

一般社団法人
日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

2019

建設機械施工



Vol.71 No.9 September 2019 (通巻835号)

特集 建設施工の生産性向上 コスト縮減



営業線直上工事におけるハーフプレキャスト部材を活用した生産性向上
西鉄天神大牟田線(雑餉隈~下大利間)の高架化工事

巻頭言 BIM/CIMを利用した生産性向上

- 技術報文
- GNSSを活用した土木工事の生産性向上
 - 建設工事へのプレキャスト製品活用の現状
 - ビーコンを活用した安全リマインドツールで生産性向上
 - 紙素材を活用した生産性向上とコスト縮減
 - レーザースキャナによるトンネル出来形管理技術
 - スマートフォンアプリを利用したコンクリート品質管理システム 他

- 行政情報 ICT施工導入協議会
- 交流の広場 国際開発とSDGs
- すいそろ 勝手に松本隆論
- 統計 建設企業の海外展開

一般社団法人 日本建設機械施工協会

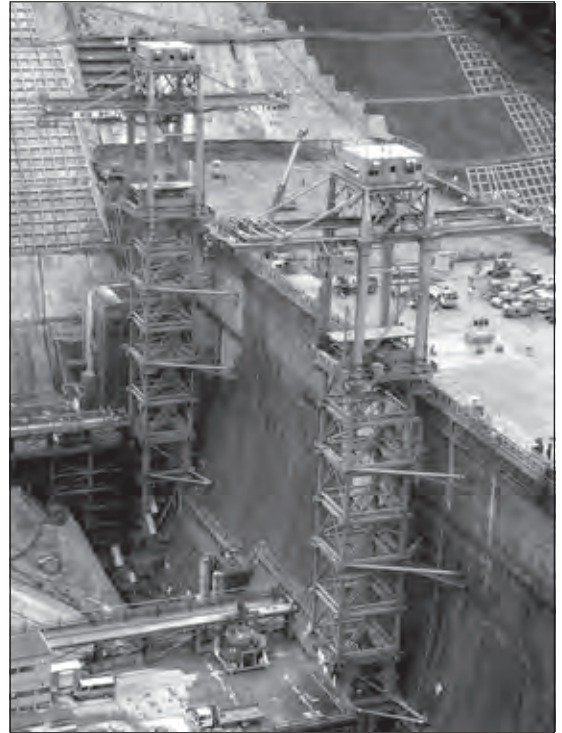
ダム工事用コンクリート運搬テルハ(クライミング機能付)

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、構造がシンプルな為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。



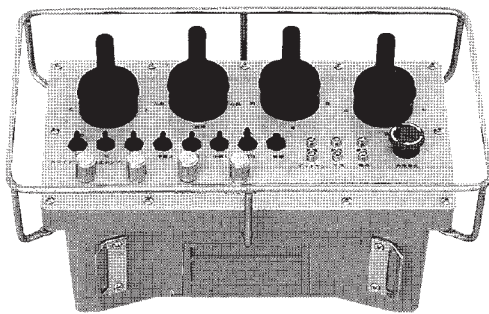
吉永機械株式会社

〒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

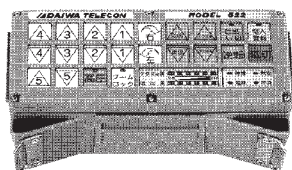
あらゆる仕様に対応
指令機操作面はレイアウトフリー



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)又は油圧バルブ用出力仕様も可能。
- 充電は急速充電方式(一△V検出+オーバータイム付き)
- その他、特注品もお受けいたします。お気軽にご相談ください。

DAIWA TELECON

大和機工株式会社

本社工場 〒474-0071 愛知県大府市梶田町 1-171
TEL 0562-47-2167(直通) FAX 0562-45-0005
ホームページ <http://www.daiwakiko.co.jp/>
e-mail mgclub@daiwakiko.co.jp
営業所 東京、大阪、他

第13回 (一社)日本建設機械施工協会 研究開発助成 対象者の募集の告知

一般社団法人日本建設機械施工協会（以下「JCMA」という。）は、第13回 研究開発助成 対象者を下記のとおり公募します。詳細は、募集要綱を参照して下さい。

1. 実施スケジュール

- (1) 公募期限は、令和元年10月31日までです。
- (2) 助成対象者の決定は、令和2年1月下旬頃の予定です。
- (3) 助成期間は、助成決定年度の年度末から令和3年3月31日までです。
- (4) 研究成果報告書を、令和3年6月30日までに提出して頂きます。
- (5) 研究成果を、JCMAへ論文として投稿して頂き、「令和3年度 建設施工と建設機械シンポジウム（例年11月中旬～12月上旬開催）」での積極的発表をお願いいたします。

2. 研究開発助成の対象

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

- ①施工の合理化、生産性向上
- ②施工の品質管理
- ③建設工事における安全対策
- ④建設工事における環境保全
- ⑤災害からの復旧及び防災
- ⑥社会資本の維持管理・保全技術の向上又は合理化
- ⑦その他建設機械又は建設施工に関する技術等の向上と普及

助成件数は、1～2件を予定しております。
(審査の結果、助成対象となるテーマがない場合もあります。)

3. 研究開発助成の金額及び期間

- ①金額：1件当たり200万円以内
- ②期間：1年間（令和2年3月末から令和3年3月末）
複数年に渡る同一の研究テーマは助成を2回受けることが可能です。
但し、二期続けて助成を受けたい場合であっても二期目は新たに申請を行う必要があり、かつ、一期目の中間報告書を提出し審査を受ける必要があります。
詳細は募集要綱「Ⅱ 3. 研究開発助成の方法、金額及び期間」を参照下さい。

4. 研究開発助成の対象者

JCMAより研究開発助成を受けることができる方(以下「助成対象者」という)は、原則として以下のとおりです。

- ① 大学、高等専門学校及びこれらの附属機関に属する研究者及び研究グループ
- ② 法人格を有する民間企業等の研究・開発者及び研究・開発グループ

5. 申請手続きと注意事項

- (1) 助成を希望する研究者、開発者、研究グループの代表者、又は開発グループの代表者は、申請書（様式-1①②④⑤）（共同研究・開発の場合は様式-1③を追加）に必要な事項を記入のうえ、正本1部及び電子データ（Word形式とPDF形式の両方）を記録した媒体（CD、DVD、USBメモリ、SDカードのいずれか）を、期限まで（当日消印有効）にJCMAへ郵送により提出するものとします。（なお、セキュリティ上の都合から電子メールによる受付は行っておりません。）また、申請の際に、説明に必要な範囲で参考資料を添付することは差し支えありません。
- (2) 申込件数は1人（共同研究・開発の場合は1グループ）あたり1件とします。
- (3) 所属される機関において助成等の申請、受入れ機関が指定されている場合等は指定された機関の長又は代表者が申請することができます。
- (4) JCMA以外の補助制度、助成制度との重複申請は可能です。但し、JCMAの助成において実施を予定する内容と他の制度もしくは助成によって実施する技術開発若しくは研究の内容の全てが重複しないようにして下さい。
- (5) 助成対象とならなかった場合には申請書及び添付資料等は審査終了後に返却します。

6. 申請書に記載された個人情報及びその他技術情報の利用目的について

申請書に記載された個人情報は、申請者への連絡、情報提供のために使用いたします。

また、取得した個人情報のうち、氏名、所属機関名、役職名、申請書に記載された技術開発名（若しくは研究名）及びその概要等については、当事業の広報のために刊行物、報告書、ホームページ等で公表し、第三者に提供することがあります。

これに同意した上で申請を行っていただきますようお願い申し上げます。

7. 助成金交付手続き

- (1) 助成が認められた申請者は、助成決定通知受領後、JCMAに請書等の手続き書類（様式-2①～④）を提出して下さい。必要な審査・手続きを経て、速やかに全額を交付します。
- (2) 助成金は手続き終了後に助成対象者の指定する金融機関の口座（助成金振込先通知書（様式-2②）に記載された口座）に振り込みますが、助成金の受け入れ方法については、予め申請書（様式-1①）にも明記しておいて下さい。

8. その他

採否の理由等に関しましては、お問い合わせに応じかねますので、ご了承下さい。

(参考) 助成実績	年度	申請数	採択数
	平成26年度	7件	1件
	平成27年度	11件	1件
	平成28年度	8件	1件
	平成29年度	6件	1件
	平成30年度	5件	1件

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館2階
(一社)日本建設機械施工協会 研究開発助成事務局 担当 梶田
TEL:03-3433-1501 FAX:03-3432-0289
ホームページ（募集要綱・様式のダウンロード）はこちらから
<https://jcmanet.or.jp/>

ISO/TC 195 神戸国際会議のご案内

当協会は JISC(経済産業省の審議会)による了承を受けた国内審議団体として、会員各社の国際的な活躍に寄与すべく、長年にわたり建設機械の ISO 国際標準化活動に参画しております。

コンクリート機械、道路建設機械などの国際標準化を推進する ISO/TC 195「建設用機械及び装置」専門委員会は、加盟各国の持ち回りで国際会議を毎年開催しておりますが、日本使節団による招致が認められ、第 28 回となる今年、日本での初開催が実現しました。2019 年 11 月 18 日～22 日に兵庫県(ポートアイランド)の神戸商工会議所で開催予定であり、各国代表機関へも幹事国を通じて案内を送付致しました。

ISO/TC 195 は中国(議長国・幹事国)、ドイツ、フランス、米国などから 40 名前後の専門家が参加し、建設用機械及び装置の用語及び仕様、安全要求事項、試験方法などに関する国際標準化を議論する場であると同時に、製品や使用方法を取り巻く国際的状况について相互理解を深め、異文化交流を通じて親睦を図る機会でもあります。

2017 年 6 月に当協会が開催した ISO/TC 127「土工機械」広島国際会議の実績も踏まえ、以下の要領で ISO/TC 195 神戸国際会議を開催致しますので、ご関心のある会員各社の御参加を心よりお待ちしております。なお、ISO/TC 195 委員各社より次々ページの如く協賛いただいております。厚く感謝申し上げます。

2019 年 9 月

記

ISO/TC 195 国際会議

1. 日程:

11 月 18 日(月)	WG 9(自走式道路建設用機械及び装置の安全要求事項)会議
11 月 19 日(火)	午前:WG 9 会議(前日の続き)
	午後:WG 5(道路建設及び維持用機器—用語及び商業仕様)会議
11 月 20 日(水)	SC 1(コンクリート機械及び装置:日本が議長及び幹事国)総会
11 月 21 日(木)	SC 2/WG 1(道路作業機械及び関連機器—冬期保守用機器)会議
	夕刻～:社交行事
11 月 22 日(金)	TC 195(建設用機械及び装置)総会

2. 場所: 神戸商工会議所 〒650-8543 兵庫県神戸市中央区港島中町 6 丁目 1 番地

<http://www.kobe-cci.or.jp/>

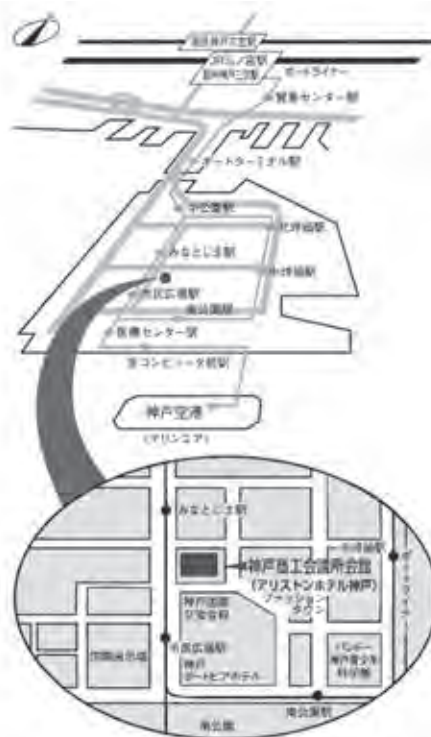
3. 問い合わせ窓口: 協会標準部 小倉 Tel 03-5776-7858

e-mail: jcmastd@jcmanet.or.jp

以上

ISO/TC 195 神戸国際会議のご案内

神戸商工会議所 周辺地図

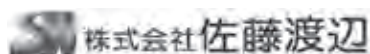


交通案内 (主要交通機関での所要時間)

- (1)山陽新幹線 新神戸駅から 神戸市営地下鉄利用→三宮駅((2)へ)
- (2)JR 三ノ宮駅、阪急 神戸三宮駅、阪神 神戸三宮駅から ポートライナー利用((4)へ)
- (3)神戸空港から ポートライナー利用((4)へ)
- (4)ポートライナー「みなとじま」駅から徒歩約 5 分 または「市民広場」駅から徒歩約 5 分
(詳細は神戸商工会議所ホームページ等を参照 : <http://www.kobe-cci.or.jp/contact/access/>)

ISO/TC195 Kobe meeting Official Sponsors

ISO/TC195 神戸国際会議協賛企業



2019年版 日本建設機械要覧 電子書籍(PDF)版 発売通知

当協会では、国内における建設機械を網羅した『日本建設機械要覧』を2019年3月に刊行し、現場技術者の工事計画の立案、積算、機械技術者の建設機械のデータ収集等に活用頂き、好評を頂いております。

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

是非とも活用いただきたく、お願い申し上げます。

1	商品名	日本建設機械要覧2019 電子書籍（PDF）版	建設機械スペック一覧表、 電子書籍（PDF）版	
2	形態	電子書籍（PDF）	電子書籍（PDF）	
3	閲覧	Web上で閲覧 パソコン、タブレット、 スマートフォンからアクセス	Web上で閲覧 パソコン、タブレット、 スマートフォンからアクセス	
4	内容	要覧全頁	spec一覧表	
5	改訂	3年毎	3年毎	
6	新機種情報	要覧クラブで対応	要覧クラブで対応	
7	検索機能	1.単語検索	1.単語検索	
8	附属機能 注) タブレット・スマートフォンは、 一部機能が使えません。	・しおり ・拡大・縮小 ・付箋機能 ・ペン機能 ・目次からのリンク ・各 章ごと目次からのリンク ・索引からの リンク ・メーカーHPへのリンク	・しおり ・拡大・縮小 ・付箋機能 ・ペン機能 ・メーカーHPへのリンク	
9	予定販売 価格 (円・税込)	会員	54,000（3年間）	48,600（3年間）
		非会員	64,800（3年間）	59,400（3年間）
10	利用期間	3年間	3年間	
11	同時ログイン	3台	3台	
12	認証方法	ID+パスワード	ID+パスワード	
13	購入方法	WEB上にて申込み（HP参照下さい）	WEB上にて申込み（HP参照下さい）	

発売時期

令和元年5月 HP：<http://www.jcmanet.or.jp/>

様々な環境で閲覧できます。
タブレット、スマートフォンで外出先でもデータ
にアクセスできます。

Webサイト 要覧クラブ

2019年版日本建設機械要覧およびスペック一覧表電子書籍（PDF）版購入の方への特典として、当協会が運営するWebサイト（要覧クラブ）上において2001年版から、2016年版日本建設機械要覧のPDF版が閲覧及びダウンロードできます。これによって2019年版を含めると1998年から2018年までの建設機械データが活用いただけます。

また、同じ要覧クラブ上で新機種情報も閲覧およびダウンロードできます。



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

関係部署にも回覧をお願いします

橋梁架設工事及び設計積算業務の必携書

橋梁架設工事の積算

令和元年度版

∞∞∞ 改定・発刊のご案内 ∞∞∞

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 31 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 令和元年度版」を発刊することと致しました。
なお前年度版同様、橋梁の補修・補強工事の積算に際し、その適用範囲や積算手順をわかりやすく解説した「橋梁補修補強工事積算の手引き 令和元年度版」を別冊（セット）で発刊致します。
つきましては、橋梁架設工事の設計積算業務に携わる関係各位に是非ご利用いただきたくご案内申し上げます。 敬具

◆内容

令和元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 P C 橋編
- 第 4 章 橋梁補修編
- 第 5 章 橋梁架設用仮設備機械等損料算定表
- 〈別冊〉 橋梁補修補強工事 積算の手引き
(補修・補強工事積算の適用範囲・手順の解説)

◆改訂内容

国交省基準の改定に伴う歩掛等の改訂のほか、平成 30 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
 - ・アルミ検査路設置歩掛の策定
 - ・地組溶接架台施工写真の追加
 - ・架設用製作部材単価の改訂
2. P C 橋編
 - ・地覆高欄作業車の計算例を追加
 - ・桁下足場、橋台・橋脚回り足場ブラケット工の設置月数について追記
 - ・外ケーブル工の P E 保護管について規格変更
3. 橋梁補修編
 - ・工種毎適用足場の考え方についての表を掲載
 - ・支取代替工（施工パッケージ以外）の歩掛等改定
 - ・落橋防止システム工の掲載構成を変更
 - ・外ケーブル工の参考写真を掲載
 - ・ブラスト、湿式剥離養生工の歩掛および環境対策費と安全衛生保護具費用の改定

別冊「橋梁補修補強工事 積算の手引き」

- ・施工パッケージを考慮した積算要領への改訂



● A 4 判／本編約 1,050 頁（カラー写真入り）
別冊約 250 頁 セット

●定価

一般価格：10,800 円（本体 10,000 円）
会員価格：9,180 円（本体 8,500 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 900 円
沖縄県 710 円（但し県内に限る）

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

●発刊 令和元年 5 月 20 日

<図書紹介>

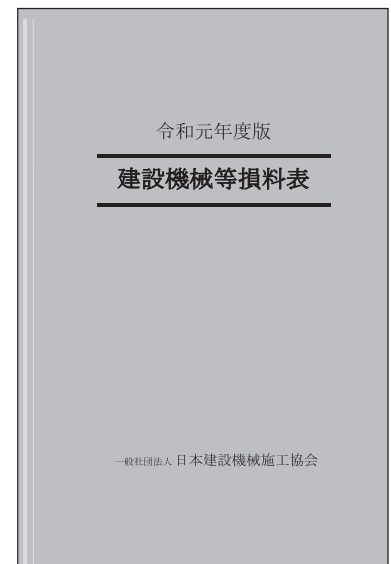
令和元年度版 建設機械等損料表

- 発刊日 : 令和元年5月6日
- 体裁 : A4判 モノクロ 約475ページ
- 定価 : 一般価格 本体 8,000円 (税別)
会員価格 本体 6,800円 (税別)

■ 内 容

令和元年度版の構成項目は以下のとおりです。

- 第Ⅰ章 機械損料の構成と解説
- 第Ⅱ章 関連通達・告示等
- 第Ⅲ章 損料算定表の見方(要約版)
- 第Ⅳ章 建設機械等損料算定表
- 第Ⅴ章 船舶損料算定表
- 第Ⅵ章 ダム施工機械等損料算定表
- 第Ⅶ章 除雪用建設機械等損料算定表



一般社団法人 日本建設機械施工協会

2019年版 日本建設機械要覧

発売のご案内

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

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



発刊日

平成31年3月

体裁

- ・B5判、約1,276頁／写真、図面多数／表紙特製
- ・2016年版より外観を大幅に刷新しました。

価格（消費税8%含む）

一般価格 52,920円（本体49,000円）

会員価格 44,280円（本体41,000円）

（注）送料は1冊900円（複数冊の場合別途）

特典

2019年版日本建設機械要覧購入の方への特典として、当協会が運営するWebサイト（要覧クラブ）上において2001年版から2016年版までの全ての日本建設機械要覧のPDF版が閲覧及びダウンロードできます。これによって2019年版を含めると1998年から2018年までの建設機械データが活用いただけます。

なお同じ要覧クラブ上で2019年版要覧以降発売された新機種情報もご覧いただけます。

2019年版 内容

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

◆ 購入申込書 ◆

一般社団法人 日本建設機械施工協会 行

日本建設機械要覧 2019年版	冊
-----------------	---

上記図書を申込み致します。令和 年 月 日

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

◆ 申込方法 ◆

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

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

[お問合せ及びお申込先]

本 部	〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館	TEL 03 (3433) 1501 FAX 03 (3432) 0289
北海道支部	〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8 さっけんビル	TEL 011 (231) 4428 FAX 011 (231) 6630
東北支部	〒980-0014 仙台市青葉区本町3-4-18 太陽生命仙台北町ビル5F	TEL 022 (222) 3915 FAX 022 (222) 3583
北陸支部	〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 興和ビル	TEL 025 (280) 0128 FAX 025 (280) 0134
中部支部	〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10 三愛ビル	TEL 052 (962) 2394 FAX 052 (962) 2478
関西支部	〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4 谷町スリースリースビル	TEL 06 (6941) 8845 FAX 06 (6941) 1378
中国支部	〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22 築地ビル	TEL 082 (221) 6841 FAX 082 (221) 6831
四国支部	〒760-0066 高松市福岡町3-11-22 建設クリエイイトビル	TEL 087 (821) 8074 FAX 087 (822) 3798
九州支部	〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-4-30 いわきビル	TEL 092 (436) 3322 FAX 092 (436) 3323

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

（これらの目的以外での利用はいたしません）当協会のプライバシーポリシー（個人情報保護法方針）は、ホームページ（http://www.jcmanet.or.jp/privacy_policy.htm）でご覧いただけます。当協会からのダイレクトメール（DM）送付が不要な方は、下記口欄にチェック印を付けてください。

当協会からの新刊図書案内や事業活動案内のダイレクトメール（DM）は不要

消融雪設備 点検・整備ハンドブック

平成30年7月発刊

本書は、消融雪設備の老朽化対策として平成28年3月に国土交通省が策定した「消融雪設備点検・整備標準要領（案）」の技術者向け解説書です。

■消融雪設備 点検・整備ハンドブック

本編

消融雪設備 点検整備ハンドブック本編

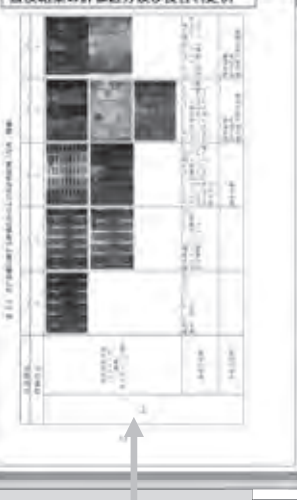
点検結果の評価区分及び良否判定例

付表

「必要箇所をコピーして活用」を想定

点検整備チェックシート

点検整備チェックシート解説



○箱枠内に「消融雪設備点検・整備標準要領（案）」を掲載し、【説明】として解説事項を箱枠外に掲載。

標準要領の目的理解を支援

○5段階状況写真等を利用した評価例と施設の状態解説、対処方法例を掲載。

的確な判定を支援

○「消融雪設備点検・整備標準要領（案）」に、実際の点検内容の解説等を追加掲載。

本書の購入者は、出版元ホームページからID、PASSでチェックシートのダウンロードが可能です

技術の継承・支援

○点検方法、判定方法および判定基準、不良時の措置方針を掲載。

若手技術者育成・支援

消融雪設備 点検・整備ハンドブック策定委員会

(一社) 新潟県融雪技術協会

〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 TEL (025) 282-1114/FAX (025) 281-1507

(一社) 日本建設機械施工協会 北陸支部
北陸融雪技術協議会

〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 TEL (025) 280-0128/FAX (025) 280-0134

〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 TEL (025) 281-8812/FAX (025) 281-8832

※ 裏面に注文書があります。

消融雪設備 点検・整備ハンドブック注文書

注文日： 令和 年 月 日

官公庁・会社名			担当部署：
担当者			
電話番号	-	-	
FAX番号	-	-	
メールアドレス			
お届け先	住所	〒	
注文内容	会員 ・ 非会員 ← どちらかに○印をつけて、必要部数を記入してください。		
		会員	非会員
	必要部数	冊	冊
	価 格	10,000円/冊	12,000円/冊
	消費税	800円/冊	960円/冊
	送 料	700円/冊	700円/冊
	合 計		
備考	請求書の宛名等ご希望をお知らせください		

※ 送料(送料・手数料)は冊数が複数になる場合は、変更になります。

【申し込み先】(一社)日本建設機械施工協会 北陸支部 他 最寄の本部・支部。
 ※ 北陸支部については、北陸支部ホームページからご注文が可能です。
<http://www.niigata-inet.or.jp/jcmahoku/>

【内容問合せ先】(一社)日本建設機械施工協会 北陸支部
 TEL 025-280-0128
 FAX 025-280-0134

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。



情報化施工 デジタルガイドブック

JCMA 一般社団法人
日本建設機械施工協会

特徴

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

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

Windows版

デジタルブックDVD版
(デジタル画像・動画等)

プレビューA4版冊子付

定 価

一般価格

2,160円 (本体2,000円)

会員価格

1,944円 (本体1,800円)

※送料別途

主な内容

- | | | | | | | | | |
|--------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-------------------|---------------------|-----------|------------|
| 1
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
の適用工程 | 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

論文投稿のご案内

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

当協会ホームページ <http://www.jcmanet.or.jp>

★投稿対象

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

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

★部門

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

★投稿資格

原稿の投稿者は個人とし、会員資格の有無は問いません。

★原稿の受付

随時受け付けます。

★公表の方法

当協会機関誌へ掲載します。

★機関誌への掲載は有料です。

★その他：優秀な論文の表彰を予定しています。

★連絡先

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 (機械振興会館)

日本建設機械施工協会 研究調査部 論文担当

E-mail : ronbun@jcmanet.or.jp

TEL : 03 - 3433 - 1501

FAX : 03 - 3432 - 0289

◆ 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処にあたります。(国土交通省各地方整備局との「災害応急対策協定」の締結)
- 付属機関として「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

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。

令和 年 月 日

個人会員入会申込書	
ふりがな	生年月日
氏名 (自署)	昭和 平成 年 月 日
勤務先名	
所属部課名	
勤務先住所	〒 TEL _____ E-mail _____
自宅住所	〒 TEL _____ E-mail _____
機関誌の送付先	勤務先 自宅 (ご希望の送付先を○印で囲んで下さい。)
その他 連絡事項	年 月より入会

【会費について】 年間 9,000円

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

【その他ご入会に際しての留意事項】

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

【個人情報の取扱について】

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

一般社団法人日本建設機械施工協会 発行図書一覧表 (令和元年 10 月現在) 消費税 10%

No.	発行年月	図 書 名	一般価格 (税込)	会員価格 (税込)	送料
1	R 元年 9 月	大口径岩盤削孔工法の積算 令和元年度版	6,600	5,610	700
2	R 元年 6 月	日本建設機械要覧 2019 年電子書籍 (PDF) 版	66,000	55,000	-
3	R 元年 6 月	建設機械スペック一覧表 2019 年電子書籍 (PDF) 版	60,500	49,500	-
4	R 元年 5 月	橋梁架設工事の積算 令和元年度版	11,000	9,350	900
5	R 元年 5 月	令和元年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
6	H31 年 3 月	日本建設機械要覧 2019 年版	53,900	45,100	900
7	H30 年 8 月	消融雪設備点検・整備ハンドブック	13,200	11,000	700
8	H30 年 5 月	よくわかる建設機械と損料 2018	6,600	5,610	700
9	H30 年 5 月	大口径岩盤削孔工法の積算 平成 30 年度版	6,600	5,610	700
10	H30 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成 30 年度版	11,000	9,350	900
11	H30 年 5 月	平成 30 年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
12	H29 年 4 月	ICT を活用した建設技術 (情報化施工)	1,320	1,100	700
13	H28 年 9 月	道路除雪オペレータの手引	3,850	3,080	700
14	H28 年 5 月	よくわかる建設機械と損料 2016	6,600	5,610	700
15	H28 年 5 月	大口径岩盤削孔工法の積算 平成 28 年度版	6,600	5,610	700
16	H26 年 3 月	情報化施工デジタルガイドブック 【DVD 版】	2,200	1,980	700
17	H25 年 6 月	機械除草安全作業の手引き	990	880	250
18	H23 年 4 月	建設機械施工ハンドブック (改訂 4 版)	6,600	5,604	700
19	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,300		700
20	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷 【CD】	3,300		250
21	H22 年 7 月	情報化施工の実務	2,200	1,885	700
22	H21 年 11 月	情報化施工ガイドブック 2009	2,420	2,200	700
23	H20 年 6 月	写真でたどる建設機械 200 年	3,080	2,608	700
24	H19 年 12 月	除雪機械技術ハンドブック	3,143		700
25	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	3,520	2,933	700
26	H17 年 9 月	建設機械ポケットブック (除雪機械編)*	1,048		250
27	H16 年 12 月	2005「除雪・防雪ハンドブック」(除雪編)*	5,238		250
28	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)*	3,520		250
29	H15 年 7 月	建設施工における地球温暖化対策の手引き	1,650	1,540	700
30	H15 年 6 月	道路機械設備 遠隔操作監視技術マニュアル(案)	1,980		700
31	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)	1,980		700
32	H15 年 6 月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	550		250
33	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)	6,600	6,160	700
34	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)	2,724	2,410	700
35	H11 年 10 月	機械工事施工ハンドブック 平成 11 年度版	8,360		700
36	H11 年 5 月	建設機械化の 50 年	4,400		700
37	H11 年 4 月	建設機械図鑑	2,750		700
38	H10 年 3 月	大型建設機械の分解輸送マニュアル*	3,960	3,520	250
39	H9 年 5 月	建設機械用語集	2,200	1,980	700
40	H6 年 8 月	ジオスペースの開発と建設機械	8,382	7,857	700
41	H6 年 4 月	建設作業振動対策マニュアル	6,286	5,657	700
42	H3 年 4 月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,266	9,742	700
43	S 63 年 3 月	新編 防雪工学ハンドブック 【POD 版】	11,000	9,900	700
44	S 60 年 1 月	建設工事に伴う濁水対策ハンドブック*	6,600		250
45		建設機械履歴簿	419		250
46	毎月 25 日	建設機械施工 【H25.6 月号より図書名変更】	880	792	700
			定期購読料 年 12 冊 9,408 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」から「図書購入申込書」をプリントアウトし、必要事項をご記入のうえ、FAX してください。

※については当協会 HP <http://www.jcmanet.or.jp> の出版図書欄をご参照ください。

建設施工の生産性向上, コスト縮減

特集

巻頭言

4 BIM/CIM を利用した生産性向上

矢吹 信喜 大阪大学 大学院工学研究科 教授

行政情報

5 ICT 施工導入協議会

二瓶 正康 国土交通省総合政策局 公共事業企画調整課 施工安全企画室 課長補佐

特集・
技術報文

10 インフラ維持管理におけるデータサイエンス活用による生産性向上

湧田 雄基 北海道大学 数理・データサイエンス教育研究センター 特任准教授
阿部 真育 北海道大学 数理・データサイエンス教育研究センター 特任助教

17 GNSS を活用した土木工事の生産性向上

高精度衛星測位の現状と都市土木への活用事例

岡本 修 徳国立高等専門学校機構 茨城工業高等専門学校 国際創造工学科 機械・制御系 教授

25 建設工事へのプレキャスト製品活用の現状

伊達 重之 東海大学 工学部 土木工学科

37 センサ活用インフラ維持管理の情報基盤が実現する生産性向上 スマートインフラセンサポータル構築を目指して

澤田 雅彦 (一財)関西情報センター 事業推進グループ 部長

44 ビーコンを活用した安全リマインドツールで生産性向上

宇野 昌利 清水建設(株) 土木技術本部 開発機械部 主査

48 紙素材を活用した生産性向上とコスト縮減

宮瀬 文裕 清水建設(株) 土木技術本部 設計部 主査

53 レーザースキャナによるトンネル出来形管理技術 トンネル出来形管理システム「出来形マイスター」の活用

須佐見朱加 佐藤工業(株) 事業支援センター ICT 推進部
京免 継彦 佐藤工業(株) 事業支援センター ICT 推進部 部長

58 スマートフォンアプリを利用したコンクリート品質管理システム

森浜 哲志 佐藤工業(株) 土木事業本部 設計部

63 360度パノラマ画像を使用した効率的な屋内現況図作製手法 T-Siteview[®] Draw の開発とリニューアル改修工事への適用

柳本 貴司 大成建設(株) 技術センター 先進技術開発部 新領域技術開発室 次長
佐藤 貢一 大成建設(株) 技術センター 先進技術開発部 新領域技術開発室 次長
高取 昭浩 大成建設(株) 設計本部 設計品質技術部 BIMソリューション室 室長

69 自動走行による床面コンクリートひび割れ検出ロボットの開発

近藤 祐輔 ㈱熊谷組 建築事業本部 建築技術統括部 建築生産技術部 生産開発グループ 課長

74 地盤改良リアルタイム施工管理システムの機能拡張

杭・地盤改良工事の一元化・見える化システム「Tc-PEAR」の提案

池田 直広 東急建設(株) 技術研究所 建設ICTグループ グループリーダー
鈴木 一 東急建設(株) 土木事業本部 技術統括部 土木技術設計部 技術設計第一グループ グループリーダー

	78	建築現場におけるリアルタイム位置情報システムの構築 川島 慎吾 鹿島建設㈱ 東京建築支店 建築工事管理部 人事・企画グループ 課長 妹尾 悠貴 鹿島建設㈱ 技術研究所 先端・メカトロニクスグループ 天沼徹太郎 鹿島建設㈱ ITソリューション部 企画管理グループ
交流のひろば	85	国際開発と SDGs 遠藤 和重 国際連合地域開発センター 所長
ずいそう	89	勝手に松本隆論 岩本 英司 ㈱日刊建設工業新聞社 編集局
	91	ほぼ毎日の池田五月山 加藤 晃 (元)日本建設機械施工協会 関西支部
部会報告	94	「ロータリ除雪車の安全性向上」活動報告 機械部会 除雪機械技術委員会 ロータリ分科会
	99	新工法紹介 機関誌編集委員会
	103	新機種紹介 機関誌編集委員会
統計	107	建設企業の海外展開 機関誌編集委員会
	110	建設工事受注額・建設機械受注額の推移 機関誌編集委員会
	111	行事一覧 (2019年7月)
	114	編集後記 (京免・宇野)

◇表紙写真説明◇

西鉄天神大牟田線（雑餉隈～下大利間）の高架化工事

写真提供：清水建設㈱

福岡市中心部（天神）から約10kmに位置する住宅地周辺の営業線直上において、ハーフプレキャスト工法による高架橋構築を施工している。本工事では、工場製作したハーフプレキャスト部材を夜間停電作業にて、側道に設置した大型クレーンで架設し、その後は昼間作業にて躯体構築（一体化）を行っている。在来工法に比べ、工場製品の使用による安定品質の確保ならびに、生産性向上により「大幅な工期短縮」と「周辺環境負荷（騒音・振動）の低減」を実現している。

2019年(令和元年)9月号PR目次

【ア】朝日音響㈱……………表紙3
【カ】コベルコ建機㈱……………後付1

コマツ……………表紙4
【ク】大和機工㈱……………表紙2
㈱鶴見製作所……………後付5

【マ】マシケンアテック㈱……………後付2・3
マルマテクニカ㈱……………後付6
三笠産業㈱……………後付4

【ヤ】吉永機械㈱……………表紙2

巻頭言

BIM/CIM を利用した生産性向上

矢吹 信喜



現在、建設分野は担い手不足、生産性の低さ、長時間労働、安全性などの問題を抱えており、とりわけ生産性が他の問題と強く関係があることから、その重要性は明らかで、実際、国土交通省では2019年を生産性革命「貫徹の年」と位置付けている。

生産性とは投入に対する産出の比であり、その中で、産出を付加価値額とし、投入を労働者数×労働時間とした付加価値労働生産性が、他産業や他国と比較する際によく使われている。我が国の製造業の付加価値労働生産性と建設業のそれを比較すると、1990年代半ばまではほぼ同じくらいだったのに、2010年頃からは約半分になってしまい、米国の建設業と比較すると約8割となっている。その理由については種々論じられているが、やはり根本的な問題があるからだと考えられる。

1990年は日本ではバブル経済が崩壊した年だが、世界的に見れば冷戦が終結し、人、物、金が世界中を駆け巡るグローバル化の時代へ変わった年である。これにより、製造業は企画、設計から製造、保守まで、3次元モデルを用いたコンピュータ統合生産(Computer Integrated Manufacturing)に変わらざるを得なくなった。部分最適化から全体最適化に時代が変わったのである。米国の建設分野では20世紀末から日本のTOYOTAのカンバン方式やカイゼンをLean Technologyと呼んで学び始め、BIM(Building Information Modeling)として育てた。一方、我が国の建設分野では土木も建築も3次元モデルを使おうという機運がなかなか盛り上がらなかった。

しかし、2012年に国土交通省がCIM(Construction Information Modeling)を試行的に設計や施工に適用し始め、2015年から3次元モデル、GNSS(Global Navigation Satellite System)、各種センサーやドローンなどを利用して、建設生産・管理システムを大きく変革して、生産性を革命的に向上させようというi-Constructionを開始した。2018年度に、CIMはBIM/CIMと表記するようになり、試行業務(設計)と試行工事は年間合計212件を数えた。

試行を通して、BIM/CIMには3次元モデルの可視化による協議打合せや住民説明の円滑化、干渉などのミスの発見、数量の自動算出による効率化、安全性の向上などの効果があることは受発注者共に認識しているものの、例えば時間や費用が4分の1になった、というような爆発的な効率化や省力化ができたという話は国内では今のところ聞いたことがない。その理由としては、本来ならば、設計、施工、維持管理というプロジェクトのライフサイクルを通じて、3次元モデルを受発注者が共有しながら進めて行かなくてはならないのだが、現状では必ずしもそうならないこと。設計段階から施工者が関与するフロントローディングを行うことが望ましいのだが、まだECI(Early Contractor Involvement)も緒に就いたばかりであること。3次元モデルを設計計算や解析などに使うべきなのだが、なかなか進んでいないことが挙げられる。だが、最も大きな課題は、製造業では設計段階でほとんどすべての検討を行い、製造段階で現場合わせをする必要がないレベルにまで詳細設計の完成度を向上させたのに対して、建設分野では、設計施工分離発注方式を採用していることもあり、詳細設計の完成度を上げることができず、結局、施工者が現場合わせを継続していることだと考えている。つまり、BIM/CIMは、これをやったら自分の仕事量がすぐに半分になるといった部分最適化ではなく、全体の建設生産・管理プロセスを3次元モデルで統合化することによって、全体のコストが下がり、品質が向上し、工期が短縮でき、維持管理が円滑化する全体最適化のシステムなのである。

BIM/CIMが本来あるべき姿になるためには、3次元モデルデータの国際標準化、クラウドを用いたデータの共有化、ソフトウェアの使い易さの向上、研修・人材育成、契約方式の多様化などが必要であり、こうした努力を続けていけば、将来、建設分野も最先端の自動車産業のようになると信じている。

行政情報

ICT 施工導入協議会

二 瓶 正 康

国土交通省では、目前に迫る生産年齢人口の急減による建設産業の担い手（地域の守り手）の減少に備えて、建設生産システム全体の生産性向上を図り、もって魅力ある建設現場を目指す取組である i-Construction を進めている。

i-Construction のトップランナー施策の一つである「ICT の全面的活用」の推進にむけて、課題把握や取組に対する共通認識を持つことを目的に、産学官が参画した「ICT 導入協議会」を設置しており本稿ではその活動を報告する。

キーワード：ICT, 生産性向上, i-Construction, ICT 施工

1. はじめに

国土交通省は、平成 28 年度より i-Construction として生産性向上の取組を進めており、そのトップランナー施策のひとつとして、建設現場において 3 次元データを全面的に活用する「ICT 施工」の普及促進を進めている。ICT を建設現場へ円滑に導入しその普及推進を図るためには、関係業界等の意見を聴取し、具体的な課題解決に向けて共通の認識を得ることが不可欠である。そのため、平成 28 年 2 月に産学官関係者の参加する「ICT 導入協議会」を設置し、以降建設現場への ICT 導入に関する意見や要望を収集し ICT 導入の取組に反映させてきた。

2. ICT 導入協議会

ICT 導入協議会は、前述した平成 28 年 2 月に第 1 回を開催し、建設現場の生産性に関する現状と、i-Construction として建設現場の生産性向上に取組むこと、トップランナー施策の一つとして ICT を全面的に活用した「ICT 施工（ICT 土工）」を積極的に実施することを説明してスタートした。これまでの協議会においては、実施された ICT 施工の効果や課題に関する分析の報告、ICT 施工を実施するうえで欠かせない新たな基準類の策定、また策定した基準に関する「カイゼン」提案、ICT 施工実施環境として人材育成、積算基準、ICT 導入に資する補助金等の制度など広範な課題について議論してきた。本稿では、7 月 11 日に開催した第 9

回「ICT 導入協議会」の内容と、今年度の ICT 施工に関する取り組み内容について紹介する。

3. ICT 施工の普及拡大にむけて

(1) ICT 施工の実施状況（表—1）

ICT 施工の活用状況として、H30 年度は、直轄工事における ICT 活用工事の公告件数 1,948 件のうち 57% の 1,105 件で実施された、平成 28 年度は 36%、平成 29 年度は 42% であり着実に活用が増えてきている。ICT 活用工事として公告された件数の内訳としては土工が 86% を占めており、ICT 施工の増加は土工での活用拡大による部分が多いが、平成 29 年度より開始した舗装工においても初年度より公告件数の 40% で実施されており、港湾での浚渫工・河川での浚渫工では 90% を超える工事で ICT 施工が実施されている。都道府県・政令市においては、ICT 土工の公告件数が平成 29 年度の 870 件から 2,428 件と大幅に増加し、実施件数も大幅に増加してきたが、公告件数の伸びが大きいことから実施率は下がる結果となった。今後の自治体発注工事での ICT 活用拡大には、自治体発注工事の多くを担う中小建設業において、ICT 活用に取り組む施工者が増えていくことが必要と考えられる。

(2) 延べ作業時間の縮減効果

ICT の活用による延べ作業時間の縮減効果の把握にあたっては、ICT 施工実施業者に対するアンケート

ト調査を行い、従来施工の延べ作業時間と ICT 施工で行った延べ作業時間を比較することで行っている。なお、従来施工の延べ作業時間は施工者の想定値である。図一 1 に各工種における延べ作業時間縮減効果を示す。平成 30 年度工事の調査結果としては、ICT

施工の対象となる起工測量から電子納品までの延べ作業時間について、土工では約 3 割、舗装工及び浚渫工（河川）では約 4 割の縮減効果がみられた。港湾での浚渫工では ICT による出来形測量により、別途実施する水路測量の省略が可能となった。なお、ここでの

表一 1 ICT 施工実施状況

○ H30 年度は、直轄工事における ICT 活用工事の公告件数 1,948 件のうち約 6 割の 1,105 件で実施。
 ○ 都道府県・政令市における ICT 土工の公告件数が 2,428 件、実施件数は 523 件に大幅に増加。

ICT 施工実施状況

単位：件

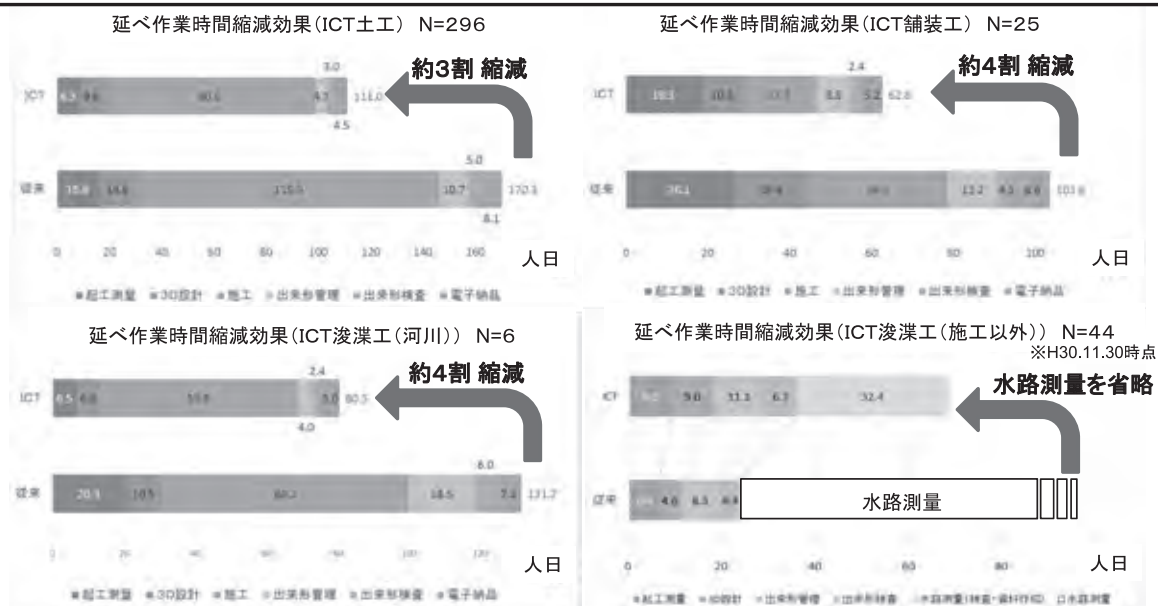
工種	平成 28 年度		平成 29 年度		平成 30 年度	
	公告件数	うち ICT 実施	公告件数	うち ICT 実施	公告件数	うち ICT 実施
土工	1,625	584	1,952	815	1,675	960
舗装工	-	-	201	79	203	80
浚渫工	-	-	28	24	62	57
浚渫工（河川）	-	-	-	-	8	8
合計	1,625	584	2,181	918	1,948	1,105
実施率	36%		42%		57%	

都道府県・政令市における ICT 施工実施状況

単位：件

	平成 28 年度		平成 29 年度		平成 30 年度	
	ICT 実施件数		公告件数	うち ICT 実施	公告件数	うち ICT 実施
土工	84		870	291	2,428	523
実施率			33%		22%	

○ ICT 施工の対象となる起工測量から電子納品までの延べ作業時間について、土工では約 3 割、舗装工及び浚渫工（河川）では約 4 割の縮減効果がみられた。
 ○ 浚渫工では ICT による出来形測量により、別途実施する水路測量の省略が可能となった。
 ※現場作業の変化により、工事全体で技術者等の業務がどう変化しているか、実態調査・分析が必要



※ 活用効果は施工者へのアンケート調査結果の平均値として算出。
 ※ 従来の労務は施工者の想定値
 ※ 各作業が平行で行われる場合があるため、工事期間の削減率とは異なる。

図一 1 ICT 活用による延べ作業時間縮減効果

効果表現は、各段階の延べ作業時間を直列に合計して示しており、実工事（特に舗装工事）の工期縮減とは異なってくることを申しそえる。これは、実際の工事フローでは、施工と施工管理が並行作業となる場合それぞれの縮減効果が現れにくくなることや、逆に並行で行っていた作業がICTの活用上クリティカルパスになる場合もある為である。

(3) アンケート調査結果の分析

今回の協議会ではアンケート調査結果の分析として、ICT施工と従来施工とを比較し、ICT活用により延べ作業時間が減った工事の割合を報告した。図一2に工事全体及び活用段階別の縮減効果分析結果を示す。工事全体で見た場合93%の工事で縮減効果が得られており、施工規模にかかわらず約3割の縮減効果がみられた。ただし施工規模が小さい工事では削減効果の振れは大きくなっていく。ICTの利用場面ごとに縮減効果が得られた工事の割合をみると、従来に比べて延べ作業時間が増えた場面としては「3D設計」が22%と一番多い。しかし工事全体での延べ作業時間縮減には「3D設計」をしっかりとっておくことが、手戻り防止など「施工」の場面での効率化に寄与するものであるため、ICT施工の為に必要な労務増加と考えることができる。

それぞれの場面で作業増加の要因を分析すると、現

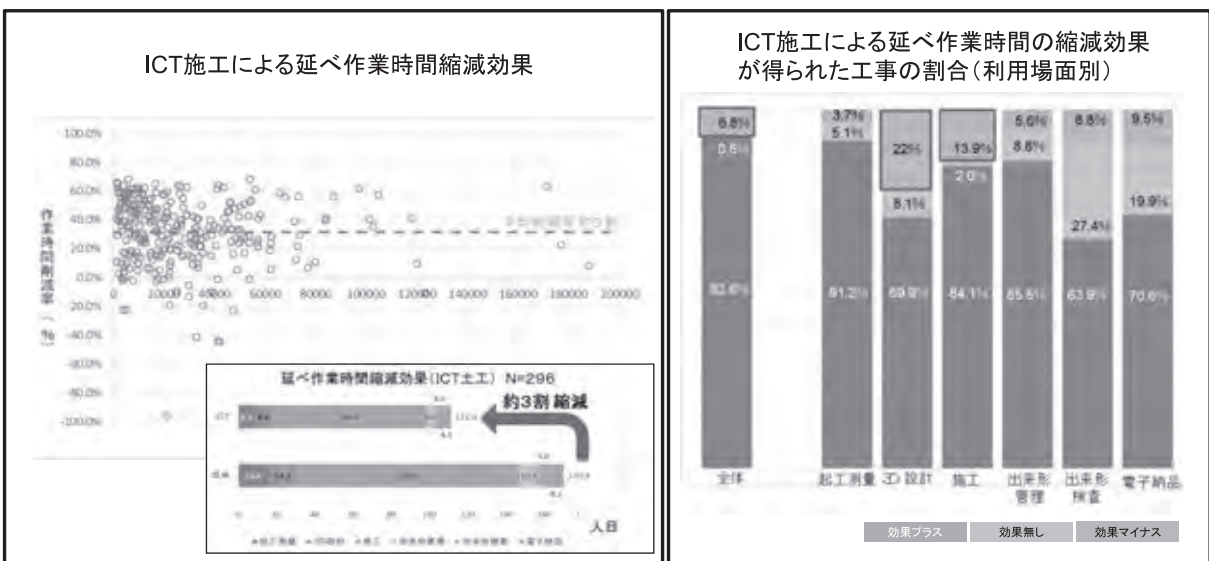
場条件に合わせた適切な機器・ソフトウェアの活用手法などのノウハウを共有することで解決につながるものが多く見られた。

また、現状のICT活用方針に関して、「一律にICTを導入するのみでは無く、効果的な部分に適切に活用出来るようにしてほしい。」との意見があり、今後より多くの工事においてICTを活用するためのポイントと考えている。

(4) 地方普及展開に向けた取組成果について

ICT活用工事を直轄工事以外にも広く普及を図るため、地方自治体発注工事をフィールドとしてICT活用を実践する「現場支援型モデル事業」を実施している。今年度は支援未経験の自治体を中心として、「ICT導入時の計画立案」に関する支援を中心に実施することとした。これは、これまでの支援自治体へのフォローアップ調査によってICT導入時の計画立案に関する指導・助言の要望が多いためである。また、これまでのモデル事業において行った支援事例を踏まえ、「ICT活用における課題と対応事例」を取りまとめた。これは地方自治体の工事のみならず、直轄工事においてもICT活用のノウハウとして参考となることを期待しており、今年度のモデル事業にて活用するとともに、サポート事務所を通じて広く情報提供する。図一3に「ICT活用における課題と対応事例」

- ICT施工の導入により土工では約3割の延べ作業時間の縮減効果がみられた。
- ICT導入による効果は施工規模に係わらず得られている。
- 全体では9割以上の工事において延べ作業時間の縮減効果が得られたが、縮減効果が得られなかった工事が約7%存在。
- 利用場面別では「3D設計」と「施工」において効果が得られなかった割合が高い。



図一2 全体及び活用段階別延べ作業時間の縮減効果分析結果

○自治体発注工事(モデル事業として実施した19工事)において、ICT活用を実施した事例をもとに、発生しうる課題と対応事例を整理

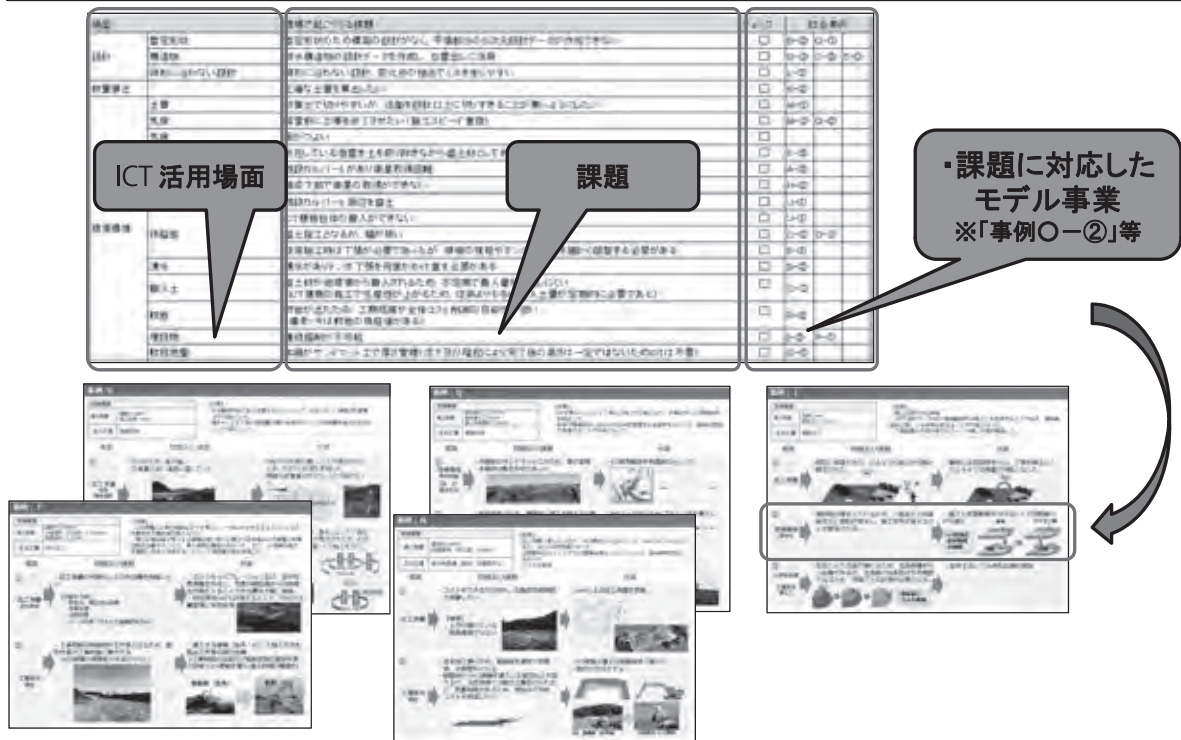


図-3 「ICT活用における課題と対応事例」紹介

の内容を示す。

4. ICT 施工の工種拡大

ICT 導入協議会においては、令和2年度より適用を目指す工種拡大の取組についても紹介した。図-4

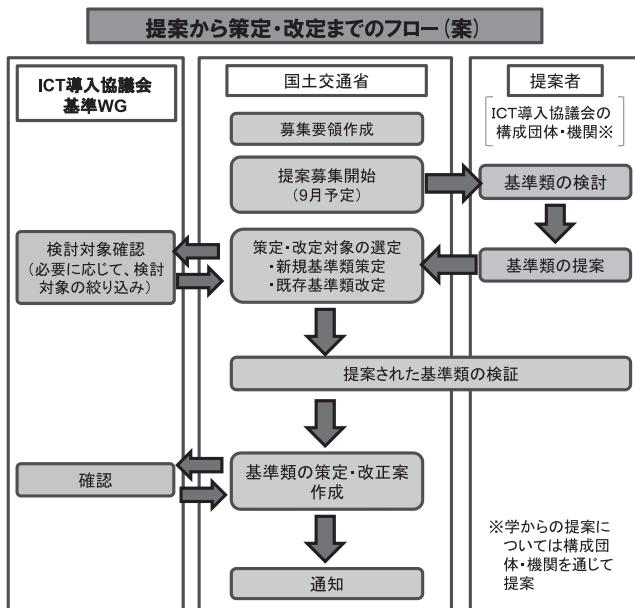
に活用工種拡大について予定も含めて示す。

これまででは、工種毎のICT活用を実施してきたが、昨年度より工事全体でのICT活用を目指した取組を始めており、土工と関連して施工する工種についても起工測量結果の活用や一連での3D設計を促進する工種拡大を行った。令和2年度については地盤改良工(深

○主要工種から順次、ICTの活用のための基準類を拡充。

平成28年度	平成29年度	平成30年度	令和元年度	令和2年度(予定)
ICT土工				
	ICT舗装工(平成29年度:アスファルト舗装、平成30年度コンクリート舗装)			
	ICT浚渫工(港湾)			
		ICT浚渫工(河川)		
			ICT地盤改良工(浅層・中層混合処理)	
			ICT法面工(吹付工)	
			ICT付帯構造物設置工	
				ICT地盤改良工(深層)
				ICT法面工(吹付法枠工)
				ICT舗装工(修繕工)
				ICT基礎工・ブロック据付工(港湾)
				民間等の要望も踏まえ更なる工種拡大

図-4 ICT活用工種拡大状況(予定含)



図一五 基準類提案から策定・改定までの作業フロー(案)

層混合処理), 法面工(吹付法砕工), のほか維持修繕工事へのICT活用を目指してICT舗装(修繕工)の適用にむけた取組を行う。また今後, 新たな・基準類をより早く整備するため, 新たなICTを活用し, 又は既存のICTの活用範囲を拡大するための基準類について, ICT導入協議会を構成する団体, 機関を通じて, ICT施工の実務を担う施工者及びICT機器の提供者等から基準類の提案を求める取組を開始することとした。図一五に基準類提案から策定・改定までの作業フロー(案)を示す。

5. 今後のICT活用に向けた課題の共有

ICT導入協議会では, 関係業協会よりICT活用に向けた意見, 要望を収集し, 普及に向けた課題対応を行ってきた。今回の協議会においても, ICT施工に関する人材育成, ICT活用による監督・検査の合理化, ICT安全対策, 積算・経費, ~要領等の「カイゼン」など多くの意見・要望が示された。これらの課題への取組について次回の協議会で報告する。また, 業協会からの意見にあるICTを導入した安全対策関係の進め方について, 今年度の検討内容(案)を示した。合わせてICTのさらなる活用・生産性向上を目指す取組として施工の自動化に向けた研究について情報提供を行った。

6. おわりに

ICT施工の普及促進は, 4年目に入り直轄工事のみならず地方自治体工事での活用件数も増えてきた。i-Constructionは社会構造の変化に対応する取り組みであり, ICT施工に関する取組も常に変化し続けることが必要である。今回の協議会において, 今後はより小規模な施工における効率的なICT導入・普及が課題であるとの意見も示された。ICT導入協議会において頂いた意見・要望をふまえてICTが施工現場での一般的な技術としてあたりまえに, 広く活用されるよう取り組みを続けていく。

JICMA

[筆者紹介]

二瓶 正康 (にへい まさやす)
 国土交通省総合政策局
 公共事業企画調整課 施工安全企画室
 課長補佐

インフラ維持管理における データサイエンス活用による生産性向上

湧田 雄基・阿部 真育

本稿では、土木インフラ維持管理分野を対象とした業務効率化のためのデータサイエンス活用について述べる。著者らは、データサイエンス試行を支援するシステムを開発しており、中でも特に、データ分析結果の解釈を支援する技術として、分析結果の文章化表示を行うための概念構造「オントロジ」の設計について紹介する。

キーワード：インフラ維持管理, データサイエンス, 機械学習, 結果の解釈性, 業務効率化

1. はじめに

近年のICTの急激な進歩により、あらゆる分野において大量のデータが日々蓄積されている。これまでの少ないデータから傾向を予測し意思決定を行うのではなく、大量のデータの中から重要な要素を抽出して意思決定を行う時代になったと言える。従って、世の中の人的ニーズが、少ないデータから傾向を見出す統計専門家から大量のデータの扱い方を把握しているデータサイエンティストにシフトしてきており、データサイエンス人材の育成が急務となっている。図-1はデータサイエンス人材育成の現状を示した図となっており、業界を代表するレベルで5~20人、見習い・独り立ちレベルで3,400人程度が年間輩出されていると言われており、棟梁レベルのデータサイエンス人材が不足していることが各種報告書や国の委員会等にて

課題として挙げられている。しかしながら、次代のデータサイエンス人材のポテンシャルとして大きい部分を占めているのは、“データサイエンティスト以前の方”と定義されているピラミッド構造での裾野人材であると言える。この裾野人材に対するデータサイエンス教育を如何に効果的に行えるかが、来るべき超ビッグデータ社会を乗り切るためには、教育研究機関のみならず産業界にとっても重要なミッションとなり、それ故にデータサイエンス人材育成の確固たるモデルケースを構築することが喫緊の課題となっている。データサイエンティストは、データから得られる結果を解釈し、業務などの応用に対する活用の方策を見定めることで、これらをつなぐスキルを有することが期待される。本研究では、そのシステム開発において最も現場の業務支援に直結する、分析結果の解釈の理解促進に着目し、これを支援する技術の一例を紹介する。

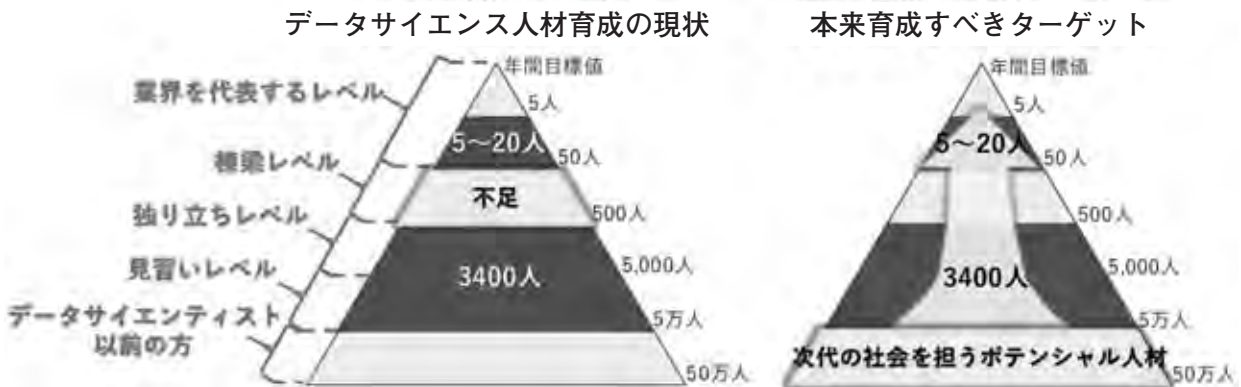


図-1 次代の社会を担うデータサイエンス人材育成のターゲット

(データサイエンティスト協会発行『データサイエンティストスキルチェックリスト Ver.2』, 並びに『科学技術・学術審議会戦略的基礎研究部会 数学イノベーション委員会 (第23回) H27.10.30』より作成)

2. インフラ維持管理分野におけるデータサイエンス

アメリカにおいて、1920年代のニューディール政策以降、大規模なインフラ整備が進められ、1980年代にインフラの老朽化問題が、多くの落橋事故により顕在化した。このような時代は『荒廃するアメリカ』と称され、インフラ維持管理の重要性が見直されるきっかけとなった。その後、世界銀行が1994年に公表した World Development Report¹⁾において、予防保全のためのインフラ維持管理データの蓄積とデータを用いた維持管理の実施が世界的に推奨された。アメリカのインフラ事情から30年のラグがあると言われる日本においても、近年、インフラの老朽化対策は大きな政策課題となっている。そのため、維持管理の徹底が重要視されており、維持管理の効率化を目的としてデータを扱う様々な研究開発が行われている²⁾。このような社会情勢において、日々蓄積されるインフラ維持管理データの活用を実業務に取り入れ、効率化をいかに果たしていかせるかがインフラ管理者の喫緊の課題と言える。

インフラ維持管理において蓄積されるデータを活用し、生産性の向上をはかることについては、大きな期待がある。インフラ維持管理分野において、データを活用した生産性向上・効率化については、点検・診断・措置・記録それぞれの業務に応じて様々な研究・実装が進められている。ここでは、代表的な研究事例について紹介する。

まず、インフラの変状検出にデータ活用をする事例である。点検業務により観測され、項目化し記録される「個々の事象」を変状として抽出するが、その際にデータ分析が活用される事例がある。貝戸、小林らの研究³⁾では、目視点検データを対象に、混合ポアソンモデルを用いて、RC床版のかぶりコンクリートの剥離・剥落発生の推定を行っている。変状検出をAIで代替し効率化をはかる研究は多く^{4)~6)}、特に、コンクリート表面の変状検出については、多くの研究が存在し、Kochら⁷⁾の報告の中では、コンピュータビジョン技術の土木技術への適用について述べられ、トンネルのひび割れ検出⁸⁾やひび割れの背後で生じる透水をモデル化した上で高速にひび割れ検出を行う手法⁹⁾、SVM (Support Vector Machine) を用いた手法¹⁰⁾等が挙げられている。

その他、構造物の状態を総合的に評価し、補修や点検の計画立案に活用する事例も多い。維持管理の対象となる構造物を特定の単位に分割し、状態を総合的に

評価し指標や程度(ランク)で表現するといった事例である。構造物に関する個別変状の程度や発生箇所、進行状況などを総合的に加味し、構造物の健全性、あるいは劣化度、老朽化年齢、リスク、といった総合的な指標を算出する。ここで得られる指標やモデルは、点検や診断の後の措置で行う維持管理の緊急性や優先度の判断にて活用される。

また、判別や診断の根拠の解釈等を目的として、要因分析/データ構造理解としては、変状や劣化等の関心のある事象について、「要因になっている潜在的な情報が何か」といったことを調べる研究が行われている。維持管理においては、劣化要因により、今後の劣化の進行性についての判断を行った上での措置が求められるため、要因の特定は、対策検討のための重要な診断作業となる。従って、変状要因分析やデータに関する構造理解を進める研究については、生産性や業務効率化において現場ニーズも高く、研究事例も多い。例えば、皆川ら¹¹⁾は、RC床版の疲労劣化を対象に、特にひび、剥離、鉄筋露出、遊離石灰といった変状事象の情報を対象に、データの関係性の調査や劣化因子の推定を行っている。有賀ら¹²⁾は、センサデータモデルと知識モデルとを統合化し、膨大なセンサデータより建物状態に関する知識発見を行うデータマイニング手法を開発している。

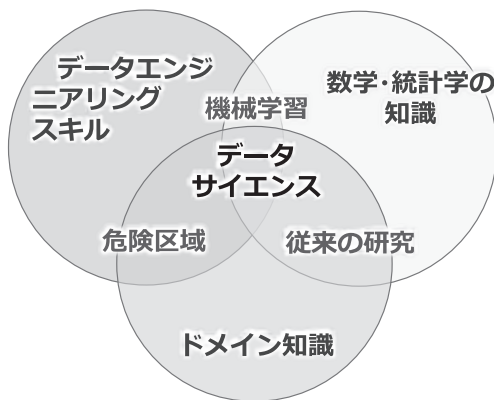
さらに、インフラの将来の状態を予測する研究も多く取り組まれている。構造物状態を見据えた管理計画立案は、維持管理における効率化の重要な課題である。吉田ら¹³⁾は、構造物健全性の劣化について、経過年による劣化二次曲線に対して劣化機構に関する特性指標を説明変数として加えた回帰式を求めている。この回帰式の推定において、EMアルゴリズム (Expectation-Maximization algorithm) と PSO (Particle Swarm Optimization) を組み合わせた手法を提案している。また、中津ら¹⁴⁾は、遺伝的アルゴリズム (GA : Genetic Algorithm) を用いて予防保全を考慮し、補修年度を前倒した橋梁維持管理計画の策定を提案している。

このように、インフラ維持管理分野におけるデータ活用・データサイエンスに関する研究は、それぞれの業務にあわせて積極的に研究が進められている。ここ数年については、深層学習の活用により特に報告数が多くなっているが、データ分析結果の解釈を扱う研究は少ない。また、インフラ分野におけるデータサイエンス試行を支援する仕組みについての報告は見当たらない。

3. インフラ維持管理分野におけるデータサイエンスの実践

データサイエンスの実践には、Conwayによる定義¹⁵⁾によれば、「データエンジニアリング力」、「数学・統計学の知識」、「実質的な専門知識（ドメイン知識）」の3つの要素が必要とされている（図一2）。これらは、一般社団法人データサイエンティスト協会が示すデータエンジニアリング力、データサイエンス力、ビジネス力にそれぞれ対応すると考えられる。また、この図において、3つの要素をバランス良く満たす取組がデータサイエンスであると述べられている。また、例えば、「数学・統計学の知識」が不足する取組は、誤った処理や解釈を行ってしまう可能性があるとして危険区域とされている。

このような3つの要素を併せ持つ人材を育成するためには、例えば、データエンジニアリング力や数学・統計学の知識を有する「分析の専門家がドメイン知識を習得する場合」や、あるいは逆に、「ドメイン知識を有する者が、データエンジニアリング力や数学・統計学の知識を学ぶ」というアプローチが考えられる。



図一2 データサイエンスの構成要素¹⁵⁾を元に一部改変)

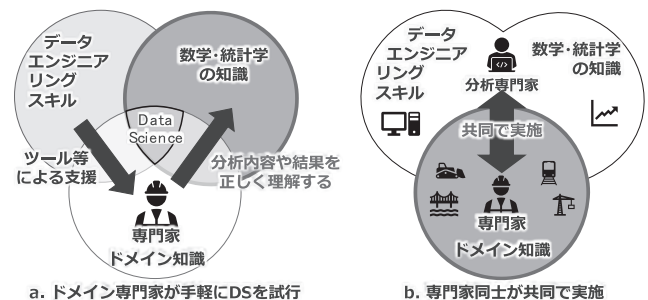
しかし、インフラ維持管理分野における専門知識の習得には、現場の経験や工学的知見などが必要であり、これらを習得し、なおかつ数学・統計学の知識までを深く学ぶことは非常に時間がかかると考えられる。

従って、本研究では、ドメイン知識を有する者が、手軽にデータサイエンスを試すことができるよう、この試行を支援する仕組みの構築を目指す。データエンジニアリングスキルのない者をツール等で支援し、さらに、データ分析結果の解釈を促す（図一3 a）。

また、インフラ維持管理分野においては、データ分析の専門家とドメイン知識の専門家が共同でデータサイエンスを行う場合も多いと考えられる（図一3 b）。この場合にも、分析結果についての解釈を共有することが必要となる。

4. インフラ維持管理データサイエンスの支援

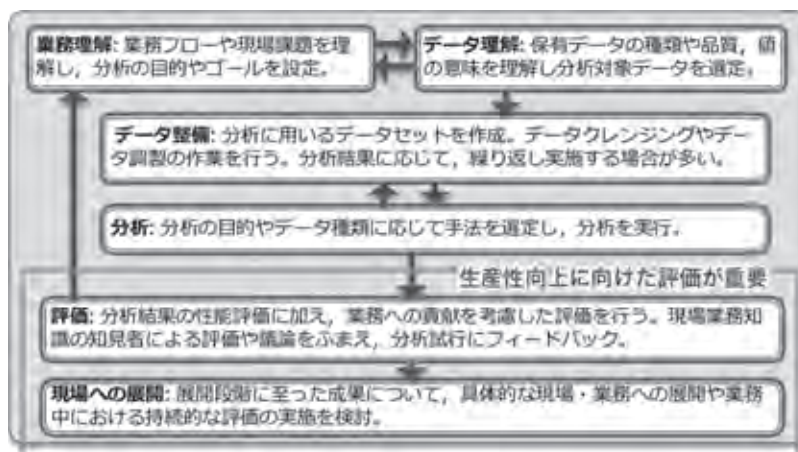
インフラ維持管理業務を対象としたデータサイエンスの流れについて、著者らは図一4のように6つのプロセスにより定義している。ここで示す業務プロセスは、CRISP-DM および KDD を基に、インフラ維持管理に適合するようカスタマイズを施したものである^{16), 17)}。まず最初に、「業務理解」と「データ理解」を行う。ここで、データ活用により改善を行いたい対象業務に



a. ドメイン専門家が手軽にDSを試行

b. 専門家同士が共同で実施

図一3 データサイエンス実践のパターン



図一4 インフラ維持管理分野におけるデータサイエンスのプロセス

ついで理解を行う。必要に応じて、業務分析等を行い、各業務において作成している資料を調査し、意思決定や業務評価に必要となる指標の整理を行う。このとき、資料や指標の作成に必要となるデータの調査も合わせて行う。データサイエンスに活用可能なデータの棚卸しを行い、データを理解し、分析対象データの選定を行う。「データ整備」では、分析に利用するデータセットの作成として、データのクレンジングやデータ統合等による整形を行う。この結果として得られたデータセットを用いて、「分析」を行う。最後に、分析結果の「評価」と「現場への展開」を行うが、これらは、分析結果を正しく理解し、業務への活用を目指す為に、データを活用した生産性向上に関わる重要なプロセスと言える。

データサイエンスの結果を業務に活用する場合の業務改善効果としては、例えば「時間削減」、「コスト削減」、「リスク低減」などの定量的な指標による評価が考えられる¹⁸⁾。時間削減については、点検や診断の業務や計画、資料作成等に要する時間の短縮や業務の省略化に繋がるかどうかについて、シミュレーションや実験により時間を計測し評価する方法である。コスト削減については、時間短縮に繋がる部分もあるが、管理に必要な資材や人員や業務体制自体の見直しを費用に換算して評価する方法や保有資産の価値による評価などの研究がある。リスクについては、未把握の潜在的な劣化を把握することで見落とし防止に繋げるなどの評価を行うことが考えられる。これらの評価は、業務に直結した指標 (KPI: Key Performance Indicator) である。一方で、データサイエンスの結果としては、これらの指標を直接算出できることは希で、分析結果の性能指標を介し、間接的に解釈することができる。例えば、「人による構造物の診断業務を代替することで時間短縮に繋がる」ことや、「変状検出作業の精度が向上することでリスク低減に繋がる」などである。ここでは、データサイエンスを業務で活用するために、間接的な指標となる分析結果指標を解釈するための処理について述べる。

		判別の結果	
		正と判別(P:Positive)	負と判別(N:Negative)
真値	正例 (P:Positive)	TP: True Positive (正解=真陽性)	FN: False Negative (不正解)
	負例 (N:Negative)	FP: False Positive (不正解=偽陽性)	TN: True Negative (正解)

図-5 混同行列による分析結果の表現

5. 結果解釈の支援

インフラ維持管理におけるデータ分析では、上で述べたとおり「変状有無の判定」や「劣化判定」、「補修等の対策の必要性についての判別」など2クラスの判別を行う例が多く見られる。ここでは、このような2クラス判別を対象に、分析結果の解釈について述べる。

2クラス判別の結果評価においては、「混同行列 (Confusion Matrix)」による評価が一般的である。この混同行列は、2つのクラスに正しく判別できているかについて、判別結果となる件数配分と、判別結果の正否についての割合を2×2の行列で示した表である (図-5)。この結果より、精度や検出率などが把握でき、判別モデルの性能がわかる。行列は、TP, FP, FN, TNの4つの指標で構成される。判別結果として、例えば「変状有り」などを対象として正と判別された結果について、正解であった件数はTP, 不正解であった件数はFPである。

これらの値より、判別結果の性能を示す精度 (Precision) については、TPをTP+FPで除して把握することができる。また、検出率 (Recall) については、TPをTP+FNで除して把握できる。これらの2つの指標は、2クラス判別の性能を評価する重要な指標となるが、一般には、判別の「閾値」を調整することでこれらの性能は変化する。この変化を表現したグラフがP-R曲線となる。

データサイエンスに慣れた者であれば、上で挙げた混同行列から、判別モデルを用いた場合の効果について、解釈することができるが、これらの数値から結果を解釈することは、経験のない者には難しい。また、応用分野の者に対して、この結果を説明するためには、多くの場合は、日本語での言い換えを必要とする。

変状検出課題を対象とした2クラス判別結果の混同行列の具体例について、図-6に示す。

上図の混同行列結果についての解釈例については、例えば、次のような解釈が可能である。

「判別分析を用いて、5,178件に対して、変状有無の判別を行ったところ、3,871件が変状有りと判別され

		推定/判別結果		真値計	真値率
		Positive(P) 推定陽性	Negative(N) 推定陰性		
真値	Positive(P) 陽性	TP (True Positive) 1,083 [件]	FN (False Negative) 57 [件]	真P計 1,140 [件]	真P率 22.2[%]
	Negative(N) 陰性	FP (False Positive) 2,788 [件]	TN (True Negative) 1,250 [件]	真N計 4,038 [件]	真N率 77.98[%]
推定値計		推定P計 3,871 [件]	推定N計 1,307 [件]	総計 5,178 [件]	

図-6 混同行列の具体例

る。このうち、1,083 件に、実際に変状が存在していることから、この判別モデルの変状推定の「精度」は、28.0%となる。また、実際に変状がある箇所は、1,140 件であり、この判別モデルを用いることで、このうちの1,083 件を検出できたことになる。従って、この判別モデルによる変状の検出率は、95.0%であることがわかる。」

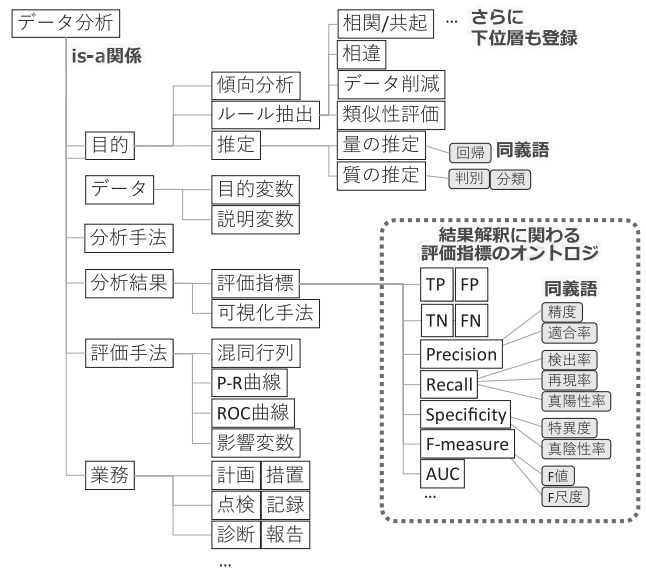
このような基礎的な解釈については、判別モデルの実用を仮定した場合の性能を仮説的に検証した場合の効果を推測するものである。混同行列の定量的な評価結果を実務に照らした評価を行う手段のひとつであり、指標による結果を日本語で説明したものである。

上で述べたように、分析結果について、混同行列で提示するより、文章により示した方が、不慣れな者にとっての解釈性は良い。このとき、データサイエンティストであれば、混同行列を見て、分析結果を日本語で説明することができる。このような、データサイエンティストが行っている、データ分析結果を解釈しその結果を言葉で説明する「翻訳作業」について、この変換操作を自動化し、分析結果を説明する機能を実現する。

混同行列と日本語文章表現との間を結ぶため、概念構造とこの構造に対応付く語彙をセットとしたオントロジを作成した。このオントロジは、データサイエンスにおいて扱う概念（クラス）とその関係性を定義したものであり、これに実体（インスタンス）として語彙を登録することで、語彙同士の関係を識別することが可能となる^{19), 20)}。また、作成したオントロジを用い、分析内容や結果を日本語文章で表現する為の文章化テンプレートを作成した。

作成した「インフラ維持管理オントロジ」のプロトタイプの一部を図一七に示す。オントロジの編集には、古崎らにより開発されている法造²¹⁾を用いた。

オントロジ作成においては、インフラ維持管理分野

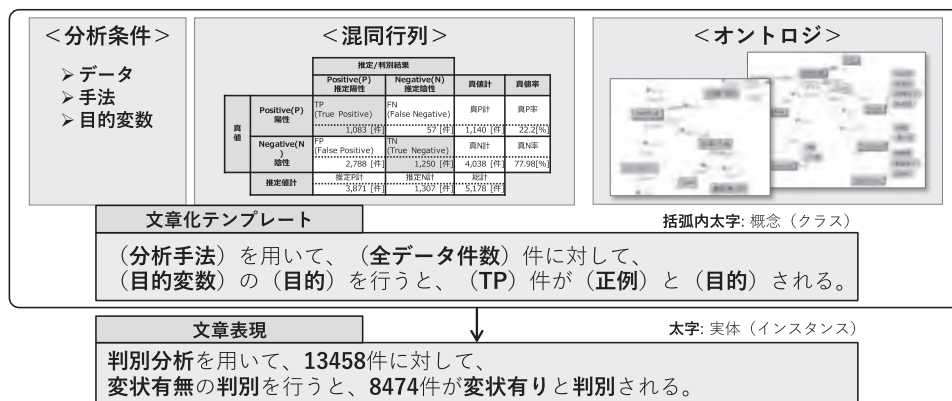


図一七 インフラ維持管理オントロジ

におけるデータサイエンスで用いる概念を列挙し¹⁸⁾、これらの関係を定義し、構造化した(図一七)。例えば、データ分析の構成要素として「目的」、「データ」、「分析手法」、「分析結果」、「評価手法」、「業務」などを is-a の関係により定義した。さらに、これらの要素の子となる要素についても is-a の関係で定義し、樹状の構造とした。

例えば、分析結果を説明するための「評価指標」について見てみると、TP, FP などの混同行列の要素があるほか、Precision や Recall などの指標がある(図一七)。Precision は、精度や適合率といった同義語も存在しており、これらも同義語の語彙として登録している。

このオントロジでは、先に述べた混同行列の構成要素となる TP, FP, FN, TN などの指標やこれらにより定義される精度、検出率等の指標、また、判別対象としている正例値や分析目的、分析手法等の情報をインスタンスとして登録し、扱うことを可能としてい



図一八 オントロジを用いた分析結果の文章表現の試行例

る。

これらの値については、データ分析によって得られ、オントロジによりこれらの関係性を把握できる。この値を用いた日本語による文章化を行う文章テンプレートを準備することで、分析結果の日本語表現を機械処理により行うことが可能となった(図-8)。

6. 支援システム

著者らは、これまでの研究により得られたインフラ維持管理分野におけるデータサイエンスの事例に基づき、事例で頻繁に用いるデータサイエンスに必要な処理を実装し、インフラ維持管理のデータサイエンスの試行を支援する機能を提供するシステムを開発している²²⁾。その中で、上で述べた分析結果の解釈のための日本語文章表現についてもオントロジや文章テンプレートを扱える構成により実装を行っている。

本システムのコンセプト(特長と狙い)は、次の3点である。

- (i) データサイエンスの流れを把握できる: 処理の流れ、分析手法の選択、結果の見方について支援してくれるテンプレートを提供
- (ii) 有効な分析を簡単に試行できる: 万能で複雑な事ができるツール構築は目指さない
- (iii) インフラ維持管理分野に適した処理を備える: 研究事例を基にした「データクレンジング」のための「辞書」、「データ調製」のための「ルール」、再利用可能な典型的な「処理手順(レシピ)」のテンプレートに沿ったハンズオン・システム

これまでに、データ処理手法の研究開発および実装のほか、ユーザが利用するためのGUIの設計と実装を進めた。GUIについては、データサイエンス試行

の流れに沿って、「データ確認」「クレンジング」「データ調製」「分析+評価」の4つのフェイズ毎に画面およびサーバ側の処理を構成した(図-9)。このGUIの中で、利用者へのメッセージを表示するウィンドウを設けている。このメッセージでは、データサイエンスのプロセスに沿って、現在の画面で何をすべきなのかについて、ユーザに促すことができるほか、先に述べたデータ分析結果の解釈についての日本語表現による説明を表示する役割を担う。

本システムでは、前述の研究開発の成果にあたるモデリング手法やデータクレンジング手法を、定型的な処理であるモジュールとして実装し、サーバ内に実装するソフトウェア開発を進めている。

本システムでは、情報を専門とする者ではなく、土木や現場知見を専門とする者がデータサイエンスに挑戦する事を支援するものであり、そのため、過去の知見・データに基づき、インフラ維持管理分野で活用できるデータクレンジングの辞書を備え、同分野で有効なデータサイエンスの流れを提供するツールをガイドとセットで提供し、初学者でも迷わずデータサイエンスを試行できる成果となるよう開発を進めている。

7. おわりに

本稿では、インフラ維持管理分野において、データ活用による生産性向上や業務効率化を目指すデータサイエンスについて、結果の解釈を行う為の技術開発について述べた。特に、2クラス判別問題を題材とした場合の判別結果について、その解釈結果を日本語で表現するためのオントロジを活用した文章表現に関する事例について示し、また、この技術を用いたデータサイエンス支援システムについての紹介を行った。データサイエンスは、近年特に大きく注目されているが、

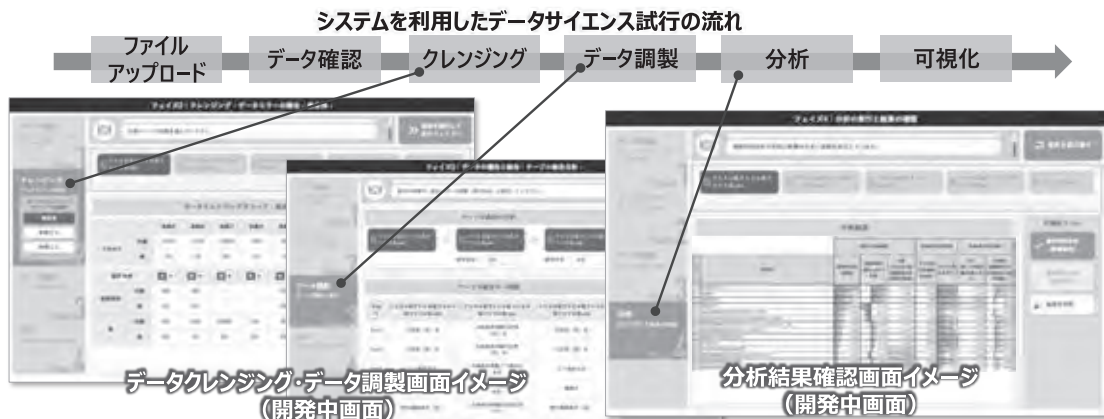


図-9 プロトタイプシステム利用の流れと開発中画面イメージ

冒頭でも述べたとおり，データサイエンティストの不足が課題となっている。データサイエンス実践の流れをより多くの人に理解してもらい，また，その分析結果の解釈までを理解し，業務とのつながりとして理解されることで，インフラ分野においてデータサイエンスを活用する機会が増えることを目指していきたい。

謝 辞

本研究開発の一部は，総務省 SCOPE #162103120, #181503004 の委託および，JSPS 科研費 JP00377847 の助成を受けたものである。



《参考文献》

- 1) The World Bank : World Development Report 1994 : Infrastructure for Development, Oxford University Press, 1994.
- 2) 杉崎光一, 家入正隆, 北原武嗣, 長山智則, 河村圭, 松田浩 : 維持管理のイノベーションのためのモニタリング実装方法に関する研究, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), 第 73 巻, 第 2 号, pp. II_17-II_32, 2017.
- 3) 貝戸 清之, 起塚 亮輔, 伊藤 哲男, 橋爪 謙治, 出口 宗浩 : 床版かぶりコンクリートの剥離・剥落発生リスクと最適点検政策, 土木学会論文集 F4 (建設マネジメント), 第 68 巻, 第 1 号, pp. 11-27, 2012.
- 4) 全 邦釘, 嶋本 ゆり, 大窪 和明, 三輪 知寛, 大賀 水田生 : ディープラーニングおよび Random Forest によるコンクリートのひび割れ自動検出手法, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), 第 73 巻, 第 2 号, pp. I_297-I_307, 2017.
- 5) Maeda Keisuke, Takahashi Sho, Ogawa Takahiro, Haseyama Miki : Distress classification of road structures via decision level fusion, 2016 IEEE International Conference on Digital Signal Processing (DSP2016), pp. 589-593, 2016.
- 6) 野村 泰稔, 村尾 彩希, 阪口 幸広, 古田 均 : 深層畳み込みニューラルネットワークに基づくコンクリート表面のひび割れ検出システム, 土木学会論文集 F6 (安全問題), 第 73 巻, 第 2 号, pp. I_189-I_198, 2017.
- 7) Koch Christian, Georgieva Kristina, Kasireddy Varun, Akinci Burcu, Fieguth Paul : A review on computer vision based defect detection and condition assessment of concrete and asphalt civil infrastructure, Advanced Engineering Informatics, 第 29 巻, 第 2 号, pp. 196-210, 2015.
- 8) Paar Gerhard, Caballo-Perucha Maria d P, Kontrus Heiner, Sidla Oliver : Optical crack following on tunnel surfaces, Optics East 2006, 第 6382 巻, 第 638207 号, pp. 1-8, 2006.
- 9) Yamaguchi Tomoyuki, Hashimoto Shuji : Fast crack detection method for large-size concrete surface images using percolation-based image processing, Machine Vision and Applications, 第 21 巻, 第 5 号, pp. 797-809, 2010.
- 10) Liu Zhiwei, Suandi Shahrel A, Ohashi Takeshi, Ejima Toshiaki : Tunnel crack detection and classification system based on image processing, Electronic Imaging 2002, pp. 145-152, 2002.
- 11) 皆川 勝, 佐藤 茂, 上谷 丈和 : 事例ベースを援用した知識洗練機能付診断エキスパートシステムの開発, 土木学会論文集, 第 595 号, pp. 67-76, 1998.
- 12) 有賀貴志, 矢吹信喜, 新井泰 : 変状データを含む開削トンネルのプロダクトモデルの構築, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. F3 (Civil Engineering Informatics), 第 68 巻, 第 1 号, pp. 58-70, 2012.
- 13) 吉田 郁政, 本城 勇介, 大竹 雄 : EM アルゴリズムを用いた劣化曲線群の同定法, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), 第 69 巻, 第 2 号, pp. 174-185, 2013.
- 14) 中津 功一郎, 古田 均, 野村 泰稔, 高橋 亨輔, 石橋 健, 三好 紀晶 : GA による実用化を目指した長期的な橋梁維持管理計画策定, 知能と情報, 第 23 巻, 第 4 号, pp. 469-479, 2011.
- 15) Conway Drew : THE DATA SCIENCE VENN DIAGRAM, 2010.
- 16) Fayyad Usama, Piatetsky-Shapiro Gregory, Smyth Padhraic : The KDD process for extracting useful knowledge from volumes of data, Communications of the ACM, 第 39 巻, 第 11 号, pp. 27-34, 1996.
- 17) Shearer Colin : The CRISP-DM model: the new blueprint for data mining, Journal of data warehousing, 第 5 巻, 第 4 号, pp. 13-22, 2000.
- 18) 東京大学大学院情報学環「情報技術によるインフラ高度化」社会連携講座 (第 2 期) : 社会連携講座の活動成果の概要 2014-2016, 2019.
- 19) Chuprina Svetlana, Alexandrov Vassil, Alexandrov Nia : Using ontology engineering methods to improve computer science and data science skills, Procedia Computer Science, 第 80 巻, pp. 1780-1790, 2016.
- 20) Panov Panče, Soldatova Larisa, Džeroski Sašo : Ontology of core data mining entities, Data Mining and Knowledge Discovery, 第 28 巻, 第 5-6 号, pp. 1222-1265, 2014.
- 21) 古崎晃司, 來村徳信, 佐野年伸, 本松慎一郎, 石川誠一, 溝口理一郎 : オントロジー構築・利用環境「法造」の開発と利用, 人工知能学会論文誌, 第 17 巻, 第 4 号, pp. 407-419, 2002.
- 22) Wakuda Yuki, Isobe Masayuki, Ishikawa Yusho : Data Science Support System for Infrastructure Maintenance on Cloud, 17th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering ICCCB 2018, 2018.

【筆者紹介】

湧田 雄基 (わくだ ゆうき)
北海道大学
数理・データサイエンス教育研究センター
特任准教授



阿部 真育 (あべ まいく)
北海道大学
数理・データサイエンス教育研究センター
特任助教



GNSS を活用した土木工事の生産性向上

高精度衛星測位の現状と都市土木への活用事例

岡 本 修

衛星測位は携帯電話をはじめ、多くのものに利用されている。ユーザは小型省電力な受信機を持つだけで、数 m ～数十 m の精度で測位できる。衛星測位には様々な測位法があるが、実時間に数 cm の高精度で測位できるリアルタイム・キネマティック法（以後、RTK 法）がある。1990 年代の導入当初は衛星数が少なく、利用環境に制限がある等の問題が多かったが、現在では我が国が管理運営する「みちびき」をはじめ、他の衛星システムの配備が進んだことで多衛星時代となり、その性能向上から新時代を迎えている。近年では、自動車等の自動運転への応用をターゲットにした高性能なローコスト受信機が複数登場している。本稿では、高精度 GNSS 測位の問題点と展望や測位性能を解説するとともに、生産性向上に寄与する都市土木への活用事例を紹介する。

キーワード：Multi-GNSS, RTK, low-cost, positioning

1. はじめに

今日では携帯電話をはじめ、カーナビゲーション、デジタルカメラ、腕時計など身の回りの多くのものに GNSS 測位が利用されている。ユーザは小型省電力な受信機を持つだけで、それらを運営管理する衛星システム全体を意識することなく、地球上のどこにいるのかを数 m ～数十 m の精度で測位することができる。

衛星測位には様々な測位法があり、受信機の種類により利用できる測位法が異なる。より高精度な測位が可能な測位法の一つとして、実時間に数 cm の高精度で測位できる RTK 法がある。この測位法に対応した受信機は、1994 年に日本に導入され、建設分野を中心に利用されてきた。工事測量をはじめ、地すべり計測や斜面崩壊の監視等の防災分野にも多く利用されている。導入当初、利用できる衛星システムは米国が管理運営する GPS のみで衛星数は多くなかったが、現在では日本独自の衛星測位システムであるみちびきをはじめ、他の衛星システムの配備が進んだことで複数の衛星システム（以後、マルチ GNSS）の利用による多衛星時代となった。近年では自動車や農機等の自動運転への応用や、これらをターゲットにした 5G（第 5 世代移動通信システム）における大手キャリアの新たな高精度測位サービス等が話題となっている。

本稿では高精度 GNSS 測位に焦点を当て、その問題点と展望および、最新のローコスト受信機の実力を

解説する。また、GNSS による生産性向上について、都市土木へ応用した地下埋設物可視化システムを紹介する。

2. 高精度 GNSS 測位の問題点

(1) 測位可能範囲の制限

GNSS 測位の普及を阻む問題の一つとして測位可能範囲の制限がある。高精度 GNSS 測位では同時に 5 つ以上の衛星を継続して受信する必要がある。しかし、複数衛星からの直接波を測距することで測位計算する GNSS 測位は、写真-1 のような構造物や木々が障害物となる環境において遮蔽やマルチパスの影響で測位に必要な衛星数を確保できない場合がある。現在、GPS 衛星は 31 機が利用可能（2019 年 7 月時点）



写真-1 衛星数の確保が厳しい測位環境

であり、上空が開けていれば7機～12機程度の衛星を受信可能であるが、高層ビルが建ち並ぶ都市部や木々に被われる山間部では、上空が見える範囲が大きく制限されるため、必要な衛星数を受信することさえ困難な場合がある。例えば1階建ての建造物が一つしかない環境であっても、建造物の壁際では上空が半分遮蔽され観測できる衛星数が大きく制限されるため、高精度GNSS測位が難しい。実際に利用したい環境で測位できない場所が多く存在するため、他の測量機器との併用といった対策が必要となる。

(2) 導入コスト

高精度GNSS測位は、携帯電話やカーナビゲーションで利用される一般的な受信機とは異なり、衛星から放送される信号を地上まで送り届ける搬送波の位相を観測できる受信機が必要となる。図—1に高精度衛星測位に必要なシステム構成の一例を示す。①基準局では座標値が既知の点に受信アンテナを三脚で固定して受信する。②得られる観測データは通信手段を介してリアルタイムに移動局へ送信する。③移動局では計測点で得られる観測データと合わせて解析し、移動局の位置を算出する。このように高精度GNSS測位では2台の受信機が必要となる。日本へ導入された1990年代当初は数千万円していた高精度GNSS受信機は、2000年代には数百万円程度となった。基準局で得られる観測データは、国土地理院が構築した電子基準点で得られる観測データを配信する商用サービスで代用できるが、月2万円程度の配信サービスを契約する必要がある。このように高精度GNSS測位の利用は高コストなことから普及の障害となっていた。

3. GNSS測位の展望

(1) 各国の衛星測位システムの発展

米国が管理運営するGPSは、1995年に全24機の

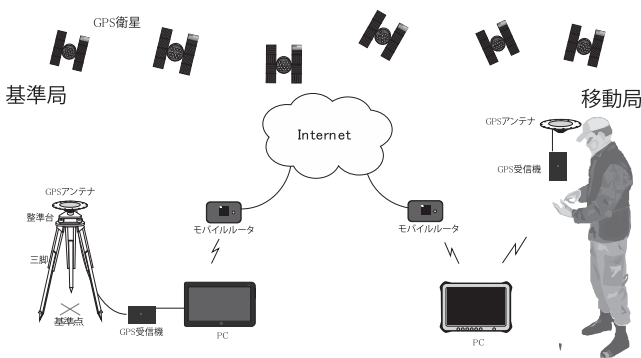
衛星配備が完了し正式運用が開始され、民生利用への無償開放が全世界にアナウンスされた。これまでGPSは一度もシステムダウンすることなく順調に運用され、現在31機(2019年7月時点)の衛星が利用可能となっている。GPSは、6つの軌道面に各4機が配置されており1日に地球を約2周する周回軌道に投入されている。地上からは、衛星が見える方向が時々刻々と変化し、異なる衛星が時刻により入れ替わりに観測される。

GLONASSはロシアが管理運営する衛星測位システムである。3つ軌道面に各8機が配置されており、現在24機(2019年7月時点)の衛星が利用可能である。GPSと違い、北極や南極を避けた周回軌道ではないため、北半球に位置する日本での利用は、GPSに比べて北側の衛星をより多く観測することができる。一時、経済状況の悪化から衛星を打ち上げできず、また短い衛星寿命の影響により数も減少して、一日中継続して利用することが困難な時期もあったが、現在では24時間利用可能となっている。GLONASSは衛星毎の放送周波数が異なるFDMA方式を採用していることから、基準局と移動局で異機種(他メーカー)の組合せとなる測位においてIFB(Inter Frequency Bias: GLONASS衛星毎のコードおよび位相で発生するバイアスで、後述する初期化の際に間違っただけに収束したり、収束できない問題を引き起こす)の問題を抱えている。GPSと同様のCDMA方式の衛星(GLONASS-K2衛星)への切り替えが予定されており2026年頃には切り替えが完了する計画となっている。

BeiDouは中国が管理運営する衛星測位システムである。静止衛星および8の字軌道と周回軌道の3つの軌道を組み合わせた衛星配備を進めており、現在33機(2019年7月時点)の衛星が利用可能となっている。日本では、静止衛星を中心に南西の上空に片寄り観測することができる。GPSと同様にCDMA方式であることから、IFBの問題を抱えるGLONASSに代えて利用するユーザーが増えつつある。

Galileoは欧州連合が管理運営する衛星測位システムである。30機の軌道周回衛星の衛星配備を進めているが、欧州の経済危機等により当初の計画よりも整備が遅れており、現在22機(2019年7月時点)の衛星が利用可能となっている。

今後、マルチGNSSを利用することで衛星数は飛躍的に増加する。図—2¹⁾に衛星数の推移を示す。2013年当時、GPSとGLONASSで54機であったが、BeiDouおよびGalileoの配備が進んだ数年後には100機以上の衛星数となった。衛星数の増加は、前述した



図—1 高精度測位のシステム構成の一例

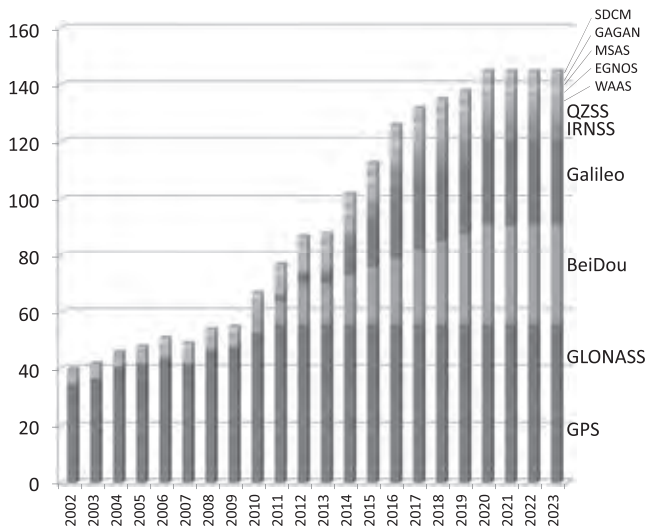


図-2 マルチ GNSS の衛星数の推移
(宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 小暮聡氏提供)

高精度 GNSS 測位の問題点を容易に解決できる。これは高精度衛星測位にとって、これまでにない大きな変革をもたらしている。

(2) みちびきによる補完・補強

我が国が管理運営する準天頂衛星システムとしてみちびきがある。みちびきには、補完と補強の2つの効果がある。

補完は、みちびき衛星を GPS 衛星の補完として利用することを指す。日本における米国の GPS 利用を補完するため、1つの衛星が仰角 70° 以上に8時間程度日本上空に留まるような8の字軌道を採用した。特に上空が制限される都市部での受信衛星数の増加が期待できる。現在、1～4号機が運用されており、将来的には7機体制を目指している。みちびきを受信することのメリットは、単に受信衛星数が増えることに留まらない。高精度 GNSS 測位では、測位計算をする際にメイン衛星を決めるが、メイン衛星の切り替えは高精度測位を維持することを妨げる場合がある。一般的に受信が途切れる可能性が少ない一番高い仰角の衛星をメイン衛星として選択するが、みちびきを受信できる場合、このメイン衛星をみちびき衛星のまま長時間受信し続けることができるメリットがある。近年、みちびき衛星の受信をサポートする高精度 GNSS 受信機が発売されている。

補強は、みちびき衛星から放送される補強信号を受信して、測位精度を改善することを指す。補強には、サブメータ級の補強信号サービスとなる SLAS (エスラス: Sub-meter Level Augmentation Service)、センチメータ級の補強信号サービスとなる CLAS (シーラ

ス: Centimeter Level Augmentation Service) の他、JAXA が開発する精密衛星軌道・クロック推定ソフトウェア MADOCA (マドカ: Multi-GNSS Advanced Demonstration tool for Orbit and Clock Analysis) により生成した補強信号を放送するサービスがあり、全て無料で利用できる。このうち、高精度衛星測位に関係する CLAS と MADOCA の補強信号サービスを説明する。

CLAS は、日本全土をサービス領域とした補強信号サービスで、2018年11月より正式運用を開始した。国土院が管理する電子基準点のデータを利用して衛星毎の軌道、クロック、バイアス誤差を推定することに加え、日本の地域毎(12地域)の電離圏、対流圏誤差を推定して補強信号を生成する。受信および測位計算には専用の受信機が必要となる。CLAS による測位方法は PPP-RTK 法と呼ばれ、受信機1台で高精度測位できることが特長となる。収束時間1分程度で水平方向 10 cm 程度(公称精度は水平方向 12 cm (95%値))となる測位精度が得られる。

MADOCA の補強信号サービスは、日本周辺の広範囲な海域において、受信機1台で高精度測位できる PPP 法と呼ばれる測位方法に必要な補強信号サービスである。みちびき 2～4号機から放送(2019年7月現在)される補強信号の受信および測位計算には、専用の受信機が必要となる。全世界に配置される 100局程度の GNSS 基準局網により推定した衛星毎の精密な軌道、クロック、バイアス誤差を利用する。収束時間 15～30分程度で水平方向 15cm 程度となる測位精度が得られる。

CLAS や MADOCA の補強信号サービスに対応した受信機は、今後順次発売される予定である。

(3) 高精度 GNSS 測位に対応する受信機のローコスト・小型省電力化

構造物や植栽といった障害物のある環境では、上空の見える範囲が制限されるため測位に影響がある。近年、GPS に加えて他の衛星システムを同時利用するマルチ GNSS に対応した受信機を利用して衛星数を確保することが一般的である。高精度 GNSS 測位法の一つである RTK 法では、搬送波の位相を受信できる受信機が必要となる。受信機は、衛星から放送される2つ以上の周波数の受信が可能なマルチバンド受信機と、1つの周波数の受信のみのシングルバンド受信機に大別される。高精度 GNSS 測位で一般的に利用されるマルチバンド受信機は、出荷台数が少なく開発費もかかるためシングルバンド受信機に比べて非常に

高価となる。

RTK法は、測位結果の解の種類としてFloat解とFix解がある。それぞれの水平方向の精度は、Float解で数m～20cm程度、Fix解で数cmとなり、常にFix解である数cmの精度が得られる訳ではない。測位開始時はFloat解であり、収束計算を経てFix解へ移行する。この移行の過程を初期化と言う。初期化には、周囲に障害物がなく上空が開けている理想的な環境で20秒程度かかる。周囲の障害物により受信できる衛星数が少ない場合、初期化に時間がかかり、条件によっては初期化できない場合がある。また、一度初期化が完了しても受信する衛星数が4機未満となる場合や高架下の通過による瞬断等でもFloat解に戻り、再初期化が必要となる。

マルチバンド受信機は高価格である反面、Fixまでの収束を短時間に完了できる。シングルバンド受信機はローコストである反面、Fixまでの収束に時間がかかり、GPSのみに対応した受信機では初期化に10分以上かかるため、RTK法では実用できる性能を有していなかった。しかし、他の衛星システムを同時受信できるマルチGNSS受信機を利用することで衛星数を多く確保できるようになったため、ローコストなシングルバンド受信機であっても30秒から数分の収束時間でFixできるようになった。

ここ数年、自動車等の自動運転をターゲットにしたマルチバンド受信機の登場でコストダウンが進み、数十万円から販売され注目されている。そこで次章では、このローコスト・マルチバンド受信機の測位性能を紹介する。

4. ローコスト・マルチバンド受信機の測位性能

ローコスト・マルチバンド受信機として注目されるu-blox社のF9Pの測位性能を評価する。測位性能を評価するに当たり、ローコスト・シングルバンド受信機となるM8Tを比較対象とした。F9Pは受信機に搭載される測位エンジンによる測位計算を行った。M8Tは、RTK測位エンジンを搭載しておらず、測位計算プログラムパッケージRTKLIB²⁾を利用してRTK測位計算をしたため、以後はM8+RTKLIBと表記する。実験は、同一アンテナを信号分配して、2機種で同時に測位させて比較評価する。衛星測位が苦手とする遮蔽が厳しくマルチパスが懸念される測位環境で評価した。



写真-2 スライドレールの設置状況

(1) 構造物周辺におけるスライドレール

アンテナを搭載した台車を2.5m程度の直線軌道上で往復移動させて、測位結果の再現性から移動体の測位精度を評価する。マルチパスの影響が懸念される写真-2のような構造物周辺において、台車上のアンテナを2.5mの直線軌道を片道10秒(時速約1km)で移動する。端で10秒静止と移動を繰り返す24往復する実験となる。測位結果の軌跡のブレ幅から移動体の測位精度を評価する。

図-3に水平方向の測位結果(移動軌跡)を示す。F9Pのぶれ幅は、最大最小範囲で23mmとなった。同時に実験したM8+RTKLIBでは、Fix解を維持できず、ぶれ幅は40mm以上になる。また、スライドレールの実験中は一度もFloat解に落ちることは無かった。実験の準備を通してF9Pを観察したが、初期化が早くFloat解を見ることがほとんど無かった。

(2) 構造物周囲を周回するときのFix維持性能

写真-3の平屋の構造物周囲を周回する際のFix解の維持性能を評価する。この実験では、測位精度を比較するのではなく、遮蔽やマルチパスの影響が懸念される厳しいルートを徒歩で移動する中、測位精度数cmの指標となるFix解のフラグをどの程度維持できるのかを評価する。また、Float解に落ちてもすぐにFix解に復帰できるのかを比較する。

この実験では写真-4のように、できる限り構造物の壁に接して歩き、軒下に入り込むようにして移動するルートを設定した。軒下に入るルートでは、天頂さえも遮蔽される環境となり、受信衛星数が大きく減る。構造物西側では隣接する3階建て構造物と植栽の影響を強く受ける。また、構造物の南側では北側が完全に遮蔽され、構造物の北側では南側が完全に遮蔽さ

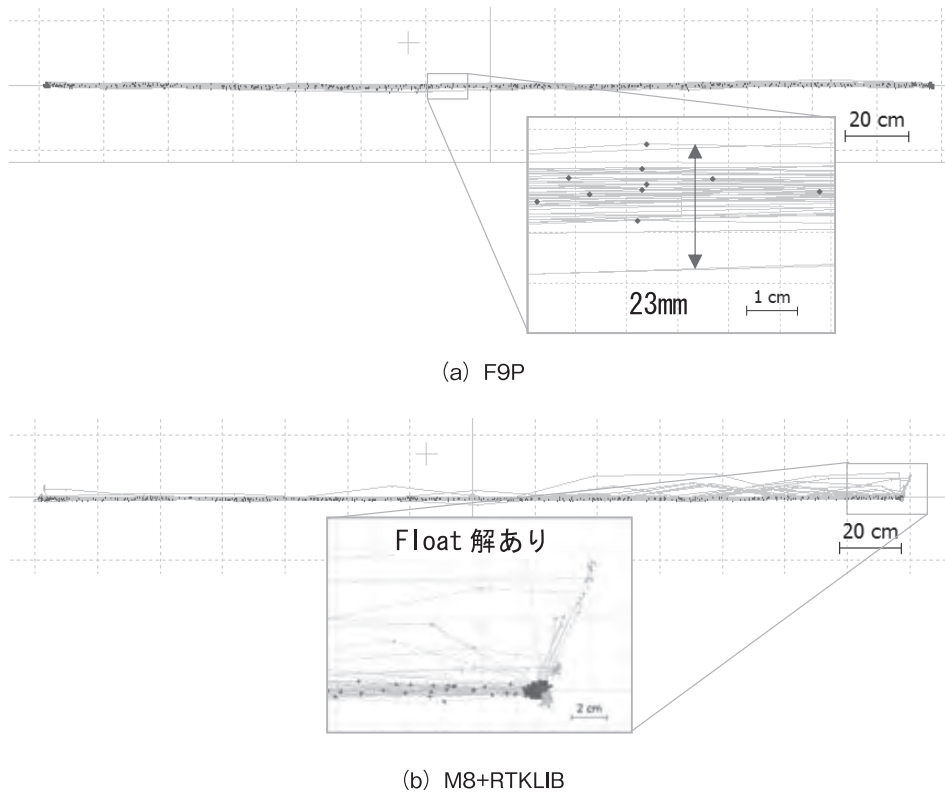


図-3 スライドレール往復時の水平方向の測位結果の軌跡 (24 往復)

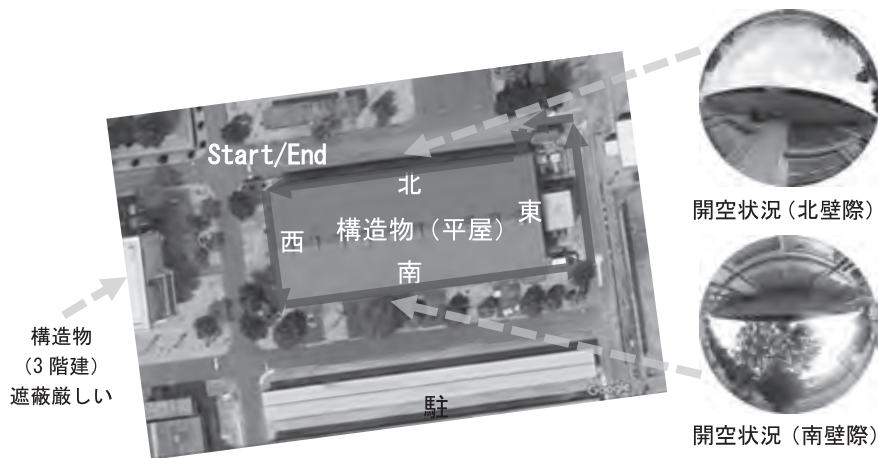


写真-3 実習工場周囲の状況

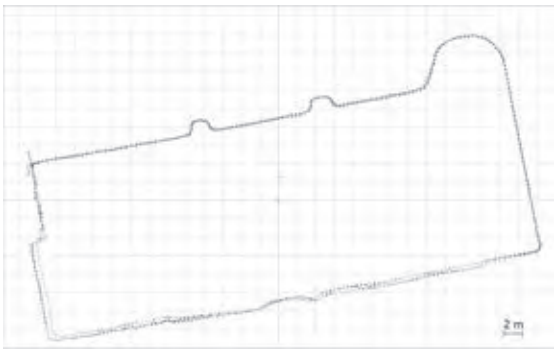


写真-4 実習工場周囲の状況 (軒下)

れる。Float 解に落ちた際、一般的には著しく測位精度が落ちて測位結果が暴れるが、この暴れ具合も評価する。

図-4 に F9P と M8+RTKLIB の 3 周分の水平方向の測位結果 (移動軌跡) を示す。F9P は、北側と東側で Fix 解を維持できている一方、西側と南側で Fix 解を維持できず、Float 解に落ちている。M8+RTKLIB は、東側で 3 周のうち 1 周で Fix 解が得られたものの、その他の全域で Fix 解がほぼ得られず、Float 解はルートが大きく逸脱しており、どこを歩行したのか判断できない測位結果となった。

M8+RTKLIB の測位結果では、歩行したルートを



(a) F9P



(b) M8+RTKLIB

図一四 実習工場周囲における Fix 解の維持状況

判断できない結果になるが、この受信機が劣っている訳ではなく、これまでの一般的な RTK 受信機の多くでは同様の結果になることが予想される。設定したルートは、衛星測位が困難な測位環境であるが、F9P はこのような測位環境でも高い Fix 率で歩行ルートをプロットできた。Float 解に落ちた場合でも、ルートを大きく逸脱することなく軌跡をつないでいる。F9P は、ジャイロや加速度センサを搭載せずにこの性能を得ているが、これは受信する搬送波ドップラー値のうち、品質の高い衛星のみを選択し、受信衛星が数個になっても位置を推測していると考えられる。この位置推定を高精度に行うことで、Float 解に落ちた区間をスムーズにつないでいる。

(3) 森林中における測位

衛星測位が苦手とする森林中における測位結果を評価する。森林の中では、観測衛星数の不足やマルチパスの影響により、数十 m 以上の大きな測位値の飛びが頻繁に生じるため、正確に測位することが難しい。

写真一五に森林中の環境を示す。約 5 m 程度の間

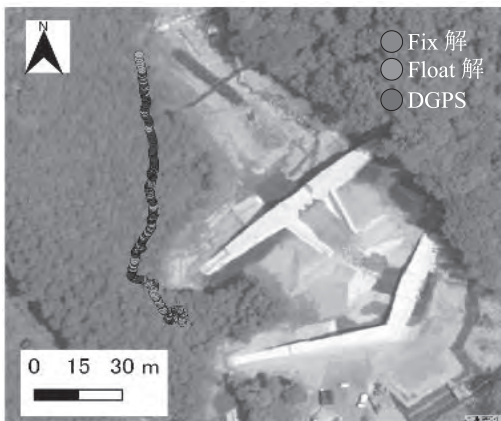


(a) 上空の様子

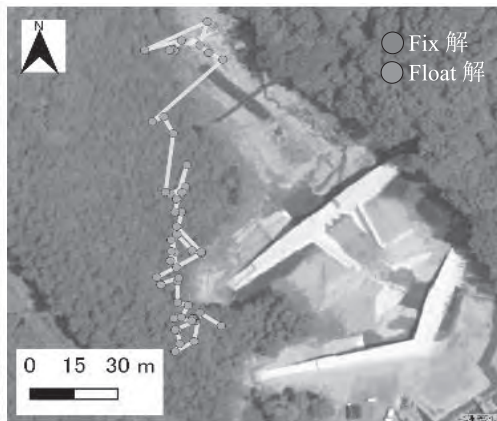


(b) 周囲の環境

写真一五 森林中の環境



(a) F9P



(b) M8+RTKLIB

図一五 森林の中を移動した際の測位結果（地理院タイルを使用）

隔で植林され、胸高直径が約 20 ~ 30 cm に成長した杉林で、上空の開空率も少ない環境である。図—5 に森林の中を移動した際の測位結果の一部を示す。M8 + RTKLIB の結果では、Fix 解が 8% で Float 解が 92% となった。10 m 以上の測位値の飛びが多く、30m 以上の飛びも見られることから、どこを移動したのか判断がつかない。F9P の測位結果は、Fix 解が 1%、Float 解が 60%、DGPS 解が 38% で、測位値の大きな飛びが見られない結果が得られた。F9P は、上空を樹木に覆われている森の中の環境でも測位値の飛びが生じず、別の検証実験から森の中でも最大 5 m 程度の誤差で測位できることがわかった。これも前述のように、品質の高いドップラー値を選択して位置を推測していると考えられる。

5. 生産性向上の応用事例

(1) 地下埋設物可視化システム開発の背景

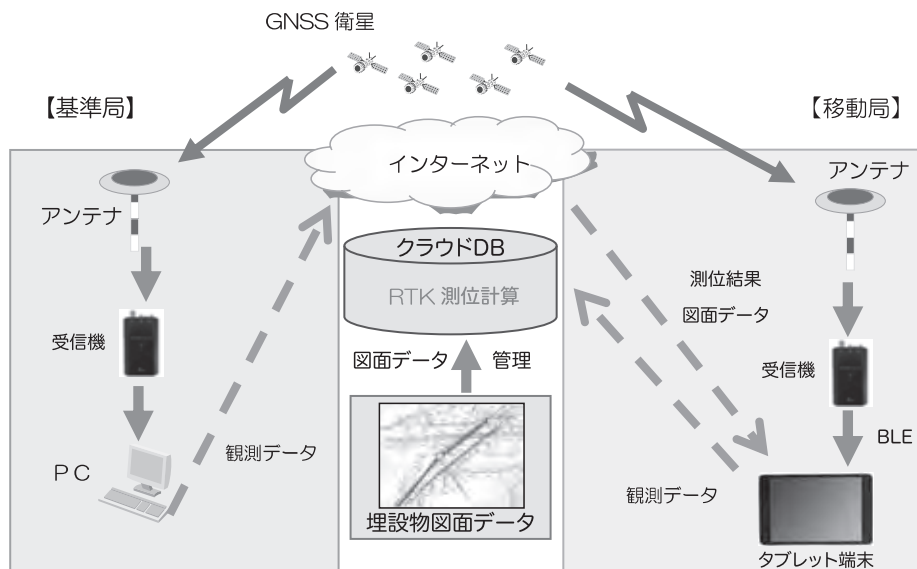
都市部における地下埋設物は、都市の近代化や人口集中に伴って多様化し、上下水道管やガス管、送電線、通信ケーブル等が複雑に入り組んでいる。開削工事や立坑工事等の地下掘削を行う工事では、埋設されたライフラインを損傷しないように、関係者全員が事前にそれらの位置関係を共有することが重要になる。地上から見ることでできない埋設物の情報を共有するには、現地に看板やスプレーで位置を表示することが一般的である。また、地下掘削をする際は、現地にて埋設物毎の複数の紙図面を広げ、地下埋設物の位置を確認する。現在、建設工事では 1 工区当たりの規模が拡大していることから、膨大な紙図面を両脇に抱え、現

場を走りまわることになる。このようなことから、見落とし等のミスで地下埋設物を傷つける事故が懸念される。そこで、衛星測位技術を利用して、タブレット端末で誰でも簡単に地下埋設物を精度よく可視化できる地下埋設物可視化システムを開発した。

(2) システムの概要

地下埋設物可視化システム（以下、本システム）は、タブレット端末内蔵のカメラで写している風景画像に、埋設物の図面を重ねて投影する AR で埋設物の存在や位置を可視化するシステムである。図—6 にシステムの機器構成と通信イメージを示す。本システムは、基準局および移動局の受信機等とインターネット上のクラウドサーバで構成される。現場事務所に設けた基準局の PC と、移動局のタブレット端末はインターネット回線で常時接続され、常に最新の観測データがクラウドサーバに送られる。クラウドサーバ上では、RTK 測位計算した結果をタブレット端末に送る。写真—6 に移動局となる操作者の装備を示す。受信機とタブレット端末は無線通信であり、GNSS アンテナと受信機はヘルメットに直接装着することも想定して小型軽量タイプとした。アンテナはヘルメットに取り付けるため、使用者は負担を感じることなく利用できる。

現場への適用では、事前に埋設物の図面データの登録が必要となる。現場では、まず電子化されていない紙ベースの図面を CAD データに変換し、図面に座標値を埋め込んだ後、クラウドサーバのデータベースに登録する。埋設物の図面データの更新は、クラウドサーバ上のデータを更新する。



図—6 システムの機器構成と通信イメージ



写真一六 操作者の装備

(3) 現場への適用と実用性の評価

本格運用に先立ち、施工中の道路新設工事において試行した。現場は都市部住宅街に位置しており多数の地下埋設物が存在することから、本システムの実用性の確認に最適である。この工事は、道路新設に当たり開削工法およびシールド工法により構築するものである。道路延長は約 1.6 km におよぶ大規模なもので、市街住宅地に位置することから多数の埋設物が縦走する。

現場における操作と実用性の評価結果を説明する。まず、移動局の使用者は、タブレット端末と GNSS アンテナ、受信機を携行して現場に向かう。地下埋設物の近傍に近づくと、周辺に存在する埋設物の対象図面リストが画面に自動表示される。使用者が利用したい図面を選択すると、図一七のように使用者がいる位置に応じた当該図面がタブレット端末に自動ダウンロードされ、図面上に自己位置が表示される。

続いてタブレット端末の内蔵カメラにより掘削工事を行う地表面を眺めると、写真一七のように直下に敷設された埋設物のラインが浮き上がるように地表面の映像上に投影される。端末を使用する位置や保持する角度等に応じて、地表面のライブ画像に埋設物の敷



図一七 タブレット端末の表示画面（埋設物図面）



写真一七 タブレット端末の表示画面（カメラ画像に埋設物図面を投影）

設ラインが自動的に追従して表示されるため、使い勝手が良く誰にでも手軽に操作できることを確認した。本システムを適用することにより事故防止の効果は高く、生産性の向上が図られた³⁾。これまでに9現場で運用されている。

6. おわりに

本稿では、高精度 GNSS 測位の問題点と展望および、ローコスト受信機の測位性能を解説した。また、GNSS 測位の生産性向上の応用事例として、地下埋設物可視化システムを紹介した。

近年のローコスト受信機の性能向上は凄まじい。建設業では、高精度 GNSS 測位を利用する多くのユーザが、2010 年頃までに導入した GPS/GLONASS 受信機を利用しているが、近年のマルチ GNSS による衛星数の増加やローコスト化は、受信機のコストパフォーマンスを著しく引き上げている。是非、新時代のローコスト・マルチバンド受信機を体験して欲しい。

JICMA

【参考文献】

- 1) 小暮聡：“アジア・オセアニア地域におけるマルチ GNSS の状況”，第 5 回 QZSS ユーザーミーティング発表資料，〈http://qz-vision.jaxa.jp/USE/is-qzss/usermeeting_report_05.html〉(2010)
- 2) 高須知二，久保信明，安田明生：“RTK-GPS 用プログラムライブラリ RTKLIB の開発・評価および応用”，日本航海学会 GPS/GNSS Symposium 2007 text, pp.213-218 (2007)
- 3) 三木浩，岡本修，西原邦治：“GNSS を活用した AR 技術「地下埋設物可視化システム」”，アーバンインフラ・テクノロジー推進会議第 29 回技術研究発表会，〈http://qz-vision.jaxa.jp/USE/is-qzss/usermeeting_report_05.html〉(2017)

【筆者紹介】

岡本 修（おかもと おさむ）
 (独)国立高等専門学校機構 茨城工業高等専門学校
 国際創造工学科 機械・制御系
 教授



建設工事へのプレキャスト製品活用の現状

伊達 重之

建設業界は長い低迷期から復調傾向にある。一方、他の業界に比べて「高齢化」、「若手労働者不足」という課題に直面している。残念ながら、この傾向はますます深刻になると予想されている。これに対して、国土交通省は2015年にi-Construction委員会を立ち上げ、生産性向上と魅力のある建設業への変革を推進している。その活動の柱の一つがプレキャスト製品の有効活用である。そこで、建設工事におけるプレキャスト製品の活用の現状について、2019年6月に施工者および生産者それぞれにアンケートやヒアリングを行った。その結果に基づき、導入背景や目的、効果などを紹介するとともに、今後の活用推進に向けての課題、取り組み状況等についてまとめた。

キーワード：プレキャスト製品, 生産性, 施工, i-Construction

1. はじめに

「建設業界の将来が不安だ」

筆者がこんな声を聞くようになって久しい。半分冗談かもしれないが、「日本の建設業は絶滅危惧種」との声も一部ではあるようだ¹⁾。少し古いデータであるが、図-1に公共投資の推移と建設業従事者の推移

に関する国土交通省の統計データを示す²⁾。公共投資は1992年頃を境に徐々に減り続け、そして、かつての民主党政権の際、「コンクリートから人へ」を合言葉に公共投資がまるで「よからぬこと」のような位置づけをされ、結果、ますます建設業界が冷え込んだのは読者の方々もまだ記憶に新しいのではないだろうか。しかしながら、近年、震災復興、東京オリッ

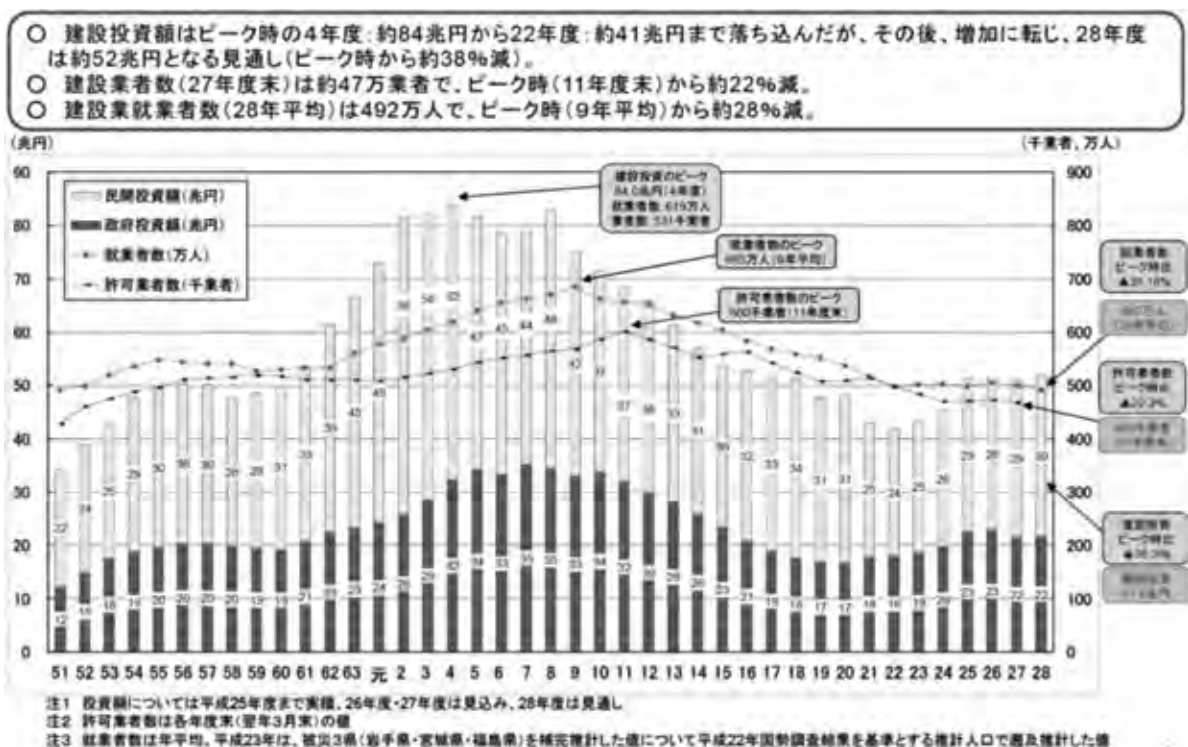


図-1 公共投資と建設業従事者の推移¹⁾

ク、中央リニア新幹線など、大きなプロジェクトが続き、建設業界の業績も改善しているのはご存知の通りである。財政的な不安が軽減された後、昨今、耳目を集めているのは「少子高齢化による建設労働従事者(特に熟練労働者)の不足」という問題、いや、大問題である。

建設業従事者は55歳以上3割超で、29歳以下の若い労働者は1割程度であり、他の業界に比べて、「高齢化」、「若手労働者不足」という傾向にある。今後の推計では、2014年時点に較べて2025年では労働者人口が130万人程度離職すると予想されている³⁾。これに対して、国土交通省は2015年にi-Construction委員会を立ち上げ、生産性向上と魅力のある建設業への変革を推進している。その活動の柱の一つである「コンクリート工の規格の標準化等」の中でプレキャスト製品の有効活用が目ざされている。

現場打ちコンクリートにくらべて安定した品質であるプレキャスト製品は、工期短縮に有効であるのは周知であるが、“値段が高い”などの理由でこれまでは利用の拡大には至っていない。セメント消費量から見るプレキャスト製品の国内シェアはセメントの生産量

にかかわらず13～15%程度で推移しており(図-2参照)、海外の統計(欧州では25～50%)と比較しても決して高い数字ではない。しかしながら、前述のとおり、建設工事の生産性向上は喫緊の課題であり、今後はプレキャスト製品の活用が増加することが予想される。これに呼応するように、現在学協会による様々な活動が行われている(表-1参照)。

そこで本稿では、建設工事におけるプレキャスト製品の活用の現状と課題について報告する。

2. 建設工事におけるプレキャスト製品活用事例

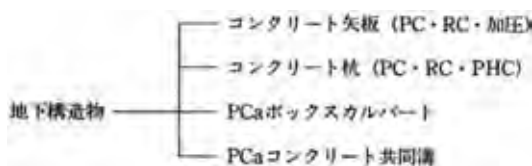
建設工事におけるプレキャスト化の対象としては、橋梁を代表とする公共の土木構造物が多数を占める。これらは耐用年数が100年程度を要求されるため、高い耐久性が求められるだけでなく、経済性、安全性、機能性、環境保全、景観への配慮などの社会定期要求を満たす必要がある。加えて、需要対象が限定されていることから、他の産業と比較して競争原理が働きにくい側面もある⁴⁾。そのような土木構造物において、



図-2 セメントの国内販売高に占める製品化率の推移 (セメント協会統計値より作成)

表-1 産・官・学によるプレキャスト製品利用拡大へ向けた活動

団体名	活動内容
土木学会コンクリート委員会／生産性および品質の向上のためのコンクリート構造物の設計・施工研究小委員会	コンクリート工事の生産性向上に向けたプレキャスト製品の有効活用方法の提案 (2016年活動終了)
土木学会コンクリート委員会／プレキャストコンクリート工法の設計施工・維持管理に関する研究小委員会	コンクリート工へのプレキャストの活用推進にむけて、工法、維持管理方法を提案
(一社) 道路プレキャスト製品技術協会	道路プレキャスト工指針の策定
(一社) 全国コンクリート製品協会	i-Construction 対応ワーキンググループによる活用推進方法の立案
(一社) 次世代プレキャスト施工技術研究会	現場打ちコンクリートとの各種性能比較データの蓄積
国土交通省：コンクリート生産性向上検討協議会	コンクリート工の生産性向上を進めるため、一部でプレキャスト製品の有効活用方法を検討

図-3 橋梁構造物のプレキャスト化の分類⁴⁾図-4 地下構造物のプレキャスト化の分類⁴⁾

プレキャスト化の事例が比較的多いと推察される構造物に対するプレキャスト化の分類を図-3, 4に示す。

(1) 建設工事への適用事例に関するアンケート結果

今般、代表的な国内の主なプレキャストメーカーならびに施工者を対象にプレキャスト製品活用事例に関する以下のようなアンケート調査（2019年6月実施）を行った。

1. 建設工事へのプレキャスト製品の活用の事例
 - 1.1 対象工事・構造物
 - 1.2 対象製品（製品名、商品名等）
 - 1.3 当該製品導入のメリット・目的
 - 1.4 メリットを享受するための製品の材料・構造的特徴
 - 1.5 当該製品の概算量（ton, もしくはm³）
 - 1.6 当該製品の今後の需要動向、納入予定など
 - 1.7 当該製品の品質や性能の改善に関する今後の予定
 - 1.8 その他特筆すべき情報
2. プレキャスト製品の生産性／トレーサビリティの向上
 - 2.1 対象製品
 - 2.2 生産性／トレーサビリティの向上のための具体的手法

得られた回答の中から一部を抜粋して、「建設工事へのプレキャスト製品の活用の事例」については表-

2（その1～2, 各1/2～2/2）および表-3（1/2～2/2）にまとめる。また、プレキャスト製品メーカーにおける生産性／トレーサビリティの向上については表-4にまとめる

(a) 製品活用事例について

この結果、メーカー、施工者ともに、プレキャスト化の目的・効果の多くは「工期短縮／省人化」であった。天候に作業工程が左右されにくく、他の作業工程と同時並行ができるため、現場打ちに比べておむね工期が半減となる点が導入を後押ししているようである。工期短縮を可能とするのは「足場・支保工の削減」が大きい。これらの作業には人／モノの落下事故などのリスクを伴うため、プレキャスト化による安全性の向上も大きなメリットとして挙げられている。

また、「高強度／高耐久」という点もメリットとして挙げられている。一方、プレキャスト製品は1日1サイクル製造もしくは1日2サイクルで生産するのが一般的である。よって配合設計は部材の設計基準強度ではなく、脱型強度に支配される場合が多い。その結果、現場打ちに比べて単位結合材料が多い、高強度な配合になりがちである。ゆえに、生産上の都合で高強度な部材となっているともいえる。さらには、“現場打ちよりもひび割れのリスクがない”という声もあった。

中には、建築技術を土木工事に転用した工法もあり、すでにその成果が指針にまとめられており⁵⁾、今後の普及に期待される。

図-5にアンケート結果に基づく、プレキャスト活用の効果とメリットをまとめる。

(b) プレキャスト製品の生産性／トレーサビリティについて

アンケートの結果、あまり回答件数は多くなく、回答内容はおおむね「ICTもしくはコンピューターを活用した生産性向上」であった。しかも、すべてのメーカーで、「検討中」、もしくは「試験運用中」であり、現時点でICT導入の果実をすでに得ているメーカーはなかった。今後の発展に期待したい。今回のアンケートで、本件に関する回答が少なかったのは、“日常的に行っている生産性向上の活動をわざわざアンケートに答えてアピールするほどでもない”と思慮されたものと推察する。かつて製品業界に身を置いた筆者としては、決して「メーカーは生産性向上に向けてたいして努力をしていない」のではないということを補足したい、事実、2016年に行った別のテーマでのアンケート結果⁶⁾では、各社様々な手法で生産性向上に取り組んでおり、今後の研究開発投資、生産設備投資いずれにおいても意欲的である（図-6, 7参照）。

表一-2 建設工事の生産性向上に向けたプレキャストメーカーの取り組みの現状 (その1:1/2)

	対象工事・構造物	対象製品 (商品名等)	当該製品導入の 主なメリット・目的	製品の材料・構造的特徴
日本コンクリート工業	主に自立式壁体構造物が対象 道路擁壁、河川護岸、橋台基礎、調整池側壁、掘削道路側壁、造成地擁壁、ボックス構造物側壁、スノーシェッド・ロックシェッド側壁、防潮堤、振動抑制	PC-壁体	<ul style="list-style-type: none"> ・大規模仮設が不要 (工期短縮) ・高い壁高に対応可能 ・背面地山を乱すことなく施工が可能で既設構造物への影響が少ない ・工事の振動を抑制 	遠心締固め方式により成形された円形の中空部を有する角型断面のプレストレストコンクリート製品を、クローラ式杭打機を用いて、連続施工することにより仮設不要の自立式壁体構造物を短工期で構築することが可能
ヤマウ	函渠	FA ボックス	<ul style="list-style-type: none"> ・工期短縮と省人化 ・斜角 60° 以上に対応可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・頂版、側壁を分割構造することで、単純な形状、構造が可能となり、斜角への対応が容易 ・分割製品であるため運搬が容易 ・現場作業の機械化が容易
丸治コンクリート工業所	岸壁における鋼管矢板上部工の残存型枠	ハンガー式ヤジロベアー工法	施工時の波や風の影響に対する耐久性の向上、施工性の向上、工期短縮	現場打ちに比べて富配合
	擁壁上部の車両用剛性防護柵	剛性防護柵	工期短縮、構造物の耐久性向上	
昭和コンクリート工業	<ul style="list-style-type: none"> ・道路土構造工事 ・橋梁構造物 ・地下構造物、鉄道構造物 	<ul style="list-style-type: none"> ・カルバート ・擁壁 ・水路 ・床版 ・PC-JIS 桁 	<ul style="list-style-type: none"> ・工期短縮 ・耐久性、メンテナンス性の向上 	<ul style="list-style-type: none"> ・製品の高耐久化を目的に高炉スラグ微粉末を使用 ・設計上不利とならない位置で分割し機械式継手等を用いて現場で接合
オリエンタル白石	道路橋床版	SLJ スラブ	<ul style="list-style-type: none"> ・工期短縮 ・製品重量の軽減 	接合部にエンドバンド鉄筋を用いることで、床版厚を薄肉化

表一-2 建設工事の生産性向上に向けたプレキャストメーカーの取り組みの現状 (その1:2/2)

	当該製品の概算量 (ton, もしくは m ³)	当該製品の今後の 需要動向, 納入予定	当該製品の品質や性能の 改善に関する今後の予定	備考
日本コンクリート工業	部材幅 □400 mm~□900 mm 部材長 5~15 m(1 m ピッチ、 継杭可能) 部材質量 □400:0.26 ton/m, □900:1.17 ton/m	新たに防潮堤、放水路側壁などの採用事例も増加しており、工法開発により施工可能範囲の拡大が可能となり需要は増加傾向にある	<ul style="list-style-type: none"> ・目地部処理方法の改善 ・長方形断面の拡充 ・高剛性による高い壁高への対応 ・アンカー併用による変位の抑制 	PC-壁体はおよそ半世紀に渡って、施工方法や製品の研究・開発、使用用途の拡大等を重ね約 670 件の実績を有する
丸治コンクリート工業所	現場ごとに対応	需要は増加傾向にある	現場に応じた品質、性能、要求項目が異なるため、協議し対応	
ヤマウ	側壁総重量 414 t 頂版総重量 175 t	路や河川等で施工される内空幅 5 m 以上の大型ボックスカルバートは経済面から橋梁の代替として採用され、需要は増加傾向	頂版のプレストレス構造をポストテンション工法からプレテンション工法に換え、さらなる軽量化を図る	FA 工業会 HP http://fabox.jp/
昭和コンクリート工業	一部材概ね 25 t 程度 複数の部材を接合して一つの構造物としたときの重量は最大で 100 t 程度	3 連 (眼鏡形状) 分割ボックス、頂版分割スーパーワイドボックス今年度納入予定	製品の軽量化	
オリエンタル白石	0.44 ton/m ² 程度 (RC 床版 0.54 ~ 0.61 ton/m ²)	道路橋の RC 床版のリニューアル工事に多く採用	耐久性の向上を目的として、エンドバンド継手のエポキシ樹脂塗装仕様やコンクリートに高炉スラグ微粉末や高炉スラグ細骨材を用いた開発も検討中	<ul style="list-style-type: none"> ・特許: 特許第 5337122 号 ・NETIS 登録: KT-070081-VE

表一 2 建設工事の生産性向上に向けたプレキャストメーカーの取り組みの現状 (その2: 1/2)

	対象工事・構造物	対象製品 (商品名等)	当該製品導入の 主なメリット・目的	製品の材料・構造的特徴
東栄コンクリート工業	・L型擁壁 ・道路排水工事	・ゴールコン ・シールコン	・工期短縮/省人化 ・冬季施工における品質の確保	・高強度(富配合)コンクリート ・大型製品の分割化
安部日鋼工業	RC造高層住宅	・柱 ・大梁、小梁	・工期短縮/省人化 ・構造躯体の品質確保	柱・梁の主筋の継手
トヨタ T&S 建設	住宅を主とした建築物全般	建築物に設ける構造体または壁、床板	・工期短縮 ・製品の品質および均質性の向上	同種同形状の大量生産
鶴見コンクリート	雨水矩形きよの老朽化対策	RPC工法	・供用中の構造物の改修が可能 ・施工時間が短い ・高耐久化が可能	・平行四辺形の製品形状 ・高耐久被覆を設置
	地下式雨水調整池	プレキャスト式雨水地下貯留施設	・高耐久 ・工期短縮/省人化 ・施工時に資材搬入が少ない等、周辺地域への影響緩和、作業環境の改善	壁式多連型の構造物を構築できるため、平面的な制限がなく敷設可能範囲に無駄なく配置が可能
	河川を横断する橋梁への逆台形ボックスカルバート	T-RAZOボックスカルバート	・コスト縮減 ・工期短縮	逆台形形状のため河川護岸と形状が合致し、ボックス形状と比較して土工の軽減が可能となり、河川側道封鎖が不要
共和コンクリート工業	・海岸・港湾整備製品 ・道路プレキャスト製品	・ロックブロック ・残置ブロック ・波返し ・斜角門型カルバート	・工期短縮 ・高耐久性 ・大がかりな工事作業車(重機)等が不要	・高強度(富配合)コンクリート ・膨張材活用によるひび割れリスク低減

表一 2 建設工事の生産性向上に向けたプレキャストメーカーの取り組みの現状 (その2: 2/2)

	当該製品の概算量 (ton, もしくは m ³)	当該製品の今後の 需要動向, 納入予定	当該製品の品質や性能の 改善に関する今後の予定	備考
東栄コンクリート工業	対象案件ごと	引き合いが多く、需要増を見込む	部材厚増大に伴うひび割れリスク回避のための製造条件の検討	
安部日鋼工業	・柱: 1,971 m ³ ・大梁: 3,769 m ³	鉄筋工、型枠工の作業員が不足しており、柱梁のプレキャスト化が進められているため需要増も見込まれる		
トヨタ T&S 建設	対象案件ごと	職人不足により需要拡大傾向	BIMを活用した生産性向上	
鶴見コンクリート	対象案件ごと	下水道管きよの老朽化対策は逼迫している問題であり今後の需要は、拡大傾向	汚水による硫化水素等の負荷がかかる場合などコンクリートのさらなる高耐久化が必要	http://www.spr.gr.jp/rpc.html
	対象案件ごと	近年の都市部におけるゲリラ降雨による雨水抑制対策は、逼迫する問題であるため、今後の需要は拡大傾向	コンクリートのさらなる高耐久化	https://tyoryuukyou.jp/
	対象案件ごと	施工範囲が大きく取れない中小規模の橋梁の架け替えが多数あり今後の需要は拡大傾向	大型断面の場合上下二分割になる接合面に対する好適な機械式鉄筋継手の選定	http://tsuru-con.jp/pdf/t-razo.pdf
共和コンクリート工業	対象案件ごと	海岸構造物はインフラ整備や災害対策の観点から、今後需要が見込まれている	構造物・コンクリート配合面からさらなる遮塩性の向上を図る	https://www.kyowa-concrete.co.jp/02_products.html

表一三 建設工事の生産性向上に向けたゼネコンの取り組みの現状 (1/2)

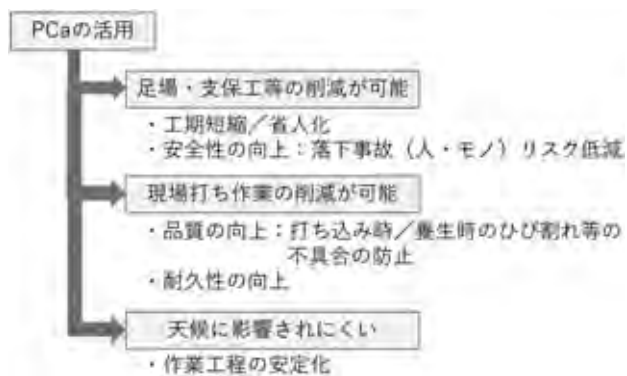
	対象工事・構造物	対象製品 (商品名等)	当該製品導入の 主なメリット・目的	製品の材料・構造的特徴
熊谷組	橋梁床版取替工事	橋梁用コッター床版 (プレキャスト PC 床版)	<ul style="list-style-type: none"> ・工期短縮／省人化 (いずれも従来工法の半分) ・熟練工不要 ・品質向上 (現場打ち部分を大幅に削減し, 99%をプレキャスト化) ・取替性向上 (将来の部分的な取替も可能) 	床版の継手部を機械式継手であるコッター式継手とした
日本国土開発	調整池工 - 流末水路工	ボックスカルバート	<ul style="list-style-type: none"> ・工期短縮 ・土工事との同時作業化 	上載荷重を考慮し, 空断面を維持したまま頂版部の肉厚を大幅増加 (190 → 300)
3H工法研究会	橋梁下部工	3H パネル (3H 工法で使用, 帯鉄筋内蔵型プレキャスト製埋設型枠)	<ul style="list-style-type: none"> ・工期短縮／省人化 ・品質向上 (初期欠陥を無くす) ・耐久性向上 (LCC の削減) ・高所作業の削減による安全性向上 	<ul style="list-style-type: none"> ・昇降式移動型枠による施工 ・帯鉄筋を内蔵
大林組	鉄道ラーメン高架橋	LRV 工法	工期短縮／省人化	<ul style="list-style-type: none"> ・柱梁接合部をプレキャスト化していることが特長 ・鉄筋はすべてモルタルスリーブ接手によって接合
東急建設	鉄道ラーメン高架橋	鉄道ラーメン高架橋の用ハーフ PCa	<ul style="list-style-type: none"> ・工期短縮／省人化 ・営業線と現場周辺の安全性確保 ・工事騒音の低減 	<ul style="list-style-type: none"> ・梁とスラブの支間方向にはプレテン方式のプレストレスを導入 ・柱の中詰部等にコンクリートを打設して自立

表一三 建設工事の生産性向上に向けたゼネコンの取り組みの現状 (2/2)

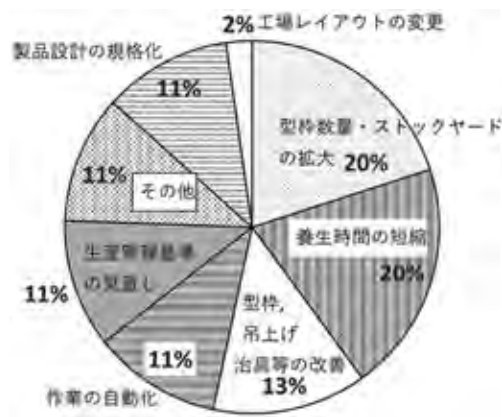
	当該製品の概算量 (ton, もしくは m ³)	当該製品の今後の 需要動向, 納入予定	当該製品の品質や 性能の改善に関する 今後の予定	備考
熊谷組	高速道路用床版 1 枚寸法 約 11 m × 約 2.5 m × 約 0.22 m (約 15 ton/枚)	橋梁の老朽化に伴う床版取替工事が急増, 今後ますますの需要を見込む	コストダウン	
日本国土開発	12 ton	盛土道路下の横断水路等に需要が今後も予想される		積載荷重の分散のため緩衝材として, EPS (発砲スチロールブロック) を設置
3H工法研究会	高さ 25 ~ 58 m			http://www.actec.or.jp/3h_pier/
大林組	北陸新幹線延伸工事の 2 工区において採用	都市部の連立工事に採用が見込まれる	建築で確立した技術をベースに鉄道特有の構造的な性能や施工上の課題について解決を図る必要がある	有用な建築技術を土木分野に適用した事例 接合技術に関しては鉄道総合研究所から「モルタルスリーブ継手を用いたプレキャストラーメン高架橋の設計・施工指針」が発行されている
東急建設	当該工区のハーフプレキャスト部材の総重量 3,787 ton 柱: 1,277 ton 縦梁・横梁: 1,694 ton, 816 ton	施工中の現場 ・西鉄天神大牟田線 (春日原～下大利) 連続立体交差事業 ・西鉄天神大牟田線連続立体交差事業 (雑餉隈駅付近)		<工法実績> ・臨港鉄道金城ふ頭線 ・東横線複々線化事業 ・京浜急行本線及び同空港線 ・相模鉄道本線 (施工中)

表一 4 プレキャスト製品製造の生産性/トレーサビリティの向上におけるメーカー各社の取り組みの現状

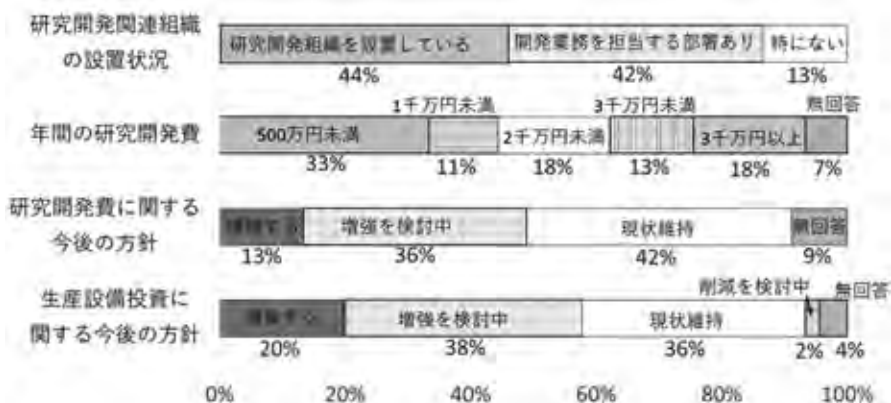
	対象製品	生産性向上のための具体的手法	その効果 (従来法との比較)	当該技術の改善予定	備考
日本コンクリート工業	シールドセグメント	高流動コンクリートの使用	<ul style="list-style-type: none"> ・工程, 設備の省略・軽減: 振動締固め, 型枠移動設備の省略, 型枠維持費の軽減 ・コストダウン (労務費, 設備費, 動力費の削減) ・環境負荷低減 (騒音振動低減による, 周辺家屋の影響低減) ・作業員の労務負荷低減 	繊維補強コンクリートのワーカビリティ向上	
ヤマウ	FA ボックス	3D-CAD システム導入による設計業務の合理化	設計工数が約半減	3D-CAD システムの活用対象製品の拡張	生産ラインのロボット化計画中
	製品のトレーサビリティ向上	<ul style="list-style-type: none"> ・製品への IC チップの埋設 ・ドローンによる在庫管理 (いずれも計画) 	<ul style="list-style-type: none"> ・在庫管理業務の効率化 ・ストックヤード活用の効率化 	システム開発	
昭和コンクリート工業	シールドセグメント	レーザートラッカーによる製品計測の合理化 (検討中)	作業時間の半減が期待される		
ジオスター	全製品	ICT を用いた製品製造・保管状況管理	<ul style="list-style-type: none"> ・製造状況ならびに在庫状況が工場の外にいてもリアルタイムで把握することが可能 ・手入力による記録ミス防止 	労務管理や原価管理にも連携を図る	試験運用中



図一 5 プレキャスト活用の効果とメリット



図一 6 工場の生産性向上に向け課題・取り組み⁶⁾



図一 7 メーカーにおける研究開発/生産設備の投資に関する意識調査結果⁶⁾

(2) 適用事例紹介

プレキャスト製品の適用事例について、代表的な構造物（鉄道ラーメン高架橋、ボックスカルバート）に関するアンケートの結果、ならびに個別ヒアリング結果をもとに紹介する。

(a) 鉄道ラーメン高架橋（その1）

〈対象工事〉

首都圏民間鉄道事業者耐震補強工事

〈施工者〉

東急建設

〈対象製品〉

CBパネル工法（プレキャストパネルと高強度繊維補強モルタルを用いた耐震補強工法）

〈当該製品導入のメリット・目的〉

補強鉄筋の組立、型枠支保工・脱型作業を省略することで、施工の省力化および工期短縮を図り、大型重機、溶接作業を必要とせず、狭隘部での施工を可能としている。

〈工事／製品の特長・概要など〉

分割した接続用の鋼材、ボルト、プレキャストパネルおよび高強度繊維補強モルタルから構成される。分割した鋼材とボルトにてプレキャストパネルを既設柱の周囲に配置し、プレキャストパネルを埋設型枠として、既設柱との隙間に高強度繊維補強モルタルを充填させる工法である（図-8参照）。

プレキャストパネルの材料変更（レジンコンクリートから無機材料）が今後の技術的検討課題。

(b) 鉄道ラーメン高架橋（その2）

〈対象工事〉

西鉄天神大牟田線連続立体交差事業

〈施工者〉

清水建設

〈対象製品〉

ハーフプレキャスト工法によるRCラーメン高架橋（国内で5例目：2019年7月時点）

〈当該製品導入のメリット・目的〉

営業線直上工事である関係上、通常はき電停止中の夜間作業が主体であるが、昼間作業が可能となるため大幅な工期の短縮（現場打ちに比べて約40%短縮）が実現。さらに、工具等の落下による不慮の事故のリスクも低減できる。また、現場でのコンクリート打設量が減少し、振動締め作業による騒音が低減される。

〈工事／製品の特長・概要など〉

ハーフプレキャスト（HPCa）工事の施工順序を図-9に示す。一部は配電用の架線柱やトラスビームとの離隔が不十分であるため、調整桁にはPCホロー桁を用いている。この工法は「ハーフプレキャスト工法を適用した鉄道ラーメン高架橋の設計・施工指針（財団法人鉄道総合技術研究所 平成11年3月）」にまとめられている。

なお、本工事の実際の施工に先立ち、発注者立会いのもとに実物大の構造物モデルを活用した施工実験を実施し、安全・確実な施工計画の立案がなされた。さらに、工期中においてもプレキャスト部材の改良がおこなわれており、これらの努力によって高品質な構造物の安全施工が実現されている。

(c) ボックスカルバート（その1）

〈対象工事〉

小杉新町2号線道路改良工事

〈施工者〉

昭和コンクリート工業

〈対象製品〉

超大型分割ボックスカルバート：スーパーワイドボックス（SWB）

〈当該製品導入のメリット・目的〉

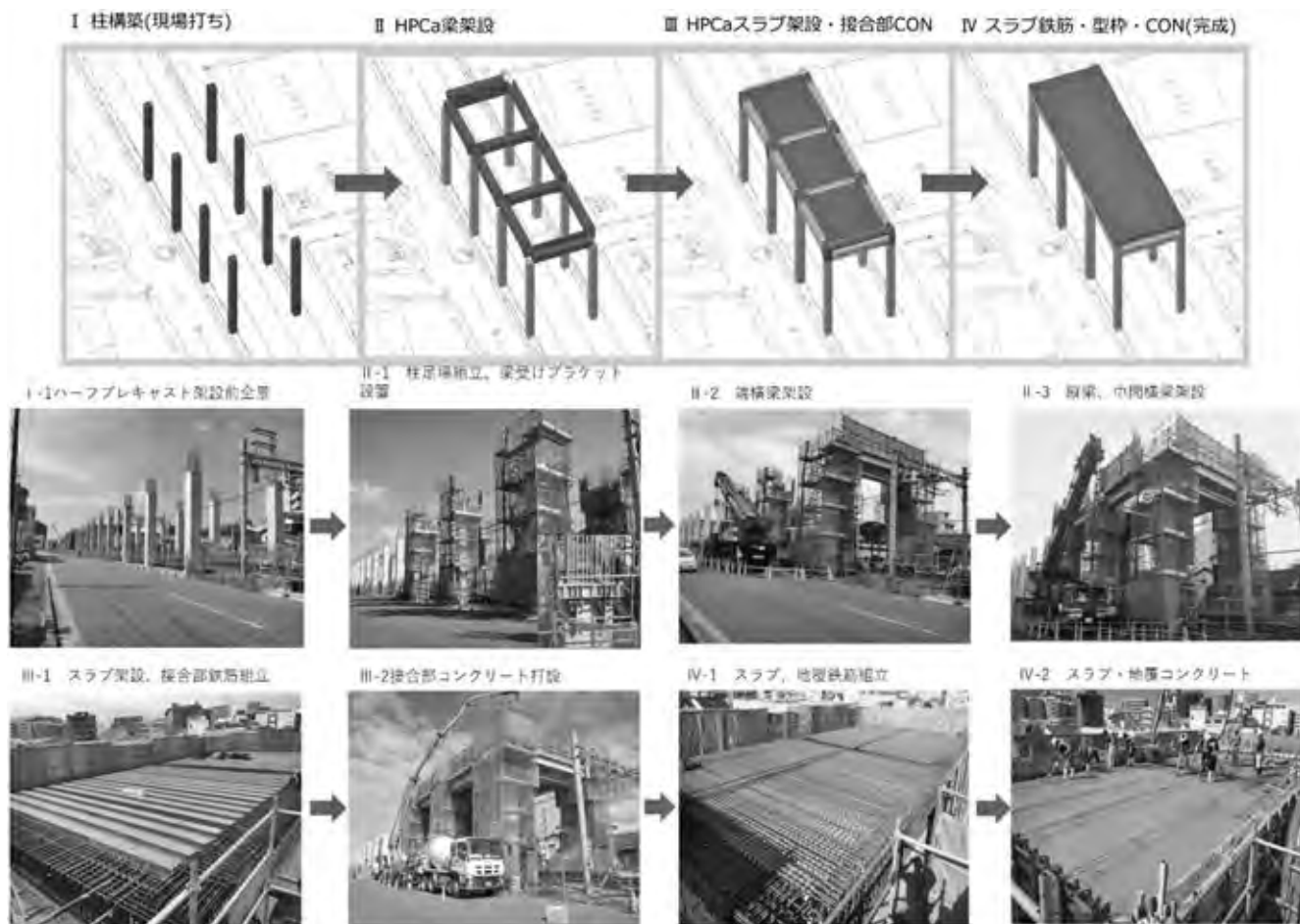
河道内で川の切り回しをする必要があったため、通常は両側壁と頂版部材を1セットとして順次施工していくが、今回は1次施工として左岸側壁のみを据付、その後2次施工として右岸側壁と頂版部材を据付する分割施工を採用（図-10参照）。各段階で切り回し用のコルゲートパイプ位置を移動することにより製品の据付が可能。

〈工事／製品の特長・概要など〉

頂板部材、側壁部材、底版部材で構成され、内空幅10mから13mまで規格化された超大型のボックスカルバート。頂版部材と側壁部材にPC鋼材を使用し、PRC構造としたことで耐久性の向上と部材の軽量化を同時に実現。



図-8 CBパネルの部材と施工手順



図一9 ハーフプレキャスト (HPCa) 工事の施工手順



図一10 スーパーワイドボックス施工手順

(d) ボックスカルバート (その2)

〈対象工事〉

高速道路インターチェンジ新設工事

〈施工者〉

竹中土木

〈対象製品〉

複合ハーフPCa ボックスカルバート

〈当該製品導入のメリット・目的〉

工期短縮を目的に従来の現場打ちボックスカルバートをプレキャスト化。現場打ちに比べて工期は約半減(フルプレキャスト:58%短縮, ハーフプレキャスト:50%短縮)を実現。

〈工事/製品の特長・概要など〉

頂版下部にPC版を採用し、頂版部のみを現場打ちとした構造形式。頂版打ち込み作業用の支保工が不要となる(図一11参照)。

(3) 海外(マレーシア)におけるプレキャスト製品活用の現状

マレーシアの首都クアラルンプールは都会である。グローバル企業の支社が数多くあり、交通インフラもますます発展している。当然、オフィスや住宅需要としてビルの建設ニーズは高く、各種インフラも含めた建設投資も活発である。しかしながら、人口は170万



図一 11 HPCa ボックスカルバートの概要



図一 12 建築向け PCa 製品の例 (マレーシア)⁷⁾

人程度で、周辺都市を含む首都圏人口でも 600 万人程度である。旺盛な建設需要に対して明らかに労働力が不足している。足りない労働力は外国人労働者に頼らざるを得ない。しかしながら、中には言葉が通じない作業員も多数在籍し、コミュニケーション不足による様々なトラブル等に見舞われることも多々あるとのこと。そのような状況の中、数年前から注目が集まっているのが Industrialized Building System (IBS) である (表一 5)⁷⁾。簡単に言えば建築工事向けプレキャスト部材 (図一 12 参照) である。労働力不足の背景は我が国と異なるものの、人手不足対策として目指す方向は同じようである。熱帯気候 (暑くて雨季がある) の国においては、IBS 導入により現場におけるコンクリート工が大幅に削減されるだけでなく、工期の安定と品質の向上 (安定?) につながると報告されている。

3. プレキャスト製品利用拡大に向けての課題

プレキャスト製品の活用のメリットは、工期短縮／省人化／品質の向上／現場環境・安全性の向上とまさに“良いこと尽くめ”の謳い文句である。しかしながら、プレキャスト化への移行が容易な状況にあるとは言いきれない。それには当然、いくつかの理由がある。ここでは利用拡大に向けた課題について述べていきたい。

(1) コストの壁

(a) 現場打ちとの比較

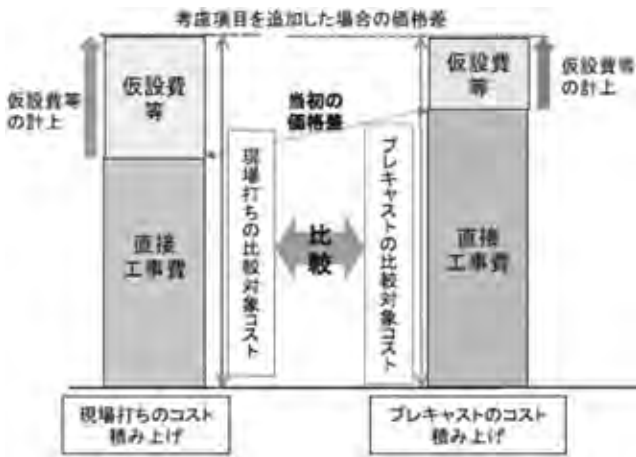
すでに述べたとおり、プレキャスト製品の採用は現場打ちに比べて“高い”と言われている。今回のアンケート調査、並びにヒアリングを行った範囲では、プレキャスト製品を採用することによって概ね工期は半減することが可能となるが、工費は 1.4 ～ 4.0 倍になると試算されている。前述した鉄道営業線直上ラーメン高架橋工事などは工事の制約事項が多く支保工の組みバラシなどに工数がかかるため、比較的プレキャストの導入がしやすいという面もあるが、それでも同等程度までとはいかない。直接工事費のみで比較するのではなく、図一 13 に示すような、仮設費や交通規制費用といった要素も含んだ総合的な比較が可能な手法の確立が望まれる⁸⁾。

(b) 高い表面品質要求

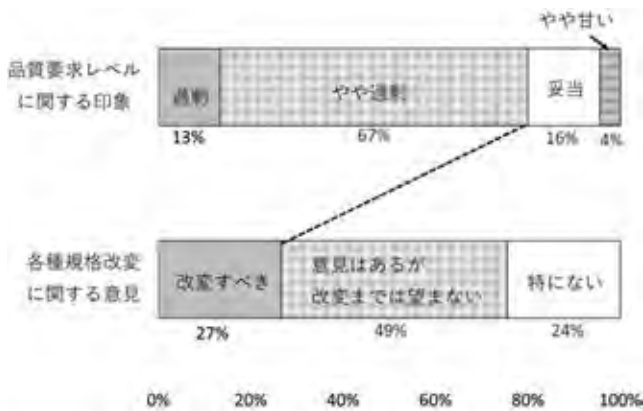
現場打ちプレキャスト製品は“現場打ちに比べてひび割れに代表される様々な表面欠陥のリスクが少ない”と考えられている。もちろん、適切な生産管理のもとで製造されるものは表面品質が優れていることは周知のとおりである。しかしながら、“(高価な)プレキャスト製品だから表面はツルツルピカピカでなければならない”という概念が現在でも広く蔓延しており、補修 (お化粧?) して出荷することも多々ある。あまつさえ製品性能にほぼ無関係と考えられる色むら

表一 5 Industrialized Building System (IBS) の長所と短所⁷⁾

長所	・工期短縮／省人化 ・コストダウン	・他工事と並行作業が可能 ・雨季でも作業が天候に左右されにくい ・マレーシアでは建設工事に外国人労働者 (場合によっては意思の疎通が困難) を頼らざるを得ない状況であるため省人化は非常に有意義
	高品質化	・現場打ちに比べて打ち込み／養生管理が容易 ・ひび割れ等のリスク軽減
	・作業環境の改善 ・環境負荷の低減	仮設工用木材等の使用・廃棄が削減される
短所	高い初期投資	製作設備の投資、場合によってはオペレーターの育成投資が必要となる
	接合部の性能担保に課題	接合部は現場打ちが基本であるため、特に雨季などに接合箇所の不具合が発生する事例がある



図一13 総合的なコスト比較のイメージ⁸⁾



図一14 メーカーにおける製品品質の要求レベルと規格の改編に関する意識調査結果⁶⁾

ですら、場合によっては補修対象となる。もちろん、このような工程はコストアップ要因になる。この点、メーカー側も「過剰な要求」と受けとめているようだが、立場的になかなかモノを言えない状況にあることもうかがえる（図一14参照）。製品に求められる本来の性能／機能に基づいた要求品質で、受け渡しが行

われるようになってほしいと切に願う次第である。

(c) 生産が特定期間に集中する(生産の平準化が困難)
 プレキャスト工場における製品製造・出荷の年間変動について、ボックスカルバートを例に見てみる（図一15参照）。生産（製造・出荷）は10～12月が年一度のピークを迎える。この時期はどこのメーカーも大忙しである。逆に年度初めから夏ごろまでは閑散期を迎える。このように、長い閑散期がある場合、その時期をベースにした人員・設備配置を選択せざるを得ない。その結果、繁忙期には恒常的な超過勤務や未熟な派遣作業員などに起因する事故のリスクも増大する。製造と同じく出荷も繁忙期に集中するため、ストックヤードが手狭になり、部材の横持ちコスト等、余分な費用が発生する。良い品質の製品を安定的に安く供給するためには、先行発注などによる生産の平準化が有効であるが、これはメーカーの企業努力を超えたテーマであるのは言うまでもない。

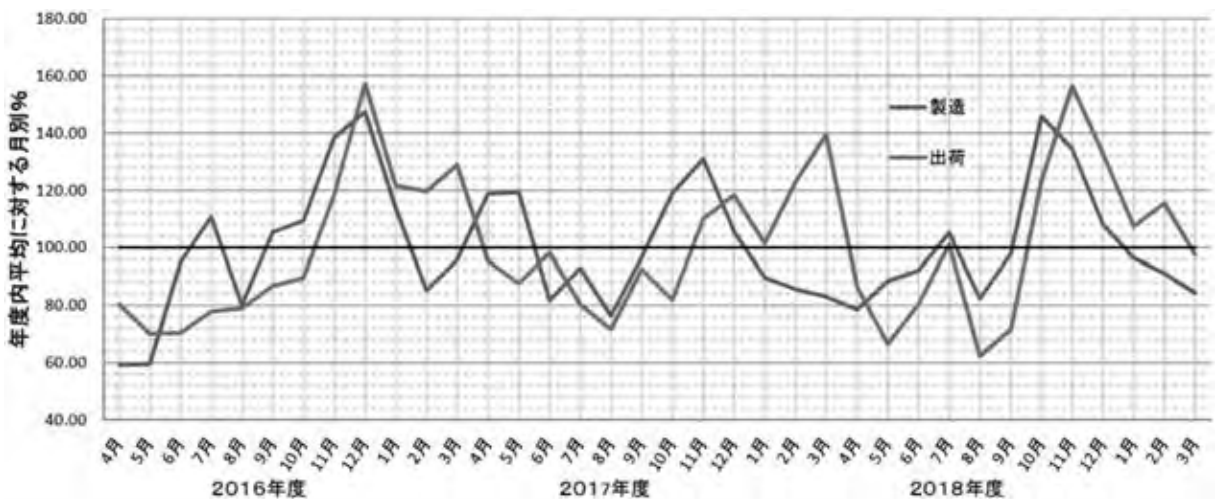
(2) 部材接合技術の課題

製品本体に関しては様々な技術開発がなされている反面、接合に関する技術開発は若干遅れている印象がある。構造・耐久性両面から、接合に関する要素技術開発が現在行われている。とりわけ、シールドセグメントにおいては接手の開発・実用化は活発で、画期的な接手¹⁰⁾も多数実用化されている（図一16参照）。

シールド工事以外の製品においても、今後行われるであろう様々な研究成果を盛り込んだガイドライン、マニュアルが発行・周知され、採用のハードルがますます下がることを期待したい。

(3) 標準化

同一形状・寸法のものを大量に作るのはコストダウ



図一15 ボックスカルバートの生産と出荷の年間変動⁹⁾

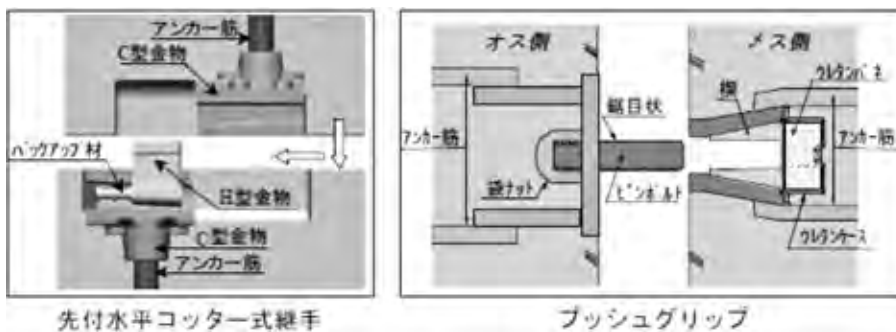


図-16 シールドセグメントの継手 (ワンパスセグメント)¹⁰⁾

ンに最も有効であるのは間違いない。IBS などはそのコンセプトで展開されている。国土交通省が主導するコンクリート生産性向上検討協議会においても主要部材の規格の標準化が議論されている。

4. おわりに

諸事情により建設工事の生産性向上を目指す現在の建設業界の趨勢は、プレキャスト製品の利用拡大にとっては追い風ともいわれている。国土交通省は生産性向上に向けて積極的に業界をリードしており、最近では「コンクリート橋のプレキャスト化」や「コンクリート構造物における埋設型枠・プレハブ鉄筋」などの各種ガイドラインを発行し、プレキャスト製品の利活用の後押しをしている。一方、施工者もメーカーもそれぞれ効率的な活用方法や新材料、新技術などを活用した性能の多様化・高度化に鋭意注力されており、今後様々な新製品、新工法が提案・上市されてくることは想像に難くない。アンケート調査の結果でも、建設工事へのプレキャスト製品の活用事例が増えつつあり、今後も需要が予想されているのは喜ばしい限りである。

しかしながら、このような環境の中にあっても、プレキャスト化の一番の障害要因は“価格が高い”ことであるのは否めない。もちろん、メーカー各社のみならず施工者においても材料、構造、生産方法、そして接合部を含む工法全般に様々な手法を凝らしたコストダウンに注力している。一方、そのコストダウンにおいて、メーカーの企業努力だけではどうにもならな

い、「製品生産の平準化」や「異常に高い（と考えられる）外観品質要求」など、発注者を含む建設業界全体で考え、対策すべき課題も残されているのではないだろうか。活用のさらなる推進のためには、これら大きな課題を解決するための業界全体のパラダイムシフトが起こることを願って本稿のむすびとしたい。

JCMA

【参考文献】

- 1) 春日昭夫：持続可能な日本の建設産業のために今考えること，コンクリート工学，vol.53，No.1，pp.112-117，2014
- 2) 国土交通省 HP
- 3) 市村靖光ほか：コンクリート工の生産性向上のためのプレキャスト化の推進について，第34回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会講演集，pp.83-88，2016
- 4) 得能達雄：コンクリート構造物プレキャスト化の展望，川田技報，Vol.15，pp.24-29，1996
- 5) 喜多直之ほか：建築プレキャスト工法の鉄道高架橋への展開，コンクリート工学，Vol.55，No.9，pp.815-819，2017
- 6) 伊達重之：再評価されるプレキャスト製品—利用拡大に向けての現状と課題，コンクリートテクノ，Vol.36，No.1，pp.1-5，2017
- 7) M.A. Othuman Mydin, et al. : Industrialised Building System in Malaysia: A Review, MATEC Web of Conferences 10, 01002, 2014
- 8) 堤英彰：コンクリート工の生産性向上に向けた取組み—全体最適の導入（コンクリート工の規格の標準化等）—，建設マネジメント技術 2017年6月号，pp.27-32，2017
- 9) (一社)全国コンクリート製品協会ほか：国土交通省とPCaコンクリート製品業界との意見交換会資料，2019.5
- 10) 宮清ほか：ワンパスセグメント2の研究・開発，土木学会第57回学術講演会梗概集，Ⅲ -194，pp.387-388，2002

【筆者紹介】

伊達 重之（だて しげゆき）
東海大学 工学部 土木工学科



センサ活用インフラ維持管理の情報基盤が実現する生産性向上

スマートインフラセンサポータル構築を目指して

澤田 雅彦

橋梁やトンネルなどの土木インフラ構造物は50年余が経過し経年劣化が進み、さらに、少子高齢化に伴う労働人口の減少、熟練者の高齢化で、維持管理の負荷が増大してきている。特に、日本の全橋梁の92%を管理している地方自治体で深刻さを増している。このような状況下において、センサやIoT、ロボットを活用したインフラ構造物の点検・維持管理の生産性向上を実現する技術と仕組み作りが喫緊の社会課題となっている。

一般財団法人関西情報センター¹⁾(以下、KIIS)は、特に地方自治体のインフラ維持管理現場の生産性向上や適正化に資する、センサやIoTからのデータを取込むインフラ構造物維持管理IoTプラットフォーム(以下、スマートインフラIoTプラットフォーム)の構築に向けて2015年より活動している。今回、リレーショナルなデータモデルと、それを紐づけるセンサコード等のIDの仕様を検討し実装したプロトタイプを作成した。モニタリング実証実験を通じての維持管理現場での具体的な生産性向上の検証評価を行ったことを述べる。

キーワード：インフラ維持管理、長寿命化、センサ、IoT、センサポータル

1. スマートインフラセンサ利用研究会の活動

橋梁等のインフラ構造物は、日本においては1960年代を中心とする高度経済成長期に建設が急増してお

り、図-1のように築後50年を超える老朽化が急速に進展することになる。トンネル事故や集中豪雨等の災害多発の事態もあり、国土交通省により安全確保のため5年に1度の近接目視点検が2014年度より省令

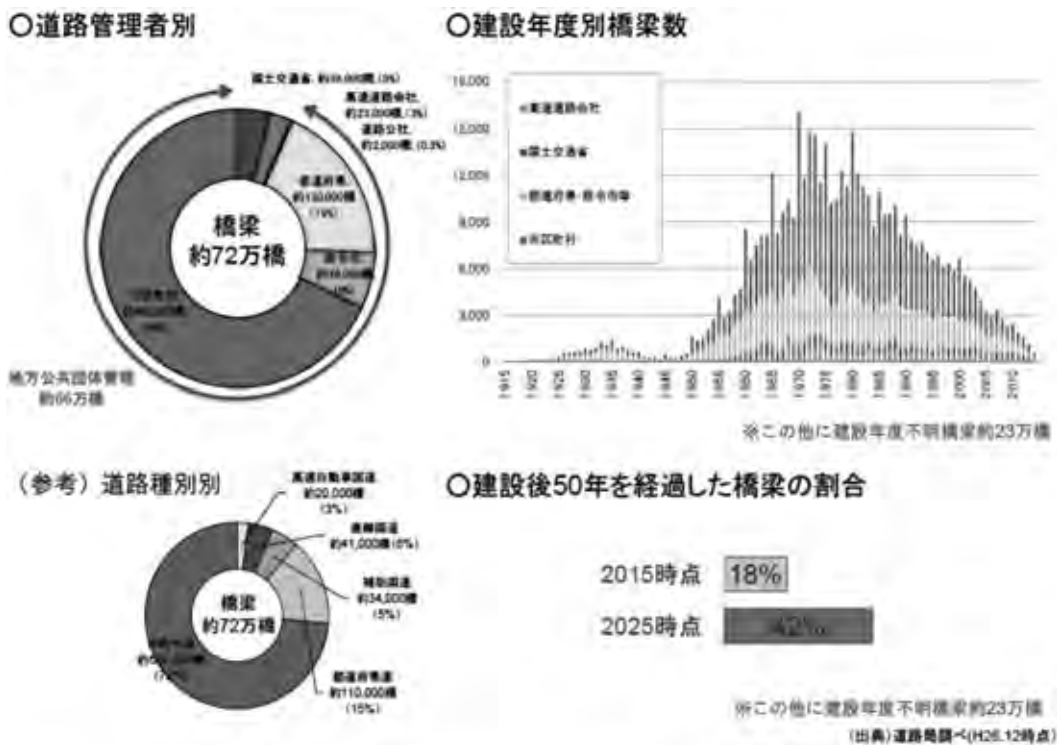


図-1 橋梁の現状 (出展：国土交通省)

化され義務づけられた。前述したように、少子高齢化や財政悪化の状況から、特に地方自治体において予防保全による長寿命化、点検・維持管理費用の削減、熟練者不足への対策が喫緊の問題となってきた。

センサ/IoT、ロボット/ドローンを活用した点検・維持管理技術・システムは、現状では、様々な研究・技術開発の支援により実用化実験の段階まで上がってきており、近接目視点検においても、2巡目の今年度より目視と同水準の診断ができる場合は活用できるよう要件緩和されてきた。また、維持管理情報も、高速道路管理者を中心に、図面や点検情報等の維持管理関連情報を集約したプラットフォームとし、さらに、実際の構造物の点群データを計測しすべての管理施設を3Dモデル化し、点検作業に関わる計画を事務所で行い、交通規制を最小減にして生産性向上を図っているところも現れている。さらに、AI活用やBIM/CIM (Building Information Modering/Management, Construction Information Modeling/Management, 建設情報モデル/管理)⁶⁾により、土木構造物の設計・施工・保全等の各プロセスにおいて統合的に活用することが研究・開発され始めている。国土交通省もインフラデータプラットフォームの構想⁷⁾を持ち、日本全国のインフラ施設の一元的なデータベース化に取り組みはじめている。

KIISでは研究会を2015年度に立ち上げ、モニタリングデータ（ビッグデータ）を含めた維持管理情報の共

同活用のための、センサコードで紐づけしたリレーショナルなデータベースからなる維持管理プラットフォームの検討を行ってきた。その上で、センサコード管理やセンサポータル運営から始め、将来的には、特に課題の大きい地方自治体向けのソリューション化を目指している。

図-2に示すように、KIISにおいては、建設機械施工誌2018年9月号²⁾で述べたとおり、このプラットフォームを実現するタスクフォースとして地方自治体・土木業界のニーズ/シーズ企業・行政・大学のマルチステークホルダによる「スマートインフラセンサ利用研究会」³⁾（座長：矢吹信喜 大阪大学大学院教授）において、その具体的な議論・研究、実証実験等を進めるために、

- 1) WG1：センサコードとデータモデル標準案の検討、
- 2) WG2：スマートインフラセンサポータルの構築、
- 3) WG3：新センサ技術・AIを活用した維持管理システム

の3つのWGを順次設置し活動を進めている^{4),5)}。

すでに、昨年9月に本誌で紹介しているの、簡単に紹介するが、この研究会の活動により、図-3のようにスマートインフラIoTプラットフォームを中心に、センサ開発・選定・設置・維持管理・研究での利用シーンの実現を目指している。

このプラットフォームが多数の施設管理者、特に地方自治体で共通に使用されるようになると、非常に多

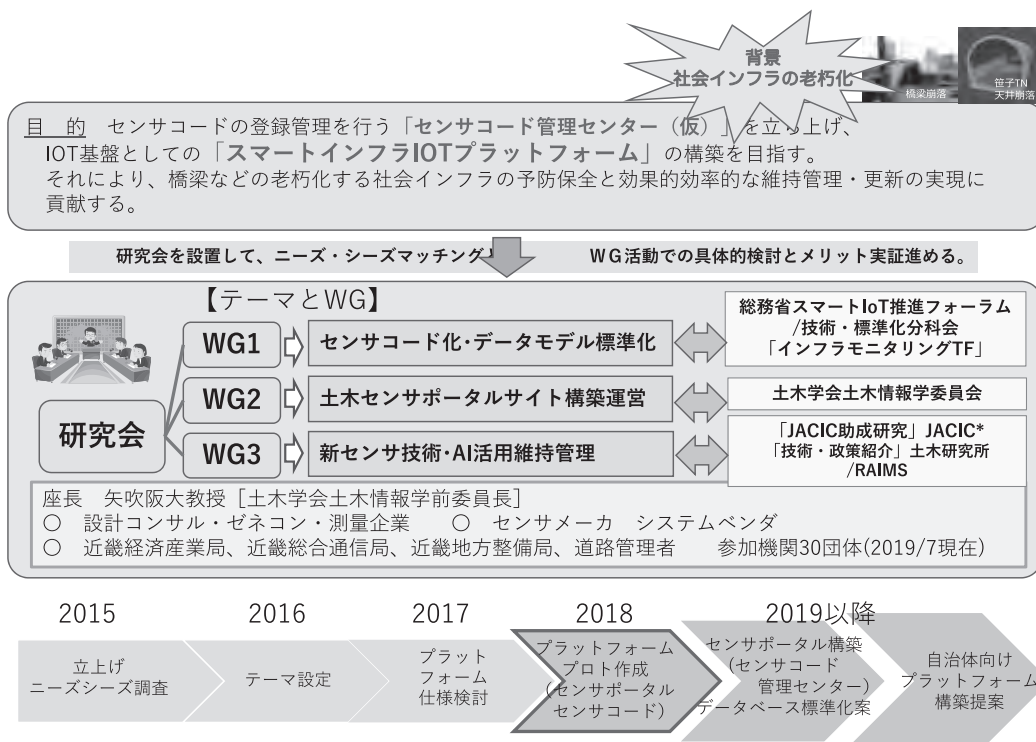
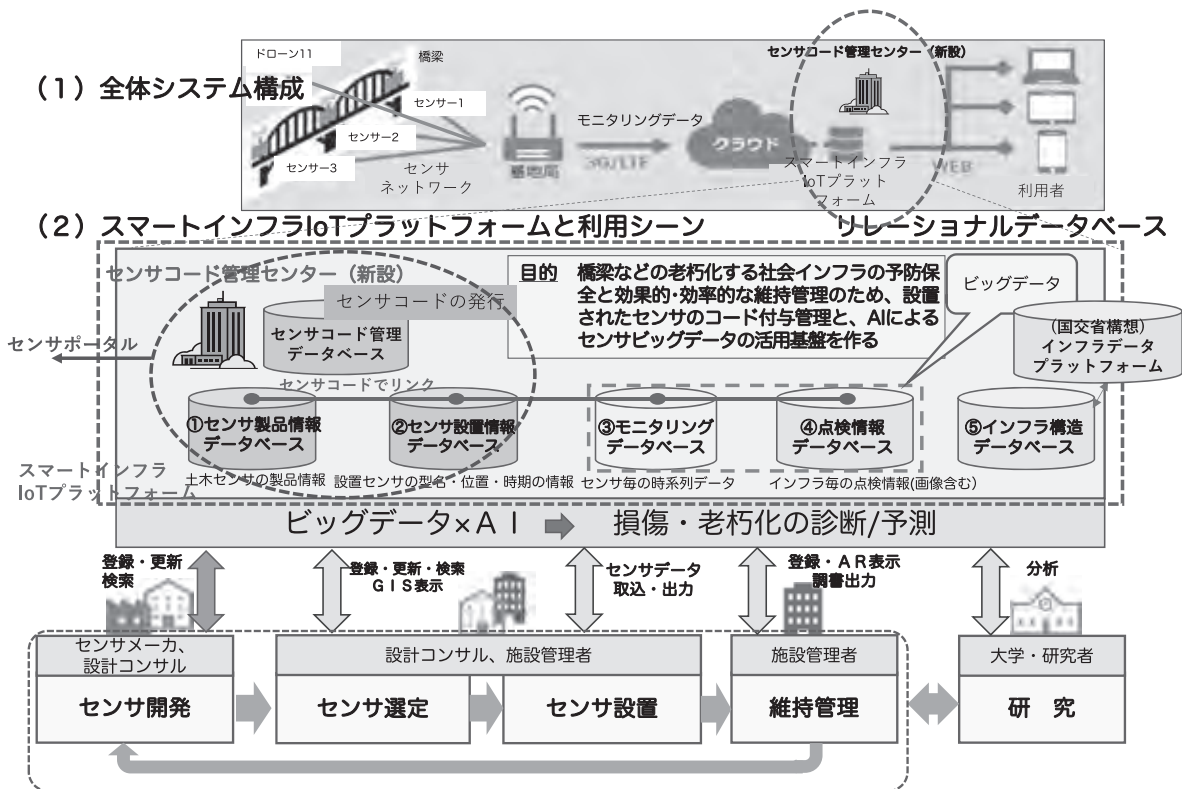


図-2 スマートインフラセンサ利用研究会の目的と推進体制



図一三 センサコード・データモデルによるプラットフォームと利用シーン

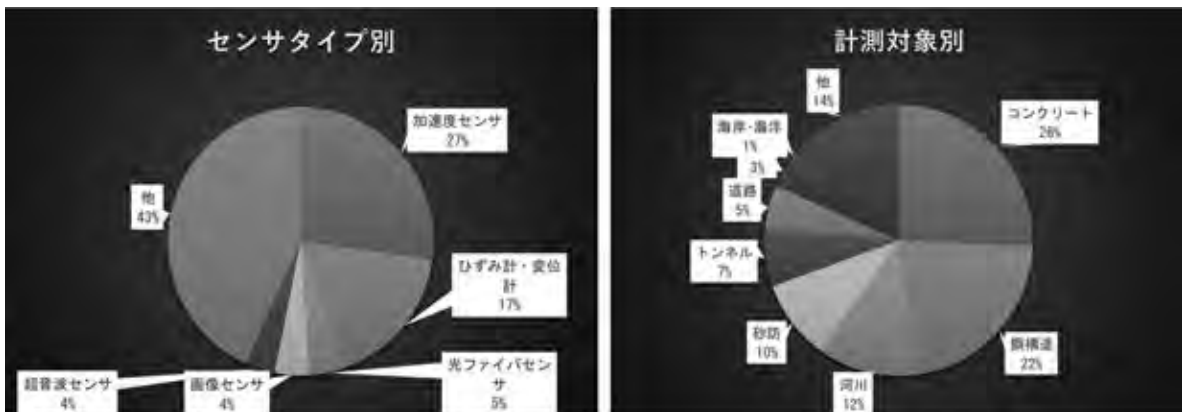
くのメリットを享受できることになるであろう。ただし、それらの情報・データへのアクセスには一定のガバナンス管理が必須となる。

2. センサポータル含む維持管理プラットフォームによる生産性向上メリットの検証評価

WG1においてその検討と構築を行い、センサID等で紐付けされたリレーショナルデータベースによる維持管理プラットフォームのプロトタイプを作成した^{4),5),8)}。WG2においてコード付与したセンサポータルを試作中である。その中の①センサ製品情報データベースに

は、図一4のとおり122社、331種のセンサを登録(2019年7月現在)した。また、WG3において、実際の橋梁にセンサを設置し、センサコード付与や設置情報・モニタリングデータを維持管理プラットフォームやセンサポータルに登録や接続をする実証実験を行っている。

今回、現状の維持管理の場面の課題がどのように改善され生産性向上のメリットを生むかを検討評価した。表一1に現状課題と生産性向上メリットについてまとめる。図一5は、「構造物診断のためのIoT最先端通信技術(LPWA*)導入に向けた調査研究」を研究テーマ⁹⁾とし、一般財団法人日本建設情報総合センター(以下、JACIC)からの研究助成金を受けて、



図一四 センサ製品情報データベースの登録状況

表一 センサポータルを含む維持管理プラットフォームによる生産性向上メリット

使用者	場面	現状とメリット	
センサメーカー	センサ開発	センサが実際にどこでどのように設置されているか不明。 →どういったインフラのどの部位に設置されているかを検索できる。	センサのモニタリングデータが取得できない。 →センサモニタリングデータが点検情報とIDで紐付けできるので、フィールド計測データを検索して設置されたインフラや部位や点検情報と共に取得できる。
設計コンサル	センサ選定	センサの選定時に、そのセンサの実際の使用方法や設置実態を把握できない。 →どのインフラでいつからどのように設置使用されているかの実態状況を参考にして選定ができる。	長期使用後のセンサの更新時に廃品となり他のセンサを探すときに、メーカー別に探して比較するため、多大な時間を必要とする。 →センサポータルで、機能・仕様の比較が一目で分かり、短時間で候補を探せる。
施設管理者	点検・維持管理	2、3週間の短期計測して撤去ならIDは不要であるが、数年から10年以上の長期間の計測が必要になってくるので、施設管理担当者も変わりどれがどれだかわからなくなる。 →IDをつけて、どういう型名・仕様のセンサをいつどの部位にどのように取り付けた等の情報を紐付けることで、正確に分かる。	点検時に現場での前回の点検結果の比較を行うには、紙の設計資料を持参する必要がある。点検調書作成に写真整理等で時間を要す。点検計画や関連する規制検討などについて現場で交通規制の制約の中で検討するので時間がかかる。 →AR(MR)技術を使って、現場の構造物に前回点検結果を重ねて表示し、差異を容易に認識できる。VR技術を使って対象のインフラや周辺環境を含めて、事務所で点検計画を検討できるので時間短縮が図れる。
大学・研究機関	劣化メカニズム等の研究	研究のためにフィールドでのモニタリングデータを取得する手段がない。 →モニタリングデータを検索取得できるので、橋梁等の構造や環境と劣化のメカニズムの研究に役立てられる。	広くモニタリングデータを取得できる基盤がない。 →オープンデータ化されると、ビッグデータとして、AIの機械学習(深層学習等)を活用でき、研究を加速できる。



図一五 センサ設置によるモニタリング実証実験

大阪府の橋梁（跨道橋）に亀裂変位計を設置して変位データをLPWA/3Gを使ってプラットフォームのサーバまで取込む実証実験を行ったものである。この実証実験を通じて取得した、①センサ製品情報・②センサ設置情報や③モニタリングデータ・④点検情報、そして⑤インフラ構造データを、センサIDコード等を付与した形でデータベースに登録し、メリットの検証評価を行った。

(1) 長期間モニタリングの管理（施設管理者の維持管理におけるニーズ）

〔現状〕施設管理者は、5年以上にわたって長期間行われるセンサによる劣化・変状のモニタリングを継続維持する必要があるが、現状は設置されたセンサが短期間設置が前提なので担当者ベースの管理になっており、長期間設置になった場合、担当者が代わったり、設置センサが多数になると、どこにどういったセンサがどのように設置されているかを正確に把握することが

困難になってくる。

[改善メリット] 図-6に示すように、②センサ設置情報データベースは設置時期・設置方法・モニタリング開始/終了・モニタリングデータの情報を持つとともに、設置された個体ごとのセンサコード (ID) により⑤インフラ構造データベースに紐づけられインフラのどの部位に設置されているかを手操れる。また、センサ型名コードにより①センサ製品情報データベースに紐づけられ、センサ製品情報 (機能・仕様・分類・用途他) を手操れる。このデータベースを使用すると、担当者が代わっても、また、数年以上の長期間のモニタリングであっても、どのようなセンサをどのインフラのどの部位にいつどのように設置し、どのようにモニタリングし、そのデータのありかを正しく示してくれる。これで、設置情報管理の混乱・逸失が防げ、生産性向上を図ることができる。

今回、実証実験に使った亀裂変位計 (KG-2A) は、型名 ID の仕様に従って 0004910059000202 が付与されていて、①センサ製品情報データベースで、メーカー名・メーカー型名・用途・機能/性能等が手操れる。その設置情報は、どの橋梁 (橋梁 ID : 272272440032) のどの部材 (部材 ID : Sup4-1_Mg0101 = 第4径間の主桁 0101) かが②センサ設置情報データベースに登録されている。さらに、2018年5月22日に橋軸方向に接着され、2018年5月25日 10:30 から 10分間隔で2018年11月30日 15:00まで計測され、そのモニ

タリングデータの格納先 URL も分かる。

(2) センサの初期選定・更新時の管理 (設計コンサルのインフラ設計時のニーズ)

[現状] 設計時に設置するセンサの選定を行う必要があるが、必要な機能/仕様を満たすセンサをメーカー毎に調べる必要がある。また、実際にそのセンサがどこでどういう目的で使用されているかの使用実績情報は入手できない。さらに、長期間設置したセンサが故障した際に、同じ型名のセンサの製品が生産中止で入手できないケースが想定される。この場合、施設管理者ないし管理を委託された設計コンサル等は、同等の機能仕様のセンサを素早く探す必要があるが、設計当時の担当者が代わっていて、メーカーに聞くか、設計の専門知識を有するエンジニア頼みとなり期間と予算を必要とする事態となる。

[改善メリット] 図-6の①センサ製品情報データベースにアクセスして、必要な用途・機能・性能に合ったセンサをメーカーによらず一括検索できる。例えば、ひずみ計測には、メーカー A の型名 KG-2A、メーカー B の型名…が表示され、その機能性能を確認できるので素早く選定候補をリストアップできる。さらに、メーカー A の KG-2A は、橋梁 A の主桁に2018年5月22日に設置されているという情報も手操れ選定の参考情報にできるので、選定時間の短縮や適正な選定ができる。また、更新時の同等機能の製品は仕様を当該セン

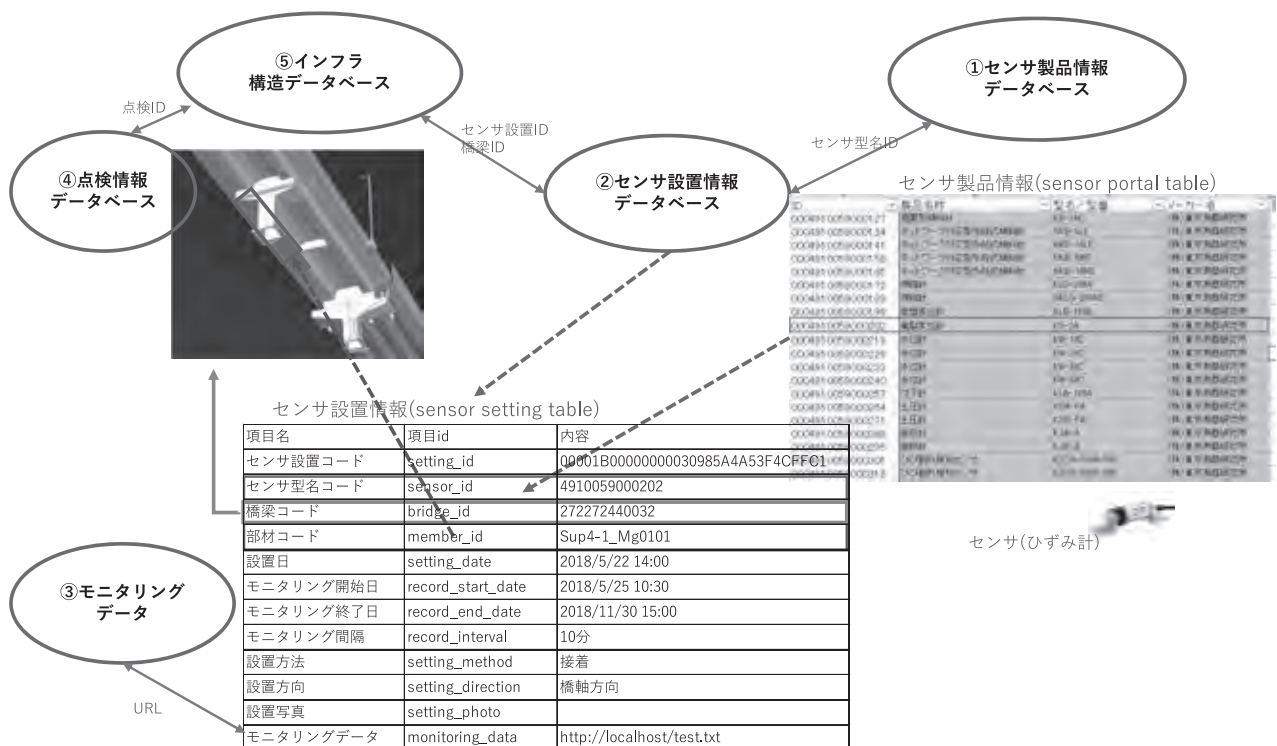


図-6 センサ設置情報とセンサ製品情報の連携

サのみで比較する表示をもたせ、比較選定の効率が上げられる。初期選定・更新時の生産性の向上を図ることにつながる。

(3) 点検現場の効率化（施設管理者・設計コンサルの点検時ニーズ）

〔現状〕点検時に現場での前回の点検結果の比較を行うには、紙の設計資料を持参する必要がある。点検調書作成に写真整理等で時間を要す。また、点検計画や関連する規制検討などについて現場で交通規制の制約の中で検討するので時間がかかる。

〔改善メリット〕点検現場にて、この④点検情報データベースの点検情報や損傷を点検対象のインフラ構造物の画像に重ねて表示することがAR（MR）技術を使って可能になるので、前回の点検結果を現在の状況と重ねて視認でき、劣化や変状の進展度合い（例えば、クラック 0.2 mm 幅が主桁の中央部に入っていたが、それが今回 0.4 mm 幅と進展している）を確認しやすくなる。現在、試行の実証実験を行った段階で、重ね合わせ精度や対象物との距離制限等の課題もあり実用化を目指して研究開発を進めているところである。

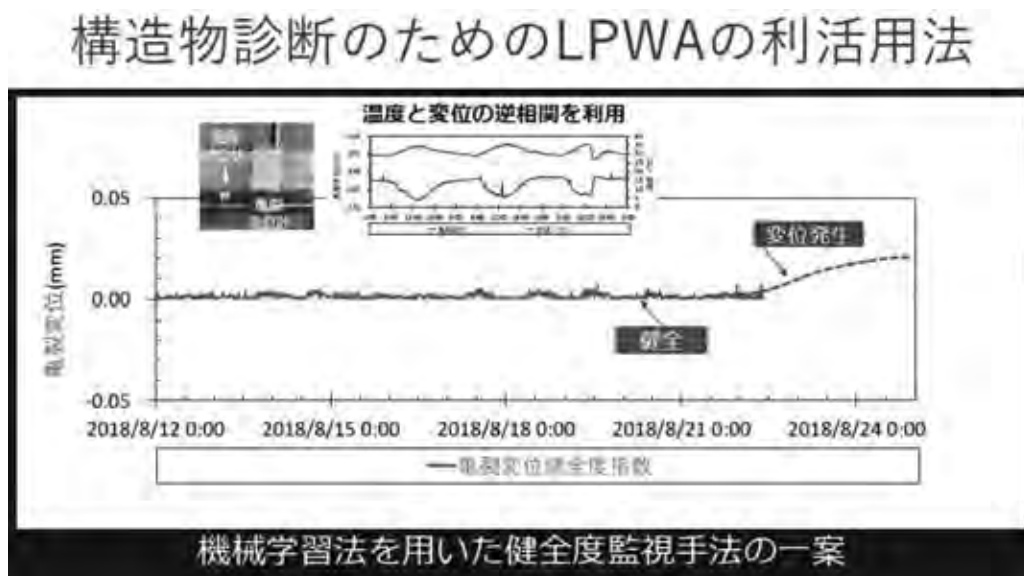
また、点検計画を立案する上で、現場に出向かなくても、インフラ構造物の3Dモデルを活用して、周辺的环境も含めて安全や交通規制を含めた点検計画が立案でき、大幅な時間短縮が図れる。本データベースの⑤インフラ構造データベースも、BIM/CIMとして設計・施工・維持管理プロセスを一貫する3Dプロダクトモデル化において、bSI（building Smart International）が標準化推進し、国土交通省も国際土木委員会を設置し対応検討している国際標準IFCに準拠する形で進

める考えである。

(4) 劣化／変状の把握と分析（大学・研究機関での研究ニーズ）

〔現状〕センサを設置しモニタリングしている場合が徐々に増えてきているが、そのモニタリングデータが、センサ設置情報やインフラ構造データベース、点検情報等と紐づいていないので、特定のセンサ・インフラ・損傷（亀裂等）からモニタリングデータを検索したり、分析したりは困難である。

〔改善メリット〕センサ等のコード（ID）によるリレーショナルデータベースに④モニタリングデータを紐づけることで、特定のセンサ・インフラ・損傷（亀裂等）から検索できる。そのモニタリングデータを他のモニタリングデータやインフラの構造上と関連づけて分析も容易となる。このときの変位データを、同時に図った温度データと関連させたり、また②センサ設置情報や⑤インフラ構造データベースと関連させることは非常に容易である。図一七に示すように、温度依存性のある変化量を、温度の相関性を機械学習させ、温度依存性を除いた変位量の時系列データにした⁹⁾。変位量はほぼゼロとなっている。これがあるとき、増加すれば温度以外の要因による変位が発生していることで異常を容易に把握できる。③モニタリングデータは④点検情報データベースとはIDで紐づけられているので、インフラや部材での点検結果や発見されたクラック・うき／剥落等の損傷との関係も迅速に把握できる。異常／変状を把握したり分析する効率が大きい向上し、点検や維持管理における生産性向上を図ることができる。



図一七 変位量のモニタリングデータの分析例

3. おわりに

今まで述べたように、スマートインフラ IoT プラットフォームのプロトタイプにより、橋梁やトンネル、斜面等のインフラ構造物の点検・維持管理の効率化・適正化を図れることを実証実験を通じて具体的に検証した。インフラ構造物の維持管理における生産性の向上を大いに図ることが期待される。

また、各地方自治体においては、低予算で、かつ少ない人員でインフラ構造物の維持管理が可能になるものと考えている。多くの地方自治体に維持管理ビッグデータを共同利用する環境が形成できれば、AI（深層学習）を活用したインフラ構造物の健全度診断や維持管理計画の強力な支援となる。さらに、劣化事故や災害の危険度予測技術を高めることに貢献できると考える。

今後、このセンサ製品情報・設置情報やセンサコード管理をする機能・体制作りを行い、センサポータル の運用に向けて準備を進めていくとともに、さらにデータの共同利用（オープンデータ化）も目指して、スマートインフラ IoT プラットフォームを自治体向け¹⁰⁾ にソリューション提案を鋭意進めていくこととしている。

謝 辞

最後になるが、本研究会を進める上で、参加いただ

いている大学・企業・団体・行政の本研究会関係者と、特に大阪大学矢吹研究室と土木学会土木情報学委員会には多大なるご協力をいただいている。ここに感謝の意を表する。

JICMA

《参考文献》

- 1) 一般財団法人関西情報センター <http://www.kiis.or.jp/>
- 2) 「建設機械施工」平成 30 年 9 月号 (第 823 号), 澤田雅彦, p.31 ~ p.36, 「社会インフラ維持管理の情報プラットフォーム化 ~スマートインフラセンサポータルの構築~」
- 3) スマートインフラセンサ利用研究会 (2015 ~ 2018)
- 4) (一財) 関西情報センター機関誌 第 157 号 (2018 年)
- 5) KIIS フォーラム 2018, 澤田雅彦 2018 年 7 月 25 日
- 6) 矢吹信喜: CIM 入門—建設生産システムの変革—, 理工図書 (2016 年 1 月)
- 7) 国土交通省 国土交通データプラットフォーム (仮称) 構想 (インフラデータプラットフォーム)
<http://www.mlit.go.jp/common/001274817.pdf>
- 8) 橋梁の部材, センシングおよび点検結果の統合化を目的としたデータモデルの構築, 大西啓晃, 矢吹信喜, 福田知弘, 土木情報学シンポジウム講演集, Vol.43, pp.289-292, 2018 年 9 月, 会議報告/口頭発表
- 9) 一般財団法人日本建設情報総合センター JACIC 成果報告会 2018.11.15, 小泉圭吾
- 10) 地方シンクタンク協議会 論文アワード 2018 (総務大臣賞)
「スマートインフラセンサ利用研究活動の紹介 ~地方創生を支える社会インフラ維持管理~」

【筆者紹介】

澤田 雅彦 (さわだ まさひこ)
(一財) 関西情報センター
事業推進グループ
部長



ビーコンを活用した安全リマインドツールで 生産性向上

宇野 昌利

安全管理は現場管理において多くの時間を占めており、より確実に実施することで現場業務の生産性向上につながる。今回、ビーコンを活用した安全リマインドツールを開発して、安全管理業務の効率化を実現した。

工事現場では、同じ場所であっても安全指示事項の内容が日々変わっていく。従来、ビーコンを活用した情報伝達システムは、内容の変更が困難であった。今回開発した、安全リマインドツール「セーフティリマインダー」は、ネット環境下であれば、リアルタイムでアナウンス内容を変更できる。これにより朝礼での安全指示事項を、現場で再度、安全情報のアナウンスを聞く事で確認できる。また、英語などを含めた多言語対応が可能であるため、今後、さらに増加が想定される外国人労働者に対して、母国語により安全指示ができ、現場の安全性向上につながると考えている。

キーワード：ICT, ビーコン, 安全管理, 多言語対応, アナウンス

1. はじめに

現場管理業務において、安全管理は多くの時間を占めている。工事現場では、作業開始前に朝礼を実施し、本日の作業における危険箇所の安全指示事項について、注意喚起を行っている。安全管理は、作業グループごとに危険予知活動を行い、その日の作業の注意点や危険箇所などをより詳細に把握した上で、安全に留意して作業を進めるように指導している。

しかし、作業箇所では朝礼の安全指示事項を失念していた場合、作業員自身が危険にさらされ、重大事故につながることもある。

そこで、筆者は、さらなる安全性向上を実現しながら、安全業務を改善するために、現場で、「再度」、安全指示事項のアナウンスを聞く事ができる「セーフティリマインダー」を開発した。このシステムは、朝礼時に指示した内容を、パソコンにテキスト入力するだけで、現場の危険箇所、安全指示事項をアナウンスとして聞く事ができるため、現場管理者は、安全管理に関する負担が軽減する。

本稿では、工事現場の危険箇所において、安全指示事項を再度アナウンスするシステムである「セーフティリマインダー」を活用した生産性向上について述べる。

2. システムの概要

今回開発したセーフティリマインダーは、安全指示事項を更新するためのパソコンと、現場の危険箇所に設置するためのビーコンと、ビーコンの接近を検知して安全指示事項を注意喚起する携帯端末（スマートフォン）により構成される。パソコン又は携帯端末から入力した安全指示事項は、サーバやクラウドを通じて全ての端末に同期されるため、常に最新の情報となる。

携帯端末は、設置されたビーコンの電波を受信した際に、テキストや画像を画面に表示し、音声合成アプリを用いてテキストデータから生成した音声データを再生することができる。また、増加する外国人作業員のため、パソコンには多言語への翻訳機能を搭載し、携帯端末にてそれぞれの言語に合わせた情報をアナウンスするシステムである。

3. ビーコンについて

使用したビーコンは、Apple社のiBeacon技術を利用している。iBeaconはBluetooth Low Energyを活用した技術である。ビーコンはUUID (Universally Unique Identifier) などの識別情報を含むアドバタイジングパケットを周囲に繰り返し送信している。この

電波を携帯端末（スマートフォン）にて検出・接近判定を行い、安全指示事項をアナウンスして提供する。ビーコンの周波数帯は通常のBluetoothと同様2.4 GHz帯である。壁や水、人体などにより電波が減衰するため、注意が必要である。ビーコンを用いる際、アドバタイジングパケットの発信間隔（Advertising Interval）と送信強度（Tx Power）の設定が重要となる。これらの設定値はビーコン周囲での電波受信距離や安定性に影響するが、電力消費量とトレードオフの関係にある。本システムでは、電池交換の手間を省くため、単3電池を利用して長寿命化を実現しており、約1年電池交換が不要となっている。そのため、維持管理の手間を省くことが可能となった。

4. システム構成

システム構成は、パソコンとしてMacBook、携帯端末としてiPhoneを用いて、アプリケーションを作成した。安全指示事項は日本語によるテキストデータのみで構成し、英語・中国・韓国語・インドネシア語への翻訳、及び合成音声による読み上げ機能に対応した。翻訳機能はMacBookのソフトウェアに実装した。それぞれの言語の読み上げ機能は、iPhoneのアプリに実装している。

表—1に使用する機器を示す。MacBook及びiPhoneについては、OSのバージョンが一定以上であれば、別のMacOS、iOS端末でも実施することができる。また、ビーコンの省電力通信のために、iPhoneにはBluetooth 4.0 (Bluetooth Low Energy) 以降のバージョンが搭載されている必要がある。MacBook

表—1 使用機器

名称	用途	外観
MacBook	安全指示事項のテキスト入力 安全指示事項の多言語翻訳	
iPhone	ビーコンとの接近検知 安全指示事項の提供・アナウンス	
ビーコン	アドバタイズ信号発信	

及びiPhoneの安全指示事項の内容を同期するには、iCloudを利用しているためインターネットへの接続が必要である。

5. 現場適用

(1) 現場適用の概要について

セーフティリマインダーを、長崎県発注の一般県道諫早外環状線道路改良工事（（仮称）4号トンネル）に導入した（写真—1）。導入時点では、トンネルの掘削も終盤に入り、延長が1500 mを超えている状況であるため、トンネル切羽までの移動手段が、現場連絡車のみとなっていた。そのため、移動中の車内で確実に安全情報を伝えられることを確認した。



写真—1 実証実験のトンネル坑内と設置したビーコン

トンネルの坑内に、11箇所（坑口から0 m, 200 m, 400 m, 500 m, 650 m, 750 m, 800 m, 900 m, 1000 m, 1050 m, 1100 m地点）にビーコンを設置した。設置箇所は、最も掘削に苦労した硬質砂岩区間、長崎刑務所の直下、非常駐車帯、覆工コンクリートを養生するアクアカーテン区間などであり、現場の特徴的な箇所を説明している。

表—2に、ある時点でのビーコンのアナウンス内容を示す。この現場では、日本語、英語、インドネシア語の3カ国語対応とした。例えば、坑口から500 m地点では、日本語では、「坑口から500メートルです。安全運転を、お願いします。」、英語では、「500 meters from tunnel entrance. Please drive safely.」、インドネシア語では、「500 meter dari pintu masuk terowongan. Silakan mengemudi dengan aman.」とそれぞれの言語で読み上げてくれる。

トンネル坑内は、Wi-Fi網が利用できないため、坑内でリアルタイムのデータ更新はできない。そのため、朝礼後にネット環境のある場所で、今朝実施した朝礼での安全指示事項の内容にクラウド内のデータを

表一 2 アナウンス内容一覧

坑口から	音声内容
0 m	これは、ダンボールで、できた風門です。外気の流入を防止しています。
200 m	坑内制限速度は 15 キロです。必ず、守ってください。
400 m	この付近が硬質砂岩区間です。トンネル掘削に、最も、苦労した区間です。
500 m	坑口から 500 メートルです。安全運転を、お願いします。
650 m	この付近が、長崎刑務所の直下です。
750 m	ここは、非常駐車帯です。
800 m	ここは、非常駐車帯です。
900 m	坑内制限速度は 15 キロです。必ず、守ってください。
1000 m	坑口から、1000 メートルです。対向車に注意してください。
1050 m	ここは、覆工コンクリート 100 ブロックです。
1100 m	ここでは、アクアカーテンシステムにより、覆工コンクリートの養生を行っています。28 日間湿潤状態を保ちます。



写真一 2 PC画面と連絡車に搭載したiPhone

更新して、iPhone 内のデータも同期しておくことで、朝礼で指示した最新の安全情報を得ることができる(写真一 2)。

(2) 多言語化への対応について

本作業所の特徴は、約 60 名の技術者のうち、インドネシア出身の外国人技術者が 6 名働いていたことであった。そのため、本システムの多言語対応機能を活かし、アナウンスできる言語を、日本語、英語に加えて、インドネシア語を追加した。

現場担当者の MacBook で、日本語のテキストデータをシステムに入力する。あらかじめ、よく使う項目を MacBook 内のメモに記載しておく、コピーするだけで利用できる。翻訳のボタンをクリックすることで、瞬時に多言語に自動翻訳され、クラウドのデータが更新される。

その後、利用者(外国人作業員を含む)が持つ iPhone でセーフティリマインダーのアプリを起動しておく、ビーコンを設置している危険箇所でも適切なアナウンスを聞くことができる。iPhone の「言語と地域」にて日本語に設定しておく、日本語でアナウンスを聞くことができる。また、英語設定では、英語でアナウンスし、インドネシア語設定ではインドネシア語でアナウンスを聞くことができる。母国語でアナウンスを聞くことにより、安全指示事項を正確に理解できるため事故防止につながり、安全性向上に寄与した。

(3) 現場での運用結果について

本トンネルでは、現場連絡車と重ダンプに iPhone を搭載して運用した。運用期間は 4 ヶ月であった。

アナウンス内容は、現場連絡車だけでなく、運転席が高い位置にある重ダンプにおいても確実に受信できることを確認した。その結果、土砂の運搬作業を行っている重ダンプの運転手に対して、坑内の制限速度やクラクションを鳴らす安全行動を、再度、知らせてくれるツールとして利用できた。重ダンプは、運転席から見通しが悪く、死角が多いため注意を見逃すと重大災害に直結する。本システムを利用することで、安全性を向上させる事ができた。

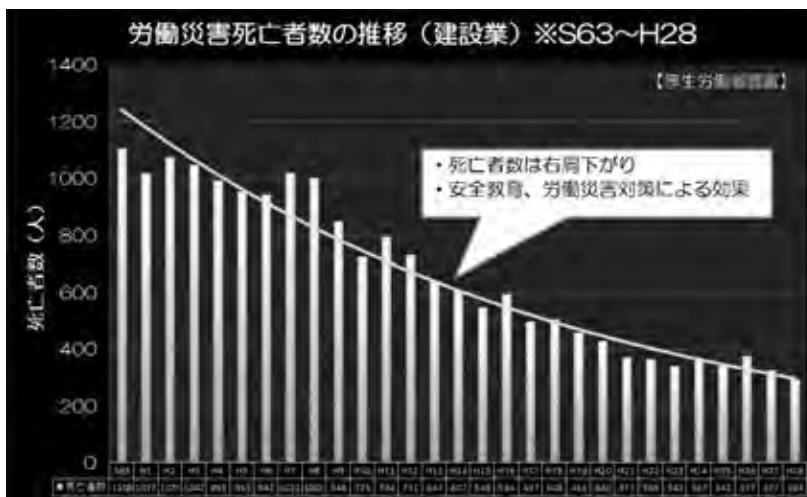
現場連絡車で移動している場合でも、100 m ~ 200 m 程度の間隔で自動的にアナウンスが流れるため、安全意識を向上させ、より安全に坑内を移動することができた。

安全管理は現場管理において多くの時間を占めており、より確実に実施することで現場業務の生産性向上につながる。

6. 今後の展望

近年、建設現場では外国人労働者が増加している。今後もさらに増加すると予想される。安全指示事項を日本語で説明しても、言葉の壁で、正確に伝わっていない可能性もある。日本国内の安全管理においても、ここ数十年の努力で、徐々に工事に起因する死亡者が減ってきた¹⁾(図一 1)。日本語を正確に理解しにくい外国人が、異国で事故の犠牲になることはあってはならない。しかしながら、外国人労働者が増加すればやはり、労働災害発生件数は増えると予想される。外国人労働者の安全の確保は喫緊の課題である。安全の確保はトラブルなく施工を進められることであり、間接的であるが、結果として生産性向上を実現する。

誰もが安全に作業を進める必要があり、日本語が正



図一 建設業における死亡者数の推移

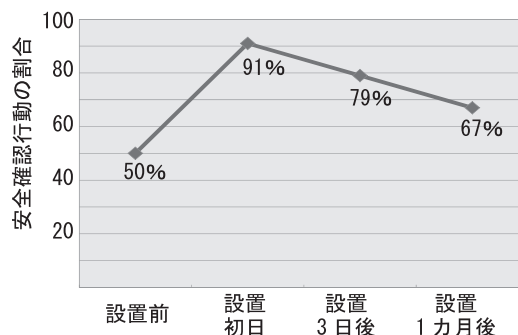
しく理解されないと想定される状況において、今回、開発したセーフティリマインダーは、多言語対応であり、定型の安全業務を改善して、安全性を確保し、生産性を向上させるシステムである。

7. おわりに

本システムは、「現場」で、「現物」をみて、「現実」を認識することで問題解決を図ることできる三現主義を実現でき、ビーコンのある危険箇所に行くことで、はじめてそこで安全指示事項の情報が得られ、リスクを認識できる。リスクを認識することは、未然のトラブルを防止できると考える。

安全な作業に向け、危険予知活動などを継続して行っているが、どうしても形骸化してしまうことが多い。その結果、慣れてしまって、効果が出てこなくなる。筆者が以前に、開発した指向性アナウンス安全看板では、アナウンス内容に慣れることで、安全確認意識が低下することを報告している²⁾。アナウンスをする前は、看板を見るだけで約50%の人が安全確認をしていたが、アナウンスを開始すると、初日は91%、3日後は79%の人が安全行動をしたが、1ヶ月後には、67%に低下することを報告している(図一2)。

このようなデータから、日々データを更新できれば、安全意識に対する認知度は高いまま維持できることがわかる。朝礼後にデータを毎日更新することで、新鮮な安全指示事項を伝えて安全意識を高く保つことにより、労働災害を防止でき、さらなる安全性向上に寄与すると考える。現場の管理は、5つの項目Q(品質)、C(コスト)、D(工程)、S(安全)、E(環境)で管理する事で、生産性を向上させる事ができる。今回のシステムは安全性向上を進めて、生産性向上を



図一2 安全確認行動の時系列変化

図っている。

謝辞

開発を一緒に進めた丸五ゴム工業(株)の関係者、現場で運用をさせていただいた一般県道諫早外環状線(仮称)4号トンネル)の作業所の関係者に対し、ここに記して、感謝の意を表する。

JCMA

《参考文献》

- 1) 建設業労働災害防止協会:建設業における労働災害情報ホームページ、https://www.kensaibou.or.jp/safe_tech/statistics/occupational_accidents.html
- 2) 宮瀬 文裕, 牧野 有洋, 岩橋 輔, 谷川 将規, 宇野 昌利, 藤吉 卓也, 井出 一直, 高野 泰明, 花村 洋一郎:土木工事現場での環境対策事例—音響技術の新しい活用方法(騒音・交通安全)—, 土木学会 環境システム研究論文発表会講演集 41, pp.133-140, 2013.

【筆者紹介】

宇野 昌利 (うの まさとし)
清水建設(株)
土木技術本部 開発機械部
主査



紙素材を活用した生産性向上とコスト縮減

宮 瀬 文 裕

近年の建設現場では、作業員の高齢化、女性作業員の増加が進んでいる。そのため、壮年の男性作業員よりも体力的にハンディがある高齢者、女性作業員を対象とする生産性向上対策も重要である。そこで、鋼材や木材に代わり、軽量で取り扱いが容易な紙素材を仮設資材化することで、作業員の負担が軽減され、仮設施工の生産性が向上すると考えた。近年、紙素材は技術開発により強度、耐候性等が向上している。また、工場で任意の形状、寸法に加工可能で、大量生産によるコストダウンも見込める。本稿ではこれらの特性に着目し、ダムの監査廊用扉と大断面トンネルの風門に試用した事例について概要を説明する。

キーワード：紙素材、仮設資材、生産性、コスト低減

1. はじめに

段ボールなどの紙素材は主に梱包材として利用される一方、強度や耐候性の問題から、これまで建設資材や仮設資材として活用されることはほとんどなかった。しかし近年、強度、耐火性能、耐水性能に優れた高機能紙素材が製品化され、仮設資材への適用可能性が高まってきている。そこで、筆者はこれまでに紙素材の遮音性能、現場環境下での紙素材の耐候性を検証してきた。その結果、現場の湿潤環境下で吸湿・乾燥を繰り返した場合でも内部に大きな劣化は見られず、仮設資材に求められる耐候性が期待できることを確認した。また、遮音性を確認できたことから、鋼管杭の騒音対策として現場に試用し、紙素材の軽量性ゆえの扱いやすさ、複雑な形状が可能な加工性の高さも確認した^{1) 2)}。

今回、これまでの基礎的な試験結果をもとに、仮設資材への適用可能性を検討するため、ダムの監査廊用扉と大断面トンネルの風門に試用した。ダムの監査廊用扉では、軽量なため狭い監査廊内での運搬が容易なこと、CADデータをもとに正確な形状にプレカットできるため組立、設置が容易なことを確認した。大断面トンネルの風門では、従来の樹脂系材料を紙素材で代替することで材料費を低減できること、プレカットした材料をより大規模に適用できること、高所への設置にも揚重機が不要なことを確認した。本文では、今回活用した紙素材の特徴、仮設資材への試用事例について概要を報告する。

2. 紙素材の特徴

(1) 紙素材の基本性状

本文で活用した紙素材は、特殊強化段ボールである。この材料は、3層構造で強度と耐久性に優れている（写真—1）。そのため、機械等の重量物の包装資材として、木材の代替品として活用されている。さらに、表面に耐水加工を実施することで、魚運搬用の生け簀、箱としても実績がある（写真—2）。木材の代替として利用されている理由として、運搬後に廃棄せ



写真—1 3層構造の紙素材（厚さ15mm）



写真—2 耐水加工の例：マグロ梱包箱

ずにリサイクル可能なため、廃棄費用の低減、SDGsの概念に合致するためである。国内では、紙素材のリサイクル体制が確立されており、90%程度がリサイクルされている。さらに、面密度 2.2 kg/m^2 と軽量なため、型枠の合板サイズ(1.8m×0.9m)であれば、4kg未満と軽量であるため人力運搬も容易で、運搬費用も低減できる利点もある。

紙素材の大きな特徴は、折り曲げが容易で、様々な形状を実現できることである。身近な事例では、カメラ、パソコン等が収納されている部分には、寸法と形状が商品にぴったりの紙製の梱包材が使用されている。この梱包材は、1枚の紙素材を複雑な形状に打ち抜き、何ヶ所も折り曲げることで実現している。

(2) 紙素材の耐候性²⁾

紙素材の耐候性を確認するため、湧水量が多く、1年を通じて湿潤環境にあるトンネル現場内で1年間の耐候性試験を実施した(写真-3)。トンネル内の湿度は60~70%程度、坑内温度は26~28℃程度と変化が少ないため、湿度・温度とも一定の条件のもとで、屋外で使用した状況を再現できると考えた(写真-4)。耐候性は、箱状試験体(幅0.5m、高さ0.5m、長さ2.0m)の強度試験と目視による劣化状況観察により実施した。

箱状試験体の圧縮強度試験結果を図-1に示す。図-1では、横軸は、経過時間(月)、縦軸は強度比(%) (=各時期の供試体の強度試験結果/試験前の標準状態(水分含有7%状態)の試験体の圧縮強度)、および供試体の水分含有量(%)の実測値である。強度比と水分含有量の変化に着目すると、3ヶ月経過後の水分含有量が6ヶ月目に低下しているが、強度比は増加している。また、12ヶ月経過後の試験では、回収したままの状態(水分含有15%)と標準状態まで調湿した状態(水分含有7%)で強度比を確認した。回収したままの状態では、強度比は33%であったが、調湿した状態では、強度比が57%まで回復していた。紙素材の性質として、素材の劣化が発生していなければ、水分含有量が低下すると強度比が回復する。強度比と水分含有量の確認結果から、今回の紙素材は3層の波型構造のため、湿潤状態で吸湿・乾燥を繰り返した場合も、内部の部材まで劣化が進みにくく、短期の耐候性を期待できると考えられる。

箱状供試体の回収時に表面の損傷、カビの発生などの状況を観察した結果、1ヶ月後~12ヶ月後のすべてで、表面の損傷、折曲げ部の損傷、変形等の顕著な劣化は確認されなかった。



写真-3 耐候性試験の状況



写真-4 耐候性試験を実施したトンネル内の状況

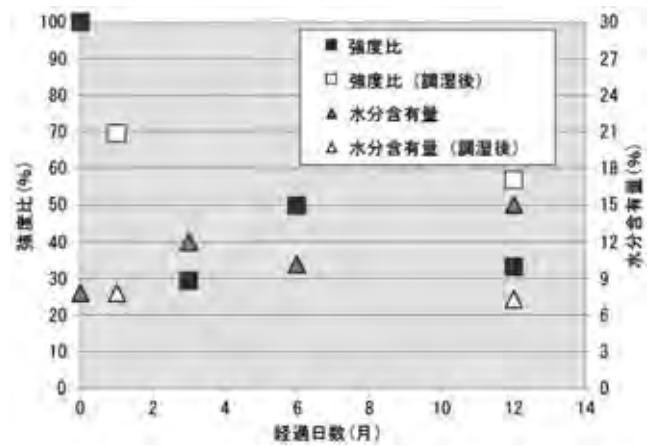


図-1 強度比と水分含有量の経時変化 (箱状試験体)

3. ダムの監査廊用扉への試用

(1) ダムの監査用扉の概要

ダム堤体内部に設置される監査廊は、コンクリート製のプレキャスト材である(写真-5)。ダム堤体の構築作業では、監査廊のプレキャスト部材を所定の位置に設置し、固定後にダム堤体コンクリートを打設する。ダム堤体はマスコンクリートであるため、その内部では水和熱で大きな温度上昇が発生する。そして、監査廊のプレキャスト部材はその周囲のコンクリート



写真一五 ダムの監査廊の例



写真一六 監査廊の温度分布



写真一七 木製のダムの監査廊用扉の例

の水和熱により、プレキャスト部材そのものも温度上昇が発生する。写真一六は、堤体コンクリートの打設後に、赤外線カメラを使用して監査廊内を撮影したものである。写真一六の上方のプレキャスト部材頂部の濃い灰色部分の温度が高いことを示している。この場所は、ダム堤体コンクリートを打設した箇所で、水和熱がプレキャスト部材へ伝達している状況を示している。

上記の状態でも冬場に監査廊内に温度の低い外気が流入すると、監査廊内部で急激な温度変化が発生する。堤体コンクリートの内部が温度上昇している時に冷気で冷やされると、堤体コンクリート自体にひび割れが発生し、それに伴って監査廊のプレキャスト部材にもひび割れが発生する懸念が高まる。このような懸念を防止するため、施工中の監査廊の入り口には、外気の流入を防ぐための監査廊用扉が必要となる。

従来は、監査廊の大きさ、形状に合わせて、型枠大工が木製の合板で製作していた。監査廊には天井部に曲線があるため、現地にて木製合板の寸法と形状を調整した上で、組立する必要があった(写真一七)。また、狭く傾斜が急な階段のある監査廊内(写真一五)で、木製合板と道具を運搬するため、高齢者や女性には負担の大きな作業でもあった。このような事情から、通常は監査廊用扉については、型枠大工2人で半日かかる人工を必要としていた。

(2) 監査用扉の試用結果

今回試験を実施したダムの監査廊の大きさは、幅2.0m、高さ2.5mであり、ダムの完成後に点検員が利用する通路である。

今回、運搬と現地での組み立ての両方を考慮して、3分割の紙素材で構成することとした(写真一八)。



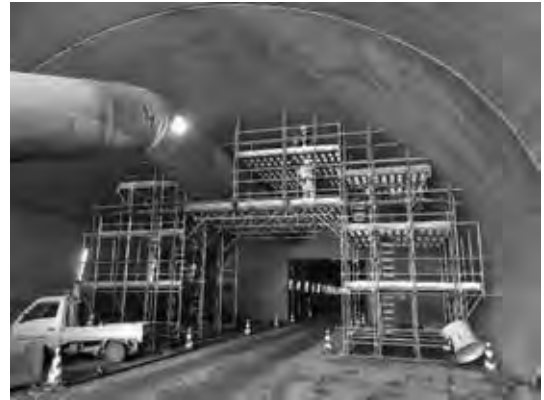
写真一八 紙素材のダムの監査廊用扉の構成

その寸法、形状は監査廊のプレキャスト部材のCAD図をもとに設定し、CAD図面に沿って正確にプレカット加工できる紙素材用の加工機で作製した。また、現地での部材の折り曲げが容易となるように、部材表面に折れ線加工がされている。3つのパーツの総重量は約12kg程度と軽量で、狭い監査廊内の運搬に支障のないサイズであることから、高齢者、女性でも負担が少なく、施工性の向上に有効である。今回の試験設置では、型枠大工2人で3つのパーツを同時に運搬できることを確認した。

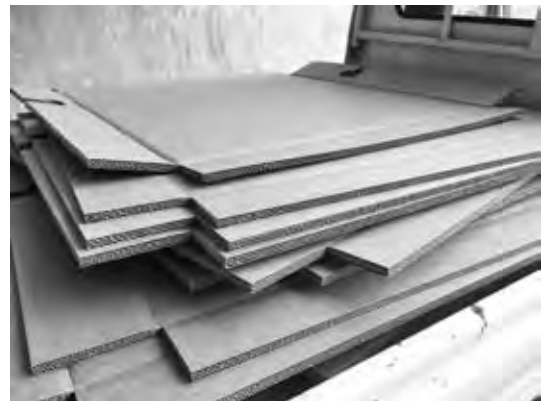
設置時には、現地に合わせて多少の寸法調整が必要であった。本扉は紙素材であるため、通常のカッターで切断可能である。今回は型枠大工が普段使用しているのこぎりにより、容易に切断して調整できた。この調整後に、折れ線加工に沿って折り曲げ、作業員2名で組み立てて設置した(写真一九)。現地での寸法調整10分、設置10分とあわせて20分程度であり、生産性の向上に資することを確認できた。なお、設置7箇月経過後も、表面の損傷などの発生はなく、継続して使用されていることを確認した。



写真一〇 紙素材のダム風の監視廊用扉の設置状況



写真一一 基本パーツ



写真一二 紙素材の風門の組立状況

4. 大断面トンネルの風門への試用

(1) トンネルの風門の概要

トンネル貫通後は、外気が流入しはじめて坑内温度、湿度の急激な変化が生じる。これにより、トンネルの覆工コンクリートの表面にひび割れを発生させる懸念がある。そこで、外気の流入を防止する手段として、トンネル貫通後にトンネルの出入口部の全面に風門を設置することが多い。

従来の大断面のトンネルでは、骨組となる鋼材、壁となる合成樹脂膜等の部材をクレーン車で揚重しながらトンネル断面を塞ぐ壁を構築していた。トンネルの形状と寸法は、全て異なるため、風門もトンネル毎に設計し製作する必要がある。また、トンネル1本あたりで入口と出口に1箇所、計2箇所のため、大量生産によるコスト低減効果も期待できず、高コストであった。

(2) トンネル風門の試用結果

今回試験を実施したトンネルは、トンネル断面が100 m²程度の大断面の道路トンネルである。ダムの監視廊用扉に比べて大断面であるため、風圧による損傷の懸念があった。そこで、風圧に耐えられるように、支保工を事前に構築して、紙素材による壁部分と一体化する構造とした。写真一〇に、支保工の設置状況を示す。紙素材の部材寸法についても、面積が大きくなると風圧により損傷の懸念があるため、幅1 m、高さ1 mの正方形のパーツとした。なお、曲線となるトンネルの縁部分については、監視廊用扉と同様に、CAD図をもとに設定し、図面に沿って正確にプレカット加工できる紙素材用の加工機で作製した。

写真一一に、正方形の基本パーツを示す。現場へ

の搬入は、プレカットした状態で平面の状態とした。平面のため、合板と同様に運搬スペースを取らないメリットがある。基本パーツの四周には折れ線加工が施され、この部分を折り曲げて箱状にして使用する。また、折れ線加工により現地での折り曲げ、組立の容易さと、寸法・形状の正確性を両立させている。L字型の切込みは、支保工の単管に固定するために設けた。この切込みに沿って単管に押し込み、落とし込むことで固定できる。この方法により、組立の容易さを実現した。

写真一二に、紙素材の風門の組立状況を示す。組



写真-13 切り欠きによる支保工への固定状況



写真-14 紙素材用ネジによる部材同士の接合

立は、基本パーツ、縁部のパーツを地上で箱状に組立てたのち、高所作業車を使用して順次支保工に設置した。写真-13に、紙素材の支保工への固定状況を示す。支保工の単管寸法に正確に加工したL字の切込みにより、確実に固定されている状況である。隣接するパーツ同士を接続することで、風門の壁として堅固な構造が期待できる。そこで、隣接するパーツ同士は折り曲げた部分を紙素材用の特殊ネジを使用して接合した。この特殊ネジは、紙素材の固定用として多数使用されており、充電ドライバーを使用することで簡単に固定できる。写真-14に接合状況を示す。黒色の円形状の部材が特殊ネジである。縁部の曲線状部分、換気用パイプの周囲については、多少の形状・寸法調整が必要であった。今回は、通常のカッターにより、現場で容易に加工できた。

写真-15に、紙素材の風門の設置完了状況を示す。約100m²の大断面トンネルの風門の組立に要した作業員は6名、高所作業車1台、作業時間は約半日であった。基本パーツを1m四方としたことで、軽量で作業性に優れ、クレーン車が不要なことを確認できた。

設置完了後、設置費用を従来工法と比較したとこ



写真-15 紙素材の風門の設置完了状況

ろ、材料費は約半分、施工費用はほぼ同等であった。このことから、コスト縮減効果が期待できると考えられる。また、設置後に風門下部が30cm程度冠水する大雨に遭遇した。水の引いた後に確認したところ、紙素材に多少の変色は見られたが、破れや変形等の損傷は見られなかった。紙素材の風門は、2基を設置したが、約6箇月間の試用中に支障なく機能を発揮した。

5. おわりに

今回、紙素材の仮設資材への適用性を確認するため、ダムの監査廊用扉、大断面のトンネルの風門について、プレカット加工した紙素材を使用した。ダムの監査用扉では、軽量なため運搬が容易であること、組立時間を従来の半日から20分程度に短縮できることを確認した。トンネルの風門では、1m四方の基本パーツと支保工を組み合わせることで、約100m²の風門を組立可能なこと、約6箇月間支障なく使用できることを確認した。組立にクレーン車が不要、材料費が半減可能等、コスト縮減が期待できる点も確認できた。なお、当社は軽量でリサイクル可能な紙素材を、仮設資材に活用する技術を「KAMIWAZA」と名付け、SDGsの実現に寄与する技術開発と現場への活用を進める予定である。

謝辞

最後になるが、試作品の作製で王子インターパック(株)の関係者、現場での試用でダム現場とトンネル現場の関係者には、多大の協力をいただいた。ここに感謝の意を表する。

JICMA

【参考文献】

- 1) 宮瀬文裕, 谷川将規, 岡崎正人, 古木弘, 藤本邦夫, 坂水順一, 清水淳路, 仮設防音設備への紙素材の適用性に関する基礎的検討, 第45回環境システム研究論文発表会講演集, pp81-86, 2017.10
- 2) 宮瀬文裕, 古木弘, 谷川将規, 宇野昌利, 藤本邦夫, 岩井一将, 仮設防音設備用紙素材の耐候性試験, 土木学会第73回年次学術講演会, VI-362, pp723-724, 2018.8

【筆者紹介】

宮瀬 文裕 (みやせ ふみひろ)
清水建設(株)
土木技術本部 設計部
主査



レーザースキャナによるトンネル出来形管理技術 トンネル出来形管理システム「出来形マイスター」の活用

須佐見 朱加・京 免 継彦

近年、建設業においても就業者数の減少が顕著であり、生産性向上を目的とした取り組みが盛んに行われている。このような背景から、山岳トンネル工事における出来形管理手法のひとつとして、レーザースキャナの活用が作業の効率化と安全性向上の両面から期待されている。今回、施工中の現場においてレーザースキャナ計測を実施し、得られた計測データから覆工の厚さ判定や打設数量の推定、出来形計測ができるシステム「出来形マイスター」を導入した。本稿では、このシステムを道路トンネルに適用した事例について紹介する。

キーワード：山岳トンネル、レーザースキャナ、3次元計測、出来形管理、情報化施工

1. はじめに

建設業の就業者数は、減少の一途をたどっている¹⁾。このような状況の中、いかに限られた時間内で高い成果をあげるかが喫緊の課題になっている。

たとえば、トンネル工事はここ50年で生産性が著しく向上^{2,3)}した工種の一つである。これは、人力による「矢板工法」から機械施工による「NATM (New Austrian Tunneling Method)」に移行したためであり、今後もより一層、機械化や自動化⁴⁾が進むと考えられる。一方、現行の出来形管理はある管理断面を対象として巻尺やレベルを用いた手作業による計測が長年用いられている。天端部の計測では高所作業車を用いる必要があり、計測毎の移動に手間を要するだけでなく、安全対策を講じる必要がある。また、覆工コンクリートの打設数量を的確に算出するには、セントル（覆工型枠）のすべての検査窓から吹付けコンクリート面とセントルまでの距離を計測する必要があり、狭隘なセントル内での計測は作業効率が悪く、作業者の負担も大きいことが課題となっていた（図-1）。

そこで今回、施工中のトンネル現場においてレーザースキャナ計測を実施し、3次元出来形管理システム（以下、本システム）を適用した。本稿では、本システムと現行の出来形管理を比較することで安全性や作業効率に与える効果を検討するとともに、施工現場での普及に向け、現状で残る課題とその解決策について報告する。



図-1 セントル内での計測

2. 実施工を対象としたレーザースキャナによるトンネルの出来形管理

(1) 概要

レーザースキャナによるトンネルの出来形管理⁵⁾（以下、LS管理）は、トンネル壁面をレーザースキャナで計測し、3次元の設計モデルと比較することで構造物全体の出来形を確認するとともに、計測作業の効率化や安全性を図るものである。今回、700m程度の道路トンネルにおいてLS管理を実施した。

(2) 計測機器および計測方法

計測機器は、1秒間に約12万点の点群を取得し、器械点を中心に鉛直方向に270°、水平方向に360°の範囲を計測することができるTOPCON社製のGLS-2000を使用した。

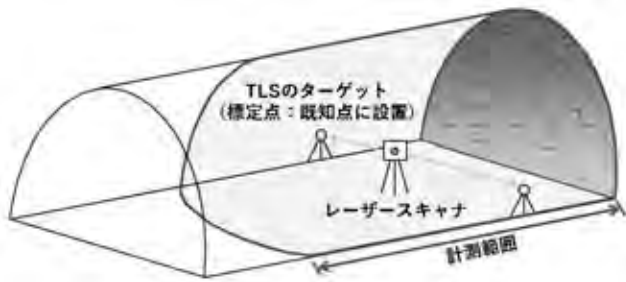


図-2 計測概略図

計測の概略を図-2に示す。まず最初に、レーザースキャナをトンネルの中心付近に設置する。計測は見通しが利く範囲のみ有効であるため、レーザ照射の障害となる資機材は事前に撤去する必要がある。次に、標定点(レーザースキャナのターゲット)を坑内基準点に設置する。その後、標定点を視準し、後方交会により器械設置位置を算出する。この作業は、計測した点群の座標変換や合成をする際に必要となる。そして、トンネル壁面の形状を計測する。この一連の計測を、吹付けコンクリート施工後(打設前計測)と覆工コンクリート打設後(打設後計測)で実施する。

計測条件は、表-1に示すとおりである。NATMは、通常、吹付けコンクリート面の表面が凹凸である一方、覆工コンクリートは平滑な仕上がりとなる。そのため、打設後計測は打設前計測に比べ、計測密度を粗くし、計測間隔を長くすることで計測時間の短縮を図った。

表-1 計測条件

計測時期	計測密度	計測間隔	計測時間
吹付けコンクリート 施工後 (打設前計測)	6.3 mm/10 m	30 m	7分
覆工コンクリート 打設後 (打設後計測)	12.5 mm/10 m	40 m	2分

(3) 計測データの処理方法

処理フローを図-3に示す。

本システムでは、① トンネルの設計断面データ、② トンネルの中心線形データ、③ 現場座標に変換した計測データの3種類を必要とする。計測データには、測定対象面～レーザースキャナ間においてレーザ光を遮断する支障物が含まれているため、トンネル壁面のみの点群を抽出する。その後、ポリゴンメッシュ化することで3次元モデルを作成する。ここで、覆工コンクリート打設前後の3次元モデルを打設前モデル、打設後モデル、さらに、トンネル中心線形と設計断面から構成されたものを設計モデルと定義する。

覆工コンクリート打設前の厚さは、打設前モデルと設計モデル、打設後の覆工厚さは打設前・後のモデルとの差から算出する。その値をブロック毎に色分けしたヒートマップで表示することで覆工厚さの判定を行う。また、打設前・後のモデル上で任意点を指定する

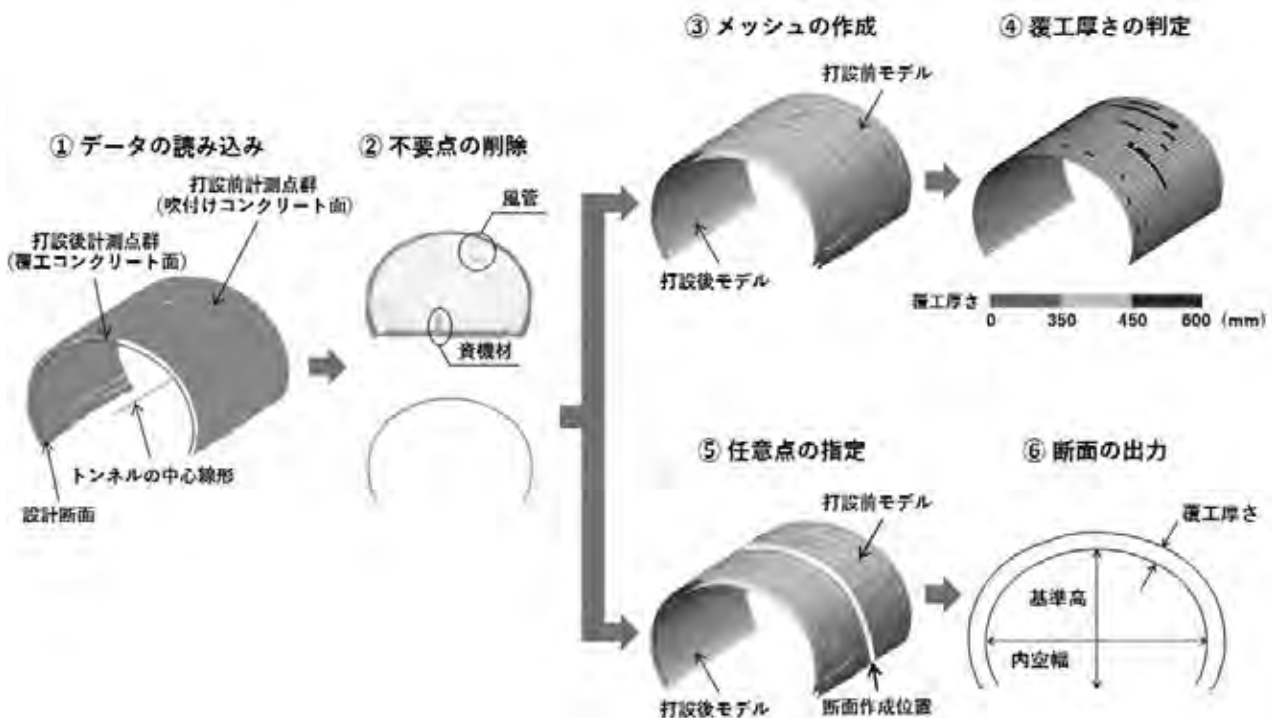


図-3 計測データの処理フロー

ことで断面を作成し、CAD ファイルに出力することで PC 上で出来形計測を行う。

(4) 処理結果

図-4 に処理結果例として、打設前計測と打設後計測の差から1打設長 (=10.5 m) の覆工厚さを評価した3D 図および展開図を示す。ヒートマップの色分けは、設計値の覆工厚さに満たない場合は赤色、それ以外は値によって緑または青色と定義する。このようにヒートマップ表示することで、余掘りが多い箇所(青色)と覆工厚さの不足箇所(赤色)を視覚的に把握することができる。

また、ヒートマップのブロック毎の値を積算することで体積を算出し、覆工コンクリート打設前に必要なコンクリート量を推定することができる。そこで、箱抜きがなく、打設長内で断面種別が変化しない20区間において、打設したコンクリート量と解析値の比較を行った。その結果を図-5 に示す。解析値は、打設したコンクリートに対して全体的に小さい値を示し、その誤差は3.2%である。これは、① コンクリートの圧送管やポンプ車のホッパー等に残ったコンク

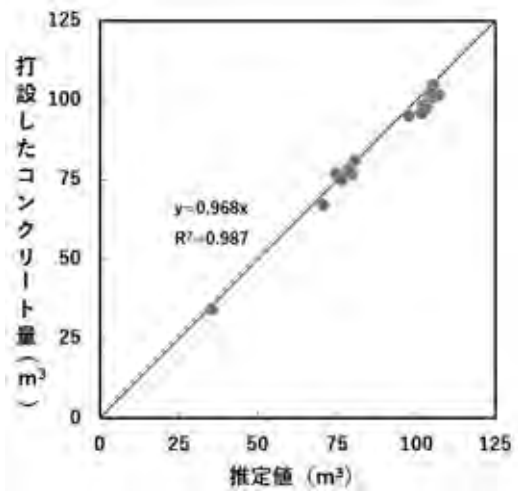


図-5 処理結果

表-2 実測値とCAD計測値の誤差

	誤差
内空幅	± 4.4 mm
内空高さ	± 4.8 mm

リート、② ヒートマップ作成時の値の採用方法(最小値、最大値、平均値等)が影響している可能性がある。今後より詳細な検討を行う必要がある。

表-2 は、ある断面において実測値とCADファイルとして断面を出力し、PC上で内空計測した結果である。内空幅・高さともに±5mm以内であり、LSで計測・処理を行っても現行の出来形管理と同等の精度を確保できているといえる。

3. LS 管理に関する一考察

表-3 は、実施工を対象としたLS管理で得られた結果より、現状と課題、改善策をまとめたものである。

品質面において、現行管理はあらかじめ決められた箇所での単点計測であったため、それ以外の出来形を知るすべはなかった。一方、LS管理では連続した3次元の面形状を取得し、3次元処理を行うことで、施工箇所全体の出来形を一目で把握することが可能となる。そのため、これまで以上の品質確保を期待できる。今後は、この施工時の計測データを維持管理にどのように生かすかが課題である。

精度面について、LS管理は現行と同等の計測精度を確保しているものの、計測およびデータの取り扱いには注意を払う必要がある。

まず、図-4の処理結果において、覆工厚さ不足である赤色が表示されたのは、箱抜きの影響である。通常、箱抜き工は切羽掘削とは別に後から施工するた

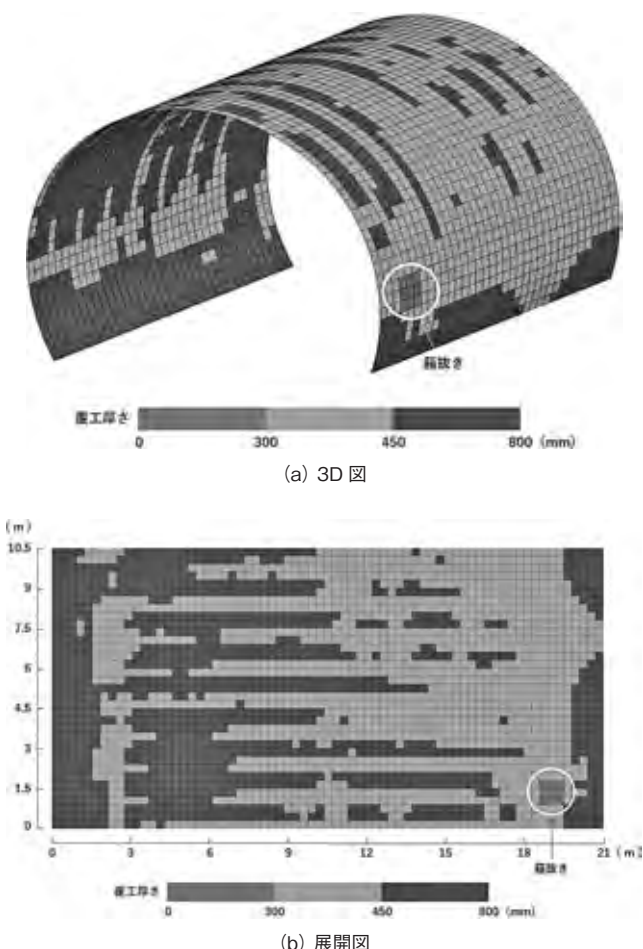


図-4 処理結果の一例 (1 ブロック= 30 cm 四方)

表—3 LS管理の課題と改善策

	現状	課題	改善策
品質	・面的に管理可能 ・一目で出来形を把握	・維持管理への展開	—
精度	・現行の出来形計測と同等の精度を確保	・箱抜き工の取り扱い ・支障物による計測データの欠損	・局所的な計測と合成 ・異なる地点での計測 ・欠損の許容範囲決め
作業	・高所作業の不要化（安全性の向上） ・計測～処理を1人で作業可能 ・確認作業の省力化	・さらなる作業の効率化	・計測機器の選定 ・処理手順の確立

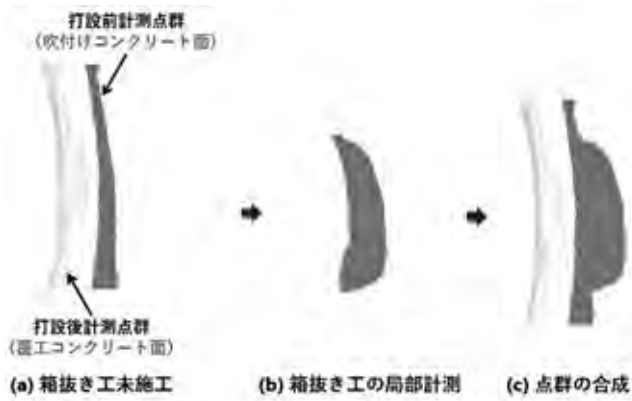
め、切羽近傍で計測した場合、未施工であることが多い。その段階で計測したデータと打設後計測のデータを重ね合わせると、あたかも覆工厚さが不足しているかのような判定となる。それを防ぐためにも箱抜き工施工後に再計測の実施、あるいは、箱抜き工のみを局部計測し、未施工時の計測データと点群を合成する手順が必要である（図—6）。

また、計測は支障物がない状態で実施することが好ましいが、吹付けコンクリート施工直後以外は少なからず支障物が存在し、その部分が欠損した状態になることが多い。図—7は、風管設備により欠損した計測データの一部である。このような場合、異なる地点から複数回計測を行うことで不可視部をなくすことも可能であるが、取得点群の増加に伴い処理時間も長く

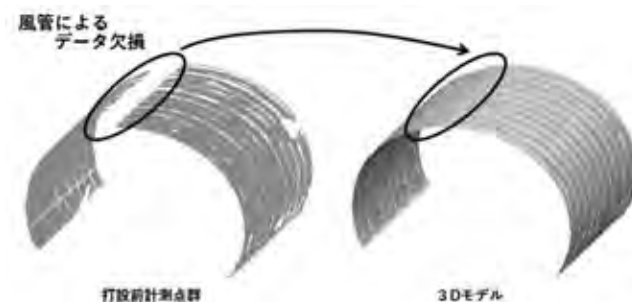
なるといったデメリットもある。本システムでは、欠損部周辺の点群から設計モデルを近似させ、補完する処理を行っている。当然のことながら、補完数範囲が大きくなるほど処理結果の信頼性が低下する。そのため、たとえば UAV 搭載型レーザースキャナを用いた公共測量マニュアル（案）⁶⁾ のように、点群が取得できないメッシュの割合を欠測率と定め、メッシュの大きさによって欠測率の許容値を決めることが望ましいと考える。

作業面において、作業者は足場の設置や高所作業車を必要とせず、非接触で計測を行えることから、現行の出来形管理に比べ安全性の向上を図ることができる。また、計測結果を「見える化」することで、一目で出来形を把握することができ、確認作業の省力化につながる。

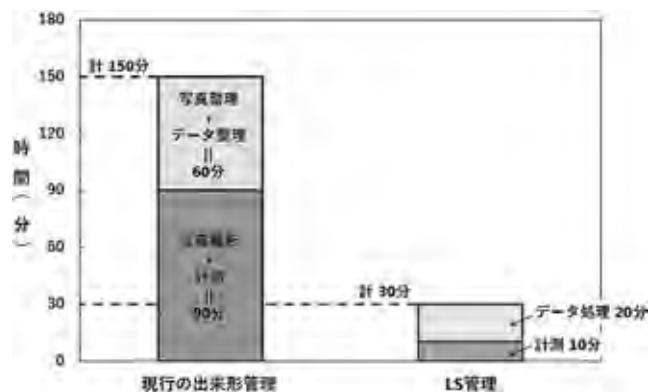
現場担当者のヒアリングに基づく作業時間の比較を図—8に、LS管理の詳細を表—4にそれぞれ示す。図—8より、現行管理では計測とそれに伴う写真撮影に多くの時間を費やしていることがわかる。今回実施したLS管理では、施工箇所全体の形状を点群として把握しており、どの断面においても出来形を確認できる場合のみ写真撮影を省略可能と仮定すると、現行の出来形管理と比較して2割程度の時間で済む。また、若手職員やベテラン職員といった各職員の作業時



図—6 箱抜き工の点群処理方法の一例



図—7 計測点群欠損部の補完



図—8 作業時間の比較 (1打設長あたり)

表-4 作業時間の詳細 (LS 管理)

計測時間 (器械設置時間含む)	
打設前計測	6.7 分 /1 打設長* (20分で3打設長分)
打設前計測	3.75 分 /1 打設長 (15分で4打設長分)
	10.45 分 /1 打設長

処理時間	
打設前計測	
点群作成	5 分 /1 打設長 (15分で3打設長分)
ヒートマップ	5 分 /1 打設長
打設後計測	
点群作成	3.75 分 /1 打設長 (15分で4打設長分)
ヒートマップ	5 分 /1 打設長
出来形帳票出力	1 分 /1 打設長
	19.75 分 /1 打設長

※ 1 打設長 = 10.5 m

間のバラツキを縮小し、生産性向上に寄与することが期待される。

4. おわりに

施工中のトンネル現場において LS 管理を実施し、現行の出来形管理と比較したところ、以下の知見が得られた。

- (1) レーザースキャナで計測したトンネル壁面の点群は、面的に評価することで構造物全体を「見える化」するだけでなく、確認作業の省力化にもつながる。
- (2) LS 管理は非接触で計測することができ、1 回の

据付けで広範囲を高密度に計測することから、従来、必要であった足場や高所での作業が不要となり、作業員の安全性向上につながる。

- (3) 今回実施した LS 管理では、従来の巻尺やレベルによる出来形管理と比較しても同等の計測精度を保ちつつ、作業時間を大幅に削減し、生産性向上へ寄与することがわかった。

JICMA

《参考文献》

- 1) (社)日本建設連合会：建設業ハンドブック 2018, pp.18, 2018.
- 2) 廣田良輔：新幹線のインフラコストと建設技術の進展, 土木学会, 土木学会第 83 回通常総会特別講演資料, 1997.
- 3) 金澤博：新幹線工事における山岳トンネルの変遷, トンネルと地下, Vol. 42, No. 3, pp.5-6, 2011.
- 4) 日経コンストラクション：山岳トンネル工事の自動化は可能か?, pp.52-53, 2018.
- 5) 国土交通省：レーザースキャナを用いた出来形管理の試行要領 (案) (トンネル編), 2017.
- 6) 国土交通省国土地理院：UAV 搭載型レーザースキャナを用いた公共測量マニュアル (案), pp.17, 2018.

【筆者紹介】



須佐見 朱加 (すさみ あやか)
佐藤工業㈱
事業支援センター ICT 推進部



京免 継彦 (きょうめん つぐひこ)
佐藤工業㈱
事業支援センター ICT 推進部
部長

スマートフォンアプリを利用した コンクリート品質管理システム

森 浜 哲 志

東北地方整備局管内の施工現場において、施工状況把握チェックシートおよび表層目視評価シートが活用されている。これらのシートは、コンクリート施工時および型枠取外し後におけるコンクリートに関する情報共有を容易にし、コンクリート施工のPDCAサイクルを回すことによって、コンクリートの品質向上に寄与するものである。今回、シートを入力をスマートフォン端末上で行い、入力したデータをサーバー上で一括管理するコンクリート品質管理システムを開発し、システムを現場に導入したことによって、コンクリートの品質向上を確認することができた。

そこで、本稿では、開発したコンクリート品質管理システムの概要および現場導入による効果について述べる。

キーワード：コンクリート、品質管理、施工状況把握チェックシート、表層目視評価シート、スマートフォン、アプリ

1. はじめに

近年、東北地方整備局管内の施工現場において、施工状況把握チェックシートおよび表層目視評価シートが活用されている。これらのシートを用いることで、コンクリートの打込み準備から養生までにおけるコンクリート施工時の状況および型枠取外し直後におけるコンクリート表層部の不具合発生状況に関係者間で情報共有することが容易となる。さらに、コンクリート表層部に不具合が確認された場合は、発生原因の推定を行い、コンクリート施工に関する計画、方法および留意点等を確認し、次回以降のコンクリート施工に反映するPDCAサイクルを回すことによって、コンクリートの品質向上に寄与するものである。

そこで、筆者らは上述した施工状況把握チェックシートおよび表層目視評価シートのデータ作成および情報共有をより効率的に行うことを目的として、シートを入力をスマートフォン端末上で行い、入力したデータをサーバー上で一括管理するコンクリート品質管理システムを開発した。

本稿では、開発したコンクリート品質管理システムの概要および現場導入による効果について述べる。

2. コンクリート品質管理システムの概要

(1) 従来の方法との違い

従来、施工状況把握チェックシートおよび表層目視評価シートは紙で運用されていた。紙を用いてチェック作業を行う場合、シートを印刷し、現場で記入、事務所に戻った後、表計算ソフト等の書式に入力あるいは紙をスキャンするといった作業が必要であった。これらの作業は、効率が悪く生産性を低下させる原因となる。

本システムは、施工状況把握チェックシートのチェックおよび表層目視評価シートの評価点入力をスマートフォン端末上のアプリで行い、入力されたデータをサーバーにアップロードすることで作業が完了することから、作業の省力化や効率化を図ることが可能である。

(2) システムの特徴

本システムの特徴としては、「①マルチプラットフォームアプリを採用」、「②クラウドサーバーによる運用」、「③データ改変不可」が挙げられる。各特徴における詳細を以下に示す。

- ①シートを入力作業を行うアプリは、スマートフォンおよびタブレット端末で利用可能なマルチプラットフォームアプリであり、現場状況に応じて

最適な環境（端末）での活用が可能である。

- ②アップロードされたデータの保管はクラウドサーバーを利用していることから、スマートフォンへアプリをダウンロードすることで新規工事への導入が行える。
- ③アップロードされたデータはサーバー上で一括管理されるため、データを改変することができないシステムとなっている。

(3) 運用イメージ

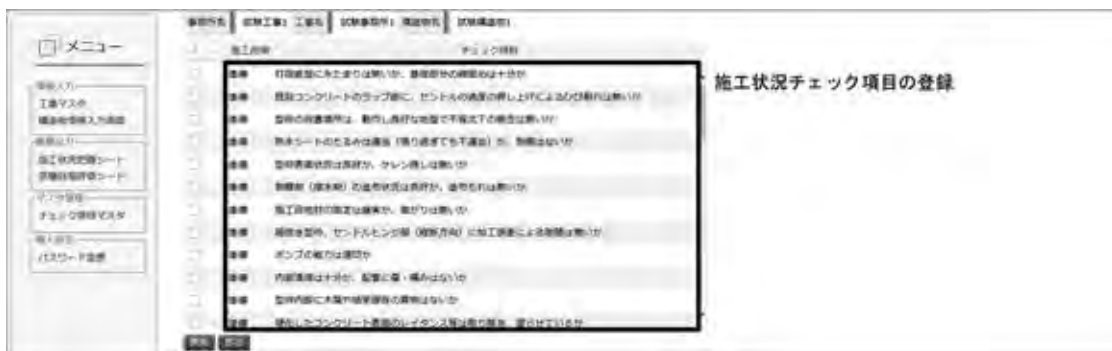
本システムの運用イメージを図-1に示す。
本システムを運用するにあたっては、PC等のWeb

接続できる機器およびスマートフォンやタブレット等のモバイル端末を用いる。

はじめに、本システムの準備として、施工状況把握チェックシートのチェック項目および表層目視評価シートの評価項目を登録し、登録されたデータをスマートフォン端末へダウンロードする作業が必要となる。これらの作業を行えば、作業箇所へはスマートフォン端末1台を持って行くことによりシートの作成が可能となる。作業箇所では完全オフライン環境でスマートフォン端末を使用することが可能であり、事務所に戻ってからオンライン環境でデータをサーバー上にアップロードするといったことを行うことも可能であ



図-1 運用イメージ

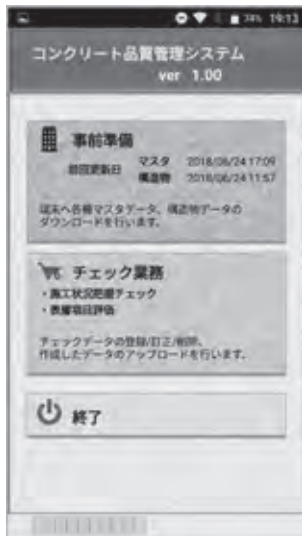


(施工状況チェック項目登録)

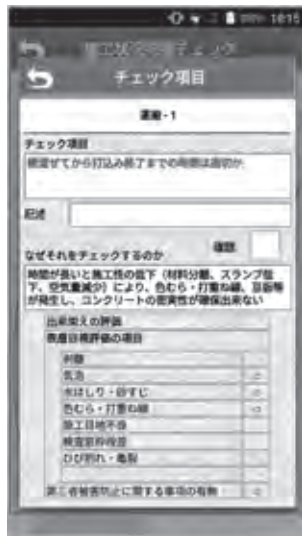


(目視評価項目の登録)

図-2 Web画面一例



(スタート画面)



(施工状況チェック画面)



(表層目視評価画面)

図-3 アプリ画面一例

る。アップロードされたデータは、事務所等のPCからクラウドサーバーへ接続することにより、確認および出力が可能である。

Web画面の一例を図-2に、アプリ画面の一例を図-3に示す。

(4) 施工状況把握チェックシート

施工状況把握チェックシートは、コンクリート標準示方書【施工編】に記載されているコンクリート施工時における基本事項をチェック項目としてまとめたシートであり、施工時における基本事項の遵守を促し、均質かつ密実で一体性のあるコンクリート構造物となるよう活用するものとなっている^{1), 2)}。

工 段	工 事 名	工 事 所	工 事 名	△△工事	出表映えの影響									
					剥離	気泡	色むら・打重ね線	施工目地不良	型枠目地ノロ漏れ	沈みひび割れ	豆板	第三者被害防止に関する事項		
準備	運搬装置・打込み設備は汚れていないか	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	コンクリートから給水する恐れのある部分(型枠面等)を湿らせているか	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	型枠内部に木屑や結束線等の異物はないか	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	かぶり内に結束線はないか	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	硬化したコンクリート表面のレイタンス等は取り除き、湿らせているか	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	コンクリート打込み作業員に余裕を持たせているか	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	予備のバイブレータを準備しているか	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	発電機のトラブルがないよう、事前にチェックしているか	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	打設計画は、作業員に周知されているか	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	打設計画は、作業員に周知されているか	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
打込み	締混ぜてから打込み終了までの時間は適切か	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	受入検査結果はコンクリートの規格を満足しているか	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	フレッシュコンクリート性状は低下していないか	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	打重ね時間は適切か	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	コンクリート吐出口から打込み面までの高さは1.5m以下となっているか	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	コンクリートの層あたりの打込み高さは50cm以下か	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ポンプや配管内部の潤滑性を確保するため、充送りモルタルの圧送等の処置を施しているか	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	鉄筋や型枠は直れているか	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	振動器が不要となる適切な位置に、コンクリートを垂直に降ろしているか	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	コンクリートは、打込みが完了するまで連続して打ち込んでいるか	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
コンクリートの表面が水平になるように打ち込んでいるか	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
表面にブリーディング水がある場合には、これを取り除いてからコンクリートを打ち込んでいるか	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
バイブレータを下層のコンクリートに10cm程度挿入しているか	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
バイブレータを鉛直に挿入し、挿入間隔は50cm以下としているか	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
バイブレータの振動時間は5~15秒としているか	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
締固め作業中に、バイブレータを鉄筋等に接触させていないか	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
表層付近に対して、後溜いの仕上げバイブレータが丁寧に施されているか	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
バイブレータでコンクリートを振動させていないか	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
バイブレータは、穴が壊れないように徐々に引き抜いているか	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
締固め後、コンクリート上面にしみ出た水がなくなると同時に上面の水を取り除いてから仕上げを行っているか	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
仕上げ作業後、コンクリートが固まるまでの間に発生したひび割れをタンピングまたは再仕上げによって修正しているか	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
濡らかて密実な表面を必要とする場合には、できるだけ遅い時間、金こてでコンクリート上面を仕上げているか	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
硬化を始めるまでに乾燥するおそれがある場合は、シートなどで日よけや風よけを設けているか	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
打込みを終了したコンクリート表面が乾燥しないよう、速やかに養生しているか	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
濡溜状態を長く保つ期間は適切であるか	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
型枠および支保工の取外しは、コンクリートが必要な強度に達した後であるか	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
特記事項	技術提案事項など													

図-4 施工状況把握チェックシート出力例

本システムでは、コンクリート打込み準備から養生までの各段階（準備、運搬、打込み、締固め、仕上げ、養生）における基本事項（チェック項目）を構造物ごとに作成し、基本事項以外に創意工夫および技術提案等により必要となったチェック項目については、特記事項の欄に記載することを可能としている。

施工状況把握チェックシートの出力例を図-4に示す。

(5) 表層目視評価シート

表層目視評価シートは、型枠取外し後のコンクリート表層部の出来映えを目視で評価するものであり、これまでは数値で評価されなかった表層の出来映えをよ

り定量的に評価することで、施工方法の妥当性の検証や、施工方法改善のためのPDCAサイクルに活用するものである^{1), 2)}。

本システムでは、①剥離、②表面気泡、③水はしり・砂すじ、④色むら・打重ね線、⑤施工目地不良、⑥検査窓枠段差、⑦ひび割れ・亀裂、⑧沈みひび割れ、⑨型枠継目のノロ漏れ、⑩豆板の10項目を目視評価の対象とした。これらの10項目は、目視評価を行う構造物ごとに評価対象とする不具合を選択するものとしているため、トンネルや橋脚等、構造物を問わず使用することが可能である。

表層目視の評価方法は、参考文献^{1), 2)}に記載されている方法を採用しており、不具合がなければ4点満

表-1 目視評価点の基準

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
項目	剥離	表面気泡	水はしり・砂すじ	色むら・打重ね線	施工目地不良	検査窓枠段差	ひび割れ・亀裂	沈みひび割れ	型枠継目ノロ漏れ	豆板	
評価点	4	無し	概ね5mm以下 50個以下/m ²	無し	ほぼ無し	ほぼ無し	無し	無し	ほぼ無し	無し	
	3	50cm四方程度の大きさ	概ね5mm以下 50個以上/m ²	全体の1/10程度	全体の1/10程度	全体の1/10程度	1箇所程度	幅0.2mm以下のみ	幅0.2mm以下のみ	全体の1/10程度	深さ1~3cm程度
	2	1m ² 程度の大きさ	概ね10mm以下 50個以上/m ²	全体の1/3程度	全体の半分程度	全体の1/3程度	2, 3箇所程度	幅0.3~0.4mm程度	幅0.3~0.4mm程度	全体の1/3程度	深さ3~10cm程度
	1	2点の状態以上に広範囲	2点の状態より劣る	2点の状態以上に広範囲	2点の状態以上に広範囲	2点の状態以上に広範囲	3箇所を超える	幅0.5mm以上	幅0.5mm以上	2点の状態以上に広範囲	深さ10cm以上

工事名	△△工事	評価箇所	1リフト	打設日	2019年6月3日(月)	評価回数	1回目	調査者	〇〇〇
構造物名称	△△			脱型日	2019年6月10日(月)	評価日	2019年6月10日(月)	確認者	□□□
配合	24-12-20BB			脱型後日数	0日後	天候	晴れ		

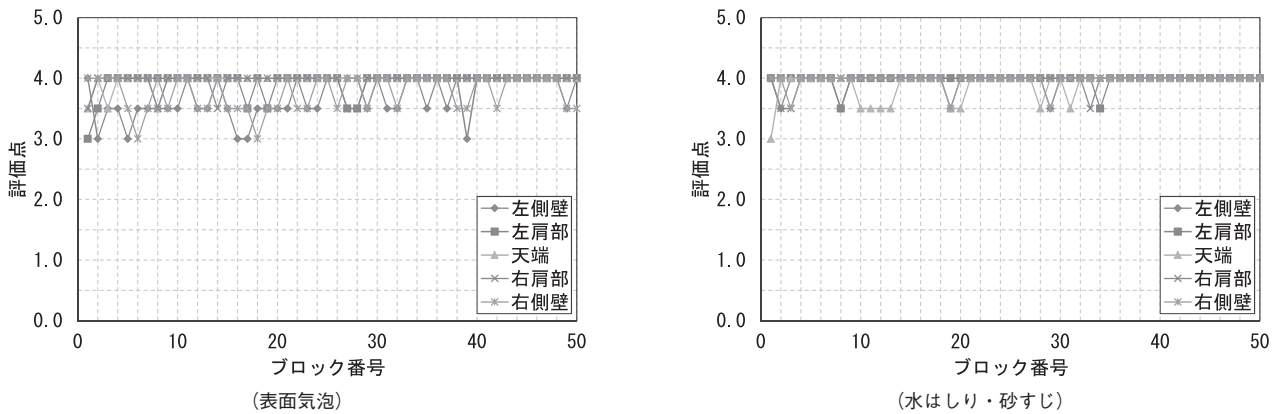
目視調査項目									
項目	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	点数計
記号	h	a	s	i	j	t	n	m	
1L-N	4.0	3.5	4.0	4.0	3.5	2.0	1.5	3.5	26.0
1L-E	3.5	3.5	3.5	3.5	3.0	2.5	2.5	3.0	25.0
1L-S	3.0	3.0	4.0	3.0	2.5	3.0	3.5	4.0	26.0
1L-W	3.5	2.5	3.5	2.5	2.0	3.5	4.0	3.0	24.5
点数平均	3.5	3.1	3.8	3.3	2.8	2.8	2.9	3.4	25.4

注) 評価点は4段階(4~1)、中間点も可とする

◆ 全体記事

◆ 改善策(施工状況把握チェックシートとの関連性を記録)

図-5 表層目視評価シート出力例



図一六 目視評価結果の一例

点とし、不具合の状態に応じて0.5点刻みで減点していくものとした。

本システムで採用している評価点の基準を表一に示す。

また、表層目視評価シートの出力例を図一五に示す。

3. 現場導入による効果

本システムは、現在、施工現場へ導入し運用を行っている。トンネル施工現場において、目視評価を行った結果の一例を図一六に示す。

結果より、「表面気泡」と「水はしり・砂すじ」のどちらにおいても、施工後半のブロックになるにつれて評価点が上がってきており、コンクリート表層の出来栄が改善していることが確認できる。

このことから、コンクリートに点数付けを行うといった定量的評価を行うことによって、不具合が発生した場合のその後の改善度合いを知ることが容易となる。

さらに、点数というわかりやすい指標としたことによって、美観が向上したコンクリートにする（良い点数にする）といった現場職員や作業員の意識を向上させることにもつながる。

4. おわりに

本稿では、東北地方整備局管内の施工現場において活用されているシートをベースとして開発したコンクリート品質管理システムの概要および現場導入による効果について紹介した。

実際に施工現場へ導入し運用した結果、本システムの有効性やさらなるシステムの改良点が見えてきた。コンクリート施工における表層の不具合を防止し、コンクリートの品質向上につながるよう、また、本システムをより有効に活用できるようにシステムの改良を進めていく予定である。

JCMIA

《参考文献》

- 1) 国土交通省 東北地方整備局、コンクリート構造物の品質確保の手引き(案)(橋脚、橋台、函渠、擁壁編)、平成27年12月
- 2) 国土交通省 東北地方整備局、コンクリート構造物の品質確保の手引き(案)(トンネル覆工コンクリート編)、平成28年5月

【筆者紹介】

森浜 哲志 (もりはま てつし)
佐藤工業㈱
土木事業本部 設計部



360度パノラマ画像を使用した 効率的な屋内現況図作製手法

T-Siteview[®] Draw の開発とリニューアル改修工事への適用

柳 本 貴 司・佐 藤 貢 一・高 取 昭 浩

通常、既存建物の改修工事計画を立案する際、建物所有者の立会の下、既存図面と比較しながら現地調査を行っている。この作業は建物の利用者がいる中で行われるため、短時間かつ効率的な作業が求められる。このような背景により、本システムは建物内部の現況寸法把握の迅速化とリニューアル改修工事の早期計画立案を目的に、デジタルカメラによる撮影から図面作製までを一連の流れで構築できるツールである。

本稿は、本システムの概要、精度検証結果および図面化について報告し、さらに画像データから BIM への連携を紹介する。

キーワード：全天球カメラ、360度パノラマ画像、改修工事、屋内測量、図面作製、BIM

1. はじめに

近年、1990年前後のバブル期に建設された建物の修繕・改修工事が盛んに行われている。修繕工事とは劣化した外壁（タイルの剥離・浮き、シール材の劣化）や屋根（防水シートの劣化）などの機能を回復させる工事であり、一方改修工事は、間取りや設備機器の変更などで室内空間を改善し、建物の機能や性能を初期レベル以上へ向上させる工事である。これら工事の計画時、特に既存建物の改修工事を行う際には、事前に建物内部の現況を調査する必要がある。本来、この調査段階で現況図が揃っていれば、改修工事に必要とされる寸法や材料などの情報を確認することができる。しかし既存の図面が現況と異なる場合や図面が紛失している場合には、手測りや測量機器により建物内部を再計測して、既存図面の修正もしくは現況図の再作製を行なう必要がある。一方、所有者の立場としては調査時の立会が必要となり、時間が拘束されるため短時間での調査が望ましい。このような課題を解決するためには、現地作業をより短時間かつ効率的に実施し、1回の現地調査で必要な情報（寸法、内装材の材質や建具など）をすべて取得する手法が求められている。

開発したシステムは、建物内部の現況把握の時間短縮かつ改修工事の計画立案の効率化を目的に、全天球カメラで撮影した360度パノラマ画像^{註1)}（以下、パノラマ画像と呼ぶ）からの現況寸法計測および図面作製を行うツールである。さらに得られた3次元計測データをコンピュータ上で可視化し、各部位の属性情

報（部屋名称、面積、材料・部材情報や仕上げ材料）を付加してBIM (Building Information Modeling) データとして構築することで、建物所有者による自由な改修工事（間取りの変更や内装材の変更など）の検討を可能にした。

本稿は、建物内部の改修工事の施工計画立案に必要なデータ（測量結果や図面）等の収集を効率化するための計測方法とその精度について述べ、最後に本システムとBIMとの連携を紹介する。

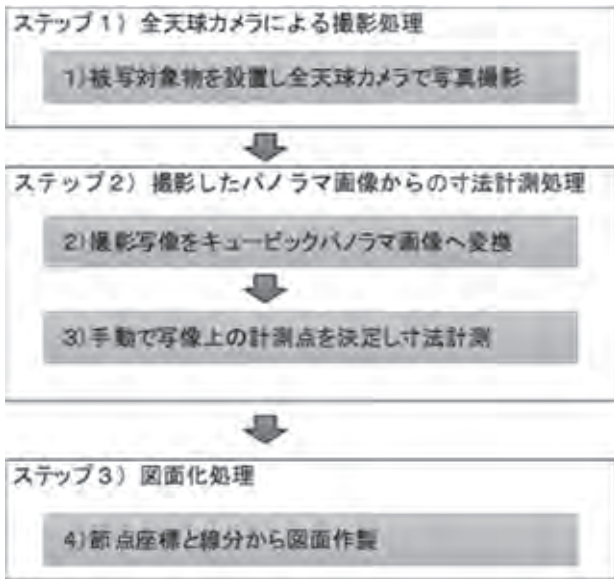
2. 現地での撮影から図面作製までの流れ

後述する全天球カメラの撮影から寸法計測するまでのフローを図-1に示す。

ステップ1は全天球カメラによる撮影処理である。任意の位置に全天球カメラを設置し、スマートデバイスと連動させることで遠隔で撮影することが可能である。ただし平面的に広い空間の場合、遠方の映像ほど画質が悪くなり寸法計測に誤差を生じる可能性がある。第4章では、計測精度確保が可能な距離（領域）について述べる。

次にステップ2は、全天球カメラで撮影したパノラマ画像からの寸法計測処理である。この処理では、パノラマ画像をキュービックパノラマ画像（後述詳細説明）へ変換し、その後、柱と床の交点（節点座標）や壁の四隅の交点（節点座標）を指定することで距離や面積を計測する。

最後にステップ3は、図面化処理である。図面化を



図一 寸法計測のフロー

行う際にステップ2で得られた節点座標とそれらを接続する線分を所定のフォーマットに統一することで、迅速に図面の作製ができる。

3. 全天球カメラを用いた室内寸法計測の手法

さまざまな分野で活用されている一眼レフデジタルカメラと同程度の画質を有し、小型で携帯性も兼ね備えたアクションカメラは世の中に広く普及している。その中でも一回の撮影で室内空間をすべて撮影する機能を持つ全天球カメラは、撮影回数の削減や調査時間の短縮につながり、建設現場でも作業の効率化および省力化のツールとして使用されている。本システムでは、現地作業時間の短縮を図るため全天球カメラを採用した。

本章では、全天球カメラの特徴、カメラで撮影した画像による寸法計測手法について述べる。

(1) 全天球カメラの特徴

本システムで採用した全天球カメラは、2つの魚眼レンズが前面と背面に設置され、一回の操作でパノラマ画像を撮影する機能を有している。全天球カメラの外観とその仕様を写真一1、表一1に示す。全天球カメラを床面に対し直立させた状態で撮影したパノラマ画像例を写真一2に示す。この画像のように直線が曲線として写り込みをしているものの、つなぎ目がないシームレスな画像として出力することが特徴である。一方、画像下部の黒色部分は、カメラを設置した三脚の雲台と脚の部分が写り込んだものである。



写真一1 全天球カメラ

表一 全天球カメラの仕様

撮影距離	レンズ先端より 約 10 cm ~ ∞
解像度	5376 × 2688
撮像素子	1/2.3 CMOS (× 2)
有効画素数	約 1200 万画素 (× 2)

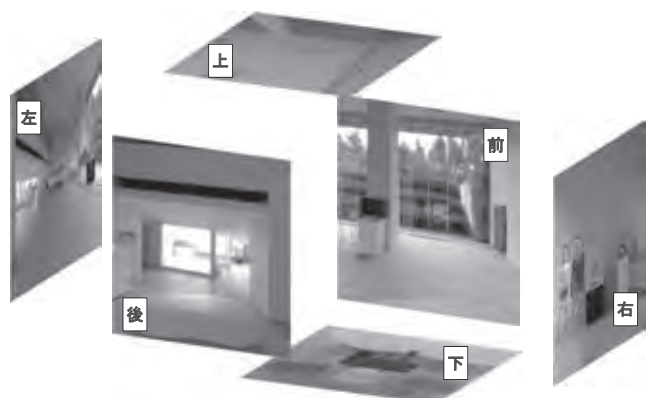


写真一2 全天球カメラで撮影したパノラマ画像

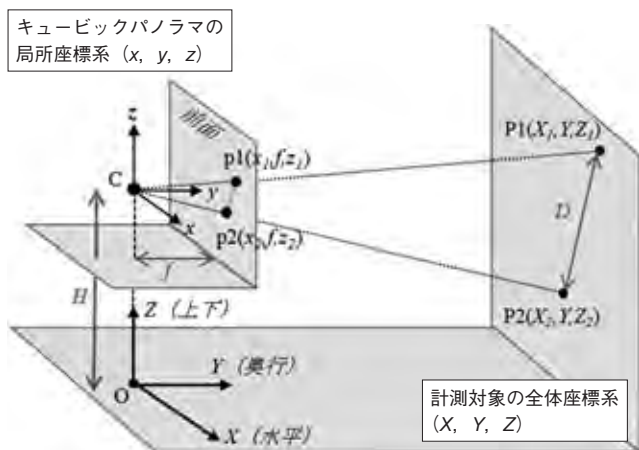
(2) 寸法計測の手法

撮影したパノラマ画像は、前述したように直線が曲線として表現され、この画像では正確な節点座標や線分の長さを計測することができない。この課題を解決するため、パノラマ画像を図一2に示すようにキュービックパノラマ画像へ変換する手法^{注2)}を採用した。この画像は全天球カメラのレンズ位置を中心に正六面体を形成し、その各面にパノラマ画像から切り出した画像を平面に写像させたものである。この手法により、正確に節点座標や線分の長さを計測することができる。具体的な手法を説明する。図一3は、キュービックパノラマの局所座標系と計測対象の全体座標系の関係を示す。局所座標系はキュービックパノラマの中心点Cを原点として、水平方向を+x軸、奥行方向を+y軸とする。x-y平面の法線方向を+z軸とする。

C点直下の床面上の点Oを計測対象の全体座標系



図一2 キュービックパノラマ画像



図一三 寸法計測の座標系

の座標原点とする。キュービックパノラマ局所座標系の座標を (x, y, z) 、全体座標系の座標を (X, Y, Z) としたとき、点Oから点Cまでの高さを H とすると、各点間の関係は以下のように表される。

$$\begin{Bmatrix} x \\ y \\ z \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} X \\ Y \\ Z-H \end{Bmatrix}$$

全体座標系の計測点を $P1 (X_1, Y_1, Z_1)$ とし、 $P1$ がキュービックパノラマ上に写像している点を $p1 (x_1, y_1, z_1)$ とする。ここで点Cから前面画像までの距離を f とする。 f はキュービックパノラマ画像を構成する正方形画像の一辺の長さの $1/2$ となる。 $y_1 = f$ のため、 $p1$ は (x_1, f, y_1) で表される。この座標はキュービックパノラマ上で計測可能な座標である。ここで、C点の高さをカメラレンズの高さ H とし、床面が水平であるとする、全体座標系と局所座標系の関係を幾何学的に相似とすることができ、点 $p1$ の座標から点 $P1$ の座標を求めることが可能となる。

$P1$ と $P2$ の2点間の距離 D は、 $P1 (X_1, Y_1, Z_1)$ と同様に $P2 (X_2, Y_2, Z_2)$ の座標が分かれば、下式により2点間の距離 D が計算できる。

$$D = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2 + (Z_2 - Z_1)^2}$$

4. 寸法計測の精度検証

本章では、全天球カメラによる寸法計測の精度検証を行うため、固定長 (1 m) のクロスロッドを被写対象物に見立て、床面上に水平および奥行に各1本、上下方向に1本を壁に配置した。計測精度の検証として以下の2種類のケースを実施した。ただしカメラレン

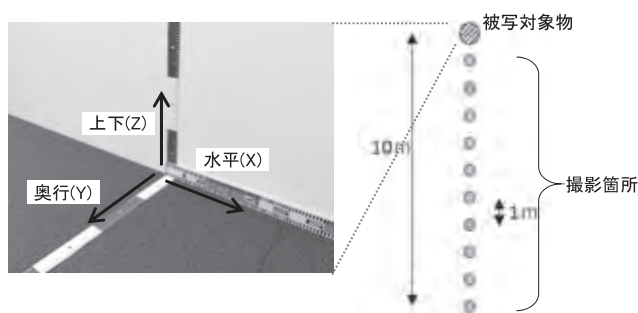
ズの高さは床から 1.5 m に固定とした。

ケース1：被写対象物とカメラ間の距離による検証

ケース2：被写対象物に対するカメラレンズの角度(距離一定)による検証

(1) 被写対象物とカメラ間の距離による検証

ケース1は、被写対象物とカメラ間の距離をパラメータにしたときの計測精度の検証である。このケースのパラメータは、図一4に示すように被写対象物を固定しカメラを1~10 m までを1 m 刻みで移動させながら10パターン実施した。カメラレンズの向きは、被写対象物に設置した壁面に正対(角度0度)させた場合と90度回転(角度90度)させた場合の2パターンとした(図一5参照)。表一2に被写対象物とカメラ間の距離をパラメータにした計測誤差を各3成分(水平, 奥行および上下方向成分)について示す。壁面に正対させた(角度0度)場合、距離4 m までは水平, 奥行および上下方向共に2% (20 mm) 以内、距離5 m までの水平, 奥行および上下方向で3% (30 mm) 以内、さらに距離9 m 以内で誤差4% (40 mm) 以内に収まっている。一方、壁面と90度回転(角度90度)させた場合、誤差2%に収まる距離は3 m 以下であった。ただし距離が4 m 以上になると計測寸法の誤差にバラツキが生じ、距離9 m 時では誤差が10% (100 mm) を超える場合もあり、これらの誤差の要因は、距離が離れることによる画質の低下および魚眼レンズを使用していることによる画像の歪みであると考えられる。



図一四 被写対象物と撮影箇所(ケース1)

(2) 被写対象物に対するカメラレンズの角度(距離一定)による検証

全天球カメラを設置する際に、カメラレンズの向きが任意の方向になることを想定し、図一5に示すようにカメラレンズの向きを被写対象物とレンズの角度を5パターン(角度0, 30, 45, 60, 90度)に設定した。ただし被写対象物までの距離は5 m に固定した。レン

表一 距離とレンズの角度による誤差計測 (ケース 1)

単位 : mm

		レンズの角度											
		0度 (正対角度)					90度						
		水平 (X)	誤差割合	奥行 (Y)	誤差割合	上下 (Z)	誤差割合	水平 (X)	誤差割合	奥行 (Y)	誤差割合	上下 (Z)	誤差割合
距離	1 m	0	(0.0%)	-	-	-6	(0.6%)	17	(1.7%)	-	-	4	(0.4%)
	2 m	5	(0.5%)	24	(2.4%)	3	(0.3%)	10	(1.0%)	-12	(1.2%)	-5	(0.5%)
	3 m	-9	(0.9%)	17	(1.7%)	-18	(1.8%)	9	(0.9%)	-7	(0.7%)	-14	(1.4%)
	4 m	-7	(0.7%)	14	(1.4%)	-16	(1.6%)	53	(5.3%)	40	(4.0%)	7	(0.7%)
	5 m	-3	(0.3%)	29	(2.9%)	-4	(0.4%)	12	(1.2%)	29	(2.9%)	-2	(0.2%)
	6 m	-9	(0.9%)	33	(3.3%)	-18	(1.8%)	49	(4.9%)	11	(1.1%)	8	(0.8%)
	7 m	-27	(2.7%)	4	(0.4%)	-30	(3.0%)	4	(0.4%)	6	(0.6%)	-12	(1.2%)
	8 m	-31	(3.1%)	-34	(3.4%)	-26	(2.6%)	46	(4.6%)	29	(2.9%)	17	(1.7%)
	9 m	-23	(2.3%)	-17	(1.7%)	-22	(2.2%)	118	(11.8%)	133	(13.3%)	40	(4.0%)
	10 m	13	(1.3%)	62	(6.2%)	7	(0.7%)	66	(6.6%)	35	(3.5%)	26	(2.6%)
	最小値	-31	(3.1%)	-34	(3.4%)	-30	(3.0%)	4	(0.4%)	-12	(1.2%)	-14	(1.4%)
	最大値	13	(1.3%)	62	(6.2%)	7	(0.7%)	118	(11.8%)	133	(13.3%)	40	(4.0%)

正值 : 1 m より長く計測されたことを示す, 負値 : 1 m より短く計測されたことを示す

ズの角度をパラメータとした場合の計測誤差を表一 3 に示す。水平方向は 0 度から 45 度までは 1% 以内であるが, 60 度の場合, 水平方向 21 mm (2.1%), 90 度の場合, 75 mm (7.5%) と誤差が極端に大きくなる。上下方向は 30 度までは 1% に収まっている。奥行方向は角度に寄らず 2.0 ~ 2.5% の誤差が生じている。

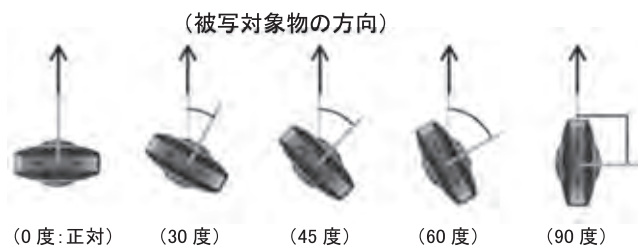
以上の精度検証結果により, 対象物の節点座標や線分が距離 (領域) 3 m の範囲内であれば, 約 2% 以下の誤差の範囲で精度確保できることが確認できた。これより精度確保された距離 3 m は, カメラを建物の柱割りの基準スパン (6 m) の中心に設置することで, 室内内法空間の領域を網羅することができる。特に平面的に広い範囲を計測する場合, 延べ床面積が分かれ

ば 1 スパン (6 m × 6 m) に 1 回のパノラマ画像をすることで撮影回数や作業時間が推定できる。

5. 本システムと BIM との連携

パノラマ画像から計測した結果を基に建物内部の最新の現況図面 (2 次元) を作製 (図一 1 中のステップ 3) することは, 改修工事の早期計画立案に有効である。一方, 建物の維持管理を継続的に行う場合, 改修工事を行う毎に現地で計測することは効率的ではない。そのため得られた建物内部情報 (節点座標や線分) を 3 次元へ拡張した BIM による維持管理ツールが有効となる。BIM (Building Information Modeling) とは, コンピュータ上に作製した 3 次元の形状情報と建築物の属性情報 (部屋名称, 面積, 材料, 部材の性能や仕上げなど) を併せ持つ建物データである。改修工事ごとにパノラマ画像で計測された各々の節点座標や線分を建物データとして管理することで, 最新の現況図面 (2 次元) を作製することなく, 以降の改修工事の計画立案を BIM ソフトウェア^{注2)} で効率的に行うことが可能になる。パノラマ画像から BIM データを構築するフローを図一 6 に示す。BIM の構築には「ポリゴン画像データ作製」と「BIM データ構築」の 2 ステップで実施する。

ステップ 1 の「ポリゴン画像データ作製」では, パノラマ画像を基に寸法計測ソフト^{注3)} を用いて BIM データを構築するためのポリゴン画像データを生成する。ポリゴンとは多角形の面のことであり, ポリゴン画像データとは, ポリゴンデータとそれに結び付く画



図一 5 被写対象物とレンズの角度 (ケース 2)

表一 3 レンズの角度による誤差計測 (ケース 2)

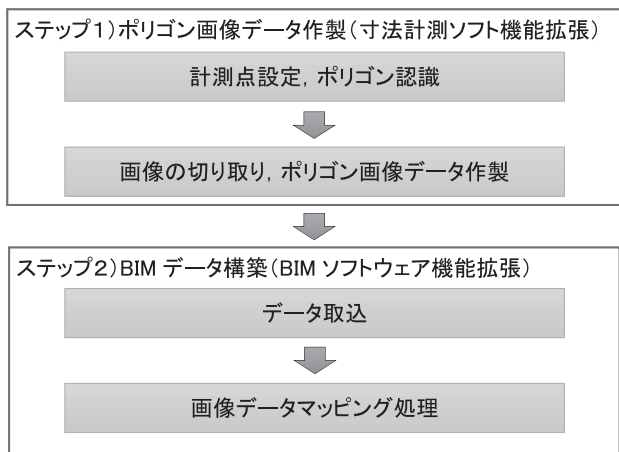
単位 : mm

		水平 (X)	誤差割合	奥行 (Y)	誤差割合	上下 (Z)	誤差割合
角度	0度	5	(0.5%)	20	(2.0%)	5	(0.5%)
	30度	9	(0.9%)	21	(2.1%)	10	(1.0%)
	45度	8	(0.8%)	25	(2.5%)	12	(1.2%)
	60度	21	(2.1%)	24	(2.4%)	13	(1.3%)
	90度	75	(7.5%)	23	(2.3%)	17	(1.7%)

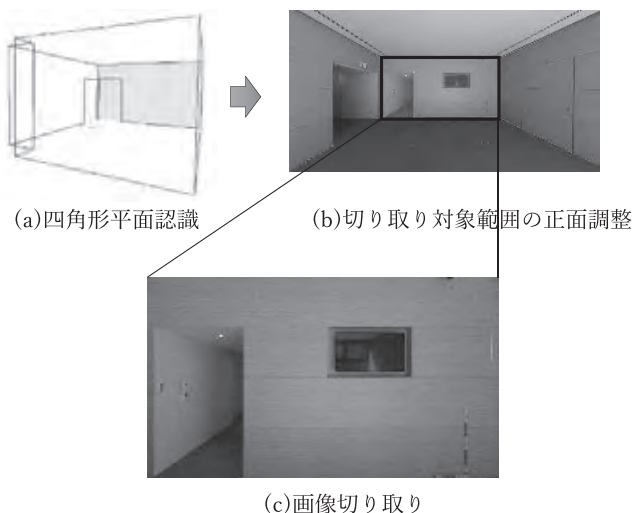
被写対象物との距離 5 m 固定

像データの組みのことである。はじめに、撮影したパノラマ画像上で壁・床・天井の交点を計測点として設定する。この計測点を4箇所選択し、四角形のポリゴンを作製する。このポリゴン作製時に計測点を選択する順番は、部屋内部から見て反時計回りとした。これはBIMデータとして構築する際に、ポリゴンの表裏を判断するためである。次に、画像の切り取り対象範囲が正面に来るように画像の向きを調整して対象範囲の画像を切り取る。この操作手順を図一7、切り取った画像の例を図一8に示す。

ステップ2の「BIMデータ構築」では、BIMソフトウェアの拡張機能で、切り取った画像データを取り込み、BIMデータを構築する。本ステップでは、BIMデータを構成する平面が壁・床・天井など建物内部の構成部位として成立するように画像データのマッピング処理を実施している。ただし、壁厚などパノラマ画像から判定できない情報は、暫定的に値を付与する。



図一6 BIMデータ構築フロー



図一7 切り取り手順



図一8 切り取り画像例



図一9 BIMソフトでの取込結果

以上のステップにより生成したBIMを図一9に示す。これにより以降改修工事を行う場合の変更・計画案の作製を効率的に行うことが可能になる。

6. おわりに

本報では、建物内部の現況把握の時間短縮や改修工事の計画立案の効率化を目的に、全天球カメラを用いた撮影画像から図面作製までの一連のフローと寸法計測の精度を検証し、現地での寸法計測作業の時間短縮および改修工事計画立案に有効であることを報告した。

さらに2次元の図面データを拡張させた3次元のBIMデータと連携することで、建物の維持管理を継続的に行っていく上で作業効率向上等の効果が見込まれる。

今後は計測結果の更なる精度向上と、人が計測しにくい天井内部などの隠蔽部の計測などを実現していく予定である。

注1) 「360度パノラマ画像」とは、上下左右の全方位が1枚の球面体上に写っている画像とする。

注2) 「BIMソフトウェア」は、Autodesk社のRevit2017を使用した。

注3) 「寸法計測ソフト」は、ズームスケープ社のPanoMeasure2を使用した。

JCMIA

《参考文献》

- 1) 中村友也, 嘉納成男, 佐藤康弘他: 写真計測に基づく既存建物における正射投影画像付き3次元モデルの作製, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), 2012.9
- 2) 高井賢, 佐藤康弘, 佐々木晴夫他: デジタルカメラ画像による連続内観システムの開発, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2013.8
- 3) 小野徹他: 天井裏点検を目的としたキュービックパノラマ画像による三次元計測, 日本写真測量学会年次学術講演会, 2014.5
- 4) 梅津匡一, 高井賢: イメージステーションによる測量工法の開発, 日本建築学会大会学術講演梗概集(中国), 2017.8
- 5) 柳本貴司, 佐藤貢一, 佐藤康弘: パノラマ画像による建築内部空間の図面化システム, 日本建築学会大会学術講演梗概集(中国), 2017.8

[筆者紹介]

柳本 貴司 (やなぎもと たかし)

大成建設㈱

技術センター 先進技術開発部 新領域技術開発室
次長



佐藤 貢一 (さとう こういち)

大成建設㈱

技術センター 先進技術開発部 新領域技術開発室
次長



高取 昭浩 (たかとり あきひろ)

大成建設㈱

設計本部 設計品質技術部 BIMソリューション室
室長



自動走行による 床面コンクリートひび割れ検出ロボットの開発

近藤 祐輔

人手不足問題は現代社会共通の課題ではあるが、建設業は全産業と比較しても人手不足のみならず高齢化の傾向が表れており、省人化・省力化技術の開発は急務である。従来、コンクリート床面のひび割れ調査はクラックスケールを判断基準として目視によって行われてきたが、作業姿勢が中腰になり負担が大きくなり、調査結果の定量性が低いなどの課題があった。本稿では、画像解析技術を活用したひび割れ検出に着目し、自動走行でコンクリート床面の撮影からひび割れ検出を少人数で行えるシステムの報告をする。

キーワード：建築, コンクリート, ひび割れ, 床, ロボット, 自動走行, 省人化, 省力化

1. はじめに

わが国の将来的な全産業の生産年齢人口は、減少の一途を続け、2060年には生産年齢人口の割合が約50%になるとの報告がある¹⁾。建設業も同様に就業者が減少し続けている。また、全産業と比較して高齢者(55歳以上)の割合が高く、若年層(29歳以下)の割合が低いのが特徴であり、高齢化が著しい。そのため2015年に331万人いた建設技能者のうち100万人以上が、今後10年間で高齢化などを理由に離職すると考えられている。さらに、建設技能者だけでなく、工事監理(管理)や技術開発を担う建設技術者の確保も大きな課題となっている。人材の獲得競争が建設業内ではなく他の業種との奪い合いとなり、激化すれば、労働環境の整備に遅れが目立つ建設業は厳しい立場になる可能性がある。加えて、建設業の年間総労働時間は他の業種と比較しても長く、生産性の低さも課題である²⁾。現場だけではなく、設計などの建設生産の効率化や労働環境改善を進めることは、建設業全体に突きつけられた至上命題である。これらの課題から、省人化・省力化技術および生産性向上技術の開発ニーズが非常に高く、また、開発も急務である。このような状況の下、我々はコンクリート床面のひび割れ検出に着眼した。

本報告ではこれらの課題を解決するための自動走行可能なシステムの開発の報告をする。

2. 開発概要

(1) 従来 of 調査方法と課題

従来、コンクリート床面のひび割れ調査は目視にて行われてきた。ひび割れ幅の測定はクラックスケールを実際のひび割れに重ね合わせることで測定してきた。ひび割れ図は作業する者がひび割れをスケッチして作成していた。この測定方法による課題点は以下のようなことがあげられる。

- ①調査時の中腰姿勢による身体的負荷の増大
- ②広範囲調査時は作業時間の長大化
- ③調査結果の定量性が低いこと(個人差がある)
- ④調査結果の図面化作業時間の長大化

(2) 既存のひび割れ撮影・検出技術

ひび割れ撮影技術の一例として、ドローンによる空撮^{3), 4)}や、壁面に密着して撮影する装置^{5), 6)}の報告がある。また、画像からのひび割れ検出例としては、深層学習・機械学習を利用した報告^{7)~9)}や、数学的フィルタを利用した報告^{10), 11)}、統計的特徴と幾何学的特徴に着目した報告¹²⁾等がある。

(3) 要求項目

建設分野ではコンクリートのひび割れ幅は0.10mm以上の測定ができることが必要である。そのため、高解像度画像が要求される。そして、その画像を正確に合成する必要がある。画像合成技術の多くは、各々の画像の特徴点を抽出し、その点を基準として合成することが多い。しかし、新築構造物のきれいなコンクリー

ト床面には特徴点になるようなポイントがなく画像合成が難しい。そのため本開発では自動追尾型光波測距儀（以下、TS）の座標位置データを撮影画像データに組み込む方法を採用した。また、従来の課題解決のための要求性能をまとめると以下となる。

- ①測定作業員の身体的負担の軽減
- ②ひび割れ幅（0.10 mm 以上）の自動測定
- ③自動走行による装置の稼働
- ④ひび割れ図の作成および分析時間の短縮化

3. 装置概要

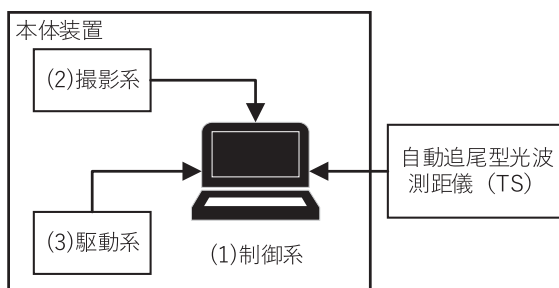
本装置（写真—1）は、コンクリート床面を撮影する撮影系、自動走行する駆動系、撮影および自動走行をコントロールする制御系で構成され（図—1）、電力は全て内蔵のポータブルバッテリーでまかなわれている（表—1）。

(1) 制御系

本装置の制御は本体装置上のノートパソコン（以下、PC）より行う。PCはラインカメラ（撮影系）とTSおよび自動走行（駆動系）の3つの制御を同時に行っている。TSはPCとワイヤレス通信で接続され、リアルタイムでデータのやり取りが可能である。本体



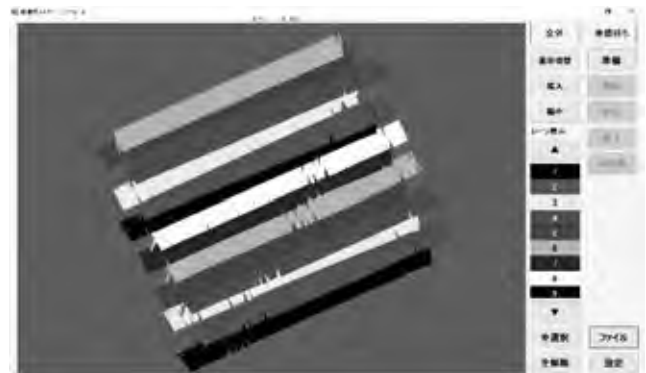
写真—1 本体装置の外観



図—1 本体装置の構成

表—1 主な装置の仕様

	仕様
外径寸法	1,400 mm(W) × 1,400 mm(D) × 2,200 mm(H)
重量	約 100 kg (本体)
カメラ	モノクロラインカメラ (4,096 画素 /Line)
光源	LED 照明
撮影幅	1,400 mm (有効撮影幅 : 1,000 mm)
理論分解能	水平方向 : 約 0.06 mm
距離計測	エンコーダ A
動力	DC モータ
駆動制御	エンコーダ B
自動走行速度	1.0 ~ 1.2 km/h (直進)
コントロール	ノートパソコン
位置座標取得	自動追尾型光波測距儀 (TS)
バッテリー	ポータブルバッテリー (174,000 mAh)
稼働時間	約 3 時間半

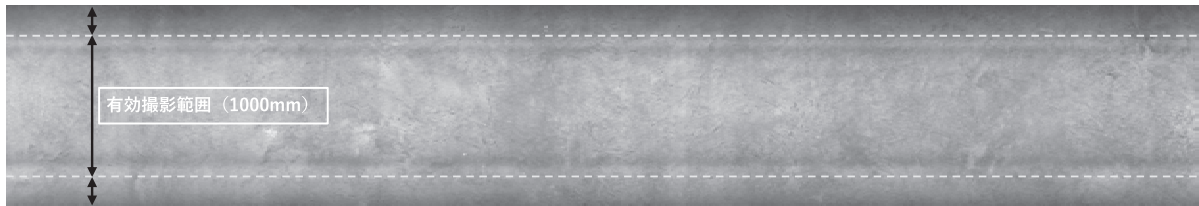


図—2 リアルタイムの走行軌跡

装置の位置情報（座標データ）は、本体装置に設置したプリズムの座標データである。TSからレーザー光がプリズムに照射されるとレーザー光が往復する時間と位置および角度からプリズムの座標を測定することが可能である。この座標データを画像合成の座標データと自動走行の座標データに利用している。また、撮影時にはリアルタイムに走行軌跡を確認することが可能である（図—2）。

(2) 撮影系

撮影系はモノクロラインカメラとLED照明で構成されている。モノクロラインカメラはコンクリート床面の撮影に使用した。このラインカメラの素子は地面から1,000 mm離れた高さに設置されており、撮影幅は1,400 mmである。ソフトウェアを介して理論上、約0.06 mmのひび割れを検出でき、実用性能として0.10 mmのひび割れ幅の検出を満足できる。このカメラのシャッターは装置の車輪に設置したエンコーダと同期しており、1ピクセル前進する度にシャッターが切ら



図一3 撮影画像

れる仕組みとなっている。また、撮影に必要な照度を確保するためのLED照明が撮影範囲を照らすように前面に設置されている。撮影幅は1,400mmであるが撮影端部はLED照度が十分ではないこと、レンズのゆがみの影響を考慮して画像分析時には使用しない。そのため、本装置の有効撮影幅は1,000mmと設定した。撮影画像はラインカメラで連続撮影できるため带状の画像となる(図一3)。

(3) 駆動系

駆動系はDCモータと方向転換用直動アクチュエータで構成されている。後輪それぞれに独立したDCモータとエンコーダで走行を制御する。本装置は床面撮影時に弧蛇走行すると撮影画像がゆがみ、ひび割れ分析に支障が生じる。そこで本装置は直進性を最優先として、4輪全てを固定輪としている。本装置の方向転換は装置前部に設置した直動アクチュエータで前輪を浮き上げた状態で後輪を左右対称に回転制御させることで方向転換を可能にしている(写真一2)。



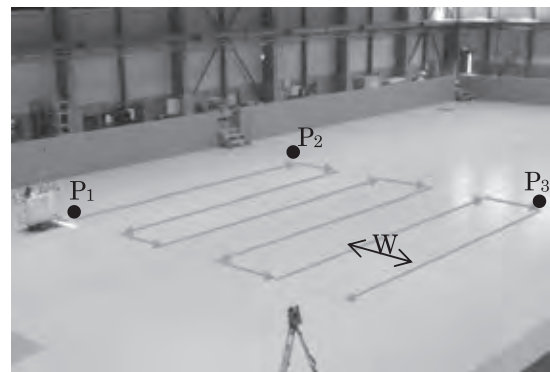
写真一2 回転制御方法

4. 自動走行技術

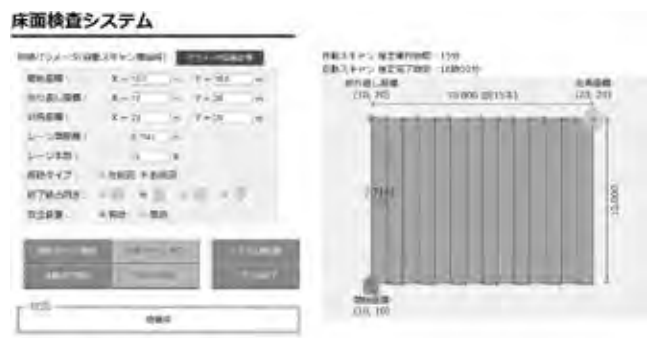
本装置が自動走行する場合、矩形波状に走行する。よって検査対象床面は矩形であることが望まれる。以下、検査対象床面を検査エリア、検査エリア内を縦断する線を走行レーンと称する。走行レーン毎に画像を撮影し、合成することで測定対象エリアのひび割れ状況を網羅した画像とする。

本装置には写真一3に示すようにスタート地点の座標 P_1 、スタート地点から見て進行方向上にある折り返し地点の座標 P_2 、スタート地点から見て対角の座標 P_3 、合計3点の座標及び各走行レーン間の距離 W を既知の情報として床面検査システム(図一4)を介して本装置に与える。その他の各折り返し地点の座標は自動で計算される。

本装置はTSから送信される座標データとエンコーダから得られる移動距離データを基にして直進、停



写真一3 撮影走行エリアの設定



図一4 床面検査システム

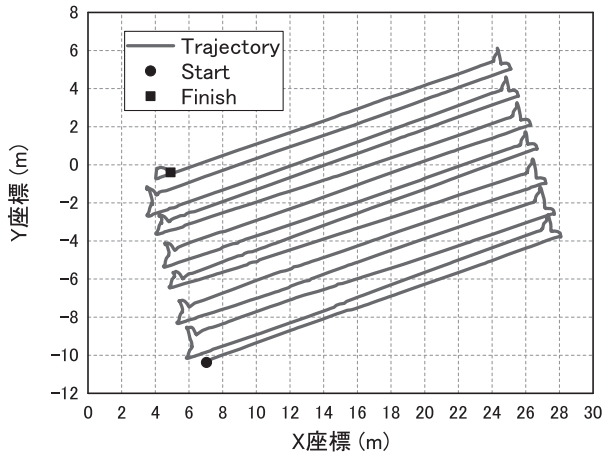


図-5 走行軌跡

止、旋回の制御を行う。走行レーンと実際の走行軌跡とのずれが生じた場合は折り返し時に補正する。

走行エリアを横 10 m, 縦 20 m, 走行レーン間距離 0.8 m と設定した際の走行軌跡 (座標データの軌跡) を図-5 に示す。矩形波状に走行できていることが見て取れる。

5. ひび割れ検出システム

撮影画像からひび割れを検出する手順は以下となる (図-6)。

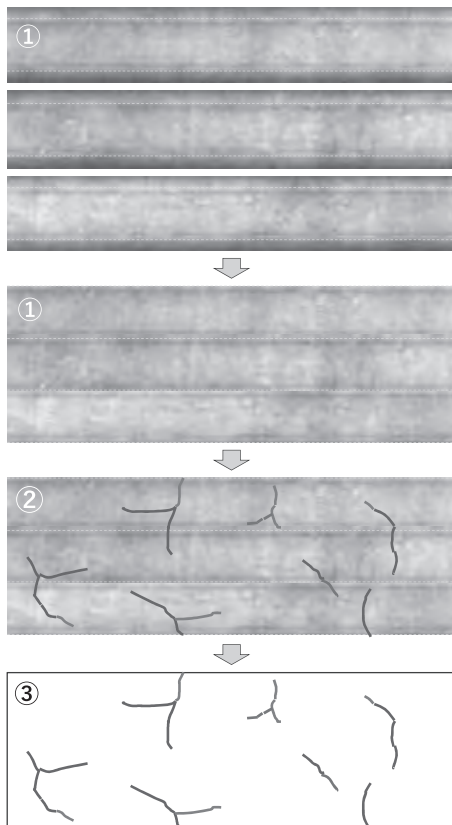


図-6 ひび割れ検出システム

- ①本システム用ソフトウェアに撮影した画像を入力する。このとき埋め込まれた位置情報を基に測定エリアの撮影画像が自動的に配置される。
- ②ひび割れを自動検出させる。本システムは各ピクセルの濃淡を基にひび割れ幅, 長さ, 位置を計算する。
- ③ひび割れ幅の情報を含めた形で CAD データを出力させる。

本システムから出力された CAD データを対象建造物の CAD データと重ね合わせることで、建造物のどの位置に、どのようなひび割れが生じているかが判別できる。

6. 今後の課題と展望

コンクリート床面のひび割れ検出の手順は事前準備と現場作業および分析作業に分類できる (図-7)。本装置を利用することで課題であった現場調査時の作業者の身体的負担は自動走行により大幅に軽減された。そして、現場作業の効率化につながった。また、画像データを利用するため調査結果が客観的なデータとなった。しかし、分析作業時に多量で大容量の画像データを扱うために時間を要した。

本装置に限らず、画像データを用いた検査・点検手法は今後も発展し続けていく。撮影機材の性能は日々進化しており、高精度の画像データの取得が可能となっている。ただし、その大容量のデータの扱い方や扱うのに見合う性能のワークステーションなどが必要なことも多く、そのバランスの検討が今後の課題である。

しかし、新たな発見もあった。主目的はコンクリート床面のひび割れ検出であったが、副産物としてコンクリート床面の撮影時の状況を記録することが可能であることである。このことはコンクリート床面の状況

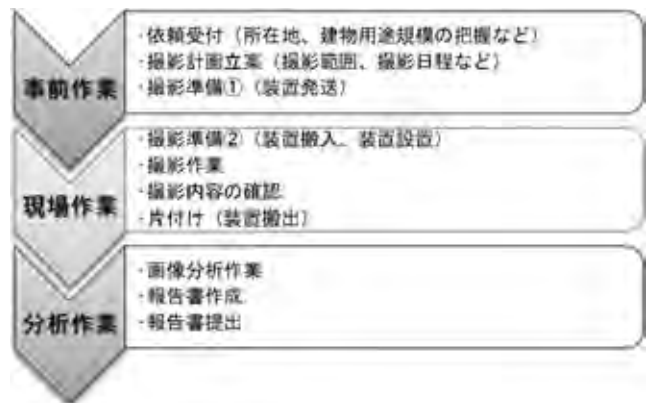


図-7 ひび割れ検出の手順

の経時変化を客観的に記録できることである。このデータの利用の可能性も大きく、今後の検討課題とする。

7. おわりに

自動走行可能なコンクリート床面のひび割れ撮影装置並びにひび割れ自動検出システムの開発経緯と概要について報告した。建設業での省人化・省力化に対する技術的開発は急務である。特に従来、目視で確認していたことは画像解析技術を活用して、早く、正確にそして客観的なデータ作成が必要である。今後は実地検証等を重ねて、改良開発につなげていく予定である。

謝 辞

本開発には、倉敷紡績(株)のご協力をいただきました。関係者の方々に感謝の意を表明し謝辞とさせていただきます。

J|C|M|A

《参考文献》

- 1) 総務省：平成 24 年版情報通信白書，2012
- 2) 一般社団法人日本建設業連合会：建設業ハンドブック 2018，2018
- 3) 大石哲，白谷栄作，桐博英，高橋順二，水上幸司，木村広和：UAV を使った低空画像解析による海岸堤防の劣化状態の把握，土木学会論文集 B2，Vol.71，No. 2，pp.I_1717-I_1722，2015
- 4) 西村正三：マルチコプタを活用したインフラ・文化財構造物点検調査における適応事例，計測と制御，第 56 巻，第 1 号，pp.36-39，2017
- 5) 遠藤健：外壁タイル診断ロボットの開発と導入事例，建設の施工企画，第 694 号，pp.27-31，2007
- 6) 上野隆雄，井上大輔，中村聡：コンクリートひび割れ自動検出装置の試作と性能検証実験，東急建設技術研究所報，No. 42，pp.67-70，2016
- 7) 全邦釘，井後敦史：Random Forest によるコンクリート表面ひび割れ検出，土木学会論文集 F3，Vol. 71，No. 2，pp. I_1-I_8，2015
- 8) 野村泰稔，村尾彩希，坂口幸広，古田均：深層畳み込みニューラルネットワークに基づくコンクリート表面ひび割れ検出システム，土木学会論文集 F6，Vol.73，No. 2，pp.I_189-I_198，2017
- 9) 全邦釘，嶋本ゆり，大窪和明，三輪知寛，大賀水田生：ディープラーニング及び Random Forest によるコンクリートのひび割れ自動検出手法，土木学会論文集 F3，Vol.73，No.2，pp.I_297-I_307，2017
- 10) 小山哲，丸屋剛，堀口賢一，澤 健男：ガボールウェーブレット変換を用いたコンクリートのひび割れ画像解析技術の開発，土木学会論文集 E2，Vol.68，No.3，pp.178-194，2012
- 11) 藤田悠介，中村秀明，浜本義彦：画像処理によるコンクリート構造物の高度なひび割れ自動検出，日本土木学会論文集 F，Vol. 66，No.3，pp.459-470，2010
- 12) 全邦釘，片岡望，三輪知寛，橋本和明，大賀生田水：統計的特徴及び幾何学的特徴に着目したコンクリート表面ひび割れの画像解析による検出，土木学会論文集 F3，Vol.70，No.2，pp.I_1-I_8，2014

【筆者紹介】

近藤 祐輔（こんどう ゆうすけ）

(株)熊谷組

建築事業本部 建築技術統括部 建築生産技術部

生産開発グループ

課長



地盤改良リアルタイム施工管理システムの機能拡張 杭・地盤改良工事の一元化・見える化システム「Tc-PEAR」の提案

池田直広・鈴木 一

杭や地盤改良といった地中工事は直接目で確認することができないため、品質確保は他の工事と比べて、困難な状況であった。また、工事進捗や施工状況をどこでも複眼的に把握することが、早期の問題発見や迅速な対応につながり、確実な品質確保を実現する。

そこで、専門工事会社と共同でICTを活用した杭・地盤改良工事のリアルタイム施工管理システム「Tc-PEAR（ティーシー・ペア）」（以下、本システム）を開発し、運用を開始した。

以下に、本システムの有効性検証結果と運用に伴う様々な生産性向上のための拡張機能について報告する。
キーワード：地盤改良, 杭位置誘導, 生産性向上, 施工管理, BIM・CIM連携

1. はじめに

杭・地盤改良工事は、専門工事会社が持つ施工管理装置の記録データを元請会社がリアルタイムに把握できる仕組みとなっていないため、施工中に直面する地層の急激な変化や地中障害の発現等を共有できず、対策工事の遅延につながることもある。

また、施工位置の指示は元請会社、施工管理情報の管理は専門工事会社の役割分担が慣例となっているため、施工位置と紐付いた施工管理情報をリアルタイムに共有することができなかった。

このことが、工事進捗や問題把握の遅れに繋がり、適切な対応を誤り、品質確保を脅かす事態となっていた。この課題を元請会社と専門工事会社の共通の課題として捉え、本システムの開発は専門工事会社と共に取り組んできた。

図-1に、本システムの実現概念イメージ図を示す。

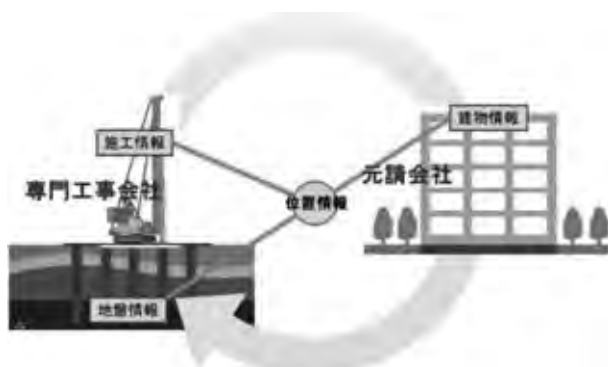


図-1 本システムの実現概念イメージ図

2. 本システムの概要

本システムは、大きく分けて2つの機能から得られる情報をデータサーバ上で統合したシステムである。

GNSSまたはトータルステーション（以下、TS）等を用いて施工位置をオペレータに指示する施工位置誘導機能と、施工機械データを蓄積した施工管理装置から得られる施工管理データを表示する施工管理機能である。

各掘削深度における掘削抵抗（積算電流）値や地盤



図-2 本システム構成概念図

改良攪拌回数、プラントで計測されるスラリー比重データ等を施工位置に紐づけて記録するために、各々のデータをリアルタイムにデータサーバに送信する。

送信されたデータはサーバ上で統合して管理帳票データとすることで、関係者がどこでも工事の進捗や施工状況を把握できるシステムとなっている。

図-2に、本システムのシステム構成概念図を示す。

3. 狭隘部施工位置誘導機能拡張

本システムは地盤改良施工機のリーダーの先端にGNSS受信アンテナを2台設置し、位置と方位情報を取得することで、削孔位置を誘導している。

しかし、都市部の狭隘部等ではGNSSを利用できないことが多いため、TS等を用いて施工位置を誘導する機構を開発した。TS等を用いた施工位置誘導機能は、TS等の測距部が重機の補器類等に隠れると計測ができなくなり作業が中断してしまう。そのため、施工性が低下してしまうことが問題となっていた。

そこで、リーダーに設置するターゲットミラーを遠隔で移動させる機構を開発し、施工性の低下を防ぐ取り組みを実施した。以下に、開発したTS等を用いた施工位置誘導機能の詳細を述べる。

(1) 位置取得装置

本システムの位置測定には、基礎工事の杭位置測量などで近年TSの代替に用いられ始めた(株)トプコン製のLN-100(杭ナビ)を用いた。

本機を採用した理由としては、従来のTSと比較して、安価で取扱いが容易だけでなく、データ出力頻度が高く、かつ追従機能が向上していることが挙げられる。

これは、位置誘導装置として用いる場合、出力頻度が高いことで誘導までの待ち時間が少なくでき、追従性能が高いことはターゲットミラーをロストする確率を下げる事に繋がるため、施工性の向上に大きく貢献できると判断したためである。

(2) 方位取得装置

方位取得装置は、小型振動ジャイロとターゲットスライド装置の2つの機構を組み合わせて実装した。相対方位の計測には安価な小型振動ジャイロを用い、初期方位とジャイロドリフト補正のためにターゲットスライド装置を用いて、位置情報を2点計測し、方位算出を行った。本装置は、迅速に位置情報を2点計測するために、方位計測信号を遠隔で送ると、自動でガイ

ドレール上をターゲットミラーが往復し、その間に、位置情報を2点取得する装置である。

ターゲットスライド装置を用いるタイミングは、システム起動時および詳細誘導を開始する時に毎回行うこととした。

写真-1にターゲットスライド装置の外観、写真-2に小型施工機設置状況を示す。



写真-1 ターゲットスライド装置の外観



写真-2 小型施工機設置状況

(3) 取付角変更機構

本装置は、ターゲットスライド装置全体の取付角を遠隔で変更可能にする装置である。取付け角度の変更角は約90度に設定してシミュレーションした結果では、施工機械が旋回動作などで大きく姿勢を変えても、TS等が視認可能な状態を保つことができた。

この機構により、課題である補機類等に支障する毎に施工を中断し、TS等の位置を変更しなければならぬ問題を解決した。写真-3に取付角変更機構の写真を示す。

4. 施工位置誘導機能の施工精度検証

今回開発した施工位置誘導機能の施工精度検証実験は、現場模擬フィールドに設けた12点の目標点に施



写真-3 取付角変更機構



写真-4 オペレータ誘導モニター画面

表-1 誘導精度確認結果

平均 (mm)	標準偏差 (mm)	1σ範囲 (68.27%) (mm)	2σ範囲 (95.45%) (mm)
14.5	8.5	6.0 ~ 23.0	-2.5 ~ 31.5
16.6	9.0	7.6 ~ 25.5	-1.3 ~ 34.5
15.4	8.8	6.6 ~ 24.2	-2.2 ~ 33.0
15.6	8.1	7.5 ~ 23.8	-0.7 ~ 31.9

工位置誘導機能を用いて地盤改良施工機を誘導し、地盤改良施工機の刃先位置と目標点の差異を比較した。

各点4回、合計48回の計測をもとに位置ずれ誤差(目標点と誘導点の点間距離)を評価した結果、平均15.5mm、標準偏差8.6mmとなり2σ値で32.7mmとなった。

表-1に実施した4回分の誘導精度確認結果を示す。

この結果は誘導装置のシステム全体誤差と誘導機能を用いた施工誤差を内包するため、施工には十分な精度を確保できるといえる。また、安定的に精度を確保できることも併せて確認が取れた。

5. 施工位置誘導機能の操作性検証

地盤改良工事は1日当たりの施工本数が多いため、施工位置誘導機能の施工性は生産性向上に寄与する重要度が高い。

本システムは、地盤改良施工機の操縦席に表示モニタを設置し、オペレータが目標とする施工位置と施工機をモニタで確認しながら操作し、施工位置を合わせる方式を採用した。

写真-4に、操縦席に設置されたモニタ画面を示す。

誘導装置の施工性検証実験では、普段、地盤改良工事を実施しているオペレータに、施工位置誘導機能の画面のみを見て施工位置に合わせる操作をしてもらい、通常施工と誘導時間を比較するとともに、実験実施後のヒアリングによる操作性を確認した。

誘導手順は、以下の2段階の手順で実施した。まず、

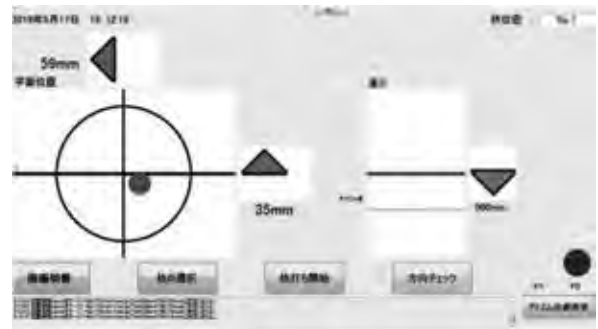


図-3 詳細誘導画面例

オペレータは図-5の画面を見ながら、地盤改良施工機を操作し施工位置の近傍まで移動させる。その後、ボタン操作で詳細誘導画面に切り替え、リーダーの鉛直を修正し方向チェック操作を行うものとした。図-3に詳細誘導画面例を示す。

本実験の中で、オペレータは誘導ソフトの操作に慣れていくことで誘導時間を短縮させ、最終的には、大まかな誘導で1分30秒、詳細誘導で30秒、合計2分程度で誘導が完了した。これは、通常の誘導員とともに、行う施工位置誘導と同等の速度であった。

6. リアルタイム傾斜管理機能拡張

地盤改良工事において、リーダーの傾斜管理は、地中の改良体の性能に大きく影響するため、重要な管理項目である。

特に、玉石混じりのレキ層を改良する際には、削孔中に地盤改良機のリーダーの傾斜角が変化する可能性があり、常に監視が必要となる。

そこで、地盤改良機のリーダー部分に二軸傾斜計を事前に設置しておき、リーダーの鉛直性(傾斜)のデータをリアルタイムで測定して、管理値を超えないように監視する機能を追加した。

このデータにより、リーダーの傾斜=改良ロッド及び改良体の傾斜とみなすことで、施工中もリアルタイムに偏芯だけでなく傾斜も管理可能となり、品質確保

に役立てている。

7. BIM・CIM 連携機能拡張

本システムでは、日々の管理は図-4に示す通り、平面・断面の2次元表示の施工管理画面を用いている。図-4に、Web管理画面表示例を示す。

しかし、複雑な地盤改良工事を実施する際には、進捗状況の把握や施工計画の見直し等でも2次元の図面では把握が困難である。また、施工中に直面する地層の急激な変化や地中障害の発現等のトラブルを監理者や施工主に説明する場合も、2次元の図面では状況が把握し難く、時間を要することがある。

そこで、本システムでは、日々の施工・進捗管理の「見える化」により、施工計画・施工進捗管理に活用したり、地上構造物と連携して管理することで状況把握を迅速に行うことを目的として、BIM・CIMデータと連携して出力可能な機能を開発した。

表示画面例はCIMモデルと連携することで、日々の施工・進捗管理の「見える化」を実現した事例である。

また、施工管理データをCIMモデルの属性情報に紐づけすることで、データの一元管理が可能となり、データ管理の手間が削減された。図-5にCIM連携による3次元表示画面例を示す。

これにより、3次元モデルに施工進捗・工程の時間



図-4 Web管理画面表示例



3次元モデル



施工管理データ(属性情報)の紐付けによる施工データの一元化

図-5 CIM連携による3次元表示画面例

軸も付加(4次元化)することができ、工程管理や設計変更、トラブル対応の判断が迅速に行われることを期待している。

8. おわりに

本稿では、本システムの拡張機能およびその適用事例についてご紹介した。以下に、報告事項をまとめる。

- ・ TS等を用いた施工位置誘導機能の課題を解決する機構を開発することで、狭隘部における効率的な施工位置誘導を実現した。
- ・ 位置誘導機能の性能検証を実施して、精度、施工性に問題がないことを確認した。
- ・ 進捗状況の把握やトラブル時の対応判断が迅速化するよう BIM・CIM連携を推進し、三次元表示機能を活用した。

本開発で、コスト削減、生産性向上を実現するためには、工事の大半を占める一般部だけ対応可能なシステムでは不十分であり、特殊部の対応が重要であるとの知見を得た。また、本システムを活用することで、生産性を向上しつつ品質の確保を確実に行うことが可能になる事を期待している。

JCMA

[筆者紹介]

池田 直広 (いけだ なおひろ)
東急建設(株)
技術研究所 建設 ICT グループ
グループリーダー



鈴木 一 (すずき はじめ)
東急建設(株) 土木事業本部
技術統括部 土木技術設計部 技術設計第一グループ
グループリーダー



建築現場における リアルタイム位置情報システムの構築

川島 慎吾・妹尾 悠貴・天沼 徹太郎

現場におけるモノ・ヒトの数量・所在管理の効率化を目的として、それらの位置検知を行う仕組みを構築した。位置検知の方式として BLE (Bluetooth-Low-Energy) 技術を基盤としたビーコン (発信機) とゲートウェイ (受信機) による測位方式を採用した。現場実証実験を行った結果として、現場からは資機材を探す手間が省け、追加投入量が削減されたとの意見を得た。本報では、その仕組みと実証実験の概要について述べる。

キーワード：建設現場, リアルタイム, 位置情報, 屋内位置測位, GPS, デジタルツイン, 稼働率, センサー, シームレス, IoT, ビーコン

1. はじめに

建築現場では、高所作業車やフォークリフト、足場をはじめとする仮設材など、非常に多くの資機材が活用されている。現場内で資機材の管理を行うためには、現場独自の二次元コードを活用して台帳を整備するなどしているが、依然手作業に依存する部分が多く、大きな労力を要している。また資機材がどこにあるかを把握するには、作業の進捗に伴ってその位置も刻々と変わっていくことから、正確かつリアルタイムな把握は困難なのが実情である。

建築現場では工事の進捗に従って屋内作業が中心となるため、資機材の位置情報を得るために一般的に利用される GNSS (グローバル衛星測位システム) の活

用は困難である。そこで本システムでは、管理したい資機材の1つ1つに小型で安価な「ビーコン」と呼ばれる発信器を取り付け、現場内の各階に必要な数設置したゲートウェイ (受信機) との信号のやり取りにより、それぞれの位置を正確に把握する。把握した位置データは現場内に構築された Wi-Fi ネットワーク網を通じてクラウド上に伝送され、現場全域にわたる資機材の位置が、現場事務所などの PC 画面で、マップ上に「見える化」される。

また本システムでは、現場外の資機材に対して GNSS 発信器を用いることで、同様にマップの表示を可能としている。本開発では現場内外の人・資機材の位置を取得する仕組みの全体像を、「リアルタイム位置情報システム」として定義している (図-1)。

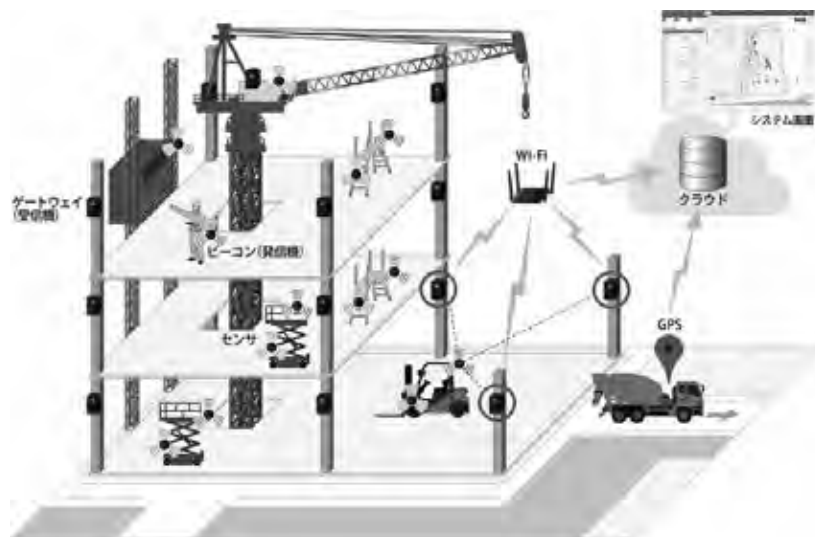


図-1 リアルタイム位置情報システムの全体図

2. 位置情報収集のためのシステムの構築

(1) 建設現場における資機材測位技術に求められる要件

現場における人とモノの位置情報収集には以下の条件がある。

- ①屋内において測位が可能であること
- ②測位精度（誤差）が半径5mの領域に収まること
- ③位置情報を取得する対象が多岐にわたりかつ膨大な数量になること
- ④機器が小型で現場条件に合わせて対応可能であり、ヒト・モノに貼付しやすく工事に支障のないこと
- ⑤機器のメンテナンスが容易かつ長寿命であること

(2) 屋内測位技術の比較とBLEビーコン測位技術の選定

今回測位技術の選定に先立ち、他の屋外測位技術との比較を行った（表—1）。

現在、屋内測位技術には大きく分けて、電波系測位、センサー系測位、光波系測位、などの技術が存在する。代表的なものを下記に示す。

(a) 電波系測位技術

① BLE ビーコン測位 (Bluetooth Low Energy)

小型、省電力、低価格な電波発信機として採用可能なBLE (2.4 GHz 周波数帯) ビーコンを用いて、そのIDと設置した座標情報を管理し、被測位対象に設置するBLE受信可能な端末が受信する電波強度から現在位置を推定する測位技術。一点型

の近接測位も可能。

② UWB 測位 (Ultra Wide Band)

UWBとは非常に短いインパルス状の純粋なパルス信号列を無線で送受信する通信方式。3.1 GHz～10.6 GHz(米国)と非常に広い帯域を利用可能。この特性を活かして測位を行うことで高精度な位置情報取得が可能となる。

(b) センサー系測位技術

③ PDR (Pedestrian Dead Reckoning)

自律航法と呼ばれる基準点からの相対移動計測技術の1種。歩行者を特定対象としており、加速度センサー、ジャイロセンサー、地磁気センサー+気圧センサーの10軸センサにより歩行動作推定から移動距離を求め、ジャイロセンサー、地磁気センサーなどから方向を割り出して現在位置を推定する測位技術

④ VDR (Vehicle/Vibrationbased Dead Reckoning)

自律航法と呼ばれる基準点からの相対移動計測技術の1種であり、PDRと違い車輪によって移動する測位対象物が発生させる振動情報から移動距離を推測しジャイロセンサーからの情報を中心としたデータから移動方向を割り出して現在位置を推定する測位技術

⑤ 地磁気測位

鉄骨系建物の屋内空間に存在する残存地場の特性により、屋内空間の各エリアで異なる磁気の情報から地磁気センサーでの調査でデータベース化を行い、測位対象者がその場所に来た時に取得した地磁気

表—1 屋内測位技術の比較

		電波系測位		センサー系測位			光波系測位
		BLEビーコン測位 (Bluetooth Low Energy)	UWB測位 (Ultra Wide Band)	PDR (Pedestrian Dead Reckoning)	VDR (Vehicle/Vibrationbased Dead Reckoning)	地磁気測位	可視光通信測位
利用機器 (被測位側)	被測位側	スマートデバイス (Bluetooth搭載) またはBLEビーコン	各メーカー専用UWBタグ (発信機)	スマートデバイス (加速度/ジャイロ/地磁気/気圧センサ搭載)、専用端末	スマートデバイス (加速度/ジャイロ/地磁気/気圧センサ搭載)、専用端末	スマートデバイス (地磁気センサ搭載)	スマートデバイス (カメラセンサ搭載)
	施設側	測位用BLEビーコン、BLE対応IoTゲートウェイ端末	各メーカー専用UWBセンサ	BLEビーコン、RF-ID (補正用)	BLEビーコン、RF-ID (補正用)	不要 (ただし精度確保のためにBLEビーコン等利用も検討)	可視光通信対応照明機器
事前準備		BLEビーコン設置設計・設置、実機テスト	センサ設置設計・工事、ネットワーク配線工事	実機テスト、BLEビーコン (補正用) 設置、(対象者キリアレゾ)	実機テスト、BLEビーコン (補正用) 設置、(対象者キリアレゾ)	事前に現場磁場サーベイが必須、実機テスト	可視光通信照明設計・工事が必須
メンテナンス		スマートデバイス充電、BLEビーコン電池交換	UWBタグ充電	スマートデバイス充電、BLEビーコン (補正用) 電池交換	スマートデバイス充電、BLEビーコン (補正用) 電池交換	スマートデバイス充電	スマートデバイス充電
位置精度		○ (補正で向上)	◎	△ (補正で向上)	△ (補正で向上)	△ (補正で向上)	○
コスト	導入時	◎	△	○	○	△	△
	ランニング	◎	△	○	○	△	△

センサーの値から現在位置を推定する測位技術

(c) 光波系測位技術

⑥可視光通信測位

LED 照明など高速変調可能な照明により人の目に見える光にデータを埋め込む通信技術を使い、スマートフォンなどカメラセンサーを持つ端末を用いて、複数の照明機器からの信号を活用して現在位置を推定する測位技術

一覧表の通り、メンテナンス性、位置精度、省電力、導入時と運用時のコストなどを総合的に勘案し、BLE ビーコン測位技術を採用・検討を行った。

(3) BLE ビーコン測位技術の測位タイプの選定

BLE 測位技術を利用した位置情報取得技術には、動体側と環境側に設定するセンサーの種類により、大きく2通りのシステムが存在する。1つ目は、位置推定型測位、2つ目はゲートウェイ近接型測位となる(図-2)。

①位置推定型測位

動体に対してスマートフォンを持たせ、環境設置としてビーコンを選択する。メリットとしては後に述べる近接型測位に比べて測位精度が高く、環境設置にビーコンを使用しているため、測位範囲を広げるコストが安いことを特徴としている。

②ゲートウェイ近接型測位

動体に対してビーコンを設置し、環境設置としてゲートウェイを使用する。メリットとしてはビーコンの電池寿命が大きいこと、長期間の連続測位が可能となる他、動体が多い場合、位置推定型に比べてコストメリットが高いことがあげられる。

今回は、動体(ヒト・モノ)が大量にあり、種類も多いため、②ゲートウェイ近接型測位のシステムを採用している。



図-2 位置推定型測位とゲートウェイ近接型測位

(4) ゲートウェイ近接型測位の方式の選定

また、ゲートウェイ近接型測位の中でも位置を推定する手法によって大きく2種類が存在する。1つ目は存在検知方式、2つ目は位置推定方式となる。

①存在検知方式

存在検知方式とは、特定のゲートウェイにて、ある一定以上の閾値以上の電波強度にて受信したビーコンが、そのゲートウェイの近傍(もしくはエリア)に存在すると判定する位置判定手法となる(図-3)。

②位置検知方式

位置検知方式とは、位置検知用ゲートウェイにて、受信したビーコンの電波強度を距離に置き換え、おおよその位置を推定する手法となる(図-4)。今回はエリアに配備したゲートウェイによるエリア判定を目的としているため、②の位置検知の手法を採用した。

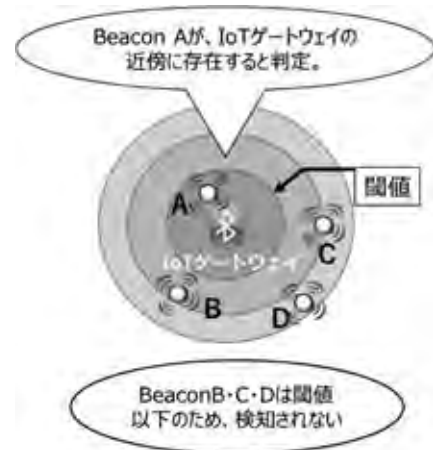


図-3 存在検知方式

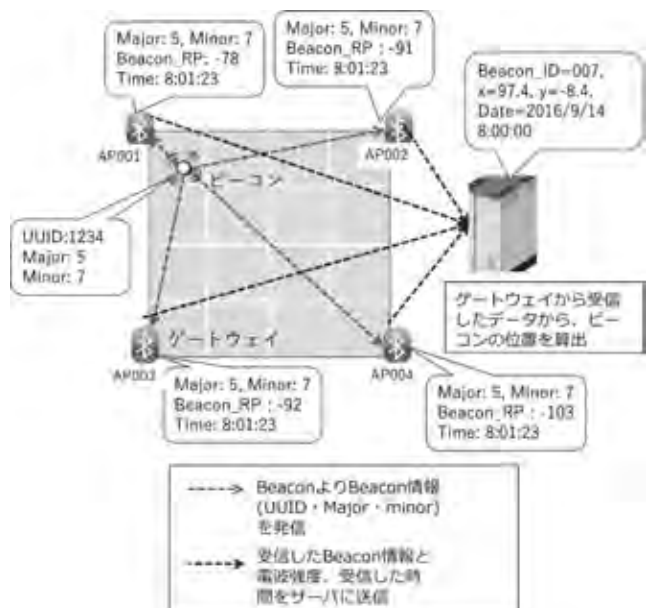


図-4 位置検知方式

3. システムの構成

(1) システムの構成要素

開発したシステムの構成は以下の通りである。

- ①ビーコン：10円玉程度の大きさのボタン電池駆動のセンサーであり，位置情報を収集する対象に貼付し，電波を発信する。電池寿命については，位置検知に必要な発信間隔で，半年程度のデータ取得が可能である（図－5）。
- ②ゲートウェイ：ビーコンから発信された電波を受信し，受信したビーコンのIDとその電波強度を，3/4G回線またはWi-Fiを経由してクラウドサーバに送信する（図－5）。
- ③マグネットセンサー：磁力を検知するセンサー。高所作業車に対して設置し，磁力を検知したときを稼働，磁力を検知しなかったときを稼働として稼働時間を測定する。送信間隔は60秒ごととした場合，電池寿命は標準設定時で約2.5年となる（図－6）。
- ④GPSトラッカー：現場外における工事用車両の位置情報，現場までの到達時間を測定する。
- ⑤通信システム：アクセスポイントなど，ゲートウェイからサーバーまでの通信を行う。
- ⑥ウェブサーバ：ゲートウェイが収集した情報を定期的に受け取り，データとして蓄積する。
- ⑦アプリケーション：サーバーに蓄積された電波強度のデータから各ビーコンの位置を推定し，その結果を各階の平面図画面上に表示する。
- ⑧GPSアプリ：Android用GPS測位アプリケーション

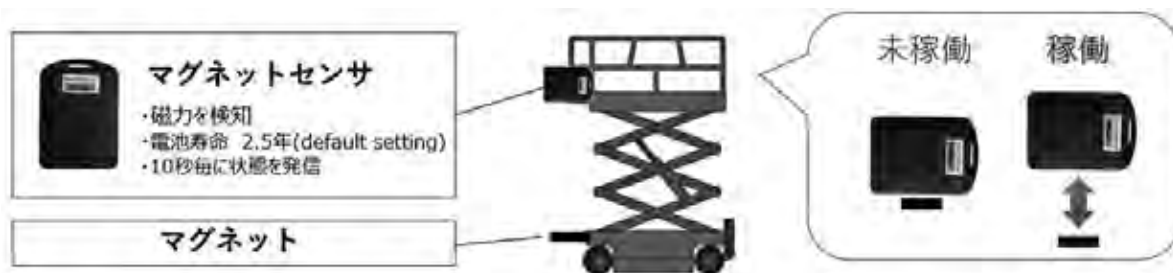
ン。屋外で活動する人に持たせた Android 端末から GPS を利用して取得した位置情報をサーバーに送信する。

(2) 各センサーからのデータの流れ

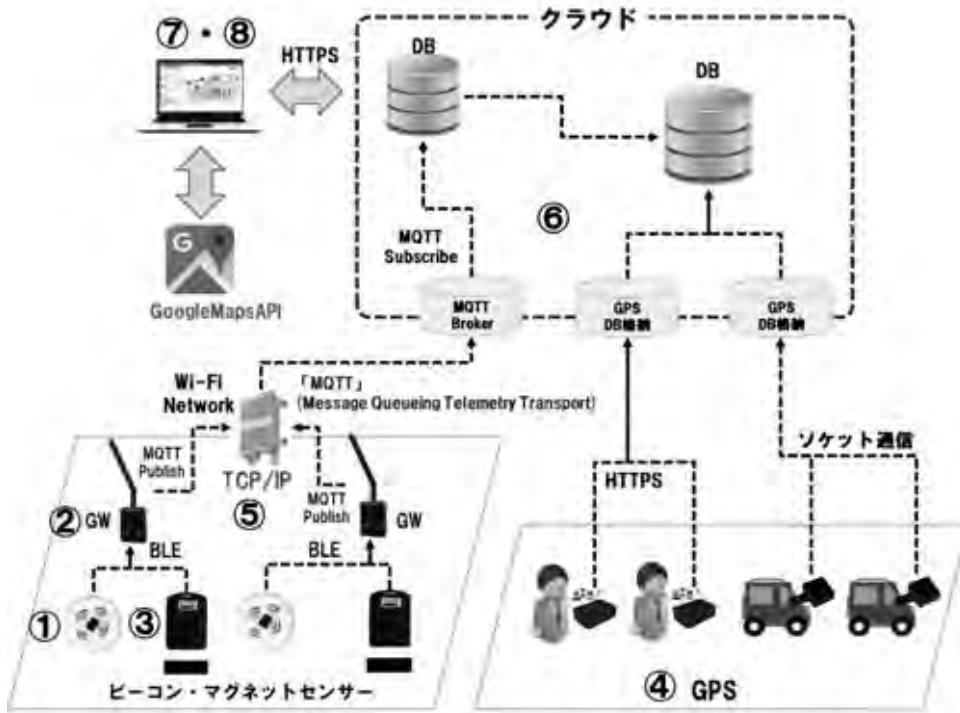
ビーコンから発信された情報（UUID, major, minor = iBeacon 仕様フォーマット）は，受信されたゲートウェイ内アプリケーションを通して Wi-Fi 経由にてクラウドサーバに送信・蓄積する。送信されたサーバー側にて位置情報のクレンジング処理（緯度経度変換等）を行い，その結果をウェブアプリケーション上の地図上にプロットする。ゲートウェイからサーバーに送る際は MQTT プロトコルが使用される。MQTT(Message Queuing Telemetry Transport) とは，あらゆるモノがインターネットにつながり，お互いに情報をやり取りする IoT (Internet of Things) を実現するのに適した非常に軽量なプロトコルであり，貧弱な電波環境に適しており，TCP/IP ネットワークで利用できる通信プロトコルである。MQTT を利用して現場内 Wi-Fi アクセスポイントを経由，インターネット上にアップロードされる際には，ブローカーと呼ばれる中継サーバーを介して，そこに対してメッセージを投げ（Publish する）クライアントと，そのメッセージを受け取る（Subscribe する）クライアントが必要となる。そのため現場側 IoT ゲートウェイに対して Publisher 機能を持たせる必要がある。またクラウド側にはそれを受け取る MQTTSubscribe 機能が必要になる。取得されたデータはその後ロケーションプログラムなどを介して位置計算を行い，DB・サーバーへストレージがなされ，PC 画面上に位置をリアルタイム表示，過去履歴表示がなされる。今回は GoogleMaps を利用しているため，GoogleMapsAPI を利用している（図－7）。



図－5 ビーコンとゲートウェイ



図－6 マグネットセンサー



図一七 データ取得から画面表示までの流れ (番号は 4.(2)と対応)

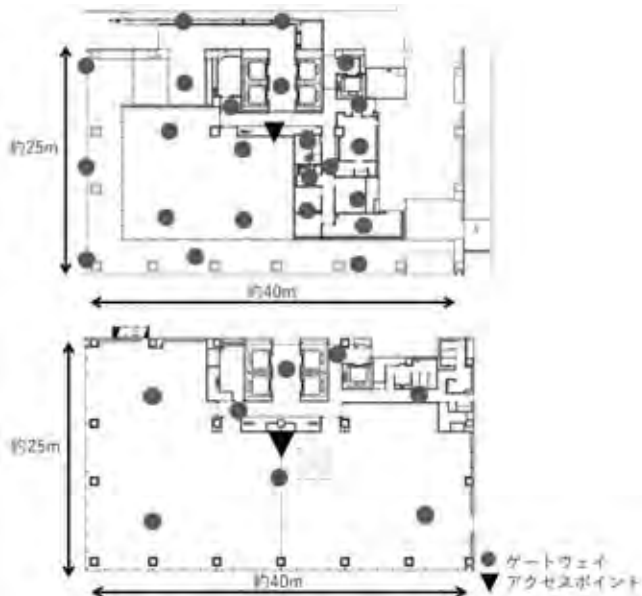
4. システムの適用事例

(1) 複数実プロジェクトでの実証実験

開発したシステムを、弊社の新築工事現場にて試行した。実験の目的は、「移動の多い人・資機材の位置情報を複数リアルタイムに検知できるかを確認する」ことである。ゲートウェイの配置及び取付状況を(図一8, 9)に、ビーコン及びマグネットセンサーの設置対象とその取付状況を(図一10, 11)に示す。



図一九 ゲートウェイの取付状況



図一八 ゲートウェイの配置計画 (上:1階, 下:基準階)



図一十 ビーコンの取付状況



図一 11 マグネットセンサーの取付状況

(2) 事前準備

現場での運用にあたり、以下の事前準備が必要となる。

①ゲートウェイの設置

仮設電気計画との調整を行った上で、20～30m 程度の間隔で100V 電源に接続した状態で現場に固定する。また内装間仕切りのレイアウトも考慮する。

②ゲートウェイ位置のシステム登録

ウェブアプリケーション上にゲートウェイを登録し、位置を画面上で調整する。

③ビーコン・GPS トラッカーの設置

④各種センサーの設置

ビーコン以外のマグネットセンサーをはじめとする、各種センサーを設置する。

⑤ビーコン・センサーのシステム登録

ビーコン毎にID を付与し、測位対象と紐づけてシステムに登録する。

⑥通信システムの構成作業

フィールド無線設備（アクセスポイント）の設置を

行う。また現場内インターネット回線の工事を行う。

⑦アプリケーションの稼働

緯度経度情報つき現場図面データ（dxf）をアップロードし、GoogleMap 上に登録した上でゲートウェイの位置をマップ上にプロットする。

5. 実験結果

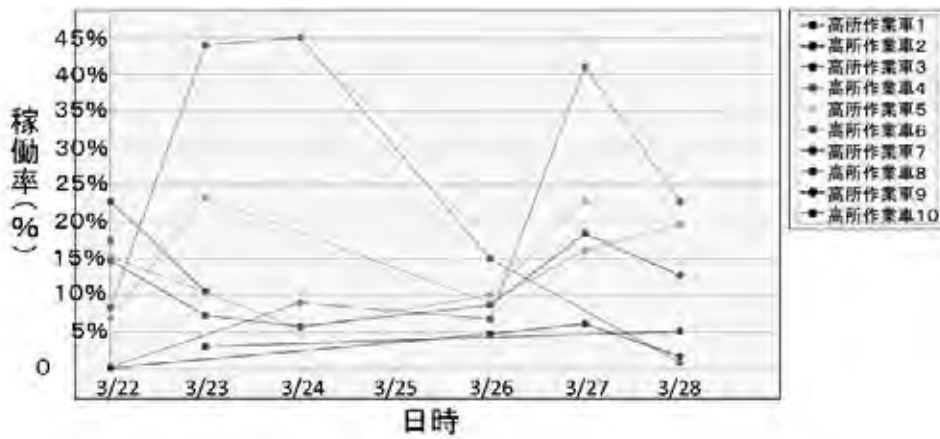
ある新築工事現場での実験の結果、実験期間中の対象資機材114台、作業員・社員30人の位置情報を常時取得でき、かつリアルタイムに見える化が可能なことを確認できた（図一12）。

資機材位置の見える化については、現場担当者から「資機材を探す手間が省け、立馬や台車の追加投入が削減された」との意見を得た。今後、稼働状況をモニタリングできる機能を追加し、資機材が過剰投入になっていないかを判断可能とするなどの改善を計画している。

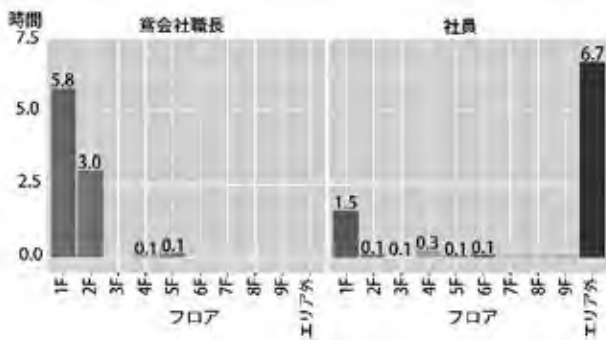
また、マグネットセンサーによって取得した高所作



図一 12 リアルタイム位置情報の見える化画面



図一 13 高所作業車の稼働状況の見える化



図一 14 作業員・社員の実験期間中の1日分のフロア別滞在時間

6. おわりに デジタルツインの実現へ向けて

生産性向上を目的とした現場におけるヒト・モノのリアルタイム位置情報収集の仕組みを開発した。現場の生産性向上のためには、作業のロボット化、管理の遠隔化、プロセスのデジタル化などが求められているが、今回紹介したリアルタイム位置情報システムは、管理の遠隔化だけではなく、プロセスのデジタル化を大きく前進させる技術であり、今後は現場と位置情報をはじめとしたデジタル空間をうまく融合したデジタルツインをコンセプトとした生産性向上を目指している。

J|C|M|A

業車の稼働状況のグラフを(図一 13)に示す。各高所作業車で稼働率にばらつきがあることから、現場にて作業者と調整し使用を平準化することで無駄のない利用が可能になることがわかった。

また、作業員・社員の位置情報の活用例として、得られた位置情報を利用し、実験期間中の1日分のフロア別滞在時間を算出した結果を(図一 14)に示す。この図から、当該日における作業員がどのフロアで作業したかを推定でき、作業の進捗把握やフロア別歩掛りの算出への活用が期待できる。今後の活用先として、①作業員の滞留場所、滞留時間を算出し、作業員動線など仮設計画の見直し、②重機廻りなど危険箇所への立ち入りに対する警告機能などの安全管理への活用へつなげる計画である。

【筆者紹介】

川島 慎吾 (かわしま しんご)

鹿島建設株

東京建築支店 建築工事管理部 人事・企画グループ 課長



妹尾 悠貴 (せのお ゆうき)

鹿島建設株

技術研究所 先端・メカトロニクスグループ



天沼 徹太郎 (あまぬま てつたろう)

鹿島建設株

ITソリューション部 企画管理グループ





国際開発とSDGs

遠藤 和重

2015年9月に国連サミットで採択された「2030年までに国際社会が協力して取り組むべき持続可能な開発目標（Sustainable Development Goals: 以下、「SDGs」）」は、途上国だけでなく、先進国も積極的に取り組む開発目標と位置づけており、日本も2016年5月にSDGs推進本部を設置し、「SDGs実施指針」や「SDGsアクションプラン」を策定し、積極的に取り組んでいる。

名古屋に所在する国連の直轄組織の国際連合地域開発センター（United Nations Center for Regional Development: 以下、「UNCRD」）は、国連本部で「持続可能な開発目標（SDGs）」を担当している「持続可能な開発目標部（DSDG）」に所属している。SDGsの意義、すなわち環境、経済、社会の三側面の同時達成を目指す持続可能な開発の考え方について紹介する。

キーワード：国連、SDGs、国際開発、科学技術、地方創生

1. はじめに

SDGsは急に出てきた話ではない。というのは、現在のSDGsにつながる「持続可能な開発」にとって節目となる出来事がいくつかあり、はじめは1992年の「環境と開発に関する国連会議（リオの地球サミット）」で、「持続可能な開発の実現に向けた行動計画（アジェンダ21）」が決議され、ここで経済開発と環境保全の調和を目的とした「持続可能な開発（Sustainable Development）」が登場した。それを基に2000年のミレニアム開発目標（MDGs）ができ、そして今のSDGsになったのだが、その詳細は、後ほど本稿の中で紹介する。

UNCRDは、1970年代、日本の急速な経済成長とその背景となる地域開発の実績が世界で注目され、日本で得られた教訓に基づき、社会開発と経済発展を統合して推進する地域開発およびその計画づくりの支援を目的に設立された。中でも、日本の主力工業地帯である中部圏はバランスのとれた地域開発が実施されていたことや、地元の積極的な誘致策もあり、UNCRDが名古屋に設置されることになった。

国連が提唱した持続可能な開発の実現のためには、各国の取り組みが、JICA、世界銀行、アジア開発銀行などから開発の資金援助や技術協力を得てフィールドでのプロジェクトに結びつくことが必要であった。UNCRDは、国際協力の「理念」につながるような「地

域開発」という幅広い課題に取り組み、当該分野の人材開発、調査・研究、助言、情報共有の活動を通じて、国際社会が合意した開発目標を実際に政策立案、事業実施できるよう途上国を支援してきた。例えば、日本の環境省の支援のもと、環境的に持続可能な交通フォーラム（Environmentally Sustainable Transport: 以下、「EST」）や3R推進フォーラム（Reduce, Reuse, Recycle: 以下、「3R」）といった政府間政策対話を行う場となる国際フォーラムをアジア各国において毎年開催している。途上国は、交通問題やゴミ処理など複雑な課題にどう対処していくかということについて知見やアドバイスを求めており、課題解決ノウハウの提供、個別国への戦略策定支援といった形で途上国のニーズに応えている。

2. MDGs から SDGs へ

SDGsの前身であるミレニアム開発目標（Millennium Development Goals: 以下、「MDGs」）は、2000年に採択された「国連ミレニアム宣言」と、1990年代の主要な国際会議で採択された国際開発目標を統合したもので、2015年を期限に途上国向けの開発目標として設定された8つの目標（①貧困・飢餓、②初等教育、③女性、④乳幼児、⑤妊産婦、⑥疾病、⑦環境、⑧連帯）である。しかし、MDGsは以下の3つの理由で十分にそれらの目標が達成されなかったと言われてい

る。

- ・国レベルの取り組みだけにフォーカスされ、各地域の格差や特殊性への配慮が欠けた。
- ・取り組みのモニタリングに関しても国レベルの進捗だけしか評価されなかった。
- ・途上国だけの問題とされ、掲げられた目標に関する国際社会の認識が不十分だった。

これらの反省を踏まえ、今回のSDGsは①～⑤の特徴を持っている。

- ①**普遍性**：先進国を含め、全ての国が行動する。
- ②**包摂性**：人間の安全保障の理念を反映し「誰一人取り残さない」。
- ③**参画型**：全てのステークホルダーが役割を担う。
- ④**統合性**：社会・経済・環境に統合的に取り組む。
- ⑤**透明性**：定期的にフォローアップする。

SDGsは2015年9月の国連サミットにおいて全会一致で採択され、「誰一人取り残さない」持続可能で多様性と包摂性のある社会の実現のため、17の国際目標の下に、169のターゲット、232の指標が決められている。

SDGsは図-1のSDGsの図に並べられた各ゴールのアイコンを3列にカテゴリ化して整理するとわか

りやすく理解できると言われている。1列目の1～6は途上国が抱える課題をターゲットに伝統的に引き継がれてきた所謂国際開発目標である。SDGsが盛り上がっているポイントは、2列目の7～12にあると考えられる。これは、エネルギー、成長・雇用、イノベーション、不平等、都市、生産・消費という分野で、途上国に限らず先進国も含めて自分の国をどう発展させるかということで、これによってすべての国が自分事として取り組み、どんな国でもその成長戦略の一環として包摂的成長を考えることができる点である。3列目の13～17は新しい課題で、気候変動をはじめとする環境問題、平和や公正な社会、横串となる実施手段やパートナーシップという内容である。

SDGsの1つのポイントは、統合的なアプローチによって社会、経済、環境といった非常に幅広い課題に取り組むというところにある。例えば、貧困の問題に取り組みながらも不平等を意識し、その取り組みによる環境負荷へのインパクトにも目配りするというわけである。このSDGsは国連において全会一致で決められたので、世界中のすべての人にとって共通の目標になっているという点も非常に大事なポイントである。

From ミレニアム開発目標「MDGs」(2001-2015) 8ゴール 21ターゲット



To 持続可能な開発目標「SDGs」(2016-2030) 17ゴール 169ターゲット



図-1 MDGsからSDGsへ

3. 日本における SDGs の動向

2015年にSDGsが採択された国連サミットで、安部晋三内閣総理大臣がSDGs実施に最大限取り組む旨を表明したことから、2016年5月には総理大臣を本部長、官房長官、外務大臣を副本部長とし、全閣僚を構成員とする「SDGs推進本部」が設置された。この本部の下で、行政、民間セクター、NGO・NPO、有識者、国際機関、各種団体など幅広いステークホルダーが集まり意見交換を行う「SDGs推進円卓会議」も設置されている。

2018年6月に閣議決定された「経済財政運営と改革の基本方針2018」では、「積極的平和主義の旗の下、SDGsの実現に向け、貧困対策や保健衛生、教育、環境・気候変動対策、女性のエンパワーメント、法の支配など人間の安全保障に関わるあらゆる課題の解決に、日本のSDGsモデルを示しつつ、国際社会での強いリーダーシップを発揮」との文言が盛り込まれた。

昨年12月に発表されたアクションプラン2019では、次の3本柱を中核とする日本の「SDGsモデル」に基づき、2019年におけるより具体化された政府の取組みが盛り込まれている。

- ・SDGsと連動する「Society 5.0」の推進
- ・SDGsを原動力とした地方創生、強靱かつ環境に優しい魅力的なまちづくり
- ・SDGsの担い手として次世代・女性のエンパワーメント

このアクションプランでは、日本は、豊かで活力のある「誰一人取り残さない」社会を実現するため、一人ひとりの保護と能力強化に焦点を当てた「人間の安全保障」の理念に基づき、世界の「国づくり」と「人づくり」に貢献していくことが目標として掲げられている。次の章からは、SDGsアクションプラン2019の具体的な内容を紹介していく。

4. SDGs と連動する「Society 5.0」の推進

一つ目の柱は企業とSDGsである。大きくは、中小企業におけるSDGsの取組強化、及び科学技術イノベーションの推進の2つがある。企業で話題になっているESG投資という概念は、投資家が企業に投資をする際に、環境問題、社会問題、ガバナンスといったことに対して企業としてどう取り組んでいるのかを重視するアプローチである。企業が中長期的視点で社会、経済、環境の三側面の課題を意識した取り組みをしているかは、まさにSDGsそのものである。

国連は科学技術の側面からSDGsを支援するため、年1回STIフォーラム（Science, Technology and Innovation）を開催しており、昨年6月の第3回STIフォーラムでは、国連日本代表部の星野大使がサンドバル・メキシコ次席大使とともに共同議長を務め、全体議論をリードしている。各国のSTI for SDGsの戦略などを可視化するSTIロードマップの議論では、岸外務大臣科学技術顧問から「STIはSDGs達成に貢献するものであり、STIで課題を解決してより良い未来社会を形成していくことは、先進国、新興国、途上国にとって良いアプローチである。一例として日本は人間中心の包摂的社会としてのSociety5.0の実現に取り組んでいる」との発言など、当該分野での日本の取り組みは大きく国際社会でアピールされた。

中部経済連合会は、政府が提唱しているSociety5.0を中部圏にあてはめた場合にどのような社会像となるかについて検討した内容を、昨年2月に「中部圏5.0の提唱～中部圏におけるSociety5.0の姿と実現に必要な努力～」として発表している。東海地方は、日本の強みである工業の一大中心地、集積地であり、UNCRDの活動拠点である東海地方においてSDGsの意味を考えることは大きな意義がありそうである。

5. SDGs を原動力とした地方創生、強靱かつ環境に優しい魅力的なまちづくり

二つ目の柱は自治体とSDGsである。昨年6月、政府のSDGs推進本部は、自治体によるSDGsの達成に向けた優れた取組みを提案する29都市を「SDGs未来都市」として選定している（去る7月にも新たな選定の発表があった）。特に先導的な取組み10事業を「自治体SDGsモデル事業」として選定し、社会・経済・環境の三側面をつなぐこれら統合的取組を支援することで、成功事例の普及及び展開等を行い、地方創生の深化につなげていくこととしている。地方創生SDGs官民連携プラットフォームの役員を務める村上周三氏は、「自治体は持続可能な開発に必要な固有のリソースを数多く有する」、「市民・企業等に最も近い位置にいる自治体行政は、多くのステークホルダーとのパートナーシップを推進するのに好都合」など、自治体とSDGsの親和性を述べている。

後者のテーマ「強靱かつ環境に優しい魅力的なまちづくり」は、UNCRDの活動分野そのものである。前述のとおり、環境的に持続可能な交通フォーラム（ESTフォーラム）や3R推進フォーラム（Reduce, Reuse, Recycle）を年1回アジア各国において開催

している。また、水と災害に関する有識者・指導者会議（HELP：High-level Experts and Leaders Panel on Water and Disasters）の事務局業務を開始する予定であり、このような UNCRD の活動は、アクションプラン 2019 におけるテーマ「強靱かつ環境に優しい循環型社会の構築」に盛り込まれた以下の取組みと密接に関係している。

3年前の UNCRD45周年記念事業では、SDGs のゴール 11（包摂的で安全かつ強靱で持続可能な都市及び人間居住を実現する）に焦点を当てながら、公開シンポジウムを実施した。UNCRD は、今後中部圏の地域力を高め持続可能なまちづくりを進めていくためには何をなすべきか、また中部圏や日本の教訓を世界にどう生かすことができるのかなど国際社会に向けた情報発信に取り組んでいる。

6. SDGs の担い手として次世代・女性のエンパワーメント

三つ目の柱は次世代・女性のエンパワーメントである。SDGs は、「leave no one behind」誰一人取り残さないという理念のもと、すべての人々にとってより良い、より持続可能な未来を築くため、持続可能な世界の実現を目指すための開発目標である。SDGs のゴール 5「ジェンダー平等を実現しよう」は、すべての女性と女児のエンパワーメントを図り、あらゆる場所で女性と女児に対する差別に終止符を打つことを狙いとしている。名古屋でも今年 3 月 8 日、「HAPPY WOMAN FESTA AICHI 2019」が盛大に開催された。

次世代・女性のエンパワーメントのためには、教育分野における取組みが大変重要である。中部圏には、

2007 年に国連大学から認定を受けた「ESD 地域拠点（ESD: Education for Sustainable Development）」が中部大学に設置されており、持続可能な社会に向けた教育に力点を置いている団体や教育機関が数多くある。こうした場において、次世代・女性が SDGs の担い手として育ち、SDGs の目標年に向けて、愛知・名古屋がけん引役になって、“誰一人取り残さないための行動”を、アジアから始め、世界へ繋いでいくことが期待される。

7. おわりに

2019 年は、G20 サミット（6 月）、TICAD7（8 月）、初の SDGs 首脳級会合（9 月）等が予定されており、日本政府は、①国際社会の優先課題、②日本の経験・強み、③国内主要政策との連動を踏まえつつ、国内実施・国際協力の両面において SDGs を推進する。SDGs を具体的な行動に移す企業・地方は、政府の各種ツールを活用しながら、SDGs 推進の手法や技術を国内外で積極的に展開することが期待される。UNCRD は、ニューヨークの国際連合本部とのパイプや関係する国際機関とのネットワークをフルに活用して官民のベストプラクティスを一つでも多く世界各国へ繋げていきたいと考えている。

JCMA

【筆者紹介】

遠藤 和重（えんどう かずしげ）
国際連合地域開発センター
所長



ずいそう

勝手に松本隆論

岩本英司



1980年春、♪えくぼの秘密あげたいわ〜♪と歌う爽快なデビュー曲『裸足の季節』で中学校に入学したばかりの筆者を虜にしたのが九州は久留米出身の松田聖子さんでした。

『青い珊瑚礁』『風は秋色』『チェリーブLOSSAM』『夏の扉』と続き、6枚目のシングル『白いパラソル』で初めてタッグを組んだ作詞家の松本隆さんは、松田さんの楽曲でその後、ヒット曲を連発していくことになります。24曲連続オリコンチャート1位を記録した松田さんの楽曲のうち松本さんの作詞は実に17曲。80年代前半のきらびやかな歌謡界における黄金コンビと言えるでしょう。

1. 田舎から街を見る

その松本さんの音楽界における経歴は、ロックバンドのエイプリル・フル、そしてはっぴいえんどのドラマーとして始まります。特にはっぴいえんどではほとんどの楽曲の作詞も手掛け、大滝詠一さん、細野晴臣さんという二枚看板を支えています。

東京に生まれ育った松本さんがはっぴいえんど時代に手掛けた作詞には、幼年期に遊び回った土の残る東京が1964年開催のオリンピックを契機に様変わりしていく中で味わった喪失感を垣間見ることができま

す。♪紙芝居屋が店をたたんだ後の路地裏はヒーローでいっぱい♪(花いちもんめ)といった具合です。

東京という「街」に身を置き、そこから見える風景を綴ったはっぴいえんど時代。松本さんは後に「自分のための詞をフリーな状態で書くことをメンバーが許容してくれた」(『はっぴいえんど伝説』より)と述懐しています。文学少年として蓄えた言葉の数々。それらを用いてフリーに書いた歌詞には難解な部分も少なくなかったように感じます。ご本人もそれを意識されたのでしょうが。

解散後、ヒット曲を出すことが至上命題とされる歌謡界に身を投じた松本さんは力点を少しずらし、「田舎」から「街」を見ていくことによって聞く者に分かりやすく心象風景を提示していくことになります。その代表作と言えるのが『木綿のハンカチーフ』(太田裕美さん)、『制服』(松田さん)、『卒業』(斉藤由貴さん)などといった楽曲です。

2. 『木綿…』と『卒業』を比べて

今回、この〈ずいそう〉の執筆に当たって編集委員の方から頂いた「何を書いても良い」とのお言葉に甘え、『木綿のハンカチーフ』と『卒業』という二つの楽曲の共通項を見いだすことで松本さんの世界観をより立体的に見ていく「勝手に松本隆論」を書いてみたいと考えました。しばしお付き合いのほどを。歌詞カードを見ながらお読み頂ければ、より言いたいことが伝わるかと思えます。

まずは1975年12月に発売された『木綿のハンカチーフ』。太田さん4枚目のシングルです。

登場するのは田舎を離れて東に向かい到着した都会で暮らす「僕」と、田舎にとどまった「私」。時が過ぎていく中で都会の絵の具に染まっていくことを自覚し、「変わっていく僕を許して」、そして最後には毎日愉快地暮らす場所から「僕は帰れない」と訴えます。

一方の私は、「草に寝ころぶあなたが好きだったの」と告白しながらも、都会で過ごす彼に「体に気をつけてね」と気づかう健気さも忘れません。やがて2人の



関係が元には戻らないことを感じた瞬間、「最後のわがまま」として「涙拭く木綿のハンカチーフ下さい」とねだります。

離れていても好き合っていたであろう2人が都会と田舎というどうにもならない距離と時間が過ぎていく中で、心が変化していくプロセスを描いた楽曲は、当時どのように受け止められていたのでしょうか。小学1～2年だった筆者が真正面から受け止めるにはまだ幼すぎましたが、太田さんの透明感ある歌声に乗せたそれは、これまでの歌謡曲とは一線を画するものであったのであろうと推察されます。

そしてほぼ10年の時を経て、1985年2月に斉藤さんのデビュー曲として発売されたのが『卒業』でした。

下級生たちに制服の胸のボタンをねだられるモテモテの彼は、卒業後に東京行きが決まっています。ただ大人になりきれないのでしょうか。「机にイニシャルを彫る」ような行為に出ます。そんな思い出を刻む行為について彼女は「心だけにして」とつぶやきます。そしてこれから出て行く東京で変わっていくだろう彼のことを「あなたの未来は縛れない」と言って送り出しています。

高校時代を一緒に過ごした彼と離ればなれになることが決まっても、「卒業式で泣かない」ほどの気丈さを持っている彼女ですが、「でももっと悲しい瞬間に涙は取っておきたいの」と本音を漏らします。離ればなれになることが決まっている卒業式以上の悲しいこと。当時アイドルと呼ばれる存在の中で独特の雰囲気を持っていた斉藤さんの歌声に乗せて、何か予見している点がこの曲の大きなポイントだったといえるのではないのでしょうか。

3. 時系列を逆転させてみた

二つの楽曲に出てくる男女二人を筆者は同一人物と捉え、さらに時系列を逆転させ、『卒業』の後に『木綿のハンカチーフ』が歌われたと仮定してみました。そうすると、10年という時を経て描かれた二つの物語が不思議とつながっているような気になってきました。

彼は東京に出てきても、田舎に残してきた彼女のことを思い「華やいだ街で君への贈り物を探すつもりだ」(木綿)と意気込んでいますが、前述したように既に

彼女は「あなたの未来は縛れない」(卒業)と、彼が都会の生活の中で変わっていくであろうと見越しています。

それでも心のどこかでいつかは彼が帰ってくることを彼女は信じていたのでしょうか。「僕は帰れない」(木綿)と告げられると、それまで気丈に振る舞っていた彼女は、一気に感情を抑えることができなくなり、涙拭く木綿のハンカチーフをねだるのです。

これこそが、斉藤さんの口に乗せて歌われた卒業式以上の「もっと悲しい瞬間」の真相だったのではないだろうか。二つの楽曲の時系列を逆転させてみて、そう思うに至った次第です。

最近はyoutubeなどで昔の楽曲も手軽に聞くことができる便利な時代。若いころに慣れ親しんだ名曲の数々も改めて聞いてみると、当時は見過ごしていたことに改めて気づかされたり、新たな発見があったりするものです。



イラスト：かわうそ部長

ずいそう

ほぼ毎日の池田五月山

加藤 晃



最初の五月山とその後…

私の住んでいる大阪府池田市は2004年のNHK朝ドラ“てるてる家族”や昨年放送された“まんぷく”で有名になったが、五月山も日本で二番目に小さいという動物園があったり手軽にハイキングが楽しめたりして人気がある。その五月山にほぼ毎日午前中の日課として登るようになった。

ずうっと以前、今40代半ばを過ぎた息子達がまだ小学校に上がる前に市の広報誌で「五月山早朝登山の会」を知って、月二回日曜日の早朝に家族4人揃って登り始めた。息子達はそのメンバーの中の奇特なおじさんが時々隠してくれるお菓子を頂上近くにある公園の遊具や草むらの中から、探し出すのが楽しみだった。

そんな五月山登りも、その後は転勤で池田を離れ、再び戻ったり離れたりを何度も繰り返したので次第に足が遠のき、家からただ眺めるだけの山になってしまい、定年で池田に戻ってからも時々登っていただけだった。

それが6年位前の秋頃から健康作りのために再び登るようになった…それもかなり性根をいれて本格的に！

大文字の火床

五月山に登るコースは幾つもあるが、私は家から歩いて20分ほどの炭焼き小屋コースから登り始め、傾斜がやや急で階段状の段差も多い山道を30分ほどで大文字の火床がある大明ヶ原に到着する。

京都ほど有名でないが、五月山にも大文字焼きがあり、8月24日にはここ大明ヶ原に「大」、もう一カ所

に「大一」の赤々と燃える二つの文字が浮かび上がる。

ここは大阪空港を見下ろす絶好のロケーションでもあり休日は大きな望遠レンズのついたカメラで滑走路や離陸する飛行機を狙う人が大勢集まる。特に空港を見下ろして撮れるのは全国的にも珍しいらしく、時には管制官の無線交信を傍受しながらじっと目的の飛行機を待つ本格的マニアに出会ったりする（写真—1）。

この火床から急な草すべりの斜面を30mほど下ってペットボトルやコーヒー飲料などの空き缶、煙草の空箱などを拾うのが私の細やかな五月山へのボランティア活動である。始めた頃は随分と多くて小さなポリ袋が一杯になったが、最近はきれいな場所には捨て難いのだろうか、殆どゴミがなくて逆にガッカリするほどである。実はこの小笹の生えた斜面を下るのは、小さな土バツタが跳ねたり、生まれたばかりの赤ちゃんカマキリに出会ったりする楽しみもある。

木彫りのフクロウ

数年前、おそらく定年後であろう男性数人がいつも同じ広場に集まってワイワイ言いながらコーヒーを沸かしているのに出会った。その中で話に相槌を打ちながら黙々とノミを器用に動かして、落ちていた切り株等に彫刻をしていた人がいて、暫くして、登山道のあちこちに鳥や動物（中には犬のようなリスのようなものもあるが…）の彫刻が並ぶようになり、私達の気持ちをほのぼのとさせてくれた。その中でこのフクロウの彫り物は一等地にあって「君に会うと元気になる！」という表示とともに私達を励ましてくれている（写真—2）。



写真—1 大文字の火床から大阪空港を望む



写真—2

五月山の三角点

僅か標高 315 m の山なので、ほとんどの人は五月山に三角点があるとは思っていないのだが、実は頂上の霊園公園の北角から草が茂った細い道を 20 m ほど辿った場所に三角点の柱石が設置してある。

三角点の設置数は一等三角点が約 1,000、二等三角点が約 5,000、そして三等三角点は 30,000 点強らしいのだが、とにかくこんな低い山にも設置されている事には、沢山の高い山の三角点に親しんでいる私にとっては驚きであった。

また、五月山は千代山とも称されているようで国土地理院と記された白い木製の標識の根元には地元の人々が手作りしてくれた『千代山』の表示板がある(写真-3)。



写真-3

早朝登山の会

神戸の六甲山や大阪府最高峰の金剛山には毎日登山する会があるが、五月山も同様に公園の一角にある管理事務所の壁には会員の登山状況が毎日確認できる掲示板が設置されている。登山のたびに「出」を○で囲んだ出勤？ゴム印を押すことになっているのだが、これによると6月の時点で登録会員は36名、実はこれ以外に100回スタンプ帳があり、これを使って毎日登っている人達を加えると恐らく150人ほどが毎日のように五月山に登っているのだろう(写真-4)。



写真-4

私の登山回数は1,400回を超えているが、登録会員の中には比叡山の千日回峰行宜しく実に3年間無欠勤を記録した強者を筆頭に5,700回超え、5,300回超えの人がおり年齢も80歳超えが多くて、私などはまだまだヒヨッコなのだ。

日の丸展望台



写真-5

以前はてっぺんに鉄製の日の丸旗があった展望台だが今は錆び落ちて代わりに携帯電話のアンテナが設置されている。日の丸展望台からの展望は北側半分が北摂の山々に遮られるものの、天気の良い時には生駒山地の北端の交野山から、尾根道がいわゆるダイヤモンドトレールとして整備されている二神山、大和葛城山、金剛山を経て槇尾山に至り、泉南の山々、さらに紀淡海峡の友が島を経て淡路島、六甲山までの展望がぐるりと180度広がる(写真-5)。

もちろん梅田のビル群や天王寺にある地上300m、日本一の高さを誇るあべのハルカス、万博公園の太陽の塔、そして雨上がりの冬の朝など、条件が揃えば富田林にある高さ180mの白い大平和祈念塔(俗にPLの塔)も見られる。

また、展望台の下はちょっとした公園があり、遠足や課外授業かなんかで幼稚園児や低学年の生徒が赤い体操帽を被って走り回ったり、ビニールシートを広げて賑やかに弁当を食べているのに出くわすと思わず顔がほころんでくる。

子供たちは昼食もそこそこに、傾斜が緩すぎて“滑らない”コンクリート製のすべり台を歩いたり、お母さん達が心配そうに見守る中でカラフルなボルダリングブロックを頼りに緩やかな壁をよじ登ったりして実に活発だ。

杉が谷コースの下山

時間の余裕が無かったり気分が乗らない時には展望台からそのまま広い五月平高原コースで下るが、通常は変化に富んだ杉が谷コースを下山する。

尾根筋から少し下るとその季節になると双眼鏡と望

遠カメラと三脚の三点セットを抱えた人やグループの人達に出会う。言うまでもないバードウォッチャーである。私などはウグイスやホトトギスの鳴き声しか判らないが、ピーピーイ、チイチイなどの鳴き声を聞き分けて丹念に高い梢の先や茂った大樹の中から目的の鳥を探し出す。時として狙った鳥がやってくるまでじっと待つ忍耐力も必要なので、私にはとても真似ができない。

今年は異常気象なのか雨が少ないので、例年は水が流れている小沢も枯れている。私はそんな沢に倒れた丸木を起こして、その上に石を2、3個ケルンのように積んで楽しんでいる（写真—6）。



写真—6

ずうっと以前に、疲れたのであろうか、お父さんに手を引かれた3、4歳の女の子がこれを見つけて「あっ、石が積んである！」と言いながら、それまでの足取りを忘れたように駆け上がってきた。時々、無残にも崩されたり、時として丸木ごと倒されたりするが、子供たちの発見や元気づけにと思って、性懲りもなく、また積み直す。

おわりに

五月山登山の楽しみ、それはなんとといっても登山道の途中で出会う蟻の行列の場所が去年と違っていることに気づいたり、年に一度あるかないかなのだが黄緑色に輝く天蚕の繭や文字通り玉虫色に輝く玉虫の死骸を見つけたりする発見。知らず知らずのうちにゆっくりと移ろう草花や木々の変化。それに名前は知らないけれどいつも会う人達との挨拶。失くした登山用ストックの代わりに桜の枯枝の杖を突きながらひたすら辿る坂道。それに逆説的ではあるが空っぽの頭の中で色々考える時間。夏前の今の時期は毎年出かける北海道の山々の登山を年齢相応に余裕をもって登るための10kg程の歩荷トレーニングの頑張り等など。

…それらの思いが入り混じる五月山登山をこれからも続けよう！ そう、当面2,000回登頂を目指して！

部 会 報 告

「ロータリ除雪車の安全性向上」活動報告

機械部会 除雪機械技術委員会 ロータリ分科会

除雪機械技術委員会ロータリ分科会（以降、ロータリ分科会と略す）では、ロータリ除雪車の安全性向上をテーマとした活動に取り組んでいる。

活動途中ではあるが、中間報告としての調査結果報告と今後の活動予定を紹介する。

1. はじめに

平成 28 年に、(一社)日本建設機械施工協会（以降、JCMA と略す）の北海道支部・東北支部・北陸支部のご協力を得て、除雪講習会（JCMA 主催であるが、地域により除雪機械管理施工技術講習会、除雪講習会、除雪機械技術講習会と呼び名が異なるため、以降除雪講習会に総称する）参加者 4,523 名に「ロータリ除雪車に関する安全性」のアンケートを実施し、3,023 名より回答を得た。

その分析結果を公表し、更なる安全作業への意識が高まる事を期待しての執筆とした。

2. ロータリ除雪車従事者へのアンケート解析結果

(1) ロータリ除雪車オペレータ及び助手の 64% がヒヤリハットの経験あり

アンケート回答者には、あらゆる除雪機械による除

雪業務従事者が含まれるが、ロータリ除雪車のオペレータと助手の方々も 868 名含まれていた。その 868 名のアンケートを詳細に解析した結果、ロータリ除雪車のオペレータ・助手の方々の 64% が、過去にヒヤリハット的な危険を感じた事があることが判明した（図—1）。

(2) 除雪の高度化で危険回避（ヒヤリハットの 90% 部分）

ロータリ除雪車のオペレータと助手の方々が経験したヒヤリハットを解析してみると、図—2 に示すように 90% 部分の解決には、機械が人に代わり除雪を自動的に実施する、又は補助的にオペレータに代わり一部装置を機械が操作する、又はオペレータが表示装置から最適な操縦を出来るような情報を得る等の高度な除雪技術を必要とする事が判った。

この部分に関しては、産学官連携で進められている準天頂衛星の活用研究や除雪の高度化による改善に期待する。

(3) 基本事項を守り危険回避（ヒヤリハットの 6% 部分、重大事故につながる）

図—3 に示す残りの部分の 6% 部分は、取扱い説明書の基本事項である「雪詰まり及び異物除去時やシャープン交換時には、車両を安全な場所に停車し、



図—1 ロータリオペレータ・助手のヒヤリハット経験有無

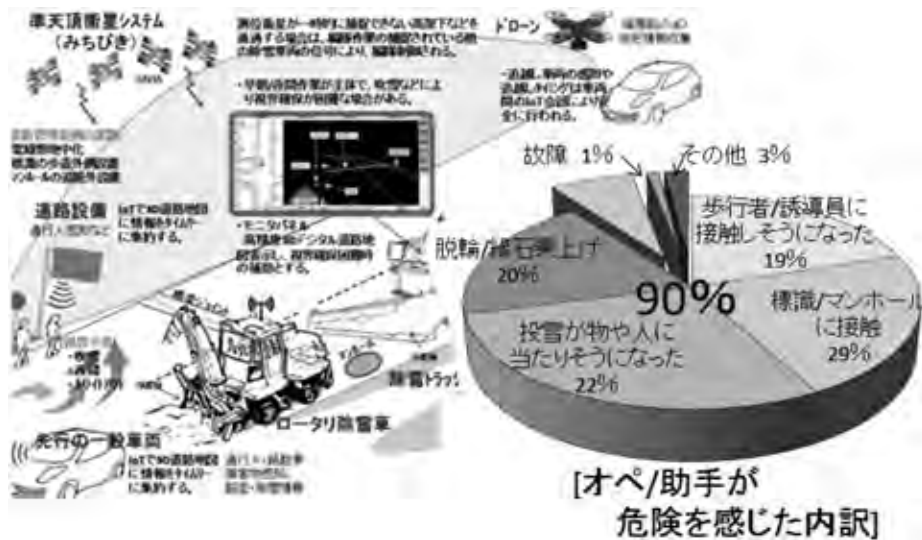


図-2 ロータリオペレータ・助手のヒヤリハット内訳

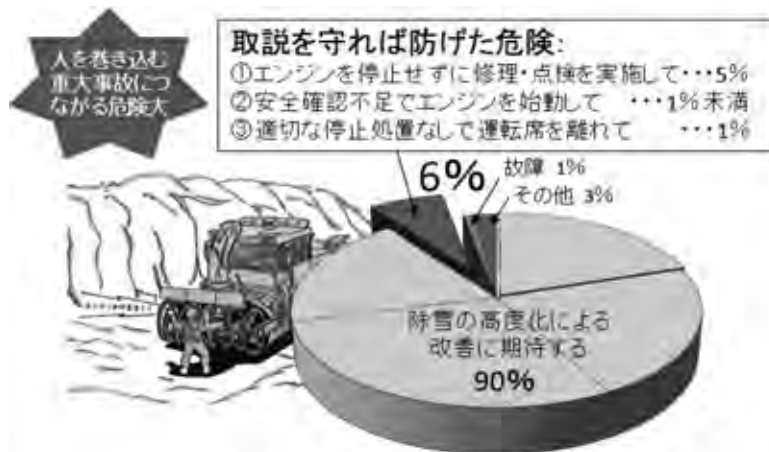


図-3 ヒヤリハットの6%は取扱い説明書遵守で防げる

除雪装置を接地させた後に、エンジンを必ず停止させてから作業を実施する。」「車両から降りるときは必ずエンジンキーを抜く。」を守れば防げた危険であったと言える。

僅か6%の事例であるが、人を巻き込む重大事故につながる危険性が高い事案であり、ロータリ分科会として改善活動を推進することとした。

6%の内訳は図-3に示す①～③であったが、いずれも基本的な安全注意事項が守れなかった結果と言える。

除雪シーズン前の安全確認事項として、取扱い説明書の再読などの実施によりオペレータや助手の方々への意識付けと、遵守の気持ちを再確認すれば効果的に防止できる事案と考える。

具体的に①の「エンジンを停止せずに修理・点検を実施して…」のヒヤリハットとなった事案の内訳を紹介する。

- 50%：作業機の雪詰まりの除去中のヒヤリハット。
- 26%：シャーピン交換作業中のヒヤリハット。

- 18%：除雪装置の雪下ろし中のヒヤリハット。
(オペレータにオーガを回され滑り落ちる。)
- 6%：その他

3. 取扱い説明書を確認するきっかけとしての除雪講習会参加状況を調査する。

実際にアンケート結果から、25%のロータリ除雪車オペレータや助手の方々は、取扱い説明書を良く見ずに作業している事がヒヤリハットを経験してしまった原因と考えている(図-4)。

取扱い説明書を良く確認するきっかけとして、JCMA主催の除雪講習会の活用が有効と考える。除雪講習会では、ロータリ除雪車の周りにはオペレータから見えない「死角」が存在する事(図-5)を伝え、安全の為に車両整備や雪詰まり除去・雪降ろし作業時には必ずエンジンを停止させる事を指導している。

平成25年から平成29年の5年間に、JCMA主催

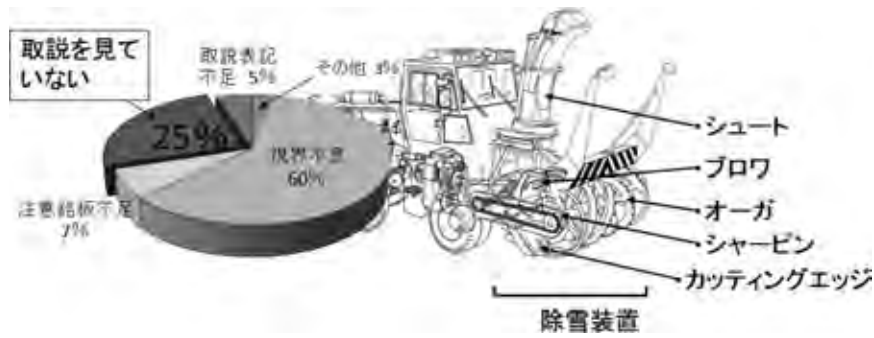


図-4 オペレータが考えるヒヤリハットの原因

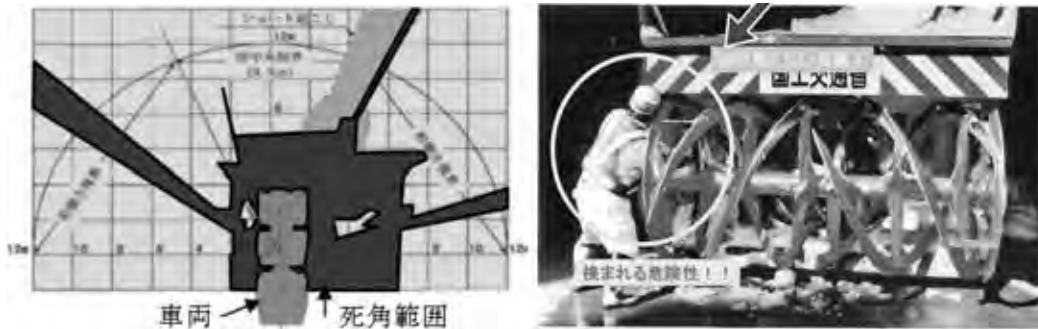


図-5 オペレータから見えない。(死角例)
除雪機械管理施工技術講習会資料からの引用

表-1 JCMA 除雪講習会参加者数の実績
5年間の講習会受講総数 = 25,991名

講習会	地区	区分	参加人数 (人)				
			H25年	H26年	H27年	H28年	H29年
JCMA 除雪講習会	北海道	民間	940	1,038	1,268	1,034	915
		公共	40	63	57	79	74
		計	980	1,101	1,325	1,113	989
	東北	民間	2,526	2,803	2,609	2,489	2,890
		公共	279	371	315	307	258
		計	2,805	3,174	2,924	2,796	3,148
	北陸	民間	1,028	1,065	1,020	933	999
		公共	45	53	61	70	65
		計	1,073	1,118	1,081	1,003	1,064
	関東甲信	民間	27	35	46	41	20
		公共	21	32	24	33	18
		計	48	67	70	74	38
	計			4,906	5,460	5,400	4,986
5年間合計 (年平均)			25,991名 (5,198名)				

の除雪講習会（北海道・東北・北陸・関東甲信）に参加した人数を調査した。5年間の全除雪機械のオペレータ、助手、誘導員及び管理者（事務職員を含む）の受講総数は25,991名であり、年間の平均受講人数は5,198名であった（表-1）。

既に平成28年の「ロータリ除雪車に関する安全性」のアンケート分析結果より、635名のロータリ除雪車

オペレータの方々が除雪講習会に参加していた事が判っており、これは全参加者の14%にあたる（表-2）。

毎年同等割合でロータリ除雪車オペレータが参加していると仮定すると、5年間の講習会に参加したロータリ除雪車オペレータの総数は3,639名^{*}となる。

^{ちよっかつ}直轄工事の発注仕様書によると、「作業従事者はJCMA主催の除雪講習会を5年以内に受講した者」

表一 2 H28年実施の除雪講習会参加者内訳
 除雪講習会参加のロータリ除雪車オペレータ総数 = 25,991名 × 14% = 3,639名

JCMA 除雪講習会 参加者への アンケート総数	4,523名	除雪車の作業担当者 (アンケート集計対象 総数)	3,023名	67%	ロータリ除雪車 担当者	1,463名	32%	運転手	635名	14%
								助手	344名	8%
								誘導員	53名	1%
								事務	431名	10%
					ロータリ以外の 機械担当者	1,385名	31%			
無回答	175名	4%								
		作業担当者では無い	1,500名	33%						

となっているので、この5年間の除雪講習会に1度でも参加したロータリ除雪車オペレータ総数の3,639名は、実際に現在除雪している全ロータリ除雪車オペレータの方々の中で、除雪講習会の安全教育を受けて操縦している方々と言い換えても良いと考える。

※算出の基となった除雪講習会に参加したロータリ除雪車オペレータ割合である14%の信頼性については、ロータリ除雪車の他にも主に操縦する除雪機械があり、他の除雪機械のオペレータとしてアンケートに回答した可能性もあり、実際のロータリ除雪車オペレータ割合は14%より若干高くなる。ただし、アンケート目的を理解されての回答の為に誤差は小さいと考える。
 また、除雪講習会参加者として中部・関西・中国地区がカウントされていないため、5年間の講習会に参加したロータリ除雪車オペレータ総数は、3,639名より僅かではあるが多くなることを付け加える。

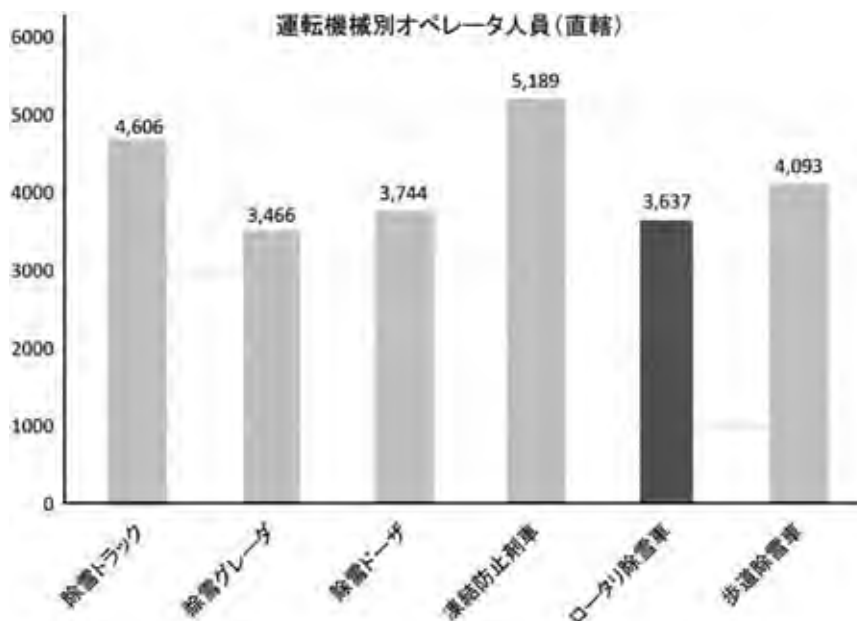
国土交通省総合政策局公共事業企画調整課施工安全企画室が、平成29年に実施した「運転機械別オペレータ人員」調査結果(図一6)から、直轄の除雪作業に従事するロータリ除雪車オペレータ総数は3,637名であった。

除雪講習会に参加されたロータリ除雪車オペレータ数3,639名は、直轄除雪以外に自治体除雪にも相当数のロータリ除雪車オペレータの方々に従事されている事を考えると決して多い参加数とは言えない。

4. 調査結果まとめ

中間報告ではあるが、ロータリ除雪車のオペレータ及び助手の方々への調査結果から下記が判明した。

- ①ロータリ除雪車による除雪作業において、人身を伴う重大事故に発展しそうなヒヤリハット経験が調査数の中に少なくとも6%存在している。
- ②その6%の重大ヒヤリハットは、取扱い説明書の



図一6 運転機械別オペレータ人員(直轄)

ポイント

1. 除雪車の
前に立たない！
2. 車を降りるときは
鍵を抜く！
3. 取り扱い説明書
を熟読！

図一 除雪機械管理施工技術講習会資料からの引用

基本事項を遵守すれば防げる内容である。

- ③ 取扱い説明書の再確認に有効な機会と考えられる「除雪講習会」に参加するロータリ除雪車オペレータ数は多いとは言えない。

5. 今後の活動予定

除雪講習会への参加を高めるための呼びかけも必要であるが、除雪講習会の内容も見直しをかけながら内容の充実を図っていく事も大切である。

今回のアンケート結果を除雪講習会で活用いただくと共に、ヒヤリハット事例も判り易く解説するビデオ製作を検討中である。そのためには、ロータリ除雪車の熟練オペレータの方々の豊富な知識が必要と考え、熟練オペレータの方々へのビデオインタビューを企画中である。

熟練オペレータの方々は、経験から危険を察知する、又は危険に遭遇しない為のノウハウやヒヤリハットの豊富なご経験をお持ちと考える。始業前点検の勘所を含め後輩の為に知識を記録に残す作業も必要と考え本年度の活動テーマとした。

ロータリ分科会では今回公表したソフト面の活動の他に、安全装置を機械に設けるハード面の安全規格制定検討も並行して実施している。今後の活動の成果については別途機会を設けて広く公開する予定である。

6. おわりに

本誌で示したように、取扱い説明書の基本事項を守ることによって重大事故を抑止する効果は大きいと考える。除雪シーズン前のオペレータへの安全意識付けとして、除雪講習会参加や、本誌解析事例の紹介、及び取扱い説明書の読み直しなどの機会を設けて頂けるように切に願う。

JICMA

《参考文献》

- 1) 除雪機械の高度化・自動化に向けたアンケート調査について ゆき No.110 2018.3
- 2) 除雪作業従事者の実態と体制確保に向けた課題 除雪機械オペレータのアンケート結果から 建設機械施工 Vol.70 No.10 October 2018

追伸

(一社)日本建設機械施工協会機械部会除雪機械技術委員会では、ホームページにて情報を公開している。

<https://jcmanet.or.jp/bukai-iinkai/kikai-bukai/josetsu-kikai/>

ロータリ分科会は除雪機械技術委員会の分科会として、国土交通省総合政策局公共事業企画調整課様のご支援の下、主に筆者を含む4名で活動して来た。仲間を紹介する。

[ロータリ分科会]

太田 正樹 (おおた まさき)
㈱NICHIGO 執行役員、
技術総括部 除雪機械技術部

宮廻 成志 (みやごこ まさゆき)
新潟トランス(株) 特機技術部 部長

畑田 健 (はただ たけし)
(一社)日本建設機械施工協会 技術部長

[筆者紹介]

井口 慎治 (いぐち しんじ)
㈱NICHIGO 東京支社 専門部長
(旧社名：㈱日本除雪機製作所)



02-150	Bite off 工法 (バイトオフ工法)	日特建設
--------	--------------------------	------

▶ 概 要

グラウンドアンカーが日本に導入されて約 60 年が経過し、老朽化したグラウンドアンカーにおいて、テンドンの破断やアンカー頭部の落下等さまざまな変状が発生し、斜面や構造物が不安定化する問題が発生しています。

近年、グラウンドアンカーは、すでに更新の対象となっているものもありますが、今後、さらに更新の時期を迎える既設アンカーが増加することは確実です。

このような流れのなかで、グラウンドアンカーの維持管理や斜面の補修・補強の対策についてはさまざまな手法が提案されていますが、アンカーを増し打ちできないような状況において、「老朽化した既設アンカーを除去して新たなアンカーを設置する方法」については特別な技術の提案はありませんでした。

このような状況を鑑み、「Bite off 工法」は「既設のアンカーテンドンを任意の深さで切断・回収する技術」として、当社が独自に開発した工法です。

本工法は、既設のアンカーテンドンを任意の深さで切断・回収することで、同じ場所に新しいアンカーの設置を可能にします (図-1)。

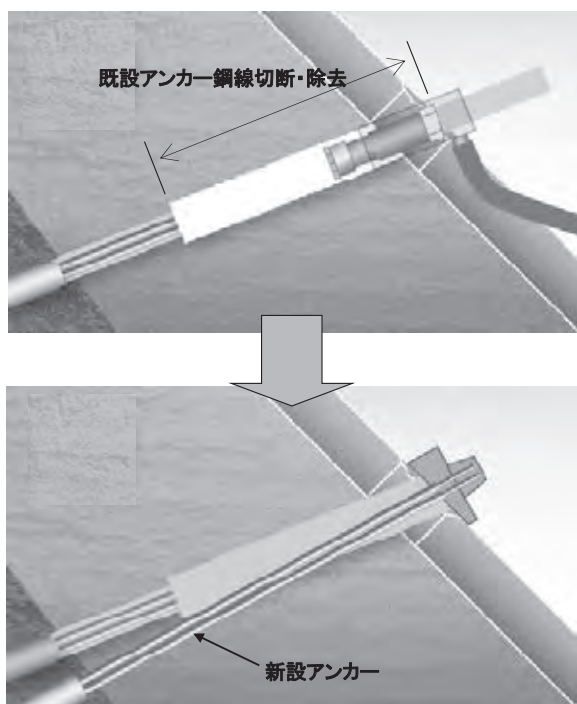


図-1 既設アンカー除去+新規アンカー設置イメージ

▶ 特 徴

本工法は、アンカー体に付属するポリエチレンシースや注入ホース等を除去するための「被せ掘り工程」と PC 鋼線を切断・回収する「鋼線切断・回収工程」の 2 工程を基本としています。どちらの工程においても、専用のビットが用意されており、特に「鋼線切断・回収工程」用に開発した特殊なビット (SH タイプビット) (写真-1) がこの工法の主要技術となっています。

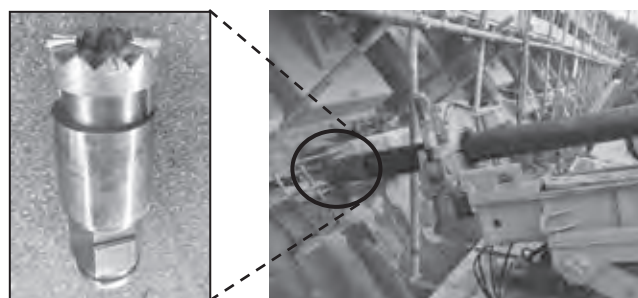


写真-1 SH タイプビット

専用ツールの先端に取り付けられる SH タイプビットの内部には超硬チップの刃が内蔵されており、この刃が既設アンカーの鋼線を切断します。鋼線を切断すると同時に、ビット開口部が閉塞する構造となっているため、取り込んだ鋼線は、落下せずに回収されます。



写真-2 回収された鋼線

▶ 適用範囲

PC 鋼線 ϕ 12.7 mm \times 4 本, ϕ 15.2 mm \times 3 本程度のアンカーサイズまでが適用可能です。また、適用深度は、実証試験等での経験を踏まえ 10 m までとしています (今後、適応サイズの大径化等を進めて行く予定です)。

▶ 問合せ先

日特建設(株) 技術本部
〒 103-0004
東京都中央区東日本橋 3-10-6 Daiwa 東日本橋ビル 5 階
TEL : 03-5645-5110 (技術本部代表)

新工法紹介

02-151	のり面 CIM (斜面对策工に特化した CIM)	熊谷組
--------	-----------------------------	-----

概要

「のり面 CIM」は、斜面对策工事で実施するグラウンドアンカー工や鉄筋挿入工などに対し、設置位置やアンカー諸元、当該箇所の地質情報、施工日、試験結果などの属性情報をアンカーに付与し、3次元空間に配置するものである(図-1)。配置したアンカーには、施工状況写真や試験結果のデータシート等もリンクさせて直接ファイルを閲覧できるようになっている(図-2)。このように、本システムでは、施工中に得られたデータを集約・3次元モデル化(可視化)し、一元管理した情報を次ブロックの施工へフィードバックすることにより、施工の効率化を図ることができる。

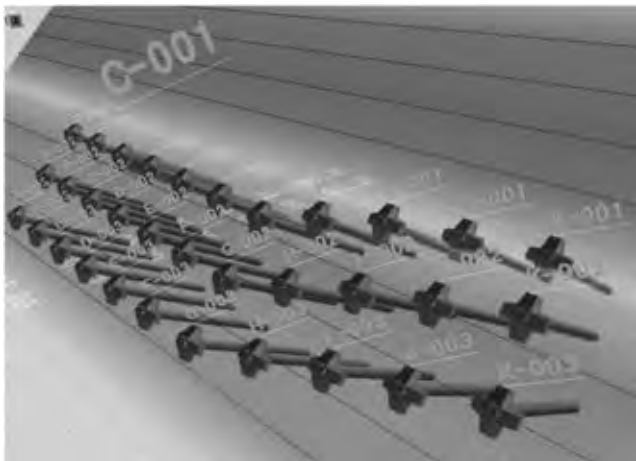


図-1 のり面 CIM 表示例



図-2 属性情報および施工写真表示例

特徴

本システムでは、Excel[®]等の表計算ソフトにて整理した施工実績のデータベースを読み取る仕様となっていることから(図-3)、現場での入力作業の負担が少なくなっている。

なお、本システムは、3次元地質解析ソフトウェアを基本としていることから、調査ボーリングの3次元空間への配置や地質構造の3次元的な解析も可能となっており、すべり面の形状や定着層の位置も3次元で表現できる(図-4)。特にグラウンドアンカーにおいてこの機能は有効と考えられ、すべり面と定着層の広がりとの関係を3次元的に把握することが可能であることから、施工中に確認する定着層の異常値の発見が容易となる。さらに、斜面安定計算のソフトウェアとの連係も可能となっており、地質状況が想定と異なった場合には、早急に再計算ができる仕組みとなっている。



図-3 Excel[®]による入力画面の例

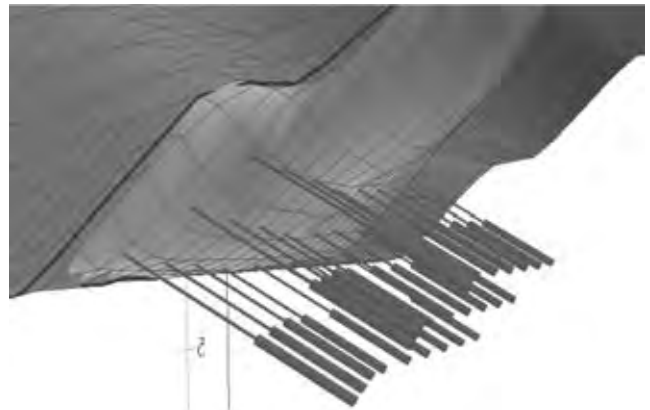


図-4 すべり面の3次元表示例

実績

・阿蘇大橋地区斜面对策工事(九州地方整備局)

問合せ先

(株)熊谷組 土木事業本部土木設計部
〒162-8557 東京都新宿区津久戸町2-1
TEL: 03-3235-8622

11-114	AI ナレッジベースシステム	安藤ハザマ
--------	----------------	-------

▶ 概 要

(1) 開発の背景

生産年齢人口の減少が続く中、建設産業は他産業に比べ就業者の高齢化が著しく、熟練エンジニアが持っている豊富な知識や経験などのノウハウを次世代へ滞りなく伝承することが喫緊の課題となっている。建設工事を円滑に進めるうえで重要なことは、様々な施工条件に対して採用すべき作業方法や工事現場周辺の環境に与える影響への対策などのノウハウを、施工の各段階において適切なタイミングで活用することである。さらに、他の工事で発生した不具合事例など、施工計画や施工管理における重要な情報は絶え間なく増加している。こうした膨大な情報は工事ごとに記録される一方、その一元的な情報管理は必ずしも万全ではなく、どこにどのような情報が保管されているか、それらをいかに適切に組み合わせて活用するかは、各エンジニアの経験に基づく判断に負うところが大きい。

(2) システムの概要

まず、暗黙知として存在している「ノウハウ」を、多くのエンジニアが自由に活用できる「ナレッジ」として形式知化する方法を検討した。具体的には、施工記録文書の1つ1つに対してAIを用いた自然言語処理を行ってその文書に含まれる特徴的な用語を抽出した。次に、それらを自動分類した後、重要度などに着目してスコアリング（文字群の意味のある序列、これをここではナレッジと称する）した。これにより、適切なタイミングで必要なナレッジを引き出すことが可能となった。

(3) モデル工事での実証実験

本システムをモデル工事（安藤ハザマで施工中の国内山岳トンネル工事）に適用した結果、当該工事の担当エンジニアが持つ「ノウハウ」と本システムによる「ナレッジ」とを組み合わせることで、当該工事の施工計画を立案するに際して精度の高いリスクマネジメントが実施できることを確認した。蓄積された多様なデータから当該工事に関連深い事項をAIが自動的に抽出する機能は、人間とAIが協調するという新しい業務スタイルの好事例と言える。

(4) 今後の展開

本システムは、安藤ハザマとユニアデックスとの共同開発の成果である。安藤ハザマでは今後、本システムの適用範囲を、山岳トンネル工事以外の土木・建築工事へも広げる計画としている。そして本システムの活用により、施工計画と施工管理の手法を深化させるとともに、熟練エンジニアから若手エンジニアへの円滑な技術伝承をめざす予定である。また、ユニアデックスでは、全産業に共通する熟練技術の継承という問題に対して、今回のシステム開発で培った技術を活用し、属人的に蓄積されたノウハウをAIでナレッジ化し解決するサービスとして展開していく計画である。

▶ 用 途

- ・建設工事すべての工種

▶ 実 績

- ・国内山岳トンネル工事（システム試行）

▶ 問 合 せ 先

(株)安藤・間（呼称：安藤ハザマ）
 建設本部 技術研究所 先端・環境研究部
 〒305-0822 茨城県つくば市荊間 515-1
 TEL：029-858-8815

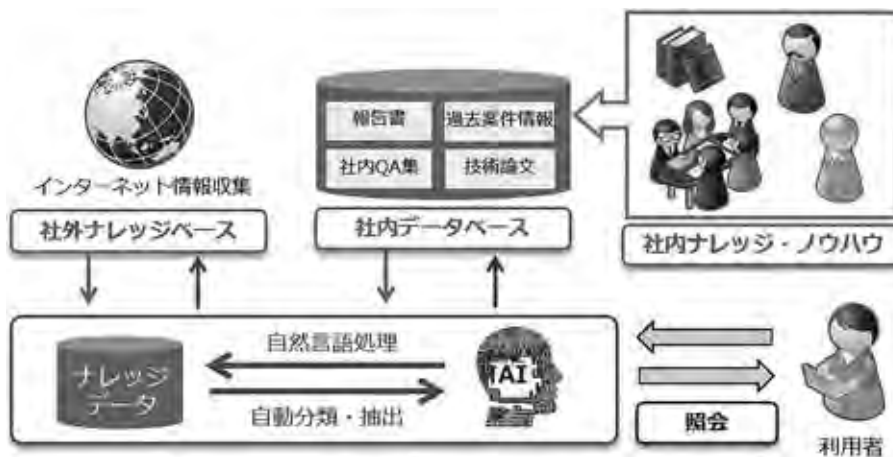


図-1 AI ナレッジベースシステムの概要

新工法紹介

11-115	SENSYN DRONE HUB を活用した 全自動運用ドローン測量	(株)センシン ロボティクス
--------	---------------------------------------	-------------------

▶ 概 要

国土交通省が推進する i-Construction の取り組みが普及するにつれ、施工現場における工事進捗管理用途で、ドローンを活用した測量の手法が盛んになってきている。

しかしながら、実際にドローンを運用するにあたっては、オペレーターが施工現場にその都度機体を運搬する必要があり、また機体の各種設定・手動/自動による飛行操作・バッテリーの都度交換・撮影データ収集などの各種作業を現地で実施しているのが現状であり、大部分で作業効率向上の余地が残されている。

そこでセンシンロボティクス社では、ICT を活用した施工現場の効率化・高度化を推進するため、自動運用可能なソリューションが建設業界各社から求められているという背景を踏まえ、設置型の全自動運用型ドローンシステムである“SENSYN DRONE HUB”の開発に至った。

このシステムを活用する事により、人手を介さないドローンの完全自動運用を実現し、大規模造成プロジェクトにおける日々の進捗管理業務に活用する事で、現場効率を格段に向上させる事が可能となった。



図-1 フジタ社との実証実験の様子

▶ 特 徴

“SENSYN DRONE HUB” が提供する主な機能としては次の通り。

1. 自動離着陸機能

センシンロボティクス社の業務自動化プラットフォームである、“SENSYN FLIGHT CORE”を介して、遠隔地からでも飛行ルートを DRONE HUB に送信することができる。

送信された飛行ルートに基づき、ドローンがプラットフォームから自動で離陸し、飛行ミッション完了後には自動で帰還する仕組みを備えている。

2. 自動充電機能

従来であればオペレーターが都度バッテリーの交換をする必要があったが、本システムにおいてはプラットフォーム側に充電機能を備えている為、人手によるバッテリー交換の手間が発生しない。

1時間の充電で30分間のドローン飛行が可能。

3. データリンク機能

飛行ミッション完了後、インターネット回線を介して撮影データが自動的にクラウドへ転送されるため、現地でドローンから記録媒体を抜き出す必要がない。

4. 複数機連携機能

複数の SENSYN DRONE HUB を連携させることで、より広範囲に渡っての測量業務・警備監視業務を遂行する事が可能となる。施工現場に3台以上設置する事で、24時間/365日ドローンを常時飛行させる事も可能である。

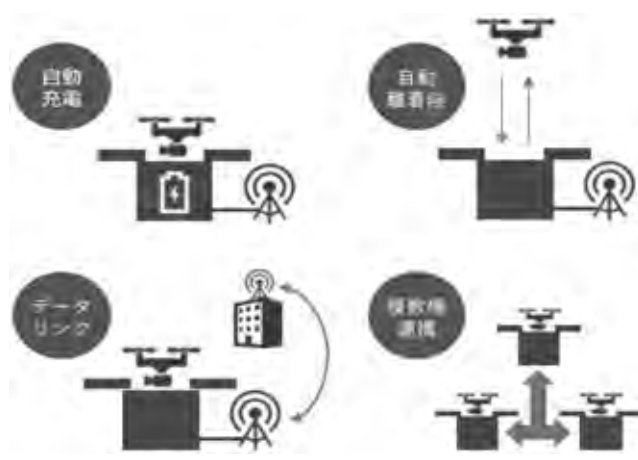


図-2 SENSYN DRONE HUB の各機能

▶ 用 途

- ・建設現場における日々の進捗管理用途
- ・建設現場における安全確認・警備監視用途

▶ 実 績

- ・フジタ社との安全確認・警備監視用途の実証実験
- ・某社との災害対応用途の実証実験

▶ 問 合 せ 先

(株)センシンロボティクス サービス企画部 本田 剛
〒150-0013 東京都渋谷区恵比寿 2-36-13 広尾 MTR ビル 7F
TEL : 03-5488-6106

新機種紹介 機関誌編集委員会

▶ 〈02〉 掘削機械

19-〈02〉-01	コマツ 軌道陸上兼用油圧ショベル PC58UUT-6	'19.1 発売 新機種
------------	----------------------------------	-----------------

窒素酸化物 (NOx) と粒子状物質 (PM) の排出量を大幅に低減し、オフロード法 2014 年基準に適合した軌道陸上兼用油圧ショベルである。

駐車ブレーキのかけ忘れによる逸走を防ぐ車輪自動駐車ブレーキ機能に加え、視認性に優れた高精細 3.5 インチ液晶ディスプレイモニター、機械の盗難リスクの軽減や稼働管理にも有効な ID キーを標準装備している。

さらに、アームクレーンの最大定格荷重アップやフックの格納容易化などにより、より安全かつ効率的に作業を行うことができる。

KOMTRAX (機械稼働管理システム) により、車両管理業務 (車両位置・稼働状況・コンディションの把握など) の効率化を図っている。

表—1 PC58UUT-6 の主な仕様

機械質量	(t)	7.530
エンジン定格出力ネット	(kW (PS)/rpm)	27.7 [37.7]/2400
標準バケット容量 (JIS A 8403-4)	(m ³)	0.22
標準バケット幅 (サイドカッタ含む)	(m)	0.61 (0.68)
全長 (輸送時)	(m)	5.755
全幅 (狭軌時/標準軌時)	(m)	2.355/1.980
全高 (輸送時)	(m)	2.635
後端旋回半径	(m)	1.080
走行速度 車輪走行時	(km/h)	30
履帯走行時 (高速/低速)	(km/h)	4.3/2.6
価格 (工場裸渡し消費税抜き)	(百万円)	24.5



写真—1 コマツ PC58UUT-6 軌道陸上兼用油圧ショベル (一部オプションが含まれる)

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

▶ 〈04〉 運搬機械

19-〈04〉-02	加藤製作所 不整地運搬車 (クローラ式) IC37	'18.11 発売 新機種
------------	---------------------------------	------------------

タイヤ式車両が進入困難な不整地や軟弱地における土木工事等で土砂や資材の運搬に使用される、オフロード法 2014 年基準に適合した不整地運搬車である。

自社従来機に比べ積載荷重を 3.0 t から 3.7 t へ 23% 増加させながらクローラ全幅は 1.55 m (従来機 1.53 m) におさえ、コンパクトな車格を維持している。エンジンはターボチャージャーを搭載し出力を 34.8 kW から 46.1 kW へ向上している。

1 本ジョイスティック走行レバーと回転シートにより楽な姿勢で前後進操作ができ、走行時の過負荷によるエンジン停止を制御するエンジンストール防止機能により操作性の向上を図っている。

ROPS (転倒時保護構造) キャノピーや、エンジンの緊急停止スイッチおよびエンジン始動時にオペレーターが予期しない動作を防止するゲートロック機能により、安全性の向上を図っている。

デセルモード搭載、フラットジョイントゴムクローラーなどにより低燃費とし経済性に配慮している。

開閉がスムーズなダンパー付フルオープンエンジンカバー、シューを外さず交換できる 3 分割スプロケット、汚れが固着しづらい山型フレームを各所に採用するなど、メンテナンス作業の効率化を図っている。

表—2 IC37 の主な仕様

積載荷重	(t)	3.7
機械質量	(t)	2.91
定格出力	(kW (ps)/min ⁻¹)	46.1 (62.7)/2700
走行速度 低速/高速	(km/h)	6.3/10
接地圧 (積載時)	(kPa)	60
燃料タンク容量	(L)	71
全長×全幅×全高	(m)	3.82 × 1.78 × 2.37
価格 (税抜)	(百万円)	5.5



写真—2 加藤製作所 IC37 不整地運搬車 (クローラ式)

問合せ先: (株)加藤製作所 HICOM 事業部営業戦略部
〒140-0011 東京都品川区東大井 1-9-7

新機種紹介

▶ 〈14〉 維持修繕・災害対策用機械および除雪機械

19-〈14〉-02	日本ビソー ゴンドラ車 GC-240L	'19.04 発表 新機種
------------	-------------------------------	------------------

橋梁点検車にゴンドラ機能を搭載したゴンドラ車であり、橋梁点検車のブームを吊元として昇降が可能である。

これまで橋梁の点検やメンテナンスを行う場合、高さのある橋脚や、河川や急斜面により基部から近づけない橋脚において、近接目視による点検が困難な箇所があった。

こうした背景から、一昨年には車体設置面からデッキ（作業床）が約 56 m まで降下可能で中型車をベースとする GC-200、また昨年は、同約 65 m まで降下可能で大型車をベースとする GC-240 をラインアップに加えている。

今回開発した GC-240L は、大型車をベースとし、より多くの橋脚に対応できるように、車体設置面から最大 100 m まで降下可能にしたもので、4 本のブームによるアクセス機能を備え、安全に橋桁下部へのアクセスが可能である。

表—3 GC-240L の主な仕様

デッキ部		
長さ×幅×高さ	(mm)	1,850 × 600 × 1,225
積載荷重	(kg)	240
最大降下距離	(m)	100
昇降速度	(m/min)	7.0



写真—3 日本ビソー GC-240L ゴンドラ車

運用は専属のオペレーター付きレンタルとなっており、デッキ部はオペレーターのほか 2 名の作業員が搭乗可能で、搭乗のみであれば資格は不要である。

伸縮・旋回等を行うブーム部は、デッキ昇降時には固定される仕様とするなど、安全性を高める機構を採り入れ、橋梁点検車とゴンドラの 1 台 2 役を実現している。

問合せ先：日本ビソー(株) インフラメンテ部

〒 243-0021 神奈川県厚木市岡田 3127

▶ 〈19〉 建設ロボット、情報化機器

19-〈19〉-05	アミューズワンセルフ パスコ (代理店) グリーンレーザドローン TDOT GREEN	'19.04 発売 新機種
------------	--	------------------

地形測量、起工測量・出来形計測などの工事測量で使用される無人飛行機（ドローン）搭載型の計測機器（レーザスキャナー）である。

有人航空機に比べフライトの費用が安価であるドローンをプラットフォームに採用したことにより、狭域での地形、植生や構造物の形状把握、定期的な計測作業の効率化を図っている。

多くの航空レーザ計測機で使われている近赤外線波長に比べて水での減衰が少ない緑波長帯のレーザ光（レーザ波長：532 nm）を使用するため、河床や海底などの水部の地形計測が可能で、さらに

表—4 TDOT GREEN の主な仕様

全長×全幅×全高	(m)	0.26 × 0.22 × 0.15
重量	(kg)	2.6 (本体のみ/アンテナ除く)
測定距離	(m)	158 (反射率 10% 以上) 300 (反射率 60% 以上)
測定精度	(mm)	± 15 (反射率 10% 以上) ± 5 (反射率 60% 以上)
照射レート	(Hz)	60,000
視野角	(°)	90
スキャン速度	(走査 / 秒)	30
レーザ波長	(nm)	532 ± 1
ビーム拡がり角	(mrad)	1.0
作動温度範囲	(°C)	0 ~ 40
水平精度	(mm)	± 10
高さ精度	(mm)	± 20
姿勢精度 Yaw	(°)	± 0.02
姿勢精度 Pitch	(°)	± 0.01
姿勢精度 Roll	(°)	± 0.01
価格 (税抜)	(百万円)	30

(注) (1) 測定距離・測定精度は、陸部を計測した場合のもの。

(2) 水平・高さ精度は、GNSS の受信状況が良好な場合において、クラウド処理によるポストプロセッシング（最適軌跡解析）後の精度である。

(3) 価格には、ドローン機材費用は含まない。

新機種紹介



写真一4 アミューズワンセルフ TDOT GREEN グリーンレーザーキャナ



写真一5 取得した三次元データ

陸部の地形と合わせて1つのレーザーキャナで計測できる。

有人航空機に比べ低い対地高度から秒速数mのゆっくりした速度で飛行できるドローンに搭載することにより、1㎡あたり数十点や数百点の高密度な三次元計測ができ、地形や地物の三次元形状を高精細に再現できる。

ドローンを用いた計測に適するように重量は2.6kgと、軽量化が図られており、DJI社製 Matrice600Proに搭載した場合、最大22分の飛行ができる。

問合せ先：(株)バスコ 事業統括本部 新空間情報部
〒153-0043 東京都目黒区東山2-8-10

19-〈19〉-07	カナモト AX キューイン	'19.6 発売 新機種
------------	------------------	-----------------

作業所や工場における作業員の負担軽減、および建築現場の作業の10%を占める清掃作業効率の向上を目的とした、自動的に床面を清掃する吸引型ロボットである。竹中工務店・朝日機材・豊和工業・カナモトの4社による共同開発である。その結果、吸引式ではなく、細かなコンクリート粉や埃を処理できる乾式ブラシ方式である、豊和工業社製の「HF58Eα」をベース機として採用している。

360°レーザーセンサーからレーザーを放射し、反射光が戻る時間から距離を測定する。反射マーカー4つを認識させ、四角形を形成し、この領域を自律走行させるようにプログラミングしている。工事現場の周囲にある壁や設置物等から地図を作成し、その地図とセンサーからの情報により自己位置を推定し、仕切られた領域を走行し、全面積をカバーする経路をPCが自動計画する。工事現場でよく使われているカラーコーンをマーカーとして用い、その上に反射マーカーをセットしている。自動機能は清掃領域検出および清掃経路自動生成機能より構成され、制御用PCを内蔵しLinuxおよびロボット用OS(ROS)が動作している。また、状態確認のモニターを装備したほか、自動運転時に流れるBGMは、現場条件によって音量調整できる。自律運転中に障害物や人などが近づくと、センサーから半径1.2mの範囲で自動停止し、障害物がなくなれば自動的に清掃を再開する。前方のバンパーに内蔵されたセンサーにより、接触すると緊急停止する。さらに、自動運転中は正面のLEDラインランプが点灯し、色が変わり、ボディ周りには有機ELラインを施している。外装は新幹線のイメージとしている。清掃装置はサイドブラシ、およびメインブラシで構成されており、掻き揚げ式で清掃を行う。ベース機よりもごみの集塵能力を上げるためにラバー強度や位置の工夫している。バキュームブローアを装備し、粉塵の飛散防止を図っている。通常は自動ブレーキが作動しているが、ジョイスティックによる電動移動、もしくはブレーキ解除スイッチにより、手動で移動することも可能である。充電器は内蔵されており、電源コードの接続のみで充電が可能である。

今後は、障害物回避機能や長時間運転を可能とするためのバッテリーの選定や、範囲指定の拡大化を図るほか、コストダウンの対策も検討していく。

表一5 AX キューインの主な仕様

清掃速度(手動)	(km/h)	3.0
清掃速度(自動)	(km/h)	0.7
清掃幅	(m)	0.91
清掃能力(自動)	(㎡/h)	637
最大清掃面積	(㎡)	1,600
寸法 長さ×幅×高さ	(m)	1.33 × 0.91 × 0.85
重量	(t)	0.26
連続駆動時間		約2時間
清掃機能		乾式ブラシ方式
エリア設定		センサーマーカー
センシング		SICK製レーザーキャナ
走行		パターン走行モード
操作方法		本体ディスプレイ
段差		25mm OK
バッテリー		12V100Ah × 2
集塵容量	(㎡)	0.07
価格	(百万円)	未定

新機種紹介



写真一六 カナモト AX キューイン

問合せ先：(株)カナモト ニュープロダクツ室
〒105-0012 東京都港区芝大門 1-7-7

録されるため、自律走行開始後は照度測定作業に人が介在する必要はなく、照度測定作業の大幅な省力化が期待される。

表一六 照度測定ロボットの主な仕様

サイズ	(mm)	W380 × D605 × H260 (照度計取付治具除く)
重量	(kg)	約 12.0
走行速度	(km/h)	1.125
連続走行時間	(時間)	約 2.0 (バッテリー 2 個装着時)
二次元測域センサ計測距離	(m)	30.0
照度計取付高さ (机上面)	(mm)	700 ~ 1100
照度計取付高さ (床面)	(mm)	130
価格		未定



机上面照度測定時



床面照度測定時

写真一七 きんでん 照度測定ロボット

19-(19)-08	きんでん 照度測定ロボット	発売時期未定 新機種
------------	------------------	---------------

自律走行技術により、設定した照度測定点に自律的に移動し照度測定を行うロボットである。

屋内での使用を前提とした仕様となっており、主にテナントビルの事務所エリアや物流倉庫など広い空間での照度測定作業への利用を想定している。

照度計の取付位置を変えることで一般照明の照度測定で行われる机上面照度測定と、停電時に点灯する非常照明などの照度測定で行われる床面照度測定の両方に対応することが可能である。

ロボットに対する照度測定点の設定は、ロボットと Wi-Fi で接続されたタブレット端末に表示される図面上をタップするだけで容易に設定できる。

走行開始前に、搭載している二次元測域センサで周囲の壁や柱を検知することにより周囲環境の地図を構築し、自身の現在位置と照度測定点の位置を認識することにより自律走行しており、走行経路上に障害物が存在する場合は、二次元測域センサやパンパセンサにより障害物を検知・回避することが可能である。さらに前輪前方の落下防止センサ(赤外線センサ)により床面との距離を計測しており、段差からの転落を防止している。

照度測定点に到達した際の照度値は、ロボット内部に自動的に記

問合せ先：きんでん 京都研究所 第二研究開発部
〒619-0223 京都府木津川市相楽台 3-1-1

建設企業の海外展開

1. はじめに

昨今、少子高齢化が急激に進行しているわが国においては、世界の旺盛なインフラ需要を取り込むことは重要な成長戦略である。新興国を中心とした世界のインフラ需要は膨大であり、急速な都市化と経済成長により、今後の更なる市場の拡大が見込まれている。世界のインフラ市場は、国土交通省「インフラシステム海外展開行動計画 2019」をみると、2016年～2030年のアジアにおけるインフラ整備需要が約3,000兆円に上るなど、莫大なインフラ需要が予想されている。世界の交通インフラ市場は全体で1.5倍、特に鉄道は2倍以上の伸びが予想されている。こうした世界の旺盛な需要を我が国の持続的な経済成長に盛り込むことが必要不可欠である。

このような状況の中、2018年度の建設企業の海外展開の状況について、海外進出の歴史を踏まえて紹介する。

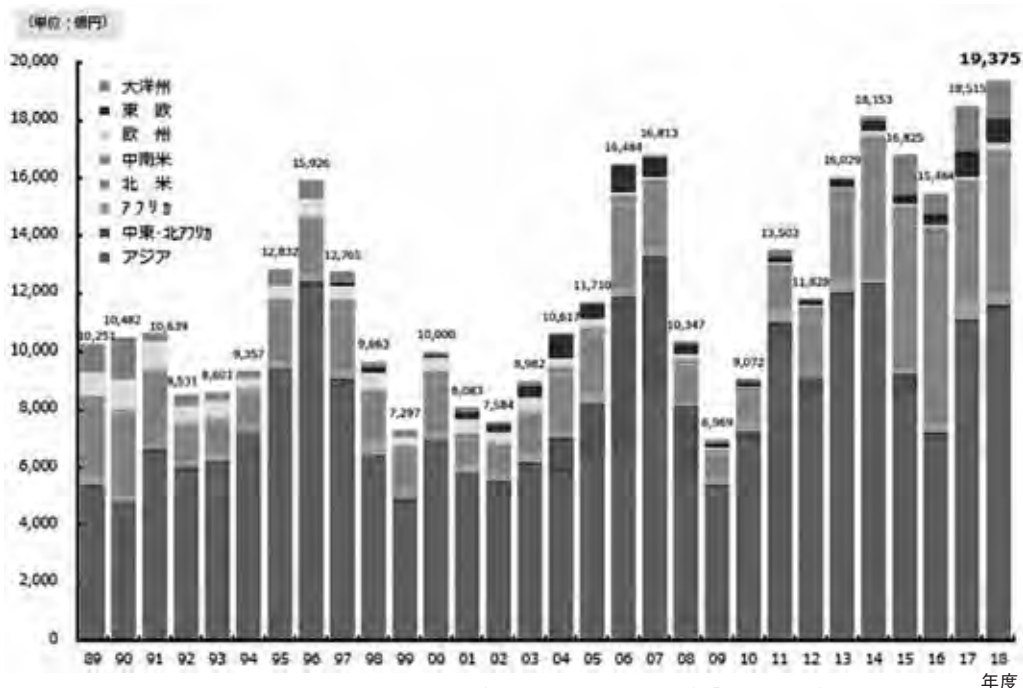
2. わが国の建設業における海外進出の歴史

わが国の建設業の歴史について、国土交通省「わが国建設業の海外展開戦略研究会中間報告書」(平成17年)をみると、初めて商業ベースで海外に進出したのは、1897年(明治30年)に始まった京城と仁川の間を結ぶ京仁鉄道工事からであるとされている。その後、1901年には京城と釜山の間を結ぶ京釜鉄道工事、1937年にはメキシコでの

道路舗装工事、1939年にはブラジルでの水力発電工事を実施したという記録が残されている。この間、これらの商業ベースの工事とは別に、わが国の領土拡大等を背景とした海外進出も少なくなかった。台湾縦貫鉄道建設(1898年～1908年)などの工事が行われたが、1945年の太平洋戦争において敗戦したことにより、中断することとなった。

戦後、我が国建設業の海外進出は、東南アジアや韓国における賠償工事という形で再開されたと言われている。賠償工事は、1955年度の当時ビルマ(現ミャンマー)における水力発電所建設工事が最初であった。本工事は、1954年11月に署名されたわが国とビルマとの賠償及び経済協力に関する協定に基づく賠償工事の第1号であった。賠償工事から商業ベースへと移行していったのは1960年代に入ってからと言われている。

また、「海外建設協会30年の歩み」を見ると、1960年代の現地法人での受注は1966年度のタイでの受注1件のみであり、他の受注はすべて本邦法人での受注であった。以降、1972年まで現地法人による受注はなかったとされている。わが国建設業の海外進出が本格化したのは1970年代に入ってからである。(一社)海外建設協会(以下「海建協」という。)の資料によると、海外受注実績はオイルショックを背景とした中東における受注により1970年代より急伸し、1980年代に入っても伸び続け、1983年度に初めて1兆円を超えることとなった。1996年度には過去最高額の1兆5,926億円を記録したが、1997年のアジア通貨危機の影響により1999年度



図一 海外建設受注額の推移 (1989年度～2018年度) [海建協調べ]

統計

は7,297億円まで下落することとなった。2000年度に入ると1兆円台を回復したが、2001年度には再び1兆円を割り込み、以降3年間1兆円を超えることはなかった。再び1兆円台を回復したのは、2004年度になってからである。

昨今では、2009年度、2010年度に1兆円を割り込むこととなったが、その後再び伸び続け2017年度には1兆8,515億円となり過去最高額を更新した(図—1参照)。

3. 2018年度の海外受注について

2018年度におけるわが国建設企業の海外建設受注実績の動向を海建協のデータを用いて紹介する。この受注実績は、同協会会員企業50社が受注した海外建設工事(1件1,000万以上)をとりまとめたものである。なお、集計は会員各社間(海外法人を含む)及び自社の本邦と海外法人間の契約案件(元請・下請による重複分)は除外されており、また共同企業体(JV)による受注については各社

の出資比率分が計上されている。

(1) 2018年度の海外建設工事受注額及び受注件数について

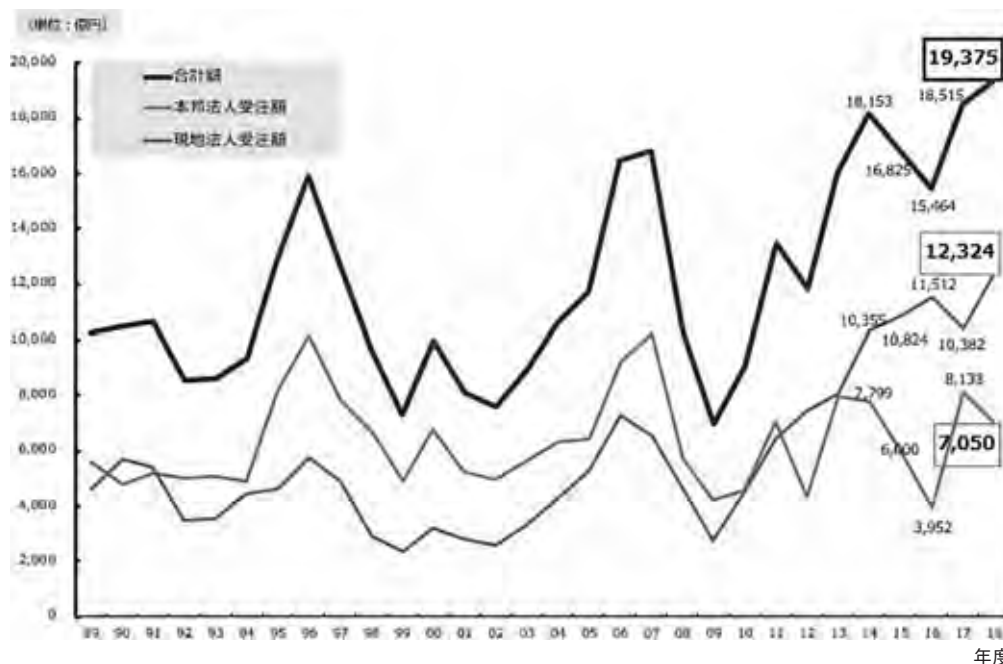
2018年度の海外建設受注額は1兆9,375億円であった。この受注額は、2017年度の受注額の1兆8,515億円と比べ約860億円の増加となった。受注件数においても、2,212件となり2017年度の1,959件と比べ253件増加しており、受注件数、受注額ともに2017年度から2年連続で増加する結果となった。

2018年度の海外建設工事受注状況を法人別にみると、本邦法人の受注額は7,050億円であり、2017年度と比べ1,083億円減少した。しかし、件数では527件となり49件増加する結果となった。また、現地法人の受注額については、1兆2,324億円となり、2017年度に比べ1,942億円の増加となった。件数についても1,685件で昨年度より204件増加した(表—1参照)。

この結果、2017年度に記録した受注額を超えて、過去最高の受注額を更新した(図—1参照)。

表—1 2017、2018年度の海外建設受注額の対比「海建協調べ」

法人種別	2018年度		2017年度		対前年度比：増減件数・額	
	(件数)	(金額：億円) 構成比(%)	(件数)	(金額：億円) 構成比(%)	(件数)	(金額：億円)
本邦法人	527	7,050 (36.4%)	478	8,133 (43.9%)	49	-1,083 (-13.3%)
現地法人	1,685	12,324 (63.6%)	1,481	10,382 (56.1%)	204	1,942 (18.7%)
計	2,212	19,375 (100.0%)	1,959	18,515 (100.0%)	253	860 (4.6%)



図—2 海外建設工事受注の推移 (1989年度～2018年度)「海建協調べ」

(2) 本邦法人・現地法人における各地域の建設工事受注状況について

本邦法人、現地法人の2018年度受注状況を地域別にみると、本邦法人の受注状況を地域別にみると、アジア地域における受注額は6,099億円であり、全体の86.5%を占めた。次いでアフリカ地域の受注額が361億円で5.1%を占め、中南米地域の受注額171億円が2.4%で続いた。この他、大洋州地域の受注額138億円、北米は123億円、中東・北アフリカ地域は118億円、欧州地域は39億円という順で続いた。なお、今年度は東欧地域での受注はなかった。

また、現地法人の受注状況を地域別にみると、アジア地域における受注額は5,398億円であり、全体の43.8%を占めた。次いで北米地域の受注額が4,610億円であり37.4%を占め、大洋州地域の受注額1,177億円が9.6%で続いた。この3つの地域で実に90%を超える受注額となった。この他、東欧地域の受注額832億円、欧州地域の受注額213億円、中南米地域の受注額95億円という順で続いた。なお、本年度においても中東・北アフリカ地域及びアフリカ地域での受注はなかった(表-2参照)。

表-2 2018年度本邦・現地法人別受注状況「海建協調べ」
(単位：億円)

地域	本邦法人		現地法人	
	受注額	構成比	受注額	構成比
アジア	6,099	86.5%	5,398	43.8%
中東 北アフリカ	118	1.7%	0	0.0%
アフリカ	361	5.1%	0	0.0%
北米	123	1.7%	4,610	37.4%
中南米	171	2.4%	95	0.8%
欧州	39	0.6%	213	1.7%
大洋州	138	2.0%	1,177	9.6%
東欧	0	0%	832	6.8%
合計	7,050	100.0%	12,324	100.0%

(3) 2018年度各地域における建設工事受注状況について

2018年度の受注状況を各地域別にみると、前年度より受注額が増額となった地域は、アジア地域、中東・北アフリカ地域、北米地域、欧州地域の4地域であった。それぞれの地域の受注額は、アジア地域で1兆1,498億円、中東・北アフリカ地域で118億円、北米地域で4,733億円、欧州地域で252億円であった。

増加率の高い順にみると、欧州が一番高く97.5%であった。次いで中東・北アフリカ地域の62.8%、北米地域の26.9%、アジア地域の3.9%という順であった。

一方、前年度より減額となった地域は、アフリカ地域の361億円、中南米地域の265億円、東欧地域832億円、大洋州地域の4か国であった。

減少率の高い順にみると、アフリカ地域が一番高く44.0%であった。次いで中南米地域の35.9%、大洋州地域の17.1%、東欧地域の4.7%という順であった(表-3参照)。

4. おわりに

昨今、アジアやアフリカなどの新興国において急激な経済発展が見られており、数多くのインフラ整備が計画されている。少子高齢化が急速に進み、今後の新規の工事量が減少することが予想されているわが国にとっては、これらの旺盛なインフラ需要を取り込むことは重要な成長戦略である。

わが国政府は、2020年までに建設業の新規年間海外受注高2兆円以上を達成するため、「インフラシステム輸出戦略」を進めており、官民一体となった海外展開の推進を図ることとしている。また、国土交通省では、中堅・中小建設業海外展開推進協議会(通称：JASMOC)において、中小建設業の海外進出への支援を行っている。

わが国の建設企業の海外進出は他産業と比べるとまだまだ少ない状況となっている。今後建設投資が減少することが予想される中、海外の建設市場に進出することも視野に入れていかなければならない中、絶好の機会といえる状況にあると思われる。

(文責：清水)

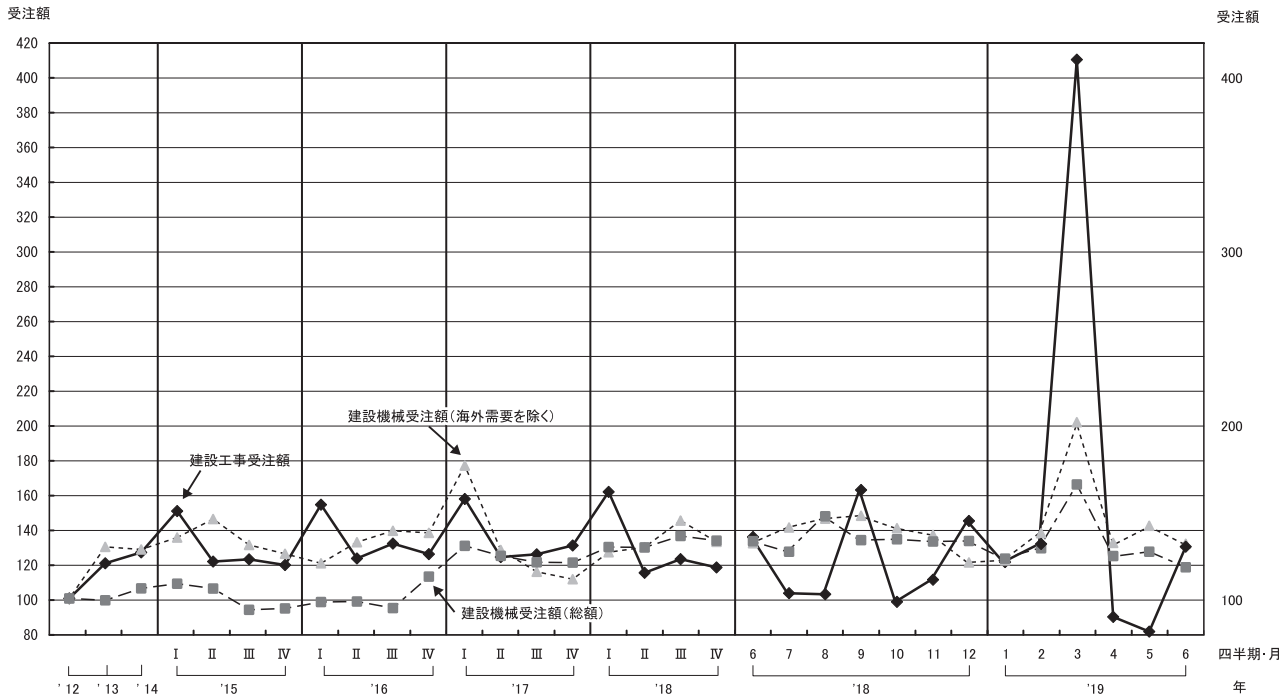
表-3 2017、2018年度の地域別受注額の対比「海建協調べ」

(単位：億円)

地域	2018年度		2017年度		増減額 (対前年比)
	件数	受注額 (構成比率)	件数	受注額 (構成比率)	
アジア	1,552	11,498 (59.3%)	1,418	11,067 (59.7%)	430 (3.9%)
中東 北アフリカ	39	118 (0.6%)	17	73 (0.4%)	46 (62.8%)
アフリカ	20	361 (1.9%)	16	645 (3.5%)	-283 (-44.0%)
北米	274	4,733 (24.4%)	196	3,729 (20.1%)	1,004 (26.9%)
中南米	147	265 (1.4%)	150	414 (2.2%)	-148 (-35.9%)
欧州	38	252 (1.3%)	25	127 (0.7%)	124 (97.5%)
東欧	70	832 (4.3%)	52	873 (4.7%)	-41 (-4.7%)
大洋州	72	1,315 (6.8%)	85	1,588 (8.6%)	-272 (-17.1%)
総合計	2,212	19,375 (100.0%)	1,959	18,515 (100.0%)	860 (4.6%)

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 2012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 2012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							
2012年	110,000	73,979	14,845	59,133	26,192	4,896	4,933	76,625	33,374	113,146	111,076
2013年	132,378	89,133	14,681	74,453	31,155	4,660	7,127	90,614	41,463	129,076	120,941
2014年	139,286	80,477	16,175	64,302	43,103	4,822	10,887	86,537	52,748	138,286	125,978
2015年	141,240	96,068	19,836	76,235	35,633	4,993	4,546	95,959	45,281	141,461	141,136
2016年	146,991	99,541	17,618	81,923	38,894	5,247	3,309	98,626	48,366	151,269	134,037
2017年	147,828	101,211	20,519	80,690	36,650	5,183	4,787	99,312	48,514	165,446	137,220
2018年	142,169	100,716	24,513	76,207	30,632	8,561	5,799	95,252	46,914	166,043	141,691
2018年 6月	12,424	9,114	2,245	6,869	2,100	487	723	8,989	3,435	170,862	13,342
7月	9,439	6,656	2,205	4,451	1,445	358	980	6,221	3,217	170,204	9,200
8月	9,390	6,336	1,863	4,474	2,564	380	109	6,512	2,878	169,495	10,528
9月	14,917	11,535	2,443	9,092	2,382	444	555	10,589	4,328	169,770	14,265
10月	8,982	6,236	1,417	4,820	2,029	430	285	6,052	2,930	170,072	9,948
11月	10,161	7,584	1,656	5,929	1,869	325	383	7,261	2,900	168,450	11,647
12月	13,271	10,259	2,337	7,922	2,295	394	323	9,283	3,988	166,043	15,551
2019年 1月	11,088	7,006	1,799	5,207	2,713	314	1,054	6,304	4,783	166,472	9,832
2月	12,055	8,533	1,375	7,158	2,966	382	174	8,339	3,716	165,316	12,640
3月	37,732	29,551	3,326	26,225	6,349	426	1,406	29,178	8,554	181,913	21,085
4月	8,183	6,409	1,394	5,015	1,282	369	124	4,853	3,331	179,654	9,115
5月	7,410	5,107	1,322	3,785	1,588	375	340	4,951	2,459	177,577	9,975
6月	11,907	8,683	3,285	5,398	2,583	449	193	8,455	3,453	-	-

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	12年	13年	14年	15年	16年	17年	18年	18年 6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	19年 1月	2月	3月	4月	5月	6月
総 額	17,343	17,152	18,346	17,416	17,478	21,535	22,923	1,923	1,836	2,132	1,932	1,940	1,921	1,925	1,777	1,864	2,397	1,799	1,835	1,705
海 外 需 要	12,357	10,682	11,949	10,712	10,875	14,912	16,267	1,375	1,250	1,525	1,318	1,356	1,353	1,423	1,292	1,292	1,558	1,250	1,245	1,158
海外需要を除く	4,986	6,470	6,397	6,704	6,603	6,623	6,656	548	586	607	614	584	568	502	507	572	839	549	590	547

(注) 2012～2014年は年平均で、2015～2018年は四半期ごとの平均値で図示した。
 2018年6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

行事一覽

(2019年7月1日～31日)

機械部会



■基礎工用機械技術委員会

月日：7月10日(水)

出席者：遠藤智委員長ほか18名

議題：①ライト工業(株)の技術プレゼン：地盤改良工法について ②日本クレーン協会規格「タワー式クローラクレーンの起伏動作に関する安全装置の要求機能」の解説 ③各社トビックス：調和工業(株)「RS プラス工法」の紹介 ④東京港臨港道路南北線工事見学会(7/24)の詳細説明 ⑤ISO/TC 195/SC3に関する説明(標準部) ⑥建設機械等調達・稼働実態動向調査への協力依頼について(機械経費調査部)

■ダンプトラック技術委員会

月日：7月11日(木)

出席者：渡辺浩行委員長ほか5名

議題：①各社トビックス：コマツオフロードダンプトラック「HD1500-8」の紹介 ②安全装置/システムに関する輪講：次世代油圧ショベルのラジコン仕様の紹介 ③H30年度「安全装置/システムに関する輪講」資料のとりまとめについて

■除雪機械技術委員会

月日：7月17日(水)

出席者：太田正樹委員長ほか21名

議題：①国交省からの状況説明：除雪に関する状況等 ②ロータリ分科会取組状況の報告：ロータリ除雪車の安全性向上 ③建設機械施工投稿記事の件：協会70周年記念号記事「除雪機械の変遷と技術動向」のとりまとめ状況について、H30年度除雪現場見学会の報告について ④HPの改訂状況について ⑤散光式警光灯規格見直し計画について ⑥新潟トランス(株)工場見学会の概要説明 ⑦委員会の担当割りの確認 ⑧ISO/TC 195に関する説明(標準部) ⑨建設機械等調達・稼働実態動向調査への協力依頼について(機械経費調査部)

■路盤・舗装機械技術委員会 幹事会

月日：7月18日(木)

出席者：山口達也委員長ほか10名

議題：①上期総会の発表内容、時間割の確認について ②現場・工場見学会の候補地、実施時期について ③建設

機械施工協会70周年記念号記事「舗装機械の変遷と最近の技術動向」の内容確認 ④ISO/TC 195に関する説明(標準部) ⑤建設機械等調達・稼働実態動向調査への協力依頼について(機械経費調査部)

■ショベル技術委員会

月日：7月19日(金)

出席者：西田利明委員長ほか10名

議題：①ICT機器を用いた建機の安全対策の件(ICT導入協議会の状況説明) ②次期燃費基準の件：アンケート調査結果の途中報告 ③次期排出ガス規制対応部会(6/12開催)の概要報告 ④HP改訂について

■油脂技術委員会

月日：7月22日(月)

出席者：豊岡司委員長ほか25名

議題：①燃料エンジン油関係：バイオ燃料の最近の話題 ②高効率作動油関連：高効率作動油規格の検討報告と討議 ③規格普及促進関係：JAMAエンジンオイルセミナー2019総括および2020の件、マイクロクラッチテスト標準油ラウンドロビンテスト結果報告 ④JCMS オンファイル状況および維持費変更の件 ⑤NOK(株)から：JCMAS P0422004「建設機械用生分解性油圧作動油」の見直し依頼の件

■基礎工用機械技術委員会 見学会 東京港臨港道路南北線工事 沈埋トンネル見学

月日：7月24日(水)

参加者：遠藤智委員長ほか16名

見学内容：①工事概要説明 ②南北線工事現場見学 ③質疑応答

■原動機技術委員会

月日：7月25日(木)

出席者：工藤睦也委員長ほか18名

議題：①前回の議事録確認 ②建設機械の次期燃費基準の件：進捗状況の報告 ③次期排出ガス規制対応部会(6/12開催)の概要報告 ④海外排出ガス規制の動向に関する情報交換：中国GB4排ガス規制に関する情報他 ⑤油脂技術委員会からバイオ燃料に関する最近の話題報告 ⑥『土木研究所研究成果「建設機械から排出される温室効果ガス」』の報告

■情報化機器技術委員会

月日：7月26日(金)

出席者：白塚敬三委員長ほか8名

議題：①センサシステム規格：IEC62998の解説と情報共有 ②規制・規格の最新情報の共有：中国電波法の件、インドネシア電波法の件 ③HP改訂完了の報告

■トンネル機械技術委員会 幹事会

月日：7月29日(月)

出席者：橋伸一委員長ほか6名

議題：①トンネル工事全般に係わる安全技術に関するアンケート調査について(回答フォローアップ、まとめ方およびスケジュール等) ②技術講演会について(開催日程決定) ③見学会について：シールドトンネル現場見学会の詳細説明と日程決定、山岳トンネル現場見学会の概要説明と日程決定 ④建設機械等調達・稼働実態動向調査への協力依頼について(機械経費調査部)

標準部会



■ISO/TC 195 建設用機械及び装置/WG 8 及びWG 5/WG 9委員会 合同小会合

月日：7月18日(木)

出席者：森綱委員長(酒井重工業)ほか15名

場所：協会内会議室

議題：①各社宛てTC 195 神戸国際会議協賛依頼への申込受付状況 ②TC 195 幹事国文書N 1340による詳細スケジュール ③ISO 11375用語及び定義 定期見直し—該当機種に関するコメント募集

■ISO/TC 195 神戸国際会議準備打合せ

月日：7月25日(木)

出席者：川上委員長(日工)ほか6名

場所：日工(株)明石本社会議室

議題：①TC 195 国際会議の概要 ②日工(株)運営スタッフのサポート体制 ③準備スケジュール確認 ④次回現地打合せの設定

■ISO/TC 195/SC 2 道路作業機械 - 路面清掃車サブグループ会合

月日：7月30日(火)

出席者：和田委員(豊和工業)ほか7名

場所：協会内会議室

議題：①各社宛てTC 195 神戸国際会議協賛依頼への申込受付状況 ②TC 195 幹事国文書による詳細スケジュール ③SC 2文書N 28-33, CIB-新WG路面清掃車の専門家募集 ④ISO 11375用語及び定義 定期見直しについて

建設業部会



■機電交流企画WG

月日：7月17日(水)

出席者：松本清志主査ほか6名

議題：①機電職就活パンフについて ②令和元年度機電技術者意見交換会について、今年度機電技術者意見交換会

のテーマ決め ③8/23 若手饗場見学会について ④その他

■三役会

月 日：7月22日(月)
出席者：藤内隆部会長ほか4名
議 題：①各WG報告 ②2019年度見学会について ③その他

各種委員会等



■機関誌編集委員会

月 日：7月3日(水)
出席者：見波潔委員長ほか22名
議 題：①令和元年10月号(第836号)の計画の審議・検討 ②令和元年12月号(第838号)の編集方針の審議・検討 ③令和元年7月号～令和元年9月号(第833～835号)の進捗状況報告・確認

■新機種調査分科会

月 日：7月25日(木)
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

■建設経済調査分科会

月 日：7月29日(月)
出席者：山名至考分科会長ほか5名
議 題：①建設企業の海外展開について(執筆：清水委員) ②その他

支部行事一覧

北海道支部



■令和元年度除雪機械技術講習会(第2回)

月 日：7月4日(木)
場 所：旭川市(道北経済センター)
受講者：201名
内 容：①除雪計画 ②除雪の施工方法 ③冬の交通安全 ④除雪の安全施工 ⑤除雪機械の取り扱い

■建設技術担い手育成プロジェクト(苫小牧工業高等専門学校出前授業(座学))

月 日：7月8日(月)
場 所：苫小牧工業高等専門学校
受講者：創造工学科(都市・環境コース)4年生42名、環境都市工学科5年生43名
内 容：①従来施工とICT施工、衛星測位、行政が進めるICT施工(i-Construction) ②レーザースキャナ計測説明とデモンストレーション
講師等：鈴木勇治プロジェクトリーダーほか

■建設技術担い手育成プロジェクト(苫小牧工業高等専門学校出前授業(実習))

月 日：7月19日(金)
場 所：苫小牧工業高等専門学校
受講者：創造工学科(都市・環境コース)4年生42名、環境都市工学科5年生43名
内 容：①TS、GNSS3次元測量(実習) ②ICT建機(実習) ③建設VR体験 ④UAV空中写真測量(実習)
講師等：鈴木勇治プロジェクトリーダーほか

■第2回広報部会広報委員会

月 日：7月26日(金)
場 所：北海道支部会議室
出席者：川崎博巳広報部会長ほか8名
議 題：①支部だよりNo.118号の編集について ②工事現場等見学会について ③支部講演会講師の選定について ④建設機械施工ずいそうについて ⑤その他

東北支部



■令和元年度除雪講習委員会

月 日：7月1日(月)
場 所：東北地方整備局会議室
出席者：東北地方整備局及川輝浩機械施工管理官ほか13名
内 容：令和元年度除雪講習会実施計画について説明し了承を得た

■i-Construction (ICT活用工事) セミナー

内 容：①i-Construction 東北地方整備局の取組 ②県が取り組むICT活用工事 ③ICT施工経験 ④3次元計測の要点 ⑤ICT建機施工の要点 ⑥点群処理、設計データ作成ソフトウェアの解説
主 催：東北地方整備局、青森県・秋田県・岩手県・山形県・宮城県・福島県、東北建設業協会連合会、JCMA 東北支部
講 師：①東北地方整備局 ②各県担当者 ③地元建設会社の工事担当者 ④～⑥JCMA 東北支部 情報化施工技術委員会メンバー

③郡山会場
月 日：7月2日(火)
場 所：郡山市 ビッグパレットふくしま
受講者：60名
④仙台会場
月 日：7月4日(木)
場 所：仙台市 フォレスト仙台
受講者：90名
⑤山形会場
月 日：7月10日(水)

場 所：山形市 山形ビッグウィング

受講者：41名
⑥秋田会場
月 日：7月10日(水)
場 所：秋田市 秋田テルサ
受講者：47名

■令和元年度 第12回 建設技術研修会

月 日：7月8日(月)
場 所：仙台市 フォレスト仙台
内 容：建設施工技術に関する技術映画全15本を上映
参加者：83名

■建設部会

月 日：7月8日(月)
場 所：東北支部会議室
出席者：齋藤貴之部会長ほか6名
内 容：①令和元年度活動計画(案)について ②「支部たより」安全コーナーについて ③特殊工事現場研修会について

■「令和元年度 i-Construction 研修」講義運営

月 日：7月22日(月)～25日(木)
場 所：東北地方整備局 多賀城研修所
受講者：東北地方整備局職員11名、関東地方整備局職員1名、岩手県職員1名
内 容：①テキスト作成 ②講義(座学、実習)運営
講 師：情報化施工技術委員会 鈴木勇治委員長ほか4名

■EE 東北'19 第3回作業部会

月 日：7月22日(月)
場 所：仙台市 ハーネル仙台
出席者：東北技術事務所 布宮明道副部長ほか18名
内 容：①EE 東北'19 実施報告 ②EE 東北'19 決算(案) ③EE 東北'19 アンケート概要 ④EE 東北'20 について

■EE 東北'19 第3回実行委員会

月 日：7月25日(木)
場 所：仙台市 ハーネル仙台
出席者：東北地方整備局 西尾崇企画部長ほか31名
内 容：①EE 東北'19 実施報告 ②EE 東北'19 決算(案) ③EE 東北'19 アンケート概要 ④EE 東北'20 について

北陸支部



■北陸雪氷シンポジウム2019 実行委員会 第1回事務局会議

月 日：7月4日(木)
場 所：北陸地方整備局 4F 共用会議室

出席者：穂苺技師長
 議題：北陸雪氷シンポジウム2019の開催について

■令和元年度長岡国道事務所雪氷研究会
 月日：7月12日(金)
 場所：長岡国道事務所4階大会議室
 出席者：穂苺技師長
 議題：①長岡国道事務所の取組について ②異常気象時の対応に伴う課題と対策 ③ICT技術を活用した雪崩パトロール ④遠赤外線融雪装置の最適運転条件 ⑤消融雪設備点検タブレットの紹介

■けんせつフェア北陸 in 富山 2019 第2回実行委員会
 月日：7月8日(月)
 場所：北陸地方整備局4F共用会議室
 出席者：堤事務局長
 議題：①出展者募集結果について ②会場配置計画(案)について ③実施計画(案)について ④修正予算(案)について ⑤ICT特設会場(屋外会場)について

中部支部



■建設機械整備技能検定実技試験
 月日：7月3日(水)～5日(金)
 場所：愛知県立岡崎高等技術専門学校
 受験者：1級20名, 2級95名

■広報部会
 月日：7月22日(月)
 出席者：濱地仁広報部会長ほか9名
 議題：「中部支部ニュース」第38号の校正等

■技術・調査部会
 月日：7月25日(木)
 出席者：青木保孝技術・調査部会長ほか10名
 議題：令和元年度技術講演会及び技術発表会の開催について等

■新丸山ダム転流工見学会
 月日：7月31日(水)
 場所：国土交通省中部地方整備局新丸山ダム工事事務所
 内容：新丸山ダム転流工トンネル等の工事見学
 出席者：33名

関西支部



■「建設技術展2019近畿」現地説明会
 月日：7月8日(月)
 場所：マイドーム大阪
 出席者：松本克英事務局長
 議題：①出展ブース配置 ②運営基本

事項の説明 ③ガイドブックの説明 ④新聞記事掲載について ⑤基本施設以外のオプション等について ⑥その他

■「損料・橋梁・大口径」積算技術講習会
 月日：7月12日(金)
 場所：大阪府立男女共同参画・青少年センター
 参加者：27名
 内容：①大口径岩盤削孔の施工技術と積算 ②建設機械等損料の積算 ③鋼橋架設の施工技術と積算 ④PC橋架設の施工技術と積算

■広報部会
 月日：7月16日(火)
 場所：関西支部会議室
 出席者：河村謙輔広報部会長以下7名
 議題：①行事予定 ②「JCMA関西」について

■「ふれあい土木展」連絡調整会議
 月日：7月29日(月)
 場所：大阪合同庁舎
 出席者：桐野尚子事務局員
 議題：①平成30年度ふれあい土木展実施報告 ②令和元年度ふれあい土木展の実施について ③その他

中国支部



■第1回開発普及部会
 月日：7月2日(火)
 場所：中国支部事務所
 出席者：飯國卓夫部会長ほか6名
 議題：①令和元年度部会事業活動について ②その他懸案事項

■1・2級建設機械施工技術検定実地試験監督者事前説明会
 月日：7月31日(水)
 場所：広島YMCA会議室
 出席者：齊藤実総括試験監督者ほか9名
 議題：①建設機械施工技術検定実地試験実施要領説明

四国支部



■共催事業「ドローン操作訓練」
 月日：7月16日(火)
 場所：国営讃岐まんのう公園(多目的広場)
 共催者：(一社)建設コンサルタンツ協会 四国支部, (一社)四国クリエイト協会, (一社)日本建設機械施工協会 四国支部, (一社)日本補償コンサルタンツ協会 四国支部, (株)建設マネジメント四国
 参加者：共催団体から8社41名, ドロー

ン13機, JCMA 四国支部会員会社から1社2名参加, 支部からは事務局長が参加

内容：公園休園日を利用して, 災害発生時に迅速に対応するため, 各社所有のドローンを用いて訓練を実施

■工事・業務における入札・契約制度及び土木工事積算に関する講習会
 月日：7月23日(火)
 場所：建設クリエイティブビル5F第1会議室
 参加者：63名
 内容：①土木工事積算について：(講師)四国地方整備局企画部技術管理課 課長補佐 高木利記氏 ②業務における入札・契約制度について：(講師)四国地方整備局企画部技術管理課 課長補佐 壬生恵庫氏 ③工事における入札・契約制度について：(講師)四国地方整備局企画部技術開発調整官 泉川暢宏氏

九州支部



■令和元年度I期i-Construction(基礎編)技術講習会(宮崎会場)
 月日：7月3日(水)
 場所：JA・AZMホール 別館302研修室

受講者：119名
 内容：①国土交通省のi-Constructionへの取り組み ②実施方針と実施要領 ③3次元計測 ④建設機械 ⑤従来施工とICT施工の比較 ⑥ICT活用工事のデータ処理

■i-Construction施工による九州支部生産性向上推進会議第4回幹事会
 月日：7月12日(金)
 場所：リファレンス駅東ビル4F M会議室

出席者：鈴木幹事長ほか13名
 議題：①I期i-Construction(基礎編)技術講習会の開催結果について ②II期i-Construction(活用編)技術講習会について ③宮崎県建設技術センター対応について ④その他

■企画委員会
 月日：7月19日(金)
 場所：支部会議室
 出席者：原尻克己企画委員長ほか6名
 議題：①「i-Construction」関連講演会について ②産学官連携会議(JCMA取組提案)について ③建設機械技術検定試験(実地試験)について ④機械設備関係会員との意見交換会開催について ⑤その他

編集後記

今年の夏は、各地でゲリラ豪雨が発生し、急な雷雨・土砂降りですば濡れになった方も多いかと思います。まるで東南アジアのスコールのような雨の降り方に変わってきているような気がします。一方、熱中症が多発し、建設現場においても熱中症対策として、休憩、水分補給、作業時間の短縮など、対策に困難を極めている状況です。

さて、今月号の特集テーマは、「建設施工の生産性向上、コスト縮減」です。制限された環境で効率よく施工を進めるためには生産性向上が欠かせません。限られた予算でインフラを整備するためにはコスト縮減も重要です。本誌編集委員としても、生産性向上、コスト縮減は重要なテーマの一つだと感じています。

今月号の巻頭言は、大阪大学大学

院 教授である矢吹信喜先生に「BIM/CIMを利用した生産性向上」と題して寄稿して頂きました。本文中にもありますように、全体の建設生産・管理プロセスを3次元モデルで統合化することによって、全体のコストが下がり、品質が向上し、工期が短縮でき、維持管理が円滑化する全体最適化のシステムであると改めて感じました。技術報文は、プレキャスト、GNSS、AI、紙素材、ビーコンなどの先端技術を活用した、生産性向上技術やコスト縮減等、多岐に渡る12編を掲載しています。

今号で紹介させて頂いた様々な最新技術が、建設業界の生産性向上の一助となれば幸いです。

最後になりましたが、ご多忙中にも関わらず、快く執筆・寄稿して頂きました関係者の皆様に心より御礼を申し上げます。

(京免・宇野)

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
田中 康順	中岡 智信
渡邊 和夫	

編集委員長

見波 潔 村本建設(株)

編集委員

小櫃 基住	国土交通省
竹迫 勝久	農林水産省
瀧本 順治	(独)鉄道・運輸機構
岡本 直樹	(一社)日本機械土工協会
穴井 秀和	鹿島建設(株)
赤坂 茂	大成建設(株)
宇野 昌利	清水建設(株)
玉記 聡	(株)大林組
内藤 陽	(株)竹中工務店
宮川 克己	(株)熊谷組
松本 清志	(株)奥村組
京免 継彦	佐藤工業(株)
竹田 茂嗣	鉄建建設(株)
松澤 享	五洋建設(株)
飯田 宏	東亜建設工業(株)
鈴木 貴博	日本国土開発(株)
斉藤 徹	(株)NIPPO
中川 明	コマツ
山本 茂太	キャタピラー・ジャパン
花川 和吉	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)
新井 雅利	(株)加藤製作所
村上 進	古河ロックドリル(株)
山下純一郎	(株)前田製作所
太田 正志	施工技術総合研究所

事務局

(一社)日本建設機械施工協会

10月号「防災・災害対応・復旧・復興・国土強靱化特集」予告

・平成30年の土砂災害・VR技術を用いた災害情報の共有について・土砂災害警戒避難のための線状降水帯等の自動抽出システム・リアルタイム浸水予測情報の活用・リアルタイム津波浸水被害予測システムの開発と運用・鉄筋コンクリート構造物用の大地震対応TMDの開発・超硬質地盤に適応した深層混合処理工法の開発・災害対応の役割も果たす海底ケーブル敷設船「きずな」・堤体盛土工事におけるICT建設機械の活用とその課題・大規模崩壊斜面における対策工とCIMの実施・大槌町復興事業におけるまちのデザイン・熊本市市民病院再建事業の早期開業に向けた工期短縮の取り組み事例

【年間購読ご希望の方】

①お近くの書店でのお申込み・お取り寄せ可能です。②協会本部へお申し込みの場合「図書購入申込書」に以下事項をれなく記入のうえFAXにて協会本部へお申込み下さい。

…官公庁/会社名、所属部課名、担当者氏名、住所、TELおよびFAX

年間購読料(12冊) 9,252円(税・送料込)

建設機械施工

第71巻第9号(2019年9月号)(通巻835号)

Vol.71 No.9 September 2019

2019(令和元)年9月20日印刷

2019(令和元)年9月25日発行(毎月1回25日発行)

編集兼発行人 田崎 忠行

印刷所 日本印刷株式会社

発行所 本部 一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内

電話(03)3433-1501; Fax(03)3432-0289; <http://www.jcmanet.or.jp/>

施工技術総合研究所 〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154	電話(0545)35-0212
北海道支 部 〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8	電話(011)231-4428
東北支 部 〒980-0014 仙台市青葉区本町3-4-18	電話(022)222-3915
北陸支 部 〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1	電話(025)280-0128
中部支 部 〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10	電話(052)962-2394
関西支 部 〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4	電話(06)6941-8845
中国支 部 〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22	電話(082)221-6841
四国支 部 〒760-0066 高松市福岡町3-11-22	電話(087)821-8074
九州支 部 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-4-30	電話(092)436-3322

本誌上への
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

誰でも働ける現場へ
KOBELCO IoT

「掘削」も「敷き均し」も、



業界初!*「掘削」と「敷き均し」、両方の施工を効率化する
2Dマシンガイダンスシステム「iDig Dozer」登場。

*国内マシンガイダンスシステムとして

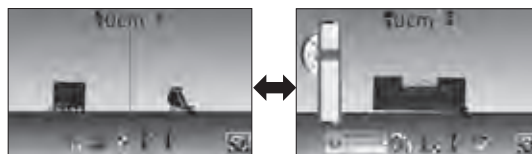


2D^MACHINE GUIDANCE iDig, iDig Dozer

オフセットブーム対応

ドーザマシンガイダンス
後付け対応

設定も操作もかんたん!



シヨベルモードからドーザモードへは、
モニタでワンタッチで切り替えます。

コベルコ建機株式会社



VOLVO アスファルトフィニッシャー

VOLVO アスファルトフィニッシャーは、

- ・ベスト舗装
- ・力強さと正確さ
- ・究極な運動性能
- ・優れた視界性
- ・メンテナンスをより短時間に且つ、より短時間にこれらをお約束します。



クローラフィニッシャー

クローラ機の主な特徴

- ・電子制御式ドライブコントロール (EPM 2)
- ・回転式コントロールパネル
- ・クローラオートテンション
- ・スクリードテンショニングデバイス
- ・スクリードロードデバイス
- ・ダブルタンパースクリード取付可能 (VDT-V タイプスクリード)

ホイール機の主な特徴

- ・電子制御式ドライブコントロール (EPM 2)
- ・レールスライド式コンソール
- ・前輪油圧式ライドレベラー付ステアリング
- ・前輪駆動負荷トルク制御
- ・スクリードテンショニング装置



ホイールフィニッシャー

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
<http://www.machinecaretech.co.jp/>

VOLVOCONSTRUCTIONEQUIPMENT



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/>

街づくりを支える、信頼の三笠品質。



転圧センサー

バイプロコンパクター

MVH-308DSC-PAS

NETIS No. TH-120015-VE

タンピングランマー

MT-55H

NETIS No. TH-100005-VE



MVC-F60HS

NETIS No. TH-100006-VE



MRH-601DS

低騒音指定番号5097



MLP-1212A



FX-40G/FU-162



MCD-318HS-SGK

低騒音指定番号6190

三笠産業株式会社

MIKASA SANGYO CO., LTD. TOKYO, JAPAN

本社 〒101-0064 東京都千代田区神田猿樂町1-4-3 TEL: 03-3292-1411 (代)

大阪支店 TEL:06-6745-9631	北関東営業所 TEL:0276-74-6452	中国営業所 TEL:082-875-8561	沖縄出張所 TEL:080-1013-9328
札幌営業所 TEL:011-892-6920	長野出張所 TEL:080-1013-9542	四国出張所 TEL:087-868-5111	
仙台営業所 TEL:022-238-1521	中部営業所 TEL:052-504-3434	九州営業所 TEL:092-431-5523	
新潟出張所 TEL:090-4066-0661	金沢出張所 TEL:080-1013-9538	南九州出張所 TEL:080-1013-9558	



ツルミで納得!!

用途に合わせて選べる土木建設工事機器

工事排水用水中ポンプ



水中ハイスピンポンプ LB/LBA型 (自動運転型)

- 吐出し口径：40・50mm
- 出力：0.25・0.48・0.75kW
- 全揚程：6~11m
- 吐出し量：0.1~0.16m³/min



水中ハイスピンポンプ KTV/KTVE型 (自動運転型)

- 吐出し口径：50~100mm
- 出力：0.75~5.5kW
- 全揚程：10~22m
- 吐出し量：0.18~0.6m³/min



水中泥水ポンプ HSD/HSDE型 (自動運転型)

- 吐出し口径：50mm
- 出力：0.55kW
- 全揚程：9m
- 吐出し量：0.1m³/min



水中ポンプ KRS型

- 吐出し口径：80~350mm
- 出力：2.2~37kW
- 全揚程：10~30m
- 吐出し量：0.5~14m³/min

低水位・残水吸排水ポンプ



水中ハイスピンポンプ LSC/LSCE型 (自動運転型)

- 吐出し口径：25mm
- 出力：0.48kW
- 最高排出揚程：11m (50Hz)
12m (60Hz)
- 最低水位：1mm



水中ハイスピンポンプ LSR/LSRE型 (自動運転型)

- 吐出し口径：50mm
- 出力：0.48kW
- 全揚程：8m
- 吐出し量：0.12m³/min
- 最低水位：10mm

高圧洗浄機 (エンジン/モータタイプ)



ジェットポンプ HPJ型

- 吐出し量：6.3~62.0ℓ/min
- 圧力：3.0~20MPa

散水システム



大型散水機 TWP型

- 給水タンク容量：2・4・6m³

▶ 動画



※掲載しています水中ポンプの写真は全て非自動型です。

株式会社 鶴見製作所

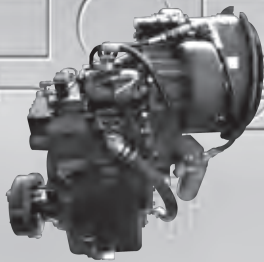
大阪本店：〒538-8585 大阪市鶴見区鶴見4-16-40 TEL.(06)6911-2351 FAX.(06)6911-1800
東京本社：〒110-0016 東京都台東区台東1-33-8 TEL.(03)3833-9765 FAX.(03)3835-8429

北海道支店：TEL.(011)787-8385 東京支店：TEL.(03)3833-0331 中部支店：TEL.(052)481-8181 近畿支店：TEL.(06)6911-2311 四国支店：TEL.(087)815-3535
東北支店：TEL.(022)284-4107 北関東支店：TEL.(027)310-1122 北陸支店：TEL.(076)268-2761 中国支店：TEL.(082)923-5171 九州支店：TEL.(092)452-5001

www.tsurumpump.co.jp

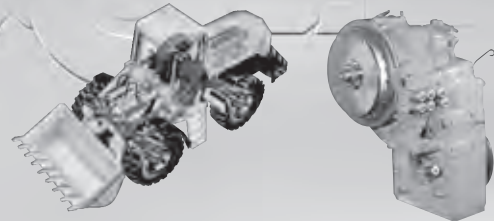
あらゆる建設機械／シールドマシン・・・
油圧機器の整備・再生

各種トランスミッション整備で相談に応じます。



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

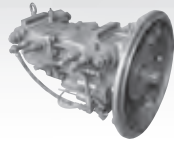


建設機械のあらゆる油圧機器

斜板式ダブルポンプ



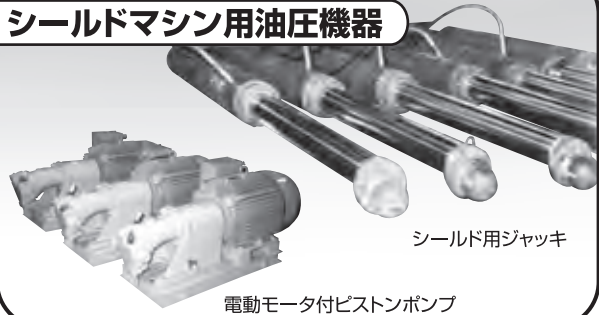
斜板式ピストンポンプ



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:n-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/>

FA機器の 最適無線化提案

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

①微弱電波 ②429MHz帯特定小電力 ③1.2GHz帯特定小電力
④315MHz帯特定小電力 ⑤920MHz帯特定小電力

スリム ケーブルレス

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

**No.1の
オーダー対応!**

- 優れた耐塵・防雨性能
- 選べる2段階押しスイッチ!
ストロークの異なる2種類
から選択可能!



※ボタン配置自在

タフ 頑強ケーブルレス

N/U/Gシリーズ
微弱電波・
特定小電力両モデル対応

**タフな現場に!
落下にタフ、
水にタフ!**

- 堅牢なボディ!
- 特殊スイッチ装着可能

標準型
RC-8616N
22万円~



チップ ケーブルレス

N/Mシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

**使えば分かる、
コストパフォーマンス!**

- トコトン機能を絞って
コストダウン!
- 乾電池仕様
- 優れた耐塵・防雨性能



マイコン ケーブルレス

N/U/Gシリーズ
微弱電波・
特定小電力両モデル対応

**あらゆる環境での
無線化に対応!**

- 16操作16リレー
最大25リレーまで対応可能

標準型
RC-6016N
20万円~



ケーブルレスミニ

Nシリーズ
微弱電波モデル対応

標準型
RC-4403N
10万円~

**ポケットサイズの
本格派!**

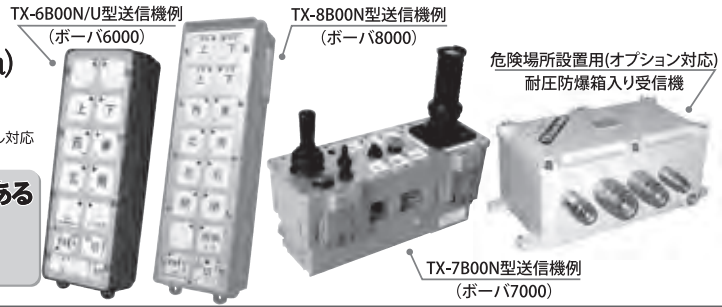
- 最大5リレーまで対応可
- 2段階押しスイッチ追加可能
(オプション)



防爆形無線機 ボーパー (BoBa)

N/Uシリーズ
7B/8B...微弱電波のみ
6B...微弱・特定小電力両モデル対応

**爆発の雰囲気がある
危険場所での
遠隔操作に!**



危険場所設置用(オプション対応)
耐圧防爆箱入り受信機

双方向データケーブルレス100S

Sシリーズ(920MHz帯)
特定小電力モデル対応

標準型
TC-1000808S
26万円~

- ・FA機器の制御に特化!
- ・双方向制御が、1セットで対応可能
- ・8点の送受信が可能!

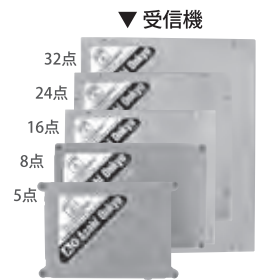


データケーブルレス

N/U/Gシリーズ
微弱電波・
特定小電力両モデル対応

**工夫次第で
用途は無限!**

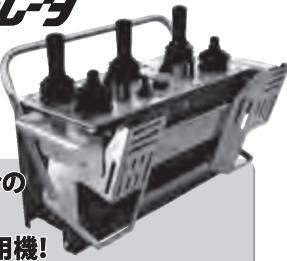
- 機器間の信号伝送に!
- 多芯の有線配線の代わりに!



MAXサテラ

U/Gシリーズ
特定小電力専用モデル

**金属シャーシの
多操作・
特注仕様専用機!**



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

- 操作信号数
最大32点

**特殊スイッチ、
ジョイスティック
装着可能!**



全押しボタン例

コマンドスイッチ例

リゾナー 離操作

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

標準型
RC-2512N
22万円~

**価格もサイズも
ハンディー並み!**

- 最大32リレー
- 2段階押し・
特殊スイッチ装着可



*価格は全て、セット価格および、税抜表示となっています。



朝日音響株式会社

〒771-1311 徳島県板野郡上板町引野字東原43-1 (本社工場) FAX.088-694-5544 TEL.088-694-2411
http://www.asahionkyo.co.jp/



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

労働力不足やオペレータの高齢化、安全やコスト、工期に関わる現場の課題を、お客様とともに解決していきたいと私たちコマツは考えました。現場全体をICTで有機的につなぐことで生産性を大幅に向上。そんな「未来の現場」を創造していくソリューションです。

次代に向けて、 知性をその手に。

～ICT建機、ラインナップ拡充～

ICT油圧ショベル

複雑なレバー操作なしでも
高効率な施工を実現。

GNSS* アンテナと基準局から得た刃先の位置情報、施工設計データをもとに、作業機操作のセミオート化を実現した世界初のマシンコントロール油圧ショベルです。

*GNSS(Global Navigation Satellite System)GPS、GLONASS等の衛星測位システムの総称。



PC200i

PC300i

ICTブルドーザ

世界で初めて掘削から仕上げの整地までのブレード操作を自動化。また、粗掘削時にブレード負荷が増大すると、シュースリップが起らないように自動でブレードを上げて負荷をコントロールし、効率良く掘削作業が行えます。さらに、事前に設定した設計面に近づくと自動認識して、粗掘削から整地に自動的に切り換わります。



D37PXi

D61PXi

D65PXi/EXi

D85PXi/EXi

D155AXi

KOMATSU

コマツ 国内販売本部

〒107-8414 東京都港区赤坂2-3-6 <https://home.komatsu/jp/>

動画で紹介



雑誌 03435-9



4910034350995
00800

「建設機械施工」

定価 本体八〇〇円(税別)