

一般社団法人
日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

2025

建設機械施工 **3**

Vol.77 No.3 March 2025 (通巻901号)

特集 鉄道建設技術 保線・保全技術



渋谷駅大規模切換工事

【撮影協力 JR東日本】

巻頭言 社会の変化に対する鉄道の課題

特集技術論文

- 渋谷駅大規模切換工事
- 大幅な工程短縮を実現した上路SRC桁（H鋼埋込桁）の施工
- 列車巡視の効率化と品質向上を目的としたスマート動揺判定アプリ
- 革新的IoT無線が建設現場やインフラ保全を変える
- ドア制御の課題を一新した新機軸の無線式ホームドア連携システムの紹介
- 線路内に設備を追加設置せずに「自動化レベルGOA2.5」に対応した自動運転システムを開発 他

行政情報

- 鉄道分野のカーボンニュートラルに向けた施策

すいそ

- 阪神タイガースを追いかけて、野球場のある街へ
- 趣味と共に歩んだ人生

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！

<https://jcmanet.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うけたとき。3.死亡し、又は失踪宣言をうけたとき。4.1年以上会費を滞納したとき。5.除名されたとき。○資格喪失時の権利及び義務:資格を喪失したときは、本協会に対する権利を失い、義務は免れます。ただし未履行の義務は免れることはできません。○退会の際は退会届を会長宛に提出しなければなりません。○拠出金の不返還:既納の会費及びその他の拠出金品は原則として返還いたしません。

【個人情報の取扱について】

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

日本建設機械要覧 2025 年版

発売のご案内

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

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



参考：写真はイメージです

発刊日

令和7年3月25日

体裁

・B5判、約1,280頁／写真、図面多数／表紙特製

価格（消費税10%を含む）

一般価格 53,900円（本体49,000円）

会員価格 45,100円（本体41,000円）

（注）送料1冊990円(税込)複数冊の場合別途

特典

「日本建設機械要覧 2025 年版」購入の方への特典として、当協会が運営する Web サイト（要覧クラブ）上において2001年版から2022年版までの全ての日本建設機械要覧のPDF版が閲覧及びダウンロードできます。これによって2025年版を含めると1998年から2024年までの建設機械データが活用いただけます。

2025 年版 内容

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

今後の予定

好評をいただきました2022年版につき「日本建設機械要覧 2025 年版」の電子版も作成し、より利便性の高い資料とするべく準備しております。御期待下さい。

◆ 購入申込書 ◆

一般社団法人 日本建設機械施工協会 行

日本建設機械要覧 2025年版	冊
-----------------	---

上記図書を申し込みいたします。 令和 7 年 月 日

会員種別	<input type="checkbox"/> 非会員 <input type="checkbox"/> 団体会員 <input type="checkbox"/> 個人会員 <input type="checkbox"/> その他()		
官公庁名 会社名			
所属			
ご担当者氏名	TEL		
	FAX		
ご住所	〒		
書類の宛名の 希望	ご記入がなければ請求書・納品書・見積書は官公庁名・会社名となります。		
備考			

◆ 申し込み方法 ◆

- ①本部へ申し込み・・・FAX または E-mail (toshohanbai@jcmanet.or.jp)
支払方法・・・銀行振込
- ②支部へ申し込み・・・FAX のみ
支払方法・・・銀行振込または現金書留

※ 関東・甲信・沖縄地区の方は本部へ、その他の地区は最寄りの支部へお申し込みください。

[お問合せ及びお申込先]

本 部	〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 機械振興会館 2 階	TEL 03-3433-1501
		FAX 03-3432-0289
北海道支部	〒060-0003 札幌市中央区北 3 条西 2 丁目 さつげんビル 5 階	TEL 011-231-4428
		FAX 011-231-6630
東北支部	〒980-0014 仙台市青葉区本町 3-4-18 太陽生命仙台北町ビル 5 階	TEL 022-222-3915
		FAX 022-222-3583
北陸支部	〒950-0965 新潟市中央区新光町 6-1 興和ビル 9 階	TEL 025-280-0128
		FAX 025-280-0134
中部支部	〒460-0003 名古屋市中区錦 3-7-9 太陽生命名古屋第 2 ビル 7 階	TEL 052-962-2394
		FAX 052-962-2478
関西支部	〒540-0012 大阪市中央区谷町 2-7-4 谷町スリスリスビル 8 階	TEL 06-6941-8895
		FAX 06-6941-1378
中国支部	〒730-0013 広島市中区八丁堀 12-22 築地ビル 4 階	TEL 082-221-6841
		FAX 082-221-6831
四国支部	〒760-0066 高松市福岡町 3-11-22 建設クワイビル 4 階	TEL 087-821-8074
		FAX 087-822-3798
九州支部	〒812-0013 福岡市博多区博多駅東 2-4-30 いわきビル 2 階	TEL 092-436-3322
		FAX 092-436-3323

記入いただいた個人情報、お申込み図書の配送・支払い確認などの連絡に利用いたします。

また、当協会の新刊図書案内や事業活動案内のダイレクトメール(DM)送付に利用する場合があります。

(これらの目的以外での利用は致しません)当協会のプライバシーポリシー(個人情報保護法方針)は、ホームページ(https://jcmanet.or.jp/provacy_policy.htm)でご覧いただけます。

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 <https://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7年3月現在)

消費税 10%

No.	発行年月	図 書 名	一般価格 (税込)	会員価格 (税込)	本部 送料
1	R7年03月	日本建設機械要覧 2025年版	53,900	45,100	990
2	R6年12月	建設機械施工ハンドブック (改訂5版)	13,200	11,220	770
3	R6年05月	大口径岩盤削孔工法の積算 令和6年度版	6,600	5,610	770
4	R6年05月	橋梁架設工事の積算 令和6年度版	12,100	10,285	990
5	R6年05月	よくわかる建設機械と損料 2024	7,260	6,171	770
6	R6年04月	令和6年度版 建設機械等損料表	9,680	8,228	770
7	R5年10月	道路除雪施工の手引 (第17版)	4,950	3,960	770
8	R4年03月	日本建設機械要覧 2022年版	53,900	45,100	990
9	R3年01月	情報化施工の基礎 ~ i-Construction の普及に向けて~	2,200	1,870	770
10	H30年08月	消融雪設備点検・整備ハンドブック	13,200	11,000	770
11	H29年04月	ICTを活用した建設技術 (情報化施工)	1,320	1,122	770
12	H26年03月	情報化施工デジタルガイドブック 【DVD版】	2,200	1,980	770
13	H25年06月	機械除草安全作業の手引き	990	880	770
14	H22年 9月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,300	2,970	770
15	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
16	H22年 7月	情報化施工の実務	2,200	1,870	770
17	H21年11月	情報化施工ガイドブック 2009	2,420	2,178	770
18	H20年 6月	写真でたどる建設機械 200年	3,080	2,618	770
19	H19年12月	除雪機械技術ハンドブック	3,300	2,970	770
20	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
21	H17年 9月	建設機械ポケットブック (除雪機械編)	1,100	990	770
22	H16年12月	除雪・防雪ハンドブック (除雪編) 【CD-R】	5,500	4,950	770
23	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
24	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
25	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
26	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
27	H15年 6月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	550	495	770
28	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
29	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
30	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
31	H11年 5月	建設機械化の50年	4,400	3,960	770
32	H11年 4月	建設機械図鑑	2,750	2,475	770
33	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
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	<h1>鉄道建設技術，保線・保全技術</h1>
巻頭言	4 社会の変化に対する鉄道の課題 森地 茂 政策研究大学院大学 名誉教授
行政情報	5 鉄道分野のカーボンニュートラルに向けた施策 国土交通省 鉄道局 総務課 企画室 技術企画課
特集技術報文	12 渋谷駅大規模切換工事 第1回～第5回振り返り 前田 英作 鉄建建設㈱ 東京鉄道支店 JV 渋谷駅改良作業所 工事係長
	16 大幅な工程短縮を実現した上路 SRC 桁（H 鋼埋込桁）の施工 北陸新幹線，敦賀車両基地路盤他（坂下第2架道橋） 加藤 泰樹 ㈱鉄道建設・運輸施設整備支援機構 北海道新幹線建設局 小樽建設事務所 所員
	20 調査坑の施工情報を活用し断層破碎帯を掘削 中央新幹線 中央アルプストンネル（山口工区） 周藤 智規 ㈱鉄道建設・運輸施設整備支援機構 関東甲信工事事務所 中津川鉄道建設所 所員 福山 拓郎 ㈱鉄道建設・運輸施設整備支援機構 関東甲信工事事務所 中津川鉄道建設所 所長 今井 啓文 ㈱鉄道建設・運輸施設整備支援機構 関東甲信工事事務所 中津川鉄道建設所 担当副所長
	26 列車巡視の効率化と品質向上を目的とした スマート動揺判定アプリ 村上 真 西日本旅客鉄道㈱ デジタルソリューション本部 データアナリティクス 田中 浩平 西日本旅客鉄道㈱ デジタルソリューション本部 データアナリティクス 横川 雅成 西日本旅客鉄道㈱ 鉄道本部 施設部 施設技術室
	32 線路設備の点検・検査の自動化と現場適用 新幹線線路設備モニタリング車の開発 須藤 雅人 東日本旅客鉄道㈱ 新幹線統括本部 新幹線設備部 保線ユニット 主務 星野 真澄 東日本旅客鉄道㈱ 八王子支社 八王子保線設備技術センター 主任 中郷 智 東日本旅客鉄道㈱ JR 東日本研究開発センター 線路技術メンテナンスユニット 主任
	37 鉄道・運輸機構 建設 DX ビジョンロードマップ 霜田 和彦 ㈱鉄道建設・運輸施設整備支援機構 本社 建設企画部 技術企画・安全推進課 課長補佐 福井 義弘 ㈱鉄道建設・運輸施設整備支援機構 本社 建設企画部 担当部長（博士（工学）） 斉藤 道真 ㈱鉄道建設・運輸施設整備支援機構 本社 建設企画部 技術企画・安全推進課 総括課長補佐
	43 換気設備遠隔監視システム導入による CBM 化 大川 北斗 大阪市高速電気軌道㈱ 交通事業本部 電気部 電気管理事務所
	47 革新的 IoT 無線が建設現場やインフラ保全を変える UNISONet の仕組みと活用事例 大谷 直也 ソナス㈱ 事業本部 ビジネスマネージャー
	53 目視点検現場に忍者の目！効率・安全性の向上 てんかく忍者 上田 雅司 ナカシャクリエイト㈱ インフラ DX 政策担当 執行役員
	59 鉄道向け 3 次元計測技術サービスの紹介 大釜 弘志 アジア航測㈱ 社会インフラマネジメント事業部 鉄道事業推進部 部長
	65 ドア制御の課題を一新した新機軸の 無線式ホームドア連携システムの紹介 安全かつ低コストのホームドア・車両ドア同期閉閉制御 笠井 貴之 日本信号㈱ インフラシステム第一技術部 課長

	71	車載式自動スロープ装置「スマートランプ」の開発 龍溪 昇 近畿車輛 研究開発部 課長
	75	線路内に設備を追加設置せずに「自動化レベル GOA2.5」に対応した自動運転システムを開発 瀬戸 直人 東芝インフラシステムズ(株) インフラシステム技術開発センター 自動化・画像応用システム開発部 列車走行安全支援システム開発プロジェクトチーム スペシャリスト
ずいそう	80	阪神タイガースを追いかけて、野球場のある街へ 伊藤 健一 (株)鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道技術センター 設備部 参事
	83	趣味と共に歩んだ人生 加瀬 哲司 豊国工業(株) 技術部 理事
部会報告	85	(株)アクティオ 三重いなベテクノパーク統括工場 見学会 報告 機械部会 コンクリート機械技術委員会
	89	令和6年度 若手現場見学会 新東名高速道路 河内川橋工事 建設業部会
	92	新工法紹介 機関誌編集委員会
	97	新機種紹介 機関誌編集委員会
統計	99	建設業の業況 機関誌編集委員会
	106	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
	107	行事一覧 (2025年1月)
	110	編集後記 (加取・内海)

◇表紙写真説明◇

渋谷駅大規模切換工事

写真提供：鉄建建設(株)

1日約60万人が利用するJR東日本の渋谷駅。山手線ホームと埼京線ホームの並列化や自由通路整備などのために2015年から駅改良本体工事が進められている。駅改良工事に伴い2018年5月～2023年11月までの期間に線路切換工事を全5回実施した。写真は2023年1月の第4回切換工事で、山手外回り線の列車を51時間運休させて軌道扛上・横移動及び、ホーム拡幅を実施した施工状況である。

2025年(令和7年)3月号 PR目次
【ア】朝日音響(株)……………後付6
【カ】コベルコ建機日本(株)……………後付1

コマツカスタマーサポート(株)…表紙4
【ク】大和機工(株)……………表紙2
【ケ】(株)ダイワテック……………表紙3

【マ】マシニングアテック(株)……………後付3
マルマテックニカ(株)……………後付4
三笠産業(株)……………後付5

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

巻頭言

社会の変化に対する鉄道の課題

森 地 茂



人口減少に加えコロナ禍による鉄道需要の減少、地球環境に対する鉄道の貢献、IT技術による鉄道サービスの変化など、鉄道界の革新が迫られている。欧米や発展途上国において鉄道への期待が高まっているのと対照的に、わが国では行政も、経営者も鉄道に対する将来展望を見失っているように見受けられる。

新線整備を進めるロンドン、パリと対照的に、鉄道網は概成したと新線建設が止まっていた首都圏では、地下鉄3路線の整備が決まったものの、そのための国家予算確保は不十分である。また、コロナ禍の後、より快適性を求める利用者に対して民鉄の投資意欲は低い。無人運転、移動閉塞による1分間隔運転、ITと運賃制度の改革によるノーラッチ駅などの技術展開と、需要減に応じた運賃改定ができれば、大都市鉄道のサービスは抜本的に向上させ得る筈である。

中規模都市に関しては、欧州に比べて、公共交通のネットワーク、サービス水準共に劣後している。欧米の様に、公共交通への政府の関与を増やす政策転換が必要であり、それなしでは高齢者の移動環境を実現できないことが、社会的にも、政治家にも認識されないのは不可思議である。県庁所在都市では、山口、佐賀と那覇を除けば旧国鉄・私鉄を合わせて2路線以上あり、その活用次第では欧州と同様の鉄道サービスの可能性は残されている。富山市と宇都宮市のLRTや、福井鉄道と越前鉄道（LRTと高床鉄道）の相互乗り入れは、公的負担増で都市鉄道サービスの向上を実現できることを示した事例である。明らかに不足している自動運転バスのコストダウンの努力次第では、中規模都市でも、地方小都市や過疎地でもそれが救世主となるであろう。

一方、鉄道に見合う需要がない路線でのバス転換は進まないが、線路を舗装して自動運転の接続バスを走らせれば、ジーゼル鉄道のサービスと変わりはなく、反対する理由はない筈である。踏切のある路線の自動運転も技術的には有人より安全な運行が可能なのである。

但し、これらの将来像を達成するために不可欠なのは

は技術力の向上と維持である。新線建設の減少、労働者不足、転職の増加などはそれを難しくしている。災害多発期とインフラの老朽化時期を迎え、地方鉄道も含めた技術体制が求められているのである。20年も前であったろうか、JR東海の社長であった葛西さんは「保線技術の教育を頼める人が子会社にはおらず、孫請け会社に、かつての国鉄で育った専門家が残るばかりで、近々いなくなる。今後は、部品取替えでは済まない維持管理業務の外注は止め、JR東海で直接行わなければならない。」とっておられたが、当時多くの鉄道会社はコストダウンのために外注化を促進していたのである。また、現場で働く人材確保が難しく、外国人労働者が増えているが、彼らを労働力ではなく、指導的技術者とし、技術力向上の戦力とするための教育体制は十分であろうか。円高で、優秀な外国人の確保が続けられるか、あるいは更なる省力化、無人化の技術開発がどこまで進むかといった課題にも取り組まなければならない。さらに夜間作業に頼っている保守作業の要員不足から、終日の運転を休止して保守を行う時期がいずれ来るであろう。その時には欧米のような終夜運転のサービス向上が可能となろう。

これらの課題に対応するために必要なのが、海外事業である。技術力の維持、国際競争による技術力や経営ノウハウの向上、海外経験から得られる日本の現状への反省、外国人を使いこなせる日本人の育成、海外事業を共に進める発展途上国のパートナーの確保や技術研修生を核とする現地企業の設立、国際企業としての鉄道会社の魅力による優秀な入社希望者の増加など、海外進出の意義は大きい。

海外では、日本の鉄道会社の効率性、信頼性や沿線開発に対する評価は高く、JR東日本、JR西日本、東京メトロ、阪急に続き多くの企業の進出と、海外要員の育成を期待したい。

行政情報

鉄道分野のカーボンニュートラルに向けた施策

国土交通省 鉄道局 総務課 企画室 技術企画課

2050年カーボンニュートラル実現が政府目標とされる中、国土交通省では、有識者等から構成される「鉄道分野におけるカーボンニュートラル加速化検討会」を設置して議論を重ね、令和5年5月に「鉄道分野のカーボンニュートラルが目指すべき姿」をとりまとめた。また、「鉄道脱炭素施設等実装調査」の補助制度を創設するとともに、「鉄道脱炭素官民連携プラットフォーム」を設立し、知見の共有と協力体制の構築を図っている。

キーワード：カーボンニュートラル, 脱炭素, 鉄道, 鉄道施設

1. はじめに

令和2年10月、我が国は、2050年までにカーボンニュートラルを目指すことを宣言し、令和3年4月には「2030年度に、温室効果ガスを2013年度から46%削減することを目指すこと、さらに、50%の高みに向け、挑戦を続けていく」ことを表明した。

こうした政府全体の動きを受けて、国土交通省では、鉄道分野においてもカーボンニュートラルに向けた取組をこれまで以上に加速化させることが必要であるという認識の下、令和4年3月に有識者等から構成される「鉄道分野におけるカーボンニュートラル加速化検討会」を設置して議論を重ね、令和5年5月に「鉄道分野のカーボンニュートラルが目指すべき姿」をとりまとめた。

また、鉄道分野の脱炭素化に向けた取組の加速化・検討の深化のため、「鉄道脱炭素施設等実装調査」の補助制度を創設するとともに、官民の幅広い関係者が参加する「鉄道脱炭素官民連携プラットフォーム」を設立し、知見の共有と協力体制の構築を図っている。

本稿では、それらの鉄道分野のカーボンニュートラルに向けた施策について紹介する。

2. 「鉄道分野におけるカーボンニュートラル加速化検討会」の設置背景

鉄道はエネルギー効率が高く電化も進んだ交通機関であり、これまで、運輸部門におけるCO₂排出量の議論においては、常に優等生として説明されてきた。

一方で、カーボンニュートラルへの対応が人類共通の課題となり、世界中でこれを成長分野へと育てる取組が本格化している中で、他の交通機関のこの分野の取組には目覚ましいものがある。

こうした状況を踏まえ、国土交通省では、令和4年3月に有識者、鉄道事業者、関係団体及び関係省庁が参加する「鉄道分野におけるカーボンニュートラル加速化検討会」（以下、「検討会」という。）を設置して、鉄道分野におけるカーボンニュートラルに向けた取組をこれまで以上に加速化させていくための施策について検討を行うこととした。

検討会の構成及び開催経緯は図-1のとおりである。

3. 鉄道脱炭素の方向性についての中間とりまとめ

検討会では、カーボンニュートラルに向けた取組を鉄道産業にとっての成長の機会とする視点を重視しつつ、「先進的な鉄道事業者のさらなる取組」と「幅広い鉄道事業者への横展開」を進めるための検討を重ね、令和4年6月に鉄道脱炭素の方向性についての中間とりまとめを行った。

この中間とりまとめにおいては、鉄道事業者のCO₂排出量の約9割が電力由来であり、使用電力の約4分の3が火力由来であること（図-2）、また、鉄道が日本全体の電力の約2%を消費している電力の大需要家であることから、調達電力のあり方を「自分事」として考えることが必要であるとした。

その上で、列車運行や駅施設等に由来する鉄道事業

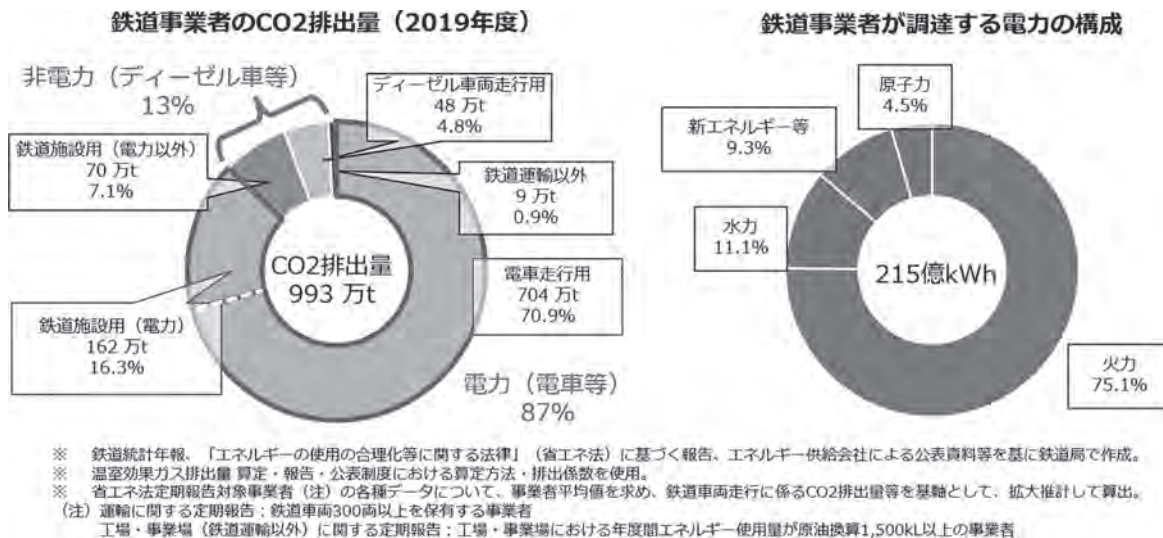
検討会メンバー

<p>【有識者】 大崎博之 東京大学大学院新領域創成科学研究科教授 瀬川浩司 東京大学大学院総合文化研究科教授 高村ゆかり 東京大学未来ビジョン研究センター教授 納富信 早稲田大学大学院環境・エネルギー研究科教授 山内弘隆 武蔵野大学経営学部特任教授(★座長)</p> <p>【事業者等】 東日本旅客鉄道株式会社常務取締役 (一社)日本民営鉄道協会常務理事 (公財)鉄道総合技術研究所電力技術研究部長</p>	<p>【国土交通省】 鉄道局次長 大臣官房技術審議官(鉄道) 鉄道局総務課長 鉄道局技術企画課長</p> <p>【オブザーバー】 資源エネルギー庁省エネルギー・新エネルギー部政策課長 環境省水・大気環境局自動車環境対策課長 (独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構理事 (一社)太陽光発電協会理事 (一社)水素バリューチェーン推進協議会事務局長 (一社)日本風力発電協会理事 鉄道事業者</p>
--	--

開催経緯

- 令和4年 3月 4日 : 第1回検討会 (検討の方向性等について議論)
- 令和4年 4月 12日 : 第2回検討会 (鉄道事業者、関係省庁からヒアリング)
- 令和4年 5月 31日 : 第3回検討会 (委託調査の内容について議論)
- 令和4年 6月 28日 : 第4回検討会 (中間取りまとめ(案)について議論)
- 令和4年 8月 16日 : 中間とりまとめの公表
- 令和4年 12月 23日 : 第5回検討会 (鉄道分野のCN加速化に関する調査の状況等について)
- 令和5年 5月 19日 : 第6回検討会 (最終とりまとめ(案)について議論)
- 令和5年 5月 26日 : 最終とりまとめの公表

図一 鉄道分野におけるカーボンニュートラル加速化検討会の概要

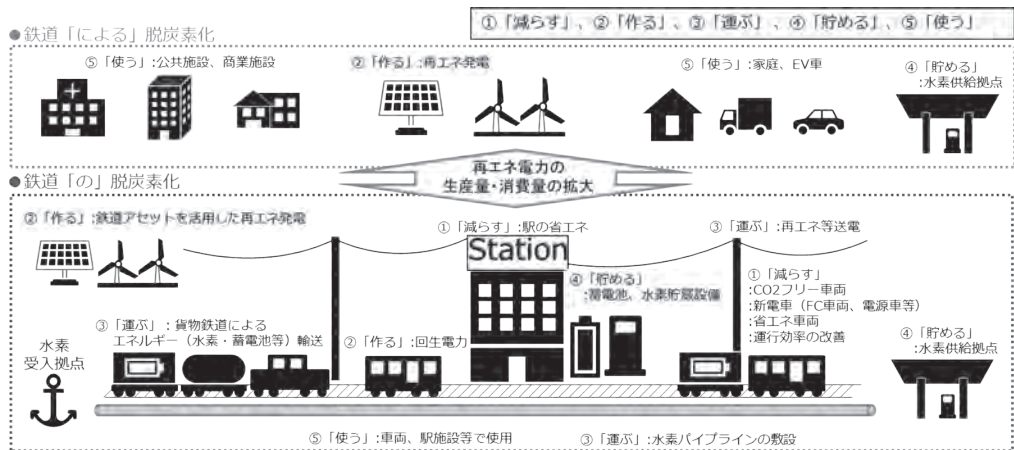


図二 鉄道事業者のCO₂排出量と調達電力の構成

者自らのCO₂排出量を削減する「鉄道の脱炭素」と、線路や駅など豊富な鉄道アセットを活用した再生可能エネルギーの発電、送電、蓄電等を通じて地域の脱炭素に資する「鉄道による脱炭素」を両輪とする総合的な鉄道脱炭素の取組を進める必要性を謳い(図一3)、それらの取組を構成する要素を、①使用エネルギーを「減らす」、②再エネ等を「作る」、③再エネ等を「運ぶ」、④再エネ等を「貯める」、⑤再エネ等を「使う」の5つに分類して、それぞれの頭文字(へらす=H, つく

る=T, ためる=T, はこぶ=H, つかう=T)を取って、「2H3T」(にエイチ・さんティ)というキーワードで整理した(表一1)。

また、検討会で取り組むべき事項として、目指すべき姿や目標値の設定、国による調査の実施、鉄道事業者に対する支援制度の検討に加え、セクターカップリングやオープンイノベーションを促進するための官民プラットフォームの創設が盛り込まれた。



図一3 鉄道脱炭素のイメージ

表一1 2H3T (にエイチ・さんティ) の取組

分類	取組の観点	取組の例
A	エネルギーを「減らす」(H)	省エネ車両、省エネ駅、省エネ運行ダイヤ
B	再生エネルギーを「作る」(T)	再生エネルギー発電、未利用回生電力
C	再生エネルギーを「運ぶ」(H)	地域・広域送電、蓄電池による電気輸送、水素輸送(パイプライン・貨物)
D	再生エネルギーを「貯める」(T)	蓄電池、水素貯蔵施設(総合水素ステーション)
E	再生エネルギーを「使う」(T)	グリーン電力、グリーン水素

4. 鉄道分野のカーボンニュートラルが目指すべき姿

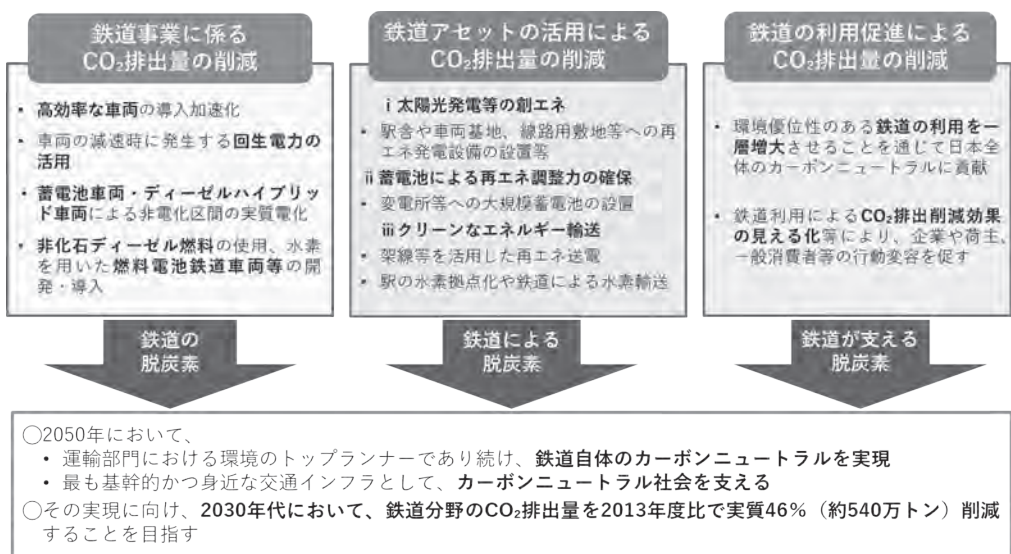
検討会では、中間とりまとめ後も引き続き議論を重ね、令和5年5月に最終とりまとめとして、「鉄道分野のカーボンニュートラルが目指すべき姿」を公表した。

この最終とりまとめにおいては、我が国における鉄道の特徴と環境面での貢献について確認した上で、鉄道分野のカーボンニュートラルが目指すべき姿を「2050年において、運輸部門における環境のトップランナーであり続け、鉄道自体のカーボンニュートラル

を実現すること」及び「最も基幹的かつ身近な環境に優しい交通・物流インフラ(グリーンレール)として、カーボンニュートラル社会を支えること」の2点とし、その実現に向けて取り組むべき施策を「3つの柱」に整理した。

具体的には、①鉄道事業に係るCO₂排出量の削減(鉄道の脱炭素)、②鉄道アセットの活用によるCO₂排出量の削減(鉄道による脱炭素)、③鉄道の利用促進によるCO₂排出量の削減(鉄道が支える脱炭素)の3つである(図一4)。

また、目指すべき姿の実現に向けた中間的なマイル



図一4 取り組むべき施策の方向性(3つの柱)

ストーンとして、2030年代において、鉄道分野のCO₂排出量を2013年度比で実質46%削減するという数値目標を設定した。

以下、最終とりまとめに盛り込まれた鉄道の特徴と、上記「3つの柱」の施策について詳述する。

5. 我が国の鉄道の特徴と環境面での貢献

我が国の鉄道は、全国に張り巡らされたネットワークを有し、利便性、定時性、快適性に優れ、世界的にもトップクラスの旅客輸送量を誇るとともに、輸送の分担率も自家用車、航空、海運等を含む全体において約3割と、諸外国と比較すると非常に大きいという特徴を有している。特に、人口が集中する都市部においては、世界有数の整備水準にある都市鉄道が日々大量の旅客を輸送し、大量輸送機関としての特性を存分に発揮している。

貨物輸送においても、定時・定型・大量輸送という特性と基幹的な鉄道ネットワークを活用し、800 km以上の長距離帯では3割以上の陸上輸送分担率となっており、我が国の物流を支えている。

また、我が国の鉄道は、大量輸送というモード特性を背景に、総じて他の輸送機関よりもエネルギー効率がが高く、単位輸送量当たりのCO₂排出量が著しく低いという環境優位性を有している。具体的には、旅客輸送では自家用乗用車が128 g-CO₂/人キロ、航空が101 g-CO₂/人キロ、バスが71 g-CO₂/人キロであるのに対して、鉄道は20 g-CO₂/人キロ（自家用乗用車の約8分の1）であり、貨物輸送では営業用貨物車が208 g-CO₂/トンキロ、船舶が43 g-CO₂/トンキロであるのに対して、鉄道は20 g-CO₂/トンキロ（営業用貨物車の約10分の1）と、極めて小さいことがわかる（図—5）。

このように、我が国の鉄道は、基幹的な公共交通機関として人流・物流に果たす役割のみならず、環境という観点からも我が国の経済社会全体に大きく貢献している。

こうした特徴を有する我が国の鉄道が、自らの強みを更に磨くべく、目指すべき姿を掲げてカーボンニュートラルに戦略的に取り組むことは、車両や機器といった裾野産業をはじめとする関連産業への影響や人々の意識の醸成なども含め、単純な量を超えたインパクトを社会に与え、世界に冠たる鉄道輸送・社会システムという日本の強みを伸ばすことにもつながると考えられる。加えて、カーボンニュートラルに向けて世界的に鉄道の役割を重視する潮流となっていることも踏まえると、そうした日本の鉄道輸送・社会システムが、世界のモデルとなる可能性もある。

6. 取り組むべき施策の方向性（3つの柱）

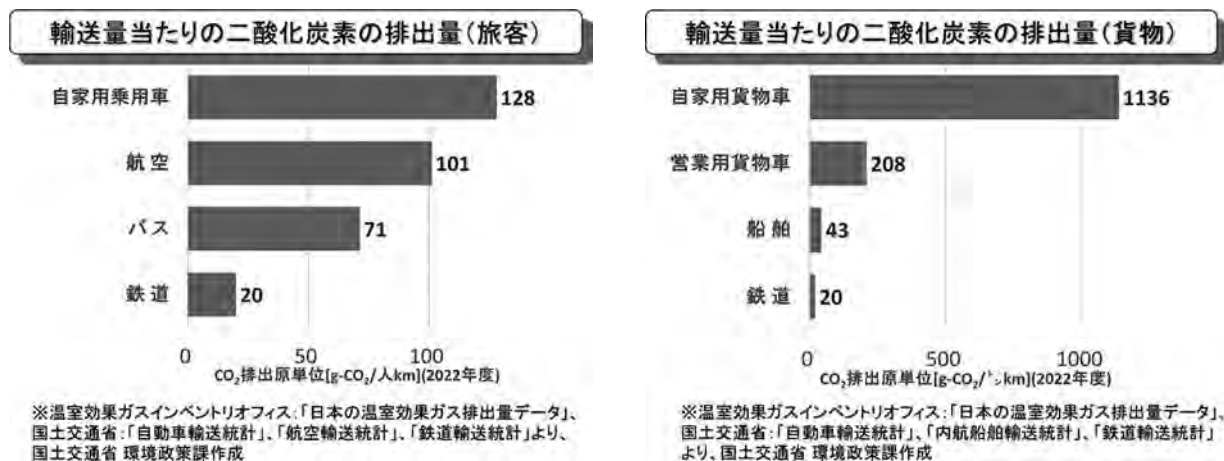
(1) 鉄道事業に係るCO₂排出量の削減（鉄道の脱炭素）

第一に、鉄道分野におけるカーボンニュートラル実現に向けて、鉄道事業そのもののCO₂排出量の削減を進めていく必要がある。

鉄道分野全体のCO₂排出量の約4分の3は列車運行に由来することを踏まえると、カーボンニュートラルを目指すためには、これを削減することが最も効果的であり、必要不可欠である。

その具体的な方策としては、電化区間における「電車のエネルギー効率の向上」及び非電化区間における「車両の実質電化、燃料の非化石化」が考えられる。

電化区間では、電車の動力制御方式を旧型のチョップ制御、抵抗制御等から次世代型の半導体を用いた最



図—5 輸送量当たりのCO₂排出量

新型のVVVFインバータ制御に置き換えることにより、消費電力量が大幅に改善し、電気の使用に伴う間接的なCO₂排出量を削減することができる。

また、VVVFインバータで制御する交流モーターは、車両の減速時にそれを発電機として機能させることによって回生電力を生み出すことができるため、発生した回生電力を鉄道の架線を通じて周辺の列車に融通することで、鉄道システム全体として列車運行のエネルギー効率をさらに高めることができる。

一方で、融通可能な範囲に他の列車がない場合や、列車間で加減速のタイミングが合わない場合は、回生電力を有効に活用することができないため、上下線一括電の採用により融通できる範囲を増やす、回生電力貯蔵装置の導入により発生した回生電力を一時的に貯めるなど、線区の状況に応じて、回線電力を余すことなく活用するための方策を講じる必要がある。

非電化区間においては、蓄電池駆動車両、ディーゼルハイブリッド車両等の駆動に電気を用いる新型車両の導入によるCO₂の直接排出の削減に加え、今後の技術開発の動向を踏まえ、バイオディーゼル燃料の活用、水素燃料電池車両の導入等による非化石転換を進めていくことが必要である。

また、列車運行に由来するもののほかに、駅等の鉄道関連施設からも、熱源・空調機器、照明等の使用により、鉄道分野全体の4分の1程度を占めるCO₂が排出されており、熱源・空調機器の効率化、照明のLED化のような省エネルギーの取組を徹底することに加え、鉄道アセットを活用した再生可能エネルギーの導入（下記（2）参照）や、回生電力の駅施設での有効活用等に取り組んでいく必要がある。

（2）鉄道アセットの活用によるCO₂排出量の削減 （鉄道による脱炭素）

第二に、鉄道事業者は、地域の社会経済活動における重要な役割を担う駅、広域的なネットワークを形成する線路、鉄道用の変電所、車庫・車両基地などの施設・設備を有しており、アセットの面においても大きな特徴を備えている。

このような鉄道アセットの特性を生かして、沿線地域等における様々な主体とも連携しながら、我が国が進める再生可能エネルギーの普及拡大や水素社会の実現に貢献していくことが期待される。

具体的には、豊富な鉄道アセットを活用して、都市部においては主に建物の屋上に、地方部においては敷地、遊休地等にも太陽光発電等の設備を設置して、追加性のある再生可能エネルギーの自家発電を行い、自

らの脱炭素化を進めるとともに、発電した電気を周辺の他の施設等にも供給したり、逆に地域で作られた電気を鉄道で使用したりすることで、エネルギーの地産地消を通じた地域の脱炭素化に貢献することができる。

今後、国産の再生可能エネルギー技術として期待されているペロブスカイト太陽電池が実用化されれば、軽量で柔軟な素材の特性を生かし、耐荷重の低いホーム上屋、高架橋の側面等、既存の太陽光発電設備の設置が困難な箇所への設置拡大も見込まれる。

また、出力変動を伴う再生可能エネルギーの導入拡大に当たっては、電力需要の最適化と再生可能エネルギーの有効活用の観点から、蓄電池の導入による調整力の確保が必須となる。この点、鉄道事業者においては、変電所や高架下等のスペースを有効に活用することにより、大規模蓄電池を導入することが可能と考えられる。これにより、鉄道アセットを活用して発電した再生可能エネルギーを有効に活用することができるほか、非常時における駅施設等への電力供給等を通じて、地域におけるレジリエンスの強化にも貢献できる可能性がある。

さらに、2050年カーボンニュートラル社会の実現に向けては、再生可能エネルギーや水素などクリーンなエネルギーの全国各地への安定的な供給が必要となる。このため、我が国のエネルギー政策の方針も踏まえつつ、鉄道アセットを活用した再生可能エネルギーの送電や鉄道による水素輸送、鉄道駅の水素供給拠点化等についても検討していくことが必要である。

具体的には、鉄道の架線や線路敷等を活用したマイクログリッド構築や広域的な電力系統整備への貢献、鉄道による水素輸送や線路敷への水素パイプラインの設置、鉄道駅の拠点性を生かしてバス、トラック等他の交通インフラにも水素を供給する総合水素ステーションの整備等が想定される。

こうした「鉄道による脱炭素」の取組を進めることで、カーボンニュートラル社会を支えるインフラとしての存在感を高め、鉄道事業の成長・発展につなげていくことが期待される。

（3）鉄道の利用促進によるCO₂排出量の削減（鉄道が支える脱炭素）

第三に、我が国の鉄道は、前述のとおり他の交通機関と比較してエネルギー効率が高く、単位輸送量当たりのCO₂排出量が著しく低いという環境優位性を有しており、その環境優位性をさらに高めるための取組を進めている。このため、旅客、貨物ともに、自動車輸送に代えて鉄道の利用を増やしていくことが、運輸

部門や我が国全体の CO₂ 排出削減の観点から重要である。

近年、コーポレートガバナンスにおける CSR の重要性の高まりや市場における ESG 投資の拡大等により、事業活動に当たっては地球環境問題への配慮がますます求められるようになってきている。特に、近年においてはサプライチェーン全体における CO₂ 排出量への関心が高まっており、事業者自らによる温室効果ガスの直接排出 (Scope1) や他社から供給された電気、熱等の利用に伴う間接排出 (Scope2) 以外の間接排出 (Scope3) をいかに減らしていくかが大きな課題として認識されている。また、一般消費者においても脱炭素化を含めた環境意識が徐々に高まってきているほか、我が国のカーボンニュートラル社会の実現のためには、「食事」、「移動」、「住居」を中心としたライフスタイルの変革の必要性が指摘されている。

こうした社会的な状況を踏まえると、鉄道利用の増大のためには、鉄道輸送の快適性や利便性を一層高めることに加え、移動・輸送手段の選択による CO₂ 排出削減効果を「見える化」し、地球環境の観点から自発的に鉄道を利用するよう、企業や荷主、一般消費者等の行動変容を促していくことが効果的と考えられる。

このように、鉄道分野のみならず社会全体の脱炭素

化を進める観点から、環境優位性のある鉄道の利用を促進するための効果的な方策についても検討を進めていく必要がある。

7. 鉄道脱炭素施設等実装調査

国土交通省では、鉄道分野におけるカーボンニュートラル実現に向けた取組を推進するため、令和4年度に「鉄道脱炭素施設等実装調査」に対する補助制度を創設した(図-6)。

この補助制度は、鉄軌道事業者等が行う鉄軌道事業の脱炭素化及び鉄軌道事業者が所有する資産を活用した脱炭素化に資する施設等の整備等に関する調査・検討について、実施費用の2分の1を補助するものであり、制度創設以降、令和6年度当初予算までに、延べ11件の事業を採択している。

具体的には、回生電力の活用における効果最大化の検証、鉄道アセットを活用した再生可能エネルギー送電の検討、鉄道施設へのペロブスカイト太陽電池の適用の検討、鉄道における水素の輸送・供給に関する調査などであり、先進性があり社会的意義の大きな事業を優先して支援を行っている。

目的・事業概要

鉄軌道事業者等によるカーボンニュートラル実現に向けた取組を推進するため、鉄道脱炭素に資する施設等の整備等に関する調査・検討を支援する。

制度の内容

1. 補助対象事業者
鉄軌道事業者又は鉄軌道事業者に自らが所有する鉄道施設若しくは軌道施設を使用させるもの
2. 補助率
国：補助対象経費の1/2
3. 補助対象
鉄軌道事業者等が行う鉄軌道事業の脱炭素化及び鉄軌道事業者等が所有する資産を活用した脱炭素化に資する施設等の整備等に関する調査・検討に必要な費用の一部

図-6 鉄道脱炭素施設等実装調査

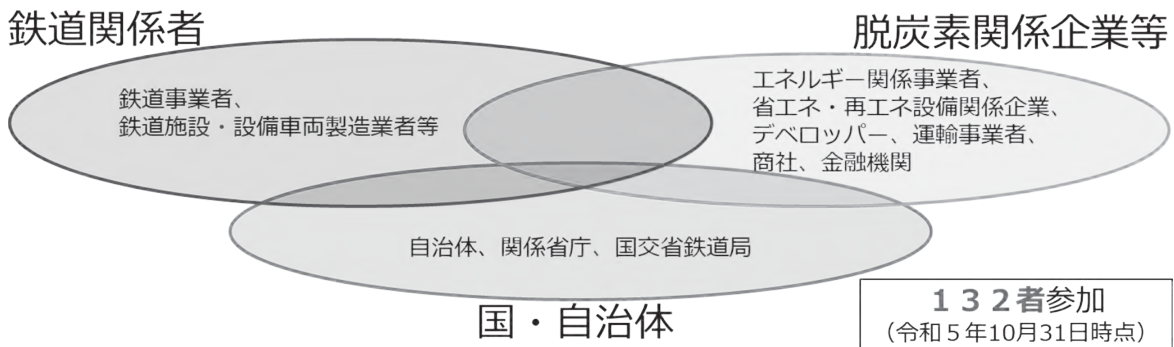


図-7 鉄道脱炭素官民連携プラットフォーム

8. 鉄道脱炭素官民連携プラットフォーム

国土交通省では、鉄道分野・鉄道関連分野の脱炭素化に向けた取組の加速化・検討の深化のため、令和4年9月に「鉄道脱炭素官民連携プラットフォーム」(以下、「官民プラットフォーム」という。)を設立した(図-7)。

官民プラットフォームは、鉄道事業者と省エネルギー・再生可能エネルギー関係の技術や知見等を有する民間企業等が、それぞれの情報を共有して協力体制を構築し、セクターカップリングやオープンイノベーションを促進することで、鉄道分野・鉄道関連分野の脱炭素化の実現を後押しすることを目的としている。

官民プラットフォームを設立するにあたり、鉄道分野の脱炭素化の推進に関心を持ち、脱炭素の取組に意欲がある民間企業・団体や地方公共団体を対象に会員の募集を行ったところ、業界・業種を問わず全国から幅広い応募があり、令和5年10月末時点で132者が参加している。

官民プラットフォームの活動としては、会員間の情報共有や先駆的事例の横展開を目的としたオンラインセミナーの開催のほか、特定の会員間で共通するテーマについてワーキンググループを設置して、会員間で課題解決に向けたアイデアを出し合うなど、そのテ

マについての深掘りした議論を行っている。令和5年度においては、検討会で「鉄道分野のカーボンニュートラルが目指すべき姿」がとりまとめられたことを受けて、鉄道アセットの活用を含む再生可能エネルギーの導入促進をテーマとした「再エネ導入・活用促進WG」と、鉄道の環境性能の定量化・可視化による鉄道利用促進をテーマとした「利用促進・見える化WG」の2つのワーキンググループを設置して、活動を行った。

9. おわりに

国土交通省では、「鉄道分野のカーボンニュートラルが目指すべき姿」で提言された3つの柱に沿って、鉄道脱炭素施設等実装調査や官民プラットフォームも活用しながら、鉄道分野におけるカーボンニュートラル実現に向けた施策を進めていく。

JCMA

[筆者紹介]
国土交通省
鉄道局 総務課 企画室
技術企画課

渋谷駅大規模切換工事

第1回～第5回振り返り

前田 英作

1日約60万人が利用するJR東日本の渋谷駅。山手線ホームと埼京線ホームの並列化や自由通路整備などのために2015年から駅改良本体工事が進められている。

駅改良工事に伴い2018年5月～2023年11月までの期間に線路切換工事を全5回実施した。

本プロジェクトはJR渋谷駅を3工区に分けて施工しており、当社JV（鉄建・東急・東鉄建設共同企業体）が担当した南工区（JR渋谷駅ホーム品川方）の土木工事における振り返りとして内容を紹介する。

キーワード：駅改良工事, 線路切換工事, ジャッキ制御システム, 親子ファイラー, 試験施工

1. はじめに

工事着工前のJR渋谷駅は、下記の課題があった。

- ①山手線ホームと埼京線ホームが350m離れており、乗り換えに時間を要する。
- ②山手線ホームが外回りと内回りと分かれており、2面2線式の駅構造であり、狭隘なホームで危険である。
- ③コンコースの空頭が低く、圧迫感を感じる。

上記課題における改善策として

- ①埼京線ホームと山手線ホームの並列化
 - ②山手線ホームの1面2線化
 - ③埼京線・山手線ホームおよび線路の扛上
- を実現させるべく、大規模切換工事を5回に分けて実施した。

2. 各切換工事概要

(1) 第1回切換工事

2018年5月、埼京上下線を45時間運休させ、切換

工事を実施した。

第1回切換工事の目的は、新埼京線ホームを構築するためのスペース確保及び、埼京上り線の線形移動に対する既設埼京ホームの改良となり、切換当日は、埼京上り線を現在線から新線に切換え、埼京上り線側のホーム扛上・及び拡幅を実施した。

■第1回切換（埼京線上り線）：2018年5月25日～27日（45時間）（図-1）

(2) 第2回切換工事

2020年5月、埼京上下線を52時間運休させ、切換工事を実施した。

第2回切換工事の目的は、山手線ホームと埼京線ホームの並列化と、新山手内回り線を構築するためのスペース確保となり、切換当日は、埼京下り線の線路扛上・横移動及び、新埼京線ホームへの移設を実施した。

■第2回切換（埼京線下り線）：2020年5月29日～6月1日（52時間）（図-2）

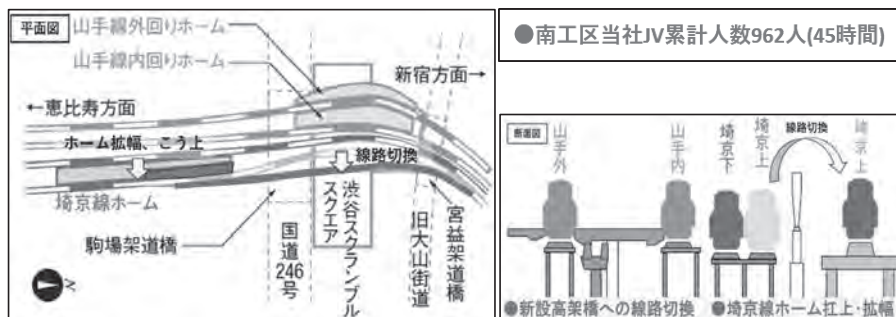


図-1 第1回切換概要図

(3) 第3回切換工事

2021年10月、山手内回り線を51時間運休させ、切換工事を実施した。

第3回切換工事の目的は、山手線ホーム1面2線化の準備工程となる、山手内回り線ホームの拡幅となり、切換当日は、山手内回り線ホームの扛上・拡幅を実施した。

■第3回切換（山手線内回り）：2021年10月22日～10月25日（51時間）（図-3）

(4) 第4回切換工事

2023年1月、山手外回り線の列車を51時間運休さ

せ、切換工事を実施した。

第4回切換工事の目的は、山手線ホームの1面2線化となり、切換当日は、山手外回り線の軌道扛上・横移動及び、山手線外回り側のホーム拡幅を実施した。

■第4回切換（山手線外回り）：2023年1月6日～1月9日（51時間）（図-4）

(5) 第5回切換工事

2023年11月、山手外回り、内回り線を1線ずつ延べ52.5時間運休させ、切換工事を実施した。

第5回切換工事の目的は、ホーム下コンコースの空頭確保のため、切換当日は、山手内回り線、外回り線

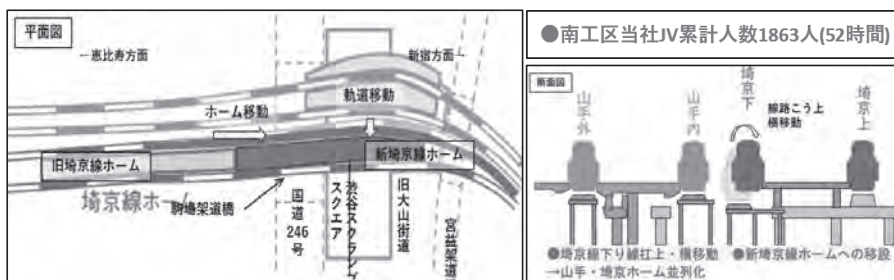


図-2 第2回切換概要図

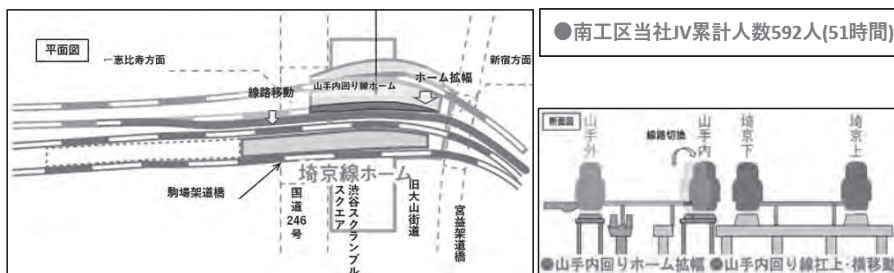


図-3 第3回切換概要図

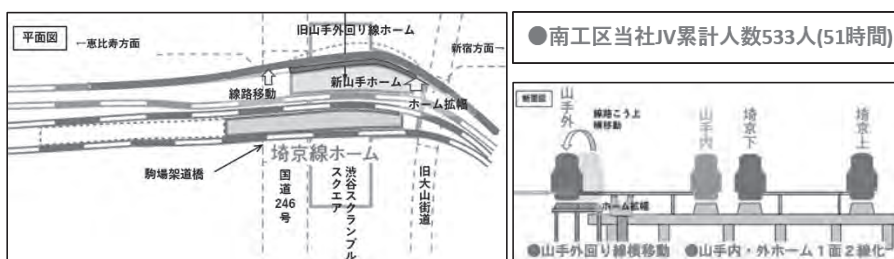


図-4 第4回切換概要図

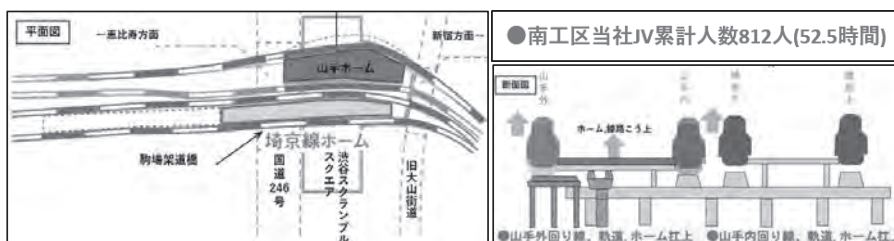


図-5 第5回切換概要図

の軌道及びホーム扛上を実施した。

■第5回切換（山手線内回り・外回り）：2023年11月17日～11月20日（52.5時間）（図—5）

3. 技術的工夫

線路切換工事により線路の高さ、線形を変更するが、線路の扛上と横移動を短時間で実施するため事前に切換範囲のバラスト軌道を工事桁構造に改造し、切換当日は工事桁を扛上、横移動する事により線路の高さ、線形変更を実施した。

当工区の工事桁数量は、埼京下り線が27連（248m）、山手内回り線が7連（60m）、山手外回り線が6連（50m）である。

当該箇所は狭隘なスペースであり、大型クレーン等の重機を使用する事ができないため、工事桁の移動は油圧ジャッキを使用した。

以下に工事桁の扛上、横移動に関する技術的工夫を記載する。

(1) ジャッキ制御システムによる工事桁扛上量管理

【課題点】1連の工事桁に対して隅部4箇所油圧ジャッキを設置するが、それぞれのジャッキアップ速度の差異により、工事桁が傾き不安定な状態になり転倒、及び隣接する工事桁に接触する懸念があった。

【改善策】工事桁全てのジャッキストロークをリアルタイムに管理する制御システムを導入しジャッキ管理を実施した。

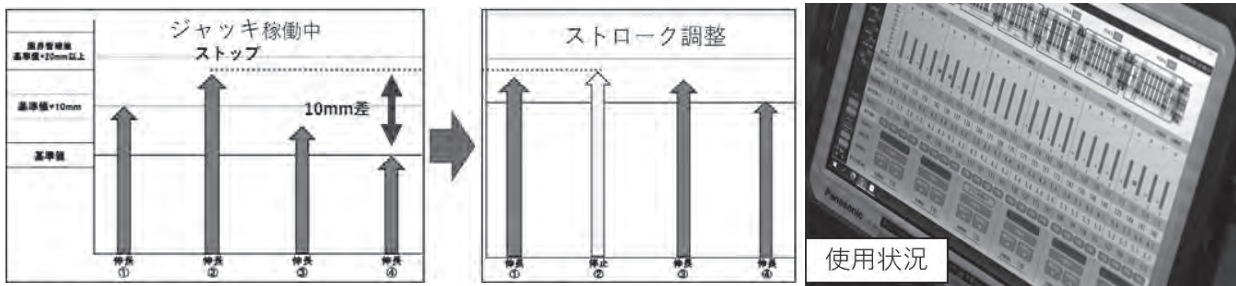
制御内容は、一番短いストロークのジャッキと、一番長いストロークのジャッキとの差が、10mm以上となった場合、自動的に一番長いストロークのジャッキが一時停止し、その他のジャッキが10mm未満の差になるまで継続稼働するシステムである。

【成果】このシステムを導入したことにより、ジャッキアップ時のストローク差異による工事桁が傾き転倒、隣接桁との接触リスクを回避し、所定時間内にトラブル無く工事桁の扛上、横移動を完了する事ができた（図—6）。

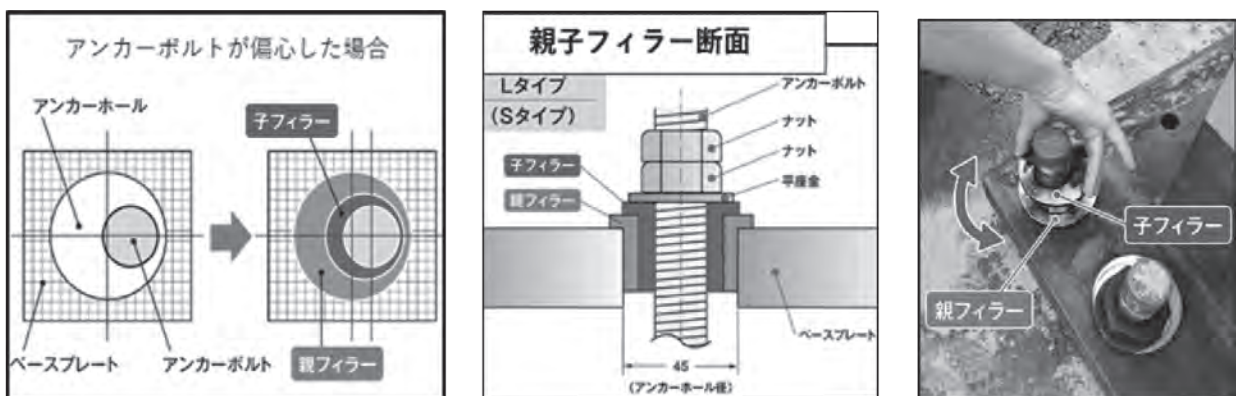
(2) 拡大孔に親子フィラーPLを活用した工事桁設置

【課題点】工事桁を油圧ジャッキにて移動し、既存アンカーボルトに差し込む際に、16箇所の既設アンカーボルト全てが工事桁支点部のボルト孔と合わないこと工事桁を差し込めず、重量物である工事桁の平面位置微調整が発生し時間を要してしまい、切換工事の完了時刻の遅延が懸念された。

【改善策】ボルト孔を拡大孔に変更し、親子フィラーPLを採用する事で拡大孔の欠損部分を埋める計画とした。親フィラーと子フィラーの2重構造にて各フィラーを回転させ孔位置を偏心させることにより拡大孔



図—6 ジャッキ制御システムイメージ



図—7 親子フィラーPL使用イメージ

の中に既設アンカーボルトが収まっていれば工事桁設置が可能とした。

【成果】ボルト孔遊間の許容値が $\pm 1.5\text{ mm}$ から $\pm 9.5\text{ mm}$ まで拡大し、工事桁の平面位置微調整が省力され作業時間を短縮し、所定時間内に工事桁設置が完了した(図-7)。

(3) 試験施工の実施

線路切換工事は首都圏の大動脈である列車を長時間運休しており、切換工事の完了時刻遅延は乗降客に対する影響も膨大であるため、避けなければならない。

そのため切換工事の中で遅延が懸念される工種においては事前に資材ヤードにて試験施工を実施し、実現の可否、計画作業時間の妥当性について確認、検討を行った。

実施した試験施工について、下記に記載する。

・EPSを使用したホームの組立試験(写真-1)

第1回、2回切換工事は線路扛上に伴い、埼京線ホームも最大1.2m扛上させる必要があったため、EPSを使用し既存ホームを扛上させたが、EPSによる床面の嵩上げ、階段部の組立を模擬施工した。



写真-1 EPS ホーム組立試験



写真-2 工事桁扛上、横移動試験



写真-3 ホーム横桁架設試験

・工事桁の扛上、横移動試験(写真-2)

山留材を使用して模擬の工事桁を仮設し、油圧ジャッキにて模擬工事桁の扛上、横移動を実施した。

・ホーム横桁架設試験(写真-3)

第3回線路切換では、山手内回り線のホーム拡幅を実施したが、ホーム横桁設置はクレーンを使用するスペースが無いため、専用の吊込み架台を当日仮設し、横桁の揚重、横移動、架設を実施した。吊込み架台の仮設、ホーム横桁の架設について試験を実施した。

4. おわりに

線路切換工事とは、多種の工事関係個所が一丸となり、決められた日程及び、決められた作業時間内で工事を完遂させることが使命となる。

特に作業時間（サイクルタイム）においては、各作業工種を分刻みにて計画し、切換当日においても分刻みで作業進捗の管理を実施する。

そのような特殊な条件下での工事であるため、切換当日までに、考えられるリスク、課題すべてに対して、対策を講じる必要がある。上記の「技術的工夫」「準備施工時の工夫」「実施工の課題と対策」以外でも、多くのリスク、課題に対する対策を検討、実施し、全5回の線路切換工事を無事に、完遂する事ができたと感じる。

JCMIA

【筆者紹介】

前田 英作（まえだ えいさく）

鉄建建設㈱

東京鉄道支店 JV 渋谷駅改良作業所

工事係長



大幅な工程短縮を実現した上路 SRC 桁(H鋼埋込桁)の施工 北陸新幹線, 敦賀車両基地路盤他 (坂下第2架道橋)

加藤 泰樹

令和6年3月16日に開業した北陸新幹線(金沢・敦賀間)のうち, 敦賀車両基地工事については, 工事の不調などによる着手遅れの状況から, クリティカルとなる上路 SRC 桁(H鋼埋込桁)の大幅な工程短縮が必要であった。そこで, 桁構造を統一する構造設計の見直しやボルト接合を採用した現場溶接の削減, 2主桁一括架設を採用した桁架設方法の変更を行い, 7カ月の工程短縮を実現した。本報では, これら工程短縮策について紹介する。

キーワード: 新幹線建設, 橋梁, 工程短縮, H鋼埋込桁架設, 大型クレーン

1. はじめに

北陸新幹線(金沢・敦賀間)は, 工事实施計画が平成24年6月に認可され, 令和6年3月16日に開業した。このうち, 敦賀車両基地(現白山総合車両所敦賀支所, 以下「本車両基地」と記す)は, 高崎起点

470 km 580 m を中心とする敦賀駅から南に約 500 m 離れた位置にあり, 新幹線車両の留置や点検を行う施設である(図-1)。本稿では, 工事契約の不調などによる着手遅れの状況から, 完成・開業に向け, 工程上クリティカルとなった上路 SRC 桁(H鋼埋込桁)で実施した大幅な工程短縮の取り組みについて報告する。

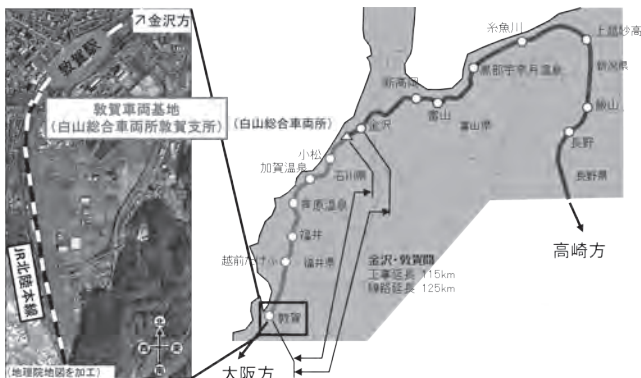


図-1 敦賀車両基地 位置図

2. 敦賀車両基地の概要

本車両基地(図-2)は, 北陸新幹線(金沢・敦賀間)延伸が必要となる, 主に以下の機能を有する基地である。

- ① 2日に1度実施する仕業検査(仕業検査庫)
- ② 列車の留置(着発収容庫)
- ③ 新幹線車両の故障修繕(臨時修繕庫)

また, 本車両基地は在来線の北陸本線と並行し, 延長約 1.5 km, 最大幅約 160 m, 敷地面積は約 12 ha (保守基地を含む)である。主な構造物としては, 最大盛



図-2 敦賀車両基地 全体平面図

土高さ 13 m, 約 610,000 m³ の盛土, 敦賀駅から本車両基地までをつなぐ回送線高架橋, 県道を跨ぐ坂下第 1 架道橋, 国道 27 号を跨ぐ坂下第 2 架道橋を有している。

3. 工程上の課題

(1) 工程短縮の必要性

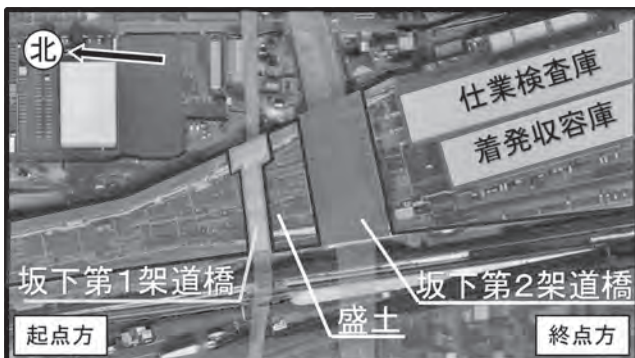
図一 3 に本車両基地の全体工程を示す。本車両基地では, 完成・開業時期の前倒し, 2 回にわたる工事契約の不調などにより, 平成 29 年 11 月の契約・工事着手となった。このため, 土木工事 3 年半, 設備工事 2 年, 監査・検査 1 年とする標準工程で施工を進めた場合, 完成は令和 6 年 3 月の予定となる。しかし, 当時は完成・開業予定は令和 5 年 3 月としており, 約 1 年の工程短縮を検討する必要が生じた。土木工事と設備工事の競合作業により, 5 カ月の工程短縮の見込みがたったものの, 残り 7 カ月, 土木工事において工程短縮の検討を進めることとした。

(2) 工程上のクリティカル箇所

本車両基地における工程上のクリティカル箇所は坂下第 2 架道橋 (以下「本架道橋」と記す) であった。クリティカルとなった経緯について, 以下に記す。



図一 3 敦賀車両基地 全体工程



図一 4 坂下第 2 架道橋周辺

図一 4 および表一 1 に本架道橋とその周辺についての構造物を示す。本架道橋起点方には坂下第 1 架道橋, 盛土, 終点方には仕業検査庫, 着発収容庫と様々な構造物が位置している。特に終点方の仕業検査庫は, 建築, 電気, 機械といった多くの設備工事を行う必要があることから, 本車両基地工事の中において, 最も施工に時間を要する箇所となっている。

しかし, 本架道橋起点方は坂下第 1 架道橋および盛土を施工するため, 本架道橋施工ヤードを確保することができず, 図一 5 で示す通り, 架設クレーンおよび主桁地組ヤードは仕業検査庫・着発収容庫の施工範囲と重複せざるを得なかった。そのため, 本架道橋の架設を速やかに終了させ, 次工程である仕業検査庫工事へ早期に引き渡すことが必要であった。

4. 工程短縮案

本架道橋で 7 カ月の工程短縮を目指し検討・実施した以下 3 案について, 記す。

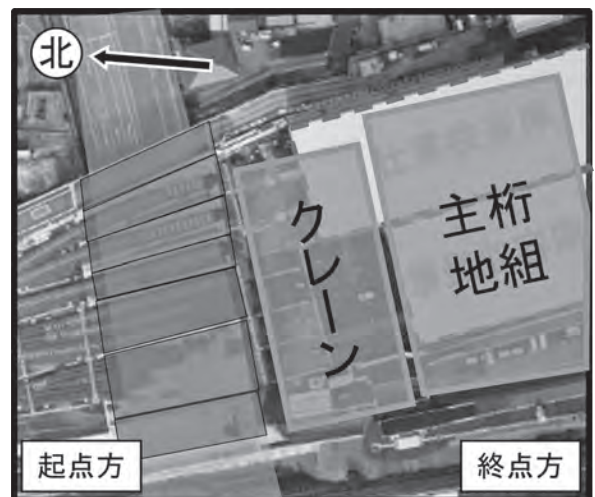
- ①構造設計見直し (桁構造統一)
- ②現場溶接の削減 (ボルト接合の採用)
- ③架設方法の変更 (2 主桁一括架設)

(1) 構造設計見直し (桁構造統一)

本架道橋は主要幹線道路である国道 27 号を跨いで

表一 1 坂下第 2 架道橋周辺 構造物

橋りょう	坂下第 1 架道橋	PC 桁 (L=13 m×4, 22 m×1)
	坂下第 2 架道橋	H 鋼埋込桁 (L=40 m×7)
盛土	橋りょう間	L=30 m, W=90 m, H=6 m
諸設備	仕業検査庫	L=400 m, W=33 m, 3 編成収容
	着発収容庫	L=380 m, W=35 m, 7 編成収容



図一 5 坂下第 2 架道橋施工ヤード

おり、構造は上路SRC桁（H鋼埋込桁）である。橋長40m、幅90m、橋軸直角方向に7連を有する構造であり、46本の主桁を使用している。一般的にH鋼埋込桁は、鋼材とコンクリートの合成断面であることから40m程度の橋長に適しており、また桁高の抑制に非常に有効な構造である。本架道橋では、国道27号上に位置していることから桁下空頭の確保のため、また本架道橋が全体の縦断勾配をレベルで計画する車両基地のF.L.決定のコントロールポイントとなっていたことから、車両基地全体の盛土量を少なくするための課題解決として、H鋼埋込桁を採用していた。一方、幅が90mに及ぶため桁下空頭に余裕のある2連（Hc6、Hc7）については、当初設計時点でPCT桁を採用し、経済性を考慮した計画としていた（図-6上段）。しかし、異なる構造の桁架設に必要な資機材や施工方法が異なるため、ヤード面・工程面でのリスクがあり、早期施工を目的とした、構造形式について比較、検討を行い、7連全てにH鋼埋込桁を採用する修正設計を実施した（図-6下段）。これにより、PC桁現場製作作業の削減や、架設時クレーンの同一機使用が可能となり、3カ月の工程短縮が可能となった。

(2) 現場溶接の削減（ボルト接合の採用）

当初計画においては、本架道橋にて使用する主桁H鋼は運搬を考慮し3分割のブロックとした製作を行い、現場ヤードに運搬後、風防設備を設け、現場溶接にて接合を行うこととしていた。今回新たに採用したHc6およびHc7については、添接板を使用したボルト接合構造に変更することとした（図-7）。表-2に現場溶接とボルト接合との比較を示す。添接板を使用したボルト接合は、構造上、応力集中する箇所には

採用できないなどの問題点があるが、主桁を3分割のブロックとした場合、応力集中箇所を回避することができたため、ボルト接合を採用することが可能であった。また、一般的に添接板を使用したボルト接合の場合、添接板部の塗装劣化が生じ、維持管理面で不利となるが、H鋼埋込桁の場合、H鋼がコンクリートで覆われるため、塗装劣化の懸念がない。これにより、添接板を使用したボルト接合を採用することで、2カ月の工程短縮が可能となった。

(3) 架設方法の変更（2主桁一括架設）

本架道橋を架設する際、起点側は坂下第1架道橋工事を行っていることから、クレーンの設置および主桁地組ヤードが終点側の盛土上に限定されていた。また、主桁本数が46本と非常に多く、複数回の架設が必要であった。架設方法として最も施工サイクルの効率化を図るためクレーンによる単吊り架設を採用した。更なる工程短縮を行うために、当初はH鋼を1本ずつ架設し、その後に鉄筋・型枠・コンクリート打



図-7 添接板を使用した現場接合

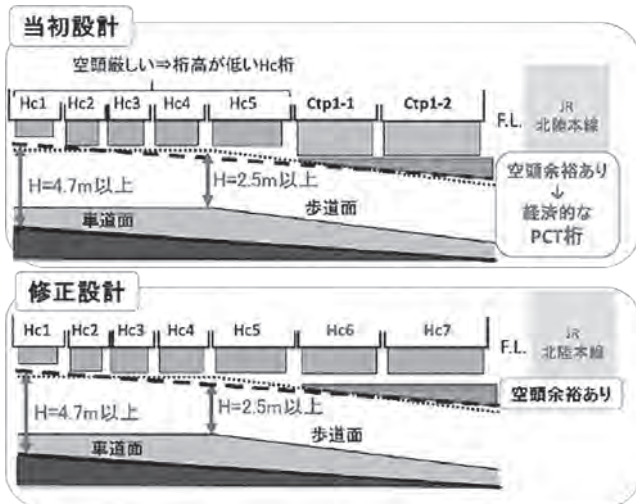


図-6 坂下第2架道橋断面図

表-2 現場溶接と添接板の比較

	現場溶接 (当初)		ボルト接合 (変更案)	
作業員	橋りょう特殊工 + 溶接工	△	橋りょう特殊工	○
工程	防風設備必要 溶接に長期間要する	△	溶接に比べて短期間	○
品質	作業環境に影響する	△	作業環境の影響を受けない	○
設計	継手位置の自由度が高い	○	継手位置の自由度が低い ⇒ 本架道橋では影響なし	△⇒○
維持管理	良	○	添接部は塗装が劣化しやすい ⇒ H鋼埋込桁 塗装劣化なし	△⇒○
経済性	1.0 ^{※1}	○	1.1 ^{※1}	△
評価	△		○	

※1：現場溶接に関わる費用を1.0とした場合の比較

設を実施する一般的な工法から、地組時に一部の鉄筋・型枠を先行施工したうえで、H鋼2本一組での一括架設を実施する方法へ変更した。これにより、クレーン規格が上がり大型クレーンの手配は必要となったものの、単独架設の際に必要であった座屈防止材が不要となったうえに、玉掛・架設のサイクル数を半減させることで、道路通行規制との兼ね合いも含めて2カ月の工程短縮が可能となった。

なお、桁重量および作業半径から1,000t級以上クレーンが必要であったが、隣接する新幹線工事やオリンピック需要などにより、クレーン調達が非常に困難な状況であった。しかし、広範囲で調査・交渉を繰り返した結果、1,350t級クレーンを1台確保することができた(写真-1)。

返した結果、1,350t級クレーンを1台確保することができた(写真-1)。

(4) 工程短縮まとめ

本架道橋架設に伴う、工程短縮についてまとめる。異なる桁構造を採用していたが、桁構造を統一することで3カ月の工程短縮を実現した。また、添接板を使用したボルト接合を採用し現場溶接作業を削減することで、2カ月の工程短縮を実現した。さらに、架設方法においても検討・変更を行い、1,000t級以上の大型クレーンによる2主桁一括架設を採用することで、2カ月の工程短縮を実現した。これにより、合計で7カ月の工程短縮を実現した(図-8)。



写真-1 大型クレーンによる架設の様子

5. おわりに

本車両基地においては、工事契約の不調などによる工事着手遅れにより、1年の工程短縮が必要であった。設備工事との競合により、5カ月の工程短縮が可能であったものの、土木工事において残る7カ月の工程短縮が必要であった。そこで、本車両基地工事の工程を左右する本架道橋架設において、3項目の工程短縮策を実施することで、7カ月の工程短縮を実現した。工事実施中に令和6年春へ開業時期の見直しが行われたが、設備工程もひっ迫していたことから、早期の設備引き渡しを実現し、設備工程にて予定されていた競合工事を回避できたことなど、今回の工程短縮は有意義であったと考えている。車両基地建設は土木工事、開業設備工事と多岐にわたる工事が行われることも多い。本架道橋の取り組みが、今後の類似工事における短縮策の一助となれば幸いである。最後に、多大なるご指導ご協力をいただいた関係各位に深くお礼申し上げる。

JICMA

《参考文献》

- 1) 柳瀬賢征：国道の長期規制による上路SRC桁（H鋼埋込桁）架設工事～北陸新幹線 坂下第2架道橋（敦賀車両基地（仮称））～、日本鉄道施設協会誌、2021.12

〔筆者紹介〕

加藤 泰樹（かとう たいき）
 (独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構
 北海道新幹線建設局 小樽建設事務所
 所員

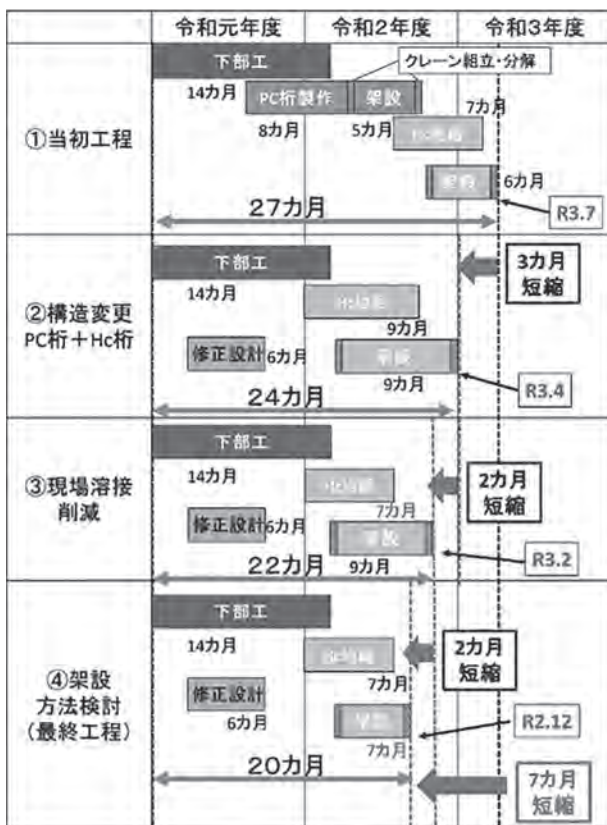


図-8 坂下第2架道橋 当初工程・短縮工程

調査坑の施工情報を活用し断層破碎帯を掘削

中央新幹線 中央アルプストンネル (山口工区)

周 藤 智 規・福 山 拓 郎・今 井 啓 文

中央新幹線、中央アルプストンネルは、品川・名古屋間のうち、木曾山脈（中央アルプス）を貫く延長約23.3 kmの山岳トンネルである。このうち、山口工区は長野県と岐阜県に跨る延長約4.7 kmの工区である。

地質は、中生代白亜紀の花崗斑岩を主体としており、山口工区内、約1.5 km区間が阿寺断層と交差する。断層破碎帯を掘削するため、長尺先進ボーリングおよび調査坑施工によって得られる前方の地質・地下水に関する施工情報を活用し、三次元かつ定量的に地山を評価することで、経済的・合理的な支保パターンの選定を行いながら本坑の掘削を進めた。

本稿では、断層破碎帯における施工計画、施工実績について報告する。

キーワード：山岳トンネル、調査坑、破壊エネルギー係数、推測、地山状況

1. はじめに

中央新幹線中央アルプストンネルは、品川～名古屋間のうち、木曾山脈（中央アルプス）を貫く、延長約23.3 kmのトンネルである。このうち、長野県飯田市～岐阜県中津川市に跨る最も終点方（名古屋方）の山口工区は、延長約4.7 kmの工区で、日本の主要な活断層である阿寺断層と交差する位置関係にある（図—1）。

過去の阿寺断層における道路トンネル工事¹⁾では、大量高圧湧水や塑性地圧による変状などが報告されており、当工事においても同様な地質リスクが想定された。そこで、当工事では、本坑の掘削に先立ち、阿寺断層の地質・地下水状況を把握するために、長尺先進ボーリングおよび調査坑の施工を行った。

本坑の地質や地下水の状況を把握するにあたり、調

査坑における切羽観察記録や長尺先進ボーリングの結果などを基に定性的に評価するだけでなく、コンピュータジャンボによるロックボルト孔や発破孔などの削孔時に得られる削孔データからトンネル周辺の地山状況を三次元かつ定量的に評価することにより経済的・合理的な支保パターンを選定し、本坑の掘削を進めた^{3)~5)}。

本稿では、山口工区において、阿寺断層の活動の影響で形成されたと推測される複数の断層破碎帯を掘削した際の調査及び施工結果を報告する。

2. 地質・地形概要

本工区の地質は、主に中世白亜紀の花崗斑岩を主体とする（図—2）。新鮮な花崗斑岩は、一軸圧縮強度



図—1 山口工区のトンネル位置図²⁾ (地理院地図 (Vector) を加工して作成)

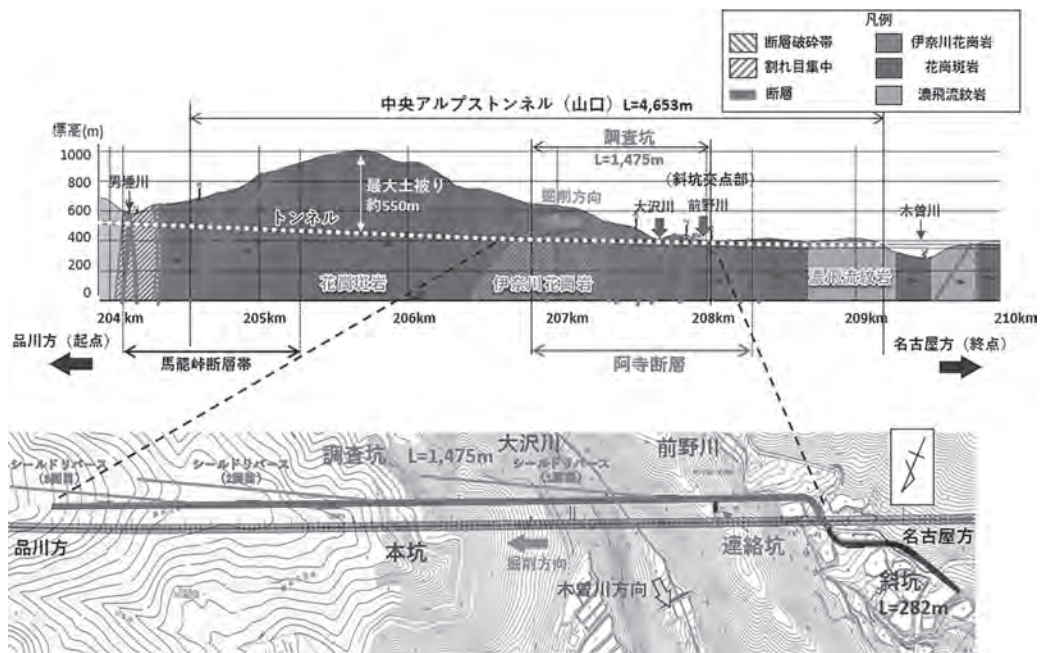


図-2 地質縦断面図 (上) 及び調査坑周辺の平面図 (下)

が 100 N/mm^2 以上の硬質な岩盤であるが、断層の影響で破碎質、粘土質な区間もあり、地山の硬軟の変化が激しい。事前の地質調査結果では、14本の主断層が推定され、約1.5 km 区間 (208 km 300 m ~ 206 km 840 m) が阿寺断層と報告されている。阿寺断層は左横ずれ断層であり、本坑トンネルと直交する⁶⁾。

地形については、坑口 (斜坑) の標高が約 350 m であり、本坑は品川方へいくにつれ徐々に土被りが大きくなる。トンネルの最大土被りは、県境界近傍で約 550 m であり、周辺には標高 1,000 m 程度の山地が連なる。

近傍の中央自動車道恵那山トンネルの工事記録では、熱水変質を伴った断層破碎帯において、高圧多量湧水及び切羽崩壊を引き起こし、想定以上の工期を費やしたとの記述があり¹⁾、本トンネルでも同様な地山状況が懸念された。

3. 断層破碎帯掘削の施工計画

(1) 断層破碎帯の施工計画の概要

阿寺断層による地質・地下水への影響を把握するために、本坑に先行して、長尺先進ボーリング (延長 450 m) および調査坑の施工を行った。

調査坑は、本坑の南側を離隔 35 m で併進し、硬質な地山が確認できるまで掘削を行った (総延長 1,475 m)。離隔については、トンネルを隣接して施工する場合、中心離隔を 3D 以上とするのが一般的であり⁷⁾、本坑 (内空幅約 13 m) と調査坑 (内空幅約

7 m) の平均径の 3D 程度を確保することとした。加えて、断面は、本坑が掘削不能になった際に、う回路として調査坑を本坑掘削機械が走行できるように、調査坑の断面積を 35 m^2 確保した。

長尺先進ボーリングは、地山状況の把握等を目的に、調査坑に先行して3回実施した (図-2)。長尺先進ボーリングは、できるだけ前方の地山状況を把握するために、二重管構造で、孔壁が不安定な地山不良部や大量湧水部にも適合し、コアが採取できる確実性が高く、500 m 程度の長尺ボーリングが可能であるシールドリバース工法を採用した。

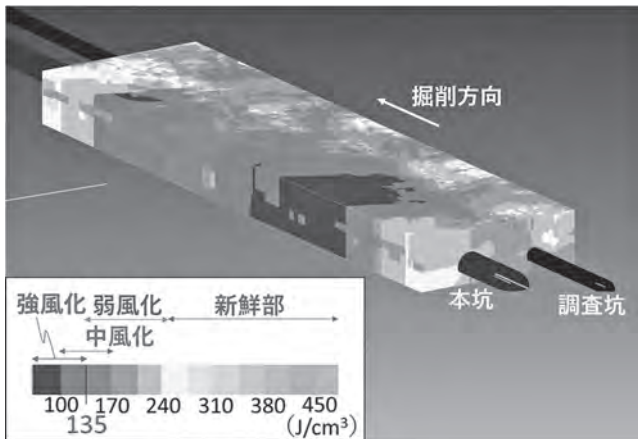
(2) 本坑地山状況の推定

本坑の地山状況を推定するにあたり、ロックボルト孔などの削孔データにより三次元かつ定量的に評価を行うことにより、経済的・合理的な支保パターンの選定を試みた。

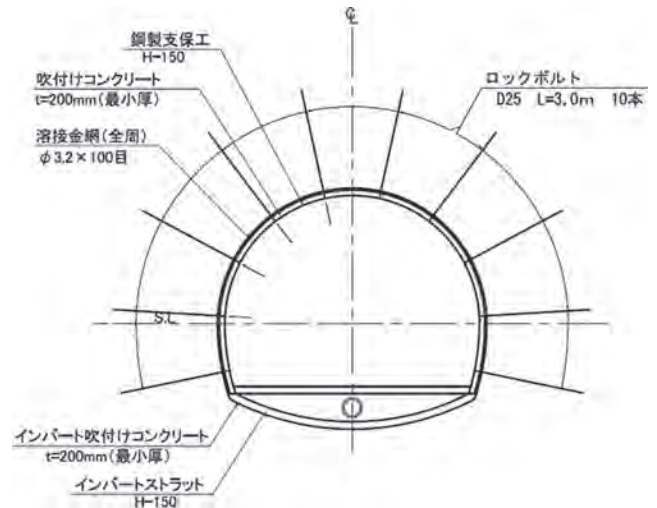
当工区では、ロックボルト孔や発破孔などの削孔による破壊エネルギー係数をクリギング処理 (地球統計学処理) (図-3) をすることで、任意点の空間補間を行い、本坑周辺の破壊エネルギー係数の三次元分布を推定した。

破壊エネルギー係数は、単位体積の地山を削孔するために削孔機が要したエネルギーと定義され、一般に値が大きいほど硬い地山と評価できる。

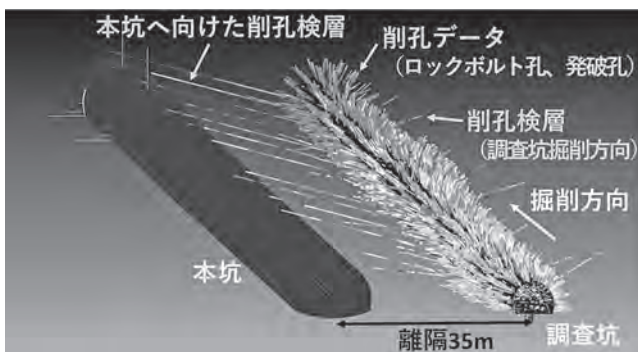
また、切羽前方の地山状況を把握するために削孔検層を行うが、それとは別に、切羽の崩落が懸念される本坑天端付近の地質を調べるために調査坑の側壁から



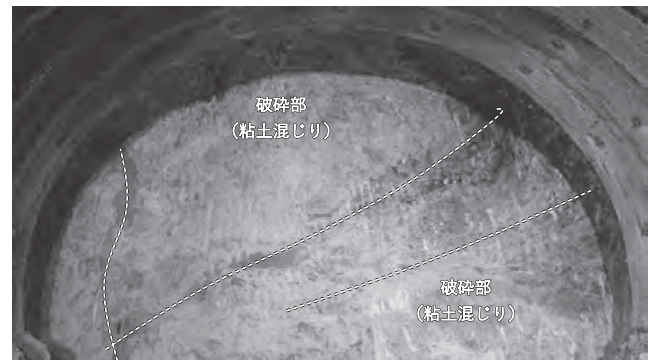
図一3 クリギングによる地球統計学処理の例



図一5 調査坑支保パターン I s



図一4 調査坑施工時の削孔データと本坑へ向けた削孔検層



図一6 調査坑の切羽写真 (206 km 809.8 m)

本坑へ向け上向き約 20° の削孔検層を追加で実施した (図一4)。実施頻度は掘削のサイクルへの負担を減らすために切羽前方に行う削孔検層と同時の実施とし、25 m ごととした。

前述した調査坑掘削時の削孔データ (ロックボルト孔、発破孔) と調査坑からの削孔検層 (調査坑掘削方向、本坑方向) で収集した破壊エネルギー係数を用いて、本坑の地山状況を推測した。

また、これまでの施工実績⁴⁾ から 135 J/cm³ 以下の区間は、強風化部・断層部と判断し、支保パターン変更や補助工法採用などの検討を行った。

(3) 調査坑の施工結果

調査坑では、主断層区間と想定される地山不良部 (206 km 780 m ~ 206 km 950 m) において、支保パターン I s で掘削を行った (図一5)。当区間では、天端沈下が約 60 mm 程度、内空変位は 80 mm 未満であった。切羽全面が粘土化しており (図一6)、手で割れる程度に脆いことが確認された。調査坑のこの区間の大半において破壊エネルギー係数の平均値は 135 J/cm³ 以下であった。小規模な肌落ちは発生したものの、長尺先進ボーリングによる水抜き効果により切羽にほとん

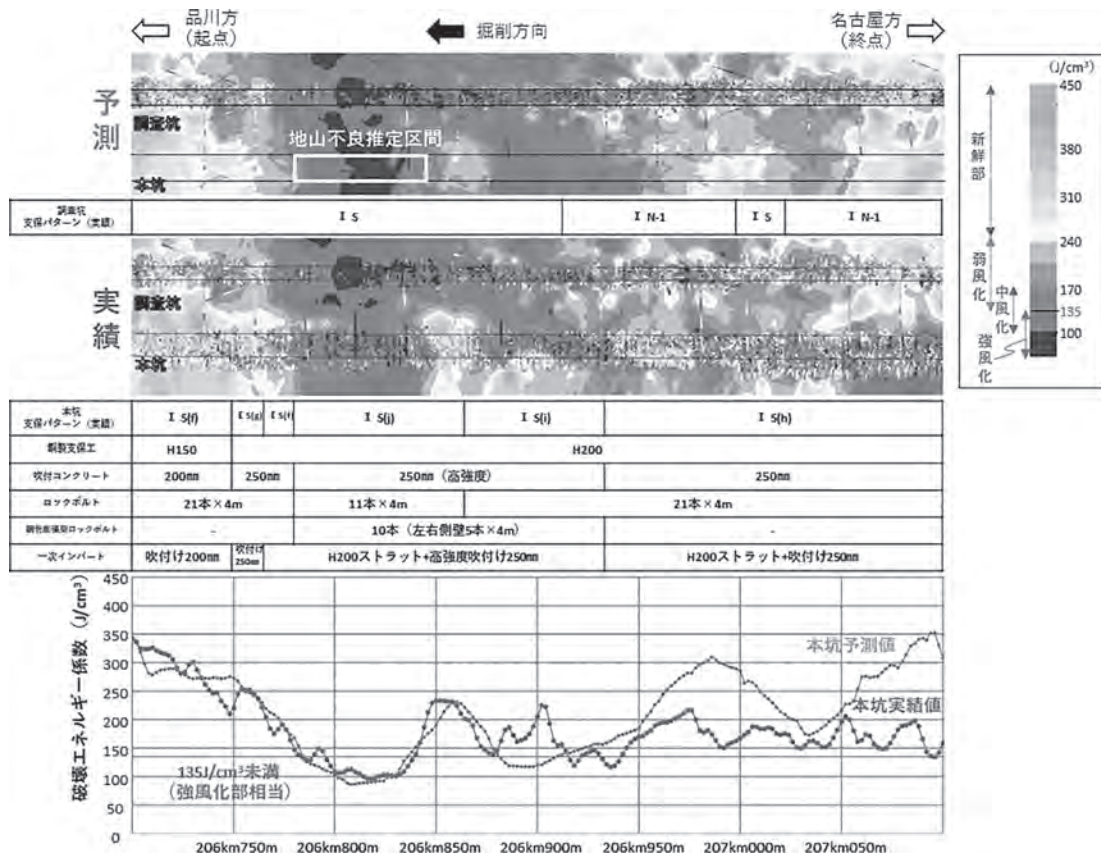
ど湧水がなく、切羽自体は自立していた。

(4) 本坑の施工計画

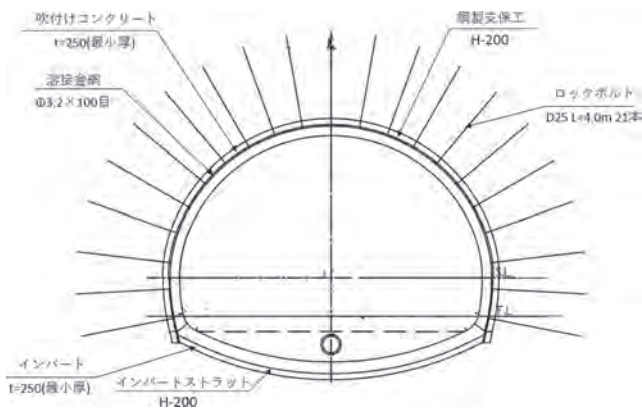
前述のとおり調査坑の主断層区間 (206 km 780 m ~ 206 km 950 m) では、切羽全面が風化しており、粘土化もしくは破碎が進んでおり、手で割れる程度に脆弱であった。

図一7 (予測) に、調査坑施工時の掘削データを基に推定した本坑の地質予測結果を示す。とくに破壊エネルギー係数の予測値においてこれまでの最小値 (100 J/cm³) を示した 206 km 820 m 付近が著しく劣化した地山不良区間だと推定された。

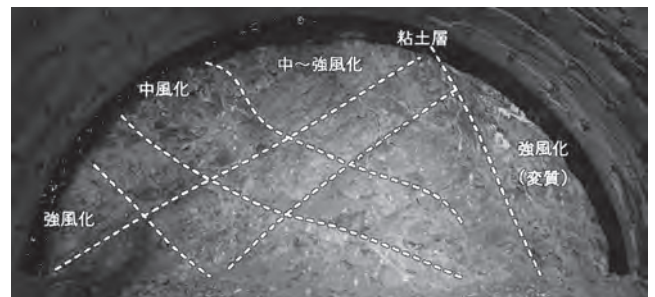
地山不良区間では、標準の支保パターン I s だと、限界ひずみ法により設定した管理基準値 III (天端沈下 150 mm) を超過することが予想されたため、見直しを検討した。調査坑断面 (35 m²) に対して、本坑断面 (100 m²) は大断面であり、掘削による緩み範囲も大きくなるため、調査坑施工時の支保パターン I s を基本とし、鋼製支保工を H-200、吹付け厚を 250 mm とした支保パターン I s (h) を採用する計画とした (図一8)。



図一七 本坑地山状況の予測結果と実績の比較



図一八 本坑支保パターン Is (h)



図一九 本坑の切羽写真 (207 km 069.4 m)

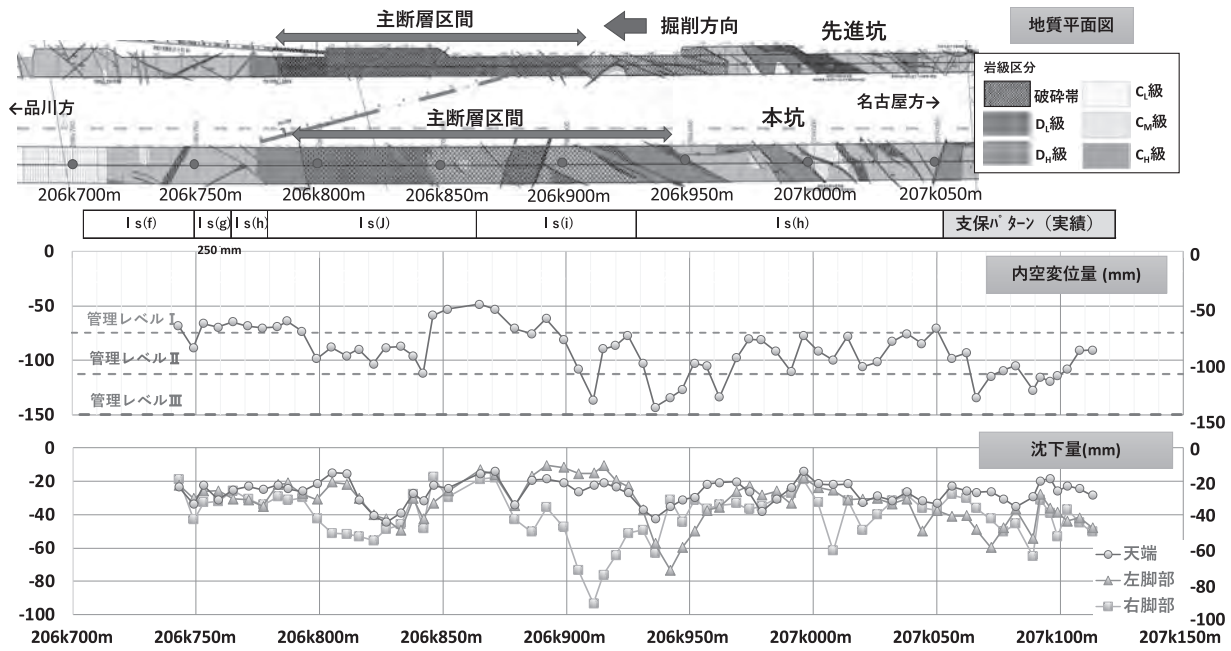
4. 施工結果

(1) 施工結果

本坑 206 km 950 m ~ 207 km 070 m では、計画していた Is (h) の支保パターンで掘削を行った (図一八)。図一九に切羽状況を示す。中～強風化主体の地山で、岩片が残るが割れ目沿いが風化し、粘土層が存在するため脆弱になっている。

調査坑の実績から、強風化が予測された 206 km 950 m 付近から品川方の区間については、徐々に切羽面に粘土混じりの強風化した部分が増え、初期変位速度が大

きく、内空変位量、天端及び脚部の沈下量の増加が予測されていた (図一十)。実際の観察では切羽全体が灰色を呈しており (図一十一)、手で碎けるような強風化地山であった。また、破壊エネルギー係数も 135 J/cm³ 以下が多く占めるようになった。このため、切羽の自立性も悪く鏡面の肌落ちの発生が懸念されていたことから、鏡ボルト (φ76, L=12.65 m, 有効長 9 m) を採用し、肌落ち対策を行った。また、地山不良区間については、想定より地山状況が悪く、初期変位速度が大きかったため、初期変位抑制対策として、鋼管膨張ロックボルト (180 kN, L=4.0 m) を採用し、初期変位の抑制も図っている^{5), 8)}。



図一 10 本坑の主断層区間の施工実績



図一 11 本坑の切羽写真 (206 km 838.9 m)

性があることから、本坑掘削時の切羽面の大半を占める地質との部分的な差異が生じたものと推察される。

調査坑と並行する本坑掘削においては、調査坑同様、粘土化や破碎された箇所が多く確認されたものの、長尺先進ボーリングおよび調査坑の施工により、先行して地山の湧水処理を行ったため、概ね乾いた状態で施工ができた。当該地質は粘土が卓越しており、切羽からの大量湧水が生じた場合にはすぐに劣化し、切羽が自立しない恐れがあったことを考慮すると長尺先進ボーリング及び調査坑による効果は大きかったと推察する。

(2) 本坑の予測結果と施工実績

本坑掘削後の破壊エネルギー係数の分布を図一 7 (実測)に示す。これは、調査坑の削孔データに加えて、本坑削孔時の削孔データ (ロックボルト孔や発破孔) と本坑からの削孔検層 (本坑掘削方向) を追加して再度クリギング処理したものである。

クリギング処理にて 206 km 820 m 付近に予測された 100 J/cm^3 を下回る箇所が、予測ほど広範囲に出なかったが、概ね予想どおりの分布となっている。また、本坑における破壊エネルギー係数の予測値と実績値を各断面の平均で比較した結果を図一 7 の下段に示す。こちらも、破壊エネルギー係数の変化の傾向が予測と実績でほぼ一致する結果となった。いずれの結果においても、大局的に地山状況の予測評価ができています。本坑と調査坑が同じキロ程であっても、図一 10 の施工実績に示すように、本坑へ向けた削孔検層からも局所的に硬い、または軟い地山が混在し、地質の不均質

5. おわりに

日本有数の活断層である阿寺断層の掘削において、高圧湧水や塑性地圧による変状など脆弱な地山の出現が想定されていた。そこで、本坑掘削に先立ち、切羽前方の地質・地下水の分布を把握するため、長尺先進ボーリングや調査坑を実施した。また、調査坑から得られた地質・地下水のデータに対し定性的な評価だけでなく、掘削データを活用することにより破壊エネルギー係数の三次元かつ定量的に評価を行うことで、経済的・合理的な支保パターンを選定しつつ、安全な工事に努め、懸念された地山不良区間の掘削を終えることができた。

現在は、県境を越えて長野県側の掘削を進めている。地山状況としては、馬籠峠断層の影響を受け、全体的に破碎され、一部粘土化するような地山が継続し

ており、長尺先進ボーリングにより前方の地質・地下水の分布を把握したうえで、適切な支保パターンを選定しながら掘削を進めている。

今後も引き続き掘削完了に向けて、安全に工事を進めていく。

最後に本工事の施工にあたり、ご指導・ご協力を頂いた関係各位に感謝の意を表します。



《参考文献》

- 1) 長友成樹・玉川清・政谷二三男・原田史也：山鳴りと大湧水に挑む、恵那山トンネル中津川方，トンネルと地下，Vol.2，No.12，pp.43-57，1971.12.
- 2) 地理院地図，国土地理院
<https://www.gsi.go.jp/top.html>（閲覧日：2024年12月2日）
- 3) 白鷺卓，宮嶋保幸，山本拓治，西川幸一，福田博之：トンネルの施工穿孔データを利用したオンタイム切羽評価と前方予測，トンネル工学報告集，Vol.27，I-19，2017.
- 4) 三条肇，吉野弘明，松下智昭，河本貴史，横井克典，白鷺卓：先進する調査坑の掘削データを活用した本坑掘削の合理化，トンネル工学報告集，Vol.31，I-5，2021.
- 5) 今井啓文，福山拓郎，河本貴史，松下智昭，調査坑の施工情報を活用し阿寺断層を掘削，トンネルと地下，Vol.54，No.11，pp.7-13，2023.11.
- 6) 地震調査研究推進本部，阿寺断層帯，https://www.jishin.go.jp/regional_seismicity/rs_katsudanso/f052_atera/（閲覧日：2024年12月2日）

- 7) 土木学会トンネル工学委員会，トンネル標準示方書，P12，2016.
- 8) 福山拓郎，今井啓文，小関敏史，松下智昭，河本貴史，横井克典，白鷺卓，断層部のトンネル施工実績と鋼管膨張型ロックボルトによる変位量抑制効果，土木学会年次学術講演会，2023.

【筆者紹介】

周藤 智規（すとう ともき）
独鉄道建設・運輸施設整備支援機構
関東甲信工事局 中津川鉄道建設所
所員



福山 拓郎（ふくやま たくろう）
独鉄道建設・運輸施設整備支援機構
関東甲信工事局 中津川鉄道建設所
所長



今井 啓文（いまい たかふみ）
独鉄道建設・運輸施設整備支援機構
関東甲信工事局 中津川鉄道建設所
担当副所長



列車巡視の効率化と品質向上を目的とした スマート動揺判定アプリ

村上 真・田中 浩平・横川 雅成

鉄道の維持管理を目的に定められた頻度（週1～2回）で工務系社員が列車に添乗して巡視を行っており、これに多くの労力がかかっている。本稿ではこの巡視の効率化と品質向上を目的に開発したスマート動揺判定アプリについて、その機能の概要と巡視への適用の可能性を検討した内容について紹介する。

キーワード：鉄道，列車，動揺，巡視，スマートフォン，効率化，品質向上，生産性向上

1. はじめに

スマート動揺判定アプリは、スマートフォン1つで列車の動揺測定および前頭映像の撮影が可能なアプリケーションである。鉄道の維持管理を目的に定められた頻度（週1～2回）で工務系社員が列車の運転室に添乗して巡視（以下、列車巡視）を行っており、これに多くの労力がかかっている。本稿では列車巡視の効率化と品質向上を目的に開発したスマート動揺判定アプリ¹⁾について、その機能の概要と列車巡視への適用の可能性を検討した内容について紹介する。

2. アプリの開発目的

線路の保守管理を目的として日常的に工務系社員が列車巡視を行っているが、この作業は長時間にわたる上、着眼点も多種多様であるために、実施者には技術・技能が求められ、多大な負担がかかる。さらに、線路設備の管轄部署は複数に跨っており、重複して目視点検を行っているという実態もある。これには、例えば列車前頭に設置されたカメラ映像を用いる取り組みも提案されているが^{例え2), 3)}、測定車両を導入する場合には一定のコストが発生する。

また、列車動揺測定が定期的実施されている⁴⁾が、急進等の予兆を把握するには十分な頻度とは言えない。予兆も含めた保守管理のニーズは高く、このためには高頻度な動揺データの取得が必要となる。動揺測定にあたっては、可搬型の加速度計を持ち込み車内床上に設置して測定する方法や、軌道検測車や営業車両に常時設置された加速度センサーを用いて測定する方法などがある。しかしながら、前者は装置運搬や記録

のために複数人の工務系社員の添乗が必要となることもあり、一方で後者は添乗が不要であるものの車両への装置の機装が必要となり、いずれも現状は容易に高頻度測定ができるものではない。

そこでこれらの課題に対して、①1人で誰でも測定ができること、②動揺測定以外の点検項目も併せて実施できること（多能工化）、③導入にあたって大掛かりな設備投資が不要であること、という3点をコンセプトとして、日常に溶け込んでいる身近なセンシングデバイスであるスマートフォンを活用した安価で必要最低限の機能を備えたスマート動揺判定アプリを開発した。

3. システム構成

スマート動揺判定アプリは、スマートフォン用アプリ、解析サーバ、WEBアプリの3つの機能で構成されており（図-1）、次項から順に紹介する。

(1) スマートフォン用アプリ（データ取得）

列車巡視では主に体感による動揺確認、前頭からの線路設備や周辺環境の目視確認を行っている。これら



図-1 スマート動揺判定アプリのシステム構成

の要件を満たすためにスマートフォンに搭載されている加速度センサー、GPSセンサー、カメラ映像のデータを使用する。取得したデータはスマートフォンの通信回線を通じてサーバへアップロードされる。解析の役割をサーバが担うことで、スマホアプリでは連続したデータ取得、レスポンスの早いアプリ動作を実現する。

測定の際は、予め設定しておいた測定区間情報の中から今回の測定に合致した条件を選択する。測定画面に遷移後、測定開始から終了、サーバへのデータアップロードまでを途切れず一連の動作フローで行える設計としており、ユーザの動作は5回のタッチ操作のみである。なお、測定終了後に全データをアップロードするが、測定中も数秒間隔で加速度およびGPSセンサーのデータをサーバにアップロードすることもできる。このデータを解析することで準リアルタイムに著大動揺箇所を抽出し、メールで知らせることも可能である。

その他、測定中のカメラの焦点を自動で調整するオートフォーカスモードと、焦点を固定するマニュアルフォーカスモードを搭載し、測定環境に合わせてより安定した撮影が可能になるように配慮している(写真-1)。これにより、例えば窓ガラスの汚れや水滴にフォーカスされ、線路設備や周辺環境の映像が不鮮明となる事態を回避できる。

(2) 解析サーバ (データ処理)

スマートフォン用アプリから解析サーバにアップロードされたデータは、サーバ内の解析ソフトで処理する。解析は上下、左右、前後の3軸方向の動揺解析、カメラ映像の画像解析、そしてそれぞれのデータへの位置情報および時刻情報の関連付けを行っている。GPSで取得した緯度・経度情報を事前に登録した線路情報を用いてマップマッチングを行う。GPS信号が得られないトンネル区間については位置推定処理(加速度データの積分により得られる速度変化の活用)



写真-1 測定中の画面

などの複数手法を組み合わせることで精度向上を図っている。

動揺値(3方向加速度値)はスマートフォンに内蔵された加速度センサーのデータを100Hzの時間サンプリングで収録し5HzのLPF(ローパスフィルター)処理を実施し、20Hzにリサンプリングする。上下、左右方向については列車動揺値として全振幅(ピークトゥピーク値)(図-2)を評価する。

前頭映像は1,080pHD/15fpsで取得したカメラ映像データに動揺値と位置情報および時刻情報を関連付け、また、物体検出により踏切および線路脇の作業員を検知した結果を表示する。

解析した結果は、任意のブラウザからWEBアプリにアクセスすることで閲覧可能となる。

(3) WEB アプリ (結果表示)

解析サーバで処理したデータをWEBアプリにて表示する。表示される結果は、動揺値、前頭映像、測定区間の3つで構成されており、それぞれの表示内容は以下の通りである。

(a) 動揺値

動揺値は横軸にキロ程(km)、縦軸に大きさ(m/s^2)を取ったグラフで表示する。また、全振幅値については、過去の評価結果と重ねて描画することができ(図-3)、視覚的に測定区間全域の動揺値の進行を確認することができる。加えて、測定区間中の任意の箇所の時間変動の描画機能を有しており(図-4)、ユーザが重点的に監視している局所の動揺値の進行も簡易に確認できる。

動揺値は解析前後のデータをcsv形式で出力することが可能で、ユーザが自由に加工、分析することがで

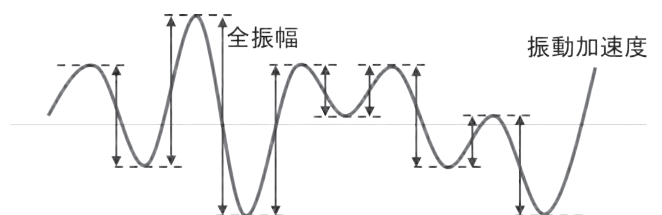


図-2 全振幅値の評価方法

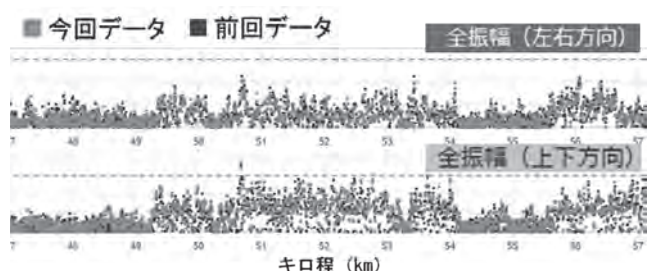


図-3 動揺データの解析結果の描画

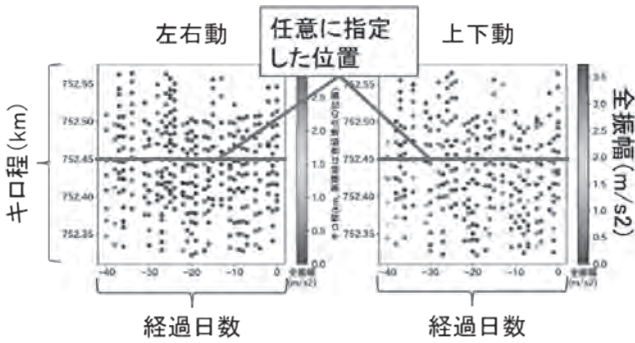


図-4 該当地点の時間変化を表示したグラフ



図-5 測定区間の可視化とピンのプロット

きる。

(b) 前頭映像

任意の動揺閾値を超過した箇所は、映像中に丸いマークを表示し（写真-2）、ユーザが映像確認中に動揺値の大きい箇所を簡易に把握できる。また、踏切および線路脇の作業員を物体検知した場合は物体を枠で囲い強調する（写真-3）。

(c) 測定区間

測定した区間を地図上に表示する。動揺値の解析結果で得られた任意の動揺閾値を超過した点は地図上にピンを立て、視覚的にどこで著大な動揺値が発生したかを分かるようにしている（図-5）。加えて、そのピンを選択することで前頭映像がその地点の数秒前から再生され、すぐに前頭映像の確認も可能になる。

このとき著大動揺箇所の位置合わせをキロ程により行くと、トンネル区間や沿線の遮蔽物によりGPS精度が低下する箇所では、正しい位置を特定することが難しくなる。本システムでは、映像測定と動揺測定を同じ機器で行っているため、加速度センサーで特定した動揺発生時刻とそれに対応する動画再生時刻を厳密に紐づけることができる。よって、動揺が起きた正確な地点情報を前頭映像から得ることができ、線路管理者であればそれがどこであるかを特定することは容易である。

4. 動揺値の比較検証

(1) 軌道検測車との動揺値の比較

スマート動揺判定アプリで取得した動揺値と、既存の動揺測定機器で取得された動揺値の関係性を確認するために、軌道検測車にスマート動揺判定アプリをインストールしたスマートフォン（以下、測定用スマートフォン）を設置し、同時に取得した動揺値の比較を行った。

軌道検測車の前頭車両のフロントガラス前の機器箱側面に、測定用スマートフォンを貼付して設置し、全長26.9 kmの間で取得した動揺値の比較を行った。なお、今回の比較においては、取得した動揺値の絶対値を100 m ロット間で平均し比較することとした（N=269）。比較に際しては、軌道検測車で取得した動揺値を基準データとして、スマート動揺判定アプリで取得した動揺値を比較データとした（図-6, 7）。

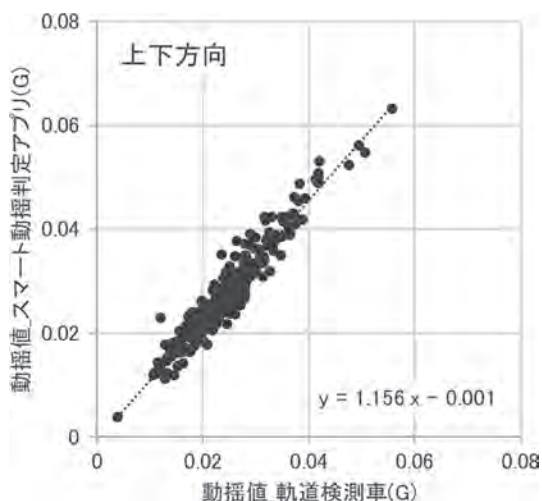
結果、「上下」「左右」ともに、近似線の傾きが「1」以上、切片が概ね「0」であることから、軌道検測車で取得された動揺値よりも、スマート動揺判定アプリで取得された動揺値の方が大きく出る傾向があることがわかった。これは、軌道検測車の加速度計が台車中心の床上に設置されているのに対し、測定用スマートフォンの設置位置が台車中心より2 m 程度前方で、加えて床から1 m 程度上部であることが要因である



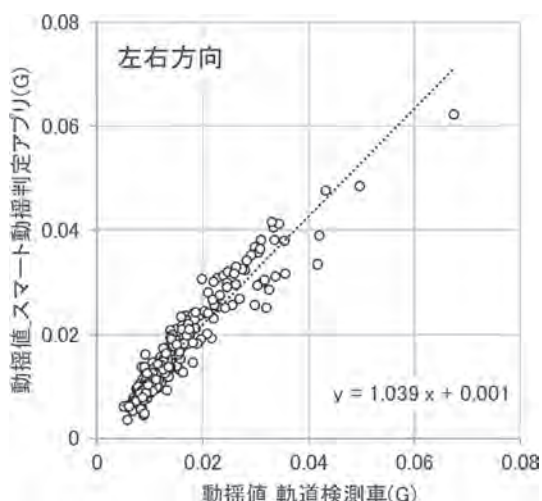
写真-2 動揺が閾値を超過した箇所のマーク表示



写真-3 物体検知の例 (踏切の場合)



図一六 上下方向の動揺値の比較



図一七 左右方向の動揺値の比較

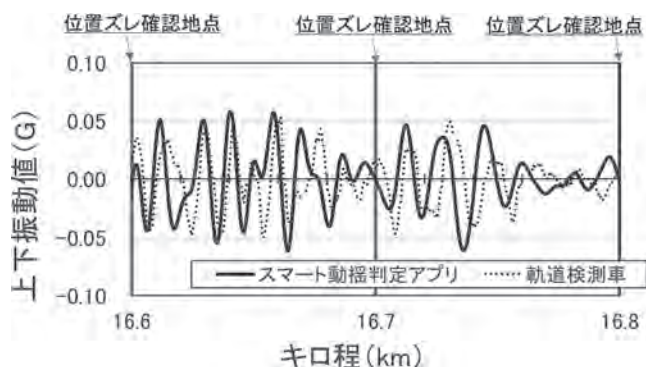
と考えられる。また、相関係数は上下、左右いずれの動揺値も 0.9 以上と強い正の相関関係にあり、軌道検測車で著大な動揺を検知した箇所ではスマート動揺判定アプリでも同様に検知可能と言える。

(2) 軌道検測車キロ程との位置ずれ

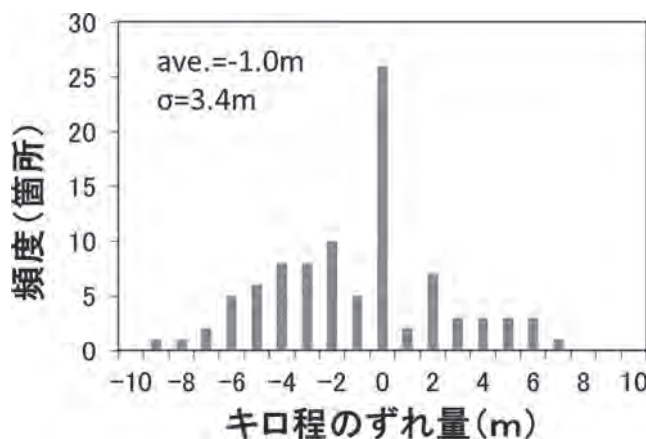
4 章 1 項と同様のデータを使用し、軌道検測車で取得したデータを基準としてキロ程の位置ずれ量を確認した。

同区間を測定した軌道検測車で取得した動揺データとスマホ動揺判定アプリで取得した動揺データを可視化して波形を重ね合わせ (図一 8)、100 m ごとにキロ程の位置ずれ量を確認した (区間延長=10 km, N=100)。

その結果、動揺波形に表れる波長帯域は軌道検測車とスマート動揺判定アプリで乖離はあるものの、形状は類似しており、キロ程の位置ずれを確認するには十分なデータであることがわかる。そして、100 m ごと



図一八 動揺波形の可視化例



図一九 位置ずれ量の頻度分布

の位置ずれ量の頻度分布から (図一 9)、キロ程の位置ずれ量は平均で -1.0 m、標準偏差で 3.4 m であることが確認できた。なお、スマート動揺判定アプリで同区間を複数回測定した場合のキロ程の位置ずれは平均で 0.4 m、標準偏差で 2.1 m であることを確認している。

以上のことから、スマート動揺判定アプリの確認後に、現地確認をする際は、軌道検測車で取得したキロ程と数 m 程度の乖離があることに注意をする必要がある。これについては同時に取得している前頭映像を加味して位置の特定ができることから、運用上は十分許容可能な誤差と考えている。

5. 列車巡視への適用

前章ではスマート動揺判定アプリを軌道検測車と比較し、機能として十分であることを確認した。この章では、スマート動揺判定アプリの列車巡視への適用可否を確認するために、列車巡視に求める要件を整理し (表一 1)、各項目に対して評価した。

(1) 動揺測定機能としての評価

動揺測定機能の評価は、従来の方法で工務系社員が

表一 列車巡視に求める要件

No.	列車巡視に求める要件	
	概要	詳細 (確認すべき線路状態)
1	線路の全般的な巡視	列車動揺
2		軌道狂い
3		工事施工箇所確認
4		噴泥・バラスト不足
5		まくらぎ直角狂い
6	環境変化の把握	倒竹・倒木の把握
7		落石・崩壊の確認
8		草の繁茂
9		要注意箇所の変状進行
10	保安監視	近接工事 (無断作業危険作業) の発見
11		用地侵害, 違法放棄, 線路柵等の損壊の発見
12		運転支所に至る不審物・置き石等の発見
13		踏切看板の破損の発見

列車巡視を行い確認した動揺体感箇所について、スマート動揺判定アプリで測定された動揺値を確認した。従来の方法で確認された動揺体感箇所は道床白石化・噴泥箇所において上下動揺3箇所、その他左右動揺2箇所であり、当該箇所についてスマート動揺判定アプリでも著大な数値の出力を確認した。その他、測定区間の全線において、スマート動揺判定アプリで測定した全振幅値を確認したところ、従来方法で確認された動揺体感箇所の最小動揺値を超える箇所は、上下動揺で14箇所、左右動揺で2箇所存在することが確認された。以上の結果から、軌道検測車と同等の性能を有するスマート動揺判定アプリを日常的に活用することで動揺をより正確に、定量的に把握することができ、加えて、人が判定することによる結果のバラつきの低減が期待できる。また、同一箇所でも複数回の測定データがあれば、図一4に示した機能を用いることで、動揺の変化をより正確に把握することが可能となる。以上のことから、列車巡視に求める要件のNo.1～3について、スマート動揺判定アプリは従来方法以上の精度で確認ができ、適用性があると言える。

(2) 前頭映像機能としての評価

スマート動揺判定アプリの適用を想定している列車巡視において、求める要件のNo.1～3についてはスマート動揺判定アプリの「動揺測定機能」で適用可能と考えられるため、残るNo.4～13について「前頭映像機能」で要件を満たすことができるかを確認した。

事務所内のPC端末で取得した前頭映像を測定区間の全線にわたり目視で確認して模擬的な列車巡視を行い、No.4～13への適用可否を確認した。その結果、スマート動揺判定アプリにより取得された前頭映像を確認することで、「確認すべき線路の状態」(噴泥や草



写真一4 噴泥・バラスト不足の例



写真一5 倒竹・倒木の把握の例



写真一6 近接工事の発見例

繁茂等) を、従来の方法と同等の精度で確認できることがわかった (例えば写真一4～6)。

次に、従来の方法と、上記スマート動揺判定アプリの前頭映像を確認して行った模擬的な列車巡視で、それぞれ発見した不良の結果を整理した(表一2)。従来の方法で発見した不良は4箇所であり、前頭映像を確認して発見した不良は従来の方法で発見した箇所を含めて7箇所であった。前頭映像を用いた列車巡視は従来の方法で発見した箇所を網羅しており、加えて、従来の方法では見つけられなかった不良を3箇所見つけることができた。これには映像確認により、一時停止・巻き戻しができることが寄与しており、スマート動揺判定アプリの利点が生かされ、判定漏れが改善さ

表一 2 それぞれの列車巡視方法で発見した不良

箇所	発見した線路の不良	
	従来の方法	スマート動揺判定アプリの動画データ確認
A	管理室境界の標識の不良	管理室境界の標識の不良
B	白石化	白石化
C	噴泥	噴泥
D	-	白石化
E	噴泥	噴泥
F	-	噴泥
G	-	噴泥

れたと言える。

以上、列車巡視に求める要件として示した No.1 ~ 13 の全ての要件をスマート動揺判定アプリで満たすことができることが確認できた。よって、スマート動揺判定アプリは列車巡視への適用可能性を有していると言える。

6. おわりに

本稿では当社が開発したスマート動揺判定アプリの機能と列車巡視への適用の可能性について紹介した。スマート動揺判定アプリは列車巡視に求める要件を満たすことが確認できたことから、例えば運転士が測定用スマートフォンを持参して測定することで、工務系社員が列車に添乗せず事務所にてスマート動揺判定アプリの測定結果を確認する、といったことも考えられる。

今後もスマート動揺判定アプリをより良いものに発展させ、持続可能な鉄道事業に寄与していきたい。

J|C|M|A

《参考文献》

- 1) 池内三津喜, 田中浩平: データアナリティクススマートフォンを活用した線路保守システムの開発, サイバネティクス, Vol.28, No.1, 2023.
- 2) 昆野修平, 川崎恭平, 三島健吾, 三和雅史, 清水惇, 中島昇: 列車巡視支援のための線路周辺画像解析エンジンの開発, 鉄道総研報告, Vol.36, No.3, pp.5-10, 2022.
- 3) 猿木雄三: 列車巡視支援システムの導入, サイバネティクス, Vol.26, No.2, pp.26-30, 2021.
- 4) 財団法人鉄道総研技術研究所, 鉄道構造物等維持管理標準 (軌道編) の手引き, pp.289-299, 2007.

【筆者紹介】



村上 真 (むらかみ まこと)
西日本旅客鉄道株
デジタルソリューション本部
データアナリティクス



田中 浩平 (たなか こうへい)
西日本旅客鉄道株
デジタルソリューション本部
データアナリティクス



横川 雅成 (よこがわ まさなり)
西日本旅客鉄道株
鉄道本部 施設部 施設技術室

線路設備の点検・検査の自動化と現場適用

新幹線線路設備モニタリング車の開発

須藤 雅人・星野 真澄・中郷 智

高速で走行する新幹線の安全・安定輸送の実現には、線路の状態を適正に保つことが極めて重要である。また、線路の状態を適正に保つためには、線路設備の点検・検査の品質を向上させ、線路の状態を高精度に把握する必要がある。特に軌道材料の状態は、これまで技術者が線路を歩いて目視・目測で点検したり、手押し式の機械や専用の器具を用いて検査したりしていたが、労働人口減少による働き手不足等により機械化、省人化が求められている。本稿では、線路点検・検査の品質の向上と自動化、省人化を目的として開発した新幹線線路設備モニタリング車と業務システムについて紹介する。

キーワード：線路メンテナンス、保守用車、画像認識、AI、MMS、省人化

1. はじめに

高速で走行する新幹線の安全・安定輸送の実現には、線路の状態を適正に保つことが極めて重要である。また、線路の状態を適正に保つためには、線路設備の点検・検査の品質を向上させ、線路の状態を高精度に把握する必要がある。線路設備の点検・検査の項目は多岐にわたるが、大別すると線路のゆがみ（以下、「軌道変位」という）と軌道材料の状態がある。軌道変位は、レールの幾何学的なずれ（軌間、高低、通り、水準、平面性）であり、従来から軌道検測車で測定している。一方、軌道材料の状態は、レールやマクラギなどの線路を構成する材料の保守状態や機能状態であり、技術者が線路を歩いて目視・目測で点検したり、手押し式の機械や専用の器具を用いて検査したりしていた。しかしながら、昨今、労働人口減少による働き手不足や、熟練の技術者の退職による技術力の低下への懸念により、線路メンテナンスにおいても機械化、省人化が求められている。本稿では、線路点検・検査の品質の向上と自動化、省人化を目的として開発した新幹線線路設備モニタリング車と業務システムについて紹介する。

2. 新幹線線路設備モニタリング車

写真—1に、新幹線線路設備モニタリング車の外観を示す。新幹線線路設備モニタリング車は、線路設備の種類に応じて、軌道材料モニタリング装置、分岐



写真—1 新幹線線路設備モニタリング車

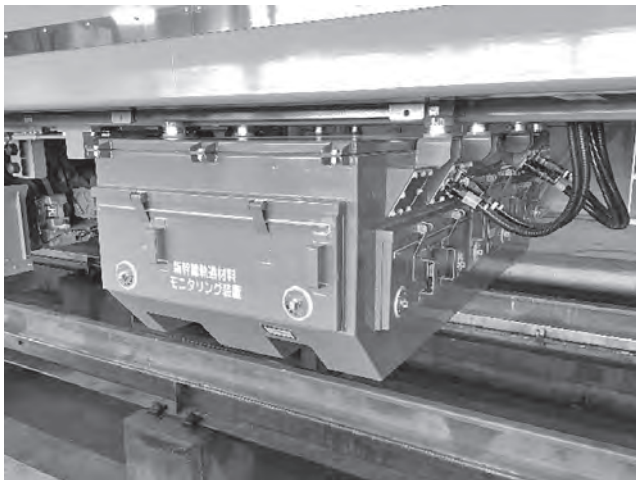
器モニタリング装置、点群データ取得装置という3種類のモニタリング装置を搭載する保守用車である。この保守用車は、線路上を最高70 km/hで走行しながら線路設備の点検・検査に必要な数値データや画像データを測定できる。また、延長にすると1日で最大100 km程度を測定できるため、1日最大10 km程度が限界であった従来の徒歩等による方法と比べると、圧倒的に効率的なデータ収集が可能となる。

3. 軌道材料モニタリング装置

軌道材料モニタリング装置の概要を以下に示す。

(1) 機器構成

写真—2に、軌道材料モニタリング装置の外観を



写真一 2 軌道材料モニタリング装置

示す。軌道材料モニタリング装置は、車体下部の台車間に搭載されている。対象物の位置座標を点群として収録するプロファイルカメラ5台と色彩の濃淡を表す画像を収録するラインセンサカメラ7台を搭載している。各カメラで取得できる画像を、距離画像、濃淡画像と呼ぶ。撮影は車両が走行することで軌道材料を上方向から連続的に行う。距離画像と濃淡画像を用いて、これまで目視等で実施していた線路点検・検査の一部の項目の自動判定を行う。

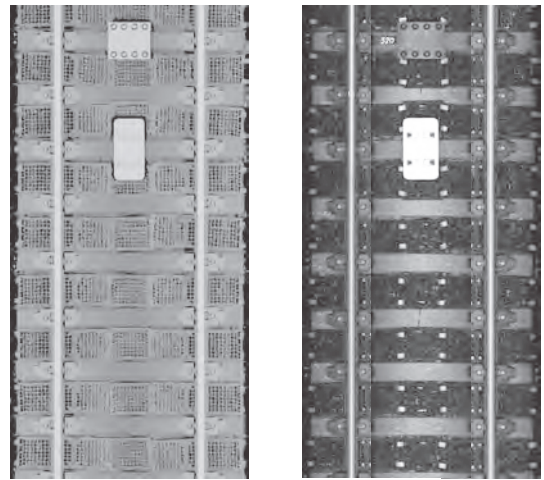
(2) 取得画像

図一 1 に、バラスト区間の距離画像と濃淡画像を示す。距離画像は、対象物までの距離情報を持った画像(画素数：2,500×5,000, 長手方向の解像度：1.0 mm)である。レーザーを対象物に照射し、そのレーザーに対してプロファイルカメラの角度を付けて撮影することで、三角測量の原理によって奥行き(距離情報)を付加している。本装置ではカメラから対象物までの距離を画像として記録することで、レールとマクラギを留める金具である締結装置の脱落などの自動判定ができる。

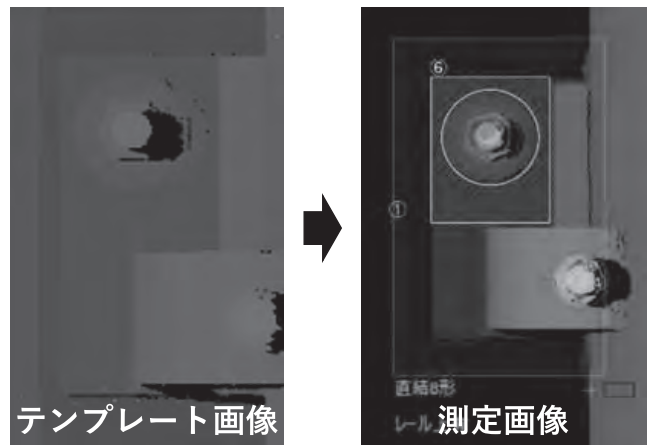
濃淡画像はデータ容量などの観点から256階調(画素数：1,024×10,000, 長手方向の解像度：0.5 mm)である。本装置では軌道面全体を撮影し、軌道材料のシステム上での目視確認等に活用する。

(3) 自動判定手法と精度

本装置の判定項目のうち、締結装置の脱落の判定方法を紹介する。まずあらかじめ撮影した画像を用いて、ソフトウェア上で判定対象となる締結装置にマーカーを付与し、判定の基本となる情報(締結装置の種類や位置、判定時の閾値)を付加した基準データを作



図一 1 距離画像(左)と濃淡画像(右)



図二 テンプレートマッチング

成する。次に判定用に新たに撮影した画像の位置を基準データとあわせ、図一 2 に示すように、判定用の距離画像を締結装置の種類ごとに準備されたテンプレート画像(距離画像)とマッチングさせる。そして、マッチングスコアが閾値より低かった場合に締結装置の脱落と判定する。新幹線本線における試験の結果では、99.7% (N=17,449) の精度で判定できており、判定不良となった箇所は、全てレールボンド等の支障物の介在によりマッチングスコアが低くなった箇所であった。

4. 分岐器モニタリング装置概要

分岐器モニタリング装置の概要を以下に示す。

(1) 機器構成

図一 3 に、分岐器モニタリング装置の構成を示す。台車中央に搭載する分岐器モニタリング装置は、左右ボックス、基本レール測定用ボックス、慣性ユニット

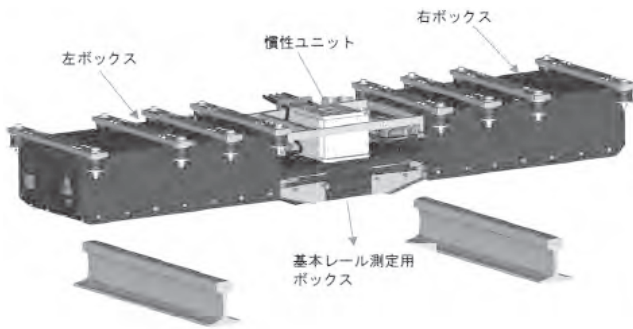


図-3 分岐器モニタリング装置

で構成される。左右ボックスおよび基本レール測定用ボックスには、光切断法により対象物の位置座標をとらえるプロファイルカメラが12台、レーザーが8台搭載されている。これらと慣性ユニットに搭載されたジャイロスコープ、加速度計のデータを合わせて慣性測定による軌道変位の測定ができる。また、レールの摩耗等を算出するためのレール断面画像の取得ができる。

(2) 測定概要

(a) 軌道変位測定

軌道変位は慣性測定で取得しており、軌間、高低、通り、水準、平面性等を測定できる(図-4)。測定間隔は250 mm ピッチで、測定中は車上で軌道変位チャートを確認でき、設定した閾値を超過した変位を検出した場合は、超過値の情報を出力して検測者に知らせることができる。

(b) 分岐器測定

分岐器区間では、10 mm ピッチでレール断面画像を取得し、事後処理により分岐器各部のレール摩耗やフランジウェイ幅を測定する。なお、図-5に示すように、レール摩耗については基準となるレール断面(設計断面等)に対して測定したレール断面を重ね合わせ、その差分を摩耗量として算出する。

(3) 精度検証

(a) 軌道変位測定

複数の大きさの分岐器について繰り返し測定による再現性の確認を行った。再現性の目標精度(1 σ)は手押し式の装置の精度(高低・通り:2.0 mm, 軌間・水準:1.0 mm)とした。検証の結果、欠線部のない分岐器については最大1 σ =0.32 mm(軌間)であり目標精度を満たした。一方、欠線部のある分岐器については、欠線部でレールが途切れていることが原因の異常値が発生しており、軌間の目標精度を満たさなかった。そこで、欠線部についてはレール頭部内側でレール断面形状を直線補間する処理を実装し1 σ =約

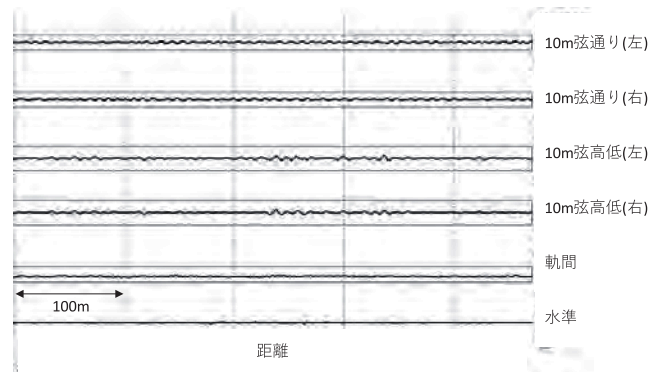


図-4 軌道変位チャート

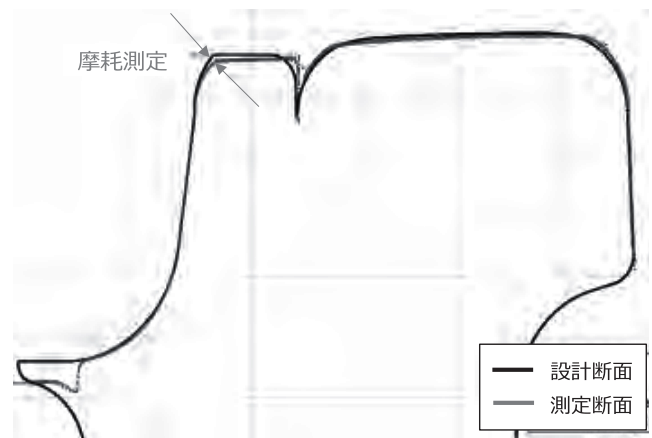


図-5 分岐器内レールの摩耗測定

0.4 mm まで改善した。

(b) 分岐器測定

分岐器内のレール摩耗についても同一の分岐器の繰り返し測定による再現性の確認を行った。こちらも再現性の目標精度(1 σ)は手押し式の装置の精度(1.0 mm)とした。分岐器のポイント部とクロッシング部それぞれで垂直・斜め・水平の摩耗量の再現性を測定した結果、最大1 σ =0.35 mm であり目標精度を満たした。

5. 点群データ取得装置概要

点群データ取得装置の概要を以下に示す。

(1) 機器構成

写真-3に、点群データ取得装置の外観を示す。屋根上にレーザープロファイラ2台、IMU 1台とGNSSアンテナ2台、その他にデジタルカメラ、LED照明、降雨センサを搭載している。レーザープロファイラのスキャン回転数は、200 Hz 以上であり、設置角度は鉛直方向45°、水平方向は左右にそれぞれ45°である。降雨センサにより降雨等を検知した場合には、自動で



写真-3 点群データ取得装置

雨除けカバーが閉じてレーザプロファイラを保護する機構である。

点群データ取得装置は、MMS (Mobile Mapping System) の技術を用いて走行経路周辺の空間情報 (点群データ) を取得するシステムである。GNSS および IMU から算出した詳細な位置・姿勢情報とレーザスキャナで取得した照射点の相対座標を同期することで、点群データを取得する。

(2) 取得データの処理と解析システム

本装置で取得した計測データの処理は、1次処理と2次処理に大別される。1次処理は、計測した位置データとレーザデータから点群データを生成する処理である。2次処理は、専用に開発した点群データ処理システムで点群データを読み込み、図-6に示すように、レールや2対のレールの中心である軌道中心線を算出したり、キロ程や線区・線別IDの付与を行ったりする。さらに、下り線と上り線の離れ量である軌道中心間隔や線路上の構造物の建築範囲の限界である建築限界への干渉物等の自動判定処理の機能を実装しており、線路の点検・検査等に活用できる。

(3) 軌道中心間隔の測定精度

図-7に示すように、軌道中心間隔は、点群データから抽出された隣り合う2つの軌道の軌道中心線の最短距離として任意の間隔で自動的に算出できる。ここで算出された値を規定値と比較して判定を実施する。

精度検証では、新幹線本線の直線100mの2区間を速度25km/hおよび50km/hで各6試番走行して計測した点群データから、上記の方法で軌道中心間隔を10m間隔で算出して評価を行った。同区間について治具を用いた従来の手法で検出した結果を真値とし



図-6 軌道中心線の抽出

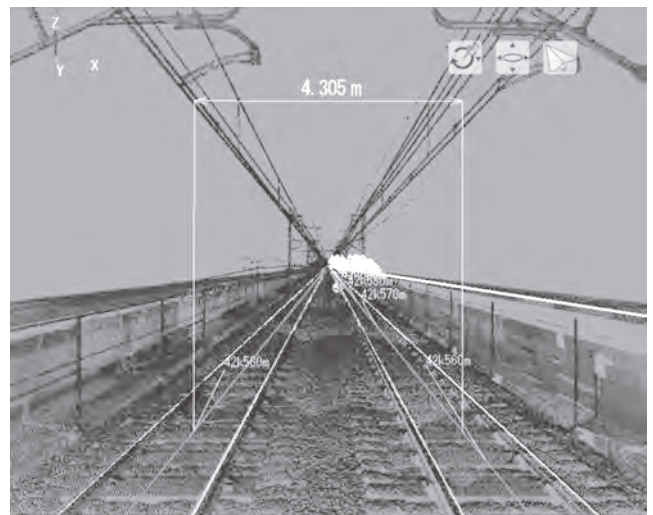


図-7 軌道中心間隔の自動判定

た場合、速度によらず全試番での最大誤差は6.5mm、標準偏差は2.0mmであり実務上十分な判定精度であった。

6. 業務システムと現場適用

新幹線線路設備モニタリング車を線路メンテナンスの業務に適用するため、本保守用車で測定したモニタリングデータで線路の点検や検査ができる業務システムを開発した。表-1に、本システムで確認できる項目を示す。システム上には、各項目の自動判定の結果が不良となった項目のみが表示される。技術者は表示された不良箇所について、写真-4に示すように線路画像 (濃淡画像) を確認しながら最終的な判定結果 (良または不良) を入力する。新幹線線路設備モニタリング車および本システムの導入により、従来は徒歩等で定期的に現地へ赴いていた時間を削減できる。

表一 業務システムの確認可能項目

No.	測定項目	測定装置
1	締結装置の脱落	軌道材料モニタリング
2	締結装置の緩み	軌道材料モニタリング
3	軌道パッドの飛び出し	軌道材料モニタリング
4	レール踏面状態（表面傷）	軌道材料モニタリング
5	接着絶縁部の不良（頭面フロー、開口）	軌道材料モニタリング
6	接着絶縁部の不良（ボルト脱落）	軌道材料モニタリング
7	下部建築限界の支障	軌道材料モニタリング
8	伸縮継目のストローク／照り面状態	軌道材料モニタリング
9	ロングレール移動量	軌道材料モニタリング
10	分岐器トングレールの左右食い違い	軌道材料モニタリング
11	分岐器のバックゲージ／フランジウェイ幅	分岐器モニタリング
12	分岐器レール摩耗	分岐器モニタリング
13	軌道変位	分岐器モニタリング
14	軌道中心間隔	点群データ



写真一 業務システム

一方、削減した時間を繰り返しの確認を要していた不良箇所の入念な確認や対策の立案等の分析・修繕計画策定業務に充てることができるため、生産性の向上も実現できる。

7. おわりに

本稿では、線路点検・検査の品質の向上と自動化、省人化を目的として開発した新幹線線路設備モニタリング車と業務システムについて紹介した。自動判定できる項目は今後の開発により増えていく見込みであり、さらなる判定精度向上にも取り組む。これらの取り組みにより、新幹線の安全安定輸送のさらなるレベルアップと線路メンテナンス業務の生産性向上を実現する。

J C M A

【筆者紹介】



須藤 雅人（すとう まさと）
東日本旅客鉄道㈱
新幹線統括本部
新幹線設備部 保線ユニット
主務



星野 真澄（ほしの ますみ）
東日本旅客鉄道㈱
八王子支社 八王子保線設備技術センター
主任



中郷 智（なかごう さとし）
東日本旅客鉄道㈱
JR東日本研究開発センター
線路技術メンテナンスユニット
主任

鉄道・運輸機構 建設 DX ビジョンロードマップ

霜田和彦・福井義弘・斉藤道真

鉄道建設事業では、「安全・安心」、「持続可能性」、「デジタル化」、「環境」及び「技術者不足への対応」が課題となっている。これらの課題へ対応するため、鉄道建設・運輸施設整備支援機構（以下「鉄道・運輸機構」という。）では、若手・中堅職員が中心となり 20～30 年後に達成を目指す「建設 DX ビジョン」を策定した。ビジョンでは課題解決に向けて 3 つの“シンカ”目標を設定している。さらに、ビジョンの実現に向けたロードマップを策定し、新技術の活用や ICT 施工, GX（グリーントランスフォーメーション）など、具体的な取り組みを検討・推進している。本稿では「建設 DX ビジョン」を具現化するための「ロードマップ」について紹介する。

キーワード：鉄道建設, DX, ICT 施工, ロードマップ, GX, 持続可能性

1. はじめに

鉄道・運輸機構におけるこれまでの建設 DX は、令和 3 年 7 月に公表した鉄道・運輸機構改革プラン¹⁾の取り組みの一環として、令和 3 年 11 月に「ICT 推進チーム」を立ち上げ推進してきた。令和 5 年 4 月にはその取り組みを引き継ぐ形で「ICT 推進会議」を立ち上げ、建設 DX の推進体制をさらに強化するとともに、同 10 月に鉄道・運輸機構の新たな中期計画のスタートに併せて建設 DX ビジョン（以下「ビジョン」という。）を策定、公表した。

2. ビジョン策定に至った社会的背景と課題

令和 5 年 10 月に鉄道・運輸機構は設立 20 周年を迎えたが、その間、新幹線の整備延長は設立当初と比較

し約 1,000 km 延伸された。また、ICT, 5G, クラウド等をはじめとする通信関連技術の目覚ましい進歩や世界中で流行した新型コロナウイルス感染症により、人々の行動や価値観が大きく変化するなど、わが国の社会情勢も大きな変化を遂げている（表 1）。

一方、近年では人口減少の深刻化、地球温暖化に起因した自然災害の多発・激甚化、デジタル技術導入の遅れ、建設業に従事する労働人口減少・就業者の高齢化など、日本社会及び鉄道建設における「持続可能性」に対する課題が顕在化している。令和 5 年度から開始した鉄道・運輸機構の第 5 期中期計画では「持続可能性」、「デジタル化」、「安全・安心」、「環境」及び「技術者不足への対応」など、現在の社会情勢を踏まえた課題に対し、社会変化を見据えた対応をしていくこととしている。

表 1 過去 20 年間での社会の変化

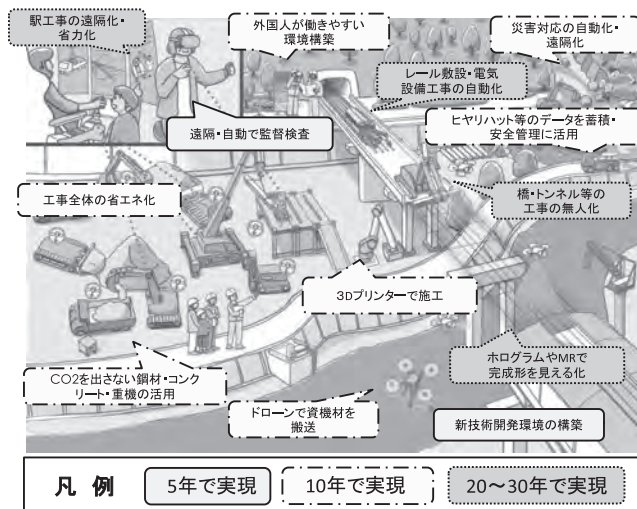
項目	2003 年（機構設立）	2024 年
人口	日本：約 1.2 億人 （世界：約 60 億人）	日本：約 1.2 億人 （世界：約 81 億人）
1 人当たりの GDP	日本：38 千ドル/人 （世界 2 位：2000 年）	日本：33 千ドル/人 （世界 38 位：2024 年）
新幹線	延長：約 2,000 km （2002 年 東北新幹線 盛岡・八戸開業）	延長：約 3,000 km （2022 年 西九州新幹線 武雄温泉・長崎開業）
携帯電話	3G サービス（静止画）	5G サービス（高画質動画）
交通系 IC カード	サービス開始直後 （2001 年 SUICA サービス開始）	約 2 億枚突破（2021 年 9 月） （JR 東日本メカトロニクス報道発表資料より）

3. ビジョンの目指すべき方向

ビジョンでは鉄道・運輸機構が今後進めるべき、「生産性の向上」、「安全・安心」、「環境・GX」及び「技術継承」への対応を明確にし、社会の動向に合わせて「持続可能な社会に向けて“シンカ”する」ことを掲げ、3つの“シンカ”目標を設定した。一つ目は「安全性、環境負荷などの社会的課題」に対して「さらに安全で地球にも優しい鉄道に“進化”する」、二つ目は「人口減少の深刻化と鉄道建設の担い手不足」に対して「これまで培った技術や事業遂行能力を“深化”する」、三つ目は「世界的に見た日本のデジタル技術導入の遅れ」に対して「新技術を積極的に導入し、絶えず変革する組織へと“新化”する」とし、“シンカンセン”をはじめとした鉄道建設のネクストステージに向けた機構の“真価”を発揮できる内容とした。

4. ビジョンにおける“シンカ”の設定

目指すべき方向性が定まったことをうけて、建設DXを活用し“シンカ”させるべき3つの業務内容を設定した。一点目は「鉄道の建設現場の“シンカ”」、二点目は「サイバー空間を活用しオフィス“シンカ”」、三点目は「鉄道運行や技術支援を“シンカ”」とし、ビジョンのコンセプトに掲げる「持続可能な社会に向けて“シンカ”」を達成できる内容とした（図-1）。



※当該イラストは、第5期国土交通省技術基本計画で示された「将来の社会イメージ」を参考に、鉄道・運輸機構の建設DXビジョンとして作成したものです。

図-1 鉄道の建設現場の“シンカ”イメージ

5. ビジョンの実現に向けたロードマップの策定

持続可能な社会の実現に向け、建設DXを活用した“シンカ”を目標に20～30年後に実現させる鉄道・運輸機構独自のビジョンを策定したが、ビジョンだけではその具現化はできない。その実現に向けて、各鉄道事業者、業界団体、学識経験者、国土交通省等といったステークホルダーと意見交換を実施し、実務に精通した社内の各担当者とも議論を重ね、令和6年4月に「鉄道建設」に関連する技術のうち先行して優先的に取り組むべき11項目について、建設DXビジョンロードマップ（以下「ロードマップ」という。）を策定、公表した。各ロードマップの目標時期の設定と内容を以下に示す。なお、より具体的な内容は、公表資料²⁾を参照されたい。

(1) 目標時期の設定

ロードマップでは、技術の進歩や開発の動向を踏まえて目標時期を設定した。5年以内に実現する技術（以下「STAGE I」という。）、10年程度で実現する技術（以下「STAGE II」という。）、20～30年程度で実現する技術（以下「STAGE III」という。）の3つの目標時期に分類した（図-2）。

(2) ロードマップの内容

(a) 仕組みの構築

① 新技術の現場活用

新技術の活用を原則義務化することの制度化や技術開発を考慮したECI方式^{*1}の適用拡大等により、建設現場を活用し、各企業が技術開発を行うことのできる環境を構築する。また、鉄道建設技術を蓄積・整理するシステムを構築し、地域鉄道の支援等に活用する。

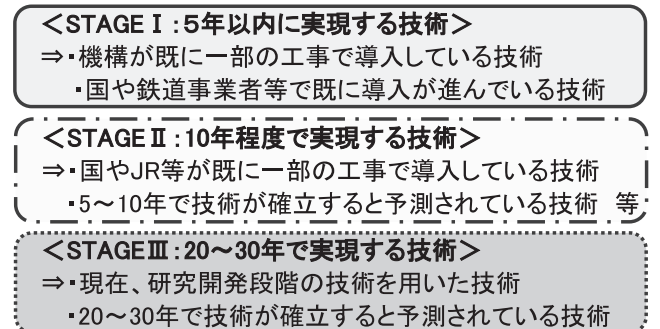


図-2 ロードマップの目標時期

※1 ECI方式：設計段階から施工者が関与する建設契約方式

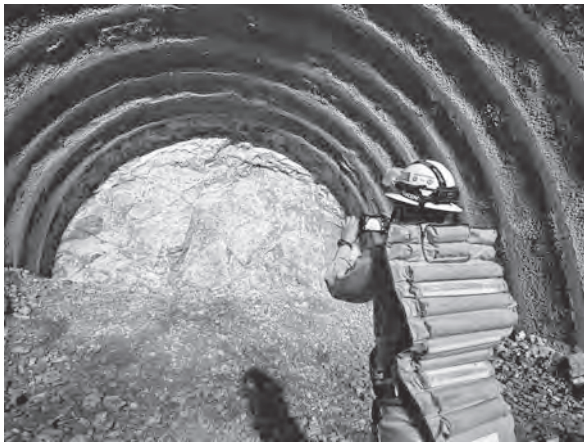
②監督検査関係

デジタルデータ・ドローン・AI技術等を活用し、遠隔・自動で監督検査を実施する。また、画像解析技術やAIを活用したコンクリート品質管理や配筋検査等について原則化を目指す。さらに、赤外線や電磁波など透視技術を活用した構造物の品質管理の精度向上を図る。

現在、北海道新幹線、渡島トンネル（上二股工区）新設工事において、携帯不感地帯の対策として通信衛星を活用し、トンネル通信エリアを構築している（写真—1）。

③BIM/CIM関係

BIM/CIMデータを設計・施工・維持管理まで一気



写真—1 通信衛星を活用したトンネル通信エリアの構築



図—3 AR/VR技術を活用した設計照査

通貫で一元的に管理し、駅構内の動線・混雑度シミュレーション等を踏まえた設備の適正配置、計画などに活用する。また、ホログラム等を活用し、完成形を施工現場で投影し、見える化・最適化を図る。

現在、北海道新幹線渡島トンネル（上二股工区）の横取基地新設工事において、計画段階でAR/VR技術を導入し、設計照査等に活用している（図—3）。

以上の①～③は、仕組みの構築に関するものであり、そのロードマップを図—4に示す。

(b) 鉄道建設のDX化

①ICT施工（土工）関係

鉄道建設における土構造物は、載荷重の大きい鉄道車両が高速かつ大量に走行する必要があることから、道路や河川等の土構造物に比べて品質や出来形管理基準が厳しく設定されている。それ故、国土交通省の基準をそのままでは適用できないことから、ICT土工の基準類や出来形管理方法を整備した上で、ICT土工の原則化を目指す。また、土工全体のデータ管理・分析を行い、効率化を図ることにより、最終的に工事全体を自動化して生産性向上を図る。

現在、北海道新幹線倶知安保守基地新設工事において、ICT土工の品質、出来形基準の制定に向け、鉄



写真—2 倶知安保守基地におけるICT土工の試験

	R6	R7	R8	R9	5年後	10年後	最終目標
新技術の現場活用	「新技術活用則義務化」の検討	「新技術活用原則義務化」の制度化検討		「新技術の活用義務化」の導入			現場で技術開発する環境の構築
監督・検査	遠隔臨場の改善AI等を活用し監督検査等の試行データの一元管理システムの開発	左記取組の適用拡大一元管理システムの構築		左記取組の原則化一元管理システムにデータ蓄積・技術開発等に活用		左記システムで地域鉄道を支援	地域鉄道の全自動化や省力化に対する技術協力・新交通と連携
BIM/CIM	BIM/CIMデータ蓄積・一元管理システムの検討	BIM/CIMを活用した施工監理・性能評価の技術開発一元管理システムの構築		北海道新幹線駅工事で案内や設備設計の配置検討や施工監理の実施・マニュアル化BIM/CIMをAR・ゴーグル等で現実世界に重ねる技術開発		BIM/CIMをホログラム等で投影する技術の試行	ホログラムやAで完成形見える化

図—4 ロードマップ（仕組みの構築）

道総研と共同で試験等を行っている（写真—2）。品質試験では従来の品質規定方式における密度管理から密度の代替となる沈下量指標を定め、転圧回数で品質を管理する工法規定方式への移行を検討している。また、ICT 施工 Stage II については、国土交通省の技術動向を調査し、機構への適用について検討を行っている。

② ICT 施工（橋梁工事）関係

ICT 橋梁については、施工方法や課題の検討を行った上でマニュアルを作成し、ICT を活用した施工の原則化を目指す。また、大型のプレキャストコンクリートの活用を促進し、生産性向上を図るとともに、鉄道建設における ICT 橋梁の基準類（基礎工事、コンクリート工事、PC 緊張管理、出来形管理、架設機材等の安全管理など）の整備を進め、ICT 建機を用いた橋梁工事の無人化施工の実現を目指す。

現在は機構工事におけるプレキャスト工法の活用事例や「i-Construction 2.0」に記載があり、国土交通省において適用事例のある VFM（Value for Money）を参考にそれらの機構工事への適用拡大について検討している（写真—3）。

③ ICT 施工（トンネル）関係

画像解析や AI 技術を活用した切羽評価やトンネル機械の ICT 化を推進し、トンネル工事全体の効率化を図る。また、切羽災害を防止するため、削孔、装薬、発破、支保工建込や吹付作業などの切羽作業を自動化、省人化し、最終的にはトンネル工事全体の無人化を目指す。

現在、トンネルに関する新技術の調査を行い、今後の ICT 施工に向けた現状の把握と課題の整理を進めている（写真—4）。現時点では受注者による技術提案や施工承諾による新技術の現場採用が主となっている



写真—3 プレキャストによる橋梁工事

るが、トンネル工事の無人化施工に向け、遠隔操作や自動施工技術を現場でさらに適用していくため、国土交通省が実施している「新技術活用原則義務化」や ECI 制度を用いて技術開発を促進する制度の適用について検討している。

④ ICT 施工（建築・軌道・電気工事）関係

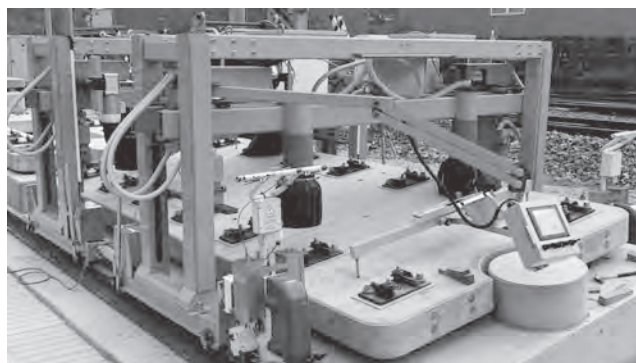
設備工事に ICT 建機や BIM/CIM, 3D データ等を活用し、建築・軌道・電気・機械工事の省力化・遠隔化・自動化を目指す。現在、軌道工事では、デジタル 3 点ゲージの機能を拡張する開発を進めており、「次世代型スラブ敷設ゲージ」の試作を行っている（写真—5）。また、建築・電気・機械工事における「自動化・遠隔化」に関する ICT 化については、民間企業における取り組み状況の情報収集を行い、省力化・遠隔化・自動化施工等の適用に向けた課題の整理を行っている。

⑤安全管理関係

工事現場内や周辺の各種データをセンサーや AI で解析し、工事現場の安全管理の最適化を図る。また、ICT, VR をはじめとした DX 技術を活用して高齢の作業員や外国人労働者に対する安全教育・研修に活用し、安全配慮のさらなる取り組みを深度化する。



写真—4 北海道新幹線におけるトンネル工事調査



写真—5 次世代型スラブ敷設ゲージの試験

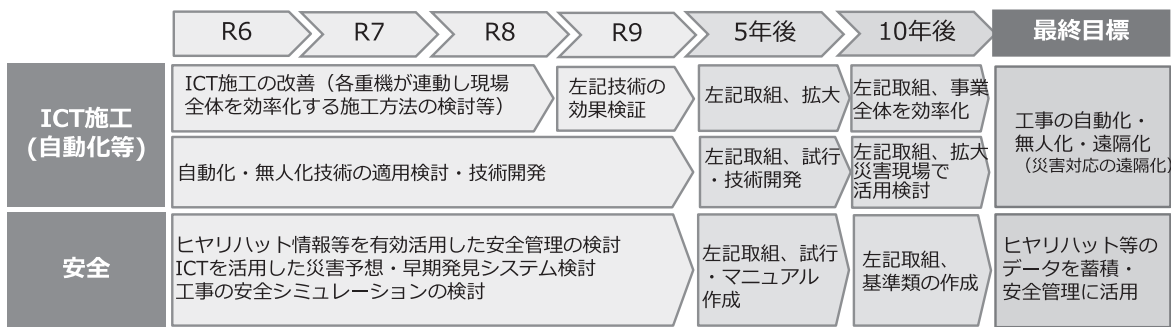


図-5 ロードマップ (鉄道建設のDX化)

以上の①~⑤は、鉄道建設のDX化に関するものであり、そのロードマップを図-5に示す。

(c) 鉄道建設のGX化

①鋼材のGX関係

電炉鋼材など低炭素鋼材について調査を行い、建設現場での適用拡大を検討し、CO₂排出量の抑制を目指す。

現在、電炉鋼材についての使用実績から鉄筋と形鋼については原則として適用可能と考え、適用ルールの方策について検討している。また、水素還元鋼については、まだ世界的にも技術が確立されておらず、多くの技術課題があるため、開発状況を注視している段階である。



写真-6 高炉スラグセメント活用した橋梁 (北陸新幹線・日野川橋梁)

②コンクリートのGX関係

CO₂排出量が少ない高炉スラグセメントの適用拡大や、さらなる低炭素コンクリートの適用検討や技術開発を行い、さらなるCO₂排出量の抑制を目指す。

現在、高炉スラグセメントは地中構造物を中心に適用されているが、柱や梁といった気中構造物への適用を拡大するため、ルールの改定を検討している (写真-6)。さらに、低炭素コンクリート、CO₂を吸収するコンクリートは、現場試行を行い、導入の方針を検討する。

③省エネ・スリム化関係

低燃費のGX建設機械の試行を進め、適用拡大の効果を精査し、基準類の整備を図りながら、CO₂排出量の抑制を目指す。また、新材料活用の観点から設計基準の改定を行い、鉄道構造物のスリム化・長寿命化を進めることで資材量や産業廃棄物の削減を目指す。

現在、トンネル工事における換気設備の省エネシステムについて調査を行い、現状の把握と今後の導入に向けた課題の整理を進めている。併せて燃費基準を満たす建設機械やGX建設機械等の適用についても調査を行い、今後の導入に向けた課題の整理を進めている。構造物のスリム化については、高強度資材の適用と、上昇する価格面、強度等の技術課題を調査し、CO₂削減に資するか検討している。

以上の①~③は、鉄道建設のGX化に関するものであり、そのロードマップを図-6に示す。

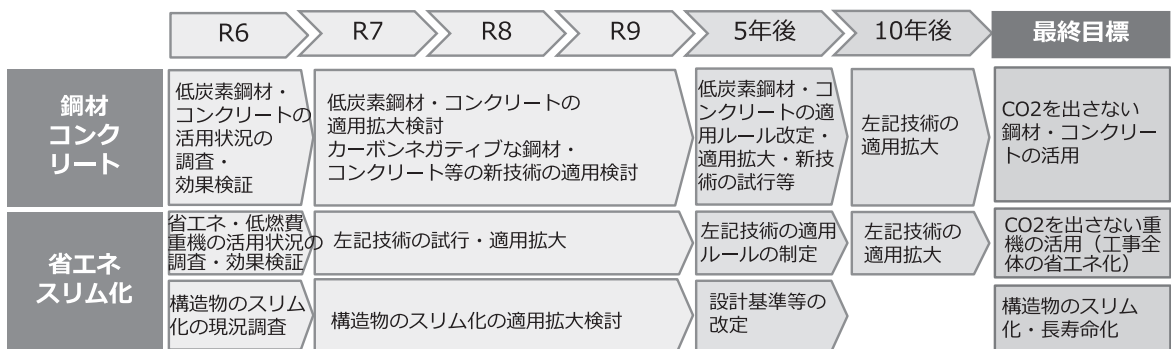


図-6 ロードマップ (鉄道建設のGX化)

6. おわりに

新たな取り組みとして、広くステークホルダーの皆様へ建設DXビジョンロードマップを知っていただくため、令和6年11月開催の建設技術展に鉄道・運輸機構として初めて出展した（写真一7）。

わが国における建設DXの推進は喫緊の課題であり、鉄道建設を担う鉄道・運輸機構もその重要な役割を果たす責任がある。これまで以上に多くの関係者の皆様と意見交換を行いながら、計画の整合性を図り、ロードマップの実行性を高めていきたいと考えている。

今後とも「明日を担う交通ネットワークづくりに貢献」することを基本理念とし、持続可能な社会の実現に向けて、建設DXを活用した“シンカ”を目標とし

て、鉄道・運輸機構職員一丸となって取り組みのテンポアップを図っていくので、引き続き皆様のご理解、ご協力をお願いする次第である。

JICMA

《参考文献》

- 1) 鉄道・運輸機構 HP
https://www.jrtt.go.jp/corporate/public_relations/pdf/jrtt-innovation-plan-press.pdf (2025.1.15)
- 2) 鉄道・運輸機構 HP
https://www.jrtt.go.jp/construction/kensetsudxbijon-roadmap-zentai_R6.4-3.pdf (2025.1.15)

【筆者紹介】



霜田 和彦（しもだ かずひこ）
 (独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構 本社
 建設企画部 技術企画・安全推進課
 課長補佐



福井 義弘（ふくい よしひろ）
 (独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構 本社
 建設企画部
 担当部長（博士（工学））



齊藤 道真（さいとう どうしん）
 (独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構 本社
 建設企画部 技術企画・安全推進課
 総括課長補佐



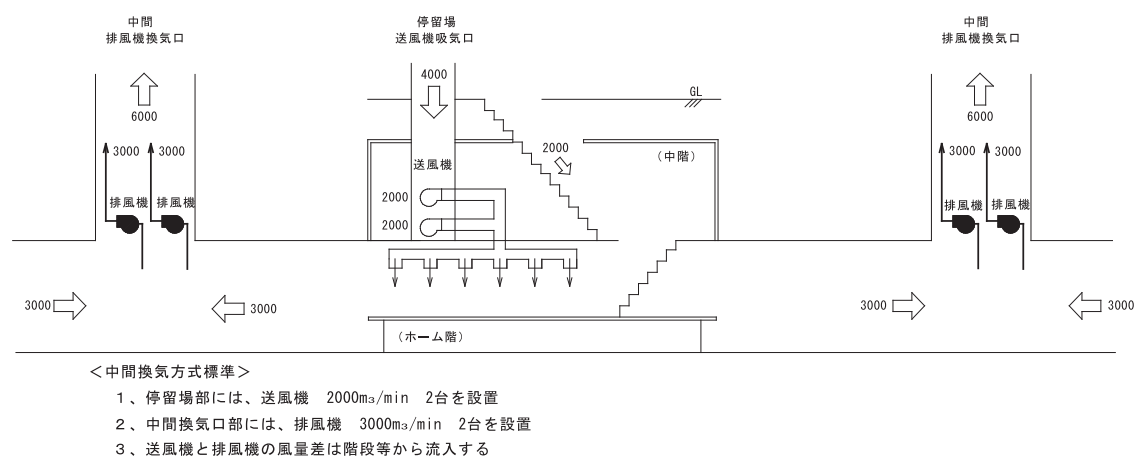
写真一7 建設技術展の様子（令和6年11月13日、14日）

換気設備遠隔監視システム導入による CBM 化

大川 北斗

Osaka Metro では駅構内やトンネル内の空気環境維持を目的として、地上の新鮮な空気を送り込む吸気用送風機を駅構内に、トンネル内には空気を排出する排風機を多数設置している（図—1）。将来、労働人口が減少する社会情勢にあっても従来の水準で維持管理を目指すことを目的として、産業用 IoT 向け小型無線センサー Sushi Sensor（以下、本センサー）を地下鉄全線に導入した。本稿では本センサー導入による CBM 化に向けての保守について紹介する。

キーワード：CBM, 換気機, 遠隔監視, Sushi Sensor, Osaka Metro, IoT 技術, 無線



図—1 Osaka Metro の換気方式

1. 導入の経緯

Osaka Metro では、過去 10 年間に換気機（写真—1）の本体交換、モーター損傷、シャフト交換など設備停止に伴う重大故障がそれぞれ 10 件以上発生している。故障・状態監視は遠隔で行っているが保護リレー（温度、電圧等）による故障発報であるため、重大故障後に発見されるケースが多い。重大故障後の対処では損害が大きいため、異常の早期発見による損害軽減や未然防止が課題であった。

また、保守人員の減少による人手不足や社員の年齢格差拡大による技術継承についても課題であり、今後、TBM による点検体制では予防保全することが困難になると想定されている。

これらの問題点を本センサーなら同時に解決できると考え、2021 年度から試験導入を行い、主に設置方法や、通信状態について検証を行った。設置は無線技



写真—1 換気機の設置状況

術で通信を行うため大掛かりな配線工事が不要であり、本センサーの設置についても磁石を使用しているため取り付けが容易であった。また、通信状態はモーターによるノイズの影響を受けず、壁や障害物があっても通信は良好であり、受信されたデータは欠落が無くデータ分析も行えること、比較的安価で取り付けができることも分かり、本格的に導入を行うこととした。

2. 換気設備遠隔監視システムの概要

換気設備遠隔監視システムとは、本センサーで測定したデータをゲートウェイ装置で受信し、そのデータをサーバー内部へ蓄積することで、換気機の状態を遠隔監視するシステムである。

本センサーは、振動と温度センサーを内蔵した電池駆動のセンサーである。各換気機のモーター及び軸受に設置することで換気機の状態を常時測定している。測定機能としては振動（X・Y・Z軸及び3軸合成の速度、加速度）と表面温度の2点であり、1時間に1回サーバーに対しモーター及び各軸受の状態を送信することで状態監視を行っている（図-2、3）。



図-2 本センサー外形図

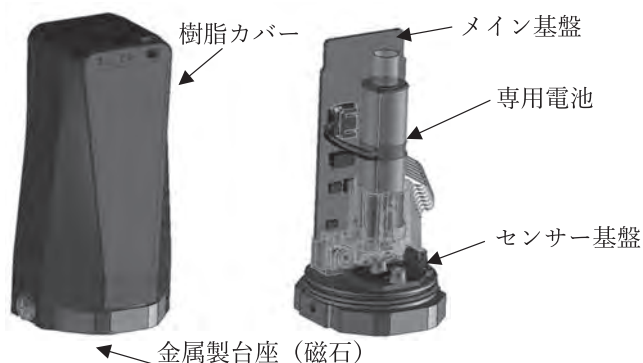


図-3 本センサー構造図



写真-2 ゲートウェイ装置

ゲートウェイ装置は、本センサーからのデータを無線で受信しサーバー側へ有線接続でデータを中継している。無線通信の範囲はゲートウェイ本体から半径1 km であり、コンクリート壁面があっても通信が可能な装置である（写真-2）。

送信されたデータは自動的にサーバー内部へ蓄積されており、得られたデータをもとに様々な監視方法による予兆検知ができるシステムとなっている。

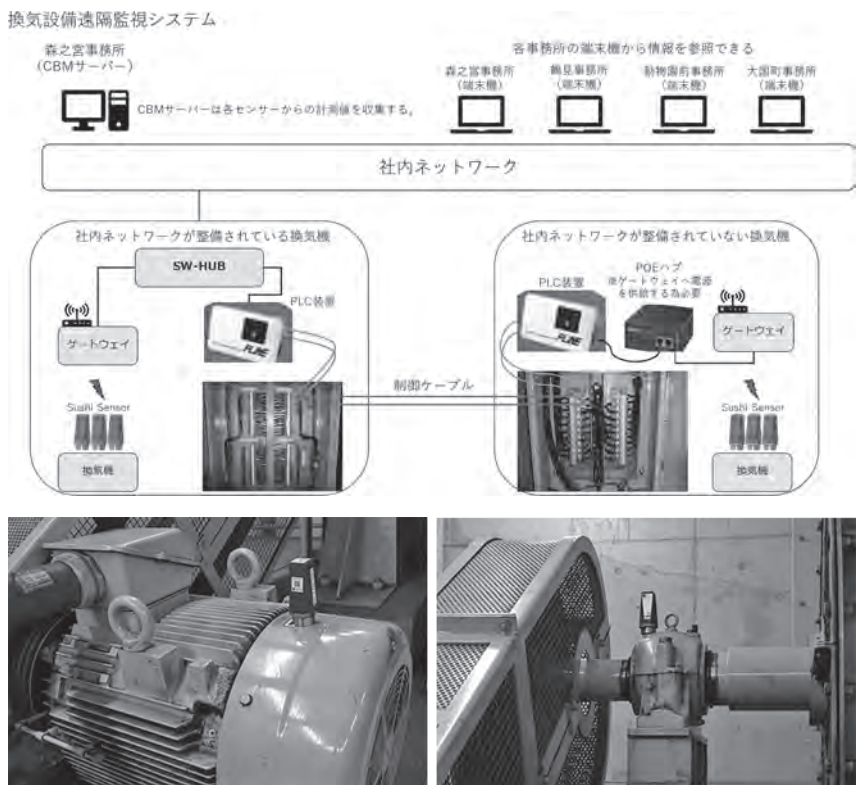
3. 各装置の設置状況

地下鉄という特別な環境の中でも、換気機へ問題無く設置することができた。また、無線の電波状況が芳しくない場所もあったが、ゲートウェイ装置の増設やゲートウェイ装置を換気機付近に設置することで解決できた。

通信についてはゲートウェイ装置から社内ネットワーク間にLANケーブルで有線接続を用いた。社内ネットワークが整備されていない場所もあり、通信が不可能な場所もあったが、機器室内にある制御用ケーブルの予備芯線に市販のPLC装置を使用することで解決を図った（図-4）。

4. 運用方法

各保守区にノートパソコンを配置し、サーバー内のデータを随時確認できる構成とした。データの蓄積ができるため、AIによるデータ分析とリアルタイムの監視が行えるAI監視を検討したが、蓄積しているデータが十分で無いため、当面の間は閾値による監視を行うこととした。閾値監視は振動（X・Y・Z軸及び3軸合成の速度、加速度）のみ設定し、設定した閾値を



図一 換気設備遠隔監視システム全体構成図



図一 監視画面

超えた異常なデータが受信された場合、サーバー内で通知や警告を表示し保守社員へ異常を知らせることでCBM化を目指している (図一5)。

5. 点検体制について

これまで3カ月に1度、巡視点検を行っており、モー

ターや軸受けなど異常にまで至らないが、経過観察が必要と判断された設備は1カ月に1度の特別点検を行うことで、予防保全を行ってきた。しかし、保守人員の減少及び年齢格差拡大を想定した場合、定期的な点検では予防保全することが困難な見通しであったが、今回よりシステム上で異常監視が可能となったため、従来の点検体制を大きく変えることができた。本セン

サー導入により 2025 年度から、巡視点検の点検周期は 1 年に 1 度、特別点検は点検周期での管理ではなく「閾値を超えたデータを受信した場合に実施」と見直す予定であり、今後も新しい監視方法を取り入れることでさらに点検体制を改善する見込みである。

6. 今後の活用について

換気設備遠隔監視システム導入により、データに基づいた客観的かつ合理的な設備管理を実現したが、蓄積されたデータの活用によりさらなる業務改善が期待できる。

現在は閾値監視で管理をしているが、今後は蓄積されていくデータを活用し、データの変化率や傾きから予測し異常傾向を監視する傾向監視や、AI が常にデータをリアルタイムで監視する AI 監視なども検討している。最終的には得られたデータから異常をシステム上で判断し、誰でも点検や異常時の対応が画一的に行えることを目標としている。

本センサーの導入により換気設備においては時間基準保全 (TBM) から状態基準保全 (CBM) へ移りつつあるが、巡視点検を削減することで完全な CBM 化、さらに劣化損傷及び故障の評価するリスク基準保全 (RBM) の実現を目標にして今後も業務改善に取り組んでいきたい。

7. おわりに

異常をシステム上で検知し、それにより点検を実施することで、TBM による定期的な点検から効率的な点検作業を実現した。

今後も IoT 技術などの新技術を活用することで、労働人口が減少する社会情勢においても高水準な設備保全を目指していく。具体的には換気設備へ Sushi Sensor の導入をきっかけとして、電力設備や変電設備等、他設備にも新技術を導入し CBM 化を推進する見通しである。

換気設備への Sushi Sensor の導入にあたり、横河ソリューションサービスに、多大なご協力をいただき感謝する。

JCMA

【筆者紹介】

大川 北斗 (おおかわ ほとと)
大阪市高速電気軌道(株)
交通事業本部 電気部
電気管理事務所



革新的 IoT 無線が建設現場やインフラ保全を変える UNISONet の仕組みと活用事例

大谷直也

日本は業界を問わず人口減少に伴う労働力不足に直面している。現場作業やインフラ保全においては作業の効率化や属人的な手法からの脱却が急務であり、その手段として IoT システムの活用が注目されている。IoT 無線の一種である UNISONet は高い省電力性による電池駆動や、マルチホップ技術による広範囲通信といった特徴により、建設現場やインフラ保全において効率的なデータ収集や監視への活用が期待される。本稿では、本 IoT 無線の仕組みや活用事例を詳述する。

キーワード：加速度計、傾斜計、無線式、構造ヘルスマモニタリング、インフラ保全、地盤調査、遠隔監視、IoT

1. はじめに

日本国内では人口減少が進行し、あらゆる業界で人手不足が深刻化している。さらに、作業者の高齢化も問題をより深刻化させている。また、インフラの保全においては、例えば、国内の多くの橋が同時に耐用年数を迎えるという状況にある。これらのことから、建設現場やインフラ保全において、従来行われてきた人手のかかる作業や属人的な手法から脱却しなければ、これらの活動を継続することは困難と考えられる。

一方で、建設業の労働生産性は、製造業と比較して、約半分に留まっている¹⁾。効率的で効果的な管理を実現する技術を活用して、属人的な手法から脱却することで生産性を向上させることが喫緊の課題となっている。限られた人材と資源の中で、建設業界の将来を支え、持続可能なインフラ管理を実現していく必要がある。

2. UNISONet (ユニゾネット) とは

(1) UNISONet (以下、本 IoT 無線) の仕組み

IoT 無線の一種である本 IoT 無線は実現場での使用に耐えうる様々な特徴により、建設現場やインフラ保全において効率的なデータ収集や監視への活用が期待される。

本 IoT 無線は、革新的なデータ転送技術である「同時送信フラッディング」を世界で始めて産業実装した省電力マルチホップ無線である。マルチホップ無線とは、パケットリレー方式によりデータを広範囲に伝達する通信技術であり、従来主流であったスター型ネット

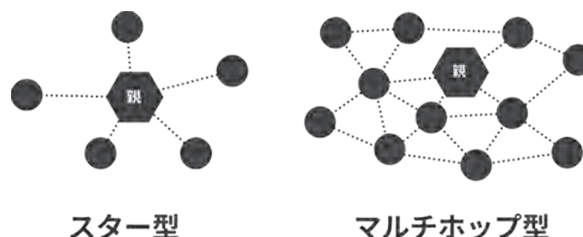


図-1 ネットワーク構造

ワークにおいて存在した「通信速度」と「通信範囲」のトレードオフを解決することが可能である(図-1)。

(2) 本 IoT 無線の強み

本 IoT 無線は同時送信フラッディングにより、従来 IoT 無線では同時に実現することが難しかった7つの特長を同時に実現している。

(a) 環境変化に対するロバスト性

本 IoT 無線はその時々利用可能なすべてのリンクを活用し通信を行うことで、電波環境の変動や機器の移動にも即座に対応する。

(b) バッテリー駆動を実現する優れた省電力性能

時刻同期に基づいた精緻な電力制御により、バッテリーでの長期間の動作を実現する。

(c) センサデータを転送可能なスピード

転送効率が高く、最大 24 kbps のスループットを達成しており、大容量データの送信にも対応可能である。

(d) 子機への指示を可能とする双方向通信

本 IoT 無線は双方向通信において低遅延を実現し、特に省電力 IoT 無線が苦手とする下り通信も 1 秒以下の遅延で処理できるため、親機からのパラメータ設

定やインタラクティブなアプリケーションの利用が可能となる。

(e) 再送制御によるデータロスの防止

下り通信における再送制御をプロトコルに標準搭載しているため、データロスを許容しないアプリケーションにも適している。

(f) ネットワーク機器間での時刻同期

各機器は親機の時刻にマイクロ秒レベルで同期して動作し、センサ機器間の同期計測を可能にする。

(g) 大規模なシステムを実現する多数収容性能

本IoT無線は1ネットワークに200台以上の機器を接続可能であり、広範囲で大規模なシステム構築を実現することができる。

これらの特徴により、従来のIoT無線通信技術が抱えていた課題を解決し、より効率的で安定した通信環境を提供する。本IoT無線の周波数帯ごとの仕様を表—1に示す。

(3) 建設現場やインフラ保全における本IoT無線の活用

建設現場やインフラ保全における本IoT無線の活用は、その特徴的な通信技術により、現場の効率化と安全性向上に大きく貢献すると期待される。まず、建設現場においては、本IoT無線が持つ電波環境の変動に対する強い耐性が重要である。建設現場は、建機、建材、仮設構造物などの障害物が多く、工事の進捗により周囲の状況は日々変化するが、本IoT無線はその変動に柔軟に対応し、安定した通信を維持する。この特徴により、ネットワーク接続が途絶えることなく、現場での安定したデータ収集や監視が可能となる。また、本IoT無線は複雑な無線設定を必要とせず、設置が非常に簡単であるため、現場スタッフは高度な専門知識を持たなくてもネットワーク構築が可能となり、作業負担を軽減する。さらに、本IoT無線の省電力性により子機は電池駆動であるため、現場での設置が容易である。特に、土木現場など電源の確保が難しい場所でも簡単に使用できる。

表—1 本IoT無線のスペック

項目	Classic	Leap
周波数帯	2.4 GHz	920 MHz
通信距離 (見通し)	500 m@1hop 5 km@10hop	2 km@1hop 20 km@10hop
実行 スループット	24 kbps@4hop 12 kbps@10hop	8 kbps@4hop 4 kbps@hop
時刻同期精度	10 μs	30 μs

インフラや構造物の監視が求められる保全業務においても、本IoT無線の省電力性は特に重要であり、長期間の運用が求められる監視業務において、電源の準備やバッテリー交換などの負担を大幅に削減する。また、マルチホップ型ネットワークにより広域にわたる監視を効果的に運用でき、施設全体の安全性を保ちながら、メンテナンスコストの削減に貢献することが期待される。

本IoT無線は災害時にも迅速に対応できると考えられる。災害発生時には、通信インフラが破壊されることが多いため、即座に設置できる通信手段が必要となる。本IoT無線はその柔軟な設置性により、災害現場においても短時間で通信網を構築し、迅速なデータ取得や状況把握が可能となり、災害対応を支援する。加えて、本IoT無線は高精度な時刻同期機能を備えており、複数の機器間での同期計測を実現する。これにより、構造ヘルスマonitoringや地盤調査において、時刻同期の取れたデータ収集を正確に行い、インフラの安全性や健全性を高精度で把握することに貢献する。

これらの特長により、本IoT無線は建設現場からインフラ保全まで、多岐にわたる分野での効率化、省力化、安全性向上に寄与する通信技術として、今後重要な役割を果たすと考えられる。

3. システムの概要

本IoT無線を搭載した計測システム(図—2)は、複数の通信技術を組み合わせ、広範囲での計測と遠隔監視を実現する。本システムでは、センサユニット(例として表—2, 3に仕様を示す)や中継機といった子機が本IoT無線を通じて親機(ゲートウェイ)と接続され、親機はLTEを介してクラウドと繋がる。子機はほとんどのものが電池式であり、外部電源の供給を必要とせず、設置が容易である。センサユニットは中継機能も有しており、データ通信の中継も行うた



図—2 本IoT無線を用いた計測システム概要図

表—2 傾斜センサユニットの仕様

項目	仕様
計測軸	2軸
分解能	0.001°
計測範囲	±30°
計測周期	10秒～1時間

表—3 加速度センサユニットの仕様

項目	高精度振動計測 ユニット	省電力振動計測 ユニット
搭載センサ	M-A352	ADXL355
分解能	0.06 μG	3.9 μG
計測周波数	1,000 Hz max.	1,000 Hz max.
ノイズレベル	0.2 $\mu\text{g}/\sqrt{\text{H}}$	25 $\mu\text{g}/\sqrt{\text{H}}$
計測レンジ	±15 G	±8 G

め、センサユニットの数が多いほどより堅牢かつ柔軟なネットワークとなる。さらに、子機は、本IoT無線のマルチホップ通信により、最大20kmの計測範囲をカバーでき、従来無線では難しかった広大なフィールド、トンネル内、地下、山岳地帯といった特殊な環境下でも高い通信性能を発揮し、安定したデータ伝送と遠隔監視を可能にする。

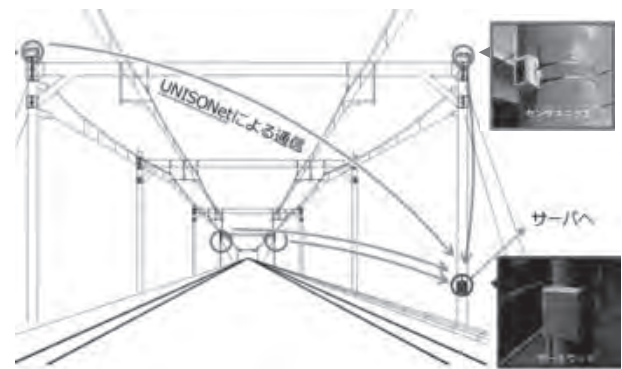
4. 適用事例

本IoT無線を用いた計測システムの適用事例を以下に示す。鉄道の建設現場の事例に加え、今後、鉄道の建設現場へ応用が可能と思われる事例も記載する。

(1) 鉄道架線張替工事における鉄道電化柱の傾き監視²⁾

本事例の鉄道事業者様では、鉄道架線の張替工事において、工事の信頼性を確保するため、電化柱の傾斜を監視するシステムを導入していた。しかしながら、従来のシステムは機器、とりわけ電源装置が大型かつ重量があったため、終電から始発までの限られた作業時間内における運搬や設置に多大な時間と労力を要していた。このような状況において、現場作業員の負担を軽減し、人員および労力の削減を実現することが喫緊の課題となっていた。

本IoT無線を搭載したシステムを選定した理由は、従来の課題であった機器の重量削減および作業員の労力軽減が可能となることが評価された。本IoT無線は省電力で高信頼性の無線通信規格を備えており、無線ネットワークの接続を維持しつつ、各デバイスの無



図—3 電化柱の傾き監視システム

線部以外を間欠的に動作させることが可能である。この特性により、従来の傾斜監視システムで課題となっていた電源装置の大幅な小型化が実現可能であることを実証した結果、実用化に至った。

新システム（図—3）の導入により、機器構成は従来の5構成部品から2構成部品へと簡素化され、総重量は約90%の軽量化を達成した。これに伴い、作業員の労力（作業人数×時間）も約90%削減され、作業効率の向上とコスト削減の実現に寄与した。また、本システムには高精度センサが搭載されており、計測精度の向上が図られたほか、省電力設計により乾電池による長期間駆動が可能となった。これにより、工事の前後数か月にわたって常時監視を継続できるようになり、鉄道のDX推進に大きく貢献した。

(2) 湖内にある鉄道橋脚修繕工事において隣接した運行に使用されている橋脚の変位計測・安全監視³⁾

本事例の鉄道事業者様では、橋脚の変位計測において、従来型の傾斜計を使用していた。しかし、計測対象である橋脚は湖内に位置していたため、現場での設置や電源の準備が大きな負担となっていた。具体的には、傾斜計を設置する各橋脚ごとに電源を供給する必要があり、橋脚上での電源確保が求められていた。また、その他の傾斜計では、傾斜計本体と無線送信機を橋脚上に設置し、さらに電源を確保できる受信器を設置する必要があった。このように、湖内という地理的条件により、これらの機器の配線作業は非常に困難であり、工事および維持にかかるコストが大きな負担となっていた。

本事例で使用された傾斜監視システムに搭載された本IoT無線はメッシュ型の無線であり、長距離かつ広範囲での通信を実現し、従来の課題であった電源確保や配線作業を解消する点が評価された。本IoT無線は、子機の中継機能を利用することで最大20km

の通信範囲を実現する。また、省電力設計により、子機の傾斜計は電池駆動で長期間動作可能である。この特徴により、電源が必要な親機を現場から離れた事務所に設置できる一方、子機の傾斜計は現場での電源準備が不要であるため、設置作業が大幅に簡略化された。これにより、電源工事の不要化と配線作業の削減を通じて、導入コストの大幅な削減が可能となった。

また、本IoT無線はユニット間の全リンクを活用しシームレスな通信ネットワークを自動的に構築・維持する。このため、機器を設置しスイッチを入れるだけで、24時間体制の自動遠隔管理が開始される。本現場では、無線に特別な知識を有さない作業者が設置作業を実施したが、容易かつ確実にネットワークの構築と監視の運用を行うことが可能となり、低コストで橋脚の遠隔監視や安全管理を実現した(図-4)。

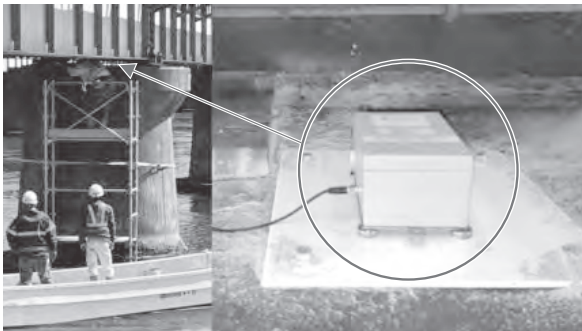


図-4 傾斜センサユニットの設置状況

(3) 加速度データとトリガ収集を用いた鋼橋のたわみモニタリング⁴⁾

本事例では本IoT無線を搭載した振動計測システムを用いた鋼橋を対象とし、橋梁維持管理における重要な指標の一つとされているたわみのモニタリング事例を報告する。

対象橋梁は全長88m、支間長28.7mの単純鋼鉄桁橋で、支間に均等間隔で5点、橋脚に1点のセンサユニットを設置した(図-5、写真-1)。センサユニットは内蔵電池で駆動し、無線メッシュネットワークを通じてゲートウェイユニットと接続する。このネットワークは、見通しの悪い端末間でも通信を成立させ、広範囲の効率的なデータ通信を実現している。

センサユニットは、時刻同期を維持しつつ常時データを記録し、大型車両通過時などたわみが顕著になる期間をトリガ検知で識別する仕組みを採用している。加速度のRMS値を監視し、設定した閾値を超えた場合にゲートウェイユニットに通知する。ゲートウェイユニットは、トリガ期間の前後を含むデータ収集を全センサユニットに指示し、必要なデータのみを収集する

ことで通信時間を最小化し、省電力化を達成している。

収集データの解析では、鉛直方向の加速度データと橋梁各点での傾斜角を用い、カルマンフィルタを利用し加速度からたわみを算出した(図-6)。これは、加速度の二階積分から求める場合に補正が必要な積分誤差を考慮せずにたわみを求めることが可能であり、大型車両通過時のデータを1日に数回効率的に収集し、コストを抑えたモニタリング手法としての有用性が示された。

現在はゲートウェイユニットに商用電源を必要とし

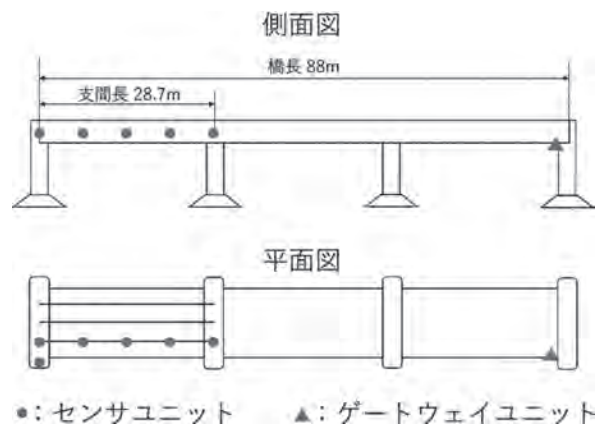


図-5 橋梁の概要と端末の設置位置



写真-1 センサユニットの橋桁への設置

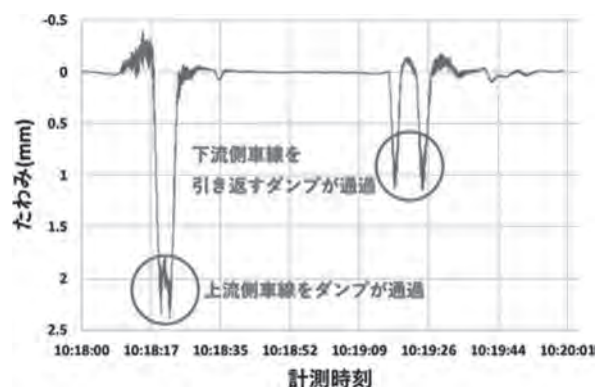


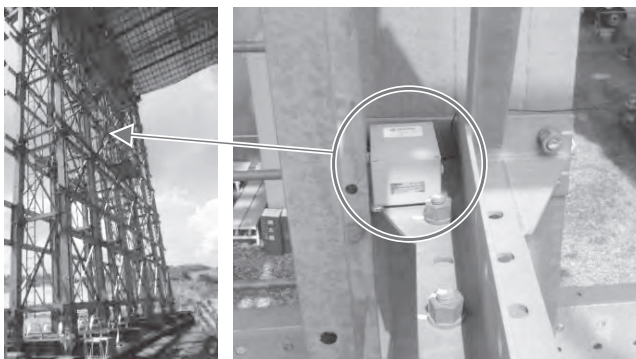
図-6 加速度から算出したたわみの波形

ているが、電池駆動化の技術を開発中であり、全端末をバッテリー駆動にすることで設置場所の柔軟性が向上する見込みである。これにより、より多くの橋梁での適用が期待される。本システムは省電力かつ高精度なモニタリングを実現し、国内の橋梁維持管理における重要な手法として期待される。

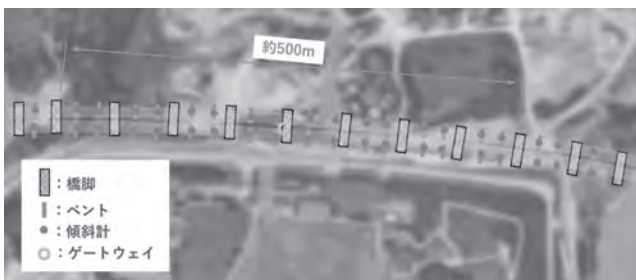
(4) 大規模な高架橋の架設現場におけるワイヤレスでのベントの安全管理⁵⁾

本事例の橋梁メーカー様では、ベントの安全管理において、従来は各傾斜計に電源や配線が必要なシステムを使用していた。このため、事前に電源を準備し、機器設置時に配線作業を行う必要があり、導入時の人的および金銭的コストが大きな負担となっていた。特に本事例の現場は非常に大規模であり、多くのベントを設置する計画があったため、この負担がさらに増大することが予想されていた。

本事例で使用した傾斜監視システムに搭載された本IoT無線は1つのネットワーク内に100台以上の傾斜計をペアリング可能である。さらに、高頻度での計測においても電池で長期間動作することができ、機器導入時の負担を大きく軽減することができる。また、当システムは、起動後、通信ルートを構築することなく自動的に各機器間の無線接続を実施し、遠隔からの計測・記録・監視を開始する。これにより、機器を設置してスイッチを入れるだけで運用が開始される。さら



図一七 傾斜センサユニット設置状況



図一八 機器の配置状況

に工事の進捗に応じて傾斜計の追加も容易で、無線に特化した知識を持たない作業員による設置や追加作業でも問題なく運用可能であり、容易かつ低コストでベントの安全管理および遠隔監視を実現した(図一7,8)。

(5) 山留変位の自動計測⁶⁾

本事例は、建築現場での事例であるが、橋梁下部工の工事における山留工事にて、特に鉄道施設が隣接する掘削工事にて近接施工となる場面で本事例が応用可能であると考えられるため記載する。

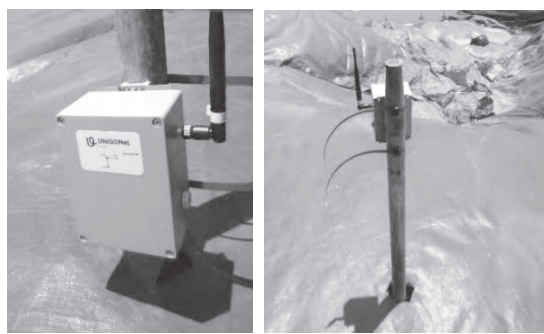
本事例のゼネコン様では、従来、山留芯材頂部にターゲット板を設置し、光波測量機(トータルステーション)を用いて当初位置との変位を求める方法や、トランシット(セオドライト)を用いた変位測定を実施していた。この手法はすべて人力に依存していたため、作業に多大な手間を要し、ヒューマンエラーが発生するリスクも伴っていた。さらに、測量機は不動点への設置が必要だが、現場では敷地状況や仮設物、資材置場の障害により、適切な設置箇所を確保することが困難であり、設置のやり直しが頻発していた。また、限られた職員での作業では、掘削進行中のタイムリーな計測が難しく、特に広範囲の工事現場では工区ごとに異なる計測頻度が必要となるため、作業効率が低下していた。加えて、現場と事務所の距離が離れている場合、計測データの収集や整理、報告に多くの時間を要していた。

本事例で使用した傾斜監視システムでは、電池式のワイヤレス傾斜計を山留芯材頂部に磁石で設置しスイッチを入れるだけで、計測が常時自動化されるため、ヒューマンエラーのリスクが排除される。また、計測データはリアルタイムでクラウドにアップロードされるため、インターネット接続が可能なパソコンやタブレットを使用すれば、現場に赴くことなく、過去および現在の計測値やその傾向をWebアプリで確認できる。さらに、Webアプリからデータをダウンロードして帳票作成が容易に行えるため、事務作業の負担も軽減される。

このシステムの導入により、山留の変位計測にかかる手間が大幅に削減され、効率的な作業が可能となった。また、管理値を超える異常が発生した場合には、本IoT無線とインターネットを利用したネットワークが構築されている現場事務所および各支店のパソコンにEメールで警報が送信され、迅速な対応が可能となる。この結果、現場の省力化および安全対策の効率化が実現した(図一9)。



図—9 傾斜センサユニットによる山留変位の自動計測



写真—2 傾斜センサユニットによる山留変位の自動計測

(6) 法面工事における斜面の変位計測・安全監視⁷⁾
 本事例は鉄道に関する現場ではないが、法面工事や斜面の安全管理は、鉄道の建設現場や保全において広く応用可能であるため記載する。

本事例のゼネコン様では、一般道に隣接する法面工事現場における安全管理および動態観測のため、斜面監視用機器の導入を検討していたが、現場への機器導入に伴うコスト負担が課題となっていた。多くの機器が電源を必要とする仕様である一方、当該現場には電源供給設備が存在せず、機器設置には電源準備が不可欠であり、それに伴う配線作業や電源設備の工事が大きな負担となっていた。

本IoT無線を搭載した傾斜監視システムは、省電力技術により電源問題を解決する一方で、遠隔操作を可能にしている。また、本IoT無線は低遅延の双方向通信を特徴とし、現場状況や天候に応じて計測周期や異常検知の閾値をクラウド経由で遠隔から速やかに変更することを可能としている。これらの特徴により、当システムを使用することとなった。

本現場では、工事現場と事務所の間に密生する雑木林が通信の障害となっていたが、現場側および事務所側に電池式の中継機を設置することで通信を確保した(図—10)。子機である傾斜計は上述の通り電池式のため現場で容易に設置することができた(写真—2)。

このように本IoT無線を活用した当システムの導

入により、現場管理の効率化と安全性向上に寄与し、自然斜面の遠隔監視・安全管理を低コストで実現した。

5. おわりに

UNISONetは、これまでのIoT化や無線通信技術が抱えていた課題を克服し、革新的な省電力マルチホップ無線技術として、建設現場やインフラ保全の現場へのさらなる活用が考えられる。また、人口減少や技術者不足といった日本が直面する構造的課題において、災害対応や工場での点検業務など、多岐にわたる分野での応用が期待され、業界のIoTやDXを牽引し、新しい価値を創出する原動力となり、次世代の建設現場やインフラ保全を支える存在となることを目指していきたい。

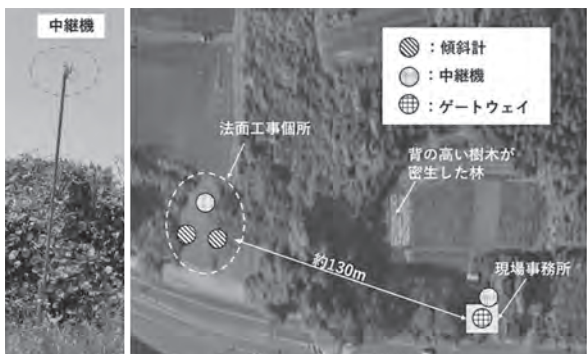
JICMA

《参考文献》

- 1) 内閣府, 2019年度国民経済計算書
https://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/data/data_list/kakuhou/files/2019/2019_kaku_top.html
- 2) ソナス, 導入事例 東日本旅客鉄道株
<https://www.sonas.co.jp/example/jreast>
- 3) ソナス, 導入事例 東海旅客鉄道株
<https://www.sonas.co.jp/example/central-japan-railway-company>
- 4) ソナス, アプリケーションノート, 鋼橋のたわみモニタリングを省電力に実現する, 加速度データのトリガ収集システム
<https://www.sonas.co.jp/x04/app-note/apn-x-0002/>
- 5) ソナス, 導入事例 榊横河ブリッジ
<https://www.sonas.co.jp/example/yokogawa-bridge-corp>
- 6) ソナス, 導入事例 榊熊谷組
https://www.sonas.co.jp/example/kumagai_gumi
- 7) ソナス, 導入事例 大手地場ゼネコン
<https://www.sonas.co.jp/example>

[筆者紹介]

大谷 直也 (おおたに なおや)
 ソナス(株)
 事業本部 ビジネスマネージャー



図—10 機器の配置状況

目視点検現場に忍者の目！効率・安全性の向上

てんかく忍者

上 田 雅 司

インフラ『点』検にDXで『革』新を起こす！「てんかく忍者」は、インフラ点検におけるDX（デジタルトランスフォーメーション）の推進を支援するため、汎用性の高い市販のビデオカメラの活用とGNSS+2周波RTKを利用して取得した位置情報との連携、画像AI処理で異常箇所の検出により、現場確認や目視点検の代替および効率化を目指している。さらに、クラウドのデータベースにより、社会インフラ維持管理の効率化と安全性向上を進めている。現場での検証結果により、点検作業の効率化と安全性の向上に寄与することが確認された。本稿ではシステムの概要および現場検証の結果について報告する。

キーワード：社会インフラ, 維持管理, 点検DX, 目視点検, 現場確認, 省人化, 画像AI

1. はじめに

土木構造物や社会インフラ設備の維持・管理において、インフラ設備の老朽化や少子高齢化などの影響により、効率化がますます重要となっている。

鉄道事業者は、月に1回の徒歩巡視や週に1回の列車巡視などのサイクルを土木、保線、電気などの各セクションがそれぞれ実施し、また道路事業者は、車による巡視を1日に数回行いつつ、降車および徒歩による点検を定期的実施している。膨大な人員を要し、夜間作業、事故リスク、熱中症や動物対策といった多くの課題を抱えている。

近年、効率的な手法として画像などによる検査や点検が認められつつある。しかし、長大かつ広大な土木構造物やインフラ設備の画像取得には多大な時間と大きな設備が必要であり、現状では一部の事業者に限られている。

この課題解決のため、市販のビデオカメラなどの動画撮影機器を活用することにより、導入や運用のコストを削減し、より多くの事業者に導入可能なコンパクトな仕組みの構築を目指した。ビデオカメラなどで長大かつ広大な構造物や設備などを動画撮影する課題の一つに、位置情報の連携が容易でないことが挙げられる。この解決策として音声に着目し、映像にGNSS+2周波RTKによる緯度経度情報と時刻などをアナログ音声で記録する手法を開発した。これにより、安価かつ容易に位置情報付きの画像が取得でき、画像による現場状況確認や机上での目視が期待できるシステム

の提供が可能となった。

さらに、めざましい進歩を続けている人工知能（AI）技術や画像解析技術を使った画像AI処理と組み合わせることで、異常の検出と場所の把握、GIS上での可視化などの効率化を行う検証も進めている。

技術の進歩により、土木構造物やインフラ設備の維持・管理がより効率的かつ安全に行えるようになることが期待される。汎用性のあるシステムの導入は、今後ますます重要となると考えている。

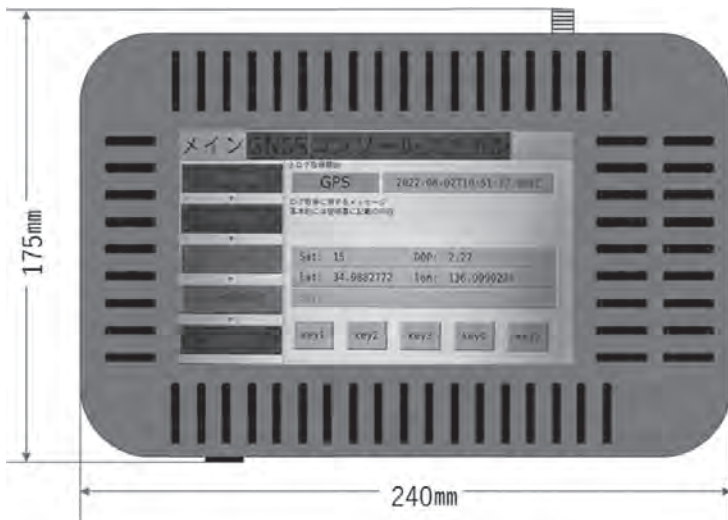
2. システムの概要

(1) GNSS-BeatBox[®]（位置情報音声発呼装置）（以下「本システム」という。）

GNSS（Global Navigation Satellite System）+2周波RTK受信機とオープンソースを用いて、GNSS信号を音声データに変換し、各種カメラに出力する装置である（特許7148910：記録制御装置、記録システム、およびプログラム）（図1）。

特徴：

- ①外部音声入力の仕組みを有する動画撮影機器に接続可能（ビデオカメラ、デジタルカメラ、アクションカメラ、スマートフォンなど）。
- ②音声分配で複数カメラの同期撮影が可能。
- ③タッチパネルによる操作と受信状況のモニタリングが可能。
- ④持ち運び可能なサイズ（W：240mm×D：175mm×H：60mm、重量：1,400g）。



- ・ 本体サイズ : W:240mm × D:175mm × H:60mm
- ・ 重量 : 1400g
- ・ モニター : 7インチタッチパネル EVICV
- ・ ケー ス : タカチ電機工業製PF24-6-16
- ・ GNSSセンサー : QZNEOまたはQZNEO R
- ・ S B C : Asus TinkerBoard S R2
- ・ C P U : Rockchip Quad-Core RK3288-CG.W processor
- ・ R A M : 2GB Dual Channel DDR3
- ・ O S : Debian
- ・ 内蔵バッテリー : USB PD20W 10000mA
- ・ 加速度センサー : 内蔵
- ・ 距離センサー : 内蔵
- ・ 外部端子 : USB2.0 × 1 (メモリ用)
- ・ 標準稼働時間 : 2H (外付電源により延長可)
- ・ 動作環境 : -10度~40度

図一 本システムの仕様

GNSS 信号を1秒ごとに受信し、音声データに変換して出力。音声変換処理中の受信から出力までのタイムラグは音声変換時に補正を行う。音声出力可能な情報は①シリアル No., ②緯度経度情報, ③世界標準時, ④タッチパネルキー操作, ⑤ (オプション) 各種センサー情報となる。

(2) GV-Sync® (動画→静止画変換ツール) (以下「本ツール」という。)

2. (1) で取得した動画データを位置情報付き静止画に変換するツールである (特許 7100863 : 動画処理装置, 動画処理方法, プログラム)。動画データから位置情報付きの静止画に変換する際の課題の一つは, 高速移動時の移動距離である。移動速度に応じて1秒間に進む距離が変化することに対応させること, もう一つはビルの谷間や山間部, トンネルなどで GNSS データが欠損する区間に対応させることである。

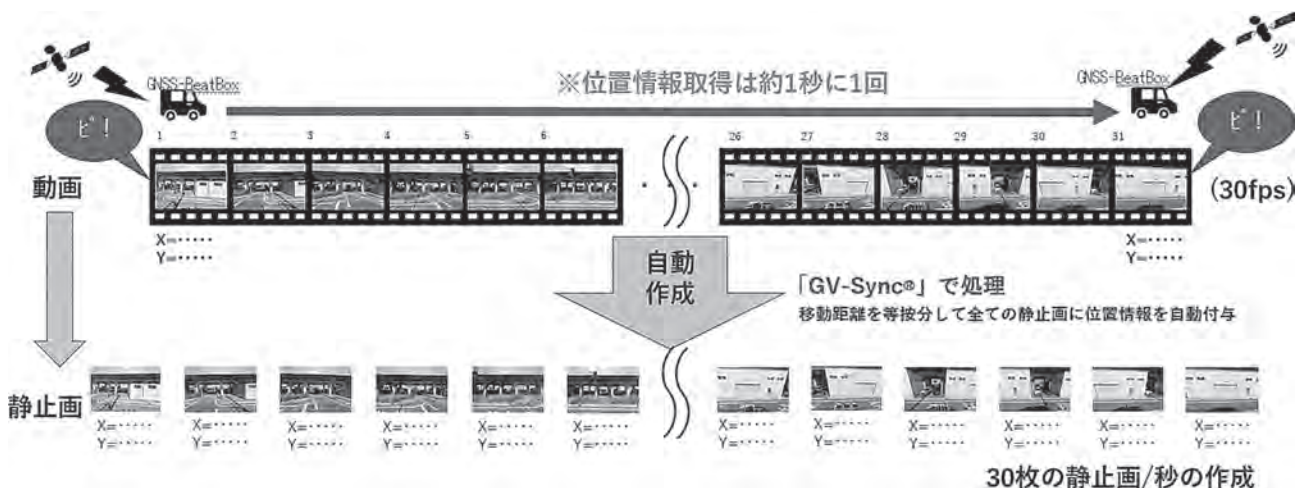
特徴 :

①高速移動時の移動距離を等分割した仮想点を計算し, 位置情報付き静止画を作成。
例 : 時速 100 km, 撮影フレーム 30 fps の場合, 1秒間の移動距離 $\approx 27.7 \text{ m} \div 30 \text{ フレーム} \approx 0.92 \text{ m}$ 毎に位置情報付き静止画を生成する (図一2)。

② GNSS データが欠損する区間を等速および直進移動と仮定する。欠損直前と再取得後の2点間の時間および撮影フレーム数から仮想点を生成し, 補正後に位置情報付き静止画を生成する。

(3) 4D-db® (時空間 Web データベース) (以下「本データベース」という。)

現場確認や点検の効率化を支援する目的で, 位置情報付き静止画の登録・閲覧をクラウドで提供するデータベースである (特許 7440855 : 動画処理装置, 動画処理方法, プログラム)。



図一2 本ツールの仕組み

特徴：

- ①地図表示画面の撮影履歴ポイントを指定して画像を表示（図—3）：特定の場所の画像や過去の画像を簡単に確認可能。
- ②鉄道や道路設備に対応したキロ程，キロポスト検索が可能：インフラの管理がより効率的に行える。
- ③画像 AI 処理により検出された損傷レベルのヒートマップ表示が可能：損傷の程度を視覚的に把握でき，迅速な対応が可能。
- ④360度静止画像と静止画マルチアングル（前，後，左，右，上，下6面の静止画表示）の2つの画像表示機能を備え，さまざまな方向から現場状況やインフラ構造物などの確認が可能（図—4）：あらゆる方向の詳細な確認・分析が可能。
- ⑤同一地点の異なる撮影日の画像を左右2画面で連動表示：時間経過による変化を比較可能。
- ⑥画像表示機能は他社の GIS や検査システムなどとの API 連携が可能：現行システムへの機能追加が容易。



図—3 地図表示画面



図—4 マルチアングルのビューワ（4面表示）

3. 検証結果

現在までの試験や現場検証などの結果をいくつか報告する。

(1) 本システム位置精度試験

試験日時：2021年7月14日，15日

試験場所：名古屋高速 C1 都心環状線（図—5）

使用機器：4KSDImini (IO Industries)，SHOGUN7 (ATOMOS)

試験車両：トヨタ ノア ハイブリッド

試験内容：

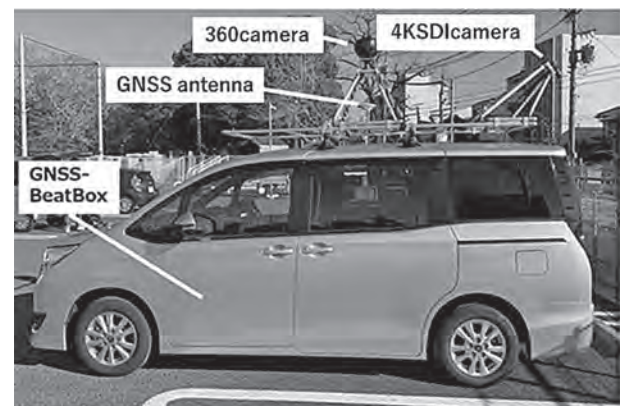
インフラの維持管理や点検の効率化で同一地点の新旧の画像比較を行うことを目的として，高速移動時の位置精度を，取得した画像を基に評価するため，実際の高速道路上で試験を実施した。

試験方法：

- ①カメラ設置：撮影車両後方屋根上に4KSDIカメラを設置し，本システムと音声ケーブルで接続（写真—1）。
- ②データ取得：GNSS+2周波RTK取得情報を音声データで入力しながら路面状況の動画を撮影。
- ③撮影日：14日，15日に各1周撮影を実施。
- ④データ変換：撮影動画から位置情報付き静止画に変換し，GIS上に展開。
- ⑤ズレの検証：比較が容易なジョイント部分（図—5）の画像を表示し，ズレを検証した。

試験結果：

取得した2時期の画像を並べて比較したところ，多



写真—1 撮影車両



図—5 試験場所および走行軌跡と比較検証ポイント

少のズレはあるものの、1つの画角内にジョイントが撮影されていることが確認できた(図-6)。これにより、地点をキーとした新旧の画像の比較が可能であることが分かった。

今回は屋根上にアンテナを設置し上空が開けている状況であったため、精度の良い結果となったが、列車内や自動車内に設置したアンテナによる検証では数メートルのズレが生じる場合があることが確認された。アンテナは可能な限り車外に設置することが望ましい。

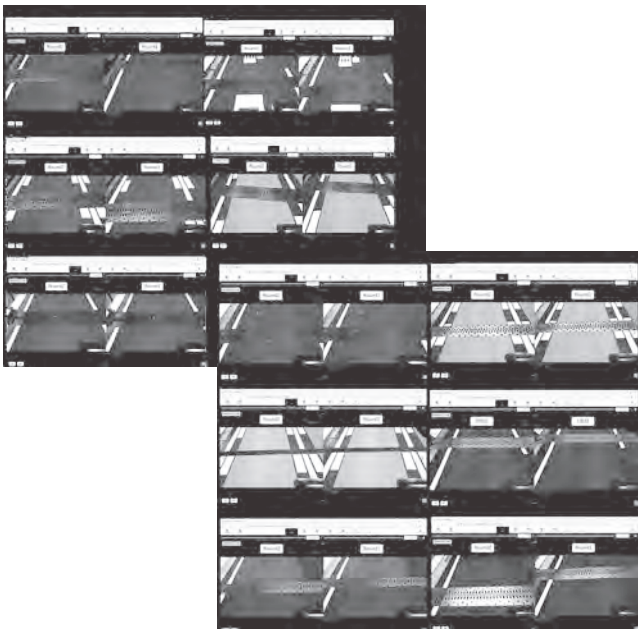


図-6 位置情報と画像の2時期比較

(2) 現地確認用映像取得, 線路の遊間検出の検証

撮影日時: 2023年6月23日, 2024年3月14日

検証場所: 南阿蘇鉄道管理機構(南阿蘇鉄道)

使用機器: FDR-AX700(SONY), ILME-FX30B(SONY)

検証内容:

- ①画像収集の位置精度および視認性の確認: 軌道内で確認できる線路設備や鉄道構造物, 周辺状況を対象と



写真-2 列車内4方向カメラ設置状況

した現場確認用画像の位置精度および視認性の確認。

- ②レール継ぎ目(遊間)の画像AI検出: 間隔を3段階評価とヒートマップで可視化。

検証方法:

- ①列車内に4台のビデオカメラを吸盤および三脚で設置し, 1台の本システムから音声ケーブルを分配接続し前方, 下方(軌道面), 右側, 左前方の撮影を実施した(写真-2)。
- ②撮影動画から位置情報付き静止画に変換し, 本データベースに登録し現場確認用画像の位置精度および視認性の確認を実施。
- ③下方の静止画の画像加工と間隔の3段階の遊間検出の画像AI処理を実施。
- ④地図上で3段階ヒートマップ可視化の検証。

検証結果:

各撮影画像は音声データにより同期されマルチビューワで4方向の表示が確認できた(図-4)。4K画質で視認性も問題無く, まくら木や締結装置やボルトも鮮明に視認することができ, 現場確認に使える品質であった。

数回の強化学習ではほぼ全ての遊間を3段階検出できることが確認された。ヒートマップ表示により異常箇所の可視化が可能となり(図-7), 現地状況との整合性も確認できた。2023年6月23日, 2024年3月14日の2時期の画像比較検証も行えた(図-8)。



図-7 遊間検出場所とヒートマップ表示(拡大)

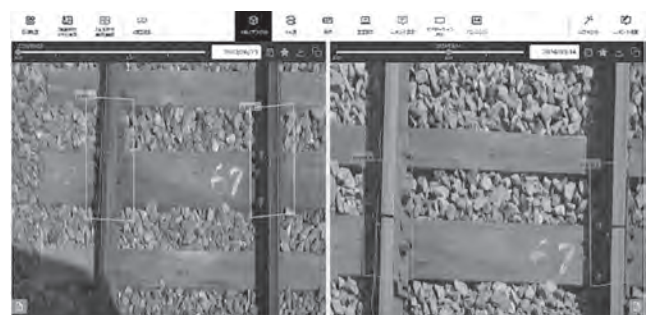


図-8 遊間の2時期比較(左:2023/6/23 右:2024/3/14)

(3) レール締結装置（板バネ）の異常検出の検証

検証期間：2023年2月22日～2025年3月10日

検証場所：A 鉄道会社（非公開） ローカル線

使用機器：FDR-AX700 (SONY), FDR-AX60 (SONY)

検証内容：

列車巡視時の取得画像の活用で徒歩巡視の回数削減を図るため、まずは板バネの画像 AI 処理による異常検出を検証する。

検証方法：

- ①営業列車の先頭窓に吸盤を用いて、下方向（軌道面）を撮影するためのビデオカメラを設置し、本システムを接続して動画データを取得（複数回）。
- ②撮影動画から位置情報付き静止画に変換と画像加工。
- ③静止画を用いて、板バネの異常を検出する画像 AI モデルを作成。

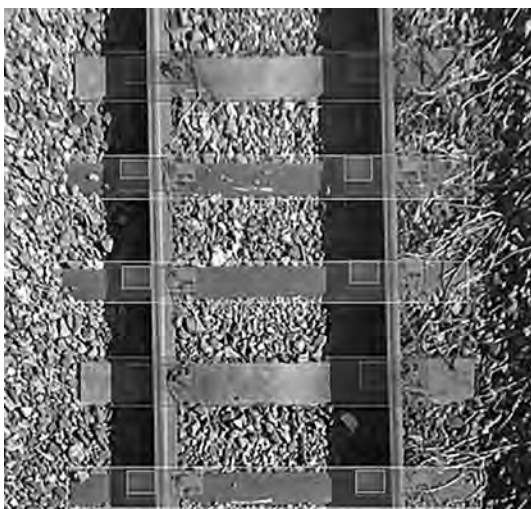
- ④別日に取得した動画データで画像 AI 処理とその検証。

検証結果：

- ①営業列車（時速約 85 km）の先頭車内撮影からレール締結装置が鮮明に視認可能な画像の取得が確認できた。
- ②静止画に変換した画像を教師データとして板バネの異常検出の画像 AI モデルの作成を行い画像 AI 処理の検出精度と効率化が確認できた（図—9）。

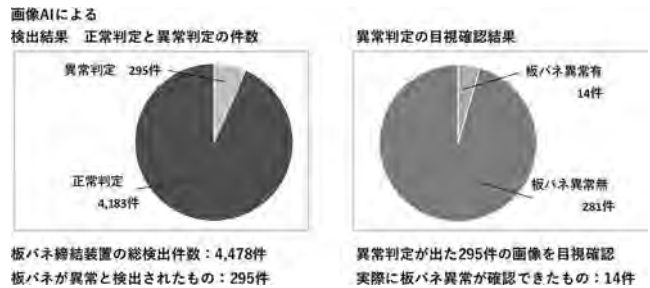
この画像 AI モデルを検証した結果、約 4.5 km の区間で確認された板バネ総数は 4,478 個、AI が異常と判定した板バネが 295 個、画像の目視確認によりその内の 14 個に異常が発見された（図—10）。位置情報付き静止画のため、その発生場所（キロ程）も把握可能である。

4,478 個から AI 処理にて確認箇所が 295 個に絞られたことにより約 93% の作業削減が実現でき、現場



図—9 レール締結装置（板バネ）異常検出モデル

での徒歩による確認の手間を考えるとそれ以上の効率化が期待できることが分かった。異常箇所の未検出率は 0.048% であったという結果も踏まえ、引き続き板バネの AI 処理精度の向上と犬釘の浮き、継ぎ目板異常、ボルトの抜け、木まくら木の劣化、軌道内雑草、まくら木の記号、地上子、データデポなど他の線路設備の画像 AI モデル作成と検証を続けている。



図—10 板バネ異常検出 AI による検証結果

(4) 応用検証：軌道長尺画像による机上目視の検証

検証場所：B 鉄道会社（非公開）

使用機器：FDR-AX700 (SONY)

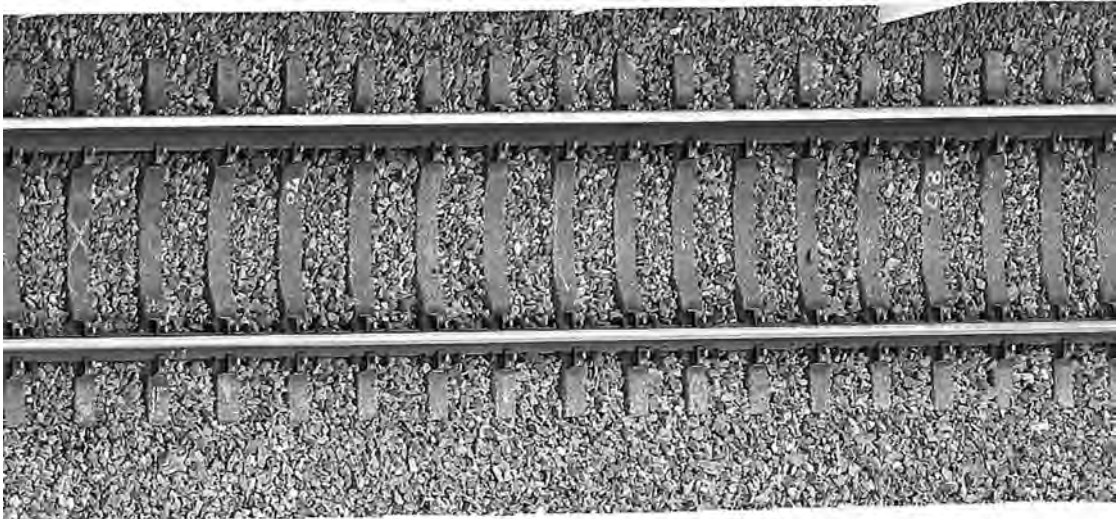
検証内容：

徒歩巡視作業の軽減を目的として、営業列車から線路設備の高精細画像を取得し、連続接合画像（長尺画像）を作成し机上で線路目視が可能か検証した。

- ①撮影：営業列車の先頭窓に市販のビデオカメラを吸盤で設置し、最高時速約 90 km で走行しながら撮影した（写真—3）。
- ②データ取得：位置情報を音声データで映像に記録しながら 4K 画質で動画撮影。
- ③静止画の切り出し：動画から位置情報付き静止画を生成。
- ④画像加工：静止画を真上から見た状態に自動で画像加工。
- ⑤速度計算と最適画像切り出し：取得された位置情報から移動距離を計算し、接合に最適なサイズの画像



写真—3 先頭車両からの撮影画角



写真一4 連続接合画像（長尺画像）の一部



写真一5 連続接合画像（長尺画像）拡大

を自動作成。

⑥画像接合：作成された画像を自動接合し長尺画像を生成した（写真一4）。

検証結果：

カメラ設定と撮影時の天候などにも左右されるが、市販のビデオカメラで撮影された映像でも鮮明にボルトの合いマークを確認することが可能であった（写真一5）。これを加工することにより、机上で軌道設備を目視確認するための連続接合画像を生成できることが確認された。

4. おわりに

「てんかく忍者」は、専用の機器や車両を必要とせ

ず、市販の製品や営業車両を活用する安価で容易に導入できるシステムを目指している。これにより、いつでもどこでもデータの取得が可能であり、汎用性に優れ、さまざまな場面で活用できると考える。

現場での検証結果から取得したデータは、問合わせ対応や近接工事申請の現場確認に活用できる。また、画像 AI や連続接合写真を活用することで、異常の発見作業効率が大幅に向上し、現場作業の手間を削減できることが確認され、これにより、安全性の向上にも貢献している。

一方、現在は GNSS+2 周波 RTK を利用するため、地下やトンネル内での正確な位置情報の取得が不可能である。これらの場所に対応可能なセンサーや、暗所での高速移動時に鮮明な動画データを収集する手法の研究開発を進めていく。

本報告では鉄道事業向けの内容を取り上げたが、道路維持管理や河川維持管理においても検証や導入が進んでいる。今後も各種センサー技術や画像解析技術を有する機関との協力を進め、さらなる精度向上と他の設備への応用を目指していく。

JICMA

【筆者紹介】

上田 雅司（うへだ まさし）
ナカシャクリエイテブ(株)
インフラ DX 政策担当
執行役員



鉄道向け 3次元計測技術サービスの紹介

大 釜 弘 志

少子高齢化が進む社会において鉄道施設を管理する鉄道事業者は、ICTを中心とした維持管理・更新業務の効率化への取り組みを強化している。その取り組みの一つとして施設の維持管理場面での仮想空間の利用が盛んになってきているが、一層の普及には誰でも実施可能な3次元データ整備手法の確立やデータ利活用の進展が重要である。本報では道路分野で培った点群計測・処理技術を鉄道用にパッケージ化して提供している鉄道向け3次元計測技術サービスについて報告する。

キーワード：3次元計測, 省力化, 維持管理, BIM/CIM

1. はじめに

近年、鉄道分野に限らず建設分野において現場の安全性や生産性の向上のためBIM/CIMへの取り組みが普及し、3次元点群データを活用した工事や維持管理が増えている。国土交通省からは「3次元モデル成果物作成要領(案)」や「発注者におけるBIM/CIM実施要領(案)」といったBIM/CIMに関する各種ガイドラインが制定され、また鉄道分野では鉄道建設・運輸施設整備支援機構が「BIM/CIM活用ガイドライン(案)」を策定しており、施工や維持管理の場面での3次元点群データの利活用が進んでいる。

こういった流れはデジタルツインの進展やAIの活用とともに進行しているが、データやシステムの活用には高性能PCが必要となり、ソフトウェア操作には習熟が必要になるなど課題もある。また3次元点群データの整備は、複数枚の画像から生成するSLAMや手持ち型のレーザを利用したSfMなどの計測手法も普及してきているが、これらは鉄道のような延長の長い計測には適しておらず、各計測箇所を取得した3次元点群データは統合されず個別に管理され二次利用が進まないなど効率的な利用は進んでいなかった。

本稿では道路分野で利活用されてきたMMS(Mobile Mapping System)技術を鉄道分野に応用し、鉄道沿線において広範囲を高速に計測でき、高精度な3次元点群データを整備し、また工事計画や維持管理へ簡易に利用可能なシステムを開発した取り組みについて紹介する。

2. 概要

(1) MMSとは

MMSはレーザ計測装置、GNSS(衛星測位システム)、IMU(慣性計測装置)、カメラなどの様々なセンサーが一体化された計測装置である。MMS計測は計測装置を車両に搭載し、移動しながら計測することで周辺の空間情報を取得する技術である(図-1)。この計測装置により取得され設備や構造物の形状を再現した点群データは、一点ごとに地理的な座標値を持っており、PC上に再現した3次元空間内において距離や面積の計測が可能となる。また点群データには反射強度と呼ばれる対象物からの反射光の強弱の情報を取得できるほか、後処理で点ごとに属性付けしたり、カメラから得られた画像と点群データを同期させてビューアで表示したりすることも可能である(図-2)。



図-1 MMS計測装置



図-2 反射強度で表現された点群データ（左）と画像データ（右）

また3次元点群データからは平面図や縦横断図など図面の作成も可能である。

(2) 鉄道分野へのMMS導入の取り組み

鉄道分野でのMMS活用に向け、2014年度から鉄道空間でのMMS適用検討に着手し、これまで基地線や営業線での精度検証、鉄道事業者向けのシステムを開発してきた。従来道路で利用されてきたMMSを鉄道へ適用するため、点群データからレール位置を特定する技術や、レール位置をもとに建築限界、ホーム限界を測定する機能などの開発を行ってきた。また西日本旅客鉄道（以下「JR西日本」と称する）では鉄道施設の維持管理の高度化・効率化を目的に、全線にわたり3次元点群データを整備しているが、この取り組みでは既存のレール探傷車（走行しながらレール損傷等を計測する車両）にMMSを搭載した専用の台車を連結し、2020年から毎年ほぼ全線にわたり計測を行っている（写真-1）。1年間の走行距離は10,000kmを超え、これらの取り組みで得た知見はJR西日本での運用だけでなく他の鉄道事業者での計測やデータ提供の際に活かされている。

(3) 3次元点群データの利活用例

当社が鉄道事業者へ提供している鉄道MMSを中心とした3次元計測技術サービスのユーザにおける主な利活用事例は以下のとおりである。

- ・ 建築限界、ホーム限界測定
- ・ 気かり箇所の確認等現地状況把握
- ・ 事故防止検討会等で使用するビジュアル資料への活用
- ・ 点群データからの平面図作成
- ・ 修繕工事設計における数量調査
- ・ 線路内作業計画時における足取り行程の検討
- ・ 内空断面、余盛り断面、壁の傾斜等縦横断形状把握

3次元点群データが整備されると現地状況の確認が点群データで行えるようになり、また工事時の受発注者間の意思疎通がスムーズになる。

システム開発はこれまで上記のような鉄道事業者か



写真-1 鉄道MMS専用台車の外観

らの要望に合わせて改良を行ってきた。システムの主な機能については後述する。

3. MMSによる3次元点群データ取得方法

MMSでは3次元点群データを取得するために、機材を車両等に搭載し計測を行っているが、鉄道線路内では鉄道用トロ台車や軌陸車などに機材を取り付け計測し線路・周辺設備の点群データを取得している。

台車への取付は車両限界内に収まり、器具等が計測中に脱落しないよう強固に固定している。計測は鉄道事業者や計測対象線の状況にもよるが、安全面を考慮し基本的に夜間行われる（写真-2, 3）。

計測開始時にはGNSSやIMUの初期化のため、上空視界の開けた場所での5分程度の静止や計測車両の前後移動が必要となる。装置の初期化終了後、計測を開始するが、走行速度は基本的には運航車両の制限速度に合わせている。なおレーザ計測装置は1秒間に200回転するミラーにあてながら100万点/秒の計測を行っており、走行速度が速くなると進行方向の点群密度が低下するため、事前に3次元点群データの利用目的に合わせて走行速度の上限を考慮しておく必要がある。なお計測装置にはカメラが取り付けられているが、夜間だと周辺の光量が不足し画質面で満足した写真が撮れないため、撮影した画像データは利用できない。

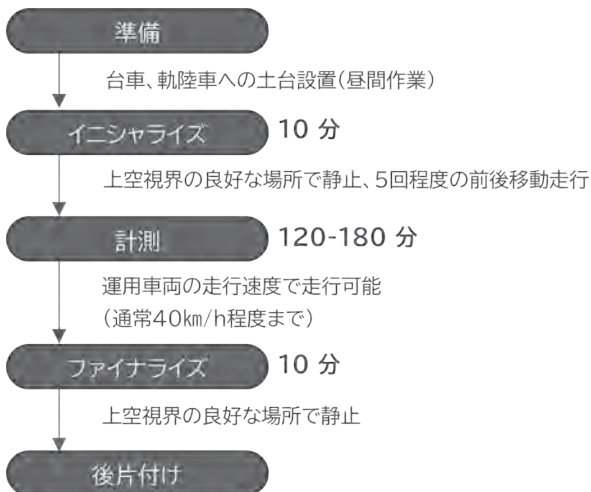
レーザ計測終了後、計測車両を5分間静止し計測は終了となる。なお計測装置の防水性の面や、満足する点群データを取得できないことから雨天時は計測しておらず、また降雪時は3次元点群データ中に雪を計測したノイズ状の点が多く取得されるため推奨していない（図-3）。



写真一 計測装置



写真二 計測状況



図一 計測フロー

4. データ処理, 解析

計測装置で取得したデータは事務所内で3次元点群データへの変換処理を行う。変換処理は専用のソフトを利用し、GNSSやIMUで取得したデータを解析処理し、可能な限り確からしい位置精度を持った軌跡データを作成する。作成した軌跡データには位置と角度、時間情報等が記載されている。この軌跡データとレーザデータを時間情報で紐づけることにより3次元点群データを作成している。なお軌跡データや3次元点群データの作成にあたってはこれまでJR西日本で

の検討・運用で培ってきた様々な補正技術を活用し精度向上を図っている。処理解析した3次元点群データは一般的な点群データフォーマットであるLas形式だが、点群上のレール位置特定や限界計測処理のため専用のシステム形式にデータ変換される。

システムでは新名ら¹⁾が開発した理想的なレール断面形状と取得した点群データとの間で点群マッチング処理を行い、レールのゲージコーナーの位置を半自動で特定しており、特定したレール位置を基準にホーム限界測定、建築限界測定を行っている(図一4、表一1、2)。

5. 3次元点群データビューアシステム

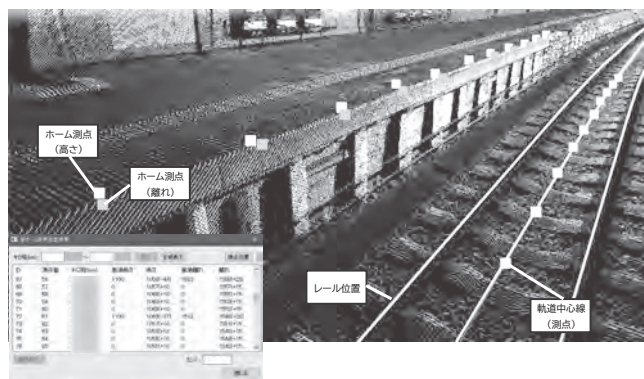
これまで防災や環境分野での利用が中心だった3次元点群データビューアは、点群表示やパンニングなどの移動表示に関し高速性の面で優れていたが鉄道事業者向けの機能が無く、鉄道分野での利活用促進のためキロ程情報の表示や限界計測機能などの各種鉄道専用の機能を追加開発した。以下に主な機能を述べる。

(1) キロ程表示機能

線路設備の位置はキロ程で表示・管理されることが一般的だが、システムでは鉄道事業者から提供されたキロ程情報をシステム上に反映させることにより、3次元点群データにおける各種設備のキロ程を把握することが可能である。また点群データから設備位置・形状を特定し、キロ程と関連付けた架線柱、レール継目、まくらぎ等各種の台帳を作成することも可能である(図一5)。

(2) 各種距離測定機能

2点間の距離だけでなく、隣接線データを複数読み込み一線ずつ抽出した軌道中心線同士の距離を測定す



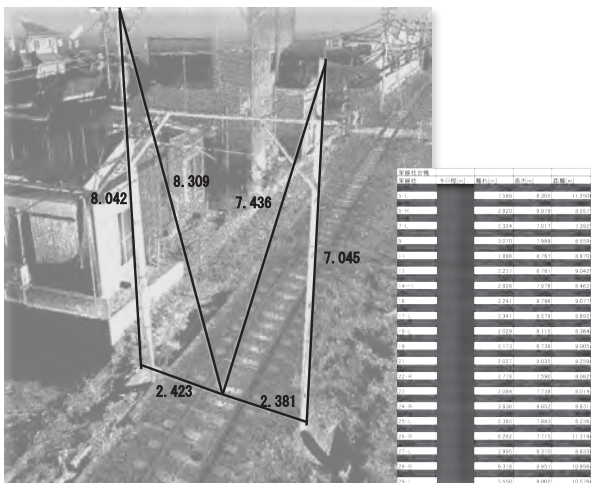
図一 ホーム限界測定結果

表一 ホーム限界測定台帳

ホーム限界測定確認			
MMS走行日	2021/06/08	路線名	〇〇線
区別	下り	支社等	〇〇
保線区	〇〇保線区	管理室	〇〇保線管理室
駅名	〇〇	番線	本線下り
ホーム番号	1	幅寸法	30.0
測点番号	8	キ口程	**40684m
離れ測定値(mm)	1639.0	高さ測定値(mm)	555.0
断面画像		俯瞰画像	

表二 建築限界測定台帳

建築限界基礎施設リスト	
施設	断面図
計画日: 2020/11/19 プロジェクト名: 〇〇線下り車線 駅名: 〇〇 キ口程: 9620.6m(1号) 種別: 本線 駅種(駅名): **駅 建築物: 屋根 コメント: 屋根内 限界支障箇所	 ※終点から起点 ※起点から終点



等で作成しシステムに取り込むことで、任意の箇所での3次元モデルを配置することができる(図-9)。

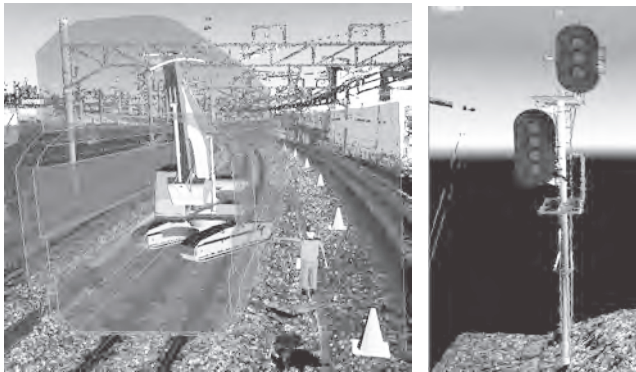


図-9 モデル配置

6. 3次元点群データの利活用

整備された3次元点群データは上記のとおり限界測定だけでなく様々な用途に利用されており、その例を以下に述べる。

(1) 図面整備

MMSで計測し解析処理された3次元点群データは公共測量への適応も可能なほど高い位置精度を持っており、平面図や縦横断図などの作成も可能である(図-10～12)。線路内の図面整備は一般的に線路内での測量作業が必要となり、対象範囲が広い場合は多くの作業日数や人員を要している。一方MMSを活用し3次元点群データから図面整備を行う場合、現地作業は数日のMMS計測と補備測量のみとなり大幅に線路内での作業工数を削減することができる。なお複線区間や広域な範囲を対象とする場合は隣接線の点群データとの位置合わせ処理を行う必要がある。また図面の絶対位置精度を高めるためには基準点座標への位置補正も必要となる。なお現状では3次元点群データからの図化作業に時間を要しているため、当該作業の効率化や自動化が今後の課題である。

(2) 設備の3次元モデル作成

3次元点群データでも各種設備の形状の把握や寸法の取得は可能だが、データ容量が大きい場合大規模の設備ではデータの取り扱いが難しい。また点群データで設備を表現しようとすると点のばらつきにより同じ寸法を持ったものでも計測箇所で値が異なるなど設備更新の検討には適さないことがある。その他にも計測時に計測装置から死角となる箇所については点群が取得できないなどの問題があるが、3次元点群データに

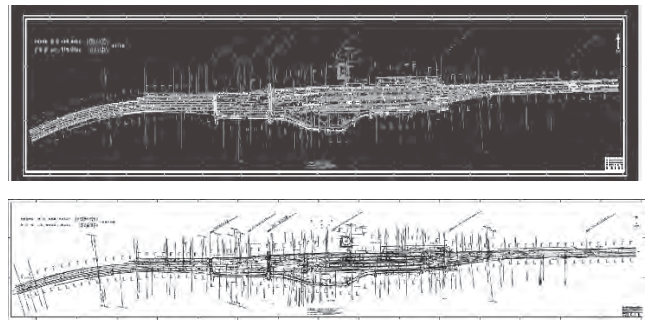


図-10 点群データから作成した平面図

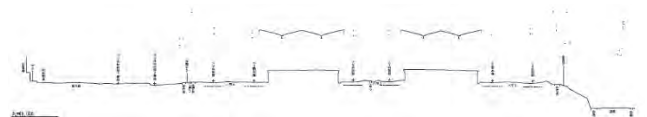


図-11 点群データから作成した横断図

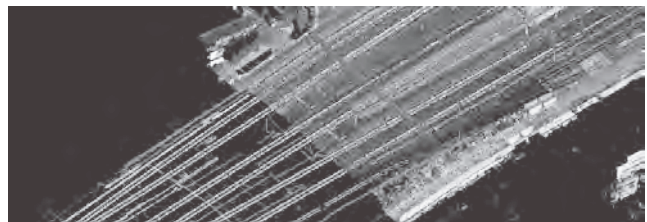


図-12 点群データと図面データの重ね合わせ

加えSLAMやSfM等による補測データや設計図面を利用し3Dモデル化を行うことで、これらの問題を解消することができる。現在では送配電設備などの電力施設について3Dモデル化を行うことで設備更新検討が容易となっており、設備管理のBIM/CIM化に貢献している(図-13)。

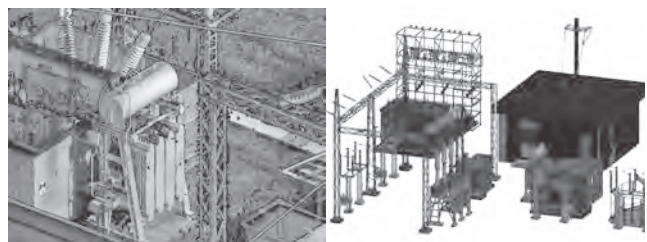


図-13 3Dモデル化された電力施設

(3) 点群合成

前述のSfMやSLAMといった計測技術の普及により、鉄道事業者で小範囲の3次元点群データを取得することが増えてきている。MMSで取得したデータに鉄道事業者が必要な部分だけ追加で計測したデータを統合しシステムに読み込ませることで、効率的に広範囲な3次元点群データの整備が可能である。

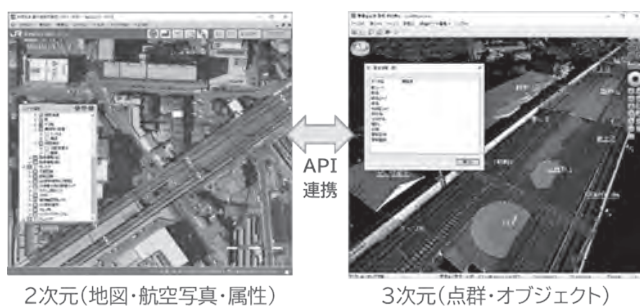
7. その他の利活用事例

MMSとは異なる手押し型レーザ計測装置を使えば、トンネルや地下空間などのGNSSを受信できない環境においても効率的かつ高精度に3次元点群データを取得できることを確認した(写真—4)。この計測装置は軌道検測を目的に開発された台車を使用しており、点群データの取得以外にも軌道狂い(軌間, 水準, 通り, 高低)の測定が可能である。また、点群データの位置座標精度が高いことから、駅ホーム改良工事などの出来形検査への適用も期待できる。

その他には本システムと各鉄道事業者が独自に整備した各種設備の管理システムとの連携開発も行っており、JR西日本では電子線路平面図システム(GIS-W)との間で表示位置連動、および描画図形データを双方



写真—4 手押し型レーザ計測装置



図—14 他システムとの連携

で共有する機能を開発し、多くの属性情報を持つGIS-Wと、設備の実寸等の取得が容易な本システムを連携させることで効率的な設備管理につなげている(図—14)。

8. おわりに

鉄道向け3次元計測技術サービスではMMSにより広範囲を精度良く3次元点群データを整備する事が可能で、3次元点群データはホーム限界管理への利用に耐えうる精度を有している。これは複数年にわたる鉄道分野でのMMS運用により計測精度の向上に関する取り組みで得られた成果であり、その他工事用図面作成などへも利用が広がっている。またシステムも改良を加え鉄道事業者が維持管理に利用しやすいよう計測機能を充実させ、台帳管理もできる機能も付加するなど設備管理の効率化に寄与している。

一方で鉄道事業者の維持管理の更なる高度化といった面では、今後も設備管理者のニーズに合わせたシステムの改良や、普及活動が不可欠である。システムを導入した鉄道事業者からは現場作業回数の減少も報告されているが、BIM/CIMを利用した設備管理にはシステム導入者側での意識改革も必要であり、サービス提供者としては導入に向けたサポートにも取り組んでいく必要がある。また鉄道事業者の規模によっても必要とする機能に違いがあり、各事業者の希望に合わせた機能開発も必要である。今後は各鉄道設備管理の効率化に向け、ニーズに合わせたシステムの機能開発と導入サポートに努め、持続可能な鉄道事業運営に貢献できるよう努めていきたい。

JICMA

《参考文献》

- 1) 新名恭仁, 今西進也, 桶谷栄一, 本間亮平, 辻求, 近藤健一, MMS (Mobile Mapping System) による点群データからのレール抽出と点群の鉄道での活用に関する考察, 第19回鉄道工学シンポジウム論文集, 2015

【筆者紹介】

大釜 弘志 (おおがま ひろし)
アジア航測(株)
社会インフラマネジメント事業部 鉄道事業推進部
部長



ドア制御の課題を一新した新機軸の 無線式ホームドア連携システムの紹介

安全かつ低コストのホームドア・車両ドア同期開閉制御

笠井 貴之

近年、バリアフリーの進展もあり、ホーム安全の向上と列車との接触事故、軌道上への落下、車両ドア挟み込み事故防止としてホームドアの高い効果が認知され各鉄道事業者で導入が進んでいる。とくに東日本旅客鉄道様（以下「JR 東日本」）では、首都圏在来線の主要各駅へのホームドアの普及を急いでいる。これに呼応する形で日本信号では2018年から地上と車上で安全な連携開閉を行う無線式ホームドア連携システムを同社とJR 東日本メカトロニクス様（以下「JREM」）と共に開発し単体の駅を対象とし初期導入を行った。しかし他の線区へ拡張展開には装置構成上の課題があることから基本となるシステム自体は共通として最適化し汎用技術 RFID を用いた新方式を3社で開発し、単体の駅以外の整備駅で導入し、2022年から運用を開始し新たな安全対策を担うシステムとして大きな期待が寄せられている。

キーワード：ホームドア、連携、無線連携、ホームドア連動、ドア制御、無線制御、同期開閉、簡易ドア開閉

1. はじめに

バリアフリー及びホーム上での触車事故防止等を推進し、安全な乗降支援の拡充を目的としてホームドアの導入が急速に進んでいる。

ホームドア開閉のシステムには様々な方式が実用化されているが、より安全な同期開閉制御の導入が課題となっている。従来の同期開閉制御にはトランスポンダ方式（以下「トラポン式」）が多用されてきたが、車両改造の課題等から、導入を急ぐ事業者においては、地上側のみで独立し車上側と協調していない方式が導入される傾向があるが運用面での課題が徐々に指摘されてきている。この解決策として、汎用無線により安全で低コストかつ、既存のトラポン式と機能面で同等な同期開閉制御が可能な無線式ホームドア連携システムを JR 東日本のホームドア導入促進に適した形態とすべく JR 東日本・JREM と共同で開発し、首都圏に導入、運用が開始されたことで、各方面から注目を集めている。

2. 同期開閉制御の考え方

(1) 車両ーホームドア間の関連付け

ホームドアは、既存線区の各駅に順次部分的に導入される例がほとんどであることから、導入駅で同期開閉制御（連携制御）に移行し、未設備駅では、いまま

での車両ドア扱いのみ（分離制御）とする切替えを可能とすることがシステムの大前提となる。そこで、汎用無線と RFID を使用した車両ーホームドア間の情報伝送（図-1）によって、ホームドア設置の有無、開扉許可方向、また付帯する装置により車両編成や停止検知等を識別することで、複数番線、複数停止目標を有した駅にも対応するシステムを構築した。

さらに、駅部での車両の流れ防止として、転動防止ブレーキを出力する等の機能を有している。

(2) 戸閉め連動回路を含めた同期開閉制御

車両ドアの開閉にかかわる安全対策として、車両側には戸閉め連動回路が設備され、全車両のドアが閉扉した場合のみに力行が可能となるいわゆる出発抑止機能を有している。しかしながら、冒頭に述べた地上側

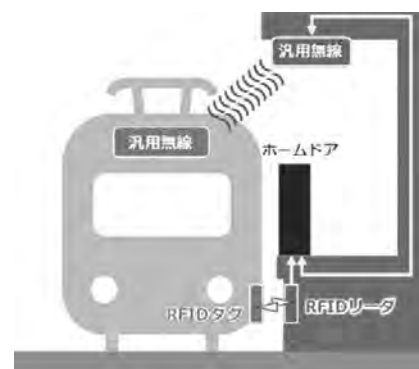


図-1 車両ーホームドア間の情報伝送

で独立したシステムではこの機能と関連付けることは困難であることが課題であり、ホームドアの開閉確認は駅部に設備した地上側の表示機器等の目視確認に頼らざるを得ない。この場合、車両-ホームドア間が同期していないため誤出発などの人為的ミスは防げない。この解決策として、ホームドア全閉情報を汎用無線にて授受し、既存の戸閉め連動回路にホームドア全閉情報を付加して地上側からも出発抑止（図-2）を有効とすることで安全な出発制御が実現できる。また、開閉制御の状態が車上-ホームドア間でリアルタイムに共有でき、課題となる乗務員の開即閉、閉即開扱いに絡む制御上の連携も可能である。

3. システム基本構成

(1) システム基本構成

システム基本構成を図-3に示す。

本システムは、地上側と車上側ともに、制御部・無線部（汎用無線を内蔵）・RFID（図-1）で構成する。

地上側の制御部は、ホームドアの開閉制御を行うホームドア総合制御部（以下「総制」）と接続し、ホームドアの開閉制御を行う。また、車上側の制御部は、車両の種々の条件線と接続し、車両ドアの開閉制御を行う。

また、ホームドアと車両ドアの位置ズレを確認する



図-2 ホームドア条件による出発抑止

ため、列車の定位置への停止検知結果を付帯する装置（図-3の定位置検知システム）から入力し、ドア開扉の許可条件とする。

(2) 地上引き渡し方式

本システム構成の特長として、車両の前後運転台間で授受が必要な条件の引き渡しは、地上装置経由によって実現する（特許第7316140号）。

これは前後運転台に設置した無線部から、対となる地上側の無線部および制御部を経由して、対向側運転台に条件線を引く通すものである。地上側の引き渡しは、本条件線とは別にホームドアの制御線をホーム両端で引く通すことから、ケーブル敷設ルートは確保されており大きな工事負担増には繋がらない。対して車両側は、トラボン式で用いる図-4に示すような車両間引き渡し線の敷設が不要となり、中間車両については未改造で済むことから、車両改造に要する工期が数カ月必要であったものが数週間と大幅な短縮が可能である。営業中車両の改造を考慮すると、予備車両の準備も最低限で済み、本システムでのホームドア導入における改造工事において、最大のメリットになっている。

(3) 無線通信

本システムは、地上と車上間の情報授受を無線通信により行う。無線通信は、トラボン式（地上子/車上子）と比較すると広範囲で通信可能であるため、地上、



図-4 車上引き渡し方式

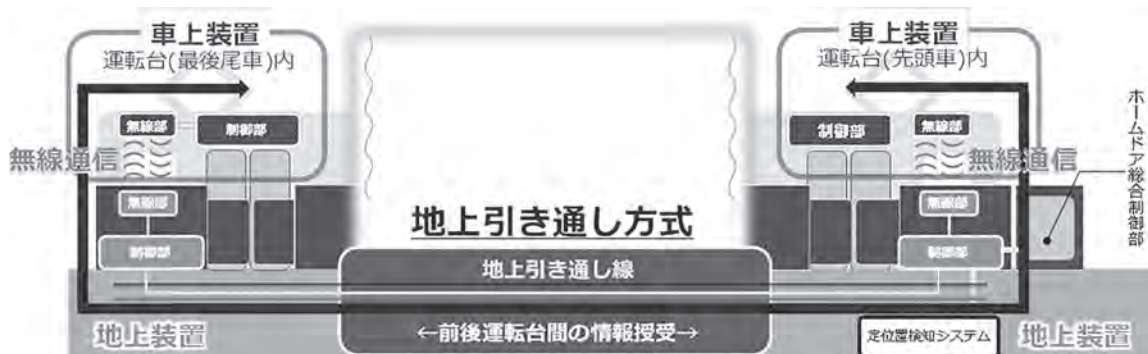


図-3 無線式ホームドア連携システム基本構成

車上共に無線部の設置場所を比較的自由に決めることができる。

(4) RFID 通信

本システムでは、異なるホームに進入した車両と誤って無線通信を行わないようにするため、地上側で進入車両を識別する。車上側に固有 ID を設定した RFID タグを設置し、地上側の RFID リーダで読み取ってホームごとに車両を特定する。

4. 他の代表的なドア開閉方式との比較

現在までにホームドアと車両ドアを関連づけた開閉扉制御には様々な方式が実用化されているが、それぞれ導入面、運用面で課題があったが、無線連携式はそれらをバランスよく対処している。実用に供されている代表例としては、トラポン式、画像処理センサ式がある。

(1) トラポン式

信号保安装置で開発されたトランスポンダシステムを転用した方式であり、もっとも安全性が高く、かつホームドアと車両ドアを連携して同期開閉扉制御を行うシステムとして広く普及しているが、主要課題として車上設備としての通信用のアンテナ（車上子）を艱装する必要があり、さらに地上設備として同様の地上子を軌道上に設備する必要がある、車両の艱装工事、地上の設備工事が煩雑であるという課題がある。

(2) 画像処理センサ式

センサで当該ドアの挙動をとらえてホームドアの開閉制御を行う方式であり、車上設備が不要というメリットはあるが、編成中の代表車両の代表ドアのみを抽出

制御している点と車両側ではホームドアの状況は検出していないという課題がある。

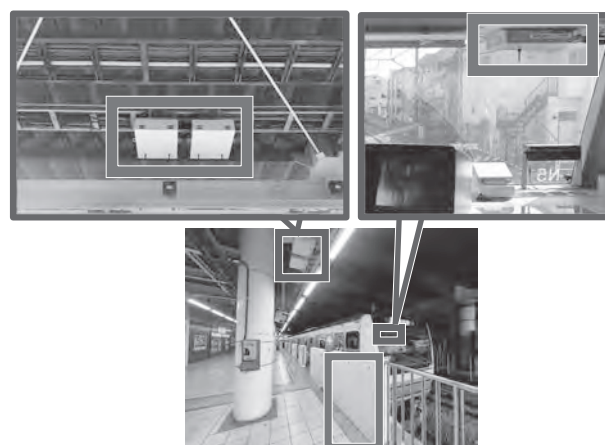
画像処理センサ式では駅部で乗降する乗客の安全面の配慮はしているものの完全とは言えない。しかし初期導入のコストが低いことから導入に前向きな鉄道事業者もあるが、長期的な運用面、安全面でトラポン式に追いつくことは困難な状況であった。

無線連携式は汎用の機器を使用しながらトラポン式とほぼ同様な制御形態を維持し前記の課題をバランスよく対処している。以上より、比較は図—5によるが QCD に特化した極めてバランスがとれたシステムであると考えている。

5. 実用システム

(1) 南武線

JR 東日本の南武線に導入を進めている当該システムについて紹介する。なお、最初に導入された武蔵小杉駅では、2022 年 3 月から安定稼働をしている。当該駅の無線部と地上側制御部の設置例を写真—1 に示す。



写真—1 無線部の設置例 (地上 / 左上, 車上 / 右上), 地上側制御部 (下)

課題	トラポン式	画像処理センサ式	無線連携式
安全性	誤出発防止 誤開扉抑止 車両制御条件とドア制御を連携可	地上単独制御 車両制御条件とドア制御が非連携	誤出発防止 誤開扉抑止 車両制御条件とドア制御を連携可
導入コスト	車両内の引き通し工事が必要 (改修期間:1~2ヶ月) 地上側の通信設備は1か所で済む	車両側の工事は不要 (地上側の工事は必要)	車両改造工事の大幅削減 (改修期間:1~2週間) 地上側の引き通し工事が必要
メンテナンス	機器移設等が面倒 地上側トラポンは枕木交換工事等があると地上子移設が必要	地上装置のメンテナンスのみ	作業省力化・コスト削減 軌道上の設備が不要なため
ホームドアとの接続	どのメーカーのホームドアとも接続可能	どのメーカーのホームドアとも接続可能	どのメーカーのホームドアとも接続可能

図—5 各方式比較

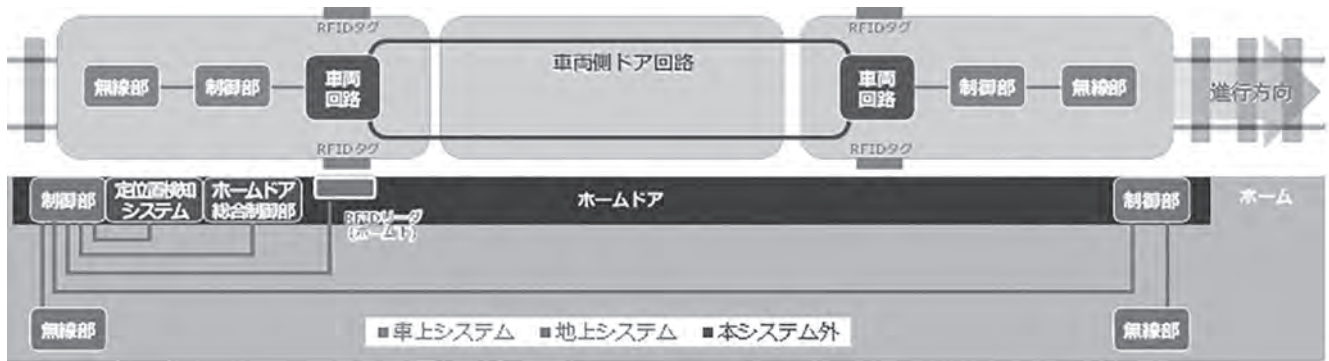


図-6 実用システム全体構成

(2) システム概要

(a) 機器構成

実用システムの全体構成を図-6に示す。

車上システムは、無線部による地上システムとの無線通信及び、車両回路と入出力を通して制御部に情報を取り込み、車両ドアの開閉制御を行う。

地上システムは、無線部による車上システムとの無線通信及びRFIDリーダや、ホームドア総合制御部・定位置検知システムとの入出力を通して制御部に情報を取り込み、ホームドアの開閉制御および前後運転台間の情報授受を行う。

(b) 車上システム

図-6に示した制御部、RFIDタグ、無線部にて構成し、各運転台に1組搭載する。機器構成及び機能を表-1に示す。

(c) 地上システム

図-6に示した制御部、RFIDリーダ、無線部にて構成する。標準的な駅ホーム1線の機器構成及び機能を表-2に示す。また、RFIDタグとRFIDリーダの設置例を写真-2に示す。

表-1 車上システムの機器構成

装置名称	機能
制御部	無線・車両ドア制御
RFIDタグ	車両識別用の固有ID設定
無線部	地上との無線通信

表-2 地上システムの機器構成

装置名称	機能
制御部	無線・RFID・ホームドア制御
RFIDリーダ	RFIDタグの読み取り
無線部	車上との無線通信

(3) 動作概要

(a) ホーム番線と車両を特定した通信

地上-車上間の無線通信を開始するまでの動作概要を以下に示す。

- ①地上システムは車両が駅に進入すると車両に取り付けられたRFIDタグより固有IDをRFIDリーダにて読み取る(図-7)。
- ②地上システムは無線チャンネル通知用の初期無線チャンネルを使用し、固有IDとセットで当該ホームにて使用する専用の無線チャンネルを車上システムへ通知する(図-8)。
- ③車上システムは常時初期無線チャンネルで受信待機をしており、当該固有IDに通知された当該箇所専用の無線チャンネルに切替え、地上システムとの無線通信を開始する(図-9)。

以上の方法により、特定の車上システムと地上システム間で当該箇所専用の無線チャンネルによる無線通信が可能となる。

(b) 同期開閉遷移

列車の駅部進入から進出までの動作遷移(各状態の

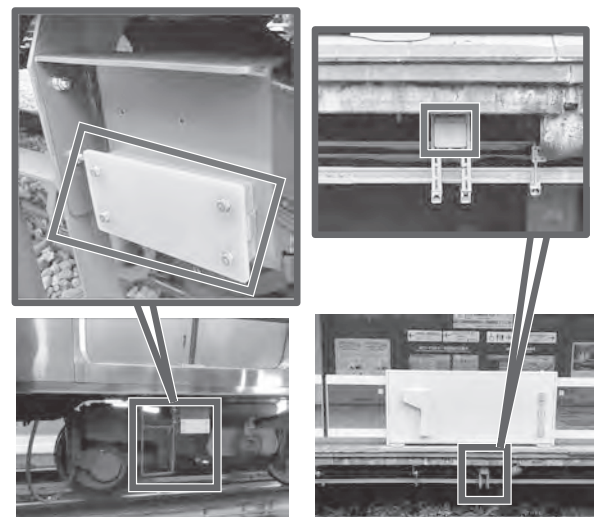


写真-2 RFIDタグ(左)とRFIDリーダ(右)の設置例



図一七 固有 ID 読み取り



図一八 無線チャネル通知



図一九 無線通信開始

概要), および各状態での車上側運転台表示器の点灯状態を表一三に示す。

また, 実際の運転台表示器の画面を写真一三に示す。



写真一三 運転台表示器例 (E233系 8000代)

表一三 動作遷移と表示器状態

項番	動作状態	動作概要	車上側運転台表示器の点灯状態
1 ↓ ↓ ↓	【ホームドア未設備駅】	分離制御 (車両ドア扱いのみ)	
2 ↓ ↓ ↓ ↓	【ホームドア設備駅】 駅部進入	地上において進入列車のRFIDタグ読取によって車両を特定し, 当該車両へ当該ホームで使用する無線チャネルを通知する。車上は自分宛の通知を受けると連携制御に切替える	
3 ↓ ↓ ↓ ↓	【ホームドア設備駅】 定位置停止	地上と車上間で当該箇所専用の無線チャネルによって無線通信を開始する。地上での定位置停止検知によってドア開扉を可能とする	
4 ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓	【ホームドア設備駅】 ドア開扉	車上でのドア開扉操作によって, 無線経由でホームドアを開扉する。また, ホームドアからの開扉許可応答によって車両ドアを開扉する。ドア開扉に伴って出発抑止及び当該表示 (車両ドア/ホームドア/パイロットランプ (PL)) を滅灯する。また, 車上においては転動防止ブレーキを出力する	
5 ↓ ↓ ↓ ↓	【ホームドア設備駅】 ドア閉扉	車上でのドア閉扉操作によって, 車両ドアを閉扉するとともに, 無線経由でホームドアを閉扉する。また, 車両ドア/ホームドアともに閉扉することによってパイロットランプ (PL) 点灯, 出発抑止を解除する	
6 ↓	【ホームドア設備駅】 駅部進出	地上と車上間の無線通信を終了し, 車上は分離制御に切替える	
7 ↓	【ホームドア未設備駅】	分離制御 (車両ドア扱いのみ)	

6. 今後の複数編成・分割併合作業駅への対応

今後、整備拡大する線区には多車種・多編成車両への対応が不可欠となる。両数が同じでも開閉動作させる開口が異なる場合や、定位置検知を行う車間の位置が通勤車両と特急車両等で異なる場合など、これまで整備してきた条件とは大きな変化がある。これらに対応するためRFIDタグの情報を基に、車種や両数を判別して編成情報を生成し、その編成情報に対応した制御を行うことで、編成に適した開口のホームドア動作を実現する。

7. おわりに

JR東日本では、2031年度末頃までに首都圏主要330駅758番線へのホームドア整備を進め、さらに複数車種乗り入れ対応や分割・併合作業駅の対応などの課題解決に取り組んでおり、当社としても積極的に参画している。

なお、鉄道における自動運転への関心が最近高まりCBTC等によらずに既存の信号システムを応用した自動運転についても様々な検討がされているが、駅部におけるホームドアと車両ドアの同期開閉制御は、設備上の課題から先送りの傾向がある。本システムは既

設の運転方式を変更することなく容易に導入が可能で、運転形態をツーマンからワンマン、さらには自動運転から完全無人運転と段階的に高度化する際においても容易に適合が可能である。今後は国際的にも認知度が高まり鉄道における一つの設備形態として発展していくことを期待している。

最後に、本システムの導入にあたり初期構想から多大なるご協力をいただいたJR東日本、JREMほか関係者の皆さまに誌面を借りて御礼申し上げるとともに、引き続きご指導、ご協力をお願い申し上げます。

JCMA

《参考文献》

- ・「RFIDを活用したホームドア連携システムの開発」第59回鉄道サイバネ・シンポジウム論文集 論文番号212
- ・「無線式ホームドア連携システム」(一社)信号工業協会 会報 第52号 2023年7月
- ・「RFIDを活用したホームドア連携システムの開発」日本鉄道施設協会誌 2024年3月号

【筆者紹介】

笠井 貴之 (かさい たかゆき)
日本信号(株)
インフラシステム第一技術部
課長



車載式自動スロープ装置「スマートランプ」の開発

龍 溪 昇

鉄道施設におけるバリアフリー化において、ホームドアや車両とホームとの段差・隙間を縮小する整備が進められている。一方で昨今の少子高齢化の事情に伴い人手が不足し、駅係員による車いすをご利用の方に対応する乗降サポートが課題である。解決策として、鉄道車両の室内にスロープを搭載し、乗務員室から乗務員（運転士および車掌）が遠隔操作で展開・格納し、乗降口とホームに掛けるしくみに着目した。車両側面に設けた乗客乗降用ドア上部にカメラを設置した上で、乗務員がモニターで利用者の乗降を確認し、タッチパネルでスロープの展開・格納を行うシステムを構築することにより、駅係員による介助を必要としない車載式自動スロープ装置の開発を行っている。本稿では、その開発概要を紹介する。

キーワード：鉄道車両，サービス向上，スロープ，遠隔操作，安全確保

1. はじめに

車いすをご利用の方が車両に乗降する際には、ホームと車両床との段差や隙間をカバーするために駅係員が可搬式スロープを使用し、サポートすることが一般的である（図-1、2）。



図-1 現状の乗降サポート

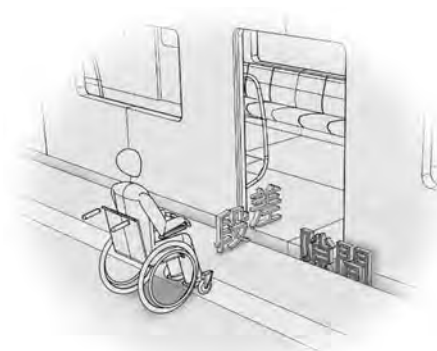


図-2 乗降サポート無しの課題

可搬式スロープは駅係員や乗務員が取り扱うが、その一方で省人化、無人駅化が進んでいる。多様化する乗客に対するサービス品質の維持向上も重要な課題として捉え、これらの課題を乗降サポート機器の開発により解決することで、鉄道をさらに便利で快適な移動手段に進化させることを考えている。乗降サポートの課題において、可搬式スロープとその扱い業務に着目し、それに替わる新たな段差・隙間の解消手法を模索した結果、乗務員室からの遠隔操作で稼働するスロープを車両に搭載する解決案に到達した。

車いすご利用の方の存在や乗降意志を把握する設定や具体的な運用については、各鉄道事業者様それぞれの事情や考え方に違いがあるものと想定し、まずは構造や機構の成立に向け着手した。

2. システム構成

車載式自動スロープ装置を7つのジャンルに分けて基本仕様を策定し、以下の取り組みを行った（図-3）。

(1) 機構系

車体出入口横にスロープ装置収納ユニット（以後ユニット）を設置し、ドアを開いた後、スロープを出入口部へ進出させホームへ展開する構成として以下に設定した。

- ①スロープ有効幅=900 mm（バリアフリー整備ガイドライン旅客施設編「渡り板」仕様では「800 mm

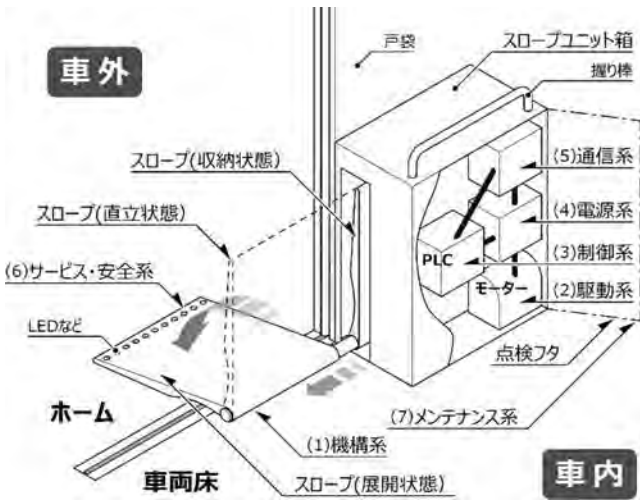


図-3 スロープシステム構成

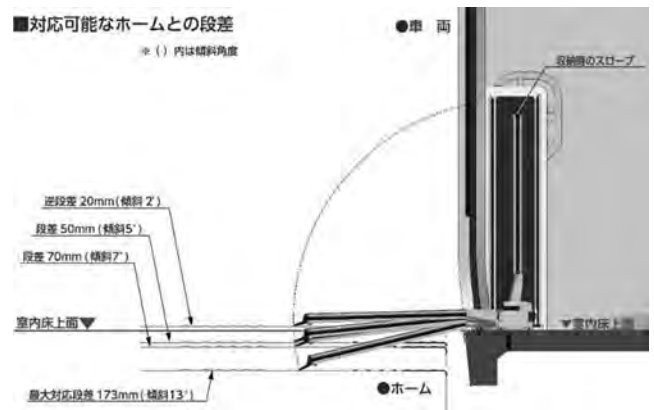


図-4 車両とホームとの許容段差と傾斜角度

- 以上」)
- ②スロープ踏面耐荷重 = 300 kg (バリアフリー整備ガイドライン旅客施設編「渡り板」仕様では「300 kg 程度」)
 - ③スロープ長さ = 1,000 mm (ホーム点状ブロックに極力被らない長さ)
 - ④スロープ傾斜角度 = 水平面から7度以下 (バリアフリーガイドライン「傾斜路」に示される「160 mm 以下の場合、1/8 勾配以下 = 7.125 度以下」に配慮した)。構造上は 70 mm を超える段差にも対応可能であるが、傾斜角度は大きくなる (図-4)。
 - ⑤故障や電源喪失などの異常に対応できるフェールセーフ機能を有すること。
 - ⑥列車運行確保のため、異常時には手動で収納可能な構造とすること。
 - ⑦既存車両への取り付けを考慮し、後付けで改造対応ができる構造とすること。

(2) 駆動系

横行用、展開用の2台のモーターでスロープを駆動する構成とした。

(3) 制御系

運転室にモニターおよび操作パネルを設置し、スロープ装置本体とその稼働エリアを見守る車内の適切な位置に配置したネットワークカメラや、稼働ユニットに搭載した障害物検知センサーからの情報を得ながら PLC で制御する (写真-1)。

(4) 電源系

入力電源電圧は DC100V。



写真-1 運転室に設置するカメラモニターおよび操作パネル

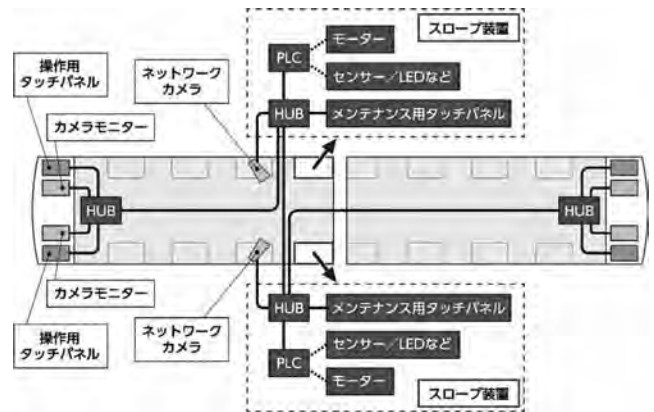


図-5 制御システム (2両編成の車両に左右1か所設置した場合)

(5) 通信系

運転室からイーサネットでスロープ装置へ回線し、遠隔操作するシステム (図-5)。

(6) サービス/安全系

スロープ動作中は、車内外の乗客への注意喚起のため、ユニットのスピーカーからシグナル音と音声案内を流す。また、スロープには LED 灯を内蔵し光による動作案内を行う。動作中は赤色発光で注意喚起し、通行可能状態を青色発光で表示。視覚障害者のホーム通行に配慮し、スロープ展開後の安定状態の間も音声



写真一2 車両室内側 測域センサーおよび測距センサー検知範囲

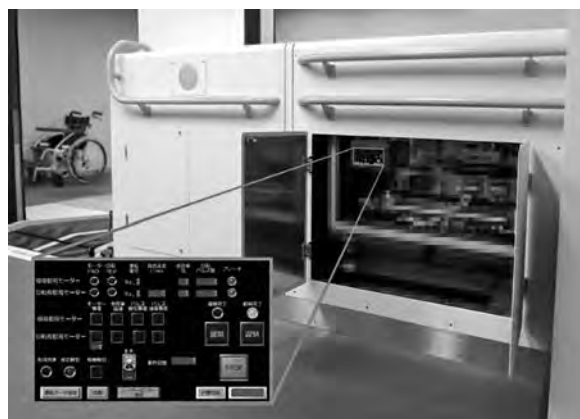


写真一3 ホーム側 測域センサー検知範囲

による注意喚起を継続する設定とした。スロープ架台先端部には測域センサーと測距センサーを内蔵しており、スロープ稼働範囲に人や障害物が存在していると非接触で検知し止まり、保護機能が働く（写真一2, 3）。なお、非接触センサーで検知した場合、検知エリアから障害物あるいは人が離れた後、自動再開する仕様とした。また、スロープ動作中に人や障害物が接触した場合でもモーターのトルクで検知、あるいはスロープ両サイドのガイドに内蔵している接触センサーで検知して保護機能が働く仕様とした。この場合、乗務員がカメラモニターから周囲の安全確認を行った後、任意で再開する運用を設定し、トラブルを回避する。このように各種センサーだけに頼るのではなく、人と機械の協調で安全を確保する設定とした。なお、車両側面に設けた乗客乗降用ドア開閉指令との連携により「ドア閉め状態ではスロープは動作させない」、「スロープ稼働中はドア閉め指令を受け付けない」ことを初期設定として設けている。ただし、「停車前のスロープ事前進出」や「スロープ直立後のドア閉め動作開始」は、動作時分圧縮には有効であるので、プログラム変更による対応は可能としている。

(7) メンテナンス系

ユニットに点検フタを設け、異常時や点検時に直接



写真一4 収納箱内操作パネル

操作ができるようにユニット内の制御盤にも操作パネルを設置した（写真一4）。

3. 機能性

前項で策定した基本仕様に基づき試作実機を製作し機能検証を行い、各ジャンルにおける基本仕様に沿う機能を実現することができた（写真一5, 6, 表一1）。



写真一5 試作機（ホーム側から見る）



写真一6 試作機（車両室内側から見る）

表-1 スロープ装置仕様

■機能		
機能	車いす利用者の乗降補助	
動作	乗務員遠隔操作による	
	車いす用スロープの自動展開	
	車いす用スロープの自動収納	
動作時間	展開時	16秒
	収納時	15秒
案内機能	LEDによる動作時注意喚起。展開時通路案内	
	音声による注意喚起	
保護機能	測域センサーによる接近検知（オート復帰）	
	測距センサーによる接近検知（オート復帰）	
	タッチセンサーによる接触検知（マニュアル復帰）	
	トルク検知による接触検知（マニュアル復帰）	
手動解除機能	停電や装置の故障で、スロープの自動収納ができなくなった場合、手動操作で収納可能	
耐荷重（スロープ板）	300 kg	
対応段差（スロープ角度）	-20 mm ~ +173 mm（車両側が高い状態=プラス）（2° ~ 13°）	
■機構部		
収納ユニット外形寸法 （手すりなど設備品を除く）	2,000(W) × 260(D) × 1,070(H) (mm)	
スロープ寸法	980(W) × 1,000(D) × 40(H) (mm)	
スロープ材質	アルミ複合構造（樹脂内包）	
モーター（横行用・展開用）	DC24V 200 W	
重量（1機あたり）	180 kg（手すりなど設備品を除く）	
■制御部		
制御対象機器	モーター、LED表示灯、音声案内装置	
入力信号	レーザー測域センサー、測距センサー、タッチセンサー、リミットスイッチ、モーター動作情報	
電源	DC100V（変更可）	
外部インターフェイス	接点信号、アナログ信号、Ethernet	

4. おわりに

主たる構造・機構・制御などの基本システムは確立でき、各種信頼性試験はクリアした。今後、試験の最終段階であるベンチテストを終了させたのち、鉄道事業者様のご協力を得て運用システムの構築、そして運用面や屋外環境、ホームの条件など、実運用を想定したフィールド試験を実施し、車いすをご利用の方の利便性向上、および鉄道事業者様のサービス向上に貢献する車載式自動スロープ装置の実用化に向けて取り組んでいく。

JCMA

《参考文献》

- 1) 国土交通省総合政策局バリアフリー政策課：公共交通機関の旅客施設に関する移動等円滑化整備ガイドライン（バリアフリー整備ガイドライン 旅客施設編）令和6年3月
- 2) 日本産業規格：「JIS E 4031：2013」, 「JIS T 9207：2021」

【筆者紹介】

龍溪 昇（たつたに のぼる）
近畿車輛(株)
研究開発部
課長



線路内に設備を追加設置せずに「自動化レベル GOA2.5」に対応した自動運転システムを開発

瀬戸直人

人口減少や高齢化の進行に伴う将来的な鉄道運転士の不足により、列車運行を維持できなくなる可能性が指摘されている。この対策として、運転業務の効率化・省力化が必要であるため、国土交通省の「鉄道技術開発費補助金」^{a)}を活用し、車両の自動運転や運行管理自動化に向けた要素技術開発を進めてきた。具体的には、線路内に設備を追加せず、「自動化レベル GOA2.5」^{b)}に対応する自動運転システムを開発した。開発フィールドは長野電鉄(株) (以下、長野電鉄)で行い、2023年8月から2024年2月にかけて本自動運転システムの実証試験を実施し、基本動作検証(停車位置に対する停止位置精度±50cm以内)を完了した。本報では、実現した自動運転システムの概要と実証試験の概要に関して紹介する。

キーワード：鉄道自動運転, 自動化レベル, 地方鉄道, 地上子

1. はじめに

鉄道を取り巻く環境は年々変化し、特に地方では人口減少により鉄道利用者が減少している。人口減少の影響は鉄道事業者にも波及しており、運転士や保守作業員等の鉄道係員の確保、養成が困難になってきており、特に経営環境の厳しい地方鉄道において、係員不足が深刻な問題となっている。国民生活に多大な影響を与える鉄道にとって事業の維持等の面からこれらは重要な課題となっており、鉄道事業者が現状の営業形態(利用者数の維持、運転士不足の解消、鉄道運行費用の削減や運行本数の維持)を維持するための技術の一つとして、車両の自動運転や運行管理の自動化が望まれている。

鉄道における運転士の乗務しない自動運転は、これまでに人などが容易に線路内に立ち入ることができない踏切道のない構造や高架構造であること、駅にホームドアが設置されていること、ATO^{c)}地上子^{d)}が各駅に複数設置されていること等の要件を満たした箇所、例えば、新交通やモノレールの自動運転で実現されている。一方で、踏切道がある等の一般的な路線では、九州旅客鉄道(株)の様一部の路線で実施されているものの導入数は非常に少ない。

鉄道事業者においては、より一層の業務の効率化・省力化が必要となっており、その一環で一般的な路線での自動運転の導入が求められている。自動運転を導入することにより、従来、運転業務を行っていた乗務員による乗客へのサービス提供や車内のセキュリティの向上、柔軟なダイヤ設定やダイヤ乱れ時の臨時運行等、鉄道に対する多様化・高度化するニーズにも対応することが可能となる。

以上の背景を受け、一般路線、特にATO地上子が多く設置されていない地方鉄道において、線路に設備を追加設置せずに自動運転を実現するために技術開発を進めてきた。

2. 鉄道の自動化レベル概要






鉄道の乗務形態による自動運転の分類を「自動化レベル(GOA)」と呼ぶ。GOAに応じた乗務形態の説明と国内導入状況に関して図-1に示す。図の太枠で示す「自動化レベル GOA2.5」は、列車の先頭に運転免許(動力車操縦者運転免許)を持たない係員が乗車する。係員の業務はドア開閉、緊急停止操作、避難誘導等であり、現行の運転士が行っている操縦行為を担わせるものではない。そこで、車両の走行に関わる

a) 2023年度「列車前方検知等の鉄道自動運転に向けた要素技術の開発」

b) 「自動化レベル GOA2.5」は、列車の先頭に運転免許(動力車操縦者運転免許)を持たない係員が乗車し、緊急停止操作、避難誘導等を行う。

c) 「ATO」は、「Automatic Train Operation」(自動列車運転装置)の略。

d) 地上子: 「地上子」は位置認識のため地上側に設ける装置で、車両に搭載された車上子と情報伝送を行う。

自動化レベル (IEC(JIS)による定義*)	乗務形態のイメージ (〔 〕内は係員の主な作業)	国内の導入状況
GoA0 目視運転 TOS	 運転士(および車掌)	路面電車
GoA1 非自動運転 NTO		踏切道がある等の一般的な路線
GoA2 半自動運転 STO	 運転士[列車起動、緊急停止操作、避難誘導等]	一部の地下鉄 等
GoA2.5 (緊急停止操作等を行う係員付き自動運転) ⇒IEC及びJISには定義されていない	 列車の前頭に乗務する係員[緊急停止操作、避難誘導等]	無し
GoA3 添乗員付き自動運転 DTO	 列車に乗務する係員[避難誘導等]	一部のモノレール
GoA4 自動運転 UTO	 係員の乗務無し	一部の新交通 等

※IEC 62267(JIS E 3802):自動運転都市内軌道旅客輸送システムによる定義
 (IEC:国際電気標準会議(International Electrotechnical Commission)電気及び電子技術分野の国際規格の作成を行う国際標準化機関)

GoA: Grade of Automation
 TOS: On Sight Train Operation, NTO: Non-automated Train Operation, UTO: Unattended Train Operation
 STO: Semi-automated Train Operation, DTO: Driverless Train Operation

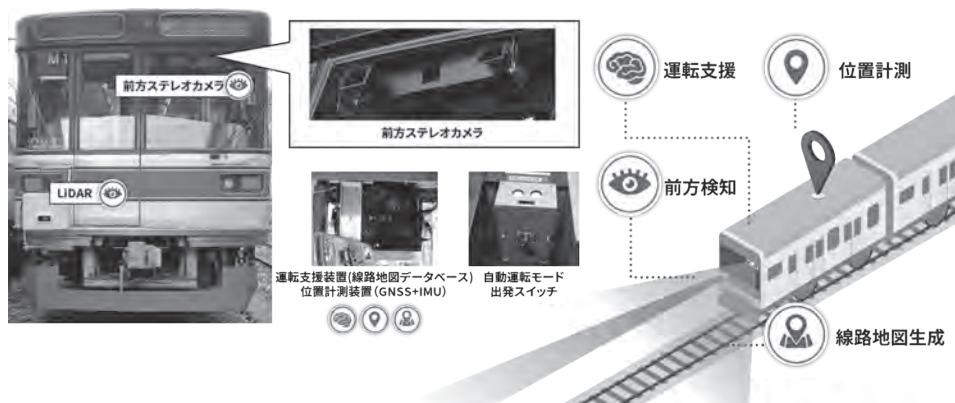
出典: 鉄道における自動運転技術検討会のとりまとめ(概要)より作成
 URL: <https://www.mlit.go.jp/tetudo/content/001512320.pdf>

図一 鉄道の乗務形態による分類(自動化レベル)

制御(加減速制御, 駅での定位置停止制御)や, 緊急停止操作の実行を支援するための前方障害物(以降, 支障物と記す)検知と通知は全て自動で実行する。「自動化レベル GOA2.5」実現には前述した機能を開発し, 自動運転のリスクとなり得る事象の発生を低減させるため, 自動運転システムの信頼性(例: 停止精度の向上, 支障物検知精度の向上, 機器故障発生率の低減等)を十分に確保する必要がある。

3. 自動運転システムの概要

開発した自動運転システムは図一2に示す様に, 既存の車両に前方ステレオカメラ, LiDAR^{e)}, 運転支援装置, 位置計測装置(GNSS^{f)}とIMU^{g)}を搭載)を追加することで実現している。前方運転支援装置は主に2つの機能を有している。第1の機能は, 前方ステレオカメラで撮影した前方画像を用いて支障物を検知し, 運転免許を所持しない乗務員へ危険であることを知らせる機能である。第2の機能は, GNSSや

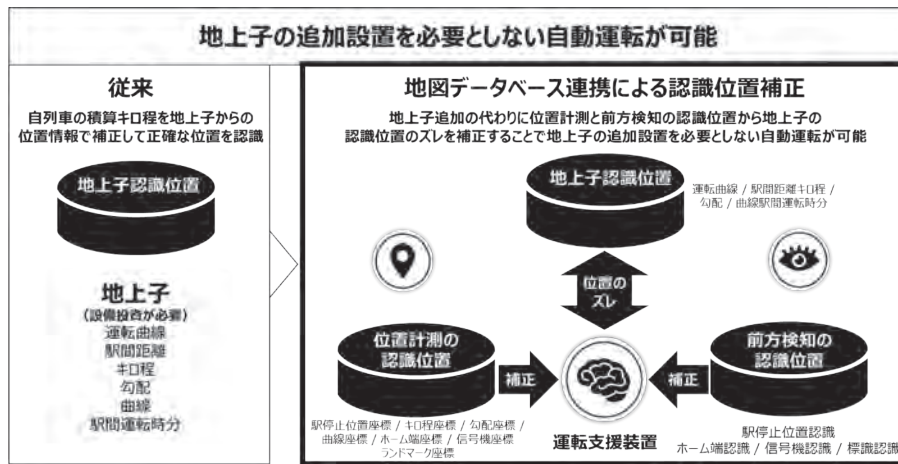


図一2 開発した自動運転システム構成

e) 「LiDAR」は, 「Light Detection and Ranging」の略であり, レーザーの照射により, 離れた物体までの距離情報を3D画像として得る技術。

f) 「GNSS」は「Global Navigation Satellite System」の略であり, 汎地球測位航法衛星システムを指す。

g) 「IMU」は「Inertial Measurement Unit」の略であり, 慣性計測装置を指す。



図一三 従来の運転制御と地上子を追加設置しない自動運転制御のイメージ

IMU、速度計などにより自車位置を高精度に測定・推定し、その位置情報を用いて、運転支援装置内に保存される線路地図データベースと照合し、加減速制御や停車制御を自動で行う機能である。自動運転を実現するためには、車両の走行位置を正確に把握する必要があり、従来は図一三左図に示す様に、線路内に地上子を追加設置して正確な位置や運転情報を把握する必要があった。しかし、地上子を追加設置する場合、設置・維持管理に係るコストへの懸念があることから、地上子の追加設置を必要としない自動運転システムを開発した(図一三右図)。本来地上子が有すべき情報を、位置計測装置の計測結果を運転支援装置で統合することで、地上子を追加設置しない自動運転を実現している。

一方で、GNSSによる位置計測は、空が開けていないと計測精度が低下する課題があり、駅は多くの箇所屋根があるため、別の手段で停止精度を向上させる必要がある。そこで駅内に安価且つ容易に設置可能な独自標識(以降、ランドマークと記す)を製作し、前方ステレオカメラとLiDARで正確に測距することで停止精度の向上を図っている(写真一1)。ランドマークのデザインは線路に設置されている他の標識と重複しない、且つ形状を特定しやすいように特定の角を切り落とした形状としている。また、塗料は日中の太陽光や夜間の周囲の照明による反射を防止するため、独自の反射防止塗料を採用している。写真一1で示すように、黄色と黒色の2色を混在させているのは、LiDARによる検出精度を向上させるためである。LiDARは物体の反射率の違いから形状を特定するため、ランドマークの中に反射率の異なる塗料を混在させることで検出精度を向上させている。ランドマークの構造や塗料の工夫と独自の検知アルゴリズムによ



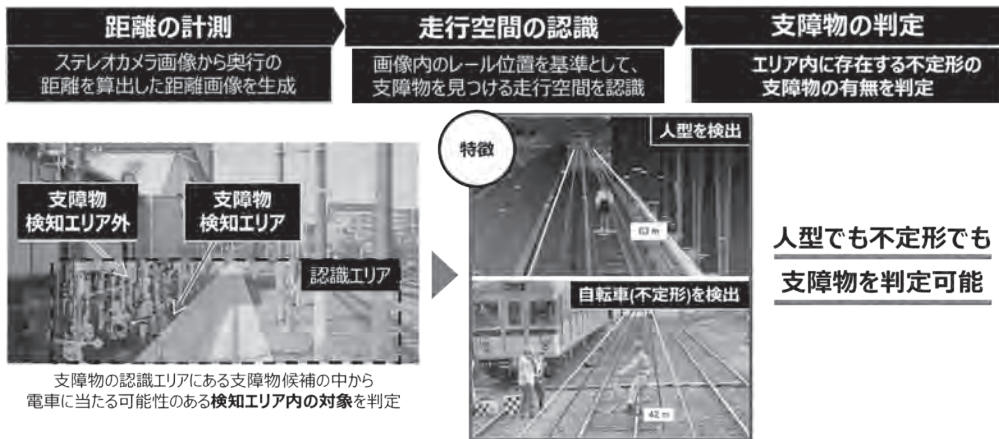
写真一1 駅停車用ランドマーク(左:日中画像 右:夜間画像)

り、独自のデータセットと評価指標を用いて評価した結果、誤検知率0.1%を実現している。

以上の様に既存車両上に搭載した様々なセンサと線路地図データベースを組み合わせ、高精度な自動運転を実現している。

4. 安全性を向上させるため支援機能

開発した自動運転システムには、安全性を向上させるためにGOA2.5係員を支援する機能として、支障物検知機能を搭載しており、線路上の支障物(列車の運行に支障をきたす物体)を自動で検知し、係員に音や光でブレーキ操作を促す機能を備えている。開発した支障物検知機能の動作に関して図一4に示す。処理の流れとして、第一に前方ステレオカメラで撮影した画像から奥行き距離を算出した距離画像を生成する。第二に生成した距離画像に対して、線路のレール位置を基準として支障物を見つける空間を検知エリア



図一 4 支障物検知の動作



図一 5 カーブを通過する際の補助灯の動作イメージ

として定義する。最後に検知エリア内の対象を支障物として判定する。本検知機能は人に限らず不定形の物体も検知エリア内であれば支障物と判定可能であることを特徴としている。

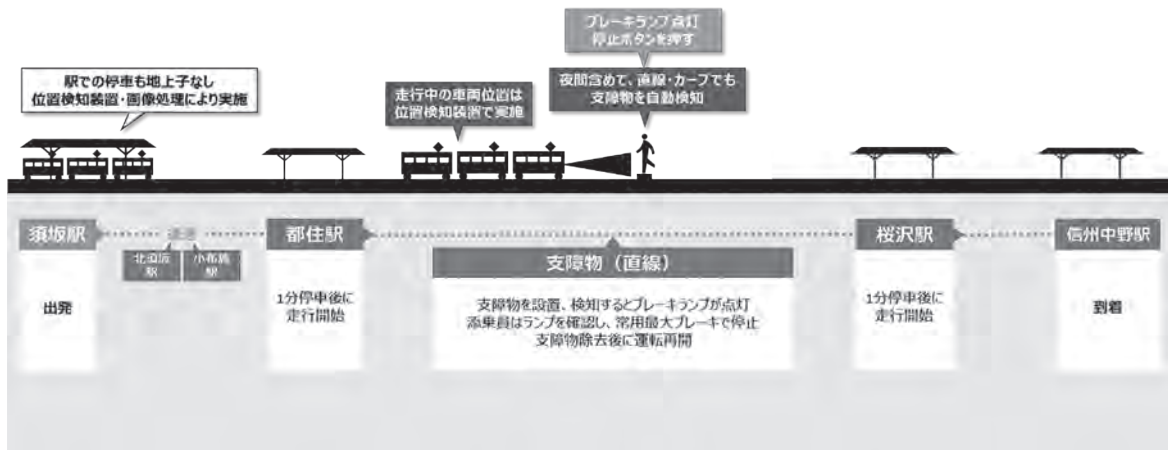
また、夜間は画像が暗くなるため、前部標識灯（厳密には前方を照らす照明ではなく、夜間などに車両の前方から自身の存在を確認させるために点灯させるもの）を利用して前方の支障物検知を行うが、従来車両に設置されている前部標識灯は、照射方向が車両前方のみであるため、カーブ等の曲線区間では、実際の進行方向が前方に対して横方向になるため、前部標識灯の照明が照らされてない。従って、カーブの先の支障物を検知するためには、カーブ方向を照らす必要がある。そこで、支障物検知機能の性能をカーブ区間においても確保するため、列車位置連動の視界確保のための補助灯を開発した。図一 5 にカーブを通過する際の補助灯の動作イメージを示す。夜間の通常走行では、前部標識灯を点灯させながら、GNSSにより自車位置を測位し、地図データベースで位置を照合しながら走行している。自車位置が地図データベース上で

カーブに到達したと判定した際は、補助灯を点灯しカーブを通過する（カーブ通過後は補助灯を消灯する）。本機能を搭載することで、夜間における支障物検知の性能向上を図っている。

5. 実証試験の概要

本実証試験は長野電鉄長野線の一部区間（須坂駅－信州中野駅間）で夜間の線路閉鎖した環境で実施した。図一 6 に示す様に須坂駅を開始駅として、自動運転モード出発スイッチにより走行を開始し、位置や速度の情報をもとに、運転支援装置で加減速制御および停車駅での停車制御を実施した。停車制御に関して、各駅の停車位置に対して±50 cm 以内の停止位置精度を確認した。

また、支障物検知機能の性能確認も夜間を含めて実施しており、途中の走行区間（直線部）に人物に見立てた模擬支障物を線路上に設置し、前方ステレオカメラで模擬支障物を検知して乗務係員を模擬した運転士に通知し、手動で停車する試験を実施した。結果、時



図一 6 自動運転実証試験の流れ

速 70 km での走行時に 200 m 手前で模擬支障物を検知し、運転士の操作で模擬支障物に衝突する前に車両を停止できることを確認した（過去の夜間試験において、人間が視認できる限界距離は 110 m ~ 130 m であった）。

一方、本実証試験を通して、カメラでの撮影が困難な逆光や対向照明等の環境条件のもとで、支障物検知に課題があることを確認した。そのため当社では前述した劣悪条件下で支障物を安定して検知できるシステムの実現を目的として、現在の前方ステレオカメラと LiDAR の機能向上と、それぞれを組み合わせたシステムの試作・検証を進めている。

6. おわりに

本稿では、線路内に設備を追加せず、「自動化レベル GOA2.5」に対応する自動運転システムを紹介した。自動運転システムとしては将来的に、「自動化レベル GOA3」以上の自動運転への対応も目指しており、今後は前方ステレオカメラの画像情報や LiDAR の測距データを組み合わせて、更に長距離である 350 m 先の支障物検知の実現を目指す（在来線の最高

速度はおおよそ 100 km/h 以下であり、100 km/h での制動距離が約 350 m)。また、地形や天候の影響を考慮し、列車位置に応じた最適なセンサを自動的に選択することで、自己位置の特定精度を向上させる技術開発を進めていく予定である。さらに、各装置を設置性に優れた最適な装置として開発を進め、自動運転の本格的な運用に向けて幅広い列車に適用可能なシステム開発に取り組む。また、安全性と利便性の追求に加え、個々の鉄道事業者のコンセプトに沿ったソリューションを提供していく。

J|C|M|A

《参考文献》

「鉄道における自動運転技術検討会」、鉄道における自動運転技術検討会のとりまとめ（概要）（国土交通省）資料 P2、令和 4 年 9 月 13 日

【筆者紹介】

瀬戸 直人（せと なおと）
東芝インフラシステムズ(株)
インフラシステム技術開発センター
自動化・画像応用システム開発部
列車走行安全支援システム開発プロジェクトチーム
スペシャリスト



ずいそう

阪神タイガースを追いかけて、野球場のある街へ

伊藤 健一



私は関西出身、関東在住の阪神ファンです。

最近の楽しみは、交流戦を含め、全国各地の野球場で現地観戦すること、そして、そのついでにその街の観光（城めぐり、美術館めぐりなど）やその土地のおいしいものを食べることです。転勤が多い職場なので、札幌から福岡まで友人知人がいます。休日に、一緒に観戦したり、そのあと飲みに行ったり、楽しみは倍増です。

複数回訪れた球場もたくさんあるため、年代は順不同で、北から順番に思い出を振り返ってみます。

まずは、2022年まで日本ハムの本拠地だった札幌ドーム。初めて札幌ドームで観戦したのは2016年のセ・パ交流戦でした。当時、日本ハムに在籍していた大谷翔平選手は阪神打線を相手に163 km/hを5球、160 km/h超は合計31球も投げ、阪神は3塁を踏めず完封負け。完敗とはいえ、いいものを見せてもらいました。

試合後はさっさと飲みに行こう、と向かった先は市内の中島公園にあった麒麟ビール園（現在は閉店）。天井の高い大空間のレストランで、ジンギスカンと生ビールと大谷選手の話で盛り上がりました。

札幌遠征時は、試合の合間に大通り公園や大倉山ジャンプ台などを散策しました。これらの観光地では、黄色いユニフォーム姿の阪神ファンがウロウロしています。

2023年、日本ハムは本拠地を北広島市のエスコンフィールド HOKKAIDO に移しました。早速、この年の交流戦を観に行きましたが、斬新なスタジアムですね。

レフトスタンドの上に天然温泉があり、サウナに入りながらグラウンドを見下ろすことができました。球場内で醸造している地ビール「そらとしば」も美味です。

続いて、仙台市の宮城球場（現・楽天モバイルパーク宮城）。敷地内に、球場全体を上から見渡せる観覧車があります。家内と二人で乗ってきました。

仙台に来たからには、もちろん牛タンを堪能。試合前に青葉城や宮城県美術館に行ってみると、ここにも黄色いユニフォームを着た人達が何人かいました。

関東地方における阪神のセ・パ交流戦は、西武ドームと千葉マリスタジアムで、毎年交互に行われます。

西武ドーム（現・ベルーナドーム）に来ると、いつも球場内の沖縄料理店「リトル沖縄」でソーキそばやタコライスを買って食べます。もちろんオリオンビールも。

この球場で一番の思い出は、佐藤輝明選手がルーキーの年に撃った1試合3本のホームランです。

幕張にある千葉マリスタジアム（現・ZOZOマリスタジアム）では、いつもロッテ応援団の統率の取れた全員ジャンプと大音量の声援に感心しています。

各地の二軍の球場も、それぞれ趣きがあって楽しいですね。阪神はウエスタンリーグ所属ですが、ときどき関東地方でイースタンリーグとの交流戦が行われます。

日本ハムの鎌ヶ谷スタジアムは、掛布二軍監督の時代に観に行きました。背番号31 KAKEFUのユニフォームを着たオジサンたちがあっちにもこっちにも座っていました。二軍なのにビールの売り子さんがい



写真-1 エスコンフィールド

て感激。

ヤクルトの戸田球場は荒川の河川敷にあります。観客席が小さいため、あぶれた観客は荒川の堤防から無料で観戦しています。豪雨でよく水没するので、2027年に茨城県守谷市に移転するそうです。

読売ジャイアンツ球場は、京王よみうりランド駅から「巨人への道」という急な山道を登っていきます。二軍戦なのに一軍さながらの阪神応援団が練り出していました。2025年3月からは近くの新球場（ジャイアンツタウンスタジアム）に移転しました。

一軍の話に戻ります。関東地方在住の阪神ファンにとって、明治神宮野球場、東京ドーム、横浜スタジアムは、ビジターといえどもホーム球場みたいなものです。

神宮球場は、一番阪神ファンが多いビジター球場でしょう。「半分、黄色い」。神宮球場の外野席エリアは充実の场内グルメ、比較的安価でおいしい店がたくさんあります。また、夏休み期間中は、5回裏終了時にバックスクリーンの後ろで300発の花火が上がります。

冷房完備の東京ドームは、昨今の猛暑では大いに助かります。ただし、生ビールは日本一高い1杯900円。

ビジター球場では基本的にレフト外野席に座ることが多いのですが、横浜スタジアムにはいろいろなBOX席があり、一緒に行くメンバーによって座席を選択できます。バーベキューを食べながら観戦できる席、生ビール10リッター付のスカイバーカウンター6人席、幼児連れでも安心のアクリルフェンスで守られたBOX席など。

横浜スタジアムでは、球団オリジナル醸造の3種類の地ビール（ラガー、エール、ホワイト）を飲むことができます。ちょっと高級なクラフトビールです。

横浜スタジアムといえば、佐藤輝明選手の右翼場外へ消えていったホームラン、また現地で見たいですね。

地方球場でもたまに公式戦が開催されます。長野オリンピックスタジアムに広島阪神戦を観に行ったことがあります。ときどき雨で中断しながらの長い試合で、



写真—2 横浜スタジアムでバーベキュー

終わったのは日付が変わる直前の23:50でした。両チーム総力戦で結局引き分け。最後は阪神の野手が足りなくなると、代走に出てきたのはピッチャーの島本選手でした。

次は名古屋です。ナゴヤドーム（現・バンテリンドーム）は阪神にとって鬼門といわれています。確かに、現地に観に行っても本当によく負けます。

試合前に名古屋城に行ってみました。私は全国各地の襖絵や掛軸の「虎図」を鑑賞するのが趣味ですが、復元された本丸御殿では虎の襖絵を何枚も見ることができます。どの虎も勇猛そうです。名古屋でも頑張れ！猛虎！

一番大好きな球場である本拠地・阪神甲子園球場は、年間10試合くらい観に行きます。屋根付きの内野席もいいし、アルプスタンドも座席幅が1.5倍に広がり快適になりました。甲子園の売り子さんの生ビールはカップが大きいし、値段も安いのが嬉しいですね。

甲子園は爽やかな快晴のデーゲームが最高に素敵ですが、2017年10月、DeNAとのCSファーストステージは大雨。外野席で観戦しましたが、ポンチョを着けていても全身ずぶ濡れ。靴の中までぐっしょり、最悪でした。

甲子園で高校野球開催中、阪神主催試合は京セラドーム大阪で行われます。京セラドームは雨天中止がなく、冷房も効いていますが、座席が古くて、前後の間隔も狭いので腰が痛くなります。早く改装してほしいです。

試合終了後は、勝っても負けても、JR大阪環状線大正駅周辺の沖縄料理屋街へ行くのが楽しみです。

さて、阪神の二軍球場は甲子園の少し南、鳴尾浜にありました。入場無料でのんびりとした球場でしたが、観客席が500席と極端に少ないため、2025年3月、



写真—3 甲子園球場ライトスタンド



写真—4 甲子園球場ラッキースエブンの応援（コロナ禍前2019年）：スタンド全周360度で飛ばされる壮観のジェット風船

尼崎市に移転しました。新しい二軍球場（日鉄鋼板 SGL スタジアム尼崎）にもぜひ行ってみようと思います。

マツダ Zoom-Zoom スタジアムは、JR 広島駅のすぐ近くにありま。入場後もグラウンドまわりを1周できる面白い構造です。ビジター応援席は三星側内野席の上方にビジターパフォーマンス席として隔離されています。

広島といえばお好み焼き。阪神戦がある日は、市内のお好み焼屋は黄色いユニフォーム姿でいっぱいです。

原爆ドームに近い旧広島市民球場跡地はイベント広場になっています。何年か前まで旧ライトスタンドの一部が残っていましたが、現在は取り壊されたようです。

福岡ドーム（現・みずほ PayPay ドーム福岡）では、ソフトバンクが勝つとドームの天井で花火が点火されます。また、ドームの開閉式大屋根がゆっくりと開くこともあります。1回の開閉に要する電気代は百万円とか。

福岡市の西方には、阪神から2024年度現役ドラフトでDeNAに移籍した浜地投手の実家、浜地酒造があります。蔵元では日本酒をたくさん試飲させていただきました。地ビールもおいしくて朝から飲みすぎました。

福岡城の中に、旧西鉄ライオンズの本拠地、平和台球場の跡地があります。現在は鴻臚館（飛鳥・奈良・平安時代の迎賓館みたいなもの）の遺跡が見つかり、発掘調査が続けられています。

最後にキャンプ地巡りです。阪神の春季キャンプは沖縄（一軍は宜野座、二軍は具志川）で行われます。

コロナ前の宜野座球場に行ったことがあります。選手と何度も至近距離ですれ違ったり、激励の会話をしたり、サインを書いてもらったり、異次元の経験でした。

そのころ、二軍の春季キャンプは高知県の安芸市で行われていました。高知市内に宿泊して、土佐くろしお鉄道（現・土佐くろしお鉄道）の虎柄のディーゼルカーで安芸まで通いました。夜は高知市内の「ひろめ市場」でカツオのたたきを食べました。なんでこんなに旨いんでしょう。なお、現在、安芸では若手主体で11月に秋季キャンプが行われます。

野球観戦は、小雨が降る中での試合決行はよくありますが、たまに大雨で中止があります。ドーム球場でも台風で試合が中止になったり、地震で帰りの新幹線が止まったり、どうやって帰ろうかと悩む事態に遭遇することもあります。それでもこんな面白い趣味はないので、これからも野球観戦が続けられるように、家内安全と世界平和と阪神優勝を祈り続けていきたいと思っています。

ずいそう

趣味と共に歩んだ人生

加瀬哲司



私はこれまで52年間、水門の設計に携わってきましたが、小さい頃から「体を動かすこと」が大好きでスポーツをすることが趣味でした。

小学生時代は「体操」中学時代「ソフトテニス」高校時代「弓道」と学生時代を過ごしました。

社会人になってからは、興味を持っていた硬式テニスを始めました。中学時代のソフトテニスと打ち方の違いで最初は少し戸惑いがありました。

サークルに入った時の自己紹介で、「毛の生えたボールのテニスボールは初めてなのでよろしくお願いします。」という挨拶したところ、「毛の生えたボール」と言ったことに爆笑され、その後の懇親会毎に何度もいじられ続けました。

テニスについてはその後、週1回練習と年1～2回の大会参加や合宿等で20年程続けましたが、場所の確保が難しくなったこととメンバーの高齢化で、参加していたサークルが解散することになりました。

ちょうどその頃、会社が不要となった敷地内の一角に写真-1のようなテニスコート1面程のゴルフの打ちっぱなし練習場を造ったことを機会にゴルフをカジリ始めました。

テニスを行っていた当時ゴルフに対する考えは、テニスや野球と違って止まっているボールを打って、ただ歩き回っているだけでどこが面白いのかと心の中で思っていました。

ところが始めてみるとその止まっているボールがなかなかうまく当たらず、当たったとしても芯からずれて左右に大きく曲がることが多く、とても難しく奥が深いスポーツであることが分かりました。



写真-1 工場内のゴルフ練習場

始めた当時、先輩から初心者はいきなりコースに出ると周りに迷惑を掛けるからと言われていたため、約一年間練習場通いをしてからコースデビューしました。練習を重ねることで、時々芯の近くに当たり真っすぐに飛球が出始め、また徐々に距離も伸びていくことに喜びを感じ、コースに出られない練習も全く苦になりませんでした。一年間コースに出られないなんて…と思う方もいると思いますが、結果的には練習を重ねたことで2回目に二桁の成績を出すことが出来ました(年齢を重ねそれも困難となりました)。

また、初めてコースに出た時の緑の美しさと、広々としたコースの爽快さにもすっかり魅了されました。

ゴルフは体が動く限り続けることが出来るスポーツです。ゴルフしたことが無い方へも是非お勧めしたいと思います(一年間も練習する必要はないと思いますが)。

話をちょっと止めていたテニスに戻しますが、60歳に達した頃に人生で初めて、単身で約3年間の長期出張をすることになりました。出張先は、メジャーリーグ大谷選手の出身地として有名になった岩手県奥州市です。そこで地元のテニスサークルに入れて頂き、時々飲み会にも参加させてもらえたので、テニスをやっていたおかげで休日を楽しく過ごすことが出来ました。

その後長期出張が2回続きましたが、今度はゴルフを楽しむ方ならご存じだと思いますが、最近何時からか「一人ゴルフ」と言うシステムが出来たため、それを利用してその間を楽しみました。

一人ゴルフとは、自分がやりたい時に申込み、全く知らない者同士と一緒にプレーするシステムです。そこで気が合えば再会し再度一緒にプレー出来ます。

またそれとは別に健康維持するため定期的に何か楽しみたいという気持ちがありました。

そこで場所取りが困難なテニスをあきらめ、それに代わるものとして続けてきたテニスに比較的似ているバドミントンのサークルを探していた時、近くの公民館で卓球のサークルを見つけ覗いて見たところ、見学を勧められラケットも貸してくれたので、30分程打たせてもらいました。

卓球はこれまで殆ど経験が無く温泉旅館卓球程度でしたので、ちょっと速いボールは全くテーブルコート

内に打ち返すことが出来ず無理かなと思いましたが、温かく熱心に誘われたので入会することにしました。

入会後練習を重ねるにつれてテニスの経験を活かし次第に打ち返すことが出来るようになりました。

そして時々テニス打ちですが強いショットが打てた時の対戦相手や観戦している人の驚く顔を見ることが快感となり、楽しんで継続していけると思えるようになってきました。

また最近では年齢と共に体の動きが悪くなる将来を考慮し、正式なゴルフより身体に負担の少ないパークゴルフもこの卓球仲間の勧めで始めました。

このようにスポーツをやってきたおかげで多くの人とのつながりが出来、多くの楽しい仲間恵まれております。

私にはスポーツの他にもう一つの趣味があります。それはモノづくりです。

子供の頃からプラモデルに興味を持ち、最初はお金もなく作るものはたわいもなく小さいものばかりでしたが、社会人になってからは次第に大きなものに挑戦し、「戦車」や写真—2のように長さ1m以上の「戦艦大和」の本物を意識してペイントも施し、自己満足していました。

50歳の頃には自宅を建て替えたことを機に「木工」に興味を持ち、座卓・食器棚・ベランダのテーブルとベンチの製作に取り組みました。

座卓は、単なる厚さ25mm×幅500mm×長さ1,350mmの板に取外し(ねじ式)可能な脚を取付けたものですが、天板を重ねて収納することを考慮して、板に凹みを設けその厚み内にナット金具を納める構造としました。

この座卓を4台作り(ニス塗)必要に応じた台数を組み合わせて使用していますが、最大幅1m×長さ2.7mの大きさになり14~15人で利用出来るので今でも重宝しています。

食器棚は、妻が趣味で陶器を集め始めて、それを飾る棚が欲しいという要望からCAD作図を手始めに製作にかかりました。

構造的にはただ床に置く構造では、奥行きが浅く(約15cm)安定性に欠けることから、写真—3のように



写真—2 プラモデル(戦艦大和)

壁をくり抜き、壁の厚さ内に納める構造としました。安定性を確保すると共に部屋内の景観もスッキリさせることが出来ました。

ベランダ用テーブルとベンチの製作は、廃材となっていた電線ケーブルの木製ドラムの丁度良いサイズを利用して製作し、そのベンチも主にその木製ドラム数個を解体して製作しました。

我が家は土地が狭いことからリビングとキッチンと2階にしましたが、これが功を奏しベランダへのアクセスが容易となったため、子供達家族や時には会社の同僚の皆さんと写真—4のようにバーベキューをして時々楽しんでます。

現在スポーツについては、月1回のゴルフと時々のパークゴルフ、そして卓球を週3回(2~3時間/日)で楽しんでいます。

モノづくりについても最近怠っていますが、機会があればまた何か作ってみたいと思っています。

これまで、趣味を通じて素晴らしい仲間に出会い、楽しい時間を過ごせたことに大変感謝しています。

後期高齢者となった今、いつまで続けられるか分かりませんが、これからも身体が許す限りこれらの趣味を前向きに続けていきたいです。



写真—3 壁をくり抜いて設置した食器棚



写真—4 自作の木工製品を利用したベランダでのバーベキューの様子

部 会 報 告

(株)アクティオ 三重いなベテクノパーク統括工場 見学会 報告

機械部会 コンクリート機械技術委員会

1. はじめに

機械部会のコンクリート機械技術委員会では、令和6年度技術見学会として(株)アクティオ 三重いなベテクノパーク統括工場への見学会を実施した。参加者はコンクリート技術委員と事務局を含め16名であった(写真-1)。

2. 見学会スケジュール

令和6年10月30日(水)

11:50 名古屋駅集合
 12:00～12:50 (株)アクティオ三重いなベテクノパーク統括工場へ移動
 13:00～13:30 工場概要説明見学
 13:30～15:30 場内見学・質疑応答
 15:40～16:30 名古屋駅へ移動・解散

3. 工場概要

(株)アクティオは主に建設施工現場の顧客に建設機械や重機、器具等のレンタルを行っており、全国8カ所に機械の整備・物流を行う大型拠点を持している。これら大型拠点では機械の整備だけでなく研究開発や人材育成を行うための施設を備えており、今回訪問した三重いなベテクノパーク統括工場は東海地区と西日本の整備・物流の拠点として2015年に完成した国内最大規模の工場である。

当工場には従業員が約200人在籍しており、機械整備の他、各営業所からの出荷、入庫依頼などの対応も行っている。

工場敷地内中央部にはメイン施設となる整備棟があり、施設内は大きく分けて

「発電エリア」

「エンジニアリング機械エリア」

「重機・車両エリア」

「小型機械エリア」

「水中ポンプエリア」

に区分けされている。また整備棟横には大型の橋形ク



写真-1 集合写真(整備棟前にて)



写真-2 工場概要説明を受ける参加者

レーンが並び、大型発電機などの置き場を臨機応変に変えることで季節や状況により変わる受注にも対応している。工場敷地内には他にも入庫した機械の洗浄、作動確認を行うスローピット、ストックヤードエリアや社員教育や外部への講習を行うことができるトレーニングフィールドも有している。

今回の見学では各エリアで行っている業務内容や整備方法などの説明・質疑を受けた。

4. 整備棟見学

(1) 発電エリア

大型発電機やエアコンプレッサなどの整備を行うエ

リアである（写真—3）。大型発電機の整備手順としては、まず始めに発電機の負荷試験を行い、その試験結果をもとに整備内容を決定しているとのことであった。当日は入庫したばかりの大型発電機の負荷試験を行う所であったため実際の試験作業内容を見ることができた。試験では検査員が専用のモニタリングルームに入り、リモート操作によりエンジンの始動から運転状況データ（エンジン回転数、エンジントルク、発電量、性能線図等）の確認を実施しており、試験中は発電機に触れる必要が無いため検査員への安全性が確保された施設となっている。

なお、試験時は発電量を最大出力とするためにエンジン回転数を高回転まで上げることが必要となり、その際に大きな騒音が発生する他、マフラ内に堆積していた煤が高温で排出されることもあるため、試験場には場外への排気管の設置や消火設備など周辺施設への影響を少なくする設備も採用されている。

（2）エンジニアリング事業部機械エリア

トンネル現場で使用する送風機、集塵機、大型水中ポンプなどの大型機械の整備・点検を行うエリアである。整備する機械は重量級であるため移動には全てエリア内設置された大型クレーンを使用して運搬を行っている（写真—4）。また、エリア内には大型の水流試験装置があり、整備後の大型水中ポンプの流量・水圧を計測することでポンプ能力がカタログスペックを満たしているか確認することが可能となっている（写真—5）。

（3）重機・車両エリア

油圧ショベル、高所作業車、レンタカーなど自走可能な機械を中心に整備を行うエリアである。油圧ショベルや高所作業車には特定自主検査の実施が法令で定められているものもあるがそれらについては検査員資格を持つ従業員が行っており法令に基づいた点検・整備を実施している。エリア内では油圧ショベルの整備を行っていたが入庫前に走行装置などの下周りは専用の洗浄装置により徹底的に洗浄されているため機械や床面には汚れも無く、清潔な状態で整然と整備が行われていた（写真—6）。

（4）小型機械エリア

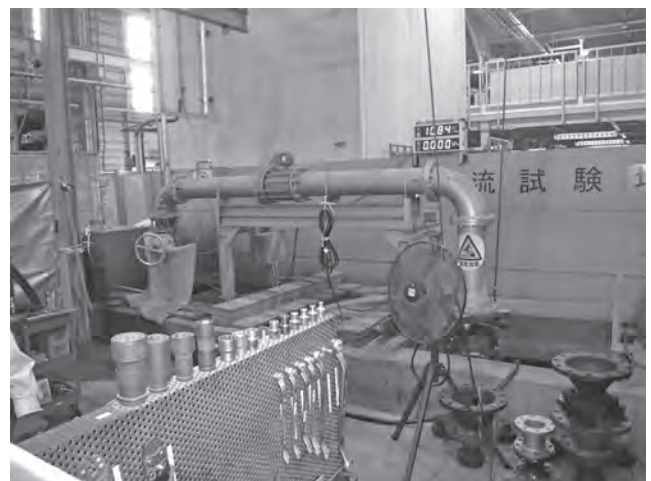
主に手で持ち運べるサイズの小型機械（電工ドラム、送風機、照明）などの整備を行っており対応する機械は多岐にわたる。当日は夏季に使用されたスポットエアコンが多数搬入されていたが冬季は熱風ヒー



写真—3 整備中の発電機



写真—4 整備中の大型送風機



写真—5 水流試験装置

ターの出荷が増加するため準備を進めているとのことであった。また、整備したレバブロックやチェーンブロックなどは専用装置を使用して吊り上げ荷重の検査が実施されていた（写真—7）。



写真一六 重機・車両エリア全景



写真一八 整備済みの水中ポンプ



写真一七 吊り上げ荷重検査装置



写真一九 入庫した水中ポンプ

(5) 水中ポンプエリア

モーター出力 19 kw 以下の水中ポンプの点検・整備を行っており、西日本エリアに出荷される水中ポンプの大半はエリアで整備を行っている。

このため当日もエリア内には膨大な量の水中ポンプが保管されていたがアクティオ内で運用している水中ポンプは全て管理番号が付与されており稼働状況や整備履歴が社内端末から即時に確認可能となっている(写真一八、九)。

また、入庫から出荷までの整備工程(清掃作業、点検、修理、塗装)についてもエリア内のディスプレイにシリアル番号でリアルタイムに表示されていた。最終工程の仕上げ塗装では水中ポンプを塗装ラインに乗せるだけでサイズ、形状をAIが自動判別して塗装を行う自動塗装ラインが導入されており、作業の効率化や塗料の削減が図られていた。

5. 敷地内設備見学

(1) トレーニングフィールド

主に社内教育や外部への講習が行われておりエリア内には軌陸車の作動テストを行うために鉄道レールが敷かれている。

他エリアでは高所作業車の転倒事故をVRゴーグルで疑似体験することもできる施設があり、筆者も実際に疑似体験を行った所、自分が乗っている高所作業車が傾いた際は想像していた以上に身体が反射的に回避動作を起こしていたため、高所作業車を使用する作業者への安全教育として非常に有効であると感じた。

(2) 建材棟

アルミ製の足場機械のほかハシゴ、脚立等の整備・検査を実施するエリアである。足場機械の整備基準は仮設工業会に定められており、当日も多数の足場機械が工程毎に分かれて整備が行われていた。エリア内に

は当日の進捗状況が分かるディスプレイの設置や洗浄作業の一部にロボットアームにより自動洗浄装置が採用されるなど作業の効率化も図られていた（写真—10）。



写真—10 自動洗浄装置

6. おわりに

見学会では日々、施工現場で使用されるレンタル機械が安全に使用されるための品質管理体制のほか、工場の随所に導入されている作業効率化・最適化を図るための改善内容などについても詳しく説明をいただき大変有意義なものとなりました。今回の見学会にご協力いただきました(株)アクティオの関係者の皆様、および工場内の案内をしていただきました三重いなベテクノパーク統括工場の皆様には今回の見学会を快く受け入れていただいたことに心より厚く御礼申し上げます。

【筆者紹介】

角南 大輔（すなみ だいすけ）
 極東開発工業(株)
 三木工場 第三設計課
 （一社）日本建設機械施工協会
 機械部会 コンクリート機械技術委員会 委員



部 会 報 告

令和6年度 若手現場見学会 新東名高速道路 河内川橋工事

建設業部会

1. はじめに

2024年11月21日、建設業部会は令和6年度若手現場見学会を新東名高速道路河内川橋工事にて実施した。参加者は事務局を含め12名。

2. 工事概要

河内川橋は橋長771m、河内川水位からの最大高低

表-1 工事概要

工事名	新東名高速道路 河内川橋工事
工事場所	神奈川県足柄上郡山北町川西
橋梁形式	鋼・コンクリート複合アーチ橋 (上り線771.0m 下り線692.0m) PRCポータルラーメン橋 (下り線22.5m)
橋脚	13基 橋脚高H=12.5~87.6m
橋台	6基 橋台高H=7.0~13.0m
工期	2016年8月~2027年8月

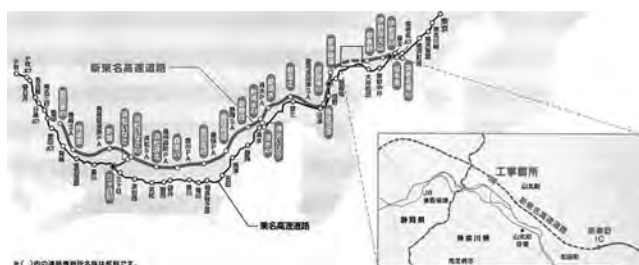


図-1 位置図

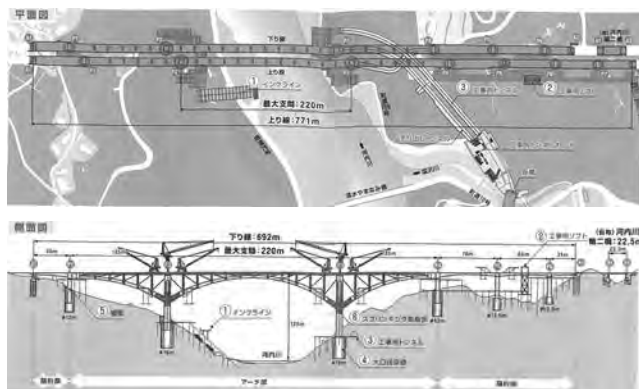


図-2 橋梁一般図

差120m、アーチスパン220mを有する鋼・コンクリート複合のバランスドアーチ橋である。工事場所は中日本高速道路㈱が事業を進める新東名高速道路の未開通区間である秦野—御殿場間で、丹沢山地西端の急峻な谷部において河内川を渡河する位置にある。

急峻な谷部に位置することから、P2橋脚にはインクラインをP3橋脚には工事用トンネルを設け、施工ヤードへのアプローチとしている。

また、P5~P6間の栈橋には工事用リフトを設置している。

3. 現場見学

見学会では、初めに現場事務所横のスマートオフィスにて工事概要の説明を受けた(写真-1)。スマートオフィスには正面及び左右の壁面に多くのモニターがあり、現場各所の施工状況やインクラインの運行状況が分かるようになっている。

その後、P2橋脚のインクラインを見学、右岸に移動して工事用トンネルを通り、P3橋面上のトラバレークレーン、移動作業車及び桁内の緊張ジャッキ運搬台車を見学した。

(1) インクライン

P2橋脚への資機材、重機等の運搬を担う設備。最



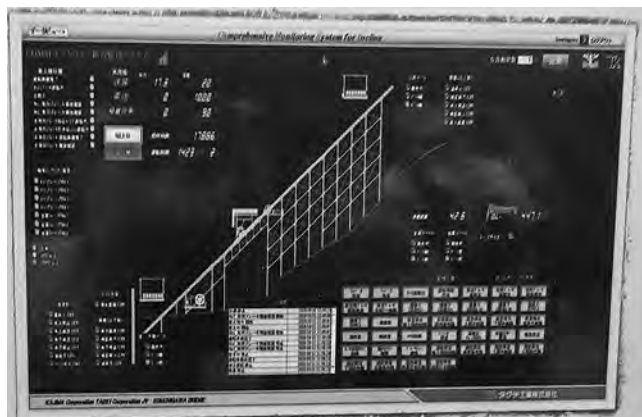
写真-1 スマートオフィスでの説明

大積載 90 t、フロアサイズ 20 m×8 m という規模は国内最大級で、アジテータ車 4 台を同時に積載できる。斜度 41° で設置されたレール上を走行するインクラインにより大規模な仮設栈橋が不要となる為、森林伐採範囲も少なく済み、環境負荷も低減されている。また、県道上空を通過するため、防護構台も設置している（写真—2）。

本工事ではインクライン全体を一元管理するための総合監視システム（COMSI: Comprehensive Monitoring System for Incline）を採用している（写真—3）。本システムは巻上機ハウス内に設置された制御盤を遠隔で監視、操作できるリモートメンテナンスのほか、牽引ワイヤーロープやシーブ各所に各種センサを搭載しており、速度や荷重、電流値等から運行状況及び異常有無の常時監視を可能としている。



写真—2 インクライン全景



写真—3 総合監視システム（COMSI）イメージ

(2) 工事中トンネル

右岸の P3 橋脚は河内川に隣接する急峻な斜面に位置するため、尾根の反対側から P3 橋脚基部の施工箇所に向けて工事中トンネル、及び出口にあたる斜面に構台を構築することでアクセス路と施工ヤードを確保している。

(3) アーチリブ移動作業車

上下線 P2・P3 アーチ施工用の作業車はメイントラス後方斜材部に 230 t ジャッキを採用し、ブロックごとに変化していくアーチ角度に合わせて調整可能な機構となっている。最大ブロック長は 6.5 m で作業車の最大能力は約 1,200 t・m、メインジャッキは 400 t 級、アンカージャッキは 250 t 級という大きなものであり、作業車組立には実働 40 日程度かかったという。上り線 P2 は 15/16 ブロック施工中、上り線 P3 は 16/16 ブロックの施工を完了し、作業車の 1 台は、アーチリブで仮吊りしている作業台部を除き解体済みとなっている。

移動時には 1 ストローク 500 mm のジャッキで 13 回分、1 日かけて 6.5 m の移動を行なっている（写真—4）。

(4) トラベラークレーン

橋脚部に設置されたタワークレーンに加えて、P2、P3 張出部に 1 台ずつ計 8 台のトラベラークレーンを補剛桁上に設置し、各種揚重作業を行なっている（写真—5）。能力は国内最大クラスの 650 t・m 級で、調達時当初は国内には 13 台しかなかった。

張出施工が進むにつれてタワークレーンとトラベラークレーンの距離が遠くなり、一部部材を揚重出来ないため、トラベラークレーンの後方に運搬台車を設置し、部材を運んでいる（写真—6）。



写真—4 アーチリブ移動作業車（斜め後方から）



写真—5 トラベラークレーン



写真—7 緊張ジャッキ運搬台車



写真—6 運搬台車

(5) 緊張ジャッキ運搬台車

アーチリブ斜吊材の緊張作業は桁内で行なうが緊張ジャッキが約1tあり、移動・セットが非常に困難であるため、ジャッキの運搬・セット用のモノレール台車を設置することで作業の省人化・省力化を図っている。なお、台車幅はモノレール動線の最狭部である桁内隔壁部の遊間 800 mm を通過できる大きさとなっている (写真—7)。

4. おわりに

本見学会では、急峻な施工箇所への対応策と多種多様な工夫による合理化された施工を見学した。

また、現場各所に様々な ICT 技術が導入されており、i-Construction に向けた最先端の現場であると感じたと同時に 6 名の機電職員で管理を行なうための工夫を随所に感じられた。

最後に、大変お忙しい中、本見学会にご協力いただきました鹿島・大成特定建設工事共同企業体の皆様に、厚く御礼申し上げます。

【筆者紹介】

西貝 拓哉 (にしがい たくや)
三井住友建設(株)
土木本部 機電部



新工法紹介 機関誌編集委員会

04-473	<p>覆工コンクリートの 自動打設ロボット 「セントルフューチャーズ」</p>	<p>戸田建設 大栄工機 JUST.WILL ムネカタインダスト リアルマシナリー</p>
--------	---	---

概要

覆工コンクリート構築における省人化や苦渋作業の改善を目的として、自動でコンクリートを打設する「セントルフューチャーズ」を開発し現場に適用している。本技術は、覆工コンクリートで一般的に用いられるスランブ 15 cm 程度のコンクリートに対して適用可能である。自動打設を目的に開発したスライド型自動配管切替装置「スイッチャーズ」を中心として、各種センサやバイブレータを組合せてセントル（覆工コンクリート打設用の移動式鋼製型枠）に配置することにより、覆工コンクリートの側壁部から天端部までを自動で打設することができる。これによって従来人力で行っていた打設ホースの移動、打設口の開閉、コンクリートの締固めなどの作業が不要となり、打設人員を削減できる。

特徴

主要な設備と機能の紹介（図-1、2、写真-1）

1) 2種類の配管切替装置を用いた自動の打込み

ポンプ車から圧送されたコンクリートは自動配管切替装置（分岐4方向）を経由してから「スイッチャーズ」により打ち込む。「スイッチャーズ」は打設の完了した高さの打設口を自動で閉じて、コンクリートの打ち上がりに合わせて次の打設口に自動で切り替わる。

2) 3種類のバイブレータを用いた自動の締固め

- ・側壁部はセンサ付き棒状バイブレータでコンクリートの打ち上がりを検知しながら、自動で一定時間締固める。
- ・天端部は自動伸縮式バイブレータでコンクリートの充填に合わせて自動で締固めを行い、締固め完了後はバイブレータ先端をセントル内へ自動で格納する。
- ・充填補助として型枠バイブレータを多数配置しており、打設口（側壁部）の近傍に山形状に溜まったコンクリートに自動的に振動を与えることで水平に均す。また、天端部においては妻部までのコンクリート充填を補助する。

3) センサによる充填状況の把握

- ・セントル全体に多数配置した高さセンサによって、コンクリート充填の進捗を把握できる。
- ・天端部に配置した充填検知センサと圧力センサで打設の完了を自動で判定する。

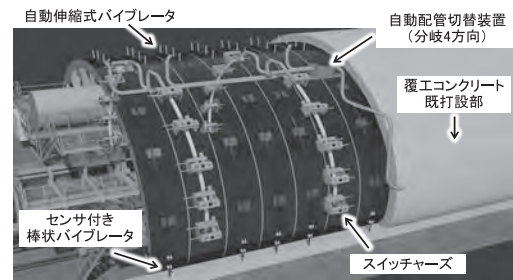


図-1 セントルフューチャーズの主要設備

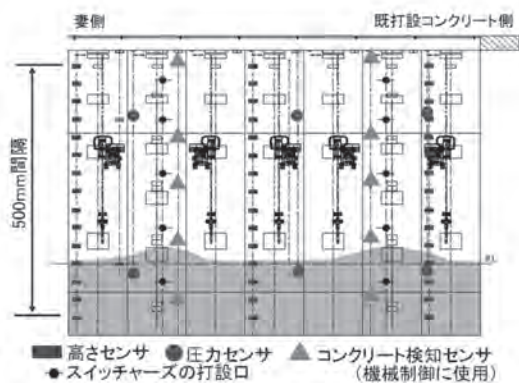


図-2 側壁部のセンサの配置

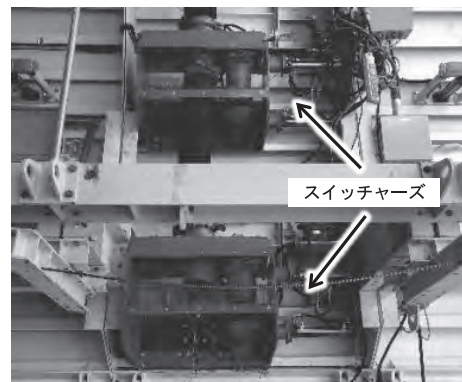


写真-1 スwitchャーズ

・各種センサで計測した結果はインターネットを介して事務所等のモニターでリアルタイムに確認できる。

用途

・山岳トンネル工事

実績

・中国地方整備局発注

令和3年度木与防災木与第1トンネル工事

問合せ先

戸田建設(株) 名古屋支店 土木技術営業課 二宮伸二

〒461-0001 愛知県名古屋市東区泉 1-22-22

TEL: 052-951-8594

新工法紹介

04-474	AI サイクル自動判定システム	清水建設 Lightblue
--------	-----------------	-------------------

▶ 概 要

山岳トンネル工事の現場では、坑内の作業状況を坑外から把握することが難しく、施工管理上の課題の一つである。従来は、カメラ映像の限定的な情報や個人の経験・感覚を頼りに坑内の状況を推察していたが、想定が外れた場合は、入坑した職員が無用の待機を強いられ、生産性を減じる要因となっていた。そこで清水建設と Lightblue は、画像解析 AI を活用して坑内作業の現況を把握し、現場関係者へタイムリーに情報共有するツール「AI サイクル自動判定システム」を開発した。

本技術は、トンネル切羽後方の約 40 m 地点にウェブカメラを設置し、その映像から AI が坑内の作業状況を自動判定し、その内容をリアルタイムに関係者に通知することによって、無駄な待機時間を削減するものである。

図一に AI サイクル自動判定の概要を示す。AI サイクル自動判定技術は、切羽周辺で作業する重機の種類、各施工サイクルに使用される重機の組み合わせ、および一般的な施工サイクルの順番をあらかじめ学習することで AI が作業状況の判定を行う。判定されたサイクルデータは、自動でクラウド上に保存される。また、社内 SNS を通して職員や作業員に判定結果の通知を行う。本技術によって、坑内の作業状況がリアルタイムに関係者全員に通知されるため、従来の経験や感覚に頼ることなくタイムリーに業務にあたる事が可能となる。

▶ 特 徴

山岳トンネル工事では、各施工サイクルで使用する重機の組み合わせが決まっている。そのため坑内に設置した切羽カメラの映像から施工に使用する重機を認識することで作業内容を判定することができる。本技術では、EVA-CLIP モデルを用いて、

7つの作業（削孔・装葉、ずり出し、コンクリート吹付、こそく、鋼製支保工建込、ロックボルト打設、停止）の重機組み合わせと坑内配置状況を学習し、実際の映像と比較することで、最も類似性の高い作業を判定する。なお、AI 判定を行うにあたり事前に約 5,000 枚の画像データを使用して学習を行った。

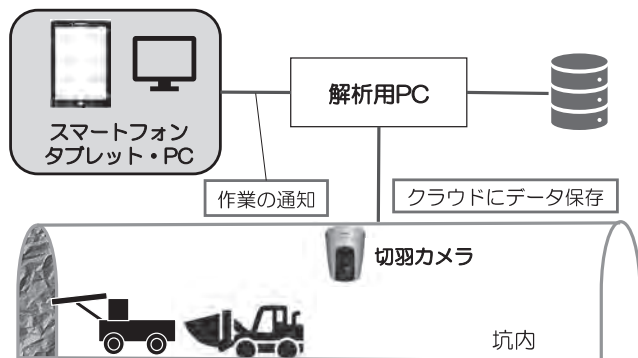
施工サイクルの判定精度を向上させるには、作業内容を学習させるだけでなく、施工順序も学習させる必要がある。特に「吹付けコンクリート」と「鋼製支保工建込み」は使用する重機が同じであるため、「一次吹付け」と「二次吹付け」の作業の間に「支保工建込み」の作業を学習させた。さらに、AI モデルに以下の仕様（ルールベース）を追加することで判定精度向上を行った。

- ①判定の精度が低い場合（閾値 0.8 未満の場合）は、直前の作業を継続する。
- ②施工サイクルの順番を考慮し、不自然な作業の遷移を防ぐ。
- ③直近 3 回の判定結果を参照することで、誤判定の確率を低減させる。
- ④過去の作業履歴を学習し、適切な施工サイクルを選択する。

写真一に AI サイクル自動判定の状況を示す。写真の左上には施工サイクル判定結果「穿孔・装葉」を示しており、AI が自動で施工サイクルを判定していることが確認できる。また、写真の下部には判定結果の精度を示している。



写真一 AI サイクル自動判定の状況



図一 AI サイクル自動判定の概要

▶ 用 途

・ NATM による山岳トンネル工事

▶ 実 績

- ・ 高速道路山岳トンネル工事（NATM、トンネル延長 2,298 m）
- ・ 一般国道山岳トンネル工事（NATM、トンネル延長 1,350 m）

▶ 問 合 せ 先

清水建設(株) 土木総本部 土木技術本部 地下空間統括部
〒104-8370 東京都中央区京橋 2 丁目 16-1
TEL : 03-3561-8672

新工法紹介

04-475	自己充填覆工構築システム	佐藤工業
--------	--------------	------

概要

山岳トンネルの覆工コンクリートの施工は、スランプ15cm程度のコンクリートをセントル側部の作業窓から打込み、配管を順次覆工上部へ切り替えながらバイブレータで締め固めて充填させる方法で行われている。施工時は、狭隘な空間での作業となるため、作業員の負担が大きくなることや、作業の多くが作業員の技量や経験に頼らざるを得ない状況となっている。さらに、近年問題となっている作業員の高齢化や熟練工不足によって、近い将来、従来工法を継続することが困難となること予想されており、それに伴った施工に起因した不具合の発生が懸念される。

そこで、これらの問題を解決するため、覆工施工のさらなる

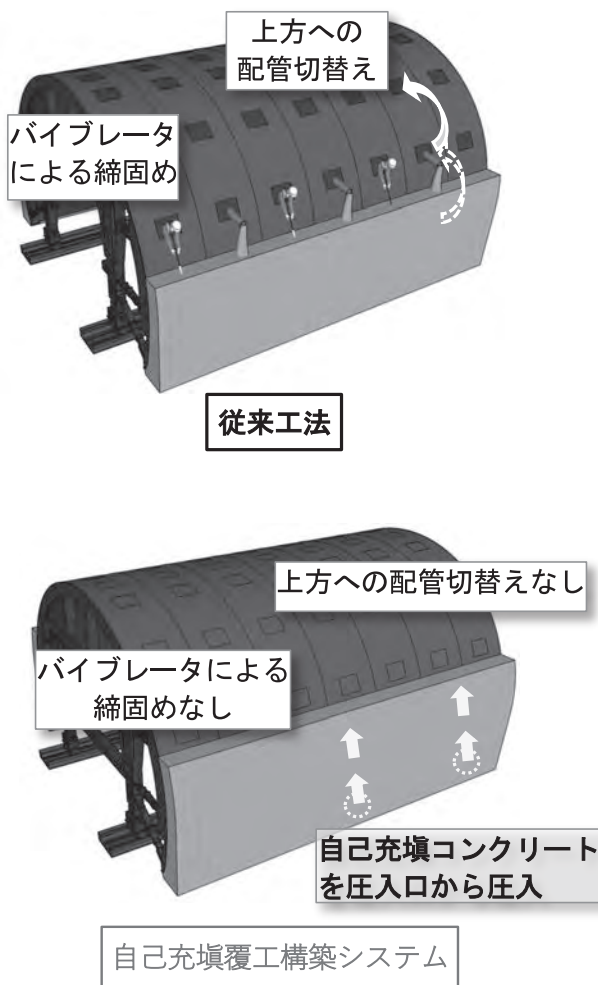


図-1 施工方法の比較

省力化、省人化および品質確保を目的とし、自己充填コンクリート（以下、SCC）をセントル下端部から圧入してトンネル覆工を構築する「自己充填覆工構築システム」を開発した。

これまでに本システムを現場で適用しているが、施工性、経済性、環境負荷の観点から以下の改良を行った。

特徴

- 1) 自己充填コンクリートを低炭素型に変更。原材料であるセメントの一部を二酸化炭素（CO₂）排出量の少ないフライアッシュに置き換えた。
- 2) スライドセントルを改良。トンネルの左右に各1台配置しているコンクリートポンプにコンクリート吐き出し量を自動制御する装置を新たに導入し、型枠面に設置した充填感知センサーと連動させ、左右均等なコンクリート打ち込み高さの確保を自動化した。
- 3) スライドセントルの補強を目的に設置する胴梁の配置を変更。工事車両の通行を制限していた中央部から地表面に位置を見直し、その上部に栈橋を設けることによって工事車両の通行をスムーズに行えるようにした。

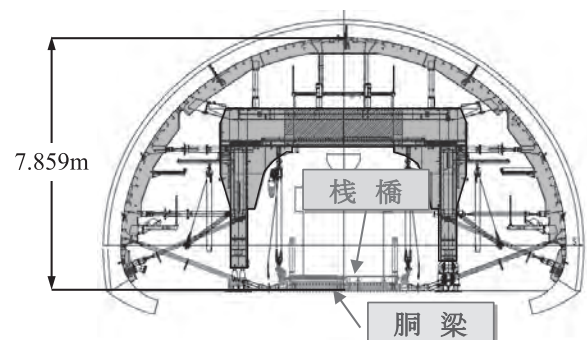


図-2 スライドセントル胴梁配置変更

おわりに

セントルの構造や設備、自己充填コンクリートの製造方法などにおいてさらなる検討を行い、自己充填覆工構築システムの汎用化を目指す。

用途

- ・NATMによる山岳トンネル工事

実績

- ・国道418号下伊那郡天龍村 足瀬1工区（一部）
- ・令和4年度俵山・豊田道路第一トンネル工事

問合せ先

佐藤工業(株) 技術センター SOU 土木研究部
〒300-2658 茨城県つくば市諏訪 C30 街区1
TEL: 029-817-5101

04-476	発破パターン 自動適正化システム	佐藤工業 マック
--------	---------------------	-------------

▶ 概 要

近年の山岳トンネル工事では全自動穿孔を可能とする全自動ドリルジャンボが導入されるなど、発破掘削の自動化が進められている。今回、佐藤工業(株)とマック(株)は、全自動ドリルジャンボを用いた発破パターンの自動適正化システムを開発したので、その概要を紹介する。

山岳トンネルの発破掘削においては、発破孔の穿孔位置、穿孔数、装薬量、差し角、発破の段数からなる発破パターンを決める必要がある。発破パターンは切羽の地山状況から判定される岩盤等級毎に決められるが、同じ岩盤等級の地山であっても、細かく見れば地山状況は一様ではない。そのため、実際の施工では、熟練技能者が経験に基づき、実際の地山状況に合うように多少の修正を加えながら穿孔することも多い。

一方、ドリルジャンボは、近年、自動化および多機能化が進み、本システムに用いる全自動ドリルジャンボでは穿孔の際の穿孔エネルギーを常時、計測、記録することができる。そこで、この穿孔エネルギーを基に発破パターンを作成すれば、熟練技能者に依存することなく、実際の地山状況に適合する効率的な発破掘削を実現することが可能となると考えた。

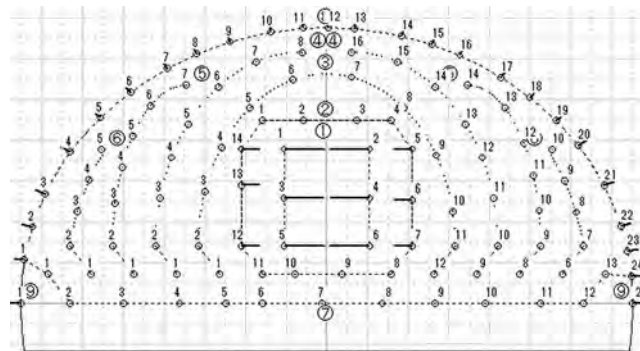
本システムによる発破作業は、次の4つのプロセスで行われる。①発破計画、②穿孔と発破、③発破出来形の確認、④発破掘削結果のフィードバックである。ここで、それぞれのプロセスについて述べる。

①発破計画

発破計画では発破パターン作成プログラムで発破パターンを作成する。まず、計測された穿孔エネルギーを基に推定した岩盤強度から単位体積当たりの必要装薬量を求める。そして、一定の条件の下にモンテカルロ法によりランダムに発破パターンの作成を一定回数繰り返し行い、発破の判定式(鉄道技研式)を適用して、作成した発破パターンが地山に適合しているかを判定する。地山に適合したパターンが複数の場合は、その中から最も適合したパターンを選択する。作成した発破パターンについては、自動的にブーム毎の振り分けと穿孔順序を決めた上で全自動ドリルジャンボ用のフォーマットに変換し、坑内の全自動ドリルジャンボに転送される。

②穿孔と発破

穿孔作業は前のプロセスで作成された発破パターンに基づき全自動ドリルジャンボで自動的に行われる。装薬・発破作業は、



図一 作成した発破パターンの例

従来通り、作業員が全て行う。

③発破出来形の確認

目視あるいは3D-Liderなどを用いて発破の出来形を確認し、余掘り量などから火薬量が適正だったかどうかを判断する。

④発破掘削結果のフィードバック

前のプロセスで火薬量が適正でない判断されたら、それを修正する方向で発破パターン作成プログラムのパラメーターを変更する。

この4つのプロセスを順次、的確に実施することによって、地山に適合した発破掘削が可能となる。

▶ 特 徴

①穿孔エネルギーの値から地山の硬軟を判断

全自動ドリルジャンボによる穿孔時に得られる穿孔エネルギーの値から地山の硬軟を判断、可視化することができる。

②地山に応じた最適な発破パターンの作成

熟練作業員の判断に頼ることなく、地山の硬軟に応じた最適な発破パターンを自動で作成することができる。

③発破パターンの最適化による効率化と省人化

地山の硬軟に応じた最適な発破パターンを適用することにより、発破時の装薬量の削減、さらには発破後のアタリや余掘りが減り、効率化につながる。また、穿孔作業に必要な人員は二人なので、従来よりも少ない人数で作業することができる。

▶ 用 途

・NATMによる山岳トンネル工事(発破工法)

▶ 実 績

・国土交通省四国地方整備局「令和4-6年度 桑野道路下大野トンネル工事」(徳島県)

▶ 問合せ先

佐藤工業(株) 技術センター 土木研究部

〒300-2658 茨城県つくば市諏訪 C30 街区 1

TEL: 029-817-5100

新工法紹介

04-477	クイック re インバート工法	三井住友建設 土木研究所
--------	-----------------	-----------------

▶ 概要

道路トンネルでは、建設時に想定していなかった地山の長期的な動きにより盤膨れなどが発生する事例が散見されており、必要に応じてインバートの補強や追加設置が行われている。このような工事では、迂回路がない場合、1車線の通行を確保しながら施工を行う必要があり、狭いスペースでの複雑な作業により工期や工費が増加する傾向がある。また、長期間の交通規制による社会的影響や経済損失も生じている。

これらの課題を踏まえ、工期の短縮を目的として、土留め工と掘削工を同時並行で行う工法の開発を行った。

▶ 特徴

本工法は、供用中のトンネルにおけるインバートの補強工事において、従来の土留め工に用いられる親杭横矢板工法に替えて、オープンピット工法による連続したU型土留めを設置する工法である（図-1）。これにより、従来の土留め作業に要する時間の短縮と、走行車線を走る車と重機との接触リスクの低減が可能となる。なお、本工法は、（国研）土木研究所と三井住友建設㈱が共同で開発したものである。

▶ 施工方法

- ①メッセルシールド機の搬入に先立ち、発進・到達立坑を構築する。U型土留め設置前の同立坑のみ、道路中心付近に親杭横矢板で土留めを行い、親杭を利用して仮設防護柵やガードレール、目隠しフェンスを設置する。立坑底面に均しコンクリートを打設した後、発進立坑内にメッセルシールド機を荷卸し、本体の組み立てを行う。
- ②メッセルシールド機による掘削は、バックホウの掘削に合わせてブレードを1枚ずつ伸ばすことで素掘り部の崩れを防止しつつ、オープンピット工法により連続したU型土留めを構築する（図-2）。オープンピット工法は、開削型のメッ



図-2 クイック re インバートの概要図



図-3 仮設防護柵設置状況

セルシールド機を用いて、管渠の埋設などを行う土留め工法であるが、特徴として、軟弱なシルト層から転石・巨礫層に至るまでの幅広い土質に対応できる。

- ③U型土留め構築後、覆工板を設置することで、メッセルシールド機後方の狭隘な施工ヤードを有効活用しつつ、供用線との段差を解消する。また、次工程で接続する仮設防護柵を考慮して、覆工受桁と埋込支柱を一体化した部材を1.5m間隔で設置し、U型土留め内にコンクリートを充填する。
- ④覆工受桁に仮設防護柵を設置し、走行車線側にはガードレールを取付ける。また、工事箇所がドライバーの視線に入らぬよう、仮設防護柵に目隠しフェンスを追加し、第三者災害を防止する（図-3）。その後、インバート本体工の施工を判断面ずつ行う。

クイック re インバート工法を適用した上信越自動車道関伽流山トンネル（上り線）補強工事では、供用中のトンネルにおいて、従来の土留め作業（インバートの一部構築を含む）に要する時間を約35%短縮することができた。

▶ 用途

- ・供用車線を確保したインバート補強工事の施工

▶ 実績

- ・上信越自動車道関伽流山トンネル（上り線）補強工事

▶ 問合せ先

三井住友建設㈱ 土木本部 土木技術部
〒104-0051 東京都中央区佃二丁目1番6号
TEL：03-4582-3060

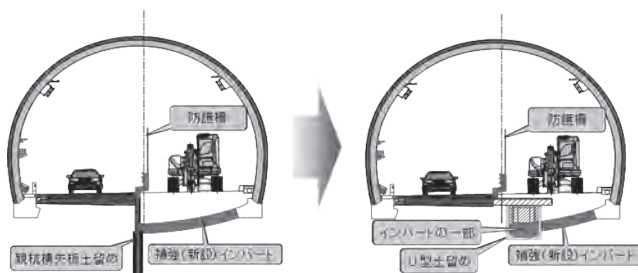


図-1 従来工法（左）とクイック re インバート工法（右）との比較

新機種紹介 機関誌編集委員会

▶ 〈06〉 基礎工事機械

24-〈06〉-01	技研製作所 サイレントパイラー F302-900, F302-C900, PA26	'24.08 発売 新機種
------------	---	------------------

土木、建築基礎工事において、900 mm 幅ハット型鋼矢板に対応した無振動・無騒音で地中に静荷重で押し込み施工する油圧式杭圧入引抜機である。

F302は鋼矢板を把持する部位となるチャック、チャックフレームの換装とアタッチメントの装備により1台で単独圧入、ウォータージェット併用圧入、硬質地盤圧入の3種類の圧入工法が可能となった複合式圧入機となっている。

硬質地盤圧入において従来はアタッチメントとなるパイローガーは油圧モーター回転トルク 48 kN・m のみであったが、フライホイールを組み合わせることで慣性トルク 90 kN・m を合わせ 138 kN・m となり最大トルクが 2.7 倍となっている。

更にオーガスクリーの軸径、肉厚をアップすることで出力トルクのオーガヘッドへの伝達効率も向上している。

オーガの性能向上に合わせて、F302 本体も各旋回部のロック力が強化され、オーガ掘削時の安定した機械本体の姿勢も確保できている。

これらの性能アップにより硬質地盤での生産性向上、施工精度の向上を実現している^{*1}。

さらに、液晶型多機能モニターの搭載により視認性、操作性の向上を図り可動式キャッチアームを搭載することで鋼矢板投入時の作



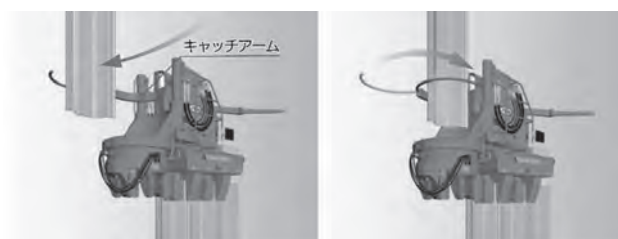
写真一 技研製作所 F302-C900 サイレントパイラー



写真二 フライホイール式オーガ

表一 F302-900, F302-C900 の主な仕様

	F302-900 (単独・WJ 併用圧入時)	F302-C900 (硬質地盤圧入時)
適用杭材	ハット形鋼矢板 900 mm 幅	ハット形鋼矢板 900 mm 幅
圧入力	1,000 kN	800 kN
引抜力	1,200 kN	900 kN
チャック上下ストローク	850 mm	850 mm
圧入スピード	1.9 ~ 36.5 m/min	0.5 ~ 4.5 m/min
引抜スピード	1.4 ~ 28.4 m/min	1.5 ~ 9.4 m/min
質量	圧入機本体	11,200 kg
	ホースリール (HR18G)	-
	キャッチアーム	100 kg
総質量	11,300 kg	12,400 kg 2,840 kg ※取付ブラケット含む 15,240 kg (標準 24 m 仕様)



写真三 可動式キャッチアーム

表二 フライホイール式パイローガー PA26 の主な仕様

フライホイール式パイローガー PA26 特許第 6997534 号	
適用杭長	24 m 以下 (標準) ^{*2}
オーガトルク	48 kN・m
最大慣性トルク	90 kN・m ^{*3}
最大トルク	138 kN・m ^{*3}
総質量	13,250 kg (標準 24 m 仕様)

業員の安全性の確保と省力化を実現している。

- ※1 自社従来機との比較。実作業では現場条件により異なる場合がある
- ※2 オプション仕様時は最大適用杭長 30 m 可能
- ※3 一定条件下での最大トルク

問合せ先：技研製作所 コンサルティングセールス課
〒135-0063 東京都江東区有明 3丁目 7番 18号
有明セントラルタワー 16階
cs@giken.com
TEL：088-846-2947

新機種紹介

▶ 〈20〉 タイヤ, ワイヤロープ, 検査機器等

24-〈20〉-01	コベルコ建機 衝突軽減システム K-EYE PRO 2.0	'24.04 発売 新機能
------------	-------------------------------------	------------------

安全補助機能として、270度鳥瞰カメライーグルアイビューや衝突軽減システム 20tクラス向け「K-EYE PRO」を販売してきたが、今回、新たに機能を改善した、人のみを検知するように強化した「K-EYE PRO 2.0」を13tクラス油圧ショベルの新車時オプションとして設定した。

「K-EYE PRO 2.0」は標準搭載のイーグルアイビューカメラで映し出した周囲の映像を専用コントローラにより分析し、特別な装備や特定色の服を着用していなくても人のみを検知し、油圧ショベルの操作状態に応じて警報による注意喚起と減速・停止制御を段階的に行う。さらにドライブレコーダを搭載し、油圧ショベルの稼働中は常時録画している。

「K-EYE PRO 2.0」は13tクラス油圧ショベル向けにオプション設定している。

表-3 K-EYE PRO 2.0の主な仕様

価格(百万円・税別)	200
提供方法	新車時のオプション販売
対象機種	SK135SR-7 SK135SRD-7 SK130SR+7 SK125SR-7

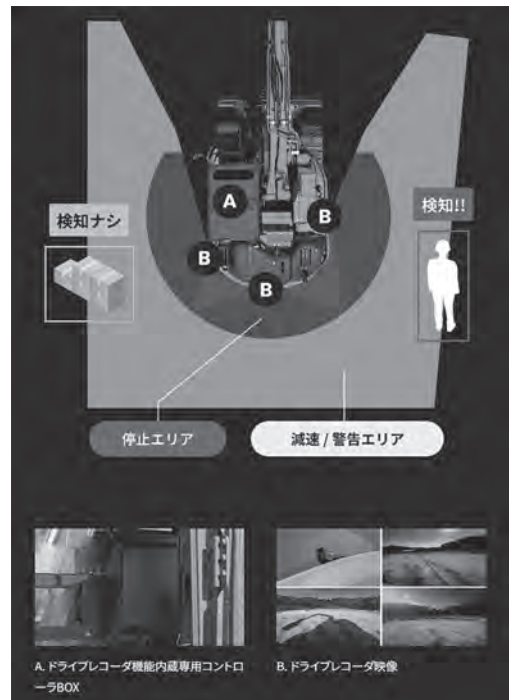


図-1 検知イメージ

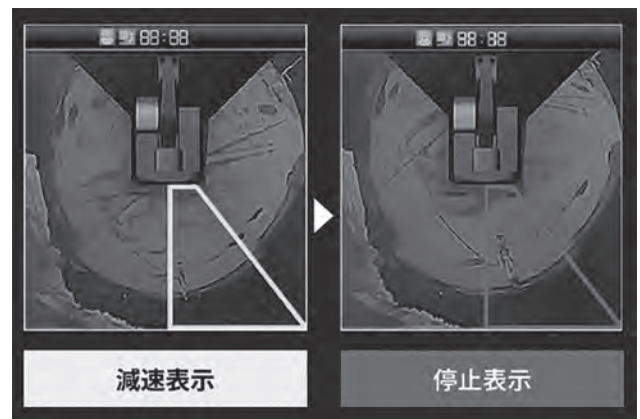


図-2 モニタへの検知表示

問合せ先: コベルコ建機株式会社 コーポレートコミュニケーショングループ
〒141-8626 東京都品川区北品川5丁目5番15号
大崎ブライトコア 5F

TEL: 03-5789-2112

建設業の業況

1. はじめに

わが国の建設業は長時間労働が常態化していること、長時間労働にもかかわらず他産業に比べ賃金水準が低いことから、特に建設技能労働者の入職、定着が困難な状況となり、平成9年の685万人をピークとして減少を続け、極めて速いスピードで高齢化している。

建設業は、国土基盤の整備をはじめ、災害時における応急復旧やその後の復興工事など、国民生活に直結する重要な役割を担っている。建設業が、今後においても継続してこれらの役割を果たしていくためには、若年建設技能者の入職と定着が喫緊の課題となっている。

このような状況の中、建設業の業況について、直近のデータを交えて紹介する。

2. 建設投資の概要

令和6年度の建設投資は、国土交通省「令和6年度建設投資見通し」をみると73兆200億円（前年度比2.7%増）となる見通しである。このうち、政府投資については前年度比3.7%増の26兆2,100億円、民間投資については前年度比2.2%増の46兆8,100億円と見通されている。建築・土木別に見ると、土木投資については前年度比4.1%増の25兆8,100億円、建築投資については前年度比2.0%増の47兆2,100億円となる見込みである。

また、令和5年度の建設投資は、前年度比3.7%増の71兆900億円になると見込まれている。このうち、政府投資は前年度比3.2%増の25兆2,700億円、民間投資は前年度比4.0%増の45兆8,200億

円と見込まれている。建築・土木別に見ると、土木投資が前年度比3.7%減の24兆8,000億円、建築投資が前年度比8.2%増の46兆2,900億円となると見込まれている。

建設投資は、平成4年度の84兆円をピークに減少基調となり、平成22年度には平成4年度の約半分にまで減少した。その後、東日本大震災からの復興事業等により回復傾向となった(図-1参照)。

令和6年度の建設投資の構成については、政府投資が36%、民間投資が64%である。政府投資は土木投資が全体の25%を占めており、民間投資のうち住宅、非住宅及び建築補修(改装・改修)投資を合わせた建築投資は全体の55%を占めている。この両者で建設投資全体の80%を占めている(図-2参照)。

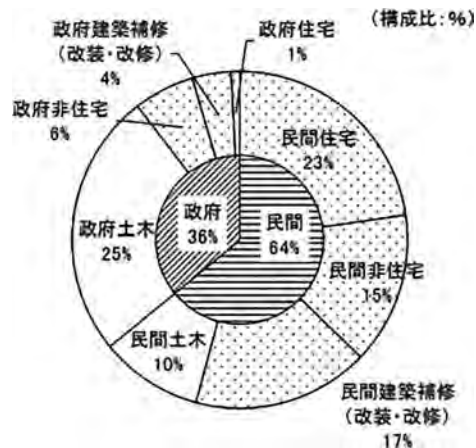


図-2 令和6年度建設投資の構成 (名目値)

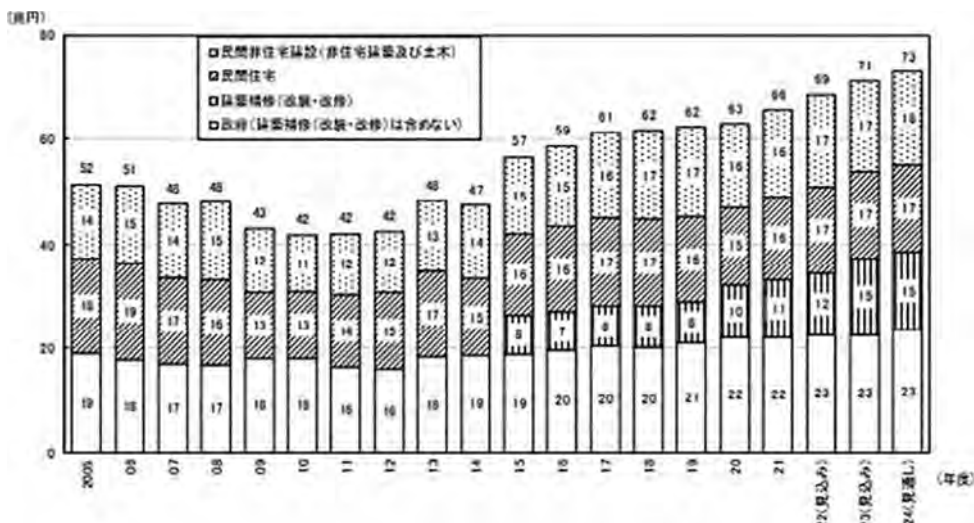


図-1 建設投資額 (名目値) の推移 (出所: 国土交通省)

統計

3. 全国許可業者数の推移

国土交通省「建設業許可業者数調査の結果について」をみると、令和6年3月末現在の建設業許可業者は、前年同月より0.9%（4,435業者）増の479,383業者であった。

令和5年度中に新規に建設業許可を取得した業者は、前年度比0.8%（137業者）減の16,267業者であった。

また、令和5年度中に建設業許可が失効した業者については、前年度比29.4%（4,917業者）減の11,832業者であった。内訳としては、建設業を廃業した旨の届出を行った業者は7,135業者であった。一方、許可の更新手続きを行わないことにより許可が失効した業者は4,697業者であった。

令和6年3月末現在における業種別許可の総数は1,732,899業者であり、建設業許可業者数が最も多かった平成12年3月末時点の業種別許可の総数1,392,339業者と比較すると24.5%の増加となっている（図-3参照）。

なお、29業種の業種別許可業者数についてみると、令和6年3月末現在において許可を取得している業者の数が最も多い業種は、とび・土工事業であり全体の37.8%を占めている。次いで、建築工事業が30.1%、土工事業が27.4%で続いた。

一方、取得している業者の数が最も少ない業種は清掃施設工事業であり、全体の0.1%程度である。次いでさく井工事業の0.5%、消防施設工事業の3.3%が続いた（図-4参照）。

4. 建設業許可業者における業種別許可業者数の増減

平成6年3月末現在の取得業者数が増加した許可業種は25業種となった。増加率についてみると、熱絶縁工事業が5.3%と最も高く、ガラス工事業が4.8%、板金工事業が4.4%で続き、以下左官工事業4.0%、鉄筋工事業が3.9%で続いている。

一方、前年同月に比べて取得業者数が減少した許可業種は4業種となった。減少率についてみると清掃施設工事業が1.5%と最も高く、次いでさく井工事業0.9%、造園工事業が0.4%で続いている（表-1参照）。

5. 労働災害発生状況

令和5年の労働災害発生状況について厚生労働省「労働災害発生状況」をみると、全産業における新型コロナウイルス感染症へのり患によるものを除いた休業4日以上の死傷者数は135,371名であり、前年同期132,355名と比べ3,016名の増加となった。

また、新型コロナウイルス感染症へのり患によるものを除いた労働災害による死亡者数は、755名であり、前年同期774名と比べ19名減少した（図-5、6参照）。

一方、建設業における休業4日以上の死傷者数は、14,414名であり、前年同期14,539名と比べ125名（0.9%）減少した。また、死亡者数については223名となっており、前年同期281名と比べ58名（20.6%）減少した。

死傷災害、死亡災害ともに減少する結果となった。

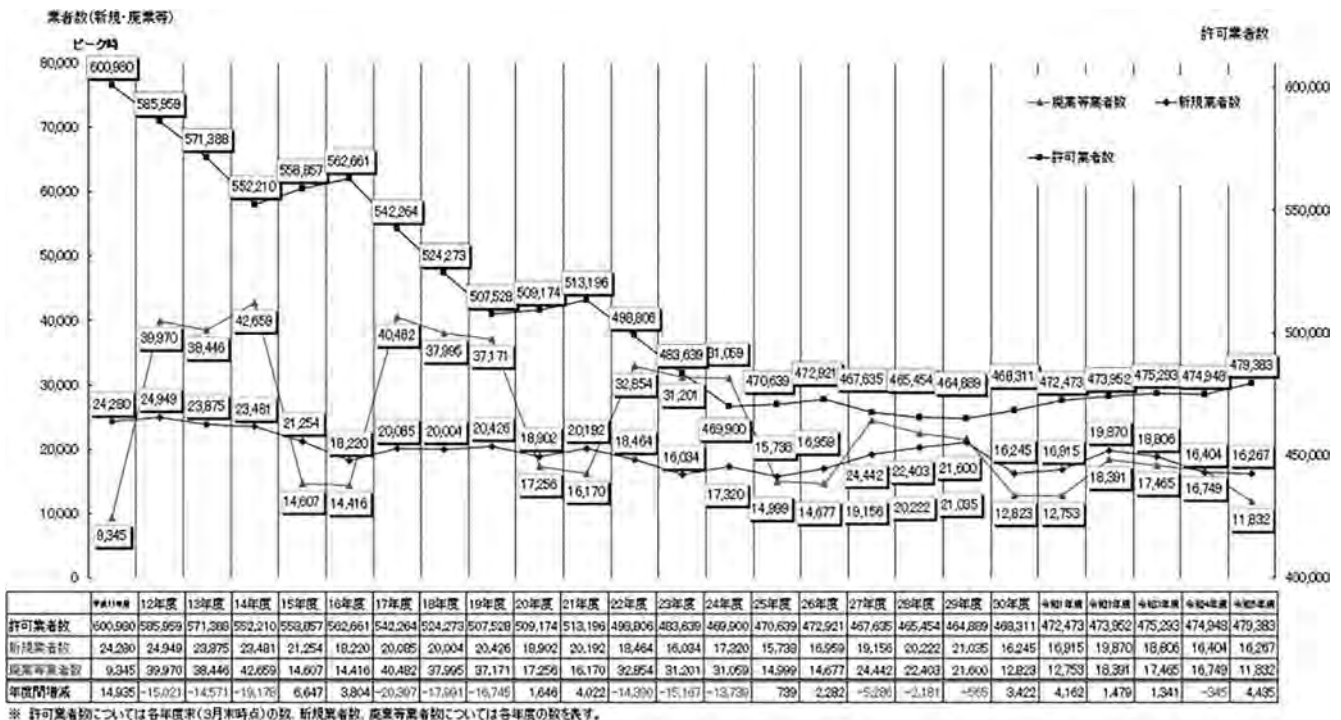
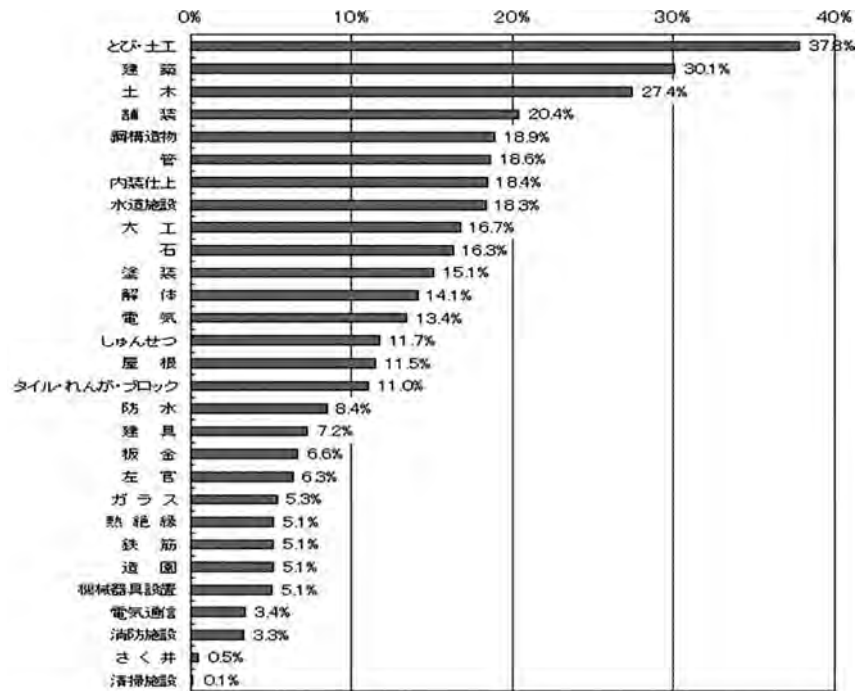


図-3 許可業者数・新規及び廃業等業者数の推移（出所：国土交通省）



注2 平成28年6月1日施行により、従前の28業種に解体工事業が追加された。

図一四 建設業許可業者における業種別許可の取得率 (出所：国土交通省)

表一 建設業許可業者における業種別許可業者数の増減表 (出所：国土交通省)

【業者数が増加した許可業種】

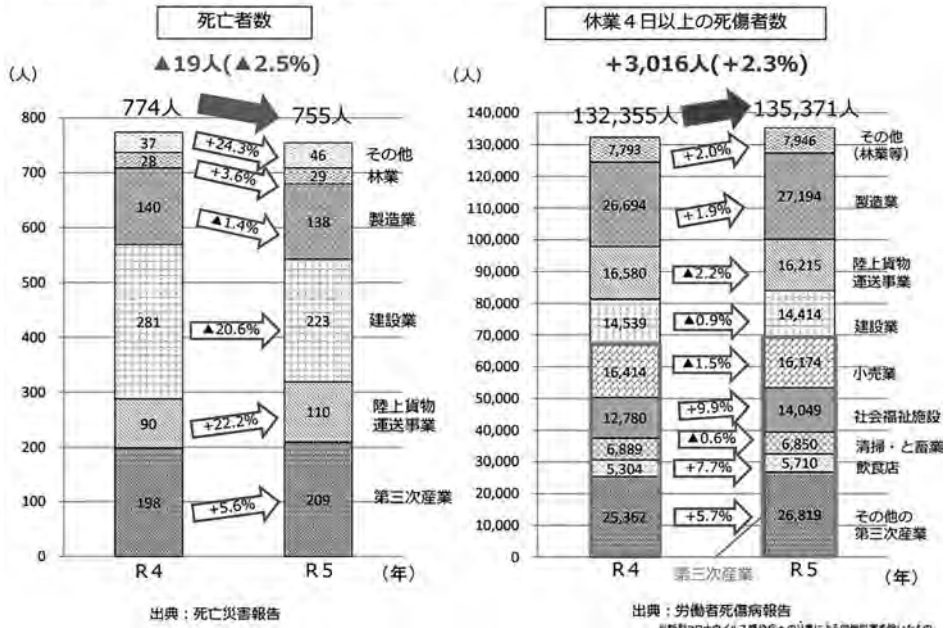
許可業種	前年同月比
とび・土工	2,567 業者 (1.4%)
解体	2,387 業者 (3.7%)
内装仕上	2,303 業者 (2.7%)
塗装	2,172 業者 (3.1%)
石	2,156 業者 (2.8%)
鋼構造物	2,070 業者 (2.3%)
屋根	1,746 業者 (3.3%)
タイル・れんが・ブロック	1,686 業者 (3.3%)
大工	1,577 業者 (2.0%)
防水	1,490 業者 (3.8%)
板金	1,344 業者 (4.4%)
しゅんせつ	1,287 業者 (2.3%)
舗装	1,275 業者 (1.3%)
熱絶縁	1,236 業者 (5.3%)
ガラス	1,171 業者 (4.8%)
左官	1,170 業者 (4.0%)
電気	1,169 業者 (1.9%)
建具	1,136 業者 (3.4%)
鉄筋	927 業者 (3.9%)
管	901 業者 (1.0%)
水道施設	876 業者 (1.0%)
土木	564 業者 (0.4%)
機械器具設置	439 業者 (1.8%)
電気通信	274 業者 (1.7%)
消防施設	185 業者 (1.2%)

【業者数が減少した許可業種】

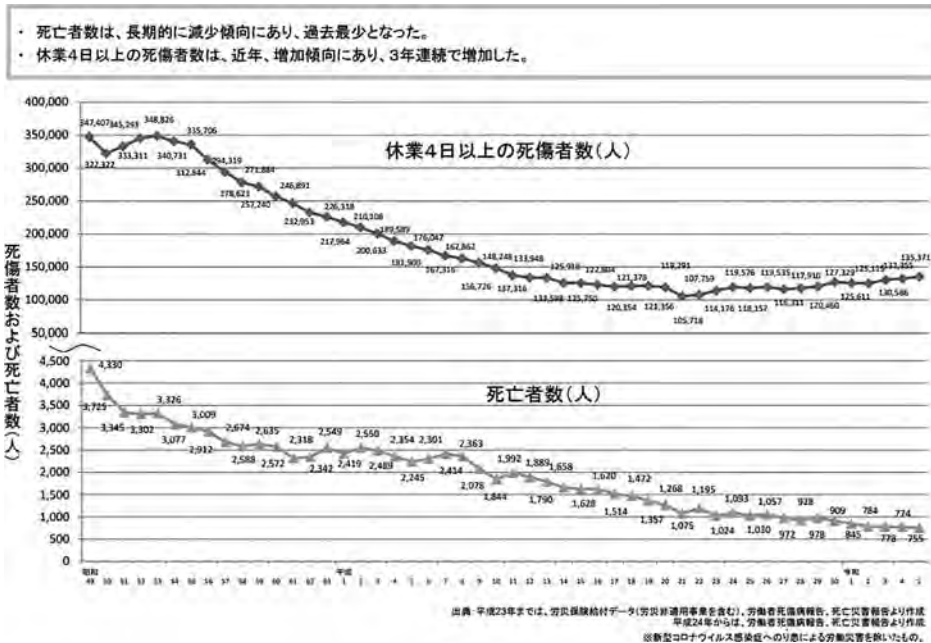
許可業種	前年同月比
清掃施設	▲ 6 業者 (▲ 1.5%)
さく井	▲ 31 業者 (▲ 0.9%)
造園	▲ 250 業者 (▲ 0.4%)
建築	▲ 2,090 業者 (▲ 0.3%)

統計

○ 令和5年1月1日から12月31日までに発生した労働災害について、令和6年4月8日までに報告があったものを集計したものを



図一 令和5年業種別労働災害発生状況 (出所：厚生労働省)



図一 労働災害による死亡者数、死傷者数の推移 (出所：厚生労働省)

死傷災害における事故の型別についてみると、「墜落・転落」が31.6%で最も多く、次いで「はさまれ・巻き込まれ」が11.8%、「転倒」が11.1%であった。

また、死亡災害については、「墜落・転落」が34.1%で最も多く、次いで「交通事故(道路)」が9.9%、「飛来・落下」が8.3%となった。

死亡災害については減少する結果となったが、「高温・低温物との接触」については平成30年を上回る結果となった(表一2、図一7参照)。

6. 建設業就業者数の推移

建設業就業者数は、バブル後の不況下でも一貫して増加を続け、結果的にわが国の雇用の安定に寄与してきたが、平成9年の685万人をピークとしてその後は減少が続いてきた。

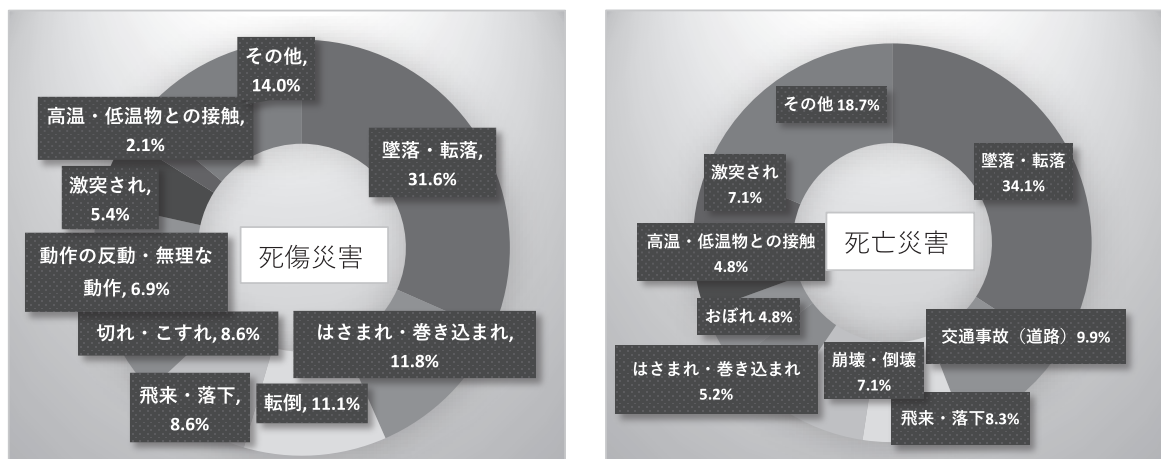
令和5年の技術者や技能者、事務系を含めた建設業就業者数は483万人であり、前年の479万人より4万人増加した。

一方、建設業に従事する技能労働者数については、令和5年の技

表一 建設業における事故の型別 労働災害発生状況
 (出所：厚生労働省出典「死亡災害報告」, 「労働者死傷病報告」)

[人]

		H30	R1	R2	R3	R4	R5
死傷災害		15,374	15,183	14,790	14,926	14,539	14,414
業種別	土木工事業	3,889	3,808	3,933	4,038	3,942	3,852
	建築工事業	8,554	8,417	8,074	7,895	7,606	7,510
	その他の建設業	2,931	2,958	2,783	2,993	2,991	3,052
事故の型別	墜落・転落	5,154	5,171	4,756	4,869	4,594	4,554
	はさまれ・巻き込まれ	1,731	1,693	1,669	1,676	1,706	1,704
	転倒	1,616	1,589	1,672	1,666	1,734	1,598
	飛来・落下	1,432	1,431	1,370	1,363	1,318	1,234
	切れ・こすれ	1,267	1,240	1,257	1,339	1,272	1,234
	動作の反動・無理な動作	875	885	947	981	940	988
	激突され	832	842	791	825	800	781
	高温・低温物との接触	340	238	289	210	233	307
	その他	2,127	2,094	2,039	1,997	1,942	
死亡災害		309	269	256	278	281	223
業種別	土木工事業	111	90	101	100	108	87
	建築工事業	139	125	101	132	117	98
	その他	59	54	54	46	56	38
事故の型別	墜落・転落	136	110	95	110	116	86
	交通事故(道路)	31	27	37	25	24	25
	飛来・落下	24	18	13	10	16	21
	崩壊・倒壊	23	34	27	31	27	18
	はさまれ・巻き込まれ	30	16	27	27	28	13
	おぼれ	13	4	5	10	1	12
	高温・低温物との接触	11	10	9	11	14	12
	激突され	18	26	13	19	27	10
	その他	47	38	44	56	43	26



図一 7 事故の型別内訳 (出所：厚生労働省)

統計

能労働者数は前年の302万人より2万人増加し、304万人となった(図-8参照)。

令和5年度は、建設業就業者数、技能労働者数ともに増加する結

果となったが、平成9年の455万人をピークとして減少が続いている。

また、令和5年の建設業就業者を年齢層別にみると、55歳以上の割合は前年より0.7%上昇し36.6%となった。一方、29歳以下の割合は前年より0.7%上昇し36.6%となった。一方、29歳以下の

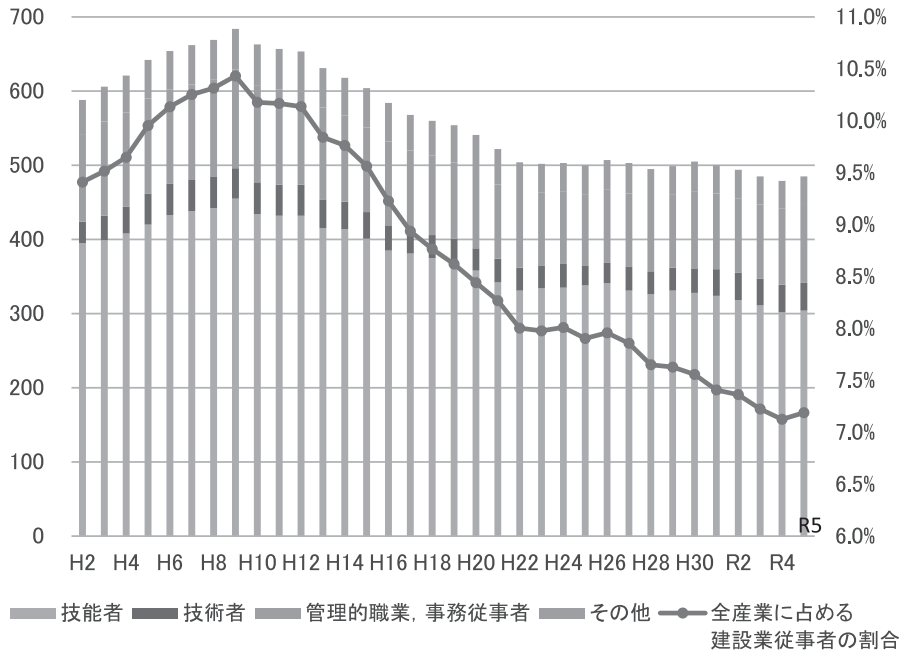


図-8 建設業就業者数の推移 (出所：総務省「労働力調査」を基に国土交通省で算出)

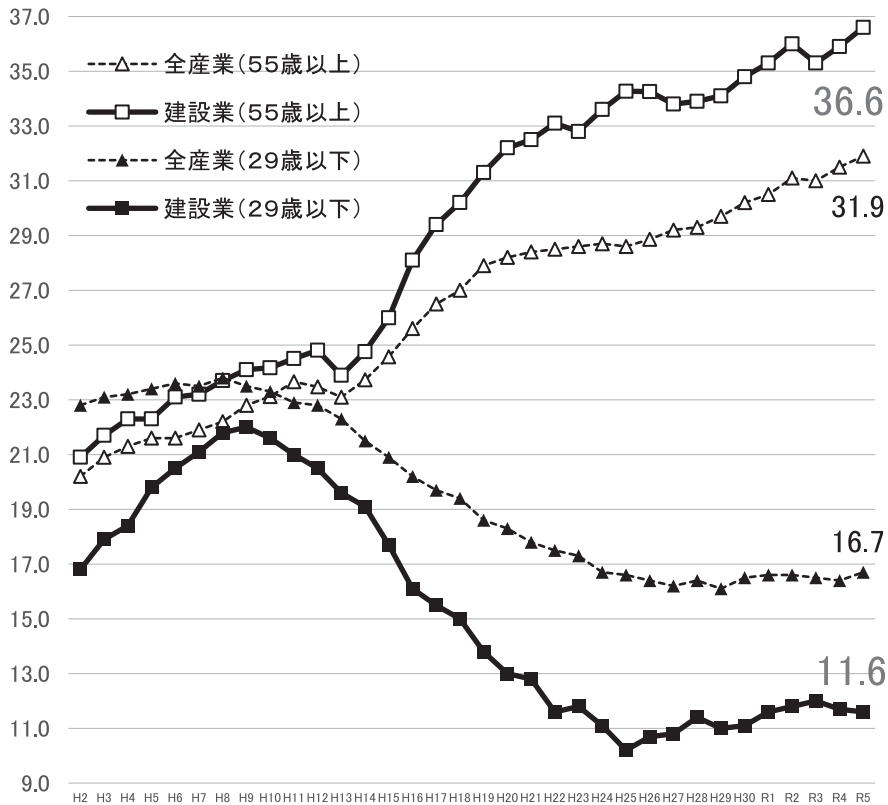


図-9 建設業就業者の高齢化の進行 (出所：総務省「労働力調査」を基に国土交通省で算出)

割合は前年より0.1%減の11.6%となった。

建設業では、就業者の3人に1人以上が55歳以上の状況にあり、29歳以下の就業者は11人に約1人しかおらず、高齢化がさらに進んでいる状況にある（図9参照）。

7. おわりに

現在建設業界は、担い手の不足、資機材の価格高騰、時間外労働規制への対応、適正な請負契約の締結など、多くの課題を抱えている。

政府は、依然として就業者の減少が著しい建設業が、社会資本の整備、災害時における「地域の守り手」などの役割を果たしていけるよう、令和6年6月に建設業法、公共工物品質確保促進法、入札

契約適正化法の、いわゆる「担い手3法」（第3次）を改正した。

第3次担い手3法は、『処遇改善』、『価格転嫁（労務費へのしわよせ防止）』、『働き方改革・環境整備』、『生産性向上』、『地域建設業等の維持』、『公共発注体制強化』などの課題に対応するために改正されたものである。

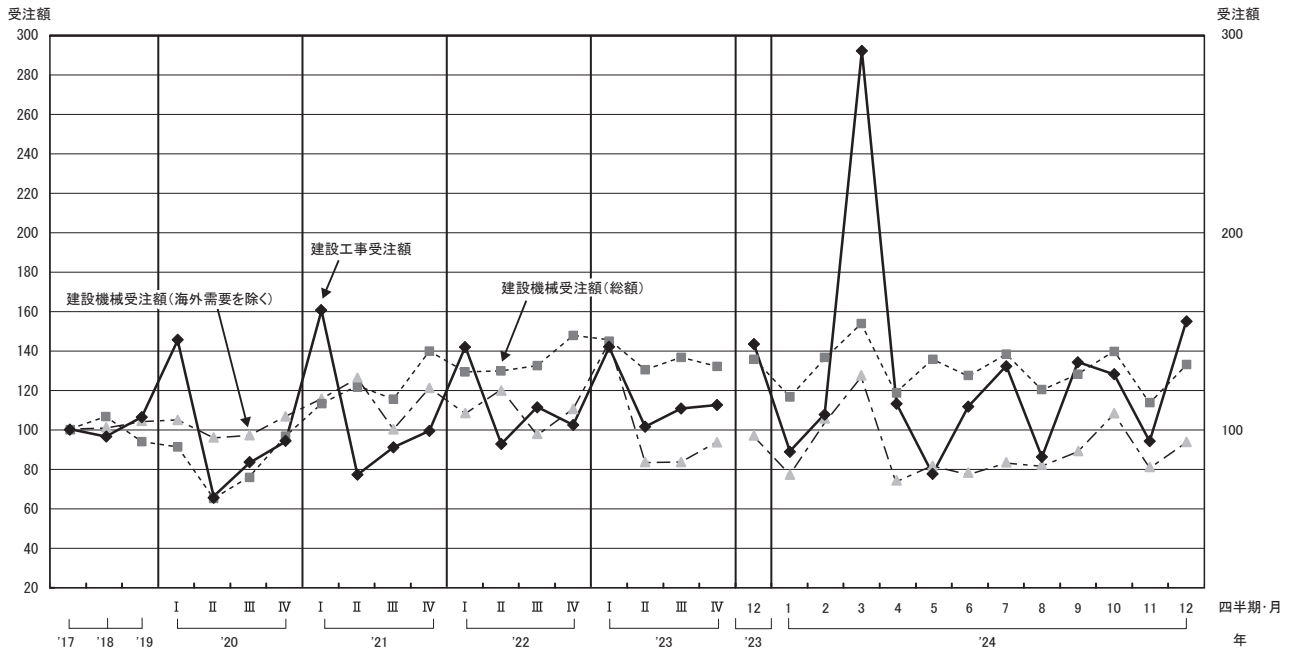
どの課題も早急に解決していかなければ、業界を持続させていくことができない重要な課題である。この担い手3法の改正により、国、総合工事業、専門工事業などがそれぞれの立場で取り組みを進め、建設業がその重要な役割を果たしていけるようになることを切に願う。

（文責 清水）



建設工事受注額・建設機械受注額の推移

建設工事受注額:建設工事受注動態統計調査(大手50社) (指数基準 2017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 2017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							
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
2023年	172,094	121,790	31,098	90,690	40,060	5,360	4,883	117,929	54,164	217,576	161,186
2023年12月	17,660	12,721	6,000	6,721	4,097	379	463	13,002	4,658	217,576	17,838
2024年1月	10,931	7,371	1,467	5,904	2,871	391	298	7,657	3,273	218,177	10,491
2月	13,237	8,390	2,925	5,465	4,001	365	481	7,965	5,273	219,504	12,360
3月	36,119	22,688	4,005	18,682	10,808	486	2,137	21,526	14,593	231,850	21,578
4月	13,894	10,066	2,641	7,425	3,122	443	263	9,326	4,568	233,782	10,214
5月	9,497	6,682	2,500	4,182	1,846	474	495	6,087	3,410	231,352	11,721
6月	13,725	9,632	2,221	7,410	2,638	460	995	9,394	4,332	229,504	15,537
7月	16,233	13,082	3,830	9,252	2,234	408	509	12,558	3,675	234,172	10,884
8月	10,745	7,213	1,676	5,537	2,389	649	494	6,982	3,764	232,972	12,542
9月	16,514	11,835	3,195	8,640	4,410	470	-200	10,698	5,816	232,437	17,302
10月	15,846	11,841	2,704	9,137	2,733	444	829	11,419	4,427	236,704	11,626
11月	11,564	8,959	2,356	6,603	1,812	422	372	8,371	3,193	234,464	13,818
12月	19,091	14,266	3,888	10,378	3,534	488	803	14,240	4,850	-	-

建設機械受注実績

(単位: 億円)

年 月	17年	18年	19年	20年	21年	22年	23年	23年 12月	24年 1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
総 額	21,535	22,923	20,151	17,646	26,393	29,024	29,315	2,442	2,089	2,451	2,767	2,115	2,434	2,291	2,476	2,190	2,298	2,504	2,038	2,389
海 外 需 要	14,912	16,267	13,277	10,966	18,737	21,816	22,627	1,911	1,665	1,869	2,066	1,712	1,989	1,863	2,018	1,731	1,809	1,909	1,593	1,873
海外需要を除く	6,623	6,656	6,874	6,680	7,656	7,208	6,688	531	424	582	701	403	445	428	458	459	489	595	445	516

(注) 2017～2019年は年平均で、2020～2023年は四半期ごとの平均値で図示した。
 2023年12月以降は月ごとの値を図示した。

出典: 国土交通省建設工事受注動態統計調査
 内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

行事一覽

(2025年1月1～31日)

機械部会



■ショベル技術委員会

月日：1月15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：①各社トピックスについて：1巡目の振り返りと今後の方針について議論 ②「JCMAS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：ISO国際会議の報告と今後の進め方の議論 ③電動ショベルの電費基準値を策定するにあたっての論点(課題)について：提示いただいた意見の結果報告

■トンネル機械技術委員会 技術講演会(技術の伝承について)

月日：1月22日(水)(会議室, Web 並行開催)

出席者：浅沼廉樹委員長ほか会場参加：54名, Web参加：60回線

講演題目：①戸田建設の進めるシールド技術：戸田建設(株) 和田洋一様 ②テクニメタルシステムズ(TMS)の紹介：テクニメタルシステムズ アレール・カミーユ様 ③吹付ナビゲーション, 切羽肌落ちモニタリングについて：エフティーエス(株) 四塚勝久様 ④山岳トンネル施工管理システム「Hi-Res」の開発：(株)安藤・間 副島幸也様

■路盤・舗装機械技術委員会・幹事会

月日：1月23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下期総会の発表内容についての議論と発表案件の決定 ②R7年度の活動計画について討議 ③JCMAS「ロードローラー作業エネルギー消費量試験方法」作成WGの情報共有

■建築生産機械技術委員会(クローラクレン作業燃費分科会)

月日：1月27日(月)(会議室, Web 併行開催)

出席者：石倉武久リーダーほか8名

議題：①前回分科会での宿題(調査)の結果報告と議論 ②(株)タダノ作成のJCMAS草案の検討と議論 ③今後の進め方, スケジュールについて議論

■路盤・舗装機械技術委員会・JCMAS「ロードローラー作業エネルギー消費量試験方法」作成WG

月日：1月28日(火)(会議室, Web 併行開催)

出席者：柴田大地リーダーほか13名

議題：①JCMAS草案について議論 ②GX建設機械認定制度の機種追加に向けての議論 ③今後の進め方とスケジュールについて確認

■基礎工用機械技術委員会・JCMAS「基礎工用機械作業エネルギー消費量試験方法」作成WG

月日：1月29日(水)(会議室, Web 併行開催)

出席者：濱口貴和リーダーほか11名

議題：①GX建設機械認定制度の機種追加に関する課題について議論 ②進め方, スケジュールについて議論

■原動機技術委員会

月日：1月30日(木)(会議室, Web 併行開催)

出席者：小林喜美頼委員長ほか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：陸内協 別添43改正WGの活動状況の情報共有 ③海外排出ガス規制の動向に関する情報交換：北米の状況について報告 ④カーボンニュートラルに関する情報交換：カーボンニュートラル燃料の動向について

■情報化機器技術委員会

月日：1月31日(金)(会議室, Web 併行開催)

出席者：津曲治委員長ほか7名

議題：①DX推進に関する活動内容抽出の議論 ②規制・規格の最新情報の共有 ③R7年度の活動計画について討議

標準部会



■JIS A 8341-4 機能安全(第4部)第4回原案作成分科会

月日：1月14日(火)

出席者：田中昌也主査(コマツ)ほか7名
場所：Web上(Zoom)

議題：JIS原案の審議(意見シート NO.174～NO.228の検討)

■JIS A 8341-4 機能安全(第4部)第5回原案作成分科会

月日：1月21日(火)

出席者：田中昌也主査(コマツ)ほか8名
場所：Web上(Zoom)

議題：JIS原案の審議(意見シート NO.229～NO.265の検討)

■ISO/TC 127/SC 1/WG 6 ISO 11152 エネルギー消費試験方法 国際WG会議(ハイブリッド)

月日：1月22日(水)～24日(金)

出席者：(対面)米国Crowellコンビナー, 正田明平プロジェクトリーダー(JCMA事務局), 此村靖委員(HCM)ほか12名, (Web)小塚大輔委員長(コマツ)ほか3名

場所：ドイツ・フランクフルトVDMA及びWeb上(ISO Zoom)

議題：①ISO11152第1部(通則), 第2部(油圧ショベル), 第3部(ホイールローダー)のWG試験聴取へのコメント審議 ②リーブヘル・ワッカーノイソン社の提唱する, 砂利を用いた実掘削テスト案の審議 ③今後の予定：2025年7月に東京でWG会議を開催予定

■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国際WG会議(ハイブリッド)

月日：1月27日(月)～31日(金)

出席者：(対面)日本から中川智裕コンビナー(コマツ), 米国からDeere社Bollwegプロジェクトリーダーほか18名, (Web)小塚大輔委員長(コマツ)ほか10名

場所：米国デンバーTrimble社及びWeb上(Google Meet)

議題：①第4部：2回目DTS投票結果および規格発行準備に向けた確認 ②第5部：ロジスティクスデータ 予備業務提案スコープ審議 ③第3部：テレマティクスデータ 改訂スコープ審議 ④今後の予定：次回WG 5月19～24日, 場所：デンマークまたは米国(調整中)

■JIS A 8341-4 機能安全(第4部)第6回原案作成分科会

月日：1月28日(火)

出席者：田中昌也主査(コマツ)ほか8名
場所：Web上(Zoom)

議題：JIS原案の審議(意見シート NO.266～NO.301の検討)

建設業部会



■建設業ICT安全WG

月日：1月28日(火)

出席者：中野正晴主査長ほか9名(内, Zoom参加3名)

議題：①「ICTを用いた安全対策機情報」2024年度更新依頼の回答状況 ②「ICTを用いた安全対策機情報」広

報について ③その他・R07年度見学会先の検討

■三役会

月日：1月30日(木)

出席者：坂下誠部会長ほか5名(内、Zoom参加1名)

議題：①1/28建設業ICT安全WG報告 ②機電交流企画WG関連報告 ③クレーン安全情報WG関連報告 ④その他・2.9tおよび4.9t小型移動式クレーンについて・合同部会について・令和7年見学会先候補について

各種委員会等



■機関誌編集委員会

月日：1月7日(火)

出席者：中野正則委員長ほか28名

議題：①令和7年4月号(第902号)計画の審議・検討 ②令和7年5月号(第903号)素案の審議・検討 ③令和7年6月号(第904号)編集方針の審議・検討 ④令和7年1月号～令和7年3月号(第899～901号)進捗状況報告・確認 ※通常委員会及びZoomにて実施

■建設経済調査分科会

月日：1月16日(木)

出席者：持丸修一分科会長ほか3名

議題：①令和7年執筆記事のご相談 ②その他

支部行事一覧

北海道支部



■第3回広報部会広報委員会

月日：1月24日(金)

場所：日本建設機械施工協会北海道支部会議室

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.129号の編集について ②R7建設工事等見学会について ③R7支部講演会講師の選定について ④「建設機械施工」(R8年1月号)のずいそうについて ⑤その他(R7支部総会後の懇親会について)

■ゆきみらい2025 in 上越ー除雪機械展示・実演会ー視察

月日：1月30日(木), 31日(金)

場所：新潟県上越市(リージョンプラザ上越)

参加者：柳屋支部長ほか5名

東北支部



■令和6年度建設機械施工技能実習評価試験(1月宮城定期試験)

月日：1月16日(木), 17日(金)

場所：CAT宮城教習センター

受験者：学科77名, 実技98名(掘削, 押土・整地, 積込み, 締固め)

■令和6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)

⑩10回目

月日：1月16日(木)

場所：東北技術事務所 研修棟

受講者：16名

■令和7年1月合同部会

月日：1月20日(月)

場所：仙台市 仙台サンプラザ

出席者：高橋弘東北支部長ほか39名

議題：①各部会 令和7年度事業計画打合せ ②合同部会：②-1 各部会報告 ②-2 令和7年度事業計画概要について(事務局より)

■第16回東北みらいDX・i-Construction連絡調整会議

月日：1月20日(月)

場所：東北地方整備局13階水災害予報センター

出席者：宮本健也東北地方整備局企画部長ほか27名

議題：①東北地方整備局からの情報提供：みちのくインフラDX奨励賞, ICTサポーター認定制度, ICT地元経営者向けセミナー, 人材育成の取り組みほか ②各会員からの情報提供 ③東北未来「働き方・人づくり改革プロジェクト2025」

■令和6年度機械技術(中級)研修(東北地方整備局)講師派遣

月日：1月22日(水)

場所：東北技術事務所 研修棟

講義内容：道路トンネル機械設備の維持管理

受講者数：12名

講師：技術部会(日立インダストリアルプロダクツ 内山毅氏)

■宮城県迫桜高等学校 ICTを活用した建設技術ー出前授業ー

【座学】1月23日(木)迫桜高校校内：

①建設産業の課題とICTの必要性, 国が進めるICT活用 ②3次元の定義, ICT活用工事の3次元測量 ③ICTを活用した建設施工 ④建設VR技術

受講者：11名

講師：情報化施工技術委員会 橋本副委員長ほか1名

■東北地方整備局「インフラDX(点群処理体験実習)」研修第Ⅳ期

月日：1月23日(木)

場所：東北技術事務所 研修棟

【実習】①点群処理体験実習(点群データ処理編) ②点群処理体験実習(数量算出・出来形編)

受講者：12名

講師：情報化施工技術委員会 鈴木委員ほか1名

■令和6年度東北地方整備局との建設機械関係意見交換会

月日：1月27日(月)

場所：仙台市 ハーネル仙台2階松島A

出席者：東北地方整備局宮本健也企画部長ほか15名

内容：①東北地方整備局からの情報提供：除雪機械の技術開発動向について ②建設機械に関する意見交換

■令和6年度東北地方整備局との機械設備関係意見交換会

月日：1月27日(月)

場所：仙台市 ハーネル仙台2階松島A

出席者：東北地方整備局宮本健也企画部長ほか44名

内容：①東北地方整備局からの情報提供：工事における総合評価落札方式の見直し, 大雨時における建設工事の安全確保, 令和7・8年度競争参加資格審査について, 発注者間の連携体制の構築ほか ②機械設備に関する意見交換

■令和6年度東北土木技術人材育成協議会(Web)

月日：1月27日(月)

出席者：東北地方整備局 東北技術事務所 菅太事務所長ほか29名

議題：①令和6年度基礎技術講習会の結果：実施状況, 受講者アンケート結果 ②令和7年度基礎技術講習会に向けて：次年度に向けた議論のポイント, 次年度の実施方針, 各団体からの意見について

■ゆきみらい2025 in 上越ー除雪機械展示・実演会ー視察

月日：1月30日(木), 31日(金)

場所：リージョンプラザ上越

参加者：高橋弘支部長ほか5名

北陸支部



■ゆきみらい2025 in 上越実行委員会 第2回事務局会議

月日：1月8日(水)

場所：北陸地方整備局4F会議室+ Web会議併用

参加者：北陸支部 浦澤

内容：①各イベントの進捗状況報告
②変更予算について ③スケジュール
について ④その他

■建設機械施工 外国人技能実習評価試験
(1月期)

月日：1月15日(水)

場所：石川県金沢市 CAT 北陸教習センター

受検者：学科24名(初級, 専門級), 実
技29名(掘削(小, 大), 締固め)

■第1回路面消・融雪施設等設計要領改
訂編集委員会・幹事会合同会議

月日：1月21日(火)

場所：北陸地方整備局4F会議室 +
Web会議併用

参加者：高橋委員長ほか委員13名, 上
村幹事長ほか幹事15名, 事務局6名

内容：①設立趣意(案)について ②
路面消・融雪施設等設計要領編集委員
会の組織について ③路面消・融雪施
設等設計要領の改訂について ④その
他

■けんせつフェア北陸2025 in 新潟(仮称)
第1回実行委員会

月日：1月27日(月)

場所：北陸地方整備局4F会議室 +
Web会議併用

出席者：北陸支部 宮島広報委員長

内容：①けんせつフェア北陸2025 in
新潟(仮称)実行委員会規約(案)に
ついて ②同 実施計画(案)につい
て ③同 出展募集要領(案)につい
て ④同 予算計画(案)について
⑤その他

■ゆきみらい2025 in 上越—除雪機械展示・
実演会

月日：1月30日(木), 31日(金)

場所：新潟県上越市 リージョンプラ
ザ上越駐車場 特設会場

来場者：(2日間合計) 2,370人

内容：①出展ブース数：12出展者〔民
間11社+北陸地方整備局〕(うち支部
会員4社) ②展示車両・機器合計：
25台 ③展示車両のうち5台により,
実演コースの雪山における実演を実施

中部支部



■建設 ICT 出前講習会

月日：1月24日(金)

場所：豊和工業(株)

参加者：豊和工業(株)社員6名

講師：福井コンピュータ(株)中部営業所
オフィサー辻本英之氏及び(株)シー
ティーエス東海営業部部長宮澤豊氏

関西支部



■建設用電気設備特別専門委員会(第502回)

月日：1月22日(水)

場所：中央電気倶楽部 214会議室 & Web

議題：①前回議事録確認 ②JEM-
TR236(建設工事に用400V級電気設備
施工指針)規格調整会議後の見直し審
議 ③新様式について ④その他

■令和6年度第4回広報部会

月日：1月28日(火)

場所：関西支部

出席者：木村泰男広報部会長以下6名

議題：①「JCMA 関西」第122号につ
いて ②今後行事予定の確認

中国支部



■第3回施工技術部会

月日：1月20日(月)

場所：広島市内(Web併用)

出席者：新宅清人部会長ほか6名

議題：①令和6年度事業報告等につ
いて ②令和7年度事業計画(案)につ
いて ③その他懸案事項

■第2回開発普及部会

月日：1月28日(火)

場所：Web会議

出席者：松本治男部会長ほか9名

議題：①令和6年度事業報告等につ
いて ②令和7年度事業計画(案)につ
いて ③その他懸案事項

四国支部



■協賛事業「四国建設広報協議会」WG

月日：1月27日(月)

場所：Web会議

出席者：協議会を構成する27の団体・
組織から27名が参加, JCMA 四国支
部からは事務局長が参加

内容：①建設産業のイメージアップに
ついて ②意見交換

九州支部



■建設行政講演会

月日：1月9日(木)

場所：リファレンス駅東ビル4F会議室Q

出席者：90名

議題：①道路の最近の話題について
(九州地方整備局 道路調査官 新保二
郎) ②河川行政の現状(九州地方整
備局 河川部長, 加藤智博) ③国土交
通行政の現状(九州地方整備局 企画
部長 青野正志)

■i-Construction 施工による九州支部生産
性向上推進会議 実機体験会実行WG

月日：1月10日(金)

場所：リファレンス駅東ビル4F会議室K

出席者：鈴木勇治幹事長ほか13名

内容：第2回DX・ICT実機体験会に
向けての実務者打合せ

■企画委員会

月日：1月28日(火)

場所：リファレンス駅東ビル4F会議室J

出席者：10名

議題：①令和6・7年度JCMA九州支
部の主要行事予定について ②R6
DX・ICT技術講習会の結果報告
③R7災害協定新規登録意向調査につ
いて ④永年会員, 永年役員等の本部
表彰について ⑤支部の優良建設機械
運転員等表彰について ⑥建設行政講
演会の報告 ⑦技術部会からの報告

編集後記

「ドクターイエロー」という新幹線車両をご存知でしょうか。東海道・山陽新幹線の線路を走行しながら、線路の歪みや設備に異常がないかなどを検査する黄色い車両です。10日に1度くらいの頻度で運行するものですが、ダイヤは非公開のため、「見ると幸せになる」と言われることがあります。老朽化を理由に、JR東海は2025年1月末、JR西日本も2027年を目途に引退することが話題となっております。

さて、3月号の特集は、「鉄道建設技術、保線・保全技術」です。我が国の鉄道を取り巻く社会環境として、人口減少や少子高齢化の予測、ユニバーサルデザインの普及、地球環境問題、海外事業への展開など、大きな変化が生じつつあるなか、感染症対策を契機にリモートワークや遠隔授業などが急速に普及するなど、インフラとしての鉄道のあり方にも大きな転換期が訪れようとしています。

一方、公共交通機関としての鉄道への期待は依然として高く、整備新幹線や都市鉄道の整備が着々と進んでいますが、老朽化する既存施設の保全も大きな課題となっております。本

号では、最新の鉄道建設技術・保線技術等を紹介させていただきました。

巻頭言では、政策研究大学院大学名誉教授の森地先生に、「社会の変化に対する鉄道の課題」と題してご寄稿いただきました。我が国が抱える鉄道の課題について、欧米や発展途上国の現状と対比し、その解決策として海外進出による技術力の維持・国際競争力の向上・人材確保といったご提言をいただきました。

行政情報では、国土交通省鉄道局より、「鉄道分野のカーボンニュートラルに向けた施策」について、①鉄道事業に係るCO₂排出量の削減（鉄道の脱炭素）、②鉄道アセットの活用によるCO₂排出量の削減（鉄道による脱炭素）、③鉄道の利用促進によるCO₂排出量の削減（鉄道が支える脱炭素）の3つの柱をご紹介いただきました。

技術報文では、都市鉄道・新幹線・保線・DX関係・安全設備・自動運転といった幅広い分野の最新技術について、ゼネコン、鉄道事業者、各種メーカーの皆様にご寄稿いただきました。

入稿や編集作業の時期が多忙な年度末であるにも関わらず、対応いただきました執筆者をはじめ関係された方々に、厚く御礼申し上げます。

(加取・内海)

4月号「地下・地中構造物特集」予告

・令和6年能登半島地震を踏まえた上下水道の地震対策・自動物流道路のあり方 中間とりまとめ・「浸水被害軽減に向けた地下空間活用のあり方」に関する提言・長距離・大深度・高水圧下でのシールド施工・超音波ソナーを活用した可視化システムのシールドマシンへの適用・次世代の道路構想「ダイバーストリート」のモックアップ構築事例・ニューマチックケーソン工法における新技術の導入・超高層ビルや大地下空間の建設現場に安定した通信環境を構築するシステム・地質評価AIを実装したデジタルツイン・アプリの開発と現場適用による実証・水路トンネルを自律走行し、高精度な画像を取得する水路調査ロボット(Tunnel-Rover)を開発・生産性の向上を目的とした地下空間用新型鋼管柱の開発と実用化・社会インフラ保守の高度化と環境負荷軽減に向けた取り組みのご紹介・掘削工事における写真測量技術を活用した出来形管理の生産性向上

【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)

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 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

吉田 真人 国土交通省
大津 太郎 農林水産省
内海 友介 (独)鉄道・運輸機構
岡本 直樹 (一社)日本機械土工協会
丹 秀男 鹿島建設(株)
田村 憲 大成建設(株)
藤井 攻 清水建設(株)
桐山 茂雄 (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)
加取 新 鉄建建設(株)
副島 幸也 (株)安藤・間
松澤 享 五洋建設(株)
那須野陽平 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

建設機械施工

第77巻第3号(2025年3月号)(通巻901号)

Vol.77 No.3 March 2025

2025(令和7)年3月20日印刷

2025(令和7)年3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; <https://jcmanet.or.jp/>

施工技術総合研究所 〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154

電話(0545)35-0212

北海道支 部 〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8

電話(011)231-4428

東北支 部 〒980-0014 仙台市青葉区本町3-4-18

電話(022)222-3915

北陸支 部 〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1

電話(025)280-0128

中部支 部 〒460-0003 名古屋市中区錦3-7-9

電話(052)962-2394

関西支 部 〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4

電話(06)6941-8845

中国支 部 〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22


電話(082)221-6841

四国支 部 〒760-0066 高松市福岡町3-11-22

電話(087)821-8074

九州支 部 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-4-30

電話(092)436-3322

本誌上への広告は  有限会社 サンタナ アートワークス までお申し込み、お問い合わせ下さい。

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F TEL: 03-3664-0118 FAX: 03-3664-0138

E-mail: san-mich@zam.att.ne.jp 担当: 田中

KOBELCO

機械周辺の人を認識して知らせることで 効率よく作業を行える衝突軽減装置



人
検知



検知対象外

※警報・停止機能はモノに
対しては作動対象外です。

広い範囲を監視

“人”を検知して機械を“停止”

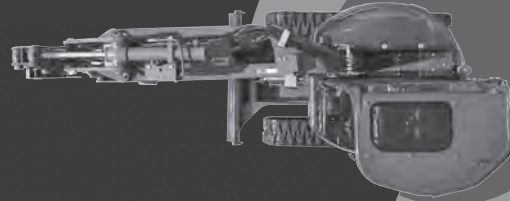
※現場の状況により検知精度に影響が出る場合があります。

ミニショベル向け衝突軽減装置

OmniEye®

NETIS登録済

車両搭載可能AIカメラ(KK-200027-VE)



警告エリア

警報/停止エリア

【運転員への警告エリア】
キャノピ:半径2.5m/キャブ:半径2.7m

【周囲の人への警報/機械停止エリア】
キャノピ:半径1.8m/キャブ:半径2.0m

コベルコ建機日本
WEBサイト



コベルコ建機日本株式会社

本社/〒272-0002 千葉県市川市二俣新町17番地 ☎047-328-7111
www.kobelco-kenki.co.jp



電動で挑む、持続可能な未来

L120H Electric は、効率的な作業と環境保護を両立させたいお客様のために設計された建設機械です。バッテリー駆動により静かな稼働が実現され、頻繁なメンテナンスの必要がなく、コスト削減とメンテナンスの手間を軽減します。高出力と低騒音を兼ね備え、さまざまな用途で優れたパフォーマンスを発揮します。クリーンでスマートな選択肢として、快適な作業環境を提供し、理想的なパートナーとなるでしょう。

▶日本初上陸!!
(CSPI EXPO 2025 展示予定)

株式会社 ボルボ・グループ・ジャパン

本製品の詳細情報に関しては、下記へご連絡下さい。

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:0538-66-1213



L120H Electric

機械重量：19.7-21.0t
バケット容量：3.0-3.9m³
バッテリー：リチウムイオン
充電環境：外部急速充電



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/>

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

Mikasa

<http://www.mikasa.jp>

街づくりを支える、信頼の三笠品質。



転圧センサー

バイプロコンパクター

MVH-308DSC-PAS

タンピングランマー

MT-55H



MVC-e60

NETIS No. KT-210039-A

超低騒音型 No.6760



MRH-603DS-SS

NETIS No. KT-190125-VE



MUV-Fe32



MT-e55

NETIS No. KT-210039-A

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:080-1049-0634

北関東営業所 TEL:0276-74-6452
長野出張所 TEL:080-1059-2116
中部営業所 TEL:052-504-3434
金沢出張所 TEL:080-1013-9542

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

FA機器の最適無線化提案

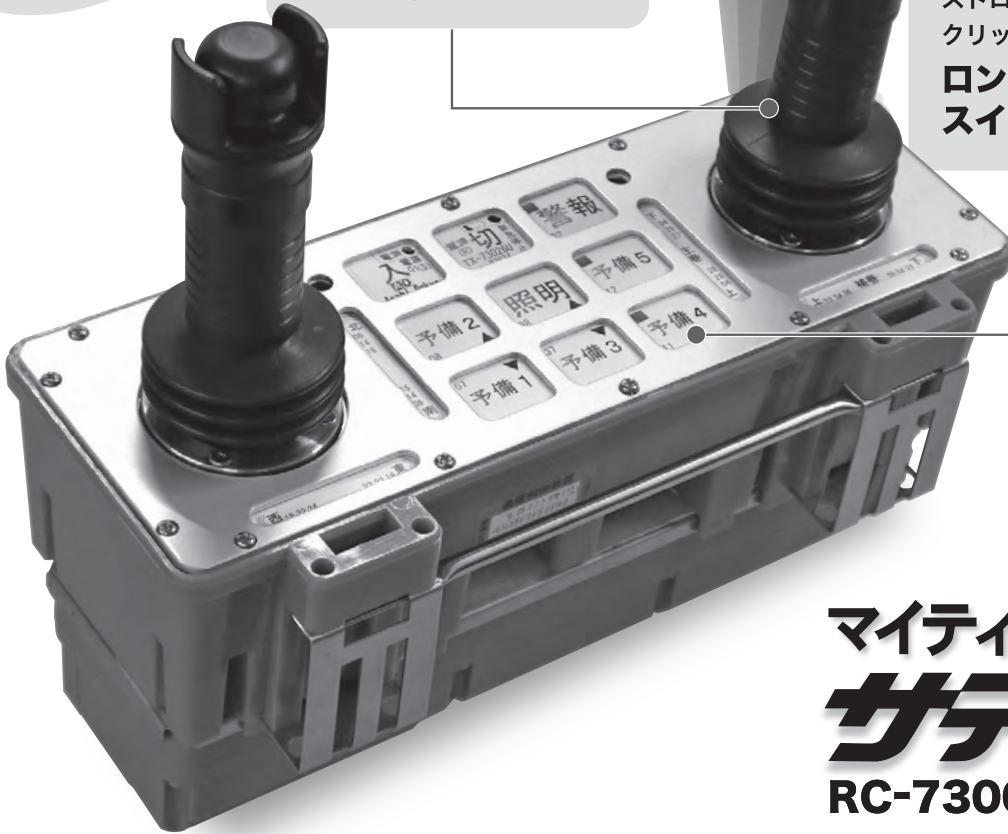
クレーン・搬送台車・建設機械・特殊車両他
産業機械用無線操縦装置

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!
**ロングストローク型
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

フッシュロック、
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/>



無線化工事のことならフルライン、フルオーダー体制の弊社に今すぐご相談下さい。また、ホームページでも詳しく紹介していますのでご覧下さい。

朝日音響 検索

ダイワテックのソーラーシステムハウスと ソーラーバイオトイレは、

令和6年9月に **活用促進技術に選定** 国土交通省 されました。

仮設以外にも宿泊、給電・充電施設として下記のような利用も可能です。



応用地質株式会社様

能登半島地震被災地域の復旧・復興の対応拠点、
能登町出張所に作業員宿舎として12棟設置



曙建設株式会社様

北陸地方整備局発注工事にて、無人遠隔操作バックホウのコック
ピット給電施設として使用

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72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



建設工事監視システム付ソーラーハウス

国土交通省 新技術情報システム〈NETIS〉

登録番号 **NO. KT-230242-A**

令和
6年度

国土交通大臣表彰制度の受賞技術として
活用促進技術に選定

▶ 企業版ふるさと納税に対応しています。

お問い合わせは、営業企画部 前中 080-2194-6114 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

決断。

現場を変えたい
皆さまとともに
3D施工を標準へ



- 3D機能標準化により、現場の生産性を向上
- ジオフェンスなどの機能により、安全性を向上
- 油圧システムを刷新し、作業量アップと燃費低減を実現
- 運転席を刷新し、快適な居住空間の実現

新世代油圧ショベル PC200i-12

3Dマシンガイダンス、ペイロード機能を標準搭載。
業界初3Dマシンコントロール選択可能システムで利用時払いも可能。

コマツカスタマーサポート
〒108-0072 東京都港区白金1-17-3 <https://kcsj.komatsu/>



KOMATSU
Creating value together

雑誌 03435-3



4910034350353
00800

「建設機械施工」

定価 八八〇円 (本体八〇〇円 + 税10%)