

状態監視データを活用した 転てつ装置の故障部位と故障要因の 特定手法

信号技術研究部 信号システム研究室長
潮見 俊輔

背景、課題と本研究の目的

転てつ装置・・・分岐器の可動部を動作(転換)させ、保持(鎖錠)する設備

- 何らかの原因による転換, 鎖錠の停止(転換不能)は列車運行に影響

➡ 状態監視装置(転てつ機モニタ)・・・1990年代～普及

現在の状態監視データ活用・・・**転換不能**の「監視」「**予測・予防**」に重点

予測可能な異常(徐々に状態変化)・・・装置故障による輸送障害※の約1/2

予測困難な突発故障による転換不能(残る1/2)をどうするか・・・課題

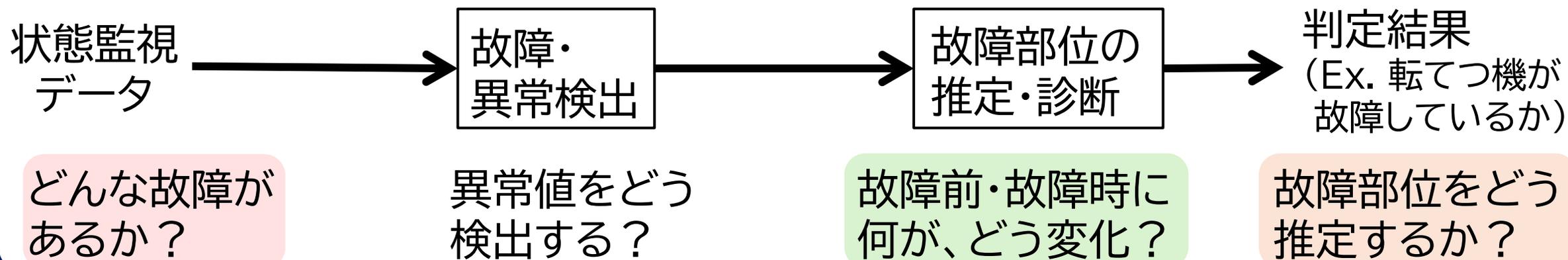
本研究

- ✓ 状態監視データを用いて、交換が必要な**故障部位を推定**
- ✓ 特に、**電気転てつ機本体の故障**を転換不能発生直後に特定
予め材料・要員の手配を行うことで復旧時間短縮を目指す

課題に対するアプローチと本日の発表

目的と アプローチ

- ✓ 状態監視データを用いて、交換が必要な**故障部位を推定**
- ✓ 特に、**電気転てつ機本体の故障**を転換不能発生直後に特定



1. 転てつ装置、電気転てつ機の故障

2. 電気転てつ機本体の故障と状態監視データへの影響分析

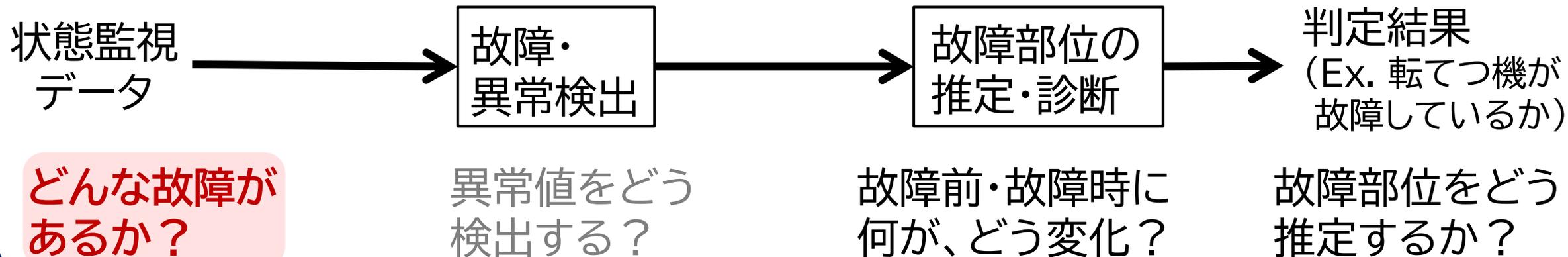
3. 電気転てつ機本体の故障の特徴に注目した故障部位推定

4. 今後の取り組みと方向性

課題に対するアプローチと本日の発表

目的と アプローチ

- ✓ 状態監視データを用いて、交換が必要な**故障部位を推定**
- ✓ 特に、**電気転てつ機本体の故障**を転換不能発生直後に特定



1. 転てつ装置、電気転てつ機の故障

2. 電気転てつ機本体の故障と状態監視データへの影響分析
3. 電気転てつ機本体の故障の特徴に注目した故障部位推定
4. 今後の取り組みと方向性

転てつ装置(電気転てつ機、転てつ付属装置)の故障

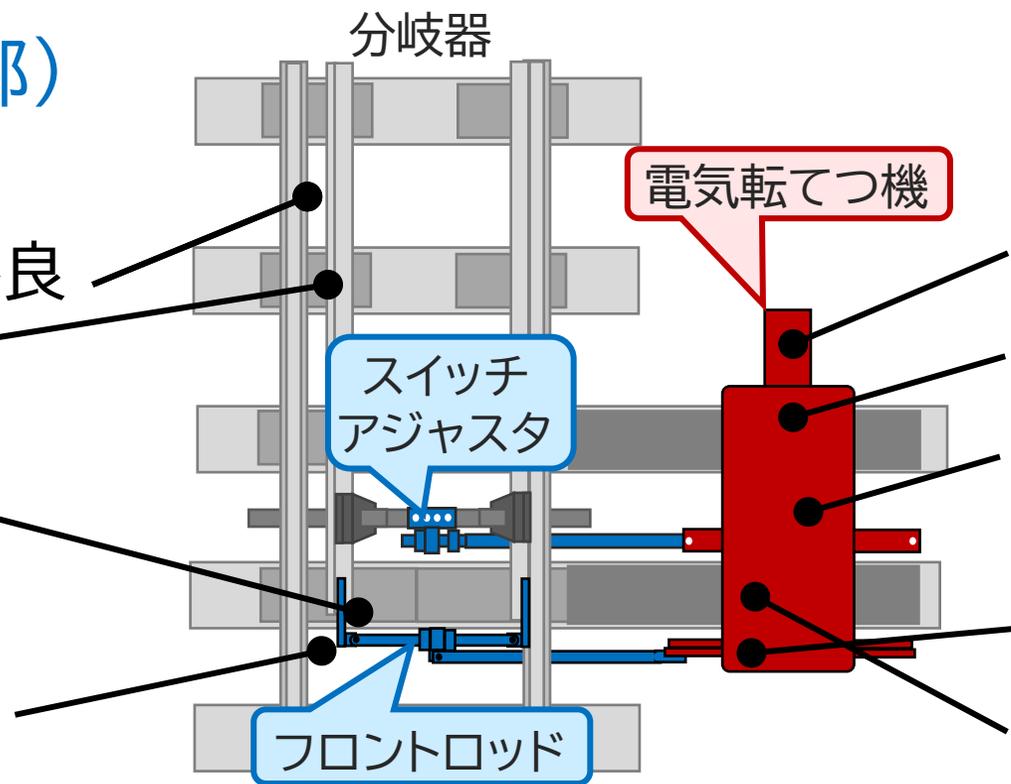
鉄道事業者へのアンケート・聞き取り調査を実施し、故障の発生実態を把握

調査対象: 87鉄道事業者(アンケート)、10鉄道事業者(聞き取り調査)

実施時期: 2022年(アンケート), 2023年(聞き取り調査)

転てつ付属装置(外部) の「主な故障」※

- (a) 減摩器脱落, 調整不良
- (b) 転換負荷増加
- (c) ジョーピン摩耗
- (d) ジョーピン脱落
- (e) フロントロッド折損



電気転てつ機本体 (内部)の「主な故障」※

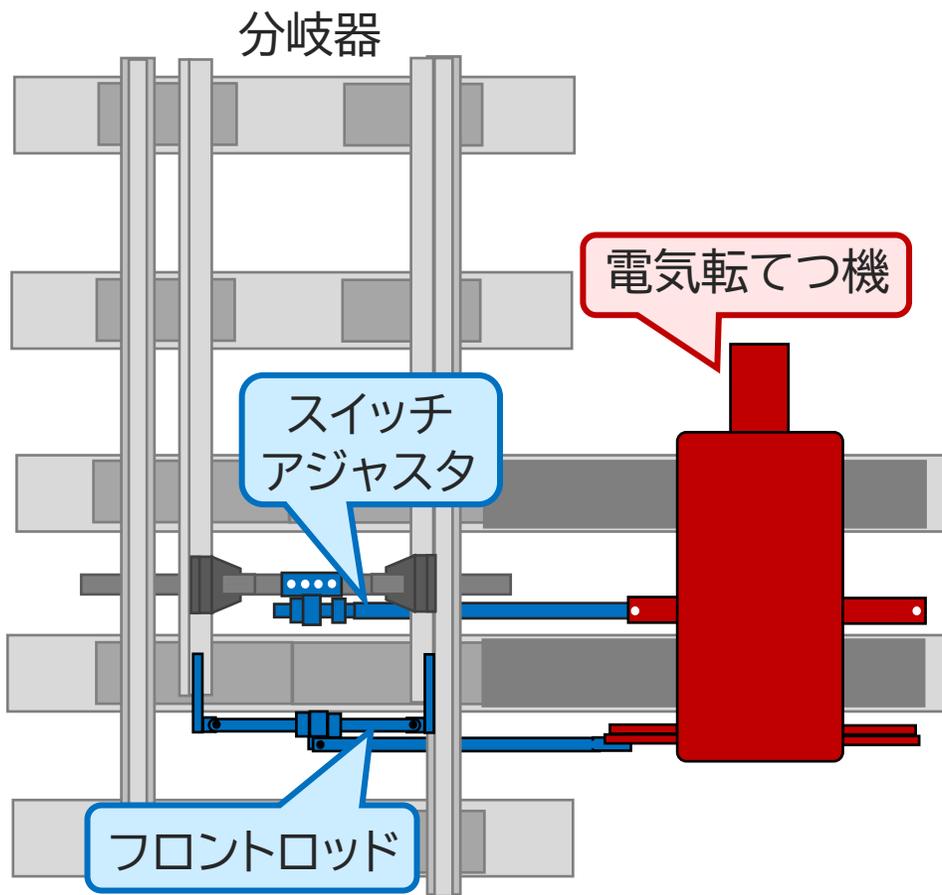
- ① モータ故障(機械, 電気)
- ② クラッチ調整不能・緩み
- ③ 転換機構の破損、固着、摩擦(歯車、カム機構等)
- ④ 鎖錠かん等の摩耗、固着
- ⑤ 接点不良、断線

転てつ装置(電気転てつ機、転てつ付属装置)の故障

転てつ付属装置・分岐器 (外部)の故障

電気転てつ機(内部)の故障

ロックナット弛み
スイッチアジャスタ摩耗
ジョーピン摩耗
フロントロッド折損
ジョーピン抜け
異物介在
まくらぎとの固定が外れる
球面軸受固着
減摩器脱落, 減摩器ローラ上昇
床板とトングレールの 摩擦力増加



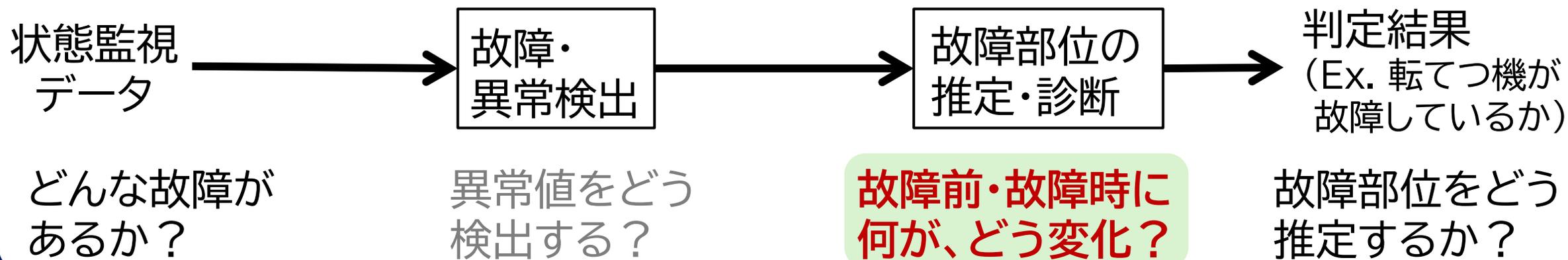
歯車欠損
カム面と転換ローラ摩擦増
差し込み鎖錠かんと 筐体間の摩擦増
脱落部品の干渉
クラッチ電源不良
過電流によるブレーカ動作
内部凍結
鎖錠かん切り欠き・ ロックピース摩耗
モータコンデンサ容量抜け
接点不良 (回路制御器・制御リレー)

「主な故障」を含む上記を対象として、状態監視データへの影響を検討

課題に対するアプローチと本日の発表

目的と アプローチ

- ✓ 状態監視データを用いて、交換が必要な**故障部位を推定**
- ✓ 特に、**電気転てつ機本体の故障**を転換不能発生直後に特定



1. 転てつ装置、電気転てつ機の故障

2. 電気転てつ機本体の故障と状態監視データへの影響分析

3. 電気転てつ機本体の故障の特徴に注目した故障部位推定

4. 今後の取り組みと方向性

故障影響の分析

故障時の状態監視データ・・・発生頻度が低く、再現性がないため蓄積が困難

➡ 故障が状態監視データに及ぼす影響について、以下の方法により検討

① 実験によるデータ収集

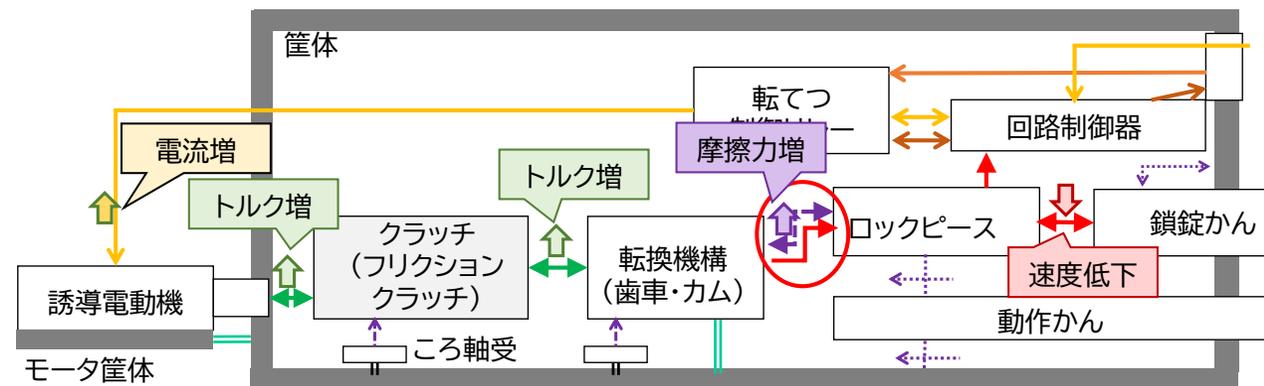
- 故障状態を実機で再現し、データを取得
例) 歯車の欠損、カムバーの発錆 など

歯車2歯欠損



② 机上分析

- 電気転てつ機・付属装置の構成要素、要素間の相互関係を示した「連関図」を用いて分析



故障影響の分析結果(故障部位と状態変化の特徴)

故障部位	故障項目と部位の例	車両通過時の状態変化	動作時の状態変化と発現するフェーズ		
			解錠	転換	鎖錠
内部	機械的故障(モータ・歯車)	なし	電流	電流	電流
	機械的故障(動作かん)	なし	なし	電流	なし
	機械的故障(ロックピース・鎖錠かん)	なし	電流	なし	電流
	電氣的故障	なし	電流	電流	電流
外部	照査・表示系の破損、摩耗 (フロント等)	鎖錠かん 変位	なし	なし	鎖錠かん 変位
	転換系の破損、状態変化 (スイッチアジャスタ等)	なし	なし	電流 転換負荷	なし

故障の発生部位(特に**内部**, **外部**)によって異なる特徴があることを確認

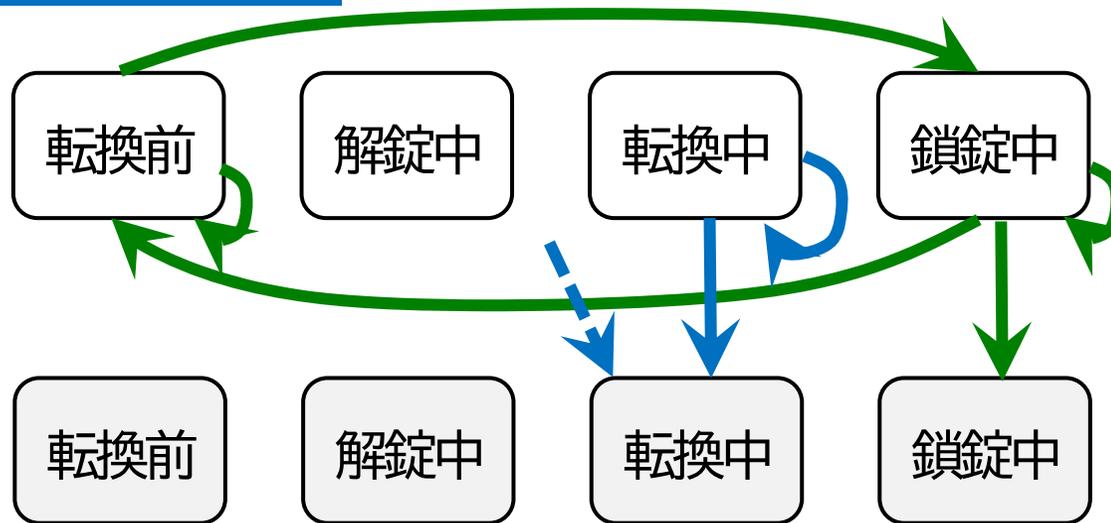
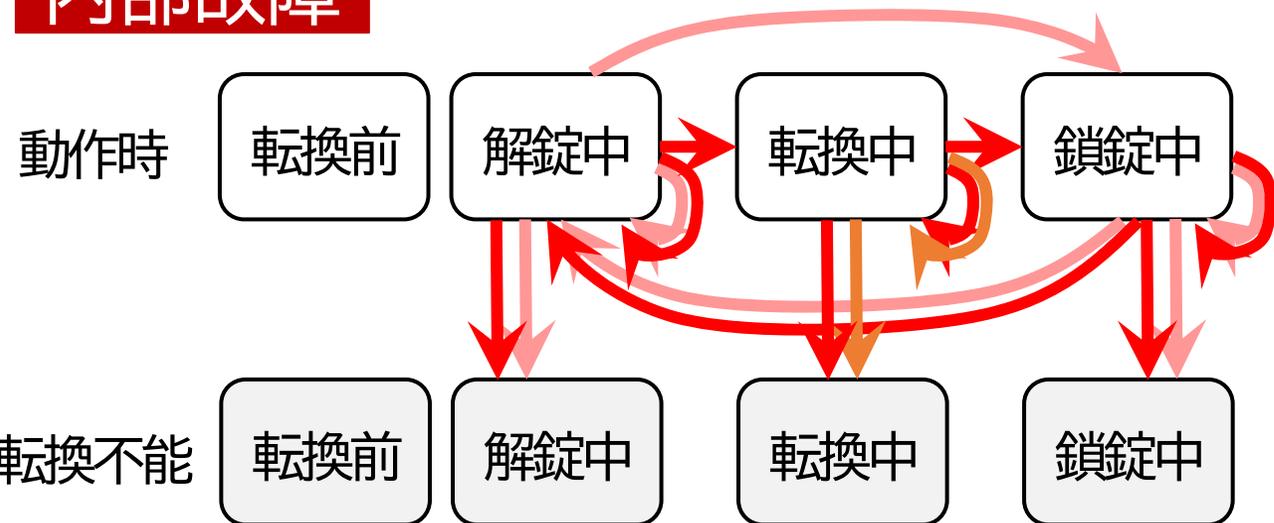
- ✓ 電気転てつ機本体(**内部**)故障・・・**転換電流が変化**(発現するフェーズは故障による)
- ✓ 転てつ付属装置(**外部**)故障(照査・表示)・・・**鎖錠かん変位が変化**(車両通過時等)
- ✓ 転てつ付属装置(**外部**)故障(転換)・・・**電流と転換負荷が共に変化**

故障影響の分析(状態変化の遷移)

転換系の外部故障(床板摩擦等)以外は, 内部故障・外部故障で遷移が異なる

内部故障

外部故障



- :モータ, クラッチ, 歯車における故障
- :ロックピースの駆動に関わる故障
- :動作かんの駆動に関わる故障

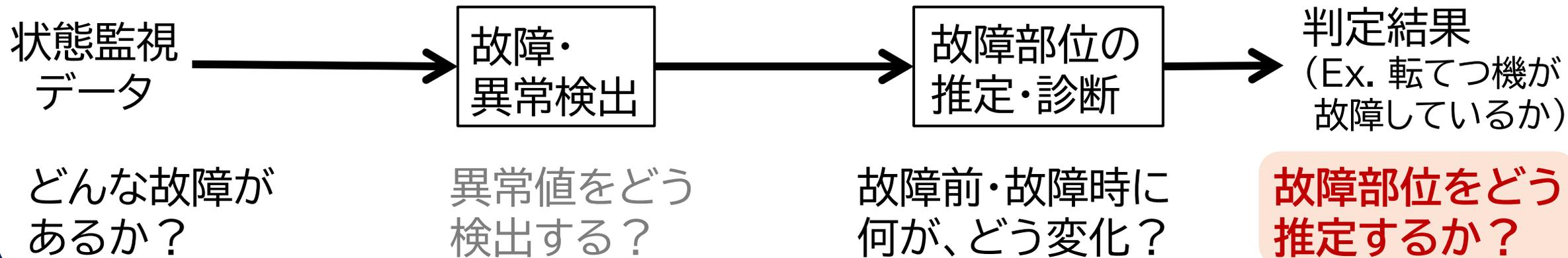
- :照査・補鎖錠系に関わる故障
- :分岐器の転換に関わる故障
- - -> :異物介在による転換不能

状態変化と発現したフェーズ、および転換不能までの推移に注目することで、故障部位(内部・外部)が判別できる

課題に対するアプローチと本日の発表

目的と アプローチ

- ✓ 状態監視データを用いて、交換が必要な**故障部位を推定**
- ✓ 特に、**電気転てつ機本体の故障**を転換不能発生直後に特定



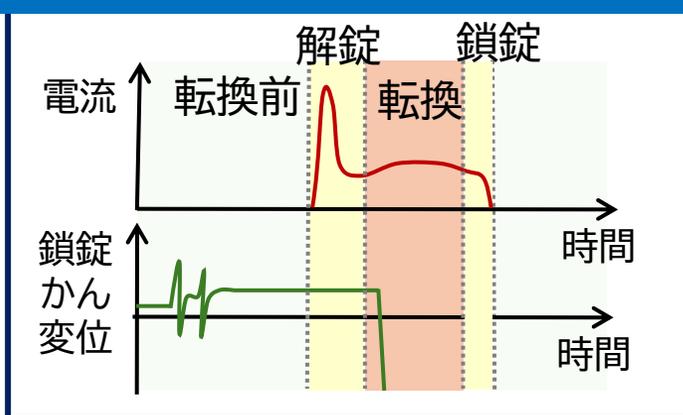
1. 転てつ装置、電気転てつ機の故障
2. 電気転てつ機本体の故障と状態監視データへの影響分析
- 3. 電気転てつ機本体の故障の特徴に注目した故障部位推定**
4. 今後の取り組みと方向性

故障部位の推定方法の検討

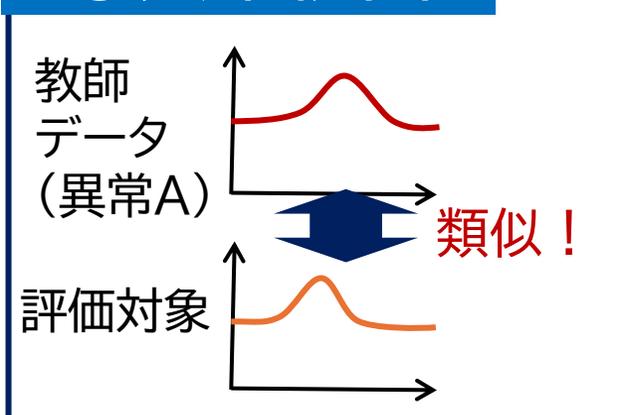
故障部位(電気転てつ機か否か)の推定に必要な条件

- ① 状態監視データの動作フェーズ毎(転換前、解錠、転換、鎖錠)の分割
- ② 動作フェーズ毎のデータに対する異常検出
- ③ 検出結果・項目と、発現したフェーズと遷移から故障部位を判定 **今回**

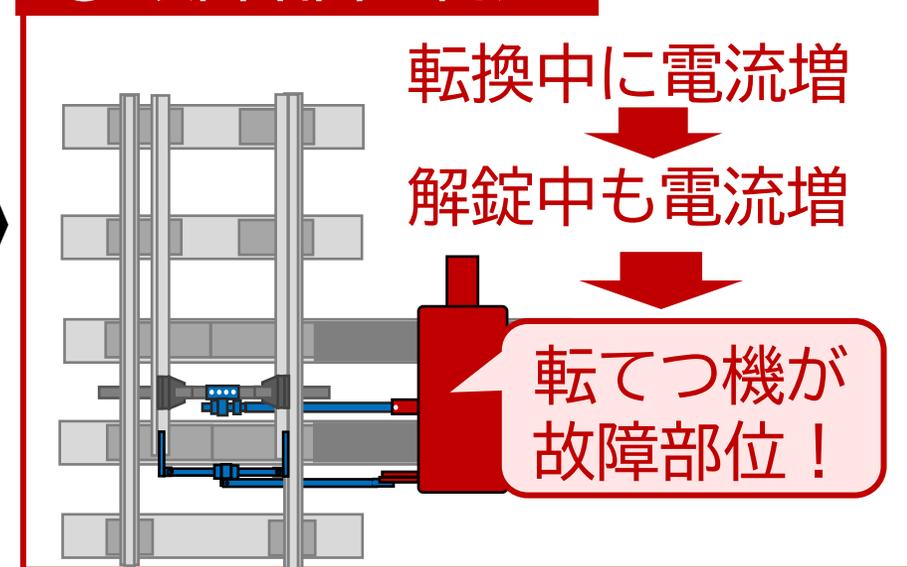
①フェーズ毎の分割



②異常検出



③故障部位判定

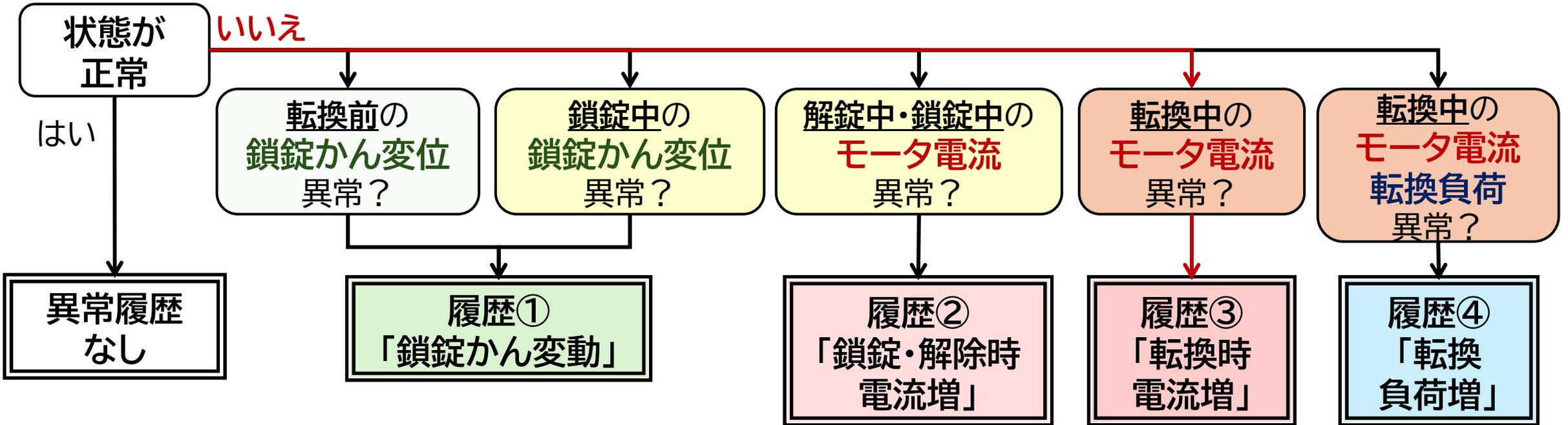


※ ③の判定手法を確立させた上で、①・②を実施

故障部位の推定アルゴリズム(1段階目:特徴・履歴蓄積)

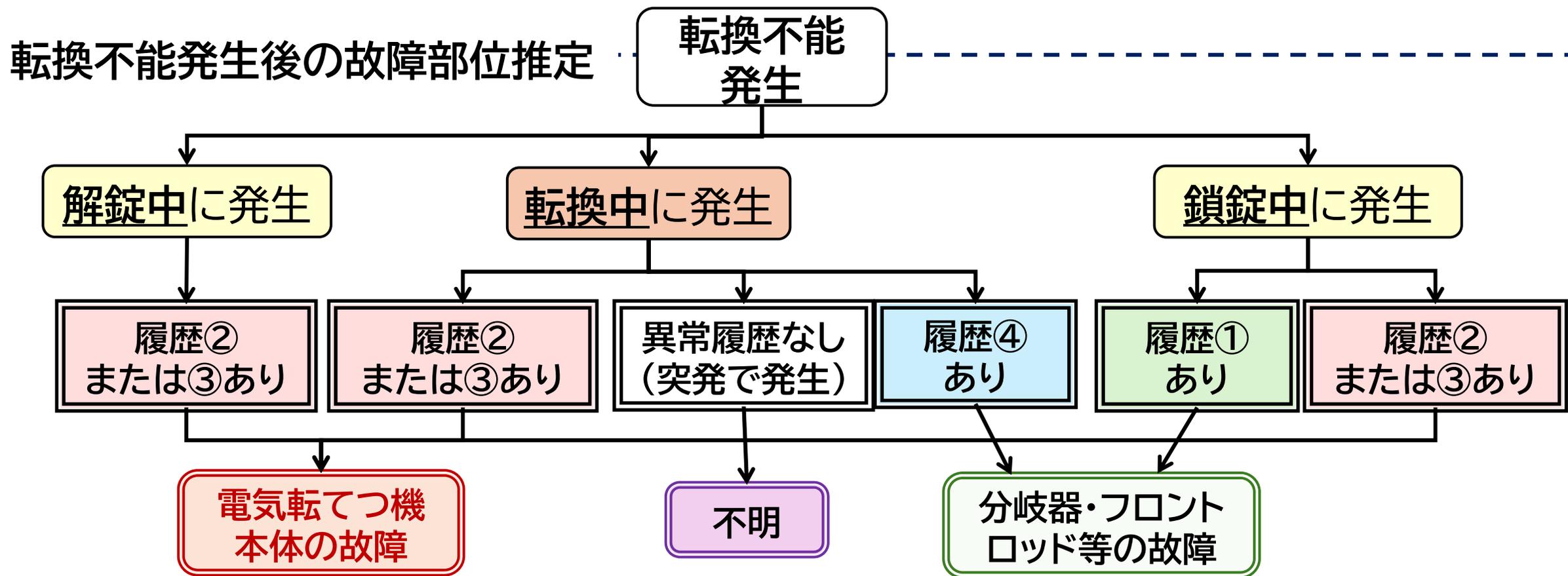
1. 検出された**異常の特徴(変化した項目や動作フェーズ)**と**履歴**を分類
2. 転換不能が発生した際の動作フェーズから故障部位を判別

異常検出と履歴の記録 (転換不能前, 転換不能時)



故障部位の推定アルゴリズム(2段階目:部位判別)

1. 検出された異常の特徴(変化した項目や動作フェーズ)と履歴を分類
2. 転換不能が発生した際の動作フェーズから故障部位を判別

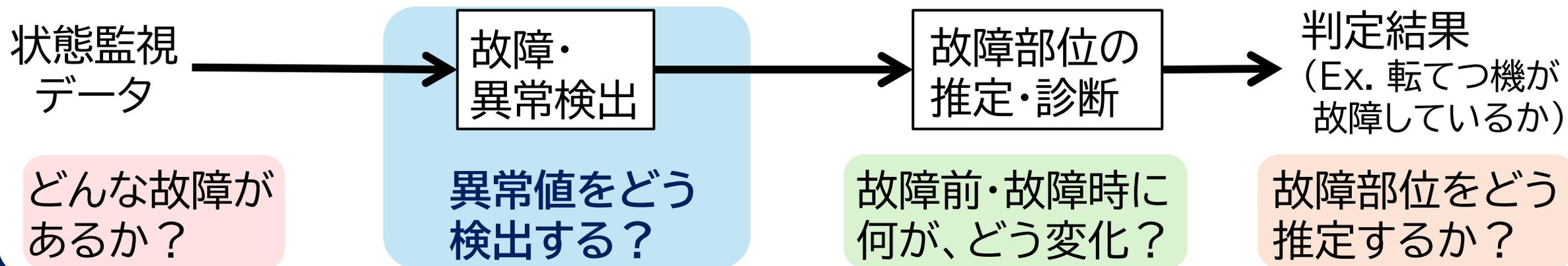


転換不能直後に、復旧に時間を要する電気転てつ機本体の故障を判別

課題に対するアプローチと本日の発表

目的と アプローチ

- ✓ 状態監視データを用いて、交換が必要な**故障部位を推定**
- ✓ 特に、**電気転てつ機本体の故障**を転換不能発生直後に特定



1. 転てつ装置、電気転てつ機の故障
2. 電気転てつ機本体の故障と状態監視データへの影響分析
3. 電気転てつ機本体の故障の特徴に注目した故障部位推定
4. 今後の取り組みと方向性

今後の取り組みと方向性

状態監視
データ

故障・
異常検出

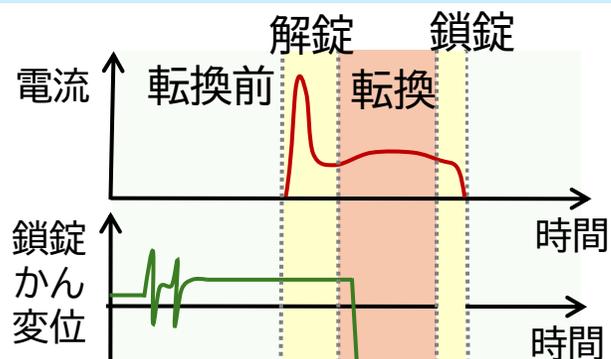
故障部位の
推定・診断

判定結果
(Ex. 転てつ機が
故障しているか)

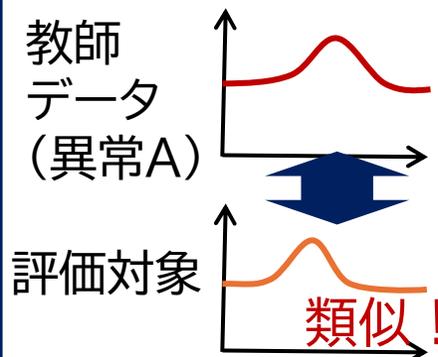
今回発表部分

今後(現在)の開発

①フェーズ毎の分割



②異常検出



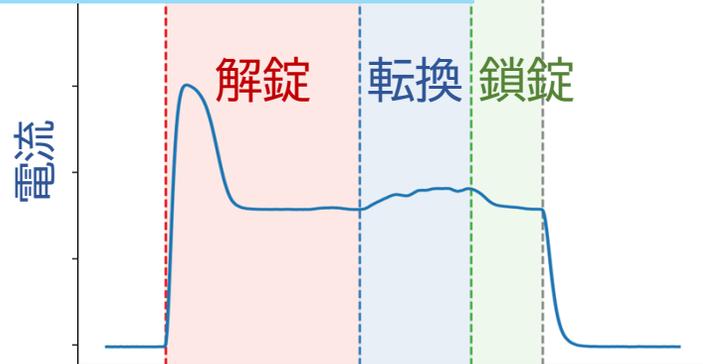
解決のための方向性と取り組み

- ① 動作フェーズをモータ電流から正確に判別する手法
- ② 故障時の変化の特徴に応じた異常検出手法の組合せ・選択

今後の取り組みと方向性(①フェーズ毎の分割)

動作フェーズを情報として持った正解データと、対象データが対応する点を推定し、フェーズ境界を見つけ出す手法について検討中

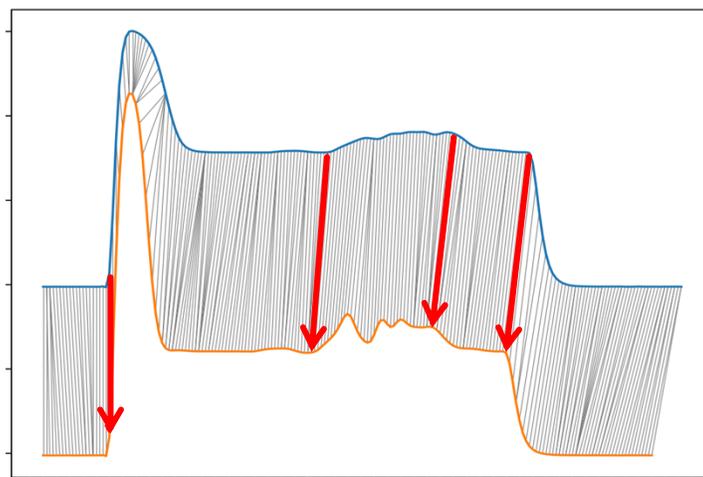
「正解データ」



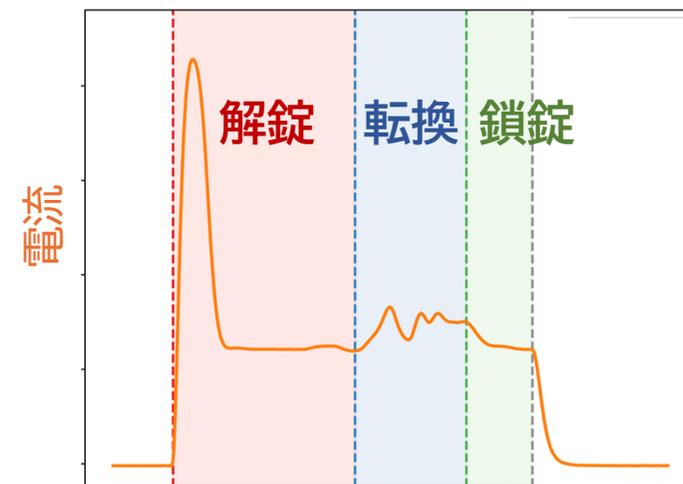
推定対象データ



両者が対応する点の推定

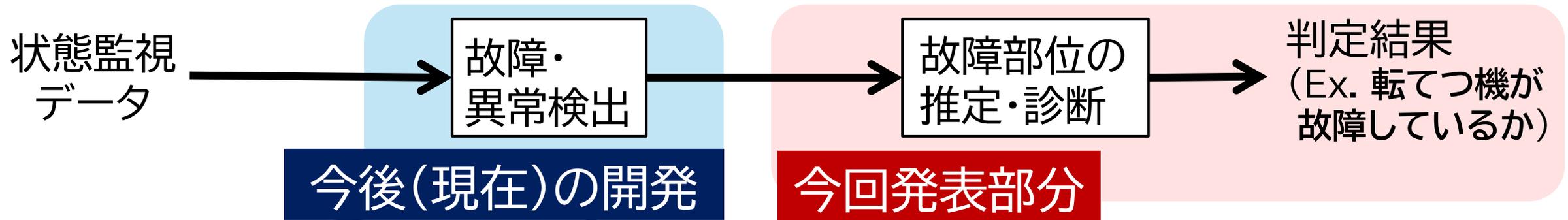


推定結果



まとめと成果の活用

現在の状態監視装置では予測困難な突発故障による転換不能に対して、**交換が必要な故障部位(電気転てつ機本体)を転換不能発生直後に判定する**手法を提案した。



状態監視データによる故障部位推定に必要な、**異常検出手法等を構築し、**電気転てつ機の状態監視技術がカバーする故障・異常の範囲の拡大を目指す

成果の活用

状態監視装置への実装、異常時対応フロー

➔ 転換不能時のダウンタイム短縮、異常時対応の省人化

※ 本研究の一部は、株式会社京三製作所との共同研究に基づき実施しました。

潮見俊輔：転てつ装置の状態監視・推定技術、交通新聞、2025年2月27日、4面

潮見俊輔ほか：転てつ装置の故障要因探索における課題と解決のためのアプローチ、第30回鉄道技術連合シンポジウム講演論文集(J-RAIL2023)、S2-4、2023

潮見俊輔ほか：電気転てつ機の状態監視データに基づく故障部位の推定方法、第31回鉄道技術連合シンポジウム講演論文集(J-RAIL2024)、S2-7-3、2024

清水龍、潮見俊輔：電気転てつ機動作電流波形のD-DTW解析による動作フェーズ推定手法、電気学会 交通・電気鉄道研究会資料、TER-25-054、2025