

## 可搬型レール波状摩耗モニタリング装置の開発

鉄道総合技術研究所 正会員 ○猿木 雄三  
 鉄道総合技術研究所 正会員 田中 博文  
 鉄道総合技術研究所 正会員 清水 惇  
 九州旅客鉄道株式会社 正会員 福山 幹康

### 1. はじめに

在来線におけるレール削正車の運用は、シェリング対策のための累積通トンの他、波状摩耗等による騒音発生区間の中から、計画作成担当者の経験によって選定している。これらの区間は、軸箱上下振動加速度を活用することで検出が可能<sup>1,2)</sup>であるが、床下への加速度センサの設置や車両の運用等による制約を受けることが多い。このような波状摩耗は、列車走行安全性への直接的な影響は小さいが、波状摩耗が存在すると軌道変位進みを助長するため適切な管理が求められている。

本研究では、列車が波状摩耗発生区間を走行する際に生じる車内騒音に着目し<sup>2)</sup>、床下作業を伴わずに簡易に測定できる可搬型レール波状摩耗モニタリング装置（以下、「モニタリング装置」という。）を開発した。

### 2. モニタリング装置の概要

モニタリング装置は、車両運用等の制約を受けないよう、可搬型で、列車巡視時等に容易に測定が行えるように開発した。図1に、開発したモニタリング装置の外観を、表1に、測定項目を示す。波状摩耗の検出には、マイクロフォンによる車内騒音を用いることとした<sup>2)</sup>。また、同時に乗り心地管理もできるように、車体加速度の測定も可能とした。列車速度の取得には、通常、速度発電機パルス信号を分岐して用いるが、本装置は車両運用の制約を受けないようにしたため、GPSによる速度情報を用いている。また、この速度情報を用いて時間送りの

測定データを距離送りに変換する。具体的な方法は4章で述べる。なお、測定データは、デジタル収録したものを、オフライン処理することとした。



図1 可搬型レール波状摩耗モニタリング装置

### 3. モニタリング装置による波状摩耗の検出例

#### 3.1 周波数分析による波状摩耗成分の特定

図2に、内軌波状摩耗発生区間と非発生区間の、車内騒音のパワースペクトル密度を示す。内軌波状摩耗が発生している区間では、空間周波数6~7[1/m]（波長15cm程度）にピークが見られるが、非発生区間ではこの帯域に明確なピークが見られないことから、これが内軌波状摩耗に起因するピークであることがわかる。

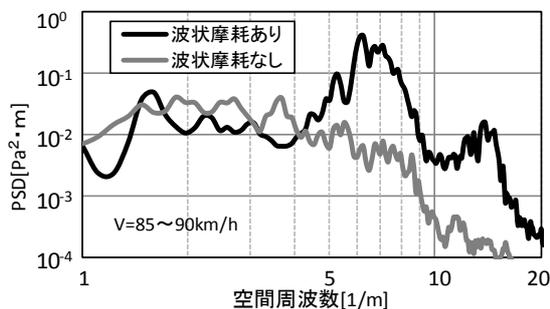


図2 パワースペクトル密度の例

#### 3.2 バンドパスフィルタ処理とレベル化処理<sup>2)</sup>

内軌波状摩耗の一般的な波長は10~20cm程度なので、これに対応する空間週周波数帯域で車内騒音をバンドパスフィルタ処理後、その波形に対してレベル化処理を行

表1 モニタリング装置の測定項目

ch	測定項目	ch	測定項目
1	車体前後加速度	5	ヨー角速度
2	車体左右加速度	6	GPS速度
3	車体上下加速度	7	マーカー
4	車内騒音	8	(予備)

キーワード：波状摩耗，可搬型，車内騒音，GPS，信号処理，モニタリング

連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 (財)鉄道総合技術研究所 軌道管理 TEL042-573-7278

い、その大きさに波状摩耗の有無を判定する。レベル化処理の利点としては、軌道検測波形のように連続波形で表示でき、かつ処理アルゴリズムによりデータ圧縮が可能となることである。

図3に、内軌波状摩耗発生区間における、レール削正前後のレベル波形を示す。レール削正を行われた半径300mの曲線では、レール削正後に約10dB小さくなっており、削正の効果が確認できる。また、半径350mの曲線では、波状摩耗の存在は認められるが、進行は見られない。

図4に、通過トン数で約200万トン通過前後のレベル波形を示す。半径250mの曲線では、波状摩耗の進行は小さいが、複心曲線である半径300mの曲線では著しく進行していることが確認できる。

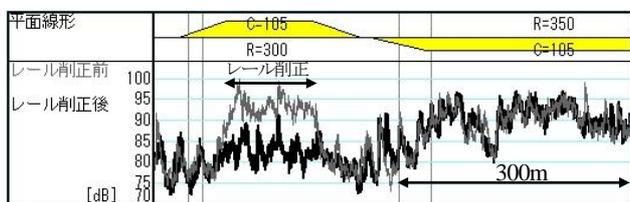


図3 レール削正前後のレベル波形の例

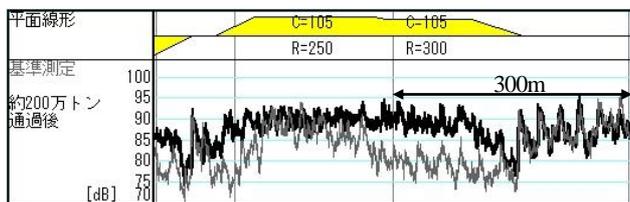


図4 レベル波形による波状摩耗の進行

#### 4. 測定データの距離化手法

##### 4.1 距離サンプリング化<sup>3)</sup>

可搬型のモニタリング装置の開発に当たっては、前述したように速度発電機パルス信号に頼らない等距離サンプリング化手法を開発する必要がある。GPS速度信号では、等距離サンプリングの信号を直接得ることができないが、この列車速度を積分すると移動距離となるので、この関係を用いて、測定データを距離化した。

##### 4.2 キロ程・データ番号対照手法<sup>3)</sup>

実際の線路キロ程は、重キロ区間や断キロ区間があり不連続である。そのため、距離サンプリング化されたデジタルデータのデータ番号と、地上のキロ程との対照を行う必要がある。本研究では、ジャイロによるヨー角速度によって曲線を検知し、既知の曲線情報と照合する手法を検討した。図5に、曲線検知によるキロ程補正の一例を示す。図中の▼印が曲線を検知した箇所であり、

この位置でキロ程補正が行われる。

なお、この場合、曲線半径や列車速度によって、ヨー角速度の出力感度が異なるので、若干の位置ずれが生じる場合がある。また、曲線がほとんど存在しない区間では、検知する曲線の間隔が広くなるため、キロ程補正の精度が低下する欠点を有している。しかし、波状摩耗が発生するような急曲線区間においては、精度良くキロ程補正ができる。さらに、車内騒音で継目による衝撃音を検知し、レール台帳を用いてキロ程補正を行うことで、さらなる地点照合の精度向上が可能である。

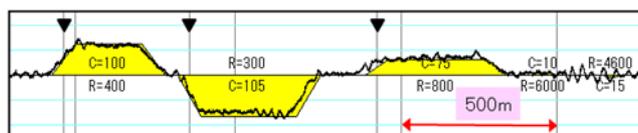


図5 曲線検知によるキロ程補正の例

#### 5. まとめ

開発した可搬型レール波状摩耗モニタリング装置の特徴は以下のとおりである。

##### (1) 波状摩耗検出

- ・内軌波状摩耗発生区間のパワースペクトル密度で、波長約15cm程度のピークが確認できた。
- ・測定データを、バンドパスフィルタ処理後、レベル化処理することで、波状摩耗発生区間の検出や進行度合いが確認できた。

##### (2) 距離化手法

- ・GPS速度信号によって、測定データを距離化することが可能である。
- ・曲線検知によって、キロ程補正が可能である。

#### 参考文献

- 1) 須永陽一, 井出寅三郎, 金尾稔: 軸箱加速度を活用した短波長軌道狂いの管理手法, 鉄道総研報告, Vol.9, No.2, pp.35-40, 1995.
- 2) 田中博文, 猿木雄三, 清水惇, 芳賀昭弘, 福山幹康: 車上測定による波状摩耗モニタリング手法, 鉄道総研報告, Vol.24, No.12, pp.35-40, 2010.
- 3) 田中博文, 猿木雄三, 芳賀昭弘, 福山幹康: 可搬式軌道状態モニタリング装置のための車上測定データ距離化手法, J-RAIL2010, pp.337-340, 2010.
- 4) 猿木雄三, 田中博文, 芳賀昭弘, 福山幹康: 車内騒音を用いた波状摩耗検出・評価システム, 日本鉄道施設協会誌, Vol.49, No.3, pp.33-36, 2011.