

視覚特性を考慮した 歩行者の見落としやすさ推定に関する検討

谷繁 龍之介^{1,a)} 道満 恵介^{2,b)} 出口 大輔^{1,c)} 目加田 慶人^{2,d)} 井手 一郎^{1,e)} 村瀬 洋^{1,f)}

1. はじめに

近年、車載カメラなどを用いた歩行者検出技術が発展し、ドライバに歩行者の存在を警告することが可能となっている。しかしながら、全ての歩行者を警告することは、ドライバの集中力低下や苛立ちなどの原因となり、安全な運転を妨げる危険性が報告されている [1]。そのため、ドライバにとっての歩行者の見落としやすさを推定し、適切な警告を行うことが重要である。図 1 は歩行者毎の見落としやすさの違いを示した例である。図のように歩行者によって見落としやすさは異なるため、歩行者の見落としやすさを正しく推定できれば、適切な警告を行うことが可能となる。

ドライバの運転支援を目的とした、歩行者の見落としやすさを推定する手法が提案されている。Wakayama らは、視覚探索の特性と歩行者の動きの影響を考慮し、顕著性マップと動き特徴を用いる手法を提案した [2]。しかし、人間の視覚特性は歩行者の見落としやすさに大きく影響すると考えられるが、Wakayama らの手法では十分に考慮されていない。そのため、人間の視覚特性を考慮した歩行者の見落としやすさを推定する手法が必要である。本発表では、視覚特性の中でも特に重要と考えられる中心視野・周辺視野の特性を考慮した手法を提案する。

2. 視野特性を考慮した見落としやすさ推定

人間の視野は、中心視野と周辺視野の 2 種類の領域に分けられる。中心視野は、物体の認知に寄与する領域であり、この領域に多く分布する錐体細胞は色を知覚することができる視細胞である。周辺視野には、高感度で微細な光にも鋭敏な桿体細胞が多く分布するが、色を知覚することはできない。そのため、中心視野では色などの画像特徴が見落としやすさの推定に有効であり、周辺視野では輝度変化、歩行者の動きなどが重要であると考えられる。よって、本

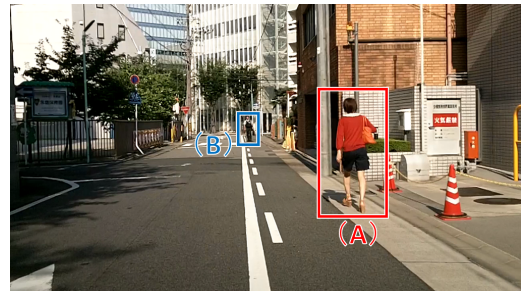


図 1 見落としやすさの異なる歩行者の例。

発表では中心視野・周辺視野それぞれに有効な画像特徴を用いて、これらの特性を反映した個別の推定器で推定を行う手法を提案する。

図 2 に提案手法の処理の流れを示す。提案手法では、中心視野と周辺視野の特性を考慮した画像特徴を用い、それぞれに専用の推定器を構築することで、推定精度の向上を図る。具体的には、まず車載カメラ映像と、歩行者の位置、ドライバの注視点を入力とする。歩行者の位置は、既存の歩行者検出手法により求める。本手法では歩行者は検出済みとし、位置を手動で入力した。そして車載カメラ映像から、歩行者の見落としやすさに影響すると考えられる画像特徴量を抽出する。最後に、特徴量を推定器に入力することで、歩行者の見落としやすさを推定する。提案手法では、中心視野と周辺視野でそれぞれ専用の推定器を構築し推定に用いる。以降の節で、提案手法の詳細について述べる。

2.1 画像特徴

提案手法で用いる画像特徴は以下の 3 つに分類される。

- (1) 視野に依存しない特徴
- (2) 中心視野の特性を考慮した特徴
- (3) 周辺視野の特性を考慮した特徴

以降の節で、各特徴について概要を述べる。

2.1.1 視野に依存しない特徴

中心視野・周辺視野の両方に共通して有効であると考えられる特徴として、歩行者領域の大きさ、歩行者の位置、映像中の歩行者数、最近傍の歩行者との距離を用いる。歩行者の位置は、注視点からの角度差を用いる。また、集団の歩行者は単独の歩行者よりも見つけやすいと考えられるため、最近傍の歩行者との距離を推定に用いる。

¹ 名古屋大学 〒464-8601 愛知県名古屋市中千種区不老町

² 中京大学 〒470-0393 愛知県豊田市貝津町床立 101

a) tanishiger@murase.m.is.nagoya-u.ac.jp

b) kdoman@sist.chukyo-ume.ac.jp

c) ddeguchi@nagoya-u.jp

d) y-mekada@sist.chukyo-u.ac.jp

e) ide@is.nagoya-u.ac.jp

f) murase@is.nagoya-u.ac.jp

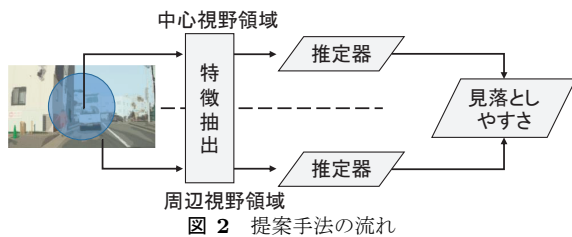


図 2 提案手法の流れ

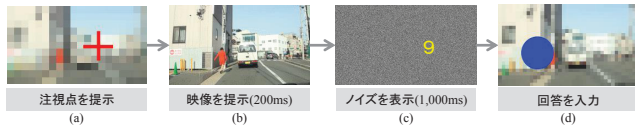


図 3 実験の流れ

2.1.2 中心視野の特性を考慮した特徴

中心視野では、色を知覚することができることから、歩行者の輝度や色が見落としやすさに影響すると考えられる。そのため、歩行者領域と周辺領域の平均輝度、平均色の差を特徴に用いる。平均色には、人間の知覚に近いとされる $L^*a^*b^*$ 表色系を用いる。

2.1.3 周辺視野の特性を考慮した特徴

周辺視野では、色を知覚することは難しいが、微細な輝度変化にも鋭敏に反応することができる。そのため、歩行者の動きを表現する特徴として、動きヒストグラム、歩行者領域の移動量、輝度変化を用いる。動きヒストグラム特徴には、歩行者領域と背景領域それぞれのオプティカルフローのヒストグラム間の距離を用いる。

2.2 学習段階

本節では、推定器の学習について述べる。見落としやすさの推定方法には、サポートベクトル回帰 (Support Vector Regression : SVR) を用いる。推定器は、学習用データから抽出した画像特徴と、各歩行者の見落としやすさの目標値から学習される。提案手法では、中心視野・周辺視野それぞれに有効な画像特徴を求め、推定器を構築する。

2.3 推定段階

推定段階では、車載カメラ映像中に存在する歩行者毎に上述の特徴量を抽出する。特徴量を SVR により構築された推定器に入力し、歩行者の見落としやすさを推定する。

3. データセットの作成

本節では、見落としやすさの目標値を設定するために行った被験者実験について述べる。この被験者実験では、車載カメラ映像を被験者に提示し、歩行者の存在位置を回答させた。実験の流れを図 3 に示す。以下に具体的な実験の手順を示す。

- (1) 「+」を画面に 1 秒間提示し、これを被験者に注視させて視線を固定する。
- (2) 車載カメラ映像を 0.2 秒間提示し、被験者に映像中の歩行者を記憶させる。
- (3) 残像の効果を抑制するため、ノイズ映像を 1 秒間提示する。注視点の位置に数字を提示する。
- (4) 被験者に歩行者がいた位置と数字を入力させる。入力時間に制限はなく、入力の修正も可能である。また、

表 1 結果:有効な画像特徴、推定値と目標値の MAE

	従来手法	提案 (中心)	提案 (周辺)
歩行者の大きさ	✓	✓	
歩行者数			✓
歩行者の位置	✓	✓	✓
平均色の差		✓	
歩行者領域の移動量	✓		
歩行者領域の輝度変化	✓		✓
動きヒストグラム		✓	✓
推定誤差 (中心視野)	0.188	0.168	-
推定誤差 (周辺視野)	0.226	-	0.194

映像中に複数の歩行者が存在する場合もあるため、複数回答も可能である。

データセットの構築には、0~5 人の歩行者を含む 150 本の全方位カメラ映像を用いた。また、実験にはディスプレイ 3 枚を被験者の前に設置して行い、視野角が 180° となるようにした。この実験を 20 代の男女 8 名の被験者に対して行い、各歩行者の見落とし率をもとに推定の目標値を決定した。この実験により、歩行者 299 人 (中心視野 : 125 人 周辺視野 : 174 人) のデータセットを構築した。

4. 評価実験および考察

被験者実験により構築したデータセットをもとに、提案手法の有効性の評価を行った。比較手法として、中心視野・周辺視野の区別なく推定器を構築する手法を用いた。提案手法と従来手法での推定に有効な画像特徴と、平均絶対値誤差 (MAE) の比較を表 1 に示す。表の結果から、提案手法により推定精度が向上したことを確認した。周辺視野での精度が中心視野と比較して低い原因は、周辺視野がカバーする範囲が広いにもかかわらず、十分な学習データが得られていないことが考えられる。

5. まとめ

本発表では、安全運転支援のためにドライバーへの適切な警告を目的として、視覚特性に適応して歩行者の見落としやすさを推定する手法を提案した。被験者実験により構築したデータセットを用いて提案手法の評価を行った。評価実験の結果から、視覚特性を考慮することで推定精度が向上することを示した。今後の課題として、他の視覚特性の影響についての検討、より大規模な被験者実験による手法の評価などが挙げられる。

謝辞

本研究の一部は、JST CREST, JST 名古屋大学 COI, 科学研究費補助金による。

参考文献

- [1] 北村ら, “自動車運転時の聴覚情報への対応課題がドライバーに与える影響—生理的・行動的变化から—,” IATSS Review, vol.30, no.3, pp.327–332, Sep. 2005.
- [2] M. Wakayama et al, “Estimation of the Human Performance for Pedestrian Detectability Based on Visual Search and Motion Features,” Proc. 21st ICPR, pp.1940–1943, Nov. 2012.