

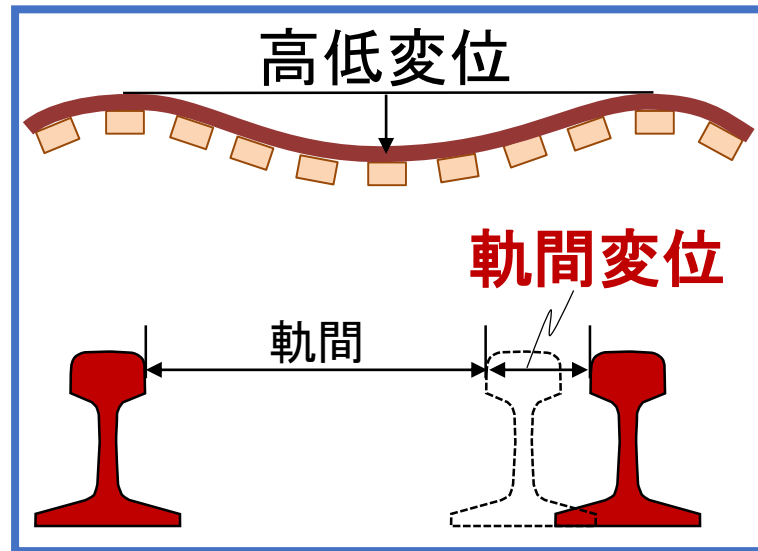
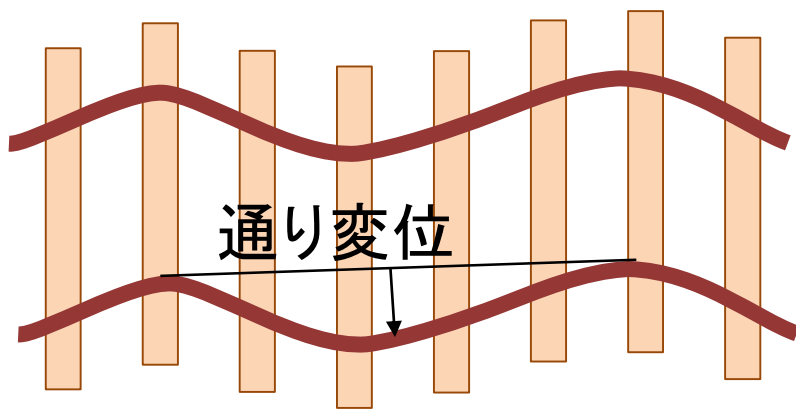
地方鉄道における軌間拡大リスクの 評価の効率化に関する検討

交通システム研究部 研究員 一柳 洋輔

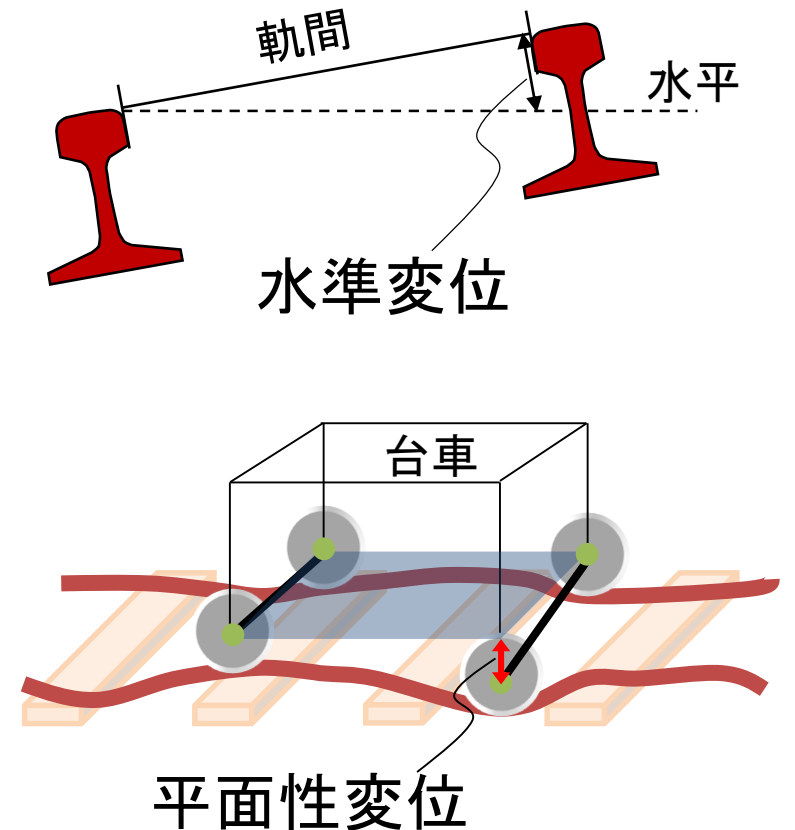
軌道変位の管理 - 5つの項目

軌道変位(レールのゆがみ)

列車の繰り返し走行により、軌道の各部にゆがみが生じる。軌道変位は列車の走行安全性や乗り心地に影響するため、軌道の保守管理において重要な項目。



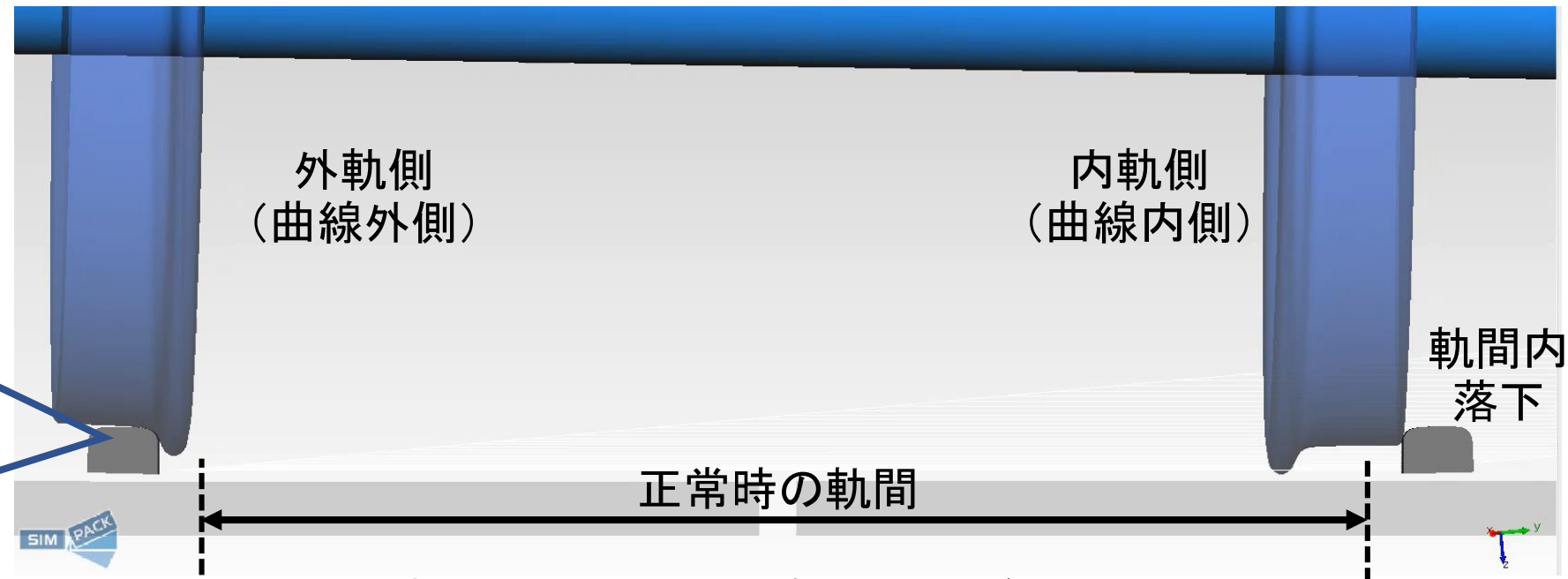
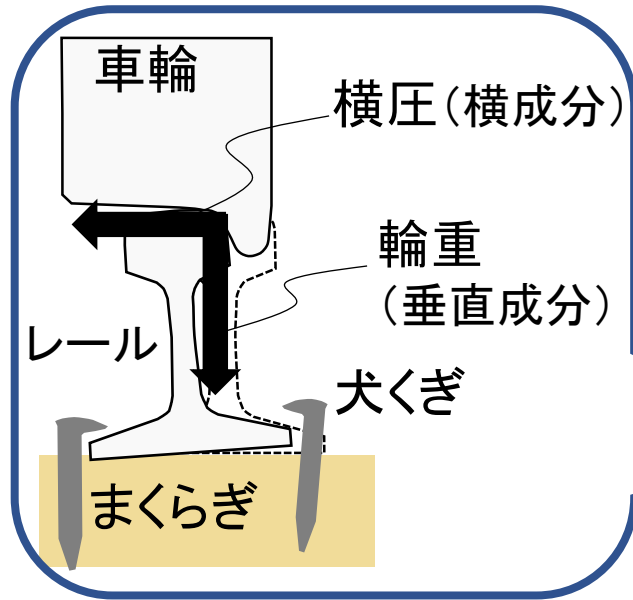
本発表で述べる項目



軌道変位の管理 – 軌間拡大

軌間の拡大

- レールを押す力: 鉄道の急曲線部では横圧が作用する
- レールの支持力: まくらぎの腐食等で犬くぎによる締結力が低下



軌間拡大による脱線のイメージ(動画)

軌道変位の管理 – 軌間拡大

軌間の拡大

- レールを押し力: 鉄道の急曲線部では横圧が作用する
- レールの支持力: まくらぎの腐食等で犬くぎによる締結力が低下



軌間拡大による脱線事故例

近年でも複数回発生しており、
主に 木まくらぎ・碎石道床 の区間で発生。



近年の発生事例

2020.07	富山地方鉄道
2019.12	会津鉄道
2019.04	弘南鉄道
2018.06	京葉臨海鉄道
2017.02	熊本電気鉄道

運輸安全委員会HPより参照

軌道変位の管理 – 静的値と動的値

- 簡易測定, 手検測
列車荷重が作用しない
静的なレールの変位を測定. 低コスト.
- 軌道検測車
列車荷重が作用した状態の
動的なレールの変位を測定. 高コスト.



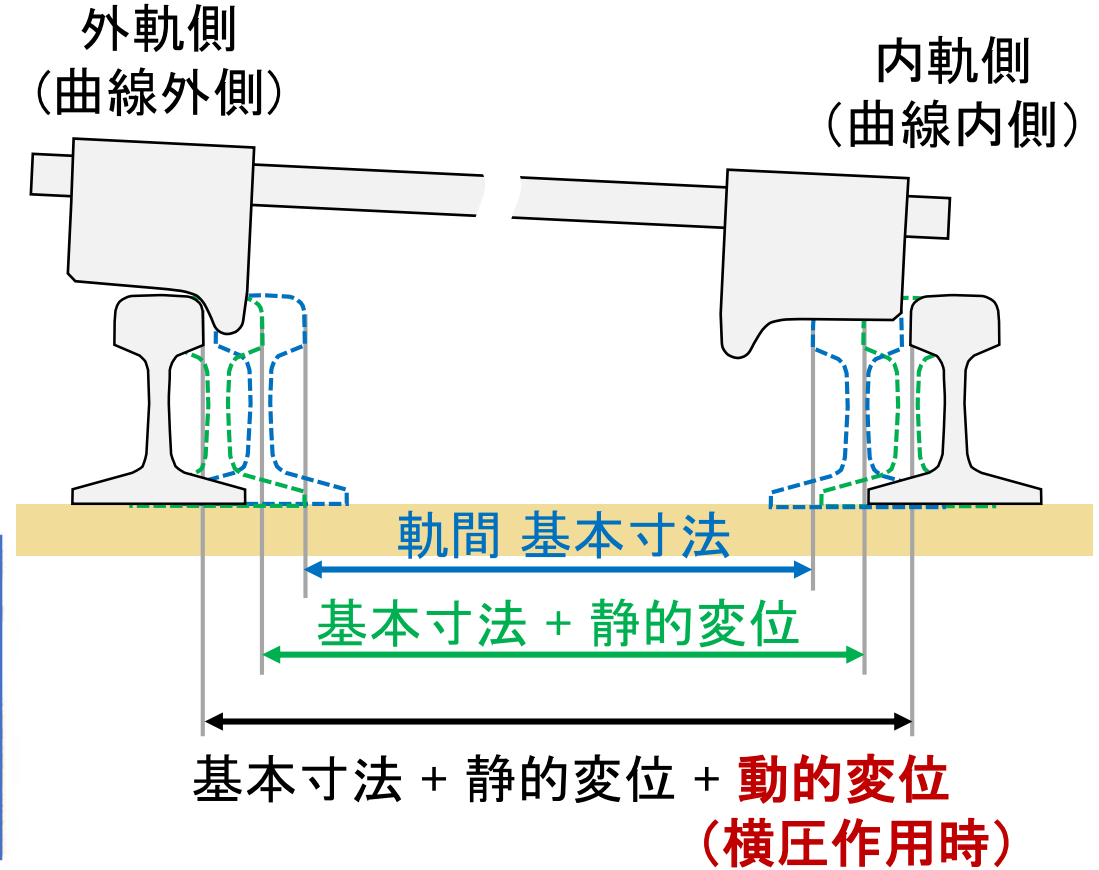
軌道検測車



簡易軌道検測装置



手検測



軌道検測車を導入せずに静的値で管理している地方鉄道事業者もある

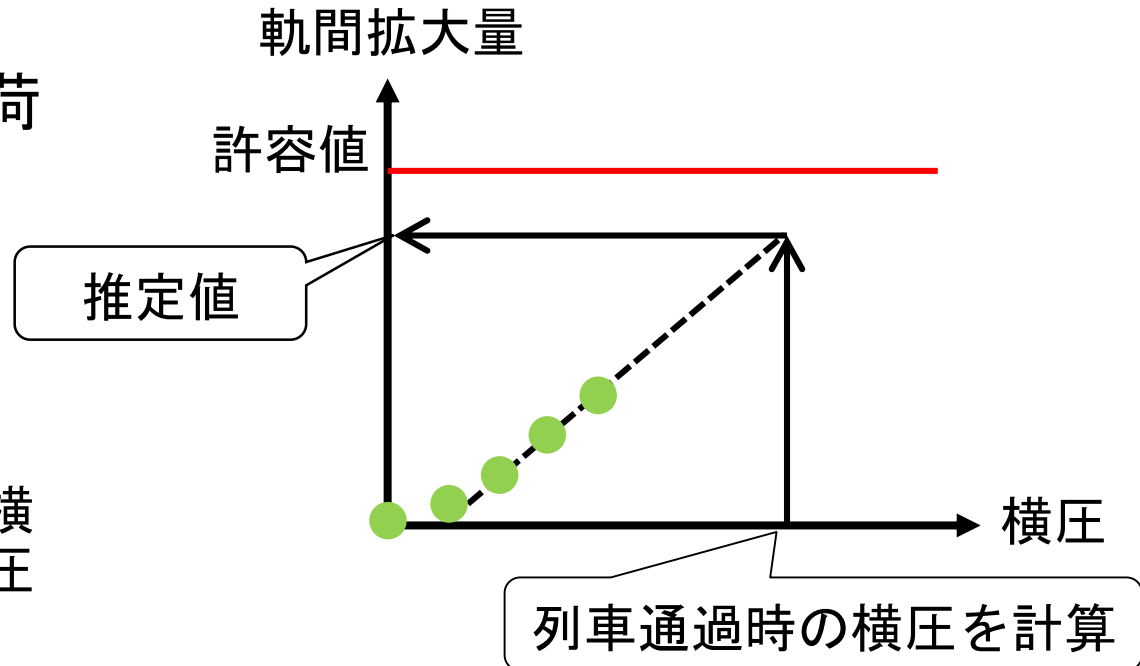
交通研の取り組み — 動的な軌間拡大の可能性を把握する

横圧载荷治具

- 油圧ジャッキで横圧方向の荷重をレールに载荷
- リニアスケールで軌間拡大量を測定



横圧载荷治具



軌間拡大量 - 横圧の実験結果から
実際の列車通過時の動的な
軌間拡大量を推定

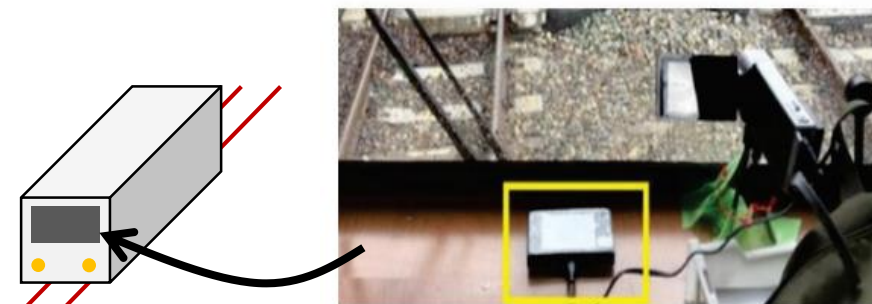
本研究の概要

横圧载荷治具を用いれば、列車通過時の動的な軌間拡大量を推定できる

課題 路線内すべてのまくらぎに対して治具で横圧を载荷するのは非現実的
横圧载荷治具で評価をすべき箇所の絞り込みが必要

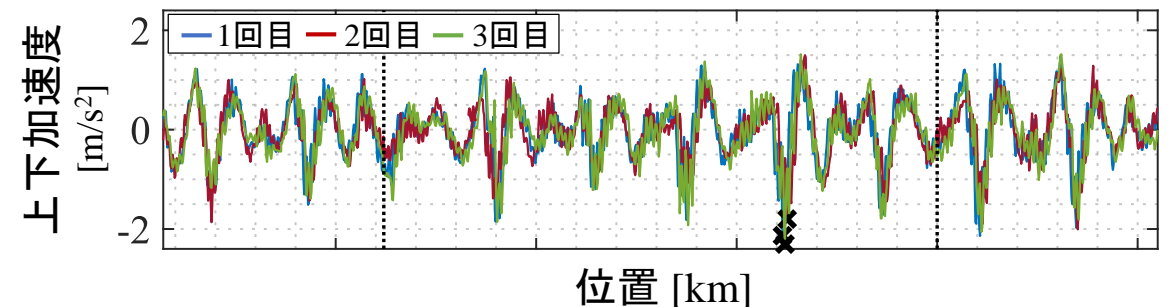
本研究での検討内容

継続的に収集している列車の動揺をもとに、
優先的に軌間拡大のリスクを確認すべき曲線部を抽出する方法を検討



列車動揺の測定

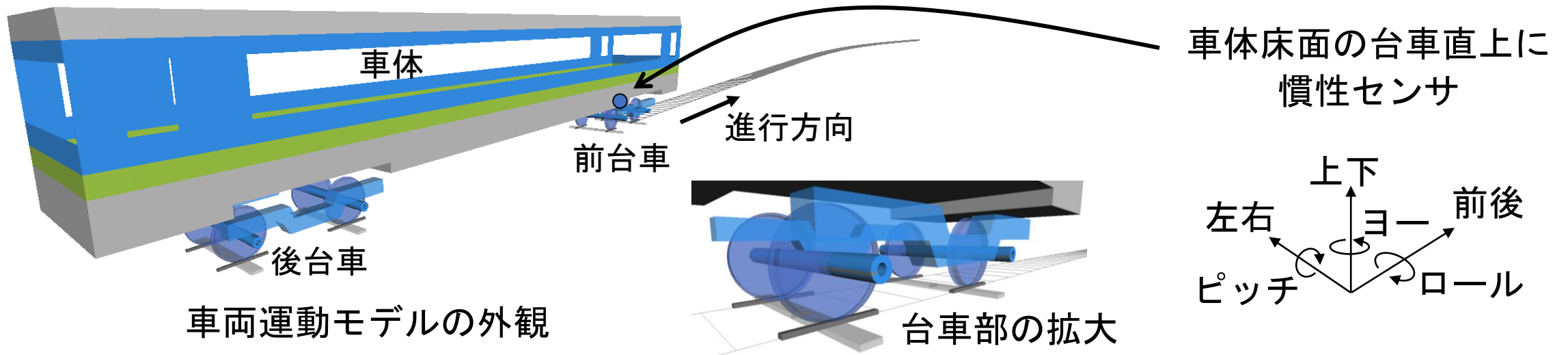
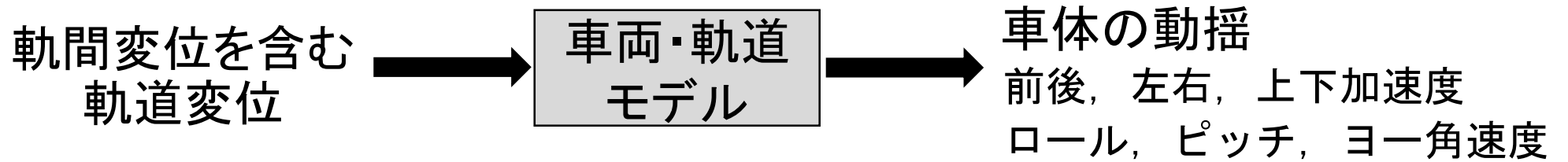
列車動揺の例



車両運動シミュレーション - 概要

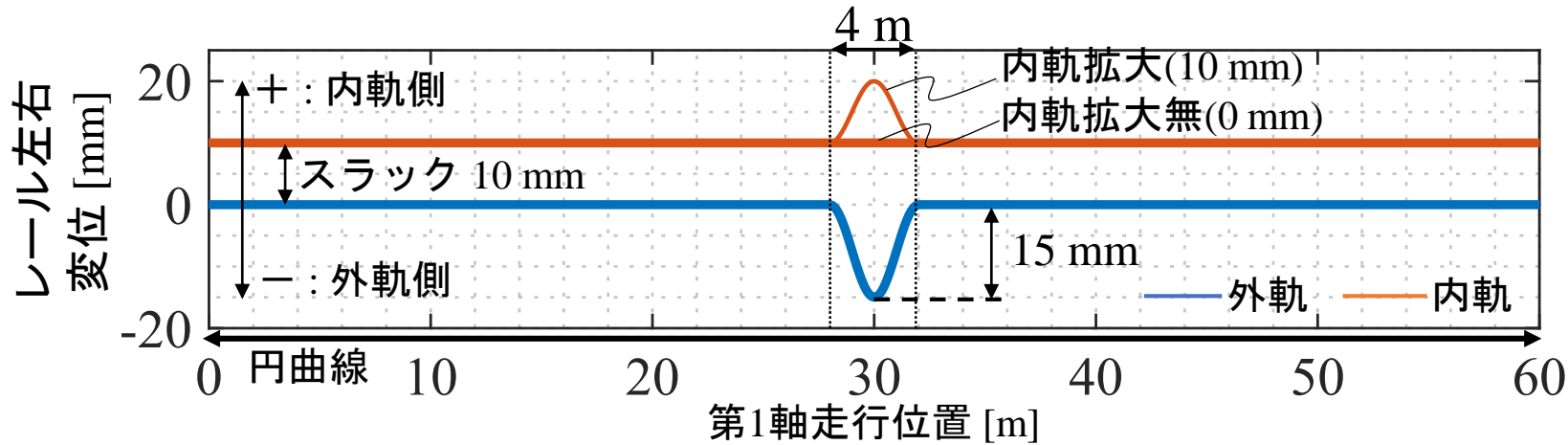
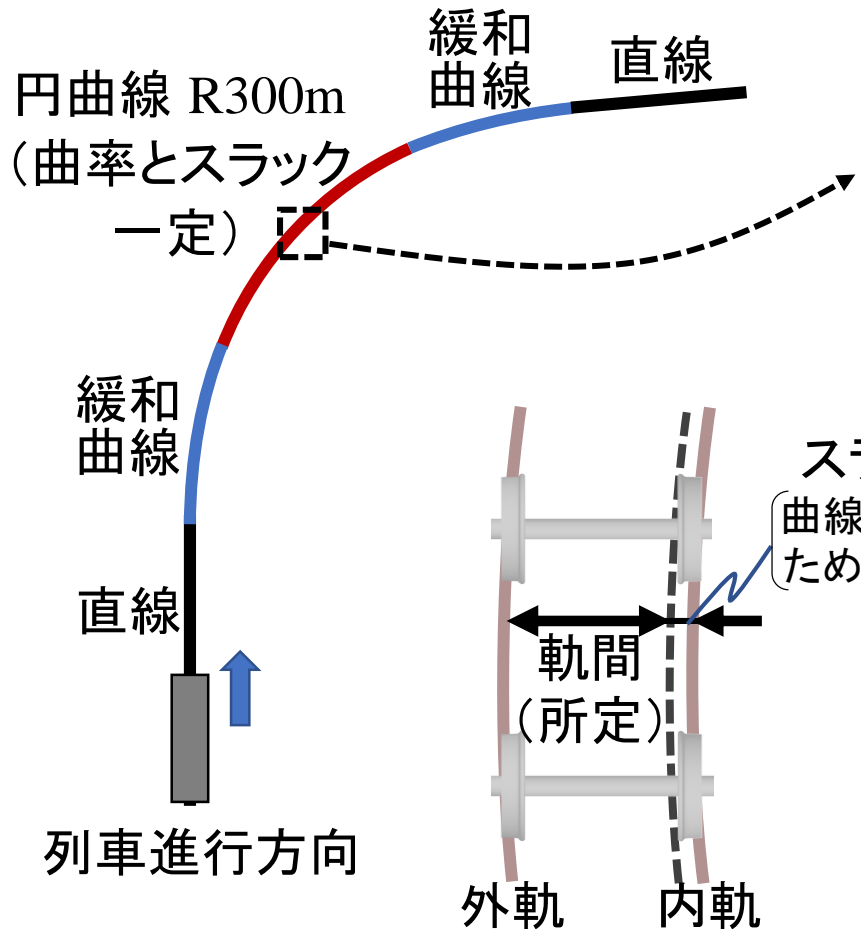
軌道変位と列車動揺の関係

各種軌道変位が列車動揺に及ぼす影響を車両運動シミュレーションによって調査

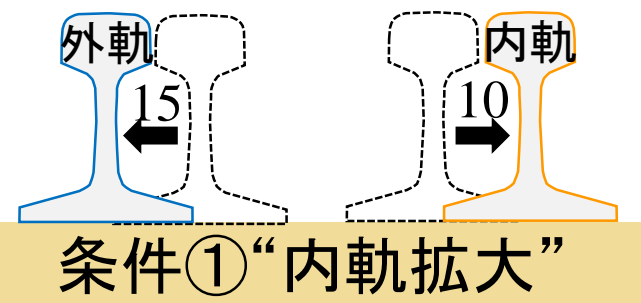


車両運動シミュレーション - 条件

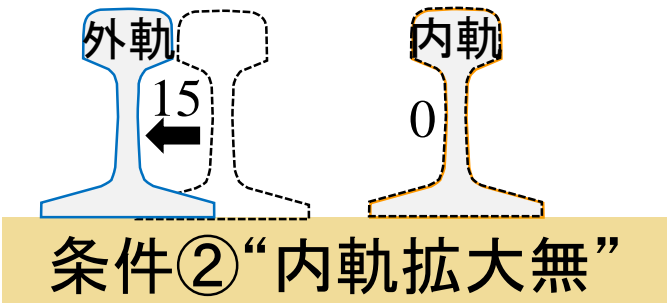
軌道変位の入力 曲線半径300 mの曲線部を生成し、円曲線の中間に軌間変位を設定



スラック
曲線通過のための拡幅



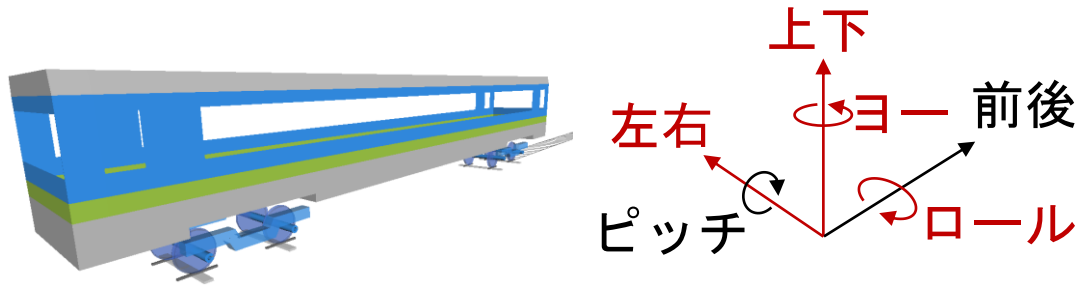
内・外軌が軌間拡大方向に変位
⇒スラック10mm + **25mm**拡大



外軌だけ軌間拡大方向に変位
⇒スラック10mm + **15mm**拡大

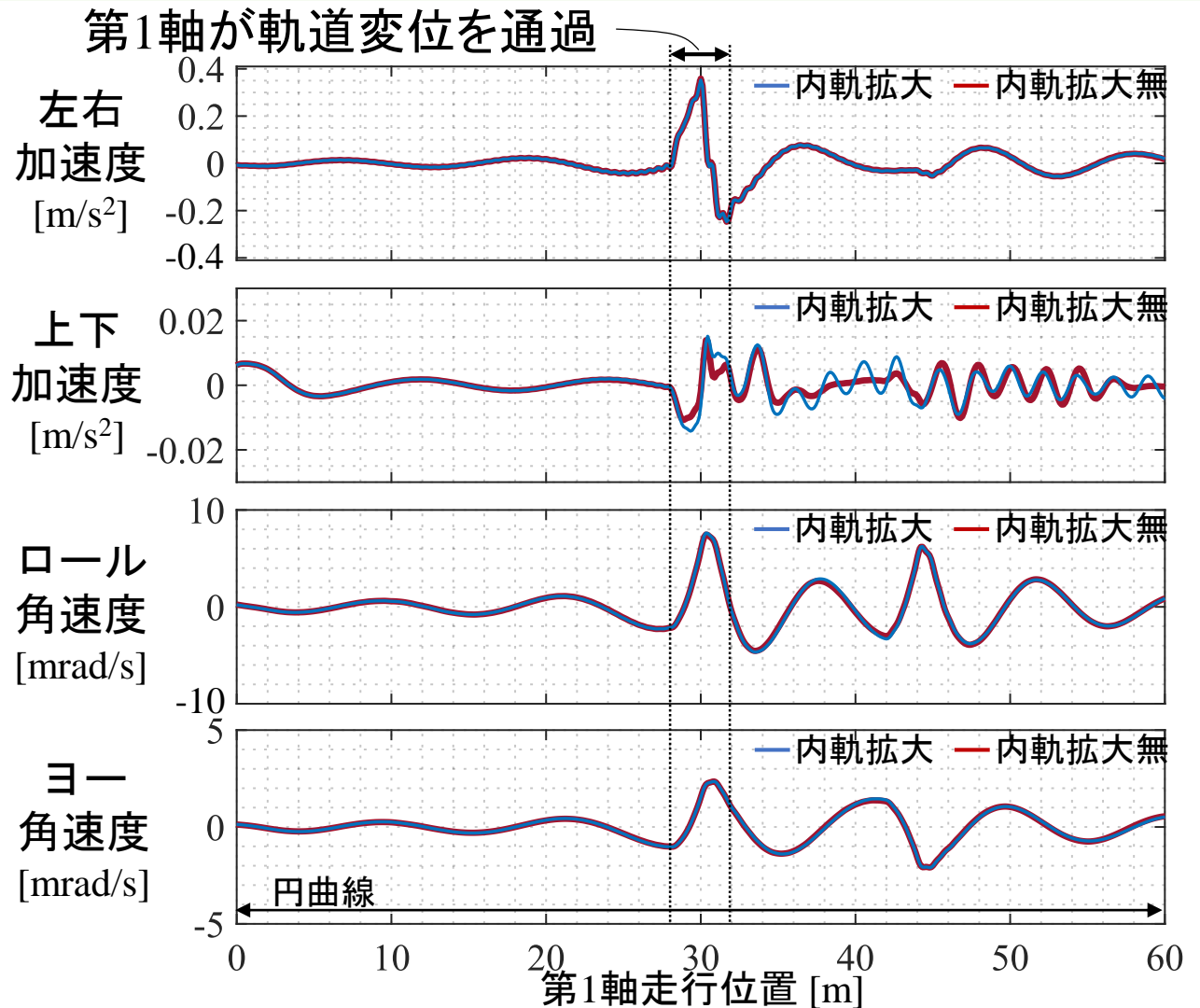
車両運動シミュレーション — 結果

動揺の計算結果



- ・車体上下, 左右, ロール, ヨーに影響
- ・内軌側のレール変位状態に関わらず外軌側の影響が大きい
(軌間拡大25mmと15mmの区別は困難)

車体の動揺から軌間拡大の影響を定量的に推定することは難しい



車両運動シミュレーション — 結果

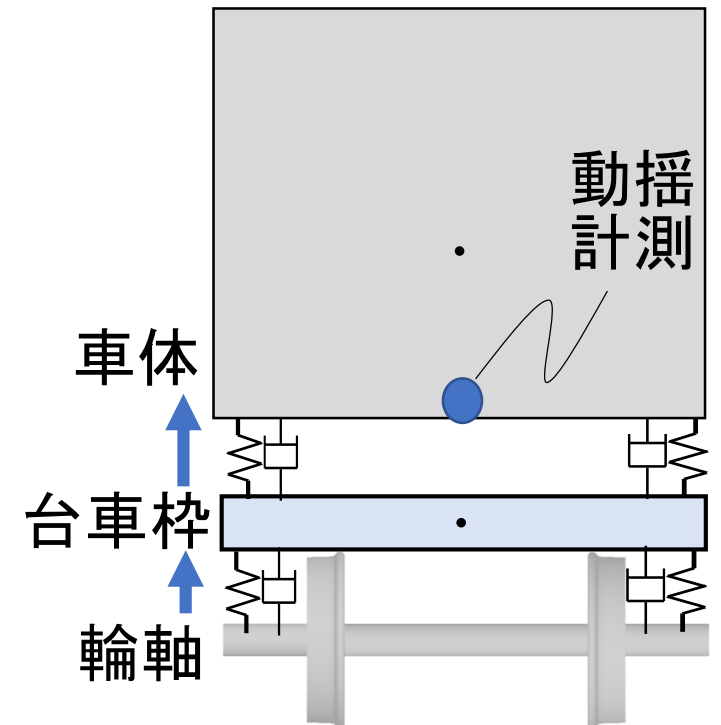
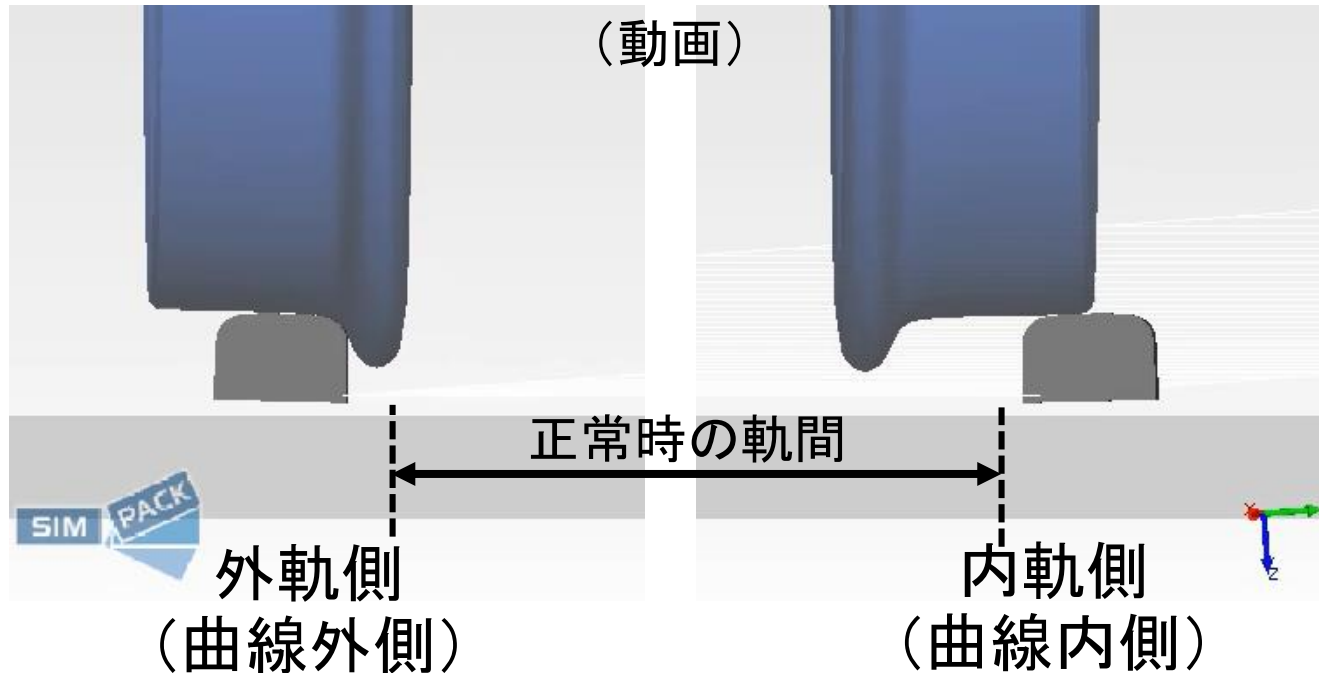
軌間拡大の影響のみを捉える難しさ

台車前軸は外軌レールの左右変位に追従.

内軌レール拡大量が輪軸の運動へ及ぼす影響は小さい.

輪軸の運動のわずかな差を, 車体側で捉えるのは難しい.

軌間拡大15mmと25mmとで
輪軸の運動にみられる差は僅か



列車動揺にもとづく評価対象の選定

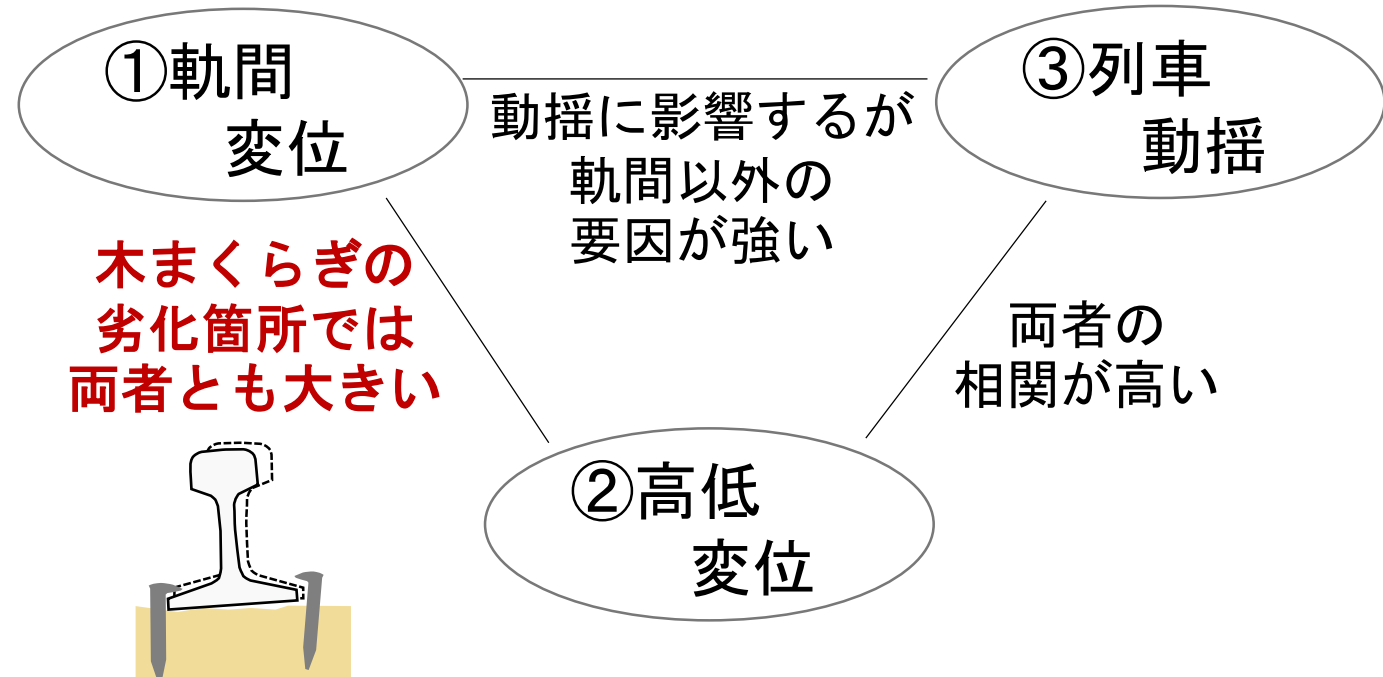
列車動揺から軌間拡大が大きい位置のまくらぎをピンポイントで特定するのは難しい

軌間拡大は木まくらぎの劣化によって発生しやすい。

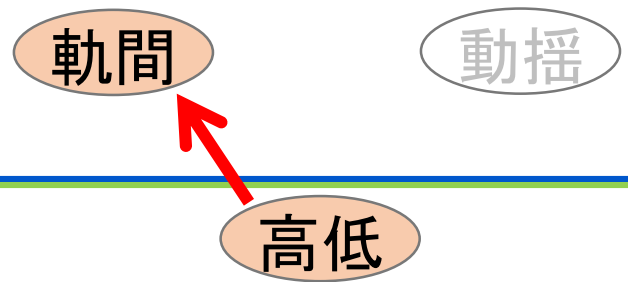
軌間変位に加えて高低変位も増加する可能性があるため、高低変位との関係に着目



木まくらぎ不良の例(割れ)
(交通研フォーラム2019より)



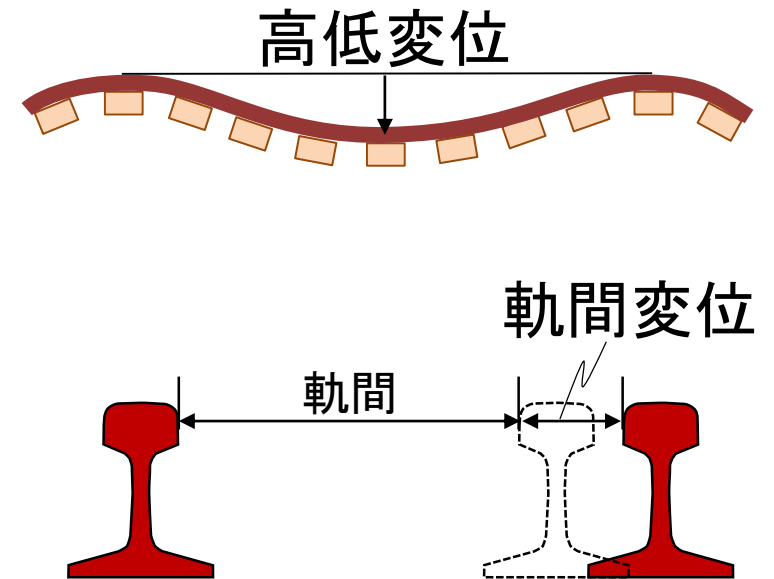
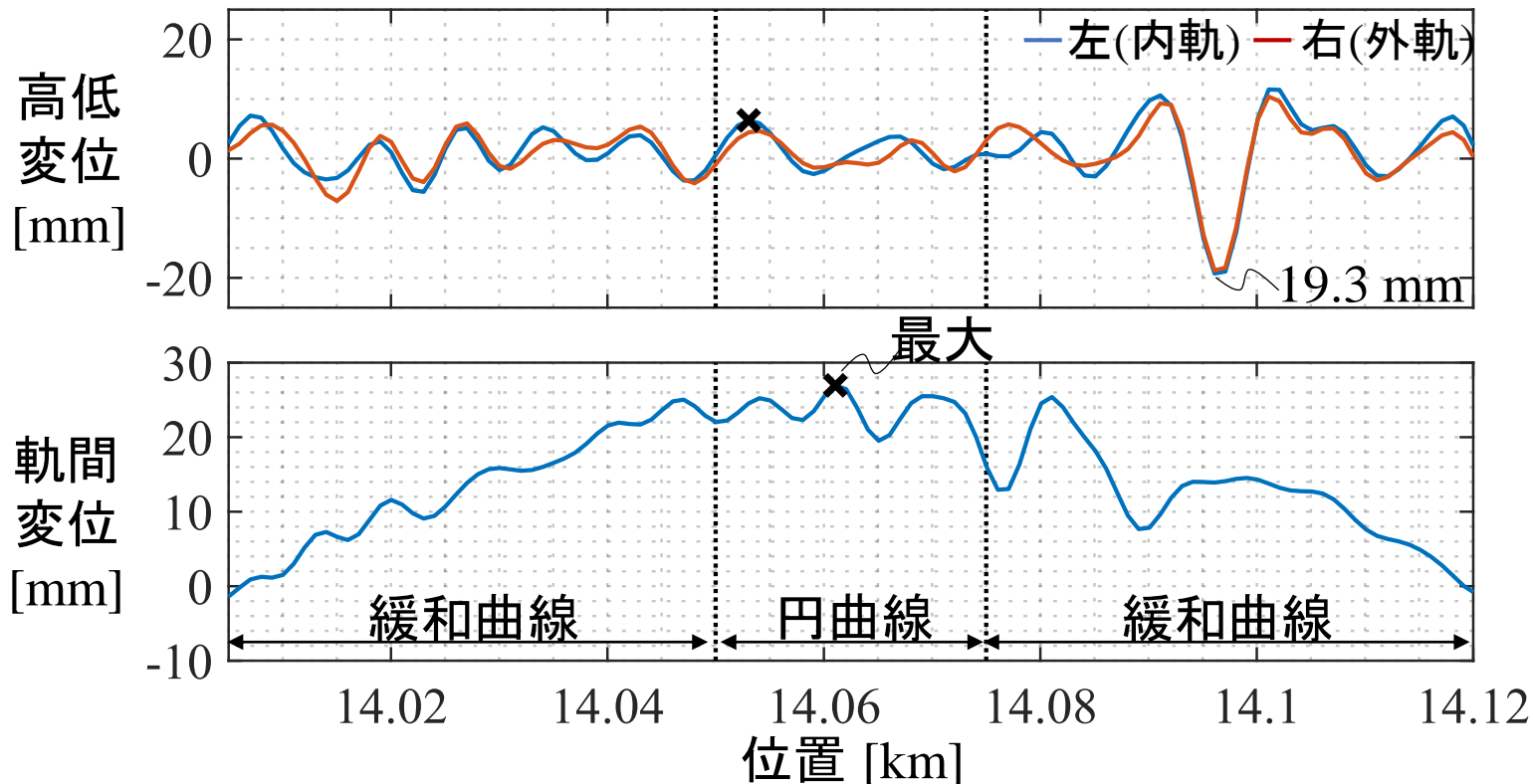
列車動揺にもとづく評価対象の選定



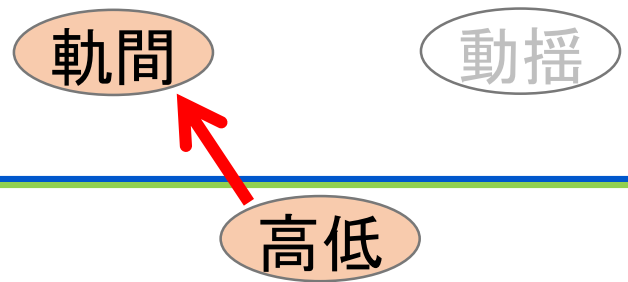
軌間変位 と 高低変位 の関係

(軌道検測車) (軌道検測車)

定期的に軌道検測車による検査が実施される路線における例



列車動揺にもとづく評価対象の選定



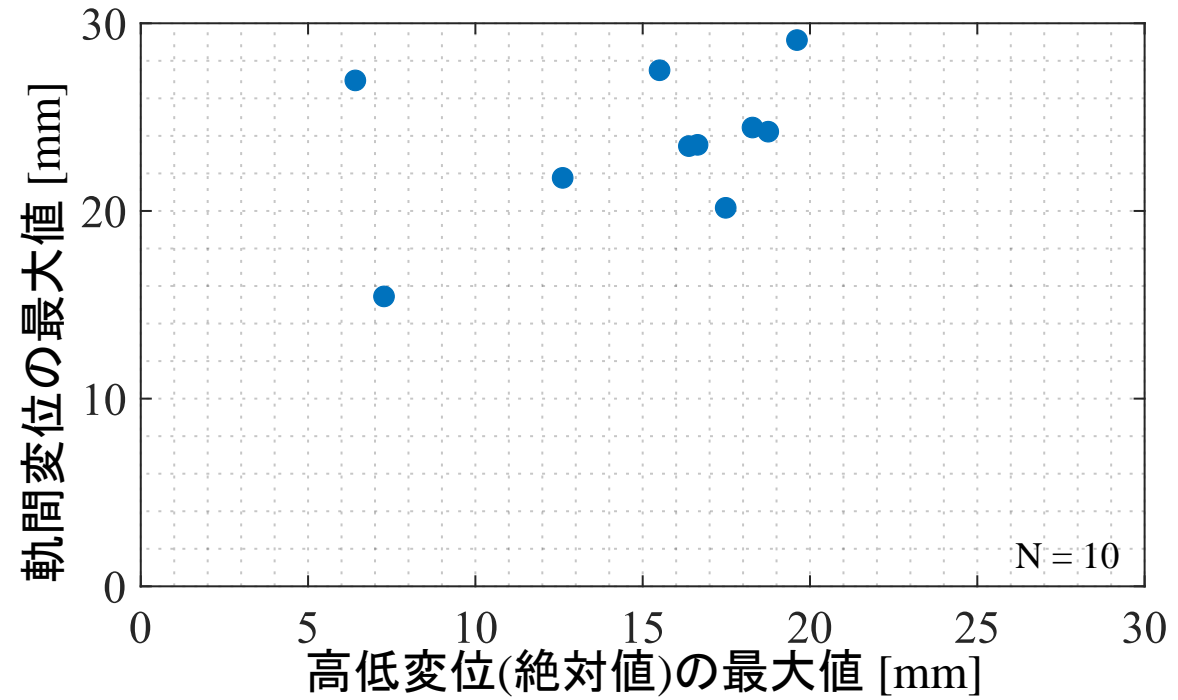
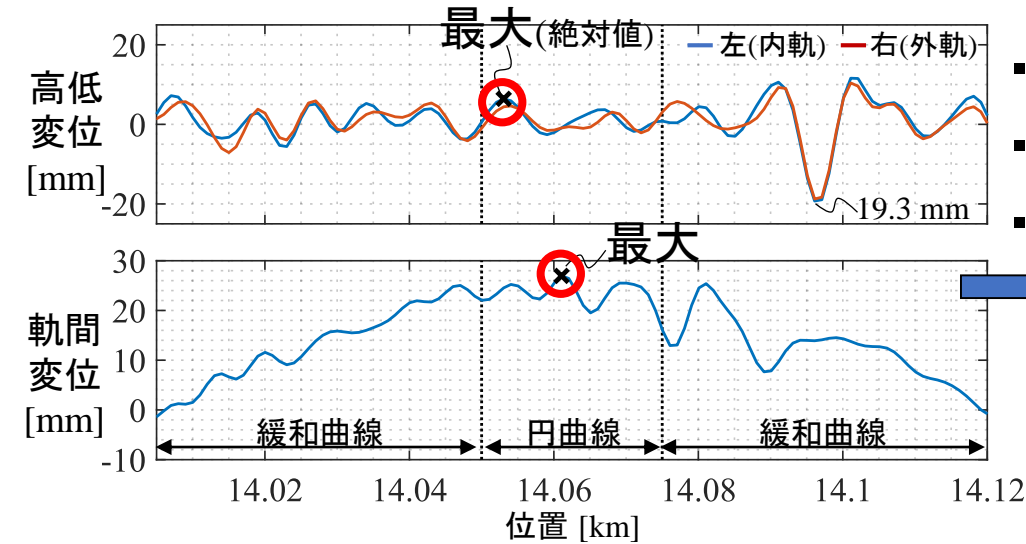
軌間変位 と 高低変位 の関係

(軌道検測車) (軌道検測車)

円曲線におけるそれぞれの最大値(○)を抽出

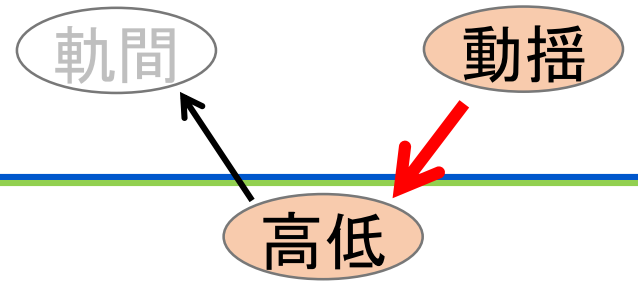
10箇所

- ・半径300m
- ・木まくらぎ
- ・碎石道床



高低変位の大きな曲線部では、軌間変位も大きい可能性がある

列車動揺にもとづく評価対象の選定



高低変位 と 上下加速度 の関係
(軌道検測車) (小型情報端末)

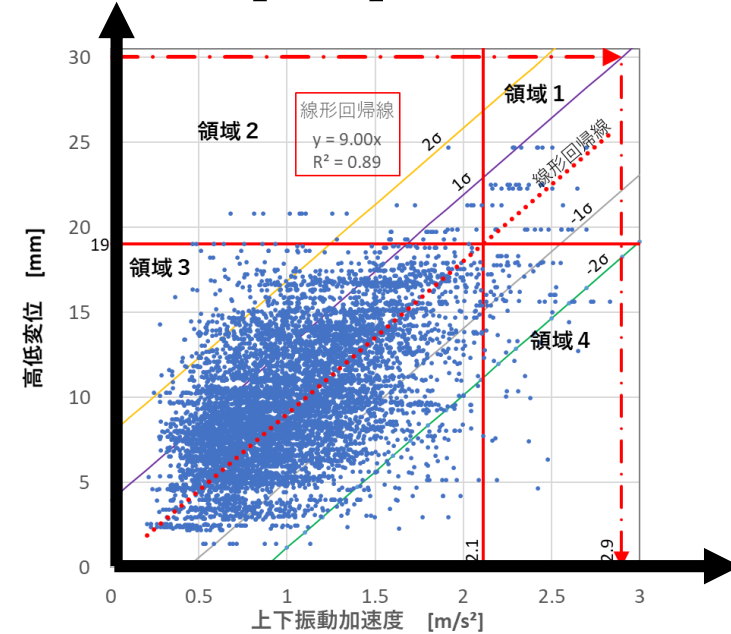
フォーラム2022 ポスター③



小型情報端末

- 車体の3軸加速度, 角速度を測定
- GPS速度を計測し, 走行位置を同定
- 営業車両の先頭に設置し, 日常的に測定

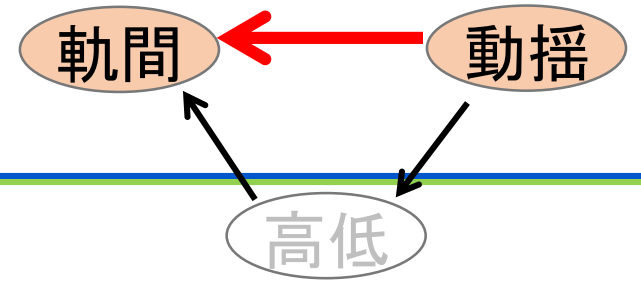
高低変位[mm]



上下
加速度
[m/s²]

上下加速度が大きいほど高低変位が大きい傾向

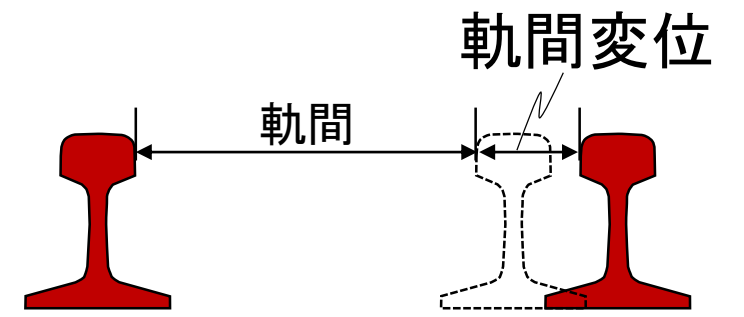
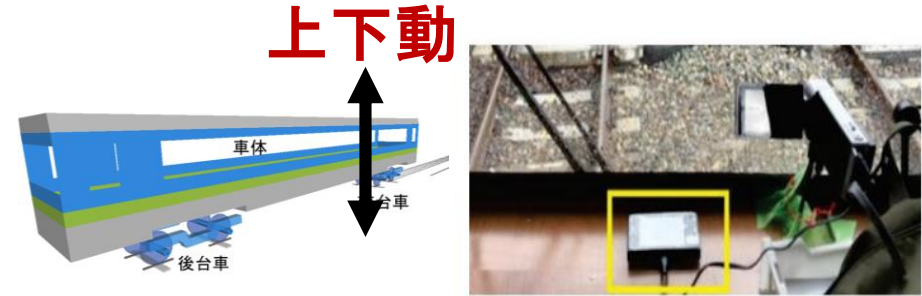
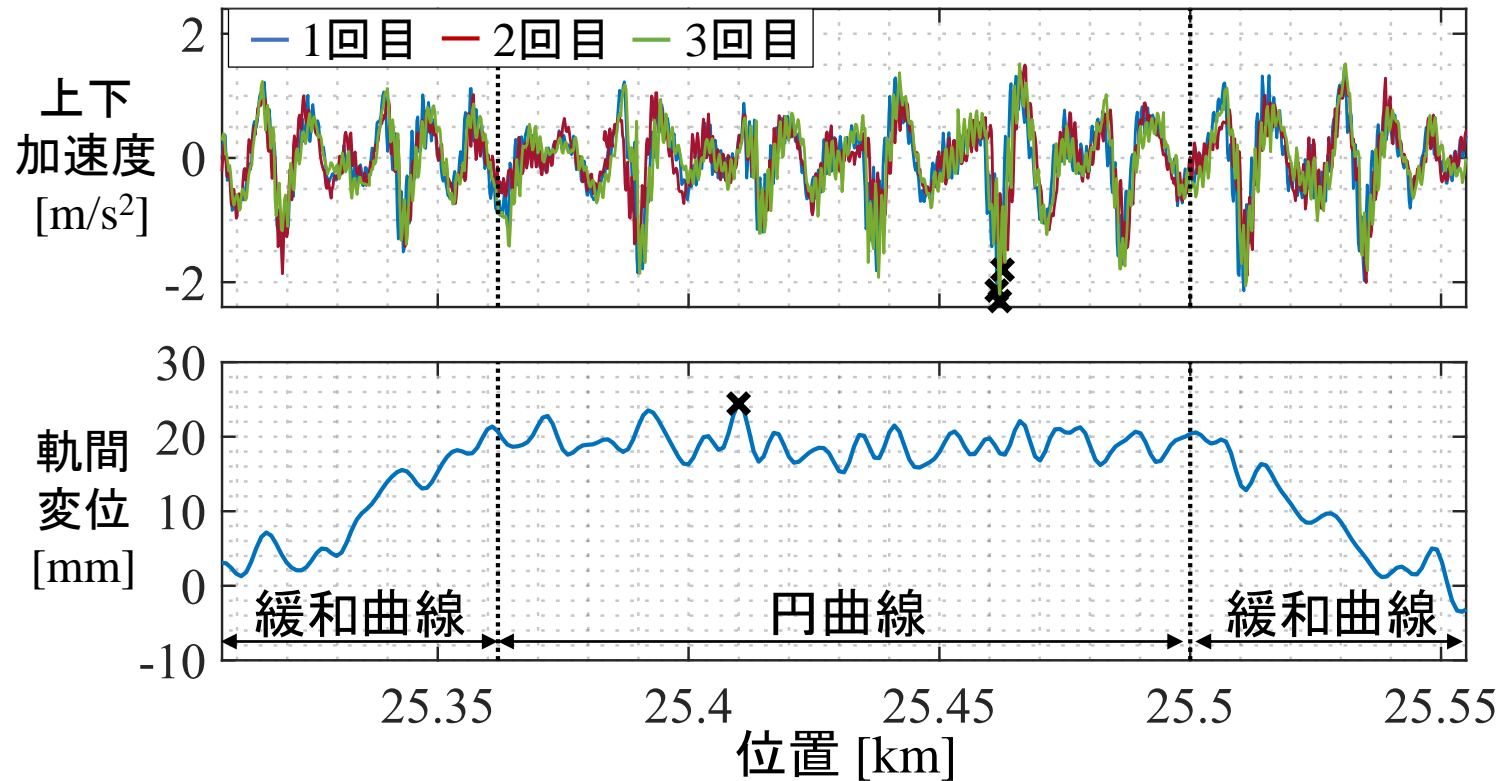
列車動揺にもとづく評価対象の選定



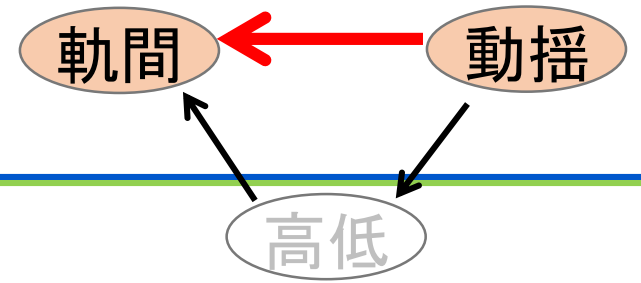
軌間変位 と 上下加速度 の関係

(軌道検測車) (小型情報端末)

軌道検測車による検査とその直前に測定した動揺(3回分)を比較する

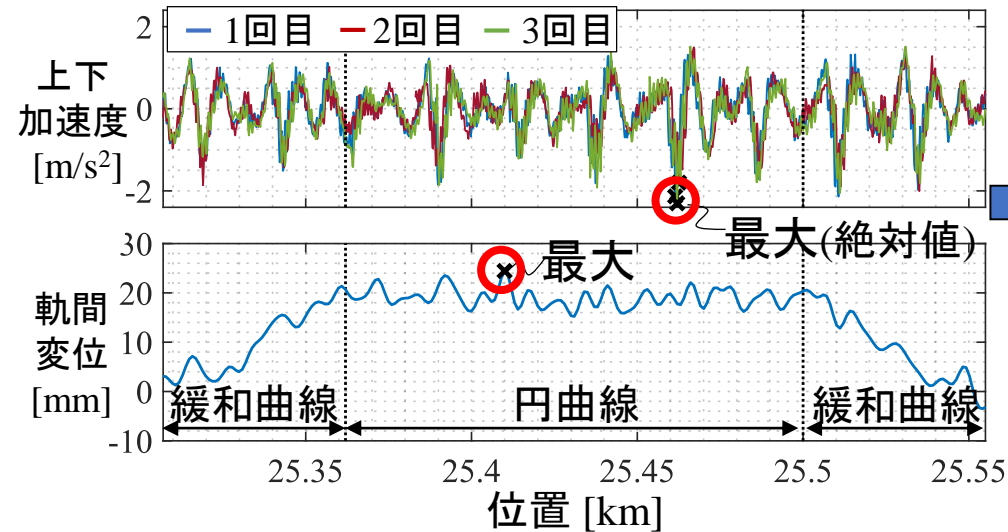


列車動揺にもとづく評価対象の選定

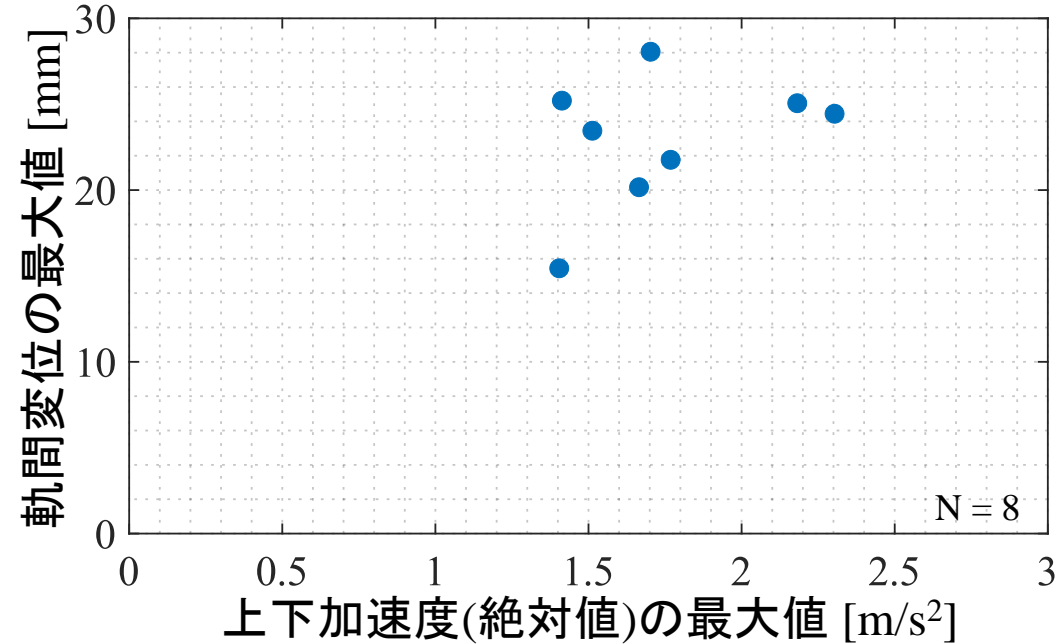


軌間変位 と 上下加速度 の関係 (軌道検測車) (小型情報端末)

円曲線におけるそれぞれの最大値(○)を抽出



前述の10箇所
の曲線部から
トンネル等
速度同定の困難
な区間を除く



上下加速度が大きい曲線では軌間変位の最大値も大きい傾向
∴ 横圧载荷治具により評価すべき箇所: 上下加速度が大きい曲線

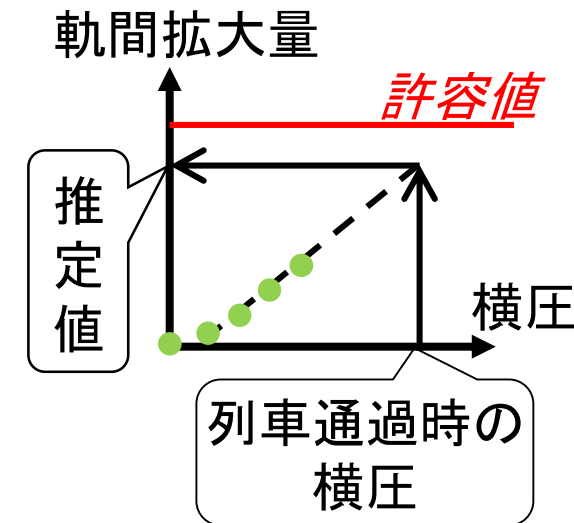
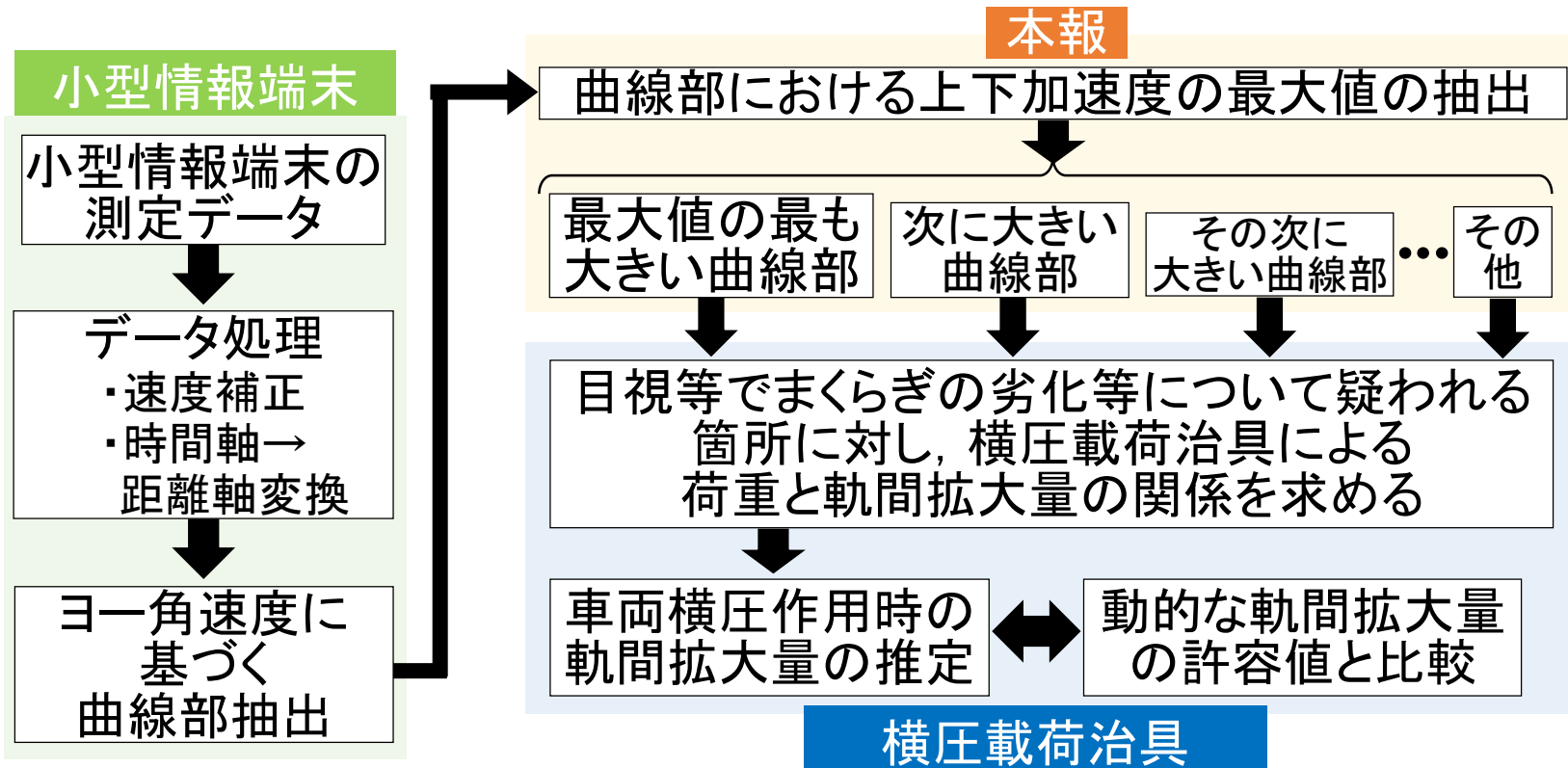
注: 軌間, 上下の両者の最大値観測地点が同じ位置とは限らない

軌間拡大リスクの評価手順

評価手順

優先的に横圧载荷治具による軌間拡大リスク評価を行うべき箇所：

- ・上下加速度の最大値が比較的大きな曲線部
- ・目視等でまくらぎの劣化等が疑われる箇所（上記で網羅できるとは限らないため）



おわりに

当研究所ではこれまでに、地方鉄道における軌間拡大による脱線事故の予防のため、横圧載荷治具による軌間拡大リスクの評価手法を提案。

今回の内容

車両運動シミュレーションや軌道変位データをもとに更なる効率化を検討し、曲線部における上下加速度データの最大値を抽出することで、軌間拡大リスクを優先的に評価すべき箇所を選定する手順を示した。

今後の課題

優先的に評価すべき曲線を選定手順にかかるデータ処理の自動化と実路線への適用とさらなる効率化の検討

本研究にご協力いただいた会津鉄道株式会社に感謝の意を表します
本研究の一部は科研費JP21K14113の助成を受けたものです