

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年6月14日現在

機関番号：21401
 研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2010～2012
 課題番号：22500161
 研究課題名（和文） 夜間歩行者映像データベースの構築と歩行者検知手法に関する研究
 研究課題名（英文） A study on construction of nighttime pedestrian image database and pedestrian detection method
 研究代表者
 猿田 和樹（SARUTA KAZUKI）
 秋田県立大学・システム科学技術学部・准教授
 研究者番号：80282193

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、(1)研究開発用の夜間歩行者映像データベースの構築、(2)歩行者候補領域の抽出手法、(3)抽出した領域に対する歩行者検知手法、について遂行した。延べ2000人以上の歩行者を撮影し、内容別に分類した。また、歩行者の移動方向と移動量を用いた候補領域抽出手法の効果と課題を確認した。さらに、背景除去手法と検知に有効な特徴を選択・可視化できる歩行者検知手法を提案し、夜間歩行者検知における有効性を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：In this research issue, we have developed a video database of pedestrians at night for research and development. In addition, we considered methods for pedestrian candidate region extraction and pedestrian detection in the regions.

We shot the pedestrian image of more than 2,000 people and classified according to their content. We also confirmed the effectiveness and challenges of the candidate region extraction method using a moving amount and direction of movement of the pedestrian. Furthermore, we proposed the background rejection method and the pedestrian detection method that can select and visualize useful features to detect pedestrian, and showed the efficacy for nighttime pedestrian detection.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2,000,000	600,000	2,600,000

研究分野：情報科学

科研費の分科・細目：情報学，知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：コンピュータビジョン

1. 研究開始当初の背景

近赤外カメラ映像による歩行者検知技術については、既にトヨタ自動車が開発したナイトビューシステムとして実用化し、一部の高級車にオプションで装備されている。また、他の自

動車メーカーにおいても、歩行者検知技術に対する研究が進められている。しかし、映像中の1フレーム内の画像情報から得られる特徴による検知では、画像から得られる輝度値や勾配強度が十分でない場合、検知できない可能性がある。また、既存技術の組み合わせ

せによる実現が中心であり、さまざまな姿勢が含まれる歩行者画像の多様性や歩行者候補領域内での位置ずれなど歩行者検知固有の問題点や解決法は示されておらず、より高精度な検知手法への改善に向けた課題は山積している。

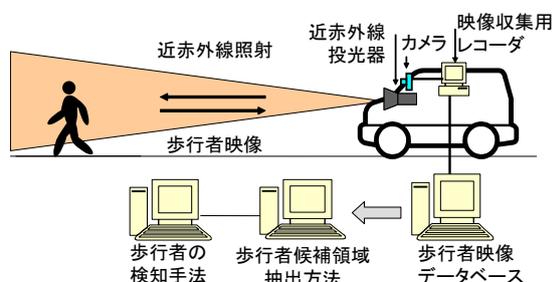
一方で、歩行者検知に限らず、文字認識や顔画像認識などのパターン認識分野の研究開発の発展には、公開されたデータベースの存在が欠かせない。データベースが存在すれば、各々の研究者は自前でデータ収集を行う必要がなくなり、研究効率が飛躍的に向上する。また、標準的なデータが確立されれば、異なる研究者同士での性能比較や問題点の共有も可能となる。つまり、同分野の研究を促進・活性化させる一つの必要不可欠な条件と考えられる。現状でも歩行者画像データベースは存在するが、固定された可視光での監視カメラ映像から抽出された画像データベースであり、車載カメラ映像や近赤外線カメラ映像から作成された歩行者データベースは公開されていない。

2. 研究の目的

本研究課題は、(1)夜間歩行者検知技術の開発・評価に有用な夜間歩行者映像データベースの構築、(2)歩行者候補領域の抽出手法の検討、(3)抽出した領域に対する歩行者か否かを判定する検知手法の検討、の3段階により構成される。各段階における目的は、(1)近赤外カメラを用い、夜間の歩行者検知技術の開発・評価に有用なデータベースを作成・評価・公開すること、(2)新たな歩行者候補領域の抽出方法を検討し、有効性を検証すること、(3)フレーム画像から高い輝度値や勾配強度が得られない場合など、従来の方で検知が難しい状況において、抽出した領域に対する歩行者か否かを判定する検知手法について検討することである。

3. 研究の方法

本研究課題の研究方法の概要を図1に示す。



本研究課題は、(1)夜間歩行者映像データベースの構築、(2)歩行者候補領域の抽出方

法の検討、(3)抽出した領域に対する歩行者か否かを判定する検知手法の検討、の3段階により構成される。以下に各段階の研究方法について述べる。

(1)夜間歩行者映像データベースの構築

自動車に近赤外線対応カメラおよび近赤外線投光器を搭載し、歩行者の映像を収集するシステムを構築する。さらに、構築したシステムにより、秋田県由利本荘市を中心に夜間の歩行者データの収集を行う。収集する歩行者数は2000人以上を目標とする。

収集した映像データから学習用データと評価用データを作成し分類する。学習用データは歩行者映像から静止画としての切り出しを行う。学習用データは歩行者画像と非歩行者画像が必要になるため、それぞれを縦横比2:1の小領域で切り出す。小領域のサイズが検知性能に影響を及ぼすことも予想されるため、30x15・60x30・120x60 pixelなど、複数サイズの歩行者および非歩行者領域を用意する。また、収集時の条件によりデータを分類し、データベースを構築する。分類の際は、気象条件(晴天、曇り、降雨後、積雪時)、走行速度(低速、中速、高速)、検知対象(人数、身長、姿勢)などの条件を設け、学習用と評価用にそれぞれ異なるデータを用意する。

また、作成したデータベースを利用して学習・検知実験を行い、従来データとの比較によりその特性について評価する。

(2)歩行者候補領域の抽出方法の検討

1フレームの画像からでは高い輝度値や勾配強度が得られない場合、現在主流となっている高速物体検知手法では対応できないことが考えられる。そこで複本研究課題では、複数フレームの情報を用いた歩行者候補領域の抽出を試みる。背景とは異なる方向に移動する歩行者候補領域を、複数フレームから求めたオプティカルフローに基づいて抽出する仕組みの有効性について検討する。

(3)抽出した領域に対する歩行者か否かを判定する検知手法の検討

車載カメラ映像からの画像認識による夜間の歩行者検知を難しくする要因として、歩行者の姿勢や服装が多様で検知に有効な領域が明らかでないこと、カメラ自体が移動するため前景と背景の分離が困難であること、背景情報が複雑で検知に影響すること、候補領域内の位置ずれも検知に影響すること、画像全体が暗く画像全体で高い輝度値を得ることが難しいこと、などが挙げられる。本研究課題ではこれらの問題を解決すべく、①判定に有効な領域の特定、②背景情報の除去手法、③候補領域内での位置ずれ対策、につい

て検討する。

①判定に有効な領域の特定

歩行者・非歩行者画像について勾配強度分析および主成分分析を行い、歩行者・非歩行者の判定への影響の大きい領域の特定を試みる。また、部分領域の情報を除去して学習し、判定への影響の大きい領域を実験的にも検討し、主成分分析の結果と比較する。さらに、部分領域だけを学習する場合の効果についても検討する。

②背景情報の除去手法

歩行者画像の背景を塗りつぶして検知実験を行い、背景除去の影響について分析する。また、平均画像およびピクセル状態分析手法を用いて、歩行者の背景の影響をできるだけ除去して検知する手法について検討する。

③候補領域内の位置ずれ対策

歩行者候補領域を抽出する際に、上下左右に各1~2pixel切り出し位置をずらし、候補領域内における歩行者の位置ずれの影響について分析する。さらに分析結果にもとづき位置ずれ対策の検知手法について検討する。

また、対象物の位置ずれに強いといわれるSIFT特徴による検知実験を行い、SIFT特徴の有用性を明らかにする。さらに、SIFT特徴をベースに、夜間歩行者に適した検知手法について検討する。

4. 研究成果

本研究課題における(1)歩行者検知技術の開発・評価に有用な夜間歩行者映像データベースの構築、(2)歩行者候補領域の抽出手法の検討、(3)抽出した領域に対する歩行者か否かを判定する検知手法の検討、に対して得られた成果を以下に述べる。

(1) 歩行者映像データベースの構築

自動車に近赤外線対応カメラおよび近赤外線投光器を搭載し、歩行者の映像をレコーダで収集するシステムを構築した。秋田県由利本荘市、秋田市、大仙市において晴れ・雨・曇り・雪の気象条件で夜間の歩行者映像を撮影した。効率的な作業を行うために撮影した動画像をフレームに分割し、歩行者を枠クリックで切り出し、位置情報をリスト化するツールを開発した。これらのツールを利用し、2000人以上の歩行者、20000枚以上の歩行者画像、50000枚以上の非歩行者画像を得ることができた。また、切り出した画像の内容に応じて画像を分類し、利便性の向上を図った。さらに、歩行者検知手法による評価実験を行い、従来の歩行者映像データベースと特性はやや異なるものの、総合的には同程度の評価結果が得られることを明らかにした。車載カメラ映像からの近赤外線歩行者画像データベースで公開されているものはないため、貴

重なデータであるが、人を対象とする研究倫理を考慮し、今後内容をさらに精査したうえで公開する予定である。

(2) 新たな歩行者候補領域の抽出方法

複数フレームからの情報を抽出するオプティカルフローに基づき、領域内における物体の移動方向と移動量について分析を行った。その結果、自動車の進行方向に対し水平方向および逆方向に移動する歩行者は抽出しやすい傾向があることを示した。また、フレーム間の差分時間に対する歩行者の移動方向や解析対象画像の傾向を分析し、その結果に基づいた歩行者候補領域の抽出条件を決定した。歩行者の移動方向別に決定した条件による歩行者候補領域抽出実験を行った。抽出正解率は63%と実用レベルには達していないが、オプティカルフローを用いた歩行者候補領域抽出における課題を明らかにした。



図2 オプティカルフローを用いた歩行者候補領域の抽出例

(3) 抽出した領域に対する歩行者か否かを判定する検知手法の検討

①判定に有効な領域の特定

歩行者・非歩行者画像に対する主成分分析・負荷量の解析から、歩行者の肩付近の情報が歩行者・非歩行者の判定に有効であることが明らかとなった。部分領域の情報を欠落させた歩行者検知実験においても、同様に肩付近の情報が大きく影響することが分かった。よって、近赤外画像の歩行者検知においては、頭部や下半身よりも、上半身、特に肩付近の勾配強度が得られることが重要であることを明らかにできた。

また、歩行者画像の領域全体から特徴を抽出せず、歩行者領域を上半身・下半身・右半身・左半身と4分割して学習・認識処理を行い、結果を統合する手法について検討し、その有効性を示した。さらに、歩行者画像をすべて同一に扱うのではなく、状態別に分類して学習する手法についても検討した。横向き・低輝度値など状態別に分類し、それぞれ異なる識別器で判定させることの有効性が明らかとなった。

以上の知見をもとに、領域や歩行者の状態を考慮した検知手法を確立させることができれば、今後歩行者検知分野に大きく貢献で

きると考えられる。

②背景情報の除去手法

歩行者の背景情報を塗りつぶした画像を用いた検知実験により、背景情報を除去することにより検知性能が向上することを明らかにした。

次に、多数の歩行者画像からの平均画像を作成し、これをフィルタとして画像の輝度値を重みづける背景除去手法を提案した。提案手法における検知実験の結果、歩行者の背景の輝度値を低下させることができ、未検知および誤検知の改善に有効であることを明らかにした。一方で、背景だけでなく画像全体の輝度値が低下することで、歩行者の勾配強度も低下する結果となった。これを防ぐことで未検知をさらに改善できる可能性が考えられる。そこで、さらに画像中の各ピクセルが移動物体の一部かどうかを判別するピクセル状態分析手法を導入し、画像中の各画素が移動物体の一部かどうかで動的に背景除去レベルを変える手法について検討し、未検知の低減により有効であることを明らかにした。ただし、動画によっては効果が見られない場合も確認され、有効な場面について検証が必要であるとともに、カメラ自体の移動量を考慮したピクセル状態の判別への改善が課題である。

③位置ずれ対策

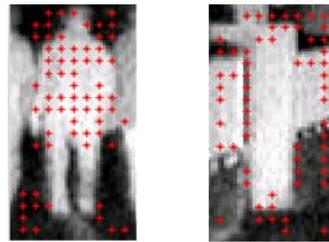
人や車両などの検知に広く用いられている HOG 特徴は、位置ずれの影響を受けにくいとされている。しかし、歩行者候補領域を抽出する際に、上下左右に各 1~2pixel 位置をずらして切り出し、検知結果への影響を分析した結果、歩行者候補領域がわずかにずれるだけで検知結果に影響があることを実験により明らかにした。実験結果にもとづき、位置をずらした複数の候補領域を利用して判定する手法を提案し、検知精度が向上することを明らかにした。



図3 位置ずれ画像の例

次に、図3のように歩行者候補領域内での位置ずれを生じたパターンに対する検知実験を行い、HOG 特徴において未検知となるパターンが、SIFT 特徴で大きく改善できることを示した。一方で輝度値が低い傾向にある夜間の近赤外画像においては、SIFT 特徴の抽出

に必要となる特徴点が得られにくいことを分析により明らかにした。そこで夜間の赤外線画像に対し複数の特徴抽出手法で性能を比較し、画像全体から特徴を抽出する Dense-SIFT 特徴の利用が有効であることを示した。また、Dense-SIFT 特徴を利用することで計算量が大きく増加するため、SIFT 特徴に適した検知手法である Bag-of-Features を改良し、検知に影響しない Visual Word を削減することで高速化を図る手法を提案した。提案手法による検知実験の結果、約 40% の Visual Word を削減しても検知精度を維持できることを明らかにした。なお、この提案手法では、削減されずに残った情報、すなわち検知に有効な特徴を可視化することが可能であるという特徴も有する。図3に歩行者・非歩行者画像において有効とされた特徴点の位置を示す。歩行者と判定された場合は有効な特徴点は主に身体の周辺、とくに肩付近に多く、非歩行者と判定された場合は、特徴点が全体的に広く分布する傾向があることが明らかとなった。今後は高精度化に向けて改良を図るほか、可視化できる利点を生かし、可視光画像と近赤外画像での検知に有効な特徴点の違いなどについて分析する予定である。



(a)歩行者画像 (b)非歩行者画像

図4 有効な特徴点の例

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計0件)

[学会発表] (計9件)

- ① Xingguo Zhang, Kazuki Saruta, Yuki Terata, and Guoyue Chen, “A Visual Words Simplified Method for Fast Pedestrian Detection”, International Conference on Computational Intelligence and Software Engineering (CiSE)(2012. 12.15, China).
- ② 張興国, 猿田和樹, 寺田裕樹, 王惠剛, 陳国躍, 歩行者検知における Bag-of-Features の codebook 選択手法,

2012 年電子情報通信学会総合大会講演
論文 集 , AS-5-7 , pp. S-65-S-66
(2012. 3. 23, 岡山大学)

- ③ 猿田和樹, 高橋圭, 矢島陽介, 寺田裕樹,
陳国躍, 画像認識による歩行者検知シス
テムのための画像解析, 第 10 回情報科
学技術フォーラム講演論文集, H-005,
pp. 113-114 (2011. 9. 7, 函館大学)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

猿田 和樹 (SARUTA KAZUKI)

秋田県立大学・システム科学技術学部・准
教授

研究者番号 : 80282193

(2) 研究分担者

陳 国躍 (CHEN GUOYUE)

秋田県立大学・システム科学技術学部・教
授

研究者番号 : 20282014

寺田 裕樹 (TERATA YUKI)

秋田県立大学・システム科学技術学部・助
教

研究者番号 : 40360002

(3) 連携研究者

なし