

LRT 車体上に設置した加速度計による簡易軌道モニタリングの試み

日本大学理工学部 学生会員 ○高木 俊也, 上堀 拓真
日本大学理工学部 正会員 中山 晴幸

1. はじめに.

本研究は, 簡便なモニタリング機器を通常運行の LRT 車両に設置し, 保線情報を得ることができるシステムの基礎的研究である. 対象とした LRT は, 富山県高岡市と射水市を結ぶ路面電車「万葉線」である.

万葉線は, 2001 年に加越能鉄道から全国初の路面電車の第三セクター「万葉線株式会社」として発足した. 高岡駅前～六渡寺までが路面電車の高岡軌道線, 六渡寺～越ノ潟を専用軌道と一部併用軌道の新湊港線として運用しているが, 事実上一路線である.

2. 簡易軌道モニタリングシステム概要

開発した簡易軌道モニタリングシステムは, 3 軸加速度計, GPS センサ, ビデオカメラ, 計測機器本体 (高さ 20, 幅 30, 奥行 10mm) で構成されている. 計測機器類は, 新型 LRT 車両 (MLRV1000 形) 1 編成に設置した. 計測機器本体は, 運転席左側の側面ウインドウ近くに設置し, GPS センサは本体近くのガラス面から 100mm ほど離して設置した. 3 軸加速度計は, LRT 車内 (バネ上) に設置し, 車両の越の潟側運転席計器板前方に装着した. 装着位置は計器板とフロントウインドウとの間にある空間の車両中心軸上である.

計測機器本体は, 小型 CPU およびパケット移動通信システム, SD メモリカードスロット, 電源などで構成されている. 加速度計などから得られたデータは, サンプリングタイム 0.1s, GPS データは 1s ごとに SD メモリカードに記録される. さらに, 1s ごとに 3 軸の最大加速度, GPS による緯度, 経度情報, 車両速度, 進行方向のデータがパケット移動通信によってサーバに送信され, 図-1 に示すように, ほぼリアルタイムで web 上にその情報が表示されてデータベースに記録される. 計測期間は, 2008 年 8 月から 2009 年 12 月まで営業運行中の LRT で実施した. 計測機器の電源は LRT から供給しているため, 車両が車庫でパンタグラフを上げて電力供給した時点から, 車庫に到着してパンタグラフを下げるまで自動的に計測できるようにした.



図-1 軌道モニタリングシステムの一部

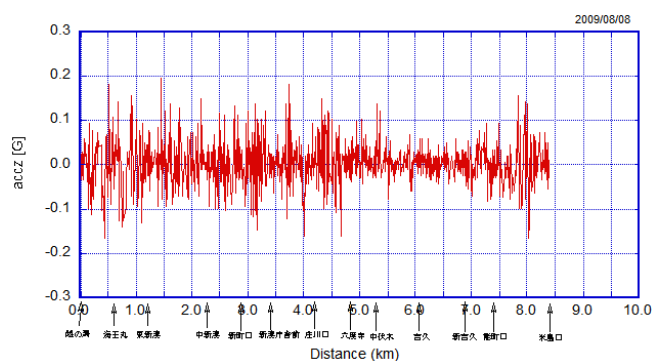
3. 計測結果

3. 1 上下方向加速度と高低プロフィールデータ

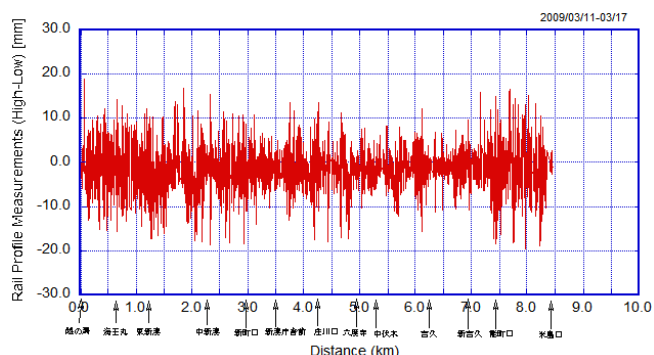
図-2 には, 2009 年 8 月 7 日の営業走行により計測した車両上 (バネ上) の上下方向加速度データの一部を表示した. 横軸は越の潟を起点とした距離(km)で, 米島口までの結果である. 速度補正は行っていない.

レールに高低変位がある部分では, 加速度が大きく計測されている. とくに, 軟弱地盤である越ノ潟～六渡寺, 盛土区間である能町口～米島口では, $\pm 0.1G$ 以上の加速度が検出されており, レールの上下方向に変位 (高低変位) があると, 加速度が高まることがわかる. これは, 古川ら¹⁾の報告と一致している.

図-3 は, 10m を基準としたトラックマスターによる軌道高低データ (10m 弦正矢法) を全線に渡って実施した結果を示した. 実施期間は 2009 年 3 月 11～17 日である. このデータからレールの高低性状が大きい箇所と見受けられるのは, 加速度データと同様に越ノ潟～六渡寺, 能町口～米島口である. これらの区間は, 図-2 で示した上下方向加速度が大きくなる部分と同位置で, 軟弱地盤など保線作業上常に注目している区間である.



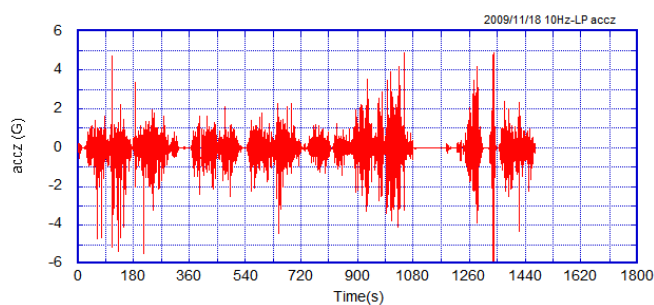
図－2 上下方向加速度（越ノ潟～米島口）



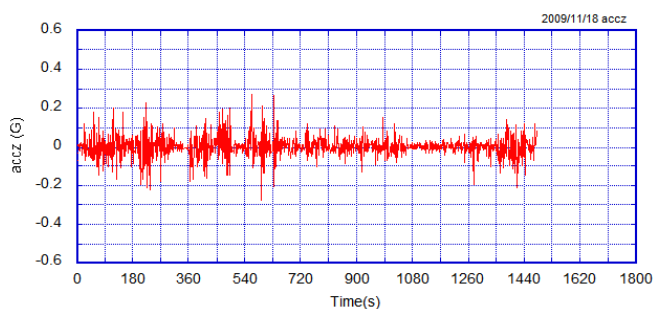
図－3 トラックマスターによる高低性状
（越ノ潟～米島口）

3. 2 バネ上と車軸加速度データの比較

石井ら²⁾は、バネ上と車軸加速度について相関を持っていることを報告していることから、LRT 車両でも同様な結果が得られるかを検証した。バネ下に当たる加速度計の設置場所は、車軸と直結した台車構造部分上である。



図－4 車軸上の上下方向加速度
（越ノ潟～米島口）



図－5 バネ上の上下方向加速度
（越ノ潟～米島口）

図－4は、越ノ潟から米島口までのサンプリングタイム 0.01s で計測した車軸上の加速度による計測結果である。図－5は、図－4と同時に計測したバネ上加速度を示している。車軸加速度は、レール継ぎ目やポイントの影響を避けるため 10Hz のローパスフィルタ処理を行った。これら加速度を検討した結果、1,000s 前後付近の大きな加速度は併用軌道に当たる部分で、車輪のフランジが併用軌道用レールの溝にある砂などの影響で連続した大きな値が出ている可能性があるが、バネ上での加速度計測結果から、軌道情報を推定することは可能であると考えられる。さらに、モニタリング期間中にいくつかの保線工事が実施されたが、保線工事前後の加速度応答を比較すると工事の結果が明確に表れてくることも確認できた。

4. まとめ

今回、得られた上下方向や横方向加速度は、トラックマスターで得られた軌道変位情報と比較しても、その問題箇所を見出すには十分な情報を持つことを確認できた。バネ上と車軸上の加速度の比較も、サンプリングタイムが異なるが、車内（バネ上）加速度で十分に軌道状態を反映することを確認した。

営業車両を利用することで日常的に軌道情報を得ることが可能となったため、時系列で軌道情報の変化を整理することにより、的確な保線計画を立案するための資料として活用できることがわかった。一連の計測結果から、いくつかの課題を見出した。今後はこれら問題を克服するとともに、継続的にモニタリングを実施してシステム開発とその実用化を進めたいと考えている。

最後に、今回の研究に際して多大なるご協力をいただいている、万葉線株式会社代表取締役社長、竹平榮太郎氏、代表取締役専務、椎木辰雄氏、技術課長、佐竹弘昭氏、万葉線技術課の皆様、ならびに多くの助言をいただいた、株式会社ライトレール取締役社長、阿部等氏にこの場を借りて深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 古川敦, 他: 統計モデルによる車両上下振動の予測と軌道管理への適用, 鉄道総研報告書, Vol.17, No.2, 2003.2
- 2) 石井博典, 他: 営業車両の走行時の車両振動を用いた軌道モニタリングシステム (TIMS) の開発, 土木学会論文集 F, Vol.64, No.1, p44-61, 2003.2