

# マルチレーザースキャナーを用いた交通空間における移動物体の検知・識別

Objects detection and classification in traffic scenes by using multiple laser range scanners

学籍番号 46813

氏名 岩田 一祥 (Kazuyoshi Iwata)

指導教員 柴崎 亮介 教授

Keyword: 障害物検知 レーザースキャナー 背景遮蔽

## 1 研究の背景と目的

近年、接触事故の軽減を目的として、踏切内における様々な移動物体（歩行者・自転車・車など）検知の需要が高まってきている。現行の障害物検知器は列車の接近時に自動車等が踏切内にあると、障害物と検知して列車を停止させる機能を持っている。この検知器は踏切内を光ビームでカバーしており、いずれかの光ビームが遮られた場合、障害物があるものと判断する。しかしながら、自動車より小さな歩行者や二輪車に対して光ビームを遮らないケースがあるため、検知することは難しい。そして、踏切内における大きな物体（乗用車等）と小さな物体（歩行者や自転車）の違いを認識させることで、遮断棒降下時に歩行者等が無理に踏切内を横断した場合は、踏切内の音声発生器で注意喚起にとどめるなどの対応により、鉄道会社は不必要な緊急停車や事故を避けることができる可能性がある。

こうした課題を解決するため、ビデオカメラによる障害物検知の研究が主流だが、十分な検出精度を達成できるとはいえない。例えば、計測範囲が狭い、天候等の光学条件の変化に弱いなどの理由が挙げられる。これに対してレーザースキャナーは高解像

度、広範囲に渡る計測が可能であり、光学条件の変化に左右されないといった利点を持つ。竹内らは、現行の障害物検知器では検知困難な小さな移動物体検出の基礎的研究を行っている[1]。

しかし、レーザースキャナーは対象物の素材や色によっては明確な反射波を得ることができない。そのため、透明度の高い物体や、黒・青等のレーザーを吸収する波長帯の物体等の検知は行われてこなかった。

これに対して本研究では、レーザーからの反射波のアピアランス情報に依存しない物体検知手法を提案する。レーザースキャナーが物体を検知することにより、物体の影にかくれる背景が存在する。「その遮蔽背景部分からレーザースキャナーの間に物体が確実にある」という情報を用いて反射波が得ることの難しい物体を検知する。

## 2 障害物検知手法

### 2-1 使用するセンサ

SICK社のレーザースキャナーを用いる。このセンサは、光飛行時間法を用いてセンサから物体までの距離を計測するものであり、高精度計測（誤差4cm）、広範囲計測（180度）、長距離計測（30m）が可能とい

う利点を持つ。また、0.5 度の高角度分解能を持つ。周波数は 37.5Hz、レーザー光の波長は 905 nm（近赤外）である。本研究では、レーザーの投光する高さに応じた水平断面で、静止物体・移動物体を含むレンジデータを取得する。

## 2-2 複数のレーザーの統合

本研究では広範囲をカバーするため、そして検知エリアの遮蔽領域を最小化するために、複数のレーザーセンサーを用いて計測を行う。それらの統合は、それぞれのセンサーが同一の水平面を計測していると仮定し、xy 方向のシフトおよび回転を扱うヘルムート変換で行う。

## 2-3 移動物体の抽出

一定時間（80frame）、レーザーの回転方位ごとに距離を記録する。そしてそれぞれの角度の点群分布を調べ、頻度の高い部分を背景とみなす。（学習段階）

レーザーから得られるレンジデータと、この背景データの差分をとり、背景データから閾値（0.2m）以内の変化は背景、それ以上の変化は移動物体の点とし、移動物体だけを抽出する。（認識段階）

## 2-4 移動物体の識別手法

最初に、二点間の距離が閾値以内となる点を同一クラスに属するものとみなし、再帰的に全データのクラスタリングを実現し、一つの移動物体と認識する。閾値を 50 cm とした。次に、一つの移動物体とした点群の重心と 2 軸の標準偏差を算出し、適宜閾値を設けることで、歩行者・自転車・車を識別する。これにより、小さな物体も検知可能となる。図 2 にレーザーセンサーが検知した移動物体の検知形状を示す。レーザーセンサーは 0.5 度の高角度分解

能を持つため、移動物体の形状を正確に捉えていることが分かる。対象物固有の形に基づきクラスタリングすることで、歩行者・自転車・車を識別可能となる。

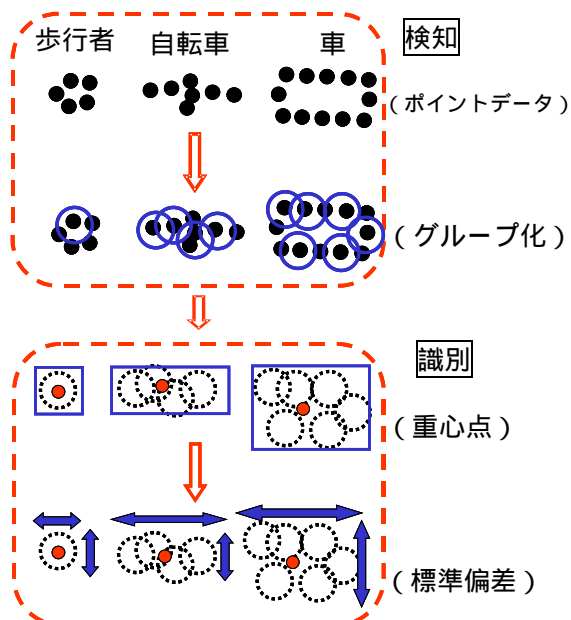


図 1 移動物体識別フロー図



図 2 移動物体の検知形状

しかし、透明度の高い物体や、黒・青などの暗い色の物体、そして、レーザーの照射角度によって鏡面反射が起こった場合は、明確な反射波が得られず、データを取得できない場合がある。（図 3）。ポイントデータに依存したクラスタリングでは車などの大きな物体を自転車と誤検知する場合がある。以上のことから、ポイントデータの見え方に依存しない検出方法が必要である。



図 3 レーザーを用いた検知に関する課題点

### 3 外見情報に依存しない検知手法の開発

#### 3-1 移動物体による背景遮蔽

計測範囲に物体が何も無い場合は、レーザーは背景を照射する。そして、計測範囲に物体がある場合、レーザーは背景と移動物体を照射するため移動物体の影となった背景部分は照射されない(図4)。これは、黒い車にも同じことが言える(図5)。たとえ対象物がレーザーを反射しにくい物体であっても、レーザーは物体を透過することはないので背景はその対象物の形状の影により照射されない。このように、前もって背景データを学習していれば、あるフレームで背景が消えた場合(背景遮蔽)はレーザーと背景の間に物体が存在するという、対象物の素材や色に依存しない情報を得ることができる。

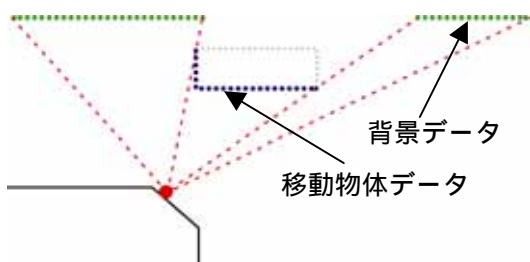


図4 黒い車以外のレーザーデータ

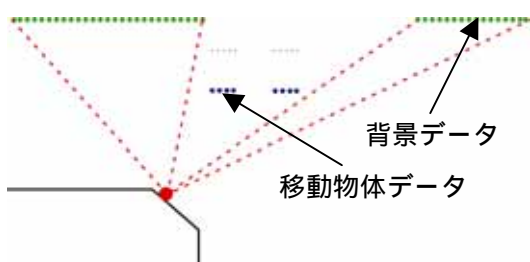
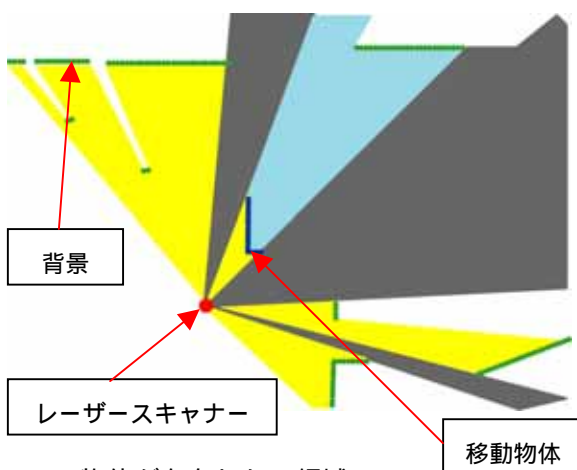


図5 黒い車のレーザーデータ

#### 3-2 背景遮蔽から存在領域の特定

3-1 で述べた通り、学習段階で背景を捉えていたある角度  $\alpha$  のデータが、認識段階に

おける時刻  $t$  で移動物体を捉えた場合、計測値および「状態」が変化するとみなすことができる(状態遷移)。得られたデータの状態遷移に着目することで、物体の存在情報を得ることができる。レーザーセンサーが物体を検知した場合、レーザーセンサーと物体の間には他の物体は確実に存在しない。そして、物体と背景の間は物体の影になることからその他の物体が存在するか・しないか判断できない。このように、計測範囲を、「物体が存在する領域」、「存在しない領域」、「どちらか判断できない領域」に分けることが可能になる。そして、この存在情報を複数のレーザーを用いて重畳することで、「判断できない領域」を「ある領域」、「ない領域」で上書きし、物体の存在範囲を絞っていく。判断できない領域(存在候補領域)の中には必ず物体を検知した点に接する領域があり、それが物体の存在位置(存在領域)となる。



物体が存在しない領域

どちらか判断できない領域

移動物体を含んだ(物体がある領域)

どちらか判断できない領域

図6 1台のレーザーから得られる存在位置情報

### 3-3 物体存在領域からの形状復元

3-2 で得られた物体存在領域を用いて、明確な反射波が得ることのできない対象物に対して形状を復元する。満たすべき条件は次の3つである。復元物体は存在領域内にある。復元物体の境界線上に、レーザーが検知した点群が必ずのっている。復元する物体の対象は、明確な反射波が得られない場合が多い「黒い車」とする。

重心から存在領域の端まで、長方形（復元する車両の前面の境界）をスライドさせていき、この長方形内に観測されたデータがいくつ入るかを計算していく。この長方形に含まれる点群が多いほど、観測値に合う尤もらしい車両前面の境界となる。

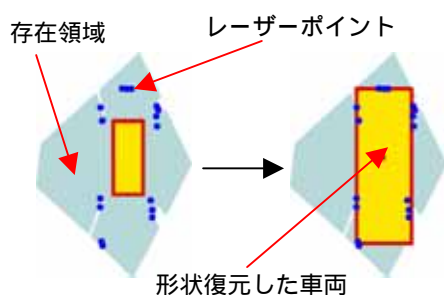


図7 形状復元

## 4 提案する検知手法の実証実験

### 4-1 実験場所

実験場所は、幅員 8m、踏切長 19.3m、と比較的大きな踏切で実験を実施した。

### 4-2 結果と考察

1 台のレーザーから得られる存在情報を複数用いて重畳し、物体の存在領域を絞り込むことができた。そして、存在領域内において、明確な輪郭を構成していないレーザーデータの点群から、黒い車の形状を復元することに成功した。これにより、ポイントデータの見え方に依存しないロボットの移動物体の検知・識別を可能にした。

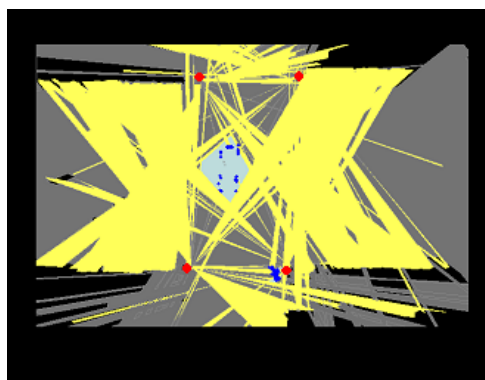


図8 存在領域の特定

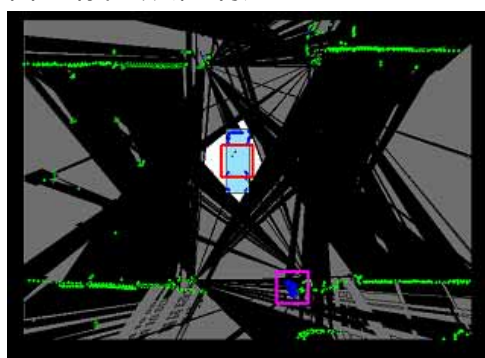


図9 黒い車の形状復元

実験では、1時間の計測で踏切を通過した車は421台であった。その中で黒い車は8台であった。その8台の踏切通過合計時間は34秒(1258フレーム)であり、そのうちの0.5秒間(18フレーム)に誤検知を確認した。よって、本研究の提案する手法の黒い車の検知率は98.6%であることが分かった。本研究で提案する手法は様々な交通空間にも応用できるため、混雑している状況でどれだけ検知できるか等、様々なケースにおける有効性を検証する必要がある。

### 参考文献

- [1] 竹中寛人、所沢鉄正、三木寛、柴崎亮介、趙卉菁、中村克行、歩行者自動追跡機能を有するレーザー・レーザー式踏切障害物検知に関する研究、"電気学会論文誌 D (産業応用部門誌)", vol.125-D, pp.321-328, 2005.
- [2] D.Streller, K. Furstenberg, and K. Dietmayer, "Vehicle and object models for robust tracking in traffic scenes using laser range images" IEEE 5<sup>th</sup> International Conference on Intelligent Transportation System, pp. 118-123, September 2002.