

車両前方画像における影に着目した先行車両抽出

- EOH 特徴量による車両識別器の構築 -

Detection of preceding vehicles based on shadow in the vehicle front view

- Construction of vehicle classifier by EOH feature -

○堀江忠裕¹, 松原一樹¹, 泉隆²*Tadahiro Horie¹, Kazuki Matsubara¹, Takashi Izumi²

Abstract: This research aims at prevention of a rear-end collision by performing dangerous prediction from the distance between two cars, and aiming at reduction in a human error by precedence vehicles detection by image processing. Precedence vehicles detection which paid its attention to the bottom shadow of vehicles has so far been performed. This report considered the vehicles detection by EOH feature.

1. はじめに

交通事故発生件数は近年減少傾向にあるものの、平成 23 年中において約 69 万件と依然と高い数値を示している。発生した事故の多くは車両相互の事故であり、追突事故が車両事故の大半を占める。具体的には、一般道路で約 3 割、高速道路で約 7 割が追突による事故である。このことから、先行車両抽出により危険予測を行い、ヒューマンエラーによる追突事故の防止を本研究の目的としている。本研究は ITS(Intelligent Transport Systems: 高度道路交通システム)の開発分野の一つである安全運転支援に位置づけられる。

車両下影は低輝度で車幅程度の大きさをもつため遠方においても抽出しやすく、かつ路面上にあるため位置の特定が容易である。これらのことから、本研究では車両下影に着目し、単眼視を用いた画像処理による先行車両抽出を行ってきた。

本研究では、これまで車両下影抽出をもって先行車両抽出としてきた。しかし、車両下影抽出では車両以外の影をとらえること(誤抽出)があった。そこで、抽出した車両下影候補の近傍で車両抽出を行うことで、車両下影の誤抽出の抑制を図る。車両抽出の要件として環境変化に対する不変性・ロバスト性が挙げられる。つまり、①天候変化に強く、②部分的な遮蔽・照明変動に強いことである。

本報告では前述の①②の要件を満たす局所特徴量を用い、車両抽出のための車両識別器を構築し、その有効性を検証したので述べる。

2. 車両抽出

3. 1. 関連研究

局所特徴量を用いた車両抽出は多く提案されており、HOG(Histogram of Oriented Gradients)特徴量を応用した手法が近年よく用いられている。尾崎らは 2 段階の AdaBoost 学習により識別率の向上を実現している^[1]。

しかし、HOG 特徴量は処理が重くリアルタイム処理が困難である。これに対し、山下ら^[2]は、精度・処理時間の観点から EOH 特徴量の有効性を述べている。山下らの検討は側面から撮影した車画像に対する検討であり、後部から撮影した画像においては検討しておらず、他の文献でも検討例がない。このことから、本研究では EOH 特徴量に着目した。

3. 2. EOH 特徴量

EOH(Edge Orientation Histogram)特徴量とは 1 つの局所領域内におけるエッジ勾配の係数に着目した特徴量で主に顔抽出処理において成果をあげている^[3]。EOH 特徴量は 3 つの特徴量から構成される。以降の節で、それぞれの特徴量の算出方法について述べる。

3. 2. 1. エッジ方向ヒストグラム特徴量

特徴量抽出の準備として、Fig.1 の車両領域画像のようにソーベルフィルタによりエッジ画像を作成し、各画素のエッジ強度とエッジ方向を算出しておく。

EOH 特徴量の 1 つ目の特徴量は、式(1)のように方向 k_1 に対するエッジ強度の合計値と方向 k_2 に対するエッジ強度の合計値の比を算出することで求める。

$$A_{k_1, k_2}(R) = \frac{E_{k_1}(R) + \varepsilon}{E_{k_2}(R) + \varepsilon} \quad (1)$$

ここで、 $E_k(R)$ は、ある局所領域 R における k 方向のエッジ強度の合計値を求める関数、 ε は 0 による除算を防ぐための係数である。

3. 2. 2. 有力方向特徴量

EOH 特徴量の 2 つ目の特徴量はある局所領域 R において他のエッジ方向に比べて非常に大きい強度を持つエッジ方向を特徴量として求める。この特徴量は式(2)より求める。各要素は、式(1)と同様である。

$$B_k(R) = \frac{E_k(R) + \varepsilon}{\sum_i E_i(R) + \varepsilon} \quad (2)$$

3. 2. 3. 左右対称特徴量

EOH 特徴量の 3 つ目の特徴量は、ある局所領域 R_1 ,

$R_2(R_1=R_2)$ のエッジ方向の強度の左右対称性が高いものを特徴量とする. この特徴量は式(3)より求める.

$$Symm(R_1, R_2) = \frac{\sum_{k \in K} |E_k(R_1) - E_k(R_2)|}{sizeof(R_1)} \quad (3)$$

本研究では, 式(1), 式(2)が車両の形状に適し, 式(3)が車両の左右対称性を表現できると考えられる. これらのことから, EOH 特徴量を車両抽出に用いる.

3. 3. 識別器構築

車両は多種多様なため, どの局所特徴が有効か研究者が選択することは難しい. そこで, 有効な特徴を選択してくれる Boosting の一つである AdaBoost により学習を行う. 今回は正解画像に車両前方画像を切り出して作成した車両画像, 不正解画像に MIT データベース^[4]の画像を用いて学習を行い識別器を構築した. 選択された特徴量の例を Fig.2 に示す.

3. 実験

EOH 特徴量により構築した車両識別器が車両抽出の要件を満たすか検証するために車両抽出実験を行う. 実験に使用した画像は一般道路昼晴天, 一般道路昼雨天, 一般道路夜晴天である. 実験結果例を Fig.3 に示す. また, シーン毎の結果を Fig.4 の ROC(Receiver Operatorating Characteristic)カーブに示す. ROC カーブの縦軸に抽出率(Detection Rate), 横軸に誤抽出率(False Positive Par Image)をプロットすることで, 各シーンにおける識別器の性能を比較することができる.

4. 1. 結果と考察

Fig.4 の ROC カーブより天候によらず車両抽出できていることがわかる. 各天候の結果と考察について以降の節で述べる.

4. 1. 1. 一般道路昼晴天

先行車両は抽出できていたが, 対向車を抽出することがあった. これは対向車が車の後部に対して, 同じような特徴をとるためと考える. また, 実際の車両領域に対して少し大きい領域を抽出することがあった.

4. 1. 2. 一般道路昼雨天

雨粒が車両領域に含まれる場合でも晴天時同様, 車両は抽出できていた. しかし, 横断歩道や白線を含む路面が抽出されることがあった. これは, 路面の局所特徴量が車両と似たためと考えられる.

4. 1. 3. 一般道路夜晴天

街灯と自車両のライトにより, 昼のシーンよりも先行車両が明るくなったが, 昼のシーン同様, 車両領域は抽出できていた. 雨天時同様, 歩道領域や横断歩道を含む領域が抽出されることがあった.

4. 2. 課題と対策

前述の考察より挙げた問題点と解決方法を次に述べる. 路面を誤って抽出する点に対しては, 学習に用いる非車両画像を車両前方画像から切り出した画像を用いることで対応する. 実際の車両より大きい領域をとる点に対しては, 車両のスケールは位置によってある程度決まっているため, ウィンドウスケールを決めて抽出すれば良いと考える. また, 学習データを増やすことで対応可能と考えられる.

4. まとめ

本報告では, EOH 特徴量を AdaBoost 学習によって車両識別器の作成を行い, 識別器の評価を行った. 成果と課題は以下の通りである.

- (1) 構築した識別器は実験結果より天候変化に強く, 雨粒等の部分的な遮蔽・照明変動に強いことを示した.
- (2) 正解画像・不正解画像ともに学習データの増加が必要である.

今後の展開として, ①車両識別器の精度向上, ②車両下影抽出との併用, ③パーティクルフィルタとの統合による高精度化・高速化を検討する.

5. 参考文献

- [1] 尾崎貴洋, 山内悠嗣, 藤吉弘直: 「Joint HOG 特徴を用いた 2 段階 AdaBoost による車両検出」, 動的画像処理実用化ワークショップ (DIA2008), pp.101-106 (2008)
- [2] 山下隆義ら: 「Online Real Boosting による人物追跡」, 情報処理学会論文誌, コンピュータビジョンとイメージメディア Vol.1, No.1 pp.73-82 (2008)
- [3] Kobi Levi, Yair Weiss: "Learning Object Detection from a Small Number of Examples: the Importance of Good Features", To appear in CVPR pp. 1-8 (2004)
- [4] MIT ホームページ: 「CBCL code / datasets」
http://cbcl.mit.edu/cbcl/software-datasets/(2012年9月現在)

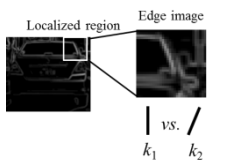


Fig.1 EOH feature



Fig.2 Selected feature



Fig.3 Vehicle detection result by vehicle classifier

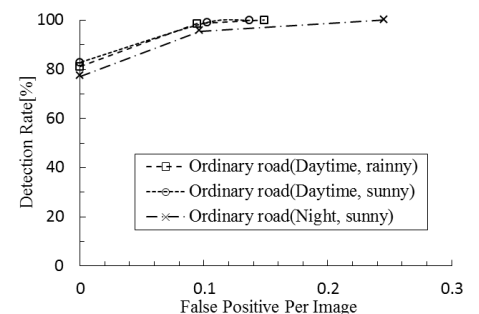


Fig.4 ROC curve by each weather