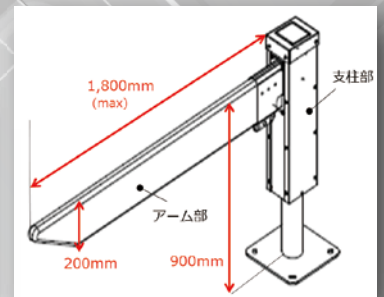


技術の泉

West Japan Railway company
Technical Information Magazine

JR西日本技術情報誌

No.46 2022年



CONTENTS

巻頭言

お客様に最高の電気設備を
提供するために

電気部担当部長 長野 浩俊

01

JR西日本グループ 技術ビジョン

さらなる安全と安定輸送の追求

第4種踏切の安全対策
(踏切ゲートの導入)

安全推進部 杉本 恭彦

04

魅力的なエリア送出一翼を担う 鉄道・交通サービスの提供

列車乗降時の段差・隙間の解消
～可動スロープの開発と検証～

施設部 河合 陽平

07

JR西日本は、2018年に「技術ビジョン」を策定しました。ありたい姿の実現を技術面から模索していく姿を示しています。(JR西日本ホームページ参照)

私たちは、技術による課題の解決と変革を進めていきます。この取り組みを、本誌を通じて社内および社外の皆さまへ発信していきます。

「技術の泉」は、JR西日本ホームページ (<https://www.westjr.co.jp/company/action/technology/technical/>)でも閲覧できます。

「JR西 泉」で検索してください。

検索

社員・グループ社員は各社内ポータルでも閲覧できます。



No.46 JR西日本技術情報誌

【編集発行】

西日本旅客鉄道株式会社 鉄道本部 イノベーション本部
〒530-8341
大阪市北区芝田2丁目4番24号
TEL 06-6375-2167(NTT)

【発行責任者】

鉄道本部 イノベーション本部長
久保田 修司

本誌掲載記事を無断で転載複写することはできません。

持続可能な鉄道・交通システムの構築

鉄道沿線設備の状態監視に向けた IoT化の推進

電気部 高月 真明

09

視線解析技術を活用した技術継承の支援

博多総合車両所 車両科 児嶋 直樹

新幹線車両部 検修課 古川 大輔

13

コンクリート構造物の維持管理に おける新技術活用に向けた取組み

構造技術室 堀 慎一

15

電気式内燃動車(DEC700)の開発

車両部 宮部 実

17

自動運転・隊列走行 BRT による 次世代モビリティサービスの実現を目指して

イノベーション本部 近藤 創

19

知財の広場

| 2020年度 特許等登録状況

20

お客様に最高の電気設備を提供するために

2022年になりました。新型コロナウイルスの世界的な感染拡大から2年がたとうとしています。次々に変異株が誕生し、この先もどのように収束していくかわからない状況ではありますが、早く元のマスクのない日常に戻ることを願うばかりです。

このような状況ではありますが、この原稿を執筆している12月末時点では、新型コロナウイルス感染状況が落ち着きつつあり、人々の移動も徐々に活発化してきております。当社の鉄道をご利用いただいているお客様も増加しております。このような時に一番大切なのは、久しぶりにご利用して下さったお客様をがっかりさせることなく、快適に目的地までお運びすることです。そのため、何が一番重要か。電気設備を担当している私としては、電気設備を常に最高の品質に保っておくことだと考えます。電気設備の故障により、列車を止めることは避けなければなりません。久しぶりの旅行を楽しんでいるお客様をがっかりさせることは絶対に避けなければなりません。

将来に渡って電気設備の品質を保ち、お客様に最高の電気設備を提供するためには、何が必要かと言えば、一人ひとりの「技術力」と、工事を施工する「労働力(の確保)」だと考えます。

まず、「技術力」についてです。設備の品質を保つためには、検査、工事が必要ですが、これには確固たる技術の裏付けがあって成り立っているものです。近年、残念ながら、私の専門分野である電力系統で技術力低下によるさまざまな事象が発生しています。これをなくすためには、根幹のところの技術力、特に現場での技術力を磨くということが最も大切です。

JR発足から徐々に工事の責任施工が拡大し、検査を含めて工事等業務の大部分が外注化に

なり、監督者であるJR社員が現場に出て責任者等をする機会がだいぶ減少しています。その結果、監督者が現場に出るのは、安全パトロールが主な機会となってしまいました。安全パトロールで工事現場に出ることの意味はもちろんありますが、責任者として出るわけではないので、どうしても受け身になってしまい、現場での技術力を身に着けるには十分ではなかったと思っています。そのため、電力系統では昨年度下期から監督者が責任ある立場での工事立会を実施しています。これは、工事を立会する監督者が責任者(停電責任者、機能確認責任者)となり、協力会社の方々と一緒になって工事を実施するものです。責任者となるわけですから、当然その工事に対して事前に知識を習得して、施工当日を迎えなくてはなりません。施工当日は、作業員の方々と一緒になって施工時間内に施工を完了しなくてはなりません。若い監督者にとっては初めてのことになりますが、現場での技術力をつけるには最適な方法であると考えています。

さらに、現場での技術力をつけるために必要なことは、「数値に徹底的にこだわる」ということです。私は最近、若い社員に対して、当たり前のことですが、「技術的な判断をするには必ず数値的根拠が必要」ということを繰り返し伝えていきます。技術的な判断においては、計算をすることで必ず正しい判断が可能になります。これを経験に頼って判断してしまうと、条件がたまたま合致すれば何事も起こりませんが、それは間違った成功体験となってしまいます。例えば、線路上空にある電気を送電するためのき電線という設備があります。このき電線は、金属(主にアルミ)の線に張力をかけて設備しています。金属の線ですからレールと同じように、温度によって伸び縮みします。夏と冬、夜と昼では違う姿を見せます。そのため、き電線を工事するには、温度変化を計算によって数値化し、この数値に基づいて設備することが重要です。



「以前もこれぐらいだったからこれでいいだろう」ではなく、きちんと「計算の結果、こうでなければだめだ」ということが重要です。設備されるものが現場でどういった姿を見せるのかを理解するには、現場に行って、技術的な計算をすることで理解できます。この結果が現場での技術力を身に着けることになり、安定した設備の構築に繋がります。このことを今一度理解、納得してもらうために、事あるごとに「数値に徹底的にこだわる」ことの大切さを伝えています。

次に労働力の確保についてです。技術力が維持、向上されても、それを実際の工事に活かして設備を構築していかななくては、お客様に最高の設備を提供出来ません。そのために労働力の確保が大切なのですが、今の日本においては、人口減に伴う労働力人口が減少しています。その上、鉄道特有の作業条件である、夜間作業が多い、休みが不定期、という労働環境から、決して魅力的な業界ではありません。協力会社の社員数も減少しているのが実態です。

このような厳しい労働環境の中、労働力を確保していくためには、少しでも魅力的な労働環境を実現していかななくてはなりません。そこで、取り組んでいるのが、施工の機械化です。ここでは一例として、電車線システムの機械化について話をしていきます。

電車線システムというのは、電車のパンタグラフに電気を供給するために、電柱等の支持物を設置し、電車に電気を送るための線（き電線、トロリ線等）を設備するのが主な役割です。そのため、作業は重量物を扱い、線路上空5m以上での作業が多く、3K職場の最たる労働環境です。これを少しでも改善しようということで、施工の機械化、ロボット化を進めています。今までに、電柱を設置する「電柱ハンドリング車」、トロリ線等の

電車線を支持する可動ブラケットという支持物を設置する「ブラケットハンドリング車」を導入してきました。また、現在は支持物の塗装作業や、沿線の樹木を伐採する作業に用いる「多機能ハンドリング車」も開発しています。ここで特徴的なのが、機械化にロボット技術が使われていることです。ブラケットハンドリング車においては、工場で行われている工作用ロボットが使われており、この工作用ロボットを応用して鉄道作業環境に適した機械を作り上げています。また、多機能ハンドリング車に至っては、人型のロボットを用いて、人が作業するのと同じ感覚で地上から遠隔操作できる機械を目指して開発を行っています（詳細は株式会社人機一体のHPを参照して下さい）。私が入社した約30年前には、電車線作業においてロボットと一緒に工事をするなんて、想像も考えませんでした。それが今や、鉄道沿線で、それも5m以上の高所でロボットと一緒に（正確に言うと、ロボットを扱ってですが）作業が出来るなんて、わくわくしませんか。今後はこういったロボットという新しいツールをうまく使いながら、不足する労働力を補い、作業環境を良くして魅力ある業界にしていかななくてはならないと感じています。積極的に世の中に情報発信をし、広く認知をしてもらう取り組みも進めていく必要があります。

以上、2点について述べてきました。繰り返しますが、私の使命は、お客様に最高の電気設備を提供することだと思っています。今回述べた2点のことを実行していくことが当社の持続的な発展につながり、地域の持続的な発展につながるものだと信じています。

2022年が新型コロナウイルスの感染が収束し、みんなの笑顔が直接見られるようになることを期待しながら、日々の業務に取り組んでいきたいと考えています。

JR西日本グループ 技術ビジョン

JR西日本グループ

「技術ビジョン」

技術で切り拓く
交通の進化

目まぐるしく変化する社会と予測困難な環境の中で、当社は安全で魅力的な鉄道・交通サービスを持続的に社会へ提供するため、2018年3月に未来のありたい姿(図1)をまとめた「技術ビジョン」を策定しています。本誌では、技術ビジョンが示す3つのありたい姿に関する取り組みを紹介します。

1. さらなる安全と安定輸送の追求
2. 魅力的なエリア創出の一翼を担う鉄道・交通サービスの提供
3. 持続可能な鉄道・交通システムの構築

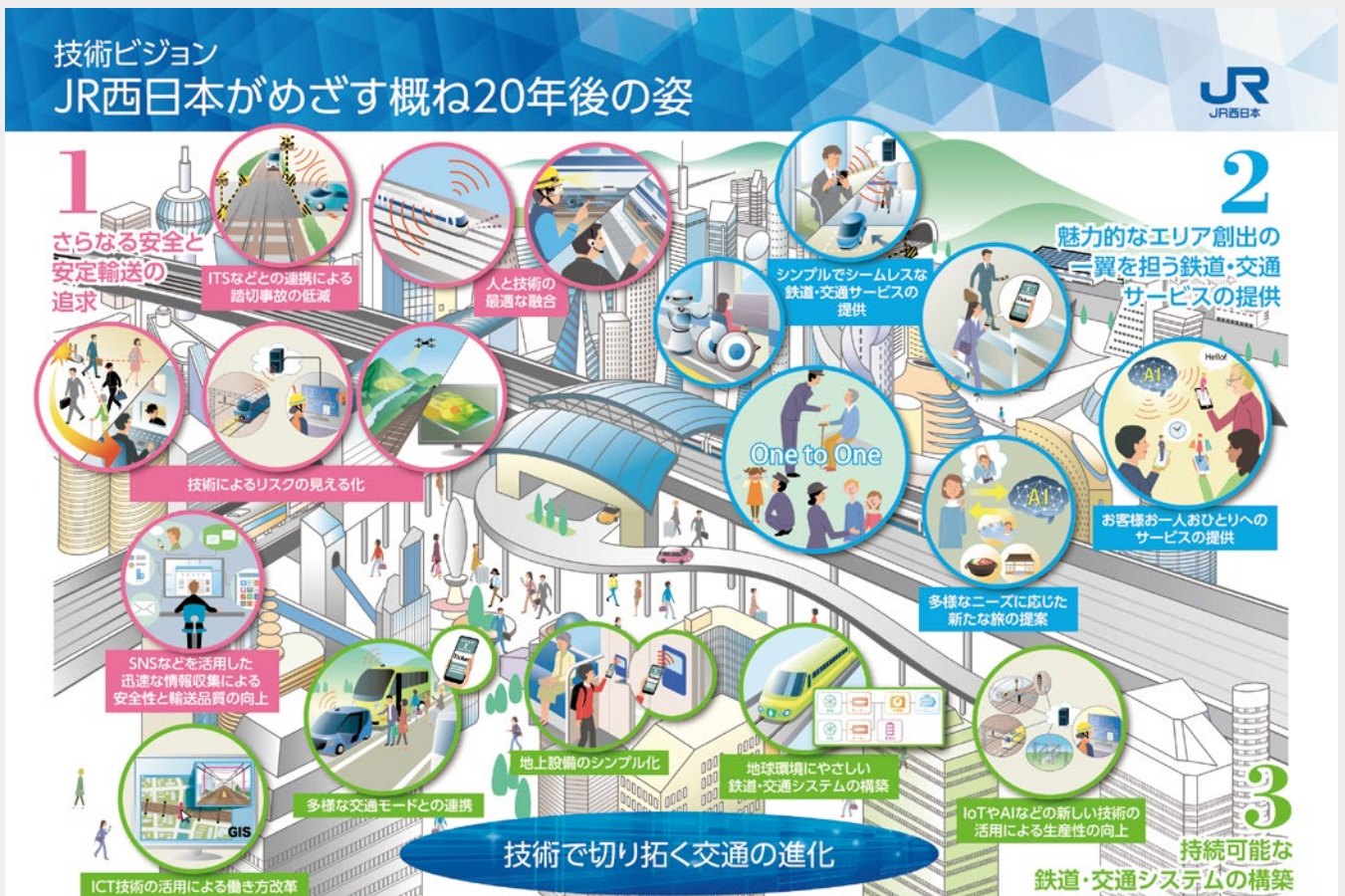


図1：技術ビジョンが示す3つのありたい姿

■ JR西日本ホームページ

URL : <https://www.westjr.co.jp/>

■ JR西日本グループ 技術商品検索サイト

URL : <https://www.westjr.co.jp/company/action/technology/vision/techweb/>

特設サイト

WEB 検索

JR西 技術商品



第4種踏切の安全対策(踏切ゲートの導入)

鉄道本部
安全推進部
安全基準室



杉本 恭彦

キーワード 第4種踏切、踏切ゲート、未然防止

01 はじめに

踏切道は、鉄道と道路が平面交差する箇所です。列車の安全・安定運行はもとより、踏切道を通過する通行者の安全確保も考慮する必要があります。また、遮断機や警報機のない第4種踏切では、第1種踏切と比較して事故発生率が高く、その

原因の殆どが直前横断に起因するものです。

本稿では、第4種踏切における通行者直前横断の対策のため、通行者に踏切の手前で一旦停止を促す装置として開発した「踏切ゲート」について紹介します。

02 第4種踏切の現状

(1) 第4種踏切設置数の推移

1987年の会社発足当時、当社管内には第4種踏切が1,111箇所設置されていましたが、立体交差化や統廃合、第1種化などにより2021年度初には414箇所となり、34年間で697箇所の第4種踏切を削減しました(表1)。

表1：踏切数の推移

	第1種	第3種	第4種	計
1987年	5,161	642	1,111	6,914
2021年	5,325	68	414	5,807
増減	164	▲574	▲697	▲1,107

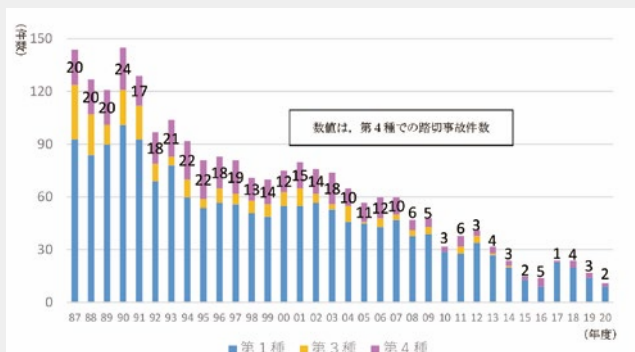


図1：踏切事故件数の推移

(2) 踏切障害事故の発生状況

(図1)に1987年からの踏切障害事故(以下、踏切事故と称す)件数の推移を示します。会社発足時と比べると踏切事故件数は大幅に減少しています。

一方で、近年の第4種踏切で発生した踏切事故件数は大きな改善傾向はみられません。過去10年間(2011年度～2020年度)に発生した、第4種踏切で発生した踏切障害事故33件を原因別・通行形態別に調査した結果、原因別では全体の91%が直前横断であり、通行形態別では、軽車両(自転車・二輪・農耕車)が45%、自動車が52%でした(図2)。

以上より、第4種踏切では、軽車両や自動車が一旦停止を怠り踏切に進入したことにより発生した事故が殆どであることがわかります。

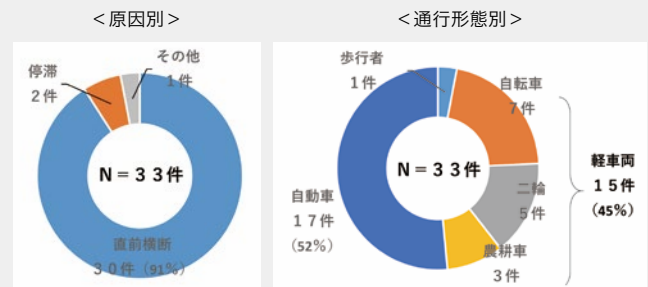


図2：過去10年間の原因別・通行形態別発生状況

03 第4種踏切の安全対策の課題

(1) 抜本対策(「廃止・第1種化」協議の難航)

- ・「廃止」により現利用者は迂回が必要となること。
- ・「第1種化」に伴い警報音が発生すること。

踏切道の廃止や第1種化を進めています上記理由による協議のため抜本対策の実現には時間を要します。

(2) 既存の暫定対策の難航

- ・「交通規制杭(写真1)」の設置困難(農耕車通行等)
 - ・列車が踏切の手前で気笛を鳴らし接近を知らせる「気笛吹鳴標識」の設置困難(近隣住民の苦情多発)
- 設置箇所が限定的であり有効な打ち手を講じることができない。



写真1：交通規制杭の設置例

以上の課題解決のため、新たな第4種踏切の暫定対策として通行者に対して物理的に踏切の手前で一旦停止を促すための装置「踏切ゲート」の開発を検討しました。

04 踏切ゲートの開発

(1) 開発の背景

第4種踏切は第1種踏切と比較して踏切事故発生率が高いです。また、事故原因の殆どが直前横断であることから、第4種踏切の通行者直前横断により発生する事故を未然に防ぐことを目的として、通行を物理的に遮断する装置の開発を行いました。

(2) 踏切ゲートの開発仕様 (図3)

① 常時遮断式

通行者に対して一旦停止を促すため、通行者が横断する際のみ開閉します。

② 水平開閉式

農耕車でも乗車したままの押し開けが可能にするため、ゲートは水平に開閉します。

③ 半自動式

通行者の操作は押し開けのみとし、開状態で一定時間ホールドした後に自動で閉まります。

④ 太陽光充電式

電源が確保できない箇所でもゲートの設置を可能とするためソーラーパネルによる充電電池で動作します。

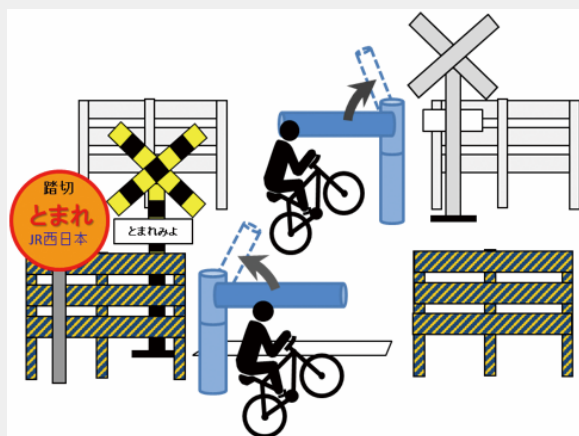


図3：踏切ゲートのイメージ

(3) 設置位置

踏切へ進入する際の列車の見通し、踏切から退出する際の停滞リスクなどを考慮し、設置位置は線路の中心から5m程度離れた線路外方としました。

(4) 形状・寸法・材質

踏切ゲートは、主に支柱部とアーム部から構成されています(図4)。

支柱部の形状は四角柱で、高さは1m、材質はステンレス製として、屋外環境で長期間供用を可能とするため耐腐食性能を有します。

アーム部は、最大長さ1.8mとし、材質は発泡スチロール材であり、耐荷重性能を満足させるためにウレタンによる表面被覆を施しました。

注意喚起と耐腐食性能向上のため、支柱・アーム部ともに橙色のウレタン塗料にて塗装しています。

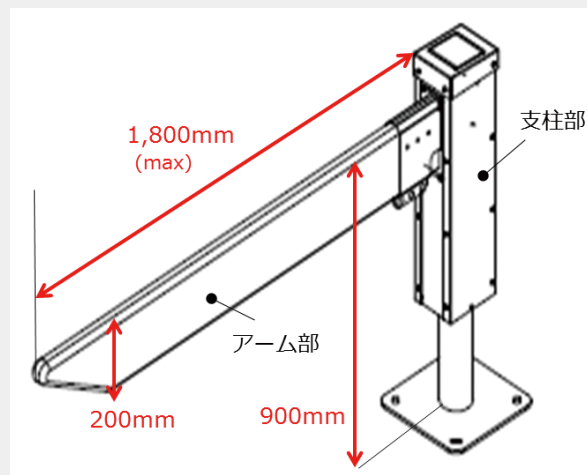


図4：踏切ゲートの形状・寸法

05 踏切ゲートの案内標識

案内標識は、自立看板および踏切ゲートアーム部への記載としました(図5)。

(1) 自立看板

通行者に向けて、踏切ゲートの詳細な取扱い方法、注意事項および問合せ先を記載。

(2) 踏切ゲートアーム部

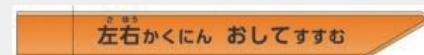
通行者に対して踏切ゲートの取扱い方法を直感的に理解して頂くため、最小限の情報を記載。

<自立看板>



<アーム部>

線路外側の表記



線路内側の表記



図5：案内標識

06 踏切ゲートの現地試験

(1) 現地試験目的

踏切ゲートを設置することによる、通行者の横断前一旦停止に対する効果の確認、横断時の支障の有無、動作の安定性を確認するため現地設置試験を実施しました。

試験場所・期間・交通量は(表2)・(写真2)の通りです。

表2：現地試験の概況

試験場所	山陰線 長門三隅～長門市駅間
試験期間	2021年2月～3月
交通量	約80人・台/日



写真2：現地試験の風景

(2) 現地試験結果

一旦停止※状況については、約800名の一般通行者により調査を行いました。当該踏切の踏切ゲート設置前の一旦停止率は20%程度でしたが、踏切ゲート設置後は95%とほぼ全ての通行者が一旦停止をしたことが確認されました。また、自転車での通行者においては、踏切ゲートの手前で自転車から降車し踏切を通行する、といった行動特性が見られました。自転車を「降車する」＝「踏切横断前の横断者減速に効果がある」と言えます(表3)。

表3：現地試験の調査結果

	設置前	設置後	
一旦停止率	20%	95%	+75%
自転車降車率	20%	75%	+55%

また、聞き取りに調査により踏切ゲートに対する意見集約を行ったところ、「安全性が増した」「一旦停止や左右確認を改めて認識した」など踏切ゲート設置に対して好意的な意見を頂くことができました。

以上より、踏切ゲートは第4種踏切の直前横断防止に有効であると言えます。

※ここで言う一旦停止とは、踏切横断前に減速した通行者を含む

07 踏切ゲート設置の考え方

踏切ゲート設置の基本的な考え方は、一定数以上の交通量があり、自動車が通行しない踏切を対象としています。また、踏切毎の個別リスクなどを考慮し優先順位をつけ設置していくこととしています。

2021年度については、農耕車が通行しない踏切に導入し

2022年度以降は、農耕車が通行する踏切に拡大していく計画です。

また、踏切ゲートは線路外方にも開閉するため、線路と道路が平行した側道への支障など、設置することによるリスクも考慮したうえで設置検討をすすめています。

08 今後の課題

現状の踏切ゲートは、アーム部の最大長さが1.8mまでとしています。1.8mのアーム長では対応することのできる踏切が限定的であるため、アーム長の延伸に向けた改良が必要です。

また、踏切ゲートの設置位置を当社用地に限定してしまうと、列車の見通しが阻害されるなど、別のリスクが発生します。道路管理者や地域住民の方々と連携し踏切ゲートを設置していく必要があると認識しています。

09 おわりに

本稿では、当社の第4種踏切の直前横断を未然に防止するため開発した踏切ゲートの紹介をしました。踏切ゲートの設置により、踏切事故が1件でも減少することを期待しますが、踏切ゲートは暫定対策に過ぎません。今後も引続き道路

管理者や地域住民の方々と協力しながら更なる踏切道の安全確保の取組みについて考えていきたいです。

最後に、本取組みに尽力頂いている関係者の方々に謝意をもって結びとします。

ご相談・問い合わせは下記リンク先からお願いします。

【<https://www.westjr.co.jp/company/action/technology/vision/techweb/company01.html>】

列車乗降時の段差・隙間の解消 ～可動スロープの開発と検証～

キーワード 段差隙間解消、バリアフリー

01 はじめに

JR西日本では誰でもスムーズにご利用頂ける鉄道をめざして技術による移動の円滑化に取り組んでいます。その取り組みの一環として経済産業省関東経済産業局主催の技術マッチング事業を活用し、アイデア公募を行いました。公募の結果、オープンイノベーションとしてJR西日本テクシア、株式会社小松製作所（長野県松本市）と列車乗降時の段差・隙間の解消への取り組みをスタートしています。

2019年度には大鉄工業株式会社技術研修センター内、訓練用ホームへ試作機を設置し、車椅子ご利用者による乗降試験やリスクの検証を実施しました。



写真1：2019年度試作機での検証

この度は試験結果を踏まえた改良を加え、列車運行と連動可能なシステムとしてJRゆめ咲線桜島駅で現地検証を開始しましたのでご紹介いたします。

02 現地検証の概要

(1) 概要

① 場所

ゆめ咲線 桜島駅 2番のりば
(7号車付近)

② スケジュール

2021年11月21日～2022年2月中旬(予定)
10:00～15:00

③ 検証内容

ホーム設置環境での動作安定性

- ・列車到着から発車までの連続動作の確認
- ・安全装置や付帯設備の適合性確認
本機構設置によるお客様の受容性
- ・車椅子をご利用のお客様を含む全てのお客様のご利用状況を分析し、改良点等を抽出
- ・ホームにおけるお客様の流動や、列車乗降時の影響確認

(2) システム概要

① 本体

- ・ホーム端部から点字ブロックまでの笠石部分(800mm相当)が可動部であり、上昇量最大100mm、張出量最大300mmまで対応可能です。
- ・ステップ先端に備えた距離センサにて列車床面高さを自動計測し、列車に合わせた高さ、距離まで自動張出します。



写真2：桜島駅での検証状況



写真3：乗降口の隙間

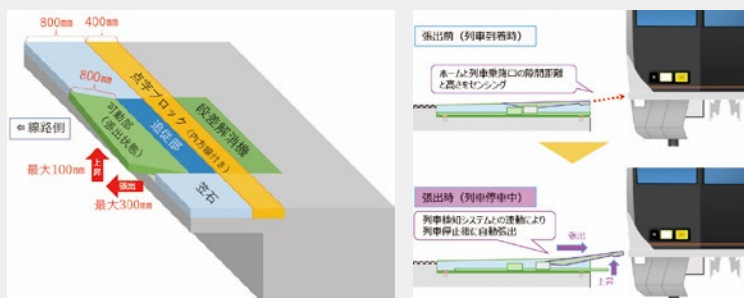


図1：機器サイズと可動範囲

図2：センシングと張出動作



鉄道本部
施設部
機械課



河合 陽平

②安全装置

お客様が安全にご利用頂けるように各種センサーを搭載しており、危険が生じないように制御を行います。

・3Dセンサー

旅客が可動部に乗っている状態で動作することを防止するため3Dセンサーで空間検知し動作を一時停止します。

・先端接触センサー

スロープと列車との挟まれをスロープ先端の接触センサーで検知し、自動で反転動作します。

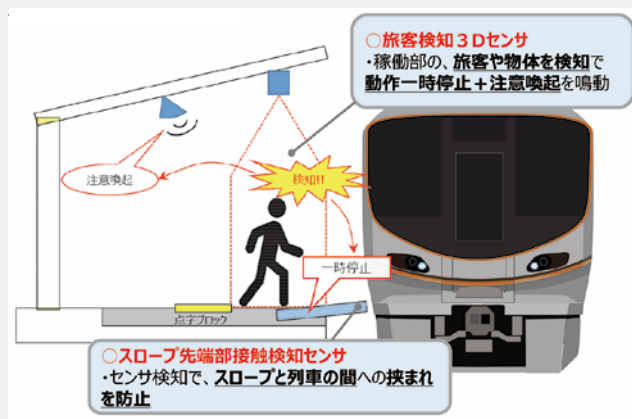


図3：各種安全装置

③動作フロー

列車が到着しスロープ範囲内に停車したことを検知し、自動で列車床面までの高さ、距離を測定し、スロープが張出します。張出動作の完了を表示

灯で車掌に伝え列車ドアを開扉します。列車出発時は列車のドア閉を検知し、自動でスロープを収納します。

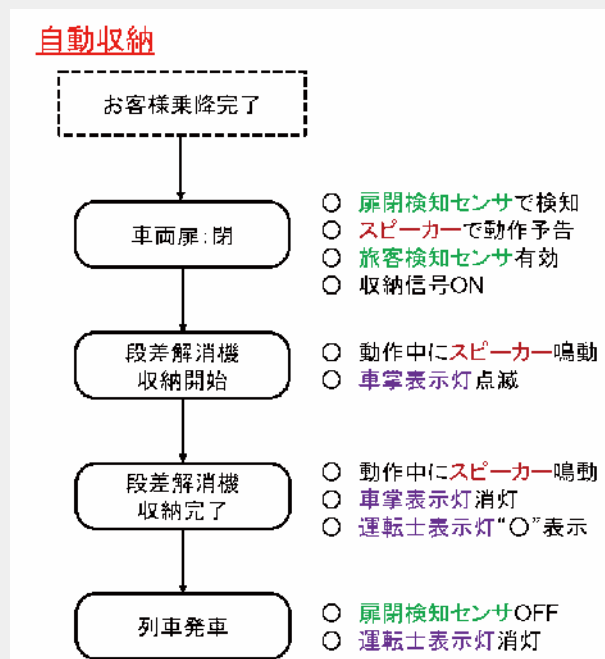
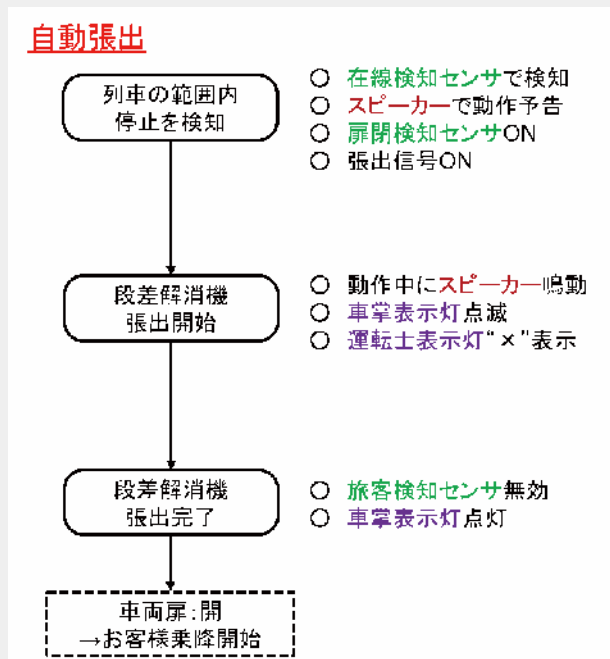


図4：動作フロー

03 おわりに

鉄道駅の実環境における試験では降雨、塵埃、気温変化など様々な外部環境の影響が考えられます。また実際にお客様にご利用頂き、列車到着から発車までの一連のオペレーションを行う中で、課題が無いか確

認を行ってまいります。今回の現地検証から得られる知見を活かし、誰でもスムーズにご利用頂ける鉄道の実現をめざして、引き続き改良を進めてまいります。

ご相談・問い合わせは下記リンク先からお願いします。

【<https://www.westjr.co.jp/company/action/technology/vision/techweb/company01.html>】

鉄道沿線設備の状態監視に向けたIoT化の推進

キーワード メンテナンス、状態監視、IoT、センサ

01 はじめに

JR西日本では「中期経営計画2022」の見直しに則り、グループデジタル戦略の一つの軸として「鉄道システムの再構築」に取り組んでいます。この取り組みの一環として、IoT(Internet of Things:様々なモノをインターネットで接続する技術)を鉄道環境に適応し、利活用することを目的に日本信号株式会社と共同でシステムの研究開発を進めてきました。

鉄道沿線設備へのセンサ機器設置、センサ情報を収集するネットワークインフラ整備、そして情報を蓄積・管理するクラウド基盤の整備を行うことで、現地に赴かずとも事務所など遠隔地から検査結果の確認が可能となる、より効率的なメンテナンス手法への転換を目指すこととしました。

02 現状における課題

鉄道を安全・安定的に稼働させるためには、各種設備の状態を日々の検査により確認する必要がありますが、鉄道沿線での検査業務において、線路内および近辺での検査では進来してくる「列車と接触するリスク」、電気設備の検査では「感電のリスク」、そして高所での検査では「墜落のリスク」などが潜んでおり、常に危険と隣り合わせで実施している現状があります。

そのため安全に検査業務を実施するための体制確保や事前準備などに多大な人数と時間が必要となっており、例えばJR西日本管内における信号機(約10,000箇所)や踏切設備(約5,400箇所)の検査業務であれば1か所につき年に数回、1回あたり4~8名体制で、それぞれ1時間程度を要しています。また必要に応じ夜間に実施しなければならない検査業務も数多くあります(写真1、2)。

近い将来の労働力不足など社会環境を見越すと、少人数であっても安全な鉄道サービスを持続的に提供するためには、早急にこれらのマンパワーに頼って実施している検査業務を代替させる方法を考えなければなりません。

この検査業務の代替、つまりメンテナンスのシステムチェンジのために、

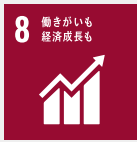
- ・地上設備の画像取得と処理による検査業務の省力化
 - ・車両データ取得による検査業務の省力化
 - ・地上設備のセンサ測定による検査業務の省力化
- などの実現に向けた検討を進めてきており、その全ての共通基盤となりうるIoT技術を用いたネットワークインフラを鉄道沿線に構築するとともに、検査業務をセンサ測定へ置き換えていくことに取り組むこととしました。



写真1：信号機の検査業務



写真2：踏切設備の検査業務



鉄道本部
電気部
信号通信課担当課長



高月 真明

03 システムの概要

(1) ネットワークインフラの整備

① 無線通信方式の検討

2016年10月、これまでのマンパワーに頼らざるを得なかった検査業務をセンサ測定に置き換えるため、最初に検討しなければならなかったことは、センサ情報をどのように収集するかという課題でした。

設置するセンサ機器が多数あること、また線路内にしかセンサ機器を設置できない場合があることなどを考慮すると、無線によってセンサ情報を収集することが最も効率的であるため、開発当時に実用化されていた各種無線通信方式について検討を実施することとしました。

設置するセンサ機器は、外部電源による電力供給が可能ではない場合を想定し、内部電池のみで動作できることを前提としたため無線部分での消費電力量は極力抑える必要がありました。そのため携帯電話回線を利用するような消費電力量が大きい方式ではなく、当時IoTで主流になりつつあったLPWA方式 (Low Power Wide Area: 送受信できるデータ量は小さいが、省電力で遠距離通信を実現する無線通信方式) で検討を進めることとしました。

各LPWA方式の性能を比較するために鉄道沿線環境におけるフィールド試験を実施し、一定の無線電波の到達距離が必要であること、一日あたりの送信データ数に上限が無いこと、そして自営でネットワーク構築できる自由度が大きいことなどからLoRa方式 (Long Range: 電波法に基づく免許が不要な920MHz帯を用いるLoRa Allianceの技術) を採用することとしました (図1)。

② ネットワークの検討

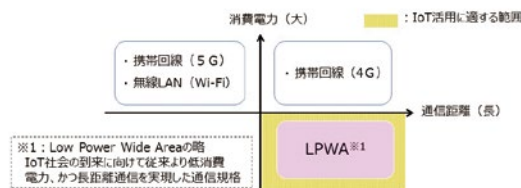
センサ機器からLoRa方式で収集される測定データを蓄積・利用するためには、データを伝送するためのネットワークが必要になり、そのネットワーク構築のために携帯電話回線など通信事業者回線を使用すると当然通信費用などのランニングコストが発生します。

しかしJR西日本においては、鉄道運行に関する各種データを伝送するため、鉄道沿線に自営通信網 (光ケーブル・メタルケーブルといった通信媒体、およびネットワークに必要な機器) を有しており、この既存の自営通信網を活用することで、より低コストでのネットワーク構築が可能であると判断しました。

それによりネットワークインフラ整備のための鉄道沿線における実工事としては、主にLoRa方式によるセンサ機器からのデータ収集装置であるネットワークユニットを約1km間隔に設置すること、および既存の通信ケーブルと接続することのみとなり、新たな通信ケーブルの敷設やネットワーク機器などの設置を最小限に抑えることができました (写真3)。



写真3：ネットワークユニット (NU)



【開発当時 (2017年) の各通信方式 (LPWA) の比較】

	Sig-fox	LoRa	Wi-SUN
到達距離 (理論値)	最大50km	最大10km	最大1km
到達距離 (鉄道沿線実測)	未測定※2	1.5km~2.0km	300m~500m
伝送速度	100bps	250kbps	800kbps
送信データの上限	12バイト×140回/日	無し	無し
自営ネットワークの構築	当時は不可※2	可能	可能

※2: 2017.12~基地局レベルで可能になった

図1：無線通信方式の検討

LoRa方式によるフィールド試験での実測値としては1.5km~2.0km程度までは有効な電波到達が確認されましたが、線路のカーブや路盤の高低差、また鉄道沿線の建造物や金属製である電車線構造などが電波伝搬に大きく影響を与えることがわかり、電波伝搬条件が最も悪い場合であっても、一定のPER (Packet Error Rate: 一定の送信データに対するエラー率) におさえる必要があることから、設置間隔は約1km程度と設定しました。

なお施工における具体的なネットワークユニット設置場所については、常時外部電源供給が必要であるため、踏切付近への設置を基本としています。

またLoRa方式での通信速度は低速であるため、送信に多大な時間がかかるような大きいデータ（映像など）にも対応することができるよう、ネットワークユニット本体に有線接続のインターフェースを設けるとともに、ネットワークユニットが設置できないような場所でのセンサ機器設置であっても、携帯電話事業者回線を使用することができるといった、拡張性を持たせた構成としました（図2）。

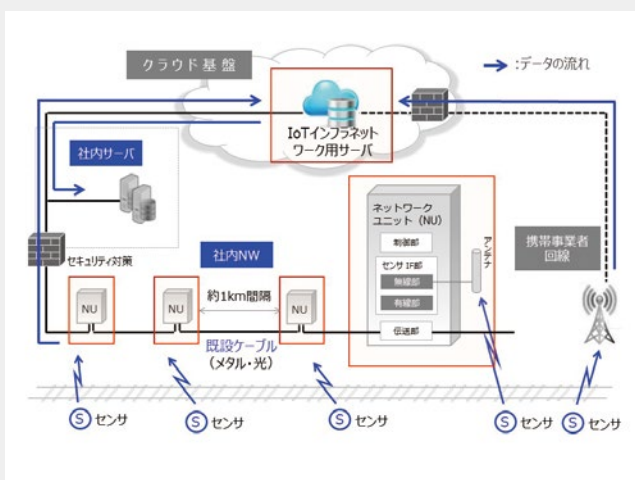


図2：ネットワークインフラの構成

(2)クラウド基盤の整備

センサ機器から送信されてくるデータの制御や蓄積、またネットワークユニットと接続するセンサ機器のセキュリティ確保などを目的とし、クラウド上にネットワークを一元的に管理するサーバを構築することとしました。具体的な機能は以下の通りです。

①センサ情報蓄積機能

ネットワークユニットが収集した各種センサ情報をサーバに蓄積

②情報表示装置GUI(Graphical User Interface)機能

サーバに蓄積したセンサ情報や機器設定情報などを情報表示装置に対し視覚的に表示

③保守端末GUI機能

センサ機器の設置・移設・撤去時などに必要なデータを入力する保守端末に対し視覚的に表示

④電文変換機能

センサ機器固有のフォーマットであるデータを統一されたXML(eXtensible Markup Language:データ内容を記載するタグを自由に設定できる共通表記の一種)フォーマットに変換

⑤携帯電話端末データ蓄積機能

ネットワークユニットを経由しない携帯電話事業者回線からのセンサ情報を直接サーバに蓄積

⑥データレイク送信機能

サーバに蓄積したXMLフォーマットのデータを他のデータレイク(ビッグデータの保管場所)に送信

以上のように、基本機能としてクラウド上で各種センサ機器から送信されてきたセンサ情報を蓄積し、そのセンサ情報を情報表示端末で参照することにより検査業務を置き換えとして活用することとしています。センサ機器から緊急性を伴うような異常情報(閾値を超えている場合や警報情報など)が発せられた場合については、送信データのヘッダ部分に異常情報であることを記述することで、クラウド上のサーバに蓄積すると同時に、情報表示装置に注意を促すアラームを表示させる機能も実現しています。

(3)各種センサ機器の開発

検査業務をセンサ測定に置き換える場合、センサ機器の開発・製造コストも含め、より大きな効果が得られるセンサ機器を選定していく必要があります。

そこでセンサ開発の第一弾として次の3種類のセンサ機器を選定し開発することとしました。

①閉そく信号機の検査業務(電圧・電流・位相など)

- ・駅中間に設置しており設備数が多い
- ・線路内の検査であるため列車と接触するリスクがある

②踏切警報機の検査業務(点滅回数・音圧など)

- ・列車、通行者、自動車に対する保安要員が必要
- ・墜落のリスクや踏切強制鳴動処理により歩行者や自動車との接触リスクがある

③電気融雪機の検査業務(絶縁抵抗・電圧・温度など)

- ・駅構内の分岐器部分に設置している設備であるため、保安要員が多く必要
- ・冬季の線路内検査であるため列車との接触のリスクがある(写真4)。



写真4：電気融雪機の検査業務

また設置に必要な開発要件として「温度・振動など鉄道沿線環境に耐える性能の実装」、「設置場所の自由度を高めるための小型化」、「老朽取替頻度を軽減するための長寿命化」などを設定しました。なおセンサ機器の共通部分であるLoRa方式の無線通信を行う基板については小型化の検討を徹底的に実施し、

十円硬貨3枚程度の大きさで実現することができました。

今後はセンサ開発の第二弾として、転てつ器ロックモニタセンサ、踏切遮断機監視センサ、踏切制御子電圧監視センサなどの開発に順次取り組むこととしています。

04 システムの更なる活用

今回のJR西日本と日本信号株式会社で共同開発した鉄道沿線の遠隔監視システム（システム名Traio：トレイオ）における、具体的な技術検討実施項目としては、以下にまとめることができました（図3）。

- ・ 鉄道沿線環境へ対応するための耐環境性
- ・ 無線部分を含むセンサ機器の小型化、長寿命化
- ・ 既存自営通信網およびネットワークとの親和性
- ・ 多種多様なデータに対する拡張性
- ・ システムのセキュリティ対策
- ・ 無線通信の信頼性向上



図3：Traioのロゴマーク

特に無線通信においてはその電波の性質上、確実に情報を伝送することは難しいためLoRa方式に改良を加えることで信頼性の向上を図ることとしました。しかし伝送遅延については、無線部分の信頼性向上のための再送要求処理やIP技術の一部を利用しているため、秒単位ではあるが一定時間の遅延を許容せざるを得ませんでした。

そのような条件下ではあるものの、設備状態データを確実に入手することができるようになることで、当初の課題である検査業務のセンサ測定への置き換えだけでなく、他の用途にも活用できる可能性が出てくることとなりました。

例えば、セキュリティ対策としてネットワークユニットとカメラを有線接続することで、通信費用不要の監視カメラ（防犯カメラ）としての活用、設備の検査業務だけではなく鉄道沿線の状態監視としての活用、そしてお客様サービスとしての様々な潜在需要などに対応していくことが可能となります（図4）。

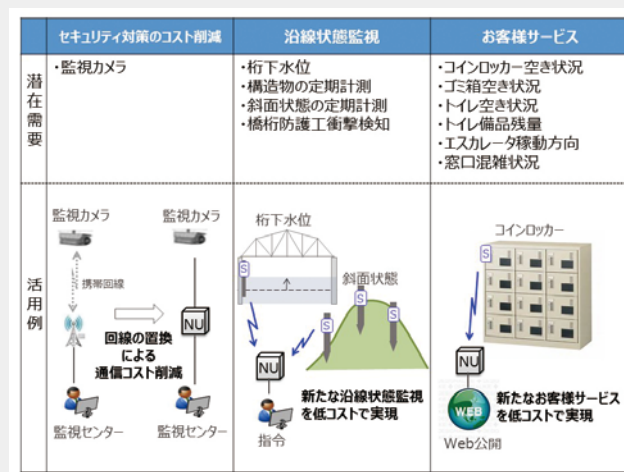


図4：更なる活用用途

05 おわりに

鉄道沿線の遠隔監視システムの開発により、現在は人が現地で実施している検査業務を、共通基盤となるネットワークインフラを構築し、かつセンサ機器を開発設置することで、各種計測値を自動で測定・収集し検査業務を代替させることが可能となりました。

今後は、これまでのTBM (Time Based Maintenance) と呼ばれる周期的なメンテナンス手法から、AIなどの活用で故障の予兆把握を行うことによる機器の状態に応じたメンテナンス手法であるCBM (Condition Based Maintenance) への転換にも活用できるよう、継続的に検討を進めていきます。

ご相談・問い合わせは下記リンク先からお願いします。

【<https://www.westjr.co.jp/company/action/technology/vision/techweb/company01.html>】

視線解析技術を活用した技術継承の支援

キーワード 技術継承、視線解析

01 はじめに

当社は、2017年12月11日に台車亀裂に伴う重大インシデントを発生させました。事象を受け、仕業検査等で兆候を事前に発見できるよう、車両検修の現場では目視検査のさらなるレベルアップに取り組む必要がありました。

新幹線の検査のうち、仕業検査は2日を超えない期間内に、在姿状態での機能確認や外観確認を中心とした検査を実施しています。ただし仕業検査の主体は目視検査であり、

作業者の主観によるところが大きい傾向にあります。このため、熟練者の検査の技術の抽出やマニュアル化が困難という課題がありました。

そこで、作業者の視線を可視化することができる「視線解析技術」を活用し、「熟練者の技術の抽出と共有」、「検査技術の向上と平準化」を具体的な取り組みとし、目標である目視検査のレベルアップを目指すこととしました。

02 視線解析技術の概要

(1) 視線解析技術に活用したツール

本研究で活用したツールは、眼鏡型の視線解析デバイス(図1)を使用しました。このデバイスは前方映像を捉えるカメラと瞳の動きを捉えるトラッキングセンサを有しており、作業者の見ている視界(動画)に瞳の動き(=視線)を重ね合わせ表示・記録します(図2)。また、この視線データを解析することで、視線が対象物に向けられている時間や回数、順序等のデータとして、見える化も可能な技術となっています。



図1：眼鏡型デバイス

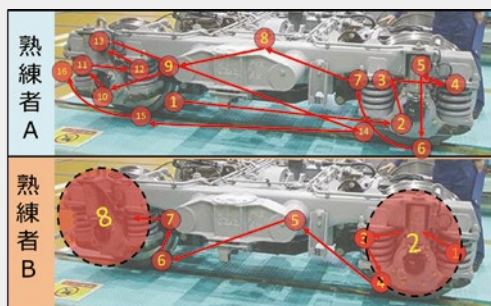


図2：各熟練者の見ている順番

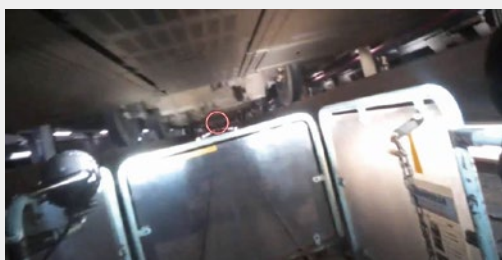


写真1：取得動画イメージ

(2) 具体的な取り組み

下記に示すSTEP1~4を設定し、取り組みを行いました。

① STEP1：熟練者の技能分析

視線データ取得対象は、仕業班より選出した熟練者2名としました(熟練者A、Bとする)。

分析結果として、熟練者2人には部品を点検する順序に違いがあることが分かりました。

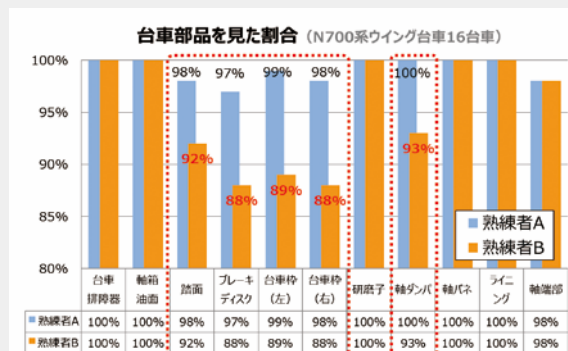


図3：台車上の部品を見た割合

(図3)にその分析結果を示しており、各台車上に記載してある番号が、「各熟練者の視線を移した順序」を示しています。熟練者Aは毎回同じ順序で点検を行っていますが、(一定パターン)、一方で、熟練者Bは②⑧の大きな範囲内で、決まったパターンがなく、毎回異なる順序で点検を行っています(不定パターン)。

さらに視線データの詳細を分析したところ、台車の各部品を見る順序だけでなく、「見た割合」にも差があることも分かりました。



図4：教育前後の視線変化例(ライニング)



(図4)は、各台車上の部品を“見た”(部品に視線が重なった)割合を表しています(例えば1編成でブレーキライニングの総数が100個あるとし、それをすべて”見た”場合、100%となる)。

(図4)から、オレンジで示す熟練者B(不定パターン)の方が、熟練者Aと比較し”見た”割合が一部の部品で低いことがわかります。

特に赤い点線で囲っている、「見る順序が定まっていない箇所」(図3 熟練者Bの②⑧)においては、その結果が顕著に現れていました。一方で100%の箇所において、熟練者Bが複数回重複して点検したデータも確認できました。

以上の結果から、「見る順序を固定すること」は見落とす可能性を減らす効果があるとともに、重複して確認することも少なく、効率的な検査が可能あるといえます。

これを元に、一定の点検順序にて模範となる『標準検査モデル』の作成に取り組みました。

この際、点検順序だけでなく、動画にて、視線を移した箇所1つ1つに対しインタビュー形式で質疑を行い、熟練者がどのような経験・考え方に基づき、どのような見方をしているのかといった技術やノウハウの抽出を行い、合わせて教育資料としてまとめました。

②STEP 2:他の作業者の現状把握

STEP1で取得した熟練者以外の作業者全員の視線動画を取得し、現状分析を行うとともに、他の作業者とその動画を視聴し、ディスカッションを行いました。そこで抽出した過去の経験・ノウハウおよび良い点・悪い点を記載した個人毎の『コメントシート』の作成を行いました。

また全員のデータを取得すると、標準検査時間よりも短く検査を終えていることがわかりました。床下検査の標準時間10分に対し8分30秒と、1分30秒ほどの余裕があり、この部分に検査レベルの伸び代があるといえます。

③STEP 3:教育の実施

全作業者に対し、STEP1で作成した「技能分析表」、STEP2で作成した「コメントシート」をそれぞれ活用し、抽出した検査ノウハウの共有や検査水準の均一化、検査時間を有効に活用するための教育を行いました。

④STEP 4:教育後のトレース

視線解析技術の大きなポイントとして、習熟度がトレース出来ることにあり、教育後に再度視線動画の取得を行い、教育前後の変化を分析しました。

熟練者以外の作業者において、床下機器毎の平均検査時間の教育前後の結果を比較したところ、ほぼ全ての作業者において検査している時間が増大し(従前の余裕時間を活用)、ポイントを押さえた検査実施につながっていました。この効果を示す例として、(図5)に作業者が対象の機器を“見ている”時間をヒートマップで表したものを示します。(緑色が“見ている”時間が短く、赤色になるにつれて長くなることを表しています。)

この例はライニング部の検査における視線状況を表したもので、教育前後で視線の集中するポイントが変化したこと、および平均検査時間が教育前後で0.6秒から1.3秒と増加したという結果を示しています。

これは、STEP3の教育にて「異種ライニングの誤取付という過去事象を受け、ライニングの残量だけでなくライニング全体像を確認するようになった」という他者のノウハウを、自身の作業へ反映していることが表れています。

(3)取り組みの効果

取り組みの一定の効果が見られたことから同様に仕業検査を行う広島・岡山両支所へも取り組みを展開しました。仕業検査での月毎の不具合申告件数を確認したところ、(表1)のような結果となり、全箇所も取り組み後の目視による不具合発見件数の増加傾向が認められました。本取り組みが、目視検査のレベルアップに有効であったといえます。

表1:仕業検査での目視による不具合申告数(月平均)

	博多本所	岡山支所	広島支所
2018年度 (取組前)	3.1件	2.25件	2.17件
2019年度 (取組後)	3.6件 (16%↑)	2.6件 (15%↑)	2.6件 (19%↑)

03 おわりに

本取り組みは、目視を主体とすることから、検査レベルの維持管理が困難であった仕業検査に対し、視線解析技術を活用することにより、目視検査のレベルアップに繋がった事例です。

具体的なステップとして、①熟練者の技能の分析、②全作業者の現状把握、③教育の実施、④教育後のトレースの4ステップにより、技術の定着を図りました。

ご相談・問い合わせは下記リンク先からお願いします。

[【https://www.westjr.co.jp/company/action/technology/vision/techweb/company01.html】](https://www.westjr.co.jp/company/action/technology/vision/techweb/company01.html)

結果として、仕業検査にて、目視で発見される不具合件数は増加し、点検レベルの向上に一定の効果が認められたと考えています。

その他の取り組みとして、他系統(乗務員)への点検技術展開への活用や、新人教育や作業の見極めへの活用を行い、その有効性についても確認しています。

本技術を活用し、技術断層の課題を解決し、更なる検査品質の向上に努めていきます。

コンクリート構造物の維持管理における 新技術活用に向けた取り組み

キーワード ドローン、画像解析、効率化

01 はじめに

2018年3月に制定された「技術ビジョン」に基づき、構造技術室では「土木構造物ビジョン」を制定し、めざす姿を持続可能な土木構造物の実現とし、これを達成するための4つの施策を掲げています。本稿

では、このうち「土木構造物管理の最適化－維持管理における新技術・コストダウン」に位置づけられる、コンクリート構造物の維持管理における新技術活用に向けた取り組みについて紹介します。

02 ラーメン高架橋の点検に適したドローンの活用

目視による現場調査に置き換わる技術として、ドローンの活用を検討しています。土木構造物へのドローンの活用は近年様々な機関で検討がすすめられており、JR西日本においても既に災害時の現場撮影等に導入しています。しかし、今回対象としている山陽新幹線のRCラーメン高架橋（写真1）の場合、高架下は非GNSS（Global Navigation Satellite System/全球測位衛星システム）環境であり、かつ柱・梁等が各種センサの障害となり、ドローンの位置制御が困難になります。また、高圧電流やWi-Fi通信が、機体と操縦装置間の通信に影響する可能性もあります。

このような課題に対して、山陽新幹線の高架下において実証実験を行い、飛行安定性を確認するとともに、撮影した画像等の精度を検証しました。ドローン飛行実証実験結果を（表1）に示します。GNSS制御の機体は、高架下環境下では地上からの高さが所定の高さを超えるとGNSS制御から赤外線や気圧センサによる制御に切り替わり、制御が不安定となりました。

さらに、一部の機体では新幹線通過時に機体の高度が変化することがありました。また、高架下からスラブ下面を調査する場合には上向きに撮影する必要がありますが、一般的な汎用機のカメラは下向きであり、別途

の改造等が必要となります。また、別途カメラを搭載した（表1）以外の産業機（中型、大型）の場合は、機体周囲の衝突防止センサが柱や梁等の障害物に反応するため、飛行時には約2～3mの離隔を設ける必要があります。一般的なラーメン高架橋の線路直角方向の柱間隔は5m未満であるため、柱と柱の間を線路方向に飛行させることは難しいことがわかりました。一方、VIO^{*1}とVisual SLAM^{*2}によって制御される機体（表1のC機）は、柱・梁等を自動回避しつつ飛行することが可能であり、新幹線通過時における高架下での飛行安定性にも問題は見られませんでした。

撮影により得られた画像から作成した3Dモデルを（図1）に示します。本モデルは、連続的に撮影した写真を3次元化する方法（フォトグラメトリ）により作成したものです。なお、今回の飛行区間は、安全管理上高架下の柱間（内側）のみとしたため、1眼レフカメラにより外面撮影を合わせて実施しました。実際の運用場面でも、全区間のドローン飛行は困難であるため、カメラ撮影画像と併用する必要があります。作成した3Dモデルにより、ひび割れや鉄筋露出箇所、排水樋等の付帯設備の劣化状況等、外観変状の状態を実用的なレベルで十分確認できることがわかりました。

表1：実証実験結果




	A機 (1,380g)	B機 (907g)	C機 (775g)
機体写真			
高架下飛行時の機体制御	地上からの高さ1～2m：GNSS 2m以上：気圧・ビジョンセンサ	地上からの高さ3～4m：GNSS 4m以上：気圧・ビジョンセンサ	VIO+Visual SLAM
耐震補強用鋼板等の影響	鋼板周囲でコンパスエラー	鋼板周囲でコンパスエラー	なし
飛行安定性	新幹線通過時に高度変化有 高度な操縦技術が必要	高度な操縦技術が必要	特に安定性に影響なし



写真1：山陽新幹線RCラーメン高架橋



次に、3Dモデル撮影と同様、高架下の柱間（内側）からドローンに360°カメラを搭載し動画を撮影したものを（図2）に示します。3Dモデル作成と比べて撮影時間、データ処理時間が短いものの、画像に歪みが生じる点が課題です。



図1：高架橋3Dモデルの作成例

3Dモデルおよび360°動画はともにこれまでの目視検査に代わる方法として適用可能性を見出しました。実用化に向けて、ドローン機体のバッテリー容量やドローン飛行に関する法的整備、ドローン飛行と列車の安全に関わる社内規程の整備も今後の課題となります。



図2：360°動画（一部加工）の一例

03 AIによる画像解析の活用

コンクリート構造物の検査における目視調査、変状展開図の作成等の効率化技術として、AIを活用した画像解析が挙げられます。既に様々な機関において開発が進められており、例えば0.1mm程度のひび割れを検出しながら、型枠目地等は検出しない等、高い技術が開発されています。しかしながら、山陽新幹線構造物は、一般的なコンクリート構造物と比較して表面被覆工法や断面修復工法等による補修箇所が多くあります。このような表面状態のデータは、教師データとして十分に取込まれていないことから、精度の高いAI画像解析を行うためには、継続的に改良を進める必要があります。

ラーメン高架橋を対象とした富士フィルム（株）製¹⁾のAI画像解析結果の一例を（図3）に示します。部位は

中間スラブ下面で断面修復工法を施工している箇所です。部分断面修復の施工範囲内における微細なひび割れを検知する一方で、断面修復箇所の境界部は検知しない等、高い精度で検出していると思われませんが、実用化に向けては更なる精度向上が必要と考えています。

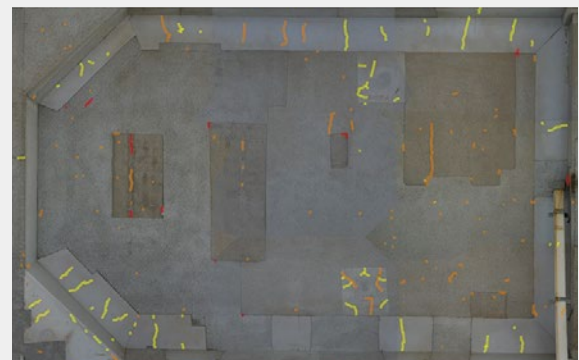


図3：中間スラブのひび割れ解析結果

04 おわりに

今回紹介した取組みは現在の維持管理業務にすぐに導入できる段階ではなく、将来的な適用可能性を検討しているもので、維持管理における法体系を遵守しつつ、新技術を活用して従来よりも生産性の高い維持管理を行うことが不可欠です。引き続き、取組みを深度化させるとともに、日々進歩している様々な新技術を土木分野に限らず情報収集しつつ取組みを進めていきたいと考えています。

ご相談・問い合わせは下記リンク先からお願いします。

【<https://www.westjr.co.jp/company/action/technology/vision/techweb/company01.html>】

- ※1：「Visual Inertial Odometry」カメラ画像とIMU（Inertial Measurement Unit：3軸のジャイロと3方向の加速度を計測する装置）により自己位置推定する技術
- ※2：「Simultaneous Localization and Mapping」カメラで撮影された映像から環境の3次元情報と自己位置を同時に推定する技術

○参考文献等

- 1) 富士フィルム（株）製の画像解析技術：
<https://fujifilm.com/jp/ja/business/inspection/infraservice/hibimikke>（閲覧日：2021年12月17日）

電気式内燃動車（DEC700）の開発

キーワード 電気式気動車、次世代車両安全性・安定性・快適性の向上・メンテナンス技術の向上・効率化

01 はじめに

現在、当社は約400両の一般形気動車を所有しており、そのうち国鉄時代に投入したキハ40、47形気動車（以下、キハ40、47）が約250両と、一般形気動車の約6割を占めています。このキハ40、47の車両経年は約40年を迎えており、修繕費の増加、サービスレベルの維持等、品質を維持するためのコスト増加が課題となっています。

このため、これら車両の取替を検討するにあたり、品質向上と将来の生産性向上を念頭に電車と共通のシステムを採用することによるメリットを期待した、電気式駆動システムを採用することとし、量産先行車として電気式内燃動車DEC700（以下、DEC700）を開発しました。



写真1：外観

02 開発コンセプト及び主要諸元

これまでのJR以降の新車設計時の共通コンセプトである「明るく、広く、静か、快適でコストパフォーマンスに優れた車両」をDEC700においても継承し、気動車としてはキハ122、127形気動車以降取り組んできた電車との部品の共通化や運転取り扱い等の共通化を更に深度化させ、以下の3項目について新たに取り組んでいます。

(1) 安全対策

部品落失リスクの低減

推進軸を廃止できる電気式駆動システムを採用しました。

(2) システムに関する電車との更なる共通化

① 駆動システム

最新の電車採用している0.5Mシステムをベースに主回路駆動用の電圧及び主電動機の制御単位を見直しました。

② 制御システム

最新の電車採用している伝送技術と従来の気動車で採

用されてきた制御システムを融合し、より汎用技術を活用した伝送技術による省配線化を目指した「E-CMS (Ethernet Based Control and Monitoring System)」を開発し、搭載しました。

(3) 将来へ向けた技術開発の検証への対応

電気式気動車方式のエンジン始動用バッテリーを大容量のものに置き換えることで、ハイブリッド車両としての検証ができるシステムとし、屋根上に大容量化した時の艀装スペースを確保しました。DEC700の主要諸元を(表1)に示します。

表1：主要諸元

項目	内容	付記
空車重量	46.2t	
定員	90人(25人)	()は座席定員
最高速度	100km/h	
加速性能	2.1km/h/s	性能切替有
減速性能	3.9km/h/s	非常、常用最大
車体長	19500mm	
床面高さ	1155mm	ステップあり
車体構体	SUS	
ドア枚数	片側2枚	片開き
主回路方式	個別制御方式(1C1M×2)	
MT比	0.5M0.5T	
ブレーキ方式	電気指令式空気ブレーキ(各軸制御)	
車両制御システム	デジタル伝送制御方式(E-CMS) (先行車はメタル指令併用)	
保安設備	ATS-SW3	



写真2：室内



鉄道本部
車両部
車両設計室



宮部 実

03 主回路システム

主回路システムは、エンジンと永久磁石同期発電機を組み合わせたエンジン発電機により発電した交流電力をPWMコンバータにより直流電力に変換します。この直流リンク電圧はDC640Vとなっており、この直流リンク部にはVVVFインバータにより三相誘導電動機を駆動する駆動回路、補機負荷にSIVを介して電源を供給する補機回路、チョップ装置を介して主蓄電装置が接続される主蓄

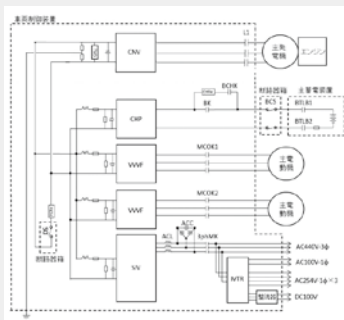


図1：主回路システムブロック図

電装置回路が接続されています。このシステムブロック図を(図1)に示します。



写真3：主蓄電池装置（屋根上）

04 車両制御システム（E-CMS）

近年の新製車両には運転台に情報表示装置の搭載が標準的であり、イーサネットを標準としたデジタル伝送装置の開発を行ってきました。DEC700では、このデジタル伝送技術をベースとし、更に省配線化及び小型化を図ったE-CMSを開発しました。概要は以下の通りであり、システム構成を(図2)に示します。

- ①運転台入出力装置の小型化、運転台背面及び助手背面上出力装置（以下RIO装置）の分散配置により、更なる省配線化を実現しました。
- ②E-CMSは中央装置、運転台入出力装置、RIO装置、表示設定器で構成し、幹線伝送やこれらの機器間伝送には100Mbpsイーサネットを採用しました。
- ③車両情報をE-CMSに集約後、モニタ状態監視システムを介して検査担当箇所へデータを配信することにより、将来のCBM（Condition Based Maintenance）の実現を目指しました。

- ④E-CMSと主回路やブレーキ等の各機器の機器間伝送はRS485を採用し、電車との共通化を実施しました。
- ⑤ワンマン装置のIC車載機への対応などのお客様へのサービスの提供も実現しました。

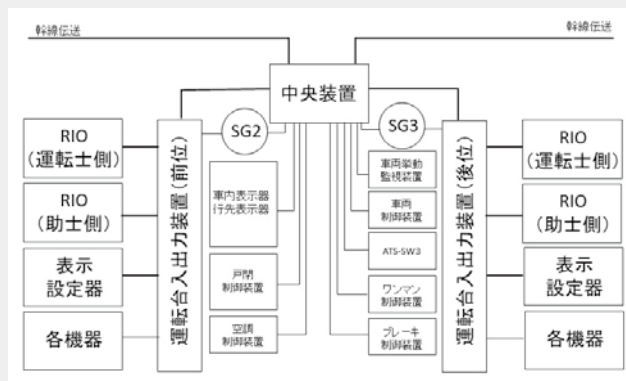


図2：E-CMSのシステム構成図

05 おわりに

キハ40、47等の一般形気動車の老朽取替に資するシステムとして開発したDEC700では、電気式駆動方式を初採用しました。車両制御システムはデジタル伝送装置をベースにしたE-CMSを開発して搭載しました。左記以外にも、室内艙装の効率化として、運転室、天井、便所等をアウトワーク化し、それぞれをユニット化して車体へ艙装する手法を試行しています。今後、主回路システムは、基本性能を確認後、

ハイブリッド化した状態でも性能確認を行うことを計画しています。

このように、DEC700の開発を通して、電車と共通のシステムを採用することによるメリットを最大限に活かしつつ、ハイブリッドといった環境性能も評価した上で量産車へと繋げていきたいと考えています。

ご相談・問い合わせは下記リンク先からお願いします。

【<https://www.westjr.co.jp/company/action/technology/vision/techweb/company01.html>】

自動運転・隊列走行BRTによる 次世代モビリティサービスの実現を目指して

鉄道本部
イノベーション本部

近藤 創



キーワード BRT、自動運転、隊列走行、地域交通

01 はじめに

「まちづくりと連携した持続可能な地域交通としての次世代モビリティサービスを実現する」という決意のもと、私たちは自動運転・隊列走行BRT (Bus Rapid Transit: バス高速輸送システム)の開発プロジェクトをスタートしました。

このプロジェクトでは、日本初となる「連節バス」の自動運転や、自動運転バス車両の「隊列走行」(図1)といった、当社にはノウハウの蓄積が無い技術を開発することになるため、ソフトバンクを共同開発パートナーとし、様々な会社と連携しながらオープンイノベーションを進めています。

今回は、自動運転・隊列走行BRTが目指す姿、専用テストコースでの実証実験の内容についてご紹介します。



図1：隊列走行の実現イメージ

02 自動運転・隊列走行BRTが目指す姿

BRTは、文字通り「速達性」をもったモビリティです。それを安全に、そして定時性を確保して実現するために、「専用道」を走行することになります。

一方で近年自動車の自動運転技術の開発が盛んにおこなわれています。ただし、一般車両や歩行者等との混在空間での自動運転実現にはまだ技術的ハードルがあるのが現状です。その点で「専用道」は、自動運転・隊列走行という新しい技術の社会実装を早期に実現するために有用なツールであると考えています。

この「自動運転・隊列走行×道路インフラ」という組み合わせによって、需要に応じた柔軟な輸送力の確保、他の交通手段と連携した一体的でフラットな交通網の実現、運転手の担い手不足の解消、シンプルな設備によるローコストなモビリティサービスの実現など、利用者、地域そして事業者にとってもメリットのあるモビリティを目指していきます。

03 専用テストコースでの実証実験の内容

この隊列走行という技術について、トラックでは実証実験が行われていますが、バス車両を用いて行うことは国内でも初の試みとなります。地上インフラも含めた最適なモビリティシステムのあり方の検討や、実証をより行いやすい環境の構築のために、今回滋賀県野洲市にある当社車両基地内に専用テストコース(図2)を用意し、実証実験を行うことにしました。



写真1：野洲テストコース施工状況

実証実験の項目としては、自動運転・隊列走行に関する車両の技術検証のみではなく、自動運転・隊列走行に適した走行環境・地上設備の検討や、乗降場への正着制御や車両の遠隔コントロールなどの運用面の検討も行います。そして、それらについて、様々な環境下における比較検証を行い、事業性の検討も進めていきます。

04 おわりに

本実証実験を通じて、2023年の技術確立を目指すとともに、まちづくりと連携しながら持続可能なモビリティを検討している皆様との対話を進め、早期の社会実装を目指します。



ご相談・問い合わせは下記リンク先からお願いします。
【<https://www.westjr.co.jp/company/action/technology/vision/techweb/company01.html>】

2020年度 特許等登録状況

種別	登録日	発明等の名称	出願日	(上段)共有会社
	登録番号		出願番号	(下段)当社発明者
概要				
特許	2020.6.22	垂設部材用金具及び当該金具を用いた天井落下防止構造	2018.2.28	日栄インテック(株)
	6720469		2018-034837	(施)橋場 諭 (京建建築区)松本 修平
この発明は垂設部材用金具及び当該金具を用いた天井落下防止構造に関するものである。 従来の天井構造では、地震動が建築物に加わった場合、垂設部材に水平方向の力が掛かり、垂設部材が垂設箇所から離脱又は破断してしまうという問題があった。 そこで、垂設部材に取り付ける垂設部材用金具及び当該垂設部材用金具を用いて天井構造の落下を防止する天井落下防止構造を発明したものである。				
特許	2020.7.10	車体姿勢制御装置	2016.4.28	(公財)鉄道総合技術研究所 日立オートモティブ(株)
	6732519		2016-090215	(車)福井 広道 土屋 良雄 若山 一樹
この発明は鉄道車両の車体と台車との間に設けられる空気ばねに給排気して車体姿勢を制御する車体姿勢制御装置を簡単な構成によって自動車高調整機能と車体姿勢制御機能とを両立させたものである。 従来技術では、自動高さ調整弁の給排気弁をスライド支持部によって保持する構成とした場合、各部品の構造や形状が複雑となって製造や組立が煩雑となる。また、自動高さ調整弁内部の摺動箇所やシーリングを要する箇所が増加し、部品の摩耗やシール性の確保、メンテナンス性の悪化が問題となっていた。 この発明、空気ばね、高さ調整弁部、バイパス空気回路部は、台車の左右にそれぞれ独立して設けられ、パイロット圧発生手段は、曲線走行時に曲線外側の高さ調整弁部及びバイパス空気回路部に対してパイロット圧を発生させる構成とすることで、高さ調整弁部の構造を複雑化することなく、空気ばねを用いた車体傾斜制御を実現したものである。				
特許	2020.8.6	打継目移動制限装置及び橋脚	2016.8.29	当社単独
	6745679		2016-166842	(構技)荒巻 智 坂岡 和寛 土井 達也
従来工法では、帯状部材や連結鋼によって橋脚が太くなり、河川阻害率(橋軸方向の橋脚の総幅/河川幅)が増えるので、河川管理者の許可を得るための協議が難航することがある。そのため、打継目を有するコンクリート製の橋脚に、河川阻害率を増やさずに地震対策を行うことが困難になる問題があった。 そこで、基端側は打継目より一方側の凹部内に固定され、先端側は打継目より他方側の凹部内にあり、その凹部の内壁面から離間している棒状部材を設置することで、地震時に橋脚の打継目より一方側の他方側に対する過大な移動を防ぎ、ある程度のロッキングや水平ずれを許容するが移動を一定範囲内に制限できるほか、棒状部材は凹部内に収容されるので河川阻害率を増やさない特徴を有する打継目移動制限装置を発明した。				
特許	2020.9.17	既設柱の補強方法及び補強構造	2016.10.7	俵熊谷組
	6765275		2016-198695	(構技)松田 好史 坂岡 和寛 宮島 英樹
従来工法の鋼板巻き立て工法や断面コの字状の鋼板を既設柱に取付ける補強工法では、補強対象の既設柱において支障物が存在する面と当該面と隣り合う面との境界部分である角部の外側を鋼板で覆うことができないため、既設柱を当該角部側から拘束できず、既設柱内の主筋で囲まれたコアコンクリートを拘束する効果が小さくなってしまい、既設柱の変形性能が低下する問題があった。 そこで、補強対象の既設柱において支障物が存在する面と当該面と隣り合う面との境界部分である角部側から当該既設柱のコアコンクリートを拘束して、変形性能を向上させることが可能な既設柱の補強方法及び補強構造を発明したものである。				
特許	2020.9.29	橋台背面盛土の沈下抑制工法	2016.10.26	前田建設工業(株) 大鉄工業(株)
	6770398		2016-209141	(構技)松田 好史 近藤 政弘 藤原 雅仁 (大工所)山田 孝弘
セメントミルク等による薬液注入による対策では、列車軌道への影響を考慮し、通常の圧力より低い圧力で薬液注入を実施する必要があるが、地盤中の緩み領域に対して効果的な薬液注入が難しく品質の信頼性が確保できない場合もあった。また、薬液注入工法により高圧噴射攪拌を水平施工した場合、一般的な施工方法であると地盤の変位を引き起こす可能性が高い。さらに、施工後の一時的な改良体内部の緩みにより、時間の経過とともに地盤の変位を促す可能性も高く、施工時および施工直後に地盤の変位を防止した施工を行う必要があった。 そこで、水平方向に一定間隔を隔てて先行地盤改良体を形成する工程と、同一高さで薬液注入ロッドの挿入位置及び挿入深さをずらして、先行地盤改良体とは異なる位置に後行地盤改良体を形成する工程とを繰り返して実施することにより略水平方向に一連となる地盤改良体群を形成し、一単位の地盤改良体の形成工程が千鳥状に分割することで、改良対象地盤を全長にわたって一気に乱すことがなくなる効果が得られることによって、改良対象となる橋台背面盛土の変位を抑制することが可能な橋台背面盛土の沈下抑制工法を発明したものである。				
特許	2020.10.7	引戸開閉装置	2015.11.4	(株)JR西日本テクシア ナプテスコ(株)
	6774754		2015-217091	(施)平野 雅紀 (大阪機械区)内田 秀明
本発明は、防音壁などの設備点検作業を動画像を用いて防音壁の支柱とパネルの隙間を計測する技術によって点検作業を支援する装置である。 従来は複数人による徒歩巡回でパネル落下の恐れのある箇所の目視点検を行っており、点検作業に人手と時間がかかっており、また目視による点検のため、検査結果も定量的なものではなかった。 本発明では、上下線の設備を同時撮影した動画像により、支柱を抽出し、支柱とパネルの隙間を計測することを可能にした。また、撮影した動画像にキログラム情報を紐づけることができるため、不具合が発見された場合はその線路内位置を容易に特定することができ、防音壁の点検作業を効率よく行うことが可能となった。				
特許	2020.10.28	電鉄用き電回路故障点検システムおよび電鉄用き電回路故障点検定方法	2016.6.2	津田電気計器(株)
	6785069		2016-110941	(電)川原 敬治 伊東 和彦 (近統電)明石 太輔 (近統 天王寺電)坂本 健児
本発明は、き電区間の長さや条件に因ることなく、精度よく短絡故障の発生地点を特定することを可能にする方法及びシステムである。 電鉄用直流変電所では、き電回路で発生した短絡故障の発生地点を特定するために、き電回路用故障点検定機能を用いているが、単線と比較的変電所間隔の長い区間においてその機能を発揮するもので、複線で変電所間隔の比較的に短い区間においては精度が低下する傾向がある。さらに変電所間にき電タイポスト等が設置されている区間ではさらに精度が大きく低下する傾向がある。 本発明では、複線区間やき電タイポストが設置されている区間において、回路の一部を簡素化するために等価回路へ変換し、単線区間と類似したき電回路に置換する。この等価回路上で従来の標定演算を行う場合、変電所から故障点までの線路抵抗および線路インダクタンスを1/2倍とすることで、各変電所の電流値の比から故障点を算出することを可能にし、き電区間の長さや条件に因ることなく、高精度な故障点の標定を可能とした。				
特許	2020.11.5	落下防止装置	2016.12.23	(株)JR西日本テクノス
	6789098		2016-250204	(近統 網干)柚木 庄司
本発明は、鉄道車両の検修を行う際に、車両の屋根と屋根上点検足場との隙間から人や物の落下を防止する落下防止装置である。 屋根上点検足場は車両との接触を避けるために建築限界の外に設けられるため、足場と車両の屋根の間に隙間が生じ、作業員や工具などが落下する恐れがある。 従来より、この隙間をふさぐための可動式の足場板があるが、足場板の収納を失念し、車両が動いたときに足場板が車両の屋根や屋根上機器に接触し損傷する恐れがあった。 本発明では、ナイロン素材のエアチューブを圧縮空気で膨張させることで隙間を埋め、人および物の落下を防止することができる。使用後は排気装置によりエアチューブを収縮させることができる。また、エアチューブは空気で膨張しているため、万が一車両と接触している状態で車両が動いたとしても、車両を損傷しないという特徴を有する落下防止装置が実現した。				
特許	2020.11.6	軌きょう座屈防止装置およびその設置方法	2016.6.15	林総事(株)
	6789534		2016-118921	(施)高尾 賢一 山根 寛史 有本 仁史 (近統 施)板橋 徹
本発明は、まくらぎの周囲の碎石を掘り起こさずに設置可能な軌きょうの座屈防止装置である。 鉄道のレールは、夏期などの高温時にレール温度の上昇にもない急激な横変形(軌道の座屈)が発生することがある。これに対して、まくらぎの周囲を碎石で締め固めることで、道床に対しての抵抗力を発生させている。しかし、曲率半径の小さい急曲線区間に長いレールを用いる場合は、抵抗力が不足し、座屈が生じる恐れがある。その対策として、まくらぎの端部に座屈防止板を設置している。 従来技術では、設置の際にまくらぎの周囲の碎石を掘り起こす必要があり、連続して設置するためには、重機の使用や多数の作業員が必要となり、多大な労力が必要であった。また、夏期のレール温度が上昇している際に碎石を掘り起こすことは一時的に抵抗力が小さくなるため、座屈を生じさせる可能性があり、工事ができない場合があった。 本発明では、鋼製の矢板と固定枠で構成される座屈防止装置で、まくらぎ端部に固定枠を固定し、固定枠を介して矢板を鉛直下向きに碎石中に打ち込むことで設置が可能である。まくらぎ周囲の碎石を掘り起こさずに設置ができるため、工事の省力化だけでなく、レール温度の高くなる夏期にも設置工事が可能となった。				

種別	登録日	発明等の名称	出願日	(上段)共有会社
	登録番号		出願番号	(下段)当社発明者
概要				
特許	2020.12.1	連結車両およびその走行方法	2017.1.24	(株)ユニロック (有)タケオカ自動車工業
	6802465		2017-010438	(技開)高山 宜久 御崎 哲一
<p>本発明は、鉄道トンネルの中央通路などの狭い通路に進入することが可能な連結車両である。上下線が通る鉄道トンネルの検査等の際に、検査車両を一方の軌道上を走行させると、検査車両と両側のそれぞれの壁との距離が大きく異なることになる。一方の壁が近くなりすぎ、または遠くなりすぎて正しく計測ができない場合がある。また、軌道上に検査車両を走行させるためには、軌道走行専用の車両が必要でコストもかかり、使用する際にも軌道に検査車両を載線するために時間を要することになる。そこで、トンネル内の上下線の間の中央通路を走行し、複数の検査車両を連結し、狭い通路でも通過できるように内輪差を抑制しスムーズな走行を可能とした連結車両を発明した。具体的には、先頭の牽引車が操舵すると、後輪も前輪と接続されており、連動して向きを変える4輪操舵となっている。さらに、牽引車と付随車の連結についてもヒッチボールおよびヒッチカプラーにより連結させることで、すべての車両を同一円弧状に走行させることができる。これによりトンネルのような狭い空間においても内輪差を抑制し、通路に進入および退避させることが可能な連結車両を検査業務に使用できるようになった。</p>				
特許	2021.1.20	無線式列車制御システムの無線システム	2016.9.28	当社単独
	6826854		2016-189038	(技開)森 崇
<p>本発明は、列車を制御するための制御情報を無線で通信する無線通信式列車制御システムの無線システムに関するものである。従来の無線式列車制御システムは、列車が無線基地局間を移動する際に、地上無線局と継続的に交信を行うために基地局を切り替えるハンドオーバーが行われる。ハンドオーバーの指定点1km程度手前から、無線リソースの割り当てのためにハンドオーバー(予約)を行うことで、列車が指定点を通過したときに即座にハンドオーバーが行われ、次の無線局との通信を円滑にしている。しかし、列車が長時間停車する輸送混雑時などでは無線リソースの割り当てのみが行われ、実際にはハンドオーバーされない状況が長く続き、リソースの割り当て効率が低下するという課題があった。本発明では、予約方式ではなく、次の基地局の通信可能エリアの列車が進入したときに即座にハンドオーバーすることで、ハンドオーバー前のリソース割り当てを無くし、無線リソースの利用効率を向上させることができた。これにより無線リソースの無駄が最低でも33%以上改善する。</p>				
特許	2021.1.27	既設スラブ軌道からまくらぎ直結軌道への変更方法	2017.7.3	(公財)鉄道総合技術研究所
	6830044		2017-130440	(施)黒田 昌生 柳谷 勝
<p>本発明は、既設スラブ軌道を構成する軌道スラブが損傷した場合において、損傷した軌道スラブの交換する代わりとして、既設スラブ軌道からまくらぎ直結軌道への変更が、容易かつ確実に行える変更方法に関するものである。既設スラブ軌道が損傷した場合には、損傷した軌道スラブを交換する必要があるが、この交換作業は、軌道スラブがてん充層を介して強力にコンクリート道床に付着しており困難であるため、容易かつ確実に損傷した軌道スラブを交換する方法が求められていた。本発明では、既設スラブ軌道における損傷した軌道スラブの交換の代わりとなる、既設スラブ軌道からまくらぎ直結軌道への変更が、容易かつ確実に行える施工方法を提案したものである。具体的には、既設スラブ軌道を1締結ごとにコンクリートカッターにより切断、撤去し、まくらぎ直結軌道を敷設することにより損傷した軌道スラブを交換することを可能としている。これにより、てん充層の付着が強く、作業間合いでの軌道スラブの交換が困難な場所であっても、損傷した軌道スラブの交換が可能となり、長期的な輸送安全性、安定性を確保することが可能となった。</p>				
特許	2021.1.27	軌間可変車両の排障装置	2017.7.14	川崎重工業(株)
	6830047		2017-137865	(車)木村 光男 山中 拓也 小島 拓巳
<p>本発明は、軌間可変車両の先頭車の車体台枠に取付けられる排障装置に関するものである。排障装置とは、多雪地帯における軌道上の積雪の排除や、レール上の小石等を排除することができる排障ゴムを備えたものである。従来の新幹線用の排障装置を軌間可変車両に適用すると、スノーブラウの車幅方向の端部が軌間交換装置に干渉してしまうが、それを避けるためにスノーブラウの車幅方向の寸法を短縮するとスノーブラウの除雪機能が低下する問題があった。また、建築限界の関係からも標準軌区間を基準に排障装置に排障ゴムを設けた場合、狭軌区間の建築限界を超える可能性があった。本発明では、スノーブラウレール上面に向けてスノーブラウを下方に突出する弾性排障体および駆動装置を備えたもので、さらにスノーブラウ本体の車幅方向外側に端ブラウを備えている。駆動装置は弾性排障体と端ブラウを互いに独立して昇降させることが可能となっている。これにより、軌間可変車両が狭軌区間から標準軌区間、またはその逆も同様に、軌間が変わる際に端ブラウと弾性排障体を上昇・下降させることが可能となり、軌間に合わせてスノーブラウの機能を維持しつつ建築限界内に納めることが可能となった。</p>				
特許	2021.2.5	ホームドア装置	2017.2.15	(株)J R西日本テクシア ナブテスコ(株)
	6833550		2017-026465	(施)平野 雅紀
<p>本発明は、新幹線ホーム用の大型ホームドアにおいて、支障物と開閉中の引戸の接触を抑制することのできるホームドア装置である。従来技術では、駆動部の電流値がしきい値を超えたことに基づいて、ホームドア装置の引戸が開閉動作中に支障物と衝突したと検知している。このため、支障物と開閉中の引戸との接触そのものを回避することはできなかった。新幹線用のホームドアは、開口幅が5.5mで引戸重量が550kgと大型で重く、万が一開閉中の引戸に接触した場合の衝撃力が大きくなるのが課題であった。本発明では、非接触式の超音波センサを引戸部に設置することで接触そのものを抑制できる。このセンサにより支障物が検知されたときに、引戸の動作を停止・減速させたり、閉じ動作中であれば開き動作に変わるなど制御している。これにより、引戸の閉じ動作中に、引戸の進行方向に支障物が存在している場合、支障物と接触する前に検知することが可能となった。</p>				
特許	2021.2.16	橋台の補強構造及び方法	2017.4.5	(公財)鉄道総合技術研究所
	6838808		2017-074940	(構技)藤原 雅仁 (大工所)山田 孝弘
<p>本発明は、簡素な構成でありながら十分な強度を付与するとともに、施工コストを削減できる橋台補強構造および施工方法に関するものである。背面部が盛土で形成されている道路用の橋台や鉄道用の橋台は、地震発生時に橋台の背面側に位置する盛土の土圧が増加し、躯体を損傷させたり、変位を生じさせたりして、盛土に沈下や崩壊を生じさせたり、桁の落橋を生じさせたりする恐れがある。このような被害を未然に防ぐために、従来よりいくつかの補強技術があった。例えば、橋台の側面の橋台背面盛土を掘削し補強ブロックを打設し、橋台と一体化させ、盛土の周囲を囲む擁壁に棒状補強材を打設した後に、擁壁の外側に補強壁を構築する工法などがある。しかし、これらの技術では橋台の側面の背面盛土を大きく掘削し補強ブロックを打設するため、コストも大きく、大規模工事が必要となるため、必ずしも全ての橋台に適用できないことが課題であった。本発明では、背面盛土の上部の法面に打設された複数の棒状補強体を橋桁の延在する方向と平行に列を形成するように並べ、橋台の側面から一部を突出させる。この突出した棒状補強体の基端を結ばれることで、簡素ながらも実用上十分な強度を付与することができるとともに、施工コストの低減を実現した。</p>				
特許	2021.3.15	パンタグラフの舟体及び舟体の揚力調整方法	2016.9.13	(株)進精工所
	6853002		2016-178175	(技開)八野 英美 土屋 良雄 井川 剛暢
<p>本発明は、鉄道車両のパンタグラフの舟体及びその舟体に発生する揚力を調整する方法に関するものである。電化区間を走行する鉄道車両には集電舟(舟体)を架線に接触して集電するパンタグラフが搭載されている。パンタグラフは、舟体で架線を押し上げて架線との接触を維持している。舟体の押上力が小さいとパンタグラフの離線が増え、舟体の押上力が大きすぎると架線を過大に押し上げて架線を損傷する恐れがある。これらを防ぐために舟体の押上力を適正にする必要がある。舟体の押上力は、静的押上力と走行中のパンタグラフに作用する空気力によって生じる揚力を合わせた力である。静的押上力はばね等によるもので、ほぼ一定の押上力であるが、揚力は舟体にあたる気流の向きや速度によって変動する。高速鉄道車両用のパンタグラフにおいて、舟体から発生する空気音はパンタグラフから発生する騒音の中で大きな割合を占めており、空気音の低減は大きな課題である。空気音を低減するには、舟体形状を流線形にすることが有効であるが、流線形とした場合、舟体に発生する揚力を適正にすることが困難である。そのため従来より空気音を犠牲にし、揚力特性を優先し、気流変化に鈍感な矩形舟体を使用する場面が多かった。本発明の舟体の特徴として、舟体長手方向に直する断面が滑らかな凸曲線の断面外形線を有しており、舟体底面から突出する突起部を備え、その突起部は舟体長手方向に長く形成され、車両の走行方向における前寄り、後寄りに設けられている。この舟体の揚力調整方法は、車両の走行方向における後寄りの突起部に対して、舟体長手方向の長さを設定することで容易に調整できる。</p>				
特許	2021.3.24	既設柱の補強構造	2016.10.7	(株)熊谷組
	6857480		2016-198694	(構技)松田 好史 坂岡 和寛 宮島 英樹
<p>本発明は、高架橋、橋脚、橋台の既設柱の補強構造に関するものであり、鋼板巻き立て工法の適用が困難である既設柱に対して、せん断補強効果と同時に変形性能を向上させることを実現した。従来からの既設柱の補強構造は、柱面の4面から補強する鋼板巻き立て工法があったが、既設柱の柱面のうち1面には壁や機器が設置されている等支障物が存在するために、鋼板巻き立て工法の適用が困難である場合は、既設柱の3面を覆うように鋼板を取付け、既設柱と鋼板の間にモルタル等の充填材を充填し、既設柱と鋼板を一体化することで補強していた。しかしこのような補強構造は、せん断補強効果は得られるが、変形性能が低いことが発明者の実験により判明した。本発明では、既設柱の外周4面のうち、支障物が存在する1面を除いた3面に帯状の補強材を取付けて既設柱の補強を行う。補強材は既設柱の3面を水平に囲むように取付、柱の高さ方向に沿って複数設置する。補強材の両端部を既設柱に固定するために、既設柱の外周面の互いに向する面に貫通材を突出させており、これにより既設柱のコアコンクリートを拘束できる構造となっている。本発明の効果として、既設柱を複数の補強材と貫通材で囲むことで、既設柱の曲げ変形に追従性が向上した。また、コアコンクリートを拘束する効果が向上し、せん断補強効果と同時に、既設柱の水平変位の最大耐力点以降の耐力低下が緩やかになり、変形性能がより向上した。</p>				