

一般社団法人
日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

2023

建設機械施工



Vol.75 No.9 September 2023 (通巻883号)

特集 安全対策・労働災害防止



移動式クレーン Mastertech 7200G NEO 安全性向上機能の紹介



巻頭言 働く人に寄り添う労働安全を目指して

特集技術報文

- 移動式クレーン Mastertech 7200G NEO 安全性向上機能の紹介
- 小型振動ローラ向け衝突被害軽減アシスト装置
- 産学連携による5Gを活用した重機の遠隔操縦システムに関する検討
- 自走式ロボットによる路面マーキング作業の安全性および作業効率の向上
- 出水警報システム「T-iAlert[®] River」の河川工事への適用
- 生体センシング機能付骨伝導ヘッドセットを利用した安全管理
- 労働災害知識モデルに基づく安全AI システムの開発 他

行政情報

交流のひろば

まいそう

- 建設業における安全衛生をめぐる現状
- 建設機械の安全装置に関する技術 (NETIS テーマ設定型) の取り組み
- 人と委ねあう関係を築く移動ロボットの研究
- 山城めぐり
- 我が家のふたごちゃん

一般社団法人 日本建設機械施工協会

杭打工事用

パイルキーパー

海上・河川等での杭打ち作業用、
パイル保持装置

石狩湾新港洋上風力発電事業工事向け
パイルキーパー

仕様

杭径.....最大 φ2500mm
 杭重量.....最大 90ton
 開閉.....油圧駆動
 前後スライド範囲.....±900mm 油圧駆動
 左右スライド範囲.....±1000mm 油圧駆動

実績多数

海上工事、陸上工事、岸壁護岸工事、海上空港、
ダム湖再生工事、導枠治具、リーダー付



洋上風力発電ジャケット基礎杭工事



吉永機械株式会社

〒130-0021 東京都墨田区緑4-4-3 吉永ビル TEL:03-3634-5651
URL : 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

◆ 日本建設機械施工協会『個人会員』のご案内

会費：年間 9,000円(不課税)

個人会員は、日本建設機械施工協会の定款に明記されている正式な会員で、本協会の目的に賛同し、建設機械・建設施工にご関心のある方であればどなたでもご入会いただけます。

★個人会員の特典

- 「建設機械施工」を機関誌として毎月お届け致します。(一般購入価格 1冊800円＋消費税/送料別途)
「建設機械施工」では、建設機械や建設施工に関わる最新の技術情報や研究論文、本協会の行事案内・実施報告などのほか、新工法・新機種の紹介や統計情報等の豊富な情報を掲載しています。
- 協会発行の出版図書を会員価格(割引価格)で購入することができます。
- シンポジウム、講習会、講演会、見学会等、最新の建設機械・建設施工の動向にふれることができる協会行事をご案内するとともに、会員価格(割引価格)でご参加いただけます。

この機会に是非ご入会下さい!!

◆一般社団法人 日本建設機械施工協会について

一般社団法人 日本建設機械施工協会は、建設事業の機械化を推進し、国土の開発と経済の発展に寄与することを目的として、昭和25年に設立された団体です。建設の機械化に係わる各分野において調査・研究、普及・啓蒙活動を行い、建設の機械化や施工の安全、環境問題、情報化施工、規格の標準化案の作成などの事業のほか、災害応急対策の支援等による社会貢献などを行っております。

今後の建設分野における技術革新の時代の中で、より先導的な役割を果たし、わが国の発展に寄与してまいります。

一般社団法人 日本建設機械施工協会とは…

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

■会員構成

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

■主な事業活動

- ・学術研究、技術開発、情報化施工、規格標準化等の各種委員会活動。
- ・建設機械施工技術検定試験・外国人技能評価試験の実施。
- ・各種技術図書・専門図書の発行。
- ・除雪機械展示会の開催。
- ・シンポジウム、講習会、講演会、見学会等の開催。海外視察団の派遣。

■主な出版図書

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

その他、日本建設機械施工協会の活動内容はホームページでもご覧いただけます！

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

※お申し込みには次頁の申込用紙をお使いください。

【お問い合わせ・申込書の送付先】

一般社団法人 日本建設機械施工協会 個人会員係
〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館2F
TEL:(03)3433-1501 FAX:(03)3432-0289

一般社団法人 日本建設機械施工協会 会長 殿

下記のとおり、日本建設機械施工協会 個人会員に入会します。

令和 年 月 日

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

【会費について】年間 9,000円(不課税)

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

【その他ご入会に際しての留意事項】

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

【個人情報の取扱について】

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

論文投稿のご案内

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

当協会ホームページ <http://www.jcmanet.or.jp>

★投稿対象

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

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

★部門

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

★投稿資格

原稿の投稿者は個人とし、会員資格の有無は問いません。

★原稿の受付

随時受け付けます。

★公表の方法

当協会機関誌へ掲載します。

★機関誌への掲載は有料です。

★その他：優秀な論文の表彰を予定しています。

★連絡先

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 (機械振興会館)

日本建設機械施工協会 研究調査部 論文担当

E-mail : ronbun@jcmanet.or.jp

TEL : 03 - 3433 - 1501

FAX : 03 - 3432 - 0289



(一社) 日本建設機械施工協会 発行図書一覧表 (令和 5 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)	本部 送料
1	R5 年 5 月	橋梁架設工事の積算 令和 5 年度版	12,100	10,285	990
2	R5 年 5 月	令和 5 年度版 建設機械等損料表	9,680	8,228	770
3	R4 年 10 月	道路除雪施工の手引 (第 16 版 2022 改訂)	4,950	3,960	770
4	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	770
5	R4 年 5 月	よくわかる建設機械と損料 2022	6,600	5,610	770
6	R4 年 3 月	日本建設機械要覧 2022 年版	53,900	45,100	990
7	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	770
8	H30 年 8 月	消融雪設備点検・整備ハンドブック	13,200	11,000	770
9	H29 年 4 月	ICT を活用した建設技術 (情報化施工)	1,320	1,122	770
10	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	770
11	H25 年 6 月	機械除草安全作業の手引き	990	880	770
12	H23 年 4 月	建設機械施工ハンドブック (改訂 4 版)	6,600	5,610	770
13	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,300	2,970	770
14	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷 【CD】	3,300	2,970	770
15	H22 年 7 月	情報化施工の実務	2,200	1,870	770
16	H21 年 11 月	情報化施工ガイドブック 2009	2,420	2,178	770
17	H20 年 6 月	写真でたどる建設機械 200 年	3,080	2,618	770
18	H19 年 12 月	除雪機械技術ハンドブック	3,300	2,970	770
19	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	2,992	770
20	H17 年 9 月	建設機械ポケットブック (除雪機械編)	1,100	990	770
21	H16 年 12 月	除雪・防雪ハンドブック (除雪編) 【CD-R】	5,500	4,950	770
22	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】	3,520	3,168	770
23	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	1,485	770
24	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	1,782	770
25	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	1,782	770
26	H15 年 6 月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	550	495	770
27	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	5,940	770
28	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)	2,750	2,475	770
29	H11 年 10 月	機械工事施工ハンドブック 平成 11 年度版	8,360	8,360	770
30	H11 年 5 月	建設機械化の 50 年	4,400	3,960	770
31	H11 年 4 月	建設機械図鑑	2,750	2,475	770
32	H10 年 3 月	大型建設機械の分解輸送マニュアル 【CD-R】	3,960	3,564	770
33	H9 年 5 月	建設機械用語集	2,200	1,980	770
34	H6 年 8 月	ジオスペースの開発と建設機械	8,470	7,623	770
35	H6 年 4 月	建設作業振動対策マニュアル	6,380	5,742	770
36	H3 年 4 月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,450	9,405	770
37	S60 年 1 月	建設工事に伴う濁水対策ハンドブック 【CD-R】	6,600	5,940	770
38		建設機械履歴簿	440	396	770
39	毎月 25 日	建設機械施工	880	792	770
			定期購読料 年 12 冊 10,032 円 (税・送料込)		

購入を希望される場合、当協会 HP <https://jcmnet.or.jp> の出版図書欄の「出版図書のご購入について」から本部、または支部の購入方法に基づきお申込みください。

特集

安全対策・労働災害防止

巻頭言

- 4 働く人に寄り添う労働安全を目指して
Well-being の定量化と行動分析学による職場環境の最適化
北條理恵子 長岡技術科学大学

行政情報

- 5 建設業における安全衛生をめぐる現状
高松 達朗 厚生労働省 労働基準局 安全衛生部 安全課 建設安全対策室 技術審査官
木下 誠一 国土交通省 不動産・建設経済局 建設市場整備課 専門工事業・建設関連業振興室 企画専門官

- 11 建設機械の安全装置に関する技術 (NETIS テーマ設定型) の取り組み
能登 真澄 国土交通省 近畿地方整備局 企画部 建設専門官

特集技術報文

- 17 AI を活用したクレーン自動操縦技術の研究
神田 真輔 ㈱タダノ 技術研究所 制御創造ユニット アシスタントマネージャー

- 22 移動式クレーン Mastertech 7200G NEO 安全性向上機能の紹介
山藤 千明 コベルコ建機㈱ マーケティング事業本部 クレーン営業本部 クレーン商品企画部
クレーン商品プロモーショングループ グループ長

- 30 小型振動ローラ向け衝突被害軽減アシスト装置
山口 滋彦 ㈱日立建機カミーノ 道路機械ビジネス本部 企画・マーケティング部 部長

- 34 産学連携による 5G を活用した重機の遠隔操縦システムに関する検討
埴田 翔 学金沢工業大学 産学連携局研究支援推進部連携推進課
兼 法人本部法人部企画委員会室 主幹・URA 博士 (情報科学)

- 39 自走式ロボットによる路面マーキング作業の安全性および作業効率の向上
駒坂 翼 ㈱NIPPO 技術企画室 ICT 推進グループ
立花 洋平 ㈱NIPPO 技術企画室 ICT 推進グループ 機械技術担当課長

- 44 高所法面における V 字吊ワイヤー遠隔操作油圧ショベルの開発経緯と現況
藤中 裕幸 セーフティークライマー協会 技術・工法委員 ㈱ Sakatec 取締役副社長
清水 明彦 セーフティークライマー協会 工法普及委員 ㈱ Sakatec 取締役営業本部長

- 49 自動運転ブルドーザーによる、敷均し運転の最適化
建設機械の自動施工を実施し、安全な施工環境構築を目指して
花木 直樹 ㈱大林組 西日本ロボティクスセンター 施工技術部技術開発課

- 54 「フックの掛け先が無い現場」に対応する常設型転落防止システム
高所安全対策設備の常設による墜落・転落事故防止の取り組み
竹内 元起 ㈱ G-Place 設備資材事業グループ グループ長
中尾 典文 ㈱ G-Place 設備資材事業グループ マネージャー
大林 達也 ㈱ G-Place 設備資材事業グループ マネージャー

- 61 MR 技術を活用した施工現場における生産性向上に関する取り組み
中静 真吾 小柳建設㈱ 専務取締役 COO

66 出水警報システム「T-iAlert[®]River」の河川工事への適用
出水を事前に把握し河川工事の安全管理に寄与するシステム

大野 剛 大成建設 技術センター 社会基盤技術研究部 水理研究室 水防・保全チーム 課長
飯村浩太郎 大成建設 技術センター 社会基盤技術研究部 水理研究室 水防・保全チーム 係員
高山百合子 大成建設 技術センター 社会基盤技術研究部 水理研究室 水防・保全チーム チームリーダー
遠山 正恭 大成建設 中国支店 児島湾締切堤防水樋門改修工事 作業所長

72 生体センシング機能付骨伝導ヘッドセットを利用した
安全管理

平野 朝士 京セラ 研究開発本部 フューチャーデザインラボ 首席技師
宇野 昌利 清水建設 土木技術本部 イノベーション推進部 主査

76 労働災害知識モデルに基づく安全 AI システムの開発

高藤 淳 ㈱MetaMoji セマンティック技術開発部 ディレクター
鈴木 理史 ㈱大林組 技術本部本部長室 担当課長

交流のひろば

83 人と委ねあう関係を築く移動ロボットの研究

長谷川孔明 豊橋技術科学大学 情報・知能工学系 助教

ずいそう

86 山城めぐり

福田 泰宏 コベルコ建機 顧問

88 我が家のふたごちゃん

亀田 慎司 日本ロード・メンテナンス(株)(神戸) 代表取締役

CMI 報告

91 テーマ設定型「建設機械の安全装置に関する技術」の取組み

永沢 薫 (一社)日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 研究第三部 主任研究員
山田 風我 (一社)日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 研究第三部 技術員

統計

95 建設業における労働災害の発生状況と第9次建設業
労働災害防止5か年計画 建設業労働災害防止協会技術管理部

99 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

100 行事一覧 (2023年7月)

104 編集後記 (丹治・丑久保)

◇表紙写真説明◇

移動式クレーン Mastertech 7200G NEO 安全性向上機能の紹介

写真提供：コベルコ建機(株)

本体構成を見直し、組立分解作業工程を削減、作業者の負担を減らし、ワイヤレスリモコンの採用により従来よりも周囲安全の確保をしながら作業が可能になった。

また作業時においても、オペレータアシスト機能など、作業時においてもより安全性を確保する機能を採用した。

2023年(令和5年)9月号 PR 目次
【ア】朝日音響(株)……………後付8
【カ】コベルコ建機(株)……………後付1

コマツカスタマーサポート(株)……………表紙4
【ク】第一東洋(株)……………後付2
大和機工(株)……………表紙2

ダイワテック(株)……………表紙3
㈱鶴見製作所……………後付6
【マ】マシケンアテック(株)……………後付3
マルマテクニカ(株)……………後付5

三笠産業(株)……………後付4
【ヤ】山崎マシーナリー(株)……………後付2
吉永機械(株)……………表紙2

巻頭言

働く人に寄り添う労働安全を目指して

Well-being の定量化と行動分析学による職場環境の最適化

北 條 理恵子



機械安全の実務／専門家の方々と何年か仕事をして、機械で安全を担保することに粉骨砕身していること、「人の注意力に頼る安全」から、より確定性の高い「機械に任せる安全」にすることが効果的で確実にしていることを理解・納得した。加えて、国際規格等に見られる機械安全についての体系の見事さを見るにつけ、機械安全こそ私の専門分野である行動分析学と親和性が高く、「協調安全」あるいは働く人中心の共存・協調作業に対する安全管理について、協力して何か有益な方策・対策ができそうだと感じている。

行動分析学では、人・動物などの「行動」を、刺激－反応の図式で明らかにし、個体を取り巻く過去及びその時の外的環境に行動の原因を求め、行動を「定量的に測定可能」なものとして取り扱う。ゴールは、行動の①予測と制御、②分析と定量評価、③問題の解決である。何らかの直接的な働きかけにより行動そのものを変化・修正するというよりも、独立変数（環境）を操作することにより従属変数（行動）を変容させることに主眼を置く。通常、「行動する理由」を語る時、行動する前の事象に焦点を充てがちである。例えば、「映画が好きだから映画を見に行く」などである。一方、行動分析学では、行動“後”の環境の変化でその行動が将来的に維持・増強・減衰・消去され、行動の生起を A：先行刺激（Antecedent）、B：行動（Behavior）、C：結果（Consequence）との相互作用で説明する。例えば、作業現場で「機械を掃除する」行動を説明すると、A：作業現場で、B：機械を掃除する、と、結果として C：上司に「ありがとう！」や「掃除しないで、本来の）仕事をしろ！」と言われる（図－1）。行動の前の先行刺激（A）は、合図でしかない。上司

に「ありがとう！」と言われれば、機械を掃除する行動は増え、「仕事をしろ！」という叱責後には減少または消滅する。これが行動分析学の中心的な概念であり、行動随伴性と呼ばれる。

現在、我々の研究チームでは、職場の働く人の Well-being の定量化を行っている。Well-being（以下、WB と称す）は、「持続的な幸福感」を指す概念であり、様々な要因の集合体である。我々は、職場が「安全・安心」であることで感じる幸福感と、「生きがい・働きたい」の幸福感に大別している。しばしば、WB は「曖昧模糊として実体がつかめない」「主観的ゆえに計測は不能では」という問いを頂くが、実験デザインを工夫することで、WB の定量化がある程度実現している。しかしながら、定量化は、職場のその時点での「見える化」でしかなく、評価になりえても、問題解決にはつながらない。真の目的は、職場の WB の「最適化」であると我々は考えている。この最適化に行動分析学を応用し、低い WB 要因を高め、高い WB を維持する方法を構築している。このチャレンジが、職場の快適性や、働く人の WB の向上に少しでも寄与することが我々の研究の最終ゴールでもある。



図－1 行動分析学の ABC モデル（行動随伴性）

行政情報

建設業における安全衛生をめぐる現状

高松 達朗・木下 誠一

建設業における労働災害の発生状況は長期的には減少傾向であるが、今なお多くの尊い命が亡くなっている。建設業は「人材」で成り立っており、建設工事従事者の安全及び健康の確保は、建設工事の大前提であり、建設業の担い手の確保のためにも最優先事項であることから、建設業における災害の一層の減少に向けて、官民ともに実効性のある取組を推進する必要がある。

本稿では、令和5年6月には建設工事従事者の安全及び健康の確保に関する総合的かつ計画的な推進を図るための基本計画が変更されたことを契機に、建設業における労働災害の中で、最も多くの割合を占めている墜落・転落による災害への対策や、建設工事における安全衛生経費が下請負人まで確実に支払われる施策を始めとする、厚生労働省及び国土交通省の建設工事従事者の安全及び健康の確保に関する取組を紹介する。

キーワード：建設工事従事者、安全、健康、安全衛生経費、墜落・転落防止対策

1. はじめに

建設業における労働災害は、長期的には大きく減少しているが、今なお年間約300人（図-1）が死亡し、約15,000人が休業4日以上死傷（図-2）をしており、いわゆる一人親方や自営業主・家族従事者を含めた建設工事従事者全体では、墜落災害をはじめとする建設工事の現場での災害により、年間約350人も尊い命が亡くなっていることを重く受け止め、建設

業における災害の撲滅に向けて一層の実効性のある取組を推進する必要がある。

このような状況を踏まえ、公共工事のみならず全ての建設工事について建設工事従事者の安全及び健康の確保に関する施策を総合的かつ計画的に推進するため、その施策の基本となる事項を定めた「建設工事従事者の安全及び健康の確保の推進に関する法律」（以下「職人基本法」という）が平成29年3月に施行された。また、職人基本法第8条に基づき、平成29年



図-1 建設業における死亡災害発生状況

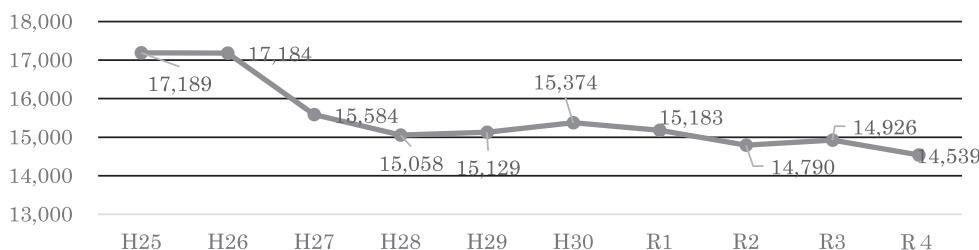


図-2 建設業における休業4以上の死傷災害発生状況

6月に「建設工事従事者の安全及び健康の確保に関する基本的な計画」（以下「基本計画」という）が閣議決定された。その後の建設工事従事者に係る状況変化等を踏まえ、令和5年6月に基本計画の変更が閣議決定された。

厚生労働省及び国土交通省では、関係機関や業界団体等とも連携して基本計画に基づき施策を進めているところである。

本稿では、令和5年6月の基本計画の変更の概要と基本計画に基づき進めている主な施策を紹介する。

2. 基本計画の変更

基本計画は、職人基本法第8条において、政府が、建設工事従事者の安全及び健康の確保に関する施策の総合的かつ計画的な推進を図るため定めることとされており、平成29年6月に閣議決定された。

職人基本法では「少なくとも5年ごとに、基本計画に検討を加え、必要があると認めるときには、これを変更しなければならない。」と規定されていることから、厚生労働省及び国土交通省において必要な検討を加え、令和5年6月に基本計画の変更が閣議決定された。

(1) 基本計画策定後の状況の変化への対応

基本計画が策定された平成29年以降の、以下のような建設工事従事者に係る状況変化等を踏まえ、基本計画の変更を行った。

- ①気候変動の影響、石綿を用いた建築物の解体工事の増加、新興・再興感染症の発生・拡大等
- ②女性、外国人労働者、高年齢労働者等人材の多様化
- ③新・担い手3法^{a)}、労働基準法を踏まえた働き方改革、処遇改善等
- ④インフラ分野のデジタル・トランスフォーメーション(DX)が危険作業等の減少や建設現場の環境改善に寄与することへの期待

(2) 基本計画に基づく施策の推進成果の反映

以下の基本計画に基づく施策の推進成果を反映した。

- ①「建設業における墜落・転落災害防止対策の充実強化に関する実務者会合報告書」

a) 「建設業法及び公共工事の入札及び契約の適正化の促進に関する法律の一部を改正する法律(令和元年法律第30号)」及び「公共工事の品質確保の促進に関する法律の一部を改正する法律(令和元年法律第35号)」をいう。

(令和4年10月 厚生労働省実務者会合)

- ②「建設工事における安全衛生経費の適切な支払いに向けて(提言)」

(令和4年6月 国土交通省実務者検討会)

- ③「社会保険の加入に関する下請指導ガイドライン」の改訂

(令和4年4月 国土交通省)

(3) 主な変更内容

(a) 安全衛生経費に関する記載の充実

- ①安全衛生対策項目の確認表、安全衛生経費を内訳明示するための標準見積書の作成・普及
- ②発注者、建設業者及び国民一般に対する安全衛生経費の戦略的広報の実施

(b) 一人親方に関する記載の充実

- ①一人親方との取引の適正化等の周知

(c) 建設工事の現場の安全性の点検等に関する記載の充実

- ①建設機械施工の自動化・遠隔化やロボットの活用等インフラ分野のDXにおいて、安全な工法等の研究開発・普及

(d) 建設工事従事者の処遇の改善及び地位の向上に関する記載の充実

- ①新・担い手3法や労働基準法を踏まえた「働き方改革」の推進、処遇の改善、インフラ分野のDXの推進

- ②職業訓練の実施による事業主への支援等

(e) 墜落・転落災害の防止対策の充実強化に関する記載の充実

- ①屋根・屋上等の端、低所(はしご・脚立)からの墜落・転落災害防止対策のためのマニュアルの作成・普及

- ②足場点検の確実な実施のための措置の充実、一側足場の使用範囲の明確化

- ③足場の組立・解体中の墜落・転落防止対策の充実強化

(f) 健康確保対策の強化に関する記載の追記

- ①熱中症、騒音による健康障害防止対策
- ②解体・改修工事における石綿ばく露防止対策等
- ③新興・再興感染症への対応

(g) 人材の多様化に対応した建設現場の安全健康確保、職場環境改善に関する記載の追記

- ①女性の活躍促進のための取組

- ②増加する外国人労働者の労働災害への対応方法等

- ③高年齢労働者の安全と健康の確保につながる取組

3. 安全衛生対策経費の適切な支払いのための実効性ある施策

当初の基本計画において、建設工事従事者の安全及び健康の確保は、建設工事の請負契約において適正な請負代金の額が定められ、これが確実に履行されることが重要である。一方、安全衛生経費については、建設工事の工種、工事規模、施工場所等により異なるため、その実態を踏まえ、適切かつ明確な積算がなされ下請負人まで確実に支払われるような実効性のある施策を検討し実施することとされた。

このため、安全衛生経費が下請負人まで確実に支払われるような実効性のある施策を検討するため、学識経験者や建設業関係団体等から構成される「建設工事における安全衛生経費の確保に関する実務者検討会」（以下「実務者検討会」という）（座長：芝浦工業大学蟹澤宏剛教授）を設置し、平成30年6月から、計7回にわたり検討を行い、「建設工事における安全衛生経費の適切な支払いに向けて（提言）」（以下「提言」という）が令和4年6月にとりまとめられた。

また、この提言を踏まえて、安全衛生経費の適切な支払いのための実効性ある施策として、「安全衛生対策項目の確認表」と安全衛生経費を内訳として明示するための「標準見積書」の作成・普及に関して検討するため、学識経験者や建設業関係団体等から構成される「安全衛生対策項目の確認表及び標準見積書に関するWG（以下「WG」という）」（座長：芝浦工業大学蟹澤宏剛教授）を令和4年11月に設置し検討を進めている。

(1) 建設工事における安全衛生経費の適切な支払いに向けて（提言）

令和4年6月にとりまとめられた提言の概要を以下に示す。

(a) 基本的な考え方

「人材」で成り立つ建設業において、建設工事従事者の安全及び健康の確保は、建設工事の大前提であり、最優先事項であるとの認識のもと、建設工事における安全衛生経費の適切な支払いのための施策の具体化や継続的な進化に取り組む。

- ①安全衛生経費の「見える化」
 - ②安全衛生経費に関する意識改革
 - ③安全衛生経費の適切な支払いに向けた取組のフォローアップ・進化
- (b) 安全衛生経費の適切な支払いのための実効性ある施策

- ①「安全衛生対策項目の確認表」と安全衛生経費の内訳明示のための「標準見積書」の作成・普及
 - ・元下間における安全衛生対策の認識のブレの解消や安全衛生意識の共有を図るため、建設工事の工種毎に安全衛生対策項目の確認表を作成し、その普及を図る。
 - ・下請企業が元請企業（直近上位の注文者）に対して提出する見積書について、従来の総額によるものではなく、その中に含まれる安全衛生経費を内訳として明示するための「標準見積書」を作成し、その普及を図る。
- ②安全衛生経費の必要性や重要性に関する戦略的広報
 - ・適切な安全衛生経費の確保のためのリーフレットの充実
 - ・インターネットやソーシャルメディアでの情報発信
 - ・安全衛生経費の確保に関するポスターの作成・配布
 - ・全国安全週間などでの集中的な広報
 - ・発注者向けのリーフレットの作成
 - ・一人親方向けリーフレットの作成
- ③施策を体系的に進めるための仕組み構築
 - ・安全衛生経費の実態に関するフォローアップ調査
 - ・人材の育成
 - ・各主体がまとめたガイドブック・事例等をホームページで一元化
 - ・建設業法第19条の3（不当に低い請負代金の禁止）の徹底

(2) 安全衛生対策項目の確認表及び標準見積書に関するWG

WGでは、令和4年度には「安全衛生対策項目の確認表」、令和5年度に「標準見積書」の検討を行い、平行して安全衛生経費の必要性や重要性に関する戦略的広報についても検討することとした。

(a) 安全衛生対策項目の確認表

提言において「建設工事の工種毎に安全衛生対策項目の確認表を作成し、その普及を図る。」とされていることを踏まえ、先行的に「型枠、管、内装仕上、外部足場、住宅」の5工種を対象に検討・作成に取り組むこととし、工種毎に関連する専門工事業団体等や元請の立場等から建設業団体等からなる各工種の検討チームを設置し、協力を得ながら進めることとした。

安全衛生対策項目の確認表を作成するために、労働

安全衛生法，労働安全衛生規則，それに基づく省令等から，建設工事で必要となる安全衛生対策項目を約1,700項目抽出し，労働安全衛生法の章立てに基づき整理し大中小の項目に分類したデータベースとして整理した。

データベースの大項目と現場で特に必要性が高いと考えられる中項目の対策を抽出し，確認表（全体素案）として整理し，それをたたき台として検討チーム毎に各工種における確認表の検討を行った。

確認表（全体素案）に対しての検討チームの意見としては，建設業団体等からは「統一様式を作成し現場の特殊性に応じて追記出来る欄を設ける方が良い。」，「対策項目は個別の記述を増やさなくて良い。」といった意見があった一方，専門工事業団体からは確認表に必要な対策項目に各工種によってばらつきが出たことから，WGにおいて，確認表のとりまとめの方向性を以下のとおりとした。

- ・安全衛生対策については，各工種の実情を踏まえ，確実に実施されることが重要であることから，元請・下請の役割を確認できるよう，また，下下間での活用も踏まえ，工種毎に確認表を作成する。
- ・安全衛生対策項目の参考ひな型を作成することにより，他の工種における安全衛生対策項目の確認表の検討促進に活用する。
- ・参考ひな型の記載については，工種により対象機種が異なるため，細かな例示とはしない。

上記の取りまとめ方針に従い，検討チームから意見を伺いながら検討を行い，第3回WGにおいて安全衛生対策項目の確認表（参考ひな型案）が概ね取りまとめられた。その考え方を以下に示す。

- ・確認表は，建設工事従事者の安全及び健康を確保する上で必要な対策であり，元下間・下下間の請負契約で行う「当該工事」において必要となる安全衛生対策を明確にするため，活用するもの。
- ・元下間・下下間で実施分担等を確認する必要性の高い項目については，確認表のチェック欄を用いて確認する。
- ・法令等により安全衛生対策の実施者が明らかな項目については，チェック欄を設けないものの，主な項目については確認表に記載することにより，元下間・下下間で安全衛生意識の共有を図る。
- ・今後，確認表の活用を広く促進できるよう，確認表の考え方や活用方法について説明書を作成する。

現在（7月末時点），参考ひな型及び各工種の確認表の最終確認等を行うとともに，説明書の検討を進めているところであり，公表後においては，参考ひな型

を参考にその他の工種における確認表の作成・普及を進めていく。

また，本年度は，下請企業が元請企業（直近上位の注文者）に対して提出する見積書について，従来の総額によるものではなく，その中に含まれる安全衛生経費を内訳として明示するための「標準見積書」をWGにおいて検討・作成に取り組んでいく。

(b) 安全衛生経費の必要性・重要性に関する戦略的広報

国土交通省では，安全衛生経費の確保の必要性や重要性について，これまで，「建設業法令遵守ガイドライン」の策定やリーフレット「安全な建設工事のために適切な安全衛生経費の確保が必要です」の作成・配布などを通じて，建設業者等に対してその周知に努めてきているが，提言では，地方公共団体や民間企業などの発注者，元請や下請となる建設業者，国民に対してよく理解されるよう，また，下請から元請等に対し，安全衛生経費を要求しやすい環境整備のために，安全衛生経費の必要性や重要性に関して戦略的な広報に取り組むことが必要とされた。

検討チームからの意見も含めWGで議論した結果，「効果的に広報を行うために厚生労働省や関係団体と連携して行うことが必要」，「個人の発注者向けリーフレットは工務店が個人の発注者に説明出来るよう工夫が必要」，「住宅リフォームの個人の発注者の理解を得るため，当該発注者への説明を行うリフォーム取扱店の窓口担当者に対する広報が必要」などの意見をいただき，戦略的広報の方向性を作成した。概念図を図-3に示す。

4. 足場からの墜落・転落災害防止の充実

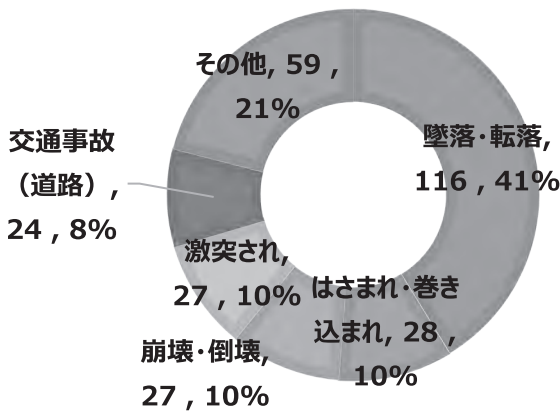
建設業における労働災害の中でも，墜落・転落による災害は，死亡者数の約4割，休業4日以上死傷者数の約3割を占めていることから（図-4, 5），墜落・転落の防止について実効性のある対策を講ずることが急務となっている。

このような状況を踏まえ，令和5年3月に，足場からの墜落・転落災害防止対策の強化を内容とする改正労働安全衛生規則（以下「改正安衛則」という）が公布され，足場上での作業における安全確保対策が強化された。これにより新たに事業者の義務となった事項は次のとおりである。

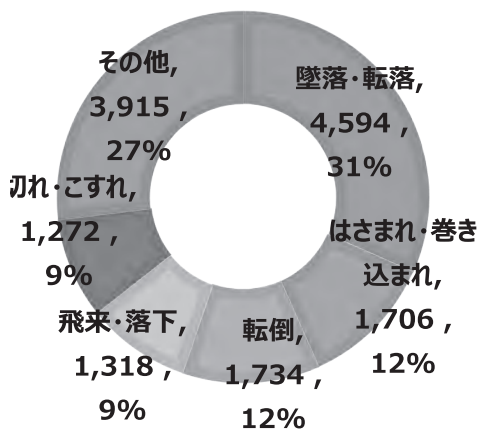
このうち，(I)の一側足場の使用範囲の明確化については，令和6年4月に施行され，それ以外については令和5年10月に施行されるので御留意願いたい。

広報対象者		広報施策	
元請企業・下請企業		○適切な安全衛生経費の確保のためのリーフレットの充実 内容:最新データ(建設業における労働災害件数等) 安全衛生経費の解説等	○インターネットやソーシャルメディアでの情報発信 ○全国安全週間などでの集中的な広報 ↓ 全国建設業労働災害防止大会での広報
一人親方		○一人親方向けのリーフレットの作成 内容:安全衛生経費の必要性の解説(法令趣旨等) 確認表及び標準見積書の活用方法	
発注者 地方公共団体・民間企業		○発注者向けのリーフレットの作成 内容:根拠法令に沿った安全衛生経費の重要性 安全衛生対策項目の周知 住宅等建設時における安全に配慮した施工事例等 工務店が個人の発注者に説明出来るよう工夫 リフォーム工事で必要になる安全衛生経費を工事別に例示	
発注者 個人 (戸建住宅、マンション、アパートの発注者)		○安全衛生経費の確保に関するポスターの作成・配布 内容:安全衛生対策や安全衛生経費に関するミニ情報等	
個人 (発注者以外の国民)			

図一三 戦略的広報の方向性



図一四 建設業における死亡災害の型別内訳 (令和3年)



図一五 建設業における休業4日以上死傷災害の型別内訳 (令和3年)

点検後に、点検者の氏名を記録・保存することが義務付けられた。

以下で、その詳細について説明する。

(1) 一側足場の使用範囲の明確化について

令和6年4月1日以降、幅が1メートル以上の箇所において足場を使用するときは、原則として本足場を使用する必要がある。なお、つり足場の場合や、障害物の存在その他の足場を使用する場所の状況により本足場を使用することが困難なときは、本足場を使用しなくても差し支えない。

(a) 「幅が1メートル以上の箇所」に関する留意点

「幅が1メートル以上の箇所」とは、足場を設ける床面において、当該足場を使用する建築物等の外面を起点としたはり間方向の水平距離が1メートル以上ある箇所のことをいう。

しかしながら、足場設置のため確保した箇所の一部が公道にかかる場合、使用許可が得られない場合、その他当該箇所が注文者、施工業者、工事関係者の管理の範囲外である場合等については、「幅が1メートル以上の箇所」には含まれない。

なお、足場の使用に当たっては、可能な限り「幅が1メートル以上の箇所」を確保する必要がある。

(b) 「障害物の存在その他の足場を使用する状況により本足場を使用することが困難なとき」について足場の設置箇所として1メートル以上の幅を確保した場合でも、障害物の存在その他の足場を使用する状況により本足場を使用することが困難なときは、本足場を使用しなくても（一側足場を使用しても）差し支えない。このような場合は以下のとおりである。

- (I) 本足場を使用するために十分幅がある場所（幅が1メートル以上の場所）においては、本足場の使用が原則義務付けられた。
- (II) 足場の点検を行う際は、あらかじめ点検者を指名することが義務付けられた。
- (III) 足場の組立て、一部解体、変更等の後の足場の

- ①足場を設ける箇所の全部又は一部に撤去が困難な障害物があり、建地を2本設置することが困難なとき。
- ②建築物の外面の形状が複雑で、1メートル未満ごとに当該足場に隅角部を設ける必要があるとき。
- ③屋根等に足場を設けるとき等、足場を設ける床面に著しい傾斜、凹凸等があり、建地を2本設置することが困難なとき。
- ④本足場を使用することにより建築物等と足場の作業床との間隔が広くなり、墜落・転落のリスクが高まる時。なお、足場の使用に当たっては、建築物等と足場の作業床との間隔は30センチメートル以内とすることが望ましいものである。

なお、足場を設ける箇所の一部に撤去が困難な障害物があるとき等において、建地の一部を1本とする場合は、足場の動揺や倒壊を防止するのに十分な強度を有する構造とする必要がある。

(2) 足場の点検時の点検者の指名について

令和5年10月1日以降、足場の点検を行う際は、あらかじめ点検者を指名する必要がある。

(a) 指名の方法

点検者の指名は、「書面で伝達」、「朝礼等に際し口頭で伝達」、「メール、電話等で伝達」、「あらかじめ点検者の指名順を決めてその順番を伝達」等、点検者自らが点検者であるという認識を持ち、責任を持って点検ができる方法で行う必要がある。

(b) 点検者等について

事業者又は注文者が行う足場の組立て、一部解体または一部変更等の後の点検は、

- ①足場の組立て等作業主任者であって、足場の組立て等作業主任者能力向上教育を受講した者。
- ②労働安全コンサルタント（試験の区分が土木または建築である者）等労働安全衛生法第88条に基づく足場の設置等の届出に係る「計画作成参画者」に必要な資格を有する者。
- ③全国仮設事案全事業協同組合が行う「仮設安全監理

者資格取得講習」を受講した者。

- ④建設業労働災害防止協会が行う「施工管理者等のための足場点検実務研修」を受講した者等十分な知識・経験を有する者を指名することが適切である。また、「足場等の種類別点検チェックリスト」を活用することが望ましいものである。

(3) 点検者の氏名の記録・保存の義務付けについて
令和5年10月1日以降、事業者又は注文者が行う足場の組立て、一部解体又は一部変更等の後の点検後に、(2)で指名した点検者の氏名を記録及び保存する必要がある。

足場の点検後の記録及び保存に当たっては、「足場等の種類別点検チェックリスト」を活用することが望ましいものである。

5. おわりに

今後も、職人基本法や基本計画に基づき、関係省庁や建設業団体等とも連携しながら、建設工事従事者の安全及び健康の確保に関する取組を推進していくため、建設関係者におかれては御理解いただくとともに、施策の推進に御協力いただきたい。

JICMA

【筆者紹介】

高松 達朗（たかまつ たつろう）
厚生労働省 労働基準局 安全衛生部 安全課
建設安全対策室
技術審査官



木下 誠一（きのした せいいち）
国土交通省 不動産・建設経済局 建設市場整備課
専門工事業・建設関連業振興室
企画専門官



行政情報

建設機械の安全装置に関する技術 (NETIS テーマ設定型) の取り組み

能 登 眞 澄

近畿地方整備局では「公共工事における新技術活用システム (NETIS)」におけるテーマ設定型 (技術公募) の活用方式により、「建設機械の安全装置に関する技術」の技術テーマを取り組んでいるところであり、現在までに「ドラグ・ショベル」及び「ローラ (ロードローラ)」の技術比較表を公表した。現在は「ブルドーザ」「ホイールローダ (トラクターショベル)」に適用する技術の技術比較表を作成のため、現場実証試験を実施中である。本稿では、建設機械の物体検知及び衝突リスク低減に関する技術についてのリクワイヤメント設定、試験方法設定、現場実証試験及び技術比較表作成等について紹介する。

キーワード：建設機械、リスク低減、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

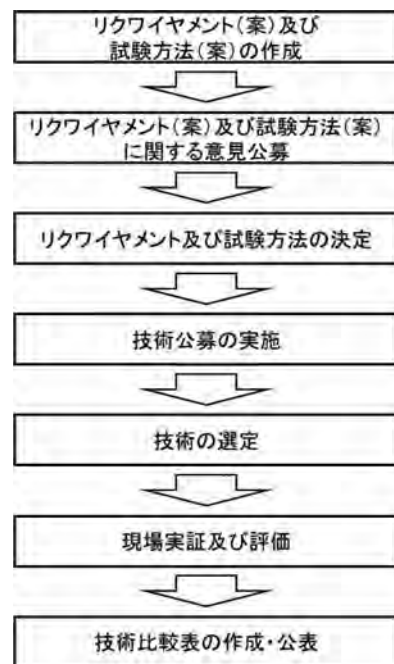
1. はじめに

公共工事における新技術の活用については、比較検討が困難などの理由により現場で活用されていないケースが見受けられる。これらは、評価項目や方法が開発者毎にばらつきがあり、使用目的にあった最適な新技術を選定することが難しく、比較検討のための評価項目・方法の統一が課題となっているからである。これらのばらつきへの対応として、国土交通省ではNETIS テーマ設定型を活用し、現場ニーズや行政ニーズを踏まえ設定した技術テーマについて、技術公募し、統一した評価項目・方法で試験し比較表を作成することで、現場での技術選定が可能となる新技術の活用促進に取り組んでいる。

今回、テーマ設定型として「建設機械の安全装置に関する技術」を技術テーマとした新技術活用促進に取り組んでいるので紹介を行う。

2. テーマ設定型について

テーマ設定型は「公共工事における新技術活用システム」に基づき、技術テーマに関してのリクワイヤメント・試験方法の作成、技術の公募、現場実証試験及び評価、技術比較表の作成・公表を行うものである (図一1)。その公表した「技術比較表」を発注者・施工者が工法選定等において利用することで最適な技術の選定に役立て、工事で技術活用を行うことで新技術活用を促進するものである。より実現場に即した技術比



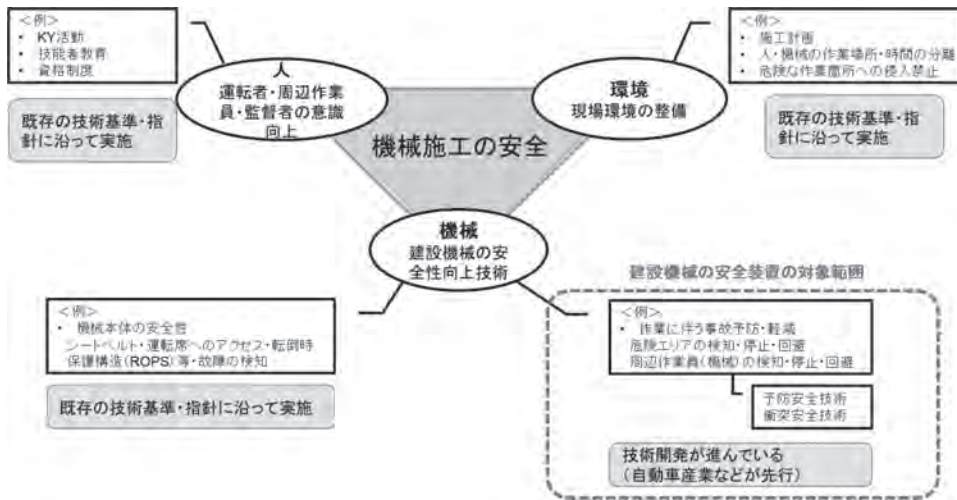
図一1 テーマ設定型の取組フロー

較表とするため、リクワイヤメント (評価指標、要求水準、試験方法等) の設定、現場実証試験及び評価が重要となる。これらの項目については有識者会議での審議や一般への意見公募を行い決定することになっている。

3. 技術テーマにおける評価対象範囲の設定

(1) 技術テーマの位置付けの整理

建設機械施工における安全確保は、多様な現場環境



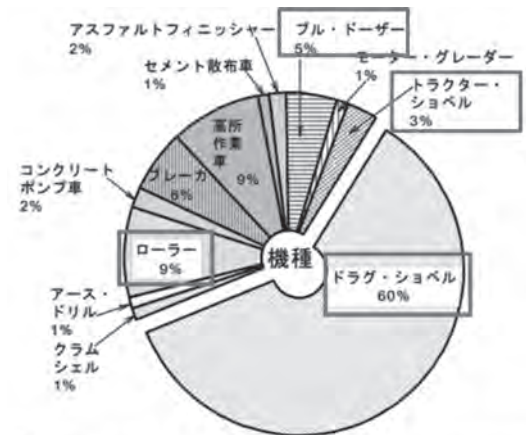
図一 2 安全装置の対象範囲

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な視点での整理が必要である（図一 2）。今回の技術テーマが「建設機械の安全装置に関する技術」であることから，建設機械における安全性向上技術を活用した「建設機械作業における事故防止・軽減を支援する技術」として位置付けた。

「建設機械の安全装置」については，建設機械本体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」という範囲に着目し検討を行った。

(2) 対象とする機種及び事故低減機能

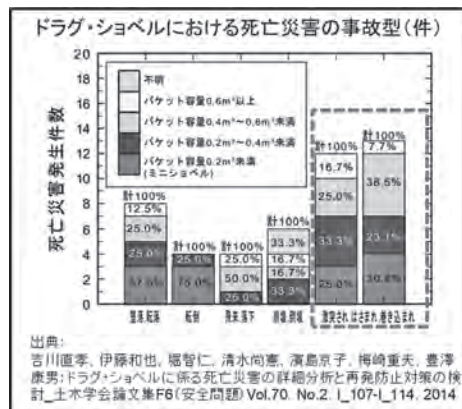
建設機械作業による事故件数とその要因において，建設機械等の死亡事故の機種は，ドラグ・ショベル（バックホウ等のベースとなる機械の呼称）が60%で最も多く，2番目に多い機種として，ローラ，高所作業車がそれぞれ9%，ブルドーザ5%，トラクターショベル3%との報告がある（図一 3）。最も死亡事故が多い機種であるドラグ・ショベルにて多い事故の型を



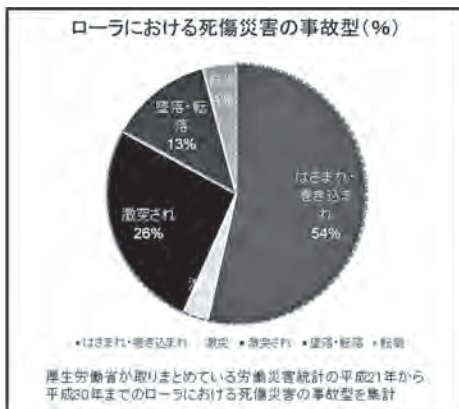
出典：吉川直幸、伊藤和也、堀智仁、清水尚憲、濱島京子、梅崎重夫、豊澤康男：ドラグ・ショベルに係る死亡災害の詳細分析と再発防止対策の検討「土木学会論文集F6(安全問題) Vol.70, No.2, L_107-L_114, 2014

図一 3 建設機械等による死亡災害の機種ごとの割合

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）。これらの建設機械に関する死亡事故が多い理由としては，同じ現場内で建設機械と人が作業を行うことが多いこと，また，作業が同時期に輻輳する作業があることが要因として考えられる。



出典：吉川直幸、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, L_107-L_114, 2014



図一 4 対象機種の事故型

これらのことから、対象機械を「ドラグ・ショベル」「ローラ」「ブルドーザ」「ホイールローダ（トラクターショベル）」とし、対象事故については建設機械と周辺作業員で生じる「はさまれ・巻き込まれ」及び「激突され」の事故発生の低減を技術に求めるものとした。この技術は建設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・停止を行うことで機能を発揮するものとした。技術比較表の作成については、事故発生が多い「ドラグ・ショベル」「ローラ」を先に行い、その後に「ブルドーザ」「ホイールローダ」を行うものとした。

4. リクワイヤメントの設定

(1) 既存技術の調査

建設機械と周辺作業員との事故防止・軽減を今回の技術テーマの対象とすることから、周辺作業員が建設機械の可動範囲に近づいた際に機械運転者に対し、注意喚起や操作・動作介入を行う安全装置について整理した。

既存の安全装置における検知方法は、IC タグ等を取り付けた作業員を検知する方法、カメラやレーザーセンサなどで障害物・周辺作業員を検知する方法の大きく2つに分類できる。

IC タグの検知技術は、物体を特定したい場合に有効となるが、検知するためにはタグを持つことが必須となる。カメラやレーザーでの検知技術は、タグを所持していなくても、センサ認識条件（レーザー設置高さや距離等）に該当する物体は全て検知することが可能となる。既に多くの技術があり、近年は各種センサを組み合わせ、物体を特定（人の識別）する技術が増加している。

(2) 施工者へのヒアリング

施工者の視点から建設機械における安全装置に関する要望や意見を確認するためにゼネコン2社にヒアリングを実施し、主な意見は以下のとおりである。

- ・バックホウ、ローラの事故が多いと認識している
- ・バックホウの動き始めの事故が多い
- ・人と物を別々に認識できなければ狭隘な施工箇所や人以外の障害物が常時存在する現場では効率的に作業できない
- ・現場においてしゃがんでいる人の事故率が高く検知が難しい
- ・大きい現場では人数が多く、持ち帰られる可能性があることからIC タグを全員に渡す事は難しい

これらのヒアリングの意見を受けて、ユースケースを機械の始動時に設定した。また、リクワイヤメントの項目に機械との接触の可能性がある範囲に周辺作業員がいる場合に、それを検知し警告する機能や、動き出さない機能、人を識別する機能を反映させることとした。

(3) 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、有識者会議で審議していただき、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社から意見があった。主な意見としては、「建設現場は多様な条件がある中、今回の試験方法では安全装置の性能の判断はできない」「安全装置」という表現では誤った認識を与えてしまう。「衝突を低減する運転操作補助装置」と表現することが望ましい」「開発業者が多様な現場条件を考慮しニーズを分析した検知領域を設定していることから検知領域を指定するのは現場ニーズを考慮した技術開発を阻害する可能性がある」などがあった。

これらの意見を受けて、技術テーマ「建設機械に関する安全装置」の副題として「建設機械の物体検知及び衝突リスク低減に関する技術」を設定した。また、開発業者の考える開発コンセプトやユーザーのニーズを阻害しないよう評価領域は定めず、開発業者が設定する物体・人を検知し、衝突リスクの低減機能の提供領域を確認する試験方法に修正した。

修正したリクワイヤメント及び試験方法は有識者会議の確認、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を行い、意見公募結果に対する回答とともに、リクワイヤメント、試験方法及び評価方法を国土交通省 HP 及び近畿地方整備局 HP 等にて一般に公表した。

(4) リクワイヤメント及び試験方法

一般に公表したリクワイヤメント及び試験方法は以下のとおりである。

(a) 基本機能に対する評価

建設機械の作業の開始時または再開時において、物体と人と建設機械の衝突危険性がある場合に、警告または建設機械停止できる技術を4ついずれかに区分に分け評価することとした。

- 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

各社が設定している基本機能の提供領域を評価範囲として設定し、被検体は人の直立姿勢と屈み姿勢の両姿勢を用いて危険検知領域を測定した。

試験方法は、ドラグ・ショベルは建設機械の旋回中心、ローラ、ブルドーザ、ホイールローダの場合は建設機械の中心に正対となるように50cm間隔のグリッドを設定し、そのグリッド毎に静止させた被検体として直立姿勢の人形体、屈み姿勢の人形体を置き、機能提供領域全てのグリッドで検知の有無を実施した。確実に検知することを確認するため、確認は2回実施し2回とも検知で検知ありとした。試験結果は直立姿勢の検知領域図、屈み姿勢の検知領域図と、直立姿勢と屈み姿勢の両方の検知領域図の3種類の検知領域図で整理をした。

(c) 人(人形体)の識別率の評価

被検体は非人形体(人形体と同じ高さの円柱体)を用い、直立姿勢の人形体の検知グリッドにおいて、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、2回とも非人形体を人形体として識別しないグリッドの領域を人識別領域とし、人の識別率を算出した。

- (d) 建設機械の適用機種
建設機械の適用機種は死亡事故が多い又は作業現場で多く使用されている以下の規格とした。

- (1) ドラグ・ショベル：バケット 容量山積 0.8 m³ (平積 0.6 m³) 級
- (2) ローラ：タイヤローラ 運転質量 8～20 t 級
- (3) ブルドーザ：10 t 級未満
- (4) ホイールローダ：標準バケット容量(山積) 3.6 m³ 未満

以上で説明したリクワイヤメントと試験方法について表-1に示す。

5. 技術公募及び現場実証試験

(1) 技術公募及び公表

ドラグ・ショベル及びローラの技術公募の結果はあわせて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-2のとおりである。また、ブルドーザ及びホイールローダの技術公募の結果は4社から6技術の応募があり、ブルドーザ2技術、ホイールローダ4技術となった。選定技術の一覧表(令和5年3月17日)は表-3のとおりである。

表-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 ²)、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 ²)、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 ²)、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 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	応募者の申請と、試験時の確認	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(m²)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。

表一 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-190118-A
9	KomVision	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	HK-120001-VE
4	緊急ブレーキ装置	HK-180024-A
5	衝突被害軽減アシスト装置搭載の韓国機械	今後登録予定

表一 選定技術（試験実施対象技術）一覧表（令和5年3月17日公表）

技術テーマ：「建設機械の安全装置に関する技術」～建設機械の物体検知及び衝突リスク低減に関する技術～

対象機種：ブルドーザ

番号	技術名称	NETIS番号	応募者
1	重機取付型 セーフティカメラシステム「ドボレコ」	KX-210060-A	株式会社ザクティ
2	建設機械等接触防止システム「ナクシデント」	登録申請手続き中	株式会社カナモト

対象機種：ホイールローダ

番号	技術名称	NETIS番号	応募者
1	重機取付型 セーフティカメラシステム「ドボレコ」	KX-210060-A	株式会社ザクティ
2	「安全くん（重機用安全補助装置）」用緊急停止装置（仮）	今後登録予定	西尾レントール株式会社
3	建設機械等接触防止システム「ナクシデント」	登録申請手続き中	株式会社カナモト
4	衝突検知警報システム	今後登録予定	株式会社小松製作所

(2) 現場実証試験

現場実証試験は、ヘルメット及び安全ベストを装着した直立姿勢の被検人形体（高さ173cmウレタン素材の直立マネキン）、屈み姿勢の被検人形体（高さ90cmウレタン素材の屈みマネキン）、と被検非人形体（高さ173cm、幅45cm発泡スチロール性の円柱体）を使用し、試験の流れは環境条件の測定（開始時）、被検人形体直立試験（2回）、被検人形体屈み試験（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。50cm間隔のグリッドの全てで検知有無の測定になることから検知確認作業数が非常に多くなったが、詳細な記録が取得できた。

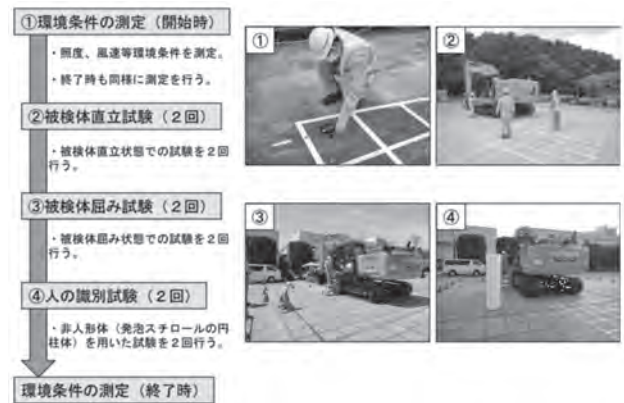
6. 技術比較表の作成・公表

(1) 技術比較表の公表における留意事項

技術比較表には現場実証試験結果に加え、応募者からヒアリングを行い整理した基本情報、基本機能の使用条件や、実施の試験を行った試験条件、試験内容・状況も記載した。これは公表する内容があくまで試験時の条件によるもので、実現場においては建設機械の



図一5 現場実証試験に使用した被検体



図一6 現場実証試験の流れ

種類や規格・取り付け位置・取り付け方法、環境状況（逆行・悪天候など）によって変化する。また、リスクアセスメント結果及び残留リスク情報も参考資料として公表しており、現場条件と照らし合わせて適切な安全管理を行うための資料として利用できるようにした。

これらの公表資料は技術評価表をそのまま用いるのではなく参考情報として取扱い、現場の条件や目的に応じて選択できるようにした。

(2) 技術比較表の公表

はじめに技術公募を実施したドラグ・ショベルとローラについて、公表した基本機能毎の技術数は表一4のとおりである。ローラについては建設機械の進行方向に物体があっては作業の障害になることから物体検知のみの機能で人を識別する機能を持つ技術はな

表一 4 基本機能区分別技術数

基本機能区分	ドラグ・ショベル	ローラ
①物体検知+警告機能	1技術	1技術
②物体検知+人の識別+警告機能	3技術	
③物体検知+警告機能 +衝突リスク低減機能		4技術
④物体検知+人の識別 +警告機能+衝突リスク低減機能	8技術	

かった。ドラグ・ショベルについては12技術中11技術が人の識別する機能を有していた。

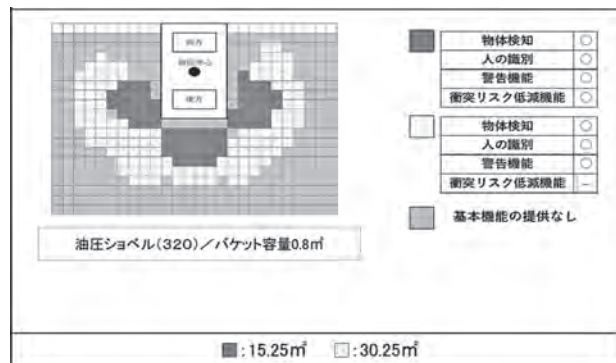
建設機械への安全装置の搭載方法は建設機械製造者が製造段階で搭載する場合と一般の建設機械に後から搭載する場合があります。後から搭載する場合は、型式等により搭載の制限はないが搭載条件を満たせば建設機械全般に取り付けることができる。

物体検知に利用するセンサシステムはカメラによる映像取得や、レーダーセンサ、赤外線センサ、超音波センサによる反射波取得、ICタグの磁気情報の取得などがあつた。人の識別方法ではカメラ方式は画像により識別するもので、作業着やヘルメット等の色が背景と同化しないように調整する技術や、ラーニング機能を持つ技術が見られた。レーダーセンサ方式は安全ベストの反射率の変化から人を識別するものであり安全ベストの着用が必須であつた。

警告機能と衝突リスク機能がある技術は人を検知した場合、機械から比較的離れた領域で警告機能が作動し始め、機械近傍の領域になると衝突リスク低減機能が働くものがほとんどであつた。

検知領域は応募者が設定する領域を示すものであり、領域のひろさが技術の優位を示すものではなく現場条件に応じた選定ができるように、試験結果の検知領域図(図一7)を技術比較表に記載した。

なお、「建設機械の安全装置に関する技術(建設機械作業における事故防止・軽減を支援する技術)」の



図一 7 検知領域図

技術比較表は、NETIS ホームページの「テーマ設定型の比較表」(<https://www.netis.mlit.go.jp/netis/pubtheme/themesettings>)にて公表している。

7. おわりに

現在はドラグ・ショベル、ローラの次に事故が多いブルドーザ、ホイールローダについて、技術比較表の作成に向けての現場実証試験(ブルドーザ2技術、ホイールローダ4技術)を実施しているところであり、今後は技術比較表の公表を行っていく予定である。

今回の技術テーマにおける技術比較表は、建設機械と周辺作業員の衝突リスク軽減技術の参考情報として公表するものであり、それぞれの現場条件にあつた技術の選定支援に活用できるものである。今回取りまとめた技術比較表を多くの方に活用していただき、少しでも事故発生の低減に寄与できればと考える。

JICMA

[筆者紹介]
能登 眞澄(のと ますみ)
国土交通省 近畿地方整備局
企画部 建設専門官

AI を活用したクレーン自動操縦技術の研究

神田 真輔

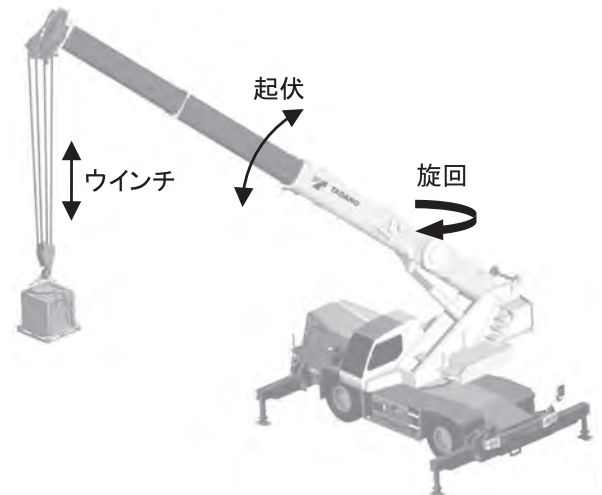
近年、建設就業者の減少と高齢化が、建設現場の安全性と生産性を確保する上で大きな問題になりつつあり、移動式クレーン（以下、クレーン）を自在に操作できる熟練オペレータの減少も同様である。このような状況の中で、クレーンをより簡単に操作するための技術開発は重要である。本稿では、現在取り組んでいる「AIを活用したクレーン自動操縦技術の研究」について、sim2realでの開発に取り組んだ経緯と学習環境の概要、実用化に向けた今後の課題について紹介する。

キーワード：クレーン、ラフテレーン、AI、自動操縦、シミュレーション、強化学習、モデルベース制御

1. はじめに

一般的にクレーンの操縦は、建設機械の中でも特に難しいとされている。その要因の1つに、振り子状態のフックやブームと呼ばれる長尺構造物に、オペレータが意図していない振動が発生することが挙げられる。これまでも振動を抑制するための機能が開発されてきたが、それらの機能は特定の条件下で機能するものが多い。故に、安全で効率的な吊荷の搬送作業は、依然としてクレーン操縦者の技量に頼って行われているのが実状である。

今回、この課題に対して近年目覚ましい進化を遂げているAI技術を適用することで一定の成果が得られたので、その活動について記載する。



図一 クレーンの動作

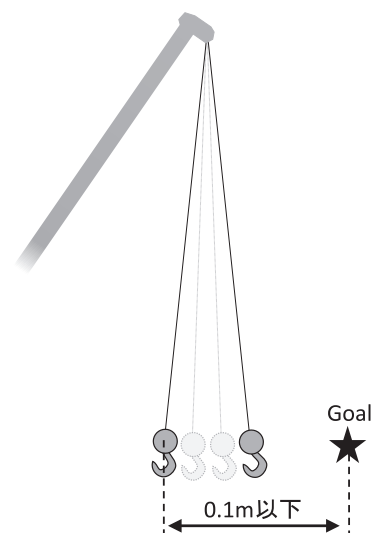
2. 開発目標とこれまでの経緯

(1) 開発目標

自動操縦技術の開発目標は、熟練オペレータと同等の速さで、目標位置までフックを移動させることとした。

図一にクレーンの動作軸の説明図を示す。移動式クレーンの場合、多くの作業は旋回／起伏／ウインチの動作を併用して行われる。この3つの動作をAIにコントロールさせることで目標位置にフックを移動させる。

図二に開発目標の概略図を示す。位置決め精度の目標は、Goalから誤差0.1m以下の範囲にフックを移動することとした。この誤差には、荷揺れによる位



図二 開発目標の概略図

置ズレを含む。また、吊荷移動速度の目標は、熟練オペレータの操縦データをもとに、移動量ごとの制限時間として定めた。

(2) これまでの経緯

本研究において「AIにクレーンの操縦をどのように学習させるか」について、試行錯誤を行ってきた。本節では現在の手法をとるに至った経緯(表一)について述べる。

(a) Phase1 実機を用いた学習

研究の初期段階においては、AIに実際のクレーンを繰り返し操縦させ、学習を試みた(写真一)。AIの初期モデルに用いたのは、熟練者のオペレーションデータを教師データとして学習させた学習済みモデルである。

実機での学習では、AIの学習によって操縦の成績が向上することが確認できた。しかしながら、学習途中のAIは急操作や大きく吊荷を揺らす操作を行うことがあったため、動作中の実機を監視する人員が必要となり学習コストが高かった。また、大きなクレーンを何十台も学習用に用意するわけにもいかず、試行回数を十分に確保できなかった。結果的に、姿勢条件の多いクレーンにおいて、網羅的に良い制御結果が得られるまでには至らなかった。

(b) Phase2 sim2realの取り組み

クレーン実機の代わりに簡易なシミュレータを作成し、sim2real(仮想空間での学習した方策を現実に移させる手法)での強化学習を試みた。ここでの簡易なシミュレータとは、振り子の運動方程式による数値シミュレーションのみを行う、油圧系の非線形性やブームの撓みを考慮していないシミュレータである。このシミュレータを用いた学習によって、AIにシミュレータ上のクレーンをうまく操縦させることができるようになった。しかしながら、学習を終えたAIは、実環境のクレーンをうまく操縦することが出来なかつ



写真一 実機での学習の様子

た。つまり、sim2realの失敗である。

(c) Phase3 シミュレータの精緻化

sim2realの失敗を受けて、より実機に近いシミュレータ環境を構築すべく、シミュレータの精緻化に取り組んだ(図一)。精緻化については、3章1節に記載する。

ところが、精緻化を施したシミュレータにおいては、AIの学習が進まなくなってしまった。



図一 シミュレーションの様子

表一 開発の経緯

Phase	AIモデル	学習環境	学習結果	実機評価
1	モデルフリー型 強化学習	実機	× 〔危険 学習回数不足〕	×
2	↑	簡易 シミュレーション	○	× 〔シミュレータと実 機の差が大きい〕
3	↑	精緻化した シミュレーション	× 〔学習が進まない〕	-
4	モデルベース型 強化学習	↑	○	△ 〔成功率 15 ~ 60%〕

(d) Phase4 モデルベース制御に基づいた方策

精緻化したシミュレータでの学習を進めるため、制御方策を再度検討した。そして、いくつかの方策を試す中で、モデルベース制御に基づいた方策を用いた強化学習によって学習を進めることができた。この概要については、3章2節に記載する。

こうして得られたAIコントローラは、実環境においてもうまくクレーンを操縦することができた。シミュレータの精緻化とモデルベース型の方策の採用によって、sim2realを成功させることができた。

3. シミュレータと学習方法の改善

(1) シミュレータの精緻化

実機のクレーンにおける操縦の難しさを仮想空間で再現するために、シミュレータを精緻化した。この取り組みにより、実機を制御することができるロバストなコントローラを獲得できたと考える。以下に効果の大きかった3つの取り組みについて記載する。

(a) 油圧系の非線形性を再現

小型で大出力であるため、多くの重機に採用されている油圧機器であるが、作動油の温度やバルブの特性に起因した非線形性を持つ。この非線形な挙動をシミュレータで再現するために、圧力と流量の運動方程式による数値シミュレーションを行った。図-4に、旋回油圧システムのモデル化の例を示す。図-5は、同じ旋回レバー操作を入力した際の旋回速度を比較した結果である。図-5から、油圧系のモデル化を行ったシミュレーションは、慣性や摩擦によって生じる速度変動が実機に近い挙動で再現されていることが分かる。

(b) 構造物の変形を再現

クレーンブームの変形を簡単なばねマスモデルで固定することで、計算負荷の少ない撓みモデルを作成した。図-6にブームの撓みモデルの有無が学習結果

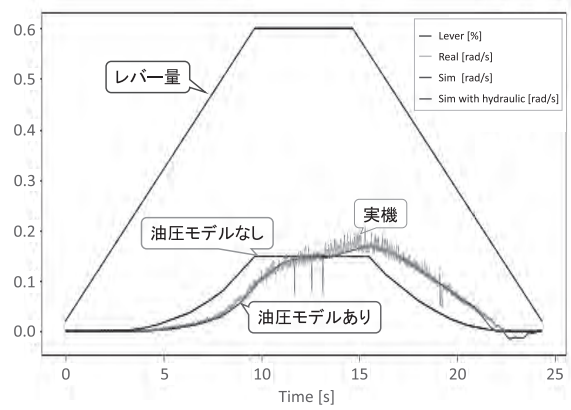
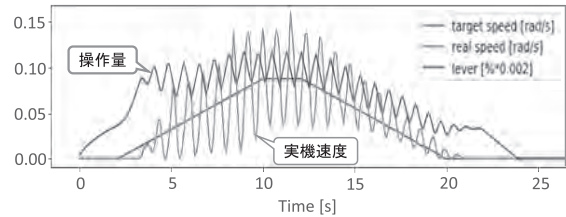


図-5 シミュレーションと実機の比較

撓みモデルがないシミュレータで学習した結果



撓みモデルがあるシミュレータで学習した結果

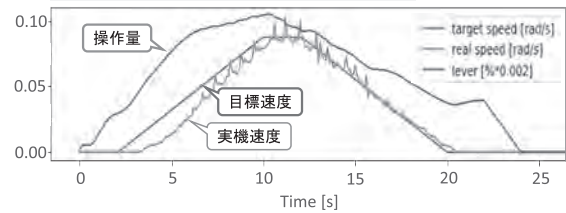


図-6 ブームたわみモデルが学習に及ぼす影響

に及ぼす影響を示す。撓みモデルがないシミュレータで学習した場合、学習したコントローラが実機を制御した際にブームが振動する挙動が見られた(図-6の上段)。一方で、撓みモデルがあるシミュレータで学習した場合には、振動的な挙動が発生しなかった(図-6の下段)。この結果から、学習環境にクレーンブームの撓みを再現することは、sim2realを成功させる上で重要な要因といえる。

(c) 機械の個体差や環境変化への対応

作動油の温度やクレーンの製造誤差による機体差など、実際の機械にはコントロールしきれないばらつきが存在する。これらのばらつきへのロバスト性を確保するために、ドメインランダムマイゼーションを行った。学習時に油圧モデルや機械モデルのパラメータに対して、実機が持つばらつきよりも広い範囲でランダムサンプリングする。図-7に、繰り返し同じ旋回操作を行ったときのシミュレーション(破線)と実機(実線)の旋回動作の結果を示す。ドメインランダムマイゼーションによって、学習に使用したシミュレータがクレーン実機の挙動を包含できていることが分かる。

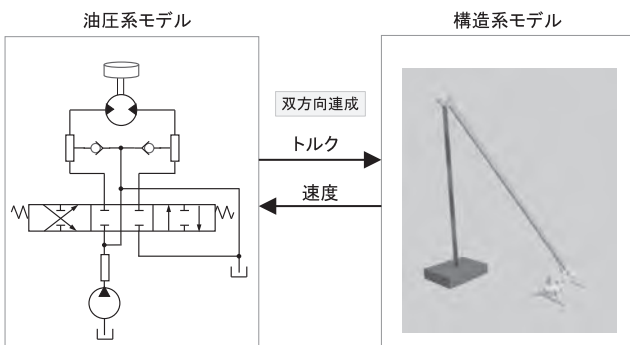
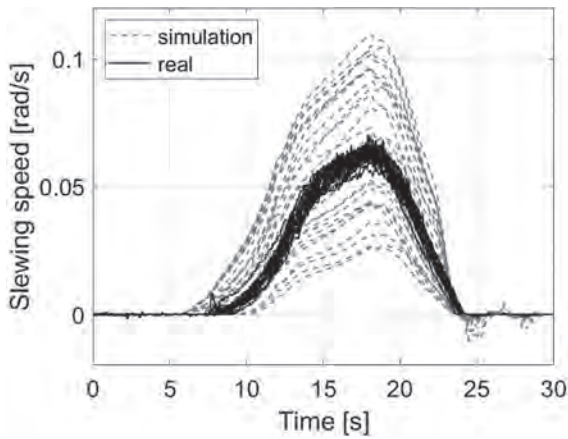


図-4 旋回油圧システムのモデル化

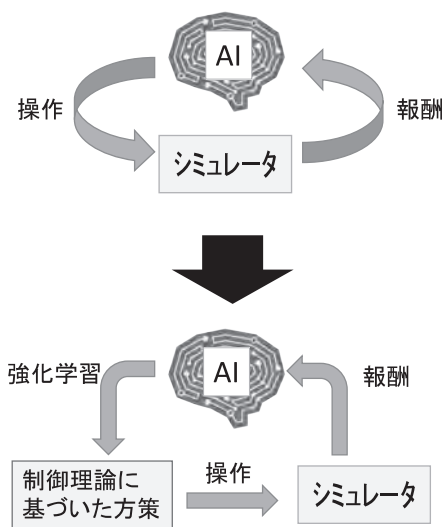


図一七 ドメインランダムマイゼーションの効果

(2) モデルベース型強化学習の採用

精緻化を施したシミュレータ環境では、ディープニューラルネット（以下 DNN）を主とした AI モデルでは、学習を進めることができなかった。この要因として、精緻化やドメインランダムマイゼーションを施したクレーンの動的なモデルを DNN が獲得できなかったことが考えられる。

この状況を踏まえて、モデルベース制御に基づいた方策を用い、強化学習を実施した（図一八）。つまり、方策の最適化をすべて学習によって行うのではなく、設計したモデルと制御理論に基づいた方策を骨組として利用したうえで、強化学習による最適化を進める手法を採用した。これにより、精緻化したシミュレータにおいて AI の学習を進ませることができた。

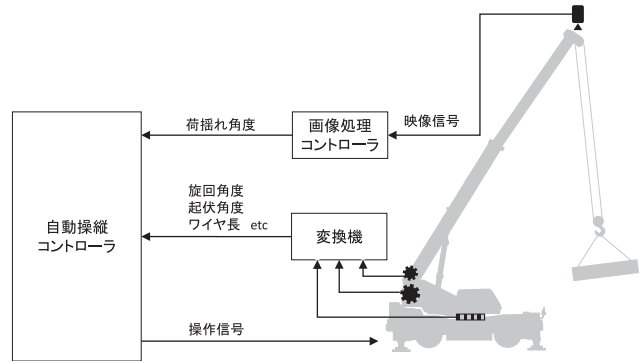


図一八 モデルベース型強化学習の概要

4. 実機を用いた制御性能の検証

(1) 機器構成

図一九に実機制御時の機器構成を示す。クレーンのフックの揺れ量は、ブーム先端に取り付けたカメラから得られる映像を画像処理することで計測した。実験初期段階では GNSS やトータルステーションといった測量機器を使用してフックの揺れ量を計測していた。ただ、これらの測量機器は、計測精度が優れている一方で、実現場では運用が難しい場面や周囲の環境によっては使用できない条件がある。このため、クレーンに搭載可能なカメラでの計測で制御を行えるように機器構成を改良した。他のクレーンの姿勢情報としては、既存のセンサ群から得られる計測値を利用している。

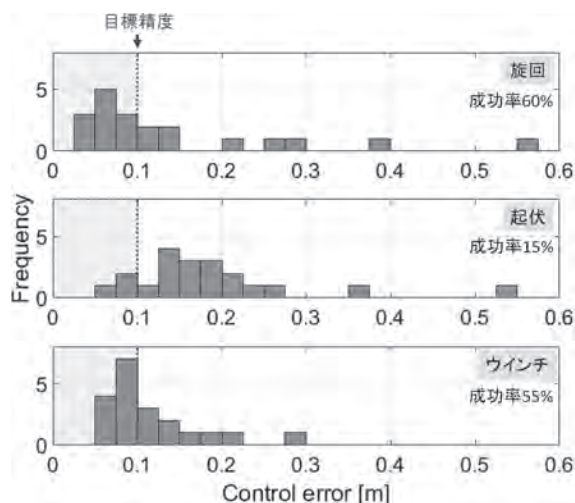


図一九 機器構成

(2) 搬送精度と残留揺れの評価

実機にて、吊荷搬送精度の評価試験を実施した。試験では、オペレータが吊荷の搬送先を入力したのち、AI が旋回・起伏・ウインチを併用操作して、目標位置に吊荷を移動させた。図一十は、クレーンの姿勢条件を変えて繰り返し制御した結果 (n=20) であり、各動作方向の制御誤差の分布を示す。図中の斜線部は、開発目標に設定した制御精度の範囲（荷揺れを含む誤差 0.1 m 以下）を示す。

結果として、AI による操縦で危険を伴うような荷揺れを発生させることなく目標位置周辺へ位置決めすることができた。一方で、図一十を見るとわかるように、開発目標を満足する結果を得るには至っていない。旋回とウインチに関しては成功率が 50% 以上であるが、風等の外乱が入った場合には、位置決め誤差や揺れが残った。起伏方向の成功率は 15% と低い結果であり、コントローラの見直しが必要である。起伏方向は、ブームの撓みの影響を受けやすいため、制御精度が低下したと考える。開発目標の制御精度を実現することは、今後の課題である。



図一 10 制御の結果

(3) 実用化に向けた課題

目標の位置に吊荷を搬送する自動操縦に関しては一定の成果が得られたが、現状の作業現場にて有効な機能とするためには課題がある。すでに述べた制御精度の改善に加えて、その他3つの課題を以下に記す。

①制御の安定性の補償

今回紹介したコントローラは部分的にDNNを使用しておりブラックボックスである。このため、制御時の安定性を理論的に補償することは現時点では難しい。安定性を制御器外部から監視し、危険を察知して停止をさせるといった安全機能の開発が必要である。

②クレーン動作時の安全の確保

現状のコントローラは、周囲の構造物との接触を回避する機能やクレーンの性能を加味した搬送経路を生成できる機能を有していない。実現場で利用するには、最適な搬送経路のプランニングや移動体の回避をする機能の開発が必要である。

③簡単なインターフェースの設計

吊荷を揺らさない制御技術をオペレータに利用してもらうには、簡単な操作で機能を使用できるようにしなければならない。例えば、荷を揺らしてしまったときに自動で揺れ止めをする機能や、揺らさずに自動停止する機能への適用を進める必要がある。

5. おわりに

今回紹介した自動操縦技術は、クレーンオペレータをお役御免とするものではない。クレーンオペレータは、現場の作業の流れや作業員の意図をくみ取りつつ、常に周囲の状況を把握して最良のオペレーションを行っている。紹介した自動操縦技術を現場で活用するには、クレーンオペレータの高度な判断の上でうまく機能させることが重要である。現場のニーズに合った機能開発を進めて、建設現場の安全性と生産性の向上に貢献していきたい。

JCMA

《参考文献》

- 1) 計測と制御 13 卷 (1974) 10 号
「旋回クレーンの荷物の揺れ止め制御」土屋輝雄
- 2) NIKKEI Robotics NO.88 (2022 年 11 月)
「巨大クレーンの制御に強化学習」進藤智則

【筆者紹介】

神田 真輔 (かんだ しんすけ)
(株)タダノ
技術研究所 制御創造ユニット
アシスタントマネージャー



移動式クレーン Mastertech 7200G NEO

安全性向上機能の紹介

山 藤 千 明

2021年にMastertech 7000シリーズの新型クレーンとして、クレーンに関わるすべての人に簡単・安心・安全を提供する「ヒューマンコンセプト・クレーン」をコンセプトに進化させた、次世代クレーンMastertech 7200G NEOを発表した。当機は従来の200tクラスのボディで250tクラスのタワー能力を実現したコンパクト&ハイリフトな性能に加え、新たにオペレータアシスト機能を搭載した高機能・高性能なクレーンである。また安全性向上になるこだわりを随所に織り込み、安心・安全なクレーンとした。ここでは当機の安全性向上機能に特化して紹介する。

キーワード：移動式クレーン，安全，安心

1. はじめに

コベルコ建機(株)は、(株)神戸製鋼所の建設機械事業部門として事業を開始し、1999年10月1日にグループ会社として設立された。当社は油圧ショベル、環境リサイクル機械、移動式クレーンの開発、製造、販売ならびにサービスを行う建設機械メーカーである。クレーン部門ではつり上げ能力50~1,250トンまでのラチスブームクローラクレーン、つり上げ能力4.9~75トンまでのテレスコピッククローラクレーン、つり上げ能力65トンのラチスブームホイールクレーンなど幅広い機種をラインアップしている。近年の土木・建設現場における安全意識の高まりはもちろん、クレーン事故の報道もTV等で多く取り上げられ近隣住民の不安の解消も施主に求められつつある。さらに建設業界では高齢化の進行や若手作業員不足が顕著で、クレーン操作の技術伝承不足や経験の少ない未熟なオペレータが増えつつある。このような時代背景のもと、Mastertech 7000シリーズの環境性能を重視するコンセプトを継承しながら組立性の改善による安全性の大幅な向上はもとより、近隣住民の不安感を低減する新機能や、未熟なオペレータでも熟練者と変わらない操作を可能にするオペレータアシスト機能を搭載したクレーンに関わるすべての人に、簡単・安心・安全を提供できる商品を開発した。

2. 組立性

以下、4つのキーワードを念頭に、安全性が向上する構造や機能を搭載した。

- ①危険に遭遇するシーン自体の削減
吊位置の芯合わせを容易化し、余計な組立・分解作業自体を削減した。
- ②周囲安全を確保した作業の提供
ワイヤレスリモコンを採用し、操作者が周囲安全を確認しながら作業できるようにした。
- ③作業員の負担を軽減
重量物の持ち上げ作業廃止や、作業に必要な人力を軽量化し負担を軽減した。
- ④転倒や落下リスクを防ぎ、より安全な高所作業の提供
幅広ブーム上面足場やブーム上面手すりの2列化及び、安全に配慮した手すりを採用した。

(1) ウィンチレスボディ & ガントリクイックセット
当社超大型クローラクレーンSLシリーズで採用している下部ブーム・ガントリを取外すと重量物である全てのウィンチが本体から外れるウィンチレスボディ構造を採用した。これにより余計な作業が削減され従来機と比較して素早く簡単な組立・分解作業を可能とした(写真-1)。

また、ガントリ取り付け・取外の作業では、本体側に設けた組立ガイドにより固定用ピン穴芯合わせがアシストされるため素早く簡単に取り付け・取り外しができ、高所での人力による位置合わせ作業を削減し



写真-1 ウインチレスボディ

た。この作業自体も次に紹介するワイヤレスリモコンを使うことで周囲安全を確認しながら作業ができるようにした。

(2) 組立用ワイヤレスリモコン

組立用のワイヤレスリモコン（写真-2）に新機能操作を多く追加した（表-1）ことで、リモコン操作者自身が直接ピン穴の芯合わせを確認しながら挿入・拔出操作が可能になった。また、組立途中に旋回が必要になった場合（写真-3）でも、リモコン操作者が周囲の安全を確認しながら操作も可能とした。また下部フレームに専用の収納BOX（写真-4）を設けたことで高所に登る必要がなく安全な姿勢で、地面から取出・格納ができるようにした。



写真-2 ワイヤレスリモコン

表-1 ワイヤレスリモコン操作可能項目

継続機能	エンジン始動
	トランスリフタ(単独操作)
	クローラ取付けピン
新機能	トランスリフタ同時伸縮
	本体傾斜状態表示 オプション
	旋回
	ガントリーテンションメンバフットピン
	ガントリー起伏
	ブーム起伏
	ブームフットピン
旋回ロックピン	



写真-3 旋回操作風景



写真-4 収納BOX

(3) トランスリフタ

軽い人力でトランスリフタのシリンダを張出・格納作業を可能とした（写真-5）。

- ①シリンダのフロートを付けたままの輸送を可能としたことで、組立・分解作業時にフロートの取り付け・取外作業を不要とした。
- ②トランスリフタシリンダ張出・格納時のシリンダを跳ね上げる作業や、シリンダアームの回転作業を軽い力で収納・張出可能とした。

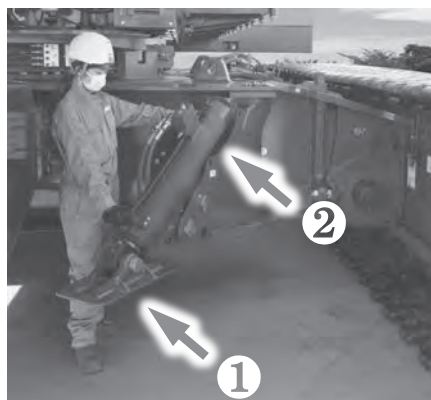
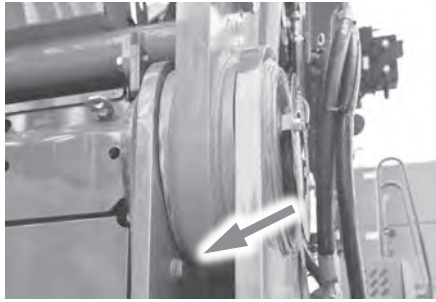


写真-5 トランスリフタ

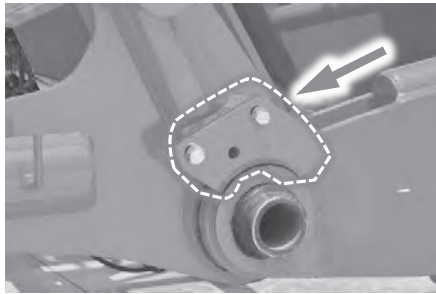
(4) 組立ガイド

①アタッチメント組立ガイド

各部材のフットピン部にガイド（写真-6～8）を設置し、高所での組立時の位置合わせ確認作業の容易化と、分解時ピンの抜取り時に部材の落下による挟まれなどを防ぎ、安全に作業できるようにした。



写真一六 下部ブームガイド



写真一七 下部ジブ組立ガイド



写真一八 ストラットガイド

②カウンタウエイト

周囲の作業者からも組立状況を確認できるよう各カウンタウエイトの外側に位置合わせを兼ねた目印の突起ガイドを設置したことで挟まれなどを防ぎ、安全に作業できるようにした（写真一九）。

(5) ブーム上面足場 & スタンション

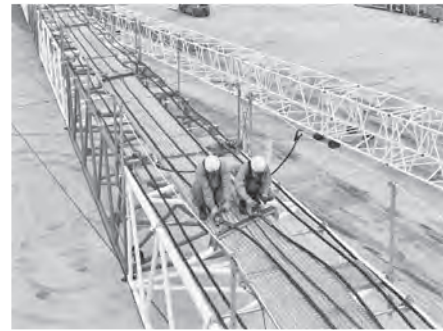
①従来機では 400 mm であったブーム上面足場幅を、



写真一九 カウンタウエイト

500 mm×2 幅 1,000 mm に拡大しブーム上での作業をより安全に実施できるようにした（写真一〇）。

②スタンションをブームの左右に設置することにより、ブーム上での作業者のすれ違いなど、実作業面での安全作業性が向上した。また、このスタンションはブーム上面からでも、地上からでも作業シーンに合わせて張出・格納作業が安全に作業できる構造とした（写真一一）。



写真一〇 ブーム上面での作業



写真一一 ブーム上面でのすれ違い

(6) 主補ワイヤロープ作業性向上

ワイヤロープの繰出・巻取作業は、主巻・補巻ウインチを下部ブーム上に設置した事によりブーム上での作業となるが、ドラム周囲に十分な足場（写真一二）を確保し安全に作業できる構造とし、ワイヤロープをドラムに固定する位置の開口部を大きくすること（写真一三）で作業性を向上し、安全にワイヤリング作



写真一二 ドラム周囲の足場

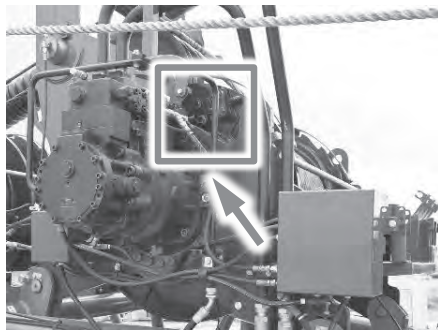


写真-13 ワイヤロープ固定作業の開口部

業ができるようにした。

(7) カウンタウエイト昇降用ラダー

作業時高所になる左右のカウンタウエイト組立・分解作業時に各段で使用できるラダーを新設（写真-14）。形状も作業者が昇降しやすいよう上部を広げるなど工夫し安全を確保した。このラダーの上部先端には安全帯を掛ける金具（写真-15）があるため従来機で最上段カウンタウエイトのみ設定のあった上面手すりを廃止した。



写真-14 カウンタウエイト昇降用ラダー

3. 輸送性

以下、2つのキーワードを念頭に、安全性が向上する構造や機能を設けた。

①危険に遭遇するシーン自体の削減

ウインチレスボディ採用、一体輸送（下部ブーム・タワーキャップ）を設定することで余計な組立・分解作業自体を削減した。

②高所作業の削減

一体輸送（タワーキャップ）を設定し、高所での組立・分解作業を削減した。

(1) 本体輸送

ウインチレスボディを採用することで、本体の輸送重量を軽量化しながら、輸送姿勢に素早く簡単に組立・分解ができるようにした（図-1）。従来機で必要だったウインチを本体から取外す作業が不要となるため作業時間短縮と、挟まれなど危険回避を可能とした。



写真-15 ラダー上部金具

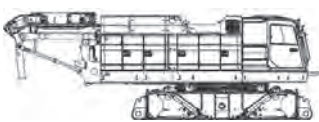
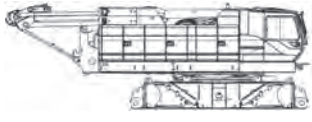
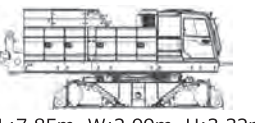

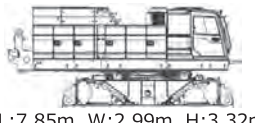
		新型機		従来機		
ガントリ付き		質量：38.4t			質量：41.2t	
		トランスリフト	○		トランスリフト	○
		サブフレーム	○		主・補ワイヤロープ	○
32t以下分解		質量：30.2t			質量：31.4t	
		トランスリフト	○		主・補ワイヤロープ	×
		サブフレーム	○		ブームロープ	×
30t以下分解		質量：29.8t				
		トランスリフト	○	主・補ドラム	○	
		サブフレーム	×	ブームドラム	○	

図-1 輸送分解姿勢表

(2) アタッチメント類一体輸送

① 下部ブーム+1.5m 中間ブーム一体輸送 (写真—16)

従来機ではジブ起伏スプレッドを取付けているブームは下部ブームの次につながる9.1m 中間ブームであったが、その9.1m 中間ブームをジブ起伏スプレッド取付け部(1.5m)で2分割し輸送時に下部ブームと接続して一体で輸送できるようにした。そのことにより組立・分解時にジブ起伏スプレッドに通っているワイヤロープの抜き取り作業を削減できるため、作業時間短縮と、ワイヤリング時の手指の挟まれなど危険回避を可能とした。



写真—16 下部ブーム+1.5m 中間ブーム一体輸送姿勢

② タワーキャップ一体輸送 (写真—17)

タワーキャップに下部ジブとストラットを取付けたまま輸送できるようにしたことで、従来機の組立ではジブフットピン挿入作業時に高所作業となっていたが、そのピン挿入作業自体を削減できるため作業時間短縮と、高所作業での作業員並びに部材の落下の危険回避を可能とした。



写真—17 タワーキャップ一体輸送姿勢

③ ガントリクイックセット輸送 (写真—18)

ブーム起伏ドラムをガントリに搭載した構造でブーム起伏スプレッドに起伏ワイヤロープを通したまま一体で輸送できるようにしたことでワイヤリング作業自体を削減した。このことにより従来機では必要だったワイヤロープの抜き取り作業時間短縮と、ワイヤリング時の手指の挟まれなど危険回避を可能とした。



写真—18 ガントリクイックセット輸送

4. オペレータアシスト機能

タワークレーンを運転する際に熟練技術を必要とする(1)タワー自立作業、(2)つり荷の水平移動、(3)組立時のスプレッド取付け作業、など各作業状態をクレーンがチェックしオペレータの操作をアシストする事により、若年オペレータの方でも熟練した運転操作が可能となり幅広く安全に稼働できるようにした。

(1) タワー自立アシスト機能

過去クローラクレーンではタワーアタッチメントの起立・降下作業中に多くの事象発生している。タワー起立・降下作業は周囲安全を確認しながら、複数レバーで交互操作を行いジブ起伏ロープのたるみを目視で確認し適度な張力を掛け続ける操作に加えて、タワーブームが垂直に起立した姿勢でラッチピンのロックや、解除ロープを手動で操作する必要があるなど、技量と経験を要する熟練操作であった。今回搭載したタワー自立アシスト機能は、起伏レバーのどちらか1つのレバーを操作するだけで、ジブ起伏ロープへ適度な張力が掛かった最適な状態で起立・降下作業を行いながら電動ラッチピンでロック・解除操作の制御を行うことができる。これにより技量や経験が少ない若年オペレータの方でも熟練者と変わらない安全な自立作業を可能とした(図—2)。

例) タワー起立時アシスト動作

タワー起立：最適なジブ起伏ロープ張力となるように制御しながらタワーブームを巻上

ラッチ開放：タワーブームが最適な角度と判断すると電動ラッチが作動しラッチを開放

ジブ起立：ラッチ開放を検出しジブの巻上
→ 作業開始姿勢

(2) つり荷水平移動アシスト機能

地上高数10m 等上空の建築物の上でオペレータが直接目で見えない位置で、安全につり荷を水平移動する場合に、合図者と意思疎通しながらつり荷を水平移

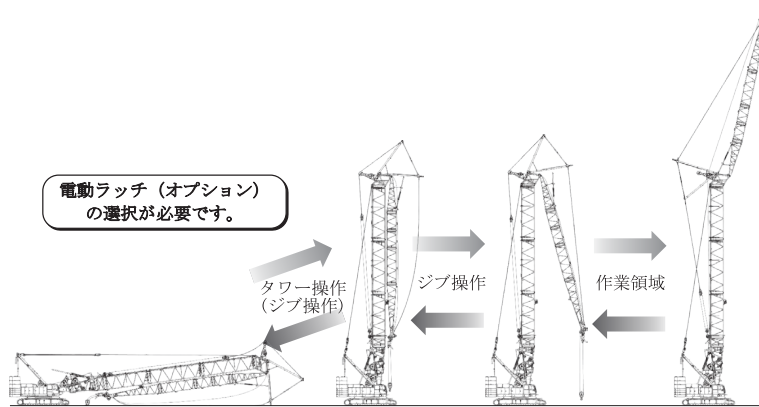


図-2 タワー起立アシスト操作

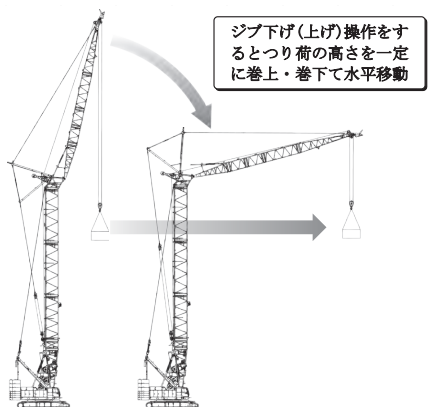


図-3 つり荷水平アシスト機能

動する場合に高度な操作技術が必要となるが、今回搭載したつり荷水平移動アシスト機能により、ジブ起伏操作レバー1本を操作するだけで安全なつり荷の水平移動を可能とした(図-3)。

(3) 起伏・ジブロープ繰出しアシスト機能

ガントリ構造の組立作業で細心の注意を払う作業として、タワースプレッドの伸ばし作業があるが、当アシスト機能を作動させることにより、ロープ繰出し操作の際に、最適な長さになる事の予報と警報を運転室内及び過負荷外部表示灯でその動きを発する事で、オペレータの方、組立用クレーンのオペレータの方、作業の方など周囲全ての方にクレーンの状態を示す機

能を搭載した。

なお、停止させると組立用クレーンとの動きに差が出ると危険であるため停止せず警報(アラーム)の発信とした(図-4)。

(4) K-JIB-CATCH (傾斜ジブキャッチ)

毎日の夕刻に休車姿勢とする際に、近隣の皆様からタワー角度90度にてジブを格納する作業に対する“見た目の安全性”を向上するために、タワー角度80度にてジブが格納出来るシステムを搭載した(図-5)。

5. オペレータの疲労軽減

長時間にわたり全方位の安全確認をし、全神経を研ぎ澄まして長時間の安全運転をされているオペレータの疲労軽減につながる運転室空間となるよう『視界性向上・快適性向上』し、一日中持続可能な集中力を保てるように快適な運転空間を実現した(写真-19)。

(1) 視界性向上

新型運転席では①上部クロスメンバを排除、②ワイパーモータ位置を下限化したことなどにより、足元から頭上まで遮るものがない視界性を確保。オペレータシートからの視野(目線高さ)は約28%拡大した(写真-20)。

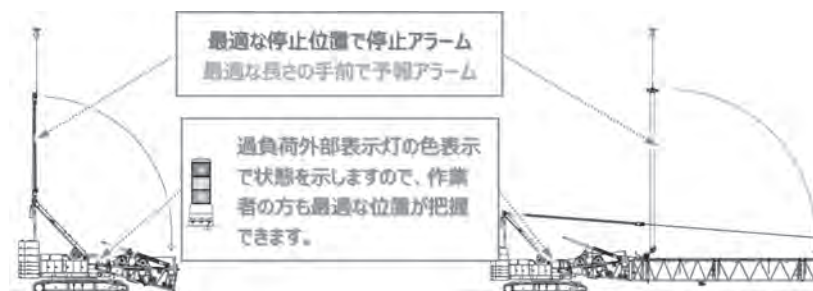
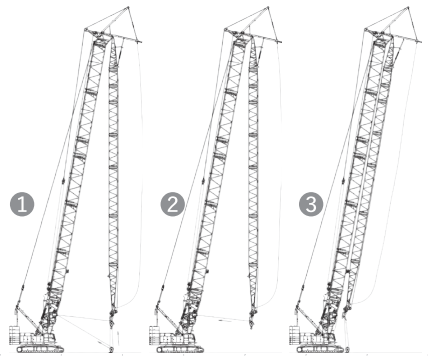


図-4 起伏・ジブロープ繰出しアシスト機能



- ① タワー80度でジブを降下し、フックをジブ先端格納(巻き切る)
- ② フックにジブ引込ウインチを接続し、巻取って、ジブをタワーに引き込む。
- ③ ジブラッチが“カカリ”ジブ格納状態になる。

図-5 傾斜ジブキャッチ



写真-19 新型運転席 delight キャブ

- ②長時間作業の疲労を軽減するエアサスペンションシートで座面ヒータ付き。
- ③室内を設定した温度に自動で保つことができるオートエアコンを採用し、吹き出し口は腰・後頭部・顔に直接風が当たるよう配置。
- ④可変式メインモニターで、縦横画面の切り替えにより見易さの選択可能。

6. 操作機構

(1) レバーコントロールモード

当機は、操作レバーのストローク量に合わせて速度変化させるレバーコントロールモードと、エンジン回転数によって速度を変化させるアクセルコントロールモードのどちらかを選択できるため、オペレータの好みや使い慣れた操作感でクレーン作業ができ安全に運転する事が可能となった(図-6)。

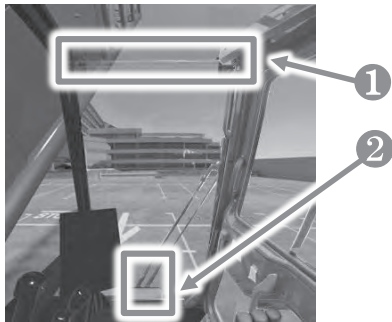


写真-20 運転席視界

(2) 各部カメラモニタ

操作レバーにカメラ切替スイッチを取り付けて、操作レバーから手を離さなくとも確認したいドラム・後方等モニタに切替えて映すことが可能となった(写真-22 矢視部ドラムカメラ切替スイッチ)。

(2) 快適性向上 (写真-21)

オペレータが長時間過ごしても疲労軽減ができ持続可能な安全運転が実現出来る運転席を搭載した。

- ①ヘルメット着用したままでも作業の邪魔になりにくい低いヘッドレストを採用。



- ① ヘルメット対応型ヘッドレスト
- ② エアサスペンションシート
- ③ オートエアコン
- ④ 可動式メインモニター

写真-21 運転席内装備



図-6 操作機構

7. おわりに

この度紹介した内容は、Mastertech 7200G NEO に搭載した安全性向上機能の代表的なものである。上述の如く、新しい技術を導入したから何かを犠牲にしたのではなく、新しい技術・機能であるからこそ自然な形で安全を織り込むことを目指し開発した商品である。今後もクレーンに関わる全ての方に“簡単に、安心・安全”をお届けする事をコンセプトに新たな商品の開発に注力していく所存である。

JCMA

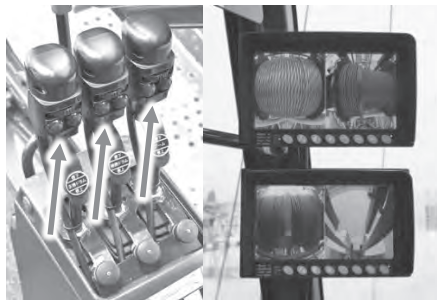


写真-22 切替スイッチとカメラモニタ

【筆者紹介】

山藤 千明 (やまふじ ちあき)
コベルコ建機(株)
マーケティング事業本部 クレーン営業本部
クレーン商品企画部
クレーン商品プロモーショングループ
グループ長



小型振動ローラ向け衝突被害軽減アシスト装置

山口 滋彦

道路施工では人と機械が接触する災害が多いため、衝突を回避または被害軽減をアシストする機能を搭載した小型振動ローラの運転支援装置を開発した。本装置は機械を停止させるだけではなく、作業性や現場での使い易さを考慮し、警告・減速・ブレーキ作動の3段階の制御で急制動を避け施工面の異常発生を防ぐことにも配慮した。さらに運転者に対しモニタでシステム状態を表示し、周囲作業員や管理監督者に対しては回転灯やブザー音で作動状況を通知できる装置とした。

キーワード：道路施工、小型振動ローラ、運転支援装置、モニタ、回転灯

1. はじめに

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

2. 開発概要

(1) 背景

小型振動ローラが主に使用される道路舗装工事では、アスファルトフィニッシャーによるアスファルトの敷き均し直後に作業員が端部の処理やマンホール部の段差を滑らかにする「すりつけ」施工を行っており、敷き均し後の転圧作業では締固め機械と作業員との接近が避けがたい作業環境にある。また、道路舗装工事は供用された道路での維持修繕工事が主流となり、狭い作業範囲内での工事が多く、都市部では交通開放時

間の制約の中で時間との競争で作業を進めるという業界特有の事情もあり、締固め機械による作業員との「激突され」および「はさまれ・巻込まれ」事故が多く発生しており、事故に占める割合も高くなっている（図1）。

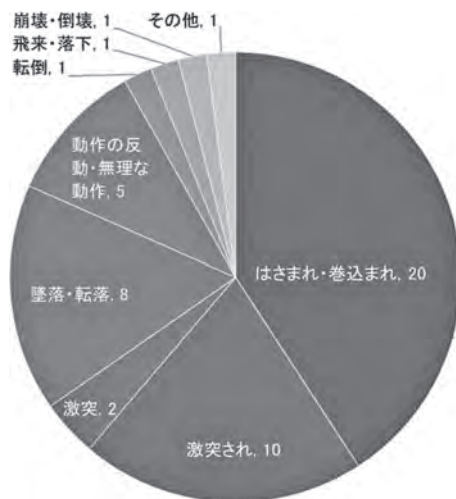


図1 締固め機械の事故の型の割合¹⁾

このような状況の中、小型振動ローラは、障害物を検知すると回転灯やブザー音などで運転者と周囲の作業員に危険を知らせる装置をオプション装備し、接触による事故防止を図ることができていた。

一方、近年は乗用車において車体に搭載したセンサで捉えた情報から衝突の危険を判断し、状況に応じて運転者に危険を知らせるのみならず、自動でブレーキを作動させることで、前車への追突や歩行者への衝突を回避または被害軽減を支援する装置の普及が進み、

締固め機械においても大型のタイヤローラ・マカダムローラには同様の装置が装備されており、小型振動ローラにも同様の装置の搭載を求める声が高まっていた。

(2) 市場ニーズ

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

小型振動ローラが使用される主な現場は道路工事であり、アスファルト合材の温度低下までの限られた時間内で作業を行っていることが多いことから、誤検知などにより頻繁に装置が作動し、作業が中断するものは受け入れられない。特に機械同士が近づいて作業を行うことが多く、頻繁に停止してしまうのではないかと懸念があった。また、アスファルト舗装の施工においては、急ブレーキによる荷重移動によって転圧輪の跡が残るなど、施工面を傷めてしまうのではないかと懸念も強かった。さらに、運転者が装置の状態がわかるようにして欲しい、また、現場の管理監督者が運転支援装置の作動状態を確認したいとの意見もあった。

なお、小型振動ローラは建設機械の中では比較的小型のもので、運転席からの周囲の視認性は良好であるが、前後進を繰り返す締固め作業の特性から、後進時の振り返り動作など運転者にかかる身体的な負荷は高く、転圧輪の端部や各種構造物との接点部など、進行方向以外の注視点が多く、少なからず進行方向が死角となってしまうことがある。機械装置による進行方向の常時監視も市場からの要求であった。これらの実現で稼働現場における接触事故低減に寄与できるものと考えた。

小型振動ローラの運転支援装置に求められる項目をまとめると以下となる。

- ①自動でブレーキ作動まで行い、衝突を回避または被害軽減を図る装置
- ②不必要に作動して頻繁に停止することのない装置
- ③急ブレーキで施工面を傷めることのない装置
- ④装置の制御状態を運転者や周囲者に通知する機能を有する装置
- ⑤作業進行方向の常時監視で運転者の注視点移動による死角を補完できる装置

(3) 開発方針

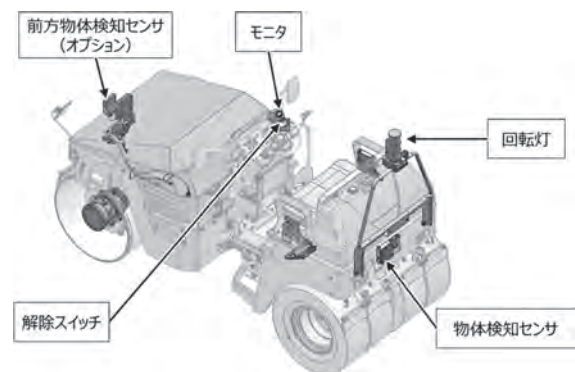
小型振動ローラの運転支援装置を開発するにあたり、調査した要求項目を基に、以下を基本方針として進めることとした。

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

3. 衝突被害軽減アシスト装置の概要

(1) 構成

小型振動ローラの運転支援装置の主な構成を（図—2）に示す。①物体検知センサは検知した物体までの距離を測定する。②モニタはシステム状態などを表示し、③回転灯は、周囲作業員および管理監督者に警告や状態を通知する。④解除スイッチは運転者が任意に機能を解除するものである。



図—2 小型振動ローラの運転支援装置の主な構成

(2) 機能概要

小型振動ローラの運転支援装置の機能概要を以下に示す。

(a) 運転者への運転支援機能

- ①物体検知センサにより物体を検知し、衝突発生のリスク度合いにより「警告」から「減速」、「ブレーキ作動」まで3段階の運転支援を行う。
- ②モニタにシステムの状態を表示し、運転者の安全確認の支援を行う。

(b) 周囲作業員および管理監督者への通知機能

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

なお、本装置は前進側にも装着可能なシステムとしている。

(3) 3段階による制御機能

物体検知センサで物体を検知すると、物体までの距離と車速から、図-3に示す制御マップにより、下記「LEVEL1」から「LEVEL3」までの制御を行う設定とした。物体までの距離だけではなく、車速を組み合わせることで制御のタイミングを判断することで、低速になるほど物体に近づくことが可能となり、不必要な制動を減らし、作業性を確保した。また、検知後に物体が検知範囲から外れた場合の解除方法についてもLEVELに応じた設定を行うことで、安全性と作業性の両立を図った。

(a) LEVEL1：警告通知

モニタへの「警告」表示+黄色回転灯+ブザー音による警告

(b) LEVEL2：減速制御

モニタへの「減速」表示+黄色回転灯+ブザー音による警告

(c) LEVEL3：HST ブレーキによる制動制御（停止後駐車ブレーキ作動）

モニタへの「ブレーキ」表示+黄色回転灯+ブザー音による警告

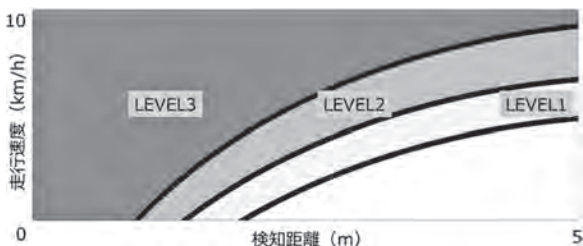


図-3 制御マップ

物体までの距離と走行速度から、衝突被害が発生するリスクがあると判断すると、まずマップの「LEVEL1」ではモニタ表示および黄色回転灯とブザー音による警告を行う。物体が検知範囲から外れると「警告」は自動的に解除され、そのまま作業を継続することができる。さらに衝突被害が発生するリスクが高まると「LEVEL2」となり、自動でHSTブレーキをかけて減速を行う。車速が下がると「LEVEL3」の領域に入る距離も短くなり、物体がより車両に接近するまで「LEVEL3」の領域に入らない。これにより、「LEVEL3」のブレーキ作動前に運転者自らによる制動操作を促す制御としたものである。運転者が進行方向を切り替えるなど、物体が検知範囲から外れると

「LEVEL2」の「減速」制御は解除される。

衝突被害が発生するリスクがさらに高まり、最後の「LEVEL3」の領域に達するとHSTブレーキによる制動を行い、この自動停止後一定の時間が経過すると駐車ブレーキを作動させ車両の停止を維持する。なお、前後進レバーを中立「N」に戻すと制御は解除されるが、再度走行するためには、駐車ブレーキをOFFにする必要があり、誤操作による停止後の急な再始動を防止している。

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

本装置は自動でHSTブレーキによる制動制御まで行うが、あくまでも運転者の運転をアシストする装置である。本装置が故障して作動しない場合であっても、運転者がサービスブレーキとして使用するHSTブレーキは通常通り使用できる構成としており、運転者が意図して行う操作には影響を与えないシステムとしている。

(4) 通知および表示機能

本装置には専用のモニタ（図-4）を搭載し、運転者にシステム状態「正常」「起動中」「解除」「異常」を表示するとともに、「LEVEL3」のブレーキ作動後には解除方法を表示する等のガイダンス機能を持たせ、運転支援を行っている（図-5）。

周囲作業員や管理監督者向けに設けている回転灯

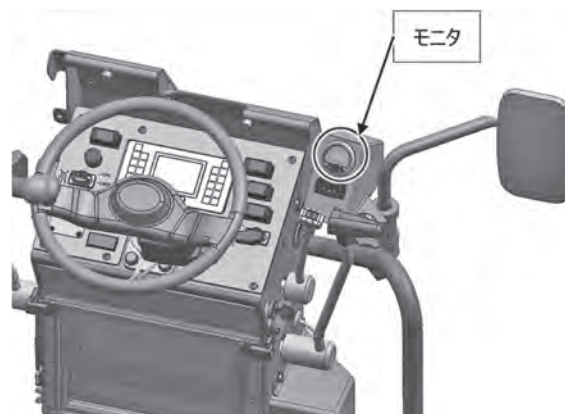


図-4 モニタ



図-5 ガイダンス機能



写真-1 回転灯

(写真-1)は、下段が緑色、上段が黄色の2色の回転灯となっている。システムが正常に作動する状態になっていると緑色回転灯が点灯する。よって、作業中は常に点灯するものであるが、システムの起動中やシステムが解除されている時、異常発生時には消灯し、周囲に本装置が作動しない状態であることを通知する。

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

(5) その他

解除スイッチ(図-6)を搭載し、運転者が任意にシステムを解除可能とした。これは他の車両から給水を受ける際や壁際の転圧作業、運送車両への積み込みなど、意図的に物体に近づく必要がある時に使用するものであり、解除中であることはモニタで運転者、緑色回転灯の消灯で周囲に通知する。

4. おわりに

市場からの要求が高まっている安全性の向上を図り、かつ作業性にも配慮した小型振動ローラの運転支



図-6 解除スイッチ

援装置の開発の経緯および概要の報告を行った。建設施工における安全性の向上は、作業人員の確保、ひいてはインフラ設備の維持管理に関わる重要な取り組みである。近年、乗用車を始めとして様々な運転支援技術開発が進み、締固め機械においても大型機には同様の運転支援装置が開発され適用されている中、市場からは小型振動ローラにも同様の衝突回避または被害軽減を支援する装置の適用が求められた。今後もこれらの先行する技術を様々な機種に積極的に取り込み、更なる安全性の向上を図っていく必要がある。そのためには、締固め機械特有の現場の作業環境や施工方法を理解し、現場で求められている機能を盛り込みながら、より使い易く、より広く受け入れられる装置へと改良、および新規開発する必要がある。引き続き新たな開発にチャレンジし、締固め機械が使用される建設施工における災害発生の防止に寄与していく所存である。

J C M A

《参考文献》

- 1) 「令和4年事故型別起因物別労働災害発生状況(12月末累計)」(厚生労働省)(<https://anzeninfo.mhlw.go.jp/user/anzen/tok/anst00.html>)

【筆者紹介】

山口 滋彦(やまぐち しげひこ)
 (株)日立建機カミーノ
 道路機械ビジネス本部 企画・マーケティング部
 部長



産学連携による 5G を活用した重機の遠隔操縦システムに関する検討

埴田 翔

金沢工業大学（石川県野々市市）、㈱ヨシカワ（石川県金沢市）、㈱NTT コミュニケーションズ（東京都千代田区）による産学連携での 5G を活用した重機の遠隔操縦システムに関する共同研究成果について報告する。

本研究では、5G（第5世代移動通信システム）/LTE（Long Term Evolution）若しくは LAN において構成したメッシュ Wi-Fi 網を用いて、重機全周囲の高画質な映像情報並びに重機の操縦信号を低遅延に伝送することにより、重機の遠隔操縦に際して、直接的な目視の併用を要さずに、操縦を行うことができる遠隔操縦システムを構築した。また、実証実験により構築した遠隔操縦システムの有効性等を確認した。
キーワード：重機、遠隔操縦、5G（第5世代移動通信システム）、自由視点俯瞰映像

1. はじめに

日本の国土は約7割が山地・丘陵地で占められており、山間地での降雨が河川に集中することで、融雪、梅雨や台風や、近年ではゲリラ降雨等の大雨により、洪水や土砂災害等がたびたび発生している。また、土砂災害を防ぐために、砂防ダム等の建設・メンテナンス等が行われているが、そのような現場では、地盤が不安定であり、有人での作業に危険が伴う場合や危険度が高く有人での作業が制限されているのが現状である。

また、建築業界では、担い手の確保、生産性向上が大きな課題となっており、国土交通省においても、それらの課題の解決を目指し、ICT（Information and Communication Technology）を建設現場に導入することによって、生産性の向上、建設現場の魅力向上を目指す取組として、国土交通省は、i-Construction を推進している。

建機レンタルの㈱ヨシカワは、砂防ダム等で利用される重機レンタルにおいて、無人施工重機にカメラを設置して、直接的な目視を伴いながら、数百メートル程度離れた遠隔地から安全に作業ができるヨシカワ独自の遠隔重機ソリューション（以降、従来システムという）を提供している。

しかしながら、従来システムにおいては、重機の周囲の状況等をカメラ映像のみでは詳細に把握することが難しく、直接的な目視を併用する必要がある、直接的な目視を伴わない遠隔操縦は難しい状況であった。

また、従来システムでは、直接的な目視を併用するため、距離が離れば離れるほど、目視による重機の周囲の状況を把握することが難しくなり、遠隔操縦できる距離や範囲の制約や作業効率の低下が課題となっていた。

2. 目的

本研究においては、安全かつ効率的に重機と遠隔操縦するオペレータとの距離に関係なく、遠隔からの重機での作業を実現するために、直接的な目視を必要としなくとも重機を遠隔操縦することができるシステムの構築を目標としている。具体的には、5G（第5世代移動通信システム）並びに LAN（Local Area Network）内に構築したメッシュ Wi-Fi による高速・大容量通信環境により、重機全周囲（360度）の高画質な映像情報並びに重機の操作信号を低遅延に伝送することにより、遠隔地にいるオペレータが操作する重機の周辺状況を詳細に把握することを可能とする。これにより、重機オペレータが、遠隔地から重機を直接的に目視できない状況において、遠隔地から重機を一定の生産性を維持しつつ操縦できるシステムを構築する。また、金沢工業大学白山麓キャンパスの実験用フィールドを活用し、オペレータが重機を直接目視出来ない状況においても、本研究において構築したシステムにより、重機を遠隔操縦することができることを実証実験により明らかにする。

3. 遠隔操縦システムの構成について

本研究においては、リモコン操作による無人施工対応の重機（日立建機 キャリアダンプ積載量 11.0 t）に、「重機全周囲の高画質な映像情報を取得できる映像システム」並びに「映像を低遅延で伝送する映像伝送装置」を搭載することにより、遠隔操縦するオペレータが、重機を直接的に目視出来ない状況においても、ディスプレイに表示される映像情報により遠隔作業を可能とする遠隔操縦システムを実現している。

重機オペレータが直接的な目視なしで、遠隔地の重機の状況を詳細に把握するために、重機全周囲（360度）の高画質な映像情報をディスプレイに表示する必要がある。

重機の周囲状況を全周囲にわたり高画質に取得するための映像システムには、種々の検討を踏まえて、沖電気工業㈱のリアルタイムリモートモニタリングシステム（以下、本モニタリングシステムと称する）を選定した。

また、オペレータが遠隔地から重機を円滑に操縦するためには、映像並びに操作遅延が少ないことが求められる。映像並びに操作信号を低遅延で伝送するための伝送システムには、種々の検討を踏まえて、㈱ソリトンシステムズのシステムを選定した。

この伝送システムについては、重機側に送信機（以下、送信機と称する）を、遠隔操縦する場所に映像等を受信するワークステーション（以下、受信サーバーと称する）を設置している。本映像伝送システムを利用することにより、低遅延かつ高画質での映像転送を実現している。

本研究において、構築した重機を遠隔操縦するシス

テムを図-1に示す。図-1には、重機側並びに遠隔操縦側のシステムの構成をそれぞれ示している。

重機側については、無人施工対応重機に外部フレームを設置し、前後左右の4つの方向にカメラを設置おり、キャビン内には本モニタリングシステム並びに送信機側を設置している。4つのカメラは、重機キャビン内に設置している本モニタリングシステムに接続されている。4つのカメラ映像は本モニタリングシステムにより合成され、自由視点での俯瞰映像を生成することができる。

本モニタリングシステムで合成された映像は、送信機に入力され、モバイルルーター等（5G/LTEもしくはWi-Fi）を通じて、遠隔操縦側に伝送される。重機の操縦用の信号は、MOXA社のシリアルデバイスサーバーにより、シリアル通信をイーサネット変換し、送信機からモバイルルーター等を通じて、遠隔操縦側と操縦信号の通信が行われる。

遠隔操縦側は、受信サーバー並びにディスプレイ、重機操作リモコン等で構成されている。重機側からの映像はIP通信を介して受信サーバーにより受信され、ディスプレイに表示される。重機操作リモコンからの操作信号は、MOXA社のシリアルデバイスサーバーにより、シリアル通信をイーサネット変換し、受信サーバーからモバイルルーター等を通じて、重機側との操縦信号の通信が行われる。

4. 実験フィールド構築・実証実験

実機重機を用いた実証実験は、金沢工業大学白山麓キャンパスの地方創生研究所／イノベーションハブ（石川県白山市）の実験用フィールドにて実施した。

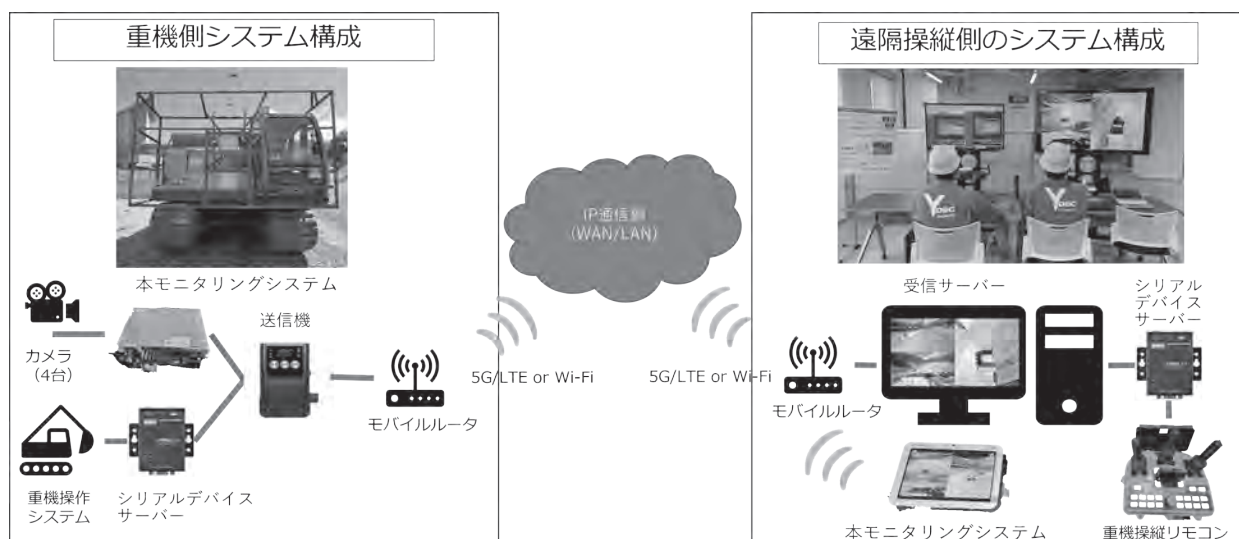


図-1 構築した遠隔操縦システムの構成（重機側および重機オペレータ側）

実証実験用のフィールドには、通信環境として(株)NTTドコモの5G/LTE通信網並びに実際の工事現場等での利用を想定し、無線によるエリア拡張容易性を考慮し、PicoCELA(株)のメッシュWi-Fiによる無線LAN網が構築した。本研究においては、白山麓キャンパスの実験フィールドにロードコーンを配置し、図一2のような試走コース(約200m)を構築している。

本研究では、構築したシステムの有効性を検討するために、図一2のように構築した試走コースを遠隔操縦により、所定のコース通りに、ロードコーン等を倒さずに適切に走行できることを確認する。

重機の遠隔操縦が必要となるような砂防等の現場においては、通信キャリア等の電波が届かない場合も想定されるため、5G/LTEだけではなくLAN(Local Area Network)内で構築したメッシュWi-Fiによる無線LANを用いた遠隔操縦についても検証を行った。

また、遠隔操縦における操作性を評価するために、オペレータが間近で状況を把握しながら操縦した場合と、オペレータが遠隔地から本遠隔操縦システムを用いて遠隔操縦し、所定のコースの走破時間を測定し比較した。

5. 実証実験の結果

図一3に重機オペレータが遠隔地から本遠隔操縦システムを用いて重機を操縦する際の様子を示す。ディスプレイに表示される映像は3分割で示しており、左上は重機の前方方向の映像、左下は重機の後方を写した映像、右側は重機周辺の俯瞰映像となっている。重機オペレータは、前方後方だけでなく、周囲の

状況を把握しながら操縦することができるため、ディスプレイの映像だけでも、所定のコースを円滑かつ適切に走行できることを確認した。

また、5G/LTE及びLANで構築したWi-Fi網と通信環境を変更して遠隔操縦した場合についても検討を行った。5G/LTEについては、(株)NTTドコモの5G/LTEキャリア通信網を用いた。

実証実験においては、5G/LTEを用いた場合とLANで構築したWi-Fi環境の場合を比較したが、操作性に関する大きな差異はなかった。しかしながら、一般的な5G/LTE等のキャリア通信網は、ベストエフォート方式であり、回線利用者数や電波状況によって通信品質が大きく異なる。そのため、遠隔操縦を実施する日時・場所によっては、5G/LTEとLAN環境でのWi-Fiを比較した場合は差異が生じる可能性があると考えられる。

特に、山間部等において、5G/LTE等のキャリア通信網の電波を安定的に受信することが難しい場合は、LANで構成したWi-Fi網で運用することで、構築したWi-Fi網で通信可能な範囲内という制約は受けるものの安定した遠隔操縦ができると考えられる。

5G/LTEによる遠隔操縦に関しては、キャリア通信網の範囲内で通信状態が安定していれば、LANでの運用と比較して、広域で遠隔操縦を行うことができる。キャリア通信網での運用に際して、通信状況が不安定な場合は、5G/LTE回線を複数束ねて利用するマルチリンクを用いることで、一定の安定化を図ることができると考えられる。

本遠隔操縦システムでは、5G/LTEもしくはWi-Fiを介して、映像伝送(Full HD(1,920×1,080 pixel))



図一2 実験フィールド(走行ルート, 白山麓キャンパス実験フィールド)



前後並びに周囲を確認できる



コースを走行する重機（遠隔からの探縦）



遠隔から探縦するオペレータ

図一 構築した重機の遠隔探縦システムを用いた実証実験

並びに重機の操縦信号を伝送しているが、使用している通信帯域は3～5 Mbps程度であった。

図一2に示す所定のコースを「通常操縦を想定して重機を近くで目視しながら操縦した場合」と「構築した遠隔操縦システムで直接的な目視なしで操縦した場合」の走破時間を計測・比較を実施した。

通常操縦の場合を想定して重機を近くで目視しながら（重機の状態を詳細に把握できる状態）操縦した場合は、3～4分で所定のコースを完走することが可能であった。

本研究により構築した遠隔操縦システムで直接的な目視なしで操縦した場合は、初期は操作感や画面の見方等に関して不慣れなため、9分程度の時間を要したが、3回程度コースを走行し、構築した遠隔操縦システムによるディスプレイ画面の情報のみでの重機の状態把握や操作に慣れることにより、4～5分程度でコー

スを完走することができるようになることが確認できた。

また、バックホウ（日立建機 ミニ油圧ショベル）においても、図一4に示すように、構築した同遠隔操縦システムを用いて遠隔操作が行えることを確認している。

6. おわりに

5G（第5世代移動通信システム）／LTE若しくはLANにおいて構成したメッシュWi-Fi網を用いて、重機全周囲の高画質な映像情報並びに重機の操縦信号を低遅延に伝送することにより、重機周辺の状態を詳細に把握することを可能にし、オペレータが遠隔地から重機を操縦できるシステムを構築した。また、実証実験により、直接的な目視を伴わないディスプレイ画



対象としたバックホウ



遠隔からの操縦画面

図一4 バックホウにおける遠隔操縦に関する検討

面だけの情報で遠隔操縦を行えることを確認した。遠隔操縦システムでの画面表示並びに操作に慣れることで、間近で目視しながら操縦した場合と同程度の時間で、所定のコースを走破できることを確認した。

構築した遠隔操縦システムを用いることにより、直接的な目視が不要となることから、5G/LTE等の通信環境下であれば、オペレータは操縦場所に依存せず、重機を操縦することができると考えられる。また、遠隔操縦システムを利用し始めた初期段階では、生産性は低いですが、遠隔操縦による操作に慣れることにより、通常の操縦方法と同等の生産性を実現できると考えられる。

したがって、重機の遠隔操縦システムが、より発展すれば、重機オペレータは働く場所の制約を受けなくなり、労働環境や働き方を大きく変革することができる可能性があると考えられる。

本研究においては、主にキャリアによる実験を主として行ったが、バックホウにおいても、構築した遠隔操縦システムにより、遠隔地から操縦できることを確認している。しかしながら、バックホウについて想定

されるバケット操作等に関する詳細な検討は、本研究においては実施できていない。バケット操作等や操作に際して最適なカメラの位置等については、更なる検討をする必要があり今後の課題としたい。

J C M A

《参考文献》

- ・国土交通省 i-Construction : <https://www.mlit.go.jp/tec/i-construction/index.html> (access 2023.7.20)
- ・沖電気工業(株) リアルタイムリモートモニタリングシステム「フライングビュー」: <https://www.oki.com/jp/flyingview/> (access 2023.7.20)
- ・Soliton Smart-telecaster Zao-X : https://www.soliton.co.jp/products/category/product/video/smart-telecaster_zao-x/ (access 2023.7.20)
- ・PicoCELA PCWL-0410 : <https://picocela.com/products/pcwl-0410.html> (access 2023.7.20)

【筆者紹介】

埴田 翔 (はにだ しょう)

(学)金沢工業大学

産学連携局研究支援推進部連携推進課

兼 法人本部法人部企画委員会室

主幹・URA 博士 (情報科学)



自走式ロボットによる路面マーキング作業の 安全性および作業効率の向上

駒坂 翼・立花 洋平

近年、少子高齢化に伴う労働力人口の減少に対し、ICTの全面的な活用等による建設生産システム全体の生産性向上や魅力ある建設現場構築への取り組みが業界全体の大きな流れとして推進されている。一方で、舗装現場では依然として人力での作業が多く存在している。これらの作業は、時間や労力を必要とするだけでなく、身体的・精神的な負荷が大きく、その蓄積が作業者の注意力や集中力を低下させ、労働災害を引き起こす可能性を含んでいる。

本稿では、人力作業の1つである舗装工事における路面マーキング作業に着目し、自走式ロボットによる安全性や作業効率の向上について試行した結果を報告する。

キーワード：路面マーキング作業，自走式ロボット，安全性，作業効率，身体的負荷

1. はじめに

近年、建設業界においても少子高齢化に伴う労働力人口の減少に対応していくために、2016年度より国土交通省主導のもと、建設現場の生産性向上を目的とした「i-Construction」が推進されている。さらに、令和5年度よりBIM/CIM原則適用も始まり、3次元モデルの更なる活用が業界全体で進められることとなり、建設プロセス全体において大きな変革の時代を迎えている。

しかしながら、舗装現場においては、依然として人力での作業が多く存在している。また、それらの作業は多くの時間と労力を必要とし、かつ危険を伴う作業や身体的な負荷が大きい作業である。

本稿では、依然として続く、舗装現場の人力作業において、自走式ロボットを試行した取り組みの概要とその導入効果について報告する。

2. 舗装現場における人力作業とその課題

(1) 人力作業

舗装現場における代表的な人力作業として路面マーキング作業が挙げられる。舗装版の切断や舗装型枠の配置などの目安として用いる基準線を路面に描写する作業であり（写真—1）、舗装の準備作業として行われている。



写真—1 路面マーキング作業（型枠配置用）

(2) 路面マーキング作業における課題

路面マーキング作業においては、作業効率や安全性の観点からいくつか課題が見受けられた。具体的な課題を下記に示す。

- ・規制工事において供用車線側のマーキングをする際、走行する一般車両に近接するため危険性が高い
- ・手元への意識が高まるために周りへの注意力が低下し、周辺重機と接触する危険性が高い
- ・「位置出し」「基準線の作図」など各作業に複数の作業が必要となり、効率が悪い
- ・立ったり座ったりを繰り返すため、足腰などへの身体的負荷が大きい

3. 自走式ロボット

(1) 調査

路面マーキング作業における課題を解決するため、

既存技術の調査を進めた結果、建築工事などでは建物床への墨だし作業を行うロボットなどが開発・試験運用されていることが確認できた。しかしながら、真っ平らな走行面（建物床）や付随する測量機の計測範囲内での作業を前提としている機器が多く、凹凸がある路盤面や測量機の据替が想定される延長方向に長い舗装現場への流用は難しいと判断した。

さらに調査を進めた結果、広大な畑やサッカーグラウンドなどでラインマーキングを行うロボットが、欧州に数多く存在していることを確認した。この中で、1つのロボットに着目し、舗装現場への適用を検討した。

(2) 舗装現場への適用を検討した自走式ロボット

舗装現場への適用を検討した自走式ロボットは、仮想基準点方式（VRS方式）の全球測位衛星システム（以下、GNSS）にて自己位置を取得し、指定した線形データ（公共座標系）に合わせ、自走しながらスプレーマーキングを行う機能を有している。自走式ロボットの外観を写真—2に示す。



写真—2 自走式ロボット

なお、線形の指定はタブレットにインストールした専用アプリにて実施する。元となる線形データは、事前にCADソフトにて現地の座標に合わせ作成したものを読み込み使用する。基準となる線が1本あれば、アプリ内のオフセットや延長、短縮、移動などの機能を利用して複数の線を描くことが可能である。自走式ロボットの仕様・性能を表—1に、タブレット操作画面を写真—3に、自走式ロボットの作業状況を写真—4に示す。

4. 現場試行

自社試験ヤード内で検証確認を終えた後、全国各地の現場にて試行を開始した。対象とした現場は、施工

表—1 自走式ロボットの仕様・性能

重量	22 kg（バッテリー 4 kg）
寸法（縦／横／高さ）	800 mm/700 mm/500 mm
バッテリー	リチウムイオン電池
連続稼働時間	8時間程度
充電時間	5時間程度（フル充電）
スプレー	市販品（逆噴射可能タイプ）
線形	直線・曲線ともに
読込データ	dxf（線形）、csv（座標）
マーキング精度	± 2 cm 程度



写真—3 タブレット操作画面



写真—4 自走式ロボットの作業状況

面積の広い民間工事や空港工事、港湾工事、高速道路の舗装修繕工事などであり、20現場程度で試行を重ね、導入効果を検証した。

(1) 安全性の向上

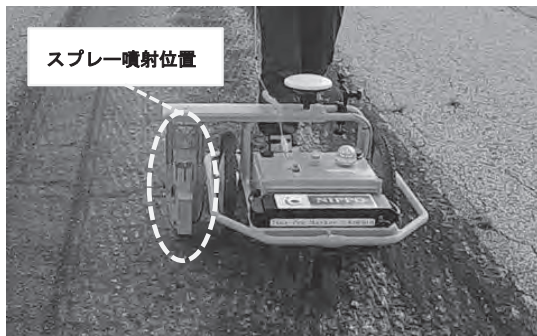
舗装修繕工事では、一般車両を供用させながら工事を行うことが多く、ラバーコーンのみで規制を掛けた、すぐ横を車両が通行する状態となる。

さらに、路面マーキング作業では現況の区画線を基準として施工するため、写真—5に示すように、一般車両の死角にしゃがんだ状態での近接作業となり、大きな危険が伴うことから、自走式ロボット活用による安全性の向上効果を検証した。

自走式ロボットは、写真—6に示すようにスプレーの噴射位置を車輪の外側にオフセットする機構を有しているため、供用車線との境界から距離を取り、作業



写真一五 路面マーキング作業（舗装修繕工事）



写真一六 噴射位置オフセット状態



写真一七 ピンが外れると非常停止する安全装置

することが可能である。

また、操縦者は自走式ロボットの Bluetooth 範囲内を立ち上がった状態で追従するため、常に一般車両の運転手から見える状態での作業が可能である。

さらに、自走式ロボットの暴走による供用車線への侵入を想定し、写真一七に示すように、カールコードで繋いだピンが外れると非常停止する安全装置を増設している。

本検証により、高速道路などの舗装修繕工事において、安全性の向上という効果があることを確認した。

(2) 身体的負荷の低減

路面マーキング作業は、10分程度連続作業をするだけで、足腰への負荷を感じ始め、呼吸なども荒くなる身体的負荷が大きい作業である。

これらの身体的負荷を自走式ロボットの活用により、どの程度低減できるか検証した。

心拍数が測定できる腕時計デバイスを3名の作業者に装着し、延長500mにおいて、路面マーキングの人力作業とロボット作業を実施し、腕時計型デバイスにて取得した心拍数をもとに、各作業における身体的負荷を数値的に比較した。

人力作業は、①縦断方向に20m間隔で目安の位置を出し、②この目安をチョークラインにて繋ぎ、基準線を描写した(写真一八)。また、ロボット作業は、操縦者が Bluetooth 範囲内にてタブレットを持ち、ロボットに追従した。



写真一八 基準線描写作业（チョークライン）

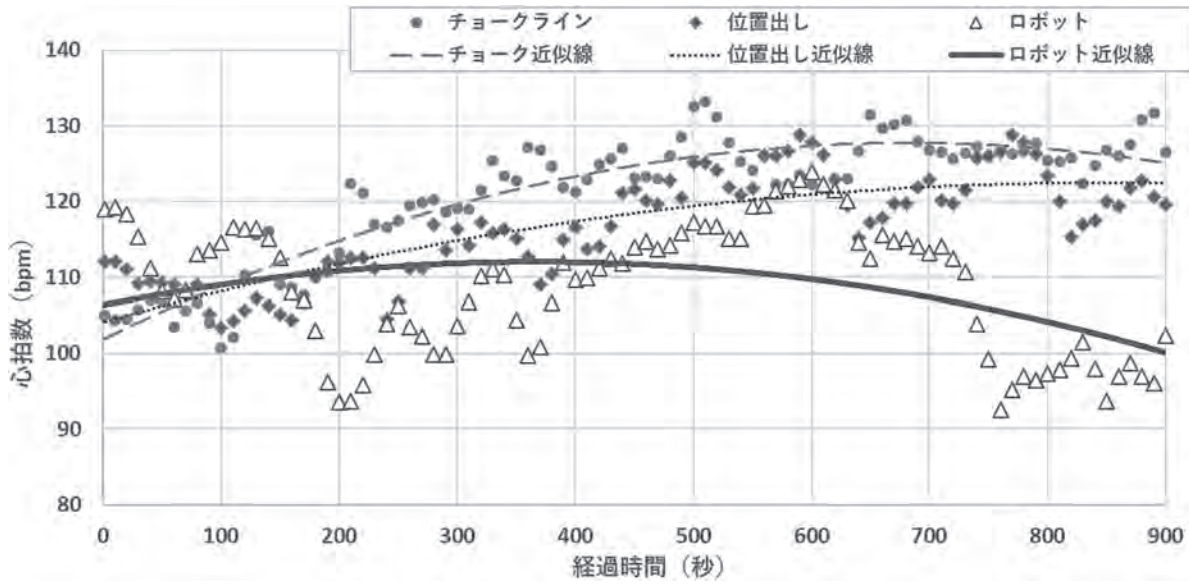
作業毎の40代作業者における心拍数の変化は、図一1に示すとおりであり、人力作業では15分程度の作業で心拍数が平均20bpm程度上昇していることを確認した。

本検証では、人力作業における位置出しと基準線描写を連続で行っていないが、各作業とも時間経過とともに心拍数が上昇していることを加味すると、連続作業として実施する現場作業では、更なる心拍数の上昇が想定される。

一方で、ロボット作業では心拍数の上昇はほとんどなく、低下している傾向も確認された。ウォーキングのように距離が延びれば、ロボット作業においても心拍数が上昇してくる可能性はあるが、グラフの傾きからも人力作業ほど大きな上昇量になるとは考え難く、自走式ロボットの活用により、身体的負荷の大幅な低減が可能であると言える。

(3) 作業効率の向上

課題に挙げていた路面マーキング作業の作業効率について、自走式ロボットの導入による効果を検証した。試行した現場のうち、タイプの異なる5つの現場において、人力作業とロボット作業を比較した結果を



図一 40代作業者における心拍数の変化

表一 2 タイプの異なる現場における比較結果

項目		単位	A工事	B工事	C工事	D工事	E工事
現場規模	最大延長	(m)	400	300	500	120	60
	施工総面積	(㎡)	1,820	60,000	12,500	15,000	65,000
人力作業 (参考値)	作業人員	(人)	4	4	5	4	6
	作業時間	(h)	0.4	28.0	5.0	6.0	30.0
自走式ロボット	作業人員	(人)	1	1	1	1	1
	作業時間	(h)	0.7	7.5	2.3	3.5	9.5
効果比較	人員削減率	(%)	75.0	75.0	80.0	75.0	83.3
	時間削減率	(%)	-75.0	73.2	54.0	41.7	68.3

表一 2 に示す。

ここで、作業人員に着目すると、A～Eのすべての工事において、人力作業では4～6人を必要としていたものが、自走式ロボットでは操縦者1人で実施可能となり、平均で80%程度の人員削減効果があった。

また、作業時間に着目すると、空港工事や港湾工事などのB～E工事において、ばらつきはあるものの平均で60%程度の時間削減効果があった。

これより、自走式ロボットを空港工事や港湾工事など面積が広い工事に活用した場合、大幅な作業効率の向上効果が得られることを確認した。

一方、高速道路の舗装修繕工事であるA工事においては、作業人員の削減はできるものの、作業時間は増える結果であった。これは、舗装修繕工事における路面マーキング作業では、現況の区画線を基準として施工する 경우가多く、自走式ロボットを走行させるた

めに必要な線形データの作成に細かな現況測量が必要となったためである。

この結果より、現場特性によっては作業効率の向上効果が小さいケースがあることを確認した。

5. 自走式ロボットの応用

自走式ロボットの活用が路面マーキング作業において、様々な効果が得られることは前述のとおりであるが、それ以外の活用について更なる検討を実施した。一定の速度で決められた線形を自走できるという特徴に着目し、平坦性試験や出来形計測などへの活用を検討した。

(1) 平坦性試験

写真一 9 に示すように、平坦性試験で使用する3m

プロフィールメータを自走式ロボットでけん引し、データの取得が可能か検討した。

この結果、計測線を変更するためにターンする際は、試験機を取り外す必要があるため、測定延長が短く何レーンも計測する場合には、生産性向上効果が大きくないことを確認した。しかし、測定延長が長い場合には、一定速度でのけん引が可能で、身体的負荷もかなり低減できることから、試験を行う女性からは好評価が示された。



写真-9 平坦性試験への検討状況

(2) 出来形計測

トータルステーション用全周プリズムを自走式ロボットのフレームに装着し(写真-10)、自走させながら20m間隔の出来形計測点において、路面の基準高を計測できるか検討した。

この結果、トータルステーションのワンマン計測と比較して、標準偏差3mm程度の誤差で測定可能であ

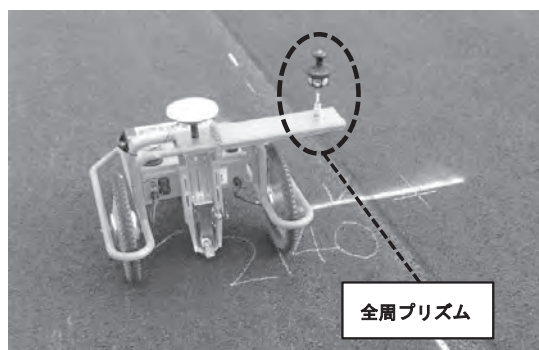


写真-10 出来形計測への応用

ることを確認した。また、計測ポールを持ち歩く必要がない点や計測時間が50%程度削減できる点など、出来形計測においては、十分な生産性向上の活用効果が見込める結果であった。

6. おわりに

本稿では、自走式ロボットを活用することにより作業効率や安全性の向上、身体的負荷の低減などの効果が期待できる事例を紹介した。

しかしながら、路面マーキング作業はあくまで人力作業の一例であり、取り組むべき作業はまだ残っている。

このような作業にスポットを当てた新しい技術の開発は今後も必要であり、3次元モデルの積極的な活用と合わせ、建設業界全体の生産性向上やイメージアップ、労働災害の抑制などに寄与できるよう取り組みを続けていく。

JCMA

《参考文献》

- 1) 立花ほか:令和2年度 建設施工と建設機械シンポジウム, 路面自走ロボットを活用した舗装工事の省人化技術
- 2) 立花ほか:第34回日本道路会議, 自走式ロボットを活用した安全性向上効果の検証
- 3) 立花ほか:第15回北陸道路舗装会議, 自走式ロボットを活用した舗装現場の働き方改善事例

【筆者紹介】

駒坂 翼 (こまさか つばさ)
 (株)NIPPO
 技術企画室 ICT 推進グループ



立花 洋平 (たちばな ようへい)
 (株)NIPPO
 技術企画室 ICT 推進グループ
 機械技術担当課長



高所法面における V 字吊ワイヤー遠隔操作 油圧ショベルの開発経緯と現況

藤 中 裕 幸・清 水 明 彦

建設業における労働災害発生状況において、「墜落・転落」が全数に占める死亡者数と死傷者数のいずれも最多となっており、長年にわたり事故原因として最も多い事故の型別である。事故発生場所の一つでもある高所法面作業での事故を生じさせない為に、従来は人力で作業していた切崩し、法面整形、既設構造物取壊しなどの作業を、高所法面で施工可能な V 字吊ワイヤー遠隔操作油圧ショベルを開発した。本稿では、建設機械を高所に吊下げる安全性及び法的な検証を述べる。また現況報告をする。

キーワード：法面、油圧ショベル、労働災害、高所作業、切崩し、遠隔操作、無人化

1. はじめに

2022 年の建設業における労働災害発生状況（事故の型別）による「墜落・転落」の死亡災害者数は 116 人と全体の 41.2% と高い割合となっており、頻繁に繰り返されている事故要因である。また死傷災害数においても 4,594 人で死傷者数全体の 31.6% と高い割合である（表—1）。

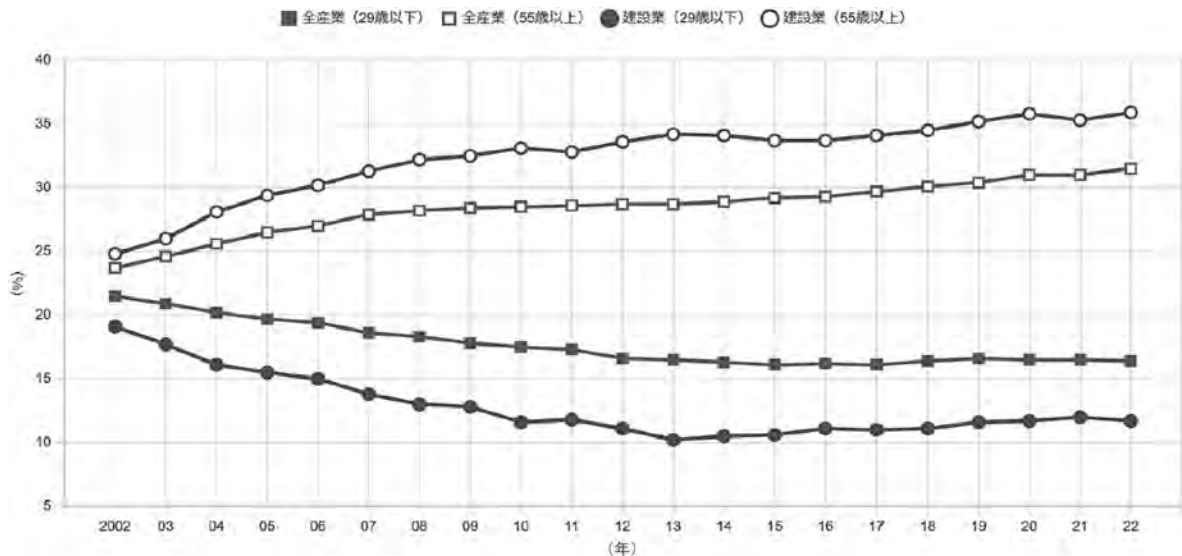
表—1 建設業における労働災害発生状況（事故の型別）
出典：厚生労働省 労働災害発生状況

		H29	H30	R1	R2	R3	R4
死亡災害		323	309	269	266	278	281
業種別	土木工事業	123	111	90	101	100	108
	建築工事業	137	139	125	101	132	117
	その他の建設業	63	59	54	54	46	56
事故の型別	墜落・転落	135	136	110	95	110	116
	はさまれ・巻き込まれ	28	30	16	27	27	28
	崩壊・倒壊	28	23	34	27	31	27
	衝突され	23	18	26	13	19	27
	交通事故（道路）	50	31	27	37	25	24
	飛来・落下	19	24	18	13	10	16
	死傷災害	15,129	15,374	15,183	14,790	14,926	14,539
業種別	土木工事業	4,015	3,889	3,808	3,933	4,038	3,942
	建築工事業	8,306	8,554	8,417	8,074	7,895	7,606
	その他の建設業	2,808	2,931	2,958	2,783	2,993	2,991
事故の型別	墜落・転落	5,163	5,154	5,171	4,756	4,889	4,594
	転倒	1,573	1,616	1,589	1,672	1,666	1,734
	はさまれ・巻き込まれ	1,663	1,731	1,693	1,669	1,676	1,706
	飛来・落下	1,478	1,432	1,431	1,370	1,363	1,318
	切れ・こすれ	1,312	1,267	1,240	1,257	1,339	1,272
	動作の反動・無理な動作	880	875	885	947	981	940
	衝突され	734	832	842	791	825	800
	高温・低温物との接触	210	340	238	289	210	233

他方で建設業就業者数は 2022 年には 479 万人で、ピークであった 1997 年の 685 万人から 7 割の就業者数となった（表—2）。また建設業就業者における 55 歳以上の割合は、2003 年では全就業者数の 26.0% であったが、2022 年には全体の 35.9% となり、全産業平均の 31.5% と比べて高齢化が著しく高くなっている（図—1）。建設業の生産体制を将来にわたって維持していくためには、人力で行っていた作業の省力化と生産性の向上とともに、労働災害事故を発生させないような安全性を念頭に置いた機械化という観点で開発を進めていかなければならない。

表—2 建設業就業者数の推移
出典：総務省 労働力調査

年	建設業就業者数 万人	建設技能者数 万人
1997	685	464
2002	618	431
2003	604	417
2004	584	399
2005	568	394
2006	560	387
2007	554	383
2008	541	371
2009	522	353
2010	504	341
2011	502	336
2012	503	337
2013	500	341
2014	507	345
2015	503	336
2016	495	332
2017	499	334
2018	505	331
2019	500	327
2020	494	322
2021	485	314
2022	479	305



図一 建設業就業者の高齢化の進行
出典：総務省 労働力調査

2. 高所法面作業の機械化における法令上の注意点

(1) 斜面上への油圧ショベルの据え付け方法

高所法面における油圧ショベルでの作業においては、急勾配斜面でも油圧ショベルを安定して据え付ける必要がある。油圧ショベルの荷重に耐えうる強固な足場を設置する方法もあるが、設置が困難な現場の場合には油圧ショベルを急勾配斜面に安定して据え付ける方法として、斜面上部よりワイヤーで吊り下げの方法が挙げられる。

(2) 油圧ショベルを斜面上にワイヤーで吊り下げ際の法令上の注意点

建設業界においてワイヤーで何かを吊り下げる機械として最も一般的なものはクレーンであるが、油圧ショベルをワイヤーで吊ることはクレーンとは構造上異なり、また地切りされていない状態で傾斜地を走行することから、荷（重量物）を、動力を用いて吊り上げまたは水平に運搬することを目的とする機械装置ではなく、クレーン等安全規則には該当しないものである。

しかしながら、油圧ショベルに操作者が搭乗して作業する場合においては、ワイヤーで吊った機械装置に人が乗る定義に該当する可能性があることから、クレーン等安全規則 第六章 第一節 第一百七十四条の建設用リフトにおける設置届や、鉄道事業法 第三章 第三十三条の索道事業の許可申請に該当する可能性があることは注意が必要である。ただし油圧ショベルをワイヤーで吊り下げた状態で操作者が搭乗せずに、遠隔操作において建設機械を運転することによって各種法

令に該当しない状態で作業することは可能である。

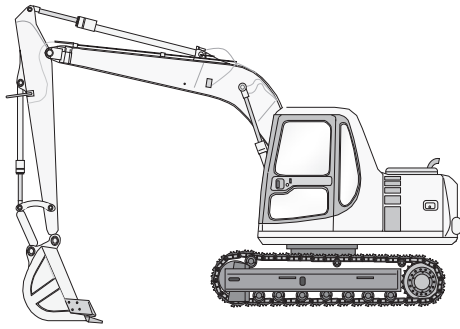
油圧ショベルの遠隔操作においても、車両系建設機械（整地・運搬・積込み用及び掘削用）の運転技能講習を修了した者でなければ業務に就かせてはならない。またブレーカーを使用した業務に従事する際は車両系建設機械（解体用）運転技能講習を修了した者でなければ業務に就かせてはならない。

3. 高所法面作業の機械化における安全上及び作業効率上の注意点

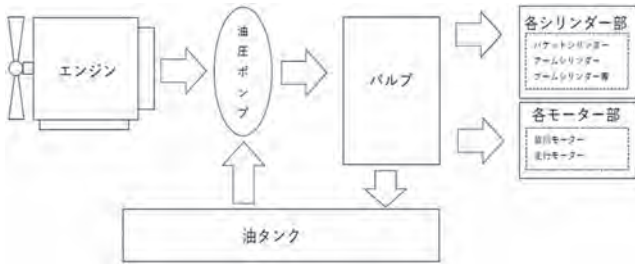
(1) 油圧ショベルの本来の作業効率を斜面上で発揮する注意点

国内はもとより世界各国に建設機械メーカーは多数あり、各メーカーが様々な機能や特徴のある建設機械を製造販売しているが、掘削用建設機械に関しての外観は概ね同様な形状をしている。特殊な使用方法や動力を除き、バケットを使用した掘削に関して油圧モーターと油圧シリンダーを動力とした場合において最も作業効率の良い形状が現在の一般的な油圧ショベルだということは、開発者・使用者の共通した認識であり、斜面上の掘削作業においても可能な限り一般的な油圧ショベルの形状に近い外観を保つことが作業効率を保持することに繋がる点を確認しておく（図一2）。

また油圧ショベルは、エンジンによって油圧ポンプを回し、圧力をかけた油をコントロールバルブによって油圧モーターや油圧シリンダーに送り込む技術を使用しているため、油圧ショベルのエンジン能力によって最適な油圧量が設定されている。本来機能以外に油圧負担を掛けることは、本来の油圧ショベルの能力を



図一2 油圧ショベル



図一3 油圧の仕組み (簡略図)

発揮することが出来なくなる点も考慮することが作業効率の保持には重要である (図一3)。

(2) 油圧ショベルを斜面上にワイヤーで吊り下げ際の安全上の注意点

(a) ワイヤーの取り付け箇所

斜面上に油圧ショベルを据え付けるために前述のワイヤーで油圧ショベルを吊り下げる方法を検討する。ワイヤーを油圧ショベルのどこの箇所に取り付けることが最適なのかを、安全上及び作業効率上の2点から検討する必要がある。油圧ショベルは構造上からアタッチメント部 (アーム部) と上部旋回体 (キャビン)、下部走行体 (キャタ) の3箇所に区分することが出来る。斜面上で安定性を確保するためには、油圧ショベルの重心高さを下げる事が重要となってくるので、3箇所のうち下部走行体へのワイヤーの取り付けが最も安定する。またアタッチメント部と上部旋回体へのワイヤーの取り付けは、地山へのワイヤーの干渉が生じない利点はあるものの、斜面上での安定性の確保という観点からは適していない。

(b) ワイヤーの吊り下げ方法

対象斜面上部にアンカーを設置し、ワイヤーで油圧ショベルを吊り下げる際には、安全面からアンカーは1箇所ではなく、2箇所以上に分散することによって、アンカーの耐力低下等の不測の事態を防ぐことが出来るので、アンカーは2箇所以上とすることが望ましい。

2箇所以上でアンカーを分散する際に、2本以上の

ワイヤーを使用する方法と、1本のワイヤーで滑車を通して使用する方法が考えられる。それぞれに利点があり、2本以上のワイヤーを使用すればワイヤーが1本破断したとしても油圧ショベルの落下は防げる。また1本のワイヤーで2つ以上の滑車を通して使用すれば、ワイヤーの引く力を半減することが出来る (動滑車の考え方)。

(c) ワイヤーの破断の原因

油圧ショベルをワイヤーで吊り下げる方法で安全上注意しなければならない最も重要な点は、アンカーの耐力とワイヤーの破断である。アンカーに関しては現場で最適かつ十分な耐力のアンカーを設置することによって安全は確保出来るが、ワイヤーの破断に関しては、斜面上でワイヤーが破断する原因を押さえておく必要がある、主に3つの原因が考えられる。

- ①ワイヤー破断荷重以上の過荷重が掛かり破断
- ②ワイヤーの摩耗・劣化による破断
- ③ワイヤーが作業中に破断原因になるような箇所への接触による破断

上記のワイヤーが破断する原因に対しての対策を講じて吊り下げ方法を対策しておかない限り、ワイヤーが2本以上であったとしても油圧ショベルの落下する可能性を排除することが出来ない。

4. V字吊ワイヤー遠隔操作油圧ショベルの概要

(1) 油圧ショベルとウインチの分離設置の利点

油圧ショベルを斜面上に据え付けるためには、ワイヤーを巻上げ・巻下げする装置が別途必要となるが、油圧ショベルを斜面上で本来の作業効率を發揮させるためには、油圧に負担を掛けないことが重要であることから、ウインチは油圧ショベルに搭載せずに別々の機械装置とした。また斜面上に据え付けた油圧ショベルの重量でウインチが引き寄せられないように、別の油圧ショベルを重し (重量物) として一体化する方法を採用する (写真一1)。

利点としては前述の油圧の過負担を与えない点と、油圧ショベルの故障時にもウインチ自体は動かすことが可能な点が挙げられる。また、ウインチに巻かれるワイヤーの状態を目視等で監視することが出来るため、ワイヤー破断原因の摩耗・劣化を常時確認することが可能となる。加えてウインチに荷重を換算できる電流計を装備することにより、ワイヤー破断荷重以上の過荷重が掛かっているのかも監視することが出来る (写真一2)。



写真-1 ウインチと0.45 m³油圧ショベル（重量物置換アンカー）

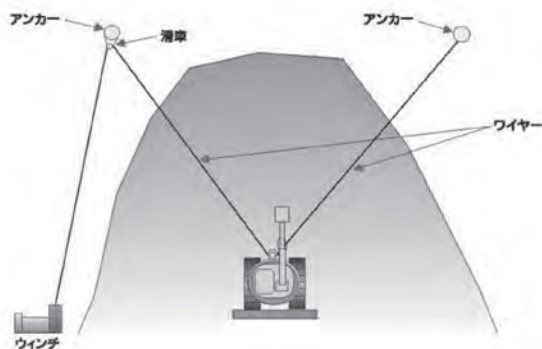


図-4 V字吊ワイヤーイメージ1



写真-2 電流計

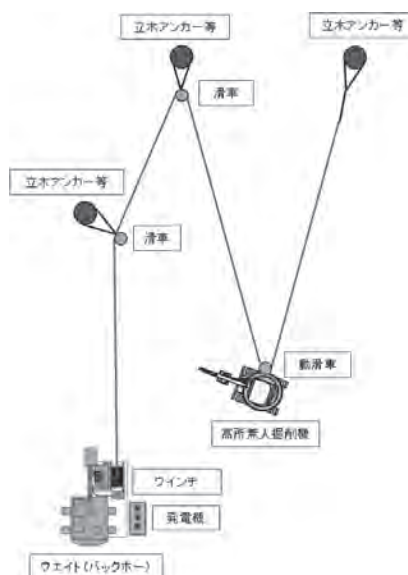


図-5 V字吊ワイヤーイメージ2

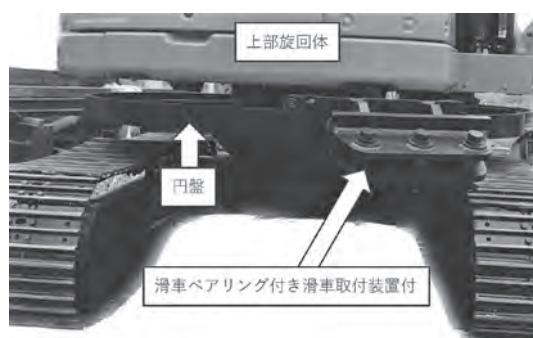


図-6 円盤部拡大

(2) V字吊ワイヤーの利点

斜面上において、360度の作業範囲と360度の移動が出来なければ、油圧ショベル本来の作業効率からは大きく離れてしまうため、アンカーを2箇所使用し、斜面上に吊り下げる油圧ショベルにも滑車を装着したV字吊ワイヤリング方式を採用することとした(図-4, 5)。また、アンカーが上部に固定されていても、油圧ショベルが安定して旋回出来るように、上部旋回体と下部走行体の間に円盤を取り付けて、滑車が円盤の端をレール代わりに滑って自由に動かせるようにベアリング付き滑車取付装置を開発した(図-6)。

V字吊ワイヤーと円盤の組み合わせにより、油圧ショベルが上下左右どの方向に向いていても、ワイヤーは常に上部のアンカー方向を支持することにより安定性を保つことを実現し、2箇所のアンカー間であれば360度の移動が可能となった。

(3) 斜面上での油圧ショベルの安定した稼働の改造

通常油圧ショベルの最大傾斜角度は概ね30～35度といわれており、それ以上の角度を登坂すると転倒する危険がある。また35度を超える傾斜になると、燃料の供給が不安定となり、オイルやラジエーター水が下側に偏ってしまったり循環しなくなる結果、オーバーヒート等の問題が生じる。

燃料の安定供給と、オイル・ラジエーター水の循環を円滑にすることにより、登坂勾配70度まで不具合

が生じないような特殊改造を施した。その結果として、本来の油圧ショベルの形状を変化させる必要がなくなり、斜面上で最大限の作業効率を実現出来た。

(4) 遠隔操作による利点

斜面上で作業する際に油圧ショベルに搭乗して作業した場合、油圧ショベルの傾斜角を認識することは、相当の訓練をしないと困難である。また掘削したい角度を把握することも非常に難しい作業となる。

遠隔操作で斜面上に吊り下げた油圧ショベルを操作することにより、操作者は離れた場所から、現在の油圧ショベルの角度や掘削したい角度を把握できるため、作業効率が結果として向上する利点がある。

また前項2.(2)の懸念事項であったクレーン等安全規則、鉄道事業法への抵触は無くなることも利点として挙げられる。そしてワイヤー破断原因の一つである「ワイヤーが作業中に破断原因になるような箇所への接触による破断」という点も遠隔操作であれば、操作者が常に油圧ショベルとワイヤーの状態を目視で確認することが可能となるため、移動時に構造物や岩塊への接触にも即座に気付いて回避することが出来ることも利点である。ただし、遠隔操作に慣れるためには相当な時間を要する点に関しては注意が必要である。

そして遠隔操作によつての最大の利点は、油圧ショベルに搭乗していないことである。近年頻発している地震や線状降水帯等の不測の事態が発生したことが起因して、突発的な斜面の崩落や落石が生じて、労働者が迅速な避難や回避をすることが出来る点を強調したい。

5. セーフティクライマー工法 (SCM) の現況

NETIS登録 (CG-070003-VE) は2007年であり構想初期段階から20年以上の経験を積んできているが、最近の工法採用傾向を見ると、機械化の要求・人手不足の影響を以前にも増して強く感じられるようになった。ごく小規模な現場では、設備の少ない人力施

工の方が安価になるのは当然であるが、そのような現場でもSCMが多く採用されている。情緒的な比較・安全性の比較・人手不足が一律的な価格比較を越えてきているのだと感じる。

施工目的も、新設需要より更新需要・災害対応需要が多くなってきている。新設需要としては、法面の上段部・トンネル終点側坑口上段斜面・砂防ダム袖部上段斜面などが目立つ。更新需要としては、劣化モルタル斜面の取り壊し、災害対応では、滑落部のラウンディング・崩壊斜面の整形等が目立つ。

施工内容からも、機械化・省力化・無人化への強い要求が見て取れる。

6. おわりに

斜面上の建設工事は非常に危険度の高い作業が多く、また近年は全国で自然災害による斜面崩落が多く発生している。そのような災害復旧現場は不安定な地山であり、危険な現場で作業に携わる労働者が事故から未然に回避できるようにV字吊ワイヤー遠隔操作油圧ショベルの開発を進めてきたが、今後も更なる安全性と作業効率の向上を目指していく所存である。現在ICT搭載モデルを開発し、遠隔操作でマシンガイド施工をしているが、より一層の進化を目指していく。

JICMA

【筆者紹介】

藤中 裕幸 (ふじなか ひろゆき)
セーフティクライマー協会 技術・工法委員
㈱ Sakatec 取締役副社長



清水 明彦 (しみず あきひこ)
セーフティクライマー協会 工法普及委員
㈱ Sakatec 取締役営業本部長



自動運転ブルドーザーによる、敷均し運転の最適化

建設機械の自動施工を実施し、安全な施工環境構築を目指して

花木直樹

昨今、建設業界では建設機械に関連した労働災害を撲滅することは難しく、作業員が巻き込まれる重大災害も絶えず発生している。建設機械の稼働する範囲に作業員が共存する限り、建設機械との接触災害を無くすことは非常に難しい。建設機械の運転を人が行わず、触れることすら無くすことができれば接触や激突といった労働災害は発生せず、その手段の一つが建設機械の自動・自律化施工である。

建設機械の自動・自律化の開発を進めることにより、安全性向上だけでなく、生産性向上や省人化といった建設業界が抱える他の問題解決にも寄与すると考える。本稿では建設機械の自動・自律化開発の一環として実施した、自動運転ブルドーザーでの敷均し運転最適化実証施工の内容と結果について報告する。

キーワード：自動運転ブルドーザー、安全性向上、生産性向上、省人化、建機自動化、新丸山ダム、
コンストラクションマネジメントシステム (CMS)、建機フリートマネジメントシステム (建機 FMS)

1. はじめに

国土交通省は自動・自律・遠隔施工の安全運転防護の議論を本格的に開始しており、また、革新的な技術開発を推進することで生産性向上を掲げている。そのような背景の中、大林組ではロボティクスコンストラクション構想を提唱し、建設現場の安全性及び生産性向上を目的とした技術開発を日々行っている。実施工での展開に向けて、建設中の国土交通省発注、新丸山ダム建設工事においては、全面的に自動・自律化施工技術の適用を実施していく予定であり、計画内の一つで複数建機による積込から品質管理までの一連自動施工を実施する計画を進めている。

自動施工の施工計画は、コンストラクションマネジメントシステム（※以下、CMS）で実施する。CMSとは設計図書データと施工計画の概要を入力することで、単位施工あたりの施工エリア分割や、施工機器の選定、施工結果の可視化などを行うシステムである。CMSで作成された施工計画は、建機フリートマネジメントシステム（※以下、建機 FMS）を使用して各建機へ指令を送り、自動施工を実施する。建機 FMSとは、自動自律化された建設機械を高度に連携・操作・管理を可能としたシステムで、有人操作の建設機械・車両と協調して自動施工を実施するシステムである。2023年度下期に予定している実証施工では、自動・

自律化したバックホウ、ダンプトラック、ブルドーザー、振動ローラーを用いる計画で、後に実施予定のRCD打設自動化に向け、自動・自律化施工技術の向上に取り組む予定である。

2. 概要

これまで自動運転ブルドーザーを使って盛土施工を行う場合は、施工順序やブルドーザーの移動などをシステム管理者が考えて実施していた。盛土自動施工を実施するにあたりそのような作業をシステム管理者が判断して行うのではなく、CMS・建機 FMSといったシステムを用いて、決められた施工順序・方法で盛土工事を進めることになる。システム管理者の選択・判断を減少させることで、施工時間短縮や精度向上に繋がり、安全性の確保や省人化、生産性向上に寄与すると考える。

本実証実験はダンプトラックで運搬した材料をどのような間隔・量で降ろし、また、ダンプトラック一台が荷降ろしする範囲（メッシュ割り）をどのような大きさに設定すれば、自動運転ブルドーザーの最適な施工順序や、効率の良い敷均し動作を行えるのか検証を実施するものであり、実証できれば盛土自動施工が実現可能となる。

バックホウによる積み込み、ダンプトラックによる

運搬・荷降ろしは搭乗操作で実施し、ブルドーザーによる敷均しは実証内容により自動または搭乗操作で実施した（図一1）。

3. 実証実験の内容

(1) 使用する機器の概要説明（写真一1，表一1）

自動運転動作は一方向敷均し・三方向敷均し・退避が主な動作である。それらの動作を組み合わせることで自動敷均しを実施する。自動運転の基本動作イメージを図一2に示す。

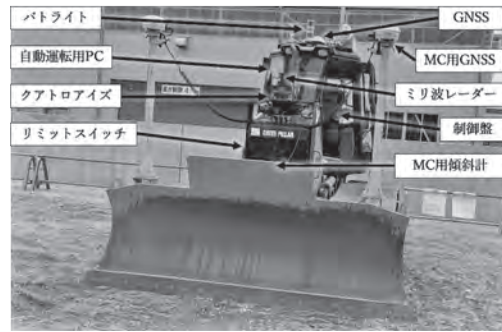
(2) 検証内容

実施場所は新丸山ダム現場敷地内に設けた実験ヤード（約800m²）で実施した（図一3）。使用材料は礫混じり砂質土（粒形は大きいもので0.3m程度）を使用した。項目ごとに分けた検証内容を以下とする。

①敷均し動作，メッシュ寸法の検証

メッシュ寸法（縦寸法×横寸法×高さ寸法）と材料荷降ろし位置のパターンを選出し，搭乗操作にて敷均しを行い検証した（図一4）。10tダンプトラックの積載量である5m³を基準としてメッシュ寸法や荷降ろし位置を検討した。

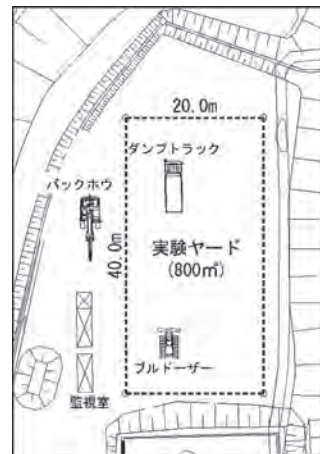
メッシュ寸法を4m×4m×高さ0.3m，荷降ろし位置1mで設定し，1山の一方敷均しを実施した。メッシュを正方形にすることで施工計画が立てやすいと想定したためだ。降ろされた山の頂点に向かって敷き均すと，荷降ろした山の両端部に材料が残る結果となった。メッシュ幅4mに対して使用しているブルドーザーのブレード幅は約3mなので，両端部に0.5mずつブレードが当たらない箇所ができる（図一5）。



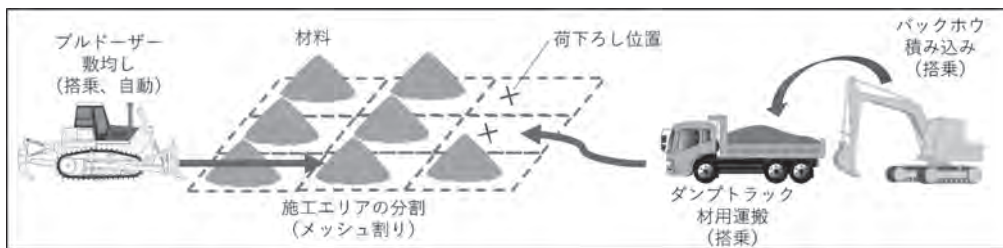
写真一1 自動ブルドーザー機器構成

表一1 自動ブルドーザー機器詳細

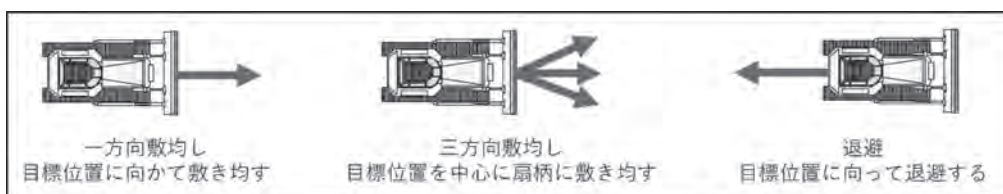
名称	役割
バトライト	運転モード表示
自動運転用PC	自動運転プログラム
クアトロアイズ	人検知
リミットスイッチ	ブレード位置検出
GNSS	位置情報取得
MC用GNSS/MC用傾斜計	ブレードコントロール
ミリ波レーダー	障害物検知
制御盤	各センサー類の集約



図一3 実験ヤード平面図



図一1 施工概要イメージ



図一2 自動運転ブルドーザーの基本動作イメージ

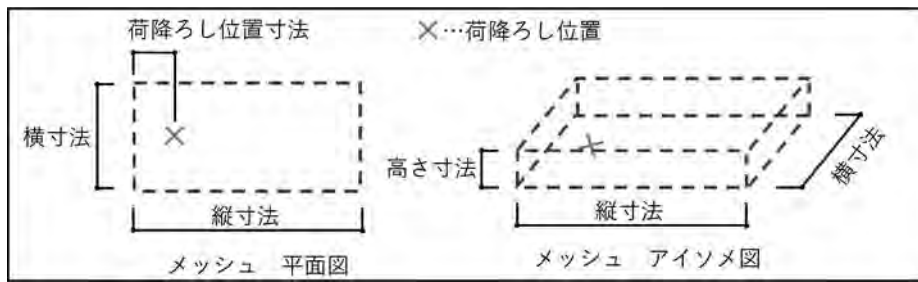


図-4 メッシュ形状のイメージ

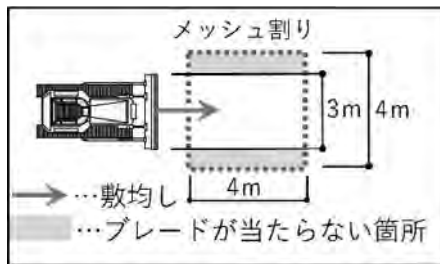


図-5 敷均し動作の検証イメージ1

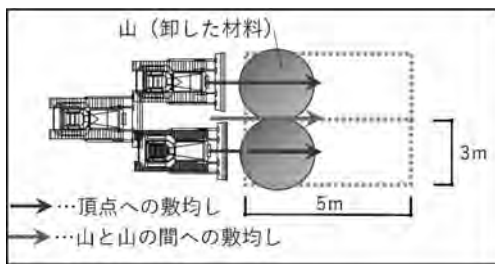


図-6 敷均し動作の検証イメージ2

動作に関してはブルドーザーが押し負けることなく実施できたが、メッシュ横寸法は1度で敷均せるよう、ブルドーザーのブレード幅である3m、一方向敷均しで検証を続けることとした。

メッシュ寸法を3m×5m×高さ0.3m、荷降ろし位置1mで山の配置を横2山にして搭乗操作で敷均しを実施した(図-6)。各山の頂点に向かって敷均すと、敷均しが不十分な箇所が発生することが見取れたので、その箇所を敷均すために山と山の間へ向かう敷均しを追加した。材料が残ることなく均一に敷均せていることが見取れたため、敷均しは山の頂点に向かった一方向敷均しと、山と山の間を敷均す組み合わせとした。

次に、メッシュの横寸法3mは決定として、最適な縦寸法を決定するため、山の配置を横3山×縦2山の合計6山にして敷均しを実施した(図-7)。まず縦寸法を4.5mに設定して敷均しを実施したところ、ブルドーザーが押し負けて敷均すことができなかつた。設定したメッシュ縦寸法が小さかったため、1山目の余剰土を抱えながら2山目の敷均しに突入し、土

量がブルドーザーの出力を超えてしまったからだ。結果を踏まえ、メッシュ縦寸法を6mに変更し横3山×縦2山の敷均しを実施したが、今度はメッシュ縦寸法を大きくしすぎたため、メッシュ間で材料が不足している部分が見取れた。その後、メッシュ縦寸法・高さ寸法の検討・実証を数パターン行った。想定したメッシュ内を過不足なく敷均せていることが見取れた設定が、3m×5m×高さ0.35m、荷降ろし位置をメッシュ端部から1mだったため、この形状を最適なメッシュ寸法と判断した。

②自動運転敷均し動作の検証

自動運転敷均し動作は一方向敷均しと退避動作の個々の運転プログラムを組み合わせ、1度の指令で複数の山を敷均せるプログラムを作成した(図-8)。敷均し方向・回数や材料を降ろす位置は、①で得た結果を反映した。

配置した山の頂点と、メッシュ割りラインと平行の方向で敷均しを行わないと、均一に均すことができ

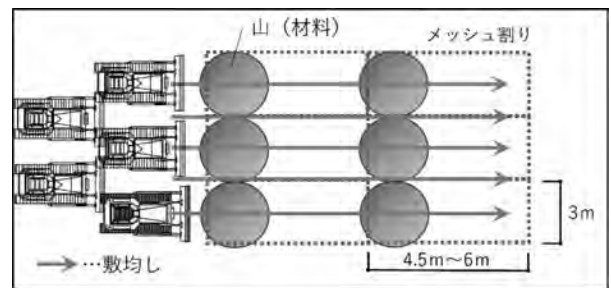


図-7 敷均し動作の検証イメージ3

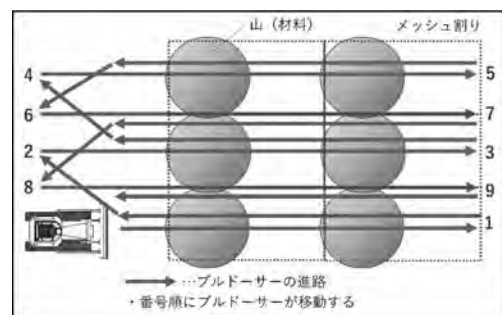


図-8 自動運転敷均しの動作イメージ (6山)

ず、材料が敷均し面上に残った部分が発生してしまう。狙った位置に向かって敷均せるよう、プログラムを調整しながら検証を実施した。

最初は材料を使用せず自動運転プログラムの動作確認を実施した。個々の自動運転プログラムを組み合わせるため、意図した動作をしなかったり、予期せぬ動作を行ったりとバグが発生した。自動運転プログラムの改修を終えると、次は材料を使用しての敷均しを実施した。敷均す山の数を徐々に増やしていき、最終的には、3山×3山（合計9山）を、均一に敷均せることを確認した（写真—2）。

③敷均し精度の確保

一般的な土工事の敷均し作業において、運転手は粗造成の形で一旦整形を実施した後に、次工程である振動ローラーが適切に施工できる状態まで土質の状態に応じたブレードコントロールを行い、仕上げの敷均しを実施している。今回、自動敷均しを実施するに当たり、前述した敷均しを実施したあとに、ブレード高さを0.05 m 下げて再度自動敷均しを実施するプログラムを実行した。結果として、振動ローラーのトラフィカビリティを十分確保した仕上がり精度を確保することができた（写真—3）。

4. 実証実験の成果

本実証実験で得られた成果を以下に整理する。



写真—2 材料9山の配置状況



写真—3 仕上げ敷均し後の状況

(1) 盛土敷均し作業において、品質確保の上、施工速度を満足させた自動運転技術を確立

10 t ダンプトラック (5 m³) × 9 台 = 45 m³ を自動運転にて18分で敷均しが完了できた。60分に換算した場合、時間当たり150 m³を敷均すことが可能である。これは一般的な道路工事・造成工事の敷均し能力を上回っており、盛土工事では適用が可能と考える（参考データ：土木工事積算基準 日当りの敷均し量441 m³, 時間当たり63 m³）。また一旦敷き均した後、0.05 m 程度漉き取り均しを行うことで、次工程の振動ローラーが転圧可能な仕上がりとなることが確認できた。

(2) 複数建機での積込から品質管理までを一連で自動施工を踏まえて、CMSモデルの基本メッシュ寸法を確認

CMSのメッシュとして3 m × 5 m（巻き出し厚0.35 m）が最適であると判断できた。

(3) 荷下ろし位置に規則性を持たせることで、ブルドーザー自動運転による敷均しが可能であることを確認

CMSで作成されたメッシュ内の決まった位置に材料を降ろし、決まった方向から敷均しを行うことで自動運転ブルドーザーにて盛土施工が可能であることが確認できた。建機FMSによる自動連携施工が実現可能になる。

5. おわりに

実証実験では自動盛土施工における CMS で作成する最適なメッシュ寸法と、自動運転ブルドーザーの最適な敷均し動作を把握することができ、荷降ろし位置に規則性を持たせることで、効率の良いブルドーザー自動運転敷均しが可能であることが確認できた。また、施工条件や使用材料が異なる施工にも、今回得た成果を展開していこうと考えている。自動自律化施工を一步ずつ進めていくことにより、安全な施工環境の構築を目指していく。

最後に、実証実験に際し、実証フィールドをご提供頂いた発注者の国土交通省中部地方整備局様に感謝する。

JCMA

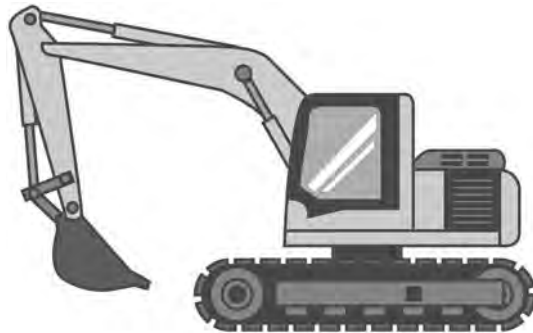


[筆者紹介]

花木 直樹 (はなき なおき)

㈱大林組

西日本ロボティクスセンター 施工技術部技術開発課



「フックの掛け先が無い現場」に対応する 常設型転落防止システム

高所安全対策設備の常設による墜落・転落事故防止の取り組み

竹内元起・中尾典文・大林達也

高所作業における墜落・転落事故は、作業者の健康と命を脅かす深刻な労働災害であり、現在、その死傷者数は国内だけで毎年2万人を超えており、中でも死亡事故が占める割合は近年増大傾向で問題となっている。

本稿では、墜落・転落事故の日本の現状を整理した上で、2022年1月から完全施行となった「フルハーネス型墜落制止用器具の着用義務化」以降に表面化した「ランヤードフックを掛ける先が無い現場問題」に着目し、現場が直面しているリアルな課題を明らかにするとともに、解決策として『常設型転落防止システム』を紹介し、その概要や設置型式ごとの特徴、また設置の際の留意点について解説する。

本稿が「高所安全対策を常設する」という新たな考え方を、ご理解いただくための一助となれば幸いです。

キーワード：常設型転落防止システム、高所安全対策、墜落・転落事故防止、フルハーネス着用義務化、ランヤードフック、高所作業、労働災害防止、労働安全衛生

1. はじめに

高所作業における墜落・転落事故は、作業員が作業中・移動中に高所から落下し、負傷や死亡に至る重大な事故である。労働者の命に関わる比率が高いことから、労働災害の中でも特に深刻な問題となっている。

厚生労働省から発表されている最新のデータ（令和4年労働災害発生状況¹⁾）によれば、日本国内における労働災害による死亡者数は減少傾向にある一方で、休業4日以上の死傷者数は近年増加傾向にあり、そのうち墜落・転落事故による死傷者数は毎年2万人を超えている。特に墜落・転落事故による死亡者数は前年比7.8%増加しており、その数は234人と労働災害による死亡者総数774人の約30%を占めている。

遡って平成29年時点では墜落・転落事故による死亡者の割合は約26%、令和3年が27%、そして令和4年が30%と年々増加傾向にあり、交通事故やはさまれ・巻き込まれなどの他の事故が着実に減少している一方、いまだ有効な事故防止の施策が確立していないものと考えられる。

2. 墜落・転落事故の現状

(1) 墜落・転落事故防止の重要性

墜落・転落事故の防止は、労働安全衛生対策の推進と作業従事者の安全および健康の確保推進のために、業界を問わず解決していくべき非常に重要な課題である。

業種により墜落・転落事故が起こるシーンは様々であるが、代表例を挙げると、建設業では主に屋根や梁、足場、建築物、構造物、はしご等、開口部からの落下が¹⁾、陸上貨物運送事業においては、荷役作業時のトラックやフォークリフト等の動力運搬機からの落下が²⁾それぞれ多く発生している。

また、令和4年度の労働災害による死亡者数の約36%を占める建設業においては、「令和4年度における建設業の安全衛生対策の推進について³⁾」の別添中で示された通り、労働者の安全確保のための対策として、(1)足場等からの墜落・転落防止対策、(2)はしご等からの墜落・転落防止対策、(3)墜落制止用器具の適切な使用、(4)建設工事の現場等における荷役災害防止対策と、全17項目の対策のうち、墜落・転落に関する安全対策が上位に来ていることも、当該事故防止の重要性を物語っていると言えるだろう。

(2) フルハーネス型墜落制止用器具の着用義務化

国が進める第13次労働災害防止計画⁴⁾の一環として、2022年1月からフルハーネス型墜落制止用器具(以下「フルハーネス」)の着用が義務化された。

フルハーネス着用義務化(以下「義務化」)は、特定の高さ以上での高所作業を行う作業者に対し、墜落・転落から身を守るためにフルハーネスの着用を義務付けるものである。具体的には、高さ2メートル以上でかつ作業床の無い場所において作業を行う際に、原則としてフルハーネスの着用が求められる。但し、フルハーネス着用者が墜落・転落時に地面に到達するおそれのある高さ6.75m以下の場合には、胴ベルト型を使用することが可能だ。

今回の義務化によって、墜落・転落事故による死傷者数の減少が期待される中、新たな問題を指摘する声が寄せられるようになった。義務化からおおよそ1年半が経過した現在、高所安全対策関連で寄せられる相談のうち、最も多いのは「フルハーネスを着用しても肝心のランヤードフックの掛け先が無い」「フックの掛け先をどうしたら良いかわからない」というもので、その数は、多い時には月に100件近くにも上るほどである。

意外にも、建設業に従事する事業者からは、この類の相談はほとんど無い。これは、建設業以外の業種がこの問題に直面していることを物語っている。

(3) 現場ごとに異なる高所安全対策の実施状況

建設業においての高所安全対策は、建設作業中の現場や高所作業車での作業時など、目的業務そのものが高所作業に当たるため、厳格に講じられてきた。一方、点検・整備・メンテナンスなどの業種では、目的業務そのものが必ずしも高所作業とならない場合があり、前者ほど厳格な安全対策が講じられなかった、あるいは、安全対策の方法自体が曖昧であった可能性が考えられる。

トラック荷台上の荷の上での作業などは、積み荷の量により高さが変わるため、高所安全対策を講じる必要性の認識が曖昧、かつ薄いという課題もあった。それが義務化による適正化を受け、現在、様々な現場において高所安全対策が見直されるようになり、改めて「フックを掛ける先が無い問題」が表面化したものと考えられる。

また、建設業とそれ以外の業種、両者の大きな違いの一つに、高所作業を建設中にするのか、建設後にするのか、ということがある。建設作業中であれば足場が組まれることが一般的で、足場の安全対策は建設業界では広く周知と徹底がなされているが、建設後の建

物にはこのような安全対策が存在しない。また、建設後にその建物の屋根や屋上などの高所で点検・整備・メンテナンスが発生することが予めわかっているにもかかわらず、ほとんどの建物はランヤードフックを掛けることを想定して作られてはいない。そこで、掛け先を新たに設置しようとしても、一般的にそのための資材や方法が普及していないため、どう対応すべきかわからないという現場が多い状況だ。

3. 現場共通の課題

(1) 問題に直面している現場

実際に「フックを掛ける先がない現場問題」に直面しているのは、どのような現場なのか。特に相談が多い現場の状況を、以下(a)~(d)にて紹介する。

(a) 屋根上や屋上での移動や作業

屋根上に設置した太陽光発電設備の点検やメンテナンス、屋上に設置したエアコン室外機のフロングス点検、ダクトの点検・整備などが該当する。屋根上は水平面で歩きやすいと思われがちだが、軒先や開口部などの危険箇所を通ることも多く、危険が伴う。また、工場等の工業施設の屋根には折板屋根が多く採用されており、凸凹した屋根面は歩きにくく、転倒の危険もある。

(b) 車上で荷役作業(屋外/屋内)

トラック荷台上での積み卸し、シートの掛け外しなどが該当する。トラックの荷台というと昇降設備が無くとも登ってしまう高さであり、もともと高所作業という認識が薄い作業である。しかし、荷の上に乗っての作業は2mを超える高さになることも多く、また、作業場が屋外で天候不良であったり、積載物が不定形であったりする場合には足場が不安定になりやすく、転落事故が多い作業のひとつでもある。

2023年10月からはヘルメット着用、昇降設備の使用対象条件が拡大されるなど、法整備による安全対策の後押しも見られ、今後、一層の安全対策の実施が求められる現場である。

(c) 航空機や車両の点検・整備作業

航空機の機体や、電車・バスなどの大型車両は定期的な整備を必要とするが、この作業も高所作業に該当する。特に航空機の機体は流線形で足場としては不安定であり、また、電車も屋根上には集電装置(パンタグラフ)などの機器類が設置してあり歩行が容易ではないため、常に転落の危険が伴う。

(d) 屋根上等の高所へアクセスするための移動経路 高所作業場へアクセスするための一般的な方法の一

つにタラップ（固定はしご）の使用があるが、タラップの昇降は厳密に言うと移動に該当し、フルハーネス着用義務化の対象外となる。しかし、タラップの踏み残しは足場として面積が少なく、その形状によっては非常に滑りやすくもあり、誰も一度は踏み外した、あるいは踏み外しそうになった経験があるだろう。まして雨天や強風等の天候不良の際は、踏み外しの危険性がより高くなるため、そのような高所を移動しているという点において、墜落・転落の危険性は高いと言える。

(2) 各現場に共通した課題

前述の (a)～(d) の現場はいずれも建設業以外の業種であり、主たる業務に付随するごく一部の作業や移動が高所で行われるに過ぎず、故に作業者は高所作業に関する知識や経験が十分でない場合がほとんどである。

このような現場で高所安全対策を検討する場合、特別な知識や技術が無くとも、いつでも、誰でも使える設備を設置することが求められる。建設業で広く用いられる足場・親綱などの仮設資材は、素人では設置もままならず、業務全体にかけられる費用・時間を考えても現実的な解決策とは言えないため、それに代わる安全対策製品が必要となる。

4. 高所作業に適した安全対策製品

前述の (a)～(d) の現場のように、建設業以外で採用されるべき高所安全対策製品は、どのような製品であることが望ましいかを以下に整理する。

(1) 高所安全対策製品に求められる5つの条件

- ① 様々な現場環境に合わせて設置可能であること
- ② 常設可能かつ長期的な利用に耐え得ること
- ③ 転落時の安全確保に加え、危険箇所への接近回避など予防原則を併せ持つこと
- ④ 主たる業務の作業性を損なわないこと
- ⑤ 高所作業に不慣れな人でも容易に扱えること

(a) 様々な現場環境に合わせて設置可能であること
業界を問わず適切な安全対策を講じる際は、設置環境が多岐にわたることが前提となる。製品の形状について例を挙げると、屋根上での作業や移動であれば、足元や腰高に水平方向にランヤードフックの掛け先を設置することになるが、車上においては車両自体が可動物のため、基本的には上方や壁面に固定点を設置する必要がある。

また、タラップ等の昇降時には、建物設備側に垂直方向に掛け先を設置するか、予め上方に安全ブロック等を設置しておかなければならない。また、設置場所が屋内なのか屋外なのか、積雪の有無、塩害対策は必要かなど、設置環境を考慮した製品選定が必要となる。

(b) 常設可能かつ長期的な利用に耐え得ること

建設業で用いられる仮設の安全対策は、特定の施工期間のみの使用を想定されているため、持ち運びができること、軽量で設置・撤去が容易であることが求められる。一方で、各種の点検・整備やメンテナンスは、日常的あるいは定期的かつ長期的な作業であることが多いため、その高所安全対策は常設可能かつ長期にわたって利用できることが重要となる。

長期利用を前提とする場合、材質や強度設計が適切であるかの検討と、定期的な点検作業が必要となる。前述の積雪や塩害など、特殊な現場環境にも対応可能な製品を選定することが望ましい。

(c) 転落時の安全確保に加え、危険箇所への接近回避など予防原則を併せ持つこと

高所安全対策の目的を考える際、真っ先に思い浮かぶのは転落事故発生時の人命確保である。安全対策製品が持つべき機能のうち、墜落・転落を制止し地面への衝突を防ぐ役割を担うのが「フォールアレスト機能」(図-1)で、高所安全対策における最重要機能である。

一方で「レストレイント＝危険箇所への接近回避」(図-2)という考え方がある。この機能を持つシステムは、作業者の移動範囲を制限し、軒先や天窓等の危険箇所への接近を防ぎ、適切な移動ルートを固定する。これにより作業者は危険箇所へ接近することができなくなり、『墜落・転落しない現場』が完成する。

高所安全対策において「フォールアレスト」は必須であり、さらに「レストレイント」の概念に沿って設計された製品を選定することが望ましい。



図-1 墜落・転落を制止し地面への衝突を防ぐ「フォールアレスト」

危険箇所への接近を防ぐ



図一 危険箇所への接近回避する「レストレイント」

(d) 主たる業務の作業性を損なわないこと

安全性と効率性は、業務を行う上でどちらも同様に重要である。しかしながら、安全性に注力しすぎて作業効率が大幅に低下したり、安全対策のために本来の何倍もの時間をかけたりすることは避けるべきである。

例えばタラップの昇降時に、踏み栈の1本1本にランヤードフックを交互にかけて移動することは、体力的にも非常にハードで、いわゆる2丁掛けも作業者が嫌がる作業のひとつである。作業者の負担を軽減するためにも、高所安全対策製品は可能な限り余分な動作を回避できる設計になっていることが望ましい。

(e) 高所作業に不慣れな人でも容易に扱えること

建設後に発生する高所作業は点検・整備・メンテナンスがほとんどであり、これらを主たる業務とする作業者は高所作業に不慣れな場合が多いため、安全対策製品には誰もが容易に扱えることが求められる。

いくら安全性が高くても、利用時に作業者の負担が多い、利用の難易度が高い等があると、使用を敬遠される恐れがある。建物の高所で行われる点検・整備や、大型車両上での荷役作業などに従事する人が、例え高所作業に不慣れであっても、快適に扱える簡素な機構であることが望ましい。

(2) 解決策としての「常設型転落防止システム」

ここまで建設業以外の高所作業現場で起こっている「フックを掛ける先が無い現場問題」について、当該現場の高所安全対策はどのような設備によって可能となるのかを明らかにした。

その上で、前項に整理した条件を備えた製品群に対し、日本でこれまで高所安全対策製品として広く認知されてきた建設作業中に使用する「仮設資材」と区別する意図で、『常設型転落防止システム』という名称

を使うことを提案したい。

5. 常設型転落防止システムの概要

本章では『常設型転落防止システム』の形状分類を行い、形状ごとの利用シーンとシステムの概要を整理する。

(1) 水平設置型システム

(a) 利用シーン

水平設置型システムは、主に屋根上に水平方向に設置され、太陽光発電設備のメンテナンスや空調設備・室外機およびダクトの点検等における利用が想定される(3章, (1)-(a)に該当)。

昨今ではコンプライアンスの強化や、労働災害防止意識の高まりにより、安全対策を講じていることを受注の必須条件とするメンテナンス専門企業も増えてきており、取引先からの要求が発端となり、高所安全対策の検討を始めるケースも増えている。

(b) システムの概要

本システムは屋根上にアンカーポイントを複数取付け、そこへ水平方向にステンレスワイヤーやアルミレールを設置することで、ランヤードフックの掛け先とするものである(写真一1)。フックを掛ける金具はワイヤーやレールを滑るように移動し、さらに支点は掛け替え無しで通過できる「パススルー構造」を備えているため、作業者はフックの掛け替えをする必要が無く、安全確保をしたことによる作業効率への影響が極力排除されている。

(c) 設置時の留意点

ワイヤーやレールの設置経路を決定するにあたっては、レストレイントの考え方にに基づき、天窗や軒先への接近を回避するよう設計する必要があるため、導線設計の自由度の高いシステムであることが重要である(写真一2)。

また、フォールアレスト機能を高め、万一の際、作業者の体への負担を軽減するため、設備内の各所にショックアブソーバーを内蔵していることが望ましく、墜落阻止性能試験等の耐力試験に合格していると良い。さらに、屋根材の耐久性や機能保全を考慮した設置方式を検討することも重要だ。

日本で多く採用されている折板屋根は非常に歩きにくいことに加え、雨天時等は滑りやすく転倒のリスクもあるため、ワイヤーやレールに並走する形でキャットウォーク(写真一3)等の足場を設置し、より高い安全性が確保されることが望ましい。



写真一 水平設置型システム



写真二 水平設置型システムによる「レストレイント」



写真三 転倒リスクを回避するキャットウォーク

(2) 垂直設置型システム

(a) 利用シーン

垂直設置型システムは昇降時の墜落・転落を防止するシステムで、主にタラップ（固定はしご）に垂直方向に設置される（写真一四）。タラップは高所へのアクセスに最もよく利用される設備であるが、安全対策は背カゴ程度しか普及しておらず、背カゴすら設置していないところもある（3章，(1)-(d)に該当）。

(b) システムの概要

本システムはタラップそのものにワイヤーやレールを設置し、フルハーネスの胸側のD環と専用金具を

介して繋ぐことにより安全対策を講じるものである。D環と繋ぐ専用金具は、ワイヤーやレールを滑るように上下し作業者に追従するため、スムーズに昇り降りができる（写真一五）。

専用金具にはストッパー機能があり、タラップを踏み外した際には体を支えてくれ、万が一、手足を滑らせた場合、落下距離を最小限に留めることができる（写真一六）。また疲労の際には、一時的に体重を預けて短時間の休息をとることも可能だ。なお、ワイヤーやレールはタラップの中央でも左右でも、自由に設置できる。

(c) 設置時の留意点

ほとんどのタラップは高所へのアクセスを目的に設置されるため、高所での事故を防ぐという観点からは、すべてのタラップに垂直設置の常設型転落防止システムを導入することが必要であると言える。



写真四 タラップ（固定はしご）に設置した垂直設置型システム



写真五 垂直設置型システムを使用したタラップの昇降シーン



写真六 ストッパー機能を有した垂直設置型システム専用金具

製品本体にはストッパー機能だけでなく、万一の際に作業者の体を衝撃から守るために、アンカー等に衝撃吸収をするショックアブソーバーが付いていることが望ましい。

(3) 懸垂設置型システム

(a) 利用シーン

懸垂設置型システムは、車庫や倉庫の天井や梁に設置し、安全ブロックを経由してフルハーネスと接続することにより、車上等の高所からの墜落・転落を防ぐシステムで、トラック荷台上での荷役作業時や、航空機や電車等の車両整備時の安全対策としての利用が想定される(3章, (1)-(b), (c) に該当)。

(b) システムの概要

本システムは、建物の上部にアンカーポイントを設置してワイヤーやレールを這わせ、そこに安全ブロックを接続し、それをフルハーネスに接続する。安全ブロックはワイヤーやレールをスムーズに移動し作業者を追従する(写真一7, 8)。

建物の上部を安全ブロックが移動することで、作業者の移動範囲が広がり、トラック荷台上など数十メートルの距離を安全対策を講じた状態で移動できるのが特徴だ。

(c) 設置時の留意点

安全ブロックのロック機構が転落時の地面への衝突を防ぐだけでなく、ワイヤーやレールの設備内の各所にもショックアブソーバーが内蔵され、万一の際、衝撃を緩和できることが望ましい。

屋外においては、基礎固定や重量固定、壁面設置のできる支柱タイプの懸垂設置型システムにより、作業者の頭上にアンカーポイントをつくり出し、同様の安全対策を講じることが必要である(写真一9)。



写真一七 倉庫の天井に設置した懸垂設置型システム



写真一八 屋内に設置した懸垂設置型システム（近接撮影）



写真一九 屋外に設置した懸垂設置型システム

6. おわりに

本稿では、フルハーネス着用義務化を契機に、新たに表面化した「ランヤードフックを掛ける先が無い現場問題」という問題の存在を確認し、作業現場ごとの特徴を踏まえ、そこで求められる安全対策設備を『常設型転落防止システム』と名づけ、形状による類型化と各形状に求められる機能の整理を行い、新たな選択肢としての提示を行った。

本稿で紹介した『常設型転落防止システム』は、幅広い現場環境に対応可能なだけでなく、長期的な利用に耐え得る高い耐久性・耐候性を持ち、高所作業に不慣れな人でも作業効率を損なわず容易に使用できる構造であるため、これまで対策を検討するも「どうしたらいいかわからない」「どうにもできない」で終わっていた個別の現場状況に合わせた、新たな選択肢となり得るものである。

1章で述べた通り、日本では高所安全対策の見直しが進んでいるが、課題は多い。一つに、米国のANSIや欧州のEN規格には『常設型転落防止システム』の共通規格が存在し、強度基準等も定められている一方で、日本ではまだ同様の規格等が存在しないことが挙げられる。

その点からも、高所安全対策という分野において、日本は欧米に一步遅れていると言わざるを得ず、今後の法整備も重要な課題である。国際的な協力と情報共有により、高所安全対策の基準やガイドラインの整備を進めることで、より安全な作業環境を確保することが期待される。

繰り返しになるが、高所作業時における墜落・転落事故の防止は、作業者の安全と大切な命を守るために不可欠である。本稿で述べた「ランヤードフックを掛ける先が無い現場」について、今後は個別の現場ごとに実態とニーズをより正確に認識する必要があり、そこへの有効な対策として『常設型転落防止システム』という選択肢を提示していきたい。また、引き続き高所安全対策の研究と実践を推進していくとともに、「高所作業時の事故をゼロに！」をスローガンに、すべての作業者にとって安全・安心な現場環境づくりを進めていきたい。

JCMMA

《参考文献》

- 1) 厚生労働省 労働基準局 安全衛生部 安全課, 令和4年 労働災害発生状況, 厚生労働省, 2023年5月23日

- 2) 厚生労働省 労働基準局 安全衛生部 安全課, 荷役作業時における墜落・転落災害防止のための安全マニュアル, 厚生労働省, 2009年9月
- 3) 厚生労働省 労働基準局 安全衛生部 安全課, 令和4年度における建設業の安全衛生対策の推進について, 厚生労働省, 2022年3月30日
- 4) 厚生労働省 労働基準局 安全衛生部 計画課, 第13次労働災害防止計画, 厚生労働省, 2018年2月

【筆者紹介】



竹内 元起 (たけうち げんき)
 (株) G-Place
 設備資材事業グループ
 グループ長



中尾 典文 (なかお のりふみ)
 (株) G-Place
 設備資材事業グループ
 マネージャー



大林 達也 (おおばやし たつや)
 (株) G-Place
 設備資材事業グループ
 マネージャー



MR技術を活用した施工現場における 生産性向上に関する取り組み

中 静 真 吾

建設業界は人材不足と高齢化に直面しており、生産性向上が課題となっている。このため、建設業界では ICT や BIM/CIM を活用したデジタル化が進められている。国土交通白書や i-Construction 等において方針がまとめられている通り、特に BIM/CIM の果たす役割は大きく、その中心となるのが 3D モデルである。我々は MR 技術を使って現場で BIM/CIM データを活用するシステムの開発に取り組んでいる。この論文では、国土交通省北陸地方整備局の工事における MR 技術の取り組みについて報告する。

キーワード：MR, BIM/CIM, DX, i-Construction, 3D モデル, 遠隔臨場

1. はじめに

建設業は、地域インフラの整備の担い手であると同時に、災害時には最前線で地域社会の安全・安心の確保を担う地域の守り手として、国民生活を支えている。

しかし、我が国の建設業は、建設現場の熟練技術者の減少や高齢化、若手労働者の減少による将来の担い手不足の問題など、様々な課題に直面している¹⁾。

そのため、国土交通省では、平成 28 年を「生産性革命元年」と位置づけ、総力を挙げ生産性向上に取り組んでいる。建設業では、各建設生産プロセスに ICT や BIM/CIM などを取り入れ、業務のデジタル化を実現する DX を推進している。

建設現場では日々大小様々な打ち合わせや現場確認、検査等が実施されている。建設現場の生産性向上のためには、さらなる DX の推進を図り、日常業務の効率化が不可欠である²⁾。

我々は日常、建設現場で実施されているこれらの様々な打ち合わせや現場確認、検査等に焦点を合わせ、MR 技術等の先端技術を活用することにより、現場管理を行う上での生産性について実地検証を行っている。本論では「大河津分水路山地部掘削その 6 他工事」、「阿賀野バイパス 15 工区改良その 2 工事」、「R3 阿賀野バイパス JR 跨線橋軽量盛土その 2 工事」にて試行した各施工プロセスに MR 技術等を活用した取り組みについて報告する。

2. 取り組みの目的・概要

(1) 目的

本取り組みは、従来、原則対面で実施されている受発注者間での協議や検査について、既に現場で活用されている様々なデジタルデータ (ICT・BIM/CIM データ・各種電子納品データ等) を MR 技術などを含む複数のデバイスを組み合わせることで活用することにより、受発注者双方の業務効率化・高度化を図ることを目的とする。

(2) 概要

試行工事において CIM データ等を活用し、3次元モデルを作成した後、各施工プロセスに MR 技術を中心とした複数のデバイスを組み合わせることで活用し、従来のやり方と比較することで評価を実施する。

なお、本取り組みは、国土交通省「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」に選定され、試行を行った業務である。

3. 各建設生産プロセスにおける MR 技術を活用した取り組み

(1) MR 技術とアプリケーションについて

MR 技術とは現実世界に 3D ホログラム等、仮想的なモノを融合する技術である。

本取り組みにあたって、汎用の 3DCAD ソフトウェアにて CIM データや 2 次元図面から 3 次元モデルを

作成，現況地形モデルと結合させてデジタルツインデータを生成し，さらに施工工程（時間軸）を付与し4次元モデルを作成した。我々が開発しているMRアプリケーションに4次元モデルをクラウドサーバ経由で取り込み，MRデバイスで確認できるようにした。

我々が開発しているMRアプリケーションは3Dホログラムの時間軸やスケールの変更，ドキュメントの共有，遠隔地とのコミュニケーション等の機能を有している（図—1）。

(2) フロントローディングにおけるMR技術の活用

ここでは本取り組みにて実施したMR技術を用いたフロントローディングの事例について報告する。

(a) 設計照査

現在，多くの現場において現場担当者は2次元図面から頭の中で完成形をイメージし，設計の不具合や施工条件を確認しているため，それらの不整合の見落としによる手待ちや手戻りが発生するリスクがある。

そこで本取り組みではMR技術を活用し，設計3次元モデルと現況地形モデルをホログラムとして可視化，これらの設計イメージを用いて，様々なスケールや角度からの確認を遠隔地を含む複数の関係者で行うことで，設計照査の品質向上を図った。図—2に設計照査時のMR技術活用状況を示す。

その結果，設計の不具合等を明確に見つけ出すことができ，手待ちや手戻りのリスクが低減した。また，遠隔地にいる参加者もアバターとして表示され，あたかも隣にいるかのようなコミュニケーションを取ることができ，移動のない効率的な設計照査を実施するこ



図—1 MRアプリケーション機能概要



図—2 設計照査時のMR技術活用状況

とができた。

(b) 施工計画

従来，施工計画作成における協力会社との施工打ち合わせでは，現場理解の齟齬がなくなるまで多くの机上検討と現場確認が繰り返されていた。

本取り組みでは，現場担当者及び協力会社が4次元モデルをMRデバイスで共有しながら，施工方法等の検討を行った。

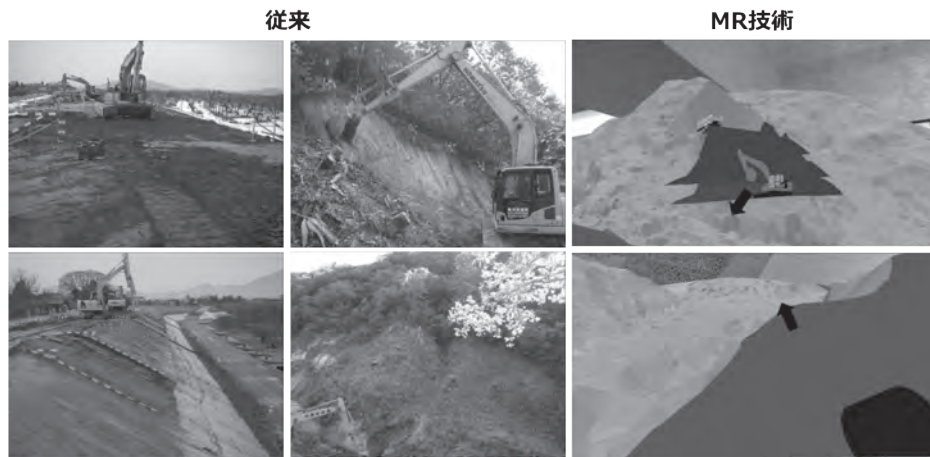
現地地形の高低差，工事用道路の勾配や施工ヤードの広さ等を実物大モデルで確認しながら施工検討を実施したことで，参加者の現場に対する理解度が上がり，より具体的な打ち合わせが行えた（図—3）。その結果，打ち合わせの品質が向上し，打ち合わせ回数の削減や時間の短縮を図ることができた。また，全ての関係者が共通認識を持つことができ，実施工での手戻りもなく施工を行うことができた。

さらに，本試行工事では経験1～2年の若手技術者も配置されていた。このような経験の浅い技術者は，従来の2次元図面から完全に施工をイメージすることが困難なケースが多い。しかし，MR技術を活用することでこれらの若手技術者でも施工順序や危険箇所等を正確に理解することができた。

なお，現在，建設業においては，重機のICT化がトレンドとなっているが，それを取り扱うオペレーターはイメージが追いつかないという課題もある。日本全体でICT化が進んでいるが，働く人はアップデートされず，重機だけがアップデートされているというギャップが出てきている。こうした課題もMR技術を使用しながら，ICTを導入した重機でのシミュレーション（重機を使用した際の危険予知や安全施工）のミーティングを実施していくことで，オペレーターがICTを導入しながらもこれまでと同様の品質水準で現場作業ができるようにアップデートできると考えている（図—4）。



図—3 現場担当者と協力会社のMRデバイスでの共有状況



図一四 オペレーターの作業可否判断における従来方法とMR技術活用比較イメージ

(3) 発注者との打ち合わせについての取り組み

ここでは本試行工事で発生した協議事案について、MR技術を用いた発注者との打ち合わせについて報告する。

(a) 設計変更協議

従来は変更協議を行うにあたり、受注者は発注者に理解を得るために、多くの資料を作成して現場臨場や対面で説明を行う必要があった。

本取り組みでは、受発注者双方がそれぞれの拠点からMR技術による遠隔での協議を行った。実物大の3次元モデル等と遠隔地参加者の動きを表示するアバター機能を併用することで、これまでの膨大な資料作成を必要とせず少ない資料で説明することができた。さらに、非対面でも対面と同等に変更案をわかりやすく説明することができた。図一五にMR技術を活用した設計変更協議の状況を示す。

その結果、協議資料の作成にかかる時間、合意形成までの打ち合わせ時間と移動時間が大幅に削減できた。

(b) 安全施設の設置箇所の検討

本試行工事では視線誘導灯の設置位置の検討をMR技術を活用し、発注者と遠隔にて実施した。従来は設

置案図との比較検討を現地で行うために、現地への移動、現地での丁張等立ち合い準備の時間を要していた。

本取り組みでは、MR技術を活用することで、現地へ行くことなく、実物大のモデル上で、発注者と共にドライバーの目線となって検討を行い、最適な設置箇所を決定することができた。図一六にMR技術を活用した安全施設の設置検討状況を示す。

(c) 点群データの活用と3Dアノテーション技術の応用

従来、MR技術では点群データなどの大容量のデータを扱うことが難しかった。点群データの活用には最適化に時間を要していたこともその一因である。しかし、MR技術にクラウドレンダリング技術を組み合わせることで、点群データを含む大容量のデータを容易に活用できるようになった。最適化作業にかかる時間も減り、時間の短縮が可能となった。

また、打ち合わせにおいて、MR技術を活用した場合、対面と同等以上の品質で行うことが上述している通り、実証することができた。ただし、記録化においては、「言った」「言わなかった」という課題が顕在化した。さらに、議事録作成にも時間がかかっていた。そこで、MR技術に3Dアノテーション技術を組み合



図一五 MR技術を活用した打ち合わせ状況



図一六 MR技術を活用した安全施設の設置検討状況

わせ、仮想空間上にメモやマーカーの配置を可能にした。配置したメモやマーカーは、3次元モデルやドキュメントとともに仮想空間ごとにキャプチャ画像として記録することができるようにしたことで、結果的に、打ち合わせ後の認識齟齬を防ぐことや議事録作成の時間短縮につながった。図一7に点群データとマーカー活用の様子を示す。

(4) 遠隔臨場による完成検査の取り組み

国土交通省では受発注者の作業効率化等を目的に2020年度より建設現場における遠隔臨場の試行を進めている。

現在、段階確認、材料確認及びその他現場立会に対しては試行されているが、完成検査では、検査員が工事全体を多くの情報を基に正確に理解した上で検査を進める必要がある。そのため、現在は対面で行われている。

そこで、検査員が遠隔でも対面検査と同等の品質で工事を理解した上で、完成検査を行えるようにMR技術を活用し、ホログラム等の情報を付加して、より理解度の高い工事説明を行った。

具体的な取り組みとして本試行工事では、検査員、監督官、受注者が各拠点からMR技術、Web会議システム、現場はウェアラブルカメラで繋ぎ、完成検査（書面検査、実地検査）のすべてを遠隔臨場にて実施した。図一8に遠隔臨場による完成検査の構成を示す。



図一7 点群データの活用と3Dアノテーション技術の応用状況

工事概要の説明はMR技術を活用し、4次元モデルによる施工エリア、施工ステップ等を検査員が検査を行う上で必要な情報についてわかりやすく説明した。

書面検査はWeb会議システムにて実施した。電子納品対象外の提示書類は書画カメラを活用することで無駄なスキャン作業を防止し、電子書類、紙書類双方の確認を円滑に実施した。

実地検査は施工現場に配置した現場担当者とウェアラブルカメラで繋ぎ、現場の状況、出来形の確認を実施した。検査員はMR技術を用いて確認箇所の指示を具体的に行い、現場担当者は指示に基づいて現地の出来形測定をGNSSローバーにより行った。その結果を検査員は、ウェアラブルカメラにてリアルタイムに確認した。

本取り組みは、このようにMR技術や様々なソリューションを組み合わせることで遠隔臨場でも従来と同等の完成検査が実施できることを確認できた。

4. 結果と考察

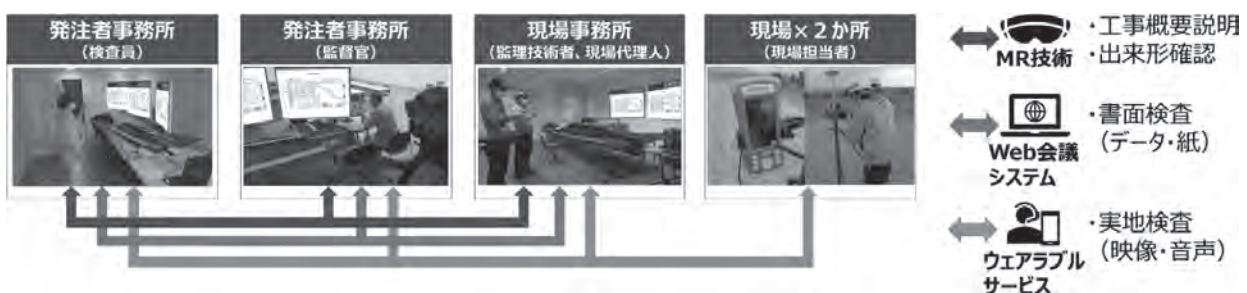
(1) フロントローディングにおけるMR技術の活用

今回、MR技術を活用することによって、関係者間において、より現実に近い状態で設計照査やリアルな施工検討が実施でき、正確なイメージを共有することで、設計照査や施工計画時での認識齟齬がなくなり、施工時の手戻り等も抑制され、工事全体の効率化につながった。

さらに、関係者の経験値や理解度に影響されることなく、共通のイメージを共有できることが確認できた。そのことは、若手技術者が積極的に打ち合わせに参加するなどの効果にもつながった。

今回の取り組みを通じて、フロントローディングにおけるMR技術の活用は非常に効果的であった。

今後、フロントローディングにおいてMR技術をより活用していくためには、さらなるBIM/CIM工事の拡充や3次元データを扱える人材教育が必要である。



図一8 MR技術を活用した遠隔臨場検査構成

(2) 発注者との打ち合わせについて

発注者との打ち合わせにMR技術を活用することにより、遠隔での打ち合わせでも対面と同等のコミュニケーションを取ることが可能であった。結果として打ち合わせに伴う移動が大幅に削減できた。

また、3Dホログラムによる説明により、受発注者双方の理解度も高まり、合意形成までの時間削減が図れた。3Dアノテーションの技術による仮想空間内の記録化も容易にできるため、打ち合わせ後の受発注者双方の認識齟齬も起きにくくなった。

なお、点群データの活用も容易になり、これまで受発注者双方において、現地で行けなかった確認事項も、現地に行かなくても、関係者ごとに各拠点、各会議室にて、現場を確認することができるようになった。

(3) 遠隔臨場による完成検査

今回の取り組みでは2件の試行工事にて遠隔臨場による完成検査を円滑に実施できた。検査員からは「MR技術による説明は理解し易く、遠隔でも検査を進められた」との評価を頂いた。

また、拠点間の移動や書面検査後の現場への移動をなくすことができ、検査全体の時間短縮も図れた。今回の試行工事の規模の完成検査は、従来の検査方法で実施した場合、6～7時間（移動も含む）かかると思定されたが、1件あたり3時間で行うことができ、50%超の短縮が確認できた。

5. おわりに

本取り組みでは各施工プロセスへのMR技術の活用を試みた。MR技術を活用することで、関係者間の相互理解が深まり、合意形成が円滑に進んだことから、業務の効率化・高度化が図れたと言える。特に完

成検査の取り組みは、新しい検査方法として大いに期待できる。

しかし、MR技術の建設現場への利用はスタートしたばかりであり、活用例が少ない。これからの建設業は人材不足や技術者の高齢化などに加え、新型コロナ危機を契機としたニューノーマル時代に対応していかなければならない。そのためにDXの推進は必須であり、3次元データ、ICTデータをいかに利活用するかにかかっている。

本取り組みを通じて、現場で既に使用されているあらゆるデジタルデータ（ICT・BIM/CIMデータ・各種電子納品データ等）をさらに有効活用し、DXを進めていくためには、MR技術を既存のデバイスと組み合わせることは大いに有効であると感じた。

現在、我々はBIMデータの活用による建築分野での試行も進めている。今後も技術開発を進めていき、建設産業発展のため、尽力していく。

謝辞

本取り組みの実施に当たり、ご指導、ご協力いただいた国土交通省北陸地方整備局の関係者の皆様に、深く感謝の意を表する。

JICMA

《参考文献》

- 1) 国土交通省：国土交通白書2019, 日本印刷株, pp.216-217, 2019.
- 2) 国土交通省：国土交通省におけるDX（デジタルトランスフォーメーション）の推進について, https://www.jaic.or.jp/kenkyu/22/data/r02_6_hirose.pdf, pp.18-54, 入手2021.5.21.

【筆者紹介】

中静 真吾（なかしずか しんご）
小柳建設株
専務取締役 COO



出水警報システム「T-iAlert[®]River」の 河川工事への適用

出水を事前に把握し河川工事の安全管理に寄与するシステム

大野 剛・飯村 浩太郎・高山 百合子・遠山 正 恭

河川工事では、出水から作業従事者の安全を確保し、建設重機などの建設資機材を退避、養生させるために、12時間以上前に出水による水位上昇の可能性を把握し、早期に出水対策を講じることが求められる。そこで、工事地点の水位を最大で36時間前に予測し、予測水位が施工上の設定された「危険水位」に達する場合に、メールやWEBでアラートを配信する出水警報システム「T-iAlert[®]River」を開発した。本システムは現在までに複数の河川工事に適用されており、工事中の安全管理に寄与することを確認している。

キーワード：河川工事，水位予測，出水，危険水位，警報配信，安全管理

1. はじめに

地球温暖化の影響による局所豪雨の増加や台風の強大化により、豪雨災害が激甚化、頻発化している¹⁾。建設工事のうち河川工事では、豪雨に伴う河川の増水や出水により工事エリア内に水が流入し、浸水や資機材の流出などの被害を受ける可能性がある。そのため、作業従事者の安全を確保するとともに、建設重機などの建設資機材の退避、養生を半日以上前に開始することが必要である。

そこで、天気予報や工事地点上流の観測所水位を活用して、河川工事地点の水位や出水の有無を最大で36時間前に予測する出水警報システム「T-iAlert[®]River」(以下、本システムという)を開発した^{2)~4)}。本システムは、予測結果をWEBやメールで確認でき、工事地点で設定した「危険水位」に達する場合には関係者にメールで警報を配信するものである。警報メールは工事関係者に対する注意喚起や出水対策に伴う待機・招集の迅速化に寄与している。また本システムは予測結果から出水の発生時刻を把握できるため、計画的に人や重機を退避・避難させることが可能となる。

本稿では、本システムの概要と石狩川頭首工建設工事(2004年~2012年)および児島湾締切堤防排水樋門改修工事(2021年~2026年(予定))への適用事例について紹介する。

2. 出水警報システムの概要

本システムの概要図を図-1に示す。本システムは、工事地点より上流域の雨や河川水位のデータをインターネットを介して自動で取得し、構築した水位予測手法に入力して工事地点の水位を予測するものである。入力データは主に過去および予報の降雨量と、観測水位であり、降雨として用いるデータには、気象庁が配信している解析雨量データ(1kmメッシュ、実況雨量)⁵⁾やメソ数値予報モデルGPV(5kmメッシュ、1~39時間後の予報雨量)⁶⁾等がある。観測水位としては、工事地点近傍にある国や自治体が測定、公開する観測所の水位があり、例えば国土交通省の「水文水質データベース」⁷⁾がある。予測水位は入力データを取得して即時に計算され、観測水位や過去および予報の降雨などととも時系列グラフとして工

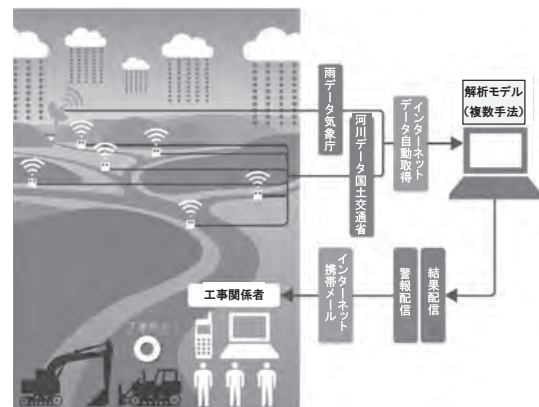


図-1 本システムの概要図

事関係者にメールで配信，または専用のウェブサイト
にアップロードされる。工事関係者はメールやウェブ
サイトで予測水位や予報の降雨等を適宜確認できる。
また本システムは，施工上の設定された「危険水位」
を予測水位が超えた場合に警報メールが自動配信され
る，プッシュ型の警報配信機能を有している。

一般に水位の予測手法は図-2の3種類に分類で
きる。図-2(a)の「直接手法」は，予測地点の水
位を，直近の上流の水位や降雨量との相関関係式から
算出するものであり，主に回帰式によるものである。
図-2(b)の「物理手法」は，降雨からの流出流量
を物理的なモデル式で求めるものであり，流域を表層
や地下層などのタンクに見立てるタンクモデルや，流
域を格子に分割して上流から下流への水の流れを逐次
計算で求める分布型流出モデルなどがある。図-2(c)
の「データ駆動型手法」は，近年のPC性能の向上に
伴い，ビッグデータを用いて機械学習などにより水位
を予測する手法である。この手法は，水位予測の分野
では2015年以降広く使われるようになり，ニューラ
ルネットワークやランダムフォレストを用いる手法な
どがある。

本システムでは，上流域の土地利用や流域面積など
の流域特性や，融雪期や渇水期などの予測時期，上流
の水位観測所の数などに基づき，最適な水位予測手法
を選定して採用している。

3. 出水警報システムの活用事例

(1) 石狩川頭首工建設工事

(a) 工事概要

石狩川頭首工建設工事は，国土交通省北海道開発局
が篠津中央二期農業水利事業として，北海道樺戸郡月
形町にあった旧石狩川頭首工（1963年完成）の老朽
化に伴い新たな頭首工を構築した工事である。工事地
点を図-3に示す。施工は河積を阻害しないよう中央
部，右岸部，左岸部に分割し，順次二重の仮締切工

により内側をドライアップして進められた（写真-
1）。本工事では最盛期に仮締切工内で80名以上の作
業員や複数台の重機が工事に携わっていた。当該工事
では仮締切工（天端高 E.L.+9.14 m）の構造的な安定
性が確保できない出水が懸念される場合，仮締切工内
に注水を行う対策を実施することとしていた。そのた
め安全管理の観点から，なるべく早く工事関係者に出
水する可能性を周知し，作業員の退避や資機材の移
動，養生を完了させる必要があった。そこで本工事で
は予測水位が E.L.+7.5 m を超えた時に警報を配信す
る出水警報システムを構築，運用した。



図-3 頭首工位置



写真-1 工事実施状況

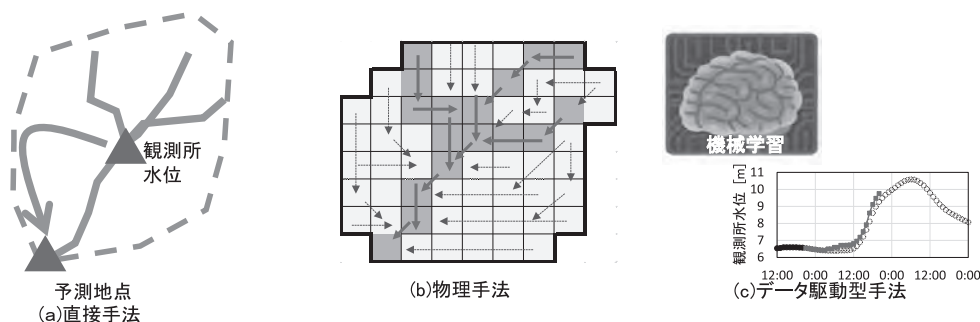


図-2 水位予測手法の分類

(b) 予測手法の概要

当該工事ではリードタイムが異なる3つの水位予測手法を用いた。リードタイムとは、水位予測手法が出水を予測する時刻と、観測水位が出水する時刻との差であり、水予測手法が何時間前に出水を予測するかを意味している。1つ目は頭首工の上流域における雨量の48時間累積値から頭首工地点の出水の有無を判定する「直接手法」（以下、累積雨量モデルという）であり、リードタイムは21時間である。2つ目は、**図一3**に示す頭首工上流に位置する5地点の水位観測所（頭首工から上流に向かって奈井江大橋、砂川橋、橋本町、妹背牛橋、伊納）と頭首工水位の回帰式を用いて、観測所水位から頭首工水位を求める「直接手法」（以下、回帰モデルという）である。リードタイムは頭首工から最上流にある伊納が11時間、頭首工から最も近い奈井江大橋が3時間である。3つ目は「物理手法」の一つである分布型流出解析（以下、数値モデルという）であり、リードタイムは13時間である。

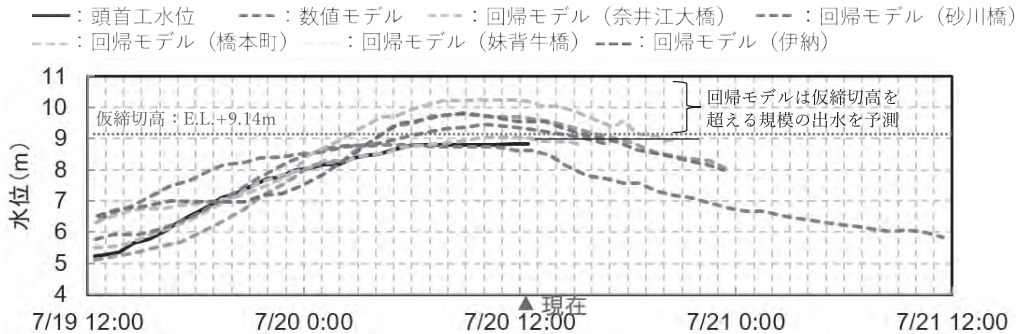
(c) 2009年7月の出水事例

写真一2のように、当該工事では2009年7月19日から20日にかけて大規模な出水が発生した。**図一4**は回帰モデルと数値モデルの予測水位と観測水位を示

している。観測水位は7月20日の12時に仮締切高より13cm低いE.L.+9.01mまで上昇した。予測水位は伊納、妹背牛橋、砂川橋の観測所水位における回帰モデルが危険水位を超えた。**表一1**は工事担当者にとっての行動と本システムの予測結果を時系列でまとめたタイムラインである。最高水位を記録した7月20日11時の29時間前に「累積雨量モデル」が警報を配信し、工事作業所は退避の準備を開始した。「累積雨量モデル」のリードタイムは21時間であるが、8時間早く警報を配信している。工事作業所は回帰モデル（伊納、リードタイム11時間）が危険水位の超過を予測したタイミング（観測水位が最高水位に到達する18時間前）で施工ヤードにある重機や資機材の移動、撤去を開始し、開始から4時間後に移動、撤去が完了



写真一2 出水時状況



図一4 水位予測結果

表一1 出水への対策状況

時刻	最大出水との時間差	頭首工水位 (E.L.m)	現場対応状況	出水警報システムの予測状況
7月19日 6:00	29時間前	4.84	退避の準備開始	累積雨量モデルが警報配信
7月19日 7:00	28時間前	4.93	待機	-
7月19日 17:00	18時間前	6.42	重機や資機材の移動・撤去開始	伊納観測所の回帰モデルが警報を配信
7月19日 21:00	14時間前	7.59	重機の退避完了	-
7月19日 21:00	14時間前	7.59	待機	-
7月20日 1:00	10時間前	8.26	設備の撤去	-
7月20日 3:00	8時間前	8.48	全出水対策を完了、仮締切工内に注水	-
7月20日 11:00	最大水位発生	9.01	最高水位に到達	数値モデルの予測水位と実測水位が一致
7月20日 13:00	2時間後	9.00	仮締切内に注水した水の排水と設備の復旧	-
7月21日 8:00	21時間後	6.35	復旧完了と作業再開	-

した。観測水位が最高水位に到達する 10 時間前には仮締切天端にある設備の撤去を開始し、8 時間前には全ての出水対策を完了させ、仮締切工内への注水を開始した。

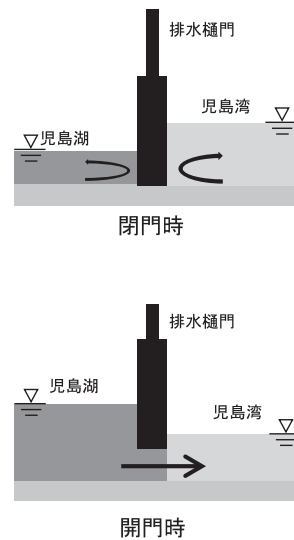
この出水では、工事関係者が予測結果を逐次確認しながら、時間的な余裕をもって退避行動をとることができた。当該工事では工事期間中に大規模な出水が 5 回発生し、上記事例と同様に本システムを活用しながら退避行動などの安全行動をとることができた。また退避、養生した重機や資機材の復旧作業を開始するタイミングの把握に水位予測結果を活用しており、本システムが出水後の作業計画を効率的に立案するための工程管理にも寄与することを確認できた。

(2) 児島湾締切堤防排水樋門改修工事

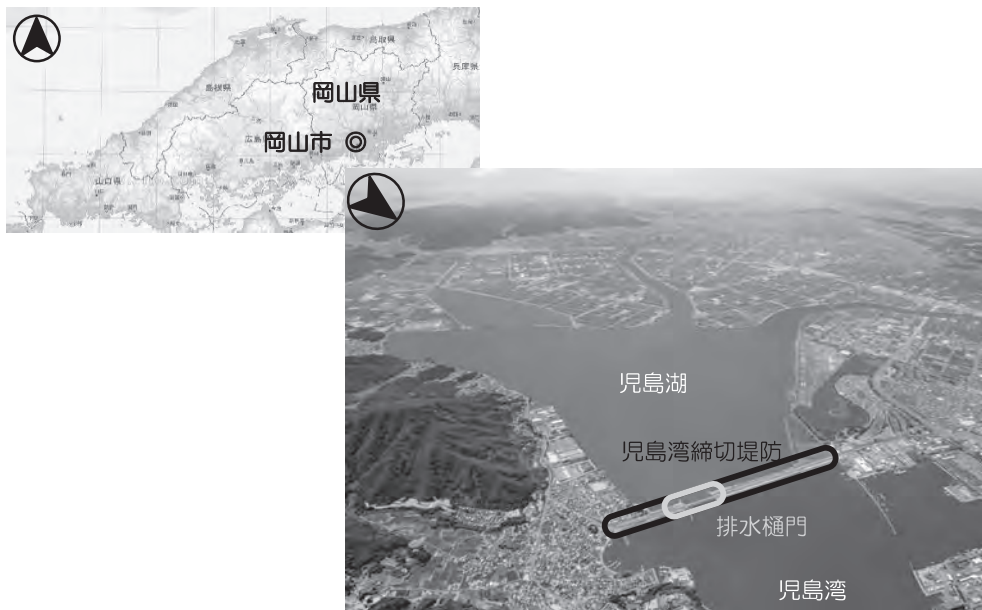
(a) 工事概要

児島湖は農業用水の確保と高潮による浸水被害の防止を目的に児島湾を約 1.6 km の堤防で締め切る（以下、締切堤防という）ことにより昭和 36 年に誕生した湖である（図一 5）。児島湖は締め切った状態が続くと、流域から集まった雨水などの流入水により水位が上昇し続け、周辺が浸水する。そのため、締切堤防を管理する岡山県（操作は児島湾土地改良区）は児島湖の水位を適切に管理するため、児島湾の潮位が児島湖の水位より低くなるタイミングで排水樋門を開放し、適宜児島湖の水位を下げる操作を行っている（図一 6）。締切堤防では 2019 年度より耐震対策が実施されており、排水樋門は 2021 年より樋門の門柱および堰柱を鋼製函体で締切り、内部をドライアップする工

法による耐震化工事が進められている。当該工事は、排水樋門を供用しながら進める必要があるため、工事中は安全管理の観点から開門 1 時間前にはダイバー作業を中断し、作業船舶を退避させる必要がある。工事作業所は排水樋門の開閉のタイミングを排水樋門の管理者に確認して工事の段取りなどを決めているが、突然の豪雨等により児島湖の水位が急上昇した場合、排水樋門を急遽開門することが想定され、作業員や作業船舶の退避遅れや資機材の流出などが懸念される。そこで、天気予報の降水量に基づく水位予測手法により児島湖水位を 36 時間先まで予測し、児島湾の予測潮位（天文潮位）より低い期間に排水樋門を開放することをモデル化した水位予測手法を構築し適用している。



図一 6 排水樋門の開閉



図一 5 児島湾締切堤防の位置

(b) 予測手法の概要

水位の予測は、「直接手法」の一つである、降雨量と湖内の水位上昇量との回帰モデルを用いた。図-7は水位予測および結果の配信フロー図である。入力データは、児島湾の予測潮位、児島湖の実況水位（「児島湖水位情報」⁸⁾）および児島湖上流域の36時間先までの降水予報値である。水位の予測は、予測時における排水樋門の開閉状況をリアルタイムにインターネットで把握し、降雨に伴う水位上昇量を求めて児島湖水位の予測および排水樋門開閉の判定を逐次計算で行う。そして得られた水位予測結果と排水樋門の開門・閉門の予測時刻を、毎朝6時に工事関係者にメール配信する。

(c) 台風時における重機退避への活用事例

2022年9月19日に台風14号が工事地点付近に来襲した。来襲の数日前から工事作業の中止と重機や建設資機材の台風養生を実施することが決定していた

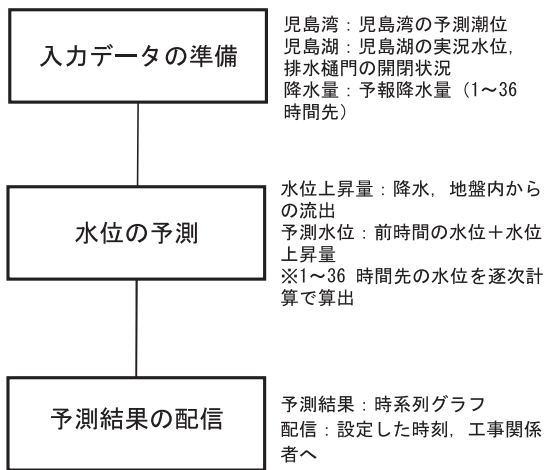


図-7 水位予測フロー図

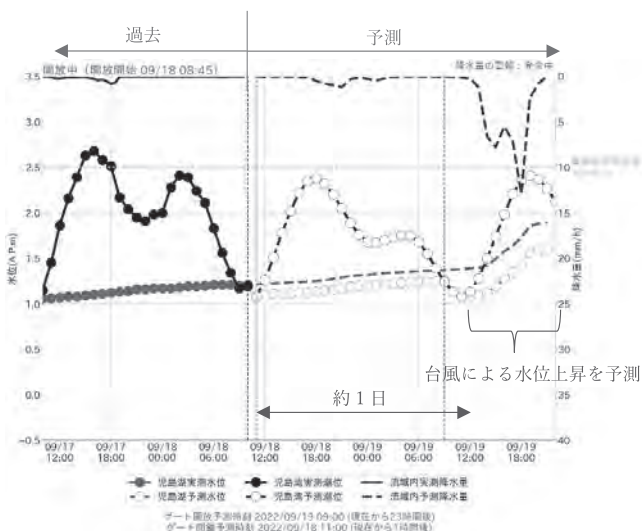


図-8 出水警報システムの予測結果

が、水位予測結果（図-8）から、排水樋門付近に設置した作業架台が浸水、流出することが懸念された。作業架台には地盤改良機とクローラークレーンがあったため、作業架台が浸水する可能性がある時刻を予測結果から確認して、作業架台に設けた高さ90cmの嵩上げ用の架台に地盤改良機とクローラークレーンを移動した（図-9）。その結果、作業架台は浸水したが削孔マシンとクローラークレーンの浸水、流出を防ぐことができた。

4. 出水警報システムの安全管理への効果

安全管理への効果は以下の3点が挙げられる。

①工事関係者や建設資機材の退避・養生行動のタイミングを判断する際に活用できる。

工事担当者は天気予報や河川の水位変化と自らの経験を参考に、出水対策の有無やそのタイミングを判断する。事例で紹介したように、工事担当者は本システムの予測結果を出水対策の判断材料の一つとすることができる。

②工事関係者に対して早期に出水の可能性を注意喚起でき、迅速な行動につながる。

本システムの警報メールを受信することで、例えば作業員の待機や招集を想定し、出水に備えた事前の準備や早めの行動をとるなど早期に出水への心構えができる。その結果、工事関係者が迅速に待機、招集に応じることにつながっている。また出水の危険性が工事関係者にも周知されるため、万が一甚大な出水が発生した場合は、応援、支援を迅速に受けられる状況を構築できる。

③出水後の復旧作業や工事開始のタイミングを想定できる。

本システムにより、出水後に平常時と同等の水位になるまでの時間や水位の時系列変化を把握できる。そ

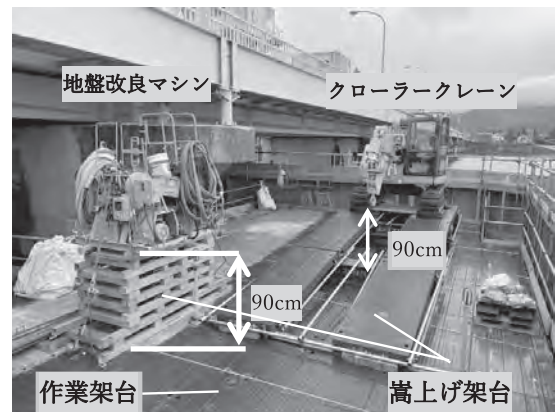


図-9 建設重機の嵩上げ状況

のため、退避、養生した重機や建設資機材の復旧作業に関する計画や作業開始のタイミングを判断することが可能であり、出水による工程遅延を最低限に抑えることにつながる。

5. おわりに

出水の有無やその規模を事前に把握し、出水発生が予測される際には、工事関係者に WEB やメールで警報を伝える出水警報システム「T-iAlert[®]River」について、2つの河川工事への適用事例を紹介した。本システムは河川工事の安全管理や工程管理に有効であることを確認しており、今後も本システムを様々な河川工事に積極的に活用していく予定である。



《参考文献》

- 1) 気候変動による水害研究会：激甚化する水害，日経 BP 社，2018.
- 2) 大野剛，永野雄一，本田隆英，高山百合子，伊藤一教：河川工事の安全管理に用いる「出水警報システム」の長期適用と予測精度の向上に関する検討，河川技術論文集，第 24 巻，pp.425-430，2018.
- 3) 大野剛，永野雄一，本田隆英，高山百合子，伊藤一教：出水警報システム「T-iAlert[®]River」の河川工事への長期適用と予測精度の向上に関する要因の把握，大成建設技術センター報 第 51 号，43，2018.
- 4) 大野剛，伊藤一教：降雨分布画像を用いた深層学習による出水予測手法の構築と実河川への適用性検討，河川技術論文集，第 27 巻，pp.117-122，2021 年 6 月.
- 5) 気象庁：解析雨量，<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/kurashi/kaiseki.html> (参照 2023/6/30).
- 6) 気象庁：メソモデル，https://www.data.jma.go.jp/suishin/cgi-bin/catalogue/make_product_page.cgi?id=MesModel (参照 2023/6/30).

- 7) 国土交通省：水文水質データベース，<http://www1.river.go.jp/> (参照 2023/6/30).
- 8) 岡山県備前県民局：児島湖水位情報，<http://www.kojimakoinfo.pref.okayama.jp/> (参照 2023/6/30).

【筆者紹介】



大野 剛 (おおの ごう)
大成建設㈱
技術センター 社会基盤技術研究部 水理研究室
水防・保全チーム
課長



飯村 浩太郎 (いむら こうたろう)
大成建設㈱
技術センター 社会基盤技術研究部 水理研究室
水防・保全チーム
係員



高山 百合子 (たかやま ゆりこ)
大成建設㈱
技術センター 社会基盤技術研究部 水理研究室
水防・保全チーム
チームリーダー



遠山 正恭 (とよやま まさゆき)
大成建設㈱
中国支店 児島湾締切堤防排水樋門改修工事
作業所長

生体センシング機能付骨伝導ヘッドセットを利用した安全管理

平野朝士・宇野昌利

トンネル内の騒音下でも防塵マスクや防音耳栓をしたまま通話ができ、同時にバイタルデータのリアルタイム測定ができるシステム「生体センシング機能付骨伝導ヘッドセット（仮称）」を開発した。骨伝導スピーカーが音声の振動をこめかみから聴覚神経に伝達させ、骨伝導マイクが声帯やこめかみの振動から声を拾うため、通話時にマスクや耳栓など保護具の脱着が不要となる。また、本機器の特徴であるバイタルセンシング機能をヘッドセットに付加することのメリットについても述べる。本稿の結果は、建設現場、とりわけトンネル建設現場における作業員の安全性と生産性の向上に貢献するものと期待される。

キーワード：骨伝導マイク、骨伝導スピーカー、生体センシング、バイタル計測、トンネル建設現場、騒音下

1. はじめに

トンネル建設現場では、100 dB を超える騒音や振動、狭所作業空間などの環境下における作業員のコミュニケーション不良が起因して、作業員の安全が脅かされることがある。作業員の安全管理を強化するためには、いかなる過酷な環境下においても効果的な双方向コミュニケーション手段と正確な情報伝達が重要となる。本稿では、スピーカー部のみならず、マイク部にも骨伝導技術を取り入れ、かつ、リアルタイム生体センシング機能を付加した生体センシング機能付骨伝導ヘッドセットを用いることによる安全管理の一例を紹介し、本機器が作業員の安全性と生産性の向上に寄与する一助となることを説明する。

2. 骨伝導ヘッドセットの利点

本機器に実装されている骨伝導ヘッドセットは、一般的なイヤホンと異なり、耳を覆わずに骨を介して音声を伝達することで、以下の利点を持つ。

(1) 周囲の音を聞きながらのコミュニケーション

骨伝導ヘッドセットは耳を塞がずに使用できるため、作業員は周囲の音を聞きながらもクリアなコミュニケーションを行うことができる。これにより、作業員同士や監督者とのコミュニケーションが円滑化し、迅速な指示や警告の伝達が可能となる。

(2) 騒音化でのコミュニケーションと安全対策

トンネル内での作業のように特に騒音が激しい環境下においては難聴を防止するため、作業員の耳栓装着が義務付けられている。このような環境下においても骨伝導ヘッドセットを使用することにより、作業員の身体的安全を確保しながら、円滑なコミュニケーションを図ることができる。

(3) 安全警告の迅速な伝達

骨伝導ヘッドセットは周囲の音を阻害せずに音声を伝えるため、作業員に対する安全警告や緊急時の指示を迅速に伝えることができる。また、骨伝導マイク部は周囲の音を拾わずに発声音のみを伝えられるため、事故の発生を最小限に抑えることができる。

3. 骨伝導マイク／スピーカーの技術的特徴

骨伝導マイクとスピーカーは以下の技術的特徴を持つ。

(1) 骨伝導マイク

骨伝導マイクは、骨の振動を利用して音声を検出する装置である。作業員の頬骨や顎骨にマイクが接触し、声の振動が伝わることで音声を検出する。この技術により、周囲の騒音や振動による影響を最小限に抑え、クリアな音声を収集することができる。

(2) 骨伝導スピーカー

骨伝導スピーカーは、骨を通じて音声を伝達するための装置である。振動を通じて骨を刺激し、内耳に到達することで音声を聞くことができる。これにより、耳を塞がずに周囲の音を聞きながらもクリアな音声を受け取ることができる。

4. 本機器の活用事例

本機器は骨伝導機能と生体センシング機能を併せ持ち、システムとして同時に運用できることから、様々な活用を想定できる。本稿ではその適用例として、特に建設現場及び、医療現場での活用事例を述べる。

(1) 建設現場への活用

建設現場では騒音や振動、狭所作業空間などの環境要因によって現場の作業員とのコミュニケーションがしばしば不良になる事案が発生する。特にトンネル工事においては先端の掘削現場（切羽）で100 dBを超える大騒音が頻繁に発生し、作業員は難聴防止のため、耳栓の装着が定められている（写真—1）。そのような状況において、従来連絡、報告等を行う際には一時的に騒音下を離れ、難聴の危険がない場所でコミュニケーションをとる必要があった。

本機器は骨伝導のマイクを備えているため、発話の際には騒音の影響を受けず、音声のみを伝達することができ、骨伝導スピーカーは耳栓を外すことなく、相手の音声を聞くことが可能である。また、同時に動作する、生体センシング機能で作業中の作業員の体調をリアルタイムに見守ることが可能である。



写真—1 トンネル掘削現場（切羽）

(2) 医療機関への活用

本機器は従来の指尖で測定する医療用機器と違い、耳朶で測定し、かつ、音声コミュニケーションを提供する機器であるため、手を自由にすることができ、作業などの邪魔にならないメリットがある。そのメリットを生かし、医療現場においても従来、活用が困難であった遠隔診療や患者の動きを伴うリハビリテーションの現場などで活用が可能である。また、骨伝導機能は高齢などの要因で難聴が進んだ患者へ医療従事者からのコミュニケーション手段として活用が可能である（写真—2）。



写真—2 医療現場での活用の様子

参照：https://www.kyocera.co.jp/news/2020/0501_fleo.html

5. 実証実験結果

開発した本機器を実際のトンネル建設現場で装着性、音声コミュニケーション性能を評価した。

(1) 装着性

耳栓、ゴーグル、ヘルメットを装着した状態でも骨伝導ヘッドセットを無理なく装着できた。

(2) 音声コミュニケーション性能

トンネル掘削の最先端部である切羽において、骨伝導ヘッドセットを使用した音声通話を実施した。100 dBを超える騒音下にも関わらず、円滑な音声通話を実現できた（写真—3, 4）。

6. バイタルセンシング機能のメリット

健康状態のモニタリング：バイタルセンシング機能を備えた骨伝導ヘッドセットは、作業員の心拍数や酸素レベルなどの生体情報をリアルタイムでモニタリングすることができる（図—1）。これにより、作業員の健康状態を把握し、疲労やストレスなどの問題を早

期に検知することが可能となり、以下のメリットが想定される。

(1) 安全管理の向上

バイタルセンシング機能によって得られるデータを解析することで、作業員の疲労度や体調不良の状態を評価することが可能となる。これにより、過度な疲労などによる原因で発生する事故を未然に防ぐことが可



写真-3 100 dB を超える騒音下での実証実験 (切羽)

能である。また、危険な状況を管理者に警告を発信することも可能である。

(2) パフォーマンスの最適化

バイタルセンシング機能によるデータ解析により、作業員のパフォーマンスを評価し、最適な作業スケジュールや休憩タイミングを提案することができる。これにより、作業効率の向上と生産性の最大化を図ることができる (写真-5)。

7. おわりに

本稿では、骨伝導ヘッドセットを利用したトンネル建設現場における作業員の安全管理について説明し、実証実験の結果を示した。骨伝導ヘッドセットの利点を活かした効果的なコミュニケーションと安全警告の伝達が作業員の安全性と生産性の向上に貢献可能である。さらに、同時に開発したバイタルセンシング機能



写真-4 音声コミュニケーションの実証実験の様子



写真-5 作業前の体調管理を実施



図-1 生体センシング機能付骨伝導ヘッドセット概要

を動作させることによって、作業員の心拍数や酸素レベルなどの生体情報をリアルタイムでモニタリングするシステムを構築することが可能となる。このシステムによって、作業員の体調不良などの早期警告が可能となり、管理者が早期に適切な対応策を講じることが可能となる。最後に本システムは今後、さらなる技術の進化と実証実験による効果の検証が求められる。

J C M A



[筆者紹介]

平野 朝士 (ひらの あさお)
京セラ㈱
研究開発本部 フューチャーデザインラボ
主席技師



宇野 昌利 (うの まさとし)
清水建設㈱
土木技術本部 イノベーション推進部
主査



労働災害知識モデルに基づく安全 AI システムの開発

高 藤 淳・鈴木 理 史

建設業で発生する様々な労働災害は、主にワープロや表計算ソフトによる報告書の形態で記録されている。しかし、原記録のままでは、高度にデジタル活用することは難しい。そこで、筆者らは、データ科学の手法により労働災害知識を抽出し、労働災害モデルの形態に当該知識を構造化することで、労働災害防止に寄与する安全 AI システム（以下、本システムも同義）を開発した。本稿では、安全 AI システムの技術的特徴と労働災害防止への貢献性について報告し、現場での PoC（概念実証）の展望にも言及する。
キーワード：AI、データ科学、知識構造化、ダイナミック・チェックリスト、労働災害防止

1. はじめに

近年、建設業においても他産業同様、デジタル・トランスフォーメーション（DX）が進展している。建設業 DX では、現場業務を事務所に持ち帰らず現場で完結するなど、主に業務効率化の観点から実施されることが多い。一方、安全衛生管理は、その重要性は共有されつつも、効率化・省力化・低コスト化の視座では DX の対象となり難い側面が見受けられる。実際、筆者らは、複数の企業と、労働災害データの活用を協議する機会を得たが、いずれも当該データがデジタル活用に向けた整備途上の水準であることを確認している。ただ、多数の企業から、労働災害データをデジタル活用したい、特に、AI 的手法で活用したいという意向が示されていることから、安全 DX の推進機運が高まっているものと推察される。

安全 DX の最初のステップとしては、労働災害データベースの構築や、労働災害報告書を対象とした情報検索システムの構築などが取り組み易い。ただ、これらの手法は、過去の情報へのアクセスを容易にする利点はあるが、労働災害データに潜在する真のリスク因子、リスク因子と発現リスクの関係性、リスク要因の類同性、などを明らかにしない。

ここで、建設業の労働災害データの基本的特性として、まず、労働災害が高頻度で発生するものでは無く、企業や事業所の単位では、累積的にも数百件から数千件の規模である量的特性があげられる。次に、コード体系や記述の精細度が人に依存して恣意的であるなどの質的特性が見られる。前記量的特性を踏まえると、

大規模なデータの存在を前提とした機械学習的手法は適さず、データ科学の手法を適用して潜在するリスク因子や関係性を顕在化することが有効である。また、前記質的特性を鑑みて、データの統制を図るとともに、記述の恣意性を均しつつリスク知識を構造化するモデリング手法が適している。

本システムでは、このような労働災害データの特性を踏まえて、データ分析のフェーズを設けた上で、労働安全衛生総合研究所（以下、安衛研）により提唱されている IMTOC 法¹⁾を用いた知識モデリングを行う手法を確立し、システム化を図った。

以下、2章で、労働災害データの分析概要を示し、3章で、分析結果に基づく労働災害知識のモデル構造化について述べる。最後に、安全 AI システムの構築について述べるとともに、本システムの社会実装の展望に関して言及する。

2. 労働災害データの分析

本稿が対象とする労働災害データは、実際に企業内で蓄積された12年分2,155件の労働災害報告書である。原データは表計算ソフトで作成されており、欠損値や内容エラー等が存在したため、データクレンジングを行った。さらに、分析用に構造化データ形式（XML）に変換した後、データ分析を実施した。

労働災害データは、一般に構造化データ領域と非構造化データ領域で構成される。構造化データ領域は、日時・場所等のメタ情報および被災者のプロフィール情報を含み、非構造化データ領域は、災害発生状況（以

下,「状況」), 災害発生原因 (以下,「原因」), 災害防止対策 (以下,「対策」)を含む。本分析では, 構造化データに対して, 定量的分析手法を適用し, 非構造化データに対して, 定性的分析手法を適用する。

(1) 定量的分析

定量的分析の目的は, リスク因子とリスクとの関係性, 傾向等を定量的に明らかにすることである。本分析の結果は, 後述のようにシステムに組み込まれて用いられる。

(a) 「事故の型」と単一属性項目のクロス分析

「事故の型」に対する属性項目は, 企業固有のコード体系により定義される「職種」「作業種」「起因物」と, カテゴリカル変数として取り扱う「年齢」「経験年数」「時間帯」である。本分析により, 個々の属性項目が, どのような事故に関連性が強いかが明確化される。一例として, 図-1に「年代」毎の「事故の型」の基本分布を示す。20代では他より相対的に「切れ・こすれ」が多く, 「転倒」に着目すると40代以降漸増するなどの傾向が読み取れる。本稿では割愛した「年齢」以外の属性についても, 「事故の型」との関連性に関する傾向が明確化されている。

(b) アソシエーション分析

一方, 複数の属性項目のどの項目組が特定の「事故の型」に固有の関連性を有するかを分析するために,

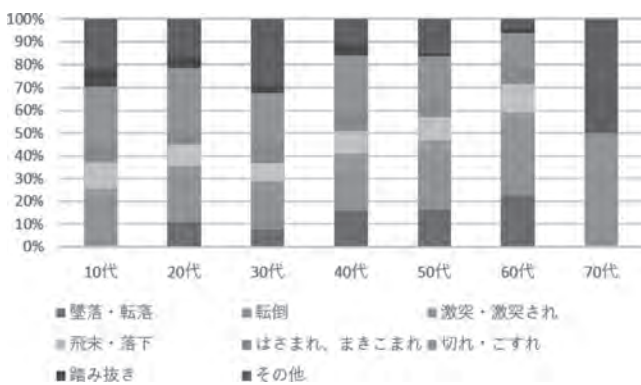


図-1 「事故の型」-「年代」の基本分布

アソシエーション分析の手法を適用した。アソシエーション分析には, 統計解析ソフトウェア R²⁾ (以下, R) の arules パッケージ³⁾を用いた。労働災害データに対するアソシエーション分析の結果の一部を表-1に示す。本分析の結果, 例えば, 『30代』の『鉄骨工』が, 『S 躯体』に関連する作業を行う際, 『転落・墜落』事故に遭いやすい』等の複合的な要因による事故との相関性を定量的に得ることができる。

(2) 定性的分析

定量的分析に対して, 定性的分析の目的は, リスクの多様な特徴や性質を明らかにすることであり, 1) 「状況」中のリスクにつながる状況や条件の同定, 2) 「原因」及び「対策」の類型化が該当する。前者は, 被災者の不適格行動, 機械類の不適切な作用等を明らかにし, 気象の影響や環境要因を同定することを含む。また, 後者は, 労働災害データの原記述が本質的に同義の内容を異なる表現形態で表出化していることに対して, その本質的同義性を捉え集約することを意味する。

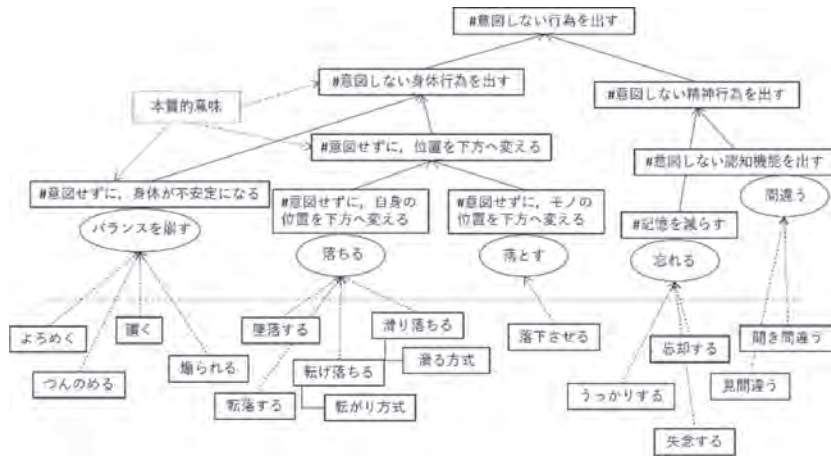
(a) 「状況」分析

「状況」記述に対して, テキスト解析を行うことにより, 災害に至る作業者の行為, 建設機械の不適切な機能発揮, 被災環境・条件など多彩な情報が得られる。本テキスト解析では, 係り受け解析器として CaboCha⁴⁾を用いた。CaboCha の解析結果を基に, 述語に対する格構造を同定することで, 労働災害に関連性が高い表現を抽出した。さらに, 抽出した語彙情報を基に, オントロジー工学の手法⁵⁾により本質的意味を同定することで, 「意図しない行為/機能」に関する基礎的な体系を構築した (図-2)。

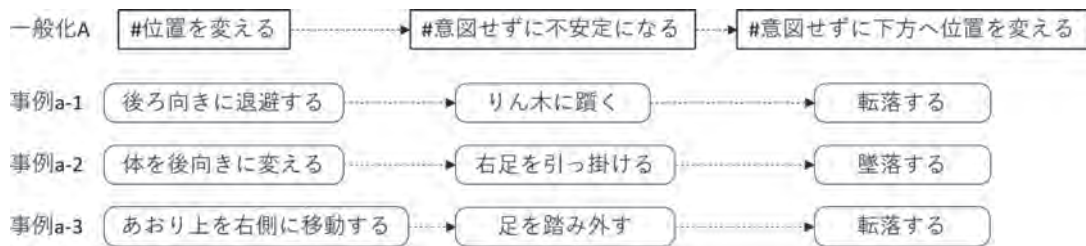
本体系は, 表層的な記述の形式的な相違を捨象し, 労働災害事例の本質的同義性の判断に寄与する。例えば, 図-3に示すように, 事例 a-1, 2, 3は各々具体的な事象としては異なるが, 一般化することで本質的等価性を確認することができる。

表-1 アソシエーション分析の結果 (部分)

IF X	THEN Y	lift
{職種 = 鉄骨工, 起因物 = S躯体, 年代 = 30s}	{転落・墜落}	8.654618
{作業種 = 塗装工事, 年代 = 60s, 時間帯 = 午前:早}	{転倒}	7.751799
{作業種 = 解体工事, 起因物 = 工事機械等, 時間帯 = 午後:遅}	{激突・激突され}	16.576923
{作業種 = ALC版取付け, 起因物 = 資機材, 工機具等, 入場後 = 100日}	{飛来・落下}	9.248927
{作業種 = 揚重機械組立解体, 起因物 = 定置式クレーン, 年代 = 20s}	{はさまれ・まきこまれ}	5.374065
{職種 = 土工, 手伝い, 作業種 = 運搬作業, 起因物 = 足場・建築物, 資機材等}	{崩壊・倒壊}	32.164179
{作業種 = 金物取付け, 起因物 = 資機材, 工機具等, 年代 = 40s}	{切れ・こすれ}	9.248927
{職種 = 鉄筋工, 起因物 = 釘, 金属片, スレート, 経験年数 = 1年, 時間帯 = 午前:早}	{踏み抜き}	40.66038



図一 意図外行為の体系化例 (部分)



図一 個別事例の一般化

表一 2 「原因」類型

物的要因	人的要因	管理的要因
建設機械の不具合・劣化	建設機械の誤操作・不適切な稼働	安全衛生管理不十分
建設資機材の不良・劣化	建設資機材の不適切使用・誤操作	安全衛生教育不十分
建造物・部材の劣化	安全帯の不使用・不適切使用	作業責任者不在・指示不適切
保護具・服装の欠陥	保護具・服装の不備	誘導員／監視員の不在・不備
不安全・不衛生な作業環境	不安全行動	安全衛生措置不十分・不備
気象・自然環境の影響	単独作業	墜落防止措置不十分・不備
不意の危険遭遇	作業手順・指示の非順守	リスクアセスメント不十分・不備
	安全確認不十分・不備	作業計画不十分・不備
	経験／知識不足・無資格	不適切な作業手順
	危険認識不十分	不適切な作業方法
	認知的誤謬(不注意・錯覚・不可知)	関係者間の連絡・調整・連携不足
	心理的緊張緩和(慣れ・油断)	
	心理的不安定化(焦り・パニック)	
	体調不良・心身不備	
	作業者間の意思疎通不足・不備	
	危険予知不十分・不備	

(b) 「原因」分析

「原因」の類型化を図るために、クラスター分析の手法を適用した。本クラスター分析では、まず、全ての「原因」文に対して、潜在意味解析法(LSA)により、言語特徴量を計量化する(潜在意味解析はR²のsvdパッケージ⁶⁾を用いた)。次に、前記特徴量を基に、文同士のコサイン距離を測度として類似性を判定し、クラスターを形成する。最後に、分析者が、意味内容

の相違を斟酌し、調整を図ることで適正なクラスター群を得る。

本手法により得られたクラスター個々に、内容を現すラベルを付与することで、表一 2 に示す 34 個の「原因」類型に集約される分類結果を得た。ここで、本「原因」類型は、大分類的位置づけであり、必要に応じて任意の類型内でさらに詳細な細分類に区分することが可能である。

本「原因」類型を用いることで、類型単位の詳細な分析が可能となる。本類型に基づく「墜落・転落」では、図-4aに示すように人的要因が71%、管理的要因が23%を占め両者で90%を超える。また、前記人的要因は、図-4bに示すように上位の「不安全行動」「建設資機材の不適切使用・誤操作」「安全確認不十分・不備」「危険予知不十分・不備」が過半を占める。さらに、人的要因で1位の「不安全行動」と2位の「建設資機材の不適切使用・誤操作」を各々ドリルダウンすると、図-4cに示す結果が得られる。

(c) 「対策」分析

「対策」は、「原因」と対を成すため、「原因」類型毎に「対策」を集約することができる。その上で、本質的同義性に基づく統一化を図ることができる。ここで「対策」の記述に着目すると、日本語の特性に起因する主体の省略や対象の不明確さ等が見受けられる。つまり、「対策」すべき主体や「対策」の対象が曖昧

であり、「誰」が「誰／何」に「どうする」かのメッセージ性が不明確であることを意味する。

そこで、筆者らは、「対策」のメッセージ性を明確化するため、下記のような統制表記を提案している。実施主体として、「事業者」「作業責任者」「作業員」の3区分を設けた上での統制表記の具体例を例1～3に示す。本統制表記を用いることで、対策主体に応じた実施方を動的に提示することが可能となる。

- ・「対策」統制表記:[対策主体] (が／は) [対策客体] (に／を) [行為 | 作用]
- ・例1. 事業者は、バックホウ運転者に、揚重作業ではクレーンモードを使用するよう周知する。
- ・例2. 作業責任者は、作業員に、荷下ろし時のルールを遵守させる。
- ・例3. 作業員は、搬出場所で、積み荷の荷姿・安定状態を確認する。

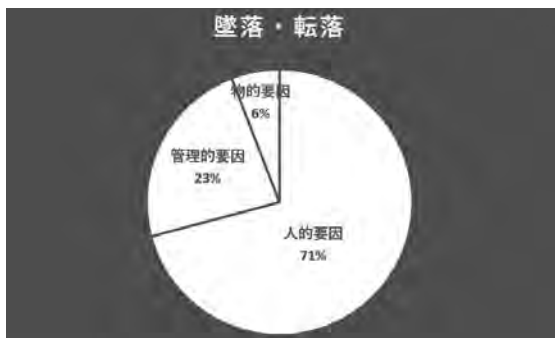


図-4a 「墜落・転落」の要因分布

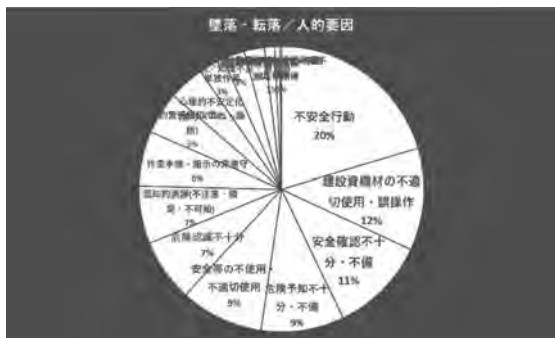


図-4b 「墜落・転落／人的要因」の詳細分布

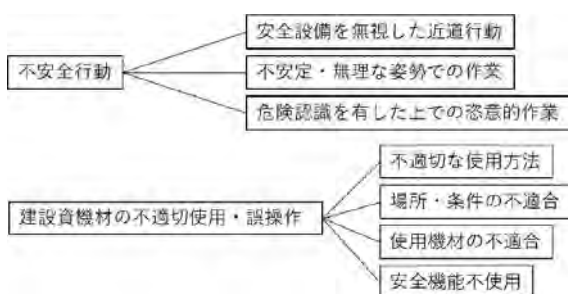


図-4c 「墜落・転落／人的要因」のドリルダウン例

3. 労働災害知識のモデル構造化

任意の分野において、蓄積したデータの利活用の為には、内在する知識を構造化することの必要性が指摘されている^{7),8)}。労働災害データに関しても、輻輳する諸要件を整理し、多角的な利活用を図るため、労働災害知識のモデル構造化を行う必要がある。

(1) 拡張 IMTOC モデル構造

原 IMTOC モデルは、労働災害知識の構成要素を「I:産業」「M:起因物」「T:事故の型」「O:各種条件」「C:原因と対策」と規定する。本システムでは、「O:各種条件」と「C:原因と対策」に関して独自の詳細化を図り、拡張 IMTOC モデルとして再定義した。拡張 IMTOC モデルは、計算機内部でナレッジグラフとして表現される(図-5)。

「O:各種条件」のグラフパートには、前章の「状況」

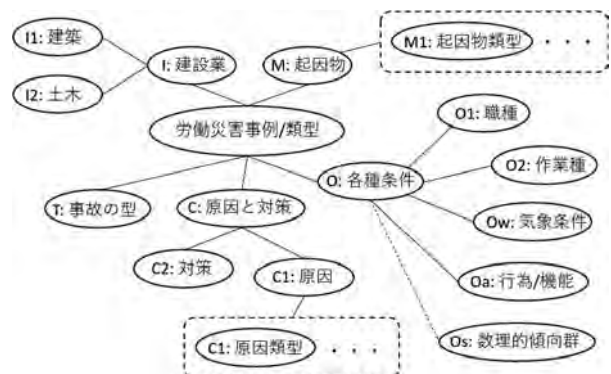


図-5 拡張 IMTOC ナレッジグラフ

の分析結果が反映される。労働災害において本質的な要件と考えられる人の「意図外行為」や機械類の「意図外作用」、「気象の影響」などが含まれる。また、「C:原因と対策」のグラフパートには、前章の「原因」と「対策」の分析結果が反映される。

ここで、本システムでは、予測すべきリスクを「リスク原因類型+事故の型」で定義する。「原因」は「対策」の源泉であり、災害の「何故起きたか」を明示することは、喚起すべき注意の核心的情報と考えられるからである。ナレッジグラフを用いることで、予測されるリスクの表現系を導出することができる。

(2) ダイナミック・チェックリスト

一般に、安全管理システムでは、想定されるリスクに対して、「被害の程度」×「発生頻度」の尺度を用いてリスク群が等級付けされる。しかし、このような一律の尺度では、リスク情報の需要者個々に、真に必要としている情報を提供することは困難である。

そこで、筆者らは、リスク情報をニーズに合わせて動的に提供するため、推薦システム⁹⁾の考え方を援用し、ダイナミック・チェックリスト機構を提案した。同機構の実現には、2章で行った定量的データ分析の結果が用いられる。

データ分析により、単一又は属性組と「事故の型」

との相関性が定量化されている。従って、予測されるリスク群に対して、各「事故の型」の予測リスク毎に式—1を適用することで、所与の任意の条件に対する関与性スコアを得ることができ、条件に応じた動的なレーティングが可能となる。式—1において、 b は「原因」類型の発現頻度を基礎とするスコア、 x_i は当該属性と当該「事故の型」との相関性を基礎とするスコア、 a_i は x_i の重みを表す係数、 c_i は人的補正定数である。 b を基本スコア、 Σ 項をペナルティスコアと見做すことができる。

簡単のため a_i を1、 c_i を0として、式—1を適用した結果例を図—6に示す。本結果例の場合、20代では経験の無さによる危険への感度が低い様子が窺われ、50代では慣れからくる油断が生じている様子が窺われるなど、式—1による一定の有意性を読み取ることができる。

4. 安全 AI システムの構築

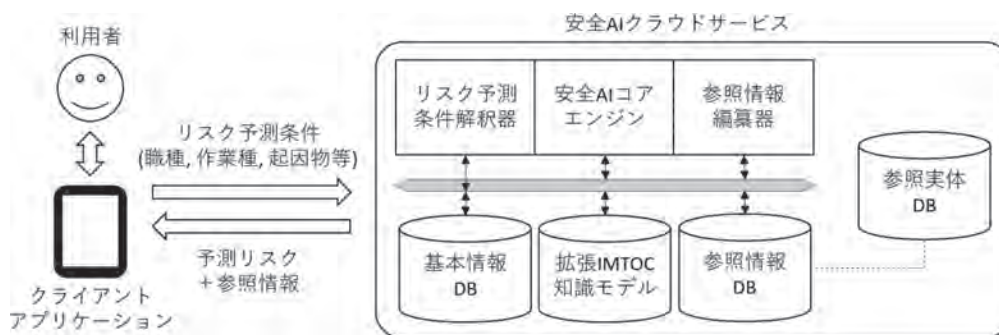
狭義の安全 AI システムは、労働災害データの分析結果を知識源とし、拡張 IMTOC モデルを基礎とするモデルベース AI システムである。広義の安全 AI システムは、クラウドサービスであり、クライアントアプリケーションを包含する。当該システムの全体構成

$$Score = b + \sum_{i=1}^n (a_i x_i + c_i), \quad b: \text{base value}, a_i \text{ and } c_i: \text{constant}, x_i: \text{value of an attribute}$$

式—1 任意の「事故の型」における予測リスクのスコア計算式



図—6 ダイナミック・チェックリストの導出例



図一七 安全 AI システム構成



図一八 安全 AI クライアントのリスク予測実施例

を図一七に示す。

リスク予測条件解釈器は、利用者からのリスク予測条件に対しリスク予測に適した内部情報を生成して安全AIコアエンジンに引き渡す。安全AIコアエンジンは、拡張IMTOCモデルを探索して予測されるリストを抽出する。この際、条件に応じた動的なスコアリングがなされる。最後に、参照情報編纂器が災害報告書実体へのポインターや参考画像などの情報を紐づけた後に、得られた注意喚起情報群をユーザーに返す。

本システムの前記推論プロセスの実施例を図一八に示す。本例は、KY活動時に、関係者がKY活動表を共有してリスクアセスメントを行う状況を表している。画面右側に、「職種」「作業種」「起因物」を所与の条件として、導出された予測リスクが列挙されるとともに、「対策」及び関連情報が表示されている。右上の「転記」ボタンを押下することで、対策候補が画面左側の「KY活動表」に転記されている。「対策」がブランクの箇所は、KY活動参加者が記載する。つまり、システムが提示する「対策」はあくまでも示唆のレベルであり、「対策」の主体は人の思考であることを意味する。

5. おわりに

労働災害データに対して、データ科学の手法を用いて分析を行った。その分析結果を基に労働災害知識のモデル構造化を図るとともに、ダイナミック・チェックリスト機構を実現することで、予測されるリスクを適応的・網羅的に提示する安全AIシステムを構築した。本システムは、クラウドサービスに包摂され、KY活動に係る帳票等を提示するクライアント(eYACHO¹⁰)を通じて、予測されるリスク及び参照情報類を利用者に提示する。

また、本システムは、顧客企業のデータに立脚するため、安全AIソリューションとして個々に提供され、データ分析を嚆矢として個々のデータ特性に応じてチューニングされる。現在、複数の企業において、PoC (概念実証) が進められており、全社導入に移行したケースもある。

今後の課題として、生成AIとの連携が挙げられる。本システムの知識AIは、決定論的な特性を有することで、確率論的な生成AIと併せて、相補的にシナジーを発揮できることが期待される。また、フロントエンドに

認識 AI を設け、リアルな状況を知識 AI に伝達して潜在リスクの検知を行ったり、画像生成 AI により注意喚起のイメージ化を行ったりする等のマルチモーダルの発展も期待される。

最後に、実データの提供を受けた(株)大林組の関係者各位、幅広く安全衛生に関する知見を授けて頂いた労働安全衛生総合研究所の専門家各位、本研究を支援して頂いた(株) MetaMoji の全ての関係者に、深く感謝します。

J|C|M|A

《参考文献》

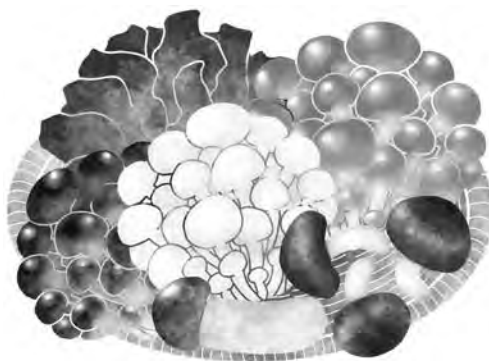
- 1) 梅崎重夫, 他: 厚生労働省科学研究費補助金 労働安全衛生総合研究事業「機械設備に係る簡易リスクアセスメント手法の開発に関する調査研究」平成 28 ~ 30 年度 総合研究報告書, 平成 31 年 (2019 年) 3 月
- 2) R ウェブページ: <https://cran.r-project.org/>
- 3) arules パッケージ: <https://cran.r-project.org/web/packages/arules/index.html>
- 4) CaboCha ウェブページ: <https://taku910.github.io/cabocha/>
- 5) 高藤淳, 來村徳信, 溝口理一郎: 人工物の機能概念・方式知識編纂技術と設計支援への応用, 日本機械学会 第 18 回設計工学・システム部門講演会, 2008 年 9 月 25 日
- 6) svd パッケージ: <https://cran.r-project.org/web/packages/svd/index.html>
- 7) 小宮山宏: 知識の構造化, オープンナレッジ, 2004 年 12 月 24 日
- 8) 齋藤雄志: 知識の構造化と知の戦略, 専修大学出版会, 2005 年 8 月 10 日
- 9) Deepak K. Agarwal, Bee-Chung Chen, 島田直希 (訳): 「推薦システム: 統計的機械学習の理論と実践」, 共立出版, 2018 年 4 月 21 日
- 10) eYACHO ウェブページ: <https://product.metamoji.com/gemba/eyacho/>

【筆者紹介】

高藤 淳 (たかふじ すなお)
 (株) MetaMoji
 セマンティック技術開発部
 ディレクター



鈴木 理史 (すずき まさし)
 (株) 大林組
 技術本部本部長室
 担当課長





人と委ねあう関係を築く 移動ロボットの研究

長谷川 孔明

人とロボット（機械）の関係は、人が一方的に命令してロボットがそれに従うというのが一般的である。しかし、今後ロボットがより人間の生活に近い領域で活躍し始めるとしたら、人とロボットの関係は一方的なままでよいのであろうか。著者の所属する研究室では、人とロボットで互いに委ねあう関係の構築を目指したロボットたちを開発してきた。本稿では、その中でも移動ロボットと人との関係を分析した研究を紹介する。

キーワード：ヒューマンロボットインタラクション、相互主体性、移動ロボット、社会性、行動分析

1. はじめに

ヒューマンロボットインタラクションと呼ばれる研究分野がある。インタラクション(interaction)とは、inter(～の間で、相互に)とaction(行為、活動)からなる言葉で、ふたつ以上の存在のやりとりや相互作用を表す。つまり、ヒューマンロボットインタラクションは、人とロボット(機械)の間のやりとりや関係性を考え、そのデザインや分析を行う分野であり、ロボット工学やコンピュータサイエンスに認知科学や心理学などが組み合わさった分野である。現在の人とロボットの関係を考えてみると、人が命令してロボットが従うという一方的な関係が一般的である。一方で、人同士では互いに相手の意思を尊重し合ったり互いに委ねあったりする。今後ロボットがより人間社会に近い領域で活躍し始めるとしたら、人とロボットの関係は一方的なままでよいのであろうか。

実社会で活躍し始めているロボットとして、宅配ロボットやレストランの配膳ロボットなどがある。海外では、溝に嵌って動けなくなった宅配ロボットを通行人が助けてくれたというニュースがあった。また、レストランの配膳ロボットは完璧な配膳係というわけではなく、テーブルの近くまで来たロボットからお皿を受け取り机に並べるのはお客さんが行ったり、移動中の配膳ロボットが通れるようにお客さんが道を空けてくれたりといったやりとりが見られている。このように実社会でも、人にロボットが従うという一方的な関係ではなく、ロボットに少しできないところがあると

人が助けてくれるという、委ねあう関係が見え始めている。

著者の所属する研究室では、ヒューマンロボットインタラクション分野の研究を行うためにさまざまな種類のロボットを開発し、それらと人とのやりとりを分析してきた。本稿では、移動ロボットをテーマに、人とロボットの互いに委ねあう関係について行ってきた研究を紹介する。

2. 人と手を繋いで並んで歩くロボット 〈マコにて〉

〈マコにて〉は人と手を繋いで並んで歩くロボットである(写真-1)。一般的に人と一緒に歩くロボットというと、先導して道案内してくれるロボットであったり、荷物を載せて人の後ろをついてくるロボットなどを思い浮かべるだろう。これらの人とロボット



写真-1 手を繋いで歩くロボット〈マコにて〉

の関係性を考えてみると「主導する側-従属する側」という主従関係が明確に別れている。一方で、親子同士や恋人同士など、手を繋いで歩くような仲の良い人同士の関係は、主従が明確に別れていることは少なく、歩調や手の引っ張りなどから互いに主体（欲求や主張）を察しあって歩いている。このように、自分の主体を押し出しつつ相手の主体を受け止めることを「相互主体性」と呼ぶ。〈マコにて〉は、この相互主体性のある関係を人とロボットの間でも築くことができなかと考え開発されたロボットである。〈マコにて〉は人と繋いだ手を引っ張ったり引っ張られたりすることで、進む方向を調整していく。つまり、言葉は使わず身体的なやりとりのみで人とコミュニケーションを図るロボットである。

〈マコにて〉の動作条件を3つ用意して実験を行った。用意した動作条件は、人主体条件（人が主導して移動し、〈マコにて〉は人の行きたい方向に従い続ける）、相互主体条件（繋いだ手の引っ張りあいでも人と〈マコにて〉が互いに調整する）、ロボット主体条件（〈マコにて〉が主導して移動し、人からの手の引っ張りや行きたい方向は無視する）の3つである。18名の実験協力者が各動作条件での〈マコにて〉と手を繋いで歩き、その印象について質問紙に回答を行った（図-1）。因子分析の結果、人からの手の引っ張りを無視するロボット主体条件よりも、人からの手の引っ張りによりロボットが移動方向を変える人主体条件と相互主体条件のほうが、親しみやすさに関わる好感性因子が高くなった。また、完全に人に従う人主体条件よりも、ロボットからの主張もある相互主体条件のほうが活動性因子や生物性因子が高くなり、より生き物らしい存在と感じられることが明らかとなった。この実験から、歩くことを楽しむ散歩のような場面では、主従が明確な関係よりも互いに主張し合いつつ受け止めあう相互主体性のある関係のほうが好印象となり、人とロボットの間でも相互主体性のある関係が築けることが示唆された。

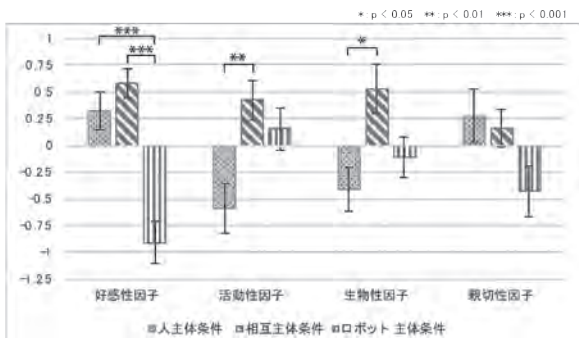


図-1 形容詞対の回答に対する因子分析の結果

3. 子どもたちと一緒に歩くロボット (Walking-Bones)

街中や商業施設、学校といった我々が日常生活をおくる空間に、配達ロボットや警備ロボットなどの移動ロボットが導入され始めた時、同じ空間で生活する人々と移動ロボットとの関係はどのようになるだろうか。もし、移動ロボットがタスクの効率だけを優先し、周囲の人を気にも留めずに移動していたら、そこで生活する人からはあまり良く思われまいだろう。一方で、ロボットが周囲の人に受け入れられ、時にはロボットが人に助けてもらえるとしたら、互いに良い関係が築けるのではないだろうか。〈Walking-Bones〉はキョロキョロと周囲の環境を確認したり、近くの人に顔を向けたりしながら人と並んで歩こうとするロボットである（写真-2）。一般的な移動ロボットは、移動経路の効率性や速度といった機能的な側面での評価が多い。一方で〈Walking-Bones〉は移動ロボットと周囲の人との関係性に着目しており、視線方向や対人距離の調整といった社会的相互行為が周囲の人にどのような影響を与えるのかを明らかにするために開発された。〈Walking-Bones〉は測距センサで周囲の障害物を、カメラで人の顔を認識し、障害物や近くの人に顔を向ける動作を行う。また、胴体部分はバネで接続されており、移動や顔を動かすたびに緩やかに揺れることで生き物らしいヨタヨタとした動きが生まれる。

小学校の廊下を〈Walking-Bones〉と小学生のグループと一緒に歩くというフィールドワークを行った。5年生（5人×3グループ）と1,2年生（7人×4グループ）の合計7グループがそれぞれ〈Walking-Bones〉と一緒に歩いた様子をビデオカメラで録画し、動画アノテーションにより行動分析を行った。動画アノテー



写真-2 子どもたちと一緒に歩く〈Walking-Bones〉

ションでは映像内の各時間で、小学生がロボットに対してとった行動と、小学生とロボットの距離をタグ付けした。分析の結果、7グループ中6グループで、廊下の途中にあった椅子を小学生が脇に移動させ、〈Walking-Bones〉が通りやすくするという手助け行動が見られた。また、学年別で行動タグの違いを見ると、1, 2年生の低学年グループは〈Walking-Bones〉の頭を撫でるという愛他行動が見られ、5年生は離れた位置から〈Walking-Bones〉を観察して歩行リズムを真似るといふ歩行模倣が多く見られた(表-1)。このフィールドワークでは、子どもが移動ロボットを助けるという行動が実際に観察された。また、学年別でのロボットへの接し方の違いも顕著で、低学年はロボットに積極的に近づき、頭を撫でるような接触を伴う行動をロボットに行うことも明らかとなった。

表-1 行動タグ合計時間とカイニ乗検定結果

	頭を撫でる	歩行模倣
5年生	0.7*[s]	14.3*[s]
1, 2年生	14.8*[s]	7.8*[s]
p値	0.0065	0.0003

* : $p < 0.05$

4. おわりに

人とロボット(機械)の関係は、人が命令してロボットがそれに従うという一方的な関係が一般的であるが、人同士のように人とロボットで互いに委ねあう関係が築けないだろうか。本稿では、移動ロボットをテーマに、人とロボットの互いに委ねあう関係について行った研究を紹介してきた。今後ロボットがより人間の生活に近い領域で活躍し始めるとしたら、人とロボットが関わる場面も多くなるだろう。そうした時に、ロボット単体の機能性や効率性から視野を広げて、ロボットと人との関係性についても一考してみると新たな発見があるかもしれない。

JICMA

【筆者紹介】

長谷川 孔明 (はせがわ こうめい)
豊橋技術科学大学
情報・知能工学系
助教



ずいそう

山城めぐり

福田 泰宏



今年4月より顧問となり営業サービスの前線から退き、また東京赴任を終え久しぶりに関西に戻り新たな生活を始めました。そこで自由な時間も増えてくるので、ここ15年間の趣味である山城めぐりを続けていこうと思っています。

きっかけは15年前、兵庫県にある「天空の城」とも言われる竹田城に上ったこと。山頂部に築かれた総石垣の壮大さと、山頂からの展望のすばらしさに感動し、他の山城も訪ねるようになりました。最初の5年は住んでいた兵庫を中心に西日本の城を、東京赴任後は東日本の城を、主に電車バスと徒歩で訪ねてきました。

今日までで登城した数は109カ所。月一回程度で丘城も含めてですが、徒歩で登ったとしてはそれなりの数になったかなと振り返っています。数多く訪ねたエリアは、戦国時代の国名でいうと、播磨14カ所、備前6カ所、近江7カ所、遠江・駿河6カ所、武蔵18カ所、上野9カ所、信濃15カ所。家から近い兵庫県と東京近辺が多いものの、結構、遠出もしてきました。

どれも印象に残っていますが、一部をご紹介します。行かれた方もおられると思います。

○白旗城（兵庫）、三石城、天神山城（岡山）：

播磨国守護 赤松氏とその地位を奪った浦上氏の本城。その浦上氏も宇喜多氏にとって替わられます。どの城も登山口から本丸まで、岩場と急峻な登りが30分以上続き、下剋上時代の攻防の厳しさを感じました。

○芥川山城、飯盛山城（大阪）：

信長に先んずる天下人とも言われる三好長慶の居城。畿内大阪平野を見下ろすことができ、一時期だったとはいえ三好氏の権勢が偲ばれます。大河ドラマ誘致の看板がありましたが、実現したら三好氏のことをもっと知られることになるでしょう。

○小谷城、観音寺城、安土城（滋賀）：

小谷城は山頂495mの尾根に築かれた浅井氏の本拠。長政はお市の方を娶るが信長に反旗をかかげ敗れて自刃、物悲しく感じる城跡でした。観音寺城は南近

江を制した六角氏の本拠。信長に侵攻され甲賀に逃れた。432m山頂部に石垣で囲われた本丸と家臣邸があった広大な城で、高さ10mの大石垣に六角氏の往時の力強さが残っていました。そして安土城、訪れる人も多く、石垣の巨大な石などに、信長の気宇壮大さや圧倒的な権力が溢れていますが、わずか3年で焼け落ちる運命とは戦国の世のむなしさが伝わってきます。

○八王子城（東京）：

小田原城を本拠とする北条氏最大の支城。1590年秀吉方の攻撃で落城、城主の氏照は切腹した。武蔵エリアは河や沼を利用した丘城が多いのですが、ここは445mの山上にあり結構きつい登り。都内から1時間強なので、週末の運動不足解消として何回か訪れました。

○金山城（群馬）：

上州エリアは戦国時代、関東管領上杉氏、武田氏、北条氏の戦いの前線となった地域。そんな中で国人横瀬氏が上杉、武田の攻めに耐えた堅牢な山城。その後北条に降伏、最後は秀吉により廃城となった。石敷の通路や石垣が印象的です（写真—1）。利根川、渡良瀬川の流域を望めます。

○岩殿山城（山梨）：

下から見上げると絶壁の岩の上に築かれており、頂上からの富士山を望む雄大な景観が素晴らしいです（図—1）。武田武将 小山田信茂の居城。織田方に敗れた武田勝頼がここを目指したが、たどり着けず天目山で自刃、武田氏が滅亡した。



写真—1 石造りの金山城跡



図—1 岩殿山城跡からの景色

○上原城，林城，蔓尾城（長野）：

それぞれ名門，諏訪氏，小笠原氏，村上氏の居城。武田信玄の信濃侵攻に抵抗したが，いずれも落城した。かつての名門の没落と信玄の侵攻の苛烈さを物語っていました。

○二俣城，高天神城，諏訪原城（静岡）：

放映中のNHK大河ドラマ「どうする家康」で家康と武田の攻防の舞台。さっそく巡ってきました。二俣城は天竜川，諏訪原城は大井川に沿った要害の地。高天神城は複雑・急峻な谷崖と築かれた堀などから攻防の激しさが伝わります。三河の山城も訪ねたいと計画中。

私にとっての山城の魅力は，第一に，登り切ったときの爽快感です。これは平城にはない魅力。山城は急

峻な山河の地形に守られた要害の地にあることが多く，また敵の来襲に備え遠くまで眺望がきくところに築かれています。登りは疲れますが，登り切ったあとの眺望は格別，心地よい疲れです。たまに木が茂り眺望がないこともあります，それはそれで運動後のストレス発散は変わりません。第二に，山城のもつ歴史と知らない土地に詳しくなれるのも魅力です。訪ねることでその土地の特色，歴史を知れ興味が湧いてきて，また次行こうとなってきます。

最近，以前と比べて変化を感じることもあります。整備される場所がある一方，やぶ化しているところも。高齢化が進む地域では人が行かなくなっていることも要因なのでしょうか。また場所によっては熊出没注意の看板を見かけることが増えた気がします。温暖化や人口減少で人と獣の活動エリアが近づいているところが増えていると聞くこともあり，より注意が必要になってきています。

全国に城は3万あるそうです。山城も大変な数でしょうし，まだ十分調査されていないものもあると聞きます。109カ所はほんの一部，行ったことのない地域も多く，これから訪ねていくのが楽しみです。最近，山城の本も多く出版されておりTV放映やネットでの情報も充実してきており，周りにも同じ趣味の方が増えていてうれしく思っています。

—ふくだ やすひろ コベルコ建機㈱ 顧問—

ずいそう

我が家のふたごちゃん

亀田 慎司



恥ずかしながら我が家のふたごちゃん(姉:なっちゃん 妹:のんちゃん)をご紹介します。

1. 始まり

2010年3月ある日の産婦人科にて、診察を終えた妻は、目をまん丸にして駆け足で診察室を出てきました。「見て！」妻からエコー写真を見せられ、お父さんになるんや！と思い「やったやん！」との返事に「ちゅう！ちゅう！よく見て！」よく見ても反応薄い私に「双子ちゃん！」「…！」驚きと喜びで言葉が出ませんでした。ここから、ふたごちゃんとの物語が始まりました。

2. 誕生

妊娠が判ってからすくすくと妻のお腹の中でふたごちゃんは成長し、5ヶ月目には街を歩いていると「出産予定日いつ～大変やね」って、臨月くらいパンパンのお腹を見ておばちゃん達によく声をかけられました。そんなお腹だったので、妊娠8ヶ月以降は入院することになり、初めての子供だった私は、一人で我が子を迎える準備にパニック状態でした。双子なので特別な準備が必要なのか、何を準備すれば良いのか…雑誌やネット検索しながら、購入しなければならないものを手当たり次第に調べました。

(双子というだけで特に準備が必要であった訳ではなく、×2すれば良いだけでした)

誕生までに一番悩んだのが、名前でした。双子あるあるで二人の名前を合わせると熟語になる名前にと考えたりもしましたが、もし一人に何かあったらどうするの？など反対意見が多くなかなか決まりませんでした。その後、何日も何日も時間をかけていくつも考えた候補からは結局選ばず、ファミレスでふと思いついた名前になりました。

『和んだ心でまわりに希望をもたらす2人でいて欲しい』という想いで「和希(なごみ) 望心(のぞみ)」と命名しました。

そして2ヶ月が経ち、帝王切開で出産、誕生！しわだらけの女の子ふたりに会いました。



写真—1

3. 退院

出産後、2週間ほどで退院でき、妻の実家へ。笑顔の子供たちとの日々を思いながら早く退院してこないかと待ち遠しかった日々もつかの間、想像もしなかった慌ただしい日々が待っていました。とにかく、何をしても×2…一人が泣くともう一人も泣き、ミルクを上げる時も同時にあげないと大騒ぎ。そして、不思議なことにうんちも同じタイミング。一人のおむつを替えるとほぼ100%の確率でもう一人もしています。そんな時に何より一番困ったことが、ミルクもおむつ交換も同時にしなければならなかったことです。何故なら、ふたりの見分けが付かなかったのです。一卵性であったので、この頃ふたりは特徴を見出すことができず、見分ける最終手段は、病院にいた時に足首に付けていたネームリングのみでした。

私が、昼間仕事に出ている間、妻は初めての子育て×2に疲労困憊、妻の両親の協力を得て無事に2ヶ月が過ぎました。

経験者の両親は、愚図らずふたり同時にミルクを飲ませる方法、あやさなくても寝てくれる布団の包み方、道具を使ってのあやし方、寝かせる時にうつぶせにならないようにする枕の置き方、その他いろいろ。今思ってもこの2ヶ月がなければ、この先も乗り切れなかった貴重な2ヶ月でした。



写真—2

4. 帰宅

術を伝授して妻の実家から我が家に戻ってきました。我が家に戻ってきて親の助けがなくなり、毎日が夜勤状態。やることが倍になってしまうので、余裕がなく感じる毎日。

私は、昼間仕事に出ますが、妻は24時間ふたりと奮闘。ぐったりするぐらい疲れ果てていましたが、たまに見せるふたりの可愛い笑顔に癒されていました。

そんな忙しいと思う日々も1年が経ち、寝て泣くことが仕事だったふたりは、すくすくと育ち、寝返りをし、ハイハイをし、そして掴み立ちをするようになりました。その成長につれてふたりの関係が悪化していくとは思ってもよかったです。

いろんな種類のおもちゃを買い与えても、大好きなひとつのおもちゃを争奪バトル。ふたりの好みは、一緒でした。結局、争奪されているおもちゃをもうひと



写真—3



写真—4

つ買い与え平和が訪れます。この頃から双子用のベビーカーを購入して外出するようになりました。そんな時、よく双子を育てたお母さんに声をかけてもらいました。「4歳になると少し楽になるから、お母さん頑張ってください！」4歳になると何か変化があるのか、その時はわかりませんでした。4歳の春に理解することが出来ました。

5. 幼稚園入学

4歳になったふたごちゃんは、幼稚園に入園しました。幼稚園に行っている間、少し妻に自由な時間が出来ました。多分、双子のお母さんがおっしゃっていた意味はこれかな？と思っています。しかし、入園前は大変でした。準備する物が多く、腱鞘炎になるくらい名前を書きました。そして入園してしばらくたった頃、先生からのお願いがありました。「ふたりの見分けが付かないので、見分けるコツを教えてください！」この頃になると、親の私たちは見分けがつくようになっていましたが、これと言った具体的な特徴もなく、親だから感じるふたりを見分ける何かがあったのですが、それを先生に伝えることが出来ず考えた方法が、髪留めのゴムの色を変えることでした。

子供たちに、色を選ばせて、なっちゃんは、水色、のんちゃんは、ピンクになりました。



写真—5



写真—6

そうなのです！好みの色が違ったのです。赤ちゃんの時は、好みが一緒でよく争いを起こしていましたが、予想外の結果でした。そして、徐々に服の好みにも違いがみられるようになり、性格にも違いが見えてきました。

6. 小学校入学

時が経つのは早いもので、幼稚園を卒園して小学校に入学の時期になりました。

幼稚園入園の時と同様、物を揃えるのと名前が一苦労。そして、小学校入学といえばランドセルです。のんちゃんは、赤色を選んだのですがすぐに手に入りましたが、なっちゃんが選んだターコイズブルーのランドセルには、手こずりました。何とか見つけて府外まで遠征して購入。満足気にランドセルを背負い小学校に入学しました。

双子は、同じクラスにならないのでお互い遊ぶ友達が違うのかな？と思いきや、いつもふたりは同じ友達と遊んでいました。しかし、家では、めちゃくちゃ喧嘩が多いふたりです。けれど、ふたりを見ていると仲の良い友達がいつも一緒にいる感じで、親の私がみても羨ましく思う時もあります。

ふたりの成長は、身長、体重に差が出てきました。一卵性は、同じ遺伝子なので成長の過程も同じと思っ



写真—7



写真—8

ていましたが、のんちゃんの身長がすくすく伸びてきました。とは言っても、なっちゃんとの差は、2cmほどです。声は、一緒に聞こえるので、電話が困ります。電話でふたごちゃんと話すときは、話している内容でどちらかを想定して話を合わせます。「じゃあ、〇〇と代わるわ！」って言ったときに、答え合わせが出来ます。

(普段の電話では、冒頭に「どっち？」と素直に聞きますが…)

こんなふたりですが、とっておきの技があります。

その技が発覚したのは、小学校6年生の時でした。友達が持っているということで、まだ早いとは思いましたが、スマートフォンを持たせることにしました。

スマートフォンを持って、数日経ったある日、なっちゃんが凄腕の剣幕でのんちゃんに、「勝手に私の携帯みんといて！」と怒っているのです。のんちゃんは、「私のやと思って、間違えただけやん！」と。ロック設定したから、勝手に見られる訳ないのに。…!!まさかと思いきや、検証。なっちゃんのスマートフォンをのんちゃんが見ると見事にロック解除されました。ロック設定を顔認証でしていた為、同じ顔と認識して解除されてしまったようです。

うちのふたごには、顔認証システムが通用しないことが判明しました。

今では、暗証番号でロックして平和な日々を送っています。

7. 現在

こんなふたごちゃんも今年春に中学校に入学しました。

入学となると、またまた大変な準備がやってきます。最近では、名前を書くより費用がかかり大変です。

私は、学生時代野球をやっていたので、よくふたりとキャッチボールしていました。それが影響したのか、ソフトボール部に入り汗だくで帰ってくる姿を見ると嬉しさと逞しさを感じます。

父親の勝手な理想ですが、ふたりが将来「土木女子」になってくれたらいいなと思っています。現在のふたりの夢は、「なっちゃん：トリマー」「のんちゃん：家族と一緒にいること」だそうです。この先、我が家のふたごちゃんの物語はどのように描かれていくのでしょうか。とても楽しみです。頑張れ！我が家のふたごちゃん！

テーマ設定型「建設機械の安全装置に関する技術」の取組み

永沢 薫・山田 風我

国土交通省の新技术活用システムのテーマ設定型（技術公募）において、技術テーマ「建設機械の安全装置に関する技術」の比較表が公表され、人と機械の衝突リスク低減に資する新技术の活用促進が図られている。本稿では、当技術テーマで設定したローラ、ドラグ・ショベルに適用する技術のリクワイヤメント（要求事項）内容を、設定経緯や留意点等の補足説明と併せて紹介する。

キーワード：テーマ設定型、建設機械、安全装置、衝突リスク低減、リクワイヤメント、技術比較表

1. はじめに

建設業における三大災害のひとつである「建設機械・クレーン等による災害」においては、はさまれ・巻き込まれ、激突されといった「人と機械との間で生じる事故型」が多く発生している。

このような状況の中、国土交通省では、新技术活用システムの活用方式の一つであるテーマ設定型（技術公募）において、技術テーマ「建設機械の安全装置に関する技術」（以下、本テーマという）を設定し、人と機械の衝突リスク低減に資する新技术の活用促進を図っている。

令和2年度より、ローラ、ドラグ・ショベルに適用する技術公募が実施され、各々の比較表が公表されている。また、令和4年度より、ブルドーザ、ホイールローダに適用する技術公募が実施されている。

本稿では、国土交通省近畿地方整備局の委託により実施している「建設機械の安全装置に関する新技术の評価検討業務」について、ローラ、ドラグ・ショベルに適用する技術のリクワイヤメント（要求事項）内容を、設定経緯や留意点等の補足説明と併せて紹介する。

2. テーマ設定型（技術公募）とは

テーマ設定型（技術公募）は、新技术活用システムにおける活用方式の一つであり、現場ニーズや行政ニーズを踏まえて国土交通省が設定する技術テーマに対し、評価指標・要求水準及び試験方法等（＝リクワイヤメント）を決定し、技術情報や試験結果等を整理した「技術比較表」を作成・公表する。テーマ設定型

（技術公募）の流れを図—1に示す。

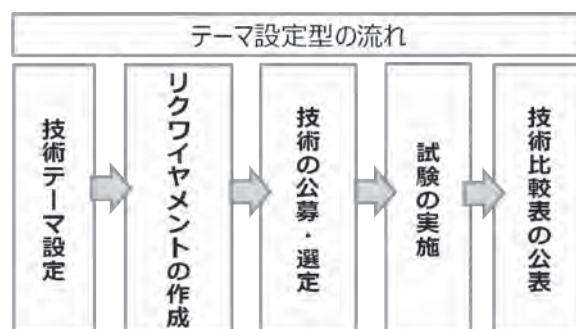
3. リクワイヤメント（要求事項）

本テーマで作成したリクワイヤメントを表—1に示す。また、リクワイヤメントの内容について補足説明と併せて以降で紹介する。

(1) 適用範囲

本テーマにおいては、建設機械と人との接触による事故対策に着目するとともに、ユースケース（使用条件）として建設機械と人が係わる場面のうち、建設機械作業開始時^{a)}、建設機械作業再開時^{b)}を対象とした（図—2）。

また、技術面では、人／物と建設機械の衝突危険性がある場合に、静止している人／物（試験では人形体^{c)}／非人体形^{d)}）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）技術に適用することとした。



図—1 テーマ設定型の流れ

表一 1 リクワイヤメントと試験・評価方法
「建設機械の安全装置に関する技術」～建設機械の物体検知及び衝突リスク低減に関する技術～
要求事項（リクワイヤメント）と試験・評価方法

要求事項		試験（確認）方法	提出資料	評価
項目	内容			
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	—
検知領域	直立姿勢の人形体※2の検知領域	直立姿勢の人形体※2を検知した領域（500mmグリッド内に2回設置し、2回とも検知したグリッドの総面積）	試験結果報告書	面積（m ² ）と図示※3
	屈み姿勢の人形体※2の検知領域	屈み姿勢の人形体※2を検知した領域（500mmグリッド内に2回設置し、2回とも検知したグリッドの総面積）	試験結果報告書	面積（m ² ）と図示※3
	直立かつ屈み姿勢の人形体※2の検知領域	直立姿勢の人形体※2を検知した領域と、屈み姿勢の人形体※2を検知した領域の結果から、どちらの姿勢でも検知したグリッドの総面積	試験結果報告書	面積（m ² ）と図示※3
識別率※4	非人形体※5と直立姿勢の人形体※2の識別率	直立姿勢の人形体※2を2回検知したグリッドに、非人形体（円柱体）を設置し、直立姿勢の人形体ではないと識別した割合	試験結果報告書	数値結果（%）
リスクアセスメント結果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応答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費用	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	参考費用として提示

※1 基本機能の評価における☆の数とは安全性の評価したものではなく、機能の数としての表現である（「物体検知+警告」の機能で☆。これに「衝突リスク低減機能」が加わることで☆☆。人の識別機能を持つ技術はプラス（+）が付いている）。

※2 現場実証試験で用いる人形体はウレタン素材のマネキン。寸法は、直立姿勢の人形体が高さ1730±50mm、屈み姿勢の人形体が高さ900±50mm。

※3 検知領域は地表投影面積（m²）である。

※4 識別率の評価については、基本機能のうち、物体の識別機能を持つ技術（人の形から判別、反射ベスト着用有無からの判別、等）に対してのみ行う試験である。

※5 現場実証試験で用いる非人形体は発電スチロール素材の円柱体。寸法は、高さ1730mm、直径450mm。

【補足】

建設機械作業開始時や建設機械作業再開時（建設機械が停止状態の場合）においては、建設機械が次に起こそうとしている動作が周辺作業員に認識されにくく、少しの時間であれば接近してもよいという感覚が生まれてしまう。また、建設会社に対し、施工時に人と機械の間で生じたヒヤリハット事例をヒアリングした際にも、「建設機械の始動時」にリスクを感じるという意見が多く挙げられた。

(2) 基本機能

応募技術の機能は、下記①～④に分類している。

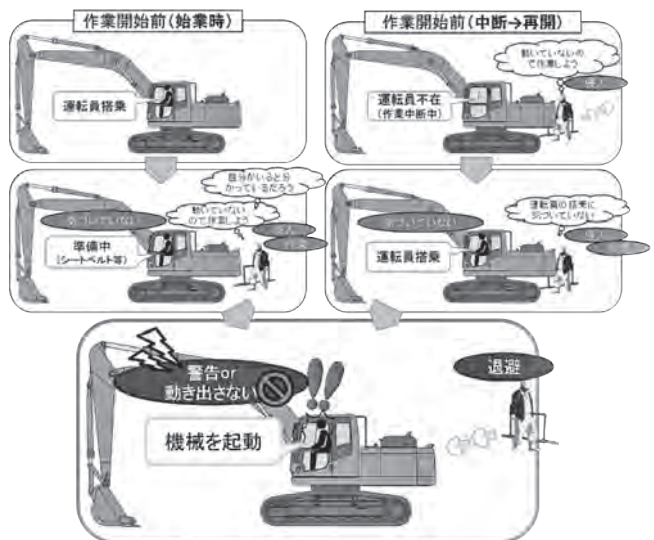
- ①物体検知+警告機能^{e)}
- ②物体検知+人の識別+警告機能
- ③物体検知+警告機能+衝突リスク低減機能^{f)}

a) 建設機械の作業（走行、旋回、掘削等）を開始しようとする場合、運転員が建設機械に搭乗し、建設機械を起動した後、操縦装置を操作した時。

b) 建設機械の作業（走行、旋回、掘削等）を再開しようとする場合、再び運転員が建設機械に搭乗し、操縦装置を操作した時。

c) 直立姿勢を想定した、高さ1,730±50mmのマネキン/屈み姿勢を想定した、高さ900±50mmのマネキン。検知領域試験において使用する試験体。

d) 高さ1,730mm、直径450mm相当の円柱体。人の識別試験（物体識別機能を持つ技術に対し、円柱体と直立姿勢マネキンの識別率（円柱体が直立姿勢マネキンではないと識別した割合）を把握する試験）において使用する試験体。



図一 2 ユースケース（使用条件）

- ④物体検知+人の識別+警告機能+衝突リスク低減機能

【補足】

建設現場の環境は多様であり、現場条件に適さない機能はかえって危険な場合や作業の支障となる場合がある。例えば以下の様な場合が考えられる。

- e) 視覚的及び聴覚的な信号により注意を促す機能。
- f) 運転員が操縦装置を操作した場合でも、建設機械が始動しない機能。

- 走行速度が速い機械に対しては、急停止によるオペレータへのリスク（車外へ放り出される等）に考慮する必要がある。
- トンネル坑内などの構造物に囲まれた環境の場合、常に機能が作動してしまい作業が進まないため、人を識別する機能が必要である。

上記を踏まえ、本テーマにおいては建設機械作業の基礎的な共通項となる作業開始時等に着目することとしており、個別の技術選定においては現場条件の危険源に有効となる機能を判断することが重要となる。

(3) 検知領域

前述の基本機能が提供される領域（応募者による設定）を示すものである。現場試験を実施し、図示と面積で評価する。

【補足】

試験では、建設機械周辺の地表面に描いた 500 mm 間隔のグリッドの中心に「直立姿勢の人形体」、「屈み姿勢の人形体」（図一 3）を設置し、基本機能の提供有無を確認する（図一 4）。その結果を基本機能ごと



直立姿勢 (人形体) 屈み姿勢 (人形体)

図一 3 直立姿勢及び屈み姿勢の人形体



図一 4 検知領域試験の実施状況

に「図示と面積姿勢の人形体」を設置し、基本機能の提供有無を確認する。その結果を基本機能ごとに、図示と面積で比較表に整理する（図一 5）。

検知領域については、応募者が設定（想定）する領域を示すものであり、領域の広さは技術の優位を示すものではない。前述の繰り返しとなるが、現場のリスクに応じた選定が必要である。

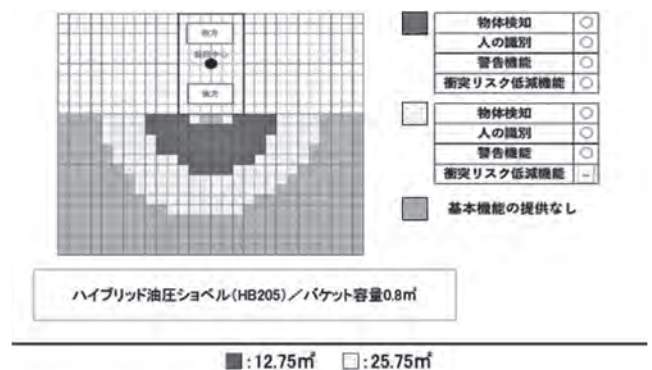
(4) 識別率

応募技術の基本機能のうち「人の識別機能」として、検知した物体が人（試験では直立姿勢の人形体）として識別する割合を示すものである。現場試験を実施し、その結果を数値（%）で評価する。

【補足】

試験では、直立姿勢の人形体を検知した領域の各グリッドに円柱体（非人形体）（図一 6）を設置し、円柱体では人（試験では直立姿勢の人形体）として識別しないことを確認する。

この識別率は、試験条件下における人（試験では直立姿勢の人形体）の識別割合を示すものである。あくまでも試験条件での結果であることに留意が必要である。



図一 5 技術比較表における検知領域の整理



非人形体 (円柱体)

図一 6 非人形体 (円柱体)

(5) 応募技術を適用した機械のリスクアセスメント結果及び残留リスク情報

技術を適用した場合において、下記の情報を提示できること。

(a) 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

(b) 技術に適用す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効果の説明

(c) 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
- ④その他

【補足】

建設現場の安全管理においては、労働者の安全を確保するため、安全に関する法令を遵守し、対策の不備を防ぐことが基本である。

「応募技術を適用した機械のリスクアセスメント結果及び残留リスク情報」は技術比較表の参考資料として公表されており、リスク低減を図る危険源や、技術を適用しても残るリスクなどの情報をとりまとめている。実現場では、これらの情報と現場条件を照らし合わせ、現場に応じた適切な安全管理を行っていくことが必要である。

(6) 経済性

初期投資及びメンテナンスの概略費用を参考として提示している。建設機械へ技術を搭載する方法により、以下の3つの分類としている。

- 該当技術を販売（建設機械本体の販売費は含まず）
- 建設機械製造者が製造段階で搭載する場合
- 該当技術をレンタル等（建設機械本体のレンタル費含まず）

4. 今後の取組みについて

本テーマでは、ここまで紹介したリクワイヤメントに基づき、令和3年度（令和4年1月末時点）までに「ローラ」、「ドラグ・ショベル」に適用する「建設機械の安全装置に関する技術」についての、技術公募・選定、現場試験、技術比較表の公表を行っている。

令和4年度以降は、「ブルドーザ」、「ホイールローダ」に適用する技術の比較表の作成に向け検討を進めており、現時点で技術公募・選定まで終了し、選定技術がNETISサイト (<https://www.netis.mlit.go.jp/netis/pubtheme/themesettings>) に公表されている。今後は、技術比較表の公表に向け、現場試験の実施及び試験結果等の整理を予定している。

5. おわりに

本テーマで公表されている技術比較表の利用者にあたっては、技術比較表の結果をそのまま用いるのではなく、参考情報として扱い、個々の現場条件に応じて適切な技術を選択し、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。

JICMA

【筆者紹介】

永沢 薫（ながさわ かおる）
（一社）日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所 研究第三部
主任研究員



山田 風我（やまだ ふうが）
（一社）日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所 研究第三部
技術員



建設業における労働災害の発生状況と 第9次建設業労働災害防止5か年計画

建設業労働災害防止協会技術管理部

1. はじめに

建設業における労働災害は長期的に減少傾向にあるものの、死亡災害では全業種の4割近くと最も多く、令和3年より2年連続で増加しています。また、死亡災害の4割以上が墜落・転落による災害を占め、依然として高い水準にあります。

本稿では、令和4年の建設業における死亡労働災害の発生状況の特徴を解説するとともに、建設業労働災害防止協会が策定した労働災害防止に関する中期計画(第9次建設業労働災害防止5か年計画)について触れることとします。

2. 建設業における労働災害の発生状況

(1) 死亡者数、死傷者数の推移(図-1)

建設業における労働災害による死亡者数については、令和4年が

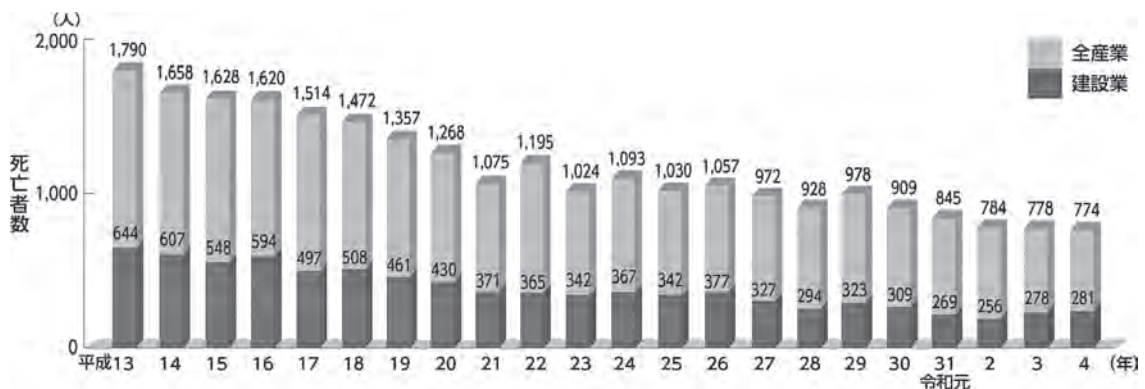
281人と対前年で3人増加となり、全産業では減少傾向にあるのに対して、2年連続増加となっています。

これに対して、休業4日以上の死傷者数については、令和4年が14,539人と対前年比2.6%減で、ここ数年減少傾向にあります。なお、全産業では132,355人(新型コロナウイルスによる件数除く)と対前年比1.5%増で、増加傾向にあります。

(2) 業種別で建設業が占める割合(図-2)

業種別の死亡災害件数(令和4年)については、建設業は36.3%と最も多くを占めており、2番目の製造業18.1%の2倍で、これに陸上貨物運送事業及び林業を加えた人数より多くなっています。

建設業においては、死亡災害の減少が最重点課題であると言えます。



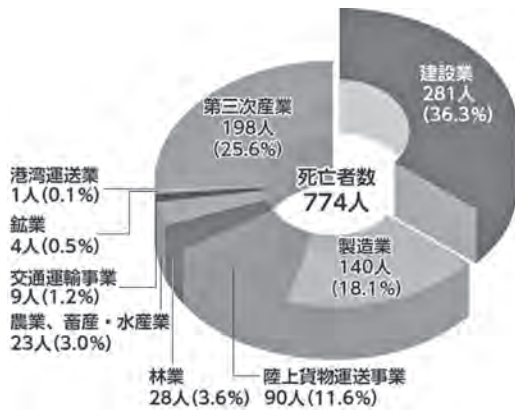
(注) 平成23年までは、労災給付データによる。

平成24年からは、労働者死傷病報告による。

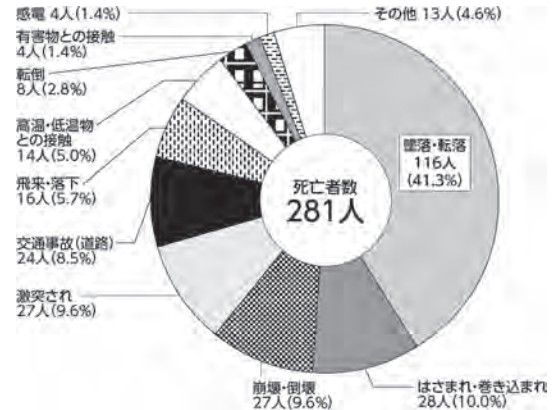
新型コロナウイルス感染症のり患によるものを除く(令和2年~4年)。

図-1 労働災害の推移

統計



図一 業種別 死亡災害発生状況



図一 建設業における事故の型別死亡災害発生状況

(3) 事故の型別割合 (図一 3)

事故の型別の死亡災害件数(令和4年)については、「墜落・転落」が116人と4割以上で最も多くを占めており、2番目以降の「はさまれ・巻き込まれ」「崩壊・倒壊」「激突され」及び「交通事故」の合計106人を超える状況となっています。

(4) 三大災害の状況 (図一 4 (a)~(c))

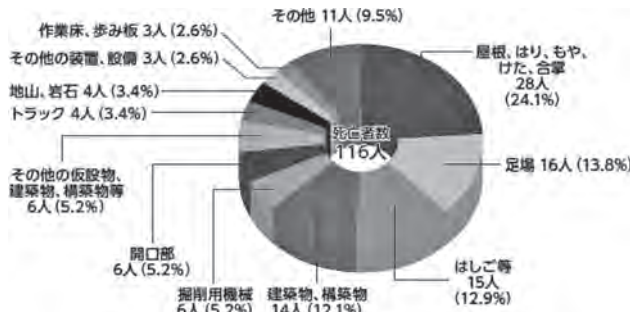
建設業に特有の死亡災害リスクの高い三大災害(墜落・転落災害、建設機械・クレーン等災害、倒壊・崩壊災害)の状況(令和4年)

については、「墜落・転落災害」116人、「建設機械・クレーン等災害」106人、「倒壊・崩壊災害」27人となっています。

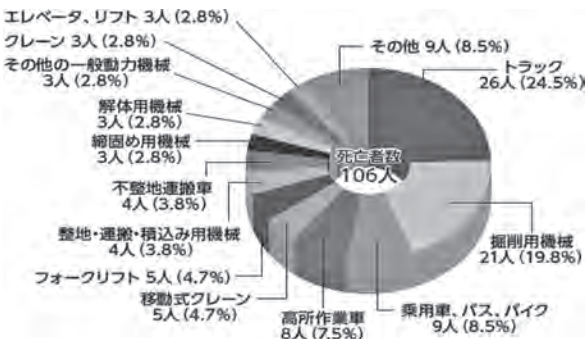
「墜落・転落災害」116人の内訳は、「屋根、はり、もや、けた、合掌」28人、「足場」16人、「はしご等」15人、「建築物、構築物」14人と続き、これらで3分の2を占めています。

「建設機械・クレーン等災害」106人の内訳は、「トラック」26人、「掘削用機械」21人で半数近くを占めています。

「倒壊・崩壊災害」27人の内訳は、「地山、岩石」8人、「建築物、構築物」5人で半数を占めています。



図一 4 (a) 墜落・転落災害



図一 4 (b) 建設機械・クレーン等災害



図一 4 (c) 倒壊・崩壊災害

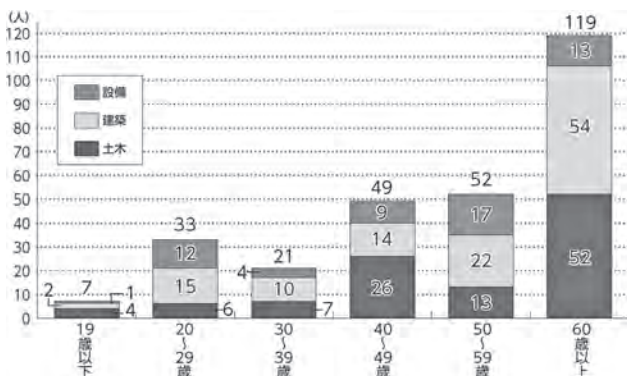
※この図は、「令和5年度 全国安全週間実施要領」(建災防ホームページに全国安全週間期間中掲載)の「資料1-6 建設業における死亡災害発生状況(起因物・事故の型)」より作成しています。「墜落・転落災害」と「倒壊・崩壊災害」の件数は事故の型別の分類ですが、「建設機械・クレーン等災害」の件数は起因物による分類です。そのため、「建設機械・クレーン等災害」の件数には、「墜落・転落災害」と「倒壊・崩壊災害」の件数が重複計上されています。
※上記の割合(%)の合計は端数処理上100%にならない場合があります。

(5) 年齢別・工事の種類別件数 (図一5)

年齢別死亡災害件数 (令和4年) については、60歳以上が119人で全体の4割以上と、他の年代より大幅に多くを占めています。他の年代では、20～29歳が相対的に高い状況となっています。

また、工事の種類別では、60歳以上で、土木工事52人、建築工事54人と、9割近くを占めています。

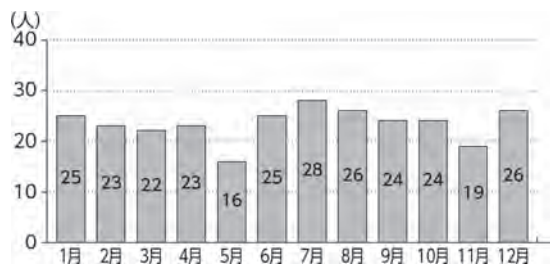
高齢労働者の割合が増加傾向にある中、今後、高齢労働者の労働災害防止対策が一層重要となってきます。



図一5 建設業における年齢別・工事の種類別死亡災害発生状況

(6) 月別死亡災害発生状況 (図一6)

月別の死亡災害発生状況 (令和4年) については、5月と11月を除き、概ね25人±3人の状況です。最も多いのが7月の28人、少ないのが5月の16人で、6月～10月の夏から秋にかけて24人以上と、暑い時期に死亡災害が多い傾向にあります。



図一6 建設業における月別死亡災害発生状況

(7) 墜落・転落災害死者数の工事の種類別内訳推移 (表一1)

墜落・転落災害死者数について、工事の種類別内訳を過去3年の推移からみますと、建築工事が半数以上を占めており、令和4年は77件と最も多く、全体の3分の2を占めています (令和2年は56件、令和3年は71件)。また、建築工事のうち、鉄骨・鉄筋工事が木造建築工事よりやや多い傾向にあります。

(8) 工事の種類別、事故の型別死亡災害発生状況 (表一2)

工事の種類別、事故の型別死亡災害発生状況 (令和4年) を見ますと、土木工事108件のうち、「墜落・転落」(22)、「激突され」(19)、「崩壊・倒壊」(15)及び「はさまれ・巻き込まれ」(15)で7割を占めています。工事の種類では、道路(17)、河川(12)が多い状況です。

建築工事117件のうち、「墜落・転落」(77)で6割を占めています。工事の種類では、鉄骨・鉄筋(36)が多い状況です。

設備工事56件のうち、「墜落・転落」(17)、「はさまれ・巻き込まれ」(10)で、半数近くを占めています。

3. 労働災害防止に関する中期計画 (「第9次建設業労働災害防止5か年計画」) について

前記のような建設業における労働災害の発生状況及び国が策定する「第14次労働災害防止計画」を踏まえ、建設業労働災害防止協会 (以下「建災防」) では、令和5年度から令和9年度を計画期間とする「第9次建設業労働災害防止5か年計画」(以下「第9次計画」) を策定しました。

第9次計画では、建設工事に従事するすべての方が安全で安心して働ける魅力ある職場づくりを目指し、アウトプット指標、アウトカム指標を定め、建災防会員及び建災防が一体となり、一人の被災者も出さないという基本理念の実現に向け、各種労働災害防止対策に取り組むこととしております。

(1) 第9次計画における目標

第9次計画においては、計画期間内に達成する目標として、アウトプット指標を定めるとともに、この結果、期待される事項をアウトカム指標として定め、計画に定める事項の効果検証を行うための

表一1 工事の種類別の墜落・転落死亡災害発生状況

工事の種類 年	土木工事											建築工事				設備工事			合計 割合 (%)		
	水	トン	鉄	軌	橋	道	河	砂	土	上	港	其	鉄	木	建	其	電	機		其	
	力	ネル	道	道	梁	路	川	防	地	下	湾	他	骨	造	設	他	気	器		他	
4年	1	2	0	0	0	4	5	1	0	2	0	7	22	23	19	8	27	4	8	5	116
													19.0					66.4			100
3年	0	0	0	0	1	3	1	2	1	2	0	9	19	23	12	8	28	4	4	12	110
													17.3					64.5			100
2年	0	0	1	0	4	5	2	2	0	1	1	9	25	17	15	1	23	2	5	7	95
													26.3					58.9			100

統計

表一 2 工事の種類別死亡災害発生状況 (事故の型別)

工事の種類 災害の種類	土木工事													建築工事					設備工事				合計	割合 (%)
	水力発電所	トンネル	地下鉄	軌道	橋梁	道路	河川	砂防	土地整理	上下水道	港湾海洋	その他	小計	鉄骨・鉄筋	木造	建築設備	その他	小計	電気通信	機械器具	その他	小計		
墜落、転落	1	2	0	0	0	4	5	1	0	2	0	7	22	23	19	8	27	77	4	8	5	17	116	41.3
転倒	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	5	2	0	0	1	3	0	0	0	0	8	2.8
激突	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
飛来、落下	0	2	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	6	2	1	0	1	4	3	1	2	6	16	5.7
崩壊、倒壊	1	0	0	0	1	1	0	0	4	2	1	5	15	4	2	0	1	7	1	0	4	5	27	9.6
激突され	0	2	0	0	0	2	3	2	3	1	0	6	19	1	0	0	4	5	1	1	1	3	27	9.6
はさまれ、巻き込まれ	0	2	0	0	0	3	1	1	0	0	1	7	15	0	0	1	2	3	4	3	3	10	28	10.0
切れ・こすれ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.4
踏み抜き	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
おぼれ	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.4
高温・低温の物との接触	0	0	0	0	1	2	0	0	2	0	0	3	8	0	1	1	3	5	0	0	1	1	14	5.0
有害物等との接触	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2	0	2	0	2	4	1.4
感電	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	3	0	0	3	4	1.4
爆発	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	1	3	1.1
破裂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
火災	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.4
交通事故(道路)	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	4	8	2	1	1	4	8	1	1	6	8	24	8.5
交通事故(その他)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.4
動作の反動・無理な動作	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
その他	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	3	1	0	1	1	3	0	0	0	0	6	2.1
分類不能	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
合計	3	8	0	0	3	17	12	6	9	8	4	38	108	36	24	12	45	117	18	16	22	56	281	100.0
割合 (%)	1.1	2.8	0.0	0.0	1.1	6.0	4.3	2.1	3.2	2.8	1.4	13.5	38.4	12.8	8.5	4.3	16.0	41.6	6.4	5.7	7.8	19.9	100.0	

(注) 割合は、全体に対するものです。

指標とします。

アウトプット指標については、(2)に掲げる計画の重点事項について積極的に取り組むことで、目標達成を目指します。

(a) アウトプット指標

- ① 会員は全事業場において、重篤度の高い労働災害の防止対策に重点的に取り組む。特に、墜落・転落災害の防止に関するリスクアセスメントを実施し、危険・有害要因の排除を徹底する。
- ② 会員は全事業場において、死傷災害の減少に向けて、高齢労働者の労働災害防止対策、健康確保対策等を実施し、職場環境の改善に取り組む。

(b) アウトカム指標

- ① 計画期間中の死亡災害の平均発生件数を、第8次計画期間の平均発生件数(279)に対して、15%以上減少させる。
- ② 計画期間中の墜落・転落による死亡災害の平均発生件数を、第8次計画期間の平均発生件数(113)に対して、15%以上減少させる。
- ③ 計画期間中の死傷災害の平均発生件数を、令和4年の発生件数(14,539)(新型コロナウイルス感染症へのり患による労働災害を除く)に対して、5%以上減少させる。
- ④ 60歳以上の死傷年千人率を令和4年と比較して、令和9年まで減少に転じさせる。

(2) 第9次計画の主な取り組み

第9次計画の目標達成に向け、以下の項目を重点事項として具体

的な取り組みを推進します。

- ① 「建設業労働災害防止規程」の遵守の徹底
- ② リスクアセスメントの確実な実施の促進
- ③ 建設業労働安全衛生マネジメントシステム(コスモス)の導入促進
- ④ 高齢労働者の労働災害防止対策の推進
- ⑤ 重篤度の高い労働災害を減少させるための重点対策の推進
- ⑥ 安全衛生教育の推進
- ⑦ 労働者の健康確保対策の推進
- ⑧ 中小専門工事業者の安全衛生支援活動の推進
- ⑨ 自然災害に係る復旧・復興工事等における安全衛生対策の推進
- ⑩ 全国大会等、集合形式の安全衛生活動の推進
- ⑪ 労働安全衛生関係情報の共有化の促進
- ⑫ 一人親方等の安全衛生管理の推進

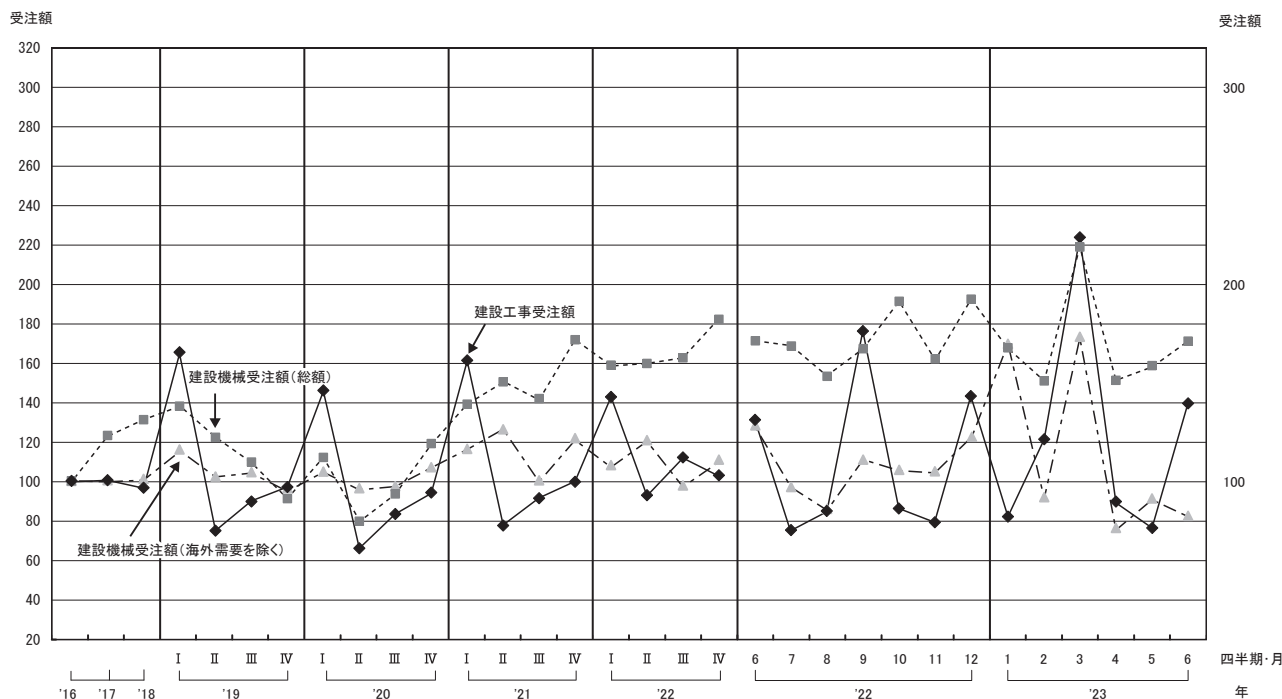
4. おわりに

第9次計画に掲げた各種労働災害防止対策は、建設業事業者のみでは解決できない事案も多く、建災防としましては、関係行政機関はもとより、発注機関や研究機関、関係団体等との連携を図りながら取り組みを進めたいと考えています。関係者の皆様のご協力が必要不可欠となりますので、今後も建災防の活動に対し、一層のご理解ご協力を賜りたくお願いいたします。

統計 機関誌編集委員会

建設工事受注額・建設機械受注額の推移

建設工事受注額：建設工事受注動向統計調査(大手50社) (指数基準 2016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 2016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							
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
2022年	165,482	119,900	33,041	86,862	33,436	5,252	6,898	114,984	50,496	207,841	130,901
2022年 6月	15,741	11,290	3,252	8,038	2,525	465	1,462	11,414	4,327	202,288	14,177
7月	9,176	6,529	2,073	4,456	1,839	348	460	6,310	2,865	202,222	9,335
8月	10,334	8,302	3,261	5,042	1,451	362	220	7,711	2,624	202,166	10,413
9月	21,617	13,586	3,925	9,661	5,298	680	2,052	13,970	7,647	208,186	15,244
10月	10,520	7,331	1,341	5,991	2,426	413	351	7,400	3,120	208,774	9,760
11月	9,636	6,849	1,908	4,941	2,121	385	282	6,736	2,900	206,833	11,819
12月	17,593	14,275	5,184	9,091	3,208	540	-430	13,048	4,544	207,841	16,317
2023年 1月	10,021	6,986	1,556	5,430	2,452	336	248	6,867	3,154	207,251	10,213
2月	14,867	9,285	1,928	7,358	5,010	372	199	9,662	5,204	209,850	12,419
3月	27,481	18,606	4,053	14,553	7,409	674	791	17,187	10,294	214,894	21,223
4月	10,993	8,354	2,034	6,320	2,003	528	107	7,807	3,186	215,556	9,294
5月	9,304	6,854	1,807	5,047	1,772	345	332	6,125	3,179	214,435	10,569
6月	17,100	12,062	2,801	9,260	3,457	506	1,075	11,401	5,699	-	-

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	16年	17年	18年	19年	20年	21年	22年	22年 6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	23年 1月	2月	3月	4月	5月	6月
総 額	17,478	21,535	22,923	20,151	17,646	26,393	29,024	2,498	2,457	2,233	2,439	2,790	2,361	2,804	2,445	2,198	3,197	2,214	2,308	2,494
海外需要	10,875	14,912	16,267	13,277	10,966	18,737	21,816	1,791	1,926	1,766	1,832	2,211	1,788	2,130	1,509	1,694	2,246	1,795	1,807	2,042
海外需要を除く	6,603	6,623	6,656	6,874	6,680	7,656	7,208	707	531	467	607	579	573	674	936	504	951	419	501	452

(注) 2016～2018年は年平均で、2019～2022年は四半期ごとの平均値で図示した。
 2022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向統計調査
 内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

行事一覧

(2023年7月1～31日)

機械部会



■ショベル技術委員会

月日：7月5日(水)(会議室, Web 併行開催)

出席者：安部敏博委員長ほか10名

議題：①GX建設機械認定制度について：認定規程方針案に対する各社意見の結果報告, 回答結果に基づき認定規定について議論, ショベル技術委員会としての認定規程案のとりまとめ

■路盤・舗装機械技術委員会・幹事会

月日：7月6日(木)(会議室, Web 併行開催)

出席者：美野隆委員長ほか12名

議題：①上期総会の発表内容, 時間割についての討議と決定 ②現場・工場見学会の開催日について討議

■トンネル機械技術委員会 機械設備改善WG

月日：7月10日(月)(会議室, Web 併行開催)

出席者：椎橋孝一郎リーダーほか13名

議題：①メンバーより提出された機械設備改善調査票について記載内容の説明と議論 ②スケジュールの確認

■機械整備技術委員会

月日：7月11日(火)

出席者：小林一弘委員長ほか8名(会議室, Web 並行開催)

議題：①電動建機のシステムに関する資料作成について進め方の討議 ②建設機械整備技術者および, ICT担当者の雇用状況に関する討議 ③見学会候補地について討議

■基礎工事用機械技術委員会

月日：7月12日(水)(会議室での対面開催)

出席者：草刈成直委員長ほか21名

議題：①パウワー社による技術プレゼン：「BAUER CUBE SYSTEMについて」 ②各社トビックス：(株)研製作所「最新の圧入技術の紹介」 ③今後のスケジュールについて：技術プレゼン, 各社トビックスの予定, 見学会候補地の選定と開催日について討議

■トンネル機械技術委員会 積込・運搬機械調査WG

月日：7月14日(金)(会議室, Web 併行開催)

出席者：浅沼副委員長ほか23名

議題：①積込・運搬機械に関する技術紹介と意見交換：(株)前田製作所の技術紹介, 古河産機システムズ(株)の技術紹介 ②スケジュールの確認

■トンネル機械技術委員会・幹事会

月日：7月18日(火)(会議室, Web 併行開催)

出席者：丸山修委員長ほか9名

議題：①第2回WGの報告 ②見学会について：7月実施予定の現場見学会の最終確認, 9月実施予定のメーカ見学会の詳細説明 ③技術講演会について：講演者選定について討議

■ショベル技術委員会

月日：7月19日(水)(会議室, Web 併行開催)

出席者：安部敏博委員長ほか12名

議題：①JCMASに基づく「エネルギー消費量試験方法のISO化」進捗状況の情報共有 ②GX建設機械認定制度について：認定規定に関するCMI問合せに対する回答結果の報告, 国交省に提案する認定規程案のとりまとめ ③CMIから情報提供の依頼の件

■原動機技術委員会

月日：7月20日(木)(会議室, Web 併行開催)

出席者：工藤睦也委員長ほか21名

議題：①前回の議事録確認 ②国内次期排出ガス規制に関する情報交換 ③海外排出ガス規制の動向に関する情報交換 ④カーボンニュートラルについて情報交換：「合成燃料(e-fuel)の導入に向けた官民協議会」の情報共有, CN燃料の動向について(6/23油脂委員会報告の情報共有)

■トラクタ技術委員会

月日：7月21日(金)(会議室, Web 併行開催)

出席者：大場元樹委員長ほか7名

議題：①JCMASに基づく「エネルギー消費量試験方法のISO化」進捗状況の情報共有 ②GX建設機械認定制度について：認定規定に関するCMI問合せに対する回答結果の報告, ショベル技術委員会できりまとめた認定規程案について討議 ③各社トビックス：キャタピラージャパン「ブルドーザのステアアシストの紹介」

■トンネル機械技術委員会 見学会

北海道新幹線 羊蹄トンネル(有島) 他 工事見学

月日：7月25日(火)

参加者：丸山修委員長ほか21名

見学内容：SENS工法(NATMとシールドを組合せた工法)による現場の見学

■トンネル機械技術委員会 見学会

北海道新幹線 渡島トンネル(南鶴) 工事見学

月日：7月26日(水)

参加者：丸山修委員長ほか20名

見学内容：自由断面掘削機RH250(全自動仕様), ロックボルト専用機(エピロック社製), ナビゲーション付支保工建て込みロボットなどの見学

■情報化機器技術委員会

月日：7月28日(金)(会議室で開催)

出席者：白塚敬三委員長ほか8名

議題：①施工現場のDX化に関する情報共有と議論 ②SICK社展示会の情報整理 ③規制・規格の最新情報の共有 ④UL Japan社電波暗室見学会の詳細説明

標準部会



■ISO/TC 127/SC 3/WG 5 ISO/TS 15143-4 土工機械及び走行式道路工事機械—施工現場情報交換—第4部：施工現場地形データ案文編集会議

月日：7月10日(月)

出席者：対面会合にはPLのBOLLWEG氏(Deere社)など米国4名, 日本から正田明平委員(コマツ)と事務局など計3名出席, Webでは山本茂コンピナー(コマツ)が参加

場所：協会A会議室及びWeb上(ISO Zoom)

議題：技術的内容がまとまってきた案文を, ISO様式に整えて, 親委員会ISO/TC 127/SC 3での意見聴取に進めるため, 次の点を検討：①(従来マークダウンで作成の)案文のISO様式への落とし込みの検討 ②案文に対する編集上の意見の検討 ③先々の改正をどのように管理するかの論議 ④メンテナンス機関及びそれを規定する附属書の論議 ⑤CD意見聴取手順, 次の進捗段階及び日程の検討

■ISO/TC 127/SC 3/JWG 16 ISO 23870 セキュアな移動体高速通信 規格群 国際WG会議

月日：7月11日(火)～13日(木)

出席者：

対面～Webのハイブリッド会合で, 米国KITTLEコンピナー(Deere社)・VAN BERGEIJK共同コンピナー(AGCO社)など海外(米国・ドイツ・イタリア・ニュージーランド・スウェー

デンなど)から対面で13名・Webで13名、日本から庄司裕之委員(コマツ)・藤本光一氏(クボタ、農業機械部門)など対面で12名・Webで1名、合計39名出席

場 所：機械振興会館6階65会議室及びWeb上(ISO Zoom)

議 題：①開会(ISO行動規範確認、出席者点呼、議事案採択、前回議事録確認、その他事務的事項など)

②ISO 23870規格群の構成 ③前記規格群の作成担当 ④情報交換(の流れ)の構成 ⑤セキュリティ ⑥(不具合の有無などの)診断 ⑦IPv6適用 ⑧(車両内通信規格)SOME/IP ⑨ISOの文書作成システムOSD適用 ⑩相互運用性試験(車載Ethernetの標準化団体)OPEN Allianceとの連携 ⑪規格群の構成・名称・各適用範囲に関する(親委員会ISO/TC 127/SC 3での)決議(提案)及びISO中央事務局への要請 ⑫作業進捗状況 ⑬次回会合(2023年11月6日～8日ハノーファーにて、その後明年2月にヒューズトンにて、6月に再度東京にて、11月にフランクフルトアムマインにて)

■ ISO/TC 127/WG 17 (ISO 5757 再生可能エネルギー貯蔵システムRESS) WG 会議

月 日：7月19日(水)夜～21日(金)
現地ロンドンでは日中、初日は午後から開始、最終日は昼で終了(いずれも現地時間)、日本からのWeb参加は夕方～深夜

出席者：対面～Webのハイブリッド会合で、米国のSPOMERコンビナー(斗山Bobcat社)・MOUGHLERプロジェクトリダなど海外(米国・オーストラリア・中国・フランス・ドイツ・スウェーデン・英国・米国など)から対面で10名・Webで9名、日本から小塚大輔委員(コマツ)などWebで3名、合計22名出席

場 所：英国ロンドンの英国規格協会BSIにて対面会合及びWeb参加(ISO Zoom)

議 題：①開会(ISO行動規範確認、出席者点呼など) ②進捗状況確認(日程超過による廃案回避すべく一旦取下げ、即再開議採択を親委員会に要請・ISOのOSD適用) ③前回議事録確認(用語に関してCEN/TC 151/WG 1の活動参照) ④PL指摘論点(アワメータの扱い・バッテリーマネジメントシステム要求事項の扱い・充電装置の入出力・問題点を記した表の各項の検討)

⑤各意見を考慮した案文の検討 ⑥WG意見聴取時意見の処理 ⑦ISO/TC 127/SC 2/WG 15 (ISO 13649 火災予防指針)での参照 ⑧関連活動-業界活動(AEM 米国機器製造業者協会・CECE 欧州建設機械工業連合会など)・標準化活動(IEC・CEN/TC 151/WG 1など)・その他(SAEなど) ⑨閉会(次回11月20～21日UTC 11時からWeb会合3時間)

■ ISO/TC 195/SC 1 委員会

月 日：7月21日(金)

出席者：川上晃一委員長(日工株)ほか12名

場 所：協会会議室及びWeb上(ISO Zoom)

議 題：①SC 1バーチャル総会(9月15日(金))対応協議 ②SC 1/WG 4 FDIS 19711-2「トラックミキサー-第2部」準備状況 ③SC 1/WG 8 PWI 5342「コンクリート機械-施工現場情報交換」進捗報告 ④SC 1/WG 7 AWI 18650-2「コンクリートミキサー-第2部」対応協議 ⑤SC 1/WG 10 AWI 18651-1「コンクリート内部振動機-第1部」対応協議 ⑥SC 1/WG 9 ISO 6085「セルフローディングモバイルコンクリートミキサー」改正進捗報告 ⑦SC 1/WG 2 FDIS 13105-1、-2「コンクリート表面こて仕上げ機械-第1部・第2部」準備状況 ⑧SC 1/WG 6 CD 21573-1「コンクリートポンプ-第1部」意見照会対応 ⑨TC 195 国際バーチャル総会(9月21日(木))対応協議

■ ISO/TC 127/SC 2/WG 24 制御系の機能安全-ISO 19014 規格群(機能安全)改正・予備業務ISO/PWI 6135 非決定的様相を含む機械制御系の安全 検討国際WG 会議

月 日：7月24日(月)～27日(木)

現地ロンドンで日中対面会合(初日は午後から)開催、日本からWeb参加は同日夕方～深夜、28日は、議事消化されたので中止

出席者：英国のCAMSELLコンビナー(英国建設機械工業会CEA)・PLのMOUGHLER氏・同じくWATSON氏(いずれも米国Caterpillar社)など海外(英国・フランス・イタリア・韓国・米国・オーストラリアなど)から17名・日本から岡ゆかりSC 2/JWG 28コンビナー・鈴木邦利「運転員能力補強」PL(いずれもコマツ)など7名が対面ないしWebで参加

場 所：ロンドンの英国規格協会BSI

にて対面会合+Web参加のハイブリッド会合

議 題：①開会(会議運営の事務的事項・会議の目的及び日程確認・ISO行動規範確認、出席者点呼、議事案採択・前回議事録確認) ②ISO/PWI 6135 非決定的様相を含む機械制御系の安全についての論議(・SOTIF(意図した機能の安全性検討(N 455及びN 452参照)・「運転員能力補強」の扱い(N 463参照)・ISO/TC 127/JWG 28ではすでに運転員能力補強を扱うと合意済みとされ、WG 24がISO 6135を扱うと概ね合意するならISO 21448に基づくか、それなりの新規文面を用意すべきとされた)・非決定的と決定的などの用語を定義し、規格名称は「土工機械-人工知能に基づく制御系の安全」・案文作成(目標10月末)の担当を論議) ③ISO 19014改正検討(・EU機械規制発行についての論議・CEN/TC 151/WG 1総会関連・EN ISO 13849-1関連論議(N 462参照)・ISO 19014各部改正のPWIのCIB承認・ISO 19014-1及び-3の定期見直し・EU機械指令の参照に伴う附属書ZA(N 444)・当面の作業(改正業務の決議、CDスキップしてDISへ) ④今後の会合・その他(前回会合で決定の会合計画確認、日本では2024年7月22日～26日会合)

■ ISO/TC 195/SC 1 委員会(予備日)

月 日：7月31日(月)

出席者：野口貴文委員(東京大学)ほか3名

場 所：Web上(ISO Zoom)

議 題：①状況報告(7月21日(金)の本委員会に同じ) ②SC 1/WG 8 PWI 5342「コンクリート機械-施工現場情報交換」対応協議 ③SC 1/WG 10 AWI 18651-1「コンクリート内部振動機-第1部」対応協議

建設業部会



■ 建設業 ICT 安全 WG

月 日：7月12日(水)

出席者：中野正晴委員ほか7名(内Web参加者1名)

議 題：①ICT安全対策機器アンケートDB案の検討(<https://jcmant.or.jp/ict-anzen/>) ②国交省 自動化・自律化協議会の報告 ③その他

■ 三役会

月 日：7月27日(木)

出席者：森田将史部会長ほか4名(内

Web参加者1名)

議題:①8/30~31 令和5年度建設業
部会夏季現場見学会『成瀬ダム』準備
報告 ②8/21 クレーン安全情報WG
に向けた調整 ③10/6 開催予定『2023
年度機電技術者の為の講演会』準備報
告 ④その他

各種委員会等



■機関誌編集委員会

月日:7月5日(水)

出席者:中野正則委員長ほか26名

議題:①令和5年10月号(第884号)
計画の審議・検討 ②令和5年11月
号(第885号)素案の審議・検討
③令和5年12月号(第886号)編集
方針の審議・検討 ④令和5年7月号
~令和9年月号(第881~883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5年度除雪機械技術講習会(第2回)

月日:7月4日(火)

場所:札幌市(北海道経済センター)

受講者:185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

■令和5年度ICT活用施工連絡会

月日:7月5日(水)

場所:札幌市(かでの2・7道民活動
センター)

出席者:谷崎敏彦座長ほか37名

内容:①「インフラDX・ICT施工推
進連絡会」への名称変更 ②インフラ
DX・i-Constructionに関する情報連
絡 ③令和4年度ICT活用施工連絡
会活動報告 ④令和5年度インフラ
DX・ICT施工推進連絡会の事務局体
制(案) ⑤令和5年度インフラDX・
ICT施工推進連絡会活動計画(案)
⑥その他

■第2回広報部会広報委員会

月日:7月27日(木)

場所:北海道支部会議室

出席者:村上昌仁広報部会長ほか10名

議題:①支部だよりNo.126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5年度第15回建設技術研修会

月日:7月3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22本を上映

参加者:71名

■令和5年度i-Construction(ICT活用工事) セミナー

内容:①令和5年度のICT活用工事
東北地方整備局の取り組み ②令和5年
度のICT活用工事 県の取り組み ③施
工者による事例発表 ④ICT活用工
事の実践【その1:3次元計測の精度
管理, その2:ICT建機施工の精度管
理, その3:3次元データの実務的運
用と活用, その4:インフラDXの活
用】

主催:東北地方整備局, 青森県・秋田
県・岩手県・山形県・宮城県・福島県,
東北建設業協会連合会, JCMA 東北
支部

講師:①東北地方整備局 ②各県担当
者 ③各県の施工者 ④JCMA 東北
支部 情報化施工技術委員会メンバー

①岩手会場

月日:7月4日(火)

場所:滝沢市 岩手産業文化センター

受講者:38名

②青森会場

月日:7月5日(水)

場所:青森市 青森はまなす会館

受講者:61名

③福島会場

月日:7月18日(火)

場所:福島市 とうほう・みんなの文
化センター

受講者:24名

④秋田会場

月日:7月21日(金)

場所:秋田市 秋田県JAビル

受講者:18名

⑤山形会場

月日:7月31日(月)

場所:山形市 山形国際交流プラザ
ビッグウイング

受講者:66名

■令和5年度除雪講習委員会

月日:7月7日(金)

場所:東北地方整備局会議室

出席者:東北地方整備局 赤平勝也 道路
情報管理官ほか10名

内容:令和5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5年度基礎技術講習会(インフラ DX)(主催:東北土木技術人材育成協 議会)

【座学1】インフラDX概論 講師:東北
地方整備局 企画部

【実習1】DX技術実践, MR体験, VR
体験, 遠隔臨場体験 ほか 講師:東北
地方整備局・JCMA 東北支部

【座学2】BIM/CIM概論 講師:(一社)
建設コンサルタンツ協会 東北支部

【実習2】BIM/CIM・点群体験実践演習
講師:JCMA 東北支部

③3回目

場所:東北技術事務所 研修棟

月日:7月11日(火)

受講者:20名

北陸支部



■令和5年度除雪講習会メーカー講師等 打合せ会

月日:7月26日(水)

場所:興和ビル 10F 小会議室

出席者:堤事務局長ほか普及部会委員4
名

議題:①令和5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5年度除雪講習会計画(案)に
ついて ③令和4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3~4年度の新潟県, 富山県, 石川
県の受講企業数について

■新潟県除雪オペレータ担い手確保協議会 第8回本部協議会

月日:7月28日(金)

場所:新潟県庁 2F201号室

出席者:穂刈企画部会長

議題:①第7回本部協議会の振り返り

②令和4年度の地域協議会における取
組の振り返り ③令和5年度の協議会
予定

■令和4年度事務局長会議

月日:7月28日(金)

場所:Web会議

議題:①旅費規定改定等について
②情報セキュリティについて ③令和
4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外国人
評価試験について ⑥i-Conについて
⑦支部課題について

中部支部



■i-Con 出前講習会

月日:7月7日(金)

依頼企業：セントラル建設(株)
場 所：岐阜県中津川市「パルティール
中津川」
参加者：セントラル建設(株)及び協力会社
社員約 100 名
講 師：リーグルジャパン(株)シニアプロ
ダクトマネージャー橋本靖彦氏

■「建設インフラ DX ソリューションセミナー 2023」の開催

月 日：7月11日(火)
開催場所：愛知県産業労働センター
(ウインクあいち)
参加者：約 80 名
内 容：福井コンピュータ(株)と共催で建
設インフラ DX についてのセミナーを
開催

■広報部会

月 日：7月25日(火)
出席者：濱地仁広報部会長ほか 5 名
議 題：第 42 号支部ニュース初稿校正

■令和 5 年度大規模津波防災総合訓練実行委員会・幹事会(第 2 回)

月 日：7月26日(水)
開催方式：Web 会議方式
出席者：永江豊事務局長
内 容：11月11日(土)の実施に向け
ての打合せ

関 西 支 部



■建設用電気設備特別専門委員会(第 489 回)

日 時：7月12日(水)
場 所：中央電気倶楽部 会議室
議 題：① JEM-TR104(建設工事用受
配電設備点検保守のチェックリスト)
審議 ② JEM-TR236(建設工事用
400V 級電気設備施工指針) 審議
③その他

中 国 支 部



■第 1 回企画部会

月 日：7月19日(水)
場 所：広島 YMCA 会議室

出席者：玉田一雄部会長ほか 10 名
議 題：①令和 4 年度の活動の総括につ
いて ②令和 5 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

■第 2 回施工技術部会

月 日：7月21日(金)
場 所：広島市内
出席者：新宅清人部会長ほか 6 名
議 題：①部会事業の推進と体制につ
いて ②その他懸案事項

■第 1 回開発普及部会

月 日：7月26日(水)
場 所：Web 会議
出席者：松本治男部会長ほか 7 名
議 題：①今年度の開発普及部会の取組
について ②その他懸案事項

■令和 5 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31日(月)
場 所：広島 YMCA 会議室
出席者：竹田幸詞試験実施責任者ほか 7
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4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 8 社 33 名, ドロ
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

■ ICT 施工に関する座談会

月 日：7月20日(木)

場 所：建設クリエイトビル 5F 会議室
(香川県高松市)

出席者：四国地方整備局 7 名, ICT 専
任講師 6 名が出席。JCMA 四国支部
からは市原事務局長が出席

内 容：① ICT 専任講師制度のさらな
る活用について ② ICT 施工に関す
る意見・課題について：測量・設計段
階の意見・課題, 施工段階の意見・課
題 ③技術基準に関する意見・課題に
ついて ④その他

■建設現場の生産性向上セミナー in 高知

月 日：7月26日(水)
場 所：中村商工会館(高知県四万十市)
主催者：西尾レントオール(株)
協 賛：四国地方整備局, JCMA 四国
支部

内 容：① ICT 施工の現状 四国地方整
備局 ②小規模工事だからこそ ICT
西尾レントオール(株) ③ ICT システ
ムのご紹介 西尾レントオール(株)

■「救命建機(遠隔操作バックホウ MC 仕様)」見学会

月 日：7月28日(金)
場 所：四国建販(株)本社特設エリア
主催者：四国建販(株)(愛媛県松山市)
共 催：JCMA 四国支部
出席者：四国地方整備局より 12 名参加
内 容：最新の遠隔操縦 BH の紹介と参
加者による試運転

九 州 支 部



■企画委員会

月 日：7月18日(火)
場 所：宝ビル 1106 会議室
出席者：原尻企画委員長ほか 12 名
議 題：①企画委員会名簿, 委員の変更
②令和 5 年度 JCMA 九州支部の主要
行事予定について ③令和 5 年度建設
機械施工管理技術検定試験について
④会員向け講習会等の取組メニュー検
討, 意見交換 ⑤その他：機関誌ずい
そう執筆者

編集後記

本号が出版される頃は暑さも一段落していると思えますが、今年の夏も猛烈な暑さでした。ニュースで連日「危険な暑さ」と報道された中、建設現場では本当に堪えたことと思えます。また不安定化する世界情勢の中、「安全保障」という言葉も度々目にするなど、安全であることが当たり前ではない世の中なのかもしれません。

本号は、「安全対策、労働災害防止」がテーマです。産業全体の休業4日以上死傷者数は、長期的には減少傾向ですが、この数年は少しずつ増加しています。死亡者数はわずかながら減少傾向を維持しています。令和4年度の労働災害発生状況を見ると、建設業は休業4日以上の死傷者数が業種別で4番目ですが、死亡者数は最多となっています。しかも2番目に多い製造業の2倍です。建設施工の現場では、建設機械と作業者が近接して作業せざるを得ないケースも多いため、小さいエラーが重大災害に直結しているとも考えられます。

巻頭言では、長岡技術科学大学の北條理恵子先生から「働く人に寄り添う労働安全を目指して」と題して

寄稿頂きました。機械側の安全対策と行動分析学の関連性、職場の安全・安心につながる Well-being 向上の必要性をご提言頂きました。

行政情報では、建設業における安全衛生をめぐる現状と、建設機械の安全装置に関する技術について執筆頂きました。建設業における災害の3～4割を占める足場からの墜落・転落防止対策の充実、建設機械作業による事故の3割を占める「はさまれ、巻き込まれ、激突され」に関する低減技術の必要性等についてお話し頂きました。

特集報文では、建機の安全装置、施工現場での安全対策技術から、予防安全やリスクアセスメントの効果をも高める技術まで、多岐にわたり執筆頂きました。建設施工の安全を確保するには多角的なアプローチが必要であることを実感しました。

交流のひろばでは、人とロボットが委ねあう未来について興味深い内容を、ずいそうでは山とお城の魅力およびふたごのむすめさんの成長の記録について寄稿頂きました。

最後に、ご多忙中、執筆にご協力頂いた皆様、編集にご尽力頂いた皆様に改めて深く御礼申し上げますと共に、本号が建設現場における労働災害防止の一助となれば幸いです。

(丹治・丑久保)

機関誌編集委員会

編集顧問

今岡 亮司	加納研之助
後藤 勇	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

渡邊 賢一	国土交通省
槻瀬 誠	農林水産省
木村 桂一	(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)
加藤 友希	(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)
平田 惣一	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)
丹治 雅人	コベルコ建機(株)
漆戸 秀行	住友建機(株)
大竹 博文	(株)加藤製作所
田島 良一	古河ロックドリル(株)
鈴木 健之	施工技術総合研究所

事務局

(一社)日本建設機械施工協会

10月号「海外特集」予告

・我が国のインフラ海外展開の取組 ・国土交通省インフラシステム海外展開行動計画 ・シンガポール・クロスアイランド線ブンゴル分岐線(P103工区)工事 ・コロナ禍を乗り越え、北スマトラに全長10kmにおよぶ水力発電所を建設 ・新ダイルート堰群建設事業 ・インドネシア・パティンパン新港開発事業 第1期開発事業 パッケージ1ターミナル建設工事 ・TRD工法の米国における施工事例 ・海外主要メーカーの動向 ・海外におけるBIM活用プロジェクトのご紹介 ・自治体のSDGs経営に向けたモニタリングツールについて

【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) 10,032円(税・送料込)

建設機械施工

第75巻第9号(2023年9月号)(通巻883号)

Vol.75 No.9 September 2023

2023(令和5)年9月20日印刷

2023(令和5)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	〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8	電話(011)231-4428
東北支	〒980-0014 仙台市青葉区本町3-4-18	電話(022)222-3915
北陸支	〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1	電話(025)280-0128
中部支	〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10	電話(052)962-2394
関西支	〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4	電話(06)6941-8845
中国支	〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22	電話(082)221-6841
四国支	〒760-0066 高松市福岡町3-11-22	電話(087)821-8074
九州支	〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-4-30	電話(092)436-3322

本誌上への広告は  有限会社 サンタナ アートワークス までお申し込み、お問い合わせ下さい。

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F TEL: 03-3664-0118 FAX: 03-3664-0138

E-mail: san-mich@zam.att.ne.jp 担当: 田中

KOBELCO

Performance  Design

新型 ミニ

SK45SR SK55SR

ミニショベルがモデルチェンジ

2023年4月順次登場

特設サイトは
こちら

iNDr+E



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

変革は今ここから始まります。 ボルボ・バッテリー駆動コンパクトライン登場



私たちは、持続可能な世界を実現するための対策を早急にとる必要性があります。

ボルボ建機グループは、皆様の事業発展に貢献する幅広い電動式建設機械製品を提供していきます。

ADD POWER TO YOUR BUSINESS



Now we expand our electric range.



L25エレクトリック

運転質量5.4トン／1.0m³BK／モーター出力駆動系：
22kW／作業装置14kW／リチウムイオンバッテリー／
車載普通充電器／外部急速充電器／連続稼働時間：8時間
(作業内容により異なります。)／騒音レベル86.3dB



ECR25エレクトリック

運転質量：2.7トン／バケット容量：0.092m³／
モーター出力18kW／リチウムイオンバッテリー／
車載普通充電器／外部急速充電器／連続稼働時間：4時間
(作業により異なります。)／騒音レベル：84dB

本製品の詳細情報に関しては、下記へご連絡下さい。

ボルボ建機日本正規ディーラー

山崎マシーナリー株式会社

〒438-0216 静岡県磐田市飛平松216-1
TEL : 0538-66-1215
<https://www.y-machinery.jp>

第一東洋株式会社

〒701-0202 岡山県岡山市南区山田2117-65
TEL : 086-282-0141
<https://daiichi-toyo.co.jp>



V O L V O

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

確かな技術で世界を結ぶ *Attachment Specialists*

可動式ハイキャブ



任意の高さに停止可能

油圧式マグネット



産廃物からの金属片取り出しなどに効果を発揮

自動車解体機



車の解体・分別作業を大幅にスピードアップ

ラウンティシア サーベルシリーズ



船舶・プラント・鉄骨物解体に威力を発揮

マテリアルハンドラ



ワイドな作業範囲で効果の良い荷役作業

ウッドシア



丸太や抜根を楽々切断



マルマテクニカ株式会社

■名古屋事業所

愛知県小牧市小針2-18 〒485-0037
電話 0568(77)3312
FAX 0568(77)3719

■本社・相模原事業所

神奈川県相模原市南区大野台6丁目2番1号 〒252-0031
電話 042(751)3800
FAX 042(756)4389

■東京工場

東京都世田谷区桜丘1丁目2番22号 〒156-0054
電話 03(3429)2141
FAX 03(3420)3336

单相
100V

出力
0.75kW

最大水量
580ℓ/min

HS3.75SL 型

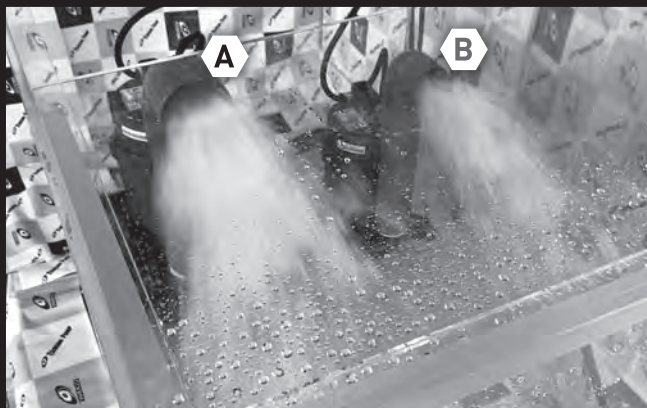
コンパクト なのに 大流量



製品の詳細は
こちらの動画より
ご覧ください

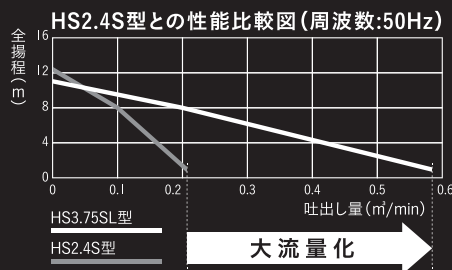


■水量比較



A HS3.75SL型
(3インチタイプ)
最大水量 **580ℓ/min**

B HS2.4S型
(2インチタイプ)
最大水量 **200ℓ/min**



株式会社 鶴見製作所

大阪本店：〒538-8585 大阪市鶴見区鶴見4-16-40
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)361-3000 中国支店：TEL.(082)923-5171 九州支店：TEL.(092)452-5001

建設機械施工 広告掲載のご案内

月刊誌 建設機械施工では、建設機械や建設施工に関する論文や最近の技術情報・資料をはじめ、道路、河川、ダム、鉄道、建築等の最新建設報告等を好評掲載しています。

■職業別 購読者

建設機械施工 / 建設機械メーカー / 商社 / 官公庁・学校 / サービス会社 / 研究機関 / 電力・機械等

■掲載広告種目

穿孔機械 / 運搬機械 / 工事用機械 / クレーン / 締固め機械 / 舗装機械 / 切削機 / 原動機 / 空気圧縮機 / 積込機械 / 骨材機械 / 計測機 / コンクリート機械等

広告掲載・広告原稿デザイン — お問い合わせ・お申し込み

サンタナアートワークス

広告営業部・田中 san-mich@zam.att.ne.jp

TEL:03-3664-0118 FAX:03-3664-0138

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F



建設機械施工 カタログ資料請求票

本誌に掲載されている広告のお問い合わせ、資料の請求はこの用紙を利用し、ファクシミリなどでお送りください。

※カタログ/資料はメーカーから直送いたします。 ※カタログ送付は原則的に勤務先にお送りいたします。

お名前: _____ 所属: _____

会社名(校名): _____

資料送付先: _____

電話: _____ F A X: _____

E-mail: _____

	広告掲載号	メーカー名	製品名
①	月号		
②	月号		
③	月号		
④	月号		
⑤	月号		

FAX 送信先: サンタナアートワークス 建設機械施工係 FAX:03-3664-0138

FA機器の最適無線化提案

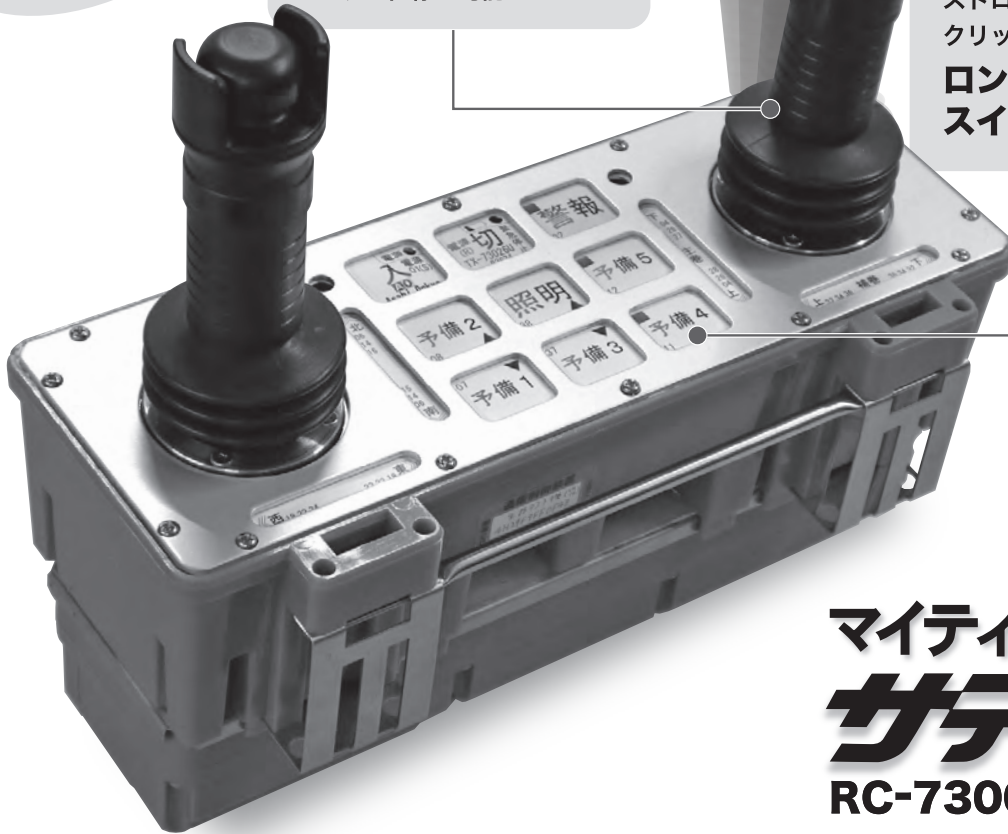
クレーン・搬送台車・建設機械・特殊車両他
産業機械用無線操縦装置

New!

自社開発した
**3ノッチ式
ジョイスティック**
中立位置に自動復帰
する仕様も可能!

自動復帰!

ストロークが深く、
クリックがハッキリ!
**ロングストローク
スイッチ**を標準採用



マイティ 429MHz帯・1.2GHz帯
特定小電力モデル対応
サテラ
RC-73000U/G シリーズ

スリムケーブルレス 5800シリーズ 好評発売中!

双方向データケーブルレス

《TC-1000808S》

**緊急停止
スイッチ** (オプション)

429MHz帯・1.2GHz帯
特定小電力モデル対応

プッシュロック、
ターンリセット型
キノコスイッチ



クレードルタイプ
充電台対応

**2段押3組
標準型**

- 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が
同価格!!**



- ・見えない機械の制御もフィードバック!
- ・双方向制御がこの1セットで対応可能!
- ・新周波数920MHz帯を採用!

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/>



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

朝日音響 検索

令和5年度

日本建設機械施工大賞 地域部門
優秀賞をいただきました。



ソーラー発電と汚水を出さない自己処理型水洗トイレを組み合わせ、現場事務所の快適性と環境対策を両立させている事。又自治体との災害協定により、地域への貢献が大いに期待できる事。2点が高く評価されて受賞に至りました。

令和5年7月秋田豪雨の災害支援



今般の7月秋田豪雨では、日本建設機械施工協会東北支部様に支援可能機材の一覧表を提出。担当社員による被害状況の把握、並びに名古屋市社会福祉協議会との連携の元、秋田市社会福祉協議会ボランティアセンターにソーラーシステムハウスの設置を行いました。

平時でも非常時でも Wフリー **カーボンフリー** **フェイズフリー** の ソーラーシステムハウス

- ▶ 太陽光パネルと蓄電池で完全独立電源を実現!
- ▶ 無日照時でも約3日間使用可能(1日8時間稼働)
- ▶ 平時は工事現場等でカーボンフリーな仮設事務所や休憩所として、災害時は要配慮者・医療従事者・ボランティアなどの待機所や避難所としてエコと防災を両立
- ▶ 電気工事不要! ハウスを設置するのみでエアコン・Wi-Fi・水洗トイレ・電化製品がすぐ使えます
- ▶ ハウスの他、監視カメラ・街路灯・備蓄倉庫も太陽光発電でラインナップ
- ▶ 全国65か所の自治体と災害協定を締結しており、今後も拡大予定



温室効果ガス排出量削減に対する国際認証
(SBT認証)を取得しております

第56回
2022年度

グッドカンパニー大賞
特別賞受賞

補助金等が利用できる場合があります。
お問い合わせは、営業企画部

前中 080-2194-6114
大岸 090-3470-2883

✉ maenaka@daiwatech.info

✉ ogishi@daiwatech.info まで

株式会社 ダイワテック

【名古屋本店】〒452-0803 愛知県名古屋市中区大野木3-43
【東京本社】〒105-0012 東京都港区芝大門1-4-10 大蔵ビル5A
【大阪支店】〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原1-19-10
新大阪エクセルビル1101号
上記の他、北海道から沖縄に13営業所有

<https://www.daiwatech.info/>

TEL:052-506-7281 FAX:052-506-7283
TEL:03-6274-6701 FAX:03-6274-6703

TEL:06-6398-7483 FAX:06-6398-7485

ダイワテック

検索

D+Daiwatech

simple + ecology + technology



誰もが安全で健康に働ける 現場を目指して

ICTの進化は、経験値や体力を問わず、

さまざまな人材が現場で活躍できる可能性を広げています。

コマツはICTを通じて、誰もが安全で健康に働ける

未来の現場を目指します。

KOMATSU
Creating value together

コマツカスタマーサポート株式会社 〒108-0072 東京都港区白金1-17-3 Tel.050-3486-7147 <https://kcsj.komatsu/>



雑誌 03435-9



4910034350933
00800

「建設機械施工」

定価 八八〇円 (本体八〇〇円 + 税10%)