

Pedestrian detection from in-vehicle camera images using knowledge of driving scenes

浜田大輔† 出口大輔† 高橋友和‡ 目加田慶人†† 井手一郎† 村瀬洋†
Daisuke Hamada†, Daisuke Deguchi†, Tomokazu Takahashi‡, Yoshito Mekada††,
Ichiro Ide†, Hiroshi Murase†

†名古屋大学大学院情報科学研究科 ‡岐阜聖徳学園大学経済情報学部 ††中京大学情報理工学部
†Graduate School of Information and Science, Nagoya University,
‡Faculty of Economics and Information, Gifu Shotoku Gakuen University,
††School of Information Science and Technology, Chukyo University
E-mail: dhamada@murase.m.is.nagoya-u.ac.jp

Abstract

走行シーン識別に基づく車載カメラ映像中の歩行者検出手法を提案する。画像内の人物の存在しやすさを表す歩行者存在尤度マップは、人物検出に有効であることが示されている。この考えを様々な走行シーンを映す車載カメラ映像に適用するためには、シーンを認識し、その認識結果に応じた歩行者存在尤度マップを利用することが必要となる。本稿では、画像特徴を用いた歩行者検出結果に対して、シーン識別に基づいた歩行者存在尤度マップの切替えを実現した。実際に市街地を走行して得た車載カメラ映像に対して、両側に歩道があるシーンとそれ以外を識別し、検出精度の向上を確認した。

1

交通事故における対歩行者事故は死亡事故につながる可能性が高く、未然に防ぐための技術開発が望まれている。現在まで車載カメラを用いた多くの歩行者検出手法 [1][2][3] が提案されているが、シーン中には画像特徴が歩行者と類似した歩行者以外の領域が多く存在するため、画像特徴のみを利用したこれらの手法では誤検出が多く発生する。一方、固定カメラ映像中の歩行者検出を目的として、シーン中の各位置での歩行者の現れやすさを表す歩行者存在尤度マップを事前に作成し、それを利用して検出性能の向上を図る手法がある [4]。しかし、車載カメラ映像中のシーンは走行に伴って様々な変化するため、この手法をそのまま適用することは困難である。

そこで本研究では、車載カメラ映像中の歩行者検出

の精度向上を目的とし、走行シーンに合わせて複数の歩行者存在尤度マップを切り替えて利用する手法を提案する。これにより、従来の画像特徴のみを利用した手法を用いた場合に発生する誤検出の抑制を図る。

2

提案手法の流れを図1に示す。提案手法は歩行者候補領域の検出、走行シーンの識別、候補領域の絞込みの3つの処理からなる。まず、車載カメラ画像を入力として歩行者候補領域の検出を行う。この検出には、従来より用いられている画像特徴のみを用いた一般的な歩行者検出器を利用する。一方で、車両が現在走行しているシーンを、車載カメラ画像を入力とする部分空間法により識別する。ここで、識別の対象となる各走行シーンの部分空間は事前に作成しておく。識別された走行シーンに対応する歩行者存在尤度マップを参照し、最終的な歩行者候補領域を検出する。歩行者存在尤度マップは各走行シーンに対して事前に作成しておく。以下、各ステップについて詳しく説明する。

2.1 24

車載カメラ画像を入力とし、事前に作成した歩行者検出器を用いて、車載カメラ映像中の歩行者候補領域の検出を行う。検出の際に、各歩行者候補領域の信頼度 $r(x, y, s)$ を算出する。ここで、 x, y は歩行者候補領域の画像中での位置、 s は歩行者候補領域の大きさとする。

今回は、検出器としてカスケード型 AdaBoost 検出器 [5] と SVM の2つを直列につないだものを利用し、検出枠の重なった個数を信頼度として扱った。カスケード型 AdaBoost 検出器で用いる特徴量として LRP 特徴 [6] を、SVM で用いる特徴量として HOG 特徴 [1] を利用した。カスケード型 AdaBoost 検出器の学習画

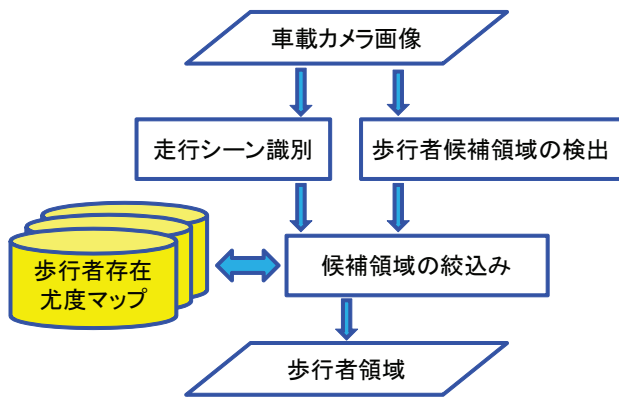


図1 提案手法の歩行者検出の流れ

像のサイズは 16×32 ピクセルとし、各段につきポジティブサンプル 15560 枚、ネガティブサンプル 15000 枚を利用した。SVM の学習画像のサイズは 48×96 ピクセルで、ポジティブサンプルは 1200 枚、ネガティブサンプルは約 3000 枚利用した。いずれのポジティブサンプルも Dimler の歩行者データ [7] を利用した。

2.2

車載カメラ画像がどのようなシーンであるかを識別する。走行シーン識別には部分空間法 [8] を用いる。

今回は、走行シーンとして両側に歩道があるシーンとそれ以外のシーンの 2 種類を用いた (図 2,3 参照)。この際、交差点は「それ以外」のシーンとして扱った。部分空間の作成には、 640×480 ピクセルの走行シーン画像を 64×48 ピクセルに縮小したものを、両側に歩道があるシーン、それ以外のシーンそれぞれに対して 67 枚用意し、学習に利用した。識別に用いる部分空間の次元数は予備実験の結果から 5 とした。

2.3 4

走行シーン識別の結果をもとに、それに対応する歩行者存在尤度マップを選択する。歩行者存在尤度マップとは、画像中の各領域の位置 x, y と大きさ s に対する歩行者の存在しやすさを $l(x, y, s)$ の形で表現したものである。検出された歩行者候補領域の信頼度 $r(x, y, s)$ と、その領域の歩行者存在尤度 $l(x, y, s)$ から、以下の式を満たす最終的な歩行者領域を検出する。

$$r(x, y, s) \cdot l(x, y, s) > \theta \quad (1)$$

ここで、 θ はしきい値である。

今回、歩行者存在尤度マップは、ある走行シーンにおいて歩行者の存在する位置を 3 次元的にシミュレーションし、それを画像平面に射影することによって作成した。この際、前提として、道路が平面であること、カメラの設置位置、方向、画角が既知であることを仮定した。また、両側に歩道があるシーンの場合は、道路の幅、歩道の幅も既知とした。

3 g

実際に市街地を走行して得た車載カメラ映像を用いて、提案手法の有効性を評価する実験を行った。実験で用いる車載カメラ映像は 640×480 ピクセル、2100 フレームであり、このうちの 1050 フレームを用いて歩行者候補領域の検出器及び走行シーン識別で用いる部分空間の学習を行い、残りの 1050 フレームを用いて評価を行った。検出枠の大きさを 1.25 倍ずつ拡大させながら検出を行い、カメラとの距離による歩行者の大きさの違いに対応させた。

本実験では、走行シーン識別に基づく歩行者存在尤度マップの切替えの効果を測るために、以下の 2 つの手法の検出精度を比較した。

- 常に同じ尤度マップを利用 (比較手法)
- 走行シーンの自動識別結果で尤度マップを利用 (提案手法)

比較手法の尤度マップは、「それ以外」のシーンの尤度マップを用いた。式 (1) における θ の値は学習画像を用いて実験的に求めた。それぞれの場合における検出結果例を図に示す。これらの結果は両側に歩道があると正しく識別された画像である。図 4,5 は誤検出枠を抑制できた例、図 6 は歩行者領域を見落とした例である。画像左側は比較手法による検出結果例、右側は提案手法による検出結果例である。

4 o

4.1

図 4,5 から、走行シーンに合わせて歩行者存在尤度マップを切替えることで誤検出を抑制できたことが分かる。しかしながら、図 6 のように正解歩行者を見落としてしまった場合も存在した。これは、両側が歩道の場合に対応する歩行者存在尤度マップにおいて、正面に近い位置の尤度が低く、かつ検出枠の信頼度が低いたためだと考えられる。今後、歩行者候補領域の信頼度の算出法や尤度マップの求め方などを検討する必要がある。

4.2

1050 フレームの評価画像に対し、人手で与えた正解シーンを用いた識別精度を評価した。両側に歩道がある画像は 516 枚であり、その正解率は 67.1% であった。また、全体の正解率は 62.5% であった (表 1)。誤識別は交差点付近のシーンに対して、両側歩道としたものが多く見られた (図 7)。今後、本実験では「それ以外」としてまとめられたシーンの細分化や、より高精度なシーン識別を目指す。



図 2 両側歩道ありのシーンの画像の例



図 3 それ以外のシーンの画像の例



比較手法

提案手法

図 4 検出結果例 1

表 1 シーン識別精度

識別結果	両側歩道	それ以外
正解		
両側歩道 (516 枚)	67.1%(346/516)	32.9%(170/516)
それ以外 (534 枚)	41.9%(224/534)	58.1%(310/534)

5 b

本研究では，車載カメラ映像中の歩行者検出の精度向上を目的として，走行シーンに合わせて複数の歩行者存在尤度マップを切り替えて利用することにより車載カメラ映像中の歩行者を高精度に検出する手法を提案した．いくつかのサンプルに適用した結果から，提案手法の有効性が示された．今後は，大量の車載カメラ映像に対して適用し，さらなる精度向上を目指す予定である．

謝辞

日頃より熱心に御討論頂く名古屋大学村瀬研究室諸氏に深く感謝する．本研究の一部は，科学研究費補助金，JST 戦略的創造研究推進事業 CREST および科学研究費補助金による．また，本研究では画像処理に MIST ライブラリ (<http://mist.murase.m.is.nagoya-u.ac.jp/>) を使用した．

- [1] N. Dalal and B. Triggs, “Histograms of Oriented Gradients for Human Detection,” Proc. of 2005 IEEE Computer Society International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp.886–893, June 2005.
- [2] M. Jones and D. Snow, “Pedestrian Detection using Boosted Features over Many Frames,” Proc.

比較手法

提案手法

図 5 検出結果例 2

比較手法

提案手法

図 6 検出結果例 3

図 7 シーン識別結果例

of 2008 IEEE International Conference on Pattern Recognition, July 2008.

- [3] 浜田大輔ら，“人物存在確率マップを用いた車載カメラ映像からの歩行者検出の検討,” 電気関係学会東海支部連合大会, September 2009.
- [4] 中河秀仁ら，“人物の移動軌跡と画像の色情報を用いた人物存在事前確率の効果的な獲得,” MIRU2009,

pp.252–259, July 2009.

- [5] P. Viola and M. Jones, “Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features,” Proc. of 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Vol.1, pp.511–518, December 2001.
- [6] M. Hradis et al., “Local Rank Patterns - Novel Features for Rapid Object Detection,” Proc of the International Conference on Computer Vision and Graphics (2008), 5337: 239-248, November 2008.
- [7] Dimler Pedestrian Benchmarks, <http://www.science.uva.nl/research/isla/downloads/pedestrians/>.
- [8] S. Watanabe and N. Pakvasa, “Subspace Method in Pattern Recognition,” Proc. 1st Int. J. Conf. on Pattern Recognition, pp.25–32, 1971.