

軌道材料モニタリング装置及びRPA技術を活用したレール波状摩耗自動検知手法の検討

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○柿崎 慎介
 東日本旅客鉄道株式会社 加藤 貴昭
 東日本旅客鉄道株式会社 岩崎 康太

1. はじめに

レール波状摩耗は列車通過時の騒音・振動を助長するため、モチの良い線路管理のための重要な管理項目である。しかしながら現状ではレール波状摩耗の発生状況・傾向を定量的且つタイムリーに把握することは難しく、レール削正車の投入等の効果的な修繕計画の策定へは課題がある。

本稿では、高頻度で軌道画像を取得できる「軌道材料モニタリング装置」を活用し、画像解析技術と昨今話題となっているRPA技術を併用することで可能となったレール波状摩耗の自動検出手法と、同手法を活用したレール波状摩耗管理方法について報告する。

2. 軌道材料モニタリング装置

軌道材料モニタリング装置は、営業列車に搭載されたプロファイルカメラとラインセンサカメラで構成され、月に2回程度記録媒体を介して軌道の画像データを取得することが出来る装置である(図-1)。取得された画像データはシステムにアップロードされ、各保線技術センターでいつでも閲覧することが出来る。

取得した画像データのうち、プロファイルカメラにより取得される画像は軌道の直上、内軌・外軌の斜め方向の3方向から撮影され、256階調の輝度により表現されることから「濃淡画像」と呼ばれている(図-2)。

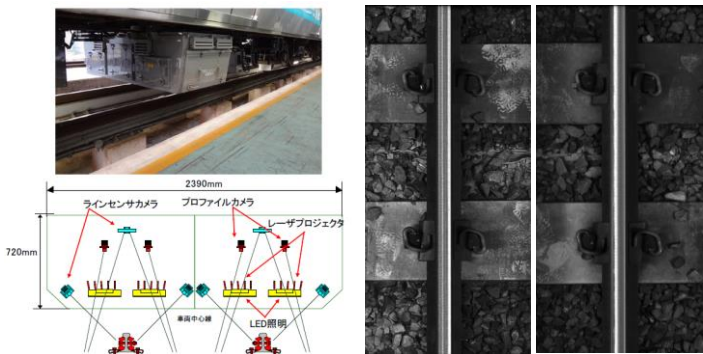


図1 軌道材料モニタリング装置

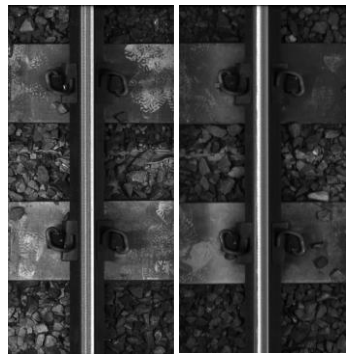


図2 濃淡画像

3. 画像解析

プロファイルカメラから取得した濃淡画像からレール波状摩耗を抽出する方法を検討した。具体的には、濃淡画像に画像解析ソフトによる処理を施すことでレール頭頂部の輝度値を算出し、輝度のバラつきが大きい箇所を波状摩耗箇所と仮定する方法とした(図-3)。

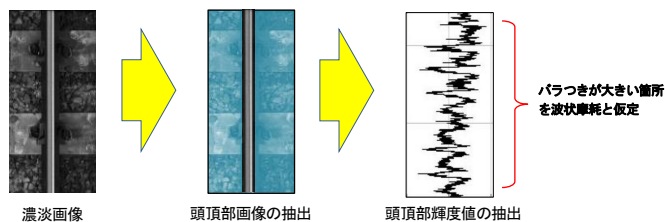


図3 レール頭部輝度値の抽出

取得したレール画像(健全箇所・波状摩耗発生箇所)および画像解析により算出した輝度値の例を図-4①・②に示す。健全なレール箇所(図-4①)では輝度のバラつきは小さく、波状摩耗発生箇所(図-4②)ではバラつきが大きくなっていることが分かる。

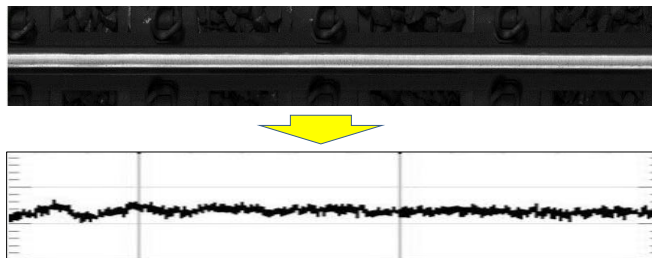


図4① 健全箇所の輝度値

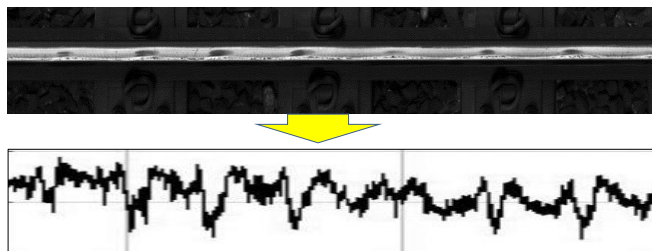


図4② レール波状摩耗疑い箇所の輝度値

このことから、軌道画像を画像解析することによって、これまで調査者が目視で把握していた「レール波状摩耗疑い箇所」を抽出することが出来るようになったと言える。

キーワード レール波状摩耗、軌道材料モニタリング装置、輝度、RPA、自動化、レール削正
 連絡先 〒114-8550 東京都北区東田端 2-20-68 8F TEL 03-5692-6136

4. レール波状摩耗疑い箇所とレール凹凸量の関係

画像解析により抽出されたレール波状摩耗疑い箇所について、実際の現場で発生しているレール凹凸量の測定を実施し、関係性を検証した。レール凹凸量の測定には鉄道総合技術研究所で開発された「レール凹凸連続測定装置」を用いた。表-1 に測定を実施した箇所の概要を示す。

表 1 調査箇所の概要

	調査延長	年間通トン	介在曲線半径	介在カント
線区 A	1,200m	35.8 百万	300m	85mm
線区 B	1,660m	31.2 百万	260m	80mm
線区 C	300m	31.8 百万	320m	60mm

図 5 に、レール凹凸の測定結果（波長 30~250mm のバンドパスフィルタを実施）の例を示す。同図からキロ程 4k220m~4k350m 付近において最大振幅 0.36 mm 程度のレール凹凸が発生していることが分かった。

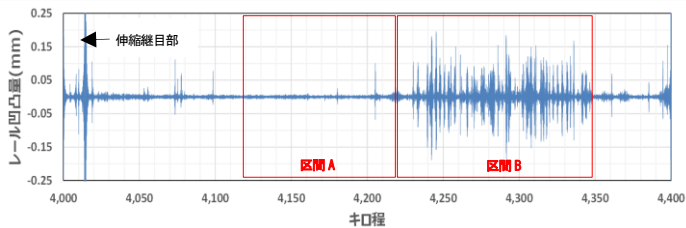


図 5 レール凹凸の測定結果（線区 A）

次に、同区間における濃淡画像から抽出したレール頭頂部の輝度値の抽出結果を図-6 に示す。図からレール凹凸が発生していない区間（区間 A: 4k120m~4k220m 付近）においては輝度値のバラつきが比較的小さく（区間標準偏差 $\sigma=4.1$ ）、レール凹凸が大きい区間（区間 B: 4k220m~4k350m 付近）において輝度値のバラつきが大きく（同 $\sigma=8.1$ ）なっていることが分かる。

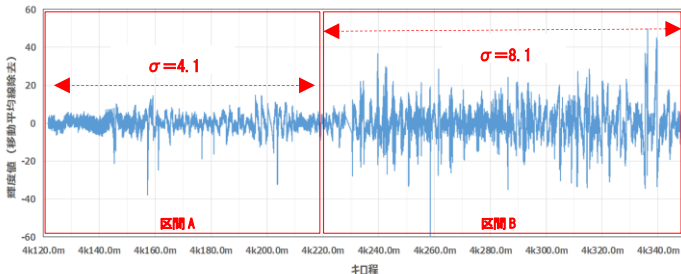


図 6 レール波状摩耗疑い箇所の輝度値（線区 A）

以上より、濃淡画像から抽出した「レール波状摩耗疑い箇所」が実際の現場のレール凹凸量が大きい箇所を抽出することが出来る可能性を示すことができた。今後は取得データの分析を進めることで輝度のバラつき量とレール凹凸量の相関関係について検証していく。

5. 同手法の実用化へ向けた課題と解決策

同手法を軌道管理の実務として適用するためには、膨大な画像データをダウンロードし、更に輝度値データへ変換する作業を実施する必要があるため、人の手に頼っての適用は困難である。そこで、昨今話題となっている RPA 技術を導入するとともに、画像処理ソフト・表計算処理ソフトのマクロ機能を組み合わせることによる「レール波状摩耗疑い箇所の抽出の自動化」を実施した（図-7）。

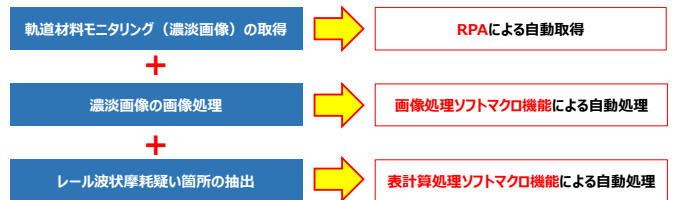


図 7 レール波状摩耗疑い箇所抽出の自動化・概要

これにより任意の区間において発生しているレール波状摩耗疑い箇所を自動で抽出することが可能となった（図-8）。同システムはレール状態に合わせたレール削正計画の策定や軌道変位進み等との相関分析に基づく保守計画策定といった、これまで実現することができていなかったレール凹凸管理の最適化への活用を期待できると考えている。

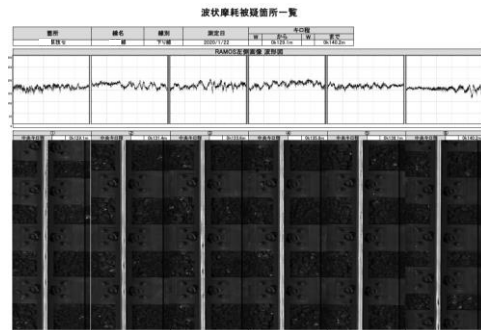


図 8 レール波状摩耗自動抽出結果の例

6. まとめ

本取組みにおける成果・今後の課題を以下に示す。

- (1) 軌道画像の画像解析から輝度値を算出することで、レール波状摩耗疑い箇所の抽出が可能となった。
- (2) レール波状摩耗疑い箇所からレール凹凸量が大きい箇所を抽出することが出来るようになった。
- (3) 輝度値とレール凹凸量の相関関係を精査し、レール凹凸量の推定することは今後の課題である。

参考文献

- 1) 梶原 和博、田中 博文：レール波状摩耗の現象解明に向けたレール凹凸の波形・位相の把握手法、日本鉄道施設協会 vol. 58, 2020