

カメラ画像を用いた道床形状判定方法の開発

東日本旅客鉄道株式会社

正会員 ○ 石坂 佳祐

東日本旅客鉄道株式会社

鈴木 惇平

東日本旅客鉄道株式会社

武井 悠斗

株式会社ニシヤマ

近藤 英記

株式会社ニシヤマ

安藤 伶

1. はじめに

張り出し事故防止に向けたロングレール検査において、道床肩幅および余盛高さの測定は重要な検査項目である。しかし、現状の検査方法は、道床形状を目視により判断している。そのため、多大な労力を要すると同時に、検測者に依存した定性的な判定となっている。そこで、道床形状の判定において、作業の効率化および定量的な評価が求められる。

2. 既往研究

過去に各鉄道事業者で取り組まれた道床判定方法について以下に示す。

1) 二眼視ステレオ方式:JR 東日本

2台のカメラを用いて複数の異なる方向から道床を撮影することで画像情報から、道床との距離を計算し、道床肩幅・高さを算出する。必要装置がカメラのみとなるため安価で小型化が可能である。一方で撮影フレーム数に依存することから、速度に応じて測定数に増減が生じる。

2) レーザー方式:JR 北海道¹⁾, JR 東海²⁾, JR 西日本³⁾

軌道検測車に搭載した装置により照射したスリット光を走行中に撮影し、地上の処理システムで画像処理を行い道床肩幅・高さを算出する。ライン状の形状を一度に取得できるため精度がよい。一方でレーザーを用いるため発振機が必要であり高価である。

上記2つの測定方法を比較した結果、コスト性及び可搬性に優位であることから、当社では二眼視ステレオ方式の採用を目指している。

3. 目的

石井ら⁴⁾の結果より、二眼視ステレオ方式による道床形状の測定はおおむね可能であることが示された。一方で、曲線における計測原点がマクラギ端から乖離が生じるという問題点が生じた。これは、曲線内では画像上におけるレールの位置が大きく変動するのに対し、断面形状プロファイルの計測原点が固定点であることが原因であった(図1)。そこで、本研究ではレール認識機能を開発実装することにより、

測定原点をレール端による固定位置としてより正確な道床形状測定の実現を目的とした。

4. レール追尾機能の開発

レール認識機能として、今回は画像解析によるレール追尾機能の開発を行った。以下に実現方法のプロセスを示す。

(1) レール傾き補正

曲線部において、相対的にレールが傾いた状態で画像が取得される。そこで、第一にレールが垂直に描画されるように画像を回転させる。

(2) 輝度プロファイル作成

回転した画像において、x座標における有効な画素の輝度について平均値を計算し輝度のプロファイルを作成し、輝度のピーク位置を検出する。

(3) ピーク位置検出

②で作成した輝度のプロファイルよりピークの位置を検出し、そこをレール位置として認識させる。

(4) ピーク位置補正

ガードレール等で複数のピークが検出された場合、前フレームのレール位置に近い部分を採用する。実際に曲線における測定画像を図3に示す。

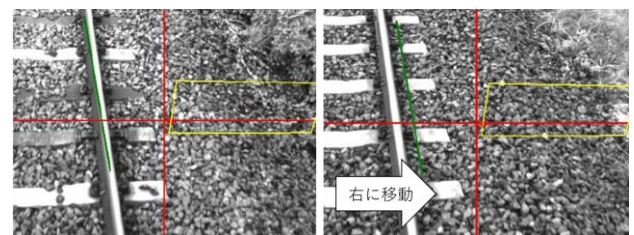


図1. 計測原点とマクラギ端のずれ

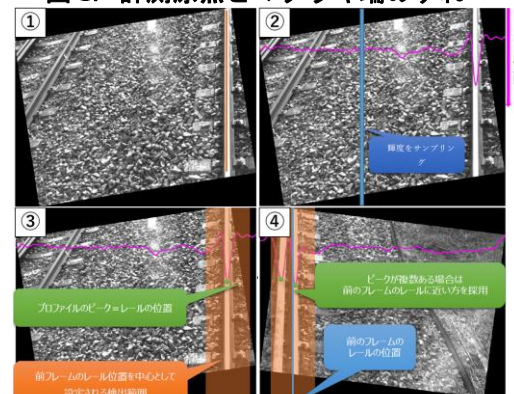


図2. レール追尾機能の内容

キーワード ロングレール検査, 二眼視ステレオ法, 道床横抵抗力比

連絡先 〒262-0017 千葉県千葉市中央区要町1番29号 千葉保線技術センター TEL043-252-7258

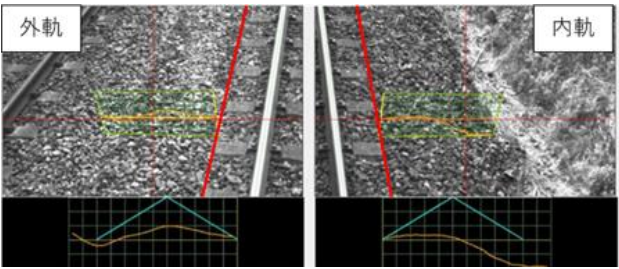


図 3. 曲線部 (R=400) における道床形状測定結果

5. 営業列車からの測定試験

道床形状測定箇所において、曲線半径に応じてカメラによる測定値と現場測量値の比較を行った。測定箇所は以下 3 箇所である。

- (1) 総武本線 75k590m-75k600m(直線)
- (2) 総武本線 71k750m-71k760m(曲率:R800)
- (3) 成田我孫子線 2k960m-2k970m(曲率:R400)

道床肩幅および道床高さにおける、カメラによる測定値と現場測量値の差異をまとめたものを表 1 に示す。現場測量値が道床カメラによる測定値よりも大きい場合は正、小さい場合は負である。道床高さに関しては、すべての線形に対して、平均値および標準偏差ともに 40mm(道床 1 個分程度)の差異であり、道床形状を把握する上で十分な精度での測定結果が示された。一方で、道床肩幅については、すべての線形において 100mm 以上の差異が生じおり、曲率に比例して乖離が大きくなる。しかし、いずれにおいても安全側での判定となっているため安全度判定への実用化は可能であると考ええる。

また、曲線のみに着目したところ(表 1), R800 および R400 の内軌側における道床高さは、現場測量値が道床カメラによる測定値よりも小さい。これは急曲線に伴って内軌側生じた車体の傾きと、軌道が持つ傾きに差異が生じ、道床形状測定結果に影響を及ぼした結果だと考える。そのため、急曲線においては、車体の傾きを考慮に入れた判断が必要になる。

表 1. 測定値と測量値の乖離の平均値・標準偏差

項目	直線(N=20)		R800(N=20)		R400(N=18)	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
肩幅	131.2	35.4	136.8	51.7	178.3	113.5
高さ	14.6	19.2	9.8	20.1	23.5	46.8

項目	R800				R400			
	外軌(N=10)		内軌(N=10)		外軌(N=9)		内軌(N=9)	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
肩幅	97.4	27.4	176.1	38.8	200	81.7	156.5	134.5
高さ	23.3	14.9	-3.7	14.9	65.9	25.8	-18.9	11.2

6. 測定データの活用

(1) 道床形状の判定

道床形状の判定に関しては、道床検査システムか

ら出力されるキロ程・道床肩幅・道床高さのそれぞれのデータと TRAMS に登録されているロングレール台帳杭間・レール種別・曲線半径を基に判定を行う。判定については、以下のロジックに基づきマクロ機能により自動で判定を行う。

- ① 測定結果の道床肩幅・道床高さの値を用いてキロ程ごとの三角形の面積を算出する。
- ② 杭間ごとに三角形の面積が最も小さい時の道床肩幅・道床高さを採用する。
- ③ ロングレール台帳と②で算出された杭間を基に最も小さい道床肩幅・道床高さを判定

この機能を用いて、安全度判定や横抵抗力の測定箇所選定等の人力で行っていた作業を代替可能となる。

(2) 必要道床形状に応じた道床不足量の自動算出

曲線部において、道床形状の把握が可能となったことから、2m 間隔で曲率に合わせた任意の 3 種類のパターンにて道床不足量の算出が可能となった。2m 間隔の不足量を加算することで、任意の区間における道床不足量を算出することが可能となった。これにより、道床散布量の把握が適切に行うことができ、優先順位等の判断も容易となる。

7. まとめ

本研究によって、カメラ画像を用いて道床形状の測定を急曲線での精度に課題が残るものの、全線形にて測定可能となった。これにより人為的作業の大幅な削減が期待される。急曲線にて、より正確な道床形状の測定を可能にするには、マクラギ平面を画像から規定することとカメラ自身の姿勢を検出し、車体の傾きと軌道の傾きに生じた差異を補正する必要がある。コストや可搬性を重視した道床カメラの使用目的を考慮するとシステムを新たに構築するのではなく、現状のデータから曲率によって生じる差異を定量的に判断し、補正することが最も有効であると考ええる。

参考文献

1) 熊谷篤貢:道床形状判定による管理強化, 新線路 2020 年 2 月号, P6
2) 中澤毅基:画像測定装置による現場把握データの向上, 新線路 2007 年 1 月号, P54
3) 今瀬幹太:道床形状測定装置の開発, 新線路 2013 年 4 月号, P17
4) 石井浩一郎, 近藤英記他: ビデオカメラ画像による営業列車からの道床形状測定システムの開発, 土木学会第 72 回年次学術講演会, 2017,9