

画像認識による歩行者検知システムのための画像解析 Image analysis for Pedestrian Detection System using Image Recognition

猿田 和樹[†] 高橋 圭^{††} 矢島 陽介^{†††} 寺田 裕樹[†] 陳 国躍[†]
Kazuki Saruta[†] Kei Takahashi^{††} Yosuke Yajima^{†††} Yuki Terata[†] Guoyue Chen[†]

1. はじめに

近年、自動車前方の歩行者を検知し、運転者の注意を喚起する自動車安全技術が実用化されている[1]。特に車載カメラ映像から歩行者を画像認識により検知するシステムは注目されており、様々な特徴量や学習アルゴリズムを用いた検知手法が提案されている。しかし、より高精度な検知手法の開発には、歩行者画像データそのものの特性についての解析が重要であると考えられる。

これまでの研究において、我々は画像内の勾配強度分析から、切り出し位置のずれや歩行者の向きが勾配強度ヒストグラムに影響することを定性的に確認できた[2]。しかし、判定に有効な局所的な領域の特徴を明らかにするには至っていない。

本研究では、夜間の歩行者画像を対象とし、カメラ映像から切り出した歩行者画像から得られる勾配強度を用い、主成分分析および局所的な特徴を除去した検知実験により、検知結果へ影響や歩行者検知に有効な領域について検討する。

2. 歩行者検知システムの概要

本研究で対象とする歩行者検知システムは、車載カメラからの近赤外線映像を利用した夜間の歩行者検知システムである。近赤外線投光器により前方に近赤外光を照射し、反射光を車内に設置した近赤外線領域に対応したカメラで撮影した映像を利用する。フレーム画像の取得から歩行者の判定までの流れを図1に示す。まずフレーム画像内で歩行者候補領域となる領域を高速物体検知手法により抽出し、候補領域に対し歩行者かどうかを判定する[3]。歩行者の判定には288次元のHOG特徴とSupport Vector Machine (SVM)を用いる[4]。SVMの実装にはIntel社の画像処理ライブラリOpenCVを用いる。

なお、本研究では、歩行者候補領域を抽出した後の処理を対象とし、特定の局所領域の勾配強度が検知結果に影響を及ぼすかどうかを検証するため、主成分分析および局所的特徴を除去した検知実験を行う。



図1 歩行者検知までの流れ

3. 勾配強度の主成分分析

主成分分析は、多くの変量をできるだけ情報の損失なしに少数の総合的指標で表す手法であり、入力特徴量の圧縮などに用いられる。分散共分散行列から固有値・固有ベクトルを求め、第 n 主成分を求める式から主成分得点を算出する。元のデータをどれくらい表しているかの指標である寄与率を求め、累積寄与率から第 n 主成分まで必要となるかを決定する。また、固有値と固有ベクトルから主成分負荷量を求め、元のデータすなわちHOG特徴と主成分で決めたデータとの関係を示すことができる。この主成分負荷量を求めることで、認識結果への影響の大きい領域を明らかにすることができると考えられる。

ここでは 16×32 ピクセルのグレースケール画像を用い、 4×4 ピクセルを1セルとして図2に示すように計32個のセルに分割する。歩行者画像5000枚、非歩行者画像を10000枚の計15000枚の画像から抽出したHOG特徴を主成分分析し、累積寄与率が80%以上となった第95主成分までの結果を用い、セル毎の主成分負荷量を求めた。算出した主成分負荷量を図3に示す。

図3より、中央2列の主成分負荷量が左右1列に比べて高く、歩行者かどうかの判定結果には、中央2列の情報により大きな影響を及ぼすことが示唆される。

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16
17	18	19	20
21	22	23	24
25	26	27	28
29	30	31	32

図2 歩行者候補領域のセル分割

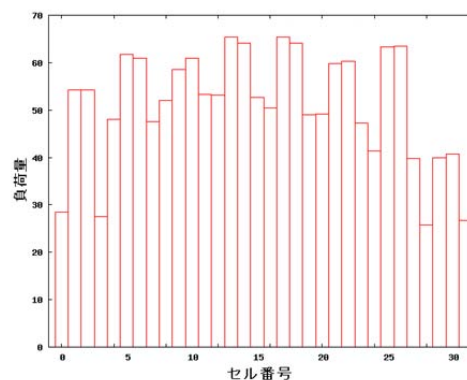


図3 セル毎の主成分負荷量

[†] 秋田県立大学 Akita Prefectural University

^{††} (株)日立情報システムズ Hitachi Information Systems

^{†††} 宇都宮大学大学院 Graduate School of Engineering, Utsunomiya University

さらに、勾配方向別にセル毎の主成分負荷量を求めた結果を図4に示す。図3と同様、横軸はセル番号、縦軸は主成分負荷量を表している。図4から、 0° および 160° の勾配方向において、肩から腰付近の主成分負荷量が比較的高く、また 40° および 120° においては、肩付近の主成分負荷量が高くなるのがわかる。以上のことから、歩行者画像においては肩付近のラインおよび肩から腰付近までの垂直方向のラインの勾配強度の情報が非常に重要であると考えられる。

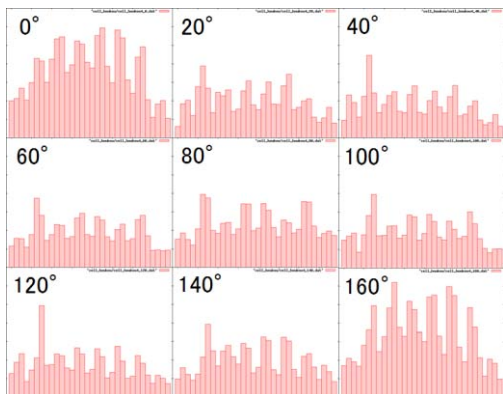


図4 勾配方向別に示したセル毎の主成分負荷量

4. 局所特徴の除去実験

前述の主成分分析結果の妥当性を検証し、さらに歩行者画像における局所特徴の除去の検知結果への影響を明らかにするため、ここでは歩行者から勾配強度が抽出されないよう背景を変化させる場合と、一部のセルの情報を除去した場合での検知実験を行う。

背景を変化させる場合とは、歩行者の背後に幅 10, 20, 40cm の歩行者と同程度の輝度のバーを用意し、特定の位置の勾配強度が得られないようにした場合である。このような画像を用いて検知実験を行った結果を図5に示す。ここで、バーの高さはバーの下辺の高さを表しており、この高さの変化に対する SVM の出力値の変化を比較する。図5より、バーの位置が低い場合は、出力値は高い値を保持しているが、バーが歩行者の肩付近にさしかかると出力値が急に低下することがわかる。また、太いバーほど低い高さで肩にさしかかるため、バーの高さがより低い位置で出力値が低下していることもわかる。

以上の結果より、歩行者の判定には上半身、特に肩付近の特徴が重要となっていることがわかり、これは主成分分析の結果と一致するといえる。

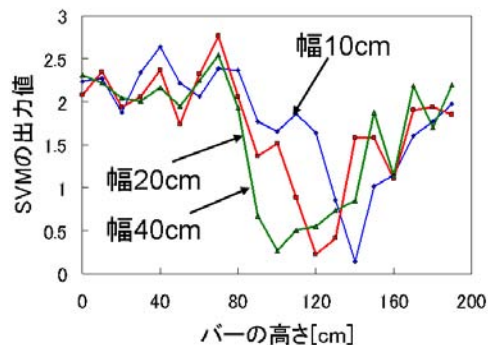


図5 背景変化の出力値への影響

次に、肩付近の勾配情報の影響をさらに分析するため、図2における水平方向毎の4箇所のセル(計8行)の各行のHOG特徴を除去してSVMで学習し、検知実験を行った。従来との未検知数および誤検知数の変化結果を図6示す。ここで、図8の横軸の1~8の数値は図2における上からのセルの行番号を表している。また、従来の検知実験においては、9445枚の歩行者画像に対し、検知数5854、未検知数3591、29368枚の非歩行者画像に対し、誤検知数1715、棄却27653という結果が得られている。図8から、局所領域の情報を除去することで、最大で約400件未検知数が増加することがわかる。上半身の情報の影響は大きく、特に肩の位置に相当する上から2行目の領域を除去した場合の未検知数が最も多く増加することが明らかとなった。また、1行目と5行目では未検知数の増加のほかに、誤検知数の減少が確認された。このことからこれらの領域には誤検知の要因が多く含まれていることが推測される。以上の結果からも、主成分分析と同様に上半身の特徴が持つ情報が検知には有効であり、特に肩付近の情報が大きく影響するといえる。

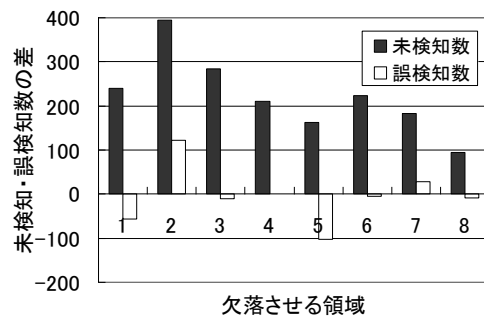


図6 局所領域を除去した場合の未検知・誤検知数の変化

5. まとめ

本研究では、主成分分析および局所特徴の除去実験により歩行者画像の分析をした。実験により、歩行者画像における肩から腰付近の情報が検知結果に大きな影響を及ぼすことが明らかになった。今後は有効な局所領域の情報を手掛かりとした検知手法の開発について検討する予定である。

謝辞

本研究の一部は科学研究費補助金基盤研究(C)(22500161)の補助による。

参考文献

- [1]豊福邦彦, 他, "ナイトビュー (歩行者検知機能付) の開発", TOYOTA Technical Review, Vol.56, No.1(2008)
- [2]高橋圭, 他, "複数の候補領域を用いた歩行者検知システムの検討", FIT2010 講演論文集, H-032, pp.201-202 (2010)
- [3]P.Viola and M.Jones, "Rapid Object Detection Using a Boosted Cascade of Simple Features", Proc. of IEEE CVPR, vol.1, pp.511-518(2001)
- [4]藤吉弘亘, "Gradient ベースの特徴抽出-SIFT と HOG-", 信学技報 PRMU2007-82, pp.211-223(2007).