

形状情報と色情報を利用した  
サポートベクターマシンによる交通信号機領域の検出  
Detection of Traffic Signal Region Using Support Vector Machine  
with Shape and Color Information

仲野彰洋<sup>†</sup>  
Akihiro Nakano

子安大士<sup>†</sup>  
Hiroshi Koyasu

前川仁<sup>†</sup>  
Hitoshi Maekawa

### 1. まえがき

道路交通において、交通信号機や標識・車線等の情報は重要である。様々な交通情報を抽出することは、運転補助・運転解析・危険警告・事故の原因説明等の交通安全の支援に繋がる。我々は交通情報の中でも重要な交通信号機に着目する。

木村ら [3] は信号機灯火のように輝度の高い物体をカメラで撮影したときに生じる、色情報の損失(色飽和)にロバストな手法を提案している。また、中田ら [2] はカルマンフィルタとテンプレートマッチングを使用する信号機認識手法を提案しており、ある範囲での信号機灯火の検出と追跡ができることを確認した。しかし、前者は昼間に撮影した信号機灯火の誤認識が課題とされている。また、後者は信号機の明度や角度の変化に対応できず誤検出や非認識が生じる場合がある。これらの問題を解決し、多様なパターンの信号機検出に対応させるために、我々は機械学習に着目し、Hough変換を利用した信号機灯火の検出と形状情報を特徴量とした、交通信号機の検出手法 [1] を提案した。しかし、色情報の損失などの原因から、信号機灯火の誤検出や非検出が課題となっていた。

本研究では、HOG特徴で表した形状情報と信号機領域の色情報を組み合わせた特徴量を用いたサポートベクターマシンで信号機領域を検出することを検討した。形状情報と色情報を組み合わせた特徴量を用いることで、色情報の損失に頑健な物体検出が行えると考える。今回は色情報の利用を2パターン試し、色情報を用いない場合との比較を行い、信号機の検出精度の評価を行う。

## 2. 交通信号機領域の検出手法

### 2.1. 概要

交通信号機の検出は学習フェーズと認識フェーズに分けて行う。学習フェーズでは、複数枚の信号機画像から学習の際に用いる特徴量を抽出し、検出対象であるポジティブデータと検出対象以外のネガティブデータの2つに分ける。認識フェーズでは、学習フェーズでの学習結果を利用し、信号機領域を探索する。

### 2.2. 形状特徴量

交通信号機の形状特徴量として、Dalalら [4] が提案しているHistogram of Oriented Gradients(HOG)特徴を用いる。HOG特徴は、近接画素の勾配を局所領域ごとにヒストグラム化するため、照明の影響を受けにくく、局所的な幾何学変化に頑健である。HOG特徴量は以下のように算出する。

まず、画像をセルと呼ばれる5×5画素の小領域に分割

する。分割したセル上の座標 $(x, y)$ の輝度値 $I(x, y)$ から勾配強度 $m$ と、勾配方向 $\theta$ を式(1)で求める。また、 $x$ 方向と $y$ 方向の輝度勾配をそれぞれ $I_x$ 、 $I_y$ と表す。

$$m(x, y) = \sqrt{I_x^2 + I_y^2}, \quad \theta(x, y) = \tan^{-1} \frac{I_x}{I_y} \quad (1)$$

算出された勾配強度 $m$ と、勾配方向 $\theta$ を用いてセル領域における輝度勾配の方向ヒストグラムを作成する。輝度勾配の方向ヒストグラムは、 $0^\circ \sim 180^\circ$ の範囲を $20^\circ$ ずつ分割した、9方向の方向ヒストグラムから作成する。

3×3セルを1ブロックとする。1セルは9次元の特徴量を持つこととなり、1ブロックあたり9次元×9セル=81次元の特徴量を持つことになる。

$i$ 行 $j$ 列のセルの方向ヒストグラムを $H_{ij} = [h_{11}, \dots, h_{91}]$ とすると、 $k$ 番目のブロックの特徴ベクトル $V_k$ は、式(2)のように表すことができる。

$$V_k = [H_{i,j}, H_{i+1,j}, H_{i+2,j}, H_{i,j+1}, \dots, H_{i+2,j+2}] \quad (2)$$

正規化した特徴ベクトルの特徴量を $v_{ijl}$ とすると、正規化は式(3)のように行う。 $\epsilon$ は分母が0になるのを防ぐための係数である。

$$v_{ijl} = \frac{h_{ijl}}{\sqrt{\|V_k\|^2 + \epsilon^2}} \quad (1 \leq l \leq 9) \quad (3)$$

### 2.3. 色特徴量

交通信号機の色特徴量として、本研究では2つの手法を考える。

1つ目は、色ヒストグラムを用いる。本研究では、HOG特徴量を求める際に分割したブロック領域における、局所的領域の色ヒストグラムを特徴量とする。色ヒストグラムを作成する表色系にはHSV表色系を使い、信号機灯火は輝度の影響を受けやすいため、明度(V)の値は除去し、色相(H)と彩度(S)の値のみで局所色ヒストグラムを作成する。色相の値を10段階、彩度の値を8段階に分け、80通りのヒストグラムを特徴量とするため、次元数は80次元となる。

2つ目は、Bahlmannら [5] が提案している、カラーチャンネルごとに形状特徴量を取得する手法を用いる。HOG値の取得にはグレースケール値を用いるのが一般的であるが、本手法では、RGB表色系のR,G,B値それぞれでHOG値を取得し、灯火の色ごとにカラーチャンネルでの反応が異なることを利用する。

### 2.4. SVMを用いた特徴量の識別

上記の特徴量を、ポジティブデータとネガティブデータの2つに分類する機械学習手法として、Support Vector Machine(SVM)を用いる。SVMは特徴量データ空間に最適な分離平面を構築するため、データの特徴量の次元が大きくても識別精度が良く、未学習データに対して高

<sup>†</sup>埼玉大学大学院理工学研究科

い識別性能を持つ。

### 3. 実験結果

提案手法を用いて、様々なパターンで撮影した画像から、交通信号機を検出できるか実験を行った。画像の撮影は、天候は晴れの日、異なる日時、場所で行った。

2つの信号機検出手法における信号機検出結果例を図1に示す。機械学習によって、信号機領域と判定されたHOGブロック領域を白色の四角で画像上に表示する。

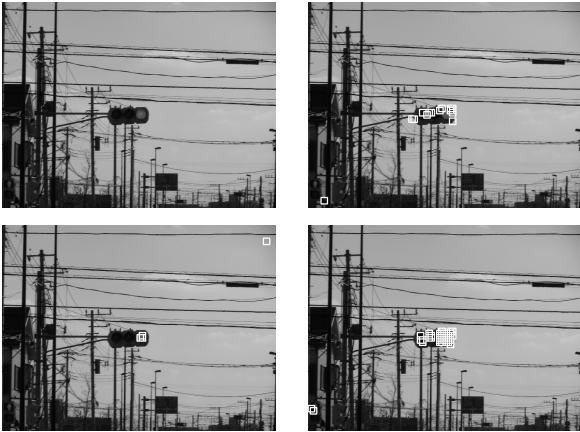


図1: 各信号機検出手法における結果画像例。左上の図は原画像、右上は色情報を利用せず、特徴量はHOG特徴のみの場合、左下は特徴量をHOG+色ヒストグラムとした場合、右下は特徴量をカラーチャンネルごとにHOG値を取得した場合。

提案手法によって検出した信号機領域と実際の信号機領域の位置を目視で確認し、正しい位置が取得できているかを調べ、交通信号機検出の精度を評価した。その結果を表1に示す。

表1: 各信号機検出手法における検出精度の比較。(画像は425枚使用)

	検出率 [%]	誤検出率 [%]	処理時間 [s]
色情報なし	89.6	18.8	0.07
色ヒストグラム	61.2	5.1	1.71
カラーチャンネル	92.1	14.6	0.39

特徴量に色情報を加えると、信号機灯火領域に多くのブロックが検出された。カラーチャンネルごとにHOG値を取得した手法に関しては、検出率が92.1%と高い検出率となった。また、特徴量をHOG+色ヒストグラムとした手法に関しては、誤検出率が5.1%と低い誤検出率となった。一方、特徴量に色情報を用いない場合に比べて、特徴量に色情報を含めると、画像1枚辺りの処理時間が大きくなった。

また、提案手法の識別性能を比較した結果を図2に示す。縦軸は信号機画像400枚に対してHOGブロックが検出される割合を表し、横軸は信号機以外の画像400枚に対してHOGブロックが誤検出率する割合を表す。

図の曲線は左上に向かうほど良い識別器なので、カラーチャンネルごとにHOG値を取得した手法が最も識別性能が良いことがわかる。

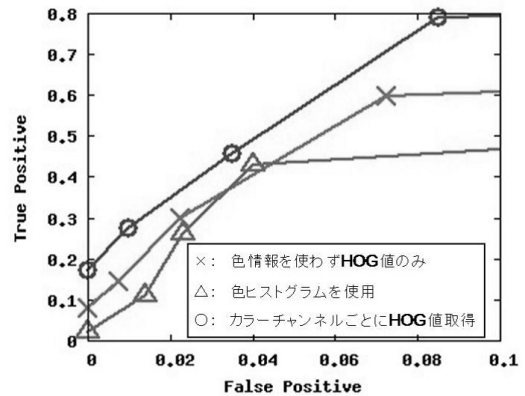


図2: 各手法の検出性能比較 (ROC曲線<sup>‡</sup>の一部)。

### 4. まとめ

本論文では、交通安全支援のひとつとして、交通信号機の検出を行うために、形状情報と色情報を利用した機械学習手法について述べた。その結果、提案手法を用いることで、交通信号機が写っている道路画像から、信号機領域を検出することができた。しかし、信号機領域の誤検出や処理時間などの問題がある。

今後の課題として、より精度の高い信号機及び灯火領域の検出を行うために、信号機検出に適した特徴量の検討が必要である。また、検出された信号機領域から灯火の色判別も必要である。

### 参考文献

- [1] 仲野, 子安, 前川, “機械学習を用いた交通信号機の検出と認識”, CVIM172, 2010.
- [2] 中田, 子安, 前川, “車載カメラを用いた動画からの交通信号認識”, 信学技報, Vol.107, No486, pp.121-125, 2008.
- [3] 木村, 高橋, 目加田, 井手, 村瀬, “安全運転支援のための多様な撮影環境における信号認識”, MIRU2006, pp.618-623, 2006.
- [4] N.Dalal and B.Triggs “Histograms of Oriented-Gradients for Human Detection”, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition 2005, Vol.1, pp.886-893, 2005.
- [5] C.Bahlmann, Y.Zhu, V.Ramesh, “A System for Traffic Sign Detection, Tracking, and Recognition Using Color, Shape, and Motion Information”, IV 2005, pp.255-260, 2005.

<sup>‡</sup>ROC:Receiver Operating Characteristic