

A-1

車輪フラット発生時の 軌道部材の衝撃応答シミュレーション

車輪フラットを有する車両が走行した際に発生する、PCまくらぎ等の軌道部材の衝撃的な応答を定量的に評価可能な数値シミュレーション手法を開発しました。

研究の背景と目的

- 車輪フラットを有する車両が走行する場合、車輪とレール間に著大な衝撃力が発生し、PCまくらぎの折損等、軌道部材の損傷につながる恐れがあります。
- 一方で、走行車種や車輪フラットの大きさ・形状、軌道条件の違いによって、軌道部材にどの程度の応答が生じるかは明らかにされていませんでした。
- そこで、**車輪フラットを有する車両**が走行した際に発生する軌道部材の衝撃的な応答を、**実用的な精度・時間**で計算できる**数値シミュレーション手法**を開発しました。

研究成果

- 本手法は、車輪フラットを模擬した車輪凹凸形状を有する**マルチボディ車両モデル**が、**有限要素でモデル化した軌道**上を走行するもので、任意線区の車両条件や軌道条件を設定することが可能です。
- 本手法では、**車輪フラットを車輪の走行軌跡として表現**することにより**高速計算**を実現しています。
- 軌道パッドの圧縮特性をはじめとした**各種非線形特性**を考慮可能です。
- 人工的に車輪フラットを設けた**車両の走行試験結果との比較**により、本手法の妥当性を確認しています。
- 車両条件や軌道条件が軌道部材の応答に及ぼす影響を明らかにしました。

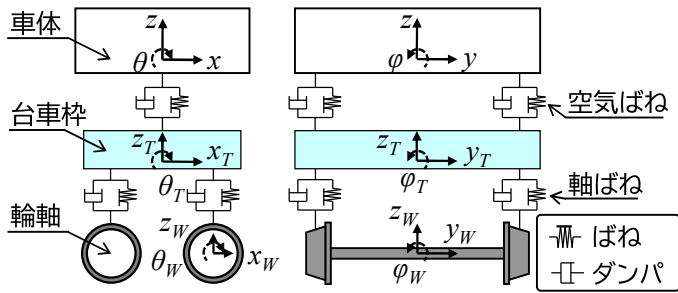


今後の展開

- PCまくらぎの設計や経年PCまくらぎの交換目安時期の設定に活用します。
- レールやPCまくらぎ折損発生時の原因解明ツールとして活用します。

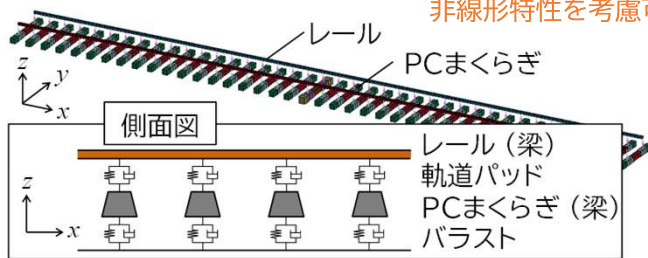
開発シミュレーション手法の力学モデル

車両モデル(マルチボディ(半車両))

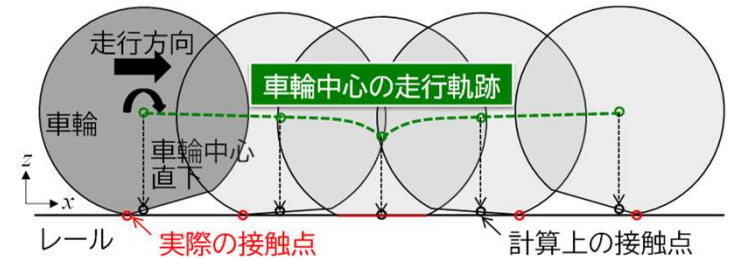


軌道モデル(有限要素)

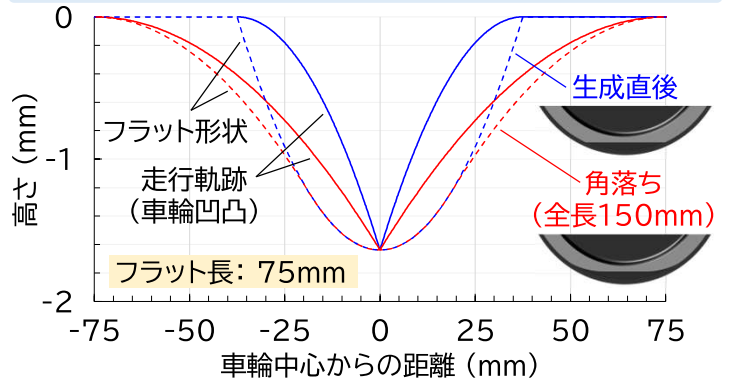
軌道パッド等の各種非線形特性を考慮可能



車輪フラットのモデル化(走行軌跡)



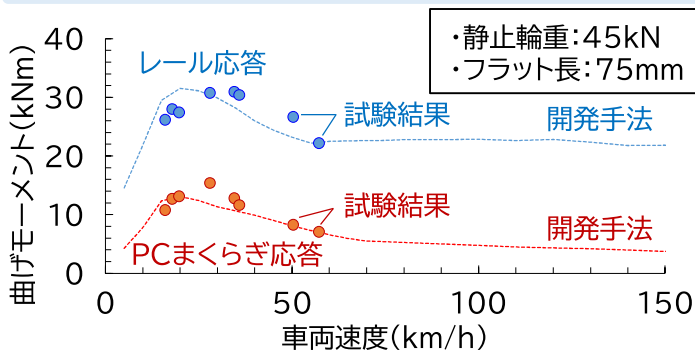
車輪フラット形状と対応する走行軌跡



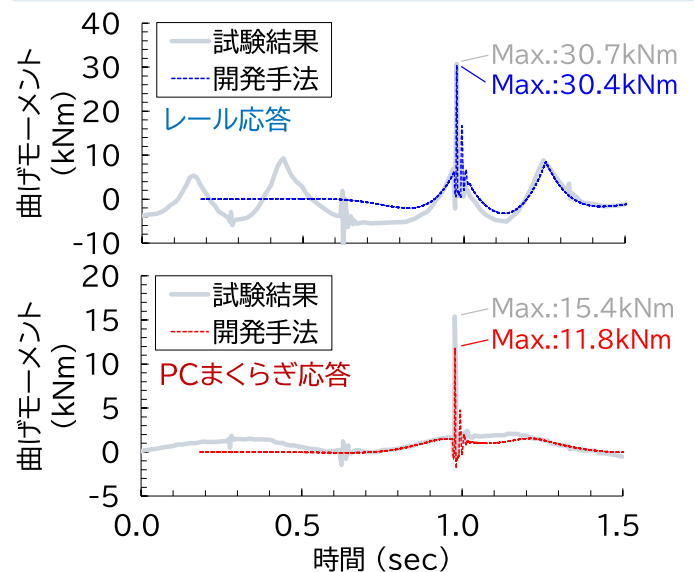
開発シミュレーション手法の妥当性検証

- 人工的に75mmの車輪フラットを設けた車両の走行試験結果との比較を実施
- レールとPCまくらぎの両者の曲げ応答について、走行試験結果を精度よく再現

曲げモーメントと車両速度の関係



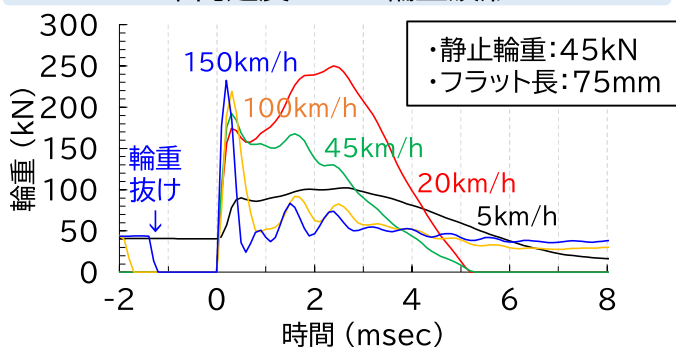
曲げモーメント波形の比較(車両速度: 28km/h)



車輪フラットにより発生する輪重の特徴

- 輪重抜け後に衝撃的な輪重が発生
- 作用時間は6msec程度以下

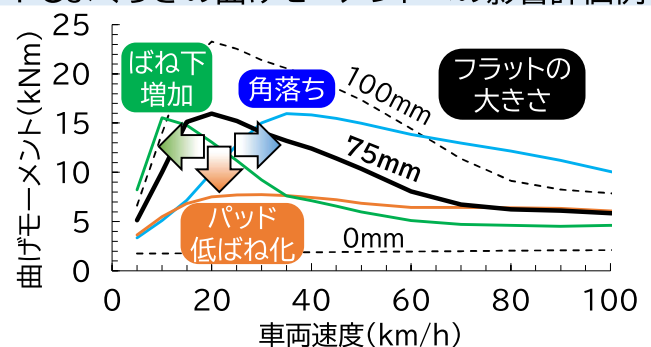
車両速度ごとの輪重波形



各種条件に応じた軌道部材の応答評価

- 車両条件および軌道条件が軌道部材の曲げ応答に及ぼす影響を定量化

PCまくらぎの曲げモーメントへの影響評価例



A-2

波状摩耗やきしり音抑制のための 車輪・レール摩擦調整材

急曲線の内軌に塗布することで、横圧を低減することができる安価な黒鉛系の摩擦調整材を開発しました。波状摩耗やきしり音の抑制には、内軌頭頂面の潤滑による横圧の低減が有効です。

研究の背景と目的

- 滑走の恐れがあるため、内軌頭頂面の摩擦係数は「適度に下げる」ことが重要です。
- 内軌用潤滑材として車輪／レール摩擦緩和システム(FRIMOS)がありますが、黒鉛系の粉体を用いているため風の影響を受けやすく、定置式はトンネル内など設置できる場所に制限があります。
- 定置式で供給できる液体潤滑材として、水ベースの摩擦調整材がありますが、既存品(MoS₂品)には高価な二硫化モリブデン(MoS₂)が用いられています。

研究成果

- 潤滑材に安価な黒鉛を用いた黒鉛系の摩擦調整材(黒鉛品)を開発しました。
- 左右接線力係数(横圧)の評価試験を行った結果、左右接線力係数は乾燥条件では徐々に高くなりますが、黒鉛品塗布後は0.2程度の値で一定となりました。実車相当の荷重下でも潤滑材として機能し、接線力係数を過度に低下させないことを確認しました。
- ブレーキ試験では、黒鉛品適用時の制輪子の摩擦係数はレール用潤滑油より高く、2種類のMoS₂品と同程度でした。
- 軌道回路への影響評価試験として、車輪・レール間の短絡影響試験(信号電流が問題なく流れるかを確認)と、レール絶縁部における絶縁性能試験(レール絶縁部で矯絡しないかを確認)を行った結果、黒鉛品による信号電流への大きな影響は見られませんでした。

黒鉛系摩擦調整材



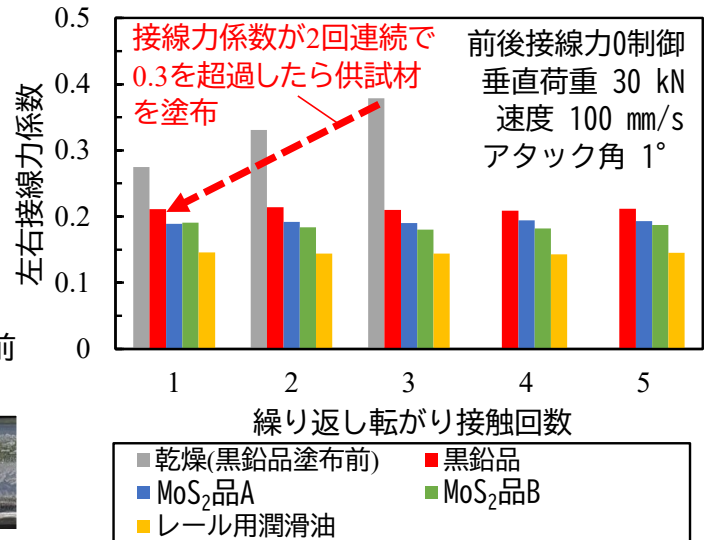
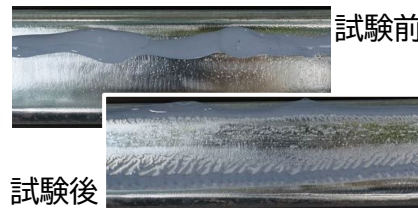
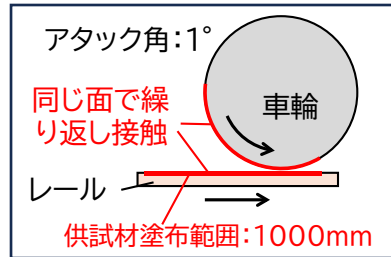
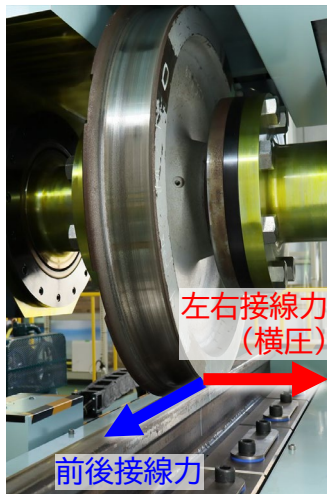
今後の展開

現地試験において横圧の低減や波状摩耗の抑制効果などの検証を行う予定です。

摩擦調整材は(株)ユシロとの共同研究で開発しました。特許出願中。

車輪・レール接触試験装置を用いた左右接線力係数(横圧)の評価

乾燥条件で試験後に供試材を塗布。アタック角を付けた状態で実車相当の荷重を負荷し、同じ面で繰り返し転がり接触させた。



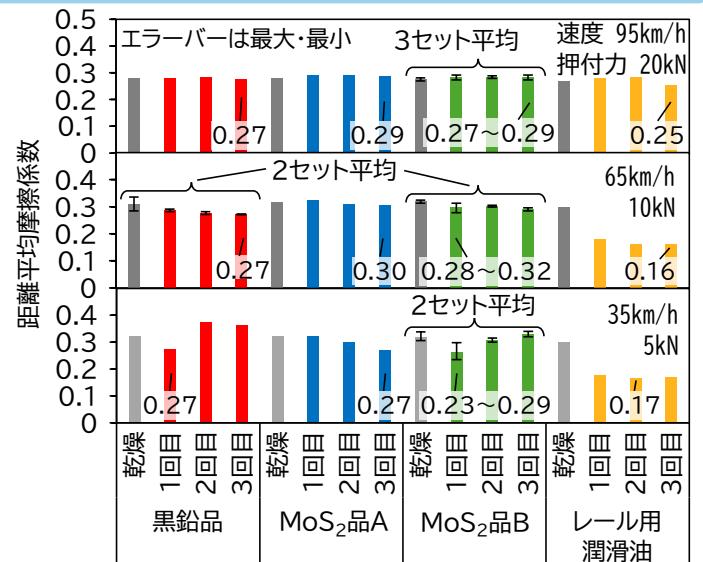
ブレーキ性能試験機を用いたブレーキ試験結果

車輪踏面に付着した供試材がブレーキ性能に及ぼす影響を評価。

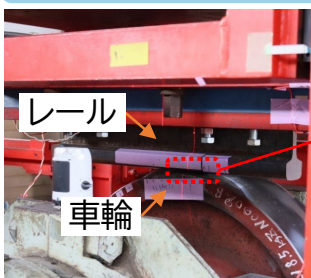


制輪子

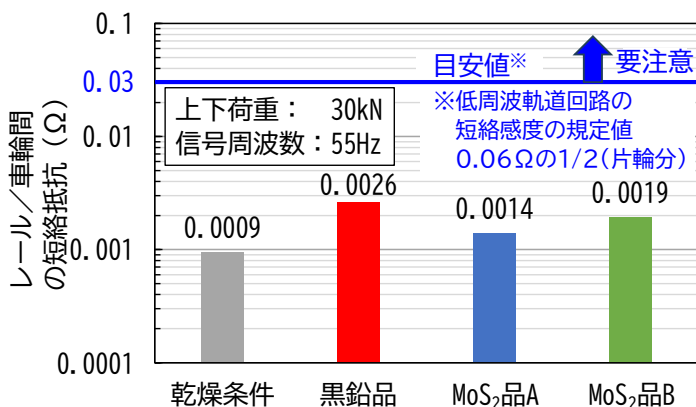
供試材を塗布



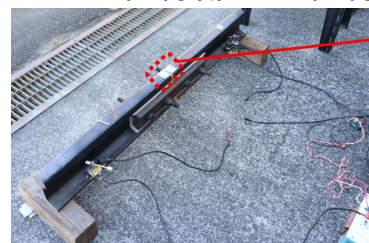
軌道回路への影響評価試験結果(左:短絡影響試験、右:絶縁性能試験)



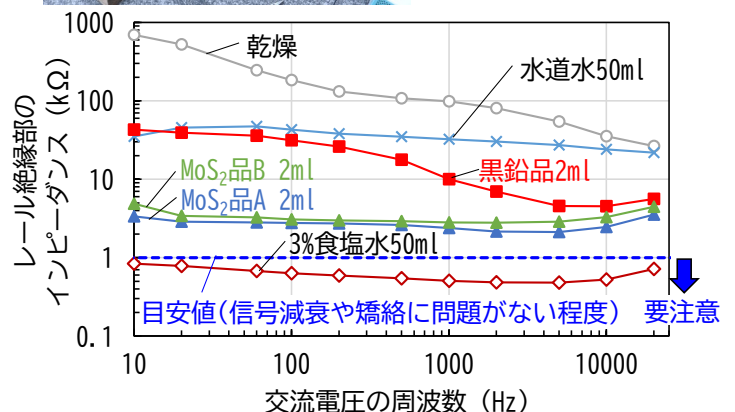
車輪・レール間に信号が流れるかを確認。



レール絶縁部での絶縁性を確認。



供試材塗布部



A-3

車輪フランジと接触しにくい 踏切の隙間を埋める充填材

踏切において車輪フランジが通過する隙間(フランジウェイ)を部分的に埋めることで車輪フランジとは接触しにくく、歩行者の踏切通行をしやすくするゴム製の充填材を開発しました。

研究の背景と目的

- 車いすやシルバーカー等を使用した歩行者がフランジウェイに引っ掛かり、踏切内で転倒や立ち往生する事象が発生しており、踏切事故につながるリスクがあります。
- フランジウェイの隙間全幅を埋める充填材を過去に製作し、鉄道総研内の踏切に設置しましたが、車輪フランジとの接触による充填材の損傷が課題として残りました。
- “車輪フランジとの接触のしにくさ”と“車いす等の通行のしやすさ”の両立を目的に、フランジウェイを部分的に埋める充填材を開発しました。

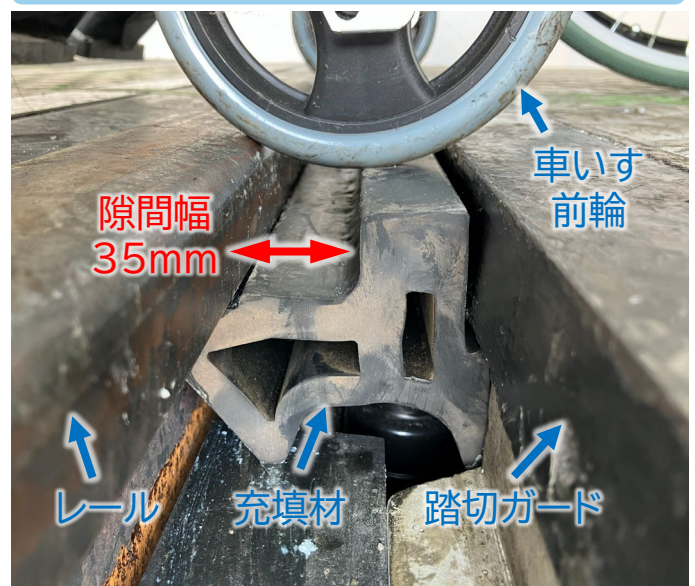
研究成果

- 幅65mmの標準的なフランジウェイを部分的に埋め、隙間幅を55、45、35mmにする充填材を試作しました。
- 車両留置線の踏切に充填材を設置した結果、直線区間では隙間幅を35mmとする充填材でも車輪フランジとほとんど接触しないことがわかりました。
- 未設置と比べて、車いすの引っ掛かり回数が隙間幅35mmとする充填材で約60%、隙間幅45mmとする充填材で約40%減少しました。

今後の展開

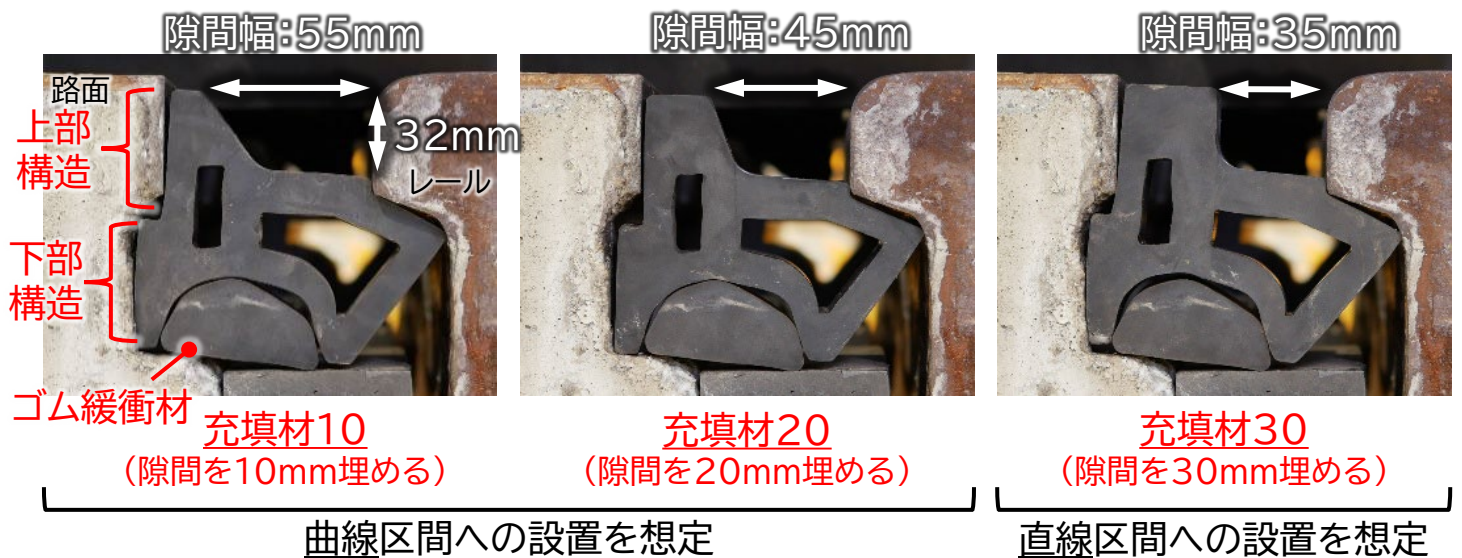
- 留置線等の踏切に試験敷設を展開し、営業線の踏切への設置を目指します。

充填材の設置状況



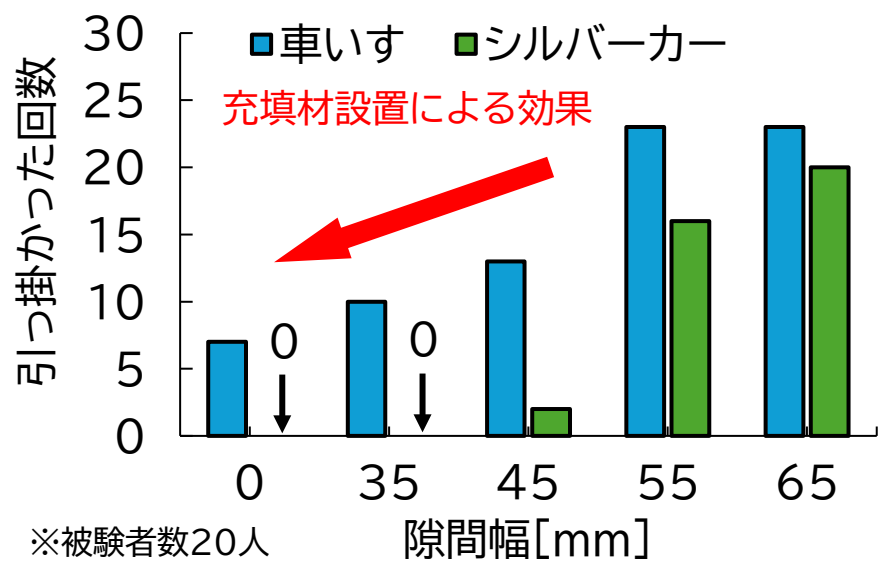
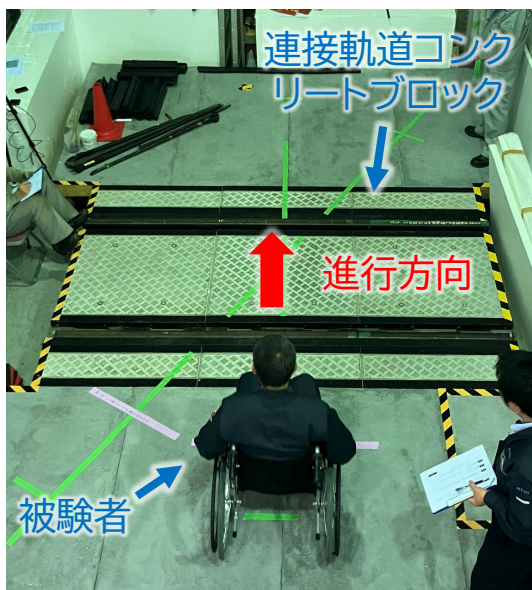
材料技術研究部(防振材料)
軌道技術研究部(軌道管理)
人間科学研究部(人間工学)

製作した充填材について幅65mmのフランジウェイへの設置状況



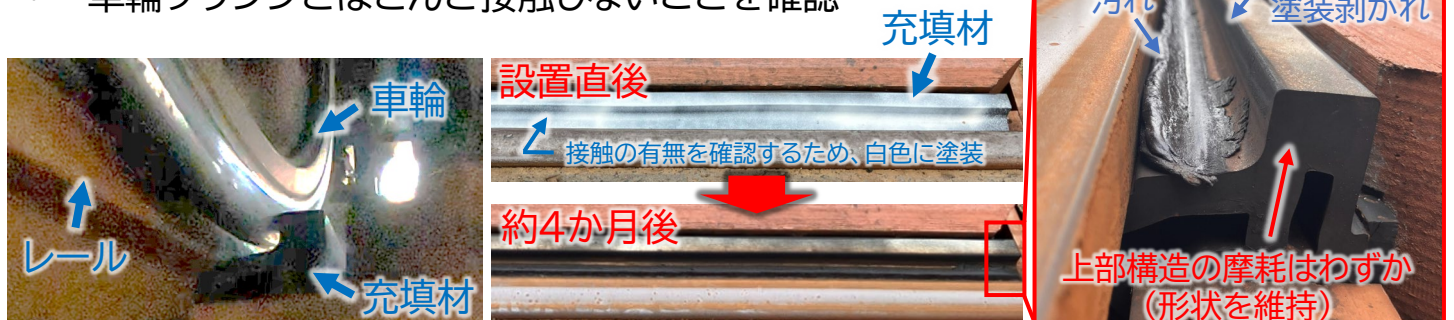
- ・ 上部構造 … フランジウェイの隙間を埋め、車いす等の車輪を支持
- ・ 下部構造 … レール頭部下面以下にはまり込む
- ・ ゴム緩衝材… 鉛直荷重を支持

被験者試験にもとづく充填材設置による効果の検証



踏切設置時の車輪フランジとの接触状況

- ・ 留置線の踏切(直線区間)に充填材30を設置
- ・ 車輪フランジとほとんど接触しないことを確認



携帯情報端末を活用した 列車巡視支援アプリ(Train Patroller)

スマートフォンを用いた、低コストで導入可能な列車巡視支援方法を開発しました。スマートフォンを用いて列車前頭で列車動揺と前方画像を取得することで、列車巡視をデジタル化します。

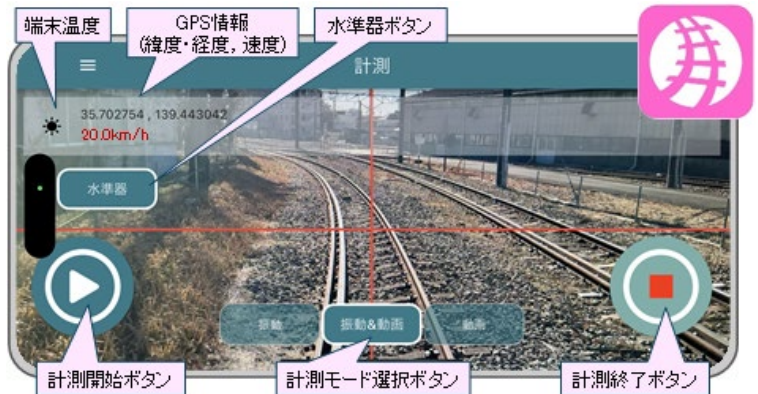
研究の背景と目的

- 係員が定期的に営業車等に添乗し、列車巡視として線路の保守状態や沿線環境の変化など線路全般の状態を確認していますが、人的負担が大きく、また熟練者の減少によって線路状態の判断に個人差が生じています。
- 列車巡視をデジタル化することで、係員の熟練度によらない線路状態の判断を実現し、列車巡視の高度化、さらには線路巡視の省人化を目指します。

研究成果

- スマートフォンの各種センサを制御する専用アプリケーションを開発し、列車速度・列車動揺・前方画像などの同期計測を可能としました。
- スマートフォンで取得した計測データを分析・閲覧するためのWebサーバシステムを開発し、計測経路の位置情報や各種測定値、視覚情報を一元表示する機能を実装しました。

Train Patroller(アプリ)の計測画面・項目



センサ	計測項目	計測モード			サンプリング など
		振動	振動&動画	動画	
GPS レシーバ	移動速度	○	○	○	1Hz
	緯度・経度	○	○	○	
3軸モーション センサ	3軸加速度	○	○	—	100Hz
	3軸角速度	○	○	—	
カメラ	動画	—	○	○	最高4K, 60fps
マイクロフォン	音声	○	○	○	44.1kHz

今後の展開

- 地域鉄道への導入を促進するために、LABOCSを直接使用しないデータ分析用のWebサーバシステムの開発も進めています。

※ 本研究の一部は、国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施しています。

※ 本研究の一部は、東京大学との共同研究の成果を反映しています。

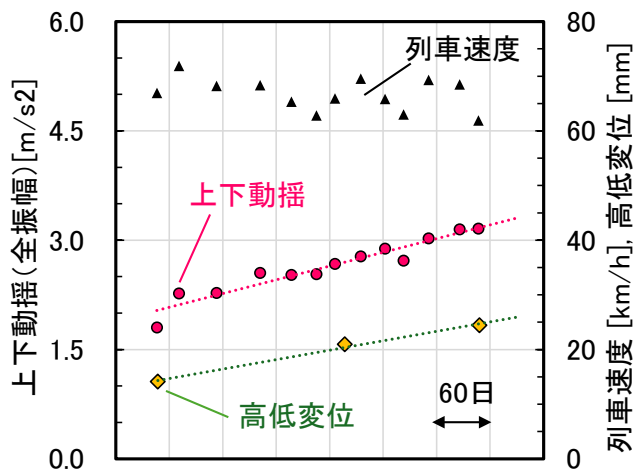
スマートフォンの営業車両への設置方法・加速度の補正

- 吸盤治具を使用することで、運転台前頭のフロントガラス面に、3分程度で設置・計測開始が可能です。また、任意の画角の前方画像を取得可能です。
- スマートフォンを傾斜設置することで、加速度の観測軸が鉛直方向からずれますが、3軸加速度センサを搭載しているので、鉛直加速度への補正が可能です。
- 台車直上に設置した場合との加速度の差については、別途同時計測を行うことで、キャリブレーションできます。



上下動揺の推移の例

- 列車巡視時に、高頻度に列車動揺を計測することで、軌道状態の推移を把握することが可能です。



着目箇所の前方画像の例

- 着目箇所の前方画像を確認することで、列車動揺の発生原因の確認や軌道整備方法の検討などが可能です。



Train Patroller のデータ分析・閲覧用のWebサーバシステム

- 計測経路の位置情報(地図画面、緯度・経度)、着目箇所の数値情報(キロ程・列車動揺値・列車速度等)、視覚情報(前方画像、鳥瞰図)を一元的に表示します。
- 列車動揺が閾値を超過した箇所の一覧表示が可能です。
- 机上での線路巡視の実現に必要な機能開発を進めます。



軌道管理を支援する LABOCS・LABOCS-MATE

軌道分野に特化したデジタル信号処理ソフトウェアです。線路に沿って測定された、軌道変位、列車動揺などの波形データの処理・分析・可視化を行い、軌道管理業務を支援します。

研究の背景と目的

- 膨大な軌道変位、列車動揺などのデータをメンテナンスに活用するためには、データとキロ程の正確な位置合わせが重要です。
- スマートフォンを含め、多様化したセンシング技術のデータを同じキロ程軸に統合し、横断的に活用することで、軌道メンテナンスの高度化が期待されています。

研究成果

- データとキロ程の位置合わせは「重キロ」「断キロ」に対応しています。
- 従来と比較して高精度な位置合わせを行うために、波形同士のパターンマッチングによる「相互相関法」が利用できます。
- 正矢法の測定波形から、元のレール面形状に近い「復元波形」が計算できます。
- 2025年7月に、最新版のVer.4.3をリリースしました。
- Ver.4.3ではデータ活用の幅を広げるため、異なる測定系のデータを横断的に分析するための分析・集計機能を強化しました。

LABOCSの概要

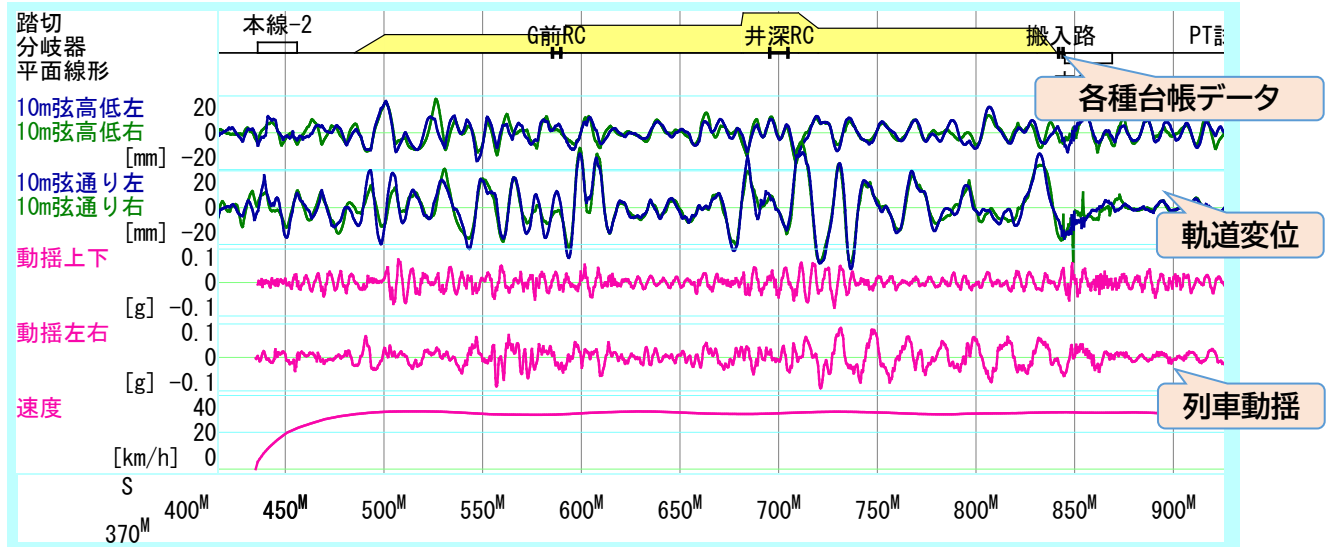


今後の展開

- 鉄道総研における研究開発の成果を反映した新機能を、今後も追加していきます。
- 鉄道構造物等維持管理標準（軌道編）に定める軌道変位検査・列車動揺検査に必要な機能をシンプルにまとめた保線管理システム「LABOCS-MATE」も展開しています。

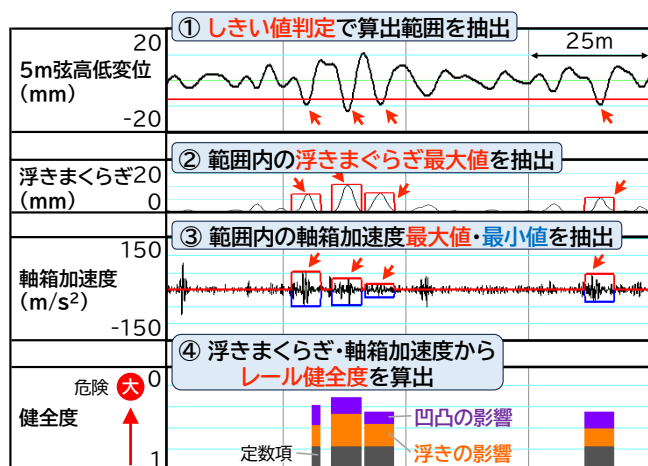
LABOCSチャートの描画例

軌道変位や列車動揺等の測定データと共に線路諸元等の台帳データを表示可能です。

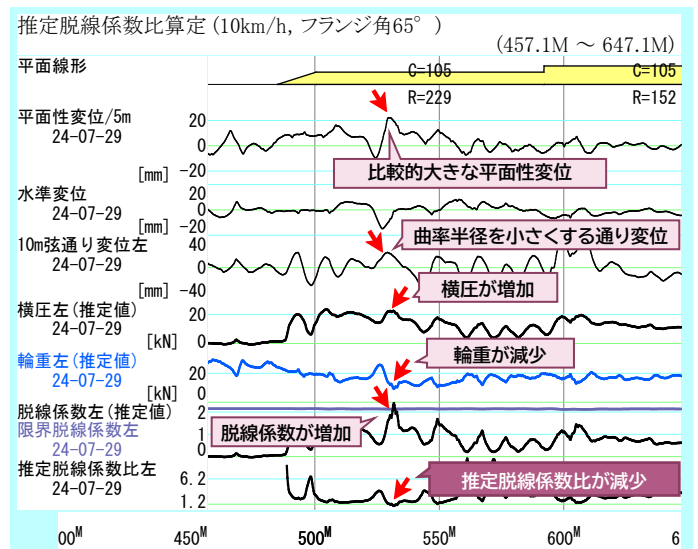


LABOCS Ver.4.3で追加した新機能の例

「軌道変位」と「軸箱加速度」の横断分析によるレール健全度の算出例

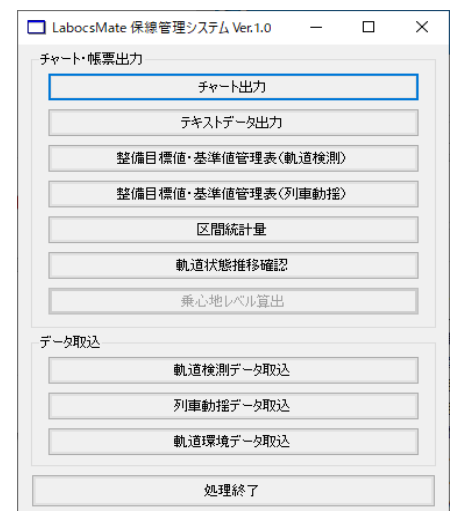


軌道検測データを入力とした推定脱線係数比の算出例



保線管理システム「LABOCS-MATE」

- 各種軌道検測車／軌道検測装置・列車動揺測定装置のデータをLABOCSで処理して、検査帳票を作成します。
- データ処理に必要な最小限のLABOCS処理機能に、LABOCS-MATE専用の帳票作成機能と、操作画面を追加したパッケージソフトです。
- 帳票出力は各社様式にカスタマイズ対応可能です。
- オプション機能として、20m弦正矢や乗り心地レベルの算出機能なども追加可能です。



軌道の保守計画の策定を支援する ROOPSYS-TM

軌道状態の診断結果をもとに、効率的な軌道の保守計画策定を支援する各種システムを開発しています。最近の研究成果として、レールきずの発生位置・状態を考慮し、最適なレール交換区間を選択するモデルを紹介します。

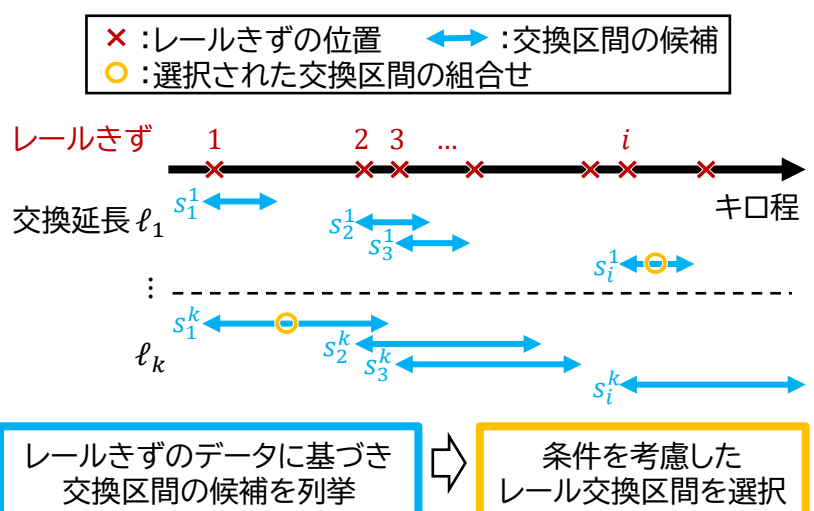
研究の背景と目的

- 持続可能な鉄道事業のためにはより少ない保守量によって品質の高い軌道を維持する、効率的な保守計画が必要とされています。
- 軌道に関する履歴データを用いて、軌道や材料状態を診断し、保守計画策定を支援する、軌道保守計画策定支援システム「ROOPSYS-TM」を開発しています。

研究成果

- データ等に基づいて、MTTやレール削正車などの保守用車の運用計画やPCまくらぎ化などの工事計画の策定を支援します。
- 最近の研究成果としては、レールきずの位置と状態を考慮して、レール交換区間を選択するモデルを開発しました。
- 実際の線区データに本モデルを適用し、現実的な交換計画を策定できることを確認しました。
- レールきずの除去効果とレール交換量を調整できるモデルとすることで、効率的なレール交換計画の策定を支援します。

レール交換区間選択モデルの概要図

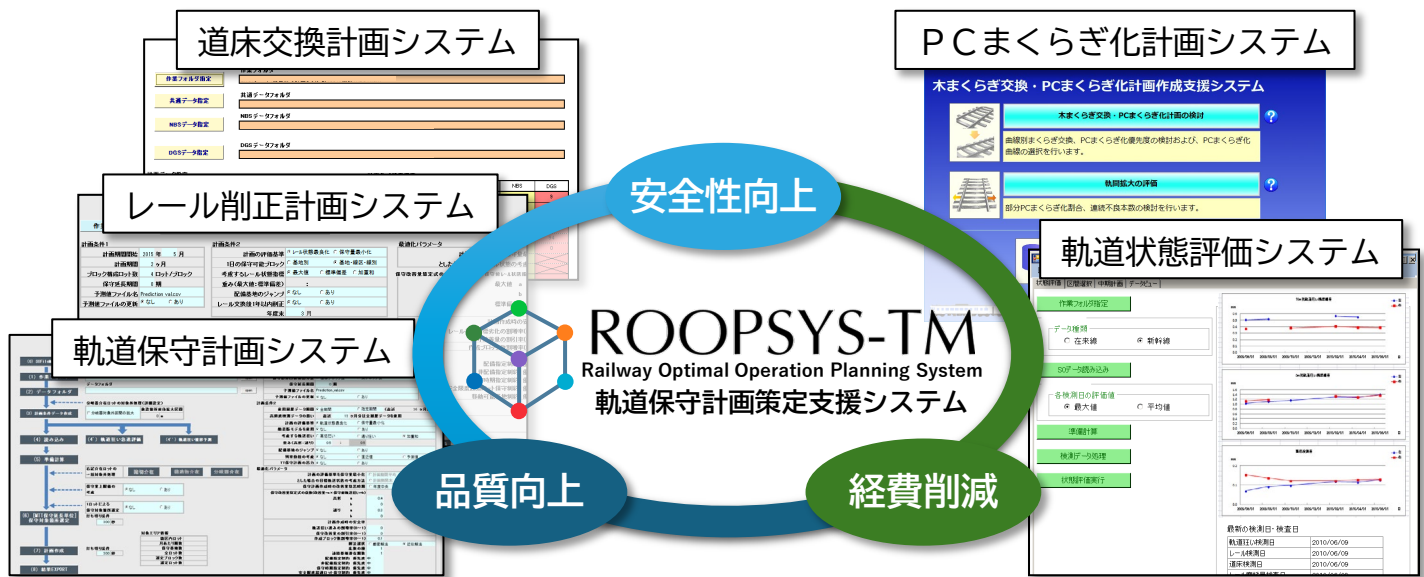


今後の展開

- 現場におけるレールきずの評価や施工条件を反映したモデルの高度化を進め、実用性を向上させる予定です。

軌道保守計画策定支援システム「ROOPSYS-TM」

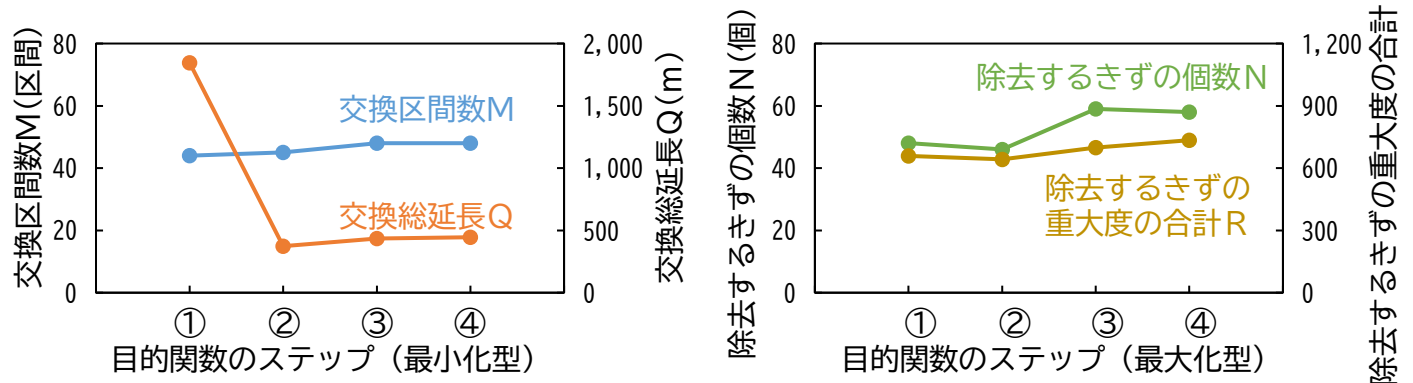
軌道保守計画策定支援システム「ROOPSYS-TM」は、軌道状態の診断と、その診断に基づいた保守計画策定を支援するシステムの総称です。



【開発中】レール交換区間選択モデルの目的関数と試算例

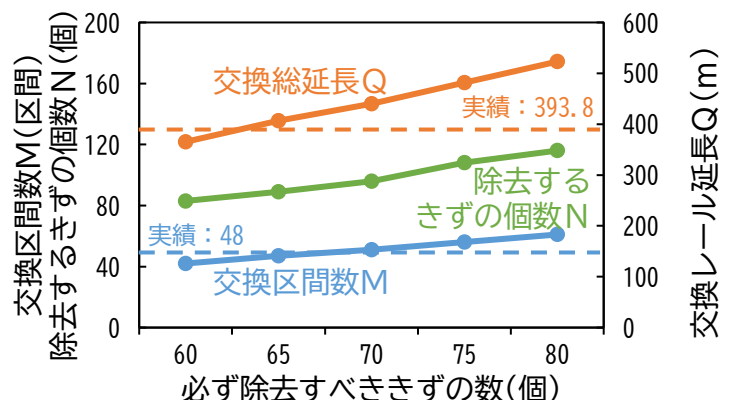
レールきずの除去効果(安全性)とレール交換量(効率性)を両立するため、必ず除去するきずを制約条件としたうえで、4つのステップを踏む目的関数としました。

- | | |
|--------------------------|-------------|
| ステップ① 交換区間Mの最小化 | →施工量を減らす |
| ステップ② レール交換延長Qの最小化 | →材料費を抑える |
| ステップ③ 除去するきずの個数Nの最大化 | →多くのきずを除去する |
| ステップ④ 除去するきずの重大度の合計Rの最大化 | →安全性を向上させる |



レール交換区間選択モデルの実線区への適用

- 実線区データに適用し、実績と同程度のレール交換計画が再現できていることを確認しました。
- 施工量を増やすときずの除去数が増加するなどの関係が可視化され、複数年度を見据えたレール交換計画の調整が可能となります。



耐摩耗トンブレードの性能評価

耐摩耗トンブレードの敷設品の摩耗量等を調査し、性能評価を行いました。その結果、分岐器の番数が小さい場合に高い効果を発揮することがわかりました。

研究の背景と目的

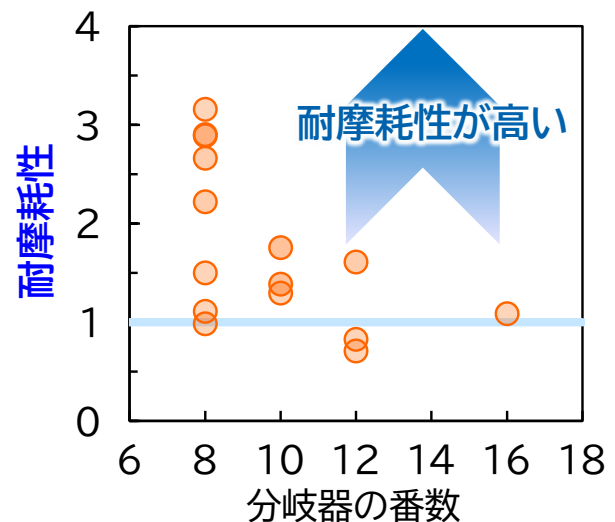
- 耐摩耗トンブレードは、耐摩耗性の向上により交換周期を延伸し、保守コスト削減を目指した開発品です。
- 開発から10年以上が経過し、敷設数が徐々に増えていることから、更なる普及につなげるため、敷設品の摩耗低減効果を検証しました。

研究成果

- 敷設した開発品と従来品の摩耗量等を比較した結果、調査した11本中6本で、摩耗量は23～68%低減したことを確認しました。一方で、残りの5本については効果がみられませんでした。
- 耐摩耗性の効果にばらつきがみられたことから、分岐器の番数と摩耗低減効果について整理した結果、分岐器の番数が小さい場合に開発品は高い効果を発揮することがわかりました。

分岐器の番数と耐摩耗性の関係

$$\text{「耐摩耗性」} = \frac{\text{従来品の摩耗量等}}{\text{耐摩耗の摩耗量等}}$$



今後の展開

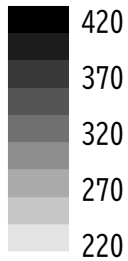
- 鉄道事業者が耐摩耗トンブレードの導入や適用箇所の判断材料として、本評価結果を活用します。

耐摩耗トングレールの概要

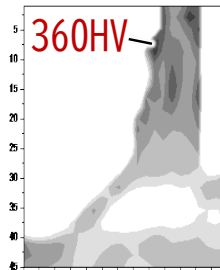
耐摩耗トングレールは、耐摩耗性の向上を目指し、表面硬度を向上させるとともに、レール断面の改良を行ったものです。

表面硬度の向上

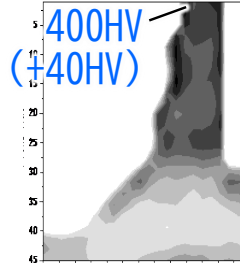
ビッカース
硬さ (HV)



従来品

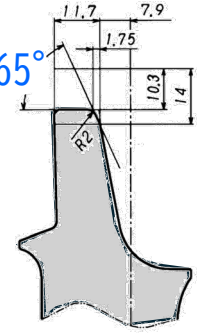


耐摩耗



レール断面の改良

車輪フランジを
想定した角度 65°

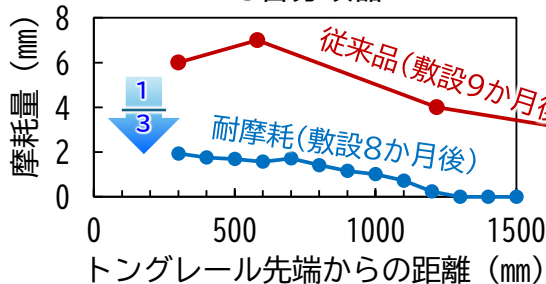


接触面積増加による
接触圧力の低下

摩耗量の調査結果の一例

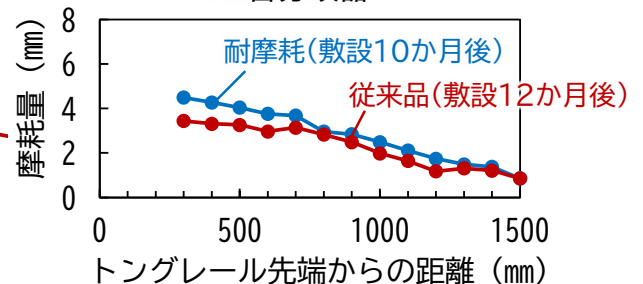
効果がみられる場合

8番分岐器



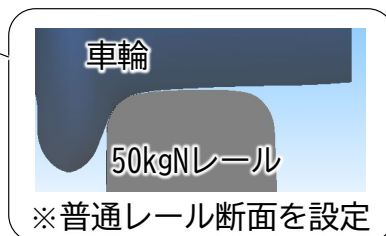
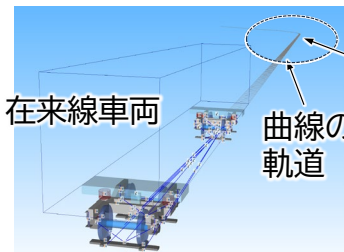
効果がみられない場合

12番分岐器

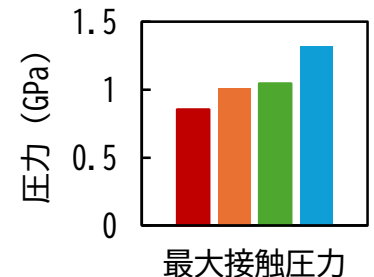
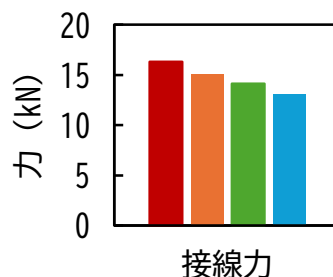
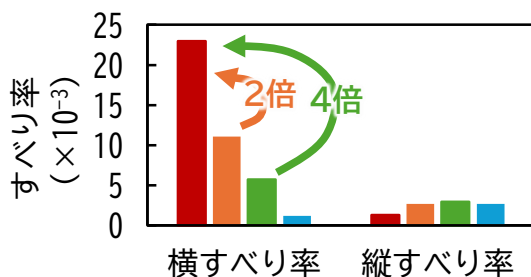


走行解析による耐摩耗性に関する考察

分岐器の番数別に、摩耗に影響すると考えられる3つの項目について走行解析を実施しました。その結果、横すべり率に顕著な差がみられたことから、耐摩耗トングレールは横すべり率の大きい場合に高い効果を発揮する可能性が考えられます。



凡例	分岐器の番数	曲線半径 (m)	走行速度 (km/h)
■	8	118	25
■	10	185	35
■	12	267	45
■	16	477	60



ボルトの締め直しを不要とする 板ばね式レール締結装置

既設のまくらぎを交換せずに、ボルトの締め直しを不要とする板ばね式レール締結装置を開発しました。

研究の背景と目的

- 国内で多く使用されている板ばね式レール締結装置は、ボルトの緩みを検査し、定期的に締め直す必要があるため、保守に労力がかかります。そこで本研究では、保守の省力化を低コストで実現するために、既設のまくらぎをそのまま利用し、ボルトの締め直しが不要となるレール締結装置を開発しました。

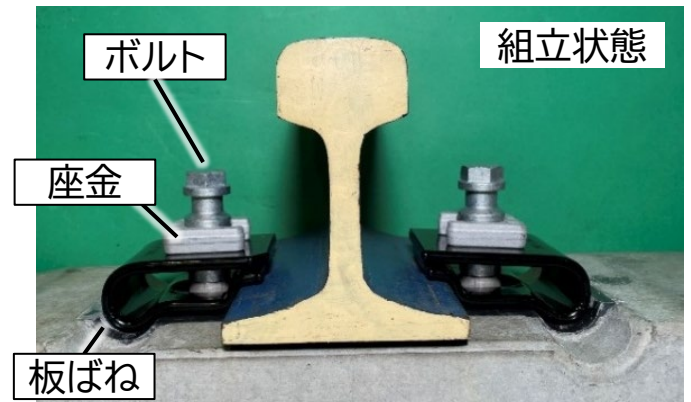
研究成果

- 従来の板ばね式レール締結装置の構成部材を置き換えることで、ボルトの締め直しを不要とするレールの締結方法を提案しました。
- 提案したレール締結方法を実現するための専用の板ばね、ボルト、座金およびレール締結用工具を製作しました。
- 開発したレール締結装置の性能確認試験を行い、安全性に問題がないことを確認するとともに、営業線へ試験敷設しました。

今後の展開

- 製品化を進めるとともに、導入にあたっての技術的な支援を行っていきます。
- 開発したレール締結装置とレール締結用工具は、特許取得中になります。

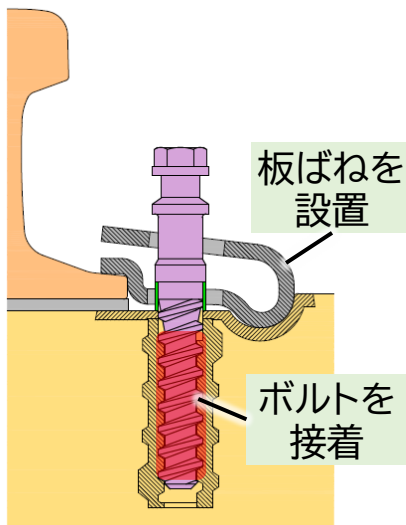
開発したレール締結装置 (3号PCまくらぎ用)



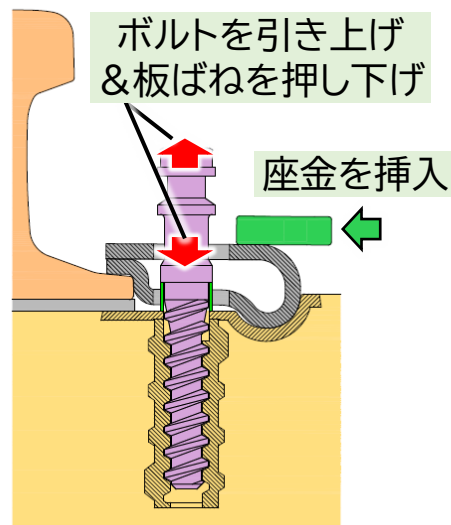
接着剤でまくらぎに固定

開発したレール締結方法

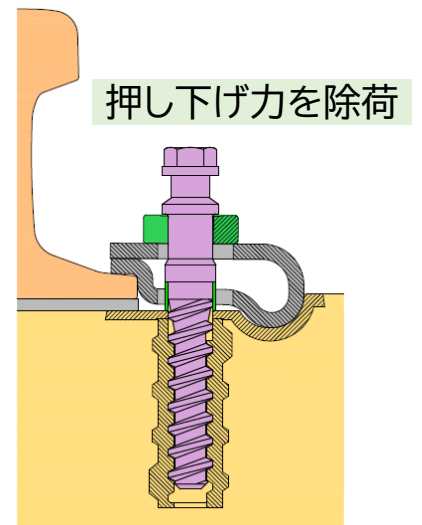
①設置作業



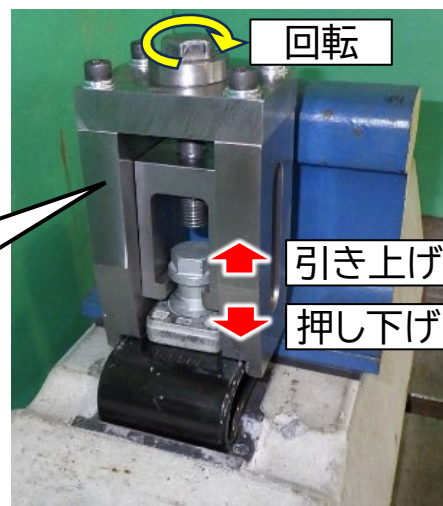
②締結作業



③締結完了

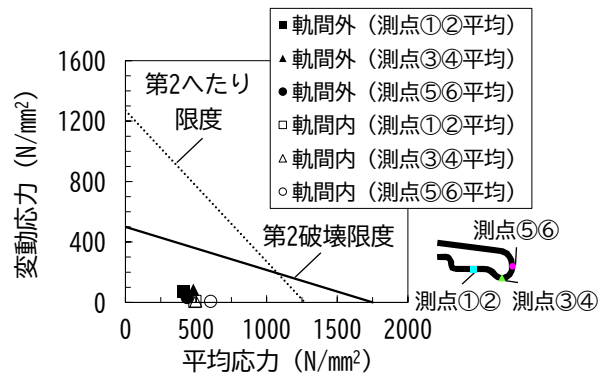
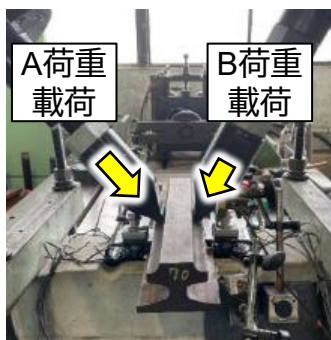


開発したレール締結用工具

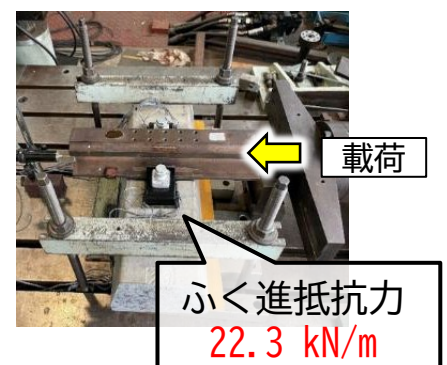


レール締結装置の性能確認試験

疲労破壊に関する安全性



ふく進抵抗力の確認



- 板ばね応力とレール頭部左右変位は限度以内
- 100万回載荷後に異常なし

- バラスト軌道の道床縦抵抗力 (6~10kN/m)以上の値

透過音によるバラストの劣化状態評価方法

バラスト内を透過する音の大きさから、バラストの劣化状態を定量的に評価する透過音試験法を開発しました。

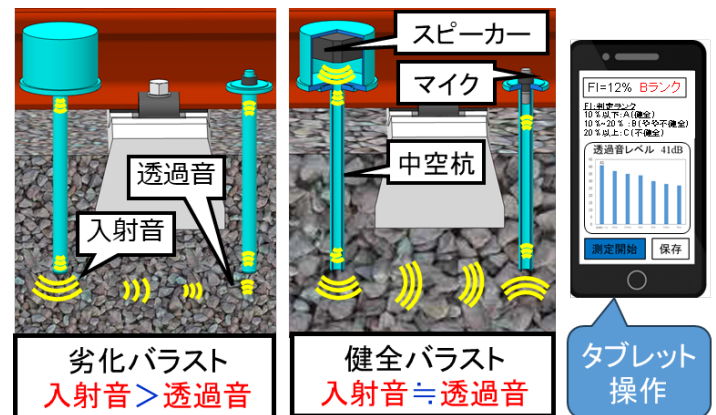
研究の背景と目的

- バラストの劣化状態に応じて道床交換の優先度を判定するために、従来の目視検査によらない、定量的な検査方法が求められていました。
- バラストを掘削せずに、5～10分/箇所でバラストの劣化状態を判定できるため、検査の省人化を図り、判定結果のばらつきを抑えることができます。

研究成果

- まくらぎの両脇に2本の中空杭を打ち込み、片側よりホワイトノイズを入射し、もう片側で透過した音を測定します。タブレットの操作で測定・収録・分析を行うことができます。
- バラストの劣化状態と透過音特性の関係を明らかにしたことで、バラストの透過音測定から劣化状態を定量的に評価できることを確認しました。
- バラストの劣化の判定値を定め、本試験結果に基づく、道床交換の必要性の判定フローを提案しました。

透過音レベルとバラスト状態の関係



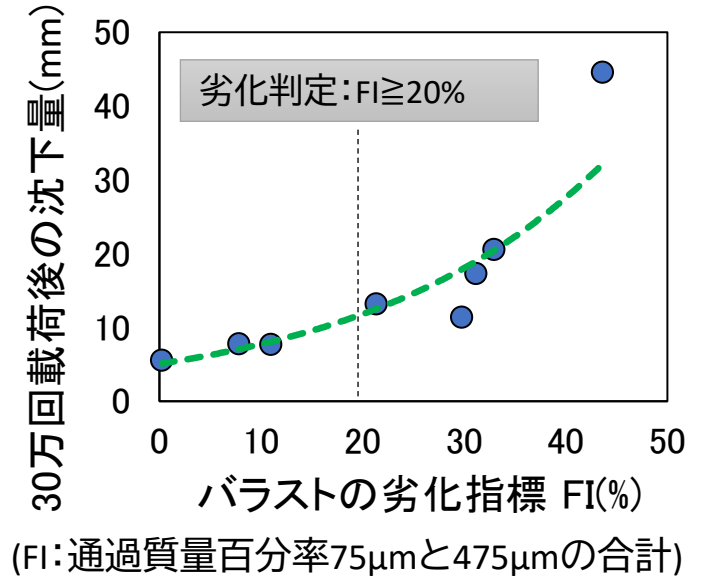
今後の展開

- 透過音試験装置を製品化しており、劣化したバラスト区間の保守量低減に活用していただけるように、技術支援を実施しています。

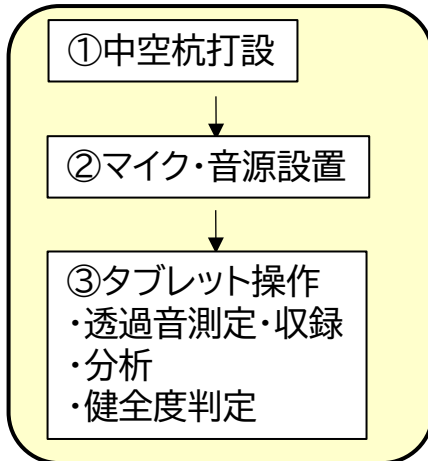
保守頻度の高い区間の バラスト劣化状態の例



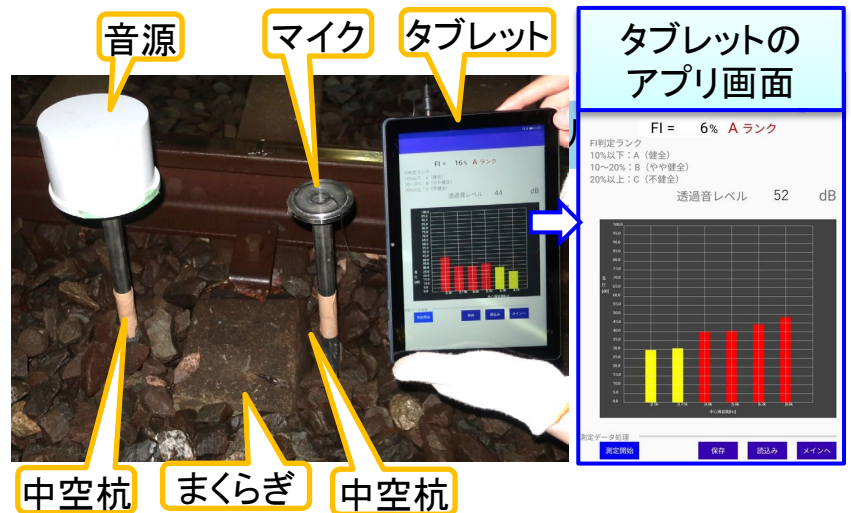
バラストの劣化指数FIと沈下量の関係



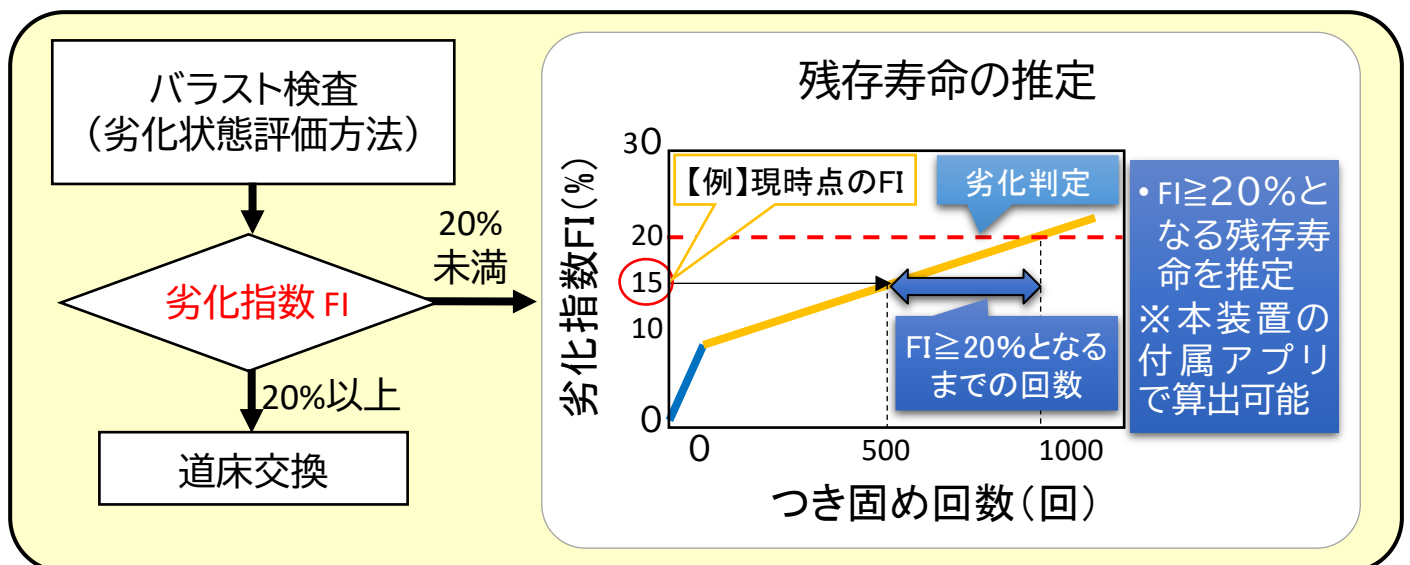
透過音試験装置を用いた バラスト状態の検査手順



透過音試験装置を用いたバラスト状態の検査状況



道床交換判定フロー



全方向レール温度測定法

単一方向測定でのレール温度上昇の見落としを防ぐため、3本のカットレールを使って全方向のレール温度を測定します。GISデータから各地点の線路方向を導出すれば、高温箇所の特特定も可能です。

特願2025-023973

研究の背景と目的

- 1箇所(単一方向)のレール温度測定に基づく管理が一般的ですが、レールは敷設方向によって温度が大きく異なるため、温度上昇箇所の見落としが懸念されます。
- 設置方向を調整した3本のカットレールから、3方向のレール温度を取得。さらに、方向に関する補間を行い、全方向のレール温度を測定する手法を開発しました。
- 本手法により、レール温度および軸力管理の精度向上と効率化を図ります。

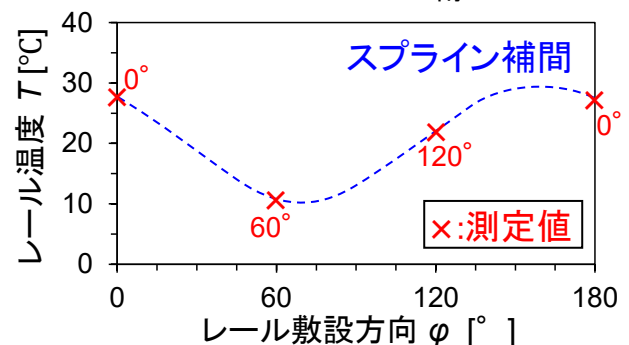
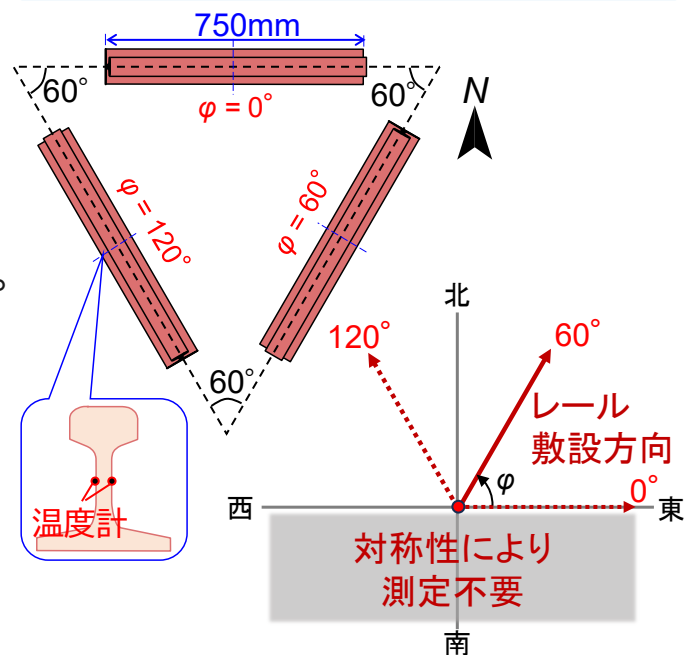
研究成果

- 解析により、本手法の基本原理(右図)および有効性を確認しました。
- 所内試験により、標準仕様を決定しました。
 - ✓ カットレールの長さ: 750mm
 - ✓ 配置: 正三角形
 - ✓ レール底面高さまでバラストを充填
- 試験線にて精度検証試験を実施しました。レール温度の実測値に対する日中(6時~18時)の**測定誤差は**、二乗平均平方根誤差(RMSE)で**約1℃**でした。

今後の展開

- 営業線での検証試験等により、実線路への適用性評価と実用化に向けた検討を進めます。

全方向レール温度測定法の概要

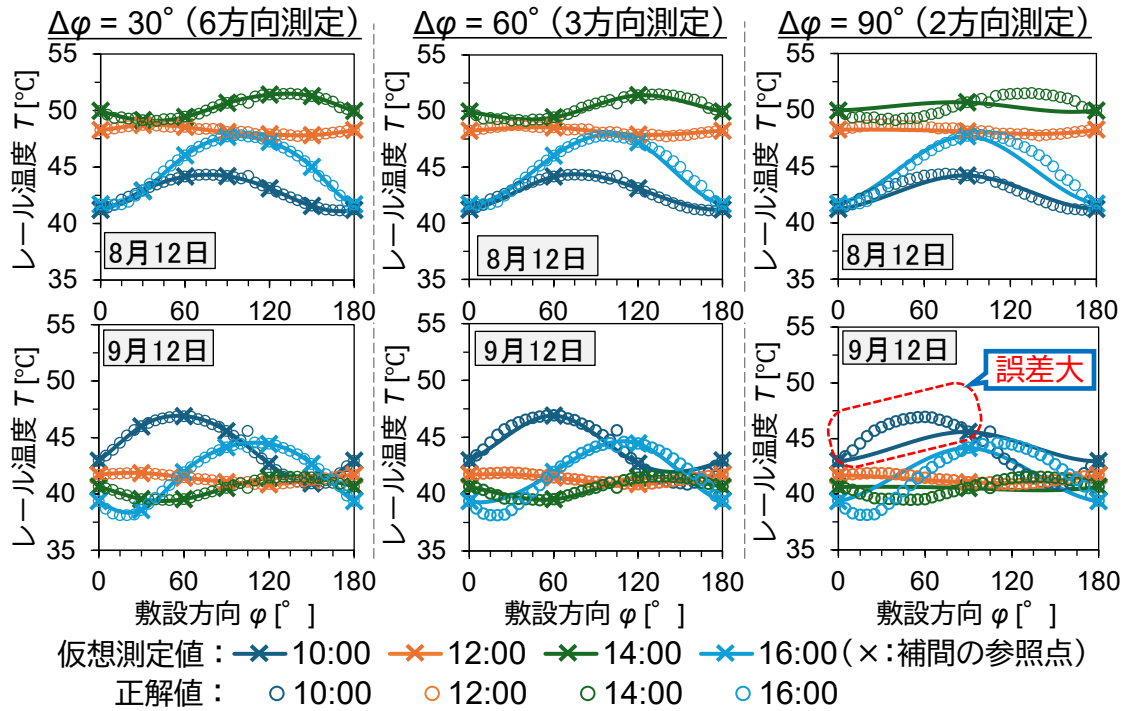


レール温度解析を用いた測定の基本原理・仕様の検討

レール温度 T は、敷設方向 $\phi 180^\circ$ を一周期とする正弦波。

$\Delta\phi > 90^\circ$ とする必要あり。

3方向以上で測定する。



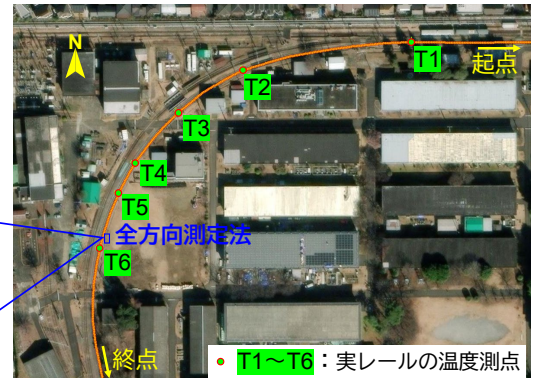
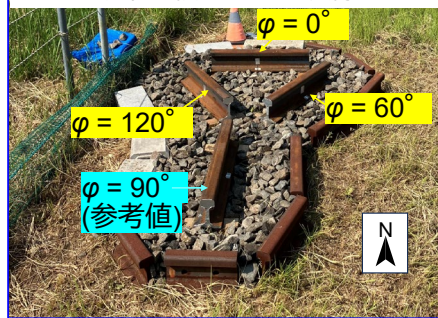
所内試験線での精度検証

試験概要

- 試験日: 2025年
8月23日～9月24日
- 実レールの温度測定
結果と比較

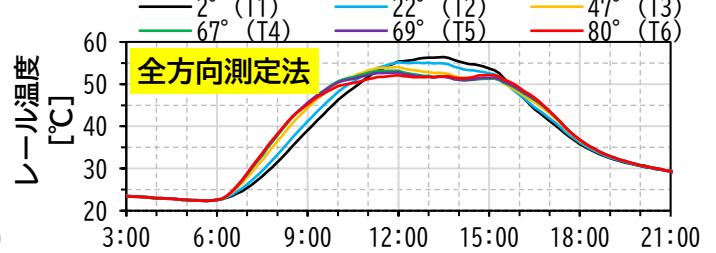
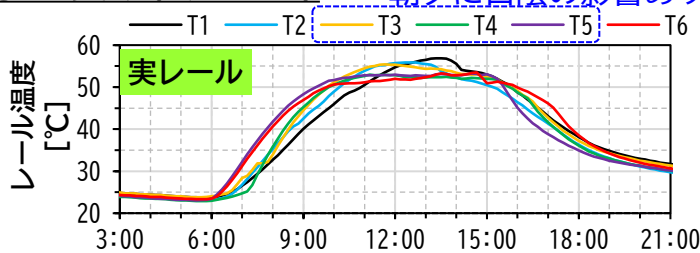
試験結果

カットレール: 長さ750mm, JIS 50kgN
※70mm角材と軌道パッドで支持



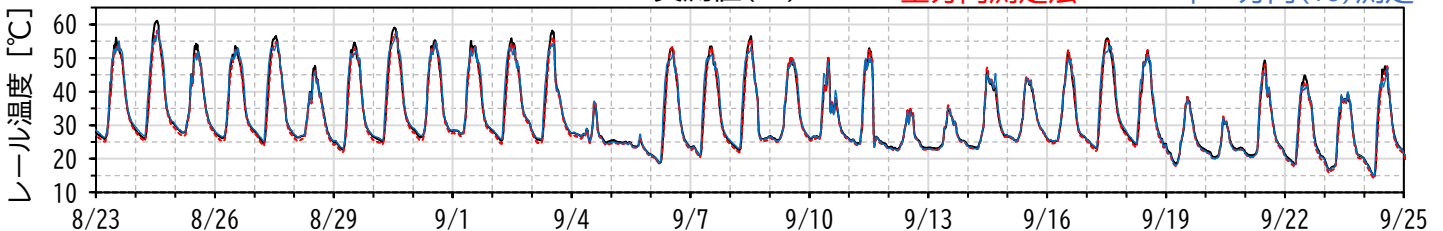
① 日変動(9月17日)

朝夕に日陰の影響あり

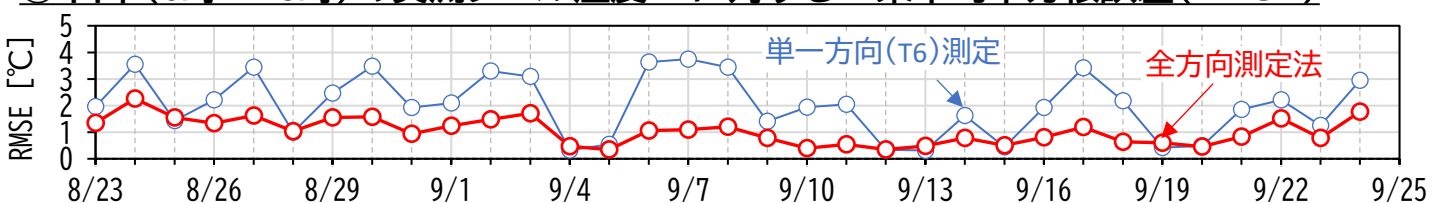


② 測点T2のレール温度比較

—— 実測値(T2) - - - 全方向測定法 —— 単一方向(T6)測定



③ 日中(6時～18時)の実測レール温度T2に対する二乗平均平方根誤差(RMSE)



手持ちノズル式蒸気除草工法

蒸気の熱で雑草を枯死させる方法に着目し、汎用スチーム洗浄機と新たに開発した手持ちノズルを組み合わせた防除効果および施工性に優れた蒸気除草工法を開発しました。

研究の背景と目的

- 鉄道用地の雑草防除では、刈払いが広く行われていますが、刈払いは比較的短期間で雑草が再生し、振動障害防止のために1日の作業時間も制限されていました。そのため、鉄道用地における雑草防除のさらなる効率化が求められていました。

研究成果

- 蒸気噴出部を地表付近まで差し込み、雑草の根元へ側方から蒸気を噴射する手持ちノズルを新たに開発し、手持ちノズルのカバー面積 0.5m^2 あたり5秒間の蒸気噴射で雑草を処理することが可能となりました。
- 現地試験の結果、蒸気除草では施工約3ヶ月後の大型雑草の再生が施工範囲の10%程度に留まり、さらに1年後の残存株数が刈払いと比較して70%減少することを確認しました。
- 施工面積 300m^2 を想定した施工時間を試算した結果、従来の刈払いに比べ、施工速度が44%向上し、必要作業員数も5人から3人の60%に抑えられることを確認しました。

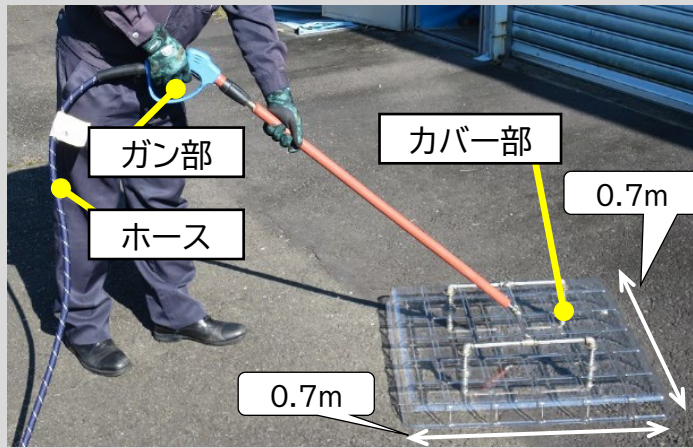
蒸気除草工法の機材構成



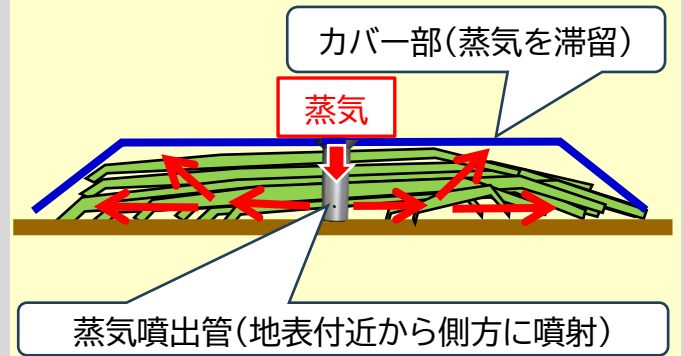
今後の展開

- 本工法に用いる機材は既に製品化を行っています。現在は、軌道内の雑草を対象とした工法の開発を進めています。

新たに開発した手持ちノズルの特徴



カバー部内部の形状



現地試験における刈払いと蒸気除草の再生状況比較

刈払い区画



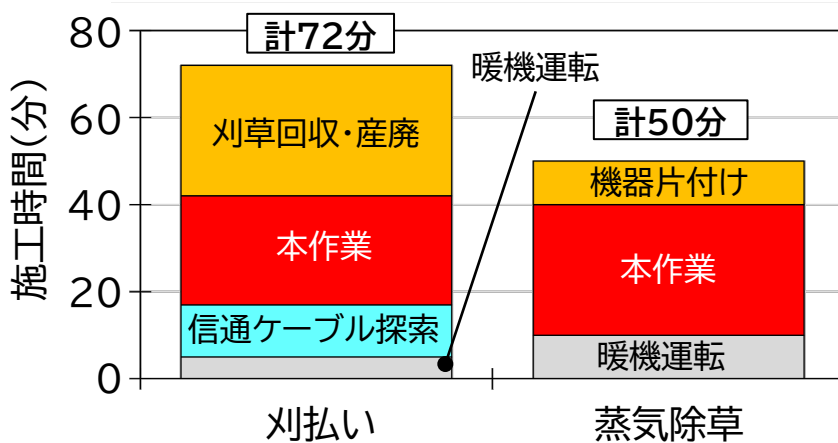
施工範囲の80%程度で再生・開花

蒸気除草区画



再生範囲は10%程度で開花なし

刈払い作業と蒸気除草作業の施工時間試算の比較



【試算条件】

- ・施工面積: 300m²
- ・刈払い: 刈払い機3台、作業員数5人
- ・蒸気除草: ノズル2台(ボイラー1基)、作業員数3人

速度発電機を用いた レール状態監視システム

車両に既設の速度発電機を応用したレール状態監視手法を考案しました。新規センサを用いず最低限のコストで既存車両にレール状態監視機能を後付けでき、走行安全性向上が期待できます。

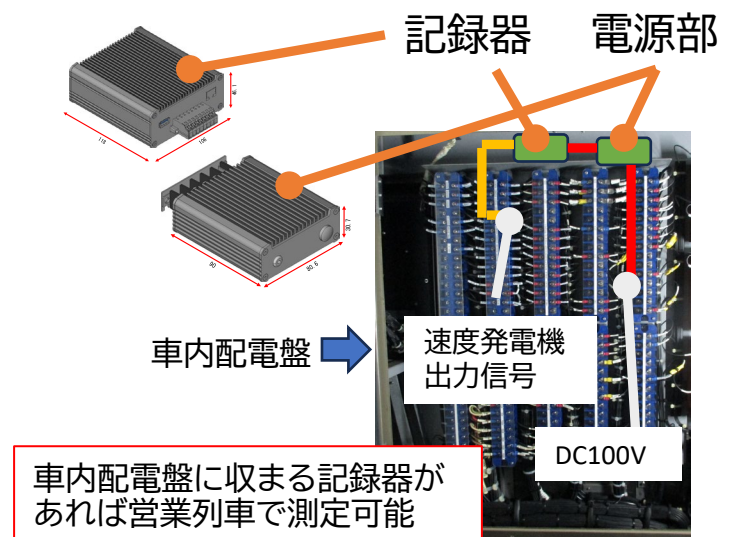
研究の背景と目的

- 既存車両にレール状態監視機能を後付けするための技術開発を目的としています。新規センサを後付けすると車両改造等が必要になるため、実用化にハードルがあります。そこで本研究では車両に既設の速度発電機を応用し、新規センサを用いず最低限のコストで既存車両にレール状態監視機能を付与する原理を提案しました。

研究成果

- 速度発電機出力信号の振幅変動が、台車枠に対する輪軸の左右偏倚より起こることを明らかとしました。すなわち、輪軸が普段と異なる左右偏倚量となるような異常を速度発電機より検出できることを意味します。
- 振幅変動量の比較から軌間拡大を検出できることを確認しました。
- 振幅の脈動に注目することで、輪軸の左右方向の衝撃(例えばレール破断や著大横圧)を検出できることを確認しました。
- 速度発電機出力信号に配線するだけで、その振幅、脈動成分をファイル生成する記録器を開発しました。

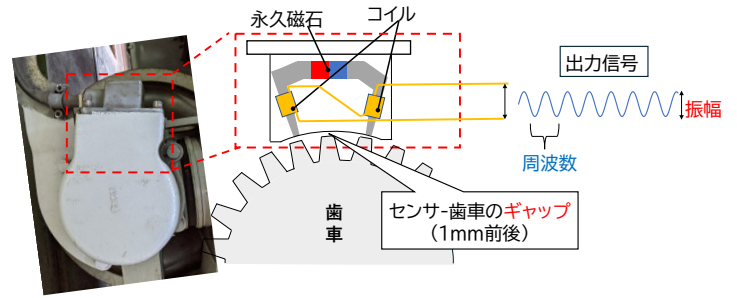
開発中の小型計測器の仮設イメージ



今後の展開

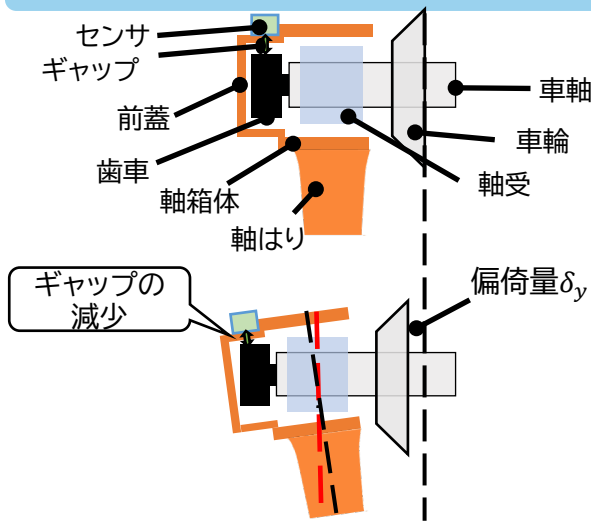
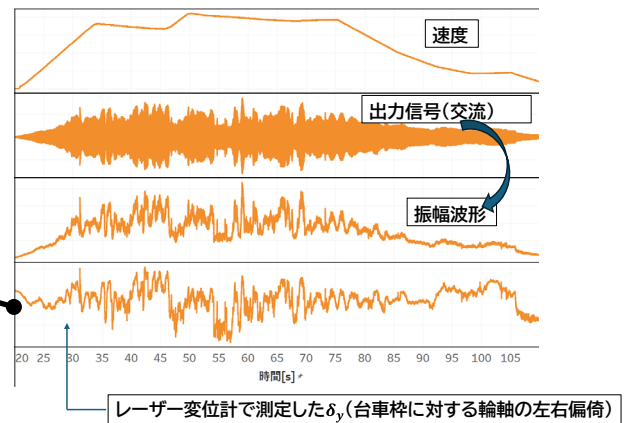
- 開発した記録器を小型化する予定です。これを車内配電盤に収め、速度発電機出力信号と配線するだけで営業列車での線路状態の監視が可能となります。
- どのような軌間変位を検出可能か、シミュレーションを通して調査する予定です。

速度発電機の原理

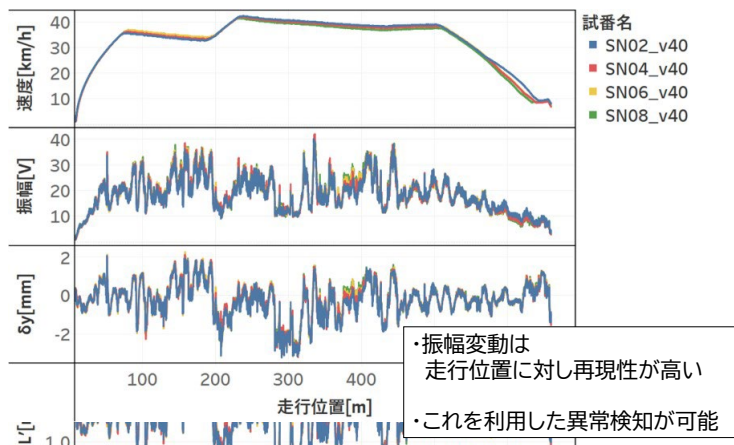


・出力信号の周波数は速度、振幅はギャップの情報を含む

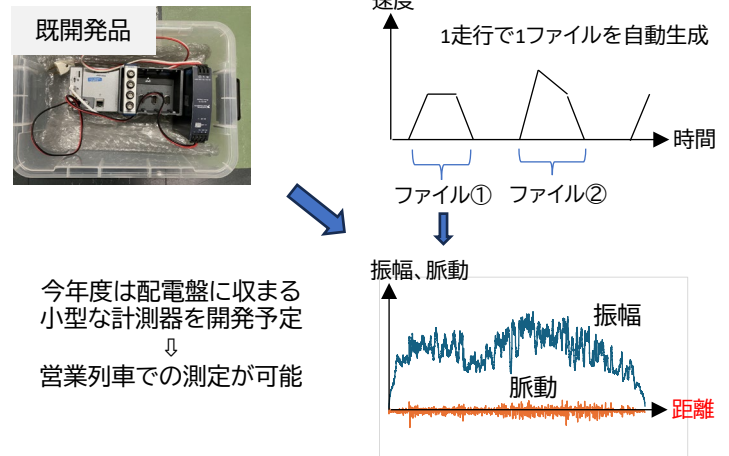
振幅変動の原理

振幅と δ_y の比較

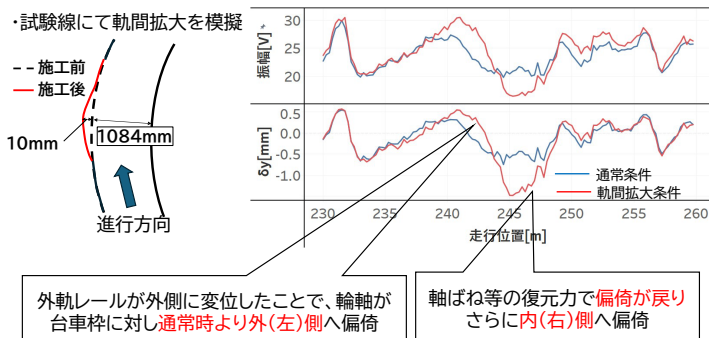
振幅波形の走行位置に対する再現性



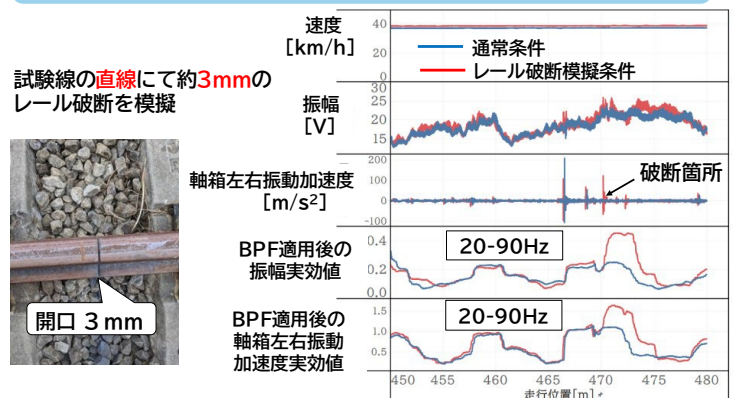
記録器の開発



軌間拡大の検出



レール破断の検出



A-13

ガイド波を用いた レール頭部横裂検知システム

レール探傷車で検知できず、人力での探傷が必要であったレール頭部横裂の検知を代替可能な、ガイド波を用いた非接触の検知システムを開発しました。

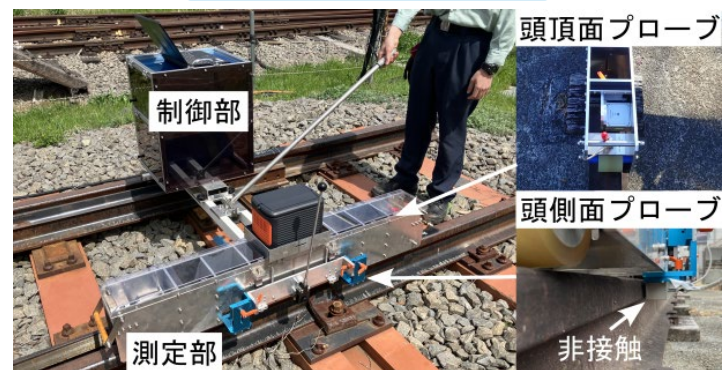
研究の背景と目的

- レール頭部横裂はレール折損に至る危険性が高いき裂であることから、その管理が重要です。一部の鉄道事業者ではレール探傷車を運用していますが、レール軸方向に進展するき裂(水平裂)の下に生じた横裂は検知困難であることから、別途人力による検査(手探傷)が必要です。
- ガイド波を用いることで、レールと非接触で連続的に水平裂下の横裂検知を可能としたレール頭部横裂検知システムの開発に取り組みました。

研究成果

- 可搬性の高い手押し式の検査装置を試作しました。通常の頭部横裂に対応したレール頭頂面の送受信プローブに加えて、1m以上連続して生じた水平裂に対応するため、レール頭側面にも送受信プローブを搭載しました。
- 営業線に発生した深さ20mmの頭部横裂に対して検査を行い、横裂検知が可能であることを確認しました。
- 手探傷で必要な接触媒質の塗布や感度調整といった作業を省略でき、連続的に頭部横裂の検知が可能であることから、検査に要する時間を従来の半分以下に削減できます。

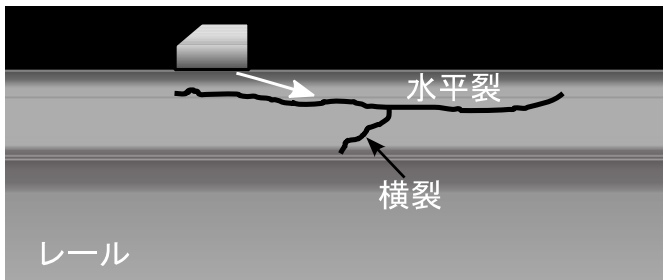
検査装置の外観



今後の展開

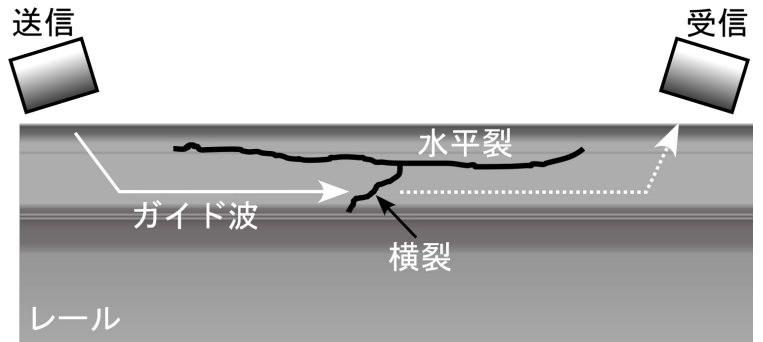
- さらなる検査時間の高速化や横裂深さの検証など、横裂検知性能の高度化に向けて取り組みます。
- 開発した試作装置は製品化を目指し、レールきず管理への導入を図ります。

レール探傷車(現行)



水平裂下の横裂は検知困難

ガイド波による検査のイメージ

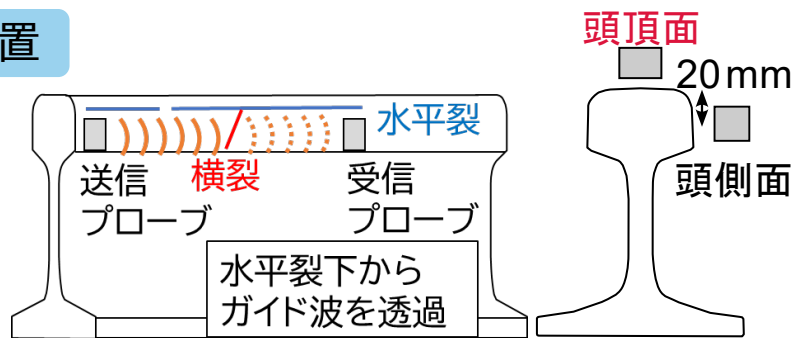


水平裂下を透過するため横裂検知が可能

連続水平裂に対応したプローブ配置

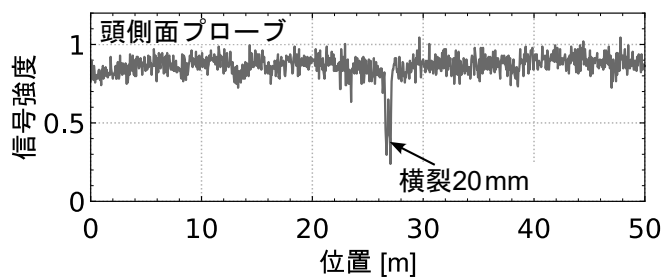
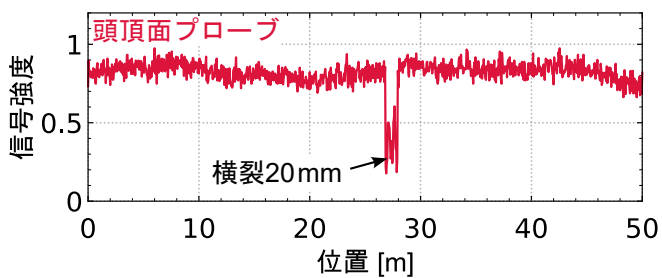


連続水平裂の例



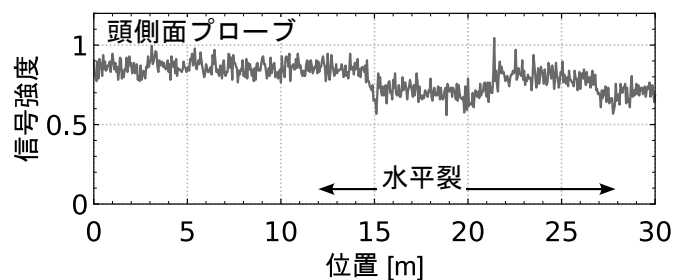
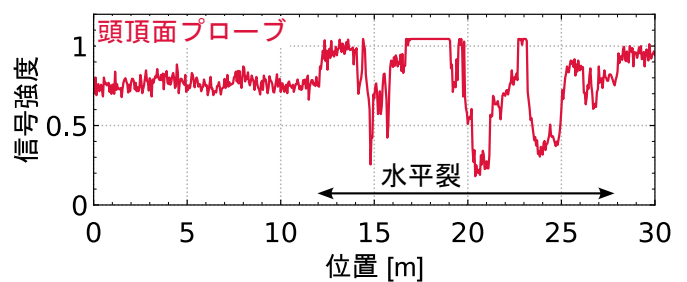
頭側面にプローブを配置

頭部横裂(20mm)の測定結果



横裂検知が可能

連続水平裂(横裂なし)の測定結果



頭側面プローブは水平裂に反応しない

レール溶接の信頼性向上 および脱技能化

レール溶接の信頼性向上を目的として、テルミット溶接部の折損を防止するための工法および検査・補強方法を開発しました。また、仕上げ作業の脱技能化に向けた開発に取り組んでいます。

研究の背景と目的

- レール同士を溶接する「レール溶接技術」は、列車の高速・安定輸送に不可欠なロングレール軌道を構成する基幹技術であり、より高い信頼性が求められています。また、レール溶接の施工の多くは人力に頼っており、生産性向上の観点から施工の自動化や脱技能化も求められています。
- このような背景の下、テルミット溶接部の信頼性向上および仕上げ作業の脱技能化を目的として、種々の研究開発を実施しています。

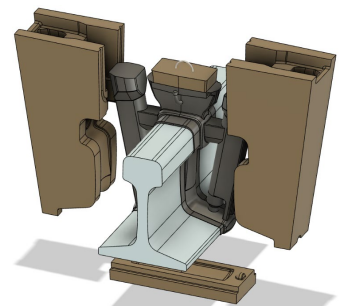
研究成果

- 従来と比較し疲労強度を20%以上向上可能な新たなテルミット溶接工法を開発しました。
- テルミット溶接部の凝固割れを確実に検出できる超音波探傷用補助治具および凝固割れが生じたテルミット溶接部の折損を防止する補強治具を開発しました。
- 溶接部の仕上げ作業を自動化するため、ロボットを活用した仕上げ研削装置の開発を進めています。

テルミット溶接に関する近年の研究開発

信頼性向上

- ・溶接部の疲労強度向上
- ・仕上り検査の精度向上
- ・溶接部の補強による折損防止



脱技能化

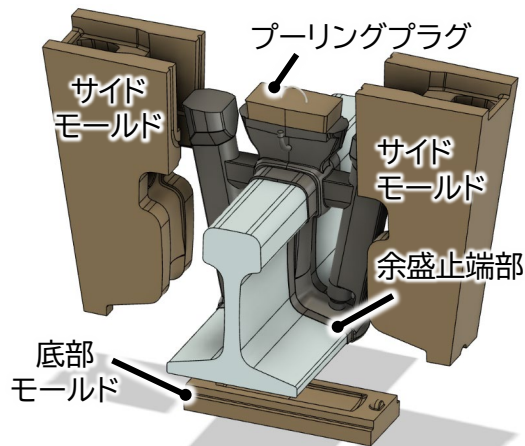
- ・仕上り検査の補助治具
- ・仕上げ作業用自動研削装置

今後の展開

- 検査補助治具/補強治具は商品化を予定しており、施工現場で稀に発生する凝固割れからの折損防止策として提供でき、輸送障害の最小化が期待できます。
- ガス圧接などの他のレール溶接施工の脱技能化・自動化にも取り組みます。

疲労強度を向上させた テルミット溶接法(改良法)

改良法のモールド(3分割)外観



曲げ疲労強度の比較

現行法 200MPa

改良法
(溶接まま) 240MPa

改良法
(止端部の研磨) 260MPa

テルミット溶接部の凝固割れ探傷用補助装置

探傷補助装置の外観



従来方法(手探傷)



前後・首振り走査が必須

提案方法



回転による首振り走査のみ

手探傷と補助装置による検出率

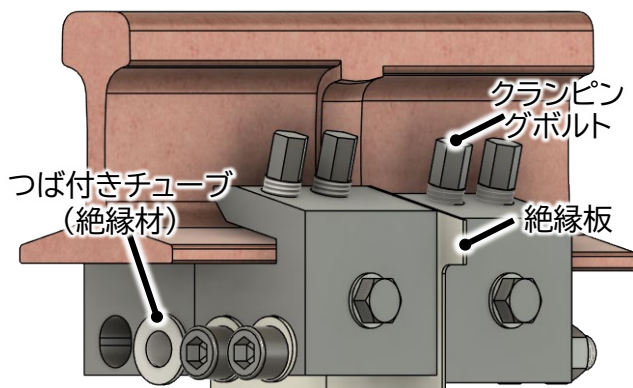
	検出(%)	未検出(%)	誤検出(%)
手探傷	92	4	4
補助装置	100	0	0

※未検出:凝固割れを検出できなかった

※誤検出:疑似エコーを凝固割れとして検出

補強治具と凝固割れに対する補強効果

補強治具の外観



ロボットによる自動仕上げ装置の開発



- ロボットによる研削作業の自動化
- トロなどの軌道用諸車に搭載し、容易に現地へ運搬可能
- ロボットへの簡単な指示のみで施工可能

レール溶接作業の生産性向上に貢献

岩谷産業株式会社、日本レヂボン株式会社との共同研究

No.	①	②
補強治具	20000回 (未破断)	20000回 (未破断)
無補強	6453回 (破断)	1557回 (破断)
試験条件 軸力:742kN相当 応力全振幅:150MPa 载荷回数:20000回		

A-15

新幹線車両由来の副産物を原料に含むジオポリマーまくらぎ

新幹線車両のアルミニウム合金の再生利用で発生する副産物を有効利用したジオポリマーコンクリートを開発しました。PCまくらぎを試作し、JIS規格の性能を満足することを確認しました。

研究の背景と目的

- 新幹線車両に使われるアルミニウム合金のリサイクル・再製品化で生じる副産物「水酸化アルミニウム」は工業用品として再利用が困難であり廃棄されていました。
- この水酸化アルミニウムを有効活用するため、アルミニウムを原料とするジオポリマーに取り入れました。水酸化アルミニウムを配合したジオポリマー製品の実用化を通じて、環境負荷の低減と資源の有効利用に貢献することを目指します。

研究成果

- 通常のセメントコンクリート製まくらぎと同様の製造設備で作製できます。
- ジオポリマーモルタルでの基礎実験により、高炉スラグ(製鉄所の廃材)を併用することで、高強度を実現しました。
- 特殊な化学混和剤を使わずに、高い強度と流動性を有するコンクリート配合を開発しました。
- ジオポリマーコンクリートを使用した試作まくらぎは、JISに定められた曲げ試験等の規格値をすべて満足しました。

ジオポリマーコンクリートを使用した3号PCまくらぎ(在来線直線一般区間用)を試作



今後の展開

- 製造コスト低減方法、環境負荷低減効果の検証および疲労特性、水分浸透性状等の耐久性の検証を進めます。
- 営業線への試験敷設等により長期耐久性を検証し、実用化を目指します。

新幹線車両のリサイクルで発生する水酸化アルミニウム副産物



写真は東京駅一番街「東海道新幹線700系 再生アルミ物語」より引用



水酸化アルミニウム

セメントコンクリート製通常品と
同様の設備、製造方法を適用可能

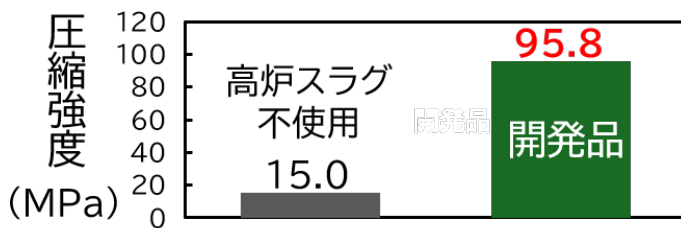


配合により流動性を調整可能

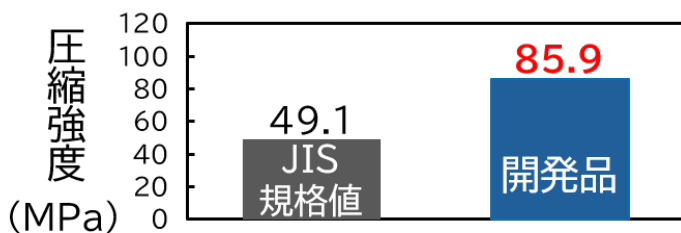


PCまくらぎに適用可能な配合の検討

スランプ:10.5cm



設計基準強度をクリアする圧縮強度



スランプフロー:550×540mm

JIS規格値の曲げ強度、埋込栓引抜強度を満足する性能

