

一般社団法人

日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

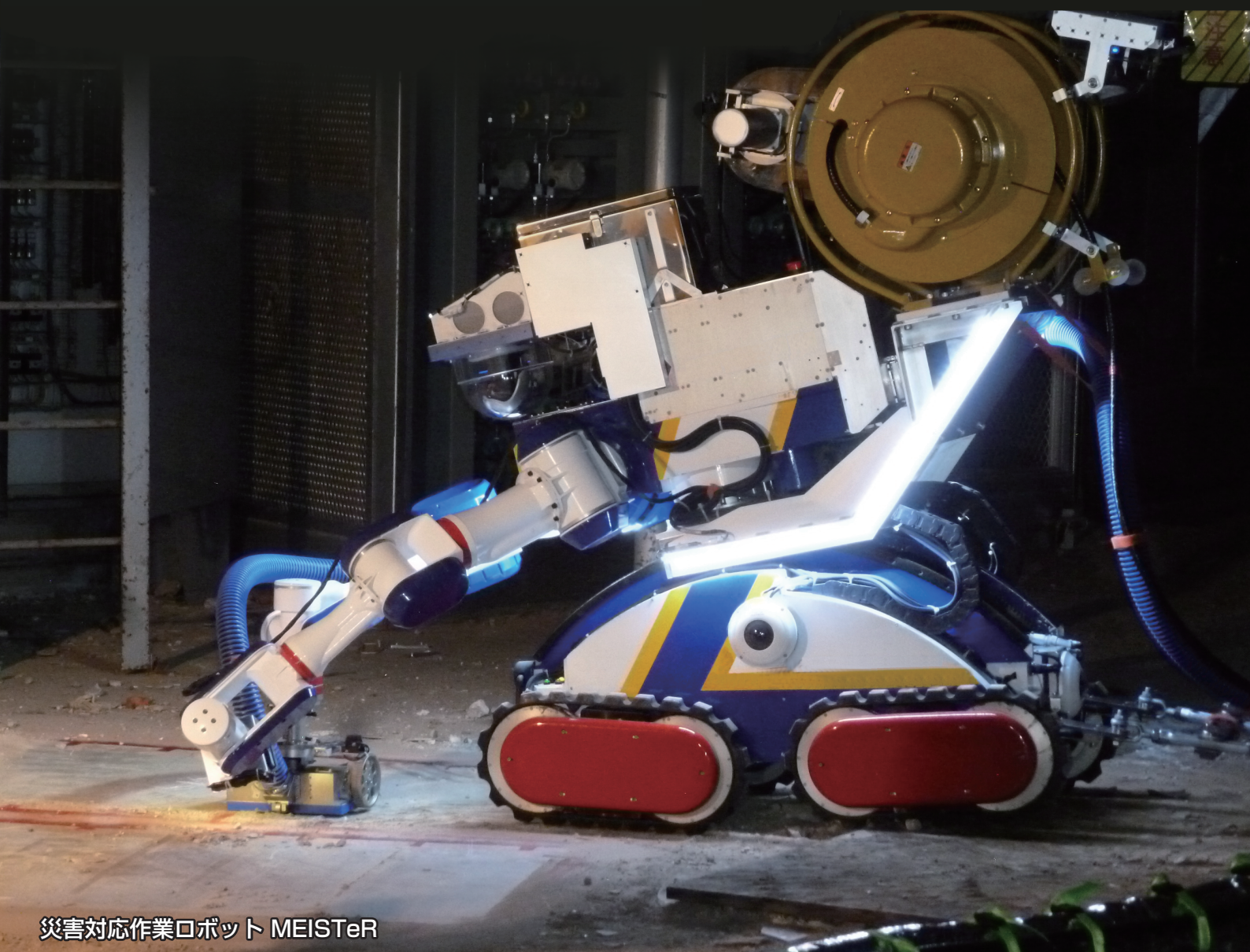
2015

建設機械施工



Vol.67 No.3 March 2015 (通巻781号)

特集 災害対応, 災害復旧・復興



災害対応作業ロボット MEISTeR

巻頭インタビュー 地方回帰こそ日本再生のキー

JCMA報告 平成24年度 研究開発助成 成果報告 (その2)

- 無人化施工の効率・安全性を高める映像の注視・解釈支援に関する調査研究
- 動電式加振器のコンクリート構造物地震時損傷評価への応用

CMI報告 施工技術総合研究所 創立50周年記念報告

- 第1部 施工技術総合研究所のあゆみ
- 第2部 パネルディスカッション 施工技術のこれから一次の50年への提言ー

行政情報

- 緊急災害対策派遣隊
- 道路管理者による放置車両・立ち往生車両対策の強化 [災害対策基本法の改正]

技術報文

- 東日本大震災により被災した三陸鉄道の復旧工事 (続編)
- 振動ローラの自律走行の実証
- 災害対応作業ロボット "Super Giraffe" の開発と福島第一原子力発電所でのロボット活用 他

一般社団法人 日本建設機械施工協会

ダム工事用コンクリート運搬テルハ(クライミング機能付)

重力式コンクリートダム等の新しいコンクリート運搬装置

コスト・安全・環境に配慮した最適な施工が行えます。

特長

●コストパフォーマンスに優れる。

機械重量が比較的軽量で、構造がシンプルなので運搬能力に対して安価である。

●安全性に優れる

コンクリートバケットが堤体上空を横切らないので安全性に優れる。

●環境に優しい。

河床に設置されるので、ダム天端付近の掘削を少なくできる。

●大型機材の運搬も可能

専用吊り具で車両等の大型機材の運搬が可能。



吉永機械株式会社

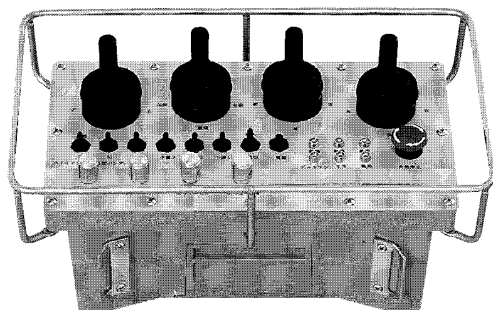
〒130-0021 東京都墨田区緑4-4-3 TEL. 03-3634-5651

URL <http://www.yoshinaga.co.jp>

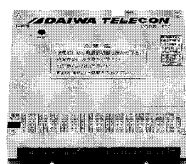
建設機械用
無線操作装置

ダイワテレコン

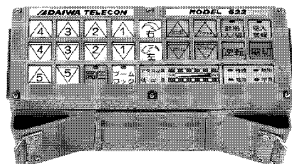
あらゆる仕様に対応
指令機操作面はレイアウトフリー



ダイワテレコン 572 ※製作例 比例制御 4本レバー仕様



受令機



ダイワテレコン 522

《新電波法技術基準適合品》

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

DAIWA TELECON

大和機工株式会社

本社工場 〒474-0071 愛知県大府市梶田町 1-171

TEL 0562-47-2167 (直通) FAX 0562-45-0005

ホームページ <http://www.daiwakiko.co.jp/>

e-mail mgclub@daiwakiko.co.jp

営業所 東京、大阪、他

初の
実務者向け入門版!!

情報化施工 デジタルガイドブック

2014.3
発刊!

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

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

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

特 徴

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

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

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

主な内容

1

情報化施工の
あらし

2

情報化
施工技術の
種類

3

情報化施工の
適用工種

4

情報化施工の
運用手順

5

建設機械・
測量機器リスト

6

情報化
施工データ

7

情報化施工の
導入効果

8

導入事例

9

用語の説明

一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館

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

JCMA 図書

検 索

よくわかる建設機械と損料 2014

(平成26年度版 建設機械等損料表 解説書)

本書は当協会発行の書籍「平成26年度版 建設機械等損料表」で使用する用語や損料計算方法等を解説すると共に、前年度版からの主な改正点、機械損料を掲載している各種建設機械・器具の概要・特長、主要建設機械についてはメーカー・型式名等を紹介したものです。

機械損料に関する理解を深めるだけでなく、機械そのものに関する幅広い知識を得るという観点においても有効・有益な資料と考えます。詳細・申し込み方法は[当協会ホームページ](#)をご覧ください。

■**発刊**：平成26年6月16日

■**体裁**：B5版、一部カラー、約400ページ

■**価格(送料別途)**

一般：5,616円(本体：5,200円)

会員：4,752円(本体：4,400円)

■**特長**

★損料表の構成・用語の意味、損料補正方法
などを平易な表現で解説

★19件の関連通達の位置付けと要旨を解説

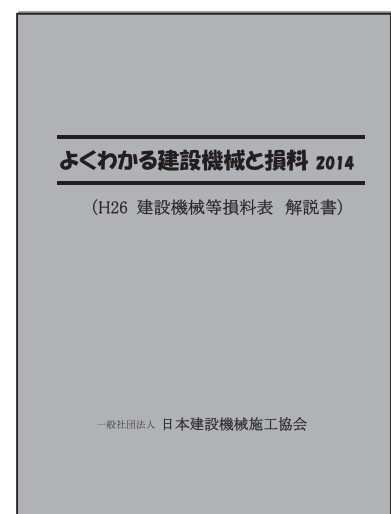
★H26損料表の主な改正・変更点を一覧表にして紹介

★損料表掲載の機械・器具等のコード体系を下記大分類別に図示

- | | |
|---------------------|-------------------|
| 01 ブルドーザ及びスクレーパ | 12 空気圧縮機及び送風機 |
| 02 掘削及び積込機 | 13 建設用ポンプ |
| 03 運搬機械 | 15 電気機器 |
| 04 クレーンその他の荷役機械 | 16 ウインチ類 |
| 05 基礎工事用機械 | 17 試験測定機器 |
| 06 せん孔機械及びトンネル工事用機械 | 18 鋼橋・PC橋架設用仮設備機器 |
| 07 モータグレーダ及び路盤用機械 | 20 その他の機器 |
| 08 締固め機械 | 30- 作業船 |
| 09 コンクリート機械 | 40- ダム施工機械等 |
| 10 舗装機械 | 50 除雪用建設機械 |
| 11 道路維持用機械 | |

★損料表掲載の機械・器具等の概要を写真・図入りで紹介

★主要建設機械のメーカー・型式名を表にして紹介



平成26年度版 建設機械等損料表

■発刊：平成26年5月12日

■体裁：B5版 モノクロ 650ページ

■価格(送料別)

一般：7,920円(本体 7,334円)

会員：6,787円(本体 6,285円)

■内容

- ・機械経費・損料等に関する通達・告示類を掲載
- ・国土交通省制定「建設機械等損料算定表」に基づき編集
- ・損料表の構成・用語や損料積算例を解説
- ・燃料・電力消費量(率)を掲載
- ・主要建設機械は写真・図で概要を紹介



<参考> 平成26年度版の主要改正点の一部を下表に示します。この表は平成26年度版 建設機械等損料表の解説書「よくわかる建設機械と損料2014」(6月16日発売)から抜粋、アレンジしたものです。

現行(旧)		変更箇所		改正	
		コード	名称		
0101	ブルドーザ	-	-	0101	ブルドーザ
		(追加)		015	【普通・排ガス(OR2011)】
		(追加)		025	【湿地・排ガス(OR2011)】
		(追加)		055	【リッパ装置付・排ガス(OR2011)】
0104	スクレーブドーザ	-	-	0104	スクレーブドーザ
	011		○	011	【普通型】
0106	被けん引式スクレーバ	-	-	0106	被けん引式スクレーバ
	012		○	012	【油圧式】
0202	バックホウ(クローラ型)	-	-	0202	バックホウ(クローラ型)
		(追加)		115	【標準型・排ガス(OR2011)】
		(追加)		135	【標準型・超低騒音型・排ガス(OR2011)】
		(追加)		714	【ディーゼル/電気ハイブリッド型・排ガス(3次)】
		(追加)		715	【ディーゼル/電気ハイブリッド型・排ガス(OR2011)】
0204	ドラグライン及びクラムシェル	-	-	0204	ドラグライン及びクラムシェル
	061 【油圧クラムシェル・テレスコピック式・クローラ型】		○	061	【油圧クラムシェル・テレスコピック式】

一般社団法人 日本建設機械施工協会

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)で発刊致しております。

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

- B 5 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に申込みの場合は別途とさせていただきます。

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。

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。



◆ 日本建設機械施工協会『個人会員』のご案内 ◆

会 費 : 年間 9,000円

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

★個人会員の特典

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

今後、続々と個人会員の特典を準備中です。この機会に是非入会下さい!!

◆ 一般社団法人 日本建設機械施工協会について ◆

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

一般社団法人 日本建設機械施工協会とは…

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

■会員構成

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

■主な事業活動

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

■主な出版図書

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

その他、日本建設機械施工協会の活動内容はホームページでもご覧いただけます！

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

※お申し込みには次頁の申込用紙を使用してください。

【お問い合わせ・申込書の送付先】

一般社団法人 日本建設機械施工協会 個人会員係
〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館
TEL:(03)3433-1501 FAX:(03)3432-0289

一般社団法人 日本建設機械施工協会会長 殿

下記のとおり、日本建設機械施工協会個人会員に入会します。

平成 年 月 日

個人会員入会申込書		
ふりがな		生年月日
氏名 (自署)		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。

【個人情報の取扱について】

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

No	発行年月	図 書 名	一般価格 (税込)	会員価格 (税込)	送料
1	H26 年 6 月	よくわかる建設機械と損料 2014	5,616	4,752	500
2	H26 年 5 月	平成 26 年度版 建設機械等損料表	7,920	6,787	600
3	H26 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成 26 年度版	8,640	7,344	600
4	H26 年 5 月	大口径岩盤削孔工法の積算 平成 26 年度版	6,048	5,142	500
5	H26 年 3 月	情報化施工デジタルガイドブック【DVD 版】	2,160	1,944	400
6	H25 年 6 月	機械除草安全作業の手引き	972	864	250
7	H25 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成 25 年度版	8,640	7,344	600
8	H25 年 3 月	日本建設機械要覧 2013 年版	52,920	44,280	900
9	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
10	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,240		400
11	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷【CD】	3,240		250
12	H22 年 7 月	情報化施工の実務	2,160	1,851	400
13	H21 年 11 月	情報化施工ガイドブック 2009	2,376	2,160	400
14	H21 年 9 月	道路除雪オペレータの手引	3,085	2,057	500
15	H20 年 6 月	写真でたどる建設機械 200 年	3,024	2,560	500
16	H19 年 12 月	除雪機械技術ハンドブック	3,086		500
17	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
18	H17 年 9 月	建設機械ポケットブック（除雪機械編）	1,029		250
19	H16 年 12 月	2005「除雪・防雪ハンドブック」（除雪編）	5,142		600
20	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
21	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
22	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
23	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
24	H15 年 6 月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	540		250
25	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
26	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
27	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
28	H11 年 5 月	建設機械化の 50 年	4,320		500
29	H11 年 4 月	建設機械図鑑	2,700		400
30	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
31	H9 年 5 月	建設機械用語集	2,160	1,944	400
32	H6 年 4 月	建設作業振動対策マニュアル	6,172	5,554	500
33	H6 年 8 月	ジオスペースの開発と建設機械	8,229	7,714	500
34	H3 年 4 月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,079	9,565	600
35	S 63 年 3 月	新編 防雪工学ハンドブック【POD 版】	10,800	9,720	500
36	S 60 年 1 月	建設工事に伴う濁水対策ハンドブック	6,480		500
37		建設機械履歴簿	411		250
38	毎月 25 日	建設機械施工【H25.6 月号より図書名変更】	864	777	400
			定期購読料 年 12 冊 9,252 円(税・送料込)		

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

建設機械施工

Vol.67 No.3 March 2015 (通巻 781 号)

目 次

災害対応, 災害復旧・復興 特集

3	巻頭インタビュー 地方回帰こそ日本再生のキー	坂根 正弘
7	行政情報 緊急災害対策派遣隊 TEC-FORCE	澤頭 芳博
13	行政情報 道路管理者による放置車両・立ち往生車両対策の強化 [災害対策基本法の改正]	柳田 誠二
17	東日本大震災により被災した三陸鉄道の復旧工事 (続編)	野田 軍治・佐々木 健
22	米国ハリケーン・カトリナ被害復旧・復興からの教訓	株田 文博
28	降雨災害による崩壊盛土の復旧工事の施工 JR 九州豊肥線の災害復旧工事	柏木 和也
32	振動ローラの自律走行の実証 建設技術研究開発助成制度を活用した次世代無人化施工システムの開発	青木 浩章
39	災害対応作業ロボット“Super Giraffe”の開発と福島第一原子力発電所でのロボット活用	藤田 淳
46	レスキューロボットコンテスト 技術を学び 人と語らい 災害につよい世の中をつくる 土井 智晴・奥川 雅之・横小路泰義	
51	情報化施工の展望と新技術	柿本 亮大
58	交流の広場 UAV(無人飛行ロボット)のビジネス活用の動向と今後の注目点	矢野 誠二
62	ずいそう 美しく青きドナウ	山 勝三
63	ずいそう 建設機械の思い出	島 弘
64	JCMA 報告 平成 24 年度 研究開発助成 成果報告 (その 2) 無人化施工の効率・安全性を高める映像の注視・解釈支援に関する調査研究	亀崎 允啓・岩田 浩康・菅野 重樹
74	JCMA 報告 動電式加振器のコンクリート構造物地震時損傷評価への応用	鈴木 基行・内藤 英樹
79	JCMA 報告 国土交通大臣の設立認可を受け「次世代無人化施工技術研究組合」設立 次世代を見据えた無人化施工に関する研究開発スタート	田中 芳行
82	CMI 報告 施工技術総合研究所 創立 50 周年記念報告 第 1 部 施工技術総合研究所のあゆみ ご挨拶	見波 潔
83	(1) 研究第一部の活動紹介 トンネル・地盤等	安井 成豊
88	(2) 研究第二部の活動紹介 橋梁 (鋼構造およびコンクリート)	谷倉 泉
91	(3) 研究第三部の活動紹介 情報化施工	伊藤 文夫
97	(4) 研究第四部の活動紹介 建設機械	飯盛 洋
103	第 2 部 パネルディスカッション [抄録]	
110	CMI 報告 高さ補完機能付き RTK-GNSS による高さ精度の検証報告	藤島 崇・椎葉 祐士
113	部会報告 除雪機械の変遷 (その 5) 除雪トラック (1)	除雪機械技術委員会
119	部会報告 第 18 回 機電技術者意見交換会報告	建設業部会
127	新工法紹介	機関誌編集委員会
128	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
129	行事一覧 (2015 年 1 月)	
132	編集後記	赤井・伊藤

◇表紙写真説明◇

災害対応作業ロボット MEISTeR

写真提供: 三菱重工業(株)

階段や不整地の走行が可能な移動機構に 7 関節ロボットアームを 2 本搭載した遠隔操作ロボット MEISTeR。

様々な専用ツールをロボットアーム先端に装着し、人に代わって器用に作業を行う。写真は東京電力福島第一原子力発電所内で、床面に堆積した放射性物質を含む粉塵や小さな瓦礫を、掃除機のように吸引し除染作業を行う MEISTeR の様子。専用ツールを交換すれば、バルブやスイッチ操作、手すりや配管の切断、コンクリート切削、プラスト除染等が可能。

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>

第61回 欧州建設機械施工視察団 団員募集のお知らせ INTERMAT 2015 (パリ)

建設機械及び建設資材等の国際的な展示会“INTERMAT 2015”がフランス・パリで開催されます。当協会では本年度も、下記要領により海外視察団参加者を募集致します。関係各位におかれましては、国際的な建設機械の動向をキャッチし、ヨーロッパの基盤整

備状況を視察することにより、今後の事業展開に役立つものと思われまふ。視察期間:4月19日(日)~25日(土)(5泊7日)視察地:パリ・ミラノ参加費:385,000円(空港税等別)募集締切:3月13日(金);終了

詳細問い合わせ先:
一般社団法人日本建設機械施工協会
担当 小櫃(オビツ)
TEL 03-3433-1501
<http://www.jcmanet.or.jp/>

第27回 日本建設機械施工大賞 ご案内

1. 表彰の目的

大賞部門は、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、実用化等により顕著な功績をあげたと認められる業績を表彰します。地域賞部門は、地域に根ざした独自の視点に基づき、従来の施工方法・技術の改良、地域普及などの取り組みを通じ、地域へ貢献している業績を表彰します。いずれも国土の利用、開発、保全並びに経済・産業の発展に

寄与することを目的とします。

2. 表彰対象

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

3. 表彰の種類

最優秀賞、優秀賞、地域貢献賞、選考委員会賞

4. 応募

1月30日(金);終了

5. 選考

本協会が設置した「日本建設機械施工大賞選考委員会」で選考致します。

6. 表彰式

本協会第4回通常総会(5月28日(木))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
本部 阿部
TEL 03-3433-1501
<http://www.jcmanet.or.jp/>

日本建設機械施工協会「個人会員」入会のご案内

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

会費:年間 9,000円

★個人会員の特典

○機関誌「建設機械施工」を毎月お届け致します。

本誌では、建設機械・施工技術に関わる最新情報や研究論文、本協会の行事案内・実施報告等のほか、新工法・新機種の紹介や統計情報等の豊富な情報を掲載しています。

○協会発行の出版図書を会員価格(割引価格)で購入できます。

○シンポジウム、講習会、講演会、見学会等、最新の動向にふれることができる協会行事をご案内するとともに

に、会員価格で参加できます。

お問い合わせ・申込書の送付先

※お申し込みには本誌差込広告ページの申込用紙をご利用ください

一般社団法人日本建設機械施工協会
個人会員係

TEL: (03) 3433-1501

FAX: (03) 3432-0289

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

巻頭インタビュー

地方回帰こそ日本再生のキー

坂 根 正 弘



近年我が国は課題先進国と言われ、高齢化、人口減少問題をはじめ、安全保障、経済再生、近隣外交、エネルギー、防災、災害復旧・復興等国の行方を左右する大問題が山積している。

これらの問題に我が国がどう対応するかで、国の将来が決まってくる。

この中でも特にデフレ脱却をはじめとした経済復興を目指した活動が、大きなウェイトを占めている。

その経済再生を目指した国を挙げての活動の一つである地方創生に、まち、ひと、しごと創生会議のメンバーとして活躍しておられるコマツの坂根相談役に、日本再生のための成長戦略を伺った。

キーワード：地方回帰、地方創生、デフレ脱却、日本回帰、特区、公共工事、地方主権

コマツの歩みは地方創生のモデル

辻「国土強靱化」，「地方創生」は第3 次安倍内閣のテーマでもありますので、今後の日本の国土のつくり方、在り方についてお話ししていただきたいと思います。

坂根 昨年11月『日本経済新聞』の「私の履歴書」の最終回に地方創生についてまとめました。今回は地方創生の話を中心にお話しします。2012年10月自民党がまだ野党時代、私が呼ばれて安倍現首相の他、自民党「経済再生本部」のメンバーに話したことを書いたのですが、その内容は結局コマツの歩みなのです。コマツはもともと石川県に本社がありましたが、1950年代に東京に本社を移し、60年代、70年代は輸出に便利な関東と関西に工場をつくりました。80年代、90年代になると円高が進み、海外生産を拡大しました。

私が01年に社長になると、もう一回日本にものづくりを回帰しようと舵を切りました。日本の工場の優秀さや生産性の高さが数字で実証されたのがきっかけ

で、直近は日本にしか工場をつくっていません。現在は日本の占める売上高比率20%に対し、生産比率は50%近くまで高まっています。本来ならどの会社もそのように日本に戻ってきてもいいのに、自信を取り戻していないのだと思います。日本でのものづくりは、変動コストだけをしっかり見れば決して他国に負けていないはずなのに、固定費を含めた総原価による比較で高コストだと思い込み、多くの企業が海外に出ているのが実態です。コマツは自信を取り戻すことでも、地方に回帰することでも先例を示してきました。デフレ脱却と、地方回帰が私の主張です。08年に金沢に工場をつくるに当たっては、金沢の港から大型船で輸出できるよう県にお願いし、水深を深くしてもらいました。その後、第2工場も作り、現在では金沢工場の製品の9割以上は金沢港から出ています。

また02年以降、コマツは購買機能をはじめ本社機能の一部について地方分散を進めています。11年には小松市に研修センターをつくって、教育機能を集結しました。小松市が当社発祥の地ということはもちろんですが、空港が韓国の仁川につながっていて世界中からのアクセスが良いことも決定の後押しになりました。

石川県の結婚率、子どもの人数にも着目しました。コマツで働く30歳以上の女性を全部サンプリングすると、女性1人当たりの平均子ども数は東京では0.7人で既婚率は50%なのですが、石川は子どもの数が1.9人、既婚率は90%と高い。

掛け合わせれば比率で5倍違うわけです。これはも



坂根 正弘（さかね まさひろ）
コマツ相談役。国家戦略特別区域諮問会議 議員，総合資源エネルギー調査会 会長，まち・ひと・しごと創生会議 構成員も務める。

のすごく大きなことで、生活コストが安くて子どももたくさんつくれるような環境のところに住むほうが多くの社員にとっても企業にとってもいいと考えています。

構想力とトップランナーが成功の鍵

坂根 粟津工場で働いている人の10人に1人は兼業農家ということを知ったこともあり、コマツは今農業支援に力を注いでいます。実際に関わってみると農業にもすべきことがいっぱいあります。自分の米の生産コストを計算できる人が少ない。米の品質にばらつきがある。その理由を聞くと、苗が水に漬かっている深さが一律でないからだと言う。そこで、作業機の動きを自動制御するコマツのICTブルドーザーを使い田んぼを平らにしています。

このように地方創生の話は、すべきことが山ほどあります。一部の政治家の議論では、地方創生というのは地方主権がないとできないと言われます。しかし、地方主権にしても地方は元気にならない。地方主権では、お金が成り立たないのです。本当に地方主権ができるのかどうか、税収でどこまで賄えるのかということとを地方ごとに「見える化」してあげると、いくら権限をもらってもお金が全く足りないことが分かります。結論的に言えば、岩盤規制を取り除くことや、地方主権にすることで一斉に動き出すというものではない。コマツが率先して日本回帰をし、地方回帰をしたように、あるいは農業を手伝ったように、自治体も企業も誰かが先陣を切って動いて、事例をつくるのが大事なのです。

特区の話があります。従来までの特区がうまくいかなかったのは、特区が目的になってしまったからです。先日、今回新たに選出された特区のひとつであるある市の会議に出たのですが、市長に次のように申し上げました。「いくら特区が成功しても、多分その分野だけで市が元気になることはありません。市を元気にする構想があって、その構想の中に特区を位置付ける。全体の構想と、突破口としての特区の両方を進め



ない限り成功しません」という話を市長にしたのです。「トップランナー方式」と「隗より始めよ」の2つが地方創生、成長を実現する道だと思います。

公共工事も、今言ったような地方ごとの構想力があって、それに結び付いて初めて生きたものになると思います。例えば兵庫県の養父市が特区になっていますが、「何であんな2万8千人の小さな町を特区にするんだ。」と言う人が結構いる。でも、その町の首長が、本当にやる気があるなら応援すればいい。トップランナー方式というのはそういうことなのです。

首長というのは改革派が必ず選挙に勝つということではなくて、過去は往々にして何か改革しようと思っただどこかに選択が集中するから、不満を持つ人が出て、選挙では悪影響を与えるケースが多いですね。だから、私は逆で、国が選んだほうがいいと言っています。やる気があって構想がしっかりしていて既に自分で出来ることに取り掛かっている人にお金を渡すのが支援だと思っています。

地方を元気にする中で公共工事を考える

坂根 石川の例で言えば、例えば前述の金沢港の活用により荷動きがよくなり、クルーズ船もたまには入っています。だとしたら、金沢港と国道の間の道をつくることは、意義のある公共投資になるわけです。具体的に地方を元気にする動きがある中で公共工事が考えられてくる。大きなインフラさえつくれば何とかなるだろうではばらまきと言われても仕方ない。

辻 そういう意味では常陸那珂も、港と北関東道で栃木の工場につながるようになった。普通に考えると北関東の東西方向になぜつくるのかという議論があったのですが、海側の開発拠点と内陸をつなげる戦略に基づく計画です。

坂根 金沢港も国道8号とつなぐ部分はまだ弱いところ。大きな機械は直接港湾から出されるのが多い



インタビュアー

辻 靖三 (つじ せいぞう)

昭和41年建設省(当時)入省。建設省道路局国道第一課長、建設省関東地方建設局長、建設省土木研究所所長、日本道路公団理事を歴任し、現在、当協会会長を務める。

でしょうから、交通の連続性が大事です。

もともと日本海側の港湾は、海外輸向けには不利な面が多いにも関わらず、隣の港でも同じように集荷したいと言う。みんなそう言うのですが、本当は、金沢が今あるのだから、大きいものは金沢に集めて、それぞれ特色を出せばいい。

辻 金沢につくり、伏木につくり、新潟につくり、酒田につくり、昔の全総計画というのはそういう形で、みんなが手を挙げた結果、分散投資になったのです。これからは役割と分担が出てくるでしょう。地方分散で、今交通関係のことをおっしゃっていただきましたが、交通関係でもう少し地方での輸送コスト、輸送とか生活の便利さにつながるようなことで、今後どういう施策がいいのでしょうか。

国交省では、高速道路の有料道路のネットワークに国がつくる無料のネットワークを組みあわせて整備しています。

坂根 私は島根県浜田市の出身ですが、浜田市長が言っていました。浜田は広島との間は、有料の高速道路ですが、無料でなくても思いきって料金を下げるとは地方にとってもものすごく大きいという話をしました。

辻 特に島根県は高速道路の整備が遅れています。

坂根 セっかく出雲大社に今いっぱい観光客が来ても、JRしか移動手段がない。バスは旧国道を走っている。

辻 遅ればせながら国交省も一生懸命力を入れて無料の高速道路をつくっています。結果的に、無料で高速道路の基盤ができますね。

坂根 その辺も、料金をどのくらいに下げたらどのくらいの交通量になって、浜田市としてどういう経済効果があるという構想力を示さないと誰一人説得できません。浜田の港はロシアのナホトカと行き来が結構多いので、ロシアへの荷物を浜田港が集荷するという戦略を取っています。そうすると港と浜田道をつなぐ道が欲しいと言っています。それはひとつのアイデアですよ。

辻 そうですね。高速道路を地方創生に生かす計画と組み合わせることが大事です。

民の動きがあって地域の活性化につながるお金の使い方

辻 また、補助事業で用途を決めて地方に出していたお金を全部知事とか市長が自由に使える交付金という形に変えてしまいました。そうすると、知事や市長はいろいろなところに使われてしまう傾向となりました。今、地方では建設投資を基盤整備に集中投資する

ことができにくくなってきています。

坂根 結局県でも市でもそうですが、自由になるお金をもらったなら、自分たちの権限の及ぶところでお金を使おうとするわけです。さっきのような話で、金沢の港に民が動いて地方を活性化する動きが始まって、この道を付けてくれとなれば、恐らく市も県も、お金に余裕があったらそこは優先順位を少し高くしようかなるはず。民の動きと連動していないお金の使い方が、今までの一番の反省点です。

辻 やはり集中的に、投資するならするところにきちんと投資する。それが市全体の税収増にもつながるときちんと数字にして市民に見える形にして、オープンにした議論をするのがいいのかもしれませんが、国がきちんとした資金を目的ごとに配る方式のほうがいいのではないかということは常々出ている話です。

坂根 国交省も構想力をつくろうという地方に、アイデアの応援、知恵出しの応援をしてあげることが大事ですよ。

辻 国でも県でも今は従前から手掛けていた事業を行ってきていますが、その先が不明です。30年先でも本当にこのままでいいのか、もっといい町にしようという声があがり、それを行政側で具体的に計画をつくって、市民に見せて判断をいただくという県づくり、地方づくりをするということの構想力が衰えていると感じます。何もしないと、2050年でも今のままで経年劣化していく格好になってしまいます。

坂根 そのためには、できたら同じ県内のどこかにトップランナー、モデルになるものが走っていて、何であそこの首長は一生懸命頑張っているのにうちの首長はしないのだという批判が出て、それが選挙につながるという好循環が生まれるといいと思います。同じ県内でそれができれば一番いいのですが、全国レベルでもこの市が先に走っているという例をみんなに知らせてあげるとするのが手取り早い。



辻 そういう方式で、そこには集中的に国も支援するような形が取れば、いい方法ですね。それに地元の中での企業がその活性化に加わるかです。

坂根 やはり頑張った町は、人口が少しずつ増えていきます。島根県の隠岐の島にある海士町は、高校の生徒が増えています。それも、アイデアを出して引っ張っているのは都会から島に移住した若い人達です。

たとえ小規模でも全国から注目されるようになると、選挙民も選挙で応援するようになるからいいほうに回ります。

土木の世界の3次元化

辻 建設機械の技術進化も進んできましたが、今後の方向についてはいかがでしょうか。

坂根 うち作業機の動きを自動制御するICTブルドーザーを13年から日米欧で導入していますが、あらためてこの国の土木がどうして3次元化されていないのかと不思議に思います。建築の世界はほぼ3次元になっているのに、土木は3次元になっていません。

辻 それは私も感じています。情報化施工はコマツさんは当たり前技術として組み込んでいますが、公共では当たり前の技術に使っているかというと、使うほうの使い方がそれに合っていない。特に法制度とか公平性というのがあって、技術的な基準類も、地方の業者でも大企業でもできるというレベルのものをつくるのです。地方の業者ができないことに変えるのは抵抗感がある。なかなか一律に技術基準類を変えろというとなかなか難しいので、新しい技術が必要な工事の技術だったら別のスタンダードをつくることができると普及しやすいのかなと思います。



坂根 ICTブルドーザーは人間作業でこれまでできなかったことができます。前述の農業土木で、あまり傾斜をつけると水が早く流れすぎるから駄目なので、2度か3度にしたいと言うのですが、2度、3度はどんな達人でもできない。ところがICTブルドーザーならできるのです。

これまで人間作業で仕上げてきたわけですが、機械が自動的にやってしまうのは画期的です。だから、土木技術としてICTの技術をもう少しうまく使っていくことを考えないといけない。技術進歩の余地がないと、大学などで土木分野を研究したいという若い人も出てこない。

アメリカでは3次元の施工図面で仕事が発注され、仕事が終わると3次元データに基づき画面上で検収OKしてくれるのです。日本は、発注される施工図面も2次元の場合が多いので、ICTブルドーザーを使用してもらうため、コマツのグループレンタル会社が代行業務でその3次元化をやっていきます。圧倒的多数を占める小規模の建設業者には3次元化できる人材も少ないのです。

辻 技術の開発と同時にそれを使うための基準類は発注者側ですから、新しいツールに合った基準類をつくらないと、現場は効果的になりません。しかし、現場では国交省自身の技術者たちも人員体制に余裕がないのでそういう制度まで迅速に改訂出来ないのが実情です。

坂根 それは相当な工数をいっときにかけないと変えられない。

辻 そもそも発注の件数は多ければ多いほど大変です。国の場合、地元業者を優遇しなければいけないとか、中小企業に出す比率は幾らだとか、そういう政府の施策に合わせると、どうしても増えてしまう。統合化するなど発注の仕組みから変えていかないと、発注者が発注事務に追われて、本来行うべき新しい技術の導入、地域づくりの構想、計画の実現化などの土木技術者の魅力ある業務ができなくなってしまいます。

坂根 今のままだと大学で土木技術を勉強してみたいかなるような可能性もなくなってしまいますね。

辻 それによって、活力ある国づくりができていくのか、本当に心配です。今日は地方創生、建設技術の課題について、また企業としてどう行動するのかについて、貴重なご意見をお聞きできましてありがとうございました。

行政情報

緊急災害対策派遣隊

TEC-FORCE

澤 頭 芳 博

国土交通省では、平成 20 年度に緊急災害対策派遣隊（以下、「TEC-FORCE」という。）を創設している。TEC-FORCE は、大規模自然災害が発生した場合などに被災地方公共団体等が行う、被害状況の把握、被害の発生及び拡大の防止、早期復旧その他災害応急対策に対して技術的支援を行うものである。

本稿では、発足 7 年目を迎えた TEC-FORCE について、発足経緯、位置付けを振り返った上で、活動実績及び充実・強化に向けた取り組み状況について紹介する。

キーワード：大規模自然災害、緊急災害対策派遣隊（TEC-FORCE）、リエゾン、技術支援、災害応急活動、災害対応力

1. はじめに

わが国は、地形、地質、気象等の自然条件及び沖積平野に人口・資産が集中する社会条件など、自然災害を受けやすい国土条件にある。この 2 年間をみても、平成 25 年山口・島根豪雨、平成 26 年 8 月豪雨、御嶽山噴火、長野県北部地震など自然災害が頻発し、その度に甚大な被害が発生している。

また、地震大国であるわが国では、首都直下地震や南海トラフ巨大地震等の大規模災害の発生が懸念されている。

これらの自然災害に対応していくためには、ハードとソフト施策の組み合わせによる防災・減災対策の推進が必要であり、ソフト施策の重要なポイントとして、災害応急活動の充実・強化が必要とされている。

平成 20 年度に発足した TEC-FORCE は、大規模自然災害発生時などにおいて、特に、インフラに関わる災害応急活動を担っている。

2. TEC-FORCE の発足経緯

国土交通省の広域的な技術支援は、TEC-FORCE 発足以前においても行われている。本年 1 月に 20 年目を迎えた阪神・淡路大震災において、全国の地方整備局（当時は地方建設局）から近畿地方にのべ 2 千人を超える規模の職員を広域派遣し、主に地震後の応急復旧支援を実施している。

台風が 10 個上陸した平成 16 年には、7 月に新潟・

福島豪雨、10 月に台風 23 号による被害発生時に、排水ポンプ車による緊急排水、衛生通信車による被災箇所の映像配信、被災状況調査等を実施している。また、同年 10 月に発生した新潟中越地震の際には、ヘリコプターによる調査、危険箇所の監視、被災状況調査等を実施している。平成 19 年には、3 月に能登半島地震、7 月に中越沖地震が発生し、平成 16 年の中越地震の教訓を生かした災害応急活動を実施し、被災地域の早期復旧に役立っている。

これらの災害応急活動は、災害発生後、その都度、被災地方公共団体等への支援体制を整えていたが、想定される大規模自然災害への備えを万全とするためには、あらかじめ人員や資機材の派遣体制を整えておくことが必要であると強く認識され、平成 20 年 4 月に TEC-FORCE (Technical Emergency Control FORCE) を発足している。

3. TEC-FORCE の位置付け

国土交通省では、災害対策基本法第 36 条第 1 項の規定に基づき防災業務計画を作成し、防災に関して執るべき措置等を定めている。TEC-FORCE については、発足した平成 20 年 4 月、TEC-FORCE の設置に関する訓令を制定した平成 24 年 5 月、リエゾンの自治体派遣等を明示した平成 25 年 3 月などに、防災基本計画の修正等にあわせて改正を行っている。これらの改正を経て、現在（平成 26 年 4 月）の防災業務計画（総則第 3 章第 5 節）において、以下のとおり TEC-

FORCE を位置付けている。

○大規模自然災害が発生し、又は発生するおそれがある場合において、被災地方公共団体等が行う、被災状況の迅速な把握、被害の発生及び拡大の防止、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円滑かつ迅速に実施するため、「緊急災害対策派遣隊の設置に関する訓令」（平成 24 年国土交通省訓令第 31 号）に基づき、本省、国土技術政策総合研究所、国土地理院、及び地方支分部局（航空交通管制部を除く。）及び気象庁に、それぞれ緊急災害対策派遣隊（TEC-FORCE）を設置するものとする。

○緊急災害対策派遣隊（TEC-FORCE）の管理及び運営に係る事務を処理させるため、「緊急災害対策派遣隊に関する訓令」に基づき、緊急災害対策派遣隊事務局を設置するものとする。

○緊急災害対策派遣隊（TEC-FORCE）の派遣手順及び指揮命令系統については、別に定めるところによるものとする。

「別に定めるところ」については、平成 20 年 4 月に国土交通省防災会議において「緊急災害対策派遣隊（TEC-FORCE）の派遣について」を決定し、派遣手順及び指揮命令系統を定めている。その後、平成 22 年 6 月に被災地域の地方支分部局の災害対策本部長（地方整備局長等）が管内の TEC-FORCE 派遣を決定できるよう改正している。

平成 24 年 5 月には、東日本大震災の教訓を踏まえ、今後想定される首都直下地震や南海トラフ巨大地震等の大規模災害時に、より迅速に TEC-FORCE を派遣するとともに被災地での統合的な運用が可能となるよう「緊急災害対策派遣隊（TEC-FORCE）の設置に関する訓令」を制定している。

訓令では、本省本部長の指揮監督のもと、被災地での指揮監督権を現地の地方支分部局長（地方整備局長等）に集約するなど、指揮命令系統の明確化を図っている。

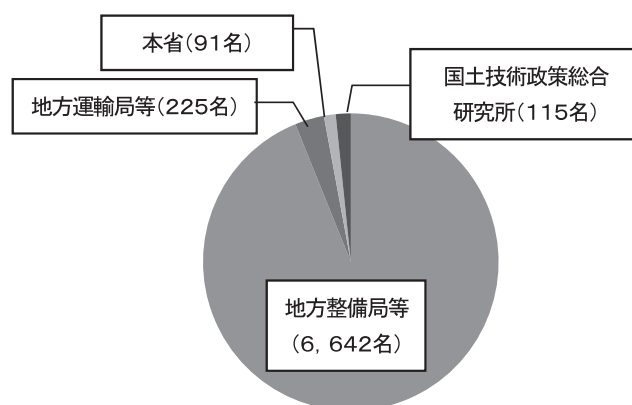
一方、被災地方公共団体からの要請の流れは、全国の河川・国道事務所等を経由する場合と市町村等に派遣したりエゾンを経由する場合がある。また、要請がない場合であっても、被害状況によっては災害対策本部長が判断して派遣する場合もある。

4. 活動内容等

TEC-FORCE は、大規模な自然災害が発生した際に、直ちに災害現場へ派遣し、災害規模によっては、

全国の地方整備局等から広域的に派遣することができ、河川災害、土砂災害、道路災害、火山災害、雪害等、災害種別に応じた専門性を有した隊員を派遣できる、といった特徴がある。これらの特徴を有することができるのは、平常時の河川、砂防や道路の現場業務等において技術力を培っていることが基本となっている。

発足時は、約 2,600 人の隊員を任命、現在（平成 26 年 10 月）では約 7,100 人（約 2.7 倍）となっている。省全体の TEC-FORCE のうち、9 割以上が地方整備局等の職員となっており、地方整備局等では、全職員の約 3 割が TEC-FORCE に任命されている（図—1）。



※平成 26 年 10 月 31 日現在 計 7,073 名（地方整備局等には、北海道開発局、沖縄総合事務局を含む。国土地理院、気象庁は事前任命がないため、グラフに含まれない。）

図—1 TEC-FORCE 隊員構成

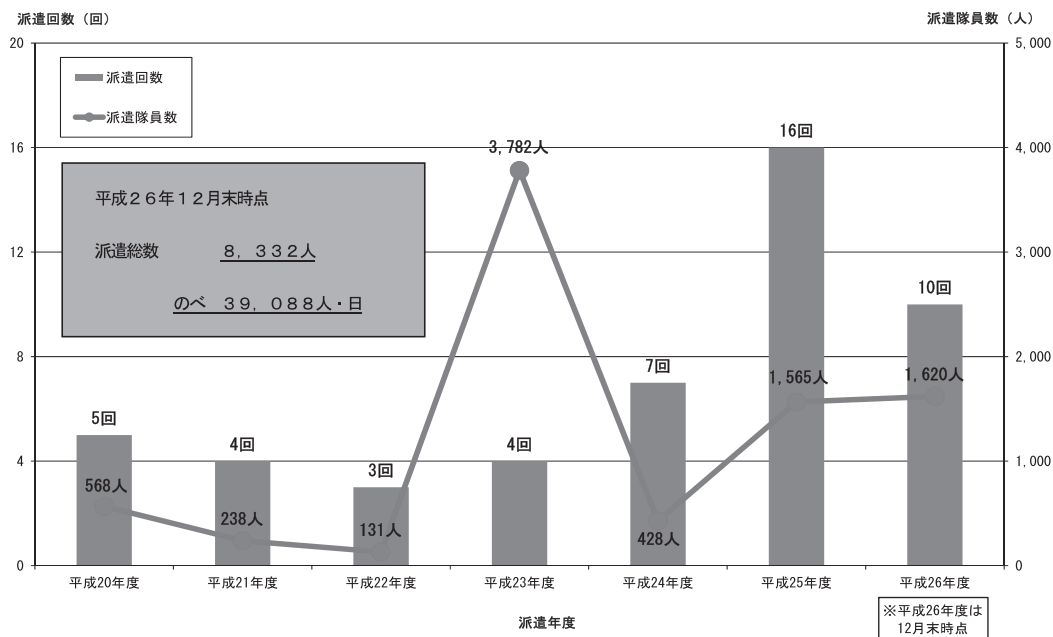
TEC-FORCE は、発足まもなく発生した岩手宮城内陸地震（平成 20 年 6 月）を手始めに、これまで（平成 26 年 12 月まで）に、東日本大震災をはじめ 49 の災害に対し、約 8,300 人（のべ約 4 万人）を被災地域の支援のために派遣している。

発足から 7 年の派遣実態を見ると、至近 3 ヶ年（平成 24 年度～ 26 年度）の年間活動回数は、発足当初 3 ヶ年と比べて約 3 倍となっている。また、同様に派遣隊員数（人・日）についても約 3 倍に増えている（図—2）。

TEC-FORCE の主な活動としては、①被災状況の把握、②被害の発生及び拡大の防止、③早期復旧を図るための技術的な支援の 3 つである。

①被害状況の把握とは、ヘリコプターによる上空からの調査や現地踏査等により、被災箇所やその周辺の被害程度の把握や危険度の評価を行うものである。

②被害の発生及び拡大の防止とは、排水ポンプ車による緊急排水、堤防の応急仮締切等の水防活動、無人化施工機械等による応急措置等を行うものである。



図ー2 TEC-FORCE 派遣実績 (平成20年度～平成26年度)

③早期復旧を図るための技術的な支援とは、地方公共団体所管施設に係る応急復旧に対し助言するものである。

また、これらの活動と同時に、広報・記録や後方支援に係る業務を行っている。

リエゾンとは、TEC-FORCEの一部であり、派遣先の被災地方公共団体と連絡・調整を図り、以下の業務を行うこととしている。

- 災害情報、一般被害情報、応急対策活動情報等の収集及び連絡
- 災害対策用機械等の派遣のための情報把握等
- 地方整備局等直轄施設に関する被災状況の提供
- その他災害応急対策及び災害支援要請に関する情報の収集及び連絡

「リエゾン (liaison)」とは、フランス語で仲介、橋渡し等の意味で、国土交通省では、的確かつ迅速な災害対応を実施するため、被災地方公共団体の災害対策本部へ積極的な情報収集及び必要な支援内容把握のため派遣する職員をリエゾンとしている。

地方整備局長等と市町村長の間で災害時の応援協定(以下、「リエゾン協定」という。)を締結しており、市町村所管施設に著しい被害が発生又は発生が予想される場合にリエゾンを派遣することとしている。このリエゾン協定は、現在(平成26年11月)、全国の97%の市町村との間で締結している。

5. 活動実績

TEC-FORCEの活動実績について、至近2ヶ年の各年度で最大派遣規模となった2つの災害応急活動を事例にその概要を紹介する。

(1) 平成25年7月山口・島根豪雨災害

7月22日から、西日本から北日本の広い範囲で局地的に激しい雨となり、特に、山口県、島根県では7月28日の午前中を中心に記録的な大雨となった。島根県津和野町では観測史上1位となる24時間雨量381ミリを記録したほか、1時間雨量では山口県山口市で143ミリ、同県萩市で139ミリなどの観測史上1位となる猛烈な雨を観測した。この大雨により、山口県、島根県では、死者2名、行方不明者2名の人的被害、県管理河川の河川浸水等により床上浸水720戸、床下浸水933戸及び土砂災害115件が発生する等の甚大な被害となった。

TEC-FORCEの初動活動として、被災当日の28日から2県4市町(山口県、島根県、萩市、山口市、阿武町、津和野町)にリエゾンを派遣し、被災情報の収集と必要な支援内容の把握を実施した。天候の回復を待って翌29日には、四国・中国地方整備局と近畿地方整備局配備のヘリコプター2機にてTEC-FORCEによる上空から被害状況調査を実施した。これらのリエゾンやヘリコプター調査により得られた情報を活用し、その後の被災状況調査や応急復旧活動支援を実施している。

同じく 29 日から、中国地方整備局及び近畿、四国、九州の各地方整備局から TEC-FORCE を派遣し、地上からの被災状況調査を実施するとともに、排水ポンプ車による緊急排水や照明車による夜間の応急復旧支援等を実施した。

その後 14 日間で約 1,200 箇所の被災状況調査の成果をとりまとめて、8 月 11 日までに、県市町に説明・引き渡しを実施した。県市町では、これらの調査成果を早期復旧の基礎資料として活用されている。広域派遣の TEC-FORCE は、次期出水に備えるため、8 月 12 日に各地方整備局へ帰還した。その後は、萩市の要請を受け、中国地方整備局 TEC-FORCE (9 人) により応急復旧に関する助言を 8 月 24 日まで実施した。

これらの災害応急活動において、TEC-FORCE は最大 205 人派遣 (8/5)、のべ 2,011 人・日 (7/29 ~ 8/24)、災害対策用機械は最大 15 台 (7/29)、のべ 148 台・日 (7/28 ~ 8/27) となる被災地支援となった (写真—1、図—3)。

(2) 平成 26 年 8 月広島県土砂災害

広島市では 8 月 19 日から大雨となり、観測史上 1 位となる 3 時間雨量 217.5 mm (広島市安佐北区三入、起時 20 日 4 時 30 分) を記録し、20 日未明、土石流 107 件、がけ崩れ 59 件が同時多発的に発生した。安佐南区と安佐北区では、土石流、がけ崩れにより土石、流木が市街地まで流れ込み、死者 74 名の人的被害、全壊 179 棟、半壊 217 棟が発生する等の甚大な被害となった。

災害発生後直ちに、広島県へ 2 人、広島市へ 4 人のリエゾンを派遣するとともに、四国・中国地方整備局配備のヘリコプターにて TEC-FORCE による上空からの被災状況調査を実施した。

同じく 20 日から中国地方整備局及び北陸、中部、近畿、四国、九州の各地方整備局、国土地理院、国土技術政策総合研究所及び土木研究所から TEC-FORCE を派遣し、①土砂災害危険箇所の評価・搜索活動の支援、②早期復旧のための支援、③二次災害防止のための支援等を実施した。

①土砂災害危険箇所の評価・搜索活動の支援としては、土石流被害が集中した緑井・八木地区等の 183 溪流において、緊急溪流点検を TEC-FORCE のべ約 700 人・日を投入し、10 日間 (8/20 ~ 8/29) で実施し、危険度評価をまとめた結果を 8 月 30 日に公表するとともに、広島県、広島市への説明を実施した。広島市では、危険度評価結果を避難指示等の取り扱いの判断材料として活用され、約 12 万人の



被災状況調査 (山口県萩市須佐)

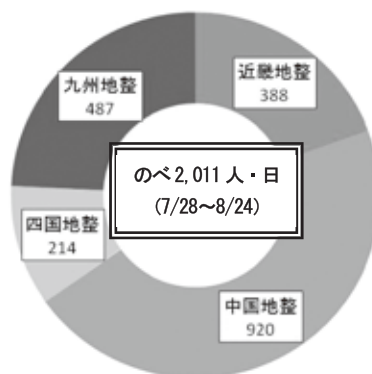


地元建設業と連携した孤立集落解消に向けた土砂撤去



緊急排水のため排水ポンプ車出動

写真—1 山口・島根豪雨災害における TEC-FORCE 活動



図—3 山口・島根豪雨災害における各地方整備局の TEC-FORCE 派遣実績

避難指示・勧告の早期解除に寄与している。その後も引き続き、被害を受けた地区周辺の 141 溪流の緊急溪流点検を TEC-FORCE のべ約 200 人・日を投入し、5 日間 (8/29 ~ 9/2) で実施し、同様に危険度評価の結果公表と県、市へ説明を実施した。また、発災直後から、警察、消防、自衛隊による搜索活動が行われており、これらの現地活動の安全確保のた

めの技術的助言を実施した。

②早期復旧のための支援としては、市街地まで流下した土石や流木の早期撤去に係る政府非常災害対策本部からの協力要請、また、施設管理者対応では長時間を要する状況に鑑み、県・市との調整により、技術的支援が必要な範囲について国土交通省で対応することとした。TEC-FORCE は、市街地に堆積した土砂等の撤去のための現場調整等を行い、地元建設業と連携して土砂撤去を実施した。八木用水は昼夜作業により 10 日間（8/25～9/3）で通水機能を確保させ、市道等は 29 日間（8/23～9/20）で概成させ、広島市へ引き継ぎ、早期復旧に寄与した。

③二次災害防止のための支援としては、危険度の高い溪流 17 箇所において、TEC-FORCE は現場調整等を行い、地元建設業と連携して大型土のうを設置し、早急に応急復旧を完了（8/28～10/6）させた。

また、この間、衛星通信車及び Ku-SAT（小型画像伝送装置）による土砂災害危険箇所の映像監視、対策本部車による現地支援、排水ポンプ車による緊急排水、照明車による夜間の応急復旧支援等を実施した。

これらの災害応急活動において、TEC-FORCE は最大 122 人（8/28）、のべ 2,431 人・日（8/20～9/23）、災害対策用機械は最大 18 台（9/4～9/5）、の 591 台・日（8/20～10/30）となる被災地支援となった（写真—2、図—4）。

6. 充実・強化に向けた取り組み

今後想定されている首都直下地震、南海トラフ巨大地震等の大規模災害時には、被災地域に全国からの広域的な支援が必要である。この広域的な支援は、必要となる TEC-FORCE や資機材の規模は非常に大きく、かつ、長期に及ぶことになる。

一方、近年雨の降り方が局地化、集中化、激甚化し、さらに大規模な火山災害が危惧されている状況があり、これらに対応した防災・減災について具体的な検討が必要となっている。1 月 20 日に「新たなステージに対応した防災・減災のあり方」について公表され、今後の検討の方向性について示されたところである。この中で、社会経済の壊滅的な被害を回避するための体制等の整備の一環として、TEC-FORCE による市町村の支援体制の強化が必要になっている。

これらの大規模な自然災害への備えに万全を期すため、TEC-FORCE の充実・強化を推進していく必要がある、以下にその取り組み状況について紹介する。



土砂災害危険箇所の被害状況調査

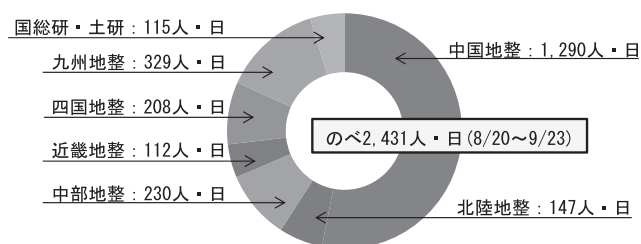


捜査活動中における助言



地元建設業と連携した土砂撤去

写真—2 広島土砂災害における TEC-FORCE 活動



図—4 広島土砂災害における各地方整備局の TEC-FORCE 派遣実績

(1) 災害時の対応強化

首都直下地震、南海トラフ巨大地震を想定した TEC-FORCE 活動計画を作成し、発災時の迅速な応急活動に備える必要がある。例えば、南海トラフ巨大地震において甚大な被害が予想されるのは、近畿、中部、四国、九州の 4 地方整備局の管内であり、それぞれの地方整備局における受援計画を作成するとともに、各受援計画に対応した支援側の地方整備局等の支援計画を作成することとしている。

(2) 隊員の技術力の保持・向上

研修・訓練の充実を図るとともに、災害対応経験の教訓等の共有により、隊員の災害対応力の向上を図る必要がある。現在、国土交通大学校において、クラス別の3研修について出水期を避けた11月から2月に実施している。研修では、第一線の有識者や防衛省等の関係機関の講師陣による講義、各研修生の災害対応経験・知見を共有する課題研究を実施している。地方整備局においては、座学、現場研修、災害対策機械の操作訓練等を計画的に実施している。また、大規模災害が発生し TEC-FORCE 派遣が行われた際には、報告会等を開催し、災害対応経験や知見を共有するとともに、全国の総括防災調整官、防災課長等をメンバーとして災害現場の課題をテーマに検討し、とりまとめた成果を全国共有する等、災害対応力の向上を図っている。

(3) 災害対策用資機材の整備

活動実績を整理し、新技術の利活用を含めた必要な資機材を整備し、活動の迅速性、安全性の向上を図る必要がある。平成26年8月広島土砂災害において、九州地方整備局 TEC-FORCE が災害現場ではじめてマルチコプターによる被災状況調査を実施している。TEC-FORCE 活動の迅速性・安全性を図った先進事例として共有し、利活用の拡大を図っていく。

(4) 広域実働訓練

平成26年度は、和歌山県和歌山市（本会場）と大阪府堺市において、南海トラフ巨大地震近畿地方地域対策計画における5つの深刻な事態を想定した広域のかつ実践的な訓練を実施している。特に、TEC-FORCE の実働訓練では、近畿地方整備局をはじめ、北海道開発局、東北、関東地方整備局の隊員が参加し、自衛隊機による TEC-FORCE 輸送訓練や排水ポンプ車による緊急排水、衛星通信車による映像配信、マルチコプターによる被災状況調査等の実働訓練を実施し、充実・強化を図っている。

引き続き、南海トラフ巨大地震対策計画「地域対策計画」や TEC-FORCE 活動計画、広域実働訓練を組み込んだPDCAにより、大規模自然災害時における災害対応力の向上を図っていく。

(5) 関係機関・民間等との連携

自衛隊、消防、警察等の関係機関及び防災エキスパート、地元建設業等の民間団体とは、訓練等を通し平時から連携を図っている。引き続き、いろいろな機会を通して連携強化を図っていく。

(6) 広報、ロジ体制の強化

災害現場の状況を広く国民の皆様にご覧いただくため、広報体制を強化していく必要がある。TEC-FORCE 活動を通して広報することにより、防災、減災に対する国民の認識を深めていくことも期待できる。

そのためには、現場での適切な取材対応方法やホームページによるわかりやすいアピール方法を検討していく必要がある。平成25年10月から国土交通省ホームページに TEC-FORCE フォトギャラリーを開設しているが、さらにわかりやすくアピールしていくことで、防災・減災につなげていく。

TEC-FORCE の活動を円滑かつ継続的に実施するためには、後方支援が欠かせない。TEC-FORCE の活動環境を確保するためにも、引き続き、広報支援体制の強化を図っていく。

7. おわりに

TEC-FORCE の派遣回数、派遣人数とも、発足当時と比べて確実に増加している。これは、TEC-FORCE の認知度が一定程度高まり、TEC-FORCE の災害応急活動に対する期待が大きくなってきたものと捉えられる。

引き続き、信頼される TEC-FORCE を目指し、これまでの TEC-FORCE 活動を踏まえた充実・強化に向けた取り組みを進めていくことで、国民の安全・安心を確保する使命を果たしてまいりたい。

J C M A

【筆者紹介】

澤頭 芳博（さわがしら よしひろ）
国土交通省
水管理・国土保全局 防災課 災害対策室
課長補佐



行政情報

道路管理者による放置車両・立ち往生車両対策の強化 [災害対策基本法の改正]

柳 田 誠 二

平成 26 年 2 月の関東甲信地方の大雪では、立ち往生車両の処理が除雪作業の大きな弊害となった。さらに、今後想定される首都直下地震等の大規模災害時には、道路の被災等により大量の放置車両の発生が懸念されている。

これらの課題に対応するため、道路管理者による放置車両・立ち往生車両の移動を可能とする規定を盛り込んだ災害対策基本法の一部を改正する法律が平成 26 年 11 月に成立した。

本稿では、改正された災害対策基本法の概要を紹介するとともに、既に、改正災対法の適用事例として、今冬の降雪に伴う立ち往生車両の移動措置について紹介する。

キーワード：災害対策基本法、放置車両・立ち往生車両対策、道路啓開

1. はじめに

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災においては、道路啓開の重要性が再認識され、平成 26 年 2 月の関東甲信地方の大雪では、立ち往生車両の処理が除雪作業の大きな弊害となった。さらに、今後想定される首都直下地震等大規模災害時には、道路の被災等により深刻な交通渋滞や大量の放置車両の発生が懸念されている。

これらの課題に対応するため、大規模な災害発生時に道路管理者による放置車両・立ち往生車両の移動を可能とする規定を盛り込んだ災害対策基本法の一部を改正する法律（以下、「改正災対法」という）が、平成 26 年 11 月 14 日に成立し、21 日に施行された。

本稿では、改正災対法に盛り込まれた措置の概要について紹介するとともに、今冬の降雪において、改正災対法を適用して、立ち往生車両の移動を行った事例を報告する。

2. 災対法改正に至った災害等

平成 23 年 3 月 11 日に発生した、東日本大震災では、道路をはじめとして甚大な被害が生じ、被災地へのアクセスルートを確保するため、「くしの歯作戦」により道路啓開を実施し、被災地における救急救命および復旧支援活動に大きく貢献した。一方、首都圏においては、地震発生と同時に公共交通機関が運転をとりや

めたことや首都高速道路が全面通行止めになったことなどから、一般道路に帰宅する自動車が集中し、緊急車両の移動も困難になるほどの深刻な渋滞が発生した（写真—1）。今後想定されている首都直下地震が発生した場合、道路上に溢れる車両をどのように処理するかが課題として認識された。



写真—1 東日本大震災時の東京の渋滞状況

また、平成 26 年 2 月 14 日に関東甲信地方を襲った豪雪は、各地で記録の大雪となり、道路、鉄道をはじめとした交通機関が麻痺状態となり、数日間に及んだ通行止めは社会経済に大きな影響を与えた。道路においては、各地で立ち往生が発生し、これらの立ち往生車両が除雪作業の障害となり、道路の除雪が滞るうちに、さらに別の場所で立ち往生が発生するといった悪循環が起き、結果的に大規模な立ち往生が発生した（写真—2）。こうした立ち往生車両をいかに迅速に移動



写真—2 平成 26 年 2 月豪雪時の国道 18 号

させるかが、大雪時における除雪対応の大きな鍵であることが再認識された。

道路法においては、災害現場での破損を含む物件の処分（道路法第 68 条）、長時間放置された車両の移動（道路法第 67 条 2）は可能であるが、適用可能な場面が限られることや、車両が対象となっていることが明確でないこと、緊急を要する場合に車両の破損を含む迅速な対応が図れないなどの課題があった。

3. 改正災対法の主なポイント

(1) 災害時における車両の移動

（災対法第 76 条の 6 関係）

道路管理者は、災害が発生した場合において、車両等の物件が緊急通行車両の通行の妨害となることにより、災害応急対策の実施に著しい支障が生じるおそれがあり、かつ、緊急の必要があると認めるとき、その管理する道路についてその区間を指定して、車両等の運転者等に対し、車両等を道路外へ移動することその他必要な措置を命じることができることとした。また、運転者が移動の命令に応じない場合や不在の場合などには、道路管理者自ら、車両等を移動できることとした。その際、やむを得ない限度での車両の破損や他人の土地を一時使用できることとし、損失補償規定も設けている。

(2) 都道府県公安委員会からの要請

（災対法第 76 条の 4 関係）

現在の災対法において、都道府県公安委員会は、災害が発生し、まさに発生しようとしている場合において、道路の区間を指定して、緊急通行車両の通行を確保するための交通規制を行うことができる。したがって、当該規制と道路管理者による道路啓開との連携を確保するため、都道府県公安委員会から道路管理者に

対して、上記 1) の区間の指定や車両等の移動を要請することができる規定が設けられた。

(3) 国土交通大臣又は都道府県知事からの指示

（災対法第 76 条の 7 関係）

緊急通行車両の通行を確保するためには、高速自動車国道、一般国道、都道府県道、市町村道のネットワークで被災現場までのルートを確認する必要がある。このため、道路管理者が前述の道路指定等を行うに当たって、被災現場までのルート全体を広域的に俯瞰して必要な道路啓開が行われるよう、国土交通大臣は都道府県知事又は市町村長に対して、都道府県知事は指定都市以外の市町村長に対し、必要な指示を行うことができることとする規定が設けられた。

なお、市町村から国や都道府県に対し道路啓開を要請する場合については、今回の改正災対法による車両の移動等に限らず、災害対策応急対策全般について、被災市町村から都道府県に対し、また、被災都道府県から国に対して、災害対策応急対策の実施を要請することができる規定がある（災対法第 68 条、災対法第 74 条の 3）。

(4) 損失補償（災対法第 82 条関係）

前述 (1) の措置によって、特定の私人が経済上の損失を被ることが想定されるため、災対法の損失補償に関する規定に、車両等の移動や、土地の一時使用などによる損失補償の規定が設けられた。

4. 今冬の降雪対応に“改正災対法”を適用

(1) 国道 192 号で初適用

昨年（2014 年）の 12 月 5 日から 6 日にかけて、北日本から西日本にかけて広範囲で雪が降り、日本海側や山沿いを中心に大雪となった。特に、普段雪の少ない四国の愛媛県と徳島県を結ぶ国道 192 号の県境付近において、大雪に伴う立ち往生車両が約 130 台発生（写真—3）し、



写真—3 国道 192 号の立ち往生車両の状況



写真—4 立ち往生車両の移動状況

改正災対法を初めて適用し、立ち往生車両の移動措置を行った（写真—4）。また、広島県と島根県を結ぶ国道54号の県境付近でも、約60台の立ち往生車両が発生し、改正災対法に基づき車両の移動措置を行った。

その後の12月16日から18日の降雪では、北海道や岐阜県、長野県、愛媛県において、今年に入って正月早々の1月1日から3日には、京都府や滋賀県、三重県において、改正災対法に基づき立ち往生車両や放置車両の移動措置を行っており、2月1日現在、42区間（表—1）で改正災対法が適用されている。

表—1 改正災対法区間指定実績（H27.2.1 現在）

道路種別	区間指定数	うち道路管理者による 車両移動区間数	うち強制移動 区間数
高速道路	4区間	3区間	無し
直轄国道	37区間	7区間	3区間
補助国道	1区間	1区間	無し
計	42区間	11区間	3区間

※損傷補償事例無し

(2) 改正災対法適用による効果

改正災対法では、「運転者への移動命令」「道路管理者自らによる移動」が可能となったことから、車両移動の時間短縮が図られ、除雪を効率的に実施すること



写真—5 放置車両の強制移動状況



写真—6 放置車両の強制移動後の掲示

が可能となり、早期の交通止め解除につながった。

従来は、運転者の同意を得て、車両の損傷に配慮しながら移動せざるを得ず、また、運転者が不在の放置車両は、運転者を捜し出し移動要請を行っていた。これらの課題を、改正災対法に基づき強制移動することにより、迅速な対応が可能となった（写真—5、6）。

5. 今後の課題

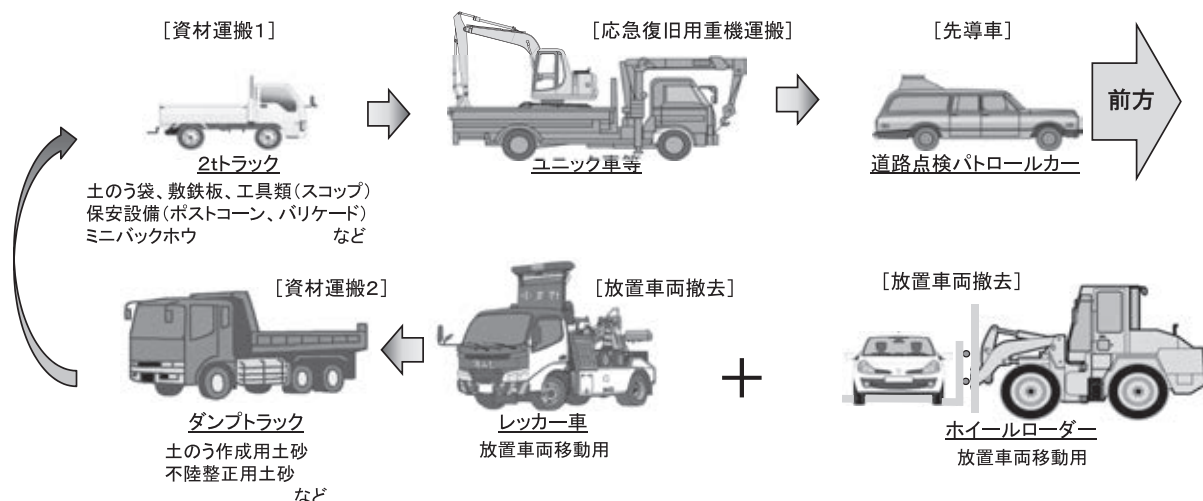
(1) 事前の備え

改正災対法に伴い、車両移動の実働訓練（写真—7）や運用の手引きの作成、説明会等を実施し、事前に備えていたこともあり、今冬の降雪対応では、比較的、円滑に災対法が適用され効果も上がっているが、いくつかの課題も浮き彫りになっている。

まずは、立ち往生車両を発生させない取り組みとして、降雪や路面状況、車両の走行状況に応じて、早めの通行止めを実施し、効率的な除雪を行う体制や立ち往生車両が発生しやすい峠などの区間には、必要な除雪機械等を事前に配備することが必要である。また、



写真—7 災害対策基本法に基づく車両移動訓練



図一 道路啓開実働部隊のイメージ

立ち往生車両が発生した場合の措置として、速やかに立ち往生車両の排除ができるよう、発生規模等を勘案し、災対法の適用について速やかに判断・指定するとともに、必要に応じて応援除雪の支援要請もあわせて検討する必要がある。

(2) 地震に対する放置車両対策

首都直下地震では、大量の放置車両が発生し、道路啓開作業に支障が生じると予想されている。そのため、放置された車両を効率よく安全に移動させる必要があり、関東地方整備局では、平成 26 年 6 月に「道路啓開時における路上車両移動技術研究会」を設置し、被災を想定し既存の車両移動機材・技術の被災状況に応じた適応性を検討するとともに、必要に応じた新たな車両移動機材・技術の検討を行っている。

現在想定している道路啓開実働部隊は、道路点検パトロールカー、応急復旧用重機、資材運搬車、レッカー等で構成しており（図一 1）、さらに、車両を迅速に、かつ大量に、そして出来るだけ車体を傷つけないよう新たな重機が必要と考えており、研究開発そして実際の配備を進めて行くこととしている。

6. おわりに

今冬の降雪対応では、改正災対法を適用させることにより、除雪の効率化や通行止めの時間短縮等の効果が見られた。しかしながら、災対法の指定を行ったそれぞれの箇所においては、改善すべき点も見受けられる。これらの実例等を検証し、今後の大雪等の災害時に適切に活かされるよう、周知に努める所存である。また、今後想定されている首都直下地震や南海トラフ巨大地震においても、道路啓開が円滑に進むよう、啓開計画の策定とともに災対法の適用や車両移動などの災害を想定した実働訓練を、引き続き充実させることとしている。

J C M A

【筆者紹介】

柳田 誠二（やなぎた せいじ）
国土交通省
道路局 国道・防災課
道路防災対策室
課長補佐



東日本大震災により被災した 三陸鉄道の復旧工事（続編）

野田 軍治・佐々木 健

三陸鉄道北リアス線および南リアス線は、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震とその後に襲った巨大津波で鉄道施設が壊滅的な被害を受けた。未曾有の災害と鉄道存続の危機を乗り越え、発災からわずか 3 年目で完全復活を果たした三陸鉄道について、既報告（2013 年 4 月報告）以降の工事内容と現況について報告する。

キーワード：自然災害，東日本大震災，鉄道被害，復旧工事

1. はじめに

三陸鉄道は、岩手県沿岸部を南北に縦走する第三セクターの路線である。昭和 59 年 4 月 1 日に、旧国鉄の特定地方交通線から転換して開業した、第三セクター化第 1 号の鉄道で、開業以来、三陸沿岸地域の住民の足として、また、観光や地域振興の社会基盤として重要な役割を果たし、開業以来 27 年間走り続けてきた。

しかし、平成 23 年 3 月 11 日発生した、日本の地震観測史上最大ともいわれる東北地方太平洋沖地震および巨大津波により鉄道施設は甚大な被害をこうむった（図—1）。

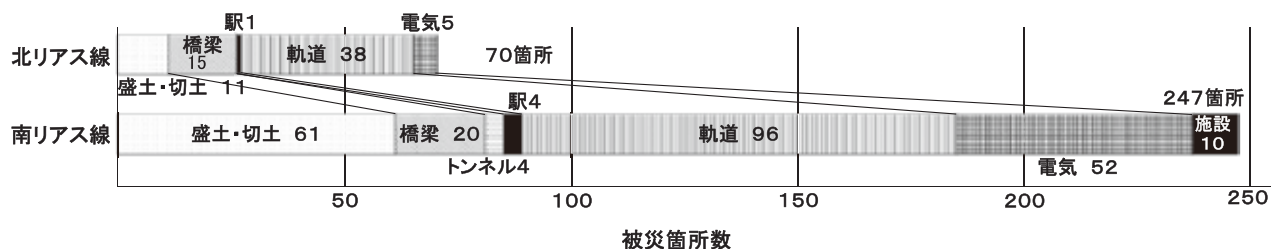
この東北地方太平洋沖地震は、三陸沖の牡鹿半島の沖合い東南東約 130 km を震源とし、マグニチュードは 9.0 である。震中に近い南リアス線の沿線の大船渡市大船渡町で震度 6 弱（震中距離約 146 km）、釜石市只越町で震度 5 強（震中距離約 155 km）が観測された。この地震動により、施工基面の盛土沈下や橋脚の破損が発生。最大加速度は 3 方向成分の合成でそれぞれ 1,076 gal, 1,503 gal であった。一方、北リアス線は、沿線に近い宮古市田老町で震度 5 弱（震中距離約

179 km）、野田村野田で震度 5 弱（震中距離約 240 km）が観測された。最大加速度は 3 方向成分の合成でそれぞれ 241 gal, 136 gal であった。この地震動による被害は小さいものの、外海から線路までの距離が近い区間において、防波堤を越えた津波により、盛土の流失、高架橋の倒壊、橋桁の流失等の被害を受けた。前述の観測記録では、北リアス線よりも南リアス線の方が沿線で最大加速度が大きく、南リアス線の最初の被害は地震によるものと考えられる。さらに南リアス線は狭い湾奥に線路があり、外海よりもさらに高い津波が打ち寄せたため、施工基面が比較的高い位置にあるにもかかわらず盛土路盤構造物等が流失した。

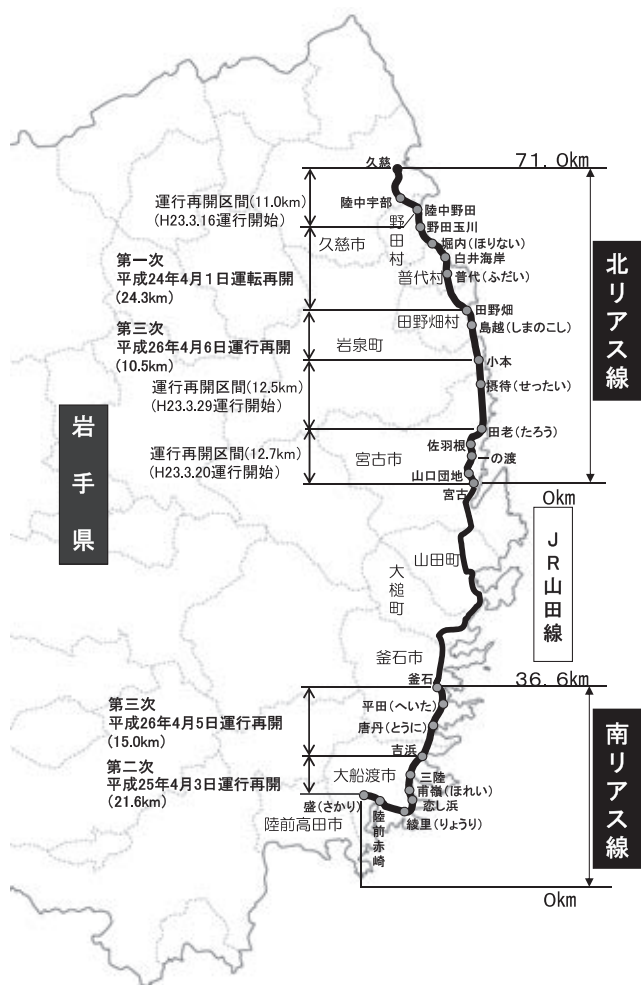
また、南、北リアス線とも、外海に面する位置に線路がある地域では、防潮堤を越えた津波が直接、橋りょう等の構造物ばかりではなく、軌道設備・電気設備をも呑み込み流失させるなど、甚大な被害を受けた。

三陸鉄道は、震災後わずか 5 日後に復興支援列車として運賃無料の列車を走らせて、住民の復旧活動を支え、かつ、被災者を大いに勇気付けた（図—2）。

しかし、残る北リアス線の小本・陸中野田間と、南リアス線全線については、被害が甚大なことから目途



図—1 三陸鉄道の被災箇所数

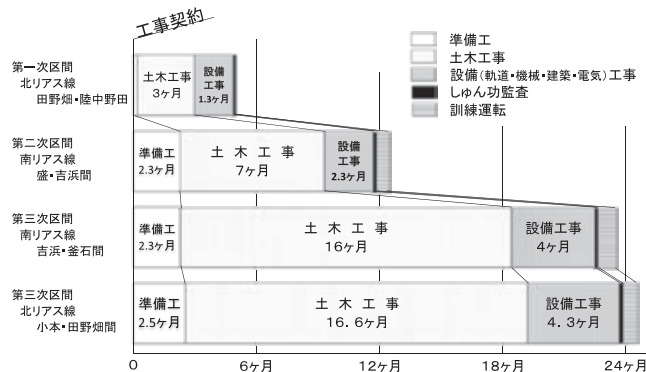


図一 三陸鉄道の路線概要図

が立たない状況だった。震災から約4ヶ月後の7月に、「ルートは変更せず、被害の大小に対応した区間および工事の施工期間に応じて、三期に分けて復旧し、3年以内の全線復旧をめざす」復旧計画を決定し、いずれの区間も、新学期が始まる4月に運行再開を目指すこととしたが、この区間については、構造物の新設や補強が必要なことから、三陸鉄道は、鉄道・運輸機構に支援を要請し、平成23年11月1日に復旧工事の設計施工を委託した。

2. 復旧の内容

復旧工事は、被害を受けた区間を三期に分けてを実施した。図一3に工事契約から運行再開までの期間を施工月数で表したものを示す。第一次から第三次までのどの区間も施工期間的に厳しいものがあったが、特に、第一次区間の北リアス線、田野畑・陸中野田間では土木工事がわずか3ヶ月で、その後の軌道・電気工事でも約1ヶ月しかない状態であった。第二次区間である南リアス線、盛・吉浜間では、復旧延長が約



図一3 契約から運行再開までの施工月数

21 km もあり、復旧工事内容も多岐に亘っておりながら、軌道引渡まで7ヶ月で仕上げるという非常に厳しいものだった。第三次区間はどちらの土木工事でも16ヶ月と比較的余裕があるようにみえるが、新設の構造物の構築、河川内での工事のため制約が多い作業環境であった。

また、どの区間も被災地であるがために、近傍からの資材の調達や作業員の確保が困難であり、かつ、遠隔地から作業員を確保しても宿泊施設が不足しており、宿舎確保に苦勞するという厳しい状況であった。

以下、昨年4月に運行開始した第三次運行再開区間の復旧工事内容について報告する（第一次運行再開区間（北リアス線、田野畑・陸中野田間）および第二次運行再開区間（南リアス線、盛・吉浜間）は報告済み）。

(1) 南リアス線、吉浜・釜石間

当該区間は、平成26年4月5日に運行再開をし、これにより南リアス線全線が完全復活した(写真一1)。



写真一1 中番庫高架橋付近を通過する記念列車

主な工事内容は、荒川地区および唐丹地区の盛土の復旧、津波で橋りょうが流出した荒川橋りょうの復旧、地震で橋脚躯体および支承部が損傷した第1大渡川橋りょう・中番庫高架橋・第2大渡川橋りょうの復旧、軌道の復旧などである。



写真-2 荒川橋りょうの復旧状況

(a) 荒川橋りょうの復旧

荒川橋りょうは、南リ阿斯線で唯一津波で流出した構造物である。河川上にかかっていた32mのPC桁は、桁高が2.7mあり、河川を遡上してきた津波による横圧力を受け、支承部が横圧力と揚圧力に抵抗できずに損傷し、上流方に流出したものと思われる。復旧構設計画では、できるだけ桁高さを抑えることとし、桁高1.6mのPCホロースラブ桁にて復旧を行った(写真-2)。

(b) 大渡川橋りょう付近の復旧

南リ阿斯線の終点である釜石駅付近の大渡川橋りょう周辺は、津波被害は受けず、地震動による大きな被害を受けた。地震動による被害は、橋脚躯体の主鉄筋段落し部の損傷、PC桁の支承部ならびに桁端部の損傷などである。

橋脚躯体の耐震補強工には、RC巻立て補強を採用し、鋼製支承はゴム支承に交換して、移動制限装置を新たに設置した。どの橋りょうも、河川中央部や水際に位置していたため、仮設栈橋や仮締切が必要となり、制約の多い中での施工となった。特に、三陸沿岸のほとんどの河川には鮭が遡上するため、遡上時期や稚魚の放流時期には工事ができない状況であり、事前に漁業組合と綿密な打合せを行い、作業時期を決定する必要があった。施工可能期間を最大限に使用できるよう、何度も漁業組合に赴き、協力要請を行った結果、最大限協力するとの回答を得、期間内に無事完了することができた。なお、河川内工事についても、河川管理者の理解と協力が得られ、通年施工することができた。

地震動により被害を受けた橋りょうのうち、中番庫高架橋P1橋脚は、主鉄筋段落し部に発生した曲げひび割れが、せん断ひび割れに進展していたことから、躯体をRC構造で再構築することとした。再構築にあたり、トラス桁やRC桁を仮設ペントにより仮受けす

るなど、大規模のものになった(写真-3)。

なお、同地区は第二次世界大戦中の不発弾の残留が想定されたため、仮設栈橋および仮設ペント設置の準備工として、不発弾の探査調査を実施した。探査は、陸上部では金属探知機(写真-4)を、河川上では、栈橋または台船から河床部へ探査棒を挿入し、レーダーの反射波を解析する探査(写真-5)を行った。探査孔数は、270孔にのぼったが、幸いにも不発弾は発見されなかった。しかし、同じ大渡川橋りょう付近では、栈橋仮設中に、津波で流出した車両が橋脚付近に埋没しているのが発見され、車中に、行方不明者が



写真-3 中番庫高架橋P1橋脚躯体の復旧状況



写真-4 陸上部の不発弾調査状況



写真-5 河川部の不発弾調査状況

存在するのではないかということで、警察および消防とでの捜索を行った結果、駐車場に駐車していた車が流出したものと判明し、ことなきをえた。

(2) 北リアス線、小本・田野畑間

当該区間は、北リアス線、そして、三陸鉄道最後の区間として平成26年4月6日に運行再開をしている(写真—6)。



写真—6 島越付近の復旧状況

主な工事内容は、島越地区の盛土の構築、コイコロベ沢橋りょうおよびハイペ沢橋りょうの復旧、軌道の敷設、島越駅の移設等である。

(a) 島越地区

旧島越駅付近は、ラーメン高架橋と橋りょうを含む桁式高架橋で構成されていたが、駅舎を含め、ほとんどの構造物は津波で倒壊または流出するなど壊滅的な被害を受けたことから、復旧工事は従来の高架橋に代り、自治体の防災計画の意向に基づいて第2線堤の役割を果たす盛土を造成した。道路と交差していた2箇所についてはボックスカルバートを構築した。新設する島越駅は、津波の影響を受けにくい位置(終点側に130 m 移動)に移動し、山側の盛土上に乗降設備を設置した。駅舎ならびに駅前広場の造成については、自治体(田野畑村)の施工で、新駅舎は旧駅舎の面影を残す洋館風の建物となっている(写真—7)。

なお、被災地においては、震災以降、骨材等の資材



写真—7 津波の影響の受けにくい位置に移動した新島越駅

の確保が困難であったことから、盛土材の一部に、近隣の国道トンネル工事で発生したズリを破碎機で破碎し下部盛土に使用した。

(b) コイコロベ沢橋りょう、ハイペ沢橋りょう

トンネルとトンネルに挟まれたまばたき区間にあるコイコロベ沢橋りょうとハイペ沢橋りょうは、防潮堤のない外海に面していることから、津波による上部工の流出をまぬがれるよう、2径間連続 GRS (Geosynthetic-Reinforced Soil) 一体橋にて復旧を行った。また、島越地区の盛土と松前川の交差箇所に位置する松前川橋りょうも、GRS 一体橋にて構築した。GRS 一体橋は、補強土橋台と橋桁が一体化した下床版と支承部のない門型形状の橋梁である。このような特徴から、GRS 一体橋は、津波で橋桁が流出することなく、単純桁方式よりも津波に対して、粘り強い構造になっている。なお、両橋りょうとも、既設の橋台、橋脚の一部を再利用している(写真—8、9)。



写真—8 コイコロベ沢橋りょうの復旧状況



写真—9 ハイペ沢橋りょうの復旧状況

3. 三陸鉄道の現況

昨年4月、南・北リアス線全107.6 km が全線開通し、沿線住民や多くの鉄道ファンは喜びに沸いた。NHK 連続テレビ小説「あまちゃん」効果もあり、観光客や

団体客が増加し、乗客は震災前とほぼ同じ位に回復しているが、三陸鉄道沿線の被災地の状況は駅周辺もまだ復興が進んでおらず、沿線の人口減少は著しい。当面は定期利用の固定客の増加は望めないことから、今後は観光利用客の維持と、沿線の住宅再建を見据えた定期利用の確保が課題となっている。三陸鉄道では、被災地の状況、復興状況、震災時の課題等を社員らが説明する「震災学習列車」(写真—10)、車内外が岩手古民家イメージの新お座敷車両(写真—11)を使用しての「こたつ列車」、新レトロ調車両(写真—12)を利用してどぶろくを呑みながら、神楽や遠野地区の昔話語り部を楽しむ「どべっこ列車」、そして「ビール列車」などの季節に合わせたイベント列車を運行し、移動手段にとどまらない利用を呼びかけている。

また、昨年12月24日には、東日本大震災の津波被害を受けて運休中のJR山田線宮古・釜石間の運営を

三陸鉄道に移管するJR東日本の提案について、地元側が受入れを決めた。これにより、南・北リアス線と合わせ、久慈・盛間が1本の鉄路でつながることとなる。久慈市から大船渡市まで1本のレールでつながり、ダイヤ編成が柔軟になることは観光でも利便性が高まることになる。

4. おわりに

三陸鉄道を含む三陸沿岸鉄道は、明治29年と昭和8年の過去2度の三陸大津波後、「津波のときでも運行する安定した公共交通機関を」というポリシーの下で計画され、三陸沿岸開発および災害復興策として建設された。三陸鉄道は、この使命に基づき、今回の震災においてもいち早く列車を動かし、そして、当初計画どおり3年で全線復活させた。このことが、沿線住民に復興が不可能でないことを示し、三陸沿岸地域の復興の象徴となった。さらに、三陸鉄道の駅舎を復興地域活性化の拠点として、鉄道資源、沿線住民や観光資源を有効活用した企画列車等を実施し、三陸鉄道沿線地域の賑わいを創出させている。

謝 辞

今回の復旧工事は、「全線運行再開を震災から3年目に」完遂させるという厳しいものであったが、目標どおり完成できたのは、国をはじめとし、岩手県や自治体の全面的な支援があったこと、早期に方針を決定したことにより、他の復興事業が着手される前に本格的な工事が始まり、被災地が直面している電気・水道などのインフラ崩壊の中での厳しい制約はあったものの、資材、作業員不足の影響を最小限に抑えることができたこと、そして、なによりも地元住民の方々の復旧に対する熱意と協力・支援があった賜物であり、ここに感謝申し上げる。

JCMA



写真—10 震災学習列車内で説明を聞く参加者



写真—11 新お座敷車両(36—Z1形)



写真—12 新レトロ車両(36—R3形)

【筆者紹介】

野田 軍治(のだ ぐんじ)
三陸鉄道(株)
事業本部 施設管理部
調査役



佐々木 健(ささき たけし)
(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構
鉄道建設本部 東京支社
計画部担当課長



米国ハリケーン・カトリーナ被害復旧・復興からの教訓^{a)}

株 田 文 博

2005年8月末に米国で発生したハリケーン・カトリーナ災害と、その復興過程の経験から、東日本大震災復旧・復興への教訓を抽出するため、本稿では、米国科学アカデミー紀要に掲載された論文¹⁾に示された、米国内外の災害復興事例に関する65文献等から導き出された4つの視点を軸に、我が国におけるハリケーン・カトリーナ復興に関する既往調査・研究も踏まえて、復旧・復興に向けて留意すべき点を考察した。

キーワード：ハリケーン・カトリーナ、周期的災害、災害復旧・復興、ハード・ソフト対策、復興の時間軸、土地利用調整

1. ハリケーン・カトリーナ被害の概要

カトリーナは、米国史上4番目にCategory 5に発達したハリケーンで、ルイジアナ州、ミシシッピ州を中心に約23万平方キロメートル（ほぼ日本の本州に相当する規模）に及ぶ広域に影響を与えた米国史上最悪の自然災害の一つであった。カトリーナの強風・降雨・高潮により死者1420人（ルイジアナ州932人、ミシシッピ州221人）、住宅被害約120万戸、被害総額750億ドルという甚大な被害がもたらされた。

また、ニューオーリンズ市では、堤防の決壊によって市街地の約8割が水没するとともに、100万人規模の被災者が発生し、40万人の市民が避難生活を送り、そのうち27万人が他州への広域避難を行う事態に陥った。

ニューオーリンズ市においては、カトリーナ以前の288年間に、27もの河川・ハリケーンを要因とする大災害が、概ね11年に1度の高い頻度で発生しており、堤防を主体とする防災システムを築いてきたが、「想定外」の大きさのハリケーンにより破滅的な被害がもたらされた。周期的な自然災害の発生、ハードを主体とする防災システムの構築、まれに発生する大災害により甚大な被害という点で、東日本大震災の津波被害と共通する部分もある。

2. 頻発する災害への対応と大災害への備え

カトリーナ被害を拡大させた要因として、(財)自治体

国際化協会がニューヨーク都市政策研究所に委託した調査の報告書²⁾によれば、以下の6点が挙げられている。

- ①市内の80%以上がゼロメートル地域であった、
- ②そのゼロメートル地域を守るのが、Category 3にまでしか耐えられない堤防であった、
- ③以前から今回のような災害が指摘されていたにもかかわらず根本的な対応を怠ってきた、
- ④市民も行政も今回のような堤防が決壊し洪水が起きるという認識がほとんどなかった、
- ⑤災害全体は非常に広範囲に及ぶ災害で、災害対応に従事する人々も被災者であった、
- ⑥市、州、連邦の災害対応がそれぞれに大きな問題を抱えていた。

これらのうち、特に①から④に関連し、Kates他¹⁾は、4つのうちの第1の視点として、頻発する災害による被害を減少するための対応策が、逆に大災害を引き起こす可能性の増加との関係性に着目し、「災害の破滅的なポテンシャルが増大する一方で、長期にわたって災害の被害を減少させようとする人間の能力のパラドクス」について論じている。

メキシコ湾での石油の採掘等の影響により地盤沈下が進行し、カトリーナ発生時に市街地の約8割が海拔ゼロメートル地帯であったニューオーリンズ市では、上述の通り、約11年に1度の頻度で大災害が発生してきた。1718年に都市が造成されて数年後に洪水が発生して以来、累次の災害後に、前回の災害時に水が到達した高さより、1フィート高い堤防が建設され、

いわばマージナルな安全性向上策により、都市が再建されてきた歴史を有している。こうした堤防建設の主体は、地主から州へ、最終的には連邦政府へと徐々に移行し、防災システムの根幹は米国陸軍工兵隊が担い、最も近代的な堤防が建設された。その際、堤防建設による都市再建に併せて、往々にして以前ハザード地域とされた地域でも都市開発が進み、経済格差による住居地選定の問題をはらみつつ、潜在的な危険地域が拡大してきたという事情もある。

Kates 他¹⁾は、「安全や効率性を犠牲にしてもしばしば開発を奨励する政治文化の下では、効果的なハリケーン防災システムの構築が、誤った優先順位付けにより阻害され」、「最も近代的な堤防建設の結果が、米国における最大の自然災害による大惨事を引き起こした」と結論づけている。

カトリナ発生の4年前に、科学者とメディア両方から、いずれ巨大なハリケーンがニューオーリンズ市を直撃するだろうという詳細な警告が繰り返しながらいたにもかかわらず、毎年のようにハリケーンが襲来し、一種の慣れにより市民の避難への意欲を削いだこと、行政側も堤防決壊を前提とした防災シナリオを描いていなかったことなど、過去の災害規模を超えた大災害に備えた防災対策の難しさを改めて認識させられる。

今回の東日本大震災においても、岩手県宮古市田老地区^{b)}では、リアス式海岸の湾の奥に位置し、幾度も津波の被害を受けているため、「万里の長城」と呼ばれた総延長2.4 km、高さ10 mの二重防潮堤を備えていたにもかかわらず、過去の大津波の被災者数を大きく下回るものの、200人を超える死者・行方不明者を出した。昭和三陸大津波から70年の節目である平成15年に、旧田老町で採択された「津波防災の町宣言」において、「私たちは、津波災害で得た多くの教訓を常に心に持ち続け、津波災害の歴史を忘れず、近代的な設備におごることなく、文明とともに移り変わる災害への対処と地域防災力の向上に努め、積み重ねた英知を次の世代へと手渡していきます」と宣言し、住民に対する幼少期からの防災教育と津波知識の普及を重視し、ハードとソフトの両面にわたる津波対策が実施されてきたことを踏まえると、ハード・ソフト対策の限界と、改めて非浸水地区を含む高台移転問題に関連して、個々の地域の事情は異なるものの、ハザード地域における土地利用のあり方を検討する重要性を痛感させられる。

なお、平成23年6月10日の毎日新聞に掲載された、岩手、宮城、福島3県の被災42市町村長へのアンケー

ト調査によれば、「津波被害を受けた地区の再生方法として、高台移転に賛成か反対か」との質問に対し、沿岸部37首長のうち約7割の25人が「賛成」と回答する一方で、「反対」は3人のみで、残りは「どちらとも言えない」と回答した。具体的な高台移転の手法として、「住宅と商工業施設など職場を一緒に高台に移転」と回答したのは3人で、水産施設や商業施設の一部への配慮から、13人は「住宅だけ高台移転」と回答した。当然、北海道奥尻島や三陸海岸の過去の震災復旧事例のように、沿岸住民の中に元の場所での住宅再建を希望する者もあり、現場の意向をどのように把握するのか難しい課題であるが、少なくとも市町村住民の生命の安全確保に責務を有する首長の意向は明らかである。

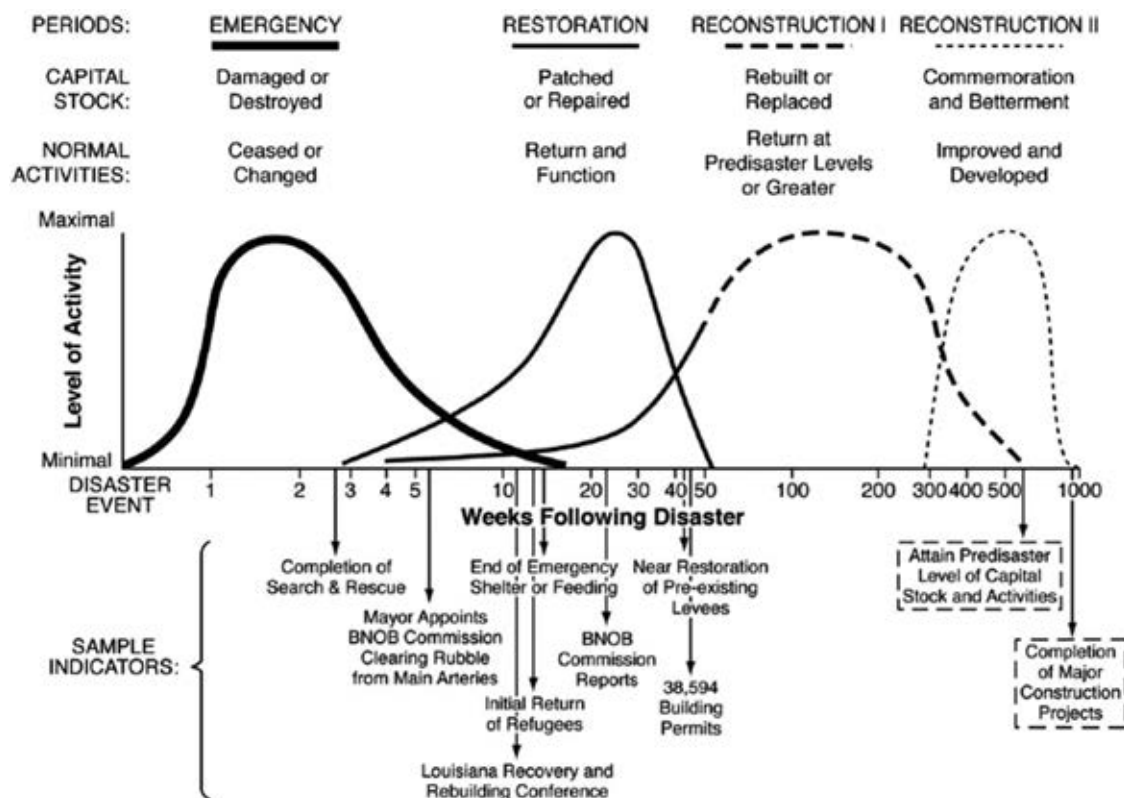
3. 復旧・復興の時間的展望

平成23年6月20日に、東日本大震災の復興を担う組織や財源など基本的な枠組みを定めた復興基本法が可決、成立し、6月25日には東日本大震災復興構想会議による「復興への提言」が公表され、今後被災地における復旧・復興が軌道に乗り、着実に進展することが期待されている。関係者の最大限の努力による早期の復興が果たされることが望ましいが、現実問題として、今次大震災のような大規模災害の復興にはどの程度の期間が必要となるのであろうか。

Kates 他¹⁾は、4つのうちの第2の視点として、米国内外における過去の長期にわたる復興研究成果をもとに、「復興フェーズの流れとタイミング」について、次のように論じている。広義の復興には長い時間を要し、緊急支援期、復旧期、(狭義の)復興期、改善のための復興期の4つの段階に区切られる。それぞれの段階での主な活動として、①緊急支援時期には、捜索、救助、緊急避難所と食料配給、秩序・体制の確立、幹線道路の復旧、洪水で溢れた水の排水、②復旧期では、都市生活に必須で修復可能な箇所の再建、③復興期には、インフラ、住宅、仕事を提供する産業の復活、④改善のための復興期では、より安全で、公平な町への改善を例示している。

また、各復興段階に要する期間について、それぞれの段階が重なることや災害状況により一様ではないとしつつ、概ね第2段階は第1段階の10倍、第3段階は第2段階の10倍というように、前の段階の期間のおよそ10倍を要すると分析している(図—1)。

このような段階別期間の目安を示すことは、復興に要する期間が極めて長くなることを認識して、長期的



図ー1 ニューオーリンズにおけるカトリーナ後の復興の流れとタイミング
資料：Kates 他¹⁾ 14655 頁の Fig.2. を引用

な視点での実行計画策定が必要となることを強調するとともに、過去の復興事例との対比において進展具合を評価するメルクマールとなりうる。カトリーナの場合には、緊急支援期が約6週間（ただし、緊急避難所の使用終了を判断材料とすると14週間という見方もある）、復旧期に40週を要しており、復興については8～11年を要すると見込まれている。

カリフォルニア大学のヴォーゲル教授は、「オバマ大統領の誕生をもたらした要因のひとつが、ハリケーン・カトリーナからの復興を巡るブッシュ共和党政権のもたつきであったことは間違いない」と述べており、事実オバマ大統領は、カトリーナ発生から5周年となる2010年8月29日、ニューオーリンズにて、「私の政権はニューオーリンズが完全に元通りになるまで、共に闘う」と演説し、さらなる復興に努力する姿勢を強調した。しかしながら、近年、米国では大規模な自然災害が増加傾向にあり、連邦政府の財政負担が膨らみ、災害復興費用は年平均で87億ドル（約7千億円）に達している。財政再建の機運の高まりにより、これまで聖域扱いをされてきた災害復興費用の補正予算編成が困難となり、新規の突発的災害復興への予算配分のため、昨年カトリーナの一部復興事業は、緊急性が低いと判断され5ヶ月にわたって中断されるなど、深刻な影響が出始めている。Kates 他¹⁾が予想

した8～11年での復興が達成されるかですら懸念される状況にある。

4. 相反する復旧・復興目標と土地利用計画

Kates 他¹⁾は、第3の視点として、「災害後の復旧努力の中で生じる復興に向けた、相反する目標と行動について考察」している。大規模災害からの復旧・復興を願う都市や地域においては、往々にして、迅速に住み慣れたまちへの復旧・再建を重視する集団と、災害を機会としてより安全で改善されたまちへの復興を重視する集団との間で、個々人の時間感覚、資金を含めたリソース、価値観等の違いにより、目指すべき復旧・復興目標で対立が生じがちであることが示されている。

さらに、カトリーナの場合には、様々な主体による復興計画案が乱立し、混乱に拍車をかけた。州知事が設置したルイジアナ復旧機関（Louisiana Recovery Authority）と、ニューオーリンズ市長が設置したニューオーリンズ回復委員会（Bring New Orleans Back Commission）が、同時に、かつ競争するように計画プロセスを開始した。例えば、ニューオーリンズ回復委員会の復興計画には、「持続可能で、環境面で安全であり、経済に活気があり、かつ社会的に平等な

コミュニティとして、25万人のより小さなまちを構想した。その地域住民は、計画が自らの手でなされ、雇用や地域と結ばれている。個々の住民は、文化、景観、建造物の伝統を保存し誇りに思う。」と記されていたが、カトリーナ発生から1年後も、市と州の双方が構想した計画はほとんど実現に移されなかった。このため、一部の地域住民は彼ら自身による方法で計画プロセスを進め、他の地域住民は市長と市議会がそれぞれ別に手配した専門家の援助を受け計画プロセスを進めた。専門家の支援を受け、統一された73の地区に向けた計画案と、市全体のインフラ整備の準備計画について、市長、市議会、市民団体の代表が同意するまでに10ヶ月を要したとされている。

こうした復興計画が議論されている中、いわゆる「現場の真実 (facts on the ground)」は、明らかに性急な被災地の元通りの再建であり、地方政府による建設作業の一時停止案はほぼ例外なく住民に却下されたとされている。

なお、ニューオーリンズでは、個人の家の所有者や事業経営者が、支柱の上の建物の下部分をオープンにすることや、ガレージや物置、作業所として使用して嵩上げすることにより、災害に備えてきた。連邦緊急事態管理庁 (FEMA) は、甚大な洪水被害を踏まえ、地面 (地表) の高さを約92センチまで嵩上げすることを提言したが、住民は、建物の外見や費用、コンクリートスラブの建物を嵩上げする技術に限界があるなどの理由から、被害を受けた建物を高くすることに対して極めて消極的であり、迅速な復旧を求める多くの市民に対し、FEMAの提言以前に建物の建設許可があり、同様にFEMAの提言でも、嵩上げしなくても (もしくは最小限の嵩上げでも) 再建可能としたために、事実上建造物の防災対策がなし崩しになった。

第2章と密接に関連するが、東日本大震災についても、被災地の多くで津波被害が甚大であったことから、防災集団移転促進事業等の活用による高台移転を含む復興計画や、その前提となる土地利用調整の面で、各地域における円滑な合意形成が望まれる。復興構想会議による「復興への提言」や、被災県が策定した復興計画案では、地域づくり (まちづくり、むらづくり) の基本的な考え方は概ね一致しており、今後は、具体的な復興を担う市町村において、ばらばらと住民が元の土地に住宅を再建する前に、これらに即した土地利用計画を含む復興計画の合意形成が早期に図られることが重要である。

その際、農林水産関係では、他に適当な高台移転の候補地が存在しない場合には、森林や畑地の転用や、

逆に住宅地等が浸水したハザード地域に該当する場合には、農用地への転用等も関係してくる。その際、浸水地域が、現状では資産価値がほとんどなく、復興を進める中で、市街地として整備されるのか、水田として整備されるのか、防災公園として整備されるのか等により、将来価値は大きく左右される。これら過去には一般的ではなかった土地利用調整を現場で円滑に進めるためには、そのような多様な場合を想定した、換地ルールの指針づくり、ひいては調整メカニズム (所要の法制度を含む) の整備が望まれる¹⁾。

なお、カトリーナ復興における土地収用等を伴う開発について、近藤³⁾によると、ニューオーリンズ市では、カトリーナ以前から問題となっていた空地・空き家対策を、災害を契機に行政が収用して課題解決を図る動きが本格化し、2006年12月に市内の放棄住宅、空地、抵当流れ住宅などをニューオーリンズ市再開発局 (New Orleans Redevelopment Authority: NORA) が収用することが可決され、市内に存在していると推測される空き家・空地3~10万のうち、NORAが2008年までに取得した土地及び建物が3万に及び、こうした土地収用の手段の整備により、個別ばらばらの再建を防止し、すまいの再建と連動した地域生活空間の再建の可能性が拡大しているとされている。

最後に、ハザード地域における土地利用調整をはじめとする防災対策は、被災地だけの問題ではなく、ゼロメートル地帯など三大湾 (東京湾、伊勢湾、大阪湾) における高潮危険地域577km²に404万人が居住しており、さらには今後、東海・南海・東南海連動型地震や首都直下型大地震の発生も想定されており、東日本大震災の経験を踏まえて被災地以外においても改めてハザード地域や津波避難ガイドラインの見直しが進められている自治体もある。こうした被災地以外の住民等にとっても、決して他人事ではなく、まさに復興構想7原則の原則7にあるように、「今を生きる私たちがこの大災害を自らのことと受け止め」、今後の地震・津波災害への備えを改めて検討する必要がある。

5. 既存の経済社会等のトレンド継続と人口・労働力市場の変化

Kates 他¹⁾は、最後の第4の視点として、災害復興の過程で、「これまでの人口・経済・社会・政治の動向を促進し、非常に多様な復旧の道筋を辿りがちであるかを検証」し、過去の災害復旧の事例分析から、「経済と社会が低迷している都市では、災害が起きると、一気に状況の悪化が進みかねない」と警鐘を鳴らして

いる。併せて、過去のトレンドと異なる復興を遂げた事例（例えば、1976年の中国・唐山市の大地震、1992年の米国フロリダ州ホームステッド市のハリケーンアンドリュー）も分析し、そのような復興を達成した要因として、「地域的な事情を克服する大きな構造的変化（contextual change）」を指摘し、「①現実に開発を促進するのに十分な外部からの支援、②異なる軌跡にあるより大きな地域からのスピルオーバー効果、③災害自体からのスピルオーバー効果」を例示している。

また、周⁵⁾は、カトリナから示唆を得る目的で、東日本大震災による東北3県の人口・労働市場の変化を分析している。カトリナ発生後に、米国では1930年代以来最大規模の人口移動が発生し、最大の被災地であるニューオーリンズ市では、被災前の全人口約45万人が1週間も経過しないうちにほぼ全てが流出し、翌2006年には約21万人（被災前の45.8%）しか戻らなかった。その後、ごみ処理業、輸送・倉庫業、住宅建設等の災害復興需要による雇用増大を背景として、当初3年間は力強いリバウンドを見せ、2009年には災害前の78%の人口レベルまで回復したものの、それ以降は減少し、2010年には75.5%のレベルまで低下している（図-2）。

Kates他¹⁾の指摘とも重なるが、周⁵⁾も、シカゴ火災、サンフランシスコ地震、広島市及び長崎市の原爆投下など大災害の後に、人口や労働力市場が一次的に縮むものの、見事に復興を果たし、これをバネとし

て経済発展した事例を指摘している。しかしながら、ニューオーリンズ市は、東北3県と同様に、被災前から経済が停滞し、人口減少の局面を迎えていたという点で共通しており、周⁵⁾が引用している「大災害は成長中の町にとっては一過性的なショックに過ぎないが、停滞中の町にとっては運命を変えるほどファンダメンタル的な打撃を与える」可能性があるというVigdor デューク大学教授（公共政策・経済）の指摘もまたKates他¹⁾の視点と合致する。

したがって、「復興関連の需要が一巡したところで、東北3県の雇用規模を維持できるかどうか」が長期的な復興における大きな分水嶺となると考えられ、復旧期から定住する住民の持続可能な雇用対策をビルトインしておくことが必須で、地域資源を活用した地域経済循環型の産業振興策が望まれる。周⁵⁾は、「Being Smaller, being wealthier」として、「町自体は一回り小さくなるが、そこに住む住民一人一人がより豊かになり、より幸せに暮らしていけるという将来像」を提唱している。元の場所に暮らしたいという住民の意向は尊重しつつも、限られた公共投資予算の中で、住宅と暮らしに必須の公共施設、学校、医療・介護施設、商店等が集約的構造で整備された、都市部ではコンパクトシティ、農村部ではコンパクトヴィレッジの建設が期待され、復興構想会議の「復興への提言」でも、「高齢者や弱者にも配慮したコンパクトなまちづくり、くらしやすさや景観、環境、公共交通、省エネルギー、防犯の各方面に配慮したまちづくり」が提言され

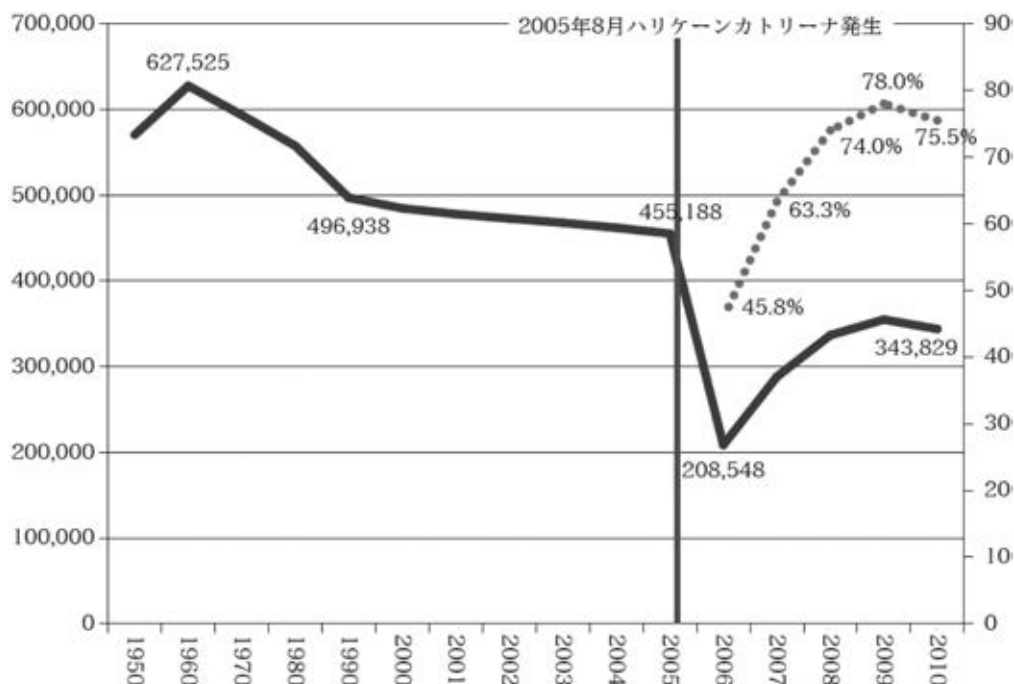


図-2 ニューオーリンズ市の人口規模の推移と災害後の人口回復割合（点線）

資料：周燕飛（2011） 4 頁の図 3 を引用

ている。今後、全国的な人口減少、高齢化も踏まえれば、被災地において現在よりも人口増加を見込むことが厳しいとの現実を直視し、将来の地域住民にも債務を負わせることになるインフラ投資と、定住の前提となる雇用を生み出す産業振興策との適切な資源配分も検討されるべきではないか。その際、被災地で雇用が発生する地域資源を活用した地域経済循環型の産業振興策として、東北3県のもともとの強みである農林水産業を核とした、関連の製造業やサービス業、バイオマスイネルギー、観光業振興を組み合わせた地域活性化策が効果的であろう。

6. おわりに

周期的な自然災害の発生、堤防等ハードを主体とする防災システム、想定外の規模の大災害による甚大な被害という点で、東日本大震災と共通する米国ハリケーン・カトリナ被害からの復旧・復興に関する研究から得られる教訓を大きく4点に整理した。未曾有の被害をもたらした東日本大震災からまもなく4年が経過するが、復興の更なる加速化を心より祈念する。

注 a) 農林水産政策研究所において平成23年度に実施した震災対応特別プロジェクト研究の一環として、平成23年6月末までの情報をもとに、諸外国における復興事例から主に食料・農業・農村分野における東日本大震災復興への示唆を抽出するために執筆した、「米国ハリケーン・カトリナ被害復旧・復興からの教訓」、『平成23年度カントリーレポート 米国、カナダ、ロシア及び大規模災害対策（チェルノブイリ、ハリケーン・カトリナ、台湾・大規模水害）』農林水産政策研究所、pp167-179、(2012)を再構成。

b) 田老地区では、明治（1896年）の大津波では1,859人、昭和（1933年）の大津波では911人の死者・不明者が発生し、昭和の大津波から3カ月後、文部省震災予防評議会が発表した「津浪災害予防に関する注意書」には、「津浪を正面から防御するのは不可能。高地移転が唯一の策」と記され、「住宅地を北側斜面12メートル以上の高地に移す」と提案されていた。

c) なお、平成23年7月には、東日本大震災復興対策本部事務局、農林水産省、国土交通省の連名による、「津波被災地における民間復興活動の円滑な誘導・促進のための土地利用調整のガイドライン」が公表された。

J C M A

《参考文献》

- 1) Kates, R.W. et al : Reconstruction of New Orleans after Hurricane Katrina: A research perspective, Proceedings of the National Academy of Sciences, 103 (40) , pp14653-14660, (2006)
- 2) 自治体国際化協会：ハリケーン・カトリナにおける事後の非常事態対応に関する調査＜報告書＞, (2008)
- 3) 近藤民代：ハリケーン・カトリナ後のニューオリンズ市復興プランニングの課題—カトリナ災害2年目の考察—, (社)日本都市計画学会 都市計画論文集, No.43-3, pp739-744, (2008)
- 4) 近藤民代：米国ハリケーン・カトリナ災害におけるニューオリンズ市の復興課題, 日本建築学会大会学術講演梗概集, F-1, pp313-314, (2008)
- 5) 周燕飛：大震災でどう変わる：東北3県の人口と労働力市場—米ハリケーンカトリナからの示唆—, ビジネス・レーパー・トレンド, 2011年6月号, 労働政策研究・研修機構, (2011)
- 6) 牧紀男・林春男：ハリケーン・カトリナの災害対応と復旧・復興—米国の危機管理システムは如何に機能したのか—, 自然災害科学, Vol.25 No.2, pp221-231, (2006)
- 7) 林春男他：ハリケーン「カトリナ」による広域災害に対する社会対応, 京都大学防災研究所年報, No.49A, pp9-21, (2006)
- 8) 千葉宇京：発生確率99%に備えて～宮城県沖地震防災対策～（特集記事 オープンフォーラム「宮城県沖地震対策の現状と課題～いま、宮城県沖地震を迎え撃てるか」, 自然災害科学, Vol.25 No.1, pp16-20, (2006)
- 9) 山下文男：三陸海岸・田老町における「津波防災の町宣言」と大防潮堤の略史, 歴史地震, No.19, pp165-171, (2003)
- 10) 中川秀空：被災者生活支援に関する制度の現状と課題—東日本大震災における対応と課題—, 国立国会図書館 ISSUE BRIEF, No.712, (2011)

〔筆者紹介〕

株田 文博（かぶた ふみひろ）
農林水産省
農林水産政策研究所
政策研究調整官



降雨災害による崩壊盛土の復旧工事の施工

JR 九州豊肥線の災害復旧工事

柏 木 和 也

平成 24 年 7 月の九州北部豪雨において旧築堤の崩落等により JR 豊肥本線が被災した。崩壊箇所は谷渡り盛土であり、高さ $H = 23\text{ m}$ ・延長 $L = 30\text{ m}$ の区間の盛土が崩落した。本災害復旧工事では、補強盛土工法により盛土を再構築した。現地発生土は火山灰質粘性土であり、使用する盛土材として土質定数の設定、品質管理及び短い工期が課題となった。現地発生土を石灰改良による再利用と施工方法の工夫により、適正な品質を確保しつつ山間部の狭隘な場所において短期間施工を行った。本報は災害復旧の施工方法とその施工管理について紹介する。

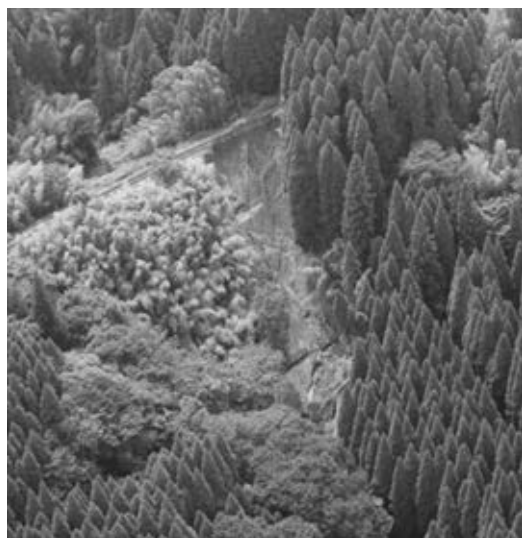
キーワード：降雨災害，盛土崩壊，火山灰質粘性土，石灰改良，施工方法

1. はじめに

本工事は、平成 24 年 7 月の九州北部豪雨による旧築堤崩落の災害復旧工事である。現場は九州を横断する JR 豊肥本線であり、熊本県と大分県の県境、阿蘇の東方に位置する（図—1）。被災当日は 100 mm / 時間の雨が 4 時間降り続き、阿蘇の宮地駅より大分側 20 km の区間で大規模水害が集中した。

この区間における災害の形態は、1 つの工区がトンネル崩壊、他の 6 工区は谷を埋めた築堤の崩壊であった。

当工区は被災した区間の西端を担当し（写真—1～3）、崩壊土砂を撤去後に補強盛土による築堤を再構築する復旧計画がされた。



写真—1 被災状況（全景）



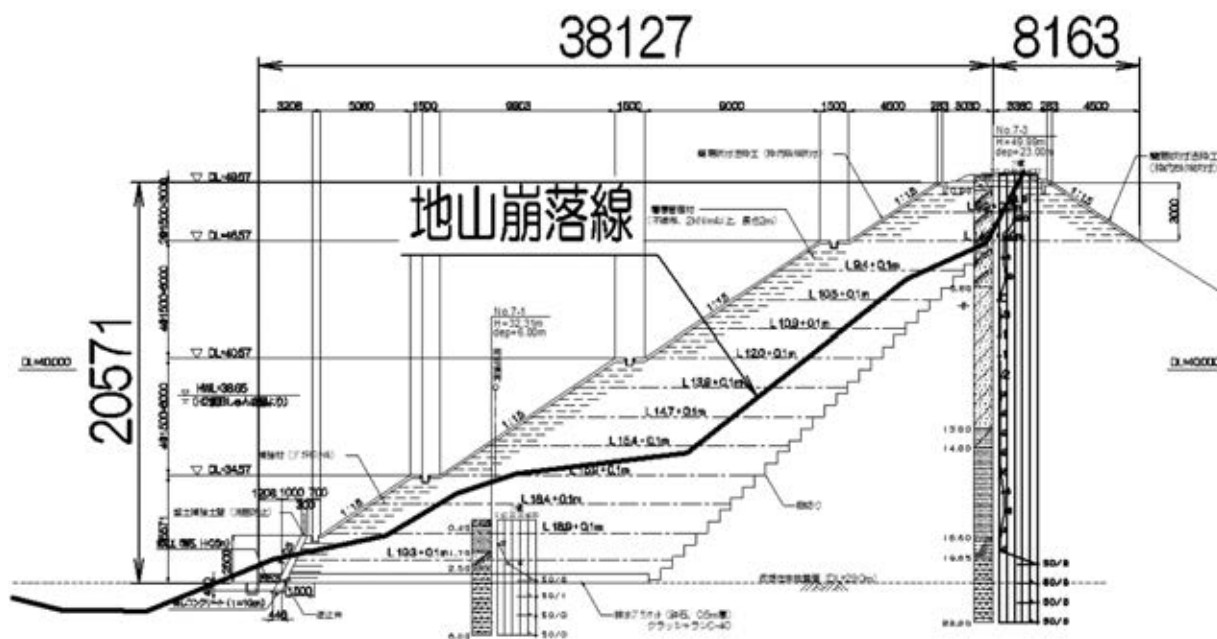
図—1 現場位置図



写真一2 被災状況（下方から）



写真一3 被災状況（上方から）



図一2 復旧盛土の標準断面図

工事着手時は基本設計がされた段階であり、着手後速やかに現地を踏査し、設計コンサルと協力し詳細設計の立案及び実施工を行った。復旧盛土の標準断面を図一2に示す。

掘削	$V = 2,840 \text{ m}^3$
補強盛土	$V = 5,600 \text{ m}^3$
補強土壁	1式
簡易吹付法枠	$A = 3,293 \text{ m}^2$

2. 工事概要

- (1) 工事件名：滝水・豊後萩間 71k265m 付近
外1災害復旧
- (2) 発注者：九州旅客鉄道株
- (3) 工事場所：大分県竹田市萩町木下 1554-1
- (4) 工期：自 平成 24 年 9 月 28 日
至 平成 25 年 7 月 26 日
- (5) 工事内容：施工区間 $L = 2,810 \text{ m}$
うち、崩壊部 $L = 30 \text{ m}$
盛土高さ $H = 22 \text{ m}$

3. 施工上の課題

(1) 盛土材

基本設計段階では、盛土材は以下の条件で安定計算を行い、盛土形状を決定していた。

- ①良質な砂礫 ($\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$, $\phi = 35^\circ$)
- ②復旧後の盛土の要求性能ランクはⅡ

(締固め度 D 値 $> 90\%$, 盛土仕上り厚 30 cm 以下)

しかし施工時は、当該地域の災害復旧工事が繁忙期であり、上記規格を満足する盛土材を遠方より調達するのは困難であった。そのため、盛土材は現地発生土

を再利用する計画とした。

ただし、現地発生土は“赤ぼく”と呼ばれる九州特有の火山灰質粘性土であり、高含水比で攪乱を受けると極めて軟弱となり、バックホウも走行不能となるような性質の土である。盛土材として用いる場合、トラフィカビリティと転圧効果の確保が難しく、安定した盛土の造成・管理が困難とされている。そのため、詳細設計においては“赤ぼく”の土質定数の設定及び品質管理が課題となった。

(2) 盛土の施工条件

盛土の施工方法（材料供給、盛立て方法）に関しては、下記事項に配慮して計画する必要がある。

- ①当該施工箇所は狭隘な場所であり、車両の進入に制約がある。また地盤崩壊に伴い周辺地盤の緩みが懸念されるため、安全面に配慮する必要がある。
- ②踏査・設計期間を考慮すると、実質6ヶ月で盛土工事を完成させる必要がある（早期施工）。

4. 課題に対する対応

(1) 盛土材

(a) 改良盛土材の仕様

現地発生土の“赤ぼく”では、基本設計で設定している強度を確保することが出来ないため改良を行うこととした。固化材は、セメント系の場合は六価クロムの確認が必要なことから、石灰（生石灰）を使用することとした。表－1に改良盛土材の仕様を示す。

表－1 改良盛土材の仕様

目標強度 q_u	340 (kN/m ²)
現場低減率 α	0.6 (バックホウ混合)
石灰添加量	95 (kg/m ³)
最大乾燥密度 ρ_{dmax}	1.04 (g/cm ³)

(b) 品質管理

盛土の品質管理は、振動ローラと転圧回数をパラメータとした試験盛土を行い、砂置換による締固め度D値が90%以上を確保する仕様を決定した。

その結果、4t振動ローラで4回転圧を行えば、D値>90%を満足する結果となった。トラフィカビリティについては、目視により問題ないことを確認した。

“赤ぼく”は密度試験値のバラツキが大きいため、密度を管理指標として採用することは不適切と言われているが、石灰により改良することで、バラツキの少ない密度試験値を得ることができ、管理指標として採

用することができた。砂置換法により計測した密度で、適切に盛土の品質管理を行った。

また、現場は標高600mの位置にあり、盛土施工時期が1月となるため、盛土材の凍結が懸念されたが、石灰改良による発熱効果を利用し、ブルーシートにより養生することで凍結対策とした。

(2) 盛土の施工方法

施工箇所が狭隘な場所であり、重機の進入路、盛土高さ ($h = 21$ m) の関係から、 $h = 12$ m 高さ位置の下層と上層とで盛土施工法を変更して施工した。

(a) 下層から中層区間

盛土材の供給方法として、バルコンやクレーンによる揚重、シュートによる投下等の仮設備を用いた施工方法を検討したが、下記理由より、通常通り重機を用いて下から順次盛土を行う施工法を採用した（写真－4、5）。



写真－4 最下層部の施工状況



写真－5 盛土下層部の施工状況

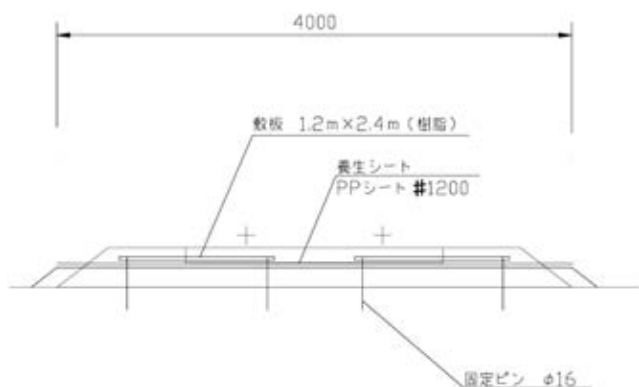
- ・仮設備に要する準備工の時間（工期上の課題）
- ・地盤の緩みによる仮設備基礎の安定性（安全面）

(b) 中層から上層区間

上部層では盛土材の供給方法として、重機、車両の工事用道路の設置が困難なことから、既設軌道部の

レールや枕木を撤去し、進入路を構築することで、盛土上部からのダンプトラックによる盛土材の搬入路を確保した。

進入路の構造は、軌道バラストへの土砂混入防止を防ぐため、土木シートを敷設し、軽量の樹脂板（1 m × 2 m, 40 kg/枚）を敷き並べ、アンカーピンで固定した（図—3、写真—6）。



図—3 上部進入路構造図



写真—6 上部進入路（既設軌道補強）

5. おわりに

本工事の復旧盛土の完成状況を写真—7に示す。本工事では、災害復旧工事の特性である狭隘な場所で



写真—7 完成写真

かつ制約ある材料や機械での早期施工という非常に厳しい条件下での施工であったが、これらの条件下で対応できる施工方法の採用により、工期内に安全に復旧することができた。特に、品質管理が困難とされる九州特有の火山灰質粘性土である“赤ぼく”を石灰により改良し、適切に盛土の品質管理を行うことができた。

今後の類似工事において、今回の工事が参考になれば幸いである。

謝 辞

本工事の施工にあたり、詳細設計の立案および施工に関し、ご指導いただきました九州旅客鉄道㈱をはじめ、関係各位の皆様には深く感謝し、お礼を申し上げます。

J C M A

〔筆者紹介〕

柏木 和也（かしわぎ かずや）
西松建設㈱
九州支社 竹の川出張所
副所長



振動ローラの自律走行の実証

建設技術研究開発助成制度を活用した次世代無人化施工システムの開発

青 木 浩 章

従来の無人化施工は、建設機械のオペレータが作業機械及び機械周辺に設置された複数の動画カメラの映像を見ながら、絶えず操縦桿を操作する映像に依存したラジコン型操作である。従って、操作の熟練度・カメラ車など複数の支援機械・動画伝送のための高速通信網などが必要であった。それに対し、作業機械に人間の五感に代わるセンサ類を搭載し、得られたセンサ情報を基に機械自ら判断・作業する自律制御型の無人化施工機械により、先述の問題を解決する未来型の無人化施工システムを研究・開発した。

本研究開発は、平成 24～26 年度と継続採択されている「国土交通省建設技術研究開発助成制度」を活用しているものである。本稿では平成 25 年度に実証した安価な MEMS 装置を搭載し、独自の自律制御アルゴリズムにより複雑な挙動を示すアーティキュレート型の走行機構を持つ 11t 級の振動ローラの転圧走行について、従来の無人化施工における転圧走行と比較しても遜色の無い走行をした事について述べる。

キーワード：無人化施工，自律制御，MEMS センサ，慣性航法，アーティキュレート機構

1. はじめに

無人化施工は、雲仙普賢岳（長崎県）や有珠山（北海道）といった火山関連の災害復旧や、全国各地の台風・豪雨後の土砂災害復旧工事等の自然災害復旧等に適用されている。無人化施工は、主に雲仙普賢岳の復旧工事で 90 年代中盤から現在も継続的に実施されており、施工技術発展の大きな原動力となっている。施工機械の開発や、ICT 機器の普及もあって施工技術は年々発展しており、経過・特徴は下記の通りである。なお、雲仙普賢岳は 1990 年代初頭の災害であったため、当初から第 2 世代程度の技術を適用して施工していた。

- ・第 1 世代… ～1990 年（直接操作方式）
：目視による遠隔操作
 - ・第 2 世代… ～2000 年（モニタ操作方式）
：カメラ映像を用いた遠隔操作
 - ・第 3 世代… ～2006 年（情報化施工方式）
：GPS や TS による測位技術と設計データを利用したソフトウェア支援による遠隔操作
 - ・第 4 世代… ～現在（ネットワーク型遠隔操作方式）
：情報化施工に対応した通信方式を導入し、通信範囲や伝送情報が拡張した現在の主流となる方式
- 90 年代中盤より前記の雲仙普賢岳や有珠山等で無人化施工を行っており、施工面はもちろん、技術面・

経済面・安全面等の様々な場面を経験しているが、この無人化施工技術が災害復旧等に対して盤石な技術と言い切れるかというところに疑問を持っている。

また、雲仙普賢岳では所期の目的を果たしているが、将来（次世代）に向けて更なる劣悪環境に対応する無人化施工技術が必要であるという思いから、「次世代無人化施工システムの開発」を課題に、社会へ有効に還元される事を目標に取り組んでいる。

2. 研究の背景

(1) 無人化施工の概要

無人化施工は、ラジコンで建設機械を操作する無線操縦システムと、オペレータが建設機械を操作して作業するのに必要な現場周辺の画像を伝送する画像伝送システムの 2 つを組み合わせ、安全な場所から建設機械を遠隔操作して作業を行うことである（図—1）。1994 年の雲仙普賢岳の噴火災害復旧工事では、どちらのシステムも確立された技術ではなかったため、雲仙普賢岳の復旧と共に様々な技術を考案し、問題を解決しながら、無人化施工技術として確立してきた¹⁾。

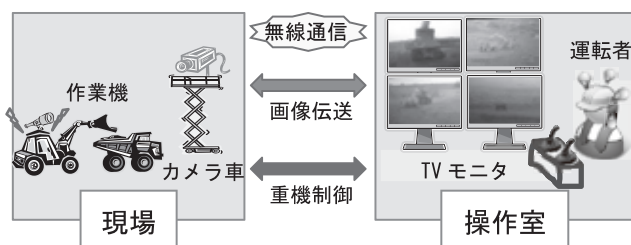
(2) 現在の無人化施工の問題点と自律型制御

現在、長崎県雲仙普賢岳等で行われている無人化施工は、現場から送られてくる建設機械の作業状況の映



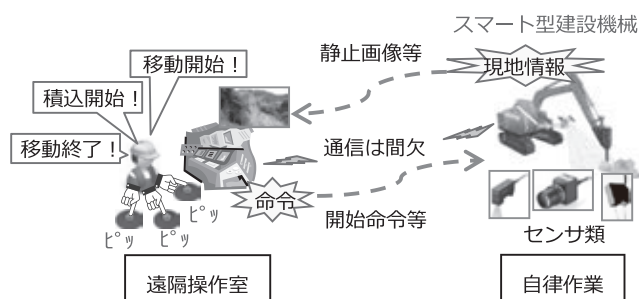
図一 無人化施工のイメージ

像を複数のモニタ画面を見ながら遠隔操作を行うため、オペレータは作業箇所周囲の状況を直接五感で感じながら操作する事が出来ない。したがって、有人施工とは違った運転技術が必要となり、オペレータの技量によって作業の出来が大きく異なることもあるため、緊急な現場や複雑な操作を必要とする状況には対応が困難である。また、複数の画像取得のための装置と通信環境が必要といった点も無人化施工適用の障害となっている。さらに、こういった技術を継承する現場自体も少ないのが現状で、このままでは今後の自然災害等の対応を、無人化施工にて対応する事が厳しくなると目される（図一2）。



図一2 従来型無人化施工（モニター方式）

そこで、前述の問題を解決するために、作業機械に人間の五感に代わるセンサ類を搭載し、作業開始命令を与えれば自ら判断して作業を行う「自律制御技術」を適用した次世代型の無人化施工システムの開発を行う（図一3）。



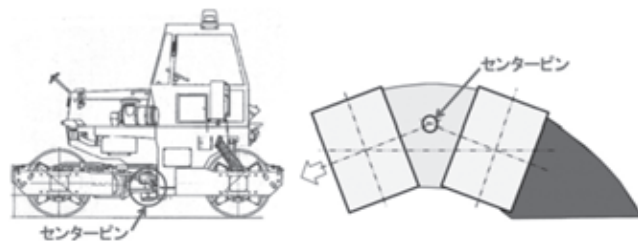
図一3 次世代型無人化施工

これにより、機械が自ら判断して作業を行うため常時操作が不要となり、従来より簡単操作となる。また、多角的な映像が不要となりカメラ車といった支援機器が削減されるため、通信量も削減できる。本編は、平成25年度に実証した振動ローラの自律走行について述べるもので、独自の自律制御アルゴリズムによる自律走行精度、車体中央の屈曲点を関節として操舵するアーティキュレート機構の機械制御に加え、走行中の振動がセンサ類の機械装置や制御にどのような影響を与えるのかが研究の要点であった。

3. 振動ローラの作業分析

(1) 構造上の特徴

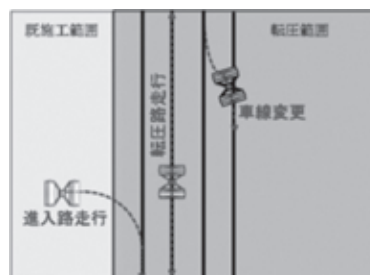
振動ローラ固有の特徴として、鉄輪を振動させて地面を転圧する点が挙げられる。そのため、設置機器には耐振動・耐衝撃性などが必要となる。また、ステアリングがアーティキュレート機構のため、ステアリングが変化した際に、前後輪が変化するため機体の方向はステアリング角度に向かず、地面と鉄輪との間の摩擦を無視した場合、ステアリング角度の1/2の方向となる。これは、転動時に前後輪が同一軌跡を通るようにするためである²⁾（図一4）。そのため、前後輪が同じ角度変化することを、後述する自律走行アルゴリズムに反映した。



図一4 アーティキュレート型

(2) 自律走行アルゴリズム

振動ローラの施工中の走行は、進入路走行、転圧路（1レーン）走行、車線変更に分類することができる（図一5）。進入路走行とは転圧エリアに進入する走行の



図一5 振動ローラの走行経路の種類

ことである。また、転圧路走行とは、転圧作業にともなう1レーンの前後進の走行であり、車線変更とは1レーン終了後に2レーン目に移動することを指す。今回は、これらの走行経路の種類を個別にアルゴリズム化した。

(a) 進入路走行

振動ローラは、転圧エリア内を前後進して転圧を行うため、転圧路に進入した際にローラの方角線と転圧路が平行になることが望ましい。そのため、振動ローラの進入経路は、振動ローラの方角線と転圧路に内接する円を用いて算出する方法とした(図-6)。これにより、現在地から振動ローラは、ローラの方角線と内接円が接する点まで前進し内接円上を通過するだけで、ローラの方角線と転圧路が平行な状態で転圧路に進入することが可能となる。

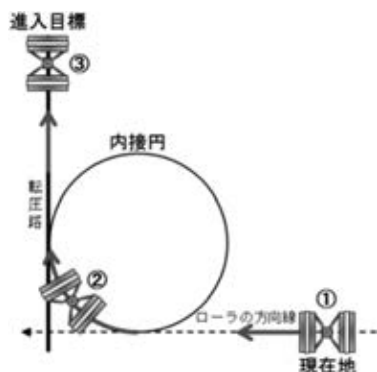


図-6 内接円を用いた進入

(b) 転圧路走行

振動ローラは、転圧のムラを無くすために、1レーンの同じ範囲を転圧回数分だけ前後進する必要があります。計画した転圧路から機体の位置が大きくずれた場合は施工ムラができる。そのため、計画した転圧路と機体の位置が近い場合は、目標点に機体の方向を向けて走行し、転圧路と機体の位置が遠く離れてしまった場合には、ステアリングを大きく曲げて転圧路上に最短距離で戻すアルゴリズムとした(図-7)。また、1レーンの始点と目標点間が長い場合には、目標点に向かって走行した際に修正が遅くなってしまうため、分割点を設けることにより適切に機体の位置を修正できるようにした。

(c) 車線変更

次レーンへの車線変更は進入路走行と同様、機体の方向が次レーンの方向と一致する事が望ましい。よって、相応の曲率と曲線長を持ったS字カーブを描きながら車線変更を行う事とした。図-8は車線変更幅400・600・800・1000mmの走行軌跡である。

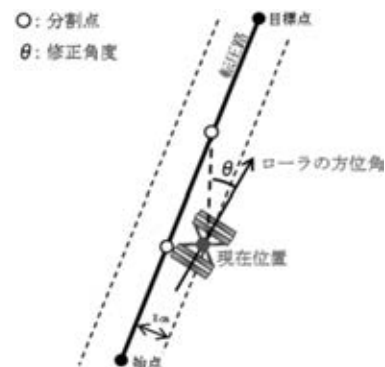


図-7 転圧路走行の制御

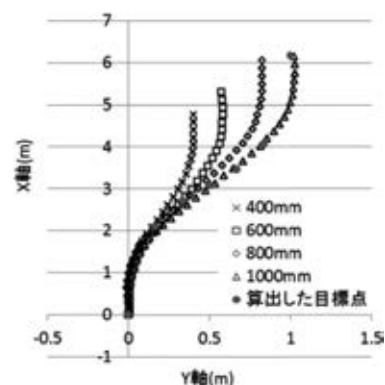


図-8 走行軌跡と計算値

(d) アルゴリズムの問題点と解決方法

進入路走行、転圧路走行、車線変更のアルゴリズムを用いて振動ローラの自律走行を行った結果、以下の問題が発生した。

- ①ステアリングの制御指令角度の値が細かく制御周期が早いため、次々と変わる制御指令角度にステアリングが追従し、激しく左右に動いた。
- ②機体の方向が目標点から外れているにも関わらずステアリング制御が行われない。
- ③障害物が発生した際の回避方法。

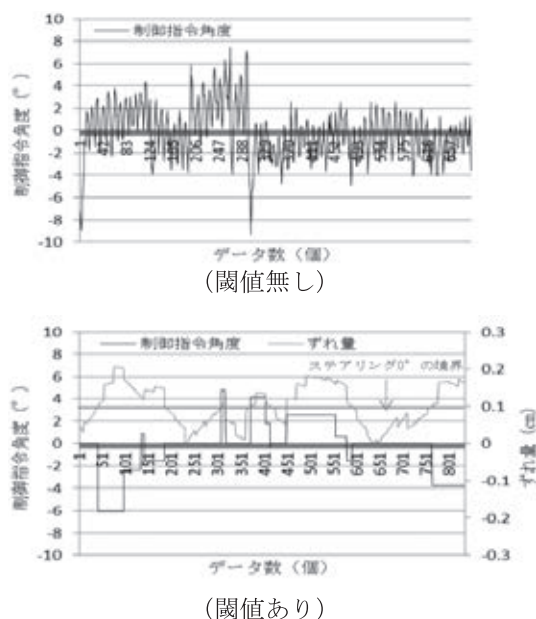
上記の問題を解決するために、以下のアルゴリズムを構築した。

・閾値を用いた角度制御

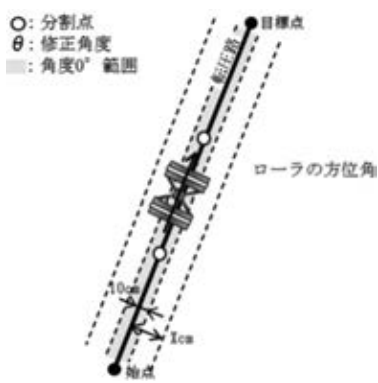
ステアリングが左右に激しく変化する現象(図-9)の対処方法として、制御指令角度が一定角度以上変化した場合のみ制御命令を行うように閾値を設けた。しかし、これだけでは機体が転圧路上に乗った場合に、一定角度で転圧路上から外れてしまうため、転圧路上に機体に乗っている場合は、ステアリング角度が 0° になるようにした(図-10)。

・プリズム位置の補正

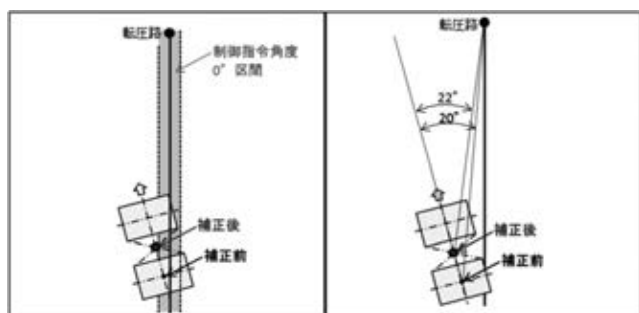
機体の方向が目標点から外れているにも関わらずステアリング制御を行わない原因として、プリズム位置が影響を与えていることが判明した。図-11に示す



図—9 閾値を用いた角度制御



図—10 ステアリング 0° 範囲



図—11 プリズム位置の補正

ように、プリズム位置が制御指令角度 0° 範囲内の場合、機体の方向が外れているにも関わらず、ステアリング 0° で走行を続ける。また、振動ローラはセンターピンの位置でステアリングが曲がるため、センターピンの位置を基準に修正角度を算出する必要がありプリズム位置が鉄輪の上では、正しい修正角度が算出されないことも判明した。これらの、対処方法として機体に設置したプリズムの位置をセンターピンの真上になるように位置補正を行った。

4. 振動ローラの自律走行システム

本研究では、開発したアルゴリズムを以下のシステムに実装した。また、振動ローラの自律化を行うためにはセンサが必要であり、選定したセンサおよび選定基準を以下に記す。

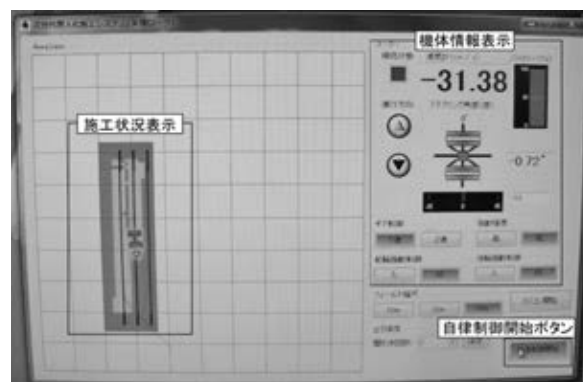
(1) システム概要

本システムの構成を図—12に示す。トータルステーション（以下 TS と記）、振動ローラ（11 t 級）、ホスト PC で構成されており、機器間は Wi-Fi で通信を行う。TS はジャイロ補正情報取得のため、常時測距を行いホスト PC 側に位置情報を送信している。一方、振動ローラでは自律制御用 CPU にて、取得したセンサ情報を基に駆動部の制御量の演算を行い、更にホスト PC から送信されてくる情報を基にジャイロ補正を演算し、振動ローラを目標へ自己誘導を行う「慣性航法」にて走行～転圧作業を行う。



図—12 システム構成図

図—13 にホスト PC に表示される画面を示す。ホスト PC の表示画面では、振動ローラによる転圧回数における施工状況および振動ローラの機体情報を表示する。また、画面上のボタンにて、振動ローラに自律制御開始命令を送信することができる。



図—13 ホスト PC 表示画面

(2) センサの選定

今回実証に使った振動ローラには、人間の五感に代わる以下のセンサ等の機器を搭載した（図—14）。実機は、これらセンサ情報等を簡単に制御に反映できるよう、油圧弁制御が電子制御型となっている機体として、雲仙普賢岳等で実際に使用している遠隔操作仕様の11t級の振動ローラを使用した。

以下に、振動ローラ（11t級）に搭載したセンサおよび選定基準を示す。

—搭載センサー—

- ・姿勢検出センサ（MEMS型ジャイロ）
 - ：姿勢検出角度は $\pm 30^\circ$ 以上とする。
- ・速度検出センサ（ロータリーエンコーダ）
 - ：検出速度は3 km/h以上とする。
- ・ステア角度検出センサ（ポテンショメータ）
 - ：検出角度は $\pm 60^\circ$ （絶対角）以上とする。
- ・前方探査センサ（2D スキャナ）
 - ：検出範囲は前方および後方3 mとする。
- ・車載カメラ（ネットワークカメラ）
 - ：設置条件として雲台を設置する。
- ・全周プリズム（トータルステーション）
 - ：測定距離として自動追尾が30 m以上可能なものとする。

5. 振動ローラの自律走行の実証

(1) 検証実験

本システムの自律走行精度を検証するための実験を行った。以下に設定した施工条件を示す。また、写真—1に実証実験の様子を示す。

- ・転圧回数：有振動2回／レーン
- ・レーン長：25 m
- ・転圧路：3レーン
- ・施工重複幅：0 mm



写真—1 実証実験の様子

- ・走行速度：1 km/h

(2) 実験結果

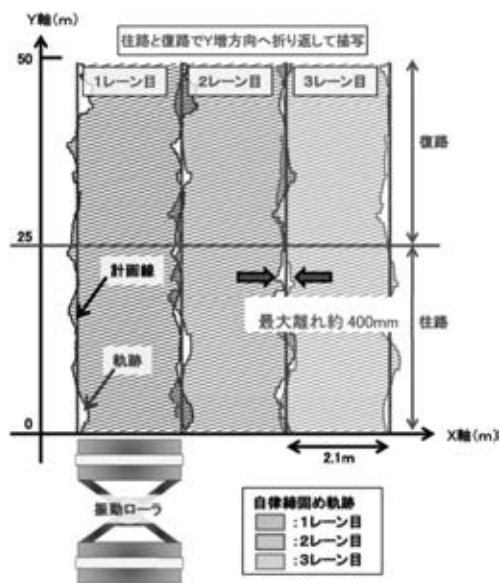
有振動と無振動の自律作業を比較した結果、走行精度に大差はなく、搭載センサ類の耐振動性も十分であった。また、アーティキュレート機構の機械制御においては、車体中央が屈曲する際に前後輪間で発生する不規則な挙動を、演算を工夫することで制御を行うことができた。

さらに、図—15に示すように、隣り合う2つのレーン間の最大離れ（未転圧幅の最大値）は、約400 mmであった。そのため、現在の無人化施工における振動ローラの施工重複幅の基準が500 mm（雲仙普賢岳周辺砂防ダム等特記仕様書等より）であることから、本システムを導入すれば現行の施工重複幅を20%程度減らすことが可能である。その結果、走行レーン数が減るため施工効率が向上すると考えられる。図—16に施工効率向上のイメージ図を示す。

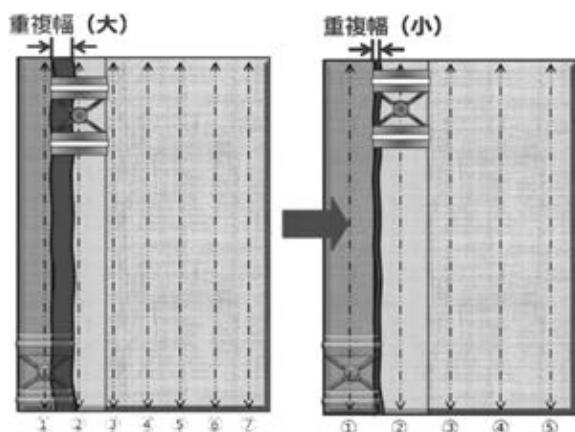
今回の実証で、アーティキュレート機構の建設機械において、安価なMEMSジャイロを使用した場合でも、独自の自律制御アルゴリズムを用いることによって遠隔操作時と同等以上の走行ができる事が確認でき



図—14 振動ローラと搭載センサ



図一 15 走行軌跡



図一 16 施工効率向上のイメージ

た。ただし、今回は無人化施工仕様の振動ローラを使ったため、油圧制御が単純な ON-OFF 制御となっていた。理想的にはステアリングの油圧シリンダに比例制御を採用すれば、更なる走行精度の向上が期待できると考えられる。

6. 油圧ショベルの割岩作業について

また、本稿で述べた平成 25 年度に実証した振動ローラの自律走行に引き続き、平成 26 年度は油圧ショベルの割岩作業の自律制御化の研究を行っている。油圧ショベルは先端のアタッチメントを交換することで、多様な作業が可能となる大変便利な機械である。遠隔操作による無人化施工においても、アタッチメントを交換してコンクリート構造物の破碎・圧砕、鉄骨・配管等の切断はもちろん、緑化のための大型樹木の把持やロボットアームとして資材の移動等にも用いられている。大半の運転者は、バケット作業においては扱う

ものが土砂であることから、操作の正確性は高く要求されないため短時間で適応できる傾向にあるが、バケット以外の作業への適応については、扱うものが製品であったり、カメラ映像を見ながら土砂取扱い時以上の正確性を求められる事に難を持っている者が少なくない。そこで、無人化施工において油圧ショベルのアタッチメントで最も使用頻度がある「ジャイアントブレイカー」の割岩作業に注目して研究のターゲットとした。本原稿の執筆時点では実験中で、熟練運転手と自律制御の作業時間の比較も行っている（写真—2）。



写真—2 小型油圧ショベルを用いた室内実験

7. おわりに

無人化施工技術は、雲仙普賢岳等で行ってきた除石工・砂防堰堤構築等の土木工事の施工技術だけではなく、あらゆる酷所環境下における作業技術として多用され、改良・発展していくことが期待されている。しかしながら、適用工事は一般工事と比べて格段に少ないため、熟練者不足対応や対応建設機械・設備の所有のあり方等について、施工者側が躊躇せざるを得ない状況もある。近年、国土交通省は各地方整備局に油圧ショベル等の遠隔操作式重機を配置し、災害発生時における活用を行うようになっている（写真—3）。2014 年 6 月に施工した、和歌山県伊都郡かつらぎ町にて発生した土砂崩れによる国道復旧工事において、発注者の和歌山県は、早期復旧のため半崩落斜面下における作業に無人化施工を適用し、近畿地方整備局から機械貸与を受け無人化施工を無事成功させた。施工者としてはこういった課題に一石を投じるもので、大変有難い事例である。また、本稿で述べた自律制御式の無人化施工も、これらの課題に対応する技術の一つであり、今後も無人化施工技術が適正に維持され国土の安全・安心に寄与していくことを期待したい。



写真—3 近畿地方整備局貸与機械による土砂災害復旧状況

《参考文献》

- 1) 栗原庸聡・宮崎裕道・青木浩章・片山三郎：振動ローラの自律走行の実証，大成建設技術センター報，第47号，2014.
- 2) ローラー運転者特別教育用教本（締固め用機械），キャタビラー教習所㈱，20p.

〔筆者紹介〕

青木 浩章（あおき ひろあき）
大成建設㈱
技術センター土木技術開発部 先端技術開発室
建設 ICT チーム
課長



謝 辞

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

J C M A



災害対応作業ロボット “Super Giraffe” の開発と 福島第一原子力発電所でのロボット活用

藤 田 淳

災害や事故等で、人の立ち入りが困難な環境となった施設内等において、人に代わって作業を行うロボットの開発が2012年度（独新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）委託事業として実施され、8m高所でマニピュレータ作業が可能な移動ロボット“Super Giraffe”（以下「本移動ロボット」という）を開発した。このロボットの特徴はモジュール設計を取り入れたことで、災害現場の多様なニーズに対して、必要なモジュールの開発・交換で対応できる拡張性に富んだロボットである。福島第一原子力発電所での全電源喪失環境を模擬した社内検証試験で、現場への適用性が確認された本移動ロボットは、既に福島第一原子力発電所で適用されている作業ロボット“MEISTeR”（以下「本作業ロボット」という）同様、今後モジュールの拡充を行うことで災害現場適用を図る。なお、本稿は三菱重工技報51-1号（三菱重工ホームページより閲覧可能）に記載した内容をベースに追記編集した¹⁾。

キーワード：ロボット，モジュール設計，災害対応，福島第一原子力発電所

1. はじめに^{2), 5)}

2011年に発生した東日本大震災で甚大な被害が発生した福島第一原子力発電所では、放射線被曝や設備倒壊による負傷等の危険を避けるため、人に代わってロボットが用いられている。災害直後に用いられたロボットの役割は、カメラによる被災状況の確認や、各種センサによる温度・放射線量等の計測が主で、小型で高機動性を有するロボットが適していた。現場の状況が徐々に判ってきた現状において、今後は、瓦礫撤去や遮蔽体の運搬、コンクリートや手すりの切断撤去、バルブ操作、鍵やレバーの操作によるドア開閉等、小型ロボットでは不可能であった「作業」が必要となり、これらを人に代わって行うロボットのニーズが高まっている。

こうしたニーズに対応すべく、2012年度に「災害対応無人化システム研究開発プロジェクト」がNEDOで実施された³⁾。このプロジェクトは災害や重大事故等によって家屋、産業・公共施設等が被災し、作業員の立ち入りが困難となった状況において、速やかに状況把握、機材等の運搬、復旧活動を行うためのロボット研究開発を目的としている。同プロジェクト中「作業移動機構の開発」のうち「狭隘部遠隔重量物荷揚げ／作業台車の開発」において、狭隘な場所での高機動性と高所作業性を両立しながら、将来の多様な

ニーズへも容易に対応（転用）できる拡張性に富んだ本移動ロボットを完成させた（写真—1）。本稿ではそのロボット開発の概要を報告するとともに、福島第一原子力発電所で活躍している作業ロボットについても紹介する。



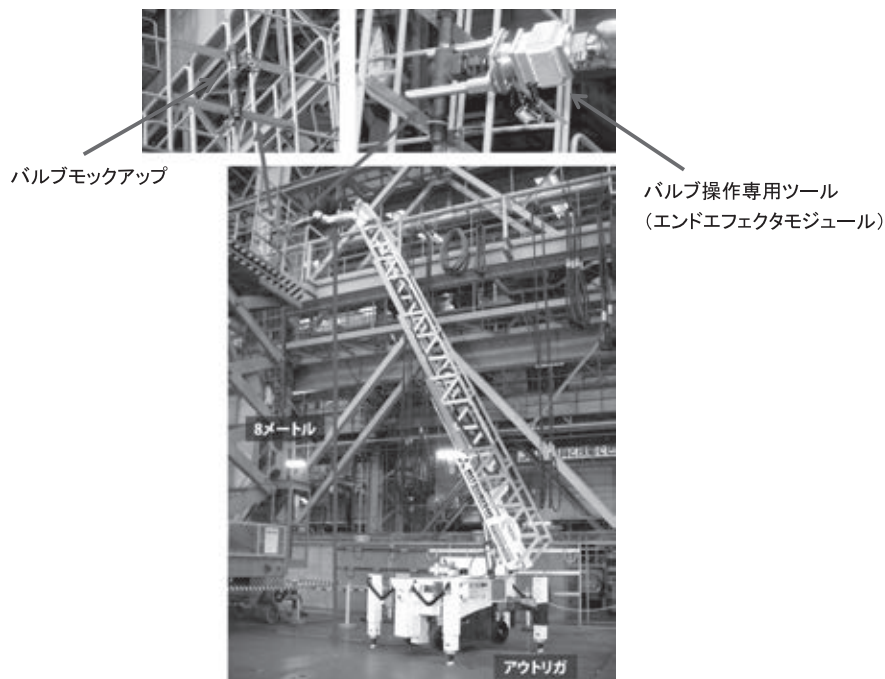
写真—1 本移動ロボット外観

2. 本移動ロボットの概要

本移動ロボットは、移動台車に8m高所でのマニピュレータ作業を可能とする荷揚げ機構（5段伸縮梯子構造）を搭載した無線遠隔操縦ロボットである。マニピュレータ先端には様々な専用ツールを装備することが可能で、2012年度のNEDOプロジェクトではバルブ開閉ツールを開発し搭載した。移動台車は建屋内

表－1 本移動ロボット主要仕様

項 目	仕 様
外形寸法・質量	全長 2530, 幅 800, 全高 2000 [mm], 4 [ton]
移動方式	4 輪駆動 4 輪操舵方式
走行性能	段差 50 [mm], 傾斜 15 [度], 平地最大 6 [km/h]
移動性能	前後進, 右左折, その場旋回, 横や斜め等全方向への平行移動
荷揚げ機構	5 段伸縮梯子構造, 荷揚力 1470 [N] (150 [kgf])
マニピュレータ	7 軸多関節, 先端取扱質量 20 [kg], 繰返し位置精度 0.5 [mm]
アクセス高さ	8 [m]
先端ツール	バルブ開閉ツール
操作方式	ノートパソコン+ゲームコントローラによる無線操作
動力源	電気自動車用リチウムイオンバッテリー, 稼働時間 5 時間以上
安全装備	アウトリガー荷重監視による転倒防止インターロック
その他	モジュール構造を採用, モジュールの交換・追加・削除でカスタマイズが容易



写真－2 高所でのバルブ操作

の狭い環境でも周囲との干渉無く走行しやすい高機動性を重視し、縦列駐車や真横移動、超信地旋回（その場旋回）が容易な 4 輪駆動 4 輪操舵方式を採用した。ロボットの主要仕様を表－1 に、高所バルブ操作の様子を写真－2 に示す。

3. ロボットの要求機能と開発コンセプト

災害現場で用いるロボットは、シンプルで操作が容易という観点から、単機能なロボットが好まれることが多い。しかし、災害現場の状況は災害毎に様々で、復旧作業の進捗に伴い必要な作業も都度変化するため、ロボットへの要求機能を予め適切に予測し、準備

しておくことは難しい。また、ニーズが明確になった後、ロボットを都度開発する事も、時間的・コスト的に難しい。このため、災害対応用ロボットの開発仕様は、高機能で何にでも対応できる“スーパーロボット”になりがちであるが、完成したロボットは、構造や操作が複雑でコストも高く、維持管理が大変で使いにくいロボットとなってしまうことが問題であった。

NEDO プロジェクトでの開発要求機能は、遠隔操縦により連続 5 時間稼働し、建屋内の移動と、天井近くにあるバルブをマニピュレータ等で操作できることという、ある程度具体的なものであった。我々はこの要求機能に加えて、将来必要となるかもしれない作業ニーズ（例えば不整地走行、重量物運搬、高所での溶

接や配管の切断撤去等)へも容易に転用できる機能を実現すべく、モジュール設計思想を取り入れた開発コンセプトとした。

4. モジュール設計

モジュール設計では、ロボットは機能性能毎に分割したモジュール単位で開発され、複数のモジュールを組合せることでロボット全体が構成される。本移動ロボットは、台車モジュール(移動機構)、荷揚げモジュール(伸縮梯子機構)、搭載モジュール(マニピュレータ部)、エンドエフェクタモジュール(先端工具)の

4つのモジュール構成とした。各モジュールの信号及び動力は共通のインターフェースで接続され、将来必要に応じて、このインターフェースを踏襲したモジュールを開発することで、モジュールの追加・削除・交換が可能である。これを実現させるためには、モジュール単体でも機能する必要があり、各モジュールにコントローラを配置したシステム設計となっている(図-1)。

(1) 各モジュールの開発例（台車モジュールの仕様決定）

本移動ロボットのモジュール開発例として、台車モ

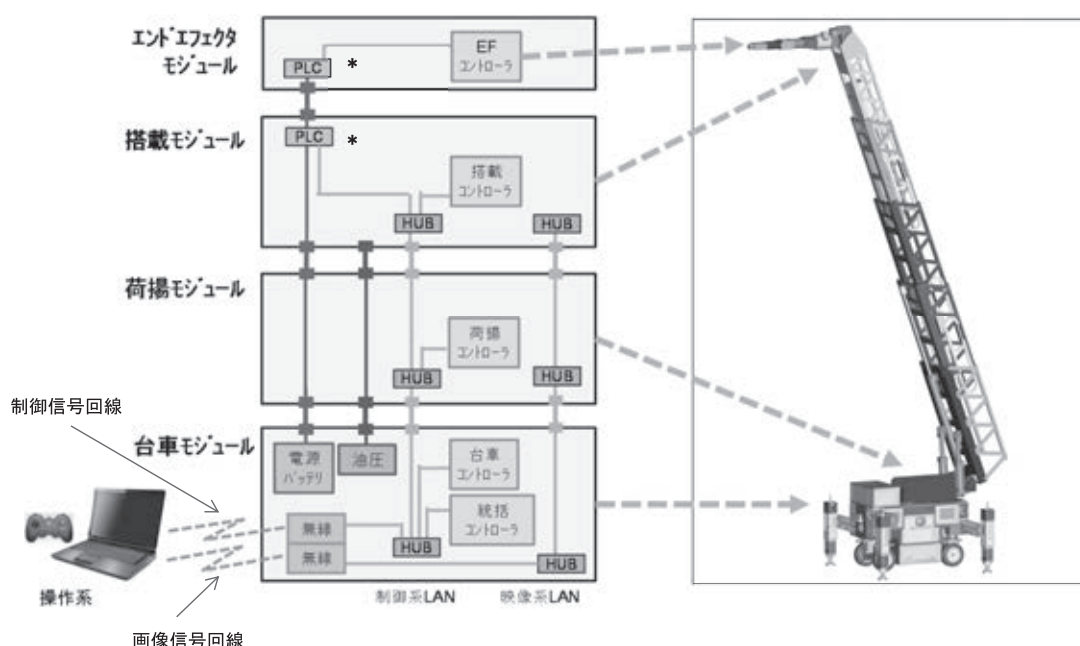


図-1 モジュールシステム概要

モジュール 候補 検計項目	 4輪操舵	 2輪操舵	 4クローラ	 2クローラ
走行可能通路幅1.2 [m] 以上。	○ 幅800mmで設計			
8m高所での搭載モジュール及びエンドエフェクタモジュール作業を支持。	○ 作業時はアウトリガーを用いて支持			
縦列駐車が容易、全方向への移動可能	○	×	×	×
走行速度6 [km/h] 以上。	○ 6 [km/h] 以上で設計			
超信地旋回可能。	○	×	△ 抵抗が大きい	△ 抵抗が大きい
登坂可能傾斜度15[°] 以上。	○ 15 [°] 以上で設計			
乗越え可能段差50 [mm] 以上。階段昇降、踊り場での旋回は考慮不要。	○	○	◎ 階段昇降可能	◎ 階段昇降可能
開発仕様	○			

図一2 台車モジュール トレードオフ

ジュールの仕様トレードオフ（図－2）を紹介する。NEDOの要求機能やロボット移動に関するニーズからロボット設計に反映すべき項目を抽出し、候補となる台車モジュール構造のそれぞれについて評価・検討した結果、NEDOプロジェクトで開発するロボットの台車モジュールには、評価ポイントが最も高い4輪操舵方式を採用することとした。

(2) モジュール設計による利点

モジュール設計によりロボットを開発する利点を以下にまとめる。

(a) ロボットシステムとしての高い拡張性（図－3）

必要なモジュールのみを開発し組み替えることで、災害現場で求められる様々な仕様のロボットへ、スピーディーに転用できる高い拡張性がある。各モジュールを接続する共有のインターフェースを用いることで、他社でもモジュール開発が可能となり、各社の得意分野で開発されたモジュールラインナップが揃えば、ロボットの活用が増えたと期待できる。

(b) ロボットシステムとしての高い信頼性

モジュールの交換で新機能のロボットシステムを実現させる場合、新規開発したモジュール以外は開発が完了したモジュールであるため信頼性が高い。従って新機能のロボットへ転用する際は、新規モジュールの

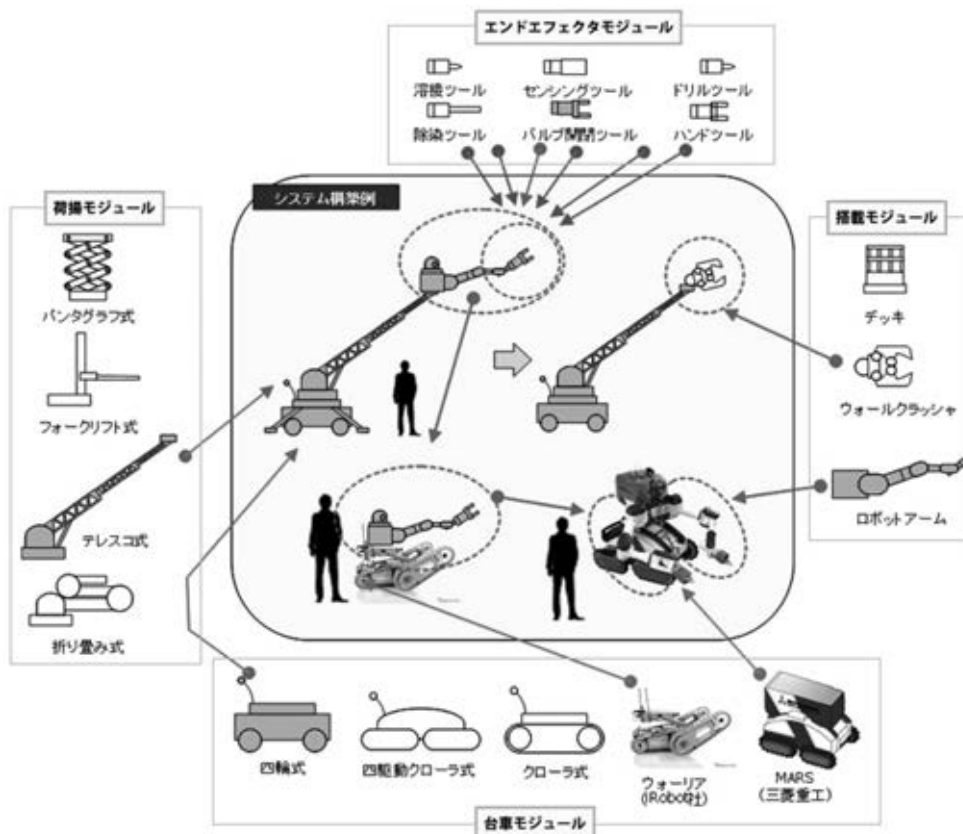
開発及び検証試験にウエイトを置くことが可能で、少ない労力でロボットシステム全体の高い信頼性を維持できる。

(c) 短期間での開発が可能

現場でのロボット活用と、工場での新規モジュール開発を並行して進められ、モジュール完成時に組み合わせるだけで新しい仕様のロボット開発が可能である。ロボット改造に要する期間（ロボットが使えない期間）が短いことから、新規ロボットを短期間で開発できる。また、各モジュールは、機能性能毎に分割されているため、開発チームをモジュール毎に切り分けて編成しやすく、設計→開発→検証を各チームが同時進行できる。複数モジュールの開発も同時進行可能であり、災害現場の多くの作業ニーズにスピーディーに対応できる利点もある。

5. エンドエフェクタモジュールの省配線化⁴⁾

エンドエフェクタモジュールは現状のバルブ操作以外に、検査や溶接等の様々な機能を有するラインナップの拡充を検討している。これらモジュールは機能が異なるため、搭載されるカメラやセンサ類の信号線や動力線がモジュール毎に異なる。従って、様々なモジュールが接続されるマニピュレータ側の配線は、こ

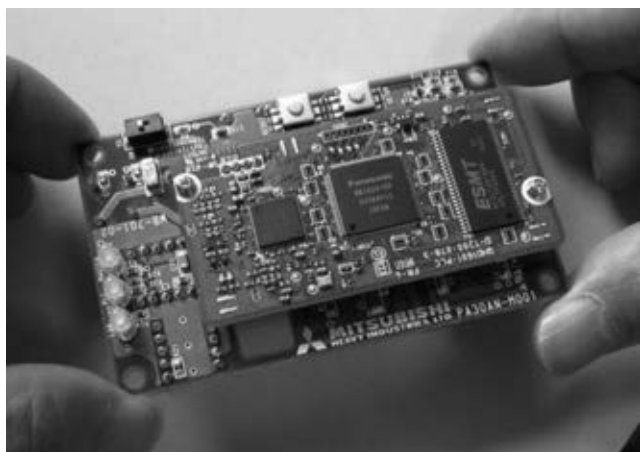


図－3 モジュール組合せによるロボットの拡張性

れらモジュールと接続できるよう、多芯ケーブルを準備する必要がある。しかし、エンドエフェクタを取り扱うマニピュレータ外側部に、太く硬い多芯ケーブルを固縛する従来の方法では、多芯ケーブルがマニピュレータ動作の障害になることに加え、多芯ケーブル用のコネクタはサイズが大きいため、これを配置するマニピュレータ先端部が大型化する点が問題であった。

そこで、搭載モジュール先端（マニピュレータ先端）とエンドエフェクタモジュールの接続に電力線通信（Power Line Communication：PLC）技術を用いた省配線化デバイスを開発し、エンドエフェクタモジュールへの電力供給と通信を、マニピュレータ内部配線2本のみを用いて実現した（写真—3）。

開発した省配線化デバイスは、電力線2本を接続するだけで、制御信号と70 Wの高容量直流電力を供給できる。電源の直流化と、耐ノイズ性を高めるフィルタに工夫をすることで開発に成功した（図—4）。



写真—3 省配線化デバイス

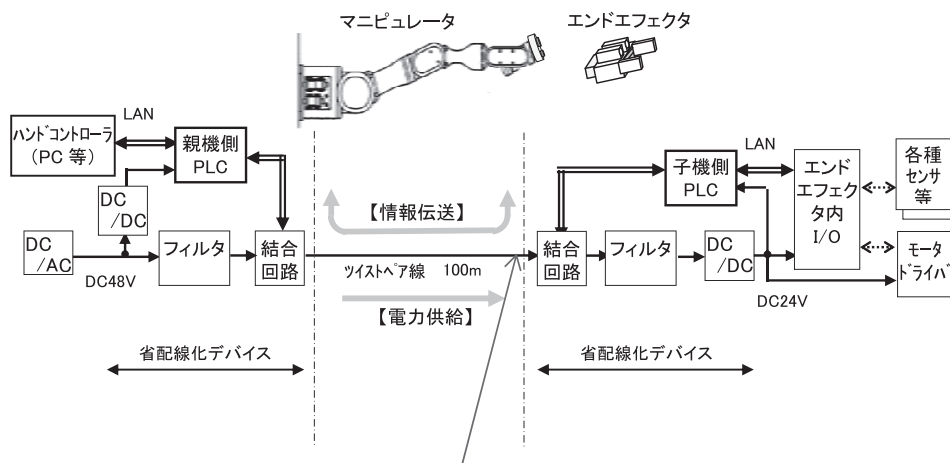
6. 操作コンソール

人がロボットを操縦する操作コンソールは、大規模な専用コックピットと、ハンディコントローラの2種類に大別できる。専用コックピットは、操作スイッチやディスプレイの配置自由度が高く、多くの情報を一度に表示できるため操作性は高いが、現場への移動・設置作業に労力がかかり機動性が低い。一方ハンディコントローラは、どこへでも手軽に持ち運べる機動力があるが、限られたボタンやレバーでの操作となる為、操作モードの切り替えが煩雑になったり、一度に表示できる情報が少なかったりと、操作性に劣る。

災害現場で使われる本移動ロボットは、ロボットを操縦する場所を臨機応変に素早く移動・設置できる事が重要と考え、操作コンソールはノートパソコンとゲームコントローラの構成とした。また、ロボット操作用とは別にカメラ映像表示用パソコンを準備し、多くの画面を表示させることでロボット周囲の状況を確



写真—4 本移動ロボット操作コンソール



2本の配線で信号と電力を供給

図—4 省配線化デバイスを用いたモジュール接続

認し易くしたり，コントローラの写真と各ボタンの動作説明を，操作モードに合わせて画面上に表示させたりすることで，操作性を向上させる工夫をしている（写真—4）。

7. 検証試験

開発した本移動ロボットが災害現場で使用できる性能を有していることを確認するため，工場内での最終検証試験では福島第一原子力発電所でのSBO（Station Blackout：全電源喪失）環境を模擬した暗所で行った。また，汚染環境でのロボット操作を想定し，オペレータは全面マスク，タイベック（化学防護服），ゴム手袋の装備を着用し，ロボットに搭載された照明とカメラ映像のみを頼りに，ロボットを直接目視できない位置から操縦した。その様子を（写真—5）に示す。

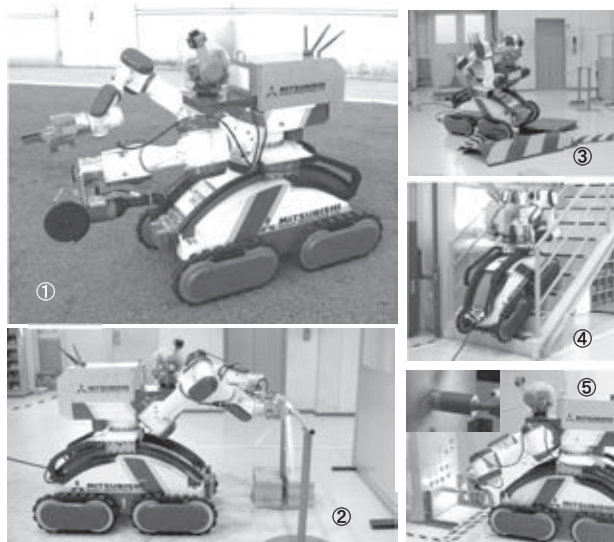


写真—5 SBO 環境での検証試験

想定した2種類の検証作業（①狭隘位置へのロボット移動，②高所に設置したバルブモックアップの操作）を完遂できたことで，災害現場に適用できる性能を有していることを確認した。

8. 福島第一原子力発電所へのロボット適用

現在福島第一原子力発電所で用いられるロボットの役割は，目視調査や計測に加えて，様々な作業が加わってきており，その一つが除染作業である。除染作業とは，放射線を出している原因物を取り除き，人が立ち入って作業ができるレベルまで放射線量を下げる作業で，具体的には汚染した瓦礫の回収や，コンクリート表面の汚染した部分を取り除く（僅かに削り取る）作業等である。さらに後者では，コンクリート表面からどのくらい深くまで汚染しているかを，除染作業前を知る必要が有ることから，コンクリートからコア（直



写真—6 本作業ロボット

①本作業ロボット全景，②配管切断試験，③不整地走行試験，④階段昇降試験，⑤コンクリートコアサンプリング試験



写真—7 本作業ロボット（福島第一原子力発電所内での除染作業）

径70 mm，長さ70 mm程度のかたまり）を削り取って持ち帰り，分析する作業も必要となる。

上記作業を行うために，不整地走行が可能な双腕ロボットの本作業ロボット（写真—6，7）が，福島第一原子力発電所に適用されている。

本作業ロボットは本移動ロボットと同じく先端に様々な専用モジュールを装備できるマニピュレータを2本装備しており，高度な作業に対応できるロボットである。右マニピュレータにはコンクリートドリルモジュール，左マニピュレータにはコンクリートコア把持回収モジュールを装備し，ロボットを遠隔操作してコンクリートコアを採取するという非常に難易度の高いミッションを成功させている。またプラスト除染モジュールや瓦礫回収モジュールを適宜取り付けることで，これら全ての作業を1台のロボットで対応可能で

ある。

本作業ロボットは人と同様の床面や高さ 1.5 m 程度の壁面が作業可能エリアであるが、同様のモジュール装備を本移動ロボット用に開発すれば、福島第一原子力発電所内における高所除染ニーズにも対応できる。

また目視ロボットのニーズは今後も多く、目視調査のみならず、本移動ロボット等の作業ロボットの監視や通信の中継等バックアップ用途の期待が大きい。地上走行型ロボットで唯一、福島原子力発電所の最上階であるオペレーションフロアまで階段を上り到達した“Quince”の改良ロボットである“櫻Ⅱ号”(写真—8)も、今後の活躍が期待されている。

9. おわりに

2012 年度 NEDO プロジェクトに参画し、8 m 高所でのマニピュレータ作業が可能な 4 輪駆動 4 輪操舵方式の移動台車ロボットを開発した。このロボットは、モジュール設計思想を取り入れ、必要に応じてモジュールの追加・交換・削除を行うことで、多様なニ



写真—8 櫻Ⅱ号

ズに対応できる高い拡張性が特徴である。

福島第一原子力発電所での災害を想定した SBO 環境での検証試験を実施し、オペレータによる遠隔操作で、狭隘位置へのロボット移動や高所に設置したバルブ操作を、本ロボットシステムを用いることで実現可能であることが確認でき、災害現場で適用できる目処を得た。

福島原子力発電所では、本作業ロボット MEISTeR をはじめ多くのロボットが活躍している。今後は、各種モジュールの充実や、ロボットシステムの改良を進め、福島第一原子力発電所での災害収束支援等に適用していく。

本移動ロボット Super Giraffe の開発は 2012 年度 NEDO 国プロ「災害対応無人化システム研究開発プロジェクト／作業移動機構の開発」のうち「狭隘部遠隔重量物荷揚／作業台車の開発」で実施された成果である。

JICMA

《参考文献》

- 1) 三菱重工技報 Vol.51 No.1 (2014) p.34 ~ 39
- 2) 藤田 淳, 大西 献: 日本ロボット学会誌, Vol.32 No.2 (2014) p.58 ~ 60
- 3) (独新エネルギー・産業技術総合開発機構 災害対応無人化システム研究開発プロジェクト)
http://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100045.html
- 4) 大西 献, 機械設計 日刊工業新聞社 Vol.57 No.11 (2013) p.23 ~ 29
- 5) Super Giraffe ホームページ, <http://www.mhi.co.jp/discover/pickup/giraffe>

〔筆者紹介〕

藤田 淳 (ふじた じゅん)
三菱重工業(株) エネルギー・環境ドメイン
原子力事業部 機器設計部
主席技師





写真一 実験フィールド

称「ダミヤン」。3章(1)節で概要を述べる)が配置されている。

各チームは自ら製作したロボット(遠隔操縦型ロボットが多いが自律型ロボットを開発するチームもある)によりフィールド内のダミヤンを救出する。このフィールド内で2チームが同時に競技を行うが、他の多くのロボットコンテストのように、この2チームが勝敗を競うのではなく、あくまで参加チーム全体の中でいかに高い競技ポイントを獲得するかで競い合う。参加チームのメンバーは、高さ2mの壁でフィールドと隔てられたコントロールルーム(写真一2)と呼ばれるエリアからロボットを遠隔操縦しなければならず、フィールドやロボットを直接目視してはいけない。また、フィールドを上空から撮影するカメラが用意されている(「ヘリテレ」と呼ぶ)が、チームはこのヘリテレの向きなどは操作できない。なお、同時に競技している他のチームと、情報交換や相談をするた



写真二 コントロールルーム



図二 競技中の実験フィールドの様子

めに、コントロールルーム間での通信装置を用意している。これら競技の様子をまとめたイラストを図一2に示す。

チームを評価する競技ポイントは、ダミヤンの体力を表すフィジカルポイントとミッションの達成度を評価するミッションポイントの合計である。フィジカルポイントは、時間の経過と共に値が徐々に減っていきダミヤンが過大な力や衝撃を受けると値がさらに減ってしまう。また、ミッションポイントは、「救出完了」、「搬送完了」の各段階に応じたポイントと「個体識別」の正しさに応じたポイントによって与えられる。詳細についてはレスコンのウェブページ⁶⁾を参照されたい。またレスコンで使用されている計算機システムの技術的内容については文献3)、4)を、ダミヤンの技術的内容については文献2)および3章を参照されたい。

(2) ロボットの概要

チームが製作したロボットの一例を写真一3に示す。



写真一3 1号機 探査丸 (Fukaken 製作)

このロボットのおよその大きさは幅400mm、奥行き600mm、高さ500mmである。ロボットの大きさはチームにより異なるが、3章(2)節で述べる無線LANによる遠隔操縦システムを搭載する必要があり、かつ、ロボットベース(1.2m×1.2m)内に製作するロボット全てを収めなければならず、ロボットベース出口に設けられているベースゲート(開口部の700mm×高さ600mm)を通過して実験フィールドに出動する必要があるため、多くのロボットは写真一3のようなサイズのロボットが主となり、1チームあたり3～4機のロボットを製作することになる。

チームは製作するロボットについて、参加募集時に提出する参加申込用紙(以下、書類)にロボット毎の「ロボット名」、「ロボットの構成」、「ロボットの重要

な機能(2つ)」、「ロボットの概要」を記載しなければならない。また、競技に参加できるロボットの台数および質量に対する制限はない。提出された書類は、次節で述べる「レスキュー工学大賞」の審査対象であり、チームは書類に記載された概要に合致するロボットを製作する義務があり、書類と異なるコンセプトのロボットは競技に参加することができない。

(3) 競技結果に対する評価

1章でも述べたようにレスコンは、レスキューやロボットに関する研究開発に携わる学生の裾野を広げること狙い開催している。そのため、競技結果に対しては様々な視点から評価し、多くの賞を用意し表彰している。ここでは、最も権威のある「レスキュー工学大賞(以下、大賞)」について紹介する。図-3にチーム募集と同時に公表されている大賞を決定するまでのプロセスを示す。

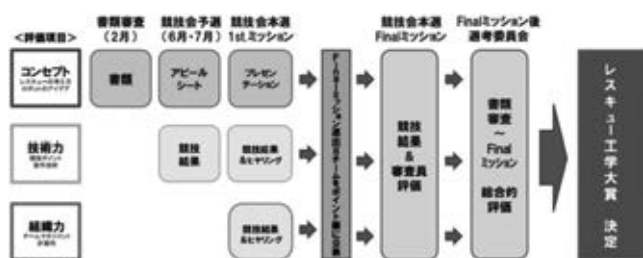


図-3 レスキュー工学大賞決定のプロセス

まずレスキュー工学大賞の選考は、出場申込みの書類審査から始まっており、ここでは主に「コンセプト」を評価し、次に予選前に提出されるアピールシートで「コンセプト」を、予選競技の結果から「技術力」を評価する。予選を通過し本選に参加したチームに対して、本選1日目の競技結果とプレゼンテーション内容から「コンセプト」、「技術力」、「組織力」を総合的に評価し、その競技後に技術評価委員によるヒヤリング調査に基づき競技だけは評価できないチームマネジメント力やロボット製作技術力といった視点での「組織力」、「技術力」を評価する。上記の評価は全てポイント化して順位づけされ、本選2日目午後の競技に出場する8チームをレスキュー工学大賞候補チームとして、ポイントの合計の上位順にチーム名を公表する。そして、最終競技後に審査員ポイントを加味した総合ポイントを参考にしながら、書類提出から本選1日目の競技終了までの評価ポイントをベースに総合的に判断して大賞受賞チームを選考する。

レスコンには、この大賞を含み10種の賞があり、活躍したチームやロボットが表彰され、参加するチー

ムの励みになっている。これら表彰の結果については、レスコンのホームページおよび毎年12月に開催される計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会で公表している^{6), 7)}ので、是非参照されたい。

3. レスコンで使用されている技術

(1) ダミー人形：ダミヤン

レスコンでは、レスキューロボットの救助対象として、実寸の1/6のテレメトリックレスキューダミー(前述したダミヤンのこと)を用い、参加チームのロボットや救助コンセプト等のアイデア、技術力、チームワークを総合的に評価している。現在のダミヤンは、ウレタンとシリコンの体に鉛の骨格、外殻に重りを入れた頭部で構成され、第9回以降は、ダミヤンに個々の特徴(識別情報)を付与し、それらをロボットにより識別するといった課題を設けている。この課題は、実際のレスキュー現場における要救助者の状態確認およびトリアージ(人材・資源の制約の著しい災害医療において、最善の救命効果を得るために、多数の負傷者を重症度と緊急度によって分別し、治療や搬送の優先度を決定すること)を想定して導入した。ダミヤン頸部と胴体それぞれにかかる外力はウレタン内の圧力変化、衝撃的な力は小型加速度センサの変化を内部テレメトリ回路により測定しており、その値をBluetooth[®]による無線送信で計算機システムに取り込み、救助のやさしさを評価している。図-4にダミヤンの外観を示す。

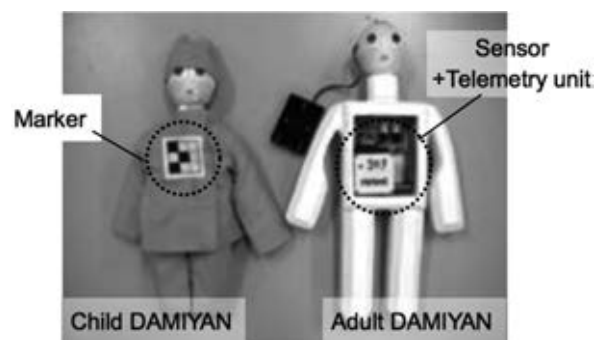
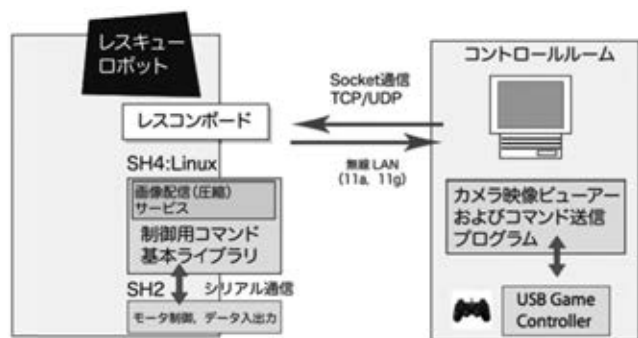


図-4 ダミヤンの外観

(2) 無線 LAN による遠隔操縦システム

レスコンに参加するロボットは、多くが前述のような遠隔操縦型ロボットとなる。そのため、遠隔操縦システム⁸⁾を実行委員会から貸与し、競技会では、ダミヤンデータの無線伝送および操縦のための無線LANの電波を管理している。したがって、レスコン

に参加するロボットの操縦系は、この遠隔操縦システムで標準化されているといえる。このように標準化している理由は、画像および制御信号を無線でかつリアルタイムに伝送することが不可欠であり、その技術開発を高校生が含まれる年代に課すことは、レスコンへの参加の非常に大きな障害になると考えているためである。このレスコンに使われる名刺大サイズの遠隔操縦システムを用いれば、容易に4台のカメラを接続でき、切り替え信号を送ることで、その1台のカメラの映像を100 ms 以内の遅延でPC モニター上に取得でき、14チャンネルのデジタル信号と4チャンネルのアナログ信号を扱えるゲームコントローラの入力信号をロボットに与えることができ、それらを簡単にカスタマイズできる操縦アプリケーションも公開されている。なお、このシステムについて文献8) のサイトにある情報で、さらに学習を深めればロボットが取得した音声データやアナログ量およびカウンタ情報も取得することが可能である。図一5にそのシステムの構成概念図を示す。



図一5 無線 LAN による遠隔操縦システム

4. 建設機械施工とレスコン

ここまで、レスコンの概要とそれに使われる技術について述べた。ここでは、本誌本号「災害対応、災害復旧、復興」特集の中にレスコンについての記事を掲載いただけたことを受け、ここでは本誌で扱われる建設機械施工との関連について述べたい。なお、著者は機械分野の研究者であり建設分野については稚拙な理解となる部分も多々あり、さらに、4. (3) に至ってはかなり随筆的な記述になっているが、事前にご容赦願いたい。

(1) 遠隔操縦技術

ロボットは機械技術と電気・電子技術が融合したメカトロニクス技術の成果物である。機械技術がロボットの骨格であるとすれば、電気技術は筋肉、電子（制

御)技術は脳神経といえ、その技術で主要なハードウェアが構成されている。しかしそれらは、外界の対象物の大きさにより、設計思想や構造設計が大きく異なる。さらに、その機械が建設機械のようなサイズとなると電動式アクチュエータによる守備範囲は広くなく、エンジンを動力源とした油圧アクチュエータが主になると考えられる。

しかしながら、操縦者とロボットを繋ぐ制御技術である遠隔操縦技術はハードウェアサイズの影響は、前者と比べると小さく、レスコンが求めるリアルタイムの画像および制御信号の伝送装置およびそのソフトウェア部分は、建設機械施工分野でも有意義な技術といえる。

(2) 災害と防災の法的位置づけ

災害という言葉は、台風や地震などの激しい自然現象が人や財産に害を及ぼすものと一般的に理解され、災害対策基本法（昭和36年11月15日法律第223号。昭和34年の伊勢湾台風を契機に制定された）にある法的な定義とほぼ一致している。一般的に知られていない部分は、「大規模な火災もしくは爆発その他その及ぼす被害においてこれらに類する法令で定める原因により生ずる被害」という部分であり、法的には甚大な事故も含まれていることであろう。さらに、昨日常的に使われるようになった「防災」についても法的には、「災害を未然に防止し、災害が発生した場合における被害の拡大を防ぎ、及び災害の復旧を図る」と定義され、一般に言われる「災害を未然に防ぐこと」よりも、はるかに広い時間的な範囲をもつことはあまり知られていないように思われる。

レスコンは、この災害に対応するロボット技術を学ぶ人々の競技会として、また、一般の人々の防災啓発活動として毎年開催している。この防災啓発という中に、災害復旧・復興のための遠隔施工のみでなく、インフラの老朽化対策としての遠隔点検やメンテナンスのための遠隔施工の重要性を共に啓発すれば共通の話題といえよう。

(3) 「やさしさ」のころ

レスコンを主催する実行委員会は「技術を学び 災害に強い 世の中をつくる」という理念のもと活動が続けている。また、レスコンは技術力を競う他のロボットコンテストとは異なり、「やさしさ」を大切にしている。レスコンに参加するレスキューロボットが扱う対象はダミヤンであり、チームには人そのものに見えている。そのため、ダミヤンを扱う姿勢の根底には「や

さしさ」が内在することを実行委員会は望み、第10回には「やさしさが育む科学技術の裾野」という提言も発信している。

最後に恐縮であるが、建設という文字は「建て、設(しつら)える」と読むことができ、他の科学技術分野より人間味を感じることから、「やさしさ」や「災害に強い世の中をつくる」というハートウェア(こころの技)の部分でも共感できるものと信じている。

5. おわりに

本稿ではレスコン発祥の経緯とその概要を述べ、建設機械施工との共通点を論じた。ここまでお付き合い頂けた読者には是非競技会にお越しいただき、熱くロボットをつくる若い技術者のたまご達を間近で応援いただきたい。

謝 辞

レスコンの運営にご助力および技術支援を頂いておりますレスキューロボットコンテスト実行委員会、東京エレクトロン デバイス(株)、サンリツオートメイション(株)および関係各位に厚く感謝の意を表します。

J C M A

《参考文献》

- 1) 升谷：“レスコンの歴史”，日本知能情報ファジィ学会誌，Vol.18，No.1，pp.5-8，2006年2月
- 2) 沖，藤岡，森，大西，升谷，小島，山内：“全身の押し付け力を検出できるロボット競技評価用の小型レスキューダミーの開発”，計測自動制御学会論文集，Vol.44，No.12，pp.979-985，2008年12月

- 3) 小島，小枝，山内：“レスキューロボットコンテストのための競技運営支援システムの開発と評価”，電子情報通信学会論文誌，Vol. J93-D，No.10，pp.2317-2325，2010年10月
- 4) 山内，小島，小枝：“レスキューロボットコンテスト競技運営支援システムのデータベース設計と実装”，計測自動制御学会論文集，Vol.47，No.2，pp.134-139，2011年2月
- 5) 奥川，土井：“レスキューロボットコンテストと遠隔操縦システム”，計測と制御，Vol.52，No.6，pp.503-508，2013年6月
- 6) レスキューロボットコンテストホームページ：
<http://www.rescue-robot-contest.org/>，2015年1月
- 7) 横小路，奥川，宗澤，山内，土井，レスキューロボットコンテスト実行委員会：“第14回レスキューロボットコンテストの総括”，計測自動制御学会第15回システムインテグレーション部門講演会講演論文集，pp.1082-1085，2014年12月
- 8) TPIP ユーザーコミュニティ公式 HP，<http://www.tpip-dev.org/>，2015年1月

【筆者紹介】

土井 智晴(とゐ ともはる)

大阪府立大学工業高等専門学校 総合工学システム学科・准教授

(特非) 国際レスキュシステム研究機構・理事

(一社) アール・アンド・アールコミュニティ・理事
博士(工学)，防災士



奥川 雅之(おくがわ まさゆき)

愛知工業大学 工学部 機械学科・准教授

(一社) アール・アンド・アールコミュニティ・理事
博士(工学)



横小路 泰義(よここうじ やすよし)

神戸大学 大学院工学研究科 機械工学専攻・教授

(特非) 国際レスキュシステム研究機構・理事

(一社) アール・アンド・アールコミュニティ・代表
理事
博士(工学)



情報化施工の展望と新技術

柿 本 亮 大

近年、あらゆるデバイスがインターネットに接続している。情報化施工の機器も例外ではない。インターネットにつながる情報化施工によって、建設現場の生産性が向上する。遠隔アシスタントによるサポートとデータの共有。施工の進捗状況をリアルタイムに管理。ダンプ運行状況の把握。社内または現場内で稼働する建機状況の一元管理。インターネットにつながる情報化施工を実現するクラウドサービスの一例として Trimble Connected Community・VISIONLINK（以下「建機・情報化施工管理システム」という）を紹介する。さらに実際の現場で運用し明らかとなった活用効果についてまとめる。

キーワード：情報化施工，マシンコントロール・ガイダンス，インターネット，土工，土運搬，運用サポート，施工管理，建機管理

1. はじめに

(1) 技術トレンド

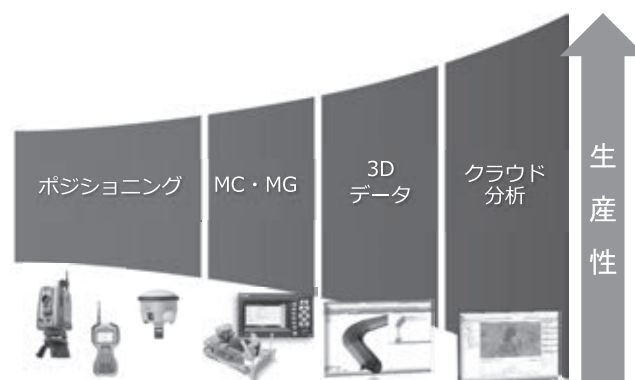
近年、あらゆるモノがインターネットに接続し、新たな価値を生み出している。インターネットに接続されるデバイスは、2000年から2011年にかけて1.4年で2倍のペースで増加し10億台に達した。2020年までに50億台に及ぶ試算もある^{*1}。背景にある技術トレンドとして、センサーの小型化・高精度化、3D・デジタル画像といった高度な画像処理、データ処理能力の高速化、低コストのクラウド環境、ビッグデータの分析などが挙げられる。

情報化施工に関わるプロダクトもこの流れを汲んでいる。ポジショニングやセンサーによる制御、3Dデータ処理の技術に加えてクラウドへの接続やビッグデータ処理といった技術の進歩によって建設現場の生産性はさらに向上する（図一）。

(2) ネットワーク指向の情報化施工

情報化施工の各機器がインターネットに接続されることで①遠隔コミュニケーション、②データの共有、③データの分析が可能となる（図二）。測量機のコントローラや車載ゲートウェイは、SIMカードによ

る携帯通信、またはWi-Fiネットワークによってインターネット接続する。各機器とクラウドが双方向に通信し、事務所からモニタリングやデータ共有が可能となる。また、現場で得られたデータの分析結果を工事



図一 情報化施工の技術トレンド



図二 ネットワーク指向の情報化施工

*1 The Internet of Everything
How More Relevant and Valuable Connections Will Change the World Cisco IBSG
<http://www.cisco.com/web/about/ac79/docs/innov/loE.pdf>

関係者が参照する。

2. ネットワーク指向により解決されるべき課題

以下に示す4つの項目について、解決されるべき主な課題を示す。ここに示す課題を解決するツールとして3章で建機・情報化施工管理システムを提案する。

(1) 運用サポート

通常、情報化施工技術を現場へ導入する場合、運用担当者が情報化施工に関わるサポートやデータ管理を行う。運用担当者の所属は、建設会社や測量会社など、現場によって様々である。

近年は情報化施工の機材をレンタルして現場へ導入する建設会社も多い。その場合、レンタル会社の担当者と現場の運用担当者が協力して日々の運用を支える。

運用担当者が多忙を極めている要因を下記に挙げる。

- ・現場導入時の指導やトラブルシューティングの技術スキルや経験を持った技術者の不足
- ・技術者は複数の現場を担当していることが多い（技術者不足のため）
- ・現場と事務所など各拠点への移動時間が長い
- ・問い合わせやトラブル対応、設計データの入れ替えなどのために頻繁に現場へ出向くことがある

多忙さは現場へのサポート品質の低下を招き、情報化施工の導入効果を十分に引き出せないことに繋がる。

(2) データ管理

設計データ作成に必要なCADファイルは、データサイズが1ファイルあたり10メガバイトを超えることもある。そのため、電子メールで受渡しできないデータもあり、USBメモリやDVDなどによるデータのやりとりは、非常に不便で管理も煩雑である。

また、機器の故障に備えて各種設定情報をバックアップし、常に最新のデータを保管する必要がある。

バックアップデータの取り忘れや紛失があるとトラブル復旧に時間がかかる。

(3) データ活用

施工管理者が土工事の進捗状況を把握する方法として、ダンプトラックの数量集計、トータルステーションやレベルを用いた出来形計測などがある。一方、マシンコントロール・ガイダンス（以下、MC・MG）におけるブレードやバケットの座標値はシステムによって管理されている。座標値の履歴が進捗管理へフィードバックされる仕組みがあれば、施工管理者の作業は大幅に軽減され、より綿密な管理が可能となる。

(4) 施工視点での建機モニタリング

建機のメンテナンス情報や現在位置を管理する建機管理システムが建機メーカーによって提供されており、建機の細部にわたる情報をモニタリングすることができる。

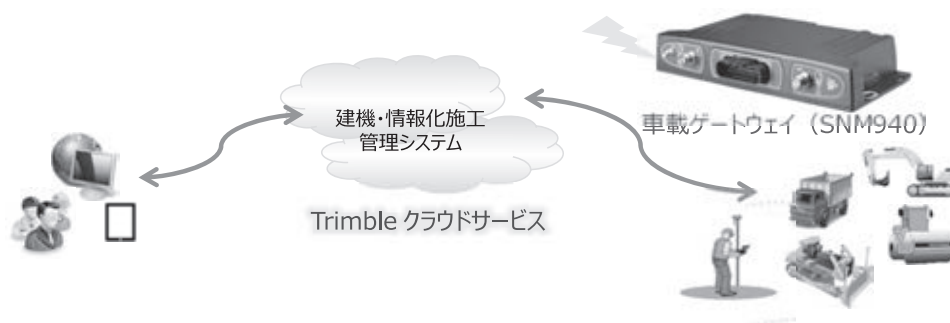
一方で施工管理の視点から建機モニタリングを考えると、建機メーカー問わず現場内に配置されている建機の位置や稼働といった基本情報、施工に関わる情報は統合的に管理される必要がある。

3. 建機・情報化施工管理システムの提案

ネットワーク指向の情報化施工を実現するツールとして、建機・情報化施工管理システムを提案する。

(1) 建機・情報化施工管理システムの概要

建機・情報化施工管理システムは、PCや測量機とそのコントローラ、MC・MGのコントロールボックスといった各種デバイスをクラウドで一元管理するサービスである（図—3）。具体的には遠隔アシスタントやデータ同期、ファイル共有といった機能を提供する。また、MC・MGのデータを分析処理し、ユーザーは施工管理に必要な情報を確認することができる。仕



図—3 建機・情報化施工管理システムの概要

上り高さや土量算出、ダンプ運行管理といった機能を提供する。

(2) デバイスのインターネット接続

(a) 測量機

トータルステーションや GNSS 測量機は、付属のコントローラがインターネットへ接続する（図—4）。コントローラは、SIM または Wi-Fi ルータによって通信する。



図—4 コントローラ

(b) MC・MG

車載ゲートウェイ SNM940 を利用して MC・MG のコントロールボックスがインターネット接続する（図—5）。SNM940 は SIM または Wi-Fi ルータによって通信する。また GPS モジュールを搭載しているため単体で 2 m 程度の精度で位置座標を取得できる。



図—5 車載ゲートウェイ

(3) サービスプラン

目的に応じてサービスプランを選択し建機・情報化施工管理システムを利用することができる。安心サポートプランでは、MC・MG の遠隔アシスタントやクラウドへのデータ同期、建機位置の確認などが可能となる。3D 見える化プランでは、安心サポートプランで提供される機能に加えて、施工進捗管理が可能となる。GNSS やトータルステーションといった測量機向けのデータにつながるプランでは、コントローラでインターネットを利用でき、観測データや杭打ち点などをクラウドで管理できる（表—1）。

(4) 期待される効果

2 章で挙げた課題に対して、建機・情報化施工管理

表—1 サービスプラン一覧

対象	プラン名
MC・MG 向け	安心サポートプラン
	3D 見える化プラン
測量機向け	データつながるプラン
建機全般	2D 見える化プラン
	建機管理プラン

システムを利用することによる改善効果を下記に示す。

(a) 運用の安定

オペレータからのトラブル連絡に対する一次対応として、遠隔アシスタントを利用できる（図—6）。これにより、原因を切り分けしたうえで現場へ向かうことができるうえ、軽微な対応で済む場合は遠隔アシスタントと電話のみで対応することも可能となる。また、設計データの入れ替えや細かな導入指導も遠隔で行うことができる。



図—6 遠隔アシスタントの様子

これにより、現場の運用担当者やレンタル会社担当者の移動時間が短縮される。トラブル発生から復旧までの時間も短縮されるため、現場の安定運用につながる。

(b) 新たな進捗管理

MC・MG のデータを自動的に集約・分析し、施工の進捗管理に必要な情報を施工管理者に提供する。施工管理者は、建機・情報化施工管理システムの画面で施工の高さ分布、設計と実績の差異、概算土量、転圧回数分布などを確認できる（表—2）。

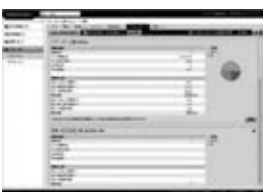
ほぼリアルタイムで進捗状況を確認できるため、より綿密に状況を把握し、無駄のない施工へとつながる。

また、ダンプトラックの移動履歴からダンプ土量を自動集計、車両別のサイクルタイムを計測することができる（表—3）。建機・情報化施工管理システムでは、ダンプトラックと積込用バックホウに搭載された SNM940 の GPS 位置情報から両車両の接近を判断し積込イベントとして記録する。また、ダンプアップの

表—2 3D 進捗管理

確認項目	従来	建機・情報化施工管理システム	
高さ	レベルや TS で高さを日々チェック	・高さ分布 ・断面図 (設計と実績)	
土量	出来形計測からスライス平面図を作成、面積集計	・概算土量算出 (フィルタ条件によって日別、重機別など)	
締固め管理	帳票作成ソフト	転圧回数、温度分布	

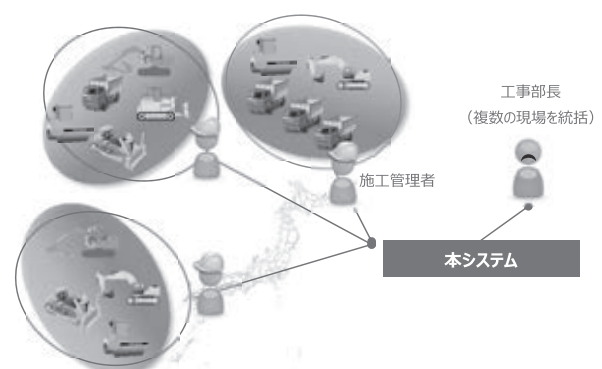
表—3 ダンプ運行管理

確認項目	従来	建機・情報化施工管理システム	
ダンプ土量	ダンプ日報から集計	位置情報から切土量、盛土量を集計	
サイクルタイム	ダンプ日報から集計	車両別のサイクルタイムを集計	

信号を SNM940 に取り込むことで排土イベントを記録する。これによって、オペレータの操作なしで自動的に搬出先ごとのダンプ運搬土量やサイクルタイムを管理できる。サイクルタイムの算出については、日単位、週単位、月単位など指定された日時で集計することができる。

(c) 現場単位の建機管理

建機メーカーが提供する建機管理システムが、建機のメンテナンスに必要な車両の詳細情報を管理するのに対して、建機・情報化施工管理システムでは建機の位置や稼働状況といった施工管理の視点から必要な情報を管理する。現場内で稼働する建機に車載ゲートウェイを搭載することで、建機メーカー問わず全車両一元管理することができる(図—7)。また、複数の現場の進捗状況や建機の稼働状況を俯瞰的に確認することができる。



図—7 建機・情報化施工管理システムによる建機管理

4. 現場の導入事例

(1) 現場概要

(株)中田建機(北海道斜里町)のご協力の下記の2現

表—4 現場概要1

現場名	北海道横断自動車道 A改良工事
概要	掘削 140,000 m ³ 他 延長 5 km
稼働重機	バックホウ 3DMG (0.7 m ³ クラス) 1 台 バックホウ 3DMG (0.4 m ³ クラス) 2 台 バックホウ 1.4 m ³ クラス 1 台 バックホウ 1.9 m ³ クラス 1 台 ブルドーザー 70 t クラス 1 台
ダンプトラック	ダンプトラック 25 台 内 SNM940 装着 7 台

表—5 現場概要2

現場名	旭川紋別自動車道 B改良工事
概要	掘削 90,000 m ³ 他 延長 1 km
稼働重機	バックホウ 3DMG (0.7 m ³ クラス) 1 台 バックホウ 0.4 m ³ クラス 1 台 バックホウ 0.7 m ³ クラス 2 台
ダンプトラック	ダンプトラック 12 台



図—8 拠点の位置関係

表—6 距離と移動時間

	本社～ A 改良工事	本社～ B 改良工事	A 改良工事～ B 改良工事
距離	130 km	105 km	75 km
時間	2 時間 30 分	2 時間 10 分	1 時間 30 分

場にて建機・情報化施工管理システムを導入した（表—4, 5）。同社の建設 ICT 推進部 部長 富山仁尊様に対し、導入効果に関するヒアリングを行った。

現場と事務所の位置関係を以下に示す（図—8）。拠点間の距離は 100 km 以上、移動時間は 1 区間あたり 2 時間を超える（表—6）。

(2) データ管理への活用

通常、担当者は設計データを事務所のパソコンで作

成し、USB メモリに保存して、建機に搭載されたグレードコントロールシステムへ登録する。また、建機の設定情報が変更されるとバックアップを USB メモリに保存する。従来手法の課題として、データの登録や更新に担当者が建機まで移動するため、移動時間がかかるということがあげられる。

建機・情報化施工管理システムを使用すると事務所のパソコンから遠隔でデータを更新できる（図—9）。通常は完成形状の設計データを施工の最初から最後までグレードコントロールシステムに登録して使用する。これに対して本現場では、設計データ更新する労力が減ったため、前日までの施工状況や当日の作業効率、ミス防止を考慮した設計データを日々作成して更新した。設計データに関しては、2014 年 6 月 24 日から 7 月 21 日までの約 1 ヶ月間で 1 台あたり 9 回更新され 19 個の設計データが送られた。設定情報のバックアップについても USB へ保存しなくても建機・情報化施工管理システムへ自動で保存されるので、保存し忘れのミスを防ぐことができた。



図—9 データ同期画面

本現場では、現場から事務所（中田建機）まで片道 2 時間 30 分かかるため、担当者は遠隔でデータを更新することで往復 5 時間の移動時間を節約することができる。

(3) サポート活動での活用

建機・情報化施工管理システムの遠隔アシスタントを使うことでトラブル発生時に管理者が現場にいない場合でも、システムの画面に遠隔でアクセスし、衛星の状態やセンサーの診断画面、各種設定内容を確認することができる（図—10）。これにより、遠隔でトラブルを解決できる場合や原因を事務所で確認したうえで現場へ向かうことができ、問題解決までの時間を短縮することができた。



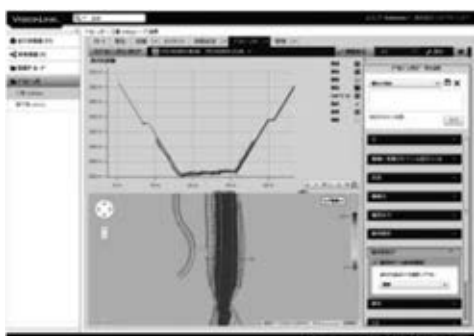
図—10 遠隔アシスタント画面

(4) 施工進捗管理への活用

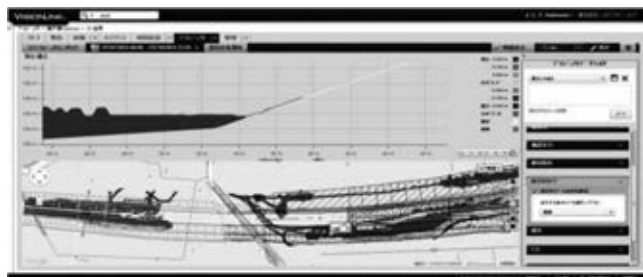
従来、掘削や盛土の施工の進捗は、レベルやトータルステーションを使用して現場を測量し、その結果を表計算ソフトやCADソフトに入力・集計することで定量的に把握されている。

測量やデータ入力、集計といった作業を伴うため、進捗をリアルタイムに把握するには人手がかかり難しい。

建機・情報化施工管理システムではグレードコントロールシステムを使用した掘削や盛土の出来形を数分から数時間以内には確認することができる。施工結果は自動的に収集されるので追加作業も必要ない。施工結果を日付や使用した設計データ、高さの種類（一番高い、低い、取得時間が最初、最後）などで選択表示して帳票出力することで、週間の施工履歴を管理することができた。また、設計データに対して規格値の範囲内で仕上がっている法面整形の箇所を着色することで面的な品質管理にも活用できた（図—11、12）。



図—11 出来形確認画面



図—12 出来形確認画面2

(5) ダンプトラック運行管理への活用

従来、ダンプ運搬土量やサイクルタイムを算出するには、ダンプの積み込み・荷降ろし場所と回数が記入された運転手の日報を集め、表計算ソフトで集計する必要がある。

建機・情報化施工管理システムでは、ダンプ積み込み・荷降ろし位置やダンプ運搬土量、サイクルタイムをリアルタイムに確認することができる（図—13）。建機・情報化施工管理システムはダンプトラックに搭載された車載ゲートウェイから送られてくる位置情報やダンプアップの信号を基に積み込みと荷降ろしの位置と時間をモニタリングしている（図—14）。当初予定していたサイクルタイムと建機・情報化施工管理システムで確認できる実績値を比較することで最適なダンプ台数を判断することができた。また、他工区や場内など搬出先別の運搬土量を算出することで施工の進捗を把握することができた。



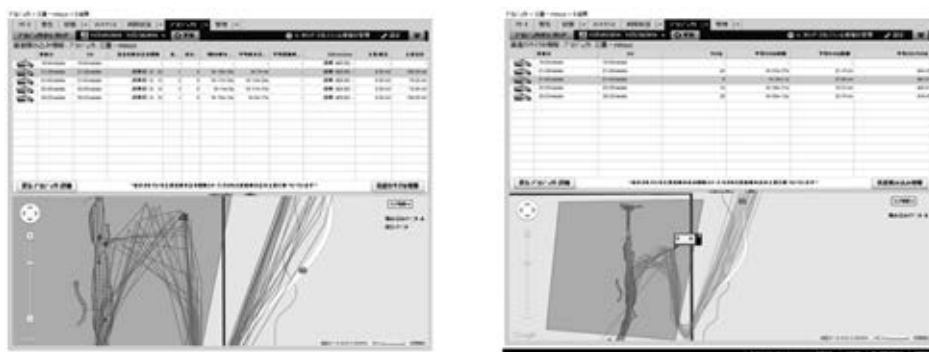
図—13 土量確認画面

5. 今後の展開

(1) モニタリング範囲の拡大

施工の視点から、建機の状態をモニタリングするセンサー類の製品リリースが見込まれている。それら製品は建機・情報化施工管理システムへ繋がり、MC・MGのデータと共に一元管理されることを前提に開発されている。

TRIMBLE LOADRITE は、バックホウやホイール



図ー14 ダンプサイクルタイム確認画面

ローダーなどのバケットで抱えた内容物の重さをモニタリングするシステムである。例えば、積込み用バックホウに搭載することでダンプトラックへの過積載を防ぐことができる（図ー15）。モニタリングされた運搬の履歴は建機・情報化施工管理システムで管理することができる。

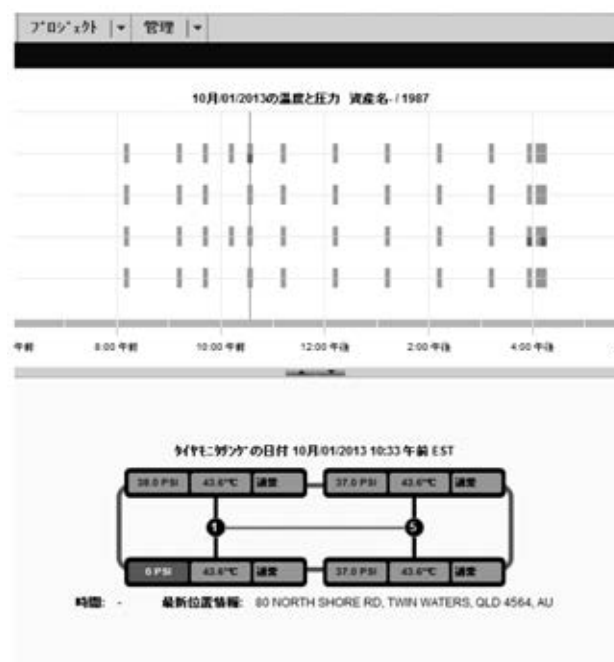
TRIMBLE Tire Pulse は、タイヤの空気圧や温度などをモニタリングしタイヤの破裂などを未然に防ぐシステムである。データは建機・情報化施工管理システムへ送られ、異常がないか監視することができる（図ー16）。



図ー15 TRIMBLE LOADRITE

6. おわりに

今後の活動としてこれらシステムの普及に向けた取り組みを進める。Trimble Connected Community, VISIONLINKをはじめ「建設現場をネットワーク指向にかえる技術」の情報共有を目的としたユーザーコミュニティを発足する。主な活動内容として、インターネット掲示板による製品情報の提供、情報交換、地域ごとの勉強会の開催などを予定している。これらの活



図ー16 タイヤ監視画面

動がネットワーク技術の普及につながり、建設現場の生産性向上を支援できることを期待する。

謝 辞

本稿を執筆するにあたり協力をご快諾頂きました(株)中田建機 代表取締役社長 中田尊徳様に深く感謝申し上げます。

J C M A

【筆者紹介】

柿本 亮大 (かきもと りょうた)
(株)ニコン・トリプル
ICT 営業部セールスエンジニア





UAV（無人飛行ロボット）の ビジネス活用の動向と今後の注目点

矢 野 誠 二

軍用を契機に開発が進んだ UAV の商用利用が進行している。機体の高機能化、小型化といった技術進化が後押しとなり、映像制作やインフラ点検、災害発生時の状況確認など用途が拡大しつつある。一方で、進入禁止区域での飛行、違法な撮影、落下による人身への被害といったトラブルも報じられ、法制度の整備も求められている。本稿では、UAV の技術進化、商用利用の動向と共に、大手企業による取組や規制の整備動向など、今後の注目点についても述べる。

キーワード：UAV、ドローン、空の産業革命、社会インフラ、災害対策、輸送、航空法

1. UAV が注目される背景

軍事利用を契機に技術開発が進んだ UAV (Unmanned Aerial Vehicle) の商用利用が国内外で拡大している。UAV に関して、現時点で国際的に統一された定義や規格は無く、その呼称も、無人機、無人飛行ロボット、ドローン (Drone) など様々だ。機体も軍事に用いられる数億円レベルのハイスpekクなものから、娯楽用途に開発された数千円から数万円程度の簡易なものまで幅広い。無人で航行する飛行体全般を UAV とする見方も有るが、本稿では、一定の自律性能（人の操作を介さず事前に指定した通りに飛行する性能）を有する機体、及び商用で用いられる機体を対象とする。商用の UAV は大まかに①固定翼型（航空機に近い形状）、②ヘリコプター型（ヘリコプターに近い形状）、③マルチローター型（複数のプロペラを備える形状）の3つのタイプに分類される（図—1 参照）。とりわけ昨今は、自律飛行性能の進化、安定飛行の為のセンサー技術の進化、機体の小型化といった商用利用を後押しする技

術開発が急進し、利用用途が拡大している。加えて近年はマルチローター型の機体を中心に低価格化の傾向も見られ、裾野の広がりも見られる。AUVSI (Association for Unmanned Vehicle Systems International / 国際無人機協会) は、2025 年迄に米国の UAV 関連事業が約 8 兆円まで拡大し、10 万人の雇用を創出するとの予測を発表。そのポテンシャルの大きさから「空の産業革命」とも称される。

2. 多様化する UAV の利用用途

先進国を中心に今後見込まれる労働力不足や高齢化などを背景に、ロボット技術への期待が高まっており、現在は多種のロボット開発が進行している。その中でとりわけ UAV が注目されている理由の一つが、その活用における自由度の高さである。UAV の活動領域である空中では活動の妨げになる要素が少ないことはもちろん、機体と組み合わせられるペイロード（搭載物）が極めて広範で、ペイロード毎に多様な機能を備



図—1 UAV の分類

えられることが UAV の特徴であり優位点である。例を挙げると、カメラを搭載すると空撮機器、農薬を搭載すると散布機器、商品を搭載すると輸送機器、点検用センサーを搭載すると検査機器など、多様な形態で活用される。こうした UAV の高性能化、ペイロードの多様化により用途が急速に拡大し、多くの企業が UAV への注目を高めている（表－1 参照）。中でも先行して導入が進んでいるのが、①農業、②空撮、③インフラ点検の3つの用途である。日本では農薬散布用途のヘリ型 UAV の導入が拡大しており、現在約3,000 台が稼働中とされている。一部では空からの農地や農作物の生育状況といった新たな用途でも活用されている。空撮分野での活用も進み、2014 年のソチ五輪では、競技撮影で UAV が活用され、臨場感の高い映像が世界中に配信されたことで話題となった。有人機からの撮影では困難な領域での空撮が可能であり、低コストでの空撮も可能であることから、映像制作会社やテレビ局が UAV の導入を進めていることも報じられている。これら映像制作用途に加え、自然災害や大規模事故発生時の空からの状態確認など、災害対策や救助を目的とした UAV による空撮も始まっている。2011 年の東日本大震災発生時、2014 年の広島における土砂災害発生時、御嶽山の噴火時において、上空から被害状況を確認する目的で UAV が投入され

たことも明らかとなっている。老朽化対策が進む橋梁などの社会インフラや、大規模事故なども報じられるプラントの点検でも UAV の活用が進む。欧米では、UAV を利用したインフラ点検を専門とする業態も台頭し、日本では2014 年に国土交通省が実施した『次世代社会インフラ用ロボット技術・ロボットシステム』の公募において、多数の UAV 関連企業が参画したことも明らかとなっている。

3. UAV の普及により成長が見込まれるビジネス領域

前述の通り、UAV 本体の高性能化と UAV 用のペイロードの多様化により UAV の用途が拡大している。これに伴い、UAV に関連するビジネス機会の増加も見込まれている。UAV の機体や UAV に搭載するセンサーの製造・販売、UAV を利用した各種サービスの提供など、UAV が直接関与する事業領域に加え、UAV の操縦に関わる教育プログラムの提供、機体のメンテナンス、保険サービスなど、UAV の用途拡大によりその周辺領域の事業が成長の兆しを見せている（表－2 参照）。日本で先行する農業分野における UAV 利用に関しては、既に販売から教育、メンテナンスに至る一連の体系が構築されており、このよう

表－1 UAV の利用形態（実験中の想定利用形態含む）

用途	利用形態
輸送・デリバリー	・離島、山岳地、治安悪化地域、その他危険な場所への輸送 ・医薬品や血液等の緊急輸送、収穫物（農作物・海産物等）等の即時搬送
災害対策	・自然災害や大規模事故、テロ等の発生時の空からの被害状況把握・生存者確認
空撮・測量	・カメラマンが立ち入ることの出来ない場所からの撮影による番組・映画制作 ・空撮画像を用いた 2D/3D 地図の作成
点検・メンテナンス	・橋梁、ダム、大型プラント、送電線等、危険個所での点検 ・高熱地、寒冷地、有毒物質の影響を受ける場所等、劣悪な労働環境での点検
農業	・空中からの農薬散布、農作物の生育状況確認
資材管理	・広域に散在する商品や資材の空からの効率的な管理（UAV を利用した棚卸し）
監視・警備・搜索	・国境等の広域警備、企業・私有地の監視及び不審者の撮影 ・逃亡犯の追跡及び撮影、山岳地・樹海等での行方不明者、徘徊老人の搜索
旅行・エンターテインメント	・徒歩では行けない場所、危険個所への仮想訪問体験の提供 ・テーマパークのアトラクションとしての利用

表－2 UAV に関連するビジネス例

分類	内容
サービスの提供	監視・警備、インフラ点検、空撮・測量など UAV を利用したサービスの提供
ペイロードの提供	カメラ、センサー、農薬（散布用装備）など UAV への搭載品の販売
機体の提供	UAV の販売、レンタル、リース
サポート・アフターケア	UAV の修理・メンテナンス（部品の販売）、保険の提供、教育プログラムの提供
インフラの提供	UAV 発着スペース（実験スペース）、給油・充電設備の提供

なモデルの他用途への応用、もしくは諸外国への展開といった形でのビジネス拡大も見込まれる。次章で述べる通り、UAVは自由度の高い技術である一方、(自動車・バイク等と同様に)事故による人への被害といったリスクも内包する。それ故に、とりわけ事故防止、安全確保に関わる措置は重要視されており、UAVの普及により保険等周辺事業の拡大が並進することも予想される。有力な航空機製造業を抱え、UAV分野の開発でも進むフランスでは、UAVに特化した保険サービスも既に販売されるなど具体的な動きも見られている。

4. UAVの活用に伴うリスクと想定される対策

UAVの高機能化や低価格化により用途が拡大する一方で、UAVの普及に伴う幾つかの危険性も指摘されている。過去に発生したトラブルの事例も含め、UAVのビジネス活用における主なリスクとその対策について以下にまとめる。

(1) 落下による被害

僅かな件数では有るが、UAVの落下による人との接触事故も報じられている。現状ではUAVを商用利用する企業の多くは、住宅地、商業地など人のいる場所での飛行を自粛しているケースが一般的だが、一部のUAV製造企業は何らかのトラブルにより機体が落下を始めた場合、自動検知してパラシュートを開く、もしくは警告音を発する、といった対策も進めている。

(2) 航空機への影響(航空法など法規制への抵触)

UAVは技術的には航空機が飛行する空域(日本の場合、地表から凡そ300m以上の空域)での飛行も可能だ。2014年5月、米国フロリダ州ではUAVとアメリカン航空の機体とのニアミスが発生し、2014年7月には、名古屋で航空法の定める基準高度以上でUAVを飛行させた男性が書類送検されるといった事象も発生している。UAVの飛行可能領域に関しては世界各国でルールを検討が進められているほか、万が一航空機とニアミス状態になった場合にUAV側で衝突回避するような機能の開発も進められている。

(3) プライバシー侵害

UAVに搭載可能なカメラの性能向上により、上空から高精細な画像が撮影可能となっており、これがプライバシーの侵害に繋がるなどの指摘も有る。韓国では2014年3月、北朝鮮から飛来したと推定される、カ

メラを搭載したUAVが大統領府上空を飛行していたことが判明。その後も原発などの重要警備拠点やプロスポーツ会場の上空でUAVを飛行させ、許可の無い撮影が行われる事象も頻発し、UAVによる違法性の高い撮影への懸念の声も高まっている。この点は利用者のモラルに依るところが大きく、技術的な対策は困難であるため、免許・罰則制度の導入を含むルール整備、販売時における周知徹底など運用面での対策などが期待されている。

5. 有力企業によるUAV活用の動き

2014年以降、世界的に知名度の高い業界トップ企業によるUAVへの取組が相次いで報じられている。電機大手のGE(General Electric)は発電プラントの保守用途でUAVを活用することを発表。同社による米国のUAV開発企業に対する投資も明らかとなっており、この分野への取組には積極的だ。石油大手のBP(British Petroleum)は、アラスカの油田のパイプラインや関連設備の維持管理、油田周辺の環境調査用にUAVを導入。携帯電話大手のT-Mobile(ドイツテレコム傘下)は、通信用の鉄塔などのメンテナンス用途にUAVの活用を開始している。この他2014年には、米国の半導体大手Intel、Qualcommや中国最大の検索サービス企業Baidu(百度)などが名を連ねるUAV用のソフトウェア開発プロジェクト“Dronecode”も発足。スマートフォンOSとして世界を席巻するAndroidのような世界共通のプラットフォームとして利用されることを目指し開発が進められている。

日本企業では、セキュリティ大手のセコムが、商業設備等の警備を目的としたマルチローター型の小型UAVを開発。警備システムと連携し、不審者が検知された場合にUAVが撮影し、監視センターにリアルタイムの映像を伝送する、といった形でサービス提供される見込みだ。同社は2020年の東京五輪開催を視野に、長時間かつ広範囲の監視が可能な飛行船型の大型UAVの開発にも着手するなど、この分野への注力化を図っている。このように、ユーザーサイドと開発サイドの両面で、世界的に影響力の大きい大手企業の参入が相次いでおり、今後はこれら先行する企業の競合企業を始め、更に参入プレーヤーが増加、多様化することも予想される。

6. 今後の注目点

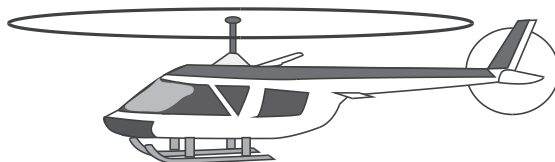
前述の通り、昨今は UAV の利用用途が拡大すると共に、それに伴うトラブルも多数報告されている。こうした背景もあり、今後は UAV に関わるルールが如何に整備されるか注目される。米国では、UAV の商用利用が原則禁止である中、2014 年 6 月、FAA (Federal Aviation Administration) が英 BP に対し、アラスカにおける油田パイプラインの監視用に UAV の利用を許可。以降、少数では有るもののインフラ点検や映像制作などを行う企業に利用許可が付与されつつある。欧州では国毎に基準が異なるも、CAA (The Civil Aviation Authority / 英国民間航空局) は UAV の重量毎に利用ルールを定めるなど、進んだ例も見られる。時期は未定ながら、ICAO (International Civil Aviation Organization / 国際民間航空機関) も UAV 利用の際の安全性確保や技術仕様に関するルール整備に着手していることが報じられている。一方日本では、UAV の商用全般に関わるルール作りに関しては具体的な方針が定まっていない。そういった状況下で注目される

のが、日本における農業分野での UAV 利用ルールなど、法制度の整備に先行して独自に定められた自主規制 (業界毎の運用規則) の動向である。現在日本では、複数の UAV 関連の業界団体の設立も見られ、UAV の商用利用推進に向けての国への働き掛けや業界や利用用途毎のルール整備、教育プログラムの提供、といった活動を展開している。こうした動きに加え、UAV の利用を想定した特区制度の設置も報じられており、様々な実証が行われる見込みだ。着実に進む技術進化と共に、こうした利用環境の整備が加わることで、今後さらに UAV の活用領域が拡大し、新事業の創出や社会問題の解決に貢献していくことが期待されている。

J C M A

【筆者紹介】

矢野 誠二 (やの せいじ)
㈱三井物産戦略研究所
新事業開発部 ICT イノベーション室



ずいそう



美しく青きドナウ

山 勝 三



音楽の都ウィーンから毎年の年初め、世界中のクラシック音楽ファンに素晴らしいお年玉が届けられる。それは全世界に向けてTVで同時中継される新年恒例のニューイヤーコンサート。地元の世界超一流のオーケストラ・ウィーンフィルが、ゲストとして招待した世界的な名指揮者のタクトで奏でる、華やかなウィнна・ワルツや軽快なポルカなど名曲の数々。今や世界のクラシック音楽界最大のイベントの一つになっている。

毎年、そのコンサートのフィナーレを飾るのが、十九世紀のウィーンで大活躍したワルツ王、ヨハン・シュトラウス二世の名曲「美しく青きドナウ」。会場を埋め尽くした聴衆はこの曲の演奏が始まると、盛大な拍手と歓声で、希望あふれる新年の到来を祝福し、コンサートを打ち上げる。

数十年来、この世界同時中継のTV番組のスイッチを入れ、屠蘇気分で見聴するのが、私の新年を迎える楽しみの一つになっている。

あれは今から六十年近く前の中学校の音楽教室。先生が珍しく古びた手回しの蓄音器を重そうに抱えて入って来た。何事ならんと生徒たちの目が注がれる中、蓋を開けて中から手回しのハンドルを取り出し、ゼンマイを巻く穴に差し込んでグルグルと回し始めた。そしていっばいに巻き終わると、茶色に変色したカバーから一枚の古びたレコードを取り出し、溝に針を落とした。ガリガリと溝を擦る雑音に続き聞こえて来たその曲に、かすかに聴き覚えがあった。そして聴き進む内なぜか懐かしさと切なさが込み上げ、胸がジーンと熱くなるのを覚えた。

七、八分ほどの曲がアッという間に終わった。すると先生が突然「誰かこの曲の名前を知っている人」と質問した。私はなかば反射的に手をあげ、うろ覚えながら「美しく青きドナウ」と答え、たいそう誉められた。

戦後間もない当時のNHKの放送で、日曜日の朝『音楽の泉』という数少ないクラシック専門の番組があった。雑音だらけの古びた真空管ラジオから流れる名曲は、音質こそ悪かったが、毎週、楽しみにしていてよく聴いた。この曲は多分そのとき子供ながらに心に残った忘れられない一曲だったのだろう。

この音楽室での出来事を契機にクラシック音楽がいつそう好きになり、爾来六十年、私の日々の生活に

無くてはならない潤いと安らぎを与えてくれる、貴重な存在となった。後年、コマツに入社し初めて貰ったボーナスは、当時まだ高価だったレコードプレイヤーに、そっくり化けた。恐る恐る針を落として聞こえて来た最初の音に、胸をときめかせたあの日の興奮を、半世紀余を経た今でも昨日の出来ごとのようにはっきりと覚えている。

今を去る十年ほど前の初夏、モーツァルト生誕二百五十周年記念に湧く音楽の都ウィーンを、妻と二人で訪れた。その現地での二週間ほどの滞在中、毎年ニューイヤーコンサートが開催されているウィーン楽友協会ホールの黄金の間で、地元オーケストラによる演奏会を聴く機会があった。

プログラムが進み最後に「美しく青きドナウ」の演奏が始まると、突然、六十年近く前の古ぼけた中学校の音楽教室にタイムスリップ。世界最高の音響効果を誇るホールでの、超一流オーケストラによる華麗な響きと、古ぼけた木造教室での、手回し蓄音機から聴こえる雑音混じりのレコードの音が重なり合い、何とも懐かしく胸にジーンとこみ上げるものがあった。

ウィーンを去る前日、郊外を流れるドナウ河の観光クルーズに出掛けた。遠くアルプス連山に源を発し、オーストリアを横断して遥か黒海に流れ下る、ヨーロッパ第一の大河ドナウ。しかし、期待した「美しく青きドナウ」は、そこに見ることは出来なかった。観光船から見下ろす広い川面は時代とともに河岸周辺の開発が進んだためだろうか、曲名のように青くはなく薄茶色に濁っていた。今を去る百数十年前、シュトラウスが見た「美しく青きドナウ」は、今、彼の名曲の中でしか、出会うことが出来なくなってしまったのであろうか。

船内では、かの名曲が繰り返し飽くことなくスピーカーから流され、観光船はゆっくりと薄茶色に濁るドナウ河を、ウィーン目指して下って行った。思い立って船室から北国の初夏の日差しがまぶしいデッキに出て手すりにもたれ、試みに目を閉じてみた。すると、かつてシュトラウスが目にしたであろう、さざ波の立つ「美しく青きドナウ」が、曲に乗って鮮やかに臉の裏に浮かんで来た。

ずいそう



建設機械の思い出

島 弘



私の生まれ育ちは、徳島県の旧木屋平村というところですよ。四国三郎とよばれる吉野川の中流にある穴吹という町から支流の穴吹川をさかのぼり、宮尾登美子さんが「天涯の花」の舞台としてくれた西日本第二の標高 1955 m の剣山の南東斜面にあります。村名の「木屋平」は「コヤ平氏」から来ているという平家が壇ノ浦の戦いで敗れたのちに落人した伝説がある山の中ですよ。時代としては、唯一の交通手段は穴吹川に沿ったくねくね道、四国電力が来るまでにも電気はありましたが、テレビを見るには家庭用トランスで電圧を上げないといけない始末、電話は集落に一台から徐々に各家に増えていったような時でした。林業はまだ植林している時代で、所得になるような産業はなく、道路、電気、通信、今でいうインフラ整備の始まりの時だったのでしょうか。

私が小学校からの帰りに見たものは、今まで通っていたわだちがぬかるんだ砂利道をスクレーパで平らにし、コールタールの上に砂を撒くという簡易舗装の工事でした。少し年が進むと今度は道路拡幅のために岩に発破をかけていて、キャタピラのパワーショベルが砕けた岩をダンプトラックに積む作業の横をすり抜けたものでした。道を広くし、砂利道を舗装してくれるスクレーパ、パワーショベルは我々のヒーローだったように思います。同時期に、家の周りの段々畑の中に電信柱が立っていくのにも興味を持ちました。人力作業だったのでしょうか、クレーンが入れるような場所ではなく、機械の記憶はありません。特に印象に残っているのは、パワーショベルの力強さと器用なことですよ。穴吹川沿いの幹線道路の整備とともに、その道路から各集落に車が通れる農道が造られていました。幹線道路から 200m くらい上った我が家の前の畑の中を道が延びて行くのをパワーショベルの運転手さんに怒られながら脇で見ていたものです。パワーショベルは何と器用なことか、両キャタピラとショベルの昇降・

回転の操作だけで、土や岩を削る、運ぶ、均す、固めるなどをこなし、それ一台でどんどん道が出来て行くではありませんか。

私は小さい頃から機械もの、特にエンジンのことが好きで、今も続いている月刊「自動車工学」という専門誌を読んでいた記憶があります。大学工学部の専門として土木の道に進みましたが、小さい頃のテレビよりも建設機械が活躍するのを見ていた実体験の影響があるのかも知れませんが、日本も優秀な技術者や作業員が必要なことは言うまでもありません。そのためには、土木という仕事に興味を持ってもらう必要があります。今の小さな子供たちが自分の身近で工事の脇から作業を見るという機会は少ないことでしょうか。子供たちにとって人では出来ない事が出来るものに憧れるのは昔も今も変わらないと思います。人間の物理的能力を超越した建設機械には子供たちが興味を持つに違いありません。建設現場によっては「現場や作業が外から見えるようにすること。広報にもなるし、何よりも見られることによって現場が綺麗になるだろう。」というキャンペーンをされているところもあると聞きます。また、テレビ番組では、「ほこ×たて対決」の「VS ロードローラー」や「最強重機綱引き決定戦」などで建設機械が主人公で登場し、パワーショベルでワインを注ぐ競技対決などがありました。ちょっとしたアイデアで、一石二鳥になるような活動はないものかと思います。私が懇親会等の挨拶でよく申し上げるのは、「お孫さんやお子さんに買うおもちゃは、建設機械にしてください。出来れば砂場に一緒に行ってください。」です。

JCMA 報告

平成 24 年度 研究開発助成 成果報告 (その 2)

無人化施工の効率・安全性を高める 映像の注視・解釈支援に関する調査研究

亀崎 允啓・岩田 浩康・菅野 重樹

無人化施工においては、現場環境の状況を適切に把握できるように、複数のカメラ映像が複数のモニタに提示される。計画や操作の判断に不可欠な視覚情報が多彩かつ広範に得られる一方、オペレータの認知情報処理の負荷が肥大することが懸念される。そこで、「どの映像のどの部分をどのように見ればよいか」を支援する枠組みを提案した。拡張現実 (Augmented Reality: AR) 技術を使い、(a) 作業状況に応じた映像の選択のため、重要度や危険度を示す映像フレーム、(b) 注目領域の抽出のため、距離感や奥行き感把握アロー、(c) 選択・抽出領域の解釈のために、提示色変化や映像の不可視化を行う 3 つのモジュールを開発した。実験の結果、注視・解釈支援により、作業時間はほぼ一定であるが、誤接触回数が減少すること、アンケートの結果、奥行き感が把握しやすくなり、オペレータの認知負荷が軽減されることが示された。

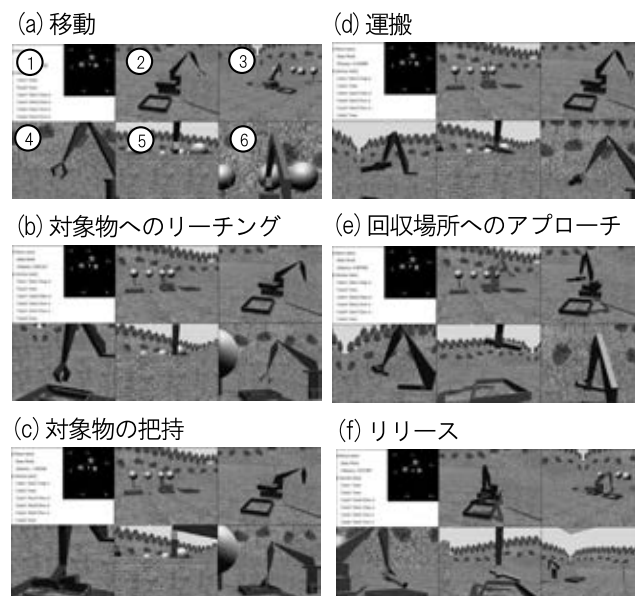
キーワード：unmanned construction, tele-operation, focusing support, augmented reality

1. はじめに

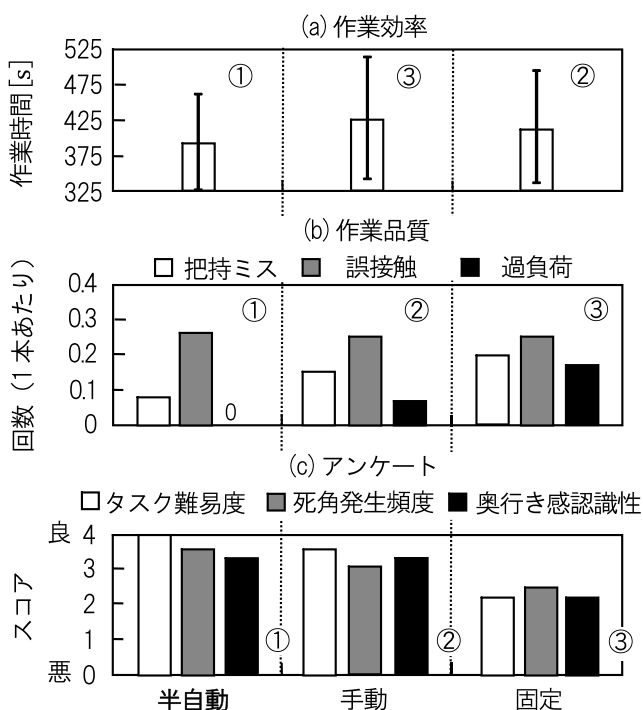
情報通信技術 (ICT) やロボット技術 (RT) を導入した無人化施工は、道路啓開や土木作業などの災害対応作業における効率化や高度化を図る中核技術として期待されている¹⁾。さまざまな災害現場において実施実績をあげている²⁾一方、遠隔操作時の操縦環境は、搭乗操作時のものと根本的に異なるため、違和感や不慣れさによって作業効率が低下してしまうことが問題となっている³⁾。この効率低下は、視覚提示内容の不完全性、操作・画像情報の通信遅延、体感・触覚情報の欠落の 3 つの要素が主な要因であると報告されている⁴⁾。これらの課題に対処すべく、さまざまな技術開発が行われている^{5), 6)}のだが、複雑な環境における対応作業の効率化・高度化を考えた場合、既述の主要課題のうち、操縦の計画や判断の基本情報となる映像情報そのものへの要求が厳しくなると予想される。

現在、オペレータの視覚情報は、重機に搭載された車載カメラやカメラ移動車などに搭載された環境カメラから提供されている。しかしながら、ほとんどの現場において、環境カメラの向きや画角は固定されているため、十分な視覚情報が得られない可能性がある。このとき、カメラの向き・画角を自動的に制御し、作業状況に応じた適応的なカメラ映像を提供できれば、オペレータは、精神的・身体的な負担を減らしつつ、より正確な遠隔操縦が可能になると考えられる。これによって、リスクを伴った操作と過度に慎重な操作の

双方が低減され、高効率化につながると期待される。これまでに、無人化施工の高度化のための基礎研究として、作業状況の識別に基づき環境カメラの向き・画角を自動的に調整する手法を開発している (図—1)⁷⁾。制御手法の詳細は、第 3 章にて説明する。仮想 (Virtual Reality: VR) 空間上に模擬された災害現場で無人化重機を操作する VR シミュレータ⁸⁾を開発し、固定 (制御なし)、手動制御、半自動制御の 3 システムで比較評価を行った結果、半自動制御では、固定・手動制御で実現が難しかった作業効率と作業品質の両立が可能



図—1 半自動制御システムにおける作業シーケンス



図ー2 VR シミュレータを用いた検証実験の結果

となること、また、オペレータの主観的な使いやすさが向上することが示唆された（図ー2）。

計画や操作の判断に不可欠な基本情報（視覚情報）が多彩かつ広範に得られるようになった一方で、オペレータの認知情報処理に関する課題が新たに浮かび上がった。時々刻々と変化する状況下において、オペレータが見るべき適切な映像を、多くの映像の中（本システムでは、6つの映像）からオペレータ自身が選んでいくには、長年の作業経験と大きな認知的負荷を要する⁹⁾。そこで、「どのカメラ映像のどの部分をどのように見ればよいか」といった映像の注視・解釈支援について検討する。注目すべきカメラ映像とその領域、さらに、映像の解釈方法をシステム側から積極的に提案できれば、たくさんの映像の中から、状況にあった適切な映像を探し、その映像内容を把握する認知的負担を大幅に減らすことが可能になり、さらなる高効率化が期待される。

2. 注視すべき状況と支援方法に関する分析

本章では、注目すべき状況と注視・解釈支援（どの映像のどの領域をどのように見ればよいのか）のために必要な支援技術について分析する。

(1) 注視状況および注視内容の分析

映像の注視・解釈支援を提供する目的は、認知的負担を低減（維持）させつつ、より効率的で安全な作業を

実現することである。このことから、支援の種類は作業促進と危険回避の2種類に大きく分類できる。作業促進のための映像を作業促進映像、危険回避のための映像を危険回避映像と呼ぶ。注視すべき映像やその解釈内容は、作業内容や現場環境、オペレータの技能によって大きく変わることが予想される¹⁰⁾。ここでは、これらの条件に依存しない共通の注視状況および注視内容について、作業促進・危険回避の観点からそれぞれ分析する。

①作業促進

手先と対象物の接触を伴う把持作業の前後では、必然的に細かく安全な操作が求められるため、操作の難易度が相対的に高くなる。このとき、手先と対象物の位置関係を把握できる映像を注視することが重要となるのだが、この映像においては、効率的かつ安全な把持ができるように、手先と対象物の距離感、特に奥行き感、を掴める情報が重要になる。

②危険回避

マニピュレータのリンク部やカウンターウェイト部が壁や障害物に接触すると、機体の転倒や瓦礫の崩落などの危険な事象が発生してしまうことから、確実に避けなければならない。このとき、接触しそうな機体各部と障害物との位置関係を把握できる映像を注視することが重要になるが、この映像においては、適確に回避行動をとれるように、接触しそうな部位が同定でき、相対距離が定量的に把握できる情報が重要になる。

(2) 拡張現実感を用いた注視・解釈支援

2. (1) 節の分析から導出された注視場面および注視内容をオペレータに提供するのに効果的と考えられる支援方法について分析する。音声を使った注視ガイダンスや触覚を使った危険度呈示などの方法が考えられるが、映像の注視・解釈が支援の目的であることを考慮し、導入がしやすく、整合性がとりやすい、視覚情報を利用した支援方法を検討する。映像の注視・解釈支援には、映像に顕在化されている情報の強調、さらに、映像に潜在している重要な情報の表面化を行い、オペレータに提示することが求められる。これらの意味情報を映像上に表現する方法として拡張現実 (Augmented Reality: AR) 技術を用いる。AR 技術は、人が知覚する現実の情報をデバイスなどの利用により拡張する技術のことで、船舶航行データの可視化¹¹⁾、建設現場における作業支援¹²⁾、ロボット遠隔操縦用インタフェース¹³⁾ などへ応用されている。一方で、無人化施工における視覚提示システムにおいて、AR 技術が搭載されている例はほとんどない。

そこで、本研究では、作業促進および危険回避に効

果的と考えられる映像において、顕在的情報の強化および潜在的情報の表面化を行うためのARを利用した注視・解釈支援システムを開発する。支援システムの効果を高められるように、これまでに開発した環境カメラの半自動制御システムのコンポーネントを調整する（第3章）。その上で、ARを用いた注視・解釈支援システムを開発し（第4章）、VRシミュレータを用いた災害現場での瓦礫撤去作業から、その有用性を評価する（第5章）。

3. 半自動制御システムの再構成

第2章の分析結果を踏まえ、映像の注視・解釈支援システムが効果的にはたらくように、半自動制御システムの要素を再構成する。

(1) 半自動制御システムの詳細

筆者らがこれまでに開発した環境カメラの半自動制御システムについて概説する。カメラの自動制御には、共通の基本モジュールとして定義した「カメラロール」を用いる。一般的な作業フロー（移動、リーチング、アタッチメントを使った作業（把持など）、運搬、リリース）においてオペレータに提供すべき映像を分析した結果から、3つの撮像対象（作業機、マニピュレータ、手先）と4つの撮像モード（追従、ズーム、姿勢、軌道）を案出し、これらの組み合わせにより4つのカメラロール（車体俯瞰追従、手先拡大追従、マニピュレータ姿勢保持、マニピュレータ軌道）を定義した。オペレータには、車体俯瞰追従映像を2つ、手先拡大追従映像とマニピュレータ映像を1つずつ、図一1左上に示す映像位置（順に2, 3, 4, 6）にそれぞれ提示した。これらのカメラロールは、「ロールアサインメントシステム」を用いて環境カメラに自動的に割り当てられる。作業の進行に伴い、障害物位置やカメラの制御限界などから当該カメラが役割を満たせなくなった場合にも、線型計画法を用いたカメラロールの再割り当てを実時間で行うことで、さまざまな状況に対してロバストに映像提供を行うことができる。

(2) カメラロールと表示位置の再調整

第2章における要求機能の分析から、作業促進において、手先の奥行き感情報が重要であること、危険回避において、危険認知映像が重要であることがわかった。これらを踏まえ、カメラロールの再定義とモニタ表示位置の再調整を行った（図一3）。再構成結果を以下に示す。

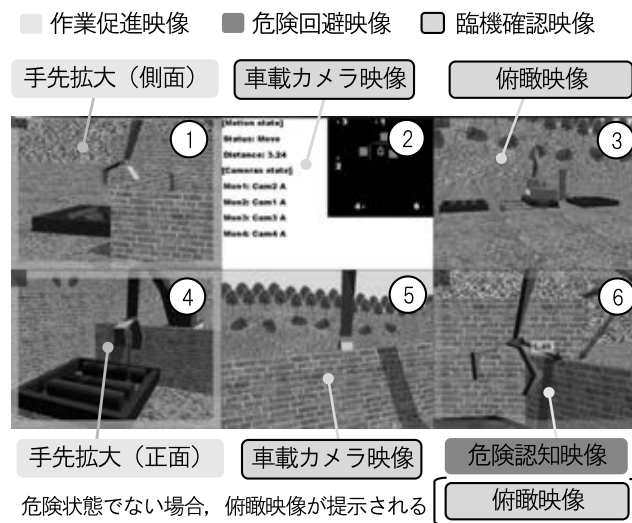
① カメラロール

- ・手先拡大映像. 現システムでは、手先映像とマニピュレータ映像の組み合わせであったが、物体把持動作などを効率的かつ安全に進めるために、水平方向に90度ずれた2つの視点（手先方向に対して正面および側面）からの映像を提示する。
- ・危険認知映像. マニピュレータが環境へ接触する危険性を考慮して、接触の可能性がある部位を含む映像を提供する。最も接触危険性の高い障害物箇所とマニピュレータ部位を結ぶ直線の垂直方向からの映像が提供される。

② 映像の表示位置

- ・手先拡大映像. 2つの映像を同時に見やすくするため、図一3に示す左側の2つ（1・4）に配置する。
- ・危険認知映像. オペレータの目に付きやすい場所として、図一3に示す右下（6）に配置する。

手先の拡大映像が作業促進映像、危険認知映像が危険回避映像、その他の映像は、必要に応じて注視する臨機確認映像となる。注視・解釈支援システムは、図一3に示す映像システムをベースに開発される。



図一3 半自動制御システムの再構成結果

4. 注視・解釈支援システムの開発

第2章の分析と第3章の再構成結果を踏まえ、ARのコンポーネントおよび状況に応じて提供するAR支援について考察し、注視・解釈支援システムを開発する。

(1) 注視・解釈支援のコンポーネント

注視・解釈支援には、「どのカメラ映像のどの部分をどのように見ればよいか」を作業促進・危険回避の観点からオペレータに提供することが必要となる。具体的には、複数の映像（本研究では、4つの環境カメ

ラ映像)の中から、注視すべき1つ以上の映像に意味づけをして注視させること、さらに、選択された画面の中で、注視すべき映像上の1つ以上の領域に意味付けをして、注視させることである。本節では、注視・解釈支援に有用と考えられる4つのARコンポーネントについてそれぞれ説明する(図-4)。

①可変色映像フレーム：映像

作業促進と危険回避という異なる注視映像の意味を容易に理解させるために、安全色彩¹⁴⁾を参考にした色と点滅効果を利用する。作業促進フレームには、安全や進行を表す緑色を用いた(図-4左上部)。作業促進フレームは、奥行き補助が重要になる手先と対象物が近くなったときに、手先拡大追従映像に提示される。危険回避用のフレームには、接触の危険度(ここでは、マニピュレータと障害物間の距離)に応じて、注意喚起、接触警告、回避催促、回避要求の4種類を用意した。注意喚起では黄色、接触警告では赤色のフレームを点灯させた。さらに、危険度の把握と強い注視を要求するため、回避催促では赤色の低周期点滅、

回避要求では赤色の高周期点滅とした(図-4右側)。危険回避フレームは、危険認知映像に提示され、マニピュレータと障害物の距離に応じて、段階的に4つのモードが切り替わる。回避催促フレームが提供される状態では、危険回避映像のみを強く注視させたいため、作業促進フレームを消去する。

②不可視化：映像

接触の危険性が極めて高い状態では、作業の遂行を中断し、接触回避に注力させるべきだと考えられる。そこで、最も危険度の高い回避要求状態では、手先拡大追従映像の可視度を極端に下げ、不可視化を行うことで、危険回避映像への強い注意誘導を行う(図-4左下部)。不可視状態は、不透明に近い黒色でマスクをする。

③奥行き感補助用手先垂直アロー：領域

手先拡大追従映像において、手先と対象物との奥行き関係を掴みやすくするために、手先の先端から地面まで鉛直下向き方向のアローを提示する(図-4左上部)。作業促進フレームの点灯と同時に発生する。アローは、両矢印で、視野が隠れないように半透明の緑色とする。

④接触危険認知用距離アロー：領域

危険認知映像において、マニピュレータと障害物の接触危険性を把握するために、障害物と最も近いマニピュレータ部位とを結ぶアローを提示する(図-4右側)。危険回避フレームの点灯と同時に発生する。アローは、両矢印で、視野が隠れないように半透明とする。注意喚起状態では黄色、接触警告状態では赤色とする。接触警告状態に移移するまでの間、最短距離の短さに応じて黄色から赤へと線形的に変化させる。障害物-部位間の距離感把握アローが数本提示された場合、最も近い部位を特定でき、距離を定量的に把握できれば、具体的な回避判断や計画がたてやすいと考え、最短距離アローの近くに相対距離を数値で表示する。

表-1にAR支援のコンポーネント、注視対象、注視目的、注視効果をまとめる。作業促進支援では、把

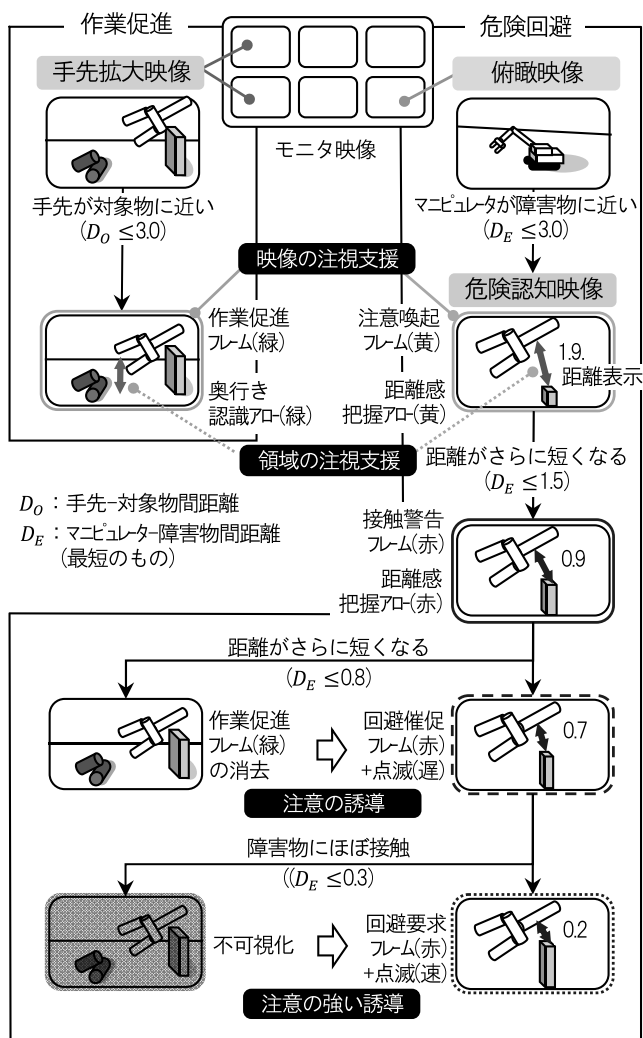


図-4 AR支援のコンポーネント

表-1 AR支援のコンポーネント

	対象	種類	効果
可変色フレーム	映像	作業促進	映像へ注意誘導
-色変化/点滅		危険回避	危険度の理解
不可視化	映像	-	危険認知映像への
-マスク		危険回避	強い誘導
手先垂直アロー	領域	作業促進	手先の奥行き感把握
-半透明		-	
距離把握アロー	領域	-	接触危険部位および
-色変化/数値		危険回避	距離の把握

持・リリース時の効率化・安全化のため、手先部の拡大映像の利用を緑色のフレームにより勧め、奥行き感補助のため手先から緑色の垂直アローが提示される。危険回避支援では、障害物への最接近箇所がアローおよび数値により提供される。危険度に応じて、危険認知映像のフレームが黄色から赤色、赤色の点灯から点滅へ変化する。また、最危険時には、作業促進映像を不可視化することで、強制的に危険回避映像へ注意を誘導する。

(2) 注視・解釈支援システムの実装

4.1 節のシステム設計をベースに、各パラメータおよび条件を設定し、VR シミュレータに実装した。本節では、図—5 に示す作業例を利用して、提供される AR 支援コンポーネントおよび効果について説明する。AR 支援は、作業促進では手先と対象物間の距離 D_o 、危険回避ではマニピュレータと障害物間の距離 D_E に応じて提供される。利用する色情報を表—2 にまとめる。

①作業促進支援（図—5 (a)）

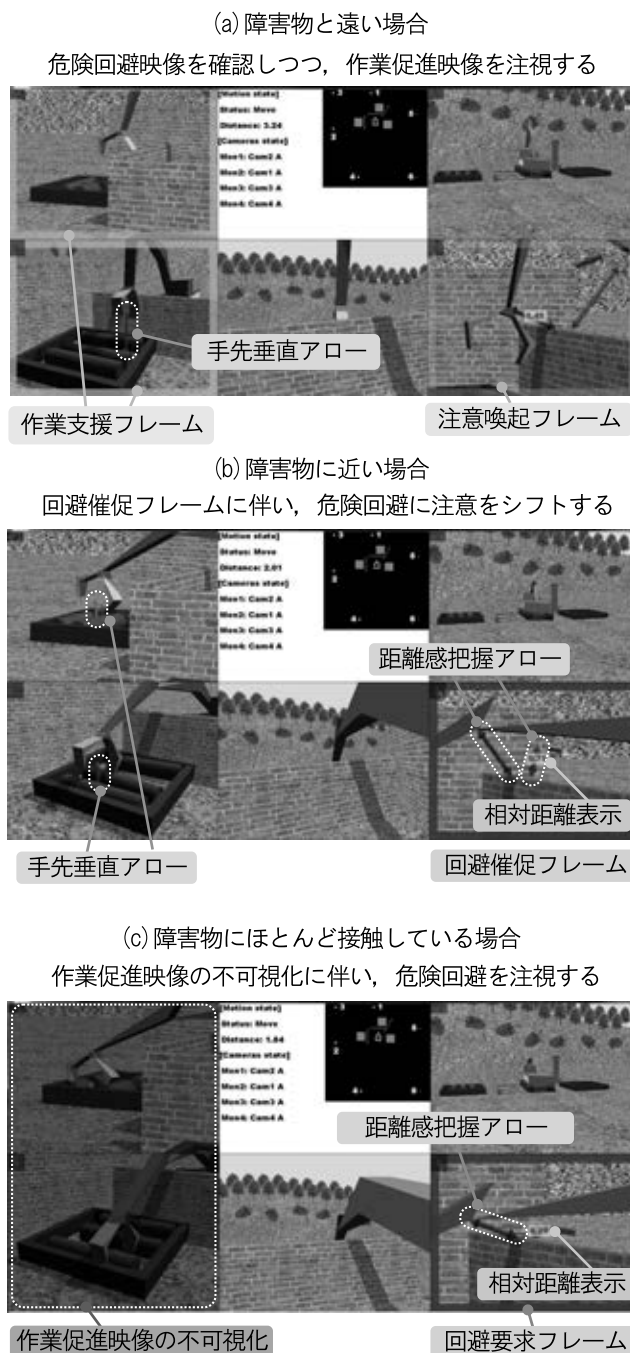
手先と対象物が近いという条件を、 $D_o \leq 3.0$ [m] と設定した。この条件下では、図—5 (a) の右端 2 つの作業促進映像のフレームが緑色になる。また、これと同時に手先から地面へ向けて、半透明緑色の垂直アローが出現する。これにより、物体把持における効率的かつ安全な操作が実現される。

②危険回避支援：注意喚起（図—5 (a)）

危険回避支援が発動されるはじめの条件である注意喚起状態を $D_E \leq 3.0$ [m] と設定した。この条件下では、図—5 (a) の右下のように、俯瞰映像が危険認知映像に変更され、フレームが黄色になる。これと同時に各障害物と最も近いマニピュレータ部位とを結ぶ黄色の距離感把握アローおよび最短アローの近くに距離が表示される。

③危険回避支援：注意喚起～回避催促（図—5 (b)）

さらなる注意が必要となる注意喚起状態の条件を $D_E \leq 1.5$ [m] と設定した。この条件下では、図—5 (b) 右下のように、危険回避映像に赤色のフレームが提示される。3.0 [m] から 1.5 [m] の間は、距離が短くなるにつれて、フレームおよびアローが半透明の黄色から不透明の赤へ変化する。これにより、接触の可能性が高い部位が明らかになり、必要に応じて回避行動に移ることができる。さらに、回避催促状態の条件を $D_E \leq 0.8$ [m] と設定した。この条件下では、赤色のフレームが低周期で点滅し始め、図—5 (b) 左側のように作業促進フレームを消去する。これにより、注



図—5 作業状況に応じた AR 支援の変更

表—2 利用する色情報と AR コンポーネントの関係

色	R/G/B/A (不透明度)	利用するコンポーネント
緑	0/1/0/0.7	作業フレーム / 垂直アロー
黄	0.1/0.9/0/0.8	注意喚起フレーム / 距離アロー
赤	0.1/0.9/0/0.8	接触注意フレーム / 距離アロー
赤点滅 (遅)	$1/0/0/0.9 \times \cos(8t/(d+0.2))$	回避催促フレーム
赤点滅 (速)	$1/0/0/0.9 \times \cos(16t)$	回避要求フレーム
不可視化	0/0/0/0.4	手先拡大追従映像

意の誘導を行う。

④危険回避支援：回避要求（図—5（c））

最も危険な状態である回避要求状態の条件を、 $D_E \leq 0.3$ [m] と設定した。この条件下では、図—5（c）のように左側2つの作業促進映像が黒色のマスクにより不可視化される。また、赤色のフレームの点滅が高周期となる。これにより、強制的に危険回避用モニタを注視するように誘導される。

このように、作業を促進すべき状況や、接触危険の度合いに応じて、オペレータに対するメッセージの種類や強さを変えることで、必要に応じた回避行動を選択させることが可能になると考えられる。なお、今回設定した状態の分類条件は、作業環境や作業内容によって柔軟に設定することが可能である。

5. 評価実験

環境カメラの自動制御システムの利用を前提に、AR支援の有無を比較することにより、開発した注視・解釈支援システムの効果を評価する。

（1）実験条件

① VR シミュレータ

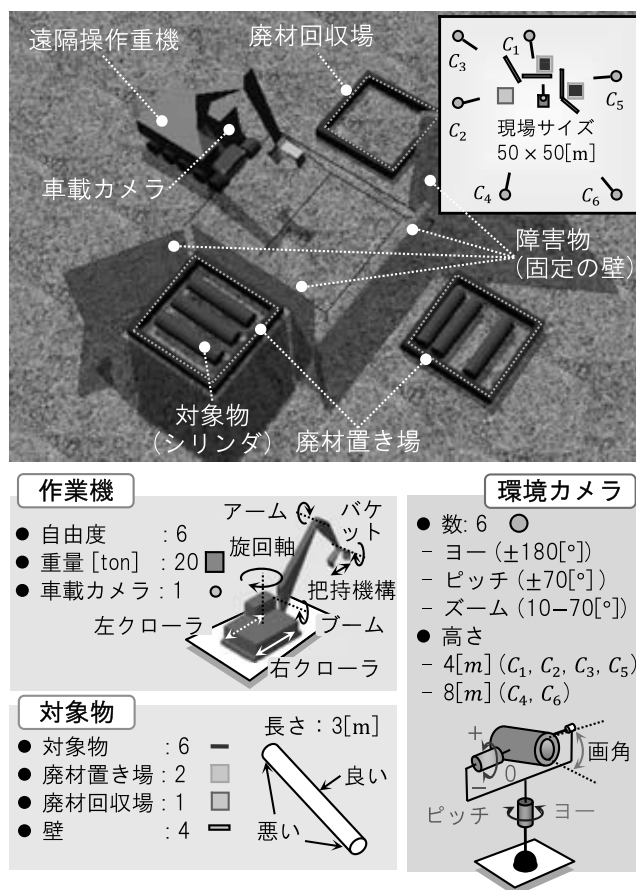
図—6に実験に利用するVRシミュレータ⁸⁾を示す。作業機には、把持機構を備えた解体機を再現し、4本の作業機操作レバー（左右クローラ、上部回転軸、ブーム、アーム、バケット、グラブプル）および4本の環境カメラ操作レバー（ヨー・ピッチ・ズーム）を配置した。さらに、42インチの2次元モニタの表示領域を6分割し、車載カメラ映像、4つの環境カメラ映像、状態提示（作業状況、ロール割り当て状況など）をそれぞれ表示した。描画エンジンとしてOpenGL、物理エンジンとしてOpen Dynamics Engine（ODE）を利用した。これにより、任意の点の位置、速度、力などが計測可能になる。

②実験条件

作業環境、作業機、対象物、環境カメラは、図—7のように設定した。2つの廃材置き場に3つずつ配置された合計6つの廃材円柱棒を1つずつ運搬して廃材回収箱に設置する作業を行う。環境には、車載カメラ映像から廃材が直接見えないように視界を遮る壁を設置した。オペレータには、できる限り早く、環境との過負荷接触を避け、把持時の掴みミスせず、廃材棒の中央を把持し、運搬中に物体を落下させないことを指示した。自動制御システムは、3.（2）節で再定義したカメラロールを利用し、各映像は図—3に示す表



図—6 VR シミュレータ



図—7 実験環境

示位置に提供される。

自動制御システムのみ（注視・解釈支援なし）と自動制御に加えてAR支援を提供したもの（注視・解釈支援あり）において、作業効率（遂行時間）、安全性（誤接触回数）、作業品質（把持位置）を評価項目として計測した。さらに、注視・解釈支援の効果を計測するために、奥行き感の認識性、距離感の認識性、接触への注意、頻繁な視点移動の抑制を項目とした5段階評価を行うアンケートを実験後に実施した。さらに、提供した4つのARコンポーネントそれぞれの有用性および利用優先度においても5段階でアンケートを実施した。6つの廃材棒運搬を1セットとし、支援の有無で2セットずつ行った。試行順序はランダムとした。オペレータは、実機操作経験はないが、シミュレータ操作に慣れた成人男性7名とした。AR支援のみの効果を計るため、自動カメラ制御にも十分慣れたのちに実験を行った。

(2) 実験結果

作業遂行時間、環境との誤接触回数、対象物の把持位置、およびアンケートの結果を示す。

①作業遂行時間

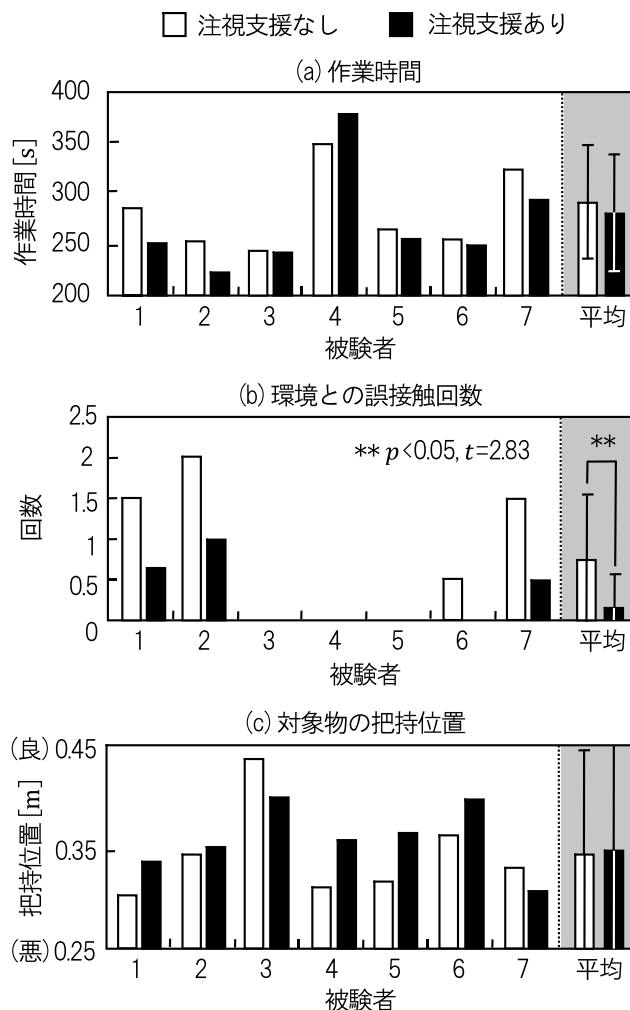
図—8 (a) にオペレータごとの作業時間および平均の作業時間を示す。オペレータ4以外は、注視支援を提供することで作業時間が短縮していることが分かる。これは、後述するが、誤接触回数の減少に伴い、スムーズな作業遂行ができたのではないかと考えられる。オペレータ全員の平均では、注視支援なしでは、282.9秒（標準偏差：49.5秒）、支援ありでは、271.6秒（標準偏差：53.8秒）となった。統計的な有意差は見られなかったが、大まかな傾向としては作業時間が短縮できる可能性が示唆された。

②環境との誤接触回数

図—8 (b) に環境の誤接触回数を示す。すべてのオペレータで、誤接触回数が減っていることが分かる。オペレータ全員の平均では、注視支援なしでは、0.79回（標準偏差：0.89回）、支援ありでは、0.21回（標準偏差：0.58回）となり、統計的な有意差があることが分かった（ $p<0.05$, $t=2.83$ ）。作業促進支援により、把持作業中の環境接触が減少し、危険回避支援により、マニピュレータと障害物との接触が減少したものと考えられる。以上から、注視・解釈支援が、安全性の向上に寄与することが示唆された。

③物体の把持位置

図—8 (c) に対象物の把持位置を示す。改善するオペレータと悪化するオペレータが確認された。垂直アローにより奥行き間が補助されることで、容易に物

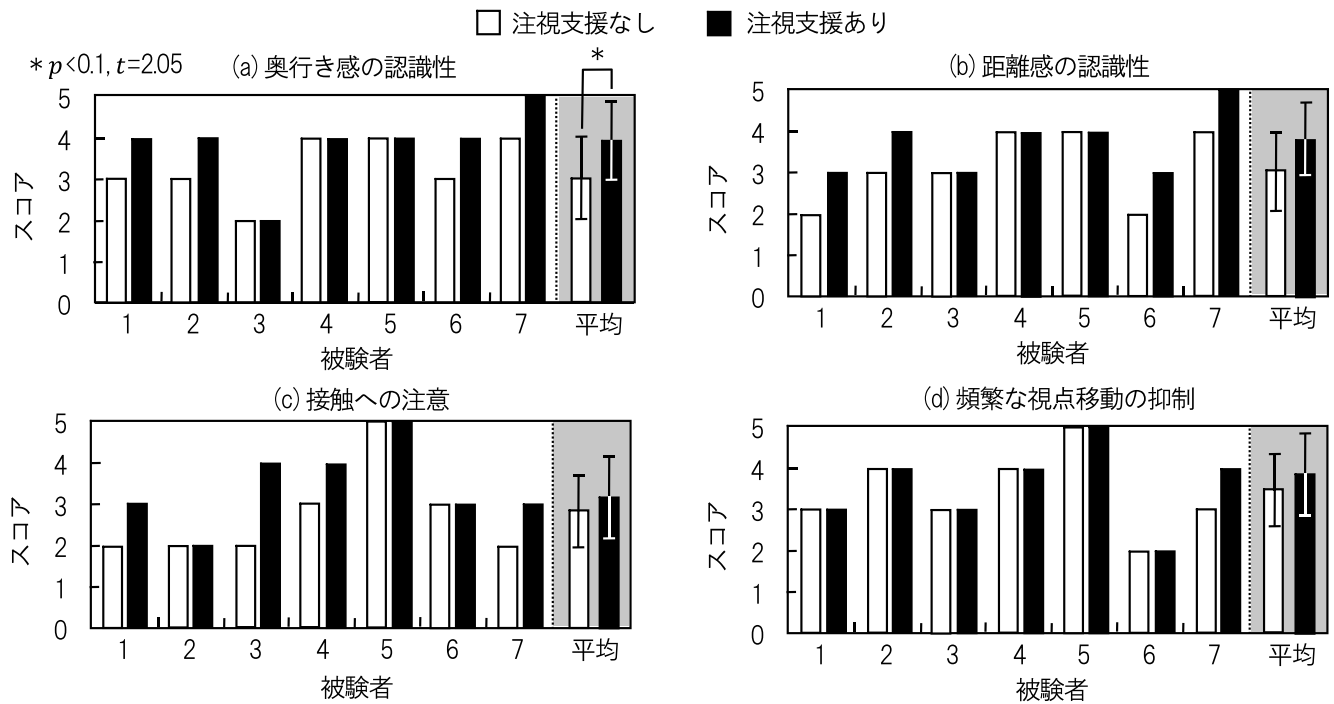


図—8 作業効率・安全性・品質の評価

体を掴めるようになったことから、物体の中央を掴むという条件が疎かになってしまったためと考えられる。オペレータ全員の平均では、注視支援なしでは、0.34 [m]（標準偏差：0.10 [m]）、支援ありでは、0.36 [m]（標準偏差：0.11 [m]）となった。オペレータ個人に合った支援が必要となることが示唆された。

④アンケート結果

図—9 (a) に示す奥行きの認識性では、すべてのオペレータでスコアが改善しているのが分かり、統計的な有意差も確認された（ $p<0.1$, $t=2.05$ ）。図—9 (b) に示す距離感の認識性では、前項と同様にすべてのオペレータでスコアが改善している。これらの結果から、注視支援により、奥行き感や相対的な距離感が掴みやすくなったことが分かる。図—9 (c) に示す接触への注意では、すべてのオペレータでスコアが改善している。図—9 (d) に示す頻繁な視点移動の抑制でも同様に、すべてのオペレータ被験者でスコアが改善している。これらの結果から、接触危険性を回避できる映像への注視を探索的な映像選択をせずに効率よく注



図—9 注視・解釈支援の効果に関する主観的評価

意できたということが分かった。

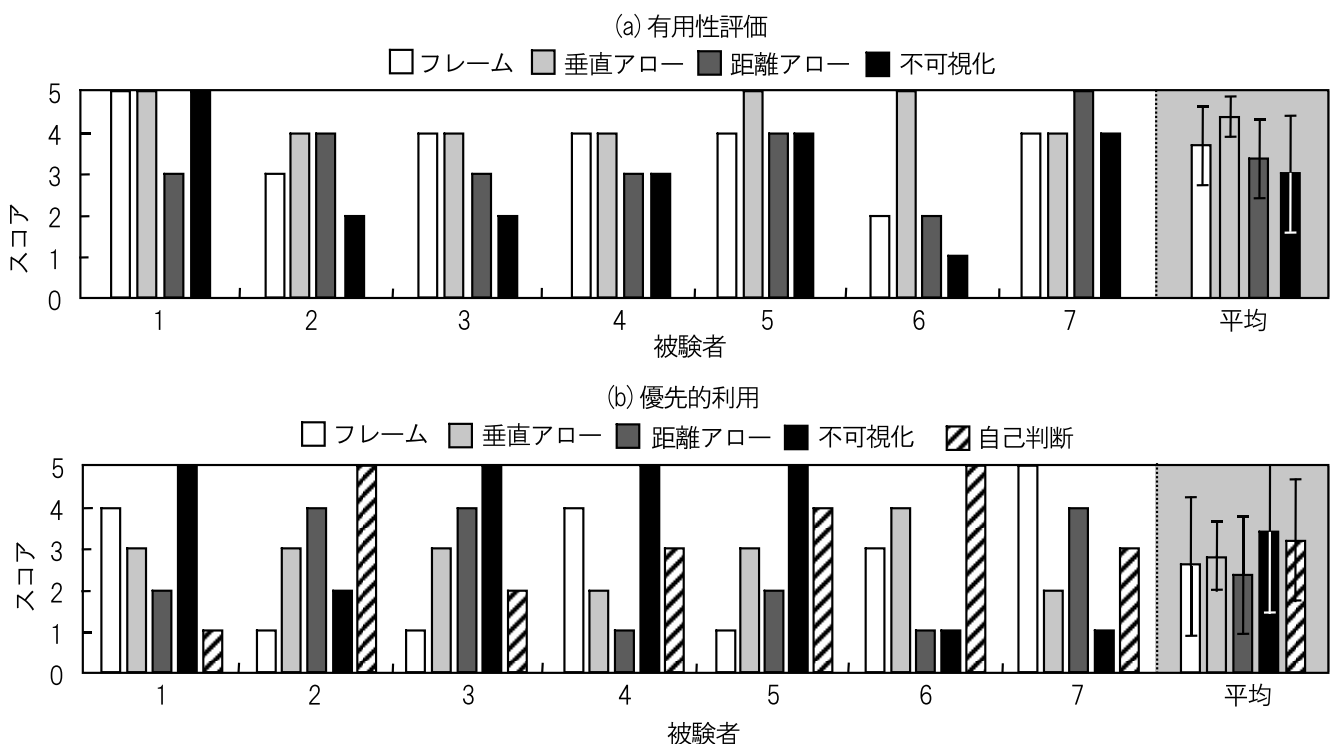
(3) 考察：AR モジュールの有用性・利用優先度評価

本研究で提案した4つの AR モジュールそれぞれの有用性, 利用優先度についてのアンケート結果を示す。

①有用性評価

図—10 (a) に有用性評価に関するアンケート結果

を示す。オペレータ全員の平均をみると、垂直アロー (4.38), 可変色モニタフレーム (3.75), 距離感アロー (3.38), 不可視化 (2.75) の順にスコアが高い。また、オペレータ別に分析すると、やはり、垂直アロー、可変色モニタフレームは、共通してスコアが高いことが分かり、多くのオペレータにとって有用であることが分かった。一方で、不可視化は、オペレータに応じて



図—10 有用性評価・優先的利用

大きくスコアが異なった。このことから、オペレータそれぞれの好みや特性に合った支援方法を考える必要がある。また、垂直アローは、奥行き認識に極めて有効的であることがヒアリングからも分かった。

②利用優先的

図10 (b) に操作決定のために優先的に利用したARコンポーネントに関するアンケート結果を示す。オペレータ全員の平均をみると、不可視化 (3.43)、自己判断 (3.29)、垂直アロー (2.86)、フレーム (2.71)、距離感アロー (2.57) の順にスコアが高い。評価5が最も多かったのが、強制的に視点移動を促す不可視化であったことから、注視をうまく誘導できたことが分かった。オペレータ6では自己判断を優先的に、オペレータ7ではフレームを優先的に、オペレータ1では自己判断をあまり優先的に利用していないこともわかった。このように、オペレータに応じて注視支援そのものへの利用態度が異なる点が明らかになった。前項でも述べたように、今後は、オペレータごとの違いに着目した支援提供が有用になると考えられる。

6. おわりに

環境カメラの自動制御システムにより、計画や操作の判断に不可欠な基本情報 (視覚情報) が多彩かつ広範に得られた。一方で、オペレータの認知情報処理に関する負荷の肥大が懸念される。そこで、「どのカメラ映像のどの部分をどのように見ればよいか」といった映像の注視・解釈支援について検討した。本研究では、映像における顕在化映像の強化と潜在化情報の表面化を行うために、仮想現実 (Augmented Reality: AR) 技術を利用した。

本研究では、使用条件に依存しない基盤的なARコンポーネントとして、可変色フレーム、不可視化、奥行き感補助用手先垂直アロー、接触危険認知用距離アローを提案し、実装した。支援対象 (映像と領域) と支援目的 (作業促進と危険回避) を容易に理解できるように、色や点滅効果などを利用した。また、作業の状況に応じて注意誘導の強さや方法を変えることで、映像や領域へ適切に注意を誘導する仕組みを開発した。VRシミュレータを使った実証実験の結果、注視・解釈支援を提供することで、作業時間を維持しつつ、誤接触回数が大きく減少させられること、アンケートの結果、奥行き間の認識や頻繁な視点移動の減少などが確認され、オペレータの認知負荷が軽減されることが示唆された。以上より、提案した注視・解釈支援システムでは、必要な映像を当該状況に応じて適切に注

視させることで、オペレータの認知的負担を減らしつつ、作業パフォーマンスの向上させられる可能性が示唆された。本システムは、充実が図られる視覚提示情報をフル活用するために必要なヒューマンインタフェース技術であり、無人化施工の高度化に寄与すると考えている。一方で、オペレータを個別に分析した結果、効果の是非およびその大小が分かれることが分かった。また、注視・解釈支援の捉え方も大きく異なることが分かった。今後は、この分析結果をもとに、視覚支援システムのパラメータ調整や個別適応に関する検討を行う予定である。

謝 辞

本研究の一部は、(社)日本建設機械化協会「平成24年度研究開発助成」、JSPS 科研費 (26870656)、文科省グローバルCOEプログラム「グローバルロボットアカデミア」ならびに、早稲田大学理工学研究所の支援を受けて行われました。ここに謝意を表します。

JICMA

《参考文献》

- 1) 大内田聖和, 岩倉淳一, 渡部文人, “普賢岳における無人化施工の現状と課題”, 国土交通省九州地方整備局 九州国土交通研究会, paper no.018, 2010.
- 2) Y. Hiramatsu, T. Aono, and M. Nishio, “Disaster restoration work for the eruption of Mt Usuzan using an unmanned construction system,” *Advanced Robotics*, vol. 16, no. 6, pp. 505-508, 2002.
- 3) S. Nishigaki, K. Saibara, S. Kitahara, H. Iwasaki, K. Yamada, and H. Satoh, “ICT-based work management to support unmanned construction for post-disaster restoration,” in *Proc. Int. Symp. Automation and Robotics in Construction*, pp. 508-513, 2011.
- 4) 山口崇, 吉田正, 石松豊, “遠隔操作におけるマンマシンインターフェイスに関する実態調査”, 土木学会第59回年次学術講演会論文集, pp. 373-384, 2004.
- 5) S. Kitahara and T. Yoshida, “Deployment of construction robots applying the information technology and network system,” in *Proc. International Symposium on Automation and Robotics in Construction*, pp. 19-23, 2006.
- 6) 林宏樹, 田村隆幸, 三鬼尚臣, “無人化施工における通信遅延と通信周期が施工効率に与える影響の分析と改善提案”, 建設の施工企画, pp. 119-124, 2009.
- 7) 亀崎允啓, 岩田浩康, 菅野重樹, “無人化施工における環境カメラのための半自動制御システムの基礎研究”, 建設機械施工, 2月号 (vol. 67, no. 2), pp. 92-100, 2015.
- 8) M. Kamezaki, G.A. Dominguez, J. Yang, H. Iwata, and S. Sugano, “Development of a tele-operation simulator based on virtual reality environment for advanced unmanned construction,” in *Proc. IEEE/SICE Int. Symp. System Integration*, pp. 855-860, 2013.
- 9) D.E. Crundall and G. Underwood, “Effects of experience and processing demands on visual information acquisition in drivers,” *Ergonomics*, vol. 41, no. 4, pp. 448-458, 1998.
- 10) 平山高嗣, “人間の内部状態を顕在化する視覚的インタラクション”, 電子情報通信学会技術研究報告, 情報論の学習理論と機械学習, vol. 113, no. 197, pp. 173-180, 2013.
- 11) 岸晃平, 白石陽, “船舶航行データ可視化に向けた船舶トラッキングのための船舶特徴点推定”, 情報処理学会研究報告, 高度交通システム, pp. 1-7, 2014.
- 12) 今井博, “AR技術を用いた現場支援システムの研究-建設業にテレレジスタンスの概念を導入する第一歩として-”, 大成建設技術センター報, vol. 41, pp. 56-1-56-4, 2008.

- 13) 橋本直, 石田明彦, 稲見昌彦, 五十嵐健夫, “TouchMe: 拡張現実感を用いたロボットの遠隔操作手法”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会論文集, paper no. 2P1-M04, 2012.
- 14) 日本規格協会, JISZ9101-1995「安全色及び安全標識 - 産業環境及び案内用安全標識のデザイン通則 -」, 1995.

【筆者紹介】

亀崎 允啓 (かめざき みつひろ)
早稲田大学 理工学術院総合研究所 研究院講師

岩田 浩康 (いわた ひろやす)
早稲田大学 創造理工学部 教授

菅野 重樹 (すがの しげき)
早稲田大学 創造理工学部 教授



動電式加振器のコンクリート構造物地震時損傷評価への応用

鈴木 基行・内藤 英樹

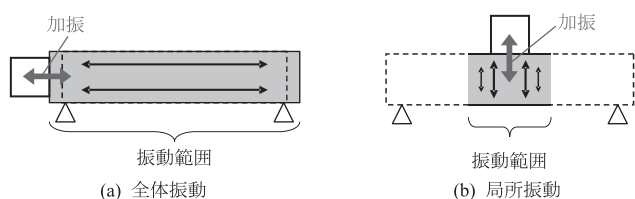
1. はじめに

現行のコンクリート構造物の耐震設計規準では、レベル2地震動に対して部材降伏後の塑性変形を許容するため、地震後にひび割れなどの損傷が残留することは少なくない¹⁾。このような構造物は、余震に対する安全性や長期耐久性の観点から、地震後早期に点検して損傷状況を把握し、迅速に補修・補強を行うことが望ましい。しかし、橋台や擁壁の背面側や、コンクリート表面が厚く塗装されている場合、あるいは鋼板や炭素繊維シートで補強されている場合など、構造物のひび割れ状況を観察できない箇所もある。

このような目視困難箇所の点検に対して、簡便な振動試験の活用が期待されている²⁾。しかし、部材や構造物の全体を揺らす固有振動数の測定のみでは、局所的なひび割れの影響が小さく、損傷位置を同定することは難しい。特に、前記のような目視困難箇所に対して損傷を検知できることは、構造物の健全性評価および補修・補強方法の選定に極めて有用である。

著者ら³⁾は、これまでに動電式加振器を用いたRC床版の点検手法を提示してきた。参考文献3)の手法は、図—1 (a), (b) に示すように、加振方向の縦振動を励起して振動が及ぶ範囲の共振周波数を測定する。さらに、共振周波数（剛性）の低下に着目して、コンクリート内部のひび割れや空隙などの損傷を検知するものである。

本研究では、地震を受けたコンクリート構造物の点検への適用を想定して、その基礎的検討として、曲げひび割れが生じたRCはり供試体と柱供試体に対して図—1の全体振動試験と局所振動試験を行い、曲げひび割れの損傷同定を試みた。



図—1 縦振動による強制加振試験の概略図

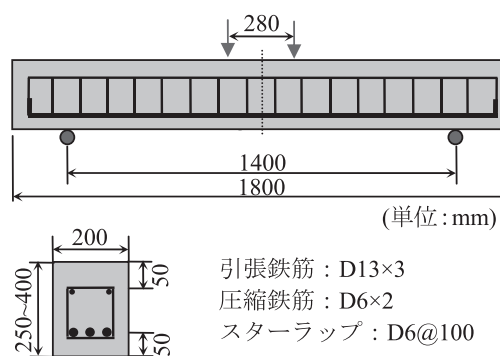
2. はり供試体の検討

(1) 実験概要

供試体諸元を表—1に示す。せん断スパン比をパラメータとするため、断面高さを250～400mmまで変化させた。供試体の概略図を図—2に示す。引張鉄筋比は0.54～0.95%であり、曲げ破壊するようにスターラップを配筋した。鉄筋はSD345を使用し、コンクリートの圧縮強度は31.8 N/mm²であった。

表—1 RC はり供試体の諸元一覧

供試体名	部材長さ (mm)	断面幅 (mm)	断面高さ (mm)	せん断ス パン比	载荷形式
S250	1800	200	250	3.5	3点曲げ
D250				2.8	4点曲げ
S300			300	2.8	3点曲げ
D300				2.2	4点曲げ
S350			350	2.3	3点曲げ
D350				1.9	4点曲げ
S400			400	2.0	3点曲げ
D400				1.6	4点曲げ



図—2 RC はり供試体の概略図

载荷条件を図—2に示す。载荷方法は3点载荷および4点载荷とした。3点载荷ではスパン中央に鉛直荷重を加え、4点载荷ではモーメント一定区間を280mmとした。スパン中央の変位を測定し、引張主鉄筋に貼付したひずみゲージの値から実験時の降伏変位 δ_y を定めた。载荷パターンは、降伏変位 δ_y を基準として、 $6\delta_y$ まで整数倍に载荷と除荷を繰り返した。各载荷ス

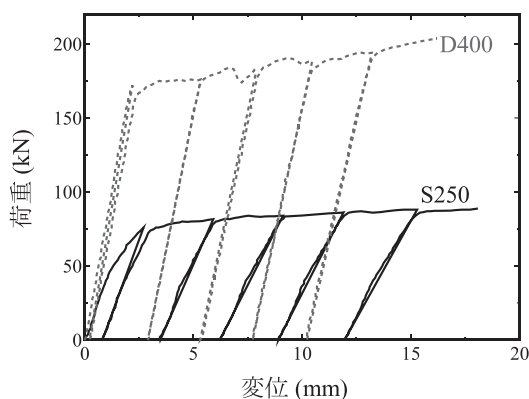
トップの除荷後に、振動試験および目視によるひび割れ観察を行った。

本研究では、図—1 (a) のはり端部から長さ方向に水平加振する全体振動と、図—1 (b) の上面から断面高さ方向に加振する局所振動の2つの加振方法を検討した。いずれも重さ 9.5 kg (可動部は 130 g) の動電式加振器を厚さ 1 mm の両面テープで供試体表面に接触させ、調和振動を加えた。全体振動試験では、加速度振幅 5 m/s^2 (一定)、掃引周波数 500 ~ 2500 Hz を基本として、3 分間で直線的に周波数を上昇させた。また、局所振動試験では、加速度振幅 5 m/s^2 、掃引周波数は 1000 ~ 10000 Hz を基本として、測定時間は 3 分間とした。このとき、加振点付近に貼付した加速度センサによって共振曲線を得た。

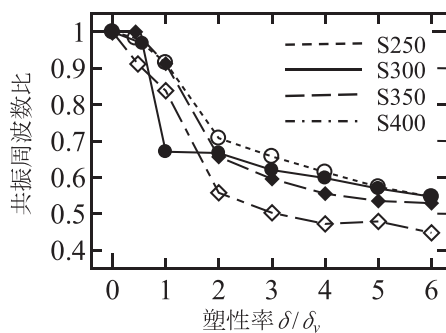
(2) 実験結果

(a) 曲げ荷重試験

荷重-変位関係の一例を図—3 に示す。いずれの供試体でも、スパン中央のひび割れが $1\delta_y \sim 3\delta_y$ にかけて大きく開口する傾向が示された。各供試体の $1\delta_y$ の荷重ではスパン中央のひび割れ幅は 0.1 mm 以下であり、目視での発見は容易ではなかった。 $2\delta_y$ 以降はスパン中央のひび割れが上縁付近まで達している。ひ



図—3 荷重-変位関係 (S250, D400)



(a) 3点荷重 (S シリーズ)

び割れが発生する区間は 800 ~ 1000 mm 程度であり、供試体ごとの大きな差異はなかった。3 点荷重では斜め方向のひび割れの割合が多く、4 点荷重ではモーメント一定区間において鉛直ひび割れが発生した。

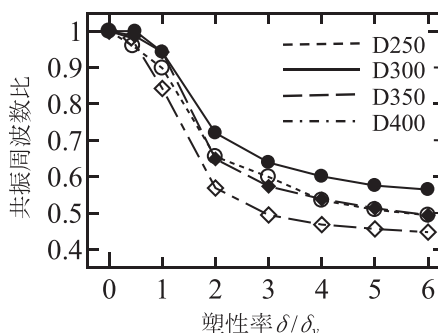
(b) 全体振動試験

荷重に伴う共振周波数の変化を図—4 に示す。横軸に各荷重ステップの変位を降伏変位 δ_y で除した塑性率、縦軸に健全時を基準とした共振周波数の変化(以下、共振周波数比)を示した。これらの実験結果より、せん断スパン比が小さい(断面高さの大きい)供試体であるほど、共振周波数の低下が大きくなる傾向が示された。ひび割れの方法が異なる 3 点荷重と 4 点荷重については、共振周波数の低下傾向に明確な差異は見られなかった。図—4 より、引張鉄筋が降伏する $2\delta_y$ 以降の荷重において共振周波数が大きく低下しており、部材塑性率や損傷程度などが推定可能になると考えられる。

(c) 局所振動試験

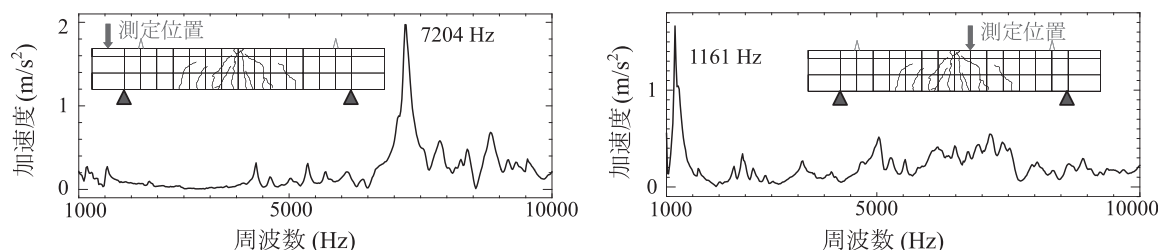
局所振動試験によって得られた共振曲線の一例として、S250 供試体の実験結果を図—5 に示す。図—5 に示すように、左端から 100 mm 位置での局所振動試験では、7204 Hz に明確な応答加速度のピークが表れており、健全時の理論値 7033 Hz と同等であることから、この箇所(支点より外側)には損傷がないと判断された。また、スパン中央付近である左端から 1000 mm 位置での局所振動試験では、1161 Hz において応答加速度のピークが表れた。理論値よりも共振周波数が大きく低下しており、曲げひび割れによる剛性低下を検知したものと考えられる。

図—6 に S250 供試体と D400 供試体の共振周波数の分布を示す。3 点荷重の S250 供試体では斜めひび割れの割合が多く、4 点荷重の D400 供試体ではモーメント一定区間において鉛直ひび割れが発生した。S250 供試体では、目視によって確認された損傷範囲(ひび割れ区間)において共振周波数が低下しており、

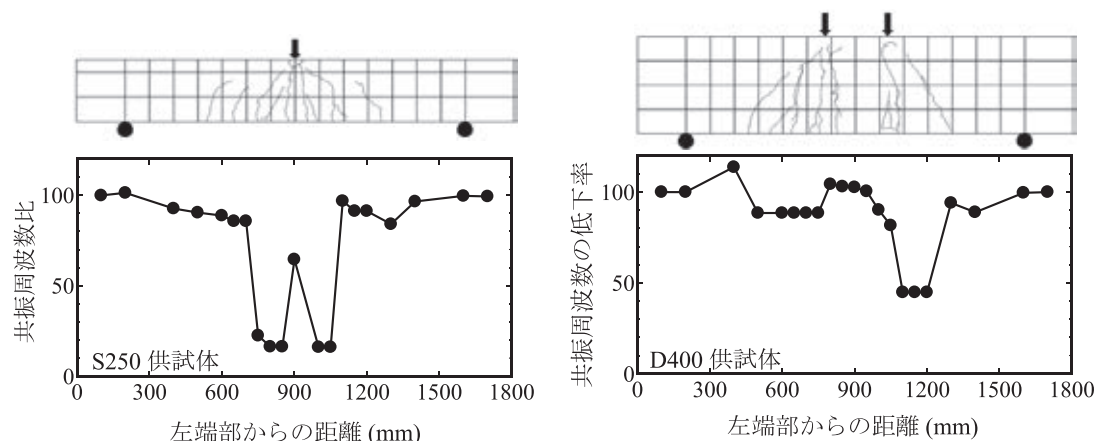


(b) 4点荷重 (D シリーズ)

図—4 RC はり供試体の全体振動試験の結果



図—5 RCはり供試体の局所振動試験 (S250 供試体)



図—6 局所振動試験による共振周波数の分布とひび割れ状況

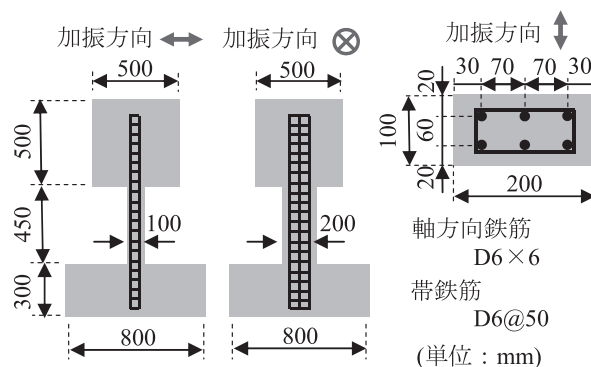
振動試験によって背面のひび割れ範囲を推定できる可能性が示唆された。一方、4点曲げ载荷のD400供試体では、スパン中央から右側のみ損傷範囲と共振周波数の低下が対応したが、スパン中央から左側についてはひび割れを検知することができなかった。供試体のスレンダー比（部材長さ／断面高さ）が4.5程度以下のマッシブな形状に対しては、図—1 (b) の局所振動が励起できないものと考えている。

3. 柱供試体の検討

(1) 実験概要

供試体の概略図を図—7に示す。鉄筋はSD345を使用し、コンクリートの圧縮強度は 30.5 N/mm^2 であった。本実験では同じ諸元の供試体を3体作製し、それぞれに異なる入力波形を与えた。供試体のフーチングを振動台に固定し、柱上部の錘の慣性力によって柱に水平力を作用させた。せん断破壊が先行しないように、柱断面には十分な帯鉄筋を配置した。

3体の供試体に対して、4 Hzのsine波と2つの地震波を入力した振動台実験を行った。入力水平成分とした。地震波は、1995年の兵庫県南部地震のJR鷹取駅・東西成分（以下、鷹取波）および神戸海洋気象台・南北成分（以下、JMA波）の観測波とし、時間軸を1/4に縮小した。柱基部の損傷を段階的に進展



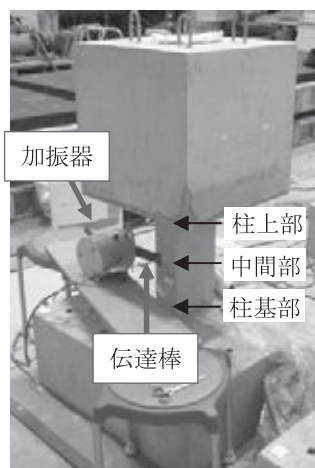
図—7 RC柱供試体の概略図

させるため、降伏荷重の半分程度の応答から振動台の性能上限まで、1つの供試体に対して入力加速度を段階的に増加させて複数回加振した。その結果として、sine波の最大振幅は444 gal、鷹取波は1332 gal（元波形の200%）、JMA波は1127 gal（元波形の150%）まで加振した。

各载荷ステップ後にハンマーの打撃による衝撃振動試験を行った。着目する振動モードは、縦1次モード（柱の鉛直方向）である。応答加速度のサンプリング周波数は5000 Hzとし、フーリエ解析によって共振周波数を求めた。

さらに、振動台実験の終了後に、曲げひび割れが生じた柱に対して加振器を用いた図—1 (b) の局所振動試験を行い、ひび割れ箇所の同定を試みた。写真—

1に示すように、局所振動試験では伝達棒を介して柱の断面幅方向に水平加振した。伝達棒は厚さ1mmの両面テープを介して供試体表面に接触させた。伝達棒先端の加速度振幅 5 m/s^2 （一定）、掃引周波数 $5000\sim 10000\text{ Hz}$ を基本として、3分間で周波数を直線的に上昇させた。このとき、加振点付近に貼付した加速度センサによって共振曲線を得た。加振および応答測定は、柱上部（柱と錘の接合部）、中間部、柱基部の3箇所で行った。



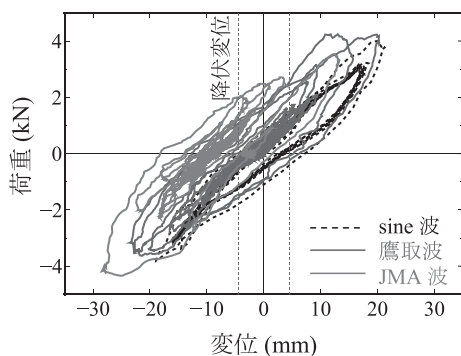
写真—1 柱供試体の局所振動試験

(2) 実験結果

(a) 振動台実験

振動台実験による3体の供試体の荷重－変位関係を図8に示す。応答変位は、錘重心位置の水平変位とフーチングの水平変位の差を取った。水平荷重は、錘の質量と応答加速度を乗じて算定した。図中の降伏変位は解析によって算定しており、最大応答変位は降伏変位の4.5～6.1倍であった。

全ての供試体において、柱とフーチング接合部に水平方向のひび割れが1本のみ生じ、それ以外の区間には損傷が見られなかった。本実験では、振動台試験機のパフォーマンス、D6を軸方向鉄筋とした小型供試体を作製

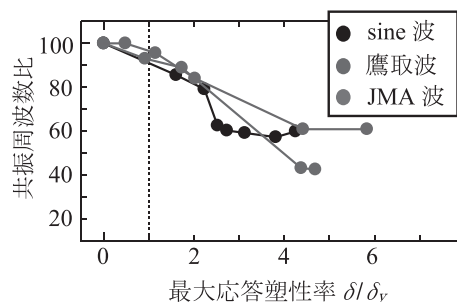


図—8 柱供試体の荷重－変位履歴曲線

したため、柱基部の曲げひび割れが高さ方向に分散しなかったと考えられる。

(b) 全体振動試験

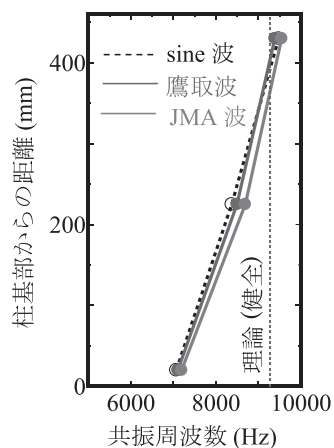
柱供試体の最大応答変位と衝撃振動試験による共振周波数との関係を図9に示す。図の横軸は各载荷ステップでの最大応答変位を降伏変位 δ_y で除した塑性率、縦軸は健全時を基準とした各载荷ステップ終了時の共振周波数比を示した。図9より、3つの入力波形の種類によらず、最大応答変位と共振周波数には概ね同様の関係が見られた。このことから、地震動の载荷履歴に依存しない地震時損傷評価の可能性が示唆された。全体振動（縦振動）では、いずれも $2\delta_y$ 以降に健全時の40～60%程度まで共振周波数が低下しており、その後は応答変位が増加しても共振周波数に大きな変化は見られなかった。



図—9 RC柱供試体の全体振動試験の結果

(c) 局所振動試験

柱上部、中間部、柱基部のそれぞれで行った局所振動試験の結果を図10に示す。なお、健全な共振周波数の理論値は 9276 Hz である。図10に示す柱上部の共振周波数は 9471 Hz であり、理論値と良好に対応することが示された。そして、柱上部からひび割れが存在する柱基部に向かって共振周波数が直線的に低下する傾向が示された。中間部の測定結果は、柱基部



図—10 柱高さ方向の共振周波数の分布

のひび割れの影響を含んだものと推察される。また、中間部や柱基部の共振周波数は、入力波形に依らずに概ね同様の値となった。これは、図—9の実験結果とも整合している。以上より、局所振動試験によって地震を受けたRC柱の損傷位置を同定できる可能性が示唆された。

4. おわりに

動電式加振器を用いて、RC部材の局所的な縦振動を励起する試験方法（局所振動試験）を提案した。はり供試体と柱供試体の検討では、部材長さと断面高さの比が4.5程度以上であれば、ひび割れ箇所を局所振動試験によって検知できる可能性が示唆された。

本研究は、コンクリート構造物の地震時損傷評価への応用を目指すものであり、特に、コンクリート表面に塗装が施された場合や、橋台・擁壁・カルバートにおいて背面側からひび割れが生じた場合など、目視では損傷が確認できない箇所の点検に対して有用であると考えている。今後、広範な諸元と様々な損傷パターンに対して基礎的データを収集することによって、動電式加振器を用いたコンクリート構造物の地震時損傷評価法の構築に繋げていく。

謝 辞

本研究は、日本建設機械施工協会による平成24年度および平成25年度の研究助成を受けて実施したものである。ここに記して、関係者各位に感謝の意を表します。

J C M A

《参考文献》

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書，V，耐震設計編，2012。
- 2) 平澤征夫，古澤誠司，伊藤和幸：RC高橋脚モデルの損傷過程と振動特性に関する実験的研究，土木学会論文集，No.372/V-5，pp.75-84，1986。
- 3) 内藤英樹，齊木佑介，鈴木基行，岩城一郎，子田康弘，加藤潔：小型起振機を用いた強制加振試験に基づくコンクリート床版の非破壊試験法，土木学会論文集 E2，Vol.67，No.4，pp.522-534，2011。

〔筆者紹介〕

鈴木 基行（すずき もとゆき）
東北大学大学院工学研究科土木工学専攻
教授

内藤 英樹（ないとう ひでき）
東北大学大学院工学研究科土木工学専攻
准教授

JCMA 報告

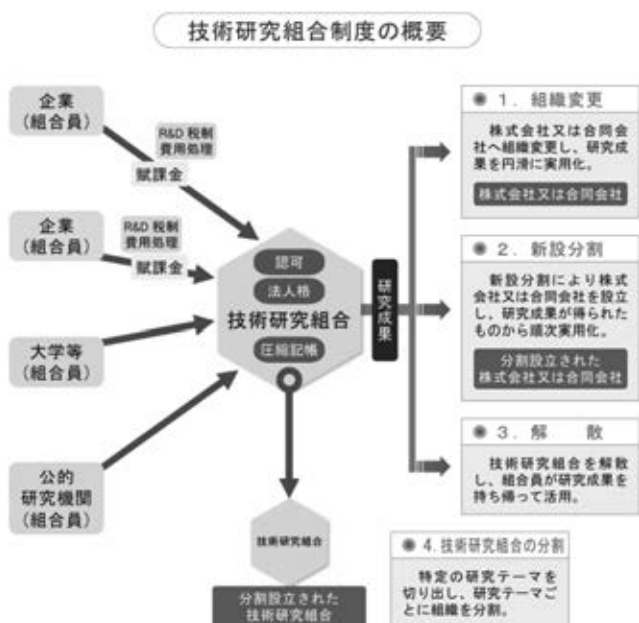
国土交通大臣の設立認可を受け「次世代無人化施工技術研究組合」設立 次世代を見据えた無人化施工に関する研究開発スタート

田中 芳行

建設産業において無人化施工技術は、これまで産官学にて研究開発・実用化を進め、実工事においても一定の成果をおさめてきた。最近、政府では日本再興戦略やロボット革命実現会議などの取り組みにおいて、ロボット技術の実用化を本格的に推進しようという動きが高まっている。無人化施工技術をさらに発展させるため、平成26年10月2日に国土交通大臣の設立認可を受け、同年10月14日に次世代無人化施工技術研究組合（以下、UC-Tec）が設立した。

1. 技術研究組合制度とは

技術研究組合制度は研究開発パートナーシップのひとつで、共同研究開発と事業化を行う非営利共益法人で、主務大臣の認可のもと設立されている。ここでは、産業活動において利用される技術を、組合員が自らのために共同研究を行う。各組合員は、研究者、研究費、設備等の研究開発資源を出しあって共同研究を行い、その成果を共同で管理し、組合員相互で活用する。



図一 技術研究組合制度の概要（経済産業省ホームページより）

2. UC-Tec の概要

UC-Tec の概要を以下に示す。

(1) 名称

次世代無人化施工技術研究組合（New Unmanned Construction Technology Research Association 略称：UC-Tec 呼称：ユーシーテック）

(2) 所在情報などはホームページ

<http://www.uc-tec.org/>

(3) 事業内容

世界をリードする無人化施工技術について、国内の先端的な技術を結集・育成し、技術水準の向上及び実用化を図るために、主に次の事業を行う。

- ・無人化施工技術に関する試験研究の実施
- ・上記の試験研究の成果の管理、技術指導

(4) 組合員（19 法人）

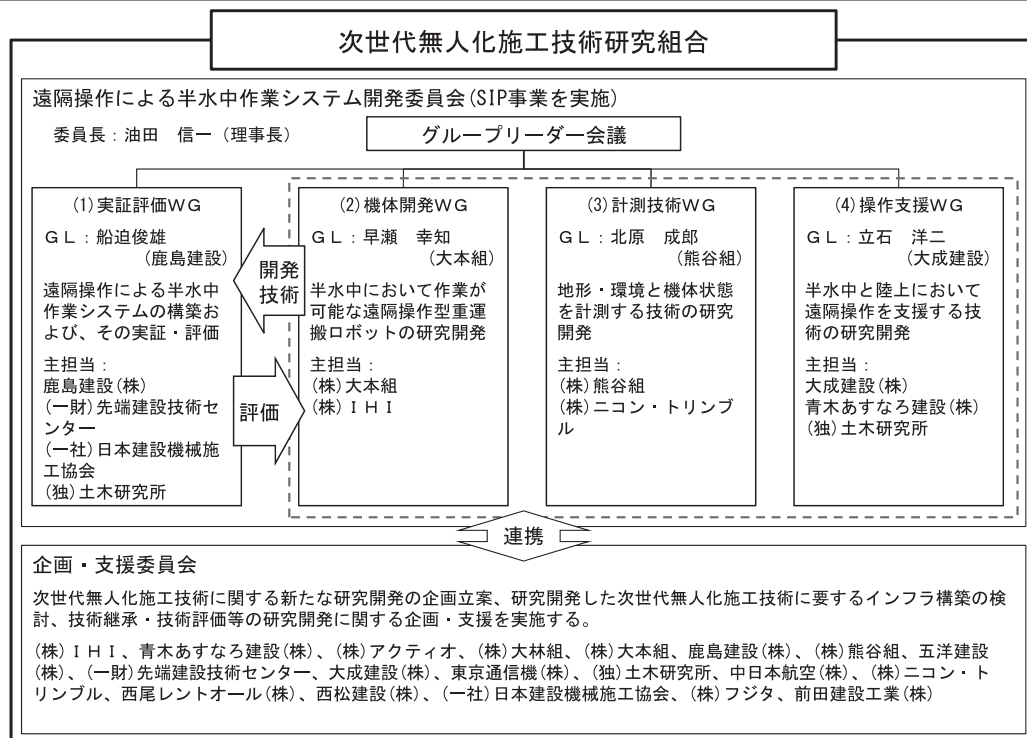
表一 技術研究組合員

法人格	組合員
株式会社	IHI, 青木あすなる建設, アクティオ, 大林組, 大本組, 鹿島建設, 熊谷組, 五洋建設, 大成建設, 東京通信機, 中日本航空, ニコン・トリンプル, 西尾レントオール, 西松建設, フジタ, 前田建設工業
一般財団法人	先端建設技術センター
一般社団法人	日本建設機械施工協会
独立行政法人	土木研究所

(5) 組織体制

総会の決議に基づき、理事会が技術研究組合を運営する。運営にあたり運営幹事会を組織した。研究開発活動は、企画委員会と最初の研究開発である「遠隔操作による半水中作業システム」開発に取り組む半水中作業システム開発委員会がある。表中のSIP事業とは、後述するが内閣府の「戦略的イノベーション創造プロ

●研究開発体制



図一 次世代無人化施工技術研究組合の組織体制

グラム (以下、SIP)」の課題対応のひとつである研究開発を独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (以下、NEDO) より受託し、実施する。

(6) その他

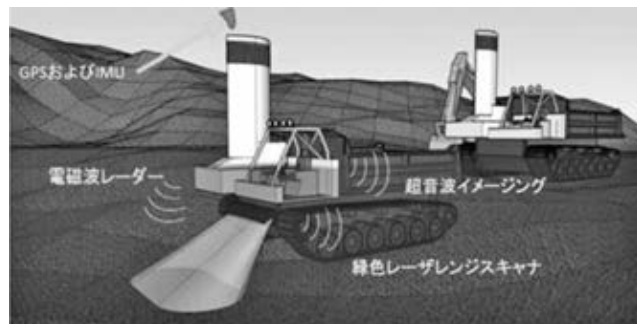
研究開発費は約 2 億円 (平成 26 年度)。

なお、本費用は毎年度、組合員からの賦課金と外部資金によって賄われる。

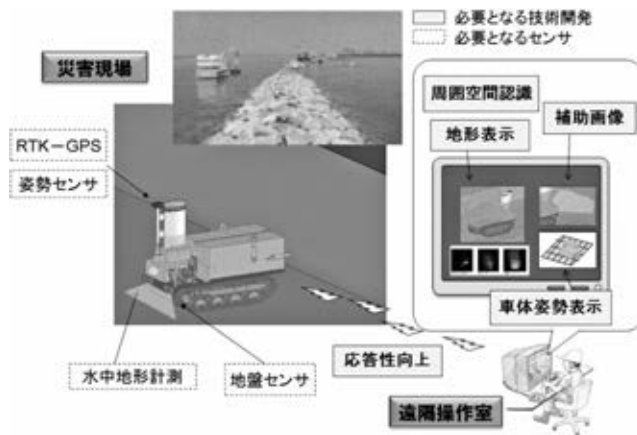
3. 受託した SIP 研究開発事業

SIP は、内閣府の日本発の科学技術イノベーション創造、基礎研究から出口まで推進する。対象とする課題は 10、対象は社会課題の解決や産業競争力の強化、経済再生などに質するエネルギー分野、次世代インフラ分野、地域資源分野である (詳細は、内閣府ホームページ <http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/> を参照)。

次世代無人化施工技術研究組合では、「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」について、NEDO より「維持管理ロボット・災害対応ロボットの開発／無人化施工の新展開～遠隔操作による半水中作業システムの実現～」の研究開発の業務委託をいただいた。この研究開発では、津波や洪水災害等の復旧工事において高いニーズがありながらも従来の技術では対応で



図一 3 遠隔操作型重運搬ロボットの概念図



図一 4 研究開発の全体

きていない、半水中状態での遠隔操作による作業システムの確立を目標に、水深 2 m 程度の半水中を走行できるクローラードンプ (遠隔操作型重運搬ロボット)

を開発する。

開発する遠隔操作型重運搬ロボットと研究開発の全体についてそれぞれ示す（図—3, 4）。

目指し、研究開発と普及に積極的に取り組んでいく予定である。

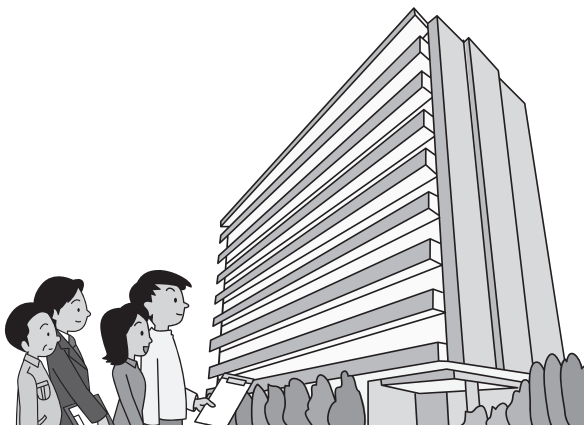
J C M A

4. おわりに

この技術研究組合では、今後、産学官連携の下で、雲仙普賢岳の災害対策工事から本格化した無人化施工技術の実用性をより高めるために、その周辺技術である実用的なロボット関連技術との融合および高度化を

【筆者紹介】

田中 芳行（たなか よしゆき）
次世代無人化施工技術研究組合 UC-Tec
参事 事務局長



CMI 報告

施工技術総合研究所 創立 50 周年記念報告

第 1 部 施工技術総合研究所のあゆみ

ご挨拶

自らの頭で考え、自らの足で調査し、自らの手で試験する

見波 潔

施工技術総合研究所は昭和 39 年 10 月に静岡県吉原市（現在の富士市）に社団法人日本建設機械化協会の付属機関「建設機械化研究所」として創立され、昨年創立 50 周年という節目を迎えました。

表題の言葉は、研究所が創立されたときから実践してきた、会社でいえば「社訓」ともいうべきもので、研究所の伝統となっています。

関係機関や企業などからの委託を受け、土木・機械・地質・資源・電気などの分野について多岐にわたる研究・調査・試験を行っています。この伝統を受け継いできたが故に、所員は高い専門性と技術力を身に付けてきました。

技術は人に宿ります。施工総研は所員が“資源”であり、“力の源泉”だと考えています。

加えて、広大な試験研究用地と各種の試験設備を有しており、「建設機械と機械化施工に関するわが国唯一の総合試験研究機関」としての役割を果たしてきました。

施工総研は、行政機関や民間企業の研究所ではなく、また、大学のような研究機関でもありません。決して大きな組織とは言えませんが、人材と施設という二大資源を活かし、独自性と専門性を発揮しつつ、わが国の施工技術の進展に寄与していきたいと考えています。

この 50 年の間に施工技術を取り巻く状況も大きく

変化してきました。これからの 50 年もさらに大きな変化が待ち受けていると思いますが、これに立ち向かうべく、所員一同さらに研鑽を積んでいく所存です。

昨年 11 月 26 日、「建設施工と建設機械シンポジウム」の中で「施工総研創立 50 周年記念セッション」を設け、第 1 部で施工総研の歩みを振り返るとともに、第 2 部では 4 名の学識経験者をお招きして「施工技術のこれから 一次の 50 年への提言」と題するパネルディスカッションを行いました。以下の記事は、その概要をとりまとめたものです。これらの内容は、施工総研の今後の活動の指針とさせていただくとともに、併せて読者の皆様の参考にしていただければ幸いです。

50 年にわたり施工総研を育てていただいた関係機関の皆様、日本建設機械施工協会の関係者の皆様、施工総研に在籍された諸先輩の皆様に深く感謝申し上げますとともに、今後ともご指導、ご鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。

JCMIA

【筆者紹介】

見波 潔（みなみ きよし）
（一社）日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所
所長



(1) 研究第一部の活動紹介 トンネル・地盤等

安井 成豊

1. はじめに

施工技術総合研究所（旧名称：建設機械化研究所）が平成 26 年 10 月 8 日を以て無事に創立 50 周年を迎えることができた。これも、ひとえに多くの方々のご支援の賜であり、その感謝の意を込めて、同年 11 月 25 日に当研究所の母体である一般社団法人日本建設機械施工協会が開催する「平成 26 年度 建設施工と建設機械シンポジウム」の中で「施工技術総合研究所創立 50 周年記念セッション」を開催させていただいた。本稿では、当時参加していただくことができなかった多くの方々に対して、改めて感謝の意を示すとともに、セミナーの中では時間的な制約などから説明不足となった点などについて補足する目的で本稿で記述した次第である。

記念セッションの第 1 部では「施工技術総合研究所の歩み」と題して、各部の活動（これまで、これから）について紹介するという課題が与えられ、制限時間 15 分にて発表を行った。ただし、発表の順番から研究第一部が最初になること、「研究第一部＝トンネル」というイメージだけではないこと、そもそも研究第一部から研究第四部までの 4 つに分かれたのは 28 年前からであり、自分が研究第一部の業務を中心に活動し始めたのも約 20 年前からである。そのため、前半では自分が入所してから担当した業務経歴を紹介することで、入所時に求められた土木技術者像や研究所の業務方針等を説明するという異質な発表とし、後半では研究第一部の活動について紹介した。本稿でも、セミナーにて使用した図等を適宜用い、同様の流れにて研究所および研究第一部の活動について紹介する。

2. 研究所入所時からの 10 年

(1) 入所当時（1985 年頃）

自分が研究所に入所したのは、昭和 60 年 4 月であり、当時名古屋大学に在籍されていた土木力学の山口伯樹先生に紹介されて就職に至った。入所当時の研究所は、研究部と試験部の 2 部制であり、その中に 4 名の部長が存在して、それぞれ担当する業務毎に必要なメンバーを集めて業務を進めるプロジェクト制のような形

を採用していた。そのため、自分も同時に複数の部長の下で複数の業務に携わり、図—1 に示すように、各種ローラの締固め性能試験、現在の NEXCO（当時、日本道路公団）が RI を用いた締固め管理手法の本格運用のための比較検証実験、土木研究所の総合技術開発プロジェクトにおいて研究所も加わって開発した深層混合処理工法「DJM 工法」に関する各種技術委員会などを担当した。

- ・振動ローラの締固め試験、JH 盛土密度管理に導入する RI に関する実験検討
- ・沖縄特殊土（泥岩、琉球石灰岩等）に関する施工指針検討
- ・総プロにて開発された深層混合処理工法（DJM）の技術委員会への参画



DJM 工法：2 軸式施工機械

図—1 入所当時（1985 年頃）の担当業務

(2) 水中不分離性コンクリート施工実験（1986～1988 年）

入所翌年から、本州四国連絡橋および関西国際空港第 I 期工事といった大型プロジェクトにおいて、現在、水中不分離性コンクリート（当時、特殊水中コンクリート）と呼ぶ特殊なコンクリートが本格的に採用されるに至り、その施工性について検証するための実大規模の施工実験を実施することになった。自分も、担当する部長から、硬化前のコンクリート性状に関する実験であり、土質と類似した点があるとの一言で担当メンバーとなり、図—2 に示すような長距離流動性実験、打継ぎ性能実験、充填性実験、側圧実験などの各種施工実験を数年間に渡って実施した。その中で、スランプフロー保持時間という概念を導入して、本施工における打設計画の検討やケーソン型枠の設計などに寄与する実験データのとりまとめに従事した。各種実験においては、ゼネコン 6 社およびメーカー 1 社の研究所および技術部等の方々の協力を得ながら大規模実験を実施した次第である。研究所が中心となって大規模施工実験を計画実施し、その実験に各社が参加協力して

いただくことで、実験にて確認したさまざまな情報共有と各社が抱える技術課題等の情報交換といった有意義な場を提供できたと記憶している。

・関西国際空港、明石海峡大橋プロジェクト

水中不分離性コンクリート(特殊水中コンクリート)の大規模施工実験



流動性実験、打継ぎ実験、充填性実験、側圧実験

図—2 「水中不分離性コンクリート」関連の業務

(3) 大型疲労試験および構造物耐荷力実験 (1989～1992 年)

水中不分離性コンクリートの大規模施工実験業務が一段落した後、単なる本四公団つながりと思われるが、研究所敷地内に設置・管理されている本州四国連絡橋公団大型疲労試験棟において、大型疲労試験機を用いた各種疲労試験を担当することとなった。担当した主な試験は、図—3 に示す明石海峡大橋の高張力鋼を用いた補剛トラス部材の疲労試験、多々羅大橋および来島大橋の鋼床版箱桁の疲労試験などである。業務では、鋼構造物に関する知識を大学の教科書を引っ張り出して再確認しつつ、疲労という当時の教科書には扱われていなかった内容を各種論文を通して勉強しながらの仕事となった。また、疲労試験では、疲労き裂の調査(カラーチェック、磁粉探傷、蛍光探傷、超音波探傷)、局部応力の計測(ひずみゲージ貼り、計測プログラムの作成)など実働中心の日々を送ってきた次第であり、このような実験に対する研究所職員の取り組み方は現在も変わらない姿である。

また、並行して、鋼およびコンクリート構造物の各

・明石海峡大橋、来島海峡大橋、多々羅大橋の大型疲労試験



明石海峡大橋 補剛トラス部材 (HT780)

多々羅・来島海峡大橋 鋼床版箱桁

図—3 「大型疲労試験」関連の業務

種耐荷力実験として、図—4 に示す RC 構造物の各種破壊実験や多々羅大橋の 50 分の 1 サイズの全体系モデルを用いた主桁座屈試験など多くの実験にも従事した。その中では、試験体および試験方法そのものの基本検討から計測計画の検討、そして、計測準備(ひずみゲージ貼り、計測器のセット、計測プログラムの作成等)から計測の実施・整理・報告書作成の全てを研究所担当メンバーとして実施してきた。そのため、大学で使用した構造力学やコンクリート工学、計画学などの教科書をあらためて読み直しながら業務を進めた次第である。

・RC構造物の各種破壊実験



特殊形状Con橋破壊試験

Pca型枠仕様交番載荷試験

・多々羅大橋 全体耐荷力実験

多々羅大橋(1/50モデル)
主桁座屈試験



図—4 「各種構造物の耐荷力試験」関連の業務

(4) 維持管理用機械の開発 (1993～1994 年)

平成5年頃になると本州四国連絡橋の建設工事も主塔が完成し、メインロープを含む上部工架設が本格実施され始める時期であった。その頃から、明石海峡大橋を含む長大橋梁の維持管理に関する検討が具体的に進められ、その中の点検システムの研究として、図—5 に示す吊橋メインケーブル補修作業車や主塔点検補修を目的とした磁石吸着車輪ゴンドラの開発に従事した。

・本州四国連絡橋の維持管理機械の開発



吊橋メインケーブル補修作業車

磁石吸着車輪ゴンドラ

図—5 「維持管理用の機械開発」関連の業務

研究開発においては、機械の仕様検討とともにプロトタイプの製作と構内等における動作試験を行うとともに本四架橋の実橋を利用した実証実験等を機械系の技術者の方々と取り組んだ次第である。なお、磁石吸着車輪ゴンドラについては平成8年度の土木学会技術開発賞を授与させていただくものとなり、現在、実際の橋梁点検等に活用されていると聞いている。

3. 施工総研の技術者像

前掲2.にて紹介した通り、研究所入所後は様々な分野の業務に従事することとなり、一度は自分は何が専門であると言えるのか心配になった時期もあった。その頃、研究所創設者の三谷健副会長と話をする中で、「土木は総合工学だ。土木技術者は様々な分野について理解できないとダメだ。」とよく言われた。また、当時、本州四国連絡橋公団の技術幹部であり、一時、研究所の技術参事でもあった方と専門について話をさせていただいた際にも「自分は橋の技術者ではない。橋の上部工も理解し、それを支える主塔、そして、それら全てを支えるケーソンおよび基礎地盤についても理解できる土木技術者だ。」とお酒を飲みながらお聞きしたことも三谷副会長の言葉とともに強く印象に残っている。

また、平成26年は、ちょうど土木学会が100周年を迎えた年でもある。学会HPにて、初代会長の古市公威の就任演説が掲載されており、その中で『土木は概して他の学科を利用する。故に土木の技師は他の専門の技師を使用する能力を有しなければならない。且つ又、土木は機械、電気、建築と密接な関係あるのみならず、その他の学科についても、例えば特種船舶のような用具において、あるいはセメント・鋼鉄のような用材において、絶えず相互に交渉することが必要である。ここにおいて「工学は一なり。工業家たる者はその全般について知識を有していなければならない」の宣言も全く無意味ではないと言うことが出来よう。』との言葉があり、三谷副会長もその技術者像を目指していたのではないかと考えた次第である。そのため、自分も入所当時から様々な分野の業務に携わってきたことは無駄ではなく、施工技術総合研究所というユニークな研究所が当時求めていたであろう技術者像に近づくための歩みと解釈している。

また、いずれの業務においても、自らコンクリートを練ったり、ひずみゲージを貼ることをはじめとして、業務計画立案にはじまり調査や計測のあらゆる作業を自ら行い、その分析およびとりまとめも当然のことな

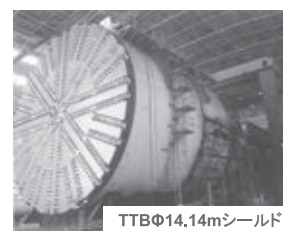
がら自分達で実施してきた。それは、研究所の発足当初から実践してきた「自らの頭で考え、自らの足で調査し、自らの手で試験」という伝統を、現場主義、実証主義、直営主義として堅持してきた結果である。その伝統は、非効率という言葉で時代に合わない伝統と言われる場合もあるが、現在もかわらずに自然と実施してきている点であり、施工総研が施工総研らしさを維持してきているコアであると考えている。

4. 研究第一部のこれまでの活動

自分が研究第一部としてトンネルおよび地盤等に関する業務に本格的に従事し始めたのが30代前半であり、以降は研究第一部の活動について紹介する。1994年頃からの活動におけるキーワードの一つとして「シールド」が挙げられ、図—6に示す東京湾アクアラインのシールドトンネル工事が本格的に実施し始めた頃であった。そのため、その施工実態をとりまとめる調査検討業務を行うとともに、大阪など大都市を中心に共同溝や地下鉄建設のために密閉式シールドが多数稼働され、それらの技術情報をとりまとめる業務なども実施してきた。その後、首都高速道路においてシールドを用いた道路トンネルの建設が始まり、川崎縦貫線にて採用されたMMST工法に関する試験工事の調査および本線シールドの仕様検討、大断面シールドの仕様検討などを実施し、現在に至っている。

「シールド工法」

東京湾アクアライン
シールド工事の調査
大阪地区内シールド
工法の調査検討
首都高シールドの
調査検討



図—6 「シールド」関連の業務

また、別のキーワードとして「都市部 NATM トンネル」が挙げられ、本四公団の舞子トンネルや長崎県のオランダ坂トンネルに続き、愛知県の名古屋高速道路に建設された未固結土砂地山の東山トンネルに関する施工技術支援業務を実施してきた。そのため、シールドと NATM という異なる施工法を同時に担当することで、その境界領域に対しても異なる両方の視点で

「都市部未固結地山のNATM」

トンネル施工に関する 調査検討(技術支援)

- ・現地実態調査
- ・施工技術検討
- ・歩掛、機械損料検討
- ・委員会運営 etc

名古屋高速
東山トンネル

沖縄那覇市内
豊見城トンネル
識名トンネル



図一七 「都市部未固結地山の NATM」 関連の業務

技術的な判断が可能となる組織を目指した次第である。また、都市部 NATM トンネルの中でも、以前はめがねトンネルとして三線導坑あるいは中央導坑を用いた施工法から図一七に示すような無導坑方式のトンネル施工（豊見城トンネル、北山トンネル、識名トンネルなど）に取り組む機会に恵まれ、早期断面閉合を用いた超近接トンネルの施工法へと発展させていった次第である。

NATM トンネルに対しては、施工総研として以前から、設計段階・発注段階・施工段階のそれぞれにおける技術支援を行っている。そして、本四公団の舞子トンネルや名古屋高速の東山トンネルなど複数の工区に渡って施工が長期間に渡って実施される中で、発注者をフォローし、各工区の施工業者を交えた3者にて技術的な議論を行いつつ、最適な施工方法等を決定するための支援を行う技術アドバイザーのような立場として工事に関わってきた。そのため、業務の特徴として図一八に示すように長期間に渡って業務に従事している点にあり、長崎県のオランダ坂トンネルなどでは、設計段階からトンネル施工および換気設備の計画・設計・施工までの計13年間に渡って関わってきた。

これらの経緯などから、多くの方々から「研究第一

研究第一部が実施してきたトンネル技術支援

トンネル設計時・発注時・施工時技術支援

トンネル	地域	期間	S60	H1	H5	H10	H15	H20	H25
舞子トンネル	本四	11年							
オランダ坂トンネル	長崎	13年							
圏央道・トンネル	関東	17年							
豊見城トンネル他	沖縄	8年 (11年)							
東山トンネル	名古屋	8年							
安永川トンネル	豊田	10年							

図一八 トンネル技術支援の主な業務実績例

・トンネルに関連する 各種実験・研究・開発

燃料電池車
ガソリン車
LPG車



トンネル火災実験(実物大模擬トンネル)



地下河川シールド点検システム

飛行船利用
自律飛行

道路トンネル内
自歩道環境対策



図一九 「トンネル」 に関する特殊な業務

部＝トンネル」というイメージをもっていただいたように思う。確かに担当する業務件数からみた場合には、トンネルが多くを占めるのは事実であるが、実際には「地盤」および「施工」というキーワードにて各種業務を実施してきている。また、同じトンネルでも図一九に示すようにトンネル点検システムの開発検討や模擬トンネルを用いたトンネル火災実験、トンネル内に新たに仕切り壁を設けて自歩道環境改善を行う検討などトンネル施工とは異なる検討も実施してきた。

「地盤」については、前掲図一で紹介した深層混合処理工法に関する技術支援を現在も継続して実施していることや、図一十に示すように腐植土地盤における道路施工検討のための実物大盛土施工試験や供用後に発生した地盤沈下や変形などの原因究明および対策検討など地盤に関する特殊な相談についても対応してきている。

さらに、「施工」を考える上で重要な要素となる「積算」に関する業務についても、古くはトンネル施工の歩掛調査を多く手がけてきており、近年では協会本部とともに施工合理化調査検討や機械設備の損料検討などを担当してきている。

過去10年以内の業務受注件数割合を整理すると、

「地盤」

・地盤に関する各種実験

腐植土地盤の圧密沈下対策の
試験盛土(h=6)



多数アンカー工法実物大破壊試験

・地盤変状発生に対する 検討(原因、対策)

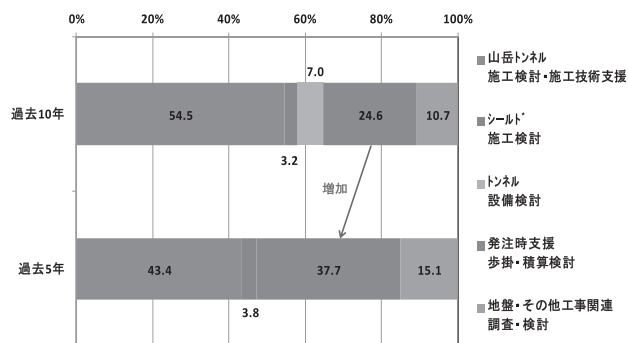
泥岩盛土の沈下変状



図一十 「地盤」 関連の業務例

図—11に示すものとなり、山岳トンネル関係がやはり中心にはなっている。しかし、過去5年間のみに着目すると、トンネルといった工事そのものに関連するもの以外に「積算」といったより上流側の検討が増えている傾向にある。

近年における研究第一部の主な業務推移



図—11 近年における研究第一部の主な業務推移

5. 今後研究第一部に期待されるもの

近年において従事している特徴的な業務として以下のものが挙げられる。

- ・次世代インフラ用ロボット開発・導入に係る現場検証支援
- ・トンネル点検データベース作成検討
- ・SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）
社会インフラの点検高度化に向けたインフラ構造及び点検装置についての研究開発

いずれも今後の社会的な問題としてクローズアップされている「維持管理」に関連する業務であり、トンネルに関する中立的な立場のエキスパート集団として多くの方々から活躍を期待されているものと真摯に受け止めている。

これまで紹介した業務である「トンネル技術支援（設計・発注・施工時）」や今後期待されている「トンネル維持管理」、そして工事の基礎資料となる「歩掛検討」や「機械損料検討」のいずれにおいても、中立的な立場にて土木に関する施工および施工機械が理解できるエキスパートとして先達が積み上げてきた「信頼」の

下に業務を受託させていただけているものと考えている。そして、各種業務の成果を通じて「信頼・安心」を今後も社会に提供し続けることが施工総研の使命であると考えている。

施工総研の大きな特徴としては、富士の麓に約15万m²の敷地を有し、前掲2.で紹介したような各種施工実験を実施可能な場所を有することと、それらを活用できる技術者が存在することと考えている。そのため、実大規模の模擬トンネルやテストフィールドなどの施設を活用し、大学や発注機関および民間各社（ゼネコン、メーカーなど）などとの技術開発・共同研究・共同試験等の実施にも取り組み、多様な方々が集まって議論できる場としても今後貢献できないかと考えている次第である。

6. おわりに

研究第一部の担当メンバーも、自分が入所した頃に比べて「トンネル・地盤」の特定分野に専門分化し始めており、担当部長として施工総研らしい土木技術者を育てるためにどうすべきかを模索している次第である。また、「トンネル施工技術支援」や「地盤に関する各種検討」などこれまで施工中心であった業務から「積算関連」の業務や「維持管理」に関する業務など時代の要請にともなって業務内容も変化が求められているものと感じている。研究第一部としてコアとすべき点を再認識しつつ、「自らの頭で考え、自らの足で調査し、自らの手で試験」という伝統を堅持することで、施工総研らしい技術者集団として今後の時代が求める「変化」にも対応していき、広く社会に貢献していく所存である。

J|C|MA



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

(2) 研究第二部の活動紹介 橋梁（鋼構造およびコンクリート）

谷倉 泉

1. はじめに

研究第二部では、主として橋に関する調査、試験、研究、開発を行っている。主構造物としての鋼構造物、コンクリート構造物、付属物としての伸縮装置、支承、さらには下部工や点検設備も業務対象である。また、これらの橋に使用される材料の性能評価試験、構造物の非破壊試験や実橋での載荷試験、構造解析、新技術開発、事故対策も含めて、産・学・官からの様々なニーズに対応している。以下にそれぞれの概要を紹介する。

2. 鋼構造物に関する業務

当研究所は、動的な最大載荷荷重 4000 kN（静的には最大 6000 kN）から 50 kN に至るまでの疲労試験機を 9 台保有しており、鋼構造物を中心とした材料や溶接部の疲労耐久性および耐荷力等に関する試験研究を行っている（写真—1）。また、屋外には載荷容量各 300, 280, 200 kN の輪荷重走行疲労試験機を 3 台設置しており、自然環境の中での試験を行っている（写真—2）。

最近の試験研究のテーマとしては、新しく開発された鋼材の S-N 曲線の確認、鋼床版や鋼製橋脚および伸縮装置等の各種疲労損傷対策、腐食した鋼桁の耐荷力試験などを行っている。橋の付属設備その他に関しては、 -30°C の低温下での伸縮装置止水材の耐久性調査、照明柱や道路標識および公園遊具の破損原因調査



写真—2 屋外輪荷重疲労試験機（280 kN）



写真—3 緊急仮設橋の開発

など、実構造物や施設の維持補修に関する業務が多くなっている。技術開発テーマに関しては、無公害な IH（電磁誘導）式塗膜除去方法、乗用車 3 台が同時に乗載でき約 10 分で 20 m のスパンを架設できる緊急橋（写真—3）の開発などを共同研究で実施している。

3. コンクリート構造物に関する業務

大きく分類すると、コンクリート床版、プレストレストコンクリート（PC）構造物、維持管理技術全般、材料の性能確認試験等に分けられる。

コンクリート床版には RC 床版、PC 床版、合成床版があり、各床版および継手部の耐荷力（静的載荷試験）や耐久性（疲労試験）の確認、疲労試験等による補修・補強効果の確認（上面補修、下面補強）、実橋調査（荷重車載荷試験、モニタリング、施工試験）などを行っている。PC 構造物（PC 桁）については、上述したような耐荷力や耐久性の確認のほか、グラウト注入試験や非破壊試験（PC 鋼材の破断検知、グラ



写真—1 大型疲労試験機（動的 4000 kN）

ウト充填，モニタリング）などを手掛けている。当研究所内にはNEXCO 総研所有の輪荷重走行疲労試験機（写真—4）や定点載荷疲労試験機が設置されていることから，新東名をはじめとした新形式床版などの試験を数多く実施している。



写真—4 NEXCO 総研の輪荷重走行疲労試験機

維持管理に関しては，疲労，塩害，中性化，凍害，ASR，初期欠陥等に関する調査，診断，補修・補強対策（ウォータージェット，断面修復，防水層，電気防食，表面被覆・含浸，ひび割れ注入，FRP 接着，接着剤等に関する性能確認試験，技術開発），壁高欄や緩衝材の衝突実験，マスコンクリートの温度応力解析などが挙げられる。材料に関しては試験装置を充実させ，各種室内試験（強度，劣化促進，凍結融解，塩分分析，中性化）をはじめとして，各地での暴露試験（北海道～沖縄）も実施している。

4. 性能評価試験

上述した各種工法，材料等に関しては，新しい性能評価基準の規定，試験装置の開発，試験による性能評価，研修会の開催などを実施している。例えば，ウォータージェット工法に関しては研り装置の性能評価（オペレータの技能評価）を行っており，これまでに約60社の装置の認定を行っている。断面修復工法に関しては，吹付け材料について各種性能評価試験（写真—5）を実施し，各セメントメーカーが推奨できる20製品が合格に至っている。この際に吹付けを行うノズルマンの技能評価も行っており，これまでに90名近くを認定しているほか，その監理技術者については約600名が講習会を受講している。防水層に関しては当研究所が開発したせん断疲労試験やひび割れ開閉負荷試験等による性能評価試験（写真—6）を実施し，高機能防水に関しては5製品を認定している。



写真—5 吹付け材料の性能評価試験



写真—6 防水層の性能評価試験機

5. 新技術開発その他

最近新しく開発し，適用事例が徐々に増えてきている技術を以下に紹介する。

5.1 自動車交通用のバルーン式自動交通遮断機

この遮断機（写真—7）は，浸水しているアンダーパスへの進入防止，遮断機設置個所が事務所から遠方に位置する場合の遠隔操作，料金所等での同時交通遮断等の目的で開発したもので，遠隔操作での自動伸縮，事故や災害時など緊急時に即時交通遮断する経済的かつ効果的な交通規制装置である。車両が60 km/hで衝突しても時間雨量200 mm/hでも問題はなく，LED搭載で夜間も明るく，全国で約100台の設置に至っている。



写真—7 エアー式自動交通遮断機

5.2 透光性遮音壁の機能回復（クリアスカイ工法） （写真—8）

ポリカ板などの透光性遮音壁では紫外線劣化等によって白化現象が見られる。このクリアスカイ工法はウォータージェット処理した下地にシリコン系の材料を塗布することで、光の透過量が例えば30%であっても新品と同様の90%前後にまで改善され、その性能は追跡調査の結果5年間維持されている。



写真—8 ポリカ板コーティング前後の比較

5.3 コンクリート床版内部のひび割れ検査手法

コンクリート内部に発生している複雑なひび割れや空隙の表面からの距離（位置）、大きさが一目瞭然となる可視化を実現した工法である。凍害やASRで劣化した複雑なひび割れ状況を示す内部調査に最適な調査方法で、簡便で低コストであるため採用事例が増加してきている。

6. おわりに

今後10年間で建設後50年を経過する橋の割合が4割を超え、各種変状の発生に伴う対策が徐々に増加していくことが懸念されている。このため、安全で災害に強い根幹的ネットワークとしての道路および橋の建設、維持補修に対する重要性はますます高くなっていくものと考えられる。現状でも既に少子高齢化に伴う人不足、技術力不足、予算不足が指摘されてきており、その意味でも今後より確実な点検・調査、補修・補強、モニタリング等によって耐久性や安全性の高い橋の維持管理を行っていく必要がある。ここで述べたような各種試験研究業務を通して、より良い橋の建設、維持保全に向けて貢献していきたいと考えている。

J C M A

【筆者紹介】

谷倉 泉（たにくら いずみ）
（一社）日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所
研究第二部 部長



(3) 研究第三部の活動紹介 情報化施工

伊藤 文夫

1. はじめに

研究第三部の業務は、主にダムの合理化施工に関する検討およびその施工に関する材料、施工機械・機器の試験、研究、開発や施工計画および積算等の官公庁を発注者とする支援業務を実施してきたが、ここ 10 年では情報化施工に関する業務が主体となっている。

ここでは、「21 世紀の建設現場を支える情報化施工」として施工総研が情報化施工にこれまでどのような関わりを持ち、何をしてきたか、また、今後何をなすべきかの視点に立ち、

①情報化施工の背景と経緯として、情報化施工技術の変遷を概観し、情報化施工に関する施策と施工総研の情報化施工関連業務の実績について示すとともに、

②情報化施工の現状と到達点として、第一期情報化施工推進戦略のレビューより 2013 年 3 月の第二期情報化施工推進戦略の策定までの情報化施工の普及・促進状況と施工総研に課せられた情報化施工による効果の検証および情報化施工に対応する人材育成の現状について述べる。次に

③情報化施工のこれからとして、近未来での情報化施工の姿を想像し、それに向かって施工総研のなすべき 4 点の新たな挑戦を示す。

2. 情報化施工の背景と経緯

(1) 情報化施工技術の変遷

建設施工における自動化技術は、1970 年代の製造業の産業ロボット導入による生産性向上に触発されロボット技術として 1980 年代から研究・開発が進められた。一方、製造業では既に 1980 年代には、計測技術の高精度化、制御技術の高度化と相まって機械に CAD データを入力して作業装置を制御する NC 旋盤が既に実用化されていた。

製造業と比べ建設施工の自動化技術は約 20 年の開きがあるが、これは建設施工の当時の技術は位置特定技術、重機等の制御技術、情報通信技術が未発達なために現場が期待する作業速度、精度が実現できないことに加え、屋外、単品、受注生産という現場特有の特性により定型化した自動化システムが利用できないと

いう課題があったことによる。

1990 年代に入り無線技術の高速化、測量技術、情報処理技術の高精度化、汎用化や PC の普及が進み、2000 年代に入り重機をコントロールするマシンコントロール技術、マシンガイダンス技術による情報化施工が普及し始めてきた。

これからの土木建設業は、製造業でのファクトリーオートメーション化やコンカレントエンジニアリング、コンピュータ統合生産により、工場、経営、市場を結びつけたように建設業においても情報化施工技術とネットワークによる各施工のプロセス間のリアルタイムの情報の共有により、更なる生産性の向上が期待される。

(2) 情報化施工の定義と施策

情報化施工の定義、解釈と二つの機能について示す。1985 年、アメリカ国防省で兵器の生産性や品質の向上といった兵站目的で提唱された「コンピュータによる軍事の後方支援」の意味であった CALS が時と社会状況の変化により何度かの変遷を経て、約 10 年後には Commerce At Light Speed（高速の商取引）となったように、情報化施工の定義（解釈）も CALS と同様、時と社会状況の変化と共に変わってきた。

1970 年代では軟弱地盤上の盛土の沈下、トンネル切羽や長大のり面での変状を計測しながら施工する観測施工、現場計測施工を情報化施工と称していたが、1990 年代前半、1990 年代後半以降と何度かの変遷を経て、現状の解釈としては、「情報化施工とは、“ICT を活用した新たな施工であり、（中略）施工に関わる多種多様な情報を他のプロセスの情報と相互に連携させることにより、建設生産プロセス全体の生産性、施工の品質、さらには建設事業に対する信頼性の向上を図る技術の総称である。（情報化施工推進戦略（2013）より）」と定義されている。

この情報化施工はその機能面から 2 つの役割を担っている。1 つは情報通信技術を用いて建設機械の自動化を図る機能、役割。もう一つは、施工で得られる精緻で質のよい情報を技術者に提供し的確な判断を引き出すという技術者判断の支援の役割を担っている。

次に建設業の生産性向上を目指し情報化施工の普及

促進に対する主な施策を示す。

I. 情報化施工ビジョン (2001.3)

「情報化施工促進検討委員会」(委員長:大林成行 東京理科大学教授(当時))が情報化施工を構築する技術(センシング技術,情報の処理,保存,通信技術,機械制御技術)を分類・整理し,これらを適用,活用した6工種(土工,舗装工,ダム堤体工,トンネル工,基礎工,橋梁上部工)の情報化施工による将来像と効果を示し,技術開発への期待や方向性を提言したものである。

II. 情報化施工推進戦略 (2008.7)

「情報化施工推進会議」(委員長:建山和由立命館大学教授)より3つの重点目標と工事発注者,施工企業,その双方別に28課題を示したものである。

- ①情報化施工の普及:直轄の道路土工,河川土工,舗装工について2012年度までに情報化施工を標準的な施工・施工管理として位置づける
- ②機器・システムの普及:目標①に必要な情報化施工機器,建設機械を調達可能な環境を整備する
- ③人材育成:目標①の実現のために必要となる情報化施工機器・システムに対応できる人材を育成,2012年度までに1,000人以上を目標とする

III. 第二期情報化施工推進戦略 (2013.3)

情報化施工推進会議(委員長:建山和由立命館大学教授)により第二期情報化施工推進戦略(2013.3)が策定された。第一期推進戦略期間の5年間では,建設機械のマシンコントロール(以下,MC)技術やマシンガイダンス(以下,MG)技術を用いた施工,土工におけるTS出来形管理技術など,情報化施工技術に対する認知度は高まったが,情報化施工の導入効果が強く認識されたわけではなかった。

そこで第二期情報化施工推進戦略では情報化施工の更なる普及と展開を図るために,情報化施工を「使う」から「活かす」取り組みに移行することとし,そのための情報化施工の目指す姿を明らかにし,5つの目標と10の取り組みを示した。

- ①現状の情報化施工技術の高度化と適用範囲の拡大
- ②情報化施工の効果が一層得られるよう情報化施工の特性をふまえた施工管理,監督検査の実現と設計や維持管理に関する技術基準の見直しともに施工中に取得できる精緻な質の良い情報の維持管理での活用
- ③既に技術的に確立している一般化推進技術は,3

年を目途に一般化

- ④公共事業全体の7割を占める地方公共団体等へ情報化施工を普及促進
- ⑤情報化施工の特性を活かし,工期短縮や品質向上等の成果につなげられる人材を確保するための教育・教習の充実

また,国土交通省では建設生産システム全体にわたる効率化を目指し,2つの検討会を立ち上げCIM(Construction Information Modeling)の取り組みがはじまった。

CIMとは,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・発展させ建設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,この3次元モデルとは,コンピュータ上に作成した3次元形状情報に加え,材料,部材の仕様,性能,数量,コスト情報等,構造物の属性情報を併せ持つ構造物情報モデルである。

3. 施工総研における情報化施工に関する検討のあゆみ

(1) 情報化施工ビジョン策定前

施工総研は,これまで大型プロジェクト,大規模工事での施工法の検討や維持管理局面,さらには災害復旧に対処する情報化施工機械の研究・開発,実証に関わってきた。情報化施工ビジョン(2001.3)策定前での情報化施工に関する事例を以下に示す。

- ①ダム堤体コンクリートの製造・運搬・打設の自動化検討(図-1)

水資源開発公団滝沢ダム(重力式コンクリートダム,



図-1 ケーブルクレーン外自動化システム検討業務(水資源公団 滝沢ダム建設所 平成8年度)(水資源機構荒川ダム総合管理所 HP より)

堤高 140 m、堤体積 180 万 m^3) 建設において、ダム堤体コンクリートの製造・運搬・打設の自動化を図ったもので、堤体コンクリートは、バッチャープラント→循環式バケット→ホッパースーション→ケーブルクレーン→堤体上ホッパーへの自動運搬システムについて開発検討した。また、固定式ケーブルクレーン (13.5 ton) 2 基による同時横行、巻き上げ制御、ふれ止め防止機能による自動運転など、これら自動化については、1/60 模型実験によりシステム開発した。

②吊橋ケーブルの補修用作業車 (けれん作業車、ラッピング作業車) の開発 (図—2)

補修用作業車について使用性、安全性について本施工前に確認したものである。製作工場内での鋼管製擬似ケーブルによる試験と大鳴門橋での 2 スパンでの施工性および 15 スパン分の連続試験を実施し、今後の建設、維持管理の基礎資料としたものである。



図—2 吊橋ケーブル補修用作業車 (ケレン作業車、ラッピング作業車) 施工性能調査 (本州四国連絡橋公団 平成 5 年度)

③主塔点検補修用マニピュレータ装置、ロボット塗装装置の実橋実験 (図—3)

主塔塗装の点検と補修作業を永久磁石内蔵車輪を持つ走行装置に 5 軸多関節マニピュレータと遠隔操作により塗装の健全度判定 (複数 CCD カメラ) および不良箇所のタッチアップ (けれんとエアレス塗装ガン) を行う塗装ロボットを開発検討したものである。

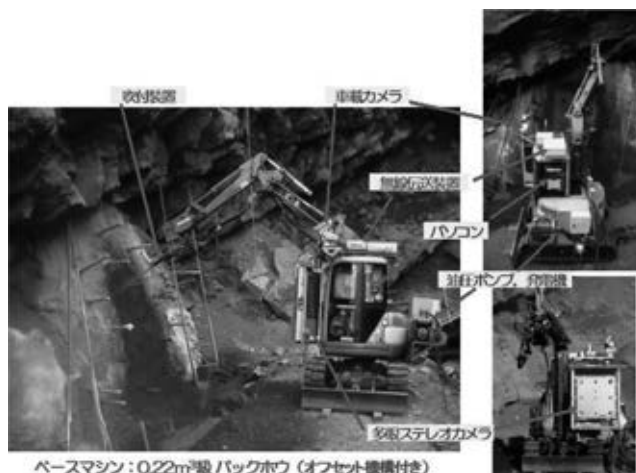


図—3 主塔点検補修用ロボット塗装装置の検討及び実橋実験 (本州四国連絡橋公団 平成 7、8 年度)

④無人化施工建設機械の開発 (図—4)

富士山西側斜面にある大沢崩れは、毎年、平均約 10 ～ 20 万 m^3 の土砂が崩壊・流出しているが、この拡大防止のため標高 2100 m 付近の源頭部工事での無

人化施工技術を検討したものである。土砂の流出は、堅固な岩盤層とスコリア層の互層となっている岩盤層のひび割れ部に雨水が進入し、その凍結融解により岩の破碎と共にスコリア層が流出、土石流の発生となるため、スコリア浸食防止工 (掘削、中詰め、吹きつけ工、グラウト工) にカメラ車と吹きつけロボットによる無人化施工を検討したものである。



図—4 富士山建設機械無人化施工技術検討業務 (中部地方建設局 富士砂防工事事務所 平成 10、12 年度)

(2) 情報化施工のビジョン策定後

情報化施工のビジョン策定以降では、トンネルの打音点検システムの開発、災害復旧工事無人化施工実態調査、埋設物探査システムの開発検討等の個別案件の研究開発のほかに、

- ① TS を用いた出来形管理
- ② 施工情報の標準化・利活用に関する検討
- ③ 情報化施工に対応した施工管理要領、監督検査等に関する検討業務

など、情報化施工の普及・促進に向けた検討業務や情報化施工のメリットを活かす環境整備に対する発注者支援業務が主業務となっている。

(3) 情報化施工の普及を支援する環境整備

情報化施工の普及を支援する環境整備における施工総研の役割・成果として、工事現場における情報化施工技術の効果検証結果を反映した監督・検査要領、施工管理要領等の作成支援がある。現在、

- ① TS・GNSS (GPS) 締固め回数管理技術 (監督・検査要領、施工管理要領)
- ② (土工、舗装工) TS 出来形管理技術 (監督・検査要領、施工管理要領)

のほか、TS 出来形管理用の機能要求仕様書案、データ交換標準案の作成支援や TS 出来形管理については

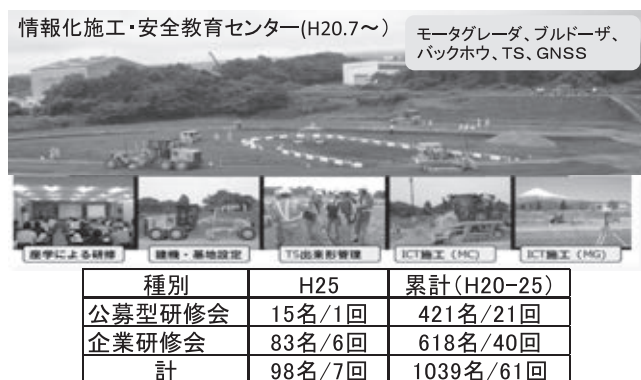
適用工種の更なる拡大を図るため、河川護岸工、擁壁工、土留め工、情報 Box や管路工などの地下埋設物工への適用効果を実証中である。

また、施工総研の情報化施工の普及促進に関しての大きな使命として人材育成がある。

第一期の情報化施工推進戦略が発表されると同時に施工総研構内に情報化施工・安全教育センターを設立し、情報化施工の普及促進に必要な情報化施工機器・システムに対応できる人材を2012年度までに1,000人以上を育成することを目標に情報化施工に関する研修を開始した。

図—5に情報化施工研修会の開催数と受講者数を示す。情報化施工研修には、公募型研修会と企業研修会があり、施工総研が主催する公募型研修会の研修内容は、研修者自らが重機による情報化施工が出来るよう①設計データの作成、②設計データの重機への設定、③施工、④施工管理を学ぶ。

最近の傾向として、企業研修が多く公募型研修会の



図—5 情報化施工研修会の開催数・受講者数

回数が減少傾向にあるが、これは情報化施工が中小の企業にも普及しはじめ、また、各地で研修、見学会等が企画・開催され研修機会が広まってきているためと想定される。新たな情報化機器が開発され、情報化施工の適用工種も拡大していることを受け、研修内容を施工者のニーズに対応した実践的内容に改善する取り組みを今年度よりはじめています。

4. 情報化施工のこれから（新たな挑戦）

国土交通省の積極的な取り組みの背景もあり、情報化施工という言葉とMC/MGやTS出来形等のいくつかの情報化施工技術の普及と認知度が向上してきた。しかし、情報化施工の導入目的は単なる技術の普及や導入ではなく、現場の正確な情報を技術者に提供することで現場の生産性向上やリスクの低減のマネジメントを実現させることである。現状を踏まえつつ、情報化施工の目指す姿として近未来での情報化施工の姿を想像し、それに向かって施工総研のなすべき新たな4点の挑戦を示す。

(1) 現場マネジメントの支援技術としての定着 (図—6)

現場で的確なマネジメントを行うためには、多くの情報を必要とするが、現場のデータを安く効率的に取得し技術者判断が可能な情報へと変換する技術が必要となる。さらに、情報化施工技術を多くの工事現場で利用可能とするためには、複雑な操作ではなく直感的な操作で多くの情報を扱えるインターフェースが不可欠



図—6 情報化施工の目指す姿の実現に向けて

となる。例えば、iPhone などのアプリケーションの多くは操作説明書やマニュアルがなくても多くの人が利用できる。土木工事においても同様にシンプルな機能で直感的な操作で扱える技術となることが期待されており、この実現に向けた研究・開発と現場での適用性検証を行う。

(2) 新規技術の発掘と活用方法の検証 (図—6)

情報化施工技術は MC/MG 等に限った技術ではない。今後も技術者判断を支援する情報化施工技術が持続的に研究・開発されることが理想である。この実現のためには、生産性向上に寄与するためのニーズ（技術と情報）を常に発信して技術開発を促すことと、第三者の視点での効果検証・情報公開を継続的に実施することが重要となる。さらに、新規技術を公共事業で効果的に活用できる環境の整備が必要となる。施工総研には、新規技術の開発支援、評価、生産性向上を実現するための環境整備（要領や基準類）といった役割が求められていると認識している。

(3) 防災・減災としての活用 (図—7)

例えば現状の遠隔操作では、映像という限られた情報をもとに作業を行う必要があるため、MC/MG といった操作支援は有効となる。しかし、MC/MG を有

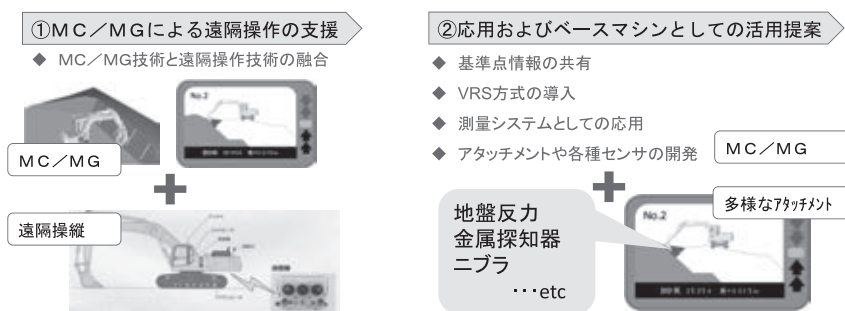
効に利用するためには、作業指示となる設計データを如何に迅速に簡易に準備できるかが重要となる。このためには、現場の状況をセンシングする技術も欠かせない。

MC/MG ではその位置情報を有していることから、レーザスキャナーや写真測量、無人ヘリコプターといった技術との併用や MC/MG のアタッチメントとして組合せることでより確実に簡易に情報を取得する方法の実現も検討していきたい。

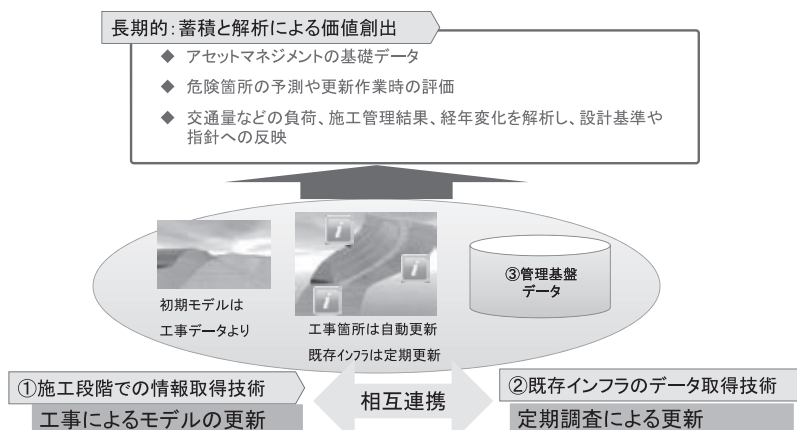
(4) CIM との連携 (図—8)

近い将来には、既存インフラの老朽化と施工者のみならず発注者の人材不足となることが多くの資料で取り上げられている。この様な状況から管理や点検の見落としリスクの回避や問題の早期発見と省人化は必要不可欠となるが、このために施工段階の情報を戦略的に蓄積していくことが必要となる。

現状では施工段階の情報と設計基準、施工段階の情報と管理時のトラブルや症状を関連づけた情報はほとんど見受けられないが、施工段階の情報を蓄積・解析することで新たな発見や知見への反映が期待できる。これらのプロジェクトは一朝一夕には実現しないが長期的な視点での戦略を以って実行していく必要がある。



図—7 防災・減災としての活用手法検討



図—8 長期的視点での CIM との連携検討

5. おわりに

“使うから活かす”が新戦略のテーマとなっている。施工技術総合研究所の使命は、建設事業の生産性を向上させるために、現場を知り、現場のニーズを知り、施工や社会インフラの維持管理に関わる多くの関係者の皆様と連携し、新機種の研究、開発およびそれらの実証支援、さらに技術基準等を見直して、新工法が活躍出来る環境を整備することにある。施工技術総合研究所には幸いにして効果検証に欠かせないフィールドがある。また、現場ニーズと新規技術のマッチングを行う意見交換（異分野技術者との交流会）などの場もあることから、これらを有効に活用して情報化施工技

術が「人力から機械化に次ぐ第三の技術革命」と呼ばれるにふさわしい技術への実現を目指して今後も一層の努力をする所存である。

関係各位の皆様のこれまでのご支援・ご協力感谢您しますとともに今後ともご支援を宜しくお願い申し上げます。

J C M A

【筆者紹介】

伊藤 文夫（いとう ふみお）
（一社）日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所
研究第三部 部長



(4) 研究第四部の活動紹介 建設機械

飯盛 洋

1. はじめに

建設機械の性能試験を行うことを目的に創設された施工技術総合研究所も設立以来 50 年が経過し、業務の分野、内容はきわめて広範囲に拡大してきた。現在、施工総研が実施している建設機械に関する業務は下記の 3 つに大別される。

- ①建設機械に関する調査・研究・開発
- ②建設機械の性能試験
- ③建設機械に関する検査・評定・認定等

このうち、①は主に国土交通省の技術事務所から委託を受けて実施している検討業務で、②と③は民間から委託を受けて施工総研が中立的な第三者機関として実施している業務である。②はメーカーからの委託によるもので、かつては施工総研の主たる業務だったが、現在では、除雪機械と ROPS 等の運転員保護構造物の試験が中心となっている。③も主としてメーカーからの委託により実施しているもので、主に法律または国で定めた制度等に基づいて実施している業務である。

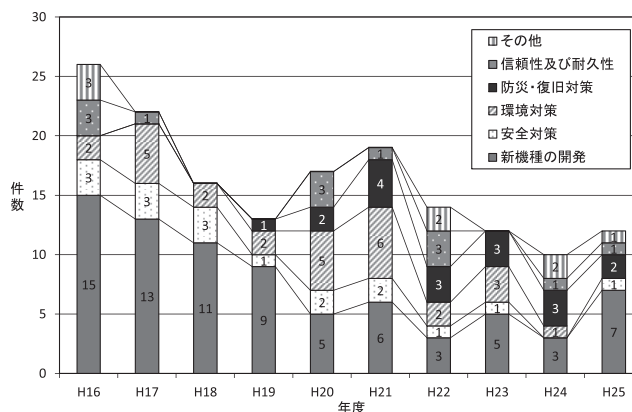
本稿は、施工総研の中で上記①～③の業務を主として担当している研究第四部の最近 10 年間の業務を紹介するものである。

2. 建設機械に関する調査・研究・開発

建設機械に関する調査・研究・開発の最近 10 年間の受託件数の推移を見ると（図—1）、10 年前の平成 16 年度には 26 件の受注があったのが、平成 19 年度には半減するまで落ち込んだ。その後、平成 21 年度にかけて一時増加に転じたものの再び減少し、平成 24 年度には 10 件にまで減少している。しかし、昨年度から再び増加の兆しが見られる。この推移は概ね公共事業費の変動に似た傾向を示している。

受託業務の内容を分野別にみると、新機種の開発が最も多いが、年度による変化も大きい。また、安全対策関係は若干減少傾向にあるのに対し、防災・復旧対策関係が平成 19 年度から受託するようになった。環境対策も平成 20、21 年度がピークで、最近では少なくなっている。

以下に建設機械に関する調査・研究・開発の主な事



図—1 建設機械に関する調査・研究・開発の受託件数の推移

例を紹介する。

(1) 新機種の開発

(a) トンネル壁面清掃車の開発（写真—1）

これは平成 17 年度に中国技術事務所より受託した「小幅トンネル清掃車の開発に関する検討業務」で実施したもので、概要は以下のとおりである。

従来のトンネル清掃車は車道からブラシアームを伸ばして清掃するため、歩道幅員が 3 m 程度のトンネルまでしか対応できない。しかし、2001 年の道路構造令の改正により、将来、広幅員の歩道を持つトンネルが増えることが予想され、何らかの対策が必要となった。この業務はこのような背景を踏まえ、広幅員歩道を有するトンネルにおいて、歩道上を走行して壁面を清掃する機械について開発検討を行ったものであ



写真—1 トンネル壁面清掃車の実証試験の状況

る。

試作したトンネル清掃車は、車体幅を1mに抑えた狭小型の車両で、動力はマイクロガスタービン発電機による電動式を採用しており、清掃方式には温水を利用した節水型の湿式ブラシ式を採用するなどの特長を有している。

(b) 歩道（小型）清掃車の改良（写真—2）

これは平成25年度に九州技術事務所より受託した「歩道（小型）清掃車の改良に関する検討業務」で実施したもので、概要は以下のとおりである。

火山灰降灰に対する交通安全の確保や生活環境の保全を目的に、歩道清掃車の作業時における粉塵抑制について、改良した防塵カバーおよび散水装置等を対象として要素実験および現場実証実験を行い、その効果の評価を行ったものである。

要素実験では、①散水装置の装着（側ブラシへの直接散水）、②車体下部への防塵カバーの装着、③コンベアの改良（ホップへの灰の回収の改善）等の効果を確認した。また、現場実証実験では、要素実験で効果が高いと判断された技術について、実現場における有効性を確認した。



写真—2 歩道（小型）清掃車の公開実験の状況

(2) 安全対策に関する調査研究

(a) 油圧ショベル転倒時保護構造の性能基準策定（写真—3）

これは、油圧ショベルメーカー5社の委託を受けて実施した研究業務である。

建設機械のROPS（転倒時保護構造）の規格が初めて策定されたとき、油圧ショベルは対象外であった。その後、小型ショベルについては、横転しやすいことからTOPS（横転時保護構造）の規格が定められた。さらに、大型の油圧ショベルについてもTOPSの規格が必要との機運が高まり、ISO規格を策定することになった。このため、施工総研で油圧ショベルの実機を用いた転倒実験を行い、TOPSの性能基準を提案す



写真—3 油圧ショベルの転倒実験の状況

ることになった。

転倒試験では、運転質量12、20、45tのバックホウを対象として、キャブが下側になる姿勢で30°の斜면을転落・横転させ、変形量を測定した。その後、室内載荷試験でキャブの変形状況を再現し、キャブに作用する力と吸収エネルギーを推定した。

この成果をもとに、最終的に「6tを超える油圧ショベルのROPS」の規格が制定された。

(3) 環境対策に関する調査研究

(a) 建設機械施工における排出ガスおよび燃料消費に関する調査検討（写真—4）

これは、国土交通省総合政策局より受託した「平成22年度 建設機械施工における低炭素化技術に関する調査検討業務」で、建設機械における各種省エネ対策の効果を確認するため、油圧ショベルのエネルギー消費量（燃料消費量または電力消費量）の確認試験を実施し、①現場における燃料消費データによる確認試験結果の検証、②CO₂排出量に基づく電動油圧ショベルと油圧ショベルのエネルギー消費量の比較検証、③



写真—4 エネルギー消費量確認試験の状況

各排出ガス基準でのエネルギー消費量の検討と試算を行ったものである。

なお、エネルギー消費量の確認試験は JCMAS H020:2010 に準拠して行った。また、対象とした機械は、電動式 2 台、2 次基準排出ガス対策型 15 台、3 次基準排出ガス対策型 9 台である。

(4) 防災・復旧対策に関する調査研究

(a) 大規模災害対応のサイフォン排水技術調査（写真—5）

これは関東技術事務所より受託した「平成 22 年度大規模災害対応のサイフォン排水技術調査業務」で、概要は以下のとおりである。

大規模な河道閉塞が発生した場合、排水路を掘削して排水を確保するまでの間の応急対策として排水ポンプ車等による排水が行われる。しかし、交通が遮断した状況では排水ポンプ車の輸送や燃料補給に難がある。この業務は、動力が不要なサイフォン排水に着目し、当該技術を確認するため、河川の堰（水位差 3.5 m）を利用し、河川敷に $\phi 400 \text{ mm} \times$ 長さ 75 m の配管を敷設してモデル実験を行ったものである。この成果は「サイフォン排水技術の導入マニュアル（案）」としてとりまとめた。



写真—5 サイフォン排水技術のモデル実験の状況

(b) 災害対策用照明装置の開発（写真—6）

これは平成 25 年度に九州技術事務所より受託した「災害対策用照明装置改良機機能検証業務」で実施したもので、概要は以下のとおりである。

二次災害が危惧される災害現場や照明車の搬入できない災害現場等において、夜間での監視および復旧作業を迅速に行うことを目的として開発した災害対策用照明装置の試作機について、改良を行うとともに機能検証のための実証実験を行ったものである。改良は、傾斜地対応、2.5 t 積みクローラキャリアへの搭載対応、照明運転時間計設置等について行い、実験において操



写真—6 不整地運搬車に搭載した災害対策用照明装置

作性、搭載性、安定性等に関する改良部分の評価を行った。また、実用機図面および使用マニュアルを作成した。

この照明装置は、電力消費の少ない LED ランプと遠距離照射が可能なキセノンサーチライトを装備し、輸送方法は、現場近くまではトラックで運び、そこで不整地踏破性の高いクローラキャリアに載せ換える方式を採用している。また、傾斜地でもスクリュージャッキによって傾きを修正できる等の特長を持っている。

3. 建設機械の性能試験

施工総研が創設されてから十数年ほどは土工機械を中心として建設機械全般にわたって性能試験を実施していたが、現在では、除雪機械の性能試験と運転員保護構造の性能試験が主たるものとなっている。以下にこれらについて紹介する。

(1) 除雪機械の性能試験（写真—7）

これは、除雪機械の最大除雪能力等の仕様値の確認を目的とし、1972 年からメーカーの依頼を受けて実施している試験で、北海道や新潟の冬季閉鎖道路を借りて実施している。準拠する試験方法としてロータリ除雪車は JIS、それ以外は JCMAS が制定されている。なお、以前はこの除雪能力の試験（短期試験）を行った後、当該機械を 1 シーズンの間、自治体に貸し出して、作業性、操作性、居住性等についてアンケートをとる長期試験も行っていたが、現在は実施していない。

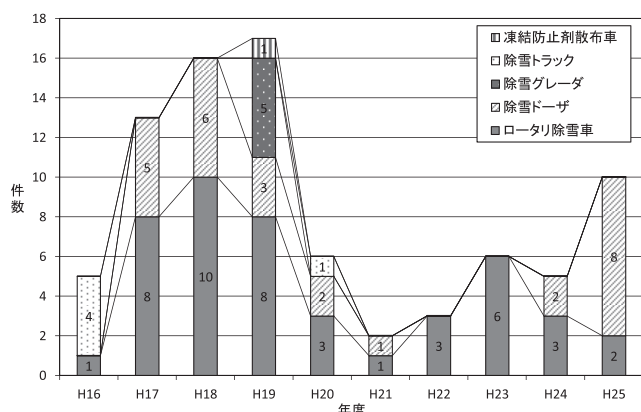
この除雪機械の性能試験の最近 10 年の受託件数の推移を見ると（図—2）、年によって件数は大きく変動しているが、これは、モデルチェンジのタイミングや排ガス規制の開始時期、また、メーカーの吸収合併による型式数の減少等、様々な要因がある。この推移の



写真一 7 ロータリ除雪車試験状況



写真一 8 ROPS 側方載荷試験状況



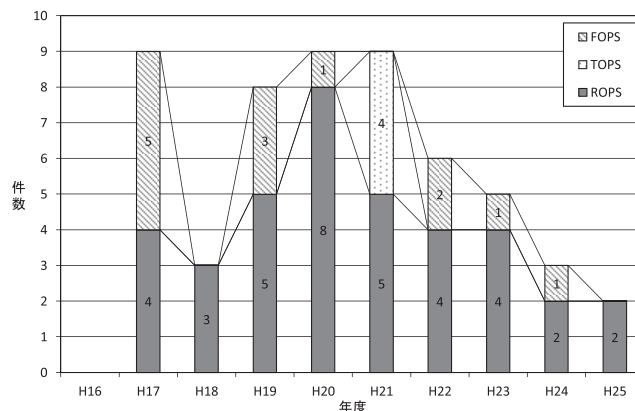
図一 2 除雪機械の性能試験の受託件数の推移

傾向は建設機械全体の出荷額のそれに似たものとなっている。機種ごとに見ると、ロータリ除雪車は毎年試験を行っている。次いでドーザが多く、それ以外のグレーダやトラックは数年に一度の頻度となっている。

(2) 運転員保護構造の性能試験 (写真一 8)

運転員保護構造には、転倒時の保護を目的とした ROPS (Roll-over protective structures) や TOPS (Tip-over protection structure), 飛来落下物に対する保護を目的とした FOPS (Falling-object protective structures) 等がある。これらの試験方法や性能基準は ISO や JIS に規定されており、施工総研ではこれらに準拠した試験を行っている。

運転員保護構造の性能試験はこれまで輸出向けの機械に装備する製品が多かったが、最近 10 年の受託件数の推移を見ると、平成 22 年度からは減少傾向にある (図一 3)。なお、これまで転倒時保護構造の装備は義務付けられていなかったが、2013 年に労働安全衛生規則の 157 条が改正され、努力義務とはいえ、ようやく法制度の面から装着を促進する動きが出てきた。



図一 3 運転員保護構造の性能試験の受託件数の推移

4. 建設機械に関する検査・評定・認定等

この検査・評定・認定というのは主として法律あるいは国で定めた制度等に基づいて実施しているもので、メーカーまたはディーラーからの依頼により実施している。以下にこれらの検査等の業務について紹介する。

(1) 低騒音型・低振動型建設機械の計量証明 (写真一 9)

1983 年に始まった低騒音型建設機械の指定制度は、1997 年に「低騒音型・低振動型建設機械の指定に関する規程」および「建設機械の騒音および振動の測定値の測定方法」が告示され、大幅に改定された。騒音の評価値はそれまでの機側 7 m の平均騒音レベルから音響パワーレベルに変わり、また、ブルドーザ、バックホウ、トラクタショベルは、定置運転状態から動的運転状態での測定に変更された。低振動型建設機械の方は 1996 年に指定が開始されたが、対象機種はバイ

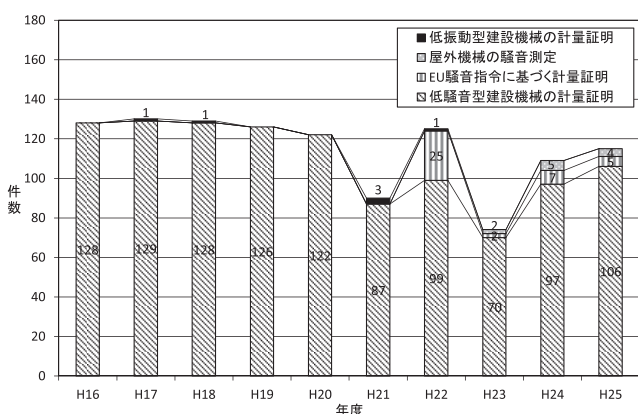


写真九 音響パワーレベル測定状況

ブロハンマと標準バケット山積容量 0.5 m^3 以上のバックホウの2機種にとどまっている。

指定制度改定前は施工総研が唯一の評定機関となっていたが、改定後は計量法による計量証明事業所として証明を行っている。なお、振動の測定は土木研究所の建設機械屋外実験場を借りて実施している。

低騒音型・低振動型建設機械の計量証明の最近10年の受託件数の推移を見ると(図一4)、低騒音型建設機械の計量証明は、平成20年度まではほぼ毎年120～130件実施してきたが、平成21年度以降は70～110件程度で推移している。この平成21年度および平成23年度の落ち込みは、リーマンショックおよび東日本大震災の影響と思われる。平成23年度以降はEU騒音指令に基づく計量証明や低騒音型の対象外の機械の騒音測定が増えている。一方、低振動型建設機械の計量証明の件数はきわめて少ない。



図一4 低騒音型・低振動型建設機械の計量証明の受託件数の推移

(2) 排出ガス対策型原動機等の評定およびオフロード法関係の検査

(a) 排出ガス対策型原動機の評定

排出ガス対策型建設機械指定制度はオフロード法が制定されるまで建設機械の排ガス対策の中心となって

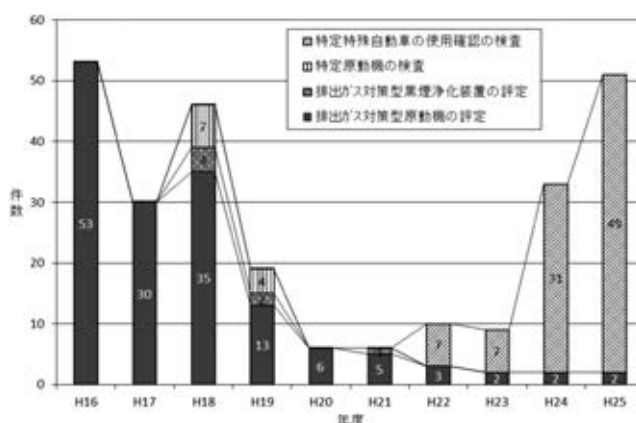
いた。この制度の現在の指定対象はオフロード法の規制対象外の8kW以上19kW未満の車両系建設機械と可搬式機械のみである。施工総研は評定機械としてエンジンメーカーに出向いて立会を行い、エンジンの評定を行う。これを国交省が認定し、それを搭載した機械を排出ガス対策型建設機械として指定する。

(b) オフロード法関係の検査(特定特殊自動車の使用確認の検査)

車両系の建設機械や産業機械等からの排出ガスの抑制を目的とした「特定特殊自動車排出ガスの規制等に関する法律(平成17年法律第51号)」(オフロード法)による使用規制が2006年から開始された。規制対象となる特定特殊自動車は製作者等による国への届出等が必要であるが、使用者が製作した車両や使用者が輸入した車両など届出を行っていない車両は使用前に排出ガス性能が基準値に適合していることを国に申請して確認を受けなければならない。特定特殊自動車の使用確認の検査はこれらの車両について排出ガス性能が基準値に適合することを個別に検査するものである。オフロード法関係の検査にはこの他に特定原動機の検査もあり、施工総研は両方の登録検査機関となっているが、現在、施工総研が実施している検査はすべて特定特殊自動車の使用確認の検査である。

(c) 最近10年の評定・検査の実績

排出ガス対策型原動機等の評定およびオフロード法関係の検査の最近10年の受託件数の推移を見ると2006年にオフロード法が施行されてからは、排出ガス対策型原動機の評定は激減し、代わりにオフロード法の使用確認検査が急増している(図一5)。

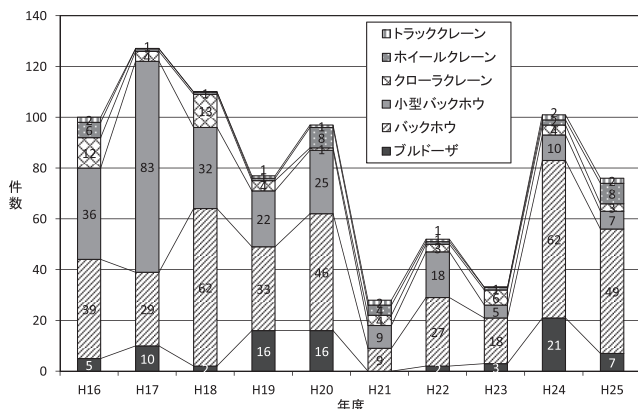


図一5 排出ガス対策型原動機等の評定およびオフロード法関係の検査の受託件数の推移

(3) 標準操作方式建設機械の認定

標準操作方式建設機械は機械の運転操作方式を統一することによって建設機械施工の安全を図ろうとするもので、1991年に旧建設省の指定制度として始まっ

た。その後、普及が進んだとして1998年にこの指定制度は廃止され、新たにJCMAの認定制度として発足した。施工総研では、申請者より提出された操作方式に関する書類を審査し、認定を行っている。この最近10年の受託件数の推移を見ると（図－6）、平成21年度から平成23年度にかけての落ち込みが目立つが、それを除くと年間80～120件程度で推移している。



図－6 標準操作方式建設機械の認定の受託件数の推移

（4）建設機械燃料消費量の評定

国土交通省では地球温暖化対策の一環として建設施工現場における省エネルギー化の推進や低炭素型社会の構築に取り組んでいる。2010年からはハイブリッド機構や電動機構等を搭載して省エネ化を達成した建設機械を「低炭素型建設機械」として認定し、その普及を図っている。また、2014年には、搭載する省エネ技術には関係なく統一的な測定法による燃費基準値を達成し、かつ、排出ガス2014年基準に適合した機械を「燃費基準達成建設機械」として認定する制度を

創設した。

この認定制度は、油圧ショベル、ブルドーザ、ホイールローダを対象とするもので、メーカー自身による燃費測定が認められている。施工総研ではメーカーからの依頼があれば測定を行うが、現状はまだ依頼は少なく、ミニショベルのメーカーに対して燃費測定の技術指導を行っている程度である。

5. おわりに

施工技術総合研究所が実施している建設機械に関する業務について最近の10年の実績を見てきたが、建設機械に関する調査・研究・開発については、今後は防災・復旧対策関係の機械や維持・点検用機械に対するニーズが相対的に高まってくるものと思われる。また、建設機械の性能試験および検査・評定・認定等については、建設機械の環境対策および安全対策は終わりのないテーマであり、一層高度化することが予想される。

施工総研はこれらに対応できるよう努め、今後とも中立的な第三者機関として業務を遂行していきたいと考えている。

JCMA

【筆者紹介】

飯盛 洋（いいもり ひろし）
（一社）日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所
研究第四部 部長



CMI 報告

第2部 パネルディスカッション〔抄録〕

施工技術のこれから 一次の50年への提言—

パネリスト（敬称略，順不同）



今田 徹（こんだ とおる）
施工技術総合研究所顧問
東京都立大学名誉教授



魚本 健人（うおもと たけと）
（独）土木研究所理事長
東京大学名誉教授



三木 千壽（みき ちとし）
東京都市大学副学長（現学長）
東京都市大学総合研究所教授



建山 和由（たてやま かずよし）
立命館大学理工学部
環境システム工学科教授

司会



見波 潔（みなみ きよし）
施工技術総合研究所長

■ 先生方と施工総研とのかかわり ■

今田 私は1960年に建設省に入り，土木研究所に配属になったときに与えられたテーマは「トンネルの換気」という問題です。ちょうど名神のトンネルの建設が始まったところで，1958年に関門トンネルが開通しました。関門トンネルの換気はアメリカの手法によって設計しましたが，それが使えないことが分かって，



我が国独自の換気の設計法を作らなければならないという差し迫った時期でした。この研究はどのくらい自動車の排出ガスが出るのか，トンネルの中を自動車を通るとどんな影響が出るのかをゼロから調べ上げなければいけないというものでしたが，トンネルの換気は自動車のことを考えなければいけませんから機械と密接な関係があります。当時の建設機械化研究所にはエンジンの性能試験をする施設が作られましたので，その施設を使って何か一緒にやらないかといろいろコンタクトを取った記憶があります。

その後は，土木研究所の立場であるいは大学の立場で，また今は顧問という立場でトンネルに関わる様々なテーマについて，施工総研が歩まれたことと非常に深く密接に関わってきたというのが実感です。

魚本 私は1971年の卒業ですが，私はもともと四国の愛媛の出身ですから本州四国連絡橋をやりたいという思いでゼネコンに行きました。大学に戻ってからずっとコンクリートばかりやっていますが，一番印象に残っているのはプレパックドコンクリートに関する



件です。卒論をやっているときにプレパックドコンクリートの実験を見て、こんなやり方でコンクリートが打てるんだということを初めて知りました。その後、施工総研を見せてもらったら、実物大に近いものでやられているので、もっとすごいことがよく分かりました。

本州四国連絡橋のような工事では、掘削をするにしても何をするにしても、とてつもなく大きな機械を使うものですから、それは非常に面白い。実物大規模に近いもので勉強をさせてもらうという意味で施工総研とはこの頃からお付き合いをさせてもらっています。以来、私は施工総研とは委員会等でいろいろお手伝いをさせていただいている次第です。

三木 施工総研とのかかわりは、【元所長の】三谷先生を除いては語れません。昭和43年だと思いますが、三谷先生が東工大に非常勤講師で来られていました。講義名は「機械化施工」ですが、機械化施工の話はほとんどされません。ほとんどが土木技術者はどうあるべきかをずっとしゃべられました。毎回そのことをしゃべって帰っていかれますが、大変勉強になる授業でした。結局、三谷先生は20年を超えて東工大の非常勤講師をされました。最後のころは講義のタイトルは「土木技術者の倫理」にしました。東工大の土木の卒業生にとってみれば本当の意味のおやじです。

私は大学に残って鋼構造物の疲労を研究していました。そのころに本四架橋の疲労耐久性の研究が始まり、400トンの大型疲労試験機が導入されました。ここにも三谷先生が関わっています。本四の研究は明石大橋が終わるころまで20年間続きました。これは世界最大の疲労試験です。その後、私もいろいろな国際的な仕事をやってきましたが、どこから見てもトップです。これはある意味では世界の溶接構造の疲労を引っ張ったと言えます。大変ラッキーな仕事を一緒にさせていただきました。

それから1980年代半ばだったと思いますが、突如、

三谷先生が僕のところにみえて、「東名高速におかしなことが起きているから付き合え」と言われました。今でも覚えています。現場に行くと、確かに疲労き裂が出ているのです。その後10年以上、東京第一管理局の中の疲労き裂、疲労対策をずっとやりました。三谷先生のつながりで本四の疲労をやり、道路公団の疲労をやってきました。東名は道路橋の疲労の原点のような経験でした。その後、首都高速の鋼製橋脚の問題や鋼床版の問題につながってきています。

たまたま三谷先生にお目に掛かり、たまたま疲労の研究を始めたことから私自身の研究の場の多くの部分は機械化研究所の中でやってきたという関わりです。というわけで、私は施工総研とはなかなか呼びにくいですね。

建山 ちょうど30年前だと思います。私は大学院の博士課程に在籍していて博士論文を書くということで、恩師の畠先生から「締固め」というテーマを与えていただきました。畠先生は建設機械の先生でしたから「建設機械がらみの締固め」をテーマにしようということになったのですが、当時は締固め機械のバリエーションが増え出した頃であったこともあり、室内のプロクター試験と現場で機械を使って行う締固めとの関係を調べようということになりました。そこで、あちこちの現場にお願いしてデータ採りをさせていただいたのですが、なかなかデータの数が稼げなくて困っていたときに、ある人に「建設機械化研究所に行けばデータがいっぱいあるぞ」と言われました。そこで問い合わせしてみると、メーカーが新しい締固めの機械を出すと研究所に持ち込んで性能試験を行い、同じ土を使って同じ方法で締固め試験を行い、機械ごとの締固め能力を評価しているということでした。当時、研究所には根本さんといわれる研究員の方がおられ、その方が担当をされて100種以上の締固め機械の性能試験結果が報告書として整理されていました。根本さんは、「プロフェッショナル」という言葉がこれほど似合う人はいないというぐらい職人肌の方で、機械の締固め性能試験を徹底的に精緻に行っておられました。このため、データの信頼性という点では、完璧な報告書で、私にとってはそれらが宝の山のように思えました。そのデータのおかげで博士論文を書くことができ、また、その後もこのデータをいろいろな締固めの研究に活用させていただいてきました。施工総研では50年にわたって、ここでしか採れないデータを多数採っておられると思います。是非そういったデータも活用していただけるとありがたいと思っています。

以来、私は施工総研とお付き合いをさせていただき、



最近では情報化施工等のテーマで一緒させていただいています。

■ 施工技術のこれから ■

見波 施工技術総合研究所が創立された昭和 39 年頃の我が国は、高度成長期の真っ只中にあり、その後現在に至る 50 年の間に社会環境も大きく変化しました。今後、施工技術の分野がどのような方向を向いているのか、各先生の御専門分野についてお考えをお伺いします。

機械・技術の進歩で山岳トンネル・シールドトンネルの融合化、全地質対応型の掘削技術へ

今田 トンネル技術は、軟弱な地盤に対する技術と山岳、固い地盤に対する技術の二つに分けられて発展してきた流れがあります。

まず山岳トンネルの技術については、大空間をつくる、できるだけ大きな断面にして施工するという流れで発展してきました。かつては、地質が悪い場合、断面を小さくして掘り、それをつなぎ合わせて大きな断面にするというやり方だったわけですが、今は地山を補強して大きな断面にしてやるという技術に変わってきています。この 20 年ぐらいそういう方向は非常に顕著になってきており、昔は日本のような変化の大きい地質では、全断面工法は道路トンネル規模には無理だろう、そんなことを考えるのは非常識だといわれてきたわけですが、現在では地質が悪くなればなるほど大きな断面にする、地山のほうを補強して大きな断面にして、断面をできるだけ早くクローズさせてしまう、巻いてしまう、安定させてしまうという方法で進めます。昔の常識が今は非常識になっているのだらうと思います。

シールドトンネル工法については、日本で密閉型シールドが開発されました。ヨーロッパでもそういう研究をやっていましたが、ヨーロッパでは早い時期にちょっとやって諦めてしまい、なかなか長続きしなかったのですが、日本は何しろ地質が悪く、しかも都市部のトンネルがあることから、どうしても安定な掘削をしなければいけないということで密閉型シールドを開発しました。密閉型シールドは泥水式と土圧式がありますが、土圧シールドは掘削した土砂で切羽の安定を保つという技術で、これは世界で非常に多く使われており、日本の技術が世界の都市トンネルの技術をリードしている状況になっています。最近では、山岳トンネルでは TBM (トンネル・ボーリング・マシン) で掘ることも多いわけですが、TBM の分野にも土圧式の考え方が持ち込まれている時代になってきています。

今後 50 年のトンネルを考えてみるとどうなのか。これはまるっきり当てずっぽうの話ですが、恐らく山岳トンネル工法とかシールドトンネル工法の区分はなくなるのではないかと、思います。山岳トンネル工法では、NATM と TBM に大別されますが、土圧シールドなどの機械がさらに進歩したり、切羽の安定化技術が進歩すると、それらが融合して一つの全地質対応型の技術に向かっていくのだらうと思います。

シールドトンネルの分野では、自動掘進をやろうと思えばすぐやれるような技術にはなっています。ただ、やらないのはなぜかというとお金が掛かるということだと思います。これから人が少なくなっていく、建設のきつい仕事をやる人が少なくなってくると自動化はますます進むのではないかと考えます。そうすると TBM 化、全自動化の方向で技術がどんどん発達していくのではないかと期待しています。

トンネルは非常に学際的な分野です。地質工学、土木工学、機械工学、それぞれの分野で少しずつ進歩していった最終的な形として全地質対応型の掘削技術が確立されていくのではないかと大風呂敷を広げてみたいと思います。

橋梁は世界に向けて展開できる技術開発を

メンテナンスは冷静な目で何が正しい技術かを見ることが大切

三木 私が大学を出た 1970 年、材料開発から製作から施工から全てが本四架橋を向いていました。その結果何が起きたかを少し考えた方がいいだろうと思っています。長大橋の建設については、世界的なレベルまで追い付いたのが瀬戸大橋で、明石海峡大橋で世界一



になった。ただ世界一になって何年経つのかということもあるし、このあたりはよく考えた方がいい。

明石海峡大橋が開通する直前に『ENR（エンジニアリング・ニュース・レコード）』に明石海峡大橋特集がありました。是非これをご覧になるといいと思います。タイトルが「ジュエル・ブリッジ」で「宝石橋」です。そこで何を言っているかということ、当時開通したグレートベルトと工期・工費の面、設計体制、全てについて比較していますが、結論は、日本はジュエル（宝石）のような橋をつくったのではないか、名前も「パールブリッジ」と言うらしいということで終わっていますが、このあたりは大変印象に残った記事です。いい橋をつくる、そこにいったことは確かですが、高コスト体質になっています。そのころから私はいろいろなところに、例えば m^2 当たりの橋梁単価は幾らかという記事を書き始めましたが、はっきり言ってアメリカの2倍、3倍のコストで橋をつくっていることは間違いないです。

その結果として海外展開ができていません。国内でどれくらいの工事があるか、橋梁プロジェクトが出るのかとの議論もありますが、一歩外に出ればものすごくあるわけです。ついこの間までバンコクに毎月1週間ほどいましたが、いろいろなニュースが入ってきます。驚くほどたくさんのプロジェクトが動こうとしているわけですが、残念ながらこういうところで日本がODAを外して取れたプロジェクトはほとんどないのではないかという気がします。高コスト体質であり、現地に合わせてやっていくことができなかったのではないかと思います。橋梁に限らず、世界に展開できる、海外展開できる、アジアに展開できる、これからの重点箇所はアフリカだそうですが、アフリカあたりでも展開できるような技術を持っていないとうまいかない。例えば、JICA 専門家として海外に出ていますが、日本の高コスト体質のエンジニアリングを持ち込んでいってもなかなかうまくいかないという気がします。

計画・設計に絡む今後の課題として、私としてはもっと中小橋梁に目を向け、世界に向けて展開できる技術開発が一つのテーマかという気がします。

メンテナンスについてですが、アメリカは1920年代のニューディール政策のときにいっぱい作ったものが50年ぐらい経つところでいろいろな問題が起きてきた。日本でもちょうど同じような格好で1960年代、1970年代に作った橋に問題が起きてきて、私自身は「人間と同じで成人病が出始めた」という言い方をしています。決して「老朽化」という言葉を私の周りでは使わず、「経年劣化が出始めました」と言っています。

実は道路橋示方書には設計供用期間が書いていません。老朽化といってもどの程度が標準かわからないのです。2002年の道路橋示方書の改訂のときに供用期間を目標として100年にしましょうと提案しましたが、外されました。もう一つは、疲労設計も早過ぎると却下されました。

メンテナンスについていろいろな技術開発があるわけですが、一番大切なのは実態を把握することだと思います。点検をし、診断をすることです。「次世代インフラ点検システムの研究開発」がSIP（戦略的イノベーション創造プログラム）として取り上げられたことは大変いいことで、いろいろな提案が出てきています。私は今回ははっきり示されたように、近接目視を5年に1回、技術のある人間が行うことが全てだろうと思っています。この間もSIPの委員会で、「ロボットが見たからといって事故を起こしても誰も許しません。ベースは技術のある人間の近接目視だ」と申し上げました。いい提案がいっぱい出てきていますが、冷静に物を見るべきだと、その上で一体我々はどこに突っ込んでいくのか。こういう意味では社会の関心が高まっているわけですから、このチャンス逃すことはありません。土木技術者は新しい技術に対して熱心ではないと言われるのも困るわけで、是非取り入れていきたいと思いますが、我々がやらなければいけないのは冷静な目で何が正しい技術かを見ていくことだろうと思います。

コンクリートは検査以上に対処方法が大事

構造物が駄目になったときの対応策の研究が必要

魚本 私が学生時代に恩師からコンクリートを教わったとき、「鋼構造は腐食との戦いで大変だ。構造の問題はあるが、それ以上に化学とか電気化学を勉強しないと対応できない。それに比べるとコンクリートには大きな問題はない」という話から始まりました。当時の示方書で耐久性という問題に言及しているのは、今

問題になっているような内部の鉄筋の腐食やアルカリ骨材反応等々はほとんどなくて、あったのは疲労問題と凍結融解が多く、あとは温泉地帯等々で発生するような化学的な問題が一番大事だ、という話でした。ところが研究者として大学に戻ってくると、その後いろいろなことが起こって、こんなはずではなかったというぐらいにいろいろな問題が起こりました。コンクリートは疲労限界と凍結融解の問題に対応すれば良いと思っていたのが、実はそうではなく、材料や施工がいろいろ変わってきたので、それに対してどう対応するかということが重要な問題でした。最初のうちはどうしてもコンクリートは劣化しないという気持ちが先にあるので、対応できると思っていてもそうではないことが出てきた。これらの問題にどのように対処するかを明らかにするために、研究なり対策なりがいろいろ進んできたというのが現状だろうと思います。今後のことを考えると、これからも種々の劣化問題等が出てくるでしょうが、大事なのはそういうものに対してどう対処するかということです。

研究機関の人と話をすると、維持管理の問題の中で研究者は検査、特に非破壊検査がすごく好きです。それはいいのですが、私から見ると、それ以上に大事なのは直し方です。人間ドックに行くとCTスキャンなどの装置で詳細に検査します。その後どうするかというと、危険な部位は切除しましょうという話になり、例えば鼻から機器を入れるだけで対応できるというような技術がどんどんできています。ところが、コンクリートの場合は内部に空洞があるとか、鋼材が腐食していることが分かっていても、それをどうするかという技術がないのです。これをやっていかないと、早いうちから腐食を止めるというのができない。どう直すのかという研究をやらないと、腐食箇所の判定の意味がなくなってしまうのではないかという気がします。これからやらなければならないのは、恐らくどこかが駄目になっていったときにどう対応するかということ踏まえた上での検査をし、対処方法を開発することだと思います。

建物を壊したりする映像をよく見かけますが、壊し方もちゃんと研究したらいいと思っています。日本の土木構造物は、先ほど三木先生が言われたように寿命という概念がなく、半永久的に大丈夫だということが前提になっているので、駄目になったときの対応策について技術的には非常にレベルが低いと思っています。このような技術開発を積極的に推進して、できれば後世の人たちにこうやれば良いとちゃんと伝えておくことがこれから一番大事なことになるのではないかと

と思っています。そのためのいい機械を作ればもっと良いと思っている次第です。

建設ロボット、情報化施工による省力化・効率化

新技術の導入を前提とした基準、設計、施工が必要
建山 建設分野における課題の一つに「労働力不足」があります。最近、東北の復興や、オリンピックを控えて関東の再整備等々で工事が増えているため人手不足が顕著になっていますが、この状況は一時的なもので、2020年のオリンピックが終わると元に戻るという見方もされています。しかしながら、人口統計学者の藻谷さんの話によると、「マクロ的に見ると間違いなく日本の中で労働を支える人口はこれから減っていく。特に建設分野は年齢層の高い熟練技術者が多い構造になっているので、その人たちがリタイアしていくことを考えると、2020年以降になれば改善される」という話ではなくて、これからさらに深刻な事態になる」ということでした。

一方、インフラはどうかというと、公共投資がこれからどうなるか分かりませんが、少なくとも、今日お話が出ていた維持管理をはじめ、一定のインフラ整備が必要です。人も予算も限られていく中で安定的に社会にインフラを提供していくためには、今後、省力化や効率化は絶対になくしてはならない技術だろうと思っています。そういう意味で建設ロボットや情報化施工を推進していくべきだと思っています。

50年前の日本は高度成長期で、どんどんインフラを作っていく時代だったと思います。そういう時代に日本は、設計を体系化して、施工をマニュアル化して、効率的に一定品質のインフラを作ることのできる体制を築いてきたのだと思います。極めて短期間に質の揃ったインフラ整備ができてきたのは間違いなくその成果と言えます。ところが、それをあまりにきっちり作り過ぎたことによる弊害も出てきていると感じています。すなわち、基準やマニュアルを重視するがあまり、そこから抜け出せなくなってしまっ、建設ロボッ



トや情報化施工を導入しようとしても今までの基準やマニュアルの中でこれまで人や建設機械で行ってきたことを代替的に ICT やロボットにやらせるという使い方になってしまう訳です。そうすると、建設ロボットや情報化施工は本来持っている能力を十分に発揮することができないことになります。今後、省力化・効率化を進めるためには、新しい技術の導入を前提とした基準や検査、施工法のあり方、構造物の設計が必要だと感じています。

■ 施工総研への期待 ■

見波 施工総研は大学や国や民間企業の研究所とは異なり、社団法人という立場で様々な機関からの依頼を受けてそれぞれの試験研究のお手伝いをさせていただいています。そういった意味で特殊な研究所であり、その一方で、高い専門性と研究施設を有している研究所という自負もあります。このような施工総研への今後の期待や叱咤激励などいただきたいと思います。

研究所同士の連携、機械と土木の支え合い

魚本 私から見ると施工総研は仲間でもありますしライバルでもあります。手と手を携えてうまくこの先の新しい展開を作れば良いと思っています。

土木研究所の場合は経費の大半が税金で、施工総研とはかなり事情が違ってきます。土木研究所でやろうと思っても人員の問題がいろいろあって、機械を専門とする研究者がどんどん減ってきていて非常に困っています。そのために、今まで複眼的にいろいろな物を見られていたものが見られなくなってきたところがあります。そこで、施工総研とうまくやらせてもらうことで、別な見方をわれわれ土木研究所としては学びたいし、そのためにはいろいろなことを一緒にやらせてもらえたら良いだろうと思います。我々は費用を国からいただいていますので、ある程度きちんとした

プロジェクトに立ち上げれば結構なお金を使うことも可能になります。そういうときにうまく施工総研と連携を組めると良いのではないかと思います。

機械と土木は両方で支え合わないとうまくいかない。実際に物だけあってもできないし、作り方、壊し方ができないと駄目ですから、施工総研にはわれわれが不得手となりつつある研究をさらに進めていただくことを期待しています。例えば、無人化施工のような問題は、火山ではどうするかとか水中ではどうするかとか、いろいろな問題を一緒になってうまくやっていると良いのではないかと思います。

第三者機関としての役割を期待

三木 メンテナンスの話の続きになりますが、平成26年4月に出された社会資本整備審議会道路分科会建議「最後の警告」の中にこだわって入れてもらった項目があります。それは技術開発なくしてうまくいかないということです。技術開発はどこがやるかということにこだわりました。民間がそれに向けて技術開発をするような環境整備に入っています。私は点検・診断にこだわっていますが、個別要素も含めてメンテナンスを大きく捉えるような仕組みをどこかでつくらなければいけないという気がしています。それはひょっとしたら施工総研かもしれません。

(元所長の) 三谷先生は第三者機関としての研究所にかなりこだわっておられました。ヨーロッパにはイギリスの溶接研究所など同種のものがかなりあり、そういうものが非常にいい役割をしています。これは国研でもない、民間でもない、大学でもない。それぞれ研究なり技術開発の時間のスケールが違います。大学はかなり長いことやっている。国研は大学よりはもう少し短い。大学みたいになったら多分まずい。民間は利益がなければ、あるいは見えてこなければやらない。そういう中でどこかがきちっとアレンジやコーディネートしていかないといけない。三谷先生はそういうことをおっしゃった。私も本当に同感です。施工総研は大きな施設を持っていることをアドバンテージにして、第三極、要するに国研、大学、民間とは全く違ったスタイルの技術開発や全体をアレンジするような機関として期待しています。

情報化施工、ロボット、CIMの一体化に向かってのリード役

建山 情報化施工は特にここ数年は広がりを見せていますが、それと同時に、最近では CIM (コンストラクション・インフォメーション・モデリング)、すなわち、



調査、設計、施工、維持管理という一連の過程で情報やデータを共有しながら、より精緻にインフラ整備を進めていこうという考え方が広がっています。また、建設ロボットの導入に関しても関心が高まっています。これらは建設の分野ではいずれも先端的な技術と言えます。最近、それらの関係はどう考えたらいいかという質問をよく受けますが、今から20年後ぐらい先の建設技術を考えて、多分そういった技術の区別はなく、一つのまとまった先進的な建設技術があるだけで、その中に情報化施工もロボットもCIMも全部溶け込んで一体としているのではないかと思います。先ほど、情報化施工、CIM、建設ロボットが広がりつつあると申し上げましたが、今は、われわれは一体化した将来の建設技術のある側面だけを取り出して情報化施工とかCIMとか建設ロボットという議論をしているのではないかと思います。しかしながら、建設ロボットとか情報化施工はお互いに技術の連携なども出てきていますし、CIMと情報化施工も共有する部分が出てきていますので、そろそろ20年後には一体化しているであろう建設技術をイメージして、そこから情報化施工、CIM、建設ロボットはどうあるべきかを考えていってもいいのかと思っています。

この分野では建設機械が密接不可分です。施工総研は建設機械に関する試験研究には長年の歴史と蓄積があるわけですから、そういったところはぜひ先頭を切ってリードしていただけるとありがたいと思っています。

泥臭い精神と高い技術力をアピールしてさらなる発展を

今田 私は施工総研の顧問を長年務めさせていただいて内部のことを知る立場にあります。こういうことを



言うと大変申し訳ないですが、少し泥臭いです。自分の頭で考え、自分の足で調べて、自分の手で実験するというこの精神は泥臭いが、一番大切な精神ではないかと思います。そのことが世間にまだ知られていない。宣伝が十分されていないのではないのでしょうか。世間に知ってもらっていないところがあるのではないかと思います。例えば今日も多くの時間を割いたメンテナンス、維持管理、点検という問題についてトンネルでも同様の問題があるわけですが、恐らく施工総研はそういうものに今すぐにでも対応できる技術を持っています。泥臭さの中にそういうことをPRして、いい組織を作っていって欲しいと思っています。

また、先ほど第三極というお話がありましたが、第三極として運営していくにしても金がないとどうしようもないわけです。収入を得る必要があるわけですから、少しもうかる商売、もうけることも考えながら進んでいく必要があるのではないかと思います。

施工総研は機械と土木が融合した極めて高いポテンシャルを持った組織ですから、このことを世間に理解していただき、外からの支援も得ながら発展してもらいたいと思っています。

■ おわりに ■

見波 先生方には示唆に富んだお話をいただき、ありがとうございました。先生方の言葉の中に、「融合」「連携」「一体化」といったようなキーワードが出て参りました。私どもの研究所には「総合」という名前が付いており、目指す方向に関連するのかなとの思いで聞かせていただきました。

当研究所には大型疲労試験機や多種多様な材料試験機、試験装置・設備があります。また、建設機械の試験研究に取り組んできた経験があり、さらには、本四架橋に代表される大型プロジェクトの施工法などを検討してきた実績もあります。小さな組織ではありますが、土木・機械・地質・資源・電気などを専門とするスタッフが育って参りました。これらの研究施設や人材は他の組織にはない独自性があると自負しております。

今田先生から泥臭いと言われた精神を大切にして、将来の施工技術を見据え、皆さんからのニーズに応えられる研究所を目指して参ります。

本日はありがとうございました。

CMI 報告

高さ補完機能付き RTK-GNSS による高さ精度の検証報告

藤島 崇・椎葉 祐士

1. はじめに

近年、情報化施工技術の普及が進み、マシンコントロール（以下、MC という）やマシンガイダンス（以下、MG という）、締固め管理などで利用される RTK-GNSS 技術の活用場面も広まってきた。MC や MG などの作業の合理化を支援する分野では RTK-GNSS の活用は今後も広まると想定されるが、さらに、施工管理や監督・検査の場面にも適用拡大を行うためには高さ方向の精度向上・計測の再現性向上に期待が寄せられているところである。

そこで、本研究では RTK-GNSS の高さ方向の精度向上の手段として、ゾーンレーザにより高さの計測値を補完するシステムについて、その高さ精度の改善効果を検証した。

2. 高さ補完機能の概要

RTK-GNSS の基地局システムに設けたゾーンレーザ発光器（以降、発光器）から発光されたレーザ光をゾーンレーザ受光器（以降、受光器）で受光することにより、高さをレーザから計算する、レーザによる高さ計測精度と同等の能力を持つシステムである（図—1）。

本システムは、従来の RTK-GNSS システムで必要な GNSS 基地局にレーザ発光部を一体にして構成さ

れており、GNSS 移動局にもレーザ受光器が一体となっている。RTK-GNSS で得られた平面位置情報とレーザ計測で計算された高さ情報を合体することにより、mm 単位の高さ精度を実現するシステムである。

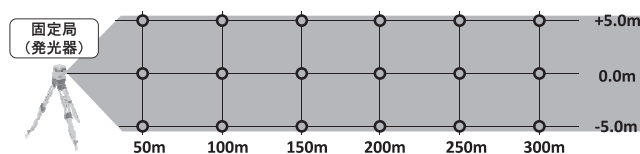
レーザは、高低幅 10 m（発光器の位置から ±5 m）の範囲で受光可能で、回転レーザのようにレーザ発光面に受光器の高さを合わせる作業は必要ないため、通常の RTK-GNSS と同様に広範囲での簡易な計測が可能である。

3. 精度検証の方法

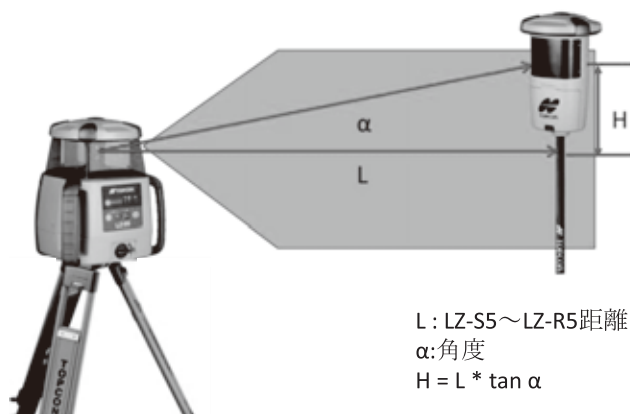
精度検証は、施工技術総合研究所内のフィールドを用いて実施した。

(1) 計測フィールドの設置

固定局（発光器）と各観測ポイントは、図—2 に示すような配置とし、観測ポイントは、発光器から距離 50 m ～ 300 m 間を 50 m 毎、高低差は -5 m, 0, +5 m とし、計 18 点を設置した。各観測ポイントの高さはレベルを用いて計測し、高さ精度の検証の基準とする高さとした。写真は高さ補完機能を用いた計測状況である（写真—1）。

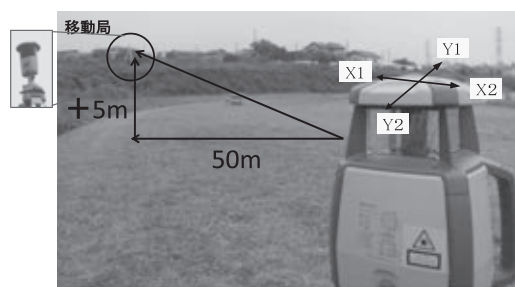


図—2 計測フィールドの条件

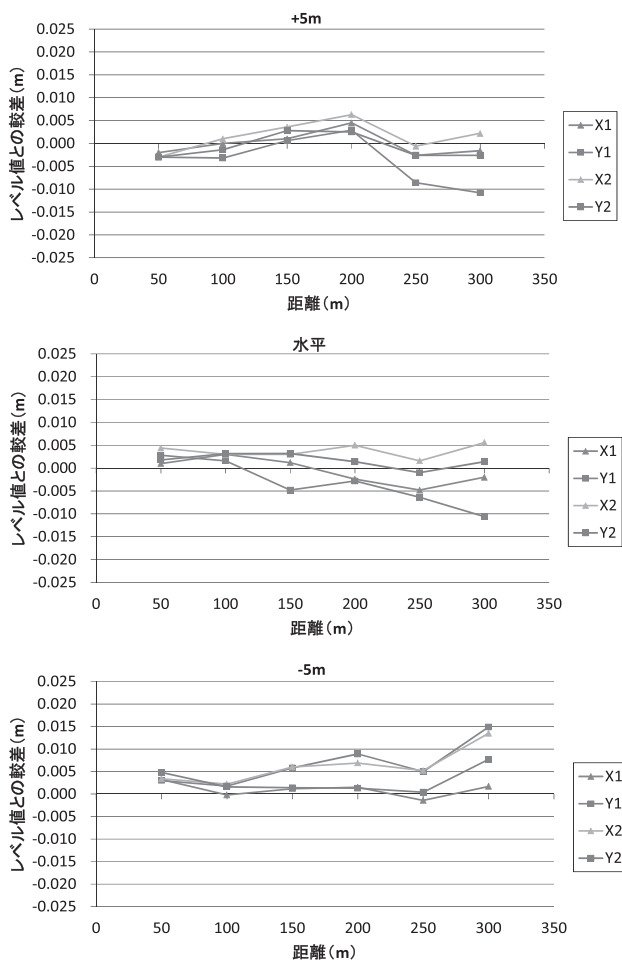


RTK-GNSSによって求めた距離Lと、レーザの受光位置によって求めた角度αによって、高さHを計算することができる。

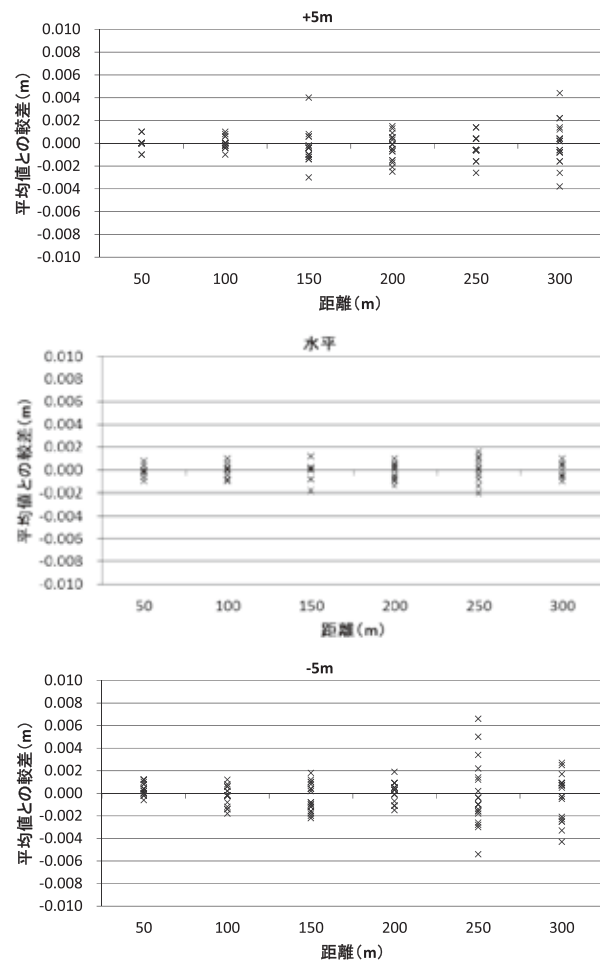
図—1 高さ補完の原理



写真—1 計測状況（計測距離 50 m 高低差 +5 m の場合）



図—3 レベル値との平均較差 (m)



図—4 平均値との較差 (m)

(2) 検証データの計測方法

各計測点について、10 エポックの計測を行いその平均値を1回の計測値とする。また、各点について5回の計測を行い、その再現性について検証を行った。さらに、レーザと受光器の位置関係による差を確認するために、固定局を90度毎に回転させて計測を行った。

4. 計測結果

(1) レベル値との比較

各計測条件（-5 m, 0, +5 m）における各点でのレベルによる計測結果と高さ補完機能付きシステムでの計測結果の差を距離毎に整理した。データは各点における5回の平均値を用いている。

図—3より、距離が遠くなる程レベル結果との差は大きくなる傾向にある。

(2) 計測点における再現性

各点におけるデータのバラツキ（5回計測の平均値と各計測値の較差）を以下に示す。図—4のように、

計測距離200 m以内で ± 3 mm程度、250 mを超えると、 ± 7 mm程度となる結果も見られた。

5. まとめ

本実験の結果、高さ補完機能付きのRTK-GNSSを用いることで、固定局から200 m以内、高さ ± 5 m以内であれば、高さ精度を ± 5 mm程度に確保できる。

また、計測のバラツキも高さ ± 5 m以内であれば、 ± 3 mm程度と小さいことから、従来のRTK-GNSSで懸念されていた、前回計測との差も発生が抑制される。

一方で、今回の実験を踏まえて、計測における留意点もいくつか判明した。今後は、このような留意点を踏まえて、利用者が利用目的に応じて適切にシステムを利用できるインターフェースも必要となる。

- ・計測中にレーザが遮断された場合に通常のRTK-GNSSによる計測に変更されるが、ユーザがその状態に気付かず計測を続けてしまう。
- ・本実験の結果を踏まえ、距離により精度が劣化するが、そのことに気付かず計測を続けてしまう。

6. おわりに

本実験により，高さ補完機能付きの RTK-GNSS を用いることで，高さ計測精度の向上が可能であることが確認できた。一方で，日進月歩で進む技術をどのように活用するかは技術者に課せられた最大の宿題となっている。本実験結果が，新たな利活用場面の拡大に繋がれば幸いである。

謝 辞

最後に，本実験は(株)トプコンとの共同研究により実施したものである。実験に際して，研究メンバの皆様の協力を頂きましたことに感謝申し上げます。

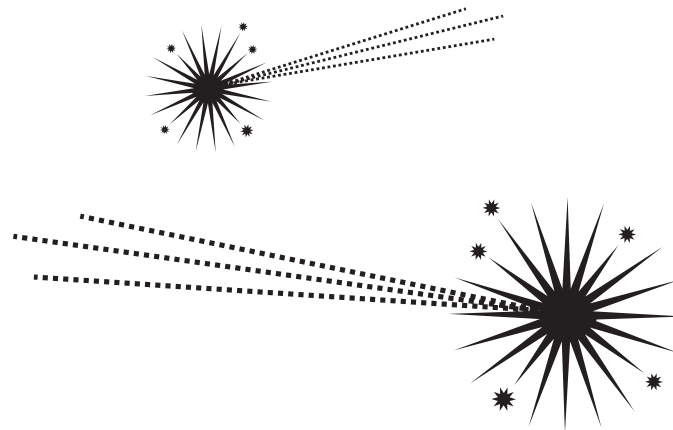
J C M A

[筆者紹介]

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



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



部 会 報 告

除雪機械の変遷（その5） 除雪トラック（1）

機械部会 除雪機械技術委員会

まえがき

我が国における除雪トラックによる道路除雪は、昭和18年頃に開始されているが、国の直轄除雪が実施されたのは、北海道で昭和32年度、東北、北陸では昭和34年度である。

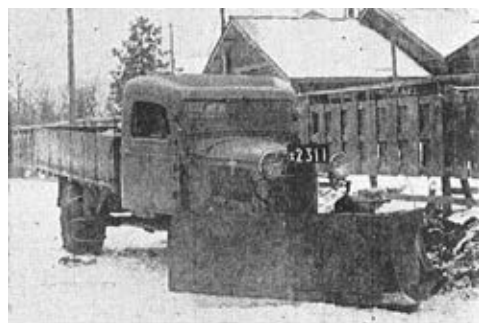
昭和38年1月発生した「38年豪雪」により北陸地方の道路交通は大混乱となった。除雪トラックのプラウや車両の改良開発は、昭和31年に「積雪寒冷特別地域における道路交通の確保に関する特別措置法」（いわゆる雪寒法）が制定され、北海道開発局をはじめ各地で進められていたが、これを契機に積雪地域に適するような除雪トラックを含め除雪機械の一層の改良開発が推進された。

当初の除雪トラックは、悪路走行用の総輪駆動ダンプトラックにスノープラウを取り付けたものであったが、シャシ強度及びエンジン出力向上による除雪専用シャシ開発、交通量の増加に伴う路面整正要求による路面整正装置（トラックグレーダ）の開発、後方視界の確保及び、最適重量配分による走行安定性確保のため除雪専用車の開発、前方視界向上のためキャブオーバ型トラックの採用、操作性向上のため自動操縦装置の開発等がなされ現在に至っている。

本史は、国内における除雪トラックの変遷を関係メーカーの協力を得てまとめたものである。国土交通省、東日本、中日本、西日本高速道路株式会社、自治体等で除雪トラックは使用されている。各ユーザが率先して開発に当たったことにより、今日の除雪トラックの姿があるといえる。なお、取りまとめに当たっては、北海道開発局、東北地方整備局、北陸地方整備局の除雪機械の歴史に関する既存資料から多くの引用をさせていただきました。ここに深く感謝いたします。

3-1 黎明期（戦前～昭和25年）

戦争中の昭和18年に、軍飛行場関連道路除雪のため、日本初のVプラウ付除雪トラックが試作された。北海道庁石狩川治水事務所江別工場（後に北海道開発局建設機械工作所となり行政組織の減量政策により廃止された）が製作し、北海道庁土木試験所（現在の独

写真 3-1 Vプラウの試作第1号 北海道庁 昭和18年¹⁾

立行政法人寒地土木研究所）が道路除雪の研究を実施した。

昭和19年、同じく江別工場において、トラック用補助翼（サイドウイング）が製作され、上記のVプラウ付除雪トラックに架装された。

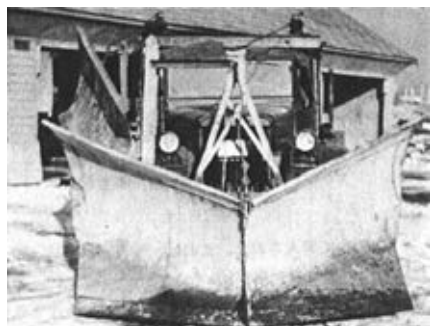
写真 3-2 トラック用補助翼（サイドウイング） 北海道庁 昭和19年¹⁾

終戦の昭和20年、進駐米軍要請により、北海道庁において簡易除雪車K号、大型除雪車B号による道路除雪が行われた。これらは、旧日本軍の滑走路用除雪車でVまたはIプラウ、ロータリ装置付のトラックである。

写真 3-3 簡易除雪車K号 北海道庁 昭和20年¹⁾

写真 3-4 大型除雪車 B 号 北海道庁 昭和 20 年¹⁾

昭和 25 年，関係機関からなる「北海道道路運送冬期対策協議会」が発足した。北海道庁に対し GMC トラックやレッカが米軍から払い下げられ，除雪に使用された。

写真 3-5 米軍払い下げのトラック GMC 北海道庁 昭和 25 年¹⁾写真 3-6 米軍払い下げのレッカトラック 北海道庁 昭和 25 年¹⁾写真 3-7 レッカトラック（側面）北海道庁 昭和 25 年¹⁾

3-2 揺籃期（昭和 26 年～ 36 年）

昭和 26 年，北海道開発法に基づいて創設された北海道開発庁の実施機関として，北海道開発局が設置された。

昭和 31 年，「積雪寒冷特別地域における道路交通の確保に関する特別措置法」（いわゆる雪寒法）が制定

された。

昭和 32 年，北海道開発局により除雪実施要領が策定された。

昭和 30 年，北海道開発局において V プラウ，サイドウイング（国産 1 号機）を架装した国産の 10 t 級ダンプトラック（6 × 6 - 6 輪全駆）が 3 台導入された。昇降装置はウインチ巻上げ式で，サイドウイングは車両の前方プラウ後部に架装されており，前方に重量が偏るので，走行に支障があった。

写真 3-8 導入当初のサイドウイング 北海道開発局 昭和 30 年¹⁾

昭和 32 年，北海道開発局において昭和 30 年に導入した 10 t 級ダンプトラックの除雪装置操作の油圧化が実施された。北海道開発局では，その後 10 t 級が主流となっていくた。

昭和 31 ～ 33 年に北海道開発局に国産の 5 t 級 6 × 6（6 輪全駆）ダンプトラックが 27 台導入された。

写真 3-9 5 t 級 6 × 6（6 輪全駆）ダンプトラック北海道開発局 昭和 31 ～ 33 年¹⁾

昭和 33 年，北海道開発局に国産の 5 t 級 4 × 4（4 輪全駆）ダンプトラックが試験的に 2 台導入された。

昭和 32，33 年に北海道開発局において実施した除雪調査試験で 7 t 級のダンプトラックが 5 t 級ダンプトラックより大型強力で，かつ新雪除雪では，現在も主流である 10 t 級ダンプトラックに比べて除雪能力が多少低下するものの，価格が低廉であることが明確になり，7 t 級ダンプトラックがその後の除雪トラックのもう一つの主流を占めるに至った。

昭和 34 年に北海道開発局に日野 ZH10 形や，ふそう T370 形の 7 t 級 4 × 4（4 輪全駆）ダンプトラックにワンウェイプラウを架装した 7 t 級除雪トラックが導入された。



写真3-10 7t級ダンプトラック（日野 ZH10 形）北海道開発局 昭和34年¹⁾

昭和30年より北海道開発局に導入された除雪トラックは、夏期道路維持機械であるダンプトラック、散水車、清掃車などにワンウェイプラウ、Vプラウ、後述のトラックグレーダ、サイドウイングなどの除雪装置を取付けて、車両の効率的運用を図った兼用車で、昭和53年まで導入された。

昭和36年、北海道開発局建設機械工作所により除雪性能試験規定、除雪作業、天候と警報、防雪、散布



写真3-11 兼用車として導入された除雪トラック¹⁾

塩作業規定、街路の滑り止め計画について記された「ドイツ道路機械除雪に就いての覚書」（ドイツ道路除雪委員会編 1958 版）が翻訳され、これを規範に日本の道路や気象条件にあった除雪機械が発展して行くことになる。

3-3 車両の変遷（昭和 36 年～平成 15 年）

昭和 36 年、北海道開発局建設機械工作所において、種々のワンウェイプラウを架装した 7t 級、10t 級除雪ダンプトラックについて、実用及び各種試験が実施された。高速除雪を行うため除雪能力の高さは認められたものの、フレームの曲がりや亀裂などの強度不足が指摘された。

昭和 38 年、北海道開発局建設機械工作所は、ワンウェイプラウ破損、シャシフレームの曲り発生に対して、自動車メーカーにフレームの補強を要請した。

昭和 39 年に自動車メーカーによるフレームの補強が実施され、前輪許容限度荷重が 6t となり、前輪タイヤ荷重割合、接地圧については速度に対するタイヤ推奨荷重で緩和認定を受けた。

昭和 39 年、北海道開発局建設機械工作所において、シャシフレームの強度の安全性を調査するため、7t 級除雪ダンプトラック三菱 T370 形のフレーム前部の応力が測定された。

昭和 41 年、自動車メーカーによりフレーム補強部の改良が行われた。

昭和 45 年、北海道開発局において、それまでの兼用車に代わり除雪専用トラックが導入された。以降、後方視界や左右バランスなど運転条件を考慮したウエイトの積載、夏期維持作業の減少、購入費、車検期間などのメリットから専用車が主流となる。

昭和 46 年、北海道開発局において、キャブオーバー形 7t 級 4 × 4 日産ディーゼル MF61 改型除雪試験車が導入された。

昭和 46 年から 49 年に、北海道開発局において、上記の MF61 改型除雪試験車を使用して、「高速域における除雪トラックの信頼性試験」が実施された。この試験により高速除雪時のプラウ除雪性能、車両の構造、車両におよぼす影響、操縦性・安定性が解明された。また、キャブオーバー形除雪車は、ボンネット形より安全性、操作性確認及び前方視界確保において優れていることが認識された。

昭和 50 年から 52 年に、北海道開発局において、前記の MF61 改型除雪試験車を使用して、新雪路面整正同時施工に関する調査試験が実施され、路面整正時の除雪性能が解明された。



写真 3-12 初めてキャブオーバー形除雪トラックを試験導入 北海道開発局 昭和 46 年¹⁾



写真 3-13 新雪路面整正同時施工試験 北海道開発局 昭和 50 年⁶⁾



写真 3-14 試験車全景 北海道開発局 昭和 50 年⁶⁾

昭和 52 年に、北海道開発局においてキャブオーバー形除雪トラック 10t 級 6 × 6 が導入された。

昭和 53 年に、旧建設省、北海道開発局においてキャブオーバー形除雪トラック 7t 級 4 × 4 が導入された。

昭和 53 年から 55 年に、北海道開発局において、上記のキャブオーバー形除雪トラック 7t 級 4 × 4 を使用して、「除雪トラックの安全性に関する調査試験」が実施され、トラックフレームとトラックグレーダの構造と強度の適正化、安全性の向上について調査が行われ、圧雪除去時のフレーム応力が衝撃負荷作用時にも許容範囲以下であることが確認された。

昭和 59 年から 61 年に、北海道開発局において、前記の 10t 級 6 × 6 除雪トラックに後述の 2 ウェイサ

イドウイングを架装して、「除雪トラックのサイドウイングの安全性及び効率化に関する調査試験」が実施され、サイドウイング作業時のフレーム応力、作業性、安全性が調査された。

昭和 60 年に、三菱自動車工業(株)^(注12)において、トランスミッションと一体となったトランスファ（パワーデバイダー）が開発され、トラックグレーダの装着に適した除雪トラックが開発された。

昭和 60 年から 61 年に、東京航空局において、10t 級 6×6 空港用除雪トラックが開発された。これは、滑走路用の大型プラウで広い面積を短時間で雁行除雪及び旋回除雪することが可能な機関出力、牽引力および道路用除雪トラックより大きな前輪タイヤグリップ力を備えていた。



写真 3-15 空港用大型プラウで滑走路を除雪する空港用除雪トラック
昭和 61 年

昭和 62 年から平成 2 年に、北海道開発局において、10t 級 6×6 B・B-D 型除雪試験車が導入され、除雪作業の省力化、効率化のため新雪除雪と路面整正を同時に行える新雪路整同時施工装置の開発のため「除雪トラックの除雪装置の効率化に関する試験」が実施された。

平成元年に、オートマチックトランスミッションを採用した 10t 級 6×6 除雪トラックの試作、確認試験が実施され、旧建設省に平成 2 年度より導入された。

平成 3 年から 5 年に、北海道開発局と三菱自動車工業(株)^(注12)と(株)協和機械製作所との共同で、スパイクタイヤ規制に対応した 10t 級 6×6 高性能除雪トラックが開発され、確認試験が実施された。

平成 3 年から 5 年に、日本道路公団の依頼により、(株)協和機械製作所において、ワンマン除雪に対応した 10t 級 6×6 三菱 FW429M 型ワンマン除雪トラックが開発され、確認試験が実施された。

平成 5 年から 8 年に、三菱自動車工業(株)^(注12)において、7t 級 4×4 の機動性と、10t 級 6×6 と同等の除雪能力を有する 10t 級 4×4 除雪トラックが開発され、確認試験が実施された。

平成 9 年から 11 年に、北海道開発局、日産ディー



写真 3-16 10t 級 6×6 B・B-D 型除雪試験車 北海道開発局 昭和 62 年



写真 3-17 フロント形新雪路整同時施工装置 (1) 昭和 62 年

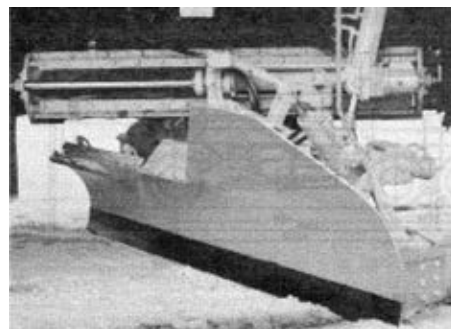


写真 3-18 センタ型一形新雪路整同時施工装置¹¹⁾



写真 3-19 新雪路整同時施工用フロント形プラウ 平成元年¹²⁾



写真 3-20 オートマチックトランスミッション付 10t 級 6×6 平成 2 年



写真 3-21 10t級 6×6 高性能除雪トラック 平成 3 年



写真 3-22 10t級 6×6 ワンマン除雪トラック 平成 5 年



写真 3-23 10t級 4×4 除雪トラック 平成 7 年

ゼル工業(株)^(注13)、(株)協和機械製作所において、高規格道路除雪に対応した 10t 級 8×8 日産 CB63BT 型高機動形除雪トラックが共同開発され、確認試験が実施された。

平成 11 年に、排出ガス規制および中期安全規制（ブレーキ）に適合した機種が開発された。同様に平成 13 年に、騒音規制、平成 15 年に排出ガス規制に適合



写真 3-24 10t級 8×8 高機動形除雪トラック 平成 9 年

した機種が開発された。

平成 14 年に、北陸地方整備局と岩崎工業(株)において、多機能型除雪トラックとして、10t 級 4×4 除雪トラック（油圧式低速走行装置付）が開発された。使用する除雪作業装置は、ロータリ除雪装置、プラウ装置、路面整正装置である。



写真 3-25 10t級 4×4 多機能型除雪車 平成 14 年

平成 15 年、東京航空局と(株)協和機械製作所において、全幅 60m の滑走路を 10 列雁行状態で一方除雪が可能な、除雪幅 6.5m（回送幅 3.95m）の 10t 級 8×8 空港用高性能プラウ除雪車が開発された。



写真 3-26 10t級 8×8 空港用高性能プラウ除雪車 平成 15 年

J C M A

注 12：現三菱ふそうトラック・バス(株)

注 13：現 UD トラックス(株)

《参考文献》

- 1) 北海道開発局における除雪機の変遷 昭和 55 年 3 月 編集発行
北海道開発局建設機械工作所
- 6) 技建報 VOL.13 No.56 1978 昭和 53 年 北海道開発局建設機械
工作所
- 11) 第 33 回（平成元年度）北海道開発局技術研究発表会 講演概要集（1）
平成 2 年 2 月（財）北海道開発協会
- 12) 第 34 回（平成 2 年度）北海道開発局技術研究発表会 講演概要集（2）
平成 3 年 2 月（財）北海道開発協会

部 会 報 告

第 18 回 機電技術者意見交換会報告

建設業部会 機電技術者交流企画 WG

1. はじめに

当協会の業種別部会に属する建設業部会（建設業 52 の会員会社で構成）は、会員相互の共通課題をテーマに取り上げ事業活動を行なっている。

これまで時代の要求や業界の状況を反映し様々な事業活動が実施されてきたが、とくに建設の生産性向上と品質確保及び環境保全といった業界普遍のテーマに取り組むための『人づくり』、『場づくり』の企画は、当部会の大きな柱となっている。

近年、労働者不足にともなう建設機械の自動化、施工管理の省力化、また情報化施工、ICT 利用などの分野で機電技術者の活躍が益々期待されている。しかし、いまひとつ世間に機電技術職の認識が乏しいこともあり、各社機電部門の人材確保、技術伝承、活性化の一助となることを目指して、当部会では平成 9 年から毎年「機電技術者意見交換会」を開催し今回で 18 回目となる。業界の課題を討議テーマとして取り上げ、参加者を募り 1 泊 2 日の合宿形式でグループ討議と成果発表を行なっている。

参加者は、会社を超えた交流により相互の切磋琢磨と人脈形成が図れるため、たいへん有意義な意見交換会となっている。

以下、第 18 回機電技術者意見交換会に関する概要とまとめをダイジェストで報告する。

※詳細報告書は、協会のホームページ（http://www.jcmanet.or.jp/?page_id=117）に、過去第 1 回から第 18 回までの機電技術者意見交換会報告書として掲載されているので確認して頂きたい。

2. 第 18 回機電技術者意見交換会

(1) 概要

①機電技術者意見交換会参加者の選出基準

機電技術者 30 歳～ 40 歳前後（会員会社で現場施工業務が主体のグループ会社社員も含む）

②開催日時：平成 26 年 10 月 2 日（木）～ 3 日（金）

③場所：国立オリンピック記念青少年総合センター

④テーマ：あなたは機電技術者として今何をがんばり

ますか～ 10 年後の夢を語ろう～

⑤講演会

演題：『宇宙エレベーター建設構想』

講師：㈱大林組エンジニアリング本部 石川洋二様

⑥スケジュール

1 日目

10：30～11：00 参加者受付
11：00～11：30 オリエンテーション
12：30～14：30 自己紹介（自己アピールシート PPT による）
14：50～17：00 グループ別討議（班構成 Ver.1）
18：30～ 全体懇親会→グループ別懇親会

2 日目

8：30～10：00 グループ討議（班構成 Ver.2）
Ver.1 の班をシャッフル
10：00～12：00 グループ討議 Ver.1 & 討議成果のまとめ
13：00～14：00 講演会
14：15～16：50 討議成果発表会&講評
16：50～17：00 閉会

(2) 参加者

参加者は、ゼネコン、海洋系、道路、会員のグループ会社から 23 社 23 名でその内訳は以下のとおり。

表－1 参加者内訳

会社系	職種	人
ゼネコン	建築系	3
ゼネコン	土木系	10
ゼネコン	海洋系	3
道路系		6
会員のグループ会社		1
合 計		23

グループ討議および発表の班編成の内訳。

表－2 班編成

班編成	人	平均年齢（歳）
1 班 ゼネコン土木系	5	36.0
2 班 道路系	6	34.8
3 班 ゼネコン建築系+海洋系	6	35.5
4 班 ゼネコン土木系	6	32.0

2日目の最初のグループ討議は、経験工種別の班編成をシャッフルして機電の中でも扱う分野を越えた班編成とした。

(3) グループ討議と成果発表

「あなたは機電技術者として今何を頑張りますか～10年後の夢を語ろう～」という討議テーマのもとに、参加者23名を経験工種ごとに分けた4班のグループで討議を4時間、また工種にとられないシャッフル

表—3 成果ノート（1班）

班	1班 (土木:シルト橋梁トンネル)	記録者	大成建設(株) 金子 康一
打合日	2014年10月2日～3日	場 所	国立オリンピック記念青少年総合センター
出席者	平尾 宣 (株奥村組) 石松 大輔 (鹿島建設(株) 機械部技術2グループ) 菅野 豪 (SMCテック(株) 工事部) 佐藤 裕 (日本国土開発(株) 土木本部機電部) 金子 康一 (大成建設(株) 土木本部機械部)		
<議 事> テーマ：あなたは機電技術者として今何を頑張りますか～10年後の夢を語ろう～			
■現状と課題の洗い出し		■対策の検討	
・人員不足 ・土木屋の使い走り		①・計画的な機電職員の人員配置 ・土木職員への機電技術教育の実施	
・機電職員の配属は単独が多い ・機電職員の将来の待遇の不安 ・建設業における機電部門の縮小化		②・若手とベテランを同時に現場へ配属 ⇒工事繁忙度に応じた計画的な配属 ・機電の統括部署の地位確立	
・機電職員は出番が限られてる ・リース・レンタル会社の技術力が向上している ・建設業の機械化・情報化が著しく進歩している		③機電関連資格の創設 ⇒入札時の資格要件となるような資格の創設	
■10年後の夢			
1. 機電職（建設業）の社会的認知 2. 全自動化施工システムの普及 3. 総機電職化計画			
■いま何をすべきか？			
1. 建設業（機電職）の魅力の普及 ・建設業（機電職）のCM,ドラマ、子供向けアニメ、機電女子【キデジョ】採用など			
2. ゼネコンと建機メーカーとの技術交流 ・少子化を見据えた技術開発（パワーアシスト・軽量な新素材の開発） ・宇宙開発事業に向けて機電技術の開発推進			
3. 機電技術の普及 ・機電関連資格の創設⇒入札資格要件の義務化 ・機電—土木間での機電知識（技術）の継続教育			

した班編成で視点を変えて1.5時間、お互いの抱えている悩みや問題点から課題を整理して解決策を検討討議した。各グループの課題は概ね似通った傾向にあり、各班の報告書では、“建設業界、機電のイメージアップ”や“人材不足”、“機電の技術伝承と人材育成”、“技術開発、自動化”というキーワードが並んでいる。詳細は、

班毎の報告書を以下に示すので参考にして頂きたい。

成果発表の時間では、各班の代表が討議の内容を解説し成果を発表した。さらに今回は、参加者全員の発言を促すため、一人ひとりに現場の経験談や10年後何をしていきたいか、意見交換会に参加した感想などを2分程度で発表する機会を設けた。4班の成果報告シー

表－4 成果ノート（2班）

班	2班 (道路)	記録者	前田道路(株) 蓑輪 英司
打合日	2014年10月2日～3日	場 所	国立オリンピック記念青少年総合センター
出席者	竹原 徹 (日本道路(株)) 武岡 真一 (大成ロテック(株)) 伊藤 圭祐 (鹿島道路(株)) 番田 雄一 ((株)NIPPO) 蓑輪 英司 (前田道路(株)) 田中 勇士 (世紀東急工業(株))		
<議 事> テーマ：あなたは機電技術者として今何を頑張りますか～10年後の夢を語ろう～			
<現状> ・アスファルト合材のにおいがきつい ・アスファルト合材の温度が高い ・アスファルト合材の取り扱いづらい ・作業員が多い ・危険が多い ・技術の伝承不足 ・人材の確保 ・仕事の魅力がない ・離職率が高い ・給料が安い ・拘束時間が長い			
<対策> ・新規合材の開発 ・合材の知識を高める ・無人施工の開発 ・安全装置の開発 ・情報化施工の技術力アップ ・イメージアップ（スポーツチームを作る）（見学会を行う） ・賃金アップ ・作業員をロボット化			
<10年後の夢> ・機械の電力化 ・機電部門の存在価値を高める ・キザニアに出店 ・機電女子の増員 ・100%リサイクル ・作業の安全、簡単に行える新技術の開発			
<今自分が何をすべきか> ・上層部との顔を広めるために、ゴルフを始める ・プレゼンテーション能力を高める ・仕事以外の時間を作る ・職場環境の改善 ・高校、大学生にアピールをする ・動画サイトで機電部門をアピールする ・機電社員が他社会と連携し、協力する			
<まとめ> ・機械のオートメーション化、新技術の開発により安全に作業を行い、社会に機電職は大切な仕事だと認めてもらい、若手への機電の仕事の達成感（良いこと、悪いこと）を伝え、機電職としての技術、技能を次の世代に継承する。			

- ・グループ討議の成果発表をとおして、皆さんのプレゼン能力が高まったのではないかな。また親睦も深まり会社を越えた横の連絡を今後も続けて欲しい。
- ・建設業界の魅力をどう伝えたらよいのか各自考えてみてください。子供たちに誇れる物が造れること。100年後も残るものを造っていることなどを若い人

に伝えていくことが重要です。

(5) 参加者アンケート回答の分析

意見交換会終了後、参加者に提出してもらったアンケート結果を整理した（アンケート集計グラフ（図—1, 2）を参照）。

表—6 成果ノート（4班）

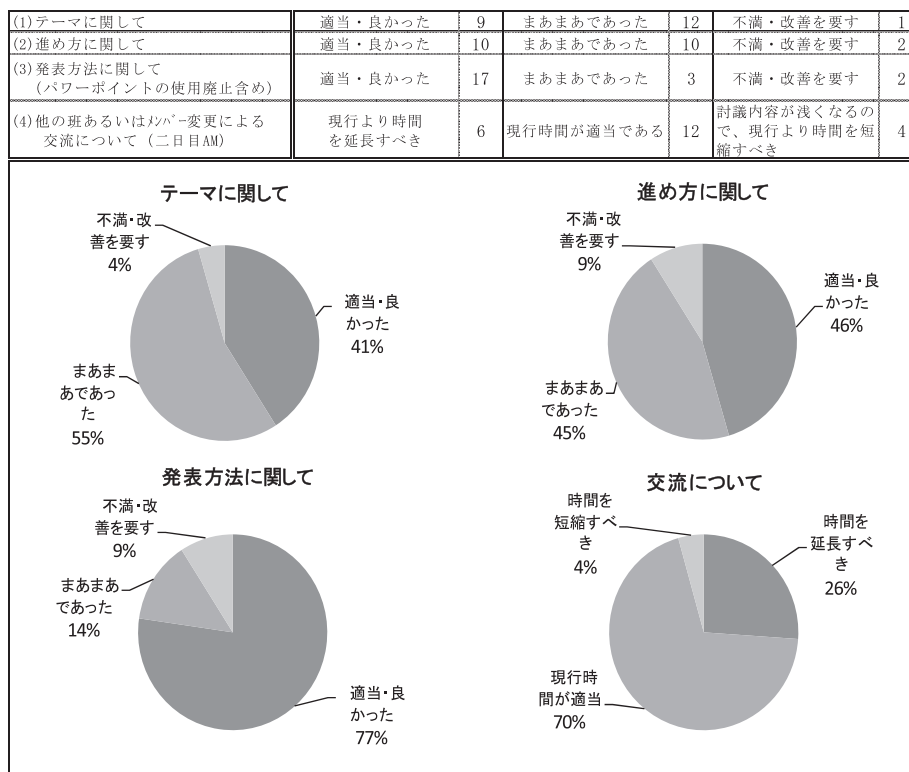
班	第4班 (土木:シルト・トンネル)	記録者	清水建設(株) 吉澤 尚志
打合日	2014年10月2日～3日	場 所	国立オリンピック記念青少年総合センター
出席者	吉澤 尚志 (清水建設) 川上 満弘 (大豊建設) 村上 豪 (安藤・間) 石坂 仁 (フジタ) 中村 宗隆 (東急建設) 長沢 勇樹 (西松建設)		
<議 事> テーマ あなたは機電技術者として今何を頑張りますか ～10年後の夢を語ろう～			
1.現状・課題			
①人員不足 →技術を後継すべき対象者がいない ②建設業のイメージが悪い →人が集まらず魅力が伝わらない ③技術の伝承がされていない →継承が出来ず安全が確保出来ず危険な職業となっている			
2.対策案・解決策			
①に対する対策案 ・見学会の実施やリクルート活動の場を増やす！ ・対象者を機電系学生だけでなく文系学生等々、幅を広げる →機電系職員の主な業務はマネジメントが主になる。 機械・電気は経験にて十分賄える為、学生時にマネジメントを学んでいる方が 有利になる事が多い ②に対する対策案 ・業界全体でCMや広告を作成し、イメージアップを図る →単社ではなく業界全体のイメージアップをし、底上げを図る 社会に認知される事により自身の社会的価値も見いだせる ③に対する対策案 ・各工種の機電技術者で特に経験が豊富なスペシャリストの方々から講義を受けられる場を増やす →同社だけでなく他社も含めお互いのスキルアップに繋がり自社だけでなく他社の技術者 へも自身の持っている技術を伝えられる			
3.10年後の夢			
①現場の所長になりたい ②機電技術者としてスペシャリストになりたい ③若手機電系職員を増やして自分の知識や技術を伝えられる環境にしたい ④国内・海外問わず現場の第一線で活躍したい			
4.まとめ・結論			
～各社機電系職員を集めて機電専門の会社を起す！！～ ・機械・電気各工種に特化した人員を現場に派遣出来る ・専門職員の確保が出来、育成の強化につなげられる ・業界へのアピールを積極的に行え、発言力の強化につなげ発言出来る場を増やす			
上記のような事を行えば各社の人員不足を補え、発言力の強化ができ、適切な人員配置及び技術の 伝承が行われていく事が出来る1つの案だと結論づけた			

①参加した感想

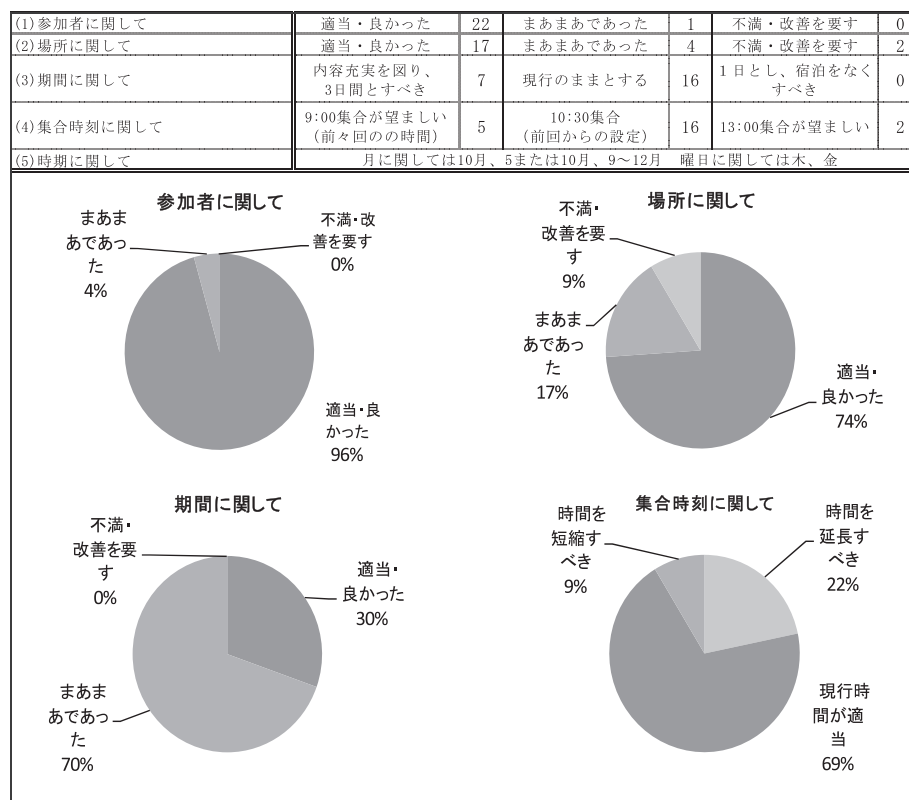
意見交換会の開催意義については、参加して有意義であったという回答が91%、業務への取組み意識が

変わったが91%、意見交換会で得たことを社内展開したいという回答が96%であった。またどのように活用するかという質問に対し、人脈活用74%（17/23

● テーマ、進め方、発表方法について グラフ1



● 参加者、場所、開催期間について グラフ2



図ー1 アンケート集計グラフ（その1）

名), 情報交換 96% (22/23 名) という結果であった。同業他社との交流機会が減少する昨今, 悩みの共有で親睦が深まった, ネットワークが広がったという意見が多く, 今後も継続して意見交換会を開催することの必要性がますます高まった。

②講演会について

宇宙エレベーター開発の具体的な建設構想の話で夢があり, 建設業の近い未来として興味を引く内容で, 参加者全員から有意義であったという回答が得られた。

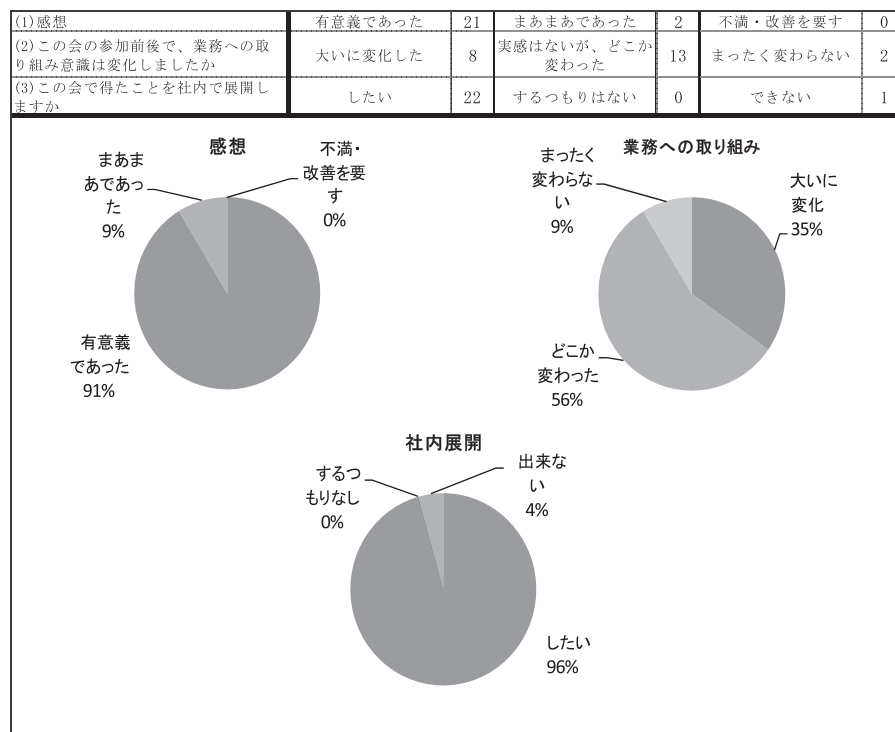
③今年度の成果

全体の感想として参加者からは「意見交換会が有意

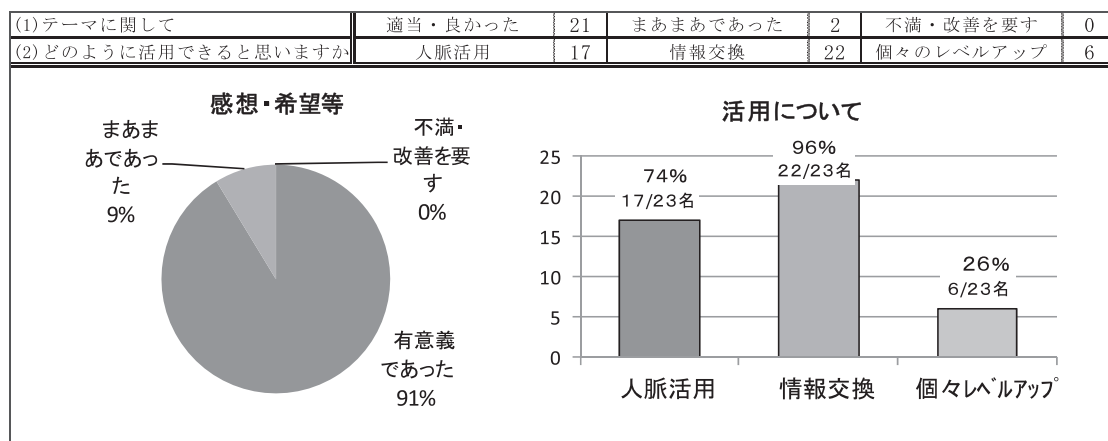
義であった・まあまあであった」という回答が 100% であった。その要因を考察すると以下があげられる。

- ・参加対象年齢を上げたことで各社の中堅社員が集まり活性化した。
- ・グループ会社の機電技術者の参加で多様な工種別班編成ができた。
- ・講演テーマはアンケートで広く情報収集し時代のニーズに合った内容とした。
- ・ホワイトボードの写真を利用した発表スタイルで, 発表準備の時間を短縮した。また参加者全員に発言機会を与えることで, 積極的な意見の多い全員参加型の発表会となった。

● 参加した感想 グラフ 3



● 講演会テーマ・参加して得たもの グラフ 4



図—2 アンケート集計グラフ (その2)

(6) おわりに

建設業部会の活動である機電技術者意見交換会が機電技術者の育成、交流という『人づくり』、『場づくり』に寄与していることが明らかであり、今後も活動を継続していく方針である。2015年度は10月8日～9日

に国立オリンピック記念青少年総合センターで開催する予定であり、討議テーマやスケジュールについては機電技術者交流企画 WG で検討予定である。

(7) スナップ写真



写真—1 参加者全員



写真—2 グループ討議の様子



写真—3 成果発表の様子



写真—4 懇親会全景

J C M A

文責：機電技術者交流企画 WG

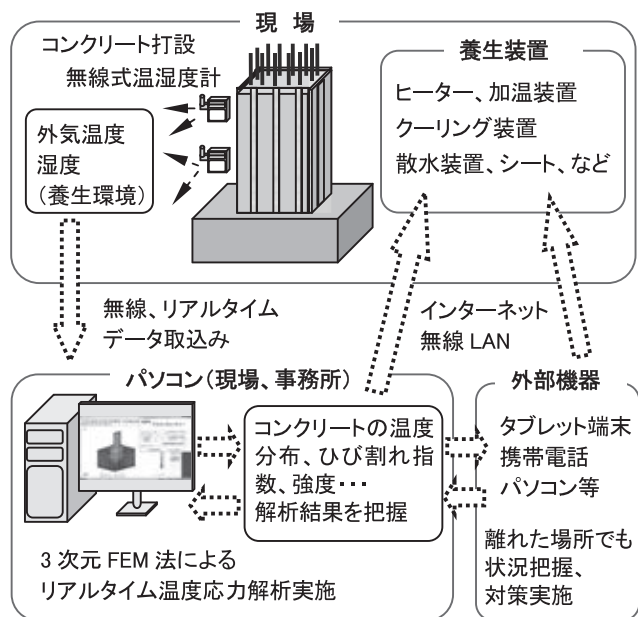
新工法紹介 機関誌編集委員会

03-176	マスコンウォッチャー	フジタ
--------	------------	-----

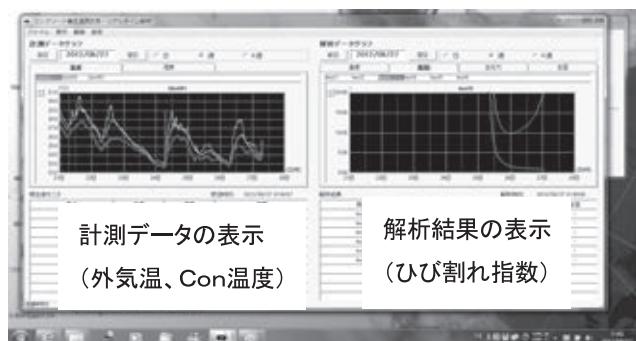
概要

マスコンクリート（土木構造物をはじめ部材寸法の大きなコンクリート構造物）では、セメントの水和発熱の影響によりコンクリートにひび割れが生じる。コンクリート構造物に発生するひび割れを低減するには、打ち込まれたコンクリートの現状の温度分布を評価するとともに、最適な養生方法を検討することが重要となる。そのため、施工条件を考慮した数値解析を事前に行いひび割れ発生リスクが検討される。また、実際に打ち込まれたコンクリートの温度計測などが実施される。しかし、これらの検討は事後の評価として活用されることが多く、コンクリートの温度分布やひび割れ発生リスクをリアルタイムで把握し、養生などの対策に反映できていないのが現状であった。

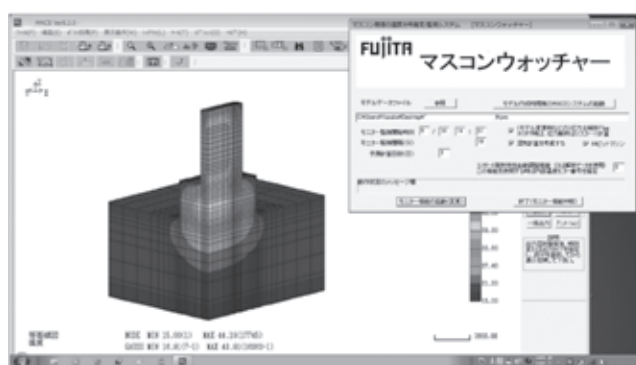
そのような背景から、現場に設置した温湿度計のデータをコンクリートの養生条件としてパソコンに取り込み、現状のコンクリートの温度分布やひび割れ発生確率を数値解析によりリアルタイムで把握できるシステム（マスコンウォッチャー）を開発した（図一1）。本システムでは、解析結果に基づきコンクリートに最適な養生を行うことができるため、ひび割れの発生を抑制し高品質なコンクリート構造物を構築できる。



図一1 システムの概要



図二 コンクリート温度、ひび割れ指数のグラフ表示



図三 コンクリートの発熱状況の表示画面

特徴

- ①現場の外気温度、湿度（コンクリートの養生条件）をリアルタイムでパソコンに取り込み、30分～1時間間隔で3次元FEM法による温度応力解析を実施する。
- ②解析結果は、指定した箇所のコンクリート温度やひび割れ指数の時系列グラフ表示（図二）やコンター図（図三）で表示。
- ③解析結果に基づいて外部養生装置（散水、温湿度制御、パイプクーリング、ヒーター等）を制御し最適な養生を実施する。
- ④ひび割れ発生確率のしきい値を与えておき、警報メール等を配信。また、解析結果をWeb上で確認することもできる。
- ⑤コンクリート温度やひび割れ指数の将来予測の解析機能やコンクリート温度の実測結果に基づきコンクリートの発熱特性（断熱温度上昇特性）の見直し機能を有する。

用途

- ・コンクリート構造物全般、トンネル覆工の施工管理

実績

- ・ケーソン躯体、BOXカルバート、道路橋脚など

問合せ先

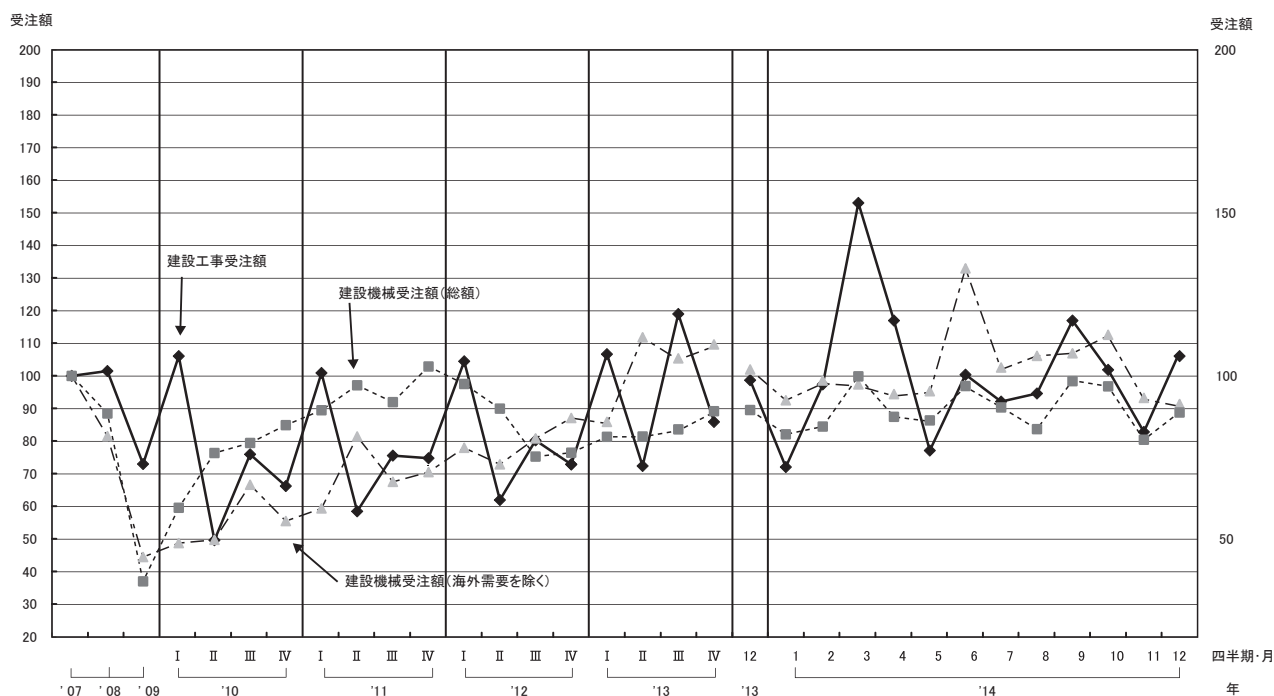
(株)フジタ 広報室

〒151-8570 東京都渋谷区千駄ヶ谷4-25-2

TEL：03-3402-1911（代表）

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 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	129,300	7,914
2 月	11,197	5,220	1,233	3,987	3,777	390	1,810	7,264	3,933	129,390	9,523
3 月	17,633	9,106	1,680	7,426	6,849	580	1,098	8,844	8,789	129,364	17,517
4 月	13,465	6,581	1,403	5,179	6,417	376	91	6,208	7,256	134,351	7,979
5 月	8,849	5,100	1,158	3,942	2,700	345	705	5,540	3,309	135,057	8,332
6 月	11,538	7,114	1,385	5,729	3,782	361	281	7,615	3,922	135,239	11,171
7 月	10,588	6,435	1,187	5,247	2,864	373	916	6,605	3,983	138,035	7,882
8 月	10,877	5,546	1,194	4,352	3,247	336	1,749	7,446	3,431	138,708	9,176
9 月	13,461	9,484	1,926	7,557	2,855	466	657	9,250	4,211	139,433	13,045
10 月	11,711	7,083	1,417	5,666	2,927	471	1,231	7,219	4,492	140,773	8,915
11 月	9,504	6,319	1,225	5,095	2,449	385	350	6,602	2,902	139,657	10,204
12 月	12,199	7,249	1,334	5,915	3,290	386	1,274	8,117	4,082	-	-

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 12 月	14 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
総 額	20,478	18,099	7,492	15,342	19,520	17,343	17,152	1,528	1,399	1,441	1,705	1,492	1,473	1,653	1,541	1,427	1,679	1,652	1,370	1,514
海 外 需 要	14,209	12,996	4,727	11,904	15,163	12,357	10,682	995	916	926	1,196	999	975	957	1,005	872	1,120	1,063	883	1,037
海外需要を除く	6,269	5,103	2,765	3,438	4,357	4,986	6,470	533	483	515	509	493	498	696	536	555	559	589	487	477

(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 12 月以降は月ごとの値を図示した。

出典：国土交通省建設工事受注動態統計調査

内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

行事一覧

(2015年1月1日～31日)

機械部会



■油脂技術委員会および規格普及促進分科会、高効率作動油分科会、燃料エンジン油分科会、グリース分科会

月 日：1月13日（火）

出席者：豊岡司委員長ほか24名

議 題：(1) 高効率作動油分科会 ①平成26年度第2回機械部会・製造業部会合同技術連絡会報告 ②高効率作動油アンケートについて (2) 燃料・エンジン油分科会 ①「バイオディーゼル燃料を使用した場合の車載型排出ガス計測装置を使用した計測事例」シンポジウム報告 (3) 規格普及促進分科会・グリース分科会 ①新規オンファイル：グリースの紹介 ②新規オンファイル：生分解性作動油の紹介 ③アンケートについて (4) 油脂技術委員会 ①油脂技術委員会ホームページについて

■建築生産機械技術委員会 移動式クレーン分科会 WG

月 日：1月14日（水）

出席者：石倉武久分科会長ほか5名

議 題：①25tクラスのラフテレーンクレーンの作業燃費測定試験結果に対する各メーカーの検討意見（試験条件等）の確認 ②25tクラスのラフテレーンクレーンの作業燃費測定試験結果から各試験モードにおける試験条件、測定方法の標準化タタキ台案について ③各社の保有機種の種類と市場保有台数（生産台数）について ④13tクラス、70tクラスの試験条件についての意見交換 ⑤その他

■除雪機械技術委員会 国土交通省 除雪グレーダメーカー個別ヒヤリング

月 日：1月14日（水）

出席者：井口慎治分科会長ほか12名

議 題：①カメラ & モニタ対応検討結果および仕様についての報告 ②双方同時通信システム装着可否検討結果の報告

■トンネル機械技術委員会

月 日：1月15日（木）

出席者：赤坂茂委員長ほか21名

議 題：(1) 排出ガス基準別トンネル機械保有台数、現状の課題、今後の方向性に関する調査アンケートについて

①記述アンケート調査結果の集計表の中から各質問項目について、レンタル、建設会社、トンネル専門協、メカ毎にその中から各委員が優先順位の高いキーワード（記述）を2つ程度抽出した内容について確認・意見交換を行い、キーワード（記述）の整理をする

②調査票の台数について、その後の追加確認を含めて整理する ③調査結果の最終的なまとめ方について確認 (2) 現場見学その他について ①2月予定の千代田区永田町 H&V シールド工事（前田・大日本 JV）について

■ショベル技術委員会

月 日：1月19日（月）

出席者：尾上裕委員長ほか8名

議 題：(1) 12/4 開催の機械部会・製造業部会「合同技術連絡会」の報告について ①ミニショベルの燃費基準達成認定制度 ②JCMAS エネルギー消費試験方法の国際規格化に向けた評価方法の検討状況 (2) 12/24 の経産省・国交省への省エネ建機導入補助事業における燃料コスト回収額算定式の見直し提案説明の報告 (3) 現状バケットクラスベースとエンジン出力ベースでのトップランナー・燃費バラ付きの分析について (4) EN474-1, EN474-5, JIS A8340-1, JIS A8340-4 における運転者保護構造についての確認と調査について (5) 平成26年度活動報告と平成27年度活動計画について (6) その他

■基礎工用機械技術委員会

月 日：1月20日（火）

出席者：山下高俊委員長ほか12名

議 題：①平成27年度 活動計画（案）についての確認・補足等 ②技術情報紹介（前回紹介出来なかった話題について）御茶ノ水改良工事等 ③その他連絡等

■路盤・舗装機械技術委員会 幹事会

月 日：1月21日（水）

出席者：行川恒弘委員長ほか11名

議 題：①第2回総会の内容と時間割の確認について ②来年度の幹事の体制について ③APの変遷の進捗状況について（戸川分科会長） ④ISO/TC195/SC1のAPに関する確認事項について ⑤その他

■路盤・舗装機械技術委員会 アスファルトプラント変遷分科会

月 日：1月21日（水）

出席者：戸川裕文分科会長ほか14名

議 題：①アスファルトプラントの変遷資料の機関誌掲載に向けた編集作業に

ついて ②ISO/TC195/SC1のAPに関する確認事項について ③その他

■ダンプトラック技術委員会

月 日：1月28日（水）

参加者：岡本光正委員長ほか4名

議 題：①各社トピックスについて

②品質確保・人材育成のテーマについての討議 ③日本機械土工協会への安全作業ガイドの報告説明・意見交換会（2/19日予定）について ④平成27年度の活動計画について ⑤その他

■情報化機器技術委員会

月 日：1月30日（金）

出席者：白塚敬三委員長ほか7名

議 題：①「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入重点分野」のその後の動きについて ②国土交通省北陸地整における「1人乗り除雪グレーダの安全性に関する検討委員会」について ③安全確保用情報化機器や監視装置についての紹介／情報共有 ④12/4日開催の機械部会・製造業部会「合同技術連絡会」の報告 ⑤平成26年度活動報告と平成27年度活動計画について ⑥その他情報交換

建設業部会



■機電技術者交流企画 WG 若手現場見学会

月 日：1月16日（金）

参加者：鈴木嘉昌部会長ほか21名

工事名：千住関谷ポンプ所工事

発注者：東京都下水道局

施工者：(株)大林組 (株)大本組 JV

内 容：ニューマチックケーソン工事

■三役会

月 日：1月21日（水）

出席者：鈴木嘉昌部会長ほか3名

議 題：①1/16（金）実施若手現場見学会について ②建設業部会冬季現場見学会について ③各WG報告 ④合同部会の議題について ⑤その他

■機電技術者交流企画 WG

月 日：1月22日（木）

出席者：渋谷光男主査ほか6名

議 題：①1/16（金）実施若手現場見学会について ②本WG3カ年計画（2012～2014年度）の到達成果、継続性の再検討及び次期3カ年計画について ③その他

■建設機械事故調査 WG

月 日：1月27日（火）

出席者：松藤敏夫主査ほか5名

議 題：①提出アンケート結果の検討 ②その他

■クレーン安全情報 WG

月 日：1月28日（水）

出席者：坂下誠主査ほか8名

議 題：①最終原稿の確認 ②その他

各種委員会等



■機関誌編集委員会

月 日：1月8日（木）

出席者：田中康順委員長ほか20名

議 題：①平成27年4月号（第782号）の計画の審議・検討 ②平成27年5月号（第783号）の素案の審議・検討 ③平成27年6月号（第784号）の編集方針の審議・検討 ④平成27年1～3月号（第779～781号）の進捗状況の報告・確認

■建設経済調査分科会

月 日：1月15日（木）

出席者：山名至孝分科会長ほか3名

議 題：①平成27年度新テーマの検討 ②その他

■新機種調査分科会

月 日：1月27日（火）

出席者：江本平分科会長ほか4名

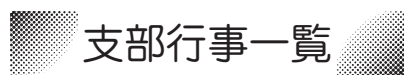
議 題：①新機種情報の持ち寄り検討 ②新機種紹介データまとめ ③その他

■新工法調査分科会

月 日：1月29日（木）

出席者：高橋浩史分科会長ほか2名

議 題：①新工法情報の持ち寄り検討 ②新工法紹介データまとめ ③その他



支部行事一覧

北海道支部



■土研新技術ショーケース 2015 in 札幌

月 日：1月15日（木）

場 所：アスティ 45 16 階

出席者：伊藤正樹技術委員長ほか5名

内 容：①情報化施工の今後の取り組みについて ②その他

■第3回広報部会広報委員会

月 日：1月20日（火）

場 所：北海道支部 会議室

出席者：杉岡博史広報部会長ほか6名

議 題：①支部だより No.109 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

東北支部



■情報化施工技術委員会（施工部会）

月 日：1月20日（火）

場 所：支部会議室

出席者：鈴木勇治情報化施工技術委員長ほか10名

議 題：①東北地方整備局打合せについて ②平成27年度情報化施工セミナー内容 ③情報化施工復興支援（福島県相馬）報告 ④今後の情報化施工セミナー計画及び広報について ⑤その他

■支部合同部会（企画部会）

月 日：1月23日（金）

場 所：KKR ホテル仙台

出席者：高橋弘支部長ほか31名

議 題：各部会毎に平成26年度活動計画（案）について審議（施工部会、広報部会、建設部会、技術部会、企画部会（合同部会）：平成27年度全体計画案策定）

北陸支部



■ゆきみらい 2015 in 長岡除雪機械展示会 実行委員会

月 日：1月16日（金）

場 所：新潟県建設会館

出席者：穂苅正昭企画部会長ほか16名

議 題：除雪機械展示会実施要領等

■けんせつフェア準備会

月 日：1月27日（火）

場 所：北陸地方整備局新潟国道事務所 会議室

出席者：上杉修二広報委員長

議 題：平成27年度けんせつフェアの開催について

■ゆきみらい 2015 in 長岡除雪機械展示会

月 日：1月29日（木）～30日（金）

場 所：新潟県長岡市アオーレ長岡

参加者：ゆきみらい全体で15,000名

中部支部



■平成27年新年名刺交換会

月 日：1月6日（火）

場 所：名古屋観光ホテル

主 催：（一社）日本建設業連合会中部支部、（一社）日本道路建設業協会中部支部

出席者：永江事務局長

■新年顔合わせ会

月 日：1月20日（火）

出席者：小川支部長ほか24名

場 所：中部支部事務局

■公共工事（機械関係）の諸課題に関する意見交換会

月 日：1月21日（水）

出席者：中部地方整備局 森山企画部長ほか5名

中部支部 小川支部長ほか10名

場 所：中部地方整備局 6 階会議室

内 容：ポンプ設備の発注方式等について、意見交換を行った

■技術・調査部会

月 日：1月22日（木）

出席者：青木部会長ほか7名

議 題：次世代社会資本インフラロボットについて

関西支部



■建設用電気設備特別専門委員会（第415回）

月 日：1月28日（水）

場 所：中央電気倶楽部 会議室

議 題：①前回議事録確認 ②JEM-TR236 建設工事用 400V 級電気設備施工指針の審議 ③その他

■WEB 機関誌「JCMA 関西」の発行

月 日：1月26日（月）

内 容：第106号（2015年新春号）をホームページに掲載

中国支部



■第4回部会長会議

月 日：1月14日（水）

場 所：広島 YMCA 会議室

出席者：國吉修司副部会長ほか11名

議 題：①意見交換会について ②意見交換会（WG）について ③今後の行事予定について ④その他懸案事項

■中国地方整備局と（一社）日本建設機械施工協会中国支部との意見交換会

月 日：1月27日（火）

場 所：メルパルク広島会議室

出席者：足立徹中国地方整備局企画部長・河原能久中国支部長ほか25名

議 題：①公共工事の品質の確保について・総合評価落札方式等に関する事項・入札契約手続きに関する事項・工事施工に関する課題・機械設備工事（業務）に関する諸課題について ②その他の事項・建設機械リースレンタルに関する課題について・道路除雪講習会の有効活用について・建設機械施工技士制度の活用について・土木機械設備技術研修会の実施に関して・災害協定に基づく積極的な支援活動等について ③中国地方整備局からの情報提供

■第5回施工技術部会

月 日：1月29日（木）

場 所：中国支部事務所

出席者：實田泰之副部長ほか6名

議 題：①平成27年度部会事業実施計画（案）について ②情報化施工関係行事（案）について ③その他懸案事

項

九 州 支 部

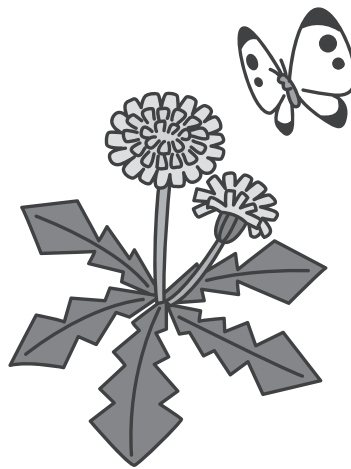


■企画委員会

月 日：1月21日（水）

出席者：久保田正春企画委員長ほか8名

議 題：①建設機械施工技術検定試験の手引き販売等について ②災害協定の見直しについて ③本部の永年会員、永年役職員等表彰について ④優良建設機械運転員等表彰について ⑤平成26年度第3回運営委員会について



編集後記

2013年4月号以来の「災害対応、災害復旧・復興」特集号です。

前は東日本大震災から2年が経過していましたが、震災関連の話が多く見られました。今回はさらに2年が経過しましたが、まだまだ、震災の話題は続きます。いまだに復旧していないインフラが多く残っており、ゴールは遠いという印象です。

さて、一口に「災害」といいますが、災害には天災と人災があります。自然現象に起因する自然災害を天災、人為的な原因によるものを事故と呼びますが、事故の中でも被害が大きいものを災害に含めて人災と呼ぶことがあります。

天災の中には、被害の直接的な原因が自然現象であっても、人為的な要因によって被害が拡大する場合があります。天災と人災の線引きは明確ではありません。被害を小さくするための施策・概念を防災といいますが、今回の特集号では、災害が起こった後の応急措置や復旧・復興を念頭に置き、防災については別の特集号に譲りました。

ここで、復旧と復興というよく似た用語が出てきましたが、災害復旧は公共的な施設の機能の復元を、災害復興は民間施設の再建を含め広く災害からの再興を指すといわれています。

なお、自然現象によらない被害(事故・テロ)からの復旧については災害復旧とは見なさないという考え方もあるため、今回の特集からは除外しています。

阪神大震災(1995年)以降の国内における自然災害を概観してみると、台風18号(1999年)、三宅島噴火(2000年)、有珠山噴火(2000年)、新潟・福島豪雨(2004年)、福井豪雨(2004年)、愛媛県の大雨・洪水(2004年)、浅間山噴火(2004年)、台風18号(2004年)、台風23号(2004年)、新潟県中越地震(2004年)、福岡県西方沖地震(2005年)、豪雪(2005～2006年)、能登半島地震(2007年)、新潟県中越沖地震(2007年)、新燃岳噴火(2011年)、東日本大震災(2011年)、台風12号(2011年)、豪雪(2011～2012年)、関東北部竜巻(2012年)、九州北部豪雨(2012年)、豪雪(2012～2013年)、台風26号(2013年)、豪雪(2013～2014年)、広島豪雨(2014年)、御嶽山噴火(2014年)、etc.

台風は昨年(2014年)だけでも、8号、11号、12号、16号、18号、19号と大きな被害が出ています。豪雪や強風・竜巻による被害も毎年のように繰り返されています。

とても書き切れませんが、災害からの復旧・復興を、安全に、迅速に、安価に行うため、建設機械施工の果たすべき役割は、まだまだたくさん残っています。(赤井・伊藤)

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
三浦 弘喜	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)
藤内 隆	清水建設(株)
赤井 亮太	(株)大林組
久保 隆道	(株)竹中工務店
安川 良博	(株)熊谷組
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)
太田 順子	コマツ
大塚 清伸	キャタピラー・ジャパン(株)
小倉 弘	日立建機(株)
上田 哲司	コベルコ建機(株)
石倉 武久	住友建機(株)
原 幹生	(株)KCM
江本 平	範多機械(株)
竹本 憲充	施工技術総合研究所

事務局

日本建設機械施工協会

4月号「建設業の海外展開、海外における建設施工特集」予告

- ・日本高速道路インターナショナル(株)における海外道路事業の展開
- ・JICAにおける海外インフラ展開
- ・株式会社国際協力銀行(JBIC)の海外インフラ事業展開支援
- ・ノンタブリ橋建設工事『タイ初のエクストラロード橋プロジェクト』
- ・トルコボスボラス海峡横断鉄道トンネルにおけるシールド施工
- ・岩盤泥水シールドの掘進と沈埋トンネルとの海底下直接接合
- ・貫通 東南アジア最長44.6km パハ・セランゴール導水トンネル
- ・台湾における地下鉄工事への取り組み
- ・ネパール国シンズリ道路建設事業
- ・(日本の山岳道路建設技術の粋を集めて完成した無償資金協力援助最大級の事業)
- ・ベトナムハノイ市における交通インフラ整備
- ・ハノイ市環状3号線建設プロジェクト—工期短縮への取り組み
- ・無支保工工法で大幅な工期短縮 キリンバス ベシオ港拡張工事
- ・ベトナムハノイ市都市鉄道整備事業支援
- ・戦前の海外における機械化施工

建設機械施工

第67巻第3号(2015年3月号)(通巻781号)

Vol.67 No.3 March 2015

2015(平成27)年3月20日印刷

2015(平成27)年3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 部 〒060-0003 札幌市中央区北3条西2-8

電話 (011) 231-4428

東北支 部 〒980-0802 仙台市青葉区二丁目16-1

電話 (022) 222-3915

北陸支 部 〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1

電話 (025) 280-0128

中部支 部 〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10

電話 (052) 962-2394

関西支 部 〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4

電話 (06) 6941-8845

中国支 部 〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22

電話 (082) 221-6841

四国支 部 〒760-0066 高松市福岡町3-11-22

電話 (087) 821-8074

九州支 部 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-4-30

電話 (092) 436-3322

本誌上への
広告は



有限会社 サンタナ アートワークスまでお申し込み、お問い合わせ下さい。

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F TEL: 03-3664-0118 FAX: 03-3664-0138

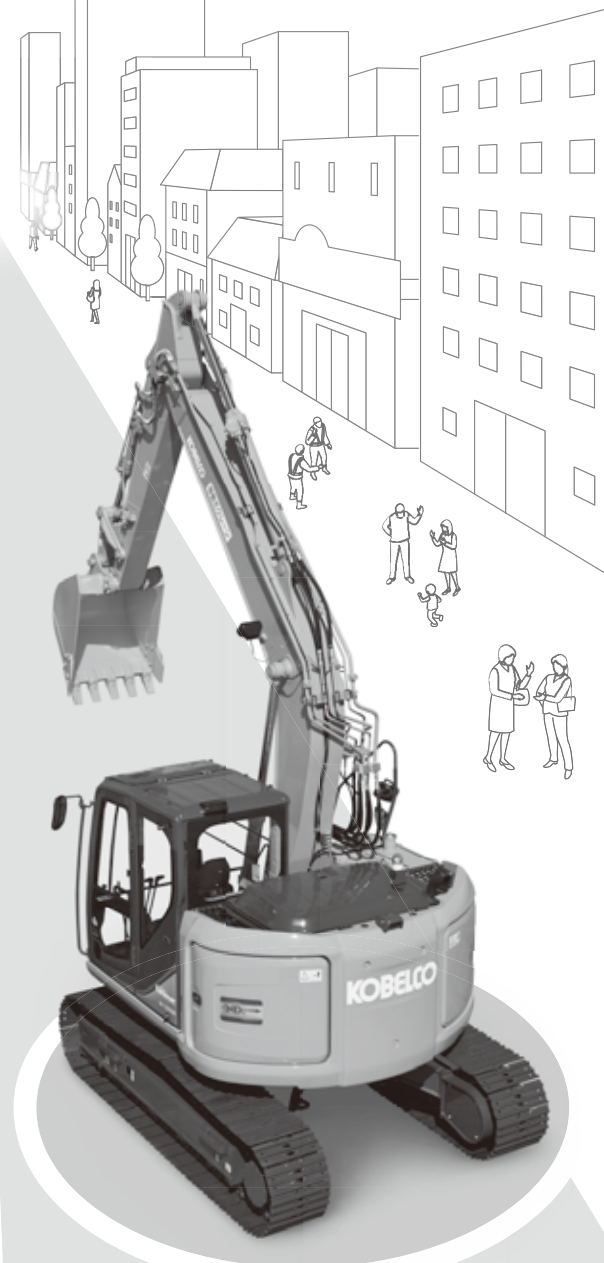
E-mail: san-mich@zam.att.ne.jp 担当: 田中

KOBELCO

低燃費のコベルコ!
低炭素社会の実現へ

小旋回機の未来は、 いつもコベルコから。

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



AGERA
GEOSPEC
SK135SR

—21%の低燃費*で、新登場。

13トンクラスは、コベルコ

SK125SR SK130UR SK130SR+

コベルコの
新世機

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



2020年燃費基準達成度
★★★をクリア。



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



約270°の後方視界で
安全性を確保。
(オプション設定)

※ 従来機Sモード比 / 新ECOモード

コベルコ建機株式会社

東京本社 / 〒141-8626 東京都品川区東五反田 2-17-1 ☎03-5789-2111 www.kobelco-kenki.co.jp



マシンケアテック 株式会社

〒361-0056 埼玉県行田市持田1-6-23

TEL: 048-555-2881 FAX: 048-555-2884

URL: <http://www.machinecaretech.co.jp/>

ボルボ ABG アスファルトフィニッシャー

環境・安全・品質 — 設立以来揺るがぬボルボのコアバリュー

舗装性能、環境性、メンテナンス性、信頼性の向上を実現した

最新アスファルトフィニッシャーをお届けします

VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT

www.volvoce.com



GOMACO

Gomaco社の舗装機器は、どんなスリップフォーム工法にも対応します。



Commander III

最も汎用性の高い機種です。一般道路舗装のほか、路盤工事、河川工事、分離帯・縁石などの構造物構築に最適です。



RTP-500

長ブームの砕石・コンクリート搬入機です。このほかにも、ロック・ホッパーなどへの舗装支援機器として、どんなスリップフォーム機械にも対応可能です。



マシン ケアテック 株式会社

〒361-0056 埼玉県行田市持田 1-6-23

TEL:048-555-2881 FAX:048-555-2884

URL: <http://www.machinecaretech.co.jp/>

KUMONOS

クラックスケール内蔵型光波測量器を用いた「ひび割れ」計測システム

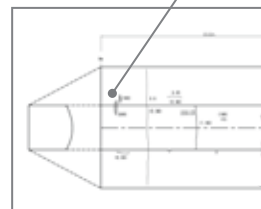
「ひび割れ」の幅と形状を計測し、2D / 3D の図面を自動描画します。

メリット

- ・足場や高所作業車が必要無いため、時間と経費の削減、安全性の向上が図れます。
- ・ひび割れなどの変状を、再現性の高いデジタルデータとして記録し、経年変化を把握できるため、適切な補修計画を立案することが可能になります。

受賞など

- 2008 年 土木学会技術開発賞
- 2009 年 第 11 回国土技術開発賞
- 2010 年 文部科学大臣表彰 科学技術賞
- 2012 年 準推奨技術（新技術活用システム検討会議（国土交通省）に選定）
- 2013 年 内閣総理大臣表彰
第 5 回ものづくり日本大賞優秀賞（製品・技術開発部門）



「KUMONOS」で計測したデータ

MMS

MMS (Mobile Mapping System) 移動体計測システム

走行しながら高精度な 3 次元空間位置データを効率的に取得できるシステムです。

メリット

- ・3次元空間位置データと周囲の映像を、車載レーザースキャナーにより高精度で効率的に取得できます。
- ・交通規制を行わずに、3次元地図の作成、路面性状調査（わだち掘れ計測）が可能。

【レーザ点群データベース】

道路の維持管理に必要な道路台帳付図作成業務をはじめとした公共測量・調査にも採用されており、路面性状調査、トンネルの調査点検などに活用できます。

【画像データベース】

天空までを含めたパノラマ動画撮影用の全方位パノラマデジタルカメラを MMS に搭載。

ご要望の地域の 3D 景観画像を記録できます。



Laser Scanner

設置型レーザースキャニングシステム

離れた所から高精細な 3 次元座標（点群）を短時間で取得できます。

メリット

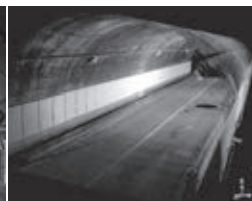
- ・コンパクトで軽量のレーザースキャナーは運搬性に優れ、バックパックでも運ぶことができます。（重量：5.2kg サイズ：240×200×100mm 最大測定可能距離：330m）
- ・複雑な構造物でも簡単に点群データを取得することができ、計測後すぐにデータを確認することができます。



計測風景



レーザースキャナーで取得した点群データ



弊社は、自社所有の上記機器による計測業務を日本全国どこでも承っております！

専用タブレットで必要なデータを持ち出し
現地で情報更新

カンタン維持管理

維持管理の情報化でコスト削減

■ システム概要

本システムは、構造物の施工から現在までのあらゆる情報を一元的に管理し、必要な情報を簡単に検索できるシステムです。「KUMONOS」／MMS／レーザースキャナー等の計測技術を用いて、システムのベースになる展開図を作成、その展開図にあらゆる情報を関連付けします。

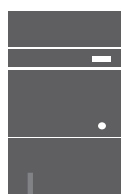
現地検証に必要なデータは専用タブレットで持ち出し、現地でメモや写真、位置情報を追加してデータを更新できます。維持管理の情報化と効率化により、時間と経費の節約をサポートします。

各種計測データ

KUMONOS データ
MMS データ
レーザースキャナーデータ
etc.



データベース



タブレット画面はイメージです

メリット

- データベースから過去の点検データを専用タブレットにエクスポートして表示できます。
- メモや写真、位置情報等の検証結果を現地で専用タブレットに記録できます。
- データベースへ現地で記録したデータをインポートできるため、トンネル管理情報の更新が容易になり、管理者の負担を軽減します。
- 情報を一元管理することで、経年変化の把握に役立ちます。
- 現地での検証にかかる時間と経費を削減できます。

[システム構成] Windows パソコン、GIS エンジン、専用タブレット

詳細は <http://www.kankou.co.jp/> を御覧ください！

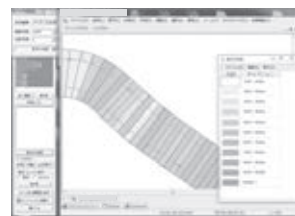
関西工事測量株式会社

大阪府箕面市船場東2丁目1番15号

TEL：072-749-1188（代）

機器の販売・レンタルも行っております。

システム画面イメージ



トンネル展開図

スパン別データ



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



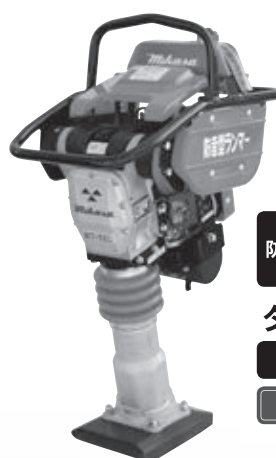
低騒音型

バイブレーションローラー
MRH-601DS
低騒音指定番号5097



転圧センサー

バイブロコンパクター
MVH-308DSC-PAS
NETIS No.TH-120015



防音型

タンピングランマー
MT-55L-SGK
NETIS No.TH-100005



高周波バイブレーター
FX-40/FU-162

未来へ伸びる、三笠の技術。

三笠産業株式会社

MIKASA SANGYO CO., LTD. TOKYO, JAPAN

本社／〒101-0064 東京都千代田区猿樂町1-4-3 TEL:03-3292-1411 (代)

大阪支店 TEL:06-6541-9631
札幌営業所 TEL:011-892-6920
仙台営業所 TEL:022-238-1521
新潟出張所 TEL:090-4066-0661

北関東営業所 TEL:0276-74-6452
長野出張所 TEL:080-1013-9542
中部営業所 TEL:052-451-7191
金沢出張所 TEL:080-1013-9374

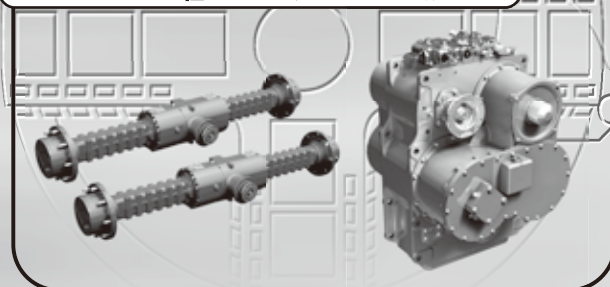
中国営業所 TEL:082-875-8561
四国出張所 TEL:087-868-5111
九州営業所 TEL:092-431-5523
南九州出張所 TEL:080-1013-9558

沖縄出張所 TEL:090-7440-0404

MARUMA

あらゆる建設機械／シールドマシン・・・ 油圧機器の整備・再生

イタリアDANA社のアクスルトランスミッション



建設機械用ZFトランスミッション

点検・整備は、日本ではマルマのみが対応

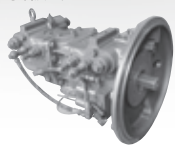


建設機械のあらゆる油圧機器

斜板式ダブルポンプ



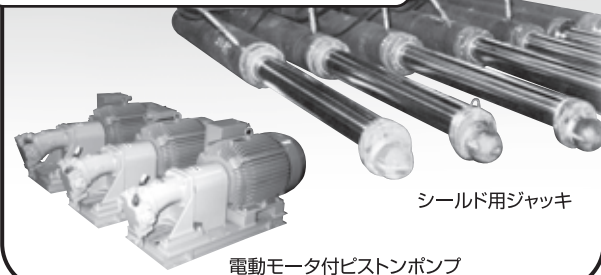
斜板式ピストンポンプ



斜軸式ピストンモータ



シールドマシン用油圧機器



シールド用ジャッキ

電動モータ付ピストンポンプ

建機と共に半世紀以上。確かな「信頼」をお届けします！

整備・再生された各Ass'yは、自社独自開発の多機能油圧機器試験機により性能を確認。各テストのデータはデータベースとして保存され、出荷後、マッチング調整や、搬送されてきた同等品の確認テストに活用します。この万全を期した体制がマルマの高い信頼性の由縁です。



MH-R220は従来の油圧ドライブ型油圧機器試験機に比べ、インバータ制御電動モーター駆動、及びエネルギー回生回路の採用により大幅な消費電力量の削減を実現しました。大型油圧ポンプの試験も可能です。



マルマテクニカ株式会社

本社・相模原事業所 営業部 整備油機課

〒252-0331 神奈川県相模原市南区大野台6-2-1

TEL042 (751) 3809 FAX042 (756) 4389

E-mail:yuki@maruma.co.jp

東京工場 〒156-0054

E-mail:tokyo@maruma.co.jp

名古屋事業所 〒485-0037

E-mail:service@maruma.co.jp

東京都世田谷区桜丘1-2-22

TEL03 (3429) 2141 FAX03 (3420) 3336

愛知県小牧市小針2-18

TEL0568 (77) 3311 FAX0568 (77) 3719

URL <http://www.maruma.co.jp/>

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



新技術ツルミの

NETIS登録商品シリーズ



NETIS登録商品とは

〈New Technology Information System〉
公共事業等における新技術活用を促す
国土交通省の新技術情報提供システムです。



電極式自動運転ポンプ (NETIS登録番号 CG-110036-A)

工事
排水用

LBA型

水中ハイスピンポンプ

吐出し口径: 40・50mm
相・電圧: 単相100V
出力: 0.25・0.48kW
全揚程: 6・8m
吐出し量: 0.1・0.12m³/min

HSE型

水中ハイスピンポンプ

吐出し口径: 50mm
相・電圧: 単相100V
出力: 0.4kW
全揚程: 8m
吐出し量: 0.1m³/min

HSDE型

水中泥水ポンプ

吐出し口径: 50mm
相・電圧: 単相100V
出力: 0.55kW
全揚程: 9m
吐出し量: 0.1m³/min

KTVE型

水中ハイスピンポンプ

吐出し口径: 50~100mm
相・電圧: 三相200V
出力: 0.75~5.5kW
全揚程: 10~22m
吐出し量: 0.18~0.6m³/min

低水位
排水用

LSCE型

水中ハイスピンポンプ

吐出し口径: 25mm
相・電圧: 単相100V
出力: 0.48kW
最高排出揚程: 11m (50Hz)
12m (60Hz)

LSRE型

水中ハイスピンポンプ

吐出し口径: 50mm
相・電圧: 単相100V
出力: 0.48kW
全揚程: 8m
吐出し量: 0.12m³/min

残水
吸排水用

LSPE型

スリーブポンプ

口径: 25×25mm (吸込×吐出し)
相・電圧: 単相100V 出力: 0.48kW
最大吐出し揚程: 6.9m (50Hz) / 7.8m (60Hz)
最大吐出し水量: 0.05m³/min (50Hz)
0.055m³/min (60Hz)

自動アイドリングストップ機能付き エンジン式高圧洗浄機

(NETIS登録番号 CG-140002-A)

高圧
洗浄機

HPJ-5ESMA型

〈アイドリングストップ仕様〉
連続定格出力: 3.7kW [5.0PS] / 1800min⁻¹
圧力: 7.8MPa [80kgf/cm²]
吐出し量: 21.2ℓ/min

株式会社 鶴見製作所

大阪本店: 〒538-8585 大阪市鶴見区鶴見4-16-40 TEL.(06)6911-2351 FAX.(06)6911-1800
東京本社: 〒110-0016 東京都台東区台東1-33-8 TEL.(03)3833-9765 FAX.(03)3835-8429

北海道支店: TEL.(011)787-8385
東北支店: TEL.(022)284-4107

東京支店: TEL.(03)3833-0331
北関東支店: TEL.(027)310-1122

中部支店: TEL.(052)481-8181
北陸支店: TEL.(076)268-2761

近畿支店: TEL.(06)6911-2311
中国支店: TEL.(082)923-5171

四国支店: TEL.(087)815-3535
九州支店: TEL.(092)452-5001

www.tsurumipump.co.jp

ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー



主な特長

- カッター出力は330kWで、強力な切削力を発揮し、軟岩から硬岩まで幅広い地質に対応。
- 機体寸法は、高さ3.9m×幅4.2m×長さ16.5m（ケーブルハンガーを除く）
- 定位置最大切削範囲は、高さ8.75m×幅9.5m
- 高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とピック消費量低減。
- 接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

KYB カヤバ システム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO., LTD

<http://www.kyb-ksm.co.jp>

本 社 ・ 営 業
カスタマーサービス相模事業所
大 阪 支 店
西 部 支 店
三 重 工 場

〒105-0012 東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル
〒252-0328 神奈川県相模原市南区麻溝台1丁目12番1号
〒564-0063 大阪府吹田市江坂町1丁目23番20号 TEK第二ビル
〒812-0016 福岡県福岡市博多区博多駅南1丁目7番14号 ボイス博多
〒514-0396 三重県津市雲出長常町1129番地11

TEL. 03-5733-9444
TEL. 042-767-2586
TEL. 06-6387-3371
TEL. 092-411-4998
TEL. 059-234-4111

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・直接修理を実践中！

ポケットサイズ ハンディ～ショルダー機 フルラインアップ!!

ケーブルレス サテラ リーザー 離操作

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

- ◆ 業界随一のフルラインの品揃えとオーダー対応制度で多様なニーズに対応！
- ◆ 常に！業界一のコストパフォーマンス！
- ◆ 迅速なメンテナンス体制！
- ◆ 未来を見据えた過去の実績を見て下さい！
代々互換性を継承、補修の永続制

新 スリムケーブルレス

より安価なオーダー対応を実現！

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力
両モデル対応

**モデルチェンジ！
内部設計を一新**

2段階押し・特殊
スイッチ装着可能

自由度の高い
多様なオーダー対応
ボタン配置自在/最大32点

優れた
耐塵・防雨性能
送信機はIP65相当

自社開発 高耐久性
2段階押しスイッチを
装着可能

パネルゴム突起で
操作クリック感が
向上

8操作標準型
RC-5808N

- 8操作8リレー
- 軽量コンパクト
受信機

セットで
15万円
(税抜価格)

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
(税抜価格)

16ボタン
モデル

16操作標準型
RC-5816N

- 16操作16リレー
- 同じ外形で
16個のボタンを
コンパクトに配置

マイコンケーブルレス

N/U/Gシリーズ
標準型
RC-6016N

- 16操作16リレー
最大25リレーまで
対応可能

セットで
20万円
(税抜価格)

防爆形 対応可能 (N/Uシリーズ)

微弱電波・特定小電力
両モデル対応

2段階押し・特殊
スイッチ装着可能

標準型
RC-8616N

- 16操作16リレー
最大32リレー迄
対応可能

セットで
22万円
(税抜価格)

新 タフ頑強ケーブルレス

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段階押しスイッチを
装着可能

ハンディなのに
特殊スイッチを
装着可能

特殊スイッチ

裏面
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)

マイティサテラ

N/U/Gシリーズ

微弱電波・特定小電力
両モデル対応

防爆形 対応可能 (Nシリーズのみ)

3ノッチジョイスティック型
RC-7132N

セットで
90万円～
(税抜価格)

ジョイスティック
特殊スイッチ装着可能

全押しボタン
RC-7126N

セットで
45万円～
(税抜価格)

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
(またはアログ最大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 コンパクトという選択肢!!

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
(税抜価格)

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

トコタン機能を絞って
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

ボタン部の突起
ボタン間の仕切り 一体型の
シリコンカバーで
操作性が向上

従来の機と
信号互換あり!

受信機は既設のみで送信機のみ取替も可

ケーブルレスミニ

N/Rシリーズ ポケットサイズの本格派!

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)

標準型
RC-4303N/R

セットで
10万円
(税抜価格)

テラには
ゼロ線電源*で
電気配線工事 不要!!
更に、おんぶ!だった金具*で
取付簡単!! (*オプション)

取付例

リーザー 離操作

N/U/Gシリーズ

標準型
RC-2512N

セットで
22万円
(税抜価格)

● 12操作12リレー
最大32リレーまで対応可能

● 見易くなったLED電池残量告知ランプ付

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

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 (税抜価格)
TC-1308N(微弱電波) 22万円 (税抜価格)

工場次第で用途は無限!

MAXサテラ

Uシリーズ
Gシリーズ

特定小電力
専用モデル

ジョイスティック
特殊スイッチ装着可能

RC-9300U

- 多機能多操作
(比例制御対応も可)

全押しボタン
装着タイプ

セットで
95万円
(税抜価格)

金属シャーシの
多操作・特注仕様専用機!!

無段変速ジョイスティック
2本装着例

無線式火薬庫警報装置

発破番 ES-2000R

標準付属品付
セットで
40万円
(税抜価格)

火薬庫

2km～(6km)

ER-2000R(受信機) ET-2000R(送信機)

- 長距離伝送
到達距離約2km～(6km)
- 受信機から
電話回線接続機能
- 高信頼性
異常判定アルゴリズム
- 音声メッセージで
異常箇所を連絡(受信側)
- 大音量警鳴音発生
110dB/m

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



常に半歩、先を走る
朝日音響株式会社
〒771-1350 徳島県板野郡上板町瀬部
FAX: 088-694-5544(代) TEL: 088-694-2411(代)
<http://www.asahionkyo.co.jp/>

本カタログの価格は、全て税抜表示となっています。

進化した、 本物の ハイブリッド。

2008年から発売を開始した
コマツハイブリッド油圧ショベルは、
国内で1,200台を超える実績を重ね、
確かな信頼を得ました。
さらなる進化を遂げて誕生した
コマツ第三世代ハイブリッドHB205-2は、
油圧ショベルのスタンダードとなります。



- 特定特殊自動車排出ガス2011年基準適合車
- 低炭素型建設機械
- 超低騒音型建設機械
- NETIS登録商品(登録番号KT-120070-A)



- 燃料消費量

PC200-8N1 比 **30% 低減/時間**
PC200-10 比 **20% 低減/時間**

※ KOMTRAXの解析による平均作業パターン時。
実際の作業では、作業内容により上記以下に
なる場合があります。



KOMATSU

コマツ 国内販売本部

〒107-8414 東京都港区赤坂2-3-6 <http://www.komatsu-kenki.co.jp>

「建設機械施工」

定価 本体八〇〇円(税別)

雑誌 03435-3



4910034350353
00800