

磁気浮上・電磁気と超電導き電の 最新の研究開発

浮上式鉄道技術研究部長
富田 優

1. 浮上式鉄道に関する研究開発
2. 超電導き電の研究開発
3. 成果の活用

1. 浮上式鉄道に関する研究開発
2. 超電導き電の研究開発
3. 成果の活用

浮上式鉄道技術研究部の研究開発

Railway Technical Research Institute

浮上式鉄道技術研究部

磁気浮上研究室

- ・地上コイル関連技術
→地上コイル状態監視手法
- ・状態監視技術
- ・非接触給電
- ・浮上式の車両運動

電磁気研究室

- ・リニアモータ技術
→レールブレーキ
- ・磁気シールド解析
→鉄道車両の磁界評価、
地上電力設備の磁界評価

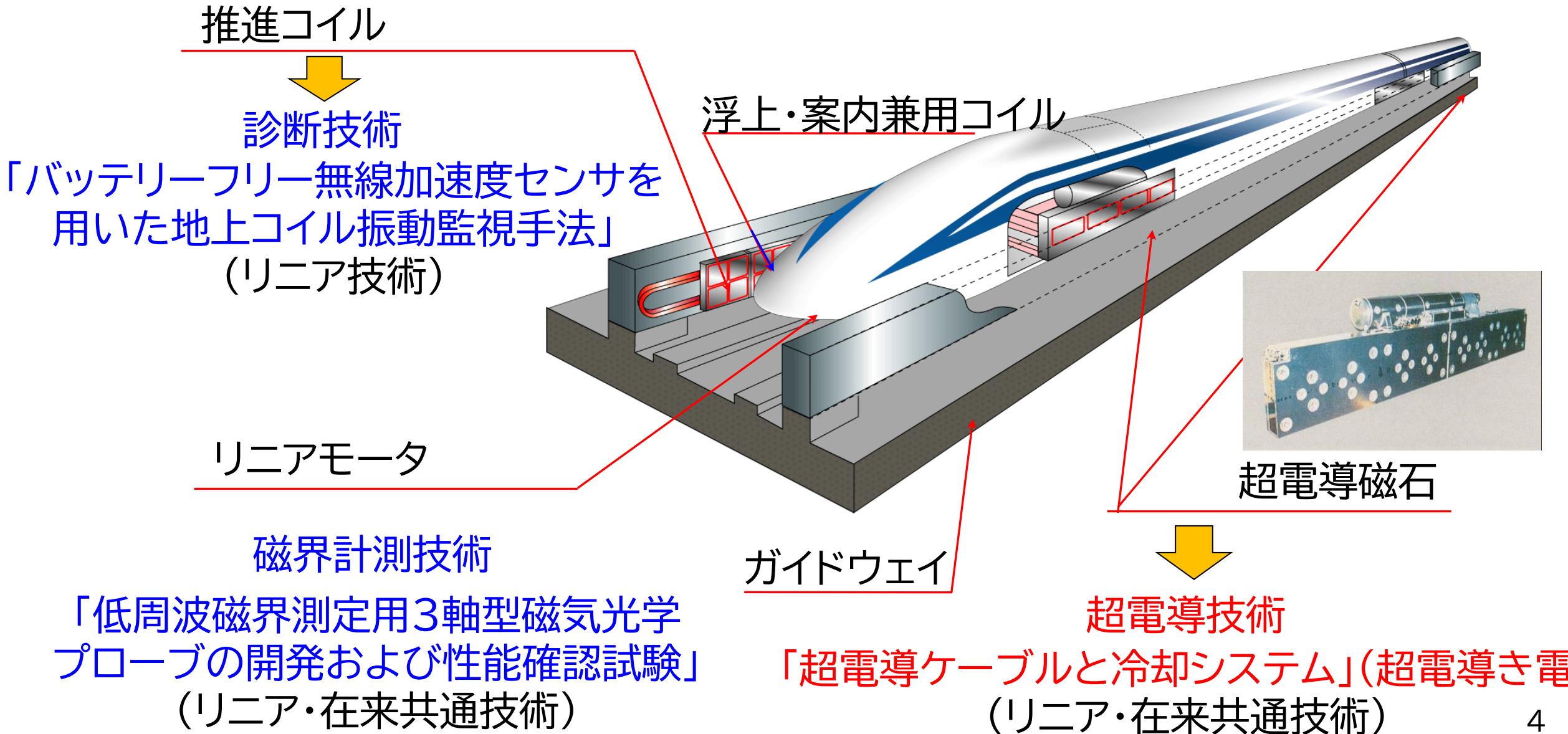
超電導・低温研究室

- ・送電・電力貯蔵技術
→超電導ケーブル
→磁気エネルギー貯蔵、
電力変換
- ・磁場発生技術
→高温超電導磁石
- ・冷却技術
- ・高温超電導材料

- ・浮上式鉄道に関する基盤技術の研究
- ・リニア鉄道と在来式鉄道の共通技術
- ・超電導技術の基礎から応用まで的一体的研究

超電導リニアの基本構成

Railway Technical Research Institute

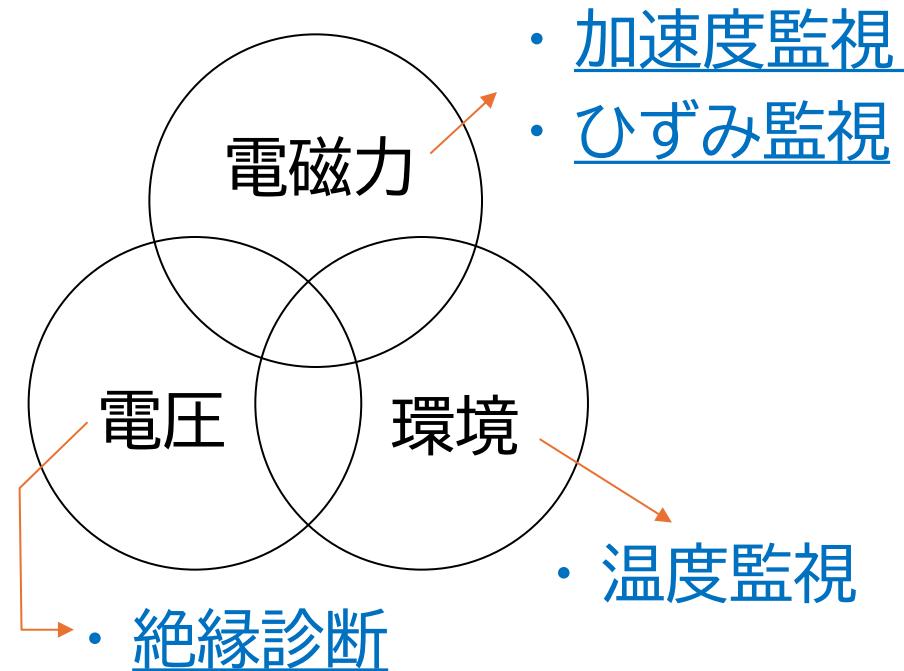
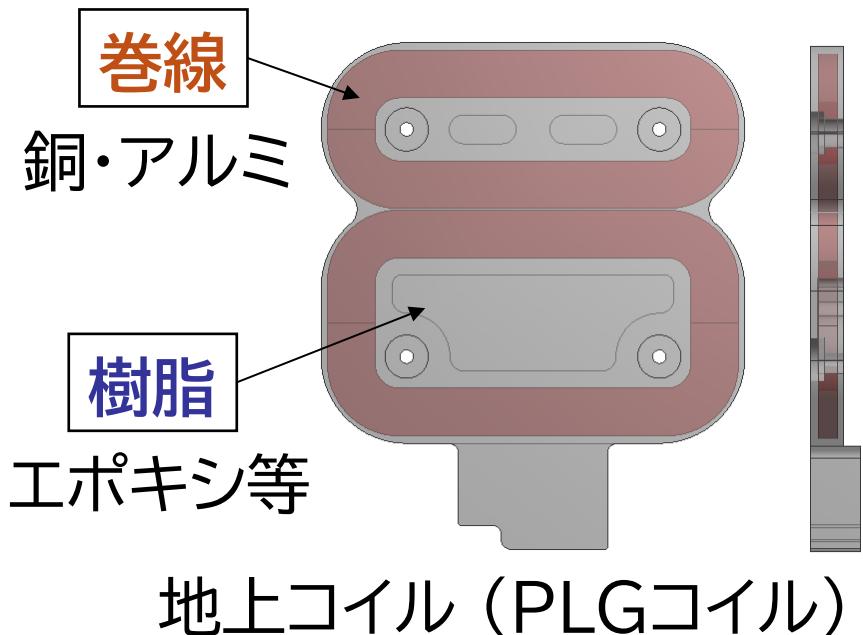


バッテリーフリー無線加速度センサを用いた地上コイル振動監視手法

Railway Technical Research Institute

背景

浮上式鉄道用地上コイルは、列車通過時に電磁力によって振動するため、現場で適用可能な簡易な振動監視手法が必要



課題

現場での効率的な振動監視には、配線や外部電源が不要で、かつ、複数センサのデータ収集が可能なセンサの実現

バッテリーフリー無線加速度センサを用いた地上コイル振動監視手法

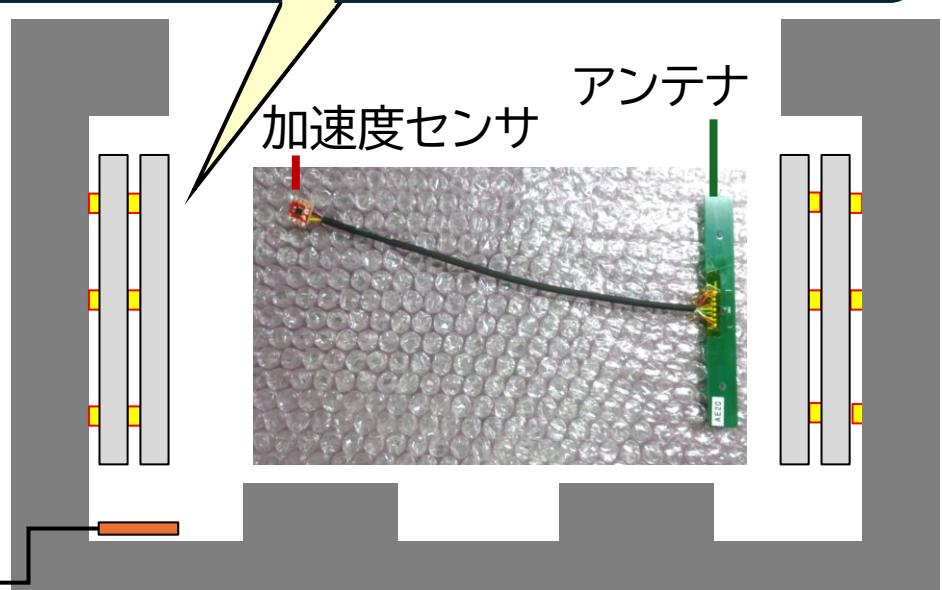
Railway Technical Research Institute

提案

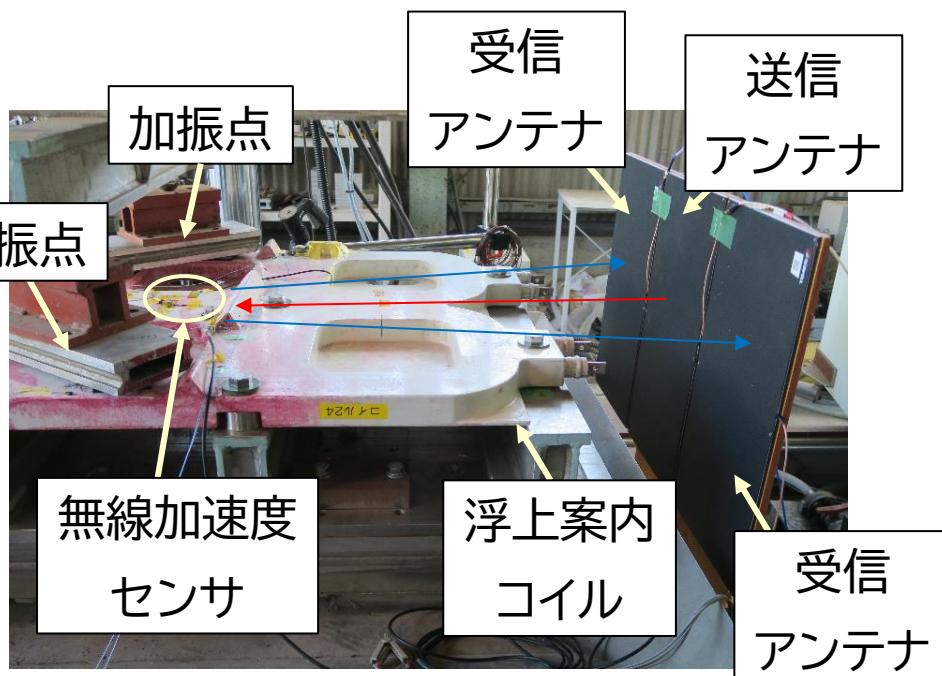
バッテリーフリー無線加速度センサ※を用いた地上コイル振動監視の提案

※電波をあてると電力が供給され、電波の反射でセンサデータが送られる

バッテリーフリー無線加速度センサを地上コイルに仮設



振動試験



機械加振装置による地上コイルの振動測定

低周波磁界測定用3軸型磁気光学プローブの開発および性能確認試験

Railway Technical Research Institute

背景

- ・超電導リニア以外の在来鉄道においても、列車走行時に磁界が発生し、周囲に影響がないことを確認しなければならない
- ・磁界には規制・規格が定められており、計測においても規定に準じる必要がある

課題

- ・鉄道環境の磁界測定には、複雑な低周波磁界が生じていることから、周波数帯域や強度に応じて複数種のセンサが必要
- ・現状では磁界測定にはプローブの使い分けが必要であるが、作業効率をあげるために、簡易な測定方法が求められている



低周波磁界測定用3軸型磁気光学プローブの開発および性能確認試験

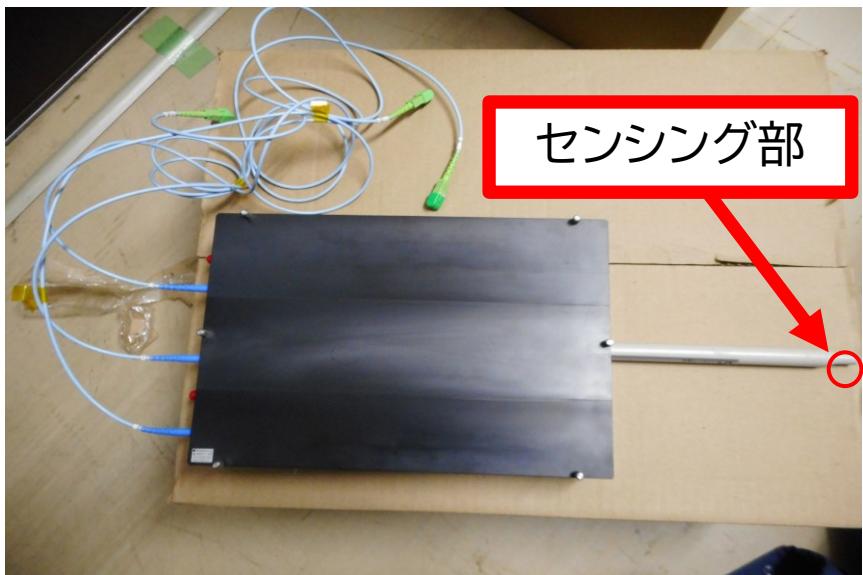
Railway Technical Research Institute

開発

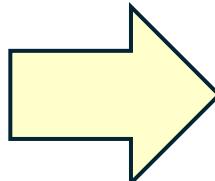
磁気光学効果※を利用し、国内外の規格が定める測定周波数帯等を1台でカバーできる3軸型測定プローブの開発

※光を当てると偏光面が磁界により回転する性質を利用して磁界を検出する

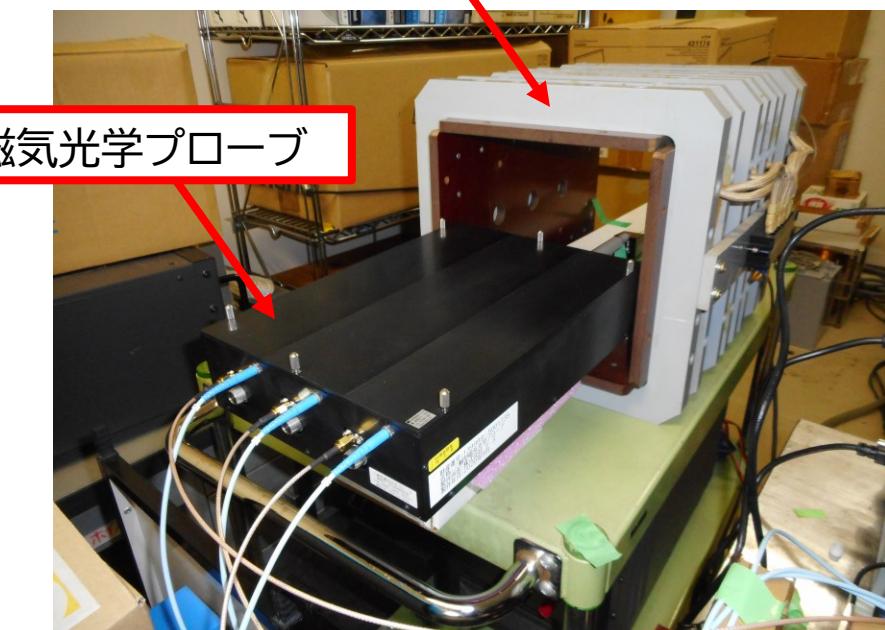
開発した3軸型磁気光学プローブ



性能確認試験



磁界発生用メリットコイル

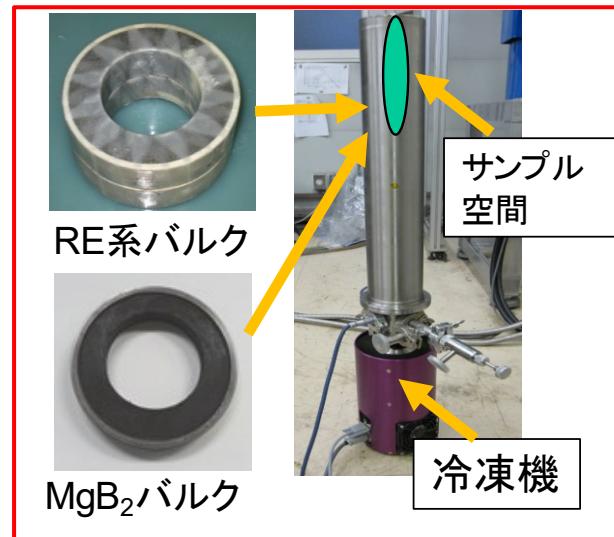
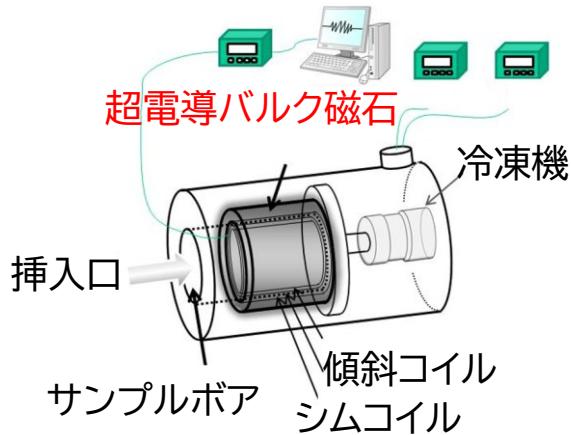


1. 浮上式鉄道に関する研究開発
2. 超電導き電の研究開発
3. 成果の活用

鉄道総研の超電導応用研究

Railway Technical Research Institute

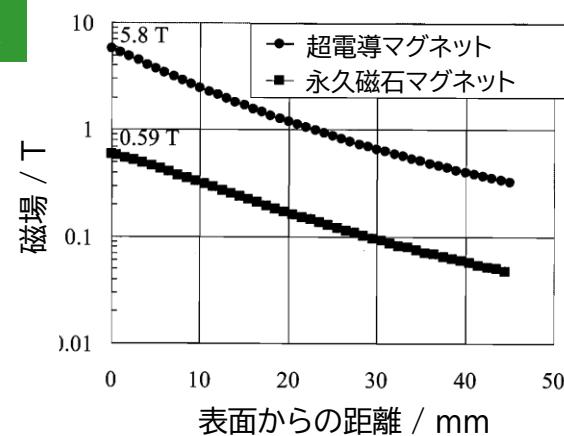
材料分析用小型NMR/MRI



超電導磁気エネルギー貯蔵(SMES)



ドラッグデリバリーシステム



5T以上の発生磁場を確認

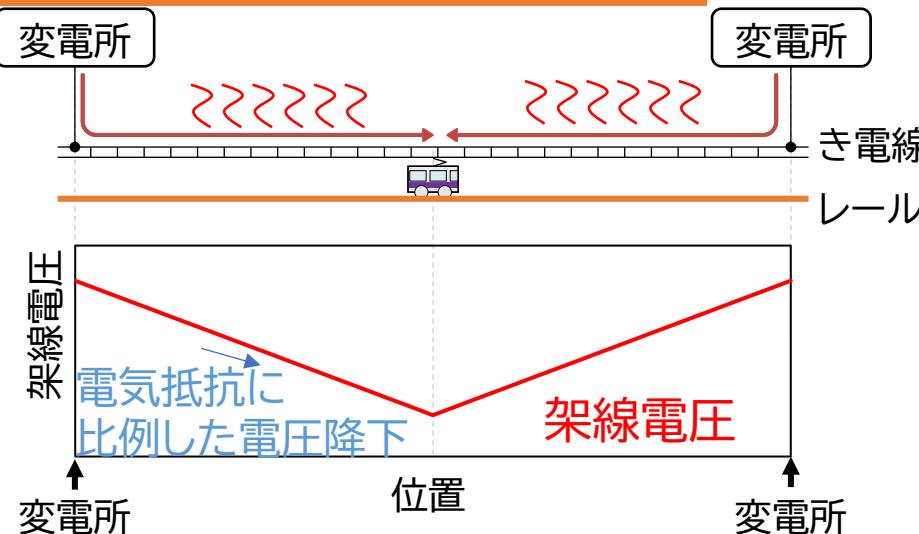
超電導ケーブル



超電導き電の提案

Railway Technical Research Institute

直流き電方式の電気の流れ



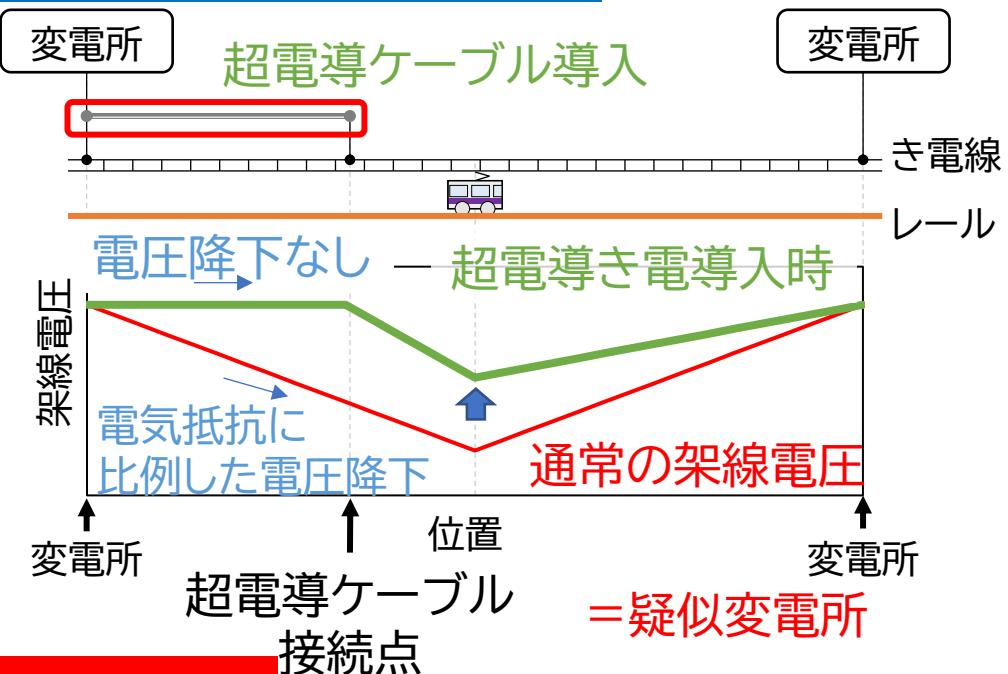
課題

- ・車両電圧の低下による運行の乱れ
- ・送電損失、回生失効によるエネルギーロス

電気抵抗に起因

→ 超電導送電により解決

超電導ケーブル導入時



導入効果

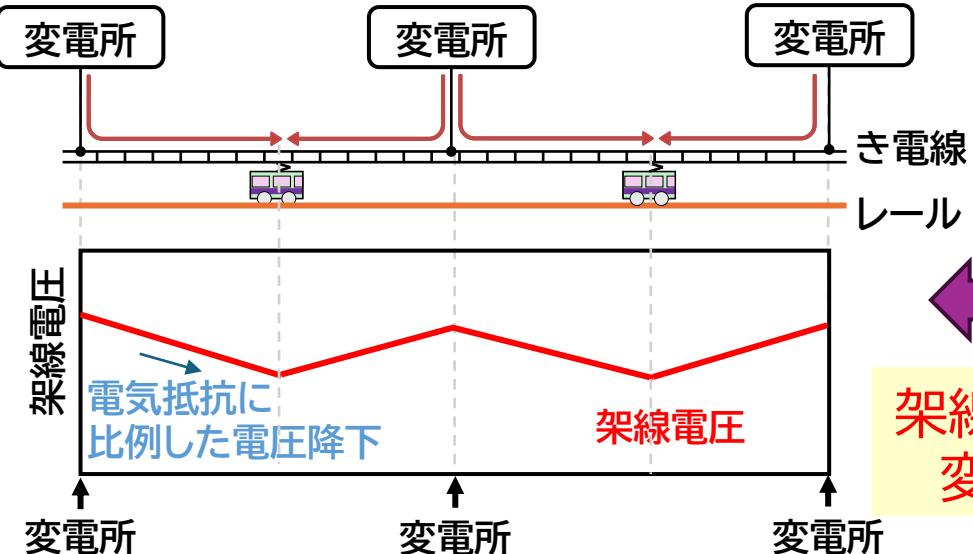
- ・き電電圧安定化による安定輸送への寄与
- ・回生効率の向上、送電損失の低減

在来鉄道を対象とした超電導送電

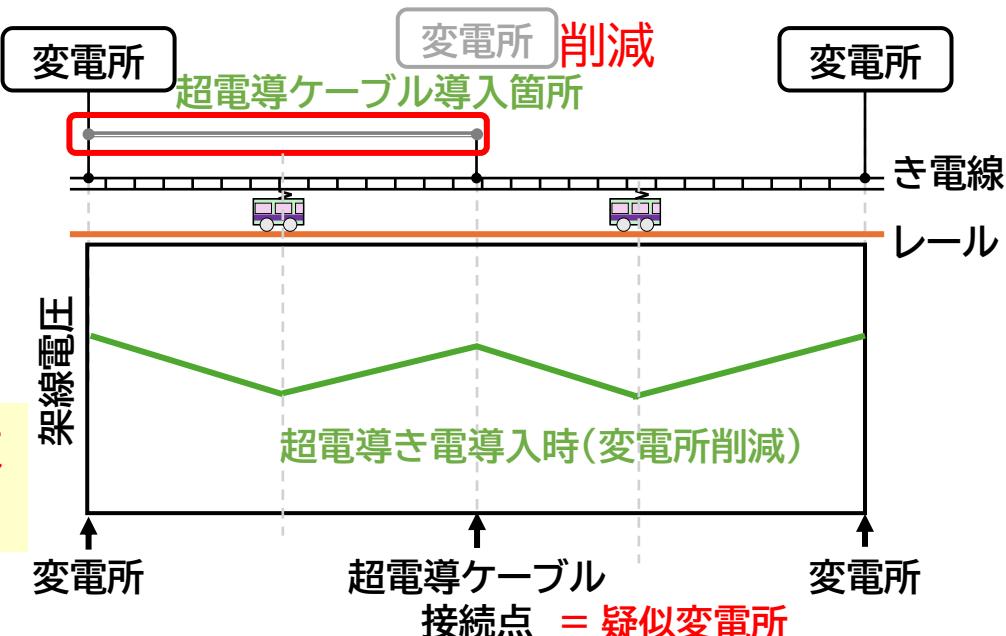
Railway Technical Research Institute

超電導ケーブル導入による変電所の集約化

現状



超電導き電導入

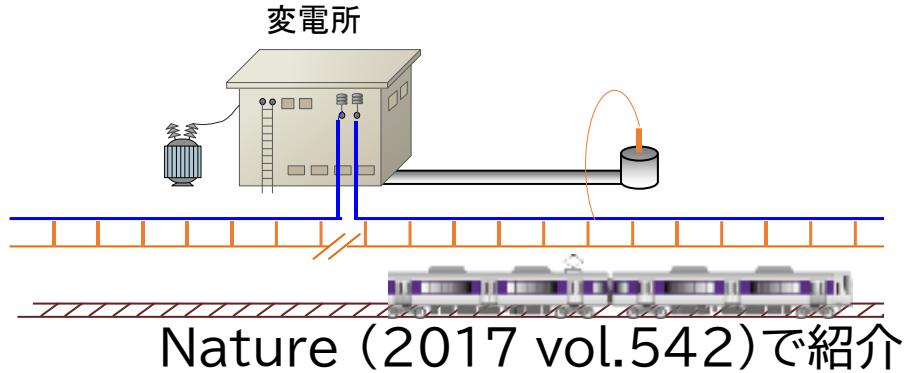


- ・設備削減による保守省力化、土地活用(商業施設等)
- ・電力供給を増強する際、変電所の新設が不要

超電導送電の営業認可(鉄道用き電ケーブル)

Railway Technical Research Institute

鉄道路線へ導入に向け技術基準への適合に沿った実験



Nature (2017 vol.542)で紹介

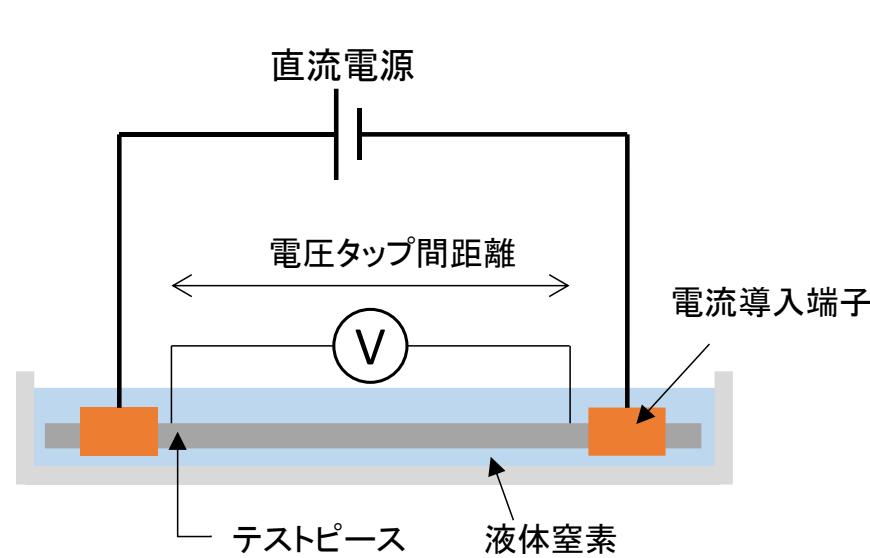


ケーブル構造、敷設に関する検証を行い、
鉄道用超電導ケーブルを開発

通電試験



耐電圧試験(20kV)



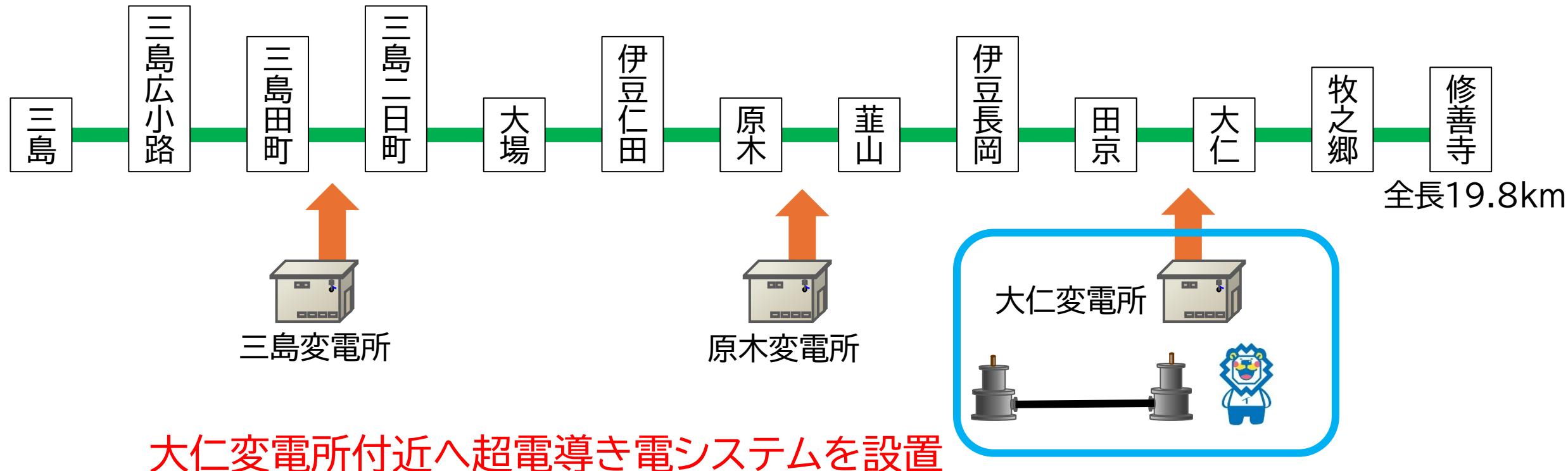
鉄道事業の技術上の基準
を満たすことを確認
事業者・国交省に報告

2023年3月、基盤技術が国交省より認可書の書面発行
→ 営業線運用へ

超電導き電実証試験:長期的な耐久性

Railway Technical Research Institute

伊豆箱根鉄道 駿豆線



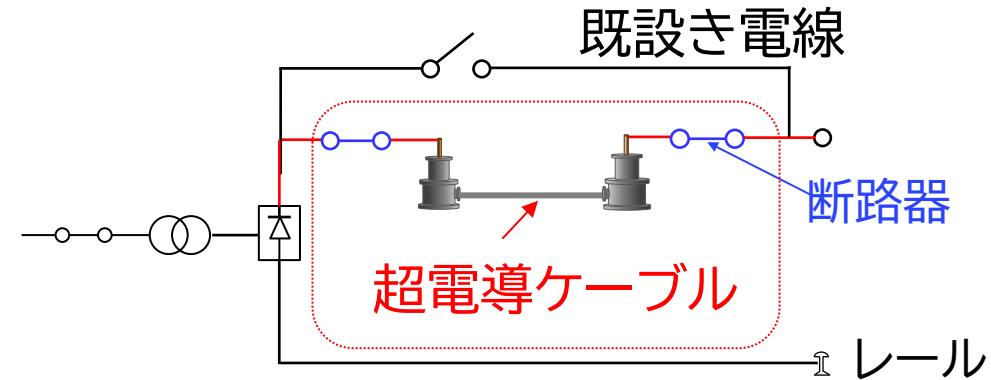
超電導き電システムの長期的な耐久性について検証

き電システムとしての基本回路の検証(試験列車走行)

Railway Technical Research Institute

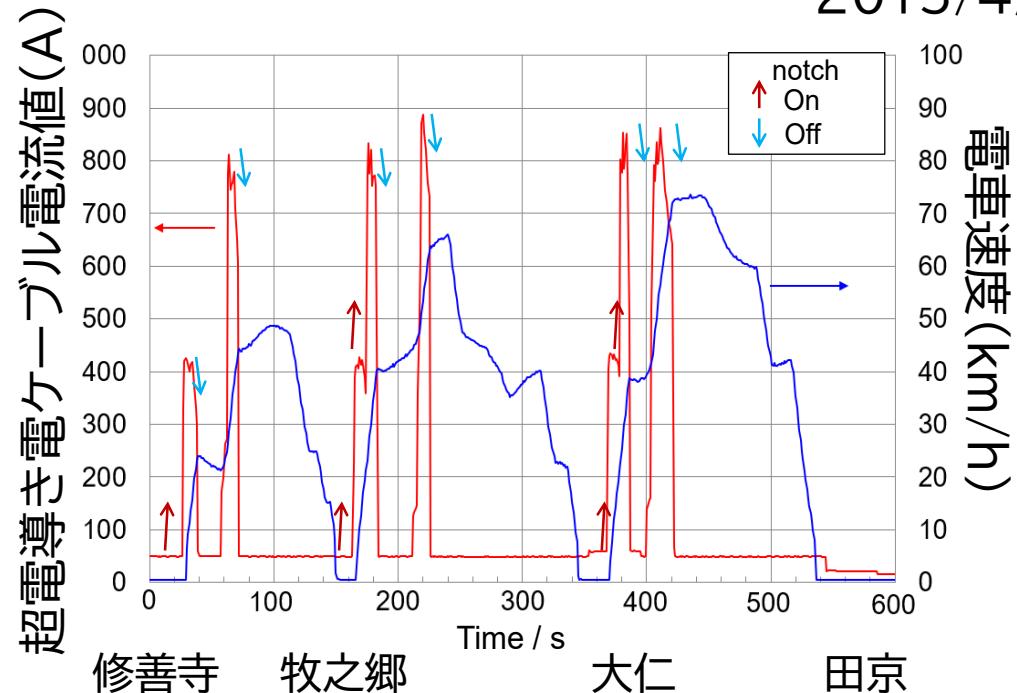


IEEE Trans. on App. Sup., Vol.31, Issue1,
4800104(2021)



本線へ実験用に基本回路(き電)で構成

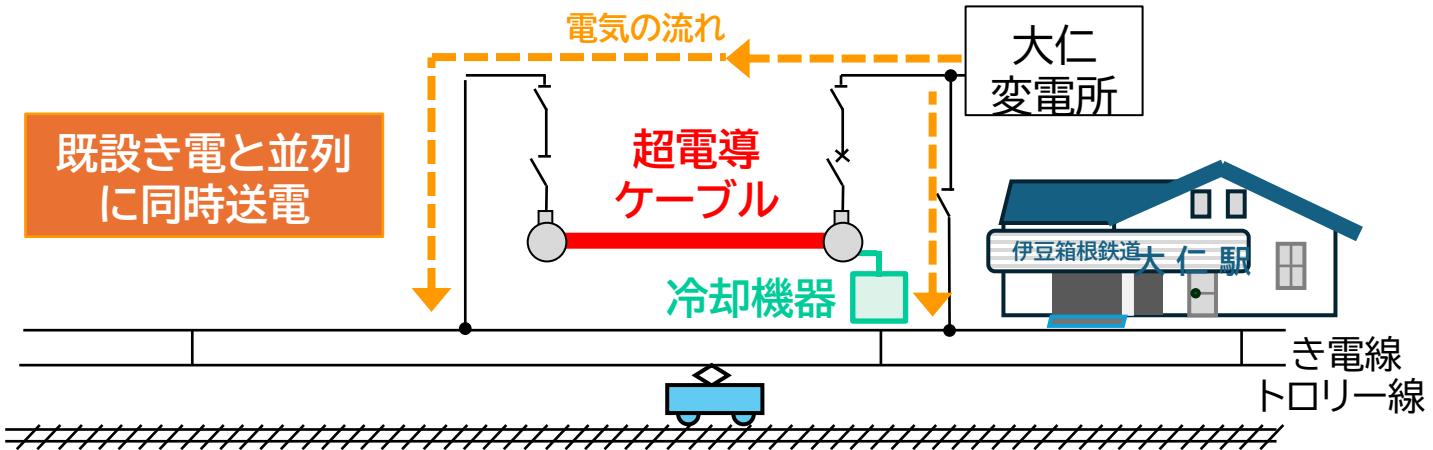
2015/4/30 鉄道総研プレスリリース



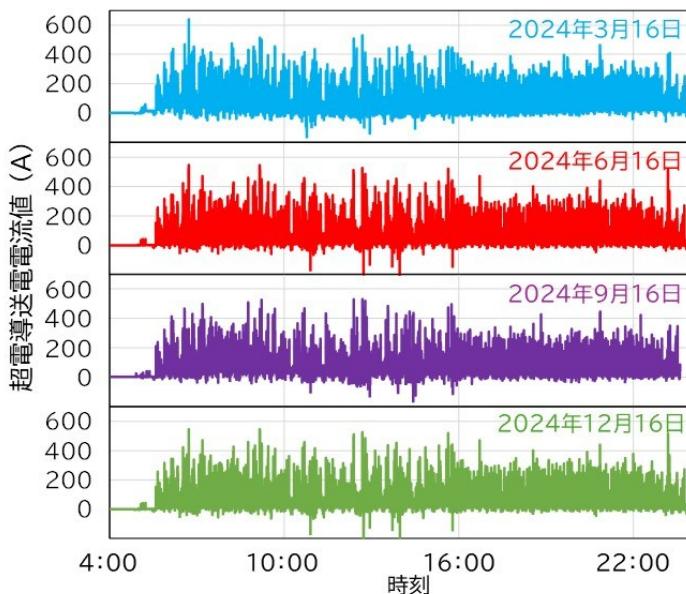
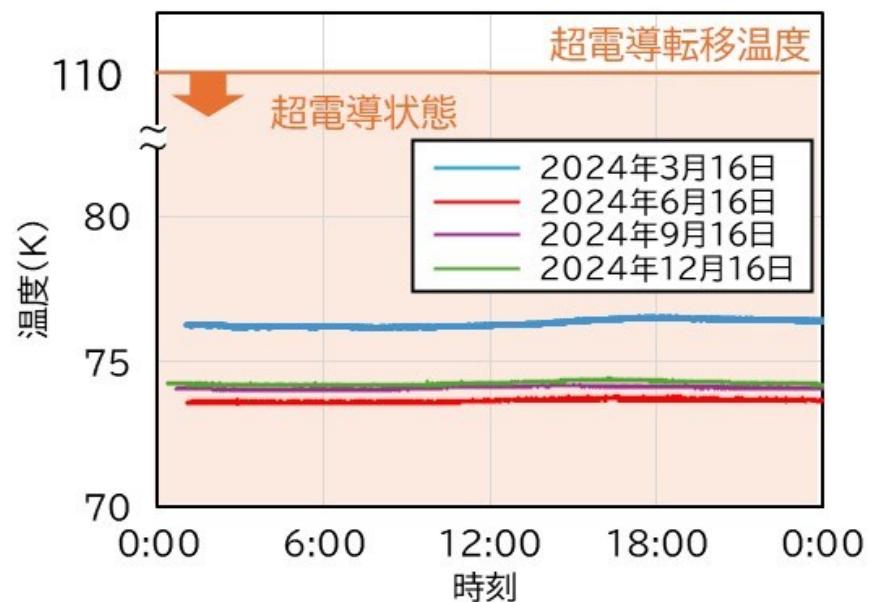
営業線において
超電導ケーブル
による列車走行

超電導き電システムの概略と試験結果(営業列車走行)

Railway Technical Research Institute



2025/10/9 鉄道総研プレスリリース



営業運用一年超えて列車4万本の輸送実績

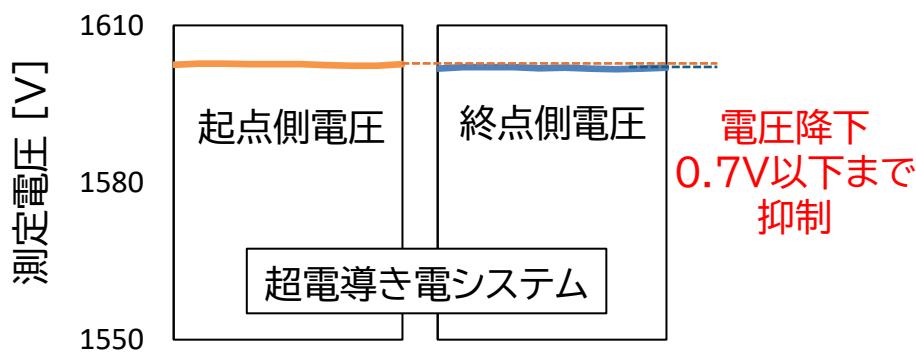
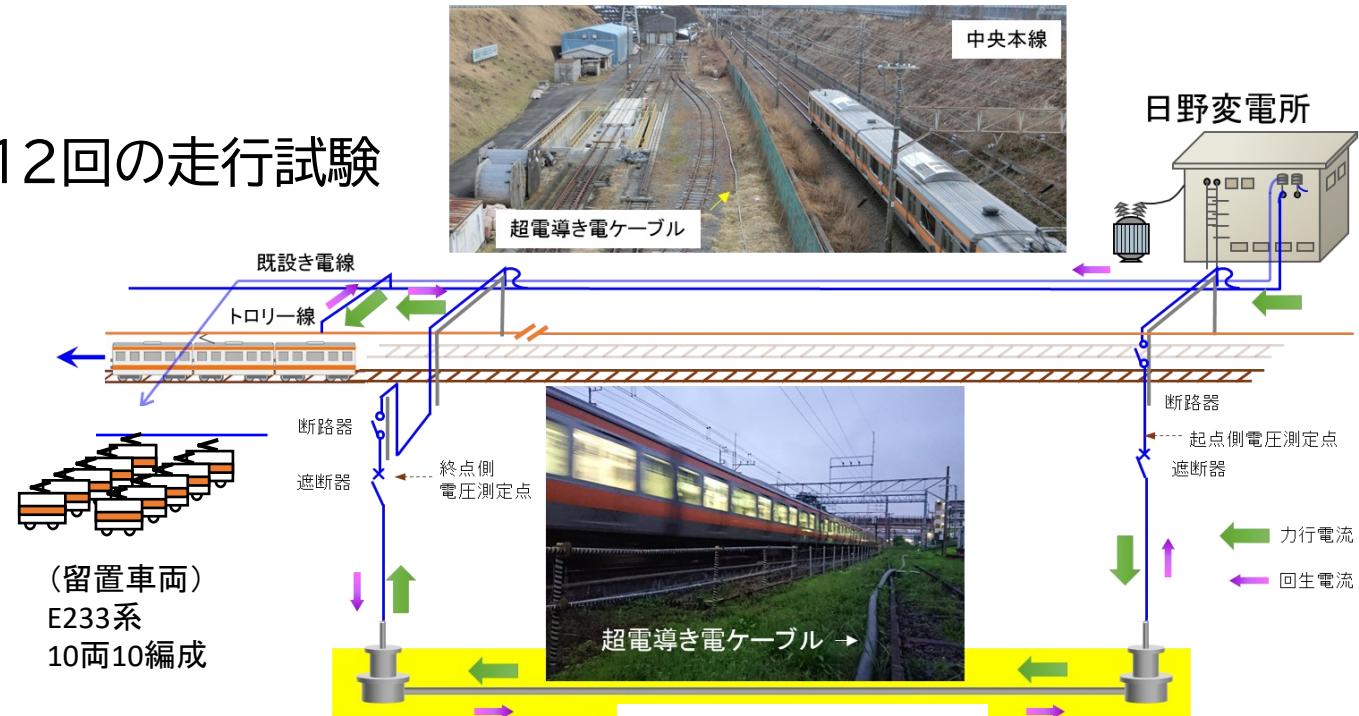
大都市圏通勤路線への適用検証(試験列車走行)

Railway Technical Research Institute

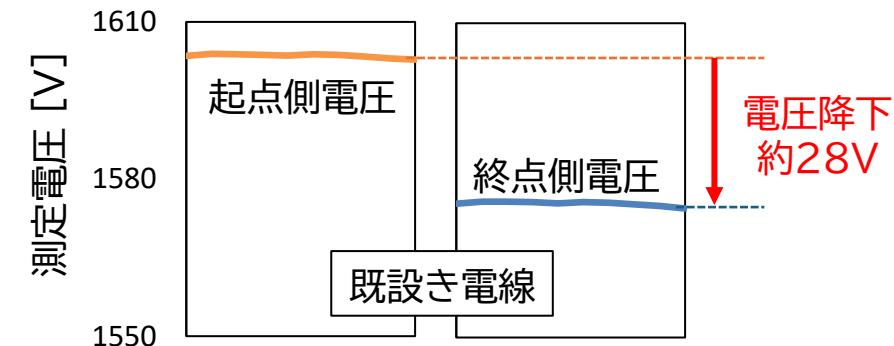
中央線

営業線の試験列車

走行条件を変え、E233系10両編成による計12回の走行試験



電圧降下
0.7V以下まで
抑制



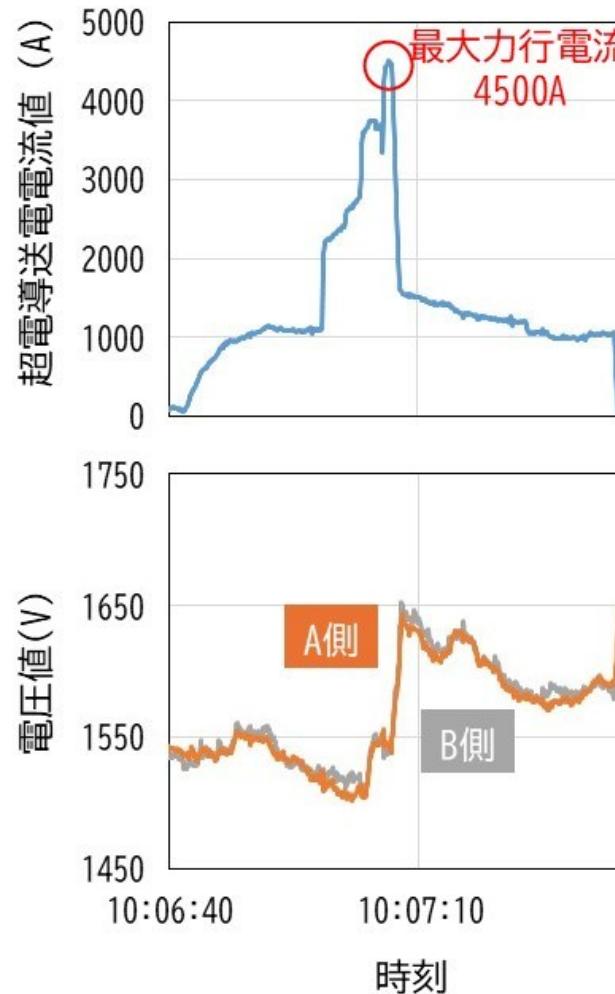
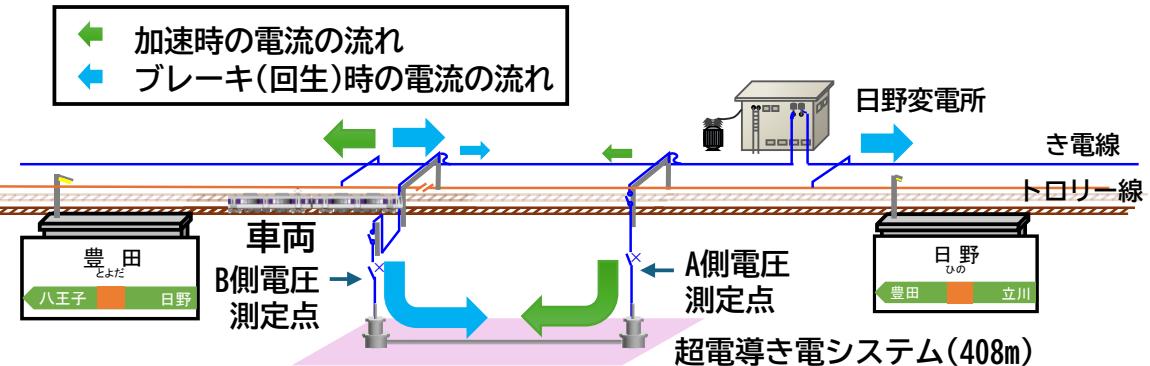
電気抵抗がゼロである超電導き電ケーブルの効果を確認

大都市圏通勤路線への適用検証(営業列車走行)

Railway Technical Research Institute

営業線の営業列車

2025年3~4月の2か月間実施



都市圏鉄道にみられる複数列車の同時力行の負荷として
最大4500Aの電流の供給実績が得られた。減速(回生)時
には最大2889Aの回生電流が流れることを確認した。 18

- ◆浮上式鉄道に関する研究では、超電導リニアの地上コイルの振動監視と保守に活用。また、超電導リニアの磁界計測のみならず、在来鉄道の低周波磁界測定に活用
- ◆超電導き電の研究では、回生効率の向上や送電損失の低減による省エネ化、電圧降下対策による安定輸送や変電所の集約化が必要とされる、JRや民鉄などの鉄道路線へ導入する際に活用

紹介した研究開発の一部は、国土交通省の鉄道技術開発費補助金、国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)の「戦略的イノベーション創出推進プログラム(S-イノベ)(JPMJSV0921)」「未来社会創造事業(JPMJMI17A2)」、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)(JPNP16006)の委託・助成事業を受けて行った。