

光切断法を用いた三次元計測による軌道検査への取り組み

倉敷紡績（株） 正会員 山本 実

倉敷紡績（株） 正会員 ○兵庫佑美

（株）保全工学研究所 正会員 天野 勲

1. はじめに

列車の安全を確保するために、軌道レールのボルトのゆるみやバラストの崩れなど日々点検員が目視または器具を使用し人力作業で確認している。全国のレール総延長に対して1日に確認できる距離は少なく、時間と労力がかかる上に、数値化が難しい事が課題としてあげられる。

本報告では、列車またはトロ台車に機器を搭載し走行することによって光切断法を用いて軌道レールおよびその周辺を高さ分解能 0.5 mmの精度で三次元撮像することで三次元画像による検査を可能とした事例を報告する。



図 1 検査ユニットの装備車両

2. 技術概要

走行型検査ユニット「PG-4」（倉敷紡績製）は、図2に示すように対象物に垂直に照射されたラインレーザーを斜めからエリアカメラによって撮像し、レーザーの基線位置（視野範囲の最も輝度が高い箇所）の変化を高さとして捕らえることでレールの断面やバラストの状態を三次元計測する検査ユニットである。本ユニットを各レールの直上高さ2mに設置し、約4mの幅を一度に撮像する。撮像データは、レーザーの反射強度を用いた輝度画像と各画素の高さ情報をモノクロで表現した高さ画像との2種類を取得することが出来る。最高計測速度は時速100km。画像解像度は横断方向1mm、進行方向1mm～4mmであり、高さ分解能は0.5mmである。

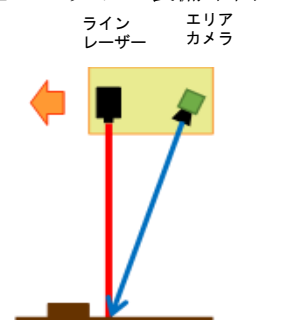


図 2 光切断法の原理

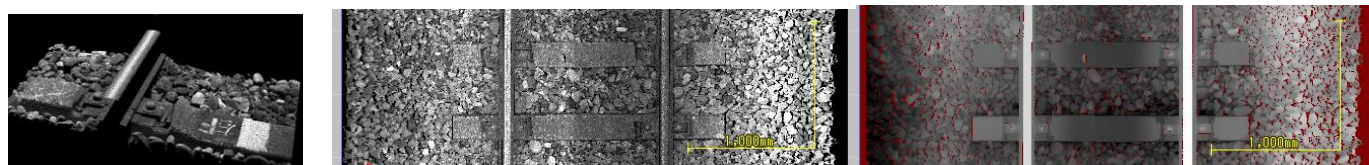


図 3 3D表示画像（左）と輝度画像（中央）と高さ画像（右）

3. 測定概要

場所は、某鉄道会社工場敷地内約80mである。検証のために製作した治具（図4,5,6）をトロ台に設置し、徒歩速度で手押し計測した。進行方向の解像度は1mmとした。撮像時刻は9月の11時頃、天候は曇りであった。



図 4 準備作業



図 5 撮影風景



図 6 確認作業

キーワード 光切断法、軌道検査、ボルト、バラスト、画像解析、三次元計測

連絡先 〒152-0033 東京都千代田区神田小川町 1-11-9 (株) 保全工学研究所 TEL03-5283-8111
〒572-0823 大阪府寝屋川市下木田町 14-30 倉敷紡績（株）TEL: 072-812-5218

4. 測定結果

4.1 板バネ及びボルトの抜け、ボルトのゆるみ

ボルト及び板バネの抜け箇所を発見した高さ画像を図7に示す。ボルト及び板バネの抜け箇所を赤枠で囲み、健全な箇所を黄枠で囲んだ。(図7) 高さ画像にて色差が顕著に出ているため、板バネ及びボルト抜けている事が確認しやすい事が分かる。

また、高さ画像には各画素に高さ数値を持っているため、レール(天端)高さとボルト高さの差分からボルトのゆるみを検出できる。実際にゆるみがある箇所にてレール(天端)高さとボルト高さの差分を検出した結果、健全な箇所は 97.2 mm、ゆるみがある箇所は 94.9mm であり、2.3mm のゆるみがある事が確認できた。(図9)

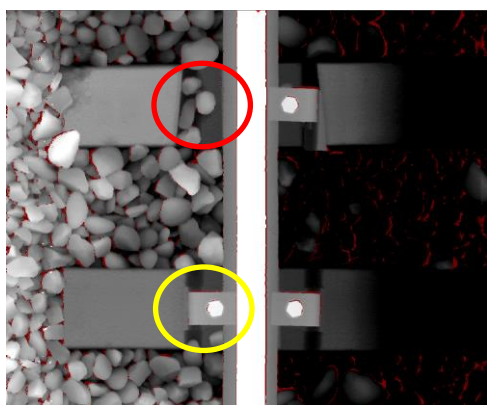


図7 板バネおよびボルト抜け画像

(赤枠：健全な箇所、黄枠：板バネおよびボルト抜け箇所)

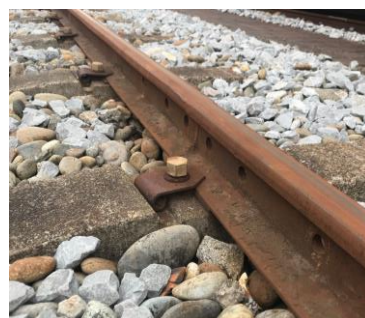


図8 ボルトゆるみ現場写真

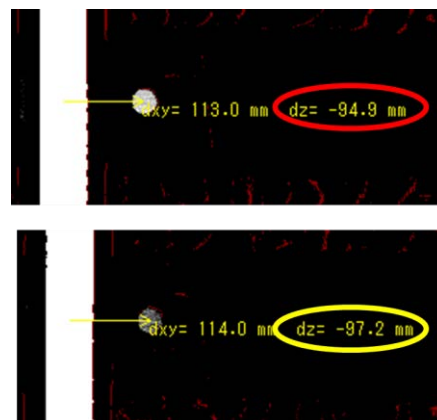


図9 ボルトゆるみ検出画像

(上段：2.3 mmのゆるみあり、下段：健全な箇所)

4.2 バラストの盛り上がりと崩れ

撮像できる視野は4 mであるため、線路全体の画像を撮影している。高さ表示範囲を線路全体に設定した高さ画像を図11に示す。バラストの盛り上がり箇所を赤枠、崩れ箇所を青枠で示す。高い箇所が白く、低い箇所が黒く表示されているため、盛り上がり/崩れが確認しやすい事が分かる。また、こちらもボルトと同様にすべて高さ数値を持っているため、数値的な判断が可能となる。



図10 バラストの盛り上がり/崩れ現場写真

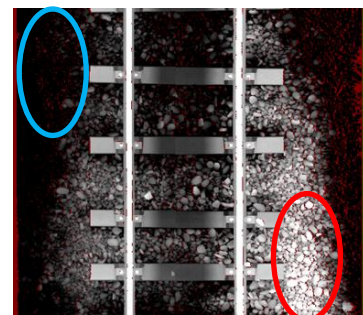


図11 バラストの盛り上がり/崩れ高さ画像

(赤枠：盛り上がり箇所
青枠：崩れ箇所)

5. まとめ

PG-4 を用いて軌道周辺の三次元高さを連続的に測定する事で、三次元画像の色差に着目するとボルトのゆるみやバラストの崩れなどを確認する事ができた。また、横断方向 1mm 進行方向 1mm で高さ数値を得ているため、上記の検査項目を数値的な根拠で判断することができた。PG-4 は速度 100 kmまで走行が可能のため、営業用の列車への搭載も可能である。従来の人力測定に比べ、大幅な効率化に繋がり、短時間での検査が可能となる。よって従来よりも点検量を増やす事ができ、より安全に列車が運行できるようになる。

当社では撮影した軌道画像を用いて、ソフトでの自動判定を行う事にも取り組んでいる。今後、検査精度を上げて、さらなる効率化を目指していきたい。