3次元点群データを用いた軌道中心間隔の推定手法の検討

鉄道総合技術研究所 正会員 〇三島 健吾 三和 雅史 昆野 修平 非会員 川崎 恭平 斉藤 大樹

1. はじめに

筆者らは、営業列車等の先頭にステレオカメラを設置し、得られた画像に対して3次元計測及び差分検知等の画像解析技術を適用して、軌道の検査等の維持管理業務を効率化する研究を進めている¹⁾.本稿では、3次元計測結果から軌道中心間隔を推定する手法及び推定結果について述べる.

2.3次元点群データの活用

軌道中心間隔は従来,手検測や軌道検測車等の特殊な車両に搭載 したレーザ距離計等を用いて測定されてきた.本手法では,軌道検 測車等の特殊な車両を用いることなく,ステレオカメラの画像のみ を用いて軌道中心間隔の推定を行う.

ステレオカメラから得られた画像に対して 3 次元計測を適用す ることで、3 次元座標(x,y,z)及び色情報(R,G,B)を有する 3 次元 点群データを得る.そして、ステレオカメラは上下線を同時に撮影 することができるため、上下線におけるレール照面の 3 次元点群 データを抽出することで、軌道中心間隔の推定を行った.以下にレ ール照面の抽出方法及びその結果を示す.

(1) 3次元点群データ

ステレオカメラから得られた画像及び 3 次元点群データを図 1 と図 2 に示す. なお,図1はステレオカメラの片側のみの画像であ る. また,画像撮影時のフレームレートは 20fps を採用することで, 安定した 3 次元点群データを得ることができた.

(2) レール照面の抽出

(1)で得られた 3 次元点群データに対して, R,G,B 値及び輝度値 (単位面積当たりの光の強さ)に閾値を設けることで, レール照面 を抽出した. 抽出した結果を図 3 に示す. 閾値である R,G,B 値や輝



図1 ステレオカメラの画像



図2 3次元点群データ



図3 レール照面の抽出

度値は、撮影時の日照条件等を考慮して調整することで、レール照面を安定して抽出できる.

3. 軌道中心間隔の推定手法

閾値を用いて抽出したレール照面の 3 次元点群データを関数近似することで、レール照面の芯線を推定した.そして、上下線の芯線の最短距離を求めることで、レール長手方向に連続して軌道中心間隔を推定した.以下に具体的な方法及び軌道中心間隔の推定結果を示す.

(1) レール照面の芯線の推定

レール照面の3次元点群データは、レール頭部幅及びレール長手方向のサンプリング間隔に、ばらつきが 生じる.一般的に軌道中心間隔の測定を行う際は、レール頭部のゲージューナー側かフィールドコーナー側を 基準にするが、3次元点群データを使用する際には、レール頭部幅にばらつきがあるため、関数近似を行うこ とで芯線を推定する手法を検討した.

キーワード ステレオカメラ,画像解析,3次元点群データ,軌道中心間隔 連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財)鉄道総合技術研究所 軌道管理 TEL 042-573-7277 3次元点群データの関数近似については、図4に示すように レール照面の3次元点群データを一定範囲に区切り、関数近似 を行った.また,近似区間の中でも,端部は誤差が比較的大き くなるため,一定範囲を重ね合わせることで誤差を小さくし た.

さらに,関数近似により,図4に示すようにサンプリング間隔 を一定にすることができた.本手法により,クロッシングや継

目部のように照面の点群が一部欠損する箇所を含んでいても、レール照面の芯線を安定して推定できた.

(2) 軌道中心間隔の推定

(1)の手法を上下線に適用し、本手法では上下線における外軌同士(内軌同士でも算出可能)の芯線の最短距離を算出することで、軌道中心間隔の推定を行った.上下線の芯線の最短距離は、サンプリングする位置のずれ等を考慮して、任意の点から前後約 1m の範囲内から算出した.ここで、サンプリング間隔には、任意の値を用いることができるが、本手法では 0.1m とした.

4. 軌道中心間隔の推定結果と手検測データとの比較

上記の手法を用いて軌道中心間隔の推定を行った.推定した箇所は、図1を含む高架上の線路であり、約150mの直線と約250mの曲線(R1200)を含む区間である.また、当該線と隣接線の外軌を用いて軌道中心間隔を推定した.同区間を手検測し、それらを比較した結果を図5に示す.手検測は10m間隔で測定を行った.

本手法による推定値と手検測を比較すると,直線区間においては精度が高いことが分かる.一方で曲線においては,推定値の方が平均的に約20mm程度狭く推定した.

これは、図6及び図7に示すとおり、曲線部におけるレー ル照面の点群データを、当該線についてはレール頭部幅全域 で抽出できているが、隣接線ではゲージョーナー側で抽出で きていないことが要因と考えられる.つまり、隣接線の芯線 がフィールドコーナー側へ偏ったため、手検測に比べて推定 値の方が狭くなったと考えられる.上記の平均的なずれ量

(≒20mm)はレール頭部幅の半分に近いことから、このよう な測定上の特性を考慮して活用することで、本手法は軌道中 心間隔の測定に有効と考えられる.

5. まとめ

ステレオカメラから得られた画像に対して3次元点群処理 を適用し、軌道中心間隔を推定する手法を開発した.今後は レール照面を抽出する精度を向上するための検討を行い、軌 道変位の推定も行っていく予定である.

参考文献

 川崎恭平,清水惇,澁谷一聡,中島昇:線路周辺画像解析 エンジンの軌道検査業務への活用可能性,土木学会第75 回年次学術講演会,2020.









図6 曲線における レール照面の点群(当該線)



図7 曲線における レール照面の点群(隣接線)