出来る限り限定し、環境の構造化を図る。
- (4) 発生する環境の状況、あるいは、その条件を分析し、発生しうるすべての状況に対して一つずつ対処する手段を準備する。
- (5) 人との役割分担をうまく構成し、人間の優れた状況対応能力を適切に利用する。

など、一歩ずつの努力を積み上げる必要がある。ロボットは「夢」の機械であるが、「夢」とは遠い地道な努力の積み上げこそがロボット化の方法なのである。

## 行政情報

## 次世代社会インフラ用ロボット開発・導入に向けて

増 竜 郎

我が国の社会インフラを取り巻く老朽化の進行, 大規模災害リスクの高まり, 人口減少・少子高齢化といった重要な課題に対し, 一層の効率的且つ効率的な対応を可能とするためのロボット技術を開発・導入するため, 産学官からなる新たな体制を構築した。

既に, 各組織や政府の提言や方針を踏まえた検討の第1フェーズを経て, 関連予算も成立し, 今, 現場での実行に向けた第2フェーズが動き出したところである。

キーワード: 老朽化, 災害対応, 人口減少・少子高齢化, 次世代社会インフラ, ロボット, コンペティション, 省庁連携, 現場検証・評価

## 1. はじめに

我が国の社会インフラを巡っては, これまで国民の安全・安心と活力を支えてきた多くの施設で進行する老朽化, また, 年々リスクの高まる大規模地震や頻発する風水害等の災害, 一方, 社会情勢としての人口減少・少子高齢化の進行, これらの重要かつ喫緊の課題に対し, 産学官が互いの強みを活かしつつ, より優れた技術を開発し, 導入・普及を図ることで, 効率的・効率的な対応の実現を目指す取組が求められている。

## 2. 検討の経緯

このような背景下, 国土交通省においては, 平成24年10月, 今後の調査・開発・活用の方向性やその実現に向けた方策などを取りまとめることを目的に「建設ロボット技術に関する懇談会(座長 油田信一 芝浦工業大学特任教授)」を設置し, 検討を開始した。計3回の懇談会を経て, 平成25年4月, 「建設ロボット技術の開発・活用に向けて～災害・老朽化に立ち向かい, 建設現場を変える力～」として提言を取りまとめた。

なお, この懇談会における検討に際しては, 平成24年9月の土木学会建設用ロボット委員会(委員長 建山和由 立命館大学教授)により取りまとめられた「建設用ロボット技術による災害対応および復旧・復興支援に向けた委員会提言」や, 平成25年3月の産業競争力懇談会(COCN)における2012年プロジェ

クト(プロジェクトリーダー 浅間一 東京大学大学院教授)による最終報告「災害対応ロボットと運用システムのあり方」が寄与している。

また, 政府としては, 「科学技術イノベーション総合戦略」(平成25年6月7日閣議決定), 「日本再興戦略」(平成25年6月14日閣議決定), 「世界最先端IT国家創造宣言」(平成25年6月14日閣議決定)において, 社会インフラにおける効率的・効果的な維持管理の実現, 及び, 安全且つ迅速・的確な災害対応を実現するために, ロボット技術の活用を掲げている。

## 3. 検討開始

これらの提言及び政府方針を受け, 国土交通省及び経済産業省は, 平成25年7月16日に「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入検討会」を共同で設置し, “現場で使えるロボット”の開発・導入に向けて, 現場ニーズを基本として, 最新の技術シーズを踏まえ, ロボットの開発・導入に向けた検討を開始した(図-1)。

その後, 計5回の検討を経て, インフラ管理者及び災害対応経験者等への現場ニーズ調査と共に, 国内外の異分野も含めた技術シーズ調査の結果を踏まえ, 同年12月25日に「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入重点分野」を策定した(図-2)。

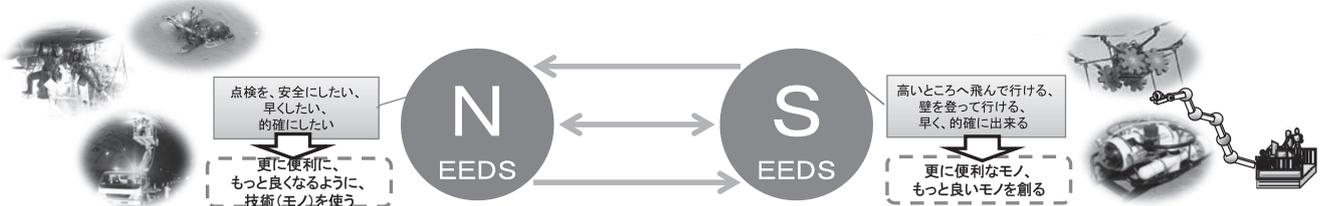
また, 今後の具体的な開発・導入に向けて, 両省として今後取り組むべき事項(実行体制とスケジュール)を提示し, 維持管理及び災害対応の重点分野におけるロボット技術について, 2カ年の現場検証及び評価を

## 「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入検討会」(平成25年7月16日設置)

現在、我が国の社会インフラを巡っては、老朽化の進行、地震及び風水害等の災害リスクの高まり、人口減少・少子高齢化等の課題に直面しており、特に社会インフラの維持管理及び災害対応に関して、その効果・効率の一層の向上のため、それらを支えるロボット技術の開発・導入を迅速且つ集中的に促進することが求められています。

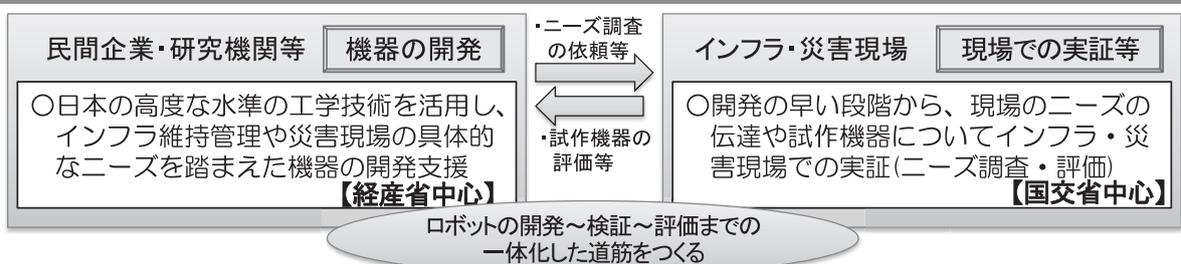
そこで、社会インフラの現場ニーズに基づき、国内外の異分野も含めた産学の技術シーズを踏まえ、『維持管理・災害調査・災害応急復旧』の3つの重要な場面におけるロボットについて、その開発・導入分野を明確化するなど実用化に向けた方策を検討するため、本検討会を設置しました。

検討会委員	実施スケジュール(案)
<p>【経済産業省】</p> <p>製造産業局 局長 製造産業局 担当審議官 製造産業局 産業機械課 課長 製造産業局 産業機械課 課長補佐 製造産業局 産業機械課 課長補佐 産業技術環境局 研究開発課 課長 産業技術環境局 研究開発課 研究開発調整官</p> <p>【国土交通省】</p> <p>総合政策局 局長 大臣官房 技術審議官 大臣官房 技術参事官 大臣官房 技術調査課 課長 総合政策局 公共事業企画調整課 課長 水管理・国土保全局 河川計画課 課長 水管理・国土保全局 河川環境課 課長 水管理・国土保全局 砂防部 保全課 課長 道路局 国道・防災課 課長</p> <p>【関連独立行政法人等】</p> <p>(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構 技術開発推進部 部長 技術開発推進部 主任研究員</p> <p>(独)産業技術総合研究所 知能システム研究部門 部門長 グループ長</p> <p>(独)土木研究所 技術推進本部 本部長 技術推進本部 先端技術チーム 主席</p> <p>【オブザーバ】</p> <p>消防庁 消防研究センター 防衛省 文部科学省 農林水産省</p>	<p>2014.3.3時点版</p> <p>平成25年度 協力体制の構築、開発・導入準備</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 次世代社会インフラ用ロボット開発・導入検討会設置 (7月)</li> <li>○ 技術開発・導入重点分野の特定 (12月)</li> <li>○ 検証・評価体制の構築 (2月)</li> <li>○ 現場検証に係る公募の準備 (次世代インフラ用ロボット現場検証委員会にて審議中)</li> </ul> <p>平成26～27年度 ロボットの現場検証・評価、開発・改良支援</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 「現場検証」及び「開発支援」に係る公募 (3～5月予定)</li> <li>○ 現場検証・評価 (ロボット現場検証委員会)</li> <li>○ 技術開発支援 (NEDOプロジェクト)</li> </ul> <p>平成28年度 プロトタイプの実験への試行導入、改良</p> <p>平成29年度 完成機の本格導入、本格運用</p>



図一 1 ロボット開発・導入に向けた取組

## 次世代社会インフラ用ロボット開発・導入の重点分野を策定



**次世代社会インフラ用ロボット開発・導入重点分野(平成25年12月25日 国交省・経産省公表)**  
 国土交通省と経済産業省において、重点的に開発支援する分野を特定(平成26年度から開発支援)

(1)維持管理

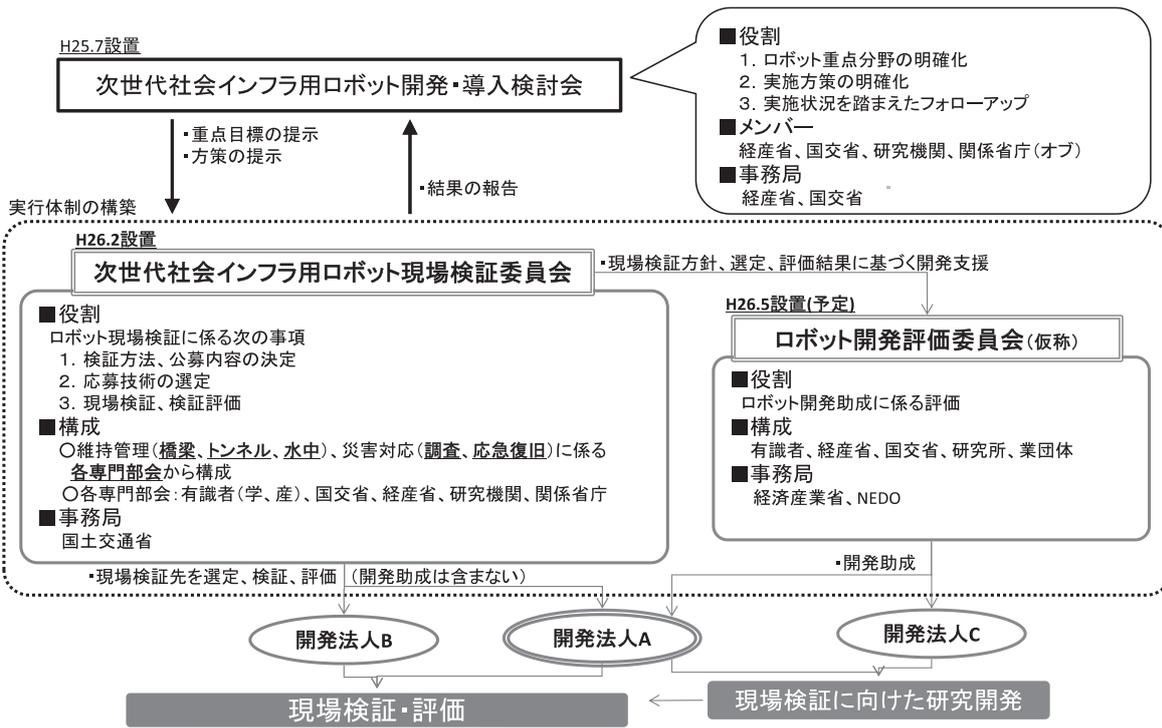
- 橋梁
  - ・近接目視の代替ができる装置
  - ・打音検査の代替ができる装置
  - ・点検者を点検箇所に近づける作業台車
- トンネル
  - ・近接目視の代替ができる装置
  - ・打音検査の代替ができる装置
  - ・点検者を点検箇所に近づける作業台車
- 河川及びダムの中筒所
  - ・堆積物の状況を全体像として効率的に把握できる装置
  - ・近接目視の代替ができる装置

(2)災害対応

- 災害状況調査(土砂崩落、火山災害、トンネル崩落)
  - ・土砂崩落及び火山災害現場において、高精細な画像・映像や地形データ等の取得ができる装置
  - ・土砂崩落及び火山災害現場において、含水比や透水性等の計測等ができる装置
  - ・トンネル崩落において、引火性ガス等に係る情報の取得ができる装置
  - ・トンネル崩落において、崩落状態や規模を把握するための高精細な画像・映像等の取得ができる装置
- 応急復旧(土砂崩落、火山災害)
  - ・応急復旧ができる技術
  - ・排水作業の応急対応ができる技術
  - ・遠隔・自律制御にかかる情報伝達ができる技術

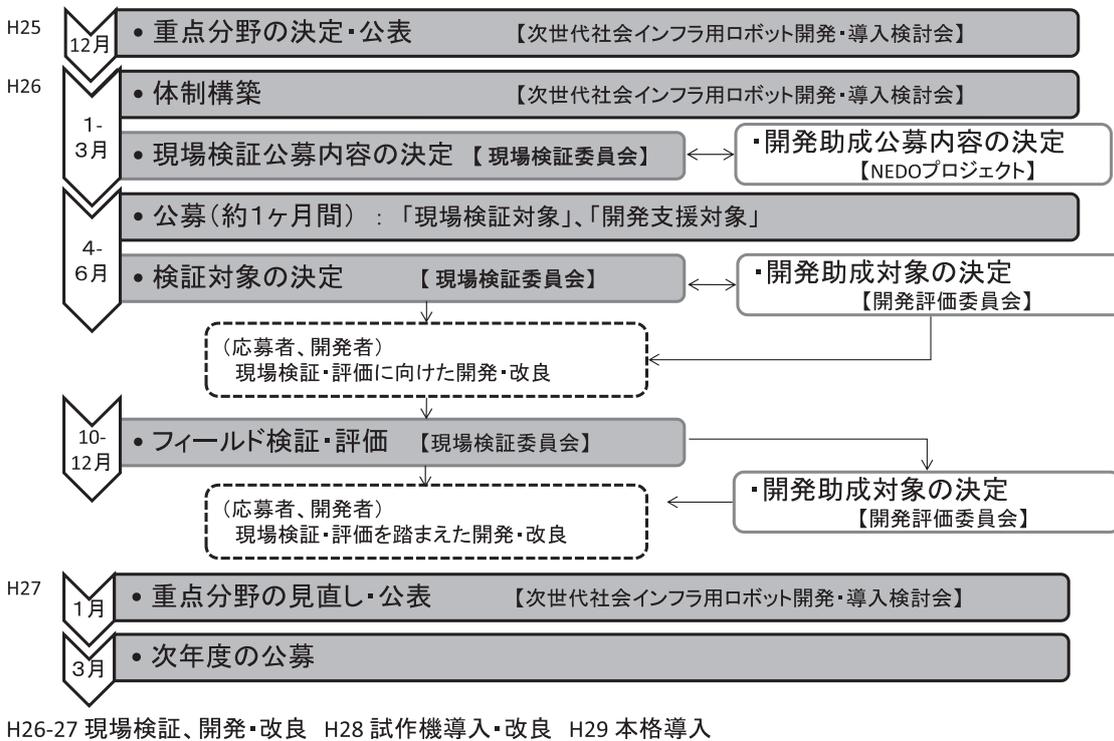
図一 2 ロボット開発・導入の重点分野

## ■ 実行体制の構築（現場検証及び開発に係る評価）



図一 3 ロボット開発・導入に向けた実行体制

## ■ 実行スケジュール(案)



図一 4 ロボット開発・導入に向けた実行計画

通じ、開発・改良を促進し、3年後の現場への試行的導入、4年後の本格導入を目指す方針を示した(図一3, 4)。

### 4. 本取り組みを進める上での予算的措置

前述した取り組みを進めるために、両省においては、検討会における議論と併せて、必要な予算要求も

**次世代社会インフラ用ロボット開発・導入の推進**

平成25年度補正予算(平成26年度へ繰越) **3.3億円**

国土交通省

総合政策局公共事業企画調整課

社会インフラを巡る老朽化の進行、地震・風水害等の災害への備え、人口減少・少子高齢化等、我が国の抱える諸課題に対し、我が国が強みであるロボット技術について、直轄現場での検証を通じて高度化し、積極的に導入することで、社会インフラの維持管理及び災害対応の効果・効率を格段に高め、また、国内で培われたロボット技術を海外へ展開する。

【取組内容】

社会インフラを巡る課題解決のため、

- ・ 効率的且つ効果的な『点検診断ロボット』
- ・ 災害状況を迅速且つ的確に把握する『調査ロボット』
- ・ 迅速且つ的確な応急復旧に資する『施工ロボット』

について、公募により、民間企業等により開発されたロボットを直轄現場で検証・評価し、検証・評価を踏まえた開発・改良を通じ、より実用性の高いロボット開発を促進。併せて、点検要領等の関連基準へ反映し、ロボットを直轄現場に先導的に導入し、維持管理及び災害対応の効果・効率を格段に高める。更に、有用なロボットを地方公共団体及び海外諸国へ普及・展開。

	H24.3	H34.3	H44.3
道路橋 (橋長2m以上)	約16%	約40%	約65%
トンネル	約18%	約31%	約47%
河川管理施設 (国管理の水門等)	約24%	約40%	約62%

建設後50年以上経過する社会資本の割合



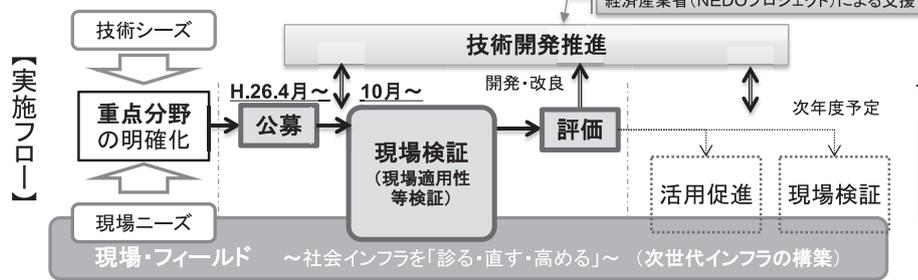
橋梁の腐食・劣化状況 隧門の腐食・劣化状況

霧島山(新燃岳)の噴火 中越地震の土砂崩落

まずは、検討体制として、国土交通省・経済産業省等で「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入検討会」を設置(H25.7)そして、実行体制として、「次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会」を設置(H26.2)

(当該取組が記載されている政府の提言等)  
 「科学技術イノベーション総合戦略」(H25.6.7 閣議決定)  
 「世界最先端IT国家創造宣言」(H25.6.14 閣議決定)  
 「日本再興戦略」(H25.6.14 閣議決定)

経済産業省(NEDOプロジェクト)による支援



飛行系ロボット(例) 走行系ロボット(例)

図一五 ロボット現場検証・評価(国土交通省予算)

進めてきた。

国土交通省としては、次世代社会インフラ用ロボット開発・導入のための「現場検証及び評価」に掛かる予算として、3.3億円の平成25年度補正予算(平成26年度へ繰越)が成立した(図一五)。また、経済産業省としては、「インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト」として、モニタリング技術及びロボット技術と合わせて22.2億円の平成26年度予算が成立した(図一六)。

これらお互いの強みを活かした予算的措置も今回の取組における重要な要素である。

**5. 現場検証に向けた実行体制の構築**

「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入検討会」の検討結果を踏まえ、具体的に現場検証及び評価を行うための体制として、平成26年2月に「次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会」を設置した。この委員会は、5つの専門部会(「橋梁維持管理部会」、「トンネル維持管理部会」、「水中維持管理部会」、「災害調査部会」、「応急復旧部会」)から構成され、各分野の特性を踏まえたロボット技術の現場検証、評価、そし

て、普及促進を担っている。そのため、各専門部会の委員は、各分野におけるインフラ管理及び災害対応の有識者、ロボットの有識者、業界代表者、関係行政職員、研究機関職員、関係省庁職員から構成される。

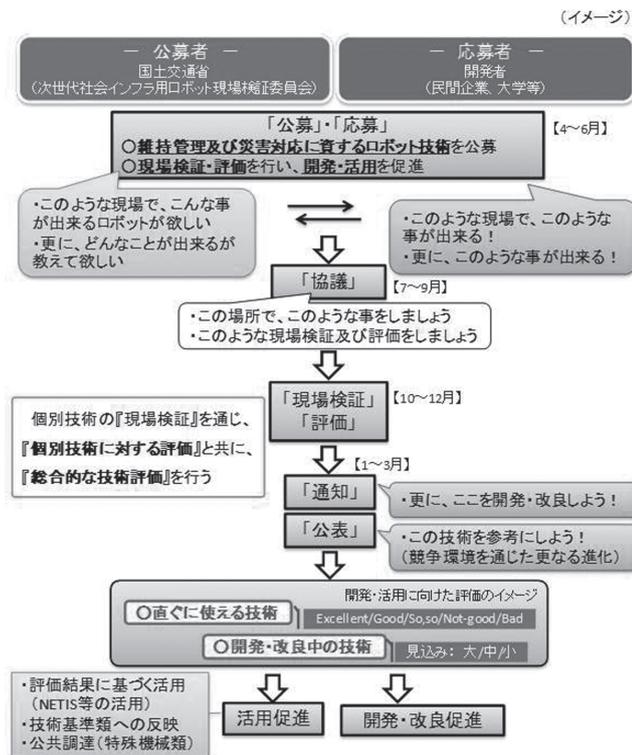
現時点(平成26年3月下旬)では、今後の公募に向け、各専門部会において各2回(計10回)の部会を開催し、審議が進められている。この、インフラを管理する立場、維持管理や災害対応を実施する立場、インフラ管理や災害対応を研究する立場、最先端の技術開発を担う立場、これらの異なる専門分野の方々が、同一の目的の下で一堂に会し、議論を交わすことに、今回の施策の重要な鍵があると思われる。

今回の公募技術(4月予定)は、この現場検証委員会の専門部会より、国土交通省の直轄現場等において現場検証し、技術の要求要件等に対する達成度や実運用に掛かる効果及び課題、今後の開発・導入に向けた発展性等について評価を行うこととしている。

この評価を通じて、効果が見込まれる技術については直ぐにでも活用を促進し、また、更なる効果向上が期待される技術については開発・改良を促進することとしている(図一七)。



図一六 ロボット開発促進（経済産業省予算）



図一七 ロボット公募・現場検証・評価の流れ

## 6. おわりに

今回の取組は、我が国の社会インフラを巡る重要な課題に立ち向かうため、省内のみならず省外まで含めた横断的な組織、また、本省から地方整備局、事務所が管理する現場まで含めた縦断的な組織、更に、産学の有識者による外部組織、これらのヨコ・タテ・ソトの枠組みで構築された体制により進めている。

会議の開催に係る連絡調整は大変な面もあるが、それ以上に大きな効果が生み出せる可能性のある取組と認識している。

(追記：ロボット技術・システムに係る公募を、4月9日より、国土交通省ホームページにて行う予定です。)

JCM/A

【筆者紹介】

増 竜郎 (ます たつろう)  
 国土交通省  
 総合政策局 公共事業企画調整課



行政情報

# 国土交通省における CIM の取組み

本村 信一郎

建設業では高齢化が進み、また就業者数の減少による人手不足が大きな課題となっている。そのような中、建設業の生産性の向上は不可欠であり、国土交通省では、一連の建設生産システムの効率化・高度化を目指して、平成 24 年度から CIM の取組みを進めている。本稿では、CIM 導入のねらいと概要、平成 24 年度試行結果の総括及びこれらを踏まえた今後の検討方針について紹介する。

キーワード：CIM, 3次元モデル, 情報共有, 建設生産システム

## 1. はじめに

我が国の建設業が抱える大きな課題の一つに人手不足がある。建設業に就職する若年層は減少しており、国全体の高齢化を上回るスピードで高齢化が進んでいる。建設業の労働生産性は横ばいの状態が続いていて、全産業と比べて労働生産性の差が大きくなっている。今後人口減少と高齢化が進み、人材と労働力がさらに限られていく中で、一連の建設生産プロセスの効率化、高度化は必要不可欠である。そのため、国土交通省では平成 24 年度から、CIM (Construction Information Modeling) の構築と導入に向けた試行を進めている

ところである。

## 2. CIM の概念

CIM 導入のねらいは、計画・調査・設計段階から 3次元モデルを導入し、その後の施工、維持管理の各段階においても 3次元モデルに連携・発展させ、あわせて事業全体にわたる関係者間で情報を共有することにより、一連の建設生産システムの効率化・高度化を図るものであり、3次元モデルは、各段階で追加・充実され、維持管理での効率的な活用を図る。

CIM の概念を図-1 に示す。この図に示す 3次元

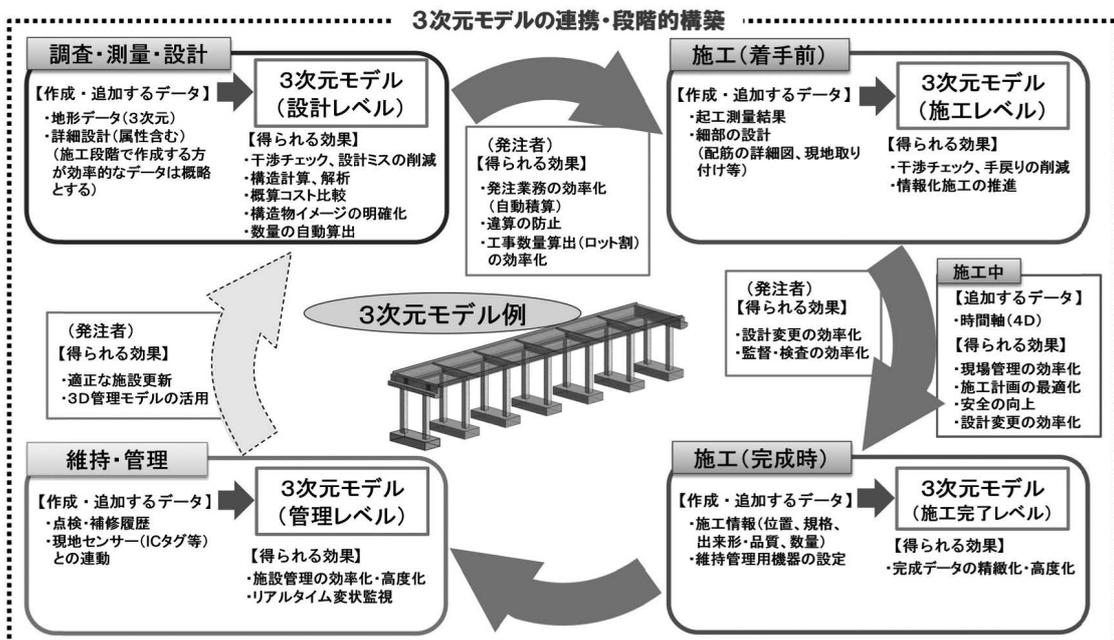
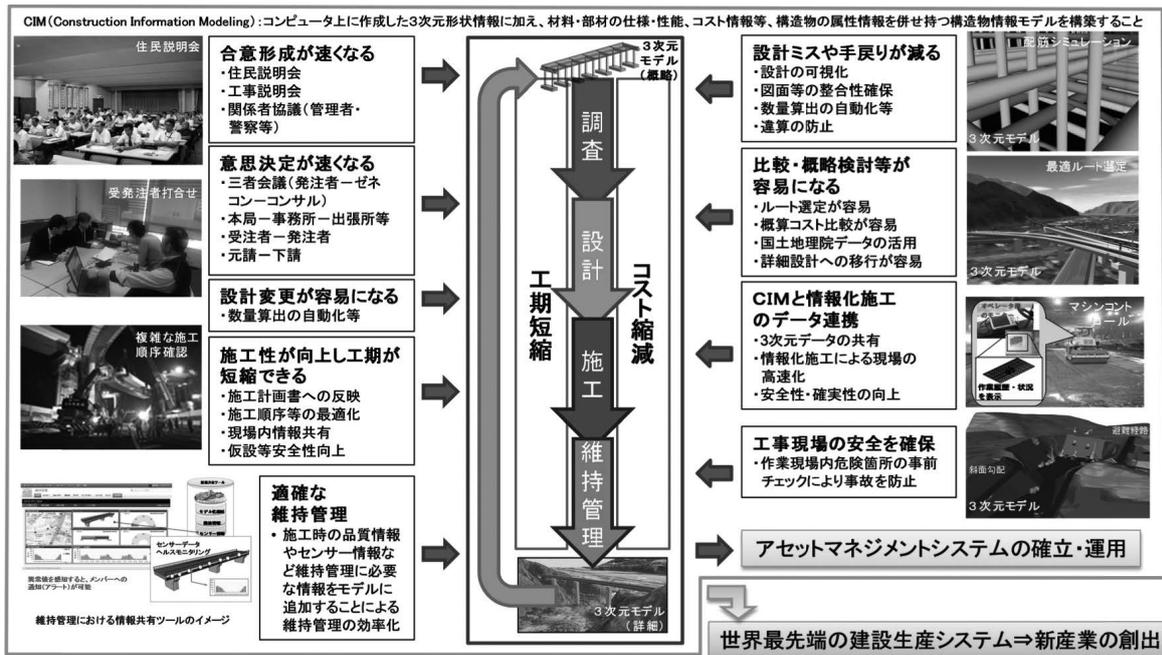


図-1 CIM の概念



図－2 CIM 導入による効果

モデルとは、単にコンピュータ上に精緻な仮想構造物の形状を表現するだけでなく、材料・部材の仕様・性能・数量、コスト情報、実構造物としての属性情報を併せ持った情報の集合体を設計段階から構築することである。

CIM の導入効果を図－2 に示す。CIM の効果には様々なものがあり、設計ミスや手戻りの防止等について大きな効果が発揮される。また、合意形成・意思決定の迅速化や比較検討・設計変更が容易になること等に加えて、工事現場の安全管理や品質確保が向上し、最終的には工期短縮やコスト削減へとつながる。

### 3. CIM の検討体制

CIM の導入にあたっては、JACIC（一般財団法人日本建設情報総合センター）が中心となり、主に技術的検討を行っている CIM 技術検討会（平成 24 年 7 月設立）と、国土交通省が中心となって、主に制度や基準の検討を行っている CIM 制度検討会（平成 24 年 8 月設立）の二つの検討会による体制で検討を実施している。これまで、各々の役割を果たしつつ、かつ連携を図りながら検討を進めてきている。

平成 24 年度においては、CIM 技術検討会において「CIM 技術検討会平成 24 年度報告」がとりまとめられ、HP にて公表されている。CIM 制度検討会では、委員の意見等を踏まえ、CIM モデル事業の試行に着手した。

### 4. CIM モデル事業（詳細設計業務）の試行と評価

#### (1) モデル事業の概要

国土交通省では、CIM 導入の検討を進めるに当たり、制度や基準を作り上げてから現場への導入に入るのではなく、現場での試行を先行させ、試行の効果・課題等を分析しながら、制度の検討を進めるという方針をとっている。これは、実際の現場での試行を重ねることで見えてくる課題や効果を明確にして、早期課題解決に向けた検討を行うことを目的としている。

平成 24 年度に実施したモデル事業は表－1 のとおりである。直轄事業において 11 事業を選定し、CIM モデル事業として 3 次元モデルの構築を含む詳細設計業務を実施した。試行の工種としては、土工、橋梁、調整池、函渠、地盤改良、トンネルと多種に及んでいるが、橋梁が 6 件と半数以上を占める結果となった。

#### (2) 効果と課題

11 業務完了後に各地方整備局等にヒアリングを行い、受注者（設計コンサルタント）、発注者（地方整備局、事務所担当者等）から多くの意見・課題が提起された。いずれの意見も、個々の現場における固有の課題から、多くの事業に共通する課題まで、今後の CIM 検討にあたり大変貴重なものとなった。

以下に、効果と課題の概要を紹介する。

##### ①設計打合せ

・鳥瞰図で全体把握ができ、相互理解の促進が図ら

表-1 平成24年度 CIM 試行一覧

No.	地方整備局	担当事務所	事業名	対象工種	CIM 対象業務内容
1	北海道	羽幌道路事務所	国道40号天塩防災道路	土工	道路改築(土工) L = 1.3 km
2	東北	南三陸国道事務所	三陸沿岸道路釜石山田道路	橋梁	Dランプ橋 L = 120 m
3	関東	横浜国道事務所	圏央道(横浜環状南線)	橋梁	橋脚1基
4	関東	相武国道事務所	八王子南バイパス	調整池	調整池2箇所
5	関東	甲府河川国道事務所	中部横断自動車道	橋梁	橋脚1基
6	北陸	富山河川国道事務所	能越自動車道 (七尾氷見道路)	橋梁	PC方杖ラーメン橋 L = 73 m
7	中部	名四国道事務所	国道155号 豊田南バイパス	土工, 函渠, 擁壁等	道路本線 L = 140 m 箱型函渠1箇所
8	近畿	滋賀国道事務所	国道161号 青柳北交差点改良事業	橋梁	ポータルラーメン橋 L = 14.6 m
9	中国	広島国道事務所	国道2号安芸バイパス	橋梁	橋台2基
10	四国	徳島河川国道事務所	四国横断自動車道 (阿南~徳島東)	地盤改良	地盤改良 L = 200 m
11	九州	北九州国道事務所	国道201号 飯塚庄内田川バイパス	トンネル	トンネル坑口部付近 L = 80 m

れた

- ・PC(ハード)のスペック不足で通常のパソコンではデータを読み取れない

#### ②地盤・測量データ確認

- ・測量データが移管可能なソフトを採用し効率化できた
- ・基盤地図情報の5mメッシュの精度では設計に限界がある

#### ③一般図(モデル)の作成

- ・可視化による取り合いの位置, 座標チェック等, 作業の効率化ができた

#### ④構造物設計

- ・自動の鉄筋干渉チェックシステムが効果的
- ・鉄筋干渉は現場の実態をよく把握し, 許容誤差等についての取り決めが必要
- ・鉄筋一本一本が手入力で非効率, 作成コスト(時間と労力)が問題

#### ⑤付属物・付帯物設計

- ・不整合箇所が瞬時に確認できる
- ・付属物のオブジェクトをゼロから作成する必要がある

#### ⑥数量計算

- ・自動算出により相当の効率化が可能である
- ・自動算出の根拠, 計算過程が不明である

#### ⑦作図・図化

- ・構造物の形状が変更されると, 寸法は自動で修正されるため, 効率化ができる
- ・3次元モデルから2次元図面の切り出しでは, 引

き出し線の旗揚げが必要で非効率

- ・最初から3次元モデルを作成するのは難しい(最初は2次元図面が必要)

#### ⑧設計照査

- ・平面・縦断・横断が連動しているため, 相互の取り合いが同時に照合可能

#### ⑨仮設・施工計画

- ・施工ステップ図では, 設計と現場との相違に対する整理が必要(施工方法の相違, 指定仮設・任意仮設)

その他, 属性情報, ソフトウェア, 人材育成, 発注方法などと幅広く意見をいただいた。

ヒアリングの結果, 課題が多く見られたが, 可視化による相互理解や設計ミス, 手戻りの防止等, CIM導入の効果は確かに現れていて, 効率化につながっている。

### (3) 試行の評価

業務完了時に行われた全国11モデル事業の受・発注者別, 項目別評価の結果を表-2に示す。これは「効果あり」を5点, 「やや効果あり」を4点, 「変わらず」を3点, 「やや非効率」を2点, 「非効率」を1点とし, 受・発注者自らが項目別に採点したものである。平均点が高いものに設計照査や構造物設計があり, 低いものに地盤データ確認, 作図・図化等がある結果となった。

表一 平成 24 年度全国 11 モデル事業 受・発注者別、項目別評価一覧

【凡例】 ■ 1点以上2点未満  
 ■ 2点以上4点未満  
 ■ 4点以上

受注者		効果検証項目	目的	該当件数	平均点	最低点	最高点
共通項目	業務項目・細目 (作業内容)		(想定した効果)				
(2)	設計打合せ	データモデルのビューワ利用等の情報共有による効率化	7	4.4	3.0	5.0	
(3)	地盤データ確認	3次元モデル作成の効率化	3	3.0	1.0	4.0	
(4)	測量データ確認	3次元モデル作成の効率化	4	4.0	3.0	5.0	
(5)	一般図(モデル)作成	交差、近接条件、形状の可視化による効率化(座標系チェックなど)	8	3.9	2.0	5.0	
(6)	構造物設計(基礎杭・下部工)	配筋干渉チェック・設計ミス排除	5	4.6	4.0	5.0	
(7)	構造物設計(RC上部工)	配筋干渉チェック・設計ミス排除	1	4.0	-	-	
(8)	構造物設計(PC上部工)	配筋(ケーブル)干渉チェック・設計ミス排除	1	4.0	-	-	
(9)	構造物設計(上部工)	上下部の座標系、支承部等の整合性チェック・設計ミス排除	3	5.0	5.0	5.0	
(10)	構造物設計(BOXその他)	配筋干渉チェック・設計ミス排除	2	1.5	1.0	2.0	
(11)	付属物・付帯物設計	干渉・取り合いチェック、設計ミス排除	3	4.0	3.0	5.0	
(12)	数量計算	自動計算による省力化	9	3.6	1.0	5.0	
(13)	作図・図化	作図・図面修正の効率化・省力化	9	3.2	2.0	5.0	
(14)	設計照査	図面照合チェックの省力化等	7	4.3	3.0	5.0	
(15)	仮設・施工計画	設計(施工性)諸条件の確認、照査	3	3.7	1.0	5.0	
個別項目	数量照査	設計ミスの防止効果	1	5.0	-	-	
	数量算出	工区分割の容易性	1	5.0	-	-	
	3次元ツールの適用性	道路設計に適した3次元ツールの確認	1	3.0	-	-	
	情報共有	関係者間での情報管理	1	4.0	-	-	
	仮設計画(土留め工)	施工ステップ可視化による、迂回路計画検討の効率化	1	5.0	-	-	
	情報化施工データの作成	施工時の省力化	2	4.5	4.0	5.0	
	3次元騒音解析を実施する際のデータの転用	騒音解析・図面作成の省力化	1	3.0	-	-	
発注者		効果検証項目	目的	該当件数	平均点	最低点	最高点
(1)	成果品の確認	図面確認の省力化	11	3.8	3.0	4.0	
(2)	業務説明	内部説明、意思決定などの効率化	5	4.4	4.0	-	
(3)	関係機関協議	関係機関との協議・説明の効率化	1	4.0	-	-	
個別項目	鉄筋干渉チェック	図面では発見しにくい鉄筋干渉箇所の自動抽出	2	3.5	2.0	5.0	
	鉄筋干渉箇所の効率的な解消	干渉部分を解消する配筋修正に対する効率化	1	3.0	-	-	
	数量比較の確認	自動計算による省力化、計算ミスの防止	1	4.0	-	-	
	3D施工ステップ図の作成	梁工事と切土工事を併行する中で工事の進め方を具体的に認識する。 施工ステップの確認	2	3.0	1.0	5.0	

### 5. 今後の展望

平成 24 年度試行業務やその他調査から見えてきた制度面での課題として、①ソフトウェア特性に応じた柔軟な要領・基準の適用、②契約図書の取扱い(紙図面の扱い)・連携、共有における法的課題(所有権、意匠権、受渡の責任分界点)、③制度導入に見合ったスキルアップ、人材育成・教育体系、④入札・契約手法のあり方(設計—施工分離の問題)等が挙げられる。そして、今後 CIM の導入にあたっては優位適性の把握が必要と考える。今後は、CIM 導入の検討の成果として、平成 28 年度を目途に CIM 導入ガイドラインを策定することを予定している。ガイドライン策定による CIM の導入を促進し、我が国の建設生産システムの効率化・高度化を図っていきたい。

### 6. おわりに

平成 25 年度は、平成 24 年度から試行を拡大(概略・予備設計、工事を含む)して実施したところであり、試行結果については現在取りまとめているところである。これまで述べたとおり課題は多く、解決に向けた取組みはまだこれからとなる。一朝一夕に進むものではないが、建設生産システムの効率化の促進は必要不可欠であり、技術的・専門的な検討と制度や技術基準などの検討の両面からの検討を協力・連携して進めていきたい。今後も、我が国において CIM を世界に先駆けて普及できるよう全力で取り組むこととしている。引き続き、関係者のご協力を心からお願いしたい。

JCMIA

[筆者紹介]

本村 信一郎(もとむら しんいちろう)  
 国土交通省  
 大臣官房技術調査課 建設システム管理企画室  
 技術管理係長



# 情報化施工の現状と将来展望

建 山 和 由

2008年、情報化施工を普及させるために情報化施工推進戦略が示され、その推進に向けた取り組みが始められた。5年間の取り組みを通じて、情報化施工の認知は進んだが、さらなる普及と展開を進めるためには情報化施工を「使う」から「活かす」取り組みに移行していくことが求められる。本稿では、情報化施工を「活かす」という視点から、精緻な管理による施工の合理化と環境負荷低減の実現、3Dスキャナ技術を利用した道路面の劣化状況の把握と道路のマネジメント技術の確立、建設ロボットへの組み込みによる無人化施工技術の高度化の3つの事例を通じ、情報化施工を効果的に導入し得ることを紹介する。  
キーワード：情報化施工, ICT, 環境負荷, マネジメント, 無人化施工

## 1. はじめに

建設施工における生産性の向上、品質の確保、工事における安全性の向上、熟練労働者不足への対応など、建設施工が直面している諸課題への対応策として情報化施工の普及をはかるべく、2008年2月、国土交通省に「情報化施工推進会議」が設けられた。この会議では、情報化施工の普及・推進に向けて、その方針と具体的な施策をまとめた「情報化施工推進戦略(第1期)」が策定され、これに基づき、5年間にわたり情報化施工の普及と推進に向けた様々な取り組みが議論されてきた。

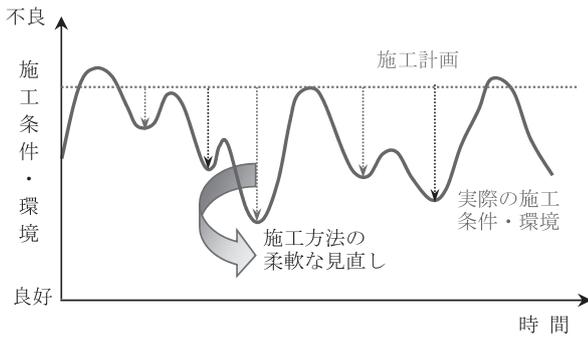
この推進戦略では、当初、情報化施工自体が必ずしも認識されていない状況の中、マシンガイダンス(MG)やマシンコントロール(MC)などの機械の操作性の改善に寄与する技術や土工におけるTS出来形管理技術を一般的な技術とすべくその普及に努め、実施工での導入事例を増やしてきた。その結果、第1期の5年間の取り組みを通じ、情報化施工に対する認知は高まったと言えるが、必ずしもその導入効果が強く認識されている訳ではない。このため、第2期の情報化施工推進戦略(2013年～2017年)では、情報化施工を活用して、本来の目的を獲得することを重視することになった<sup>1)</sup>。すなわち、「使う」から「活かす」への進化を目指していくことになる。

本稿では、「情報化施工の技術を活かす」ための手法を考える上で参考になることを期待し、情報化施工を有効に導入した具体的な事例を紹介する。

## 2. ICTを活用した精緻な管理

20世紀の社会基盤整備では、構造物の設計の考え方を体系化し、施工における規準やマニュアルを徹底して整備してきた。そのおかげで、我が国は他に類をみないほど効率的に所定の品質の社会基盤整備を達成することができた。このことは規準やマニュアルによる一律管理の疑うべくもない成果といえる。しかしながら、一律管理は、一方で不確定要因に起因する無駄を避けることができないという課題を孕んでいる。すなわち一般の建設工事では、天候や地質のばらつきに代表される不確定要因の存在を前提に構造物の施工計画を作成せざるを得ないため、その影響をも包含した基準やマニュアルに従い、余裕を持った計画を立てることになる。しかし、現場の施工条件や作業環境に余裕がある場合には、当初の計画通りに施工を行うと必要以上の資材やエネルギーを投入することになる。このような場合には、現場の状況をいち早く把握し、施工方法を柔軟に見直して、より精緻な施工を行うことにより、必要以上の資材やエネルギーの投入を抑えることができる<sup>2)</sup>。図-1は、この考え方のイメージを図示したものである。

限られた資源の有効利用や工事に伴う環境への影響軽減、構造物の品質の向上に関する要求が高まる今日、規準やマニュアルに従う一律管理だけではこれらの要求に十分には応えることができず、規準やマニュアルを標準としつつも、それらに過度に依存することなく現場の状況に応じて柔軟に対応することでより精

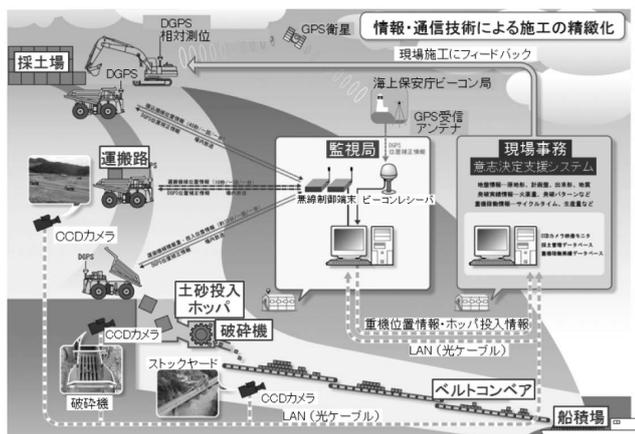


図一 情報を利用した柔軟な対応のイメージ

緻な工事を行うことが求められる。情報化施工は、各種センサを含む ICT を利用して現場の状況を正確に把握して、個々の現場に応じた精緻な施工を行う機能を有している。以下、この考えに従い、情報化施工のツールを現場に導入し、成果を挙げた事例を紹介する。

(1) 大規模土工における効率化の事例

ここで紹介する事例は、大規模人工島造成のための土取り工事である。この現場では、山側の採土地で発破、もしくは油圧ショベルにより土岩を掘削し、ブルドーザで集土した後、油圧ショベルもしくはホイールローダで重ダンプトラックに積み込み、採土場下端にある破碎機まで搬送する。破碎機に投入された大きな岩塊は 200 mm 以下の土砂にまで破碎され、ベルトコンベアでストックヤードまで運ばれる。ストックヤードの床には土砂の引き出し口があり、ここから引き出された土砂はベルトコンベアで積み出し栈橋まで運ばれ、土運船に積み込まれる (図一 2 参照)<sup>3)</sup>。



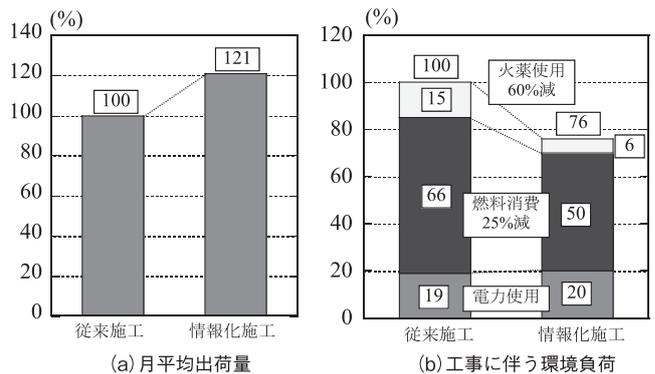
図一 2 大規模土取り工事の施工プロセスと導入された情報通信機器

一般に採土工事における施工効率、工事の進捗と共に時々刻々変化する地質や地形、天候と共に、機械の能力、オペレータの技能にも左右される。施工効率を向上させるには、これらの要因の変化に対応して採土場所や重機の配置、発破の薬量と削孔パターンを柔

軟に変更していく必要がある。そのためには、現場の情報をリアルタイムで収集し、現場の技術者が的確な判断を行い得る仕組みを作る必要がある。この現場では、重機の位置や稼働状況をリアルタイムで把握するシステムを導入し、時々刻々変化する現場の作業状況を的確に把握すると共に、現場の技術者がそれを共有する仕組みを導入した。

これにより、技術者はどこにいても現場の状況を把握することができ、かつ共通の情報を基に施工の改善を議論することができるようになった。このシステムを利用して、この現場では、重機や爆薬の使用に関する施工方法を現場の条件に応じて精緻に見直すことにより、資材やエネルギーに関し必要最小限の入力で所定の工事を行うことができる体制を整えていった。

この結果、図一 3 (a) に示すように、月平均採土量として約 21% の増産を図るとともに、必要以上の重機や火薬の使用を省くことにより、施工に伴う環境負荷を二酸化炭素の排出量に換算して約 24% 削減することに成功した (図一 3 (b) 参照)。

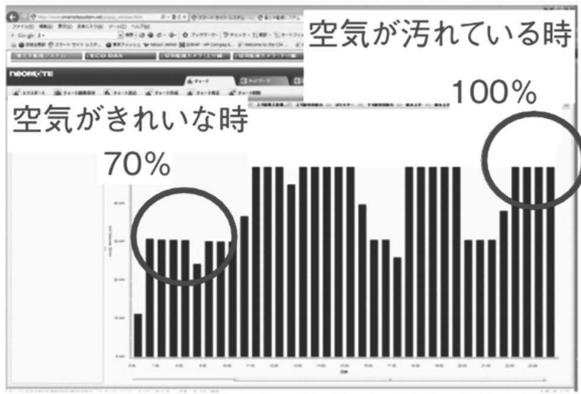


図一 3 情報化施工の導入効果

(2) トンネル工事への導入と効果

トンネル工事では、坑内の作業環境を保つために換気を行わなければならない。換気は大型のファンを使い坑内外の空気を循環させることにより行うが、ファンは恒常的に動かしておくことになる。しかし、坑内の空気環境は、発破や吹き付け、ズリ出しなどの作業中とそれ以外の作業中では、空気の汚れ具合が異なるため、ある現場では CO<sub>2</sub>、粉塵量、酸素濃度、有毒ガス等の計測結果、坑内の作業内容に応じて換気設備の風量を調整した。図一 4 はそのイメージ図である。坑内の空気が汚れているときは 100% の出力で、汚れが少ないときには 70% の出力で送風量を制御することにより、換気設備のエネルギーを 15% 削減することに成功した<sup>4)</sup>。

情報化施工の導入により現場の状況に応じて施工法



図一四 坑内空気環境に応じた送風量の制御

を精緻に管理する方法は、一般に施工の効率化だけでなく、施工に伴う環境負荷低減効果をもたらしてくれる。一般の製造業では、既にさまざまな取り組みがなされているため、さらなる省エネルギーを達成するためには多くのコストをかけなければならない状況にあるのに対し、土木の分野で一律管理に個別評価の考え方を取り入れて精緻な管理を行うことにより、生産性の向上と省エネルギーを両立させることができ、着眼次第でまだまだ多くの新しい技術が生まれる可能性を有している。

### 3. インフラのマネジメントにおける ICT の有効利用

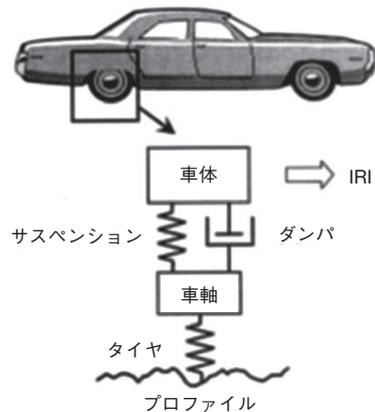
ICT 関連技術の進歩には目覚ましいものがある。それらのツールを情報化施工に取り入れ、新たな技術を積極的に開発していく雰囲気作りは、建設技術のさらなる発展にとって極めて重要といえる。その種の技術として注目されているものに 3D レーザスキャナ技術がある。3D レーザスキャナは、対象物を 3 次元の位置座標が特定された点群データとして把握することができる技術で、建設施工を大きく変える可能性を有している。

図一五は、車載型 3D スキャナである。車両の天井に 3D レーザスキャナとともに GPS アンテナが取り付けられている。通常の車両と同じく道路上を走行し、その際、周辺の 3 次元の位置座標と対象点の輝度に関する情報を連続的に収集していくことができる。

収集したデータは様々な用途に利用することができるが、近年、道路舗装面劣化状況の定量的な評価への利用が検討されている。一般に、道路の乗り心地の国際的な評価指標としては IRI (International Roughness Index) が使われる。この指標値は、図一六 (a) に示すような特殊な装置を用いて道路面の凹凸に関するプロファイルを計測し、その路面上を車両が走行することを想定したときの車両の上下動の値を図一六 (b)

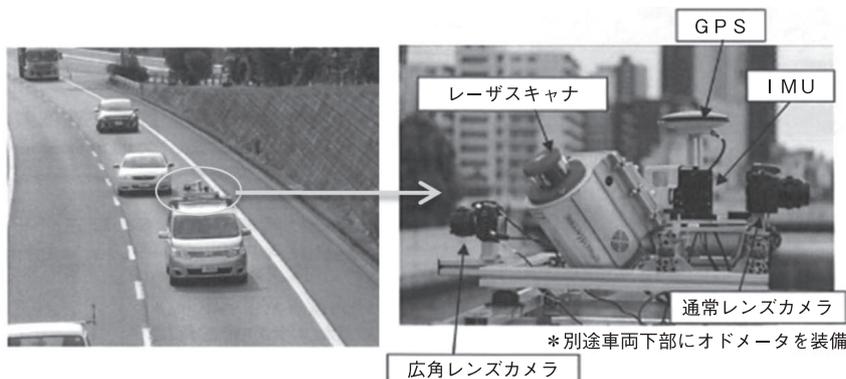


(a) 路面の凹凸プロファイルの計測装置



(b) IRI 算出のための解析モデル

図一六 路面の乗り心地に関する計測と評価

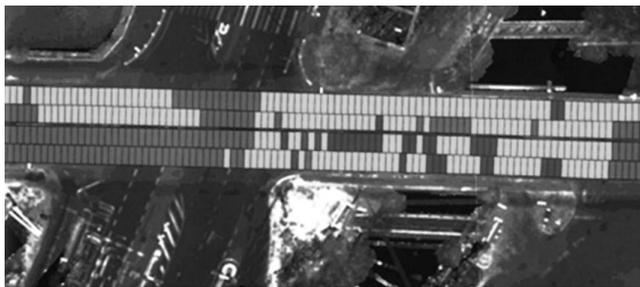


図一五 車載型 3D レーザスキャナ

に示す「仮想振動モデル」で計算し、その総和値を走行距離で除して求められる値である。IRI が大きいほど乗り心地が悪く路面が傷んでいることになる。

車載型 3D レーザスキャナを用いると路面のプロファイルを全面で計測することができるため、IRI 値を容易に算出するとともに、わだちの情報も得ることができるため、乗り心地とわだちの両面から路面の劣化度合いを評価することができる。

図一七は、ある道路において前述の車載型 3D レーザスキャナを用いて路面の凹凸プロファイルを計測し、IRI 値とわだちの両指標から道路の劣化状況を判定した事例である<sup>5)</sup>。このシステムを用いると、路面の劣化状況が所定のエリア毎に色別で段階的に示される。道路面の劣化状況はこの他、表面ひび割れなども含める必要があるが、それをも取り入れることができるようになれば、より高度な管理手法になり得ると思われる。



(a) 道路面の劣化状況の評価結果

IRI	わだち掘れ量	10mm	20m	30mm	40mm	40mm
		未満	未満	未満	未満	以上
2未満	2未満	A	A	A	B	C
2以上	4未満	A	A	B	B	C
4以上	6未満	A	A	B	B	C
6以上	8未満	A	B	B	B	C
8以上		B	B	C	C	C

(b) IRI 値とわだち掘れ量による判断基準

図一七 道路面の 3D 情報による舗装管理の事例

#### 4. 建設用ロボット開発との連携

雲仙普賢岳における火砕流災害からの復興事業以後、災害現場における二次災害を防ぐため、離れたところから機械を操作し、所定の工事を行う無人化施工技術が大きく進歩した。その施工効率や施工精度は、オペレータによる実車操作には及ばないものの、新しい技術の導入により年々改善されている。情報化施工技術で普及しているマシンガイダンス (MG) やマシンコントロール (MC) 技術の導入もその一つである。

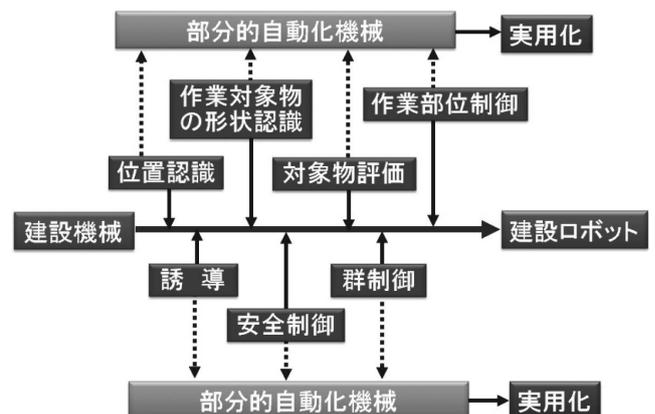
図一八は、油圧ショベルに 2 セットの GPS、車体



図一八 無人化施工における MG の導入

の傾きを測るピッチセンサ、ブーム・アーム・バケットの傾斜を測る 3 個の傾斜センサを取り付け、それらのセンサから送られてくるデータを用いてコンピュータ上でバケットの姿勢までを算出し、表示するシステムである<sup>6)</sup>。この画像情報からオペレータは事前に入力した CAD データに沿ってバケットを操作することができるため、実際に目視できない場所での作業の効率や精度の低下を低減させる効果が期待できる。

もともと情報化施工と建設ロボットの技術は、重なる部分が多く、情報化施工の中には将来の建設ロボット開発の要素技術と考えることができるものも多い。図一九は、建設機械が建設ロボットに進化するために必要な機能を示している。広大で、かつ時々刻々変化する現場において、自分の位置座標を正確に把握し、目的地へ機械を誘導する技術、岩や土など不規則性が高い作業対象物の形状や力学特性を把握する技術、作業対象物に応じてマニピュレータなどの作業部位を制御する技術、事故を発生させないための安全管理、多種多様な機械が相互に連携しながら作業を行う



図一九 建設機械から建設ロボットへの進化

群制御技術等である。これまでは、機械のオペレータが担っていたこれらの機能を建設ロボットでは機械が行うことになる<sup>7)</sup>。

これらの機能全てを備えないと厳密には建設ロボットと呼ぶことはできないかもしれないが、建設分野では一部の機能を施工の効率化や品質向上策として開発し、現場に適用してきたと見ることができる。転圧用ローラの走行軌跡による締固め施工管理は位置認識技術の適用事例、また、ブルドーザやモーターグレーダのブレードのMC技術は、作業部位制御の事例と言える。すなわち、建設ロボットの要素技術が情報化施工の技術として現場で実用的に利用され、それを通してより高度な技術になるべく改良が加えられている。今後、これらの技術は、さらなる改良が重ねられ、将来の建設ロボットに活かされていくことと期待している。

## 5. おわりに

情報化施工を「活かす」ということは、それを導入することにより、施工の効率化、省力化、省エネルギー化、精緻化などの改善効果を確実に得ることといえるが、それを達成するためには、単にこれまでの施工法を情報化施工で置き換えるのではなく、情報化施工の導入により、これまでできなかったことができるようになるような効果を引き出す工夫を追求することが必要と考える。すなわち、人員、工期、予算などの制約

がある中でより高い精度や品質の工事が求められるような場合、これまでの手法ではなしえなかったことが、情報化施工を導入することにより可能になるといえる場面を作ること念頭に様々な工事への導入を模索することが有効ではないかと考える。「使う」から「活かす」の考えの一般化が強く望まれる。

JICMA

### 《参考文献》

- 1) 国土交通省・情報化施工推進会議：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へ挑む!!～、2013年3月29日
- 2) 地盤工学会：建設工事における環境保全技術、第8章、2009年
- 3) 建山和由：ITと建設施工—Precision Constructionの試み—建設の機械化、No.625、pp.3～7、2002年3月号
- 4) 日経コンストラクション、pp.41～44、2011年6月（どうする現場の15%節電）
- 5) 横山隆明、番上勝久、建山和由：車載型移動体3次元計測データを用いた道路維持管理手法の検討について、建設機械と施工法シンポジウム論文集、pp.185-188、2012年
- 6) 北原成郎、周藤健：情報化施工に基づく無人化施工の実施—無人情報化システムの完成—、建設の施工企画、No.694、pp.48-52、2007年12月
- 7) 建山和由：国土を支える建設ロボット、建設コンサルタンツ協会誌、vol.261、pp.20～23、2013年10月

### 【筆者紹介】

建山 和由（たてやま かずよし）  
立命館大学  
理工学部 教授



## 情報化が導くスマートな建設現場 —事例紹介—

古 屋 弘

我が国の土木施工における情報化施工は、近年では計測や機械施工の分野で数多く使われるようになった。この背景には、各種センサや解析に用いる PC の高機能化、無線 LAN を含むネットワークの普及とその高速化、GNSS (Global Navigation Satellite System) をはじめとする測量機器の普及と一般化、3D-CAD の普及とそれらを用いたアプリケーションの多様化など、情報化施工を支える基盤技術の進歩によるところは大きい。情報化施工は、このような技術を組み合わせ、マシンコントロールなどにも広く活用されるようになった。

これらを支える施策として、国土交通省では 2008 年度からは「情報化施工推進戦略」が開始され、ICT (Information Communication Technology) の積極的な活用が推進され多くの成果を上げつつある。さらに、2012 年からは ICT の活用を基盤として、建築で実績を上げつつある BIM (Building Information Modeling) を土木分野に拡張した CIM (Construction Information Modeling) も推進され、3次元データを用いた新たな情報化が始まりつつある。

本報では、合理的な施工の実施や品質管理の高度化などにおいて用いられている「情報化施工」のいくつかの事例と、近年のトレンドを紹介する。

キーワード：情報化施工, 3次元データ

### 1. はじめに

我が国の土木工事における情報化施工は、これまでは先端的な大規模工事の一部に留まっていたが、近年では計測や機械施工の分野で数多くの場面で使われる機会が増えつつある。情報化施工という言葉の定義に関しては次節で述べるが、現在では情報化施工は ICT の活用を指すことが多く、この普及は、センサ、通信機器、GNSS、レーザーをはじめとする測位機器、PC の高性能化と低価格化が一つの要因である。さらに、近年では LIDAR (Laser Imaging Detection and Ranging) の活用も計測分野で始まっている。

一方、それらとともに設計ツールとして、CAD、GIS が一般化し、施工時のシステムの一つとしても活用されるようになってきた。特に CAD は CALS/EC の推進により電子データの活用の象徴として、紙ベースの図面の電子化に利用されたが、建設プロジェクトの中での 3次元データの色々な場面での活用のツールとして、利用形態が拡張・高度化しつつある。

今回のタイトルにある「スマート」という言葉は、「賢明な」「きびきびした」という意味があるが、さらに「インテリジェント」に近い言葉でもあり、まさしく

土木が情報化施工を用いて変節しつつあることを表すにはふさわしい言葉である。今回は、このようなスマートな事例を紹介したいと思う。

### 2. 情報化施工とは

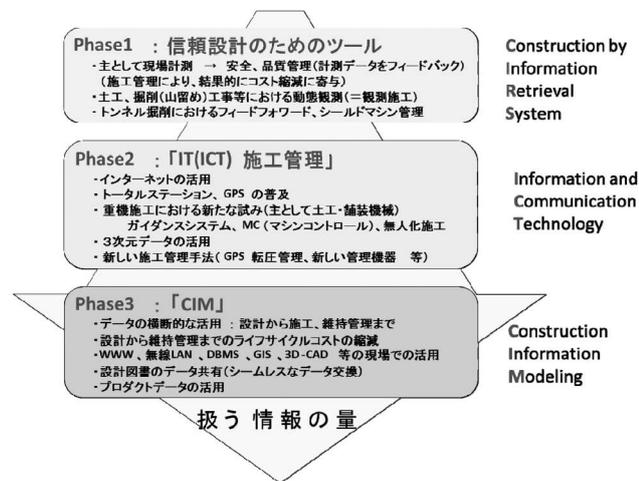
情報化施工という名称は、最近では ICT を建設施工に活用して、高い生産性と施工品質を実現する新たな施工システムの総称として使用されるようになってきた。特に土木工事の分野で、現在我々の多くが認識する「情報化施工」は、2008 年 7 月に公表された「情報化施工推進戦略」<sup>1)</sup>に基づく国交省のプロジェクトにより大きく歩み出し、現在では多くの現場で GNSS を活用した計測やマシンガイダンスなどの情報化施工が実施されるようになってきた。

ところで、土木工事では工業製品の製造と異なり、現地で構造物を作るという特性から、設計は施工現場をモデル化し、施工時に設計で未確定な部分を、技術者が工夫しながら施工を行うことが多い。これは、「設計(未確定の条件をモデル化した予測値)と施工とのギャップを埋め、施工の合理性を追求することにより、経済的な施工を行う」という信頼性設計という概

念であり、土木では「観測施工」と呼ばれることもあり、これが情報化施工の始まりである。土留め（山留め）の仮設構造物の応力・変位計測や、軟弱地盤の沈下・安定管理などが代表的な事例である。

近年では、近年、情報化施工として定義されている、TS (Total Station) 出来形管理<sup>2)</sup> や、舗装・土工重機を中心とした ICT 施工の普及が進みつつあり、さらに、2012 年から始まった CIM<sup>3)</sup> の試行が、新たな情報化施工として定義されつつある。

これらの情報化施工の定義に関して図一にまとめるが、これらは独立した考え方ではなく、ツールやシステムを使って融合することにより、高精度で合理的な施工を行うことが出来ることは言うまでもない。



図一 情報化施工の変遷

### 3. 情報化施工を用いたスマートな現場

情報化施工においては、センサやネットワークの高度な活用により、様々なデータを施工時に活用できるようになり、所定の品質確保や安全性の向上のほか、施工の効率化も実現しつつある。このような ICT に関わる機器の中で、めざましい普及を見せたのが GNSS である。本誌の読者には既知であると思うが、GNSS は図一に示すように、測量に用いられるだけでなく、重機の制御の自動化やオペレータ支援システム、無人化施工システム等、いわゆる「ICT 施工」に活用されている。ネットワーク型 RTK-GNSS の活用により、より手軽に現場適用が出来るようになり、さらに準天頂衛星 (QZSS) も、デシメーターレベルの計測で活用可能になる日も近いであろう。

海外では、道路工事や圃場整備などの造成工事において、3次元設計データを用いた施工が珍しいものではなく、工事規模にかかわらず普及してい



図二 情報化施工の例 (建設機械と測量における ICT の活用)

る。一方、国内でも大規模プロジェクトを中心に、3次元位置情報を利用し、測量および施工から出来形管理の効率化を図った施工事例が報告されているが<sup>4)</sup>、近年では中規模以下の現場でも、特に、舗装・土工における敷均し機械のマシンコントロール (AMC) やマシンガイダンス (AMG) による「丁張りレス」施工の普及がめざましい。

本節では、普及のめざましい GNSS の活用と、携帯端末を用いた情報化施工のシステムを紹介する。

#### (1) 土工事統合管理システム

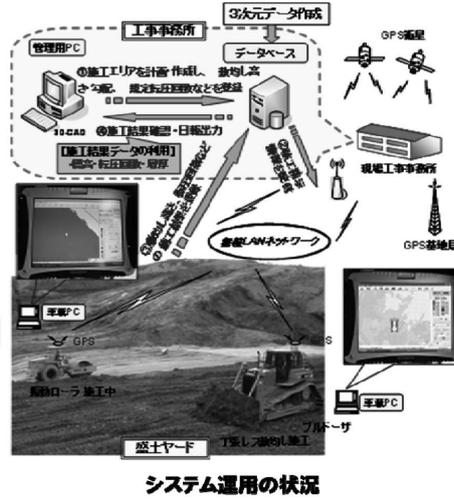
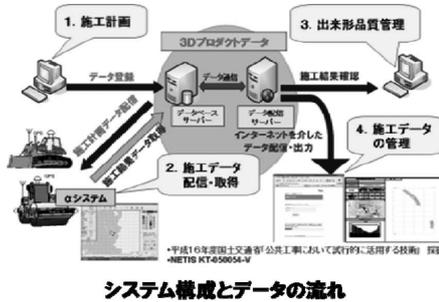
上記の AMC, AMG をネットワークで統合し、データベースを用いて施工管理を行うシステムで、図一に示すような構成である。施工手順 (敷均し・転圧領域) をあらかじめ 3D-CAD で作成し、データベースに格納した後、施工重機側でそれらの計画データをネットワークを介し呼び出し、整然と施工を行うことを可能とする。施工終了後は、施工結果をサーバに送信し、所定の帳票等を作成するシステムである。丁張りレス施工による施工の省力化とともに、帳票作成をクラウドサーバが自動的に行うことができ、施工管理の省力化にも寄与するシステムである。

#### (2) コンクリート自動運搬システム

災害抑止、水資源確保、電力リダンダンシーの点からダム施工が復活しつつある。本システムは、図一に示すように、ケーブルクレーンを用いたコンクリートバケットの制御技術である。従来、重量物であるバケットの制御は、荷下ろし場所への誘導制御に熟練技術を要し、振れを少なくいかに短時間でバケット移動を行うかは、クレーンオペレータの技術に依存していた。この制御を GNSS を利用した位置管理と、バケットの振れ止めのフィードフォワード制御により、最適制御を行うシステムである。このシステムは熟練工不

### 土工事統合管理システム

施工領域を3次元化した後、施工指示を現場の管理システムで一元的に行うもので、現場無線LANやGNSSを活用し、施工指示の確実な伝達、および丁張りレスによる施工の合理化を実現する。



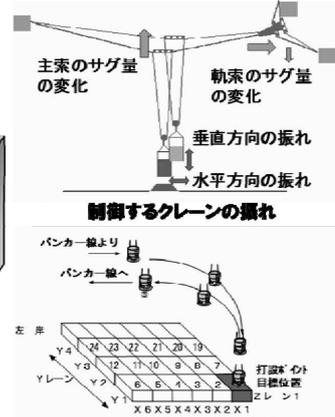
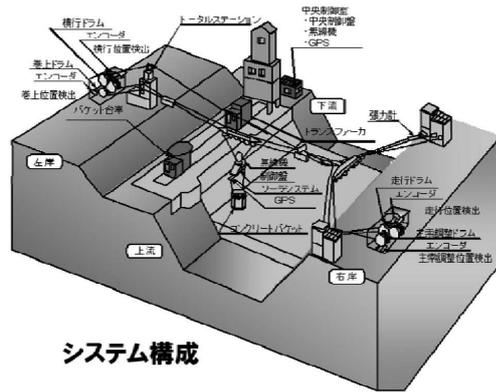
システム構成とデータの流れ

システム運用の状況

図-3 土工事統合管理システム

### コンクリート自動運搬システム

コンクリートバケットをコンピュータからの指令で最適な振れ止めを行いながら打設位置に移動し、打設面での安全を確認してコンクリートを放出するシステム。バケット位置のGNSSによる管理と、過去のパターンに基づく振れ止めのフィードフォワード制御を実施。



システム構成

図-4 コンクリート自動運搬システム

足にも対応し、合理的な施工を可能とした。

#### (3) 配筋検査システム

次節で事例を示す CIM 関連でも、鉄筋の配筋チェック等は、様々なシステムが提案され実施されつつあるが、図-5 に示すシステムは、配筋検査をスマートフォンや iPad などの携帯端末を用いて行うシステムである。端末には、施工場所の配筋図があらかじめ転送されており、検査位置と施工状況をチェック・記録し、所定の帳票を写真とともに迅速に作成するシステムである。立ち会い検査等の物理的制約時間を除くと、施工管理で 40% 程度の省力化を実現した事例もある。

#### (4) その他測量関連の技術

2012 年 3 月に、国土交通省は「トータルステーション

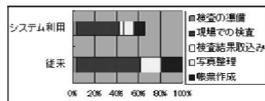
を用いた出来形管理」に関する通達を発令<sup>6)</sup>し、出来形計測における 3 次元データの有効活用を推進しつつある。ICT 活用のメリットは、上記の他、監督・検査の確実な実施や測量の効率化、さらに総合的に品質の確保に繋がるものであるが、TS や GNSS、さらに最近ではレーザー計測が大きな役割を果たし、3D-CAD を用いた出来形管理なども実用化している。図-6 は GNSS を用いた造成工事の出来形計測の概念図である。造成領域の変化点を GNSS の高速スタティック、または RTK でランダム測量し、計測したポイントデータを座標変換した後に 3D-CAD に読み込ませ、出来形を表示するものである。月次ごとのデータの差分も容易に計算することができ、出来形だけでなく出来高管理にも活用可能である。なお、3 次元データは、近年では国土地理院の電子地形図<sup>5)</sup>や航空測

## 配筋検査支援システム

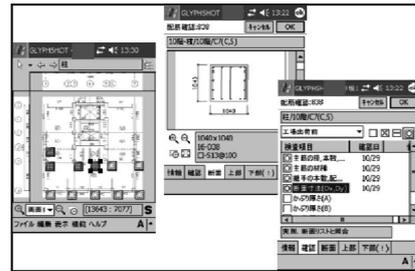
配筋検査における検査作業の効率化と品質管理の向上を図るため、携帯端末(スマートフォンやiPadなど)とデジタルカメラを連携させて、配筋の全箇所・全数検査記録と工事写真を一括管理する。



携帯端末による検査状況

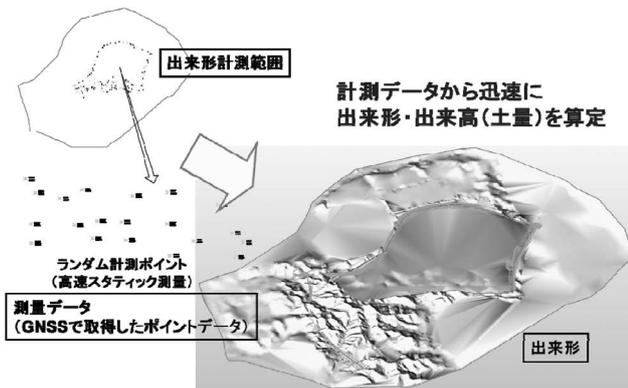


一工区あたりの配筋検査工数の比較

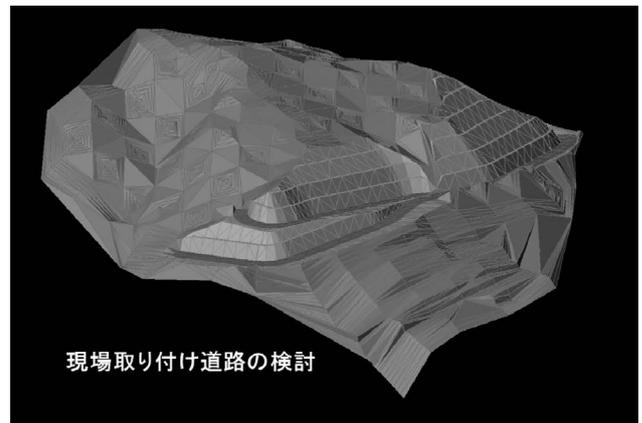


携帯端末による検査内容確認画面

図一五 配筋検査システム



図一六 GNSS を用いた造成工事の出来形計測の概念図

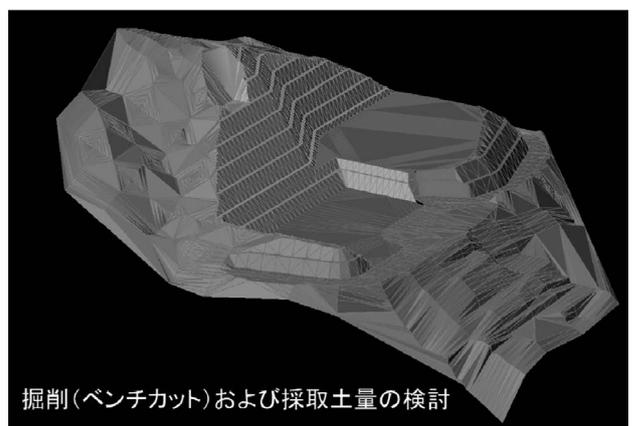


図一七 3次元データを活用した仮設道路の設計

量、さらには旧来の紙ベースの等高線地図からのベクトル変換による地形図などからも取得でき、それらを活用して図一七に示すような仮設道路の検討や、図一八に示す土取場での計画(土量算出も含む)に利用されている。また、掘削土量算出に関しては、地層モデルの3次元化も活用されつつあり、地層モデルから土砂(岩種)別の掘削土量計算にも活用されるようになった。

### 4. 3次元データの活用

3次元データの活用は、施工の効率化や高度化、品質の担保だけでなく、様々な変革を建設プロジェクトに携わるものに与えることが期待され、2012年8月からCIM試行プロジェクトが開始されている<sup>7)</sup>。建設プロジェクトへのCIM適用によるメリットは、試行プロジェクトによって明らかにされるであろうが、



図一八 3次元データの工程計画への活用(土量計算含む)

建築で近年急速に導入されつつあるBIMを用いたプロジェクト管理よりも多岐にわたることが予想される。ところでCIMの基本的な概念は、土木では3Dプロダクトモデルの活用などが報告されている<sup>4)</sup>。こ

れらは3次元データを積極的に活用し、調査・設計データに施工中の数々の情報を付加し、施工中は工程・品質などの管理や資機材調達支援を円滑に行い、納品後の維持管理にもこれらの情報を生かそうとするものである。CIMの活用イメージを図-9に、概念モデルと3次元データの関わりは図-10に示す。

CIMの試行においては、可視化による作業員のみならず近隣住民との合意形成や、施工シミュレーション

による不具合・不整合の事前チェック、数量計算などに活用され、成果が報告されている(図-11参照)。今後はプロダクトモデルとして、施工中の工程や原価管理にも活用されることは容易に想像できるが(4D, 5D管理)、さらに、他のアプリケーションとのデータ交換もXMLやIFC(Industry Foundation Class)を用いて実施され、建設プロジェクトの変革が期待されている。

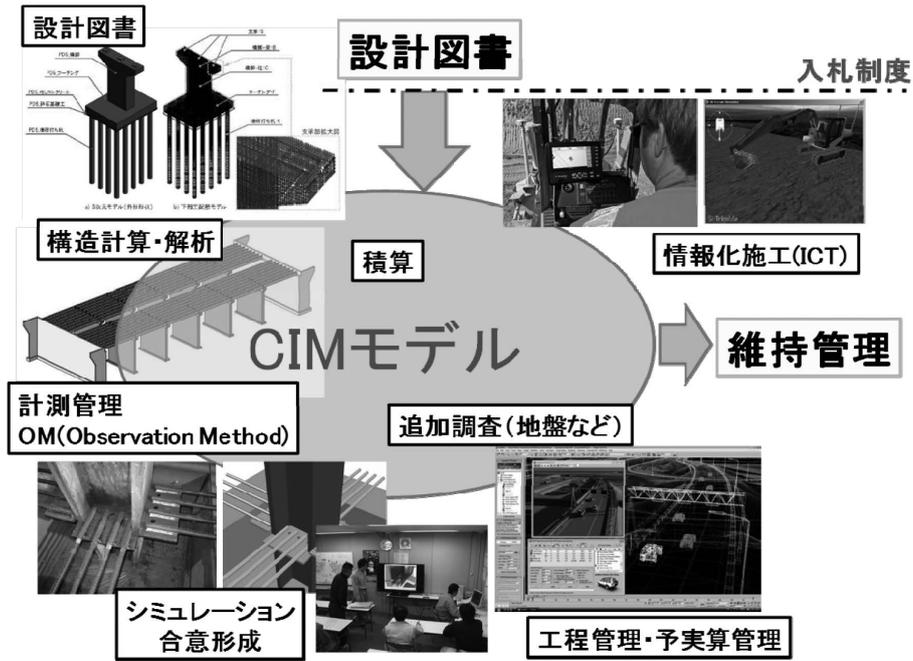


図-9 CIMの活用イメージ

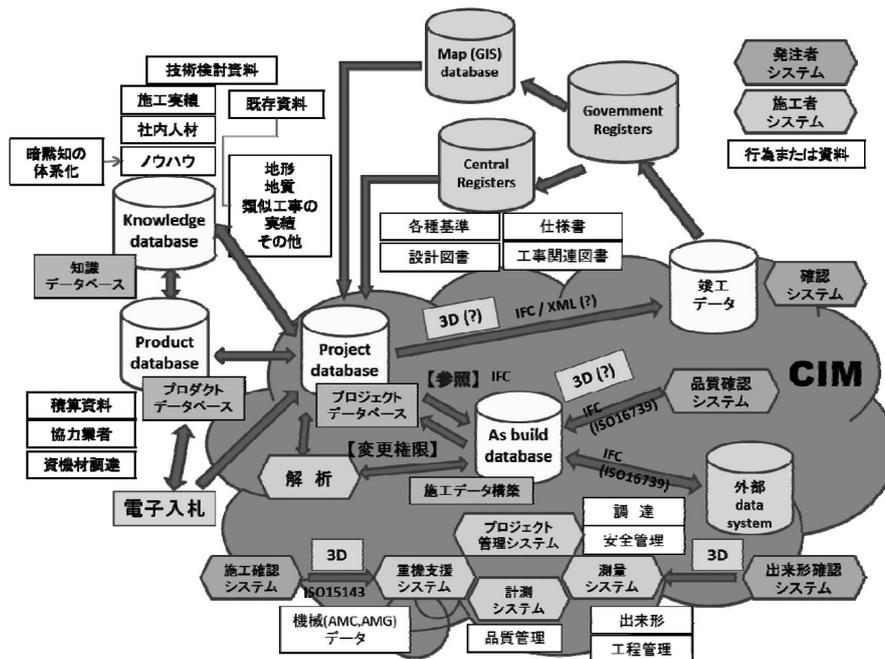
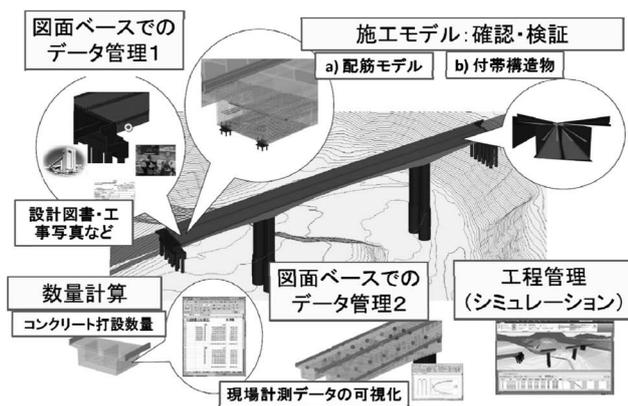


図-10 CIMのデータ交換と3次元データ活用のイメージ



図一 11 橋梁工事における施工シミュレーションと計測データの表示

### 5. 新しい3次元データの活用技術

以上のように、ICTやCIMにおいて3次元データは根幹をなし、それに基づき作成されたアプリケーションとその活用事例を示した。本節では3次元データの取得と活用における最新のトレンドを2つ紹介する。

#### (1) UAVによる地形測量

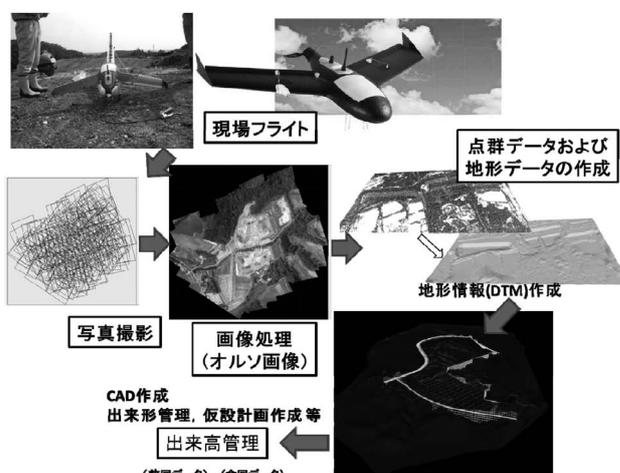
筆者は2012年3月に研究開発の中で、地形データ取得の一つの手法として、無人航空機(UAV: Unmanned Aerial Vehicle)を導入し、幾つかの現場での実験を実施している。現場の地形計測では、従来から行われている測量に加え、TS、GNSS(GPS)、レーザー測量、航空測量などは従来通り利用されているが、UAVは機動性に優れ、フレキシブルな活用が可能となるなどのメリットが大きい。UAVには今回紹介するSTOL(飛行機)タイプとVTOL(垂直離発着: 図一12)タイプがあるが、今回紹介するUAV(STOLタイプ)は、あらかじめ撮影エリアを設定しておく、自動でフライト計画を設定し、指定されたエリアを撮影後に指定した場所へ戻ってくる(目視出来ない範囲でも利用可能)。UAVによるデータ取得の概要を図一13に示す。取得データはオルソ写真で、撮影後、地上既知点データ等とマージするとともに、画像処理(ステレオ化)し(図一14参照)、その後デジタルデータ(DTD)として出力する。データ結合までならば飛行後30分、詳細データは約8時間程度で処理が終了し、3D-CADなどで利用可能なデータを生成する。

UAVはこのような地形測量のみならず、災害時の情報収集や、人間が行きにくい場所の点検診断にも活用が広がりつつあり、今後、活用事例は各方面で益々増えるものと考えられる。

#### 産業用マルチコプター



図一 12 VTOLタイプのUAVの例



図一 13 UAVを用いた地形データの取得



図一 14 UAVによるオルソ画像(データ結合後の3次元写真)

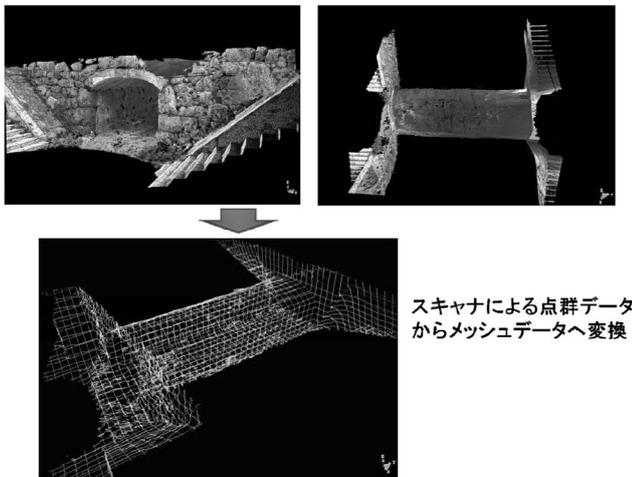
#### (2) レーザースキャナの活用

レーザースキャナ自体の歴史は古く、固定式のレーザースキャナは1980年代には製造や物流現場で活用が始まっていた。しかし、機器が大きく高価であったことから、建設分野での利用など到底考えられなかった。しかし、近年、機器の大幅な小型化と高性能化、および価格の低下により、色々な分野での活用が始まっている。

建設関連でレーザースキャナが威力を発揮したのは、歴史的建造物などの記録(修復のための事前計測

のみならず、歴史的建造物をデジタル化して記録)<sup>8)</sup>であった。その後、工事に伴う家屋調査や、斜面・構造物のモニタリングなど用途を広げつつある。図—15には石垣および横断トンネルの修復に伴う事前調査の事例を示す。一般構造物と異なり、形状が多様な石垣に関しては、事前に状態を記録することはこれまで困難な作業であったが、レーザースキャナを用いることにより、詳細で正確な記録も可能となった。また、計測した点群データは、図—15に示すようにメッシュデータへの変換等を行い、計測管理や解析への活用も行なわれている。さらに、モニタリングへのレーザースキャナの活用も増えつつあり、計測した点群データの時刻歴差分から変位を計算したりすることも可能である。

レーザースキャナは、仮置土量の算出などにも利用され始めており、近年では施工中のスキャンデータから出来高算出や、構造部材のチェックを行う試みも行われつつある。また、LIDARの活用も始まっておりMMS (Mobile Mapping System) で、道路などでの既存インフラの計測に利用され始めている。



図—15 スキャンされたデータの活用例  
(点群データ→メッシュデータ→構造解析)

## 6. おわりに

スマートという言葉の意味は、「はじめに」でも触れたが、さらに「情報処理機能を持つ」という意味も含まれることがあり、まさに情報化施工による土木工事の変革にふさわしい言葉であると思う。

ところで、筆者は情報化施工の根底には3次元データの活用があると考え始めている。建設にかかわらず、我々は当然ながら3次元の物体等に触れ、それら

を組み立て、構造物を構築しているわけであるが、これまでは設計や施工管理は2次元で行っていた。3次元データの有用性は認めつつ、それを扱うツールが乏しかったためであるが、近年の急速な技術の進歩により、今までよりも容易に3次元データを設計・施工で扱えるようになってきた。これらは施工時のみならず維持管理にとって有用なデータに成りうる。また、それを実行する情報化施工システムは、災害時や点検・維持・管理、リニューアル工事に活用される場面も想定される。

情報化施工システムを高度化し、より使いやすいものにすることによって、合理的で高精度な施工を行うことは技術者の使命である。ただし、情報化施工の適用に当たっては、従来方法と異なる管理も必要となることが多く、これに関しては技術者全体で考えていくべき課題であると考ええる。さらに、技術者としては、施工精度の向上や効率化と施工管理の省力化を従来技術と比較し、施工規模や技術導入に係わるコストと施工上のメリットを十分検討の上、情報化施工導入にあたっては、総合的な判断を行うことが必要である。

## 謝 辞

レーザースキャナのデータは、関西工事測量(株)から提供頂きました。

JICMA

## 《参考文献》

- 1) 国土交通省：http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha08/01/010221\_4\_html, (2014.2 現在)
- 2) 国土交通省：河川・海岸・砂防土工、道路土工の工事でトータルステーションを利用する場合の出来形管理要領, 2012.3.29.
- 3) 国土交通省：土木・建築にかかる設計の基本, 2002.10.
- 4) 古屋 弘・千葉洋一郎：3Dプロダクトデータを用いた土工事施工支援システムの開発と現場適用, 第29回情報利用技術シンポジウム論文集, Vol.13, pp.243～250, 2004.10
- 5) 国土交通省国土地理院：http://www.gsi.go.jp/kibanjoho/kibanjoho40030.html, (2014.2 現在)
- 6) 国土交通省：通達「情報化施工技術を活用した施工管理及び監督・検査について」, 2012.3.29.
- 7) 国土交通省：情報化施工推進会議（第10回）CIMの導入検討について, www.mlit.go.jp/common/000221538.pdf, (2013 現在)
- 8) 和田雅昭ほか：3Dレーザースキャナによる函館漁港船入潤防波堤の3次元計測, 平成18年度日本水産工学会学術講演会講演論文集, pp.207-210, 2006.

## 【筆者紹介】

古屋 弘 (ふるや ひろし)  
 (株)大林組  
 技術研究所 生産技術研究部  
 主席技師



# 情報化施工を支える最新技術

## 電子制御式建設機械と施工における活用の可能性

周 藤 健

情報化施工の普及に伴いマシンコントロールやマシンガイダンスといった建設機械を制御するシステムは一般的になってきた。また、GNSSなどの測位システムと建設機械を連動させた技術も最近では大規模現場に限らず見られるようになってきた。

これらは、建設工事の進化と同時に、建設機械の電子制御化に伴う新しい施工ツールの登場や、インフラの発達による技術革新にも大きく影響している。

また、合理化施工と現場マネジメントを目的とし、車両に内蔵されたセンサや通信システムを使い稼働中の現場を遠隔で管理する技術が海外では一般化している。

これらの技術に関連する、最新機械技術に関して紹介する。

キーワード：建設機械、情報化施工、電子制御、GNSS、ICT、遠隔管理

### 1. はじめに

近年の建設業における技術革新の一つに情報化施工がある。いわゆる急速に進化するICT技術を現場施工に適用していく施工技術の総称である。

情報化施工は、国内の建設業に関連する諸問題を技術的な側面から解決する可能性がある技術として着目されている新しい現場管理手法である。国土交通省に代表される官主導による導入促進も効果を発揮し、現在では大型工事に限らず広く認知され、様々な工事において採用されている。現在では3次元データを有効利用し、設計から検査、電子納品までを包括するCIMという大きな建設プロジェクトの一角として位置づけられている。これらのプロジェクトを進めるために、特に現場では、施工に関連する記録を正確にかつリアルタイムにデータ化することが求められてくる。情報化施工を導入し、それによる効果を得るためには現場のデータを如何に読み取り、それを有効利用できるか、といった新しい管理能力が求められてくる時代となっている。

このような建設工事の技術的な進化は、海外でも同様に進んでいる。大規模な土木工事に限らず鉱山などの現場管理を行う際、ICTや通信を利用した技術は特に効果的である。

現場で稼働する建設機械と管理する事務所とを通信システムを使用して繋ぐ技術を、コネクテッドテクノロジーと称し、新たな建設機械の技術として、新しい製品が登場している。

### 2. 建設機械の電子制御化

このような建設機械のICT化の大きな背景に、建設機械の電子制御式への変化があげられる。従来、建設機械の作業装置は油圧により機械的に動作する仕組みであったが、最近では電子信号により油圧装置を動作させる電子油圧制御式が一般的に採用されてきている。機械の操作信号に限らず、車両自体の情報もすべて電子回路により車載されたコンピュータで制御可能な仕様となっている。

これらの仕組みを利用した代表的なアタッチメントとして、ブルドーザやモータグレーダに代表されるマシンコントロールシステムがある。通常、オペレータが操作レバーにより動作させるブレードを、別の信号により操作させるシステムである。GNSSや自動追尾型トータルステーションといった測位システムからの情報をソフトウェアにより解析し、その信号によりブレードを自動でさせるシステムである。

最新の建設機械では、このようなシステムを必要に応じてアタッチメントとして使用できるように、車両にセンサや測量機器を直接接続でき、簡単に自動制御システムを使用できるようになっている。

最新のブルドーザとモータグレーダについては高精度マシンコントロールシステムである「アキュグレーダシステム」を装着可能な対応仕様機を標準化した。これらはマシンコントロール用の配線や接続端子を標準装備した仕様となっている。世界におけるシステム

の装着頻度が増加したことによる標準化であるが、車両は専用機としてではなくアタッチメントとしてのシステム装着が可能な仕様として、必要に応じて様々なシステムを装着できるようになっている（図-1、写真-1）。

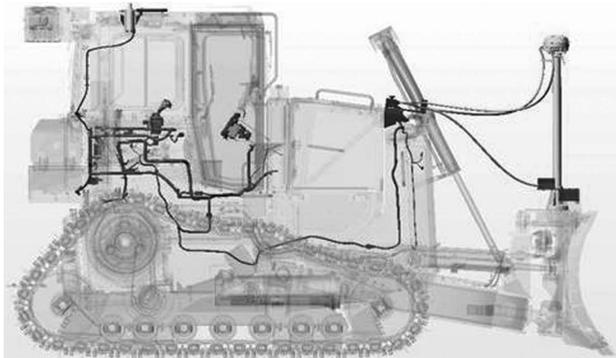


図-1 アクユグレード・レディ・システム配線図



写真-1 アクユグレード搭載ブルドーザ

さらに、最新の小型ブルドーザには走行中の車両姿勢の変化に合わせてブレードを自動制御で一定に保つステイブルブレードシステムを標準で搭載している。このシステムは測位システムなどを使用せず、車体に内蔵された傾斜センサでリアルタイムに姿勢を計測し、その傾きによるブレードの動きを自動で補正するシステムとなっている。データ作成や高機能測量器の知識がなくとも簡単に使用することができる。特に整地の段階で効果的に機能するシステムである（図-2）。



図-2 ステイブルブレードシステム模式図

### 3. ブルドーザの電子制御技術

情報化施工に関連する技術としては、このような測位システムやセンサを使用し品質の向上や施工効率の向上を計る技術が一般的に知られているが、従来から電子油圧制御式の中大型ブルドーザにおいては、通常のドーピング作業をアシストする油圧自動制御システムが搭載されている。

これらの機能はブルドーザに内蔵されたセンサにより車両やブレードを自動制御するものである。これらはグレードコントロール仕様としてブルドーザに標準で装備されている。車体に内蔵したセンサやリフト及びチルトシリンダに内蔵したセンサからのデータによりブレードやリッパを制御するものである。このグレードコントロール仕様に、様々な電子制御システムをオプション装着することが可能となっている。車速や履帯のスリップを計測しブレードを自動制御するオートキャリーシステムや、作業に合わせてブレード角度を調整可能なオートブレードアシスト機能などを組み合わせて効率的な作業を行うことを可能とする。また、車速やスリップの計測によりリッピング時のスリップを最小限に抑えるようにシャンクの制御が可能なオートマチックリッパコントロールシステムも組み合わせて使用すると効果的である（図-3、4）。

海外ではより簡易的にマシンコントロールを使用する目的で、上述したブルドーザのグレードコントロー



図-3 ブルドーザのオートマチックシステム操作パネル



図-4 海外仕様のグレードコントロール仕様ブルドーザ

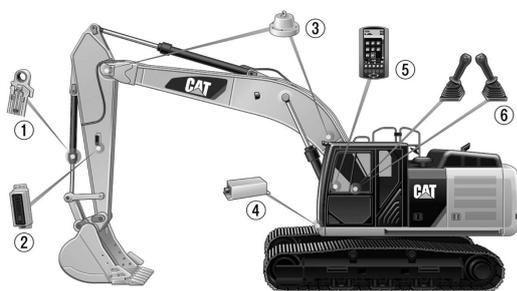
ル仕様機にGNSS測位システムを連動させたグレードコントロール3D仕様機もリリースしている。車両にGNSSアンテナを2台設置し位置と方向を計測するマシンコントロール仕様機である。前述したアキュグレードシステムのようにブレードを直接計測しないため敷均し精度は低い、海外では鉱山のような大規模現場を中心とした大型機による施工で利用されている。

#### 4. 油圧ショベルのガイダンスシステム

油圧ショベルにおいては、マシンガイダンスシステムと呼ばれる施工ナビゲーションが一般的に知られている。車両に内蔵されたセンサにより車体や作業装置の動作を計測し、バケット位置と設計データとの位置関係を確認しながら施工を行うシステムである。

従来は車両の各部材に後付けでセンサを取り付ける仕様が一般的であったが、最近は車両本体にセンサが内蔵された専用機が登場している。後付けで機器を装着するよりも低コストでシステムを導入可能である。また、車両と一体化で設計された純正システムであるため、車両の電子制御システムと連動しているというメリットがある。従来から油圧ショベルの動作をセンサで計測する技術はあったが、ショベルクレーンシステムの重量計測やEフェンス機能といった作業装置の危険回避システムなどに使用されてきた。これらの内蔵センサを計測精度の高いものに変更しているため、ガイダンスシステムと併用して使用することを可能としている(図-5)。

現在グレードコントロール仕様機として、2Dガイダンスシステムを搭載したモデルを国内で展開してい



- ① ストロークセンサ付バケットシリンダ
- ② レーザー受光器
- ③ 角度センサ
- ④ ピッチ/ロールセンサ
- ⑤ Catグレードコントロール搭載 標準モニタ
- ⑥ モジュールーションスイッチ付操作レバー

図-5 グレードコントロールシステム構成図

る。さらに3Dシステムと連動した設計を採用しているため、GNSSなどの測位システムを簡単にアップグレード装着できる。施工内容や費用に合わせシステムを選択することができるため、情報化施工の導入をより身近にした(写真-2)。



写真-2 マシンガイダンスによる施工状況

#### 5. 車両情報の遠隔管理

4章で説明したように、海外では車両のデータを施工に活用する方法は一般的になっている。主に施工の効率化や施工品質を保証するためのツールとしての利用が一般的である。主に、前述したマシンコントロール仕様機との設計及び施工記録データの交換や振動ローラなどの締固め機械による施工データの記録が一般的である。これらは、現在国内で行われている情報化施工の内容に近く、振動ローラにGNSS測量器を搭載し、加速度計により地盤剛性を測定する手法は米国を中心に一般化されている(写真-3)。



写真-3 海外のGNSS対応の振動ローラ

また、このような現場で行われる様々なICT技術を、通信を利用して事務所で管理する方法は最近では

一般的である。現在、国内で推進されている CIM と同様な電子データを利用したプロジェクト全体の管理であるが、3次元の設計データを有効活用するだけでなく、現場の施工データを積極的に記録してリアルタイムに管理していることが特徴である。

通信環境の発達や GNSS の利用環境は大幅に向上しているため、GNSS を利用したシステムがラインナップ毎にアタッチメントとして設定している。これらは車両に標準で搭載されているモバイルを使用し、遠隔にある事務所において車両管理システムを使用し管理を行う。

例えば、ダンプトラックや振動ローラなどは、現場でのリアルタイムな稼働状況や1日の稼働データなどの管理を行う。車両自体が電子制御化されているため、車載のコンピュータを介して様々なデータを管理することが可能となっている (図-6)。

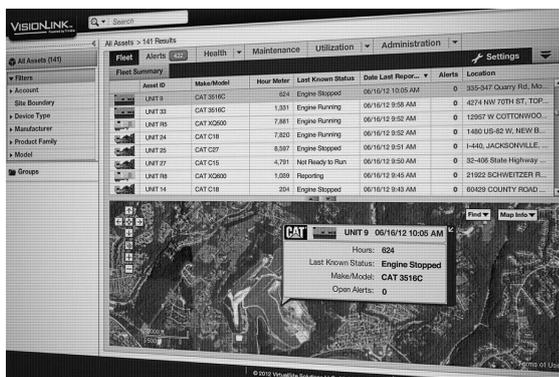


図-6 車両の遠隔管理システム：海外

従来は、燃料の消費量や稼働時間を現場管理に使用したり、もしくはメーカーのサービス担当者が機械のメンテナンスに車両情報を使用する目的での利用が多かったが、最近では車載センサで計測した積載量やGNSSで記録した稼働記録を、現場の3次元測量データと連動させて土量のトレーサビリティ管理に使用するなど、データは多岐に使用されている。

現在、このようなプロダクトリンクという通信を利用したソリューションを全世界に展開している。

## 6. おわりに

本稿では、活用の機会が増加している情報化施工に関連する建設機械技術について紹介した。

情報化施工は、従来にない革新的な技術として扱われる場合も多いが、今回紹介したように技術の進化によって必然的に一般化が進んでいくと思われる。

現在、建設機械に関する技術は施工の合理化や品質の向上に貢献する技術がフォーカスされている。従来の施工を革新的に変える技術との期待が有るが、従来の施工を補うツールとして柔軟に使用することが必要である。

さらに、現場の効率化を行うためにはプロジェクト全体の管理が必要になる。マシンコントロールなどの施工ツールも、3次元設計図を利用したプロジェクトの中で使用することで本質的な効率化が実現する。

現在、積極的な推進が行われている CIM プロジェクトへの期待も大きい。3次元設計データを作成することが CIM であるといった誤解もあるが、現場を管理するために必要な情報の収集とフィードバックが先ず重要な作業となってくる。

建設機械のシステムを使用した管理などは、従来は積極的に行われていなかったが、CIM のような現場管理が一般化することで、より正確な管理が求められると思われる。

当社としても、CIM のような新たな現場管理手法に適用可能なシステムの構築や開発を今後も積極的に行っていく所存である。また、実際の現場で数多く試行しながら施工管理に必要な技術を現場からフィードバックし、技術を改善していきたいと考えている。

JICMA

### 【筆者紹介】

周藤 健 (すどう けん)  
キャタピラー・ジャパン(株)  
市場開発部 市場開発グループ



# 油圧ショベルマシンガイダンス

## MOBA 社製 Xsite シリーズ

島 村 明

近年、建設 ICT の急速な普及により、情報化施工への要求が高まっており、その中でも比較的新しい油圧ショベルのマシンガイダンス技術については、様々な工種への適用が期待されている。本稿では、昨年度より日本市場に投入を開始した、MOBA 社製油圧ショベルマシンガイダンス「Xsite」シリーズ（以下「本シリーズ」という）について、その概要と機能について紹介する。

キーワード：マシンガイダンス, 2D, 3D, 情報化施工, GNSS, 油圧ショベル, 法面整形, 盛土均し, 浚渫

### 1. はじめに

情報化施工への要求は、建設 ICT の普及により年々高まっている。既に広く普及している、TS/GNSS による締固め管理技術や、TS 出来型管理はもちろん、ブルドーザーのマシンガイダンス/コントロール技術も一般技術として標準化されつつある。油圧ショベルのマシンガイダンス技術も同様であり、元来のマシンの汎用性から、様々な工種への適用が期待されている。本稿では、ドイツのマシンガイダンス技術である”本シリーズ (図-1)”について紹介する。



図-1 本シリーズ

### 2. システム概要

MOBA 社はマシンコントロール/ガイダンスシステムの開発・販売、ならびに重機用の各種センサーを開発・販売を行っているドイツの会社であり、国内では舗装機械用のセンサーメーカーとして知られてい

る。本シリーズは、フィンランドやスウェーデンなど北欧を中心としたヨーロッパ各国において広く販売されている製品であり、その製品を日本市場向けに、ローカライズしたものである。油圧ショベルの汎用性を考えて、様々な現場のニーズにこたえるべく3つのラインナップが用意されており、国土交通省の NETIS にも登録済みである (KT-130063-A)。

ガイダンスの基本となるセンサーは、3つのラインナップともに共通であり、さらに全部の角度センサーが同じ三軸の 360°センサーを採用している (図-2)。メンテナンス性の向上は無論、センサーの計測範囲に制限がないため、油圧ショベルがどのような姿勢でもガイダンスが可能である。

角度センサー : G1 sensor



計測軸 : X, Y, Z (三軸)  
計測範囲 : 360°  
分解能 : 0.05°  
温度 : -20°C ~ +60°C

図-2 角度センサー

バケット (またはバケットリンク)、アーム、ブーム・車体に角度センサーを取り付け、各部分の長さを正確に計測ののち、キャリブレーションを行うことにより、刃先の位置を正確にガイダンスを行うことが可能となる (図-3)。本シリーズには EASY, LINK, PRO の3タイプありその各タイプについて、以下詳述する。

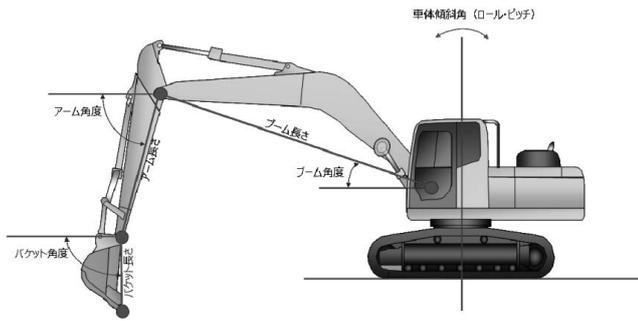


図-3 ガイダンスの原理

(1) EASY

EASYは、エントリーレベルの2Dマシンガイダンスである。小型のモニターとLEDディスプレイにより、オペレータに視覚と聴覚（音）によりガイダンスを行う。重機を選ばず設置が可能であり、モニターも小型軽量であるため、小型の油圧ショベルにも設置が可能である（図-4、写真-1）。



図-4 Xsite EASY モニター



写真-1 キャビン内への設置状況

EASYの主な機能は以下の通りである。

- ・掘削距離、深さの計測
- ・設定した平面（斜面）と刃先の距離ガイダンス
- ・回転レーザーによる高さ管理機能
- ・バケット向き表示
- ・警告音によるガイダンス
- ・LED表示器による高さガイダンス
- ・作業中の各種警報機能

油圧ショベル作業中の各種警報機能については、最

高点の高さ警報に加え、深さ方向の警報、距離方向の警報機能を有しており、制限された場所での安全作業の確保に有効である。

図-5に各種作業警報機能の説明図を示す。図では設定した上限ラインを超えた“高さ警報”と、バケットの近接ラインを超えた“近接警報”が作動している状態である。高圧線や橋梁下など、上空に制限のある場所での施工の安全確保や、埋設物上部での掘削作業の安全確認に、本機能は有効である。

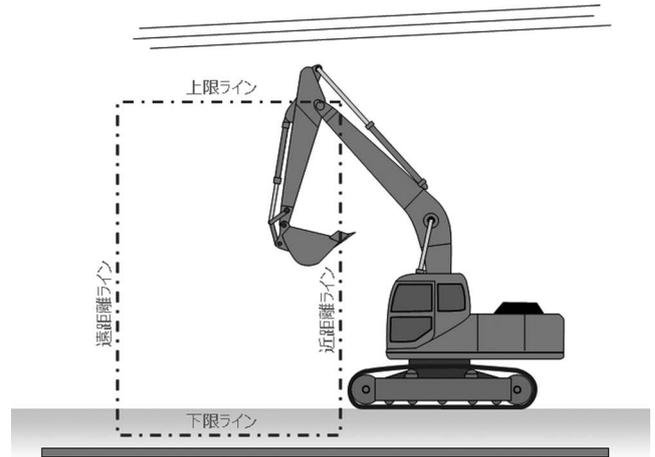


図-5 各種作業警報機能

(2) LINK

LINKは、簡易3D機能を装備した2Dマシンガイダンスである。Xsite EASYの全機能に加え、グラフィカルな画面表示によりオペレータによりわかりやすいガイダンスを提供することができる。キャリブレーションについても、ウィザードに従い進めていくことで簡単に行うことができる。

また、LINKはGNSS受信機を接続することが可能であり、重機のモニター上で作成した設計面に対する3Dガイダンスを行う機能を搭載している（図-6、



図-6 LINK モニター



写真—2 キャビン内への設置状況

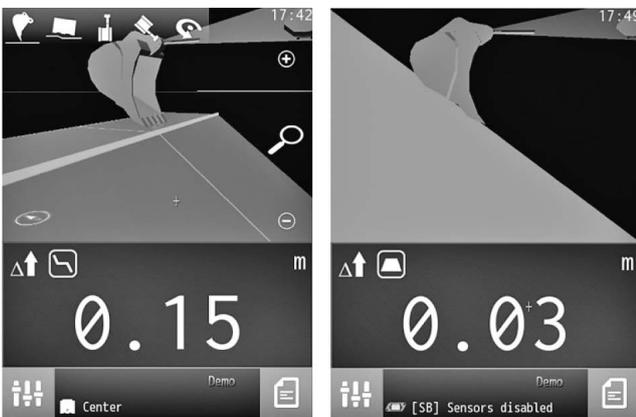
写真—2)。

ガイダンスを行う際には、重機モニター上で設計面の設定を行う。勾配や法肩・法尻などを画面の指示に従って入力していくことで簡単に設計面の入力が可能である(図—7)。



図—7 設計面の入力画面

LINK では、入力した設計面に対し、現場の基準(丁張り・水糸など)、回転レーザー、ならびにGNSSを利用したガイダンスを行うことができる。



図—8 ガイダンス画面

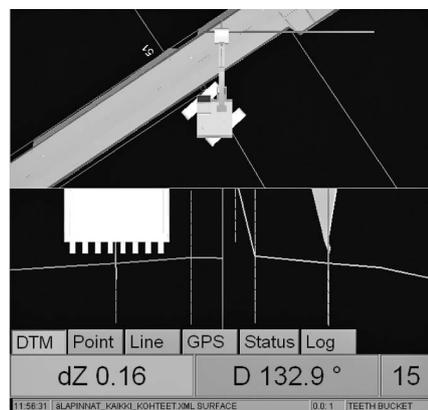
### (3) PRO

PRO は、フルスペックの3Dマシンガイダンスである。3Dガイダンスとしての基本機能はもちろん、三次元の設計データ(DXF, LandXML)を、直接入力することができるため、普及しているCADソフトや情報化施工ソフトウェア(TS出来型管理ソフトウェアなど)で作成した設計データを、そのまま利用することが可能である。また、測位センサーとしてGNSS(シングル・デュアルアンテナ)、トータルステーションを使用することができるため、様々な場面での運用が期待できる(図—9)。



図—9 PRO モニター

バケット・車体の3D表示によるガイダンスに加え、バケットの正面・側面からの表示を拡大してガイダンスを行うモニターを分割表示することも可能である。また、他の2つのタイプと同様に、LED表示モニターによるガイダンスもできる(図—10)。



図—10 ガイダンス画面

### (4) 機能比較

本シリーズの機能比較を表—1に示す。

表一 機能比較表

適用工種

	EASY	LINK	PRO
法面掘削・整形	○	○	○
レベリング・仕上げ施工	○	○	○
河道掘削・浚渫	○	○	○
トレンチ掘削	○	○	○

運用方法

	EASY	LINK	PRO
丁張り等	○	○	○
回転レーザー	○	○	○
GNSS (シングル)	-	○	○
GNSS (デュアル)	-	-	○

システムの機能

【基本構成】	EASY	LINK	PRO
タッチパネル	-	○	○
角度センサ	○	○	○
車体傾斜センサ	○	○	○
第2ブームセンサ	○	○	○
チルトバケットセンサ	○	○	○
レーザー受光器	○	○	○
LED モニター	○	○	○
GNSS (シングル)	-	○	○
GNSS (デュアル)	-	-	○
【2D 機能】	EASY	LINK	PRO
深さ・距離・勾配計測	○	○	○
レーザーを使った施工	○	○	○
プロファイル作成	-	○	○
【3D 機能】	EASY	LINK	PRO
3D モデル作成	-	○	○
2D 図面入力	-	-	○
ポイント入力	-	○	○
3D モデル入力	-	-	○
ポイントデータ保存	-	○	○

### 3. システム導入例

本シリーズは、2012年後半から日本市場に投入し、既に数多くの導入実績を有している。主な導入現場は下記に示す通りである。

- ・道路盛土法面整形
- ・道路切土法面整形
- ・築堤法面整形
- ・河道掘削、浚渫
- ・ロックフィルダム築造
- ・盛土均し

ブレイカーによる掘削や、センサーが水中に没するといった過酷な現場であっても、システムの故障例は上がっておらず、安定した運用ができています（写真—3～8）。



写真—3 築堤工事での導入例



写真—4 切土施工での導入例（ブレイカー使用）



写真—5 河床掘削での導入例



写真—6 システム設置状況（0.25 m<sup>3</sup> クラス）



写真一七 システム設置状況 (1.25 m<sup>3</sup> クラス)



写真一八 運用中のモニター画面

#### 4. おわりに

土木建設業界における ICT 技術の活用は、今後更に発展していくことが予想され、油圧ショベルのマシ  
ンガイダンスに対する要求は増加していくことが考え  
られる。本シリーズ Xsite シリーズは、日本市場向け  
のローカライズだけでなく、日本市場の要求を組み込  
んだ形で発展させていく考えである。

J|C|MA

##### [筆者紹介]

島村 明 (しまむら あきら)  
ジオサーフ(株)  
GNSS デイビジョン  
デイビジョンマネージャー



# 情報化施工を活用した 3D 盛土情報管理システム

岩谷 隆文・佐藤 靖彦・田中 勉

盛土工事において ICT を利用することにより、施工時に必要な情報を簡易かつスピーディーに取得することが可能となった。また、盛土は立体的な構築物であるため、施工中の情報を三次元的に管理し、盛土全体として状況把握することが望ましいと考えられる。

そこで、盛土を三次元ブロックによりモデル化し、ICT より得られる転圧回数、盛土材料、沈下量といった施工情報を一元的に管理するシステムを開発した。本システムにより、盛土の施工管理を施工情報の三次元「可視化」と情報の検索機能によって効果的に管理することが可能となった。本稿では、システムの概要および機能と特徴、現場での運用例について報告する。

キーワード：盛土, ICT 施工, 3次元モデル, 施工データ管理, CIM

## 1. はじめに

近年、土木工事においても GNSS などの情報通信技術 (ICT) を利用した施工が普及している。ICT の普及は、土木工事の生産システムの合理化を図る上で重要な役割を担うことが期待されている<sup>1)</sup>。

盛土工事でも、転圧回数管理を行う「転圧管理システム」やブレードを自動制御する「マシンコントロールシステム」などに利用されている。ICT の導入により、盛土施工は従来よりも高速かつ効率的な施工が可能となった。これに比例するように取り扱う情報量は、以前よりも膨大な量となり、それらの情報を効率的・効果的に利用することが現在の課題となっている。

盛土を管理する上で、「いつ、どこで、どのような施工を行ったか」という情報を適切に管理することが非常に重要である。これらの情報を「時間情報」と「空間情報」、「施工情報」として図-1のように取り扱い、一元的に管理することで、施工に携わった誰もが簡単に情報閲覧でき、工事の意思決定のスピード化、さらには維持管理段階への利活用にも期待できる。

「時間情報」、「施工情報」は、ICT により得られる膨大な情報量の中から必要な情報を取り出し、利用することで、情報の取得から管理までの手間を大幅に短縮することができる。

「空間情報」では、盛土を管理する場合、面的管理のような平面的なものではなく、実際の盛土が立体的な構築物であることから、立体的なものにすることに

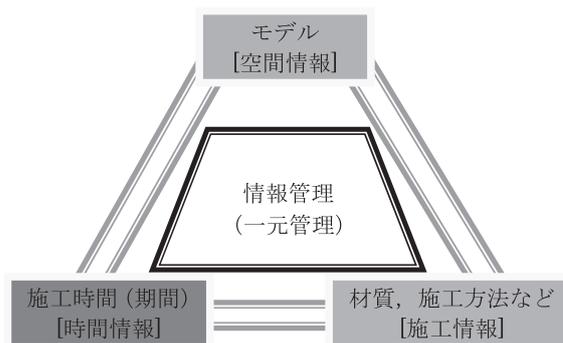


図-1 施工に係る情報管理

より、従来の管理手法よりも盛土全体を正確かつ容易に管理することができる。

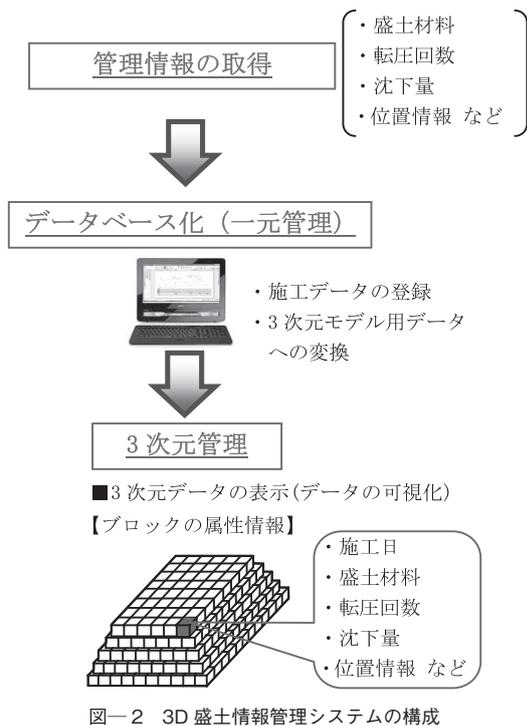
筆者らは、これらの考え方から盛土の施工管理に必要な情報を「転圧管理システム」と動態観測から取得し、3次元モデルと連動させることで、盛土を効率的に管理することができる「3D 盛土情報管理システム」を開発した。次に、開発したシステムの概要および機能と特徴について説明する。

## 2. システムの概要

### (1) システム構成

開発したシステム構成を図-2に示す。本システムの柱は以下に示す三つである。

- ①管理情報の取得
- ②管理情報のデータベース化



図一2 3D 盛土情報管理システムの構成

③管理情報の3次元管理 (情報の可視化)

①では、盛土を管理する上で重要となる盛土管理情報を取得する。管理情報は、「時間情報」である施工日、「施工情報」である盛土材料、転圧回数、沈下量などである。②では、取得した管理情報を外部データベースにより管理する。データベースは、3次元モデル用データへの割付け・変換機能を有している。③では、管理情報を3次元表示することにより、管理用データを「可視化」することができ、より盛土施工をスピーディーかつ容易に把握することができる。

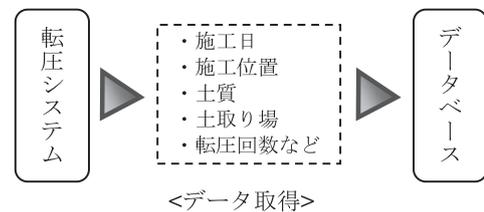
次に、本システムの特徴を以下に挙げる。

- ・必要情報の取得からデータベース化までの半自動化を可能にし、情報整理の手間を大幅に軽減できる。
  - ・盛土材料の使用箇所、施工状況（転圧回数、地盤剛性値）を3次元上で一元管理でき、施工のトレーサビリティが確保できる。
  - ・盛土施工の進捗状況を3次元的に把握できるため、視覚的に状況が判断でき、次ステップの施工計画を立てやすい。
  - ・動態観測と一元管理できる。計測データの傾向と盛土材料・施工状況との対比が直接確認・把握できる。
- 次に、本システム構成の内容について説明する。

(2) 盛土管理情報の取得, データベース化

本システムでは、転圧管理システムを利用した情報の取得を行う。転圧管理システムでは、転圧時の施工位置、施工日、盛土材料、転圧回数などがデータとし

て蓄積することができる。この転圧システムを利用し、盛土の膨大な管理情報を容易にデータベースに格納することができるシステムである (図一3)。これにより、これまで盛土管理に要していた時間を短縮するなどの効果が期待できる。



図一3 情報のデータベース化までのフロー

データベースでは、転圧システムより得られる施工データおよび動態観測によって得られる盛土の沈下量データである。これらの盛土管理する上で重要となる情報を外部データベースにおいて一元管理することで、データ検索などが容易となる。

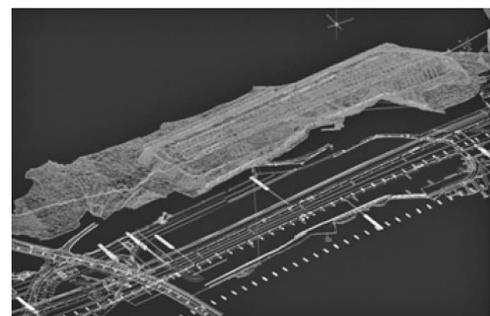
(3) 3次元ブロックモデルの適用

①従来の3次元モデルによる管理

盛土工事を含めた土木分野では、その対象工事地形をより鮮明に把握し、工事を円滑に進めるために、設計段階から3D-CADなどを用いた3次元管理が行われている。3D-CADでは、図一4に示すように設計地形などをサーフェスモデル（境界で閉じられた面の集合体によって表現されたモデル）で表現する。サーフェスモデルによって表現されたモデルは、任意の鉛直断面の表示や土量を計算することができるという利点がある。一方で、盛土の施工管理上重要となる盛土材料や転圧回数、沈下量といった施工段階の情報を施工面サーフェスの属性情報として付加することができない。さらに、盛土工事の進捗により3次元情報量が膨大になると操作性が落ちるといった問題が生じる。

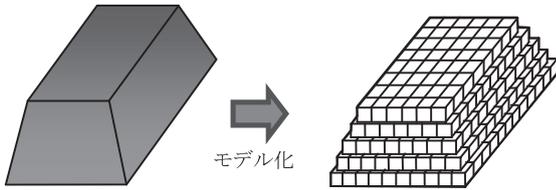
②3次元ブロックモデルによる管理

これまでに、地形モデルを3次元ブロック化し、そ



図一4 サーフェスモデル

こへ地質などの情報を属性情報として付加する<sup>3)</sup>といったシステムは実際に関発・運用されている。しかし、これらの既存システムは現存する地質構造を3次元ブロックで表現しているものであり、盛土のように、これから構築する対象物を3次元ブロックとして表現し管理することはできなかった。そこで、筆者らは、これら既存のシステムを応用し、盛土施工への活用を試みた。これにより、これまで3D-CADではできなかった盛土管理情報を3次元モデルの属性情報として付加することが可能となった(図一5)。さらに、3次元ブロックモデルには、膨大な施工データが蓄積することから、3次元データの重いデータを容易に操作できるAutodesk社のNavisworks<sup>2)</sup>を利用することにより、操作性を確保した。また、3次元ブロックの辺長はモデル作成時に任意の大きさを指定することができ、工事規模や使用目的に合わせて変更できる。



図一5 3次元ブロックによるモデル化

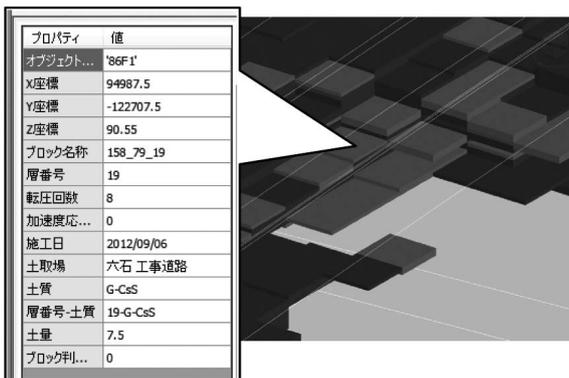
(4) 3次元モデル管理システムの保有機能

①属性情報の表示機能

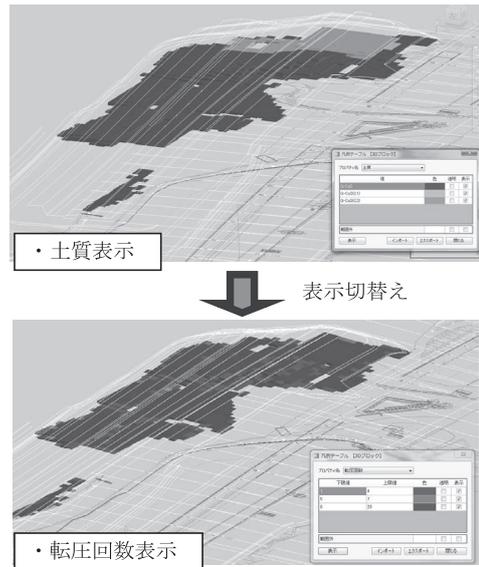
3次元ブロックへ付加された盛土管理の属性情報は、3次元ブロックをクリックすることで図一6に示すように表示することができる。

②属性情報の色表示・検索・抽出機能

属性情報ごとに3次元ブロックに色を割り振ることができる。属性情報表示は、鳥瞰図、水平断面、縦・横断面表示機能を有し、属性情報を視覚的に把握することができる(図一7)。さらに、属性情報を検索・抽出する機能を有しており、特定の属性情報(土質材料、転圧回数等)を検索し、表示することもできる。



図一6 3次元ブロック内の属性表示



図一7 属性情報の色別表示

これらの機能により、どのエリア・部位にどの土質材料で施工されたかの確認が容易にできる。

③土量管理機能

施工した3次元ブロック数から容易に概略の施工土量を計算することができる。また、土量計算時に、土質、施工日等の検索条件の設定ができる。そのため、任意の土質材料の土量や任意施工期間の土量を瞬時に計算することができ、施工の歩掛かりの算出などが可能である。

④時系列表示機能

属性情報の時系列表示機能(アニメーション機能)により、属性情報の進捗過程を再現表示することができる(図一8)。

以上のように、本システムは盛土施工を管理するための複数の機能を有しており、これらの機能を活用することにより、従来の盛土管理よりもより高度な盛土



(a) 2012年7月26日の施工進捗状況



(b) 2012年8月26日の施工進捗状況

図一8 属性情報の時系列表示

管理を可能とした。

### 3. 現場におけるシステムの運用

次に、本システムを実際の盛土現場で活用したシステム運用例を紹介する。

盛土施工現場におけるシステム運用フローを図-9に示す。



図-9 システム運用フロー

#### (1) 3次元モデル作成

実際の運用では、3次元モデルは現況地形サーフェスと盛土設計形状データから作成、構築する。まず図-10のように現況地形と盛土形状サーフェスでモデル作成範囲を設定する。次にこの範囲内で3Dブロックの分割・割付けを行う。現況地形サーフェスは、3Dスキャナによる測量を行い、点群データを3D-CAD上で読み込み作成する。図-11には、実際の3Dスキャナによる現況測量点群データを示す。また、盛土設計形状データは、2Dデータを3D-CADで3次元データにする(図-12)。

盛土の3次元ブロックモデルは、ブロックデータの効率性のため、1ブロックの辺長を、縦5.0m、横5.0m、高さ0.3mとした。

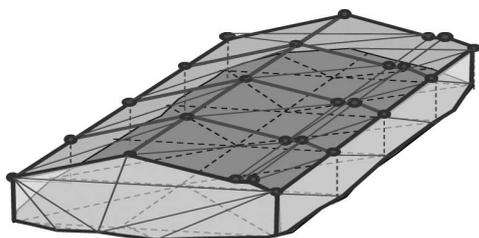


図-10 サーフェスデータによるモデルの構築



図-11 3Dスキャナによる測量点群データ

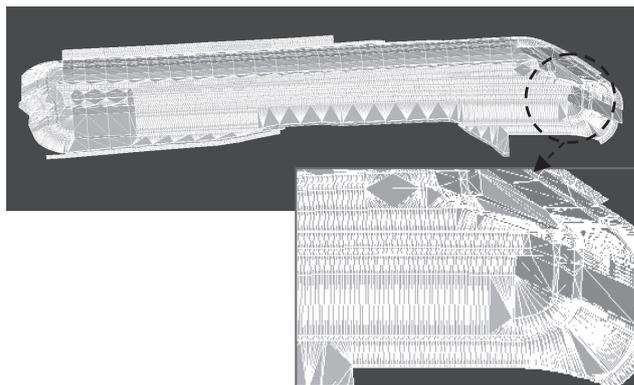


図-12 3D盛土設計形状データ(サーフェスモデル)

#### (2) 施工データ取得

GNSSによる転圧管理システムのデータを取得し、3次元モデル盛土管理システムを適用する。転圧システムから取得されたデータは、通常50cmメッシュであるが、本システムの3次元ブロックサイズに対応するようデータを平均、代表値化処理を行う(図-13)。



GNSSの設置

MG振動ローラ

図-13 施工現場のICT化

#### (3) 開発システムによる盛土管理

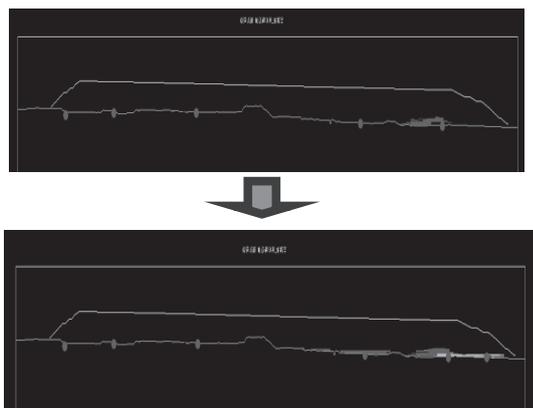
種々の盛土管理情報を一元的に管理、可視化することで多くの効果が得られる。以下に、その事例を示す。

##### (a) 盛土の監視

図-14には、盛土材料と沈下量の計測データを同時に断面図に出力している。沈下量は、沈下量の推移とともに色が変わるようになっていく。これと盛土材料の分布断面と対比させることで、どの盛土材料が盛土の沈下に影響を与えているかを簡単に把握できる。

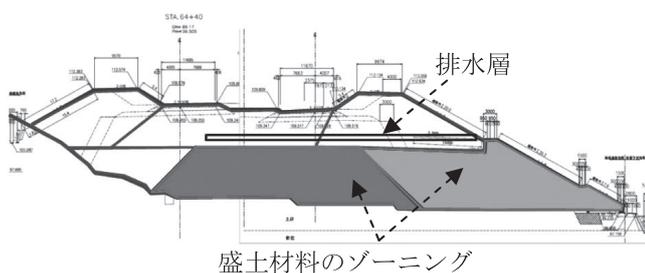
##### (b) 次工程への利活用

大規模盛土の場合には、材料の使用箇所を規定した



図一 14 属性情報の断面図表示例 (沈下量と盛土材料)

ゾーニングや排水層設置などの施工が行われる場合がある (図一 15)。本システムでは、日常の盛土の工事進捗を転圧システムから得ることができるため、規定された材料で盛土施工が行われているか、排水層の設置をいつ行うかなどの検討を簡単にできる。このように、データを3次元データとして管理しておけば、2次元としても必要時に簡単に交換、表示することができる。



図一 15 次工程利用のための施工進捗確認図

#### 4. 今後の課題と展望

本稿では、3次元ブロックモデルによる盛土施工管理システムを紹介した。3次元ブロックによる盛土の3次元化、ICTとの連携により、盛土施工管理を従来よりも効率的な施工管理を可能とした。一方、3次元ブロックモデルにも現時点では課題がいくつか挙げられる。

- ①モデルに関する課題
- ②管理データに関する課題
- ③現場への活用に関する課題

①では、本システムで使用される3次元ブロック自体は、盛土の沈下量の影響は加味されていない。そのため、現地盤が軟弱地盤で沈下量が非常に大きい場

合、3次元ブロックに付加された属性情報と沈下後の実際の3次元ブロックに蓄積された属性情報に違いが生じる。また、運用中の3次元ブロックモデルを途中で変更することは容易ではない。②として、本システムに利用した管理情報以外にも盛土施工では、まだ様々なデータが管理されている。それらの情報を取得から本システムへの連携へと、できるだけ現場の負担にならないようなシステム構築を行う必要がある。③では、運用例でも示したように、現場での情報利活用は、3次元データを2次元表示で利用している。3次元にこだわらず、どのように現場で活用できるか、視野を広く持ち今後も検討していく必要がある。

今回開発したシステムによる施工データのデータベース化 (一元管理)、3次元化による「可視化」は、施工管理だけでなく、盛土施工のトレーサビリティを可能にし、盛土の維持管理への活用にも有効となる。このようなICTを利用したシステム開発の取り組みは、CIM (Construction Information Modeling) へ繋がるものと考えられる。

JICMA

#### 【参考文献】

- 1) 国土交通省：情報化施工推進戦略 (案), 2013.03
- 2) 伊藤忠テクノソリューションズ株式会社 HP : <http://www.ctc-g.co.jp>
- 3) 竹本憲充：掘削工事の概略設計への立方体地盤モデルの適用, 建設施工と建設機械シンポジウム, pp.210 ~ 213, 2011
- 4) 黒台昌弘：維持管理を視野に入れた施工データの可視化, 基礎工, 5月号, pp.77 ~ 79, 2012

#### 【筆者紹介】



岩谷 隆文 (いわたに たかふみ)  
西松建設㈱  
技術研究所 土木技術グループ  
主任



佐藤 靖彦 (さとう やすひこ)  
西松建設㈱  
技術研究所  
副所長



田中 勉 (たなか つとむ)  
西松建設㈱  
技術研究所 土木技術グループ  
副課長

# 4D 土工管理のマルチコプタ運用

## 土工管理の見える化

和田章三・田中正人・岡本直樹

土工管理に必要な地形情報処理の概要とそのツールである 3D-CAD の利用法として、岩盤表示・工事用道路設計・施工段階図 (4D) 等の作成例を簡単に紹介する。また、入力する地形情報の取得手段として、短時間に広域測量ができるマルチコプタによる航空写真測量が、経済性と取扱面においても利用可能レベルとなり 4D 土工管理に使えるようになったので、その導入例とその運用法を報告する。

キーワード：土工管理, 機械土工, 情報化施工, 地形情報処理, DTM, DEM, 3D-CAD, CIM, 写真測量, UAV, マルチコプタ

### 1. はじめに

近年、情報化施工が進展して締固め管理や仕上げ整形の他に、出来形検査への適用が始まっている。また、BIM の影響を受けて土木分野でも CIM 構築の取組みが始まった。このような背景により 3D-CAD が漸く土木業界にも普及し始めている。

土工用の 3D-CAD は、地形を扱うため TIN (Triangulated Irregular Network: 不整形三角網) によるモデルリング技術が必要不可欠であるが、このような 3D-CAD は 4 半世紀前に既に輸入されていた。しかし、当時のパソコンでは能力不足で、グラフィックワークステーション (WS) を必要としたため、業界の一部でしか活用されなかった。

また、入力情報である地形の広域測量の方法として古くから航空写真測量があり、手軽な空撮手段としてラジコンヘリや気球、エンジンカイト等の利用が試みられてきたが、永らく決定打がなかった。ところが近年、安定飛行を容易に行えるマルチコプタ等の小型 UAV (無人航空機) に必要な要素技術が技術革新により廉価で入手でき、爆発的に普及が拡がり、空撮手段として各方面で利用されるようになった。

### 2. 地形情報処理

機械土工は自然地形を対象としているため、地形と地質等の空間情報の把握が重要となる。土工の施工計画においては、まず地形と地質を調べ、土量とその分布を把握してから土量配分計画を作成する。そのため

には、地形等を情報処理に適した DTM (Digital Terrain Model: 図-1) として数値化しておくとの作業展開が容易となる。

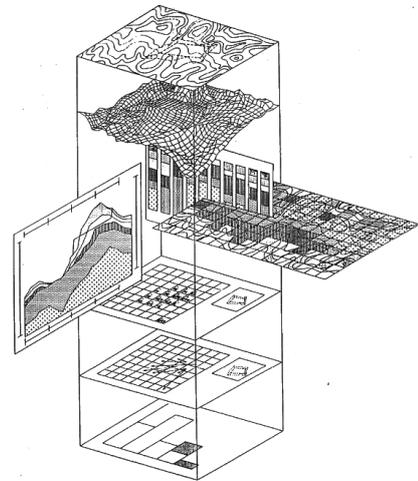


図-1 DTM の概念図<sup>1)</sup>

そのため 1980 年からパソコンを導入し、土量計算やマスカープ、線形計画法 (LP) による最適土量配分計画等を行ってきた。その頃扱える地形モデルは、図-2 の断面表示 (一次曲線) モデルやグリッド表示 (双一次曲面) モデルであった。1989 年にはグラフィック WS を導入し、いち早く 3D-CAD の利用を始めた。TIN モデルにより地形情報処理が飛躍的に向上し、細かな地形サーフェスを形成でき、スムーズシェーディング等で滑らかに地形を表現できるようになった。また、3D 道路設計が可能となり、工事用道路の設計や切盛展開図の作成に利用し始めた。

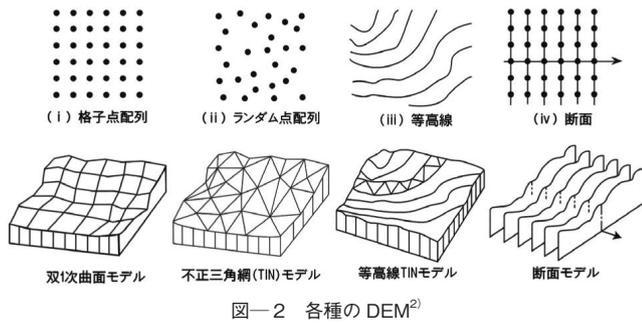


図-2 各種のDEM<sup>2)</sup>

(1) DEM

地形図を数値化するための一次地形情報には、等高線、断面図、格子点標高、ランダム点標高があり、数値標高モデル (DEM: digital Elevation Model) には図-2のようなものがある。パソコンでも TIN モデルの利用が2000年頃から可能となった。以下に3D-CADの利用例を示す。

(2) 岩盤面見える化

機械土工では、土砂・軟岩・硬岩等の土質別土量の把握が必要であるが、土質別のDEMデータがない場合には、ボーリングデータや弾性波探査結果から全体を推定するしかない。図-3上は、弾性波探査の層構造解析断面図である。図-3下は、弾性波探査の4測線に解析断面図をパネルダイアグラムのように挿入し、面内挿により計画盤より上の岩盤サーフェス、即ち掘削岩の形状をビジュアル化した例である。

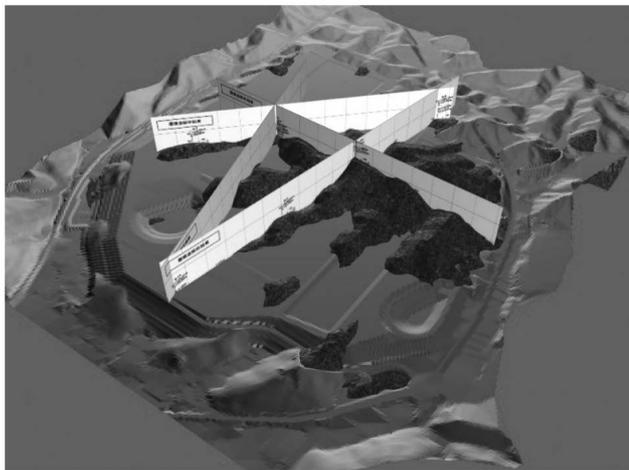
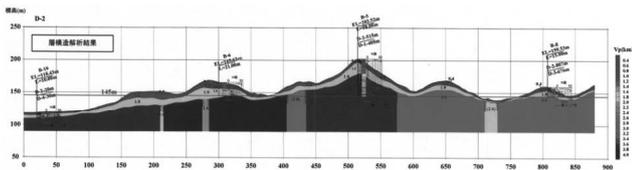


図-3 岩盤境界の推定<sup>1)</sup>

(3) 工事用道路の設計

土量配分計画では搬土経路を設定する。経路の線形は、土取場と盛場の空間的位置関係と地形、搬土機のパフォーマンス等を考慮して決定し、工事用道路の設計には、道路設用計3D-CADを用いる。図-4はグリッド表示の地形に工事用道路部分のみ TIN にレンダリングを掛けた例である。図-5は TIN モデルに地形平面図をテクスチャマッピングで貼付けた例である。

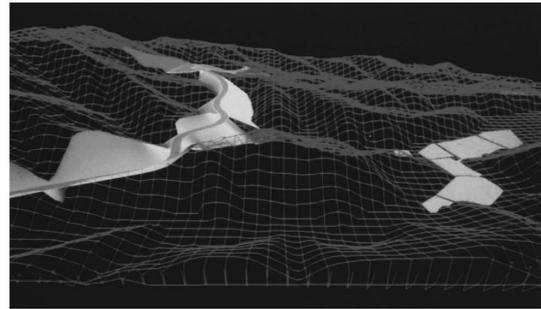


図-4 グリッド表示<sup>1)</sup>

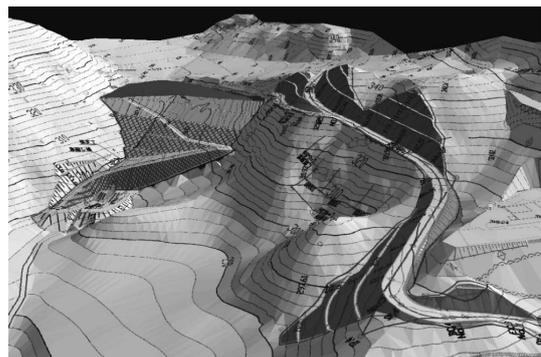


図-5 工事用道路設計の例

(4) 施工段階の見える化

施工計画では図-6のような施工段階図を作成し、可視化による切盛展開や取付道の検討を行い、関係者との打合せや作業の周知にも利用している。

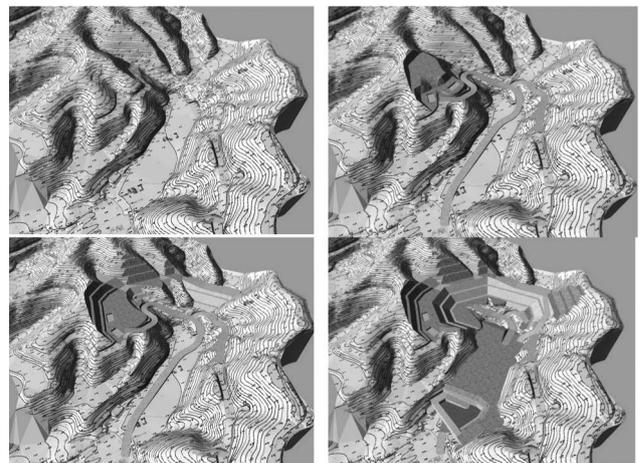


図-6 施工段階図

3D-CAD で作成した施工段階図は、自由な視点で俯瞰でき、ウォークスルー機能で自由に動き回ることができる。また、各施工段階図を時系列にコマ落しで表示すれば4D表示（アニメーション）となる。

図一六は処分場建設における施工段階の一部を例示したものである。

### (5) 機械配置

図一七のように建設機械を3Dモデリングしておけば、施工段階図にCG建設機械を配置して検討することも可能で、稼働アニメーション<sup>1),4)</sup>にも利用できる。



図一七 CG建機

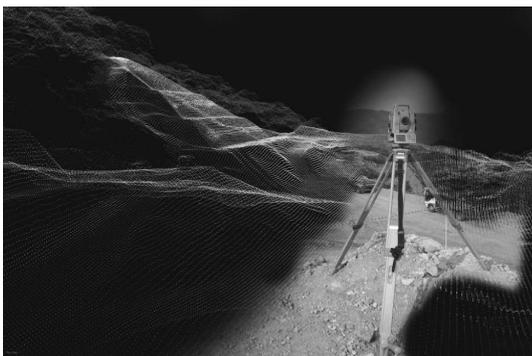
## 3. マルチコプタによる航空写真測量

### (1) 測量技術の近況

土工管理には地形を把握するための測量が必要であるが、トランシットからトータルステーション(TS)、GPS測量と測量機器の発達により省力化が図られてきた。更に3Dスキャナや写真測量の利用も拡大している。

3Dスキャナは、飛行型と地上型の機器があり、高価なレーザスキャナの他に、地上型ではスキャニング機能を持った廉価なノンプリTSが登場してきている。

そのため複数現場に導入して出来形管理に利用している。このノンプリTS(写真一1)は、設定エリア



写真一1 スキャニング機能付TS

を20点/秒で自動スキャンが可能である。

一方、写真測量にも地上型と飛行型があり、広域測量が可能な航空写真測量にUAVが利用できる。

近年、機動性に優れたUAVの低価格化と操作性向上により、各方面での利用が急速に進んでいる。UAVには固定翼と回転翼タイプがあるが、回転翼のマルチコプタの普及が目覚ましい。

### (2) マルチコプタ

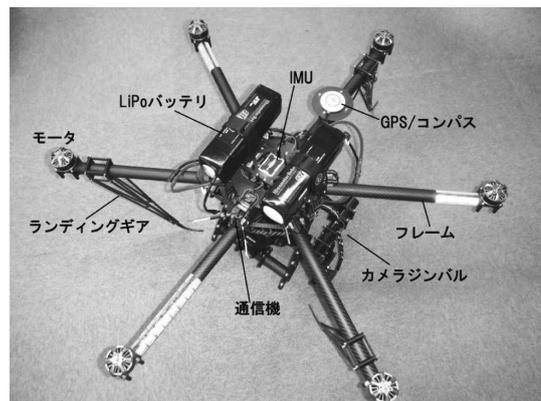
マルチコプタは、無線操縦ができるマルチロータヘリコプタのことである。放射線状に通常4~8つのロータブレードを配置し、回転方向の異なる差動推力を調整して飛行制御を行う。近年、産業用航空ビデオや写真撮影、教育・研究機関のツールとして急速に利用が進んでいる。ここでは、導入したマルチコプタによる航空写真測量システムの運用法を紹介する。

#### ① 機器構成

##### (a) 機体

機体は、Freefly Systems社製のCineStar6をベースとした6ロータブレードで、フレーム素材は超軽量の高強度ドライカーボンである。これに3点支持ランディングギアとカメラジンバルを装着している。制御装置はフレーム中央部に搭載し、その上部にリチウムポリマ電池2個を載せている。動力はダイレクトドライブのブラシレスモータを使用、従来のラジコンヘリコプタに比べてギヤボックスがないので、ロータの回転ノイズが小さく飛行音は静寂である。

機体質量は、本体3.6kg、バッテリー2個とカメラを装着すると7kg程度となる(写真一2)。



写真一2 機体構成

##### (b) 飛行制御システム

飛行制御システムは、DJI WooKong-Mを使用し、図一八のようなモジュール構成で、メインコントローラとGPS/コンパス、慣性計測装置(IMU)、パワーモニタリングユニット等から成っている。IMUは3

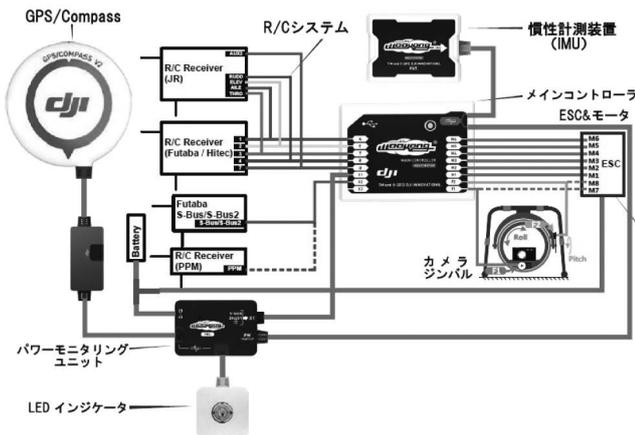


図-8 制御装置構成

軸ジャイロと3軸加速度センサ、気圧計を内蔵している。また、メインコントローラは、独自のフライト安定アルゴリズムに空撮用フライトアシスト機能、ジンバル安定化機能、位置保持機能や自動帰還機能を備えている。

### (c) 搭載カメラとジンバル (写真-3)

マルチコプタによるカメラ撮影は、機体の揺れや振動の影響を受けるので、振動対策としてカメラマウントに防振処理を施し、フローティング構造やジンバルコントローラによって機体の揺れの影響を最小限にしている。航空写真測量ではオルソ写真が目的なのでジンバルは2軸でよい。



写真-3 搭載カメラと2軸ジンバル

搭載カメラは、FXフォーマットデジタルカメラのニコンD600、画素数2400万画素で、f2.8の24mmレンズを装着し質量1,120gである。

カメラジンバルは、ベルトドライブ減速比5:1(ティルト&ロール)、フルアジャスタブル機構の2軸ジンバルである。WooKong-Mのジンバル安定化機能によりカメラの水平を保持する。

## ②飛行手順

### (a) 飛行計画

航空写真測量に必要な空撮は、自律飛行で行うた

め、飛行経路を決め、ラップ撮影のための飛行計画を立てる。測量範囲を決め、オーラップが縦70～80%・横40%位となるように撮影高度(70～100m)、撮影コースを設定し、標定基準点(座標既知点)を3点以上配置する。飛行速度は4m/s、撮影間隔は3秒を標準としている。また、バッテリー寿命による1フライトの飛行時間に制約があるため、滞空時間毎のフライト計画を作成する。地形図上の飛行計画を図-9に、Google Earth上での作成例を図-10に示す。

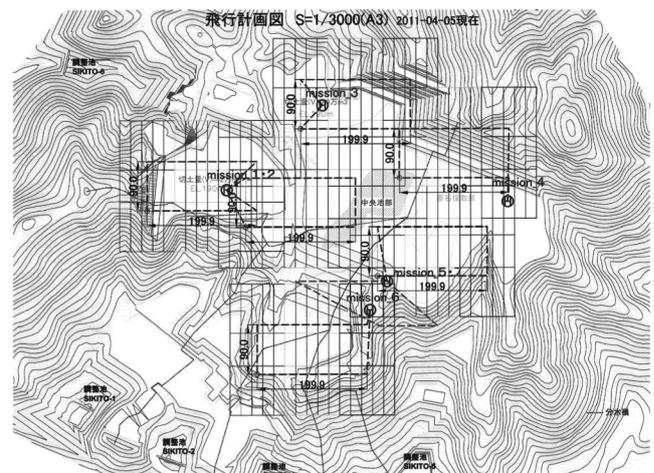


図-9 地形図上の飛行計画

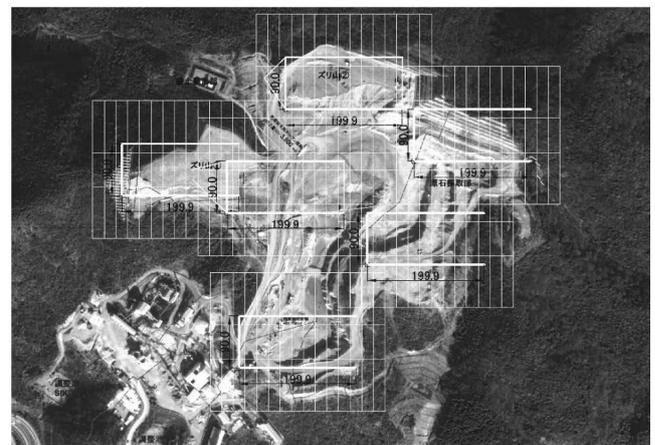


図-10 Google Earth上の飛行計画図

### (b) 飛行経路入力と自律飛行

飛行経路のデータ入力は、PC上で自律飛行の設定を行う。設定要領は、PC上のGoogle Earthのマップ上に飛行経路地点と目的地、高度、移動速度等をポイントングして飛行ミッションを作成する。そして、現場でマルチコプタにデータ転送して実行指示を行えば、マルチコプタは自律飛行を開始する。マニュアル飛行では不可能な、正確な位置と高度を維持した飛行を行え、飛行誤差は高度誤差 $\pm 50$ cm、水平誤差 $\pm$

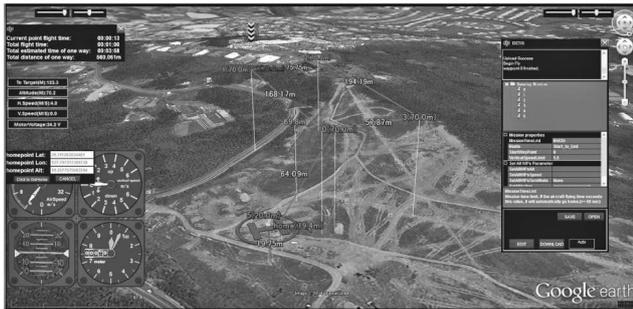
2 m 以内である。

機体と PC は飛行中もデータリンクで繋がっている  
ので、モニタリングが可能である。写真一4は飛行  
中の画面で、飛行経路と現在位置を示し、左下に高度  
計や飛行姿勢等の計器類を表示している。データリンク  
の通信限界距離は 300 ~ 400 m である。

また、飛行は GPS による飛行制御が基本であるが、  
GPS 位置情報に太陽フレアが影響するので、飛行予  
定日の太陽活動を調べておく必要がある。



写真一6 飛行中のマルチコプタ



写真一4 飛行中のモニタリング

(c) プロポ操縦と飛行

飛行は離着陸を含め完全自律飛行が可能であるが、  
離着陸は突風等の突発事態に備えて、通常はマニユ  
アル操作で行う。飛行可能な風速は 8 m/s 以下である  
が、安全上 5 m/s までの飛行を心掛けている。また、  
1 フライトの滞空時間は 15 分程度であるが、安全を  
みて 8 分以内の飛行に押さえている。

プロポは周波数 2.4 GHz の 14 チャンネル双葉製を  
使用し、DJI 製のコントロールソフトを利用して制御  
している (写真一5)。



写真一5 離陸時のプロポ操縦

i) GPS 位置ホールド機能

このマルチコプタには、電子コンパス、気圧センサ、  
3 軸ジャイロ、GPS からの情報を制御するフライトコ  
ントローラを搭載していて、プロポの制御スティック  
を手から離しても、ホバーリングを自動保持する機能

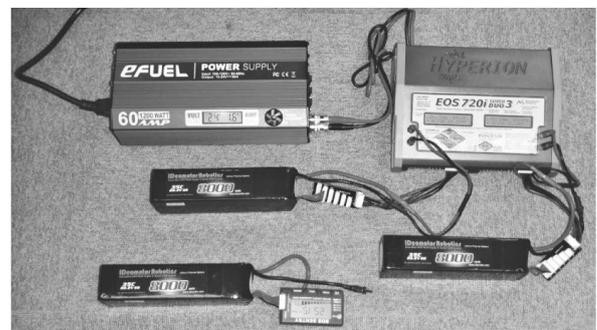
がある (写真一6)。GPS 信号を優先し、GPS を受信  
できない状況では、電子コンパス、気圧センサ、3 軸  
ジャイロによる制御で高度と姿勢を維持することが可  
能である。

ii) フェールセーフ

本機は送信機からの指示で、離陸地点の上空に戻り  
自動着陸する自動帰還機能をもっている。また、フェ  
ールセーフ機能として、機体が送信機からの電波の受信  
不能事態や、搭載バッテリーの規定値の容量低下時にも  
自動帰還機能を作動できる。

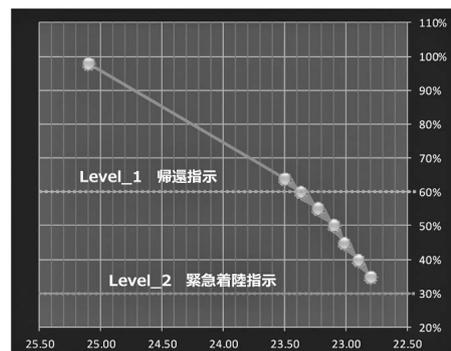
iii) バッテリ管理

使用しているリチウムポリマ電池は、小型・軽量・  
大容量の特性を持っているが、取扱に注意が必要であ  
る。厳密な充電電圧・電流のセルバランス管理が行え



写真一7 充電器とバッテリーチェッカ

電圧(V)	25.10	23.50	23.37	23.23	23.10	23.01	22.90	22.80
残量(%)	98%	64%	60%	55%	50%	45%	40%	35%



図一11 充電器とバッテリーチェッカ

る充電器（写真—7）を用いて、その都度厳密な管理を行う。飛行中のバッテリー電圧低下はPCのモニタに表示され、残量60%で帰還指示が、残量30%になると緊急着陸指示が出る。図—11に電圧低下と残容量との関係の実測値を示す。

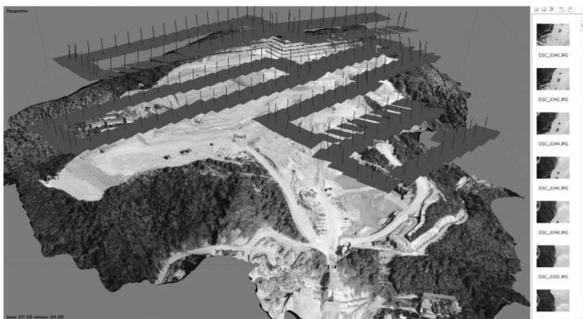
#### (d) トレーニング

飛行制御システムを実装しているため、高度な操縦技術がなくとも飛行可能である。しかし、安全飛行の観点からシステムに依存しない離着陸やホバーリング（対面を含む）操縦ができるようなスキルが必要である。トレーニングは段階的にシミュレータによる訓練から始め、小型実機（Fantom）による操縦訓練過程を終えてから本機の飛行訓練を行い、体で覚えた段階で実機飛行を開始する。

### ③写真測量

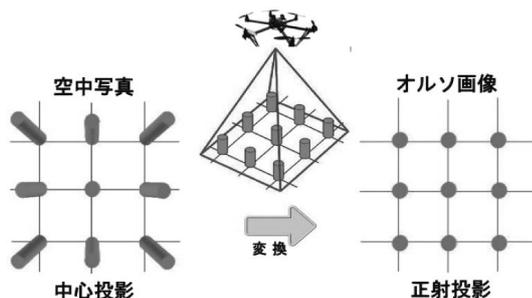
#### (a) 写真解析

撮影したラップ状の航空写真（図—12）は、写真測量ソフトウェアを使って解析を行う。従来のステレオ図化機等の画像解析装置は、高価で使いこなしが難しく専門知識を必要としたが、近年、操作が容易なソフトウェアが登場してきている。



図—12 空撮ポイント

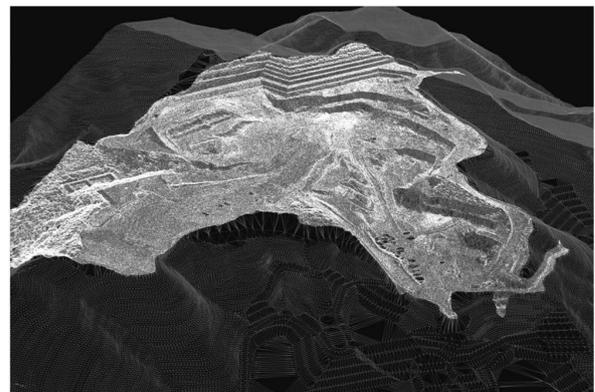
空中写真はレンズの中心に光束が集まる中心投影なので、画像の周縁部に歪みが生じる。オルソ画像は、標高データを用いて像の歪みをなくし、真上から見たような正射投影に変換して、位置情報を付加したものである（図—13）。



図—13 オルソ画像変換

標高データは、同じ場所を重複して撮影した隣接する2枚の空中写真を用いて、画像相関により取得するが、既存の標高データ等を利用して変換することも可能である。オルソ画像面上では、位置・面積・距離等を正確に計測することが可能である。

空中写真から自動標高抽出技術により数値地形モデルを作成し、これを用いて中心投影の空中写真を正射投影のオルソ画像に変換し、正しい位置情報を付与する。そして、複数のオルソ画像を接合（モザイク）して統合した一枚のオルソモザイク画像にする。次に3D点群データを抽出してポイントクラウドとし、ポイントを繋いでTINによる3Dポリゴンを作成して3Dモデル（図—14）とする。この表面にオルソモザイク画像をテクスチャとして貼付けるとオルソモザイク鳥瞰図（図—15）となる。



図—14 3Dポリゴン (TIN)



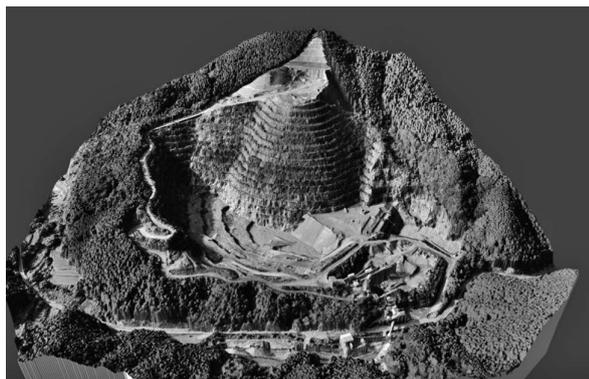
図—15 オルソモザイク鳥瞰図

#### (b) 出力形式

作成したモデルは、多くの出力フォーマットに対応し、Google Earth KMZ出力等ができる。また、Acrobatを3Dビューワとして利用できる。図—16, 17は、3Dモデルをpdf出力したもので、Acrobat上で自由に視点を動かすことができる。また、iPad等のiOS機器には、ply形式で出力するとMeshLab等で3D表示できる。



図一 16 3D モデルの Acrobat 出力例 (高速道路工事)<sup>3)</sup>



図一 17 3D モデルの Acrobat 出力例 (採石工事)

#### 4. おわりに

施工計画で施工段階図を作成し、切盛展開や取付道の検討を行うが、この作業に地形 3D-CAD を利用すると曖昧さがなくなり、早期により実際的な検討（フロントローディング）が行える。しかし、これらを活用するには使いこなすスキルが必要であるが、地形 3D-CAD オペレータが不足していて、弊社から客先に派遣している現場が幾つかある。

また、マルチコプタによる航空写真測量により、広域の出来形測量を迅速に行え、高精度な現況地形モデリングによる照査が行え、4D 土工管理や残工事の施

工計画の再検討に利用できるようになった。課題は滞空時間の向上であるが、有線飛行の試行も行われている。

その他に、施工法の検討には切盛や稼働機械のシミュレーション機能<sup>1), 4)</sup>が有効である。更に利用したい技術として VR/AR/MR（仮想現実感/拡張現実感/複合現実感）がある。まだコスト等の課題はあるが、様々な簡易な機器や低価格化が進んできているので利用開始の射程に入りつつある。

JICMA

#### 《参考文献》

- 1) 岡本：デジタルアースムービングによる施工計画，建設機械，日本工業出版，2009.11
- 2) 村井俊治：空間情報工学，日本測量協会，2002.8
- 3) 「土量算出の必須ツール」インフラ BIM 施工 3D 新時代，日刊建設通信新聞，2012.3.22
- 4) 岡本：専門工事業者による機械土工の施工計画，建設機械施工，JCMA，2013.9

#### 【筆者紹介】

和田 章三 (わだ しょうぞう)  
山崎建設㈱  
建設事業本部  
執行役員技術部長



田中 正人 (たなか まさひと)  
技術課長



岡本 直樹 (おかもと なおき)



# 北股地区河道閉塞緊急対策工事無人化施工

## ネットワーク型無人化施工と情報化施工の導入

北原成郎・坂西孝仁

ネットワーク型無人化施工の出発点となった「超長距離からの遠隔操作実証実験」は、その後の無人化施工システムの形態を大きく変えるものであった。特にこの技術を導入した北股地区河道閉塞緊急対策工事は、光ファイバケーブルを導入して操作室のレイアウトの自由度が大きくなったばかりか、情報化施工の導入についても問題なく可能であることが実証されたことにより、今後の自然災害等緊急対策工事の工種拡大につながると考えられる。また北股では、今後の無人化施工の工種拡大のため諸実験も実施しているので、それを含めて紹介する。

キーワード：ネットワーク, 無人化施工, 光ファイバケーブル, 緊急対策工事

### 1. はじめに

国土交通省で実施されたネットワーク型無人化施工技術「超長距離からの遠隔操作実証実験」は大きな可能性を我々に示唆した。北股川北股地区河道閉塞緊急対策工事に初めてネットワーク型無人化施工を現場導入した際、我々が一番考慮したのはネットワーク上への情報化施工の導入であった。この北股の現場の成功が現在展開している他の無人化施工につながっている。このネットワーク型無人化施工と情報化施工の導入について北股の現場を通して紹介し、その他実験等も含めて紹介する。

### 2. ネットワーク型無人化施工導入への経緯

まずは無人化施工の発展の歴史について述べる。

#### (1) 無人化施工の変遷

無人化施工は、人間が立ち入ることができない危険な作業現場において、遠隔操作が可能な建設機械を使用し、作業を行うことである。

現在まで雲仙普賢岳の除石工事、砂防えん堤工事を皮切りに有珠山復旧工事、荒砥沢治山工事、南大隅町災害復旧工事、赤松谷川床固工工事等の無人化施工に従事してきた。こうした中で無人化施工技術は徐々にブラッシュアップされてきた。

この発展の歴史を大きく分けて次の4世代に分類してみた(図-1)。

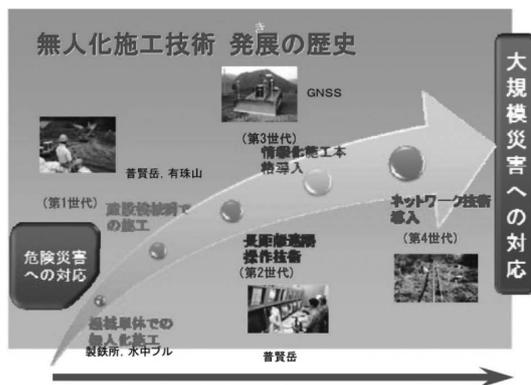


図-1 無人化施工技術発展の歴史

#### ①第1世代 建設機械へ遠隔操作の導入

80年代後半に遠隔で操作できる建設機械が登場した。特定小電力無線を使用して30m程度の範囲から操作できる水中ブルドーザや、遠隔操作式油圧ショベル等が登場した。

#### ②第2世代 長距離遠隔操作技術の確立

特定小電力無線が届かない300m以上の距離から建設機械を遠隔操作する技術が確立された。無線中継機等を使用し映像カメラを作業エリアに設置して、操作室でモニターしながら遠隔操作する現在のスタイルが確立された。

#### ③第3世代 情報化施工の導入

無人化施工では丁張りレスを目的としてGNSS等を使用した情報化施工がいち早く導入された。振動ローラの転圧回数管理、ブルドーザの排土板制御や油圧ショベルのマシンガイダンスシステム等である。こうした技術は雲仙普賢岳の災害復旧工事を中心に開発

され、盛土やRCCコンクリートの施工精度向上とオペレータの負担の軽減や作業効率の向上に貢献した。

④第3世代の課題

従来は操作系に関してはラジコンに使用されている特定小電力無線、映像系であればアナログ式の50GHz簡易無線、情報系は2.4GHz小電力データ無線等と別々の無線によるシステムを使用してきた。設定に時間がかかり、調整は運用しながら行っていた。こうした中で高速大量データが伝送できる無線LANが導入され、操作系、映像系、情報系データを個別にネットワークデータ化してネットワークに乗せることが試みられるようになってきた。

(2) ネットワーク技術の導入へ

操作系データは低レートでリアルタイム性が重要。映像系データはデータ量が大きく高品質で効率よくデジタル化する機器の選択が重要。情報系データは高度なネットワーク機器が必要である。

これらの条件を満たすにはその特性に合わせた機器選定が必要となる。しかしこれにより光ファイバケーブル等の高速通信網にも対応や、超長距離からの遠隔操作が可能と考えた。また操作室設置位置の自由度が向上し、適用工事の範囲が拡大すると共に、設置の省力化と、無線混信の減少が図れる。こうして全てをネットワーク化する下地は出来つつあった(図-2)。

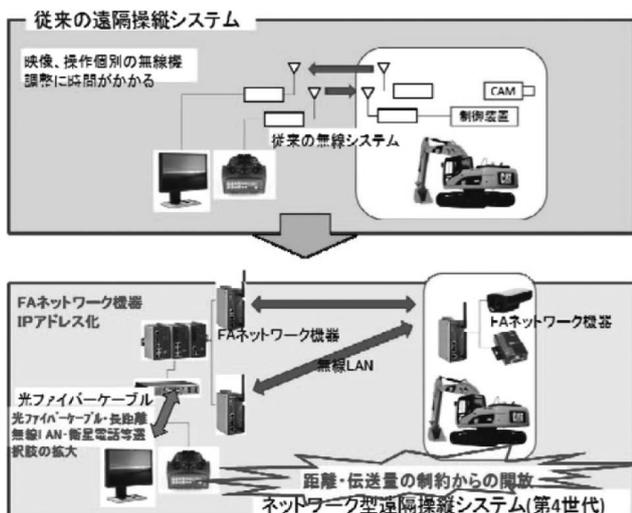


図-2 従来型とネットワーク型無人化施工の違い

3. 超長距離からの遠隔操作実証実験

「超長距離からの遠隔操作実証実験」は国土交通省が平成23年に九州地方整備局雲仙復興事務所で実施したものである。この実験結果はその後のネットワーク技術導入の貴重な指針となった。その内容は以下の

とおりである。

(1) 実験概要と成果

実験は東日本大震災を機に国土交通省が火山等広範囲に立入制限された大規模災害を想定し、国土交通省専用光ファイバケーブル網等の長距離通信手段を活用し、数km～数十kmの超長距離無人化施工技術について実証実験をしたものである。これまで無人化施工は、そのほとんどが1km程度の距離にある操作室からの遠隔操作であり、10kmを超える長距離からの遠隔操作については、施工実績もなく適用性についても技術的検証事例がなかった。この実験は長距離通信手段として光ファイバケーブル、長距離無線LAN、衛星通信の使用、近距離の通信手段として特定小電力無線、無線LAN、公共ブロードバンド(BB)無線を使用した。各方式のデータ伝送能力、伝送遅延や映像劣化が操作性に与える影響、オペレータの技量差や操作限界について検証を実施し、雲仙普賢岳おしが谷実験場にある建設機械を30km以上離れた操作室(長崎河川国道事務所)から光ファイバケーブルを使用したネットワーク型無人化施工が可能であることが検証できた(図-3)。

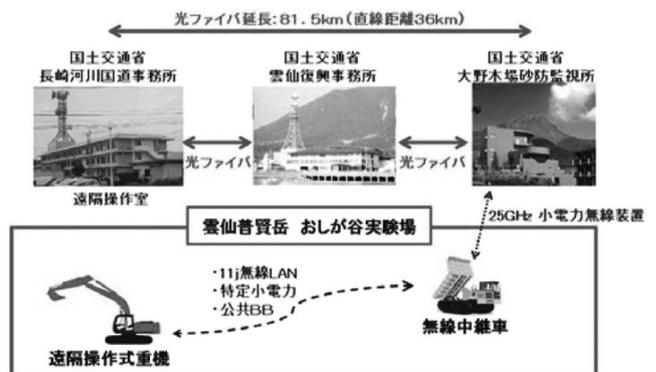


図-3 超長距離遠隔操作実験の実験概要図

(2) 実験課題

実験結果から以下の課題が浮かび上がった。

①回線変化に対する対応

この実験は国土交通省の高規格機器と専用光ファイバケーブル回線を使用した条件であったが、実際に自主回線で光ファイバケーブルを使用した場合の各データへの影響がどの程度か判らない。またネットワークを構築する際の機器選定も課題であった。

②多数建設機械稼働時のネットワーク状況の把握

今回の実験で同時稼働した建設機械は4m<sup>3</sup>油圧ショベル1台と45tダンプトラック1台で、他の建設機械は単独実験であり、ネットワーク上の問題は発

生しなかった。しかし多数の建設機械が同時に稼働する場合どのような状態になるのか、またその時のシステム構築方法や、ネットワークの管理方法の確立は今後の課題となった。

### ③情報化施工導入の可能性の検証

操作系、映像系データはネットワーク回線で伝送が可能であったことが検証できたが、情報化施工のマシンガイダンスシステムやブルドーザ排土板制御システムなどの情報化施工システムをネットワーク上に直接伝送できないと、コントロールボックスを従来のように建設機械上に搭載しガイダンス画面をカメラで撮影して操作室で簡単な操作する程度しか出来ず、情報化施工の威力を十分には発揮できないことが問題であった。このため変換機の開発は進めていたが実作業には導入してみないと不具合等がわからずネットワークの状況や無線機との相性についても課題があった。

## 4. 北股川北股地区河道閉塞緊急対策工事

昨年2月に平成23年9月の台風12号災害で発生した奈良県北股地区の天然ダム緊急対策工事において本格的な第4世代光ファイバケーブル統合ネットワーク型無人化施工システムを導入し、情報化施工も含めた実験課題を検証する機会を得ることが出来た(写真—1)。



写真—1 北股地区河道閉塞緊急対策工事施工状況

### (1) 工事概要

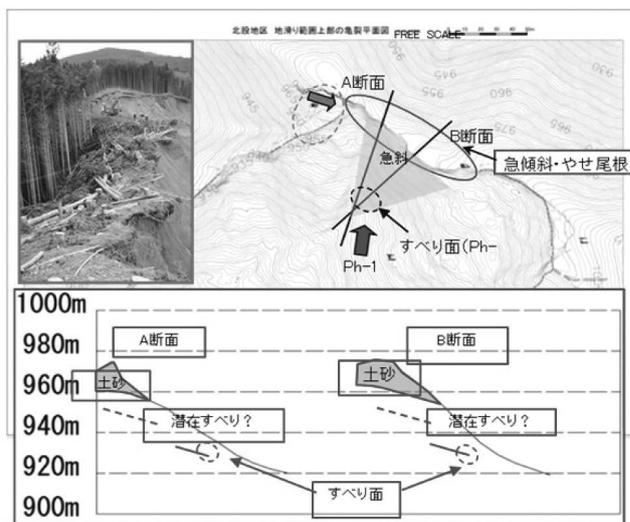
工事名 北股川北股地区河道閉塞緊急対策工事  
 発注者 国土交通省近畿地方整備局  
 住所 奈良県吉野郡野迫川村北股地先  
 工期 平成23年9月30日～平成24年8月31日  
 工種 法面整形工(無人化施工)  
 (有人施工:6,700 m<sup>3</sup> 無人施工:5,100 m<sup>3</sup>)

### (2) 法面整形工の無人化施工導入経緯

本緊急対策工事を施工した北股地区は高野山裏側の奈良県南西部、和歌山県境付近に位置する。法面崩壊

は北股川左岸支沢北側斜面で発生し、規模は標高差約200 m、最大幅約200 m、面積約8.25 ha、崩壊土量約116万 m<sup>3</sup>である。崩壊土砂は尾根部より南西側方向へ流れ支沢を閉塞させ、いわゆる天然ダムを形成し、更に土砂は支沢で西側へ屈曲し下流の北股集落の一部に至った。

本工事は、天然ダム背後に湛水した流入水を速やかに排出し、通水機能を持たせる仮排水路の設置と崩壊した斜面にて工事用道路の敷設を行いながら散在した倒木の処理を行った。その後、崩壊地の安定化を図るため、崩壊地法肩部の緩んだ地盤を除去しながら法面整形を行った。そして頭部の尾根部分は脆弱な土砂状地盤が分布しているので、更なる土砂崩壊等の発生を抑えるため、尾根頂部を掘削により山全体を安定させる必要性があった。しかし頭部の数箇所は脆弱なやせ尾根上での不安定化、および急傾斜面側への転落が懸念され、地山内での潜在的な流れ盤すべりによる崩壊の危険もあることから、建設機械作業による2次災害の危険性を考慮し、今後も崩壊の影響のない場所からの遠隔操作型無人化施工システムにより法面整形工を実施することになった(図—4)。



図—4 掘削部平面図および無人化施工提案箇所

### (3) 無人化施工の詳細

①機器設備構成全ての映像データ、重機操作系データは現場と操作室にてネットワーク変換してその間を敷設した光ファイバケーブルと無線LANシステムで結んだ。これにより設備設置場所の自由度は上がり建設機械の操作室は二次災害防止の観点や、新設される砂防堰堤施工の関係もあり、被害影響の無かった旧北股小学校に設置できた。操作室から施工場所は見通しがなく、手前の山に隠れるように左直角方向に位置しており、高低差が250 m程度ある。

これにより無人化施工エリアの頂部無線基地局と操作室間は1 km 程度となり直接無線では伝送が難しい地形であった。光ファイバケーブルは既設モノレールを活用して、これに沿わす形で敷設した(図-5)。



図-5 北股地区河道閉塞緊急対策工事仮設配置

また現場の無線基地局から遠隔操作建設機械間は5 GHz 帯無線 LAN システムを使用して各データを伝送した。映像は固定カメラ3台、ハイビジョン1台と車載カメラを使用したが無線基地局でデジタル変換した。また法面監視用に防護土堤にハイビジョンカメラを設置して無線基地局まで25 GHz 小電力無線機で映像を伝送した。

#### ②使用機械

除根、掘削作業 5100 m<sup>3</sup> を 0.45 m<sup>3</sup> 油圧ショベル, 0.8 m<sup>3</sup> 油圧ショベル, 16 t ブルドーザ, 10 t 不整地運搬車の4台を使用して施工した(写真-2)。



写真-2 北股地区河道閉塞緊急対策工事使用機械

#### (4) 北股無人化施工の特徴

①カメラ映像遠隔操作型無人化施工システム現場施工範囲は100 m 程度であるが、現場滑り面周囲で起伏が大きく湾曲しているため目視が難しく、建設機械が施工エリアに入ると周囲の地盤は滑る可能性があるため、安全を考慮しカメラ映像遠隔操作型無人



写真-3 北股地区河道閉塞緊急対策工事操作室内

化施工を採用した(写真-3)。

#### ②マルチタイプ光ファイバケーブルの使用

光ファイバケーブルは伝送容量と距離(1000 m 以下)からマルチタイプケーブルを使用した。扱い易いので光ファイバケーブル敷設には、現場頂部に行く既設モノレールを使用できたので2日で敷設できた(写真-4)。



写真-4 光ファイバケーブル敷設状況

#### ③情報化施工システムの導入

油圧ショベルにはマシンガイダンスシステム、ブルドーザには排土板制御システムなどのGNSSを使用した情報化施工システムを導入した。詳細については後述する。

#### (5) 施工課題

##### ①ネットワークに対する管理方法の確立

当初ネットワークトラブル時に問題箇所の切り分けが出来ず解決に時間がかかってしまった。ネットワークシステムトラブルは、

- 1) ハード的に切り分けるために、ネットワーク機器類のインジケータ表示についてのまとめ。
- 2) ネットワーク管理ソフトを使用した管理手法の確立。

等の対策をしておかないと把握対応が難しい。

##### ②使用機器の研究

使用機器の大半が外国製で日本語資料も無くシステ

ム構築を手探りでしている状態なので、資料翻訳や動作テスト等が必要である。また最新技術情報、製品情報等の収集をして全体の動向をつかむ必要がある。現在の無線機の主力は5GHz帯無線LANで、外国の製造メーカーでコストも高く、能力も現在の大容量映像を送るには十分な無線能力であるとはいえない。特殊な用途なので一民間企業では新規機器開発をすることが難しい分野でもあるが、官民一体となった機器開発も必要と思う。

### ③コストの低減

予算では従来と比較して機器コスト10%減と試算していたが、機器等のマッチングの不具合もあり変わらなかった。逆にシステム管理にかかる人件費が10%程度増えてしまった。またなかなか有能な人材がタイムリーにおらず、人材育成の必要な分野であると思われる。今後、国産民生用の汎用機器を使用したコスト削減や、トラブル時の対応も進める必要がある。

## 5. ネットワーク上への情報化施工の導入

北股無人化施工では情報化施工を導入するためにネットワーク上で伝送するためハードの開発とそれを動かす3Dデータの作成方法の確立をする必要があった。

### (1) ハードウェアの開発

通常情報化施工のマシンガイダンスシステム等のコントロールボックスは建設機械の本体に登載されている。無人化施工の場合はこれまでコントロールボックスの表示画面をカメラに撮り画像データで操作室のディスプレイに表示していた。また電源のON/OFFや簡単な表示切替は電磁式押しボタン等で遠隔操作していたが、データの入れ替えや細かい設定変更は操作室からは出来ず、超長距離になればなるほどこれを解決する必要があった(図-6)。

コントロールボックス本体はCANにより動作しているが、コントロールボックスを操作室に設置するために、ネットワーク伝送装置(CAN-LAN変換)を開発した(写真-5)。現場で運用した結果、情報化施工システム機器を操作室に設置しても誤動作がなく施工できることを示した。これにより情報化施工が取り込みやすくなり、今回は法面施工の安全性が高まった。

この装置はバックホウに搭載後、ブルドーザにも順次導入され情報化施工の設定が操作室から出来るようになり大幅に操作性も改善した。



図-6 従来の情報化施工データの伝送方法



写真-5 ネットワーク伝送装置(CAN-LAN変換)

### (2) 情報化施工データの作成について

北股などの現場に情報化施工を導入する際は当初から3Dデータがあるわけではなかった。このデータの作成はハードと並んで大きな課題の一つであった。

データ作成は以下のような過程を経て作成した。

#### ① 3Dデータの確認

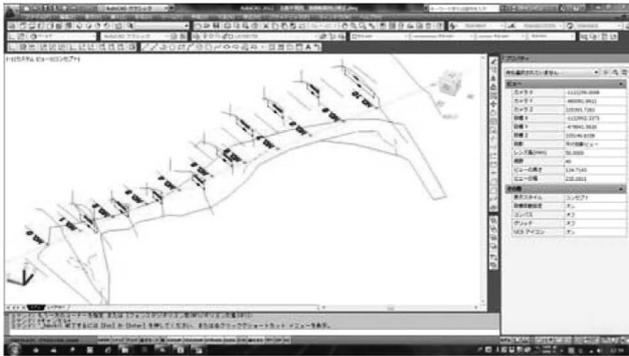
まずは現場の3Dデータがあるのか発注者に確認することから始まる。北股では発注者の現場図面はAUTOCADの3Dデータであったが不完全なものであった。これにより測量会社等を通じてデータ作成が必要になった。これをある航空測量会社に依頼したところ、この箇所の航空測量3Dデータを保有していたので供給を受けた。

#### ② 設計断面の作成

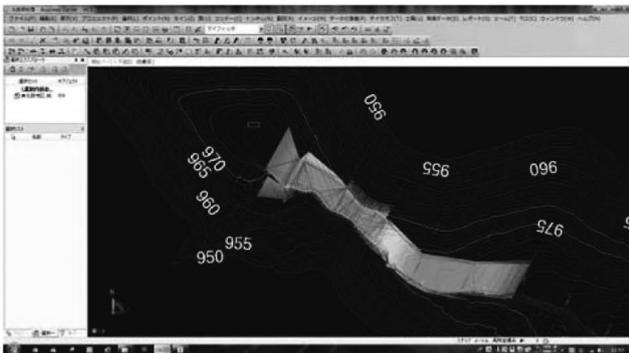
現場の頂部を安定させるためにどの程度掘削する必要があるか地質も含めて担当部署にて解析した。これを基に現場にて10mごとの断面を作成し、航空測量3Dデータに貼り付けてCADによる掘削平面を作成した(図-7)。

#### ③ 3Dデータの作成

専用ソフトでこのCAD図面からマシンガイダンス



図一七 CADによる断面データの作成



図一八 専用ソフトによる掘削断面データの作成

データを作成してコントロールボックスにデータを入力した。これにより丁張りレスで現場施工が可能になり変更も操作室で可能になった（図一八）。

## 6. 今後の展望

今後の無人化施工の展望を見据えて以下の実験を行った。

### (1) 無人化による連続土嚢作成実験

大型土嚢は各種土木工事や災害時の応急対策として非常に多くの場面で使用されるものである。これを無人化施工にて容易に作成するため、折り畳み式の箱型連続土嚢の使用が可能か検証した。具体的には運搬用治具を作成して運搬車から連続で土嚢降ろしを確実に



写真一六 連続土嚢作成実験風景

展開して土砂を充填できるか基礎実験した。この実験は引き続き国の建設技術研究開発助成を利用して産官学の共同で改良が進められている（写真一六）。

### (2) 標準画像とハイビジョン画像の比較実験

業務用低遅延エンコーダを使用してハイビジョン画像（1920×1080）と標準画像（720×480）の画像を使用した作業効率の比較実験。バックホウにより大型土嚢を吊り上げて180度回転して設置し、また吊り上げて元の位置戻す作業を5分間当りの作業回数を計測し比較したが、結果は明らかにハイビジョン画像により作業効率が向上したことがわかった（図一九）。しかしハイビジョン画像は現在エンコーダの能力からは伝送速度も十分でなく遅延も大きいので現状の無線機では使用が難しい（写真一七）。これを低遅延3Mbps伝送速度でハイビジョン画像が送れるエンコーダ、デコーダを国の建設技術研究開発助成をうけて産官学共同で開発中である。

種類		1回目	2回目
① SD	標準画像 NTSC(720×480)	3.33	3.25
② HD	ハイビジョン画像 FullHD(1920×1080)	3.67	3.5

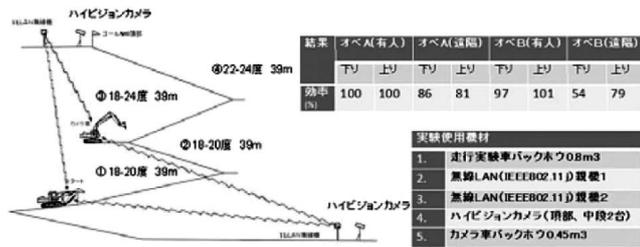
図一九 標準画像とハイビジョン画像の比較実験結果



写真一七 標準画像とハイビジョン画像の比較実験風景

### (3) 登坂能力実験

油圧ショベルにより三箇所を折り返しのある18～24度の登坂路を上り下りする実験を、経験年数の違うオペレータ（経験8年と3年）で有人と無人の走行時間で比較した（図一十）。画像は2台の画像用固定カメラと車載カメラを使用した。有人走行を100%とすると無人走行の作業効率は80%程度であった。オペレータからは斜面では特に現在使用している固定式上下カメラでは折り返し中に見づらい場面があるという意見が出た。これより固定式ではなく自由にカメラ角度が変えられる首振り式のカメラを開発し現在稼働中の無人化施工現場に投入して検証中である（写真一八）。



熟練オペレータが有人にて急傾斜をバックホウで昇り降りした場合を100とした場合の効率を比較

図一 10 登坂実験概要と結果



写真一 8 登坂実験風景

## 7. おわりに

ネットワーク型無人化施工システムは超長距離遠隔操作実験から始まり北股地区災害復旧工事で本格的に導入され、更に情報化施工技術の伝送も加味されて確立された。今後は工期短縮、費用低減につながる標準

無人化施工システムとして確立し、災害復旧工事の施工範囲も広がるだろう。これらの技術は現在施工中の雲仙普賢岳赤松谷川11号床固工工事、岩国宇佐川除石工事にも活かされている。こうして見ると超長距離遠隔操作実験から始まり北股地区災害復旧工事への流れは今の流れの原動力となり大きいものであったことが改めて認識できた。これも国土交通省九州地方整備局、国土交通省近畿地方整備局等多くの関係者の方々をはじめとする現場関係者の努力が実を結んだ結果と思う。この場を借りてお礼を申し上げたい。今後は無人化施工等の新規工種への適用を目指して精進し、機器開発や技術提案のすそ野を広げていきたいと考えている。

JCMA

### 【筆者紹介】

北原 成郎 (きたはら しげお)  
 (株)熊谷組  
 土木事業本部 機材部



坂西 孝仁 (さかにし こうじ)  
 (株)熊谷組  
 土木事業本部 機材部



# 重機遠隔操作における 3D スキャナーの活用

## 3D 無人化施工支援システムの開発

藤 吉 卓 也

近年様々な分野で活用が図られている 3D スキャナーを, 無人化施工技術に応用した。本技術は, 3D スキャナーからの 3 次元映像をもとに, オペレーターに対象物への距離情報を, 正確かつリアルタイム伝達するものである。これにより従来の無人化施工でのカメラ専用車両を重機搭載の 3D スキャナーに代替し, コストダウンとともに施工精度の向上を図ることが可能となる。

無人化施工現場で稼働している重機を用いて実証実験を行い, 取得データからその有用性を確認した。本稿では技術概要と実証実験結果について報告する。

キーワード: 無人化施工, 遠隔操作, カメラ映像, 奥行き情報, 3D スキャナー, 3 次元映像, リアルタイム

### 1. はじめに

近年の異常気象による災害復旧作業の増加, 福島県内高放射線量下での作業等, 無人化施工のニーズの増加ならび高度化が求められている。

無人化施工においては, 遠隔操作向け油圧制御機器技術は重機メーカーが担っており, その一方で画像伝送技術, 無線通信技術, 情報化施工技術といった施工に密接に関係する技術分野では, 建設業界がその多くを担っている。これらの技術はカメラや無線通信設備, センサー等を活用することが重要であり, 近年の急速な電子機器の性能向上にともない, 無人化施工の技術も進歩している。

近年, 様々な業界で注目されている 3D スキャナーは, 物体の 3 次元位置情報を, 大量の“点群データ”として短時間で取得する機器である。取得されたデータは, パソコンを用いて高速演算処理することにより, 3 次元の映像データに変換することが可能である。今回, リアルタイム性に優れた 3D スキャナーを用いて, 「3D 無人化施工支援システム」(以下, 本システム)を開発し, 従来の無人化施工が抱える課題の解決を図った。本稿ではその技術概要から実証実験結果までを報告する。

### 2. 本技術の概要

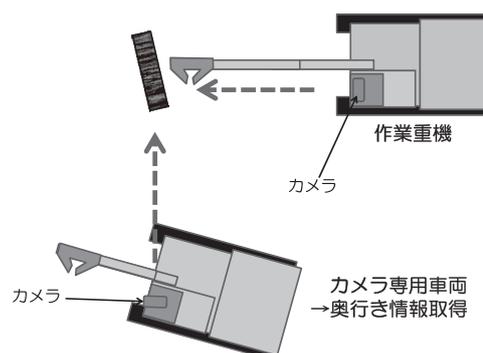
#### (1) 開発の背景

無人化施工とは, 災害復旧等の危険区域内での作業

において, 安全な場所からリモコンにより重機の遠隔操作を行うことにより, オペレーターの安全を確保しながら施工を行うものである。無人化施工においては, 運転手はおもに作業重機に取り付けたカメラからの映像情報(写真—1)をもとに周囲状況や作業対象の位置を把握する。しかし, 重機搭載カメラから取得



写真—1 重機搭載カメラの映像



図—1 カメラ専用車両による奥行き情報取得

する映像だけでは、作業対象への距離や奥行きを把握することが困難であるため、奥行き情報を補完するカメラ映像が別途必要となる。従来それら奥行き方向の映像は、図一1に示すように作業用重機以外に、カメラ専用車両を別途操作し取得していた。

しかし、カメラ専用車両の運用においてはいくつかの課題がある。以下にその課題を述べる。

#### ①コストアップ

直接実作業を行う重機以外に別途、作業に従事しないカメラ専用車両が必要となる。加えてカメラ専用車両にも遠隔操作技術に長けたオペレーターが必要である。

#### ②配置位置の制約

カメラ専用車両自体の大きさにより、狭隘箇所での最適なアングル確保は困難である。

#### ③電波の干渉

カメラ専用車両も無線での操作となるために、無線回線数が倍増し、電波干渉の可能性が高くなる。

#### ④オペレーターのストレス

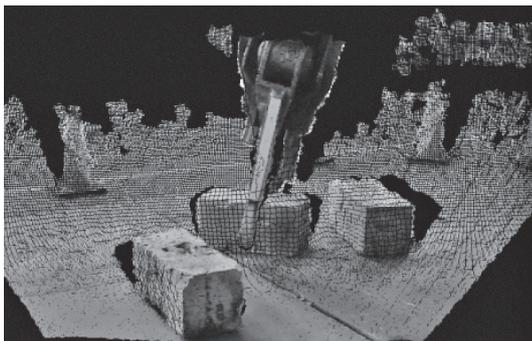
作業重機とカメラ専用車両の運転手が異なるために、重機操作に必要な映像のやり取りがうまくいかない場合がある。

これらの課題解決のために、“奥行き情報をオペレーターに伝える”という、従来カメラ専用車両が担ってきた役割を、3D スキャナーを活用することにより、代替するシステムを提案し開発を行った。

### (2) 技術の概要

本システムの概要を以下に述べる。前述のとおり、無人化施工における従来方式では、操作に関する映像情報の取得のために、作業用車両からの映像に加え、奥行き方向の情報を得るためにカメラ専用車両を別途適切な位置に配置していた。

これに対して、本システムは作業重機に、3D スキャナーを搭載し、重機搭載カメラから通常の運転手視点の2次元映像とは別途に、3D スキャナーから3次元



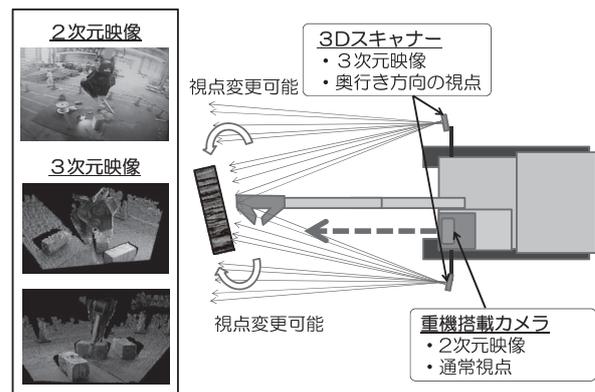
写真一2 3D スキャナーによる3次元映像

映像(写真一2)を取得し重機操作を行うものである。

ここでの3次元映像とは、3次元画像化された点群データが、カメラ画像とほぼ同調する速度で更新されていくことにより得られる映像を示す。この映像情報により、カメラ専用車両が取得していた奥行き方向のカメラ映像を代替することを可能とする。

3次元映像は、自由に視点を変更することができるので、重機操作に必要な奥行き情報を、あらゆる角度の視点から取得することが可能である。

一方、カメラ映像は画像の鮮明さ、リアルタイム性に優れているので、直感的な操作に対しての情報取得に適している。よって本システムでは、大半の操作は運転席付近に設置した重機搭載カメラから得られる通常のオペレーター視点の映像情報をもとに行い、カメラ映像のみでは得られにくい奥行き方向の情報が必要な操作を、3D スキャナーによる3次元映像を用いて行う(図一2)。



図一2 本システムにおける映像取得方式

本システムはこの映像取得方式を用いることにより、奥行き情報を取得するため配置していたカメラ専用車両を不要とするものである(図一3)。

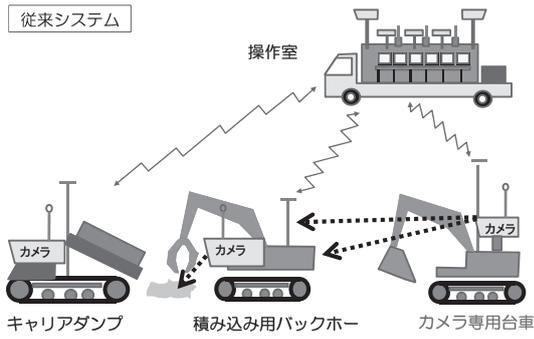
これにより、前述した無人化施工においてカメラ専用車両を導入した場合に生じる

- ①コストアップ
  - ②配置位置の制約
  - ③電波干渉
  - ④オペレーターのストレス
- という課題の解決を目的とする。

### (3) 本システムの主要設備

#### (a) 3D スキャナー

建設業界で一般に活用されている3D スキャナーは、主に測量を目的としているために、非常に高精度の点群データを大量に取得できるが、計測時間が長く(図一4)、また測定中は定置することが必要であった。



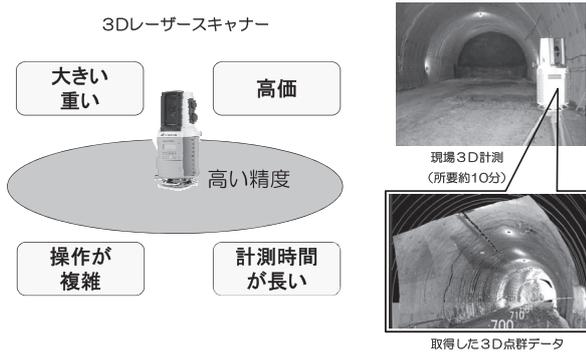
図一 本システムにおける無人化施工機械配置



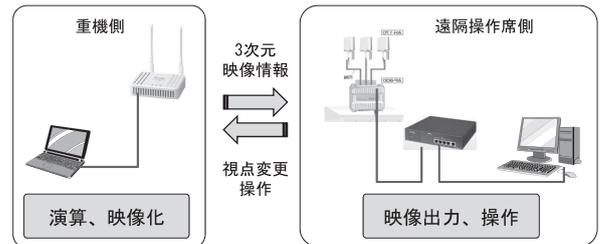
図一 5 本システムにおける 3D スキャナーの特徴

作, カメラ映像情報取得は無線通信を用いて行う。しかし 3D スキャナーにより取得される大量の座標データの無線通信は, 設備の通信速度により制約をうけるため, 映像出力のリアルタイム性が損なわれる。

この問題点解決のために, 本システムでは 3D スキャナーが取得した点群データは重機側に搭載したパソコンにより演算・映像化し, 無線 LAN によって映像データを遠隔操作席側に送信するものとした (図一 6)。



図一 4 高精度な 3D スキャナーの特徴



図一 6 本システムにおける無線通信設備の構成

### 3. システム実証実験

#### (1) 実験の概要

本システムの実用に向けて課題抽出および性能面での有用性の確認を行うため, 実証実験を行った。

無人化施工現場にて稼働している重機に 3D スキャナー及び付帯機器類を搭載して, 本システムを用いて重機の無線遠隔操作を行った。

各種要素実験を通じて, 実験データを取得すると共に本システムの機能確認を行い, 予め設定した作業の所要時間について従来システムと比較を行った。

#### (2) 実験設備

実験時に用いた主な設備について概説する。遠隔操作席においては, オペレーターは直接重機が見えないようパーティションで覆われた状態で, モニターに映し出される映像情報を頼りに遠隔操作を行った。

#### (a) 従来システムの構成

図一 7 に実験時の従来システムを模擬した試験設備

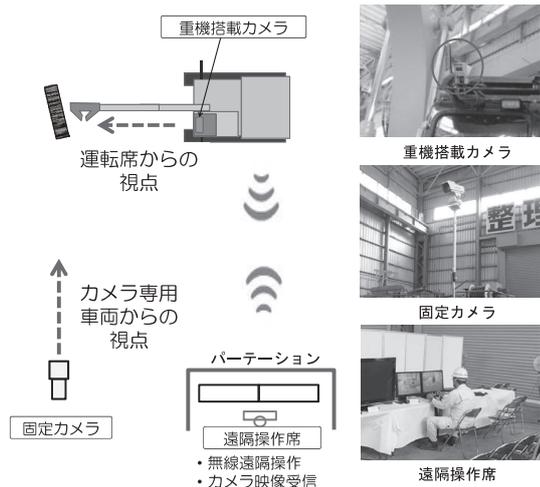
しかし重機操作において必要な奥行方向の情報を取得する場合は, 高精度のデータより若干精度は低くても, リアルタイムに欲しい情報が取得できることが重要である。そこで, 一般的な 3D スキャナーの活用方法から発想の転換を行い, 精度より, 計測時間が短くリアルタイムな画像化が可能であることを重視した。

調査・検討の結果, 本システムの実証実験に用いる 3D スキャナーは ASUS 社の Xtion PRO LIVE を採用した (図一 5)。

採用機種の特徴は, 奥行き情報を持った映像情報取得の速さである。一般に点群と呼ばれる形状情報を RGB 色情報と共にリアルタイム (最大 60 fps) で取得可能であるため, 作業対象物および作業装置等を遅延なくモニター上に表示することが可能である。

#### (b) 無線通信設備

無人化施工においては, 一般的に作業車両の操



図一七 従来システムの構成

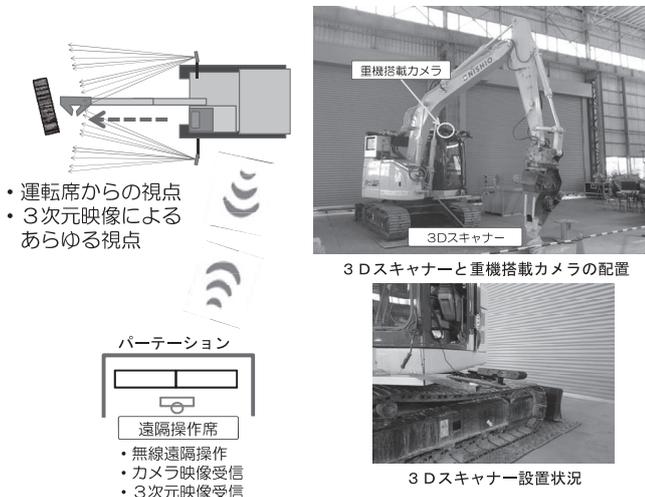


写真一三 従来システムでの操作状況

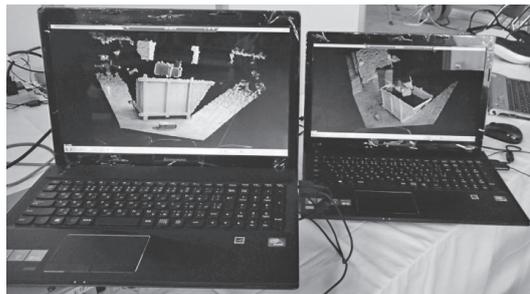
構成を示す。実験時は重機搭載カメラに加えて、奥行方向の映像情報を得るため、通常カメラ専用車両が配置される位置に固定カメラを設置した。オペレーターは、これらのカメラから映し出される2つのモニター映像で状況を確認しながら操作を行った(写真一三)。

(b) 本システムの構成

実験時の本システムの設備構成を図一八に示す。重機搭載カメラは、従来システムと同位置に配置し、機体の左右に張り出す位置に1台ずつ、計2台の3D



図一八 本システムの構成



写真一四 3次元映像出力用パソコン

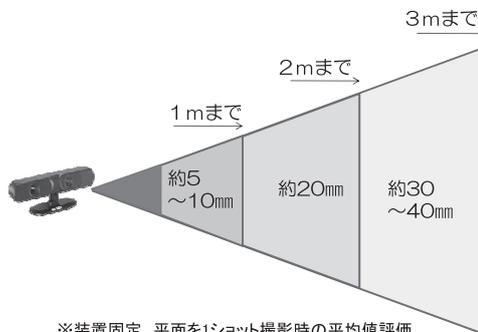
スキャナーを搭載した。2台の3Dスキャナーから得られた3次元映像は、それぞれ遠隔操作席に設置した2台のパソコン画面に出力するものとして(写真一四)、視点変更は2台が独立して操作可能なものとした。

(3) 機能実証実験

本システムの機能実証のために、重機の遠隔操作に対して有用な3次元映像情報についてのデータ取得を行った。

(a) 3次元映像の有用性

実験的に得られた点群データの計測距離の誤差は、3m離れた対象物において30~40mm(約1%)程度(図一九)であり、通常の重機操作に支障はないと想定していた。



※装置固定。平面を1ショット撮影時の平均値評価  
 ※観測対象の姿勢、形状により左右される可能性あり  
 図一九 実験的に得られたXtionの精度

しかし実用化にむけては、作業対象物の姿勢、形状、大きさ等を含めた点群データの視認性との相関も合わせて重機操作に対しての有用性を実証する必要があった。このため様々な大きさ・形状の作業対象物に対して把持動作等を行い、その施工特性についての基本データを取得した(写真一五)。

(b) 映像遅延時間

オペレーターがストレスを感じないで操作を行うためには、カメラ映像および3次元映像の遅延が小さく、かつそれぞれが同調して出力されることが重要である。

遅延時間を測定するには、重機の動作、重機搭載カ



写真一5 多様な作業対象物を用いた機能確認

カメラ映像、3次元映像を一つの画面でビデオ撮影し、得られた鉄骨カッター開閉動作映像について、それぞれの画像の時間差を計測する手法を用いた(写真一6)。測定結果を表一1に示す。



写真一6 映像遅延時間測定状況

表一1 映像遅延時間測定結果

試験 No	鉄骨カッター動作	重機動作に対する遅延時間(sec)	
		重機搭載カメラ	3D スキャナー
1	閉じ始め	0.33	0.57
2	開き始め	0.47	0.77
3	閉じ始め	0.27	0.33
4	開き始め	0.40	0.43
5	閉じ始め	0.30	0.57
6	開き始め	0.43	0.27
7	閉じ始め	0.33	0.97
8	開き始め	0.40	0.93
9	閉じ始め	0.30	0.70
10	開き始め	0.50	0.47
11	閉じ始め	0.30	0.27
12	開き始め	0.50	1.03
13	閉じ始め	0.30	0.47
14	開き始め	0.50	1.10
15	閉じ始め	0.30	0.37
16	開き始め	0.30	0.70
17	閉じ始め	0.30	0.17
18	開き始め	0.37	0.33
19	閉じ始め	0.30	0.40
	平均遅延時間	0.36	0.57

重機搭載カメラは、遅延時間が短く全体的に安定した計測値を示した。3D スキャナーの映像においては、カメラ映像に比べ若干の遅延は生じるが、カメラ映像に対しての平均遅延時間は約 0.2 秒程度であり、重機操作において、その時間差によるストレスは感じなかった。

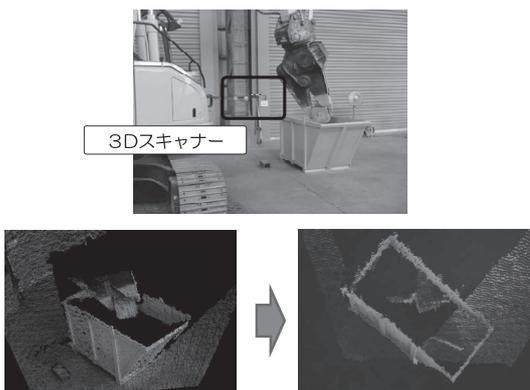
(c) 奥行情報取得機能

3D スキャナーによる3次元映像が奥行方向の情報取得に有効に機能することが重要である。3D スキャナーの配置について試行錯誤を行い、レーザーの照射範囲と反射強度の関係から、最適な位置を設定した。

機能確認の方法として、作業対象の正確な位置情報を必要とする角材等を積み上げる作業(写真一7)、上方からの視点の有効なベッセルへの投入作業(図一10)を行い、その有効性を確認した。



写真一7 ケーブルドラムに角材等を積み上げる作業



図一10 ベッセル投入時の視点変更

(4) 性能評価実験

(a) 実験方法

性能についての評価を行うために、予め設定した3つの作業(表一2)について、本システムと従来システムにおける所要時間の計測を行った。写真一8に実験時の設備配置を示す。

表一 性能評価実験で設定した作業内容

	内容	条件他
作業 A	尺角を把持→ベッセル投入	尺角一つ
作業 B	尺角を把持→ケーブルドラムに積上げ	尺角一つ、ドラム径 550 mm
作業 C	尺角を把持→ベッセル投入	尺角三つ、投入順序は自由



写真一八 性能評価実験設備配置

(b) 実験結果

本システムにおいては、作業 A, B, C について、5 回、従来システムにおいては、3 回作業を実施しその所要時間を計測した。計測結果を表一 3 に示す。

作業 A, B, C いずれにおいても、最も作業時間が短かったのは、本システムによるものであり、平均時間においても作業時間の短縮が確認できた。

表一 3 性能評価実験時の作業時間計測結果

3D 無人化施工支援システム

	各作業ごとの所要時間		
	作業 A	作業 B	作業 C
1 回目	1 : 15	1 : 26	3 : 54
2 回目	1 : 30	1 : 25	3 : 14
3 回目	1 : 06	1 : 02	3 : 49
4 回目	1 : 21	1 : 30	2 : 59
5 回目	1 : 07	1 : 22	3 : 13
平均時間	1 : 15	1 : 21	3 : 25

従来システム

	各作業ごとの所要時間		
	作業 A	作業 B	作業 C
1 回目	1 : 26	1 : 25	3 : 55
2 回目	1 : 11	1 : 14	3 : 53
3 回目	1 : 30	2 : 39	3 : 14
平均時間	1 : 22	1 : 46	3 : 40

(4) 今後の課題

実証実験を通じて 3D スキャナーを用いた本システムが無人化施工において有用であることが確認できた。

本システムをブラッシュアップするための課題とし



写真一九 稼働現場での試験実施状況

て以下に大きく 3 つ挙げる。

① 3D スキャナーの高性能化

より高性能な 3D スキャナーの採用により、画像の精度向上、検出範囲の拡大等を実現し、適用範囲を拡大する。

② 無線の通信速度・通信距離の向上

無線通信設備とパソコン等情報処理機器の組合せについて最適化を行い、3 次元映像情報の通信速度・通信距離をより向上する。

③ 耐久性向上

稼働現場で実施工を通じて、防水防塵を含めた機器全体の耐久性について見直しを図る。

すでに稼働中のトンネル現場においても、本システムを試験的に導入し(写真一 9) その適用性を確認した。また実施工時運用における、さらなる課題の抽出も合わせて実施している。

4. おわりに

無人化施工は、建設就業者の減少、技術者不足といった課題に対しての機械化・省力化技術として、老朽化したインフラのモニタリングといったニーズも高まってきた。

あらゆる分野の新技术を活用することにより、無人化施工特有のコストアップ、施工効率の低下という問題を解決し、より幅広いニーズに無人化施工が適用できるよう、今後とも取り組んでいきたいと考える。

JCMIA

【筆者紹介】

藤吉 卓也 (ふじよし たくや)  
清水建設(株)  
土木技術本部 機械技術部



# 災害対応のためのロボット技術開発と運用

浅 間 一

東日本大震災、福島原発事故においては、様々な場面でロボット技術の投入が求められた。現場には、これまでに多くのロボットや遠隔操作機器が投入され、実績を上げているものの、福島原発の廃炉措置や今後の災害に対する備えとしての災害対応ロボットについては、課題が山積みである。本稿では、災害対応ロボットについて概観し、東日本大震災、福島原発事故・廃炉に対して行われた様々なロボット・遠隔操作機器や、その活動について紹介するとともに、産業競争力懇談会から出された提言の概要について述べ、今後行うべき取り組みについて議論する。

キーワード：災害対応、事故対応、廃炉対策、ロボット、遠隔操作、機能評価、平時利用、配備

## 1. はじめに

2011年3月11日に東日本大震災、福島原発事故が発生した際には、様々な場面でロボット技術の投入が求められた<sup>1)</sup>。福島原発の現場ではこれまでにすでに多くのロボットや遠隔操作機器が投入され、多大な貢献を果たしている<sup>2)</sup>。しかるに、災害直後は、ロボット技術は日本のお家芸であったにもかかわらず、それらの機器を迅速かつスムーズに導入することができなかった。今後の災害に備える上でも、課題を抽出するとともに、それを解決すべき方策を検討し、具現化する必要がある。

## 2. 災害対応ロボットとのニーズと研究開発

### (1) 災害対応ロボットとのニーズ

日本は災害大国であり、地震、台風、火山爆発などの自然災害が非常に多く、首都直下型地震や東南海地震が近い将来発生する確率は極めて高いと予想されている。また、それに加え人工災害も多発しており、大きな問題となっている。近年、トンネル、橋梁、ダム、道路等の社会インフラの老朽化が原因となり、笹子トンネルの崩落事故をはじめとする事故が多発している。また、プラントなどの設備をはじめとする産業インフラの事故も増加しており、コンビナート事故は10年で10倍に急増しているとの報告もある<sup>3)</sup>。工事現場での事故なども後を絶たない。このような災害や事故の脅威が増大する中、人が行うことが困難・不可

能・危険な作業・環境が多数存在し、ロボットや遠隔操作機器の導入が期待されている。

災害対応にはいくつかのフェーズに分けられる。それに応じて対策も変化し、必要とされる機器も異なる。災害発生直後24時間以内（フェーズ0）は災害状況の把握、必要な機材や物資の確保、体制の確立など、災害発生後72時間以内（フェーズ1）は被災者の探索・救出などの緊急対策、災害発生後1ヶ月程度（フェーズ2）は被災者支援・ライフライン・交通の確保など応急対策、それ以降（フェーズ3）は瓦礫処理、復旧・復興などとなる。

フェーズ0や1の初期においては、被害状況調査、被災者探索・避難誘導・救助などの活動が主体となるため、それを実施、あるいは支援するためのロボット・遠隔操作機器が求められる。陸・海・空、あるいは、建物の内部、狭隘部、瓦礫の中などを移動して情報を収集したり、被災者を探索し、誘導・救出するロボット・機器、応急的な瓦礫除去、インフラ修復・再構築などの作業を行うロボット・機器などが必要となる。また、フェーズ2や3などの応急対策・復旧・復興においては、本格的な瓦礫処理、インフラ構築、災害対策工事、除染をはじめ、様々な復旧活動を支援するロボット・機器（無人化施工機器を含む）などが重要となる。

### (2) 災害対応ロボットの研究開発と運用

①各省庁などにおける災害対応ロボットの開発と導入  
災害対応活動といっても、その活動の内容に応じ

て、国交省、消防庁、自衛隊、警察庁など、様々な省庁や自治体が、それぞれの役割を担っており、各組織において、あるいは、事故対応が求められる事業者が、それぞれの目的に応じた災害対応ロボットの開発・調達・配備を行っている。たとえば、消防庁は、消火活動や救助活動（レスキュー）を行えるようなロボット、具体的には、要救助者救出口ロボット、無人走行放水装備、水中検索装置などの開発を行うとともに、これらの機器を東京消防庁などに配備し、非常時に備えている<sup>4)</sup>。一方、防衛省は、災害派遣・支援も重要な任務であり、CBRN（Chemical, Biological, Radiological, Nuclear）災害に対応できるようなロボット・遠隔操作機器の開発などを行っている<sup>5)</sup>。有事の際は、自衛隊がこれらの機器を用いてオペレーションを行うと考えられる。また、国交省でも、火山爆発や土砂災害などの災害時における災害対応手段として、無人化施工機器の開発・運用を行っている。特に、国交省は、緊急災害対策派遣隊 TEC-FORCE（Technical Engineering Control FORCE）<sup>6)</sup> という、大規模自然災害時に被災状況の迅速な把握、被害の発生・拡大の防止、被災地の早期復旧その他災害応急対策に対する技術的な支援を行う部隊を有しており、ここでも、無人化施工をはじめとする遠隔操作機器が配備されている。また、警察庁においても、テロ対策や爆弾処理のための遠隔操作ロボットが配備されている<sup>7)</sup>。

## ②災害対応ロボット研究開発プロジェクト

一方、災害や事故が発生し、災害対応ロボットの重要性が認識されるたびに、様々なプロジェクトが立ち上がり、災害対応ロボットに関する技術開発が行われてきた。阪神淡路大震災後には、文部科学省「大都市大震災軽減化特別プロジェクト（大大特）」（平成14年度～18年度）<sup>8)</sup> が実施され、大震災における緊急災害対応（人命救助など）のための被災者探索・情報収集・配信等を支援することを目的とした、レスキューロボット等の次世代防災基盤技術の開発が行われた。また、ロボット技術の実用化・事業化を目的として実施された NEDO「戦略的先端ロボット要素技術開発プロジェクト」（平成18年度～22年度）<sup>9)</sup> の特殊環境用ロボット分野においても、「被災建造物内移動 RT システム」の開発が行われ、被災した閉鎖空間内で移動し、情報収集するための実用化ロボット技術の開発が行われた。さらに、今回の東日本大震災と福島原発事故を受けて実施された NEDO「災害対応無人化システム研究開発プロジェクト」（平成23年度～24年度）<sup>10)</sup> においては、福島原発事故現場でも活用可能な、災害対応ロボット技術の開発が行われた。こ

れらの研究開発では、基盤技術から現場のニーズに応じた実用化技術まで、継続して一貫した開発が行われた結果、その成果の一部は東日本大震災や福島原発の現場で活用され、災害対応や廃炉措置に貢献するに至っている。

## ③原子力用ロボット研究開発プロジェクト

一方、原子力施設の監視、点検、保守用のロボットの開発に関しては、1980年代からプラントメーカーが中心となって、通商産業省のプロジェクトや電源開発促進対策特別会計の補助金などで実施されてきた。モノレール式点検ロボット、水中点検ロボットなどの専用機についてはすでに実用化され、実プラント内で稼働しているものも多い。その一方で、格納容器内点検用ロボットなどの汎用ロボットの開発も多く行われた。その典型例が極限作業用ロボット（1983-1990）である<sup>11)</sup>。1999年に発生した東海村 JCO 臨界事故後も、原子力防災支援システムや情報遠隔収集ロボットなど、原子力事故対応ロボットの開発が行われた<sup>12～14)</sup>。しかしながら、これらの研究開発では、様々な汎用ロボットの技術開発が行われたものの、いずれもプロトタイプ開発や基盤技術開発までで留まってしまい、実用化されなかった。そのため、福島原発事故における事故対応や廃炉措置においてはその成果をほとんど活用できなかった。

また、原子炉解体に関しては、JPDR 解体の際に、放射能を帯びた鋼構造物及びコンクリート構造物の安全かつ円滑な解体を目的として、様々な解体工法・解体機器の開発が行われた<sup>15)</sup>。特に、作業員の放射線被ばくの低減を図るため、高い放射線環境下での作業を行うことのできる遠隔切断装置などの遠隔解体操作技術の研究開発が行われた。ただし、この技術も正常に停止した原子力プラントの廃炉・解体に開発された技術であり、事故が発生した福島原発に対しては、これをそのまま導入することはできず、これとは異なる新たな技術開発が求められている。

## 3. 東日本大震災と福島原発事故への対応

### (1) 震災および津波対応におけるロボット活用

東日本大震災における災害対応では、被災者の探索、被災した建物やプラント・設備の調査、水中の調査、被災地のマッピング、重作業のパワーアシスト、被災者のメンタルケアなどでロボット技術が活用された。災害からの復旧、復興においても、汚染された地域の放射線量調査、瓦礫の処理、除染などでロボット技術は使われており、今後もさらに活用は拡大すると

考えられる。具体的には、能動スコープカメラ(東北大), Quince (千葉工大, 東北大, NEDO, IRS), KOHGA3 (京大), Anchor Diver III (東工大), 遠隔操縦機 ROV (東大), 双腕式油圧ショベル型ロボット (日立建機), 被災地計測・モデル化・マッピング計測車・全方位カメラ (東大, 東北大), Paro (産総研), スマートスーツ・ライト (北大), Hexa-rotor MAV (千葉大) などのロボットがこれまでに用いられた。

## (2) 原発事故対応・廃炉措置におけるロボットの導入

一方、福島原発の事故対応に関しては、事故直後は、冷却系の安定化、封じ込めが最大のミッションであったが、冷温停止後(平成24年1月以降)は、廃炉に向けた使用済み燃料プールからの燃料や燃料デブリの取り出しに移行している。しかし、現場で様々な作業を行っている作業員の被曝を低減することが何よりも重要なミッションである。具体的には、注水、瓦礫除去、建屋や様々な容器内の調査(映像取得、放射線量・汚染分布・温度・湿度・酸素濃度・等の計測)、サンプル採取、計測機器などの設置、除染、遮蔽、機材の運搬などの作業でロボットや遠隔操作機器の活用が求められ、すでに数多くのロボットや機器が導入されている。導入された調査・作業用ロボットは、米国 Honeywell 社製の小型無人ヘリ T-Hawk, 米国 iRobot 製の Packbot (2台), 千葉工業大学, 東北大学, 国際レスキューシステム研究機構, 新エネルギー・産業技術総合開発機構が開発した Quince, Quince 2, Quince 3, 米国 iRobot 社製の Warrior, 米国 QinetiQ 社製の Talon, 日本原子力研究開発機構が開発した JAEA-3, TOPY 工業が開発した Survey Runner, 東芝が開発した4足歩行ロボットと小型走行車, 三菱電機特機システムが開発した FRIGO-MA, 産業技術総合研究所と本田技術研究所が開発した高所作業車, 日立 GE ニュークリア・エナジー社製遊泳調査ロボット, ATOX 社が開発した円筒容器内水位測定装置などである。

いわゆる「ロボット」以外のロボット技術も、廃炉に向けた様々な作業において活用されている。日本原子力研究開発機構(JAEA)が開発したロボット操作車 RC-1 が Talon の操作車として、またガンマカメラによる線量測定・汚染分布測定などに用いられたほか、工業用内視鏡を用いた2号機原子炉格納容器内部調査、ROVを用いた4号機使用済み燃料プール内調査・瓦礫分布マップ作成、バルーンを用いた1号機オペロ調査なども行われている。

## (3) 無人建設機械の活用

福島原発の事故対応およびその廃炉措置において、無人化施工をはじめとする建設機械も極めて有効に活用されている。東京電力福島第一発電所の事故発生直後は、原子炉の冷却が最大の課題であった。安定な注水を行う手段として、Putzmeister 社製のコンクリートポンプ車による遠隔注水が4号機で行われた。

また、事故直後の福島第一原子力発電所内には、津波によって発生した瓦礫と、原子炉建屋の水素爆発によって発生した瓦礫が多数存在した。特に、水素爆発によって発生した瓦礫は、放射線レベルが高く、発電所内での復旧作業の大きな妨げとなっていた。そこで、高線量作業環境における作業員の被ばく線量の低減を目的として、バックホウ、クローラダンプ、オペレータ車、カメラ車などの無人化施工機械を用いた瓦礫の除去が行われた。また、原子炉建屋内部においても、遠隔操作機器を用いた瓦礫除去が行われている。Talon (米国 QinetiQ 社製), Bob Cat (米国 QinetiQ 社製), Brokk-90 (スウェーデン Brokk 社製), Brokk-330 (スウェーデン Brokk 社製), ASTACO-SoRa (日立エンジニアリング・アンド・サービス社製), 除染機器 Moose (Pentek 社製), 遠隔操作床面除染装置(ATOX 社製)などが使用されている。

水素爆発を起こした3号機の原子炉建屋の最上階瓦礫の除去も、クレーンやバックホウなどの無人化施工機械を用いて行われた。また、鹿島建設は、クローラダンプおよびフォークリフトを用いて3号機の放射線レベルの高い瓦礫の搬送作業の完全自動化を達成した。

## 4. 今後の取り組み

### (1) 各省庁などにおける災害対応ロボットの開発・配備の問題点

これまでに開発、現場への導入が行われてきた災害対応ロボットや遠隔操作機器について述べたが、これからの廃炉対策や、今後の災害に対する備えという点では、まだ多くの問題が残されている。各省庁で開発、配備が行われてきた災害対応ロボットについても、現状のロボットで対応できる災害や事故の状況は、特殊なケースのみであり、多様な災害に対して必要とされる機能のごく一部しかカバーできていない。事実、消防庁、警察庁、防衛省などが開発してきたロボットは、訓練ではたびたび使用されてきたにもかかわらず、実際の災害現場で使用されたことはほとんどない。国交省の無人化施工機械なども、火山災害や土砂災害、原

発事故などを中心に活用されているものの、実際の災害現場で活用可能な場面はまだ限定的である。災害や事故は極めて多様であり、災害対応ロボットにも様々な環境で多様な作業を行うことが求められ、要求される機能も極めて多様で複雑である。現在我々が有しているロボットの機能では、ごく一部の災害にしか対応できないのである。また、各省庁、自治体における、災害対応ロボット、遠隔操作機器の開発・導入・配備といった活動の多くは、縦割りで行われている。共通する技術も多々存在し、有事の際には、省庁間で連携した協力的オペレーションが求められるものにもかかわらず、省庁間相互の交流・連携はほとんど行われておらず、これも大きな問題と考えられる。

## (2) 福島原発の廃炉および原子力事故への備え

福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた中長期ロードマップでは、廃炉までに30～40年かかるとされており、今後も、除染、汚染水の漏えい箇所の特定・補修、燃料デブリの調査・取り出しなど、人が行うことが困難な作業が目白押しであり、長期にわたってロボットや遠隔操作機器の開発は継続的に行っていく必要がある。これらは、いずれも新規に開発されるものばかりであり、現場で確実に使用できる装置として完成させるには、研究開発された後も、機能検証、実証試験、オペレータの訓練などを十分行った上で投入する必要がある。日本原子力研究開発機構は、福島廃炉技術安全研究所を設置するとともに、遠隔操作機器・装置実証施設（通称モックアップ施設）の建設・運用を行う計画を進めており、開発されたロボットや遠隔操作機器の実用化を行う上での重要な鍵となる。

一方、今後起こり得る原子力事故に備えるため、電気事業連合会は原子力緊急支援機関を福井県内に設置することを決定した。それを受け、日本原子力発電が敦賀市に原子力緊急事態支援センターを設置し、様々な事故対応ロボットを配備するとともに、オペレーションの訓練を行うなど、有事の際の緊急支援体制を整えつつある<sup>16)</sup>。

## (3) 一般災害に対する防災・減災の取り組み

前述のように、災害対応ロボットに関するプロジェクトで開発されたロボットで、東日本大震災や福島原発の現場に導入されたものもあるが、それはごく一部に限られている。大学や研究機関、ロボット関連企業、プラントメーカーなどは、これらの災害対応ロボット技術開発プロジェクト以外に、独自で開発しているケースも多い。しかし、これらの研究開発では、プロトタイプ

開発、あるいは実証試験までは行われるものの、実用化・事業化は遅滞として進んでいないのが現実である。実際に、災害対応ロボットの需要は官需が中心であり、市場も極めて特殊で限定的であることから、企業努力だけでは死の谷を越えることは難しい。それを解決するには、国が実用化まで支援するとともに、国が率先して需要を作り出すことが重要となる。

一方、今後の備えという点では、このような研究開発だけでは不十分であり、発災後の災害対応、減災のみならず、災害を予防する防災も重要である。社会インフラや産業インフラの老朽化による事故も急増しており、これらの点検や保守においても、ロボットの活用が求められている。人が行うことが困難・不可能な作業をロボットで行ったり、危険作業をロボットで代替することが、ロボットを導入する最大の目的だが、ロボットを導入することで、人が作業を行う際に必要であった足場の建設などが不要になるので、コストが削減でき、工期を短縮できるということも重要なポイントとなる。

## (4) 産業競争力懇談会での提言

今後の災害や事故に備えるためには、東日本大震災および福島原発事故が発生した際、迅速かつスムーズにロボットや遠隔操作機器が導入できなかった問題点を分析するとともに、それをいかに解決するか検討する必要がある。産業競争力懇談会では、災害対応ロボットの社会実装を推進するために、平成23～24年度に「災害対応ロボットと運用システムのあり方」プロジェクトを実施し<sup>17, 18)</sup>、危険作業や社会インフラ・設備の点検・保守などとの併用も含め、平時から使用、運用しつつ、有事の際にも迅速に配備できるようにするための提言を、以下の3点にまとめた。

### (a) 研究開発拠点やプロジェクト立ち上げによる技術開発

様々な災害に対応できるようにするためには、特殊環境移動・アクセス技術、遠隔操作用安定通信技術、遠隔操作用空間認知技術、操作性向上のための自律化・知能化技術、計測技術とそれに基づく点検・診断・メンテ技術などに関するニーズ駆動型基盤技術研究、高度実用化研究、運用実証型研究を行う必要がある。また、ソリューション導出・システム化技術を高度化するためには、DARPA Challenge<sup>19)</sup>のような競技会やチャレンジを実施することも有効である。

### (b) 災害対応ロボットセンターの設置

実証試験・オペレータ訓練、防爆性・耐放性・耐久性・安全性などの機能評価・認証、ロボット技術情報

の集積化・一元的管理・提供, 緊急時対応(災害時の配備)などの機能を持つ防災ロボットセンターを設置する必要がある。実証試験, オペレータの訓練に関しては, それを実施するテストフィールドやモックアップを設置する必要がある。

### (c) 戦略策定・標準化・制度設計

災害対応ロボットの開発と運用を長期的に継続して行うための戦略の設計, 策定が求められる。また, ロボットの機能評価やインタフェース仕様に関する標準化活動, 規制緩和(特区など), 規制強化(配備の義務化など), 免税措置などの税制策定, 無線周波数の確保や保険制度などを含む環境整備など, 制度設計なども重要である。

平成25年度には, それを受け「災害対応ロボットセンター設立構想プロジェクト」において, 「災害対応ロボットセンター」の具体的な機能とその具現化の方策や運用の枠組みについて検討した<sup>20)</sup>。災害対応ロボットセンターは, 長期的な技術開発戦略の策定と有事の際の災害対応ロボットの配備・運用に関する司令塔の機能を有する「災害対応ロボット利用推進本部」と, 平時における災害対応ロボットの技術開発, 実証試験・評価・認証, 訓練, 標準化・運用・配備の実業務を統括する「災害対応ロボット技術センター」によって構成することとし, 災害対応ロボット利用推進本部は内閣府など政府に設置し, 災害対応ロボット技術センターは産官学連携によって運営すべしとの提言を行った。平時利用に関しては, (1) 危険が伴う作業や工事における現場活用, (2) 社会インフラや設備の点検・保守との併用, (3) 訓練などにおいての利用が考えられる。また, 災害対応ロボット技術センターには, 災害対応ロボットに関連する技術とその実用評価, ニーズ等に関するデータベースを完備, 管理するとともに, 災害対応ロボットのテストフィールドやモックアップなど, 実証試験や機能評価・認証を行える拠点を運用し, 研究開発から, 実証試験, オペレータ訓練, 実現場への投入といった一貫した流れを継続的に回す機能が求められる。

## 5. おわりに

本稿では, 災害対応ロボットについて概観し, 東日本大震災における災害対応, 福島原発事故対応・廃炉措置において導入された様々なロボット・遠隔操作機器や, その活動について紹介するとともに, 今後行う

べき取り組みについて述べた。今後, レジリエントな社会を構築する上で, 災害に対する備えとして, 現場で活用可能なロボット技術の開発・運用が極めて重要になる。現在, 福島・国際研究産業都市構想(イノベーション・コースト)研究会をはじめとして, 災害対応ロボットの研究開発や評価・運用拠点の設置に関して, 様々な検討が各省庁や自治体で始められている。災害対応ロボットの技術開発・運用は, 災害というリスクに対するナショナルレジリエンスのみならず, 社会インフラや産業インフラの維持管理・長寿命化, 防災といった観点からも重要である。一方, 様々なロボット産業への大きな波及効果も期待される。現在行われている検討が具現化し, 産業競争力懇談会の提言の早期の実現が期待される。

J|C|MA

### 《参考文献》

- 1) 浅間 一: "東日本大震災及び原子力発電所事故に活用されるロボット技術", ITU ジャーナル, vol. 42, no. 2, pp. 44-47, 2012.
- 2) 浅間 一: "災害対応におけるロボット技術の適用と運用", 建設機械, vol. 49, no. 12, pp. 41-45, 2013.
- 3) [http://www.nhk.or.jp/gendai/kiroku/detail\\_3294.html](http://www.nhk.or.jp/gendai/kiroku/detail_3294.html)
- 4) <http://www.tfd.metro.tokyo.jp/ts/soubi/robo/>
- 5) 上村圭右, 成瀬正啓, 勝山好嗣: "CBRN 対応遠隔操作作業車両システムの研究", 防衛技術シンポジウム, p-6, 2013.
- 6) <http://www.mlit.go.jp/river/bousai/tec-force/index.html>
- 7) <http://www.news24.jp/articles/2010/09/23/07167315.html#>
- 8) <http://www.rescuesystem.org/ddt/H15-report/ddt15.html>
- 9) [http://www.nedo.go.jp/activities/EP\\_00295.html](http://www.nedo.go.jp/activities/EP_00295.html)
- 10) [http://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP\\_100045.html](http://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100045.html)
- 11) 平井成興: 「極限作業ロボットプロジェクト」特集について, Vol.9, No.5, p.61, 1991.
- 12) 間野隆久, 濱田彰一: 原子力防災支援システムの開発, Vol.19, No.6, pp.38-45, 2001.
- 13) 小林忠義, 宮島和俊, 柳原 敏: 原研における事故対応ロボットの開発(その1) 情報遠隔収集ロボットの開発, Vol.19, No.6, pp.30-33, 2001.
- 14) 柴沼 清: 原研における事故対応ロボットの開発(その2) 耐環境型ロボットの開発, Vol.19, No.6, pp.34-37, 2001.
- 15) Satoshi Yanagihara, Shinsuke Ashida, Hozaumi Usui: "Dismantling of JPDR internals using underwater plasma arc cutting technique operated by robotic manipulator", Journal of Nuclear Science and Technology, vol. 25, no. 11, pp. 891-894, 1988.
- 16) <http://www.japc.co.jp/emergency-support/index.html>
- 17) <http://www.cocn.jp/common/pdf/thema39-L.pdf>
- 18) <http://www.cocn.jp/common/pdf/thema50-L.pdf>
- 19) <http://www.theroboticschallenge.org/default.aspx>
- 20) <http://www.cocn.jp/common/pdf/thema60-L.pdf>

### 【筆者紹介】

浅間 一 (あさま はじめ)  
 東京大学  
 大学院工学系研究科  
 教授



# 壁面放射線量測定装置の開発

## さー兵衛 トータル除染システムを確立 放射能汚染対応を ワンストップで提供

森 一 紘・板 谷 俊 郎・澤 田 晃 也

目指していたトータル除染システムを確立するため、壁面放射線量測定装置「さー兵衛」（以下「本装置」という）を開発した。屋上から吊り下げた測定装置を壁面に沿って上下させながら放射線量を測定するもので、従来と比較して測定作業員の被ばく量の低減、作業時間の短縮、費用の削減が可能となった。また今回の開発により、従前より開発済であった各種技術と組み合わせ、放射能汚染対策の4つのカテゴリー（①除染の企画・調査、②除染作業、③放射性物質の拡散防止、④放射性廃棄物の管理・運営）で対応が可能となり、独自のソリューション「トータル除染システム」をワンストップで提供出来る様になった。今回は①除染の企画・調査を担う本装置について紹介する。

キーワード：放射線量，壁面測定，除染技術

### 1. はじめに

平成23年3月の東日本大震災に伴って発生した福島第一原子力発電所の事故により、放射性物質が大気を介して東日本の広い範囲に飛散した。特に、福島県内の事故現場近隣の住民は避難を余儀なくされた。そのため、避難対象となった地域では、街の活動が完全に停止してしまった。

さらに、放射性物質が拡散したと考えられる地域では、様々な風評被害を被っており、農作物や海産物などの放射線量の測定が求められている。

また、事故発生地から離れた地域においてもホットスポットと呼ばれる放射線量の高い地域が存在し、住民に大きな不安を与えている。

このように、事故が発生した原発近隣のみならず広範な地域において、リアルタイムの放射線量管理は重要な意味合いをもっている。

そこで、既存建物の安全性を確認するための一手段である、放射線量を測定する方法について省力化を狙った装置を考案した。本報では、この省力化測定装置について概要および実施事例を紹介する。

### 2. 放射線量の測定方法

放射線量の測定方法に関しては、環境省の除染関係ガイドライン等の中で示されている<sup>1)</sup>。

#### (1) 汚染状況の指標

放射性物質による汚染の状況の指標としては、「空間線量率」、「表面汚染濃度」等がある。このうち空間線量率は、対象とする空間の単位時間あたりの放射線の量であり、外部被ばくの程度を示すので、健康保護の観点での汚染状況の指標として使用することができる。また、空間線量率は比較的短時間に測定することができ、携帯可能な検出器も市販されているので、汚染の状況を迅速かつ広範囲にわたって確認するための方法として適している。以上のことから、重点的な汚染状況の調査には、空間線量率が指標として用いられている。

#### (2) 測定方法

除染関係ガイドライン<sup>1)</sup>によると、除染の効果を確認する場合は、空間線量率または対象の表面の汚染密度を測定する。また、建物など工作物の表面または表面近くの汚染の程度を測定する場合には、バックグラウンドの放射線の影響を受けないように、ベータ線を測定できるガイガーミュラー計数管型サーベイメータまたはガンマ線を測定できる線量計を用いる。今回開発した装置では、NaIシンチレーションサーベイメータ（写真-1）を用いている。測定位置については、通常、測定点の表面（約1cm）および測定点からの距離が50cm、1mの各位置で空間線量率を測定するが、今回は壁面の汚染程度を計測するため、地表面からの影響を受ける可能性は極めて低いと考えら



写真-1 放射線量測定器 (NaI シンチレーションサーベイメータ)



写真-2 放射線量測定装置 (左) 吊りアーム部と保持部 (右) 本体

れ、対象面（外壁面）の表面（約 1 cm）のガンマ線を測定することとした。

なお、バックグラウンドの測定については、原則として、前記のガイドライン<sup>1)</sup>に示されている方法に従って行っている。

### 3. 壁面放射線量測定装置の概要

#### (1) 測定装置に求められる要件

今回、壁面放射線量測定装置を開発するに当たっては、以下の要件を考慮した。

- ・複雑な機構とならず、安価なものであること。
- ・人力で持ち運べる重量であること。その範囲内で装置を分割できること。
- ・どこでも動力を確保できるようにすること（100 V 電源の使用）。
- ・極力、工具を使用しないで、設置および解体ができること。
- ・どのような形状の建物でも設置が可能なこと。
- ・安全性に十分に配慮すること。

今回開発した測定装置は、放射線量率測定機器を搭載した小型ボックス状の本体が壁面に沿って上下に移動するものである。

水平方向の移動に際しては、本体を吊している取付アームの設置箇所を移動する。

これにより、比較的廉価で壁面の放射線量を測定することが可能となった。

#### (2) 装置の構成

本測定装置は、写真-2に示すような形態をしており、以下に示す部品により構成される。

##### ① 本体

図-1に示すように、筐体（300 × 320 × 390 mm）

の内部に放射線量率測定器が装着されている。

筐体の底部および壁面に対する面にキャスターを各 4 個付属している。壁面側のキャスターは、本装置が壁面に沿ってスムーズにかつ振動を和らげて移動できるためのものである。また、底部のキャスターは、水平移動および本体を水平面（地表面、屋上面等）に着地させる際の衝撃を和らげるためのものである。

##### ② 吊りアーム部

図-1 (3) および (4) に示すように、本体を吊り下げるためのウィンチが付属した水平アームおよびこれを支える支柱とから成る。アームは 360° 回転でき、屋上床面にて本体をワイヤーへ取付けた後、旋回して本体を建物外部に移動する。

##### ③ 吊りアーム保持部

アーム支柱を把持し建物に固定するためのもの。建物へはパラペットを挟み込んで固定する。また、水平方向にスライドできるようになっており、建物外部に移動した本体を壁面に接する位置まで微調整する。

##### ④ 空間線量率測定器

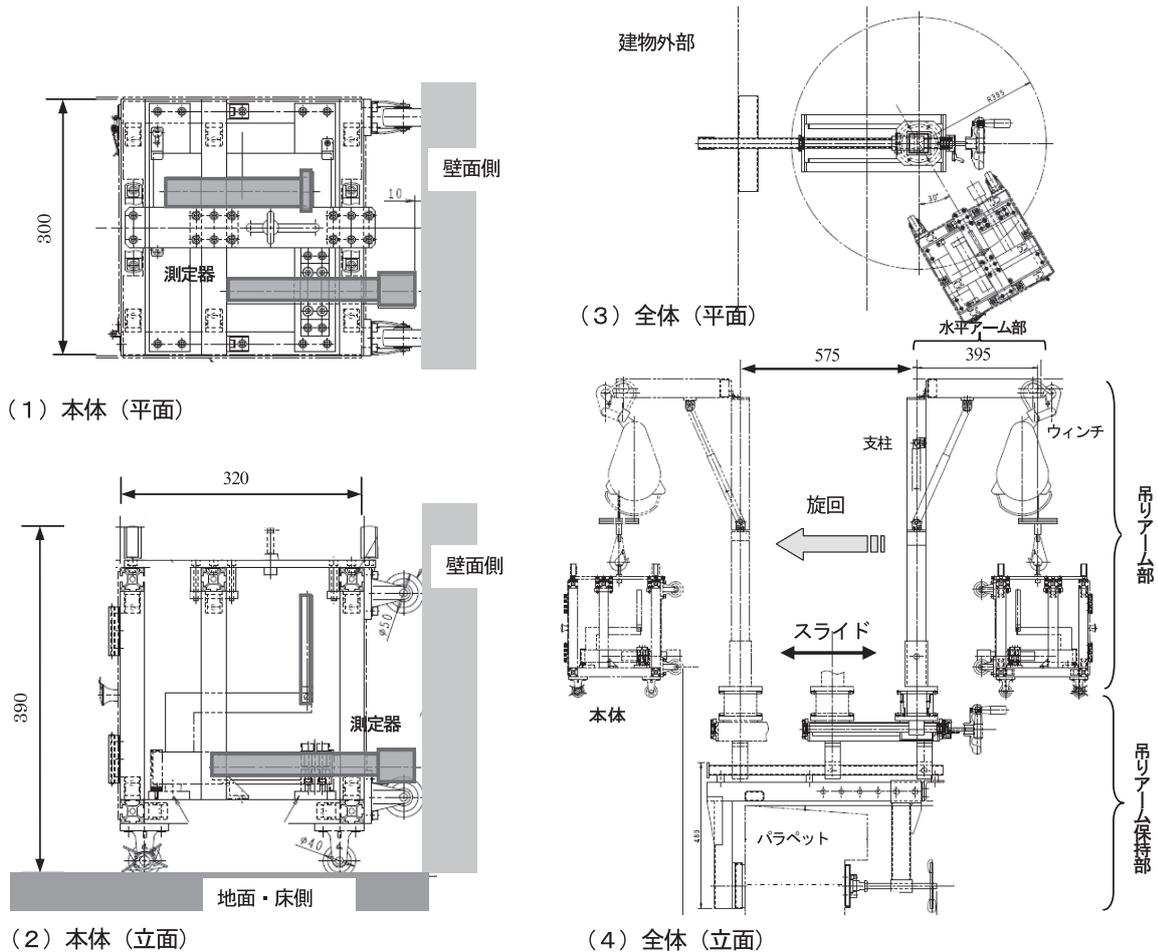
NaI シンチレーションサーベイメータを使用しており、ガンマ線を測定する。

本測定器は、測定開始状態にすると、連続して測定を行い、10 秒ごとの平均値を測定値としてディスプレイに表示すると同時に、測定データは内蔵メモリに保存される。

#### (3) 装置の諸元

本装置の諸元は表-1に示すとおりである。

本体の移動速度については、測定箇所容易に停止できるような速度で、かつ速く移動できるようにした。揚程については、対象建物の階数を 10 階程度までと想定し、30 m とした。重量については、人力で負担とならないように部品数を設計した。



図一 測定装置

表一 装置の諸元

部品	項目	内容
本体	1) 上下動速度	46 ~ 60 cm/s
	2) 揚程	30 m
	3) 重量	8.5 kg
	4) 電源	100 V (単相・交流)
吊りアーム部	1) 重量	26 kg (2分割可)
	2) スライド範囲	575 mm
	3) 旋回範囲	360°
吊りアーム保持部	1) 重量	27 kg (2分割可)
	2) 把持範囲	100 ~ 400 mm

#### 4. 本装置の特徴

##### (1) 現状の測定方法

外壁面の放射線量の測定では、壁面の直近に測定器を設置する必要があるため、測定者が測定器を持って測定箇所に接近することになる。

そのため、壁面全体について調査する場合には、仮設足場を全面に組むか、ゴンドラを用いて外周面を順次走査する必要があり、これには多くの日数と費用を要することになる。

##### (2) 本装置の特徴

本装置では4. (1) に示すような仮設足場や設備を必要としない。本装置による長所は以下のとおりである。

- ・測定者が直接、高所の測定箇所で作業することがないため、危険作業が回避される。
  - ・装置を分割できるため、搬送および現地における移動が容易である。
  - ・簡易な部品構成および仕様としているため、比較的安価である。
- 一方、短所としては、以下のことが挙げられる。
- ・屋上と地上のそれぞれに、人員が必要となる。
  - ・水平方向に複数の測定箇所がある場合には、水平方向の移動時に、装置の設置替えが必要となる。
  - ・壁面で凹凸のある箇所は、測定できない。

#### 5. 放射線量測定装置による測定

本測定装置を用いた放射線量の測定手順は、以下のようになる。

### (1) 測定計画

建物の形状を踏まえて、水平方向と高さ方向の測定箇所について、入念な測定計画を立てる。特に、水平方向については、装置の設置替えが生じるので、作業の効率化を考慮して測定順序を計画する。

### (2) 装置の設置

本測定装置の設置手順は、以下のようになる。

#### ①吊りアーム保持部の設置 (写真—3, 4)



写真—3 吊りアーム保持部の取付け①



写真—4 吊りアーム保持部の取付け②

測定計画に沿って、吊りアーム保持部を建物屋上のパラペットに取り付ける。

#### ②吊りアーム支柱の取付け (写真—5, 6)

支柱、水平アーム、ウィンチを取り付ける。



写真—5 吊りアーム支柱の取付け



写真—6 ウィンチの取付け

#### ③本体の取付け (写真—7)

ウィンチからのワイヤーを本体に接続し、本体を外壁面に接するように位置を合わせて、地上面に下ろす。



写真—7 本体の接続

### (3) 測定手順

- ①本体を地上面に設置し、測定器の電源を入れる。測定モードを ON にして測定開始。
- ②屋上の作業員がウィンチを操作し、本体を上昇させる。所定の高さに来たら、地上の作業員が合図を送り、屋上の作業員は本体を停止させそのまま保持して、放射線量を測定する。
- ③所定の保持時間が過ぎたら、次の測定点（高さ）まで、本体を移動する。
- ④1列分の測定が終わったら、測定器とパソコンとを USB 通信ケーブルで接続し、測定器のメモリに記録されたデータをパソコンに吸い上げて、データの不備をチェックする。
- ⑤なお、本装置の汚染の可能性が考えられるときは、この時点でペーパーを用いて本体(筐体)およびキャスター表面の汚れを拭き取る。
- ⑥装置を解体し、次の測定箇所(列)へ水平移動して、装置を設置し直す。

※以下、①～⑥を繰り返す。

⑦測定作業が終了したら、パソコンにて帳票を作成する。

## 6. 実建物における放射線量の測定

本測定装置による放射線量測定方法を検証するために、福島県内のある建物(RC造4階建て)を使用して、測定を行った。

### (1) 測定対象及び箇所

建物の東面および西面の窓のない壁面について、高さ方向が地盤面から1 m, 5 m, 9 m, 13 mにおいて測定を行った(写真—8)。



写真—8 放射線量の測定状況

### (2) 設置

階段を利用しての運搬では動線が複雑であったため、建物外部からロープを使用して屋上まで装置部品を吊り上げた。

装置は、計画どおりにパラペットを利用して固定することができた(装置の組立の所要時間は約12分)。

本建物は東西に長い平面形状をしていたため、装置の移設のために装置部品を運搬するのが、多少大変であった。



写真—9 測定中の地上の状況

なお、測定箇所の地上部分には作業区画を囲い、作業員を1名配置した(写真—9)。

### (3) 測定

本体を地上に設置し、測定器の測定開始時刻を記録して、順次測定を行った。

放射線量率測定器による測定データは、10秒ごとの平均値であるため、本体を上方に移動するときには、所定の測定箇所まで30秒程度停止するようにした。

1列分の測定が終了した時点で、測定器内のデータをパソコンに転送し、データに不備がないかチェックを行った(写真—10)。データの不備がないことを確認して、次の測定位置へ装置の移動を行った(測定データ表示例を写真—11に示す)。



写真—10 測定データの確認

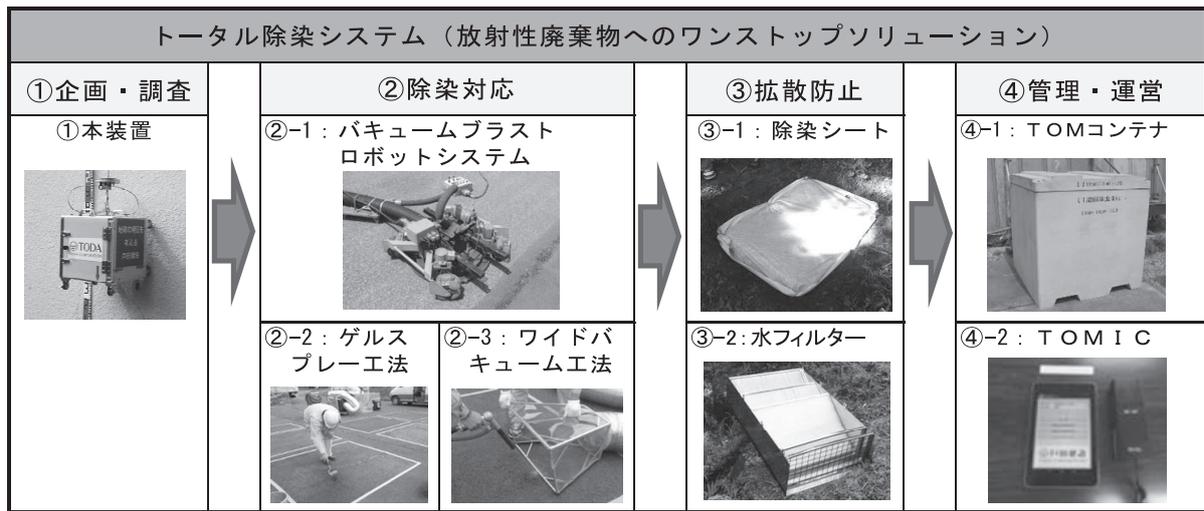
高さ	記録日時	測定値	測定モード	単位
154	2013/09/25 10:30:44	430	Y	μSv/h
154	2013/09/25 10:30:54	443	Y	μSv/h
154	2013/09/25 10:31:06	492	Y	μSv/h
154	2013/09/25 10:31:14	425	Y	μSv/h
155	2013/09/25 11:36:09	120	Y	μSv/h
155	2013/09/25 11:36:13	305	Y	μSv/h
155	2013/09/25 11:36:25	212	Y	μSv/h
155	2013/09/25 11:36:39	130	Y	μSv/h
155	2013/09/25 11:36:49	515	Y	μSv/h
155	2013/09/25 11:36:54	314	Y	μSv/h
155	2013/09/25 11:37:09	119	Y	μSv/h
155	2013/09/25 11:37:19	129	Y	μSv/h
154	2013/09/25 11:37:30	154	Y	μSv/h

写真—11 測定データの表示例

### (4) 測定全般を通じて

測定は順調に行うことができた。しかし、装置の運搬に関しては、想定外のこともあり、装置部品を屋外でロープによって吊り上げた。また、電源に関しては、コンセントが必ずしも近くにあるとは限らず、ケーブル長の長い電工ドラムを急遽調達することになった。

帳票については、予めフォーマットを用意しておき、測定終了時に即座に提示できるようにしてあると、お客様への心情的な効果も大きいと感じられた。



図一 2 トータル除染システムの各種対応技術（既に社外発表済みの技術で構成）

## 7. おわりに

本装置さー兵衛の活用により、既存建物における放射線量の測定を容易に行うことができる。本装置による実物件での測定を、今後も計画している。

本装置による測定は、現状の1次診断である。除染が必要となった場合には、除染効果の確認のために新たに測定を行うことになる。

安全性の確認が行えないばかりに、使用されないままになっている建物について、放射線量の測定を行い、安全性が確認されて利用できるようなことで、一刻も早い復興に役立てればと願っている。

また、この開発によって当社独自の技術で構成される、「トータル除染システム」が完成となり、お客様への放射能汚染対応について、ワンストップ・ソリューションが可能となった（図一2）。

企画・調査（さー兵衛）に始まり、除染作業（パキュームブラストロボットシステム・ゲルスプレー工法・ワイドバキューム工法）、拡散防止（除染シート・水フィルター）、廃棄物の処理後の管理（TOM コンテナ／鉄筋コンクリート製放射性廃棄物保管容器・TOMIC／放射性廃棄物データ管理システム）と、全ての面でサポートできる放射能汚染対応技術確立したこと

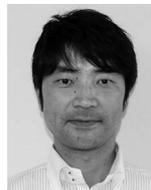
で、より一層福島県を含む被災地の自治体や企業に対し、復興支援を行いながら今まで以上に、積極的に提案活動を行う予定である。

JCMA

### 《参考文献》

- 1) 環境省, 『除染関係ガイドライン (第1版)』, 2011.12

### 《筆者紹介》



森 一紘 (もり かずひろ)  
戸田建設㈱  
価値創造推進室 開発センター 技術展開ユニット  
環境事業企画チーム  
主管



板谷 俊郎 (いたたに としろう)  
戸田建設㈱  
価値創造推進室 開発センター 環境創造ユニット  
マテリアルチーム  
主管



澤田 晃也 (さわだ こうや)  
戸田建設㈱  
価値創造推進室 開発センター 環境創造ユニット  
地球環境チーム  
主管

# 磁界と IC タグを利用して重機周囲を常時監視

## アラウンドウォッチャー

三宅 ヨシタカ

建設工事における大型建設機械（以下、重機）は建築分野、土木分野ともにはなくてはならないものであり、施工の効率化・省力化に大きく寄与してきた。一方、重機作業の増加による重機と作業員の接触事故も多く発生し憂慮するところである。これまで重機との接触事故の根絶を目指した様々な商品が生み出されてきたが、課題も多く広く採用されるに至っていない。

本稿では、建設工事における重機と作業員の接触事故防止を目的に、従来の IC タグでの誤検知の課題を解決し、更にモニタにより周囲を確認可能にした重機周り作業員検知システム「アラウンドウォッチャー (Around Watcher)」(以下「本システム」という)を開発したので紹介する。

キーワード：IC タグ, 安全管理, 重機, RFID, セミアクティブタグ

### 1. はじめに

近年バックホウ、ホイールローダ等の重機は、多くの建設現場で採用されている。これは施工の生産性向上と施工現場での建設作業員の減少にともなったものである。一方、建設機械等による災害は後を絶たず、死亡災害は平成 24 年において全死亡災害のうち約 12% と無視できない状況にある (図-1)。

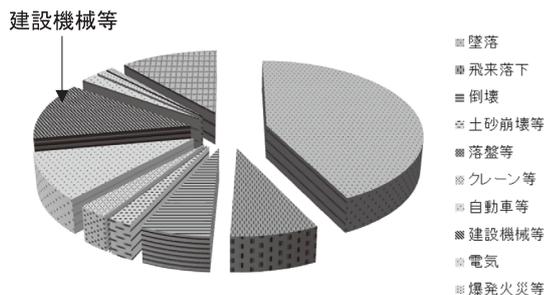


図-1 建設業における死亡災害  
(建設業労働災害防止協会 平成 24 年データを引用)

これまでの作業員検知システムは、遠方の作業員まで検知し誤った警報を発することがあり、その信頼性が問われていた (図-2)。

重機周り作業員検知システム本システムは、建設工事における重機と作業員の接触事故防止を目的に、セミアクティブ型 IC タグを使用し信頼性を向上させたシステムである。

従来の電波を利用した IC タグによる作業員検知システムは、電波の乱反射による誤検知を生じ易い。そこ

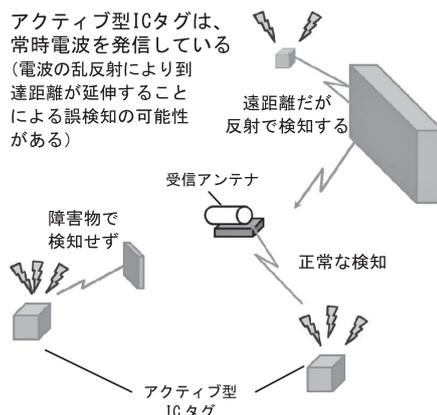


図-2 アクティブ型 IC タグを利用した従来方式原理図

で、重機周りに一定周期のタグ起動用磁界（以下、起動磁界）を発生させ、IC タグを装着した作業員が磁界内に侵入した際、直ちに重機オペレータに警報を発し、重機オペレータは運転席のモニタで重機周辺の状況を目視確認し、誤検知を排除できるシステムを開発した。

本システムはセミアクティブ型 IC タグシステムと魚眼カメラ監視システムを組み合わせたもので、IC タグシステムの表示灯・警報音による注意喚起の機能と魚眼カメラシステムの映像で重機周辺の作業員を視覚で確認ができる機能がある。これら 2 つの機能が合わさることで接触事故の発生を抑制することが可能となる。

### 2. 開発の背景

建設工事では、作業員が重機オペレータの死角に

入ってしまう場合があり、重機と作業員の接触事故が発生していた。これまでも接触事故防止対策として超音波や電波を利用し、重機及び作業員に送受信機を携帯させた警報システムが開発された。

しかし、超音波方式やアクティブ型 IC タグといった電波を用いた方式は、乱反射による到達距離の延伸による誤検知や、受信機と作業員の中に他の重機等が入った場合の検知漏れの課題があり、トンネルなどの狭い作業空間では十分に機能を果たすことが困難であった(写真-1)。このため、重機の接触事故を防止するため信頼度の高いシステムの開発が求められていた。



写真-1 狭いトンネル現場でのシステム稼働状況

### 3. システムの概要

システムの概要を図-3 に示す。

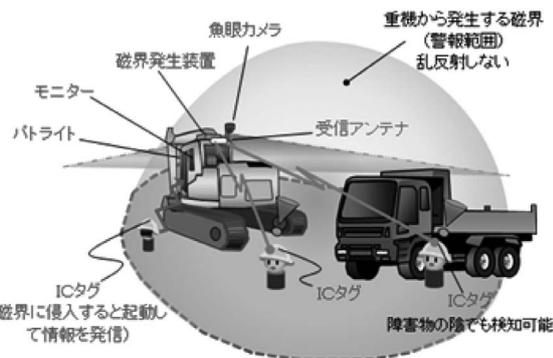


図-3 本システム概念図

- ①セミアクティブ型 IC タグ (写真-2) を身につけた作業員が、重機に搭載した磁界発生装置から発せられる磁界内に侵入すると、同 IC タグは「タグ ID」と侵入した磁界の「磁界番号」を周囲に発信する。
- ②重機に搭載した受信機が同 IC タグの発信した電波を受信すると、表示灯を回転させるとともに重機オペレータ用のモニターに誰の侵入を検知したかを表示する。
- ③重機オペレータ用モニターには魚眼カメラによる重機周囲全体の映像が表示され、近くにいる作業員を視覚で確認することができる (写真-3)。



写真-2 セミアクティブ型 IC タグ

侵入を検知して作業員等の所属や氏名等データを表示

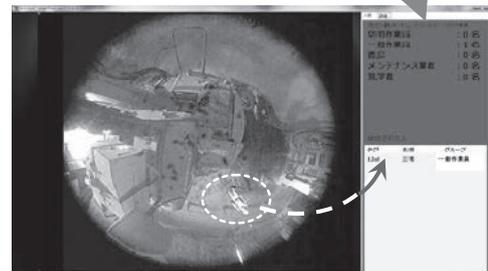


写真-3 モニタ表示画面 (重機運転席)

本システムで用いたセミアクティブ型 IC タグは、検知範囲を磁界で設定しているため、超音波や電波のような乱反射は生じない。また、IC タグは起動磁界内に入った時のみ2つの情報 (タグ ID と磁界番号) を発信し、これを重機に設けたアンテナで受信する。この受信データは接近を検知した自機の磁界番号を持つため、重機のオペレータは自機に接近した作業員だけを確実に検知することができる (図-4)。この様に磁界を利用することで従来の IC タグを使用したシステムと比較して検知範囲における精度の向上と IC タグに付加する情報量の増大を実現した。

セミアクティブ型 IC タグは、磁界エリア内のみ電波を発信する

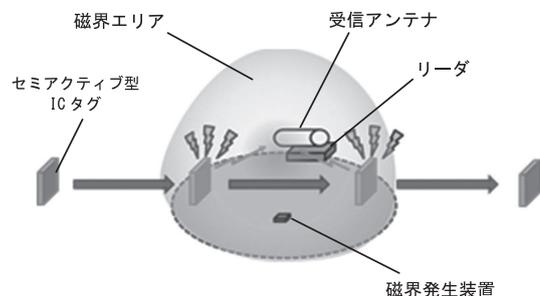
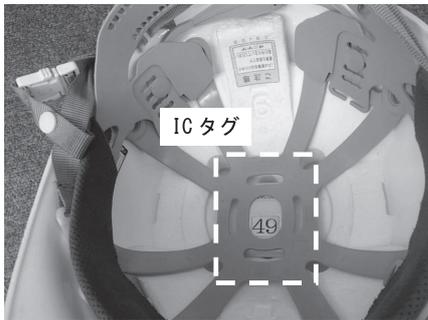


図-4 セミアクティブ型 IC タグを利用した本システムの原理図

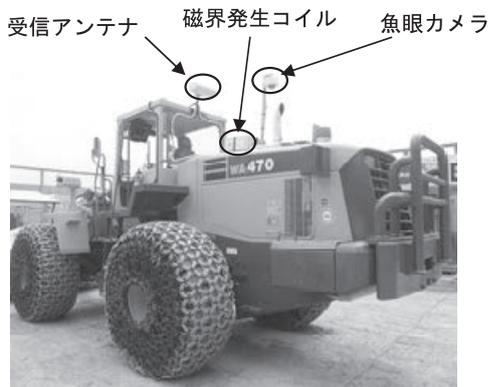
### 4. 本システム導入事例

IC タグを全作業員のヘルメットの内側に装着 (写真-4)、本システムはバックホウとホイールローダに

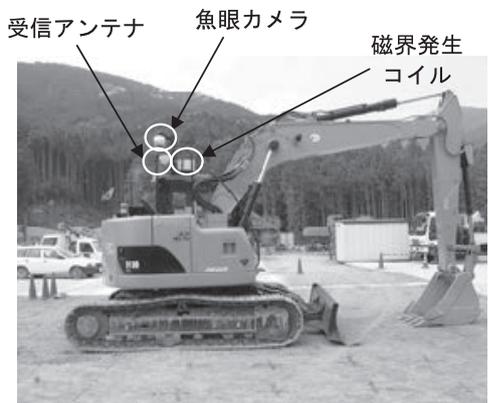
設置して（写真—5～7）試験運用を行った。約1年半の試験運用を通じて、誤検知を生じ易いといった問題は発生していない。



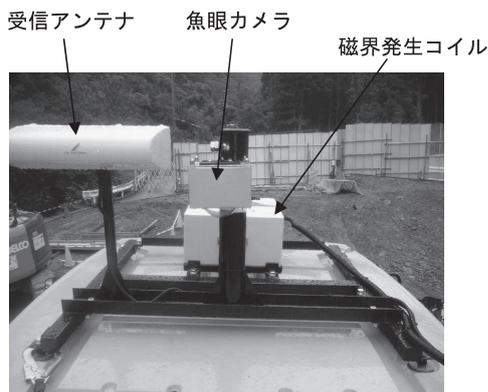
写真—4 IC タグ装着状況



写真—5 機器設置状況 (ホイールローダ)



写真—6 機器設置状況 (バックホウ)



写真—7 機器設置詳細

表—1 作業員検知技術比較表

	従来方式 (当社比) 重機周り作業員検知システム	本システム
IC タグ仕様	アクティブ型 IC タグ 常時電波を発する	セミアクティブ型 IC タグ 磁界に入った時のみ電波を発する
電池寿命	約1カ月～半年	約3年
検知方法	電波強度が一定以上になったら検知(乱反射により誤検知あり)	磁界に侵入したら検知(乱反射を生じない)
検知範囲	受信アンテナから10m程度(10m以内で設定可能)	磁界発生装置の周囲10m程度(10m以内で設定可能)
侵入者情報	個人を特定できない	個人を特定できる
侵入者の位置	確認不可	魚眼カメラ映像で確認可能

また重機の振動で機器が故障しないよう IC タグ制御機器内部に耐振対策を施し、魚眼カメラも重機に搭載できる仕様に改良し、機器の取付けに関して重機に対しても不具合を起こさないように様々な工夫を施すことで実用に耐えられるように改良した。

### 5. まとめと今後の展開

磁界を利用することで誤検知の問題を解消しトンネルなどの狭隘な作業現場においても信頼度の高い接近検知を実現した。また、魚眼カメラによる映像を取り入れることで重機のオペレータは運転席に居ながら、重機周辺にいる作業員の接近有無と位置を視覚で把握できる。今後は、トンネルに限らず様々な工種の重機(バックホウ、ホイールローダ、ブレイカ、振動ローラ等)に本システムを積極的に適用し、重機と人の接触事故防止に役立てていく予定である。

また、同 IC タグを利用した入退場管理も実用化しており、このシステムと本システムアラウンドウォッチャーを組み合わせることで、1つの IC タグで2つのシステムを兼用可能とし、重機災害の防止と入退場管理を一元化することでより確実な安全管理に貢献できると考える。

JCMA

[筆者紹介]

三宅 ヨシタカ (みやけ よしたか)  
鹿島建設(株)  
機械部 機械技術センター





# ロボカップこれまでとこれから

清水 優・高橋 友一

ロボカップは、1997年に「2050年に人間とロボットがサッカーする」という夢を実現するために始まった。この10数年の間にプロジェクトの進化、そこから実用化に結びついた技術、さらに多くの人はこのプロジェクトに参加したのかを紹介する。そして、これからその夢を実現する為に、技術だけでなく社会との関わりにおいても新しい段階に入ってきている事を、他のプロジェクトの例とともに触れる。  
 キーワード：サッカーロボット，レスキューロボット，社会ロボット，実用技術

## 1. はじめに

ロボカップは、「2050年までロボットサッカーチームが人間のワールドカップ優勝チームとサッカーをする」という夢を実現する為に人工知能やロボット工学の研究を促進、関連の分野へ波及を目的としたランドマーク・プロジェクトである。第一回大会は、1997年に名古屋で開催された人工知能の国際会議の併設イベントとして開催され、それから毎年世界大会が開催されている。

その後、サッカーリーグの他に、災害現場をテーマにしたレスキュー、日常生活での生活支援を題材にする@Home、科学技術の啓蒙と異文化との交流を目的とし次世代を対象としたジュニアを加えた4リーグから構成されている。2013年の大会はオランダ アイントホーフェンで開催され、30カ国、410チーム、3,000名強が参加した。ロボカップの大会、各リーグの概要について、多くの紹介記事がある<sup>1)</sup>。RoboCupをキー

ワードにWebで動画検索すると、参加チームがYouTubeに投稿した動画が得られ、ロボットの動きをみる事ができる<sup>2)</sup>。本稿では、この10数年で人間とロボットがサッカーをする夢にどれだけ近づいたかを紹介し、今後の夢を実現するための課題について述べる。

## 2. これまでロボカップが成し得た事

### (1) 夢にどれだけ近づいているか？

子供とプロのサッカーでは、個人の能力、チームプレーなど歴然とした差がある。ロボットチームがワールドカップ優勝チームと試合をするには、プレーヤの動き、チーム戦略等における差を定量的、定性的の一つ一つ埋めていく必要がある。運動能力の差を示すために、人間のサッカーとロボカップで開催されているサッカーの代表的なリーグのフィールドの大きさ、プレーヤの体格・運動能力と、それらの相対的な数値を

表-1 人間サッカーとロボカップサッカーとの比較

リーグ	フィールドサイズ (m×m)	プレイヤー数	プレイヤーサイズ (W×D×(H))cm	走力 (m/s)	プレイヤーあたりの面積	プレイヤーサイズグリッド	縦方向の移動時間 (s)
人間サッカー							
トップリーグ	105 × 68	11 対 11	40 × 30 × 180	9.1	59.0	59,500	11.5
中学生	70 × 50	11 対 11	30 × 20 × 130	6.3	28.9	58,333	11.1
小学生	68 × 50	8 対 8	30 × 20 × 100	4.5	53.1	56,667	15.1
ロボカップ実機リーグ							
中型リーグ	2010	5 対 5	30 × 40 から 50 × 80	3.0	8.6	900	6.0
	2003			3.0	2.0	208	3.3
小型リーグ	2010	5 対 5	18 × 14	3.0	1.3	12,938	2.0
	2003			1.0	0.3	256	9.3
標準プラットフォーム	6 × 4	3 対 3	27 × 30 × 58	0.1	3.6	395	60.0

表—1に示す。ロボカップサッカーの代表例として、3つのリーグを取り上げた。中型、小型リーグはロボカップ開始時からのリーグで、今までにフィールドのサイズ変更、キック機構の導入など、節々で何度も大きなルールの変更があった。始まってから6,7年経った2003年、その7年後の2010年の値を表にあげた。

中型リーグ:完全自律型のロボットが、ドリブル、キックをし、複数のロボット間でパスをする事を目指す。1997年当時は、フィールドを壁で囲んでボールがコート外に出ないようにし、ロボコンカーにパソコンとカメラを載せてボールを押し込むスタイルから始まった。その後、制御やコンピュータビジョンの課題—壁なしでもボールを外に出ないようにする、自己位置認識用の人工的なマークがなくてもライン情報から自分の位置を認識するなどを解決し、現在に至っている。

小型リーグ:フィールド上の天井に設置されたカメラを用い、10台のロボットとボールの動きを画像処理する。その処理結果をもとに、各チームは1台のパソコンで5台のロボットの動きを無線で制御する。集中制御方式の特徴を活かし、早い段階からパスなど複数のロボットによる協調動作を実現した。現在は、車輪型ロボットから人型ロボットを使用する種目を導入し、スローイン動作などにも取り組んでいる。

標準プラットフォームリーグ:各チームが同じロボットを使用し、ロボット歩行などの制御アルゴリズム、ロボット間の協調プレーなど要素技術を競う。1999年からソニーのアイボを用い、アイボの製造中止からアルデバランのヒューマノイドロボットNAOを用い競技をする。

中型リーグのロボットは、2007年大会で初めて人間と5対5のサッカーゲームのエキジビジョンマッチを行った。その後、毎年、人間と中型リーグのロボットの間でゲームを行っている<sup>3)</sup>。写真—1に、2013



写真—1 2013大会での人間と中型リーグのロボットとの試合

大会での人間とロボットの試合の様子を示す。ロボカップ関係者のひいき目で見て、中型リーグのロボットと人間との試合は、小学生レベルの試合内容になっている。

表—1からわかるように、人の成長にあわせて、サッカーフィールドのサイズが広がっている。一人あたりの体格を1単位とした時のフィールドの大きさは小中学生からトップリーグまで58,000前後、縦方向の移動時間は中学生とトップリーグが11秒と相対的には同じ値である事は、サッカーは年齢相応の運動能力にあったゲームになっているとも言える。

2003年から2010年を比較すると、サッカーロボットの能力向上にあわせ、フィールドは大きくなり、確実に人間のサッカーに近づいている。一方で、各指標でまだ数桁見劣りし、さらに能力改良が必要である。

## (2) ロボカップを飛び出した技術

レスキューロボット:

東日本大震災での東京電力・福島第一原子力発電所の事故現場で、人間の立ち入りが許されない、作業時間は大幅に制限される環境で、多くのロボットが使用されている。階段の昇降やガレキ上を走行、建物内の探索、放射線濃度の測定作業において、レスキューリーグで活躍したロボットがその高い運動性能から使用され、その目的を達成した<sup>4)</sup>。

倉庫自動物流システム(キバ・システムズ):

1999年から2003年の間に4回小型リーグで優勝したコーネル大学のチームを指導したアンドレアは、その経験から多数のロボットと可動式の棚を一つの制御対象と考え、棚の下に入り込み、棚を持ち上げ、移動させるキバのシステムは、従来にない方法を提案した<sup>5)</sup>。彼が創業者の一人になっているキバ・システムズは、1,000台を超える無人ロボットによる倉庫内の物量システムを発表し、2013年時点でアマゾンに買収され、アマゾンは自社の倉庫で1,400台のロボットを使用している。

## (3) なぜ、これまで続いたのか?

ロボカップに多くの人々が参加し、ボランティアベースで運営し、サッカー以外の応用面を広げている。10数年もの間、このプロジェクトが続いている理由に、以下があげられる。

- 1) 今、人工知能とプロ棋士との試合が話題になっている<sup>6), 7)</sup>(脚注1)。チェス、将棋や碁をするプログラムは、コンピュータ誕生の時から、多くの人

を惹き付けてきたように、自律ロボットによるサッカーは誰もが理解でき、興味をもつテーマで趣旨に賛同（夢をかなえようと）する人が多数いる。

- 2) 技術はオープンで、競技で優勝したチームは、その技術を公開する事が求められている。その公開情報やプログラムを参考にする事で、初心者にも参加しやすい形態をとっている。更に、シンポジウムを競技会と併設開催し、ロボットサッカーなどを題材にしながら、それらを支えるアイデア、アルゴリズムを学術的に評価する場を提供しているので、大学から教育・研究の両面で参加し易い。
- 3) 複数のリーグで、実機リーグとシミュレーションリーグは対をなしている。ロボカップの夢の実現のためには、実機開発は不可欠であるが、技術的、時間的、経済的コストの負担が大きい。パソコンさえあれば開発を始められるシミュレーションリーグは、実機がなくてもロボットの行動計画や画像処理など重要なアルゴリズムの開発や検証を可能にしている。

### 3. これからの課題

写真一2に、2013年世界大会でのサッカー標準プラットフォームリーグ、サッカー実機リーグ、@Homeリーグの状況を示す。

#### (1) 実験室レベルから実用レベルへ

夢を実現するためには、複数のロボットを実サイズのサッカーフィールドで動かす事が必要になる。物理的なロボットの開発・維持管理などの点で今までより大掛かりになってきている。

レスキューロボットリーグ、@Homeリーグでは、作業環境やタスク内容を標準化し、実用化への道筋を明確にしている。レスキュー分野においては、米国テキサス大学のDisaster Cityのような実際の状況を模擬した実証フィールドが整備されている<sup>8)</sup>。

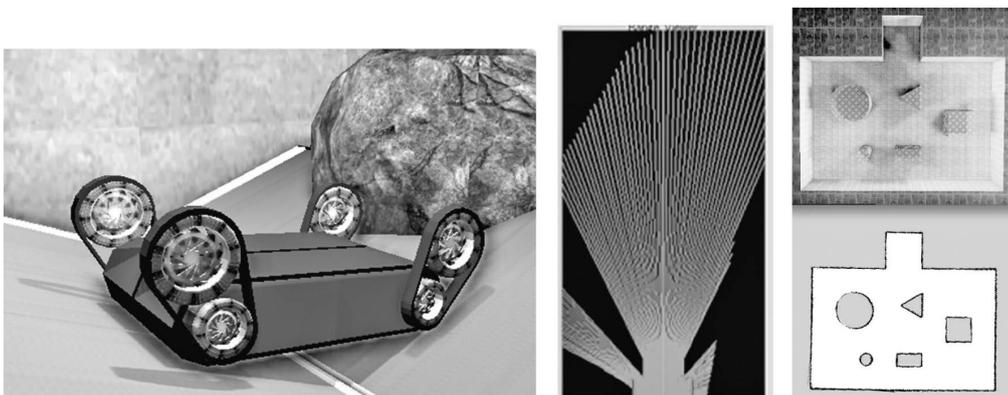
施設・費用面で、今後、施設の共有とタスクの標準化が求められている。

#### (2) シミュレーション環境とその基盤開発

シミュレーション環境としてROS (Robot Operating System) を利用するチームが増加してきている<sup>9)</sup>。シミュレーションリーグでも、オープンソフトウェアの環境を利用し、リーグの競技環境もオープンソフトで提供している。写真一3に、レスキューシミュレーションリーグでのロボットと搭載したレンジセンサーからのデータ表示画面とセンサーデータから自動生成した地図をしめす。このようにサッカー、レスキュー、@Homeリーグでは開発されたソフト環境基盤、その成果物と実社会での利用とどう結びつけていくかを検討する必要がある。



写真一2 2013アイントホーフェン大会（左からサッカー標準プラットフォームリーグ、サッカー実機リーグ、@Homeリーグ）



写真一3 レスキューロボットシミュレーション（左からレスキューロボットKenaf、クローラを上げていく時のレンジセンサーデータ、SLAMによる地図生成）

### (3) 社会でのロボット活動

工場のように作業し易いように整備された環境で動く産業ロボットに対する安全基準は確立している。レスキュー活動のように限定された人間しかいない環境で動作するレスキューロボットでも、要救助者の探索中に人と接触し怪我をさせる可能性がある。接触ゲームであるサッカーや家庭での支援作業がテーマの@Home リーグでは、ロボットが人に怪我を負わせない安全に対する技術的な配慮が必要になるし、社会的な整理も必要になっている。RoboCupによって明らかになった問題点と解決策から将来の標準化仕様が策定される可能性は高い。

## 4. おわりに

RoboCup では、夢の実現に向けて、初期の段階から実用化も視野にいたった次の段階へ進んでいる。その中には、若い世代への教育を担うジュニアの活動、エージェントシステムを用いた建物などからの避難シミュレーション、センサーネットなどがある。

アメリカの DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) は、1960 年代にインターネットの元になった ARPANET をはじめに、多くの革新的プロジェクトを支援してきた。最近では自動運転で有名な Google カーの開発のベースになった Urban Challenge を、現在では、福島第一原発をモデルにした Robotics Challenge を支援している<sup>10)</sup>。Robotics Challenge と同様に、ロボカップの夢を実現するには、実証フィー

ルドを皆様はじめ社会の方から提供して頂き、技術を高めていく必要がある。2050 年の夢を実現する上で、皆様のご理解、ご支援をお願いします。

脚注 1: ロボカップが始まった 1997 年は、IBM が開発したコンピュータ「ディープブルー」が、当時のチェス世界王者カスパロフ氏に勝利した年である

J C M A

### 《参考文献》

- 1) ロボカップみちしるべ: シリーズ, 情報処理, 51 (9), 1195-1200 (2010-09-15) -52 (4), から 53 (9), 955-961 (2012-08-15)
- 2) 例えば, <http://www.youtube.com/user/RoboCup2013>
- 3) <http://www.youtube.com/watch?v=ApspTluZO4Y>
- 4) <http://monoist.atmarkit.co.jp/mn/articles/1109/01/news004.html>
- 5) <http://www.kivasystems.com/>
- 6) <http://ex.nicovideo.jp/denou/igo/>
- 7) [http://www.ai-gakkai.or.jp/my-bookmark\\_vol14-no3/](http://www.ai-gakkai.or.jp/my-bookmark_vol14-no3/)
- 8) <http://www.teex.com/teex.cfm?pageid=ESTIprogr&area=ESTI&templateid=1944>
- 9) <http://www.ros.org/>
- 10) <http://www.theroboticschallenge.org/>

### 【筆者紹介】



清水 優 (しみず まさる)  
中京大学  
工学部  
准教授



高橋 友一 (たかはし ともいち)  
名城大学  
理工学部  
教授

ずいそう

## 40年を迎える「都市小屋一集」

久武 経 夫



1974年5月7日にオープンした交流サロン「都市小屋一集」が、今年40年目を迎える。

「幻の日本酒を飲む会」が吟醸酒ブームの契機に、「トイレピアの会」が「公衆トイレ研究会」での公共トイレの美化運動を経て「日本トイレ協会」に、病院を抜け出して「集」にいられていた手塚治虫を会長とする「日本昆虫倶楽部」、「ゴミニティ（散乱ゴミ収集等）」環境問題、「ロボット」に関連した研究会等、参集者の興味に応じて様々な会合が誕生した。

ニューメディア研究会はこの1月に301回となり、ICT等、新しいネーミングでの再スタートを模索している。当初は、要旨を業界誌に連載していたが、研究会の場での自由な発言を頂くために、内容の公開はしない方針とした。

同じく300回近い会合を重ねた「ICカード研究会」は、道路維持車両の稼働実績記録にICカードを活用する計画への対応に、印刷会社、機器メーカ、ソフトウェア技術者が集まった会合を契機に誕生した。その後、企業内システム、地域通貨、ETCの仕組み等、時の話題に応じたテーマの議論を重ねてきた。要旨は、「カードウエーブ」誌に連載されている。

「小惑星を捕獲する会」はユニークな会合で、当初は九州・博多の宇宙テーマパークスペースワールドの活用を検討する会として、宇宙に興味のある人々を集めて発足、その後小惑星の地球衝突を防ぐ方法を研究する会として、小惑星が存在する火星と木星の間にちなみ、水曜日を活動日として宇宙を研究する学者、宇宙関係のメーカ、宇宙国際法の関係者、宇宙葬儀を提案する会社、宇宙を目指すゼネコン、プラネタリウムのメーカ、宇宙オタクの方々などが集まり、「宇宙サロン」として活動を続けた。このサロンの特異性はフランスの科学誌にそのユニークさで取り上げられたこともある。その後このサロン活動はNPO法人として発展、最終的には岡山県の美星町に小さな天文台を持つまでになった。活動の報告として「アステロイド」という冊子を発行。

組織の利害に捉われず技術者・有識者として、産官学の議論の場として認知されている。

「道の駅」、「まちの駅」、「川の駅」、「健康の駅」、「健寿の駅」も「集」の研究会から発した発想で、今やドライブの大きな楽しみともなった「道の駅」は公的な施設へと発展し、2013年10月全国に1,014駅も存在するようになった。

「健寿の駅」は、高齢者の歩行習慣と正しい歩き方を目的とし、町田市、気仙沼市等で展開している。今般、西新橋の「都市小屋一集」にも、歩数計データ蓄積と解析、血圧と体重測定システムを設置した。運動不足の都心勤務の方、ご参加を。

【駅】運動の中心を担っている地域交流センターは、森民夫長岡市長、久住時男見附市長を中心とする提言・実践首長会を「集」で開催、お蔭で「集」の冷蔵庫には全国の銘酒が集まってきている。

その他、最近始まった会合に、「これからの日本を考える懇談会」、「情報化施工研究会」、「日本の歴史と文化を語る会」、「日中友好サロン」、「22世紀を語る会」等がある。

東北震災支援を契機に始まった「被災地の酒を楽しむ会」は5月で36回目となる。被災地支援をされる方々の話題提供を契機に、ボランティア参加される等、現地情報満載の呑み会である。この酒を楽しみに、毎回参加者が増えている。

第1回「情報化施工研究会」の立命館大学建山和由教授の講演要旨は、社団法人国土政策研究会（岩井國臣会長）の機関誌（2013年No.33）に掲載された。

「これからの日本を考える懇談会」は、「日本の防災を考える」と題して、「建設物価」に連載を予定している。

隔月開催で、38回目を迎える「サロンコンサート」、「集」に事務局を置く日本メンデルスゾーン協会（三田雅宏理事長）の会合は、研究会を横断したクラシックファンの交流の場となっている。

研究会は、参加者を限定したクローズドな会もあるが、原則、何方でも参加できるオープンな会としている。職位を忘れた自由人として在り方を論じる場としての立ち位置は守っていききたい。

年を重ねて、参加者の高齢化が問題となっていたが、年功序列から能力評価への移行が進み、個々の知見や人脈を磨きたい若者の参加が増えている。「集」を継続する基盤が出来てきた。

今年5月には、40周年記念を祝う盛大なパーティーを予定しているので、皆様のご参加をお待ちしています。集の活動に興味をお持ちの新しい方々を御連れ下さるようお願いいたします。<http://www.shu-yu.net/>

ずいそう

## とある講演会

會澤達也



昨年の暮れのことでした。取引先の方から、とある講演会の案内をいただいた。案内状には『矢内理絵子 女流四段 講演会』と書いてある。おお～、私は大変感激して、すぐに講演会の申し込みを行いました。何故なら、将棋は小さい頃から大好きなことのひとつであったからである。しかも、矢内理絵子さんと言えば、皆さんご存知の、いや、将棋ファンならご存知の番組、日曜午前のNHK杯テレビ将棋トーナメントの司会者であり、解説者の聞き手である。一度、ご覧になっていただくと分かりますが、矢内女流四段は、いつも冷静できっちりとした受け答えをしています。更に現在は日本将棋連盟女流棋士会会長でもある。

講演会の内容の前に私と将棋について少し書きます。私が将棋を始めたのは4歳くらいです。部屋のどこかにあった将棋盤と駒を見つけ、当時は祖父相手に毎日指していました。次第に、兄や父、親戚の伯父さん達とも指すようになり、半端なくのめり込んだ記憶があります。幼稚園の時に地区の大会などにも出場し、上級生に負けて悔し泣きをしたのを今でもはっきりと覚えています。そこから、将棋の戦法を学び始め、小学校高学年ではそこそこの腕前になり、一時はプロを目指そうと思った時もありました。しかし、それはそんなに簡単なことではなく断念。今は、私の本当に大好きな趣味のひとつとなっています。

さて、講演会の内容。矢内女流四段が将棋から学んだ6つの力「集中力」「創造力」「直感力」「決断力」「忍耐力」「失敗に対応する力」これらをもとに成功に導く思考法についてでした。話し方も上手で、ユーモアもあり、とても聞きやすかったのを覚えています。中でも、私がそうかと感心したことや改めてそうかと思つたことが三つありましたので紹介します。

一つ目は、将棋を指すとき『沈黙思考』をすることが出来る、ということ。『沈黙思考』とは黙ってじっくりと深く物事を考え込むこと。とある。確かに、将棋を指すとき、将棋のことだけを考え、集中し、そのことだけに没頭することが出来る。現代社会は携帯電話やスマートホンなど、そんなものに気をとられ、ひとつのことに没頭することが今、どれほど出来なくなっているのか。将棋は集中力や忍耐力を鍛えるには

もってこいではないでしょうか？私も物事に没頭するタイプではあり、将棋の良い影響をうけていたのではないかと感じた。

二つ目は、直感力は自らの経験から生まれる。ということ。物事を考えたり、決断する時、このパターンはこうやろうとか、こっちを選択しようなどということはよくある。そのときの考えは、日頃自らが経験したことを元に生まれるという。自らが日々、様々な経験をつむことが重要であり、経験を元に決断力を磨いていく必要があるのだと感じた。

三つ目は、三手先を読む。その際、二手目に最悪の事態を想定する。ということ。自分の都合だけで一手目を指し、自分の都合の良いように相手の二手目を想像した時、自分が指す三手目は自分の想像した通りにはならないという。確かに、なるほど。私も営業職であり、多少苦い経験がある。自分勝手な提案や相手の立場を考えずに商談を小手先で行うと、必ず失敗する。その、典型的な例の事だなど、改めてハッとした。

他にも、矢内女流四段が生涯結婚しないと決断したにも関わらず、熱烈なファンの方からのファンレターがきっかけで結婚したエピソードで何故、結婚を決断したかなど、ファンの質問にも丁寧に応えたり、とても楽しい講演を聞かせてもらえました。今回の講演会は、私の趣味の将棋と関連性があつたせいか、本当に楽しかった。改めて、将棋の良さや奥深さを知ることが出来たし、将棋を指してきて良かったと思った。今の私の集中力や忍耐力、創造力、決断力が多少あると思えるのも将棋を幼いころから指してきたおかげなのかもと内心思えました。矢内女流四段、楽しい講演ありがとうございました。よかったら、皆さんも日曜午前NHK教育TV見てください。講演会を案内して下さったR社様もありがとうございました。あともう一人、幼いころ、私に将棋を教えてくれ、毎日毎日、将棋を指してくれて、わざと勝たせたり、こてんぱんに負かしたり、あちこちの将棋大会にも連れて行ってくれた亡き祖父にも感謝したい。

CMI 報告

# MC 等の施工現場を対象とした トータルステーションを用いた 出来形管理

竹本 憲充

## 1. トータルステーションを用いた出来形管理

トータルステーション（以降、TSと記す）を用いた出来形管理とは、施工対象とする道路の平面線形・縦断線形・横断形状（舗装構成等）を国土交通省の定める形式にてデータ化し、出来形管理用 TS に入力することで、出来形計測と同時に設計と出来形との標高差等をデータコレクタ等の画面表示にて把握・管理する出来形管理手法である（図-1）。国土交通省では TS を用いた出来形管理要領の策定を工種別に進めている。これまでに道路土工・河川土工・舗装工事（舗装、縁石、排水構造物）について出来形管理要領が策定・公表されており、国土交通省直轄工事において標準的

な出来形管理手法の一つとして運用されている<sup>1)~3)</sup>。

本報告は、参考文献 4) に述べられている、MC・MG（以下 MC 等と記載）を用いた施工現場を対象とする出来形管理用 TS を用いた新たな出来形管理手法について、関東地方整備局企画部からの委託により追加検討を行った成果の一部を紹介するものである。

## 2. MC 等の施工現場を対象とする出来形管理手法の合理化案

土木工事施工管理基準および規格値（国土交通省各地方整備局）に示される土工・路盤工の出来形管理基準では、道路延長方向に 40 m 毎に定められた管理断面上で、法肩・法尻・道路中心の基準高、幅、および法長（土工のみ）を計測・管理することが求められている。しかし、土工・路盤工の敷均し作業に MC システムを導入している現場においては、管理断面以外の区間においても管理断面と同等の出来形品質を実現することが可能であり、出来形管理用 TS を使えば、出来形管理箇所を管理断面上に定めなくとも、例えば管理断面付近であれば、設計と出来形との差を適切に確認・評価することが可能であると考えられる。そこで、国土交通省関東地方整備局では、MC 施工を実施している現場において、表-1 に示すような出来形管理基準の運用を行うことで、出来形管理の合理化が可能であると考えた。そして、その妥当性を現場での実測により確認してきた。

前掲したとおり、現行の出来形管理基準では、道路延長方向に 40 m 毎の管理断面において、法肩、法尻、

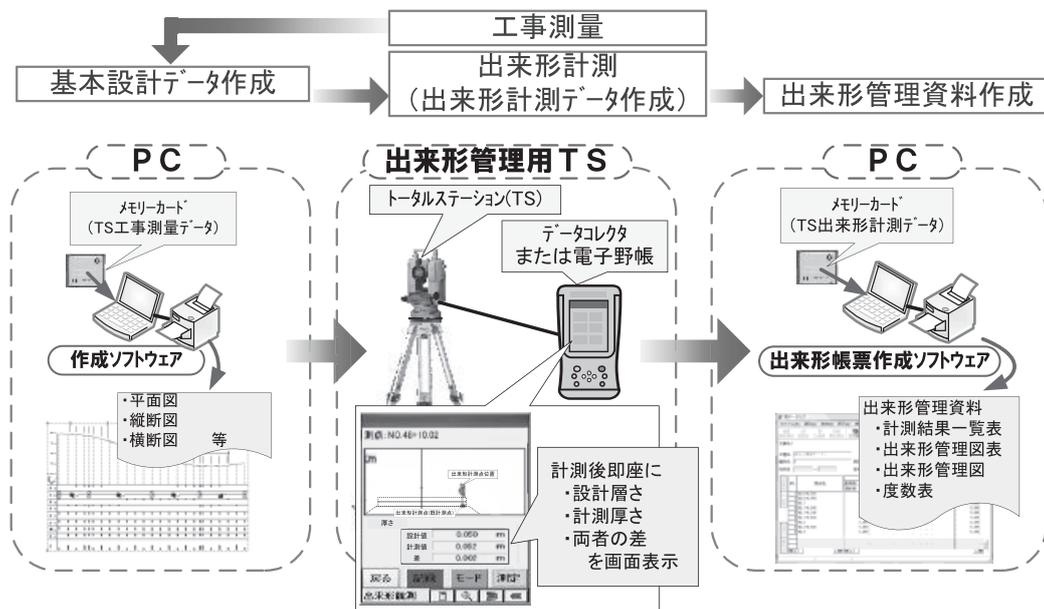
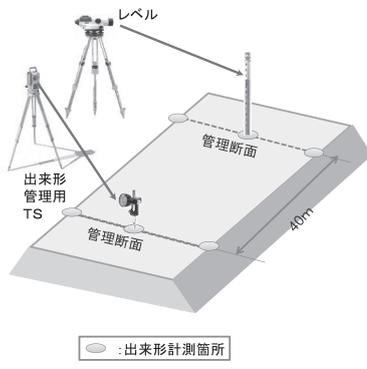
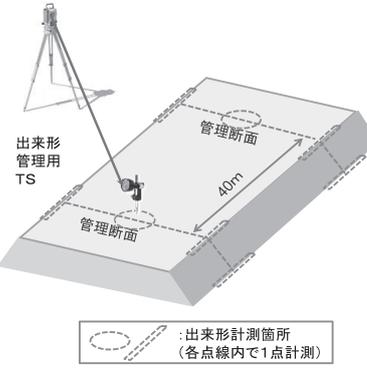
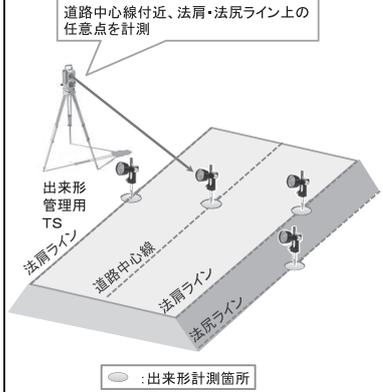


図-1 TS を用いた出来形管理手法の概要

表-1 MC 施工現場を対象とした新たな出来形管理手法案

手法名	現行手法 (TSを用いる場合)	近傍点管理手法	代表点管理
概要	道路延長方向に40mピッチで定めた管理断面上で出来形を管理する手法 	出来形計測点が管理断面に対して道路延長方向に±1m程度までずれることを許容する手法 	管理断面位置にかかわらず任意の点で3次元座標を計測し、3次元的な設計データと比較・管理する手法 
使用機器	レベル・メジャ または出来形管理用TS	出来形管理用TS	
計測箇所	管理断面の法肩・法尻・道路中心点	管理断面の法肩・法尻・道路中心点の近傍	法肩・法尻ライン上、道路中心付近
計測頻度	40m毎 (幅は80m毎)	40m毎 (幅は80m毎)	法肩・法尻・道路中心それぞれ40mに1点より大幅に少ない割合で計測
施工方法	MC等・または従来施工	MC等の施工が前提	
基本設計データについての要件	—	道路中心線形が線形の幾何要素 (クロソイドパラメータ、曲率、VCL等) で定義されていること	
出来形管理基準	—	法長・幅算出方法の規定を要変更	・出来形計測箇所 (40m毎に1断面) に関する記載を要変更 ・法長・幅算出方法の規定を大幅に要変更 (法長・幅員の代わりに法肩・法尻の三次元的な位置を管理する手法も案として考えられる)
規格値	—	現行のままでよい	管理項目が変わる場合は要変更
メリット	—	・出来形管理点へのプリズムの誘導作業がおおよその位置への逆打ちでもよくなるため、計測時間が短縮される	・出来形計測点数が大幅に削減されるため、計測時間が大幅に短縮される ・現行の出来形管理に必要な、管理断面の位置出しが不要になる (MCを敷均し作業に使用している場合管理断面位置を示す丁張りが設置されないため効果が大きい) ・現行管理手法では評価できないMC施工による面的な出来形品質の向上が本手法によって評価できる
デメリット	—	・出来形管理用TSのフィールドソフトの要求仕様の変更が必要となる ・適切な幅・法長算出ロジックの検討・変更が必要	・出来形管理用TSのフィールドソフト・設計・帳票作成ソフトの要求仕様的大幅な変更が必要となる ・適切な幅・法長算出ロジックの検討・変更が必要 ・出来形管理基準の変更についての合意形成が必要

道路中心 (路盤工のみ) の基準高, 幅員, 法長 (土工のみ) を計測する規定となっているが, 表-1 に示す近傍点管理は, 管理断面に対して道路延長方向に一定距離 (案としては±1m程度) の範囲内で, 道路中心点近傍, 法肩ライン上, 法尻ライン上の3次元座

標を計測して基準高を管理するとともに, この計測値を用いて幅・法長を算出, 管理する手法である。ここで幅は, 出来形管理用TSに入力する基本設計データに含まれる道路中心線計からの横断方向離れ距離を片幅員として算出し, これを管理する方法や, 道路左右

端点で計測した3次元座標を用いて計算した科距離を幅として管理する方法、道路右（または左）端点で計測した3次元座標と、この点が属する断面の道路左（または右）端点の3次元座標（基本設計データから算出）との科距離を幅として管理する方法等が案として考えられている。また、法長については、法肩における3次元座標計測値と法尻ラインとの離れ距離（斜距離）を基本設計データを用いて算出し、これを法長として管理する方法等、様々な法長算出方法が考えられている。合理的な算出方法について今後議論が必要である。

また、表—1に示す代表点管理とは、現行の出来形管理基準で定められている出来形計測頻度よりも大幅に低い頻度で、道路中心線付近、法肩ライン上、法尻ライン上の任意の位置で3次元座標を計測し、基準高、幅員、法長を管理する手法である。幅員、法長の算出方法としては、上述した近傍点管理と同様の手法や、幅員・法長の代わりに法肩ライン・法尻ラインの3次元的位置のズレを基本設計データと実測値との比較により算出・管理する手法等、様々な手法が考えられ、今後検討が必要である。

両手法とも、出来形管理用TSに入力する基本設計データに含まれる道路平面線形が、平面線形の幾何要素（クロソイドパラメータ、単カーブの曲率、縦断勾配とVCL長等）で定義されている必要がある。設計図書の平面線形の幾何要素が示されていない舗装修繕工事（路盤打換え工等）等についても、平面図等から線形の幾何要素が読みとれるのであれば本手法の適用が可能と考えている。

### 3. おわりに

国土交通省・関東地方整備局では、土工・路盤工の新たな出来形管理手法として、TSを用いた出来形管理手法の合理化案を検討しているところであるが、今後は各案のメリット・デメリットや発注者・施工者・ソフトウェア開発ベンダー・測量器メーカー等への意見聴取結果を踏まえ、合理的かつ実現性のあるMC等の施工現場における出来形管理方法を検討していく予定である。

#### 謝辞

最後に、本報告の作成にあたりご協力頂いた、国土交通省関東地方整備局企画部施工企画課に対し、心より感謝を申し上げます。

JICMA

#### 《参考文献》

- 1) トータルステーションを用いた出来形管理情報提供サイト  
<http://www.gis.nilim.go.jp/ts/index.html>
- 2) TSを用いた出来形管理要領（舗装工事編）平成24年3月  
[http://www.nilim.go.jp/ts/main/120329dekigata\\_pavement.pdf](http://www.nilim.go.jp/ts/main/120329dekigata_pavement.pdf)
- 3) 関東地方整備局関東技術事務所「TSを用いた出来形管理」  
<http://www.ktr.mlit.go.jp/kangi/kangi00075.html>
- 4) 二瓶正康，坂本銅三：情報化施工の推進に向けた施工管理手法について，建設マネジメント技術，2013.6
- 5) 竹本憲充：トータルステーションを用いた路盤工の出来形の多点手法の検討，建設の施工企画，2012.11

#### 【筆者紹介】

竹本 憲充（たけもと のりみつ）  
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 主任研究員



部 会 報 告

コンクリート機械の変遷 (2)

機械部会 コンクリート機械技術委員会

12) コンクリートプラント操作盤

コンクリートプラントの操作盤は以下の表と図に示すように年代とともに推移してきた。

	ダイヤル盤	CPS-D	CPS-G	CPS-G II	CPS-G III	SUPER-G	SUPER-GX	WINPACK	CPS-GIV	e-Four	cps-Kei
1984(S59)	■										
1985(S60)	■										
1986(S61)			■								
1987(S62)			■								
1988(S63)				■							
1989(S64/H1)	■			■							
1990(H2)					■	■					
1991(H3)					■	■					
1992(H4)					■	■					
1993(H5)					■	■					
1994(H6)					■	■	■				
1995(H7)					■	■	■				
1996(H8)					■	■	■	■	■		
1997(H9)								■	■		
1998(H10)								■	■		
1999(H11)								■	■		
2000(H12)								■	■		
2001(H13)								■	■		
2002(H14)								■	■	■	
2003(H15)								■	■	■	
2004(H16)								■	■	■	
2005(H17)								■	■	■	
2006(H18)								■	■	■	
2007(H19)								■	■	■	
2008(H20)								■	■	■	
2009(H21)								■	■	■	■
2010(H22)								■	■	■	■

図-1 コンクリートプラント操作盤推移表

種類	特徴
ダイヤル盤	ダイヤル盤(赤針・黒針) 赤針(設定値) 黒針(計量値) 配合記憶はパンチカード
CPS-D	ダイヤル盤(赤針・黒針)からデジタル表示 自社ソフト
CPS-G	カラーCRT表示 表面水補正 容積補償 S/A補正 回収水補正 粒度補正 重量補正 1/6分割自動落差補正
CPS-G II	CPS-Gに対し追加機能 ミキサ電流値のグラフ表示 比率補正 少量計量 可変則ミキサの画面制御
CPS-G III	G II 盤に対し追加機能 オートボリューム切換(0.01, 0.25) 練り率設定 混練時間の設定 ミキサTVゲートの時間設定 動荷重90%落差補正 スランプ補正 ミキサゲート II

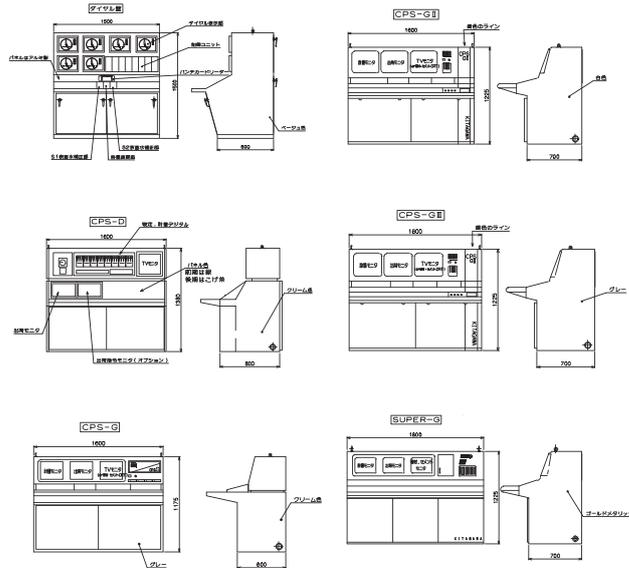


図-2 コンクリートプラント操作盤の特徴・外形①

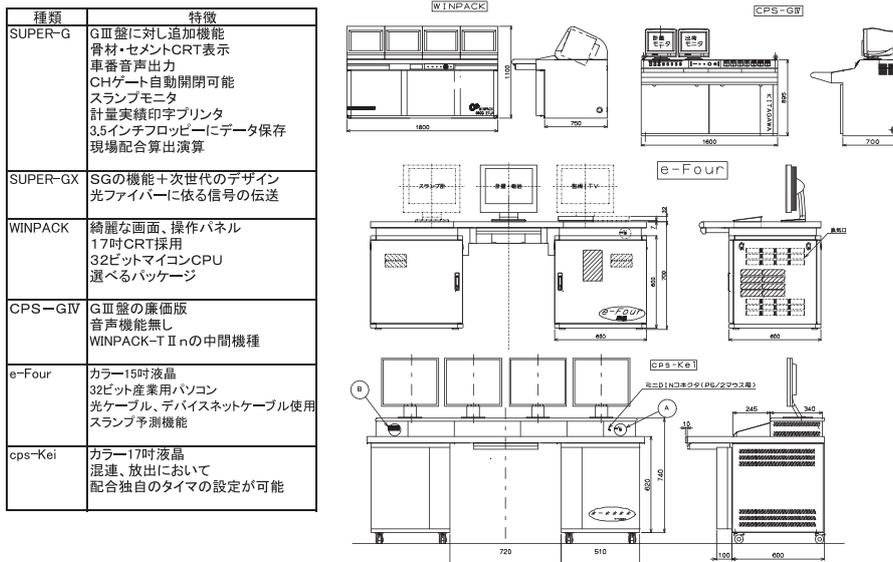


図-3 コンクリートプラント操作盤の特徴・外形②

	簡易デジタル	MX-1	簡易デジタルT	CPS-T	CPS-TⅡ	CPS-TⅡn	CPS-U1	XL-5	CUTE21	CUTE21F
1984(S59)										
1985(S60)										
1986(S61)										
1987(S62)										
1988(S63)										
1989(S64/H1)										
1990(H2)										
1991(H3)										
1992(H4)										
1993(H5)										
1994(H6)										
1995(H7)										
1996(H8)										
1997(H9)										
1998(H10)										
1999(H11)										
2000(H12)										
2001(H13)										
2002(H14)										
2003(H15)										
2004(H16)										
2005(H17)										
2006(H18)										
2007(H19)										
2008(H20)										
2009(H21)										
2010(H22)										

図-4 コンクリートプラント小型操作盤推移表

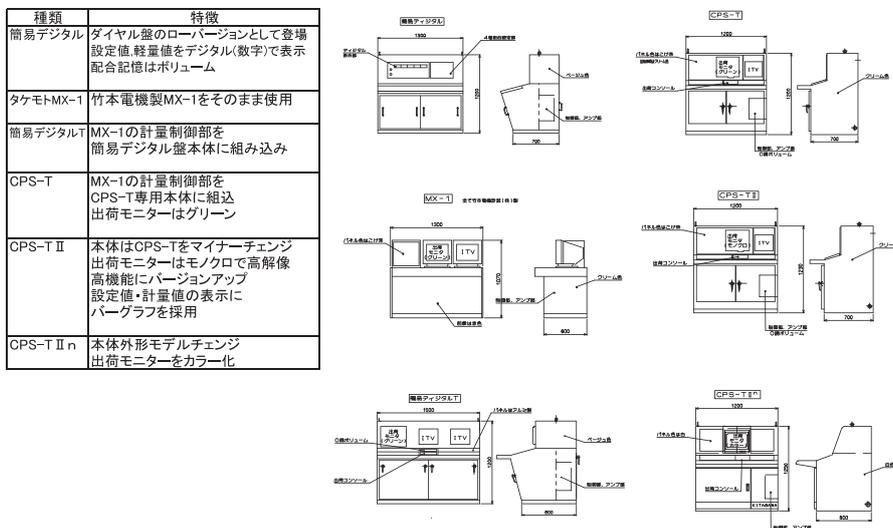


図-5 コンクリートプラント小型操作盤の特徴・外形①

種類	特徴
CPS-U1	T盤のローバージョン 出荷モニターはモノクロ
XL-5	簡易型EL表示操作盤 機能限定 廉価版 自立壁掛型
Cute21	混連タイム練り方にて4種切替可能 (軟・硬・特・モルタル) 15吋カラー-CRT 90%落差補正 2種 100%落差補正 2種
Cute21F	生コン工場向け

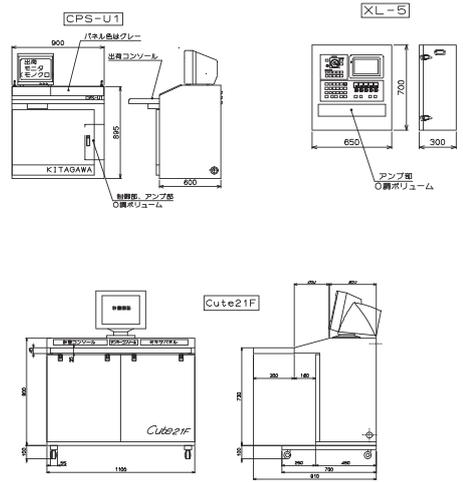


図-6 コンクリートプラント小型操作盤の特徴・外形②

1.2 コンクリートミキサ

1) ミキサ形式

コンクリート製造の要であるコンクリートミキサはバッチ式ミキサが主で、生コン工場、ダム用として重力ミキサが始まったが、1960年代には短時間で練り上がるパン形強制練りミキサが生コン向けに普及し、その後1970年代後半からはメンテナンスの簡便なパグミルク形の水平二軸強制二軸ミキサが導入され、この形式のミキサがダム用を含め主力になっている。

その後、攪拌翼付き重力式ミキサや、油圧可変速・インバーター可変速等回転速度を変えられる機構のもの、水平二軸でも連続螺旋ブレード構造のミキサや軸を無くした連続螺旋アームにブレードを装着した形状のミキサなどが多くなっており、近年、高性能コンクリートの需要が高まる中でさまざまな工夫のされたミキサが開発されている。

その規定は、コンクリートミキサー「第1部：用語及び仕様項目」JIS A 8603-1：2010、コンクリートミキサー「第2部：練混ぜ性能試験方法」JIS A 8603-2：2010が平成22年7月20日に制定された。

①重力式ミキサ (写真-1)

古くからコンクリートプラントに用いられているミキサで、混練りする材料は回転するドラム内部の羽根



写真-1 重力式ミキサ

によりすくい上げられ、自重（重力）でドラム内の傾斜方向に落下させ、材料全体を移動させながら練り混ぜられる。このミキサは一般に練混時間が長く必要でプラント内に2台対向に設置し、能力を合わせているので、一式の計量器から2機のミキサに分配するシュートが必要であり、ミキサの機構は単純であるがこのシュート部分が複雑になっている。ドラムの周速が1.1 m/sec ~ 1.6 m/sec と遅く、摩耗が少なく、ミキサの保守管理は容易であるが、シュートの保守管理にも注意が必要である。

②パン形強制練りミキサ (写真-2)

浅いタライ形の混練槽に減速機を中心に、回転軸には放射状に緩衝用ダンパを介してパドルが取り付けられている。このミキサは強制的に練るために、硬練りコンクリートを短時間に練り混ぜることが可能で、トータルのイニシャルコストのメリットから広く普及した。反面、径が大きいため、外周部の周速が3.5 m/sec程度と早いため、ライナーの寿命が短く、メンテナンス費用が高み、現在では、特殊な条件下でのみ稼働している。



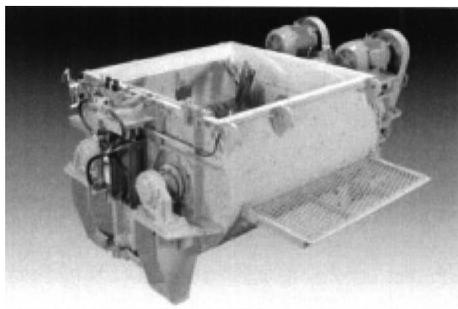
写真-2 パン形強制練りミキサ

③二軸強制練りミキサ

水平な二軸に、それぞれ逆方向に一定の遅れ角で取り付けられた複数のアームの先端に混練羽根が取り付けられ、軸間部に持ち寄るように回転させることによ

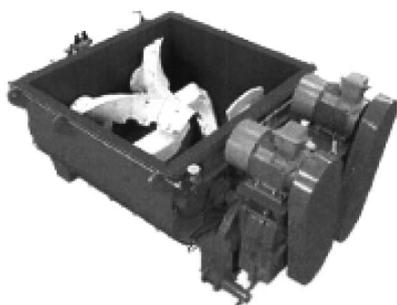
り、強制的に回転流動、螺旋運動、交錯流動、循環流動を材料に与え、短時間の内に混練を完了する。

二軸強制練りミキサ（写真—3）は羽根の回転半径が小さいので練り回数は多いが、ブレード周速は1.4 m/sec ~ 2.0 m/sec と比較的遅く、さらにブレードと底部ライナーとの接触面が少ないため、両者の摩擦が小さい。そのため部品交換の周期も長く、計画的な保守管理がしやすい。また底部に大きなゲートが設けられていて、コンクリートの排出時間が短いために出荷サイクルタイムが短くなり、能力の面でのメリットにもなっている。さらに練り容量に比べコンパクトであるために他種のミキサよりも大型機種種の製造が可能であり、プラント内の設置スペースが確保しやすい等の利点がある。



写真—3 二軸強制練りミキサ

近年、二軸強制練りミキサのブレードの、取り付け遅れ角度は90°から45°~60°に、また油圧駆動やインバーターによる可変速駆動方式、さらに羽根をダブルに設け、混練回数を大幅に増やした機種や、軸をなくして連続螺旋アームにブレードを装着した形状（写真—4）のものが生まれている。



写真—4 二軸強制練りミキサ 連続螺旋アームミキサ

#### ④練り混ぜ時間

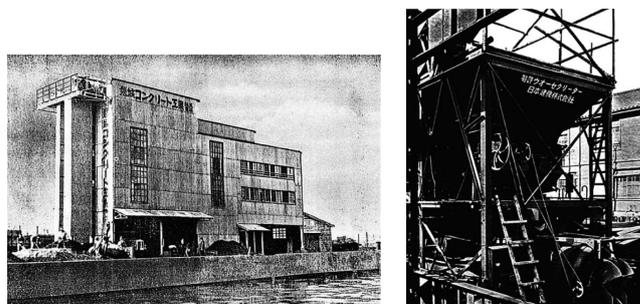
ミキサの形状によって練り混ぜに必要な時間はそれぞれ異なるが、ミキサの公称容量、配合、練り量、材料の投入順序とそのタイミング、さらにはブレードの摩擦状態などによっても変化するので、練り混ぜ性能

試験「JIS A 1119」によって確認しておかねばならない。

近年、モルタルの練り混ぜと砂利を加えた練り混ぜを別々の専門ミキサで分担させる階層式のミキサや二軸強制練りミキサでは、インバーターや油圧モーターで軸回転の変化や、羽根をダブルに設けたり、連続羽根とし混練回数を増やす方法で、混練サイクルタイムを短く、プラントの能力の向上を図っている。

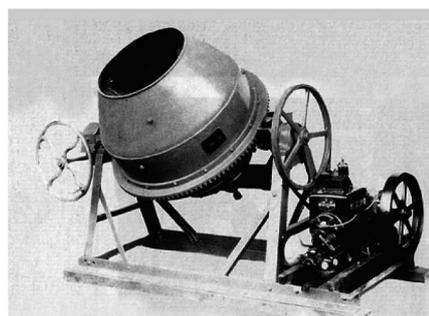
## 第2章 コンクリートプラント及びコンクリートミキサの技術・進化の歴史

1949年（昭和24年）国内初の生コンクリート工場、東京コンクリート工業 業平橋工場が、日本建機によって完成（写真—5）



写真—5 東京コンクリート工業 業平橋工場（左）、ウォークセクリーター

1951年（昭和26年）日本工具製作（現・日工）、コンクリートミキサ製造販売を開始 北川鉄工所、可傾式ミキサ（写真—6）開発

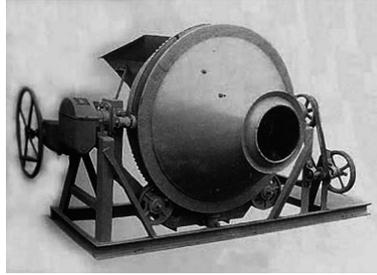


写真—6 可傾式ミキサ

1952年（昭和27年）石川島コーリング（現・IHI建機）設立。米国・コーリング社と技術提携、コーリング式傾胴形重力式ミキサおよび塔型プラント発売

1955年（昭和30年）北川鉄工所、手動計量式バッ

チャプラント発売  
リチャージミキサ，横型ミキサ  
開発（写真一七）



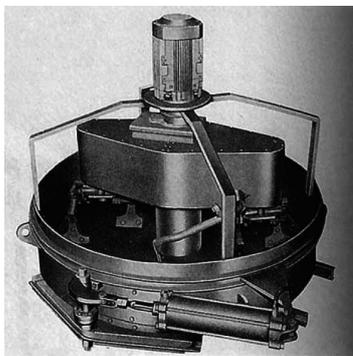
写真一七 手動計量式バッチャプラント（左），リチャージミキサ

1956年（昭和31年）日本工具製作，コンクリートプラント製造販売を開始  
スミス式自動式傾胴ミキサの製造販売

1962年（昭和37年）栗原工業（現・クリハラ），旧西ドイツ・エルバ社と技術提携しエルバ強制練りミキサ，エルバ生コンクリートプラントの国産化開始

1963年（昭和38年）日本工具製作，自動式バッチャプラント第1号機納入  
石川島重工業（現・IHI建機），インバータミキサ発売

1966年（昭和41年）北川鉄工所，スウェーデン・パラインターナショナル社と技術提携，ボルテックスミキサの製造販売を開始（写真一八）  
日本工具製作，タービン式ミキサの製造販売を開始



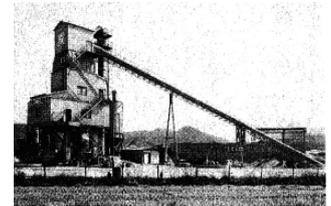
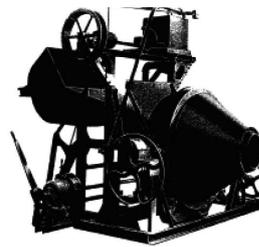
写真一八 ボルテックスミキサ

1970年（昭和45年）栗原工業，デンマーク・トーマスシュミット社と技術提携し

ホットコンクリートプラントの国産化を開始

1971年（昭和46年）日工，自社製プラント操作盤の製造販売を開始，ホットコンクリートプラントの製造販売を開始

1974年（昭和49年）光洋機械産業，旧西ドイツ・BHS社と技術提携し二軸強制練りミキサの製造販売を開始  
北川鉄工所 RH，RG（油圧傾胴式）ミキサ，全自動プラントの発売（写真一九）

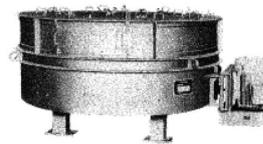


写真一九 RH，RG（油圧傾胴式，左），全自動プラントBPA 100F2E

1977年（昭和52年）エルバ（現・クリハラ），エルバ式生コンクリート排水処理装置，エルバ式砂利選別プラント排水処理装置を開発

日工，完全ユニットプラントの製造販売を開始

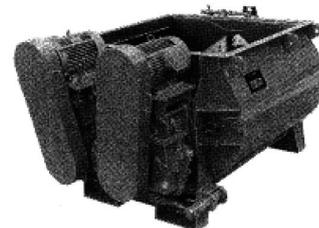
北川鉄工所 パン型ミキサ，コンクリートプラント船の発売（写真一〇）



写真一〇 パン形強制練りミキサ（左），コンクリートプラント船

1978年（昭和53年）光洋機械産業，世界最大級6m<sup>3</sup>二軸ミキサを発売

北川鉄工所 強制二軸ミキサ，インバータ強制二軸ミキサの発売（写真一一）



写真一一 WZIインバータミキサ

1979年（昭和54年）日工，二軸強制ミキサSFミキサの製造販売

1981年（昭和56年）エルバ，プレスドラム式自動脱水機を開発  
北川鉄工所 コンポーネント式コンクリートプラント発売（写真-12）



写真-12 コンポーネント式コンクリートプラント

1984年（昭和59年）石川島建機（現・IHI建機），油圧可変式ミキサHyDAMミキサ発売

北川鉄工所 大型オーダープラント発売（写真-13）

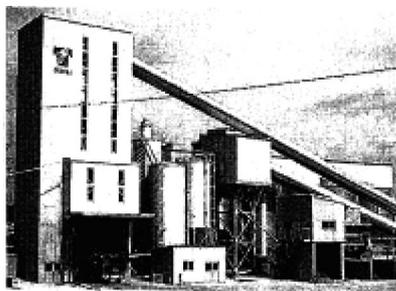


写真-13 CPO型

1990年（平成2年）クリハラ，シャフトレスミキサの国産化を開始

1992年（平成4年）北川鉄工所，強制傾胴二軸ミキサFVを発売（写真-14，図-7）

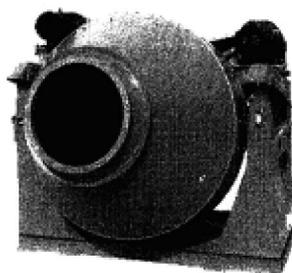


写真-14 FV可傾式ミキサ

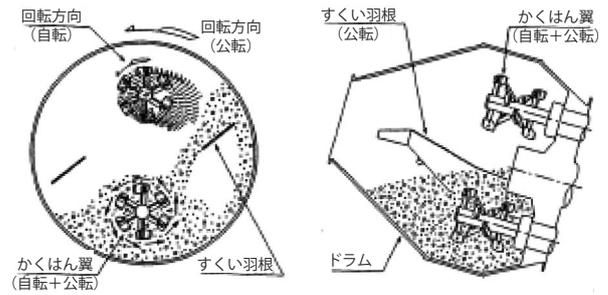


図-7 FV可傾式ミキサ

1998年（平成10年）日工，瞬発力バッチャープラントDASHプラントの製造販売を開始

DSFミキサの製造販売を開始  
北川鉄工所 コンポーネント式コンクリートプラント改良型の発売（写真-15）

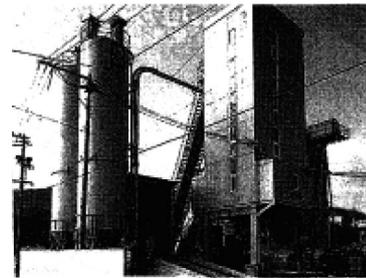


写真-15 CPN型

1999年（平成11年）光洋機械産業，WEF型二軸強制練りミキサ・ダブルシール発売

2000年（平成12年）光洋機械産業，高流動・高強度対応WJK二軸強制練りミキサ発売

2001年（平成13年）日工，都市型省スペースプラント発売

2002年（平成14年）石川島建機，連続羽根式ミキサTWISTERミキサ発売

2004年（平成16年）北川鉄工所，コンクリートミキサ「ジクロス」発表（写真-16）

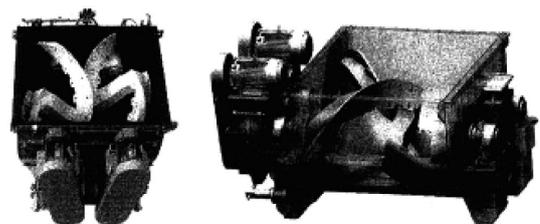
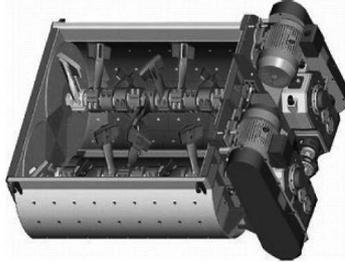


写真-16 螺旋アーム式

2005年（平成17年）光洋機械産業，高流動・高強度対応トルネード型二軸強制練り

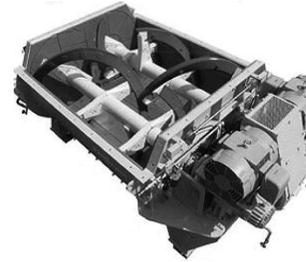
ミキサ，生コンクリート冷却設備発売

2007年（平成19年）光洋機械産業，新型二軸強制練りミキサ TWISTER・NEW を発売（写真—17）



写真—17 新型二軸強制練りミキサ

2008年（平成20年）日工，超高強度コンクリート用二軸強制練りミキサ DASH-200N ミキサの製造販売を開始（写真—18）



写真—18 超高強度コンクリート用二軸強制練りミキサ

（次号へ続く）

## 部 会 報 告

# ISO/TC 127 (土工機械 専門委員会) /SC 3/WG 11 (ISO 12509 土工機械—照明, 信号, 車幅などの灯火及び 反射器) サンディエゴ (米国) 国際 WG 会議出席報告

標準部会

土工機械の灯火装置に関する国際的な要求事項として、欧州規則 ECE R6, R48, 欧州規格 EN 15573 等に基づく ISO 12509 規格の定期的見直しに当り、ISO/TC 127 専門委員会下の SC 3 分科委員会で、WG 11 作業グループが 2014 年 3 月 3 日～4 日に米国サンディエゴで第 3 回国際 WG 会議を開催、日本からは国内道路運送車両の保安基準に関する国際専門家 (Expert) として、2013 年 1 月の第 2 回国際 WG 会議 (於マイアミ) に続き協会標準部の小倉次長が出席したので、以下にその概要を報告する。

### ●会議名

ISO/TC 127 (土工機械) /SC 3/WG 11 (ISO 12509) 会議

### ●開催地

米国カリフォルニア州サンディエゴ郡サンディエゴ市 Solar Turbines Inc. (キャタピラー社傘下) 会議室 MARS room

### ●開催日

2014 年 3 月 3 日～4 日

### ●出席者

米国 5 : Mr. Patrick J. MERFELD (Terex), Mr. Chuck CROWELL (Caterpillar), Mr. Rick WEIRES (John Deere), Mr. Steve NEVA (Doosan Bobcat), Mr. Steve URLICH (Vermeer), +1 : Ms. Tina JOHNSON (John Deere) (電話会議システムで参加)  
英国 1 : Mr. Dale CAMSELL (JCB)  
仏国 1 : Mr. Jean-Jacques JANOSCH (仏 Caterpillar)  
日本 1 : 小倉公彦 (協会) 計 9 名出席  
WG コンビナー (主査)・PL (プロジェクトリーダー) :  
米国 Mr. Patrick J. MERFELD (Terex)

### ●背景

ISO 12509:2004 は当初、安全に関する ISO/TC 127/SC 2 で制定されたが、電気に関連する内容であることから SC 3 へ移管され、定期的見直し NWIP 投票の承認後、2012 年 3 月パリ西郊の CISMA にて第 1 回国際 WG 会議を開催した。その後、2012 年 10 月にドラ

フト CD (Doc N 8) を作成、2013 年 1 月マイアミの CAT MSAC にて第 2 回国際 WG 会議を開催した。同議事メモ (Doc N 14) の宿題事項完了に伴い、最終版 CD の作成に先立ち、適用範囲及び技術的内容の見直しに関して合意を得ることを目的として、今回サンディエゴにて第 3 回国際 WG 会議を開催した。

### ●会議結果概要

前回までの経緯を振り返り、今後の進め方について討議した結果、「要求事項ではなくゴールとして技術仕様の作成を進めるべき」との方針を確認した。

2012 年 6 月 NWIP 承認、同 12 月プロジェクト開始から 2 年が経過する 2014 年 12 月に DIS 登録期限を迎えることから、事前に自主キャンセルし再スタートするか、或いは開発期間を 1 年延長するか、米国 PL Merfeld 氏が ISO 中央事務局に相談する。

なお、土工機械の灯火類には公道走行用と作業用の両方があり、ISO/TC 127/SC 1/WG 8 で扱っている DIS 17253 土工機械及びテレハンドラー公道での運転を意図した機械の設計要求事項とも密接に関連することから、SC 1/WG 8 の PL である英国 Roger BAKER 氏 (JCB) も本会議に参加の予定であったが、急用で欠席となった。

### ●会議での議論

(3 月 3 日)

2012 年パリ西郊会議では、2 通りの手法 (1—機械タイプ毎に列挙, 2—基本的な機械カテゴリ毎に列挙) を検討した結果、現行 ISO 12509 のレイアウトが妥当であるとの結論に達した。

2013 年マイアミ会議では、要求事項に対して例外規定が多すぎることから、Annex E の参照元である欧州規則 ECE R48 灯火及び信号装置の取り付けに関する規定の変遷を調査する必要性が指摘された。

その後、2013 年 5 月に米国オーランドで AEM が主催した製品安全セミナーにおいて紹介された ANSI/ASABE (米国農業生物技術者協会規格) S 279—公道における農業用機器の灯火及び標示 について、

米国 PL が会議開催通知を通じて WG メンバーに意見を求めたことを受け、席上で ANSI/ASABE S 279 をレビューした。そのうえで、コメント表に基づく詳細議論に入る前に、4通りの手法（1—必要な修正のみを行う軽微な改正、2—技術的な問題を解決する大幅な見直し、3—ANSI/ASABE S 279 と同様の新たなレイアウト、4—その他）のいずれを採るか、各国の意向を確認した。

・ANSI/ASABE S 279 の下記引用規格について、米国 CROWELL 氏より説明：

ISO 16154:2007, 農林業用トラクタ及び機械—公道走行用の灯火、信号装置及び標示用機器

ISO 11783-1:2007, 農林業用トラクタ及び機械—シリアル制御及び通信データネットワーク—Part 1: モバイルデータ通信の一般規格

ISO 11783-2:2012, 農林業用トラクタ及び機械—シリアル制御及び通信データネットワーク—Part 2: 物理的レイヤー

ISO 16154 は、土工機械の灯火類 (DIS 17253) に類似。ISO 11783-1, -2 は、農業機械において必要とされる本体車両とインプリメント（けん引する作業用機器）間のデータ交換について規定している。

・S 279 の「公道 =highway」には未舗装道路も含まれ、ISO 12509 の「公道 =public road」とは若干異なる。

・前回宿題事項として、ISO 12509 Annex E が参照している欧州規則 ECE R48 をレビューした。

----- (ランチブレイク後、再開) -----

・日本より事前に送付したコメント (Doc N 18) における誤記の指摘) について説明した。

前回宿題事項として米国 PL が作成した Doc N 18 (ISO 12509 Annex E 表 E1 ~ E16, 欧州規則 ECE R 48 及び 2009/61/EC タイヤ式農林業機械の灯火及び信号装置に関する欧州指令) における取り付け寸法及び幾何学的視認角の比較一覧表) の中で一部数値・記号に転記ミス或いは文字化け (各国間のパソコン仕様相違によると思われるが、“ $\geq$ ” が “ $>$ ” に誤って変換) を生じており、訂正すべきとした。

・前回マイアミ会議における米国・スウェーデン・日本コメント (Doc N 15, 16, 17) を再度レビューした。(翌3月4日)

・引き続き、米国コメント (Doc N 15) を再度レビューした。

・John Deere 社製除雪グレーダ、ミニ／小型ホイー

ルローダ、コンパクトダンプ、コンパクトトラックローダ、バックホウローダ等の画像を見ながら、Annex E の要求事項と例外規定をレビューした。

----- (ランチブレイク後、再開) -----

・引き続き Bobcat 社製スキッドステアローダの画像を見ながら、Annex E の要求事項と例外規定をレビューした。

・Annex A 表 A.1 における Machines that are *not intended* for travel on public roads... / ...that are *intended* for... は、それぞれ... *not configured* for... / ...*configured* for... とするのが適切である。

#### ●次回会合予定

米国 PL Merfeld 氏と ISO 中央事務局の相談結果によるが、次回国際 WG 会議は 2014 年 11 月に仏国パリでの開催を検討する。

#### ●その他

今回の国際 WG 会議は、前回に続き米国での開催となり、CROWELL 氏の協力によってカリフォルニア州サンディエゴにあるキャタピラー社傘下ソーラータービズ社工場内の会議室が提供された。

同社では主に産業・発電・船舶用途向けガスタービンエンジンを製造しており、21,000 ~ 1,200kW 級の 6 シリーズ (TITAN, MARS, TAURUS, MERCURY, CENTAUR, SATURN) を有する (会議室名にも用いられている)。

なお、会議終了後ネバダ州ラスベガスへ移動し、ラスベガスコンベンションセンターで開催された国際建機展：CONEXPO-CON/AGG 2014 を 3 月 5, 6 日に視察したので、追って報告する。



写真—1 Solar Turbines 社 工場入口看板

JCMA

(協会標準部会事務局記)

## 部 会 報 告

# ISO/TC 127 (土工機械) /SC 2/WG 16 (電磁両立性 ISO 13766 改正) 2014 年 2 月 ロンドン 国際作業グループ会議出席報告

標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会国際専門家 (Expert)

吉田 克美 (コマツ)

国際標準化機構 ISO/TC 127 (土工機械専門委員会) の、土工機械の電磁両立性に関する国際規格 ISO 13766 の改正を検討する国際作業グループ会議が 2014 年 2 月に英国ロンドン市で開催された。協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から国際専門家 (Expert) として出席した吉田克美氏 (コマツ) の報告を紹介する。

1. 会議名称 ISO/TC 127/SC 2/WG 16 国際作業グループ会議
2. 開催日 平成 26 年 2 月 6 日 (木) ~ 2 月 7 日 (金)
3. 開催地 英国ロンドン市の British Standards Institution 英国規格協会 (以下 BSI)
4. 出席者 下記 15 名 (敬称略)。チェコ 1 名: Karas, Michal (斗山/Bobcat 社), ドイツ 7 名: Kellerbauer, Holger (EMC Test NRW GmbH 社), Kampmeier, Rene (VDMA ドイツ機械工業連盟), Bussenbender, Achim (Wirtgen 社), Drees, Ulrich (BOMAG 社), Groer, Matthias (コマツハノマーグ社), Knoferl, Michael (BAUER Maschinen GmbH 社), Grommes, Werner (IFA - Institut für Arbeitsschutz der DGUV ドイツ法的損害保険の労働安全研究機関), フランス 1 名: Mazet, Paul (Le Centre technique des industries mécaniques - CETIM, Technical Centre for Mechanical Industry), 日本 1 名: 吉田克美 (コマツ), スウェーデン 2 名: Gafvert, Joakim (Volvo Construction Equipment 社), Karlsson, Christian (Dynapac 社), 米国 4 名: Roley, Dan (Caterpillar 社), Montgomery, James L, Weires Rick (Deere 社), Neva Steve (斗山/Bobcat 社),
  - ・ ISO/TC 127/SC 2/WG 16 のコンビーナ (ISO 国際作業グループの主査のこと) 兼 ISO 13766 改正のプロジェクトリーダー: 上記 Kellerbauer, Holger 氏 (ドイツ)
  - ・ 幹事: 上記 Kampmeier, Rene 氏 (ドイツ)

## 5. 概要

今回の会議の合意を踏まえ、作業原案を作成し、本年 11 月の ISO の WG 会議で他の案件と共に、改正提案をする。これは、36 か月を要する標準的なステップで、現行 ISO 13766:2006 を

- ・ EN/ISO13766-1: EN13309:2010 と整合させたもの
- ・ ISO/TR13766-2: 機能安全要求を記したものの二部構成として、同時改正提案させる。

この会議で結論づけた ISO 13766-2 での EMS 要求レベルは、後述の図表参照 (表—1, 2, 図—1, 2)。

なお、作業原案の草案は、6 月までに幹事が作成する。

宿題事項は、以下の 2 点に対する再検討。

- ・ BCI 法での 400 MHz 以上での特性劣化への考慮
- ・ 放射電界レベルと BCI 印加電流レベルとのレベル比率

内容的には、日本の意向が盛り込まれたものとなり、「実機での低周波域拡張や高周波域でのレベル強化」を防ぐことができた。

2 GHz を超える帯域の拡張は、WiFi や携帯に対応した周波数帯であり、また、レベルとしても低く、日本国内各社とも合意いただいた範囲内に収まった。

その一方、放射電界試験法の代替法である BCI 試験法には、その整合性や相互のレベル比率についての検討が残されており、各種提案から改訂完了まで、しっかりと見守る必要がある。

## 6. 議事メモ

### 6.1 各国の投票結果とコメント

- ・ 実機 EMC 試験での低周波域拡大 (1 ~ 20 MHz) 要否 (資料 SC 2/WG1=N97 JISC の回答書): コメントを出したのは米国と日本のみで、どちらも実施不要の意見表明

**結論:** この周波数帯は削除 (改訂案では記載試験対象周波数リストから割愛)

- ・ 要求レベルの再定義: 20 ~ 60 MHz 60 V/m, 60

～ 400 MHz 100 V/m, 400 ～ 1000 MHz  
 100 V/m  
 いずれも現行の 100 V/m を基本に、現行曖昧な 20  
 ～ 60 MHz を再定義。  
 ・周波数の拡張（高周波領域への拡張）：2.0 ～ 2.4 GHz  
 10 V/m, 2.4 ～ 2.7 GHz 5 V/m  
 現行の周波数上限 2.0 GHz に対して、上記の様に周

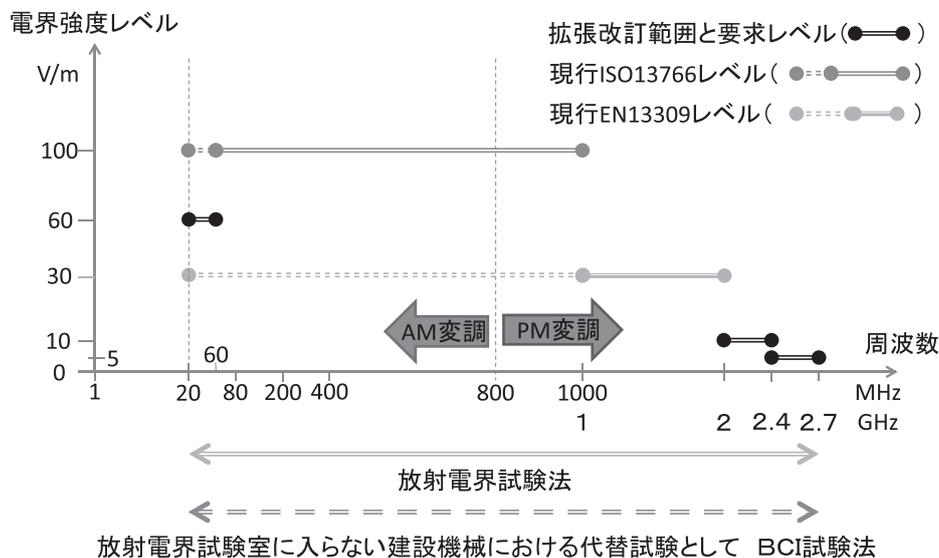
波数帯域を拡張する。  
**参考**：投票権のある国とその回答（資料 SC 2/WG 16  
 N98, JISC の回答書）  
 ANSI（米）、BSI（英）、DIN（独）、JISC（日）、  
 SIS（スウェーデン）、UNZM（仏）  
**6.2 投票を踏まえた ISO 13766-2 での具体的な要求  
 表の見直し**

表一 実機試験要求レベル（資料 N89 Table1 と Table2）

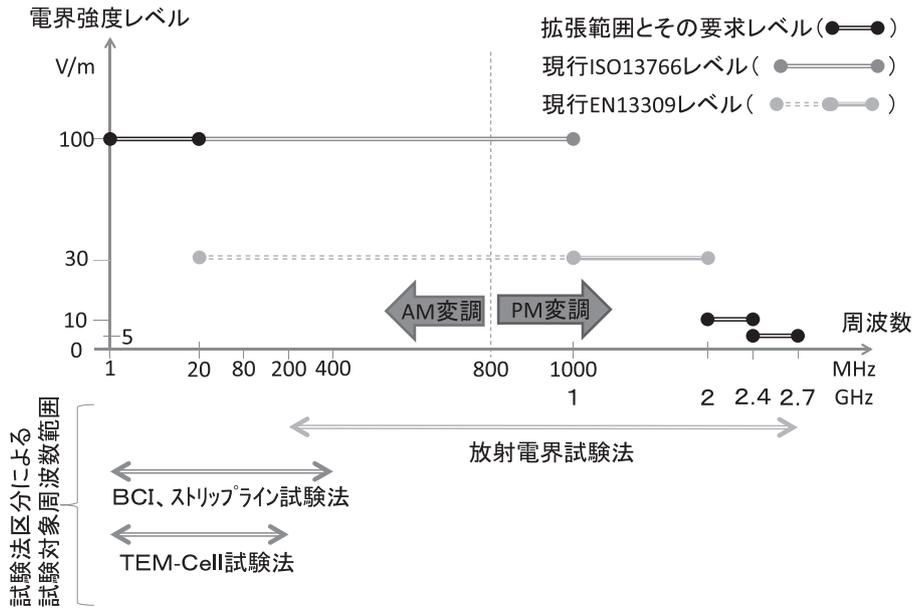
周波数範囲	Class	要求レベル	変調	
<del>1 ～ 20 MHz</del>	<del>A</del>	<del>100 V/m</del>	<del>AM</del>	この周波数範囲は削除
20 ～ 60 MHz	A or FS	60 V/m	AM	
60 ～ 400 MHz	A or FS	100 V/m	AM	
400 ～ 800 MHz	A or FS	100 V/m	AM	
0.8 ～ 1.0 GHz	A or FS	100 V/m	PM	
<del>1.0 ～ 2.0 GHz</del>	<del>A or FS</del>	<del>30 V/m</del>	<del>PM</del>	この周波数範囲は削除 第 1 部と同じ要求のため
2.0 ～ 2.4 GHz	A or FS	10 V/m	PM	この要求レベルで合意
2.4 ～ 2.7 GHz	A or FS	5 V/m	PM	この要求レベルで合意

表二 コンボ（ESA）試験要求レベル（資料 N89 の Table4）

試験方法	周波数範囲	Class	要求レベル	変調	
BCI	1 ～ 400 MHz	A or FS	100 V/m	AM	
TEM-Cell	1 ～ 200 MHz	A or FS	100 V/m	AM	
ストリップライン	1 ～ 400 MHz	A or FS	100 V/m	AM	
放射電界	80 ～ 800 MHz	A or FS	100 V/m	AM	
〃	800 ～ 1000 MHz	A or FS	100 V/m	AM	
〃	<del>1.0 ～ 2.0 GHz</del>	<del>A or FS</del>	<del>30 V/m</del>	<del>PM</del>	この周波数範囲は削除 第 1 部と同じ要求のため
〃	2.0 ～ 2.4 GHz	A or FS	10 V/m	PM	この要求レベルで合意
〃	2.4 ～ 2.7 GHz	A or FS	5 V/m	PM	この要求レベルで合意
〃	<del>1.2 ～ 1.4 GHz</del>	<del>A or FS</del>	<del>300 V/m</del>	<del>PM</del>	この周波数範囲は削除で合意
〃	<del>2.7 ～ 3.1 GHz</del>	<del>A or FS</del>	<del>300 V/m</del>	<del>PM</del>	この周波数範囲は削除で合意



図一 実機 EMS 試験要求



図一2 コンポ (ESA) EMS 要求レベル

6.3 放射電界試験法と BCI 試験法との要求レベルについて

・放射電界と BCI でのレベル比率 (CAT 社情報) : 前回のドルトムント会議で課題とされた相互レベルに対する相関比率について PL (Dr. Holger Kellerbauer) より, ISO の他の規格でもレベル比 1:1 ~ 1:2 の様に不統一との報告があった。

続いて, 米国委員 (John Deere 社 Rick Weires 氏) より, CAT 社のコンポ BCI 試験として, レベル比 1:1 での実施例報告があり, レベル比 1:1 が提案された。BCI 試験の適用周波数範囲 1 MHz ~ 2 GHz で 400 MHz まで, 以下の状況で実施している。

- ・400 MHz 以上の帯域ではレベルが落ちる
- ・クランプ位置や, 終端抵抗で結果が変わる

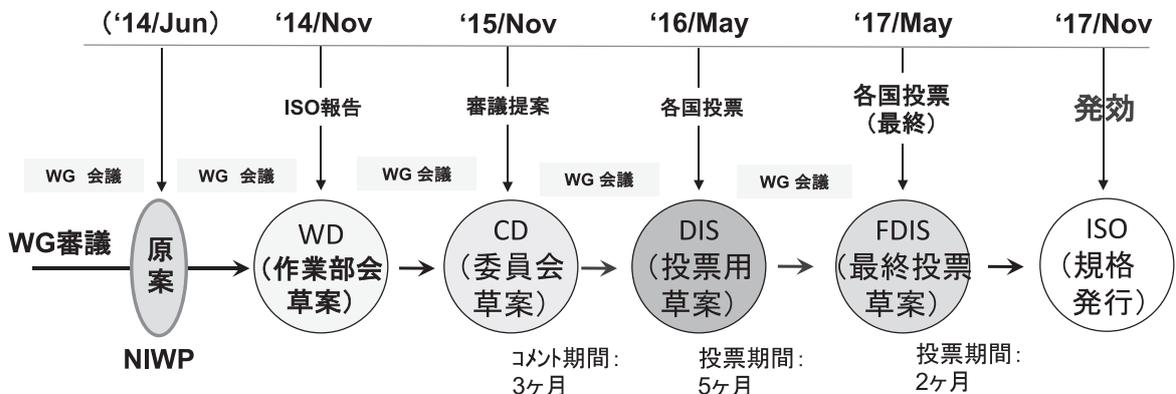
- ・マルチインジェクション クランプを使用している
- ・周波数レンジを 3 つに分けて実施している
- ・大きな機械では, BCI 試験を採用しており, レベル比 1:1 としている

6.4 ISO 13766-1 Conducted transients レベルの検討  
Bomag 社 Drees, Ulrich 氏より他の ISO 規格と比較報告があり, 現案で合意。

7. 今後の進め方

幹事より標準 36 ヶ月での規格改訂が提案され, 図一3 の日程で進めることで, 合意。

JICMA



図一3 規格改訂スケジュール

## 部 会 報 告

### 前田製作所，浅川ダム見学会

建設業部会

#### 1. はじめに

建設業部会では、平成25年度秋季現場見学会を2013年12月13日、長野県長野市に所在する(株)前田製作所、同じく長野市で工事が進められている浅川ダムにおいて実施した。参加者は事務局を含めて15名であった。

#### 2. 前田製作所 会社概要

前田製作所は、1960年に前田建設工業(株)篠ノ井機械工場として開設され、1962年に前田製作所として設立された。建設機械本部、産業機械本部他の3部門で組織され、建設機械本部では、環境(ハイブリッド油圧ショベル、自走式選別機)、林業、情報化施工、鉄道(軌陸作業車)に関連した機械の販売・レンタル事業を展開している。自走式選別機や軌陸作業車は、メーカ、レンタル会社からの委託で機械の製作も手掛けている。

産業機械本部では、カニクレーン、テレスコピック式クローラクレーン等の設計・製作や、坑内用ダンプトラック、シールドマシン等の設計・製作を行っている(図-1)。また、介護用品(車いす関連製品)等の新規事業にも取り組んでいる。



図-1 カニクレーン，クローラクレーン

#### 3. 工場見学

工場見学は、本社屋内において会社概要等の説明を受けた後、工場に移動して行われた(写真-1, 2)。

工場内では、カニクレーン、テレスコピック式クローラクレーン等、建設機械の製造ラインや検査状況を見学した。主力製品であるカニクレーンは、現在、海外各地に指定代理店を設けて販売(4機種)されており、工場内には、各種パーツが整然と並べられ、多種のクレーンが組み立てられていた。

上記の機械以外にも、ミニバックホウ、自走式選別機、軌陸作業車等、メーカからの委託でOEM供給されている建設機械や特殊機械が製作されていた。また、前田建設工業で保有されているドリルジャンボ、吹付け機といった山岳トンネル用機械の整備も行われている。

デモでは、山岳トンネルのズリ運搬に使用される坑内用ダンプトラック(型式:MDT30 積載荷重:27.0t)の試走が行われた(写真-3)。本機は、アーティキュレート機構およびリフトアップ機構(最後尾車軸)を備えており、現場における機動性の高さがうかがえる。



写真-2 工場見学状況



写真-1 会社概要説明状況



写真-3 ダンプトラック 試走状況

た。現行の車両では、排出ガス第4次基準値を満たしたエンジンを搭載している。

#### 4. 浅川ダム建設工事 工事概要

浅川ダムは、長野市の市街地に近い山中に位置し、市の中止部から車で20分程度である。

堤体の下部に常用洪水吐きが設けられた、流水型(穴あき)の治水専用のダムで、通常時は、この洪水吐きから川の水が下流に流れるため、水を貯めないが、洪水時には貯水し、増水による下流への被害を防ぐ構造となっている(図一2)。また、貯水池内の地すべり対策として、CSG(Cemented Sand and Gravel)工法を用いた押え盛土工(約60,000m<sup>3</sup>)を施工する。以下にダムの主要諸元を示す。

型式	重力式コンクリートダム
堤高	53 m
堤頂長	165 m
堤体積	141000 m <sup>3</sup>
打設工法	拡張レヤー工法

#### 5. 現場見学(写真一4～6)

工事の進捗としては、堤体コンクリート、減勢工コンクリートの約95%以上の打設を終えていた。見学会の翌日が、H25年の最終打設日で、12月中旬から



図一2 浅川ダム概要図



写真一4 現場概要説明状況

冬期休止期間でコンクリート打設を中止し、H26年3月中旬より、再開する予定との事である。当該工事では、基礎岩盤の強度が低いため、ダム上流面に大きなフィレット(増厚部)がある。

また、着岩部に劣化し易い岩盤が確認されたことから、基礎岩盤の仕上げ掘削(二段階)や岩盤清掃の施工方法を工夫されている。

主打設備は、当初計画では9.5t軌索式ケーブルクレーンであったが、左右岸の地山強度が不足し、基礎の設置が困難であったことから、定置式タワークレーン(10.7t×85m, 16.5t×75m)に変更された。

現場の周辺には、猛禽類の営巣地があるため、タワークレーン、バッチャープラント、セメントサイロ等の仮設備は保護色(茶色)に着色されており、骨材投入ポッパにはハウスを設置して防音する等、環境保全対策が取られている。

暑中、寒中コンクリート対策として、練混ぜ水の冷却、加熱や粗骨材への散水、骨材貯蔵ビンの周囲に遮光ネット、保温材(断熱材)の設置等が講じられていた。

#### 6. おわりに

最後に、年末で大変お忙しい中、今回の見学会にご協力頂きました(株)前田製作所、長野県、浅川ダムJV(大林組、守谷、川中島建設共同企業体)の関係者の皆様に、厚く御礼申し上げます。



写真一5 コンクリート打設状況



写真一6 現場見学状況

(文責：田口) JICMA

## 新工法紹介 機関誌編集委員会

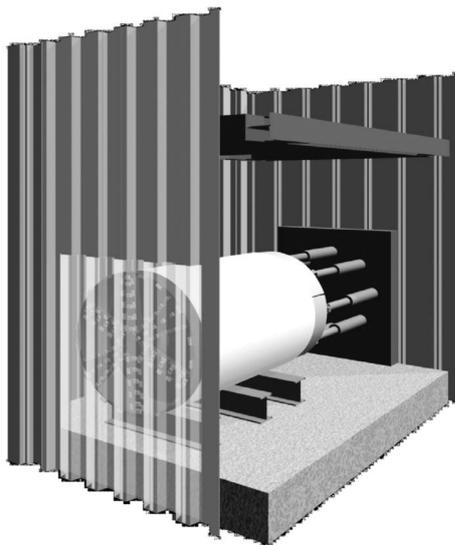
04-347	FRP 製矢板による 直接発進到達工法 (FRP 製矢板工法)	銭高組 DIC
--------	---------------------------------------	------------

### ▶ 概要

シールド工事や推進工事において発進・到達する際は、これまで土留め壁を鏡切りする工法が用いられてきました。

近年、柱列式連続壁や RC 連続壁、ケーソンなど比較的深度の深い土留め壁の発進・到達部には、切削可能部材を用いた工法が適用されていますが、鋼矢板立坑についてはその特殊な形状より切削部材が適用されておらず、従来工法である背面の地盤改良を行い、鏡切りによる発進・到達が行われております。

そこで、シールド工事や推進工事において、鋼矢板立坑から直接発進・到達工法が可能となる矢板形状に加工した FRP 製矢板を開発しました。



図一 1 FRP 製矢板による直接発進到達工法のイメージ



写真一 1 FRP 製矢板

### ▶ 特徴

#### ①安全に発進・到達

切羽を開放することなく、安全に発進・到達ができます。

#### ②サイレントパイラーにて圧入可能

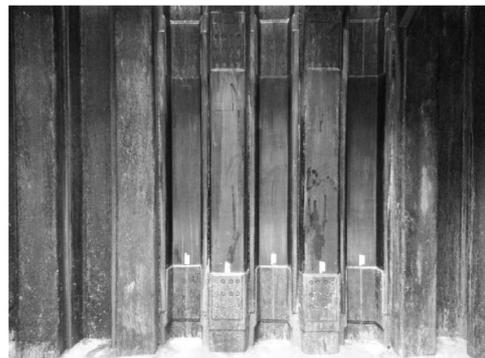
鋼矢板と同形状のため、特殊な機材を用いずに、通常のサイレントパイラーにて圧入が可能です。

#### ③コスト縮減・工期短縮

基本的には地盤改良工法を必要としないため、コスト縮減・工期短縮が図れます。

#### ④立坑根入れ部への適用可能

FRP 製矢板を立坑根入れ部へ適用することで、将来のシールド、推進工事の支障がなく、路線変更等の必要がありません。



写真一 2 FRP 製矢板設置状況



写真一 3 FRP 製矢板工法を用いた推進工事での発進前状況

### ▶ 用途

・鋼矢板立坑からのシールドや推進機の発進到達工事

### ▶ 実績

・下水道、電力管路の推進工事で 3 件の施工実績を有している

### ▶ 問合せ先

(株)銭高組 技術本部

〒102-8678 東京都千代田区一番町 31

TEL : 03-5210-2440

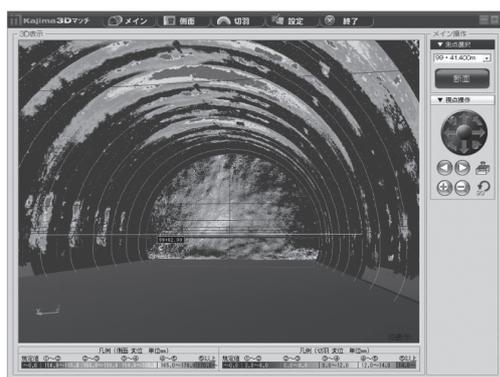
04-349	『3D マッチ』 (3Dレーザースキャナ変位計測システム)	鹿島建設
--------	----------------------------------	------

▶ 概 要

『3D マッチ』は、構造物の形状を面的に測定できる3Dレーザースキャナと、面の凹凸などの特徴を認識する画像処理技術(テンプレートマッチング)を組合せた計測システムで、これまで限られた測定点で計測していたトンネルの変位を、あたかも無数のターゲットで測定したかのように面的かつ3次元にとらえることが可能となりました。大土被りや断層などの影響で大変位が予想されるトンネルで、その兆候を正確に捉えることができ、トンネルの安定性評価や合理的な対策工の立案などに有効に活用できます。

実際のトンネル工事現場に3D マッチを適用し(図-1)、従来計測(光波測定器)と結果を照合したところ、高い相関を保ちながら推移することが確認され、本システムの実現場への適用性が確認されました。また、切羽面の変位計測にも適用することで、切羽面の任意の点がどの方向にどの程度変位しているのが把握でき、切羽の安定性評価や、対策工の効果的な配置計画にも有効に活用できることも確認できました。

本技術は3Dレーザースキャナで面形状を測定できれば、トンネルに限らず他の構造物(切土法面など)の変位計測にも適用できます。



トンネル壁面および切羽面の測定結果イメージ  
図-1 『3D マッチ』システムメイン画面

▶ 特 徴

近年では3Dレーザースキャナをトンネルの変位計測に応用する試みもなされ始めています。ただし、3Dレーザースキャナでは測定時点での形状を取得するだけで、面上の任意の点が過去のどの点から移動してきたのかを追跡できないので、任意点の変位量を正確に把握することが課題でした。この課題を解決

したのがテンプレートマッチングを応用した『3D マッチ』です。

テンプレートマッチングとは、画像の中から特定のパターンを検出しマッチングする画像処理技術で、近年では防犯やセキュリティ管理の分野で、人物特定の技術として応用が進んでいます。3Dレーザースキャナで取得した画像を用いて、変形前後のトンネル壁面の微細な凹凸の同一パターンを探し出しマッチングすることで、変形前後で任意点の位置関係を特定できます(図-2)。これにより、任意の点がどのくらい変位しているのかを面的に正確に把握することができます。

『3D マッチ』を用いることで、限られた測定点を計測する従来手法では分からないトンネル壁面全体の挙動が把握でき、部分的な押し出しなどの兆候を察知することができます。

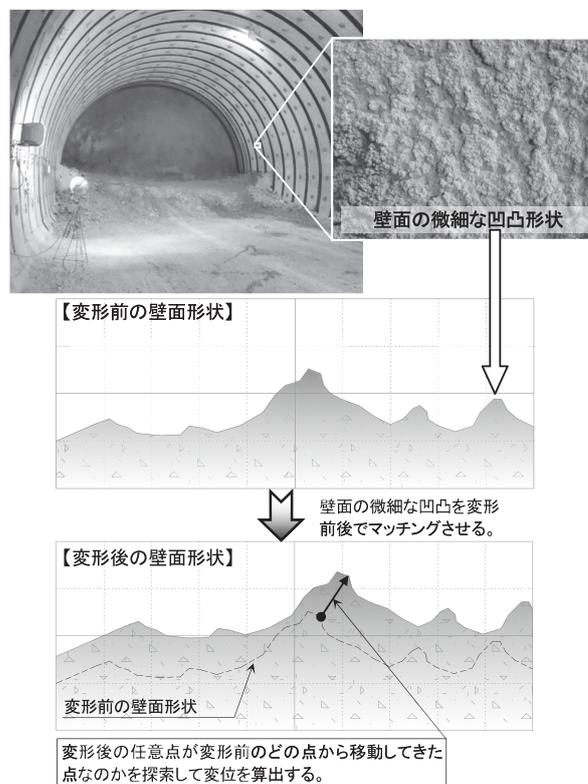


図-2 テンプレートマッチングによる任意点追跡のイメージ

▶ 用 途

- ・トンネル壁面、切羽面の変位計測
- ・その他3Dレーザースキャナで測定可能な対象の変位計測

▶ 実 績

- ・山岳トンネル工事(2車線道路トンネル)

▶ 問 合 せ 先

鹿島建設(株) 土木管理本部 土木技術部  
〒107-8348 東京都港区赤坂6-5-11  
TEL: 03-5544-0499

## 新工法紹介

05-68	A & S 土性改善工法	清水建設
-------	--------------	------

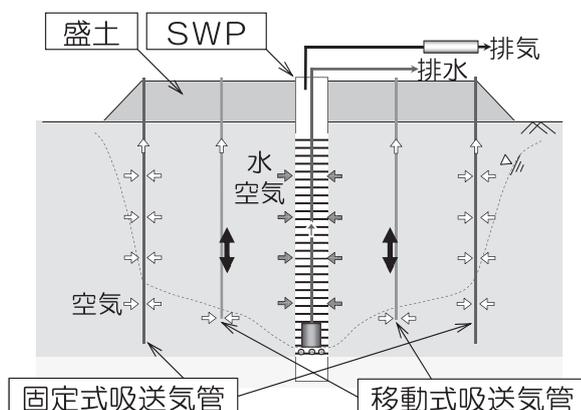
### 概要

従来、軟弱粘性土地盤の沈下対策としては、ドレーン併用載荷盛土により圧密を促進させる載荷重工法を用いることが多かったが、十分な対策効果が得られるまでに半年以上の工期を要していた。一方、セメント等の固化材を添加・混合する固化処理工法は、即効性があるものの、載荷重工法の2倍以上の工費を要するため、施工条件が特殊な場合に採用される傾向にあった。

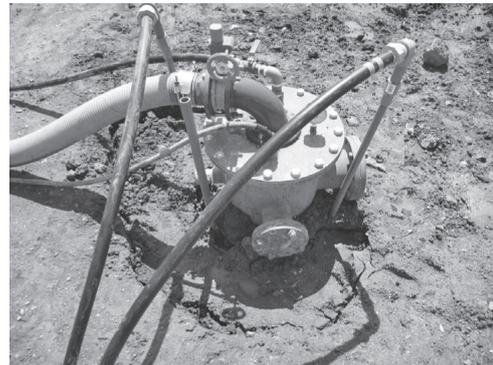
清水建設は、このような背景を鑑み、アサヒテクノと共同でこのほど、新しい発想の地盤沈下対策工法として、地盤内の地下水の吸引(Absorption)・排出と沈下(Subsidence)を効率的に促進させる「A & S 土性改善工法」を開発・実用化した(図一1)。本工法の適用により、載荷重工法の半分となる3カ月程度の工期で対策効果を得ることができる。(工費は固化処理工法の1/4～1/2程度)

その原理は、大きく3つに分けられる。まず、スーパーウェルポイント(SWP)という井戸を設置し、真空ポンプと揚水ポンプの作用により地盤内の地下水を吸引・排出する(写真一1)。同時に、小口径の管を複数本設置し送気と吸気を繰り返すことにより、地盤内に水の通り道を造り地盤の透水性を改善する。更に、盛土等で荷重を載荷し、水の抜けた土粒子間の空隙を圧縮することで沈下を促進させる。

埼玉県内の造成工事における適用例では、層厚30m、N値ゼロの軟弱粘性土地盤の物性を、構造物やインフラ施設を建設できるレベルに改善した。また、所定の対策効果を発揮するのに要した工期は約3カ月であった。



図一1 工法概要



写真一1 SWPの稼働状況

### 特徴

#### ①工期の短縮：

SWPと吸送気工、盛土の組合せにより、ドレーン併用載荷盛土工法の1/2の工期となる3カ月程度で対策効果を得ることができる。

#### ②確実な対策効果：

対策前後の地盤物性値の比較より、自然含水比で平均10.8%の低下、初期間隙比で平均0.257の低下、圧密降伏応力で平均52.0 kN/m<sup>2</sup>の上昇が確認され、確実な対策効果が実証された。

#### ③大深度への適用性：

地下水を真空ポンプにより吸引し、揚水ポンプにより排出するという明確な機能分担が行われているため、約50mの大深度まで適用可能である。(実績は30mまで)

#### ④コンパクトな施工設備：

本工法の施工に必要な主な設備は、SWPの井戸、真空ポンプ、コンプレッサ(送気用)、ボルテックスブロワ(吸気用)、ボーリングマシンであり、コンパクトかつ騒音・振動もほとんど発生しない。

#### ⑤環境負荷低減：

原則としてSWPの井戸管のみが残置となるため、環境に対する負荷が低減できる。また、跡地利用の制約も小さい。

### 用途

・軟弱粘性土地盤の沈下対策  
(特に、有機物の含有量が多く圧縮しやすい高有機質土に対して効果が期待できる。)

### 実績

・埼玉県内の造成工事の一部

### 問合せ先

清水建設(株) 土木技術本部 基盤技術部

〒104-8370 東京都中央区京橋2-16-1

TEL：03-3561-3916

# 新機種紹介 機関誌編集委員会

## ▶ 〈02〉 掘削機械

13-〈02〉-05	キャタピラージャパン 油圧ショベル  Cat 336E L H	'13.6 発売 新機種
------------	--	-----------------

新たに開発した「油圧ハイブリッドシステム」を採用したキャタピラー初の新機種である。

この「油圧ハイブリッドシステム」は、旋回停止時のエネルギーを回収し、それを電気エネルギーとしてではなく、油圧エネルギーとして蓄え、旋回加速時に放出する。放出する油圧エネルギーを、そのまま旋回駆動に再利用するため、エネルギーロスの少ない、高効率なシステムとなっている。このシステムの採用により、従来機と同等の生産性を維持したまま、燃費効率を向上させている。

従来機 Cat 336D 油圧ショベル（最大モード）との比較では、同等の生産性を維持したまま、最大 30% の燃料消費量の低減を<sup>\*1</sup>、また、現行標準機 Cat 336E 油圧ショベル（最大モード）との比較では、最大 10% の燃料消費量の低減を可能<sup>\*2</sup>としている。なお、2020 年燃費基準においては、達成度★★★（スリースター）に該当している。

燃料消費量の低減により、稼働時に排出される二酸化炭素を削減し、低炭素社会の実現に寄与している。また、同時に、排気ガスの排出量も抑制することで大気汚染の防止にも貢献している。なお、Cat 336E L H は、オフロード法 2011 年基準に対応している。

「油圧ハイブリッドシステム」には、既に効率と信頼性が実証されている現状の油圧技術を用いていることから、そのキーコンポーネントは信頼性・耐久性・メンテナンス性・サービス性を有している。

ROPS（転倒時保護構造）キャブ、後方および側方の作業視界を確保するリアビューカメラおよびミラー、さらに機体上面からの転落を防止する大型ガードレール等により安全性を確保している。このほか、ラジエータ、オイルクーラ、アフタークーラを並列にレイアウトしたトリプルサイドバイサイドクーリングパッケージ、メンテナンス・ポイントへの良好なアクセス性等により、メンテナンス性・サービス性の向上を図っている。

キャブ内のフルグラフィックカラーモニタには、車両の稼働状況やリアビューカメラ映像のほか、「油圧ハイブリッドシステム」で回収した油圧エネルギーのモニタリングも表示可能である。このほか、低振動・低騒音で明るく広い操作空間、広い作業視界、さらにシートヒータ・ベンチレータ機能搭載のエアサスペンションシートなど、快適なオペレータ環境を提供している。

国土交通省低騒音型建設機械の基準値をクリアしている。

※ 1, 2 いずれも国内向け仕様による Caterpillar の自社テストの結果であり、作業条件等によって異なる。

表-1 Cat 336E L H の主な仕様

運転質量	(t)	35.6
標準バケット容量	(m <sup>3</sup> )	1.5
最大掘削力（アーム）	(kN)	169
最大掘削力（バケット）	(kN)	222
全長	(m)	11.16
全幅（トラック全幅）	(m)	3.29
全高（ガードレール上端）	(m)	3.45
後端旋回半径	(m)	3.52
登坂能力	(度)	35
接地圧	(kPa)	57
総行程容積	(L)	9.3
低格出力／回転数	(kW/min <sup>-1</sup> )	230／1,900
最大掘削深さ	(m)	7.39
最大掘削高さ	(m)	10.28
価格	(百万円)	36.75



写真-1 キャタピラージャパン Cat 336E L H ハイブリッド油圧ショベル

問合せ先：キャタピラージャパン 広報室

〒158-8530 東京都世田谷区用賀 4-10-1

13-〈02〉-08	キャタピラージャパン 油圧ショベル  Cat 303E CR	'13.07 発売 モデルチェンジ
------------	---	----------------------

道路工事、住宅基礎工事、上下水道工事等の現場で、掘削・積込・吊作業等に使用される後方超小旋回型ミニ油圧ショベル Cat 303E CR は、Cat 303C CR のフルモデルチェンジ機である。

オペレータスペースには、ROPS（転倒時運転者保護構造）規格をクリアした新開発の 4 ポストキャノピを採用し、安全性の向上を図っている。

低燃費かつ高出力なエンジンを搭載し、ミニ油圧ショベルとしての基本性能に余裕を持たせ、作業性能を最大限に引き出している。エンジンは、国土交通省第 3 次基準値排出ガス対策型建設機械および国土交通省超低騒音型建設機械に適合しており、街中や住宅地な

## 新機種紹介

ど、現場周辺の環境に配慮している。

ブームライトをブーム下面に設置し、バケットを中心に照射範囲が広く、安全な夜間作業が可能でかつ整地作業にも使用しやすい新設計のブレードを装備している。

さらに、標準仕様では3トンを下回る重量を実現して、搬送性を高めている。

表一2 Cat 303E CR の主な仕様

運転質量	(t)	2.9
標準バケット容量	(m <sup>3</sup> )	0.09
最大掘削力 (アーム)		16.3
最大掘削力 (バケット)		26.7
全長	(m)	4.47
全幅	(m)	1.55
全高	(m)	2.5
後端旋回半径	(m)	0.775
登坂能力	(度)	30
接地圧	(kPa)	27.1
総行程容積		1.3
定格出力/回転数	(kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	17.5 (23.8)/2,400
最大掘削深さ	(m)	2.8
最大掘削高さ	(m)	4.99
価格	(百万円)	4.59



※掲載写真は一部オプションを含みます。

写真一2 キャタピラー・ジャパン Cat 303E CR 後方超小旋回ミニ油圧ショベル

問合せ先：キャタピラー・ジャパン 広報室

〒158-8530 東京都世田谷区用賀 4-10-1

13-(02)-14	コベルコ建機 ミニショベル (後方超小旋回型) SK55SR-6	'13.12 発売 モデルチェンジ
------------	--	----------------------

低騒音、低燃費などの環境負荷の低減に加え、作業性能・メンテナンス性の改善、オペレータの運転環境・安全性の向上を図ってモデルチェンジした5トンクラスの後方超小旋回型ミニショベルである。

6トン以上の油圧ショベルに搭載している低騒音技術「iNDr (エンジン冷却システム)」を新たに搭載し、機械周囲での騒音を大き

く低減するとともに、エンジンルーム内の防塵性とメンテナンス性を確保している。エンジンファンからの排風方向を従来の機械側面から機械下方に変更し、マフラーからの排気も機械下方から排出する「iNDr+E (下方排気仕様)」をオプション設定することにより、近接する植栽を機械からの熱風により枯らすことなく作業ができる。

燃費性能向上のため、新作業モード「Sモード」を設定し、従来機に対して、約23%の燃費低減を可能としている。

新アッパー構造の採用により機体の安定性を向上させ、最大掘削深さを310mm、最大掘削半径を350mm拡大させるとともに、クレーン仕様で作業半径が大きな領域での吊能力を約26%向上させ

表一3 SK55SR-6 の主な仕様

標準バケット容量 (山積)	(m <sup>3</sup> )	0.16
機械質量	キャノピ仕様/キャブ仕様 (t)	4.90/5.02
定格出力	(kW/min <sup>-1</sup> )	28.3/2,400
最大掘削半径	(m)	6.24
最大掘削深さ	(m)	3.90
最大掘削高さ	(m)	5.93
最大ダンプ高さ	(m)	4.35
旋回速度	(min <sup>-1</sup> [rpm])	8.8/8.8
走行速度	高速/低速 (km/h)	4.0/2.3
登坂能力	% (度)	58 (30)
クローラ全幅	(m)	1.96
標準シュー幅	(m)	0.40
全長×全幅×全高 (輸送時)	(m)	5.50 × 1.96 × 2.53
価格 (税抜き)	(百万円)	6.021

※標準仕様は、ゴムクローラ、キャノピ仕様



写真一3 コベルコ建機 SK55SR-6 ミニショベル (後方超小旋回型)

新機種紹介

ている。

キャノピ仕様、キャブ仕様ともにROPS規格を満たしており、視界性、居住性を向上させるとともに、キャノピ仕様については4本支柱キャノピを採用し、より安全性の向上を図っている。キャブ仕様（オプション）については、エアコンを標準装備している。

問合せ先：コベルコ建機 営業促進部

〒141-8626 東京都品川区東五反田2-17-1

(オーバルコート大崎マークウエスト)

▶ 〈03〉 積込機械

13-〈03〉-11	キャタピラージャパン ホイールローダ Cat 924K/Cat 930K	'13.10 発売 モデルチェンジ
------------	--	----------------------

除雪、土砂積込、廃棄物処理などで活躍する小型ホイールローダ Cat 924K, Cat 930K は、それぞれ Cat 924H, Cat 930H のフルモデルチェンジ機である。

優れた環境性能のエンジンは、電子制御テクノロジーに加え、NRS (NOx Reduction System) やアフタートリートメント技術の導入により、オフロード法2011年基準に適合している。また、超低騒音型建設機械に適合するサウンドレベルとクラストップの最大掘起力を実現している。車検取得が可能（一部仕様については取得対象外）なほか、各種法規制に対応している。

新型のパフォーマンスバケットにより、荷こぼれを最小限に抑えている。

新電子制御HST（ハイドロスタティック・トランスミッション）により、簡単な前後進の切り替えとアクセル操作だけで車速を連続無段階にコントロールしている。

人間工学に基づいて設計されたオペレータステーションは、安全かつ快適な作業空間を確保している。従来機同様、ROPS（転倒時運転者保護構造）/FOPS（落下物保護構造）規格に対応したキャブにより安全性の向上を図っている。

車両後方の死角を補完するリアビューカメラ & モニタを標準装備している。

表-4 Cat 924K/Cat 930K の主な仕様

	924K	930K
運転質量 (t)	11.8	12.85
標準バケット容量 (m <sup>3</sup> )	2.1	2.5
全長 (バケット付) (m)	7.52	7.605
全幅 (バケット付) (m)	2.55	
全高 (キャブ上端まで) (m)	3.29	3.35
エンジン名称	Cat C6.6 ディーゼル エンジン	
総行程容積 (ℓ)	6.6	
定格出力 (kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	106(144)/1,800	116(158)/1,800
最高走行速度 (km/h)	36	39
価格 (百万円)	22,999	23,871



※掲載写真は全てオプションを含みます。

写真-4 キャタピラージャパン Cat 924K, Cat 930K ホイールローダ

問合せ先：キャタピラージャパン 広報室

〒158-8530 東京都世田谷区用賀4-10-1

▶ 〈05〉 クレーン、インクラインおよびウインチ

13-〈05〉-12	加藤製作所 ラフテレーンクレーン (伸縮ブーム形) MR-130Ri / MR-130RiM PREMIUM	'13.11 発売 新機種
------------	---	------------------

平成24年ディーゼル特殊自動車排出ガス規制適合エンジンを搭載した最大吊り上げ荷重13tの2軸ラフテレーンクレーンである。日本国内での移動式クレーン運転士免許制度に対応して、最大吊り上げ荷重を4.9tに制限したMR-130RiM PREMIUMも設定されている。

公道走行姿勢ではブーム先端側を下げたスラントブーム方式により走行時の左方視界が良好で、さらに前後輪個別操作による全輪偏向や後輪独立操向が可能のため小回り性がよく、日本国内のような道路状況や狭い工事現場に適した荷役機械となっている。ジブの装着・格納作業は、運転席からの乗降回数を各々3回のみとし、車外では機体に上るような動作をなくして全て地上で作業ができる。これにより、運転者の労力が軽減され、高所作業もなくなり安全性が向上している。

ICカードシステム「KIC・S」は、盗難防止機能の他、走行時の燃料消費量や走行距離、クレーン作業時の燃料消費量やクレーンレバー操作による量的積算値など、多くの情報を記録保管できる。ICカードのデータは、カードリーダーとデータ管理ソフトを用いてパソコンに取り込み、作業日報・週報・月報等の作成や保守点検時の参考値として利用できる。

タッチパネル式インフォメーションディスプレイは、走行時、クレーン作業時の瞬間燃費・平均燃費や走行距離、作業時間などの車両情報を大きな画面で見やすく表示することができる。

「ecoスイッチ」は負荷の少ない作業や夜間作業などに使用し、クレーン作業時のエンジン最高回転数を燃料消費量や騒音の少ない最適な回転数に調整できる。

過負荷防止装置「ACS」は、2つの制限面を設定して自動停止させる2面領域制限機能と、クレーン作業時の負荷率を80%から100%までの任意の範囲で設定して自動停止させる負荷率制限機能を有しており、さらに安全性を向上させている。

装備品では、プロジェクター式ディスチャージヘッドランプ、燃焼式エアヒーター、左前方・後方・ウインチ確認カメラ、アルミ敷

## 新機種紹介

板、携帯通信システム、IC カードリーダー&データ管理ソフト等を標準またはオプションとして設定し、安全性および利便性に配慮している。

表—5 MR-130Ri / MR-130RiM PREMIUM の主な仕様

ブーム最大吊上げ荷重	(t)	13/4.9
ジブ最大吊上げ荷重	(t)	1.6
最大地上揚程 ブーム/ジブ	(m)	24.8/30.3
ブーム長さ/ジブ長さ	(m)	5.3 ~ 24.0/3.6-5.5
ブーム起伏角度/ジブ起伏角度	(度)	-7.5 ~ 82/5 ~ 60
後端旋回半径	(m)	1.60
総質量	(t)	13.815
エンジン名称		三菱 4M50-TLE3BA
エンジン最大出力	(kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	129 (175)/2700
エンジン最大トルク	(N・m/min <sup>-1</sup> )	530/1600
最高走行速度	(km/h)	49
登坂能力	(tan θ)	0.55
最小回転半径 2 輪操向/4 輪操向	(m)	6.5/3.92
アウトリガ最大張出幅	(m)	4.75
全長×全幅×全高 (走行姿勢)	(m)	7.44 × 1.995 × 2.845
価格 (税抜き)	(百万円)	25



写真—5 加藤製作所 MR-130Ri / MR-130RiM PREMIUM  
ラフテレーンクレーン (伸縮ブーム形)

問合せ先：(株)加藤製作所 営業本部  
〒140-0011 東京都品川区東大井 1-9-37

### ▶ 〈06〉 基礎工専用機械

13-(06)-03	技研製作所 油圧式杭圧入引抜機 サイレントパイラー F301	'13.11 発売 新機種
------------	--------------------------------------	------------------

サイレントパイラー F301 は、3 種類の杭圧入技術を 1 台の機体に搭載し、地盤条件や施工環境に応じて最適な圧入施工が可能な「複合式圧入機 (国土交通省新技術情報提供システム NETIS 登録番号:

CB-080010-A)」の新機種である。

従来機である ECO シリーズの環境配慮設計と情報化施工技術を継承し、新しい設計コンセプトである「モジュール化設計 (構成部品の標準化)」に基づいて開発。すべての構成部品を構造・形状・材料から見直し徹底的な適正化を図るとともに、最新の制御システムの導入により各動作の負荷を適正に制御することで、主要部品の信頼性の向上と長寿命化を図っている。

圧入杭材には、工費の削減と工期の短縮に優れ、海岸や河川の堤防などで本設構造物としての利用が進む「ハット形鋼矢板 900 (有効幅 900 mm)」を使用している。モジュール化した構成部品の付け替えにより 1 台で「単独圧入」、「ウォータージェット併用圧入」、「硬質地盤圧入」の 3 種類の圧入工法が選択でき、多様な現場条件に幅広く対応できる。

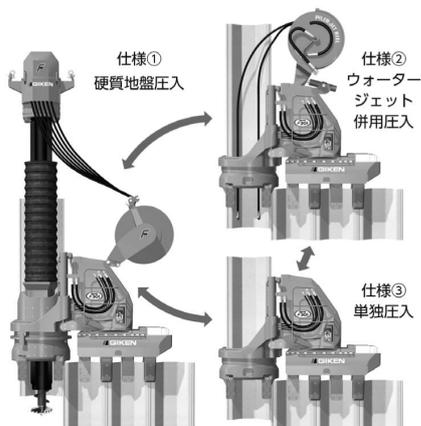
振動や騒音が少なく、周辺地盤を乱さずに排土がほとんど発生しない圧入機本来の優れた環境特性に加え、万一流出しても自然界で分解される生分解性油脂 (作動油・グリース) の採用や、オフロード法に適合した排出ガスのクリーン化、超低騒音型建設機械の基準値クリアなど、先進の環境配慮設計を導入。施工済の杭上を作業軌道とする「GRB システム」を併用することで、杭の搬送から圧入までの全作業を杭上のみで行え、水上や傾斜地でも仮橋などの仮

表—6 サイレントパイラー F301 の主な仕様

圧入機本体			
	単独圧入	WJ 併用圧入 (注)	硬質地盤圧入
最大圧入力/引抜力 (kN)	1,000/1,200	1,000/1,200	800/900
圧入/引抜スピード (m/min)	2.1 ~ 43.5/1.5 ~ 32.5		
ストローク (mm)	850		
適用杭材	ハット形鋼矢板 900		
適用杭長 (m)	制限なし	標準 17.0 最大 27.0	標準 24.0 最大 30.0
質量 (t)	11.0	12.25	13.65
全長×全幅×全高 (運搬時) (m)	3.305 × 1.3 × 2.64	3.355 × 1.3 × 2.64	3.815 × 1.3 × 2.87
パイルオーガ (24m 標準仕様時)			
質量 (t)	—	—	11.4
全長 (m)	—	—	32.0
パワーユニット			
定格出力 (kW(ps)/min <sup>-1</sup> )	パワーモード	230 (313)/1,800	
	エコモード	204 (278)/1,600	
	スーパーエコモード	179 (243)/1,400	
質量 (t)	6.8		
全長×全幅×全高 (運搬時) (m)	3.975 × 2.065 × 2.55		
反力架台			
質量 (t)	2.0		
全長×全幅×全高 (運搬時) (m)	4.0 × 2.17 × 0.487		
全体仕様			
総質量 (t)	19.8	21.05	33.85
価格 (百万円)	220.5		

(注) 「WJ 併用圧入」は「ウォータージェット併用圧入」を示す

新機種紹介



写真一六 技研製作所 F301 油圧式杭圧入引抜機 サイレントパイラー

設工事がいらぬ「仮設レス施工」を実施できるため、工費の削減や工期の短縮、環境負荷の低減に効果を発揮する。

施工中の杭に対する圧入力や圧入スピードなどの各種情報をリアルタイムに計測表示する「圧入管理システム」を搭載可能で、圧入状況の数値管理により科学的な圧入施工を実践できる。また、圧入機の位置情報、メンテナンス情報、稼働情報などを自動的に専用のサーバーに蓄積する「新 GIKEN IT システム」により、それら情報を分析することで、機械トラブルへの的確な対処や、収集情報のフィードバックに基づく効果的な機械の予防保全を図ることができる。

▶ 〈09〉 骨材生産機械

13-〈09〉-01	アーステクニカ ジョークラッシャ (一次破碎機) RXJ4836・RXJ4230	'13.11 発売 新機種
------------	--	------------------

碎石破碎用プラント設備の一次破碎機として使用されるジョークラッシャである。破碎能力の高いV形破碎室と最適なスイングストロークの組合せによって破碎能力向上を図り、本体フレームの構造強化と部品点数削減を実現している。間隙調整には油圧シリンダを装備して調整作業の省力化を図っている。

原料投入側の破碎室を少し傾けてV形とすることで、破碎物が破碎されながら重力により垂直に落下する動きを極力妨げないようにスイングジョーをストロークさせて破碎能力を向上させている。破碎能力は、破碎物の良好な流れおよびスイングジョーの最適な回

転数により、同サイズ従来機と比べて約30%向上し、1サイズ大型のクラッシャと同等の破碎能力を達成している。

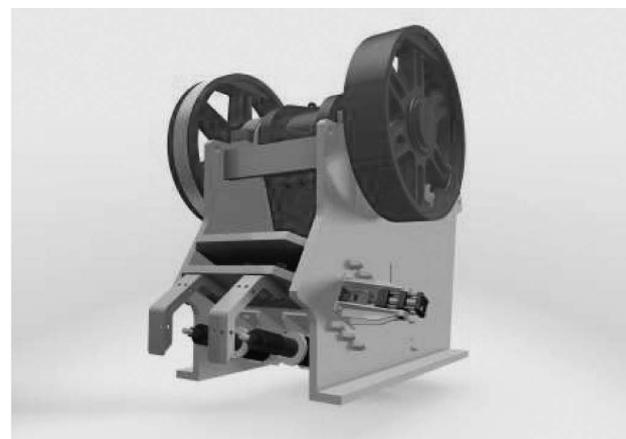
本体フレームの設計荷重を見直してフレームの強度アップと偏心軸の改良を加えて全体的に部品点数を削減してシンプルな構造としている。破碎室における消耗部品類は従来機との共用を進め、軸受などの要素部品には他の破碎機と互換性のある調達しやすい仕様のもを採用し、保全部品のリードタイム圧縮を図っている。

破碎室の歯板摩耗時や碎石の製品サイズを変更する場合には、間隙調整用油圧シリンダと間隙調整ウェッジによって無段階に間隙調整が可能となり、運用の向上を図っている。また間隙調整作業は手元のペンダントスイッチで行え、煩雑なナット類の緩め・締付作業を不要として、作業性や安全性を向上させている。

表一七 RXJ4836・RXJ4230の主な仕様

機械型式		RXJ4836	RXJ4230
供給口寸法	(mm)	1,220 × 910	1,070 × 760
供給原料最大寸法	(mm)	700 × 950 × 1,400	600 × 800 × 1,200
出口間隙 (O.S.S)	(mm)	125 ~ 250	100 ~ 200
電動機出力	(kW)	130 ~ 150	95 ~ 110
破碎能力	(t/Hr)	270 ~ 500	180 ~ 330
価格	(百万円)	40	30

※破碎能力は原料(供給物)の性状(岩種、表土分、付着性、水分)により変化する。

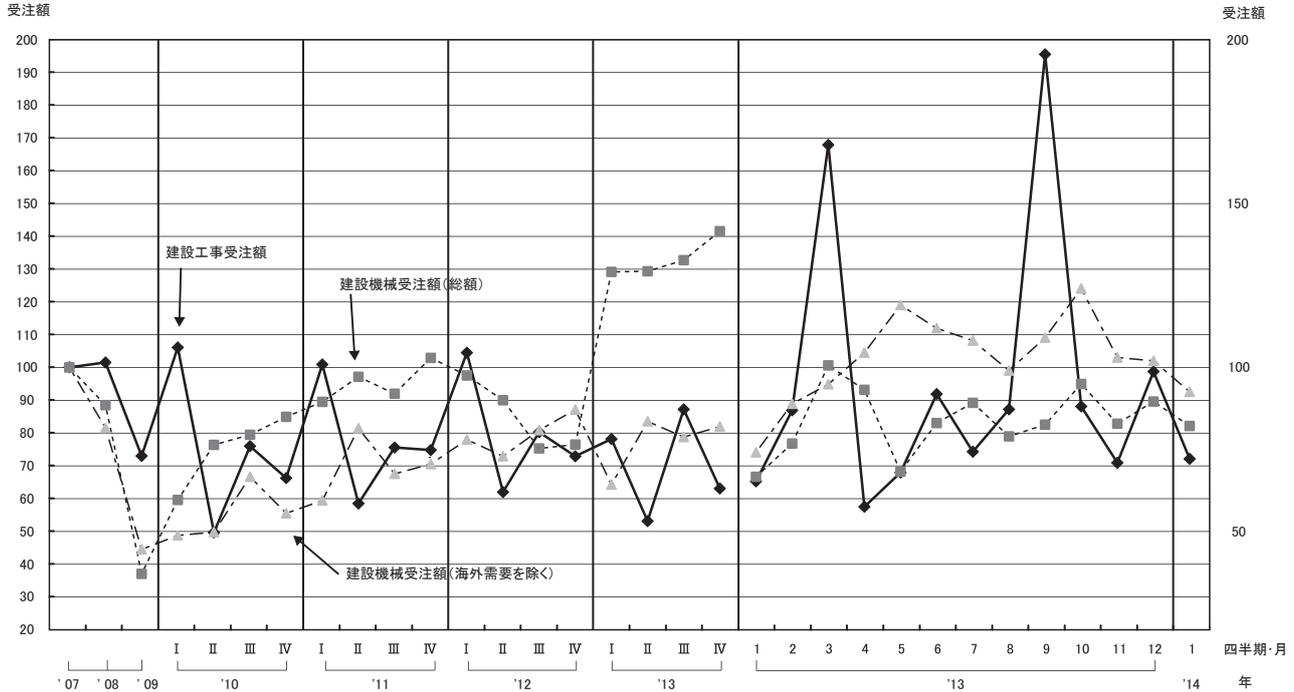


写真一七 アーステクニカ RXJ4836 ジョークラッシャ

問合せ先：(株)アーステクニカ 破碎機営業課 101-0051  
東京都千代田区神田神保町二丁目四番地 九段富士ビル

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 2007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 2007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							
2007年	137,946	103,701	21,705	81,996	19,539	5,997	8,708	101,417	36,529	129,919	143,391
2008年	140,056	98,847	22,950	75,897	25,285	5,741	10,184	98,836	41,220	128,683	142,289
2009年	100,407	66,122	12,410	53,712	24,140	5,843	4,302	66,187	34,220	103,956	128,839
2010年	102,466	69,436	11,355	58,182	22,101	5,472	5,459	71,057	31,408	107,613	106,112
2011年	106,577	73,257	15,618	57,640	22,806	4,835	5,680	73,983	32,596	112,078	105,059
2012年	110,000	73,979	14,845	59,133	26,192	4,896	4,933	76,625	33,374	113,146	111,076
2013年	132,378	89,133	14,681	74,453	31,155	4,660	7,127	90,614	41,463	129,076	120,941
2013年 1月	7,476	4,934	914	4,020	1,711	323	208	4,974	2,202	113,069	7,495
2月	9,974	6,394	1,028	5,366	2,725	395	460	6,631	3,343	112,221	10,849
3月	19,344	12,545	2,117	10,428	4,900	476	1,423	12,473	6,870	117,754	13,225
4月	6,570	4,870	866	4,004	1,238	366	97	4,489	2,081	118,464	7,025
5月	7,781	5,423	1,109	4,314	1,738	351	269	5,680	2,101	118,273	8,090
6月	10,557	6,865	1,132	5,734	2,333	448	911	6,701	3,856	118,261	10,614
7月	8,514	5,238	926	4,312	1,881	390	1,004	6,008	2,506	120,698	7,633
8月	10,014	6,610	1,044	5,566	2,783	347	274	6,791	3,224	120,239	10,464
9月	22,548	17,296	2,265	15,031	4,252	440	558	17,817	4,730	131,341	12,640
10月	10,119	7,241	963	6,278	2,075	372	431	7,157	2,962	132,297	8,985
11月	8,130	4,788	988	3,800	2,026	369	947	4,784	3,346	130,327	11,403
12月	11,351	6,929	1,329	5,600	3,493	383	545	7,109	4,242	129,076	12,518
2014年 1月	8,264	5,240	1,033	4,207	1,946	353	725	5,827	2,438	-	-

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	07年	08年	09年	10年	11年	12年	13年	13年 1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	14年 1月
総 額	20,478	18,099	7,492	15,342	19,520	17,343	17,152	1,133	1,307	1,717	1,588	1,161	1,414	1,521	1,345	1,407	1,619	1,412	1,528	1,399
海 外 需 要	14,209	12,996	4,727	11,904	15,163	12,357	10,682	747	843	1,222	1,042	539	829	956	828	837	970	874	995	916
海外需要を除く	6,269	5,103	2,765	3,438	4,357	4,986	6,470	386	464	495	546	622	585	565	517	570	649	538	533	483

(注) 2007～2009年は年平均で、2010～2013年は四半期ごとの平均値で図示した。  
 2013年1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…

(2014年2月1日～28日)

### ■ 機 械 部 会

#### ■除雪機械技術委員会 第6回グレーダ・ドーザ分科会

月 日：2月4日(火)

出席者：江本平委員長ほか14名

議 題：①除雪グレーダ1人乗りの方針説明と今後の計画について ②平成25年度の分科会活動結果報告と平成26年度活動計画について ③その他

#### ■コンクリート機械技術委員会

月 日：2月6日(木)

出席者：大村高慶委員長ほか7名

議 題：①平成25年度活動結果報告、平成26年度活動計画について ②コンクリート機械の変遷のまとめについて ③ISOトラックミキサ規格案とISO/TC195/SC1委員会(12/18)の報告 ④その他

#### ■ダンプトラック技術委員会

月 日：2月7日(金)

出席者：大貫廣明委員長ほか5名

議 題：①各社トピックスについて ②安全作業ガイドの内容確認とまとめ作業について ③福岡県五ヶ山ダムの現場見学会の日程と方法について ④平成25年度の活動結果報告と平成26年度の活動計画について ⑤12/2(月)開催の機械部会 技術連絡会の報告について ⑥その他

#### ■自走式建設リサイクル機械分科会

月 日：2月7日(金)

出席者：佐藤文夫委員長ほか5名

議 題：①環境省「移動式産業廃棄物処理施設の基準設定等に関する検討会」の内容報告 ②ISO/TC195委員会の活動報告 ③平成25年度活動結果報告と平成26年度活動計画および活動体制について ④その他

#### ■原動機技術委員会 土木研究所 BDF (B100) 排ガス測定試験 見学会

月 日：2月12日(水)

出席者：六本木明人副委員長ほか14名

場 所：(独)土木研究所 茨城県つくば市内  
内 容：①車載型排ガス測定装置(岩田電業(株)FAST-2200)によるクローラキャリア(機械質量2.3t, 25.4kW) BDF (B100) 運転時の排出ガス測定状況の見学(5種類の廃食油からのBDFサンプルの確認含む) ②質疑応答

#### ■トンネル機械技術委員会・幹事会

月 日：2月13日(木)

出席者：赤坂茂委員長ほか8名

議 題：①各分科会の平成25年度活動報告について ②委員会の平成25年度活動報告とサマリーについて ③平成26年度活動計画とサマリーについて、各分科会のテーマと体制について、現場見学会について ④その他

#### ■基礎工事機械技術委員会 豊洲駅地下駐輪工事現場見学会

月 日：2月17日(月)

出席者：篠原慶二委員長ほか12名

場 所：東京都江東区豊洲二丁目2番地内  
内 容：地下1階鉄筋コンクリート築造で約2,000台駐輪。サンドコンパクション工法、SMW連続地中壁施工

#### ■機械部会・幹事会

月 日：2月18日(火)

出席者：大野俊弘機械部会長ほか18名

議 題：①各技術委員会の平成25年度活動報告と平成26年度活動計画について ②平成26年度第1回技術連絡会の発表テーマと日程について ③その他

#### ■トンネル機械技術委員会 安全・安心分科会

月 日：2月19日(水)

出席者：岩切満行分科会長ほか6名

議 題：①「調査研究報告書」「調査技術一覧表」成果品の最終確認について ②平成26年度の当分科会の活動テーマについて ③平成26年度の当分科会の分科会長および副分科会長(案:市川委員、大友委員)選出について ④2/18開催の機械部会 幹事会の報告 ⑤その他

#### ■トンネル機械技術委員会 環境保全分科会

月 日：2月19日(水)

出席者：林正也分科会長ほか8名

議 題：①各自担当資料を報文形式にまとめた資料の発表と内容の確認 ②平成26年度当分科会の分科会長の選出(くじ引きまたは推薦) ③その他

#### ■建築生産機械技術委員会 移動式クレーン分科会 WG・国土交通省打合せ

月 日：2月20日(木)

出席者：石倉武久分科会長ほか7名

議 題：(1)分科会 WG・国土交通省打合せ：①ラフテレーンクレーンの作業燃費基準検討状況について WGからの報告 ②今後の検討の進め方と概略スケジュールについて ③その他 (2)分科会 WG 打合せ：①本日の国土交通省打合せを踏まえた今後の検討の進め方 ②分科会の平成25年度活動結果と平成26年度活動計画について

#### ■トンネル機械技術委員会 建設生産システムの変革分科会

月 日：2月27日(木)

出席者：浅沼廉樹分科会長ほか8名

議 題：①各自資料の説明 ②活動報告書の最終仕上げ作業について ③その他

#### ■トラクタ技術委員会

月 日：2月28日(金)

出席者：阿部里視委員長ほか6名

議 題：①各社のトピックス ②平成25年度の活動結果報告と平成26年度の活動計画について ③2/18開催の機械部会 幹事会の報告について ④2/4開催の除雪機械技術委員会 グレーダ・ドーザ分科会の報告について ⑤車両系木材伐出機械の労働安全衛生規則の改正に伴い建設機械から見た懸念・確認を要す事項について ⑥その他

### ■ 製 造 業 部 会

#### ■マテハン WG 代表・クレーン協会 移動式クレーンの安全対策打合せ

月 日：2月13日(木)

出席者：内海光博主査ほか11名

議 題：①移動式クレーンの災害状況と災害防止対策強化について ②吊り上げ荷重1t以上3t未満の移動式クレーンメーカーへのヒヤリングについて ③厚生労働省・クレーン協会の今後の検討方向について ④その他

#### ■マテリアルハンドリング WG・ショベル技術委員会 打合せ

月 日：2月17日(月)

出席者：内海光博主査ほか16名

議 題：①車両系木材伐出機械の労働安全衛生規則の改正に伴い建設機械から見た懸念・確認を要す事項について ②懸念・確認事項の林業機会化協会/厚生労働省への確認方法について ③その他

### ■ 建 設 業 部 会

#### ■三役会

月 日：2月6日(木)

出席者：立石洋二部会長ほか4名

議 題：①2/20(木)の建設業部会に向けた3WGの報告 ②その他2/20(木)に向けた打合せ ③その他(平成26事業計画案等)

#### ■建設業部会

月 日：2月20日(木)

出席者：立石洋二部会長ほか24名

議 題：①次年度事業計画について ②「機電技術者交流企画 WG」の活動報告 ③「ドラッグショベル吊上げ作業

の事故予防検討会」の活動報告 ④「建設機械安全情報 WG」の活動報告  
⑤「クレーン等フックの外れ止め装置に関する調査報告書」について ⑥その他（機関誌の「部会報告」に機電技術者意見交換会を報告するか検討、次年度新 WG 設立に伴う意見交換）

### ■ レンタル業部会

#### ■ コンプライアンス分科会

月 日：2月4日（火）  
出席者：中島嘉幸部会長ほか9名  
議 題：①「建設機械等レンタル契約の手引き」解説欄の検討 ②次回以降の分科会活動について ③その他

### ■ 各種委員会等

#### ■ 機関誌編集委員会

月 日：2月5日（水）  
出席者：田中康順委員長ほか17名  
議 題：①平成26年5月号（第771号）の計画の審議・検討 ②平成26年6月号（第772号）の素案の審議・検討 ③平成26年7月号（第773号）の編集方針の審議・検討 ④平成26年2～4月号（第768～770号）の進捗状況の報告・確認

#### ■ 建設経済調査分科会

月 日：2月12日（水）  
出席者：山名至孝分科会長ほか3名  
議 題：①3月号「建設機械市場の現状その2中古車市場」の原稿検討 ②その他

#### ■ 新工法調査分科会

月 日：2月19日（水）  
出席者：安川良博分科会長ほか3名  
議 題：①新工法情報の持ち寄り検討 ②新工法紹介データまとめ ③その他

#### ■ 新機種調査分科会

月 日：2月25日（火）  
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

#### ■ 第3回広報部会広報委員会

月 日：2月6日（木）  
場 所：北海道支部会議室  
出席者：杉岡博史広報部会長ほか7名  
内 容：①支部だより No.107号の編集

について ②支部講演会講師の選定について ③建設工事等見学会について ④その他

#### ■ 除雪機械に関する北海道開発局との意見交換会

月 日：2月14日（金）  
場 所：センチュリーロイヤルホテル3階ルミナス  
出席者：北海道開発局事業振興部 小松正明機械課長ほか20名  
内 容：①除雪機械の現状について ②その他

#### ■ 情報化施工推進連絡会第4回事務局会議

月 日：2月18日（火）  
場 所：北海道支部会議室  
出席者：北海道建設部建設管理課 菅原利博主査ほか6名  
内 容：①北海道庁向け「情報化施工セミナー」の開催について ②情報化施工勉強会アンケートについて

#### ■ 北海道庁向け情報化施工勉強会

月 日：2月24日（月）  
場 所：札幌建設管理部3階会議室  
出席者：札幌建設管理部地域調整課 安藤裕志主査ほか24名  
内 容：①北海道開発局における情報化施工の取組について ②TS出来型座学及び実測体験 ③質疑応答、その他

### ■ 東北支部

#### ■ 施工部会（情報化施工技術委員会）

月 日：2月17日（月）  
場 所：支部会議室  
出席者：小山茂施工企画課長補佐ほか19名  
議 題：①情報化施工技術委員会設立趣旨説明 ②委員長、副委員長決定 ③今後の進め方（意見交換） ④その他

#### ■ 企画部会

月 日：2月24日（月）  
場 所：東北支部会議室  
出席者：阿部新治部会長ほか4名  
議 題：平成25年第3回運営委員会開催打合せ ①第1号議案 平成26年度事業計画（案）について ②第2号議案 平成26年度事業予算（案）について ③支部監査役について ④その他

#### ■ 広報部会（第1回 EE 東北作業部会）

月 日：2月24日（月）  
場 所：フォレスト仙台  
出席者：井上秀秋事業対策官ほか22名  
議 題：①「EE東北'14」実施計画について ②「EE東北'14」予算案について ③今後の予定 ④その他

#### ■ 企画部会

月 日：2月28日（金）

場 所：東北支部会議室  
出席者：阿部新治部会長ほか4名  
議 題：平成25年第3回運営委員会開催打合せ ①第2号議案 平成26年度事業予算（案）について ②その他

### ■ 北陸支部

#### ■ 北陸地方整備局と（一社）日本建設機械施工協会北陸支部との意見交換会

月 日：2月26日（水）  
場 所：新潟県建設会館  
出席者：整備局…木村邦久企画部長ほか4名  
北陸支部…丸山輝彦支部長ほか14名  
議 題：①土木機械設備の老朽化対策 ②機械設備工事、修繕工事、点検整備作業について ③意見交換

### ■ 中部支部

#### ■ 「建設 ICT 導入普及研究会総会（第3回）」

月 日：2月6日（木）  
出席者：安江顧問、永江事務局長  
内 容：国土交通省中部地方整備局における建設 ICT の取り組み状況の報告等について

#### ■ 「建設 ICT 施工ガイドブック（仮称）」作成実行委員会

月 日：2月7日（金）  
出席者：青木保孝技術部会長ほか8名  
内 容：最終校正について

#### ■ 「建設技術フェア 2013in 中部」事務局会議

月 日：2月12日（水）  
出席者：永江事務局長  
内 容：開催結果報告等について

#### ■ 調査部会

月 日：2月19日（水）  
出席者：杉山部会長ほか6名  
議 題：春季講演会等について

#### ■ 建設機械の動産総合保険説明会

月 日：2月27日（木）  
参加者：8名  
場 所：中部支部事務局3階会議室

### ■ 関西支部

#### ■ 建設技術展 2013 近畿 幹事会

月 日：2月3日（月）  
場 所：大阪マーチャングライズ・マートビル（OMMビル）2階会議室  
出席者：松本克英事務局長  
内 容：「建設技術展 2013 近畿」の開催結果について

### ■平成 25 年度 施工技術報告会

月 日：2月14日（金）

場 所：建設交流館 グリーンホール

参加者：135名

内 容：①関西最大級の大口径泥土圧シールド工事—阪神高速道大和川線シールドトンネル工事 ②天然ダム緊急対策工事における安全性と施工性の確保—熊野川長殿地区河道閉塞緊急対策工事 ③見草トンネルにおけるCIMの取り組みについて—近畿自動車道紀勢線見草トンネル工事 ④大口径リバス杭工事における逸液対策と孔壁の変形対策—近畿自動車道守口JCT下部工工事 ⑤国道1号でのR&C工法施工における現道交通への安全対策と効果について—国道1号葉山川横断函渠設置工事

### ■建設用電気設備特別専門委員会(第406回)

月 日：2月19日（水）

場 所：中央電気倶楽部 会議室

議 題：①前回議事録確認 ②JEM-TR104 建設工事用受配電設備点検保守チェックリスト審議 ③その他

### ■建設業部会リース・レンタル業部会 合同討論会

月 日：2月20日（木）

場 所：追手門学院 大阪城スクエア 会議室

出席者：寺口勝久建設業部会長、伊勢木浩二リース・レンタル業部会長以下33名

内 容：①「情報化施工について」…近畿地方整備局 企画部施工企画課施工係長 浦本康仁氏 ②「富岡町本格除染にむけて 除染工事の合理化技術の紹介」…鹿島建設(株) 機械部機械技術センター 情報化施工グループ長 太田 裕士氏 ③「“環境”・“安全”・“省力”をテーマとしたオリジナル商品の開発と提供」…サコス(株) 本社長室 岩井匡二氏、OSM 推進室 室長 植田隆氏、課長 福原寧氏

### ■摩耗対策委員会（第240回）

月 日：2月24日（月）

場 所：京都市塩小路幹線公共下水道工事 シールド施工現場

施工者：竹中土木・東亜・益田・植田特定建設工事共同企業体

出席者：深川良一委員長以下9名

内 容：①シールド施工現場見学 ②同現場における摩耗対策 ③文献紹介

## ■ 中国 支 部

### ■第6回広報部会

月 日：2月3日（月）

場 所：中国支部事務所

出席者：小石川武則部会長ほか4名

議 題：①平成26年度事業計画（案）について ②広報誌（CMnavi）40号について ③広報活動に関する当面の課題等について ④その他懸案事項

### ■第11回企画部会

月 日：2月25日（火）

場 所：中国支部事務所

出席者：高倉寅喜部会長ほか5名

議 題：①運営委員会（3月期）の準備について ②平成26年度「建設の機械化施工優良技術者表彰」の応募状況について ③防災協定に係わる支部体制等の見直しについて ④その他懸案事項

### ■玉島笠岡道路管内 ICT 情報化施工研修会

月 日：2月26日（水）

場 所：（座学）玉島市民交流センター（実習）玉島笠岡道路大谷地区外舗装工事現場

参加者：70名

研修内容：【座学】①情報化施工の最近の話題…中国地方整備局企画部施工企画課 和崎玲氏 ②現場概要説明…東亜道路工業(株) ③情報化施工システムの概要（情報化施工の活用、応用例…西尾レントオール(株)、TSによるグレーダーのマシンコントロール…(株)ニコン・トリンプル、TSによるブルドーザーのマシンコントロール…西尾レントオール(株)、TSによる出来形管理システム…(株)建設システム）

【実習】①実機体験（TSによるグレーダーのマシンコントロール、TSによるブルドーザーのマシンコントロール、TSによる出来形管理システム）

### ■情報化施工技術研究会（第4回）

月 日：2月27日（木）

場 所：広島 YMCA 会議室

出席者：齋藤 実部会長ほか24名

議 題：①講話 情報化施工の最近の話題…中国地方整備局企画部施工企画課 和崎玲氏 ②事例紹介 情報課施工を取り込んだ施工経験等及び今後の施工上の課題・問題点の紹介、会員企業からの情報提供…(株)ジッタ中国、西尾レントオール(株) ③意見（情報）交換

## ■ 四 国 支 部

### ■新技術新工法活用工事・現地講習会

月 日：2月12日（水）

場 所：R11 大内白鳥バイパス・前山トンネル工事（香川県東かがわ市）

参加者：31名

内 容：①大内白鳥バイパス事業の概要とPI（Public Involvement）について ②前山トンネル工事の概要について ③当現場で採用している新技術新工法について

### ■情報化施工・現地講習会

月 日：2月18日（火）

場 所：一級河川仁淀川河口・平成25西畑地先河床掘削（その2）工事（高知市）

参加者：18名

内 容：①平成25西畑地先河床掘削（その2）工事の概要について ②当現場で採用している情報化施工技術（MG、MC）について ③情報化施工機器の種類と適用重機について ④実機による施工状況見学

### ■施工部会幹事会

月 日：2月19日（水）

場 所：支部事務局

参加者：平野貢施工部会長ほか4名

内 容：①平成25年度事業実施状況について ②平成26年度施工部会事業計画（案）について ③その他

### ■企画部会幹事会

月 日：2月20日（木）

場 所：支部事務局

参加者：小松修夫企画部会長ほか5名

内 容：①平成25年度事業実施状況について ②平成26年度企画部会事業計画（案）について ③その他

### ■技術部会幹事会

月 日：2月20日（木）

場 所：支部事務局

参加者：伊賀正技術部会長ほか4名

内 容：①平成25年度事業実施状況について ②平成26年度技術部会事業計画（案）について ③その他

### ■部会長等会議

月 日：2月27日（木）

場 所：支部事務局

参加者：小松修夫企画部会長ほか4名

内 容：①平成25年度事業実績について ②平成26年度四国支部事業計画（案）について ③その他

## ■ 九 州 支 部

### ■企画委員会

月 日：2月13日（木）

出席者：久保田正春企画委員長ほか7名

議 題：①災害協定見直しについて ②本部理事会提出資料について ③第3回運営委員会について ④整備局との意見交換会について

## 編集後記

DARPA（米国国防総省高等研究計画局）に倣って、我が国でもImPACT（革新的研究開発推進プログラム）が動き出しました。DARPAはインターネットやGPS等の多数の革新的技術を生み出し、今、話題の市街地自動運転技術もDARPAの2007 Urban Challengeで生まれたものです。更に福島原発事故にロボットが満足に対応できなかった反省から、Robotics Challengeが企画され、その予選が昨年暮れに催され、東大からスピンアウトした我が国のベンチャー企業SCHAFTが1位通過を果たしています。そして、そのSCHAFTやBoston Dynamics等をGoogleが買収するという驚きの報道もありました。本選での更なる進歩が楽しみです。

内閣府は、ハイリスク・ハイインパクトな研究に挑戦できるImPACTをSIP（戦略的イノベーション創造プログラム）と共に科学技術政策の柱としてこれから押し進めるようです。

このような状況下で、本特集号の「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入に向けて」は、関連する産学官の動きを国交省の視座から展望しています。

その中で触れている「建設ロボット技術に関する懇談会」座長の油田教授には巻頭言をお願いし、情報化施工推進会議委員長の建山教授に情報化施工について、COCON（産業競争力懇談会）のプロジェクトリーダーだった浅間教授には、災害対応ロボットについて概観して頂き、Disaster City（米国災害模擬現場）をモデルとした「災害対応ロボットセンター構想」にも触れて頂きました。

今話題のCIMについては、国交省の取組みを紹介して頂き、情報化では施工会社3社の事例紹介とメーカーや機器ベンダの新技术情報を、その他に無人化施工で2件、ロボット化とICT技術で2件を取上げていきます。

交流の広場では、2050年までにサッカーW杯制覇を目指すロボカップ活動の近況を紹介頂きました。また、前記の流れの中で「異分野技術者との交流会」がJCMA等の共催で発足していますが、そんな交流会の元祖的な場が「ずいそう」で紹介する「都市小屋集」です。

最後になりましたが、ご多忙中にもかかわらず、快くご執筆を引き受けて下さいました皆様へ心より感謝を申し上げます。

（久保・岡本）

## 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	橋元 和男
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

吉田 潔	国土交通省
持山 昌知	農林水産省
伊藤 健一	(独)鉄道・運輸機構
篠原 望	鹿島建設(株)
立石 洋二	大成建設(株)
藤吉 卓也	清水建設(株)
赤井 亮太	(株)大林組
久保 隆道	(株)中工務店
安川 良博	(株)熊谷組
川西 健之	(株)奥村組
京免 継彦	佐藤工業(株)
岡田 英明	五洋建設(株)
齋藤 琢	東亜建設工業(株)
赤神 元英	日本国土開発(株)
相田 尚	(株)NIPPO
岡本 直樹	山崎建設(株)
原 茂宏	コマツ
山本 茂太	キャタピラー・ジャパン(株)
船原三佐夫	日立建機(株)
原口 宏	コベルコ建機(株)
石倉 武久	住友建機(株)
和田 一知	(株)KCM
江本 平	範多機械(株)
藤島 崇	施工技術総合研究所

### 事務局

日本建設機械施工協会

### 5月号「鉄道特集」予告

- ・鉄道の海外展開
- ・鉄軌道駅のバリアフリー化に関する国の取り組み
- ・東京メトロ東西線・パレスホテル東京 地下通路
- ・近鉄京都駅ホーム増設とホテル建設工事
- ・新幹線鉄道トンネルの耐震対策急速施工技術及びシステムの開発
- ・列車運行時間帯における営業線に近接した大口径場所打ち杭の施工
- ・減災、建設・維持管理費用低減を目指した新橋梁形式
- ・京王線調布布田駅付近連続立体交差シールド工事
- ・豊肥本線 坂の上トンネル災害復旧
- ・阪急電鉄今津線と都市計画道路荒地西山線の立体交差工事
- ・台湾初のDOT工法による鉄道シールドトンネル工事
- ・シンガポール地下鉄トンネル工事における圧気作業
- ・工所用軽便軌条の歴史

## 建設機械施工

### Journal of JCMA

第66巻第4号（2014年4月号）（通巻770号）

Vol.66 No.4 April 2014

2014（平成26）年4月20日印刷

2014（平成26）年4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 一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内

電話 (03) 3433-1501；Fax (03) 3432-0289；http://www.jcmanet.or.jp/

施工技術総合研究所	〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154	電話 (0545) 35-0212
北海道支	〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8	電話 (011) 231-4428
東北支	〒980-0802 仙台市青葉区二丁目16-1	電話 (022) 222-3915
北陸支	〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1	電話 (025) 280-0128
中部支	〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10	電話 (052) 962-2394
関西支	〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4	電話 (06) 6941-8845
中国支	〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22	電話 (082) 221-6841
四国支	〒760-0066 高松市福岡町3-11-22	電話 (087) 821-8074
九州支	〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-4-30	電話 (092) 436-3322

本誌上への  
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

# AからVへ。



油圧ショベル初!

コベルコの2つのNETIS登録新技術が、同時にV評定に。

NETIS初登録から約3年。iNDr搭載極低騒音型バックホウとAIS機能付バックホウは、数多くの現場でその活用効果が認められ、この11月、同時にNETIS(評価情報)に掲載されました。これまでの「申請情報」登録(A評定)から「評価情報」登録(V評定)に変わり、いちだんと頼もしくなったコベルコ油圧ショベルです。

「iNDr」は、油圧ショベルの低騒音化、防じん効果、メンテナンス性において、信頼性向上に新次元を拓いたコベルコ独自のエンジン冷却システムです。

「AIS機能」は、非作業時にエンジンのアイドル状態を自動的にストップさせるコベルコ油圧ショベルに装備されたエコ機能です。



## コベルコのNETIS登録新技術

NETIS、対象機種、活用方法、配点等などの詳細については、お問い合わせください。

新登録番号

iNDr搭載  
極低騒音型バックホウ  
登録番号 CG-100015-V

AIS機能付  
バックホウ  
登録番号 KK-100065-V



吸塵式乾式カッター  
**MCD-RY14**



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

未来へ伸びる、三笠の技術。



転圧センサー  
 バイプロコンパクター  
**MVH-306DSC-PAS**  
 NETIS No.TH-120015



防音型  
 タンピングランマー  
**MT-55L-SGK**  
 NETIS No.TH-100005



高周波バイブレーター  
**FX-40/FU-162**

**三笠産業株式会社**  
 MIKASA SANGYO CO., LTD. TOKYO, JAPAN

本社 / 〒101-0064 東京都千代田区猿樂町1-4-3 TEL : 03-3292-1411 (代)

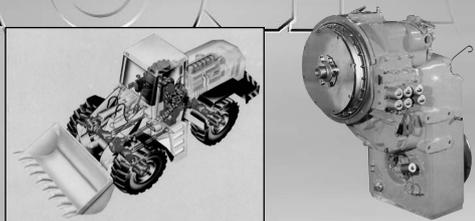
大阪支店 TEL:06-6541-9631	北関東営業所 TEL:0276-74-6452	中国営業所 TEL:082-875-8561	沖縄出張所 TEL:090-7440-0404
札幌営業所 TEL:011-892-6920	長野出張所 TEL:080-1013-9542	四国出張所 TEL:087-868-5111	
仙台営業所 TEL:022-238-1521	中部営業所 TEL:052-451-7191	九州営業所 TEL:092-431-5523	
新潟出張所 TEL:090-4066-0661	金沢出張所 TEL:080-1013-9374	南九州出張所 TEL:080-1013-9558	

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

## 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ゆえんです。



## 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丁目2番1号  
TEL042 (751) 3809 FAX042 (756) 4389  
E-mail:yuki@maruma.co.jp

東京事業部 〒156-0054 東京都世田谷区桜丘1-2-22  
E-mail:tokyo@maruma.co.jp TEL03 (3429) 2141 FAX03 (3420) 3336  
名古屋事業所 〒485-0037 愛知県小牧市小針2-18  
E-mail:n-service@maruma.co.jp TEL0568 (77) 3311 FAX0568 (77) 3719

URL <http://www.maruma.co.jp/>

それはいつまでも  
青い空のために



コスモ **ECO** ディーゼル

「DH-2」対応  
ディーゼルエンジンオイル  
SAE 10W-30 / SAE 15W-40

美しい地球、豊かな環境を目指して  
ひた走るパワー、コスモルブ・ウェイ

## コスモ石油ルブリカンツの 環境対応潤滑油



省電力型油圧作動油

コスモ  
スーパーエポック **UF**



省電力型工業用ギヤー油

コスモ  
ECOギヤー **EPS**

それはいつまでも  
蒼い地球のために

地球環境へ、

さらに新しい対応を求められている今、オイルもまた、次の課題をクリアする進化が問われます。  
コスモルブは、地球に、人に、優しい環境LUBEソリューションを提案してまいります。

 **コスモ石油ルブリカンツ株式会社** <http://www.cosmo-lube.co.jp/>  
カスタマーサポートセンター：0120-15-4899

# ダム工専用コンクリート運搬テルハ(クライミング機能付)

## 重力式コンクリートダム等の新しいコンクリート運搬装置

コスト・安全・環境に配慮した最適な施工が行えます。

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

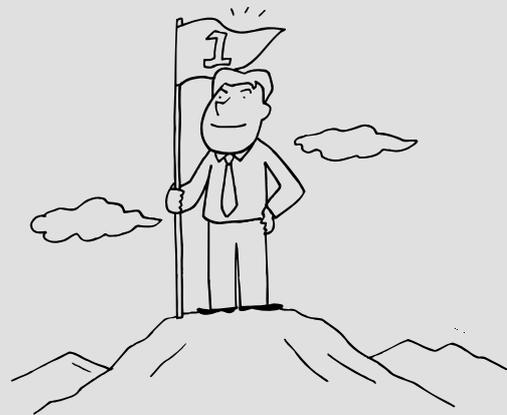


## 吉永機械株式会社

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

# お客様にとって いちばんの印刷会社になろう。

**NPC**日本印刷の仕事は、  
お客様のお役に立つこと。  
「やっぱり**NPC**でなくちゃ」といわれる  
会社をめざして、がんばっています。



## **NPC** 日本印刷株式会社

〒113-0034 東京都文京区湯島3-20-12  
電話03(3833)6971(代表) <http://www.npc-tyo.co.jp/>

# 建設機械施工 広告掲載のご案内

月刊誌 建設機械施工では、建設機械や建設施工に関する論文や最近の技術情報・資料をはじめ、道路、河川、ダム、鉄道、建築等の最新建設報告等を好評掲載しています。

## ■職業別 購読者

建設機械施工 / 建設機械メーカー / 商社 / 官公庁・学校 / サービス会社 / 研究機関 / 電力・機械 等

## ■掲載広告種目

穿孔機械 / 運搬機械 / 工事用機械 / クレーン / 締固機械 / 舗装機械 / 切削機 / 原動機 / 空気圧縮機 / 積込機械 / 骨材機械 / 計測機 / コンクリート機械 等

広告掲載・広告原稿デザイン — お問い合わせ・お申し込み

## サンタナアートワークス

広告営業部：田中 san-mich@zam.att.ne.jp

TEL:03-3664-0118 FAX:03-3664-0138

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F



## 建設機械施工 カタログ資料請求票

本誌に掲載されている広告のお問い合わせ、資料の請求はこの用紙を利用し、ファクシミリなどでお送りください。

※カタログ/資料はメーカーから直送いたします。 ※カタログ送付は原則的に勤務先にお送りいたします。

お名前： \_\_\_\_\_ 所属： \_\_\_\_\_

会社名(校名)： \_\_\_\_\_

資料送付先： \_\_\_\_\_

電話： \_\_\_\_\_ F A X： \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

	広告掲載号	メーカー名	製品名
①	月号		
②	月号		
③	月号		
④	月号		
⑤	月号		

FAX 送信先：サンタナアートワークス 建設機械施工係 FAX:03-3664-0138

# Denyo



## NETIS登録製品活用で 貴社の公共工事受注を有利に!

NETIS登録発電機は、圧倒的な発電性能と耐久性を誇るデンヨーで。



NETIS登録製品の活用で工事成績評定の  
加点対象になります。



## 環境保護ベース一体型発電機

### DCA-B シリーズ <10.5kVA~220kVA>

■大容量燃料タンクで一度の  
給油で最大約3日間運転可能!



■万一のオイル漏れ発生時でも  
外部流出を防止します。



登録番号:KT-100042-V

有用な新技術のうち「設計比較対象技術」  
に指定されました。



**DCA-45USKB3**  
発電出力(50/60Hz):37/45kVA



**DCA-100LSIB**  
発電出力(50/60Hz):80/100kVA

●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 横浜営業所 045(774)0321 広島営業所 082(278)3350  
東北営業所 022(254)7311 静岡営業所 054(261)3259 高松営業所 087(874)3301  
信越営業所 025(268)0791 名古屋営業所 052(856)7222 九州営業所 092(935)0700  
北関東営業所 027(360)4570 金沢営業所 076(269)1231  
東京営業所 03(6861)1122 大阪営業所 06(6448)7131

ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

# RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー



## 主な特長

- カッター出力は330kWで、強力な切削力を発揮し、軟岩から硬岩まで幅広い地質に対応。
- 機体寸法は、高さ3.9m×幅4.2m×長さ16.5m（ケーブルハンガーを除く）
- 定位置最大切削範囲は、高さ8.75m×幅9.5m
- 高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とピック消費量低減。
- 接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

**KYB** カヤバシステム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO., LTD

<http://www.kyb-ksm.co.jp>

本社・営業	〒105-0012	東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル	TEL. 03-5733-9444
カスタマーサービス相模事業所	〒252-0328	神奈川県相模原市南区麻溝台1丁目12番1号	TEL. 042-767-2586
大阪支店	〒564-0063	大阪府吹田市江坂町1丁目23番20号 TEK第二ビル	TEL. 06-6387-3371
西部支店	〒812-0016	福岡県福岡市博多区博多駅南1丁目7番14号 ボイス博多	TEL. 092-411-4998
三重工場	〒514-0396	三重県津市雲出長常町1129番地11	TEL. 059-234-4111

# 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 ロードヘッダ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

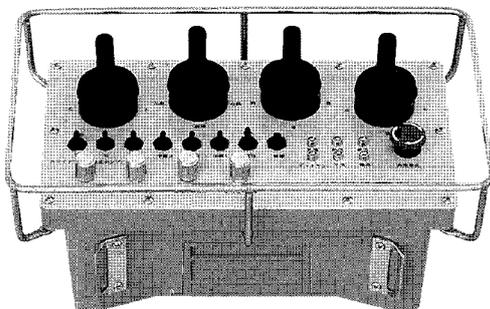
<http://www.mitsumiike.co.jp>

E-mail : [sanki@mitsumiike.co.jp](mailto:sanki@mitsumiike.co.jp)

建設機械用  
無線操作装置

# ダイワテレコン

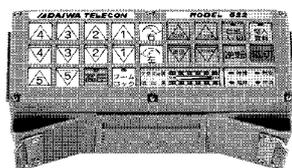
あらゆる仕様に対応  
指令機操作面はレイアウトフリー



ダイワテレコン 572 ※製作例 比例制御4本レバー仕様



受信機



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。
- 受信機の出力はオープンコレクタ（標準）リレー・電圧（比例制御）又は**油圧バルブ**用出力仕様も可能。
- 充電は急速充電方式（-△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](mailto:mgclub@daiwakiko.co.jp)  
営業所 東京、大阪、他

# HITACHI

Reliable solutions

「TRIAS」が実現した、  
低燃費と作業性の両立。



ZX200-5B

# ZAXIS

Empower your Vision.

ZX200-5Bは、3ポンプ3バルブ方式の省エネ油圧システムTRIAS (トライアス)を搭載。ポンプとバルブを増やしたことにより、大容量でありながら細やかな出力調整が可能となり、作業性と低燃費の両立を実現しました。さらに、耐久性、環境性能、安全性にも磨きかけた、時代をリードするショベルです。



燃料消費量  
(対ZX300-3 Pモード比)  
PWRモード17%低減  
ECOモード25%低減

 日立建機株式会社

<http://www.hitachi-kenki.co.jp/>

雑誌 03435-4



4910034350445  
00800

「建設機械施工」

定価 本体八〇〇円 (税別)