

汎用センサにより得られる列車振動を利用した 鉄道軌道の予兆診断

AE19088 立野 裕一

指導教員 藤田吾郎

1. はじめに^[1]

過疎化による人口減少などで収入減少が深刻化している地方鉄道会社では、自社所有路線のメンテナンスに十分な費用を確保できていない。例として秋田県を走る第3セクター鉄道の由利高原鉄道では、23 kmからなる所有路線をわずか3人の保線員が3ヶ月かけて歩いて点検している現状となってしまっている。JR東日本や大手私鉄会社では軌道と架線の両方を走行中に検査可能な専用車両を用いてわずか数日で全線を検査しており、その状況と比較すると地方鉄道会社の現状は高い安全性の維持が十分ではないと言わざるを得ない。

本研究では、地方鉄道会社での安全性向上を目的として低コストかつ簡便に軌道の異常検知が可能となるシステムの開発を最終的な目標として研究を進めている。

2. 実験概要^[2]

2.1 計測機器

システム開発の前段階として、車両の加減速や振動を測定するため、汎用品の三軸加速度センサ（Kionix製 KXR94-2050）をメインとした基板と、得られる加速度データを記録するデータロガー（日置電機株式会社メモリハイロガー8430）からなる測定モジュールを用いた。以下に加速度センサ基板を図1、データロガーを図2として示す。

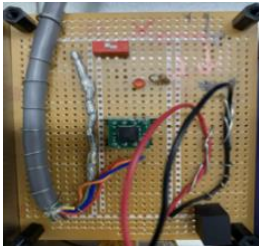


図1 三軸加速度センサ基板



図2 データロガー

2.2 計測方法

計測方法を以下のように示す。測定環境は図3に示すようなボックス席の窓側床上に測定機器を図4のように設置した。



図3 座席

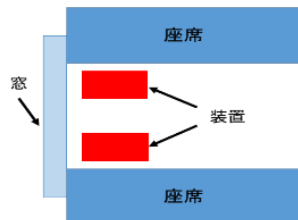


図4 機器の配置場所

3. 実験結果とその解析

2章で得られる加速度データを用いて本研究を進めていく。今回は上野東京ライン～宇都宮線（東京駅～浦和駅）を代表として掲載する。また、方向軸は車両の進行

方法に対してx軸が進行方向、y軸が左右方向、z軸を垂直方向として設定している。

3.1 MATLABによる走行時の周波数解析

MATLABを用いて時間による周波数成分の検出が可能なwavelet解析を用い、走行時の周波数成分解析を行った。x方向に関しては進行方向の加減速成分を含んでおり、列車の振動成分のみを抽出できないため、y成分、z成分およびyとzの複合成分 $\sqrt{y^2 + z^2}$ の3種で解析していく。

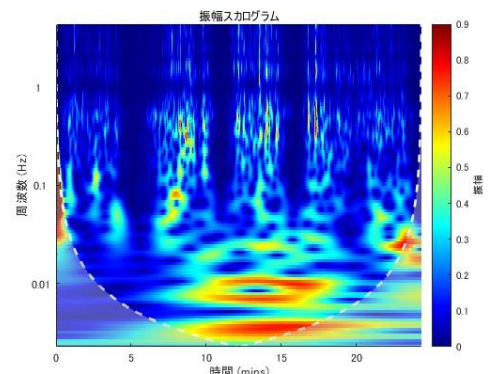


図5 時間の経過に応じた周波数成分 (y成分)

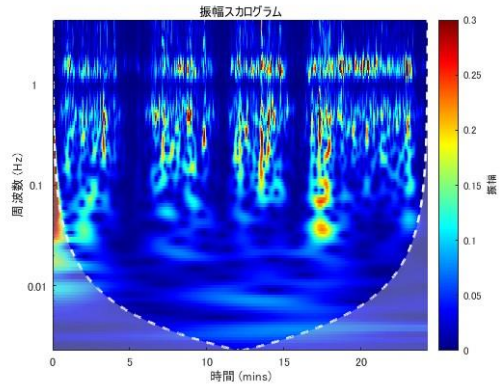


図6 時間の経過に応じた周波数成分 (z成分)

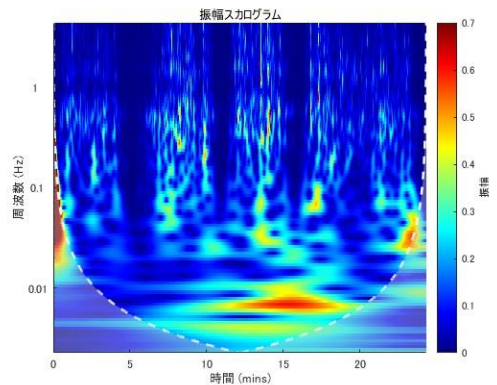


図7 時間の経過に応じた周波数成分 ($\sqrt{y^2 + z^2}$)

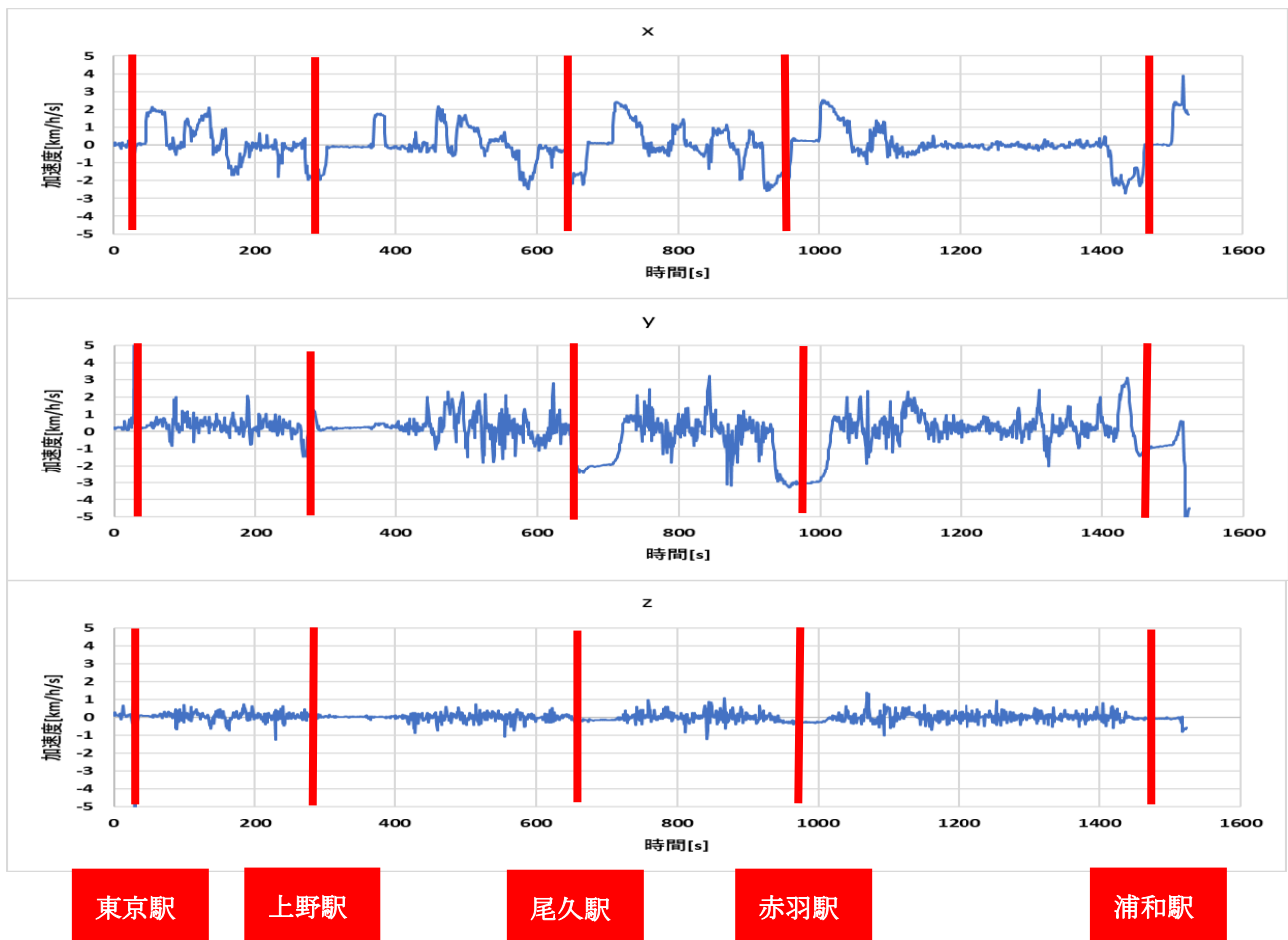


図8 各軸方向の加速度グラフ

3.2 Excelによる走行状態の解析^[3]

測定したデータから加減速や振動，線路環境等の変化を視覚的に得るために加工を行った。加工は，1秒平均によるノイズの除去，停止時の加速度のゼロ点補正，電圧値の加速度値への単位変換を実行した。作成されたグラフを図8に示す。また，グラフの縦軸は加速度，横軸は時間である。

4. 考察

図5から図7の各図において，0, 5, 11, 15, 24分付近に縦方向に周波数成分が一切得られないのは列車が停車しているためである。

図7では11～18分ごろ0.006 Hzの成分が検出されている。これは，尾久～浦和駅間であるが両駅ともにホームの構造上傾斜状態で停車していたため検出されてしまったと考えている。この傾きは，図8のy(左右方向)のみ停車区間で加速度が中心に戻っていないことからわかる。

一方，走行時の振動成分は図6において1～2 Hz，図7において0.3～0.8 Hzの周波数成分が走行時発生しており，特に走行時振動の大きかった尾久～浦和駅間(11～18分)において主に検出されているため走行時特有の振動周波数と考察される。

5. まとめと今後の展望

本稿では三軸加速度センサで計測したデータの解析をおこない，走行時の周波数や加速度など軌道環境からの異常検知システムの開発へ活用するに十分足るデータを得られることを明らかにした。今後の展望としては，「phyphox」などのスマートフォンでの加速度測定が可能なアプリにおいても本実験と同程度の精度で測定できることが判明したため，より汎用性の高いデータの収集・解析が行える。また，本研究で作成したExcelシートを公開することにより簡単に計測・推測できる環境を構築したい。また，一般公開したExcelシートの結果も利用してデータ数を増やし，レールの破損や歪みから生じる異常振動の発生時特有の周波数を機械学習等を用いて解析し，将来的には安価かつ簡単な線路状態の予兆診断のシステムを実現したい。

参考文献

- [1] DBJ 日本政策投資銀行「地方民鉄の現状－輸送密度の相関分析－」最終閲覧日2022年12月20日
https://www.dbj.jp/reportshift/report/research/pdf/52_s.pdf
- [2] 佐藤 尚輝「列車走行中に生じる三軸加速度データを応用した簡易軌道検出手法」芝浦工業大学大学院 理工学研究科(修士課程) 電気電子情報工学専攻 2020年度修士論文
- [3] 神谷浩武, 貝塚勉, 飯島仁, 沓掛久志, 中野公彦「車上で計測した鉄道車両加速度からの滑走検知」鉄道技術連合シンポジウム講演論文集24巻pp.S2-13-4 2017年発行