

局所特徴認識アルゴリズムによる車両の認識

○ 吉田達哉(東京大学) 影沢政隆(東京大学) 池内克史(東京大学)

Vehicle Recognition with Local-Feature Based Algorithm

*Tatsuya YOSHIDA, The Univ. of Tokyo, Masataka KAGESAWA, The Univ. of Tokyo,

Katsushi IKEUCHI, The Univ. of Tokyo.

Abstract - In this paper, we propose a robust method for recognizing vehicles. Our system is based on local-feature configuration method, which is a generalization of eigen-window method. This method has following three advances: (1) It can detect even if part of vehicle is occluded. (2) It can detect even if vehicles are translated due to the running out of the lanes. (3) It does not require us to segment vehicle areas from input images. We have developed our system with infrared images, but in this paper, we apply our system on images of super wide-angle optical images. In outdoor experiments, our system detects over 95 % of vehicles.

Key Words: Vehicle Recognition, Image processing, Eigen-space, Eigen-window

1. はじめに

ITSにおいて、交通量計測等に利用される車両認識は重要な技術である。車両検出には、主に超音波センサやレーザデテクタなどのセンサが使われているが、近年では画像処理を利用したセンサも実用的なレベルに達しており、応用範囲が広い画像センサは今後の発展、実用化が期待されている。

我々は、局所特徴に注目した画像認識手法を元にした、車両認識アルゴリズムを提案し、赤外画像による実験で実用性を示してきた¹⁾。本稿では、この手法を可視光画像に適用して、システムのロバスト性と実用性を実証する。

2. 認識アルゴリズム

我々のシステムにおける車両認識アルゴリズムは、物体認識の分野において発展してきた固有窓法²⁾を元に行っている。我々のシステムは、固有窓法を2値画像に適用し、高速な処理を可能にした Binary Features 法³⁾利用している。以下で各手法を説明する。

2.1 固有窓法

固有窓法は固有空間法⁴⁾という、ビジュアルラーニング手法を元に行っている。固有空間法では入力画像中から対象物体を切り出す必要があるうえ、オクルージョンにも弱い。そこで、モデル画像、入力画像とも小さいウィンドウを設けて、そのウィンドウを対象にして固有空間法を行う手法が固有窓法である。マッチング及び投票処理は以下のように行う。

今、モデル画像中のウィンドウを $w_i(z_i, T_i; x_i, y_i)$ と表現する。 z_i はウィンドウ内の画像、 T_i はウィンドウの属しているモデル画像、 (x_i, y_i) は T_i 中のウィンドウの位置である。投票空間 V として $M \times R \times R$ の空間を用意する。 M はモデル画像の数、 $R \times R$ はウィ

ンドウの相対位置を示す XY 座標である。入力画像 J 中の位置 (x, y) におけるウィンドウを $w(J, z; x, y)$ とすると、 z ともっとも類似した画像 z_k を求め、投票空間中の $V(T_k, x - x_k, y - y_k)$ に投票する。投票空間 $V(T, x, y)$ の値が r であるならば、入力画像 J 中の相対位置 (x, y) にモデル T の特徴が同じ位置関係で r 個みつかったことになる。投票の多い点を閾値 T_v で検出して、対象物体を認識する。

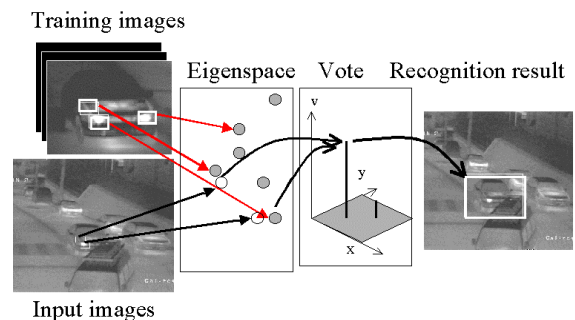


図1 固有窓法の投票法

2.3 Binary Features 法

固有窓法を2値画像に対して適用して計算効率を高めたのが Binary Features 法である。また、エッジ抽出を行って2値画像を作ることにより、照明変動にもロバストになる。モデル画像中の特徴ウィンドウは、以下の式により周囲との類似度の低い点を求め、その点を中心にして設ける。

$$r_i = \min_{\substack{-d \leq d_x \leq d \\ -d \leq d_y \leq d}} \{ D_H [\bar{\Omega}\{e_i(x', y'); x, y, b\}, \bar{\Omega}\{e_i(x', y'); x + d_x, y + d_y, b\}] \}$$

求めた特徴を k-means アルゴリズムでコード化して少ないコードで表現する(特徴数 $f \gg$ コード数 c)。入力画像中に設けたウィンドウと各コードとのハミング距離を計算して、それが最小となるコードを求め、

投票空間を用意して，固有窓法と同様にウィンドウの相対位置に投票する．ピークを検出することにより，対象物体を認識することができる．

3. 車両認識実験

これまで我々は赤外画像で実験を行ってきたが，本稿では屋外で撮影された画像を用いて実験を行い，有効性を検証する．

3.1 車両認識システム

実験システムは前述の binary features 法を用いている．カメラに広角のレンズを使用しているため，画像中の位置によって車両の見えが変化する．そこで，画像領域を縦 3 横 3 分割の 9 つに分け，各領域の中心付近に車両が写っている画像をあらかじめ用意して，モデル画像とする．

モデル作成は以下のように行う．撮影された実験画像には白黒 2 種類の車両が写っているので，両車両の画像を用意する．各モデル画像に Laplacian フィルタをかけ，2 値化したエッジ画像とする．2 値化した各モデル画像から特徴点を 30 点求める．そのため，画像中の一領域に対応するモデルは，白黒各車両から 30 ずつで 60 の特徴で構成されることになる．特徴点の周りに設けるウィンドウのサイズは 7×7 とする．得られた $60 \times 9 = 540$ の特徴を k-means アルゴリズムで 20 のコードに圧縮する．

認識処理では，入力画像をモデル画像と同様に Laplacian フィルタで 2 値のエッジ画像とした後，得られた 2 値入力画像上を 7×7 のウィンドウでラスタスキャンしていき，binary features 法を用いて投票処理を行う．投票後，安定性を高めるため，投票空間に中心が 2 で他は全て 1 の値を持った 9×9 のフィルタをかける．閾値 45 以上の投票があった点に対して，そこに対象物体があると判定する．

より安定性を高めるため，背景差分処理を 2 値画像中で行っている．すなわち，用意した背景画像を Laplacian フィルタで 2 値画像として，2 値化した入力画像から引く．背景画像はあらかじめ 1 枚用意しておき，10 フレームごとに入力画像と比較して更新している．

実験は，並列画像処理ボード上に以上のシステムを実装して行った．

3.2 実験

撮影された 262 枚の画像を使って，認識実験を行った．実験画像例を図 2 に示す．使用した画像中，白い車両が移っているものが 143 枚あり，黒い車両が写っているものが 234 枚ある．実験結果を表 1 に示す．各車両の位置も含めた認識成功率と，車両がないところに車両があると判定した誤認識の，全体に占める割合を示している．黒い車両のほうが影の

影響からエッジが検出しにくい，白い車両と変わらない高い認識率が得られている．

	割合	率
白い車両	141/143	98.6%
黒い車両	226/234	96.6%
誤認識	18/262	6.9%

表 1 システム性能評価実験の結果

(a) 入力画像 (b) 結果
図 2 実験画像例



4. まとめ

屋外での可視光画像を用いた実験によって，95%を越える認識率を得ることができ，我々のシステムの有効性を確かめることができた．また，画像処理センサを用いたシステムであるため，監視カメラとの併用や，他機能の拡張が容易であり，実用性の高いシステムである．今後は車両認識後の車種判別について検討していく予定である．

謝辞

実験で使用した画像は三菱重工業株式会社から提供頂いたものである．ここに感謝の意を表する．

参考文献

- 1) M. Kagesawa, S. Ueno, K. Ikeuchi and H. Kashiwagi: Vehicle Recognition in Infra-red Images Using Parallel Vision Board, 6th World Congress on Intelligent Transport Systems '99 (1999).
- 2) K. Ohba and K. Ikeuchi: Detectability, Uniqueness, and Reliability of Eigen-Windows for Stable Verifications of Partially Occluded Objects, IEEE Pattern Analysis and Machine Intelligence, 19, 9, pp.1043-1048 (1997).
- 3) J. Krumm: Object Recognition with Vector Quantized Binary Features, Proc. of Computer Vision and Pattern Recognition '97, pp.179-185 (1997).
- 4) H. Murase and S. K. Nayar: Visual Learning and Recognition of 3-D Objects from Appearance, International Conference on Computer Vision, 14, pp.5-24 (1995).