

25 日
講演 7

地方鉄道の保守に係る革新的技術 —プローブ車両による保全性向上対策—

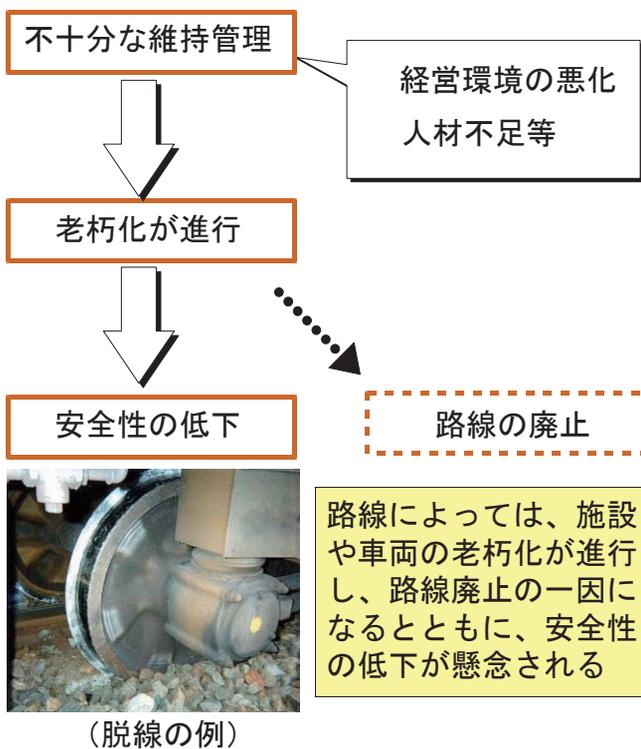
交通システム研究領域 上席研究員

佐藤 安弘

保守技術の革新によって、安全を確保しつつ保守の省力化を図ることが、地方鉄道の維持発展を図る上で重要なテーマとなっている。軌道の巡回目視や手検測作業を補完し、軌道状態の変化をいち早く発見・監視する目的に使用できるプローブ車両を適用した保守技術について報告する。

1. 地方鉄道の保守に係る課題

1. 1. 施設や車両の維持管理



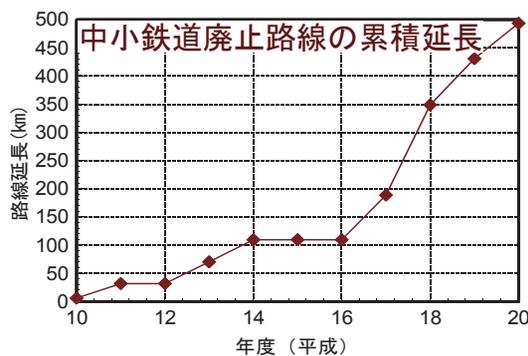
経営環境の悪化
人材不足等



(軌道変位大、道床不良の例)

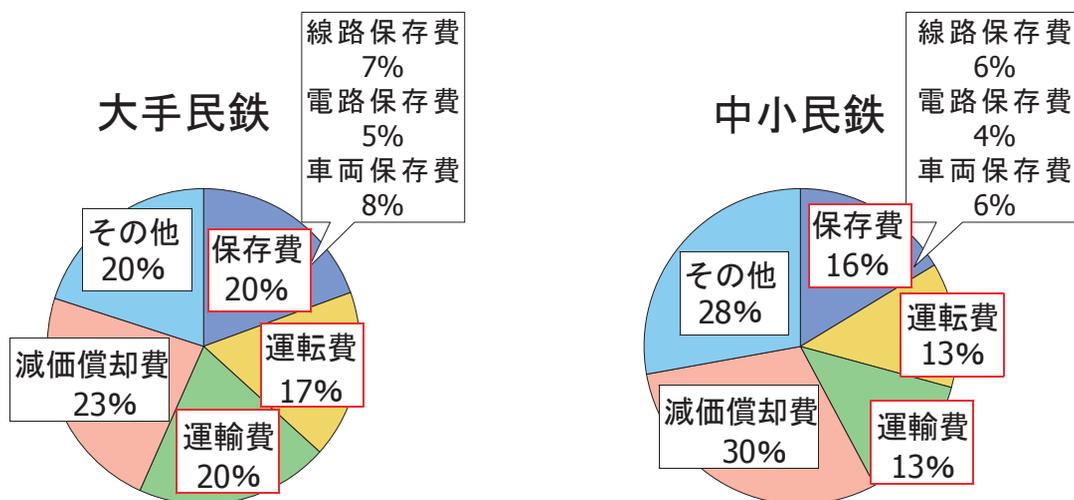


(脱線の例)



出典：数字で見る鉄道2009

1. 2. 営業費の現状



出典：鉄道統計年報 (平成19年度)

設備更新等の費用はもとより、地上設備と車両の保守・修繕にかかる経費の低減が重要な課題

いかなる経営環境にあっても「安全輸送の確保」が鉄軌道事業の最大の使命

➡ 保守経費の低減や安全の確保に資する技術開発が重要

2. 保守に係る技術分野の動向

これまでの検査・保全手法

決まった時期に、決まった箇所を、決まった装置で、決まった手順で検査

省令（抜粋）

「施設及び車両の定期検査は、その種類、構造その他使用の状況に応じ、検査の周期、対象とする部位及び方法を定めて行わなければならない。」

センサ類の低コスト化、高性能化に伴い、
状態監視技術が世界的に開発されつつある

考え方として以前から
あるが、当技術分野の
発達により実現可能性



それに伴い、検査や保守の手法についても、
新しい考え方が取り入れられつつある

時間基準保全（一定の検査周期）から状態基準保全へ
定期的な検査から高頻度のモニタリング（状態監視）へ
モニタリングによる故障予兆の早期発見（予測保全）へ
不具合の徴候に基づいて検査優先度を評価

検査の合理化（重点箇所の絞り込み、見落としの防止等）

3. 技術への期待と取組

3. 1. 取組の方向性

平成20年6月交通政策審議会陸上交通分科会鉄道部会提言

○技術開発推進体制の課題と今後の方向性

中小鉄道事業者においては、人的・資金的制約により、安全性の向上や経営効率の改善のために必要な技術開発を行えない等、「一企業では人的・資金的制約により対応できない状況」が顕著となりつつあり、自社のみでは技術開発がままならない中小鉄道事業者等が必要とする技術の開発について、適切に対応する必要がある。

○新技術の導入の促進と今後の技術開発の方向性

【省力化等による、コストパフォーマンスに優れた鉄道輸送の実現】

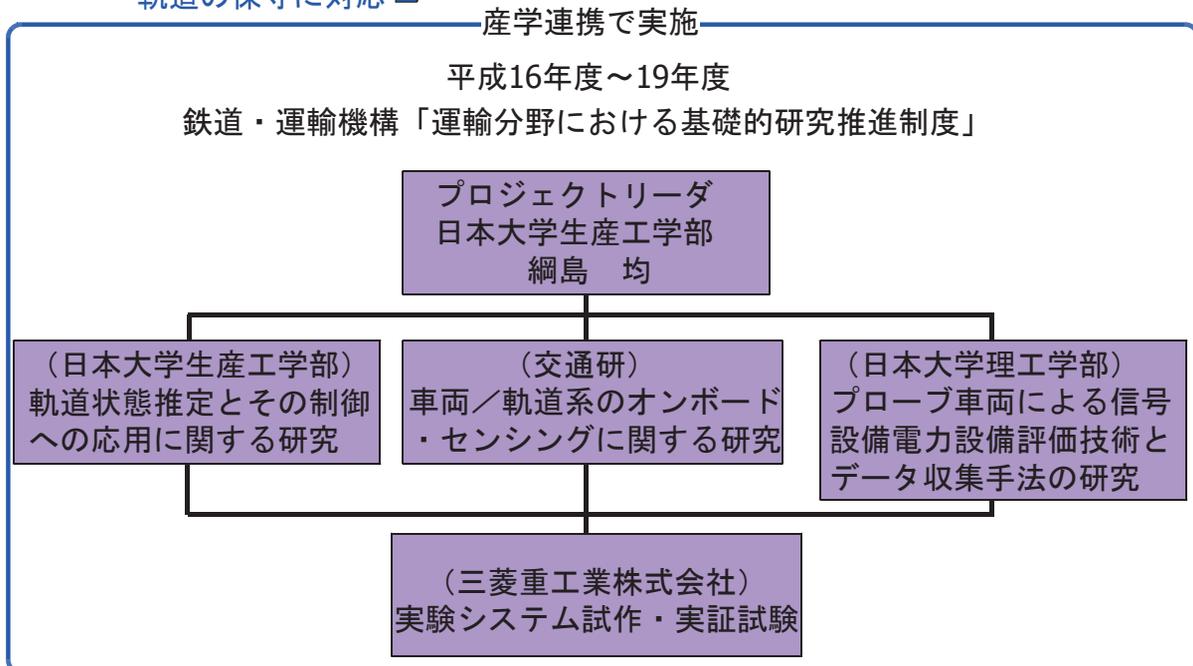
・センシング技術を活用した施設・車両の故障検知システム



地方鉄道の安全性・保守性向上のため、センシング技術
を活用した施設の故障検知システムの開発が重要

3. 2. プローブ車両の開発

地方鉄道の安全性・保守性向上のためのプローブ車両の技術開発
軌道の保守に対応



現在は日本大学と「鉄道のプローブ車両システムに関する共同研究」を実施

3. 3. プローブ車両の必要性

解釈基準（抜粋）←維持管理標準の制定に伴う改正

「軌道の定期検査は、軌道変位（軌間、水準、高低、通り、平面性）、遊間等の軌道状態及びレール、まくら木等の軌道部材について行うこと。」

地方鉄道

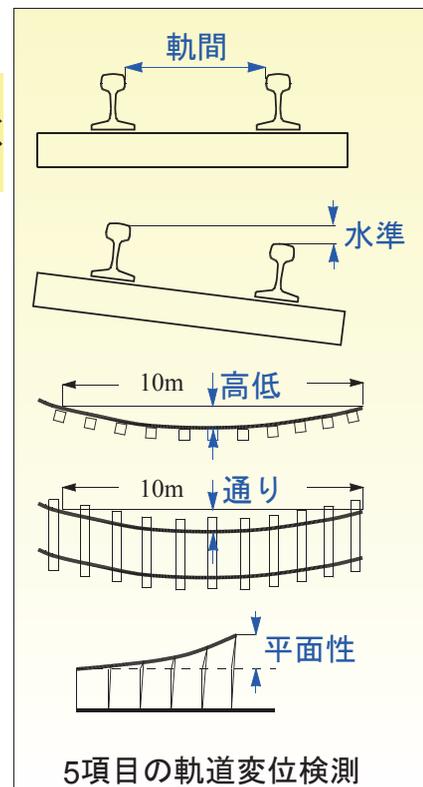
幹線鉄道で活躍している高価な検測車を保有できず



手検測などで対応

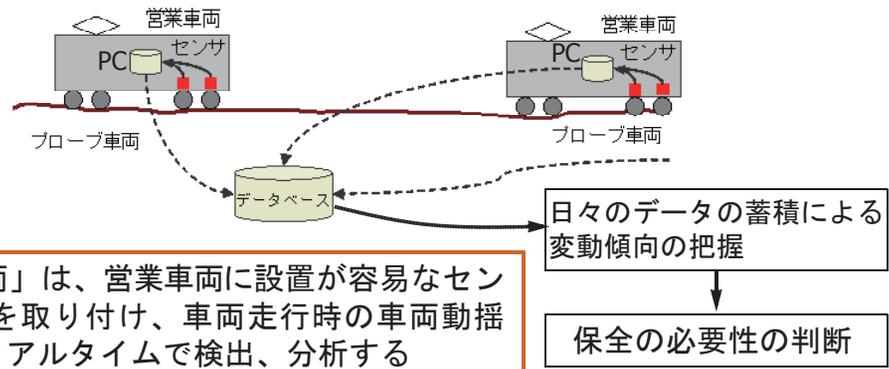


安全性の確保と省メンテナンスを両立させるため、営業車両による 常時モニタリング技術を開発する必要



4. プローブ車両のコンセプトと特徴

4. 1. コンセプト



「プローブ車両」は、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などの状態をリアルタイムで検出、分析する

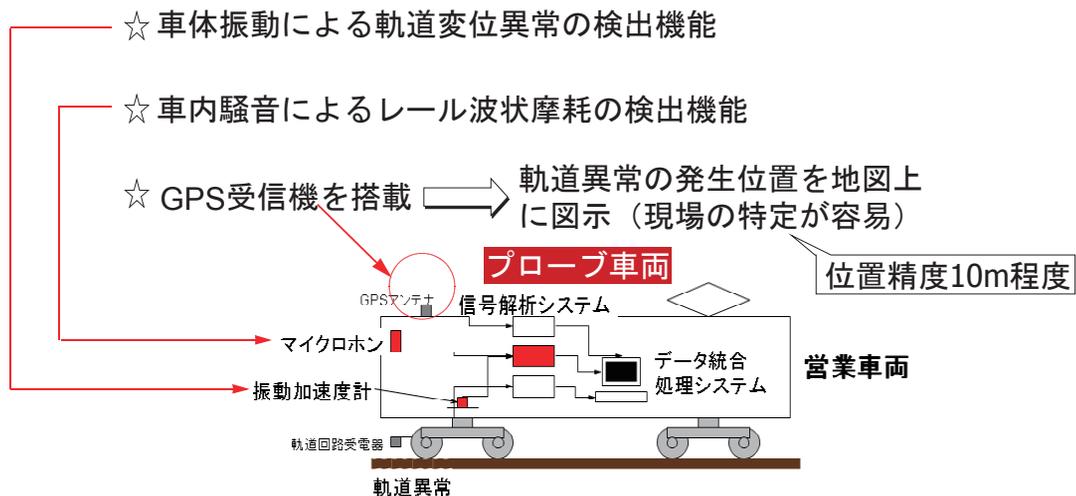
営業車による予防安全を実現

- 簡易なセンサ、簡易な取付（低コスト）
- 営業車による高頻度のモニタリング
- 異常予兆の早期把握と状態監視
- 重点箇所への絞り込み（保守の合理化）
- GPSとマップマッチング技術
- 従来の検査の補完（安全性の向上）

4. 2. プローブ車両の特徴

汎用センサを車内に設置（営業車の運転台等） → 車内で得られる情報から軌道や信号の異常を検知

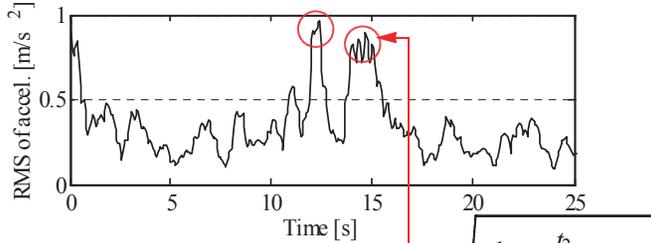
可搬型装置で機動性を実現



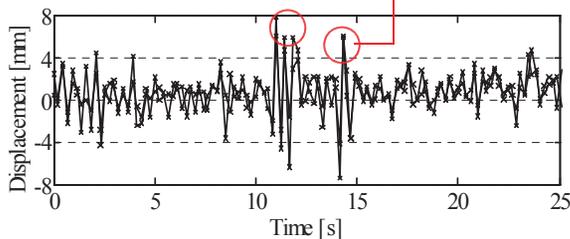
5. プローブ車両による軌道の異常検出

5. 1. 軌道変位及びレール波状摩耗

軌道変位に対する車両の応答特性は、車両固有の諸元、速度や荷重などの条件により変化

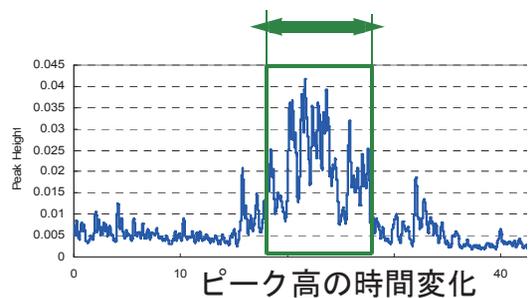


(a) 上下振動加速度のRMS $f_{rms} = \sqrt{\frac{1}{t_2-t_1} \int_{t_1}^{t_2} [f(t)]^2 dt}$

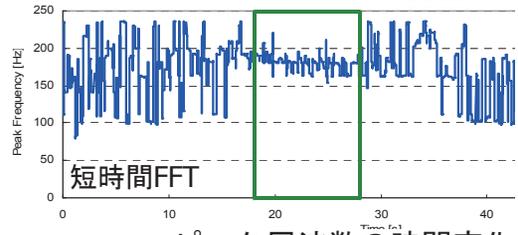


(b) 高低 (地上検測結果)
上下振動加速度RMSから高低変位の大きい箇所を検出

急曲線内軌波状摩耗発生区間



ピーク高の時間変化



ピーク周波数の時間変化

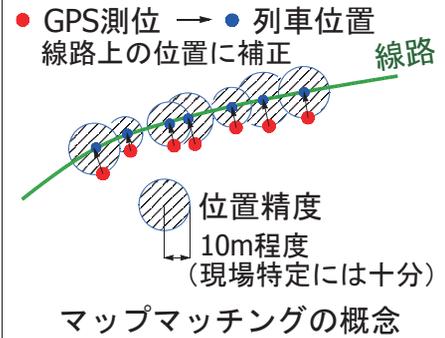
車内騒音のピーク及び周波数変化から波状摩耗発生箇所を検出

6. 軌道保守への適用例

6. 1. 異常箇所の表示

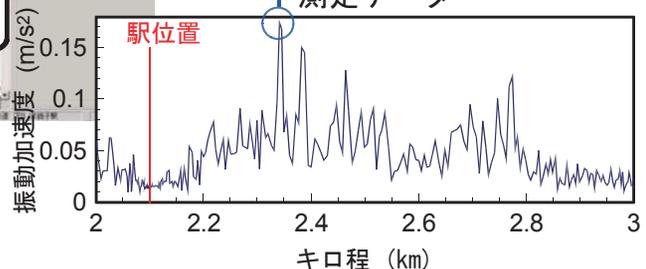


プローブシステムのモニタ画面



地図上に表示された異常箇所を現地調査

測定データ



6. 2. 今後の展開

(1)プローブ車両の利用拡大

軌道状態の推移のモニタリング

現状は交通研で解析・評価

マンユアルの整備

事業者自身による機器の操作や評価
事業者間におけるプローブ車両の
共有化等

(2)プローブ車両の応用

新型車両（中古車両）導入時の安全性評価

現状の機能を利用 → 軌道変位異常箇所・重点箇所の抽出

速度向上時の安全性評価への適用

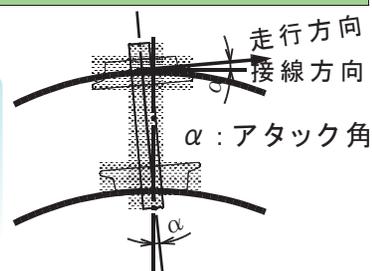
現状の機能を利用 → 車体振動加速度測定

機能拡大による対応 → 速度記録機能
各種計器の映像記録機能等

(3)他のセンシング技術を活用した故障検知システムの開発

特に保守ミス未然防止・発見に資する技術が重要

- 各部の動的な変位のモニタリング
- アタック角の簡易な測定法等



7. まとめ

地方鉄道においては、不十分な維持管理に伴う安全性の低下が懸念される。このため、国による支援策や鉄道事業者・研究機関等における保守省力化のための技術が存在する。しかしながら、幹線鉄道や都市鉄道を対象とした技術は、コスト等の面で必ずしも地方鉄道にそのまま適用しがたい。

地方鉄道の安全性・保守性向上のため、センシング技術を活用した施設の故障検知システムの開発が重要

- 交通研では産学連携して軌道の保守に対応するプローブ車両の技術開発を進めてきた
- プローブ車両は、高価な軌道検測車を導入できない鉄道事業者において、保守員による軌道の巡回目視や手検測作業を補完し、軌道状態の変化をいち早く発見・監視する目的に使用できる
- 異常箇所や要注意箇所が絞り込まれること、測定頻度が高められるため当該箇所でのデータの推移を監視できることから、安全を確保しつつ保守の省力化に有効
- ハードウェアはほぼ実用レベルにあるものの、実用化に際しては、路線ごとに一定の検証期間が必要であり、今後とも鉄道事業者等と連携して、複数路線での試用を進めていく