



地方鉄道における営業車両を用いた 動的軌道状態把握の取組

小野 寛典

交通システム研究部

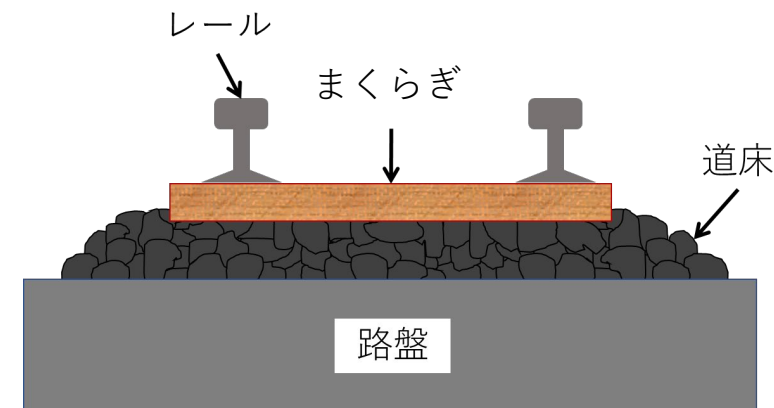
講演内容

1. 研究背景
2. 営業車両を用いた動的軌道状態把握
3. まとめ

1. 研究背景

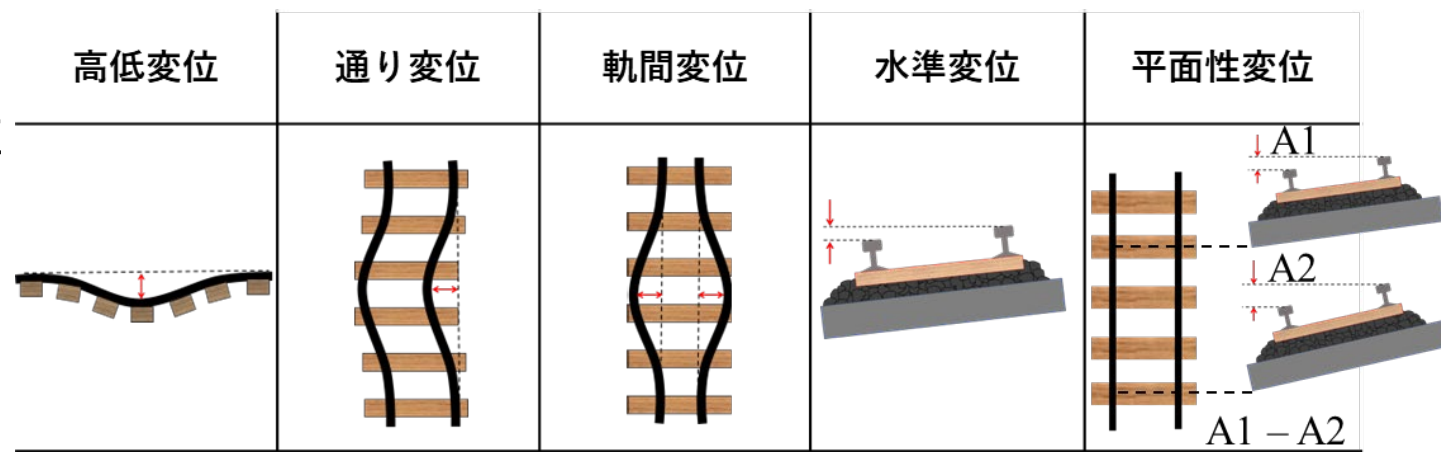
鉄道は軌道により車両を支持・案内している
→軌道の状態管理は重要

- 軌道は列車が走行することで徐々に変形する
- 鉄道事業者は**軌道変位**を計測し、
軌道の異常箇所を発見・整備している



軌道変位とは

- 軌道の本来あるべき形状からのずれ量
- 5種類の変位量で管理される



1. 研究背景

軌道変位検測方法

検測方法には**動的**と**静的**の2種類がある

動的: 車両荷重が負荷された状態

静的: 車両荷重が負荷されていない状態



動的検測



静的検測

車両荷重により軌道が変形する

→ **動的**が望ましい

幹線鉄道では**動的**軌道検測が導入されているが…

- ・ 地方の鉄道事業者では費用などの理由で**静的**軌道検測で対応
- ・ 荷重が負荷されず頻度が限られる(年1回程度)ため、軌道状態を十分に把握できない

1. 研究背景

研究のコンセプト


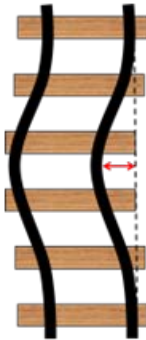
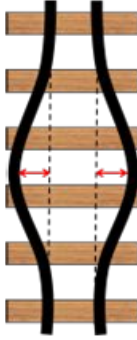
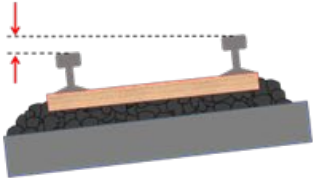
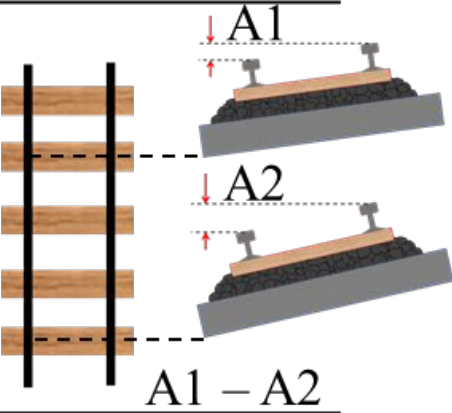
軌道変位を精密に計測できなくとも
安全上注意すべき箇所を簡易かつ効率的に発見する

低コスト・小型なセンサ類を営業車両に設置、計測することで動的軌道状態
を高頻度に把握可能となる

2. 営業車両を用いた動的軌道状態把握

当研究所の取組

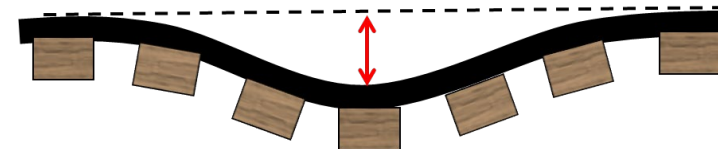
各軌道変位に対応した手法を検討

	高低変位	通り変位	軌間変位	水準変位	平面性変位
					
計測方法	車両動揺 (①で説明)	車両動揺 (②で説明)	車輪とレールの 掛かり量 (③で説明)	レールの高さ と車体の傾き (④で説明)	レールの高さ と車体の傾き (④で説明)
使用する センサ	加速度センサ	加速度センサ + ジャイロ	小型カメラ	LiDARセンサ + ジャイロ	LiDARセンサ + ジャイロ

2. 営業車両を用いた動的軌道状態把握

①高低変位の要注意箇所への把握

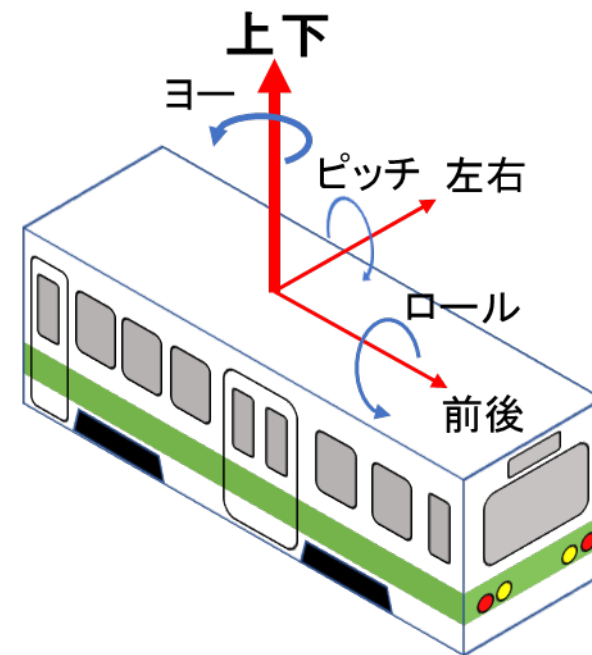
高低変位: レールの上下方向の凹凸



高低変位と車両の上下振動加速度には相関関係がある
→車両の上下振動加速度から高低変位の程度を推定可能



加速度センサ
ジャイロセンサ
GPS受信機
等を内蔵

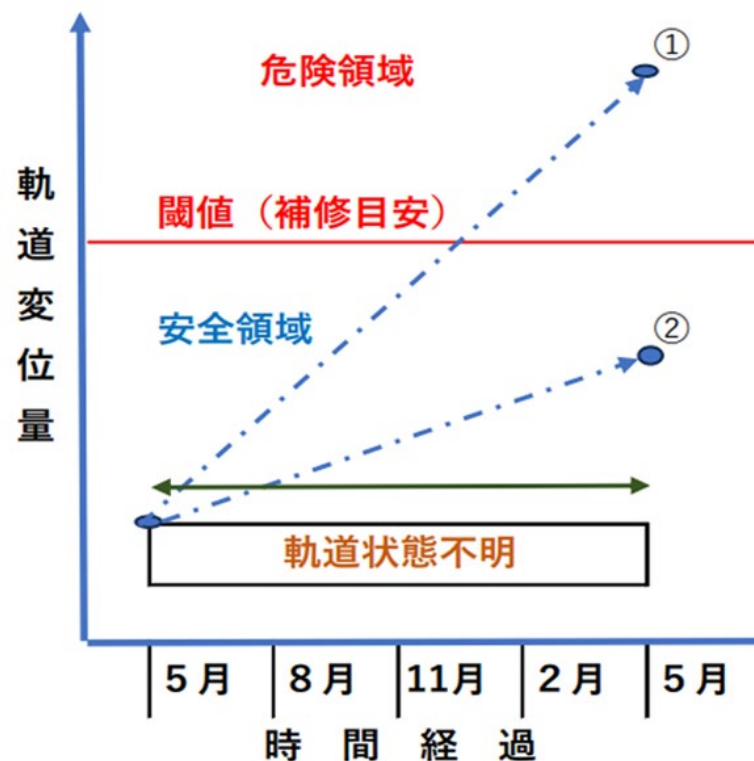


営業車両に小型端末を搭載し車両動揺をモニタリング

2. 営業車両を用いた動的軌道状態把握

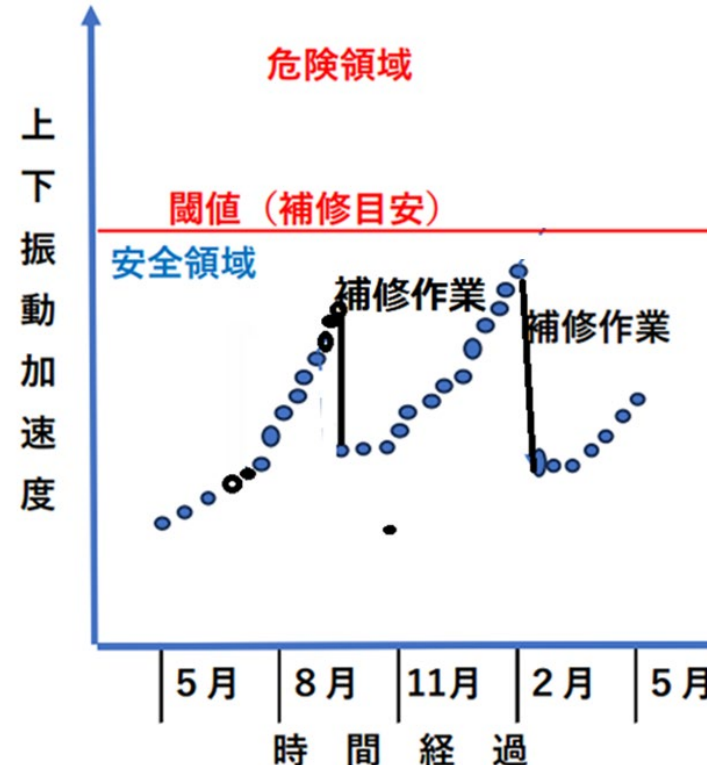
①高低変位の要注意箇所への把握

従来の軌道管理



- ・1年に1度の軌道検測のみ
- ・次の軌道検測まで軌道状態が把握できない

提案する軌道管理



- ・1年に1度の軌道検測に加え上下加速度を常時計測
- ・次の軌道検測までの期間の軌道状態が把握可能

2. 営業車両を用いた動的軌道状態把握

①高低変位の要注意箇所把握

地方鉄道においてこの管理手法を軌道保守に導入

これまで年1回の検測結果に基づいて軌道保守を実施していたが、
本管理手法の導入により、その間の期間の軌道状態を把握可能

年	高低変位超過箇所数		
	左レール	右レール	合計
2020	166	167	333
2021	101	102	203
2022	140	143	283
2023	95	85	180
2024	82	72	154

年1回の動的軌道検測結果

減少

軌道状態を高頻度で把握することで
保守が計画的、効率的に実施可能となった

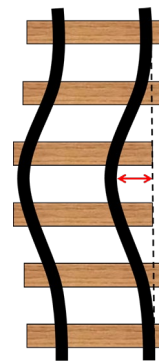


軌道状態が良化

2. 営業車両を用いた動的軌道状態把握

②通り変位の要注意箇所の把握

通り変位: レールの左右方向の凹凸



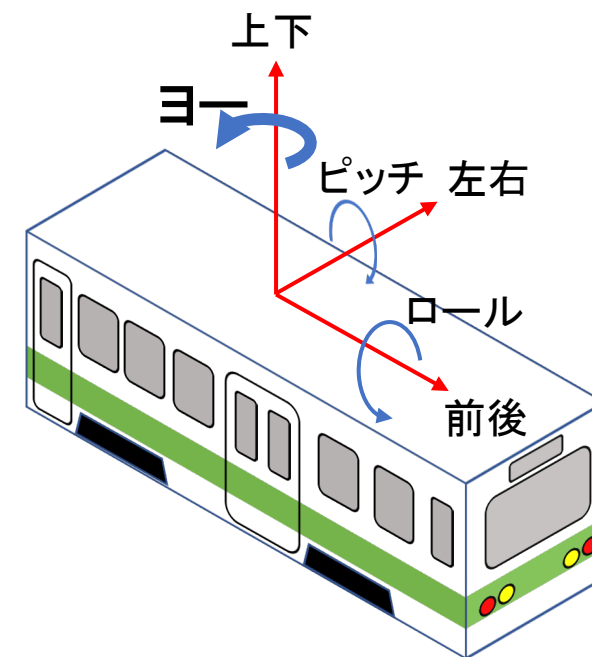
$$Y = V/R$$

$$D = 12500/R$$

(通り変位の近似式)

Y : ヨー角速度(rad/s) V : 速度(m/s)

R : 曲線半径(m) D : 通り変位(mm)

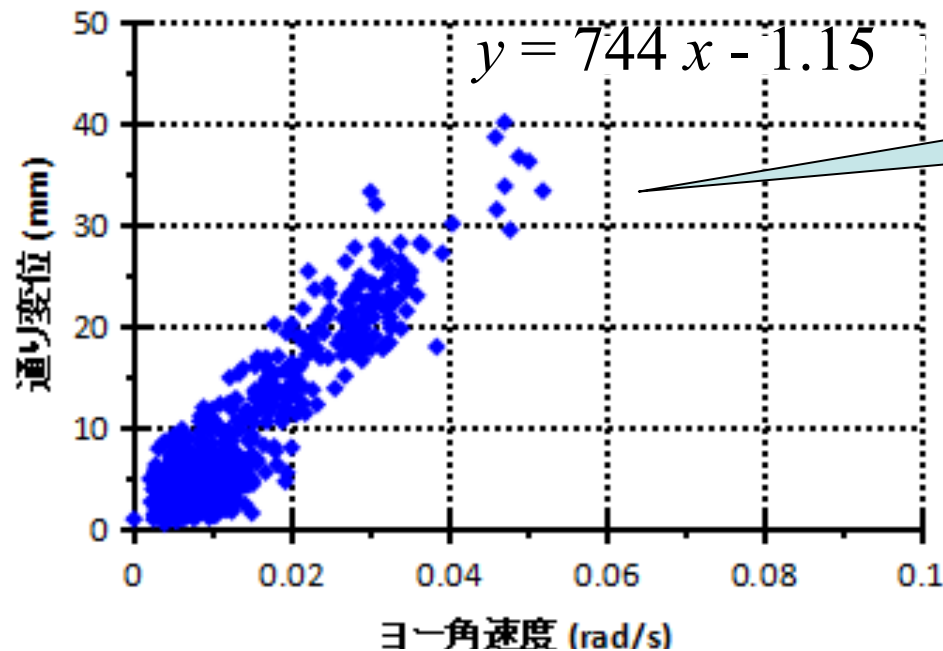


上式より、車両のヨー角速度と通り変位には比例関係が成り立つ

2. 営業車両を用いた動的軌道状態把握

②通り変位の要注意箇所への把握

- 高低変位の把握手法と同様に、営業車両に小型端末を搭載
- 車両のヨー角速度と軌道の通り変位を実測し関係性を把握(曲線成分を含む)



1点は10m毎の最大値

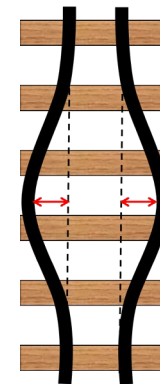
短波長の通り変位については今後検討

2. 営業車両を用いた動的軌道状態把握

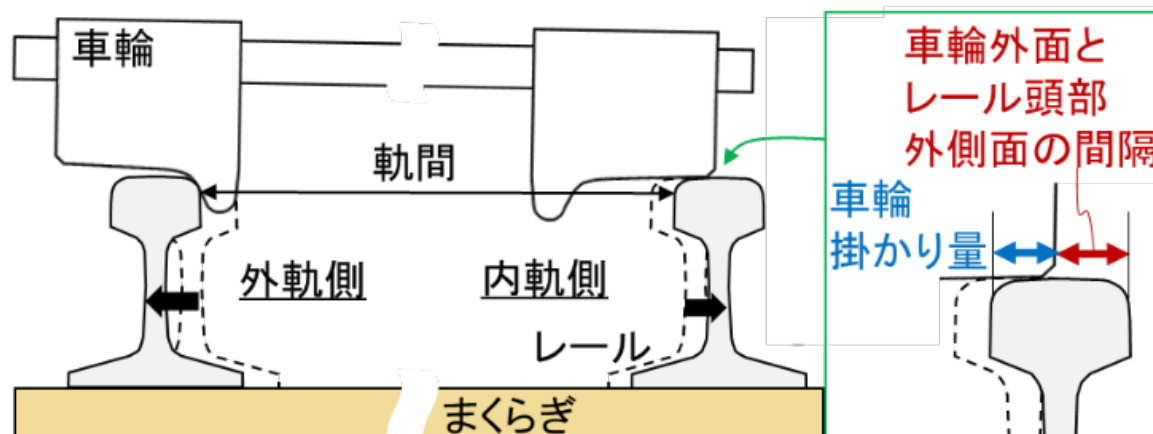
③軌間拡大の要注意箇所への把握

軌間変位：左右レールの間隔

近年の地方鉄道では軌間拡大による脱線が多発

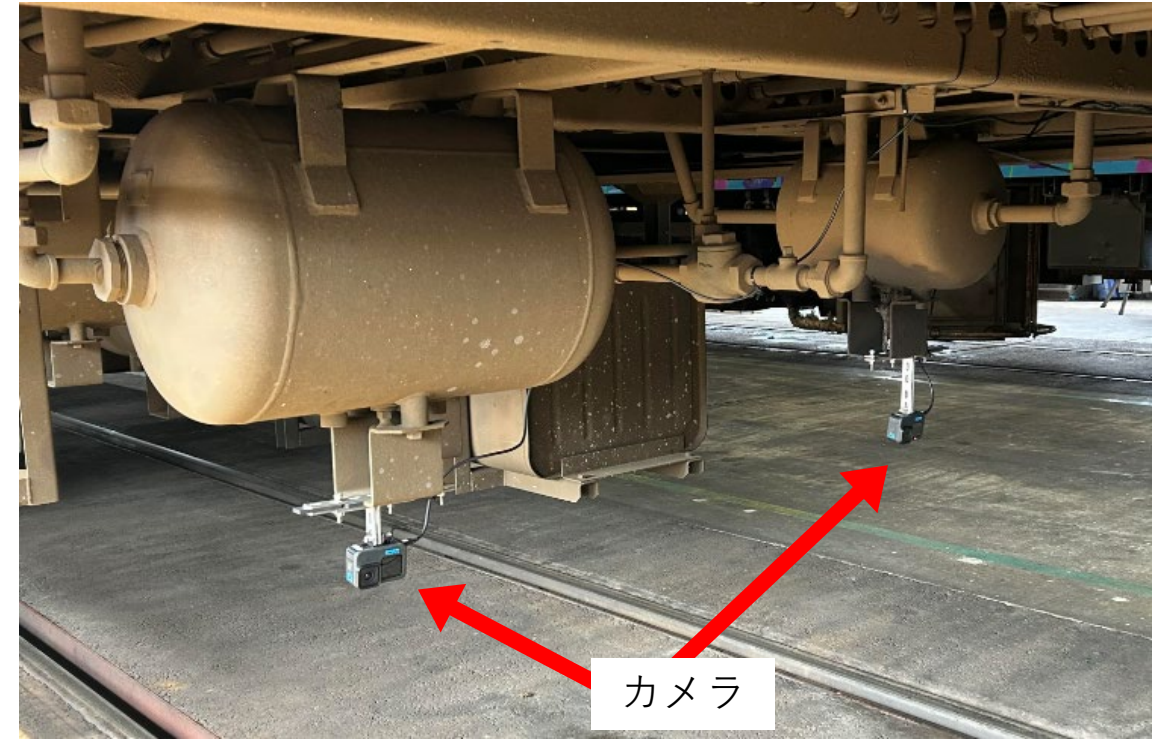
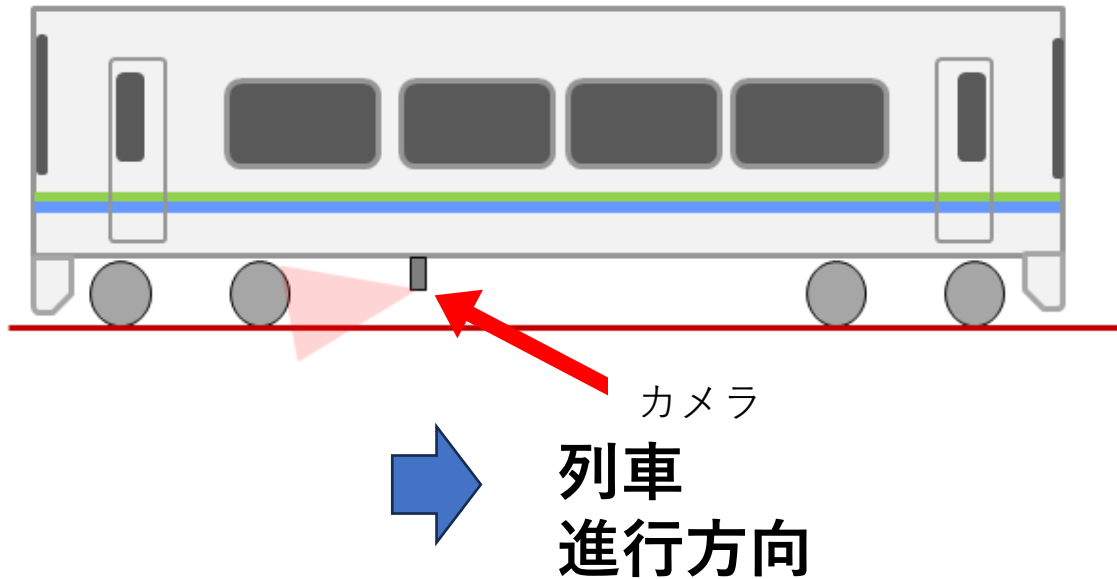


軌間を計測するのではなく、曲線部内軌側レールと車輪の掛かり量を小型カメラで撮影し評価(※)



2. 営業車両を用いた動的軌道状態把握

③軌間拡大の要注意箇所への把握



市販の小型カメラを2台床下に設置
車輪とレールの接触状態を撮影

2. 営業車両を用いた動的軌道状態把握

③軌間拡大の要注意箇所への把握



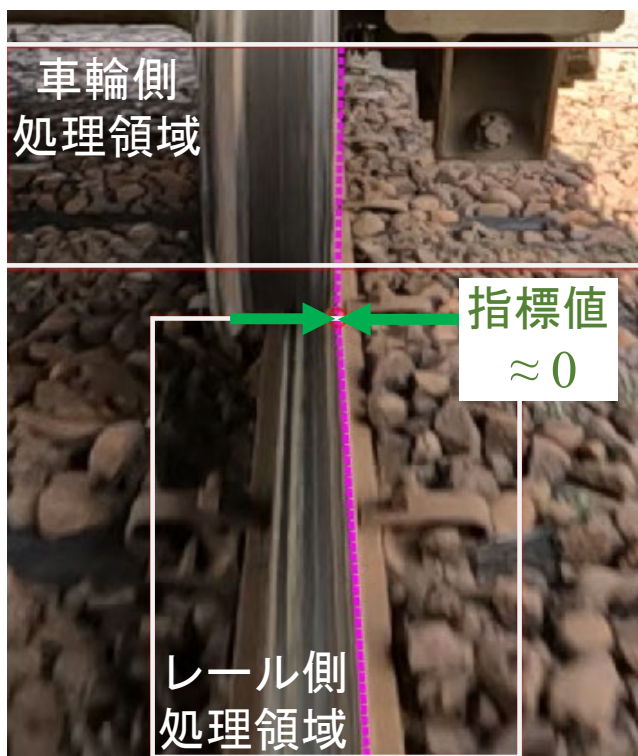
- 画像を見るだけで危険な箇所を十分把握することができる
- しかし、長大路線では全区間を目視で確認するのは困難

撮影した動画から
自動的に車輪掛かり量を算出したい

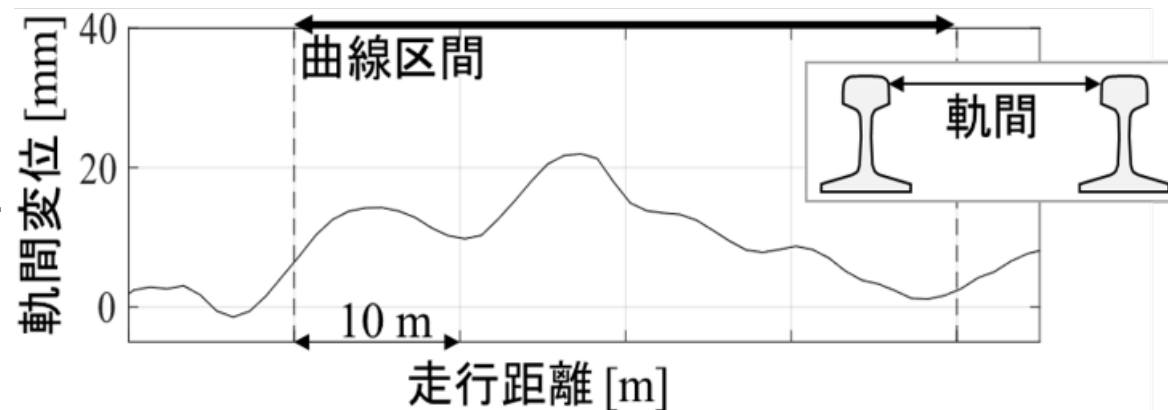
2. 営業車両を用いた動的軌道状態把握

③軌間拡大の要注意箇所への把握

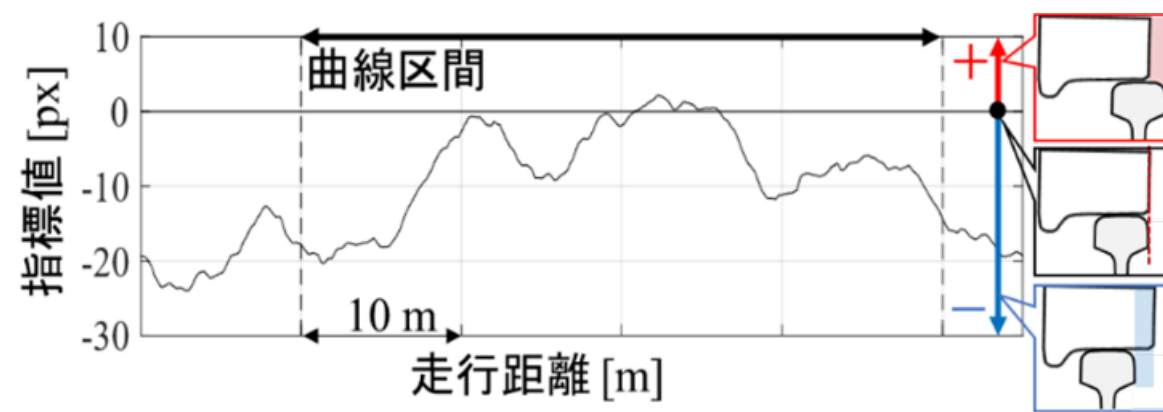
画像解析により車輪掛かり量を算出



静的軌間変位



本把握手法



車両が走行している際の動的な軌間拡大を評価可能

2. 営業車両を用いた動的軌道状態把握

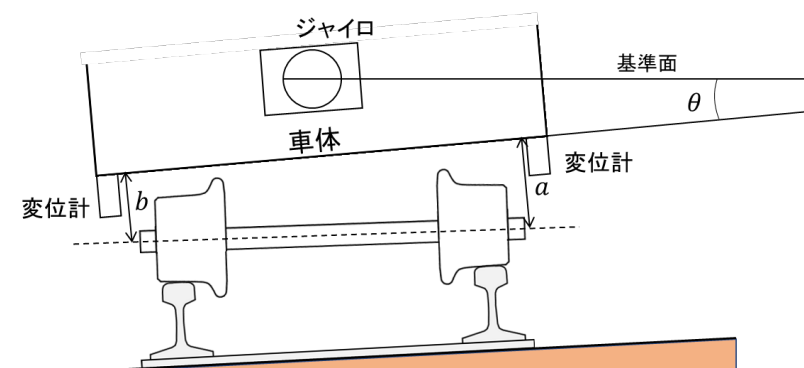
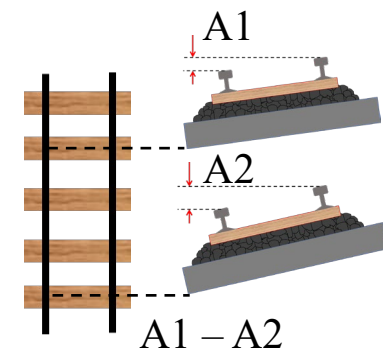
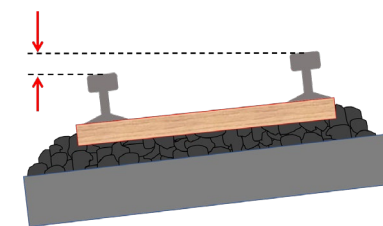
④水準変位及び平面性変位の要注意箇所の把握

水準変位: 左右レールの高さの差

平面性変位: 一定間隔を隔てた水準変位の差
(軌道のねじれ)

水準変位計測方法

1. 車体から左右のレールの高さを測定
 2. ジャイロセンサにより車体の傾きを補正
 3. 左右レールの高さの差を計算し水準変位とする
- 車体の傾きを測るセンサ → 工業向けジャイロセンサ
 - レールの変位量を測るセンサ → 汎用2次元LiDARセンサ

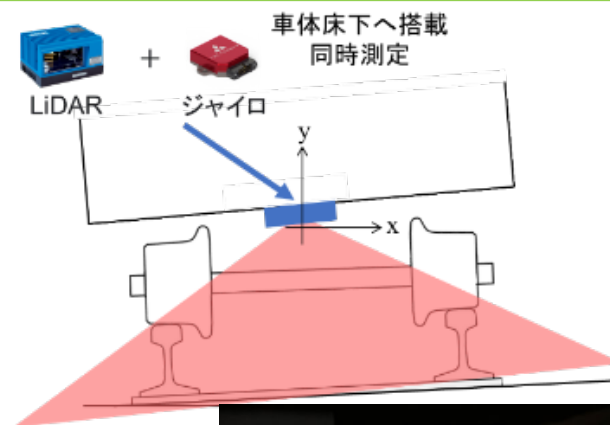


2. 営業車両を用いた動的軌道状態把握

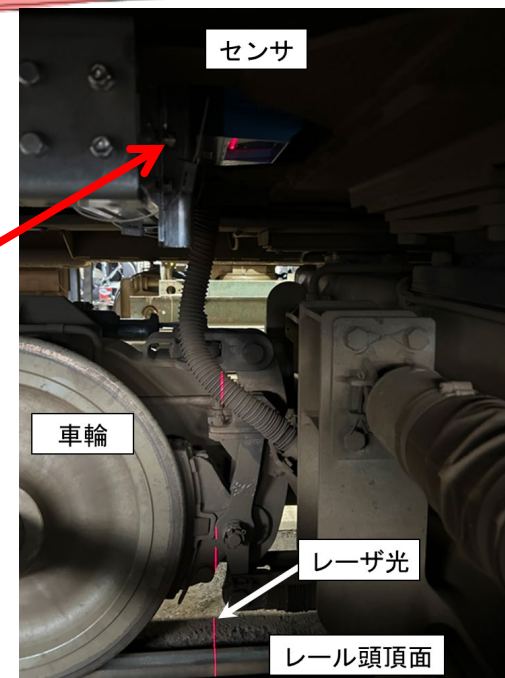
④水準変位及び平面性変位の要注意箇所への把握

計測手法

1. LiDARセンサで車体から左右のレールの高さを計測
2. ジャイロセンサにより車体の傾きを補正
3. 左右レールの高さの差を算出し水準変位とする
4. 5m隔てた2箇所の水準変位の差を算出し平面性変位とする

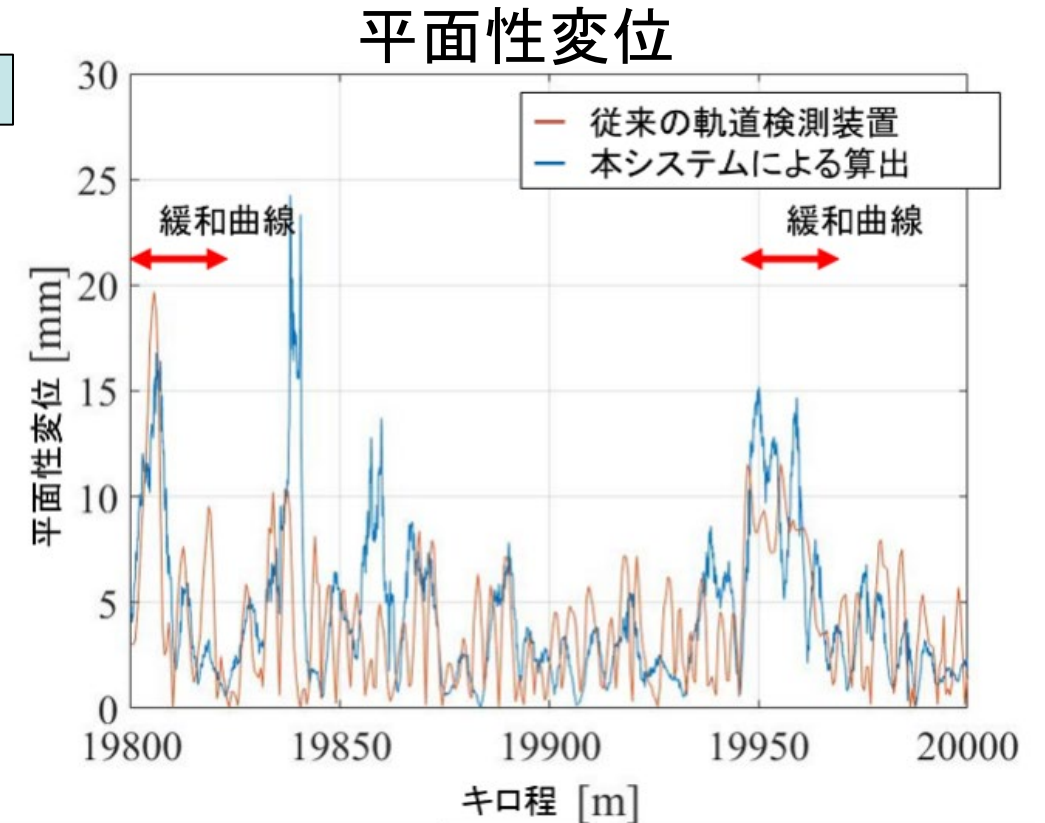
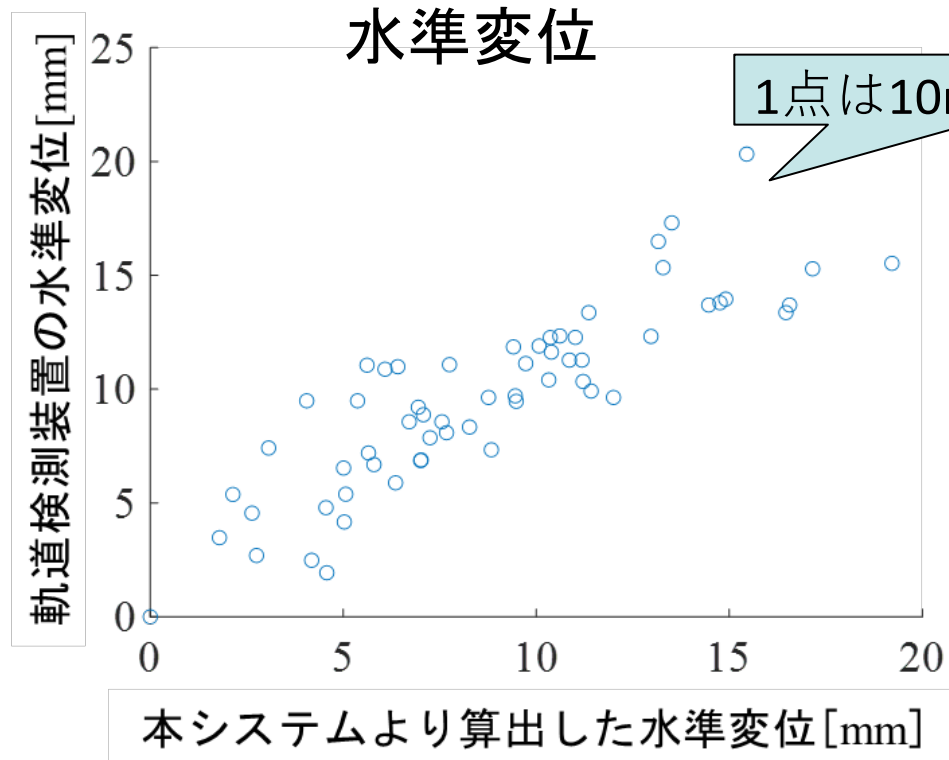


台車近傍の車両床下に
センサ類を設置



2. 営業車両を用いた動的軌道状態把握

④水準変位及び平面性変位の要注意箇所把握



- 今回は静的軌道検測との比較
- 水準変位の傾向を十分にとらえている
- 平面性変位については緩和曲線部の比較的大きな平面性変位を把握できている

3. まとめ

- 当研究所では営業車両による動的軌道状態を把握する研究に取り組んでおり、軌道変位5項目を簡易的に把握する手法について紹介した
- 高低変位に対応する手法については一部事業者に利用されている

今後の取組

- 軌間、水準、平面性変位については動的軌道変位との比較を実施
- 今回紹介した手法を地方鉄道へ導入すべく、地方鉄道事業者が容易に扱えるソフトウェアの製作等の検討を進める。