

車載カメラ画像からの「スマホ歩き」認識に基づく 歩行者の不注意度推定

新村 文郷[†] 川西 康友[†] 出口 大輔[†] 井手 一郎[†] 村瀬 洋[†]
藤吉 弘亘^{††}

[†] 名古屋大学 〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町

^{††} 中部大学 〒487-8501 愛知県春日井市松本町 1200

E-mail: [†]shinmuraf@murase.m.is.nagoya-u.ac.jp, [†]{kawanishi,ide,murase}@is.nagoya-u.ac.jp,
[†]ddeguchi@nagoya-u.jp, ^{††}hf@cs.chubu.ac.jp

あらまし 歩行者の不注意による道路への飛び出しは衝突事故の危険性が高く、安全な運転のためにはそのような歩行者の存在を把握することが重要である。その中でも、「スマホ歩き」は歩行者の不注意行動の代表的な例であり、近年社会問題となっている。本報告では、歩行者の不注意度推定を目的として、車載カメラを用いた「スマホ歩き」歩行者の認識を行う。「スマホ歩き」中の姿勢は、人によらずほぼ同様であることに着目し、形状を捉える HOG 特徴に基づく識別器を構築する。11 人の「スマホ歩き」歩行者での認識実験を行い、提案手法の有効性を確認した。さらに、「スマホ歩き」の認識結果を利用した歩行者の不注意度の推定手法を提案する。

キーワード スマホ歩き, 人物属性認識, 不注意度推定

Pedestrian's Inattention Estimation based on Recognition of Texting While Walking from In-Vehicle Camera Images

Fumito SHINMURA[†], Yasutomo KAWANISHI[†], Daisuke DEGUCHI[†], Ichiro IDE[†], Hiroshi
MURASE[†], and Hironobu FUJIYOSHI^{††}

[†] Nagoya University Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya-shi, Aichi, 464-8601 Japan

^{††} Chubu University 1200 Matsumoto-cho, Kasugai-shi, Aichi, 487-8501 Japan

E-mail: [†]shinmuraf@murase.m.is.nagoya-u.ac.jp, [†]{kawanishi,ide,murase}@is.nagoya-u.ac.jp,
[†]ddeguchi@nagoya-u.jp, ^{††}hf@cs.chubu.ac.jp

Abstract Since there is a high chance for a pedestrian of being hit by a car by inattentively jumping out into the street, it is important to recognize the existence of pedestrians who are not paying attention to their surrounding environment. This paper aims to estimate how much attention a pedestrian is paying to his/her surrounding environment. Especially, texting while walking is a representative care of inattention, it is ever considered as a social problem. Thus, we tackle to recognize if a pedestrian is using a smart phone or not, namely, texting while walking. Focusing on the fact that the postures of pedestrians who are using a smart phone are almost similar, we employ a HOG feature based SVM classifier. We show the classification results on a pedestrian dataset including pedestrians who were texting while walking. We also show the results of pedestrian's inattention estimation using the proposed method recognizing texting while walking.

Key words Texting while walking, Recognition of pedestrian's attribute, Pedestrian's inattention estimation

1. はじめに

毎年数多くの歩行者が自動車との衝突事故により命を落とし

ている。近年、日本では高齢者の死亡事故の割合が増加し、歩行者との衝突回避を実現する技術への需要が高まっている。代表的な衝突回避技術は、車載カメラを用いて自動車の周囲の歩

行者を検出する技術であり、これを実現するための研究が盛んに行われている [2]。しかし、自動車の周囲に存在する歩行者のすべてに衝突の危険があるわけではなく、衝突回避を実現するためには、衝突の危険を事前に把握することが重要である。歩行者の中には、衝突の危険がある歩行者とそうでない歩行者が存在し、そのような歩行者を正確に認識することが危険の予測につながる。危険の予測という観点では、歩行者の状態や行動の認識が重要である。例えば、運転者は歩行者の顔や体の向きを把握し、歩行者が次に進むであろう方向を予測することで、運転の安全性を高めている。このように、運転時の危険予測は非常に重要であり、その際に歩行者の体勢に関わる属性の認識は重要な働きをするため、これまで数多くの研究が行われてきた [4], [5]。

歩行者の体勢に関する属性の例として、体の向きが挙げられる。これまでも歩行者の軌跡予測に関わる属性として、体の向きの認識について研究が行われている。また、歩行者の顔向きを把握することで、自動車に気付いているか否か知ることができると考えられる。さらに、歩行者が子供や老人であることを把握できれば、不測の行動に備えてより慎重な運転が必要ながわかる。このように、歩行者の属性を認識することで、危険予測を行うことができると考えられる。

一方、危険予測に関わる属性の 1 つとして、歩行者の不注意度がある。周囲に注意を払っていない歩行者は、道路へ飛び出す危険があることに加えて、自動車の接近に気付いていない可能性が高いと考えられる。その中でも、明らかに周囲に注意を払っていない（不注意度が高い）と判断できる行動に「スマホ歩き」がある。近年、スマートフォンの普及により、歩行者がスマートフォンの画面に集中しながら歩く「スマホ歩き」が見られるようになった。「スマホ歩き」は歩行者が周囲に注意を払わない状態の代表的な例であり、社会的にも問題視されている [8], [9]。したがって、「スマホ歩き」の歩行者を認識することで、不注意度が高い歩行者を認識できる。そこで本報告では、車載カメラ画像から「スマホ歩き」を認識する手法を提案する。そして「スマホ歩き」の認識結果を利用して、歩行者の不注意度を推定する手法を提案する。

2. 関連研究

属性認識に関する関連研究として、人物の体の向きを認識する研究が報告されている。Weinrich らは方向ごとに異なる体の形状を HOG 特徴量により抽出し、SVM 決定木を用いて体の向きを 8 方向に分類する手法 [4] を提案した。Tao らは体の様々な部位ごとに DCT 変換した HOG 特徴量を抽出し、Random Forest を用いて体の向きを 8 方向に分類する手法 [5] を提案した。人間は向きごとに体の形状が変化して見えるため、HOG 特徴量のように体の形状を表現できる特徴を利用し、教師あり学習手法を用いて向きを認識する手法が有効である。

人物の体の向きに加えて、顔向きを認識する研究が報告されている。Flohr らは歩行者を追跡することで得られた情報や方向ごとの顔検出器を用いて顔や体の向きを推定し、さらに顔向きと体の向きの相関を利用することで高精度に認識する手法 [6]



図 1: 運転者から見た「スマホ歩き」歩行者の例



(a) 正面

(b) 側面

図 2: 「スマホ歩き」歩行者の例

を提案した。顔や体の向きは歩行者の次の動きを予測するために有効だと述べられている。

また、歩行者の視認性を認識する研究が報告されている。谷繁らは歩行者の見えに関する特徴や動きの特徴を利用することで、運転者にとっての歩行者の視認性を回帰によって推定した [7]。これにより、運転者が見落としやすい歩行者を把握することが可能となる。

「スマホ歩き」の認識を行った研究として、皆本らの歩きスマホ検出 [1] がある。この研究では、安全な歩行支援のための盲導犬ロボットの機能である不注意行動認識として、接近する正面向きの歩行者の「スマホ歩き」を認識する手法が提案された。しかし、自動車運転時の危険予測を目的とする本研究では、道路脇から飛び出す歩行者を考慮し、正面向きだけでなく、前方を横切る歩行者の「スマホ歩き」も認識する必要がある (図 1)。したがって、正面向きだけを対象とした「スマホ歩き」認識手法では不十分である。

3. 「スマホ歩き」の定義

まず、歩行者の「スマホ歩き」がどのような属性であるかを明確にする。「スマホ歩き」を行っている歩行者を図 2 に示す。

図 2 から確認できるように「スマホ歩き」の歩行者の特徴として、以下の 2 点が挙げられる。

- 手にスマートフォンを持つ
- 手元のスマートフォンの画面に集中するため、顔が前方を向いていない

本報告では、これら 2 点の特徴を持つ歩行者を「スマホ歩き」属性を持つ歩行者と定義する。一方、手に何も持たず前方を向いている歩行者を通常の歩行者とする。

4. 「スマホ歩き」認識および不注意度推定

車載カメラを用いて撮影された画像から検出された歩行者に対し、その歩行者が「スマホ歩き」をしているか否かの認識を行う。本報告では、歩行者検出については、歩行者検出結果として歩行者を囲った画像（歩行者画像）が得られたものとして認識を行う。よって、学習データや入力画像として、図 2 のように歩行者を中央に写した歩行者画像を用いる。

本手法では、まず「スマホ歩き」歩行者と通常の歩行者の画像群を学習データとして識別器を構築し、入力された画像に対して識別器を適用して「スマホ歩き」認識を行う。「スマホ歩き」認識手法の処理の流れを図 3 に示す。

得られた「スマホ歩き」の認識結果を利用して、歩行者の不注意度を推定する。「スマホ歩き」の歩行者は不注意度が高いものとして、不注意度の高低の分類を行う。

4.1 画像特徴の抽出

歩行者画像から「スマホ歩き」の認識に利用する画像特徴を抽出する。

歩行者が「スマホ歩き」を行う場合、スマートフォンを右手に持つか左手に持つかという点を除けば、多くの歩行者は図 2 に示す歩行者とほぼ同様の姿勢になる。すなわち、スマートフォンを持つ腕を胸の方向に曲げ、顔は手元のスマートフォンを向いた状態になる。したがって、歩行者の体の形状を見れば「スマホ歩き」を認識できると考えられる。

そこで本手法では、画像特徴量として形状を表現することができる特徴量を利用する。このような特徴量の代表例として、Histograms of Oriented Gradients (HOG) 特徴量がある。HOG 特徴量は Dalal らによって人物検出のために提案された特徴量 [2] で、体の局所的な形状（腕や頭の形状等）を表現することができる。腕や頭の形状の違いを捉えることができるため、「スマホ歩き」認識の特徴量として適切と考えられる。

4.2 識別器の構築（学習段階）

学習段階では、あらかじめ用意した学習データセットを用いて「スマホ歩き」認識のための識別器を構築する。学習データセットには「スマホ歩き」歩行者と通常の歩行者の 2 クラスの画像が含まれ、それぞれ学習データとして利用される。

学習データから HOG 特徴量を抽出し、得られた特徴量を用いて識別器を学習する。識別器の学習には線形サポートベクターマシン（線形 SVM）を利用する。SVM による学習では、HOG の各ヒストグラムが重み付けされ、「スマホ歩き」の識別に有効な特徴には大きな重みが、そうでない特徴には小さな重みが与えられる。ここでは、歩行者の腕や頭の形状を表現する部分のヒストグラムの重みが大きくなるよう学習されることが期待される。なお、線形 SVM の実装にあたり、LIBLINEAR [3] を使用した。

4.3 「スマホ歩き」の認識（認識段階）

認識段階では、事前に構築した識別器を用いて、入力された



(a) 正面

(b) 側面

図 4: 周囲に注意を払う「スマホ歩き」歩行者の例

歩行者画像から「スマホ歩き」を認識する。

入力された歩行者画像から HOG 特徴量を抽出し、得られた特徴量をもとに識別器を用いて「スマホ歩き」の認識結果を得る。識別器は「スマホ歩き」歩行者と通常の歩行者の 2 クラス分類用に学習されるため、識別器の出力は「スマホ歩き」歩行者か通常の歩行者かの 2 値で得られる。

4.4 歩行者の不注意度推定

「スマホ歩き」の歩行者は、スマートフォンの画面や操作に集中しているため、周囲に注意を払っておらず不注意度が高い。一方で、通常の歩行者は前方を向いているため周囲に注意を払っており、不注意度が低いと考えられる。したがって、提案手法を用いて「スマホ歩き」を認識することで、不注意度を高低の 2 段階で推定することができる。

ここで「スマホ歩き」の歩行者の中には、スマートフォンを使用しつつ周囲にも注意を払っている歩行者もいると考えられる。そのような歩行者は、図 4 のように、スマートフォンを持ちつつ顔を前方に向けていると考えられる。

そこで「スマホ歩き」認識を拡張し、図 4 のような周囲に注意を払っている「スマホ歩き」歩行者を加えた 3 分類を行うことで、不注意度を高中低の 3 段階で推定する。各不注意度は、以下のように定義する。

- (1) 不注意度低: 通常の歩行者（手に何も持たず、前方を向いた状態）
- (2) 不注意度中: 周囲に注意を払う「スマホ歩き」歩行者（スマートフォンを手に持つが、前方を向いた状態）
- (3) 不注意度高: 「スマホ歩き」の歩行者（スマートフォンを手に持ち、下方（スマートフォン）を向いた状態）

5. 「スマホ歩き」認識の実験

歩行者画像に対し提案手法を適用し、「スマホ歩き」認識の実験を行った。なお本実験では、歩行者の正面向き、左向き、右向きの 3 種類の向きについて、方向ごとに手法の精度を評価するため、それぞれ歩行者の「スマホ歩き」認識の実験を行った。

5.1 データセット

実験で使用するデータセットとして、カメラ（PointGrey 社製 Grasshopper3）を用いて歩行者を撮影した画像を用いた。車載カメラにより撮影したときと同様の画像になるようカメラを

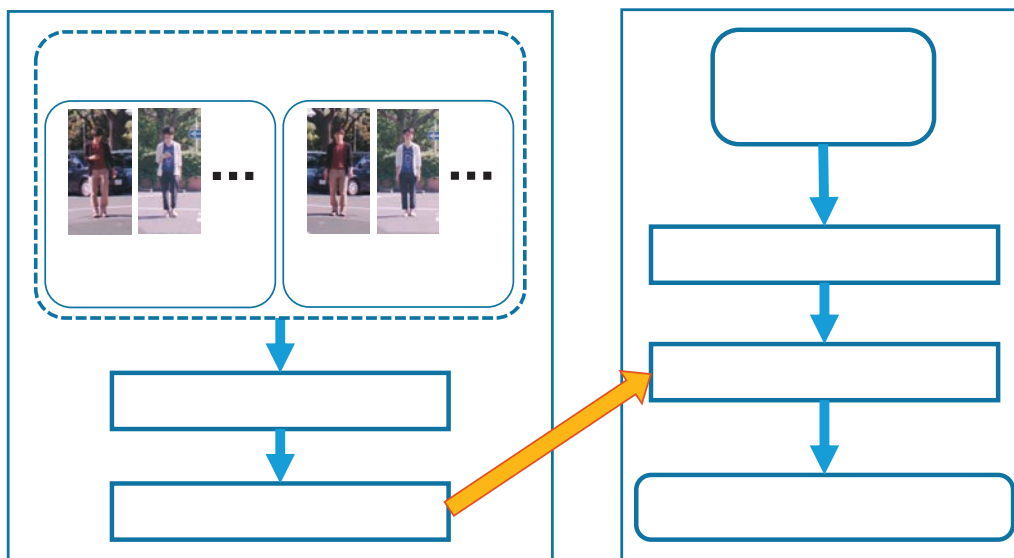


図 3: 「スマホ歩き」認識手法の処理の流れ



(a) スマートフォンを持たず前方を向いた状態



(b) スマートフォンを持ち下方を向いた状態

図 5: データセットの例

設置し、屋外にて撮影を行った。歩行者ごとに異なる場所で撮影を行い、撮影した画像から手動で歩行者を切り出して歩行者画像とした。11人の歩行者について、スマートフォンを持たず前方を向いて歩いている状態と、スマートフォンを持ち手元（スマートフォン）を向いて歩いている状態の2種類の歩行者画像を各90枚ずつ計1,980枚用意した。なお、すべての歩行者は右手にスマートフォンを持って撮影を行った。これを、歩行者の正面向き、左向き、右向きの方向ごとに用意した。データセットの例を図5に示す。

5.2 実験方法

用意したデータセットを使用して「スマホ歩き」認識を行い、精度を評価した。Leave-one-out 交差検定法に基づき、データセット中の11人の歩行者画像のうち、10人分のデータを用いて識別器を学習し、残り1人分のデータを評価に用いて精度を

表 1: 「スマホ歩き」認識の正解率

体の向き	正面	左	右
「スマホ歩き」の歩行者 (スマートフォン所持)	83.8%	34.4%	71.9%
通常の歩行者 (スマートフォン不所持)	93.8%	47.4%	74.4%
合計	88.8%	40.9%	73.2%

表 2: 正面向きの歩行者の「スマホ歩き」認識結果の混同行列

		認識結果	
		「スマホ歩き」	通常
正解	「スマホ歩き」の歩行者	3. %	16.2%
	通常の歩行者	6.2%	3. %

表 3: 左向きの歩行者の「スマホ歩き」認識結果の混同行列

		認識結果	
		「スマホ歩き」	通常
正解	「スマホ歩き」の歩行者	34.4%	65.6%
	通常の歩行者	52.6%	47.4%

評価した。11人のデータが1回ずつ評価に用いられるよう、これを11回繰り返し、その結果の平均を精度とした。精度評価では、認識結果の正解率（テストデータが正しいクラスとして認識された割合）を評価指標とした。

5.3 実験結果

表1に歩行者の「スマホ歩き」認識の正解率を歩行者の方向ごとに示す。また、歩行者の方向ごとの混同行列（Confusion Matrix）を表2, 3, 4に示す。

5.4 考察

表1から確認できるように、正面向きや右向きの歩行者に対しては精度良く「スマホ歩き」を認識することができた。しか

表 4: 右向きの歩行者の「スマホ歩き」認識結果の混同行列

		認識結果	
		「スマホ歩き」	通常
正解	「スマホ歩き」の歩行者	71. %	28.1%
	通常の歩行者	25.6%	74.4%



スマートフォンを持ち前方を向いた状態

図 6: 追加したデータセットの例

し、左向きの歩行者に対しては精度が低下した。その理由として、本実験で用意した歩行者画像では右手にスマートフォンを所持していたため、左向きの歩行者画像では自身の体によって右腕が隠れたことで「スマホ歩き」を認識できなくなったことが考えられる。「スマホ歩き」認識には右腕の形状が大きく貢献していると考えられるため、右腕が隠れる左向きの歩行者では識別に有効な画像特徴が得られず、このような結果になったと考えられる。この問題を解決するためには、形状に基づく特徴とは別の特徴を利用することで「スマホ歩き」認識を行う必要がある。「スマホ歩き」では腕の形状以外に、歩き方にも特徴があらわれると考えられるため、時系列情報を利用することで問題の解決を図ることを計画している。

6. 歩行者の不注意度推定の実験

先の実験で使用したデータセットと同様の撮影条件にて、スマートフォンを持ち前方を向いた状態の歩行者画像を 990 枚用意した。追加したデータセットの例を図 6 に示す。

5. と同様の実験方法にて、歩行者の不注意度推定を行った結果を表 5 に示す。表 5 では、不注意度のクラスごと、歩行者の方向ごとに精度を示した。また、歩行者の方向ごとの混同行列 (Confusion Matrix) を表 6, 7, 8 に示す。

5. で行った実験結果と比べると、全体的に精度の低下が見られた。その理由として、分類に追加した不注意度中の歩行者が、不注意度高の歩行者と不注意度低の歩行者の両方に似た特徴を持っていたため、識別が困難になったことが挙げられる。表 6, 7, 8 に示した混同行列から確認できるように、不注意度低と不注意度中の誤認識や、不注意度中と不注意度高の誤認識が多かった。

5. で行った「スマホ歩き」認識では精度が良かったことや、不注意度低の誤認識は少ないことから、本手法は歩行者が「スマホ歩き」をしているか否かの認識は可能であるが、不注意度中と不注意度高の識別のように「スマホ歩き」をしている歩行者の不注意度の違いを認識することは困難である。不注意度のクラス間の違いは、腕や顔のような身体の一部に特徴があらわ

表 5: 不注意度推定の正解率

体の向き	正面	左	右
不注意度低 (スマートフォン所持 + 前方向き)	89.5%	40.4%	64.1%
不注意度中 (スマートフォン所持 + 前方向き)	38.7%	29.1%	29.1%
不注意度高 (スマートフォン所持 + 下方向き)	48.0%	21.4%	52.0%
合計	58.7%	30.3%	48.4%

表 6: 正面向きの歩行者の不注意度推定結果の混同行列

		推定結果		
		不注意度低	不注意度中	不注意度高
正解	不注意度低	.5%	8.6%	1.9%
	不注意度中	28.2%	3.7%	33.1%
	不注意度高	5.4%	46.7%	4.0%

表 7: 左向きの歩行者の不注意度推定結果の混同行列

		推定結果		
		不注意度低	不注意度中	不注意度高
正解	不注意度低	40.4%	36.2%	23.4%
	不注意度中	57.8%	2.1%	13.1%
	不注意度高	53.6%	24.9%	21.4%

表 8: 右向きの歩行者の不注意度推定結果の混同行列

		推定結果		
		不注意度低	不注意度中	不注意度高
正解	不注意度低	64.1%	24.0%	11.8%
	不注意度中	35.5%	2.1%	35.5%
	不注意度高	18.9%	29.1%	52.0%

れることから、より身体の部分的な特徴を利用した画像特徴量を採用することで、クラス間の差が大きくなるよう手法を改良することが解決法の 1 つと考えられる。

7. む す び

本報告では、車載カメラ画像から歩行者の「スマホ歩き」を認識する手法を提案した。また、「スマホ歩き」認識を利用した不注意度推定の実験を行った。「スマホ歩き」歩行者は周囲に注意を払っていないため、飛び出し等の危険がある。これを認識することで、不注意で道路に飛び出してくる歩行者を予測することが可能となり、運転時の安全性を高めることができると考えられる。

今後の課題として、「スマホ歩き」認識の高精度化が挙げられる。特に、正面向きと比べて精度が低下した横向きの歩行者に対する「スマホ歩き」認識精度の改善が必要である。この問題を解決するため、識別に用いる画像特徴量の改良について、今後検討する予定である。また、本報告では歩行者を体の向きごとに分けて実験を行ったが、歩行者検出で歩行者の体の向きが得られないような向きが未知の場合についても対処が必要である。

謝 辞

本研究の一部は，JST 名古屋大学 COI および科学研究費補助金による．

文 献

- [1] 皆本光，佐野睦夫，“歩行者の不注意行動認識 — 歩きスマホ検出 —”，第 6 回視覚・聴覚支援システム（VHIS）研究会予稿集，京都，2015.
- [2] N. Dalal and B. Triggs, “Histograms of Oriented Gradients for Human Detection”, In Proceedings of 2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 886–893, 2005.
- [3] R.-E. Fan, K.-W. Chang, C.-J. Hsieh, X.-R. Wang, and C.-J. Lin, “LIBLINEAR: A Library for Large Linear Classification”, Journal of Machine Learning Research, Vol. 9, pp. 1871–1874, 2008.
- [4] C. Weinrich, C. Vollmer, and H.-M. Gross, “Estimation of Human Upper Body Orientation for Mobile Robotics Using an SVM Decision Tree on Monocular Images”, In Proceedings of 2012 IEEE/RS International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 2147–2152, 2012.
- [5] J. Tao and R. Klette, “Part-based RDF for Direction Classification of Pedestrians, and a Benchmark”, In Proceedings of Workshop on Intelligent Vehicles with Vision Technology in the 12th Asian Conference on Computer Vision, w11-p2, 2014.
- [6] F. Flohr, M. Dumitru-Guzu, J.F.P. Kooij, and D.M. Gavrilu, “Joint Probabilistic Pedestrian Head and Body Orientation Estimation”, In Proceedings of 2014 IEEE Intelligent Vehicles Symposium, pp. 617–622, 2014.
- [7] 谷繁龍之介，道満恵介，出口大輔，目加田慶人，井手一郎，村瀬洋，“運転時の人間の視野特性を考慮した歩行者の見落としやすさ推定手法に関する検討”，電子情報通信学会 パターン認識・メディア理解研究会 (PRMU) 技術研究報告, PRMU2014–196, pp. 223–228, 2015.
- [8] 安孫子友祐，尾仲秀敏，“歩きスマホの世代傾向と意識に関する調査”，シンポジウムモバイル研究論文集, pp. 59–64, 2014.
- [9] 東京消防庁:歩きスマホに関わり事故に注意, <http://www.tfd.metro.tokyo.jp/lfe/topics/201503/mobile.html> (最終閲覧日: 2015 年 5 月 28 日)