

軌道技術研究部



軌道技術研究部では社会実装を最終目標とした研究開発を進めています。ここではこれまでに社会実装を実現した技術，実用化の段階からさらに社会実装をめざしている技術，将来的な社会実装をめざして現在開発を進めている技術を紹介します。

軌道技術研究部長 桃谷尚嗣
ホームページ <https://www.rtri.or.jp/rd/division/rd45/>

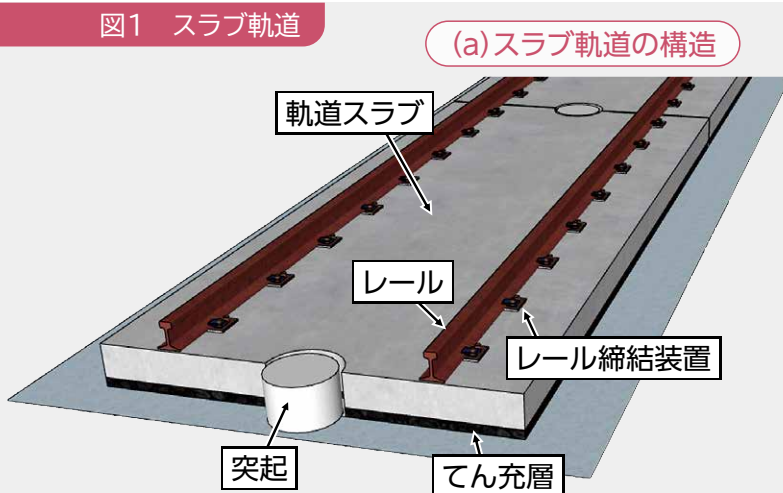
はじめに

最近，研究開発の分野において社会実装という言葉が広く用いられるようになってきました。社会実装とは新たに開発された技術が社会に広く普及し，定着することを指します。近年，社会実装された技術の例としては，ETC，スマートフォン，電子マネー，ウェブ会議などがあげられます。鉄道では，社会実装のこれまでの最大の成功例は新幹線の開発と普及であったといえるのではないのでしょうか。

軌道においても社会実装をめざした研究開発

が進められてきました。軌道に関する研究開発では研究所内での基礎的な研究からスタートし，次に実用化レベルまで技術を高めて一部の鉄道事業者で試験敷設を行い，最終的には多くの鉄道事業者で導入されるという，社会実装された状態をめざします。軌道に関する技術は一般の人々が直接利用するものではありませんが，鉄道事業者に活用していただくことで，間接的に多くの乗客の皆様にご利用していただくことになります。ここではこれまでに鉄道総研が開発に携わることで社会実装を実現した技術，実用化

図1 スラブ軌道



(a)スラブ軌道の構造



(b)スラブ軌道の敷設状況の例

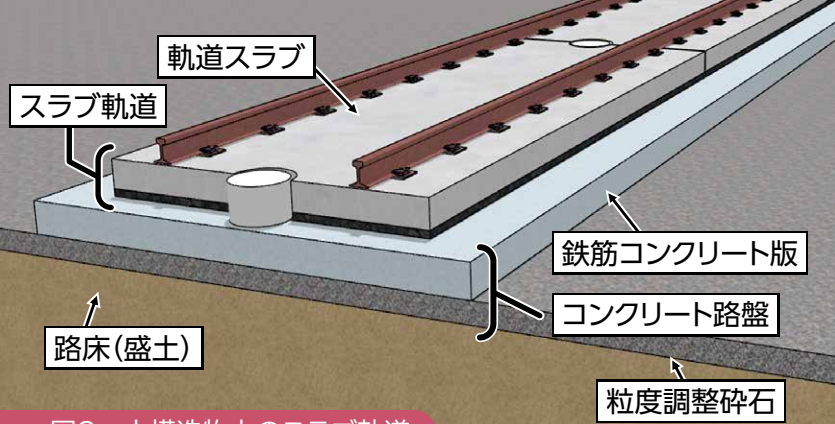


図2 土構造物上のスラブ軌道

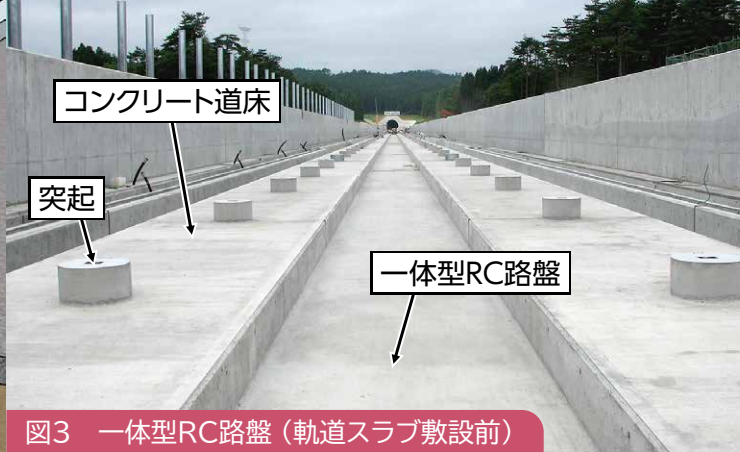


図3 一体型RC路盤（軌道スラブ敷設前）

の段階から社会実装の段階に移行しつつある技術，さらに将来的な社会実装をめざして現在開発を進めている技術を紹介します。

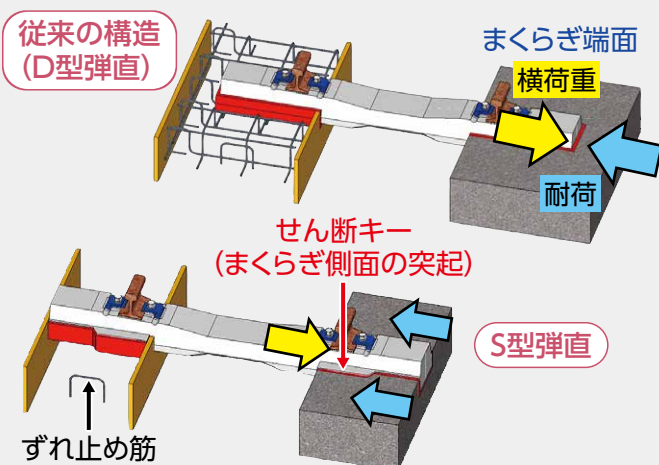
これまでに社会実装を実現した軌道技術

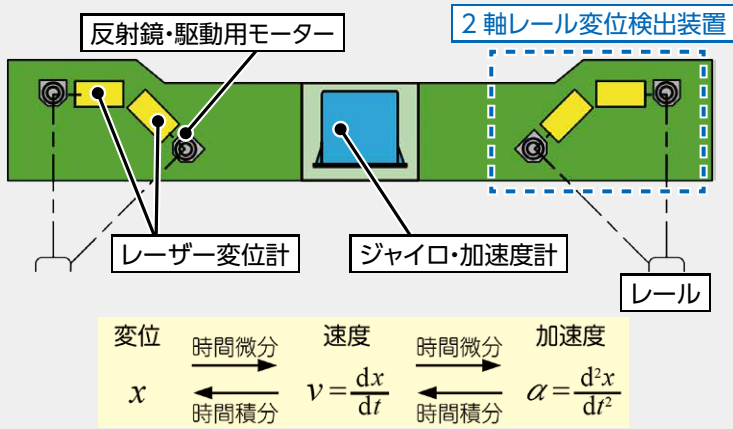
バラスト軌道は列車荷重により徐々に変形するため，定期的な補修作業が必要となります。そこで，鉄道総研の前身である旧国鉄の鉄道技術研究所において，列車荷重を受けてもほとんど変形の生じないスラブ軌道（図1）が開発されました。スラブ軌道は長さ約5mのコンクリート製の軌道スラブが直接レールを支える構造です。例えば東海道新幹線では基本的にバラスト軌道が用いられていますが，山陽新幹線以降に建設された新幹線ではスラブ軌道が広く導入されました。スラブ軌道は大きな沈下を許容できないため，1980年代までは沈下の小さい高架橋やトンネル区間のみを採用されていましたが，1990年代以降，高品質な路床およびコンクリート路盤と組み合わせることで，土構造物上にも敷設できるようになりました¹⁾（図2）。さらに

2000年代以降は複線の路盤を一体化させた一体型RC路盤が開発され，比較的軟弱な地盤上にもスラブ軌道が敷設できるようになりました²⁾（図3）。スラブ軌道の土構造物への適用は鉄道・運輸機構から委託を受ける形で鉄道総研が技術開発に携わり，社会実装に貢献しました。

スラブ軌道は1980年代には在来線にも広く敷設されましたが，都市部ではバラスト軌道と比較して列車走行時の騒音が大きいという課題がありました。そこで，旧国鉄の技術研究所において，まくらぎの下にゴム製の弾性材を貼り付け，コンクリート製の道床でまくらぎを支持する弾性まくらぎ直結軌道が開発されました。このうち，B型弾性まくらぎ直結軌道³⁾とよばれる構造は上野—大宮間における新幹線の軌道構造として敷設されています。その後，鉄道総研では1990年代にまくらぎ下の弾性材を交換することが可能なD型弾性まくらぎ直結軌道を開発し⁴⁾，国内外のさまざまな鉄道事業者に広く普及しました。さらに2010年代後半にはコンクリート道床をスリム化するなどして低コス

図4 S型弾性まくらぎ直結軌道





(a) 慣性正矢法の測定原理



(b) 慣性正矢軌道検測装置の設置例

図5 慣性正矢法による軌道検測装置

ト化を図ったS型弾性まくらぎ直結軌道(図4)を開発しました⁵⁾。S型弾性まくらぎ直結軌道は長崎駅付近や松山駅付近などの連続立体交差事業に採用されており、社会実装の段階に入ったといえます。

一方、軌道管理の分野ではLABOCS⁶⁾とよばれる波形処理ツールが旧国鉄の技術研究所で開発され、その後軌道変位の管理に特化した形で改良が進み、1990年代以降、多くの鉄道事業者を導入されています。最近では軌道検測車で測定されたデータの位置ずれを相互相関法により補正する方法や浮きまくらぎ量の推定機能を組み込むなど、新たな技術を導入したバージョンアップを進めています。

軌道検測に関しては1990年代以降、慣性正矢法とよばれる方法の開発を進めてきました⁷⁾(図5)。この方法では検測のための装置を小型化できるため、営業列車に組み込むことができます。この技術により、営業車による軌道変位

の高頻度モニタリングが可能となり、軌道の状態に応じた柔軟な軌道管理ができるようになりました。

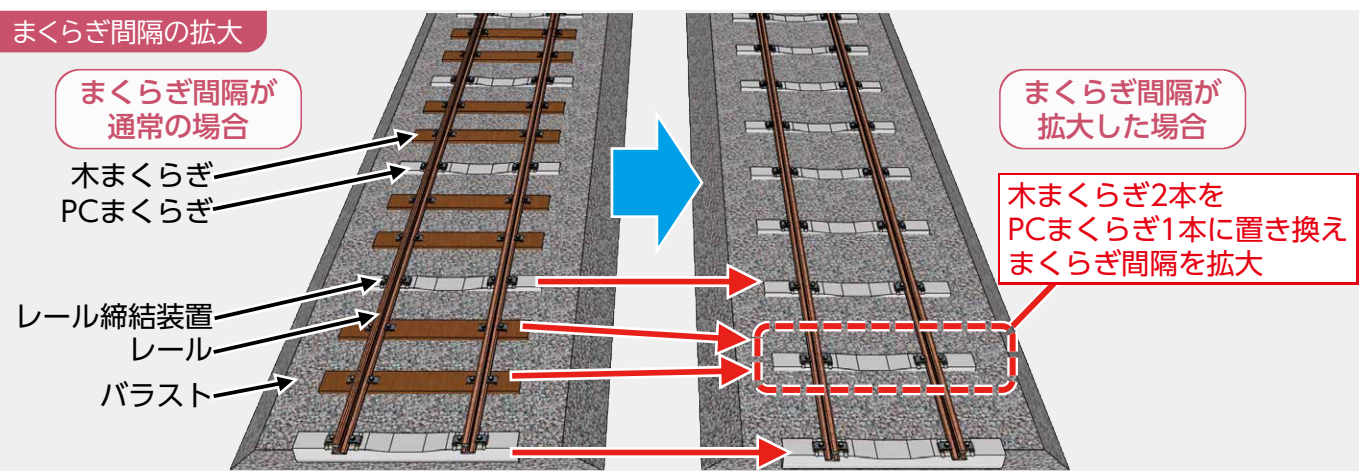
実用化の段階から

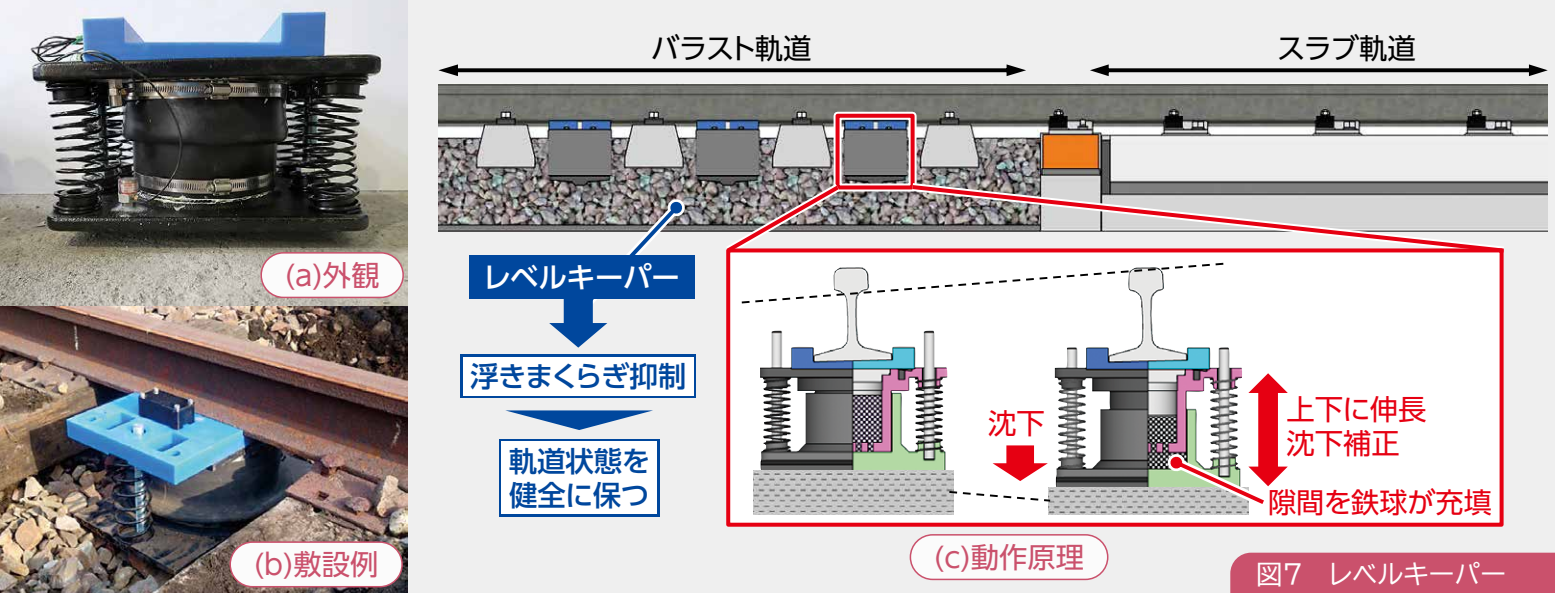
社会実装に移行しつつある軌道技術

社会実装の段階に向けて、一部の鉄道事業者で導入が進んでいる技術にまくらぎ間隔の拡大があります⁸⁾。一般的なバラスト軌道のまくらぎ間隔は60cm程度ですが、これを1m程度に拡大することで、まくらぎの本数を減らして低コスト化を図ることができます(図6)。軌道の沈下やまくらぎの横方向への安定性、および軌道部材の安全性を精緻に検証することでまくらぎ間隔の拡大を実現しました。

一方、バラスト軌道は橋台裏や踏切前後の構造境界部において沈下が生じやすくなるという特性があります。このような箇所において沈下を抑制する装置としてレベルキーパーがありま

図6 まくらぎ間隔の拡大





す⁹⁾(図7)。レベルキーパーはまくらぎ間に設置され、バラストの沈下に合わせて本体の高さを自動的に調整することでレールをつねに支持し、軌道変位の増加を抑制します。この技術も複数の鉄道事業者で導入されており、社会実装といえる段階に向け、さらなる適用拡大をめざしています。

さらに、バラスト軌道の維持管理の省力化・省人化のための技術としては、バラストに超微粒子セメントミルクを注入して沈下を抑制するSFCてん充道床軌道¹⁰⁾があります。この技術も一部の鉄道事業者で導入が進められつつあり、社会実装の一手前にあるといえます。

このほかに、テルミット溶接の技術を応用してレール頭部のきずを補修する方法¹¹⁾、慣性

正矢よりも低コストな装置で動的な軌間変位および平面性変位を検測する動的軌間平面性測定装置¹²⁾(図8)、線路周辺の支障物を検知する線路周辺画像解析システム¹³⁾などは複数の鉄道事業者で導入が進められつつあり、社会実装の一手手間の段階にあるといえます。

将来的な社会実装をめざして 開発を進めている軌道技術

将来的な社会実装をめざして開発を進めている例として、インテリジェント分岐器(図9)があります。この分岐器は転換装置をまくらぎに組み込むことで構造をスリム化するとともに、転換力を制御して常時モニタリングすることで人の手による検査をなくすことをめざしていま

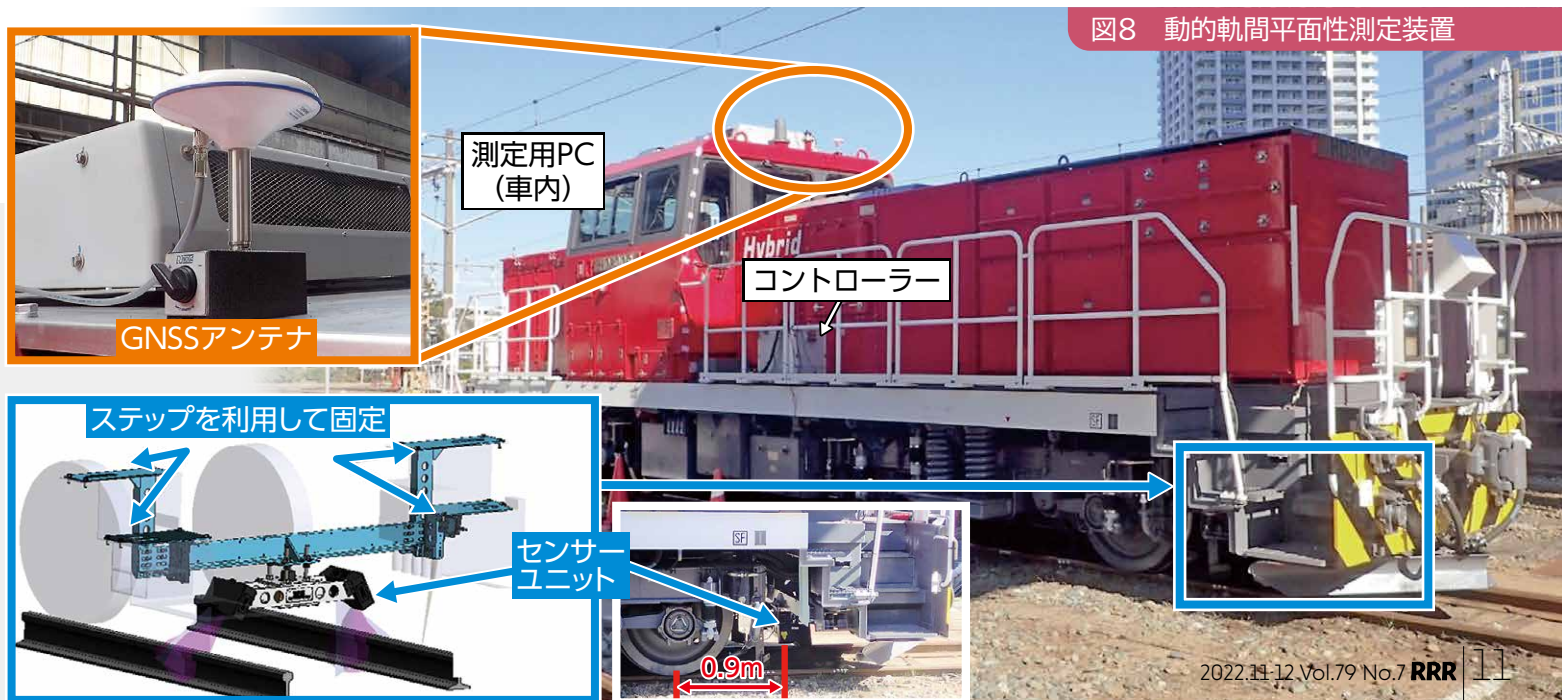




図9 インテリジェント分岐器

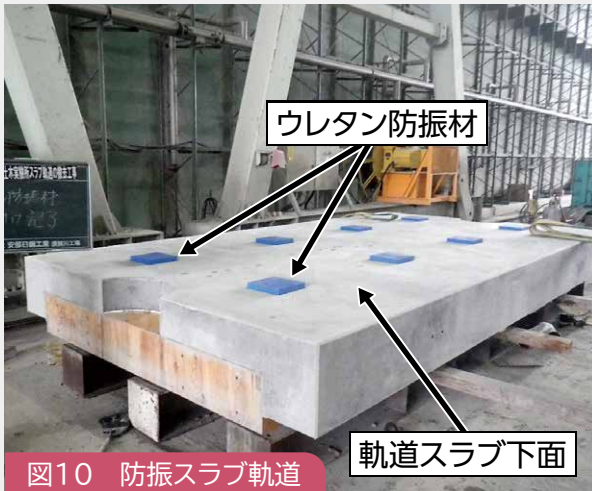
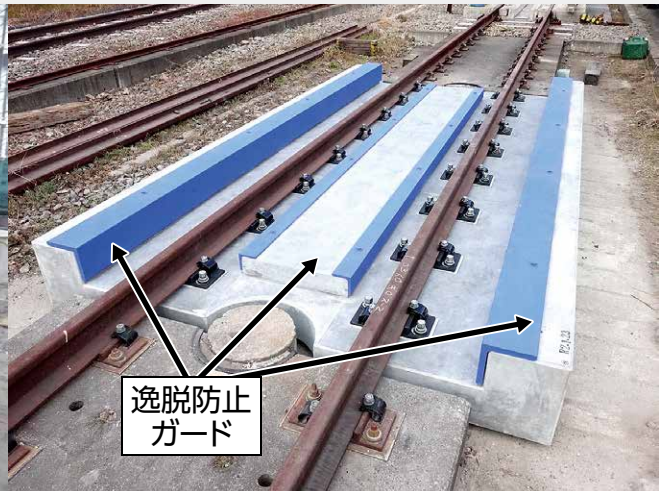


図10 防振スラブ軌道



す。このほかに、騒音だけでなく、地盤振動の抑制をめざした防振スラブ軌道¹⁴⁾(図10)の開発を進めています。この軌道は軌道スラブを低弾性の防振材で支持することにより、支持ばね係数の大幅な低減を図り、地盤振動を抑制しようとするものです。この技術を用いることで、スラブ軌道の長所である早い施工速度を維持しながら、振動を低減させることが期待できます。

おわりに

ここでは鉄道総研が開発に携わった軌道技術の社会実装の状況について紹介しました。軌道技術の社会実装を実現させるためには、鉄道事業者の皆様のニーズを的確にくみ取って研究開発の方向性を定めることが重要です。軌道技術研究部では、今後も鉄道事業者の皆様の業務のイノベーションに貢献できる技術開発をめざしていきます。

文献

- 1) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物，2007
- 2) 桃谷尚嗣，関根悦夫，高橋貴蔵，丸山修：粘性土地盤に対応したスラブ軌道用RC路盤の性能評価，鉄道総研報告，Vol.22，No.8，pp.29-34，2008
- 3) 佐藤吉彦，大石不二夫，平田五十，宇佐美民雄，長藤敬晴，岩崎光雄：コンクリートでん充式弾性まくらぎ直結軌道（B型弾直軌道）の開発，鉄道技術研究報告，No.1170（施設編第511号），1981
- 4) 堀池高広，高尾賢一，須永陽一，安藤勝敏，福井義弘，内田一男：着脱式弾性まくらぎ直結軌道（D型弾直軌道）の開発，鉄道総研報告，Vol.12，No.6，pp.25-30，1998
- 5) 谷川光，高橋貴蔵，桃谷尚嗣，吉川秀平：施工が容易で低コストなS型弾性まくらぎ直結軌道の開発，鉄道総研報告，Vol.31，No.12，pp.23-28，2017
- 6) 古川敦：パソコンで軌道を管理する-LABOCSの開発-，RRR，Vol.73，No.6，pp.16-19，2016
- 7) 坪川洋友，矢澤英治，小木曾清高，南木聡明：車体装架型慣性正矢軌道検測装置の開発，鉄道総研報告，Vol.26，No.2，pp.7-12，2012
- 8) 弟子丸将，山岡大樹，伊藤孝記，清水紗希：まくらぎ間隔拡大に対応したバラスト軌道の設計法，RRR，Vol.36，No.3，pp.23-28，2022
- 9) 村本勝己，中村貴久，櫻井祐：自動沈下補正補助まくらぎを用いたレール継目部の浮まくらぎ対策，鉄道総研報告，Vol.27，No.4，pp.17-22，2013
- 10) 洲上翔太，高橋貴蔵，中村貴久，桃谷尚嗣：超微粒子セメントを用いたでん充道床軌道の開発，鉄道総研報告，Vol.30，No.10，pp.23-28，2016
- 11) 伊藤太初，山本隆一，寺下善弘，辰巳光正：レール頭部きず補修工法の適用拡大と脱技能化，鉄道総研報告，Vol.33，No.2，pp.23-28，2019
- 12) 坪川洋友，石川智行，塩野幸策：保守用車に搭載可能な動的軌間・平面性測定装置の開発，鉄道総研報告，Vol.31，No.12，pp.47-52，2017
- 13) 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
- 14) 洲上翔太，渡辺勉，横山秀史，高橋貴蔵，桃谷尚嗣：高減衰スラブ軌道による高速走行時の地盤振動の低減効果，鉄道総研報告，Vol.34，No.4，pp.47-52，2020