

車両技術に関する最近の研究開発

車両技術研究部長 石毛 真

本日の発表

1. 車両分野の研究開発体制
2. 研究開発の取組み事例
 - ・安全性の向上に関する取組み
 - ・環境との調和に関する取組み
 - ・低コスト化に関する取組み
 - ・利便性の向上に関する取組み
3. 本日の個別発表(車両分野)

車両分野の研究開発体制

車両技術研究部

車両運動

車両振動

車両強度

水素・エネルギー

駆動システム

ブレーキシステム

材料技術研究部

防振材料

潤滑材料

摩擦材料

鉄道力学研究部

車両力学

⋮

計算力学

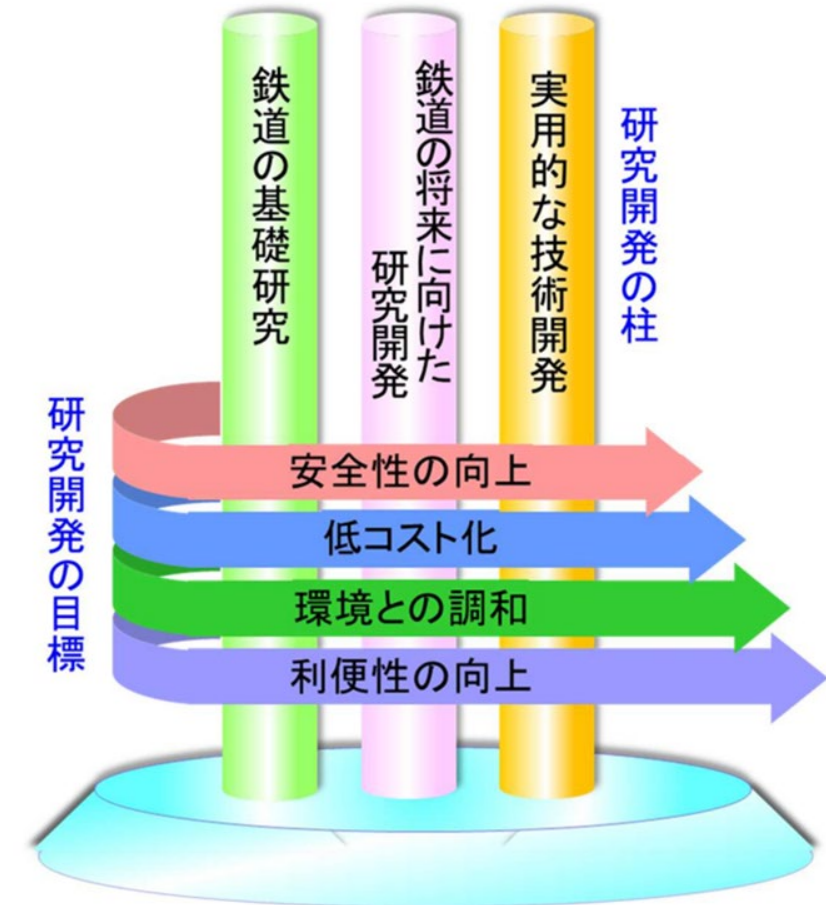
2022.4.1新設 2研究部を統合し効率化

機械系と電機系の研究開発を一体的に実施

本日の発表

1. 車両分野の研究開発体制
2. 研究開発の取組み事例
 - ・ **安全性の向上**に関する取組み
 - ・ **低コスト化**に関する取組み
 - ・ **環境との調和**に関する取組み
 - ・ **利便性の向上**に関する取組み
3. 本日の個別発表(車両分野)

基本計画 -鉄道の未来を創る研究開発- RESEARCH2025



車両分野の研究開発の目標と課題

安全性の向上

走行安全性

安全性評価

乗客の安全性

設備の信頼
性向上

検査診断
精度の向上

環境との調和

省エネルギー

脱炭素化

騒音対策
・評価

低コスト化

保全業務
の効率化

長寿命化
保全性向上

利便性の向上

車内環境の
評価・改善

高速化・
速達化

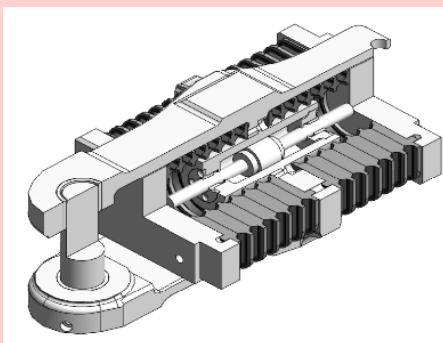
目標

課題

安全性の向上に関する取組み

走行安全性

旅客車用シリコン緩衝器



- ・シリコン減衰要素が前後振動を減衰
- ・エネルギー吸収量向上による列車座屈リスク低減

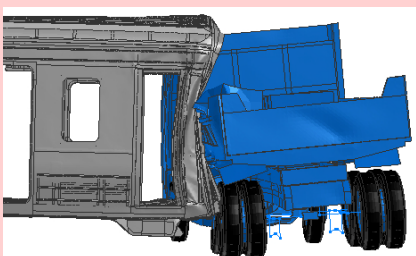
軌道面振動による安全限界評価



- ・地震動を模擬した大変位加振時の1/10模型車両の脱線、転覆挙動調査
- ⇒本日の講演3

安全性評価

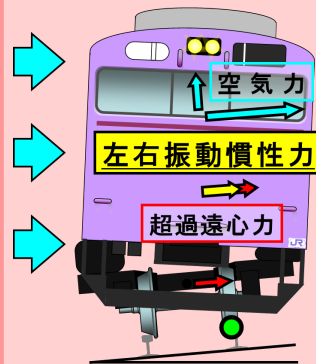
衝突安全性解析



- ・ダンプとの衝突FEモデル構築
- ・実車モデルに拡張した衝突解析

⇒本日の講演2

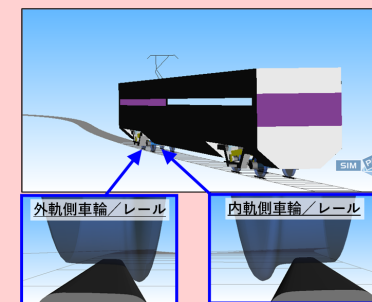
転覆限界風速評価手法



- ・横風に対する車両の安全性評価に用いる車体の左右振動加速度推定

⇒本日の講演4

車輪／レール接線力モデル



- ・雨天走行時を模擬した車輪／レール接線力モデル

⇒本日の講演5

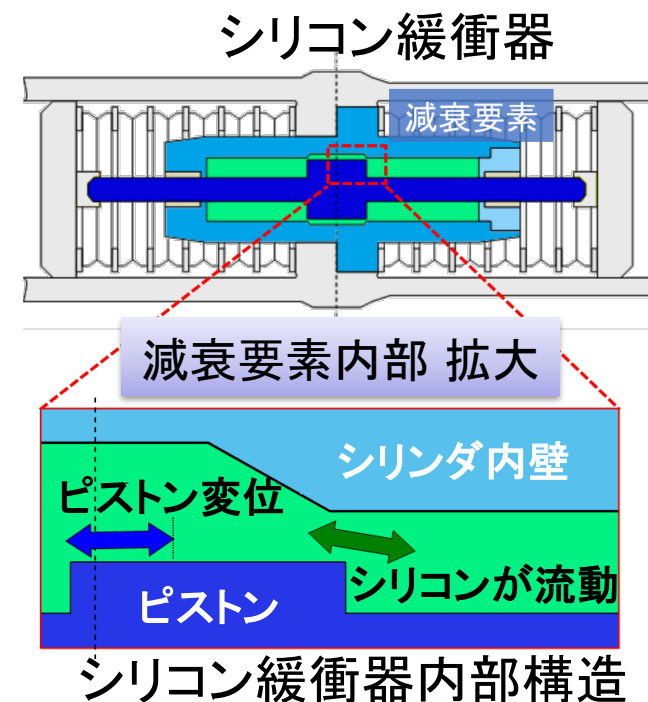
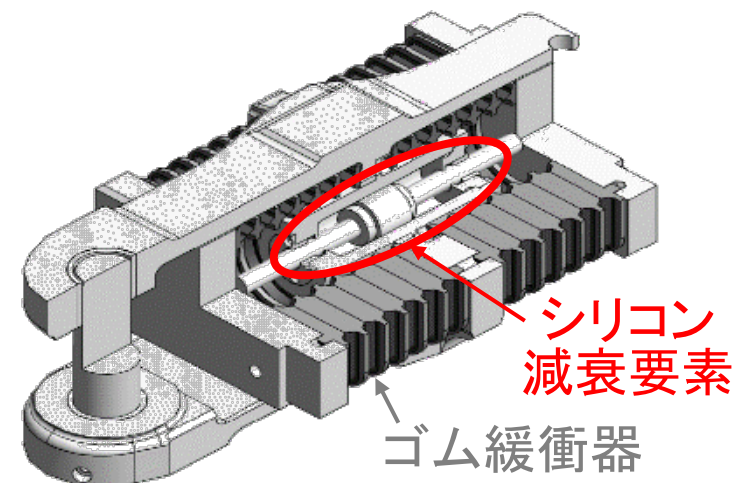
旅客車用シリコン緩衝器

◆ 構造

- ・ゴム緩衝器内部にシリコンの減衰要素を封入
- ・車両間に生じる前後振動に応じて適切な減衰力を発生する
シリンダ形状の最適化をシミュレーションを用いて実施

◆ 特徴

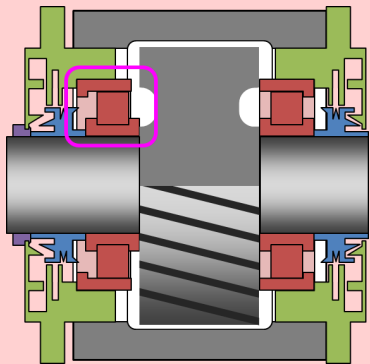
- ・エネルギー吸収量の向上により、
救援時の列車座屈による脱線リスクを低減
- ・空転、滑走により発生する突発的な前後振動を
速やかに減衰し、前後方向の乗り心地を改善



安全性の向上に関する取組み

設備の信頼性向上

つば付き円筒ころ小歯車軸受

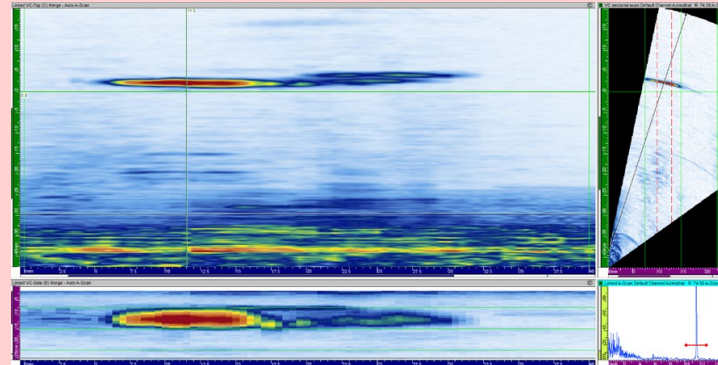


- ・エンドプレイ値が大きくなってもラジアル隙間が変化しない
- ・保守軽減、損傷防止

⇒本日の講演6

検査診断精度の向上

超音波アレイ探傷技術



- ・超音波探傷結果を映像化
- ・溶接内部のきずを容易に検出

寒冷地の床下機器箱内結露



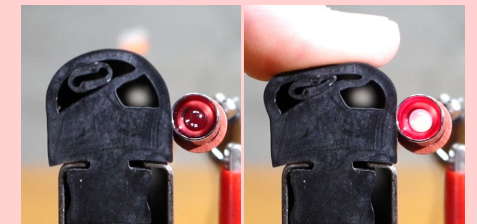
- ・結露発生原因調査
- 水蒸気流入量
- 箱内外気圧差
- 点検蓋接触圧力 ...

乗客の安全性

火災現象



戸ばさみ検知



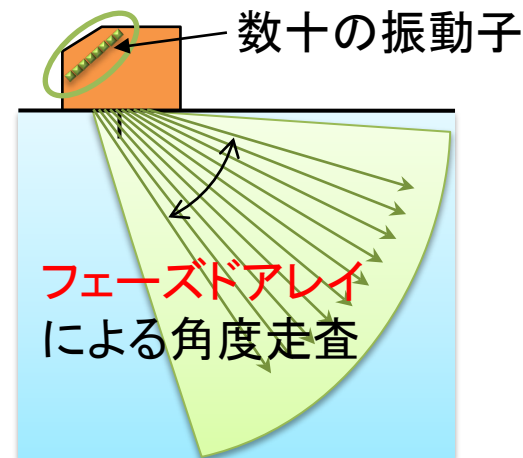
超音波アレイ探傷技術

◆ フェーズドアレイ探傷法

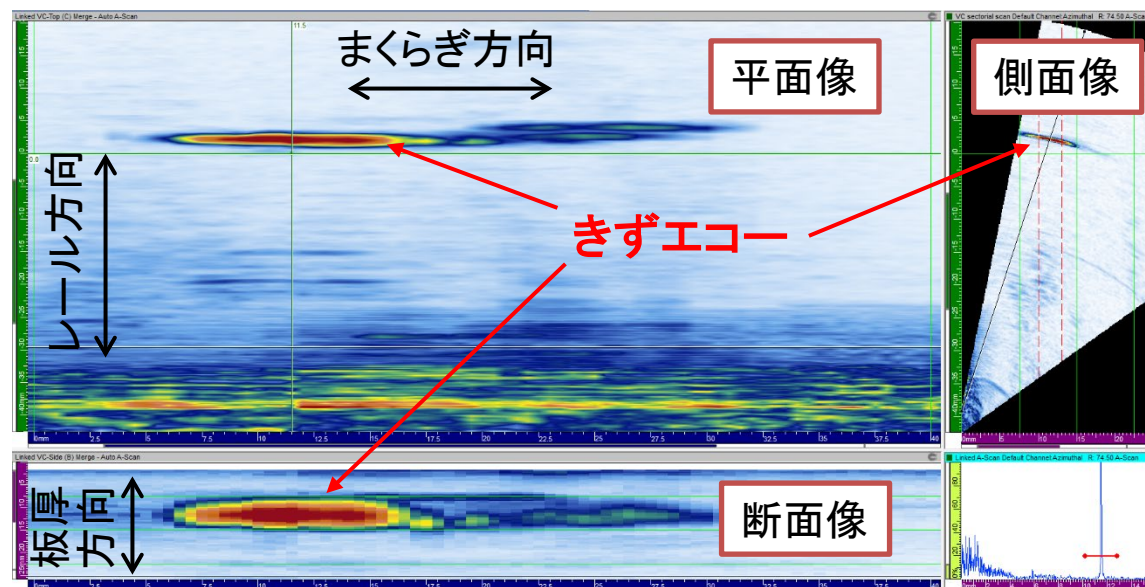
- ・複数の振動子を用い、位相差により角度走査
- ・映像化により内部きずを視覚的に把握
⇒ 熟練技術に頼らない検査が可能

◆ 台車枠への適用

- ・実台車の探傷結果を明瞭に映像化
- ・フェーズドアレイ法の台車枠への有効性を確認
- ・塗膜上からのスクリーニング検査への適用可能性 ⇒ 作業の効率化



フェーズドアレイ探傷法

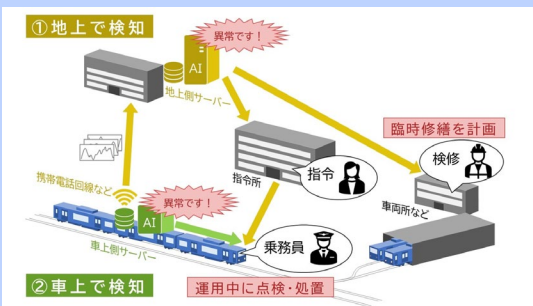


台車枠の探傷結果

低コスト化に関する取組み

保全業務の効率化

車両モニタデータを活用した自動異常検知



- ・ニューラルネットワークによる学習
- ・機器異常を自動的に検知

非解体ディーゼル部品劣化状態評価



- ・定置での機器振動測定
- ・その場分析

長寿命化・安全性向上

画像処理による車両床下の外観検査



- ・床下機器をカメラで撮影
- ・画像処理で異常検出

バッテリー劣化評価手法

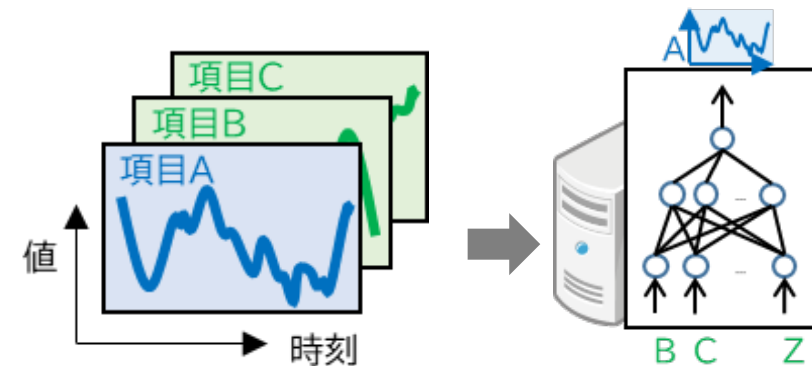


- ・リチウムイオン電池の劣化評価
- ・実使用環境の温度変動模擬による検証

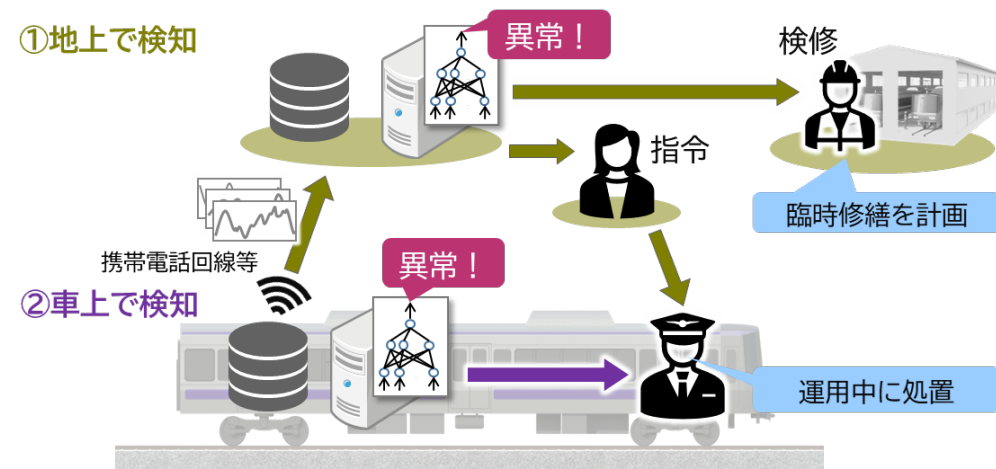
車両モニタデータを活用した自動異常検知

◆ 概要

- ・正常時の車両モニタデータをニューラルネットワークを用いて自動的に学習
- ・正常時の挙動と実測値の比較により異常検知
⇒人によるデータ詳細分析不要
- ・機器の異常を事前または発生直後に把握可能
- ・データ取得のためのセンサ等の追加工事不要
- ・対象：空調装置、エンジン冷却系など



車両モニタデータの学習

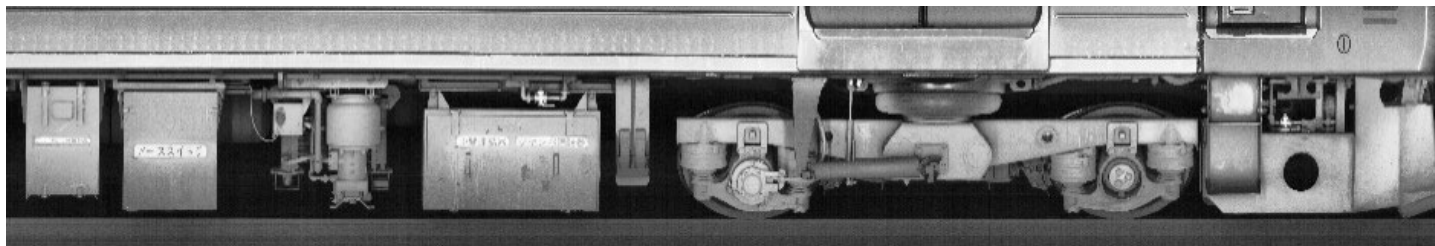


自動異常検知の活用イメージ

画像処理による車両床下の外観検査

◆ 車両床下撮影装置

- ・走行する車両の床下機器を地上設置カメラで撮影
- ・通過速度に依存しない**高精細な連続画像取得**

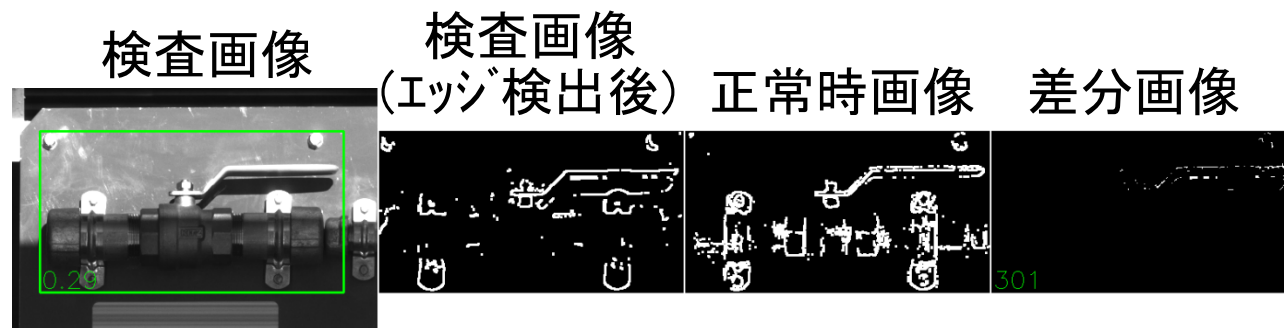


撮影画像の例



通過車両撮影中の撮影装置

- ・正常時との差分を計算し異常を検知
⇒室内での画像の**目視検査への適用**
自動化による省人化
検査品質の均一化



画像による診断例(エアコック開閉状態)

省エネルギー

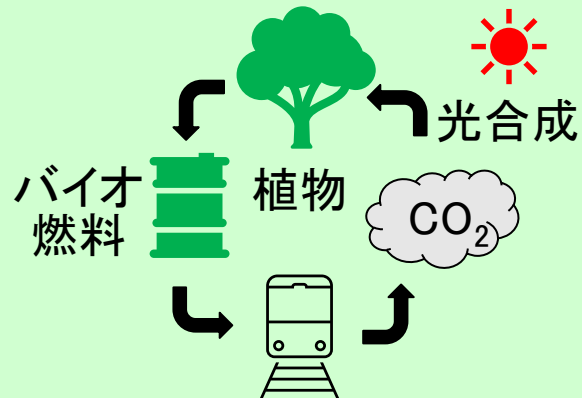
運転支援システム



- ・運転曲線予測に基づく推奨運転方法を運転士に提示
- ・定時性、省エネ性を向上

脱炭素化

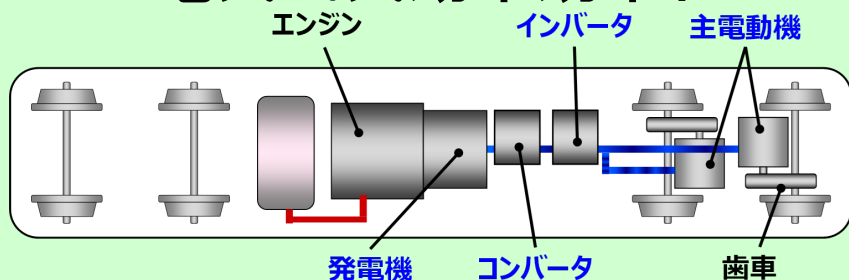
バイオ燃料



- ・次世代バイオディーゼル燃料の鉄道車両への影響確認

⇒本日の講演7

電気式気動車効率化



- ・エンジン動作点改良と永久磁石同期機使用による省エネ性能向上

燃料電池車両



- ・水素エネルギー活用

騒音対策・評価

歯車騒音低減

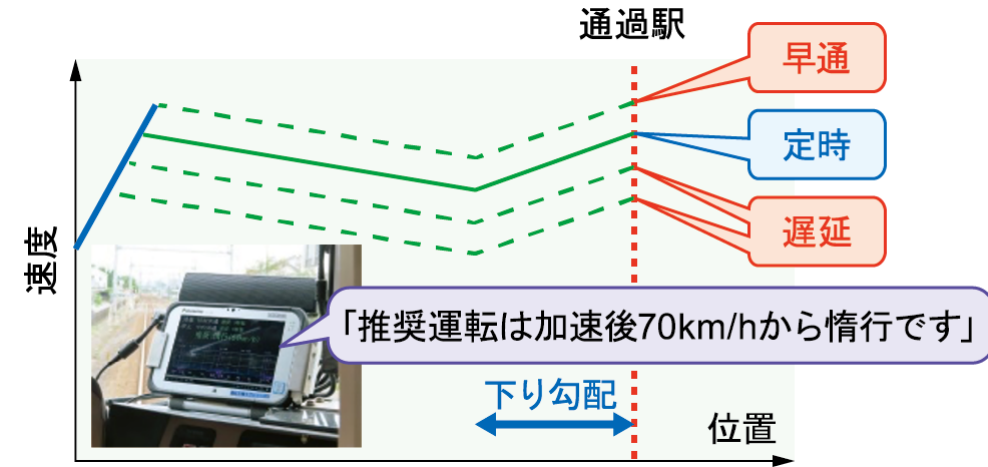


- ・高強度球状黒鉛鋳鉄使用による騒音抑制

運転曲線予測を活用した運転支援システム

◆ 概要

- ・GPSによる列車位置・速度と、駅や勾配などの線路データベースを用い、リアルタイムに速度の推移(運転曲線)を予測
- ・複数の運転曲線の予測の中から、**定時性および省エネ性に優れた運転曲線**を実現する運転方法を推奨運転として提示
- ・推奨される運転方法をタブレット端末の画面に表示するとともに、適宜音声でアナウンス
- ・**不必要な加減速の回避**や、**損失の少ない運転**をすることで省エネとなることが期待される



運転曲線予測の概念図

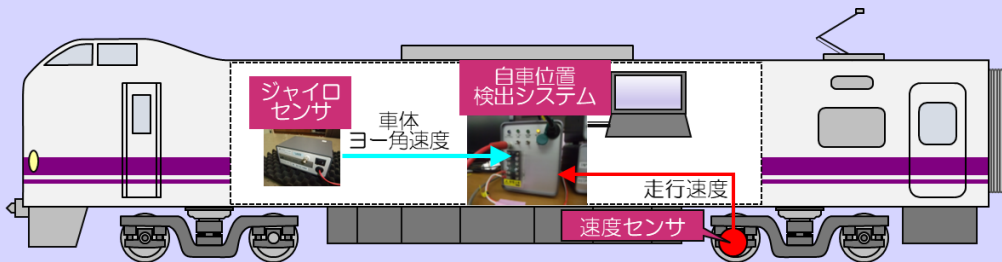


運転支援システム

利便性の向上に関する取組み

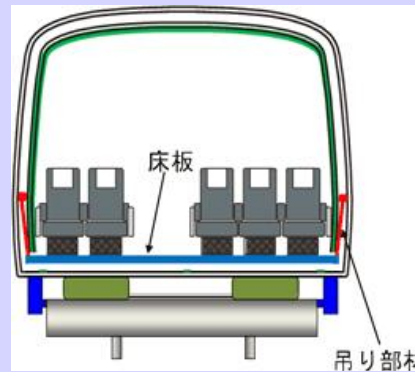
車内環境の評価・改善

車上型自転車位置検出システム



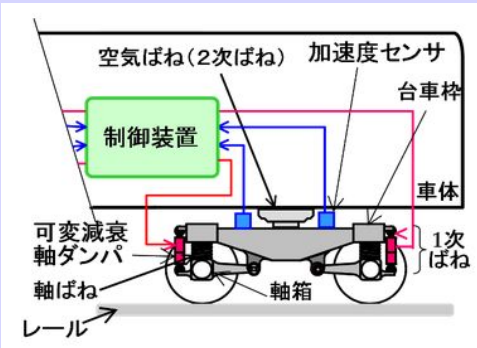
- ・線路曲率データにより走行位置を高精度に検出

車内騒音低減対策



- ・床板を側構体から吊り下げ
- ・床板からの放射音を低減し車内騒音を低減

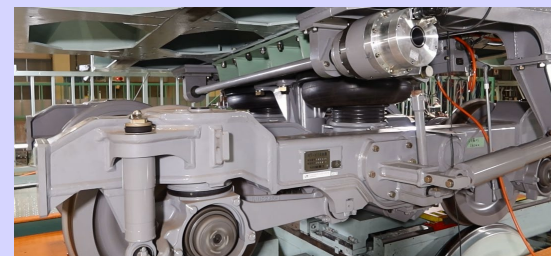
上下制振制御システム



- ・軸ばね、まくらばねと並列に可変減衰ダンパを使用
- ・車体弾性振動、車体上下動を低減し、乗り心地を改良

高速化・速達化

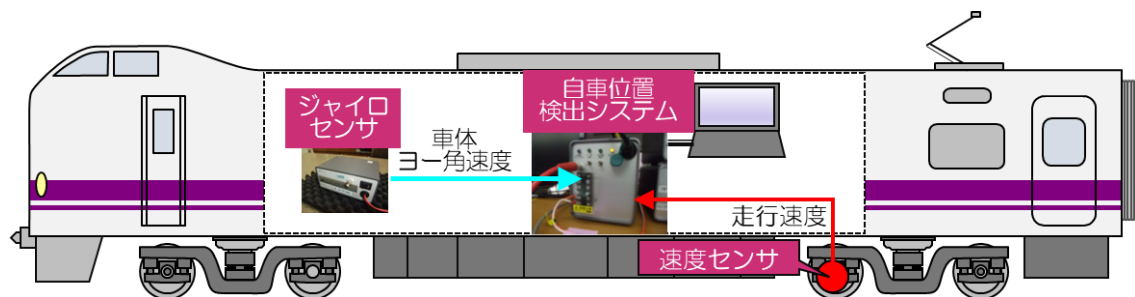
アクティブトーションバー式車体傾斜台車



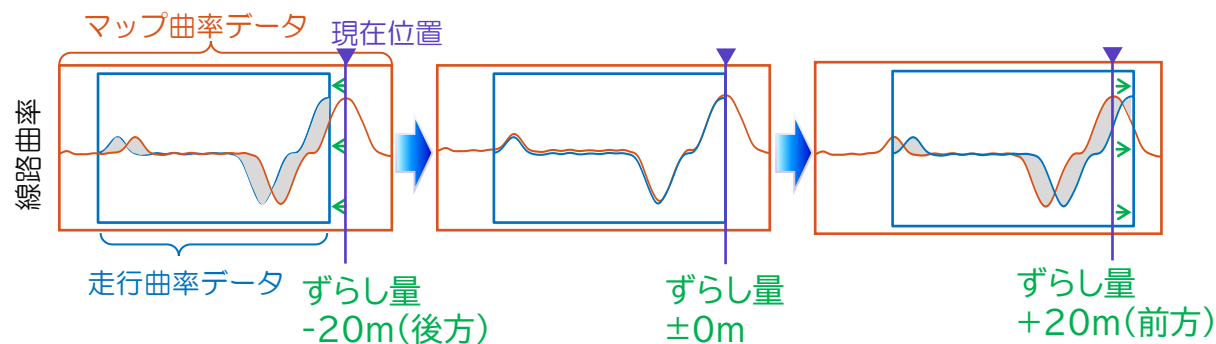
- ・振り子式を超える車体傾斜制御性能
- ・シンプルな台車構造

車上型自転車位置検出システム

- ・車体傾斜制御に必要な自転車位置検出システム
 - ・車載のジャイロセンサ、速度センサの信号から求まる線路曲率を、
予め搭載した曲率データと照合して**自転車位置を高精度に検出**
 - ・**車両側のセンサ情報のみ**を使用
 - ・地上側設備(ATS地上子)に依存しない
- ⇒高精度な車体傾斜制御への適用により、曲線通過時の乗り心地向上



自転車位置検出システム構成



線路曲率データの照合イメージ

本日の発表

1. 車両分野の研究開発体制
2. 研究開発の取組み事例
 - ・安全性の向上に関する取組み
 - ・環境との調和に関する取組み
 - ・低コスト化に関する取組み
 - ・利便性の向上に関する取組み
3. 本日の個別発表(車両分野)

本日の個別発表(車両分野)

- 2 鉄道車体構体とダンプトラックの実車を用いた衝突試験とFE解析 **安全性評価**
- 3 軌道面振動を受ける1/10模型車両の加振試験による安全限界評価 **走行安全性**
- 4 横風に対する車両の安全性評価に用いる
車体左右振動加速度の推定法 **安全性評価**
- 5 雨天時を想定した車両運動解析のための
実用的な車輪／レール接線力モデル **安全性評価**
- 6 歯車装置の小歯車軸受へのつば付き円筒ころ軸受の適用 **設備の信頼性向上**
- 7 バイオ燃料を用いたディーゼルエンジンの台上試験による性能評価 **脱炭素化**

参考文献

- ・石毛真:車両技術に関する研究開発の動向, 鉄道総研報告, Vol.36, No.10, pp.1-4, 2022
- ・鉄道総合技術研究所 主要な研究開発成果:前後乗り心地と救援運転時の安全性を向上する旅客車用シリコン緩衝器
<https://www.rtri.or.jp/rd/seika/2022/1-08.html>
- ・牧野一成:フェーズドアレイ超音波探傷法の台車部品への適用, 鉄道総研報告, Vol.37, No.6, pp.7-14, 2023
- ・鉄道総合技術研究所 主要な研究開発成果:運転曲線予測を活用した通過主体列車に対する運転支援システム
<https://www.rtri.or.jp/rd/seika/2022/3-23.html>
- ・小島崇、宮原宏平、風戸昭人、鵜飼正人:画像による地上からの車両床下状態確認手法, 鉄道総研報告, Vol.37, No.9, pp.9-15, 2023