

## 線路設備モニタリング装置による地下鉄線内における滞水箇所検知ロジックの開発

株式会社日本線路技術 正会員 ○武田 岳  
 株式会社日本線路技術 正会員 帰山 直大  
 東京地下鉄株式会社 正会員 工藤 浩之  
 東京地下鉄株式会社 非会員 森田 遼

## 1. 背景と目的

東京地下鉄株式会社（東京メトロ）千代田線は、線区の約76%が地下区間である。地下区間における軌道面の滞水はレール底部腐食等の材料劣化の原因と考えられるが、リアルタイムかつ全線での統一的な把握は困難である。滞水起因の材料劣化への対処の合理化に向け、滞水箇所の簡便な把握方法の実現による滞水箇所管理の効率化、レール底部腐食箇所との関連性の解明が期待される。一方、当該線区においては、線路設備モニタリング装置による軌道材料画像（以下：材料画像）のデータを取得している。本研究の目的は、材料画像を用いて滞水箇所を検知するロジックを開発することである。

## 2. 対象

本研究の対象は、千代田線に導入されている線路設備モニタリング装置の材料画像とする。また、本研究では滞水を図1に示す「表面水」「横断下水」「滞水痕」の3種に分類し、うち「表面水」と「横断下水」を検知対象とした。

表面水 . . . 明らかに道床面に水が滞留している ★本研究対象  
 横断下水 . . . 横断下水に水が滞留している ★本研究対象  
 滞水痕 . . . 乾いた道床面に水の滞留の痕が残っている

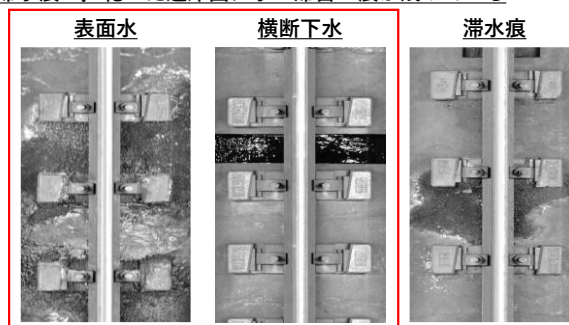


図1 滞水としての検知対象

## 3. 検知方法

## 3. 1. 滞水を検知するロジック

材料モニタリング装置はレールの上面、外側面、内側面の3か所からレールを囲むようにLED照明が点灯しており、30,000ルクス以上の照度を確保している。道床面および横断下水に水が溜まっている場合、LED照明が水面で反射する箇所は画像上「白く」（＝輝度値が高く）記録される。一方、LED照明が水面で反射しない箇所は「黒く」（＝輝度値が低く）記録される。本研究では前述の特徴から、画像データのピクセルごとの輝度値そのもの（以下：絶対輝度値）およびピクセルごとの輝度値とその周辺の輝度値との変化量（以下：相対輝度値）に対して閾値を設定することで滞水を検知するロジックを開発した。材料画像の元画像である5001×1024ピクセルの画像（＝レール長手方向に5mの範囲が撮影された画像）1枚を最小単位として、滞水の有無を判定する。材料画像は、ラインセンサカメラで撮影されたグレースケールの256階調濃淡が記録される「濃淡画像」と、プロファイルカメラからの距離が記録される「距離画像」の2種類が存在し、絶対輝度値および相対輝度値の算出には「濃淡画像」を使用した。両輝度の閾値を表1に、判定方法を表2に示す。

表1 輝度値の意味と閾値

名称	概要	輝度値の閾値	pix数の閾値
絶対輝度値	ピクセルごとの輝度値 そのもの	240	5 pix
相対輝度値	ピクセルごとの輝度値と 周辺の輝度値との変化量	230	40 pix

表2 総合的な判定表

判定表	絶対輝度値		
	閾値以上	閾値未満	
相対輝度値	閾値以上	滞水あり	滞水なし
	閾値未満	滞水なし	滞水なし

キーワード 線路設備モニタリング装置、濃淡画像、距離画像、地下鉄、滞水、底部腐食

連絡先 〒120-0026 東京都足立区千住旭町42番3号 株式会社日本線路技術 営業戦略部 TEL 03-5284-6061

### 3. 2. 判定に不要な物体の除去

輝度値による滞水検知ロジックを開発するにあたり、レールや締結装置等の金属部材、白チョークの印付け等による誤検知が多く発生することが想定された。検知精度を向上するために、距離画像を適切な閾値で二値化した“マスク画像”を作成し、濃淡画像と合成することで、道床面よりも高い位置に存在する部材を画像から除去する前処理を実施した（図2）。この濃淡画像に対して、絶対輝度値と相対輝度値を用いた検知ロジックによる判定を実施した。

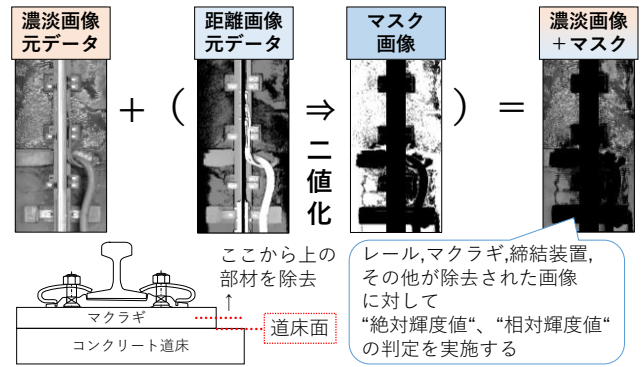


図2 道床面以外を除去するイメージ

### 4. 精度検証の方法と結果

本検知ロジックを用いた滞水有無の判定精度の検証として、材料画像の目視確認と画像判定を比較した。対象線区は表3に示す千代田線A線とした。

目視確認結果を図3に示す。計8,640枚の画像のうち、滞水が確認された画像は計551枚であり、うち“表面水”が60枚（約0.7%），“横断下水”が491枚（約5.7%）であった。

滞水の有無についての、目視確認と検知ロジックによる画像判定の結果を表4に示す。目視確認の“滞水あり”計551枚に対する、画像判定の“滞水あり”480枚の割合（＝再現率）は87%であった。画像判定の“滞水あり”計864枚に対する、目視確認の“滞水あり”480枚の割合（＝適合率）は56%であった。

表3 精度検証の対象線区

線名線別	東京メトロ	千代田線	A線
キロ程	0k824m	から	22k626m まで
画像種別	材料モニタリング装置	濃淡画像	(直上方向)
画像枚数	左レール：4,320枚	右レール：4,320枚	計：8,640枚
撮影日付	2021/4/27		

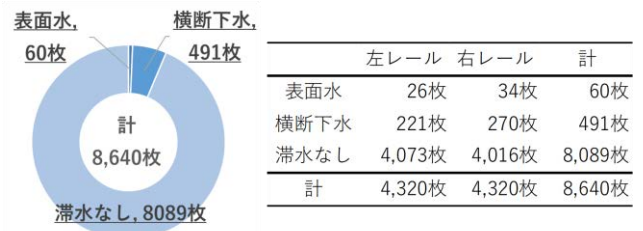


図3 目視確認結果

表4 目視確認と画像判定の比較

単位：枚	画像判定		計	再現率 87%	適合率 56%
	滞水あり	滞水なし			
目視確認	480	71	551	※再現率 480 / 551 = 0.87	※適合率 480 / 864 = 0.56
	384	7,705	8,089		
計	864	7,776	8,640		

### 5. 考察

精度検証結果の見逃しに該当する71枚の画像については“表面水”，“横断下水”の両者ともLED照明の水面反射が明確でない画像が多く見られた。この点については検知ロジックの閾値に改善の余地があると考えられる。また、誤検知に該当する384枚については橋梁や軌間内設備、急曲線におけるレール塗油器の油等の影響であると推測され、キロ程上まとまって出現する傾向が見られた。キロ程ごとの目視確認と検知ロジックによる画像判定の結果を図4に示す。

### 6. 今後の課題

本研究では、材料画像から道床面の滞水を検知する基礎的なロジックを開発した。今後は、現場との整合性の検証や、レール底部腐食に関する研究への応用、検知精度の向上が課題である。

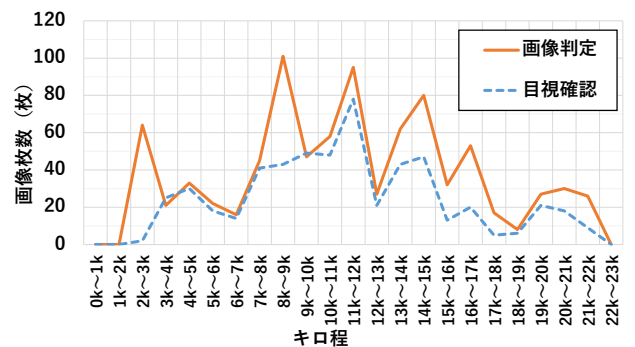


図4 キロ程ごとの目視確認と画像判定