

A1

公衆通信回線を活用した 車上データベース更新手法

車上データベース(車上DB)更新作業の省人化・省力化を図るため、公衆通信回線を介して更新データを配信し、車上DBを自動的に更新する手法を開発しました。

研究の背景と目的

- 車上装置に線路条件等の車上DBを搭載する運転保安システムでは、線形等の条件が変わるたびに、係員が更新作業を行う必要があります。この更新作業において、作業場所が車両基地に限られることや労力・時間を要することが課題でした。
- 省人化・省力化の実現には、更新データの配信と自動での車上DB更新が必要です。

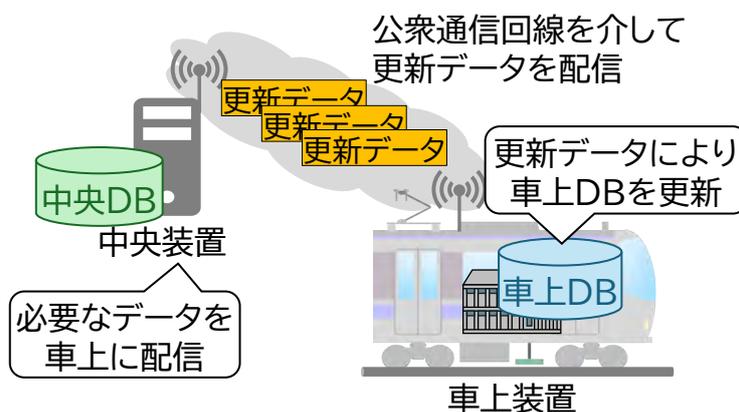
研究成果

- 公衆通信回線を活用して車上装置の更新データを配信し、自動的に車上DBを更新する手法を開発しました。
- 公衆通信回線の活用において配慮が必要となる、外部からの改ざん検知などのセキュリティに加え、同時にシステム異常を検証できる手法を開発しました。
- これまで係員が車両ごとに実施していた車上DB更新作業を自動化でき、更新にかかる時間の短縮と省力化が可能になります。
- 駅停車中の更新が可能になるため、相互直通などで多様な車両が走行する線区への車上DBを活用した運転保安システムの導入が容易になります。

今後の展開

- フェイルセーフ装置に実装して検証試験を実施し、実用化を目指します。

公衆通信回線を活用した車上DB更新



	従来手法	開発手法
更新場所	車両基地内	公衆通信回線の通信エリア内
対象区間	全区間	車両の走行で必要となる区間のみ
対象車両	対象区間を走行する可能性がある全車両	対象区間を走行する車両のみ
車両運用	車両基地への回送が必要	無関係

A2

信号設備の振動耐久試験における 加振加速度の提案

信号設備の現在の使用環境に基づいた振動耐久試験の加振加速度を導出しました。この成果は信号設備の振動耐久試験規格JIS E 3014の改正原案に採用されました。

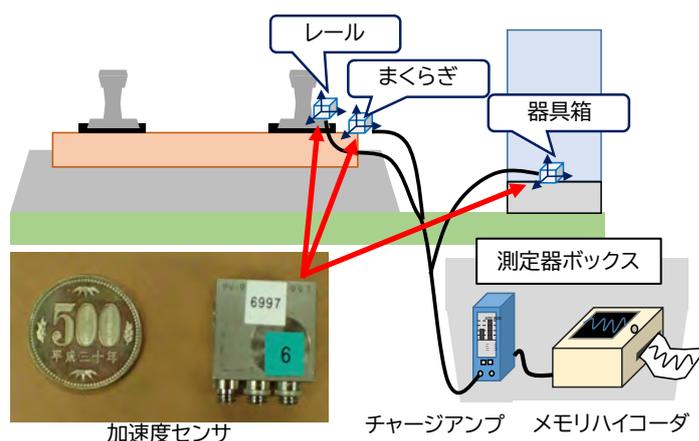
研究の背景と目的

- JIS規格の見直しのため、現在の使用環境下で信号設備が晒される振動加速度を測定し、その実態把握を行いました。

研究成果

- 新幹線と在来線の列車通過時の定常振動を対象として、全国計44箇所では振動加速度を測定し、現在の使用環境下で晒される振動加速度を明らかにしました。
- JIS規格改正の検討に必要なデータを示し、レールに設置する設備を対象とした振動耐久試験における正弦波加振試験の加振加速度振幅低減(レール長手方向、レール左右方向)の提案が、JIS規格改正原案作成委員会で認められ、改正原案に採用されました。
- 欧州の信号設備が受ける振動環境に関する規格(IEC62498-3)を用いた試験方法が、将来において一般化した場合に備え、直接比較可能な、国内の振動加速度の周波数特性(PSD:パワースペクトル密度)を導出しました。

測定のイメージ



今後の展開

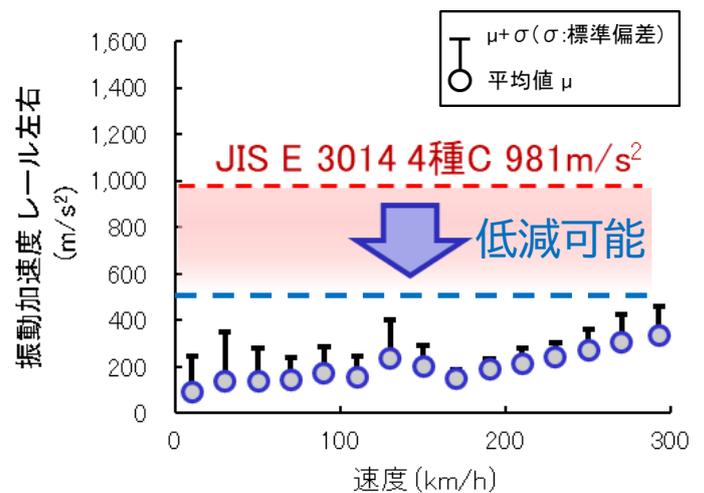
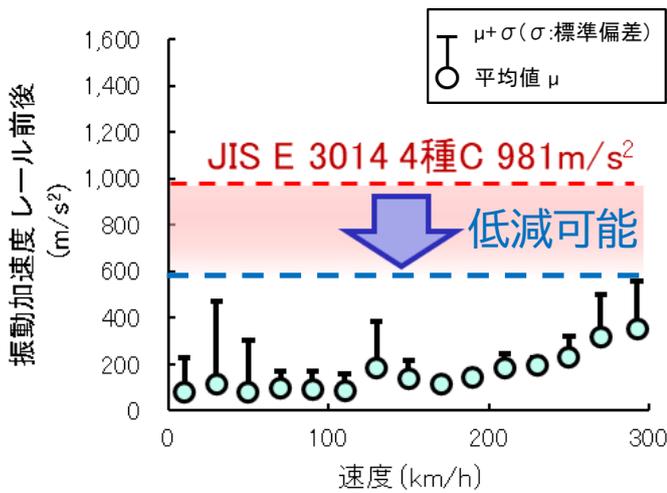
- 今回得られたPSDを基に、実使用環境を再現した振動加速度波形(ランダム波)を用いて、振動耐久試験を実施する際の試験方法を検討します。
- ランダム波加振による試験方法をJIS規格に追加するための取り組みを進めます。

振動加速度の測定箇所

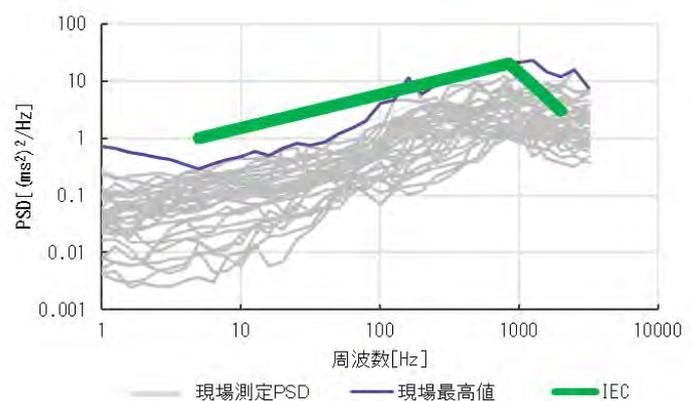
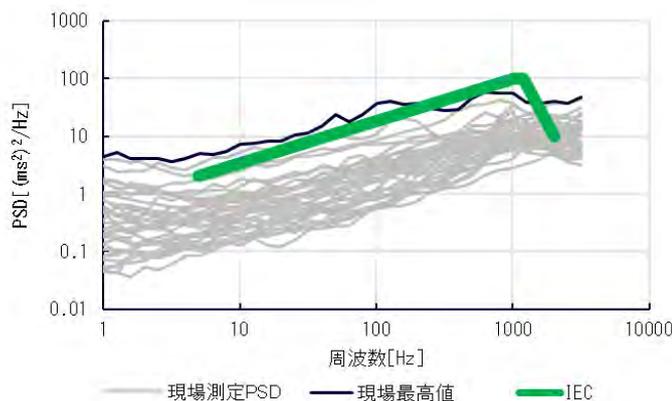
- JIS規格制定時に調査が行われなかったスラブ軌道や直結軌道などの軌道構造を含みます。
- 列車速度は、新幹線320km/h、在来線130km/hまでを対象としています。
- 過酷側の使用環境として、新幹線では高速走行区間、在来線では、貨物列車や特急列車が走行する区間を選定しました。
- これらの区間において、構造物、軌道種別が異なる箇所を抽出して現地測定を実施しました。

	構造物種別	軌道種別	線形	測定箇所数
新幹線	土構造	バラスト	分岐	1
		高架橋	バラスト	1
	高架橋	直結	分岐	1
在来線	土構造	バラスト	直線	8
			曲線	6
			分岐	6
	高架橋	バラスト	直線	3
			曲線	1
			分岐	4
		直結	直線	2
			分岐	4
			スラブ	直線
	スラブ	分岐	4	
橋梁	直結	直線	2	

測定結果と振動耐久試験の加振振幅(左:レール前後 右:レール左右)



測定結果から導出したPSDとIEC規定のPSDの関係(左:レール 右:まくらぎ)



A3

信号保安システムへの 汎用装置適用のガイドライン

信号保安システムに汎用装置を適用する上での設計と評価の共通指針となるガイドラインを策定しました

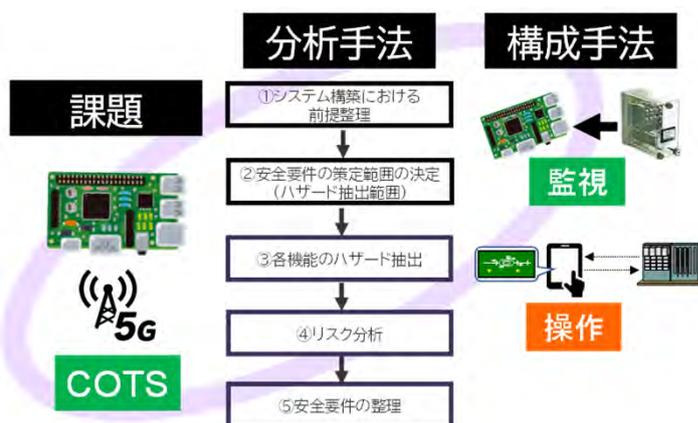
研究の背景と目的

- システムの低コスト化や保守作業の効率化のために、信号保安システムに汎用装置や公衆通信サービスを適用するニーズが高まっています。
- 信号保安システムへの適用においては、汎用装置の安全上およびセキュリティ上の課題を踏まえた設計指針が必要となっています。

研究成果

- 汎用装置を組み込んだシステムの開発や評価を行う上で共通となる考え方をガイドラインとしてとりまとめました。
- 汎用装置の安全上の課題や、公衆通信サービスと組み合わせる場合のセキュリティ上の課題、汎用装置の適用におけるコストやライフサイクルの課題を定義しました。
- 汎用装置を組み込むための、システムの安全分析手法と構成手法、および暗号化技術を用いたセキュリティ確保の基本コンセプトの適用手法をユースケース毎に提示しました。

ガイドラインの構成

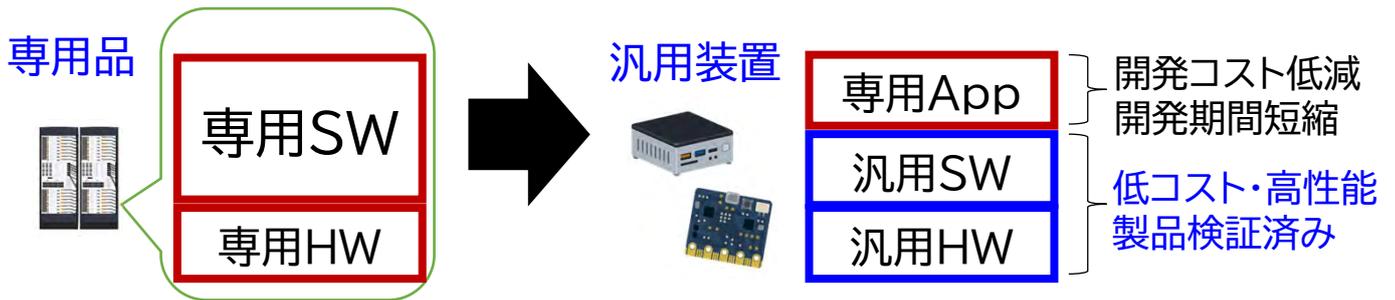


今後の展開

- このガイドラインを活用して、汎用装置を主体とする信号保安システムの開発を進めます。
- システム開発の内容を踏まえて、汎用装置を適用する設計支援や評価に活用できるよう、本ガイドラインの公開版をとりまとめます。

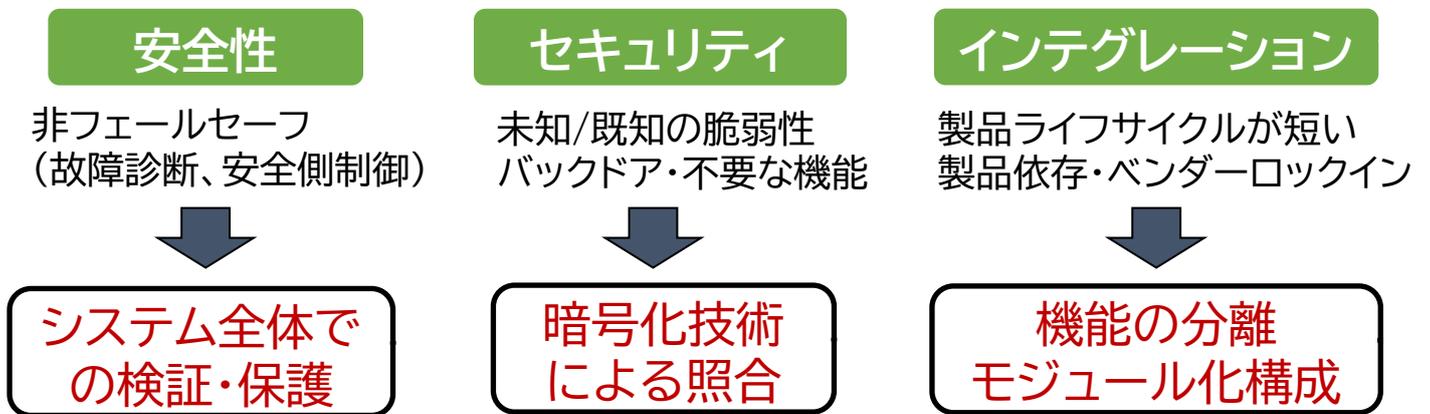
汎用装置の適用イメージと効果

専用のハードウェアとソフトウェアの構成を、汎用のハードウェアとソフトウェア、専用アプリケーションに置き換えることで、低コスト化が期待されます。

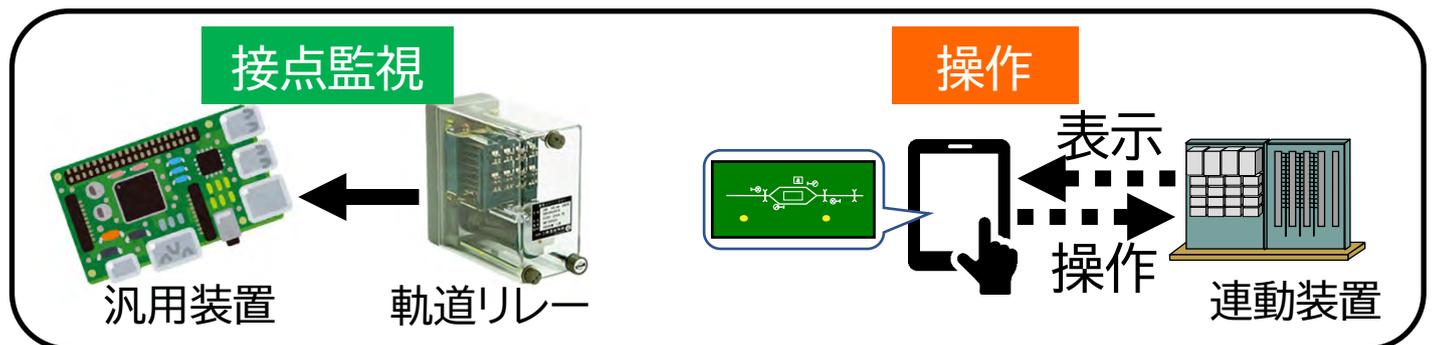


汎用装置適用の課題とアプローチ

信号保安システムに汎用装置を組み込む上での課題に対する、包括的なアプローチを提供します。



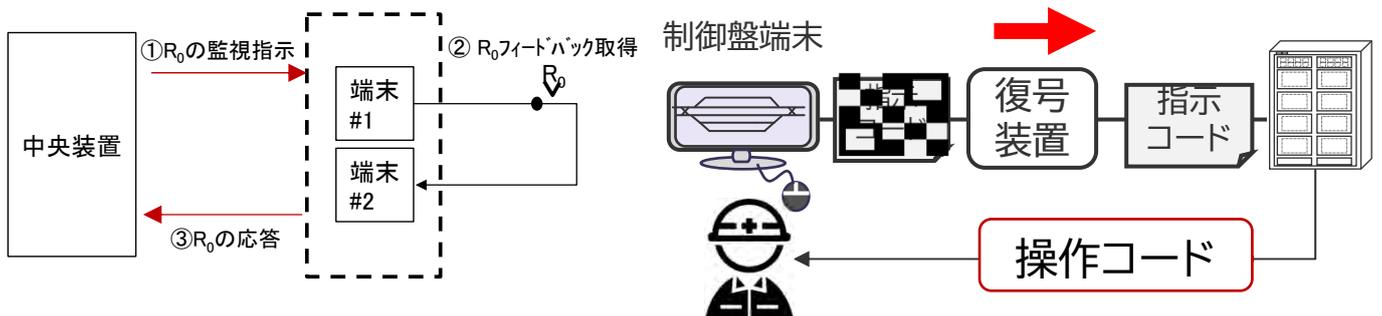
ユースケース毎の例示



状態の誤認

危険側事象

誤操作・表示誤認



使用環境センシングによる 信号用電子機器の寿命予測手法

高精度な寿命予測による取替時期設定や状態監視保全(CBM)を目指し、使用環境の変化を捉えることで、機器の寿命予測を行う新たな手法を構築しました。

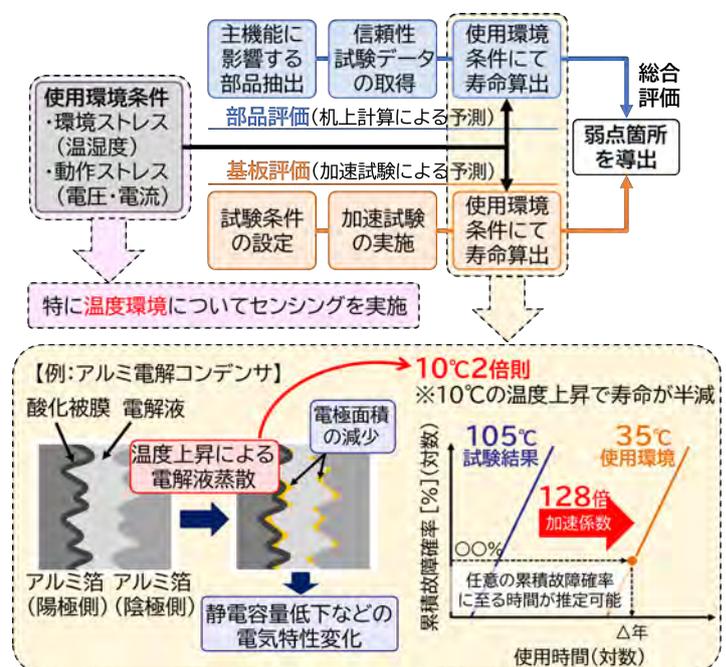
研究の背景と目的

- 信号用電子機器の導入により、高機能化や省スペース化が実現されましたが、電子機器は劣化状態の把握や故障メカニズムの特定が困難であり、CBMの適用に課題があります。
- 鉄道総研では信号用電子機器が設置された温度環境の変化を捉え、そのデータを基に機器寿命を予測する手法を構築し、取替時期設定の精度向上を目指しました。

研究成果

- 寿命の支配的要因である温度のセンシング結果と、将来の気温の予測値を用いて、寿命予測値を更新する逐次寿命予測手法を構築しました。
- 構築した逐次寿命予測手法を活用し、寿命実況値算出、将来の気温予測、機器の異常検出の各アルゴリズムを実装したツールを開発しました。
- アルミ電解コンデンサを例としたケーススタディにおいて、寿命実況値が残り10年となった時点で寿命予測の誤差が半年以内となることを確認しました。

寿命予測手法の概要



今後の展開

- 実況での劣化状態や残寿命の推定が可能となり、鉄道事業者が適切な時期で信号用電子機器の更新計画を策定できます。
- 本手法を用いて信号用電子機器のCBMを実現することが可能です。

センシング箇所に応じた温度推定精度

設定条件	センサ方式		センサレス方式	
	逐次寿命予測手法			従来方式
	機器毎	代表収容箱	観測所データ	
対象	アルミ電解コンデンサ (105°C, 2000h品, 試料数22個)			
使用環境温度	観測所(府中)、部品発熱25°C			
温度推定精度	±1°C	<±3°C	<±5°C	<±5°C
設定時間間隔	1日毎			四季毎
将来温度予測	直近365日繰返し+0.04°C/年(温暖化考慮)			事前設定
寿命予測値※1	15.7年	13.7年	12.1年	12.7年
実績比※2	91.7%	80.0%	70.5%	73.7%

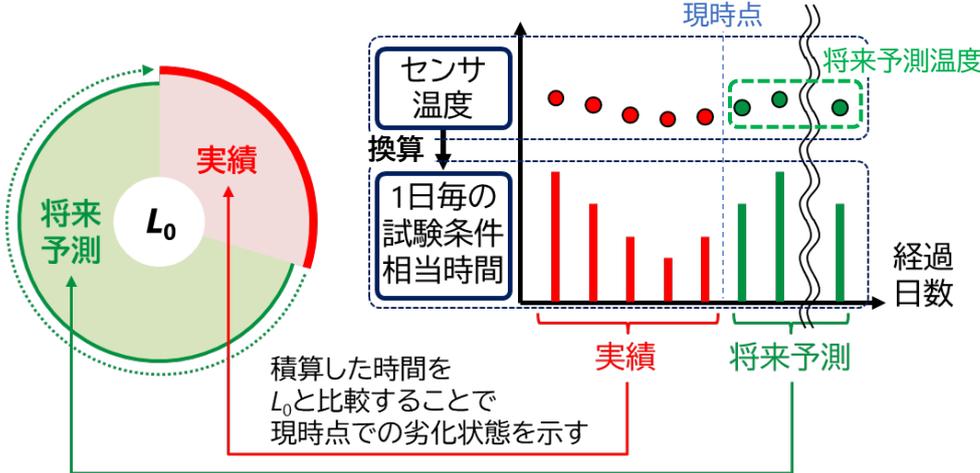
使用環境温度は気温に機器発熱等を加算

従来方式と比較し、約18%の精度向上

※1 寿命到達(17.2年)の10年前時点(7.2年経過時)における予測値
 ※2 寿命到達(17.2年)を基準とした場合の寿命予測値の比率

寿命実況値算出・将来予測

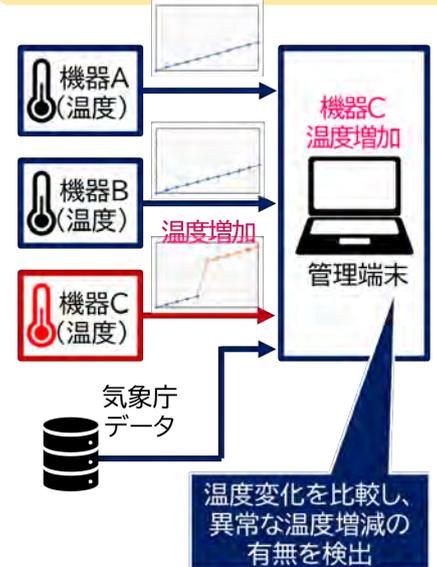
センサ温度と経過時間を加速試験の条件に換算することで寿命を算出



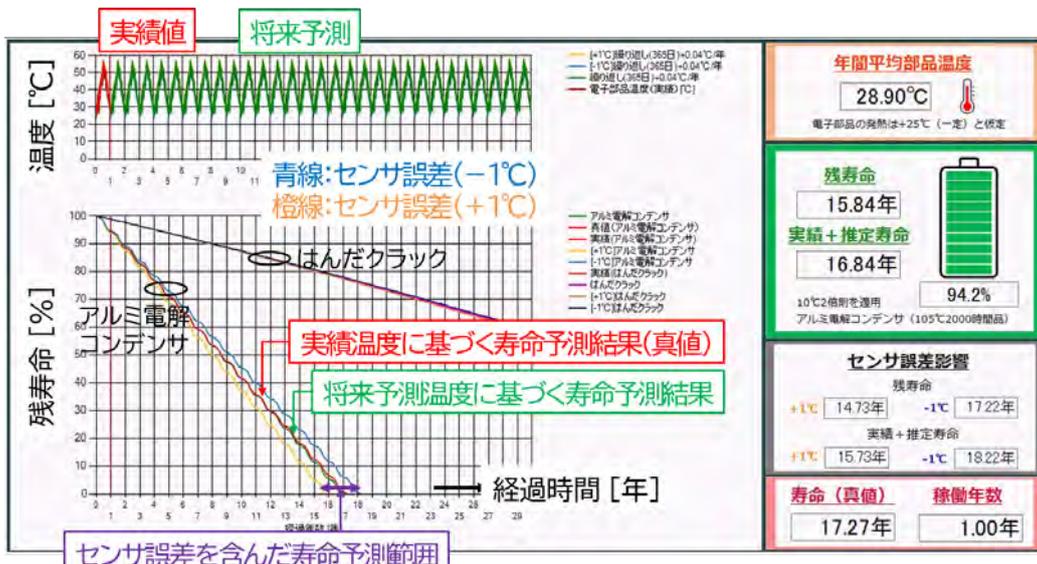
将来予測温度(直近365日繰返しデータ+温暖化を考慮)に基づき劣化ペースを推定

※L₀:加速試験での寿命時間

異常検出



逐次寿命予測手法を実装したツールによる電子機器の寿命予測イメージ



現時点から過去365日間の電子部品の平均温度

実績値計算結果(現時点での劣化度合い)

将来予測結果(劣化ペースの推定)

残寿命17.3年(真値)に対して16.8年の予測
⇒半年以内の予測誤差を実現

A5

フロントロッドの折損原因の解明と折損を防ぐ保守方法

年間数件発生し転換不能の原因となっている、フロントロッドの折損原因が車両通過時の衝撃等であることを特定しました。また、折損を防止するために必要な確認項目・調整方法を提案しました。

研究の背景と目的

- フロントロッドの折損は転換不能につながるため、設計や材料の見直し、個別の原因特定が行われてきましたが、原因と対策の一般化には至っていませんでした。
- 折損を防ぐ保守方法の確立を目的として、実験、解析の両面からフロントロッドの折損原因を特定し、原因を踏まえた保守方法(検査のポイント)を取りまとめました。

研究成果

- 折損は主に肘金(フロントロッドの一部)で発生し、特に、通過列車がある関節分岐器で発生しやすいことを特定しました。
- 肘金の長穴部付近の表面と長穴内側が応力集中箇所であり、外観検査で特に確認すべき箇所であることを特定しました。
- 折損の主要因は車両通過時の衝撃であり、トングレーール後端部の段差やレールのばたつき、頭部の欠損などが影響することを特定しました。
- フロントロッドの左右離隔調整不良(張りすぎ等)も肘金の応力を増加させ、副次的に折損につながることを示しました。

折損箇所に共通する設備の状態
(通過時の衝撃が生じやすい状態)

✓ 後端部段差が大きい



✓ トングレーールがばたつく



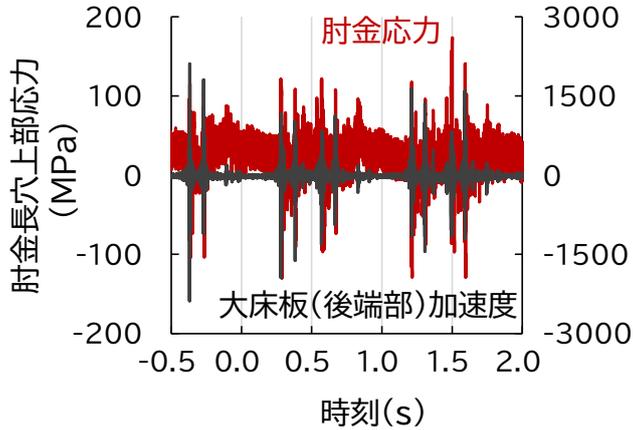
✓ レール頭部の欠損



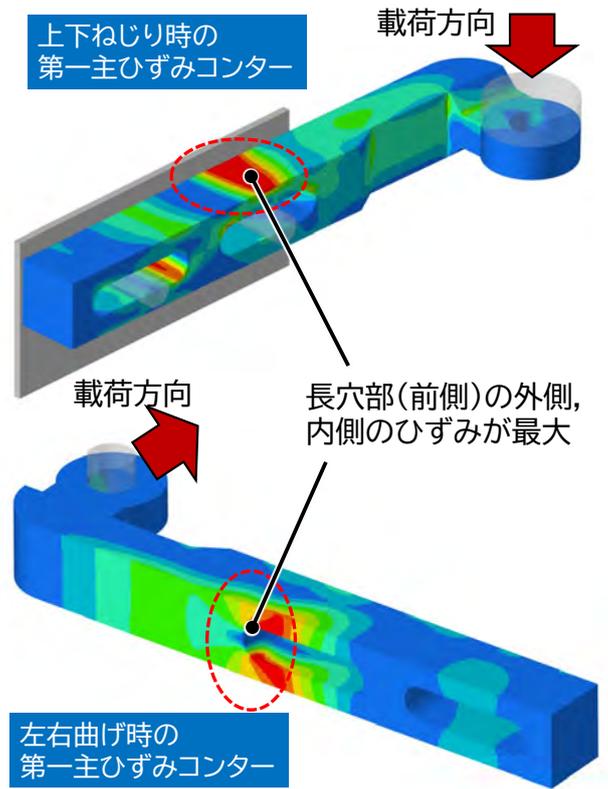
今後の展開

- 折損を防ぐための方法は、鉄道事業者の保守マニュアルに採用頂いております。
- 衝撃の大きさを定量的に評価・診断する為の手法の開発を進めていきます。

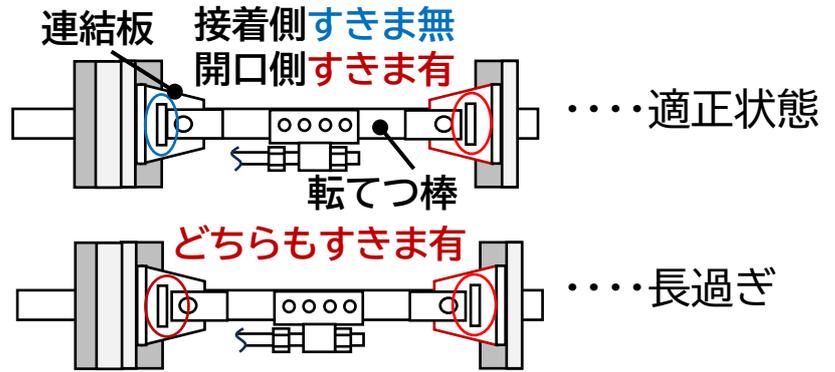
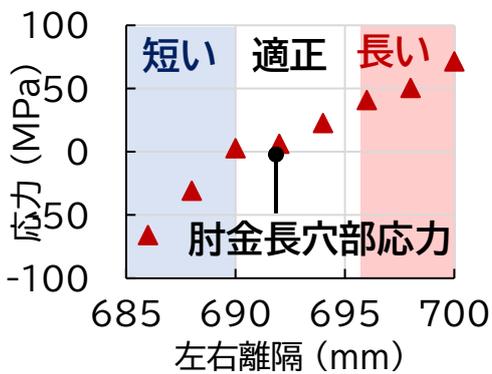
トンブレード後端部の段差と
車両通過時の衝撃、肘金応力



フロントロッド肘金の応力集中箇所



フロントロッドの左右離隔調整不良と肘金長穴部応力の増加

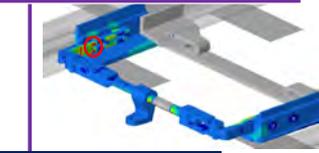


新設時の調整不良や接着確保のための「調整」も応力増加につながる事を示しました。

フロントロッドの折損原因と折損を防ぐための検査のポイント

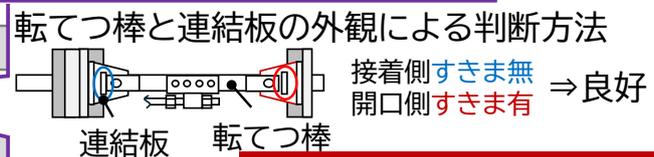
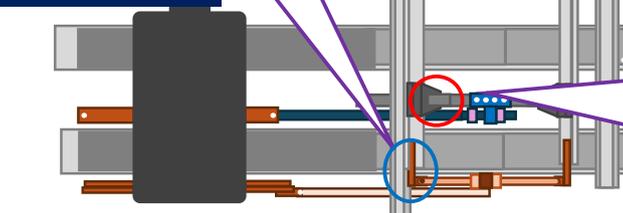
保守ポイント(1)
長穴部を特に確認

保守ポイント(2)
衝撃に繋がる状態を確認



高リスク
箇所の確認

保守ポイント(3)
フロントロッドを適正調整する



折損の主原因の防止

調整に起因する折損の防止

超電導き電システム

- ・営業運転での実証試験により、1年以上の安定稼働を確認しました。
- ・稠密線区において電圧降下を抑制して、営業列車に安定して電力供給できることを実証しました。

研究の背景と目的

- 直流電気鉄道における送電損失や電圧降下など送電時の電気抵抗に起因する課題解決に向け、超電導き電システムの開発を進めています。
- 複数線区において超電導き電システムを構築し、営業運転での各種実証試験を行いました。

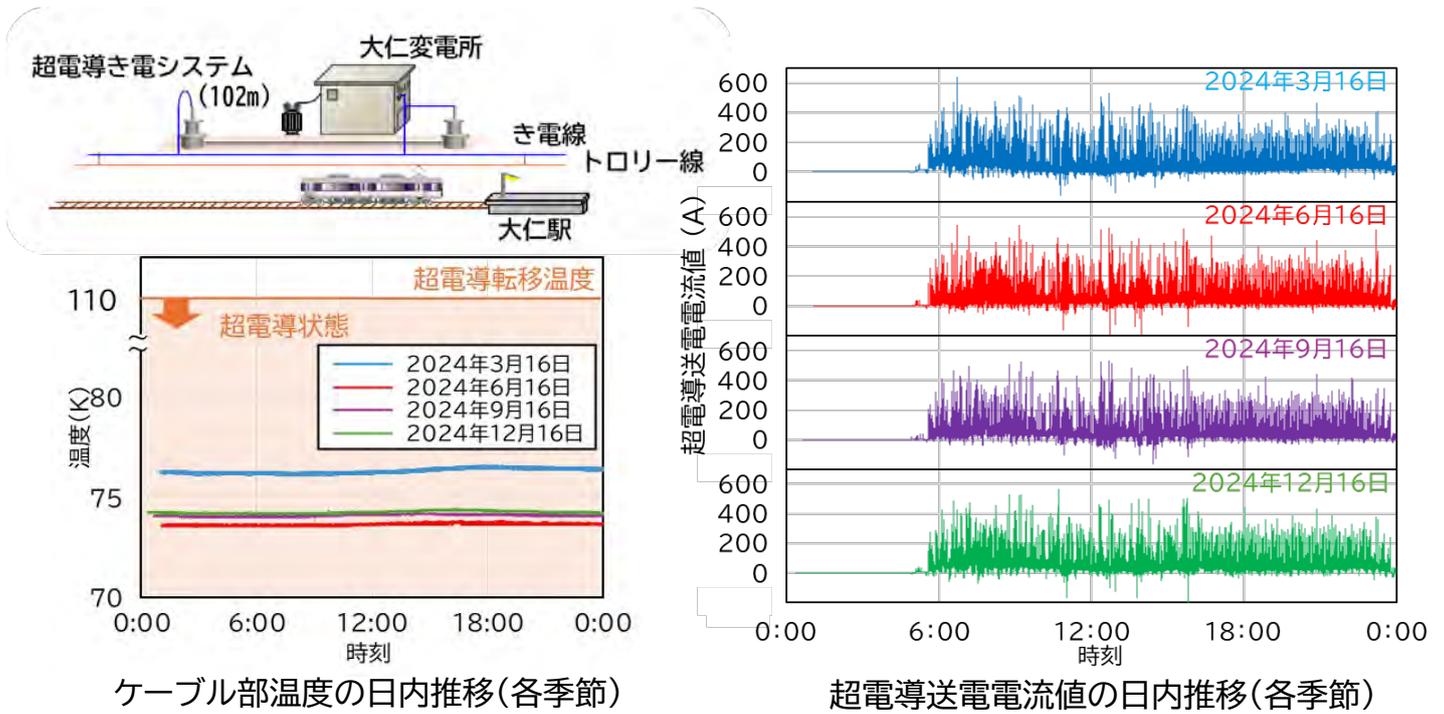
研究成果

- 単線線区において超電導ケーブル長102mの超電導き電システムを構築し、2024年3月13日より稼働をはじめ、営業列車に電力供給を開始しました。
- 季節によらず1日におけるケーブル部での安定した冷却を維持し、超電導状態を良好に保持しながら送電できることを確認しました。
- 超電導ケーブル408mを含む超電導き電システムを構築し、稠密線区へ接続し、2025年3月より4月までの間、始発から終電までの営業列車への電力供給を行いました。
- 複雑なダイヤに基づいて走行する営業列車の力行時や回生時の複雑な電流変化に対応でき、最大で力行時4500A、回生時2889Aの大きな電流値に対しても、電圧降下が抑制されていることを確認し、超電導き電システムの機能を実証しました。

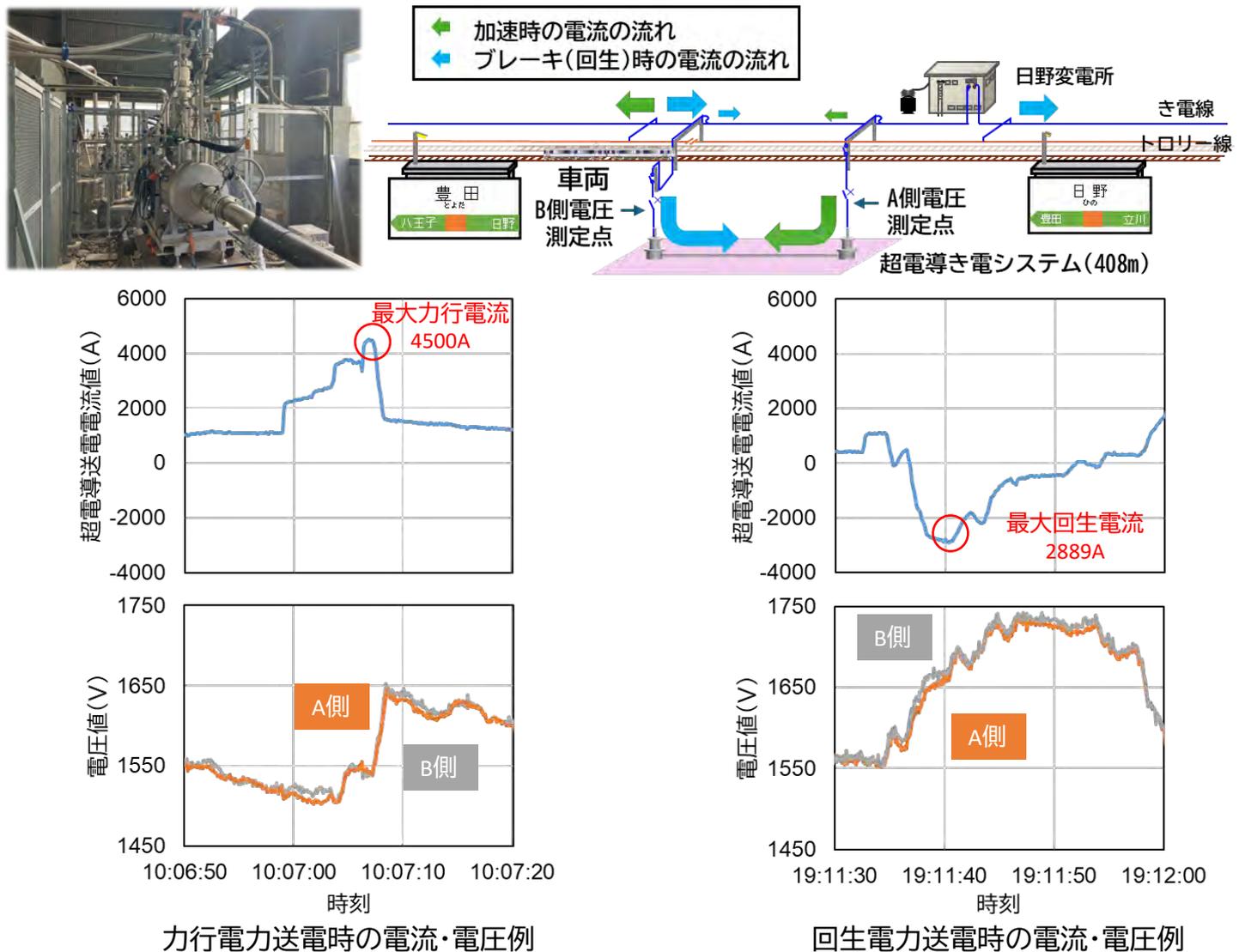
今後の展開

- 長距離送電に向け、ケーブルの接続技術の構築を進め、超電導材料自体の研究や長大ケーブルの冷却性能向上、保守管理手法の確立などにも取り組み、社会実装に向けた研究開発を推進していきます。

長期耐久性実証



稠密線区への適用性実証



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ました。

超電導材料の製作と応用機器開発

超電導材料の製作や各種電力応用機器の開発を行っています。
超電導磁気エネルギー貯蔵装置、超電導ケーブル、小型超電導マグネットなどの開発を進めています。

研究の背景と目的

- 各種超電導材料の作製、評価を実施しています。また線材の特徴を生かした超電導ケーブルやコイルの開発、またバルク材の特徴を生かした小型磁石の開発を実施しています。

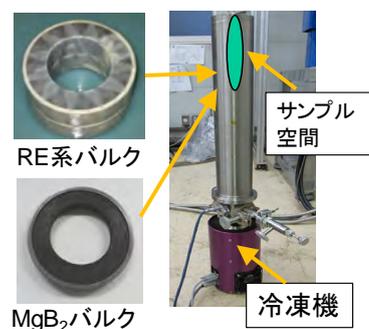
研究成果

- 超電導磁気エネルギー貯蔵装置(SMES)では、超電導線材の導体化技術やコイル巻線技術に加え、電流の入出力の制御やコイルを保護するための鉄道用電力変換装置(インバータ盤・リアクトル盤)を開発しました。
- RE系超電導材料を用いた超電導バルク材において、樹脂含侵や金属含侵を施すことにより機械強度を向上させ、17 Tを超える強い磁場の捕捉に成功しています。また、これを応用した、小型超電導マグネットなどの機器開発を行っています。
- ニホウ化マグネシウム(MgB_2)超電導材料を用いることにより、磁場均一性の高い超電導バルク材を開発しました。
- 鉄道機器にも応用可能な超電導線材の実現に向け、超電導線材や銅材を複合導体化することによって、さらなる高性能化を図っています。

超電導磁気エネルギー貯蔵装置(SMES)



小型超電導マグネット



今後の展開

- 鉄道への導入に向け、超電導材料を用いた応用機器の開発を進めていきます。

本研究の一部は、国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)の未来社会創造事業(JPMJMI17A2)の委託を受けて実施しました。

超電導線材の応用機器開発



超電導磁気エネルギー貯蔵装置(SMES)



超電導ケーブル
(長さ102m)

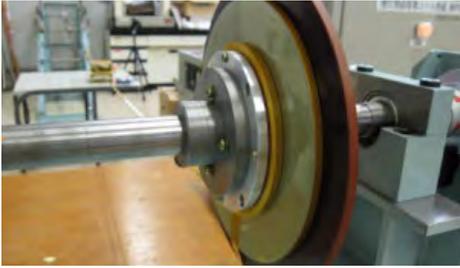
冷却システム

超電導き電システム



超電導主変圧器

巻線技術の開発

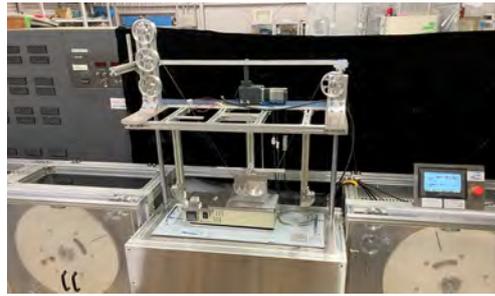


超電導コイル巻線機

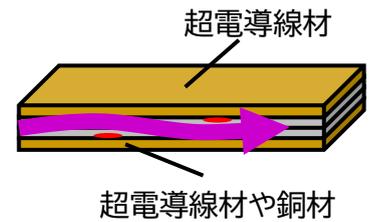


超電導ケーブル巻線機

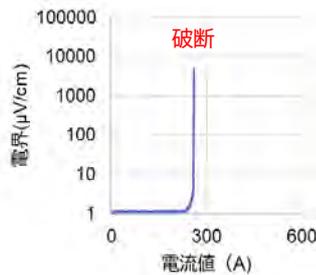
重ね合わせ(複合導体化)による超電導線材の高特性化



複合導体化装置



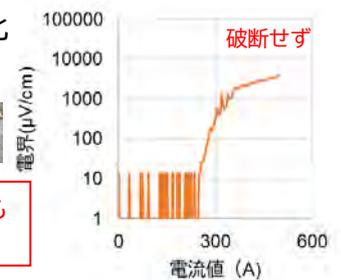
重ね合わせのイメージ図



銅材との複合導体化



2倍以上の電流値でも
破断せず



銅材との複合導体化により過電流に対する強度の増加

超電導バルク材の応用機器開発



電流リード用



小型超電導マグネット用

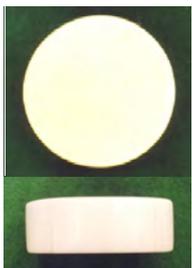


ドラッグデリバリーシステム用



周期磁場生成用

超電導バルク材の補強技術



樹脂含浸

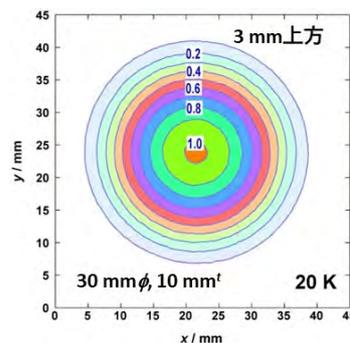


低融点金属
含浸



炭素繊維

MgB₂超電導バルク材における 磁場均一性評価



MgB₂超電導
バルク材

A8

支線と架空電線による高架橋上に設置された電柱の地震対策

支線と架空電線が高架橋上の電柱固有周期に与える影響を解明し、地震時の線路方向の電柱振動を低減する地震対策手法を提案しました。

研究の背景と目的

- 高架橋上の電柱の地震対策の1つに、線路両側の電柱をビームで接続する門形化があります。門形化は、線路直角方向の振動低減には効果があるものの、ビームの質量が付加されることで線路方向の電柱固有周期が長周期化して高架橋と共振し、電柱振動が大きくなる恐れがあります。
- そこで、電柱に支線を設置するとともに、架空電線を電柱に剛結支持して電柱の固有周期を短くし、高架橋との共振を抑制する手法を提案しました。

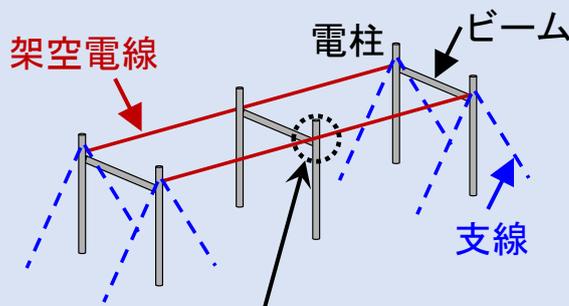
研究成果

- 実物大試験結果と解析結果より、電柱に支線を設置するとともに、架空電線を電柱に剛結支持することにより線路方向の電柱固有周期が短くなることを明らかにしました。
- 支線と架空電線によって、地震時の線路方向の電柱振動を低減する地震対策手法を提案しました。
- 本手法と電柱の門形化を組み合わせることにより、従来の電柱建替えや補強などと比較して、短期間かつ低コストに電柱の地震対策を施工できます。

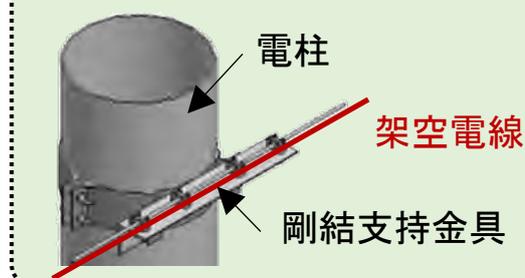
今後の展開

- 門形化による線路直角方向の電柱地震対策が有効な箇所において、本手法の導入を検討していきます。

支線と架空電線による地震対策



(架空電線の剛結支持)

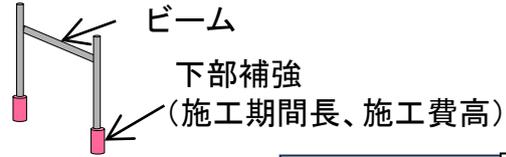


高架橋上の電柱(コンクリート電柱)

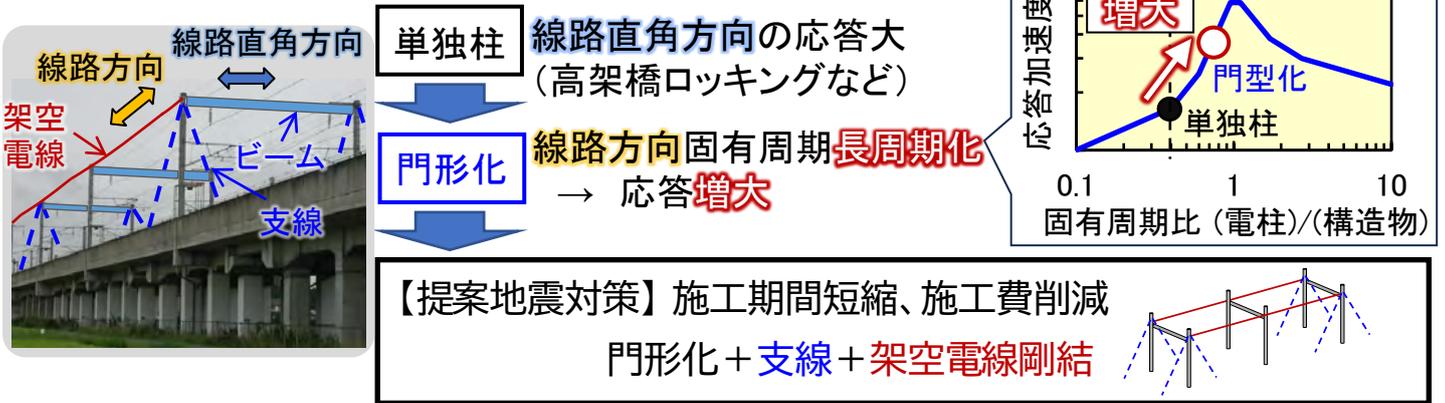
地震対策対象箇所が多く、施工期間短縮、施工費削減が求められている

現状の電柱地震対策例:

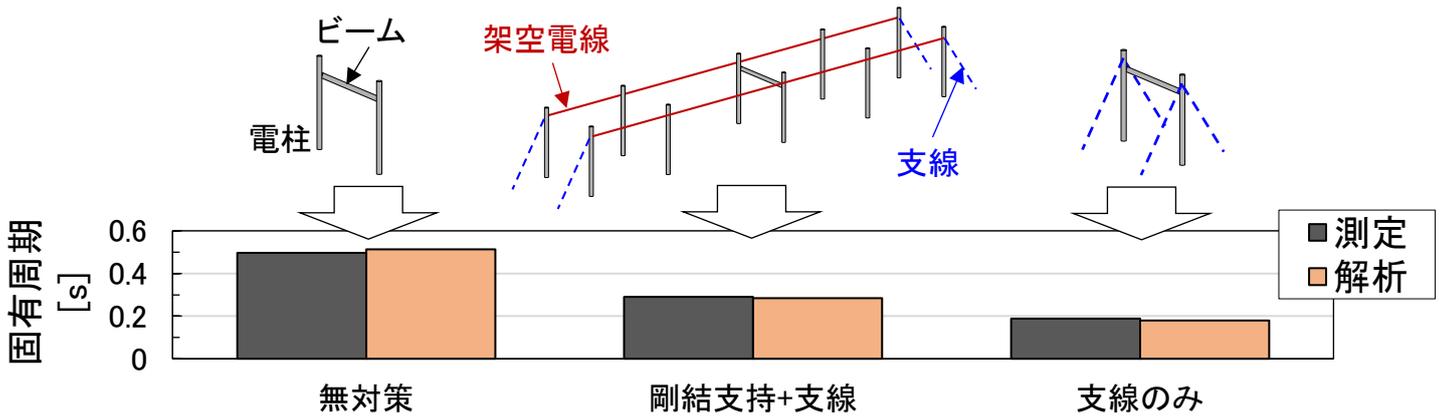
- ・電柱の下部補強 + 門形化(ビーム)
- ・鋼管柱へ建替



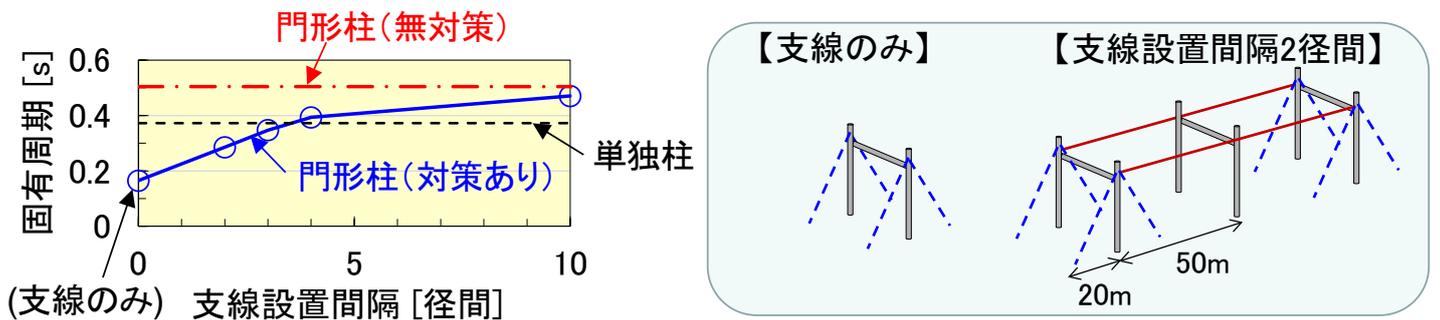
●門形化による線路直角方向の電柱地震対策が有効な箇所



支線と架空電線が電柱固有周期に与える影響

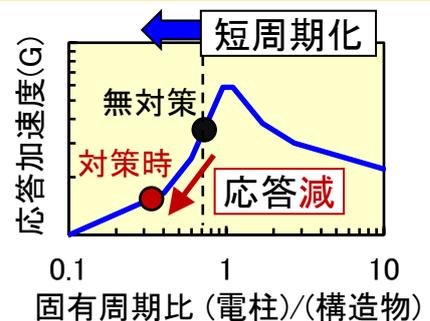
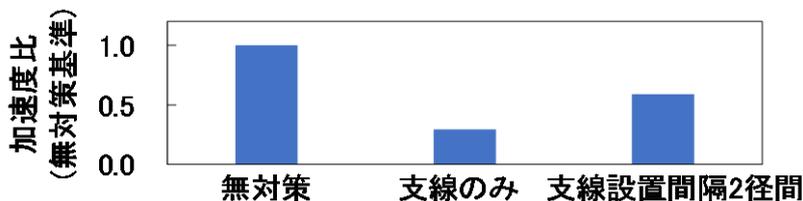


提案手法による電柱固有周期の短周期化効果計算例



提案手法による地震時の電柱振動低減効果計算例

L2地震動に対する電柱振動低減例



がいしへの飛来塩分量推定手法

気象データおよび地形データのオープンデータから、任意の地点におけるがいしへの付着塩分量(がいし汚損度)の経時変化を推定する手法を開発しました。

研究の背景と目的

- がいしの表面に塩分などが付着して汚損すると絶縁性能が低下するため、汚損度に応じた設備設計や清掃が行われます。
- 従来は海岸からの距離などを基に一律で汚損区分を設けていますが、これを細分化できれば安全性の向上や保全の省力化が期待されます。
- このためにはがいしの汚損度を多くの地点で継続的に把握する必要がありますが、人力による測定では、非常に大きな労力を要するため、実測しなくてもオープンデータから推定できる手法を開発しました。

研究成果

- 風速・風向・雨量という気象データおよび海岸からの距離などの地形データを用いて、任意の地点、時刻におけるがいし汚損度を推定する手法を開発しました。
- オープンデータから推定可能です。
- 通常の汚損に加え、急速汚損も推定できます。
- 新幹線ではトンネル区間も推定可能です。

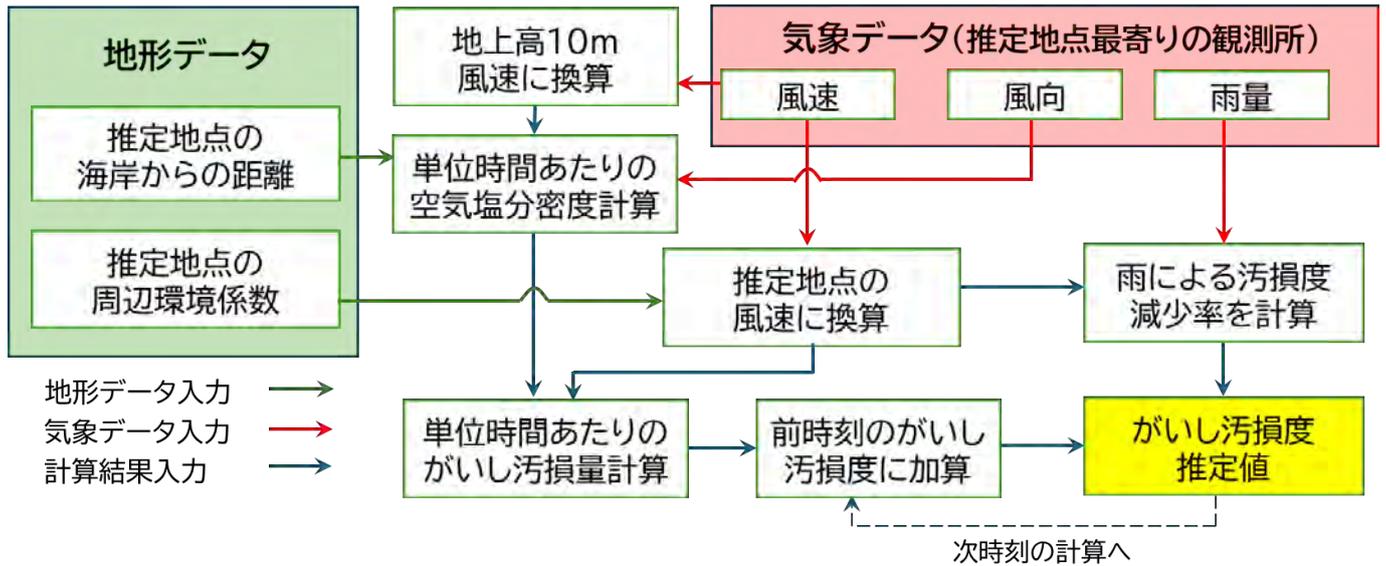
今後の展開

- 案件ごとに個別に対応します。

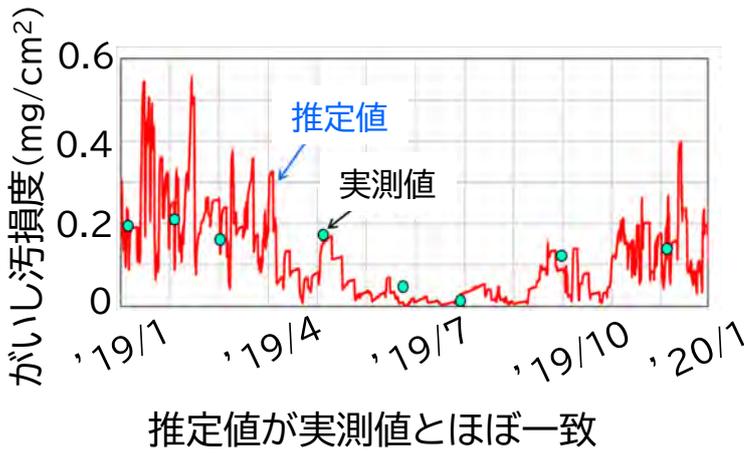
がいし汚損度推定手法の概念図



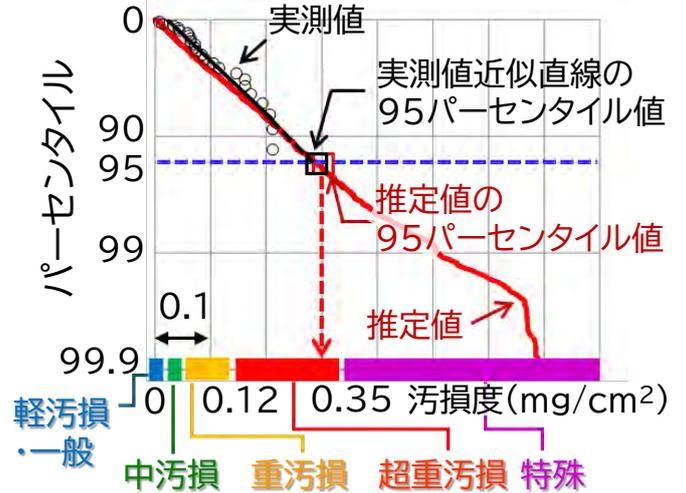
推定アルゴリズム



汚損度推定結果の例 (新潟県日本海沿岸)

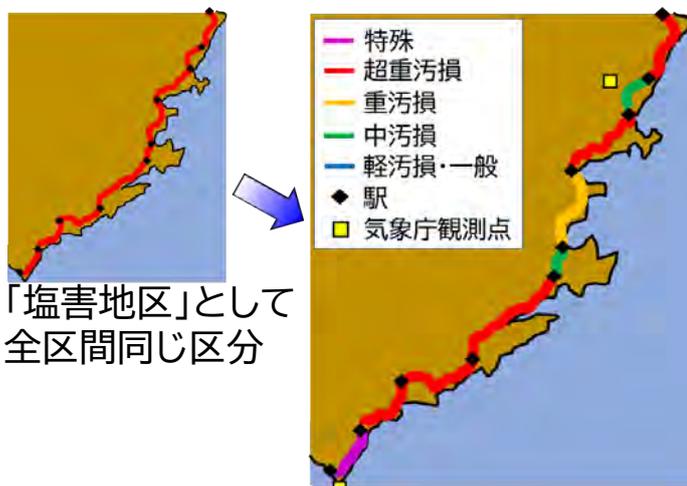


がいし汚損度とパーセンタイルの関係



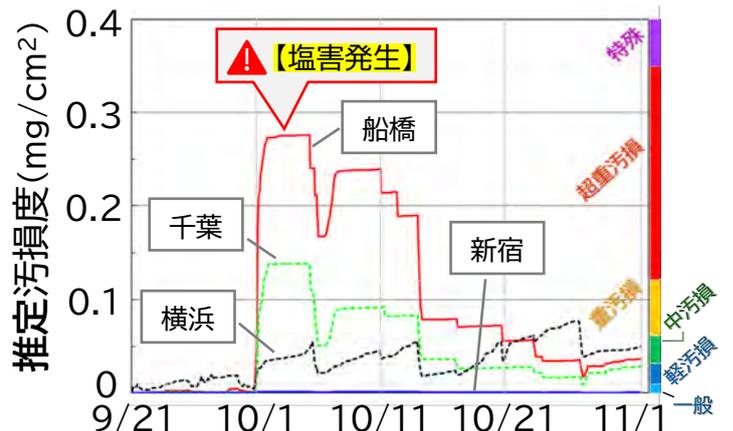
パーセンタイル: 値の小さい順に並べた時に前から何パーセントの位置にいるのかを示したもの

汚損度合いの細分化(通常汚損を対象)



10年の推定値の95パーセンタイル値に基づき、区間を細分化して汚損区分を設定

急速汚損による塩害が発生した 2018年第24号台風を対象とした検討例



A10

鉄道用蓄電装置による 再エネ電力活用の実証試験

再エネの発電量に基づいて鉄道用蓄電装置の充放電を統括制御するシステムを所内試験線に構築し、従来の回生電力活用と再エネ電力活用の両立が可能であることを実証しました。

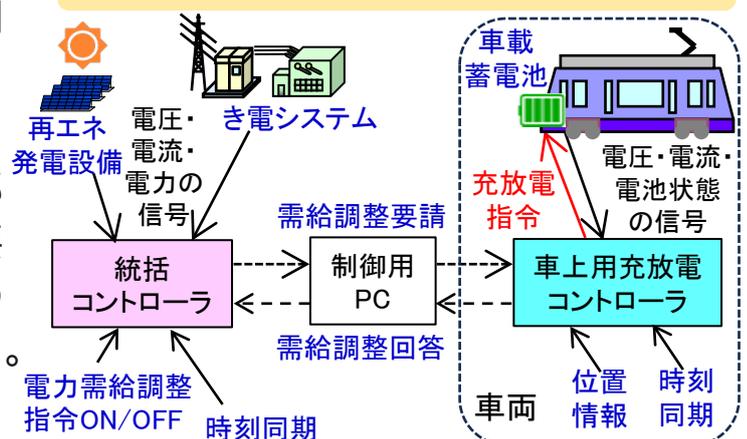
研究の背景と目的

- 2050年カーボンニュートラルに向けて、鉄道分野においても再生可能エネルギー（再エネ）発電の導入が加速しています。しかし再エネの発電量は天候や時間帯によって変動する場合があります、直接鉄道負荷に活用することは容易ではありません。
- 地上電力設備からの指令に基づいて鉄道用蓄電装置を充放電させ、発電電力量と需要電力量のギャップを埋めることにより、再エネ電源の積極活用につながります。

研究成果

- 活用したい再エネ電力に応じて、鉄道用蓄電装置の充放電を統括制御するアルゴリズムを構築し、実装するための制御コントローラを製作しました。
- 充放電指令に基づき1編成の車載蓄電装置を充放電する電力ネットワーク制御システムを、試験線に実装しました。
- 再エネ電力が余剰となる想定をしたケースでは、留置車両の蓄電池に一部の余剰再エネ電力を充電しつつ、必要に応じて走行する別車両の回生電力の充電も可能とする機能を実証しました。

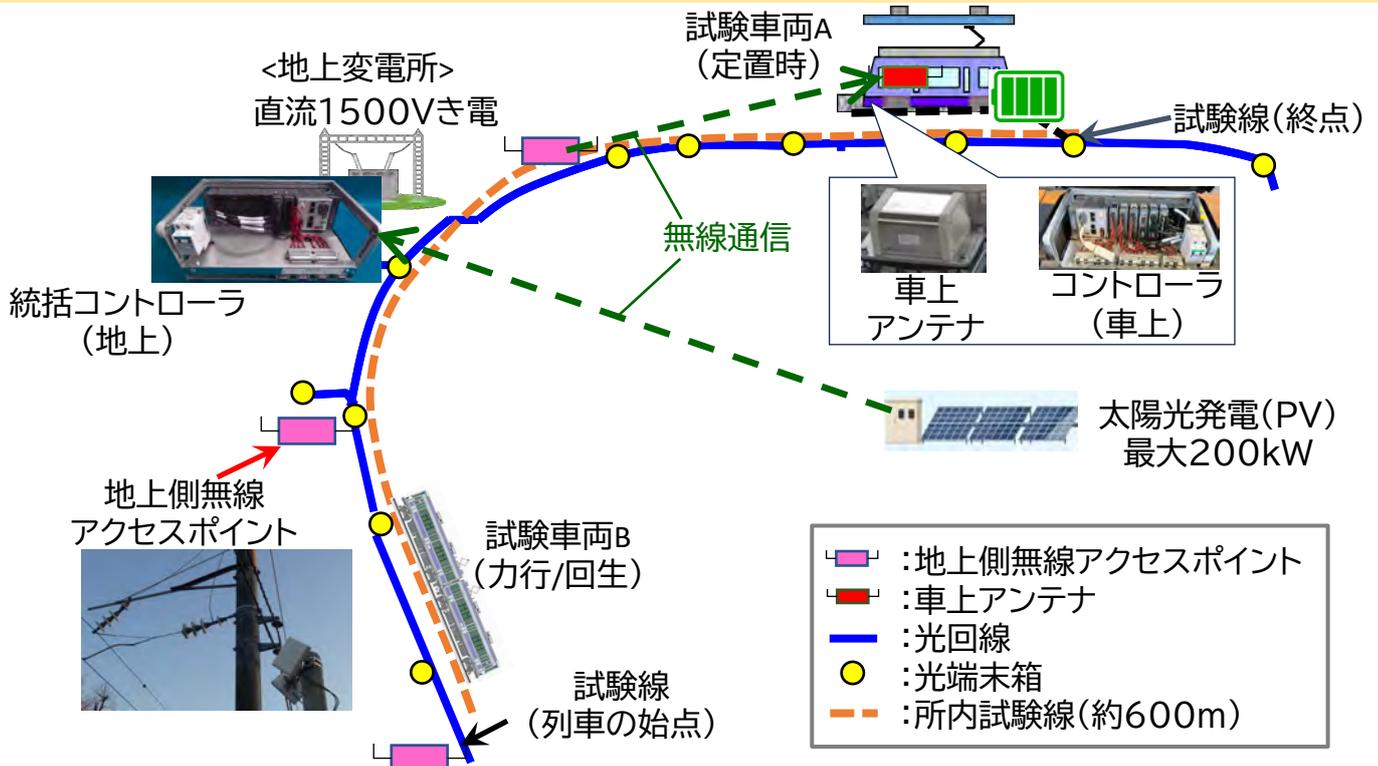
実装した制御コントローラの概要



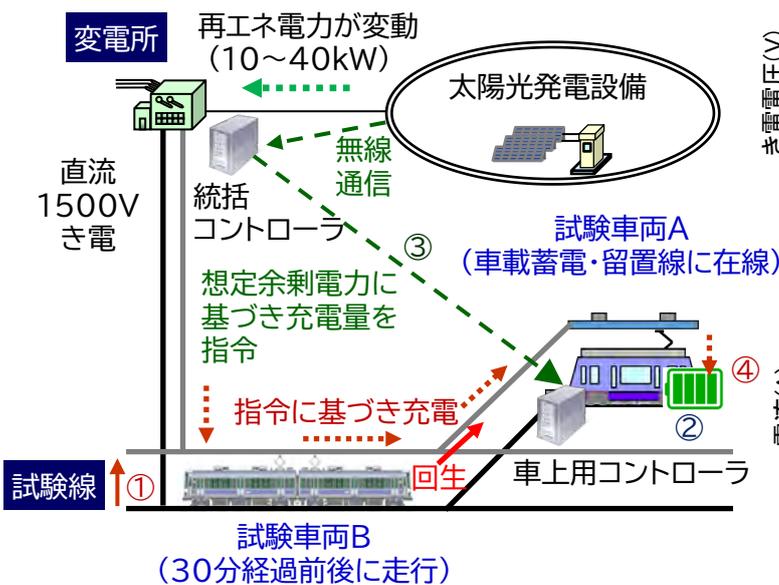
今後の展開

- 既存の地上蓄電装置、車載蓄電装置に、統括制御アルゴリズムを実装することにより、より多くの再エネ電力活用効果を得ることが期待できます。
- 実運用への展開に向けて、制御情報の仕様策定や経済性評価手法の開発に向けた取り組みを進める予定です。

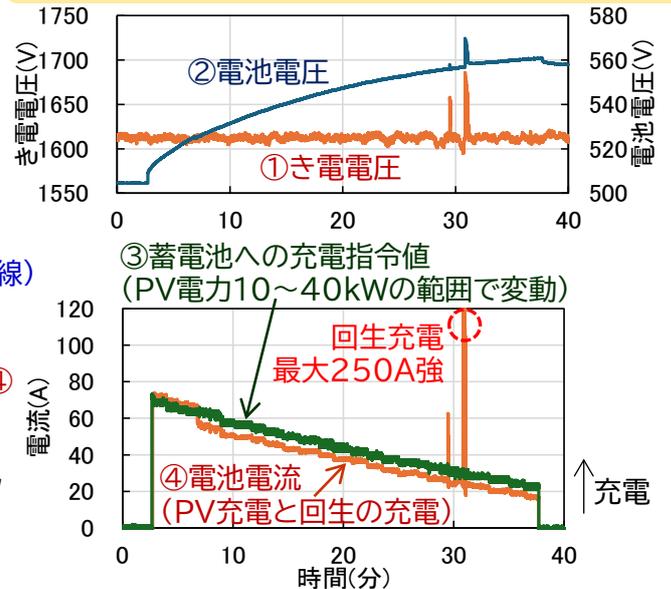
所内試験線に実装した電力ネットワーク制御システムの全体イメージ



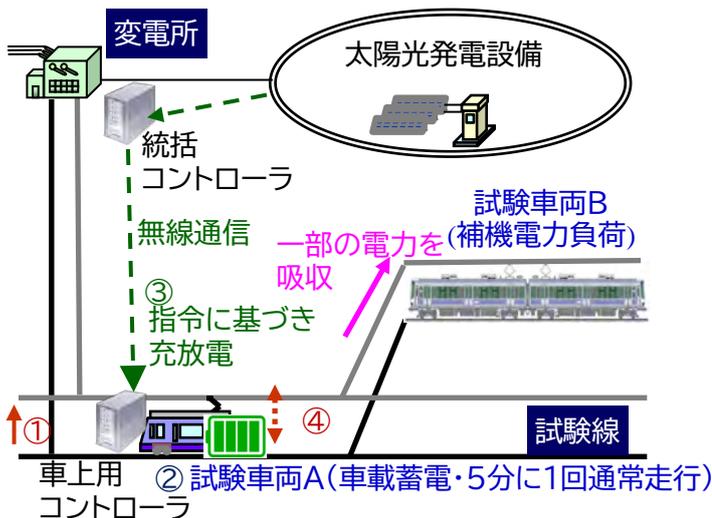
定置試験時の試験条件



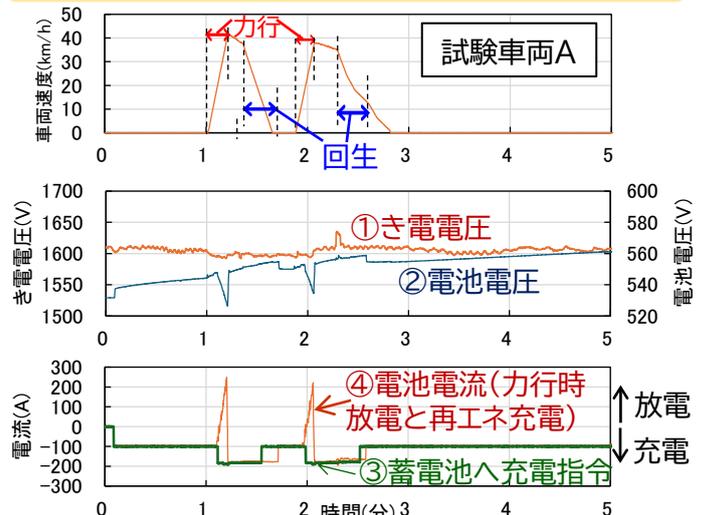
定置試験時の再エネ電力・回生電力の活用



走行試験時の試験条件



走行試験時の力行アシスト・再エネ電力の活用



A11

変電所と列車の電流照合による 高抵抗地絡検知システム

列車位置などを考慮しつつ変電所送出電流と列車の集電電流を同時に監視・照合することで、従来は困難であった数百アンペア程度の高抵抗地絡を検知可能とするシステムを構築しました。

研究の背景と目的

- 変電所から供給する電流が支持物などで地絡して高抵抗地絡となった場合、地絡電流が小さいことから、変電所での送出電流測定のみでは検知が困難です。
- 新たに列車の集電電流を常時監視し、変電所の送出電流総和値と列車の集電電流総和値との差分から高抵抗地絡を検知します。

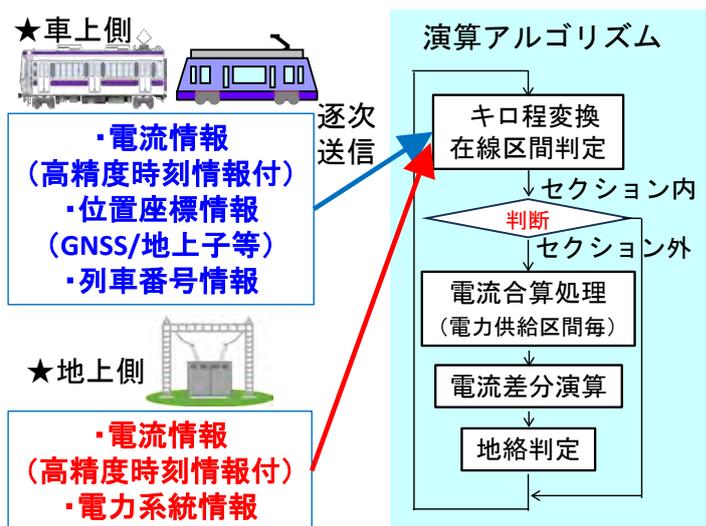
研究成果

- 各計測装置に高精度時刻同期手法を適用して測定時刻の整合を図ることで、列車と変電所との間での電流照合と電流差分演算を可能としました。
- 列車のGNSS座標をキロ程及び在線する電力供給区間に変換する機能を実装したほか、電力供給区間境界通過時の誤判定防止対策として地絡判定の演算を一時除外する技術を開発しました。
- 地絡発生から地絡判定表示までの所要時間は平均1分を達成しました。また、高精度電流センサを用いることで数百アンペア程度の小さな地絡電流の検知に目処を立てました。

今後の展開

- 鉄道事業者における地絡検知システムの導入に際し、データ伝送などの基本スキームや測定データ処理方法の設計手引きとして活用できます。

構築した地絡検知システムの概要

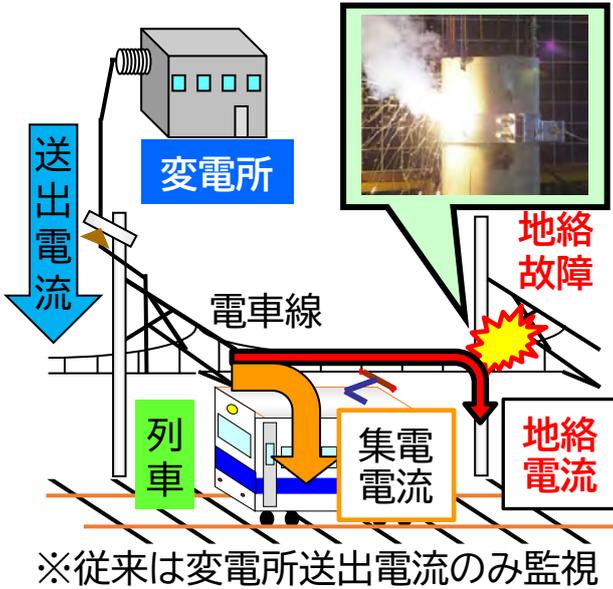


電力技術研究部(き電)

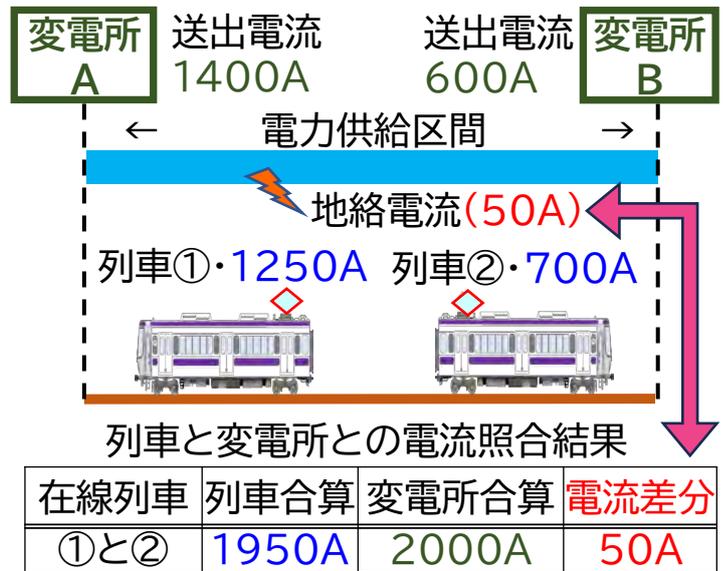
車両技術研究部(駆動システム)

情報通信技術研究部(通信ネットワーク)

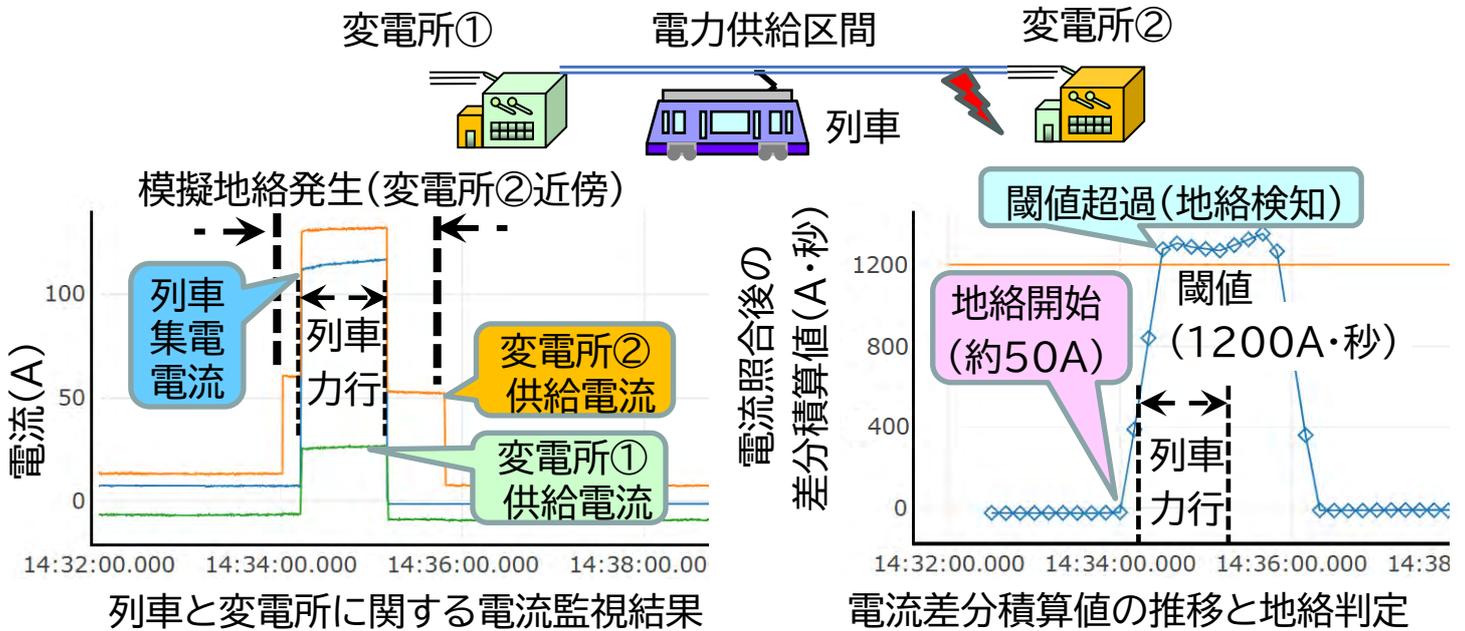
高抵抗地絡現象の模式図



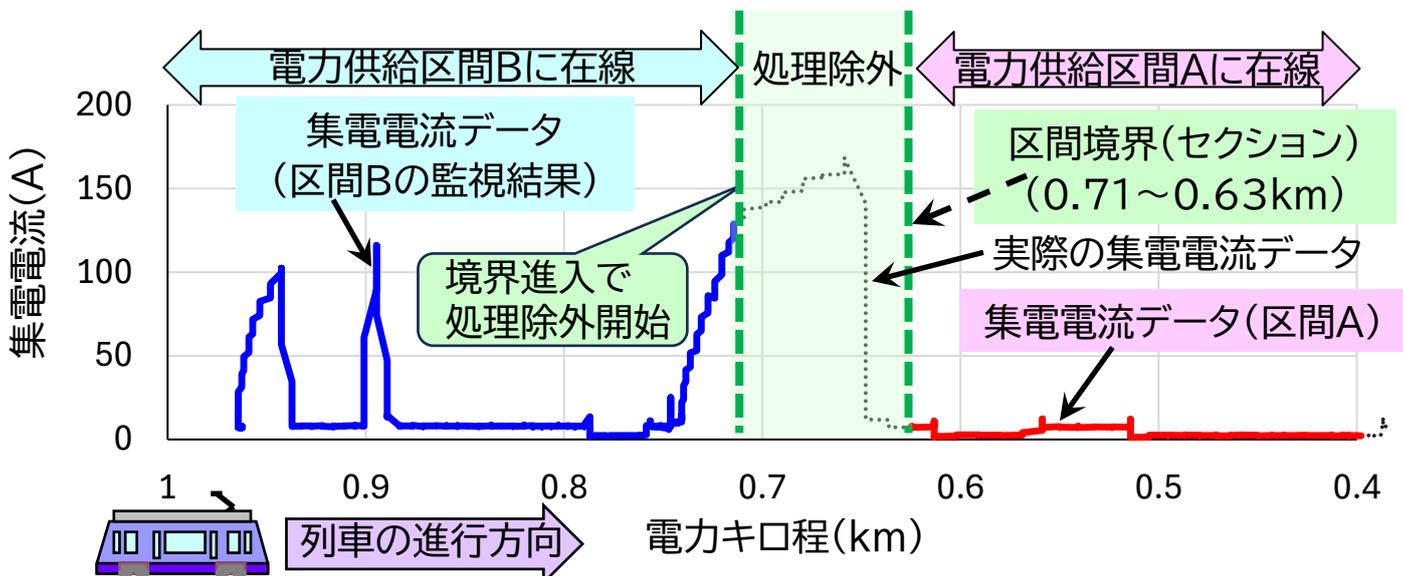
地絡発生時における電流照合の模式図



複数変電所条件における地絡検知機能の実証結果



列車の電力供給区間通過前後における地絡検知システムでの集電電流監視結果



A12

リアルタイム異常検知による パンタグラフ自動降下システム

パンタグラフの部品脱落や電車線に付着した飛来物をモニタリング画像からリアルタイムに検知し、パンタグラフを自動降下させるシステムを構築しました。

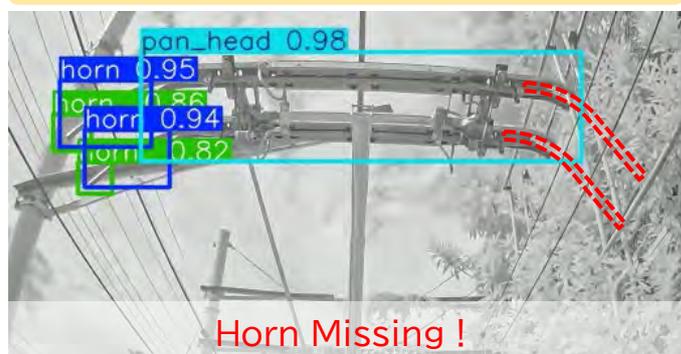
研究の背景と目的

- パンタグラフや電車線に異常が発生すると、連鎖的に広範囲な電車線の損傷や編成内のパンタグラフ全損などが発生し、大規模な輸送障害につながる場合があります。そこで、車上にカメラを設置して集電系をリアルタイムでモニタリングし、その画像から異常を検知した際にパンタグラフを自動降下させる在来線向けシステムを構築しました。

研究成果

- 過去の大規模輸送障害の記録から、検知すべき事象としてパンタグラフについては部品脱落、段付摩耗、飛来物付着、異常アークを、電車線については飛来物付着を選定しました。
- 物体検知AIによるパンタグラフの異常検出アルゴリズムを開発し、部品脱落やホーン変形が約1秒で検知可能であることを所内試験で確認しました。
- 抽象的なテキストで検出対象を指定可能なAIを用いた電車線飛来物検出アルゴリズムを開発し、ビニールシートや布団などの飛来物を約40m手前から検知可能であることを所内試験で確認しました。
- 提案した2つのアルゴリズムを組み込んだパンタグラフ自動降下システムを試作し、動作試験を行いました。

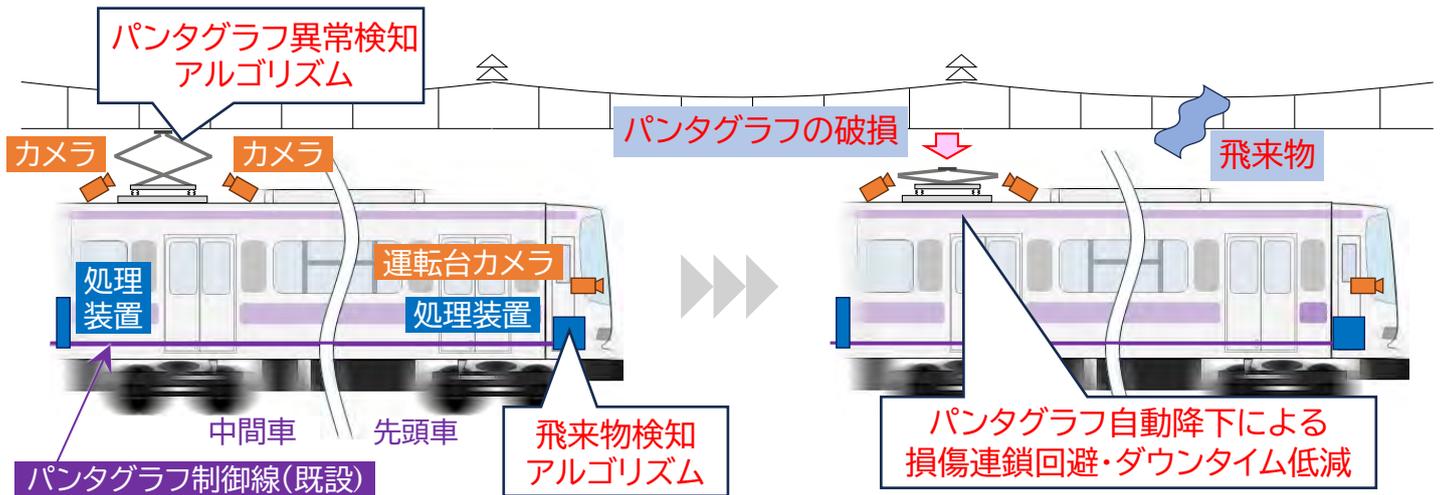
パンタグラフの部品脱落検知例



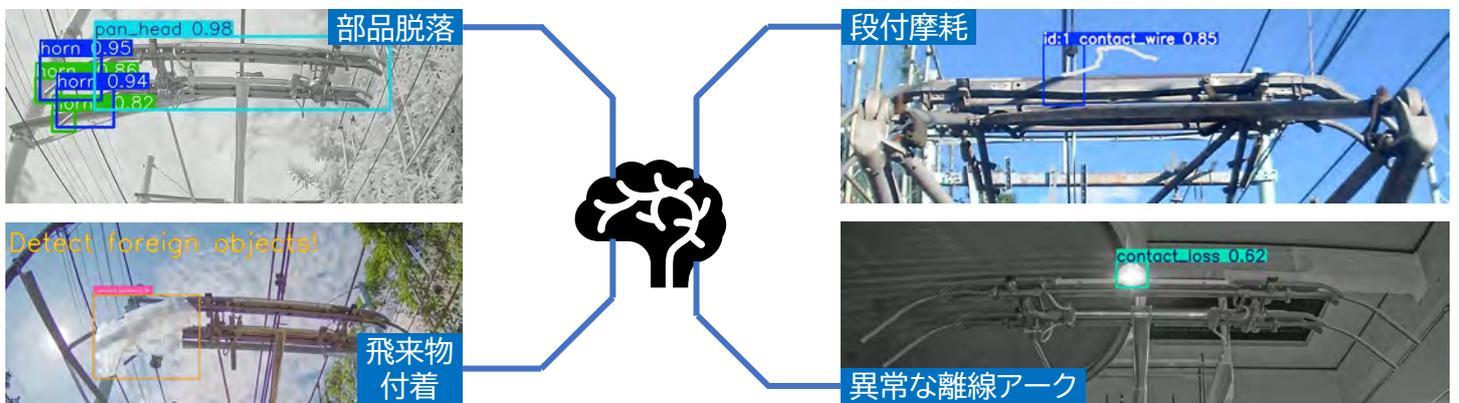
今後の展開

- 実用化へ向けて、装置の小型化・検出の高速化に取り組んでいます。
- 新幹線用パンタグラフへの適用に向けた検討に取り組んでいます。

パンタグラフ自動降下システムの概要



パンタグラフ異常検出アルゴリズム



高速動作する物体検知AI(2種類)を用いたアルゴリズムにより4種類の異常検出を実現

電車線飛来物検出アルゴリズム

検出対象の飛来物:
ビニールシート・布団

形状や色が様々で
事前学習が困難

抽象的なテキストで
検出対象を指定可能なAIと
2種類の誤検知抑制手法を
用いることで検出精度向上を実現

飛来物の特徴を
テキストで入力



電車線領域設定による誤検知抑制

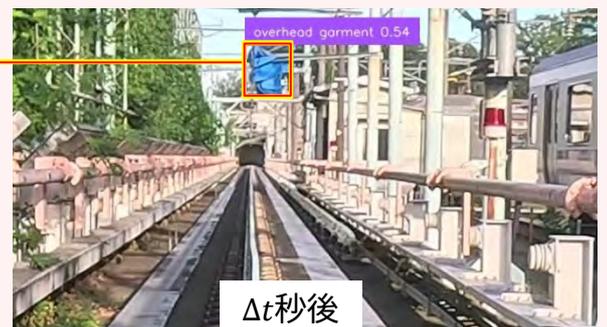
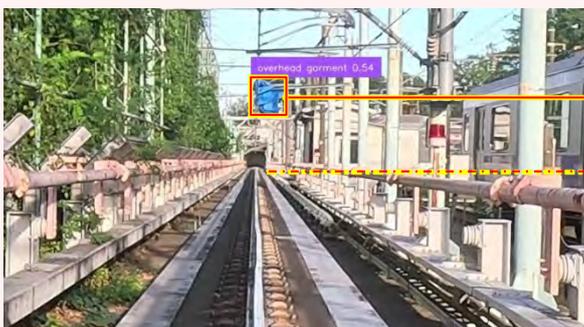


線路領域の
セグメンテーション



マスク領域を上下反転

検出物体の高さ推定による誤検知抑制



検出した飛来物の見え方の変化から高さを推定し電車線付近の飛来物かどうか判別

A13

鉄道向け統合分析プラットフォーム

鉄道事業者のメンテナンスを省力化するため、各システムが所有するメンテナンスデータを共有し、横断的に活用可能なデータ基盤「統合分析プラットフォーム」を開発しました。

研究の背景と目的

- 鉄道のメンテナンスデータは、システム毎に独自の形式や位置表現で管理されているため、同じ位置に存在する設備データを参照し、比較・分析することが困難です。
- そこで、各システムのメンテナンスデータを統合し、横断的な活用を容易とするデータ基盤を構築し、メンテナンス業務を省力化することを目的としています。

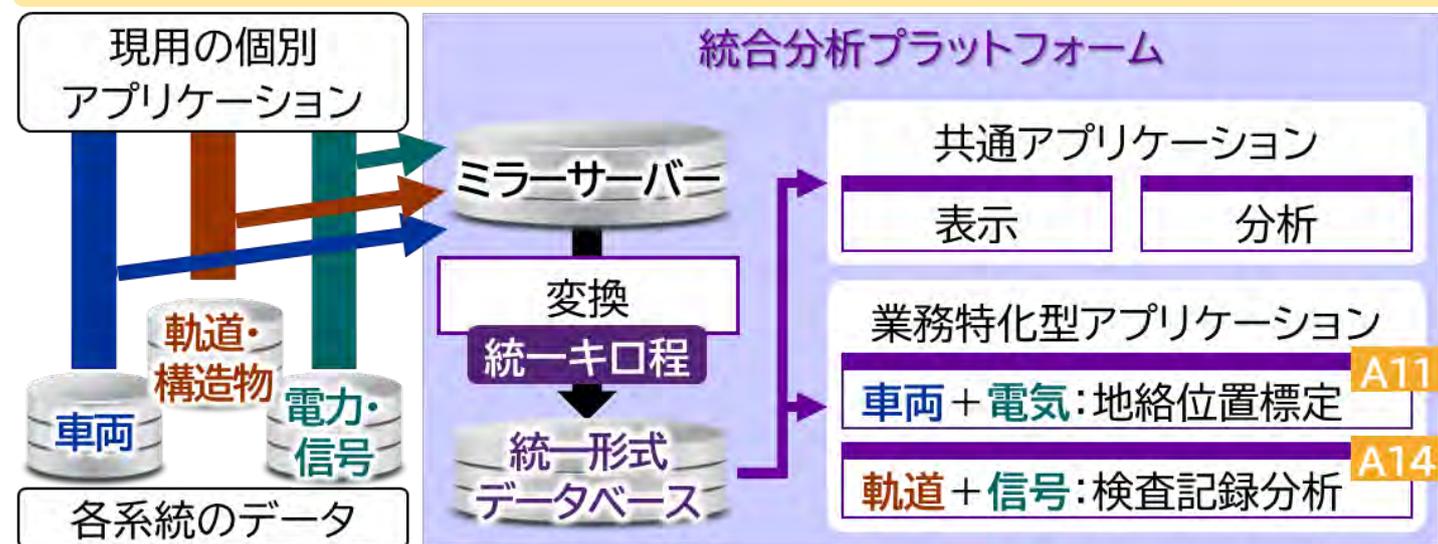
研究成果

- 鉄道事業者が所有する軌道構造台帳と分岐器台帳から、位置を一意に識別する統一キロ程を定義・付与する手法を開発し、データを横断的に活用可能としました。
- 徒歩・列車巡回の省力化を支援する統合分析プラットフォームの活用法として、全システムで前方画像と関連情報を確認可能な表示アプリケーションを開発しました。

今後の展開

- 実線区に適用して効果を検証し、メンテナンスの省力化を図る予定です。
- 前方画像を活用した設備計測や維持管理計画の一元管理などに取り組む予定です。

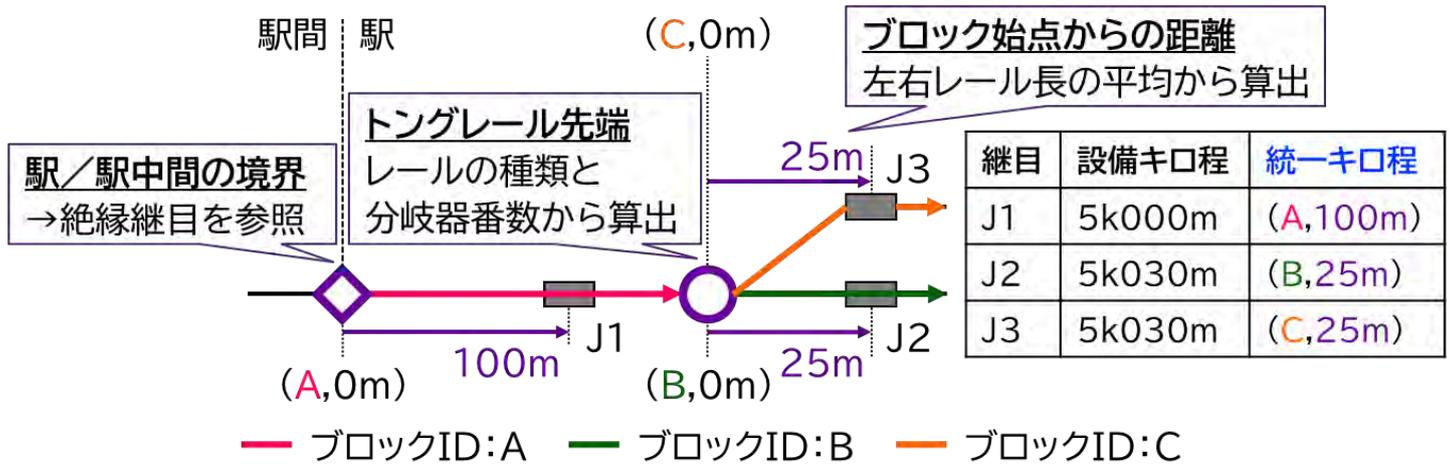
鉄道向け統合分析プラットフォームの全体図



情報通信技術研究部(通信ネットワーク、情報解析、画像解析)

統一キロ程

線路を複数のブロックに分割し、ブロック始点からの距離で位置を指定する統一キロ程により、上下線や駅の番線までを考慮した地上設備の位置や計測地点の特定が可能となります。



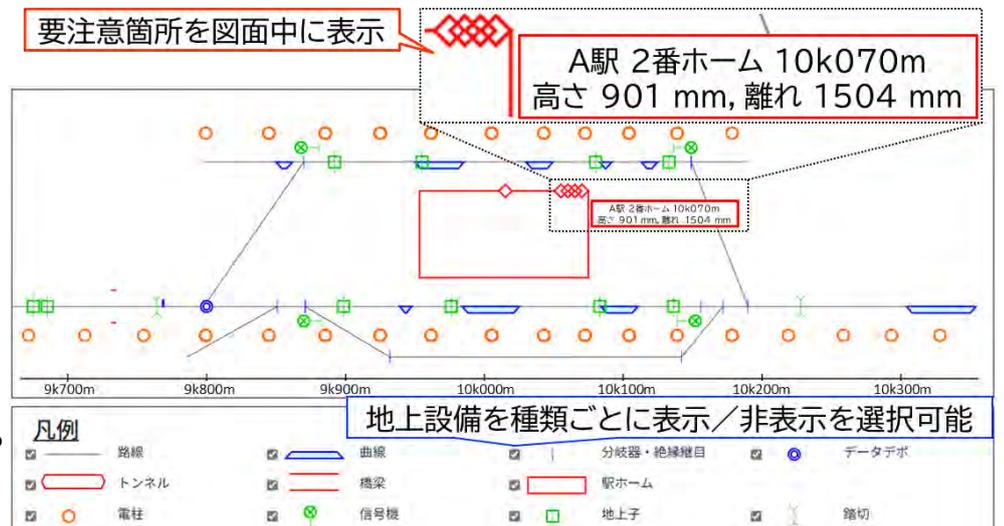
前方画像・データの表示アプリケーション

前方画像と関連する情報を一元表示することにより、全系統共通で沿線の状況や関連情報を確認でき、徒歩・列車巡回の省力化が期待されます。



設備位置・要注意箇所表示アプリケーション

各系統が管理する設備の位置および要注意箇所など、作業計画の策定等に必要となる情報を配線略図上でまとめて把握できます。



A14

設備検査記録の統計分析による 検査周期延伸の支援手法

検査記録を活用して、設備の使用期間と不具合発生率の関係を推定する手法を開発しました。そのうえで、不具合発生率を根拠として、検査周期の延伸可否を判断する考え方を提案しました。

研究の背景と目的

- 設備の状態を詳細かつ連続的に把握することで、これまでの管理水準を下げずに検査周期を延伸できる可能性があります。
- 日々の検査で設備の状態が記録された検査記録の統計的性質を利用して、検査周期の延伸可否を判断する手法を構築しました。

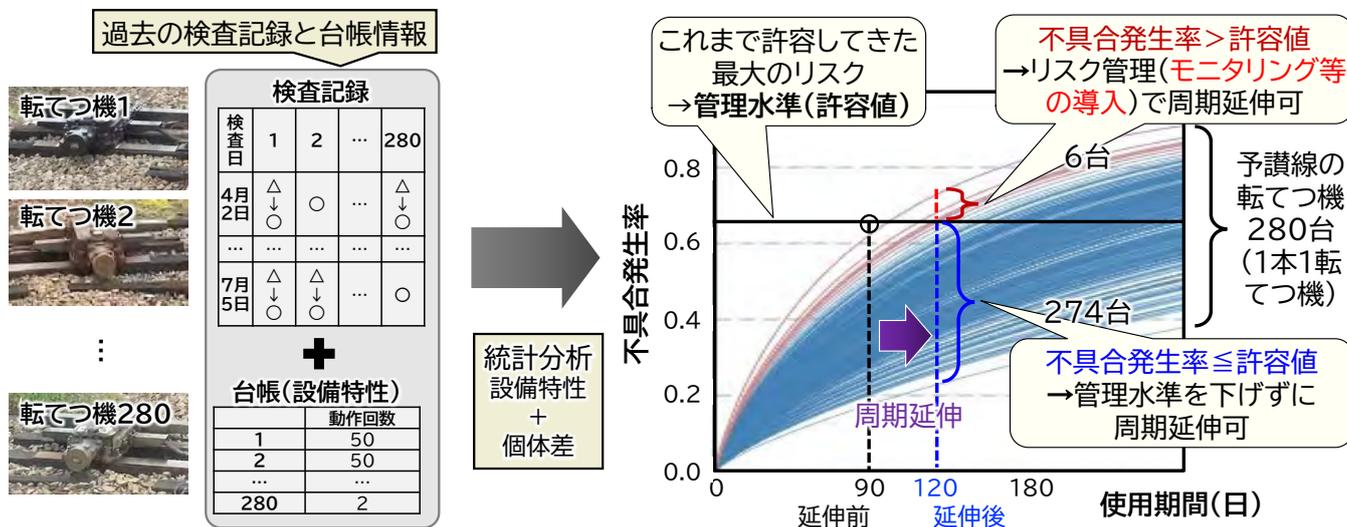
研究成果

- ○、×等の離散評価値から、連続的な不具合発生率の確率を求めることができます。
- 設備諸元のみで表すことができない不具合発生頻度の個体差を考慮できます。
- 周期延伸後の不具合発生率と現行の管理水準を比較し、延伸可否を判断します。

今後の展開

- 既に活用事例のある、転てつ機の検査記録への適用が可能です。
- 同様の検査記録を蓄積している他の設備への展開を検討しています。

検査周期延伸の支援手法の全体図



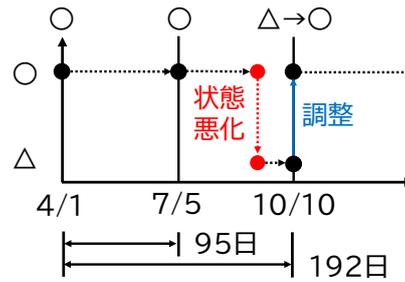
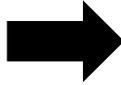
検査記録の分析方法

検査記録

検査日	設備	ロック
4月1日	1	○
7月5日	1	○
10月10日	1	△→○
...

検査日 + 設備状態

状態を図化



状態推移前後の期間を集計して
離散評価値を連続量に変換

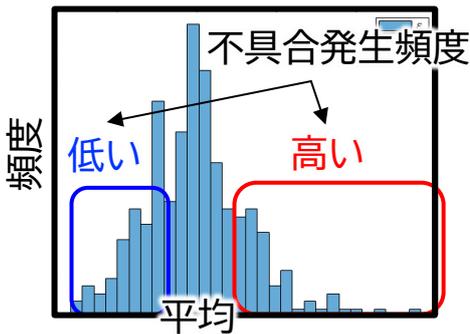
検査記録と設備台帳をもとに、状態悪化時点の予測モデルを構築します。

設備1台1台の不具合発生頻度の評価と不具合発生率の推定

パラメータを設備ごとに設定し、
不具合発生頻度の個体差を評価



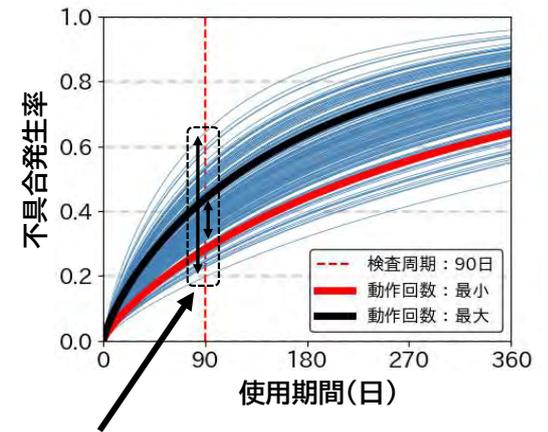
$$\lambda = \varepsilon_k \exp(\beta_0 + \text{動作回数}\beta_1)$$



算出

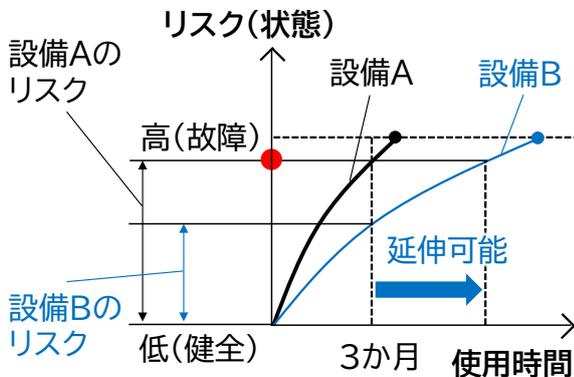


個体差をもとに設備1台1台の
不具合発生率を推定



個体差を評価し、不具合発生率のばらつきを実態に合わせて推定できます。

管理水準を低下させずに検査周期を延伸する考え方



- 同じ種類の設備でも、同じ検査周期で管理する時に許容しているリスクは異なります。
- 設備Aのリスクが許容されるのであれば、許容リスク(管理水準)を変えずに、設備Bの検査周期を延伸可能です。

リスク(不具合発生率)のばらつきを評価することで、
設備全体の検査周期の延伸可否を判断可能となります。

A15

消費電力を考慮した 無線センサネットワークシミュレータ

鉄道事業者が無線センサネットワーク(WSN)の導入を検討する際に、バッテリー交換周期やコスト、通信品質の確保などを机上で検討できるシミュレーションツールを開発しました。

研究の背景と目的

- 鉄道沿線設備の状態監視や異常検知にWSNを用いることで、従来の有線ネットワークの置き換えによる保守の省力化や、センサ配置の制約解消が期待できます。
- WSNを導入する際には、通信品質や消費電力を考慮してノード配置などの設計が必要となります。そこで、これらを総合的に評価可能なWSNシミュレータを開発することで、鉄道事業者の導入検討を支援します。

研究成果

- Wi-SUNとLoRaを対象としたモデル化を行い、センサ配置に応じたデータ到達率や消費電力量を推定するシミュレーションモデルを構築しました。
- WSNのノード配置の設計やバッテリー交換周期の推定を容易にするWeb UIベースのシミュレータを開発しました。
- 鉄道総研所内試験線沿線にWi-SUNおよびLoRaの実機を用いたWSNを構築し、シミュレータの検証試験を実施しました。その結果、データ到達率・消費電力量を95%以上の精度で推定できることを確認しました。
- シミュレータの活用により、実機を設置する前に机上でWSNの設計ができます。

今後の展開

- モデルを実環境に応じて拡張し、精度向上と適用可能範囲拡大を図ります。
- 鉄道事業者がWSNの導入を検討する際の設計支援に活用します。

図1 状態監視装置へのWSN適用例

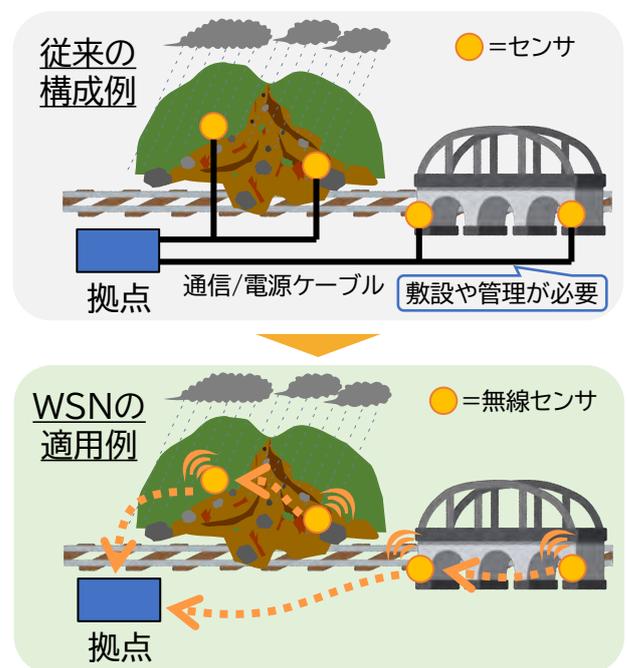


図2 提案するシミュレーション手法

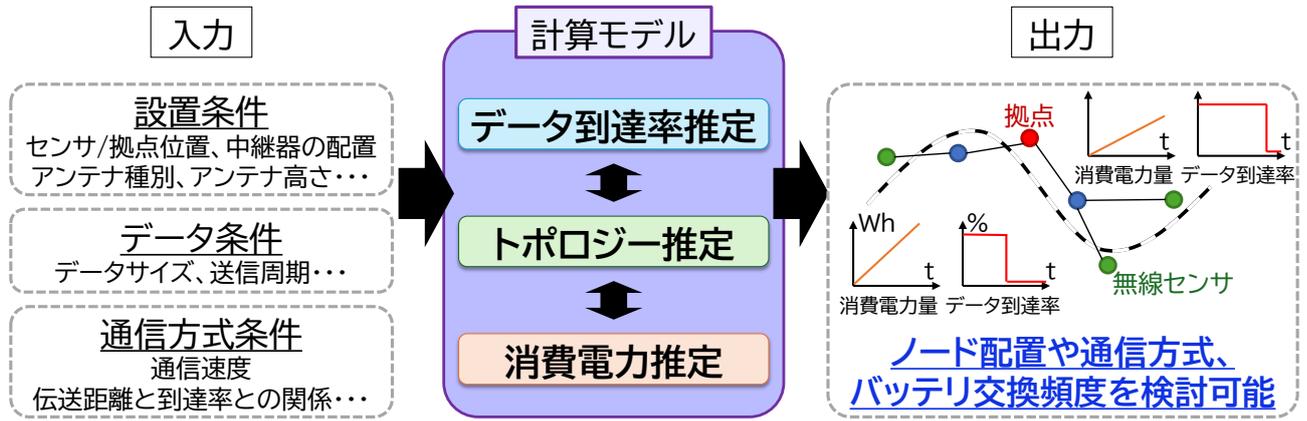


図3 Web UIベースのシミュレータ

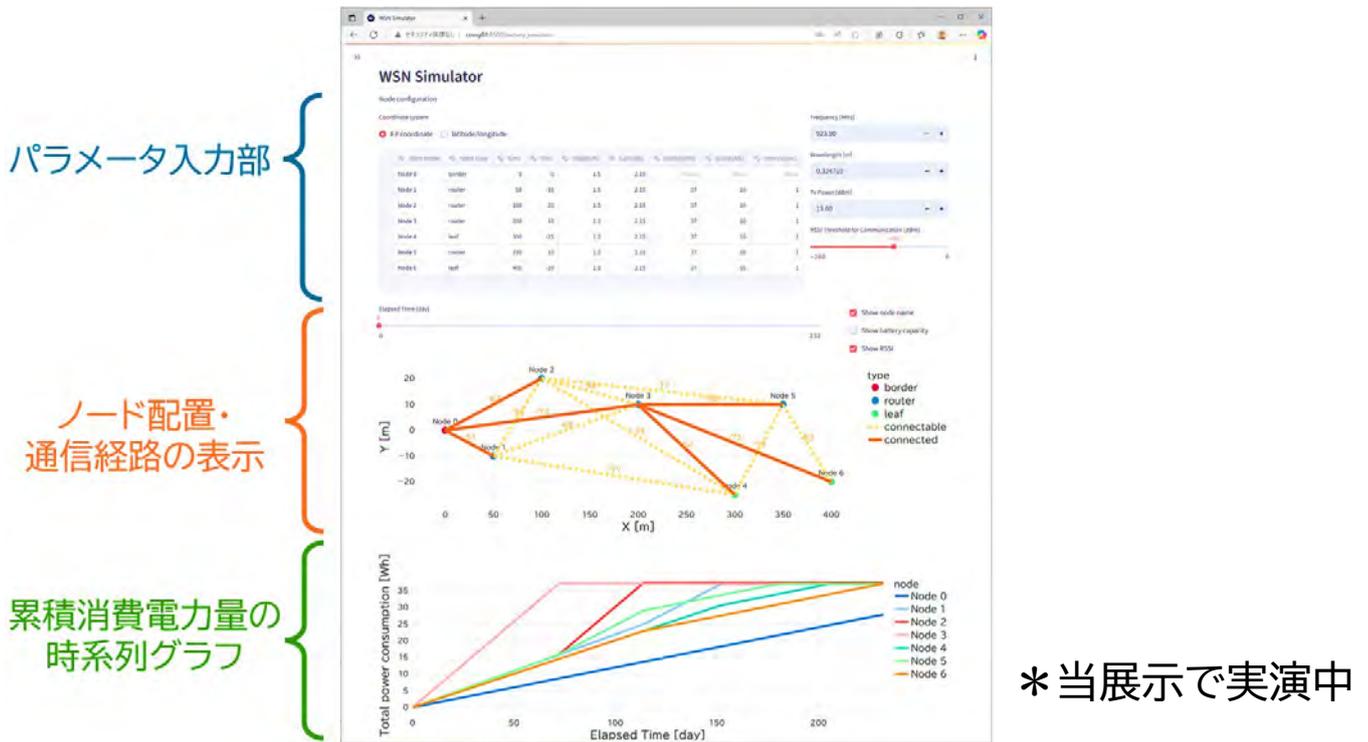
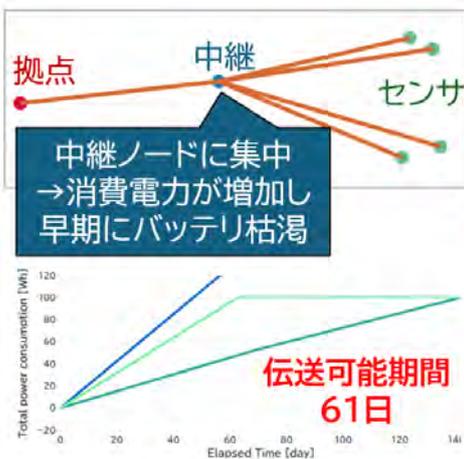


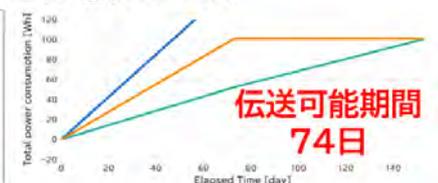
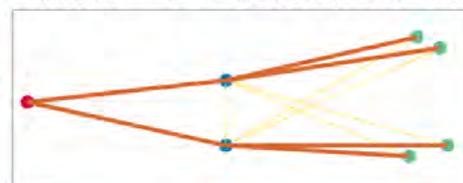
図4 シミュレータを活用したネットワーク設計の実施例

検討初期のネットワーク例

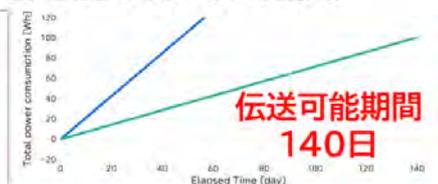
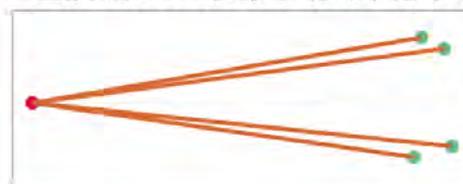
バッテリー交換周期を延伸するための対応例



・中継ノードを追加 (パケットを分散させる)



・通信方式を変更 (長距離伝送可能な方式を選択)



シミュレータの活用により様々な対応パターンを容易に比較・検証可能