画像処理を用いたレール遊間測定手法の精度向上

鉄道総合技術研究所	正会員	○坪川洋友	石川智谷	Ţ
鉄道総合技術研究所	非会員	糸井謙介	長峯望	合田航

1. はじめに

軌道を構成する部材の1つであるレールは、レール 温度の上昇下降に伴って発生する軸力により、張り出 しやレール折損に直結することから、継目部における レールとレールの隙間量(以下、「遊間量」という。)を 適正に管理する必要がある.これまでに、レーザドップ ラセンサを活用した車体搭載型の自動遊間測定装置¹⁾ やレールカートと一体型の自動遊間測定装置が開発²⁾ され、すでにいくつかの鉄道事業者で実用化している.

一方で、地方鉄道では運用上の問題や初期コスト及 び維持管理等の問題を踏まえると、一時的に労力を必 要とする遊間検査に対し、高額な装置を導入すること が難しい.

そこで、専用の装置を使用せず、簡易に遊間量を測定 する手法として、市販の産業用ドローンを用いて継目 部を撮影し、撮影画像から画像処理を用いて遊間量を 自動的に計測する手法を開発している³⁾.本稿では、遊 間を過大に捉える事象に対し、アルゴリズムを改良す ることで、測定精度の向上に取り組んだ成果について 報告する.

2. ドローンによる遊間撮影試験の概要

軌道画像を撮影するため,非電化区間で半径 402mの 曲線区間 300m と直線区間 500m の計 800m の区間を選 定して遊間撮影試験を行った.試験区間の軌道構造は 50kgN レール,木まくらぎのバラスト軌道で,レール締 結装置は主に大くぎである.また,試験区間にはレール 継目部が 34 箇所ある.撮影試験で使用したドローンは, DJI 社製の M210RTK である.図1に,ドローンによる 撮影状況を,表1に搭載したカメラの主な仕様を示す.

ドローンには、下部にカメラ1台、上部に GPS アン テナが2 台搭載されており、事前に撮影する箇所の緯 度経度情報をシステムに登録することで自動飛行を行 いながら自動撮影が行える.本試験ではドローンの自 動飛行の精度を向上させるため、RTK 方式の GNSS 測 位機能を活用した.なお、飛行高さは 12m で画像分解 能 1.0mm の軌道画像を撮影した.撮影に要した時間は、 隙間ゲージによる測定時間に比べ,5割程度である.



図1 撮影試験時の状況

表1 カメラの主な仕様

カメラ	レンズ焦点距離	有効画素数	画角
X5S	$45 \mathrm{mm}$	2080 万画素	27°

3. 遊間測定アルゴリズム

(1) 遊間測定アルゴリズムの概要3)4)

図2に,遊間測定アルゴリズムにおける基本的な考 え方を示す.

画像処理により「遊間のないレール画像」を作成し, 実際の「遊間のあるレール画像」との差分から遊間形状 を抽出する.図3に,抽出した遊間形状をカラー画像に 重ねた結果を示す.

次に、レールとレールを締結する継目板の縦寸法を抽 出し、画像から得られた pixel 数と実寸法 560mm の比 率によって、画像の分解能を算出する.最後に画像の分 解能の値を用いて、遊問量(pixel)から遊間量(mm)



キーワード:遊間検査, ドローン, 画像処理

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 TEL042-573-7277

© Japan Society of Civil Engineers



への換算処理を行うことで,撮影した遊間画像から自 動的に遊間量を測定することが可能である.

(2)%値処理を用いたノイズ除去

遊間検査では,遊間量を用いて張り出し等の危険度 判定を行う.その際,過小評価を行わないため,遊間形 状の小さい部分を測定する必要がある.しかし,従来の 遊間測定アルゴリズムは,外接矩形の高さから遊間量 を計測していた.これは,遊間形状の最小箇所を抽出す る場合,ノイズの影響により遊間形状が欠けた部分を 誤認識することを考慮したことや,レールの端部の変 形以外では,歪な形状になることは考えにくいと想定 したためである.そのため,従来の測定精度は誤差の平 均値が 0.9mm, 2σ が±1.6mm であった.

そこで、図4に示す様に、遊間アルゴリズムで特定した遊間領域に対し、1pixelの幅ごとに遊間形状をフレーム分割する.次に、各フレームの遊間量を求めた値を、昇順に並び替え、ノイズの影響を受けない区切り値を 測定可能な最小遊間量として抽出した.なお、区切り値 は累積比率を%値で示す.





ドローンで撮影した 34 継目(遊間画像 67 サンプル) から遊間アルゴリズムを用いて遊間量の%値を求め,隙 間ゲージで測定した真の遊間量との差から,測定誤差 の平均値・最大値・最小値・標準偏差を算出し,適正な% 値を求める.図5に,算出結果を示す.

図5より,ノイズの影響により遊間形状が欠損する% 値は25%値未満であることがわかる.ノイズの影響を 受けない中で,最も小さな25%値の遊間量を算出した 結果,誤差の平均値は0mm,標準偏差は0.7mmであっ た.なお,誤差の平均値は,%値を大きくすると同様に 大きくなる.測定の性質上,誤差の平均値が偏ることは 望ましくないため, 誤差の平均値が偏らず, かつ標準偏 差が最も低い%値と僅差な 25%値を処理に用いること が適正であると考えられる.



4. 遊間測定アルゴリズムの精度

図6に示すように、3章で求めた25%値処理における 遊間量の誤差分布の形状は、正規分布に近い.よって、 遊間測定の誤差に正規性があると仮定し、測定精度を 2σ(95%の確率)で評価した場合、測定精度は±1.4mm であった.このことから、遊間形状の最小側を捉えるこ とで、過大に遊間量を測定していた傾向を改善した.



図6 遊間測定アルゴリズムによる測定誤差の分布

5. まとめ

本研究では、過大に測定していた遊間測定アルゴリ ズムについて、画像処理時に発生するノイズに対し、% 値処理を用いて除外することで、測定精度の向上を図 り、測定誤差の平均を 0mm、精度を±1.4mm とした.

今後は,測定精度の更なる向上や,低コストのドロー ン機材による軌道画像撮影方法を検討し,実用化にむ けて取り組む.

参考文献

- 1) 稲垣 明治, 篠田 憲幸, 塩野 幸策, 萩野 剛, 大森 善正: 自動遊間測定装置の改良, 第8回鉄道技術連合シンポジウム論文集(J-RAIL2001), S2-6-1, pp395-400
- 2) 鹿島 孝洋:自動遊間測定装置,新線路, Vol.62, No.12, pp35-37, 2008
- 3) 糸井 謙介,長峯望,坪川 洋友,石川 智行:ドローンに よる撮影画像と画像処理を用いたレール遊間測定手法,電 気学会資料,TER-19-033,2019
- 4)糸井謙介,長峯望,坪川洋友,石川智行:ドローン撮影と画像処理によるレール遊間測定手法の実用化に向けた取組み,電気学会資料,TER-20-024,2020