

軌道に着目した路面電車前方の静止画像からの障害物検出に関する検討

Detection obstacles on track from a quiescent front view image of tram's

香取 照臣¹, ○立松 和也², 泉 隆³
Teruomi Katori¹, *Kazuya Tatematsu², Takashi Izumi³

Abstract: To support safety for tram's operation, we propose a method to detect the obstacles using extraction of tracks from a quiescent front view image. The favorites of tracks and obstacles express on bird's eye view, existing obstacles are judged large or small area because obstacles have height.

This method using an image is possible to detect obstacles both quiescence and moving, and the performance depends on detection of tracks(edge).

1. まえがき

都市部における道路交通の行き詰まりや高齢化社会への対応のため路面電車が再評価され、建設費の安さとも相俟って、欧米を始めとしてわが国においても既存路線の延伸や新規開業が計画されている。東京都でも銀座に路面電車を復活するための調査費用が予算計上されている。

路面電車の利便性は他の道路交通や歩行者と道路空間を共有することによるが、このことは鉄道ほど安全でないことも意味する。路面電車の車両は近代化されたが、安全確保の面では未だに運転士の目視に頼っている状況にある。

このようなことから、路面電車の運転席に設置したカメラから前方を撮影し、画像処理により障害物を検出して、安全運転の支援に役立てることを研究している。これまでは主に移動物体に着目し動画像を用いた障害物の認識を行ってきたが⁽¹⁾、自転車と障害物の双方が移動することから、位置情報の算出に困難を伴ったのも事実であった。

本論文では静止画像を対象とし、路面電車は軌道上しか走行できないという自由度の低さを逆に利用して、危険空間である軌道上のみに着目して、障害物を検出する方法について述べる。

2. 障害物検出の原理

路面電車は軌道上しか走行できないため、その前方画像にはほぼ軌道が含まれている。このため軌道を検出し、その周辺を重点監視すれば安全は確保できる。

路面電車にとっての障害物は前方随所に存在し、広義には将来自車と衝突する可能性のあるものも含む。

しかし最終的には走行を妨げる障害物とは軌道上に

存在するものだけであるため、検出の対象は撮影時現在に軌道上に存在するものだけとし、将来軌道上に侵入してくる可能性のあるものは除外する。

このことから本手法では、まず自転車の走行していく軌道を検出し、軌道を乱すものすなわち障害物が存在しないかどうかを判断する。画像中の軌道踏面には反射光が、溝部は凹みが暗くなっていることに着目し、エッジ検出を行うことで軌道候補を抽出する。抽出された、障害物を含む軌道を俯瞰図に変換し、障害物は高さを持つことから、俯瞰図上では地表に広い領域に投影される性質を利用し、俯瞰図上で一定の領域を超える面積を持つ場合に障害物が存在すると判定する。

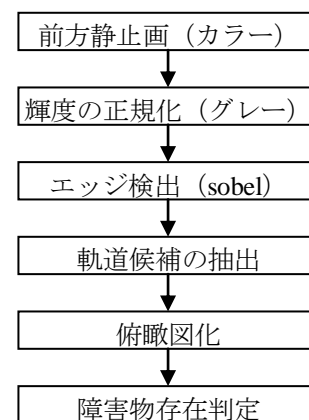


図1 障害物検出の流れ

3. 軌道上障害物の検出

図1に障害物検出の流れを示す。

<3・1>軌道候補の抽出

原画像は AVI 形式から変換した bitmap 形式で、RGB 各 256[階調]、サイズは 320*240[pixel]である。このカラー画像を(1)式により白黒濃淡画像に変換する。

1 : 日大短大・教員・基礎, 2 : 日大理工・学部・子情, 3 : 日大理工・教員・子情

$$g_{lay} = 0.3 * blue + 0.59 * green + 0.11 * red \quad (1)$$

撮影（照明）環境がエッジ検出の精度に影響を及ぼさないよう、画像の輝度の平均値をもとに輝度の正規化を行う。

エッジ検出とは画像の中で濃淡が急激に変化している部分を抽出することである。軌道踏面には反射光が、溝部は凹みが暗くなっていることに着目し、輝度が正規化された画像に対し Sobel operator によりエッジ検出を行い、画像の下端から発生する線を追跡することで軌道候補を抽出する。エッジ検出から軌道候補を抽出した画像を、図 2 に示す。

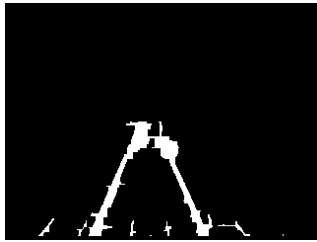


図 2 軌道候補

<3・2>俯瞰図への変換

上空から見た俯瞰図への変換とは、カメラから得た画像内の位置 ((u,v) の 2 次元座標) を実空間での位置 ((x,y,z) の 3 次元座標) に変換することである。2 次元座標を 3 次元に変換するためには基準とする対応点が必要だが、軌道の敷設高は z=0 である性質を利用して、俯瞰図を作成する。

図 2 を俯瞰図に変換した画像を、図 3 に示す。



図 3 俯瞰図

<3・3>障害物存在の判定

俯瞰図上において、障害物は高さを持つことから地表に広い領域に投影（変換）される。このことから、俯瞰図上に一定の領域を超える面積が存在する場合に障害物が存在していると判定する。障害物が存在しない場合は俯瞰図上には軌道のみが抽出されており、その面積も小さい。

障害物の存在判定を行い原画像に重ねた結果を、図 4 に示す。画像中の緑の部分は軌道、赤の部分は障害物を意味する。

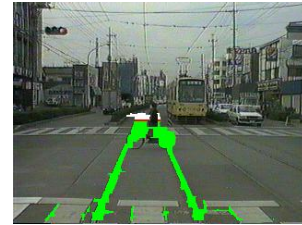


図 4 障害物の存在判定結果

4. 結果と考察

本手法を 1 シーン 618 枚の画像に適用した判定結果を、表 1 に示す。

表 1 障害物存在の判定結果

目視\本手法	障害物あり[枚]	障害物なし[枚]
障害物あり[枚]	308	64
障害物なし[枚]	131	115

正答率は 68.4[%]となっているが、しきい値の設定により変化する。個別の画像について障害物の見落としや誤検出の原因を検討するのは今後の課題である。

本手法は静止画を対象とするため、障害物の移動・静止に関係なく検出が可能である。一方、エッジ検出による軌道の抽出が重要であり、撮影（照明）環境に依存しないエッジ検出としきい値の設定が重要である。

5. まとめ

路面電車の安全確保のために、前方画像からの軌道抽出を利用した障害物検出方法を検討した。軌道と障害物の候補を俯瞰図上に表現し、高さを持つ障害物の領域面積から障害物の有無の判定を行った。

本手法の特徴として、静止画を対象とすることから、障害物の移動・静止に関係なく検出が可能であることが挙げられる。一方、結果は軌道（エッジ）検出の精度に依存することから、この部分の検討が重要である。

今後の課題として、軌道の確定法を検討すること、個別の画像に対する正誤判定の原因を検証し、正答率を向上することなどが挙げられる。

文 献

(1)Hiroyuki MIYAYAMA, Takeshi OHYA, Teruomi KATORI & Takashi IZUMI, “Obstacle recognition from forward images from trams”, Computers in Railway XI, pp.617-627, WIT Press(Sep/2008)