IEICE Technical Report
BioX2017-48,PRMU2017-184(2018-03)

LiDARで計測した車両周辺環境の違いに応じた歩行者検出難易度の推定に関する初期検討

久徳　遙矢† 　川西　康友† 　出口　大輔††
井手　一郎† 　加藤　一樹††† 村瀬　洋†

† 名古屋大学大学院情報学研究科〒 464–8601 愛知県名古屋市千種区不老町
†† 名古屋大学情報連携統括本部情報戦略室〒 464–8601 愛知県名古屋市千種区不老町
††† 株式会社デンソー〒 448–8661 愛知県刈谷市昭和町 1–1
E-mail: †kyutoku@murase.is.i.nagoya-u.ac.jp

あらまし　車載センサを用いた歩行者検出結果は，実環境において，依然として検出精度に改善の余地がある．そこで我々は，未検出や誤検出が存在する可能性を，検出器から見たその環境に対する「難易度」として推定するシステムを提案する．本稿ではその初期検討として，LiDAR から得た点群データ及び点群用歩行者検出器を用い，様々な環境における難易度の算出手法について検討した結果を述べる．
キーワード　歩行者検出，LiDAR，難易度推定，ITS

A Preliminary Study on Estimating the Di culty of Pedestrian Detection Adaptive to Vehicle Surrounding Environments Measured by LiDAR

Haruya KYUTOKU†, Yasutomo KAWANISHI†, Daisuke DEGUCHI††,
Ichiro IDE†, Kazuki KATO†††, and Hiroshi MURASE†

† Graduate School of Informatics, Nagoya University,
Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya-shi, Aichi, 464–8601 Japan
†† Strategy O ce, Information and Communications Headquarters, Nagoya University,
Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya-shi, Aichi, 464–8601 Japan
††† DENSO CORPORATION, 1–1, Showa-cho, Kariya-shi, Aichi, 448-8661 Japan
E-mail: †kyutoku@murase.is.i.nagoya-u.ac.jp

Abstract　Results of pedestrian detectors from in-vehicle sensors still have room for improvement in real environments. Therefore, we propose an estimation system of the di culty (e.g., probability of oversight and misdetection) of pedestrian detection adaptive to vehicle surrounding environments. This report presents a preliminary study on the calculation of the di culty in various environments.
Key words　Pedestrian detection, LiDAR, Estimation of di culty, ITS

1. はじめに

近年，自動車の運転者支援技術や自動運転技術の開発が盛んであり，大いに注目されている．このような情勢の中，車両走行時の周辺環境認識技術は，それらの技術に関する要素技術として非常に重要なものである．特に歩行者検出技術は，その誤りが人身事故の発生に直結するため，非常に高い精度が必要となる．歩行者検出技術は，古くから監視カメラや車載カメラを対象として非常に盛んに研究されてきており，高精度な手法が多く確立されている．また近年，三次元点群情報を取得するセンサである LiDAR を車両に搭載し，点群情報から歩行者を検出する技術の研究も盛んに行なわれている [1]〜[3]．しかし実環境において，いずれのセンサを用いた歩行者検出技術も，依然として検出精度に改善の余地がある．

そのため，運転者支援技術や自動運転技術において，単に歩行者の有無に関する情報だけでなく，その情報がどの程度信頼できるのかが重要となる．すなわち実利用時に，歩行者検出器にとってどの程度誤りやすい入力データから得られた情報であ

This article is a technical report without peer review, and its polished and/or extended version may be published elsewhere.
Copyright ©2018 by IEICE

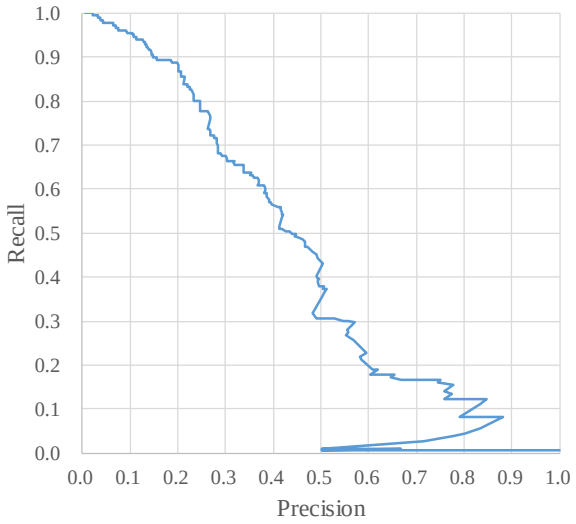


図 7: 検出器の精度

歩行者

4.1 節の道路面除去の後，アノテーションに従って点群を抽出し，歩行者とした．

非歩行者

自動車および二輪車のアノテーションを人手で与え，4.1 節の道路面除去の後，それらの点群を抽出し，非歩行者とした．また，4.1 節の処理によりクラスタを抽出し，歩行者点を含まないものを全て非歩行者とした．

また評価用データは，4.1 節の処理により抽出されたクラスタに含まれる点の内，6 割以上が一人の歩行者を構成する点であり，かつその歩行者を構成する点群の 6 割以上を含むものを歩行者とした．それ以外のクラスタについては，遮蔽の有無を問わず歩行者点を含むものは正検出および誤検出の判定対象外とし，それ以外を非歩行者とした．

5.2 歩行者検出器構築実験

本節では，4. 節で述べた歩行者検出器の検出精度の評価実験について述べる．まず 5.1 節で述べた学習用データを用い，歩行者検出器を構築した．この歩行者検出器により，評価用データを歩行者および非歩行者に判別した．評価指標としては，適合率 (Precision) および検出率 (Recall) を用いた．なお本実験では簡単のため，4.1 節の処理により抽出されたクラスタを全数として算出した．実験結果を図 7 に示す．

5.3 難易度算出実験

3. 節で述べたように，本稿では難易度として「検出率や適合率」，および「未検出や誤検出が発生するしきい値」を挙げた．この内，本実験では未検出や誤検出が発生するしきい値の難易度としての妥当性を評価した．この評価のため，評価用時系列データと 5.2 節で構築した歩行者検出器を用い，各フレームにおける未検出や誤検出が発生するしきい値を調査した．図 8(a) に評価用系列の各フレームにおける未検出の発生するしきい値，図 8(b) に同誤検出の発生するしきい値のグラフを示す．3. 節で述べた通り，未検出が発生するしきい値は誤検出が少なくなる高い値ほど良く，誤検出が発生するしきい値は未検出が少なくなる低い値ほど良い．すなわち，未検出が発生するしきい値は低いほど難易度が高く，誤検出が発生するしきい値は高いほど難易度が高い．また，図 8(a) の空白の区間は検出対象である歩行者が存在しない，すなわち未検出が発生し得ないフレームである．

5.4 考　　察

図 8 から，フレーム番号の変化，すなわち車両の移動等に伴う周囲環境の変化に応じて，未検出や誤検出が発生するしきい値が変化していくことがわかる．正検出難易度の高いシーンの例として，図 8(a) の実線円で示すフレームを図 9(a) に示す．このシーンでは多くの歩行者が他の構造物付近に位置しており，検出が困難であったと考えられる．同様に正検出難易度の低いシーンの例として，図 8(a) の点線円で示すフレームを図 9(b) に示す．このシーンの歩行者は開けた交差点内に位置しており，判別が容易であったと考えられる．また誤検出難易度の高いシーンの例として，図 8(b) の実線円で示すフレームを図 9(c) に示す．このシーンでは電柱やポール，看板，街路樹などの歩行者に類似した構造物が多く，誤検出が発生しやすいシーンであったと考えられる．さらに誤検出難易度の低いシーンの例として，図 8(b) の点線円で示すフレームを図 9(d) に示す．このシーンにも街路樹は存在するが，背が低いものや細いものであり，歩行者との分離が容易であったと考えられる．

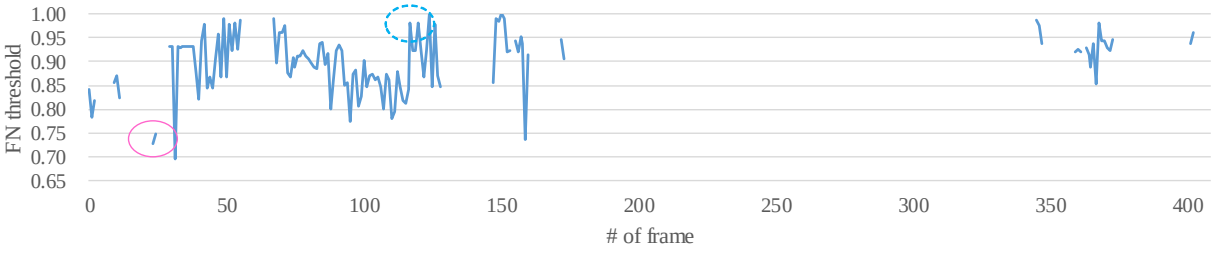
以上のように，歩行者検出器の未検出や誤検出が発生するしきい値は，そのシーンにおける歩行者の見落としや誤検出に関する難易度を示す指標として妥当であると考えられる．しかし図 8(b) のように，全体的に誤検出が発生するしきい値が高い結果となった．すなわち，誤検出に関する難易度が常に高いことを意味する．これは図 7 に示すように，本実験で構築した歩行者検出器の適合率が低いためである．そのため，より高精度な歩行者検出器を構築することで，各シーンの難易度の解析が容易になると考えられる．

6. む　す　び

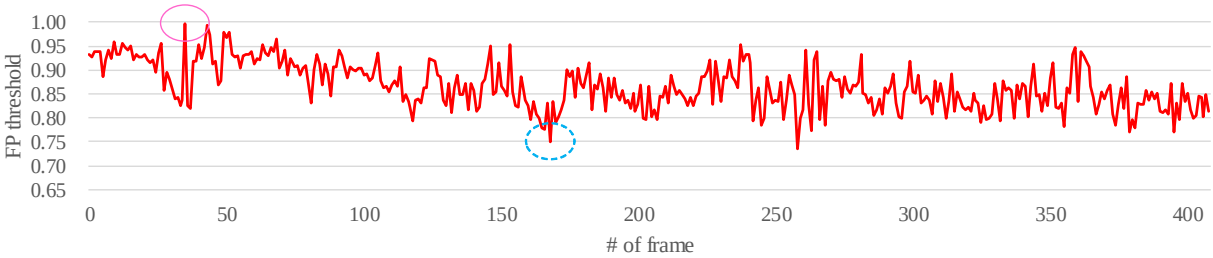
本稿では，LiDAR による点群データを用いた歩行者検出器の車両周辺環境に対する難易度推定の初期検討として，難易度の定義方法について提案した．正検出に関する難易度，すなわち未検出の有無に関する難易度について，検出率および未検出が発生するしきい値を用いることができると考えられる．また，誤検出に関する難易度，すなわち誤検出の有無に関する難易度について，適合率および誤検出が発生するしきい値を用いることができると考えられる．この内，未検出や誤検出が発生するしきい値について，実験により評価した．その結果，典型的なシーンにおいてそれらの難易度が妥当であることを確認した．今後の課題として，様々な車両周辺環境における難易度の解析，および難易度推定器の構築手法の検討が挙げられる．

謝　　辞

本研究の一部は国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）の研究成果展開事業「センター・オブ・イノベーションプログラム（名古屋 COI：人がつながる“移動”イノベーション拠点）」の支援および，科学研究費補助金の援助によって行われた．

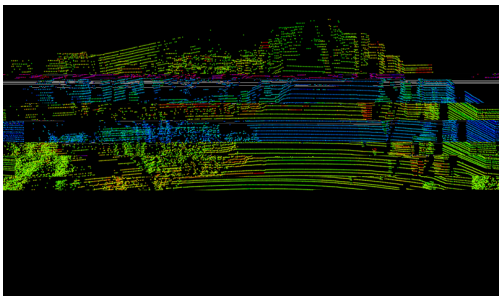


(a) 未検出の発生しきい値

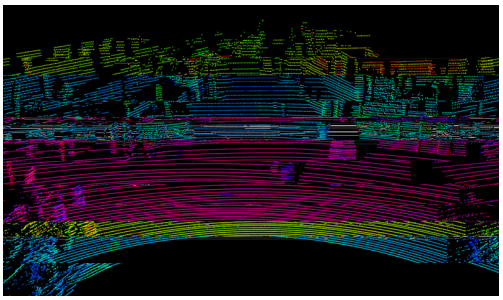


(b) 誤検出の発生しきい値

図 8: 未検出および誤検出の発生しきい値



(a) 正検出難易度の高い例（歩行者が他の構造物付近）



(b) 正検出難易度の低い例（歩行者が開けたスペースに存在）

(c) 誤検出難易度の高い例（類似構造物が多い）

(d) 誤検出難易度の低い例（類似構造物が少ない）

図 9: 難易度に応じたシーン例

文　　献

[1] 城殿清澄，渡邉章弘，内藤貴志，三浦　純，“高解像度レーザレーダによる歩行者識別，”日本ロボット学会誌，vol.29，no.10，pp.963–970，Dec. 2011.

[2] T. Yamamoto, F. Shinmura, D. Deguchi, Y. Kawanishi, I. Ide, and H. Murase, “Efficient pedestrian scanning by active scan LIDAR,” Proc. 2018 Int. Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT), no.C4-2, pp.1–4, Jan. 2018.

[3] Y. Tatebe, D. Deguchi, Y. Kawanishi, I. Ide, H. Murase, and U. Sakai, “Pedestrian detection from sparse point-cloud using 3DCNN,” Proc. 2018 Int. Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT), no.C4-4, pp.1–4, Jan. 2018.

[4] 赤木康宏，P. Raksincharoensak，“先読み運転支援を可能にするための逆衝突確率モデルを用いた経路計画手法に関する研究，”自動車技術会 2016 年秋季大会 学術講演会 講演予稿集，pp.114–119，Oct. 2016.

[5] 吉原佑器，L.Y. Morales，赤井直紀，竹内栄二朗，二宮芳樹，“先読み運転支援を可能にするための危険評価，”自動車技術会 2016 年秋季大会 学術講演会 講演予稿集，pp.632–633，Oct. 2016.

[6] 久徳遙矢，川西康友，出口大輔，井手一郎，加藤一樹，村瀬　洋，“歩行者検出器の信頼度推定に関する初期検討，”自動車技術会 2017 年秋季大会 学術講演会 講演予稿集，pp.99–104，Oct. 2017.

[7] X. Liu, G. Zhao, J. Yao, and C. Qi, “Background subtraction based on low-rank and structured sparse decomposition,” IEEE Trans. on Image Processing, vol.24, no.8, pp.2502–2514, April 2015.

[8] R.E. Schapire and Y. Singer, “Improved boosting algorithms using confidence-rated predictions,” Machine Learning, vol.37, no.3, pp.297–336, Dec. 1999.