

プローブ車両の実用化へ向けて



独立行政法人 交通安全環境研究所

足立 雅和

内容

- 背景
- プローブ車両の概要
- 機能の実証
 - ① 軌道異常検出
 - ② 信号異常検出
 - ③ 運転操作異常検出
- 開発したプローブシステム
- まとめと今後の課題

内容

- 背景
- プローブ車両の概要
- 機能の実証
 - ① 軌道異常検出
 - ② 信号異常検出
 - ③ 運転操作異常検出
- 開発したプローブシステム
- まとめと今後の課題

背景

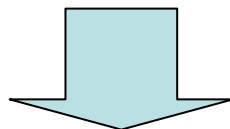
鉄道は、環境やバリアフリーの観点から重要性が増大

軌道上を走行する車両

走行安全性や走行安定性 → 軌道建設時の精度確保、軌道状態の維持管理

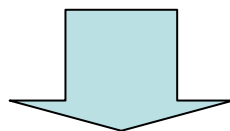
列車の安全運行を確保する信号システム

電気信号による正確な情報 → 電気信号の強度・品質を動作保証範囲内に維持



現場巡回による実測、検測車による測定

軌道不整や信号強度などに関するデータ



問題点

保守作業・・・人件費、技術継承

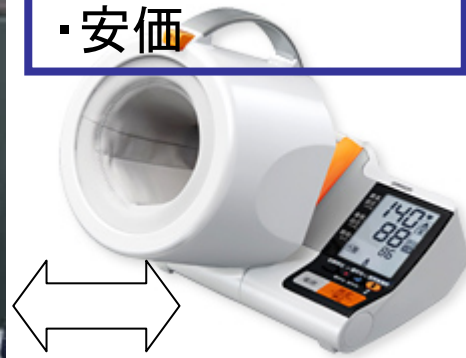
検測車測定・・・高価な設備費

背景

電気軌道総合検測車



- ・ある程度の診断
- ・高頻度
- ・安価



- ・精密診断
- ・低頻度
- ・高価

プローブ車両

- ・自車両の走行した軌道や信号システムの状態診断
- ・状態の悪そうな箇所の把握
- ・高頻度で状態の監視

新幹線や一部幹線は先端的設備と保全体制により安定的に維持されているが、設備の老朽化が進み、保全費の増大、経営コスト削減のため存続の危ぶまれる線区がある

解決策

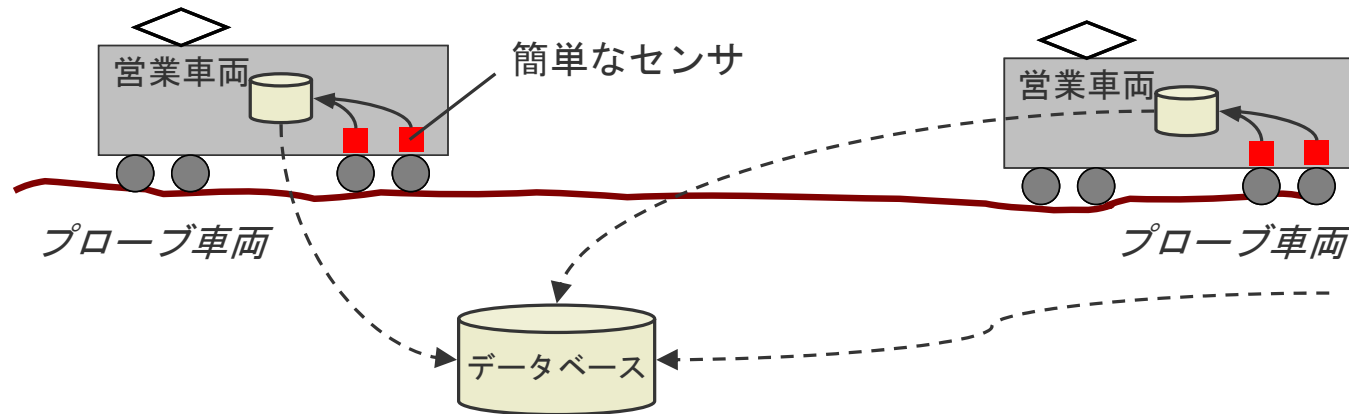
走行中の自車両の動揺や信号授受の状態をリアルタイムで測定分析

保守費の削減、予防保全の実現

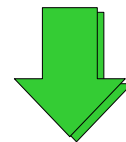
内容

- 背景
- プローブ車両の概要
- 機能の実証
 - ① 軌道異常検出
 - ② 信号異常検出
 - ③ 運転操作異常検出
- 開発したプローブシステム
- まとめと今後の課題

プローブ車両



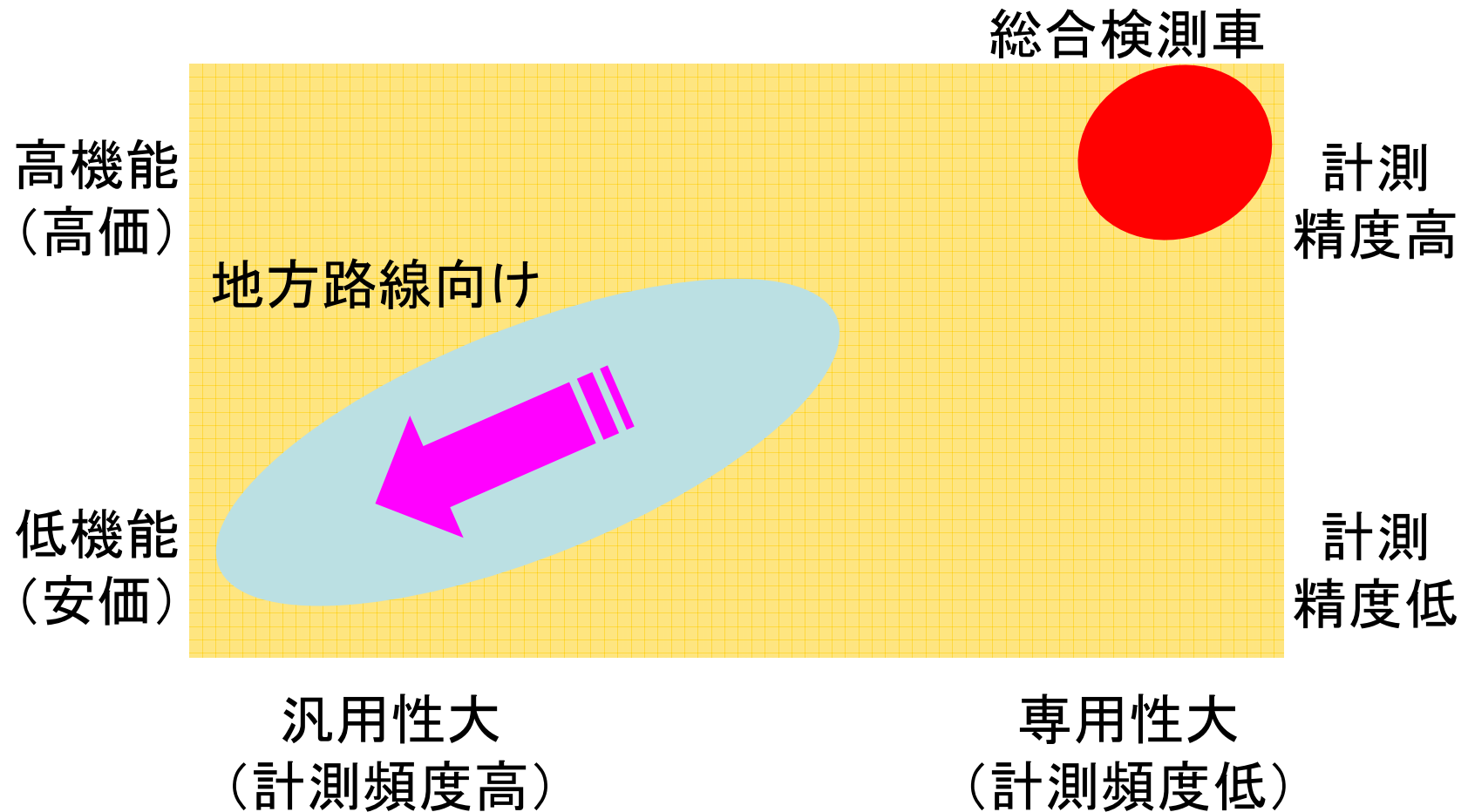
営業車両に設置が容易なセンサー類やGPSを取り付け、車両走行時の車両動揺や信号授受の状態をリアルタイムで検出、分析



異常箇所の把握、状態の監視

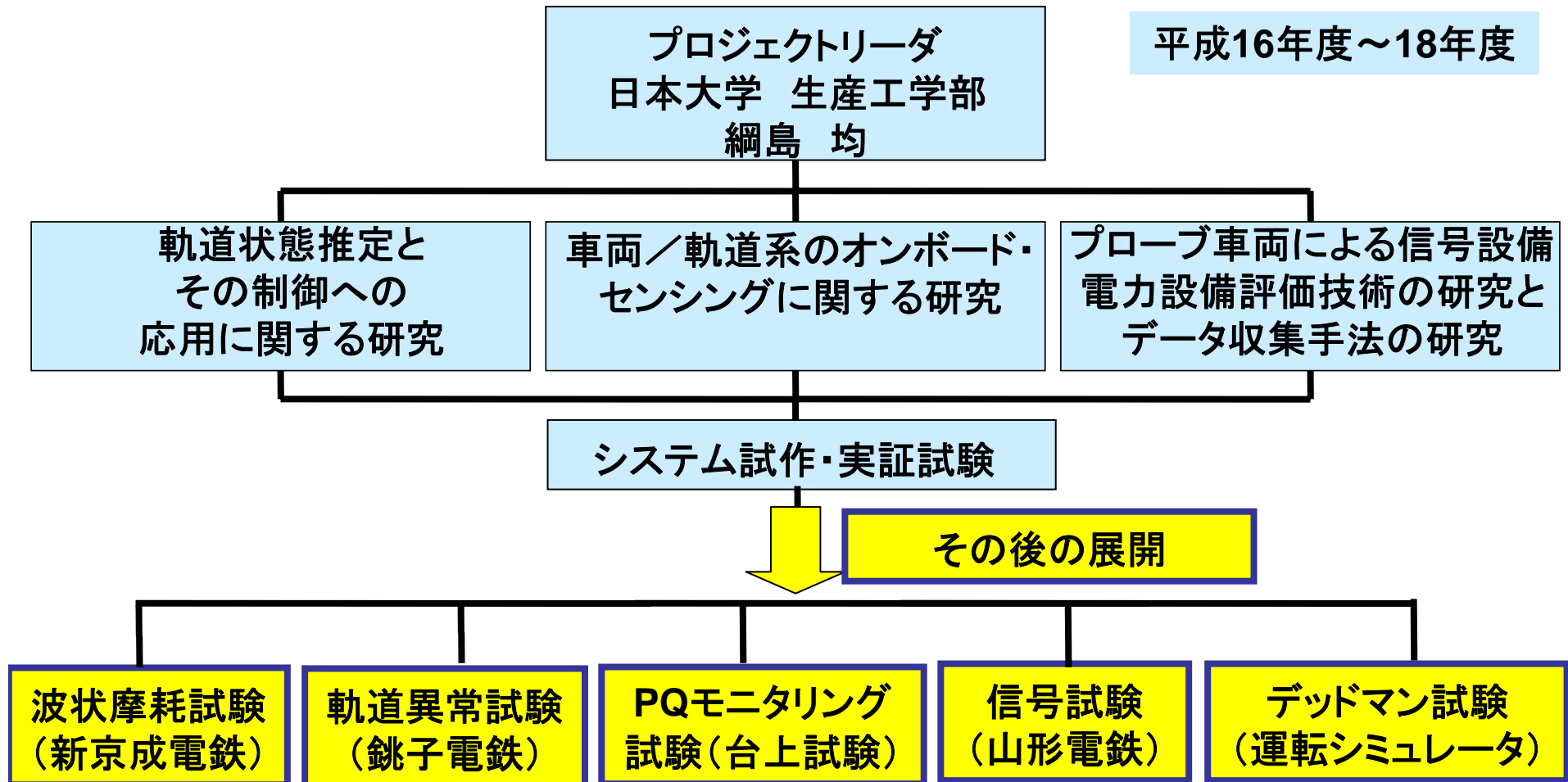
安全性の向上や保守の合理化に活用

プローブ車両のねらい

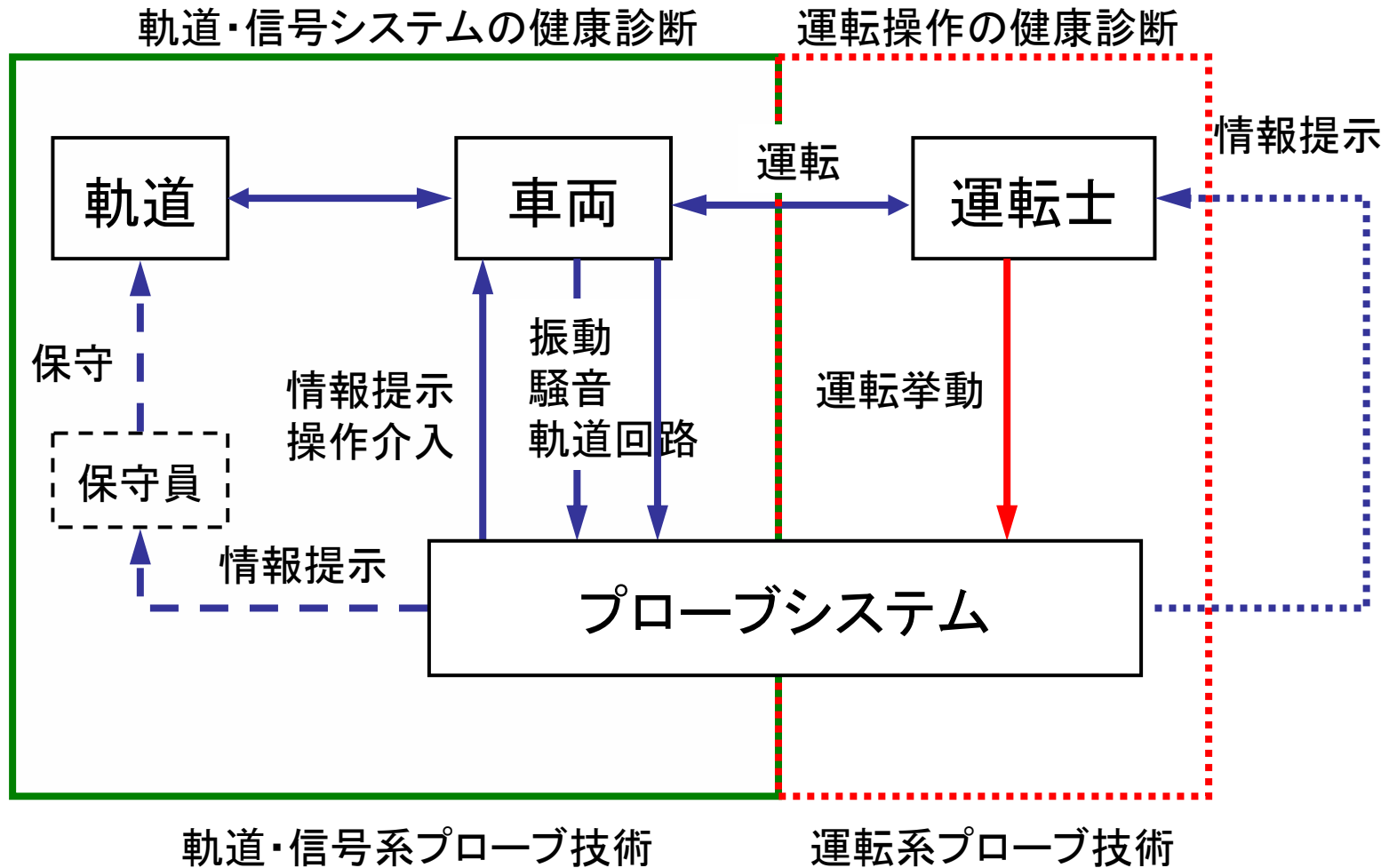


プロジェクトの研究実施体制

鉄道・運輸機構 「運輸分野における基礎的研究推進制度」研究プロジェクト



プローブシステム

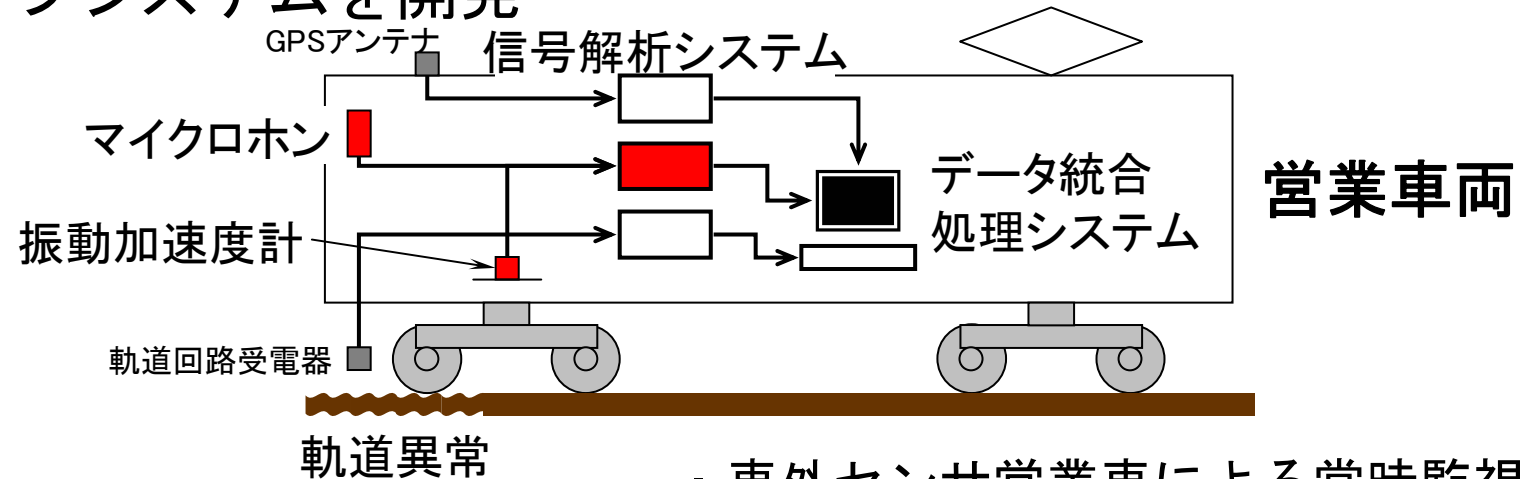


内容

- 背景
- プローブ車両の概要
- 機能の実証
 - ① 軌道異常検出
 - ② 信号異常検出
 - ③ 運転操作異常検出
- 開発したプローブシステム
- まとめと今後の課題

プローブ車両による鉄道システムの保全(概念)

営業車両に簡単に設置可能な可搬型プローブシステムを開発



- センサ類を車内に設置
 - 可搬型装置で機動性を実現
- ・ 車外センサ営業車による常時監視

車内で得られる情報から、軌道の異常を検知する方法(信号処理)を検討

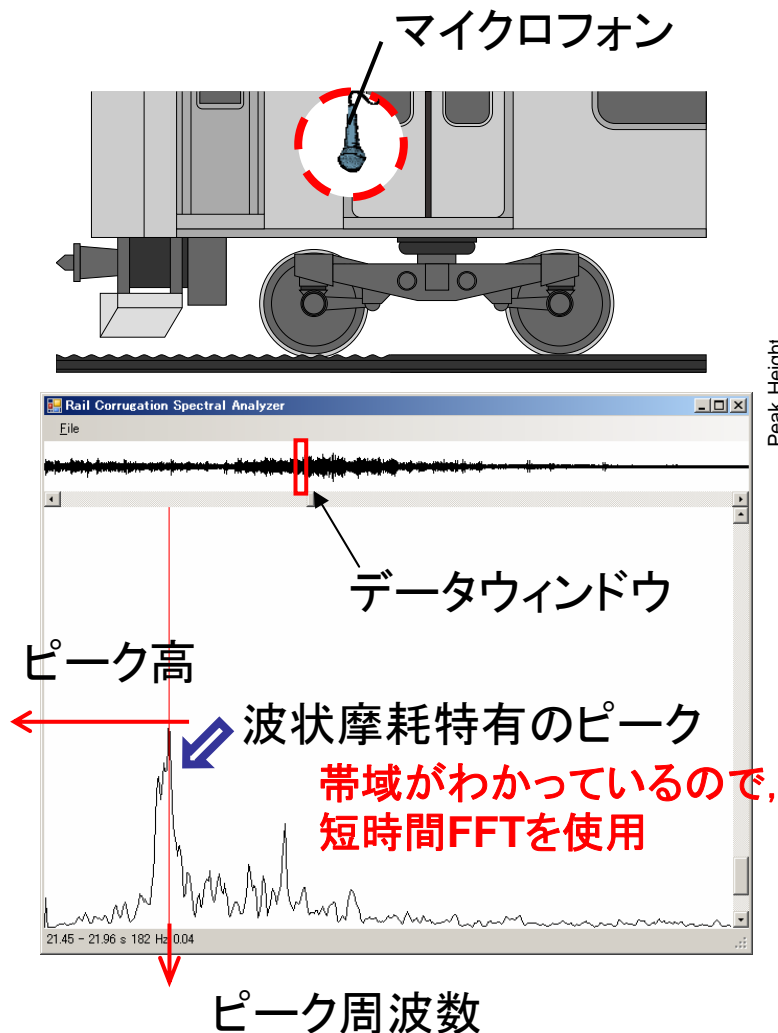
機能の実証例

①軌道異常検出

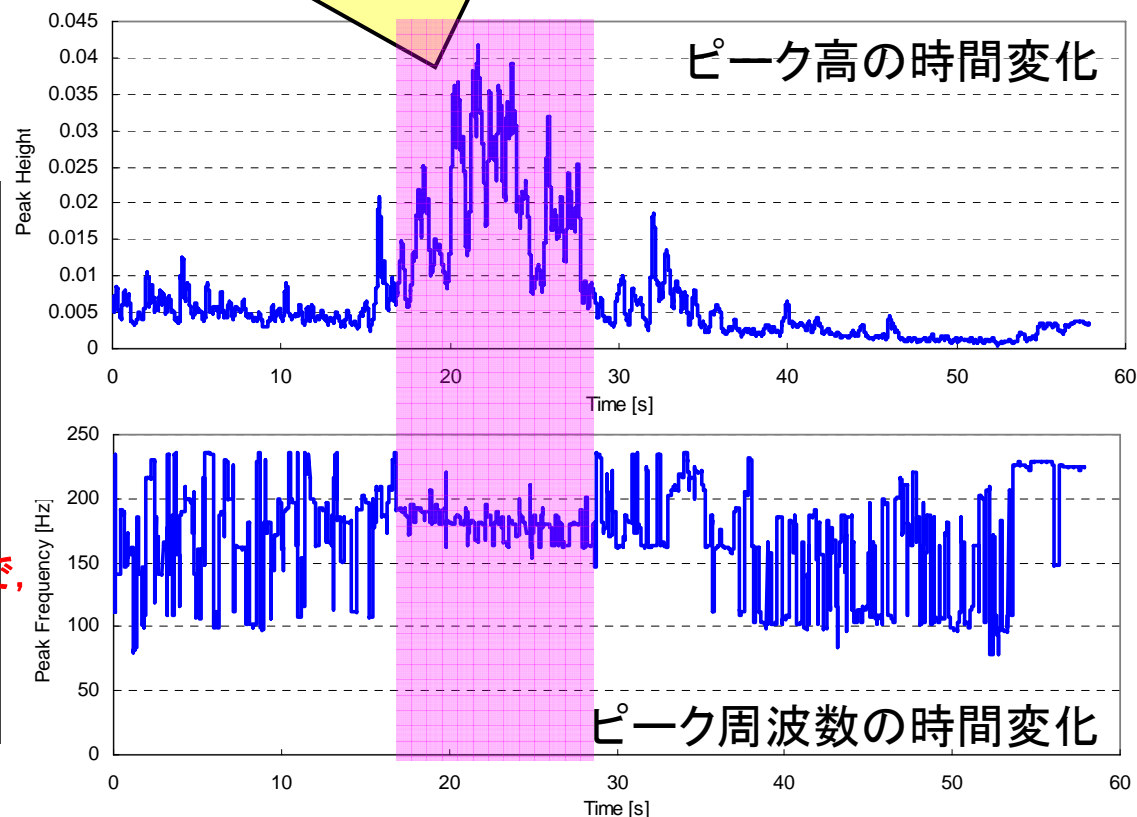
波状摩耗の発生例



車内騒音からの波状摩耗検出



車内騒音から波状摩耗の検出が可能

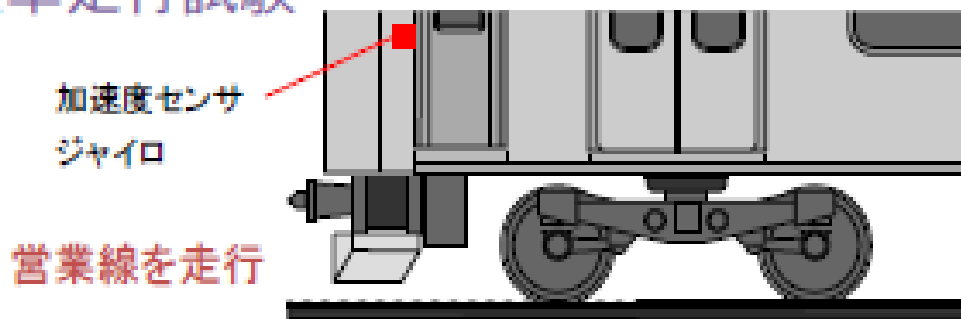


センサの取付が容易

プローブ車両における軌道変位の検出

軌道変位に対する車両の応答特性は、
車両諸元、速度などの条件により変化

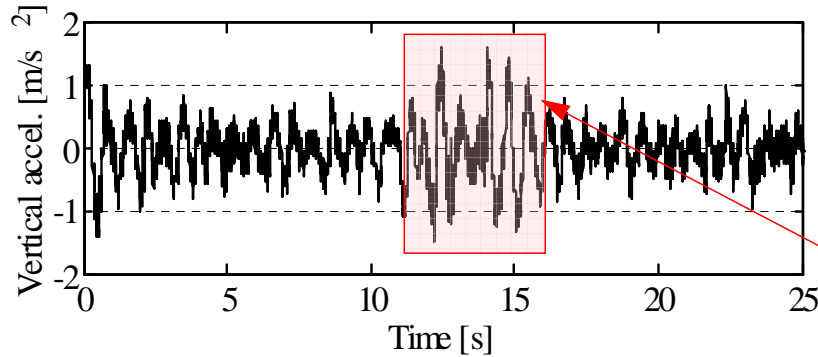
実車走行試験



乗務員室内に3軸振動加速度計を取付け、
営業路線で測定
(直線区間70~80km/h程度)

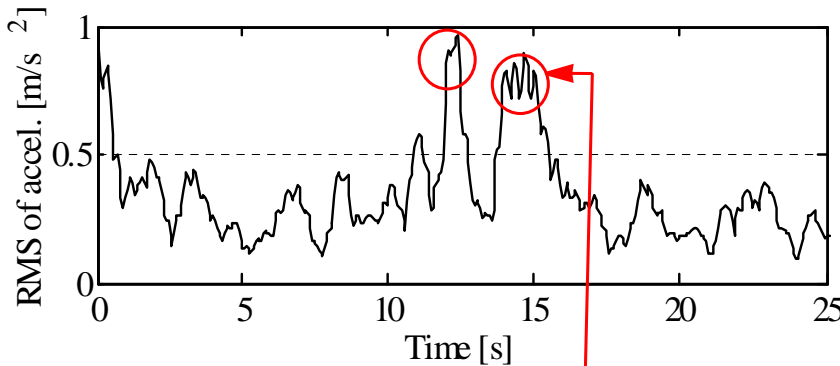


軌道不整の検出 (高低不整)



振幅が増大

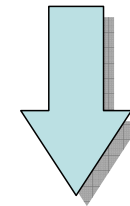
(a) 上下振動加速度測定結果



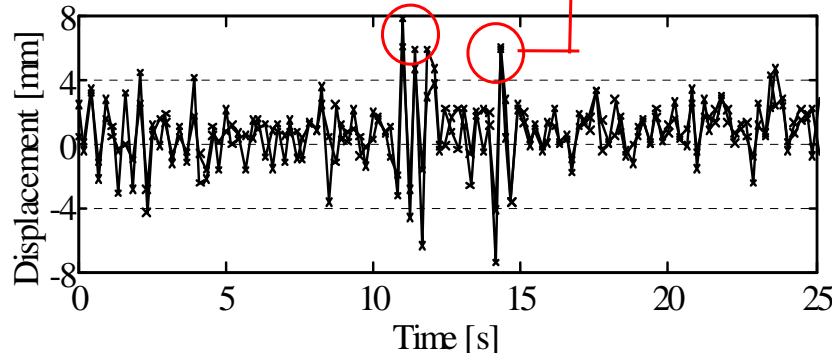
$$f_{rms} = \sqrt{\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} [f(t)]^2 dt}$$

高低変位の大きい箇所、上下振動加速度RMSは高い値

2つのピークが一致



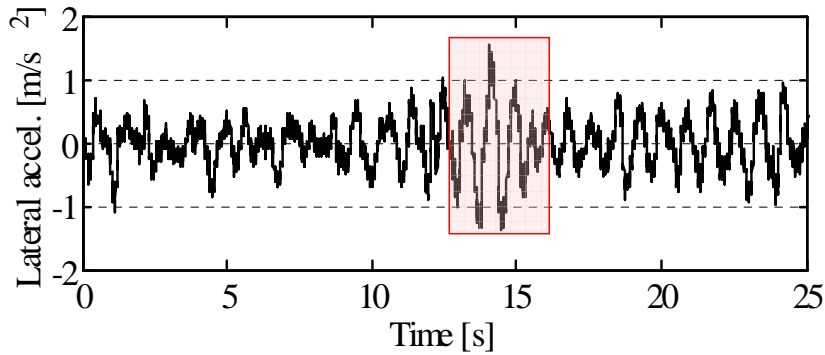
(b) 上下振動加速度のRMS



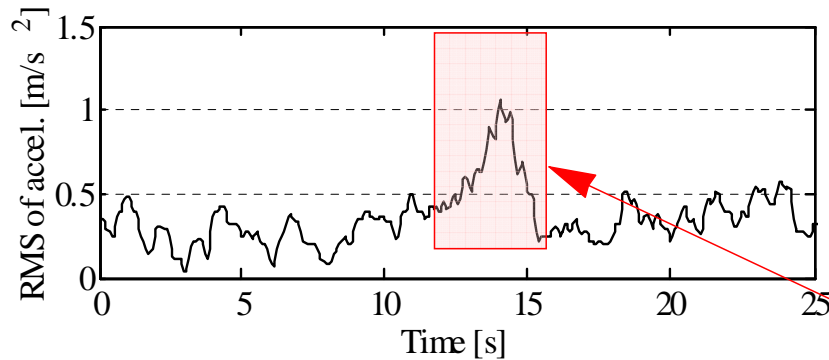
上下振動加速度RMSから高低変位の大きい箇所を検出が可能

(c) 高低不整 (地上検測結果)

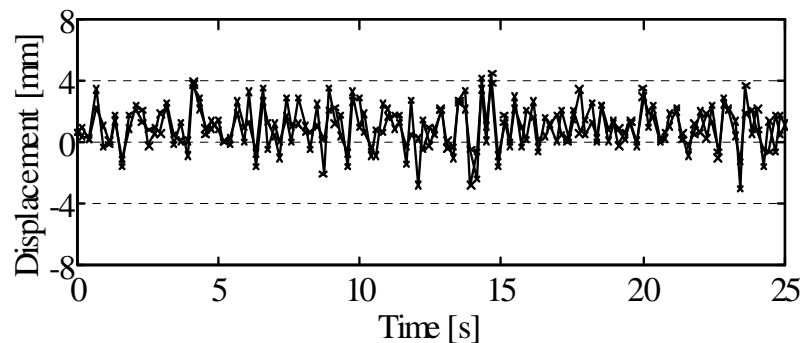
軌道不整の検出(通り不整)



(a) 左右振動加速度測定結果



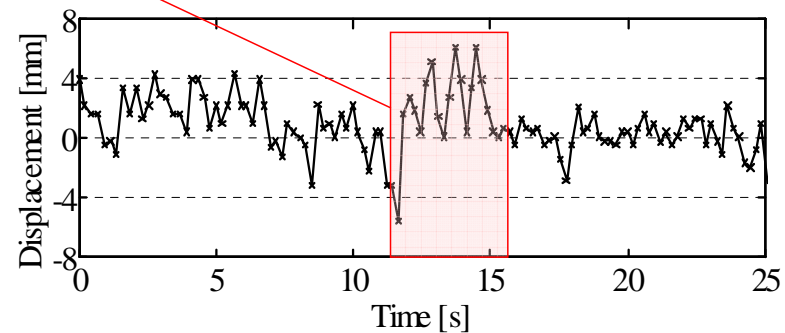
(b) 左右振動加速度のRMS



(c) 通り (地上検測結果)

通りと水準は、いずれも車体・台車間に左右変位を生じ、左右振動とロール振動の双方に作用

水準によって発生



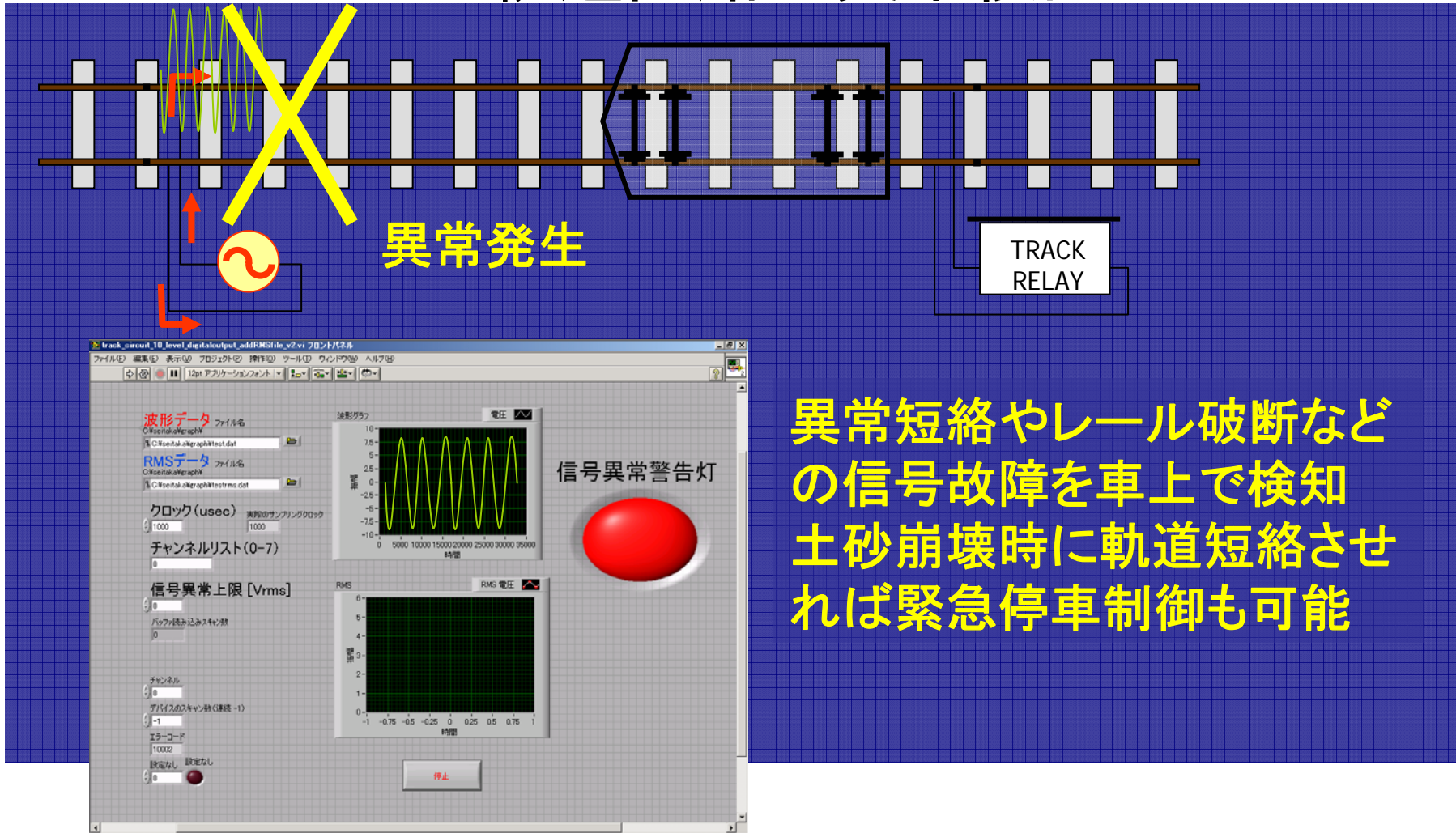
(d) 水準 (地上検測結果)

内容

- 背景
- プローブ車両の概要
- 機能の実証
 - ① 軌道異常検出
 - ② 信号異常検出
 - ③ 運転操作異常検出
- 開発したプローブシステム
- まとめと今後の課題

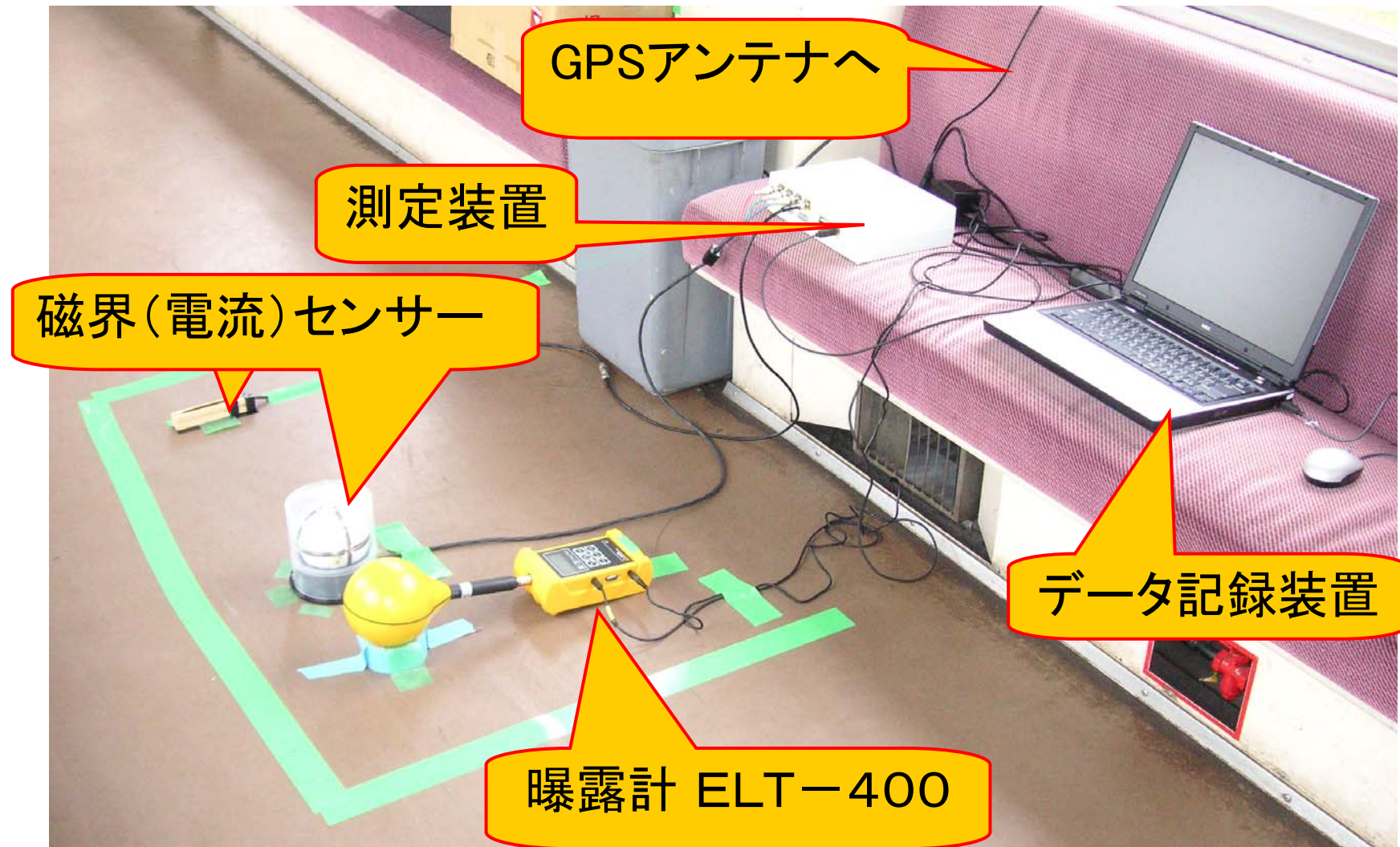
②信号異常検出

軌道回路の異常検出

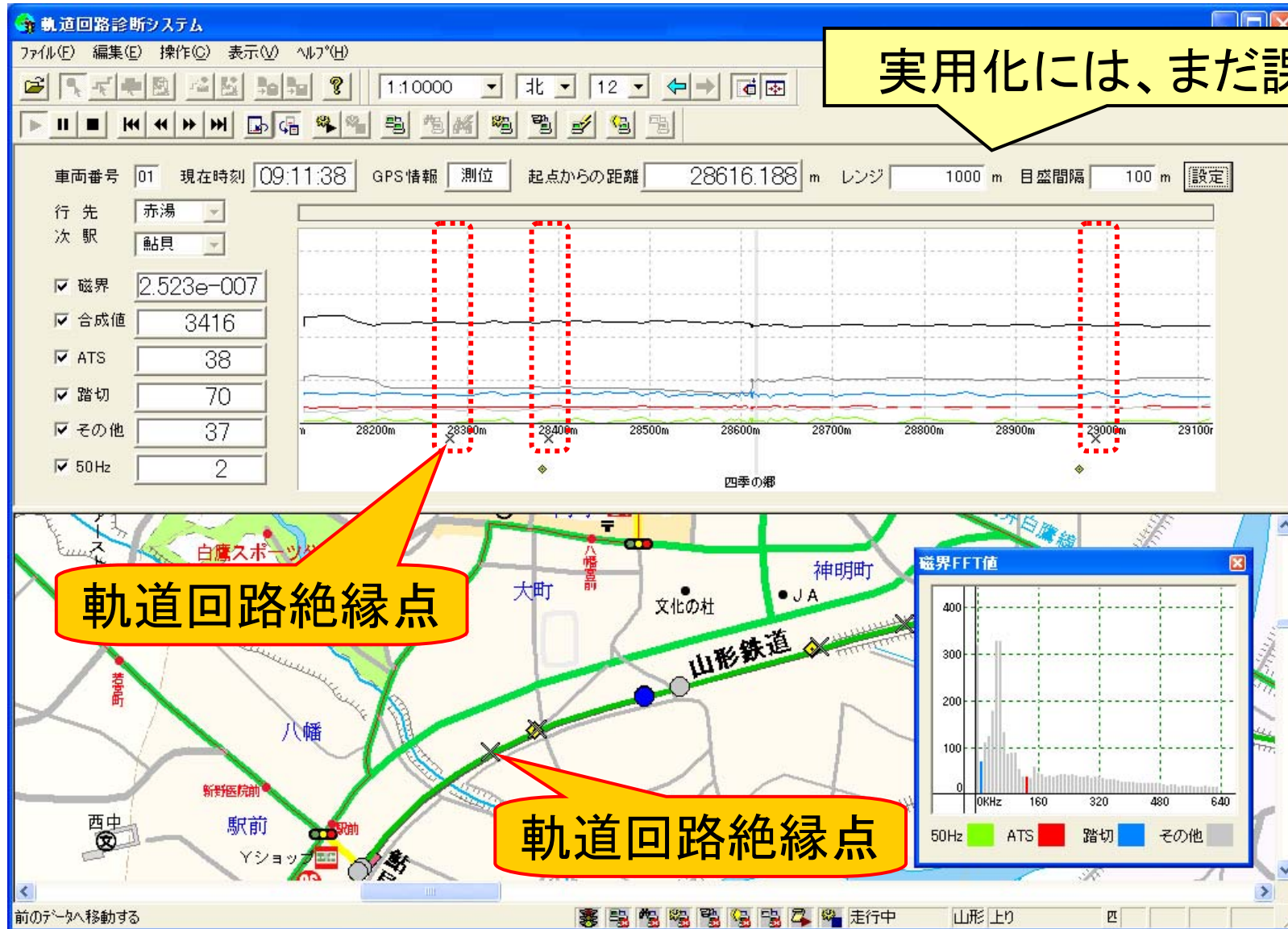


異常短絡やレール破断などの信号故障を車上で検知
土砂崩壊時に軌道短絡させれば緊急停車制御も可能

車上装置全体



データ記録装置の画面



実用化には、まだ課題あり

軌道回路絶縁点

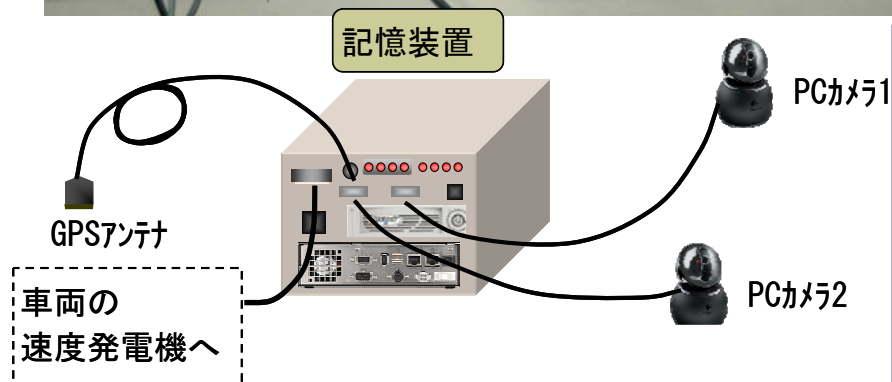
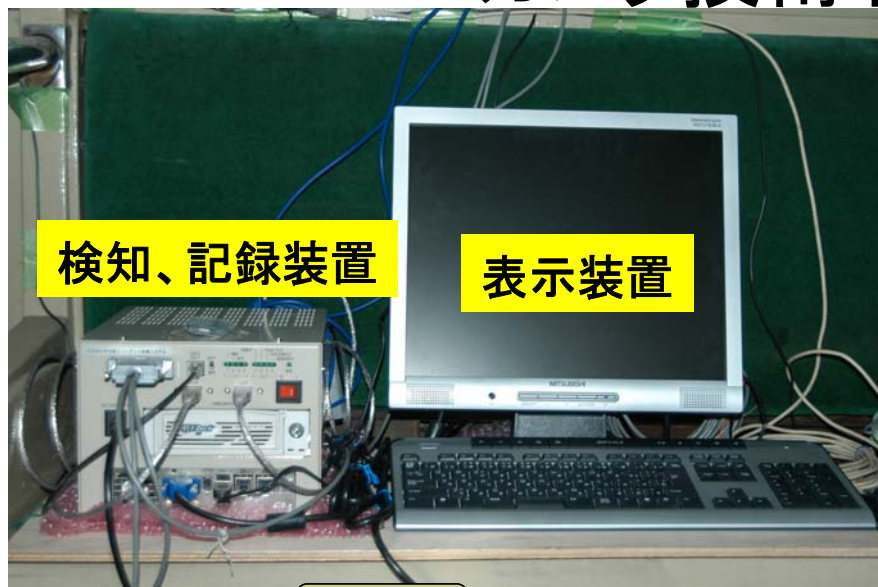
軌道回路絶縁点

内容

- 背景
- プローブ車両の概要
- 機能の実証
 - ① 軌道異常検出
 - ② 信号異常検出
 - ③ 運転操作異常検出
- 開発したプローブシステム
- まとめと今後の課題

③ 運転操作異常検出

カメラ技術利用による異常検出



・デッドマン装置の検知性能は高い

⇔ 身体的な負担が大きい

・EB装置は検出までに一定時間を要する

⇔ 早期検出が難しい

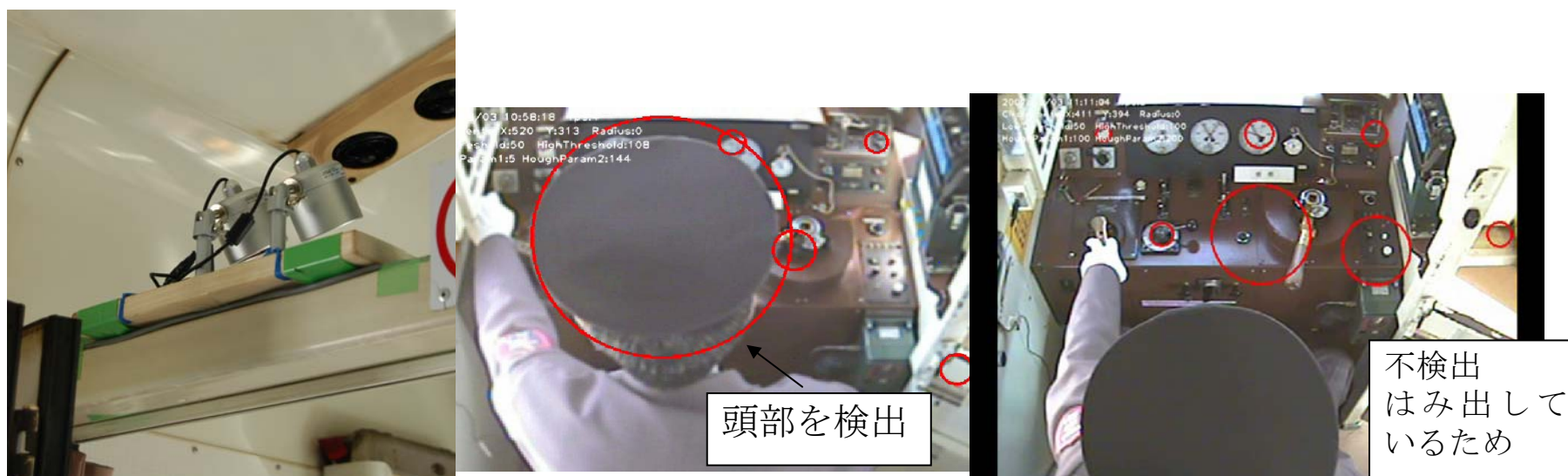
身体的な負担感のない異常の検出方法が必要

－ 最近のセンシング技術

－ 鉄道用の映像型運転状況記録装置

運転記録装置のカメラ映像解析 試験結果

- 2ハンドル式列車上において試験を実施



□ 検出事例

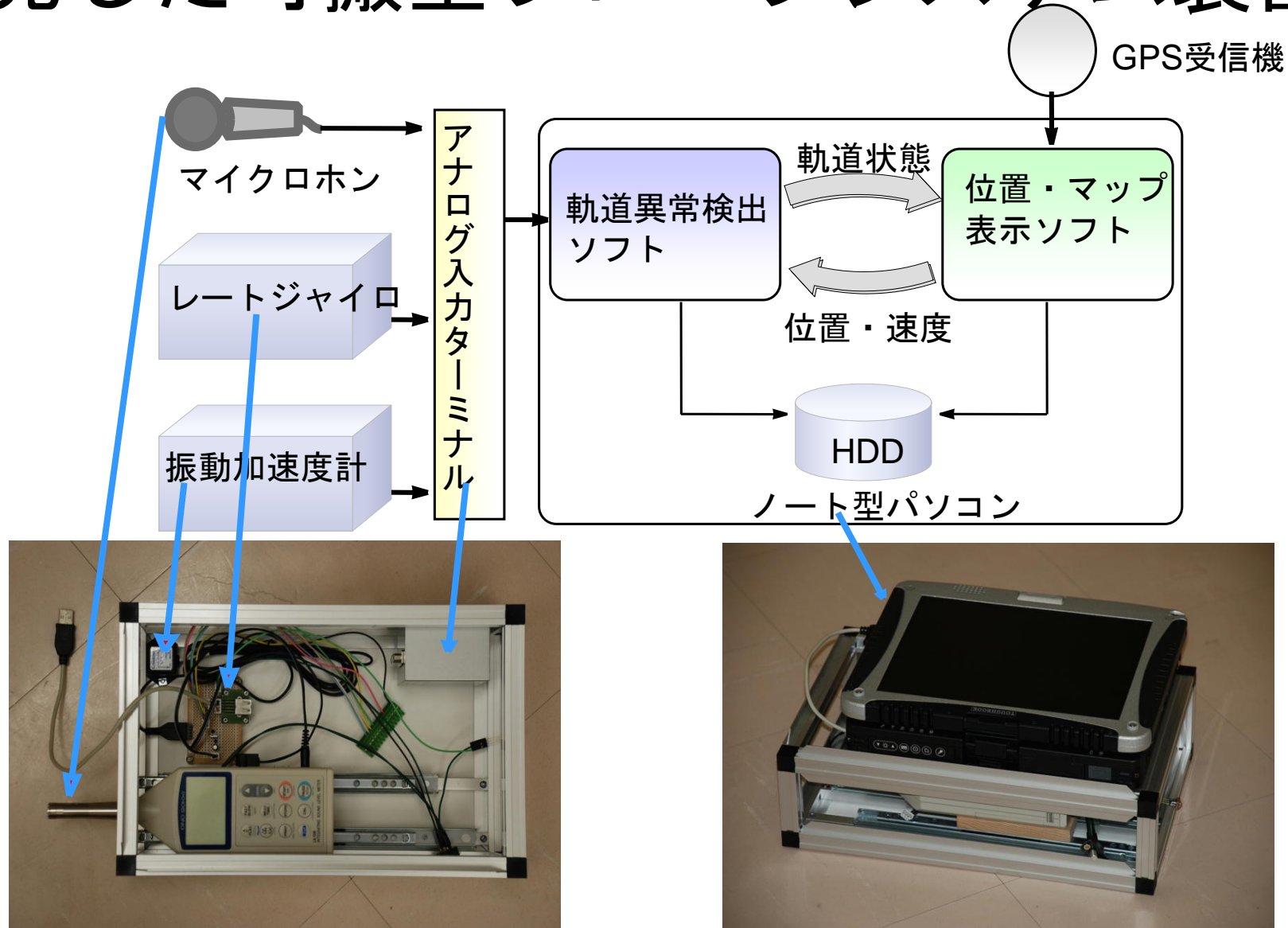
非検出事例

- 角度変化等の影響により、的確な検出は困難
- 円検出以外の画像解析法においても連続検知が難しい状況

内容

- 背景
- プローブ車両の概要
- 機能の実証
 - ① 軌道異常検出
 - ② 信号異常検出
 - ③ 運転操作異常検出
- 開発したプローブシステム
- まとめと今後の課題

開発した可搬型プローブシステム装置



営業列車による軌道状態の診断

←..... GPS受信機を車内窓枠に固定



中小民鉄路線にて、可搬型プローブシステムの実証実験

可搬型プローブシステムを乗務員室内に設置



← プローブシステムの
のモニタ画面

軌道異常検出表示
(無点灯/黄/赤)

軌道異常検知用
データ

波状磨耗

解除

測定値

しきい値(黄)

しきい値(赤)

閾値と測定値と比較し、
黄、赤の2段階の表示

解除

異常検出 (黄色)

解除

異常検出 (赤色)

異常箇所の表示

主な機能

- ・ 画面上に地図や情報をリアルタイムに表示
- ・ 測定データの異常箇所を地図上に表示
- ・ 起点からの距離及び地図上へのプロット(測位精度は10m程度)
- ・ ログ記録、オフライン処理、再生機能

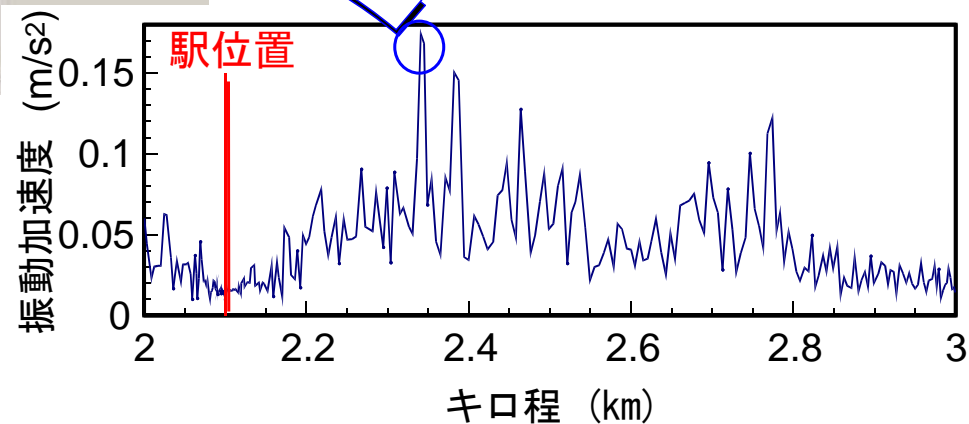




← プローブシステムの
モニタ画面

地図上に表示された異常箇所を現地調査した

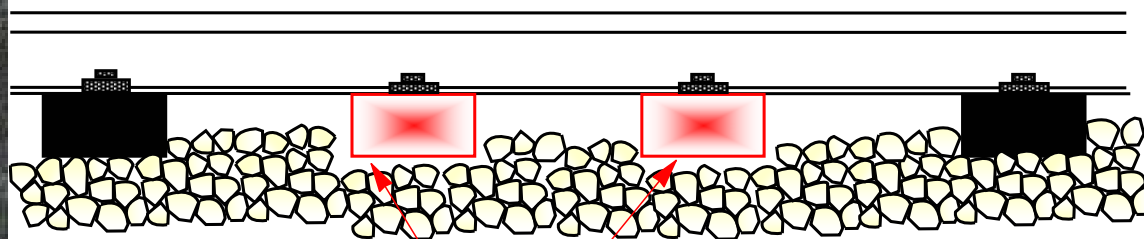
→
プローブシステムの測定データ





現場状況例

道床碎石に土が多く混入
まくらぎの周囲には道床との間に隙間
列車通過時にまくらぎが大きく沈下



浮きまくらぎ

- 列車が通りかかった際に、レールの沈下が相対的に大きくなる
- 輪重変動が大きくなる
- レールのたわみに伴う曲げ応力が大きくなる



← プローブシステムの
モニタ画面



線路

異常箇所

可搬型プローブ装置により異常と判定したすべての部分において、浮きまくらぎ等軌道の異常を発見(測位精度10m程度)

本プローブシステムにより、軌道異常を検出が可能

従来の手検測ではレールに荷重がかからないためレールは沈下しないため抽出が困難なもの(10m弦)

内容

- 背景
- プローブ車両の概要
- 機能の実証
 - ① 軌道異常検出
 - ② 信号異常検出
 - ③ 運転操作異常検出
- 開発したプローブシステム
- **まとめと今後の課題**

まとめ

(1) 軌道異常検出

可搬型プローブシステムにより、波状摩耗、軌道異常の診断が可能

- ・異常箇所での地図表示機能により現場の特定が容易
- ・可搬型で任意の営業車両に容易に設置可能

→実用化にかなり近い

(2) 信号異常検出

- ・走行中に車両が受ける磁界変化を解析し、信号回路を診断するシステムを検討

(3) 運転操作異常検出

- ・センサによる画像解析により、異常状態の検出が可能

今後の課題と方向性

(1) 軌道異常検出

- ・データの蓄積により、具体的な閾値の設定手法の確立
- ・プローブシステムの耐久性および信頼性について検証

(2) 信号異常検出

- ・センサ感度の向上、ノイズの抑制、周波数特性の補正

(3) 運転操作異常検出

- ・閾値の設定によっては、検出できない場合や、ばたつきが見られるため、センサの精度向上を図る