

一般社団法人
日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

2020

建設機械施工



Vol.72 No.3 March 2020 (通巻841号)

特集 安全, 労働災害対策



山岳トンネル工事における「切羽プロジェクションマッピング」

巻頭言 働き方改革と建設安全

行政情報 墜落制止用器具に係る制度改正と外国人労働者の安全衛生対策

交流の広場 大事故に繋がる事故を疑似体験5K映像でリアルさ追求

JCMA報告 2020ふゆトピア・フェア inとまこまい

部会報告 第23回 機電技術者意見交換会報告

技術報文

- レジリエンスエンジニアリングと事故防止
- 重機の緊急停止システムと新しい安全の概念「Safety2.0」
- スマートデバイスを用いたバイタル・行動情報による
ヒューマンリソースマネジメント (HRM) への取り組み
- 山岳トンネル工事における「切羽プロジェクションマッピング」
- 気象情報から起こりやすい労働災害を推測 他

一般社団法人 日本建設機械施工協会

ダム工事用コンクリート運搬テルハ(クライミング機能付)

重力式コンクリートダム等の新しいコンクリート運搬装置

コスト・安全・環境に配慮した最適な施工が行えます。

特長

●コストパフォーマンスに優れる。

機械重量が比較的軽量で、構造がシンプルな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。



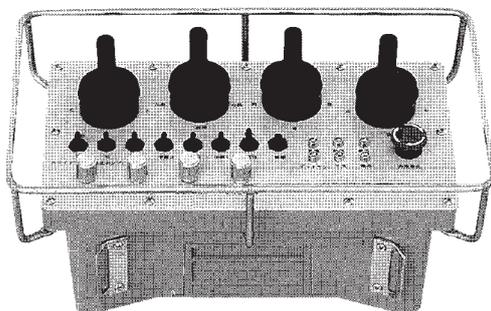
吉永機械株式会社

〒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

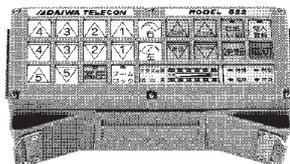
あらゆる仕様に対応
指令機操作面はレイアウトフリー



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+オーバータイムタイマー付き)
- その他、特注品もお受けいたします。お気軽にご相談ください。

DAIWA TELECON

大和機工株式会社

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

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	55,000（3年間）	49,500（3年間）
		非会員	66,000（3年間）	60,500（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 PC 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. PC 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 PE 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
- ・支承取替工（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：11,000 円（本体 10,000 円）
会員価格：9,350 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に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>

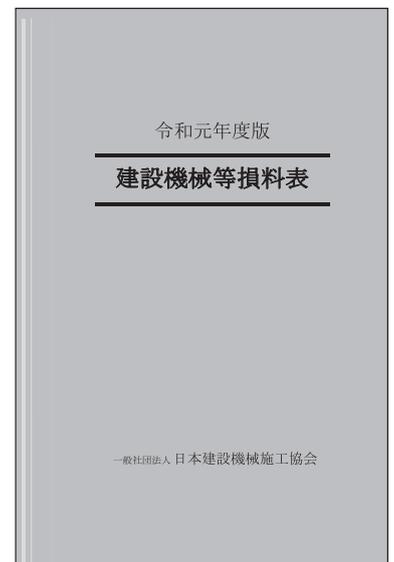
令和元年度版 建設機械等損料表

- 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10%含む）

一般価格 53,900円（本体49,000円）

会員価格 45,100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 太陽生命仙台本町ビル5F	TEL 022 (222) 3915 FAX 022 (222) 3583
北陸支部	〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 興和ビル	TEL 025 (280) 0128 FAX 025 (280) 0134
中部支部	〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10 三愛ビル	TEL 052 (962) 2394 FAX 052 (962) 2478
関西支部	〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4 谷町スリースリースビル	TEL 06 (6941) 8845 FAX 06 (6941) 1378
中国支部	〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22 築地ビル	TEL 082 (221) 6841 FAX 082 (221) 6831
四国支部	〒760-0066 高松市福岡町3-11-22 建設クリエイティブビル	TEL 087 (821) 8074 FAX 087 (822) 3798
九州支部	〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-4-30 いわきビル	TEL 092 (436) 3322 FAX 092 (436) 3323

記入いただいた個人情報、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

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(不課税)

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し、建設機械・建設施工にご関心のある方であればどなたでもご入会いただけます。

★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800円＋消費税/送料別途)
「建設機械施工」では、建設機械や建設施工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)で購入することができます。
- 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)でご参加いただけます。

この機会に是非ご入会下さい!!

◆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年に設立された団体です。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。
- 外国人技能実習制度における建設機械施工職種の技能実習評価試験実施機関として承認されています。

■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(建設機械や建設施工の関係者等や関心のある方)、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・外国人技能評価試験の実施。
- ・各種技術図書・専門図書の発行。
- ・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。

■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
- ・橋梁架設工事の積算
- ・大口径岩盤削孔工法の積算
- ・よくわかる建設機械と損料
- ・ICTを活用した建設技術(情報化施工)
- ・建設機械施工安全技術指針本文とその解説
- ・道路除雪オペレータの手引き

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.icmanet.or.jp/>

※お申し込みには次頁の申込用紙をお使いください。

【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2F
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	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 (ご希望の送付先に○印で囲んで下さい。)
その他 連絡事項	令和 年 月より入会

【会費について】年間 9,000円(不課税)

- 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/> 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2年3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	S63年 3月	新編 防雪工学ハンドブック 【POD版】	11,000	9,900	700
44	S60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。

特集	安全，労働災害対策
巻頭言	4 働き方改革と建設安全 蟹澤 宏剛 芝浦工業大学 建築学部 建築学科
行政情報	5 墜落制止用器具に係る制度改正と外国人労働者の安全衛生対策 毛利 正 厚生労働省 労働基準局 安全衛生部 安全課長
特集・ 技術報文	10 レジリエンスエンジニアリングと事故防止 鳥居塚 崇 日本大学 生産工学部 教授
	15 労働災害防止のための ICT 活用データベース 本山 謙治 建設業労働災害防止協会 技術管理部長
	22 ドラグ・ショベルの斜面降下時における進行方向の違いと機 体の安定性の関係 堀 智仁 (財)労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所 建設安全研究グループ 主任研究員
	26 重機の緊急停止システムと新しい安全の概念「Safety2.0」 協調安全で重機災害ゼロを目指す「WS システム」 相田 尚 (株)NIPPO 総合技術部 生産開発センター センター長 梶原 覚 (株)NIPPO 総合技術部 生産開発センター 立花 洋平 (株)NIPPO 総合技術部 生産開発センター
	31 安全性を向上させたタイヤローラの運転支援装置 衝突被害軽減アシスト装置の開発 鈴木 正和 (株)日立建機カミーノ 開発設計センタ 部長
	36 スマートデバイスを用いたバイタル・行動情報によるヒュー マンリソースマネジメント (HRM) への取り組み 児玉 耕太 立命館大学 テクノロジーマネジメント研究科 准教授 橋口 伸樹 立命館大学 テクノロジーマネジメント研究科 博士後期課程 北原 成郎 熊谷組 ICT 推進室長
	43 フルハーネスのかけ忘れに警告 デジタル化技術による現場の見える化で、高所作業員の労働災害対策を強化 太田 達也 (株)富士通九州システムズ エンジニアリングソリューション本部 デジタルシミュレーション部 マネージャー 服部 沙里 (株)富士通九州システムズ エンジニアリングソリューション本部 デジタルシミュレーション部
	48 作業時の危険発生をヘルメットの振動で伝える警報アイテム ヘルメット振動警報装置「K・HO-MET (ケイホーメット)」 益子 孝 ミドリ安全(株) 環境機器事業本部 技術開発部 開発グループ設計チーム 課長
	55 バーチャルな環境で疑似トレーニングをおこなう 新たな MR 技術 (AVR) の開発 蛭原 巖 西武建設(株) 土木事業部エンジニアリング部 エンジニアリング部長 須長 真介 西武建設(株) 土木事業部技術設計部 課長 山口 聡 (株)ACW-DEEP プリビズ/VFX スーパーバイザー 代表取締役
	61 山岳トンネル工事における「切羽プロジェクションマッピング」 地盤情報を切羽に投影して施工の安全性・効率性を向上 谷 卓也 大成建設(株) 本社技術センター 社会基盤技術研究部 地盤研究室
	67 安全面に配慮したトンネル切羽不連続面の走向・傾斜測定に 関する取組み 舟橋 孝仁 鉄建建設(株) 土木本部 トンネル技術部 トンネルグループ 課長代理 中原 法久 鉄建建設(株) 土木本部 トンネル技術部 地質グループ グループリーダー 宇田 誠 鉄建建設(株) 土木本部 副本部長

	72	簡易粉じん測定器のトンネル建設現場での環境測定への適用に関する研究	掛谷幸士朗 山口大学大学院 創成科学研究科 博士前期課程 林 久實 山口大学大学院 創成科学研究科 助教 進士 正人 山口大学大学院 創成科学研究科 教授
	78	気象情報から起こりやすい労働災害を推測 新しい危険予知システムの開発	秋田 宏行 (株)安藤・間 建設本部 技術研究所 技術管理部 課長 早川健太郎 (株)安藤・間 建設本部 技術研究所 先端・環境研究部 研究員 斉藤 雄一 (株)ライフビジネスウエザー 気象予報部 気象予報士
	85	安全リマインドシステム『セーフティリマインダー』を用いた一歩進んだ安全管理	飛田 悠樹 九五ゴム工業(株) 宇野 昌利 清水建設(株) 土木技術本部 開発機械部 主査 宮瀬 文裕 清水建設(株) 土木技術本部 設計部 主査
交流のひろば	91	大事故に繋がる事故を疑似体験 5K映像でリアルさ追求	藤澤 剛 (株)アクティオ IoT 事業推進部 課長
	94	はたらくじどうしゃ博物館	土田健一郎 はたらくじどうしゃ博物館 館長
ずいそう	97	昭和は遠くに、思い出のアルバム	杉 明 日立建機(株) OB
	101	瀬戸内国際芸術祭 2019 秋 訪問記	平野 貢 鹿島建設(株) 四国支店 次長
JCOMA 報告	103	2020 ふゆトピア・フェア in とまこまい 除雪機械展示・実演会開催報告	企画部
部会報告	111	第 23 回 機電技術者意見交換会報告	建設業部会
	121	新工法紹介	機関誌編集委員会
	122	新機種紹介	機関誌編集委員会
統計	124	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
	125	行事一覧 (2020 年 1 月)	
	128	編集後記 (花川・竹田)	

◇表紙写真説明◇

山岳トンネル工事における「切羽プロジェクトンマッピング」

写真提供：大成建設(株)

山岳トンネル工事の切羽作業では災害がゼロとはならず、施工業者・機械メーカーとも安全性向上のため技術開発を続けている。今回、「切羽プロジェクトンマッピング」の開発により、工事担当者が切羽の観察スケッチやメモ等で引き継いでいた亀裂の密集帯といった弱層の位置や地盤の硬軟の情報を、コンクリートで吹き付けられた切羽面にコンター図として投影（可視化）することで、作業員全員が容易に共有できるようになった。また、発破の装薬量の適正化にも活用され、山岳トンネル工事における安全性や効率性が向上した。

巻頭言

働き方改革と建設安全

蟹澤 宏 剛



建設業界には、「怪我と弁当は自分持ち」という言葉がある。事故や怪我は自己責任だから他人に迷惑をかけることはない、というような意味が込められている。働き方改革や安全対策の充実策に対して外野からとやかく言われる筋合いはない、といった声が未だに少なくないのは、この観念が根深く浸透していることの表れである。

しかし、他産業に比べて圧倒的に労災事故、特に死亡事故が多いことは、紛れもない事実である。そして、怪我や高齢で働けなくなった人達はどうなるのか。自己責任だからと保険や年金に未加入だった場合、生活保護での救済以外に道はなく、結局は税金で扶助されているのであるから、決して「自分持ち」ではないのが実態である。その典型が東京の山谷や大阪のあいりん地区など、かつてのドヤ街の住民である。多くの人が生活保護者となって余生を送っている。生活保護は、憲法に規定された生存権を保障する制度であるが、一方で、結局は生活保護で救済されるのだから保険料を払う必用はないということが正当化されれば、国の社会保険制度が成り立たなくなる。

モラルハザードといえば、「一人親方」もまた然りである。建設業の一人親方は、社会保険未加入対策が強化されて以降、大幅に増え続けている。一人親方は、制度の上では労働者として扱われないので、任意で労災保険に「特別加入」する必要がある。厚労省のデータでは2017年に約56万人存在していたので、今では60万人前後になっている可能性が高い。建設技能者は300万人強とされるので、およそ2割が一人親方ということになる。これに加えて、保険未加入で数字に表れない、いわば制度外の一人親方が数10万人単位で存在する可能性がある。

一人親方の中には、実態としては特定の会社等に専属で働いていながら、社会保険加入や働き方改革逃れを目的に一人親方扱いされている偽装一人親方が少なからず含まれている。本来、雇用契約であるものを請負契約としているので偽装請負と言い換えても良い。

一人親方は、指揮命令を受けずに自らの判断と責任

で働くのが建前である。故に、労働法の保護対象ではないが、重層化した下請組織の中で、誰の指揮命令も受けずに働くという建前に現実味があるかは疑問もある。また、安全の面では、上位の請負者が責任を持つ安衛法の精神に矛盾するようにも思える。

請負労働には労働時間の概念はない。故に、労働時間や休暇取得の厳密化を目的とした働き方改革は馴染まないという主張があるのだろう。しかし、偽装によりそれらを回避しようとしているのであるから、それは自己矛盾である。建設業は請負が馴染む産業の典型であるが、それを言い訳にして様々な問題を先送りしてきた悪しき伝統がある。しかし、それにも終止符を打たざるを得ない時期が近づいている。

建設業には猶予期間が与えられていた「働き方改革関連法」が2024年4月に施行される。今のままでは、偽装一人親方がますます増える懸念があるが、税制改正関連法により2023年10月から実施される予定のインボイスが歯止めになるポテンシャルを秘めている。なぜならば、免税者との取引においては、その消費税を控除できなくなるからである。すなわち、免税の一人親方との契約では、その注文者が実質的に消費税を負担することになる。もちろん、税を納めていない者が相手の場合も同様であるので、一人親方を偽装することの意味が薄れるのである。

この他にも、今後、専門工事会社の評価制度、在留期間の上限がない2号へ移行するための特定技能外国人の能力評価等々の新しい制度が始まる。いずれも主目的は担い手の確保であり、そのために優良な会社等を差別化する仕掛けが組み込まれている。建設業界には、「正直者がバカを見る」の言葉も流布されてきたが、これにも終止符が打たれる環境が整ってきた。

働き方改革を正面で捉えて、「怪我と弁当は自分持ち」体質と決別し、「正直者がバカを見る」ことのない業界にしなければ、担い手の確保が叶うはずがないことを再認識する必要がある。

行政情報

墜落制止用器具に係る制度改正と 外国人労働者の安全衛生対策

毛利 正

安全帯（墜落制止用器具）に係る法令については、2018年6月に労働安全衛生法施行令、労働安全衛生規則、安全衛生特別教育規程が改正され、また2019年1月に「安全帯の規格」が「墜落制止用器具の規格」へと改正された。これに伴い、墜落制止用器具の安全な使用に関するガイドラインが2018年6月に制定されている。本稿では、これら法令等の内容と経過措置期間においてユーザーがより安全な墜落制止用器具等に更新するための間接補助金制度を解説する。併せて、近年増加している建設業における外国人労働者の安全衛生対策についても解説する。

キーワード：フルハーネス型墜落制止用器具、特別教育、ガイドライン、間接補助金

1. 墜落制止用器具に係る制度改正について

(1) 改正の背景等について

高所作業において使用される胴ベルト型安全帯は、墜落時に内臓の損傷や胸部等の圧迫による危険性が指摘されており、国内でも胴ベルト型安全帯の使用に関わる災害が確認されている。また、国際規格等では、着用者の身体を肩、腰部、腿などの複数箇所保持するフルハーネス型安全帯が採用されている（図-1）。

このため、厚生労働省では、安全帯の規制のあり方について検討を行う専門家検討会を2016年から開催し、その結果を踏まえ、2018年6月に労働安全衛生法施行令（以下「安衛令」という。）・労働安全衛生規則（以下「安衛則」という。）・安全衛生特別教育規程（以下「特別教育規程」という。）等が改正され、また2019年1月に「安全帯の規格」が「墜落制止用器具

の規格」へと改正された（告示の全部改正）。

これにより、安全帯の名称が「墜落制止用器具」に改められるとともに、器具の性能要件化等が図られたほか、特別教育も新設されることとなった。

(2) 安衛令・安衛則・特別教育規程等の改正のポイント

(a) 「墜落制止用器具」として認められる器具について

安衛令第13条第3項第28号が改正され、「安全帯（墜落による危険を防止するためのものに限る。）」が「墜落制止用器具」に改められた。これにより、「墜落制止用器具」として認められるのは、「胴ベルト型（一本つり）」と「フルハーネス型（一本つり）」のみとなり、「胴ベルト型（U字つり）」の使用は認められなくなった。

(b) 墜落による危険の防止に関する規定について

安衛則等が改正され、「安全帯」を労働者に使用させることを事業者が義務付けることを内容としている規定等について、「安全帯」が「墜落による危険のおそれに応じた性能を有する墜落制止用器具（要求性能墜落制止用器具）」に改められた。

(c) 特別教育について

労働安全衛生法第59条第3項の特別教育の対象となる業務（安衛則第36条）に、「高さが2メートル以上の箇所であって作業床を設けることが困難なところにおいて、墜落制止用器具のうちフルハーネス型のものを用いて行う作業に係る業務（ロープ高所作業に係



図-1 フルハーネス型墜落制止用器具

表一 1 特別教育の内容

学科学目	範囲	時間
I 作業に関する知識	①作業に用いる設備の種類、構造及び取扱い方法 ②作業に用いる設備の点検及び整備の方法 ③作業の方法	1時間
II 墜落制止用器具（フルハーネス型のものに限る。以下同じ。）に関する知識	①墜落制止用器具のフルハーネス及びランヤードの種類及び構造 ②墜落制止用器具のフルハーネスの装着の方法 ③墜落制止用器具のランヤードの取付け設備等への取付け方法及び選定方法 ④墜落制止用器具の点検及び整備の方法 ⑤墜落制止用器具の関連器具の使用方法	2時間
III 労働災害の防止に関する知識	①墜落による労働災害の防止のための措置 ②落下物による危険防止のための措置 ③感電防止のための措置 ④保護帽の使用方法及び保守点検の方法 ⑤事故発生時の措置 ⑥その他作業に伴う災害及びその防止方法	1時間
IV 関係法令	安衛法、安衛令及び安衛則中の関係条項	0.5時間
実技科目	範囲	時間
V 墜落制止用器具の使用法等	①墜落制止用器具のフルハーネスの装着の方法 ②墜落制止用器具のランヤードの取付け設備等への取付け方法 ③墜落による労働災害防止のための措置 ④墜落制止用器具の点検及び整備の方法	1.5時間

る業務を除く。）」が追加された。

特別教育の内容として、表一1に掲げるI～Vの科目（学科4.5時間、実技1.5時間）が必要となる。

例外として、以下のとおり、十分な知識・経験を有すると認められる者については、一部の科目を省略することができる。

- ①適用日（2019年2月1日）時点において高さが2メートル以上の箇所であって作業床を設けることが困難なところにおいて、フルハーネス型を用いて行う作業に6月以上従事した経験を有する者は、I、II、Vを省略できる。
- ②高さが2メートル以上の箇所であって作業床を設けることが困難なところにおいて、胴ベルト型を用いて行う作業に6月以上従事した経験を有する者は、Iを省略できる。
- ③ロープ高所作業特別教育受講者又は足場の組立て等特別教育受講者は、IIIを省略できる。

なお、適用日より前に、改正省令による特別教育の科目の全部又は一部について受講した者については、当該受講した科目を適用日以降に再度受講する必要はない。

(d) 施行日等について

これらに関する政省令・告示の改正については、2019年2月1日に施行された。また、経過措置（猶

予期間）が表一2のとおり設けられ、「安全帯の規格」（以下「旧規格」という。）に基づく安全帯（胴ベルト型・フルハーネス型）を使用できるのは2022年1月1日までとなる。

(3) 「墜落制止用器具の規格」と「墜落制止用器具の安全な使用に関するガイドライン」について

厚生労働省は、墜落制止用器具の適切な使用による一層の安全対策の推進を図るため、今回の「墜落制止用器具の規格」（以下「新規格」という。）への改正を含む一連の安全帯に関する規制の見直し等を行うとともに、これらを一体的に示した「墜落制止用器具の安全な使用に関するガイドライン」（以下「ガイドライン」という。）を策定した。

以下、新規格とガイドラインの要点について説明する。

(a) 墜落制止用器具の選定について

「墜落の危険のおそれに応じた性能を有する墜落制止用器具（要求性能墜落制止用器具）」（上記2（2）参照）の選定要件は、以下の3点である。

要件①：6.75 mを超える場所ではフルハーネス型を選定（新規格第2条第1項等）

2 m以上の作業床がない箇所又は作業床の端、開口部等で囲い・手すり等の設置が困難な箇所の作業での

表一 施行・適用等のタイミングと経過措置の期間について

	2018年				2019年				2020年				2021年				2022年以降
	1月	4月	7月	10月	1月	4月	7月	10月	1月	4月	7月	10月	1月	4月	7月	10月	
政令改正	★公布				★施行日(2月1日)												★完全施行日(1月2日～)
省令改正	★公布				★施行日(2月1日)												
改正法令に基づく墜落制止用器具の使用					使用可能 (2019年2月1日～)												
現行法令に基づく安全帯の使用が認められる猶予期間					使用可能 (2022年1月1日まで)												×
安全帯の規格改正					★適用日①(2月1日)				★適用日②(8月1日)								
改正構造規格に基づく墜落制止用器具の製造・販売	製造可能				製造・販売可能 (2019年2月1日～)												
現行構造規格に基づく安全帯の製造・販売が認められる猶予期間	製造・販売可能												販売可能				×
特別教育規程の改正	★告示				★適用日(2月1日)												

墜落制止用器具は、フルハーネス型を使用することが原則となる。ただし、フルハーネス型の着用者が地面に到達するおそれのある場合（高さが6.75m以下）は、胴ベルト型（一本つり）の使用が認められる。

なお、ガイドラインでは、フルハーネス型の着用者の地面に到達するおそれを勘案し、一般的な建設作業の場合は5mを超える箇所、柱上作業等の場合は2m以上の箇所で、フルハーネス型の使用を推奨している。

要件②：使用可能な最大重量に耐える器具を選定（新規格第2条第2項、第8条第6項第2号等）

墜落制止用器具は、着用者の体重及びその装備品の重量の合計に耐えるものでなければならない（85kg用又は100kg用。特注品を除く。）。

要件③：ショックアブソーバは、フックの位置によって適切な種別を選択（新規格第2条第3項、第8条第3項等）

ショックアブソーバを備えたランヤードについては、そのショックアブソーバの種別が取付設備の作業箇所からの高さ等に応じたものでなければならない。腰より高い位置にフックを掛ける場合は第一種、足元に掛ける場合は第二種を選定する。

(b) 墜落制止用器具の使用について（ガイドライン）

墜落制止用器具の使用に当たっては、以下の事項に留意する必要がある。

- ・取扱説明書を確認し、安全上必要な部品が揃っているか確認し、緩みなく確実に装着すること。
- ・墜落制止用器具の取付設備は、ランヤードが外れたり、抜けたりするおそれのないもので、墜落制止時の衝撃力に耐えるものであること。
- ・墜落後にフック等に曲げの力が掛かることによる脱落・破損を防ぐためフック等の主軸と墜落

時に掛かる力の方向が一致するよう取り付けること。

- ・垂直親綱に墜落制止用器具のフック等を取り付ける場合は、親綱に取り付けたグリップ等の取付設備にフック等を掛けて使用すること。取付設備の位置は、ランヤードとフルハーネス等を結合する環の位置より下にならないようにして使用すること。
- ・水平親綱は、ランヤードとフルハーネス等を結合する環より高い位置に張り、それに墜落制止用器具のフック等を掛けて使用すること。

(c) 点検・保守・保管、廃棄基準について（ガイドライン）

墜落制止用器具は、以下の事項に留意して点検・保守・保管等を行う必要がある。

- ・墜落制止用器具の点検・保守及び保管は、責任者を定める等により確実に行い、管理台帳等にそれらの結果や管理上必要な事項を記録しておくこと。
- ・一度でも落下時の衝撃がかかったものは使用しないこと。また、点検の結果、異常があったもの、摩耗・傷等の劣化が激しいものは使用しないこと。

(4) 既存不適合機械等更新支援補助金(間接補助金)制度について

墜落制止用器具については、上記3のとおり規格の改正が行われており、労働安全衛生法に基づき、新規格に適合する墜落制止用器具でなければ使用することができない。

一方、新規格等の改正に当たっては上記2(4)の経過措置が講じられており、旧規格に基づく安全帯に

については2022年1月1日まで使用することができることとされている。これは、新規規格適合品に更新するための時間的余裕を与えることを趣旨とした猶予措置である。

しかし、資力の乏しい中小企業や一人親方においては、新規規格適合品への更新が進まず、旧規格品（既存不適合機械等）を使用し続けることが懸念される。

これらを踏まえ、2019年度から、中小企業や一人親方を対象とした、既存不適合機械等を最新の規格に適合させるために必要となる経費の一部を補助する間接補助金事業（既存不適合機械等更新支援補助金事業。以下「本事業」という。）を、厚生労働省において創設している。

本事業では、国に代わり採択された執行団体が、既存不適合機械等を所有するユーザーに対し、当該既存不適合機械等を最新の構造規格に適合し、かつ、より高水準の安全性を有する機械等へ更新するための改修、買換えに要する経費の一部を間接補助金として交付する。定期的に補助金申請を募集して交付対象者を選定するが、補助金の交付は申請者すべてではなく、企業規模、従事する業務の危険度、対象機械等の安全性等を審査し、競争的に行われる。

以下、2019年度の本事業について説明する。

なお、2019年度の本事業は、建設業労働災害防止協会を執行団体として実施され、2019年度における募集はすでに終了しているが、2020年度も実施する予定である。

(a) 対象となる既存不適合機械等

墜落制止用器具の規格に適合していない既存の安全帯を、次に掲げる追加安全措置のうち2項目以上に適合するフルハーネス型墜落制止用器具に買い換えるもの。

- ①背巾 X 字腿 V 字型
- ②2本ランヤード又は追加の補助ロープ（ランヤード+補助ロープ）
- ③サスペンショントラウマ防止ストラップ
- ④ロック装置付き巻取器
- ⑤ワンタッチバックル
- ⑥反射板等

(b) 間接補助金交付額

令和元年度には、1本あたりの上限は12,500円（補助対象経費の上限25,000円の1/2（補助率））である。

ただし、同一申請者あたりの合計額の上限は500,000円とする。

(c) その他の対象機械等

本事業では、フルハーネス型墜落制止用器具のほ

か、つり上げ荷重が3トン未満の移動式クレーンの過負荷防止装置の改修、買換えについても対象としている。

2. 外国人労働者の安全衛生対策について

出入国管理及び難民認定法の改正により在留資格「特定技能」が創設され、2019年4月に運用が開始された。建設業においては、これまでも、技能実習制度及び外国人建設就労者受入事業等により外国人労働者を受け入れているが、新たな在留資格の創設により、建設現場で働く外国人労働者の人数は、今後一層の増加が予想される。

一般に建設現場での作業は、高所での作業、重機を用いた作業など、危険なものが多く、一歩誤れば命にかかわる重篤な災害につながる危険が潜んでいることから、建設現場で働く労働者に対しては、確実な安全衛生教育の実施が不可欠である。

また、外国人労働者は、日本語や我が国の労働慣行に習熟していないこと等から、厚生労働省としては、外国人労働者にとって分かりやすい掲示等を行うよう事業場に対して周知・指導するとともに、安全衛生教育の実施に当たっては、言葉や習慣の違いがあるなかで、いかに適切かつ有効な安全衛生教育を実施するよう環境整備や周知・指導を行っている。

具体的には、外国人労働者の母国語等を用いる、視聴覚教材を用いる等、当該外国人労働者がある内容を確実に理解できる方法により行うよう指導・支援している。

厚生労働省では、2018年度に建設事業場で就労する外国人労働者の安全衛生教育用に活用できるテキスト、視聴覚教材を、日本語のほか、英語、中国語、ベトナム語、インドネシア語で作成し、ホームページに公開している。

また、2019年度においては、新たな在留資格である「特定技能」にも対応するよう、特定技能外国人が従事する建設業の7つの業務区分ごとに、日本語のほか10カ国語（英語、中国語、ベトナム語、タガログ語、カンボジア語、インドネシア語、タイ語、ミャンマー語、ネパール語、モンゴル語）のテキスト及び視聴覚教材を作成しているところである。

作成したテキスト及び視聴覚教材は、完成後に、厚生労働省ホームページに公開する予定であるので、公開後は、こちらの教材の活用も促進していく予定である。

3. おわりに

安全・安心な作業のため、法令等に基づく適切な墜落制止用器具の使用をお願いするとともに、ユーザーにおいては、新規格に適合する墜落制止用器具への早期の更新を図るため、間接補助金制度の活用についても検討をいただきたい。

また、国籍や母国語は様々であっても、意欲をもつ

て我が国の建設業に携っていかうとする外国人労働者ととともに、より安全で働きやすい建設現場を作っていくことを期待したい。

JCMA

[筆者紹介]

毛利 正 (もうり ただし)

厚生労働省 労働基準局 安全衛生部

安全課長



レジリエンスエンジニアリングと事故防止

鳥居塚 崇

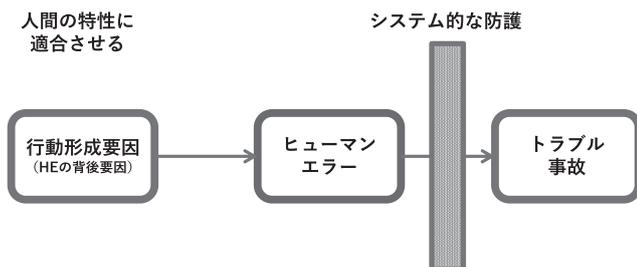
本稿の前半では「人間の負の側面」に着目しながらヒューマンエラーに起因する事故防止の考え方について、ヒューマンエラーが発生しても事故に至らないような工夫とヒューマンエラーを発生させないようにする工夫について述べた。後半では「人間の正の側面」に着目しながらレジリエンスエンジニアリングと安全について述べた。まずレジリエンスエンジニアリングとはなにかを概説し、安全状態を保つにはどうすべきかについて述べた。さらにレジリエンス力を高めるための施策としてノンテクニカルスキルを紹介するとともに、そのスキルを高めるためにはどうすべきかについて述べた。

キーワード：レジリエンスエンジニアリング、ヒューマンエラー、安全状態の維持、ノンテクニカルスキル、Safety II

1. はじめに

本稿ではヒューマンエラーに起因する事故防止の考え方と、人間力を活かしながら事故を抑制するための考え方について述べる。

ヒューマンエラーとは JIS Z8115 によれば「意図しない結果を生じる人間の行為」のことである。ヒューマンエラーという語が一般的となり広く知れ渡ることになってきた半面、事故の原因として特定されるケースが多い。英国の保険会社 North によれば 80% の事故原因はヒューマンエラーによると結論付けられているという。しかしながら多くの場合、ヒューマンエラーにはその要因が背後に存在しており、それらの要因を突き止めないとヒューマンエラーを抑制することは困難である。つまりヒューマンエラーを事故の原因として特定した場合、そのヒューマンエラーの背後要因が事故の真因ということになる（図—1）。



図—1 ヒューマンエラーに起因するトラブル発生の流れ

2. ヒューマンエラーと事故防止

(1) ヒューマンエラーが発生しても事故に発展しない工夫

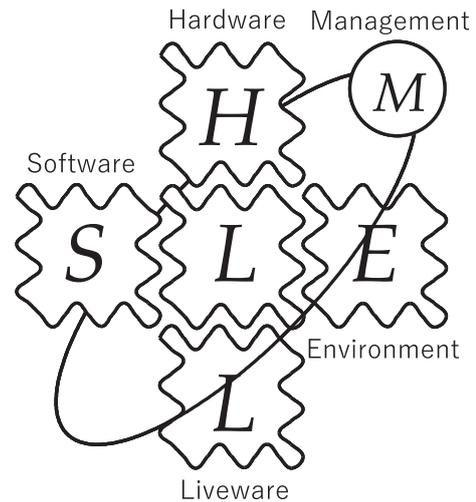
ヒューマンエラーを起点に考えると、ヒューマンエラーが発生したからといってそのすべてが事故やトラブルに発展するわけではない。ヒューマンエラーが発生してもシステム的な防護策に救われることもあり、その防護策に救われなかった場合のみが事故やトラブルに発展する。ここでいう防護策とはフェイルセーフやフルプルーフのようなもので、例えば作業者が危険な領域に侵入すると作動する警報ブザーや立ち入り防止センサ、自動車の自動衝突防止装置などに代表されるように、作業者の行動が規範（基準）を逸脱する（ヒューマンエラーを犯す）と危険を知らせてくれたり、自動的に停止したり、それ以上その行動を続けることを防いだりする働きを持つものである。また、このような工学的な防護策ばかりではなく、例えばヘルメットやハーネス、防護網、あるいは警備員の配置やダブルチェック、指差呼称といったようなものも含まれる。チェックシートも防護策の一種である。また作業者がヒューマンエラーを犯しそうになってもエラーを犯すことができないような仕組みもこの種の防護策と捉えることができる。安全帯を装着しないと作動しないような機械などが相当する。「人間は必ずミスをする」という言葉を聞くが、ここで紹介したシステム的な防護策はその考え方に基づく対策である。つま

り、ヒューマンエラーの下流における対策である。

(2) ヒューマンエラーを発生させないための工夫

一方、当然ではあるが、事故の原因であると思われるヒューマンエラーを発生させないようにしようという考えも重要である。それらの発生件数を減らせば、自ずと、それらに起因する事故の発生件数も減少するからである。これは有名なハインリッヒの法則(重大事故, 中程度の事故, ヒヤリハットやヒューマンエラーなどの発生比率が1:29:300になるという概念モデルの一種)の考え方でもある¹⁾。つまりヒューマンエラーを減少させれば自ずと重大事故の発生確率も減少するだろうということである。

そこで「ヒューマンエラーには多くの場合その背後要因が存在する」ということに着目することとする。つまりヒューマンエラーの上流に着目するということである。上述したようにヒューマンエラーは人間の行為・行動であるため、人間の行動を形成する要因がすなわちヒューマンエラーの背後要因になり得ると考えられる。「働く」「作業する」という場面において行動を形成する要因は大きく3つに分類することができる。1つは外的な要因で、私たちを取り巻く環境が私たちに影響を与えているさまざまなものがこれに相当する。その代表的なものを表一に示すが、それらはm-SHELモデルを用いると網羅的に抽出することができる(図一2)。SはSoftware(ソフト)とL(Liveware:人間)が関わるもの(マニュアル, 手順, 規制など), HはHardware(ハード)とL(Liveware:人間)が関わるもの(機器, 道具, ヒューマンマシンインタフェースなど), EはEnvironment(環境)とL(Liveware:人間)が関わるもの(作業環境, 温熱や明るさ, 作業雰囲気など), LはLiveware(人間)



図一2 m-SHELモデル

とL(Liveware:人間)が関わるもの(人間関係, 監理者, 上司, 同僚・仲間など), mはManagement(管理)を示す。2つ目の行動形成要因は内的な要因で、生理的なもの, 心理的なもの, 性格的なものがこれに相当する。疲労やストレス, 態度などもここに含まれる。3つ目は作業特性である。取り掛かっている作業の質によってその作業への取り組み方が異なってくる。そのような点で、作業特性も行動形成要因となる。行動形成要因は単にこの3つの分類の中からいずれかというわけではなく、それぞれの分類にいくつかが含まれる。つまり、行動形成要因はこれら3つの組合せ(外的要因×内的要因×作業特性)である(表一1)。この行動形成要因が作業員にとって悪玉である場合、ヒューマンエラーや不安全行動の誘因(=ヒューマンエラーの背後要因)となる。では「作業員にとって悪玉」とはどのような場合か?それは作業員の特性に適合していない場合である。身体的な特性, 五感や知覚の特性, 生理的な特性, 認知的な特性, 心理的な特性

表一1 行動形成要因

外的要因	内的要因	作業特性
<ul style="list-style-type: none"> ・表示器, 操作器 ・ヒューマンマシンインタフェース ・手順書(内容, 体裁) ・掲示, 表示 ・建設構造 ・作業環境 ・作業時間/休憩 ・現場雰囲気 ・ホウレンソウ ・シフト ・人員配置 ・組織形態 ・報酬/懲罰 ・企業文化 など 	<ul style="list-style-type: none"> ・身体的要因 ・性差 ・能力/技術 ・体調/疲労/睡眠 ・空腹/喉の渇き ・栄養状態 ・精神的ストレス ・肉体的ストレス ・性格 ・作業態度 ・モチベーション ・過去の経験 ・知識 ・家庭や友人からの影響 など 	<ul style="list-style-type: none"> ・作業の突発性 ・作業の割り込み性 ・作業の速さ ・作業の危険度 ・作業の重要度 ・作業の単調度 ・作業の困難度 ・作業の意味性, 品格 ・作業の余裕性(時間圧) ・刺激のなさ ・援助の有無 ・注意の逸れの有無 ・一人作業かどうか ・矛盾した手掛かり など

や心理的バイアス、社会的特性、集団や組織になったときの特性、リスク補償などのような行動特性…というように人間には様々な特性がある。また加齢とともにそれらの特性も変化する。例えば「人間の短期記憶の容量は 7 ± 2 項目である」「元来、人間は近道(ショートカット)が好き」などである。人間の特性は数えれば限りがないが、それらの特性をできるだけ把握しておくことが望まれる。

表一を手掛かりに現場を想像してみると、考慮すべき背後要因は実にたくさんあることがわかるであろう。ヒューマンエラーを減らすということは、これらの背後要因を作業員(人間)の特性に適合するように調整するという、地道な作業でもある。作業改善や現場改善は実は行動形成要因を人間の特性に適合させるための調整を行なっていることでもある。そのような視点で改善を行うとより効果的であろう。ところで「背後要因を作業員の特性に適合させるように調整」することが重要であると述べたが、これは不可逆的であって作業員の特性を背後要因に適合させるということではない。人間の能力や特性を変化させることは困難であるが、背後要因を変化させることは可能だからである。

3. レジリエンスエンジニアリングと事故防止

(1) レジリエンスエンジニアリングとは

レジリエンスエンジニアリングの話題に入る前にヒューマンエラーに関わる安全の取り組みについて整理して述べた。これまでの安全の考え方は事故に直結するようリスクを無くそう、できるだけ低減させようという考え方である。しかし、20世紀後半から急速に進んだ社会・技術システムの複雑化と、セイフティ・クリティカル(安全が重大な結果に関わること)な場面の増加によって、私たちの周囲のどこにでもリスクが存在するようになった。このような社会では、つねにリスクがあることを前提として考えざるを得ない。これまでのようにリスクを低減させるにはどうすべきかという議論も重要だが、それに加えて、リスクが前提の中でどのように安全状態を維持すべきかを考えることが重要となる。この考え方は災害発生時のレジリエンスに関する議論にとどまらず、日頃の安全対策を考える上でも非常に有効である。上述したようにさまざまな事象が複雑化する中、事故や危険の真因がわからないものも多ただけでなく、それらの要因が複雑に絡んでいることも少なくないからである。あるいはその要因を取り除くことが困難な場合も現実的には

少なくない。事故や危険の芽を摘むことが重要である一方、このような場合はいかにしてそれを表出させないかがむしろ重要となることもある。つまり人間は、決められたことを着実に遂行することに加え、数々のリスクに立ち向かうことができるよう、しなやかで強靱な力が必要となる。このようなしなやかさ(弾力性、回復力)を科学的に扱おうという考え方がレジリエンスエンジニアリングである。

レジリエンスという語は弾力性や回復力を示し、土木工学や心理学などでは従来から知られていた概念であるが、2011年に発生した東日本大震災以降、この概念が急速に広まり始めた。それは福島第1原子力発電所事故に対する対応の教訓から、このような災害への対策を考える必要性に迫られたことによるものが大きい。この災害を通じて、情報のありかた、緊急時対処のありかた、あるいは組織による意思決定のありかたを切に考えさせられた人は少なくないであろう。それらは確かに対処の成否の重要な要因となったが、視点を変えれば、その災害の程度や特徴を見極めながらレジリエントに(弾力的に)対応することができたかどうかに関わっているといえる。なぜレジリエントな対応が成功したのか…レジリエントな組織やシステムはどのような特性を持つのか、そしてそのような特性を持つ組織やシステムをどのように実現するのか…このような問いに立ち向かうのがレジリエンスエンジニアリングである²⁾。

(2) 安全状態の維持のためのレジリエンス力

これまでの安全に対する考え方の基礎は「人間には能力限界がある」「人間はミスをする」であった。つまり人間の「負の側面」に着目した考え方である。それに対してレジリエンスエンジニアリングにおける安全の考え方は「安全状態の維持」であり、人間のしなやかさに着目した考え方…つまり「人間は柔軟である」「人間は変動する」ため「人間はこんなこともできる」という考えが基礎にある。換言すれば人間の「正の側面」に着目した考え方である(このように「安全状態の維持」を主眼にした安全の考え方を「Safety II」と呼ぶこともある)。人間は柔軟であるからこそ、あらかじめ決められていないことに対しても適宜行動することが可能であり、刻々と変化する状況でも目標に向けて最適な方策を考えることが可能であり、またそれに向けて対処することが可能となる。ところで、安全状態の維持とは上述したようにリスクを無くするという考えとは異なる。例えば以下のようなものが挙げられる。

①事態や環境が安全状態を逸脱したとき

事態や環境が安全状態を逸脱した際、それを安全状態に戻す場合が相当する。例えば適正な明るさの下で作業を行っていた際に突然照明が消えた場合の対応や、晴天かつ雨予報が出されていなかったにもかかわらず突然激しい雨が降ってきた場合の現場対応などである。とくに突然雨が降ってきた場合などは視界も悪くなり、足場もぬかるみ、滑りやすくなり、場合によっては地盤も悪くなる恐れもある。そのような状態でも安全に作業を遂行できるような対応が作業者に求められるだけでなく、それによって安全ではない状態になったとしてもそこから抜け出す努力を行うことが求められる。それには作業者の知識や経験に基づいた柔軟な対応力が求められることになる。

②作業者の行動が安全状態を逸脱したとき

作業者の行動が安全状態を逸脱した際、それを安全状態に戻す場合が相当する。換言すればヒューマンエラーやヒヤリハットからのリカバリーのことである。ヒューマンエラーやヒヤリハットからのリカバリー方法はその状況に応じて大きく異なり、もちろん手順書には載っていない。したがって、作業者の柔軟な対応力が求められる。

ヒューマンエラーやヒヤリハットとは文字通りヒヤリしたりハットしたりすることであって事故ではない。これまでヒューマンエラーやヒヤリハットは現場では「良くないこと」として捉えられてきた。しかし、それがもし事故にならずにヒヤリハットで済んだのであれば、それは事故を回避することができ安全状態を維持することができた成功事例として捉えることもできる。「リカバリー事例としてのヒヤリハット」という観点からヒヤリハット事例を収集することで、それらを安全状態を維持することができた事例と捉え、これからの安全対策に活かしたい。

③手順書通りに作業を遂行しているにもかかわらず安全状態から逸脱してしまうとき

手順書通りに作業を遂行しているにもかかわらず安全状態から逸脱してしまふような（あるいは逸脱してしまった）際、それを安全状態に戻す努力をする場合などが相当する。これは作業者が手順書通りの正しい作業を行なっているにもかかわらず、温度や湿度によって調子が変化するような機器を用いて作業を行う場合の対応や、温度や湿度によって調子が変化するような対象物を扱う場合の対応などである。あるいは制限速度で運転していて下り坂に差し掛かった際、スピードが上がりそうだと予見してアクセルの踏み込みを弱めたりする行為はこれに相当する。

④作業者自身の状態や作業環境がいつもと異なるとき

例えば体調が優れないときはそれなりに気を付けて作業を行う。同じ機種であってもそれぞれの建機にはそれぞれのクセがありそのクセを読みながら作業を行う。このように作業者自身の状態や作業環境がいつもと異なるときは、それに応じて作業者自身が調整しながら作業を行う必要がある。この「調整」をすることができる力がレジリエンス力である。

⑤動的（ダイナミック）な作業を行っているとき

状況が刻々と変化するような動的な作業や動的な現場における作業については、その変化のプロセスのすべてを手順書に盛り込むことは困難である。そのため、刻々と変化する事態の状況を認識しながらそれに対して柔軟に対応することで自身の行為の最適化を図ることになる。

⑥手順書の行間を読む必要があるとき

前章で述べた行動形成要因は業種によっては限りがないため、それらのすべてが人間の特性に適合しているわけではない。それらはヒューマンエラーを誘発しそうな箇所として手順書に記載されていることもあるが、そうではないことも多い。さらには世代間格差や生活の多様化、および異なる文化的背景を持つ人々の増加による価値観の多様化によって、誰でも備わっていて当然と思われてきた行動規範や常識、知識を備えることが当然ではなくなってきた。これらの結果、手順書の行間を読み解きながら、柔軟に取り組まなければならない機会が増加してきた。

①～⑥をまとめると安全状態を維持することとは「事態がその時点で最善の状態であるように調整」しながら作業を行うことであり、この「調整」がすなわちレジリエントな対応なのである。そしてレジリエントな対応ができる能力が、レジリエンス力である。

(3) レジリエンス力をつけるには

(a) ノンテクニカルスキル

レジリエンス力をつけるにはどうしたらよいか、この問いに対しては人間力を養えばよいという回答が適切だが、その中でも特にノンテクニカルスキル（Non-Technical Skills）と呼ばれるスキルに着目したい。特定の職務を遂行する上で必要となる専門的な技術・知識のようなテクニカルスキル（Technical Skills）に対して、ノンテクニカルスキルは認知的、社会的、そして個人的なリソースとしてのスキルのことであり、Flin, R.によれば状況認識、意思決定、コミュニケーション、チームワーク、リーダーシップ、ストレスマ

ネジメント、疲労マネジメントなどがそれに相当するという³⁾。ここに挙げた7つのノンテクニカルスキルは業種、職種の枠を超えて必要とされるものである。

(b) 状況認識力・意思決定力

状況認識力や意思決定力を養うにはあらゆる方法で経験や知識を増やすことが重要である。あらゆる方法といったのは、そもそも事態が安全状態から逸脱するような状況では実場面ではそれほど多くないばかりではないため、自己の経験の蓄積だけでは上述した能力を養うには十分でない可能性があるからである。例えば、想定される事故やトラブルを可能な限り挙げ、それらが発生した場合どのような対処をとるべきかについて議論する機会を設けている事業所があるが、さまざまなトラブルの可能性を想定し、その場面についてトラブルへの対処も含めメンタルシミュレーションを行うことで、その認知的な体験を経験として蓄積していることになる。そのような観点からは、緊急時対応訓練や避難訓練も相当する。これらは認知的な体験に加え、実際に身体を動かしたり五感を活かした情報を得たりすることで、より現実に近い経験を蓄積することが可能となる（緊迫感という観点からは現実からは程遠いが）。また、VRを用いた訓練や体験も同様である。VR訓練は緊急時対応訓練や避難訓練などに心理的な体験も加わり、さらに現実に近い経験を蓄積することができる。自己の体験から経験を蓄積することも重要であるが、他者の経験を自己のものとして蓄積することも重要である。定期的に行われる事例報告会もその1つであるが、懇親会や休憩所などにおける情報交換もその役割を果たすことが多い。

(c) コミュニケーション・チームワーク

コミュニケーションやチームワークを養うために必要なことはたくさんあるが、まずは仲間を知ることが重要となろう。緊急時の意思決定では同じグループに属する人々がどのような性格を持ち、どのような場面でどのように考えるかを理解しておくことはチームとして意思決定を行う際に非常に有益であるし、仲間を十分に知っておくとその仲間の行動をある程度予測することができるため、仲間がヒューマンエラーやヒヤリハットを発生させそうになった場合でも、それを即座

に察知して声掛けを行うことができるからである。

(d) 作業者の状態のモニタリング

(2) で述べたようなさまざまな「調整」を行うにはそれを行うための人間（作業者）のパフォーマンスのマネジメントが重要となる。常にストレスや疲労をゼロにする必要はないが、それらは作業者がさまざまな「調整」を無理なく行うことができるレベルに抑えられている必要がある。そのためにはそれらをモニタリングし、マネジメントする必要がある。

4. おわりに

以上、前半は「人間の負の側面」に着目しながらヒューマンエラーに起因する事故防止の考え方、後半は「人間の正の側面」に着目しながらレジリエンスエンジニアリングと安全について述べた。ここで注意する必要があるのは、これまでの考え方が前半の考え方、これからの考え方が後半の考え方ではない。前半と後半とは異なる視点での安全の取り組みである。安全に「絶対」は存在しない。しかしそれに近づけることは可能かもしれない。そのためにも、複数の視点による安全の取り組みは非常に重要である。レジリエンスエンジニアリングの考え方は「リスクが前提」である社会において有益なものになることを期待したい。

JICMA

《参考文献》

- 1) Heinrich, H.W.: Industrial Accident Prevention - A Scientific Approach, McGraw Hill, 1931
- 2) Hollnagel, E. ほか（北村正晴, 小松原明哲監訳）: レジリエンスエンジニアリング—概念と指針, 日科技連, 2013
- 3) Flin, R. (小松原明哲ほか訳): 現場安全の技術—ノンテクニカルスキル・ガイドブック, 海文堂, 2012

【筆者紹介】

鳥居塚 崇（とりいづか たかし）
 日本大学
 生産工学部 教授



労働災害防止のための ICT 活用データベース

本山 謙 治

建設業の様々な分野で活用が進んでいる ICT は、労働災害防止においても有効なツールとして活用できるケースが多くある。建災防では、この点に着目し、ICT の活用により建設現場における労働災害防止に資する情報や事例を収集・整理し、建設現場における危険有害業務の低減や、作業負荷の軽減に通じる技術情報を取りまとめ、併せて、ICT を活用することによる新たな危険状況（残留リスク）への対応等についても整理を行い、「労働災害防止のための ICT 活用データベース」として公開している。本稿では、その概要を報告するとともに、今後の調査研究の方向として、レジリエンス力向上の観点からの VR を活用した安全衛生教育の意義についても言及する。

キーワード：ICT、安全衛生、労働災害防止、VR 安全衛生教育、レジリエンス

1. はじめに

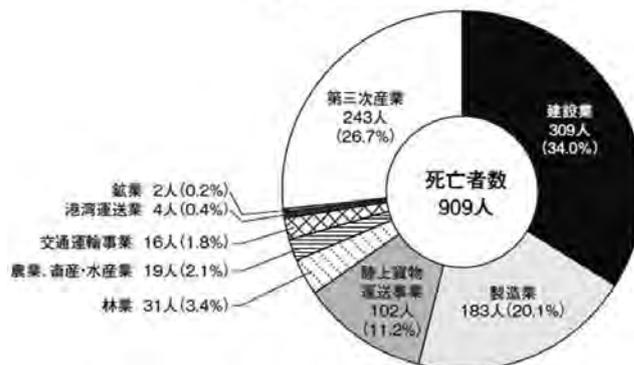
建設業の労働災害による死亡者数は、2016年に史上初めて300人を割り、294人となった。その後増加し2018年は309人となったが令和元年は再び300人未満に減少する見込みである（2020年1月速報値では246人、図一1）。確定値である2018年の309人という数値は、ピークであった昭和36年（1961年）の2,652人と比べると約1/9である（図一2）。この間、建設業では、様々な労働災害防止活動を積極的かつ継続して行い、その結果としての労働災害の減少である。とはいえ、309人という数値は、毎就業日に一名以上の労働者の方達が亡くなっていることを示しており、産業別にみると、建設業のこの数値は全産業の34.0%占め、最も多い。建設業の就業者数が501万人で全産業の7.5%であることを鑑みると、この割合は明らかに高く一般国民に建設業は危ないと思われる所となっている。

また、1961年から2018年までの58年間における建設業の死亡者総数は69,658人にも及び、その経済的損失も計り知れないものがある。

建設業では、この過去の膨大な負の遺産から様々な再発防止対策を学び、個別具体的な労働災害防止対策を構築し、実践している。

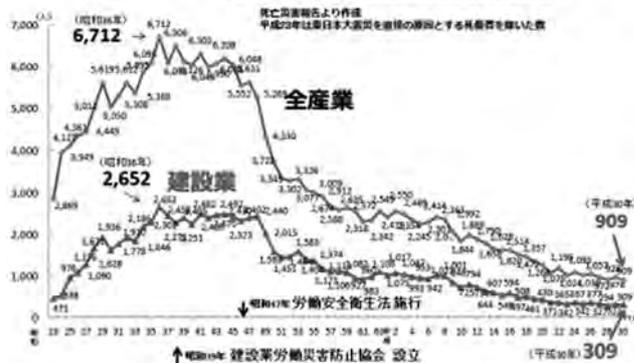
しかしながら、従来の対処的な労働災害防止対策ではどうしても災害発生リスクをゼロにはできない建設工事現場がまだまだ存在するのも事実である。例えば、

◆業種別死亡災害の発生状況



図一1 業種別死亡災害発生状況（平成30年）

労働災害による死亡者数の推移



図一2 労働災害による死亡者数の推移

図一3に示すような土石流発生個所の復旧工事のような現場では、再び土石流が発生する可能性があるなか人が介在して作業を行う限り労働災害の発生リスク

*災害復旧工事において発生した事例

蒲原沢土石流災害

(がまはらざわどせきりゅうさいがい)

日時

▶1996年(平成8年)
12月6日午前10時40分ころ

場所

▶蒲原沢
(長野県小谷村/新潟県糸魚川市)

死者・負傷者

▶14人死亡 9人負傷

工事

▶豪雨災害の復旧工事



図-3 災害復旧工事において発生した労働災害の事例と現在の対策

をゼロにはできない。もしこうした現場でICTを活用した無人化施工が行われるようになると土石流が発生したとしても人が介在していないので労働災害は起こりえないことになる。つまり労働災害防止に関する本質安全化が実現できることになる。

建災防では、こうした観点から労働災害防止のためのICTを活用したデータベースを構築・運用しており、本稿ではその概要を報告する。

2. ICT活用データベース構築の背景

IoT, ロボット, AI等の技術が日進月歩で進化するなか、建設業においてもICT(情報通信技術)を活用した施工方法や熱中症予防対策等の労働災害防止対策の検討が進められている。例えば、国土交通省では建設現場の生産性を向上し、企業の経営環境を改善するため、i-Constructionを積極的に推進している。その具体的な取り組みとして、ドローンを活用した3次元測量やICT建機の活用などがあるが、このICT建機を災害復旧工事現場等で使用すれば二次災害の防止等労働災害防止の面でも大きな効果が期待できる。また、民間企業においても、建設現場では夏期に熱中症が急増することから、これを防止するため、ICTを活用してWBGTの計測管理と併せ作業員個々人の心拍数をリアルタイムで把握することなどで作業員の体調管理を行い、熱中症予防を行う等様々な取り組みが進められている。

一方で、こうした新たな取り組みにおいて、操縦者の技術的対応が十分でないこと等から、ドローンの墜落による労働者への衝突災害の発生等、これまでにない新たな労働災害の発生も危惧される面もある。

こうしたことから、建災防では、IoT, ロボット, AI等の技術の動向を踏まえ、ICTの活用により労働

安全衛生の向上に資する情報を収集・整理し、建設現場における危険有害要因の除去や、作業負荷の軽減に通じる技術情報を取りまとめるとともに、ICTを活用することによる新たな危険状況への対応等について、2017年度より「ICTを活用した労働災害防止対策のあり方に関する検討委員会」(委員長:建山和由立命館大学教授)を設置し、調査研究を行っている。

以下、この検討委員会の調査研究成果でもある「労働災害防止のためのICT活用データベース」の概要と、今後の調査研究の方向性について述べることにする。

3. ICT活用データベースのコンセプト

生産性の向上や省力化を目的に、建設業の様々な分野で活用が進んでいるICTは、労働災害防止においても有効なツールとして活用できるケースが多くある。建災防では、この点に着目し、ICTの活用により建設現場における労働災害防止に資する情報や事例を収集・整理し、建設現場における危険有害業務の低減や、作業負荷の軽減に通じる技術情報を取りまとめることにした。併せて、ICTを活用することによる新たな危険状況(残留リスク)への対応等についても整理を行い、「労働災害防止のためのICT活用データベース」として建災防ホームページ上において情報を掲載している。

これを利用することにより、建設工事における労働災害防止や職場環境改善、従来の労働災害防止対策では達成できなかった本質安全化を実現するための有効なツールとして活用できると考えている。建設関係事業者はもとより、ICT開発関係者が積極的にこの取組を活用することにより、建設業の災害ゼロの実現に寄与できることを期待している。

また、このデータベースは、建設事業者等のユーザーが求めるICTのニーズ情報を提供できるよう構築するとともに、このデータベースに、ユーザーとメーカーの情報が集約され、相互に必要な情報交換が行われることによって、安全に役立つICTの革新技術をさらに発展させることができる成長型システムとなることを期待している。

4. ICT活用データベースの概要

(1) ICT活用事例の収集

本データベースは昨年4月15日に一般公開され、本年1月10日現在でICT事例267件(活用事例239事例, 研究開発事例28件)及び開発が望まれる技術

情報等を掲載しているが、公開に先立ち、先行事例として、建設労務安全研究会（理事長：本多敦郎）の会員企業より224事例を収集し、それを参考に一般公募を募る方法で展開している。

そこで、先行事例である224事例の収集内容を紹介します。本データベースの概要を説明する。

まず、本データベースの「ICT活用事例」では、ユーザー（建設事業者）が実際にICTを活用して労働災害防止等に効果のあった事例を収集・掲載しており、そのICT活用事例を様々な角度から検索できるように5つのカテゴリー分類を行っている。カテゴリー別に紹介する。

①カテゴリー1〈活用分類〉

本カテゴリーでは、ICTの活用の方法について、i-ConstructionにおけるICT土工のようにICT建機を使用して人の介在を無くしたり減らしたりする「無人

化・省力化」、人が危険な状況に近づくとICTが警告したり危険を回避したりする「人・行動センシング」、機械の動き等を監視したり制御する「機械センシング」及びデジタルデバイスを活用した施工管理支援ツールなどの「能力支援等」の4アイテムを挙げている。224事例のアイテム別割合は図-4のとおりである。

②カテゴリー2〈適用工事種別〉

このカテゴリーでは、ICT活用の適用工事を4つの大分類に分け、「土木工事」23項目、「建築工事」16項目、「設備工事」4項目及び「その他」1項目の小分類に分けている。

③カテゴリー3〈抑止可能なリスク（災害の種類）〉

カテゴリー3では、ICT活用事例を抑止可能な災害リスクを種類別にみており、墜落・転落や転倒など24項目に分類している。

④カテゴリー4〈本質安全化〉

このカテゴリーが本データベースを策定するそもそもの目的でもあるが、例えば土石流発生現場の復旧工事のように従来の労働災害防止対策ではどうしても災害リスクをゼロにはできない業務において、ICTを活用することにより人の介在そのものをなくし、本質安全化が可能となるようなICT活用方法をカテゴライズしたものである。

このカテゴリーでは、災害復旧工事やトンネル切羽作業などの「危険作業対策」、熱中症やアスベスト対策などの「有害業務対策」及び苦渋反復作業の解消や心身の健康確保対策などの「職場環境改善・メンタル

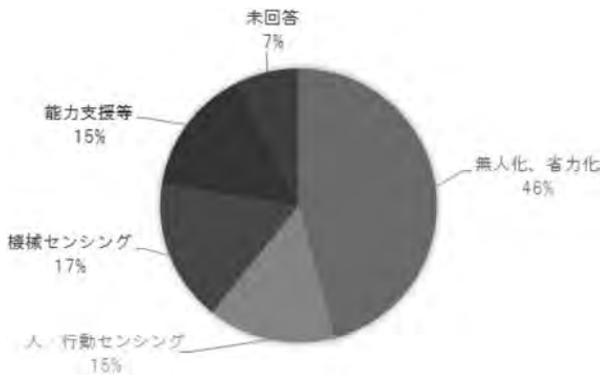


図-4 ICT活用分類割合

ICTの活用により本質安全化に適用した対策

※データベース掲載に向け収集した事例より

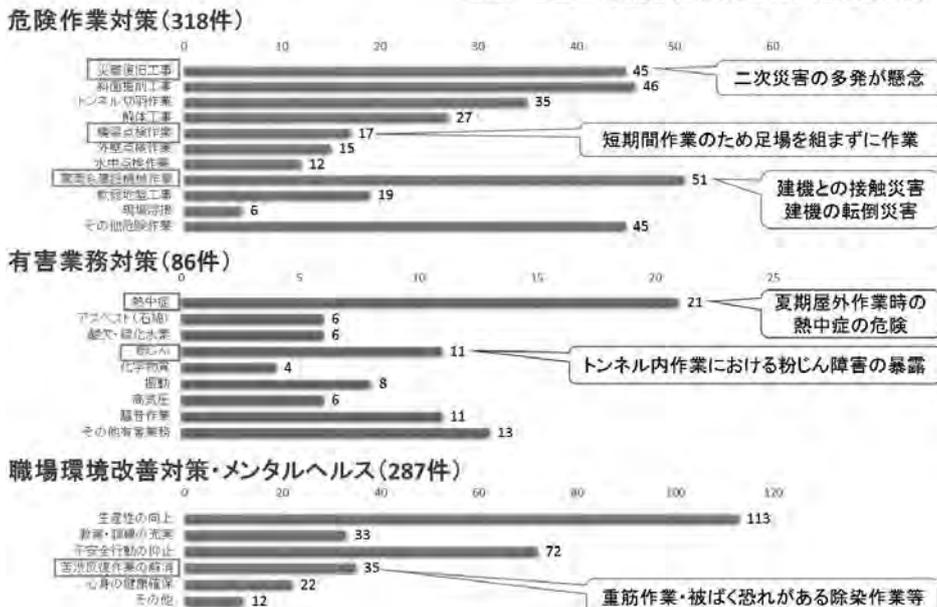


図-5 ICT本質安全化別割合

ヘルス対策」の3つに分類している。この3分類は、それぞれ11、9及び6の小分類に分けている。

なお、小分類別の件数は図—5のとおりであるが、一つの事例で複数の対策に対応するので、総数は合わない。

⑤カテゴリ-5〈ICT 関連〉

このカテゴリは、ICT そのものの種別をカテゴリライズしたもので、AI、タブレット、スマートフォンや建設機械など10項目に分類している。

(2) ICT 研究開発事例の収集

次に、本データベースでは、ユーザーサイドからの活用事例だけでなく、メーカーサイドからのICTを研究開発した事例も収集しており、建設現場で実際に使用できるものとして28事例（2020年1月時点）を掲載している。

なお、このサイトは、今後前記「ICT活用事例」のサイトと同様にカテゴリライズしてユーザーに利用しやすい体裁とする予定である。

(3) 研究開発が望まれる ICT 情報の収集

本データベースでは、ユーザーからのICT活用状況及びメーカーからのICT開発状況を掲載しているほか、「研究開発が望まれるICT」というサイトを設け、ユーザー（建設事業者）からのメーカーに対するICT開発に関する要望等を掲載しており、メーカーのICTの技術開発に資することとしている。このサイトは「製造者側に開発/改良を期待する技術」と「利用したい技術」の2つのカテゴリに分けており、それぞれ、前記(1)の①と同様、「無人化・省力化」、「人・行動センシング」、「機械センシング」、「能力支援」及び「その他」の5つに分けて記載している。

(4) 成長型データベースシステム

前記(1)から(3)のデータベースの項目はそれぞれ単独で活用できるものであるが、それぞれが有機的に結びついている。すなわち、「ICT活用事例」では、ICT活用の効果や残留リスクの情報のほかに改善を求める情報も収集することとしており、併せて、研究開発が望まれるICTについては単独でアンケート方式でその情報を収集することにより、建設事業者のICTに関するニーズを「研究開発が望まれるICT」としてICTメーカーによる技術開発を誘導させる仕組みとしている。

つまり、本データベースは、図—6のようにICT活用事例及び新たに開発されたICT技術情報を随時更新掲載するとともに、労働災害防止に資するICT



図—6 成長型 ICT 活用データベース

技術ニーズを示し、それに合わせた新たな技術開発を促すという成長型システムである。

5. 建設工事の各段階における具体的 ICT 活用例

建設現場で利用できるICTは様々なものがあり、例えばi-ConstructionでのICT土工（ドローンで計測した地山の3次元データ等によりICT建機が自動制御で施工する）のように発注、施工計画段階で選定していなければ現実的には活用が困難なものある一方で、車両積載カメラ技術のように現場での施工段階であってもその装着が可能なものがある等、ICTの種類によりその選定活用時期がさまざまである。

そこで、建設物の発注から、施工、運用、解体までの一連の建設工事の流れの中で、どのようなICTがどのような段階で活用可能か、一例を図—7に示す。

6. データベースへの掲載、変更、見直し

本データベースでは、建設工事における労働災害防止につながるICTを現場で活用した事例及び研究開発した事例について、審査・登録されたものを掲載しているが、掲載にあたっては、建災防内に設けた第三者による審査委員会において図—8の要領で審査を行っている。

審査委員会では、建災防ホームページ上に掲載している申請様式により申請された事例について、次の点について審査を行い、総合的に判断して、データベース掲載の採否を決定している。

- 活用事例にあつては、申請内容がデータベース利用者にとって労働災害防止のために参考となるか
- 研究開発事例にあつては、労働災害防止に資する内容であるか

また、本データベースでは、ICT活用により建設

工事における労働災害防止に資する事例を収集・整理し、危険有害業務の低減や、作業負荷の軽減につなげることが目的であることから、実際には利用されなくなり、陳腐化したような技術については随時見直しを行い、審査委員会の審議を経て変更・削除することとしている。

7. 今後の調査研究の方向

今後、ICTは5G、AIの進展により、その対象がま

ずます拡大し、その技術は急速に進化するといわれているが、我々が軸足を置いている建設現場の安全衛生の分野においても、その動向をしっかりと把握していないと、これまで収集・活用しているICT技術も時間の経過とともに陳腐化する可能性がある。

そこで、本データベースでは、6.で述べたように、常に新たなICT情報を収集するとともに、掲載済みの事例についても随時見直しを図り、情報のアップデートを行っていくこととしている。そして、4.(4)で述べたようにユーザーである施工者のニーズを把握



図-7 ICT 具体的選定・活用方法



図-8 ICT 活用データベース申請審査手順

し、そのニーズに対応した新たな ICT 技術の開発をメーカーに促し、その開発された技術を実際に活用した施工者の情報を再び掲載し、その情報の水平展開とともに、更なる開発を促すという成長型の取組を継続して行うこととしている。

一方でこうしたデータベースの定常的運営のほか、労働災害防止のための ICT 技術の発展と建設業の労働安全衛生の向上に資するため、現在次のような調査研究に取り組んでいる。

(1) 労働災害事例と ICT 活用分類の整理

自然災害発生に伴う災害復旧工事等において実際に発生した労働災害に関して、通常的安全衛生対策だけでなく無人化施工等の ICT を活用して本質安全化を図っていたのなら当該労働災害を防げていたかもしれない事例を編集・整理し、ICT 活用の一層の促進を図る検討を進めている。

具体的には、災害事例と上記 4. の ICT 活用のカテゴリー分類のマトリックスを作成し、災害事例から学ぶ ICT 対策を検索できるシステムとする作業を進めている。

(2) VR を活用した労働安全衛生教育の普及と深化

最近、産業界において、VR を活用した安全衛生教育を行う事業者が増えており、建設業においても同様に、新規入職者等に対する VR 安全衛生教育を行っている事業者は多くなっている。また、HMD（ヘッドマウントディスプレイ）の小型化、高性能化、省力化、低価格化等によりその普及は今後もさらに進むと予想されている。

一方で、建設業においてはその活用は主に危険体感教育であるが、そのコンテンツについては、網羅的に把握し整理された資料は存在しない。

そこで、建設工事現場において活用されている VR 安全衛生教育事例を収集し、次の項目別に整理し、その普及をますます促進するとともに、コンテンツが不足している対象（想定する災害の種類等）の開発を促進することとしている。

〈収集する項目〉

対象工事、VR 等の種類（VR、AR、MR 等）、HMD の種類（PC タイプ、一体型タイプ、スマートフォン等）、映像（実写、合成等）、対象災害（墜落・転落、転倒、飛来・落下、崩壊、倒壊等）、教育区分（社員教育、職長教育、送り出し教育、新規入場者教育等）、対象者（若年者、高齢者、職長・管理者等）及び効果や課題等

8. VR 安全衛生教育とレジリエンス力向上

ここで、ICT 活用の調査研究において、VR 安全衛生教育を特に重点的に検討する背景について述べる。

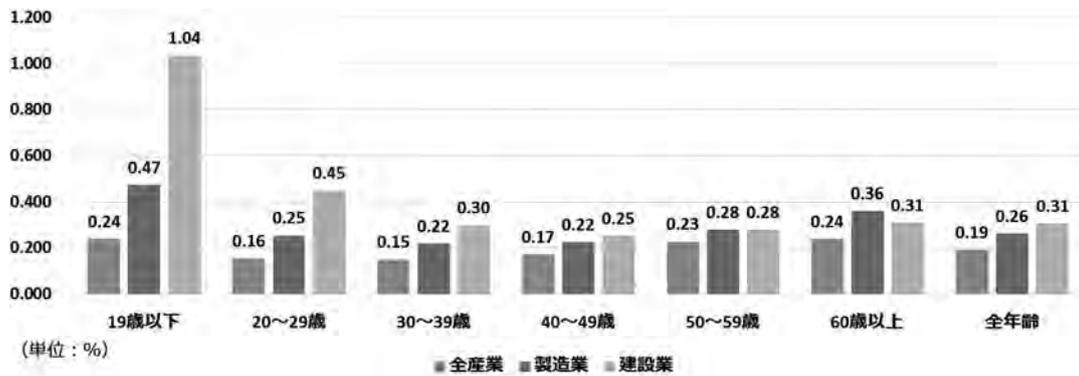
建災防では、建設業のメンタルヘルス対策について、2015 年 12 月より調査研究を行っており、その成果の一つとして、「建災防方式健康 KY と無記名ストレスチェック」及び同結果に基づくリスクアセスメントを活用した職場環境改善手法を開発した。この調査研究過程でメンタルヘルス不調が労働災害につながる発生機序について精神医学上の知見を提示し、さらにこの知見を補強すべく、ヒヤリハットを災害の疑似体験であると位置づけて、その実態調査を 2018 年に実施した。その結果、高ストレス反応者および不眠症状者は、そうでない者と比較して、ヒヤリハット体験をするリスクが 1.2 倍～2.0 倍程度高いこと等が明らかとなり、建設現場の労働災害を防止するにはメンタルヘルス対策が必要不可欠であることが統計学上からも証明された。

一方、この調査結果から過去 1 年間で労災につながるようなヒヤリハットを体験した者の割合は 58.2%にも達していることが明らかとなった。

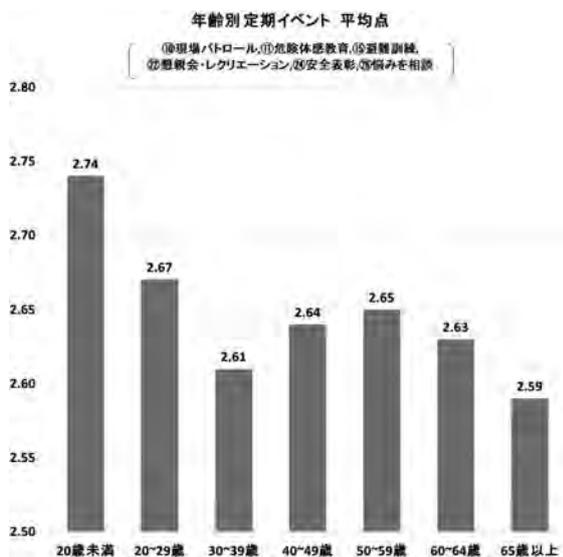
このヒヤリハットは、過去の災害事例から再発防止対策を考える Safety I の視点から見ると災害の疑似体験であるが、災害がない状態を維持するという Safety II の視点から見るとヒヤリハットは災害に至る前にリカバリーした成功体験でもあると捉えることができる。

そこで、調査対象の建設現場ではリスクアセスメント活動が活発に行われていることを鑑みると、ヒヤリハットを災害の疑似体験と位置づけその撲滅が災害の撲滅につながるという従来の安全衛生活動の考え（Safety I）だけではなく、ヒヤリハットは災害に至る前にリカバリーした事例でもある点に注目し、成功事例から学ぶ新たな安全衛生対策（Safety II）も併せて検討する必要があると判断した。これは、レジリエンス・エンジニアリング（E. Hollnagel 他）に基づく考え方であるが、建災防では、こうした観点から、ヒヤリハットが事故や災害にならず直前で回避できた背景要因や日常的安全衛生活動の寄与度等を把握するための実態調査を行い、その分析を進めているところであるが、次のような注目すべき実態が一部明らかになった。

図 9 は建設業の年齢別災害発生状況であるが、若年者の災害発生率が他産業に比べ著しく高いことが一目瞭然である。



図一〇 年齢別就業者数に占める被災労働者（休業4日以上）の割合

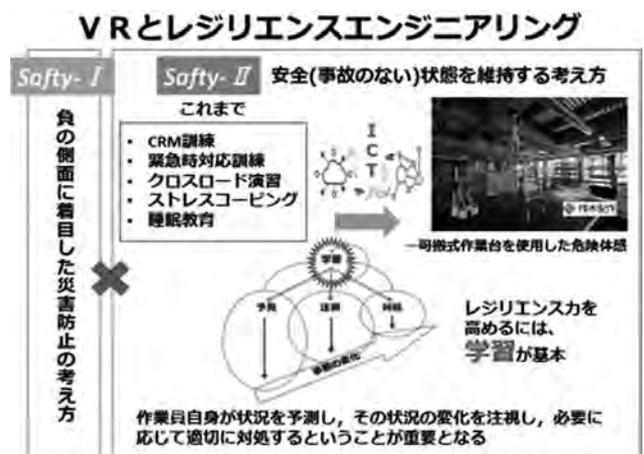


図一〇 建設工事現場のヒヤリハットに関する実態調査 (2019.4.18～5.31)

この原因としては、建設現場は、高所作業など元々災害ポテンシャルが高いうえに作業内容、環境、周囲の人間関係が日々変化し、柔軟かつ臨機応変に対応しなければならない作業環境であるところに、レジリエンス力の低い若年者が就労し、被災しているのではないかと推察される。こうした若年者が、レジリエンス力を高め、災害回避に役立つ現場での日ごろの活動は何かとの問いに対しては、他の年齢層とは異なっており、「危険体感教育」など定期イベント活動を挙げていることが今回の実態調査から明らかになった(図一〇)。

そこで、建災防では、労働災害を防止するため、リスクアセスメント等リスクを低減させる取組み(Safety- I)とともに、若年者等レジリエンス力の低い労働者に対し、レジリエンス力を高め、リスクのある状態においても安全を維持できる Safety- IIの取組みも併せて進めるためのICTの活用を検討することとした。

その一つが、VRを活用した安全衛生教育である。VRによる教育は災害等の疑似体験をリアルに実感で



図一〇 VRを活用した安全衛生教育の意義

することが可能で、危険感受性を高め、危険回避するための基礎的な能力すなわちノンテクニカルスキルを向上させ、レジリエンス力を高めることができると考えている(図一〇)。

こうした理念の下、収集整理した事例等は、データベース上で公開し、メーカーのVR安全衛生教育の開発及びユーザーの利活用の促進を図り、建設業の労働災害の防止に資することとしている。

JCMA

《参 考》

建設業労働災害防止協会 「労働災害防止のためのICT活用データベース」



【筆者紹介】
 本山 謙治 (もとやま けんじ)
 建設業労働災害防止協会
 技術管理部長

ドラグ・ショベルの斜面降下時における 進行方向の違いと機体の安定性の関係

堀 智 仁

ドラグ・ショベルが斜面を走行中に転倒し、運転者や機械周辺にいた作業者が死亡する災害がたびたび発生している。筆者らは、これまで小型のドラグ・ショベル模型を用いて遠心場走行実験を行い、斜面降下時の不安定性について検証を行ってきた。その結果、機体の安定度よりも緩い勾配の斜面においても転倒することや、斜面を前進で降下する場合と後進で降下する場合で安定性が大きく異なることがわかった。本稿では、ドラグ・ショベルによる災害動向を整理して示すとともに、ドラグ・ショベル模型を用いて行った斜面降下実験について述べる。

キーワード：労働災害、死亡災害、掘削用機械、斜面、転倒

1. はじめに

ドラグ・ショベルが斜面等を走行中に転倒し、運転者や機械の周辺で作業していた労働者が死亡する災害が後を絶たない。過去に発生した災害を分析すると、機械の転倒が生じるとされる角度（以下、安定度という）よりも緩い斜面を走行中に転倒した事例も見受けられた¹⁾。本稿では、ドラグ・ショベルによる死亡災害の分析結果を紹介するとともに、ドラグ・ショベル模型を用いた斜面降下実験の一例を述べる。

2. ドラグ・ショベルによる労働災害

ドラグ・ショベルによる労働災害の概要を把握するため、死亡災害の分析を行った。解析に使用したデータは、厚生労働省の「職場のあんぜんサイト」²⁾に掲載されている死亡災害のうち、直近の3年（H27～H29）のデータである。図-1に各年の「事故の型」別の災害発生状況を示す。「事故の型」別の災害発生状況を見ると、「激突され」、「墜落、転落」、「はさまれ、巻き込まれ」、「転倒」の4つの事故の型で全体の8割を占めていることがわかる。なお、当該期間の建設業における死亡災害は944人（平均314.7人/年）であり、ドラグ・ショベルによる死亡災害は84人（平均28人/年）であった。したがって、ドラグ・ショベルによる死亡災害は建設業におけるその約10%を占めている。

「事故の型」からは具体的にどのような災害が多く

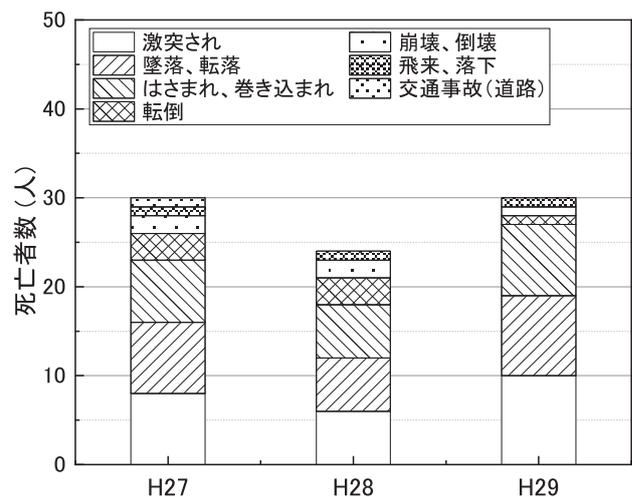


図-1 「事故の型」別災害発生状況

発生しているのかが不明確であるため、本研究では、災害発生時の作業別に分類して結果をとりまとめた。災害発生時の作業別の死亡者数を表-1に示す。この結果から、クレーン作業時に発生した事例は24人（28.6%）で最も多いことが分かる。次いで、機械後退時に轢かれた事例が12人（14.3%）、機械の旋回時に機械と構造物等の間に挟まれて被災した事例が10人（11.9%）、機械の積み込み、積み下ろし中に、登坂用具等から機械が逸脱して機械と共に転落して死亡した事例が8人（9.5%）、斜面等走行中に機械とともに転落した事例が同じく8人（9.5%）であった。斜面から転落した事例は全体の9.5%であるが、転倒時に運転者を保護する構造（ROPS, TOPS）を有している機械が広く普及しているため、実際にはより多く

表一 災害発生時の作業別の死者数

主な災害発生時の作業	死者数 (人)	割合 (%)
クレーン作業時	24	28.6
機械移動時（機械に轢かれた）	12	14.3
旋回時（機械とその他に挟まれた）	10	11.9
機械の積み込み、積み下ろし作業時	8	9.5
機械移動時（斜面等から転落した）	8	9.5
機械移動時（地山等の崩壊に伴い転落）	6	7.1
その他（機械の誤操作）	2	2.4
その他（バケットに激突された）	6	7.1
その他（分類不能）	8	9.5
合計	84	

の転倒災害が発生していると推察される。

3. 遠心模型実験

(1) 遠心模型実験の概要

(a) 模型の概要

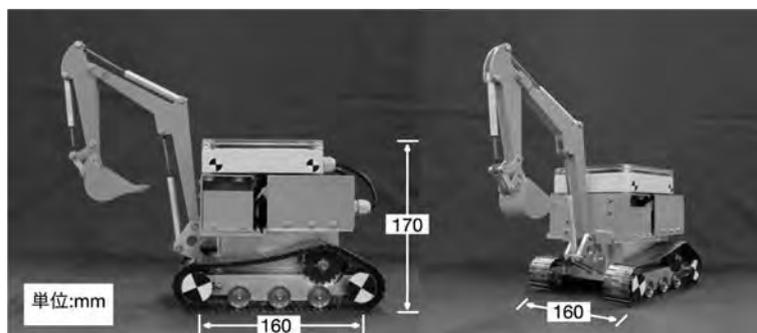
ドラグ・ショベルの転倒災害を実機で再現することは安全上の問題により実施が困難である。そのため本研究では、ドラグ・ショベルの小型模型を製作して、遠心模型実験により転倒現象を再現した。遠心模型実験とは、遠心加速度を付与できる実験装置に幾何学的

に縮小された $1/n$ の小型模型を取り付け、 n 倍の遠心加速度が作用している場で小型模型の挙動を調べる実験である³⁾。例えば、 $1/10$ スケールで作製した模型を用いる場合、 $10G$ の遠心加速度を付与することで実機の挙動を再現することが可能となる。

ドラグ・ショベルによる転倒災害の調査結果から、比較的小型の機種で災害が多いため¹⁾、小型の機種の模型を製作することとした。図一2に製作した小型模型を示し、表一2に実機と模型の諸元の比較を示す。模型は $1/10$ スケールで設計し、実機の重心位置と等しくなるよう、モーターや減速機、およびバッテリー等を配置した。しかしながら、実機の前方安定度が 42.2 度であるのに対して、模型の前方安定度は 49.4 度であった。すなわち、模型は実機に比べて安定性が高く転倒しにくいものであった。このように安定度に差はあるものの、模型実験の結果を相対的に比較することで斜面降下時の不安定性の評価が可能となる。

(b) 実験の概要

実験の概要を図一3に示す。遠心場走行実験は、 $10G$ 場の遠心場において模型を天端（盛土の上部）から走行させて斜面を降下させるものである。模型地盤は関東ロームを締め固めて、3種類の傾斜（ 20 、 25 、 30 度）を有する模型地盤を作製した。進行方向

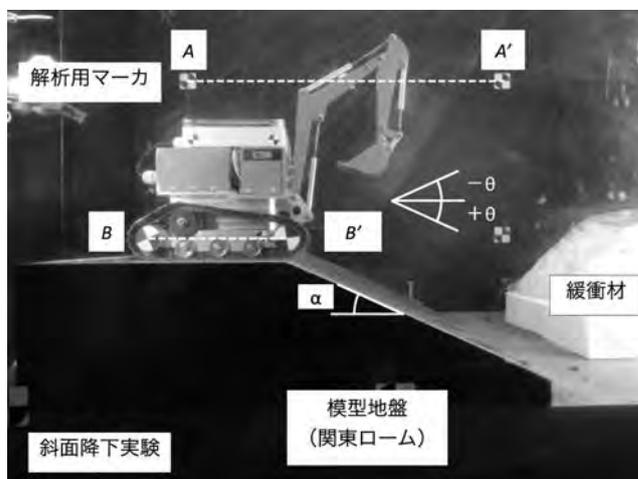


図一2 ドラグ・ショベル模型

表一2 実機および模型の諸元

重心距離*	実機		模型	
	水平 x(m)	鉛直 y(m)	水平 x(m)	鉛直 y(m)
	0.24	0.81	0.01	0.06
総重量	46.16 kN		38.6 N (10 G 場では 385.8 N)	
平均接地圧	40.4 kPa		40.2 kPa (10G 場)	
安定度	前方	後方	前方	後方
	42.2 度	57.3 度	49.4 度	56.3 度

*水平方向の重心位置は前輪の車輪中心を基準として後方を+で表示している。鉛直方向は履帯底面を基準としている。



図一3 遠心模型実験の概要

の違いが機体の不安定性に与える影響を調べるために、前進で降下する条件（以下、前進降下という）と、後進で降下する条件（以下、後進降下という）で実験を行った。計測については、高速度カメラで撮影した動画を画像解析して模型の挙動を求めた。解析では、実験容器の壁面に設置した二つの解析用マーカを結ぶ線 $A-A'$ と、模型の車軸部分に設置した $B-B'$ とのなす角 θ を求めた。本研究では、 θ を機体傾斜角と定義した。 θ の極性は図に示すとおり、機体が前方に傾斜する方向をプラスとした。

(2) 実験結果

機体傾斜角 θ と角速度 ω の関係を図-4 に示す。図中に示したデータは斜面傾斜角 $\alpha = 30$ 度、走行速度 $V = 0.03$ m/s の条件である。この図は、同じ θ で ω を比較した場合、 ω が大きい方が回転運動エネルギーが大きく、より不安定であることを意味している。前進降下と後進降下の結果を比較すると $\theta < 13$ 度の範囲では両者に差は見られないが、 $\theta > 13$ 度では前進降下の方が ω がやや大きくなっている。 ω の最大値を比較すると、前進降下は 25.5 度/s に対して、後進降下は 20.7 度/s であり、前進降下の ω が約 2 割高い。すなわち、前進降下の方が回転運動エネルギーが大きく、機体は不安定化している。また、当該実験では、前進降下条件で模型が転倒したのに対して、後進降下条件では模型は転倒せずに斜面を降下することができた。このことから、斜面降下時の機械の進行方向の違いによって安定性が大きく異なることや、機体の安定度 (49.4 度) よりも緩い勾配の斜面においても転倒することがわかった。なお、遠心模型実験のその他の結果については既報⁴⁾ を参照されたい。

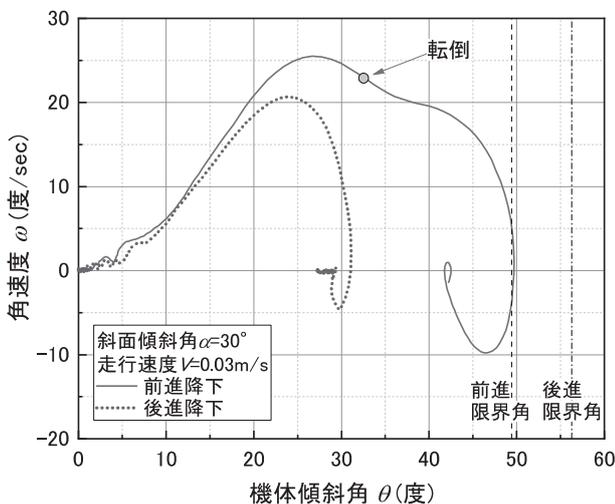


図-4 遠心模型実験の概要

(3) 実験のモデル化と不安定要因の検討

斜面降下時の機械の進行方向の違いが機体の安定性に与える影響を検討するため実験をモデル化した。モデル化にあたり、簡単のため模型を 1 質点剛体モデルとした。図-5 に天端および斜面上に機械が位置した際の接地圧分布の概念図を示す。ドラグ・ショベルの重心位置は旋回中心よりもやや前方にあるため、平坦な天端に機械を設置した場合、接地圧は図 (天端) に示すとおり台形状に分布する。一方、機械が天端から斜面上に移動した場合、機体の傾斜に伴い荷重の作用位置が法先側 (斜面下方) に移動する。すなわち、荷重の偏心量が増加するため、それに伴い法先側の接地圧が増加する。

次に、天端と斜面上での接地圧分布を JIS⁵⁾ に規定されている算出式により求めた。本研究では、上部旋回体の前方 (運転者から見て前方) の接地圧を P_F 、後方の接地圧を P_B と定義した。図-6 に斜面傾斜角 α と接地圧 P_F および P_B の関係を示す。図中には、 α を 1 度ずつ増加させて算出した P_F および P_B の値をそれぞれ示している。 α の増加に伴い法先側の P (塗りつぶし) が増加していることがわかる。一方、法肩側の P (白抜き) は α の増加に伴って減少し、前進降下では $\alpha = 16$ 度で P_B がゼロになり、後進降下では $\alpha = 32$ 度で P_B がゼロになることがわかる。すなわち、接地圧が台形分布から三角形分布に移行する。遠心模型実験 ($\alpha = 30$ 度) における斜面上の法先側の P (最大接地圧) の値を比較すると、前進降下では $P_F = 140.0$ kN/m² であるのに対して、後進降下では $P_B = 89.3$ kN/m² であった。このことから、前進降下時に

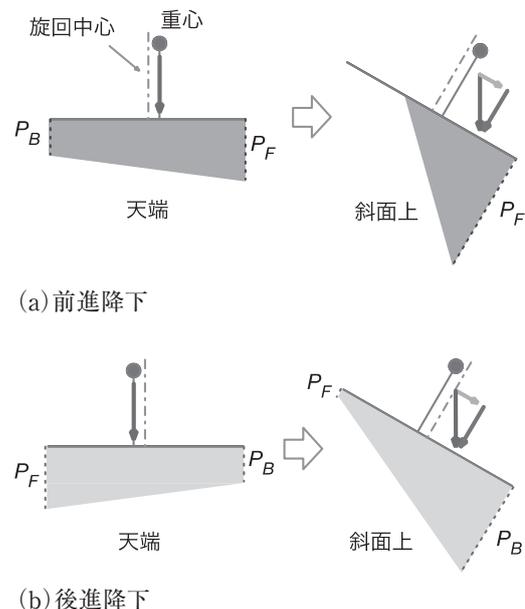
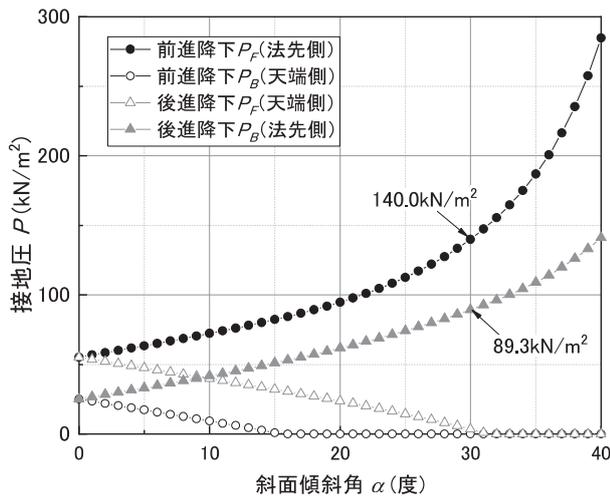
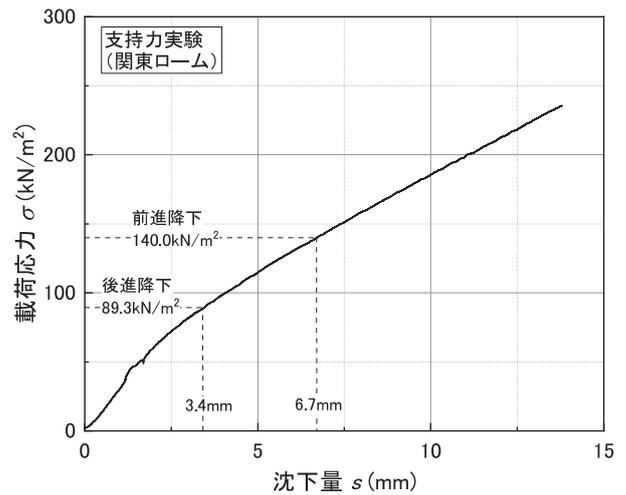


図-5 天端および斜面上での接地圧分布



図一六 斜面傾斜角 α と接地圧 P の関係



図一七 模型地盤 (関東ローム) の支持力特性

は後進降下時の約 1.6 倍の接地圧が生じることがわかる。

次に、最大接地圧によって発生する沈下量を推定するため、遠心模型実験終了後に模型地盤に対して支持力実験を行い、載荷応力 σ と沈下量 s の関係を求めた。実験では模型の履帯と同じ幅である 30 mm 角の載荷板を用いて変位制御 (1 mm/分) で荷重を与えた。図一七に σ と s の関係を示す。斜面上において最大接地圧が作用した際に発生する沈下量を推定した結果、前進降下では 6.7 mm、後進降下では 3.4 mm であり、これに伴う傾斜角の増分が前進降下で 2.4 度、後進降下で 1.2 度となる。なお、推定される沈下量やそれに伴う傾斜角の増分は、あくまでも斜面上に模型が静的に設置された状態での値である。実際には模型が天端から斜面上に移動する際に回転運動を伴うため、より大きな接地圧が作用すると考えられる。

以上の結果から、ドラグ・ショベルが斜面を降下する場合、斜面上における機械の上部旋回体の向きの違いにより、接地圧の分布形状やそれに伴う沈下量が異なることがわかった。特に、斜面を前進で降下する際には、荷重が法先側に集中して作用するため、機体が不安定化するとともに地表面には大きな沈下が発生するため、後進で降下する場合に比べ転倒のリスクが高いことがわかった。

4. おわりに

斜面降下時の機械の進行方向の違いが機体の安定性に与える影響について遠心模型実験により検討を行っ

た。その結果、斜面上の機械の上部旋回体の方向の違いにより接地圧の分布形状が異なり、特に、前進により斜面を降下する場合には接地圧が法先側に集中して作用するため、機体が著しく不安定化すると同時に地表面には大きな接地圧が作用することがわかった。このことから、斜面を降下する際には後進で斜面を降下した方が安全であることが明らかになった。しかしながら、後進で斜面を降下する場合、視界が悪いため機械周辺の労働者を轢く等の新たなリスクが発生するため、慎重に議論を重ねる必要があると考える。

JCMMA

《参考文献》

- 1) 吉川直孝, 伊藤和也, 堀智仁, 清水尚憲, 濱島京子, 梅崎重夫, 豊澤康男: ドラグ・ショベルに係る死亡災害の詳細分析と再発防止対策の検討, 土木学会論文集 F6 (安全問題), vol.70, No.2, I_107-I_115, 2014.
- 2) 厚生労働省: 職場のあんぜんサイト, <http://anzeninfo.mhlw.go.jp>.
- 3) 岡村未対, 竹村次朗, 上野勝利: 遠心模型実験—実験技術と実務への適用—: 2. 遠心模型の相似則, 実験技術—利点と限界, 土と基礎, No.52, vol.52, pp.37-44, 2004.
- 4) 堀智仁, 玉手聡: ドラグ・ショベルの斜面等走行時の不安定性に関する基礎的検討, 土木学会平成 28 年度全国大会, 第 71 回年次学術講演会講演概要集, pp.103-104, 2016.
- 5) (一社) 日本規格協会: JIS A 8509-1:2007 「基礎工用機械 - 安全 - 第一部: 杭打ち機の要求事項」, pp.20-33, 2007.

〔筆者紹介〕

堀 智仁 (ほり ともひと)

(株)労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所
建設安全研究グループ
主任研究員



重機の緊急停止システムと新しい安全の概念 「Safety2.0」

協調安全で重機災害ゼロを目指す「WS システム」

相田 尚・梶原 寛・立花 洋平

人と機械と周辺環境が協調することで生産性を落とすことなく安全性を向上させる「協調安全」、そしてそれを概念とする Safety2.0。ICT の進歩により従来の安全装置が持つ課題が解決され、新しい安全の時代となった。2014 年から運用を開始した重機の緊急停止システム「WS システム」（以下、本システム）は、人と機械が協調安全という概念で共存する「Safety2.0」の適合第 1 号として登録された。新しい安全技術の先駆けとなった本システムの概要、および Safety2.0 適合の効果、有効性を本稿にて紹介する。

キーワード：協調安全、人、機械、環境、共存

1. はじめに

高度成長期時代に建設された社会インフラ（橋梁、トンネル等）は建設から約 50 年を迎えており、補修や予防保全のための修繕の時代を迎えている。それらに付随する道路舗装もインフラと同様に修繕工事が主であり、今日発注されている道路舗装工事の大半が修繕工事であるという現実がある。

この道路修繕工事は、走行する一般車両のすぐ傍らである狭隘な環境の中で人と重機が混在して作業を行うため、重機に起因する轢過事故などの重篤災害が発生してしまう。また、アスファルト舗装用の混合物を製造するアスファルトプラントでは、材料を供給するホイールローダが頻繁に前後進作業を行っており、材料搬出入車両との衝突や車外に出た運転手を轢過するケースも発生している。このような状況に対応すべく、現在に至るまで安全装置を自社開発し、重機に設置するなどして対応してきた。

本稿では 2014 年から展開している重機の緊急停止システムの概要と、協調安全という新しい安全の概念「Safety2.0」の取り組みについて概要を紹介する。

2. 従来の安全装置の課題の整理

安全装置は過去の事故の教訓と、センサー技術の進歩によって成り立って来たと考えられる。前述したように道路舗装工事は、通行車両が隣接する狭隘な環境の中で人と重機が混在して作業を行っているため、このような環境の中で工事の作業性を損なわずに安全対

策を実施することは、その安全装置に正確さと信頼性が要求される。

これまでも様々な安全対策機器が開発・運用されてきたが、機器の陳腐化、誤検知による機器の信頼性低下、機器の頻繁な電池交換による煩わしさなどにより、長く運用されるものは少なかった。表—1 にこの課題を整理し列挙する。

3. 開発コンセプト

表—1 で挙げた課題を解決すべく、以下の三つを開発コンセプトとして取り組んだ。

- ① 知らせる装置から止める装置へ
 - ② 頻繁な充電は必要としない
 - ③ レンタル／リース機にも簡単に取り付けられる
- 近年のセンサー技術は日進月歩であり、前述した「正

表—1 従来の安全装置の課題

分類	課題
誤検知	警報に慣れてしまい、作業従事者の危険に対する認識が低下する
外部警報不可	住宅近くの夜間工事では警報音が騒音苦情の対象となり、警報を発音することができない
認知、判断	重機オペレータが警報に気づいてから停止動作を行うまでにタイムラグがある
陳腐化、煩わしさ	音や振動による個別警報装置は、頻繁な充電が必要である
汎用性	現場で使用する重機の大半がレンタル／リース機械であり、改造を伴う警報装置の取り付けは困難である

確さ」と「信頼性」そして「取扱いやすさ」を満足させるものが生み出されている。これらセンサーとアクチュエータを組み合わせることにより「止める」まで実施できると考え、緊急停止装置の開発に踏み切った。

緊急停止装置の対象とする重機は社内事故の調査結果およびヒアリングから、舗装工事現場で使用する比較的速の速いタイヤローラと、アスファルトプラントで重大災害が起りやすいホイールローダの2機種を選定した。

4. WSS-TR (タイヤローラの緊急停止装置)

タイヤローラは舗装工事における汎用機械でレンタル/リースでの運用がほとんどであり、その機械本体を改造することなく後付けで対応できることをコンセプトとして開発を実施した。センサーとしては信頼性が高く、電池寿命が長いセミアクティブ方式ICタグ(写真-1)と磁界によるRFID方式を採用した。

タイヤローラの緊急停止方法については、後進作業時にタイヤローラ後方に形成された合成磁界エリア内(図-1)にICタグを所持した人物が侵入すると、そ



写真-1 ヘルメットの内側に取り付けられたICタグ

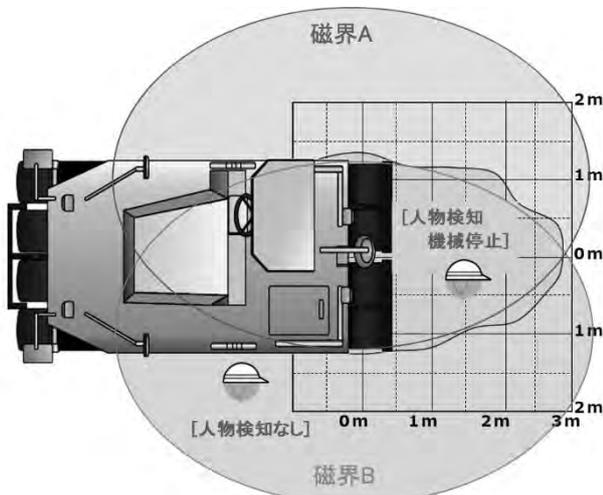


図-1 合成磁界エリア

の検知信号によりアクチュエータ(キー回転装置)が作動しエンジンを自動で停止させ、ネガティブブレーキによりタイヤローラを停止させるものである(写真-2)¹⁾。

5. WSS-WL(ホイールローダの緊急停止装置)

アスファルトプラントでのホイールローダの接触事故は、材料の搬出入車両や車外に出た運転手とのケースも多い。当初、タイヤローラと同様のRFID方式を検討したが、ICタグの配布やその検出など運用上の課題が見られたことから採用を見送った。

緊急停止方法に関してもタイヤローラ同様の方法を検討したが、その機構の違いから急激に停止しオペレータに負担が掛かることから採用を見送った。

上記を踏まえ、センサーには検知物を持たせずに人、モノを検知できアラート周知ができるステレオカメラ装置(写真-3)を採用し、緊急停止方法については、ホイールローダ本体を改造することなく安全に停止させる方法として、電動シリンダでフットブレーキを作動させる方法を採用した(写真-4)。これに



写真-2 キー回転装置



写真-3 ステレオカメラ装置



写真一 電動シリンダ取り付け状況



図一 安全技術の流れと安全領域

よりホイールローダにおいても後進作業時に人物を検知し、緊急停止させることが可能となった¹⁾。

6. Safety2.0 とは

近年、安全の分野において一般社団法人セーフティグローバル推進機構（以下、IGSAP）が提唱する Safety2.0 が注目されている。これは ICT・IoT 技術、センサー技術、AI、クラウド技術などの進歩により人と機械が共存し、その安全を技術、人、組織が統合・協調して守る「協調安全」という新しい安全の技術である。

人の注意力に頼り、「自分の身は自分で守る」を基本とした生産主義的な Safety0.0、人の注意力と、機械技術、機械安全で危険リスクを削減し、生産性は低下するが人と機械を隔離し安全を確保する Safety1.0、そして現代は人と機械が共存し、生産性と安全性を両立できる Safety2.0 の時代であると言われている。図一2に人、機械、共存領域の関係を示す²⁾。

7. Safety2.0 適合審査登録制度と本システム

本システムは社内技術として開発し運用を図っていたが、安全に関する装置であり、その運用面も含めて完成度を高めたいという考えがあった。このような状況のもと、Safety2.0 の概念である協調安全の考え方が本システムの開発思想に近いと気づいたことから、専門家の目を見た評価を受けることでシステムの有効性を高めることができると考え、Safety2.0 の適合認証を目指した。適合審査を受けた結果、2018年2月28日に適合認証され、本システムが Safety2.0 の考え



写真一 5 Safety2.0 適合証明書と適合マーク

方に合致していることが証明された（写真一5）。

適合審査を通じ、システムの信頼性が一番重要であるということが改めて確認された。機械の使用前における始業前点検はもとより数か月毎の担当者による定期点検、運用マニュアルの整備も信頼性の向上につながっている。運用時には、「信頼性におけるシステムでも機械は壊れるものであり、点検ミス、整備不良があっては、システムは正常に作動しない」ということを現場導入教育の際に強調して指導している。

8. 本システムの改良

Safety2.0 適合認証の有効期間は3年間であり、その間に1年ごとのサーベイランス(中間審査)がある。内容としては1年間の運用状況や装置の状況（不具合とその対応、新規対応など）、適合審査時指摘事項の対応状況などを、IGSAP 職員立会いの下で審査を受けるものである。1年間の現場運用においていくつかの課題が見つかり、それに対する対応を実施してきた。その対応状況について以下に述べる。

(1) WSS-TR の改良 (エンジン停止方法の変更)

WSS-TR を現場運用していく中で、エンジンを停止するためのキー回転装置の不具合報告を受けるようになった。キーシリンダが劣化し回転が渋くなり装置ではキーを回転できない車両や、モデルチェンジによってキーシリンダ周辺の形状が変わり装置を物理的に設置できない車両、メカニカルな機構を持つためキー回転装置自体が故障した例などの報告があがった。

これに対応すべく、電氣的にエンジンを停止させるリレー装置を開発し対応することとした。キーシリンダに接続される配線部に開発したリレー装置を介入させることにより、本体を改造することなくエンジンを停止することができる。これによって、開発当初のコンセプトはそのままで改良を施すことができた。

(2) WSS-WL の改良 (RFID 方式の採用)

関係会社から WSS-WL を使用したいという要望があり、その会社で使用するホイールローダへシステムを設置したところ、特殊な作業環境からステレオカメラでは人物検知が困難であるという報告を受けた。この現場は閉鎖された空間での作業であり、人物検知をメインにすることから、WSS-TR で実績のある RFID 方式を採用することとした (図-3)。そのほかに現場の意見を組み入れて、従来、オペレータ側にだけ周知されていた警告発報装置を外部にも設置し、周囲にいる作業従事者にも警告を促すようにして対応した (写真-6)。

これら新規に対応した案件もサーベイランスの対象となり、対応状況報告、架装マニュアルの整備、点検マニュアルの整備などの対応を行った。

9. 本システムの今後

2014 年に本システムを開発し、今日まで現場運用してきた中で、現場側から様々な意見・要望があがってきた。機械を止めるという対応であれば、前述のようにセンサーとアクチュエータを組み合わせることにより対応できることが分かったが、運用・展開まで考慮すると「コスト」も選択肢の一つとして必須条件となる。実際に開発当初は高価で導入できなかったセンサーなどが、現在は安価で入手できるようになっていることから、今後は更なるバージョンアップが可能になると考える。近々では、ミリ波レーダーや複数のセンサーを組み合わせた制御機器などを試用予定である。

車両用本システムの派生として、アスファルトプラ

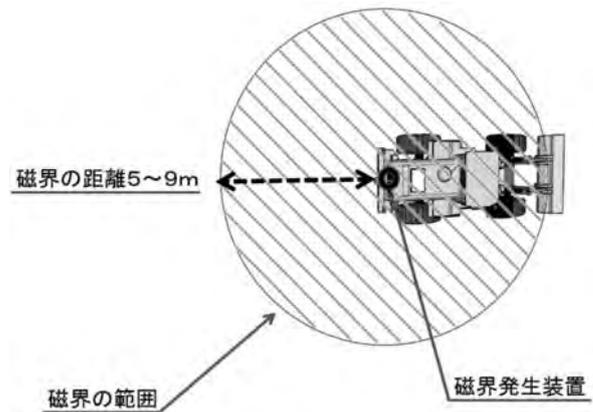


図-3 RFID 型ホイールローダの磁界エリア



写真-6 磁界発生装置と外部警告発報装置を取り付けたホイールローダ

ントの作業従事者を対象とした「WSS-AP」も 2017 年に開発し、試験運用している。これは GNSS とビーコンを利用したハイブリット型 IC タグによる作業従事者の位置情報を活用した、作業従事者を見守るシステムである (図-4)。アスファルトプラントは重機に比べて、可動部および回転部などがはるかに多く、巻き込まれると重篤災害に陥る確率が高い。そのため点検や修理作業など非定常時作業への対応や、立ち入り禁止区域や事故の起こる可能性が高い箇所での作業時に、作業従事者がどこで作業をしているかを見える化し、重篤災害を未然に防ぐシステムである (写真-7)。

これら本システムで比較的多く使用されている機器が IC タグであるが、今後はこの IC タグの機能を使用した、より効果的な活用方法も検討している。IC タグには識別情報が入力できるため、その識別情報を基に機械制御を実施するというものである。例として、無資格者が重機を操作しようとしてもエンジンを掛けることができない、経験の浅い作業従事者が装置に近づくと装置の動きが遅くなるなどがある。

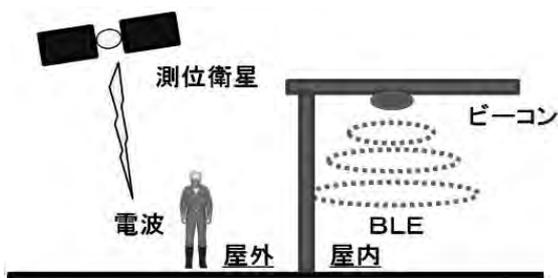


図-4 ハイブリット型ICタグのイメージ



写真-7 アスファルトプラント操作室内のモニタ

10. おわりに

2014年から展開している本システムは、仲間から被害者も加害者も出さないという強い信念のもと、ユーザーである当社が開発した技術である。その後、複数の施工会社が同様な技術を開発している。2018年からはようやく建機メーカーも独自の緊急停止システムを搭載したモデルを販売してきたことから、先駆者として一定の役割は果たせたと自負している。

重大事故を起こさないためには基本的なルールを守ることが重要であり、今日においても変わることはない。以上述べた様に、現在本システムを運用しているが、人と機械の分離は今でも現場の基本ルールの一つ

であり、指差し呼称での安全確認と共に現場作業従事者に課せられた義務である。

しかしながら人間は必ずミスを犯す、機械は壊れることもあるということを前提にリスクアセスメントを行い、そのような場合でも事故を未然に防ぐ、あるいは被害を軽減するという考え方は、人とロボットの共存が実現しようとしている現代においては必然となってくる。

IGSAPでは、協調安全（Safety2.0）の国際標準化提案に向けた取り組みを行っている。協調安全のような考え方が世界に広まり、労働災害や事故の削減に繋がっていくことを期待したい。

JCMA

《参考文献》

- 1) 相田尚：重機の緊急停止装置「WSシステム」被害者も加害者も生まない舗装現場へ、日本工業出版「建設機械」、Vol.55, No.1, pp.1-5, 2019.01
- 2) 向殿政男：Safety2.0とは何か？
隔離の安全から協調安全へ、中央労働災害防止協会, pp.32-35, 2019.05

【筆者紹介】



相田 尚（あいた ひさし）
（株）NIPPO
総合技術部 生産開発センター
センター長



梶原 覚（かじわら さとる）
（株）NIPPO
総合技術部 生産開発センター



立花 洋平（たちばな ようへい）
（株）NIPPO
総合技術部 生産開発センター

安全性を向上させたタイヤローラの運転支援装置 衝突被害軽減アシスト装置の開発

鈴木 正和

道路施工では人と機械の接触に起因する災害が多く発生しており、衝突を回避または被害軽減をアシストする機能を搭載したタイヤローラの運転支援装置を開発した。本装置は機械を停止させるだけではなく、作業性に配慮するとともに、現場での使い易さを考慮した。警告・減速・ブレーキ作動の3段階の制御で急減速を防止して施工面の異常発生を防ぎ、作業性に配慮した。更に運転者に対し液晶モニタでシステム状態とカメラ映像を表示し、周囲作業員や管理監督者に対しては回転灯やブザー音で作動状況を通知するなどの現場での使い易さを考慮した装置とした。

キーワード：道路施工，タイヤローラ，運転支援装置，液晶モニタ，回転灯

1. はじめに

全産業における死亡災害の発生件数は年々減少傾向にあり、建設業も減少しているものの、全産業に占める死亡災害の発生件数の割合は約30%と高い状態が続いている¹⁾。建設施工は建設機械を使用した屋外での作業が多く、日々作業環境も変化し、建設機械と作業員が現場内で同時に作業を行っていることなどから、災害が発生しやすい作業条件となっており、建設機械の安全性の向上が求められている。また、近年、我が国では少子高齢化による生産年齢人口の減少が続いており、特に建設業においては、技能労働者の高齢化が進み、深刻な人手不足が続いている。このため現場の労働環境の改善を図り、高齢者や初心者でも安心して作業ができるように安全性の向上とともに作業性や使い易さも考慮した機械が求められている。

2. 開発概要

(1) 背景

タイヤローラが主に使用される道路舗装工事では、アスファルトフィニッシャーによるアスファルトの敷き均し直後に作業員が端部の処理やマンホール部の段差を滑らかにする「すりつけ」施工を行っており、どうしても敷き均し後に転圧する締固め機械と作業員が接近してしまう作業環境にある。また、道路舗装工事は供用された道路での維持修繕工事が主流となり、狭い作業範囲内での工事が多く、都市部では交通開放時

間の制約の中で時間との競争で作業を進めるという業界特有の事情もあり、締固め機械による作業員との「激突され」および「はさまれ・巻き込まれ」事故が多く発生しており、事故に占める割合も高くなっている。

図—1に締固め機械の事故の型の割合を示す²⁾。



図—1 締固め機械の事故の型の割合

このような状況の中、タイヤローラにおいては、障害物を検知すると回転灯やブザー音などで運転者と周囲の作業員に危険を知らせる装置を装備し、接触による事故防止を図っている。

一方、近年は乗用車においてセンサやカメラで捉えた情報から衝突の危険を判断し、状況に応じて運転者

に危険を知らせるのみならず、自動でブレーキを作動させることで、前車への追突や歩行者への衝突を回避または被害軽減をアシストする装置の普及が進んでいることから、タイヤローラにも同様の装置の搭載を求める声が高まっている。

(2) 要求項目

タイヤローラと作業員との接触による事故を減らすため、市場からの要求である、“自動でブレーキを作動させることで、衝突を回避または被害軽減をアシストする運転支援装置”の導入を検討するにあたり、タイヤローラに求められる項目を調査した。

タイヤローラが使用される主な現場は道路工事であり、限られた時間内で作業を行っていることが多いことから、誤検知などにより装置が作動し、作業性が低下するものは受け入れられない。特に機械同士が近付いて作業を行うことが多く、頻繁に停止してしまうのではないかと懸念があった。また、アスファルト舗装の施工においては、急加速・急ブレーキ・急ハンドルを行うと施工面を傷めてしまうため、運転者はこれらの操作を避けて施工を行っており、急ブレーキにより施工面を傷めてしまうのではないかと懸念も強かった。更に、運転者が装置の状態がわかるようにして欲しい、また、現場の管理監督者が運転支援装置の作動状態を確認したいとの意見もあった。

タイヤローラの運転支援装置に求められる項目をまとめると以下となる。

- ①自動でブレーキ作動まで行い、衝突を回避または被害軽減を図る装置
- ②不必要に作動して頻繁に停止することのない装置
- ③施工面を傷めることのない停止装置
- ④装置の制御状態を運転者や周囲者に通知する機能を有する装置

(3) 開発方針

タイヤローラの運転支援装置を開発するにあたり、調査した要求項目を基に、以下の方針を進めることとした。

- ①不必要な作動および必要以上の急制動を防ぎ、安全性と作業性の両立を図る。
- ②通知機能を搭載し、運転者が安心して使用できる運転支援装置とする。
- ③本装置を追加したことにより発生する新たなリスクについて十分考慮する。

以上から、開発コンセプトは下記を設定し、開発を

推進した。

「作業効率を重視したインテリジェント機能で現場作業の安心をサポート」

3. 運転支援装置の概要

(1) 機能概要

タイヤローラの運転支援装置の機能概要を以下に示す。

(a) 運転者への運転支援機能

- ①物体検知センサにより物体を検知すると、衝突被害発生のリスク度合いにより「警告」から「減速」、「ブレーキ作動」まで3段階の運転支援を行う。
- ②液晶モニタにカメラ映像とシステムの状態を表示し、運転者の安全確認の支援を行う。

(b) 周囲作業員および管理監督者への通知機能

物体検知センサにより物体を検知し、衝突被害発生のリスクが生じた場合に黄色回転灯の点灯+ブザー音による警告を行う。また、運転支援装置が作動する状態の時に緑色回転灯を点灯する。

なお、本装置は前進側にも装着可能なシステムとしている。

(2) 構成

タイヤローラの運転支援装置の主な構成を図-2に示す。①物体検知センサ/カメラは検知した物体までの距離を測定するとともに、カメラで映像を撮影する。②モニタはカメラ映像とシステム状態などを表示し、③ブザー付回転灯は、周囲作業員および管理監督者に警告や作動状態を通知する。④解除スイッチは運転者が機能を解除するものである。⑤シートベルトリマインダはシートベルトを装着しなければ本装置が作動しない構成としており、インジケータとブザー音でシートベルトの装着を促す。

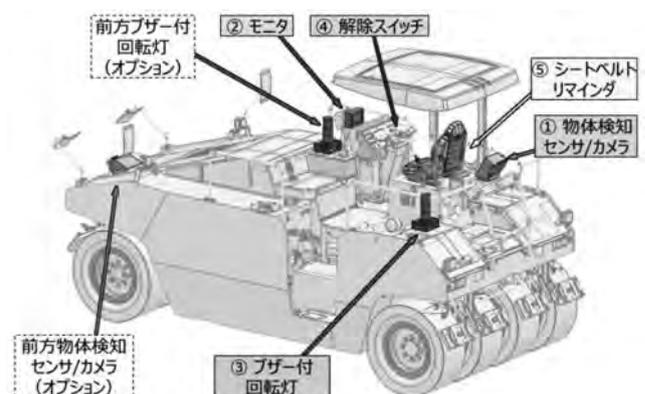


図-2 タイヤローラの運転支援装置の主な構成

(3) システム

タイヤローラの運転支援装置のシステム概要を図-3に示す。物体検知センサ/カメラからの物体までの距離情報と車体メインCUからの車速情報により、衝突被害軽減アシスト装置用CUが判断し、車体のエンジンCU、前後進ソレノイドによるHSTブレーキ、駐車ブレーキソレノイドによる駐車ブレーキの制御を行う。合わせてブザー付き回転灯で通知し、モニタにシステム状態の表示を行う。

また、上記制御は衝突被害軽減アシスト装置用CUにて、解除スイッチ、シートベルトリマインダ、車体メインCUからの入力情報を基に作動条件を判断している。

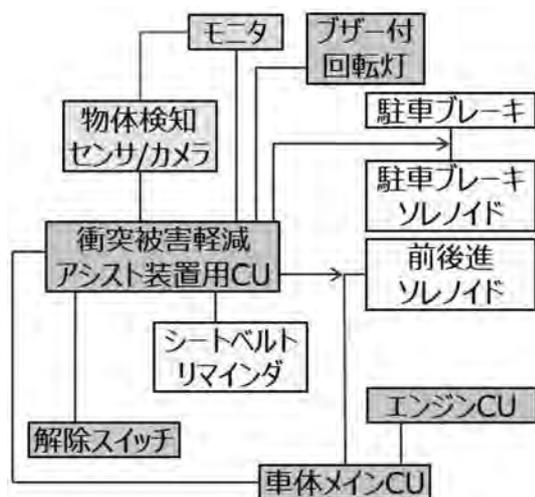


図-3 タイヤローラの運転支援装置のシステム概要

4. 運転支援機能

(1) 3段階による制御機能

物体検知センサで物体を検知すると、物体までの距離と車速から、図-4に示す制御マップにより、下記「LEVEL1」から「LEVEL3」までの制御を行う設定とした。物体までの距離だけではなく、車速を組み合わせることで制御のタイミングを判断することで、低速になるほど物体に近づくことが可能となり、不必要な作

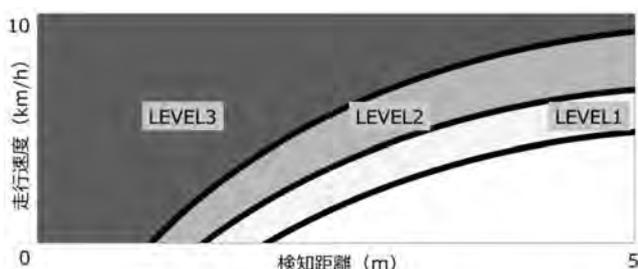


図-4 制御マップ

動を減らし、作業性を確保した。また、検知後に物体が検知範囲から外れた場合の解除方法についてもLEVELに応じた設定を行うことで、安全性と作業性の両立を図った。

① LEVEL1：警告通知

モニタへの「警告」表示+黄色回転灯+ブザー音による警告

② LEVEL2：減速制御

モニタへの「減速」表示+黄色回転灯+ブザー音による警告

③ LEVEL3：HSTブレーキによる制動制御（停止後駐車ブレーキ作動）

モニタへの「ブレーキ作動」表示+黄色回転灯+ブザー音による警告

物体までの距離と走行速度から、衝突被害が発生するリスクがあると判断すると、まずマップの「LEVEL1」ではモニタ表示および黄色回転灯とブザー音による警告を行う。物体が検知範囲から外れると「警告」は自動的に解除され、そのまま作業を継続することができる。

更に衝突被害が発生するリスクが高まると「LEVEL2」となり、エンジン回転数を自動で下げて減速を行う。車速が下がると「LEVEL3」の領域に入る物体までの検知距離も短くなり、物体がより車両に接近するまで「LEVEL3」の領域に入らない。これにより、「LEVEL3」のブレーキ作動前に運転者自らによる制動操作を促す制御としたものである。物体が検知範囲から外れ、アクセルペダルを離すと「LEVEL2」の「減速」制御は解除される。

衝突被害が発生するリスクが更に高まり、最後の「LEVEL3」の領域に達するとHSTブレーキによる制動を行い、停止後は駐車ブレーキを作動することで車両の停止を維持する。なお、前後進レバーを中立「N」に戻すと制御は解除されるが、再度走行するためには、駐車ブレーキをOFFにする必要があり、誤操作による停止後の急な再始動を防止している。

以上のように作業が一旦停止してしまう「LEVEL3」のブレーキ作動は可能な限り発生させないシステムとすることで、運転者の負担を減らすとともに作業性を確保した。また、「LEVEL2」の減速制御による緩やかな減速と、急減速しないようにマッチングを実施したHSTブレーキによる制動制御の組み合わせにより、施工面の異常発生を極力防止するシステムとした。なお、急な飛び出しなどにより、いきなり「LEVEL3」の領域に入った場合には即座にHSTブレーキによる制動制御が作動し、衝突被害の軽減を図っている。

タイヤローラの運転支援装置は自動でHSTブレーキによる制動制御まで行うものの、あくまでも運転者の運転をアシストする装置である。本装置が故障して作動しない場合があっても、運転者が日常のブレーキとして使用するサービスブレーキは通常通り使用できるように機能を切り離れた構成としており、影響を与えないシステムとしている。

(2) 通知および表示機能

本装置には専用の液晶モニタ(写真-1)を搭載し、運転者にシステム状態「正常」「起動中」「解除」「異常」を表示するとともに、ブレーキ作動時は解除方法を表示する等のガイダンス機能を持たせ、運転支援を行っている(写真-2)。また、カメラ映像の表示を行い、通常後進方向のみのカメラ映像表示としているが、前進方向の物体検知センサ/カメラを装着した場合には、前進時のみ前進方向のカメラ映像を表示させて、視界の補助を行っている。

周囲作業員や管理監督者向けに設けているブザー付回転灯(写真-3)は、下段が緑色、上段が黄色の2色の回転灯となっている。システムが作動する状態になっていると緑色回転灯が点灯する。よって、作業中

は常に点灯するものであるが、システムの起動中やシステムが解除されている時、異常発生時には消灯し、周囲に本装置が作動しない状態であることを通知する。

黄色回転灯は物体を検知し、3段階のいずれかの制御が行われると点灯し、制御が解除されるまで点灯し続ける。合わせてブザー音でも通知する。また、システムに異常が発生すると、黄色の回転灯のみが点灯し、ブザー音とともに異常を通知する。

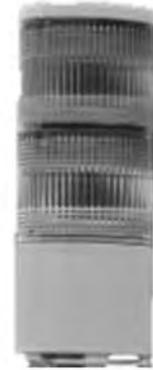


写真-3 回転灯

(3) その他

解除スイッチを搭載し、運転者が任意にシステムを解除可能とした。これは他の車両にタイヤローラから水を供給する場合など、意図的に物体に近づく必要がある時に使用するものであり、解除中であることはモニタで運転者、緑色回転灯の消灯で周囲に通知する。また、不意な制動時に運転者を保護するため、シートベルトリマインダを搭載し、シートベルトの未装着時にインジケータとブザー音で装着を促すとともに、シートベルトを装着しなければ、本装置が作動しないシステムとした(写真-4)。



写真-1 液晶モニタ

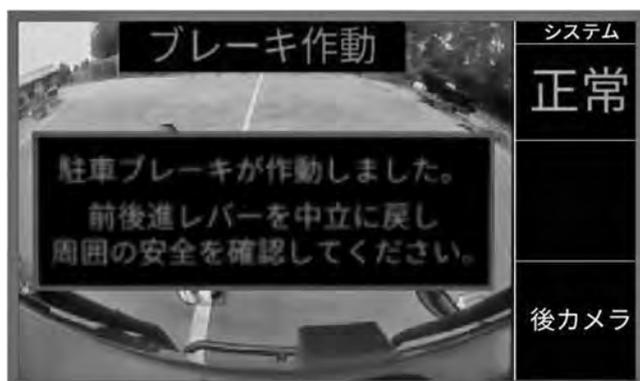


写真-2 ガイダンス機能



写真-4 解除スイッチとシートベルトリマインダのインジケータ

5. おわりに

市場から要求が高まっている安全性の向上を図り、且つ作業性にも配慮したタイヤローラの運転支援装置の開発の経緯および概要の報告を行った。建設施工における安全性の向上は、作業人員の確保、ひいてはインフラ設備の維持、安定的な供給につながる重要な取り組みである。安全性向上を目的とした運転支援装置は、近年、乗用車を始めとして様々な技術開発が進み、建設機械においても衝突を回避または被害軽減をアシストする装置の他、機械の全周囲をモニタに表示する装置の導入や自動化の開発も進められている。締固め機械が使用される現場でも災害の発生が多いことから、今後もこれらの先行する技術を様々な機種に積極的に取り込み、更なる安全性の向上を図って行く必要がある。そのためには、締固め機械特有の現場の作業環境や施工方法について十分配慮し、現場で求められてい

る機能を盛り込みながら、使い易く、広く受け入れられる装置を開発する必要がある。引き続き新たな開発にチャレンジし、締固め機械が使用される建設施工における災害発生の削減に寄与していく所存である。

JICMA

《参考文献》

- 1) 厚生労働省労働基準局安全衛生部安全課「平成30年における労働災害発生状況（確定）」
- 2) 一般社団法人日本建設機械施工協会 建設業部会 建設機械事故調査WG「建設機械の事故・災害事例」
https://jcmanet.or.jp/jiko_db/

【筆者紹介】

鈴木 正和（すずき まさかず）
㈱日立建機カミーノ 開発設計センター
部長



スマートデバイスを用いたバイタル・行動情報による ヒューマンリソースマネジメント(HRM)への取り組み

児玉 耕太・橋口 伸樹・北原 成郎

建設現場や廃棄物処理施設等の労働負荷が高い作業員について、スマートデバイスを用いて比較的長期間の心拍、加速度等のライフログを収集分析することにより、そのデータをヒューマンリソースマネジメントに活かす取り組みについて、研究のきっかけと研究成果の一部について紹介する。研究成果の一部は、令和元年度日本建設機械施工協会シンポジウム論文の一部を再掲したため、詳細については当該論文を参照いただきたい。

キーワード：スマートデバイス、ヒューマンリソースマネジメント、ライフログ、%HRR、加速度

1. はじめに

近年、スマートフォンに代表されるようなスマートデバイスと呼ばれるヒトの動きを検知・解析を行ってその情報を使用者本人へフィードバックすることが、情報端末の急速な発展により可能となってきている。その顕著な例として、Apple Watch に実装されている転倒検出機能¹⁾や心拍数の異常を即座に検知する機能²⁾などによるインシデントアラート実績が知られるようになってきている。このようなスマートデバイスは、使用者の身体活動に依存する加速度をはじめ、非侵襲かつスマートウォッチのように身体の一部に接触しているだけでのデバイスでも、電気的信号を捉えた ECG (Electrocardiogram, 心電図)³⁾や PPG (Photo Plethysmography, LED 発光ダイオードと光学センサ (フォトトランジスタまたはフォトダイオード) を用いた光電式容積脈波記録法⁴⁾) を組み合わせて、測定精度、分解能は一般の医療機器には劣るものの心拍数、心電図、動脈血酸素飽和 (SpO₂) などの様々な生体情報がリアルタイムに測定できるようになってきている。これらの様々な生体情報は使用者の行動に強く依存すると考えられるため、我々は簡便にデータ解析可能な csv 等でデータ取得できるスマートデバイスを用いて、建設現場や廃棄物処理施設等の活動量が多く労務負荷の高い作業員に適応して、より労働に関する安全性、生産性が高く、同時に仕事への満足度、幸福度の高いヒューマンリソースマネジメント (HRM, 人的資源管理) の新たな方法論について検討を行っている。

2. この研究を始めるきっかけ

我々がスマートデバイスを研究に用いるようになったきっかけは、立命館大学スポーツ健康科学部教授、塩澤成弘先生との共同研究を行ったことが始まりである。当初は、塩澤先生が行っていたアスリート用に開発されたシステムを用いて医療現場で応用できないか転用できないか検討を行っていた。初期症状が心拍や心電図に現れる睡眠時無呼吸症候群 (Sleep Apnea Syndrome, SAS) への適応を考え、医療機器承認を得ている睡眠評価装置スリープテスタ 330G を比較対照として、立命館大学倫理審査委員会下で約 30 名に対しスリープテスタ 1 泊 (写真—1)、スマートウェア 1 泊 (写真—2) で、睡眠時の心拍について計測を行った。しかしながら、このシステムはあくまでアスリートの運動強度を測定する目的で開発されたものである 1~2 時間といった比較的短時間の測定用に開発されており、一晚 10 時間程度の長期間しかも 10 名を超えるような測定は想定しておらず、データの容量がアプリケーションに比べて非常に大きいためか、測定デバイスから row data の抽出を行う際にソフトウェアがフリーズをおこし、データが抽出できなかった。このため、この研究は同時に行っていたアンケート調査の結果分析のみにとどまってしまった。

我々はこの反省を活かして、研究対象と研究方法の見直しを行った。まず、最初に生体情報の取得システムを、簡便にデータ解析可能な csv 等でデータ取得でき、しかも将来の研究に備えてクラウド上にアップロードできる仕様のものが活用できないか検討を行っ



写真一 SAS スクリーニング検査装置「睡眠評価装置スリープテスタ330G」装着例



写真二 シャツ型スマートウェアとデータ送信保存用スマートフォン

た。我々は、まず市販のスマートデバイスでこのようなシステムが適応できないか検討を行ったが、いずれも API や測定後 csv データを自由に使用・抽出できる環境になかった。前述の Apple Watch に実装されている ResearchKit⁵⁾ についても同様の検討を行ったが同様であった。このため、センサのみユニオンツール(株)が販売している WHS-2⁶⁾ と呼ばれる市販品を用いてそのあとのデータ出力、時刻打刻、保存については、自前で作成することとした。

さらに、研究対象も医療分野から人的資源管理に変更を行った。医療分野、特に医療機器は、医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律（略して、薬機法）の規制下で運用されており、基本的には診断行為を伴う対象患者に対して適応するものである。もちろん、このような対象に向けて開発を行えば、精度が高いシステムのもとである一定の対象に関する生体情報が収集できると思われる。しかしながら、我々のように広くヒトのバイタルや行動からヒューマンリソースマネジメントに用いるためのクラスタリングを行う研究に使用するためには過大であるため、対象を人手不足が特に深刻な建設現場や廃棄物処理施設等に絞り、その中でも活動量が多く労務負荷の高い作業者の労働安全性や生産性の定量化とすることにした。

以上が、2017-2018 年度で実施した国土交通省建設技術研究開発助成制度「建設現場におけるスマートウェアを用いた安心・安全及び生産性向上 IoT システムの開発」を行うことになったきっかけである。

3. 研究の背景と特徴

大都市圏を中心とした建設現場では、2020 年開催の東京オリンピック・パラリンピックを控え、老朽化した施設の建て替えや、海外旅行者向けなどの新たな需要を見込んだ施設の建設ラッシュが続いている。しかし、労働人口および熟練作業員数の減少は各業種に見られ、とりわけ、人手不足と高齢化が続く建設・土木業界では、離職率を下げるために、その労働環境を改善することは重要な課題である⁷⁾。建設工事の請負額の中に占める安全対策にかかる費用は増大しており、IoT 技術などを利用し、効率的な作業と建設現場における安全管理を如何に進めていくかが注目されている⁸⁾。

労働集約的な建設・土木現場においては、その性質のために、多くの労働者が自身の身体能力を超え、過度な作業要求に直面している⁹⁾。特に高温多湿などの劣悪な作業環境において、労働者は高い身体的な負荷により、慢性的な疲労の蓄積や傷害および事故が生じることで、現場生産性の停滞が懸念される。

労働者の安全と健康を犠牲にすることなく期待される生産性を維持するためには、建設作業員の物理的な身体負荷を可視化し、許容限界内で管理することが重要である。一方で、バイオセンサシステム（例えば、心拍センサ）を装備したウェアラブル健康機器の近年の進歩により、現場労働者の身体的な負荷を継続的に

測定するのに十分な機能を有している。

このようなデバイスを用いた組織内 HRM を行った取り組みには、日立製作所が開発した名札型ウェアラブルセンサーを活用した取り組み¹⁰⁾がある。海外でもスマートフォンを活用して幸福度と身体的活動量との関連性を検討した例¹¹⁾はあるが、バイタルや生体情報を用いて HRM に適応した学術的報告は未だ見受けられない。

また、先行研究で示される心拍予備率 (%HRR) による相対的な身体負荷の測定は、心拍の個人差を正規化することによって、作業者間での身体への負荷を比較するのに有用である¹²⁾。

心拍数の測定では、多くの計測機器が存在し、被測定者の身体活動の激しさと計測時間の長さに応じ、図-1 に示すような分類が行える。

開発した IoT システムでは、ウェアラブルデバイス（下着型のセンサ搭載ウェア：以下、スマートウェア）を用いて、生体情報をモニタリングし、労働者の

仕事を妨げることなく継続的に心拍変動から物理的な身体負荷を測定する。労働者の安全と健康を把握し、期待される生産性を管理が可能である。被験者の身体活動量、労働時間や休憩時間といった行動パターン、および心拍数の変動などの生体情報を記録し、被験者である建設作業員ごとに分析を行なうことによって、建設現場における作業にどのような影響を及ぼすのかを明らかにした。

4. 研究方法

(1) データ収集システム及び作業員の労働負荷・活動量の計測

本システムは建設現場への適用を考え、GPS や携帯電話などの公共的な通信機能が使用できない環境下にてデータ通信を行なうことを想定した。

開発したシステムの全体構成を図-2 に示す。データの収集をエリアでは、7~8m 間隔で複数のアクセ

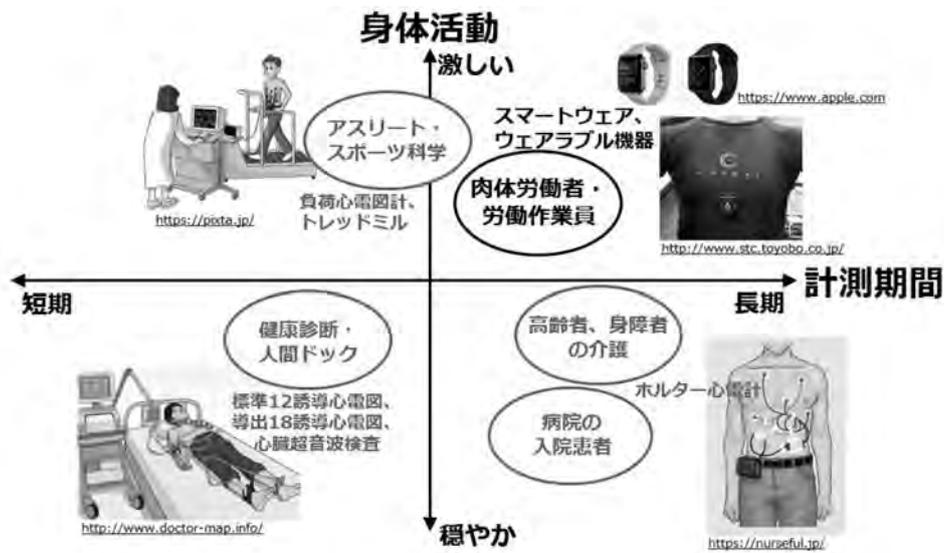


図-1 身体活動と計測期間による心拍計測ツール

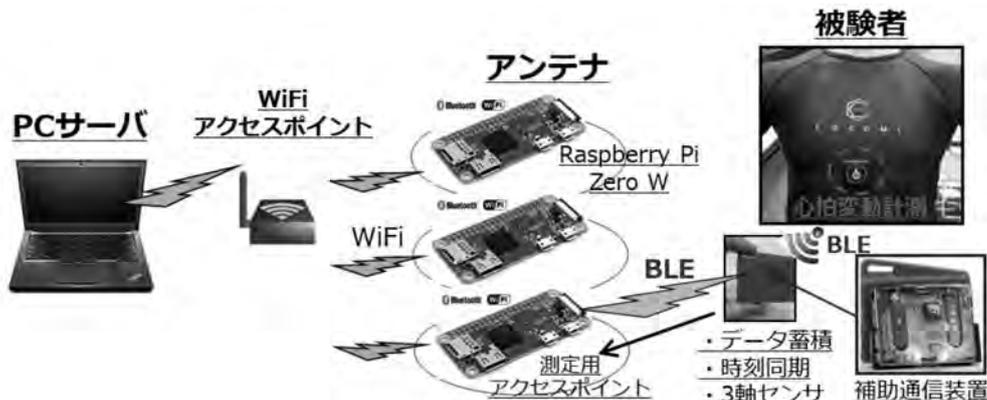


図-2 開発した IoT システム全体構成

スポット (以下, AP で称す) を設置し, スマートウェアから発する Bluetooth Low Energy (BLE) の電波と生体情報を採取し, 上位ネットワークとは 2.4 GHz の WiFi 無線によりデータ通信を行なう。

建設作業者はスマートウェアを着用し, バッテリ駆動の送信装置を併せて装着し, 被験者の心拍変動を計測した。スマートウェアは生地には伸縮性があり, 心拍を計測するための電極がウェア生地に印刷されている¹³⁾。生体情報としては, 心拍数と体表温度, 3 軸加速度が得られ, これらデータは送補助通信機器 (Texas Instruments 社製 CS2650) から AP へ, 更に PC サーバに送信され記憶される。

データ解析ではプログラミング言語 Python を用いており, ソフトウェア開発環境は Anaconda, 描画や解析に使用したライブラリは scikit-learn, NumPy, SciPy, Matplotlib などを用いた。

作業者の労働負荷・活動量の計測については, 令和元年度日本建設機械施工協会シンポジウム論文に詳細を掲載済み¹⁴⁾ であるため, ここでは割愛する。

(2) 建設現場の作業エリア

実験現場の作業エリアの見取り図を図一3に示す。

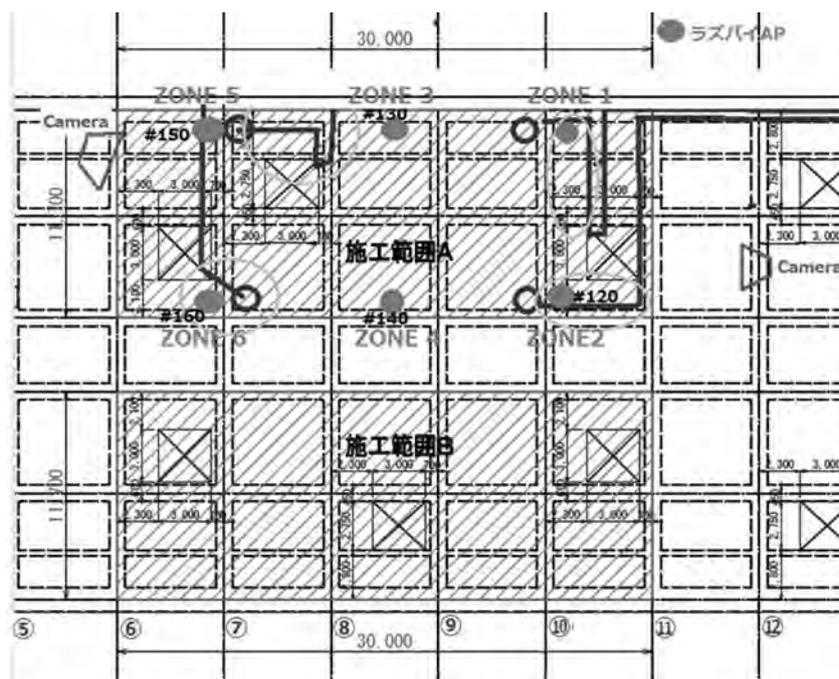
作業者に装着した通信装置より発せられる生体情報を受信するために, 作業エリアには, Zone 1-6 の位置 6ヶ所に AP を設定した。この作業エリア内において, 作業者が移動しながら足場階段の鉄骨を解体し, 外部へ搬送する作業が行なわれた。作業者は補助通信

機器を所持し, その機器にて WHS-2 のデータを受信して一旦記憶させ, 作業者が作業エリアの範囲外に移動しても, データ抜けの無いことを実現している。システム全体での時刻合わせは, PC サーバと作業者が所持する補助通信装置との間で定期的に時刻同期を行ない, 収集した生体情報の収集時刻の整合性を保っている。

建設現場には, 作業進行の障害にならない位置にビデオ撮影機を設置し, 作業者の行動を録画した。ビデオ撮影機を作業エリアにおいて対抗する位置に 2 台設置し, 作業エリアを挟んだ両側から撮影を行なった。労働状況と作業タスク, 時刻の関係を一致させるのに役立った。



写真一3 建設現場の足場階段



図一3 建設現場の見取り図

身体活動量の取扱いにおいて、潜在的な課題としてはホーソン効果¹⁵⁾があるが、今回の作業エリアにおいては、我々の研究チームメンバーは被験者の行動監視は行わず、被験者の作業エリアから離れた場所に待機して実験を行なった。一般的に、肉体労働者は高負荷作業による健康上の懸念から、日常業務の身体的な負荷にも関心がある。このため、被験者の通常の作業パターンから逸脱しないように、本実証実験に先立ち、作業者の生産性の監視が目的ではなく、作業者の身体的な負荷を測定することを説明して実験を進めた。

5. 実証実験の分析結果

(1) 被験者データの収集と分析

本システムを用いた実証実験は、2018年5月25日、6月29日、11月16日の延べ3日間行なった。場所は大阪市西区の建設作業所において実施した。実験対象は、足場用鉄骨材の解体作業とした。この計測において、建設現場の作業員12名（専任作業員が8名と作業補助員が4名）を被験者とし、心拍数および身体活動量を測定データとして収集を行なった。実験を行なった時間は、午前8時30分から午後5時までの間で、観測区間を30分間ごとと定め、被験者のデータを収集した。心拍数と身体活動量に関する情報は、建設現場において、反復作業（足場の解体および鉄骨材の搬出）を行なう専任作業員と、機材設置および配線敷設といった間接作業を行なう補助作業員からデータ収集した。データ収集のプロトコルや被験者のプライバシーに関する条件は、立命館大学研究倫理審査番号：BKC-人医-2017-071-1により承認を受けた。参加した被験者は、4名が建設現場で補助的な作業を担当し、技術的な作業や管理業務は行なわない。残り8名は専門技術者として高所作業が伴う足場鉄骨の解体作業を行なう。

各被験者の平均の心拍数と労働負荷の%HRR、身体活動量を時間帯別に収集した。予定された作業と休憩を両方含めた全観測時間帯において、30分間ごとの%HRRを求め、%HRRは30%未満の場合、30-40%の場合、40%以上の場合で分類した。

計12名の被験者の計測より、30分単位のデータセットが148セット収集され、データ収集の準備時間は除き、1作業日の観測時間は作業と休憩を含め、最長150分～最長510分であった。

全被験者の労働負荷%HRRは、最低1.9%～最高60.6%であった。足場鉄骨の解体作業を行った2名の%HRRは30%以上が見られた。労働負荷が大きい（%

HRRが高い）労働者は、労働負荷以外で他の要因としては、比較的年齢が高いことや、BMIが高い被験者である可能性がある。また、労働者の作業安全と健康リスクが、労働負荷（%HRR）とその継続期間に依存することに配慮が必要であり、今回の結果でも%HRRの許容限界（例えば、30%～40%HRR）が長く続いていた。

各作業員の%HRRが計算される各データ区間の時間は30分間としているが、作業員の%HRRの安全限界は、建設作業においては特に定義されていない。Nortonらは、有酸素運動のガイドラインとしては40%HRRが30-60分以上持続すると健康リスクがある¹⁶⁾と述べている。また、通常の8時間業務におけるガイドラインとしても、40%HRRは身体的に高い負荷¹⁷⁾とみなされる。このような指針は30-40%ほどのHRRを労働負荷の上限とし、継続して監視する必要があることを示唆している。

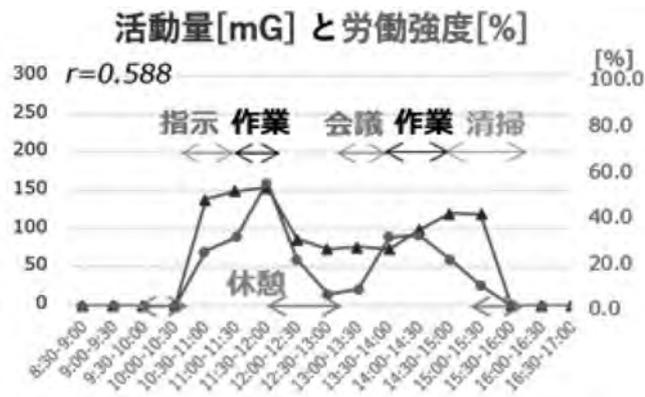
(2) 心拍変動と身体活動量の相関関係

全被験者の労働負荷を表わす%HRRと、身体活動量の相関係数の関係を検討したところ、いずれの作業員も%HRRと活動量の相関が高いことが分かった。この際、相関係数を求めるにあたり、時間経過とともに身体的な活動に応じて%HRRも変動しており、作業時間30分ごとの%HRRと身体活動量における相関係数を求めた。

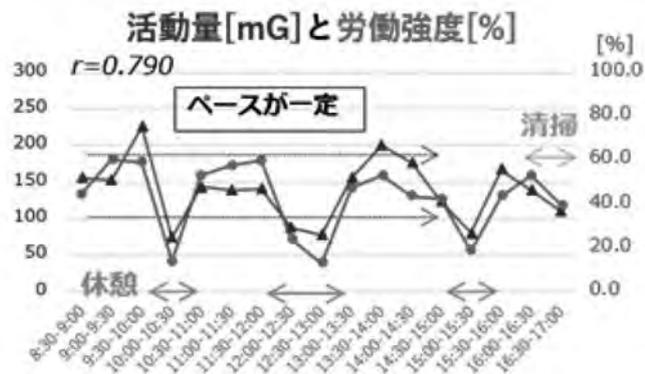
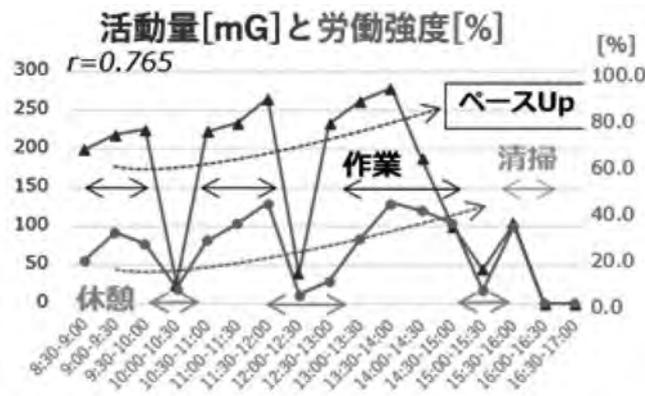
図-4に示す労働負荷と身体活動量の関係図は、作業現場での職長の結果である。作業リーダーとして、自身の労働作業と他への作業指示、会議への出席のために現場から外れる時間もあった。このため、他の専任作業員と同レベルの労働負荷の大きさも見られたが、継続的に労働活動は行っていないことから、労働負荷と身体活動量の相関係数（ $r=0.588$ ）はやや低い値となった。

図-5に足場鉄骨の解体作業を行った作業員2名の%HRRと身体活動量の相関を示す。足場鉄骨の解体作業に関して、時間経過に応じた労働負荷と身体活動量、終日での相関を表わす。図-5上の作業員の相関係数は $r=0.765$ 、図-5下の作業員の相関係数は $r=0.790$ で、いずれも%HRRと身体活動量の相関は高い。

図-5上の作業員は、午前に比べて午後からの労働負荷と活動量が高くなっている。当日の現場では天候悪化が予想されており、現場監督へのインタビューにより、午後からの作業ペースを意図的に速めたことを情報聴取している。このことが、この作業員の労働



図一4 労働負荷と身体活動量の時間経過 (職長)



図一5 労働負荷と身体活動量の時間経過 (足場鉄骨の解体作業を行った作業員2名)

負荷が午後から上昇した要因と考える。

図一5の関係図は、図一3とは異なる実験日と作業員の結果であるが、作業は変わらずに進行しており、作業と休憩で変化は見られるが一定のペースで作業が行われていた。他の専職作業員も、午前から午後にかけて、作業時間中の作業負荷と活動量は、同じ負荷の傾向が見られた。当日の現場においては、気象変動はなく、1日を通じて平均的な作業ペースが守られていた。途中での作業ペースに変化もなく、16:30過ぎまで作業が継続された。

午後の休憩後の15:30以降の作業では、%HRRと身体活動量がいずれも下がっている。これは作業終了

前に清掃作業が実施されており、直接的な労働作業と比べ、%HRRと活動量が低くなっている。

6. 実証実験の考察

(1) 建設作業員の心拍と身体活動量

不規則な作業進行、労働条件の変化、日々の身体的条件の変化などにより、作業中に変化する建設労働者の身体的な負荷を継続して測定できる本システムの可能性を確認した。具体的には、スマートウェアを用いて測定した身体的な負荷の変動は、作業員の年齢、労働条件による身体的な負荷として、作業員ごとに顕著な差を示した。

この実験において、労働者の身体的な負荷は仕事のパターンによって、日中に大きく変化することが示された。今回の実験において、被験者である建設作業員の労働負荷は総じて高く、先行研究の指摘¹⁷⁾に従うと、連続作業を避けた方がいいとされる、 $\geq 40\%$ HRRの負荷が見られた。先行研究では、労働者の心拍数と生産性に着目し、 $> 33\%$ HRRが継続することで、その生産性の低下を指摘する報告¹⁸⁾がある。先行研究に示されるガイドラインは、作業員の過度な身体的な負荷を抑制し、生産能力の低下を回避するために、労働負荷の管理の必要性を示唆している。

(2) 生体情報による作業員の労務管理

本実験の結果より、建設作業員の心拍数は作業における活動量に比例し、心拍数と身体活動量の間に高い相関傾向が見られた。心拍数と活動量を比較することによって、作業員の潜在的な健康障害の発生を未然に防ぎ、健康障害の予測できる機会がある。具体的には、高い労働負荷の後に適切な休憩が確実に取られていることは、作業員の心拍数および活動量の変化を見ることで確認が容易となる。また、同じ活動量や作業タスクを実行する作業員の間で、身体的な応答が異なる場合、作業現場において異常状態を引き起こす潜在的な要因を見つけられる可能性がある。さらには、高い労働負荷が継続されるが作業進捗が停滞し、予定する工程計画が満たされない場合、作業員の労働負荷を把握しながら、作業員の増員や適切な計画変更を定量的に判断してもよい。こういった知見は、過度の身体的な負荷に直面しないように、作業員間において身体的な負荷を考慮した新たな作業方法の設計につながるかもしれない。

本研究の実用的な効用として、建設業就業者の意識に関連する心拍数を観察することにより、作業員の労

働負荷を定量的に把握できることである。普段から建設作業員の心拍変動をモニタリングし、建設業就業者の作業中の労働負荷および活動量を労務管理として把握し、建設作業員の作業環境の改善や労働管理に繋げることが利用できる。

これらの結果に基づいた将来の研究では、身体的な負荷が建設現場における生産性の損失や事故に対する安全性、および怪我や病気などの健康上の被害に、どのように関係しているかを判断することが可能になるかもしれない。今後、さらに詳細な生体情報の計測し、作業員の労働における身体的な負荷を測定することにより、安全性に配慮した生産性向上の検討に役立てたい。

謝 辞

本研究は国土交通省平成 29 年度建設技術研究開発助成制度政策課題解決型「建設現場におけるスマートウェアを用いた安心・安全及び生産性向上 IoT システムの開発」の助成を受けたものである。本研究の遂行に関して協力・助言いただいた 立命館大学 建山和由先生、小林泰三先生、塩澤成弘先生、石田修一先生（現東北大学）、東京理科大学 小林和博先生（現青山学院大学）、国土交通省近畿地方整備局近畿技術事務所 高津知司先生、野村正之先生及び熊谷組の関係者に謹んで感謝する。

JCMA

《参考文献》

- 1) Apple Watch による転倒事故の早期発見に関する報道, <https://9to5mac.com/2019/09/21/apple-watch-fall-detection-mountain-biker/>
- 2) Apple Watch による頻脈の早期発見に関する報道, <https://9to5mac.com/2020/01/09/apple-watch-tachycardia-jorge-freire-jr/>
- 3) Heart rate variability Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use, European Heart Journal (1996) 17, 354-381
- 4) Marcus Dörr, Vivien Nohturfft, Noé Brasier, Emil Bosshard, Aleksandar Djurdjevic, Stefan Gross, Christina J. Raichle, Mattias Rhinisperger, Raphael Stöckli and Jens Eckstein, The WATCH AF Trial: SmartWATCHes for Detection of Atrial Fibrillation, JACC: Clinical Electrophysiology, Volume 5, Issue 2, February 2019, DOI: 10.1016/j.jacep.2018.10.006
- 5) Apple Watch の Researchkit サービス, <https://www.apple.com/jp/researchkit/>
- 6) 心拍センサ WHS-2,

- http://www.uniontool.co.jp/product/sensor/index_020102.html
- 7) 建設産業の現状と課題－国土交通省, <http://www.mlit.go.jp/common/001149561.pdf>
 - 8) 建設産業をめぐる現状と課題－国土交通省, <https://www.mlit.go.jp/common/001221442.pdf>
 - 9) Sungjoo Hwanga, et al., Wristband-type wearable health devices to measure construction workers physical demands, Automation in Construction, 83, PP.330 ~ 340, 2017
 - 10) 日立製作所による「幸福感を計測するスマートフォン向けの技術を開発」による報道, <https://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2017/10/1002a.html>
 - 11) Neal Lathia, Gillian M. Sandstrom, Cecilia Mascolo, Peter J. Rentfrow, Happier People Live More Active Lives: Using Smartphones to Link Happiness and Physical Activity, PLOS ONE 12(1): e0160589, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160589>
 - 12) U.C. Gatti, et al., An exploratory study of the relationship between construction workforce physical strain and task level productivity, Constr. Manag. Econ. 32(6), PP.548 ~ 564, 2014
 - 13) Naruhiro Shiozawa, et al., Measurement of Electrocardiogram in Water with the Shirt-Type Electrocardiogram Electrode, The IEEE Conference on Biomedical and Health Informatics, 2018
 - 14) 橋口伸樹, 児玉耕太, 塩澤成弘, 小林泰三, 黒石真一, 久保田泰史, 宮崎康弘, 北原成郎, 生産性および安全性の向上に向けた生体情報モニタリングシステムの開発, 日本建設機械施工協会シンポジウム論文, in press
 - 15) 大橋昭一・竹村浩志「ホーソン効果の実体をめぐる諸論調」関西大学商学論 51 巻 5 号 /2006.Dec.
 - 16) K. Norton, et al., Position statement on physical activity and exercise intensity terminology, J. Sci. Med. Sport 13(5), pp.496 ~ 502, 2010
 - 17) J. Ilmarinen, Job design for the aged with regard to decline in their maximal aerobic capacity: part I—guidelines for the practitioner, Int. J. Ind. Ergon. 10(1), PP.53-63, 1992
 - 18) N. Gupta, et al., Face Validity of the Single Work Ability Item: Comparison with Objectively Measured Heart Rate Reserve over Several Days, Int. J. Environ. P. Health, 11, pp.5333-5348, 2014

【筆者紹介】

児玉 耕太 (こだま こうた)
立命館大学 テクノロジーマネジメント研究科
准教授



橋口 伸樹 (はしぐち のぶき)
立命館大学 テクノロジーマネジメント研究科
博士後期課程



北原 成郎 (きたはら しげお)
熊谷組
ICT 推進室長



フルハーネスのかけ忘れに警告

デジタル化技術による現場の見える化で、高所作業員の労働災害対策を強化

太田 達也・服部 沙里

IoT や AI などの先進的なデジタル化技術 (DX) を活用した取り組みは、ここ数年で急速に増加しており、これまで存在しなかった新たな価値を提供することが出来るようになった。今回、センサ付き墜落制止用器具 (スマート安全带) という IoT デバイスを活用し、フルハーネスのかけ忘れを警告するアプリを開発した。さらに、クラウド上でそれらの情報を収集・管理する機能を提供することにより、作業現場だけでなく遠隔地でも作業者の状態を把握することが可能となった。

従来、人の注意力に頼ってきた高所作業者の安全管理に対し、現場の見える化を実現すると共に、墜落や転落による重篤な労働災害対策の強化、安全教育での活用等、新たな価値を提供する。

キーワード：DX, ICT, IoT, クラウド, 労働災害対策, 見える化, スマート安全带

1. はじめに

日本の建設業における死亡災害の原因の第一位は15年連続で「転落・墜落」であり、年間120～130名前後が亡くなっている¹⁾。転落すると、人は容易に命を落とす。国は、労働安全衛生規則をはじめとする様々な法令に基づき、高所作業における墜落制止用器具 (安全带) の使用について厳格な規準を定めている。図-1は、筆者の事務所近くの作業現場で実際に掲げられていた看板である。現場では、注意喚起や確認の徹底などの種々の対策が取られ、日々実践されている。

それではなぜ、死亡原因の第一位となるのか。事故の原因は、墜落制止用器具を装着しているにも関わらず、ちょっとした作業の際は使用を忘れてしまう、正

しく使用していないため落下したときに外れてしまうなど、どんな人間にも発生する認知不足や不注意動作、いわゆるヒューマンエラーである^{2), 3)}。対策の現状は、人の注意力に依存せざるを得ないからである⁴⁾。

この状況を打破するため、新しい取り組みとして、IoTを用いたデジタル化技術の活用が注目されている⁵⁾。作業員の行動情報をクラウド上に蓄積し、そのデータを分析することで事故発生リスクを軽減、かつ安全衛生管理を強化し、さらに、新たなサービス創出につなげられないかを目標とし、今回は、フルハーネスのかけ忘れを警告するシステムの開発に着手した。

2. システム化に向けた課題と主な機能

フルハーネスのかけ忘れが発生する要因についてユーザ企業にヒアリングしたところ、大きく2点の課題が挙げられた。

- ①作業者は高所作業に慣れてしまい、墜落制止用器具を使用しなくても問題ないだろうという意識がどうしても生じる。もしくは、墜落制止用器具をかけていない場面があることに作業者が気付いていない。(慣れによる安全意識の低下)
 - ②作業者が墜落制止用器具を正しく利用しているかどうかを確認するために、管理者が見回りを行っているが、作業者が見えない場所もあり、作業者の状況を把握することができない。(目視の限界)
- 上記課題を解消するシステムを開発するため、墜落



図-1 墜落防止のための注意喚起の看板

制止用器具にセンサを付けたIoT デバイスをスマホアプリと関係させることで、①作業者が不安全状態となりうる操作をした場合に注意を与える機能と、センサ情報をクラウド上に収集し、②管理者が作業者の情報を把握可能な機能を主軸としたシステムを開発することとした。

3. システム概要

(1) システム構成

作業員は、「スマート安全带」を着用し、スマートフォンを所持する。スマートフォンはスマート安全带と接続しており、「安全带アプリ」をインストールする。「安全带アプリ」は、スマート安全带からの通信を受け取り、スマート安全带のセンサの状態の組み合わせで状態を判定する。不安全状態にある作業員には、音とバイブレーションで知らせる。作業員のセンサ情報は、安全带アプリからクラウド基盤へ随時送信されている。管理者は、「労働安全ダッシュボード」から、各作業員の状況をタブレットやPCで確認することが出来る。管理者機能はWebサービスのため、遠方でも確認可能である(図-2)。

(2) スマート安全带

使用したスマート安全带は、藤井電気株式会社のプロロンIIを使用している。イプロンIIは2丁掛けのセンサ付きの墜落制止用器具である。フックの3か所にセンサが付いており、フックの状態「休止・使用中・外れている」を検知する。フックの根本に電源とBluetooth Low Energyチップを内蔵しており、センサの状態を電子デバイスに送信する機能がある(図-3)。

また、厚生労働省は、労働安全衛生法施行令(安衛法)と労働安全衛生規則(安衛則)の一部を改正し、2019年2月1日に施行した⁶⁾。高さ6.75メートル以上の高所(建設業では5メートル以上で推奨)では、使用する墜落制止用器具を「フルハーネス型」に原則化する。本改正に則し、スマート安全带もフルハーネス型を採用している。

(3) 安全带アプリ

スマート安全带1対(フック2台)と1台のスマートフォンをBluetoothで連携し、フックの状態を常に受信する。フックの状態の組み合わせで「警告・危険」を判定する。



図-2 システム構成図

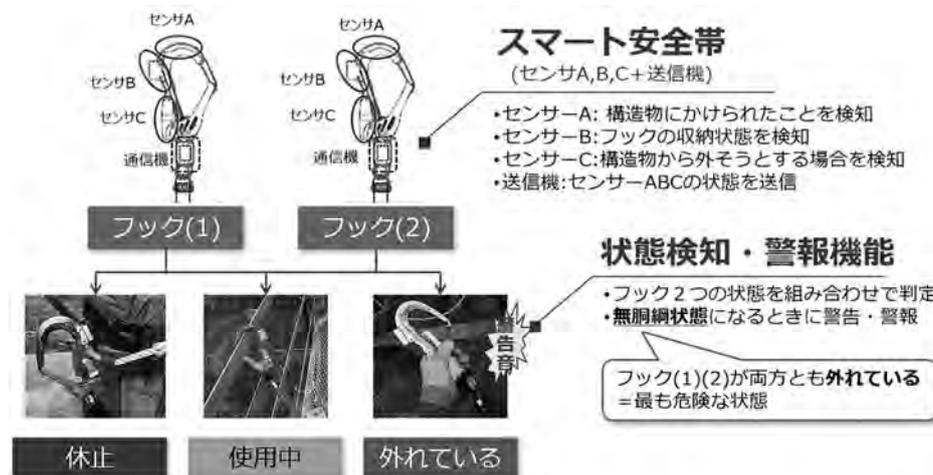


図-3 スマート安全带と警告・危険の検知の仕組み

例えば、作業員が墜落制止用器具を操作して作業を行う際、どちらか片方のフックがかならず構造物にかかっている状態であることが必要である。両方のフックが「外れている」場合、両方のフックが構造物にかかっていない、いわゆる無胴綱状態となり最も危険な状態となる。無胴綱状態を防止するため、1つのフックが外れた状態で、2つ目のフックを外そうとした場合を検知し、音とバイブレーションで警告音を鳴らす。

さらに、警告状態からフックを完全に外してしまった場合、危険状態と判断して警報音を鳴らす機能がある(図-3)。

安全帯アプリの画面は、2つのフックの状態を示す状態表示部分と、フックの状態、電池残量、作業履歴を表示している。フックの状態はアイコンで表示されている。作業員はスマートフォンの所持が必要であるが、作業中はポケットやケースに格納した状態で画面を見ずに使用することを想定している。警告・危険は音とバイブレーションのみで知らせ、作業開始と作業終了の際にボタンを押すのみのシンプルな画面操作で完了するようにした(図-4)。



図-4 安全帯アプリ画面例

(4) 安全ダッシュボード

クラウド基盤に作業員の各スマートフォンにインストールされた安全帯アプリから収集されたスマート安全帯の状態を確認することが可能なウェブブラウザ用のアプリケーションである。部門・作業グループ毎に作業員の所属をあらかじめ登録しておき、作業環境ごとの状況を一括で確認可能となる。部門別・グループ別の作業員の状態を1画面に表示することで、複数の作業員の状態を一度で把握可能になる(図-5)。さらに、いずれかの作業員が警告・危険状態にあるとき、アイコンで監理者に知らせる。加えて、作業員の日付別・時間別の作業履歴の表示、警告・危険作業が発生回数を集計して見せることで、どの時間帯で多く警告



図-5 安全ダッシュボード画面(全体)

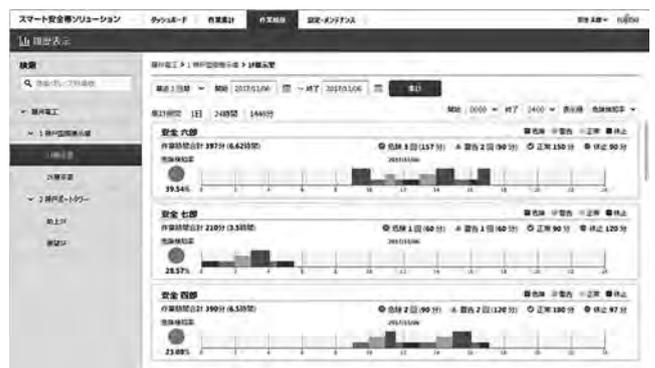


図-6 安全ダッシュボード画面(作業履歴表示)

が発生したかを振り返る機能がある(図-6)。

安全ダッシュボードの画面は現場管理者向けであるため、非IT技術者でも一目で認識できるようなアイコン表示方法とした。また、作業現場が屋外でも認識が可能な大きさと配色、コントラストを考慮した画面デザインを採用した。

4. 高所作業経験者によるシステム評価

本システムを利用し、実際の業務を想定して作業を行った場合、どのような課題が発生するかについて検証を行った。システム評価項目として、スマート安全帯の着用評価とシステムの機能評価の2つを抽出した。さらに、各評価項目を機能性、操作性、運用性などの観点から抽出した。抽出した事例の一部を表-1に示す。検証にあたっては、高所作業経験者に着用してもらい業務を想定した作業を実施し、ヒアリングを行った。ヒアリング結果を表-2に示す。ヒアリング結果のうち、課題が上がったものに関しては対策を実施し、また次開発の優先度を高くするなどして、課題はほぼクリアできる見込みとなった。

スマート安全帯のような、従来現場にない新しいIoT機器を導入する際は、実業務を想定するだけでな

表一 システム評価項目

	評価項目	評価内容
安全帯着用評価	機能性	フックのセンサ使用感や反応は充分か
	操作性	実際に業務を遂行した動きをした場合に、妨げる要因となる機能はないか
	運用性	アラートなどの仕組みや音は適切か
	運用性	作業現場による影響はないか
システム機能評価	機能性	現場監督者のタブレットによるダッシュボードの状態表示は実運用にあったものか
	操作性	作業者のスマートフォンなどの操作は実運用にあったものであるか
	運用性	クラウド上へのデータ転送は適切に実施されるか
	運用性	連続運転などで問題になる項目はあるか

表二 システム評価結果と課題

	評価項目	評価結果	対策
安全帯着用評価	機能性	高所想定作業における使用感は反応については問題なし	なし
	操作性	フックを元に戻す動作において、戻しづらい形状である	フック格納部を戻しやすい形状に変更
	運用性	アラート音が同じため、2名で作業するとどちらの音が鳴っているか分からない。自分の音より他人の音の方が聞こえやすい	音を調整する
	運用性	昇降を含む高所作業では、フックの位置が脚に当たるため外れやすい	センサBの格納側の位置を変更する
システム機能評価	機能性	現場監督者がタブレットを使う想定は問題ない。ただし、常にタブレットを見続けるわけではなく、作業員を見守ることが必要であるため、緊急時の音や作業員についたランプなどでアラートが上がる方がより良い	必要に応じパトランプ等との別のデバイスとの連携を可能にする。次開発で検討
	操作性	作業員は通常皮手袋をはめているため、ボタン画面のON/OFFくらいの大きな操作しかできない。細かい操作はできない	ボタンを大きくし、シンプルな操作とする
	運用性	クラウド上へのデータを格納は問題なし。大量の場合の検証は必要	同時アクセスのテストを別途実施する
	運用性	3時間の作業であったため、バッテリー切れなどは発生しなかった。連続作業時間（3～6時間程度）であれば問題なしと言える	1日8時間の使用を想定し、バッテリーのテストを実施する

く、作業経験者による実機による検証や、システムのプロトタイプによるヒアリング結果が開発を推進するにあたって大変有効であった。

5. システム導入効果

本システムを導入したユーザにヒアリングを実施したところ、以下のような導入効果が見られたとの報告があった。作業員の墜落制止用器具操作に対してアラートを挙げ見える化するというシンプルな機能の提供であるが、現場の課題や改善に繋がる一定の効果が得られている。

- ①現場事務所や本社からでも作業員の状態を知ることが可能になった。
- ②危険や警告が多い作業員へは、データをもとに安全帯の利用方法をヒアリングし、改善指示ができるようになった。

- ③データに基づく作業員へのヒアリングを行うことで、作業現場の課題が分かり、作業現場の改善に繋がった。
- ④使用時間が増えるにつれて履歴のデータから危険／警告のアラートが少なくなった（危険検知率が使用時間に反比例して低下傾向にある）。
- ⑤作業員は、「見られている」意識が生まれ、正しく安全帯を利用しようという意識改革に繋がった。
- ⑥作業員自身では正確に使っていると思っけていても、作業中に警告音が鳴ることで、自身の安全帯の利用が間違っていたことに気づかされ正しい使い方の徹底を図れた。

6. おわりに

本ソリューションが実現化した最大のポイントは、

システム構築初期の段階から共創関係、協力関係を確立できたことにあった。開発当初、筆者らは業務システム開発をメインとしたシステムエンジニアであり、建設業界や墜落制止用器具を用いた高所作業において全くの初学者であった。しかし、開発元の藤井電気株式会社を始めとして、展示会や訪問先で出会ったどの団体や企業でも、プロトタイプ段階から快く受け入れて下さり、率直な意見や改善策を述べて頂いた。そのお陰で、機能のニーズやコンセプトを明確化することができた。これは、普段から安全管理業務に高い関心を寄せ活動する国・業界諸団体の安全に対する啓蒙意識の高さのお陰である。ご協力頂いた関係各位に深く感謝を申し上げたい。

今後もさらなる安全向上策の実施、危険判定の高度化を実現するソリューションを開発し、痛ましい労働災害を少しでも減らす手助けになりたい。

JCMA

《参考文献》

- 1) 建設業労働災害防止協会：建設業における死亡災害の工事の種類・災害の種類発生状況。 https://www.kensaibou.or.jp/safe_tech/statistics/construction/index.html
- 2) 厚生労働省．“墜落防止用個人保護具に関する規制の在り方に関する検討会”．労働基準局が実施する検討会等．報告書． <http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/other-roudou.html?tid=394132>, (2017年6月13日)
- 3) 田中茂．“知っておきたい保護具の話”．第1版．中防災ボックス，2017，p.10-27.
- 4) 阿部研二．“高所作業を安全に～墜落・転落を防ごう～”．第1版．中央労働災害防止協会，2017，p.7-8.
- 5) 一般社団法人 セーフティグローバル推進機構 “協調安全，Safety2.0” <https://institute-gsafety.com/safety2/>
- 6) 厚生労働省，“安全帯の規格の全部を改正する告示の施行について”． <https://www.mhlw.go.jp/content/11302000/000473245.pdf>, (2019年1月25日)

【筆者紹介】



太田 達也 (おた たつや)
株式会社九州システムズ
エンジニアリングソリューション本部
デジタルシミュレーション部
マネージャー



服部 沙里 (はっとり さり)
株式会社九州システムズ
エンジニアリングソリューション本部
デジタルシミュレーション部

作業時の危険発生をヘルメットの振動で伝える 警報アイテム

ヘルメット振動警報装置「K・HO-MET（ケイホームット）」

益 子 孝

ヘルメット振動警報装置「K・HO-MET」は、作業者が着用するヘルメットに装着し、振動によって危険情報を認知させ、避難行動を起こすための警報アイテムである。

特定小電力無線（920 MHz 帯）を使用した発信機からの信号（危険発生等の警告信号）を受信すると、ヘルメットに装着した受信機が振動し、ヘルメットを介して頭部に振動を伝える仕組みである。

音や光等の伝達手段は、外部環境の影響を受ける場合があるが、様々な悪条件下でも影響を受けない「振動」を伝達手段として使うことで、作業者に確実に伝え、危険発生に対して迅速な避難行動を取ることが可能となる。

キーワード：警報装置、振動、特定小電力無線、安全管理、作業員、避難

1. はじめに

高速道路内などの工事規制や維持修繕作業（写真—1）をしている際、一般車両が作業エリアに突っ込み、作業者が接触や追突に巻き込まれるといった、死傷事故が増加している。作業者はいち早く危険を察知し、すぐに避難しなければならない。避難する為には、作業者に危険情報が確実に伝わる必要があるため、危険を察知し避難を促す為の手段として、音や光で警告するシステムが従来からあるが、交通騒音・作業音・気象状況、また作業に集中してしまうことで、音（聴覚）や光（視覚）では確実に伝わらない場合がある。

また、音や光は、大音量や光漏れによる周辺住民からの苦情が想定される所では使用できない場合もあり、いずれも作業現場においては、作業者に緊急事態を知らせる機能としては不十分である。



写真—1 工事規制のイメージ

音や光以外の伝達手段としてヘルメットの振動を用いることで、周囲の状況や環境影響を受けずに作業者に危険の発生を知らせ、避難行動を取る事が可能となる。

2. 特徴

(1) 振動による伝達方法

緊急事態の伝達手段による評価を行った結果、種々の条件下においては振動による連絡が最適であると考えた（表—1）。振動源の装着箇所としては、腰、腕、頭部等が考えられるが、作業の邪魔にならないこと、作業者が確実に振動を認知できること等を考えて、作業者の頭部であって通常作業者が着用しているヘルメットの帽体に着脱可能に装着することが良いと考えた。

しかし、ヘルメットは、外部から受ける衝撃が頭部へ伝達されるのを抑制することを目的とする物であり、ヘルメットの表面に入力された衝撃を緩和する構造を基本的に有している。振動源をヘルメットに装着する際には、振動源が発する振動を、作業者の頭部へ効果的に伝達させることが課題となった。

(a) 人が感知しやすい振動レベルとは

下記①～④を参考に、振動周波数を検討した。

- ① 周波数帯域「16～150 Hz」が体感振動周波数とされ、その中でも「20～50 Hz」が最も振動感や臨場感として人間が感じやすい振動とされて

表一 各伝達方式の比較

作業環境		緊急避難伝達方法			注記
		ヘルメット振動	音 (サイレン)	光 (警告灯)	
発信源との距離		○	△	△	距離減衰
作業位置・体動		○	△	×	背後光×
作業時間帯		○	○	△	昼間光△
作業周辺環境					
騒音	工事・交通	○	×	○	騒音で消える, 耳栓作業
	強風・豪雨	○	△	△	音・光に影響
	濃霧	○	○	×	光に影響
	積雪・寒冷	○	△	△	耳覆い・雪で埋設
地域	騒音規制区域	○	×	○	住民苦情
	多光・規制区域	○	○	×	
その他障害	障害物	○	△	×	
	粉塵 (トンネル)	○	△	×	
作業環境総合評価		○	△	△	総合的にヘルメット振動が最適

注：○適用可能, △適用に問題あり, ×不適

いる¹⁾。

- ② JIS B 7760-1 全身振動の「仰が位における頭の垂直振動」²⁾の周波数補正係数を見ると, 頭部への振動周波数が8 Hz 以下および80 Hz 以上では, マイナス補正が大きく同じ加速度でも人が感じにくくなる。
- ③ 人体の振動感覚特性の中で, 1 ~ 80 Hz の振動周波数において, 速度および加速度値に最も敏感な領域が存在することが確認されている³⁾。
- ④ 振動周波数を高く (150 Hz 以上) しても, 触振動覚としての効果は低下する⁴⁾。

上記の条件で, 振動周波数違いのサンプルによる官能試験を行った結果, ヘルメット振動警報装置で再現する振動周波数は「45 Hz 前後」と設定した。

次に, 振動加速度を検討した。

下限値は, ヘルメット装着者が, 「緊急避難の振動」と「作業中の振動」を識別できる必要がある。日本産業衛生学会・振動障害研究会の「全身振動の許容基準」における全身振動の暴露時間別許容値⁵⁾での加速度 2.42 m/s^2 (10 分/日) から, 「作業中の振動」でも認識できる振動加速度として 5 m/s^2 を仮設定した。

「全身振動の許容基準」では, 1 回 5 ~ 10 秒程度の短時間の振動は除外される為許容基準値を超えても問題ないと判断した。

上限値は, 緊急避難の振動を受けたヘルメット装着者が振動障害を受けないものとする。ヘルメット振動警報装置の1日当たりの使用時間を 0.028 hr (10 秒/回×10 回) と想定し, 「日振動ばく露量 (1日当たりの振動ばく露時間)⁶⁾」の式から算出した振動加速度

42.3 m/s^2 とした。

$$\text{式：日振動ばく露量 } A(8) = a \times \sqrt{\left(\frac{T}{8}\right)} \text{ [m/s}^2\text{]}$$

a : 振動加速度の3軸合成値 [m/s²]

T : 1日の振動ばく露量 [hr]

A(8) : 日振動ばく露対策値 2.5 [m/s²]

同様に, 上記条件で振動加速度違いのサンプルによる官能試験を行った結果, 振動加速度 12.0 m/s^2 のサンプルに対し, もう少し強くしても良いとの意見が多くあり, ヘルメット振動警報装置で再現する振動の振動加速度を, 「12 ~ 42.4 m/s^2 」に設定した。

(b) 振動部の設計

ヘルメットを装着した人の頭部への振動が, 設定した目標設定値に収まるよう, 振動を数値化 (周波数・振幅・加速度など) し, 振動発生源や各部材の適材配置, 振動発生源となるモータの回転数, 振動子の寸法などの諸元を調整していく方法を取った。

(c) 振動発生源

振動は, 偏心した振動子をモータで回転させることで発生させている。

振動子が小さい場合, モータの回転数を上げて, 主に加速度を補う手法を取るが, 回転数を上げることは消費電力を増加させ, 電池残量が減ってしまう。小さなモータで実用的な振動を得るには, モータの実装方法や駆動方法を工夫して, 小さな振動を大きく体感させることが必要となる。

振動子をヘルメット振動型受信機全体の上下方向の中心よりも上寄りに配置していることで, モータが作

動して振動子の重心位置がモータの回転軸の周囲を回ると、ヘルメット振動型受信機全体の中心よりも上寄りの位置で前後左右に動かす力が発生する(図-1)。

ヘルメット振動型受信機は、実質的には右端と左端を横通しした固定用ベルトでヘルメット表面に接触する状態で固定されている。固定ベルトによる支持部を結ぶ線を軸にした僅かな回転が許容される状態で、ヘルメットの表面に固定されている状態になっている。モータが作動すると、左右方向に横通しした軸を中心とする揺動を生じ、ヘルメット振動型受信機は、図-1に示す状態を繰り返すことになる。ヘルメット振動型受信機が揺動できる状態にあることで、装着者の頭部への振動を効果的に伝達できることになる。

(d) 振動体の取付け

振動部の振動は、人の頭部に伝播するまでに減衰していくことが想定される。振動能力が出来るだけ減衰しないで、装着者の頭部に伝わるようにする為、ヘルメットとヘルメット振動型受信機の接合方法が、課題であった。

ヘルメット装着者に対して、前後(X軸)、左右(Y軸)、上下(Z軸)(図-2)と設定し、周波数・振幅・加速度を測定の上、3軸合成加速度を算出した。

続けて、振動が減衰しにくい効果的な取付け方法を見つける為、下記の比較検証を行った。

〈振動測定点〉 ※測定点Cと測定点Aの差が少ないことが望ましい。

- A：ヘルメット振動型受信機の全体中央
(ヘルメット帽体に装着せずヘルメット振動型受信機の単品状態)
- B：ヘルメット振動型受信機の全体中央(人頭模型にヘルメットを装着)
- C：ヘルメットのハンモック脚部連結部(人頭模型にヘルメットを装着)

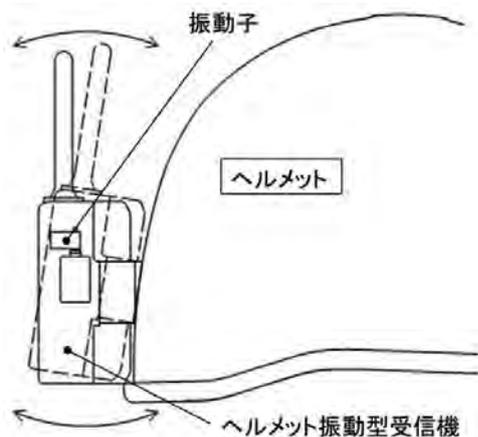


図-1 左右方向に伸びる軸を中心とする揺動

→ハンモックは直接頭部と接触しているの、測定点Cの振動は直接作業者の頭部が感じる振動とみなす

① ヘルメット帽体との接触方法(面接合, 点接合)での比較

点接合の方が面接合に比べて振動が規制されにくい。ため、振動しやすいことが確認できた。測定点Cの3軸合成加速度・振動周波数は、共に目標設定値を満たしており、ヘルメットが介在しても装着者の頭部への振動を伝達できていた。

② 装着場所(ヘルメットの前頭部, 後頭部, 側頭部)での比較

測定点Cの3軸合成加速度はいずれも目標設定値を満たしているが、前頭部・後頭部への装着の時の大きき、側頭部は小さかった。

また、測定点Cの振動周波数は、側頭部以外は目標設定値を満たしていた。

ヘルメット振動型受信機が取付けられた際における、ヘルメットの取扱いや重量バランス、前頭部に取り付けた場合に振動が装着者の視野に与える影響を考え、取付け位置はヘルメット後頭部とした。

③ ヘルメットの形状・構造の違いによる比較

形状、構造の異なる4種類のヘルメットで確認した。測定点Cの3軸合成加速度・振動周波数は、いずれのヘルメットに対しても目標設定値を満たしていた。

ヘルメットの帽体形状、ヘルメット帽体とハンモックの係合箇所、ハンモックの材質(樹脂、テープ)、衝撃吸収ライナー、ヘッドバンドの形状、ヘルメット全体の重量が異なる物であるが、いずれの場合でも振動を頭部に伝えることができていた。

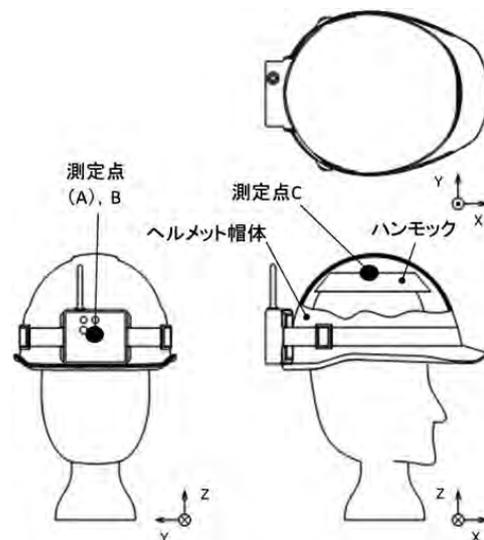


図-2 振動の測定方向

表一 2 主な周波数帯の比較

周波数帯	429 MHz 帯	920 MHz 帯	2.4 GHz 帯
帯域幅	狭い (0.49 MHz) (429.25 ~ 429.74)	広い (7.6 MHz) (920.5 ~ 928.1)	広い (72 MHz) 2.412 ~ 2.484
伝送速度	△遅い (~数 kbps)	◎適度 (~ 100 kbps)	◎早い (~数 Gbps)
到達距離	◎長い	◎適度	△短い
回り込み特性	◎ (良い)	◎ (良い)	△障害物に弱い
電波干渉	◎ (少ない)	◎ (少ない)	△誤作動リスク
総合評価	△ 伝送速度が遅い	◎ 適度な伝送速度 適度な到達距離 回り込み特性 電波干渉の少なさ	△ 2.4 GHz 帯は, WiFi, Bluetooth, 電子レンジ等の 周波数と重複

(e) 振動を使うことの効果

各検証の結果、ヘルメット振動警報装置は、ヘルメット帽体、内装を介しても装着者の頭部に認識の出来る十分な振動を与えることができていた。

ヘルメットの振動による伝達手段は、視覚や聴覚に頼らないことで、気象条件や騒音環境下などの外部影響を受けないだけでなく、頭部に直接信号（体感）を与えることで、作業者の動作や体勢、振動を発する機器の操作中、耳栓等の防音保護具装着時など、様々な状況下でも有効であると言える。

(2) 通信方式

道路上のカーブ等、見通しが悪い環境下や屋外でも通信できるよう、干渉が少なく、障害物があっても回り込んで届く特性を持つ、特定小電力無線の 920 MHz 帯を使用している（表一 2）。

特定小電力無線の使用周波数帯には、4 種類が規格として存在するが、通信距離、機器の小型化、伝送可能データ量等を考慮して、920 MHz 帯を使うこととした。装置の小型化の観点からも、920 MHz 帯であれば、アンテナの長さは理論上 8 cm 程度にできる為（波長の 1/4）、製品の小型化にもつながる。

更に、特定小電力無線は免許が不要なので、全ての作業者が使用できる。

(3) 通信距離

使用環境や条件で異なるが、時速 100 km の侵入車両に対して、避難できる時間が確保できるよう、約 300 m（見通しが良い場所）で設定。

通信距離は目安であり、実際の使用環境・現場での通信確認は必要となる。

(4) 電源部

単三形ニッケル水素充電電池 2 本を使用。1 日の就業時間を考え、使用可能時間は約 15 時間程度。使用可能時間が少なくなるに応じて、電源 LED の点滅およびブザーで電池残量を知らせる機能としている。

(5) 制御部

警告信号を受けた時、ヘルメット振動型受信機の振動は最短で約 8 秒程度（振動が頭部に与える影響が無いレベル）継続し、自動的に停止する。

発信機からの警告信号が継続する時は、警告信号が途絶えるまで振動を継続するように設定している。尚、装着者本人が途中で振動を停止させることは出来ない。

3. 使用方法

(1) 製品構成・装着方法

ヘルメット振動警報装置は、「手動ボタン式発信機」と「ヘルメット振動型受信機」で構成される（写真一 2）。手動ボタン式発信機は、管理者（監視者）が緊急事態の発生を目視で認知したときに手動で警告信号を発信する装置で、腕やベルト等へ装着する。ヘルメット振動型受信機は、作業者のヘルメット後頭部に装着する（写真一 3）。

尚、発信機は、手動ボタン式発信機の他にも、センサーが異常を検知すると自動的に警告信号を発信できる機能であれば良いため、転倒センサーや衝撃センサー、加速度センサー等との組み合わせが可能である。

(2) 運用台数

ヘルメット振動型受信機は、最大 64 台の発信機（危



写真-2 製品構成



写真-3 装着方法

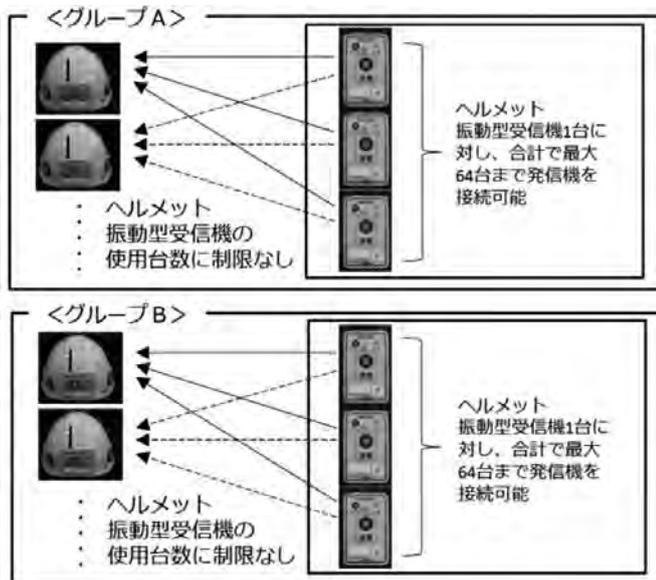


図-3 登録（ペアリング）の概念図

険を感知した人、センサーからの警告信号)を登録（ペアリング）することが可能である（図-3）。

また、同時に警告信号を受信するヘルメット振動型受信機の台数（警告信号を受ける作業者の数）には制限が無い。ペアリング機能により、ヘルメット振動型受信機は、特定の発信機からの発信信号に対してのみ受信が出来るようになる。発信機からの発信信号を受信したヘルメット振動型受信機は、記憶した識別番号

と受信した電波の認識番号を比較し、合致した場合のみ警報として振動動作を開始する。識別番号は65,536通りあり、混信する可能性は避けられる。尚、一度ペアリング登録すると、解除操作を行わない限り、電源を切ってもペアリング状態は続いている。

（3）運用方法

危険を感知した人またはセンサーからの警告信号を送る発信機と、これを受信するヘルメット振動型受信機を組み合わせることで、現場の状況に応じた様々なシステムを構成することが可能である。

本製品の開発動機になった、高速道路における危険発生時の即時避難行動例を説明する。

高速道路上では、監督者や作業員、警備員等の作業関係者が作業エリアの内外で作業を行う。通常、このような作業エリアは、パイロンや矢印板等によって、車両の進入が規制されるが、通行車両の運転者が運転操作を誤り、進入が規制されている作業エリアに車両が入ることがある。このような事故の発生を防ぐため、規制帯の先頭部分には、工事看板や回転灯、誘導灯、規制表標識を取付けた車両等が配備されるが、視界不良や運転手の緩慢運転等の各種要因により、作業エリアへの車両の誤進入を完全に無くすることができないのが実情である。

監視員が手動ボタン式発信機を携帯し、作業エリアの各作業員がヘルメット振動型受信機をヘルメットに装着した状況において、作業エリアへの車両の誤進入に気が付いた監視員が発信機の非常ボタンを押すと、各作業員のヘルメット振動型受信機が一斉に振動する。各作業員は、ヘルメットの振動により、身を守るための即時退避行動を行い、車両との接触等を防ぐことが可能となる（図-4、5）。

また、ヘルメット振動型受信機の装着者全員が、手動ボタン式発信機を携帯することで、緊急避難信号を受信するだけでなく、緊急避難信号の発信者になる事も可能である（図-6）。

手動ボタン式発信機以外にも、転倒または衝撃を検知するセンサー内蔵の発信機をパイロンや矢印板に取付けた場合、車両の接触をセンサーによって異常検知した発信機が発する警告信号により、作業エリアに居る各作業員のヘルメット振動型受信機が振動する。このようなセンサー内蔵の発信機を加えれば、手動ボタン式発信機を携帯している人が非常ボタンを押す前であっても、センサー内蔵の発信機が警告信号を発信することが出来るため、各作業員は、即時避難行動をより早く開始することが可能となる（図-7）。



図一 4 緊急避難信号の発信



写真一 4 実証確認の様子 (通信確認)



図一 5 受信後の退避行動



写真一 5 実証確認の様子 (騒音・振動環境下での伝達性確認)



図一 6 互いの送受信のイメージ



図一 7 センサー内蔵発信機からの発信

4. 試験実施状況

(株)高速道路総合技術研究所 (NEXCO 総研) が実施した「安全技術の現場検証^{a)}」に参加し、ヘルメット振動警報装置は、「騒音環境下でも作業者に確実に伝達できる警告手段として、高速道路上での有用性がある」「工事騒音 (パイプロコンパクタ+耳栓)」の中でも確実に警告 (= 振動) を確認できる」と評価された (写真一 4, 5)。

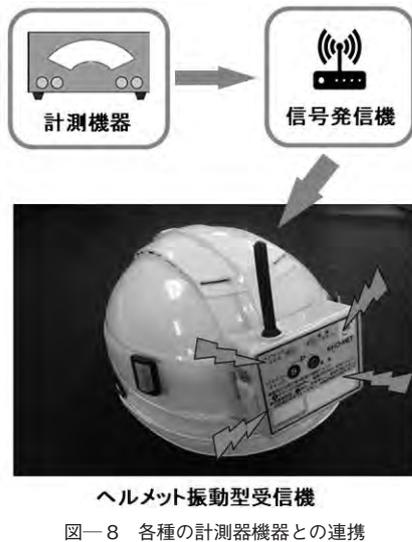
a) 「高速道路での工事規制に接近・侵入する一般車両を工事規制の上流側で事前に検知し、下流側の路上作業関係者に警告する技術」をテーマとし、2018.11.8, 中央高速道談合坂廃道敷ヤードで実施。

5. 応用例

ヘルメット振動警報装置は、高速道路作業の危険回避を目的に開発された物であるが、道路工事等の作業エリアへの適用に限定されるものではない。

例えば、ビルディングの建築現場, 工事, プラント, 沿岸部, 火災現場, 山岳地帯, その他各種の作業エリアにも応用可能である。

更には、地震や水害や火山災害等の災害復旧現場や



災害監視拠点、建物の建設・解体現場などにおける新たな被害（余震や更なる災害拡大）や二次災害に対する非難警報、建物の火災や崩壊等の発生時における避難警報にも使用可能である。また、電波の伝達が難しい場合には、中継器の配置や、中継器間に部分的に有線の伝送路を設け中継器をバックアップすることで、ビル（マンション）、トンネルや地下鉄等の工事現場や、炭鉱、地下ライフラインなどの作業現場など、多くの現場においても使用することが可能である。

(1) 各種の計測機器との連携

「地滑り計測器、津波計測器、ガス検知器、降水計測器」と連携させることで、災害救助時の二次被害等から避難行動を取らせることが可能となる（図一8）。

(2) 赤外線センサーとの連携

赤外線センサーと連携させることで、作業者が危険なエリア（重機やクレーン等の作業エリア）に入った

ことを知らせることが可能となる。

(3) コミュニケーション手段として

作業中における互いの合図確認、呼び出し、見えないうちに居る人同士の合図などに使用し、事故の防止に役立てることが可能である。

6. おわりに

ヘルメット振動警報装置は、安全確保のための補助装置であり、作業に携わる関係者全員の安全意識や安全ルールの徹底があって初めて有用となる。

作業者の安全を守るため、より多くの作業現場で活用して頂きたい。

JCMMA

《参考文献》

- 1) 小松 明, 「振動音楽の表現方法及びその装置」特開 2001-86580 2001.3.30
- 2) JIS B 7760-1: 全身振動 - 第1部: 測定装置 (2004)
- 3) 松本 互平, 「人体の振動感覚特性と振動基準」関西造船協会論文集, 第238号, P.147, 2002年9月
- 4) 下垣 好文, 「マイクロ振動モータの開発動向」精密工学会誌 VOL.69, No.11, 2003
- 5) 産業衛生学雑誌「許容濃度等の勧告 (2019年度)」産衛誌 2018:60 (5): 116-148 2018.5.17
- 6) 「振動障害の予防のために」厚生労働省 労働基準監督署

【筆者紹介】

益子 孝 (ますこ たかし)
ミドリ安全㈱
環境機器事業本部
技術開発部 開発グループ設計チーム
課長



バーチャルな環境で疑似トレーニングをおこなう 新たなMR技術（AVR）の開発

蛭原 巖・須長 真介・山口 聡

VR技術を活用した安全教育システム「リアルハット」の開発より3年。その間、バーチャルな環境での疑似体験は数多くの「気づき」を生んできた。その一方、建設産業を取り巻く社会環境は急激な変化を遂げている。これらの変化に対し、従来の安全教育システムには新たなニーズとして疑似トレーニングの実施が求められている。そこで、VRでは実現できなかった課題を解決する全く新しいMR技術（AVR）を開発し、安全教育システムは新たな方向に進み始めた。この新しいMR技術（AVR）の概要と本技術を活用する安全教育について紹介する。

キーワード：MR、AVR、疑似トレーニング、VR、安全教育システム、フルハーネス型安全帯、延命措置、足かけ補助具

1. はじめに

2017年、従来の安全教育の課題を解決する手法としてVR安全教育システム「リアルハット」を開発し、本誌2018年2月号において報告をした。同システムは、VR技術を活用することで受講者の集中力を高め効果的な「気づき」をもたらすことを目的に開発をおこなった。また、昨今のダークツーリズムのように労働災害という「負の遺産」を繰り返し疑似体験でき、かつ新鮮な形で保管できる教材となっている。現在、本システムの開発より約3年が経過したが、その後の建設業界は、従事する技術者・技能者の高齢化、若年層の入職率低下などを背景に、人手不足や技術・暗黙知の継承などの課題が深刻化している。そのような背景の中、「建設業の働き方改革」、「技能者の建設キャリアアップシステム導入」、「外国人労働者の受け入れ」、「建設生産システムの生産性向上 i-Construction」など、建設業界を改革する施策が多数打ち出され、取り巻く環境は急激なスピードで変化を続けている。一方、安全の分野では、依然ヒューマンエラーを原因とする災害が多発しており、災害発生を未然に防ぐ「気づく能力」を育む効果的な教育やトレーニングが求められている。本稿では、これら建設業界の現状を背景に再開発した新たな安全教育システムについて報告する。

2. 安全教育システムの新たな着目点

安全教育は、「頭で考え理解する学習方法」と「体を使い身に着ける学習方法」の二種類がある。リアルハットは、かつて発生した災害をバーチャルな環境で再現し、災害の発生原因を気づかせる仕組みであるため前者に相当する。しかし、時代の変化とともに後者であるトレーニングの実施が求められている。前回の開発以降、その背景に至った着目すべき二つの出来事に関し述べる。

(1) 未熟練労働者と不安全行動

2013年にオリンピック・パラリンピックの東京開催が決定されて以降、施設整備などの建設需要の増大により大幅な人手不足が予想された。これを受け、2015年より「外国人建設就労者受入事業」が開始された。2013年以前は、建設業に携わる外国人労働者の伸び率は1年間で2.0%程度であったが、2013年以降は、30～40%の伸び率を示しており、2011年と2017年の就労者数を比べると4倍以上に増加している¹⁾。また、2019年4月に新設された「特定技能」という就労ビザの影響もあり、今後も外国人労働者の増大は見込まれる。一方で日本式に慣れていない外国人労働者が労働災害発生の温床と云うリスクになることは否めない。外国人労働者は、建設業界の人手不足を解決する方策として期待されるものであるが、言語、文化、風習、様々な部分で異なるため、協働していく

ためには、十分なコミュニケーションを図り、多くの事柄において理解しあわなければならない。また、外国人労働者に限らず、経験の少ない未熟練労働者は、一般的に作業に慣れておらず危険に対する感受性も低い。厚生労働省が作成する平成26年の建設業労働災害統計によると不安全行動を原因とする労働災害の死傷者数は、経験年数5年以下の未熟練労働者の災害が全体の死傷者数の約49%を占める。しかも12種類54項目に分類された不安全行動のうち、「誤った動作」が最も多く、全体の39%を占める²⁾。特に法的な規制のない電動工具などは、その使用方法に誤りがあると致命的な切創事故に発展することが多い。外国人労働者や未熟練労働者でも容易に取り扱える電動工具は、正しい使用方法を十分に教育する必要がある。

(2) 労働安全衛生法施行令の改正

2018年6月に労働安全衛生法施行令が一部改正され、2019年2月よりフルハーネス型安全帯の使用が原則義務化された。これは、胴ベルト型安全帯を使用しているにもかかわらず墜落して死亡する災害が毎年発生していたことを背景としている。胴ベルト型安全帯の場合、墜落衝撃による内臓破裂を免れても、身体が「くの字」となることで胸部や腹部を圧迫し呼吸困難から低酸素脳症に発展し死亡に至る。それに対しフルハーネス型安全帯は、墜落時に直立姿勢を維持しやすく、頭部の激突を防止し、かつ墜落制止時に発生する衝撃を全身に分散させるので被災者の身体への負担が大幅に軽減できる。これらにより、フルハーネス型安全帯は、墜落災害における死傷者数の減少が期待される。その一方で、墜落時にフルハーネス型安全帯を使用しているにもかかわらず、宙吊り状態の継続は決して安全ではないとの報告がある。宙吊り状態が20分以上継続すると腿ベルトが大腿静脈部を圧迫させ、全身うっ血状態になり脳と心臓に重大な損傷を与えるのである。また被災状況にもよるが、墜落発生後、レスキュー隊の到着までに10分、現場把握ならびに救出計画立案に5分、救出作業に15分、延べ30分を要す³⁾。よって、被災後20分間までの対応が被災者の生死を分けるのである(図-1)。これに対し、米英両国などでは墜落制止後に被災者自身がとるべき行動のひとつとして延命措置のトレーニングが義務化されている。墜落した被災者に意識があるならば、レスキュー隊が到着するまでの間に足かけ補助具(ループ式ソウンスリング)を用いて自らで延命措置を施すのである⁴⁾(図-2)。わが国においても、墜落制止後の死亡事故を防止するため、これらの教育トレーニングが必須である。

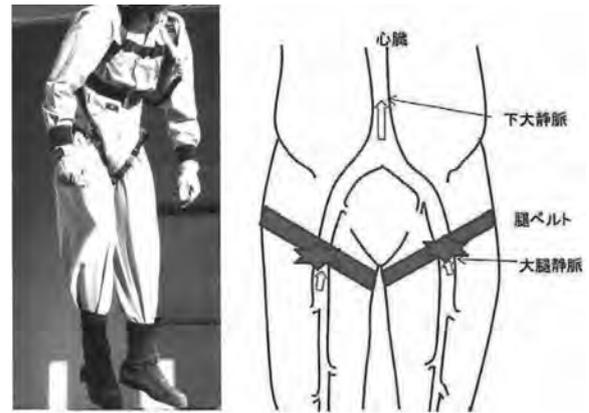


図-1 大腿静脈部の圧迫



図-2 足掛け補助具による自己延命措置

3. MR技術を用いた疑似トレーニングシステムの開発

(1) 従来システム「リアルハット」の課題

VR (Virtual Reality: 仮想現実) を定義するのであれば、「実際の現実として目の前にあるわけではないが、PCや各種デバイスを介して実質的には現実と同じものを人工的に感じさせる技術」である。デバイスであるヘッドマウントディスプレイ(HMD)を装着することで、今まで見ていた現実環境のモノが視界より遮られ、その代わりにHMD内の視界では全く別のバーチャルな環境が映し出される。しかも、頭や視線を動かしても、さらにその環境の中を移動しても、そのバーチャルな環境は頭や視線の動き、移動に対しても追従して視界に映し出される。これにより、VRの体験者は目の前で展開する別の環境に居て、起ることを体験しているかのような錯覚を覚える。これらの「あたかも体験している」かの錯覚を生む仕組みは、HMD内に内蔵された加速度センサーやジャイロセンサー、体験区域外周に設置する外部トラッキング用センサー達が体験者の移動している方向や位置、

その動きの速度などを検知し、その動作に合わせてPCが瞬時に制作した映像を体験者の動きに遅れることなくHMDに映し出すからである。これにより体験者は、あたかもバーチャルな環境の中にいるかのように感じ、高い臨場感と没入感を得るのである。

このようにVRは、視界に入るすべてのものがPCの中で構築されたもので成立しているため、バーチャルな環境には現実環境のモノは存在しなかった。よって、バーチャルな環境ではVR体験者の身体(手足)すらなく、その環境の中にVR体験者の意識もしくは視線だけが存在しているかのような環境の中で、先に述べたような誰でも扱うことができる電動工具などをVRで表現すると電動工具とは思えないほど重量の軽いCGにならざるを得なかった。またCGの電動工具を稼働させても、稼働時に発生する振動などを正確に表現することができなかつた。電動工具の重量や稼働に伴う振動などVR体験者がかつての経験で知りえた事実や記憶が全く異なる表現になることで、その臨場感や没入感が失われていた。一方、墜落制止後の延命措置訓練では、HMD内では墜落制止後のバーチャルな環境の映像は見えるものの、映像内に体験者自身の手足や足かけ補助具が存在しないため、訓練時には手探り状態になり第三者の介助を必要とした。これにより体験者は、緊張感あるバーチャルな環境に居るにもかかわらず、強制的に現実環境に引き戻されてしまうのであった。

(2) MRとはどのような技術なのか

1994年、カナダトロント大学のPaul Milgram教授らが「現実環境とバーチャル環境の連続体」⁵⁾という概念を発表している(図-3)。同図において、実際に我々が過ごしている現実環境が図の左端(Real Environment)にあり、その対極の右端に完全にバーチャルな環境(Virtual Environment)が位置付けられている。ちなみに、完全にバーチャルな環境とは、いわゆる五感(視覚、聴覚、触覚、味覚、嗅覚)すべてが人工的に構築され、かつ互いに連動して違和感なく体験できるものだと考える。同図は、左端から右端に向かって現実の環境とバーチャルな環境の割合が少しずつ変化してい

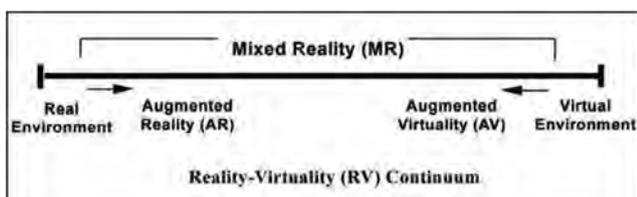


図-3 現実環境とバーチャル環境の連続体

くと表現している。よって本概念では、現実の環境とバーチャルな環境の混合割合は問わないが、現実の環境にバーチャルな環境を重ね合わせる全ての技術自体をMR(Mixed Reality:複合現実)と定義づけている。

現在、リアルハットで活用しているVR技術は本概念の右端より少し現実環境寄りに位置している。また、「ポケモンGO」や「SNOW」などに代表されるAR(Augmented Reality:拡張現実)は、さらに現実環境寄りに位置している。ARは、スマートフォンやタブレットなどのモバイルデバイスを介して見える景色や地図などの現実の環境映像に、PCを使い更なる情報を重ね合わせる技術である。先の「現実環境とバーチャル環境の連続体」にもある通り、ARと位置付けられている技術も実はMRなのである。もっとも有名なMRデバイスとしてマイクロソフト社の「HoloLens」がある。このデバイスが実現するMRは、体験者が装着する透過型ゴーグルを介して目前に広がる現実の環境にバーチャルな環境のモノを重ね合わせた世界である。この「HoloLens」は、ARと同様に現実の環境を主としたMRである。また、この「HoloLens」は、「現実環境とバーチャル環境の連続体」の概念の中では、ARよりも完全なバーチャルな環境寄りに位置するものと考えられる。

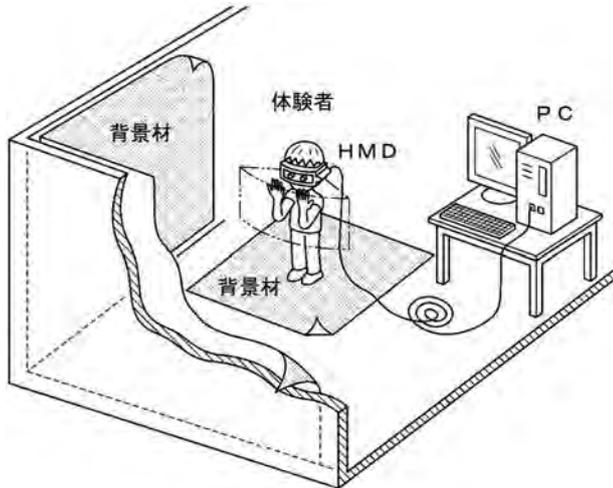
(3) 新しいMR技術の開発

安全教育の新しいテーマとして、電動工具の正しい使い方、墜落制止後の被災者自身による延命措置などのトレーニングがあることは先に述べた。これらを実現するためには、バーチャルな環境に電動工具などの実機や体験者の身体(手足)を映り込ませる新しい技術の開発が必要となった。そこで新しいMR技術としてAVR(Advanced Virtual Reality:拡張仮想空間)を開発した。AVRは、VRと同じくバーチャルな環境を主とし、そこに現実環境のモノを持ち込んだものであり、先の「現実環境とバーチャル環境の連続体」の概念では、マイクロソフト社の「HoloLens」よりも完全なバーチャルな環境寄りに位置し、現在主流となっている現実環境を主とするMR技術とは考え方を異にする。

AVRは、従来のHMDに高性能なカメラを装着し、体験者の向いている方向の高精細な映像(生映像)と被写体までの距離情報を取得する(写真-1)。通常、HMDを装着していると、体験者はHMD外の環境は見えないが、HMDに装着されたカメラが体験者の目の代わりとなってHMD外の環境を取得するのである。なおAVRの体験は、ブルーバックやグリーンバッ



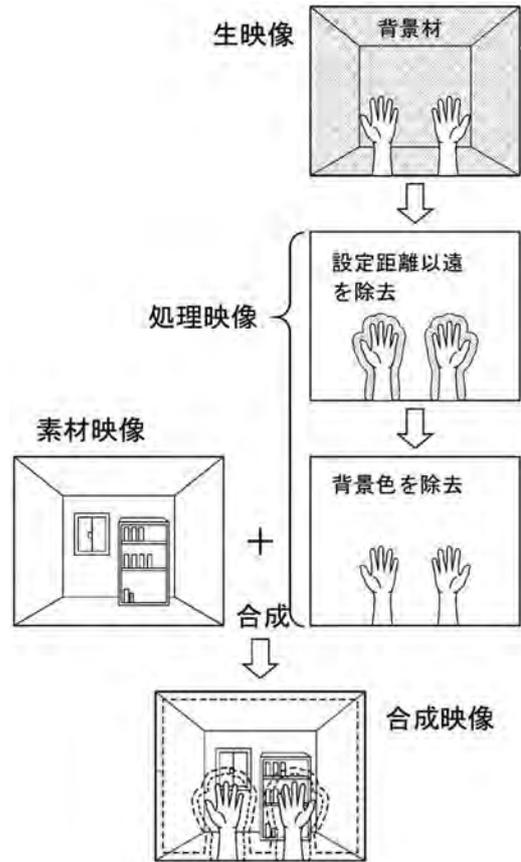
写真一 1 AVR用HMD



図一 4 AVRの機械配置

クと呼ばれる背景材の中で実施する（図一4）。その後、AVRは取得したHMD外の映像情報に対し「HMDを中心に、設定した距離以遠の映像を除去する処理」と「背景材の色を透明にする処理」の2つの技術を組み合わせて実施することによって、高性能カメラで撮影した生映像から「体験者の身体（手足）」や「持ち込みたい工具」だけをシャープに切り抜き（処理映像）、バーチャルな環境（素材映像）と合成しHMDへ転送する（図一5）。このような手順をおこなうことで、バーチャルな環境に現実環境のモノを持ち込むことに成功させた。また、この二つの技術を組み合わせることで映像合成に必要な処理速度を飛躍的に向上させ、体験者の動作を瞬時に反映させることができた。現在、本技術は特許出願中である。

次図に示すものは、バーチャルな環境で、作業員がディスクグラインダーを用いて作業をするという設定である。体験者は、装着しているHMD内で同写真奥側にあるディスプレイに映し出された映像を見ている（写真一2, 3）。一方、同写真手前側の現実環境においては、体験者の正面にある踏み台だけが存在するが、HMD内で映し出されるバーチャルな環境では踏み台に加えて工具箱やその他の資材が登場している。



図一 5 AVRの画像合成手順



写真一 2 AVR体験状況



写真一 3 HMDで見る合成映像

(4) AVR を活用した安全教育例

現在、AVRは「フルハーネス型安全帯使用作業特別教育」における「墜落制止後の延命措置訓練」に集中的に活用している。

同訓練には、AVRシステム(PC、HMD、グリーンバック)に加えて、フルハーネス型安全帯等を用いる。また訓練では、受講者が実際に吊り下がる必要があるため、移動型の吊り設備として「ぶらさがり健康器」を活用している。なお、HMD内で視聴するバーチャルな環境は、実際に稼働している工事現場を3Dカメラで撮影した高精細な3D映像を用いている。これにより、受講者はCGではなく実際に稼働している工事現場映像の中に合成される。すなわち、受講者自身は工事現場映像の登場人物として映像内に入り込むのである(写真-4、5)。

受講者は、対象となる作業、安全帯の構造や使用方法と点検整備方法、労働災害の防止措置などを事前に座学で学んだ後にAVRを用いた疑似体験トレーニングを受講する。受講者にフルハーネス型安全帯を装着させ、吊り設備と連結する。その際、連結はするものの吊り下げた状態にはしない。そこで受講者に対し「現在は作業床上にいますが、墜落した設定に変えます。」



写真-4 AVRを活用した延命措置訓練状況



写真-5 体験者が見ている訓練映像

と告げ、両足を上げさせ支えていた踏み台を撤去して実際に吊り下がった状態にする。講師は「墜落するとこのような状態となるが、何か感じるか?」などと問いを与える。受講者より「ハーネスが体を締め付けて苦しい。」「墜落時の衝撃を想像すると恐ろしい。」「助けを呼びたいが映像の中には誰もいない。」「このまま何分間も救助を待つのだろうか。」などと初めての体験を通して主観的な「気づき」に加えて客観的な「気づき」を得る。さらに講師は「このままだと体の血流が止まり生命の危険である。」「意識があるならば、自らで延命措置を取ろう。」と促し、足かけ補助具を使った自己延命措置を実践させる。受講者は、フルハーネス型安全帯の締め付けによる痛みや動きづらさに耐えつつ、HMD内に映る自らの手足を使い、用意していた足かけ補助具をフルハーネス型安全帯に固定し、さらに足かけ補助具に足を掛け体重を乗せることでフルハーネスによる締め付け負荷を除荷する。そこで改めて講師は足かけ補助具の効果的な掛け方や使用上の注意点などを指導する。その後「どこが楽になった?」「どこにこのスリングを用意しておけばよいか?」などと第二の問いを与え、受講者の更なる「気づき」を促すのである。

(5) AVR の効果

AVRの開発ならびに運用において、以下のような効果を確認した。

- ①バーチャルな環境に現実環境を重ね合わせることで、起こり得る環境を忠実に構築し、臨場感ある疑似トレーニングを可能にした。
- ②体験者は、様々な身体的な負荷を感じつつトレーニングをおこなうことで、想像を超えた多くの「気づき」を得ることができる。
- ③体験者自らが考え、体験者自身の手足を使うことで、より細やかな動きを身に着けることができる。
- ④繰り返しトレーニングをおこなうことで、実際に同じ環境に陥った際のパニック低減が図ることができる。
- ⑤繰り返し訓練時には講師が不要となる。
- ⑥体験者の身体や周辺環境が見えることになり、VR酔いの発生が最小になった。本件に関しては、別途研究中である。

4. おわりに (安全教育の多様化に向けて)

今回のAVR開発によりVR安全教育では不可能であったバーチャルな環境での疑似トレーニングを可能

にし、その限界を克服した。しかし、AVRという仕組みは、グリーンバック等、比較的大掛かりな設備を必要とする。安全教育施設など固定的な場所で利用するには容易であるが出前安全教育などでは資機材の運搬などが発生し費用も増大する。今後は、これら設備の小規模化などが本システムを発展させる上で課題となる。また、現実環境とバーチャルな環境の混合割合を変えることで、MRと云う技術は様々なシチュエーションで活躍できる可能性も感じた。今後、様々な仕組みのMRが開発されると思う。それぞれの良さを十分に理解し、これら技術を上手に活用できれば、安全教育に限らず実効性の高い教育システムが構築できると考える。今後も、新たなるニーズや課題の抽出と開発を続けていく所存である。

J|C|M|A

《参考文献》

- 1) 国土交通省：建設業を巡る最近の状況
<https://www.mlit.go.jp/common/001268636.pdf>
- 2) 厚生労働省：職場の安全サイト
<https://anzeninfo.mhlw.go.jp/user/anzen/tok/bnsk00-h26.html>
第10表 不安全な行動別・年齢別死傷者数
- 3) 菊一功：安全帯で宙ぶり—救助までの延命措置—

- 4) 建設業労働災害防止協会：建設業における丸のこ等取扱作業の安全—安全衛生教育テキスト—平成22年
- 5) Paul Milgram, Haruo Takemura, Akira Utsumi, Fumio Kishino : Augmented Reality : A class of displays on the reality-virtuality continuum SPIE Vol 2351 Telemanipulator and Telepresence Technologies

【筆者紹介】



蛭原 巖 (えびはら いわお)
西武建設㈱
土木事業部エンジニアリング部
エンジニアリング部長



須長 真介 (すなが しんすけ)
西武建設㈱
土木事業部技術設計部
課長



山口 聡 (やまぐち さとし)
㈱ ACW-DEEP
プリビズ/VFX スーパーバイザー
代表取締役

山岳トンネル工事における 「切羽プロジェクトンマッピング」

地盤情報を切羽に投影して施工の安全性・効率性を向上

谷 卓也

山岳トンネルの施工においては、連続して掘削作業をするため作業班を昼夜に分けて事を進めている。作業の交代時には切羽地盤の硬軟や不安定性に関する情報を次の班に引き継ぐが、切羽は安全を確保するため吹付けコンクリートで覆われており、地盤の硬軟等の具体的な位置を直接目視等で確認することができない。また、軟弱な地層の位置や亀裂の入り方等、詳細な地盤情報を作業現場で正確に把握するには、観察スケッチやメモ等を再確認する必要がある上、情報共有がスムーズに行えないという課題があった。そこで、エンターテイメントで使用されているプロジェクトンマッピング技術をトンネル工事にも適用できるようにし、現在、国内のトンネル現場で運用している。これにより、吹付け前の状況が分かる実物大の切羽写真やスケッチ、地盤の硬軟等が分かるコンター図を切羽に投影することで、作業員全員が同じ地盤情報を容易に共有できるようになった。その結果、留意すべき弱層や亀裂帯の位置の正確な把握、それに伴う発破の装薬量が適正化でき、山岳トンネル工事における安全性や効率性の向上を実現した。

キーワード：山岳トンネル、プロジェクトンマッピング、情報共有、情報可視化、切羽写真、コンピュータジャンボ、削孔エネルギー

1. はじめに

山岳トンネル工事では、施工を止めずに継続して掘削できるよう、作業を昼夜の2つの班に分けて工事を進めることが一般的である。作業班の交代時には、施工を安全かつ効率的に行うため切羽地盤の硬軟や不安定性に関する情報を次の班に引き継ぐ（写真—1）。しかしながら、交代で入坑する作業員は、切羽が安全確保のための吹付けコンクリートで覆われているため（写真—2）、切羽の状況（例えば、亀裂や弱層の位置、風化の度合い、岩盤の色、等）を直接確認することが

困難である。一方、近年、様々な調査・計測技術が開発され作業の効率化に適用されてきているものの、これらの情報のほとんどはPCやタブレット端末のモニター画面で示されるため、作業中の現場で適宜情報を確認するには、煩雑かつ余分な機器を要する。これは、ジャンボに搭載された削孔検層機能の結果表示にも当てはまり、これまでは詰所に設置されたPCのモニター画面で確認していた（写真—1）。

そこで、山岳トンネル工事における切羽（掘削面）をスクリーンとして、地盤情報を投影できる装置「切羽プロジェクトンマッピング」（以下「本技術」と



写真—1 昼夜班交代時の引き継ぎ状況



写真—2 吹付けコンクリートに覆われた切羽

いう)の開発を行うこととした。本技術により、切羽に実物大写真やスケッチ、地盤の硬軟等を表した削孔エネルギーのコンター図といった情報を、簡易な操作(例えば、作業用の手袋を着用したまま、スイッチを押すだけ)で投影して共有できることになり、山岳トンネル工事における安全性や効率性の向上ができることと考えた。

現状の地盤情報の引継ぎでの課題をまとめると、以下のようなになる。

- ①切羽が吹付けコンクリートで覆われているため(写真—2)、切羽状況の確認が困難である。
- ②弱層や亀裂の位置、地層境界の位置は、引継ぎ時の記憶に頼ることになり、実際の切羽での正確な位置が不明確になる。
- ③地盤の硬軟に関する情報は、「硬い」や「軟らかい」といった定性的な表現で伝達され、実際の岩盤強度が定量的に把握できない。

これらの課題について、①および②に関しては、切羽への吹付けコンクリートの施工(鏡吹き)前に撮影された画像をジャンボに搭載したプロジェクターにより切羽に歪(ゆが)み無く正確な位置に投影し、吹き付け前の切羽を再現することとした。また、③に関しては、装薬孔削孔時の削孔検層結果を岩盤強度と相関する削孔エネルギーの断面内分布コンター図として示すことで、地盤の硬軟を段階的な色の表現として定量的な情報を与えることとした。

2. 技術の概要

(1) トンネルの掘削作業における開発技術の適用

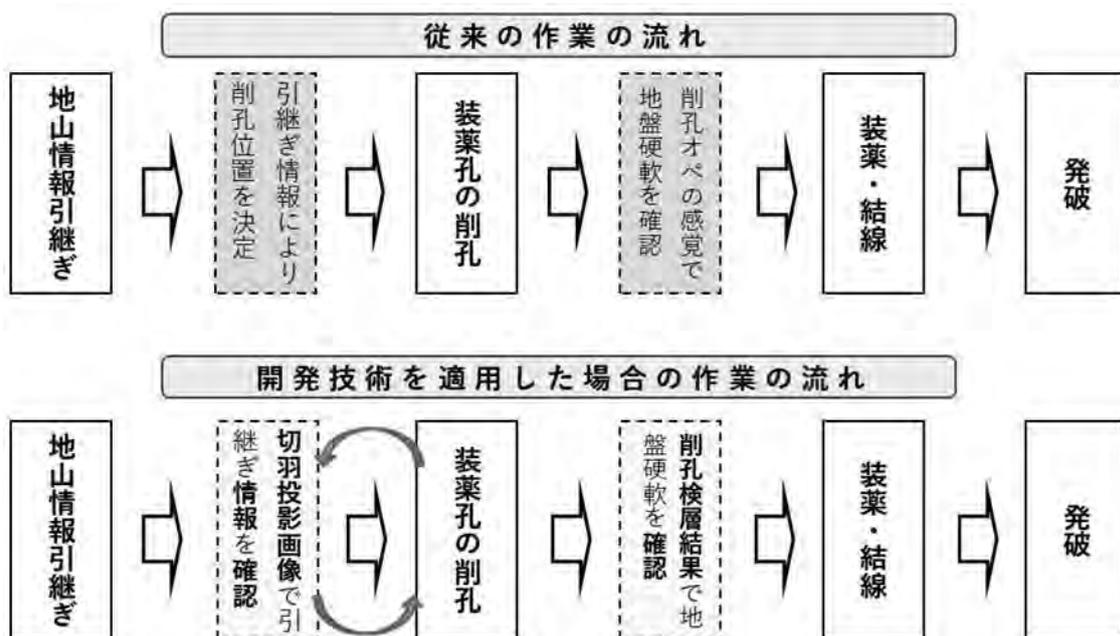
本技術の主たる適用例となる発破作業について、地盤情報の伝達および施工への反映という観点から、従来の作業班の交代引継ぎから装薬孔の削孔、装薬・結線、発破に至るまでの作業の流れと、同様に本技術を適用した場合の流れについて、図—1に示す。

図—1より、開発技術を適用した場合には、発破を効率的かつ効果的に実施するために必要な、弱層や地質境界の正確な位置、地盤硬軟の定量的な把握が、切羽に投影された画像(写真—3)とジャンボの運転席に設置されたモニターに表示される画像(写真—4)により実現できることが分かる(図の下部、作業の流れの内、点線で囲まれた項目)。特に、装薬孔の削孔では、地盤の状況に応じて実施する装薬パターン(削孔位置、装薬量)の適切な修正が効果的・効率的な発破には重要であり、施工サイクルに大きく影響する。また、これら掘削を行う地盤に関する情報共有は、昼夜班の交代時のみならず同一作業班による作業でも有効である。

(2) 技術の特徴

本技術により実現可能となった事項を、以下にまとめる。

- ・山岳トンネル工事における主要な建設機械であるジャンボが切羽近傍にいる間、吹付けコンクリートに覆われた切羽について、最新の切羽写真と地



図—1 交代班の作業引継ぎから発破までの作業の流れ(上:従来,下:開発技術適用)



写真—3 切羽に投影された硬軟コンター図



写真—4 ジャンボ操作席モニター上の状況



(a) ジャンボ操作席の上に設置したプロジェクター



(b) 保護ケースに収められたプロジェクター

写真—5 投影装置の設置位置とプロジェクターおよび付属する機器類の保護ケース

盤の硬軟を表す削孔エネルギーのコンター図を作業員全員で確認・情報共有できる。

- ・切羽に投影される画像については、ジャンボが固定される位置や傾きが異なっても、正確な位置に歪みなく、掘削作業現場における厳しい条件下でも安定的に投影される。
- ・上記の情報取得および投影については、切羽作業員による簡単なスイッチ操作（プロジェクターのON/OFF、プッシュボタンによる画像切り替え）のみで行われ、それ以外の画像作成やデータの受け渡しは全て自動で行われる。

(3) 投影装置

切羽に画像を投影するというアイデア自体は以前からあったが、作業に活用する場合には、プロジェクターの技術の内、特に振動に強く高寿命で高輝度の、従来の水銀ランプに代わるレーザー光源タイプの登場を待たねばならなかった。また、機器使用のための環境を整え（養生、等）、三脚等でプロジェクターを都度設置・撤去することは、作業上の手間を増やすことになる。

これは、現場内の粉塵や水滴、高温多湿といった環境にIT関連機器が脆弱であることも相まって、普及の妨げになっていた。

本開発においては、最も画像の投影による情報共有の効果が得られると考えられる、硬岩地山における装薬作業や軟岩地山における切羽補強工で使われるジャンボに搭載することとした。正しい位置に歪み無く画像を投影するマッピングには、搭載するジャンボの位置座標が必要となることから、近年普及が進んでいる削孔ガイダンス機能を有するコンピュータジャンボ（以降、「ジャンボ」と称す）にプロジェクターを搭載することとした（写真—5 (a)）。さらに、粉塵や水の滴る環境下でも、プロジェクターやそれに付随するPCが発する熱を効率よく逃がし、振動対策を施したシャッター付き防塵・防滴保護ケースを開発した（写真—5 (b)）。

(4) 投影する情報画像

作業員に情報提供する画像については、ジャンボの起動・アウトリガーの張り出し完了に連動して、坑内

無線 LAN を介してトンネル坑外に設置されている外部のファイルサーバー（以降、「サーバー」と称す）から最新の画像ファイルが保護ケース内の投影画像生成用の PC に自動転送されるようになっている。切羽写真については、毎切羽現場職員が施工管理のために撮影した画像がサーバーに同期されており、これの写真データをダウンロードして投影する。また、岩盤の硬軟を表す削孔エネルギーのコンター図は、ジャンボに付属する機能の一つである削孔エネルギー処理プログラム（図-2）を活用している。この機能は、削孔中のフィード圧や回転数、打撃圧といった削孔中に得られる機械データ（例えば図-2（a））から削孔時のエネルギーを評価してその変化を記録表示し（図-2（b））、さらに、これらのデータを統計的に処理して横断面内の削孔エネルギー分布を表示するものである（図-2（c））。開発に当たってはこれら一連の処理作業を完全自動化し、装薬孔の削孔終了後、図-2（c）のエネルギー分布表示までを行い、作成した図のファイルをサーバーにアップロードするようにカスタマイズ（機能の追加）を行った。この画像の内、最新のものが、前述の様に投影画像生成用の PC にダウンロードされることになる。

(5) 投影画像の歪み補正

ジャンボは毎度、正面の決まった位置に据えられるとは限らず、切羽にきっちりと正対しない場合や、路盤の状況により機体が多少傾いている場合もある。そのため、ジャンボの据え付け位置に差違があっても、投影される画像は正確に切羽の形状に合わせて投影されるよう、ゲーム開発で使われる 3 次元コンピュータグラフィックス技術を応用した PC 内の仮想空間で座標変換を行うプログラム（図-3）で補正画像を生成し、これを投影画像とした。なお、補正に必要なプロジェクターの座標はガイダンス機能付きのコンピュータジャンボが有する機器の座標から、また傾きについ

てはジャンボに付属する傾斜計から情報を取得して、画像生成プログラムの入力値として与えた。

図-4 は切羽に正対せず、中心からずれた場所に位置し、やや下を向いたプロジェクターから、補正無しの画像を投影した例を示している。切羽との位置関係、プロジェクターの傾きにより図中左下のように切羽をスクリーンとした場合、歪みのある画像が投影される。この画像が、同位置から投影する補正画像の元画像となる。この補正画像の生成作業は、先のプログラム内の仮想空間で行われる。

(6) 自動化・操作の簡易化

技術開発においては、現場のニーズを取り入れつつ進めたが、中でも、手間のかかることや煩雑な作業は、最も避けたい要素であった。そのため、前述のようにデータの取得や処理は、油圧の制御系統にセンサーを取り付け、作業の進捗をモニターして自動化を行う等の工夫をしてきた。ここでは、最終段階である切羽への画像投影、撮影画像の切り替えについて説明する。

プロジェクターを使って投影される画像は、写真-4 に示した様に、常にジャンボの運転席のモニター画面に表示されるようになっている。これを投影し、作業員全員で情報共有する場合、写真-6 に示すスウィ

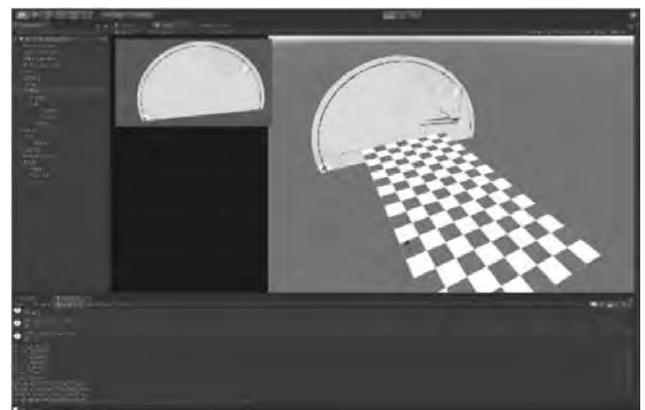
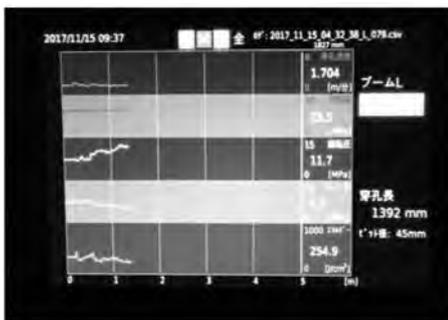
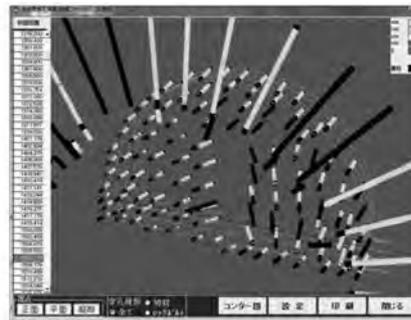


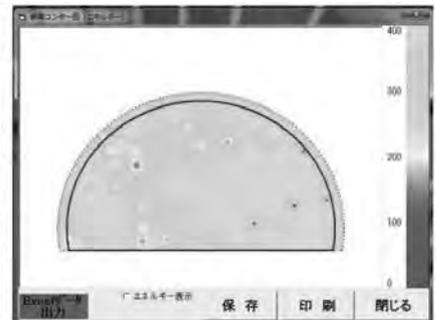
図-3 3DCG・画像生成ソフトウェア



(a) 削孔中のデータ取得状況

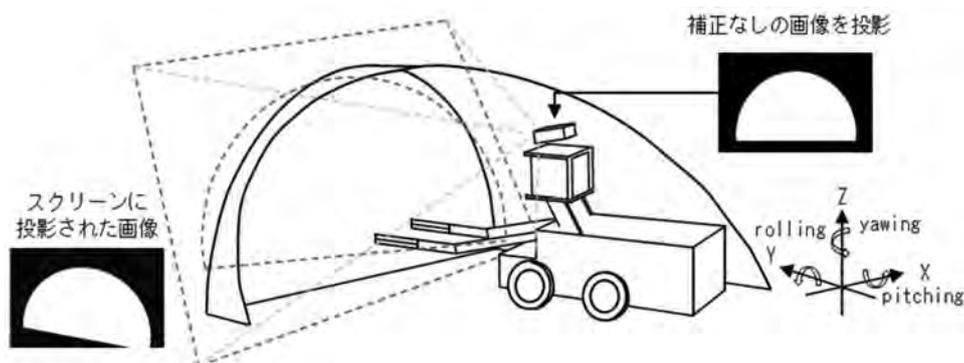


(b) 削孔データの分布



(c) 断面内のエネルギー分布表示

図-2 古河ロックドリル社製コンピュータジャンボに付属の削孔エネルギー取得・評価機能（ドリル NAVI）



図一四 切羽に正対せずジャンボの上から補正無しの画像を投影した状況



写真一六 プロジェクター起動スイッチおよび画像の切替えボタン



写真一七 切羽に投影された切羽画像写真

ちを使う。このスイッチは、ジャンボの他のスイッチと同様、革手袋を装着したまま操作できる大きさの仕様となっており、写真一四に示したジャンボ操作席の2つのモニターの間に設置されているものである。

操作は2回のみで、一番上のスイッチでプロジェクターのON/OFFを行い、上から3番目のボタンで切羽写真とコンター図を切替える。その他は、画像の種類表示灯（上から2番目と最下部）であり、最下部が点灯している場合、切羽の吹付けコンクリート上には、切羽写真が写真一七のように投影される。

3. おわりに

本技術を導入した3現場で確認できた導入効果についてまとめる。

(1) 施工効率の向上

発破削孔時に地盤の硬軟分布を写真と削孔エネルギーのコンター図で作業員全員が確認できるようになり、地盤の硬軟を定量的な指標（色の段階）で示すコンター図を実際の切羽位置に投影することで、硬軟に応じた削孔間隔の設定や装薬量の調整ができるように

なり、過装薬による飛び石や余掘り、薬量不足による掘り残しがほとんど発生しなくなった。余掘りは、後の覆工コンクリートの打設量が増加する他、トンネル周囲の地盤を損傷する場合もある。一方、掘り残しは、その部分を機械で破碎する必要がある、場合によっては再度発破を行う場合もある。これらは、いずれも対応に多くの時間が割かれるため、施工サイクルや工期に影響する。実際に本技術切羽プロジェクションマッピングを、施工区間の途中から導入した現場においては、導入後の施工効率の向上がより顕著であった。

(2) 安全性の向上

本技術は、地盤等の情報投影に際して、ジャンボ操作席に設置されたボタンによる簡易操作のみで実施可能である。従って、本技術が開発される前の投影の際には必要な作業であった大型のプロジェクターの設置・撤去、測量や投影のためパソコン操作は必要なくなり、現在では誰でも容易にトンネル坑内でのプロジェクターの使用ができる。これらの配慮がなされた本技術は、狭狭かつ作業環境の厳しい山岳トンネル現場への導入であっても、危険な作業を伴わずに運用できる安全な技術といえる。

次に、運用上の効果について述べる。本技術は、投影できる画像として切羽写真や地盤の硬軟コンター図の他、切羽観察写真や施工図面を投影できる仕様となっている。そのため、不安定な切羽において実施する鏡ボルト等の対策工では、スプレー等によるマーキング作業の省略も可能となることから、危険な切羽に接近する必要も無くなり安全性が向上すると考える。

以上、紹介した本技術については、今後、現場で行う安全教育や、技術の継承にも活用できると考えている。多くの方に利用してもらえよう、普及・展開にも注力していきたい。

謝 辞

最後に、本技術開発においてご協力いただいた、国土交通省東北地方整備局国道106号下川井トンネル工事作業所の関係者の皆様にお礼申し上げます。

JCMA



【筆者紹介】
谷 卓也（たに たくや）
大成建設㈱
本社技術センター
社会基盤技術研究部 地盤研究室



安全面に配慮したトンネル切羽不連続面の走向・傾斜測定に関する取組み

舟橋 孝仁・中原 法久・宇田 誠

著者らは、山岳トンネル工事で日常的に実施する切羽観察において、掘削後の切羽面に出現した不連続面の走向・傾斜の測定を、トータルステーションを活用した測定システムの検討を行い、現場での実証実験を行った。開発したシステムは、走向・傾斜の測定を切羽面から離れた位置において、タブレット端末でトータルステーションを操作するため、切羽に最接近して行うクリノメーターによる測定に比べ、測定中の肌落ち災害に遭うリスクが低減し安全性が格段に向上する。本稿では、測定システムの概要と現場での実証実験について報告する。

キーワード：山岳トンネル、切羽、肌落ち、不連続面、走向・傾斜、安全性向上

1. はじめに

山岳トンネル工事では、トンネルの安定性と安全性の確認のため、日常の施工管理の一つとしてトンネル切羽の観察や計測（天端沈下測定、内空変位測定等）を実施する。このうち、切羽の観察では掘削直後の切羽の状況や状態を観察し、地質とその分布、素掘り面の自立状況、風化・変質の状態、割れ目の間隔・状態・方向性、湧水状況等について調査するとともに、切羽状況のスケッチや写真撮影を行う。また、地山（岩盤）は、自然の産物であるため、不均一で不連続であり、掘削するたびに切羽に出現する節理面や層理面等の岩盤の割れ目（以降、不連続面と呼ぶ）の姿勢（走向・傾斜：不連続面が延びる方向と傾き）、風化・変質の状態や湧水発生状況等は著しく変化する。そのため、トンネル施工中に行う日々の切羽観察は、トンネルを安全に掘削するうえで重要な調査である。切羽観察の結果は、切羽観察記録として日々取り纏められ、設計や施工に問題がないか、安全な施工が可能かどうかの判断材料の一翼となる。

労働安全衛生総合研究所の調査報告によると、トンネル施工中に坑内で発生する災害のうち「落盤（肌落ち）」は高い割合を占めていることが報告されている¹⁾。切羽面の崩壊（肌落ち）発生の要因²⁾は、①不連続面の発達に起因する崩落、②湧水に起因する崩壊、③地圧や低地山強度に起因する崩壊、の3つのパターンに分けられ、このうち、「①不連続面の発達に起因する

崩落」は地山の不連続面に起因するものである。不連続面の状態や姿勢により、切羽面からの肌落ちが著しく生じやすい状況となる場合もあるため、切羽面に顕在化した不連続面を的確に把握し、蓄積された切羽観察記録を併せ持つことで、切羽前方地質の予測が可能となり、起こり得る切羽崩壊現象の予測や事前の安全対策が図れ、肌落ち災害の防止に繋がるものと考えられる。

そこで筆者らは、トンネル現場に従事する技術者が、日常の切羽観察時において、安全な方法で切羽面の任意位置の不連続面の走向・傾斜を容易に測定することができる測定方法について検討を行った。

本稿では、著者らが開発を行った、走向・傾斜測定システムの概要と現場での実証結果について報告する。

2. 不連続面の走向・傾斜の測定方法

現在、掘削後の切羽面に出現した不連続面の走向・傾斜を把握する方法には、例として以下のものがある。

- ・測定者が素掘り状態の切羽まで近寄り、クリノメーターを使用し直接的に走向・傾斜を測定する方法。
- ・切羽から離れた箇所において、デジタルカメラによる写真測量や3次元レーザースキャナー等により切羽面の3次元形状を取得し、走向・傾斜を得る方法。

クリノメーターによる方法は、素掘り状態の切羽面に最接近または接触して測定を行うため、測定者は常に肌落ち災害の危険性にさらされた状態となる。ま

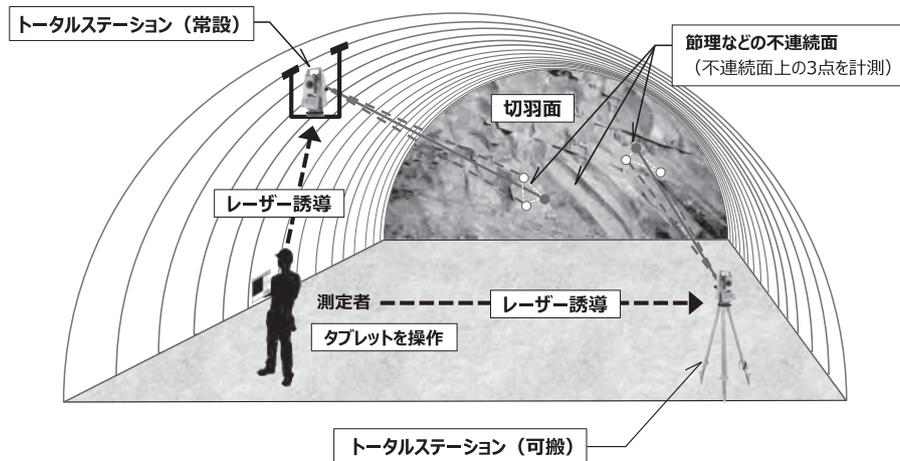
た、切羽観察は施工サイクル内で行うことが多いため、測定時間や測定場所に制約があり、不連続面の走向・傾斜測定が十分に実施できているとは言い難い。また、測定は地質学の専門知識を有する技術者が行うことが多く、トンネル現場に従事する土木技術者にとっては不慣れな点が多い。一方、写真測量やレーザースキャナーによる方法は、切羽に近寄り測定することがないため、クリノメーターによる方法に比べ安全性が向上する。しかしながら、測定に際しての準備や専用の測定機器が必要なこと、3次元形状から不連続面の走向・傾斜を抽出する過程が必要となる。

これらのことを考えると、測定時の安全確保、容易で正確な測定が迅速に行える方法が望まれる。そこで著者らは、走向・傾斜測定を行う際に現場の土木技術者が日常的に使用し、使い慣れた測量・計測機器であるトータルステーション（以降、TSと呼ぶ）を用いることにより、扱いも容易となり、切羽面に近づくことなく測定できるため、安全性の向上も図れると考えた。また、多くのトンネル現場で導入するTSを使用した坑内計測、掘削管理等のシステムには、座標や路

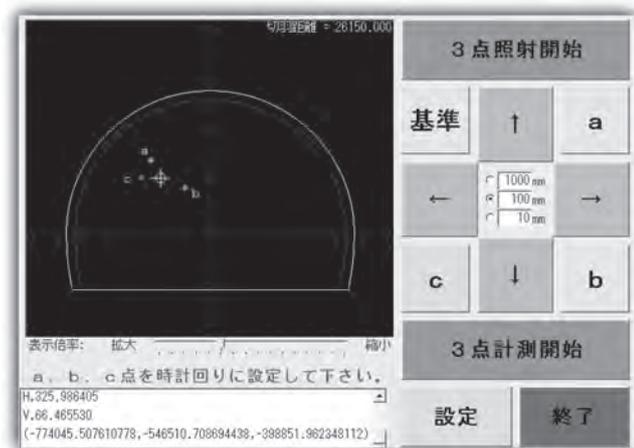
線の線形が設定されているため、不連続面の正確な位置や座標、正確な走向・傾斜データが得られるといった利点もあると考えられる。

3. 走向・傾斜測定システムの概要

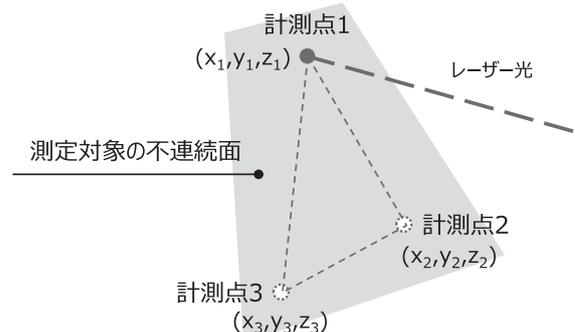
走向・傾斜測定システムによる測定概念図を図一1に示す。測定に使用する測量機器は、トンネル坑内の変位計測や測量、掘削管理、支保工建込み管理等に使用するTSである。測定は、測定者が専用のタブレット端末を操作することにより行う。まず、TSから照射されるレーザー光を誘導し、測定対象とする不連続面上で任意の3点をそれぞれ指定する（図一2）。その後、指定した3点を計測することにより、それぞれの点の3次元座標を取得する（図一3）。なお、計測する3点は自由に指定できるため、不連続面の形状や大きさ等に応じてその都度対応は可能である。走向・傾斜はパソコン内部で計算され、取得した3次元座標を用いて面構造を数学的に処理し算出する。算出結果は、即座にタブレット画面に表示（図一4）され、そ



図一1 走向・傾斜測定システムによる測定概念図



図一2 任意計測点を指定するタブレット画面



図一3 不連続面上での任意計測点の指定と座標取得

の場で結果が確認でき、測定時の基本情報(測定日時、測点、測定位置、座標等)と共にシステム内に保存される。タブレット上に表示される走向・傾斜の結果は、以下の2パターンで表現される。それぞれの見方の例を図一5に示す。

- (a) 地質学分野で従来から用いられる北(真北)を基準とした表現方法(図一5(a))
- (b) トンネルセンター方向(トンネル掘削方向)を基準とした表現方法(図一5(b))

(a)は、地質縦断図や平面図の作成や、トンネル全体の地質構造の把握等に用いることができる。(b)は、トンネルセンター方向を基準とした表示となっているため、現場で従事するトンネル技術者や作業員でも直感的、容易に岩盤面の姿勢(流れ目や差し目、方向)が理解できるようになっている。

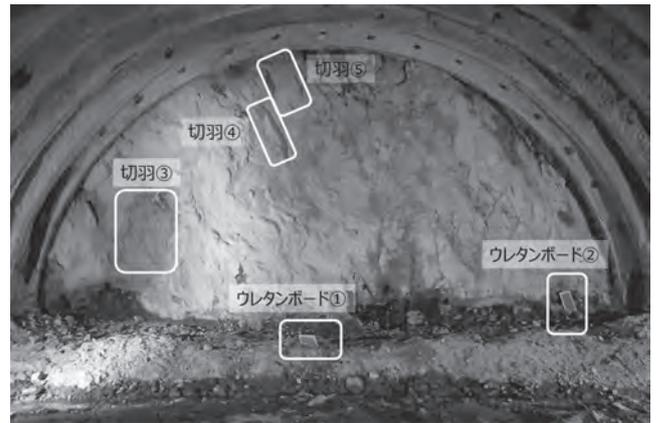


図一4 タブレット上に表示される走向・傾斜の表示例

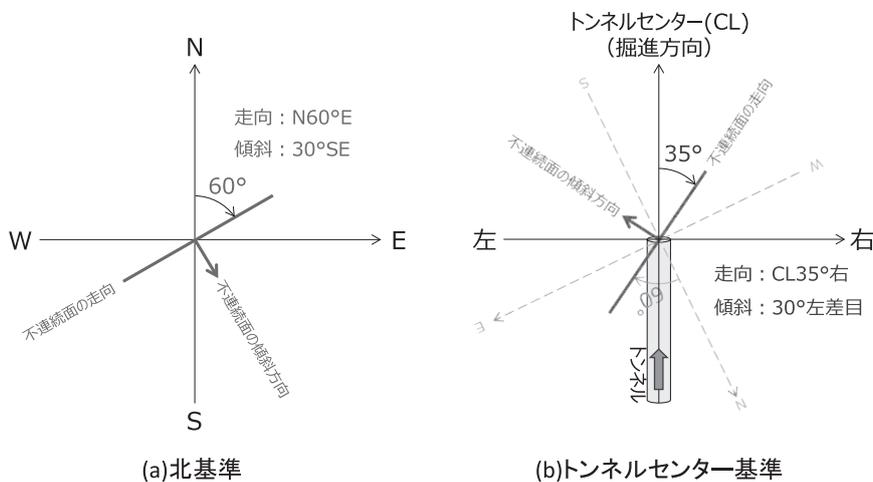
4. 現場実証実験

(1) 実験概要

開発したシステムを用いて現場環境で実証実験を行った。実験は不連続面に見立てた硬質発泡ウレタンボード(以降、ウレタンボードと呼ぶ)と実際の切羽面(安全確保のため鏡吹付けコンクリート面で実施)を使用した。走向・傾斜の測定は、ウレタンボードではクリノメーターと本システムの両手法で測定を行い、双方のデータの比較を行った。また、切羽面を使つての測定では本システムのみで実施し、操作性、有効性等について検証を行った。写真一1に走向・傾斜の測定に使用したウレタンボードの設置位置および切羽面の測定位置を示す。なお、測定は切羽から約43m離れた箇所にてTSを設置し、タブレット操作は切羽から約10m離れた箇所より実施した。ウレタンボードはそれぞれの設置位置において、ボードの向きや傾きを変化させた。ウレタンボードの設置例を写真一2、クリノメーターによる測定状況を写真一3、本



写真一1 ウレタンボード設置位置および切羽面測定位置



図一5 本システムの走向・傾斜の見方の例



写真一2 ウレタンボード設置例



写真一3 クリノメーターによる測定 (ウレタンボード)



写真一4 本システムによる測定状況

システムによる測定状況を写真一4に示す。

(2) 実験結果

表一1にウレタンボードを用いた走向・傾斜の測定結果を示す。なお、クリノメーターの読み値は磁北を基準とするため、測定を行った地域周辺の偏角(8°)により補正を行っている。トンネルセンター位置における測定結果(①-1~①-3の北基準)より、本システムにより測定した走向・傾斜とクリノメーターによる測定値は概ね一致しており、本システムでもクリノメーターと同等の測定結果が得られることが確認できた。一方、トンネル右端位置(鋼製支保工の近傍)における測定結果(②-1~②-3の北基準)は、走向の値に5°程度の誤差が生じた。これは、測定が鋼製支保工近傍で行われたため、少なくとも鋼製支保工(鋼材)の磁性の影響を受けたことによるものと考えられる。一方で、本システムによる測定値は、座標値(x, y, z)を用いて算出するため、磁性の影響を受けず正確な走向・傾斜が得られることも確認できた。また、トンネルセンターを基準とした走向・傾斜の値は、ウレタンボードの設置姿勢(方向、傾き、差し目、流れ目)を定量的に分かりやすく表示できている事も確認できた。

次に表一2に切羽面で測定した走向・傾斜結果を示す。タブレット操作は切羽から離れた箇所より行ったが、それぞれの測定面③, ④, ⑤において面の形状に応じて任意の3点を指定することができ、走向・傾斜を得ることができた。また、同時にトンネルセンター基準表示で測定面の姿勢が定量的に把握でき、実施の状況と照らし合わせても整合は取れており、測定の有効性が確認できた。しかしながら、測定面④では、③,

表一1 ウレタンボードを用いた測定結果

測定位置 (切羽~TSの距離: 43m)		硬質発泡ウレタン ボードの姿勢		北基準		トンネルセンター基準	
				走向	傾斜	走向	傾斜
①-1	トンネルセンター	—	差目	N16°E	68°SE	CL87°右	68°左差目
				N16°E	70°E		
①-2	トンネルセンター	\	差目	N73°E	69°SE	CL36°左	69°右差目
				N72°E	71°E		
①-3	トンネルセンター	/	差目	N46°W	66°NE	CL24°右	66°左差目
				N44°W	67°E		
②-1	トンネル右端 (鋼製支保工付近)	—	流目	N7°W	73°W	CL65°右	73°右流目
				N11°W	74°W		
②-2	トンネル右端 (鋼製支保工付近)	\	差目	N53°E	77°SE	CL56°左	77°右差目
				N48°E	80°E		
②-3	トンネル右端 (鋼製支保工付近)	/	流目	N90°E	40°N	CL20°左	40°左流目
				N88°E	37°N		

※クリノメーター値: クリノメーターにより測定した値(磁北基準)を偏角8°で補正した値

表一 切羽面で測定した走向・傾斜結果

測定位置 (切羽～TSの距離：43m)		北基準		トンネルセンター基準	
		走向	傾斜	走向	傾斜
③	切羽面	N15°E	87°NW	CL87°右	87°右流目
④	切羽面	N37°W	76°SW	CL35°右	76°右流目
⑤	切羽面	N22°E	81°SE	CL87°左	81°右差目

⑤に比べ、測定面が小さく細長いうえ、レーザー照射方向（視準方向）と平行に近くなったため、任意の3点を指定するための調整に若干の時間を要した。操作はタブレット上で照射箇所を確認しながらレーザー誘導を行い、測定開始ボタンを押すのみであるため、測定に要する時間も短く、日常に行う切羽観察時にも十分活用できると考えられる。

5. おわりに

切羽面に顕在化した岩盤の不連続面の走向・傾斜測定に対し、これまで切羽面に最接近してクリノメーターで測定していた方法に比べ、本システムを活用することにより、走向・傾斜測定時の安全性が格段に向上するものと考えている。また、これまで掘削完了後すぐにクリノメーターによる測定ができなかった高い位置や磁性の影響を受けやすい鋼製支保工の近傍においても、容易に素早くかつ正確に測定ができるようになった。そして、日常的にこれらの情報を取得、蓄積し、それらを活用することにより、「不連続面の発達に起因する崩落」に対し、施工時の事前の安全対策が図れ、肌落ち災害に対するリスクを軽減できるものと考えられる。

今後、本システムを掘削中のトンネル現場に導入し実用性の検証を行う予定である。最後に、この技術は、建設業労働災害防止協会（建災防）の「労働災害防止のための ICT 活用データベース」³⁾に掲載されている。ご興味のある方は参照されたい。

謝 辞

本システムの開発、実験にあたっては、マック(株)の関係者およびトンネル現場の関係者に多大なるご協力を頂いた。ここに感謝の意を表する。

JICMA

《参考文献》

- 1) (独)労働安全衛生総合研究所：トンネルの切羽からの肌落ちによる労働災害の調査分析と防止対策の提案、労働安全衛生総合研究所技術資料、No.2、2012。
- 2) (社)日本道路協会：道路トンネル観察・計測指針（平成21年改訂版）、pp.203-205、2009.2。
- 3) 建設業労働災害防止協会：労働災害防止のための ICT 活用データベース [研究開発事例]「トンネル切羽地質の走向・傾斜測定システム」、https://www.kensaibou.or.jp/safe_tech/ict/entry/003443.html（閲覧日：2020.1.16）、2020。

【筆者紹介】

舟橋 孝仁（ふなはし たかひと）

鉄建建設(株)

土木本部 トンネル技術部 トンネルグループ
課長代理



中原 法久（なかはら のりひさ）

鉄建建設(株)

土木本部 トンネル技術部 地質グループ
グループリーダー



宇田 誠（うだ まこと）

鉄建建設(株)

土木本部
副本部長



簡易粉じん測定器のトンネル建設現場での環境測定への適用に関する研究

掛谷 幸士朗・林 久資・進士 正人

トンネル建設現場では、浮遊粉じんがより少ない良好な施工環境の構築を目指し、多様な坑内換気システムが提案されている。本研究では、トンネル坑内を多点かつ多頻度で粉じん濃度測定実施するため、一般家庭用空気清浄機向けに開発された光散乱方式の粉じん濃度測定センサを改良し、小型で安価なトンネル施工現場での観測機器を開発する。そして、模擬トンネル実験により坑内での測定器の適用性を検証する。この結果、改良されたトンネル粉じん簡易測定器は、トンネル建設時の粉じん測定に一般に用いられているデジタル粉じん計とほぼ同等の測定結果を得ることができ、トンネル建設中に発生する高濃度の粉じん測定が可能であることがわかった。

キーワード：山岳トンネル、トンネル換気、トンネル建設作業者の安全、浮遊粉じん

1. はじめに

山岳トンネルの建設時に発生する浮遊粉じんには掘削作業、ずり積み・ずり運搬作業などから発生する地山発生起源の掘削粉じんや、コンクリートの吹付け作業からの吹付けコンクリート粉じん、ダンプトラックなどの内燃機関エンジンから発生する排気粉じんなどがある。これらの発生粉じんの多くは気管支の粘膜で覆われた線毛に付着し、線毛運動により体外に排出される。しかし、 $5\mu\text{m}$ 程度以下の微小な粉じんは排出されず肺胞内に滞留し、やがて肺胞を充填する。そのため、場合によっては、じん肺症を引き起こす原因物質と言われている。そこで、厚生労働省では「ずい道等建設工事における粉じん対策に関するガイドライン」を定め、管理者に対し、換気装置等による換気の実施や、粉じん濃度の測定を義務づけている¹⁾。

現在のガイドラインに準拠したトンネル坑内の粉じん濃度測定では、切羽から坑口に向かって50m程度離れた断面において半月以内ごとに1回、床上50cm以上150cm以下の水平な高さで、それぞれの側壁から1m以上離れた点および中央の各3点を指定された光散乱方式のデジタル粉じん計を用いて行うこととされている。また、測定時間帯は、空気中の粉じん濃度が高くなる粉じん作業について、当該作業が行われている時間に実施することとされている。その際、粉じん濃度目標レベル $3\text{mg}/\text{m}^3$ を超えるか否かで環境評価が行われる。

一方、トンネル建設時における換気設備としては、従来は、図-1のような強制換気システムの送気式による拡散希釈方式が一般的な換気方式であった。しかし、現在の換気方式には坑内集じん機の設置位置により送気式、排気式、送排気式を組み合わせた換気方式もあり、換気方式は多様化している。つまり、トンネル坑内の高濃度粉じんの発生場所は換気方式によって異なる可能性が生じてきつつある²⁾。すなわち、現在のトンネル施工では、換気方式の多様化が進んでいるにもかかわらず換気効果を確認する観測位置は切羽

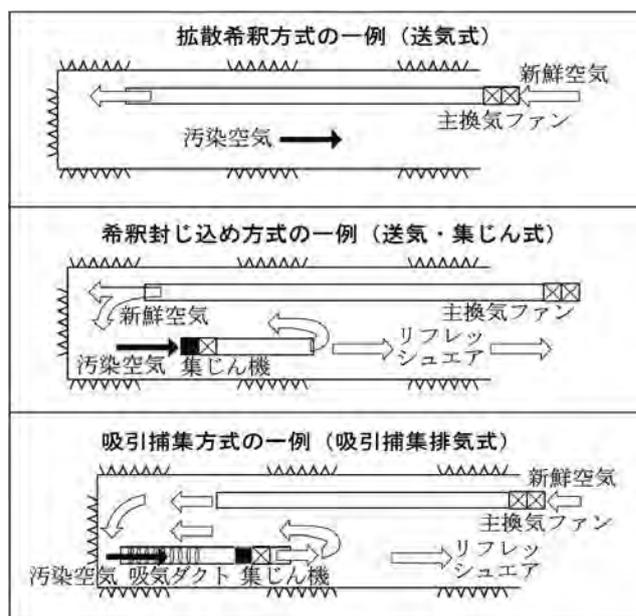


図-1 代表的な坑内換気方式

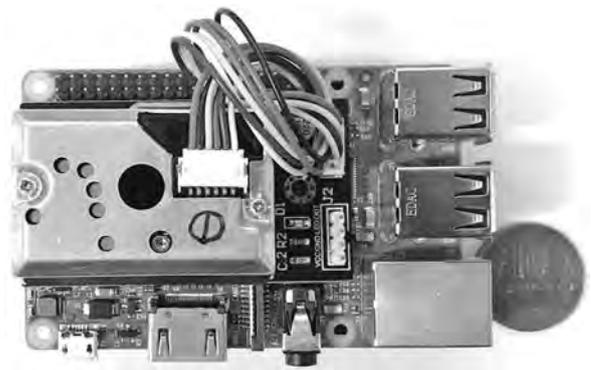
からの距離が固定されているため、トンネル建設中における坑内の粉じん濃度測定箇所を多点かつ多頻度で実施し、坑内の粉じんの濃度分布を把握することができれば、効率の良い換気手法の選定や、換気装置の小規模化ならびに運転時間の短縮となり、トンネル施工時の省エネルギー化に寄与できる可能性もある³⁾。

すでに、トンネル建設中の坑内粉じんを多点・多頻度で測定する調査として、(独)労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所は、粉じんの飛散状況を把握するために、デジタル粉じん計による多点定点および重機内の粉じん測定や、個人サンプラーによる作業者の個人暴露測定を実施している⁴⁾。この調査では、デジタル粉じん計による定点測定について、測定器のサイズでは、設置できる場所が限られることから、測定点の確保が困難であったとしている。個人サンプラーによる測定についても、安全上の問題や作業への負荷などから装着してもらえない事例も報告されている。さらに、デジタル粉じん計や個人サンプラーにより粉じん濃度を正確に把握するためには、計測後の処理が必要であり、簡易さが欠けることも課題として挙げられている。著者らは、これまでトンネル建設現場での粉じんの簡易測定技術として、デジタルカメラを利用した簡易粉じん測定法を提案しているが、それ以外にはみられない⁵⁾。また、デジタル粉じん計は比較的高価であるため、わが国におけるトンネル建設現場すべてにおいてデジタル粉じん計を用いた多点観測を行うことは現実的とは言いにくい。

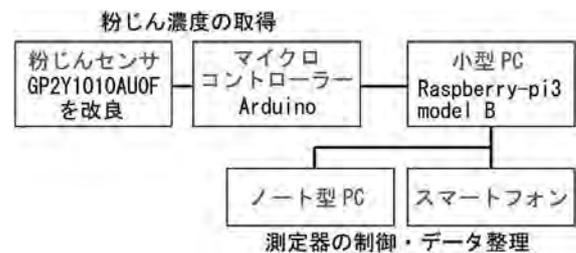
そこで本研究では、トンネル建設中の坑内粉じんを多点・多頻度で測定するために、一般家庭用空気清浄機向けに開発された安価な光散乱方式の粉じん濃度測定センサを用いて、トンネル建設現場において定点・移動状態でもリアルタイムで粉じん濃度を「簡易」に把握でき、「安価」で経済的負荷が小さくかつ作業者の負荷の少ない「小型」の粉じん測定器を開発した。そして、トンネル坑内での計測の可能性を模擬トンネル実験により検証した。

2. トンネル粉じん簡易測定器の開発

この章では、家庭用空気清浄機などに用いられている安価な光散乱方式のセンサについて簡単に述べ、センサを組み込んだトンネル粉じん簡易測定器(以下「簡易測定器」と称す)の概要を説明する。写真—1に測定器の全体図、図—3にセンサを組み込んだ簡易測定器の構成を示す。



写真—1 トンネル粉じん簡易測定器



図—2 トンネル粉じん簡易測定器の構成

(1) 簡易測定器の概要

現在トンネル建設工事で粉じん測定に使用されているデジタル粉じん計は測定装置内に導入された大気中に光を照射した際の散乱光量から相対濃度を求める光散乱方式が⁶⁾用いられている。それに対して本研究で使用する簡易測定器のセンサ(シャープ製 GP2Y1010AU0F)も、同様の測定原理によるものである。センサは、受光部と発光部から構成され、発光部から赤外発光ダイオードが検出領域に入った粒子に照射されることで浮遊粉じんによる散乱光が生じ、この散乱光を受光部で受光する。これにより、受光した光量に応じた電圧値が出力される⁷⁾。出力された電圧から、仕様書記載の感度、またはキャリブレーションをすることで求めた換算式で粉じん濃度を測定することができる。本センサは、主に一般家庭での花粉やほこりを検出することを想定し販売されているものですでに家庭用空気清浄機などに広く採用されている。図—2に示すように、簡易測定器の構成は粉じんを感知するセンサ部、センサを制御するマイクロコントローラー部(Arduino)、全体の制御やデータの記録を行う小型 PC(Raspberry-pi3 model B)の3つの部品で構成されている⁸⁾。しかしながら、センサは家庭での微量な粉じん(ホコリ)の検知を目的としており、トンネル坑内で測定する必要のある 3 mg/m^3 前後の高濃度粉じんを測定することは難しい。そこで、センサの発光部から照射される赤外発光ダイオードの光量を低下させることにより、散乱する光の光量を減らし、簡易測定器の感度を下げ

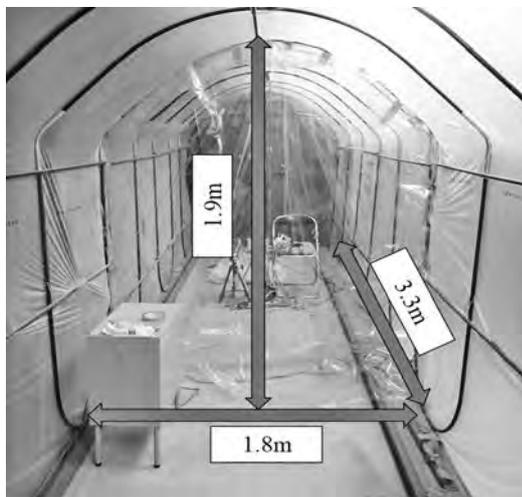
る改良を行った。光量の低下は、センサ発光部の電気回路に抵抗を追加挿入することで行った。

3. 模擬トンネル実験施設におけるトンネル粉じん簡易測定器の検証

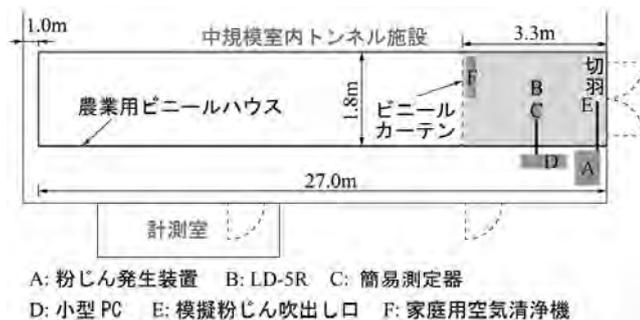
本章では、開発した簡易測定器がトンネル坑内（実現場）での計測に適したものか否かを模擬トンネル実験により検証する。

(1) 実験概要

模擬トンネル実験は、写真一2に示す(独)労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所、清瀬地区の中規模室内トンネル施設を用いた。本施設は、実験施設に農業用ビニールハウスを組み立て、高さ1.9m、幅1.8m、奥行き27mの空間を製作し「中規模室内トンネル施設」と称している。図一3に中規模室内トンネル施設の平面図を示す。図からわかるように、閉鎖空間内での大気中の粉じん量の変化を調べるために、中規模室内トンネル施設のうち切羽面に見立てた前方の3.3mをビニールシートで閉鎖し、実験を行った。粉じん計測地点は、トンネル奥行きおよび幅の中間地



写真一2 中規模室内トンネル施設

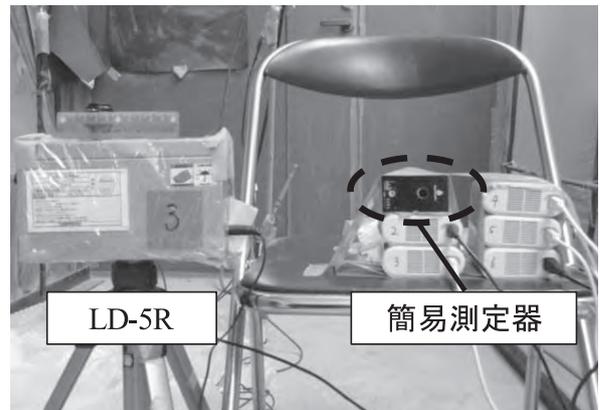


図一3 中規模室内トンネル施設 (平面図)

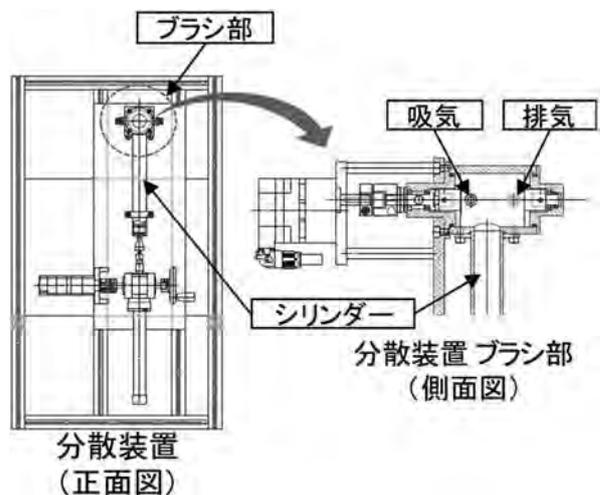
点の奥行き1.7m地点、幅方向で中央に設置し、高さは0.5mとした。

実験装置は写真一3のように配置した。トンネル建設時の坑内粉じん計測に一般に用いられるLD-5Rを検証機器として用い、本研究で開発した簡易測定器によるトンネル坑内での粉じん測定が可能性を検証した。模擬粉じんには、ACダスト (ISO12103-1, A2, FINE) を用いた⁹⁾。

粉じん発生装置は図一4に示す装置を用いた。装置は、模擬トンネル外部に設置し、シリンダー内の模擬粉じんをピストンによって押し出し、ブラシによってシリンダー上部から押し出された粉じんを掻き出し、コンプレッサーからの空気と混合した上で、トンネル内部の切羽付近 (高さ1m地点) で噴出・分散させた (図一4)。実験は2回実施し、1回目の実験 (実験1) では簡易測定器の出力電圧から相対濃度を換算するための換算式を導き、換算式によって求めた簡易測定器の相対濃度とLD-5Rの相対濃度から質量濃度変換係数 (K値) によりそれぞれの質量濃度を算出した。2回目の実験 (実験2) では、実験1より粉じ



写真一3 測定器の配置状況



図一4 粉じん発生装置模式図

表一 各実験の質量濃度変換係数 (K 値)

	実験 1	実験 2
質量濃度変換係数 (mg/m ³ /CPM)	0.0009	0.0014

ん噴出回数を増やすと同時に相対濃度換算式の汎用性を検討した。なお、表一に示すように、質量濃度変換係数 (K 値) は各実験毎にローボリュームサンプラーとの比較である重量分析法によって実験毎に求めた。これは、粉じん発生装置による粉じん濃度のばらつきを補正するためである。

(2) 実験結果

(a) 換算式の算出と測定結果の比較 (実験 1)

簡易測定器によって計測された比例電圧から相対濃度を換算するための換算式を導出する。導出にあたっては、模擬トンネル内で粉じん発生装置により粉じんを分散させ、得られた比例電圧と、併行測定で得られた LD-5R の相対濃度を関係づけることを行う。図一5 にトンネル粉じん簡易測定器から得られた測定電圧と LD-5R より得られた相対濃度の関係を示す。この図より、両者に線形関係が見られることが分かり、式 (1) の換算式を得た。

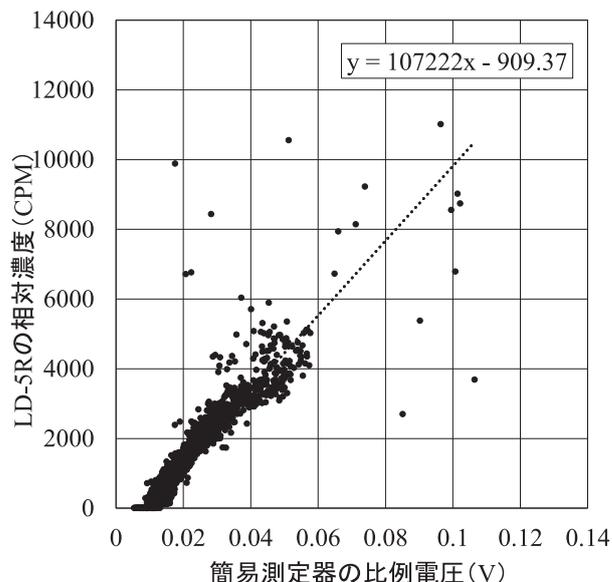
$$y = 107222x - 909.37 \quad (1)$$

ここで、y : LD-5R より得られた相対濃度 (CPM)
x : 簡易測定器から得られた比例電圧 (V)

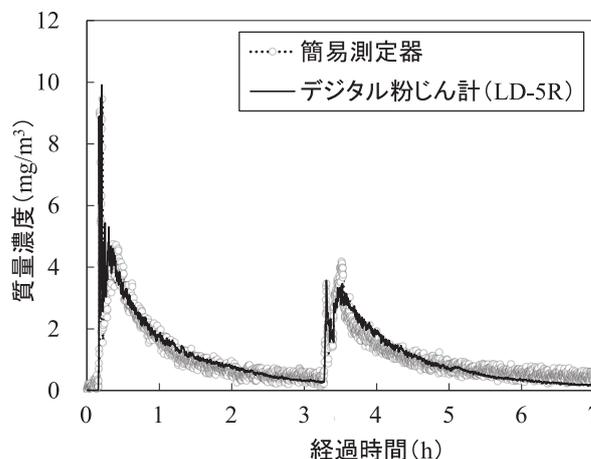
次に、簡易測定器と、LD-5R との比較を行うために、それぞれの測定器から時系列的に得られた相対濃度から表一に示す K 値 (0.0009) を用いて質量濃度に換算した。図一6 に、質量濃度の時間経過の比較を示す。この図から明らかなように、簡易測定器は、トンネル坑内の粉じん濃度の基準値の 3 mg/m³ を超え、10 mg/m³ まで実トンネルでの粉じん測定に用いられている LD-5R とほぼ同様の測定結果を得ることができた。すなわち、開発した簡易測定器は、短期間であれば、LD-5R とほぼ同等の性能を有することがわかる。

(b) 換算式の適応性の検討 (実験 2)

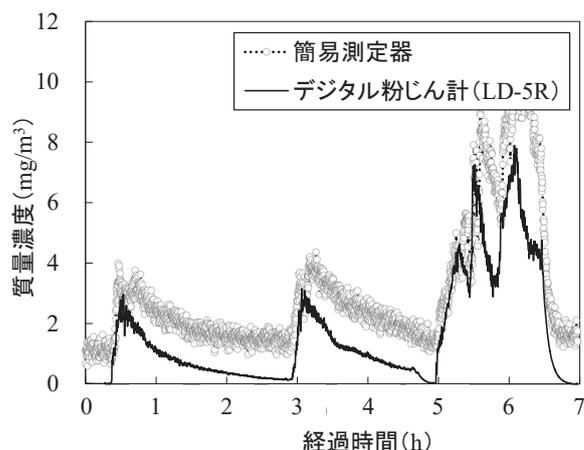
次に、実験 1 の結果を用い図一5 より求めた式 (2) による換算式が他の実験においても適応できるか否かを検討するために、粉じん量の吹出し回数を実験 1 より増やした実験 2 を実施した。図一7 に、実験 2 で得られた簡易測定器と、LD-5R のそれぞれの測定器から得られた粉じんの質量濃度の時系列的変化の比較図を示す。なお、先に述べたように、実験 2 では、実



図一5 比例電圧と相対濃度との関係 (実験 1)



図一6 それぞれの測定器の経時変化比較 (実験 1)

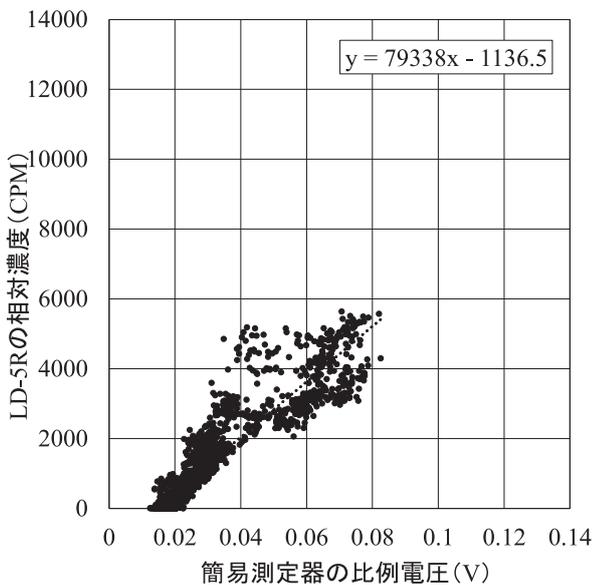


図一7 それぞれの測定器の経時変化比較 (実験 2)

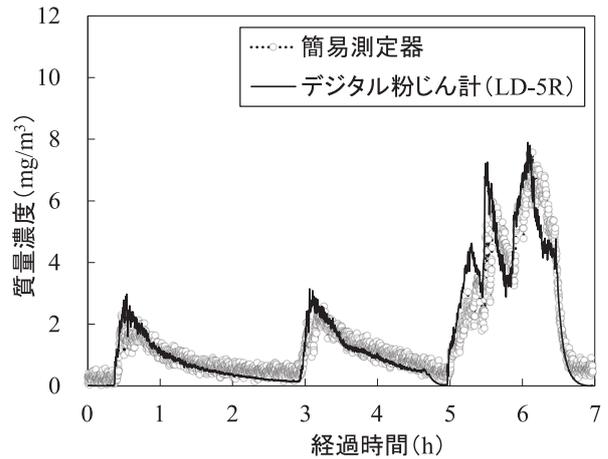
験 1 と模擬トンネルの規模、使用した模擬粉じんは同様であるものの、限られた時間内で粉じん発生装置からの粉じん吹出し量を多くするために、図一3に示すように集じん機 (家庭用空気清浄機) を作動させ、

模擬トンネル内に発生した粉じん濃度を早期に低減させた。図一七に実験結果を示す。この図からわかるように、中規模トンネル内に粉じんを発生させたタイミングおよび集じん機により、粉じん濃度が低減される傾向は両計測器とも同様であるが、それぞれの計測時期に得られた質量濃度は簡易測定器の方が高い値を得た。これは、実験1に引き続き同様のセンサを使用していることから、センサの内部機構に粉じんによる汚れが付着し、センサ発光部からの光がその汚れに反射し受光部で受光したため、実際の粉じん量よりも高い濃度を示すことが原因のひとつと考えられる。比較対象のLD-5Rも1年以内ごとに1回、定期的に較正する必要があるとされている¹⁾ことから、このような問題は、開発した簡易測定器だけではなく、光散乱方式の特性上から生じる共通の課題である。

そこで、図一七で生じた濃度差はセンサ内部の汚れに起因するものか確認するために、LD-5Rから得られた相対濃度と簡易測定器から得られた比例電圧を図一八にプロットした。その結果、図一五から得られた換算式よりも、プロットの傾きが小さくなることがわかった。すなわち、同様の粉じん量でもセンサより出力される電圧が高くなる結果を得たため、センサ内部の汚れに起因して得られた粉じん濃度が高くなったことが確かめられた。そこで、再度、図一八に示したすべてのプロットより得られた換算式を用いて、簡易測定器から得られた電圧から粉じん濃度を算出した。この結果を、図一九に示す。この図からわかるようにLD-5Rと簡易測定器の粉じん濃度はほぼ同様の測定結果を示した。



図一八 比例電圧と相対濃度との関係 (実験2)



図一九 キャリブレーション結果

4. おわりに

本研究では、トンネル建設現場における多様な換気方法に対応した新しい粉じん測定システムの提案を目的として、家庭用空気清浄機などに用いられている光散乱方式のセンサを改良することにより安価で小型な簡易測定器を開発し、その機器がトンネル坑内（実現場）での測定に適したものか否かを模擬トンネル実験により検証した。その結果を以下に述べる。

本研究により開発した簡易測定器は、トンネル坑内の粉じん濃度の基準値の 3 mg/m^3 を超え、実トンネルでの粉じん計測に用いられているLD-5Rとほぼ同様の測定レンジである 10 mg/m^3 までの測定結果を得ることができた。

また、今後の課題として、簡易測定器での粉じんの質量濃度は、1回目の実験（実験1）で簡易測定器が相対濃度を換算するための換算式を導き、換算式によって求めた相対濃度とLD-5Rの相対濃度から質量濃度変換係数により質量濃度を算出している。また、K値を得るために、実験中に別途ローボリュームサンプラーで浮遊粉じんを回収し、重量分析を行っている。そのため、この手法を実際のトンネル坑内粉じん測定に適用しようとする、トンネル施工現場において簡易測定器でリアルタイムで粉じん質量濃度を把握することは難しい。したがって、トンネル施工場所の違いにおける粉じんのK値のばらつきについて検証し、トンネル現場が異なっても同一のK値を適用することができるかの検討を今後実施していきたい。また、早急に、開発した簡易測定器を用いた実現場における多点測定についても検討していきたい。

《参考文献》

- 1) 厚生労働省：ずい道等建設工事における粉じん対策に関するガイドライン, p.3, 2011.
- 2) 建設業労働災害防止協会：新版ずい道等建設工事における換気技術指針（換気技術の設計及び粉じんの測定）, pp.64-71, 2012.
- 3) 酒井健二, 岸田展明, 中村憲司, 大塚輝人, 進士正人：トンネル工事における通風換気システム評価のための中規模実験, トンネル工学報告集, 第28巻, I-48, pp.1-6, 2018.
- 4) ㈱労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所：トンネル建設工事の切羽付近における粉じん濃度測定に関する研究報告書, 2018.
- 5) 進士正人, 岸田展明：トンネル坑内におけるデジタルカメラを利用した簡易粉じん測定法, 土木学会論文集G, Vol.66, No.1, pp.1-8, 2010.
- 6) 高橋克行, 山田丸, 藤谷雄二：連載エアロゾル学基礎講座—計測—, エアロゾル研究, Vol.31, No.4, pp.298-305, 2016.
- 7) 河合肇, 宮本寛之, 広瀬勇司, 山村聡：光学技術と集塵構造による粒子検出精度の向上について, OMRON TECHNICS, Vol.50.No.1,p.77, 2018.
- 8) 石川宏：ラズパイで作れるPM2.5観測システム, Interface, 3月号, pp.102-110, 2018.
- 9) (一社)日本粉体工業技術協会：APPIE 標準粉体・AC ダスト説明書, pp.6-7, 2015.
- 10) 掛谷幸士朗, 林久資, 大塚輝人, 中村憲司, 進士正人：簡易粉じん測定器のトンネル建設現場への適用に関する研究, 土木学会論文集F1 (トンネル) 特集号, 投稿中

[筆者紹介]

掛谷 幸士朗 (かけや こうしろう)
 山口大学大学院
 創成科学研究科
 博士前期課程



林 久資 (はやし ひさし)
 山口大学大学院
 創成科学研究科
 助教



進士 正人 (しんじ まさと)
 山口大学大学院
 創成科学研究科
 教授



気象情報から起こりやすい労働災害を推測 新しい危険予知システムの開発

秋 田 宏 行・早 川 健 太 郎・斉 藤 雄 一

過去の労働災害情報を「労働災害データ」として活用し、気象データ（気温、気圧、湿度など）と組み合わせ、科学的根拠に基づいた新たな知見を見出すデータサイエンスの手法を用いて分析した結果、労働災害の発生要因が気象に関係していることを見出した。分析結果をもとに、労働災害が発生しやすい気象条件を特定するデータベースを構築し、日々の天気予報から、現場で起こりやすい労働災害の型（例えば「墜落・転落」や「転倒」など）を推測し、その情報を配信する仕組みをつくった。さらに配信する情報に、生気象学からの知見を付加することで、労働災害や気象、さらには自分自身の健康への意識を向上させることで労働災害の発生を防ぐことを目的とした「気象危険予知システム（KKY）」を構築した。

キーワード：労働災害、危険予知活動、気象予報、生気象学、データサイエンス

1. はじめに

厚生労働省によると、平成30年の労働災害による死傷者数は127,329人であり、建設業は第三次産業や製造業、陸上運送業に次いで第4位（15,374人）である。しかし、死亡者数は建設業が全体の34.0%（309人）と突出しており、第1位という状態が続いている¹⁾。労働災害の一つひとつが重大災害につながる可能性が高い建設業において、労働災害を撲滅させることは業界全体の長年の最重要課題となっている。このような中、多工種・多人数が働く建設現場において安全に関する様々な取り組みがなされており、安全ルールの設定や日々の安全パトロールなどを徹底しているが、さらに積極的な労働災害防止策へのアプローチが求められている。

2. 安全に対する意識を向上させる方策

建設現場では日々の朝礼における危険予知活動（KY活動）、職員や職長による巡回、さらに本支店の安全パトロール、安全標語の掲示などによる安全周知、定期的な安全教育の実施、様々な安全設備の設置などにより、労働災害発生の防止が図られている。労働災害の発生原因は多様であるが、なかでも「安全ルールが守られていない」「うっかりミス」など、職員や作業員の不注意とヒューマンエラーによるものが少なくない。そのため前述のような活動とともに、建設現

場に従事する職員や作業員一人ひとりの意識を変革していく必要がある。

ここで、人間は、過去に本人が経験したことや見聞きしたことをもとに行動するため、経験したことの無いことを予測することは難しいと言われている。そこで、一人ひとりの安全意識の変革、つまりは安全に対する意識向上を図るためには、本人が未経験の様々な情報を提供することが有効であり、その情報についても感覚的なものではなく、客観的かつ科学的な事実に基づいた情報を提供することが有用であると考えた。すなわち、過去の労働災害情報を「労働災害データ」として位置づけ、これまで以上に積極的に危険予知活動に活用するという視点に立ち、新たな労働災害を撲滅するためのシステムを構築することを考えた。

3. 「データサイエンス」と「生気象学」による労働災害撲滅のためのアプローチ

(1) 労働災害情報の積極的活用

労働安全衛生規則では、労働災害発生時に「労働者死傷病報告」(図-1)²⁾の提出が求められる。この報告書には、事業場の所在地（現場住所）、発生日時、被災労働者の情報（氏名、生年月日、年齢、性別、職種、経験年数）、休業見込期間（もしくは死亡日時）、傷病名、傷病部位、被災地場所、災害発生状況および原因、発生時の状況略図といった様々な内容が記録されている。報告書の内容は、建設会社内で再発防止の

図一 「労働者死傷病報告」の記載例²⁾

ために水平展開され、また年間の労働災害発生状況の把握材料などとして使用されているが、どちらかというと、負の遺産的に取り扱われていたのが現状である。そこで、この報告書を「労働災害発生撲滅のための有用な情報」として捉え、積極的に活用することとした。

(2) 労働災害と気象の関係性について

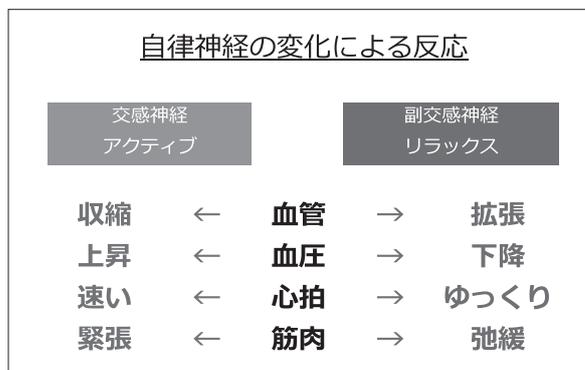
労働災害の発生要因は前述のように多種多様であるが、人間の身体の状態が関係していることは大いに考えられる。熱中症を例に取ると、気温や湿度、風速、

輻射熱の影響により身体に熱がこもって体温調整できなくなることで発症し、現場で体調を崩すといったものである。建設現場においても、気温や湿度等から求めた WBGT 値 (表一 1, 暑さ指数表) をもとに安全管理することが一般的になっている。

そこで、熱中症の事例のように他の労働災害についても、気象と身体の関係性が要因になっているものもあるのではないかとこの視点にたち、気候や季節・日々の天気・自然環境など人間を取り巻く自然の要素と、ヒトの暮らしとの関わりを研究する「生気象学」⁴⁾からのアプローチを試みた。

生気象学では、気温、気圧、風、湿度、日照時間などを人間の身体に影響を及ぼす気象要素としている。その中で一番影響を与えるのは一般に「気温」である。例えば、前日との気温差が±3度以上、また日較差が±8度以上になると「暑い」「寒い」と感じる。また、「気圧」については、気圧が低くなると「血管が膨張し、血流が悪くなる」。「風」や「湿度」については、ともに体感気温に影響し「風速」が1m/s増すごとに体感気温は1度下がり、湿度が10%上がる(下がる)ごとに体感気温は1度上がる(下がる)こととなる。

「日照時間」については、くもりや雨の日が続くと日照時間が少なくなり、そのため副交感神経が優位となり気分が落ち込むことなどがわかっている。反対



図二 自律神経の変化が身体に与える影響

表一 1 日常生活における熱中予防指針³⁾

温度基準 (WBGT)	注意すべき生活活動の目安	注意事項
危険 (31℃以上)	すべての生活活動でおこる危険性	高齢者においては安静状態でも発生する危険性が高い。外出はなるべく避け、涼しい室内に移動する。
厳重警戒 (28～31℃)		外出時は炎天下を避け、室内では室温の上昇に注意する。
警戒 (25～28℃)	中等度以上の生活でおこる危険性	運動や激しい作業をする際は定期的に十分に休息を取り入れる。
注意 (25℃未満)	強い生活活動で起こる危険性	一般的に危険性は少ないが激しい運動や重労働時には発生する危険性がある。

に、晴天時は交感神経が優位となる。こうした自律神経の変化は身体の機能へ影響を与えることが知られている(図-2)。

このように気象の変化は心身へ様々な影響を及ぼすが、これまで熱中症以外の労働災害を気象要素と関連付けてその発生要因を分析した例や労働災害を軽減するための仕組みは著者らの知る限りでは見られなかった。そこで、熱中症以外の労働災害についても、気象要素とその変化の間に何らかの関連性があるものと仮説を立て、分析を行うこととした。

4. 労働災害と気象の関係性の分析

(1) 労働災害データの整理

ここでは、建設現場で発生した2013年4月～2016年3月の3カ年の労働災害のデータを用いて気象との関係性を分析した。「労働者死傷病報告」等をもとに、データを11種類の災害の型に区分した(図-3)。なお事故の型の分類については、厚生労働省の「事故の型分類表⁵⁾」を参考に整理し、交通事故や私病などについては分析対象から除外した。

また、整理したデータを俯瞰すると、「月別労働災害発生率と労働者数の関係」(図-4)では、月ごとの作業に従事する労働者と労働災害発生率とは関係性がないことが確認された。一方、「週別労働災害発

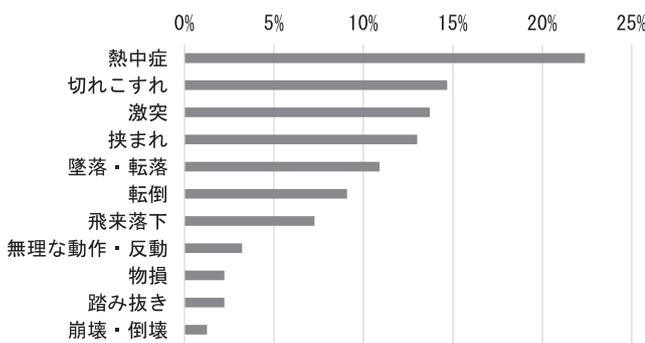


図-3 事故の型(労働災害の型)別の発生率

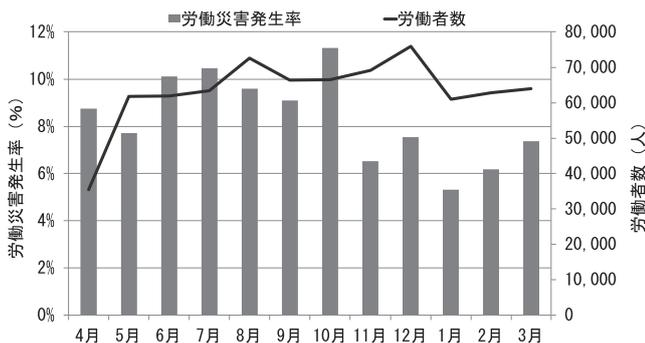


図-4 月別労働災害発生率と労働者数の関係

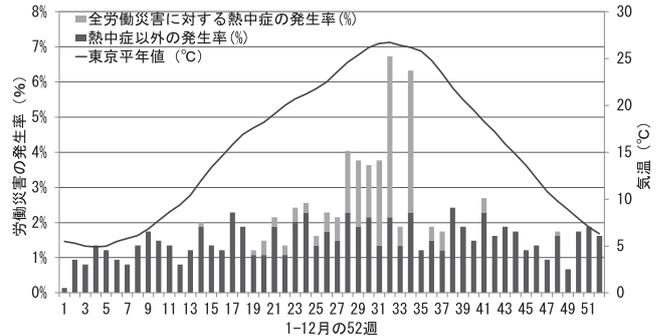


図-5 週別労働災害発生率と気温の関係(気温は東京平年値(°C))

生数と気温の関係」(図-5)では、気温との関係を表しているが、7月、8月は気温の上昇に伴い熱中症の件数が増加しているものの、熱中症以外の災害については、気温と単純な相関関係がないことが明らかとなった(ただし、気温は東京の平年値を使用して比較した)。

(2) 分析対象とする気象要素の選定

生気象学的な知見では人間の身体が暑さや寒さに慣れるまでおおよそ7日かかると言われていることから、災害発生時の気象情報だけではなく過去にさかのぼって気象情報を活用することとし、本分析では労働災害発生日から7日前までの気象データを対象とした。「労働者死傷病報告」等から労働災害発生場所の住所を抽出し、その地点での気象データを気象庁の観測値や解析値を基に準備した。具体的には、各労働災害が発生した日時から前7日までについて、日ごとの気温・湿度・気圧・体感気温などを抽出し、これらの気象要素それぞれについて最高値・最低値・平均値といったデータの組み合わせについて整理した。

(3) 労働災害データと気象データの関係性の分析方法⁶⁾

ここでは、労働災害データと気象データの関係性を明らかにし、「ある特定の気象データ」が「労働災害の発生有無」に影響を与えているかを確かめるため、図-3から熱中症を除いた10の労働災害と266項目の気象データを対象に分散分析を実施した。なお、熱中症を除外したのは、これが夏期に集中的に発生することがわかっているためである。

分散分析の解釈は、この分析により算出されたp値に対して「有意水準」を設定して行う。本分析では、「〇〇の労働災害には△△の気象要素が関連していない」という帰無仮説を立て、分散分析を行った。分析結果から求められたp値は、帰無仮説が正しいとして100回同じ条件だった場合に労働災害が発生する確

率を意味する。p 値が小さいほど、滅多に起こらないことが起こっていることを意味しており、結果として「〇〇の労働災害には△△の気象要素が関係している」と言うことになる。

具体的には気象データの労働災害の発生有無に対する説明能力について、p 値が有意水準 1% 未満となる場合は「高度に有意」、有意水準 1% 以上 5% 未満となる場合は「有意」として「影響のある気象要因」を特定した。分析結果から、特定の労働災害と気象要因に関する p 値が有意である場合には、『〇〇の労働災害には△△の気象要素が関連している』と言える。

分散分析を行った結果を表一 2 に示す。ここでは、有意水準 1% 未満を○、1%～5% を△で表しており、10 種類全ての労働災害でいずれかの気象要素と有意な関係が見られた。5 つの気象要素のうち、全てに有意な関係がある労働災害種を「気象との相関あり」、有意関係のある気象要素が 4 つ以下のものを「気象との相関ややあり」とした。ただし、労働災害の発生件数自体が少ない「物損（発生割合 2%）」および「崩壊・

倒壊（発生割合 1%）」については、統計的な優位性に疑問が残るため「気象との相関ややあり」とした。表一 2 では、挟まれや墜落・転落がすべての気象要素で「高度に有意」な関係であることがわかる。言い換えれば、このような労働災害は、日々の気象データに注目することで、その発生しやすさについてある程度予見できる可能性を示唆している。

以下に、墜落・転落災害を例として考察を加える。墜落・転落災害において、他の労働災害と比較し有意な関係が確認できた気象要素は複数あったが、そのうちの上位 10 項目を表一 3 に示す。第 1 位は、労働災害発生前の 2 日前と 1 日前の最低体感気温の差であり、その差が大きい場合に墜落・転落災害が発生した傾向が強いことが分かる。第 2 位は、労働災害発生前の 48 時間の気温差が大きい場合である。他を概観しても、この災害と関係が深い気象要素は、災害発生 2 日前までについての気温と湿度に関するものが多く占めていることが確認された。

また、他の労働災害の分散分析結果と対比したとこ

表一 2 労働災害と相関がある気象要素一覧（分析結果）

労働災害/気象	気温	気圧	湿度	体感気温	不快指数	気象との相関
切れこすれ	○	○	△	○	△	あり
激突	○	○	△	○	○	あり
墜落・転落	○	○	○	○	○	あり
転倒	△	○	△	△	△	あり
挟まれ	○	○	○	○	○	あり
飛来・落下	△			△	△	ややあり
無理な動作・反動	○	△		△	○	ややあり
物損	○	○	△	○	○	ややあり
踏み抜き			△			ややあり
崩壊・倒壊	○	○	○	○	○	ややあり

○：有意水準 1% 未満 △：有意水準 1% 以上～5% 未満

表一 3 墜落・転落災害と関連のある気象要素上位 10 項目

順位	墜落・転落災害で有意差が見られた気象要素			有意水準 (%)
	時間	気象要素		
1	2 日前と 1 日前*	最低体感気温差**	大きい	0.01
2	48 時間*	気温差	大きい	0.03
3	当日*	最小湿度	低い	0.06
4	1 日前*	体感気温日較差**	大きい	0.06
5	当日*	平均湿度	低い	0.06
6	72 時間	体感気温差**	大きい	0.14
7	当日*	気圧日較差	小さい	0.18
8	48 時間*	体感気温標準偏差**	大きい	0.24
9	1 日前*	不快指数日較差	大きい	0.26
10	48 時間*	体感気温差**	大きい	0.31

*災害発生 2 日前までにに関する気象要素 **体感気温差に関する気象要素

ろ、墜落・転落災害が発生した時点の気象状況は、「当日は湿度が低く」「気圧の1日の変化量が大きく」「発生2日前までの体感気温の変化が大きい」ということがわかった。このことから、墜落・転落災害の発生時は、その2日前までにかけて、体感気温に関する気温や湿度、風が目まぐるしく変化するような状況であったと推測できる。

一方、生気象学的には、気温差が大きいほど血圧の変動が大きくなり、身体機能に大きなストレスがかかると言われている。このことは、表-3においても確認することができる。すなわち、表-3では、体感気温差に関する気象要素が上位10項目中5つを占めることや、墜落・転落災害の発生した前48時間に注目した場合に、体感気温差が影響している事例が多いことなどである。このような事象から、災害発生2日前までにかけての急激な気温の変化に身体がついていけずヒューマンエラーの起こりやすい状況となり、その結果、墜落・転落災害につながったものと推測することができる。

5. 気象危険予知システムの構築—情報をわかりやすく伝える—

ここまでの分析の結果から、労働災害と気象要素には一定の因果関係があることが明らかとなった。このことを労働災害発生防止に活かすためには、この結果を建設現場に従事する職員や作業員へわかりやすく伝え、各人の労働災害への危機意識を変革する工夫が必要となる。そのためには、自分事として「労働災害」や「気象、天気」に興味を持ってもらう仕組みと、自分自身の身体と気象の関係が労働災害の発生要因となることを認識してもらうための「情報の見せ方」が重要となる。

そこで、分析した結果をもとに、労働災害の型ごと

に気象要素との関係性をデータベース化し、現場の天気予報に合わせてデータベースより10の労働災害の事故の型から最も発生する可能性が高いものを推測し、インターネットを介して各現場へその推測結果を情報提供する仕組みを構築した(図-6)。

その仕組みは、朝礼時のKY活動に利用してもらうことを目的に「気象危険予知(KKY)システム」と称することとした。

本システムで提供する情報は、次の5項目である。

- ①当日・翌日の天気予報(図-7)
- ②天気予報から推測される起こりやすい労働災害の型(図-7)
- ③過去に実際に発生した労働災害事例(図-7)



図-7 気象危険予知(KKY)システムの画面-1



図-8 気象危険予知(KKY)システムの画面-2



図-6 気象危険予知(KKY)システムの概要

- ④当日・翌日の気象が身体の各機能へ与える影響(血管・血圧・心拍・筋肉・気管支) (図—8)
- ⑤なぜ②のような労災の発生が推測されるのか、気象と身体の関係性を生気象学の視点から解説 (図—8)

気象危険予知システムからの情報を見ることで、これまでに自分自身が経験したことのない、あるいは想像しなかった労働災害に関する情報を得ることができる。加えて「なぜ、この労働災害が発生するのか？」を生気象学の視点から説明することで、このシステムを利用した人の安全に対する意識を向上させることも可能となる。このような情報を日々目にするすることで、自分自身の体調と天気を照らし合わせるようになることや、日々の天気、気温や湿度、気圧の変化に興味を持つようになることを無意識に醸成することで、自然に安全や健康に気を遣うように習慣化することがこのシステムの最大の目的である。

一方で、現場におけるKY活動のマンネリ化が問題となっている。このシステムでも毎日同じような画面や情報を提供し続けていると、マンネリ化は避けられない問題である。そこで、大雪や大雨など特異な気象が予報される場合には、気象に関するアラートの発信

(図—9)、低温や高温により打設したコンクリートの品質に影響を与えることが懸念される場合は、注意喚起するアラートを発するなど、品質まで含めた現場に直結する様々な情報を提供する仕組みも備えることで、マンネリ化防止を図っている(写真—1)。

6. おわりに

本稿では、これまで試みのなかった労働災害と気象要素との関係性について分析し、労働災害の事故の型ごとに相関関係があることを明らかにした。その分析結果を用いて、現場に従事する職員や作業員の安全意識向上を図り、労働災害を撲滅するためのシステムを構築した。また生気象学からの知見を付加することで、労働災害や気象に、さらには自分自身の健康に目を向けるような仕組みを取り入れた。本システムは、職員や協力会社の作業員一人ひとりに「自分事」として、「労働災害」や「気象」に興味を持ち、お互いにコミュニケーションを図ることで労働災害の発生を防ぐことを目指すツールであり、すでに複数の現場で実際に活用されている。

今後は、労働災害データを追加することで分析の精



図—9 気象危険予知 (KKY) システム (気象特異アラート)



写真—1 気象危険予知 (KKY) システム：現場での利用状況

度を高めるとともに、現場での運用結果を反映させ、さらに労働災害撲滅に寄与できる仕組みを加える予定である。また、今後ますます増加が予想される外国からの労働者へ対応すべく、直感的に理解できるイラストによる表示や外国語表記などについて検討していくことも考えている。

J C M A

《参考文献》

- 1) 厚生労働省：平成 30 年における労働災害発生状況（確定値）
 〈<https://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzeneisei11/roushaihassei/dl/s18-kakutei.pdf>〉, (入手 2019.12.20)
- 2) 厚生労働省：労働者死傷病報告（休業 4 日以上）様式
 〈<https://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzeneisei36/17-download.html>〉, (入手 2019.12.20)
- 3) 日本生気象学会：日常生活における熱中症予防指針 Ver 確定版
 〈<http://seikishou.jp/pdf/news/shishin.pdf>〉, (入手 2019.12.20)
- 4) 日本生気象学会：生気象とは, 〈http://seikishou.jp/about_2.html〉, (入手 2019.12.20)
- 5) 厚生労働省：事故の型分類表
 〈<https://jsite.mhlw.go.jp/yamagata-roudoukyoku/var/rev0/0114/4823/2015717113029.pdf>〉, (入手 2019.12.20)
- 6) 早川, 秋田, 齊藤ら：生気象学の考え方をういた気象と労働災害の関連性の分析, 土木学会第 73 回年次学術講演会, 2018 年

【筆者紹介】

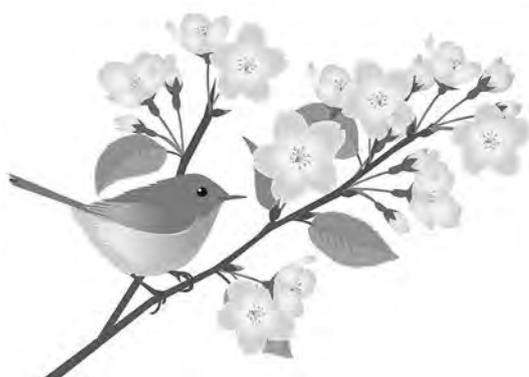
秋田 宏行（あきた ひろゆき）
 ㈱安藤・間
 建設本部 技術研究所 技術管理部
 課長



早川 健太郎（はやかわ けんたろう）
 ㈱安藤・間
 建設本部 技術研究所 先端・環境研究部
 研究員



齊藤 雄一（さいとう ゆういち）
 ㈱ライブビジネスウェザー
 気象予報部
 気象予報士



安全リマインドシステム『セーフティリマインダー』を用いた一歩進んだ安全管理

飛田 悠樹・宇野 昌利・宮瀬 文裕

建設業では、平成の約30年間にわたり様々な安全管理を講じ、労働災害死者数は減少傾向にある。しかし、製造業と比べるとまだ多い状況である。より確実な安全管理が実施できれば、現場業務の安全性はさらに向上する。今回、ビーコンを活用した安全リマインドシステム『セーフティリマインダー』（以下「本システム」という）を用いて、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。本システムは、サーバを通じて、アナウンスする安全指示内容をリアルタイムに変更できる。ビーコンに接近することで、現場の危険箇所において、朝礼での安全指示事項などが再度アナウンスされる。また、多言語対応が可能であり、今後さらに増加が予想される外国人労働者に対して母国語での安全指示ができるため、現場の安全性向上に有効と考える。

キーワード：ICT、ビーコン、安全管理、多言語化、アナウンス

1. はじめに

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やその内容など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ている。建設業における労働災害発生数や、労働災害死者数は、様々な安全管理

の効果もあり、年々減少している傾向にある(図-1)¹⁾。

しかしながら、人はミスを起こす生き物である。ヒューマンエラーの原因として、寝不足など体調管理ができていない、作業や安全行動が慣習化しているなどが挙げられる。ヒューマンエラーが作業箇所において発生した場合、作業員自身が危険にさらされ、重大事故につながる懸念がある。安全の質を向上させるためには、注意事項の確認を行うこと、見落としや思い込みの発生しにくい環境を整えることが重要である。

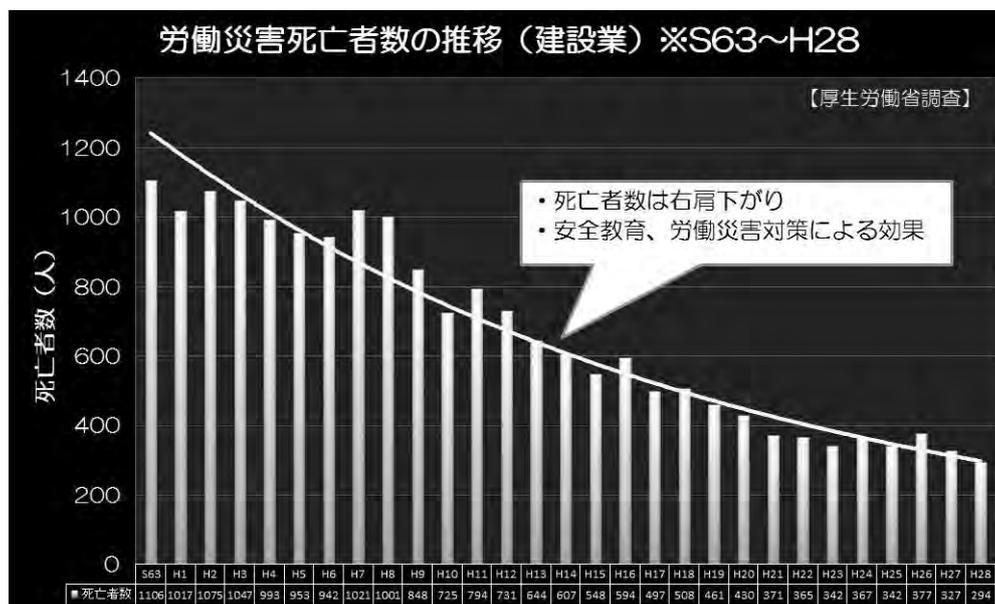


図-1 建設業における労働災害死者数の推移

そこで筆者らは、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本システムを活用することで、現場の安全管理を向上させることができると考えた。本システムは、例えば朝礼時に、指示したい内容をパソコンにテキスト入力するだけで、現場の危険箇所への接近時にスマートフォンからアナウンスする事ができ、その場所における安全指示事項を、作業員へ伝達することが可能である。また、画面に文字や画像を表示する機能もあり、例えば「現在の場所では、こんな事故が起こり得る」といったアナウンスを画像と共に現地で表示し、従業員への教育及び注意喚起を行うことも可能である。これにより、安全指示事項の見落としや思い込みを無くし、作業員自身が危険を認識・回避することで、重大事故の予防につながると考える。

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本システムを活用した安全性向上について述べる。

2. システムの概要

本システムの基本的な仕組みは、工事現場における危険箇所にビーコンを設置しておき、それに接近したスマートフォンから安全指示事項をアナウンスするというものである。設置したビーコンの電波が受信できれば、どこでもアナウンスすることが可能である。

安全指示事項は、パソコン（ブラウザソフト）から入力しておくことで、サーバを通じてスマートフォンへと同期される。スマートフォン側でのコンテンツ（画像・文章）の同期には、インターネット接続が必要となる。例えば、朝礼後のタイミングで安全指示事項を更新し、最新の情報を作業員へ伝達することが可能である。また、パソコンは多言語への翻訳機能を搭載しており、日本語での安全指示事項を入力することで、一斉翻訳・設定を行うことが可能である。

ビーコンへ接近したスマートフォンからは、入力された文章を基に、合成音声にてアナウンスが再生される。合成音声の前にブザーなどの音を鳴らすことや、音声再生と共に画像・文字を画面表示することが可能であり、いずれも内容はパソコン側から任意に変更可能である。

パソコン用ソフトウェアはブラウザソフトであるため、ブラウザがあればどのOSでも動作可能であり、スマートフォンアプリはiOS、Androidの両方に対応している。このため、安全指示専用のスマートフォンなどを用意することもできるが、工事現場で働く個人個人のスマートフォンを用いて安全指示を行うことも可

能である。

3. 接近検知のためのビーコン

本システムでは、作業員が危険箇所などへ接近したことを検知するためにビーコンを用いている。このビーコンはApple社のiBeacon技術を利用している²⁾。

iBeaconは、Bluetooth Low Energyを活用した技術であり、周波数帯は通常のBluetoothと同様2.4GHz帯である。ビーコンはUUID（Universally Unique Identifier）などの識別情報を含むアドバタイズ信号を周囲に繰り返し送信している。この電波をスマートフォンで受信すると接近判定を行い、前もって設定した条件に合致した場合には安全指示事項をアナウンスする。また、本システムでは、iBeaconフォーマットで発信を行うビーコンであれば、別のビーコンに置き換わっても問題なく動作することが確認できている。

ビーコンには信号の発信強度（TxPower）と発信間隔（Advertising Interval）などが設定可能である。特に発信強度と発信間隔は、ビーコン周囲での電波到達距離や、スマートフォンにて受信する際の安定性に影響する項目であるが、電池の寿命とトレードオフの関係にある。

次章より、ビーコンの選定及び発信強度、発信間隔といった設定パラメータの最適値を模索した試験や、工事現場での試用結果について記載する。

4. 基本性能確認試験

本システムの設計時に実施した試験の中で、基礎性能に関わる部分を次章に記載する。確認項目は次の通りである。

(1) ビーコンの基本性能の確認

障害物の無い河川敷、または屋内にて、徒歩で電波を受信可能な距離と、自動車にスマートフォンを搭載し、ビーコン付近を走行した場合の電波受信地点の確認を行った。

(2) スマートフォンやソフトウェアの機能確認

受信端末として、iPhoneを用い、反応距離及び受信信号強度（RSSI）を確認した。なお、表—1などの受信信号強度が記されている結果については、受信信号強度を表示できるアプリを別途作成し使用したものである。受信信号強度の値は、その地点にて受信端末で電波を受信した際、出現頻度が一番多い値を代表

値として記載している。ただし、周辺環境による影響などが大きいと、別の日に同じ環境で試験をしても同じ結果にはならず、電波の到達距離や受信信号強度には幅があった。

5. 試験内容及び結果

(1) 河川敷における徒歩での反応距離測定と受信信号強度の確認

- ①試験日：2018年4月10日
- ②場所：高梁川河川敷（岡山県倉敷市）
- ③使用したビーコン：(株) Braveridge 製ビーコン（発信強度 +4 dBm，発信間隔 318.75 ms）
- ④試験概要

周囲に障害物の無い河川敷において、ビーコンを高さ 80 cm の紙筒上に水平に固定し、人が受信端末（iPhone）を胸の高さ（約 130 cm）に持ちビーコンに近づくことで、電波到達距離を測定した（写真－1）。



写真－1 紙筒上に固定したビーコンと試験場所の状況

ビーコンとの距離については、メジャーを用いて人が立っている地点を記録し、その地点で表示された受信信号強度の値を記録した。表－1 においては、受信信号強度の値は出現頻度が一番多い値を代表値として記している。

⑤試験結果

河川敷など障害物の無い環境において、電波が約 40 m 程度まで到達していることが確認できた。また、受信端末を同じ位置で保持していても、保持者の人体や姿勢の揺れなどの影響もあり、多くの場合で受信信号強度は毎秒変動している。ビーコンとの相対位置や受信端末の向きなどによる受信信号強度への影響も考えられるため、特に iPhone など、1 秒に 1 度しかデータ更新がされない受信端末において、「何 m 離れると受信信号強度は何 dBm」と数値・閾値を決定することは困難であった。また、ビーコンで使用されている 2.4 GHz 帯の電波は、金属や水により阻害されるため、今回使用した受信端末（iPhone）の背面素材がアルミであったことも結果に影響する可能性があると考えられた。

(2) 河川敷において自動車で行った際のアプリ反応地点測定

- ①試験日：2018年4月10日
- ②場所：高梁川河川敷（岡山県倉敷市）
- ③使用したビーコン：(株) Braveridge 製ビーコン
- ④試験概要

周囲に障害物の無い河川敷において、ビーコンを高さ 80 cm の紙筒上に水平に固定し、その周囲を自動車を通り過ぎる際に、車載したスマートフォンのアプリにて電波を検知し、システムの動作が可能かを確認した。その際、自動車の走行速度は 15 ～ 20 km/h とした。

受信端末（iPhone）はダッシュボード、または

表－1 徒歩での電波到達距離の確認試験結果

ビーコンからの水平距離	受信信号強度[dBm]	備考
41 m	-	時々電波を拾うが、途切れる 安定して電波を受信し続けた
36 m	-85 付近	
31 m	-83 付近	
26 m	-82 付近	
21 m	-82 付近	
16 m	-78 付近	
11 m	-71 付近	
50 cm	-59 付近	



写真一2 車載した受信端末 (iPhone)

エアコン吹き出し口付近に取り付けた(写真一2)。

⑤ 試験結果 (表一2)

河川敷は周辺に遮るものが無く、電波を遠方まで到達させるには、かなり良好な条件である。運転者へ安全指示を行う場合、ビーコン設置地点を通り過ぎ、遠ざかりながらアナウンスが始まるよりも、ビーコン設置地点に近付いている間にアナウンスが始まる方が望ましい動作である。全てのビーコン設定値において、ビーコン設置地点に近づいている間にアナウンスができるような、良好な動作が確認できている。発信間隔を 100 ms にすることで、より手前での反応がしやすい状況であった。また、ビーコンを設置している側の車線を想定し、自動車で行っている場合、反対車線を想定して走行している場合と比較して、より早く反応することが確認できた。

発信間隔が 100 ms のビーコンは、発信間隔 318.75 ms のビーコンと比較すると、1 秒間に約 3 倍の量の電波を飛ばしているため、受信の安定性を高めることができるが、ビーコンの電池寿命は短くなる。河川敷では、発信間隔 318.75 ms でも動作ができていたが、実際の工事現場は河川敷に比べ電波環境が悪くなるため、河川敷の上記結果とは異なる

結果になることが予測された。

例として、ビーコンをトンネル坑内に設置し、トンネル内を走行する作業連絡車に受信端末 (iPhone) を搭載して運用した場合、トンネルの覆工コンクリートや様々な機械・設備の影響を受けるため、電波環境が悪化する。実際に実証試験を行う前に、トンネル内にビーコンを設置し、作業連絡車に搭載した iPhone で試用した。その結果、発信間隔 318.75 ms では反応が遅れる、もしくは反応しない場合があった。そのため、実現場においては、発信間隔を 100 ms に設定することにした。

6. 現場運用事例

(1) 概要

本システムの運用事例を紹介する。西日本鉄道(株)様発注の西鉄天神大牟田線雑餉隈(ごっしょのくま)駅付近高架化工事(福岡県福岡市)へ導入いただき、現場で適用できることを確認した。写真一3に建設中の新駅舎付近の写真を示す。本工事は鉄道工事であるため、近隣住民や駅の利用者の方々と非常に近い位置での作業となり、安全や騒音への配慮がより一層重要視されている。

(2) 現場での運用

表一3に使用機器を示す。現場担当者はパソコン



写真一3 建設中の新駅舎付近の現場状況

表一2 車載での試験結果

ビーコン設定	反応有無	ビーコンとの位置	備考
発信強度: +4 dBm	◎	ビーコン設置地点より手前から反応	40 m 以上離れた地点でも反応する場合あり
発信間隔: 100 ms			
発信強度: 0 dBm	◎	ビーコン設置地点より手前から反応	—
発信間隔: 100 ms			
発信強度: +4 dBm	○	ビーコン設置地点の真横もしくは手前から反応	—
発信間隔: 318.75 ms			
発信強度: 0 dBm	○	ビーコン設置地点の真横もしくは手前から反応	—
発信間隔: 318.75 ms			

表一 3 使用機器

名称	用途	外観
パソコン (MacBook)	安全指示事項等のテキスト入力 安全指示事項等の多言語翻訳	
受信端末 (iPhone)	ビーコンとの接近検知 安全指示事項等のアナウンス	
ビーコン	危険箇所の識別信号の発信 単3形乾電池で動作	

(MacBook) から安全指示事項などの日本語文章を入力する。搭載された翻訳機能を利用することで、日本語文章を打ち込むのみで、多言語へ一斉翻訳が可能である。受信端末 (iPhone) を身に着けた作業員が、ビーコンの電波が受信可能なエリアに入ると、現場担当者が入力した安全指示事項などが、受信端末から合成音声で再生される。受信端末が日本語で起動されていれば日本語、英語で起動されていれば英語の安全指示事項と、言語の自動識別を行うため、作業員が意識することなく利用している言語 (母国語) で安全指示などが行える。ビーコンは、現場に設置されている単管パイプやフェンスなどに固定した。単3形乾電池で動作



写真一 4 運用状況 (受信端末)



写真一 5 ビーコン設置状況

するため、別途電源を用意する必要が無く、設置も簡便である (写真一 4, 5)。

現場での使い方として、安全管理のための安全指示事項以外に、現場見学者の方への工事状況説明などにも利用していた。工事区間を一周する見学ルートがあり、そのルート沿いにビーコンを設置し、接近した見学者に対して工事状況説明などが再生される。例えば、『ここは仮駅舎です。将来、高架が切り替わった後も、しばらく使用される施設です。』などである。

今回の導入時点では、日本語・英語・中国語・韓国語・インドネシア語の5言語に対応しており、例えば中国語設定のスマートフォンにてアプリを起動すると、中国語にて安全指示事項などが再生される。普段から使用している言語で安全指示事項などを伝えることで、外国人労働者へより正確な安全指示を行うことが可能となる。

7. 今後の展望

ビーコンの電池寿命の長期化のために、代替のビーコンを検討中である。従来使用していたビーコンは単3電池2本で動作していたが、単3電池4本で動作するビーコンを採用することで、電池寿命の長期化と安定化を目指す。

また、外国人労働者の方や外国人現場見学者の方は、今後も増加傾向にあると予想される。安全指示事

項や、現場状況説明などをより伝わりやすくするためには、外国人の方々へ、日常的に使用している言語で音声再生することが有効であるため、自動翻訳可能な言語を増やす予定である。特に、業界特有の専門用語（例：天端、ハツリなど）に関して、自動翻訳の精度とスマートフォンの読み上げ機能に課題がある。今後、これらの課題を解決し、より効果的で使いやすいシステムに改善していきたい。

8. おわりに

本システムは、ビーコンを設置した危険箇所にて作業員が接近した際、その場で安全指示事項などが再生されることで、見落としや思い込みを無くし、安全な作業を支援することができる。日々変わる安全指示事項などを、確実に作業員に思い起こさせることで、より安全な工事現場の実現に寄与できると考える。安全指示事項などを再生する地点を変更する場合はビーコンを移動させればよく、安全指示事項などの内容を変更したい場合には、パソコンから日本語文章を入力するだけで良い。入力した日本語文章は多言語へと一斉翻訳され、スマートフォンで使用中の言語に合わせて、自動的に安全指示事項などが再生される。

工事現場では、安全な作業に向け、危険予知活動など、様々な取り組みが継続して行われているが、慣れなどにより効果が薄れてしまうことがある。例えば、第三者への注意喚起に、指向性アナウンス安全看板を用いた例では、再生される注意喚起内容に慣れてしまうことにより第三者の安全確認意識が低下することが確認されている³⁾。本システムは、日々、簡単に再生する内容を更新できるため、安全意識に対する認知度を高いままに維持しやすく、さらなる安全性の向上や、労働災害の防止に寄与できると考える。

車両などにスマートフォンを搭載した場合についても、確実に動作することを確認したため、現場出入口にビーコンを設置し、公衆災害への注意を第三者のスマートフォンで再生することも可能である。また、1つのビーコンに対して、新規入場者の方への安全指示事項、現場見学者の方への工程説明、地域住民の方々

への情報提供など、伝達したい人に合わせて日本語文章をそれぞれ設定して使い分けることが可能である。このような使用方法により安全管理の向上と、安全以外の情報発信に、効率的に活用できると考えられる⁴⁾⁵⁾。

謝 辞

ご協力いただいた福岡市道路下水道局建設部 雑餉隈連続立体交差課の皆様、西日本鉄道(株) 鉄道事業本部施設部 雑餉隈連立工事事務所の皆様、及び現場運用をさせていただいた西鉄天神大牟田線雑餉隈駅付近高架化工事の作業所の皆様に、厚く御礼申し上げます。

J[C]M[A]

《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) Braveridge HP: 開発者向け技術情報, <https://ssl.braveridge.com/developer/#.XgjSjy3AM6g>
- 3) 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.
- 4) 日刊工業新聞: スマホで注意呼びかけ, 清水建設・丸五ゴム建設現場向けツール, 2019.7.17.
- 5) 宮瀬文裕, 米山文雄, 荒瀬純治, 内田理絵, 川野邊 慧, 岡本 修, 藤原泰明, 高田知典, 藤枝達也: iBeacon 活用の工事概要案内システムの現場試験, 土木学会第 72 回年次学術講演会, 2017.

[筆者紹介]

飛田 悠樹 (とびた ゆうき)
丸五ゴム工業(株)



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



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





大事故に繋がる事故を疑似体験 5K 映像でリアルさ追求

藤 澤 剛

エンターテインメント利用で注目されることが多い VR だが、エンタープライズでも利用が増えてきており、医療、スポーツ、旅行、教育、不動産、建築など様々な分野で活用が広まっている。また、次世代通信 5G などの技術を導入することにより遠隔操作や同時体験など活躍の範囲が増えていく。その技術の中で高精細画像による「恐ろしい事故を疑似体験」でき、現場で不安全行動をとらないよう安全意識を高める効果が期待できる VR を紹介する。

キーワード：VR、広視野角、不安全行動、事故体験

1. はじめに

建設業の労働災害での死亡者数はここ数年減少傾向だが、全産業の約 3 割を占めるなどまだまだ事故は多い。未然防止策として、作業場の不安全行動や危険について座学を中心に教育が行われているが、座学では実感が薄く、身につみにくいという課題がある。座学で勉強したり先輩から事故や安全の話の聞いたりしても、実際に自分が体験していないため、なかなか身につかないのが現状である。しかし体験型の安全教育を作るにしても、体験装置を作製するのに時間と費用が大きくなってしまったり、施設のある場所に行かなくては体験できないなどの運用面の取り回しが必要になってくる。

そこで、「安全に危ないことを体験できる」コンテンツを VR (Virtual Reality:バーチャルリアリティー) の技術で作成し、危険を体験するという新しい価値の提供に取り組んだ (図-1)。



図-1 VR画面 Top

2. 開発経緯

建設現場では少子高齢化や技能労働者の減少により、安全に関する伝承が難しくなっており、前述の通り安全に対する勉強会などでは実感が薄く、身につみにくいという課題がある。そこで VR を使って自らが体験できる安全教育システムの制作が、これら諸問題を解決するための 1 つの糸口となるだろうとの思いから開発を進めた。

開発にあたり、安全訓練、安全教育で体験型 VR を進める為には解決すべき問題点が 2 つあった。「VR 酔い」「没入感の欠落」である。VR では頭に装着するヘッドマウントディスプレイ (以降、HMD) より映像を出力するが、見えている映像と自分の動きとの乖離により、酔いが発生してしまう。個人の感覚による場所も大きいですが、この VR 酔いがあると、長時間連続して VR を見続けられない。また、VR の世界に意識が注がれあたかも自分がその場所にいるような感覚を「没入感」というが、見えているものがリアルでなかったり、映像が遅れたりチラついたものだとなかなか没入できず、体験型といってもあまり効果のないものになってしまう。視野角も重要で、一般的な VR だと 110 度程度であるが、人の視野角は 200 度といわれている中で映像が見えていない部分が VR 酔いや没入感の欠落に繋がってしまう。

そこで着目したものが 5K の解像度で視野角も 210 度ある HMD だ (写真-1)。VR で映し出す映像を高画質で出力してリアルさを追求すると共に、画面のチラつきをなくすために通常 60Hz あれば十分といわれ



写真一 使用HMD



図一 視野角イメージ 100度と210度の違い

るリフレッシュレート（1秒間に画面が何回書き換わったかを計る値）を90Hzで表現。しかも人の視野角以上の210度でVRの世界を表現することで、「VR酔い」「没入感の欠落」の問題を解決した（図一）。

人間の五感による知覚の割合として視覚が83%、聴覚が11%と言われている（諸説あり）。実に約94%とほとんどの知覚情報は視覚と聴覚から得ていることになる。このVRではヘッドホンを使って本物の音も再現し、視覚と聴覚を奪うことにより疑似体験をリアルなものにしている。

3. VRコンテンツ

“危険を、安全にリアルに体感する”ことができるVRシステムを開発するにあたり、建設業で「墜落・転落」が重大災害の多い事故であることから、高所作業車でその事故を体験できるコンテンツ作成を始めた。シナリオとしては高所作業車の転倒を2つ、挟まれを2つ、転落を1つの5コンテンツを開発。HMDとヘッドホンを装着すると、目の前にリアルな現場が再現されている。ナレーションに従って実際に動きながら高所作業での危険が体験できる（写真一）。墜落事故など、実際に体験できない（発生してしまったら重大事故に繋がる）ことをVRによって安全に実体験として経験できることにこのシステムの優位性があり、安全教育の新しい形と好評を得ている。事故は安



写真一 高所作業 画面イメージ

全確認不足や慣れによる無理な体勢での作業・安全装置を解除しての機械操作などちょっとした油断で起きてしまう。「ラクをしたい」「早く終わらせたい」などの心の隙があるときにこそ不安全行動をしてしまいがちである。VRによる不安全行動を一度体験することで、その場面になった時に「不安全行動をとらない」「予防する」ように深層心理に記憶させることができる。このVRでは自分が実際に動いて不安全行動をしてしまい、その結果重大事故が起きてしまう「能動型」に特化しており、時短などをしようとする自分のアクションが事故に繋がるのが体感できる。

高所作業をVRで体験すると、転倒事故では約8割の方が実際に倒れてしまう。これはVRの世界に入り込んでしまい転倒の際、視覚・聴覚の情報から脳が実際に倒れてしまっていると勘違いして回避しようと自己防衛本能が働きVR上で倒れている方向と逆の方向に体が傾いてしまうことが主因だと推測している。転落の体験でもVR上で落ちてしまう際に、前につんのめってしまうなど、VRの世界に没入していることがわかる（写真一）。

次のコンテンツとして感電とバックホー（油圧ショベル）のコンテンツを開発した。バックホーでは事故の多い横転、接触、挟まれ、2次接触の4コンテンツを開発すると共に新しい取組みとして「光学式ハンド



写真一 体験イメージ



図-3 光学式ハンドトラッキング

トラッキング」を採用し、自分の手の動きがVR空間上で見えるようにした(図-3)。VRの空間と現実を融合することでよりVRの世界に没入することが可能だ。この他にも音に反応してシートが振動するものなども取入れるなど、視覚・聴覚だけでなく「触覚」も表現することでリアルさを追求している。

4. システム概要

VRで使用するHMDはスマートフォン利用型、一体型(スタンドアロン型)、PC接続型(外部ディスプレイ型)の3つがあり、それぞれ特徴がある。スマートフォン利用型は手軽で費用も安いですが、本体やレンズは専用に設計されていないため、装着方法や画質などに癖があり、用途も主に動画や静止画などに限られる。一体型は外部機器が不要で、VRゴーグル単体で動作するVR機器であり、ディスプレイ、レンズ、センサー、バッテリーなどが内蔵されているため、簡単に様々なコンテンツを使用することができる一方、PC接続型よりも処理速度が低いために高解像度は出せない。しかしながら5Gを見越したストリーミング配信、価格面や手軽さなどから、今後はこの一体型が主流になると言われている。PC接続型は高画質・高品質なVRを表現するのに適しているが、高スペックのPCが必要で、開発費用も高くなる。HMDとPCを有線接続することや、各種センサーが必要になるなど準備や取り回しに労力を要するなど、それぞれ一長一短である。

その中で、5K映像でリアルさを追求するために我々はPC接続型を採用した。使用機器としては、HMD・ヘッドフォン・パソコン・ベースステーション、コントローラとなっている(写真-4)。ベースステーションは太陽光に弱い為、VR体験は室内に制限されるなど使い勝手が悪い部分もあるが、教育として成り立た



写真-4 構成図

せるために没入感を優先させたところである。これら使用機器だけでもVR体験はもちろん可能だが、高所作業車であれば実際の高所作業車の搭乗部分を切り出し、高所作業床の上で体験できることや、バックホーの走行レバーや前述の振動するシートなどを取り揃えることにより、より没入感の高いシステムを実現している。

5. 今後の展開

VR(仮想現実)を始めとして、AR(拡張現実)、MR(複合現実)、SR(代替現実)などのXR(全ての仮想空間技術の総称)は今後も教育・医療・介護・不動産・観光・インテリア・ファッション・映画・エンターテインメント・自動車・宇宙など様々な分野で活躍が期待されている。また、視覚と聴覚だけでも没入感の高いVR体験を演出できるが、五感全てをVR上で再現することも期待されている。味覚がVRで再現できると、VR上で大好物を見ながら実際は低カロリーなものとする事でダイエットなどの用途なども期待できる。5Gや6Gなど次世代通信との融合により、VRはますます発展しながら身近になっていくものと推察する。我々も常に最新技術を注視し、開発を進めていきたい。

JICMA

【筆者紹介】
 藤澤 剛 (ふじさわ ごう)
 (株)アクティオ
 IoT事業推進部 課長



交流のひろば/agora—crosstalking—



はたらくじどうしゃ博物館

土田 健一郎

2008年9月に念願であった『はたらくじどうしゃ博物館』をオープンして11年が経った。ここでは私の生立ちからはたらくじどうしゃ博物館をオープンさせるまでと、次の夢について少し紹介する。

キーワード：はたらくじどうしゃ博物館，建設機械，建設機械スケールモデル

私の生立ちとはたらくじどうしゃ博物館について

私は1970年9月生まれ。生まれた時から筋金入りの建設機械マニアである。

物心つく時代、中央自動車道小黒川P.A～辰野トンネル区間の工事を見て、建設機械の魅力に一目惚れした。祖父母が農作業をしながら私の子守りをしていて、私が泣き出すと、決まって中央自動車道の工事現場に連れて行かれた。そこで建設機械を見たり、音を聞いたりすると必然的に泣き止んだ。その光景は絵本にも紹介され、今でも目に焼き付いている(写真-1)。



写真-1 絵本に紹介された中央自動車道建設工事

小学2年生の頃には中央自動車道舗装工事が始まった。バーバーグリーン社(アメリカ)のアスファルトフィニッシャーのホッパーにボンネットタイプの8トンダンプが2台並んでアスファルト合材を投入～舗設し、マカダムローラー、タイヤローラーで転圧、仕上げの転圧に酒井工作所(現 酒井重工業)のWH5012型3軸タンデムローラーが動いていた。このような光

景を見て、将来は建設機械のオペレーターになりたいと思った。

建設機械オペレーターの夢が始まり、高校中退後、解体業に就職し、0.25m³バックホウに乗りながらオペレーターの腕を磨いた。18歳で普通自動車免許取得後、地元辰野町にある(有)北尾重機興業の社長に拾われ、さらにオペレーターの腕を磨いた。その当時、三菱キャタピラーの月刊誌『CATクラブ』でも紹介された。取材を受けた時、記者に『次の夢は何ですか?』と聞かれ、『はたらくじどうしゃ博物館を作ることです』と答えた。これが博物館を作るきっかけである。

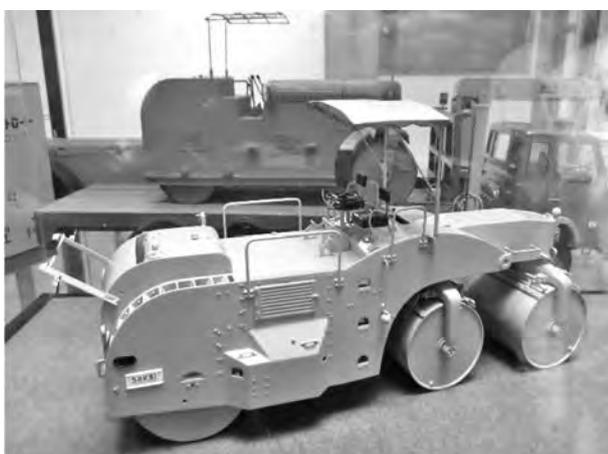
それから時が経ち…2008年に念願の『はたらくじどうしゃ博物館』が完成した。現在、世界各国のスケールモデル約3万点を展示(写真-2～4)、建設機械やトラックのカタログ(100年くらい前のものもある)、写真、キーホルダー、スターターキー、グッズも大型ダンプ2台分くらい保管している(写真-5)。貴重なカタログや写真が多数あるため、メーカーから借用依頼が来るほどである。スケールモデルでは物足



写真-2 館内スケールモデル展示写真①



写真一三 館内スケールモデル展示写真②



写真一四 世界限定1台のスケールモデル



写真一五 カタログ保管室 (SAKAI WH5012)

りず、高度経済成長期を乗り切ってきた1/1スケール（本物）も10台程保有している。保有機種としては、油圧ショベル、ブルドーザー、アスファルトフィニッシャー、ロードローラー、スクレップドーザーなどである。スクレップドーザーは建機ミニチュア博物館の杉山館長が保有するものと兄弟機である（写真一六）。



写真一六 スクレップドーザー

建設機械の素晴らしさ

私の生まれた1970年頃はケーブル式ショベルやワイヤー式ブルドーザー、機械式クレーンがまだまだ現役で活躍していた。1965年頃には油圧ショベルが出てきた。操作方法がペダル式から2本レバーに変わり、現代ではICT施工や無人化施工など進化を続けており、このような進化を見ることが出来る良き時代に生まれた。

私の心の奥深くには『この日本の高度経済成長期を支え、乗り切ってきたのは、口ばかりの代議士ではなく、本当のスーパースターたちはお前たち建設機械なんだ』と声を大にして伝えたい。

日本の建設機械はアメリカ、ヨーロッパ製にもまさる素晴らしい開発技術・性能だ。まさしく“Made in Japan”である。そんな素晴らしさをもっと多くの人たちに知ってもらいたいとの思いから、私が監修し、『建機グラフィックス』という雑誌を作った。建設機械の施工や工法をDVD付で紹介し、現在Vol.1～11まで発刊し、業界トップの雑誌となっている。今も、全国各地で活躍する建設機械の現場を取材しながら、駆けずり回っている。

次の夢は…

やりたいことは沢山ある。時間がいくらあっても足りないくらいだ。

1つ目は、未だ展示出来ていないスケールモデルが約2万点あり、整理出来ていないカタログなど山のようにあるので、博物館を増築することである。

2つ目は、集めきれっていないスケールモデルやカタログ、グッズなどがまだまだあるのでそれを集めることである。

3つ目は、1/1スケールモデル（本物）を展示するための車庫を建て、高度経済成長期を乗り切ってきた

スーパースターたちを展示したい。

最後に不要な建設機械，トラックなどのカタログ・グッズがありましたらぜひ，はたらくじどうしゃ博物館までご連絡下さい。

はたらくじどうしゃ博物館
〒396-0025
長野県伊那市上荒井 4648
090-2740-1857

J|C|M|A

[筆者紹介]

土田 健一郎 (つちだ けんいちろう)
はたらくじどうしゃ博物館
館長



ずいそう

昭和は遠くに，思い出のアルバム

杉 明



1. はじめに

私は入社以来品証部門一筋の会社生活であった。品証部門も品質管理や商用試験，開発試験などいろいろな部門がある中でサービス部門に約20年間在籍した。その業務は支社サービス部門からの情報をもとに製品改善を策定することと，クレーム対応などの費用の予実算管理であった。このサービス部門に配属された当時は4名のひとつの係で油圧ショベル全般をカバーしていたが，現在は部に昇格し人員も20名以上を擁しダンプトラック，ホイールローダーを含め，全世界全製品をカバーしている重要な部門のひとつとなっている。このような部署であったので，当社の支社サービス部門との関連が強く，私は日本各地に出張で訪れたが，なぜか奈良県だけ訪れた記憶がない。出張の目的は，不具合の調査やお客さんの苦情，不満に対する対策，また新製品の満足度調査などであった。そこで，油圧ショベルの不具合に関し少し変わったことで記憶に残っている数件について紹介したいと思う。

2. 異物もいろいろ

(ケース1)

40年程前のことであるが，エンジンが焼き付く不具合が発生して，当然クレームとのことで不具合品を調査した。その結果オイルパンから砂が出てきて，砂が原因で焼き付いたとの報告を受けた。メーカーはエンジンの砂ではないと言うし，サービスはお客さんが砂などを入れるはずがないということで論争になった。一体どこの砂かということで，砂の形状を見てもよと，砂を顕微鏡で拡大したところ鋭利な角があり，メーカーの鋳物で使用している砂とは異なることがわかり一件落着した。サービスには誰が入れたかは聞いていないが，いたずらにもほどがある。当時，角砂糖を燃料に一個入れるとエンジンは簡単に焼き付き，原因はわからないので，工事を遅らせる嫌がらせや油圧ショベルの運転手が休みを取るためにやるという，まことしやかなうわさを聞いた。砂糖でエンジンが焼き付くかどうかは実際に試験をしたということは聞いて

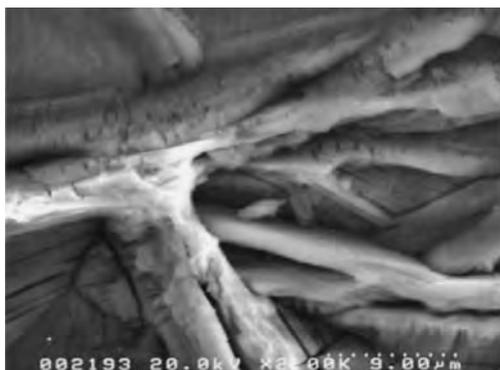
いないのでそれが本当かどうかはわからない。

(ケース2)

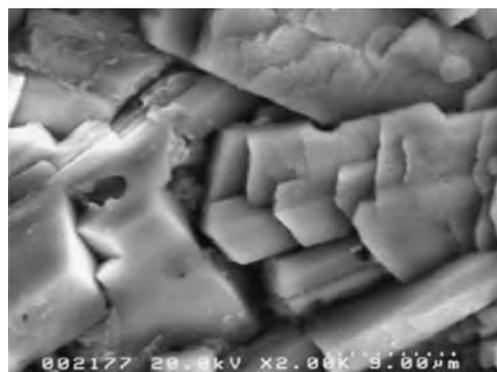
油圧ショベルなので当然油圧が動力として使用されている。ポンプ，モータ，シリンダや各種切り替えバルブは数ミクロンの隙間で作動している。従って，小さなゴミいわゆるコンタミには非常に敏感で，例えばコンタミが切り替えバルブの隙間に入って運悪く固着するとシリンダやモータが作動できなくなるので故障となる。しかし，40～50年ほど前にはコンタミといえるような小さなゴミではなくて，機械加工の切粉，大きさにして幅5mm長さ30mmというようなものがバルブに挟まってフロントが動きっぱなしになったこともあった。今ならとんでもないことではあるが当時はそれでもお客さんには許してくれるおおらかさがあった。故障の原因の大半はコンタミというレベルのものではない不具合が多かった記憶である。そのほかで発見されたものでは，回転ジョイント（センタジョイント：上部旋回体と下部走行体をつなぐもの）のΦ20mmほどのベアリングボールが方向切換弁とセンタジョイント間の高圧ホース内に入り込んで，走行操作をするたびにカチーンという大きな音がして大きわざをした。分解して，まん丸い球が出てきたときの驚きは凄かった。こんなことでもけが人が出なかったのは不幸中の幸いであった。

このような特異な異物ならば，「犯人捜し」は結果として簡単であるが，油圧特有の異物がある。不具合としては力がない，フロントが自然降下するなどの現象が異物によって発生することがある。油圧の回路では最高圧力などを制限するリリーフ弁というものを組み込んでシリンダやモータなどが破損するのを防止しているが，このリリーフ弁に異物が引っかかると力がでなくなり，故障としてお客様から修理依頼がくる。この異物の一つで発見されたのが溶接のスパッタである。まん丸なので，少しめがねで拡大するとスパッタと判別できるが，はてどこから発生したかが問題となる。いわゆる犯人捜しである。当時，不具合などの調査では，走査型電子顕微鏡（SEM）が注目を集めていて，日立の研究所の実績から当社にもいち早く導入さ

れ、社外の不具合でもその性能を発揮して原因解明の一助となった。SEMは表面の状態を数千倍まで拡大してみることができるので、いままでに解析できなかった異物の調査でも威力を発揮してくれた。溶接スパッタの表面に着目すると、防錆処理（ACP：リン酸亜鉛処理，リン酸塩処理）があり，これは間違いなく配管の溶接であるということになった。それを検査課に話をして対策の検討を指示したところ，配管だけではなくて作動油のタンクにもACPをしていることがわかり，それらを調べると製造メーカーによって写真—1，2に示すように，ACPの形状が異なっていることがわかった。以後，溶接の異物はACPの結晶形状で発生源を特定できるようになった。しかし，シニアになってこのことを材料分析の課長に話をしたところ，ACPは確かにメーカーによって形状は異なるが，処理バッチでも異なることがあるということがわかったので，現在はあまり参考にしていないと言われてしまった。



写真—1 ACPの形状の例



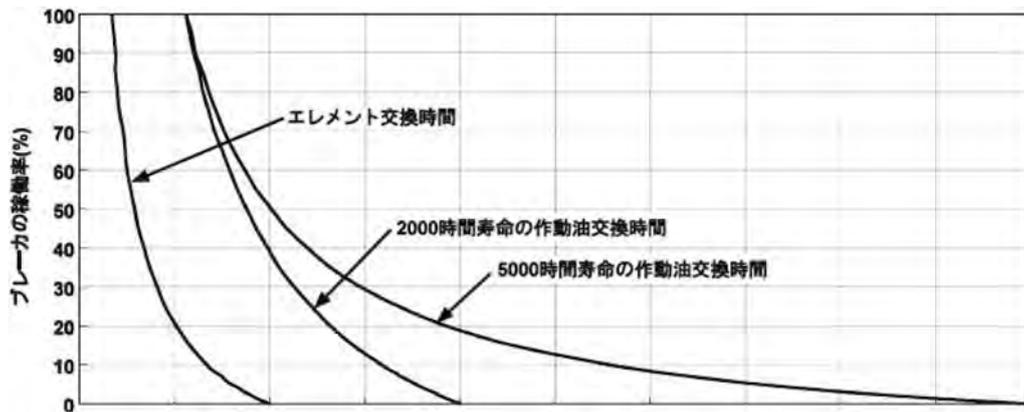
写真—2 ACPの形状の例

（ケース3）

ブレーカを取り付けるとポンプがよく故障した。1970年代後半にはサービスでも問題視し対策を求められつつあった。工場としては，ポンプの問題は，お客さんが勝手に取り付けたアタッチメントが原因なので，工場側の責任ではないという立場であった。当然のことではあるが，間にいるサービスは，工場は相手にしないし，お客さんは文句をいうため，個別対応で困り始めていた。原因は，ブレーカから侵入するゴミでポンプが早期摩耗して故障にいたるのである。表—1に示したのが作動油の汚染度を示すNAS等級である。工場出荷時は7級であるが，ブレーカを装着するとNASの等級外に急激に汚染されることがあった。ある時に，設計の村上さん（故人）が私のところに来て，ブレーカの不具合を何とかしたいと相談された。村上さんの熱意で何とかしようということになった。そこでどの程度ごみの侵入があるかという調査から始めることにし，サービスに協力を求めて，九州の長崎がブレーカの取り付け率が高いということで調査をすることにした。期間は約6ヶ月（だったように記憶）で新車と新品ブレーカ，新車と中古ブレーカなどの組み合わせを選定して，作動油と作動油フィルタを月1回回収して調査を実施することとした。調査の詳細は省略するが，現状のフィルタではブレーカ使用に対しては十分な性能ではないことがわかり，新しいフィルタの開発を検討しようということになった。当時はフィルタの知識が全くなかったので，A社に話を持ちかけたら，マルチパスという性能試験方法があるということで回収したフィルタの調査を含めA社に決めた。新しいフィルタを長崎でユーザー試験を行い，不具合点を数回改良してブレーカ用の高性能フィルタとして商品化にこぎ着けた。しかし，作動油の汚染は高性能フィルタだけでは解決がむつかしく，何とかお客さんに作動油を交換する意識づけができないかということであれこれ思案して，村上さんがブレーカ使用時と通常の油圧ショベル使用時の作動油交換時間のイメージをグラフで示した。図—1がそのグラフである。これいいじゃない，ということで取説に載せようということになった。それが現在まで続いている。他社も取

表—1 コンタミ NAS等級

	NAS Classes													
	00	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5-15	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	32000	64000	128000	256000	512000	1024000
15-25	22	44	89	178	356	712	1425	2850	5700	11400	22800	45600	91200	182400
25-50	4	8	16	32	63	126	253	506	1012	2025	4050	8100	16200	32400
50-100	1	2	3	6	11	22	45	90	180	360	720	1410	2880	5760
over 100	0	0	1	1	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1024



図一 1 ブレーカ使用時のエレメント，作動油交換インターバル



写真一 3 間知石

り入れたようで、少しはポンプの不具合対策になったかもしれない。長崎でのブレーカ作業の一つが石割り（石割）で、ブレーカでトントントントと細長い石（柱状列石）を叩くときれいな四角錐（三角錐と思っていた）に割れるのを見たときには本当にびっくりした。当時は気にもしなかったが、間知石（けんちいし）を作っていると聞いた記憶がある。今調べてみると写真が中々なくてやっと見つけたので参考に掲載する（写真一3）。当時これをブレーカで割っていた。見事に同じ形状に割れていた。

3. ある出張

30～40年程前のことであるが、この当時は、帰省しているときに工場の上司からの電話で、サービスに寄って不具合の調査をしてこいなどと命令があったり、いったん出張すると10日くらい帰って来られなかったりであった。当時はまだ独り者だったのでお金がなくなると支社で仮払いを済ませて、サービスの要請があるままにあちこち回っていた。そんな中で出張

のついでにサービスから、湿地ショベルでお客様の社長から苦情があるので来てほしいとのことで、現場に行って夕方お客様の事務所へ出向いた。社長から、せっかく購入したのに、ジャッキアップ（フロントを使ってショベル本体を持ち上げる）ができないので仕事にならない、何とか対策をせよとのことである。どうも、横方向ではジャッキアップできるので泥落としだけのことではないようである。この製品は下部走行体を大きくして最低地上高を高くすることや、幅広シューや三角シューが履けるようにして相当重量が重くなっている。そのためにジャッキアップがやりにくくなっていたのである。社長の言うことはもっともであり、要求の一つとして油圧を上げろと言う。当然、油圧の力を上げることはできないことではないが、油圧機器やフロントなどの寿命に大きく影響があるのでできない、次に社長はブームシリンダの径を大きくしてジャッキアップ力を上げると、これもシリンダ径を大きくするとキャブに当たることやスピードが落ちるなどでできないことを説明したが、どうしても納得していただけない。そのうちに、お酒が出てきて湯飲みにお酒を注がれて、飲めということでお酒を飲みながらの話となった。もう話の内容はほとんど覚えてはいないが、ジャッキアップ以外の機械の話などをしたと思う。そのうちに話がジャッキアップの話になり堂々巡りで、とにかくジャッキアップできるようにしてくれというのである。どのような作業に不具合があったのかは覚えていない。数時間堂々巡りしたのちに、最終列車の時間が近づき物別れのまま事務所を去り別のサービスへ移動した。のちに、取説には、ジャッキアップがやりにくい製品については、ジャッキアップのやり方等について掲載をしたと思う。ジャッキアップは油圧ショベルの履帯の泥落としや下部を点検する程度とっていたが、後日、狭い場所での方向転換には有効な手段であることを現場で知らされた。ジャッキ

アップして旋回操作をすると下部走行体ぐるりと旋回するのである。もしかしたらこの作業ができないということだったかもしれない。この動作は、20～30年程前から油圧ショベルの実演などではよく見られる風景の一つとなった。話は戻るが、当時のお客さんは一から十までよく話してくれるお客さんばかりではなかったし、営業やサービスとのつながりも深く、少々の不具合があっても解約などという事態には至らなかったことが多い。ただ、我々工場からの出張者にはお客さんも気を遣っていたらしく、支店などに帰ったときや車の中では、いつもはあんなに優しい言葉や態度ではないと、よく愚痴をこぼされた。

4. おわりに

現在の油圧ショベルの事業環境は、施工会社や個人で機械を購入するよりも、レンタルしての施工が中心となり、しかもレンタル事業に油圧ショベルのメーカー

も参画するビジネスモデルへ変化した。30～40年前は、サービスや営業、工場はショベルの運転手との距離が近く、よく叱られたり文句を言われたり、他社との比較を言われたりして、それを糧にして製品開発や性能向上を図ったものである。そんな中で生まれたユニークなものとして、現在ではほとんど使われていないヘドロや田んぼの天地がえし用のエジェクタバケット（べろつき）、北海道や山陰地方ほかで苦勞していた畑などの徐礫用として活躍するスケルトンバケットがある。他にも、まだ商品化されていないレンコン掘り機など。設計側から提案する商品も重要であるが、メーカーは、お客さんが求めている製品を実現するために、お客さんの困っている話を吸い上げて、より省力化や効率向上ができる製品づくりをめざしてほしい。また、品証部門の人たちは、これらの製品づくりに対してどうすればいち早く上市できるかを評価試験の方法や新しい評価方法の提案などしてほしいと思う。

—すぎ あきら 日立建機株 OB—



ずいそう

瀬戸内国際芸術祭 2019 秋 訪問記

平野 貢



「働き方改革」の一環として、10月3日有給休暇を頂き、既に4回目を迎える「瀬戸内国際芸術祭 2019 秋」に出かけてみた。

同芸術祭は、2010年に初めて開催され、2013年の第2回から春、夏、秋の3シーズンで実施されている。第4回の今回は春が4/26～5/26、夏が7/19～8/25、秋が9/28～11/4の期間で開催されており、毎回100万人を超える人が日本中、世界中から訪れている。

長く高松に住んでいて、いつでもいけると思っていたが、これまで一度も出かけたことがなく、我が家の「山の神」にも、いつ連れて行くのだと何度も言われながら、年数だけを重ねてきた。今回、平日に休みが取れたので「山の神」に明日行くかと誘ったところ、明日は孫の予定が有りその他もろもろで行けないから、取り敢えず次のために下見をして来いとのことなので、一人を出かけてきた。

自宅から路線バスで高松港へ、ぎりぎりの時間で10:14発の直島行きフェリー「なおしま」に飛び乗った。船内の椅子はほぼ満席、様子をうかがっていると中国系の親子連れが多く感じた。船内の係員の方に話を聞くと約400名位かなとのこと、前便はもう少し多かったとのことであった。

当日は生憎の小雨状況であったが、瀬戸内海は穏やかな波で、甲板に上がるとあちらこちらに中国人モデル（彼女）とそれを写すカメラマン（彼氏）を見ることとなった。

おおよそ1時間で直島宮ノ浦港に到着（10:54）。右手の岸壁奥の芝生広場に置かれた「赤かぼちゃ」（11:05）が出迎えてくれた。上陸した途端、運悪く土砂降りの雨となったが、傘をさして次なる展示物「直島バヴァリオン」（11:16）を見学した。

その後、天候が回復し、天気が好転する予報だったため、島内を歩いて散策することにした。

次に訪問したのは本村地区。家プロジェクトの一つの「はいしゃ」（11:51）はかつて歯科医院兼住居を全体でアートにしたものだった。次に見た展示物は、最近まで住んでおられた古民家を改修し、庭や壁をアートにした大きな家だった。案内の方にどのような人が住んでいたのか尋ねると、特定郵便局長住居だっ

たとのこと、田舎にあっては周りを圧倒する大きな建物だった。

次に、「ANDO MUSEUM」（12:11）に入館した。内部に入ると、安藤忠雄さんが設計した直島島内にある建物のスケッチ等が展示してあった。何より驚いたのは打ち放しコンクリートの美しさ。丸セパ（型枠を固定する治具）や型枠目地までも設計されていると噂には聞いていたが、長年打ち放しコンクリートを施工してきた私にとって、これほど美しいコンクリートが施工できるのかと、驚きで一杯になるとともに、これを私が在籍している会社の建築屋が施工したことに、大きな喜びを感じ、今日一の収穫だと思った。

今日最大の訪問目標は「地中美術館」だったが、フェリーに乗った時点で予約満席となっていたため、その代わりに家プロジェクトの「南寺」が良いと言われて、先に入場整理券をもらいに（12:15）行った。しかし、入場時間が14:45の整理券だったため、時間つぶしに次の地点（ベネッセハウス周辺）に向かうことにした。

「ベネッセハウスパーク」（13:22）では公園内に数多くの展示物が展示してあり、中でも目についたのはパーク建物入り口の、ベンチに座る新聞を読む男の置物（焼き物？）だった。その後、きれいな海岸を通り、坂道を登りながら左手に美しい瀬戸内海を望み、ラストの急な坂を上ると「ベネッセハウスミュージアム」（13:39）に到着した。これも安藤忠雄さんの作品で、内部はやはり打ち放しコンクリートで、同じように経過年数を感じない美しさだった。

ベネッセハウスミュージアムを後にし、次は「李禹煥美術館」（13:59）を見学した。ここも安藤さんの作品で、建物全体が同じ様に打ち放しコンクリートで構成されている。館内の歩道に敷き均している砂利もアートの一部であるとの説明だった。

美術館を後にして次回訪問時の目的地とした「地中美術館」へ（14:28）。公式ガイドブックによると「地下でありながら自然光が降り注ぎ、1日や四季を通して作品や空間の表情が刻々と変わる。」とあり、今回の訪問が楽しみになった。

今日の散策はこれくらいにして、宮ノ浦港に向かう。港に到着寸前、今にも出向するフェリーがいた

(15:00)。乗船係員から「乗船券は船の中で」との指示があったので、飛び乗ったあとすぐに船のゲートが上がり、フェリーが出港した。船員に乗船券を渡そうとすると、「この船は宇野港行きですよ」とのひとこと。。。。最後にチョンボをしてしまったが、宇野まで20分、宇野港で30分待ちの後、高松港行きに乗り換え、16:45 ようやく高松港へ着くことが出来た。ちなみにこの宇高連絡船は、2019.12.15 に最終便を出航させて、

109年の歴史にピリオドを打っている。有名だった「甲板うどん」も食べることは出来ないが、JR 高松駅構内に「連絡船うどん」として店を構えているので、懐かしくなったらご賞味あれ。

とんだ落ちも有ったところで、さらに。。。。この日の歩行は約4時間、18,000歩。アップダウンが激しかったため、次の日から2日間はひざが痛く、手すりなしでは歩けなかった。



直島と当日歩いたルート



JCMA 報告

2020ふゆトピア・フェア in とまこまい 除雪機械展示・実演会開催報告

企画部

1. はじめに

「ふゆトピア・フェア」は、北国のふゆの克雪・利雪・親雪などの技術開発や取組みに関する情報発信に加え、ふゆを生かした地域づくり・地域活性化を目的に開催されています。今年、北海道苫小牧市において「2020ふゆトピア・フェア in とまこまい」と題して、令和2年1月23日、24日の2日間にわたり開催されました。

JCMAでは、「2020ふゆトピア・フェア in とまこまい」の一環として除雪機械の展示・実演会を主催しました。除雪機械展示・実演会は、高度化された最新の除雪技術や除雪機械を紹介するとともに、冬期の道路交通確保において除雪機械が果たしている役割を一般の来場者に広くご理解していただくことを趣旨としています。昭和36年に青森で初めて開催されて以来、東北、北海道、北陸の3地域が交替で実施しています。

今回は、除雪機械等のメーカー併せて16団体が大型から小型の除雪機械、凍結防止剤散布装置ほかを展示・実演しました。開催期間中は、国土交通省、北海道開発局、北海道、苫小牧市、その他多数の方々のご協力、ご支援をいただき、多数の方々にご来場頂きました。以下にその状況について写真を主体として報告いたします。

2. 開催概要

- ①開催日時：令和2年1月23日(木) 10:30～16:00
令和2年1月24日(金) 10:00～15:30
- ②開催場所：苫小牧市末広町3丁目1 出光カルチャーパークグラウンド(市民文化公園)
- ③出展会社(五十音順)
- 飛鳥特装(株)
 - (株)カナモト
 - (株)協和機械製作所
 - (株)小松製作所
 - (株)タイショー
 - (株)ダイワテック
 - 名古屋電機工業(株)

新潟トランス(株)
ニシオレントオール北海道(株)
NICHIO(株)
範多機械(株)
日野自動車(株)
フォレストテック(株)
矢野口自工(株)
UDトラック(株)
国土交通省 北海道開発局

④来場者数

除雪機械展示・実演会：2,100名(23日1,100名、24日1,000名)

3. 開会式

除雪機械展示・実演会のオープニングセレモニーでは、日本建設機械施工協会 田崎会長による開会挨拶に続き、来賓の皆さまと関係者によるテープカットが行われ賑々しく開会いたしました。

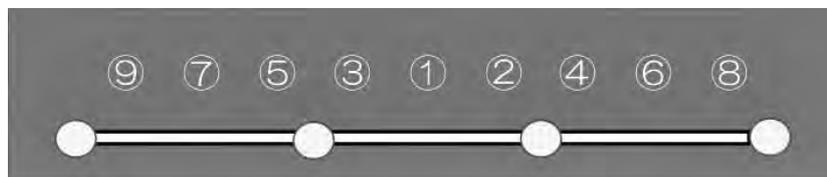


写真—1 (一社)日本建設機械施工協会 田崎会長挨拶

テープカットして頂いた方々

- ①国土交通省 総合政策局 公共事業企画調整課
施工安全企画室長 森下博之様
- ②国土交通省 北海道開発局 事業振興部長
高橋季承様
- ③北海道 建設部長 小林敏克様
- ④苫小牧市 副市長 佐藤 裕様
- ⑤出展者代表 (株)NICHIGO 代表取締役社長
鈴木隆好様

- ⑥一般社団法人 日本建設機械施工協会 会長
田崎忠行
- ⑦一般社団法人 苫小牧建設協会 会長 宮崎英樹
- ⑧一般社団法人 室蘭建設業協会 会長 中田孔幸
- ⑨一般社団法人 日本建設機械施工協会
北海道支部支部長 熊谷勝弘



写真一2, 3 関係者, 来賓によるテープカット



写真一4 オープニング式典に集まった来場者

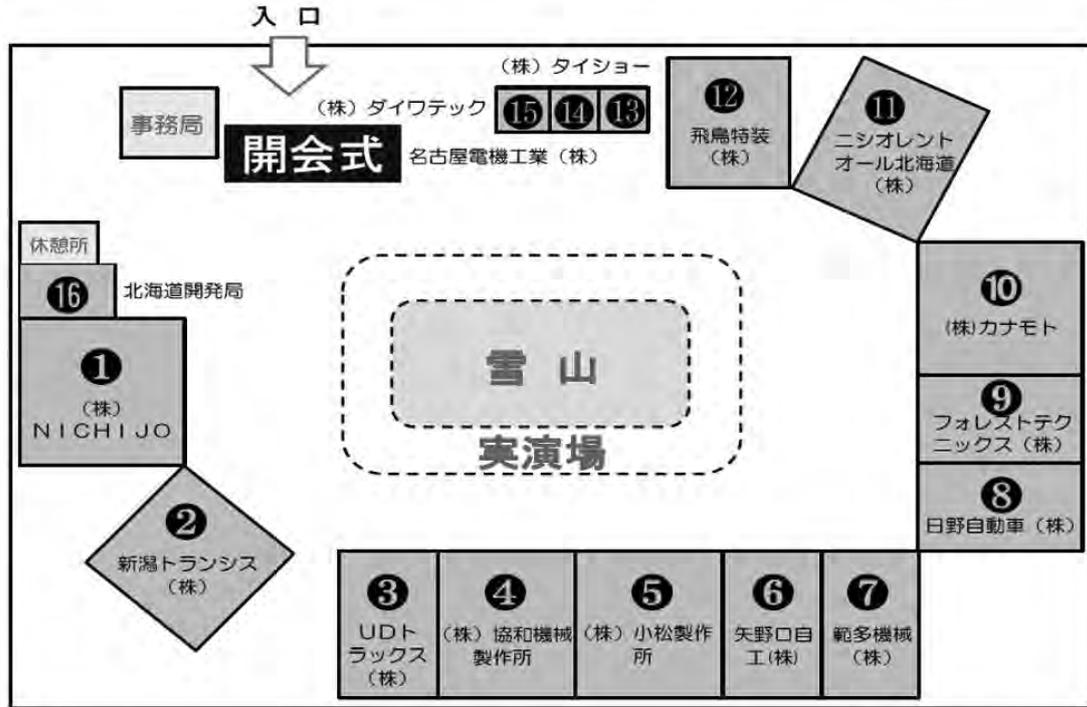
4. 出展会社と展示機器類

表—1 展示機械一覧

No	出展企業（五十音順）	出展機械名	規格性能等	台数	実演
1	(株)NICHIGO	ロータリ除雪車	HTR308A 2.2 m 級	1	○
		小型除雪車	HTR108 1.5 m 級, 兼用式	1	
		凍結防止剤散布車	NWS40SS5 湿式, 4.0 m ³ 級	1	
2	新潟トランス(株)	小型除雪車	NR84	1	○
		小型除雪車（とらん丸）	NR32P	1	
3	UD トラック(株)	除雪車	CF5XL	1	
4	(株)協和機械製作所	除雪トラック	10t 専用 (6 × 6)	1	
5	(株)小松製作所	除雪グレーダ	GD405	1	
		除雪ドーザ	WA80	1	
		除雪ドーザ	WA30	1	
6	矢野口自工(株)	ロータリー除雪車	ラドック	1	
		スノープラウ除雪車	ラドック	1	○
7	範多機械(株)	凍結防止剤散布車	MS-25BIT	1	
8	日野自動車(株)	凍結防止用散布車用シャシ	FS1APJA	1	
9	フォレストテック(株)	オイルクイック		1	○
10	(株)カナモト	タイヤショベル (0.4 m ³)	接触防止センサー付	1	○
		ダンプトラック (4 t)	折りたたみ式補助アオリ付	1	○
11	ニシオレントオール 北海道(株)	タイヤバックフォア		1	
		その他		3	
12	飛鳥特装(株)	Boss スノウプラウ		1	○
		Hako マルチカー		1	○
		Hako シティマスター		1	○
13	(株)タイショー	凍結防止剤散布機	ZS-300K	1	
		凍結防止剤散布機	ZP-90	1	
14	名古屋電機工業(株)	LED 散光式警告灯		3	
		車載標識装置 A		1	
		スマートフリックス		1	
15	(株)ダイワテック	ソーラーシステムハウス	寒冷地仕様	1	
		現場監視カメラ G-Cam02		1	
		電動バイク		1	
16	国交省 北海道開発局	ロータリ除雪車	i-Snow 仕様	1	○

5. 除雪機械展示・実演会 開場配置図

苫小牧市 出光カルチャーパークグラウンド (市民文化公園)。



図一 1 ブース配置図

6. 除雪機械展示風景



写真一 5 除雪機械展示・実演会の全景



写真一六、七 実演会場を取り囲み見学する来場者



写真一八 担当者の説明を受ける国交省技監



写真一九 ちびっ子たちの初体験です

7. 除雪機出展各社のブース



写真一〇 (株)NICHUJO



写真一一 新潟トランスシス(株)



写真一二 UDトラック(株)



写真一三 (株)協和機械製作所



写真一 14 (株)小松製作所



写真一 15 矢野口自工(株)



写真一 16 範多機械(株)



写真一 17 日野自動車(株)



写真一 18 フォレストテック(株)



写真一 19 (株)カナモト



写真一 20 ニシオレントオール北海道(株)



写真一 21 飛鳥特装(株)



写真-22 (株)タイショー



写真-23 名古屋電機工業(株)



写真-24 (株)ダイワテック



写真-25 国交省北海道開発局

8. 除雪機械実演会



写真-26 飛鳥特装(株) Boss スノウブラウ



写真-27 飛鳥特装(株) Hako マルチカー



写真-28 (株)カナモト タイヤショベル 接触防止センサー付



写真-29 新潟トランス(株) 小型除雪車 NR84



写真-30 (株)NICHIGO ロータリ除雪車 HTR308A



写真-31 フォレストテックニク オイルクイック



写真-32 矢野口自工(株) 除雪車 ラドック



写真-33 北海道開発局 ロータリ除雪車 i-Snow 仕様

9. おわりに

近年の気象統計データによれば、積雪の深さが観測史上最高を更新した地点が全国で3割以上あり、記録的な降雪が局地的に発生している傾向がうかがわれ、除雪・排雪に関するハード・ソフト技術が一層重要となっています。「2020 ふゆトピア・フェア in とまこまい」の一環として開催された、「除雪機械展示・実演会」において最先端の技術や機械をご覧いただくこ

とで、積雪地の道路交通を確保して生活環境を守るために除雪技術や除雪事業が果たしている役割をご理解いただければ幸甚と存じます。

最後に、開催に当たって多大なご尽力を賜りました、国土交通省、北海道開発局、北海道、苫小牧市、出展各社をはじめとした多くの皆様に厚く御礼申し上げます。

(文責：佐々木)

JCMMA

部 会 報 告

第 23 回 機電技術者意見交換会報告

建設業部会 機電技術者交流企画 WG

1. はじめに

当協会の業種別部会に属する建設業部会（建設業 54 社の会員会社で構成）は、会員相互の共通課題をテーマに取り上げ、事業活動を行っている。

これまで、時代の要求や業界の状況を反映し、様々な事業活動が実施されてきたが、特に建設の生産性向上と品質確保および環境保全といった業界普遍のテーマに取り組むための『人づくり』『場づくり』の企画は当部会の大きな柱となっている。

機電技術者意見交換会は、平成 9 年より昨年まで 22 回開催されてきているが、第 16 回（平成 24 年）からは、当部会の中に「機電技術者交流企画 WG」を設置し、開催意義を再検討するとともに、機電技術者のさらなる育成交流に資する活動として、討議テーマ、グループ編成、講演内容および PR 活動等の検討を行っている。

今年度は第 23 回目となり、昨年の反省を踏まえるとともに、新たな取組を盛り込み、開催された。

（※詳細報告は協会ホームページ内：建設業部会の中に過去分を含め、報告書として掲載されているので確認していただきたい。）

2. 第 23 回機電技術者意見交換会

(1) 概 要

①機電技術者意見交換会参加者の選出基準

30～40 歳前後の機電技術者（グループ会社も含む）

②開催日時

令和元年 10 月 10 日（木）～11 日（金）

③場所

国立オリンピック記念青少年総合センター

④討議テーマ

「機電技術者は AI とどう付き合っていくべきか」

⑤講演

演題：『協創で生み出す未来ビジネス異業種視点×AI』

講師：(株)日立製作所 未来開発グループ

東京社会イノベーション協創センタ

：原 有希 様

：上林 雅美 様

⑥スケジュール

1 日目（10 月 10 日）

10:30～11:00 参加者受付

11:00～11:30 開会・オリエンテーション

12:30～13:45 自己紹介（自己アピール PPT）

14:00～15:30 グループ討議（班編成：工種）

15:30～17:00 グループ討議（班編成：平均年齢）

17:30～ 懇親会

2 日目（10 月 11 日）

8:30～9:30 グループ討議（班編成：同世代）

9:30～12:00 グループ討議（班編成：工種）

討議成果のまとめおよび発表準備

13:10～15:15 グループ討議成果発表会

15:30～16:15 講 演

16:15～17:00 講 評

17:00 閉 会

(2) 参加者および班編成

参加者はゼネコン、海洋系、道路系、会員のグループ会社から 23 社 23 名であった。

班編成は、第 20 回から実施している班編成メンバーを 2 回入れ替えるシャッフル方式が好評であったことから、それを継続実行した。工種別を基本班として、1 日目はシャッフルテーマの選定が同一となるような構成、2 日目は平均年齢が各班同一となるような構成にシャッフルした。なお、いずれも工種が重ならないように配慮した。基本班の班編成を表 1 に示す。

表 1 班編成（基本班）

	班編成	人数	平均年齢
1 班	土木・技術開発系	5	29
2 班	土木・ダム系	4	31
3 班	土木・シールド系	6	26
4 班	海洋・資材系	4	30
5 班	道路系	4	32

(3) グループ討議および成果発表

「機電技術者はAIとどう付き合っていくべきか」という討議テーマのもとに、前述の班編成で討議を行った（写真—1）。



写真—1 グループ討議

各班ともこれからの技術であるAIって何だろうから始まり、共通の認識をはぐくむ事に苦慮しながらも機電技術者として討議を進めた。各班の成果発表シートを図—1～5に示す。

成果発表は、班メンバーが壇上に整列した後、代表者から成果を発表する方法を進めた。その後、4年前から実施している参加者全員が発言するという機電技術者交流企画WGの基本方針に基づき、参加者一人ひとりに討議内容および意見交換会へ参加した感想等について発表してもらった時間を設けた（写真—2）。



写真—2 成果発表

(4) 講評

成果発表後、各社の上司の方々から全体を通した講評を頂いたので、抜粋を以下に示す。

- ・発表内容が良くまとめられており、AIが何をを行い、

人間は何をすべきかを把握している、もしくは把握しようとしている。

- ・建設業においては今後AIの導入は増えていくと思われる、2日間の討議を通して、自分はこうしていきたい等の考えがあると思われる。それを忘れずに今後活かしてもらいたい。
- ・2日間の覚えていることは個々人で違う、それぞれの覚えていることを大切に今後活かしてもらいたい。
- ・課題を投げかける主催者側からすれば、参加者の皆さんには画一化して欲しくない、大胆な発想を大切にしてもらいたい。
- ・AIの導入方法が建設業における今後のテーマとなる。AIをわかりやすく、また、使いやすくしていくことが重要と考える。
- ・我々機電技術者はプログラマでも学者でもないが、AIがどのような技術、手法、原理を使っているかは勉強していく必要がある。
- ・どのような場面でAIを活用していくのか、活用できるかを判断していくのが機電技術者と考える。
- ・会社に戻った時に、本意見交換会に出席して「考え方が変わった」と思われるようにしてもらいたい。
- ・去年は「AIって何？」から始まっていたが、今年はAIに携わっている方も参加しており、グループ討議においても突っ込んだ意見が出ていたように感じる。
- ・来年の意見交換会においても同じテーマで皆さんの意見を聞き、3年間の変遷を見てみたい。
- ・本意見交換会を今後の教育にも有効に使ってもらいたい。

(5) 参加者アンケート分析結果

当部会では、意見交換会の反省や次年度への検討課題の把握等を目的として参加者へのアンケートを毎回実施している。以下に分析結果の概要を示すとともに、集計結果抜粋を表—2～6に示す。

①テーマ、進め方、発表方法、交流について

テーマについては「適当・良かった：65%」「まあまあであった：35%」という回答であり、テーマとしては討議しづらい内容にも関わらず、評価としては肯定的に捉えられている。アンケートからは、「もう少し絞ったテーマの方が討議しやすい」という意見がある一方、「自分なりにAIを考えるきっかけになった」という意見もあり、二分化の状態である。次年度は複数のテーマ設定等も踏まえ検討していきたい。

表一 2 テーマ、進め方、発表方法、交流について

(1) テーマに関して	適当・良かった	15	まあまあであった	8	不満・改善を要する	0
(2) 進め方に関して	適当・良かった	10	まあまあであった	11	不満・改善を要する	2
(3) 発表方法に関して	適当・良かった	20	まあまあであった	3	不満・改善を要する	0
(4) 1回シャッフルに関して	延長すべき	1	適当	20	短縮すべき	2
(5) 2回シャッフルに関して	延長すべき	1	適当	17	短縮すべき	5

シャッフルについては、「いろいろな方と意見交換ができ、有意義であった」「他工種の方の意見が聞けた」等、好評であり、今後も継続していきたい。

進め方については「不満・改善を要す」という回答が9%あったが、主な要因として宿泊施設と事前配布資料があげられる。次年度の参考としたい。

発表方法については、昨年度に続いてパワーポイントによる発表を採用したが、討議に影響が出ることはなかったと思われる。参加者は、パワーポイントの作成や操作にも慣れており、発表にも影響はないと考えられる。

本会の主目的でもある機電技術者の交流については、シャッフルの時間について時間延長を希望する意見が見受けられた。現状、2日間での討議時間6.5時間の内、2.5時間をシャッフルの時間に割り当てているが、配分については来年度の課題としたい。

②参加者、場所、期間について

参加者に関しては「不満・改善を要す」という回答は無かったが、「建機メーカー等の異なる業種の参加を希望」との意見があり、異なる業種の機電技術者の話も聞いてみたい意欲が伺える。

場所に関しては「不満・改善を要す」という回答は13%を占めた。大半が宿泊施設への不満であるが、帰宅の可否、宿泊施設の選択制など新たな意見も見受けられた。遠方から前泊しての参加者も見受けられたが、多くは当日移動で対応できている。宿泊に関する意見や参加者全員の前泊も含め今後の検討としたい。

期間、集合時刻については概ね現行通りで良いという回答であったが、「3日間」「9:00集合」を希望する方も1割程度いることから、時間が短いと感じる参

表一 3 参加者、場所、期間、集合時刻について

(1) 参加者に関して	適当・良かった	20	まあまあであった	3	不満・改善を要する	0
(2) 場所に関して	適当・良かった	13	まあまあであった	7	不満・改善を要する	3
(3) 期間に関して	内容充実に3日間	2	現行のまま	17	1日(宿泊なし)	4
(4) 集合時刻に関して	9:00集合	3	10:30集合	20	13:00集合	0
(5) 曜日に関して	木・金が望ましい	14	月・火が望ましい	4	いつでも良い	5

加者も一定数いることが伺える。また、台風による交通障害も重なり、早く開始し、早めに終了して欲しいと言った意見も散見された。現場見学と併せた研修等も検討すべきかと思われる。

開催時期に関しては、現行の「10月：40%」が多数であるものの、「いつでも良い」「無回答」が36%を占めている。当座は現行通りを継続していくべきと考える。

曜日に関しては「月・火が望ましい：17%」に対し、「木・金が望ましい：61%」と週末を希望する意見が圧倒的に多い。出来れば週末開催となるように施設予約時に調整したい。

業務上の支障については、ほとんどが事前調整でき、支障はなかったという意見ではあるが、「先輩職員・上司への業務負担が増えた」という意見もあることから、通知時期の更なる早期化等を検討したい。

③参加した感想

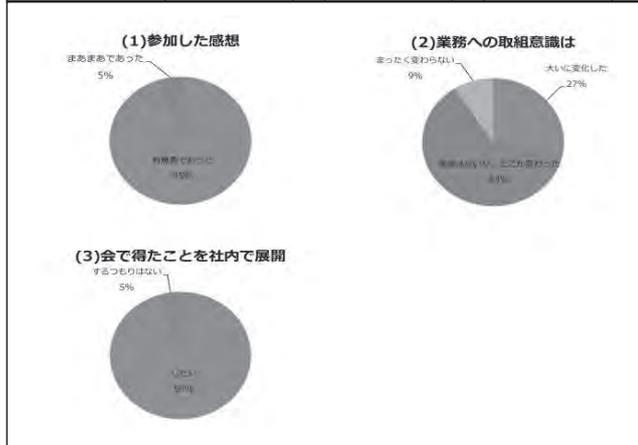
感想欄の回答からは「有意義であった：95%」「まあまあであった：5%」「不満・改善を要す：0%」という回答を得たことから意見交換会は成功と考えたい。

「会で得たことを社内で展開するか」という問いに対しては、95%の方が「したい」と回答している。

業務への取り組み意識も「大いに变化した：27%」「実感は無いが、どこか変わった：64%」であり、今年度

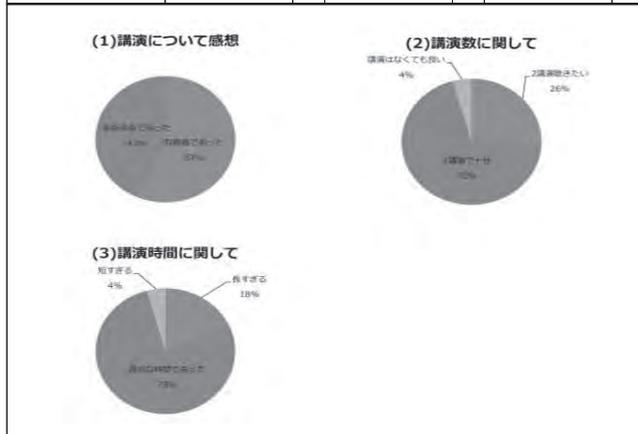
表一4 参加した感想

(1) 感想	有意義であった	21	まあまあであった	1	不満・改善を要する	0
(2) 業務取組意識の変化	大いに变化した	6	実感はないが变化した	14	まったく変わらない	2
(3) 社内への展開	したい	21	するつもりはない	1	できない	0



表一5 講演について

(1) 感想・希望等	有意義であった	13	まあまあであった	10	不満・改善を要する	0
(2) 講演数について	2講演(以上)聞きたい	6	1講演で十分	16	講演はなくても良い	1
(3) 講演時間に関して	長すぎる	4	適当な時間であった	18	短すぎる	1



のテーマが直近の技術ではなく、将来技術であったことにも起因していると思われる。参加者の意識については、継続して注視していく必要がある。

主な意見として、「他社、他分野、同年代の機電技術者と交流ができ有意義であった」「異なる分野の技術者と意見交換できて刺激を受けた」「参考になった」「よい機会であった」等のポジティブな意見が多数であり、今後も意見交換会を継続する必要があることを再認識した。

④講演について

講演に関しては機電技術者として興味の湧く講演内容であったと考える。時間的にも「適当な時間であった」という方が78%であり、今後も1時間弱の講演時間を確保して進めたい。ただ、2講演を望む方も26%いることから、可能な範囲で時間調整を検討する必要がある。

講演内容に不満の声はなく、最新技術の紹介や他分野の情報を望む声も多いことから、今後も機電技術者が興味を持つ話題を提供したい。

⑤今回の意見交換会から得たもの

今回の経験をどのように活用して行くかという問いに対しては、「人脈活用:34%」「情報交換:58%」「個々のレベルアップ:8%」という回答を得ており、各人それぞれ刺激を受け、良い経験となったと言える。

その他の意見としても「今後も交流していきたい」「他社の現状を知る良い機会であった」「今回話をした内容を自社に持ち帰り、今後役に立てられるよう展開したい」等の意見があり、精神的にも有意義な場を提供できたと考える。

表一6 意見交換会から得たもの

(1) 活用方法	人脈活用	9	情報交換	15	個々のレベルアップ	2
----------	------	---	------	----	-----------	---



(6) 今年度の成果および次年度への課題

意見交換会へ参加しての感想は、「有意義であった:95%」「まあまあであった:5%」「不満・改善を要す:0%」ということで開催内容について大きな問題は無く、意見交換会の目的である「機電技術者の交流・育成に資する場づくり」を達成したと考える。

各人の感想も「有意義であった」「刺激を受けた」等の意見が多数であり、特にシャッフルについては、「他社の機電技術者の意見が聞けた」「違う職種の機電技術者と交流でき刺激を受けた」等の高評価の意見が多く、今後も継続していくべきと考える。

昨年度から講演は成果発表の後に行っているが、アンケートからも発表、講演の順序に関して意見はなく、継続していくべきと考える。

「業務への取組意識が変化したか」という問いに対して、「大いに变化した」という回答は27%と、あまり高くない数値ではあるが、「実感はないが、どこか変わった」64%と合わせると、9割の参加者が変化を実感していると言える。今後も継続した内容の見直しを検討する必要があるが、大きく変革することは難しく、小規模な変化を取り入れて参加者の反応を見ていくことも必要と思われる。

討議テーマについては、「テーマが広い方が色々な

意見が出やすい」という意見と「漠然としていて内容を絞りにくい」という意見があり、二分化の状態は昨年と同様である。昨年に引き続いて AI という新技術に関する内容であったことから、参加者が成果をまとめる作業に苦慮していたようにも見受けられる。テーマの検討に加え、複数テーマの設定等も考慮していきたい。

発表方法についてはパワーポイントの使用を継続して行ったが、大きな問題とはなっていない。パワーポイント方式による発表を継続していきたい。USB メモリー等の備品についても主催者側がどこまで準備すべきかについて検討が必要である。

参加者に関しては、今年度は土木系、道路系、海洋系とバランスよく参加できていたと感じる。引き続き参加案内を極力前倒しして各社の人選に寄与したい。

開催曜日に関しては週末を望む声が多いことから、できれば週末開催となるように施設予約時に調整したい。予約希望団体も多いことから、難しい面があることも事実である。

講演に関しては、内容についての不満は聞かれず、また、1時間弱の時間配分についても適当であったという意見が多かった。ただ、2講演を望む方も26%いることから、時間配分を検討していきたい。

新聞掲載については、昨年同様、業界紙3社に取材依頼をし、2社に掲載していただいた。今後も取材依頼は継続するとともに、「記事にしやすい内容、方策」を検討し、協会の活動をアピールして行きたい。

3. おわりに

機電技術者交流企画 WG では3ヶ年毎に計画の達成度を確認するとともに活動内容の評価を行い、継続性を協議することとなっている。毎年見直しを実施し、活動総括を行うが、機電技術者意見交換会については、『人づくり』『場づくり』に寄与していることは明らかであり、是非とも今後も継続させていきたい。

(文責：機電技術者交流企画 WG)

第23回機電技術者意見交換会
～機電技術者はAIとどう付き合っていくべきか～

成果発表
第1班

土木・技術開発部門

日程：令和元年10月10日(木)～11日(金)
場所：(株)オリンピック記念青少年総合センター
主催：(一社)日本建設機械施工協会 建設業部会

第1班 討議メンバー

No.	氏名	所属会社	所属部署
1	江副 たかのり	(株)大林組	本社ロボティクス生産本部 生産技術部新領域技術課
2	高橋 悠輔	車急建設(株)	技術研究所メカトログループ
3	柳沼 光太郎	SMCテック(株)	工事部
4	逸藤 亮雄	大成建設(株)	技術センター生産技術開発部ス マート技術開発室
5	大谷 愛斗	(株)フジタ	土木本部土木エンジニア リングセンター機械部

AIを用いた開発と導入例

- 掘削機などの作業機械の周囲に立ち入った人の検知
⇒人のシルエットを多量に用意し学習させ検知させる。
- 既存トンネルでのコンクリートの“浮き”の検出
⇒打音時の音の違いを判別させる

①初めて実施する際にトンネルごとに音を学習させて点検時に運用
②次回の点検時にも同じ判断基準で確実に実施できるのが強み

現状として・・・

AIを現場での掘削や運搬など完全自立での使用例は少ない
検知や検査などの繰り返し作業に用いられていることが多い

日々作業の条件が変わり、目印や標識など(e.x.道路の白線や信号など)が少ない
建築や土木の現場でAIの判断基準となる学習する要素ツールが膨大な量である

現状として・・・

- 作業ごとにAIに何を学習させ、どのようにアクションをすれば良いのかの学習方法の最適解を模索している最中
- AI学習用のソースやツールを一元的に管理している組織が存在しない

一方で・・・

成功事例をまとめることはできやすい環境にあるが、失敗事例は学習させることが難しい
実際の現場で事故を起こしたりそれに近い状況を見出すことが難しい。
開発しても現場が受け入れがたい→現場のAIに対するイメージと現実の相違が大きい。
技術の伝承ができなくなる可能性・・・

環境の整備として

- ・新技術開発のための予算を別に発注者が用意する必要
- ・現場で受け入れるための環境整備と知識の普及
- ・TRY and Errorの出来る環境の整備

環境の整備として

さらに・・・

- ・AIを建設現場で導入するにあたって明確な法律や規則などがなく、事故など起きた際の責任と取扱いの基準がない

AIの今後の発展と向き合い方には

建設現場でAIを導入し発展させるためには

- ・AIに精通した人材と機械、現場のことを知っている人財が必要
- ・AIの学習方法は何か必要なのか業界全体で議論していく
- ・AIの活用にあたり行政に課題や実状を示し、活用するための総合的なバックアップを行う組織
- ・法整備や規則などの策定をしていく(責任の範囲の明確な線引きが必要)

ご清聴ありがとうございました

図-1 1班

第23回機電技術者意見交換会

テーマ
「機電技術者はAIとどう付き合っていくべきか」

成果発表 【第2班】

令和元年10月10日(木)～11日(金)
場所：(社)オリンピック記念青少年総合センター
主催：(一社)日本建設機械施工協会 建設業協会

第2班 討議メンバー

No.	氏名	所属会社	所属部署
6	加藤 雅也	飯島建設株	機電部
8	中居 敬太	清水建設株	土木技術本部開発機電部
9	榎方 久延	鉄建建設株	本社 土木本部 機電部
10	木下 瑞貴	柳竹中土木	東京本店工事部

AIとは何か？

言語の理解や推論、問題解決などの知的行動を人間に代わってコンピューターに行わせる技術。

AIが職場に来たらどうなるの？

- ・仕事は減るの？
- ・誰でも使えるの？
- ・間違えないの？

建設分野においてAIをどう活用するか

AIを導入するには

- 学習データの収集・蓄積
→ 必要なもので正しいデータ
- AIエンジニアの必要性
→ 機電技術者ではない専門家
- 事故や災害に繋がらない仕事から導入
→ いきなりブルドーザーの運転とかは危険

AIにやってほしいこと

業務圧迫していることを代打でお願いしたい！

- ・写真管理
- ・請求書の自動仕分け、歩掛入力
- ・機械のトラブルへの対応
- ・濁水処理管理

AI導入のイメージ(1)

・写真管理の現状
施工写真の収集⇒事務所で整理⇒管理ソフトで処理
⇒ AIで処理・アルバムまで作成(時短)

・請求書の自動仕分け、歩掛入力の現状
請求書の受領⇒査定⇒歩掛の入力まとめ
⇒ AIで仕分け・歩掛の一覧表まで作成(時短)

AI導入のイメージ(2)

・機械トラブル対応の現状
故障時の昼夜問わずな呼び出し
⇒ AIスピーカーでトラブルシューティングの実現

・濁水処理管理の現状
管理値の記録⇒日報作成から月報作成
⇒ AIで記録し日月報の作成

・処理水の性状管理の現状
プラントマンが確認⇒薬品・リターンなどで調整
⇒ AIに性状管理・薬品調整をせよ

導入した場合

とても楽になりそうな気がする！！

しかし、導入までの道のりが険しい！

- ・データ収集はどうやるの？
- ・本当に判断が正しいの？
- ・誰が更新していくのか？機電の仕事??

2班のたどり着いた結論

・時短、担い手不足でAI導入が望まれている
⇒ 早く導入したいが生みの苦しみがある

・導入の主導者は機電職員なのか？
⇒ 全く違う範囲の仕事、機電でやると負担増...

・結局最後は人の確認が必要
⇒ ゼネコンの仕事はなくなる！！

図-2 2班

テンプレート

第22回機電技術者意見交換会

テーマ：
「機電技術者はAIとどう付き合っていくべきか」

成果発表
【第3班】

令和元年10月10日（木）～11日（金）

場所：（独）オリンピック記念青少年総合センター

主催：（一社）日本建設機械施工協会 建設機械部

PPTデザイン、書体、作成枚数は別添です

第3班 討議メンバー

No	氏名	所属会社	所属部署
1.1	赤池 裕樹	西松建設㈱	横浜湘南道路工事事務所
1.2	吉川 直利	興奥村組	新横浜シールド工事所
1.3	深井 正行	興湧池組	豊平川シールド工事事務所
1.4	小野 肇史	新開谷組	土木事業本部シールド技術部
1.5	白石 昌大	大豊建設㈱	千代田幹線シールド工事所
1.6	山形 俊文	佐藤工業㈱	浪速シールド作業所

機電技術者はAIとどう付き合っていくべきか

1. AI活用の現状
2. 今後、AIをどうか活用していくか
3. AI導入時の問題点
4. AI活用時の問題点
5. AIにやってほしいこと
6. まとめ

1. AI活用の現状

- ▶ 現状ではあまり活用されていない
- ▶ 各社開発に取り組み始めたばかり
- ▶ シールド工では掘進管理のAI活用を進めており、データ収集を行っている
- ▶ 将来的には掘進管理の自動化を目指している

2. 今後、AIをどうか活用していくか

- ▶ 担い手不足、少人数対策
- ▶ シールド工では掘進管理の全自動化を目指す

↓ **問題点**

- ・ AIが本格的に広まった際、知識を持った人が不足する
- ・ 自動化が進んだとき、AIの判断が正しいかを判断できる人がいなくなる

3. AI導入時の問題点

- ▶ プログラムの構築は機電屋の専門外
- ▶ これまで感覚的にやってきたものをどのように数値化するか
- ▶ 導入時に機電の負担が大きくなる

4. AI活用時の問題点

- ▶ AIは本当に信用できるのか
- ▶ 新工法への対応が遅れる
- ▶ 施工トラブル時のAIの対応能力
- ▶ AIトラブル時の現場対応が困難

5. AIにやってほしいこと

- ▶ 安全書類、作業手順書の自動作成
- ▶ 測量から指示書作成までの完全オート化
- ▶ 海外や危険な場所での施工
- ▶ 配管の破損や電線断線等の予測
- ▶ 適切な材料の選定や注文の判断
- ▶ 設備設置の適正時期の判断

6. まとめ

- ・ 機電技術者のAI技術への知識が必要
- ・ 他業種との連携が不可欠
- ・ AIと機電技術者の共存

図-3 3班

第23回機電技術者意見交換会

テーマ:
「機電技術者はAIとどう付き合っていくべきか」

成果発表 【第4班】

令和元年10月10日(木)～11日(金)
場所:(独)オリンピック記念青少年総合センター
主催:(一社)日本建設機械施工協会 建設業部会

第4班 討議メンバー

No	氏名	所属会社	所属部署
17	田中 良幸	瀬竹中工務店	西日本機材センター
18	篠崎 翔一	五洋建設㈱	船舶機械部 機電グループ
20	菊池 隼	東洋建設㈱	土木事業本部 機械部
21	松村 将希	オリエンタル白石㈱	技術部 機電チーム

AI (artificial intelligence,人工知能)とは・・・
厳密な定義はないが、
人のような知的な情報処理を実現するソフトウェア(プログラム)

有名なものと...ソフトバンク社のPepper Apple社のSiri など多数存在
画像や音声などのデータ処理に非常に強い

汎用型人工知能

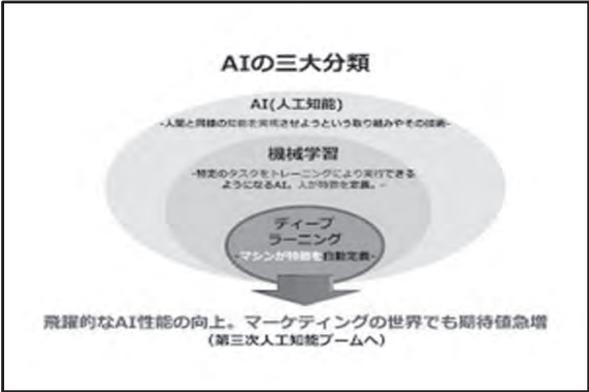


人間のように振る舞い、行動し、
考えることの出来る機械

特化型人工知能



人間が行っている作業や業務を
自動化する機能



メンバーの意見(AIに求めること)

- ・技術の伝承
→ (品質確保)
- ・データ収集
→ (品質向上・生産性の向上)
- ・施工のAIによる補助
- ・故障に対する判断
→ (保守管理の効率化)
- ・労働者不足の解消



現状の技術として

- ・海底地盤改良機の自動操船
- ※自動操船システムや自動打設システムを搭載しており、本船の移動や改良機の昇降、スラリープラントの運転など、集中コントロールによるワンマン運転が可能

問題

- ・意図しない障害物によって貫入を妨げられた場合の判断等は人に委ねている
- ・AI化により望まれること
- ・経験の浅い操作者でもトラブルに応じた対応が取れるシステム
- ・操作者の経験や知識による判断のAI化
- ・地盤状況の把握と状況に応じた施工の実現



AI化を進めるにあたって・・・

問題点

AI側

- ・AIができる判断しても機械の性能が伴わないと意味がない
- ・AIの開発をするまでの準備(業者選定・データ収集など)が複雑
- ・AIの判断結果の妥当性検証

機械側

- ・AIの判断に応じた動きの再現ができないといけない
- EX 熟練工の感覚による微調整

↓

それぞれに特化した専門知識が必要である

図-4 4班

テンプレート

第22回機電技術者意見交換会

テーマ：
「機電技術者はAIとどう付き合っていくべきか」

成果発表

【第5班】

平成30年10月15日(月)～16日(火)

場所：(独)オリンピック記念青少年総合センター

主催：(一社)日本建設機械施工協会 建設業部会

PPTデザイン、書体、作成枚数は自由です

第5班 討議メンバー

№	氏名	所属会社	所属部署
22	張替 洋	㈱NIPPO	関東第二支店 生産機械グループ
23	後藤 学	大林道路㈱	本店機械部機械センター
24	岩崎 航	日本道路㈱	生産技術本部工事事部 東京機械センター
25	中渡瀬 圭吾	鹿島道路㈱	機械センター

AIに期待すること

- ・ 機械施工無人化による人員不足解消、労働時間削減
→ デスクワーク 熟練技術者代行
- ・ 機械の準備自動化
→ 暖機運転 機械移動の自動化
- ・ 機械施工無人化による同一の品質確保
→ 平坦性確保 均一な仕上がり面

AIに期待すること

- ・ 機械のトラブルシューティング
→ 目に見えない部分の予測 発生するかもしれない 故障などの予測
- ・ 不安全の予測
→ 人的ミスの予測、未然防止
- ・ AIロボットによる熟練技術の継承
→ 記憶媒体として利用 未熟者のサポート

AIの課題

- ・ 作業する機械を全てAIで統一しないと導入が難しい
- ・ 自社だけのAIデータだけでは開発・導入・応用はできない(メーカーや同業他社との連携が必要)
- ・ 安全性の観点から限られた場所でしか使用できない
- ・ 仕上がり面をAIだけで判断させられない

AIの課題

- ・ 導入するにあたり役所がAI技術の良さを認知してくれるか
- ・ AIの管理をするために知識のある人材を確保、育成が必要
- ・ AIが故障したときの対処方法がわからない
- ・ AIの細かい要求に対する機械的動作の可不可
- ・ 無人化施工の品質を発注者が認めてくれるか
- ・ 同等の品質を求められると技術の発展が遅れるのではないか

まとめ

- ・ AI導入することで、労働時間削減や機械トラブルの予測による安全性の期待はできそうであるが、実際に起こった機械の修理や仕上がり面の確認等は現状としては人の目が必要となってくる。
しかし将来的にはAI技術の確立による现阶段のAI導入の課題克服に期待する。
そのために今後機電技術者として、様々な企業と連携してAIの導入、発展に貢献していき魅力ある建設業を目指していきます。

01-19	盛土の品質をリアルタイムに評価する振動ローラの自動運転	安藤ハザマ
-------	-----------------------------	-------

▶ 概 要

建設業では就労者の高齢化や就労人数の減少が進んでおり、建設現場での生産性向上や省人化が求められている。その解決策の一つである建設機械の自動運転は、事前に指定した作業内容を自動かつ無人で施工することから、生産性の向上および省人化に寄与することが可能である。

本システムは、ダム工事や造成工事において用いられる振動ローラの締固め作業を自動運転する技術である。

▶ 特 徴

①走行経路の自動生成

遠隔地にある自動運転制御用パソコンに、施工条件（始点・終点の座標、施工幅、レーン幅、転圧回数）を入力することで、走行経路を自動で生成する。

②締固め作業の自動運転

振動ローラに搭載したGNSSや方位計により、自動運転中の位置と方位情報を取得し、走行経路上を走行する。無振および有振での走行を指定回数繰り返すことで設定範囲内の締固め作業を自動で行う（写真—1参照）。

③各種フェイルセーフによる自動運転停止

安全面に配慮し、自動運転中に振動ローラが以下の状態になったときに停止する機能を設けている。

- ・振動ローラと制御用パソコンの通信が途切れた場合
- ・走行経路からの逸脱量が大きい場合
- ・振動ローラ搭載のステレオカメラにより人物検知した場合
- ・車体の傾斜が大きい場合
- ・車体に衝撃が加わった場合

④有人操作・遠隔操作・自動運転の切替

様々な使用状況を想定し、運転手が搭乗する有人操作と、運転手が離れた場所で操作する遠隔操作と、無人で行う自動運転の、3種類の運転方法を運転席のスイッチで即座に切り替えることが可能である。

⑤締固め状態のリアルタイム表示

振動ローラに搭載した加速度センサにより得られる加速度応答値を用いて、締固め指標の一つである飽和度を算出する。振動ローラの走行軌跡上に、飽和度に応じて締固め状態を色分けして、制御用パソコンにリアルタイムで表示する（図—1参照）。

自動で締固め作業を行いながら品質管理を行うことができ、締固め状態に応じて走行経路を変更することで施工の手戻りを防止することができる。

▶ 用 途

- ・ダム工事や造成工事における締固め作業の自動施工

▶ 実 績

- ・熊本県 造成工事

▶ 問 合 せ 先

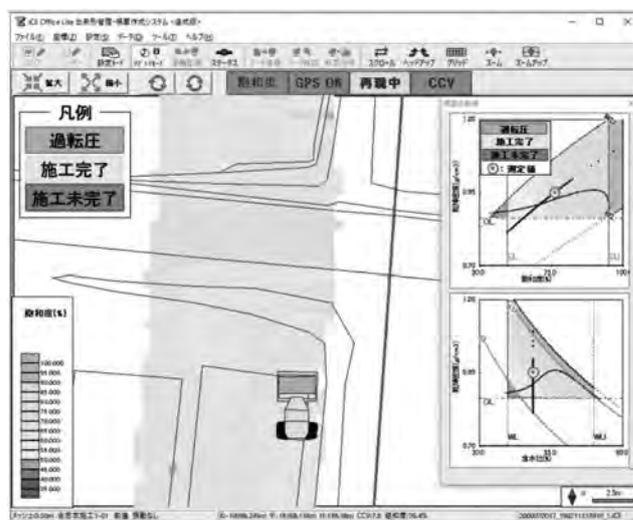
（株）安藤・間 先端技術開発部

〒107-8658 東京都港区赤坂 6-1-20

TEL：03-6234-3786



写真—1 締固め作業の自動施工



図—1 飽和度のリアルタイム表示

新機種紹介 機関誌編集委員会

▶ 〈08〉トンネル掘削機および設備機械

19-〈08〉-03	川崎重工業 京都市 新山科浄水場 導水トンネル築造工事向け φ4.0 m 高水圧対応岩盤泥水式 シールド掘進機 (中折れ型)	'20. 現地投入予定 新機種
------------	----------------------------------------------------------------------------	--------------------

京都市上下水道局が進める琵琶湖疏水から京都市新山科浄水場までの現導水トンネル（1969年建設）の更新・耐震化工事に投入される、直径4.0mの岩盤泥水式シールド掘進機で、現地搬入開始は2020年度、トンネル掘削工事の完了は2024年の予定である。



図一 川崎重工業 導水トンネル築造工事地図

当該工事は、高水圧（1.6 MPa）、急曲進（最少カーブ半径 15 m）、複合土質（岩盤区間と土砂区間および複合した土質）、長距離掘削（5,234 m）と、技術的難易度の高い工事だが、以下の性能により、1基での掘削を可能とした。

1. 高水圧対策

シールド部の耐圧性と推進ジャッキの推力を強化したほか、掘進機本体の強度も高くしている。

2. 急曲進対策

掘進機中央部で大きく屈曲できる機構を設けている。

3. 複合土質における長距離掘削対策

岩盤掘削と土砂山掘削それぞれに適応したカッターへの換装が可能のほか、長距離掘削に耐えるための摩耗対策も強化している。

1.0 MPa以上の高水圧施工管理に対応したシールド掘進機に関しては、2019年度に掘削完了した(独)水資源機構の小石原川ダム導水施設建設工事で2 MPaまでの水圧管理が要求された導水路トンネル掘削工事への納入実績がある。

表一 φ 4.0 m 高水圧対応岩盤泥水式シールド掘進機の主な仕様

マシン径	(m)	4.0
掘削対応土質		岩盤 (中軟岩) / 土砂 / 礫質土
土被り	(m)	Max 172.6
施工管理土水圧	(MPa)	Max 1.6
工事延長	(m)	5,234
施工最小曲率半径	(m)	R=15

問合せ先：川崎重工業(株) エネルギー・環境プラントカンパニー
土木機械・低温プラント営業部 土木機械営業課
〒105-8315 東京都港区海岸1丁目14-5
E-mail : kawasaki_tbm@khi.co.jp

新機種紹介

▶ 〈19〉 建設ロボット, 情報化機器

19-〈19〉-13	鹿島建設 自動照度測定・調整ロボット	'19.10 開発 新機種
------------	-----------------------	------------------

建築工事において、竣工直前および夜間に人手と時間をかけて行っていた照明設備の照度測定および調整作業を、ワンストップで実施可能とした無人化ロボットである。

作業エリアの図面データから照明器具と照度センサーの位置を読み込み、エリア内の走行経路を自動決定し、測定・調整作業を行う。ロボット周囲の距離情報が得られるレーザーレンジファインダーにより、自己位置補正による作業品質の安定性と障害物回避による安全性の向上を図っている。

照度計の搭載部は、ロボットアームによる昇降方式を採用し、床面から机上面高さまでの任意の高さで測定できる。照度計で測定されたデータは照明制御システムに送信され、照明器具の照度を目標値に調整する。

照度測定動作は1箇所あたり2秒で完了し、従来の作業員が実施する場合と比較して約80%の省力化を、また、これらの作業データを品質記録として出力する機能により、帳票作成作業の省力化も図っている。

表—2 自動照度測定・調整ロボットの主な仕様

走行速度	(m/sec)	最高 1.0
全長×全幅×全高	(mm)	600 × 500 × 450
本体質量	(kg)	22
照度測定高さ	(mm)	机上面 FL: 800 床面 FL: 50

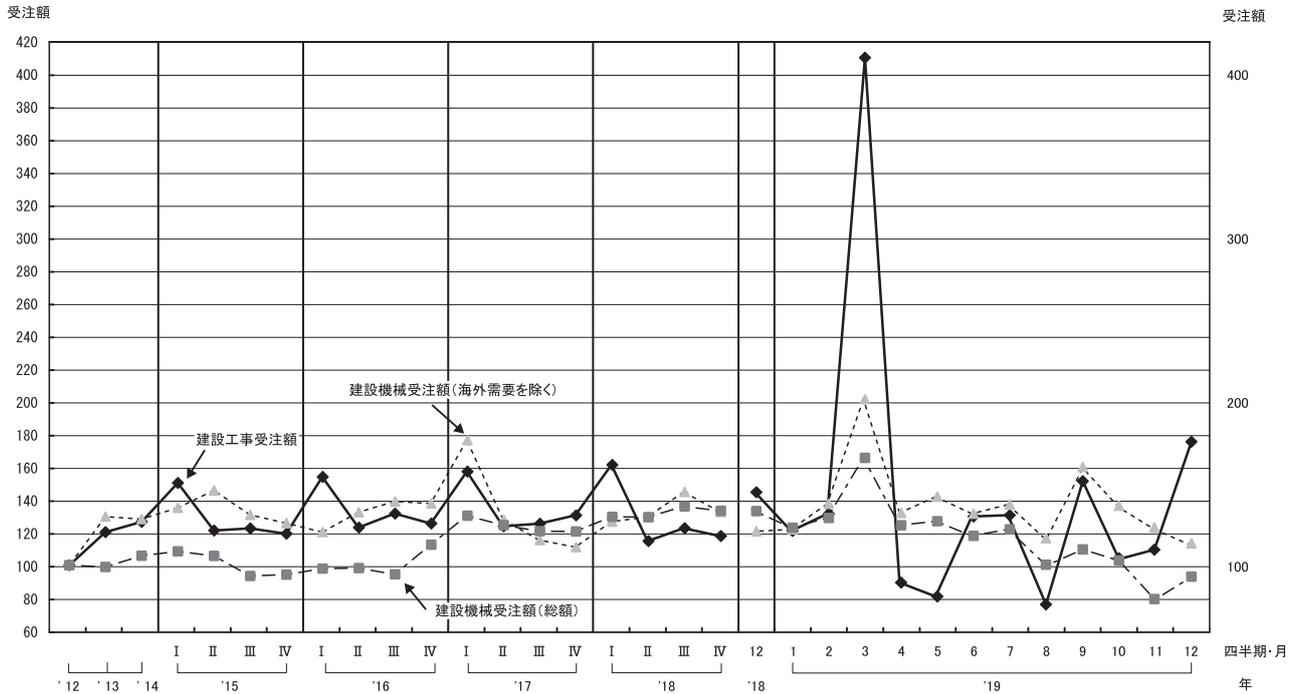


写真—1 鹿島建設 自動照度測定・調整ロボット

問合せ先：鹿島建設(株) 建築管理本部 建築設備部 工務グループ
〒107-8348 東京都港区赤坂 6-5-11

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	179,151	13,337
7月	11,979	8,579	2,677	5,901	1,943	464	994	8,102	3,878	180,203	9,909
8月	6,959	4,537	1,182	3,356	1,797	400	225	4,223	2,737	176,631	11,413
9月	13,899	10,465	2,088	8,377	2,523	556	356	10,217	3,682	174,182	16,096
10月	9,558	7,314	1,812	5,502	1,674	321	249	6,979	2,579	174,522	9,732
11月	10,034	6,362	1,537	4,825	1,720	383	1,570	6,137	3,897	172,241	11,100
12月	16,113	11,771	2,266	9,504	2,819	880	623	11,353	4,760	-	-

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 12月	19年 1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
総 額	17,343	17,152	18,346	17,416	17,478	21,535	22,923	1,925	1,777	1,864	2,397	1,799	1,835	1,705	1,763	1,449	1,586	1,487	1,145	1,344
海 外 需 要	12,357	10,682	11,949	10,712	10,875	14,912	16,267	1,423	1,270	1,292	1,558	1,250	1,245	1,158	1,193	965	920	920	633	873
海外需要を除く	4,986	6,470	6,397	6,704	6,603	6,623	6,656	502	507	572	839	549	590	547	570	484	666	567	512	471

(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12月以降は月ごとの値を図示した。

出典：国土交通省建設工事受注動態統計調査
 内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

行事一覽

(2020年1月1日～31日)

機械部会



■基礎工事用機械技術委員会 見学会

前田建設工業(株) ICI 総合センタ見学

月日:1月15日(水)

参加者:遠藤智委員長ほか21名

見学内容:①ICI 総合センタ概要説明

②Brain Spa (Exchange 棟, Nest 棟, 実験棟)の見学 ③質疑応答

■ダンプトラック技術委員会

月日:1月16日(木)

出席者:渡辺浩行委員長ほか4名

議題:①(株)三井 E&S パワーシステムの技術プレゼン:DEUTZ 社製エレクトリックドライブシステムの紹介

②各社トピックス:(株)加藤製作所 真空式万能吸引車(クローラキャリア式)の紹介 ③ホームページの見直し:掲載動画の決定

■路盤・舗装機械技術委員会 幹事会

月日:1月22日(水)

出席者:奥澤昌副委員長ほか10名

議題:①R元年度活動計画の推進状況の確認 ②「浦山ダム, 日本キャタピラ D-Tech センター見学会報告書」の内容確認 ③下期総会の発表内容, 時間割の確認と決定 ④「ISO/TC195 神戸国際会議」の開催報告及び会計報告(標準部)

■トンネル機械技術委員会 技術講演会(技術の伝承について)

月日:1月23日(木)

出席者:橘伸一委員長ほか52名

講演題目:①山岳トンネル施工の安全性向上技術:大成建設(株) 技術センター 谷卓也次長 ②シールド掘進機の歴史と技術の変遷:日立造船(株) 社会インフラ事業本部 花岡泰治技術統括 ③吹付機の変遷について:エフティーエス(株) 建設機械事業部 大橋康人部長

■トラクタ技術委員会

月日:1月24日(金)

出席者:椎名徹委員長ほか4名

議題:①(株)三井 E&S パワーシステムの技術プレゼン:DEUTZ 社製エレクトリックドライブシステムの紹介

②次期燃費基準の件:基準案の説明と討議 ③燃費試験方法の ISO 化の件:ISO11152 の WG 国際会議の報告

④次期排出ガス規制対応部会(10/30開催)の概要報告 ⑤情報化施工委員会「安全施工WG」(1/28開催)の報告 ⑥各社トピックス:(株)クボタ StageV 規制対応 新型ミニホイールローダの紹介

■原動機技術委員会

月日:1月30日(木)

出席者:工藤睦也委員長ほか19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 ③R元年度シンポジウム報告案件「建設機械から排出される温室効果ガス削減の取組」の発表(国交省)

④オフロード法2014年排出ガス規制の各実施要領等についての情報交換:「特定特殊自動車少数実施要領について」の一部改正の情報 ⑤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, 韓国の次期規制の情報 ⑥油脂技術委員会より「バイオ燃料に関する最近の話題」

■情報化機器技術委員会

月日:1月31日(金)

出席者:白塚敬三委員長ほか7名

議題:①今年度活動内容まとめ, 及び, 来年度活動計画策定について ②規格・規格の最新情報の共有 ③その他情報交換:SICK(株)のLiDARに関する情報, ISO15143の進捗状況に関する情報

建設業部会



■機電交流企画 WG

月日:1月15日(水)

出席者:松本清志主査ほか8名

議題:①機電職就活パンフについて(進捗情報等報告) ②令和元年度機電技術者意見交換会の報告(報告書・機関誌)について ③その他

■三役会

月日:1月20日(月)

出席者:藤内隆部会長ほか4名

議題:①各WG報告・機電就活パンフ改訂・印刷 進捗状況・第23回機電技術者意見交換会報告・建設業 ICT 安全WG報告 ②その他・合同部会・見学会計画:2月_若手(外環2工区)・3~4月_滝室坂トンネル(熊本県)

各種委員会等



■機関誌編集委員会

月日:1月8日(水)

出席者:見波潔委員長ほか24名

議題:①令和2年4月号(第842号)計画の審議・検討 ②令和2年5月号(第843号)素案の審議・検討 ③令和2年6月号(第844号)編集方針の審議・検討 ④令和2年1月号~令和2年3月号(第839~841号)進捗状況報告・確認

■建設経済調査分科会

月日:1月22日(水)

出席者:山名至考分科会長ほか3名

議題:①工事全般における死傷者数等, 「安全関係」の執筆検討 ②その他

■新機種調査分科会

月日:1月23日(木)

出席者:江本平分科会長ほか3名

議題:①新機種情報の持ち寄り検討 ②新機種紹介データまとめ ③その他

支部行事一覽

北海道支部



■建設機械施工技術検定学科試験(2級第2回目)

月日:1月19日(日)

場所:札幌市(TKP 札幌ビジネスセンター赤レンガ前)

受検者:2級115名(延144名)

■2020 ふゆトピアとまこまいー除雪機械展示・実演会, 競技会ー

月日:1月23日(木)~24日(金)

場所:苫小牧市出光カルチャーパーク グランド外

展示会出展者:16団体(企業15社, 北海道開発局), 実演:7団体(企業6社, 北海道開発局), 競技会参加者:12名
来場者:除雪機械展示・実演会2,100名, 競技会300名

■第3回広報部会広報委員会

月日:1月29日(水)

場所:北海道支部 会議室

出席者:川崎博巳広報部会長ほか10名

議題:①支部だより No.119号の編集について ②支部講演会講師の選定について ③建設工事等見学会について ④「建設機械施工」ずいそうについて ⑤その他

東北支部



■EE 東北 2020 30周年記念イベント「i-Construction 体験広場」第1回 出展者会議

月日:1月10日(金)

場所:東北支部会議室

出席者：鈴木勇治情報化施工技術委員長
ほか9名

内容：①出展申込書一覧について
②出展内容について ③共通ブースについて

■支部 合同部会

月 日：1月15日（水）

場 所：仙台市 パレス宮城野

出席者：高橋弘東北支部長ほか44名

議 題：①各分会 令和2年度事業計画
打合せ ②合同部会 ②-1 各分会報告
②-2 令和2年度事業計画概要について
(事務局より) ③その他

■令和2年度2級建設機械施工技術検定 学科試験（第2回）

月 日：1月19日（日）

場 所：滝沢市 岩手産業文化センター
(アピオ)

受検者：2級 115名

種別毎	1種	19名
	2種	99名
	3種	4名
	4種	8名
	5種	1名
	6種	3名
合計		134名

■～ Society 5.0 における建設業のこれから ～ i-Construction (ICT 活用工事) セミナー

月 日：1月21日（火）

場 所：金ヶ崎町役場 会議室

共 催：金ヶ崎町、国土交通省東北地方
整備局岩手河川国道事務所、岩手県、
(一社)日本建設機械施工協会東北支
部、金ヶ崎町建設業協会

内 容：①東北地方整備局の取組 ②岩
手県の取組 ③衛星測位 ④3次元計
測 ⑤ICT建機施工 ⑥レーザース
キャナ計測の実例 ⑦ICT活用工事
のデータ処理

講 師：①東北地方整備局、②岩手県、
③・④・⑤・⑦東北支部 情報化施工
技術委員会、⑥(株)オリエンタルコンサ
ルトンツ

受講者：25名

■東北土木技術人材育成協議会 令和元年 度 ICT・UAV (i-Con) ワーキング

月 日：1月21日（火）

場 所：仙台合同庁舎B棟 12階 大会
議室

出席者：東北技術事務所 布宮明道副所
長ほか21名

議 題：①令和元年度実施結果報告 ②
次年度実施計画(案) ③その他

■令和2年度 i-Construction セミナー テキ スト編集会議

月 日：1月31日（金）

場 所：東北支部会議室

出席者：鈴木勇治情報化施工技術委員長
ほか6名

議 題：①テキスト作成方針について
②カリキュラムについて ③スケ
ジュールについて

北 陸 支 部

■建設機械施工技術検定2級学科試験

月 日：1月19日（日）

場 所：朱鷺メッセ(新潟コンベンショ
ンセンター)

受検者：63名

種目毎	第1種	6名
	第2種	52名
	第3種	2名
	第4種	9名
	第5種	0名
	第6種	0名
計		69名

■第2回普及部会

月 日：1月29日（水）

場 所：北陸支部事務所

出席者：柴澤一嘉普及部会長ほか3名

議 題：①除雪機械管理施工技術の位置
付けについて ②乗務基準及び除雪講
習の指定機関について ③除雪講習会
アンケート結果について ④新潟県・
富山県・石川県の区域別受講企業につ
いて ⑤除雪講習会後におけるアン
ケート送付内容について

■建設技術報告会第1回実行委員会

月 日：1月30日（木）

場 所：北陸技術事務所 研修棟第一教
室

出席者：堤雄生事務局長

議 題：①令和元年度「建設技術報告会」
実施報告書について ②令和元年度
「建設技術報告会」決算報告書(案)
について ③令和2年度「建設技術報
告会」開催(案)について

中 部 支 部

■令和2年新年名刺交換会

月 日：1月7日（火）

場 所：名古屋観光ホテル

主 催：(一社)日本建設業連合会中部
支部及び(一社)日本道路建設業協会
中部支部

出席者：所輝雄支部長、永江豊事務局長

■建設機械施工技術検定試験

月 日：1月19日（日）

場 所：桜華会館

受検者：2級133名

■学生のためのICT講座

月 日：1月20日（月）

場 所：三重大学

参加者：教育学部技術・ものづくり教育
コース7名

講 師：サイテックジャパン(株) 鈴木勇
治氏

内 容：最新の建設ICT技術等の紹介

■令和2年度木曾川連合水防演習・広域 連携防災訓練連絡調整会議

月 日：1月30日（木）

場 所：桑名市長島まちづくり拠点施設

主 催：中部地方整備局

参加者：永江豊事務局長

関 西 支 部

■令和元年度1・2級建設機械施工技術検 定試験(2回目学科)試験監督者打合せ

月 日：1月9日（木）

場 所：関西支部 会議室

出席者：松本克英事務局長以下10名

議 題：①学科試験監督要領について
②その他留意事項

■建設用電気設備特別専門委員会(第457回)

月 日：1月15日（水）

場 所：中央電気倶楽部 会議室

議 題：①「JEM-TR121 建設工事用電
機設備機器点検保守のチェックリス
ト」見直し検討 ②2019年度JEM
規格類の5年見直し調査について
③委員会活動報告について ④本年度
見学会について ⑤その他

■令和元年度1・2級建設機械施工技術検 定試験(2回目学科)

月 日：1月19日（日）

場 所：大阪保険医療大学

受検者：2級210名(1種33名、2種
180名、4種22名、5種2名、6種3名)

中 国 支 部

■第3回施工技術部会

月 日：1月14日（火）

場 所：中国支部事務所

出席者：齋藤実部会長ほか7名

議 題：①令和元年度の部会活動の実施
状況について ②令和2年度の部会活
動の予定と実施体制について ③その
他懸案事項

■令和元年度2級建設機械施工技術検 定試験(第2回)

月 日：1月19日（日）

場 所：TKP ガーデンシティ広島駅前
大橋

受検者：96名

■中国地方整備局と（一社）日本建設機械施工協会中国支部との意見交換会

月 日：1月24日（金）

場 所：メルパルク広島

出席者：中国地方整備局八尋裕企画部長・河原能久中国支部長ほか19名

議 題：〈公共工事の品質の確保について〉①i-Constructionに関する事項 ②入札・契約手続き及び工事施工に関する事項〈その他の事項〉①土木機械設備工事（修繕・整備）における新たな入札契約方式の導入について（情報提供）②R1除雪機械の運転技術講習会について（報告）

四 国 支 部



■令和元年度建設機械施工技術検定【学科】（2級2回目）試験

月 日：1月19日（日）

場 所：サン・イレブン高松（高松市）

受検者：93名

■ICT活用工事（舗装工事）現場見学会

月 日：1月23日（木）

場 所：高松市朝日新町

参加者：AM：香川県内建設事業者、PM：工事監督員等。JCMA 四国支部から事務局長が出席。会員企業からICT測量機器を展示・実演

内 容：①ICT活用工事と通常工事の比較 ②ICT建機での施工状況・出来栄 ③ICT測量機器の展示

■協賛事業「四国建設広報協議会」

月 日：1月27日（月）

場 所：高松サンポート合同庁舎103中会議室（高松市）

出席者：協議会を構成する27の団体・組織のうち23団体・組織から27名が出席。JCMA 四国支部からは事務局長が出席

内 容：①令和元年度協議会役員（案）について ②令和元年度収支報告と監査について ③建設フェア四国2020in徳島について ④広報活動報告 ⑤その他

■香川県 ICT 活用工事支援連絡協議会

月 日：1月29日（水）

場 所：香川用水記念会館（高松市）

出席者：国土交通省公共事業企画調整課 二瓶正康課長補佐ほか関係9機関

ら33名が出席。JCMA 四国支部から事務局長が出席

議 題：①香川県 ICT 活用工事支援連絡協議会の設立について ②香川県の取組みについて ③国土交通省の取組みについて…四国地方整備局の取組み、小規模施工の事例紹介

九 州 支 部



■企画委員会

月 日：1月15日（水）

出席者：原尻克己企画委員長ほか9名

議 題：①災害協定の見直しについて ②永年会員、永年役職員等の本部表彰について ③支部の優良建設機械運転員等表彰について ④i-Construction 施工による九州支部生産性向上推進会議の開催について ⑤その他

■令和元年度2級第2回建設機械施工技術検定学科試験

月 日：1月19日（日）

場 所：2級福岡国際会議場

受験者：2級251名

編集後記

今年も暖冬で、あまり冬を感じず
に春を迎えようとしているかと思
いますが、読者の皆様は、いかがお過
ごでしょうか。一方、世界的な広
がり懸念される新型コロナウイルス
については、人込みを避ける・手
洗い・うがい・咳エチケット・体
調管理による免疫力向上と、例年の
インフルエンザ対策と同様ではあり
ますが、地道に確実に実施してい
き本誌発刊の頃には収束の兆しが見
えることを熱望いたします。

さて、3月号は「安全、労働災害
対策特集」です。

巻頭言は芝浦工業大学の蟹澤宏剛
教授に「働き方改革と建設安全」と
題して寄稿して頂きました。建設業
界は他に比べて圧倒的に労災死亡事
故が多い。一方で労働力不足も深刻
な問題であり、改革が急務である。
「怪我と弁当は自分持ち」体質から
決別しなければ、担い手の確保が叶

うはずがない、と提言して頂いてお
ります。

行政情報は昨今の建設業における
労働災害防止施策として、「墜落制
止用器具に係る制度改正と外国人労
働者の安全衛生対策」について紹介
していただいております。

技術報文では、レジリエンスエン
지니어リングと事故防止・労働災害
防止のための ICT 活用データベー
ス・重機による労働災害防止・山岳
トンネル切羽での安全対策・スマ
ートデバイス等を用いた安全ツール・
データベースを利用した労働災害の
推測・MRを用いた安全教育等、幅
広い内容で原稿をご執筆いただくこ
とが出来ました。

今月号で紹介させて頂いた様々
な、安全教育や労働災害対策の参考
にして頂けると幸いです。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執
筆者の皆様、関係者の皆様に心より御
礼を申し上げます。

(花川・竹田)

機関誌編集委員会

編集顧問

今岡 亮司	加納研之助
後藤 勇	佐野 正道
新開 節治	関 克己
高田 邦彦	田中 康之
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)
副島 幸也	(株)安藤・間
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)
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

4月号「エネルギー特集」予告

・小水力発電の普及促進への取組 ・下水熱利用推進に向けた取組 ・東日本大震災の教訓に学
ぶ ・車両通行が可能な太陽光発電舗装の実証実験と次世代モビリティとの繋がり ・国内最大
の風力発電施設 ・新造 SEP 船 ・微生物燃料電池型の水処理技術開発 ・超高層ビル建築工事
で工事用電力を100%再エネに ・AIを活用したエネルギー・マネジメント・サービスへの取り
組み ・低炭素社会実現に向けた ZEB の取り組み ・リチウムイオン電池、期待と課題 ・建
設機械の電動化の歴史

【年間定期購読ご希望の方】

- ①書店でのお申し込みが可能です。お近くの書店へお問い合わせください。
- ②協会本部へのお申し込みは「年間定期購読申込書」に必要事項をご記入のうえ FAX をお
送りください。

詳しくは HP をご覧ください。

年間定期購読料 (12冊) 9,408 円 (税・送料込)

建設機械施工

第72巻第3号 (2020年3月号) (通巻841号)

Vol.72 No.3 March 2020

2020 (令和2)年3月20日印刷

2020 (令和2)年3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

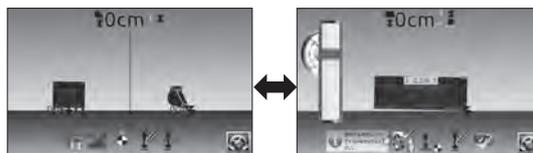


2D^MACHINE GUIDANCE iDig, iDig Dozer

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!



ショ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/>

マルマテクニカのホリゾンタルグラインダー



1台の破碎機でピンチップも切削チップも生産できる!用途別に選べる2タイプ。



特長

- チップサイズは均一で、バイオマス発電向け燃料として実績が多数。
- 新車破碎機の在庫保有と新車の短納期体制で対応。
- 休車時間をなくすため、Vermeer 社破碎機部品の在庫を保有し、即納体制で対応。



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

本社・相模原事業所	〒252-0331	神奈川県相模原市南区大野台6-2-1	TEL.042(751)3091	FAX.042(756)4389	E-mail:s-sales@maruma.co.jp
厚木工場	〒243-0125	神奈川県厚木市小野651	TEL.046(250)2211	FAX.046(250)5055	E-mail:atsugi@maruma.co.jp
東京工場	〒156-0054	東京都世田谷区桜丘1-2-22	TEL.03(3429)2141	FAX.03(3420)3336	E-mail:tokyo@maruma.co.jp
名古屋事業所	〒485-0037	愛知県小牧市小針2-18	TEL.0568(77)3313	FAX.0568(72)5209	E-mail:n-sales@maruma.co.jp



TSURUMI PUMP

自動タイヤ洗浄機 MTW 型

泥まみれのダブルタイヤを約 40 秒で高速洗浄

40 SECONDS

優れた洗浄効果とメンテナンス性を兼ね揃えた1台。

スクレーパー機能

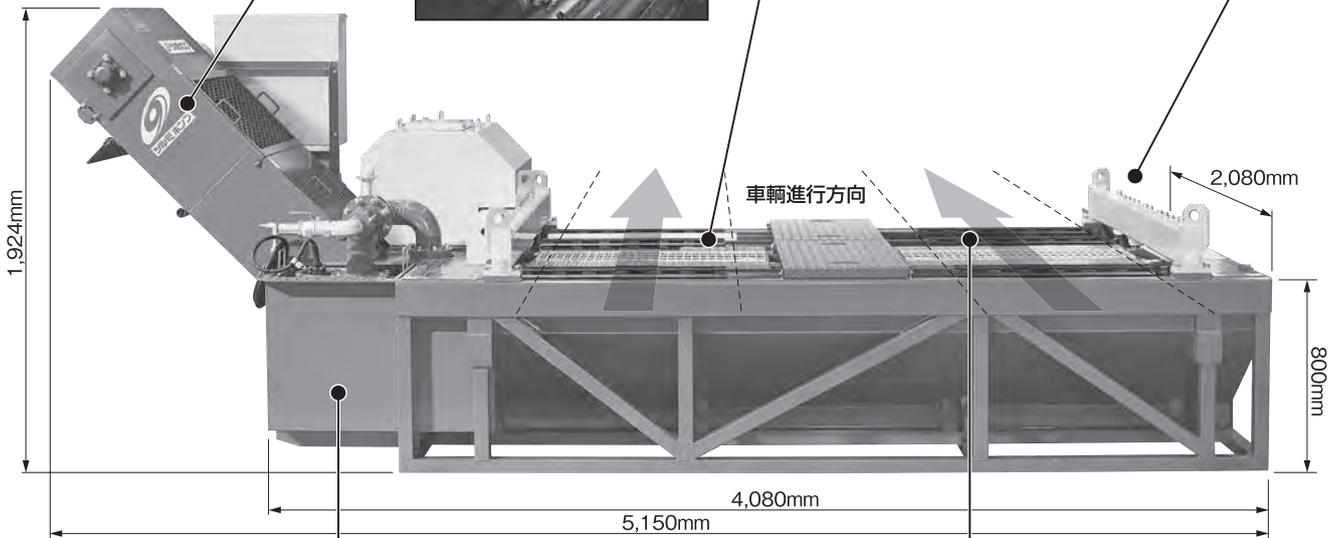
スクレーパーを排泥口に装備し、排出プレートに付着した泥土を除去。

ステップスイッチ

進入ミスによる踏み外れを防止します。

タイヤ洗浄ノズル／ホイール洗浄ノズル

配管内泥土の堆積による目詰まりを防ぐため、ノズルは配管上部に設置されています。



省エネ&ハイパワー

スプレー用水中ポンプには当社“KRS-65.5型”を採用。従来型に比べ、出力はそのままに水量が約1.5倍になりました。

タイヤ駆動用ロール部 段差はわずか2cm

よりスムーズな車輛の進入・退出を実現します。



タイヤ駆動用ロール

タイヤ駆動用ロール

車輛の退出時にはタイヤ駆動用ロールがしっかりとロックされます。



※その他水中ポンプも各種取り揃えております。

株式会社 鶴見製作所

大阪本店：〒538-8585 大阪市鶴見区鶴見4-16-40 TEL.(06)6911-2351 FAX.(06)6911-1800
東京本社：〒110-0016 東京都台東区台東1-33-8 TEL.(03)3833-9765 FAX.(03)3835-8429

北海道支店：TEL.(011)787-8385 東京支店：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.tsurumipump.co.jp

Mikasa

http://www.mikasas.com

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
札幌営業所 TEL:011-892-6920
仙台営業所 TEL:022-238-1521
新潟出張所 TEL:090-4066-0661

北関東営業所 TEL:0276-74-6452
長野出張所 TEL:080-1013-9542
中部営業所 TEL:052-504-3434
金沢出張所 TEL:080-1013-9538

中国営業所 TEL:082-875-8561
四国出張所 TEL:087-868-5111
九州営業所 TEL:092-431-5523
南九州出張所 TEL:080-1013-9558

沖縄出張所 TEL:080-1013-9328

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!



8操作
標準型
RC-5808N
15万円~



12操作
標準型
RC-5812N
17万円~



16操作
標準型
RC-5816N
19.5万円~

※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



8操作
標準型
RC-3208N
12万円~



5操作
標準型
RC-3205M
11万円~



12操作型
標準型
RC-3212M
14万円~

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 ボアバ (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!**

TX-6B00N/U型送信機例
(ボアバ6000)



TX-8B00N型送信機例
(ボアバ8000)



危険場所設置用(オプション対応)
耐圧防爆箱入り受信機



TX-7B00N型送信機例
(ボアバ7000)

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!



▼受信機



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

リソーサー 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おり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これ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

〒108-0072 東京都港区白金1丁目17-3 <https://home.komatsu.jp/kcsj/>

動画で紹介



雑誌 03435-3



4910034350308
00800