

地方鉄道を対象とした 車上センサを用いた軌道の 水準変位計測手法の検討

小野寛典

交通システム研究部

講演内容

- 1．研究背景
- 2．動的水準変位計測手法の検討
- 3．実車による計測
- 4．まとめ

1. 研究背景

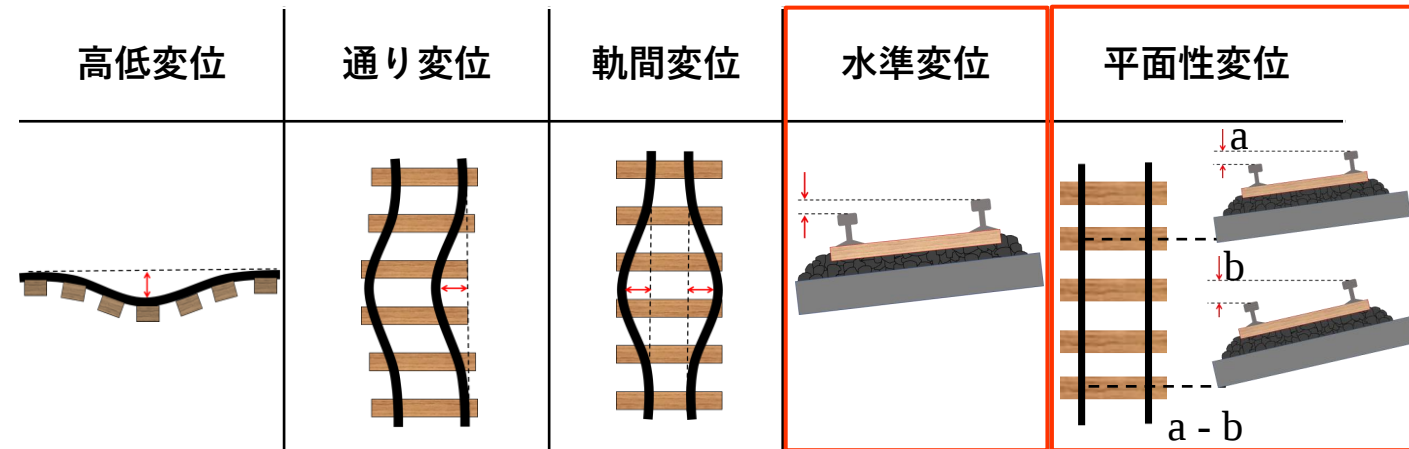
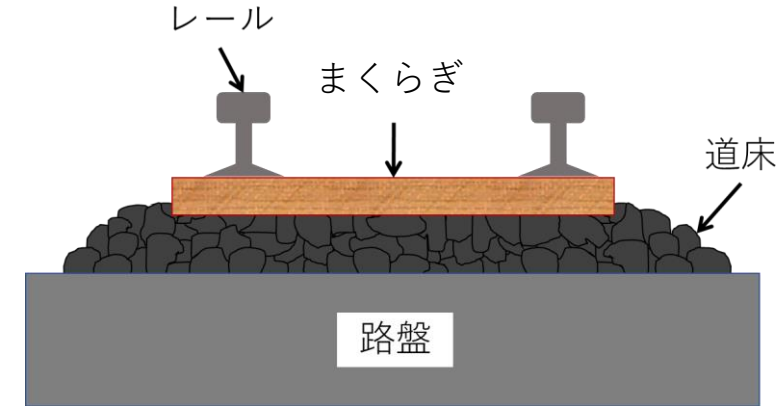
鉄道は軌道により車両を支持・案内している
→軌道の状態管理は重要

- 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

今回は水準変位・平面性変位に注目

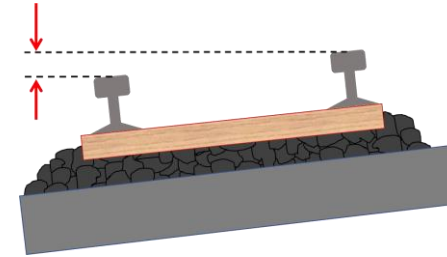


これまで研究

1. 研究背景

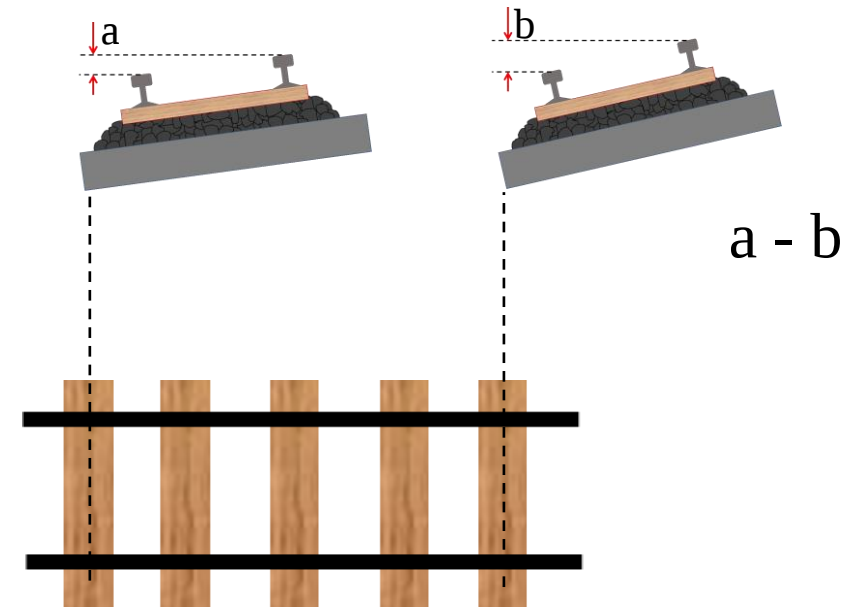
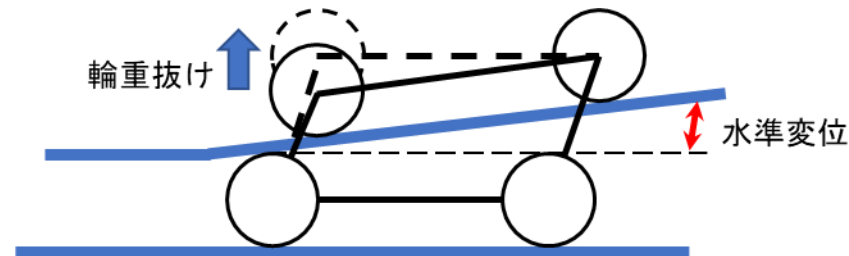
水準変位とは

左右のレールの高さの差



平面性変位とは

- 軌道のねじれを示す指標
- **水準変位**の2点間の差から算出
- 軌道のねじれが大きいと台車がねじれに追従できず
輪重抜けが発生
→脱線の危険性



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

車両荷重により軌道が変形する

→動的が望ましい

動的は高価な検測装置が必要となる

しかし地方の鉄道事業者では費用などの理由で困難



水準変位の動的検測



水準変位の静的検測

研究目的：安価かつ手軽に**動的水準変位の著大箇所**を把握するための計測方法を検討

2. 動的水準変位計測手法の検討

検討するシステムのコンセプト

容易かつ安価に動的水準変位の著大箇所を把握

①

②

③

①小型汎用のセンサ類を使用

②営業車両で荷重をかける

③従来の軌道検測ほどの精度は求めない
危険な箇所だけ把握できればよい

→小型汎用のセンサ類を営業車両床下に設置

今回検討したシステムを「簡易動的水準変位計測システム」と呼ぶこととする

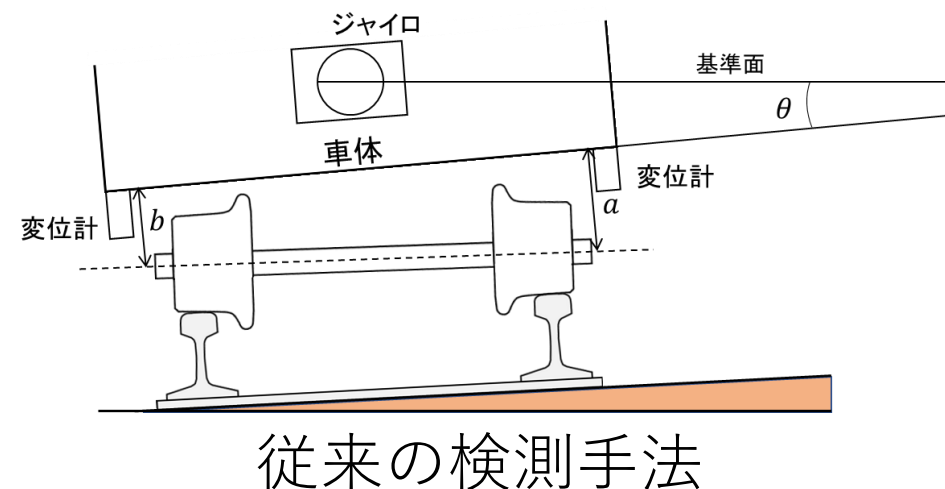
2. 動的水準変位計測手法の検討

簡易動的水準変位計測システムの検討

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

※考え方は従来の検測手法と同じ



車体の傾きを測るセンサ
レールの変位量を測るセンサ

→ 2種類のセンサが必要

2. 動的水準変位計測手法の検討

近年、各種センサ類の小型化・汎用化が進んでいる

- ・ 車体の傾き
→ ロボットなどの工業向けジャイロセンサ
- ・ レールの変位量
→ 汎用2次元LiDARセンサ



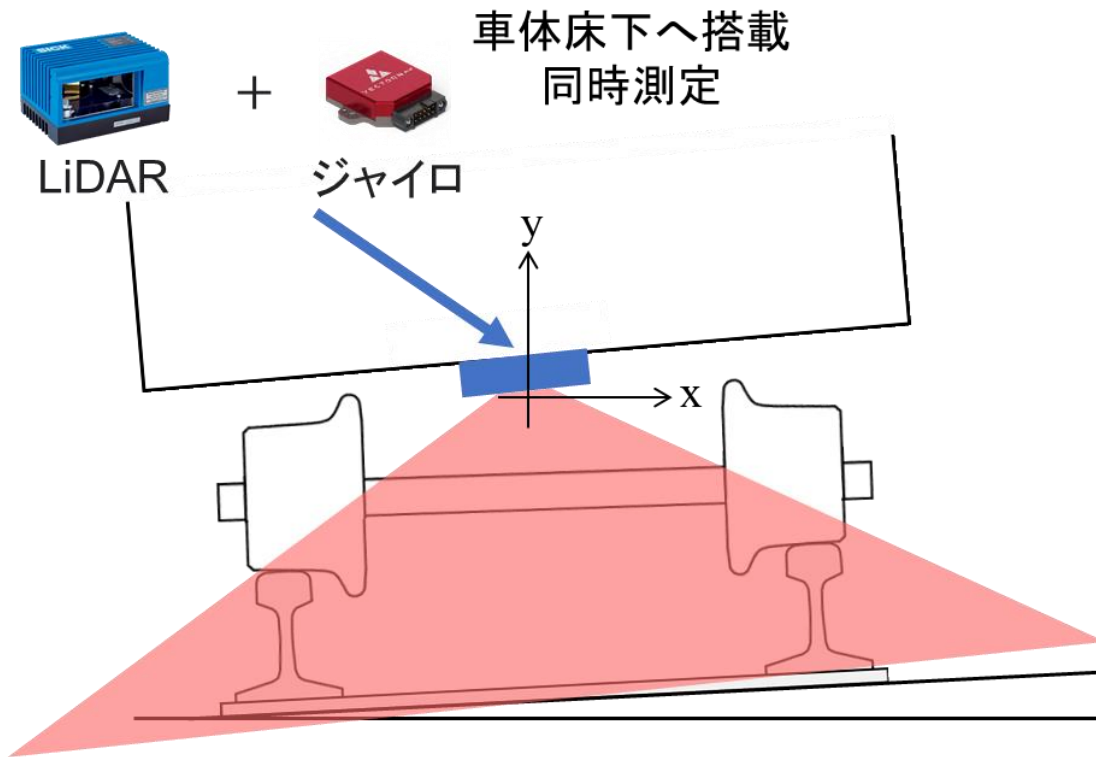
LiDARセンサ選定理由

- ・ 床下のような暗所でも計測可能
- ・ 営業運転速度(80km/h)に対応可能なサンプリングレート(90Hz)
- ・ 1台のセンサで左右のレールを計測可能(照射角70° 以上)

2. 動的水準変位計測手法の検討

本システムの構成

LiDARセンサとジャイロセンサを営業車両床下へ搭載し、同時計測



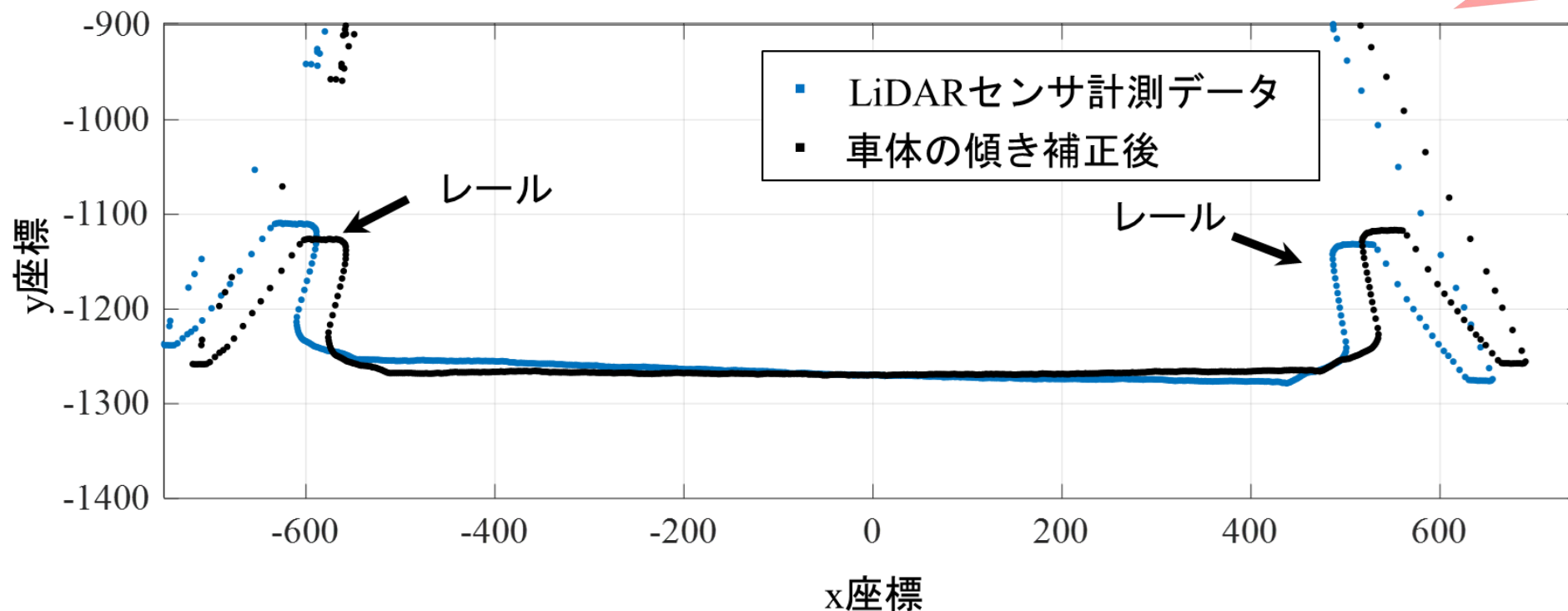
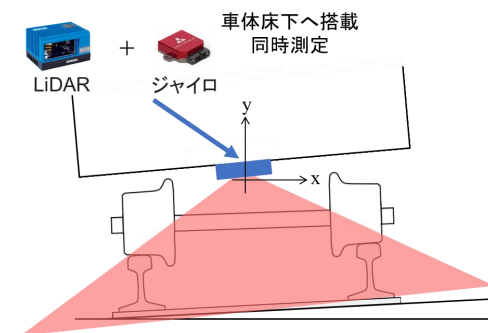
本システムのメリット

- 一つのLiDARセンサで左右両レールを計測可能のため、コストの削減やデータ処理の簡略化が可能
- 小型センサを組み合わせているため取り付け取り外しが容易

2. 動的水準変位計測手法の検討

計測したデータ

- 点群データで出力
- 軌道を輪切りにしたような断面図
- 車体の傾斜角を補正する

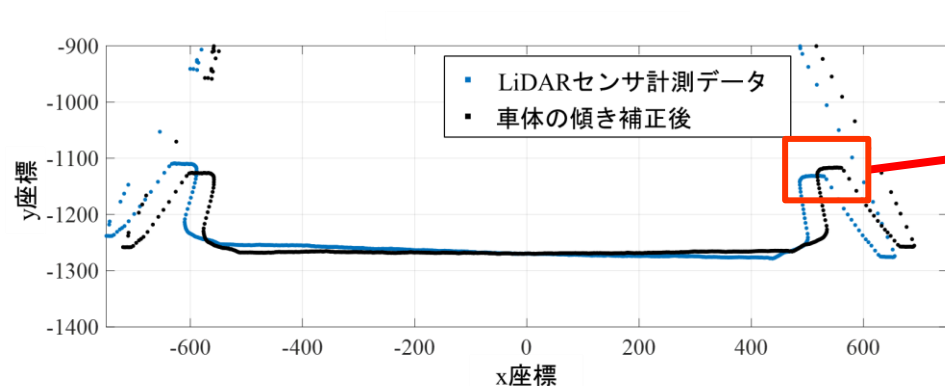


2. 動的水準変位計測手法の検討

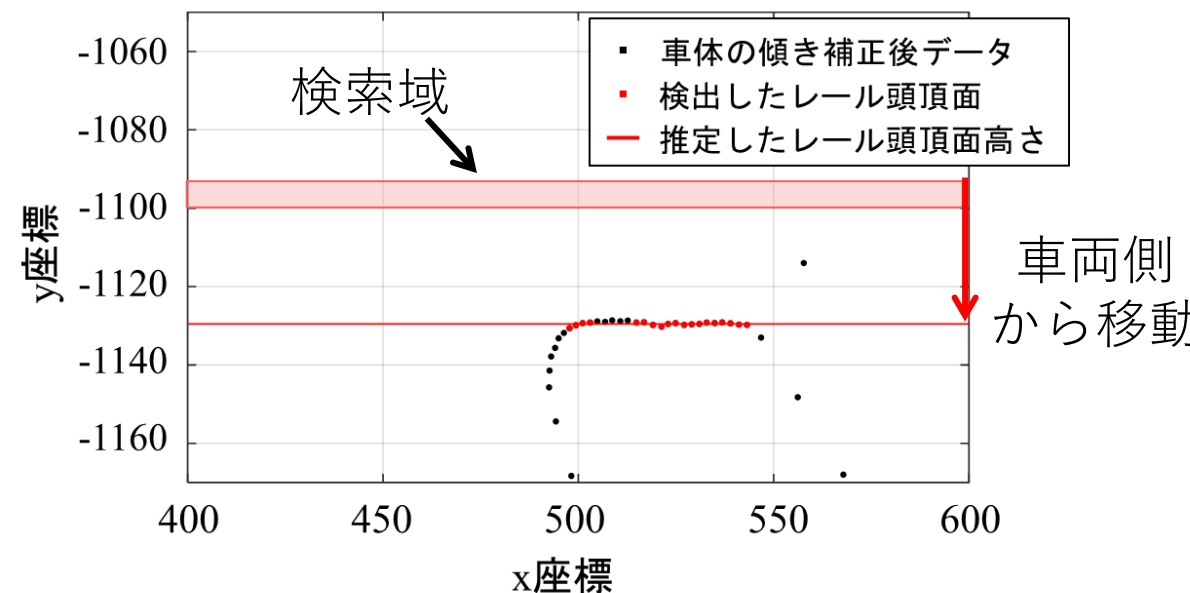
データ処理方法

レール高さの検出方法

レールが検知可能な範囲をあらかじめ定める



レール部
拡大



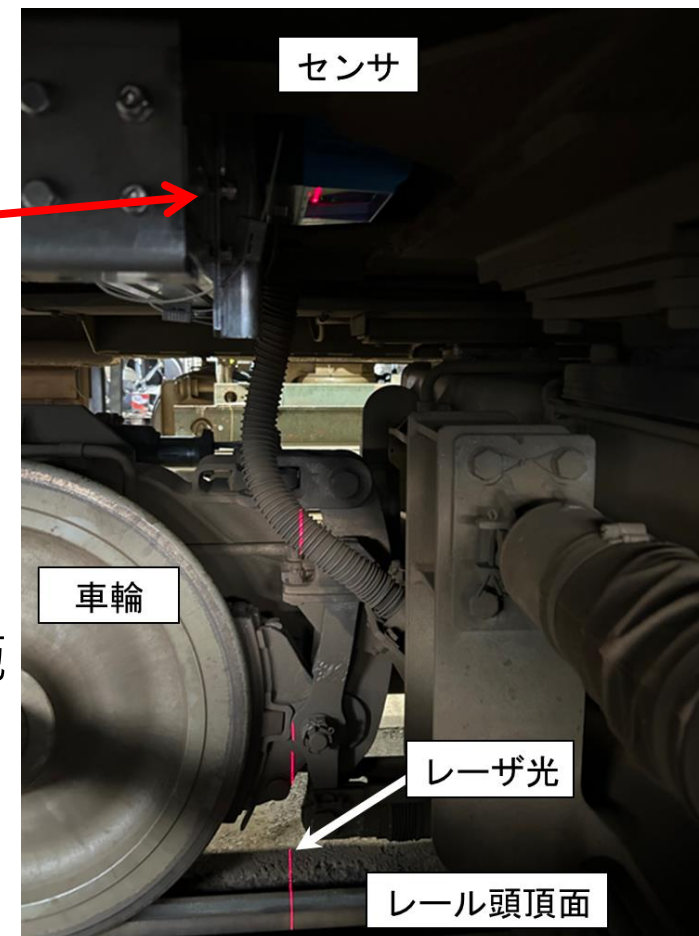
1. y軸方向**1mm**幅の検索域を上から下へ移動
2. **検索域**内にデータ点が5点以上入った時のy座標をレール高さとする

3. 実車による計測

車両への取り付け

台車近傍の車両床下に
センサ類を設置

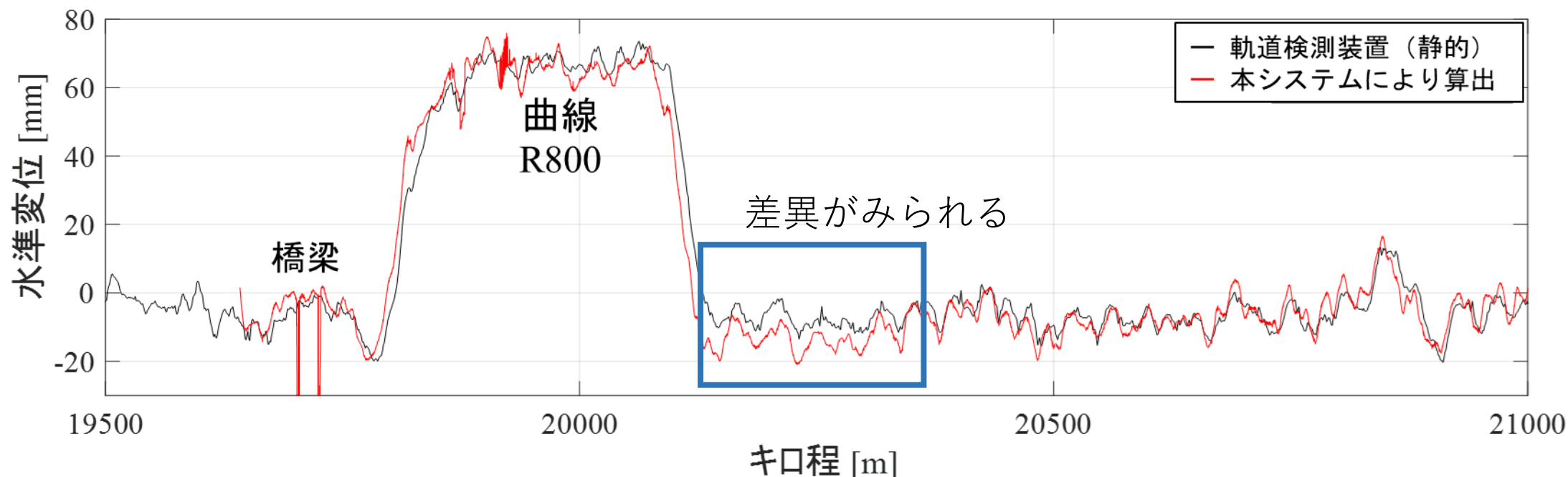
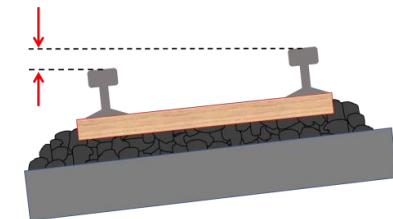
- 営業車両を貸し切り、実際の路線12kmにわたり計測を実施
- GNSS(Global Navigation Satellite System)により走行速度も同時に計測



3. 実車による計測

計測結果

従来の静的検測結果と比較
キロ程はGNSS速度の積算により算出

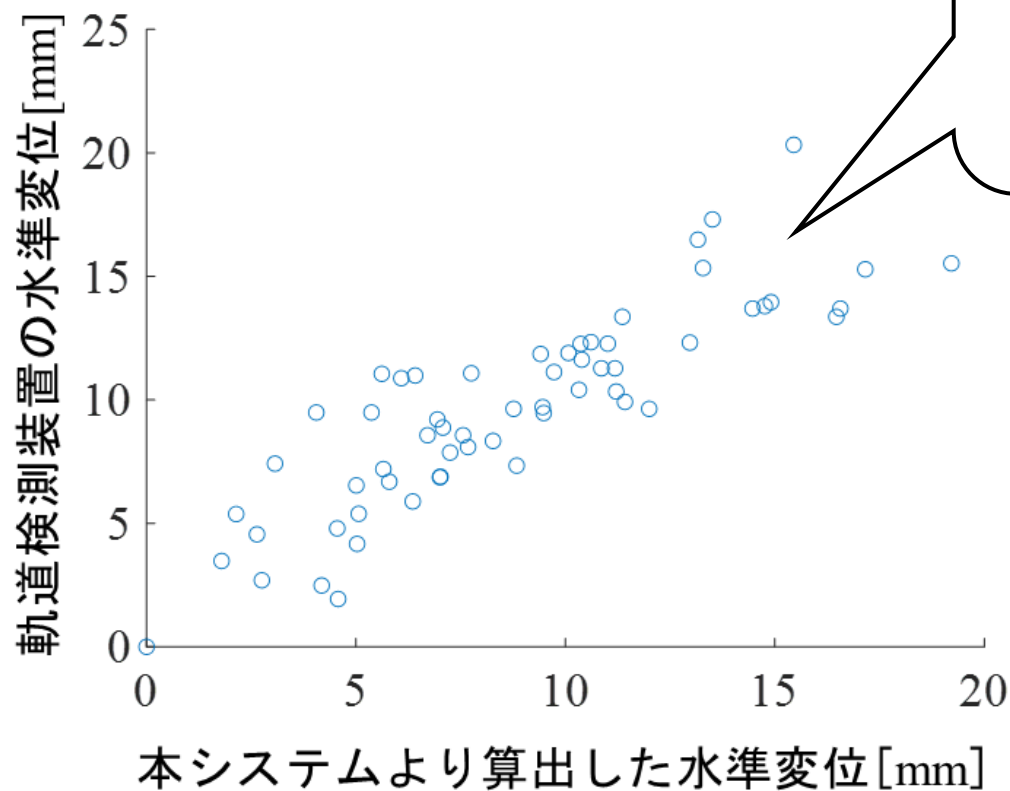


- 水準変位の傾向をよく捉えられているが、場所により差異も確認できる
→ジャイロセンサの誤差や静的と動的による差の影響が考えられる

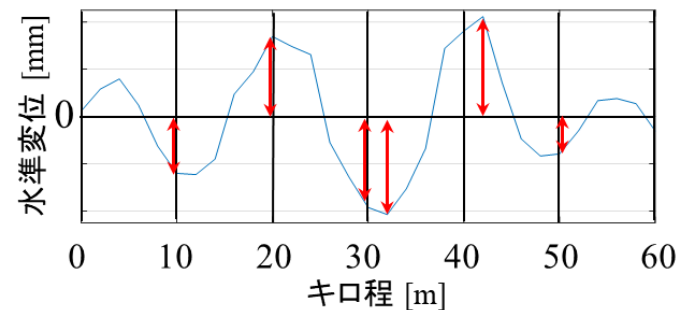
3. 実車による計測

計測結果

従来の静的検測結果との関係性



一つの点は10mごとの最大値を示す



水準変位の傾向をよく捉えられているが、ばらつきも確認できる

ばらつきの原因として

- 外乱によるレール高さの誤検知
- 動的と静的による差異の可能性

4. まとめ

- LiDARセンサ等を活用し営業列車において**動的水準変位**を計測する手法を提案
- 実際の路線で計測を実施
 - 従来の軌道検測装置で計測した結果と概ね一致する値を計測できることを確認

今後の取組

- データのばらつきの原因を探る
 - 従来の動的水準変位計測値との比較
- 水準変位から平面性変位の算出にも着手

