

一般社団法人  
日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

2022

# 建設機械施工



Vol.74 No.9 September 2022 (通巻871号)

## 特集 安全対策・労働災害防止



現場の協調安全を目指す新型油圧ショベルと連動ソリューション

### 巻頭言 Earth CareとCircular Safety

技術報文

- 建設業における労働災害の起因物と事故の型の傾向
- 積載形トラッククレーンの安全運転のポイント
- ウェアラブルデバイスを活用した安全管理システム「Wearable Connect」
- KomVision 人検知衝突軽減システム
- 建設現場向けパワーアシストスーツ 他

行政情報

- 「建設機械の安全装置に関する技術」の技術比較表の公表
- 無人航空機に関する航空局の取組

交流の広場

- 建設現場のヒューマンエラーへの対策
- 建設業における2024年問題

一般社団法人 日本建設機械施工協会

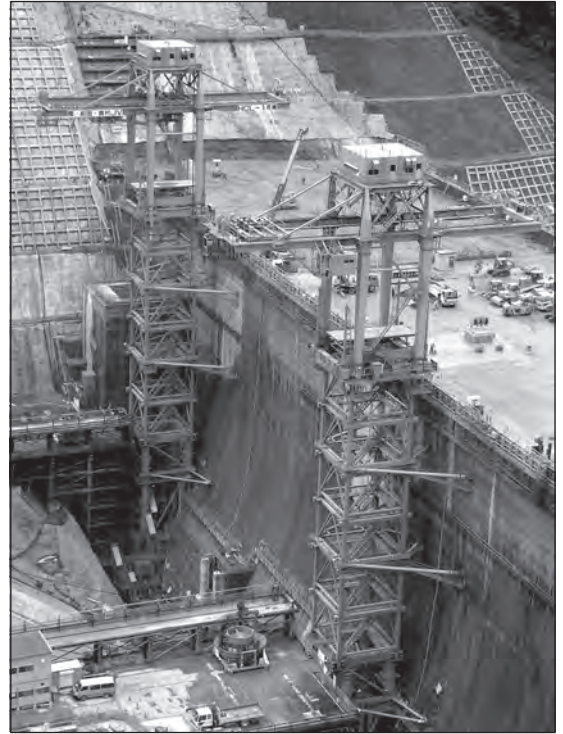
# ダム工事に用いたコンクリート運搬テルハ (クライミング機能付)

## 重力式コンクリートダム等の新しいコンクリート運搬装置

コスト・安全・環境に配慮した最適な施工が行えます。

### 特長

- **コストパフォーマンスに優れる**  
機械重量が比較的軽量で、構造がシンプルなので運搬能力に対して安価である。
- **安全性に優れる**  
コンクリートバケットが堤体上空を横切らないので安全性に優れる。
- **環境に優しい**  
河床に設置されるので、ダム天端付近の掘削を少なくできる。
- **大型機材の運搬も可能**  
専用吊り具で車両等の大型機材の運搬が可能。



## 吉永機械株式会社

〒130-0021 東京都墨田区緑4-4-3 TEL. 03-3634-5651  
URL <http://www.yoshinaga.co.jp>

## 建設機械用 無線操作装置

# ダイワテレコン



ICT施工や自動制御に対応可能

## ダイワテレコン872

- 最大72点の操作点数を持ち、比例制御にも対応いたします。
- 指令機操作パネルはレイアウトフリーで用途に合わせた実装部品が選択可能。
- 特定省電力無線429MHz帯域および1200MHz帯域選択可能。
- 外部接続用ポート(オプション仕様)より、LAN通信制御が可能。

### 取付改造実績

油圧ショベル, ブルドーザ, 振動ローラ  
クローラダンプ, 鑿岩機, その他特殊専用機など

無線遠隔装置だけでは終わらない  
弊社では制作から取付改造工事までを完全サポート  
大型機対応屋内工場完備(100tクラスまで対応)



ハンディータイプ  
使いやすさを極めた高機能・高性能  
**ダイワテレコン810**

用途  
インバータ制御機器  
エンジン制御  
油空圧比例制御

## DAIWA TELECON 大和機工株式会社

常滑工場 〒479-0002 愛知県常滑市久米字西仲根227番  
TEL: 0569-84-8582 (直通) FAX: 0569-84-8857  
ホームページ <http://www.daiwakiko.co.jp/>  
e-mail [mekatoro@daiwakiko.co.jp](mailto:mekatoro@daiwakiko.co.jp)



## ◆ 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。

【個人情報の取扱いについて】

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



# 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](mailto:ronbun@jcmanet.or.jp)

TEL : 03 - 3433 - 1501

FAX : 03 - 3432 - 0289



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4年9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	R4年6月	日本建設機械要覧 2022 電子書籍 (PDF) 版	42,900	36,300	-
2	R4年6月	建設機械スペック一覧表 2022 電子書籍 (PDF) 版	42,900	36,300	-
3	R4年5月	よくわかる建設機械と損料 2022	6,600	5,610	700
4	R4年5月	橋梁架設工事の積算 令和4年度版	11,000	9,350	900
5	R4年5月	大口径岩盤削孔工法の積算 令和4年度版	6,600	5,610	700
6	R4年4月	令和4年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
7	R4年3月	日本建設機械要覧 2022年版	53,900	45,100	900
8	R3年9月	道路除雪施工の手引	4,950	3,960	700
9	R3年5月	橋梁架設工事の積算 令和3年度版	11,000	9,350	900
10	R3年5月	令和3年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
11	R3年1月	情報化施工の基礎 ~ i-Construction の普及に向けて~	2,200	1,870	700
12	R2年5月	よくわかる建設機械と損料 2020	6,600	5,610	700
13	R2年5月	大口径岩盤削孔工法の積算 令和2年度版	6,600	5,610	700
14	H31年3月	日本建設機械要覧 2019年版	53,900	45,100	900
15	H30年8月	消融雪設備点検・整備ハンドブック	13,200	11,000	700
16	H29年4月	ICTを活用した建設技術 (情報化施工)	1,320	1,100	700
17	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
18	H25年6月	機械除草安全作業の手引き	990	880	250
19	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
20	H22年9月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,300		700
21	H22年9月	アスファルトフィニッシャの変遷【CD】	3,300		250
22	H22年7月	情報化施工の実務	2,200	1,885	700
23	H21年11月	情報化施工ガイドブック 2009	2,420	2,200	700
24	H20年6月	写真でたどる建設機械 200年	3,080	2,608	700
25	H19年12月	除雪機械技術ハンドブック	3,143		700
26	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
27	H17年9月	建設機械ポケットブック (除雪機械編)	1,048		250
28	H16年12月	2005「除雪・防雪ハンドブック」(除雪編)【CD-R販売】	5,238		250
29	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)【CD-R販売】	3,520		250
30	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
31	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
32	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
33	H15年6月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	550		250
34	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
35	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
36	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
37	H11年5月	建設機械化の50年	4,400		700
38	H11年4月	建設機械図鑑	2,750		700
39	H10年3月	大型建設機械の分解輸送マニュアル【CD-R販売】	3,960	3,520	250
40	H9年5月	建設機械用語集	2,200	1,980	700
41	H6年8月	ジオスペースの開発と建設機械	8,382	7,857	700
42	H6年4月	建設作業振動対策マニュアル	6,286	5,657	700
43	H3年4月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,266	9,742	700
44	S63年3月	新編 防雪工学ハンドブック【POD版】	11,000	9,900	700
45	S60年1月	建設工事に伴う濁水対策ハンドブック【CD-R販売】	6,600		250
46		建設機械履歴簿	419		250
47	毎月25日	建設機械施工	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 またはメール添付してください。



特集

## 安全対策・労働災害防止

巻頭言

4 Earth Care と Circular Safety

阿部雅二郎 長岡技術科学大学 工学研究院 システム安全系 教授

行政情報

5 「建設機械の安全装置に関する技術」の技術比較表の公表

田中 基幸 国土交通省 近畿地方整備局 企画部 建設専門官

10 無人航空機に関する航空局の取組

甲斐健太郎 国土交通省 航空局 安全部 無人航空機安全課 課長補佐

特集・  
技術報文

15 建設業における労働災害の起因物と事故の型の傾向

玉手 聡 (株)労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所 労働災害調査分析センター センター長

19 ドラグ・ショベルのつり荷走行時の荷振れが作業半径増加に与える影響

堀 智仁 (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 上席研究員

24 積載形トラッククレーンの安全運転のポイント

高橋 英樹 古河ユニック(株) サービス部 主席技師長

32 クレーン起立外観検査『C-SAI<sup>®</sup>』の紹介 NETIS KT-220086-A

竹部 勇人 住友重機械建機クレーン(株) 経営企画部

35 GNSSを活用した『T-iDigital Field』向けアプリの開発  
クレーン衝突防止システムの現場実証

太田 兵庫 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 ICTチーム 課長  
原山 之克 大成建設(株) 四国支店 桜川ダム本体建設工事作業所(当時) 副所長

40 ウェアラブルデバイスを活用した安全管理システム  
「Wearable Connect」

多様なウェアラブルデバイスとクラウドを活用して「安全・体調管理」と「業務DX」を推進

松田 祐輝 東日本電信電話(株) ビジネス開発本部 第三部門 IoT サービス推進担当

46 インフラメンテナンス作業の点検等に特化した安全教育 VR  
「eQ 危険体感 VR」の活用に向けて

岡田 卓也 西日本高速道路エンジニアリング九州(株) 事業推進本部 安全品質部 安全品質課 課長代理

52 現場の協調安全を目指す新型油圧ショベルと  
連動ソリューション

小林 敬弘 日立建機(株) コンストラクションビジネスユニット 開発設計統括部 コンストラクション製品開発部 担当部長

上野 善継 日立建機(株) 新事業創生ユニット 顧客ソリューション事業部 商品企画部 戦略企画グループ 主任

57 KomVision 人検知衝突軽減システム

システムの概要、人検知の原理の紹介

町田 正臣 (株)小松製作所 開発本部 ICTシステム開発センター 車両アプリソフト開発グループ 技師

61 Safety2.0に基づいたトンネルの安全管理

トンネル工事の重機接触リスク低減

上岡 真也 清水建設(株) 土木技術本部 地下空間統括部 主査

68 ゼネコンで考えた重機に搭載する 360° 3D モニターシステム  
「ぐる見えくん」開発物語

後付け、取外しを可能にした安価なモニターシステムが出来上がるまで

布施 尚行 鉄建建設(株) 東京鉄道支店 鉄道安全部 部長

	73	重機取付型監視カメラシステム及びクラウドシステム ドボレコ JK 平 清二郎 西尾レントオール㈱ 広域営業部 部長 桜田 忠弥 セーフイー㈱ 第2ビジネスユニット 営業部長
	76	拡張現実 (AR) を用いた船舶航行ナビゲーションシステムの開発 宮本 憲都 東亜建設工業㈱ 土木事業本部 機電部 電気グループ
	82	施工機械・設備の Web 点検管理システム e-Tenken® 青野 隆 鹿島建設㈱ 機械部 担当部長 伊勢 卓矢 鹿島建設㈱ 機械部 次長 是永明日香 鹿島建設㈱ 機械部
	87	建設現場向けパワーアシストスーツ 岡 尚人 鹿島建設㈱ 技術研究所 先端・メカトロニクスグループ 担当部長 八幡 真純 鹿島建設㈱ 技術研究所 先端・メカトロニクスグループ 主任研究員
	93	スマートスーツ® 採用による「軽労化®」の深耕 作業員の身体能力評価と安全意識改革及び労災リスク調査 田中 吉史 大成建設㈱ 建築本部 土谷 圭央 苫小牧工業高専 創造工学科機械系
交流のひろば	101	建設現場のヒューマンエラーへの対策 中田 亨 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 人工知能研究センター 副連携研究室長
	105	建設業における 2024 年問題 健康経営と長時間労働削減をどのように捉えるか 浜田 紗織 ㈱ワーク・ライフバランス 執行役員, ワーク・ライフバランスコンサルタント
ずいそう	110	コロナ禍で得た新たな楽しみ 熊谷 一男 一三北路㈱ 代表取締役
	112	還暦過ぎてからの、ブラジル駐在体験記 松本 典久 コマツ 開発本部 フェロー
	115	新機種紹介 機関誌編集委員会
統計	116	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
	117	行事一覧 (2022 年 7 月)
	120	編集後記 (松本・室谷)

◇表紙写真説明◇  
**接触災害低減に寄与する運転支援システム**  
 写真提供：日立建機㈱

油圧ショベルの機体に配置したカメラ機能付きの物体検知センサを用いて、機体周辺の物体の位置や機体の動作状況に応じて、「見せる、知らせる、動かない、止める」の4つのアクションにより、オペレータへ注意喚起をし、安全な操作をアシストするシステムである。

**巻頭言**

# Earth Care と Circular Safety

阿部 雅二郎



筆者は、国立大学法人長岡技術科学大学にて、機械工学を基礎にシステム安全に関する教育と研究に従事している。システム安全に関する体系的な学びを求め、社会人学生の方々も入学され、学修、研究に励んでおられる。大学名の技術科学（略称：技学）は「現実の多様な技術対象を科学の局面から捉え直し、それによって技術体系を一層発展させる技術に関する科学」である。建設機械施工の現場はその適用対象の宝庫と言える。

さて、本稿では、「建設機械施工における安全対策・労働災害防止」の特集号の刊行にあたり、関連する各種技術開発の具体的な状況というよりは、大きな目的を表題に掲げ、何のために、それらを開発し実行していくのか、潮流につき、概念的ではあるが以下に述べる。

建設機械施工を安全に行うためには、その施工の内容に応じて、「安全対策」、より正確に言えば、「リスク低減方策」について、立案、実行、検証および改善の継続が必要である。どのような施工か、例えば、代表的な建設機械施工である土木施工を対象にすると、使用される機械は、ご承知のように Earth Moving Machine と呼ばれる。社会インフラの新規開発が主流であった時代にはふさわしいものであった。これからはどうであろうか。すでにある老朽化も進んでいる社会インフラを維持管理し、長寿命化し、持続的に活用をしていくことが大切である。Earth Moving というよりは、“Earth Care”，特に“Care”という考えが重要になってくると考える。

建設機械施工に限らず、あらゆる分野で、あらゆるときに、“Care”の重要性は増すと考える。関連して、機械工学の分野でも、維持管理やヘルスマonitoringの研究により力が入りつつある。建設機械施工では具体的にどうするのか、への解答例は本特集号の中からも、見える化、VR、ICTの項などから読み取れると思われる。何のためにそれを開発し実行するのかを考える必要がある。人も“Earth”の一員（一部）と考えると、人（労働者）の“Care”やアシスト（初心者、高齢者など向け）も重要性が増すとと思われる。近年、遠隔運転、操作に関する技術開発も盛んであるが、新

たな環境下（多数の機械の同時操作要求など）での運転・操作者への“Care”も重要となるであろう。是非、関係者の皆様が大きな目的を再認識され、視野が広がり、英知が結集して活かされ、安全化が推進かつ持続されることを願う次第である。

せっかくの良い方策を末長く活用するには、“循環”も大切と考える。ここで、“Circular Safety”，を考えた次第である。安全は対策を考案して実行したら終わりではないと思われる。建設機械施工では毎回、対象、内容、関連する諸条件が異なるため、安全対策もその場、その都度かぎりとなりがちの部分がある。しかし、大局的に見て、共通性や一般性を見出すことができれば、空間的（さまざまな場所）、時間的（さまざまなとき）にも循環活用と改善推進の可能性とその有効性があるように思われる。

冒頭に述べたシステム安全とは、筆者所属大学院専攻では「ハードウェア・ソフトウェア、人、法・規範などの複合体において、人間の誤使用や機械の故障などがあってもその安全を確保するために、設計／製造／使用などライフサイクルのすべての段階で、危険につながる要因を事前に系統的に洗い出し、その影響を解析および評価して適切な対策を施すべく、安全技術とマネジメントスキルを統合的に適用する手法の体系」と定義している。海外の定義もあるが、基本は同様である。この基本的な考え方は建設機械施工の分野の方にもその意義を認識いただき、それを実際問題にいかに関用するかについて研究、考察を進める方が増えつつある。人と機械（AI含む）の協調、環境影響、機能安全、機械安全、レジリエンスエンジニアリングなど多様な観点から検討が進んできている。新たな交流、啓発、リカレントもなされ好循環が期待される。

本稿に多少なりとも刺激を受けていただき、皆様からののお知恵が湧出して好循環が生まれ、安全性の浸透、持続が、よりかなう社会や業界となりますことを祈念し、巻頭言とさせていただきます。ご一読に感謝申し上げます。



## 行政情報

# 「建設機械の安全装置に関する技術」の 技術比較表の公表

田中基幸

公共工事における新技術活用システムの活用方式「テーマ設定型（技術公募）」により、技術テーマ「建設機械の安全装置に関する技術」として、令和3年3月31日には「ローラ」に適用する技術、令和4年1月13日には「ドラグ・ショベル（油圧ショベル）」に適用する技術の技術比較表を公表済みである。本報では、両技術の技術比較表公表に当たり実施した、評価項目、試験方法及び現場実証試験結果等について紹介する。

キーワード：建設機械、安全装置、テーマ設定型、リクワイヤメント、技術公募、現場実証、技術比較表

## 1. はじめに

国土交通省では2022年3月にインフラ分野のDXアクションプラン(案)を策定し、その取組みはi-Constructionにおける建設現場の生産性の向上に加え、業務、組織、プロセス、文化・風土や働き方を改変することを目的とし、ICT施工については大容量・低遅延・多数同時接続の通信環境（5G通信環境）を活用し、建設機械の自動化・自律化の推進が例示されている。建設機械施工の自動化・自律化の推進には「施工における安全確保」が最重要事項となるが、本報では建設機械の安全装置に関する技術の状況とその評価について、「公共工事等における新技術活用システム」に基づく技術の公募・活用・評価を行う「テーマ設定型（技術公募）」により、対象建機の安全装置に関する技術の現場実証ならびに技術比較表の作成・公表に至った検討内容について紹介するものである。テーマ設定型の取組フローを図-1に示す。

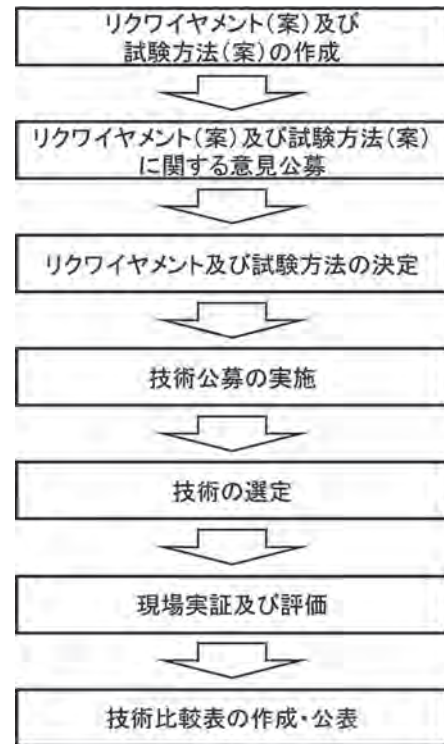


図-1 テーマ設定型の取組フロー

## 2. リクワイヤメント及び試験方法

### (1) 建設機械の安全装置の位置付け

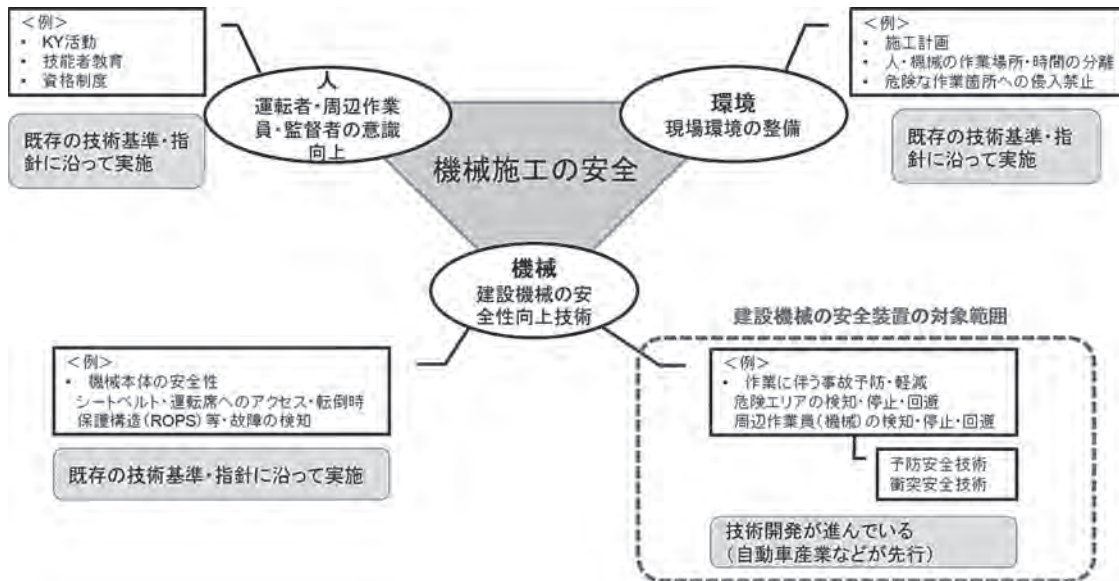
一般に、建設機械施工における安全確保は、多様な現場環境や作業種別、オープンな作業範囲といった建設作業の特徴を踏まえ、「人・機械・環境」といった多方面から複合的に取組むことが必要である(図-2)。

「建設機械の安全装置」については、機械方面からの安全性向上に向けた取組みのうち、「建設機械作業の実施に伴う事故防止・軽減を支援する技術」という

範囲に位置付けたうえで検討を行った。

### (2) 事故事例の調査・分析

「建設機械作業の実施に伴う事故防止・軽減を支援する技術」の評価に向けて、対象となる建設機械の検討が必要である。多くの建設機械から優先的にシステムの実施が期待されている機種を選定することとし、労働安全衛生法施行令・別表第七に記載されている建設機械を対象とすることとした。

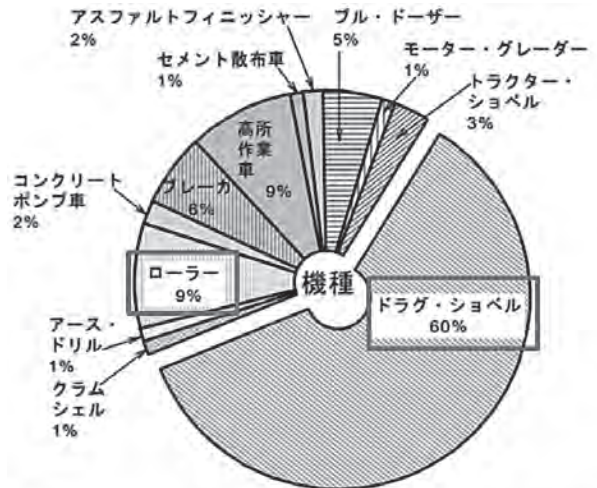


図一 安全装置の対象範囲

また、建設機械作業の実施に伴う事故件数とその要因において、建設機械等の死亡災害の機種は、ドラグ・ショベル（バックホウ等のベースとなる機械の呼称。）が60%で最も多く、2番目に多い機種として、ローラ、高所作業がそれぞれ9%の報告がある（図一3）。

ドラグ・ショベル及びローラにて多い事故の型をみると、「はさまれ・巻き込まれ」、「激突され」が多くを占めている（図一4）。

このため、機械と人で生じる「はさまれ・巻き込まれ」及び「激突され」を低減する装置として、機械周辺に事故要因となる人・物が存在する場合に機械運転者への警告あるいは建設機械の減速・停止を行う機能を有する装置を対象とした。

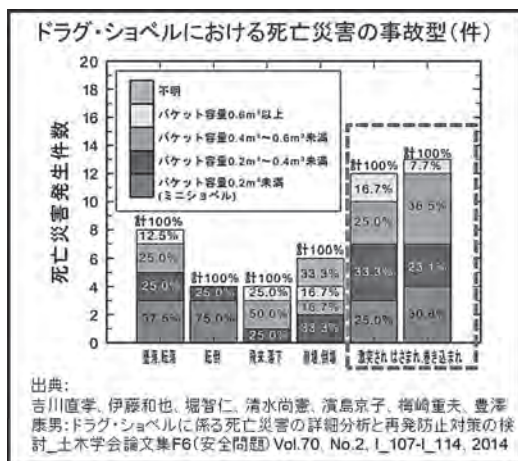


出典：吉川直孝、伊藤和也、堀智仁、清水尚憲、濱島京子、梅崎重夫、豊澤康男：ドラグ・ショベルに係る死亡災害の詳細分析と再発防止対策の検討\_土木学会論文集F6(安全問題)Vol.70、No.2、1\_107-1\_114、2014

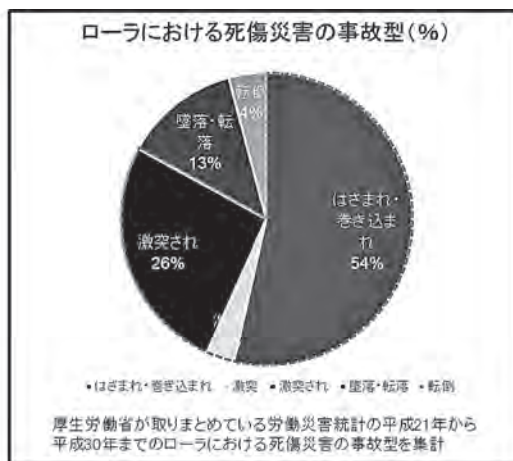
図一 建設機械等による死亡災害の機種ごとの割合

(3) 既存技術の開発レベル

建設機械に関する安全対策技術には、運転席回りの安全（シートベルト、フロントガード等）、誤操作防



出典：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、1\_107-1\_114、2014



厚生労働省が取りまとめている労働災害統計の平成21年から平成30年までのローラにおける死傷災害の事故型を集計

図一 対象機種の事故型



止(油圧ロックレバー等), 車体周囲認識(後方カメラ, リアビューミラー等), 周囲の注意喚起(安全標識, トラベルアラーム等), 緊急時の危険回避(エンジン緊急停止スイッチ, エマージェンシーブレーキ等)など, 様々なものが存在しているが, 建設機械と周辺作業員と事故防止・軽減を対象とすることから, 周辺作業員が建設機械に近づいた際にオペレータに対し, 操作介入や動作介入を行う技術に着目した。

既存の安全補助装置における検知方法はカメラやセンサで障害物を検知する方法, IC タグ等を取り付けたものを検知する方法の2つに分類できる。

カメラやセンサで障害物を検知する方法では, 建設現場では資機材を抱えた作業員等, 人の判別に必要な特徴点が完全でない場合も多いことなど, 画像だけでの人の認識については未だ試行錯誤している段階である。

IC タグ等は既に実用化されているが, IC タグを持っていない作業員の侵入が防げない現場への適合性や, 作業員の位置を詳細には把握できないといった課題がある。

このような状況から, 画像とレーザーやレーダといった距離センサを併用する技術も多いが, 多くのセンサを設置しなければならないため, 機材のセットアップの手間やコストアップに繋がることが懸念される。

#### (4) 関連する規格や標準化動向

建設機械の安全補助装置としては, IC タグなどの技術が普及した 2000 年初めから試験方法の検討などが実施されており, 「ISO16001 (2008) 土工機械・危険検出システム及び視覚表示・性能要求事項及び試験」として定められている。その後, 車載カメラの高精度化, 低価格化などの背景から「ISO16001 (2017) 土工機械・物体検出システムと視界補助」として更新されている。

さらに, 現在は「ISO21815 土工機械－衝突の警報と回避」が検討中である。JIS 規格は, ISO16001 の規定に基づき, 「JIS A 8338 (2011) 土工機械－危険検知装置及び視覚補助装置－性能要求事項及び試験」, 「JIS A 8338 (2021) 土工機械－物体検知装置及び視覚補助装置－性能要求事項及び試験」が策定されている。

検討中の ISO (土工機械－衝突の警報と回避) において, 機械施工中を想定した活用場面での条件が検討されており, 現段階で施工中に関しても評価対象とした場合, 検討中の ISO との相違が生じ, 建機製造側

などが混乱してしまうことが懸念されるため, 施工中を対象外とし, 始動開始前(機械起動時)の要求動作を設定し評価した。

#### (5) リクワイヤメント及び試験方法に関する意見公募

作成したリクワイヤメント及び試験方法の案について, 有識者会議「建設機械の安全性に資する技術部会」にて審議いただき, 指摘事項を踏まえた修正案を作成し, 意見公募を行った。意見公募は国土交通省 HP 及び近畿地方整備局 HP にて報道発表し, 15 社より意見を受けた。意見公募結果の対応方針については再度, 有識者会議で審議を行った。さらに令和 2 年 9 月 9 日に実施された, i-Construction 施工推進本部「安全施工 WG」(2020 年度第 2 回)にて業団体への説明も実施した。意見公募結果に対する回答, リクワイヤメント, 試験方法及び評価方法は国土交通省 HP 及び近畿地方整備局 HP 等にて一般に公表した。

#### (6) リクワイヤメント及び試験方法

##### (a) 基本機能に対する評価

建設機械作業開始時, あるいは建設機械作業再開時において, 人/物と建設機械の衝突危険性がある場合, 静止している人/物を検知し, 警告または建設機械の操縦装置の操作に係る(操縦装置を操作しても動き出さないこと)機能を提供できる技術として4つの基本機能のいずれかに該当することとした。

- ①物体検知+警告機能
- ②物体検知+人の識別+警告機能
- ③物体検知+警告機能+衝突リスク低減機能
- ④物体検知+人の識別+警告機能+衝突リスク低減機能

##### (b) 姿勢による検知面積の評価

応募時に提出される基本機能提供領域において, 直立姿勢と屈み姿勢, 両姿勢での検知面積を測定した。試験方法は地表面に 500 mm 間隔のグリッド線を描き, ドラグ・ショベルの場合は建設機械の旋回中心, ローラの場合は建設機械の中心に正対となるように被検体(直立姿勢検知面積は直立姿勢の人形体, 屈み姿勢検知面積は屈み姿勢の人形体を使用)を設置し, 人形体を静止させた状態で検知の有無を確認し, 基本機能提供領域全てのグリッドで検知の有無を実施した。確認は 2 回実施し, 1 回目と 2 回目の両方とも検知があった箇所を記録, 図化した。直立かつ屈み姿勢検知面積は直立姿勢検知面積の測定と屈み姿勢検知面積の測定の両方で検知できた面積を記録, 図化したもので



ある。

(c) 人（人形体）の識別率の評価

被検体は非人形体を用い、直立姿勢検知面積の測定において1回目と2回目の両方とも検知があった箇所に非人形体を設置し、人形体として識別しないことを確認した。確認は2回実施し、1回目と2回目の両方とも非人形体を人形体として識別した箇所をもとに、人の識別率を算出した。

以上、表一1にリクワイヤメントと試験方法について示す。

4. 現場実証及び評価

試験に使用した被検体は直立姿勢の人形体（ウレタン素材の直立マネキン）、屈み姿勢の人形体（ウレタン素材の屈みマネキン）、非人形体（円柱体）を使用し、試験の流れは環境条件の測定（開始時）、被検体直立試験（2回）、被検体屈み試験（2回）、人の識別試験（2回）、環境条件の測定（終了時）の順に実施した。試験に使用した被検体（図一5）及び試験の流れ（図一6）を示す。

3. 技術公募の実施及び技術選定

公募する技術の適用機種はリクワイヤメントにおいて以下のとおりとした。

- (1) ドラグ・ショベル：バケット 容量山積 0.8 m<sup>3</sup>（平積 0.6 m<sup>3</sup>）級
- (2) ローラ：タイヤローラ 運転質量 8～20 t 級

技術公募の結果、14社から18技術の応募があったが、1技術は作業範囲制限機能であり、リクワイヤメントの基本機能には該当しないと判断したため、選定技術はドラグ・ショベル12技術、ローラ5技術となった。選定技術の一覧（令和3年1月8日公表）は表二のとおりである。

表一2 選定技術（試験実施対象技術）一覧表（令和3年1月8日公表）

取付け機種：ドラグ・ショベル		
番号	技術名	NETIS番号
1	ヒヤリハンター（接近検知警報システム）	CG-200009-A
2	衝突低減サポートシステム Type1	今後登録予定
3	衝突低減サポートシステム Type2	今後登録予定
4	衝突軽減システム搭載・お知らせ機能付周囲監視装置 FVM2+（仮）	今後登録予定
5	人検知機能「Cat Detect」（仮）搭載型油圧ショベル	今後登録予定
6	ウアトロアイズ	KT-180148-A
7	RFID作業員接近警報装置「IDガードマン」	KT-150103-VE
8	各種センサ方式に対応した重機緊急停止装置	KT-190116-A
9	Komvisi on	今後登録予定
10	物体検知・動作制限搭載型油圧ショベル	KT-200068-A
11	物体検知・警報機能搭載型ミニショベル	今後登録予定
12	建設機械等接触防止システム「ナクシデント」	今後登録予定




  

取付け機種：ローラ		
番号	技術名	NETIS番号
1	緊急停止装置	KT-180082-A
2	重機の自動制動装置（仮）	今後登録予定
3	超音波式安全装置ミハール	HW-120001-VE
4	緊急ブレーキ装置	HW-180024-A
5	衝突被害軽減アシスト装置搭載の轉回機	今後登録予定

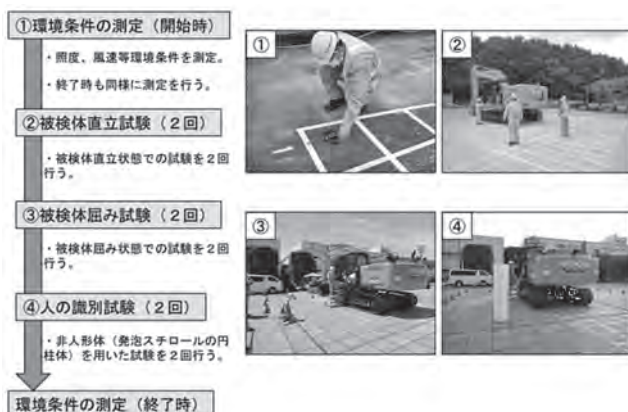
表一1 リクワイヤメント及び試験方法

要求事項		試験（あるいは確認）方法	提出資料	評価
種別	項目			
基本機能※1	①物体検知+警告機能	応募者の申請と、試験時の確認	応募時の申請書類	☆
	②物体検知+人の識別+警告機能	応募者の申請と、試験時の確認	応募時の申請書類	☆☆
	③物体検知+警告機能+衝突リスク低減機能	応募者の申請と、試験時の確認	応募時の申請書類	☆☆
	④物体検知+人の識別+警告機能+衝突リスク低減機能	応募者の申請と、試験時の確認	応募時の申請書類	☆☆
	①～④基本機能提供領域	①～④基本機能提供領域が分かる図を、応募時の申請書類、資料等にて確認する	応募時の申請書類	—
検知面積	直立姿勢検知面積	直立姿勢の人形体を用いた検知面積の測定（500mmグリッド内に人形体を2回設置し、2回とも検知できた場合の面積）	試験結果報告書	面積（m <sup>2</sup> ）、図示※2
	屈み姿勢検知面積	屈み姿勢の人形体を用いた検知面積の測定（500mmグリッド内に人形体を2回設置し、2回とも検知できた場合の面積）	試験結果報告書	面積（m <sup>2</sup> ）、図示※2
	直立かつ屈み姿勢検知面積	直立姿勢検知面積の測定結果と屈み姿勢検知面積の測定結果より整理	試験結果報告書	面積（m <sup>2</sup> ）、図示※2
人の識別率※3	人*の識別率 （*：当該試験では人形体を用いる）	直立姿勢の人形体を用いた検知面積測定の結果、2回とも検知できた被検体設置箇所（グリッド）において、非人形体を設置し検知有無の確認を行う人（人形体）の識別率 （1-非人形体の検知箇所数/人形体直立姿勢検知箇所数）×100（%）	試験結果報告書	数値結果（%）
リスクアセスメント及び残留リスク情報	下記の情報を提示できること 1) 機械の制限に関する仕様の指定 2) 技術の適用によるリスク低減効果の説明 3) 残留リスク情報	1) 機械の制限に関する仕様の指定 ①基本仕様、②使用上の制限、③空間上の制限、④時間上の制限 2) 技術の適用によるリスク低減効果の説明 ①リスク低減を図る危険源 ②応募技術の適用によるリスク低減の効果の説明 3) 残留リスク情報 ①検知後、②非検知後、③誤検知・好ましくない検知後、④その他	応募時の申請書類	提出の有/無（添付資料として提示）
経済性	初期投資およびメンテナンスの概略費用	応募者の申請書類、資料等にて確認する	応募時の申請書類	参考費用として提示

※1 基本機能の評価における☆の数はあくまで、当該試験及び評価で要求した基本機能の数として設定したものである。  
 ※2 検知面積の図示は地表投影面積（m<sup>2</sup>）である。なお、応募者が申請した基本機能提供領域に対して当該試験の検知面積を評価することはない。  
 ※3 人の識別率の評価については、基本機能のうち、物体識別機能（識別対象は人（人形体）を持つ技術対し行うものである）。

<p>①直立姿勢の人形体（直立マネキン：ウレタン素材）</p> <p>【直立姿勢の人形体条件】※試験方法より抜粋</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・頭、胴体、両腕、両脚を持つ人形マネキンあるいは人体ダミーを使用する。関節部の可動有無は問わないが、可動できるものについては、固定ができるものとする。</li> <li>・高さは1730±50mmとする。</li> <li>・人形体には、作業服、ヘルメット、反射ベストを着用させる。なお、各々の色や材質（反射率等）については規定しないが、試験に使用した色と材質等の条件について試験結果報告書に記載するとともに、写真を添付することとする。</li> </ul>	
<p>②屈み姿勢の人形体（屈みマネキン：ウレタン素材）</p> <p>【屈み姿勢の人形体条件】※試験方法より抜粋</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・頭、胴体、両腕、両脚を持つ人形マネキンあるいは人体ダミーを使用する。人形体は、膝を曲げ、腰を落とした状態とする。</li> <li>・高さは900±50mmとする。</li> <li>・人形体には、作業服、ヘルメット、反射ベストを着用させる。なお、各々の色や材質（反射率等）については規定しないが、試験に使用した色と材質等の条件について試験結果報告書に記載するとともに、写真を添付することとする。</li> </ul>	
<p>③非人形体（円柱体）</p> <p>【非人形体条件】※試験方法より抜粋</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・高さ1730mm、直径450mm相当の円柱体を用いる。</li> <li>・色や材質は問わないが、試験に使用した色と材質について試験結果報告書に記載するとともに、写真を添付することとする。</li> </ul>	

図一5 試験に使用した被検体



図一6 試験の流れ

## 5. 技術比較表の作成・公表

「建設機械の安全装置に関する技術」の技術比較表としてとりまとめを行い、NETISの「テーマ設定型の比較表」にて公表している。（以下のURL及びNo技術テーマ（技術応募）参照。

(<https://www.netis.mlit.go.jp/netis/pubtheme/themesettings>)

- 27 建設機械の安全装置に関する技術（ローラ）
- 40 建設機械の安全装置に関する技術（ドラグショベル）

## 6. おわりに

今回の試験結果は、あくまで試験時の条件におけるものであり、実現場においては建設機械の種類や規格・取付け位置・取付け方法、環境状況（逆光・悪天候など）によって変化する。このため、技術比較表は参考情報であり、現場の条件や目的に応じて適切に選択し安全管理を行っていくことが重要である。また、これらの技術は建設現場における人と建設機械の衝突に係るリスクの低減を支援するものであり、技術の有無にかかわらずリスク低減対策や法令を遵守することが引き続き求められる。

J C M A

【筆者紹介】  
 田中 基幸（たなか もとゆき）  
 国土交通省 近畿地方整備局  
 企画部 建設専門官

## 行政情報

## 無人航空機に関する航空局の取組

甲 斐 健太郎

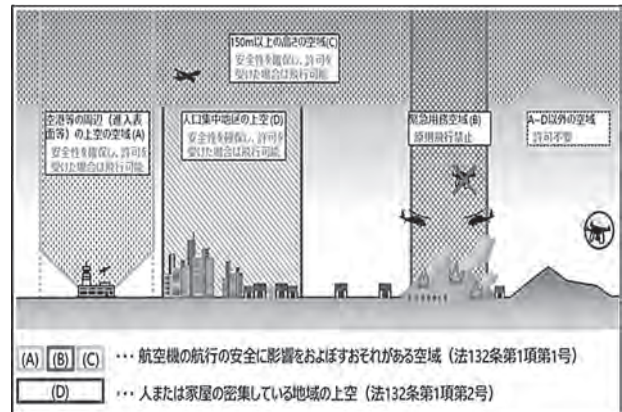
昨今、無人航空機が急速に普及しており、撮影や農薬散布、インフラ点検などの分野で利用が広がっている。今後、様々な分野で活用されることで、新たな産業・サービスの創出や国民生活の利便や質の向上に資することが期待される一方、落下事案が発生するなど、安全面における課題に直面している。

本稿では、今後更に多くの人々が無人航空機の利便性を享受し、産業、経済及び社会に変革を促すための航空局の取組について紹介する。

キーワード：無人航空機、ドローン、登録制度、レベル4飛行

## 1. はじめに

平成27年9月、無人航空機の飛行の安全確保について基本的なルールとなる「航空法の一部を改正する法律」（平成27年法律67号）を公布し、同年12月10日施行された。対象となる無人航空機については、飛行機、回転翼航空機等であって人が乗る事ができないもの（ドローン、ラジコン機等）のうち、遠隔操作又は自動操縦により飛行させることができ、さらに100g以上の機体が該当する（令和4年6月20日から200g以上から100g以上へ範囲が拡大）。



図一

## 2. 現行制度

## (1) 無人航空機の飛行にあたり許可を必要とする空域

以下の空域においては、無人航空機を飛行させるはならないが、国土交通大臣の許可を受けた場合は、この限りでないとしている。

<航空機の航行の安全に影響を及ぼすおそれのある空域>

- ① 空港等の周辺の上空の空域（図一1A）
- ② 消防、救助、警察業務その他の緊急用務を行うための航空機の飛行の安全を確保する必要がある空域（図一1B）
- ③ 地表又は水面から150m以上の高さの空域（図一1C）  
<人又は家屋の密集している地域の上空>
- ④ 国勢調査の結果を受け設定されている人口集中地区の上空（図一1D）

## (2) 無人航空機の飛行の方法

無人航空機を飛行させる際は、次の方法により飛行させなければならないが、⑤～⑩について国土交通大臣の承認を受けた場合はその限りでないとしている。

<遵守事項>

- ① アルコール又は薬物等の影響下で飛行させないこと
  - ② 飛行前確認を行うこと
  - ③ 航空機又は他の無人航空機との衝突を予防するよう飛行させること
  - ④ 他人に迷惑を及ぼすような方法で飛行させないこと
- <飛行の方法（図一2）>
- ⑤ 日中（日出から日没まで）に飛行させること
  - ⑥ 目視内（直接肉眼）範囲内で無人航空機とその周囲を常時監視して飛行させること
  - ⑦ 第三者又は第三者の物件との間に距離（30m）を保って飛行させること
  - ⑧ 祭礼、縁日など多数の人が集まる催し場所の上空で





図-2

飛行させないこと

- ⑨爆発物など危険物を輸送しないこと
- ⑩無人航空機から物を投下しないこと

### (3) 飛行規制の一部緩和

令和3年9月、さまざまな産業分野での無人航空機の利活用を拡大する観点から、これまでの無人航空機の飛行に係る許可及び承認の知見の蓄積を踏まえ、航空機の航行及び地上の人等の安全を損なうおそれがないと判断できるものについて、個別の許可・承認を不要とする見直しを実施した。

#### (a) 無人航空機の飛行禁止空域の見直し

煙突や鉄塔などの高層の構造物の周辺は、航空機の飛行が想定されないことから、地表又は水面から150m以上の空域であっても、当該構造物から30m以内の空域については、無人航空機の飛行禁止空域から除外することとした(図-3)。

#### (b) 無人航空機の飛行に係る許可・承認の見直し

十分な強度を有する紐等(30m以下)で係留し、飛行可能な範囲内への第三者の立入管理等の措置を講じて無人航空機を飛行させる場合は、以下の許可・承認

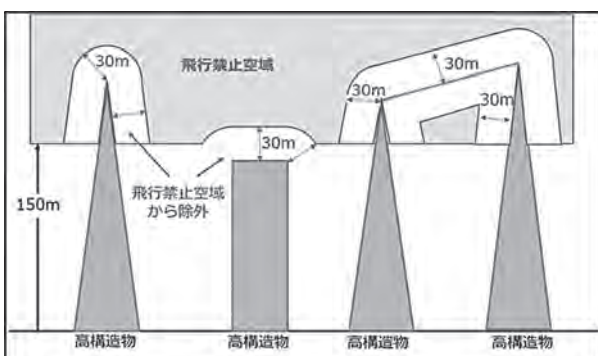


図-3

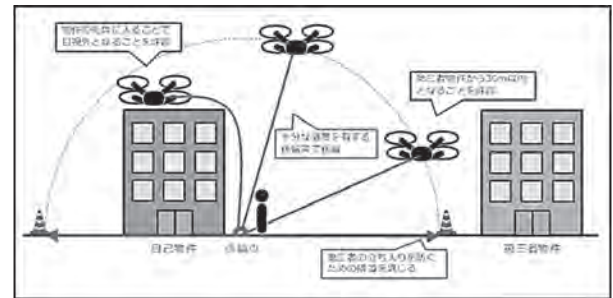


図-4

認を不要とした(図-4)。

- ①人口密集地上空における飛行
- ②夜間飛行
- ③目視外飛行
- ④第三者から30m以内の飛行
- ⑤物件投下

### (4) ドローン情報基盤システム

本システムは、無人航空機の各種手続きをオンラインで実現可能とするために整備したシステム群を言う。このうち飛行許可承認申請機能(DIPS)は、専用ホームページから飛行の許可・承認申請や事故等報告が行えるものである。本システムは、24時間手続きが可能、質問形式の申請入力方法のため申請提出が容易、履歴が残るため更新手続きが容易、全て電子で完結などの特性があり、手続きに要する時間も短縮されることから、引続き利用促進を図るものとする。

## 3. 無人航空機の登録制度について

### (1) 登録制度設立の概要

無人航空機の利活用拡大における安全・安心の確保のため、令和2年6月に公布された改正航空法(令和2年法律第61号)において無人航空機の登録制度が創設され、本年6月20日に施行された。これにより、国土交通大臣への無人航空機の所有者情報や機体情報などの登録が義務化されるとともに、登録時に発行される登録記号の表示等を行っていない無人航空機は原則として屋外で飛行禁止となった。

### (2) 登録の対象となる無人航空機

無人航空機に当てはまらないものを除き、マルチコプター型や、回転翼型、固定翼型など全ての無人航空機が登録の対象となる(ただし、法第131条の4のただし書きに基づきその飛行に当たって登録が免除されているもの、建物内等の屋内を飛行するものを除く)。また、登録制度の施行にあわせて、航空法における規

制対象となる無人航空機の重量が「200 g 以上」から「100 g 以上」に拡大された。これは、近年の性能向上により、衝突した場合に地上の人・物や航行中の航空機等の安全を損なうおそれがあるものが出てきており、今後もさらに増加していくものと考えられることによる。

無人航空機の登録においては、最低限必要となる機体の安全性を確保するため、以下の要件に該当する場合は登録することができない。

- ①製造者が機体の安全性に懸念があるとして回収（リコール）しているような機体や、事故が多発していることが明らかである機体等、予め国土交通大臣が登録できないものとして告示した無人航空機、又は告示した装備品を装備した無人航空機
- ②表面に不要な突起物がある等地上の人等に衝突した際に安全を著しく損なうおそれのある無人航空機
- ③遠隔操作又は自動操縦による飛行の制御が著しく困難である無人航空機

### (3) 無人航空機の登録方法

無人航空機の登録にあたっては、オンラインまたは書類提出にて申請を行うことができる。登録では所有者の厳格な本人確認を行っており、オンラインの場合はマイナンバーカード、運転免許証、パスポート（法人の場合 gBizID）のいずれかが必要となる。また、新規登録及び更新申請の手続きで登録手数料が発生し、申請方法及び本人確認の方法毎にその金額が異なる。登録が完了した後、申請した無人航空機の登録記号が発行されることになる。

### (4) 登録記号の表示義務

登録記号は無人航空機の外部から確認しやすく容易に取り外しができない箇所に耐久性のある方法で鮮明に表示しなくてはならない。また、機体への物理的な登録記号の表示に加え、識別情報を電波で遠隔発信するリモート ID 機能を機体に備えなければならない。リモート ID とは、リモート ID 機器等により電波で遠隔発信する識別情報を指す。

ただし、以下の場合には、リモート ID 機器等の搭載が免除される。

- ①無人航空機の事前登録受付が開始された令和 3 年 12 月 20 日から登録制度が施行される令和 4 年 6 月 20 日までの経過措置期間内に登録手続きを行った無人航空機
- ②あらかじめ国に届け出た特定区域の上空で行う飛行であって、無人航空機の飛行を監視するための補助

者の配置、区域の範囲の明示等の必要な措置を講じた上で行う飛行

- ③十分な強度を有する紐等（長さが 30 m 以内のもの）により係留して行う飛行

## 4. レベル 4 飛行の実現に向けて

### (1) レベル 4 飛行の実現を目指す背景

無人航空機は、「空の産業革命」とも言われる新たな可能性を有する技術であり、既に空撮、農業散布、測量、インフラの点検等の場で広く活用されている。また、離島や山間部、過疎地域等における荷物配送への活用が始まりつつあるところ、今後、都市部での物流等、さらに多様な産業分野の幅広い用途に利用され、多くの人々がその利便性を享受し、産業、経済、社会に変革をもたらすためには、有人地帯における補助者なし目視外飛行（レベル 4 飛行）の実現が不可欠である。

無人航空機に関しては、政府全体でその利活用の拡大等の取組みが進められている。具体的には、内閣官房、経済産業省及び国土交通省が中心となって官民協議会を立ち上げ、関係省庁及び民間団体が連携してその利活用に向けた検討を進めており、本年 4 月に新たな制度の検討状況についてとりまとめを行った。一定の方向性を示したところであるが、レベル 4 飛行を令和 4 年度までに実現することを目標としており、その実現に向けた詳細な制度整備を引き続き行っているところである。

### (2) 次期制度の概要

令和 4 年度を目途としたレベル 4 飛行の実現に向け、機体の安全性や操縦の技能に関する認証制度を柱とした、航空法等の一部を改正する法律（令和 3 年法律第 65 号）が令和 3 年 6 月に公布された。当該法律の公布を受け、本年 12 月の施行に向けて、具体的には「機体の認証制度」、「技能証明制度」及び「運航ルールの制度化」の仕組みの詳細を検討しているところ、無人航空機に係る法改正の概要について以下に記載する。

現在、目視外飛行等のいわゆる特定飛行を実施する場合には飛行毎に国土交通大臣の許可・承認が必要となるが、レベル 4 飛行についてはリスクが高いためこれまで認められていなかった。また、飛行毎の許可・承認の件数も年間数万件に達しており、その運用効率化が課題となっている。このため、上記の機体の認証制度をはじめとした 3 つの仕組みを作ることにより、





図一5 無人航空機の飛行のレベル

レベル4飛行を認めるとともに、これまで許可・承認を行ってきた飛行についても、原則、個別の許可・承認を不要とすることが今回の制度見直しの趣旨である(図一5)。

機体の認証制度については、有人機と同様、「型式認証」及び耐空証明に相当する「機体認証」を設ける(図一6)。技能証明制度については、これも有人機と同様、学科及び実地の試験を実施し無人航空機の操縦士に係る「技能証明」を付与する制度とする。また、いずれの制度においても民間機関に最大限に活躍して頂くために、機体認証の検査を行う「登録検査機関」、技能証明を取得するための無人航空機操縦士に対する講習を行う「登録講習機関」及び技能証明に係る試験を行う「指定試験機関」の制度を設けることとしている(図一7)。

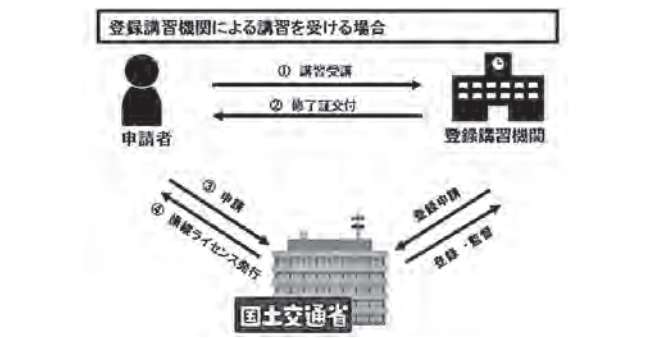
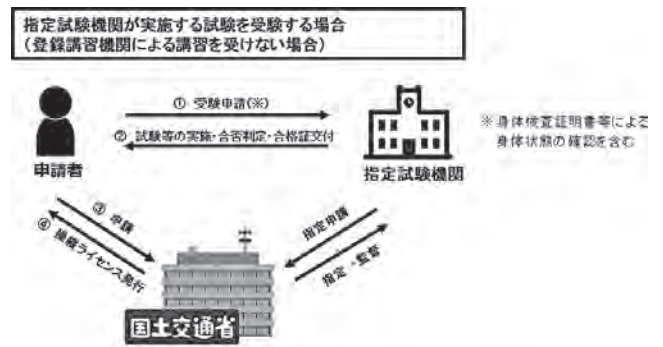
運航ルールの制度化については、これまで飛行毎の許可・承認の条件として遵守を求めていた「飛行計画の通報」、「飛行日誌の記載」、「事故等が発生した場合の国への報告」等が法的に義務付けられる。また、運輸安全委員会においてもその設置法を改正し、無人航空機の事故についても調査することとしている。

(3) レベル4飛行を行うための要件

レベル4飛行の実施についてはリスクの高い運航となるため、第一種機体認証を受けた機体を一等無人航空機操縦士が操縦する場合であって、かつ、飛行毎の許可・承認が必要となる。当該許可・承認の要件とし



図一6 機体認証のイメージ



図一7 技能証明取得のイメージ

て、運航形態に応じたリスク評価を行い、評価結果に基づくリスク軽減策を盛り込んだ飛行マニュアルを作成・遵守することを求めることとする。リスク評価の手法について具体化を図るため、今後、諸外国における先進事例を参考にし、リスク評価ガイドラインを策定する予定である。

(4) 今後の進め方

今般、機体の安全確保、操縦者の技能の確保、運航管理について本年4月にとりまとめるとともに、制度設計の詳細についても一定の検討の深度化を図ることができたが、なおいくつかの課題についてさらに検討が必要であるほか、制度の運用開始に向けさらに詳細について検討を進めることも必要である。

このことから、引き続き、航空機(有人機)をはじめとする他の交通モードの制度、無人航空機に係る国内の技術開発動向や利活用の実態、諸外国の動向等を踏まえつつ検討を進め、新たな制度の開始に万全を期するとともに、現行制度の運用のあり方をはじめとする課題の検討や、新たな制度の運用状況の確認等のフォローアップを行っていくこととする。さらに、小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会や、関係するワーキンググループ等の場を活用するほか、関係者や有識者とも意見交換を行いながら実施していくこととする。

今後、無人航空機の活用拡大に必要な施策を講じていくこととしているところであるが、そのためには安



全の確保は絶対条件であり、国としてはユースケースを積極的に収集し、実態に合った安全対策等の検討を進めることとしている。また、利活用の拡大を図るためには、社会受容性の確保が必須であることから、無人航空機を飛行させる方々におかれてはその点についても十分にご配慮願いたい。国としても、利活用の拡大のために、安全審査を行うだけでなく、コンサル的

な業務も行いつつ、皆様方と連携して利活用拡大のための施策を講じて参りたい。

JCMA

【筆者紹介】

甲斐 健太郎（かい けんたろう）  
国土交通省 航空局  
安全部 無人航空機安全課  
課長補佐



# 建設業における労働災害の起因物と事故の型の傾向

玉手 聡

建設業における労働災害は1961年から2020年までの59年間に死亡災害は1/10までの減少を遂げた。この値は全産業の1/8よりも減少率は高いものの就業者数に対して整理した死傷危険度では建設業は全産業よりも1.6倍高く、死亡危険度に至っては4.5倍も高い。さらに、災害事例を分析すると建設業では「墜落、転落」「激突され」「崩壊、倒壊」「飛来、落下」といった事故が多い。そして、これらの多くは工事現場で発生しておりその労働環境には「工事用仮設」という共通点が見られた。そこで本稿では建設業のさらなる災害防止への課題について考察する。なお、本稿は安全工学誌に発表した論文<sup>1)</sup>から一部編集したものである。

キーワード：労働災害，建設業，起因物，事故の型

## 1. はじめに

建設業における死傷者数と死亡者数はこれまで着実に減少してきたが近年は収束傾向も見られる<sup>2)</sup>。しかしながら、依然重篤性の高い事故が多く発生しており、さらなる災害防止に努めなければならない。そこで本研究では建設業における労働災害について、その発生状況の詳細分析からさらなる減少のための課題を考察する。なお、本分析には厚生労働省が職場のあんぜんサイト<sup>3)</sup>に公開している直近5年間の死亡災害データを用いた。

## 2. 死亡災害に占める起因物の種類と占有度比

図-1は「職場のあんぜんサイト」内の「死亡災害データベース」から分析した2014年から2018年までの5年間の起因物<sup>4)</sup>の内訳の推移である。各起因物の値に細かな増減はあるもののそれぞれの順位はほぼ同じに推移している。全産業では「物上げ装置、運搬装置」が最も多くを占め、次いで「仮設物、建築物、構築物」、「動力機械」の順に多い。

表-1は2014年から2018年までの5年間の死亡災害から「起因物」(大分類)の内訳を全産業と建設業について示す。全産業における死亡災害4,844人のうち「物上げ装置・運搬機械」によるものは1,845人と最も多い。一方、建設業では「仮設物・建築物・構

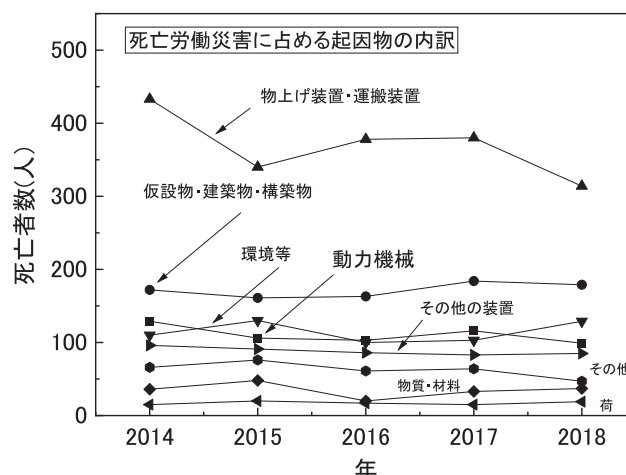


図-1 死亡労働災害に占める「起因物」の内訳(2014年から2018年までの5年間の推移)

表-1 死亡労働災害の起因物に占める建設業の関係(2014年から2018年までの5年間の合計、単位:人)

起因物(大分類) <i>i</i>	全産業 <i>A<sub>i</sub></i>	建設業 <i>B<sub>i</sub></i>	占有度比 <i>R<sub>i</sub></i>
1 動力機械	553	227	1.22
2 仮設物, 建築物, 構築物	859	571	1.98
3 物上げ装置, 運搬装置	1,845	370	0.54
4 環境等	572	202	1.05
5 物質・材料	174	41	0.7
6 荷	86	17	0.59
7 その他の装置	441	156	1.05
8 その他	314	46	0.44
小計	4,844	1,630	(0.34)

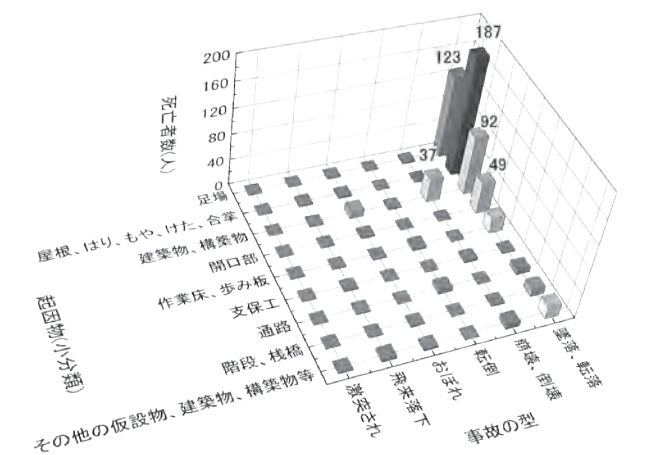
築物」が1,630人中571人と最も多い。このように災害に占める各起因物の多さは全産業と建設業で異なっている。そこで同表の右端の列に建設業の占有度比  $R_i$  を示した。 $R_i$  は式 (1) に定義する計算式から求めた値であり、その値が1以上の場合は、建設業の当該起因物の発生割合が平均よりも多いことを意味する。

$$R_i = \frac{B_i / A_i}{\sum B_i / \sum A_i} \quad (1)$$

### 3. 仮設物、建築物、構築物に起因する災害

「仮設物、建築物、構築物」の  $R_2$  は1.98と最も大きく他の産業と比べて建設業に特徴的な起因物（大分類）と言える。図一2は「仮設物、建築物、構築物」についてその起因物（小分類）と事故の型の関係の詳細を示す。事故の型<sup>4)</sup>を見ると「墜落、転落」に集中して分布する。この5年間における建設業における死亡者数は計1,630人であるが、「墜落、転落」は521人と「仮設物、建築物、構築物」における死亡者571人の約91%を占めた。次の「崩壊、倒壊」の51人(9%)とは大きな差がある。さらに「墜落、転落」の起因物（小分類）を見ると発生場所を知ることができる。すなわち「足場」が123人(25%)と「屋根、はり、もや、けた、合掌」が187人と突出している。次いで「建築物、構築物」が92人(18%)と続く。したがって、墜落災害は足場や屋根等からが際だって多い。また「崩壊、倒壊」については全51人のうち「建築物、構築物」が37名と73%を占めていた。

平成30年6月に労働安全衛生法施行令が一部改正され一定の要件を備えたものでないと使用できない「安全帯」を「墜落制止用器具」に改めた。また、労働安全衛生規則第518条の2と第519条の2では作業床を設けることが困難な場合と開口部等に囲いを設け



図一2 2014年から2018年までの5年間に建設業で発生した死亡災害のうち「仮設物・建築物・構築物」の起因物（小分類）と「事故の型」の関係

ることが困難な場合には要求性能墜落制止用器具を使用して墜落を防止するよう定めた。さらに、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を特別教育の対象とした<sup>5)</sup>。このように「墜落、転落」防止のための対策が近年強化されている。

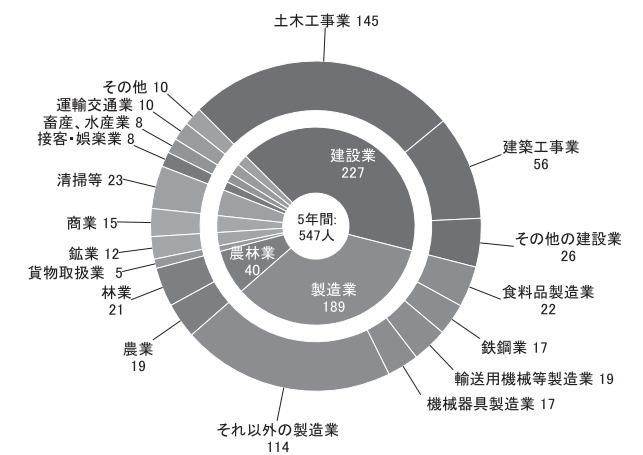
### 4. 建設機械等に起因する災害

次に建設業で占有度が大きい起因物は「動力機械」であり  $R_1$  は1.11である。「動力機械」の中分類には「原動機」「動力伝達機構」「木材加工用機械」「建設機械等」「金属加工用機械」「一般動力機械」「車両系木材伐出機械等」があり、さらに小分類がある。

図一3は起因物が「動力機械」であった2014年から2018年の死亡災害について業種の大分類と中分類を示す。内側の円に示した大分類を見ると建設業が227人(41%)と最も多く、次いで製造業の189人(35%)が続く。外側の円に示した中分類では、建設業のうち土木が145人とその約2/3を占めている。

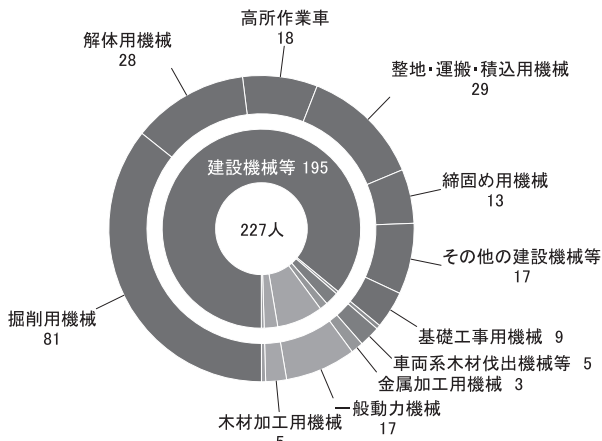
図一4は起因物が「動力機械」（大分類）である死亡災害の中分類と小分類を示す。以降の分析では建設業において2014年から2018年までの5年間に発生した死亡者数を合計して傾向を見る。中分類では「建設機械等」が195人と全体の86%を占めその多さが際立っている。そしてその小分類では「掘削用機械」によるものが81人と約4割を占めた。次いで「整地、運搬、積込用機械」が29人(15%)、「解体用機械」が28人(14%)と続く。

図一5は同じく「建設機械等」による死亡災害について起因物（小分類）と事故の型の関係である。まず、災害は掘削用機械に多く発生していることがわかる。その事故の型は「はさまれ、巻き込まれ」が31人(38%)と最も多く、次いで「激突され」が22人

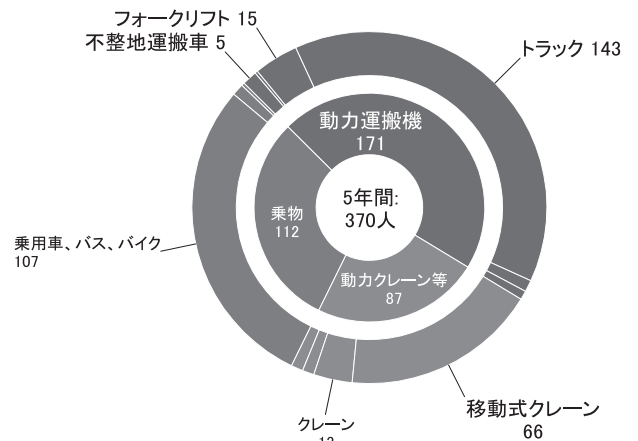


図一3 2014年から2018年の5年間に発生した死亡災害のうち起因物を「動力機械」とする「業種」の大分類（内側の円）と中分類（外側の円）

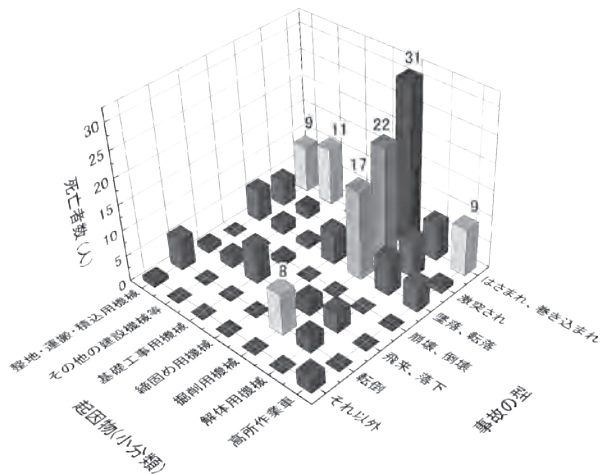




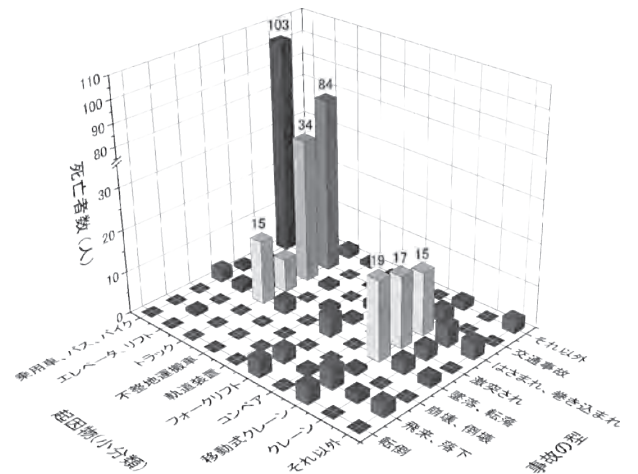
図一四 2014年から2018年までの5年間に建設業で発生した死亡災害のうち起因物が「動力機械」であるものの中分類 (内側の円) と小分類 (外側の円)



図一六 2014年から2018年までの5年間に建設業で発生した死亡災害のうち起因物が「物上げ装置、運搬機械」であるものの中分類 (内側の円) と小分類 (外側の円)



図一五 2014年から2018年までの5年間に建設業で発生した死亡災害のうち「建設機械等」の起因物 (小分類) と「事故の型」の関係



図一七 2014年から2018年までの5年間に建設業で発生した死亡災害のうち「物上げ装置、運搬機械」の起因物 (小分類) と「事故の型」の関係

(27%), 「墜落, 転落」が17人 (21%) である。他の建設機械による災害もこの3つの型に集中している。なお, 「転倒」は8件 (10%) と数自体は少ないが災害状況には「墜落, 転落」との関連性が見られた。例えば, 斜面や法肩を走行した際にバランスを崩したことによる事故は地盤の沈下や斜面のすべりによって発生したものであり, 土のせん断強さの判断を誤ったために起こったものである。また, 掘削用機械が荷をつり上げた際の転倒事故, すなわち, クレーン作業中の事故も多い。掘らの調査によれば掘削用機械によるクレーン作業中の死亡事故は2割を超えており機械の多用化による事故が増加している<sup>6)</sup>。

### 5. 移動式クレーン等に起因する災害

「物上げ装置・運搬装置」による死亡災害の  $R_3$  は0.54と低いもののその発生数は370件と「仮設物・建築物・

構築物」に次いで多い。

図一六は同様に2014年から2018年に建設業で発生した死亡災害のうち起因物が「物上げ装置, 運搬機械」であるものの中分類と小分類を示す。まず, 中分類を見ると「動力運搬機」によるものが171人と全体の約46%を占める。次いで「乗物」が112人 (30%), 「動力クレーン」が87人 (24%) の順に多い。小分類では「トラック」が143人と最も多く単独で全体の39%を占める。次いで, 「乗用車, バス, バイク」が107人 (29%), そして「移動式クレーン」の66人 (18%) と続く。

図一七は同じく「物上げ装置, 運搬機械」による死亡災害について起因物 (小分類) と事故の型の関係を示す。この起因物 (小分類) においては「トラック」の発生数が最も多く次いで「乗用車, バス, バイク」が多い。その事故の型は「交通事故」が, それぞれの59%と96%と多くを占めた。厚生労働省は交通労働

災害防止のためガイドライン<sup>7)</sup>を示し、全業種共通の事項を取りまとめて職場での交通事故防止対策の推進している。

「交通事故」の次に多い事故の型は「墜落、転落」、「激突され」、「はさまれ、巻き込まれ」である。これらはいずれも工事中に発生したものであり、その発生場所は「交通事故」と異なる。見方を変えれば図6の小分類において「移動式クレーン」は第3番目に事故の多い機械であったが「交通事故」を除けば最も事故の多い機械と言える。その事故の型は「墜落、転落」、「激突され」、「はさまれ、巻き込まれ」が多く、先の図一5に示した「建設機械等」と類似する。さらに、発生状況を調べるとほぼ3つの型に分類されその発生原因には類似点も見られた。

例えば、移動式クレーンで荷を吊り上げた際にバランスを崩して転倒し、作業者が移動式クレーンに挟まれる事故があったがこの事故の型は「はさまれ、巻き込まれ」と分類されていた。しかし、この事故の元となった現象はその前の「転倒」であったことからこの2つの型には関連が見られた。また、他には運転者が移動式クレーンの下敷きとなって「激突され」とされたものもあったが、こちらも「転倒」との関連が見られた。このように「墜落、転落」、「はさまれ、巻き込まれ」、「激突され」には「転倒」と関連のある災害が多い。さらに「転倒」の原因には、つり荷の過荷重や設置地盤の養生不足によって（地盤沈下によって）バランスを崩したのが見られた。地耐力不足により移動式クレーンが転倒する事故が発生しており、その防止には地盤の調査と養生が必要である<sup>8)</sup>。

また、「崩壊、倒壊」ではつり荷が物体に「激突」し、結果的に構造物が「倒壊」したケースや、「墜落、転落」では、つり荷が物体に「激突」した弾みで足場が「倒壊」し、さらにそこから作業者が「墜落」したケースもあった。したがって、移動式クレーンでは複数の要素が関係して事故に至ったのが見られた。同種災害の防止には、その元となった原因の解明が必要である。そして、さらに人への危害に至るプロセスにおいて一連の流れをどこかで止める手立ては講じられないか、労働災害防止の観点から検討が必要と思われる。

## 6. おわりに

建設業では「墜落、転落」「激突され」「崩壊、倒壊」「飛来、落下」といった事故が多く、その事故は工事現場で発生している。その労働環境には「工所用仮設

という共通性が見られ、災害防止にはまずその労働環境上の問題を整理して解決することが必要である。

労働災害の「事故の型」と「起因物」はそれぞれ「もとなつた」機械や装置並びに起因物を一つ挙げる形で整理されている。一方、クレーン機能付きドラグ・ショベルのように機械の高機能化や工法の多様化によって「事故の型」と「起因物」の整理は複雑となっている。

例えば、「激突され」、「墜落、転落」、「倒壊、崩壊」と別々に分類されている事故も例えば「吊り荷が激突して足場が倒壊して作業者が墜落」のように一連の機序に複数の型が含まれるケースもある。本稿では複数の要因が関連して事故の至るケースを指摘するとともに一連の発生プロセスのどこかで危害の流れを止める私見を述べた。

また、土木工事では土や地盤という自然材料の中に物を構築することが多いがその強さは化学物質や金属材料のような人工的な材料と比べると不確実性が高い。さらに、工所用仮設という環境では崩壊防止が容易でないケースもあることから、たとえ崩壊しても人への危害は防止するリスク低減の考え方が今後必要と考えられる。

JCMA

### 【参考文献】

- 1) 玉手聡：建設業における労働災害の基礎的分析。安全工学, Vol.61, No.1, pp.35-44, 2022.
- 2) 厚生労働省, 第13次労働災害防止計画。https://www.mhlw.go.jp/content/11200000/000341158.pdf (2018)
- 3) 厚生労働省「職場のあんぜんサイト」, 労働災害統計。https://anzeninfo.mhlw.go.jp/user/anzen/tok/anst00.htm/
- 4) 中央労働災害防止協会, 労働災害分類の手引き-統計処理のための原因要素分, pp.23-79 (2019)
- 5) 建設業労働災害防止協会, 墜落防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の業務にかかる特別教育テキスト-フルハーネス型安全帯使用作業特別教育-, pp.2-6 (2018)
- 6) 堀智仁, 玉手聡, ドラグ・ショベルのクレーン作業による死亡災害の分析とつり荷走行時の荷振れによる作業半径の増加, 労働安全衛生研究, 13-1, pp.49-56 (2020)
- 7) 厚生労働省, 交通労働災害防止のためのガイドライン, 平成30年6月1日改正, (2018)
- 8) 玉手聡, 堀智仁, 作業現場における地耐力確認の方法-移動式クレーンを含めた建設機械等の転倒防止対策-, 労働安全衛生総合研究所技術資料, JNOSH-TD-NO.23, (2015)

### 【筆者紹介】

玉手 聡 (たまたま さとし)  
 (働)労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所  
 労働災害調査分析センター  
 センター長



# ドラグ・ショベルのつり荷走行時の荷振れが作業半径増加に与える影響

堀 智 仁

ドラグ・ショベルは、建設機械の中でも使用頻度の高い機械である。近年では、クレーン機能を備えたものが広く普及しており、この機械によるクレーン作業中の労働災害も少なからず発生している。ドラグ・ショベルの死亡災害を分析し、クレーン作業中に発生した災害を詳細に分析した結果、つり荷を吊った状態で移動する「つり荷走行中」に転倒する災害が発生していることがわかった。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、つり荷走行時の荷振れが機械の不安定化に与える影響について検証した結果を述べる。

キーワード：労働災害，死亡災害，掘削用機械，クレーン作業，つり荷走行

## 1. はじめに

建設機械は土木および建築工事において必要不可欠なものであり、中でもドラグ・ショベルは使用頻度の非常に高い機械である。近年では、ドラグ・ショベルにクレーン機能が備わった機械が開発され、その利便性から多くの建設現場で使用されているが、同種機械によるクレーン作業中の災害も頻発している。そこで本研究では、ドラグ・ショベルによる労働災害を分析するとともに、クレーン作業中に発生した「つり荷走行」時の転倒災害に着目し、機械の移動に伴って生じる「荷ぶれ」が機械の不安定化に与える影響について実験的に検証した。

## 2. ドラグ・ショベルに関する安全基準等

ドラグ・ショベルによるクレーン作業は、労働安全衛生規則第164条により、「主たる用途以外の使用」を原則禁止している。しかし、臨時的で代替の方法が採用できない場合、作業上の性質上やむを得ない場合はクレーン作業が認められてきた。2000年には、労働省（現 厚生労働省）労働基準局安全衛生部安全課長より事務連絡として「クレーンを備えた車両建設系建設機械の取扱いについて」が示された。これにより、クレーン機能付きドラグ・ショベルは正式に認可され、ドラグ・ショベルでありながら作業モードを切り替えることで、移動式クローラクレーンとして使用できるようになった。

つり荷走行に関するものとしては、日本クレーン協会が2005年に「油圧ショベル兼用屈曲ジブ式クレーンのつり荷走行時の能力設定に関する指針」を制定している<sup>1)</sup>。その主な内容はつり荷の重さを「定格荷重の1/2以下」とし、その走行経路については「水平堅固で傾斜1%以下の傾斜」とするものである。

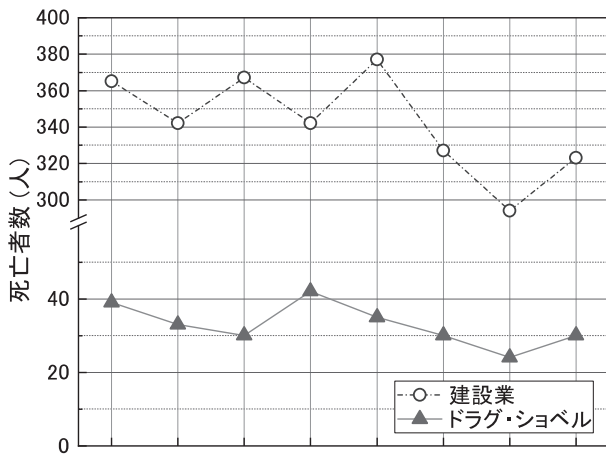
## 3. ドラグ・ショベルによる死亡災害の分析

厚生労働省の「職場のあんぜんサイト」には、平成3年から平成30年までに発生した死亡災害の個別の事例の全数が掲載されており（令和4年6月14日閲覧）、この死亡災害データベースには、各事例の発生状況や発生時間、事業場の規模、業種、起因物、事故の型等の情報が記載されている<sup>2)</sup>。

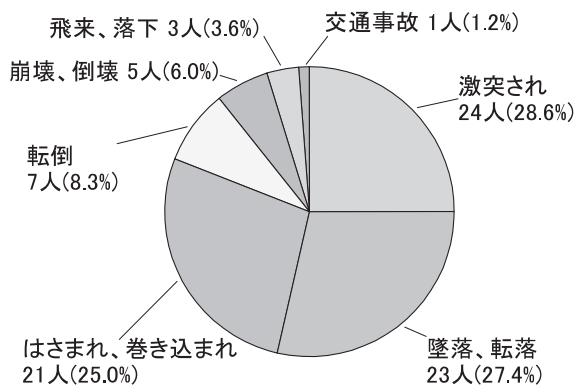
本研究では、平成27年～平成29年の3年間に発生した死亡災害を詳細に分析した。図-1にH22～H29の建設業およびドラグ・ショベルによる死亡災害の推移を示す。当該期間の建設業における死亡者は2,737人（年平均342.1人）であり、H26～H29にかけてやや減少傾向にある。一方、ドラグ・ショベルによる死亡者は263人（年平均32.8人）であり、建設業におけるその約1割を占めていることがわかる。

図-2にドラグ・ショベルにおける「事故の型」別の災害発生状況を示す。図に示したデータはH27～H29のものであり、3年間の死亡者数は84人であった。「事故の型」別でみると、「激突され」が24人（28.6%）と最も多く、次いで、「墜落、転落」が23人（27.4%）、





図一 建設業およびドラグ・ショベルによる死亡災害



図二 ドラグ・ショベルにおける「事故の型」別災害発生状況 (H27~H29)

「はさまれ、巻き込まれ」が21人 (25.0%) の順となっており、これら3つの事故の型で、全体の約8割を占めている。

次に、災害の多い3つの「事故の型」について詳細に分析した。図一3に分析結果を示す。

「激突され」(24人, 28.6%) における主な災害は、クレーン作業時に発生した災害が10人、ドラグ・ショベルのバケットに激突された事例が5人、機械の走行・移動中に機械にひかれた事例が2人などであった。

「墜落、転落」(23人, 27.4%) における主な災害は、クレーン作業時に発生した事例が8人、次いで、機械の積み込み・積み下ろし作業中に発生した事例が6人、斜面等を走行中に転落した事例が5人などであった。

「はさまれ、巻き込まれ」(21人, 25.0%) による主な災害は、機械の移動時に作業者が轢かれた事例が9人、回転時に機械とその他の構造物等に挟まれた事例が8人であった。

災害発生時の作業別に結果を取りまとめたものを表一1に示す。最も死亡災害の多い作業は「クレーン作業」であり、24人 (28.6%) であった。具体的には、機械が転倒した事例 (9人) や、つり荷が落下して被

災した事例 (4人)、つり荷が激突して被災した事例 (4人) などであった。次いで災害の多い作業は、機械移動時に周辺で作業していた作業者が轢かれた事例が12人 (14.3%)、回転時に機械と構造物等にはさまれた事例が12人 (11.9%)、機械の積み込み、積み下ろし作業中に登坂用具が重機運搬用トレーラーから外れて機械とともに転落した事例が8人 (9.5%)、機械移動時に斜面等から転落した事例が8人 (9.5%)、機械が法肩等に位置した際に地山が崩壊して機械とともに転落した事例が6人 (7.1%) であった。

以上の結果から、ドラグ・ショベルは掘削用機械でありながら、掘削作業時の災害は少なく、クレーン作業時や機械移動時に災害が多く発生していることがわかる。また、クレーン作業中の災害では、クレーンモードへの切り替えミス等、クレーン機能付きドラグ・ショベル特有の災害も発生しており、過荷重を検知しないことや、回転スピードが早いままであったこと等による災害も数件みられた。

#### 4. つり荷走行に関する実大実験

##### (1) 実験の概要

つり荷走行時に機械が転倒した事例は多くないが、比較的新しい機種はROPS (Roll-Over Protective Structures) やTOPS (Tip-Over Protective Structures) 等の運転員保護構造を有しており、死亡災害には至らなかったものの、つり荷走行中の転倒災害は潜在的に発生していると推察される。筆者らは過去に実機を用いて走行路の地盤条件や走行速度等の違いがつり荷走行時の荷重変動に与える影響について調査を行った<sup>3)</sup>。しかしながら、過去の検討では機械の移動に伴うつり荷の「荷振れ」の影響については考慮していなかった。荷振れによって静止時よりも作業半径が増加し、機体が不安定化することが考えられることから、既往のデータを再度解析して、荷振れが作業半径の増加に与える影響を検討した。

##### (2) 実験条件

図一4につり荷走行実験の概要を示す。本研究では災害の多い小型のドラグ・ショベル (機械総質量 43.5 kN, 平均接地圧 26 kN/m<sup>2</sup>) を用いた<sup>4)</sup>。

表一2に実験条件を示す。作業半径  $R_w$  は3mおよび2.1mである。また、定格荷重はそれぞれ5kNおよび10kNである。つり荷の重さ  $W_0$  は日本クレーン協会の指針に従い定格荷重の1/2とした。

走行路は水平堅固の理想的な走行路を模擬したコン

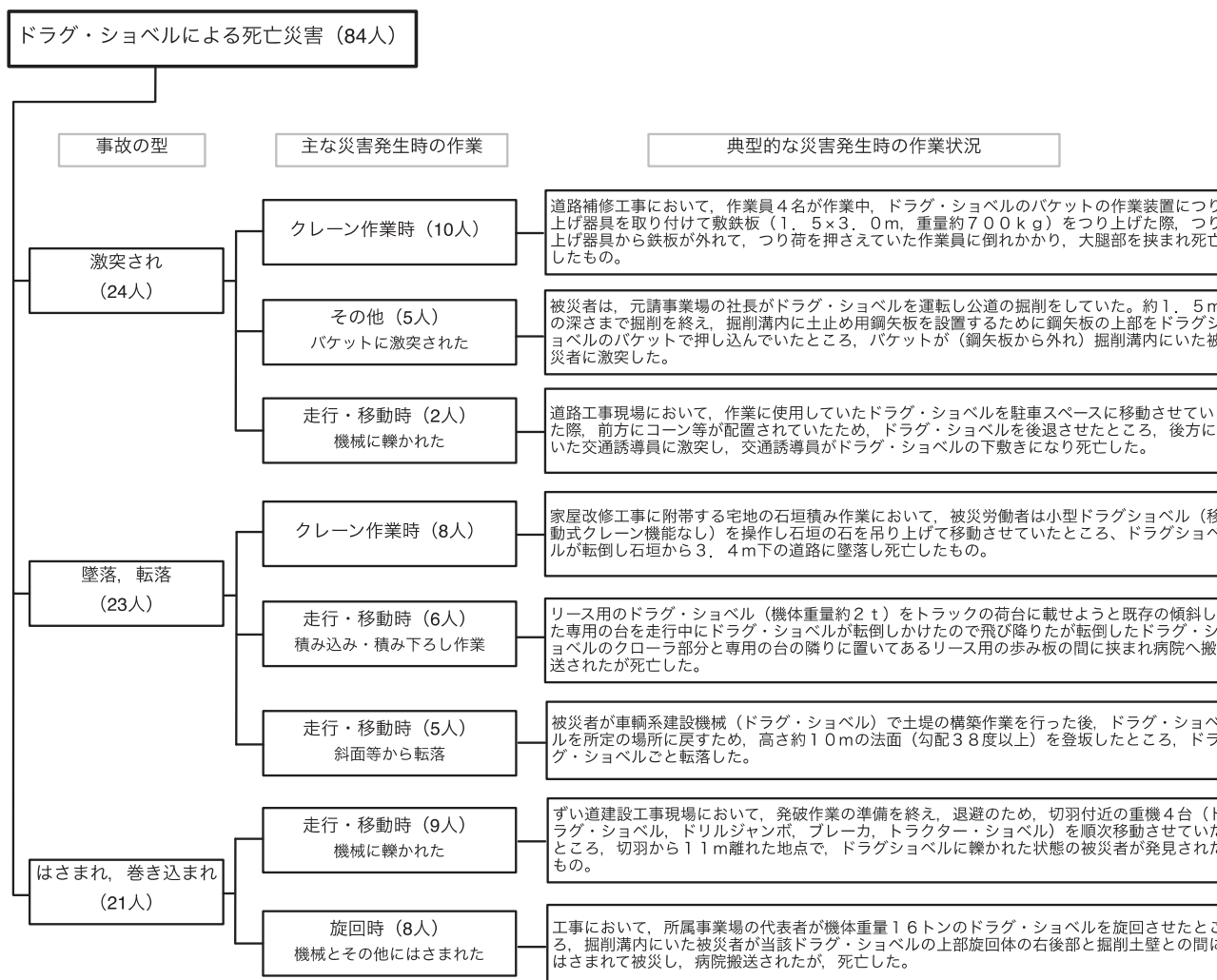


図-3 ドラグ・ショベルにおける死亡災害の詳細分析結果 (H27～H29)

表-1 災害発生時の作業 (H27～H29)

主な災害発生時の作業	死亡者数 (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	

クリーン床(以下、理想地盤という)と、関東ロームを盛土して作製した平坦な地盤(以下、平坦地盤という)および起伏を有する地盤(以下、起伏地盤)の3種類である。図-5に平坦地盤および起伏地盤の地表形状を示す。

つり荷走行時の機体およびつり荷の揺動を高速度カ

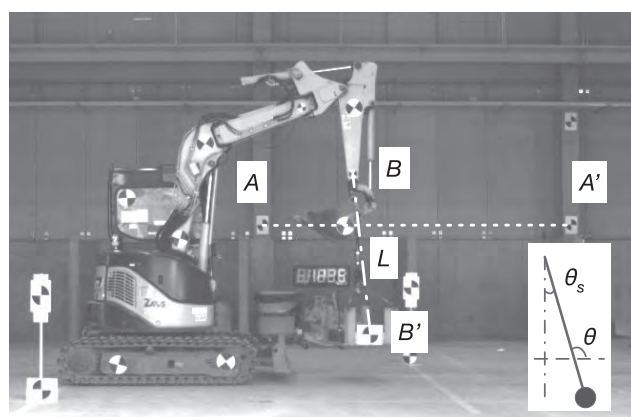
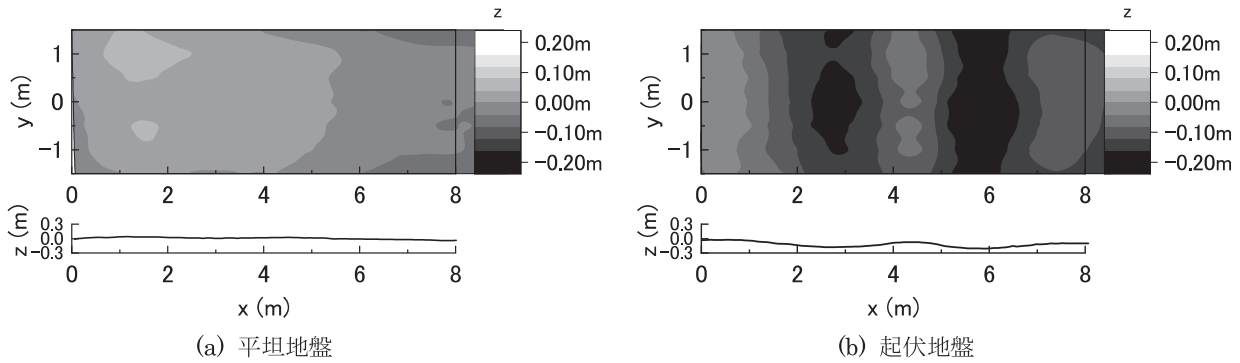


図-4 つり荷走行実験の概要

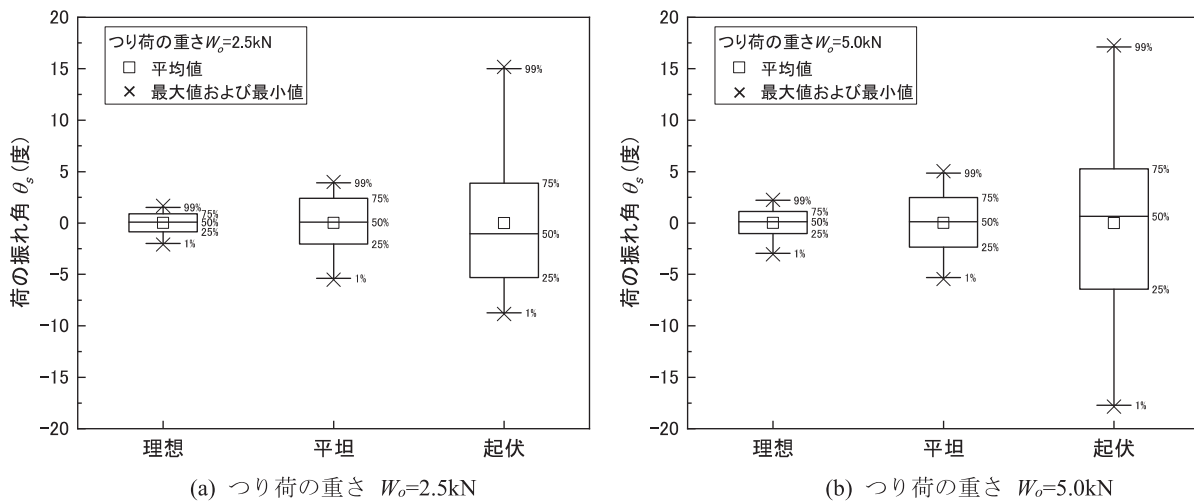
メラで撮影して画像解析により荷の振れ角 $\theta_s$ 等を求めた。画像解析では、図-4に示す実験場の壁面に設置したターゲットマーカーAおよびA'を結ぶ線と、ドラグ・ショベルのアームの先端に設置したマーカーBとつり荷に設置したマーカーB'を結ぶ測線とのなす角度 $\theta$ を求めた。本研究では、 $\theta$ とその平均値 $\theta_{ave}$ の差をつり荷の振れ角 $\theta_s$ と定義した。

表一 実験条件

実験名	作業半径 $R_W$ (m)	つり荷の重さ $W_o$ (kN)	走行速度 $v$ (km/h)	走行路
Cs1	3	2.5	2	理想地盤 (コンクリート)
Cs2				平坦地盤 (関東ローム)
Cs3				起伏地盤 (関東ローム)
Cs4	2.1	5.0	2	理想地盤 (コンクリート)
Cs5				平坦地盤 (関東ローム)
Cs6				起伏地盤 (関東ローム)



図一 5 走行路の地表面形状



図一 6 つり荷の振れ角  $\theta_s$

(3) 実験結果

$\theta_s$ の結果をボックスチャートで示したものを図一6に示す。図中には、1、25 (第一四分位)、50 (中央値)、75 (第三四分位)、99 パーセントイルのほか、最小値および最大値、平均値を示した。 $W_o=2.5$  kNの結果 (図一6 (a)) をみると、理想地盤の $\theta_s$ は $\pm 2$ 度付近に分布しているのに対して、平坦地盤では、 $-5$ 度から $4$ 度の範囲に分布しており、理想地盤よりも $\theta_s$ が広い範囲に分布している。これは地表面のわずかな起伏や強度のパラツキに起因するものと考えられる。起伏地盤は、 $-8$ 度から $15$ 度に分布しており、地表面の起伏の影響により $\theta_s$ が大きくなっている。

$W_o=5.0$  kNの結果 (図一6 (b)) も、 $W_o=2.5$  kNの結果と同様の傾向を示しているが、全体的に $\theta_s$ は $W_o=2.5$  kNの結果に比べ大きい。特に起伏地盤の $\theta_s$ は $\pm 17$ 度に分布しており、荷が大きく振れていた。

次に、荷振れによる作業半径の増加について検討した。 $\theta_s$ の最大値 $\theta_{s,max}$ から作業半径の増加量 $\Delta R_W$ は次式により求まる。

$$\Delta R_W = L \times \sin \theta_{s,max} \tag{1}$$

ここで、 $L$ は図一4における $B-B'$ 間の長さである。最大作業半径 $R_{W,max}$ および作業半径の増加率 $R_{Wi}$ は次式により求まる。



$$R_{Wmax} = R_W + \Delta R_W \tag{2}$$

$$R_{Wi} = \frac{R_{Wmax} - R_W}{R_W} \tag{3}$$

表—2 に最大作業半径  $R_{Wmax}$  および作業半径の増加率  $R_{Wi}$  を示す。

理想地盤における  $R_{Wi}$  は  $W_o=2.5$  kN (Cs1) で1.65%,  $W_o=5$  kN (Cs4) で3.19%と作業半径の増加はわずかであるのに対して, 平坦地盤では,  $W_o=2.5$  kN (Cs2) で3.95%,  $W_o=5$  kN (Cs5) で7.09%と増加した。さらに, 起伏地盤においては,  $W_o=2.5$  kN (Cs3) で14.82%,  $W_o=5$  kN (Cs6) で23.99%と大幅に増加していることが確認できる。

一般的にクレーンのつり上げ能力は作業半径が大きくなるほど定格荷重は小さくなる。本実験で使用したドラグ・ショベルの定格荷重曲線から各  $R_{Wmax}$  に対応した換算定格荷重  $F_r$  を表—2 に示す。

$W_o=2.5$  kN では, 機械静止時の定格荷重 5.0 kN に対して,  $F_r$  は平坦地盤で4.67 kN, 起伏地盤では3.83 kN まで低下する。一方,  $W_o=5.0$  kN では, 静止時の定格荷重 10 kN に対して, 平坦地盤では8.77 kN, 起伏地盤では6.77 kN と  $F_r$  が87%~67%と大幅に低下することがわかった。

以上の結果から, 機械の自走中には荷振れによって作業半径が一時的に増加して, 機械を転倒させようとする力が増加するとともに, 見かけの定格荷重が減少するため, 場合によっては機体が著しく不安定化することが考えられる。したがって, 荷振れをなるべく発生させないためにも, 地盤の平坦性の確保は非常に重要であると考えられる。

## 5. おわりに

### (1) ドラグ・ショベルに関する災害分析結果

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1割を占めていることがわかった。また, H27~H29年の死亡災害(84人)の災害発生時の作業別に分析した結果, クレーン作業時の災害が24人(28.6%)と最も多く発生していた。災害の中にはクレーンモードへの切り替え忘れにより, 過荷重を検知しなかった事例は旋回スピードが速く, つり荷が作業者に激突した事例など, クレーン機能付きドラグ・ショベル特有の災害も発生していた。しかしながら, その他の災害の多くは, 玉掛け作業に起因する災害であり, 玉掛け用具の不良や玉掛け方法の不良, 合図の不良および安全確認不足等が災害の原因となっていた。当該機械のクレーン作業における災害を防止するためには一般的な安全対策<sup>5)</sup>の徹底が重要であると考えられる。

### (2) つり荷走行時の荷ぶれの影響

つり荷走行時の荷の揺動の様子を高速度カメラで撮影し, 荷の振れ角  $\theta_s$  を求めた結果, 走行路の起伏や地盤の支持力のバラツキ等によってつり荷が上下動して転倒モーメントを増加させる。これに加えて, 荷が前後に振れると作業半径が増加するため転倒モーメントは増加することが確認された。つり荷走行中には荷振れによって作業半径が一時的に増加するため, 見かけの定格荷重が減少する。そのため, 荷振れによる転倒モーメントの増加を考慮して自走時の定格荷重は適宜減少させることも考慮すべきと考えられる。

JCMMA

#### 【参考文献】

- 1) (一社)日本クレーン協会:油圧ショベル兼用屈曲ジブ式移動式クレーンのつり荷走行時の能力設定に関する指針, 日本クレーン協会規格, 2007; JCAS2005-2007.
- 2) 厚生労働省:職場のあんぜんサイト, <http://anzeninfo.mhlw.go.jp>.
- 3) 堀智仁, 玉手聡, 石野貴裕:ドラグ・ショベルのつり荷走行時における不安定要因の実験的検討, 土木学会論文集 F6 (安全問題), vol.69, No.2, pp.I\_159~I\_164, 2013.
- 4) 吉川直孝, 伊藤和也, 堀智仁, 清水憲尚, 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), 70 (2), I\_107-I\_114, 2014.
- 5) 厚生労働省通達:玉掛け作業の安全に係るガイドラインの策定について, 平成12年2月24日基発第96号, 2000.

表—3 荷の振れ角から算出した作業半径の概算値

実験名	走行路	$\theta_{smax}$ (度)	$R_{Wmax}$ (m)	$R_{Wi}$ (%)	$F_r$ (kN)
Cs1	理想	1.67	3.05	1.65	4.93
Cs2	平坦	4.00	3.12	3.95	4.67
Cs3	起伏	15.18	3.44	14.82	3.83
Cs4	理想	2.26	2.17	3.19	9.24
Cs5	平坦	5.03	2.25	7.09	8.77
Cs6	起伏	17.26	2.6	23.99	6.77

#### 【筆者紹介】

堀 智仁 (ほり ともひと)

(独)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

上席研究員



# 積載形トラッククレーンの安全運転のポイント

高橋 英樹

積載形トラッククレーンは「吊る、積む、運ぶ、作業する」といった一連の作業を一台で行うことができるため、さまざまな業種で幅広い用途に便利に使用されているが、積載形トラッククレーン特有の性能特性が人為的なミスにつながり、重大な災害を発生させている。転倒事故は十分に注意を払って作業すれば必ず防げるものであり、難しいものではない。各作業を安全に行うための留意点を解説する。

キーワード：積載形トラッククレーン、移動式クレーン構造規格、過負荷防止装置、空車時定格総荷重、安定度

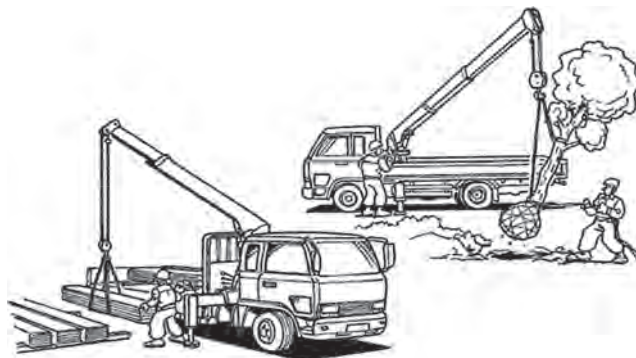
## 1. はじめに

積載形トラッククレーン（図一1）は、車両搭載形クレーンや、クレーン付トラックなどと呼ばれ、道路運送車両としては、トラックに属するものであるが、クレーンの分類では移動式クレーンの中のトラッククレーンに含まれる。

構造は、クレーンのユニットがトラックの運転室と荷台との間に架装（キャブバック架装）されるものがほとんどであり、荷台に貨物を積載することができ、クレーン作業と運搬の両方の機能を持っている。

つり上げ荷重が3トン未満のものがほとんどであり、「吊る、積む、運ぶ、作業する」といった一連の作業を一台で行うことができるため、さまざまな業種で幅広い用途に使用されている（図一2）。

平成30年2月26日の移動式クレーン構造規格（以下、「構造規格」と略す）の改正によって、平成31年3月1日以降に製造された、つり上げ荷重が3トン未満の移動式クレーンは、荷重計が認められなくなり、過負荷防止装置または過負荷を防止するための装置



図一2 さまざまな業種で幅広い用途に使用

（安全弁および荷重計を除く）の装備が義務化された。これにより安全性が格段に向上している。

しかし、平成31年3月1日より前に製造された、つり上げ荷重が3トン未満の移動式クレーンは、過負荷防止装置に代わるものとして、つり上げる質量を検出する荷重計が取り付けられているだけである。そこで本稿では、未だに構造規格改正前の荷重計のみが装備されている積載形トラッククレーンが多数稼動していることを鑑み、構造規格改正前のクレーンを含めた安全運転のポイントについて述べる。

## 2. 積載形トラッククレーンの運転及び玉掛け作業の資格

### (1) 運転資格

積載形トラッククレーンの運転は、そのつり上げ荷重に応じた資格を有する者でなければ就業できない（表一1，図一3）。（道路交通法第2条第1項第1号



図一1 積載形トラッククレーン

表一 移動式クレーンの運転資格

	免許	技能講習	特別教育
つり上げ荷重が5トン以上の移動式クレーンの運転の業務	○		
つり上げ荷重が1トン以上5トン未満の移動式クレーンの運転の業務	○	○	
つり上げ荷重が1トン未満の移動式クレーンの運転の業務	○	○	○

免許：移動式クレーン運転士免許を受けた者  
 技能講習：小型移動式クレーン運転技能講習を修了した者  
 特別教育：移動式クレーンの運転の業務に係る特別の教育を修了した者



図一三 運転の資格

の道路上を走行させる運転を除く) 道路(道路交通法第2条第1項第1号に規定する)上の走行運転については、当該自動車の運転免許所有者であることが必要である。

(2) 玉掛け作業の資格

積載形トラッククレーンでは、クレーンの運転のほかに玉掛け作業も併せて行うことが多いため、玉掛け作業を行うには、次の資格を有する者でなければならない(表一2, 図一4)。

表一2 玉掛け作業の資格

	技能講習	特別教育
つり上げ荷重が1トン以上の移動式クレーンの運転の業務	○	
つり上げ荷重が1トン未満の移動式クレーンの運転の業務	○	○

技能講習：玉掛け技能講習を修了した者  
 特別教育：玉掛け業務に係る特別の教育を修了した者



図一四 玉掛け作業の資格

3. 主な用語の説明

(1) つり上げ荷重

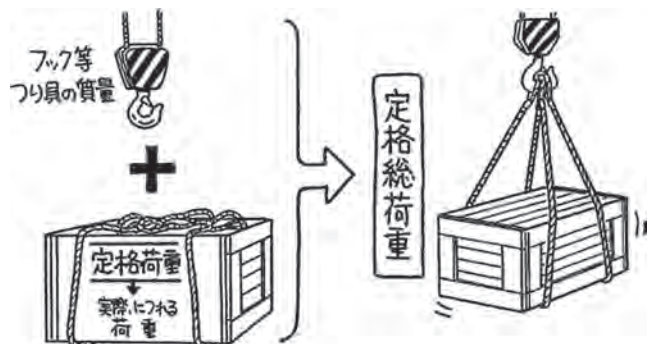
つり上げ荷重は、アウトリガーを最大に張り出してジブ長さを最も短く縮小し、ジブの傾斜角を最大にしたときに負荷させることができる最大の荷重である(定格総荷重の最大値)。つり上げ荷重にはフック、グラブバケット等のつり具の質量が含まれている。

(2) 定格荷重

定格荷重は、定格総荷重から、フック、グラブバケット等のつり具の質量を差し引いた荷重である(図一5)。すなわち、実際にフックにかけたりグラブバケット等でつかんだりすることができる最大の荷重である。

(3) 定格総荷重

定格総荷重は、移動式クレーンの構造及び材料並びにジブの長さ、ジブの傾斜角の変化(最大から最小)に応じて負荷させることができる最大の荷重である。この場合、フック、グラブバケット等のつり具が含まれている(図一5)。



図一五 定格荷重, 定格総荷重



(4) 空車時定格総荷重

空車時定格総荷重は、積載形トラッククレーンのみに使用される用語でトラックの荷台に積み荷がない状態（空車時）における安定度に基づいて決められている。

また、アウトリガーは最も安定度の高い最大張り出し幅で、ジブ方向が後方、側方つりの状態での性能を表している。この場合、フック、グラブバケット等のつり具が含まれている。

4. 積載形トラッククレーンの安全装置等

積載形トラッククレーンの安全装置等は、移動式クレーン構造規格によって装備と機能の保持が義務付けられている（図-6）。

[主な安全装置] (構造規格)

- ①巻過防止装置等…………… 第24条
- 巻過防止装置…………… 第25条
- 巻過ぎを防止するための警報装置  
(巻過警報装置)…………… 第26条
- ②過負荷防止装置（つり上げ荷重が3トン以上）及び  
過負荷防止装置以外の過負荷を防止するための装置  
(つり上げ荷重が3トン未満)…………… 第27条
- ③安全弁等…………… 第28条
- ④警報装置…………… 第30条
- ⑤傾斜角指示装置…………… 第31条
- ⑥外れ止め装置…………… 第32条

(1) 巻過防止装置、巻過警報装置

巻上げ用ワイヤロープは、巻過ぎるとフックの上面がジブなどに激突してジブを破損させたり、ワイヤロープが切断してつり荷が落下したりするおそれがある。これを防ぐために、フックが上限の高さまで巻上

がると、巻上げ用ワイヤロープに沿って下げられているおもりを押し上げて巻過スイッチが切れて回路を遮断し、自動停止する装置を「巻過防止装置」といい、巻過スイッチの作動により警報を発する装置を「巻過ぎを防止するための警報装置（巻過警報装置）」という（図-7）。

(2) 過負荷防止装置等

(a) 過負荷防止装置

移動式クレーン構造規格では、つり上げ荷重が3トン以上の移動式クレーンは過負荷防止装置の取り付けが義務付けられている。

過負荷防止装置は、以下の仕組みによるものである。

- ①ジブの長さ、ジブの傾斜角を計測し、計測した現在の姿勢から、コンピューターに記憶させてある定格荷重を導き出す。
  - ②圧力検出器にてジブ起伏シリンダの保持圧力を計測し、上記①で計測したジブの長さ、ジブの傾斜角を勘案してつり荷の質量を計測する。
- また、ジブの先端に荷重検出器を装備し、主巻ワイヤロープの張力からつり荷の質量をダイレクトに計測するタイプのものもある。
- ③上記①、②を比較し、クレーンの負荷状態が定格荷重に近づくと警報を発して運転を行う者に注意を喚起するか、又は定格荷重を超えると自動的にクレーンの作動を停止させる。

(b) 過負荷防止装置以外の過負荷を防止するための装置

平成30年2月26日の移動式クレーン構造規格の改正（厚生労働省告示第33号<sup>\*1</sup>）によって、平成31

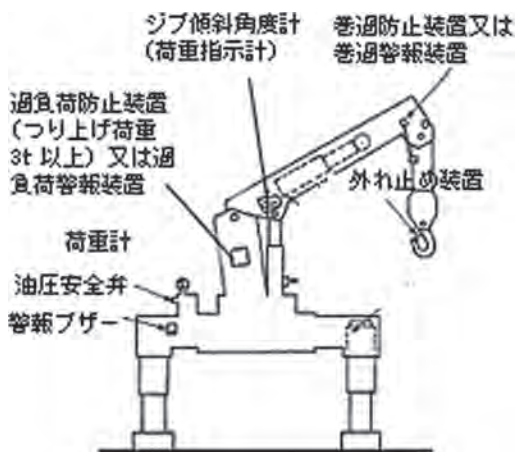


図-6 積載形トラッククレーンの安全装置

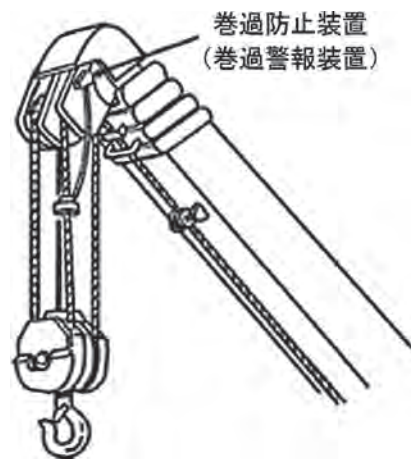


図-7 巻過防止装置、巻過警報装置

\*1 クレーン又は移動式クレーンの過負荷防止装置構造規格等の一部を改正する告示

年3月1日以降に製造される、つり上げ荷重が3トン未満の移動式クレーンにも、荷重計が認められなくなり、過負荷防止装置または過負荷を防止するための装置（安全弁および荷重計を除く）として、「定格荷重指示装置<sup>※2</sup>」または「定格荷重制限装置<sup>※3</sup>」の取り付けが義務付けられた。

これにより安全性が格段に向上しており、荷重計のみを装備している積載形トラッククレーンを今もなお使用されている方の買い替えが、迅速に進むことが望まれる。

(c) 荷重計

平成31年3月1日より前に製造された、つり上げ荷重が3トン未満の移動式クレーンは、過負荷を防止するための装置として、つり上げる質量を検出する荷重計が取り付けられている。

荷重計の中でも油圧式荷重計は、巻上装置用油圧モーターの作動圧力を質量に変換したものである（図-8）。したがって、巻上装置の巻上げ時のみつり荷の質量を示し、停止時や巻下げ時、また他の操作時にはつり荷の質量を示さないのでメーカーの取扱い説明を十分理解して使用する必要がある。

また、ジブの先端に荷重検出器を装備し、主巻ワイヤロープの張力からつり荷の質量をダイレクトに検出するタイプもある。このタイプだと、油圧式荷重計と異なり、常時つり荷の質量を表示してくれるので、油圧式の荷重計よりも安全性が向上している。

(3) 安全弁等

安全弁は、油圧回路の異常な圧力上昇を防止し、油

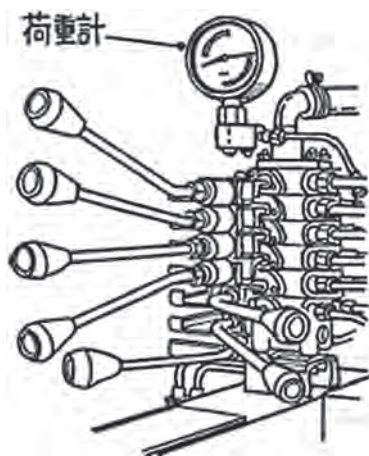


図-8 油圧式荷重計

※2 定格荷重指示装置：定格荷重を超えるおそれがある場合に、当該荷の荷重が定格荷重を超える前に警音を発する機能を有する装置

※3 定格荷重制限装置：定格荷重を超えた場合に、直ちに当該移動式クレーンの作動を自動的に停止する機能を有する装置

圧機器を保護するための装置である。

(4) 警報装置

警報装置は、移動式クレーン作動時に周囲に警報を発して、つり荷にはさまれる等の災害を防止するための装置である。

(5) ジブ傾斜角度計（荷重指示計）

ジブ傾斜角度計は、ジブの傾斜角、ジブの長さによる空車時定格総荷重の関係を表示する装置でジブ側面に取り付けられている（図-9）。

ジブを起伏させたときに、各ジブの長さによって空車時定格総荷重を指針が示すので、これを読み取って荷重計が示した荷重と比較し、荷重指示計（図-9）の空車時定格総荷重を超えないよう注意して操作する必要がある。



図-9 ジブ傾斜角度計（荷重指示計）

(6) 外れ止め装置

外れ止め装置は、荷をつり上げる場合のフックから玉掛け用ワイヤロープ等が外れるのを防止するための装置である（図-10）。

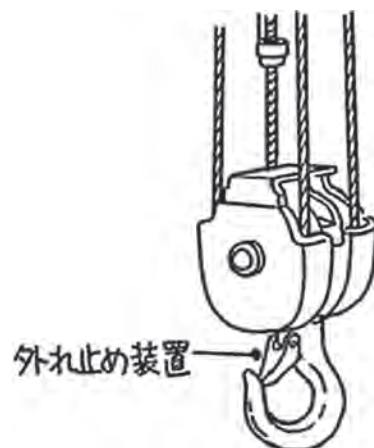


図-10 外れ止め装置



### 5. 積載形トラッククレーン特有の性能特性

積載形トラッククレーンによる重大な災害は、他の移動式クレーンに比べて機体・構造部分が折損・倒壊・転倒（図-11）したものが目立って多く報告されている。これは、つり上げ荷重3トン以上の移動式クレーンには過負荷防止装置が義務付けられているが、積載形トラッククレーンのほとんどがつり上げ荷重3トン未満で、平成31年3月1日より前に製造された、つり上げ荷重が3トン未満の移動式クレーンは、この規制の対象外で、先に記述した荷重計のみが取り付けられていることが要因と考えられる。



図-11 積載形トラッククレーンの転倒事故

さらに、積載形トラッククレーン特有の性能特性が人為的なミスにつながりやすいことも大きな要因となっている。それは積載形トラッククレーンはつり上げ専用の移動式クレーンとは異なり、荷物を運び、荷物を積み降ろしする機能を備えていることによる。積載形トラッククレーン特有の性能特性は次のようなことが挙げられる。

① 旋回中心と転倒支点間距離が旋回方向により異なる為、後方・側方・前方の作業領域（図-12）で安定度に極端な差が出る。

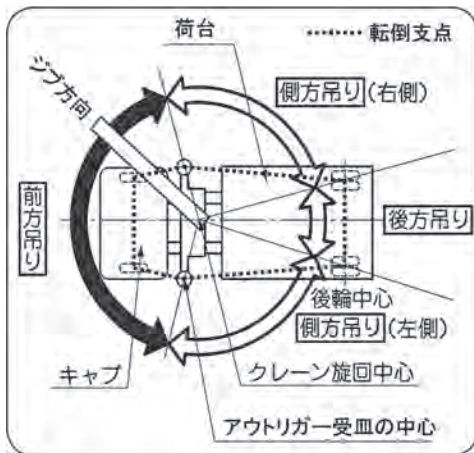


図-12 旋回方向と作業領域

② 同一旋回方向でも、荷台の積荷の質量・位置により安定度に差が出る。また、荷物の積み降ろしにより、積載形トラッククレーン全体の自重が変化し、安定度も変化する。

### 6. 転倒事故防止について

転倒事故の主因はオーバーロード（過荷重）です。転倒事故を防止するポイントをまとめると、次のようなことが挙げられる。

<転倒事故を防止するポイント>

- ① アウトリガーは最大に張出す。
  - ② アウトリガーの設置地盤は養生する。
  - ③ 作業は空車時定格総荷重に基づいて行う。
  - ④ 旋回時には作業領域に注意する。
  - ⑤ アウトリガーを設置する際は、前輪を軽く接地させる。
  - ⑥ 積荷を降ろすときは車体の安定度に注意する。
- 以下で転倒を防止するポイントについて説明する。

#### (1) アウトリガーは最大に張出す

積載形トラッククレーンの性能は、アウトリガーの張出し幅によって変化する。最小張出しの性能は、最大張出しに比べ大幅に低下する（表-3）。さらに、張出し幅が狭くなるほど転倒に至るまでの余裕が少なくなるので注意が必要である。これらのことからアウトリガーは最大に張出すことが原則である（図-13）。

表-3 空車時定格総荷重表（例）

使用ジブ：3.27 m および 5.50 m ジブ（側方、後方領域）

作業半径 (m)		2.6	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5
空車時 定格 総荷重 (t)	アウトリガー 最大張出し	2.93	2.18	1.58	1.25	1.05	0.9	0.83
	アウトリガー 最小張出し	1.18	0.93	0.73	0.58	0.48	0.43	0.38

前方領域の空車時定格総荷重は、上表の25%です。



図-13 アウトリガー最大張出し



①アウトリガーは最大に張出す。

アウトリガーは常に最大に張出してください。最小張出または中間張出して作業が可能な場合でも、安全のため、最大に張出して設置することを原則にすること。やむを得ず最小張出または中間張出して作業する場合には、「空車時定格総荷重表」(表—3)の最小張出しの性能で作業すること。

②アウトリガー張出し幅が左右で異なるときは最小張出しの性能で作業する。

やむを得ず左右の張出し幅が異なるアウトリガー設置状態にしたときは、必ず最小張出しの性能で作業すること。アウトリガー張出し幅の大きい領域でつり上げ、張出し幅の小さい領域に不用意に旋回すると転倒する恐れがある。張出し幅の小さい領域へ旋回するときは、つり荷の質量がアウトリガー最小張出しの「空車時定格荷重」以下であることを確認した上で、作業を行うこと。

③3段ジブ以上の作業はアウトリガーを最大に張出す。

ジブが長くなると、安定度は悪くなります。3段ジブ以上を伸長して作業を行う場合は、必ずアウトリガーを最大に張出すこと。中間張出して作業できるジブの段数は機種によって異なるので、作業開始前に使用できるジブ段数を「取扱説明書」等で確認しておく必要がある。

(2) アウトリガーの設置地盤は養生する

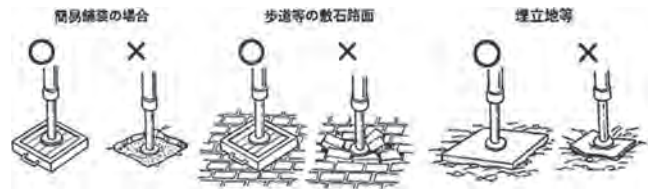
安全な作業を行うためには、車体とつり荷を十分に支持することのできる堅い地盤の上にアウトリガーを設置することが必要である。軟らかい地盤の上にアウトリガーを設置すると、アウトリガー受皿が地中に沈んで車体が傾き、最悪の場合転倒してしまう。また、一見して堅そうな地盤でも、内部の状態によっては車体を支える力が不足する場合がある。次のような地盤に対しては十分注意を払い、地盤の養生を行うこと。

- ①簡易舗装の路面
- ②歩道等の敷石路面
- ③掘削工事後に埋め戻した場所
- ④埋め立て地
- ⑤路肩や掘削穴の近辺

<地盤の養生>

軟弱地など車体とつり荷を支える力が不足する場所にアウトリガーを設置する場合、下記の処置を行って地盤を修正すること(図—14)。

①傾斜地及び凹凸のある場所は、水平に設置できるように地盤を整地する。



図—14 地盤の養生

②地盤にかかる力を分散させるために、地盤の状態に見合った大きな面積と十分な強度のある鉄板や木材を敷き、その中央部にアウトリガー受皿を設置する。

(3) 作業は空車時定格総荷重に基づいて行う

積載形トラッククレーンは荷台の積荷によって安定度が変化し、積荷がないときに最も不安定になる。この最も不安定な状態を基準に設定された「空車時定格総荷重」で作業する事が基本となる。「空車時定格総荷重」は荷台に積荷がないときに、クレーンに負荷できる最大の荷重(つり具の重量を含む)をいい、クレーンの強度と安定度に基づいて決められている(図—15)。

したがって、通常の作業はこの「空車時定格総荷重」の性能で行うこと。一般的に「空車時定格総荷重」はクレーン作業が「後方領域・側方領域」で行われるときのものだけが明確に表示されており、「前方領域での空車時定格総荷重は後方領域・前方領域の25%」と略して表示されているので注意を要する。



図—15 空車時定格総荷重

「前方領域での空車時定格総荷重」が「後方領域・側方領域での空車時定格総荷重の25%」にされている理由として以下が挙げられる。

- ①前方領域での安定度が悪くなる(図—12)。
- ②前方領域でのクレーン作業に対するトラック車枠(シャーシフレーム)の強度を確保するための補強が、トラックの構造上困難であり補強を行っていない。

(4) 旋回時には作業領域に注意する

積載形トラッククレーンの作業領域は図-16のようになる。クレーン作業時には、この作業領域に示された積載形トラッククレーンの特性をよく理解することが必要である。作業領域図からは次のことが分かる。

- ①空車時定格総荷重は後方領域、側方領域とも同じ値に設定されている(表-3)。
- ②後方領域は最も安定がよく、安定に関係なくウインチ能力一杯の荷物をつり上げることができる。このため、後方領域で荷物をつり上げ、側方領域へ旋回するときはオーバーロード(過負荷)による転倒に注意しなければならない(図-17)。
- ③側方領域で荷物をつり上げ、前方領域へ旋回するときは、前述したように「前方領域での空車時定格総荷重」が25%に急激に低下するので、オーバーロード(過負荷)による転倒やトラックの車枠(シャーシフレーム)の破損に注意しなければならない。

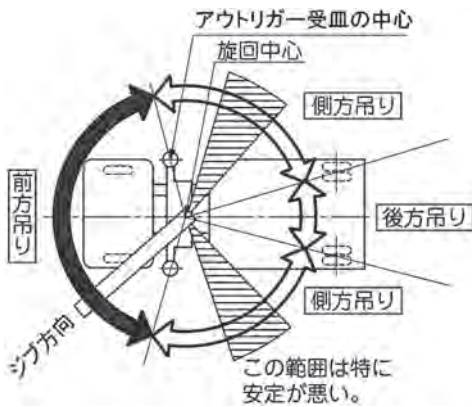


図-16 作業領域図



図-17 旋回操作上の注意

(5) アウトリガーを設置する際は、前輪を軽く接地させる

前方領域での安定度の低下は前述したとおりであるが、前方領域でのクレーン作業で、特に荷台の積載が少ない状態では、図-17の前方吊りのようにトラックの前輪で支える状態になる。

したがって、アウトリガーを設置する際は前輪が軽く接地するようにしておく必要がある(図-18)。



図-18 アウトリガー設置時の前輪接地

(6) 積荷を降ろすときは車体の安定度に注意する

車体の安定度は荷台に積荷を積載しているときと空車時では大きく異なる。積荷が減るに従って安定度は悪くなるので、荷台から積荷を降ろすときは特に注意が必要である(図-19)。

荷台から積荷を降ろすときは、次のことに注意すること。

- ①つり荷の質量が「空車時定格総荷重」以下であることを確認する。
- ②たくさんの積荷は、作業半径が順次小さくなるよう

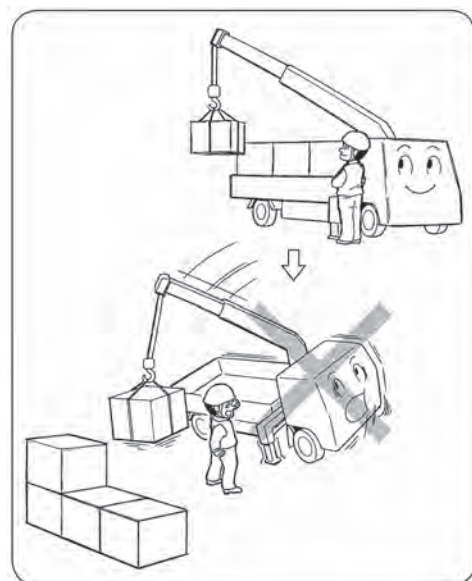


図-19 積荷の減少による安定度の低下に注意

に、荷台後方の積荷から降ろす。

- ③後方領域から側方領域へ旋回するときは、つり荷が荷台の外へ出たら、万一バランスを崩しても、転倒する前につり荷が先に接地する安全な高さまで降ろしてから旋回する。
- ④側方領域での作業は、後方領域よりも安定度が悪くなる。後方領域から側方領域へ旋回するときは、安定度を確認しながらゆっくりと旋回する。

## 7. おわりに

積載形トラッククレーンは「吊る、積む、運ぶ、作業する」といった一連の作業を一台で行うことができるため、さまざまな業種で幅広い用途に便利に使用されている。一方では、積載形トラッククレーン特有の性能特性が人為的なミスにつながり、重大な災害を発

生させている。転倒事故は十分に注意を払って作業すれば必ず防げるものであり、難しいものではない。積載形トラッククレーンの特性を理解して安全運転を行うことを願う。

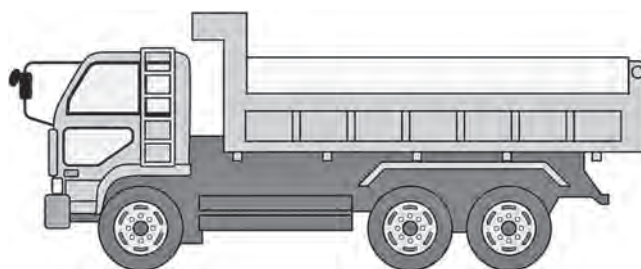
JCMA

### 《参考文献》

- 1) 安全のすすめ 積載形トラッククレーンの安全運転のポイント、クレーン、59 (682), 59 (683), 2021

### 【筆者紹介】

高橋 英樹 (たかはし ひでき)  
古河ユニック(株)  
サービス部  
主席技師長





# クレーン起立外観検査『C-SAI<sup>®</sup>』の紹介

NETIS KT-220086-A

竹部 勇人

住友重機械建機クレーン(株)が開発した、無人航空機(ドローン)を活用した、クローラクレーンを稼働姿勢の状態で見守る新サービス『C-SAI<sup>®</sup>』(以下、新サービスという)が、このたび国土交通省の新技術情報提供システムNETIS<sup>※1</sup>に登録された(登録番号:KT-220086-A)。以下に、その技術と特徴を紹介する。

キーワード: 法令遵守, 安全対策, 災害防止, 点検アプリ, ドローン, 自動飛行, NETIS

## 1. 課題と解決策としての新サービス

従来、作業現場で安全点検を実施する際には、ブームやジブなどのフロントアタッチメントを地上に伏せるためのスペースや作業人員の追加手配が必要だった。そのため、準備から点検完了まで長い時間と費用を要し、その間クレーン作業はできず工事が中断していた。加えて、広範囲な箇所の点検を行う技術者の高齢化や不足、高所作業の危険性、検査レベルの平準化と結果の可視化管理などが課題となっていた。また、一般的なドローンの自動飛行アプリは、橋や煙突など位置や形状が変わらないものを対象にしたものだが、クレーンの場合、ラチス構造で形状が複雑なうえ高所のため風の影響を受けやすく、さらには作業状態により姿勢が変化するという課題があった。

新サービスは、これらの課題解決を目指したもので、独自に開発した自動飛行アプリによって、複雑な形状をもつクローラクレーンを、現場・作業内容によって変化する作業姿勢のまま、その周囲を一定の距離を保ってドローンを自動飛行させ、自動撮影した高精細度画像から点検・診断を行い、点検作業の大幅な省力化と現場休止時間を抑えることを実現した。



- 作業姿勢のまま
- 短時間で
- ハイレベルな点検を実現!

図-1

※1 NETIS: 国土交通省による「新技術情報提供システム」(New Technology Information System) のこと。公共工事等向けの新技術の活用や、情報共有および提供を目的とする全国的なデータベースシステム。

## 2. 新サービスの特徴

### (1) 作業姿勢の状態での点検が可能。高度のある機械に威力を発揮

従来の点検作業では、フロントアタッチメントを地上に伏せて行う必要があり、そのためのスペースの確保と作業員や高所作業車などの追加手配が必要だった。しかし、当社が独自開発した新サービスは、クレーンを起立させた作業姿勢の状態での点検を可能とした。

その為、ブームとジブの長さが160m<sup>\*2</sup>を超えるような大型機の点検でも、作業スペースはもとより、作業時間・人員コストを大幅に低減できるようになった。

### (2) 約30～60分で撮影完了<sup>\*3</sup>

自動撮影は、現場での待ち時間やお昼休憩等を利用して、スピーディーな撮影を可能とした。そのため工事を中断させずに済ませることも可能となった。また、点検結果はサービススタッフの診断後に異常箇所がわかるレポートで報告をする。

### (3) 約2mの近接撮影による高精細度画像で、ハイレベルな点検が可能

自動飛行では、対象機の部材から約2メートルの距離を保ちつつ、ワイヤやピン、鋼材の錆などをくまなく自動撮影し、高精細度画像を取得する。また、自動撮影は静止画、動画を選択できるほか、途中から手動操作への切替えも可能なため、気になる箇所のズームアップやホバリングさせて、目視同等レベルでじっくり観察することも可能。

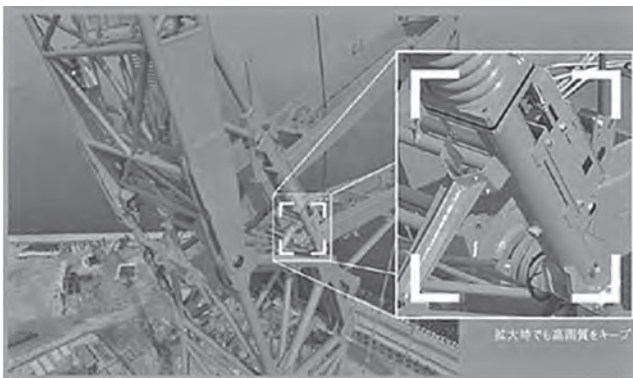


図-2

※2 150m以上の上空をドローンが飛行する場合は、国土交通大臣の許可が必要となる。

※3 撮影時間には事前準備の時間は含まれない。また、撮影方法によっては60分を超える場合もある。

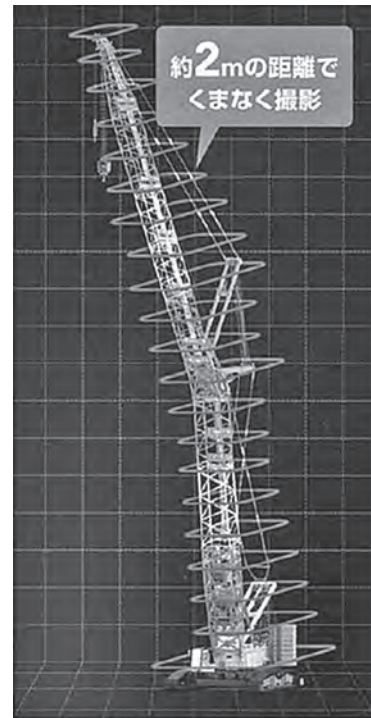


図-3

## 3. 安全飛行への配慮

### (1) 自動飛行ルートの誤差は数センチ

ドローンの自動飛行ルートの設定は、点検するクレーンの型式・仕様と位置情報をシステムに入力するだけの簡単操作で、クレーンの姿勢に沿った、正確な自動飛行ルートを算出。しかも、その誤差は数センチ。クレーンの設計データを活用した、クレーンメーカーならではの正確なルート設定を実現した。これにより、手動では困難な高所飛行にも威力を発揮する。

### (2) 入力ミス、制御異常が即座に把握可能

算出した飛行ルートは、即座にアプリ内の地図に表示されるため、入力ミスや敷地外飛行を未然に防止することが可能。また、飛行中に、飛行階層、撮影ポイント、撮影画像を同時に確認できる飛行表示画面により、万一の制御異常を即座に把握することも可能とした。

### (3) 磁場が強い環境でも正確なルートを飛行

建設現場の敷き鉄板上のような強い磁場が働く環境では、一般的な自動飛行は不安定な状態になっている。しかし、当社の自動飛行アプリは、安定的かつ正確なルートでの自動飛行を可能にした。

#### (4) バッテリー交換時には離着陸ポイントへ自動飛行

飛行中にバッテリーの交換が必要になると、ドローンは離着陸ポイントに自動的に戻り、バッテリー交換後、再スタートボタンを押すだけで元の撮影ポイントに戻り、自動撮影を再開するようにした。

### 4. 今後の計画

以上、このたび NETIS 登録された、ドローンを活用した新たなクレーン点検サービス『C-SAI』をご紹介してきたが、今後は人口知能（AI）による画像解析や診断機能なども追加し、お客様や工事関係者各位に喜ばれるサービスを展開していく所存である。

J|C|M|A

【参考：ドローン豆知識】※国土交通省ホームページより抜粋

- 1) 「ドローン等」と「無人航空機」とは？  
「ドローン等」とは、飛行機、回転翼航空機、滑空機、飛行船であって人が乗ることができないもののうち、遠隔操作又は自動操縦により飛行させることができるものです。  
(例) ドローン(マルチコプター)、ラジコン機、農薬散布用ヘリコプター  
「無人航空機」とは、ドローン等のうち、200g以上の重量（機体本体の重量とバッテリーの重量の合計）のものをいいます。
- 2) 「飛行の方法」  
飲酒時や危険な飛行をはじめ、夜間、目視外、催し場所での飛行、危険物輸送などが禁止されています。
- 3) 「飛行禁止区域」  
「空港周辺」「緊急用務区域」「150m以上の上空」「人口集中地区」の上空を飛行させたい場合は、国土交通大臣の許可が必要です。  
また、「空港周辺」「国の重要な施設等の周辺」「防衛関係施設の周辺」「原子力事業所の周辺」で飛行させたい場合には、施設管理者等の同意や都道府県公安委員会等への事前通報が必要です。  
※くわしくは、国土交通省のホームページを参照してください。

【筆者紹介】

竹部 勇人 (たけべ はやと)  
住友重機械建機クレーン(株)  
経営企画部





# GNSSを活用した『T-iDigital Field』向け アプリの開発

## クレーン衝突防止システムの現場実証

太田 兵庫・原山之克

データ利活用型現場管理システム『T-iDigital Field』（以下、本現場管理システムという）向けに開発したクレーン衝突防止アプリは、クレーンのブーム先端部および作業員に装着したGNSS端末からの位置データにより、クレーン同士の接近や吊荷下に近づいている作業員を抽出し、クレーンオペレータには運転席のモニタ表示と音声で知らせ、作業員にはスマートウォッチなどからアラートを発することで、クレーン同士の衝突や吊荷との接触などの危険が迫っていることを周知させ、重大事故を未然に防ぐことのできるシステムである。本稿では本システムの技術概要およびこれらのシステムを活用した現場試行事例について紹介する。

キーワード：クレーン，衝突防止，CPS，GNSS，スマートフォン，スマートウォッチ

### 1. はじめに

建設業が直面する働き方改革・生産性向上の課題に対して、筆者らはCPS（Cyber-Physical System）の概念を導入した本現場管理システムを開発している（図-1）。CPSとは現実（フィジカル）空間における様々なデータをセンサやネットワークを通じて仮想（サイバー）空間に収集し、データの分析・解析を行い、その結果を現実空間にフィードバックすることで、産業システムの全過程に対して効率化させることを目的とするものである。本現場管理システムは工事現場における人やモノの位置、時刻、動きなどのデータを収集して利活用することで、工事関係者が「いつでも」「どこでも」「すぐに」施工状況を共有できるようにし、遠隔であっても迅速かつ確かな現場の施工管理や施工支援を可能とした。また、目的に応じてデータ利活用型のアプリケーションを用意し、コンクリート打設の

効率化や進捗率の把握および遠隔臨場を推進している。本稿ではこれら開発技術のうちの一つであるクレーン衝突防止システムについて、その技術概要および現場試行事例について紹介する。

### 2. クレーン衝突防止システムの概要

クレーン衝突防止システムは、クレーン同士の衝突や吊荷と作業員との接触による重大事故を未然に防ぐために開発した本現場管理システムアプリケーションソフトウェアのひとつである。これはまずクレーンブーム先端部および作業員に装着したGNSS端末からの位置データを基に、クレーン同士の接近や吊荷下に近づいている作業員を抽出する。そしてクレーンオペレータには運転席のモニタ表示と音声で状況を知らせ、作業員にはスマートフォンやスマートウォッチからアラートを発することで、クレーンの衝突や吊荷との接触などの危険が迫っていることを周知させる（図-2）。従来はオペレータや信号員、監視員など人の合図に頼っていたり、接近警報装置などの専用機器を使用していた。これに対して本システムは、将来的に一般化されるであろう工事現場での人と重機の位置データを利用することで省人化や汎用化を目指した。

クレーン衝突防止システムの仕組みとしては、図-3に示すように仮想空間上でデータ処理し、現実空間へアラートとしてフィードバックするものである。具体的には作業員とクレーンブーム先端部に装着したGNSS端末からの位置データがサーバーに送信され、

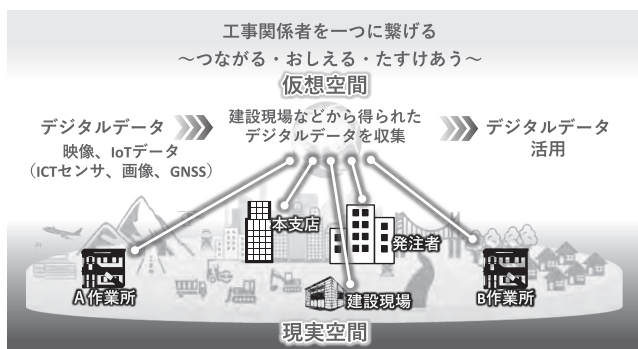


図-1 データ利活用型現場管理システム

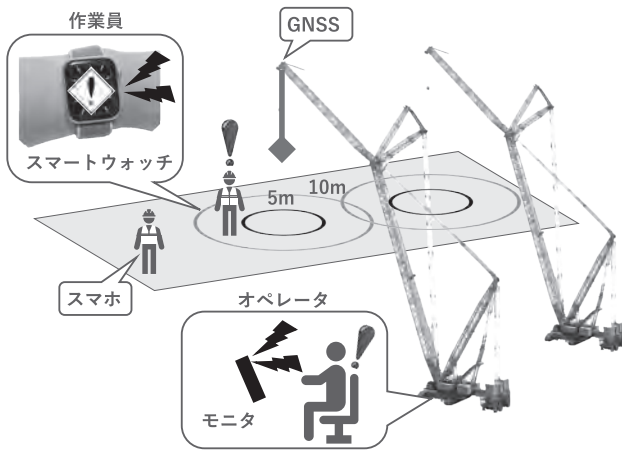


図-2 クレーン衝突防止システムの概要

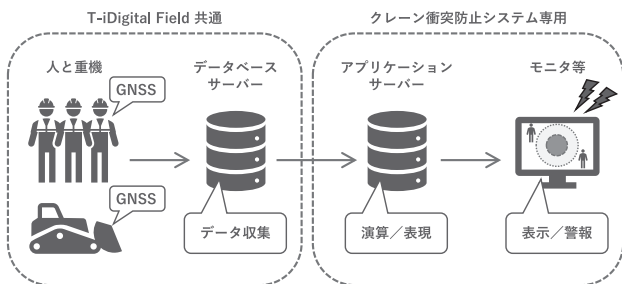


図-3 クレーン衝突防止システムの仕組み

サーバー内にデータが保存される。この段階まではデータ収集として共通部分である。これ以降、クレーン衝突防止システムの専用部分としては、サーバー内で接近状態を演算し、その接近状況を表示してクレーンオペレータや作業員が見るモニタやスマートフォンなどの端末に表示させる。

ここで、クレーン衝突防止システム対象はクレーン対構造物、クレーン対人、クレーン対クレーンの3つに大別される。これに対して開発当初のコンセプトは、2台稼働しているクローラクレーンのブームの接触を防止することや、吊荷下に近い作業員に注意喚起をすることでスタートした。その後、要素技術開発を行いながら、クレーン同士の接触防止に関しては、クレーンオペレータが運転席のモニタで他方のクレーンブームの先端位置をリアルタイムに把握できるようにすることや、ブーム先端同士が危険距離内（距離は任意に設定が可能）に近づくと音と映像で警告すること、ブームの移動方向をモニタ上で明示すること、そしてクレーンの旋回範囲を予測して（例えばコンクリート打設に使用する場合は旋回範囲が変化しにくい）事前にアラートで接触の危険性を知らせることなどの機能をシステムに加えた。

そしてさらに、クレーン衝突防止システムアプリには、旋回位置を予測して警報する機能を付加した。こ

れは実際の作業状況において、距離が保たれているか離れていく、付かず離れず接近する危険性がなければ警報する必要はないが、近づいてきている場合には警報して欲しいというオペレータの要望に応えたものである。そのコンセプトとしては、例えば1Hzで位置データを取得する場合、現在位置と1秒前の位置を基に1秒後の位置を予測するものである（図-4）。このように予測するにはデータを用いた演算を行う必要があるが、従来の警報装置では不可能な機能である。また距離に応じて無段階に音量が大小するというようにすれば、近づいているか離れているかという状態を表現できなくもないが、加速度に応じてとなると更なる演算を加える必要があり、今後の課題である。

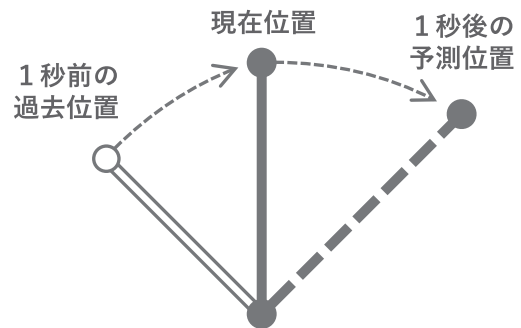


図-4 旋回位置の予測手法

### 3. 現場試行事例

現場試行は表-1に示すような土木・建築を含む3つの建設現場（ケース1～3）で実施した。またシステム運用状況の例（ケース1）を図-5および図-6に示す。

#### (1) 現場試行方法

クレーン衝突防止システムを試行する上で、ブーム先端に設置するGNSS端末には電源が必要であり、その接続方法として現場条件に応じて以下の方法を選択した。

- ・キャビンからブーム先端まで電源ケーブルを配線する
- ・ブーム先端のカメラ等の既設配線から分配する
- ・GNSS端末をフック上部に設置して電池交換式にする

ここで、電源確保の都合上、GNSSアンテナのみをブーム先端まで伸ばす方法もあったが、信号の減衰があるため、ブームの長いクレーンには向いておらず不採用とした。

アンテナの設置位置はケース1ではブーム先端部の

表一 現場試行ケース

ケース	1	2	3
仕様の分類	初期型	高性能型	簡易型
建設現場の種類	土木（ダム）	建築（ビル）	土木（ダム）
クレーンの種類	クローラクレーン	タワークレーン	クローラクレーン
クレーンの台数	2	1	1
GNSS 端末の種類（クレーン）	専用 GNSS 端末	RTK-GNSS	スマートフォン
GNSS 端末の種類（作業員）	専用 GNSS 端末	スマートフォン／RTK-GNSS	スマートフォン



図一五 試行現場におけるクレーンの運用状況（ケース1）



図一六 接近表示の例（ケース1）

鋼材の影響や向きを考慮して、取り付け位置を見直しながら運用した。これを踏まえ、ケース2ではブーム起伏によりGNSSアンテナが天頂を向かないことによる精度低下を懸念して、スタビライザーを設置した。

またGNSS端末からの位置データをサーバーに上げたり、端末で表示させたりするには通信が必要であり、その通信方法も現場条件に応じてLTEやWi-Fiを選択した。携帯電話キャリアのLTE通信圏内であればLTEを用いるのが簡便である。通信圏外や繋がりにくい場所の場合は、Wi-Fi通信もしくは併用とした。その他の通信方法については一般的で無いため使

用しなかった。

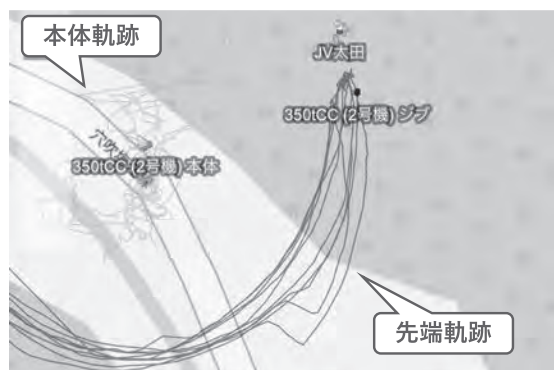
作業員にはスマートフォンや同等サイズのGNSS端末を携帯してもらい、ケース2ではより高精度なクレーンに設置したのと同じRTK-GNSS端末を携帯することも併せてテストした。

また、位置予想にはブーム先端とクレーン本体との位置が必要なため、タワークレーンや1日のうちで頻繁に移動しない移動式クレーンについては、GNSS端末をブーム先端のみの設置とし、本体には設置せずにアプリ上で本体位置の座標を指定するようにした。さらに1日のうちで頻繁に移動する移動式クレーンについては、ブーム先端に加えて本体にもGNSS端末を設置した。

(2) 現場試行結果

現場試行：ケース1では、想定通りの挙動をすることもあったが、警報が鳴った時にはクレーン先端が通過した後という場面もあった。これは、携帯電話の電波が弱い場所でそのキャリアのSIMを搭載したGNSS端末を使用したための遅延と考えられる。また、ブーム先端は1m程度の精度が出ていたが、本体は地山と構造物に囲まれた谷のため、地理的な要因で精度が悪かったものと推測される（図一七）。

現場試行：ケース2では、ブーム先端のGNSS端末をより高精度で安定性のあるRTK-GNSSを採用し

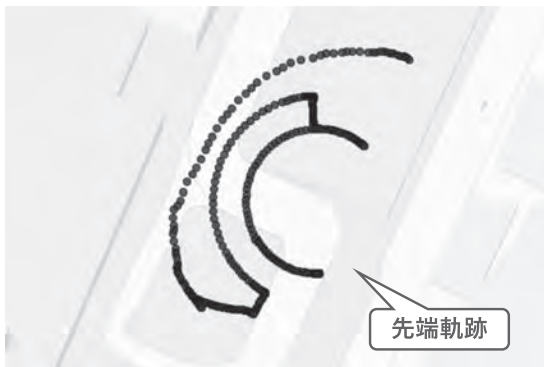


図一七 クレーンGNSSの軌跡（ケース1）



た。そのブーム先端の軌跡を見ると、ケース1よりブレが少ないのが確認できた（図—8）。また作業員の位置データはスマートフォンでは周囲のビルや足場の影響で安定しなかったり、遅延が発生したりした。これに対してRTK-GNSSの端末であればそのような現象は比較的少なく、良好な位置データを取得することができた。

現場試行：ケース3では、クレーン先端のGNSS端末をブームではなくフックの上部に設置した。これはメンテナンス性を考慮しての策である。その結果、アクセスは容易になったが、常時電源供給が無いためにバッテリー交換の必要があった。またフックに設置したスマートフォンのGNSSは問題にならなかったが、作業員の作業場所によってはスマートフォン精度の低下が生じた。



図—8 クレーンGNSSの軌跡（ケース2）

### (3) 結果からの考察

総じて現段階においてRTK-GNSSを使用することで、クレーン衝突防止システムの要求仕様を満足することがわかった。

またシステム対象のうち、クレーン対クレーンはRTK-GNSSを使用することで精度良くかつ低遅延で位置データを取得することができ、衝突防止に有効であることを確認した。一方で、旋回中心位置のデータがばらつくことで旋回位置予測の精度が悪くなったが、クレーン本体はGNSSおよび通信共に電波状況の悪い場所にあったことが想定され、この対策としては、アプリ上で本体位置の座標を指定するのが良いものと考えられる。

またシステム対象がクレーン対人で使用するには、作業員にRTK-GNSSの機器を携帯してもらうことで精度良くピンポイントな警報が可能になるものと考えられる。しかし、アンテナを頭頂部に装着することが必要など装置が大掛かりになりすぎるため、現段階では一般的な使用には向かない（図—9）。広範囲に注



図—9 RTK-GNSSの装備

意喚起するだけであればスマートフォンを使用した簡易型でも良いが、クレーン衝突防止システムとして広範囲へ向けた警告となると意味を成さないものと考えられる。

さらにシステム対象がクレーン対構造物については、工事エリアの境界線などを任意の座標で設定することで接近警報を発することが可能である。ただし、ブームの腹が構造物に当たる場合などは三次元的な演算が必要になる。

現状の課題としては、前述の通り、システム対象がクレーン対人の安全管理に使用するためにはよりレベルの高いシステム構成装置が必要である。また作業員が装着するにはまだ装置類が大きく、重く、高価なため、コストと携帯性の面から汎用的ではない。よって今後はこれら装置類の小型化、省電力、高精度化、低遅延、低価格の測位技術の動向を見極めながら、クレーン衝突防止システムの最適化および全国的な普及・展開を目指す。

## 4. おわりに

クレーン（＝「機械」）による重大事故を未然に防ぐには、「人」による合図や既存の警報装置の方が優れている場合もある。しかしながら、建設現場の施工情報を得ることを主目的（『T-iDigital Field』）として得られた位置データを利活用して安全管理の情報取得に繋げたことは大変有効なものとする。また建設現場をデジタル化し置き換えることで、これまで出来なかった現場状況に応じた注意喚起などの設定変更が容易になり、警報履歴の取得も可能になる。今後は、GNSSを含む測位技術の向上やサーバー利用料、アプ

リケーション開発コストの低減などによってデータ駆動型の現場運営はますます進んでいくものと思われる。これに伴い、今回のクレーン衝突防止システムのような利便性の高いアプリケーション開発を今後とも進めていきたい。

一辺倒な注意喚起よりも、「人」によるきめ細やかな声掛けの方が有効である。しかしながらそれが難しい昨今、今回のような技術開発により、「機械」で同じことが出来ればと筆者らは考えている。

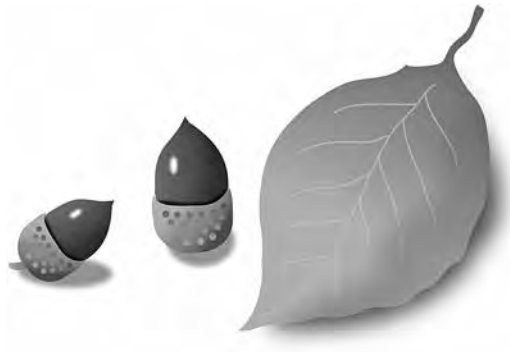
J C M A

【筆者紹介】

太田 兵庫（おた ひょうご）  
大成建設㈱ 技術センター  
生産技術開発部 スマート技術開発室  
ICT チーム  
課長



原山 之克（はらやま ゆきかつ）  
大成建設㈱ 四国支店  
椋川ダム本体建設工事作業所（当時）  
副所長



# ウェアラブルデバイスを活用した安全管理システム 「Wearable Connect」

多様なウェアラブルデバイスとクラウドを活用して「安全・体調管理」と「業務DX」を推進

松田 祐輝

本技術は、ウェアラブル端末により測定される作業員一人ひとりの心拍数・位置情報・転倒／転落検知情報や、IoT センサーにより計測した作業環境の WBGT 値等をクラウド上で処理蓄積し活用することで、現場作業員の情報を一元管理し、熱中症の予防や転倒事故、その他一人作業における事故発生時の早期発見に寄与するシステムである。また、蓄積した位置情報等のデータを活用し、作業動線や滞在時間を見える化することで作業工程の見直しや業務効率化を実現する。本稿では、ウェアラブル端末およびクラウドを活用した安全管理システムの概要および活用例について述べる。

キーワード：土木，建築，設備，熱中症，生産性の向上，不安全行動の抑止，心身の健康確保

## 1. はじめに

作業現場で休業4日以上死傷災害の多くを占める転落・墜落、転倒災害をはじめ、熱中症の予防、事故発生時の早期発見や対処といった現場安全面の工夫は喫緊の課題である。また、建設業をはじめほぼ全ての産業が高齢化・人手不足と向き合わねばならず、身体に負荷のかかる作業環境や業務内容のある業種を中心に、雇用確保の観点でもこれまで以上に従業員に対する安全管理・健康管理が求められる。

その解決策として、ICT・ウェアラブル端末の活用が注目されている。業務における現在のウェアラブル端末の活用用途としては大きく「業務効率化」と「安全管理」に大別される。「業務効率化」の用途としてはメガネ型のスマートグラスなど、作業員に装着したカメラからの映像を遠隔地に送信し、作業指示を行うなどの用途での活用が進んでいる。一方で「安全管理」の用途としてはリストバンド型・スマートウォッチ型のウェアラブル端末の活用が進んでいる。これらの端末は個人に装着しバイタルを取得できることから日常の健康管理用途としても一般消費者における利用が先行しているが、クラウドを活用し個人のバイタルを集中管理することで、業務における「安全管理」の用途として普及が始まりつつある。

本システムでは、ウェアラブル端末およびクラウドを活用し「安全管理」のみならず「業務効率化」用途への活用が可能となっており、その概要や活用例について述べる。

## 2. システムの概要

本システムの概要を図-1に示す。スマートウォッチ型のウェアラブル端末を装着した作業員のデータをクラウドへ送信することで脈拍数や位置情報等を一元管理し、異常発生時は本人や管理者のウェアラブル端末や電話・メール、警告ランプ等にアラート通知を行う。作業員の異常をアラートとして管理者が早期に把握することで、現場の一人作業等における異常発生時に早期の駆けつけ・対応が可能となる(図-2)。

脈拍数の異常や転倒／停滞状態の検知だけでなく、現場作業員が自らウェアラブル端末を操作することで管理者や周囲の作業員へ即座にアラート通知を行う「SOS (HELP) 送信機能」を具備するほか、「メッセージ送受信機能」によりクラウド上の操作画面にて設定したメッセージをウェアラブル端末上に表示することが可能であり、現場管理者から現場作業員へ作業指示・



図-1 ソリューション概要



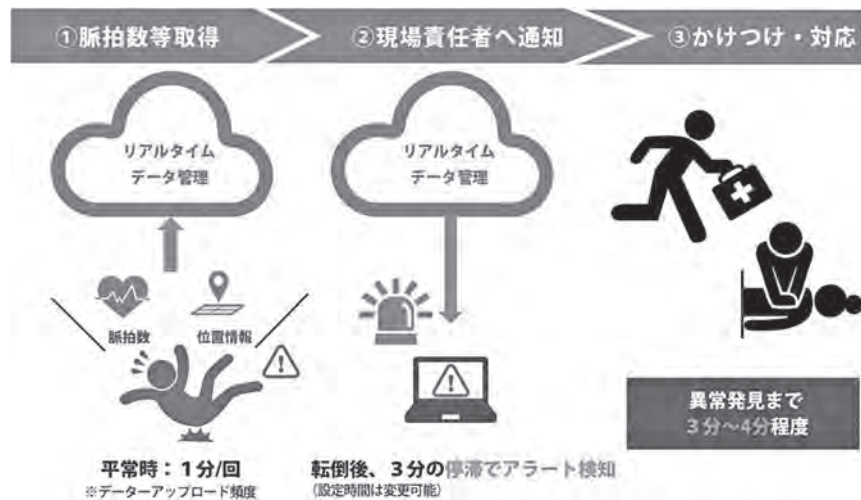


図-2 異常発見イメージ

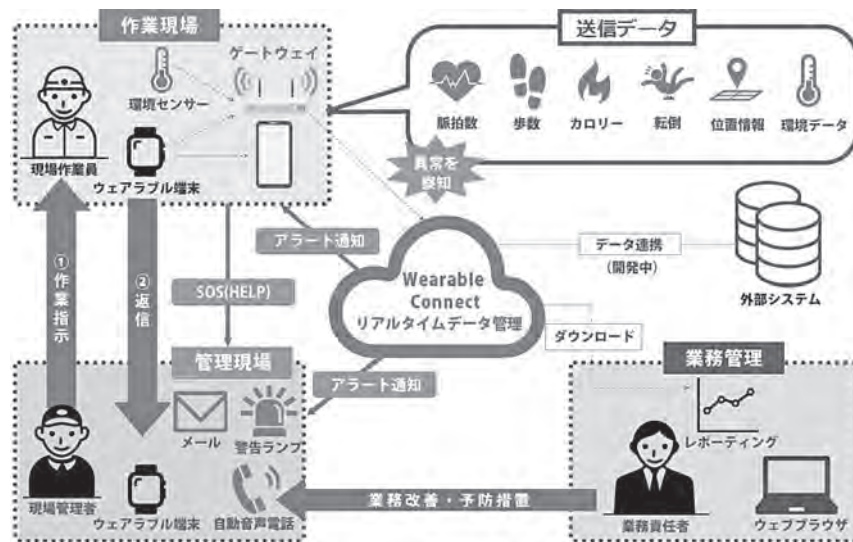


図-3 システム提供機能全体像

業務連絡・安否確認などを効率的に実施することが可能である。また、これらのデータはクラウド上に蓄積されるため、蓄積したデータに基づいたレポートや業務改善への活用を実現する (図-3)。

### 3. システムの特徴

本システムの主な特徴を次に示す。

#### (1) 熱中症対策・予兆検知

ウェアラブル端末やIoTセンサーにより収集したデータは管理画面上で一元的に表示でき、心拍数上下限やWBGT値による熱中症リスクが高い状態を検知する (図-4)。また、過去の心拍数の傾向から一定時間の脈拍数の上昇による「体温上昇疑い (おそれ情報)」を検知する機能を具備している。これは一定期間蓄積した個人ごとの脈拍数の平均値 (安静時・行動

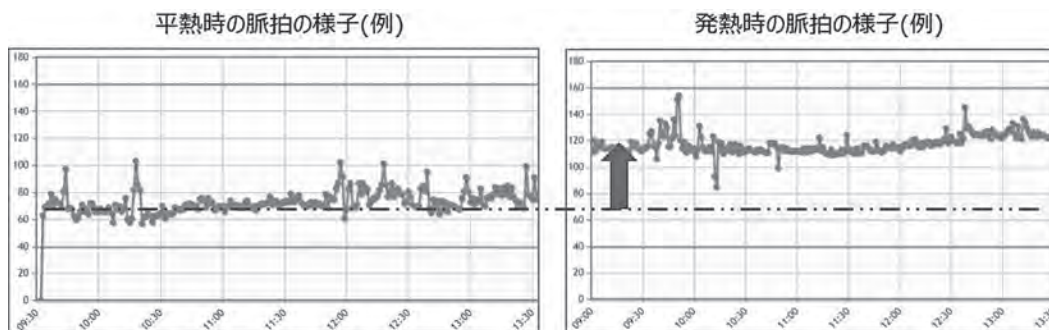
時) データをもとに、一定時間脈拍数が上昇したままの場合、体温が上昇していると予測し、疑い (おそれ情報) として通知する (図-5)。これは「おおよ体温が40℃くらいまでは、体温が0.5℃上昇するごとに、心拍数は1分間に10回程度の割合で上昇する<sup>1)</sup>」ことに基づき、脈拍数のほか安静時/行動時を考慮したロジックとして設計している。体調不良を早期に把握することで、労働災害の防止を実現する。

#### (2) 転倒・転落検知

ウェアラブル端末の加速度センサーが作業員の転倒・転落を検知しアラートを通知する。一般的に、急激な加速度変化のみを転倒・転落として検知した場合、草刈りのように腕を振る作業を転倒・転落として誤検知するケースが発生しやすい。本システムでは、停滞 (うずくまり) を合わせて検知することで、誤検知の発生を低減させている。また、アラートの誤送信



図一4 管理画面



図一5 体温上昇おそれ通知



図一6 転倒・停滞アラートの発信キャンセル

を予防するキャンセル機能をウェアラブル端末に具備することで、誤発報のリスク低減を実現している（図一6）。転倒／転落等の誤検知を低減させつつ、真に異常が発生した際の早期発見を実現することで、事故発生時の初動対応迅速化を実現する。

(3) 位置測位

作業員の位置を管理画面上に表示する。屋外におけるGPSでの測位（図一7）に加え、屋内ではBluetooth・

Wi-Fi ゲートウェイへの帰属による測位やビーコンでの測位（図一8）など現場の作業環境に合わせた位置測位を実現する。特に屋内では、ビーコンを活用することでGPSでは実現できない階層（フロア）単位での位置測位が可能となる。異常発生時に作業員の位置情報を把握するだけでなく、各作業員の位置データから各ポイントへの滞在時間・作業動線を可視化（図一9）することで業務の改善に活用することも可能である。



図一七 屋外における位置測位



図一八 屋内における位置測位

(例) 作業員Aの各作業場所における滞在時間



図一九 位置情報の活用

(4) SOS (HELP) 送信・メッセージ送受信

現場作業員がすぐに助けが欲しい時、自らウェアラブル端末を操作することで管理者や周囲の作業員へ即座にアラート通知を行う「SOS (HELP) 送信機能」を具備する。また、「メッセージ送受信機能」によりクラウド上の操作画面にて設定したメッセージをウェアラブル端末上に表示することが可能である (図一10)。現場作業員がスマートフォンを所有していない場合には連絡手段の代替として活用できるほか、スマートフォンを所有している場合でも、現場管理者から現場作業員への定期的な注意喚起などを効率的に実

施することが可能である。

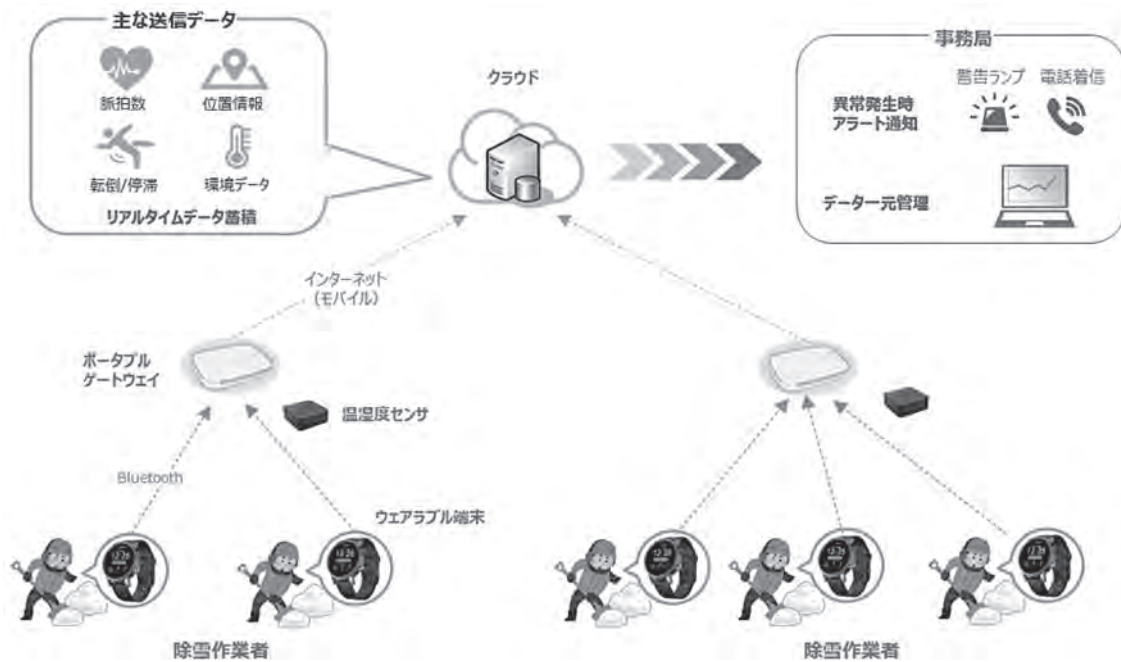
4. システムの活用例

本システムの特長上、建設業における土木工事・建築工事・設備工事全般での適用が可能である。また、暑熱環境下での作業、転倒／転落の危険のある作業、その他安全管理・健康管理を行う必要のある屋内外での作業全般に活用が可能なることから、建設業だけでなく製造業、運輸・倉庫業、農業・林業などさまざまな現場での活用が進んでいる。ここでは作業内容別にシ





図一10 メッセージ送受信



図一11 除雪作業での活用

システムの活用例を述べる。

(1) 土木工事

熱中症対策・予兆検知による安全管理のみならず、管理者から作業員へのメッセージの伝達に本システムが利用されている。当該現場の作業員はスマートフォンを所有しておらずメッセージの伝達手段がその代替となっており、橋梁下部に固定型のゲートウェイ装置を設置しウェアラブル端末をクラウドに接続している(本システムではスマートフォンとウェアラブル端末を接続して運用することも可能)。

(2) 建築工事

ビルの工事において熱中症対策・予兆検知による安全管理に加え、建設中の各フロアにビーコンを設置し位置情報を把握・分析することで、各作業員の活動量

や滞在時間、行動パターンなどが見える化している。

(3) 除雪作業

豪雪地域では、高齢者などの自宅の除雪を地域の住民が協力し行う「共助による除排雪」が各地域で行われているが、人口減少や少子高齢化により雪処理の担い手が不足しており、雪処理の担い手として除雪ボランティアの募集が行われている。除雪ボランティア作業員の安全対策として、ウェアラブル端末を用いて異常を予知・発見した際には本人および離れた場所にある事務所へアラートを通知させている(図一11)。

5. おわりに

暑熱環境下での作業、転倒／転落の危険のある作業、その他屋内外での作業全般においてウェアラブル

端末およびクラウドを活用し「安全管理」・「業務DX」を実現するシステムの概要や活用例について述べた。今後はクラウドに接続するウェアラブル端末やIoTセンサーの拡充、他サービス・システムとの連携により、さまざまな現場作業の課題を解決する機能開発を進め、「安全管理」・「業務DX」のさらなる実現を目指す。

### 謝辞

共同でソリューションを開発いただいた富士フィルムデジタルソリューションズ(株)をはじめ、開発・実証実験にて各業種の皆様には多大なるご協力をいただきました。誌面を借りて謝意を申し上げます。

JICMA

### 《参考文献》

- 1) 江口 正信：「新訂版 根拠から学ぶ基礎看護技術」, サイオ出版, 2015.03
- 2) Wearable Connect (ウェアラブルコネクト) ホームページ ([https://business.ntt-east.co.jp/service/wearable\\_connect/](https://business.ntt-east.co.jp/service/wearable_connect/))

### 【筆者紹介】

松田 祐輝 (まつだ ゆうき)  
東日本電信電話(株)  
ビジネス開発本部 第三部門  
IoT サービス推進担当



# インフラメンテナンス作業の点検等に特化した 安全教育 VR

## 「eQ 危険体感 VR」の活用に向けて

岡田 卓也

労働災害の原因の一つに、労働者の行動に起因する手順の省略行為や近道行為などがある。当社では、「不安全行動をするヒト」に危険感受性を補うため、より効果的な安全教育として、VR 技術を活用している。令和3年の夏に、インフラメンテナンスの点検作業のうち、特に重大な事象に繋がる「墜落」を疑似体感できる VR を完成させ、これまでに各種展示会や体験会、数多くの企業研修等で活用されてきている。本稿では、これらの活用を通じて得ることができた知見をもとに、安全教育のツールの有効性について報告するものである。

キーワード：VR、危険体感、安全教育、危険感受性、不安全行動、墜落

### 1. はじめに

建設業は、他産業と比べて労働災害が非常に多く、事故に遭いやすい傾向があり当社も例外ではない。主な要因は、労働者が高い場所や建設機械と同じ場所で作業すること、さらに、自然条件に起因する不確定な要素も加わる。事故は、「不安全な状態のモノ」と「不安全な行動をするヒト」が接触することで発生する。

そこで、当社は事故を未然に防ぐため「不安全な行動をするヒト」に着目し、不安全な行動をしないようにするための安全教育が重要であると捉え、より効果的な方法として、VR を導入することとした。

本稿では、eQ 危険体感 VR（以下：eQVR という）によって、危険感受性を高められることができるのか、また安全教育のツールとして有効か、という点について、アンケート調査から得られた結果をもとに述べるものである。

ここで、危険感受性<sup>1)</sup>とは、何が危険か、どうなると危険な状態になるのかを直観的に把握し、危害の程度・発生確率を敏感に感じ取る能力と定義する。

### 2. VR 技術導入の背景

これまでの安全教育は、座学を中心に行っているが、マンネリ化しているのが現状である。これにより、受講者は自分事と考える認識が薄く、記憶にも残らず重要な安全ポイントを見逃してしまいがちである。また、現場の危険な作業が経験できないことから、危険

感受性を身につけることも難しい状況である。

厚生労働省の令和2年労働災害発生状況の分析等<sup>2)</sup>の年齢別を見ると、建設業の死傷災害の発生件数は、20代から60代までの年齢層で同様に事故が発生している。建設業の作業員は、事故に遭いやすい傾向にあり、危険に対する感受性が低い可能性がある。

そこで、当社はこれらの課題の解消のために、危険な作業を疑似体感できることが必要と考え、VR の導入検討に着手した。しかし、インフラメンテナンスの点検業務に特化した VR が他になかったことで、令和2年12月から令和3年7月にかけて、eQVR のコンテンツを開発した<sup>3)</sup>。

ここでは、危険感受性を補う方法として、VR 技術を活用した安全教育である eQVR の取り組み事例を報告する。

### 3. eQVR の特徴

臨場感とリアル感とは、人間の五感のうち「視覚」と「聴覚」を利用するものである。臨場感とは、現場の空間に存在する物の形状、影、コンクリートの劣化状況を取り入れ、また自分の周りに広がる空間の方向や機械の実際の動きを再現している。リアル感とは、実際の現場の状況を現地調査することで、現実で本物に近い空間をつくりあげたものである。

体験者は、危険を体感することで、その危険を回避しようとする身体に反応が生じる。体験者には、安全を軽視したことで危険な状態になることを体感さ



せ、記憶に残るようにしている。

他社のVRは、ヘッドマウントディスプレイによる映像のみで体験するものが多いが、eQVRは、臨場感とリアル感の特性を生かし、“現実に近い危険を体感できる”ものとなっている。

#### (1) 構成機器

主な構成機器（図—1）は、VRヘッドマウントディスプレイ（5K映像、90fps、210度の視野角）、ネックスピーカー、コントローラー（点検ハンマー）、歩行型VRデバイス（転倒防止）である。



図—1 構成機器

#### (2) コンテンツ

コンテンツは、単に危険な体験をさせればよいものではない。実用的で実践的な教育を行うには、過去、当社で発生した事故の内容を、より身近に感じてもらうための開発を行った。体験を通じて、現場であればどのような事故につながるか、イメージを膨らませることで危険感受性を高めてもらうものである。

コンテンツの種類は、橋梁点検車からの墜落、高所作業車が転倒、高所作業車による挟まれ、のり面からの落下の4つである。

#### (3) 危険感受性を高める工夫

体験者に、「不安全な行動をするヒト」が事故を発生した場合と「不安全な行動をしなかったヒト」が事故を発生させなかった両方の場合を体験してもらうことで、事故に至った原因を自分事として考えさせることで、危険感受性を高めるようにしている。

この体験のポイントは、不安全な行動を自ら考え認識させ、あわせて指差呼称による手順の省略行為を防止する習慣をつくることである。さらに、法的根拠に基づいた安全確認のポイントを表示説明することで、労働安全の法令を理解させる安全教育である（図—2）。

### 4. アンケート調査

#### (1) 調査対象

調査対象者は、VR技術を活用した安全教育のツールに関心がある392人を対象に、展示会や各企業先で実際に疑似体感をしてもらった（表—1）。

調査対象者の年代は、20歳以上から30歳未満が35%（137人）で最も多く、次いで30歳以上から40歳未満が19%（73人）であった（図—3）。

#### (2) 回答率

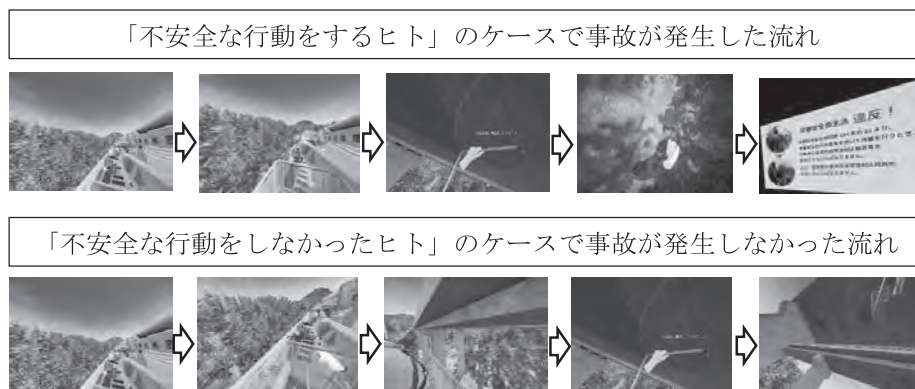
回答率は、99.7%（391人）

#### (3) 調査時期

令和3年10月6日（水）から令和4年4月25日（月）

#### (4) 体験概要

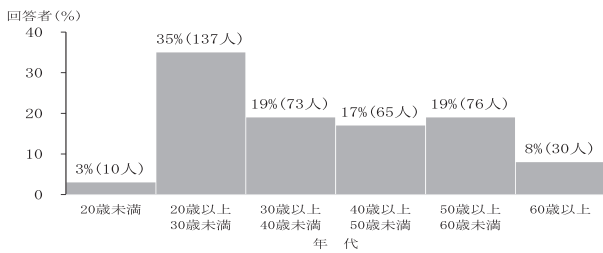
体験コンテンツは、建設業で「墜落・転落」としての発生が多い事故を対象に、eQVRのコンテンツの1つである橋梁点検車（以下：点検車という）からの墜落とした。このコンテンツは、「不安全な行動をするヒト」が事故を発生した場合の内容とし、また多くの



図—2 システムのイメージ

表一 対象者の概要

日付	対象者企業など	業種	対象者人数			
			計	男性	女性	無回答
令和3年10月6日	ハイウェイテクノフェア 2021	全産業	71	60	11	
令和3年10月7日	ハイウェイテクノフェア 2021	全産業	79	57	22	
令和3年10月28日	A企業	建設業	12	12	0	
令和3年11月19日	B企業	高速道路会社	31	30	1	
令和3年12月10日	C企業	建設業	3	3	0	
令和4年2月18日	D企業	建設業	24	23	1	
令和4年3月28日	E企業	高速道路会社	75	66	9	
令和4年3月29日	E企業	高速道路会社	50	42	7	1
令和4年4月25日	F企業	高速道路会社	47	37	10	
		計	392	330	61	1



図一 年代別の回答率

人に事故の体験をしてもらうために、体感時間を2分間弱程度とした。

体験概要は、フルハーネス型墜落制止用器具を装着しているが、フックの未使用により、墜落することを疑似体感してもらう。体験者は、フックの未使用による省略行為が事故につながったという危険を認識し、危険感受性を高めていく内容である。

(5) 質問項目

アンケート質問項目は、表一2に示す。このほかに、自由記述欄を設けた。

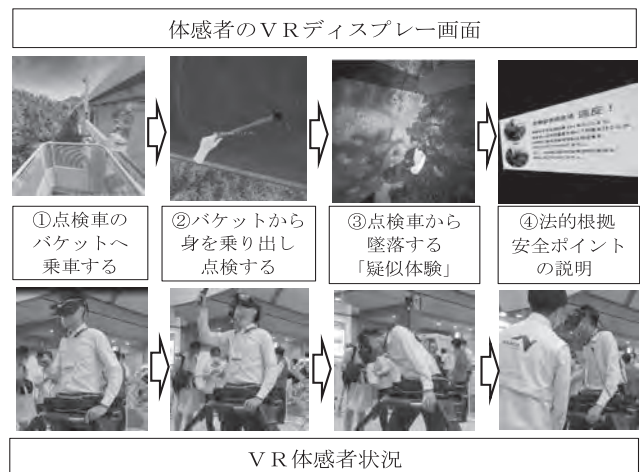
アンケートの質問項目を、「体感時間、臨場感、リアル感、総合評価、教育時間」の特性を把握し評価するために設定した。ここで、①体感時間は危険な体験をしてもらう長さ、②臨場感にあたかも自分がその場にいる感覚があるか、③リアル感はコンテンツが現実に近い感覚であるか、④総合評価は危険感受性が高められる内容であるか、⑤VR教育時間はeQVRを体

感した2分間程度を基準に安全教育のツールとしての適する時間を問う、内容である。

(6) 体験手順

VR体験手順は以下のとおりである(図一4)。

- ①体験者は、点検車のバケットに乗り込む。ここで、まず現場に存在する物の形状や奥行き、高さ、影、風の音、機械の動きの実際の時間、音のリアル感を知ってもらう。また、体験者の手、バケットに乗車している場所、360°の方向、動きの状態の臨場感を体験してもらう。なお、体験者は、フルハーネス型墜落制止用器具を装着しているが、フック掛けを使



図一4 体験の流れ

表一2 アンケート質問項目

① 体感時間	<input type="checkbox"/> 短い	<input type="checkbox"/> やや短い	<input type="checkbox"/> ちょうどよい	<input type="checkbox"/> やや長い	<input type="checkbox"/> 長い
② 臨場感	<input type="checkbox"/> 大変満足	<input type="checkbox"/> 満足	<input type="checkbox"/> 普通	<input type="checkbox"/> 不満	<input type="checkbox"/> 大変不満
③ リアル感	<input type="checkbox"/> 大変満足	<input type="checkbox"/> 満足	<input type="checkbox"/> 普通	<input type="checkbox"/> 不満	<input type="checkbox"/> 大変不満
④ 総合評価	<input type="checkbox"/> 大変満足	<input type="checkbox"/> 満足	<input type="checkbox"/> 普通	<input type="checkbox"/> 不満	<input type="checkbox"/> 大変不満
⑤ VR教育時間	<input type="checkbox"/> 1～2分未満	<input type="checkbox"/> 2～3分未満	<input type="checkbox"/> 3～4分未満	<input type="checkbox"/> 4～5分未満	<input type="checkbox"/> その他

用していない状況である。

体験者は、バケットに乗り込んだ状態で点検箇所へ移動する。ここでは、点検箇所までの移動時間を省略し、事故が発生した場面の手順のみとした体感時間とした。

- ②点検箇所に移動後、橋梁の床版下面でコンクリートの劣化状況を打音点検により開始する。この体験は、体験者の手で点検ハンマー(コントローラー)を持って打音することで、音と振動が出る仕組みとしている。
- ③体験者は、バケットから身を乗り出して打音するときに、バケットから墜落する。事故を体感したことで危険に対する感受性を高める。
- ④体験者は、事故の背景の説明を聞く。「不安全な状態のモノ」と「不安全な行動をするヒト」が接触したことで事故に至ったことを、法的根拠に基づいた条文で説明し、安全確認のポイントが分かる構成としている。

## 5. アンケート結果と考察

### (1) 体感時間の長さ

アンケート結果は、392人の有効回答率99.5%(390人)であった(図-5)。

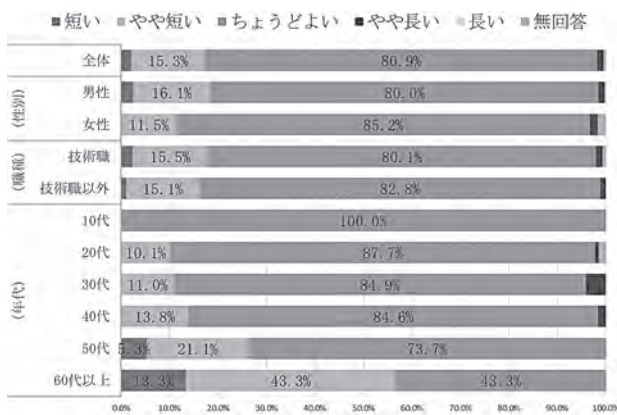


図-5 体感時間

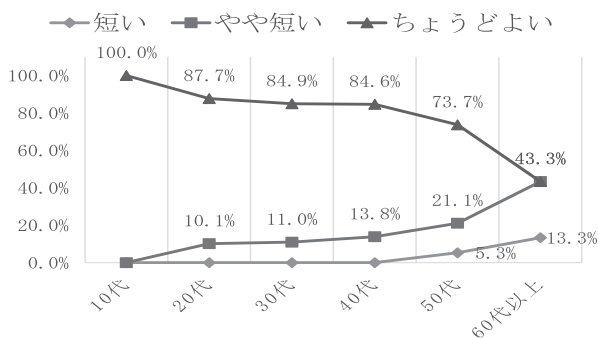


図-6 体感時間と年代別

VRの体感時間を5段階に「短い」、「やや短い」、「ちょうどよい」、「やや長い」、「長い」で評価した。

全体を見ると、「ちょうどよい」が80.9%、次いで「やや短い」が15.3%であった。

年代別の図-6に示すとおり、体感時間の「ちょうどよい」は、10代が100%であり、年齢とともに低下し60代以上で43.3%であった。「やや短い」と「短い」は10代が0%から60代以上で56.7%と多くなっている。

一方で、「やや長い」と「長い」は、10代と50代、60代以上で0%であった。20代から40代までは、ほんの僅かであった。

10代は体験した2分間程度の長さに対して、全員が危険感受性を高められる時間と回答している。しかし、60代以上は、半数以上が2分間程度の長さでは、危険感受性が高められないと回答している。これは、年代が上がっていくにつれて、危険な作業や安全に関する情報が、多くなるためと考えられる。

アンケートの自由記述欄では、「2分程度の体感であったが、実感するまでの時間を考慮し長めが良い」、「事象発生までに、もう少し時間があっても良い」などの意見があった。これは、体験者が事故のイメージを膨らませる時間が乏しいと考えられる。

次に、職種別を見ると、「ちょうどよい」は技術職が技術職以外より2.7%低く、「やや短い」が0.4%高かった。技術職は、2分間程度の長さ若干であるが、体感時間が短いと回答している。これは、現場の状況や危険作業に関する知識、作業手順を熟知している技術職が、技術職以外の未経験者より危険感受性が高いと考えられる。これらのことから、体感時間に点検箇所までの移動時間を省略した部分を含めることで、より危険をイメージすることが可能となり、気づきが生まれ危険感受性が高められると思われる。

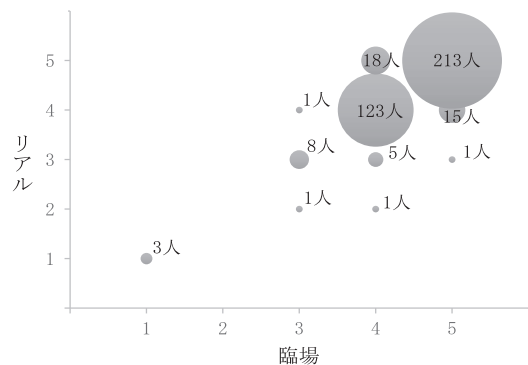


図-7 相関関係の散布図



(2) 臨場感とリアル感の関係

アンケート結果は、392人の有効回答率99.2%（389人）であった。臨場感とリアル感の関係（図-7）は、強い正の相関関係（ $r=0.854$ ,  $N=389$ ,  $p=0.00$ ）が認められた。 $p=0.00$ と求められたので有意であったことが分かる（ $p<0.05$ ）。すなわち、臨場感とリアル感の間には、有意な相関が示された。また、平均値および標準偏差は、臨場感（ $M=4.540$ ,  $SD=0.626$ ）、リアル感（ $M=4.524$ ,  $SD=0.667$ ）であった。

アンケートの自由記述欄では、「臨場感があり、本当に落ちた様な体験ができた」、「実際に体験すると臨場感がすごく恐怖を覚えた」、「VR画面は想像以上に迫力があり、高所での作業風景などもリアルであった」、「周囲環境を、よりリアルな質感にすると臨場感が増し、高度な安全教育につながると思う」など肯定的な記述が多くあった。

これは、全体の光景と関連した場所が機能したリアル感と、あたかも自分がその場にいる感覚が本物らしさに機能した臨場感の、二つの特性が大きく影響したと思われる。

(3) 総合評価の結果

アンケート結果は、392人の有効回答率99.7%（391人）であった（図-8）。

全体を見ると、「大変満足」が最も高く59.2%、次いで、「満足」が37.8%であり、これらの上位を合わせると97.0%が満足という結果であった。

職種別を見ると、「大変満足」と「満足」は、技術職以外が技術職より評価が2.9%高かった。

年代別では、全ての年代で「大変満足」と「満足」が約9割以上と高い結果であった。

これは、現場のリアル感と体験者の臨場感が再現できたことで、本物に近い危険な疑似体感が得られたと言える。体験者が、危険な作業のイメージを体感した

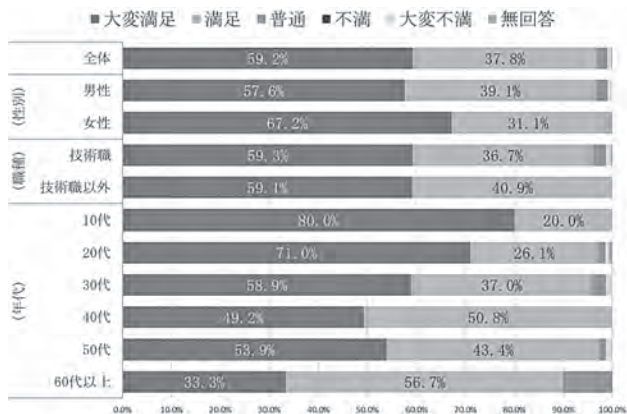


図-8 総合評価

ことで、記憶に残りやすかったと考えられる。

アンケートの自由記述欄では、「落下する際、非常に怖かった。身を乗り出しての作業はとても危険だと認識できた」、「落下までの危険体験まですることができたので、今後も安全対策に重視していきたい」、「失敗の経験をさせるのは大きいと感じた」、「イメージ(事故)ができた」など肯定的な記述が多くあった。一方で、「とても面白く勉強になった」、「楽しかった」など少数の安全に関する以外の記述もあった。

体験者は、危険な状況を正しく認識せずに、不安定な行動に走ってしまう問題点を体感することで、危険を敏感に感じて回避する行動に繋がった。また、「楽しかった」という感情が、体験者にとって新鮮でゲーム感覚で楽しく受けられたことも行動の原動力になるのではないかと考えられる。したがって、危険感受性を補う方法として、幅広い年代や職種に受け入れられたことが示された。

(4) VR教育時間の検討

アンケート結果は、392人の有効回答率92.6%（363人）であった（図-9）。

VR教育時間の適する時間を5段階に「1～2分未満」、「2～3分未満」、「3～4分未満」、「4～5分未満」、「その他」で評価した。

適する時間は、「2～3分未満」が約4割と最も多かった。次いで、「3～4分未満」、「4～5分未満」を合わせると約5割であった。「その他」では、1～5分未満に該当しない5分以上の時間は、ほんの僅かであった。

次に、年齢別では、「1～2分未満」と「2～3分未満」をあわせると、10代で約6割であり、年齢とともに低下し60代以上で約4割であった。つまり、「3～4分未満」と「4～5分未満」をあわせた比率のほうが高くなる。これらのことから、適する時間は「3～5分未満」に占める割合が高くなることが示された。また、「その他」の5分以上の割合が、限りなく低いことを見ると、VRを短時間で効率的に、より多

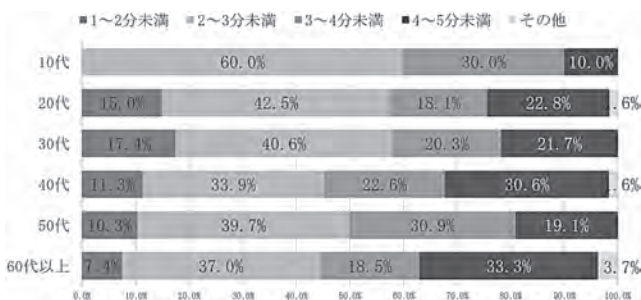


図-9 VR教育時間

くの労働者に体験させるべきと考えられる。これは、体験者に現場の潜在的な危険を、事故が発生した場面の手順のみだけでなく、事故が発生する前の不安全な行動を誘発する手順を充実させることで、危険感受性を高める狙いがあると考えられる。

不安全行動を誘発する要因<sup>4)</sup>は、労働者の要因、作業の要因、作業環境の要因、安全管理の要因、組織の要因等があると言われている。

このことから、VRの教育時間は効率的かつ効果的に実施することを踏まえ「3～5分未満」が適していることが伺える。

## 6. おわりに

本稿では、幅広い年代を対象として、eQVRを用いて危険感受性を高めるために、安全教育のツールの有効性の検証を目的としてアンケートを実施した。アンケート調査を行った評価を以下に述べる。

現場のリアル感と体験者の臨場感の特性が大きく影響したことによって、現場の本物に近い危険な疑似体感が得られた。このことから、危険感受性を補うツールとして幅広い年代や職種に受け入れられたことが示された。体感時間と年代別の関係は、経験豊富な中高年齢層ほど体感時間が短く感じる傾向が顕著に表れている。

一方の教育時間と年代別は、年代が上がるにつれて教育時間が短く感じる傾向があったが、5分以上を適する時間とする回答は、限りなく少なかった。このことから、危険に至るまでの不安全行動を誘発する内容

を省略せず効果的に、かつ教育時間を3～5分未満で効率的に行うことが示唆された。

以上のことから、危険感受性を高められる安全教育のツールとしてVRの有効性を示すことができた。

今後は、安全教育のプログラムに組み込むことで、労働者の安全意識がどのように変わるか効果を検証しつつ、安全教育の発展と労働災害の防止に貢献していきたい。

## 謝 辞

本研究のeQVRを実施するに当たり、アンケートの回答に多大なるご協力していただいた体験者と関係者の皆様に深く感謝いたします。

JCMA

## 《参考文献》

- 1) 厚生労働省：職場のあんぜんサイト, [https://anzeninfo.mhlw.go.jp/yougo/yougo86\\_1.html](https://anzeninfo.mhlw.go.jp/yougo/yougo86_1.html)
- 2) 厚生労働省：令和2年労働災害発生状況の分析等, <https://www.mhlw.go.jp/content/11302000/000790380.pdf>
- 3) 建設業労働災害防止協会：ICT研究開発事例, [https://www.kensaibou.or.jp/safe\\_tech/ict/entry/005957.html](https://www.kensaibou.or.jp/safe_tech/ict/entry/005957.html)
- 4) 厚生労働省：職場のあんぜんサイト, [https://anzeninfo.mhlw.go.jp/yougo/yougo90\\_1.html](https://anzeninfo.mhlw.go.jp/yougo/yougo90_1.html)

## 【筆者紹介】

岡田 卓也（おかだ たくや）  
西日本高速道路エンジニアリング九州(株)  
事業推進本部  
安全品質部 安全品質課  
課長代理



# 現場の協調安全を目指す新型油圧ショベルと連動ソリューション

小林 敬弘・上野 善継

建設業の労働災害における死亡者数は全産業の3割を占め、その中でも建設機械における災害は2割を超える。人による安全対策だけではなく、機械による安全の確保や、事故を未然に防ぐ一助として新型油圧ショベル ZAXIS-7 シリーズ（以下新型油圧ショベル）及び新型 ICT 油圧ショベル ZAXIS X-7 シリーズ（以下、新型 ICT 油圧ショベル）にて、機械の接触被害低減システム、施工映像共有ソリューション、設定範囲外への逸脱防止機能を開発した。本稿では、建設機械における安全性の向上に寄与する特性や効果など現場の安全管理に活用できる機能について報告する。

キーワード：接触被害低減，安全管理，施工映像，運転支援機能，逸脱防止

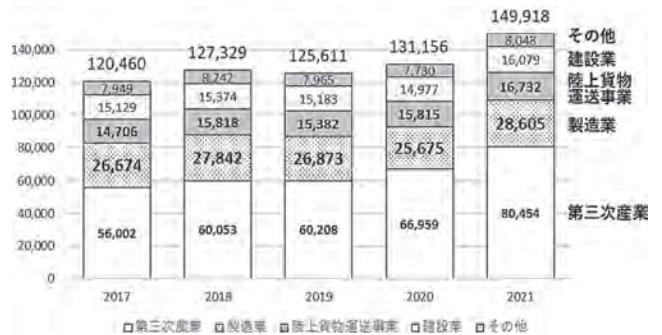
## 1. はじめに

日本における産業別労働災害による休業4日以上の死傷者数は、1978年に348,826人をピークに減少傾向となり、2009年には105,718人まで減少するも、10万人を下回ることなく、近年においては増加傾向である（図-1）。全業種別労働災害発生状況の内訳では、第三次産業が全体約5割を占め、次いで製造業、陸上貨物輸送事業、建設業、その他の順で労働災害が発生している（図-2）。

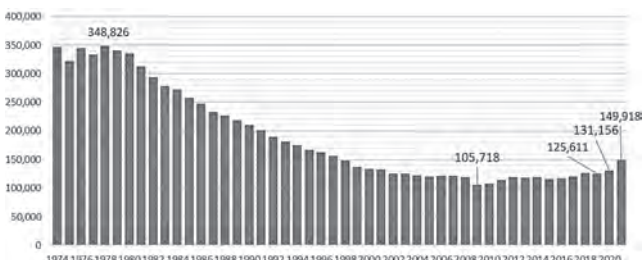
一方、死亡者数においては、年々減少傾向にあるが（図-3）、業種別死亡者数では、休業4日以上の死傷者数で半数を占めていた第三次産業を超え、建設業が全体の3割を占めている（図-4）。

特に建設機械に起因する死亡災害「はさまれ，巻き込まれ」，「激突され」が23%を占めている。近年，建設施工技術の進歩によりあらゆる工事が機械化施工によって実施されている状況を踏まえると，その安全性を向上させ，建設機械などによる労働災害を減少さ

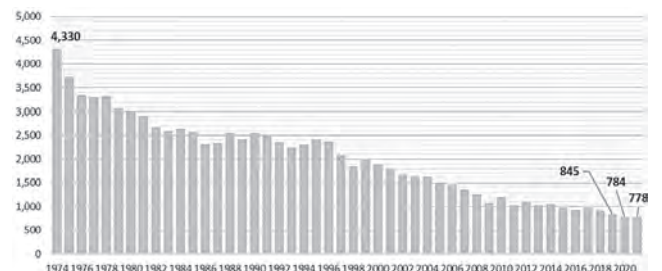
せていくことは引き続き取り組まなければならない重要課題である。



出典：厚生労働省 労働災害発生状況  
図-2 業種別労働災害発生状況 休業4日以上の死傷者数（人）

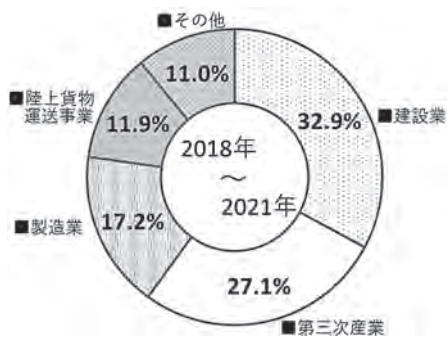


出典：厚生労働省 労働災害発生状況  
図-1 休業4日以上の死傷者数（人）



出典：厚生労働省 労働災害発生状況  
図-3 労働災害による死亡者数（人）





出典：厚生労働省 労働災害発生状況

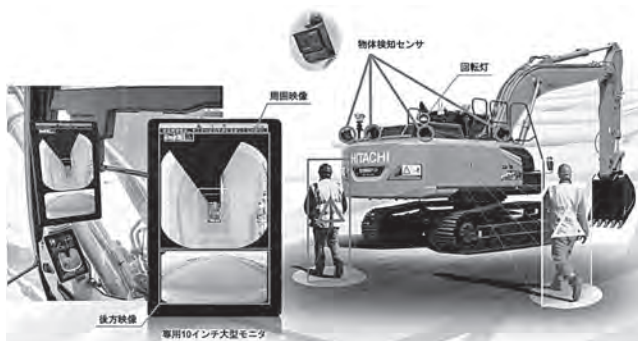
図一4 労働災害による業種別労働災害発生状況 死者割合 (直近5年)

## 2. 接触被害低減に寄与する運転支援システム

### (1) 「AERIAL ANGLE STEP IV」の概要

日立建機株式会社は、新型油圧ショベルのオプションとして、油圧ショベルの機体と障害物との接触被害低減に寄与する運転支援システムとして、「AERIAL ANGLE STEP IV(エアリアルアングル ステップフォー)」(以下、本運転支援システムという)を市場導入した(図一5)。人による安全対策だけではなく、機械による安全確保で、事故を未然に防ぐことを目的としている。

油圧ショベルの機体に物体を検知するカメラ付き物体検知センサ(赤外線深度センサ)を装着し、検知範囲内で物体を検知した際、オペレータに対しては運転室にあるモニターにカメラ映像および、検知した情報を表示し、ブザーで知らせる。周囲の作業員に対しては外部ブザーと回転灯で検知されたことを知らせる。機体が待機中に検知範囲内で物体を検知すると、機体への接近度合いに応じて走行時の動力低減や旋回・走行操作ができないように制御する。走行や旋回中に検知範囲内で物体を検知し、接触の危険性があるとシステムが判断すると、自動的に減速を開始し、最終的には機体を停止させる。

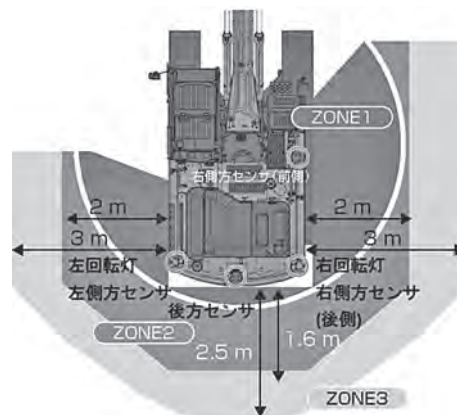


図一5 本運転支援システム

### (2) 本運転支援システムの特徴

建設機械による労働災害事例のなかでも、機体の動きはじめや稼働時の接触事故が多くなっている。本運転支援システムは、機体周辺で検知した物体の位置や機体の動作状況に応じて、警報を発報、エンジン回転数を下げて動力を低減し、走行・旋回動作を制御する。機体周辺に搭載したカメラ付き物体検知センサにより、機体側面・後方の物体を検知する。物体の検知範囲は、物体と機体との位置関係により3つのZONEに分けている(図一6)。

機体の動作状況に応じて、注意喚起のための警報、始動抑制、動力低減による機体の減速、最終的には停止する。停止、動作制限を行うことで接触事故の低減に寄与する。「見せる、知らせる、動かさない、止める」の4つのアクションによりオペレータへ注意喚起をし、安全な操作をアシストするシステムである。



図一6 検知範囲のイメージ (上面)

- ① ZONE3では、機体に接近したことを周囲に知らせる警報を発信する。オペレータに対しては、機械周辺映像を運転席内モニターに表示させる。また、オペレータと周囲作業員に対して、物体検知情報を外部ブザー及び回転灯で警報し退避を促す。動作制限は、操作をしていない状態から走行にレバーを入れた際、動力を低減する。
- ② ZONE2では、ZONE3での注意喚起だけでなく、始動抑止がかかる。走行では、走行接触危険エリアとして走行操作に制御がはたらく。走行操作をしていない状態で物体を検知した場合、始動抑止制御がはたらく。走行中に物体を検知した際は減速・停止制御を行う(図一7)。
- ③ ZONE1では走行に加えて旋回接触危険エリアとなる。走行の旋回操作をしていない状態で物体を検知した場合、始動抑止制御がはたらく。また走行・旋回中に物体を検知した際は減速・停止制御を行う。



図一七 走行中の検知イメージ



図一八 旋回中イメージ

停止した機体は、ZONE1の範囲内に物体が存在せず、パイロットシャットオフレバーを操作すれば機械の運転を再開することができる（図一八）。

### 3. 安全管理に寄与する施工映像共有ソリューション「Solution Linkage Alert Viewer」

#### (1) 「Solution Linkage Alert Viewer」の概要

本運転支援システム搭載機専用のオプションとして、Solution Linkage Alert Viewer（ソリューションリンケージアラートビューワー（以下、本ソリューションという））を設定することができる。

本ソリューションは本運転支援システムの接触被害低減に寄与する運転支援システムに連動して、動力低減が検知されたことをトリガー情報にし、インターネットを介して検知場所、動画をクラウドにアップロード、管理者等に向けて通知をする。管理者等は、事務所にいながらリアルタイムに安全管理ができるソリューションである。

機体には、前方及び機体周囲にカメラが設置されており、機体の前方及び周辺を撮影録画している。録画データは、機体とスマートフォンを無線LANで接続することで、40時間分振り返ることができ、オペレータの操作状況や、もしものトラブルが発生した際、原因を確認するために振り返ることができる。次に、クラウドにアップロードされた動画は、15倍速のタイムラプス映像で確認することができ、1日8時間の現場であれば、約30分で、1日の作業を振り返ることが可能である。動画は30日間クラウドで保管され、30日を超えたものは自動削除されるものの、保存機能を活用することで録画データを残すことができる。

#### (2) 本ソリューションの特徴

本運転支援システムにて検知されたトリガー情報は、検知された前後30秒（合計1分間）の動画および、検知された位置の情報をクラウドへ自動送信し、登録された管理者のPCやタブレットに通知を送る。管理者は検知時の状況を確認でき、検知時の動画を活用し、作業員などに動画を見せながら、不安全行動など、その時の状況を振り返ることが容易なため、具体的な危険予知活動を行うことができる（図一九）。



図一九 検知時動画画面

本ソリューションは、地図情報に施工図面を重ね合わせる事が可能であり、併せて地図内（現場内）で検知された情報が、どの位置で多く発生しているかデータで確認可能となる「ヒートマップ機能」を備えている。管理者は、機械・日ごとのデータが確認でき、どの場所で、何の作業をしていた際に検知数が多いか確認することが容易にできる。したがって、これら検知が多い箇所について、現場内の注意箇所をオペレータ・作業員に簡単に周知することができ、朝礼などで注意箇所を周知することで、短時間で現場内の安全意識を高めることが可能となる（図一〇）。

さらに、管理者向けに現場ごとの検出情報をまとめたレポート情報を確認することができる。機械ごとに検知情報を自動で集計しており、機械のどの位置で検知が多いか「機械周囲検知位置」情報、どの時間帯で検知が多いか「24時間検出傾向」情報、日別・週別・月別に建設機械がどのような作業、どの日に検知が多



図一〇 ヒートマップ



いか確認することが可能となる。これは、以前に比べ現場の安全順守に時間を割くことが多くなった現場監督などに役立つレポートであり、レポート情報を元に、検知が多い時間帯や場所に安全巡回を実施することで効率的に安全対策を講じることが可能となる（図11）。その他、安全性以外に生産性向上に寄与する機能も多く備わっている。詳細は、日立建機のホームページをご参照いただければ幸いである。

このように、本運転支援システム及び本ソリューションを活用することで、機械稼働周辺のヒヤリハットを低減させるだけでなく、管理者に通知・レポート機能を活用して、作業員に周知することで、安全意識も高め、安全性向上に寄与することができる。



図11 レポート機能

#### 4. 運転支援機能を活用した安全性の向上に寄与する「エリアコントロール」

##### (1) エリアコントロールの概要

新型 ICT 油圧ショベルより、安全性の向上に寄与する運転支援装置「エリアコントロール」を搭載した。エリアコントロールは、油圧ショベルのフロントの上下動作および車体の旋回動作時における設定領域外への逸脱抑制機能である。機械フロント上下・車体旋回時の障害物への接触など、施工箇所の損傷などを抑制することで安全性の向上が図れる。

新型 ICT 油圧ショベルでは、操作系に電気レバーを新たに採用したことで、従来の油圧レバーに比べマシンコントロールの制御を向上させている。油圧ショベルのブーム、アーム、バケット（フロント）をコントロールするためのセンサ（IMU センサ）で位置を検出し、機体の旋回角度はセンタージョイントに内蔵された「旋回角度センサ」で検出することで上下動作および旋回動作時の設定領域外への逸脱抑止制御ができるようになった。

制限領域の設定方法は、「高さ・深さ」、「左右旋回角・旋回半径」、「面」の6種類をモニタ上で設定すること

ができる。具体的には①フロントを設定したい境界まで移動し、車体に記憶させる方法、②高さ、深さ、左右の旋回角度、前面の距離などの設定、③左右、前方・後方の任意面の設定をする（図12）。

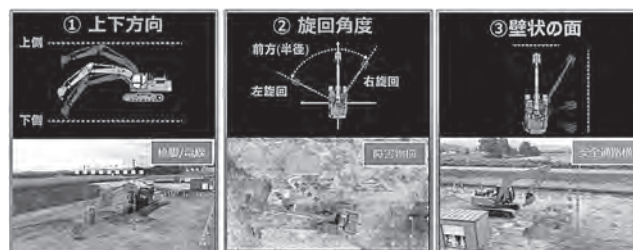


図12 エリアコントロール

##### (2) エリアコントロールの特徴

油圧ショベルの稼働現場は多岐にわたり、見通しの良い現場だけではなく、建物と接する狭い箇所や、人や物と接触する危険性のあるエリアなどさまざまである。周囲との接触が懸念される場所や制限領域以上にフロントを動かしたくない場合、エリアコントロールで事前設定に領域を設定することができる。

###### (a) 高さ・深さ方向の設定について

油圧ショベルのシュー底面の高さを0mとして任意の高さを指定し、その高さもしくは深さをフロントが超えないように設定することができる。これはフロントの位置をIMUセンサによって検出し、目標高さに近づくとマシンコントロールが機能してフロント動作を制限する。また、任意の高さにフロント設置してその高さを領域として設定することができる。これにより、橋脚や電線など油圧ショベルの上空に接触が懸念される場合に設定、深さではガスや水道管その他の埋設物がある場合に、設定することで、設備の損傷などを抑制することが可能と考えられる。

###### (b) 旋回角度・旋回半径の設定について

旋回角度は「旋回角度センサ」で車体の角度を検出し、目標角度に近づくとマシンコントロールが機能して旋回動作を制限する。旋回半径についてはフロントのIMUセンサによってフロントの位置を検出、制御する。掘削後の積み込みなど旋回を伴う作業において、施工範囲周辺に人が往来する安全通路や道路、建物の脇など、人や物がオペレータの意思と関係なく移動している環境などで大いに役立つと考えている。

###### (c) 面の設定について

左右および前方・後方に任意の面を設定することができ、目標面に近づくとマシンコントロールが機能してフロントおよび旋回の動作を制限する。面の設定については、前後左右の面に壁・物などがある場合それ



以上先に進まないように設定することで事故を未然に防ぐことができる。

これらエリアコントロールの6種類の機能は有効／無効が容易に切り替えできるため、作業の段階で上手に活用することで、危険を未然に防ぐとともに生産性向上にも寄与する。

## 5. おわりに

新型油圧ショベル及び新型 ICT 油圧ショベルにおける、安全性の向上に寄与する機能をまとめた。日立建機グループは、人と機械、機械と機械、機械と施工現場環境とが早期情報をやり取りし、施工現場全体の安全性の向上、生産性の向上を図る「協調安全」の現場の実現をめざしている。建機に実装する安全方策だけではなく、作業員やプロセスの管理、建機とは別の安全の仕組みなどを組み合わせて、全体のリスク低減を図ることが必要と考える。

今後も、単に事故を防ぐだけではなく、情報交換・共有によって人を安全側に導き、協調安全に対応した商品やソリューションを、お客様の声に耳を傾けながら、提供していく所存である。

JCMA

### 【筆者紹介】

小林 敬弘 (こばやし たかひろ)

日立建機㈱

コンストラクションビジネスユニット 開発設計統括部

コンストラクション製品開発部

担当部長



上野 善継 (うえの よしつぐ)

日立建機㈱

新事業創生ユニット 顧客ソリューション事業部

商品企画部 戦略企画グループ

主任



# KomVision 人検知衝突軽減システム

## システムの概要，人検知の原理の紹介

町田 正 臣

施工の進捗とともに状況が変化する建設現場では、人と建設機械の事故が課題となっている。建設機械による死亡事故発生件数は安全管理により減少を目指しているが、依然として高い。その課題に対し、PC120～PC1250（11型）向けにKomVision（機械周囲カメラシステム）を標準搭載にて市場に導入した。この導入により機械周囲の確認が容易になったが、機能向上のため機械周囲の人をカメラで検出するKomVision 人検知衝突軽減システムの開発を行った。人を検出した際にブザーなどで注意を促し、機体停止させ、建設機械と人との衝突事故を軽減する。本稿では、人検出の原理、システムの概要について紹介する。

キーワード：油圧ショベル，人検知，衝突軽減，停止制御，人検知衝突軽減システム

### 1. はじめに

施工の進捗とともに状況が変化する建設現場では、人と建設機械の事故が課題となっている。建設機械による死亡事故発生件数は安全管理により減少を目指しているが、依然として高い（図-1）<sup>1)</sup>。油圧ショベル・建設機械の事故の多くは衝突事故であり、最も多い原因は運転者の誤操作である（図-2）<sup>2)</sup>。

その課題に対し、PC120～PC1250（11型）にKomVision（機械周囲カメラシステム）（以下、従来の検知システ

ム）を標準搭載にて市場に導入した。従来の検知システムは、機械側面と後方に搭載した3台または4台のカメラを用いて俯瞰画像を構成し、視認による機械周囲の安全確認を補助するシステムである（図-3）<sup>3)</sup>。

更なる安全性向上のため、機械周囲の人をカメラで検出可能なKomVision 人検知衝突軽減システム（以下、人検知システム）の開発を行った。人検知システムは、人を検出した際にブザーなどで注意を促し、機体停止させるシステムである（図-4）。

コストの抑制と、迅速な市場導入のため、以下の方針で開発した。

- 従来の検知システムのソフトウェア変更のみで対応

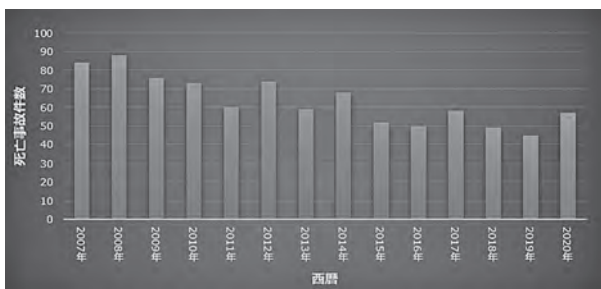


図-1 建設機械等の事故件数



図-2 油圧ショベル・建機の事故内容と事故の原因

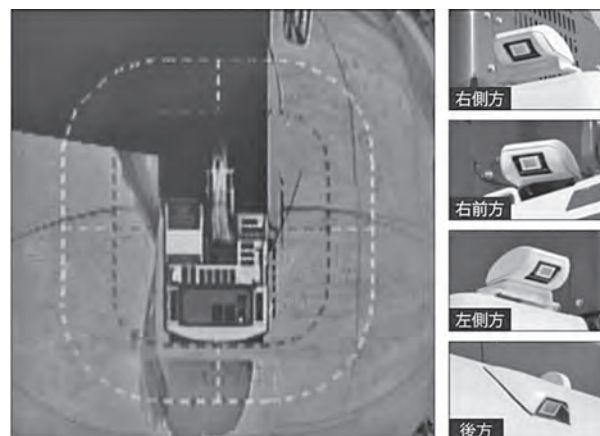


図-3 従来の検知システム



図一4 人検知システム搭載機外観（デカールが追加される）

- 開発期間やコスト増加を要する測距センサ等の追加は行わない

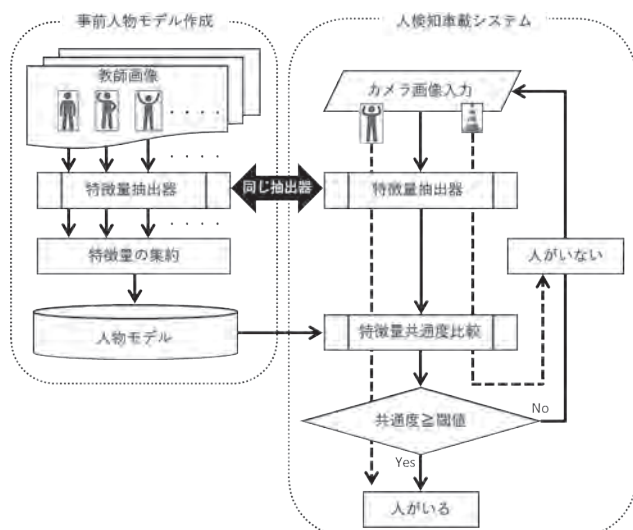
本稿では、人検出の原理、システムの概要について紹介する。

## 2. 人検知システムの原理

### (1) 人検出の原理

人検知システムは、モデル学習（人物モデルの作成）により人を検出する。人が映る画像をあらかじめ収集し、人の形状の特徴を抽出する。抽出した特徴のうち、共通するものを集約し、人物モデルとして事前に記憶する。

実際に人を検知する際、まず人物モデル作成時と同様の特徴を各カメラ画像で算出する。事前に記憶した人物モデルの特徴と、カメラ画像の特徴との共通度を比較し、共通度が高い場合「人がいる」と判断する（図一5）。



図一5 人検出の概要

### (2) 人物モデルの作成

開発初期、乗用車と油圧ショベルではカメラ取り付け高さ、角度が異なるため、人の映り方が異なり、乗用車の既存の人物モデルが使用できないことが分かった（図一6）。そのため、油圧ショベル搭載相当のカメラ位置、角度で画像を収集し、人物モデルを作成した。また、現場の作業者はヘルメット、作業服、安全ベストを着用しているため、さまざまな服装や姿勢の組み合わせで人物モデルを作成した。

## 3. 人検知システムの概要

### (1) 人検知システムの構成

従来の検知システムと同様に単眼カメラ4台と ECU (Electronic Control Unit) で構成される。単眼カメラから入力された映像を用いて俯瞰画像を表示し、同時に人検出処理を実施する（図一7）<sup>4)</sup>。

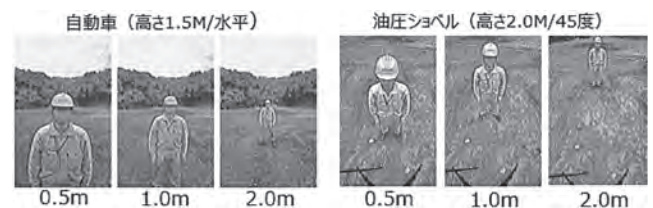
### (2) 人検知システムの発報方法

人を検出時、下記の3種類の 방법으로発報する（図一8）<sup>4)</sup>。

- マーカの表示（俯瞰画像上の人の位置を表示）
- 警告ブザーの鳴動（人検知時に鳴動）
- アイコンの表示（人検知の状態を表示）

本システムは車体からの危険度（距離）に応じ、目安線で区切られた2段階の警告方法を持つ（図一9）<sup>4)</sup>。

車体から遠い1段階目は、目安線（黄）の内側で人を検知した場合、俯瞰画像上に黄色いマーカで人の場所を示し、テンポの低いブザー（0.4秒 ON / 0.4秒 OFF）を鳴動させ、黄色いアイコンを表示させる。



図一6 カメラ取り付け高さ／角度による映り方の違い

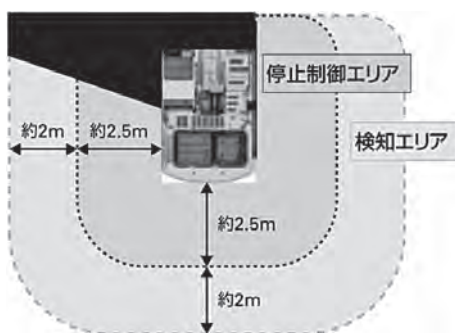


図一7 人検知システムの構成





図一八 人検知システムのモニタ表示

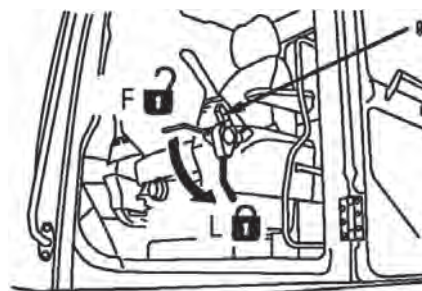


図一九 PC200-11の人検知エリア（目安線）

車体に近い2段階目は、目安線（赤）の内側で人を検知した場合、俯瞰画像上に赤色のマークで人の場所を示し、高い危険性を表すためテンポの速いブザー（0.08秒 ON / 0.16秒 OFF）を鳴動させ、赤いアイコンを表示させる（表一）。

(3) システムの有効化方法

ロックレバー（g）を操作してフリーの位置（F）にし、作業機（ブーム、アーム、バケット、旋回）を動作させることによりブザー機能、機体停止制御機能が有効となる。一方、ロックレバーをロックの位置（L）にすることでブザー鳴動、機体停止状態が解除されシステムは無効になる（図一10）<sup>4)</sup>。ブザー停止中も人を検知した際、マークは表示される。また、作動状態表示アイコンが状態に応じて変化し、システムの有効、無効を示す（表一2、3）<sup>4)</sup>。



図一10 ロックレバー操作

表一2 操作ごとの各機能の有効/無効

機能	作業機ロックレバー				ON
	OFF				
	走行レバー		旋回, 作業機レバー		
	ON	OFF	ON	OFF	
機体停止制御	有効	無効	無効	無効	無効
ブザー鳴動	有効	無効	有効	無効	無効
画面警告表示 (マーカ、アイコン)	有効	有効	有効	有効	有効

表一3 ブザーと機体停止制御作動状態表示アイコン

アイコン	状態の説明
	通常状態 人検知のブザーと機体停止制御が有効
	ロックレバーロック中 人検知のブザーは停止
	旋回中停止制御キャンセル中 旋回操作での停止制御は行われない

(4) 機体停止制御方法

目安線（赤）の内側で人を検知した状態で、旋回または走行を開始すると停止制御が有効となる。また、走行中に目安線（赤）の内側で人を検知した場合にも停止制御が有効となる。旋回操作中は、停止制御は無効となる（図一11）<sup>4)</sup>。

停止制御の方法は、ロックレバーを操作することなく電子的にロック状態に切り替え、緊急停止させている（図一12）<sup>4)</sup>。

表一1 人検知状態と発報方法

状態の説明	マークの表示	ブザー	アイコン
非検知状態	なし	なし	
目安線（赤）と（黄）の間で人を検知	黄色いマーク ○	テンポの低いブザー (0.4秒 ON / 0.4秒 OFF)	
目安線（赤）の内側で人を検知	赤いマーク ○	テンポの速いブザー (0.08秒 ON / 0.16秒 OFF)	
システム故障中	なし	なし	



図-11 検知エリアごとのシステムの振る舞い

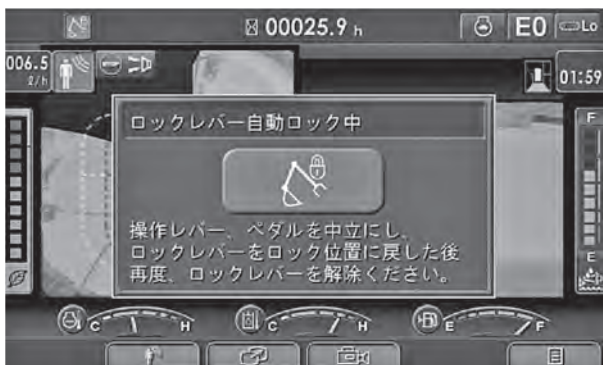


図-12 停止制御が働いた際のモニター画面

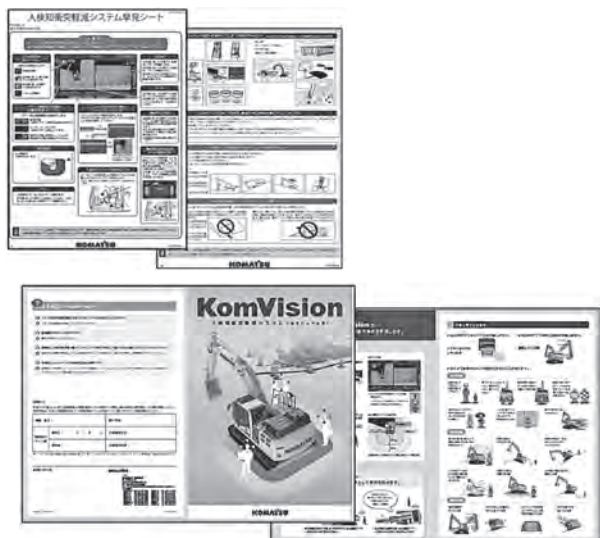


図-14 早見シート(上)と安全小冊子(下)

解したうえで使用する必要があり、取扱説明書の他に、安全小冊子の配布や運転席に早見シートを搭載している(図-14)<sup>5)</sup>。

### (5) システムの有効／無効切り換え

キーオン時、常にシステムは有効状態で起動するが、急停止により機体が不安定になる作業の場合にはシステム自体を無効にすることができる。

ロックレバーをロックした状態で、モニタコンソールのF2ボタンを押下し、有効／無効の切り換え画面で無効を選択すると、ブザーと機体停止制御が無効になり、作動状態表示アイコンがともに非表示となる。なお、システムを無効にした場合でも、人検知のマーカ表示は有効である(図-13)<sup>4)</sup>。

### (6) 使用時の注意事項

人検知システムは、カメラ画像を利用して人を検知するため、天候や周囲の状況により人を検知できない場合や、人ではないものを誤検知する場合がある。そのため、人検知システムを過信せず、特徴を十分に理

## 4. 将来的な展望

自動車業界やAI関連業界の技術動向から、今後は更に検知性能の向上が必要とされており、検知性能の向上のために更なる開発を進める。また、モノとの衝突事故を防ぐため、測距センサ等を追加し、センサ情報と画像処理情報の融合(センサフュージョン)も求められている。しかし、高性能な測距センサは高価格であり、乗用車より監視範囲の広い建設機械へ安易に流用することは難しい。今後もさまざまなセンサの動向に注目し、品質、性能、コストの面から、ユーザーの必要に応じた製品の開発を進める。将来的に、あらゆる状況に対応可能な安全システムを開発し、事故による死傷者ゼロを目指す。

JICMA

#### 《参考文献》

- 1) 厚生労働省 職場の安全サイト 死亡事故DB
- 2) 厚生労働省データベース、コマツ社内調査
- 3) コマツカスタマーサポート カタログ
- 4) KomVision 人検知衝突軽減システム安全小冊子
- 5) KomVision 人検知衝突軽減システム早見シート

#### 【筆者紹介】

町田 正臣(まちだ まさおみ)  
株小松製作所 開発本部  
ICTシステム開発センタ  
車両アプリソフト開発グループ  
技師

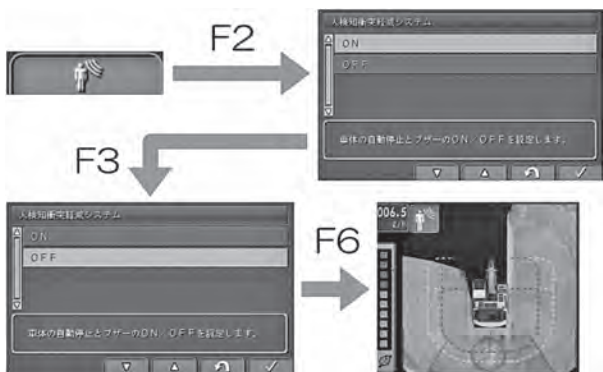


図-13 システムのON / OFF切り換え方法

# Safety2.0 に基づいたトンネルの安全管理

## トンネル工事の重機接触リスク低減

上 岡 真 也

人と機械が互いに情報を共有しながら状況に応じて安全を管理しようとする協調安全「Safety2.0」の概念をもとに、新たな安全管理システムを開発し、トンネル現場における切羽でのズリ出し作業に導入したハード面での取り組み「人と重機の接触災害リスク低減システム」の事例と、現場従事者の安全意識の向上を目指したソフト面での取り組み「安全漫画プロジェクト」の活動について紹介する。

キーワード：協調安全、Safety2.0、山岳トンネル、ICT、重機接触リスク、安全漫画、OJT

### 1. はじめに

我が国に機械が導入された頃は、危ない機械を人間が注意して使っていた時代があった。コスト、機能、納期等を重視して、安全の実現は人間の作業に任されていた。安全機能は人間が発揮していた時代であり、この時の安全を「Safety0.0」と呼ぶことにする。Safety0.0時代における安全原則は、「自分の身は自分で守る」であった。これは現在でも重要な原則であり続けている。一方、人間は間違えるものであり、ついうっかりのために労働災害が絶えなかった。これを防ぐために、次は安全を技術で実現する時代が来た。まず、機械設備側を安全化し、残ったリスク情報を提供して作業者に安全を委ねるといふ順番である。この時代は技術が安全機能を発揮している時代であり、「Safety1.0」と呼ぼう。Safety1.0は機械安全技術の時代であり、現在はここにある。Safety1.0時代の安全原理は、隔離の原則（危ない機械と人間とは分離する）および停止の原則（機械が止まっているときにしか、人間は近づくことはできない）である。

近年、ICTの発展のお陰で安全技術にも新しい方向が見えてきた。ヒトとモノと環境がデジタル情報を用いて情報を共有し、お互いにコミュニケーションすることで、協調して安全を確保することができるようになった。このようにICTを用いて安全を実現する時代を「Safety2.0」と呼び、ヒトとモノと環境が協調して安全を実現する考え方を「協調安全」と呼ぼう。協調安全を実現する安全の技術がSafety2.0であり、Safety2.0はスマート化による安全技術である。すなわち、Safety0.0は人間に依存した人間科学の時代で

あり、Safety1.0は技術に依存した自然科学が加わり、Safety2.0は環境や組織を取り込んだ社会科学が加わった時代、といった順に前を含み形で発展してきたとみることができる。

建設業ではSafety0.0の段階となる作業員への教育、KYや指差呼称活動が未だ主体であり、将来的にはSafety1.0の完全自動化・遠隔化の実現が望まれるが、現状ではまだ時間を要するため、人と重機が柔軟に対応しながら協働する必要がある。そこで、Safety2.0の概念に基づいた新たな安全管理システムを開発し現場導入を実施した。加えて、重機を操作する人や重機のそばで作業する可能性のある人に対しての意識付け教育も行う事で、安全意識の更なる向上を目指した。

本稿では、熊本57号滝室坂トンネル西新設（一期・二期）工事（工事延長=2,679m、掘削断面積=107m<sup>2</sup>）において開発・現場実証を行った「人と重機の接触災害リスク低減システム」、および漫画教材を通して安全意識の向上を図った「安全漫画プロジェクト」について報告する。

### 2. Safety2.0の取り組み（ハード面での取り組み）

#### (1) 現場での取り組み

熊本57号滝室坂トンネル西新設工事において、トンネル掘削のズリ出し作業における人と重機の接触災害リスクとして、①人の切羽エリア侵入時に重機と接触、②重機オペレーターがズリ出し作業中に重機から降車して接触、③人が重機の接近に気付かずに接触、



④重機が人の存在に気付かずに接触、の4つのリスクに着目しこれらを低減することを目的に、ビーコンを用いた位置情報管理システム（図一1）、警告照明システム（図一2）、ホイールローダー制御システム（図一3）、バックホウ制御システム、AI搭載人検知カメラシステム（図一4）を導入した。

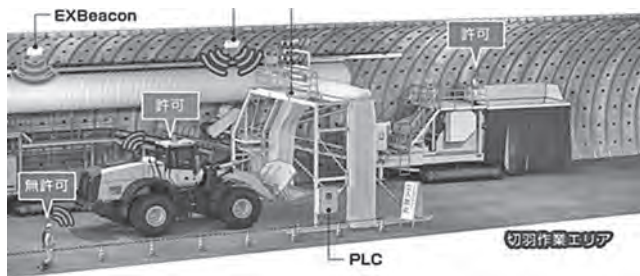
(a) ビーコンを用いた位置情報管理システム（以下ビーコンシステム）

本システムは、BLE (Bluetooth Low Energy) 信号を発する発信機 (EXTx タグ, 写真一1) を人や車両に設置し、信号受信機 (EXBeacon ビーコン, 写真

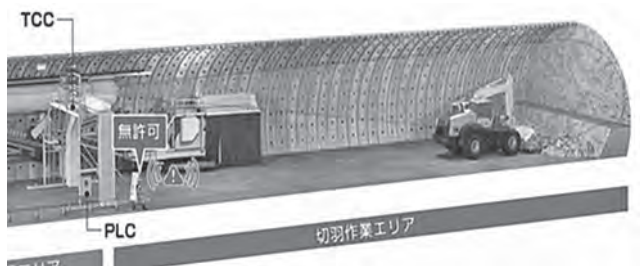
一2) を坑内各所に設置することで位置情報を管理するシステムである。受信機は坑内に 10 m 間隔で設置し、中継機 (EXGateway) と現場無線 LAN ネットワークを経由してサーバー (EXCloud) へ情報が送信される。サーバー上で人や重機の位置がマッピングされ(図一5)、ずり出し作業中に切羽エリアに関係者以外の立ち入りがないか監視する。

(b) 警告照明システム

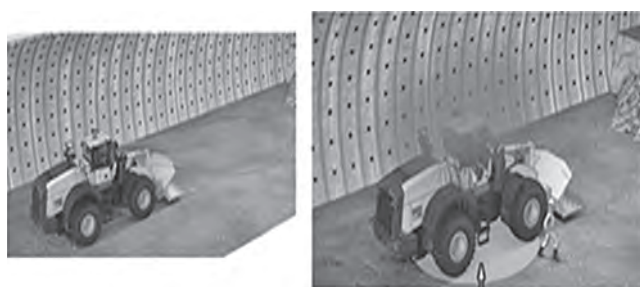
本システムは照明架台に白色と赤色の高照度 LED 照明を設置し、点灯方法を制御するシステムである。通常時は白色 LED 照明のみが点灯し、切羽近傍で 200 lx の照度を確保することで作業の安全性向上を図った (写真一3)。ビーコンシステムで侵入者を検知すると、アラート信号を受信して赤色 LED 照明と白色 LED 照明が交互に点灯し、大音量スピーカーが発報する (図一6)。これにより、騒音が大きな作業中のトンネル坑内においても確実に危険を知らせるこ



図一1 位置情報管理システム



図一2 警告照明システム



図一3 ホイールローダー制御システム



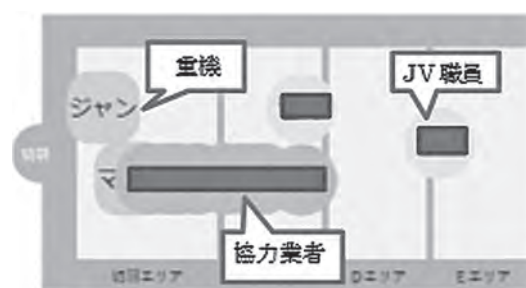
写真一1 発信機



写真一2 受信機



図一4 AI搭載人検知カメラシステム



図一5 マッピング状況



写真-3 照明架台と白色 LED 照明

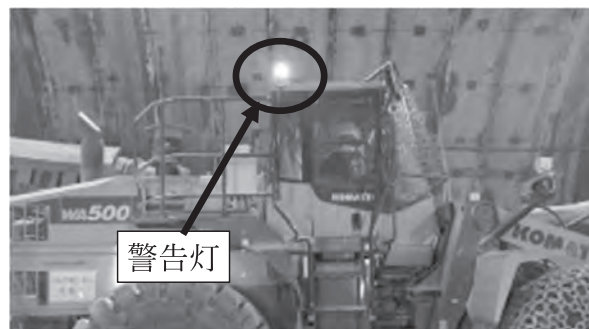


写真-4 警告灯点灯状況

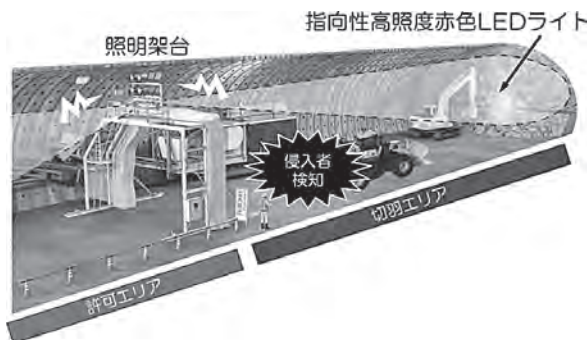


図-6 警告照明システム発報イメージ

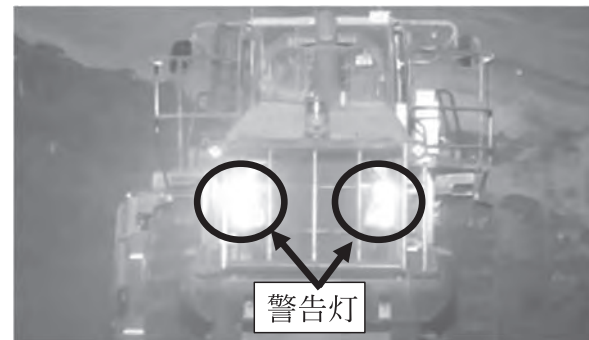


写真-5 指向性赤色 LED ライト

とができる。

(c) ホイールローダー制御システム

本システムは重機オペレータの降車監視と、重機移動時の視認性を高めるためのシステムである。重機の運転席内に設置した受信機でオペレータの降車を監視する。ずり出し作業中に降車を検知すると重機に設置した警告灯(写真-4)と警告照明システムが発報し、周りの重機にオペレータの降車を知らせる。これにより重機オペレータがずり出し作業中に重機から降車して接触するリスクを低減している。また、ホイールローダーの前後に指向性赤色LEDライトを設置し、前後進に合わせてライトを点灯させて周囲からの視認性を高めた(写真-5)。これにより、人が重機の接近に気付かずに接触するリスクを低減している。

(d) バックホウ制御システム

ホイールローダー制御システム同様、重機オペレータの降車を監視し、降車を検知した場合は警告灯と警告照明システムに加えて車体後部のシーケンシャルライトが赤色に発光する。前後進時にはシーケンシャルライトが外側から内側にむけて青色に発光し、周囲からの視認性を高めた(写真-6)。

(e) AI 搭載人検知カメラシステム

重機オペレータの死角となる左右後方の三方向に人を検知するAIを搭載したカメラを設置し、検知エリアに人または車両が侵入すると運転席に設置したモニターとLEDライトが発報する(図-7)。これにより、



写真-6 シーケンシャルライト点灯状況



図-7 AI 搭載人検知カメラ

重機オペレータが周囲にいる作業員の存在に気付かずに接触するリスクを低減している。

(2) 課題とシステムの改良

上記システムにて実証を行ったところ、ビーコンを用いた位置情報検知は作業員や関係者のタグ装着が不可欠なことや、電池交換や通信チェックなどのメンテ



ナンスの負担、坑内環境において電波強度不安定による誤認知の発生などが確認された。また、警報が発報された際の重機の停止は運転手による手動停止であり、依然として人の注意力や判断力に頼る部分が残っていたため、これらのシステムに改良を加え、より実用性が高い下記3つのシステムに改善を図った（図—8）。

(a) 人検知カメラによる切羽作業エリア侵入検知システム

ビーコンを用いた位置情報検知に代わり、切羽作業エリアへの人の侵入を人検知カメラによって検知し、人検知信号を「警告・照明機器制御システム」に有線発信する。

(b) 重機の死角への人接近および運転手降車検知システム

ずり出し作業を行うホイールローダー、バックホウ、ブレイカの3台の重機に搭載しており、AI搭載人検知カメラシステムを改善した以下の機能を有している。①重機搭載の人検知カメラが重機死角への人の接近を検知し人検知信号を「警告・照明機器制御システム」に無線発信する。②重機運転手の降車を着座センサーが検知し、人降車信号を「警告・照明機器制御システム」に無線発信する。③各重機運転席内の作業停止スイッチを押すと作業停止スイッチ信号を「警告・照明機器制御システム」に無線発信する。

(c) 警告・照明機器制御システム

従来の各システムから信号を受信し、赤色警告照明とホーンスピーカーを作動させる機能に加え、以前は発報に気付いた重機運転手が手動操作で重機停止を行っていたのに対し、発報と同時に3台の重機を自動停止させる機能を追加した。なお、作業停止スイッチ

信号を受信した場合は警告音とは異なる発報音を鳴らし、警告音と区別している。

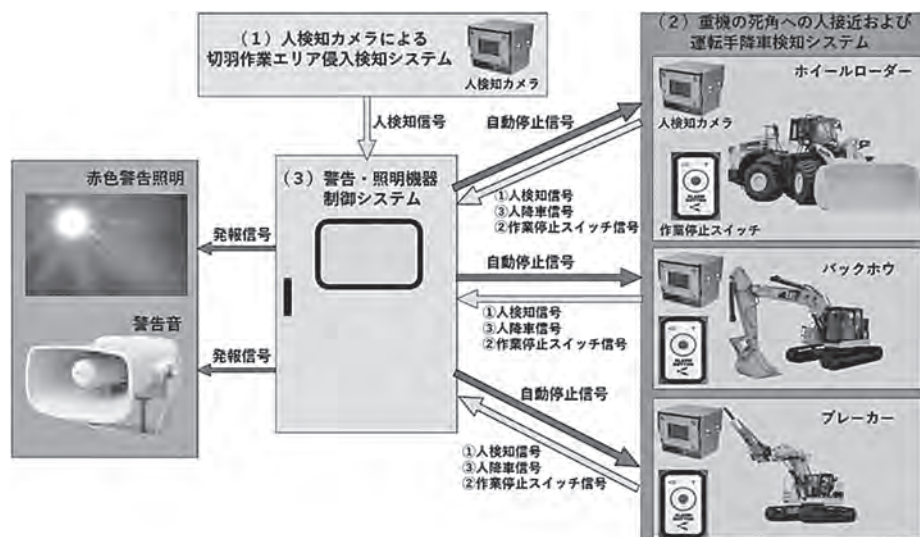
(3) システムの運用

運用に当たっての運用フローを以下に示す。①重機に乗車したオペレータ以外の人はずり出し作業中に切羽エリアに侵入禁止。②重機オペレータはずり出し作業中に切羽エリア内で降車禁止。③上記に違反した場合、警告照明システム及び警告灯が発報し、重機が自動停止。④切羽監視責任者は警告照明システム制御盤に表示される発報原因を確認し、発報原因を除去して発報を解除。なお、発報原因が存在し続けている間は発報を解除できない。

従来は①②に示すルールを教育することで安全を確保していたが、本システムでは各システムにより異常な侵入や降車をリアルタイムで検知し、接触リスクの存在をほかの作業員へ共有することで重機接触災害リスクを低減している。

(4) 導入効果

システム導入当初（旧システム含む）は、立入禁止エリアへの人の侵入による警報が1日に4～6回と多発した。この内訳を分析すると、エリア外からの侵入と重機オペの降車による侵入で、コソクの状況確認、AGF鋼管の分別、機械トラブル等の作業上必要なやむを得ない理由が大半であった。このように、ずり出し時に立入禁止のルールを定めても、やむを得ず侵入しなければならない状況がしばしばあることがわかった。これらのことはある程度想定されていたが、本システムにより数値化されることで、無視できない回数であることが新たな気づきとして表面化した。過去の



図—8 システムブロック図



ずり出し時の重機接触災害においても、立入禁止エリアに作業上必要と人が判断し無断で立ち入ったことが原因であることが多いことを鑑みると、これらの例外作業に対するルールを定め、周知徹底することが重要であると考えた。そこで、作業員自ら警報を発報できるリモコンボタンを立入禁止エリア境界部と重機のコックピットに追加した。これにより、やむを得ず立入禁止エリアに侵入する必要がある場合は、リモコンボタンを押して発報し、重機が停止したことを確認してから作業を行うことを作業員の共通認識とした。これを意図的発報とし、これまでの不安全行動による警報と分けて考えた。

図-9、10に、立入禁止エリアへの侵入の警報回数と意図的発報回数を週ごとに1日当りに平均したグラフを示す。図-9から、本システムを導入した4月は、警報回数、すなわち不安全行動が1日に4~6回あったが、徐々に低減して12月にはほぼ0となっていることがわかる。一方、意図的発報は図-10に示すように継続的に活用され、作業上必要と判断された作業が発生したときに作業員自らが危ないことを認識

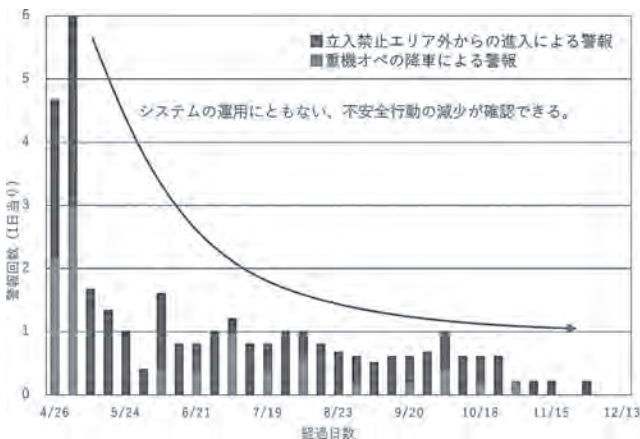


図-9 切羽作業エリアへの立入の警報回数

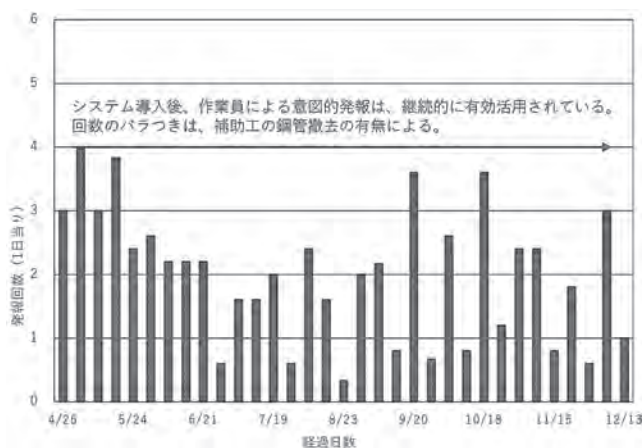


図-10 作業員による意図的発報回数

して安全を確保してから行動していることがわかる。

以上のことから、本システムは不安全行動による立入禁止エリアへの侵入を感知し、重機オペに伝えることで重機接触災害を防止するという効果だけでなく、作業上必要な突発的作業においてやむを得ず立入禁止エリアに侵入しなければならない場合に、作業員自ら意図的発報し重機を停止させるルールを徹底するという安全意識向上の効果もあった。これら作業員の安全意識の向上は、作業員の意見も取り入れながら一緒になって本システムを改良していったことが大きかったことを付け加える。このように、本事例はICTにより例外作業を見える化し、その例外作業にも対応してルールを徹底することで、災害防止を図れることを示唆している。

### 3. 安全漫画による教育（ソフト面での取り組み）

人と機械が協調して安全確保を行う Safety2.0 の概念において、機械設備を整えるのと同様に現場従事者の安全意識の向上も重要な要素となっている。建設業の現場管理者の職務は、建設現場の特性（一品受注生産・現地屋外生産・労働集約型生産）から、ルーチンワークより状況対応的業務が多くなるため、技術者の育成には主としてOJT（On-the-Job Training）が活用される。一方、OJTによる教育の質やレベルは指導者、現場環境、施工体制など限られた現場条件に依存してしまうという課題がある。特に、現場の安全管理は、現場条件によってリスクの変化が大きいため、安全の知識や技術の運用に関しては経験値が重要になる。そこで、ソフト面である教育の観点からは「安全漫画プロジェクト」を立ち上げた。通常、教材としての漫画は難しい事項をわかりやすく説明することを目的としたツールとして用いられるが、今回、それに加えて現実の多様な現場条件をケーススタディとして整理する漫画作成プロセスにも教育効果を求めた。フィクションの漫画のストーリー作りは現場経験値をシンボリックに伝承できるため、OJT教育を補完する試みとして実施した。

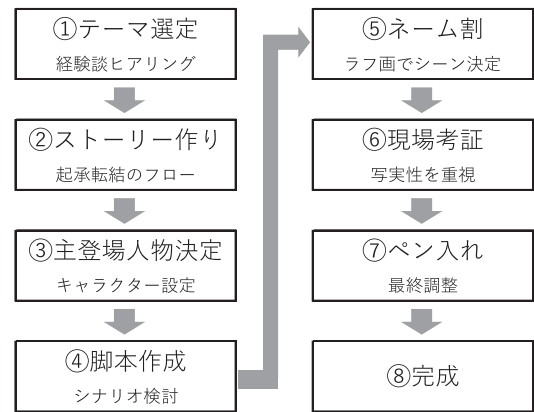
#### (1) テーマの設定

建設工事のなかで労働災害の発生頻度が高く、かつ重篤な災害となるケースが多い山岳トンネルの建設工事を対象とした。“人・技術・組織・危険の芽”の四つの側面から具体的な事象を取り上げ、トンネル工事に携わるすべての社員に向けて、現場担当者が経験し

た安全管理上の課題，語り継いでいくべき想いを漫画で表現することで，受け手側にも関心を持ってもらうよう努めた。制作にはプロの漫画家と脚本家に加わってもらい，現場職員から意見を吸い上げつつ，テーマ選定とシナリオ作りを進めた。現場において正確な情報に基づいて適切な判断を行うためには現場内の良好なコミュニケーションは重要で，そのカギは現場所長だけではなく従事する職員一人ひとりの意識や考え方によるところも大きい。良好なコミュニケーションが得られる雰囲気醸成について，過去の成功例や失敗例を用いてわかりやすく伝え，それぞれの立場で自らの言動を考える機会と位置付けて漫画の制作にあたった。

(2) 教育効果を考えた製作手順

漫画の制作手順を図—11に示す。本取り組みは経験談をフィクション化してわかりやすいストーリー作りで漫画化にあたり，成果品としての漫画の教育効果よりもその過程で作成チームのメンバーが意見を交換して，“安全を考える”ことを重要な目的の一つと考えた。ある事象に対して解説や結論が与えられる前に自分で考え自分なりの意見を持つことによって，活動への取組姿勢がより能動的なものになるため，ストーリーを確定する前にできるだけ参画者の経験談を語ってもらい(①テーマ選定)，テーマ選定に反映させた(②ストーリー作り)。ストーリー作りでは，ストーリーの流れを明確にするために“起承転結のフロー”を作成してメンバーと制作意図の情報共有を図った。登場人物については，ストーリー展開の中で必要な人物を限定して，できるだけ絞って設定し，キャラクターに



図—11 漫画制作手順

も個性を持たせた (③主要登場人物決定)。

シナリオについては参画メンバーから現場で交わされる会話の現実性や各シーンの写実性を重要視して，可能な限り丁寧に作り上げた (④脚本作成，⑤ネーム割，⑥現場考証)。

④から⑧に至る過程で何回も参画者の意見をフィードバックして漫画作成の達成感を感じられるよう配慮した。

以上のような流れで現場と一体となって計7編の漫画を制作した (表—1)。読み切りの短いストーリーであるため，内容を深く掘り下げることができない部分や真に大事にしてもらいたい内容について補足するために，漫画の最後にテーマにした事項を漫画のシーンを振り返りながら補足解説を加えた (図—12)。

(3) 成果

本取り組みの成果を表—2に示す。参画者においては，対話を通して自分の考えを整理し，新たな視点

表—1 制作漫画一覧

	File1	File2	File3	File4	File5	File6	File7
タイトル	トンネル掘 (人・技術・組織)			危険の芽を掴め編			
	あの時に 言っどいてよかった	ミスから生まれた 「機械の安全化」	見えないリスクを消え!	「リスクの消える化」を 防げ	異文化を超えて	職務って何なんだ	どうすればいいのか?
	人・技術・組織	人・技術・組織	人・技術・組織	「慣れ」というリスク	ミスコミュニケーション	危険の芽に向き合う	リスク情報 (未達・誤認・不足)
まとめ	コミュニケーションとは、言葉のやり取りだけではない	取り扱いミスの原因になりかねない無リやプレッシャーは取り除いてあげる	的確な情報収集でハザードが危険事象に変化する兆候を見逃さない	危険予知能力は経験や知識で決まる	信頼を深め、ミスコミュニケーションを防ぐ	変化したりリスクは自分の役割を超えていないか	リスク情報は作業員に合わせてタイムリーに伝える
	One on Oneで気持ちを伝え、キーパーソンにアプローチ	安全の確保に重要な役割を担う機械・設備を信頼するためには・・・	トラブル時は臆前線に立ち、本質を捉えながら柔軟に対応する	思い込みによるヒューマンエラーを防ぐカギ	ハヤリハットの分析はまずハザードから考える	なぜ、共感が得られないのか-どう見られているかに気を留めよう-	状況に応じたマネジメントを通じてリスク情報を生かす
	関係者間で目的を共有し、その遂行に向け個々の力を結集	取り扱いミスの問題は責任追及ではなく原因究明で改善策をたてる	チームワークを意識し、若手には役割とOJTの機会を提供する	武勇伝のような成功体験はリスクを見失わせる	部下には結果を得るための方法まで指示する	大事なことを優先する	トップのコミットメントで「現場」は強くなる
カバー							



表一 漫画制作の成果

成果	具体的内容
安全問題への自発的な制作への取り組み	“安全”のテーマを一時的にトップダウンで解説形式に表現するのではなく、参画者から多くの意見を取り入れたため、より自発的な取り組みにつながった。
人の経験に対する新たな気づき	シナリオ作成時には、テーマ（広く“安全”に関する事）についてお互いの経験を話すことによって気づきの連鎖を生み出し、新たな発見につながった。
能動的な姿勢の醸成	自分たちが関与して作り出したものには愛着と責任を感じ積極的に受け入れる傾向があるので、現実の安全課題に対してより能動的に取り組む効果も期待できる。
メタ認知力の向上	漫画作成の過程で編集スタッフ（現場経験のない）にわかりやすい説明が求められ、自分たちのやっていることを客観視できた。
現場参画者が取り組みやすい方法を実践	漫画作成のファシリテータとしての役割を本社スタッフ側で行うことによって作業所から参画したメンバーに多くの負担をかけないで進めることが可能になった。
プライバシー問題を回避して経験を表現	経験談をベースにして目の前で起こりうる現実であるにもかかわらず、“漫画”というフィクションに昇華させているため、プライバシーの問題が生じない。
バーチャル体験の共有	漫画の形で現場での出来事をストーリーの中で表現することによって、制作側や読者側双方で「体験が共有」される。この体験は、漫画という仮想世界の中の疑似体験（間接体験）でしかないが、知識の一つとして理解が深められた。



図一 12 補足解説例

から以前よりも早い段階で危険を予測できるといった効果や、トンネル工事の安全管理のエッセンスを可視化するアプローチによって、読む人の記憶に残り、安全意識の向上を図る効果も得ることができた。さらに、若手職員の教育だけでなく、ベテランにも安全とは何かを再認識する機会となった。今後は安全漫画の社内向けの公開やトンネル専門工事会社にも配布して周知を図るとともに、全国のトンネル工事現場に向けた勉強会も実施していく予定である。

#### 4. おわりに

人と機械の協調安全（Safety2.0）の概念に基づき、ハード面においては人の侵入検知により警報を発するとともに重機を自動停止するシステムの確立を図ることができ、人と重機が作業の状況に応じて協調しながら作業を進めることが可能となった。この取り組みにより Safety2.0 に適合する技術としてセーフティーグローバル推進機構が認定する「Safety2.0」の適合認証を取得も果たしている。今後は全トンネル現場への展開を目的にさらなるブラッシュアップを進めていくとともに、ソフト面として安全漫画の教材も用いて職員・作業員の安全意識向上を行い、トンネル現場の重篤災害の撲滅に取り組んでいく。

JICMA

#### 《参考文献》

- 1) 向殿政男：安全学からみた建設業に関する安全について、道路建設、2019.11.
- 2) 向殿政男：建設業の安全対策として ICT 技術を活用した現状と将来の展望、総研レポート、2022.12
- 3) 星州人、平野宏幸、三原泰司：Safety2.0（協調安全）の考え方に基づいた山岳トンネルの重機接触災害防止対策、2020 施工体験発表会
- 4) 有山正彦：協調安全（Safety2.0）の社会実装化に向けて、安全と健康、2019.8.

#### 【筆者紹介】



上岡 真也（うえおか しんや）  
清水建設㈱  
土木技術本部 地下空間統括部  
主査



# ゼネコンで考えた重機に搭載する 360° 3D モニターシステム「ぐる見えくん」開発物語

後付け、取外しを可能にした安価なモニターシステムが出来上がるまで

布施 尚 行

建設現場において一度重機災害が起きれば、被災した作業員は命に係わる大けがをする。残念ながら5年前当社において、油圧ショベル右側でしゃがんでいた作業員と重機が接触して死亡災害に至る重大災害が発生した。

この事故を二度と起こさないために「世の中に出回る ICT 技術を活用して重機災害を防ぐアイテム（システム）を開発せよ」と社長からの命を受け、自社で重機に搭載する安全装置の開発、商品化までの経緯を紹介する。

キーワード：重機の死角、360° 3D モニター、後付け、取外し、安価

## 1. はじめに

建機メーカーの各社は、重機災害防止のために各種多様な安全装置を開発し重機に搭載しているが、建機リース会社からレンタルする重機には、まだそれらの安全装置が搭載された重機は数少ない。油圧ショベルを例に挙げれば、後方確認カメラが搭載された重機は広く利用されているが、運転手からの死角と言われる右側面を確認する安全装置が搭載された重機となると、建機リース会社のオプション等で対応し、安価なものではなかった。

## 2. 開発の背景

重機災害の防止、すなわち重機と作業員の接触事故防止を図る上で当社は、忘れてはならない事故がある。それは2017年6月に発生した油圧ショベルと作業員が接触した事故である。

この事故は、後方確認カメラが搭載された油圧ショベルを使用していたが、進行方向に対して90°向きを変えて移動中に作業員と接触した事故であった。

当該重機には後方確認カメラを搭載していたが、右側面でしゃがんでシートの片付けをしていた作業員に気付くことは出来なかった事故（写真-1）である。

この事故が契機となり、当時検討した事故の原因、背後要因の振返りを行い、更に油圧ショベルに従事する多数の重機運転手にヒアリングを行い、運転手が事故防止に求める意見（図-1）を集約した。



写真-1 油圧ショベルと作業員の接触事故

### ◆重機運転手が求める安全装置の上位2つ

- ①運転席から死角となる重機後方と右側面の情報が運転席で見えるもの。
- ②重機作業半径に作業員が立入った時は、作業員と接触しないために重機が自動停止する装置。

図-1 重機運転手に行ったヒアリング結果

アンケート結果は、元請けの立場でも想定した通りの結果であり、この上記2項目に的を絞って、社内にプロジェクトチームを立ち上げた。

## 3. 開発の過程

### (1) まずは情報収集から

プロジェクトチームを立ち上げたがどのように ICT

と結び付ければ良いか分からず、当時東京ビッグサイトや幕張メッセで行われる ICT 関連の展示会に行き、情報を求め歩いた。

その中でヒントを得たのは自動車業界の展示会で、自動車の周囲を確認するサラウンドビューシステムである。当時は某自動車会社のテレビ CM でよく耳にする用語であったが、その仕組みを理解する中で「重機にも応用出来る」と確信した。

確信した理由は、以下の通り（図一2）である。

◆サラウンドビューシステムの仕組みと特性

- ①重機の前後左右の 4 面の車体最外方にカメラを取り付ければ画像構成が出来る。
- ②上記カメラ位置の高さが不揃いでも補正することで機能は保たれる。

図一2 重機への応用が可能な理由

(2) 奥深いサラウンドビューシステム

更にこのシステムに精通している有識者と情報交換する中で、車体外周を見るサラウンドビューシステムには開発メーカー毎に多種多様であり、上から見た俯瞰映像を提供する 2 次元的ビューシステムを基本に更に進化した、視点を自由に変えて俯瞰映像を提供する 3 次元的ビューシステムがあることが分かった。

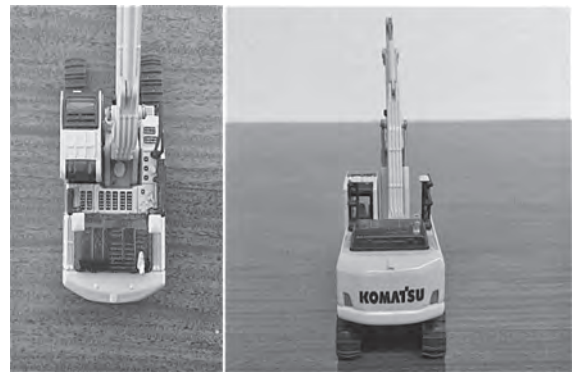
社長から開発を一任されている立場としては、「安価でシンプル」なシステムを開発したい思いであったが、有識者からの助言は「2 次元の世界はもう終わり。これからは 3 次元の世界」であった。

確かに 3 次元（以後 3D と称す）で見る映像は綺麗でかつ立体的な情報が得られ、今まで見たことのない映像だった。開発の発端となった当社の災害（写真一1）の再発防止を図るには最適なシステムだった。

直ぐに社に戻り、3D 視野で見るこのシステムの有効性と重機災害防止に役立つアイテムにカスタマイズして開発（写真一2）することを訴え、3D システムで重機災害防止を図る開発が承認された。

(3) 建設機械にカスタマイズする課題の克服

今回当社が選んだ 3D システムは、(株)ソシオネクストの「OMNIVIEW (オムニビュー)」(以下、本 3D システムという)である。自動車業界では運転手の視覚補助として活用されており、実績のあるこの装置。既に建設機械の遠隔操作への用途として展開はされていたが、これは運転支援目的の用途である。今回の開



写真一2 運転席のモニター画面で見るイメージ

発目的は、安全支援装置として使用することなので、(株)ソシオネクストのシステムエンジニアと建設機械にカメラを取り付ける方法や配線ルートに関して助言・指導してもらうために、建設機械に精通した(株)アクティオの 2 社をプロジェクトチームに交え、3 社で業務提携を結んで鉄建オリジナルの重機安全装置の開発をスタートさせた。

開発当初は、重機運転手が求める 2 項目（図一1）を満たす要求事項のほかに、下記に挙げる要求（表一1）を当社から行ったが、悉く却下された。その中でも開発においては、こだわりを持って行った（図一3）。

実物の重機（今回の実機検証に用いた重機は、事故を起こした重機と同型機種 0.4 m<sup>3</sup> 級後方小旋回油圧ショベル）で検証を行い、その都度議論を行った。

表一1 カスタマイズしたい項目

要求事項	判定	理由
360° 3D ビュー画面	○	
人検知機能	×	億単位の開発費が必要
自動停止機能	×	メーカー保証外になる
無線配線	×	画像に時差が生じる
タッチ画面操作機能	×	億単位の開発費が必要
後付け・取外し	○	
載せ替え	○	
防塵防雨機能	△	屋内仕様のため

◆カスタマイズする上でこだわり（コンセプト）

- ①この安全装置を扱う上で、重機運転手に余計な操作はさせない。
- ②重機が始動する直前に機械の外周を確認する映像を運転手に見せる。
- ③取付費用込みで 100 万円以下の安全装置にする。

図一3 開発する上でこだわった項目



リース会社からレンタルする重機に取付けることが前提であるので、機器を取付ける際には重機本体に孔明け加工や新規のボルト止めは、機械返却後に修繕費を請求されてしまうので、既存のボルト止め箇所を利用して添加する固定方法を基本に検討した。

カメラの取付け一つにおいても各面毎に検討を行い、場所によっては直接カメラを取付けると機械動作に支障するため、ブラケットを介してカメラを取付ける工夫も行った(写真-3, 4)。



写真-3 カメラの固定方法 (右側面)



写真-4 ブラケットを使ったカメラの固定 (前面)

カメラ機器の取付方法の検討と並行して、運転手に見せる映像構成をどのようにするか、システムエンジニアと議論を重ね、本3Dシステムの特性を活かした

◆本3Dシステムの特性を活かした映像構成  
 《待機モード》 ※エンジン始動を含む  
 操作前に外周を連続して確認出来る映像  
 《作業モード》  
 作業中、作業半径内に立入る作業員がいないか確認出来る映像

図-4 運転手に提供する映像構成

映像構成となった(図-4)。

(4) カスタマイズする上での最大難関

ここまで順調に進んできたが、完成の一手手前で行く手を阻む壁が生じた。それは映像の切替方法である。

切替スイッチを付ければ画像を切替えることは簡単であるが、その都度運転手に操作する手間を与えれば面倒な手間となり、運転手は切替えることはしないはずである。更に図-3で記した通り「重機運転手に余計な操作はさせない」コンセプトは崩したくなかった。

アクティオの機械整備士と機械操作手順を改めて見直し、実機を使った実演をする中で解決策が見出された。それは機械の乗降時に扱う「安全レバー」であった。

早速映像切替えの信号を安全レバーに紐付けることをアクティオに相談したところ、紐付け行為は機械の改造には当たらないとの見解を得て、この大きな壁を突破することが出来た。映像の切替方法は以下の通り(図-5, 6)である。

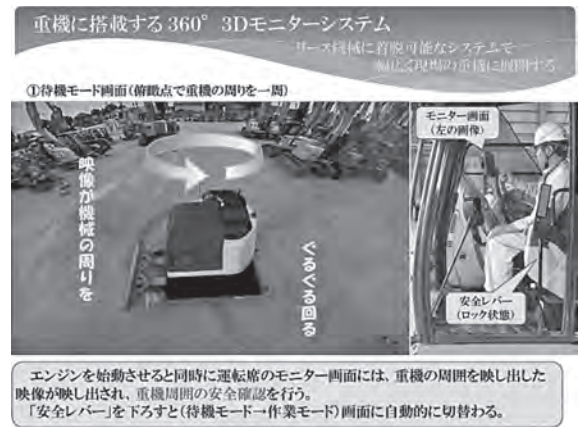


図-5 安全レバー作動時 (待機モード)

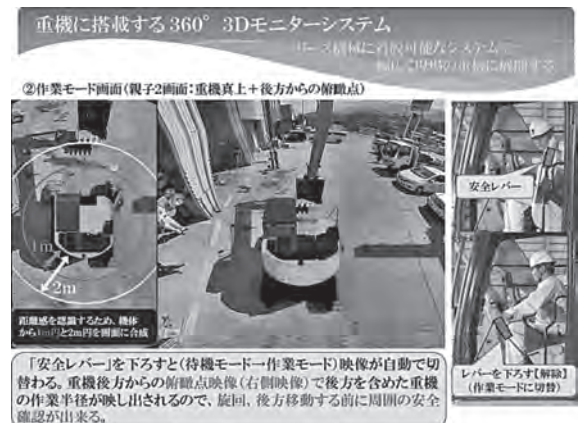


図-6 安全レバー解除時 (作業モード)



### (5) デモ機の完成がゴールではない

構想から1年かけてデモ機が完成した。社内においてこの安全装置の有効性が認められ、耐久性試験、他社建機メーカーへの対応検証等に数千万円が必要であったが、この要求も認められ、開発は第2ステージに入った。

自動車用に開発された本3Dシステムを建設機械に応用する訳だが、建設機械の振動や土埃によるシステムへの影響など、耐久性を検証する必要があった。

その耐久性試験を行う環境として選んだのはトンネル現場である。閉所的な環境で岩盤を砕きながらの掘削、モルタル吹付等は、建設機械にとっては劣悪な環境であるが、この安全装置の検証を行うには最適な現場と考え、北海道新幹線のトンネル現場で使用している建設機械で検証を行った(写真—5, 6)。



写真—5 耐久性検証を行った重機とその現場環境



写真—6 運転手による確認(暗所環境でも鮮明な映像)

取付け後、振動によるカメラの落下、土埃による動作不良も無く期待通りの成果を上げた。

しかし検証を始めてから3ヶ月が経過した頃、現場より「モニター画面の映像がかすんでいる」と連絡があった。現場に乗り込み現物を確認すると原因は、繰返しトンネル坑内で行われている吹付けモルタルがカ

### ◆重機運転手の評価 ベスト5

- ①見えなかった所が見える。
- ②待機モードの映像は斬新。見た事ない映像。
- ③薄暗い場所なのに明るく見える。
- ④画面が自動で切替わる。  
※待機モード→作業モード→待機モード
- ⑤振動作業でも映像がブレない。

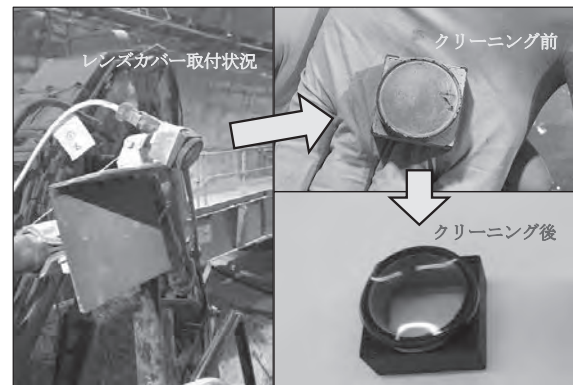
図—7 モニター画面を見た重機運転手の評価

メラレンズに付着したものであった(図—7)。

当初は研磨材の入ったクリーナーで対応しようと考えたが、清掃のためにカメラを取外す必要があり、その都度キャリブレーションを行う手間も発生し、不評であった。打開策を検討するなか、システムエンジニアからレンズカバーの提案があった(写真—7)。

レンズカバーの製作については、カメラレンズに合うように3Dプリンターでフレームを製作し、レンズをはめるもので、4個/組を数千円に対応可能にした。

これと並行してリース市場で広く使われている建機メーカー各社の0.2～0.7m<sup>3</sup>級油圧ショベルで検証を行い、カメラの取付ブラケットの標準化を図った。



写真—7 カメラレンズカバーの導入

## 4. 完成した安全装置「ぐる見えくん」

デモ機の完成から更に1年、構想から起算すると2年を要したが、ゼネコンの発想で考えた重機と作業員の接触事故防止を図る安全装置が完成した。

この装置の最大の特徴である図—5, 6の機能から「ぐる見えくん」(以下、本安全装置という)と命名し、商標登録出願と特許出願を行い、特許出願は2021年12月に公開され、商標登録は2021年4月末に完

- ①0.25 m<sup>3</sup>級以上の油圧ショベルに後付け搭載可能。  
※一部出来ない機種あり
- ②運転席がキャビン仕様の重機であれば搭載可能
- ③装置の取付・キャリブレーションは3時間、取外しは1時間で可能（熟練の整備士の場合）
- ④システム本体，取付と取外しの費用は約80万円。  
※東京近郊の現場の場合（遠方は要出張費）

図一8 本安全装置の取付条件



写真一9 運転手から見える本安全装置の視界

了している。

なお，本安全装置の取付条件等は，以下の通りである（図一8）。

## 5. 更に進化を遂げる本安全装置

ブレーカー付きを含む油圧ショベル系統で実用性の検証を行ってきた本安全装置であるが，図一8で記載の通り運転席がキャビン仕様の重機であれば搭載可能を証明するために4.9tクローラークレーンへの適用を行うほか，当社が得意とする鉄道工事への実用展開を図るため，鉄道工事用機械（軌陸車）への検証も行い，本安全装置の適用可能な建設機械の範囲を広げた（写真一8，9）。



写真一8 軌陸クレーンへの応用

## 6. おわりに

本稿では，過去に起こした事故を教訓に当社自ら考案した安全装置を紹介した訳だが，自動車業界の技術を建設業界に取り入れたもので「開発」に相応しいものか賛否別れるところである。しかし建設現場で広く使われているリース機械や協力会社が持込む重機が360°の視野を映像を通して得られ，重機運転手からの死角を無くすシステム「ぐる見えくん」は，間違いなく安全性の向上に役立つものと言える。

社内向けにプロモーションビデオを作成し，社内において広く普及展開を図っているところであるが，本稿を読まれた皆さんにも是非使って頂きたい。飛躍的に既存の重機の安全性が高まる本システムを活用してもらい，建設現場における重機災害が減少する一助となればと願っている。

JCM/A

### 【筆者紹介】

布施 尚行（ふせ たかゆき）  
鉄建建設株式会社  
東京鉄道支店 鉄道安全部  
部長



# 重機取付型監視カメラシステム及びクラウドシステム ドボレコ JK

平 清二郎・桜田 忠 弥

建設現場では、熟練の労働者の減少に伴う改善策を技術の進歩での生産性向上に繋げる対策として「建設現場に ICT を活用しようとする」国土交通省の i-Construction の取り組みや、建設業の就労者の減少や高齢化の問題解決策での 建設 DX に期待が集まっている。課題とされているのは、1) 低い労働生産性や、2) 高齢化と人材不足、3) 働き方改革、4) インフラの老朽化、などがあるが、生産性向上と同時に、それ以上に最も重要なのは、人命である。改めて、建設機械の進歩に伴う、安全対策としての特に、重機との接触防止対策機器について報告する。

キーワード：重機取付型監視カメラシステム、安全対策、AIで人物を検知、クラウドサービス、建設 DX

## 1. はじめに

建設現場における工事状況の映像監視において固定カメラによる映像を離れた事務所で見る事は、一般的になってきた。現場事務所だけに限らず、統轄する支店でもその映像を確認する事が出来て工事進捗状況確認や安全管理確認で役立っている。

更には、現場の中に目を向けてみると、数々ある建設重機にも、例えば、重機取付型監視カメラや接触防止システムなどを、油圧ショベルや小型移動式クレーン、その他の建設重機など、運転室からは見えない後方の状況は後方監視カメラを取り付ける事によって、安全管理の重要な役割としての人との接触防止となっている。勿論、映像だけでは運転手が見逃す場合もあるので警報音を鳴らしたり、機種によっては停止させる事も可能であったり、また、もしも事故になった場合の検証を出来る様にしたドライブレコーダー搭載も、一部の建設会社では義務付けになって来ている。

## 2. 「重機取付型監視カメラシステム及びクラウドシステム」

重機取付型監視カメラシステム及びクラウドシステムは、既存の重機に後付けするセーフティカメラシステムである。

この「監視カメラシステム」の呼称 SX-DB200 は、

### ①監視カメラ

### ②ドライブレコーダー

### ③セーフティアラート

上記、3つの機能を持ち、後方カメラで AI 人物検知運転室設置のモニターで重機周辺の人物を確認死角の危険を操縦者に警告、「クラウドサービス」クラウド録画+本体録画で重機駆動中を逃さず記録する機器である。

現場に納品済みの建設重機に後付け可能で（マグネットで取付）購入では無く、必要な期間に借り入れる事も可能となっている。

カメラのレンズが広角 185°なので、各建設重機に後方左右に1個ずつ取り付ければ、全体をカバーする事が出来るので、とても有効である。

以下に設置イメージ（カメラ、写真—1）、設置イメージ（モニター、写真—2）を示す。



写真—1 後方カメラ





写真一2 運転室内モニター

重機取付型監視カメラシステム及びクラウドシステムは、カメラ本体は、W169×H150×D100.7 mm の寸法で、重量は、約 680 g (写真一3) である。



写真一3 重機取付型監視カメラシステム本体 (拡大)

建設業界のこれまでの重機との接触防止対策では、後付けカメラ設置→後付け警報音付近接センサー設置→性能UPとして後付け停止機能付近接センサー設置と進んで来た。

建機メーカーも安全対策としてメーカー標準仕様の同等機能を有した建機を販売する様になった。

更には、後付けドライブレコーダー設置になるが重機後方スペースの限られた場所に設置するため3つの機能が1つになった「重機取付型監視カメラシステム及びクラウドシステム」は、機能、スペースともに纏まった安全技術になった。

下記は、モニター画面の詳細図である (図一1)。

検出性能は、半径が8mとなり

緑色：8m, 黄色：5m, 赤色：3m

AIで人物を検知し、距離に応じた色で人を囲みモニター表示 (上面に、周囲にご注意ください!と赤色で表示し) と音で重機周辺の人物の検知を通知するのである。



図一1 モニター画面

● AIで人物を検知の技術的の解説

1) 株式会社ザクティの開発した技術で人物検知

人物のあらゆる姿勢 (歩行直立姿勢に加えしゃがむ姿勢、寝そべったりする姿勢、後向き姿勢) など多くの現場を2年以上の歳月を掛けAIに機械学習させて確立させた。

2) 粉塵などの多い空間や夜間の活用

カメラレンズが汚れた場合は、都度清掃が必要。夜間については、暗視カメラではないので、現地を明るくする必要がある。

尚、制御ボックスの仕様は、表一1の通り。

更には、クラウドに繋がっているため常時録画が可能でタブレット端末やPCでの確認も可能である (図一2)。

●クラウドサービスを使用時の説明

1) 使うことでのメリット

クラウドでの録画で、現場だけでなく本・支店などの幅広い関係者が遠隔から確認出来る。

特徴

- LTE/Wi-Fi 接続中は safie クラウドに常時録画
- LTE/Wi-Fi 未接続中にはカメラ映像を本体側で

表一1 制御ボックス仕様

制御ボックス		
動画記録	動画記録画素	パノラマ：2,160 (max)×360
	フレームレート	15 fps
	動画撮影モード	トリガ記録 (人物検知から指定時間分を記録), タイムラプス記録
記録媒体	microSD カード	
警告通知	圧電ブザー (音量調節可能)	
外部インターフェイス	USB2.0 (Type-A:カメラ通信用) USB3.0 (Type-C:電源用)	
通信	LTE ドングル付属 (Wi-Fi OP 有)	
検出性能	半径 8 m	
電源	シガーソケット給電 (12/24V 対応)	
外形寸法	W218.2×H226.3×D102 mm	
重量	約 1,100 g (TBD)	



図-2 クラウド、タブレット・PC

### 記録

- 人物検知時のトリガー記録・常時記録・タイムラプス記録の豊富な撮影モード
- モニター表示と音で重機周辺の人物検知を通知
- 2台のカメラで重機後方と側面を広範囲に撮影し死角をカバー
- 予め設定した危険範囲内での人物検知時にアラート通知

### 3. おわりに

現在の建設現場は、各ロボットを用いた自動化やITを用いた建設DX化の取組みが始まっている。作

業員の高齢化、人口減少による建設業の担い手不足を補う、これらの取組みは、生産性向上に繋がっているが、一方で、安全対策も同様に重要なものである。

重機取付型監視カメラシステム及びクラウドシステムは、現場の作業状況を確実に録画し、もしもの事故が起こった時の重要な検証材料となる。その原因がヒューマンエラーなのか、部材の経年劣化なのか検証が行えて、更なる再発防止に役立てる為の今後の重機使用には、欠かせないシステムであり後付け出来て、大きな役割を果たすものである。

JICMA

#### 【筆者紹介】

平 清二郎 (たいら せいじろう)  
西尾レントオール(株)  
広域営業部  
部長



桜田 忠弥 (さくらだ ちゅうや)  
セーフイー(株)  
第2ビジネスユニット  
営業部長



# 拡張現実（AR）を用いた船舶航行ナビゲーションシステムの開発

宮本 憲 都

工船用船舶の操船者に対して安全な操船を補助するシステムとして、航行（運行）支援システム「ARナビ」を開発した。このシステムは、拡張現実（AR:Augmented Reality）の技術を応用することにより、カメラで取得した映像上に航路や危険区域、障害物を分かりやすく表示することが可能であり、操船者の安全確認の負担を大きく軽減することができる。本稿では、ARナビの概要、基礎実験、現場導入事例及び今後の展望として、AI船舶検知機能との連携について報告する。

キーワード：i-Construction, 船舶, 航行（運行）支援, リアルタイム, 拡張現実（AR）, AI船舶検知

## 1. はじめに

近年、建設業就業者の高齢化と入職者の減少による、次世代への技術承継が課題となっている。港湾工事における作業船においても熟練技術者が減少しており、土運船などの運航に関して、工事を円滑かつ安全に施工するため、自船舶の運航状況や他船舶の動静を正しく把握することが重要である。当社は、位置情報発信端末、AIS（自動船舶識別装置）、船舶レーダー等を利用した独自の船舶運航監視システムを開発し運用を続けてきたが、更なる航行の安全性を向上させるため、拡張現実（AR:Augmented Reality）を用いた船舶航行ナビゲーションシステム「ARナビ」（以下本システムという）の開発を行った。

## 2. 本システムについて

### (1) システム概要

本システムは、カメラで撮影した映像上に、航行経路や危険区域をARとして表示し、視覚情報と音声情報により、分かり易くナビゲーションするシステムである。これにより航路の誤認、浅瀬など進入禁止区域への接近や進入を操船者が早期に認識できるため、船舶の運航において安全性の向上が期待できる。

本システムの最大の特長は、航路を示すものや標識の無い海上において、仮想的に前方カメラで取得した映像上に航路エリア、警戒ライン、船上から目視確認が難しい浅瀬などの危険箇所を分かりやすく表示することで、操船者の安全確認をサポートできることであ

る。陸上の現場でも使用可能で、工用車両などに本システムを搭載することにより、日々変化する現場の通行ルートを視覚情報として分かり易く表示することができる。災害発生時など、新たな危険箇所が発生した場合、本システムへ危険区域の設定を随時追加することによって、船舶や車両の安全を確保しつつ、迅速な対応を行なうことができる。図-1に海上における画面表示例を示す。

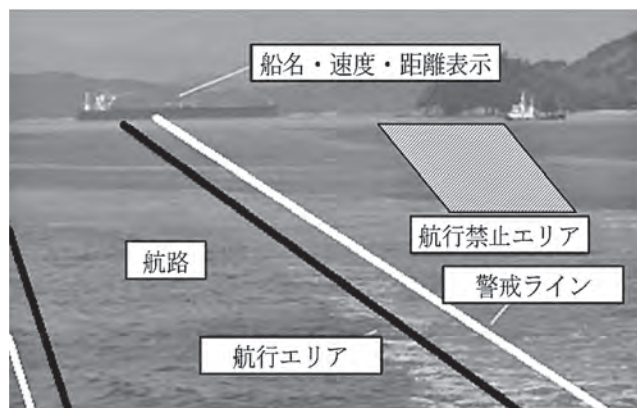


図-1 海上における画面表示例

### (2) システム構成

本システムは、前方の映像を取得するカメラ、自船の位置及び方位を計測するGNSS方位計、情報表示及びデータ管理を行なう管理パソコンから構成されている。また、オプションとしてAIS受信機や監視レーダーを搭載することで、AIS搭載船舶の情報や小型船舶の位置が表示可能となる。更に、腕時計型アラート受信機、LED表示板、回転灯、警報器など、警報装



置を併用することにより、様々な形で警報を発信することができる。図一2に本システムの船舶用機器構成図を示す。



図一2 船舶用機器構成図

### (3) 適用範囲

本システムは、操船者に対するナビゲーション支援として開発したものであり、工事用車両にも適用可能である。特に一般船舶の往来が多い海域、航行距離が長くなる海域、浅瀬など警戒すべき箇所が多く存在する海域、また、工事の進捗に伴って日々の航路、危険箇所が変化する現場などに効果的である。なお、GNSS測位が使用できない橋脚下や、トンネル内、カメラの視界が確保できない夜間、濃霧などは適用できない。表一1に本システムの運用条件と表示精度を示す。

表一1 本システムの運用条件と表示精度

制限速度	船舶：10 knot 以下 車両：20 km/h 以下
遅延速度（理論値）	GNSS 更新間隔 10 Hz (0.1 秒)
表示誤差（理論値）	GNSS 方位計精度 ± 0.75° より算出 100 m 地点：± 1.3 m 500 m 地点：± 6.5 m

## 3. 基礎実験

基礎実験として、陸上で車両搭載試験と海上で船舶搭載試験を行った。

### (1) 陸上試験

カメラとGNSS方位計のデータを取り込んでシステム画面上で航路などを表示するライン（以下ARライン）が正確に描画できるか検証するために、車のルーフキャリアに機材を設置し、実験を行なった。図一3に機材の設置状況を示す。なおGNSS方位計の測位精度や車両の動揺（傾斜）がARラインの描画に与え



図一3 機材設置状況

る影響を検証するため、「精度±1mのD-GNSS方位計とカメラを使ったパターン」と、「精度±2cmのRTK-GNSSとカメラを使用し精度0.1°の2軸傾斜計を補正情報として追加したパターン」の2つのパターンで実験を行なった。

ARラインの描画の確認として、時速20kmで走行しながらARラインと設定した航路が一致するか目視で確認した。D-GNSS方位計とカメラで走行したパターンでは、設定した航路に対して最大1mのズレが確認されたが、航行に支障を来す大きなズレは発生せずに良好な描画が可能であった。また、RTK-GNSS受信機とカメラを使用し2軸傾斜計のデータで補正したパターンでは、表示した航路と設定した航路はほぼ一致した。図一4にD-GNSS方位計とカメラ使用時のARラインの描画状況を、図一5にRTK-GNSS受信機とカメラを使用し2軸傾斜計で補正した際のARラインの描画状況を示す。

設置時間、機材の耐久性、ソフトウェアの操作性についても検証を行なったが、設置時間については、D-GNSS方位計とカメラを使用する場合で約1時間、



図一4 ARライン描画状況 (D-GNSS方位計使用)



図一五 ARライン描画状況 (RTK-GNSS 方位計使用)

RTK-GNSS, カメラと2軸傾斜計を使用する場合で3時間~4時間必要であった。また, 2日間実験を行ったが, 走行中の振動による機材の破損やズレは発生せず, 機材の耐久性に問題はないことが確認できた。更に, ソフトウェアの操作性では, ARラインを事前に設定することによって, 操船者は特別な操作を必要とせず, 画面に従って運用することができた。

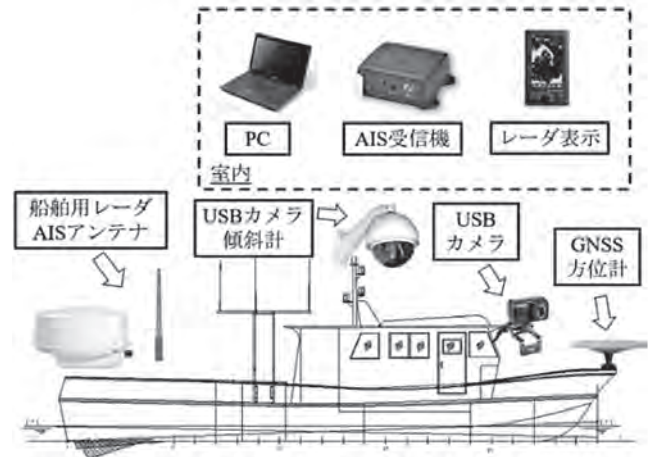
(2) 海上試験

試験対象工事の交通船は, 工事期間中, 基地港から施工区域まで往復16kmを航行しており, 航行中に付近を航行する他船舶の動静監視が重要であった。また, 現場周辺は浅瀬となっており, 付近を航行する際, 座礁しないように十分注意する必要がある。そこで, 航路及びAIS搭載船舶, 危険区域の情報をARとして表示し, 操船者に視覚情報と音声情報で注意喚起を行った。交通船の船速は約10knotとして, 施工区域までの航路を10往復航行し検証を行なった。その結果, 航路や危険区域, 浅瀬の位置, 進行方向をシステム画面上へリアルタイムに表示可能であることを確認した。AIS搭載船舶の表示に関しては, AIS情報の更新間隔が不規則であり, 画面上の船舶位置とAR表示名が多少ずれる場合があったが, 運用上問題ない

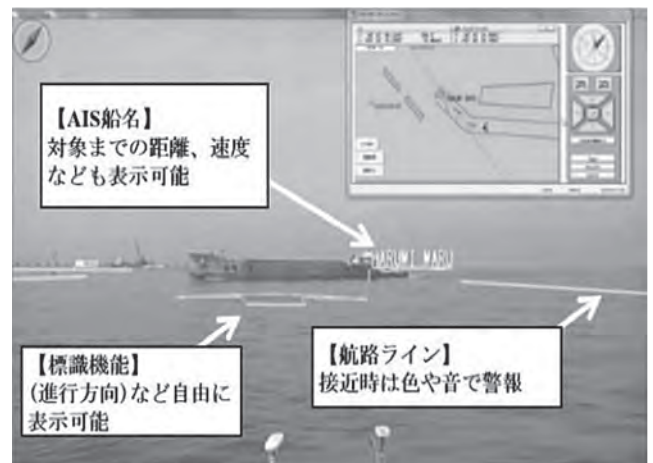


図一六 施工場所及び航行経路

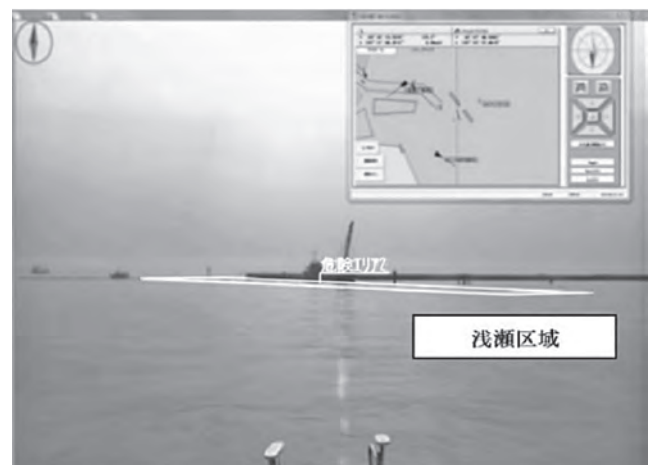
程度であった。更に, 危険区域に侵入した際には画面上のメッセージ表示と音声で操船者に注意喚起が可能である事も確認した。図一六に現場の施工区域と航路についての上空写真, 図一七に使用した交通船への機材の設置状況, 図一八に本試験中のシステム画面, 図一九に浅瀬区域を航行中のシステム画面を示す。



図一七 交通船への機材設置状況



図一八 システム画面 (海上試験時)



図一九 システム画面 (浅瀬区域)

当社は, Google Maps Platformの正規契約代理店である国務航業株式会社を通してライセンス契約をしております。



### 4. 現場導入事例

本章では、陸上工事および海上工事への導入事例をそれぞれ示す。

#### (1) 陸上工事への導入

本システムを車両で工事材料の搬入出を行う陸上工事へ導入した。当該現場はコンテナターミナル内に位置しており、現場に入構するまでの走行レーン、隣接するコンテナターミナルへの走行レーンに囲まれて分かり辛い状況であった。更に、コンテナターミナル内では地図情報が無い為、安全な走行経路を明確に運転手へ伝える必要があった。そこで、本システムで走行レーン、走行可能幅、進路、注意エリア及び走行禁止エリア等をリアルタイムにカメラ映像上に重ね合わせて表示し、注意エリア進入時や走行レーン逸脱時は、音声アナウンスと警告メッセージにより運転手へ注意喚起を行った。これにより、走行レーンを視覚的に分かり易くナビゲーションが可能となり、工事材料



図一10 車内機器搭載状況



図一11 走行ルート



図一12 システム画面

の搬入出作業の安全性が向上した。図一10に車内機器搭載状況、図一11に走行ルート、図一12にシステム画面を示す。

#### (2) 海上工事への導入

本システムを土運船の土砂運搬工事へ導入した。一般的な土運船の土砂運搬は、操船者が灯浮標を目視で確認し、航路の位置をおおよそ把握して航行する。この工事において土運船は、大型船舶が航行する航路(-14m)の端部を片道4kmにわたって針路を保持し、一定の速度で航行する必要があったが、運搬経路には航路を明示する灯浮標がないため、航路を正確に把握し航行することが難しい状況であった。そこで、本システムで航路や危険エリアをARで表示させ、航行ナビゲーションを行い、航路を外れた際は警報により操船者へ注意喚起を行うようにした。また、土運船のリアルタイムの航行位置は事務所のPCに共有され、現場職員がいつでも土運船の航行状況を把握することが可能である事を確認した。図一13に屋内の機器設置状況、図一14に屋外の機器設置状況、図一15

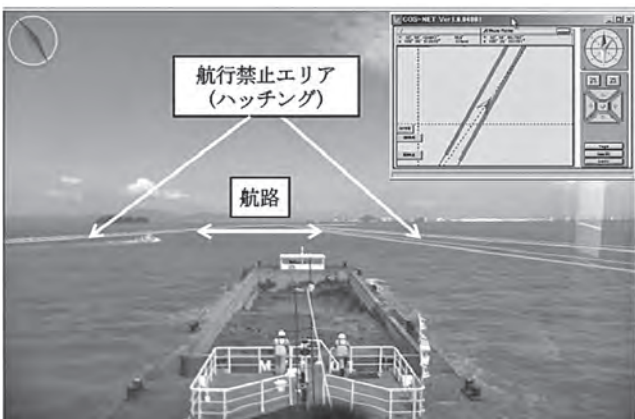


図一13 機器設置状況 (屋内)





図一14 機器設置状況 (屋外)



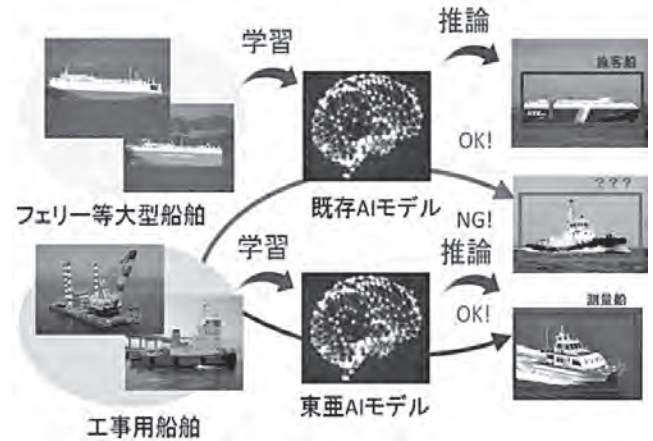
図一15 システム画面 (土運船運搬時)

に土運船運搬時のシステム画面を示す。

### 5. 今後の展望

本システムは上述の通り、カメラ映像内に映る船舶の認識は、大型船は AIS 情報、小型船は船舶レーダーで実施している。しかし、AIS は 500 t 未満の船舶には搭載義務がないため、全ての船舶を検知することはできない。更に、情報の更新間隔が不規則であり、最新情報を入手できないことや、船舶レーダーは検出した陰影から船種の区別がつかないため、監視業務の効率化と安全性向上を図るためにも更なる機能向上が必要である。そこで、人工知能 (AI) の画像認識技術を利用した船舶検知機能 (以下 AI 船舶検知機能という) を追加することで、船舶検知精度向上を試行中である。この AI 画像認識技術は、画像解析に特化した CNN モデル (Convolutional Neural Network) を使用しており、カメラで撮影された一般船舶の船種 (大型船・小型船) を高精度に識別することができる。これに、当社の港湾工事で撮影した映像を教師データとして追加学習し、一般船舶のほか、作業船や潜水土船、

警戒船等の工事用船舶の識別も可能としている。本システムに AI 船舶検知機能を追加するには、従来の USB カメラをより高画質な 4K カメラに換え、管理パソコン内に AI モデルを組み込むことで簡単に構築が可能である。今後、陸上での利用も考慮し工事用・特殊車両の検知も可能とすることで、本システムの適用性を拡大したいと考える。図一16に AI モデルの概要図、図一17に小型船の検知状況、図一18に大型船の検知状況を示す。



図一16 AIモデル概要図



図一17 小型船の検知状況



図一18 大型船の検知状況

## 6. おわりに

本システムは既に10件以上の導入実績があり、土運船の運航管理の他にも、作業船の回航管理やケーソンの曳航などへ導入されており、様々な海域やシチュエーションにおける安全管理へ寄与している。今後もシステムの改良や機能追加により、更なる性能の向上を目指す所存である。

JCM A

### 《参考文献》

- ・水木啓陽・田中孝行・藤山映：航行（運航）支援システム「ARナビ」の開発、会誌「電力土木」、402号、pp.114～116、2019年発行

### 【筆者紹介】

宮本 憲都（みやもと けんと）  
東亜建設工業(株)  
土木事業本部 機電部 電気グループ



# 施工機械・設備のWeb点検管理システム

e-Tenken<sup>®</sup>

青野 隆・伊勢 卓矢・是永 明日香

建設機械・設備の点検不備に起因する重大事故を防ぐ為には、労働安全衛生法に定められた作業開始前点検を確実に実施することが重要である。

作業開始前点検の確実な実施と確認を推進する目的で、従来は紙により行っていた点検をスマートデバイスによって実施、点検実施状況を確認することができるWeb点検管理システム「e-Tenken<sup>®</sup>(イーテンケン)」(以下、本システムという)を開発し、既に100を越える現場に導入し活用されている。

点検を実施する作業員がスマートデバイスから入力した点検結果は関係者とリアルタイムに共有される。従来の点検手法より確実性を高めるため、管理者による点検結果の確認に加えて未点検使用時の警報を点検者や管理者に発報する機能や、点検完了を担当元請職員が確認しないと稼働できない機能も有している。

加えて持込機械等使用届などの関連書類のペーパーレス化を実現し、点検業務以外の業務効率化も図っている。

キーワード：見える化、ICT、点検、持込機械等使用届、作業計画指示書、安全性向上、生産性向上

## 1. はじめに

従来、作業開始前点検は機械を運転する作業員が点検結果を紙の点検表に記入し、月末には点検結果を記入した点検表を職長や元請職員へ提出し、職長や元請職員の確認の回覧後にファイリングして保管する管理手法が長らく行われてきた。重大災害撲滅のためには、確実な点検作業の実施と点検結果の確認が重要であるにもかかわらず、稼働中の重機を停止させてまで職長や元請が点検表を確認するのは難しい面があり、点検表の回収前に点検状況を元請職員が確認することが不十分であるケースもあった。

また、作業開始前点検作業は日々行われて記録は蓄積されているが、点検時の整備内容や部品交換等の情報を、機械管理のための分析や傾向把握のために利用されることはなかった。

そこで、確実な点検の実施及び結果の確認によって点検不備に起因する死亡災害等の重大災害の撲滅を図ること、機械点検や整備内容を統計的に把握・分析して、機械管理レベルの向上による稼働率と生産性の向上を目的に本システムを開発することとした。

## 2. 開発概要

### (1) 開発の経緯

点検結果の入力をWeb化した既存製品を調査したところ、主流は建設現場とは異なり製造業等の固定設備対象とした工場利用を想定した製品であった。建設業特有の機械の頻繁な入替、かつ点検者は固定されない、短期間の使用や、同一の機械を複数の協力会社が共用使用など想定条件に合致しておらず、使い勝手や機能面から建設業界では普及しなかった。そこで、既存製品に代え、建設業に特化したIoT技術を利用した点検システムを新たに開発することとした。開発のコンセプトは大きく分けて3つある。

第1は形骸化防止である。現地でスマートデバイスを用いて予め機械に張り付けてあるQRコード読取後に点検を開始する仕組みとし、写真や動画による記録保管機能により、確実に現地で点検を実施するように促す。

第2は情報の共有化である。点検結果をクラウドへ点検完了直後に保存し、情報の共有化を図ることができる。職長や元請職員が現地に赴くことなく、PCやスマートデバイスにより点検結果を確認できる。

第3は未点検時の警報機能である。点検結果をデジタル化し、未点検時の警報や運転開始時の元請職員に



よる承認機能を採用することで、従来の紙点検表では不可能であった点検漏れや未点検状態での機械や設備の稼働を確実に防止することができる。

(2) 開発環境の選定

システム開発をするにあたり、利用対象を当社社員のみならずJV構成会社社員や協力会社職員、作業員と設定する必要があり、使用するスマートデバイスはAndroidとiOSの両方に対応し、PCでも使用可能な幅広い端末で利用できることを条件とした。

3. 現場の課題と解決策

(1) 重大災害の撲滅

本システムを活用し、従来の紙手法では難しかった点検漏れ防止機能を開発して、点検が確実に実施されることとなった。

開発の要は、未点検の機械がある場合、メールで警報自動通知を行う機能、現場が重要と位置付けた設備や機械の点検完了を元請職員が確認しない限り稼働しない運転開始承認制の2種類である。以下に詳細を説明する(図-1)。

(a) 未点検時警報アラート通知の仕組み

未点検での機械運転防止を目的としており、①作業開始時間になったにもかかわらず、使用予定の機械が未点検の場合、②未点検のまま一定時間以上重機が稼働している場合に職長、元請担当社員、機電安全責任者(当社にて任命している機械安全の責任者)等へメール通知し点検を促すものである。

なお、未点検時警報アラート通知の対象となる機械は作業計画指示書を必要とする機械をとしている。

(b) 運転開始承認制の仕組み

運転開始承認制とは、現場が万が一の場合死亡災害に直結する等、安全管理上重要と位置付けた設備や機械を対象にした、未点検時警報アラート通知よりも更にレベルの高い未点検防止策である。重要な設備や機械の点検完了を元請職員が確認しない限り稼働できない仕組みであり、未点検状態での稼働を確実に防止できる。

機械等の点検が「機械の停止状態での点検」と「機械を運転させながら行う動作をさせた状態での点検」の2種類の点検があることに着目し、機械の停止状態での点検完了を元請職員が確認しない限り稼働できない仕組みを構築した。

(2) ルーティンワークの業務効率化

スマートデバイスを活用し、従来の紙手法からの脱却し、点検データをシステム化して管理することにより安全性向上のみならず、機械管理や点検に関するルーティンワークに着目し業務効率化が図れるシステムを並行して開発している。

(a) 作業開始前点検票

点検結果の入力を紙からシステム化することで、点検表の回収や回覧を効率化することができる。図-2に示す従来方法との業務削減の比較例では、元請職員の業務が毎月23H/月かかっていたものが、3H/月となり、87%削減となっている。また元請職員以外に協力会社職員も点検表の配布、回収、点検状況の確認等の業務が削減される。

(b) 持込機械等使用届・持込機械届受理証

従来、持込機械等使用届・受理証発行はExcelや手書きでの作成・届出、発行がほとんどである。また、

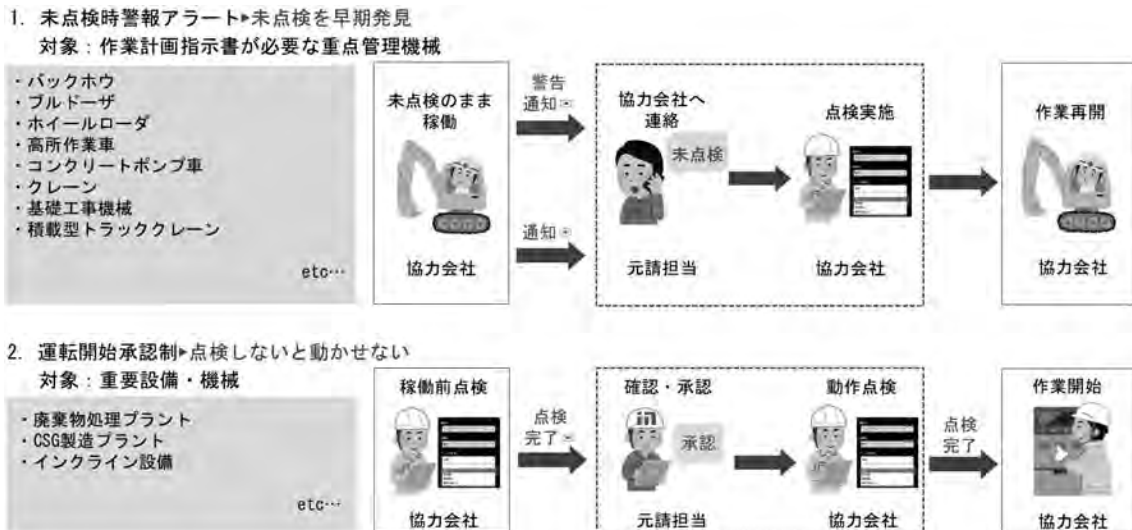
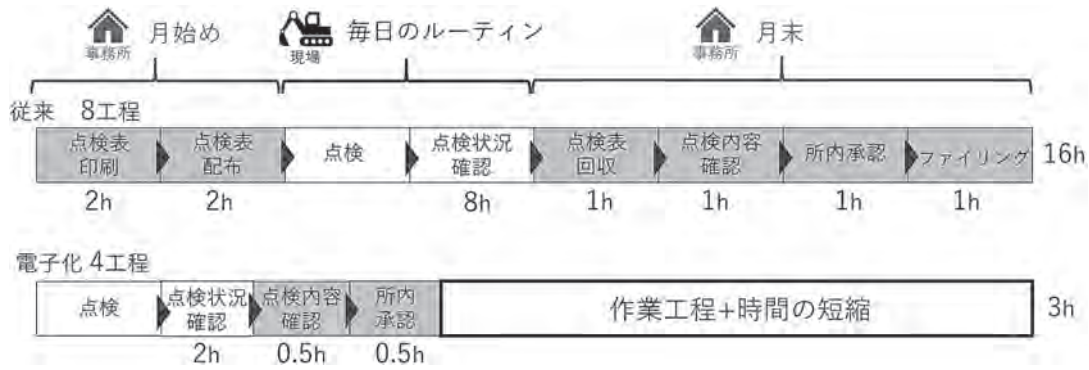
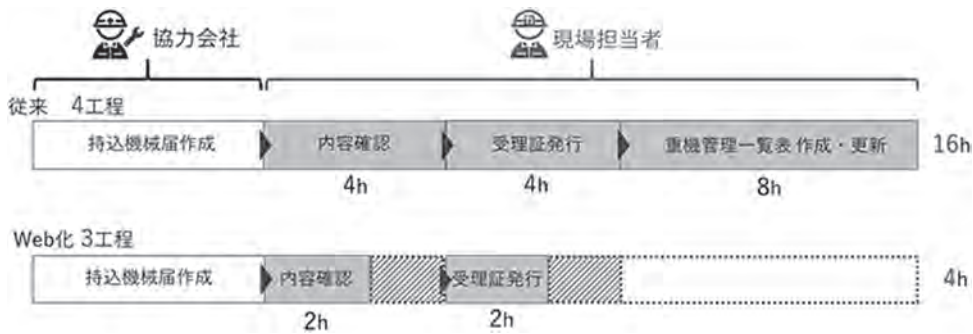


図-1 重大災害撲滅対策システム構成図



図一2 作業開始前点検に関する業務削減例



図一3 持込機械等使用届に関する業務削減例

持込機械等使用届に記載してある事項をもとに持込機械届受理証を作成するため、持込機械使用届と受理証の発行で、全く同じデータを重複して入力・記入することが多くあった。図一3に示す従来方法との業務削減の比較例では、元請職員の業務として毎月16H/月かかっていたものが、4H/月となり、75%削減が可能となっている。元請職員以外にも協力会社職員による書類の提出、承認後の受取、機械所有者による特定自主検査記録の提出などの業務が削減される。

これらの提出書類の回覧時には「未提出なのか?」「回覧中なのか?」「現在、誰に回覧中か?」「添付書類は揃っているか?」「点検書類の差替えは完了しているか?」など多くの確認項目があり、担当者が繁忙の場合、処理の遅延や残業を余儀なくされ、また回覧中に紛失する事例も発生していた。また、関係者全員が機械の状況をリアルタイムに把握することは困難で、機械管理一覧表を別ファイルとして作成している現場も多い。また、定期自主検査日の確認など現場規模が大きくなればなるほど管理が煩雑になり、時間を要し、確認ミスも発生するという課題があった。

#### 4. システム導入の効果

##### (1) 持込機械等使用届・持込機械届受理証

持込機械等使用届作成 (図一4) から、元請への提

出、持込機械届受理証発行 (図一5) までをシステム上にて一括で行うことが出来る。自動作成される持込機械届受理証はQRコードがついており、このQRコードを読み取ると自動的に画面上に点検表が表示され、点検を行うことが出来る。

月例点検等の定期点検は、レンタル会社やメーカー等の現場外の会社へ依頼することが多く、点検期日の管理が必要となっている。当システムでは次回点検予定日を入力すると、カレンダー形式で点検日一覧が把握できるため、点検依頼の確認が容易となる。また手配

Figure 4 shows a sample of a 'Equipment Use Sheet' (持込機械届). The form includes fields for company name, address, contact information, and a detailed table for equipment management. The table has columns for equipment type, model, serial number, and status. There are also sections for inspection dates and other administrative details.

図一4 持込機械届



持込機械届受理証			
機種	バックホウ テスト	持込会社名	●●建設
運転者 (取扱者)	(正) 山田太郎 (副) 山田花子	使用会社名	●●建設
受理年月日	2021年5月18日	受理No.	test123
使用期間	2021年1月1日 ~ 2021年5月31日		
現場名	テスト現場		

図一五 QRコード付き受理証

忘れ防止策として、点検日が近づくと担当者へメールにて自動通知される。

システム導入の効果として、すべてシステム上でデータが共有され、元請と協力会社間の書類の提出等の業務が削減されている。またレンタル会社が提出する書類についてもシステム上で提出することで、書類提出や修正に要する時間が激減し、最新書類を常に共有できる状態となっており、大幅な業務効率向上が達成されたと考えている。

(2) 作業開始前点検

作業開始前点検表は、あらかじめ用意された社内統一一点検表の項目以外にも、独自で点検項目を選定していることがあるため、従来の点検表と同様に現場にて任意に点検項目を設定できる仕様とした。

点検者は重機に貼り付けた持込機械届受理証のQRコードを読み取ると自動的に対象機械の点検項目が表示される。QRコードを読み取り後に点検結果を入力するため、必ず現場で点検結果を入力する必要があり、形骸化を回避できる。また、QRコードを読み取ると、該当機械の過去の点検記録や図示された点検ポイントを確認できるようになっている(図一六)。

各点検項目に対し、「良好」「要修理」「修理済み」

と結果を入力するだけでなく、写真添付や部品交換記録も入力できるため、重機の状態を関係者へ遅滞なく、かつ周知漏れすることもなく情報共有が可能となる。

また、月末には1月分の点検結果がまとまった帳票の出力(印刷・PDF保存)が可能であり、従来通りの回覧による運用にも対応している。

システム導入の効果として、必ず現場で点検を実施し、必要に応じ点検記録として写真を残すなど点検の形骸化を防ぐことができている。また点検漏れを防止する機能により未点検状態での機械の稼働を防止することができた。

(3) 管理部門への書類提出業務

弊社では電気設備に関する月例点検表を現場から各地域の管理部門(支店)に提出を行っている。管理部門の担当者は提出された書類の確認や管理、未提出現場への催促連絡に多くの手間と時間を要していた。そこで点検をシステム化したことを活用し、未提出現場を自動でチェック後、未提出の場合は自動で催促メールを送る機能を追加した。また管理部門にて別途作成していた各現場の提出データをまとめた帳票も自動作成することとした。

電気設備を対象に点検結果の提出、点検結果一覧表を自動生成、月例点検及び受変電設備の日常巡視点検結果、期日までに支店へ未提出の場合における催促メールの自動通知を行うことで現場のみならず支店管理者が行っていた業務を自動化することで大幅な業務効率化を図ることができた。

5. おわりに

当システムのベースとなるプラットフォームは自由度の高いクラウドサービスを用いており管理したい内



図一六 点検結果画面



容を簡単にシステム化し情報を共有化できることから、作業開始前点検以外でも様々な利用方法を提案し、業務効率化を図っている。クラウドサービスを用いてシステム上で共有することで、現場だけではなく管理部門を含めた様々な業務を効率よく行うことが出来るため、メニューや機能の拡充を図り、更なる業務効率化を促進し、元請職員や協力会社の業務効率化を目指している。こちらについても機会があれば紹介していきたい。

点検システムについては、将来的に帳票の電子化をさらに発展させて、最新デジタル技術により収集・蓄積した点検データ、整備データや機械の稼働データを活用し、統計的な手法による分析を行い、安全性や生

産性を向上できる新たな管理手法を構築していきたい。

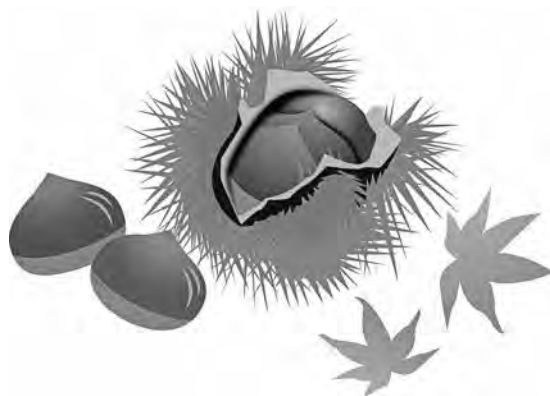
JCMIA

【筆者紹介】

青野 隆 (あおの たかし)  
鹿島建設㈱  
機械部  
担当部長

伊勢 卓矢 (いせ たくや)  
鹿島建設㈱  
機械部  
次長

是永 明日香 (これなが あすか)  
鹿島建設㈱  
機械部



# 建設現場向けパワーアシストスーツ

岡 尚 人・八 幡 真 純

建設作業員の業務上疾病の6割は腰痛によるものと言われている。すでに疾患を抱えている方のアシストのため、また次の世代の若い作業員を守るため、建設業向けアシストスーツの開発に着手した。農業用アシストスーツメーカーの協力を得て、建設現場での適用が難しい現実を実際に見てもらい、課題解決の案を一緒に検討し、プロトタイプのアシストスーツを完成させた。完成後は、現場実証を踏まえ、細かい動きを調整しながら改良を行っている。本報文では、建設業向けに開発を行ったアシストスーツについて、その概要および実験結果について述べる。

キーワード：アシストスーツ、軽労化、腰痛、少子高齢化、作業環境改善

## 1. はじめに

近年急速に様々な分野で機械化・自動化やロボット化が進んでいるが、労働集約型産業である建設業は大型のクレーンや重機以外は今でも大半の作業が人の手で行われている。しかし、少子高齢化や作業員になる担い手不足の課題もあり、建設業の労働人口は年々減少傾向にある。一方再開発事業の増加に伴い建設市場は増加傾向にあり、限られた労働人口で品質や安全を確保し、安定した利益を生むためには今まで以上の生産性を確保する必要がある。この様な背景から、作業員の作業負担軽減を目的としたアシストスーツの開発を始めた。

建設現場では重量物の移動や取り付けなどを人の手で行うことが多く、作業員の業務上疾病（熱中症、私病等除く）の5割は腰痛によるものと言われている<sup>1)</sup>。アシストスーツの開発では、重量物の持上げ・降ろし、中腰姿勢の作業などで腰に掛る負担軽減を目標とした。

また、この30年間で労働人口が減少傾向にある中、労働力人口はほぼ横ばいで推移している<sup>2)</sup>。このことから、若い世代の労働人口は減っているため、高齢者や女性就業者が増えていると言える。そこで、一般男性よりも非力と考えられる高齢者や女性就業者、次の世代を担う若い作業員の作業負担を軽減するためのアシストスーツの開発も目標とした。

## 2. 既存アシストスーツの調査

現在、市場には多くのアシストスーツが流通しており、主に介護や物流分野での適用を目指し開発されてきた経緯がある。これらの分野では一か所での繰返し持上げ作業が主であるため、機能としては持上げ時の腰の負担軽減を対象としている。また、着用した状態での他の動作を想定していないため、動きの自由度が制限される機種が多い。しかし、建設現場ではいろいろな作業が付随しており、どの作業姿勢でも体の動きを阻害することなく装着できる機構が求められた。

この様な経緯から、農業用に開発されたアシストスーツ<sup>3)</sup>に着目した（写真—1）。このアシストスーツは1台で持上げ・降ろし、中腰姿勢保持、歩行アシストの3つの機能を具備しており、農作業を想定して開発されているため自由度の高い構造を有していた。これを元に、アシスト機能を維持し、かつ作業の邪魔にならない建設業向けモデルの開発を行った。



写真—1 農業用アシストスーツ

### 3. 評価実験

#### (1) 実験方法

開発に際し、農業用アシストスーツが実際の現場において有効であるかを評価した。アシストスーツの3つの機能について、以下の建築現場で想定される作業を模擬した実験を実施した。

① 持上げ・降ろし、資材運搬アシストの検証

セメント袋等の重量物持上げ運搬作業を模擬した

② 中腰姿勢保持アシストの検証

床仕上げ（土間おさえ）作業を模擬した

③ 歩行アシストの検証

現場内の歩行（フロア内、階段昇降）を模擬した

2名の被験者の協力の元、1週間の慣らし期間を経て、評価実験（写真—2）を実施した。評価はセンサを用いた定量的評価と、被験者へのヒアリングによる定性的評価を併用した。



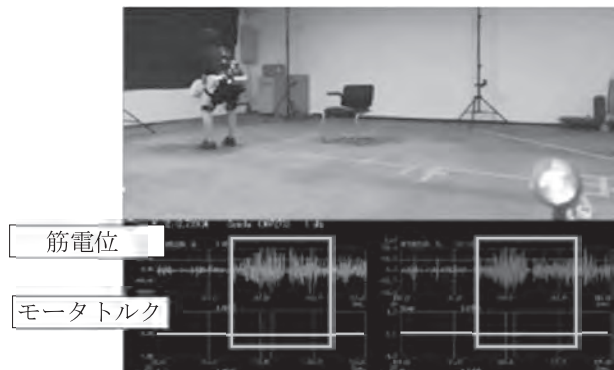
写真—2 評価試験の様子

#### (2) 定量的評価結果

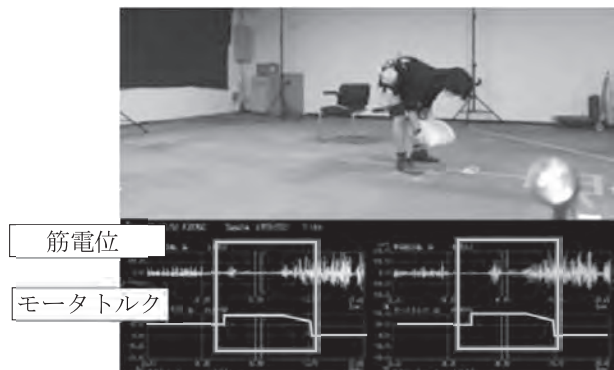
持上げアシストの結果を写真—3, 4に示す。アシストスーツを着用し、アシストが入っていない状態とアシストが入っている状態で背筋の筋電位の差を比較した。波形の上段は腰の筋肉に取り付けた筋電位センサの出力、下段の波形はアシストスーツのモータトルクの波形となっている。モータトルクが一定の状態はアシストが働いていない状態であり、持上げ時にアシストが働いた際はモータトルクが上昇する。写真—3, 4の波形を囲った範囲が、今回持上げ動作を行ったタイミングである。アシストなしでは、セメント袋を持上げる際に筋電位センサに反応が見られたため、筋肉が収縮し筋力を発揮している。それに対しアシストありの状態では、筋電位が低くなっている。これにより、アシストにより筋力の発揮が少ないと言え、ア

シストが有効に働いたと考えられる。

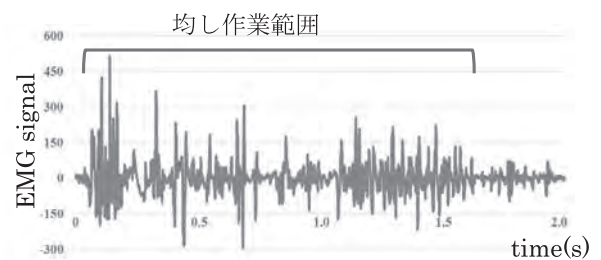
中腰姿勢保持は持上げアシストとは違い、瞬間的に力を出すのではなく、モータにブレーキが掛かることで継続的にアシストをするため、筋電位の波形形状は持上げアシストのように顕著な差はなかった。実験時に得られた筋電位センサの波形を図—1, 2に示す。筋電位が大きく変化している範囲が均し作業を行っている時のもので、変化が小さい範囲は一度立ち上り、休



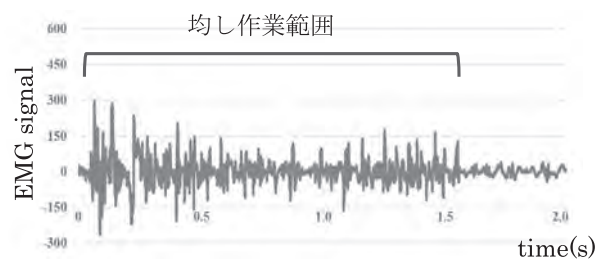
写真—3 持上げ動作時の評価結果（アシストなし）



写真—4 持上げ動作時の評価結果（アシストあり）



図—1 持上げ作業時の評価結果（アシストなし）



図—2 持上げ作業時の評価結果（アシストあり）



息をしている時のものである。2つの波形を比較すると、波形の振幅には多少の変化が見られた。アシストがない状況と比較し、アシストがある状態では波形の振幅が小さく表れたため、中腰姿勢保持のアシストが働いたと考えられる。

今回はアシストスーツの構造上、足の筋肉を計測するための筋電位計測器を取り付けることができなかった。そのため、歩行アシスト時の有効性を数値的にとらえることはできなかった。

### (3) 定性的評価結果

- 2名の被験者の主なヒアリング結果は以下となる。
- ・ 持上げアシスト時の腰にかかる負担が軽減されているのを感じた（体を起こすアシストを感じた）
  - ・ 荷物を下ろす際のブレーキ機能が、腰の負担を軽減しているのを感じた
  - ・ 中腰姿勢保持時の腰の負担の軽減を感じた
  - ・ 歩行時に足を前へ振り上げるアシストを感じた
  - ・ 持上げアシスト、中腰姿勢保持に比べ、歩行アシストは慣れるのに時間がかかった

上記のように、個別のアシスト機能については有効に感じられたとの評価を得られた。一方で、材料を持上げてから歩行し、再度材料を降ろすなどの複合的作業が生じた場合は、アシストを感じにくいなどの意見も出た。

装着感や動きやすさの面でのヒアリング結果は以下の通りとなった。

- ・ 作業態勢によってはフレームが体に当たり、痛みを感じる
- ・ 長時間の着用は重さを感じる
- ・ 拘束が多いため、動きにくさを感じる
- ・ 慣れるまでは体が疲れる

農業用のアシストスーツは他の市販のものと比較し着用者の体の動きを比較的妨げない機構を用いているが、一か所での繰り返し作業でない作業態勢においては動きにくさを感じるとの評価となった。

### (4) 評価実験のまとめ

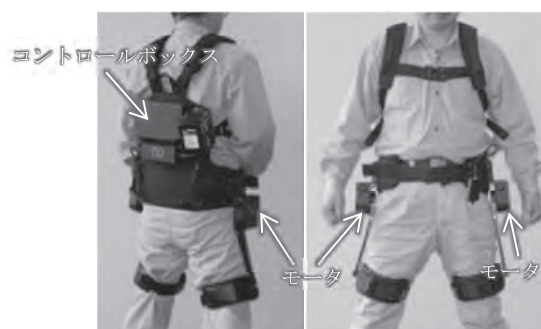
本評価実験では、アシストスーツの重さ、着心地に関しては課題が残るものの、作業内容によっては建設現場でのアシストスーツ利用は有効であることが確認できた。

## 4. 建設業向けアシストスーツの開発

### (1) 構造・仕様

開発した現状のアシストスーツを写真—5に、概要を表—1に示す。重量は従来品から40%の軽量化を図りバッテリーを含めて4.3 kgで市販品と大差ない仕様となっており、稼働時間は約8時間、アシスト力は10 kg程度である。アシスト力とは、例えば20 kgのモノを持上げた際に、腰にかかる負担が10 kg軽減される力である。

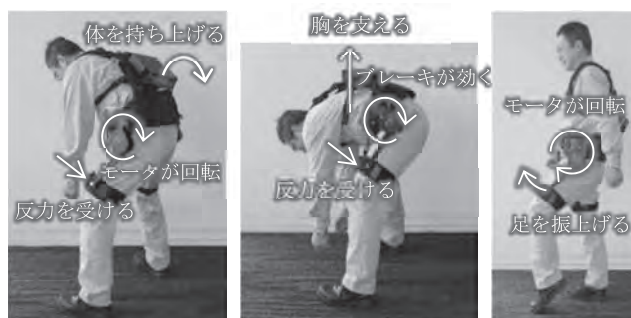
アシスト機能は持上げ・降ろしアシスト（持上げ時のアシスト、荷降ろし時のブレーキアシスト）、中腰保持アシスト、歩行アシストの3つの種類があり、動作原理を写真—6に示す。腰にあるモータの回転力を太ももで反力を取ることで上半身を持上げるアシスト、モータにブレーキが掛かることで上半身を固定するアシストが発生する。また、モータの回転力により足を振上げる力を生み、歩行するアシストを行う。そ



写真—5 建設業向けアシストスーツ

表—1 建設業向けアシストスーツ概要

機構	電動
重量	4.3 kg (バッテリー含む)
稼働時間	4～8時間
機能	持上げアシスト 中腰姿勢保持 歩行アシスト
アシスト力	10～15 kg



写真—6 アシストスーツの動作原理

それぞれのアシストは手元にあるスイッチを切り替えることで動作し、アシストの強度（速さ・強さ）も調整可能である。

(2) 特徴

建設現場では安全帯の着用が義務化されているが、従来のアシストスーツは駆動部が腰部に位置する構造が多く、安全帯や腰道具を着けた状態での着用が難しかった。この課題を解決するために、本モデルでは構造の検討をし、アシストスーツが作業の邪魔にならないよう、さらに着心地にも配慮した。

一つ目の特徴は腰周りの構造を簡素化し、ハーネス型安全帯や腰道具をアシストスーツと併用して着用できるようにした（写真一7）。アシストスーツの原理として、駆動モータと股関節の回転中心を一致させることでモータのトルクをアシスト力として最大限有効に働かせることができ、かつ着用者と機械の動きがシンクロしやすくなる。本開発品では、腰道具と干渉しない位置に駆動モータ配置し、かつアシストを十分に発揮することができる構造を実現した。

二つ目の特徴は、個人の動きを妨げない自由度の高い構造にある（写真一8）。従来型のアシストスーツではスーツを体に密着させるため拘束部が多く、足を大きく広げたり、屈伸したりする動作が難しいという課題があった。本開発では、モータとその反力を受ける太ももをつなぐフレームの接続方法を改良し、今ま



写真一7 安全帯と腰道具を併用した様子



写真一8 アシストスーツを着用した状態の姿勢

で出来なかった自由な動きができるよう配慮した。

三つ目は、現場でアシストスーツを使用する際に周囲との接触を避けるため、全体的に薄型の構造にし、着用者の体よりもアシストスーツが極力はみ出さないよう、背面のコントロールボックスや腰周りのモータの改良を実施した（写真一5, 7参照）。

5. 現場での実証実験

(1) 実験対象

アシストスーツの効果は繰り返し作業において有効性を感じられること、また腰にかかる負担を軽減できることが先の評価実験で確認できたため、主に腰に負荷が発生する作業において表一2に示す職種を対象に現場実証を実施した。

表一2 実験対象職種

職種	実験項目		
	持上げ	中腰保持	歩行
鉄筋工	○	○	
耐火被覆工			○
内装工	○		

(2) 持上げ・降ろしアシスト実証の結果

鉄筋工における地中梁鉄筋の持上げの様子を写真一9に、鋼材及びボード材を持上げる様子を写真一10に示す。床面にある材料を垂直または、斜め方向へ持上げる動作（写真一9, 写真一10左）ではアシストを感じられるとのヒアリング結果を得ることができた。しかし、同じ持上げ動作でもボードなど腕を広げた状態で持上げる動作（写真一10右）ではアシストを感じにくいというヒアリング結果であった。

アシストが感じにくい要因は、上半身と太もものなす角度にあると考えられる。アシストスーツは腰のモータの反力を太ももで受けるような構造であるため、上半身と太もものなす角度が鋭角すぎると反力を受けにくくなる。そのため、腕を大きく広げる動作を行うと鋭角になり、アシストの効果を感じにくいという結果となった。

本実験では2名で持上げ作業を行う際に、両者ともアシストスーツを着用した場合と一方だけ着用した場合での動作の違いも検証した。どちらの場合もアシストを感じることができた。ただし、両者ともアシストスーツを着用した場合の方が同じタイミングで持上げ動作を行う事ができ、よりアシストを有効に感じられる結果となった。





写真-9 鉄筋持ち上げの様子



写真-10 アシストを感じやすい・感じにくい態勢



写真-11 床配筋の様子

### (3) 中腰保持アシスト実証の結果

鉄筋工におけるスラブ配筋の様子を写真-11に示す。左側の写真の様に体をかがめた状態の配筋作業では、中腰保持アシストを感じることができ、腰への負担が軽減されたというヒアリング結果を得られた。しかし、完全にしゃがみ込んだ状態(写真-11右)ではアシストを感じにくい結果となった。

アシストを感じにくい要因は前項の持ち上げアシスト検証時と同じく、上半身と太ももがなす角度が鋭角すぎるのが原因と考えられる。

### (4) 歩行アシスト実証の結果

耐火被覆プラント内で材料を移動の様子を写真-12に示す。床面はフラットで傾斜や段差がない状態で、ハンドパレットを用いて材料の移動を行った。材



写真-12 歩行アシスト検証の様子



写真-13 ヒップベルト追加状況

料の重さに関係なく、前へ進む動作では歩行アシストを感じることができた。

### (5) 検証結果を受けての改良

前項で挙げた上半身の姿勢によるアシストの感じ易さの有無を改良するため、アシストスーツにヒップベルトを追加した(写真-13)。鋭角な角度でもアシストを感じられるよう、太ももでのみ受けていた反力を臀部へ分散することで、どのような角度でもアシストを感じることができるよう改良した。

## 6. 今後の課題

現場での実証実験を通し、各作業(持ち上げ、中腰、歩行)でアシストを感じることができ、腰や足などの負担軽減が実現できると言える結果を得られた。しかし、各アシストが作用していない時はアシストスーツの重量などが着用者の負担になっていることもヒアリングで分かった。今回の結果より、アシストスーツが有効と考えられる作業内容や、適している職種の検討を継続して実施する必要があると感じた。

また、アシストスーツの普及は以前より進んできているが、建設現場での活用は、前述した装着性や安全性の面で課題が残っている。さらに、装着者個人の慣れも必要なことから、万人に効果が得られるよう適応させる難しさもある。様々な課題はあるが、アシスト



スーツへの関心は高く、引き合いも多いことから実際にアシストスーツに触れてもらう機会を増やすなど、将来的に建設現場での普及を目指せる基盤整備も必要と考える。今般、建設業界のロボティクストランスメーションの推進を図るべく、RX コンソーシアム<sup>4)</sup>が発足した。コンソーシアムを通じて建設業界全体でのアシストスーツの現場導入の課題に取り組み、普及を促進できればと考える。

## 7. おわりに

現場作業は3K（きつい、きたない、危険）と言われるが、これからの時代は働きやすい環境づくりが重要だと考える。生産性向上のための技術開発と共に、「未来の現場は人にやさしい」を実現できるような技術開発も大切なキーワードだと感じている。アシストスーツは重量物の持上げ・降ろし、中腰姿勢での作業などで腰に掛る負担軽減をできるため、アシストスーツの開発を通して、今後も現場の働き方改革に貢献していきたい。

JCMA

### 《参考文献》

- 1) 厚生労働省, 令和2年業務上疾病発生状況(業種別・疾病別)
- 2) 厚生労働省白書, 令和2年労働力人口・就業者数の推移
- 3) 八木栄一, 佐藤元伸, 佐野和男, 三井利仁, 馬淵博行: “歩行と持ち上げ動作を支援するための電動パワーアシストスーツの検証実験”, 日本機械学会論文集, Vol.81, No.830, 2015
- 4) <https://rxconso.com.dw365-ssl.jp/>
- 5) 八幡真純, 岡尚人: “建設現場向け労務軽減アシストスーツの開発”, 日本建設学会 第23回建築の自動化シンポジウム 予稿集, P33, 2022

### 【筆者紹介】



岡 尚人 (おか まさと)  
鹿島建設株式会社  
技術研究所 先端・メカトロニクスグループ  
担当部長



八幡 真純 (やはた ますみ)  
鹿島建設株式会社  
技術研究所 先端・メカトロニクスグループ  
主任研究員

# スマートスーツ<sup>®</sup> 採用による「軽労化<sup>®</sup>」の深耕 作業員の身体能力評価と安全意識改革及び労災リスク調査

田中吉史・土谷圭央

軽労化<sup>®</sup>（北海道大学田中教授発案）（以下「軽労化」）の理念に基づいて開発されたスマートスーツ<sup>®</sup>（以下スマートスーツ）の適正使用により，身体にかかる負担や疲労を軽減し，作業による適度な運動負荷が体力の維持・増進に貢献することで腰痛等の疾病（労災）を予防できる。結果として，作業員の労働の持続可能性向上に繋がり，建設業が抱える高齢化の問題や産業全体の労災リスクの低減，作業員の安全意識改革に繋がると考え，建設業に特化した共働研究を行った。

キーワード：労働の持続可能性，職人寿命の延伸，軽労化，ウェアラブルセンサー，作業負荷計測

## 1. はじめに

建設業就業者と新規入職者の減少への対策の一つとして，ゼネコン各社は建設ロボットの開発に鎬を削っている。一品生産が基本である建設業にとってロボットの現場適用は悲願である。しかし，この30年を振り返ってみると，建設ロボットの開発テーマは20世紀末の黎明期のそれと大きく変わっておらず，バブル経済期以降で施工技術の合理化や省人化は進んだが，建設ロボットの分野は革新的な進化を遂げていない。発表されている多くの建設ロボットは「重く、大きく、高価」であり，一定の理想的環境下でしか利用できず，広く建設現場に展開できていない。

換会において，協力業者からアシストスーツに対する強い期待が寄せられた。そこで，複数のアシストスーツを導入し，装着した作業員にアンケートを行って，客観的評価をまとめた（図-1）。その結果，電動式・エア式のアシストスーツ（アクティブタイプ）よりも，ゴム式アシストスーツ（パッシブタイプ）のほうが安価で汎用性が高く，細かく複雑な作業の多い建設作業に向いていることが分かった。また「職種よりも個人との相性が大きい／誰にでも均一な効果があるわけではない／低価格の商品でないと業界で認知されない」ことも分かった。

## 2. 複数のアシストスーツを試行

2019年秋の大成建設内の技術開発に関する意見交

## 3. 「軽労化」の概念との出会い

研究グループは，数あるパッシブタイプアシストスーツの中で，最も建設作業に適している「労働の持続可能性」を目的とする「軽労化」という概念と，論

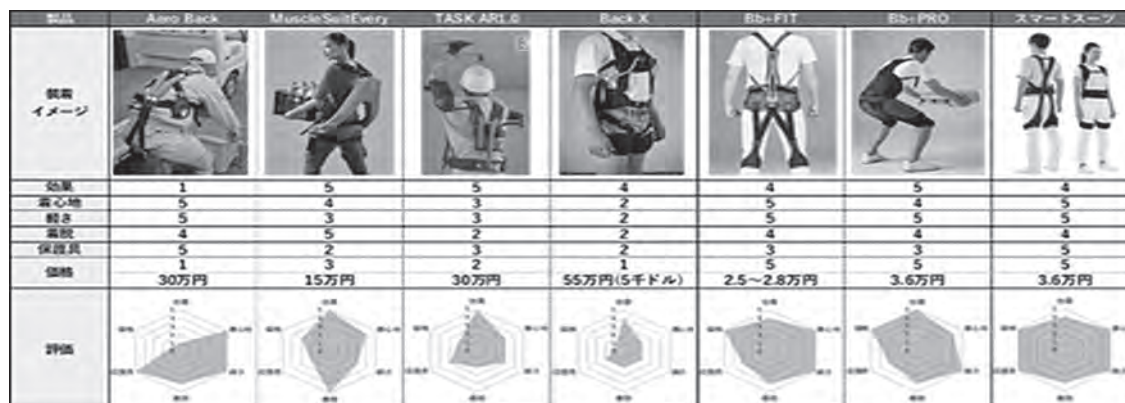


図-1 大成建設で実施したアシストスーツ評価

理的かつ科学的根拠に基づいたスマートスーツに着目した(図-2)。

「軽労化」とは、北海道大学ヒューマンセントリック工学研究室 田中孝之教授が提唱する、健康労働寿命の延伸を目的としたアシスト技術の概念(1)である。アシストとトレーニングの両立による健康労働寿命の延伸を目指し、その思想を具現化した商品が「スマートスーツ」である。ロボット工学の研究者である田中教授はまさに「重く、大きく、高価なロボットは普及しない」という「ロボット普及の壁」に直面していた。

「モーター・センサー・コントローラー」の3つの要素を兼ね備えたものをロボットと称するが、研究中のロボットから最も重たいモーターを含む3要素を取り除くという逆転の発想から、人を大切にする「軽労化」の概念へ辿り着いた。

「軽労化」研究によると、スーツを必要とし、軽労化効果を実感しやすい年齢は45歳以上であるという。この年代は、若い世代と比較して、筋力の衰えは少なく、体力には自信を持っているが、柔軟性やバランス力が低下し、体幹が弱っていることを自覚しにく



図-2 「軽労化」の概念とスマートスーツ  
スマートサポート社 HP より

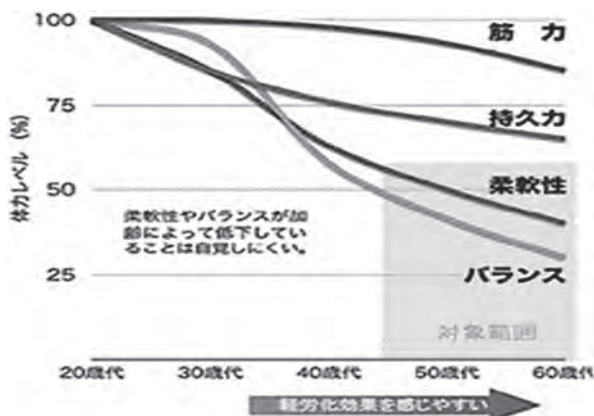


図-3 年齢と体力レベルの相関関係

い。結果として、作業で無理をすることで腰痛症を発生しやすい(図-3)。

スマートスーツの適正使用により、身体にかかる負担や疲労を軽減でき、作業そのものが適度な運動負荷となり、体力が維持・増進され、腰痛等の疾病(労災)を予防できる。結果として、作業員の労働の持続可能性向上に繋がり、建設業が抱える高齢化問題や産業全体の労災リスクの低減、作業員の安全意識改革に繋がる。

#### 4. 本研究の取り組み

研究グループは全国10箇所の作業所で下記の3つのアクションを企画した。

##### ①「軽労化」勉強会とスマートスーツ試着会(図-4)

労働の持続可能性を目指す「軽労化」は今後の建設業にとって必須であることは間違いない。試着会を通し、「多くの人に認知してもらう」ことから着手した。

##### ②建設作業員の身体能力評価(個人の体力測定)

個人の身体能力を測定し、疾病との相関性を分析するため、作業員の体力測定と健康アンケートを行った。学生時代以降、ほとんどの作業員は体力測定を経験していない。現在の自分の体力を知り、数値で自分の衰えを自覚することは、安全意識の改革に繋がる。

##### ③ウェアラブルセンサーを使った作業負荷計測

作業負荷データの収集と手先荷重の有無を判別するため、各作業員の作業現場に立会い、ウェアラブルカメラを用いた動画撮影を行い、作業状況を記録した。



図-4 作業所での勉強会/試着会

#### 5. データ分析の根拠

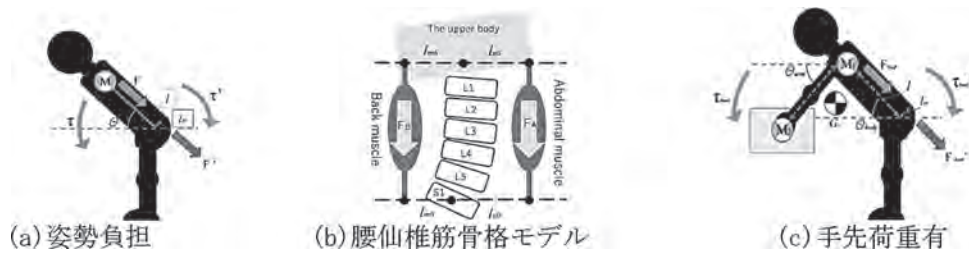
図-5(a)に示すように腰部負担  $F_l$  は、上体の重さによる圧迫力  $F$  と腰椎を支える筋肉による圧迫力  $F'$  の2つの圧迫力の合力である。

$$F_l = F + F' \tag{1}$$

まず、上体の重さによる圧迫力  $F$  を計算する。圧迫力  $F$  は式(1)で示される。

$$F = Mg \sin \theta \tag{2}$$





図一5 腰部負担モデル

次に腰椎を支える筋肉による圧迫力  $F$  を計算する。  
 上体の重心距離  $l$  は式 (3) より求められる。

$$l = h \cdot D \tag{3}$$

$h$  は身長,  $D$  は上体重心位置推定係数である。上体重量により発生するトルク  $\tau$  を求める。

$$\tau = Mg \cos \theta \cdot l \tag{4}$$

胸椎を支える筋肉トルク  $\tau'$  を式 (5) に示す。

$$\tau' = F' \cdot l_m \tag{5}$$

トルク  $\tau'$  と  $\tau$  はつり合いが成り立つため、腰椎を支える筋肉による圧迫力  $F'$  は以下の式となる。

$$\tau = \tau' \tag{6}$$

$$F' = \frac{\tau}{l_m} \tag{7}$$

腰椎を支える筋肉は背筋と腹筋の2つに分けられる。上体、腰仙椎、背筋と腹筋から構成される2次元筋骨格力学モデルを図一5 (b) に示す。背筋および腹筋による圧迫力を  $F_B, F_A$  とすると、次の3式の力とモーメントのつり合いが成り立つ。

$$F_B \times l_{m6} + F_A \times l_{n6} + Mg \times l = \tau \tag{8}$$

$$F_B \times l_{m0} + F_A \times l_{n0} = 0 \tag{9}$$

$$F_B + F_A + Mg = F' \tag{10}$$

図一5 (c) に示すような手先荷重を考慮した腰部負担を考える。腰部負担の計算には作業姿勢を撮影した動画を元に手先荷重を推定し、腰部負担を計算する。なお、腕の角度は実験的に腕長さ  $l_{arm}$  上体に対して水平から  $-45$  度として計算を行う。上体重心  $M_1$  と手先荷重の重心  $M_2$  の合成重心  $G_c$  における鉛直方向の重心位置  $G_{cx}$  と垂直方向の重心位置  $G_{cy}$  および重心距離  $l_{Gc}$  について考える。

$$G_{cx} = \frac{M_{1x}M_1 + M_{2x}M_2}{M_1 + M_2} \quad G_{cy} = \frac{M_{1y}M_1 + M_{2y}M_2}{M_1 + M_2} \tag{11}$$

$$l_{Gc} = \sqrt{G_{cx}^2 + G_{cy}^2} - l \tag{12}$$

$M_{1x}$  と  $M_{2x}$  は鉛直方向の重心位置,  $M_{1y}$  と  $M_{2y}$  は垂直方向の重心位置である。合成重量  $M_{Gc}$  は式 (13) として表すことができる。これを用いて再度式 (8, 9, 10) を行うことで手先荷重を考慮した腰部負担値を計算する。

$$M_{Gc} = M_2 \left( \frac{l_{Gc}}{l} \right) + M_1 \tag{13}$$

## 6. 建設作業員へのアンケートと体力測定

全国10作業所で実施した建設作業員向けのアンケートでは、身長、体重、年齢、身体的性別、業種、職務期間、1週間の作業時間、主な作業姿勢（直立・下向き・しゃがみ込み・座り）、取扱う最大重量、現在腰痛か、腰痛歴、直近6ヶ月間の腰痛頻度、1週間にどの程度運動するか、運動時間等、個人情報収集した。10段階評価で、現在の腰の痛み、直近6ヶ月間の最もひどい腰の痛み、直近6ヶ月間の平均的な腰の痛み、現在の疲労度、現在の体力の調査を行った。

アンケート合理化を目的に専用Webアプリ(図一6)も開発し、データ集約と分析に活用した。体力測定は、2ステップ、座位ステップング、ファンクショナルリーチ、閉眼片足立ち、握力、足の握力、プランクの7種目(図一7)を実施した。



図一6 アンケートと体力測定専用アプリ



図一7 作業所で実施した7種の体力測定種目

アンケートと体力測定の結果から得た身体特徴量と計測で得た腰部負担の関係性を解明する。加齢に伴う腰痛リスク増加を考慮しつつ、作業員の腰痛リスクを事前に判断し、注意喚起することを目的として、体力テストの7項目に年齢を加えた8項目から身体能力の評価式(式14)を考えた。

実験的に各項目の満点(表-1)が200点となる係数を設定し身体能力評価指標を構築した。

表-1 体力測定項目における満点

座位ステップ [回]	ファンクショナル リーチ[cm]	手足の握力 [kg]	2ステップ値
50	60	100	2
閉眼片足立ち[s]	プランク[s]	年齢[才]	
180	120	20	

$$\hat{E} = \frac{1}{10} \left\{ \left( \text{座位ステップ} \times \frac{200}{50} \right) + \left( \text{ファンクショナルリーチ} \times \frac{200}{60} \right) + \left( \text{握力} \times \frac{200}{100} \right) \times 4 \text{種} + \left( 2 \text{ステップ} \times \frac{200}{2} \right) + \left( \text{閉眼片足立ち} \times \frac{200}{180} \right) + \left( \text{プランク} \times \frac{200}{120} \right) + \left( \text{年齢} \times \frac{200}{20} \right) \right\} \quad (14)$$

### 7. 体力測定結果の分析

被験者として、型枠大工の23歳の男性、身長162cm、体重55.2kgでのデータを図-8に示す。姿勢変化による腰部負担と比較すると、手先荷重による腰部負担は10.7%増加を確認した。

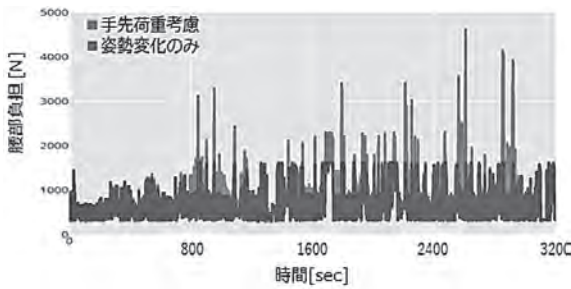


図-8 作業中の腰部負担値

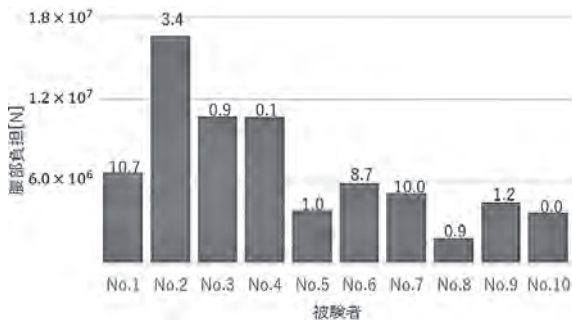


図-9 手先荷重を考慮した腰部負担値

撮影動画をもとに被験者10名の手先荷重を図-9で推定した。平均3.7%の増加となっていた。最も増加量が多かったのは、型枠大工であった。最も増加しなかったのは養生工であった。これは、養生工の計測時においては管理者であったためである。このようなデータを数多く収集することによって、より精度の高い作業負荷を評価することができる。

続いて、加齢における身体能力との関係性について解析をする。被験者は建築作業員320名で身長、体重、性別のばらつきを図-10に示す。

320名のアンケートで取得した腰痛有無と身体能力評価 $\hat{E}$ の関係性について論じる。腰痛のある被験者が111名おり、腰痛有無で群を分け、年齢 $y$ と身体能力評価 $\hat{E}$ を図-11, 12に示す。それぞれに対して、一次近似式を構築した。

$$\hat{E} = \alpha y + \beta \quad (15)$$

腰痛有では $\alpha = -0.504$ ,  $\beta = 110.11$ となり、腰痛無では $\alpha = -0.513$ ,  $\beta = 108.32$ となった。それぞれ

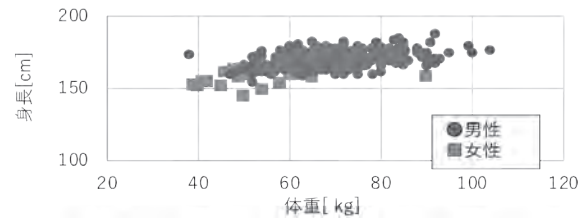


図-10 被験者の身体情報

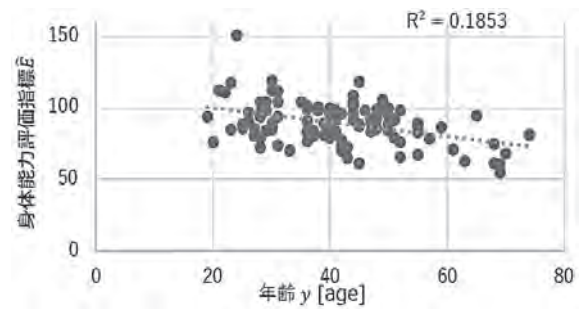


図-11 【腰痛有】年齢と身体能力評価の関係

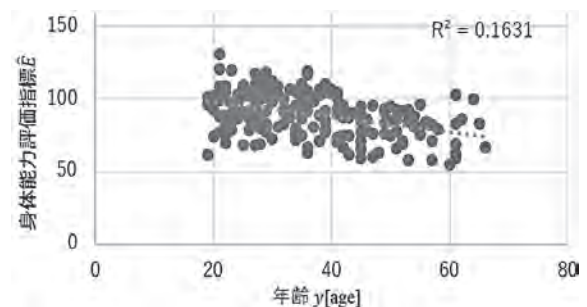


図-12 【腰痛無】年齢と身体能力評価の関係

の群の相関は腰痛有  $R = -0.430$ 、腰痛無  $R = -0.404$  であり、標準偏差は腰痛有 12.97、腰痛無 13.62 であった。また、片側 T 検定の結果、 $p = 0.158$  であり、身体能力評価に腰痛有無による有意差は確認できなかった。今後は、腰痛有無だけでなく、実際の作業負担や経験年数等の影響について解析を進める。

### 8. ウェアラブルセンサーを使った現地での負荷計測

研究グループは、作業負荷計測に IMU センサーを複数個利用した腰部負担計測装置を用いた。作業負荷データの収集と手先荷重有無の判別を行うため、作業員 64 名の作業現場に立会い、実作業空間における腰部負担計測 (30 分～60 分) を行った (図-13)。

腰部負担の計算には、腰部負担推定方法 (2) を用いた。身長と体重を考慮した作業時間 1 時間当たりの姿勢変化による負担  $\hat{W}_{hour}$  を下記式より求めた。

$$\hat{W}_{hour} = \frac{\text{1時間の作業当たりの腰部負担 } F_{hour} [N]}{\text{身長 } h [\text{cm}] \times \text{体重 } w [\text{kg}]} \quad (16)$$

作業負荷を按分した 1 時間当たりの腰部負担から身長と体重を除いた値の比較を図-14 に示す。

作業員 64 名のうち腰痛歴がある作業員 19 名の平均は 9587.4  $[N/(cm \times kg)]$  であり、腰痛歴がない 45 名の平均腰部負担 8971.8  $[N/(cm \times kg)]$  に比べ大きくなったことから、腰痛歴がある被験者グループが大きくなる傾向がある。しかし、片側 T 検定の結果、P 値は 0.167 であり群としての有意差は確認出来なかった。図-15 に 1 時間当たりの推定負担  $\hat{W}_{hour}$  と年齢の関係を示す。年齢による腰部負担の低傾向はみられないため、年齢によって作業を制限する必要は少ないと判断できる。

### 9. 身体能力評価指標と腰部負担による腰痛リスク推定

作業員 64 名の身体能力評価指標  $\hat{E}$  と身長と体重を考慮した 1 時間当たりの推定負担  $\hat{W}_{hour}$  の関係を図-16 に示す。腰部負担  $\hat{F}$  平均は 9154.6  $[N/(cm \times kg)]$  である。上位 20% の腰部負担  $\hat{F}$  最低値は 11769.6  $[N/(cm \times kg)]$  であり、10,000  $[N/(cm \times kg)]$  が作業に対する推定負担  $\hat{W}_{hour}$  の閾値と判断することが出来る。

体力測定結果と 1 時間当たりの腰部負担  $\hat{W}_{hour}$  の相関では、握力 (右) は弱い正の相関が見られ、ファンクショナルリーチには弱い負の相関が見られた。一般的に握力は全身の筋肉のパロメータと呼ばれており、

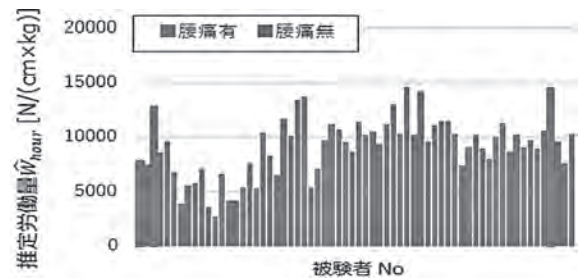


図-14 身長と体重を考慮した 1 時間当たりの推定負担  $\hat{W}_{hour}$

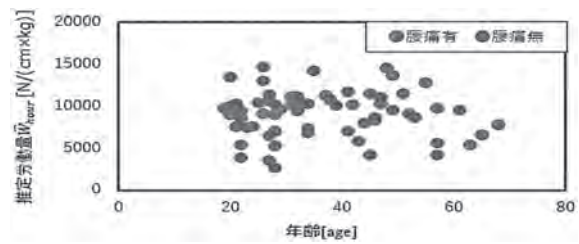


図-15 年齢と推定負担の関係

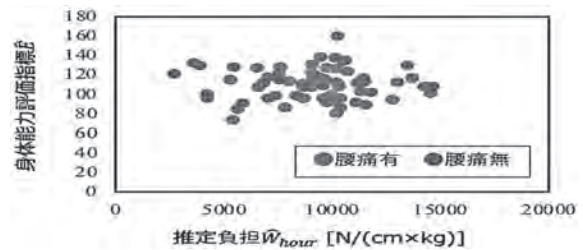
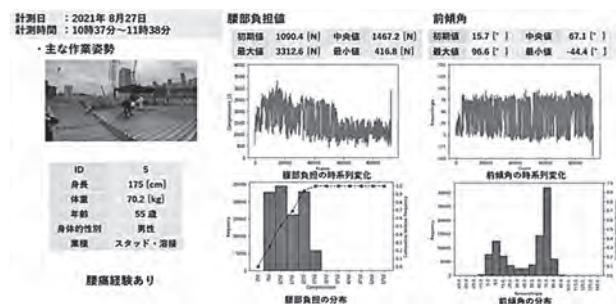


図-16 評価指標と 1 時間当たりの推定負担



図-13 腰部負担計測と作業負荷データ





握力が高いほど腰部負担の高い作業に耐えられることが考えられる。同様に、体力測定結果と腰痛有無の相関では、ファンクショナルリーチと閉眼片足立ちにおいて、弱い負の相関がみられた。ファンクショナルリーチは大腿二頭筋付近の柔軟性が高いと記録が高くなり、この部位の柔軟性が低下すると腰痛になりやすいといわれている。加齢による平衡感覚の低下により、異なる作業姿勢で作業を続けることで腰痛を引き起こす可能性が考えられる。

腰痛歴の有無に着目すると、腰痛歴のある作業員は腰痛歴のない作業員に比べ、身体能力評価指標  $\hat{E}$  が低い傾向が見られた。腰痛歴のある作業員の身体的能力が作業に必要な能力よりも不足しているか、肉体的疲労の蓄積によって本来よりも身体能力が低下していると判断できる。この結果から、腰部負担値は年齢に関係なく、腰痛の有無によって測定結果に影響を及ぼすことが確認された。

### 10. スマートスーツ導入の効果

スマートスーツを導入した場合の腰部負担  $\hat{F}_a$  を提示する。スマートスーツは中腰姿勢時の腰部負担を25%軽減するため、直立状態を基準として腰を90°に曲げた際に姿勢変化による腰部負担  $F_l$  を25%軽減すると考え、下記式のように定義する。

$$\hat{F}_a = (1 - 0.159\theta)F_l \tag{17}$$

よって、 $F_l$  から  $\hat{F}_a$  引いた分がスマートスーツの効果結果になる。

図-8に示したNo.1の型枠大工(23歳の男性、身長162cm、体重55.2kg)に対し、スマートスーツを着装させた場合の導入効果を図-17に示す。

スマートスーツを着装することで6.4%の腰部負担を軽減する見込みが見られる。この他、図-9に示した溶接工、鉄筋工、内装、研工など10名における

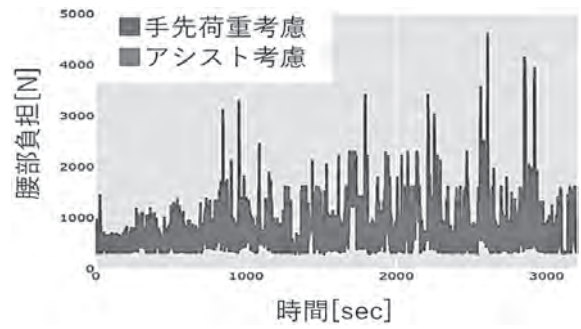


図-17 スマートスーツの評価

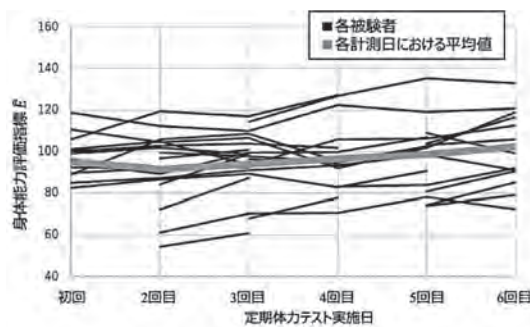
平均軽減率は8.56%であり、作業中における腰部負担を1割程度軽減する見込みがある。また、スマートスーツを着た場合の  $\hat{W}_{hour}$  と  $\hat{E}$  の関係性を見ると、相関値  $R = -0.551$  であった、このため、手先荷重まで考慮した場合は、作業負担が多い作業員が疲労により身体能力評価値が低下する傾向が見られた。

### 11. 体力測定の継続による効果とその意義

本研究に賛同し、体力測定を月例イベントとして開催し、測定結果をランキング形式で公開、優秀成績者への表彰を行った作業所において、作業員個人の明らかな体力向上が認められた(図-18)。

体力測定結果の自己評価や他者との競争によるモチベーション向上の事例として重要である。労働条件の厳しい作業員にとって健康や体力の維持は自らの「土台」である。継続的な運動による健康や体力の維持が、怪我や腰痛リスクの低減につながるという意識が広まることは意義がある。

例えば、健康診断と共に体力測定を年に1回義務化することができれば、図-19に示すような「作業に必要な体力」を年代や職種ごとに集計できる。結果として、労災リスクが「見える化」され、年齢による一義的な適正配置ではなく、個人の体力による正しい適正配置に繋がるはずだ(図-20)。

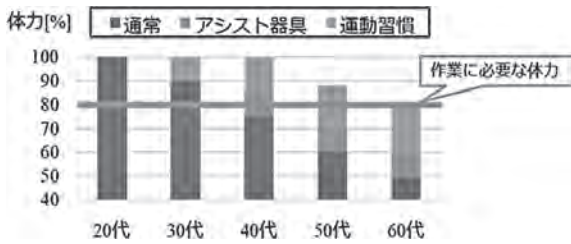


(a) 身体能力評価指数の推移

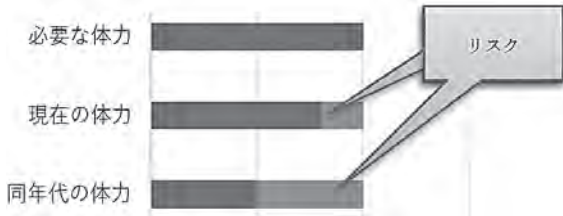


(b) とある 評価指標の移行例

図-18 測定イベントと個人の体力向上



図一十九 年代ごとの作業に必要な体力



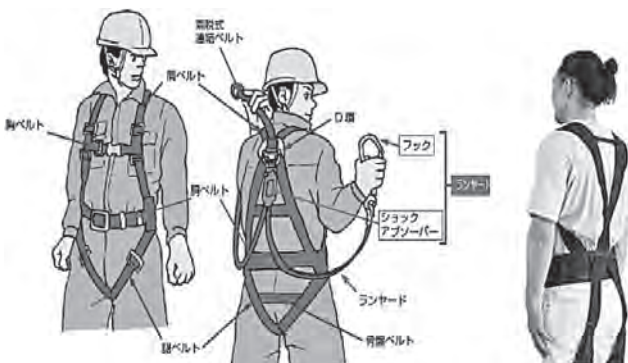
図一二十 体力の偏差値と労災リスク

自分の体力を定期的に計測し、加齢による身体能力の衰えを自覚し、自分の身体能力を相対的かつ客観的に評価することは、建設業の安全意識そのものを改革し、災害リスクの低減、ひいては「労働の持続可能性」の向上につながるだろう。

## 12. 建設業特化型スーツの開発に向けて

労働安全衛生法改正により、2019年2月1日から墜落制止用器具（安全帯）の規格が変更となり、2022年1月以降、建設業では高さ5m以上で作業する場合、フルハーネス安全帯を着用する必要がある。図一21に示すようにスマートスーツはベルトの形状や着装位置がフルハーネス型安全帯の構造とよく似ているため、試着した多くの作業員からフルハーネス型安全帯との一体化に対する要望が数多く寄せられた。

スマートスーツの機能を備えたフルハーネス型安全帯があれば、継続的なトレーニングと腰痛予防に繋がり、自然と作業員を「軽労化」へ導くことができる。



図一二十一 フルハーネスとスマートスーツの相似  
厚生労働省及びスマートサポート社 HP より

今後、研究グループは作業員の体力測定と作業負荷計測を継続し、数多くのデータを収集・分析しつつ、フルハーネス型安全帯製造メーカーとの共同開発により、「軽労化」の概念を具現化した建設業特化型スーツの開発を進めていく予定である。

## 13. おわりに

本研究は、作業員の身体能力評価と労災リスク調査という建設業界初の試みであり、実証の中で建設作業員の作業負荷を計測する手法を確立した。その結果、手先荷重による腰部負担増加が大きいと腰痛リスクが大きくなることを客観的に証明することができ、建設作業員に対して継続的な運動による体力維持の重要性を啓蒙するヒントをつかむことができた。

昨今の少子高齢化に伴い、建設業を含む全産業において就業者の高齢化と入職者の減少が顕著となっている。労働力確保や「軽労化」概念の啓蒙と若年者への技術伝承を推進するため、厚生労働省や国土交通省が推進するプロジェクトと連携を図って本研究を継続し、「労働の持続可能性」の向上に寄与したい。昨今では人生100年と言われる時代を迎え、長い人生を人がどう生きていくべきかが問われるようになった。人生の目的である「幸せや達成感」は、経験・知識・技能、そして判断力によって生み出される。これらは、歳を重ねることで「学ぶ」ことができるが、その土台となる「健康と体力」は更に重要度を増す（図一22）。



図一二十二 労働のピラミッド

建設業のロボット化が強く求められる中ではあるが、「人に寄り添い、人を大切にする」技術も大きなテーマの一つであるべきだ。我々が進める地道なデータ収集と学術的な裏付け、そして「軽労化」の深耕は、建設業の更なる成長と進化に寄与すると考える。

## 《参考文献》

- 1) 田中孝之：“軽労化：アシストとトレーニングの両立による長期的な身体機能拡張（＜特集＞人間を拡張する機械）”，日本機械学会誌，Vol.123（1219），p.14-17，2020.
- 2) Y. Tsuchiya, et al.：“Estimating Lumbar Load During Motion with an Unknown External Load Based on Back Muscle Activity Measured with a Muscle Stiffness Sensor”，Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.30（5），p.696-705, 2018.

## 【筆者紹介】

田中 吉史（たなか よしふみ）  
大成建設㈱  
建築本部



土谷 圭央（つちや よしお）  
苫小牧工業高専  
創造工学科機械系







# 建設現場のヒューマンエラーへの対策

中 田 亨

事故にはヒューマンエラーがつきものである。ミスをとどのように減らすかという論点はしばしば取り上げられるものの、人間が間違えることはゼロにはできないという一面がある。ミスをしやすい初心者が事故にあいやすいとも限らない。恐怖体験を与えて慎重にさせることが対策のポイントとなる。また、建設現場は環境の変化が激しく、個別的なエラー対策を積み重ねるだけでは手が回らない。作業の在り方自体を統制するという発想が必要となる。第三の要点として、リスク情報を収集し活用するマネジメントも求められる。本稿では、建設現場での現状を分析しつつ、エラー対策の技法を紹介する。

キーワード：安全工学，人的要因，ヒューマンエラー，リスク管理，認知科学

## 1. ミスをしやすい人の像

### (1) 危ないと思われていることと、本当に危ないことの差

「ミスをしやすい人とは、どんなタイプですか？」という質問をしばしば受ける。この質問は一筋縄ではいかない。

筆者は、建設現場で働く作業員を対象に聞き取り調査を実施した。実際に事故を多く発生させている危険要因を、働いている人々は正しく認識しているかを確かめるためである。「危ないと思われていること」の調査結果は次の通りだが、「実際に危ないこと」とが大きくずれていることが分かった。

- 「夕方の終業時刻間際は事故が起こりやすい。」(実際は朝の始業時が多かった。)
- 「気候の厳しい、夏と冬に事故が多い。」(実際は季節差はほぼ無かった。)
- 「慌てる人は被災しやすい。」(実際は、冷静タイプだと見なされている人も被災していた。)

- 「安全带などの保護具はちゃんと使っている人も被災する。」(実際は、保護具を使用していれば事故は起こらなかった。)

危ないと思われていることに対しては警戒して慎重に仕事をするので、結果的に事故が起こりにくくなるという「リスクの恒常性」(リスクホメオスタシー)が生じていると言える。

これは、徒然草の『高名の木登り』の段にて指摘されていることでもある。作業員は高所にいる時は怖がるのでかえって安全だが、低い所に降りてきた時に油断して怪我をするものだという話である。

### (2) 恐怖体験と安全行動の素質

調査を進め「事故にあいやすい人のタイプ」を分析してみたが、単純ではないことが分かった。作業員は、表1のように4種類に分類できる。初心者は、目の付け所が悪く、小さなミスをして、かすり傷を多く作るものの、仕事場にある高低差や重機、火花などの危険な物事(危険源)を怖がっているので大胆なこと

表-1 作業員とリスク意識

タイプ	特徴	作業への恐怖心	目の付け所	被災リスク
初心者	職務経験が半年未満	怖がる	発散	小さな怪我やミスが多い
中堅	職務経験半年以上。後輩の指導は未経験	怖くなくなる	リスクのある個所	大きな事故にあうリスクがある
ベテラン	職務経験3年以上。後輩の指導を経験	怖がる	リスクのある個所	事故にあいにくい
負傷経験者	怪我の経験あり	怖がる	リスクのある個所	事故にあいにくい

をしない。周囲の先輩も初心者を見守って注意を与える。よって、重傷を受ける事故にはあいにくい。

ハイリスクなのは、経験を半年以上積んだ中堅作業者である。仕事に慣れてきて、恐怖心が薄れている。周囲からも一人前と認められているため、その行動が間違っているにもかかわらず、同僚は間違いだとは疑わず、注意を与えないことが多い。よって、危険源に不用意に近づき、重傷を負う。

さらに長い経験を積んだ人は、初心に帰って危険源を怖がるようになり、安全第一で行動するから、最も事故にあいにくい。重大な事故に自分があったり、他人が怪我をする場面に居合わせてぞっとするという恐怖を一度体験すると、慎重になる。

恐怖体験は、このように安全意識を高める有益なものであるが、本当に事故に遭遇しては身が持たない。訓練で疑似的に墜落を体験するといった活動がある。疑似ならば怪我をせずに恐怖を味合わせることで、効果的である。

また、後輩を指導する経験も、恐怖体験を与えることができる。初心者である後輩は危ない行動を連発する。それを注意していく過程で、恐怖心がリフレッシュされる。「人の振り見て我が振り直せ」の心境である。仕事開始から半年以上過ぎて、気が緩んできたら、後輩の教育係を任せるとよい。

## 2. 仕事の流儀でエラーを防ぐ

### (1) 場所の型で作業を統制する

アメリカ建国の父の一人、ベンジャミン・フランクリンは「すべての物について置き場所を決める。すべての仕事について時刻を決める。」というモットーを持っていた。これはヒューマンエラー対策には非常に効果がある。

物の置き場所が決まっていなくて、作業効率が落ちるだけでなく、つまずき、倒れ、紛失、取り違い、破損といった災難を招き寄せる。何を、どこに、どう置くかを決めておくことは、ミス対策の基本であり、効果的な安全対策である。

作業で用いる道具と材料を、いつもと同じ決まった配置パターン（型）の通りに、美しく整列させるべきである。

作業手順は、型から型への遷移として規定する。弓道では「弓道八節」という8段階のポーズを順々に作らせることで、全体の手順を規定している。稽古では、ややもすると動作に注目して「まず手を挙げて、次に下げて」と長々と説明したくなるが、8つのポーズだ

けを指定する方が簡単であるし、動作も覚えやすいのである。

このテクニックは茶道でも発達している。茶道では、茶を立てる手順を管理するために、置き場所の型を使う。各手順では、何をどこに置くかという型が指定されている。

型を作って、作業に間違いがないかを点検することは、最良の方法である。作業途中で何かを紛失した場合、稽古で覚えた型から何かが欠けるから気が付きやすい。一旦手を止めて、全部が整列して動かない型を見て、照合するのだから最も簡単である。逆に、動いているものや、一部が隠れているものの員数確認は非常に難しい。

作業能率の面からも、型は作業に一番都合良くなる配置として洗練されてきたものであるから、おそらく最良の解となっており、これを守ることが望ましい。

### (2) 忘れミスは伝染する

仕事の時刻を決めることは、やり忘れミスへの決定的な対策となる。何時に何をするという予定を守っていれば、当然、やり忘れはなくなる。

実際の現場では、「作業Aが済んだら作業Bをすること」と、前後関係だけで指示することが多いが、これはAを忘れた場合に、Bも一緒に消滅するので危険である。もっと危険なのは「作業Aが済んだら、その完了検査をすること」というものである。Aを忘れた場合、忘れミスをとがめる役割の検査も消えるので、無防備になってしまう。忘れミスは伝染するのである。

よって、「9時に作業Aを開始。10時に点検実施。11時に作業Bを開始」と、それぞれの作業開始条件を独立させて、忘れミスの伝染を断つ。

作業の所要時間が状況によって伸び縮みするため、あらかじめ開始スケジュールが決められないという場合は、型の出番となる。例えば、大人数の集団でピクニック登山する時には「各自ばらばらに上って、ゴールの山頂で会おう」とは指示しないものである。これでは迷子が出てしまう。「中腹のA展望台で途中集合をかける。ここに着いたら全員がそろるまで待つように。ここで集合写真を撮ろう」と指示するものである。こうすれば、もし迷子が発生していても、ここで早期発見できる。集合写真撮影での整列という型を作ることが功を奏している。

この技法は、登山に限らず、仕事でも同じく重要である。作業の手順ばかりを漫然と並べて指示するということは、仕事の現場では珍しくない。だが、それで

はまるで「山頂で会おう。途中は各自ばらばらで進め」と言っているようなものである。

作業途中で「中締め」を入れるとよい。作業の切りのいいところを見つけ、作業対象物や道具、材料を整列させて、迷子や欠け、失敗が出ていないかを点検するのである。

### 3. リスクに目を光らせる

#### (1) 事故には3Hがつきもの

安全の責任者は、毎朝始業前に、「今日もいつもと同じで事故はおそらく起こらないだろうが、もし起こるとしたら、どこで起こるだろうか?」と考えるべきである。安全だと自信を持ちすぎると、リスクを感じにくい。一旦、事故は起こるという仮定を念頭に置いて考えるのがコツである。

職場の4Mに3Hのどれかが付いていないか調べるとよい。

職場は、広く複雑であるから、どこから目を付ければよいか分からないものだ。しかし、「この世はたった4つの要素(4M)から成り立っている」と割り切り、その枠組みを通して職場の状況を把握すると、シンプルに考えることができる。4Mとは、下記の4要素である。

- Man：作業者はどんな人か？
- Machine：どんな道具を使うか？
- Material：原材料は何か？どんな仕事内容か？
- Management：管理体制はどうなっているか？上司は誰か？マニュアルや訓練教育はどうなっているか？

一方、3Hは

- 「はじめて」
- 「久しぶり」
- 「変更した」

という修飾語である。事故が起こる時は、この3Hのいずれかが付いているものだという経験則が確固としてある。

安全責任者は、表一2のような枠組みを考えて、

4Mのどれかに3Hのいずれかが付いていないかを観察する。仮に今日事故が起こるとしたら、Hが付いたMにて起こると推測できる。

例えば、今日から働き始めた人がいるのなら、Manに「はじめて」が付いている。普段使っていない機械を使うならMachineに「久しぶり」、班長が変わったのならManagementに「変更した」が付く。このような際は、始業時に安全責任者がその現場に出向き立ち会って、問題なく仕事が進むか確認する。

#### (2) セーフティー・ミニッツ活動

ヒューマンエラーは実にちょっとしたことで誘発される。「冷水管に赤ラベル、熱水管に青ラベルを貼る」といった不親切な要素で人間はたやすく間違える。一つ一つの要素は単純であり改善法もすぐ分かるが、職場にはこの種の要素が次々と湧き出してくる。対応しようにも、もぐらたたきのようになり、安全責任者の手が回らない。

ここで、セーフティー・ミニッツという安全向上のための活動の出番となる。これは、職場で同僚同士が顔を合わせるちょっとした機会を使って、職場の問題点を聞くという習慣的活動である。朝礼や定例会議など、様々な会議の冒頭で、誰か1名を指名し、「職場の不便な点や危ない点、気になることを何か1つ挙げて、1分間で話してください」と指示する。新規の話題がなかるうが、マンネリだろうが、毎回必ずやる。

この方式は「1個・1分間・1人だけ」と手軽であり、毎日繰り返しても苦にならないし、会議の邪魔にもならない。

この活動を続けていくと、人々は「次のミーティングでは自分が当てられるかもしれない。何か話の種を探さなくては」と考えるようになる。そして職場をよく観察して、事故やミスを生じさせる原因となっていることを探そうとする。問題を探そうという意思をもって現場を見てこそ、真の問題点を掘り出せる。こうして職員全員が自分の職場を探偵の目で観察する習慣がつく。たった1分間の話し合いだが、意識改革への効果が大きい。

表一2 3Hと4M

		4M			
		Man 作業員	Machine 機械、道具	Material 材料、作業対象	Management 上司、規則
3H	はじめて				
	久しぶり				
	変更した				



この制度がないと、人々はリスクを見つける動機を持ちにくい。普通の職場は、事故が起こるまでは無事故であり、目くじらを立てるほどの問題はないと見えるものである。誰も、事故予防のための工夫を自主的にはしないし、改善のアイデアも思い浮かばない。

安全活動に消極的な人や、引っ込み思案の人に、安全の当事者意識を持たせることは難しい。安全の事項は担当者が面倒を見るものであって、自分は関係ないし、自分からしゃしゃり出るには及ばないと思ってしまうがちである。セーフティー・ミニッツ活動が持つ、ランダムに指名して何か言わせるという、一種の「無茶振り」という仕掛けによってはじめて、全員を安全活動に参加させることができる。

#### 4. おわりに

本稿では、建設業でのヒューマンエラー問題について、まずは職場全体を改善する手がかりを見つけることを考え、働く人の意識の問題に重心をおいて解説し

た。これはヒューマンエラー問題の一側面を述べたにすぎない。ミスを防ぐ道具上の工夫（ポカヨケ）や、マニュアルなどの安全関係文書のあり方も、重要な問題である。これらについての論考は参考文献に挙げた拙著に譲る。

JCM A

#### 《参考文献》

- 1) 中島正人, 金澤博幸, 土橋稔美, 中田亨, 松井俊浩, 「労働災害要因としての認知的乖離-「危ないこと」と「危ないと思われていること」-」, 日本人間工学会誌 第45巻特別号 (日本人間工学会第50回記念大会講演集), pp.350-351, 2009年。
- 2) 中田亨, 「マニュアルをナメるな!」, 光文社, 2019年。
- 3) 中田亨, 「ヒューマンエラーを防ぐ知恵 ミスはなくなるか」, 化学同人, 2007年。

#### 【筆者紹介】

中田 亨 (なかた とおる)  
 国立研究開発法人 産業技術総合研究所  
 人工知能研究センター  
 副連携研究室長





# 建設業における 2024 年問題

## 健康経営と長時間労働削減をどのように捉えるか

浜田 紗織

建設業における労働時間の上限設定が、2024年へと迫っている。長時間労働が恒常化するがゆえに難題である一方で、担い手不足の中、健康経営の側面で積極的に手を打つこともできるのではないか。2024年問題を考えるにあたっての切り口を紹介したい。

キーワード：労働基準法、2024年問題、長時間労働、人口ボーナス期、人口オーナス期、睡眠、勤務間インターバル、医師の働き方改革、新しい資本主義実行計画

### 1. はじめに

OECD加盟諸国の労働生産性における日本の順位は、2020年時点で28位である。先進7か国中では最下位であり、このデータは1970年までさかのぼっても一度も最下位から浮上したことはない(図-1)。

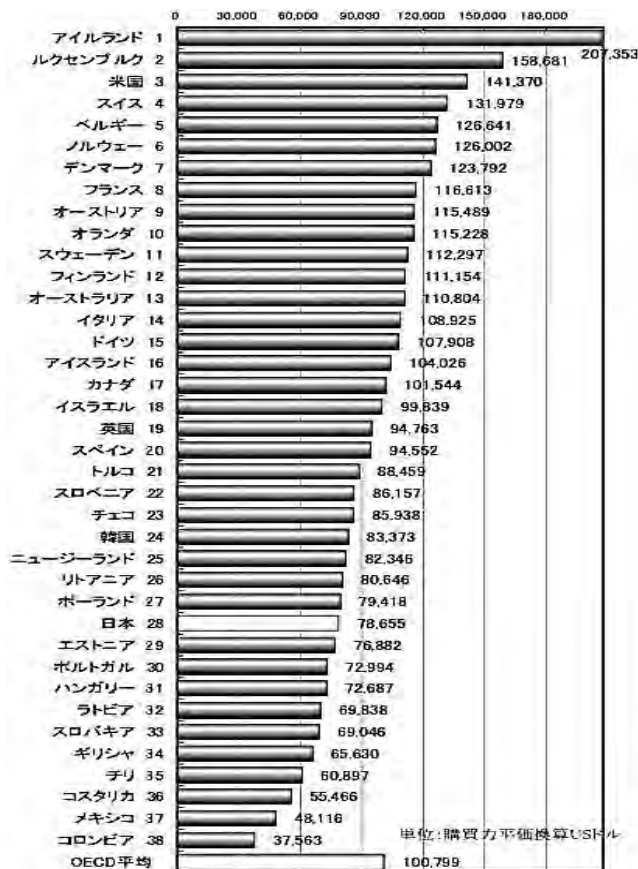


図-1 OECD加盟諸国の労働生産性(2020年)

長時間労働により国連から勧告を受けたこともある日本において、70年振りといわれた労働基準法の大きな改正が行われた。「働き方改革を推進するための関係法律の整備に関する法律」(平成30年7月6日公布)によって、「労働時間等の設定の改善に関する特別措置法」が改正されたことにより、労働時間の上限が初めて法律として設定された、働き方の節目だ。それ以前には「適用除外」の業界とされていた建設業においても、2024年まで5年の猶予を持ちながらも一般則を適用することとされた。

本稿では、健康経営の側面からも注目される2024年問題について取り扱う。

### 2. 建設業が適用対象となった背景と、2024年問題のポイント

働き方改革関連法検討当時、政府は実態を踏まえて対応の在り方を検討する必要があると捉えており、引き続き建設業を適用除外とするなどの苦渋の決着もあるかと思われていた。ところが、運輸・建設の業界団体から「是非、適用対象に」との強い要望が上がってきたと聞く。既に労働人口の減少により従来通りの働き方が立ち行かなくなっていることに加えて、適用除外すなわち労働時間に上限がないという現状は業界へのマイナスイメージに繋がる。業界全体がブラックと見られてしまうことで、若手社員が入ってこず、中堅の定着も難しく、ますます労働力が減り、負のスパイラルに陥ることへの危機感であった。事実、建設業では就労者の3割以上が55歳を超えており、転換

を求められている。

2024年問題を避けるよりもむしろ積極的に自らの業界を上限規制下に置き、それでも勝ち続けられるビジネスモデルに転換するべく業界として対応を検討すべきと判断したのだ。そうした議論を経て、5年後の施行に向け、自動車の運転業務については荷主を含めた関係者で構成する協議会で労働時間の短縮策を検討すること、建設業は発注者の理解と協力も得ながら労働時間の段階的な短縮に向けた取組を行うこと、と長時間労働を是正するための環境整備を強力に推進することが、働き方改革実行計画に記載される運びとなった。長時間労働が恒常化している中で、働き方改革にチャレンジすることとなったのである。

ここで以下に、労働基準法改正が適用される際のポイントを解説する。

(1) 「法律」になり、罰則がついた

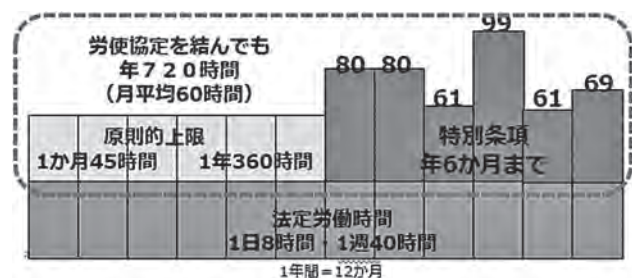
これまで厚生労働大臣による限度基準告知だったものが、法律に格上げされる。罰則による強制力があること、臨時的な特別の事情がある場合（いわゆる三六協定の特別条項）として労使が合意して決める時間外労働の上限が定められること（これまでは事実上上限がなかった）が大きな変更点となる。

(2) 上限は単月100時間、2～6か月平均でも80時間

特別条項における上限時間は、単月100時間、2～6か月平均でも80時間と定められた。時間外労働の限度の原則、月45時間かつ年360時間を上回る特例の適用は年6回を上限とされる。これまで労使協定を80時間や100時間で結んできた企業に対しても、その必要性や実態の時間などを聞いて、できる限り短くなるよう指導するという（図一2）。

(3) 勤務間インターバル制度の努力義務

「勤務間インターバル制度」とは、1日の勤務終了後、翌日の出社までの間に、一定時間以上の休息時間



図一2 上限時間適用のイメージ

(インターバル) を設けることで、働く人の生活時間や睡眠時間を確保するものである。

本制度は、すでにEUで導入されており、日本でも今回の改正により「勤務間インターバル制度」の導入が企業の努力義務となった。さらに、「過労死等の防止のための対策に関する大綱」の変更（平成30年7月24日閣議決定）により、2020年までに、勤務間インターバル制度を知らなかった企業割合を20%未満とすること及び2020年までに、勤務間インターバル制度を導入している企業割合を10%以上とすることの数値目標が定められるなど、国の重要政策として位置づけられている。

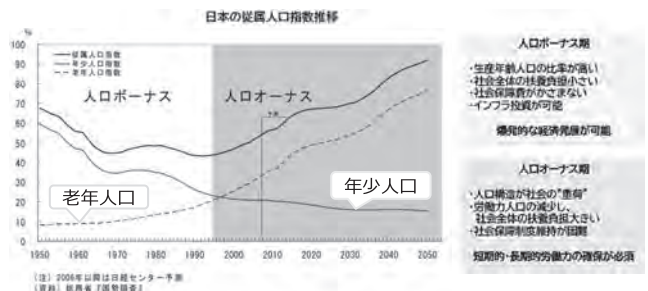
3. 長時間労働の削減は、利益を阻害するのか

法規制への対応を行うにあたり必ずと言ってよいほど上がるのが、長時間労働を削減すれば比例して利益が減るという議論である。各企業が生産性向上を目指しながら、日本のこれまでの生産性の変遷を見るに、確かに一筋縄ではいかないことがわかる。特に建設業では恒常的な長時間労働が行われてきたこと、労働集約型であることなどから、時間削減が難題として認識されている。

実はこれには人口構造が大きく関係している。ハーバード大学のデイビッド・ブルーム教授によると、どんな国の経済も人口構造により大きく2つの時期に分けることができると提唱している。人口ボーナス期と、人口オーナス期である。この概念は、高齢者指数と、若者指数を合計した従属人口指数を用いて説明されている（図一3）。

(1) 人口ボーナス期

人口ボーナス期は、まさに人口構造が経済にボーナスをもたらす時期である。労働人口が豊富で、社会保障の対象となる子供や高齢者が少ないことから、国全体として収入が多く支出が抑えられる時期である。それにより爆発的な経済成長を遂げることができるのが



図一3 日本の人口ボーナス期・オーナス期



特徴である。インフラ投資などが積極的に行われ、市場はモノが不足している。そのため産業の中心は重工業をはじめとする製造業であり、他社が持っているものと同じものをいち早く欲する市場である。さらに人件費はまだ安いので筋骨隆々の男性が一分一秒でも長く働き、女性は男性が最大限働けるよう家事労働を一手に引き受ける方が国として高効率である。日本では1990年代中頃までがこの時期であったと言われている。日本では専業主婦家庭の税制優遇措置や、転勤・出張・残業という優秀なふるいにより忠誠心の高い人ほど出世させるという仕組みを作り、まさにたくさんのボーナスを受け取ったと言われている。

## (2) 人口ボーナス期

一方人口ボーナス期は人口構造が経済に重荷となる時期である。人口ボーナス期で豊かになった分、子供の教育投資をするようになり、高学歴化が進んでいく。それに伴い晩婚化、晩産化が進み、子供をたくさん育てる多産な時代から、一人、二人にしっかりと教育投資するような時代になるため少子化が進んでいく。また人口ボーナス期に経済を支えてきた莫大な人口がシニアになり高齢者比率が増加し社会保障費が増加する。さらに市場は飽和状態で、早く安く大量に物を作るビジネスモデルから高い付加価値で勝っていくビジネスモデルへと変容していく。このころはいかに時間を短くして高い成果を出すかを意識した働き方にシフトチェンジする必要があるのである。

## (3) ゲームチェンジの必要性

日本が人口ボーナス期に突入り30年程度経つが、人口ボーナスに最適化された働き方ががむしゃらに働けばまた成功できるかもしれない、という意識がみられる。特に今の管理職層、経営者層は成功体験が強く、2024年問題をことさらに脅威に感じる背景がある。

では時代が変わったから日本経済は終わりかという一概にそう悲観的になる必要もない。時間当たり生産性を高める仕事の組み立て方を学べば、日本にもまだまだチャンスはあるのである。まずは経済のルールが変わってしまったことを受け止め、どのように戦略を変えていくかを考えていく段階に来ている。平均睡眠時間と国民一人当たりGDPに相関があるというデータもある(図-4)。



図-4 平均睡眠時間と国民一人当たりGDPが相関

## 4. 健康経営の側面からみる2024年問題

健康経営とは、従業員等の健康管理を経営的な視点で考え、戦略的に実践することを指す。日本再興戦略、未来投資戦略に位置づけられた「国民の健康寿命の延伸」に関する取り組みの一つで、従業員等への健康投資を行うことは、従業員の活力向上や生産性の向上等の組織の活性化をもたらす、結果的に業績向上や株価向上につながると期待されている。

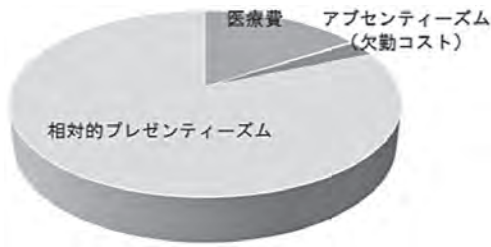
健康経営の側面からも2024年問題を捉える示唆があるので、紹介したい。

### (1) プレゼンティーズム

「アブセンティーズム」は、病気やケガで欠勤、または休職などで業務についていない、明らかに職場や会社に居ない状態をいう。一方で「プレゼンティーズム」は出勤していても心身の不調により十分なパフォーマンスが発揮できず、業務遂行能力や生産性が落ちてしまっている状態だ。これは、睡眠不足による脳疲労が引き起こすことが分かっている。

「プレゼンティーズム」に陥ると「思考力が低下する」「反応が鈍くなる」「注意力が散漫になる」「目がかすむ」「頭痛がする」「肩こりが起こる」などの症状がでる。夜勤を含む不規則な労働時間が仕事のミスや生産性の低下の間接的な原因になることは業界の方と話すとき感覚が多く得られる部分だ。

実は日本企業における健康関連総コスト調査で、アブセンティーズムが4.4%であることに対し、相対的プレゼンティーズムは、77.9%と圧倒的に割合が高



図一五 健康関連コストにおけるプレゼンティーズム割合

かった (図一五)。

プレゼンティーズムの要因としては、性別年齢や性格といった個人要因だけでなく、職場の風土や業務の代替者の有無といった職場要因がある。「その人に聞かないとわからない」という属人化した仕事や、PC作業が増えてお互いの仕事が見えづらくなっている場合、上司の知らないうちに長時間労働が発生し、睡眠不足を引き起こしているケースが多い。時代の変化に対応できないことで、プレゼンティーズムのリスクを増大させていくのだ。

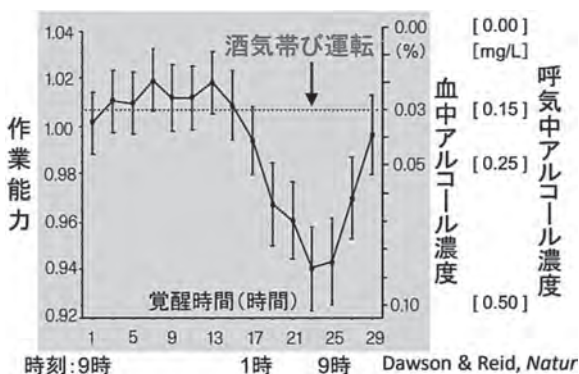
プレゼンティーズムを防ぐ働き方は、安全第一をうたう組織にとって必須であり、生産性を向上して長時間労働を削減したい2024年問題に向き合う際に欠かせないものとなる。

### (2) 睡眠に関する研究

日本人の睡眠は、6時間23分で、世界で最も短いと言われている。

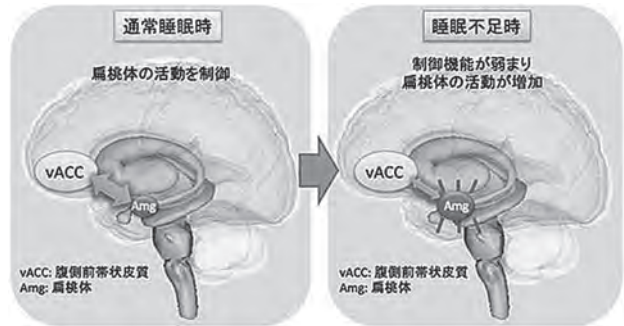
不眠による疲労と作業効率との関連性を調べた実験結果によると、不眠状態を維持した場合、真夜中から明け方にかけての時間帯には人間の作業能力が極端に落ちると明らかにされている。人間の脳が集中力を発揮できるのは朝目覚めてから13時間以内で、集中力の切れた脳は酒気帯びと同程度の集中力しか保てないという (図一六)。

生産性向上にはもっとも集中力の高い日中の時間帯の効果的な活用が必要であることがわかる。



図一六 集中力を担保できるのは13時間以内

また、睡眠により肉体疲労は眠りの前半/ストレスは後半に回復・解消することから、6時間以上の睡眠および心身の疲労の同日中の回復が大切であることが解明されている。さらに、睡眠不足による扁桃体(脳の怒りの発生源)が活性化すること、前頭前野(扁桃体の活動抑制機能を持つ)が機能低下することにより、パワハラ・セクハラ・不祥事等のモラル崩壊などの危険性が増すとされている (図一七)。



図一七 睡眠不足時のリスク

2024年に努力義務が課される勤務間インターバル制度は、一定の休息時間による十分な生活時間や睡眠時間の確保およびワーク・ライフバランスの実現が可能になるだけでなく、勤務時間中の集中力の維持や生産性の向上が期待できることが判明しているのだ。

## 5. 同じ2024年問題を抱える、医師の働き方

勤務医の健康の現状と支援のあり方に関するアンケート調査報告書(日本医師会勤務医の健康支援に関する検討委員会 H28年報告)によると、勤務医の就労環境は、他の医師に健康相談をする人が55%、自殺を毎週/毎日具体的に考えるという人が4%いるという過酷な状態である。

2024年4月から、いわゆる「医師の働き方改革」がスタートする。医師の働き方改革はいわゆる労働基準法の一般則の適用ではなく、医師の働き方改革と称して厚生労働省から発表されている。

まず、一般則として、医師の時間外労働の上限は、年間720時間、月100時間未満(休日労働含む)の月を年間6ヵ月までとする、と定められる。ただし、労働時間の実態にあわせて全医療機関・診療科をA、B、Cという3つの群に分け、上限設定を緩和する一方で、例えばA群は連続勤務時間制限28時間、勤務間インターバル9時間の確保・代償休息のセットが努力義務として、B・C群はこれらが義務化される。勤務間インターバルの義務化が行われているのがユニーク

な注目ポイントだ。

高齢化や高度医療が進む日本社会にあって、新型コロナウイルス感染症の対応も欠かせない今後、医療の現場はますます忙しくなると見込まれているが、この法規制を守りながら患者に適切な医療を提供し、医師・医療者の健康を守るというチャレンジが行われている。上限規制の考えと、勤務間インターバル規制の効果を相乗的に検討されている仕組みである。

## 6. おわりに

2024年問題に向き合うにあたり、長時間労働削減および休息に関する知見を紹介した。単なる法対応と捉えるのではなく、現在の社会環境にあわせた働き方休み方を戦略的に構築する機会としたい。折しも、2022年6月7日に閣議決定された新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画において、勤務間インターバル制度の普及を図り長時間労働の是正を図る旨、記載されている。日本全体が人への投資を通じた付加価値の向上へと転換しようとする中、建設業界での仕組みづくりに期待が集まっている。

J C M A

### 《参考文献》

- 1) 健康経営評価指標の策定・活用事業成果報告書, p.52 (2018)
- 2) 産業衛生学雑誌, Presenteeism の概念分析及び本邦における活用可能性 (2006)
- 3) 不眠による疲労と作業効率 Dawson D, Reid K. Fatigue, alcohol and performance impairment. Nature. 388 (17), 235, 1997 をもとに佐々木司  
[https://www.nurse.or.jp/nursing/shuroanzen/jikan/pdf/02\\_02\\_01.pdf](https://www.nurse.or.jp/nursing/shuroanzen/jikan/pdf/02_02_01.pdf)
- 4) Yoo S. S., et al: The human emotional brain without sleep - a prefrontal amygdala disconnect. Curr Biol. Vol.17, No.20, pp.R877-878, 2007 をもとに高橋正也 p.34.  
<https://www.iatss.or.jp/common/pdf/publication/iatss-review/36-2-04.pdf>
- 5) 【情報労連レポート】2017.04月号 特集「川人 博 - 過労死事件の多くで長時間労働とパワハラは同時に起きている」:  
<http://ictj-report.joho.or.jp/1704/sp03.html>
- 6) 医師の働き方改革の推進に関する検討会:  
[https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage\\_05488.html](https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_05488.html)
- 7) 新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画～人・技術・スタートアップへの投資の実現～: [https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/atarashii\\_sihonsyugi/pdf/ap2022.pdf](https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/atarashii_sihonsyugi/pdf/ap2022.pdf)

### 【筆者紹介】

浜田 紗織 (はまだ さおり)  
 (株)ワーク・ライフバランス  
 執行役員,  
 ワーク・ライフバランスコンサルタント





ずいそう

## コロナ禍で得た新たな楽しみ

熊谷 一男



2019年12月に中国武漢で検出された新型コロナウイルスによる感染症は、その後、世界中に広がり2020年3月11日に世界保健機構(WHO)がパンデミックを表明しました。その後の2年間の日常生活は一変し、私の大好きなゴルフもメンバーコースが数ヶ月にわたり閉鎖や、年に数回ほど日本各地を巡る旅はおろか、海外へ旅する計画すらできない環境となり、今まで感じたことのないストレスを覚えました。さらには「感染への不安、楽しめない、眠れない…」など心理的影響が少なからずありました。

そんな憂鬱なコロナ禍、友人に「どう、一緒に釣りに行こう。道具は全部あるから手ぶらでおいで!」と、誘われたのですが、子供のころから釣りは苦手で、釣れるかどうか分からない時間を過ごすことが、どうも性に合わないので、丁重にお断りをしたのですが、ある日、友人が「夏はマグロ釣りが最高だぜ! 男の遊びだよ!」と、再度誘ってくれました。誘ってくれるのは本当に感謝なのですが、釣りド素人の私に、ましてやマグロなど釣れる訳がない。と、いうのは誰もが感じるころでしょう。とは言え、どうせ暇だから一度くらい誘いに乗ってみようと、初めてのマグロ釣りに出かけたのでした。

朝6時、積丹町美国へ向け自宅を出発。途中コンビニでおにぎりとお茶、さらにビールと酎ハイ、つまみとおやつを十二分に調達!(釣りに行くというより、

海水浴に行くような気分で買い物をしていました。)食料準備万端で積丹町美国漁港につくと、友人とその仲間たちは出航の準備も整っていました。船を見てびっくり!「すっげー立派な船! こりゃ、いいぞ!」(仲間3人で購入した新艇らしい)

私の気分も盛り上がってきました。

### いざ、出船!

天気は快晴!波もなく船も新艇で超快適!最高の気分!さっそく缶ビールに手が伸びます。「旨〜い!」思わず大きな声が出てしまいます。(すでに私は釣りのことなどどうでもよくなっていました)釣れても釣れなくても、どんな釣果であろうと、この時点でテンション爆上がり、久しぶりに味わう高揚感です。

釣りというより、クルーズを楽しむ若大将(加山雄三)の気分で、真っ青な海と心地よい爽やかな海風。そして、ビールの旨さを満喫していました。

船を走らせること40分程、ナブラ(マグロに追われて小魚が逃げ惑い、海面がざわつきマグロが跳ね回っている状態)を探す。

「ナブラだ!出た!出た!出た!」ナブラに向かって船を加速。ナブラを近くで初めて見た私は、マグロの群れが飛び跳ねているその状況に唖然としてしまい、しばしその光景に見とれていました。ただただ「凄い!」の一言です。



写真-1 船

## いざ、実釣り

友人から「早く投げろ、消えちゃうぞ」の言葉に「はっ」として、慌ててキャスト！指を離すのを忘れ、仕掛けは5m先にチャッポン。直ぐに巻き上げ再度、キャスト。いい感じのところに入った！と思った瞬間、手元がグググッ！いきなりヒット！ジィィー！ラインが出されていきます。やったぜ！ビギナーズヒット！ロッドをしならせリールを巻き上げる手に力が入ります。気持ちが動転して、ただただ巻き上げていたその時、急にロッドが軽くなりました。「えっ…」外れてしまいました。逃がした魚は大きいとは言いますが、今のは大きかったと言いたくなるのは良く分かります。

悔しいい～。

その後は、次のナブラを探し、私もビールを飲むのも忘れて真剣に海面を見渡していました。その後、小さなナブラがいくつか出ましたが、船が近づく頃には消えてしまう状態が2時間ほど続きました。簡単には釣れるはずもなく、半ば諦めかけていました。その時、友人が「2時の方向！」と叫び、見てみると遠くに大きな白波（ナブラ）が見えます。船は2時の方向に加速。今日一番の大きなナブラです。大チャンス到来です！狙いを定め投てき。1回目、食わない。

2回目、食わない。3回目、ヒット！しかし、直ぐバレてしまう。仲間の一人がヒット！私は4回目の投てき、ヒット！ロッドがしなりラインが「ジィィー」と勢いよく出ていく。

最初のヒットの時より勢いがある。それから約30分マグロと対峙し、私は腕もパンパンに張り息も上がりへろへろ状態ですが、さすがにマグロの抵抗が弱り、肉眼で確認できる位置まで上がってきました。水面ま



写真—2 ヒット



写真—3 私が釣り上げたマグロ



写真—4 友人が釣り上げたマグロ

で上がってきたマグロに友人がモリを突く、真っ赤な鮮血が広がりました。ここで一息。力尽きたマグロを船上に引き上げ、やったぜ！ガッツポーズ！

疲れましたが、達成感のある気持ちの良い疲労感です。マグロの重量は計りがないので分かりませんが、たぶん40kg！大きいです！最高です！

マグロなんか釣れる訳がない。一体どんな釣りになるのか全く予想もつきませんでした。一発でドハマリしました。マグロとの対峙は、体力も頭も使いますので、スポーツと言えばスポーツですが、私のマグロ対峙の経験としては、「真剣勝負のマグロゲーム！」です。兎に角、「楽しい！脳みそが喜ぶ！」の一言です。何事もやってみないと分からないものです。今年も大物目指して、真剣勝負のマグロゲームに挑みます！

釣り上げたマグロは、会社で解体し、社員みんなで美味しく頂きました。



ずいそう

## 還暦過ぎてからの、 ブラジル駐在体験記



松本典久

私は、1982年にコマツに入社し、大型ブルドーザの開発に携わってきました。コマツへの入社動機は、大きな建設機械を設計してみたいといった動機でした。現在、40年の勤務を通して、希望どおりに職歴を重ねることができました。とても幸せなことです。北米や豪州、そして中近東など多くの出張もありましたが、合計3回の海外転勤も経験できました。それぞれに深い思い出がありますが、最後の駐在地であったブラジルのサンパウロについてお話します。2019年の赴任時は59歳、定年の前年でしたが3年の勤務もあるので、迷わずに承諾しました。現在は今年の4月に帰国して古巣の大阪工場内にあるブルドーザの設計室で勤務しています。3回とも海外赴任は39歳、49歳、59歳といったなぜか“9”が付く年齢で始まり、大げさですが人生の節目みたいなものが10年おきに訪れました。ところで次の“9”すなわち69歳で何が起こるのか楽しみにしています。ブラジルで勤務する現地法人（生産工場）はスザノ市というサンパウロから1時間半ほど離れておりましたが、住まいはサンパウロ市のパウリスタと呼ばれる中心部でした。サンパウロ市は1,200万人が住む南半球最大の都市で、日本との時差は12時間。まさに地球の反対側ですので、大阪の自宅から出発してサンパウロのアパートにたどり着くまで、おおよそ30時間かかりました。ところで、今回の駐在はCOVIDという厄介な問題がありました。2020年の6月から8月までの3か月間はCOVIDの影響で一時帰国しました。大阪の自宅からリモート

勤務となりましたが、現地の方々の協力もあり時差勤務を乗り切ることができました。日本のニュースでも大きく取り上げられていたように、ブラジルではウイルスが猛威をふるい、最大で一日で3,000人の死者数が報告される時期もありました。マスク着用の習慣もなく、抱き合ったり挨拶するのが普通ですので感染速度も速い。私も知っている方が数人亡くなりました。暗い思い出はさておき、休日の話。日本人駐在員といえば、休日はゴルフですので最初は付き合っておりましたが、3年の駐在期間を楽しみたいので、30年来の趣味である無線で飛ぶ模型飛行機に没頭していました。郊外に牧場の一面を飛行場にしたクラブがあったので、毎週足しげく通っていました。趣味を通してですが、多くの方と知り合う機会を得ました。非常にレア



写真一 模型飛行機専用の飛行場とクラブ



写真一 サンパウロの日曜歩行者天国とアパートからの夜景



写真二 趣味の模型飛行機と孫（国内撮影）



な趣味ですが、無邪気な大人が多く共通のオタク会話が通じるので、すぐに仲良くなれます。ブラジルはポルトガル語中心で、ほとんど英語は通じませんが、片言の英語や、グーグルで何とかコミュニケーションがとれました。多種多様な方々と知り合う機会を持ってました。助言も含めて生活面でも助けてもらいました。

参考にならないと思いますが、以下に私の感じたブラジルについて数点述べます。あくまで私の印象ですので、事実と異なると感じる方もおられると思いますが、ご容赦ください。

### (1) 勤勉

ラテン系だから楽道家でマイペースといった先入観は全く当てはまりません。ものすごく勤勉で生真面目です。黙々と仕事をします。いわれたことはまともに受けています。比喩した言い方や、冗談を交えた言い方など厳禁です。日本人が、やってしまうのがたとえ話。これは理解してもらえずに混乱を招くだけです。思わぬ誤解を招いて後始末に大変な目にあいます。あくまで直接的にわかりやすく。工場の幹部は英語を話しますが、私たちもブラジル人も英語は母国語ではないので、しっかりとゆっくりと話します。お客様のところに行く出張も多かったのですが、つくづく言葉の大切さを感じました。私はあわて者なので、話を聞いて2秒ほど沈黙してから答えるようにしました。

### (2) 宵越しの金は持たない

貯金して物を買うとか、必要なものを買わずに我慢するといったことはしません。買い物に行くと棚に値札がありますが、30回払いの月賦金額と一括払いの金額が両方記載されています。かなり金利の高いローンですが、皆さん迷わずに買ってしまいます。何も考えていないように見えるのですが、貨幣に関する信用度が違うためです。私の駐在中の物価は落ち着いていましたが過去にハイパーインフレを数回体験しているので、お金を持っていても意味がなく。金利固定されたローンであれば、むしろすぐ買ったほうが安いわけです。スーパーも同じ、給料もらうと1か月備蓄できるものは一気に買います。それほどにお金を使って明日は大丈夫かと心配しますが、友達と家族がセーフティーネットであるのでお互い様だそうです。

### (3) 学歴社会

そうでないと言われる方も多いかもしれませんが、日本では能力に応じて仕事の内容が高度化して昇進します。しかし、ブラジルでは仕事の内容が明確

にされていて、業務によっては大学の卒業資格がいります。優秀な方が多いのですが、大学を出ていないのでキャリアを伸ばせない。そこで、夜学で働きながら大学に行く方も多い。もちろんローンを組んで学費を払います。

### (4) “結婚しない” けど “子沢山”

非常に情熱的なカップルが多いのですが、結婚しません。結婚時には契約を交わし、一般的に女性は保護されているそうです。場合によって、男性は離婚で全財産を失うこともあるようで、一緒に暮らしながら結婚はしないカップルが多い。結婚しないままですが、子供は生まれるので、もともと連れてきた前パートナーとの子供も加わって大家族です。細かな話は抜きにして、楽しそうに暮らしています。

### (5) 底抜けに親切

皆さん、とにかく親切でおせっかいです。よく人を観察しているなど、感心することもあります。困った人を見るとほっておけない。地下鉄をよく利用していましたが、路線図を眺めているだけでも、困ったことはないかと聞いてきます。私も日本で外国人に親切にしないとイケなかったと反省しきり。

### (6) 底抜けに危険

どのような高級住宅地でも油断禁物。あれほどに人の好いブラジル人がなぜ?と思うほど危ない。未成年者への刑罰が甘いので悪い大人が子供にピストルを与えて、町中に狩りに放つようです。例えば、ティーンエイジャーが二人乗りでバイクに乗って、こちらに向かってくると高い確率で危険状態です。もちろん危険地域もあります。麻薬の取引地域やファベイラと呼ばれる貧民街。みなさんも見たことがあるかもしれないギャングの映画と同じです。日本のYouTuberがファベイラに入り込んで動画をアップする人がいますが、本当に危険。その地域に入るところか、顔を撮影している段階で命知らず。レンタカーのナビに従って知らずにファベイラに迷い込んでしまい、命を落とす観光客もいます。幸い私は無事でした。もちろん危険地域には近づかない、地下鉄の路線は限定的、夜7時を過ぎると歩いて外にでない。現地の方のアドバイスによりますと、いやな空気を感じたら、タクシー拾って逃げ去るか、商店に飛び込む。不幸にして強盗に会えば、強盗に対して敬意と理解をしめす。これは難しそうですが、財布やスマホを取り出して“どうぞ”といった気持ちで手渡しする。すぐに撃ってきますので、ちょっ

とした事で命を失います。COVID が沈静化した現在、強盗が増えてむしろ殺人件数が増えて危険だと聞きます。極端な貧富差と麻薬が原因と思われます。

#### (7) 事務処理

仕事上の手続きや特に輸入や国内外輸送に関することは、気の遠くなるような非効率な手作業が必要です。左派の時代が長く続き、仕事の権利を保障するあまり、効率を失ったのでしょうか。身近なところでは、ホテルや飛行機のチェックイン。別の仕事をやっているのかな？と思うぐらい、時間がかかります。

最後に、私を感じることは、日本で生まれて日本で生活できていることは大きなボーナスです。個人が安全の確保に大きなコストをかけなくても済む。時間帯

にかかわらず、外を歩いて移動できる。物質面でも、最大都市のサンパウロのショッピングモールに行っても日本の地方都市にあるモールの物量と価格に到底かなわない。そして街がきれい。通りにゴミ箱がないのにゴミ一つ落ちていない、これ奇跡的です。世界各地でこのような国があるでしょうか。世界に誇れる国と思います。さて、もう一度ブラジルで住みたいかと言われますと、“はい”と言ってしまいそうです。不安定で危険、しかしなぜか住みやすい。人が優しいからでしょうか。

で、次の“9”すなわち69歳まであと7年。先のこととはわかりませんが、あと3年勤めても、4年ありますね。もう一度学生でもやってみようかなと思っています。

—まつもと のりひさ コマツ 開発本部 フェロー—



新機種紹介 機関連編集委員会

▶ 〈06〉 基礎工事機械

21-〈06〉-05	住友重機械建機クレーン リーダ式アースドリル SDX407-2	'22.1 発売 仕様追加
------------	---------------------------------------	------------------

都市部の再開発など、高度かつ難しい施工を強いられる基礎現場に対応するアースドリルである。SDX407-2 テレスコピックブーム式アースドリルに、リーダ式アースドリル仕様を追加したものであり、狭隘地などで増加する障害撤去作業に対応する。

リーダ式アースドリル仕様は、最大掘削トルク 196 kN・m、掘削深度 30.5 m（ロッキングケリーバ使用時）で、ケーシング、オーガ等による障害撤去作業が可能である。また、油圧式拡底バケットにも対応しており、障害撤去から拡底杭施工まで1台での施工が可能である。

障害撤去ではケーシングは最大掘削径φ1,500 mm（φ2,000 mmまで装着可能）で、拡底杭施工は new ACE1735 まで作業が可能である。

オプションで摩擦ケリーバも設定しており、摩擦ケリーバ装着時は、最大掘削トルク 117 kN・m、掘削深度 53.0 m まで施工可能である。なお掘削トルクは、使用するケリーバや先端工具によって5段階に設定することができる。

リーダ式専用のモーメントリミッタ装備により、13t につき（1本掛け）のクレーン性能を設定しており、クレーン検査を取得することで、アースドリルの補助作業に加えて現場での様々な荷役作業を安全に行うことができる。

サブフレームユニット方式により、本体は共通でブーム式またはリーダ式のアタッチメントを装着できるため、現場毎または現場内で用途に合わせてアタッチメントを組替えて作業することができる。また、サブフレームユニットはシリンダ操作により取付ピンの着脱が可能となっている（図-1 参照）。

分解組立や整備時の安全性に配慮し、ハウスとカウンタウエイト上面のハンドレールやキャットウォーク（左右・折畳式）を標準装備し、リーダ側面のステップおよびスタクションも準備している。

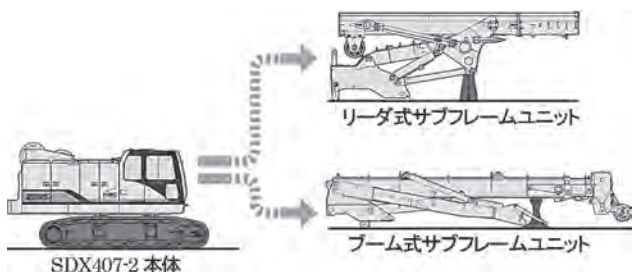


図-1 住友重機械建機クレーン SDX407-2 サブフレームユニット方式

表-1 SDX407-2 リーダ式アースドリルの主な仕様

リーダ長さ	(m)	17.0
最大掘削トルク	(kN・m)	196
エンジン定格出力	(kW/min <sup>-1</sup> )	147/2,100
ロッキングケリーバ	段数×長さ (m)	4 × 10.85
摩擦ケリーバ	段数×長さ (m)	5 × 13.0
最大掘削深度（ロッキングケリーバ時）	(m)	30.5
最大掘削深度（摩擦ケリーバ時）	(m)	53.0
補助つり能力（最大）	(t)	13.0
全装備質量	(t)	72
価格（リーダ専用機標準仕様/税別）	(百万円)	165.8

- (注) (1) 摩擦ケリーバはオプション。  
 (2) 最大掘削深度はバケット接続ピン位置まで。  
 (3) 全装備質量はロッキングケリーバ付き、ホースリール、先端工具なし時。



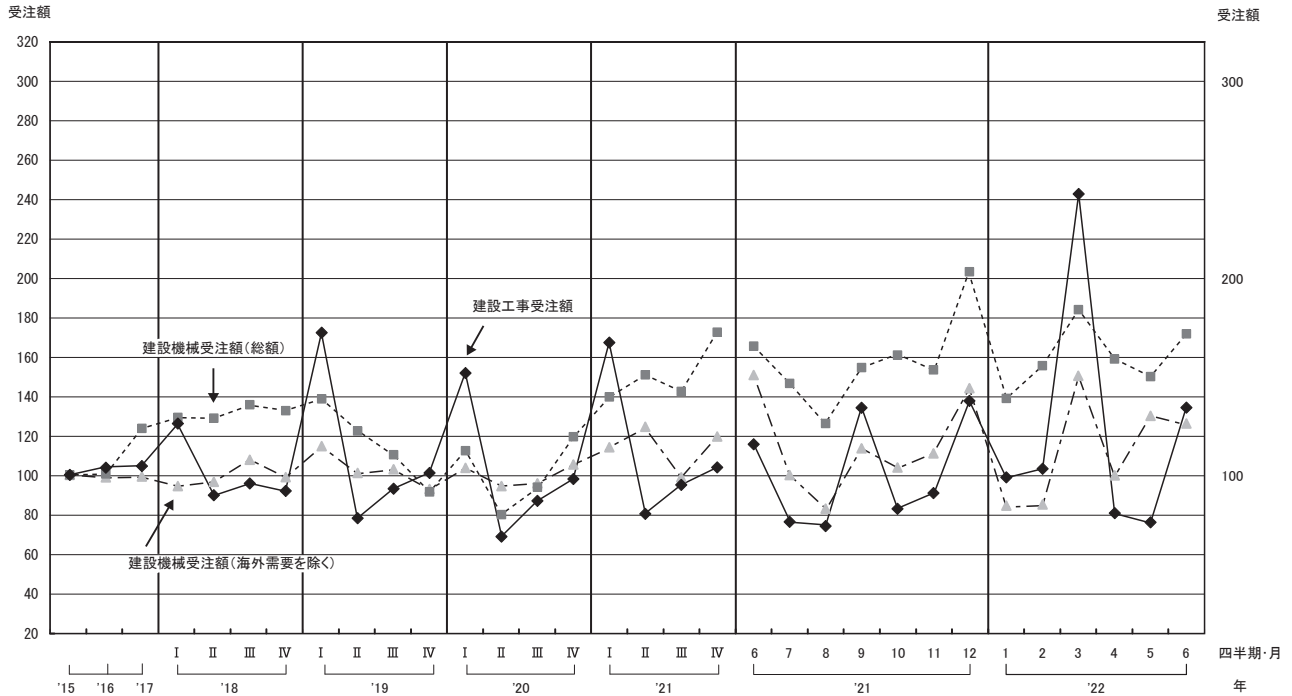
写真-1 住友重機械建機クレーン SDX407-2 リーダ式アースドリル

問合せ先：住友重機械建機クレーン(株)  
 販売戦略室 販売企画部  
 〒110-0015 東京都台東区東上野6丁目9番3号



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 2015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 2015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							
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
2019年	156,917	114,317	24,063	90,253	29,957	5,319	7,308	109,091	47,829	171,724	150,510
2020年	143,170	97,457	19,848	77,610	35,447	5,225	4,175	91,725	51,443	171,740	141,261
2021年	157,839	111,240	22,528	88,713	38,056	4,671	3,874	106,034	51,806	192,900	137,853
2021年 6月	13,631	9,020	1,807	7,213	3,611	500	501	9,074	4,557	187,713	12,869
7月	8,925	6,244	2,042	4,202	2,324	305	51	6,069	2,855	188,502	8,489
8月	8,766	6,304	2,156	4,149	2,059	370	32	6,285	2,481	187,177	10,180
9月	15,826	12,449	1,698	10,750	2,780	419	179	11,984	3,842	188,820	14,729
10月	9,753	7,135	2,003	5,132	2,202	360	57	6,806	2,947	190,874	8,975
11月	10,676	7,495	2,213	5,282	2,269	351	561	6,782	3,894	191,232	10,790
12月	16,208	12,569	2,335	10,235	2,841	371	427	12,316	3,892	192,900	15,433
2022年 1月	11,656	7,955	1,408	6,547	2,892	322	487	8,014	3,641	194,534	9,787
2月	12,152	9,464	2,400	7,065	2,280	365	43	8,766	3,387	193,576	11,606
3月	28,665	21,001	4,095	16,906	6,090	496	1,078	18,978	9,687	202,497	20,607
4月	9,462	6,623	2,182	4,441	2,268	490	81	6,347	3,114	201,690	9,341
5月	8,930	6,695	2,012	4,683	1,038	386	812	6,290	2,640	201,369	8,812
6月	15,741	11,290	3,252	8,038	2,525	465	1,462	11,414	4,327	-	-

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	15年	16年	17年	18年	19年	20年	21年	21年 6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	22年 1月	2月	3月	4月	5月	6月
総 額	17,416	17,478	21,535	22,923	20,151	17,646	26,393	2,405	2,132	1,833	2,245	2,341	2,229	2,955	2,017	2,263	2,675	2,310	2,177	2,498
海 外 需 要	10,712	10,875	14,912	16,267	13,277	10,966	18,737	1,562	1,574	1,371	1,611	1,762	1,609	2,150	1,546	1,789	1,834	1,753	1,450	1,791
海外需要を除く	6,704	6,603	6,623	6,656	6,874	6,680	7,656	843	558	462	634	579	620	805	471	474	841	557	727	707

(注) 2015～2017年は年平均で、2017～2020年は四半期ごとの平均値で図示した。  
 2021年6月以降は月ごとの値を図示した。

出典：国土交通省建設工事受注動態統計調査  
 内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

## 行事一覽

(2022年7月1日～31日)

### 機械部会



#### ■トンネル機械技術委員会・海外機械調査WG

月日：7月7日（木）（会議室，web 併行開催）

出席者：篠原慶二世話人ほか11名

議題：①海外機械に関して各メンバーが実施した調査内容の報告 ②調査報告についてのディスカッション ③次回以降の調査内容について討議

#### ■トンネル機械技術委員会・ベルコン技術WG

月日：7月8日（金）（会議室，web 併行開催）

出席者：丸山修委員長ほか11名

議題：①事前提出されたベルコン技術について各メンバーから説明 ②説明されたベルコン技術について討議 ③次回以降の調査内容などについて討議

#### ■トンネル機械技術委員会 見学会 新東名高速道路 高松トンネル工事現場の見学

月日：7月12日（火）

参加者：丸山修委員長ほか20名

見学内容：①工事概要の説明 ②VRゴーグルによるトンネル施工説明 ③現場見学：施工現場の見学，トンネル覆工コンクリート自動施工ロボットシステムの見学 ④質疑応答

#### ■基礎工用機械技術委員会

月日：7月13日（水）（会議室での対面開催）

出席者：草刈成直委員長ほか19名

議題：①各社トビックス：前田建設工業(株)「台船使用によるコンクリート打設の紹介」 ②今後のスケジュールについて ③キャタピラージャパン(同)の技術プレゼン：「Caterpillar が実現する持続可能な建設現場の未来」

#### ■路盤・舗装機械技術委員会・幹事会

月日：7月14日（木）（会議室，web 並行開催）

出席者：美野隆委員長ほか13名

議題：①今年度活動計画の進捗状況の確認 ②上期総会の発表内容と時間割について討議 ③現場・工場見学会の計画（場所，日程等）

#### ■トラクタ技術委員会

月日：7月15日（金）

出席者：大場元樹委員長ほか7名（web 会議で開催）

議題：①「JCMASに基づく「エネルギー消費量試験方法」のISO化」進捗状況に関する情報共有 ②次期排出ガス規制に関する情報提供 ③各社トビックス：コマツ「ブルドーザ D27-10の紹介」

#### ■情報化機器技術委員会 見学会 ジック(株) 建機・特殊車両向け衝突軽減システムのデモの見学

月日：7月20日（水）

参加者：白塚敬三委員長ほか8名

見学内容：①衝突軽減システムソリューションの事例紹介 ②各種ソリューションデモの見学 ③質疑応答

#### ■トンネル機械技術委員会・幹事会

月日：7月25日（月）（会議室，web 併行開催）

出席者：丸山修委員長ほか9名

議題：①令和4年度WG活動（海外機械調査，ベルコン技術）の状況報告 ②見学会について：トンネル現場，機械メーカー工場の見学候補地の実施時期などについて状況確認 ③技術講演会に関して講演候補者の選定について討議

#### ■ショベル技術委員会

月日：7月29日（金）（web 会議で開催）

出席者：西田利明委員長ほか9名

議題：①エネルギー消費試験方法\_油圧ショベル編のISO化について：国際会議の概要報告 ②次期排出ガス規制に関する情報提供

### 標準部会



#### ■ISO/TC 127/SC 2/WG 24 FDIS 19014-2 機能安全 国際WG ハイブリッド会議

月日：7月6日（水）未明から早朝，同日深夜～翌7日（木）早朝，同日深夜～翌8日（金）早朝，同日深夜～翌9日（土）未明

出席者：CAMSELL コンビナー（英国建設機械工業会CEA）主催，日本から田中昌也委員（コマツ）ほか3名以上

場所：米国シカゴ近郊ディアフィールドにて対面会合，日本専門家などはWeb参加（ISO Zoom）

議題：①ISO 19014規格群の現況確認 ②ISO 19014規格群の今後の改訂で考慮すべき事項 ③次の段階の検討 ④非決定論的様相（を示す機械制御系）の標準化 ⑤その他 ⑥次回会合

#### ■ISO/TC 127/SC 3/JWG 16-ISO/PWI 23870（セキュアな移動体高速通信）国際WG バーチャル会議

月日：7月6日（水）夜

出席者：KITTLE コンビナー（米国Deere社）主催，日本から間宮崇幸TC 127/SC 3国際議長（コマツ）ほか6名出席

場所：Web上（ISO Zoom）

議題：（6月末の会議の議事を継続討議）①前回議事録確認 ②高速（交通）バスに関する関係機関との協力 ③合同作業グループの関係委員会との関係 ④規格群構成の検討 ⑤関係規格の改訂の情報の反映に関して ⑥規格群構成の付番 ⑦予備業務提案文書の検討 ⑧ISO 23870規格群作成用テンプレートの紹介 ⑨AEFとの連携関係設立 ⑩次回会合

#### ■ISO/TC 127/SC 1/WG 6 ISO 11152 エネルギー使用試験方法 国際バーチャルWG 会議

月日：7月11日（月）夜，12日（火）夜

出席者：CROWELL コンビナー（米国Caterpillar社）主催，日本から正田明平プロジェクトリーダー（コマツ）ほか延べ12名出席

場所：Web上（ISO Zoom）

議題：①前回議事録確認 ②（エネルギー消費試験方法）案文の検討（ホイールローダの生産性試験，ブルドーザの生産性試験） ③会議の結論まとめ ④その他 ⑤次回会合

#### ■ISO/TC 127/SC 4/WG 6 ISO 7334 自動運転の分類 国際WG バーチャル会議

月日：7月19日（火）夜・21日（木）夜

出席者：TAHA コンビナー（米国Deere社）主催，日本から片桐嗣SC 4委員長（日立建機）ほか4名出席

場所：Web上（ISO Zoom）

議題：①日程確認 ②（ISO 7334）案文の検討 ③その他

#### ■ISO/TC 127 土工機械委員会 国内総会

月日：7月21日（木）

出席者：間宮崇幸（コマツ）TC 127 委員長ほか25名

場所：Web上（ISO Zoom）

議題：①TC 127 親・SC 1～SC 4 活動計画・審議状況報告 ②投票案件 ③その他・事務局連絡

#### ■ISO/TC 195/SC 1/WG 9 セルフローディングモバイルコンクリートミキサー安全要求及び検証 国際バーチャルWG 会議

月日：7月27日（水）夜

出席者：川上晃一（日工株）SC 1 国際議長ほか 4 名

場 所：Web 上（ISO Zoom）

議 題：① ISO/DIS 6085 DIS 投票結果確認・コメント審議 ② FDIS 投票の準備

### ■ ISO/TC 195/WG 9 自走式道路建設用機械—安全要求 国際バーチャル WG 会議

月 日：7 月 28 日（木）夜

出席者：小倉公彦（JCMA 標準部）事務局長ほか 9 名

場 所：Web 上（ISO Zoom）

議 題：① ISO/DIS 20500-1～7 DIS 投票・CEN コンサルタント コメント審議結果の最終確認 ② FDIS 投票の準備

## 建設業部会



### ■建設業 ICT 安全 WG

月 日：7 月 19 日（火）

出席者：齋藤貴之主査ほか 9 名（内 web 参加 1 名）

議 題：①国交省：建設機械施工の自動化・自律化協議会について・6/22 安全・基本設定 WG 報告（6/17：国交省対 JCMA 関係者のみ説明会—委員報告）  
②「ICT 機器全般」をターゲットとした情報収集・積上げの実施計画検討  
③その他

### ■三役会

月 日：7 月 21 日（木）

参加者：洗光範部会長ほか 4 名

議 題：①国交省：建設機械施工の自動化・自律化協議会について、6/22 安全・基本設定 WG 報告（6/17：国交省対 JCMA 関係者のみ説明会—委員報告）、7/19 建設業 ICT 安全 WG へ展開  
②モーメントリミッターの設定方法のヒアリング（対コベルコ建機）  
③その他・若手機電技術者意見交換会代替企画（講演会・見学会）について報告調整・就活パンフレット改訂作業報告

## 各種委員会等



### ■機関誌編集委員会

月 日：7 月 6 日（水）

出席者：中野正則委員長ほか 26 名

議 題：①令和 4 年 10 月号（第 872 号）計画の審議・検討 ②令和 4 年 11 月号（第 873 号）素案の審議・検討  
③令和 4 年 12 月号（第 874 号）編集方針の審議・検討 ④令和 4 年 7 月号～令和 4 年 9 月号（第 869～871 号）

進捗状況報告・確認 ※通常委員会及び Zoom にて実施

## 支部行事一覧

### 北海道支部



#### ■令和 4 年度除雪機械技術講習会（第 2 回）

月 日：7 月 4 日（月）

場 所：札幌市（ホテルライフォート札幌）

受講者：174 名

内 容：①除雪計画 ②除雪機械の取り扱い ③除雪の安全施工 ④冬の交通安全 ⑤除雪の施工方法

#### ■建設技術担い手育成プロジェクト（苫小牧高専（座学）出前授業）

月 日：7 月 7 日（木）

場 所：苫小牧高等専門学校

受講者：創造工学科（都市・環境コース）4 年生 38 名

内 容：①ICT を活用した建設技術（座学） ②地上型レーザースキャナー（TLS）の計測（実機デモ）

講師等：鈴木勇治プロジェクトリーダーほか

#### ■建設技術担い手育成プロジェクト（苫小牧高専（体験実習）出前授業）

月 日：7 月 21 日（木）

場 所：苫小牧高等専門学校

受講者：創造工学科（都市・環境コース）4 年生 38 名

内 容：①3 次元計測（TS） ②衛星測位（GNSS） ③ICT 建機（2DMG パックハウ） ④建設 VR ⑤UAV（ドローン操作）の各体験等

講師等：鈴木勇治プロジェクトリーダーほか

#### ■第 2 回広報部会広報委員会

月 日：7 月 26 日（火）

場 所：北海道建設会館 F 会議室

出席者：村上昌仁広報部会長ほか 10 名

議 題：①支部日より No.124 号の編集について ②工事現場等見学会について ③支部講演会講師の選定について ④建設機械施工ずいそうについて ⑤その他

### 東北支部



#### ■令和 4 年度 第 14 回 建設技術研修会

月 日：7 月 4 日（月）

場 所：仙台市 フォレスト仙台

内 容：建設施工技術に関する技術映画全 27 本を上映

参加者：81 名

#### ■令和 4 年度 除雪講習委員会

月 日：7 月 20 日（水）

場 所：東北地方整備局会議室

出席者：東北地方整備局 大村敦道路情報管理官ほか 10 名

内 容：令和 4 年度除雪講習会実施計画について説明し了承を得た

#### ■令和 4 年度 i-Construction（ICT 活用工事）セミナー 基礎編（Web セミナー）

内 容：① ICT 導入の必要性 ② ICT 活用工事の基準類 ③ 3 次元出来形管理 ④ ICT 建機施工 ⑤ 3 次元データ処理 ⑥ 実地検査

主 催：東北地方整備局、青森県・秋田県・岩手県・山形県・宮城県・福島県、東北建設業協会連合会、JCMA 東北支部

講 師：JCMA 東北支部 情報化施工技術委員会メンバー

受講者数：7 月 28 日（木）25 名

7 月 29 日（金）12 名

### 北陸支部



#### ■令和 4 年度 第 1 回普及部会

月 日：7 月 12 日（火）

場 所：興和ビル 10F 大会議室

出席者：本間普及部会長ほか 8 名

議 題：①除雪機械安全施工技術講習会計画（案）について…R4 除雪機械安全施工技術講習会計画（案）、R3 除雪講習会アンケートとりまとめ結果、R2・R3 除雪講習会 3 県の区域別受講企業 ②ニイガタ除雪の達人選手権について ③建設技術報告会について ④現場見学会について ⑤親睦行事の実施について

#### ■令和 4 年度 事務局長会議

月 日：7 月 22 日（金）

場 所：Web 会議

議 題：①コンプライアンス等について ②情報セキュリティについて ③令和 3 年度収支決算について ④建設機械施工管理技術検定について ⑤ i-Con について ⑥外国人評価試験について ⑦支部課題について

#### ■令和 4 年度 第 4 回除雪機械整備技術検討会

月 日：7 月 28 日（木）

場 所：興和ビル 10F 大会議室

出席者：水澤和久整備技術検討会委員長ほか 17 名

議 題：①令和 2 年度整備技術検討会とりまとめ結果（振り返り）について ②検討項目の回答及び確認事項について



て…除雪機械の回送距離に伴う整備体制、現地修繕等における出張工数及び回送工数、出張工数に伴う夜間時の整備単価、除雪機械整備に伴う特殊車両通行許可 ③今後における整備局への検討要望について

#### ■令和3年度 除雪講習会メーカー講師等打合せ会

月 日：7月28日（木）

場 所：興和ビル 10F 大会議室

出席者：堤事務局長ほか普及部会委員4名

議 題：①令和4年度除雪機械安全施工技術講習会開催のご案内について

②令和4年度講習会計画（案）について ③令和3年度除雪講習会アンケートとりまとめ結果について ④令和2～3年度の新潟県、富山県、石川県の受講企業数について ⑤令和4年度に使用するPPT構成について

## 中 部 支 部



#### ■DX・施工部会

月 日：7月26日（火）

出席者：青木保孝 DX・施工部会長ほか20名

議 題：令和4年度部会活動及びDX研修資料打ち合わせ等

#### ■広報部会

月 日：7月28日（木）

出席者：濱地仁広報部会長ほか6名

議 題：第41号支部ニュース初稿校正

#### ■技術・調査部会

月 日：7月28日（木）

出席者：宮内秀弘部会長ほか8名

議 題：令和4年度技術講演会及び技術発表会の開催について等

## 関 西 支 部



#### ■広報部会

月 日：7月7日（木）

場 所：関西支部会議室

出席者：木村泰男広報部会長以下5名

議 題：①年間事業計画について

②「JCMA 関西」第121号について

## 中 国 支 部



#### ■第1回広報部会

月 日：7月6日（水）

場 所：Web会議

出席者：錦織豊部会長ほか8名

議 題：広報誌（CMnavi）61号の編集と62号の編成について

#### ■第2回施工技術部会

月 日：7月15日（金）

場 所：Web会議

出席者：新宅清人部会長ほか5名

議 題：①令和4年度部会事業実施報告について ②DX・i-Con（情報化施工）関係行事について ③その他懸案事項

#### ■第1回開発普及部会

月 日：7月25日（月）

場 所：広島 YMCA 会議室

出席者：松本治男部会長ほか8名

議 題：①年間スケジュールについて ②令和4年度建設技術講習会【Web】実施報告について ③令和4年度建設技術フォーラム取組状況について ④今後の取組について ⑤その他懸案事項

#### ■第1回企画部会

月 日：7月26日（火）

場 所：広島 YMCA 会議室

出席者：玉田一雄部会長ほか9名

議 題：①令和4年度企画部会、部会長会議等の開催時期と内容の確認について ②令和4年度中国地方整備局との意見交換会について ③防災協定について ④その他懸案事項

#### ■令和4年度1・2級建設機械施工管理技術検定第二次検定（実技）試験監督者事前打合せ

月 日：7月28日（木）

場 所：広島 YMCA 会議室

出席者：新宅清人総括試験監督者ほか11名

内 容：実施要領説明

## 四 国 支 部



#### ■共催事業「ドローン操作訓練」

月 日：7月19日（火）

場 所：国営讃岐まんのう公園（多目的広場）

共催者：（一社）建設コンサルタンツ協会 四国支部、（一社）四国クリエイト協会、（一社）日本建設機械施工協会 四国支部、（一社）日本補償コンサルタント協会 四国支部、（株）建設マネジメント四国

参加者：共催団体から4社24名、ドローン10機

内 容：公園休園日を利用して、災害発生時に迅速に対応するため、各社所有のドローンを用いて訓練を実施

#### ■第6回 四国 ICT 施工活用促進部会

月 日：7月26日（火）

場 所：WEB会議

出席者：部会を構成する20の団体・組織から45名が出席、i-Construction大賞受賞企業3社7名が参加、JCMA四国支部からは市原事務局長が出席

内 容：①四国地方整備局の取り組み ②愛媛大学との連携・協力について ③地方自治体の取り組み事例の紹介 ④i-Con大賞の紹介 ⑤意見交換

## 九 州 支 部



#### ■企画委員会

月 日：7月20日（水）

出席者：原尻企画部会長ほか8名

議 題：①令和4年度i-Construction（活用編）技術講習会の開催について ②令和4年度建設機械技術検定試験（実地試験）について ③建設行政講演会の開催について ④その他

#### ■ICT施工技術講習会開催について事前打合せ

月 日：7月13日（水）

出席者：施工企画課長ほか5名

議 題：令和4年度i-Construction（活用編）技術講習会の開催について

## 編集後記

新型コロナウイルス「第7波」の収束が依然見えない中、今年は3年振りに行動制限なしのお盆休みとなりました。甲子園では、仙台育英高が東北勢初の優勝を果たし、深紅の大優勝旗が、ついに白河の関を渡ることになりました。コロナの影響を受けた学校もありましたが、どのチームも最後まであきらめずに頑張った姿が印象的でした。

さて、9月号は、「安全対策・労働災害防止」がテーマです。建設業では、労働力の高齢化や外国人労働者の増加もあり、これまでとは違った切り口や視点での安全対策が求められており、昨今急激に普及しているICTを活用した安全対策を含め官民をあげた様々な取り組みが行われているところ です。

巻頭言を長岡技術科学大学の阿部雅二郎教授にお願いしたところ、建設機械施工を安全に行うため“安全対策”すなわち“リスク低減方策”について立案、実行、検証、改善の継続が必要であること、土木施工で使用される機械はEarth Moving Machineと呼ばれるが、今後の社会インフラの維持管理の大切さから“Earth Moving”というより“Earth Care”の考え方が重要になってくること、建設機械施工では安全対策

がその場、その都度限りとなりがちであるが、良い方策を末永く活用するために共通性や一般性を見出して循環活用と改善推進の可能性と有効性を示しました。

行政情報は、「建設機械の安全装置に関する技術」の技術比較表の公表について、“無人航空機（ドローン、ラジコン機等）の安全な飛行のためのガイドラインについて”、の2件を紹介いただきました。

特集報文は、“労働災害分析、クレーンの災害防止”の紹介、“クレーン点検、安全管理、安全教育VR、重機と人との接触防止、人検知、Web点検管理”の様々なICTを活用した安全対策技術を紹介いただきました。また“アシストスーツ”が着実に活用されて安全対策、労働災害防止が進んでいることについても紹介いただきました。

交流の広場では、“防げ、現場のヒューマンエラー”、“建設業「2024年問題」について”、新鮮な切り口で問題解決へ繋がる貴重なお考えを紹介いただきました。

最後に、何かと制限、影響のある中、ご多忙にもかかわらず、ご寄稿頂きました執筆者の皆様やご尽力を頂きました関係者の皆様に心からお礼を申し上げます。本号が建設労働災害撲滅の一助となれば幸いです。有難うございました。

(松本・室谷)

### 10月号「エネルギー、エネルギー施設特集」予告

・下水道政策研究委員会 脱炭素社会への貢献のあり方検討小委員会 報告書 ・グリーン成長のカギを握る木材産業の競争力強化と木材需要拡大 ・安全プロジェクト「見える」安全活動コンクール ・残コン・戻りコンゼロとCO<sub>2</sub>削減を建設現場で同時に実現する炭酸ガスを利用した残コン処理システム ・脱炭素に寄与するエネルギー生産型の下処理技術 ・カーボンニュートラルに向けた発電装置における水素利用 ・「国内における地熱開発」の現状 ・“クラスタ”レンズ風車じわり普及 ・木質バイオマスの半炭化物を使ったガス化発電の開発 ・嫌気排水処理における新しいエネルギー回収技術の紹介 ・洋上風力発電所建設案件 基礎工事において使用される各種施工機器の開発 ・洋上風力発電事業における海底地盤調査の最新技術 ・ZEBをもっと身近に\*

### 【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）

## 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	見波 潔

### 編集委員長

中野 正則 日本ファブテック(株)

### 編集委員

菊田 一行	国土交通省
垂井 保典	農林水産省
細田 豊	(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)
阿部 靖	(株)大林組
出口 明	(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)
川崎 智博	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)
佐藤 裕	日本国土開発(株)
丑久保吾郎	(株)NIPPO
室谷 泰輔	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)
小黑 誠	(株)加藤製作所
本間 正敏	古河ロックドリル(株)
松本 正徳	施工技術総合研究所

### 事務局

(一社)日本建設機械施工協会

## 建設機械施工

第74巻第9号(2022年9月号)(通巻871号)

Vol.74 No.9 September 2022

2022(令和4)年9月20日印刷

2022(令和4)年9月25日発行(毎月1回25日発行)

編集兼発行人 金井道夫


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](mailto:san-mich@zam.att.ne.jp) 担当: 田中

KOBELCO

掘削サイクル  
タイムアップ  
**8%**  
従来機とのHモードでの比較



新型13t 特設サイト

## それは未来に挑むための 次世代のパフォーマンス。

Performance **X** Design

サイクルタイムを8%向上させた掘削性やNETISに新規登録された先進技術。  
快適性、操作性を高めたインテリアデザイン。  
数々の技術を磨き上げ、進化を遂げたSK135SRの誕生です。

**NETIS登録**  
省工本技術搭載型バックホウ  
登録番号:KT-200147-A  
イーグルアイビューステム  
登録番号:KT-200085-A

2020年燃費基準達成建設機械 ★★★  
国土交通省 燃費基準達成建設機械認定制度

特定特殊自動車  
排出ガス2014年基準  
適合車  
燃費測定室 認定機関



**SK135SR**  
SK125SR SK130SR+

**コベルコ建機株式会社**

東京本社 / 〒141-8626 東京都品川区北品川 5-5-15 ☎03-5789-2111 [www.kobelco-kenki.co.jp](http://www.kobelco-kenki.co.jp)



# VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT



## ペイブアシスト&コンパクトアシスト

ボルボのオペレーター支援システムで施工温度や施工状況が見える化出来ます。詳しくはボルボ正規ディーラーまでお問い合わせください。



マテリアルマネージャで施工管理が便利で楽になります。

本製品の詳細情報に関しては、下記へご連絡下さい。

ボルボ建機道路機械正規ディーラー

**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/>

# 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/>



# Mikasa

http://www.mikasa.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



MVC-F60HS

NETIS No. TH-100006-VE



MRH-601DS

低騒音指定番号5097



FX-40G/FU-162A



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

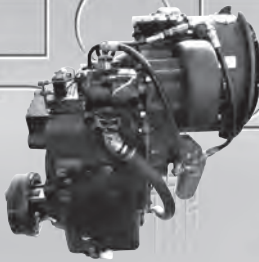
中国営業所 TEL:082-875-8561  
四国出張所 TEL:087-868-5111  
九州営業所 TEL:092-431-5523  
南九州出張所 TEL:080-1013-9547

沖縄出張所 TEL:080-1013-9328



あらゆる建設機械／シールドマシン・・・  
**油圧機器の整備・再生**

各種トランスミッション整備で相談に応じます。



建設機械用ZFトランスミッション

点検・整備は、日本ではマルマのみが対応

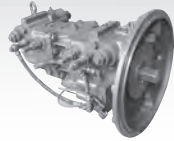


建設機械のあらゆる油圧機器

斜板式ダブルポンプ



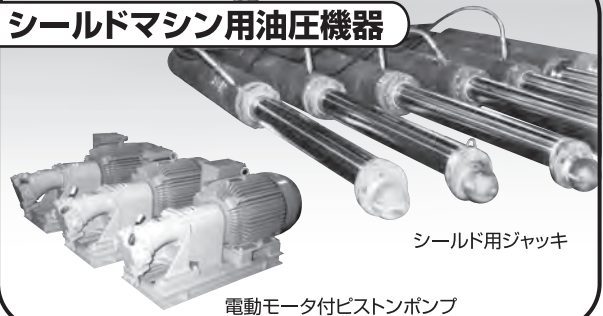
斜板式ピストンポンプ



斜軸式ピストンモータ



シールドマシン用油圧機器



シールド用ジャッキ

電動モータ付ピストンポンプ

**建機と共に半世紀以上。確かな「信頼」をお届けします！**

整備・再生された各Ass'yは、自社独自開発の多機能油圧機器試験機により性能を確認。各テストのデータはデータベースとして保存され、出荷後、マッチング調整や、搬送されてきた同等品の確認テストに活用します。この万全を期した体制がマルマの高い信頼性の由縁です。



MH-R220は従来の油圧ドライブ型油圧機器試験機に比べ、インバータ制御電動モーター駆動、及びエネルギー回生回路の採用により大幅な消費電力量の削減を実現しました。大型油圧ポンプの試験も可能です。



**マルマテクニカ株式会社**

本社・相模原事業所 営業部 整備油機課

〒252-0331 神奈川県相模原市南区大野台6-2-1

TEL042 (751) 3809 FAX042 (756) 4389

E-mail:yuki@maruma.co.jp

東京工場 〒156-0054

E-mail:tokyo@maruma.co.jp

名古屋事業所 〒485-0037

E-mail:n-service@maruma.co.jp

東京都世田谷区桜丘1-2-22

TEL03 (3429) 2141 FAX03 (3420) 3336

愛知県小牧市小針2-18

TEL0568 (77) 3311 FAX0568 (77) 3719

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



# 小型水中ポンプのHS型シリーズに、 初の3インチタイプが新登場!

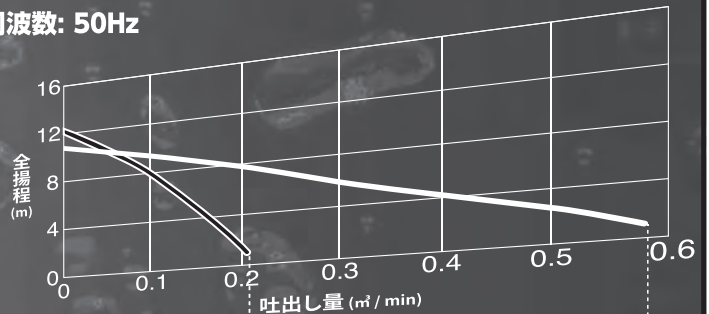
単相 **100V**

出力 **0.75kW**

最大  
水量 **580** ℓ/min



HS2.4S型との性能比較図  
周波数: 50Hz



新製品(HS3.75SL)  
現行品(HS2.4S)

**大流量化**

**HS3.75SL型**



**配管接続にも対応!**

ねじ切り加工が施されているため、  
常設用として配管と接続することも  
可能です。

株式会社 **鶴見製作所**

大阪本店: 〒538-8585 大阪市鶴見区鶴見4-16-40  
東京本社: 〒110-0016 東京都台東区台東1-33-8

TEL.(06)6911-2351 FAX.(06)6911-1800  
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 北陸支店: TEL.(076)268-2761 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.(028)613-1520 中部支店: TEL.(052)481-8181 中国支店: TEL.(082)923-5171 九州支店: TEL.(092)452-5001

[www.tsurumipump.co.jp](http://www.tsurumipump.co.jp)



# FA機器の 最適無線化提案

クレーン、搬送台車、建設機械、特殊車輛他  
産業機械用無線操縦装置

㊦微弱電波 ㊧429MHz帯特定小電力 ㊨1.2GHz帯特定小電力  
㊩315MHz帯特定小電力 ㊪920MHz帯特定小電力

## スリムケーブルレス 5000型

### 緊急停止スイッチの オプション対応スタート!

- ・微弱、429MHz特小、1.2GHz特小 全て対応
- ・8点、12点、16点仕様 全て対応
- ・表示用LED取付他、従来のオーダー対応可

プッシュロック、  
ターンリセット型  
キノコスイッチ



#### 充電台に置いて充電

ご希望の多かったクレードルタイプを  
オプションにてご用意!



## ハンディタイプ シリーズ

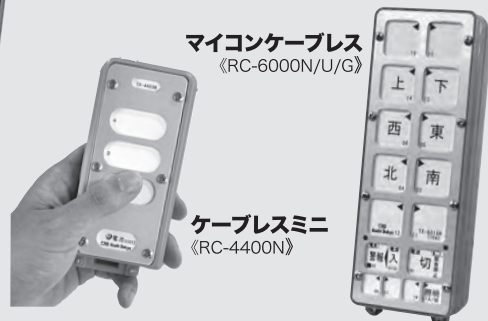
### タフケーブルレス 《RC-8600N/U/G》



### チップケーブルレス 《RC-3205M・3212M・3208N》



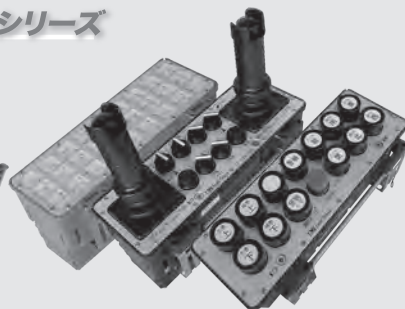
### マイコンケーブルレス 《RC-6000N/U/G》



### ケーブルレスミニ 《RC-4400N》

## ショルダータイプシリーズ

### MAXサテレータ 《RC-9300U/G》



### マイティサテレータ 《RC-7100・7200N/U/G》

## データケーブルレスシリーズ

### 双方向データケーブルレス 《TC-1000808S》



### データケーブルレス 《TC-1300・1400N/U/G》



### RC-5800U/G 2段押3組 準標準型 好評発売中!

- ・インバーター制御のクレーンに最適!
- ・クリック感ハッキリのロングストローク スイッチ

**429MHz・1216MHz**(送信出力1mW)  
の2種類の周波数から選択可能

429MHz、1216MHzが  
同価格!!

常に半歩、先を走る



## 朝日音響株式会社

〒771-1311 徳島県板野郡上板町引野字東原43-1(本社工場) FAX.088-694-5544 TEL.088-694-2411  
<http://www.asahionkyo.co.jp/>

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

朝日音響 検索





# KOMATSU

## 建設現場のデジタルトランス フォーメーション実現を加速。

### SMART CONSTRUCTION Retrofit スマートコンストラクション・レトロフィット

既存の従来型建機に、3D-マシンガイダンス機能や  
ペイロード機能(オプション)などのICT機能を提供する  
後付けキットをご用意しました。



### 従来型建機のデジタル化を促進し 「安全で生産性の高い、スマートで クリーンな未来の現場」の実現を サポート

コマツカスタマーサポート(株)

〒108-0072 東京都港区白金 1-17-3 TEL:050-3486-7147

