

## 線路設備モニタリング画像の解析による軌道材料厚さの推測

東日本旅客鉄道(株) 正会員 ○屋木 祥吾  
塚田 祐士  
正会員 西藤 安隆

## 1. はじめに

上野保線技術センター管内は、1998年から新たな営業線用土路盤上省力化軌道としてTC型省力化軌道の敷設が進み、2019年3月現在で本線総延長約140kmに対して約7割を占めており、軌道状態の良化に大きく貢献している。一方で局所的な路盤不良箇所では目標値以内ではあるが軌道変位が発生している。2018年7月に線路設備モニタリング巡視が本格導入され、営業用車両から高頻度で取得される軌道変位データや材料画像データを活用して不良箇所の修繕、安全の確保に努めているが、今後予想される人口減少等による厳しい社会環境に対応するためには、さらなる生産性向上による効率的な業務遂行が求められる。特に首都圏の過密ダイヤの中での現場調査は昼間の立入に苦勞している箇所が非常に多く、時間を要している。そこで、TC型省力化軌道の修繕用部材の1つである高低調整パッキン厚を全体的かつ詳細に把握する新たな手法として、線路設備モニタリング装置で取得している軌道材料画像の解析を試みた。

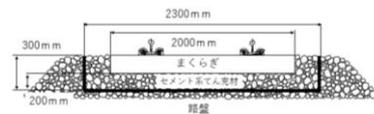


図1 TC型省力化軌道 断面図



図2 TC型省力化軌道 路盤不良

## 2. 線路設備モニタリング画像の解析による軌道材料厚さの推測

## 2.1 TC型省力化軌道の補修方法と保守余裕

TC型省力化軌道の軌道変位修繕方法として、軌道パッドとマクラギもしくはタイププレート間に高低調整パッキンを挿入する軽微な補修方法と路盤とてん充層の空隙に補修材を注入して抜本的に補修する方法などがある。このうち高低調整パッキンによる補修が全体の9割以上を占めている。この補修方法は低コストで比較的容易に補修できる反面、許容保守量に上限があり、修繕計画の際には軌道変位調査に加えて残りの保守余裕量の把握作業(=高低調整パッキン厚測定)が必須である。現状の調査方法では人力でマクラギごとのパッキン厚を定規で測る他なく、時間と体力を要する作業となっている。

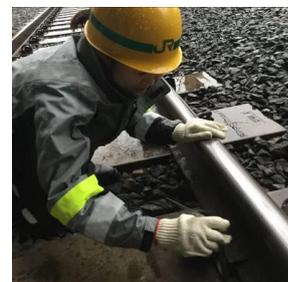


図3 パッキン厚測定

## 2.2 線路設備モニタリング装置で取得される画像

上記手段に代わる方法として、線路設備モニタリング装置で取得される画像を解析する手法を検討した。線路設備モニタリング装置は、対象物との距離情報を持った距離画像と多階調で表現された濃淡画像の2種類を取得している。今回は高さ方向の情報を持った距離画像を使用した。

## 2.3 輝度を利用した距離画像解析による高低調整パッキン厚の推測

画像内における各軌道材料表面の輝度差から高さ情報を算出する。TC型省力化軌道は座面式マクラギにおいて図3のような締結構造になっている。そこで、軌道パッド上面とマクラギ上面の輝度差から高さ $c$ (mm)を算出し、軌道パッド厚さ $a$ (=10mm)を減算することで、高低調整パッキン厚 $b$ (mm)を推定する。

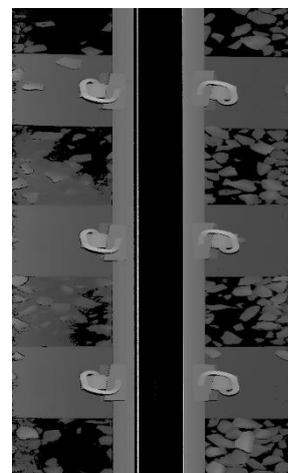


図4 距離画像

キーワード：線路設備モニタリング装置、TC型省力化軌道、軌道材料、画像解析

〒114-0014 東京都北区田端6丁目2番7号 TEL 03(3821)8229 FAX 03(3822)7829

$b=c-a$  (式1)

a : 軌道パッド厚(mm)      b : 高低調整パッキン厚(mm)

c : マクラギ上面から軌道パッド上面までの高さ(mm)

パッキン厚推定に使用する各軌道材料の抽出領域はレール長手方向 10 ピクセル×マクラギ方向 10 ピクセルとし、領域内の輝度代表値として平均値・中央値・最頻値の 3 種類をそれぞれ算出して比較検証を行った。

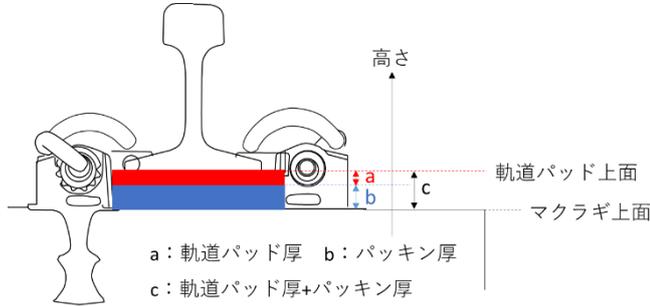


図5 パッキン厚算出

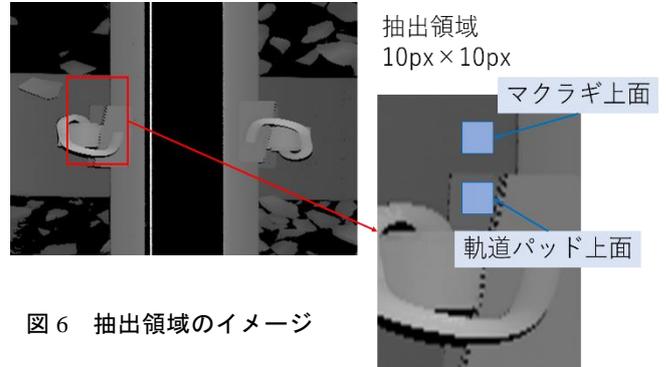


図6 抽出領域のイメージ

3. 検証結果

3.1 軌道パッド厚さと輝度の関係

軌道パッドのみ敷設されている箇所について、抽出領域内の輝度値よりの推測値と実際の軌道パッド厚さ 10mm との関係性を明らかにした。前述した算出方法によってマクラギ上面と軌道パッド上面の輝度差を算出すると、各代表値の中で最頻値と中央値が実際の厚さに近い値となった。また標準偏差についても最頻値と中央値で0.8mm前後となり、最大誤差は最頻値で3.0mm、中央値で5mmであった。

表1 代表値別の標準偏差

n=51	最頻値	平均値	中央値
軌道パッド厚さ推測値平均(mm)	9.73	5.20	9.49
輝度差の標準偏差(mm)	0.87	4.69	0.75
最大誤差(mm)	3.0	8.5	5.0

3.2 高低調整パッキン厚の推定と現場実測値との相関関係

任意のマクラギ 22 本について、輝度による推測値と現場実測値の相関関係を示す。最頻値の場合に相関係数  $R^2=0.89$  となり、強い相関関係があると認められる。次いで中央値  $R^2=0.77$  でこちらも相関関係があると言える。一方で平均値は  $R^2=0.42$  と相関関係が弱い。以上から、最頻値を代表値として軌道材料厚さを推測することが最も高い精度となる。また、最頻値の推定値は現場実測値と最大でも誤差 3mm 以下であった。

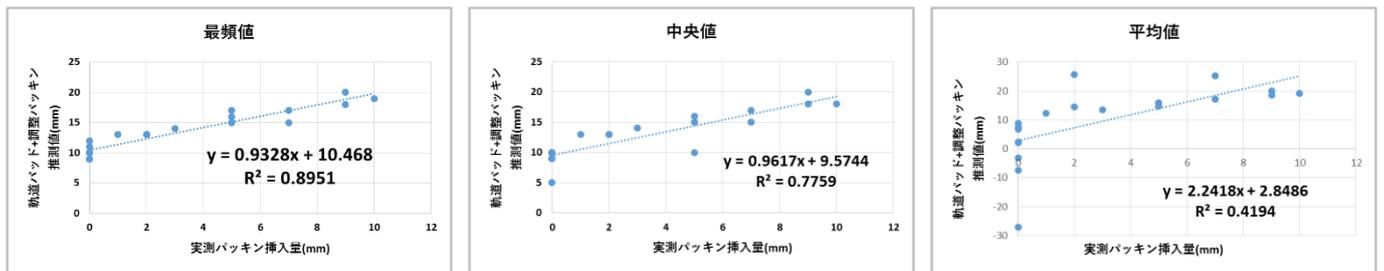


図7 推測値と現場実測値の相関関係 (左: 最頻値、中央: 中央値、右: 平均値)

4. まとめ

TC 型省力化軌道の修繕計画のための現場実測の代替方法の一つとして、線路設備モニタリング装置から取得できる軌道材料画像の輝度を分析することにより、高低調整パッキン厚を全体的かつ効果的に把握する手段を確立した。この手法を応用すれば軌道材料の摩耗・劣化状態を画像分析により定量的に把握することも可能になると考えられる。今後は画像処理の繰り返し作業を自動化するなどして分析作業の人的工程を圧縮し、さらなる生産性向上を図る予定である。末筆ながら、本取り組みに対して、多大なるご支援をいただいた関係者に誌面を借りて謝意を申し上げます。