

鉄道の急曲線部における波状摩耗推定に関する研究

日大生産工(院) ○中澤 慶介 日大生産工 綱島 均

1 まえがき

車輪がレールで案内されて走行する鉄道にとって、軌道の状況を把握し、事故に至る前に補修を行う予防保全が不可欠である。そのためには高頻度で軌道の状態を監視することが望ましい。現在では、保守員の巡回や軌道検測車などの走行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計測頻度は非常に制限される。このような問題に対して、急曲線部のレールに発生する波状摩耗の状態を、走行中の列車の車内騒音から推定する事が可能になれば、軌道の予防保全の実現が期待できる。

先行研究^①では、車内騒音を測定するに当たり、騒音計を用い波状摩耗の推定を行っているが、非常に高価である。本稿では、安価かつ簡易な軌道状態監視装置の実現を目指し、市販のICレコーダを用いて計測した車内騒音から、波状摩耗の状態を推定した結果について報告する。

2 実験および測定方法

本研究では急曲線通過中の車内騒音を測定するために営業車両で使用されている一般の車両の車内騒音を測定した。測定位置は進行方向先頭車両の客室第一ドア前に置いて測定を行った。使用した機器は一般的なICレコーダ、OLYMPUSのDS-800を使用した。ICレコーダの特性を表1に示す。

表1 ICレコーダの特性

項目	値	単位
周波数範囲	20- 20000	Hz
サンプリング 周波数	4.41	kHz
使用温度	0-42	℃

3 波状摩耗の推定方法

市販のICレコーダで測定した車内騒音から窓幅分の信号を取得してフーリエ変換を施し、波状摩耗のスペクトルピークを検出、高さを求めることにより波状摩耗を推定する^{②③④}。窓関数は両端が0に収束する一般的なハニング窓を使用した。

車内騒音の一データぶんを図1に、スペクトルピークの検出例を図2に示す。波状摩耗の周波数帯からスペクトルが最も高い点を検索し、それを波状摩耗のスペクトルピークと判断し、その値をピーク高とする。

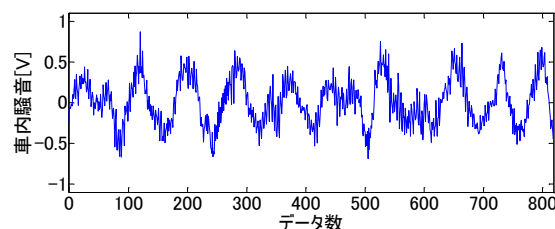


図1 車内騒音

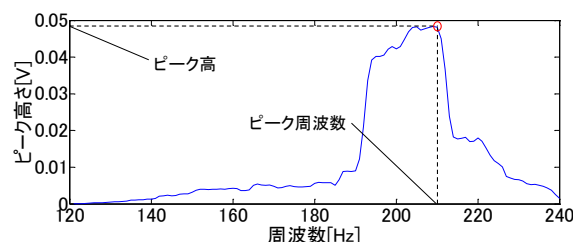


図2 FFTにより得たスペクトルの例

波状摩耗の周波数は大きくばらつく可能性があることから、その周波数の平均的なスペクトルを評価するのが妥当であると考えられる。そこで移動平均によるスムージングを行っている。ここでは移動平均点数は8点とした。

フーリエ変換の窓幅は、波状摩耗特有のスペクトルピークが観測できるよう820点とし、データのサンプリングはICレコーダのサンプリング周波数44100Hzを間引き1s(832点/832Hz)とした。これにより騒音の大きさにあ

Estimation of rail corrugation at tight curves

Keisuke NAKAZAWA and Hitoshi TSUNASHIMA

まり変化が生じない小さな波状摩耗であっても、周波数解析を行うことによって波状摩耗の発生を確認できる。

しかし、周波数解析は時間情報を失うため、どの位置にどの程度の波状摩耗が発生しているかを特定する必要があるため、時間・周波数解析を行う必要があるため短時間フーリエ変換を用いる^③。短時間フーリエ変換の窓を移動して取得するデータ間隔は64データとした。短時間フーリエ変換を用いた波状摩耗の推定のフローを図3に示す。

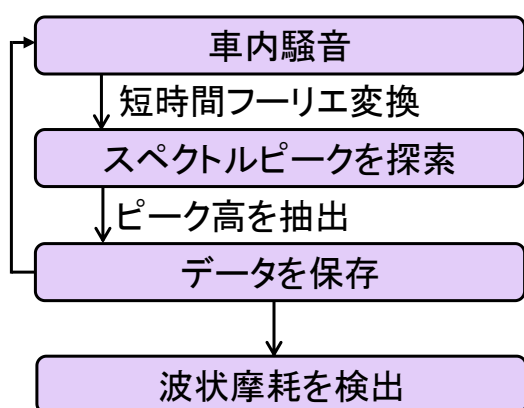


図3 波状摩耗検出のフロー

4 推定結果

実際の急曲線を走行中の車内騒音を図4に示す。この状態では車内騒音から波状摩耗を検出することは出来ないのでスペクトルピークを抽出したものを図5に示す。また、そのときのスペクトルピークを抽出した周波数の値及びその値を移動平均したものを図6に示す。使用したデータは全60秒を短時間フーリエ変換した結果であり、最初の1・21秒及び45・60秒区間は直線、21・45秒の網掛けの間は波状摩耗が発生している急曲線部を営業車両が通過した際のデータである。このように車両が急曲線部を通過する際スペクトルピークの高さが大きくなり、またピークを抜き出している周波数が近い値を示しているので波状摩耗を推定できている。

5 結言

本研究では測定が容易な車内騒音を市販のICレコーダを用いて鉄道の急曲線部における波状摩耗の推定を試みた。騒音から波状摩耗検出をするためにICレコーダにより測定した車内騒音を短時間フーリエ変換し、波状摩耗の

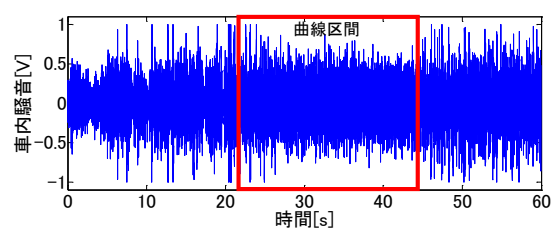


図4 車内騒音

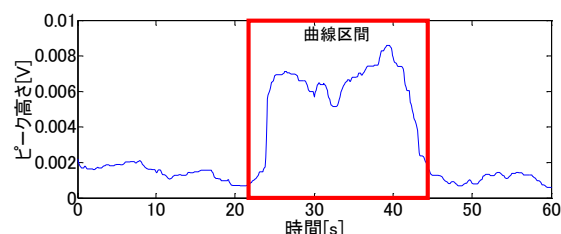


図5 抽出したスペクトルピーク

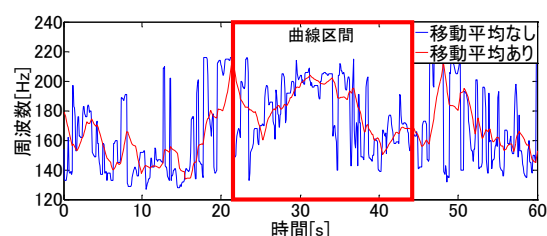


図6 車内騒音の周波数

スペクトルピークを検出し、そのピーク高さの時間変化を確認することによりICレコーダでも波状摩耗を推定することが出来た。これにより、実務への応用も十分に考えられる。

今後の課題として、スペクトルピークの検出を1日に複数回計測を行い、統計処理から1日毎に代表的な値を算出することで計測データのばらつきを小さくし、データの信頼性を向上させることによる波状摩耗の成長についても検討を行う。

「参考文献」

- 1) 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)(2009) vol. 754、No. 75、pp. 1798-1805
- 2) 特許第4521524号軌道状態解析方法及び軌道状態監視装置並びに軌道状態解析プログラム(2010)
- 3) 公開特許公法(A)、特許2007-145270
- 4) 小島崇、綱島均、松本陽、緒方正剛、車上測定データによる軌道の異常検出、第13回鉄道技術連合シンポジウム公演論文集(2006)