

IC レコーダを用いた鉄道の急曲線部における波状摩耗推定に関する研究

日本大学大学院 (現 大成建設) 正会員 ○中澤 慶介
 日本大学 非会員 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. 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⁽²⁾。

車内騒音のデータを図 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。

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は IC レコ

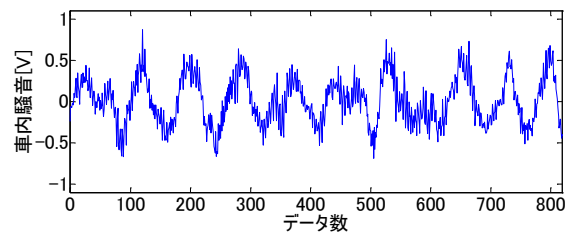


図1 車内騒音

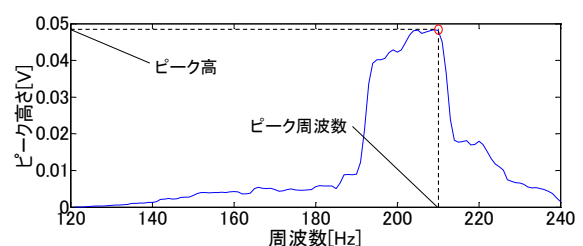


図2 FFTにより得たスペクトルの例

ーダ(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。本検討では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。

3. 推定結果

実際の急曲線を走行中の車内騒音を図 3 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できないのでスペクトルピークを図 4 に示す。また、そのときのスペクトルピークの周波数の値及びその値を移動平均したものを図 5 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

鉄道、波状摩耗、状態監視

連絡先

〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 新宿センタービル 大成建設株式会社 TEL 03-3348-1111

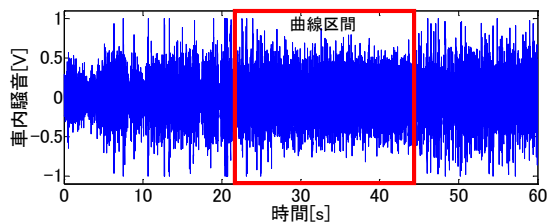


図3 車内騒音

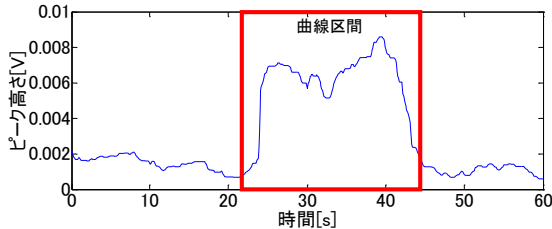


図4 スペクトルピーク

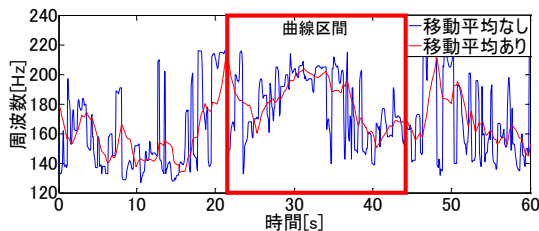


図5 スペクトルピークの周波数

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波状摩耗の周波数帯域にあることから、波状摩耗の状態を反映しているものと考えられる。

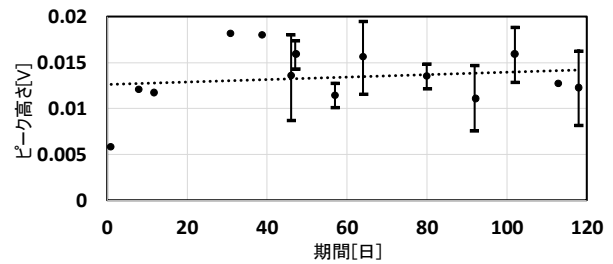
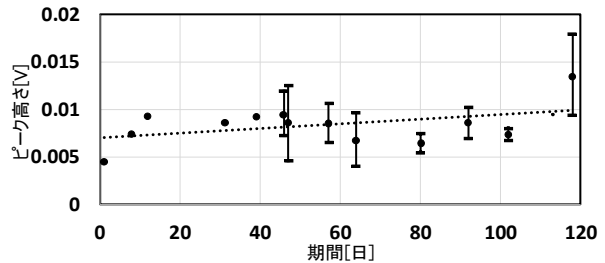
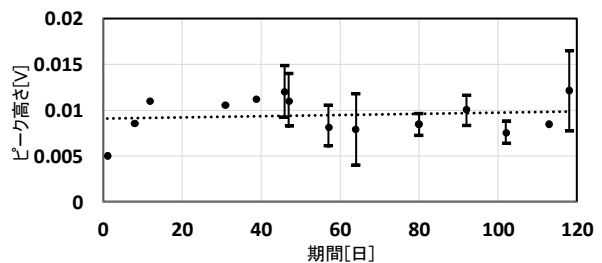
4. 長期間での波状摩耗の成長

急曲線部での波状摩耗は発生後成長するので、長期的な監視をしなければならない。今回は営業車両で、曲線 A ($R=170m$)、曲線 B ($R=312m$)、曲線 C ($R=220m$) の 3 つの曲線区間を 120 日間監視した。なお計測頻度はおよそ 7 日に 1 回で、走行回数/日は 1~5 回である。曲線 A,B,C のスペクトルピークの平均、複数回測定した日は日ごとの標準偏差、全体の近似線をそれぞれ図 6、図 7、図 8 に示す。

1 日に複数回測定した日はその日の測定結果の標準偏差を付加してある。標準偏差のみを見るとばらつきが多く見えるが近似直線を見るとすべての曲線において日が経過するごとにピーク高さが大きくなっており、波状摩耗の成長が確認できる。

5. 結言

本研究では市販の IC レコーダを用いて測定が容易な車内騒音を測定し、鉄道の急曲線部における波状摩耗の推定を試みた。その結果、騒音から波状摩耗検出をするために IC レコーダ及び、騒音計により測

図6 曲線 A ($R=170m$)図7 曲線 B ($R=312m$)図8 曲線 C ($R=220m$)

定した車内騒音を短時間フーリエ変換し、波状摩耗の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の成長を推定することができた。

今後の課題として、スペクトルピークの検出回数を増やし、統計処理を行って 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、波状摩耗の成長を監視し実務への応用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) 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)