

車載測距センサを用いた近傍車両の車両種判定

出水利治^{†1} 中村嘉隆^{†1} 木谷友哉^{†2} 稲村浩^{†1}

概要: 2020年度を目処に、自動運転車の商品化に向けた開発が活発に行われている。自動車自身が周辺状況をセンシングし、自動的に運転行動の決定を行う完全自動運転の実現は、交通事故防止など、交通社会やドライバーに大きな利益をもたらすことが予想される。近年、四輪車による自動運転に関する研究は活発に行われているが、二輪車と四輪車が混在する環境における検討は少ない。本研究では、自動運転時における二輪車接近時の危険性に着目する。四輪車に設置した測距センサを用いて二輪車の検知をすることにより、近傍二輪車の挙動推定の精度向上をめざす。本稿では測距センサを用いた周辺車両検知システムを構築し、基礎実験を行い有効性を確認する。

キーワード: 自動運転, 安全運転支援, 二輪車, 位置推定

1. はじめに

自動車自身が自律的に周辺状況をセンシングし、自動的に運転行動の決定を行う完全自動運転は、交通渋滞の解消や、交通事故の根絶など、社会やドライバーに多大な利益をもたらすことが予想され、その実現が高まっている。官民ITS構想・ロードマップ[1]によると、自動運転機能を搭載した自動車の市場への投入期待時期は2020年を目処とされており、5~10年先の近い将来にも自動運転社会が到来しつつある。しかし、2018年7月、日本の自動車保有台数は約8170万台にもものぼるため、全ての自動車が自動運転車に一斉に移行することは困難であり、自動運転車と手動運転者が混在する過渡期が長期に渡ると予想される。特に、二輪車についてはその趣味性から自動運転に対応しない車両が相当数残ることが予想される。自動運転車・手動運転車の混在時期には、自動運転車は周囲を走行している手動車の挙動も周辺環境の一要素として検知・予測し、それらに対応した走行を行う必要がある。本稿では、SAE Internationalが策定した自動運転レベル[2]に基づき、レベル3以上を自動運転車とする。

現在、自動運転車の事故防止のための研究が多くなされている。しかしこれらの研究の多くは自動運転車周辺の障害物や、周辺を走行している四輪車を対象としている。二輪車は四輪車に対して車体構造や挙動の点で大きな違いがあるため、四輪車を対象とした安全運転システムをそのまま二輪車に適用することは難しい。また、この目的について、二輪車そのものを対象とした研究は[3][4]はあるが、四輪車が二輪車を対象とした研究は少ない。現在でも二輪車事故は多く発生しており、二輪車事故の7割は二輪車ライダーが受傷などの被害を受けている。また全ての交通事故での重傷者の3割は二輪車乗車中に受傷している[5]。また、二輪車事故は出会い頭事故、右折事故の順で多く発生しており、それらの要因の8割以上が相手車両の発見の遅れであると言われている[5]。これらの二輪車事故を防止するた

めには、四輪車ドライバーの死角に存在する二輪車の位置や速度についての情報を四輪車がドライバーに通知することで二輪車の見落としを軽減することが必要である。

本研究では、自動運転で検知が必要となる周辺状況の一つである二輪車を含めた周辺車両の位置を推定し、その車両種の判定を行って、二輪車との接触の危険を回避することを目的とする。車載測距センサを用いて周辺車両の位置を推定しながら車両種の判定を行う手法の検討を行う。実際の車両種判定においては、安価で導入コストの低い測距センサを用いることが望ましいが、本稿ではまず、精度の高い測距センサであるレーザレンジファインダ(以下LRFと呼ぶ)を使用した周辺車両検知システムを構築し、基礎実験を行ってその有効性を確認する。

2. 関連研究

2.1 運転支援システムに利用されるセンサ

運転支援システムとして、衝突防止用の自動ブレーキシステムに関する研究[6][7]や車間距離計測による車間距離制御機能付きクルーズコントロール(Adaptive Cruise Control System, ACC)に関する研究などがある[7]。クルーズコントロールの車間距離計測装置としては、ミリ波レーダー、ステレオカメラ、LRFを搭載するシステムがある。ミリ波レーダーは、雨、霧、雪などの天候に強く、ドップラー効果を用いることで、対象物との相対速度を検出できる利点がある一方で、検知できる範囲がLRFに比べて狭いという特徴がある。ステレオカメラは、2つのカメラの映像の視差を使って車間距離や歩行者の検出を行うものであり、カメラ映像として多くの情報を収集できる利点がある一方で、遠方の物体の距離計測精度が低い問題や、悪天候時にうまく動作しない問題がある。車間距離計測用のLRFは、レーザーパルスを出射し、反射されたパルスを検出するまでの時間により距離計測を行っている。計測可能距離は100m以上、走査範囲は、前方の水平方向±10数度の範囲をカバーしている。さらに、水平方向

^{†1} 公立はこだて未来大学 システム情報科学部
^{†2} 静岡大学 大学院総合科学技術研究科

だけでなく、これにより自動車のピッチ運動や路面の起伏等に対応した上で、路面、案内標識、車両を識別して検出することを可能としている。

2.2 LRF を用いた車両認識

LRF を利用した車両の検出では、カメラのような撮影条件に依存しない幾何形状データが得られ、走行速度や走行経路が変動する場合でも GPS や INS(慣性航法装置)などから位置情報得が得ることで形状データに容易に反映することができる。測距センサは一度の計測で二次元の領域をスキャンできるものも存在するが、一般に二次元領域の計測にはある程度の時間を要する。小野[8]は走行と計測を同時に行うため、計測時間の短い一次元領域のラインスキャンを繰り返すことによってデータ取得を行なっている。LRF は実験車両の進行方向に対して左側に設置し、鉛直方向にラインスキャンを繰り返す。実験車両が走行するにしたがって一次元の鉛直な距離データが連続的に得られ、そこから側面シルエット形成し車両を検出する。しかし、文献[6]での実験ではレーザーの照射される空間に存在するオブジェクトは全て静止していたため、実際の道路走行を想定した場合はレーザーの照射される空間内に速度を持ったオブジェクトが存在している場合についても検討する必要がある。そのため静物体、動物体、および動物体の中でも速度の異なる物体についての分離が必要である。

2.3 LRF を用いた移動体の追跡

移動ロボット自らが周囲環境をセンサにより観測し、移動物体を認識してそれを追跡するセンシングシステムは、ロボットの衝突回避や協調行動などを実現する上で不可欠な機能である。これまでステレオ視や LRF などを用いた方式が提案されている[9][10]。LRF の視野は限られていることから、ロボットの全周囲に対して移動物体を検出・追跡するには複数の LRF を搭載する必要がある。松井ら[11]は、搭載した複数の LRF により複数の移動物体を高精度かつ、効率的に検出・追跡するシステムを構築することを目的としている。各 LRF により分散的に算出した移動物体検出・追跡情報を統合することで、精度よく移動物体の検出・追跡を行う手法を提案している。しかしこの実験では移動ロボットが室内環境下で静止している状態での有効性を示しているため、屋外かつロボット走行中の移動物体を検出・追跡への対応を行う必要がある。

3. 提案手法

本研究では、SAEInternational の策定した自動運転レベル[2]に基づき、レベル 3 以上を自動運転車、レベル 2 以下を手動運転車と定義する。自動運転車において、二輪車を含む手動運転車の挙動を検知するために、測距センサを用いた近傍車両種判定システムを提案する。車両に測距センサを搭載し、近傍車両の検出を行う。その後、検出した車両がどのような車両種であるかを判定する。本提案では、四

輪車と二輪車の相違を判定する。測距センサを用いているため、本システムによって四輪車から二輪車までの位置、距離を正確に計測できることになる。本稿では、車両位置推定の前段階として四輪車に搭載した LRF を用いて車両検知、車両種の相違を考察する。

車両種判定については、ステレオカメラを用いた車両認識手法と LRF を用いた車両認識手法が存在する。ステレオカメラを用いた場合、距離情報の精度が十分に高くすることができないため、四輪車の近傍車両である二輪車の形状把握に適していない。そこで、距離情報を高精度に取得でき、車両形状の認識も可能な LRF を用いた手法を用いる。

3.1 近傍車両の検知

実験車両の左前後側面に LRF を搭載した。スキャン範囲を実験車両本体を含まない外側 180°に設定する(図 1)。これによって後方から車両横まで接近した車両を捉えることができる。本稿では静止している路上障害物については考慮しない。2つの LRF を使い、後方 LRF に移動体を発見すると車両検知と判定する。文献[12]より自動車のヘッドライトの高さが 0.5~1.2m の位置にあるため、車両の側面がこの間に存在する。これより、地表から 0.75m の位置にセンサを車体外側に車両を捉える方向に水平に取り付ければよい。

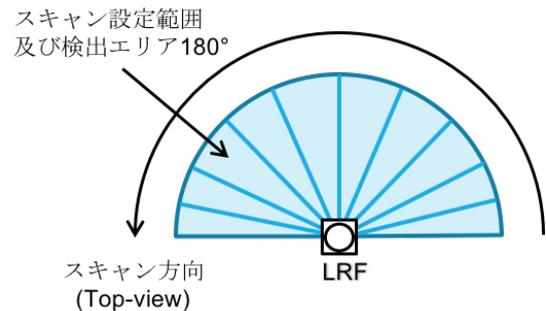


図 1:URG のスキャン範囲

3.2 車両判別

図 2 にスキャンイメージを示す。近傍車両を 2 つの LRF でスキャンする。1 回のスキャンで車両の全長、全幅、車両の特徴を把握することが可能であれば、それを連続してスキャンすることで車両種を把握することも可能となる。車両の寸法は排気量によって定められており、連続して車両の形状をセンサデータから取得し、車両寸法情報と取得した車両形状情報とがマッチングした場合、車両種判別が可能となる。

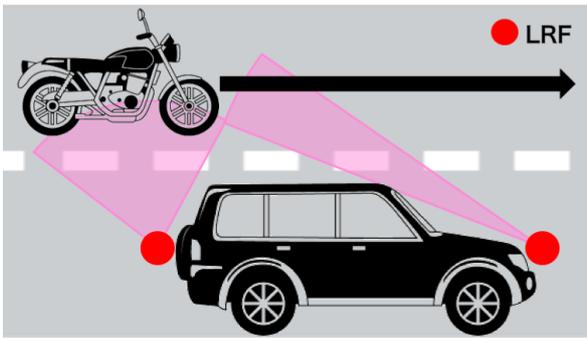


図 2: スキャンイメージ

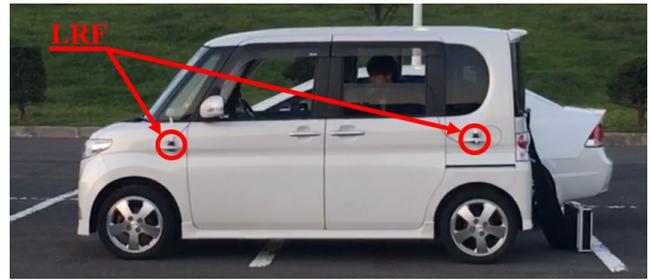


図 4: センサの取り付け位置

4. 走行実験

高速に移動する車両に対して、LRF が車両種判定に必要なデータを取得することができるかを確認する。どのような速度に対してもセンサデータから車両の形状が変わりなく得ることが可能であれば LRF を用いた自動車検出は有効であると言える。

4.1 実験環境

走行実験は 2017 年 9 月公立はこだて未来大学の駐車場で行なった。天気は曇りであり、本稿で扱う LRF の使用周囲照度 10,000lx 以下であった。対象車両として、四輪車、オフロードタイプの二輪車を用いる。車両スペックを表 1 に示す。

表 1: 対象車両の寸法

車種名	車両種	全長/mm	全幅/mm	全高/mm
ダイハツ MAX	四輪車	3395	1475	1550
ヤマハ セロー225	二輪車	2070	805	1140

4.2 使用機器

本実験では、LRF は北陽電機製造の LRF である URG-04LX-UG01 (図 3) を 2 つ使用した。この LRF 検出物体の位置、サイズを正確に把握でき、100ms/scan の高速走査で、検出物体の移動方向を把握することができる。LRF の取り付けを図 4 に示す。URG-04LX-UG01 の仕様を表 2 に示す。スキャンデータ取得には UrgBenriPlusVer.2.2.0 というソフトを使用した (図 5)。



図 3: URG-04LX-UG01

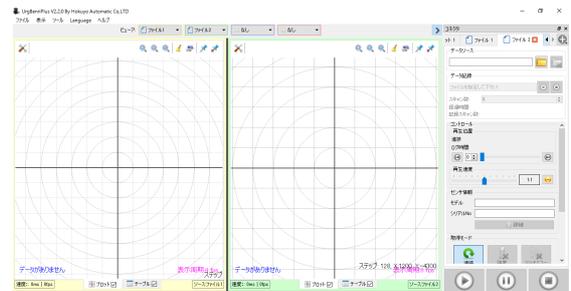


図 5: UrgBenriPlusVer.2.2.0

表 2: URG-04LX-UG01 の仕様

消費電力	500mA 以下
光源	785nm
測距範囲(距離)	0.02~5.6m
測距範囲(角度)	240°
測距精度	1~4m : 距離の 3%
測距分解能	約 1mm
角度分解能	ステップ角: 約 0.36°
走査時間	100ms/scan
使用周囲照度	太陽光: 10,000lx 以下
質量	約 160g

表 3: 自動車の寸法規格

車両種	全長/m	全幅/m	高さ/m	ヘッドライト位置/m
軽自動車	3.4	1.48	2.0 以下	0.5~1.2
小型車	4.7	1.7	2.0 以下	0.5~1.2
普通車	12.0	2.5	3.8 以下	0.5~1.2
軽二輪	2.5	1.3	2.0 以下	1.2 以下
二輪小型	4.3	1.6	2.0 以下	1.2 以下

4.3 実験シナリオ

停止している実験車両の左側を判定対象車両である四輪車・二輪車が通過する際に LRF から得られた距離情報を取得する。対象車両は、時速 10km, 30km, 50km の 3 段階の速度で通過する。

4.4 予備実験-四輪車

判定対象車両が四輪車である場合のスキャンデータを図 6 ~ 図 8 に表す。近傍車両と実験車両が真横に並んだ際

に取得した距離データである。各グラフにおいてグラフ左側が実験車両後方の LRF から取得したデータであり、右側から取得したデータが前方の LRF である。グラフが湾曲しているのは、LRF が弧を描くようにスキャンしているため、対象車両の側面を照射していることを示している。

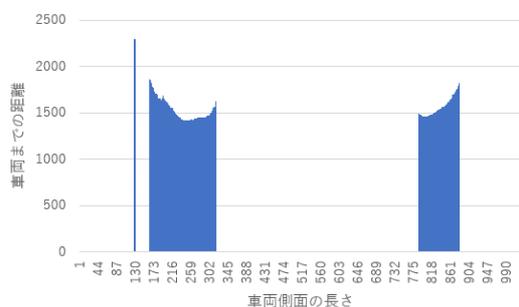


図 6: 時速 10km 時のスキャンデータ(四輪車)

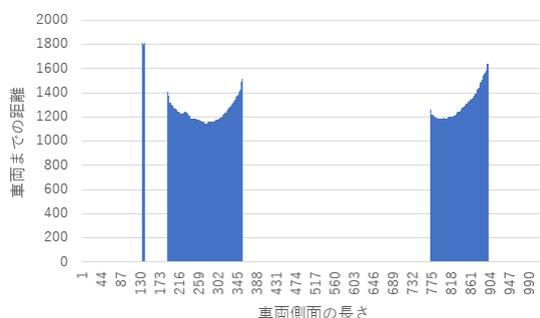


図 7: 時速 30km 時のスキャンデータ(四輪車)

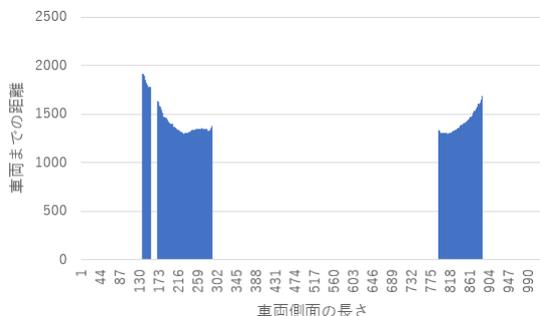


図 8: 時速 50km 時のスキャンデータ(四輪車)

4.5 予備実験-二輪車

判定対象車両である場合の二輪車のスキャンデータを図 9 ~ 図 11 に表す。4.4 節同様走行車両と真横に並んだ際のデータである。四輪車の場合と同様にグラフ左側が実験車両後方であり、右側が前方の LRF から取得したデータである。グラフの特徴として特に前方の LRF において二本に割れた形に計測されている部分が見られる。これは二輪車のタイヤをスキャンし、タイヤの間のフレーム部分がスキャンできていなかったことを表す。また二輪車は速度が早くなるにしたがってグラフが細くなっている。これは二輪車の複雑な形状から、うまくスキャンが行えていなかったことを示す。

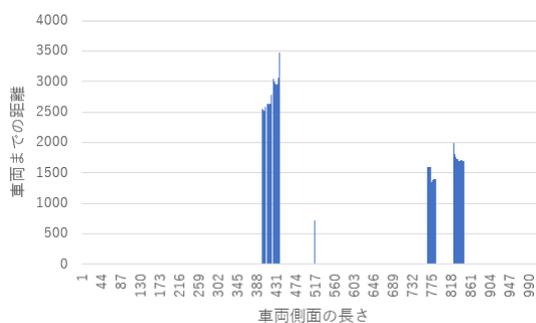


図 9: 時速 10km 時のスキャンデータ(二輪車)

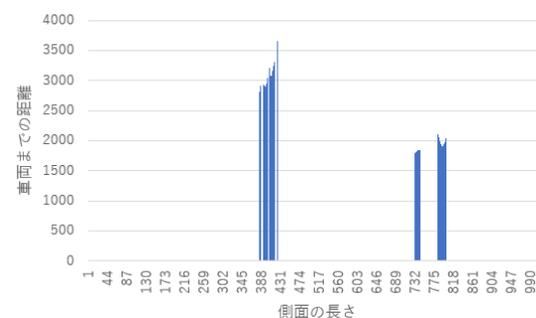


図 10: 時速 30km 時のスキャンデータ(二輪車)

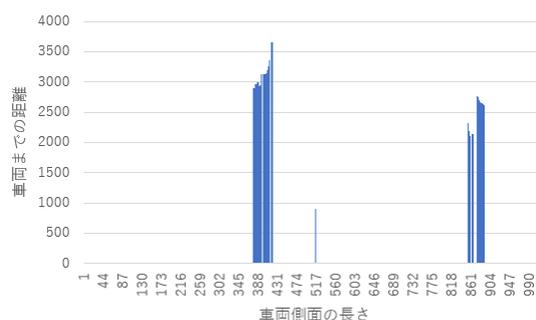


図 11: 時速 50km 時のスキャンデータ(二輪車)

5. 考察

四輪車のスキャンでは、速度に関係なく車体の側面をスキャンすることが可能であることを確認した。そのため、車両の大きさと車の特徴を把握することができる一般的な四輪車と考えられる。一方、二輪車のスキャンでは、車体が四輪車と比べ、側面が複雑になっているため、速度が速くなった際、正確なデータが取得できていない部分が観測できた。この点については異なる二輪車データを取得し、二輪車の特徴を押さえる必要がある。これら予備実験データから、二輪車と四輪車の 2 パターンについては大きく異なるデータを得ることができたため車両種判別については可能であると考えられる。

6. おわりに

本稿では、車載側域センサの LRF を用いた車両種判別を行うための走行実験を行い、高速で移動する四輪車と二輪車のスキャンデータについて、それぞれの特徴が得られた

ため、車両種判別において LRF を用いることの有効性を示した。今後は、スキャンデータを元に車体のサイズ、車体の特徴を抽出し、車両種判別のシステムを構築することを目的とする。また、今回は LRF を用いた走行実験を行なったが、光原などの出力より太陽光の考慮が必要である。また別の測距センサを用いた走行実験を行うことで、安価で導入コストの低い測距センサを用いた、最適な車両種判別方法を検討する。

参考文献

- [1] 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部・官民データ活用推進戦略会議：官民 ITS 構想・ロードマップ 2017, (オンライン) 入手先
〈<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20170530/roadmap.pdf>〉 (参照 2017-10-05)
- [2] automated driving : SAE International, (オンライン) 入手先
〈https://www.sae.org/misc/pdfs/automated_driving.pdf〉 (参照 2017-09-23).
- [3] シクロワイアード：車両の接近を察知するレーダー搭載テールライト, (オンライン)入手先
〈<http://www.cyclo wired.jp/lifenews/node/185368>〉 (参照 2017-09-23).
- [4] BOSCH：モーターサイクル用モビリティソリューションズ, (オンライン)入手先 〈http://www.bosch-motorcycle.jp/ja/jp/assistenzsysteme/assistance_systems_2.html〉 (参照 2017-10-20).
- [5] 交通事故総合分析センター：二輪車事故の特徴, (オンライン) 入手先
〈<http://www.itarda.or.jp/itardainfomation/info91.pdf>〉 (参照 2017-10-05) .
- [6] トヨタ自動車：トヨタの安心安全技術, (オンライン) 入手先 〈https://toyota.jp/anzen_anshin/〉 (参照 2017-09-23).
- [7] SUBARU：アイサイトオーナーズサポート, (オンライン) 入手先 〈<https://www.subaru.jp/safety/eyesight/>〉 (参照 2017-09-23).
- [8] 小野晋太郎：車載レンジセンサによる自車速度推定と駐車車両認識, 東京大学情報理工学系研究科修士論文 (2003).
- [9] 白井良明, 三浦純：複雑背景における人の追跡, 情報処理学会論文誌：コンピュータビジョンとイメージメディア Vol.43. No.SIG04(CVIM4pp.33-42)(2002).
- [10] 金井隼人, 本多晃司, 西川昌宏, 江上正：レーザレンジファインダを用いた移動体の位置推定, 第 53 回自動制御連合講演会論文集, pp.1103-1104 (2010).
- [11] 松井洋介, 橋本雅文, 高橋和彦：複数レーザレンジセンサによる移動物体検出・追跡法, 第 49 回自動制御連合講演会論文集(2006)
- [12] 国土交通省：道路運送車両の保安基準, (オンライン) 入手先 〈<http://www.mlit.go.jp/common/001056415.pdf>〉 (参照 2017-09-23).