

車両振動応答による移動体センシングの位置同定と軌道変状の検出

東京大学	学生会員	○松本	好弘
東京大学	フェロー	藤野	陽三
山口大学	正会員	水野	裕介
東京大学	正会員	長山	智則
東日本旅客鉄道株式会社	正会員	片岡	慶太

1. 研究目的と背景

鉄道軌道は、列車荷重の影響により絶えず変化しており、定常的な維持管理が求められる。検測車にセンサを搭載した計測システムを用い、基準値を満たすよう管理することがその1つである。時間スケールで密に検測されている新幹線軌道と比べ、在来線軌道では年に4回程度と頻度が低い。また、中小の鉄道事業者では高価である検測車を所有しておらず、導入も困難である。事故を未然に防ぐには、現状よりさらに高頻度にモニタリングすることが有効である。本研究では、現状の検測車とは別に、営業車両に搭載可能である安価で簡便な計測システムを確立することを目指した。車両振動に着目し、軌道変状を検出するというアイデアのもと、鉄道事業車の本来の目標である実営業車両の動揺の管理を狙った。

2. 計測システムおよび計測実験概要

市販の加速度センサおよびGPSを組み合わせて図1のような計測システムを構築し、営業車両に搭載した。振動計測実験は湘南新宿ラインにおいて1ヶ月に1回の頻度で行った。

3. 加速度応答位置の同定手法

まず、GPSの測位位置について検討を行った。測位結果は最大20m程度の誤差を含んでいることがわかったため、測位点を真値に近いと考えられるGoogle Earthによる軌道上の最短地点にマッピングした(図2)。マッピングされた位置に基づき、時刻歴の加速度応答を距離軸に変換した。これにも10m程度の誤差があることが明らかになったため、次に、レール継ぎ目を通過したときの高周波応答に着目した補正を行った。高周波応答は、前輪による応答位置を抽出し易くする必要があり、無次元化し抽出した。応答の位置補正は、応答間距離を継ぎ目位置間距離へと線形伸縮させることで行った(図3)。継ぎ目位置は、駅舎近くおよび信号機位置とまばらにしか存在しないが、より密に存在する溶接継ぎ目位置を用いた補正により、位置精度をさらに向上させた。最後に、波形の相関を用いた位置補正手法を構築した。本研究で軌道の診断に用いる応答は5Hz以下の低周波応答である。溶接継ぎ目まで用いて補正を行った低周波応答波形1つをリファレンス波形とした。リファレンス波形は、補正済みの波形であるとともに、補正に用いたレール継ぎ目位置を記録している。他の波形は、記録されたレール継ぎ目位置にどの応答がくるかを選定することにより、リファレンス波形との相関が高くなるよう補正した(図4)。

4. 応答の再現性および軌道修繕による影響

同一日、同一列車において計測した応答を図4に示した。ここに相関係数をとれば0.97を超え、再現性が高いことが示された。図5に軌道修繕区間の加速度応答のRMS値(評価距離10m)を示した。当区間では5,6月の計測の間に修繕作業があり、この前後で応答のピーク値が低減されていることが確認できた。

5. 速度の違いによる影響

同一区間を運行ダイヤAで3回、Bで6回計測した。ダイヤAとBでは速度が大きく異なる区間が存在した。600m分の平均速度と応答のRMS値を図6に示した。速度が大きく異なれば、応答にも影響があることを確認した。しかし、同一ダイヤ内でみれば走行速度のばらつきは小さく、応答のばらつきも小さいことを確認した。

6. まとめ

計測システムから出力される計測量にGoogle Earthおよび軌道のレール継ぎ目位置情報を加味することにより、加速度応答位置を精度よく同定した。加速度応答の再現性を確認した後、軌道修繕前後における応答の違いを確認した。応答は速度の影響を受けることを確認したが、ダイヤが同じであれば速度のばらつきは少ない。

キーワード 鉄道軌道, モニタリング, 加速度, GPS, 継ぎ目

連絡先 〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1 TEL 03-5841-6099

く、応答のばらつきも少ないことから、今後、良好なデータの蓄積が可能であることを示した。

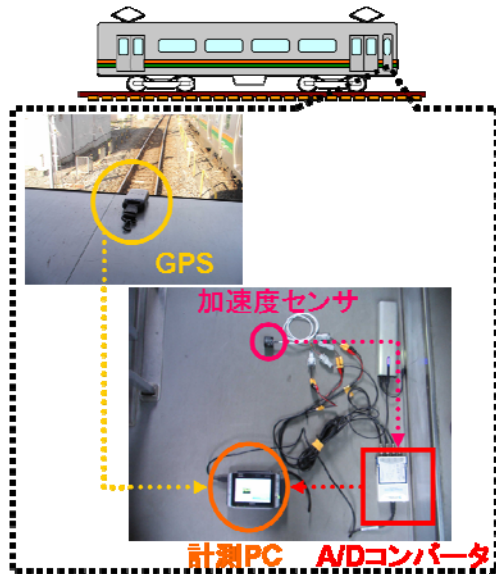


図1 計測システム

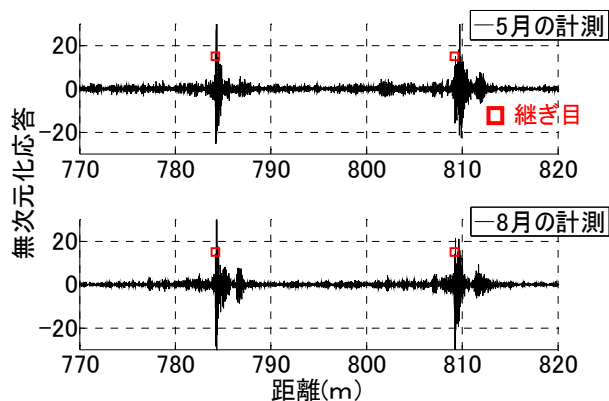


図3 抽出した継ぎ目位置を用いた補正

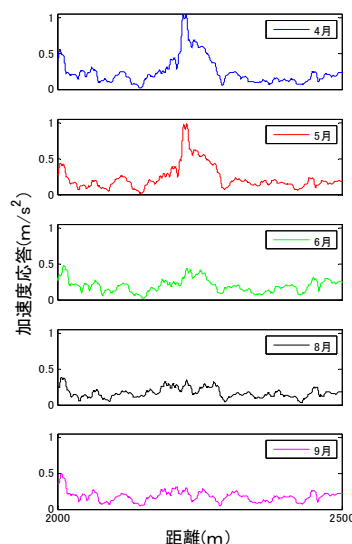


図5 修繕区間における加速度 RMS 値の比較

謝辞・参考文献

本研究は、東日本旅客鉄道株式会社の全面的な協力のもと、片岡慶太様、吉田達也様から多大な協力をいただき、行いました。ここに深く感謝の意を表します。

石井博典：移動体としての車両を利用した鉄道施設の常時モニタリングシステム，博士論文 東京大学 社会基盤学専攻 pp13-66,2006

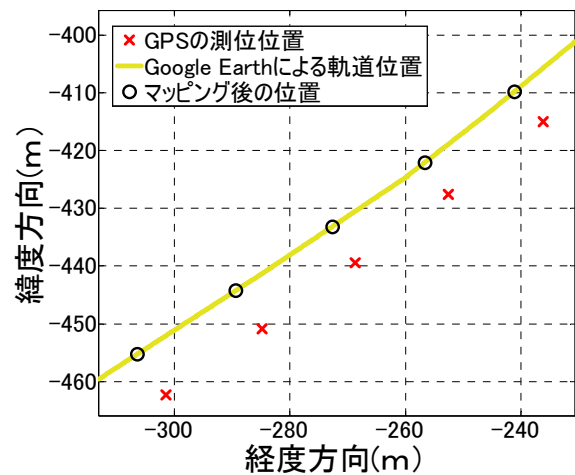


図2 GPS の測位位置およびマッピング結果

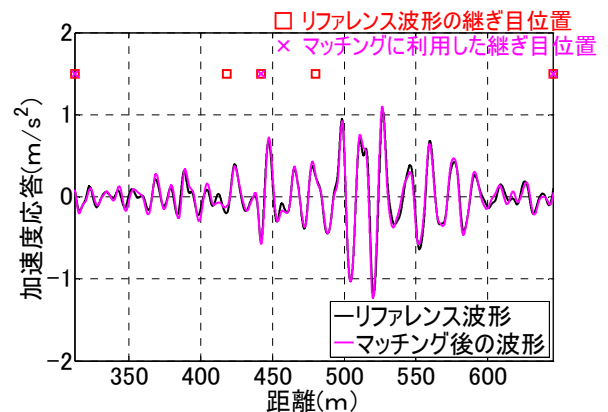


図4 波形の相関を利用した補正

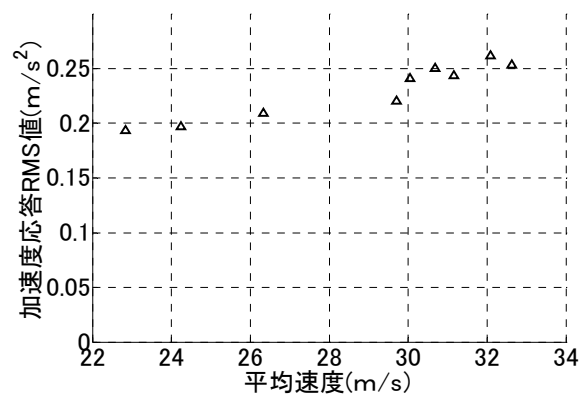


図6 速度の違いによる応答 RMS 値の違い