

⑩ 可搬型レール状態診断装置による状態監視の活用例

交通システム研究領域
日本大学生産工学部

※森 裕貴
綱島 均

大野 寛之
京三製作所

佐藤 安弘
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用車両により、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非常に制限される。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難しく、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、より確実な予防保全の実現が期待できる。高頻度で軌道状態を監視する方法として、車両に安価な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⁽¹⁾と呼び、このプローブ車両を実現するため、我々は車両と非接続で軌道の状態診断の行える、可搬型のレール状態診断装置を開発⁽²⁾し、鉄道事業者協力のもと実用に供するための走行実験を行なっている。

本報告では、信頼性の高いレール状態診断装置を用いて高頻度の測定を実現し、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の調査

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ーフェイス、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、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

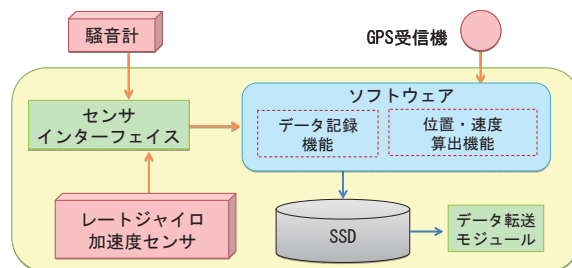


図1 レール状態診断装置の構成

が可能なデータ転送モジュールが組み込まれている。

位置推定・マップ表示ソフトによる列車位置の特定機能で、GPS情報による位置情報に基づき、路線上の列車位置をマップマッチング⁽³⁾により精度良く求め、軌道に異常があったと判定した地点を特定する。

2. 2. 軌道異常の発見

プローブ車両は、GPS情報及び、加速度の二乗平均平方根値(Root Mean Square, 以下RMS値と略記)を求めることで、路線の中で加速度振動が強くでている区間を特定することができる。従来、車体加速度の振幅値を軌道整備基準として用いることが提案されているが、RMS値を利用することで、長大な軌道全線の測定データから、よりスムーズに異常箇所を特定することが可能である。また、車体加速度については、台車構造の違いにより同一軌道上を走行した場合でも、測定データに差がでることを確認している。プローブ車両では、実軌道の状態を調査した上で、測定車両ごとに適切なRMS値を設定し、軌道整備の基準としている。

図2に車体加速度のRMS値により発見された浮き枕木の発生区間の様子を示す。このような浮き枕木を放置すると、車両が通過する際レールの沈下によりたわみが



図2 浮き枕木発生区間

発生し、輪重変動が大きくなるなど、安全上大きな問題が発生する。そのため、特に大きな RMS 値が検出された区間については、浮き枕木等により異常が発生している可能性が高いと判断し、事業者の協力の下、異常と思われる箇所の保守を適宜行い、その後で改めてプローブデータを収集し、RMS 値が低減することを確認、軌道保守の効果を検証している。

3. 離散ウェーブレット変換による評価

RMS 値を中心とした軌道診断を長期に渡って実施した結果、緊急性の高い軌道異常を効率よく整備することが可能になるなど、一定の成果を事業者へフィードバックすることができた。しかし、RMS 値による評価では、周波数情報が欠落するため、原因別の詳細な診断が難しいといった課題や、トンネル等の GPS 受信が困難である区間を持つ路線における、軌道異常箇所の特定が困難といった課題が残されていた。

そこで、測定された車体加速度に対して、離散ウェーブレット変換を適用し、より詳細な解析を可能とした。図3に車体加速度RMS値、車体上下加速度の原波形と離散ウェーブレット変換によって、各周波数成分に分解 ($d_1 \sim d_6, a$) した結果を示す。RMS値が最も大きく出ている3200m～3250mの地点については、 d_6 成分 (1.28 - 0.64Hz) 周辺の振幅が大きく出しており、これまでの調査からこの周波数帯には、高低狂いの影響が強く出ていると考えられる。また、RMS値でピークが確認できる3100m地点では、分岐器を通過しているため、 d_6 成分より高周波の成分に影響が出たと考えられる。一方、 $d_1 \sim d_4$ 成分 (2.56 - 41.0Hz) では、一定の間隔で特徴的なインパルス状のピークが表れていることがわかる。この間隔とレール長さがほぼ等しいことから、実軌道のレール継ぎ目を検出できる可能性が示され、離散ウェーブレット変換により、これまで以上に詳細な軌道状態診断の可能性が示された。

4. まとめ

プローブ車両による軌道診断について、レール状態診断装置で得られたデータを用いて、実軌道の評価を行った。これまでの RMS 値による評価に加えて、離散ウェーブレット変換による評価を実施することで、軌道異常の原因別に詳細診断が実施可能となり、レール継ぎ目等の目標物を車体振動から検出することで、軌道異常の発生箇所をより正確に特定することが可能になると考えられるので、引き続き検証を進めたい。

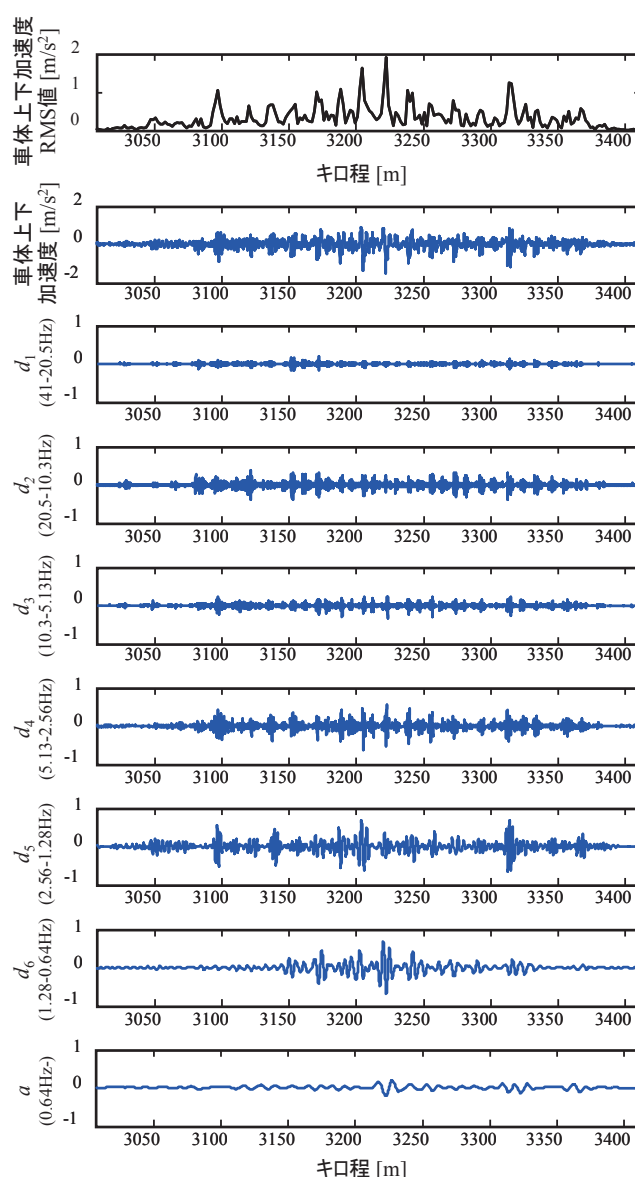


図3 車体上下加速度結果

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) 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
- 3) 小島崇, 綱島均, 松本陽, 水間毅, 車上測定データによる軌道の異常検出 (第2報, プローブシステムの開発と検証), 日本機械学会論文集 (C編), Vol. 754, No. 75, pp.1798-1805, 2009