

鉄道整備用ロボットによる安全点検に関する研究

日大生産工(院) ○神保 洋太 日大生産工 内田 康之

1. まえがき

現在の日本国内の鉄道のレール点検作業は、車両の走行試験などを除くとそのほとんどを保守技術員の目と耳に頼っており、表面をハンマーでたたき、打音によってレールの幅、ボルトのゆるみ、曲面の状態などを確認し、最終的に目視により安全を確認している¹⁾。点検箇所数に対する技術員の不足から、これから作業の自動化が求められている。

既往研究ではレール点検作業の一部工程の代行ができるロボットの完成を長期的な課題として設定し、ロボットが鉄道レールを移動するための走行機構を設計した。しかし、新たな課題としてロボットにレール点検作業に必要な機能の搭載が求められた。

そこで、点検作業の工程の一つである、レール近傍の危険物や保守点検作業員の置き忘れ工具等の異物検出作業の自動化に着手した。

本研究では、異物の検出手法の提案及び、提案手法の有用性について示す。

2. 走行ロボットについて

既往研究で設計をしたロボットを Fig.1 及び表 1 に示す。ロボットはモータにより駆動輪を回転させることで、レールの上を跨座式で走行する。機体の左右についた二本の案内輪はレールを挟み込むことで常にレールに沿った走行を可能にした。案内輪の左右間隔は、50 kg N レールに対応した 0.65mとした²⁾。ロボットの上部にあたる天板にモータのほか、センサなどを搭載することで用途に応じた機能の拡張を可能にした。また、天板を通じて複数の機体を連結させることで、複数の拡張機能を併用できる。本研究では、搭載する異物検出センサに関する検討結果について示す。

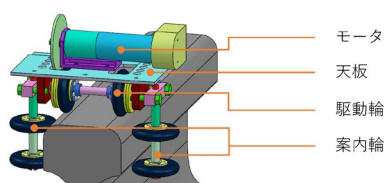


Fig.1 跨座式走行ロボット

表1 走行ロボット諸元

諸元表		
寸法・重量	全長(mm)	0.074
	連結時全長(mm)	0.131
	全高(mm)	0.121
	全幅(mm)	0.135
	質量(kg)	0.232
走行性能	速度(km/h)	2.4
	推進力(N)	16.0

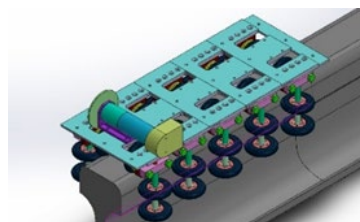


Fig.2 連結状態

3. 異物の検出手法

本研究では異物の検出に赤外線測距センサ VL53L5Xを利用する。センサの計測距離は4m、計測可能な角度は縦横45°となっている。範囲を縦横8×8のマトリクスに分割し、64個の距離データを取得できる。

本検出手法では水平な地面を基準とし、基準値に対しての凹凸具合により異物の有無を判定する。異物の検出範囲の目標をレールから周辺1mとする。この時、車体の走行高度とセンサの計測角度、水平面に対する凹凸を計測する手法を考慮し、1つの側面に対し検出範囲が異なるように2つのセンサを搭載した。それぞれの検出範囲は0m～0.3m、0.2m～1.5mとなる。

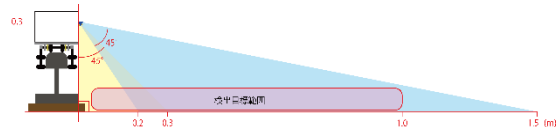


Fig.3 センサの検出範囲

4. 異物の検出実験

提案した検出手法の検証を行った。実験では床面に計測対象となる異物を配置し、赤外線センサにより距離を計測する。計測はそれぞれ5回行い、得られた値の平均値を検証に用いる。計測値と事前にキャリブレーション値として計測した値の差を計算し、マトリクス

同士で得られた値の差から異物の有無を判断する。そして、実験結果を基に検出手法の有用性を判断する。

4.1 《実験①》距離による検出精度の差異

距離の変化による異物の検出精度を確認した。計測対象に0.05m四方の立方体を用いた。計測距離を0.1mから0.1mごとに計測が可能な範囲まで行った。計測距離0.1m及び0.2mでは検出範囲0m～0.3mのセンサで計測を行い、それ以降は検出範囲0.2m～1.5mのセンサで計測した。

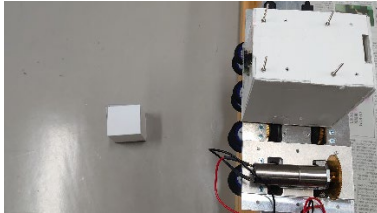


Fig. 4 実験①の様子

計測結果をFig. 5に示す。計測距離：0.1mでは中央のマトリクスに対象の異物と考えられる大きな凸部が存在し、最大0.053mの隆起が検出された。また、周囲のマトリクスには目立った隆起は見られなかった。測定距離：0.3mでは中央やや左奥で対象の異物と考えられる最大0.063mの隆起が検出された。また、計測距離：0.3m及び測定距離：0.5mにおいて最奥列のマトリクスに実在しない不自然な隆起が見られた。

この実験結果から、提案手法による計測では測定距離が近いほど正確な計測値が得られた。これは、計測距離が遠いほど計測するマトリクスの面積が広がり、角度の変化が大きいほど同マトリクス内でも計測距離に変化が出てしまうことが原因だと考える。

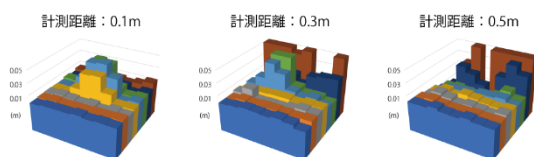


Fig. 5 計測結果①

4.2 《実験②》バラスト上での計測

実験①での結果を基に、検出範囲を0m～0.3mに限定し、床面にバラストに見立てた石をまき、実際の現場に近い状態で実験を行った。また、計測対象として0.05m四方の立方体のほかに厚み約0.024mのハンマーを加え実験を行った。はじめにバラストのみでの計測を行い、実験への影響を確認した上で、立方体、ハンマーの検出可能性を検証した。

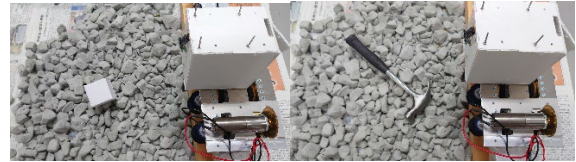


Fig. 6 実験②の様子

計測結果をFig. 7に示す。バラストのみでの計測ではところどころにバラストと考えられる最大0.01mの凹凸が見られたものの、通常の床面との差異は少なく実験への影響は少ないものだと考える。その後行った立方体を用いた計測では、異物と考えられる最大0.057mの隆起が検出し、先の実験①で得られたものとほぼ同一の結果となった。ハンマーを用いた計測では、バラストのみでの計測では見られなかった0.02mの隆起が検出された。事前に計測したハンマーの厚みやバラストの凹凸から、この隆起は異物であると考えられる。

この実験結果から、バラスト上であっても異物の検出は可能であると考えられる。しかし、今回の実験はバラストの凹凸を事前に計測していたものであり、事前の状態が分からなかった場合には、ハンマーの検出ができなかった可能性が考えられる。

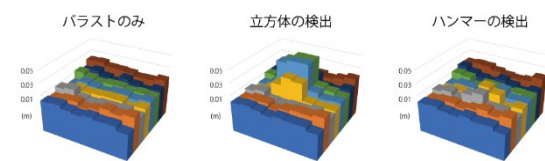


Fig. 7 計測結果②

5. 結言

本研究では、赤外線センサを用いたレール近傍の異物の検出手法を提案した。実験による結果から、提案した手法では有用性に課題が残る結果となった。今後は、赤外線センサ以外のセンサも用いることで多角的なデータから異物の検出精度を高める方法を検討する。

参考文献

- 1) 公共財団法人鉄道総合技術研究所, レール凹凸管理, (2021) <https://www.rtri.or.jp/rd/division/rd45/rd4530/rd45300105.html>, (参照2022-10-01)
- 2) JFEスチール株式会社, 普通レール, (2021) https://www.jfe-steel.co.jp/products/katakou/rail/rail_a.html, (参照2022-10-05)