

## ⑮ 小型レール状態診断装置による状態監視の活用例について

交通システム研究領域 ※森 裕貴 佐藤 安弘 大野 寛之  
日本大学生産工学部 綱島 均 京三製作所 浅野 晃

### 1. はじめに

車輪がレールで支持案内されて走行する鉄道にとって、軌道の安全管理は重要であり、軌道の状態を常時あるいは高頻度で監視することが望ましい。そのため、軌道検測車などの検査車両により、精密な軌道検査が可能になっているものの、コストや要員などの点から走行頻度は著しく制限される。さらに地方鉄道では、施設の経年劣化が著しい一方、費用の確保や技術力の維持が大きな課題となっており、安全管理に係る十分な検査が行えない事業者も少なくない。

このような問題に対して、簡便な方法により軌道状態の常時監視と診断が可能になれば、より確実な軌道管理の実現が期待される。高頻度で軌道状態を監視する方法として、車両に汎用センサを付加し、営業運転を行いながら軌道の状態診断を行う方法が考えられる。このような車両をプローブ車両<sup>(1)</sup>と呼び、このプローブ車両を実現するため、我々は車両に大幅な改修を必要とせず軌道の状態診断の行える、小型のレール状態診断装置を開発<sup>(2)</sup>し、鉄道事業者の協力のもと実用に供するための走行実験を行っている。

本報告では、信頼性の高いレール状態診断装置を用いて営業車による測定を実現し、軌道管理へ活用する方法について、実際の測定例を交えて紹介する。

### 2. プローブ車両による軌道診断

#### 2. 1. レール状態診断装置の構成

図1にレール状態診断装置の構成図を示す。軌道変位を検出するための加速度センサ及びレートジャイロ、列車位置を検出するためのGPS受信機、各センサの信号を入力するセンサインタフェース、記録及び解析用ソフトウェアで構成される。また、付属機能として波状摩耗を検出するための騒音計、測定時の状況を撮影するためのWebカメラを接続することも可能である。測定された計測データについては、ソリッドステートドライブ(SSD)に記録され、micro SDカード等により容易に取り出しが可能である。地上側の設備が整っていれば、携

帯電話回線を通じてサーバへデータを送信することが可能なデータ転送モジュールが組み込まれている。

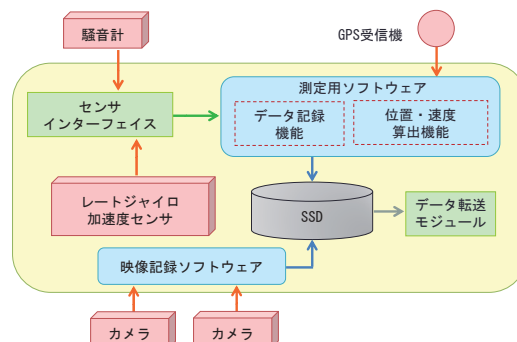


図1 小型レール状態診断装置の構成

測定に当たっては、バッテリー駆動(DC12V、最大約6時間)による測定方式(図2左)と、車両より給電(AC100V~200V)を受けて測定する方式(図2右)が選択可能である。車両より給電を受ける方式では、給電された時点で装置が起動し、自動で測定が可能である。



図2 バッテリー方式(左)、車両給電方式(右)

#### 2. 2. 軌道状態の評価方法

小型レール状態診断装置による軌道状態の評価方法については、加速度の二乗平均平方根値(Root Mean Square、以下RMS値と略記)による評価と、周波数解析(ウェーブレット変換)による評価を提案している<sup>(3)</sup>。いずれの評価も、営業車による繰り返し測定で日々の変動を捉え解析することで、従来のアプローチとは異なる視点で、軌道の安全管理効率の向上を実現することを目的とする。

地方鉄道における軌道保守計画において、優先順位を決定する際に評価指標とする重要なデータとして、トラ

ックマスター等による軌道変位の測定データが挙げられる。ただし、軌道変位データの測定回数が少ない（年に数回以下）事業者も多く、そのような事業者では、軌道変位測定間の保守計画の修正や、保守による改善結果の評価は保守員の主観（経験）により行われている。しかし、このような主観的な評価では、保守員の熟練度によって評価結果が左右されることが懸念される。

RMS 値による評価については、これまで実施されてきた主観的な評価と、客観的なデータを比較検討することで、保守員による評価に客観性を持たせるとともに、より効率的な軌道保守に貢献できる。実際に鉄道事業者の協力のもと、営業路線において評価を行い、軌道保守に活用した結果について報告を行っている<sup>(4)</sup>。その結果、長大な軌道全線の測定データから、軌道状態に変動があったことを把握するには、RMS 値は有用であることが示された。一方で、RMS 値のみでは周波数情報が欠如するため、変動した原因を判別することは困難である。そのため、測定された車体振動に周波数解析を実施し、分析を行った<sup>(3)</sup>。その結果、上下振動に影響を与える主要因（軌道変位、継ぎ目、分岐器、踏切等）について、原因分離の可能性が示された。

### 3. 高頻度測定による軌道の状態監視例

これまでのレール状態診断装置による測定及び評価は、バッテリー方式が中心であり、計測頻度は通常数ヶ月に1日程度であり、最短でも数週間に1日であった。そこで、本報告では鉄道事業者の協力のもと、車両給電方式による測定を約1ヶ月に渡り実施し、測定データの再現性や軌道異常の評価について確認したので、その結果について報告する。

測定試験により得られたデータから代表して、初期（1日目）、中期（15日目）、後期（28日目）に測定した車体上下加速度の RMS 値を図3に示す。RMS 値が1.0m/s<sup>2</sup>を超える箇所においては、事業者の把握している軌道変位が顕著である箇所、継ぎ目落ちが発生している箇所等と一致した。また、ピーク位置のキロ程（GPS情報に路線情報を用いて補正して算出）に測定日ごとのずれは確認されず、高い再現性が確保されていることが分かる。

図4に軌道異常が確認されている地点の各測定日のRMS 平均値の推移を示す。RMS 値は列車速度と相関があるため、若干のばらつきがあるものの、ほぼ横ばいで推移していることが分かる。急激に軌道状態が悪化した場合は、ある日を境に、RMS 平均値が増加した状態

で維持されることが予測されるため、推移を注視することで迅速な保守へ活用できると考える。

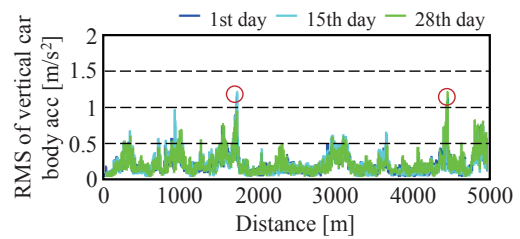


図3 車体上下加速度のRMS値

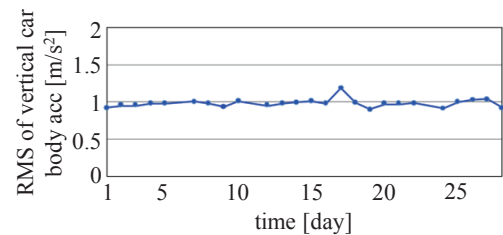


図4 RMS平均値の推移

## 4. まとめ

本報告では、車両給電方式のレール状態診断装置で得られたデータを用いて、営業路線の状態監視を実施した例について報告を行った。プローブ車両の大きな特徴である、低コストでの高頻度測定を実現し、軌道の安全管理に活用可能な診断システムが構築されたと考える。

今後は、複数の路線で営業車による測定を実施し、評価方法の妥当性を検証するとともに、集積されたビッグデータの活用方法について提案する予定である。

## 参考文献

- 1) H. Tsunashima, A. Matsumoto, H. Nakamura and H. Yamashita, Fundamental Studies on Development of Probe-Vehicle System for Advanced Railway Inspection, The 13th Transportation and Logistics Conference, pp. 241-242, 2004
- 2) 森裕貴, 佐藤安弘, 大野寛之, 竹内俊裕, 小林尊仁, 網島均, 齊藤嘉久, 小型レール状態診断装置の開発, 第19回鉄道技術連合シンポジウム講演論文集, No.12-79, pp. 197-200, 2012
- 3) 荻野誠之, 網島均, 柳澤一機, 森裕貴, 浅野晃, 若井翔平, 小型レール診断装置を用いた軌道状態診断システムの開発, 電気学会論文誌D (産業応用部門誌), Vol.135, No.4, pp.395-402, 2015
- 4) H. Mori, Y. Sato, H. Ohno, H. Tsunashima, Y. Saito, Development of compact size onboard device for condition monitoring of railway tracks, Journal of Mechanical Systems for Transportation and Logistics (JSME), Vol.6, No.2, pp. 142-149, 2013