画像処理技術を用いた道床変状検出手法の基礎研究

東日本旅客鉄道株式会社　正会員　○佐藤　陽
東日本旅客鉄道株式会社　正会員　矢作　秀之

１．はじめに

走行中の鉄道車両を支えている線路設備は，列車の繰り返し荷重を受けることにより劣化が進行するため，それらの状態を的確に把握し，適切な時期に修繕することが重要である．その中でも，道床状態が軌道変位に及ぼす影響は大きく，変状が進行すると，図 1-1 のような状態が現れる．現在は，目視により状態を確認しているため，その都度現地に出向かなければならず，保守管理に多大な労力を要している．そこで，レール締結装置や継目板等の軌道材料状態を監視するために開発された軌道材料検査装置（図 1-2）[1)]から得られる画像を用いて道床変状を検出するための基礎研究を行った．

図 1-1：道床変状例

図 1-2：軌道材料検査装置

２．画像を用いた道床変状検出手法の検討

(1) 検討対象画像

軌道材料検査装置は，軌道面を数台のカメラにより撮影をしており，白黒の濃淡レベルを多階調で表現した濃淡画像と，装置から対象物までの距離情報（値）を有した距離画像の 2 種類の画像を収録している．今回は，レール上方から撮影した濃淡画像を対象とし，画像処理により道床変状状態を検出する手法の検討を行った．濃淡画像用撮影カメラの配置と収録される濃淡画像の例を，図 2-1 および図 2-2 に示す．また，画像分解能を表 2-1 に示す．

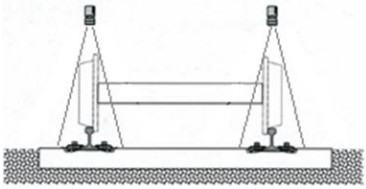


図 2-1：撮影カメラの配置

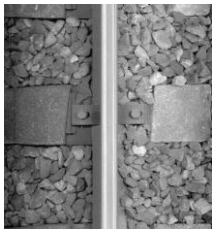


図 2-2：濃淡画像の例

(2) 検出手順

検出に先立ち，道床変状を状態別に分類し，各々について定量化の指標となる特徴量の設定を行った（表 2-2）．次に，これらの特徴量を画像処理により検出するためのアルゴリズム（検出手順）の構築を行った．変状状態の 1 つである道床の摩滅・細粒化の検出について，砕石の粒径と個数に着目し構築したアルゴリズムを以下に示す（図 2-3）．

① 元画像からエッジ抽出※1 を行い，エッジ強さによる 2 値化処理※2 を行う．
② 元画像から輝度値※3 に着目し，2 値化処理を行う．
③ ①と②の画像に対し，画像間演算処理※4 を行う．
④ ③の画像から白色が最大領域となる位置と直径を取得する．
⑤ ④で取得した直径から代表径を検出し，砕石の粒径および個数を算出する．

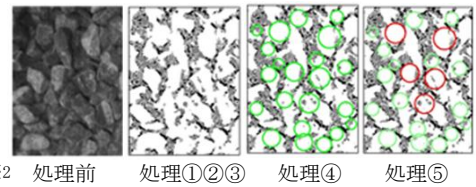


図 2-3：検出手法

表 2-1：画像分解能

画像分解能	
レール長手方向	まくらぎ方向
1.0mm／画素	1.0mm／画素

表 2-2：特徴量の設定

変状状態	検出対象	定量化指標
噴泥	隣接するマクラギと道床領域に跨る白色領域	面積
摩滅・細粒化	道床領域表面の砕石の個数	個数
	道床領域表面の砕石の粒径	粒径
土砂混入	道床内の暗く平坦な領域	面積

キーワード　画像処理，アルゴリズム，道床
連絡先　〒331-8513　さいたま市北区日進町 2 丁目 479 番地　TEL048-651-2389　FAX048-651-2289

3．検証試験および目視との比較

(1) 実画像を用いた変状検出

装置で撮影した実画像より，前述した方法を用いて道床変状の検出を行った．画像処理により変状状態を検出する前の画像と検出後の結果の画像例を図 3-1 および図 3-2 に示す．

(2) 検証試験

次に，道床領域（図 3-2 の赤枠箇所）を抽出し，砕石の粒径および個数を算出した．併せて，画像を人間の目で見て，目視による計測も実施した．（現場での計測は行っていない．）ここで，画像処理により算出した結果を画像検出値，目視計測した結果を目視計測値と呼ぶこととする．表 3-1 にその結果を示す．また，画像検出値と目視計測値を比較した結果を図 3-3 および 3-4 に示す．画像検出値は，砕石の粒径，個数とも目視計測値と比べて概ね同様の傾向となることが確認できた．

また，同様に噴泥および植物混入の変状状態についてもアルゴリズムを構築し，画像処理による検出を行った．検出後の画像および検出結果を図 3-5～図 3-8 に示す．こちらは，目視計測値と画像検出値の結果に差異が見られ，精度向上を行う必要があることがわかった．

4．まとめ

軌道材料検査装置から得られる画像から，画像処理技術の活用により特徴量を捉え，道床変状状態の検出の可能性があることがわかった．今後とも，このような高頻度に取得した時系列画像データから，変状の可能性がある場所を選別（スクリーニング）することによる状態監視保全の高度化のために，更なるデータの活用法の可能性を探っていきたい．

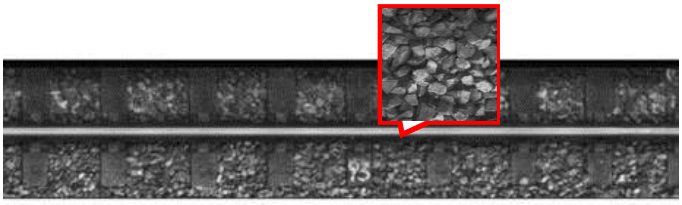


図 3-1：検出前画像

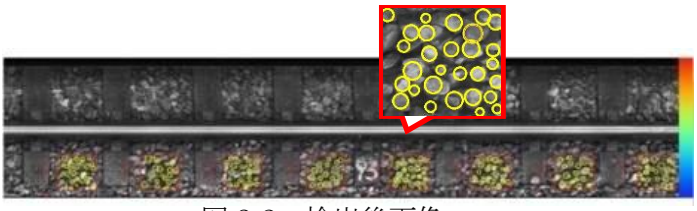


図 3-2：検出後画像

表 3-1：計測結果

位置	粒径（mm）		砕石の数（個）	
	目視計測	画像検出	目視計測	画像検出
1	23.0	23.6	136	105
2	24.7	23.5	117	107
3	25.4	22.3	111	138
4	26.3	24.6	103	136
5	24.3	25.2	121	102
6	43.7	46.2	40	39
7	44.7	44.5	38	41
8	46.6	46.8	35	50
9	46.1	42.6	36	35
10	45.5	50.3	37	33
11	45.5	41.6	37	40
12	44.3	45.5	39	36

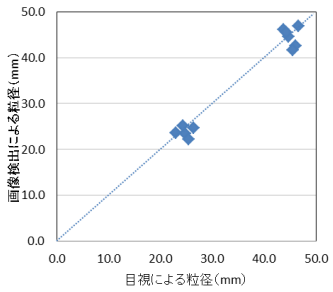


図 3-3：砕石粒径の比較

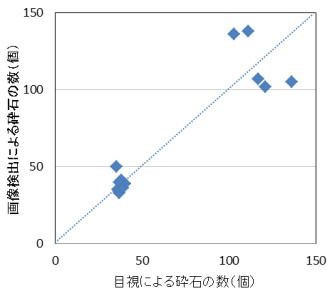


図 3-4：砕石個数の比較

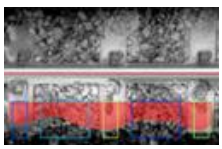
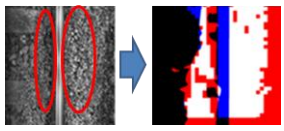


図 3-5：検出後画像(噴泥)



白色：検出領域

図 3-6：検出後画像(植物)

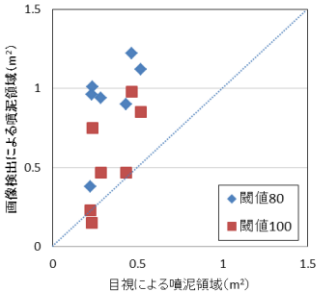


図 3-7：噴泥領域の比較

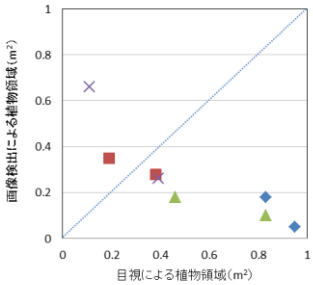


図 3-8：植物領域の比較

参考文献

1) 寺島　令，瀧川　光伸，堀山　功：営業列車搭載用線路設備モニタリング装置の開発，第 19 回鉄道技術連合シンポジウム，2012 年 12 月

※1) 画像中で明るさが変化する部分を取り出すこと

※2) 完全な白または黒の 2 値の画像に変換する処理

※3) 平面状の発光体の明るさの指標で、光源(面)における単位面積当たりの光の強さの値

※4) 複数の画像間で演算処理（和・差・積・商）を行うこと