

⑩路面電車における LiDAR センサを用いた 前方車両の検知手法の検討

交通システム研究部 ※望月 駿登 工藤 希 山口 大助

1. はじめに

路面電車では、運転士の目視運転により車両同士の衝突を防いでいる。(公財) 鉄道総合技術研究所が作成した鉄道安全データベースによると、2019 年から 2023 年までの軌道における衝突事故件数の半数程度は、運転士の思い込みや判断ミスによるものである¹⁾。このため、前方車両への接近を運転士に知らせることで、衝突事故件数を削減することができ、ひいては衝突事故に伴う運休や運行遅延を減らすことができる。そこで、運転士に対し前方車両に接近していることを知らせるために、レーザを照射して検知物体との相対位置を出力する LiDAR(Light Detection And Ranging)センサ²⁾を用いて前方車両を検知する手法について検討した。一方、LiDAR センサは検知物体が何であるかを認識できない。また、路面電車のカーブは一般的な鉄道のカーブに比べて急であるため、図 1 に示すように、車両が走行する位置のデータベースを車上にもち、かつ LiDAR センサを設置した車両(以下、自車両)の前方に前方車両の認識範囲(図 1 の水色)を設定した場合、前方車両以外の物体を前方車両として認識することが懸念される。

本研究では自車両の前方が直線区間と曲線区間において、LiDAR センサを用いて前方車両を検知する手法について検討した。実車を用いたデータにより本手法の実現可能性を検討した内容を報告する。

2. 前方車両の検知手法の概要

本手法では自車両の前方に設置した LiDAR センサにより前方車両を検知する。路面電車はレールの上のみを走行するため、自車両の位置を検知できれば、自車両が走行しようとする場所を設定できる。ここで、自車両が走行しようとする軌間の中心位置の群を走行路という。また、前方車両はこの走行路上に存在すると仮定できる。そこで、図 2 に示すように、本手法では自車両の位置を LiDAR センサの出力の原点と

し、車上のデータベースをもとに走行路(図 2 下図の緑色の線)を設定する。そして、設定した走行路の付近を前方車両の認識範囲とし、この範囲内に LiDAR センサの出力があれば、この物体を前方車両として認識することとした。ここで、走行路にキロ程のような 1 次元の位置情報のみを使用する場合、方向の情報がないため、前方車両が直線区間か曲線区間を走行しているかを判断できない。そこで、走行路は 2 次元の位置情報とし、本手法では緯度・経度を用いる。そして、車両が走行する位置のデータベースは、衛星測位の機器を用いて事前に測定したデータをもとに作成した。

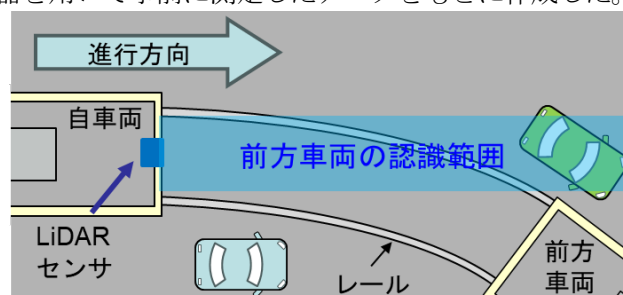


図 1 車両前方に検知範囲を設定した場合

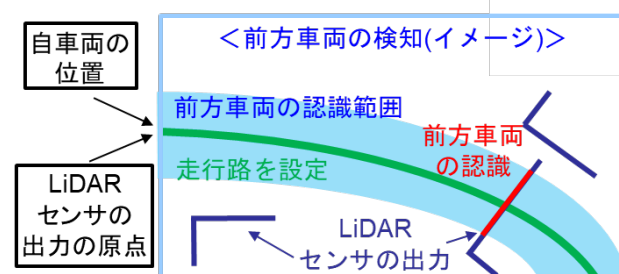
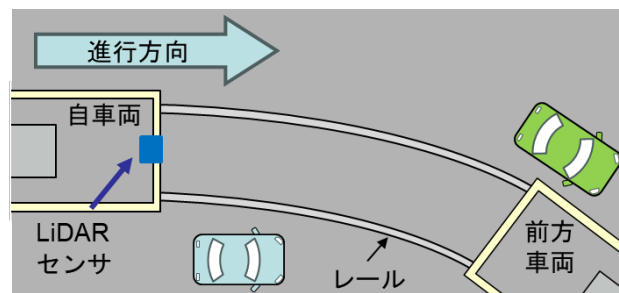


図 2 前方車両の検知手法の概要
上の図：自車両と前方車両の状況
下の図：前方車両の検知のイメージ

3. 検証条件と検証結果

3. 1. 検証条件

前述の検知手法を検証するにあたり、軌間の内側にある物体を前方車両として認識することとした。図3に示す二つの場面において、自車両が前方車両を検知可能かについて検証した。



(a) 自車両の前方が直線区間の場面

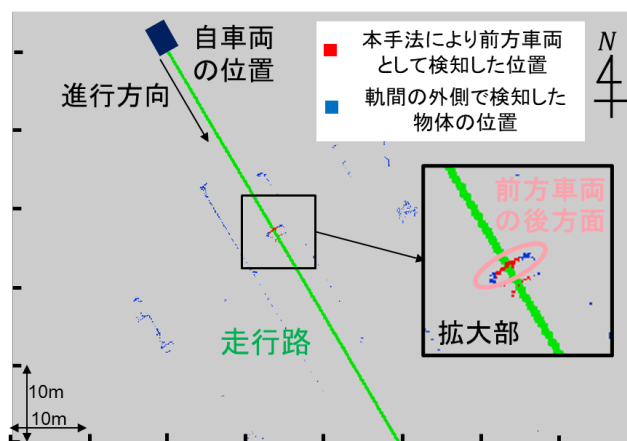


(b) 自車両の前方が曲線区間の場面

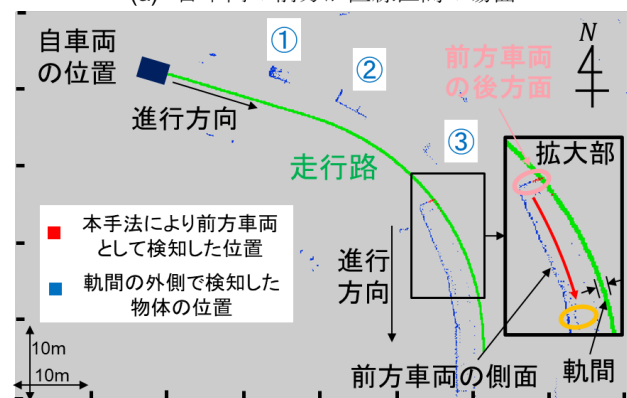
図3 前方車両の検知手法を検証する際の前方写真

3. 2. 検証結果

図3の各場面での前方車両の検知結果を図4に示す。ここで、図4の緑色は車上のデータベースを用いた走行路、赤色は前方車両として検知した物体の位置、青色は軌間の外側で検知した物体の位置を表す。図3(a)の赤枠に示すように前方車両が存在していることにに対し、図4(a)に示す前方車両の後方面の検知結果(以下、後方面)が赤色である。この結果から、自車両の前方が直線区間の場面では前方車両を検知可能であることを確認した。また、図3(b)に示す自動車①～③が軌間の外側にあり、かつ前方車両が存在している場合に、図4(b)の検知結果は検知物体のうち後方面のみが赤色である。この結果から、自車両の前方が曲線区間においても前方車両を検知可能であることを確認した。一方、緑色の走行路は軌間の中心位置の軌跡であるため、後方面の中心位置は走行路上にあると考えられるが、図4(b)では自車両の進行方向に対して走行路の右側にある。このため、図4(b)の拡大部において、前方車両が走行することで、検知した前方車両の側面に沿って後方面が移動するとした場合、後方面はさらに走行路の右側(図4(b)の橙色)で検知すると考えられる。この場合では、後方面が軌間の外側にあるため、前方車両として認識できない。これは自車両の前方に曲線区間があり、かつ検証するために算出した自車両の位置が実際の位置より後方であることから生じたものと思われる。



(a) 自車両の前方が直線区間の場面



(b) 自車両の前方が曲線区間の場面

図4 前方車両の検知手法の検証結果

4. まとめ

本研究では、路面電車の運転士に前方車両への接近を知らせるために、LiDAR センサを用いて前方車両を検知する手法を検討した。その結果、自車両の前方が直線区間であれば、前方車両を検知可能であることを確認した。一方、自車両の前方が曲線区間であり、かつ自車両の位置等が正確でなければ前方車両を検知できない場合があることを確認した。今後は曲線区間においても前方車両の検知を可能とする手法について検討していきたい。

謝辞

路面電車によるデータ取得は広島電鉄株式会社の協力を得て実施しました。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 鉄道技術推進センサー 鉄道安全データベース
<https://www.rtri.or.jp/tecce/>, 2025/6/9
- 2) 代理店メーカーサイト http://www.kobeseiko.co.jp/Livox_Horizon.html