

営業列車による線路設備モニタリングの検討

松田 博之* 瀧川 光伸 小関 昌信 (東日本旅客鉄道株式会社)

Study of condition monitoring for track materials using passenger trains

Hiroyuki Matsuda*, Mitsunobu Takikawa, Masanobu Kozeki, (East Japan Railway Company)

To improve the reliability and efficiency of track inspection, we have been developing a track material monitoring system which can be installed on passenger trains and monitor the track with higher frequency. The developed prototype system has been installed on a test train running on conventional lines. This paper describes the results of the running tests on conventional lines and the automatic judgments on abnormalities in track material.

キーワード：状態監視，軌道材料，距離画像，自動判定

(Keywords, condition monitoring, track material, range image, automatic judgment)

1. はじめに

JR 東日本では、検査の信頼性の向上や効率化を図ることをめざして、営業列車に検測装置を搭載し、軌道の状態を高頻度にモニタリングし、その異常を自動判定する技術開発を進めている¹⁾。本論文では、軌道材料の状態をモニタリングするための装置として開発を進めている「軌道材料モニタリング装置」を 209 系試験電車 MUE-Train に搭載し走行試験を行った結果および収録したデータを用いて軌道材料の異常状態を自動判定した結果について報告する。

2. 軌道材料モニタリング装置の概要

軌道材料モニタリング装置は、継目板ボルトやレール締結装置などの軌道材料を画像撮影し、その異常状態を自動判定する装置である。

本装置は、2つの収録装置で構成される。一方は、軌道材料の写真画像(2次元画像)を撮影するための濃淡画像撮影装置(ラインセンサカメラ)である。他方は、レール近辺の標高情報(3次元画像)を取得するための距離画像撮影装置である。本開発では、主に距離画像を活用して軌道材料の異常状態を自動判定させる予定である。距離画像撮影装置では、レーザスリットプロジェクタとプロファイルカメラを組み合わせ、光切断計測により断面形状を連続的に高速収録することで軌道面の距離画像を得る。距離画像では、各画素の輝度値がカメラからの距離に対応させているため、距離画像からレール締結装置や継目板ボルト部分を特定できれば、その高さ情報が得られ、有無検知や緩み判定が可能となる(特許出願中)。

床下ユニットの構成を図 1 に示す。ここで、本装置は試験用であるためレール片側分のみの構成となっている。寸法は、幅(まくらぎ方向)1,020mm、高さ775mm、奥行き(レール方向)976mmであり、重量は約250kgである。内部には、ラインセンサカメラ、プロファイルカメラ、レーザプロジェクタ、LED照明が内蔵されている。また、床下ユニットからのデータは、ケーブルにより車内機器に伝送される構成となっている。

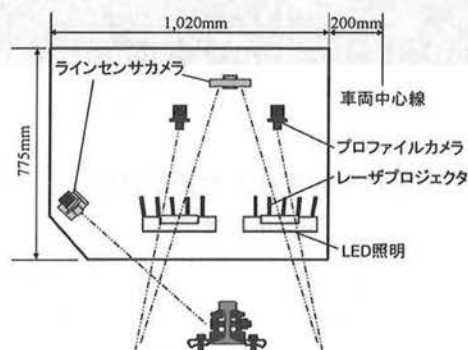


図1 床下ユニットの構成(レール片側分)

3. MUE-Train を使った走行試験

〈3・1〉 走行試験の概要

軌道材料モニタリング装置を MUE-Train に設置し、2009 年 1 月以降、東北線(宇都宮線)や日光線においてデータ収録試験を実施している。図 2 は MUE-Train および装置の設置状態を示したものである。MUE-Train は 7 両編成であり、本装置は 7 号車の 6 号車側の床下に設置されている。



図 2 MUE-Train および装置の設置状態

〈3・2〉 走行試験結果

図 3 に、レール付近の距離画像の例を示す。図では、明るい箇所ほど標高が高く、暗い箇所ほど標高が低いことを表している。ただし、レール頭頂面は今回は収録対象外としている。また、破線の断面図を下の画面に表示した。これまでの収録試験の結果より、図のような軌道材料の標高情報が 110km/h (MUE-Train の最高速度) において 1mm 単位の精度で収録可能であることを確認した。

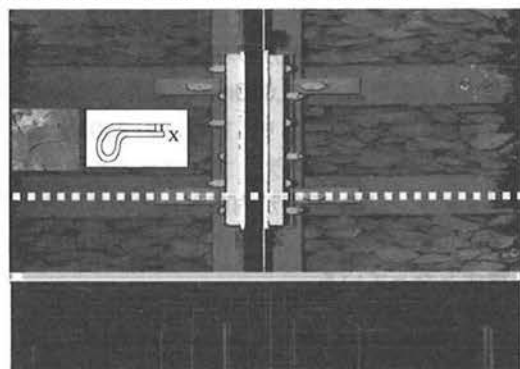


図 3 軌道材料の距離画像

4. 軌道材料の異常状態の自動判定

収録した距離画像データを用いて、レール締結装置の緩み・脱落、継目板ボルトの脱落、軌道パッドのずれなどの異常状態を自動判定する検査システム (図 4) を試作した。検査システムは、収録データから検査・判定処理を並列実行する機能と、軌道材料の設備データや検査結果データへのアクセス・操作を行うデータベース機能を有する。

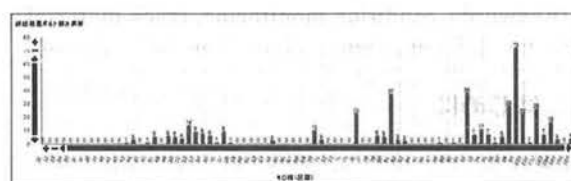
検査処理はまず、前処理としてレール位置の抽出を行い、基準位置とする。レール位置から相対的に各軌道材料の位置を限定できるため、その領域を探索してあらかじめ登録されている形状から種別判定や有無の判定を行う。次に、各検査項目に対応する特徴量 (例えば締結装置の場合、締結ボルト高さ) を算出する。算出した特徴量に対して閾値を定め、検知や自動判定を実行する。

検査結果は、図 4 のメインディスプレイにリストまたはグラフ表示される。キロ程を指定することで、サブディスプレイに指定位置の距離・濃淡画像を表示させることも可能である。また、経年変化を表すトレンドグラフを表示させることも可能である (図 5)。

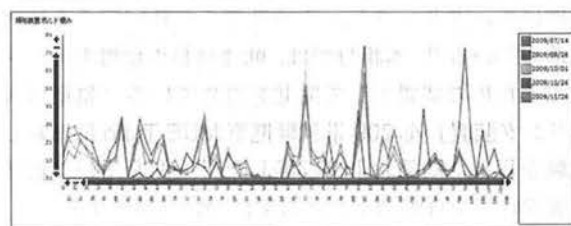
検査システムの機能確認として、走行試験時に異常状態を模擬し、軌道材料の異常状態の自動判定精度を検証した。図 6 にレール締結装置の脱落および軌道パッドのずれの例を示す。図のように、距離画像を用いて異常箇所を自動抽出することができ、実用化の目処を付けることができた。



図 4 検査システム



検査結果グラフ (横軸: 単位区間, 縦軸: 個数/パーセント)



トレンドグラフ (横軸: 単位区間, 縦軸: 個数/パーセント)

図 5 検査結果の表示例

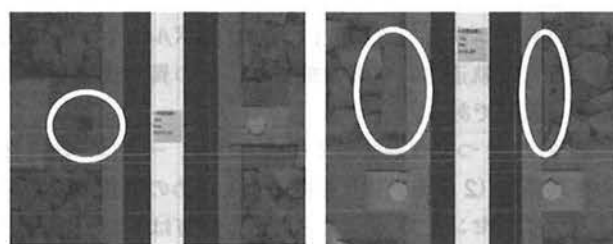


図 6 自動判定結果の例

5. おわりに

今後も走行試験を継続し、装置の信頼性や耐久性の確認などを行うとともに、営業列車への搭載に向けて、車上装置の小型化やデータの無線伝送、遠隔操作技術などについても開発を進めていく予定である。

文 献

- (1) 松田博之・片岡慶太・小関昌信・矢澤英治:「在来線多目的試験車による保線設備モニタリング装置の走行試験」, 第 16 回鉄道技術連合シンポジウム講演論文集, pp.227-228 (2009.12)