

交通信号機検出への生成型学習の適用 Applying Generative Learning to Traffic Signal Detection

上原康弘[†]
Yasuhiro Uehara

子安大士[†]
Hiroshi Koyasu

前川仁[†]
Hitoshi Maekawa

1 まえがき

近年, ITS や ASV といったより安全な車を実現するための研究が注目されており, 様々な研究者により研究されている. 中でも, 車載カメラを応用した運転支援技術は重要であり, 我々は交通信号の検出や認識について研究してきた. 仲野ら [1] は, 形状情報と色情報を利用した機械学習手法により, 多様な撮影環境に対応した交通信号機検出を実現している. 機械学習において十分な精度を得るためには, 十分な量の学習サンプルをバランスよく与える必要がある. しかし, 数の少ない特殊な形状の信号機や, 点灯時間の短い黄信号などでは, 十分な量のサンプルを収集することが難しく, そのようなものに対する検出精度が低下してしまうという問題が生じる.

この問題を解決するため, 本研究では生成型学習の適用を検討した. 生成型学習とは, 少数の基準サンプルに実際に観測されるような変化を与えることで大量の学習サンプルを生成し, 学習に用いることで, 少ない収集コストで多様な学習を行うための手法である. 道満ら [2] は, 経年変化による道路標識の色変化を考慮した生成型学習により, 道路標識検出を実現している. このように, 生成型学習では, 検出対象物体が実際の撮影環境で起こりうる見え方の変動を適切にモデル化し, 変化させることで, 適切な学習サンプルを生成することが重要となる.

本研究では, 交通信号機特有の見え方の変化を考慮した生成型学習を提案する. 提案手法と, 学習サンプル画像を手作業で集めた手法との比較を行い, 双方の画像収集コストと信号機領域の検出精度について評価を行う.

2 生成型学習による交通信号機検出

2.1 手法の概要

まず, 実際の道路情景を考慮し, 交通信号機の様々な見え方の変動をモデル化する. ここで, 交通信号機の灯火領域を区別した生成モデルを提案する. 生成モデルのパラメータを変化させることで, 少数の基準サンプル画像から大量の学習サンプル画像をグレースケールで生成する. 得られた学習サンプルで Haar-like 特徴と AdaBoost を用いた手法により識別器を作成し, 道路情景画像から信号機領域の検出を行う.

2.2 学習サンプル画像生成手法

生成型学習を信号機に適用する際, 考慮すべき特徴として信号の灯火が挙げられる. 天候や時間帯で照明条件が変化する影響で, 信号機全体が暗くなる場合でも, 信号の灯火部分の明るみの変化は少ない. そのため, 基準サンプル画像の信号の灯火部分を灯火領域, それ以外の本体を筐体領域と定義し, それぞれを区別した生成が必要である. 図 1 に, 作成した生成モデルを示す. 提案手法では, 同図 (a) のような基準サンプル画像に対し, HSV

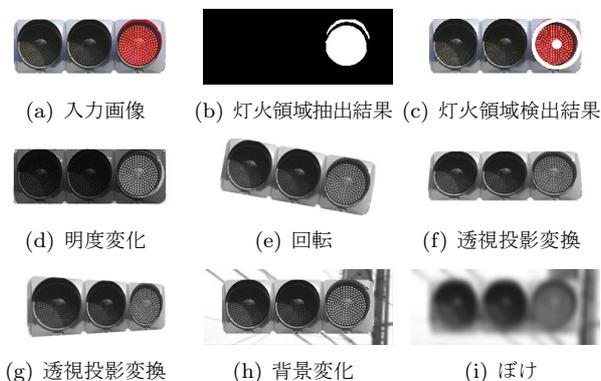


図 1: 本研究で使用する生成モデル. (a) 入力画像. (b) 二値化による灯火領域の抽出結果. (c) 円検出による灯火領域の検出結果. (d)~(i) は各生成モデルの適用例.

色空間で閾値を設け, 灯火領域を抽出するよう二値化する (同図 (b)). これに Hough 変換による円検出を行い灯火領域を検出する. 同図 (c) は, 灯火領域の検出結果例であり, 検出された領域を白色の円で表示している. LED 式信号機の基準サンプル画像に対して処理を行う場合は, 二値化により LED 素子一つ一つが抽出されてしまい, 円検出が難しくなるため, 平滑化してから二値化処理を行う. 同図 (d) に筐体領域の明るみを変化させる生成モデルの処理結果例を示す. その他の生成モデルとして, 同図 (e)~(g) に角度変化, (h) 背景変化, (i) ぼけの処理結果例を示す. 背景変化モデルで使用する背景画像は, 実際に撮影した道路情景画像の分割を与える. このとき, 交通信号機が設置されない路面などの領域は含まない. 生成モデルの適用順序は明るみ変化, 角度変化, 背景変化, ぼけの順で行う. そのため, 同図 (i) では入力画像に (h) を用いた処理結果例を表示している. これらの生成モデルを組み合わせ, パラメータとして制御することで, 大量の学習用サンプル画像を生成する.

2.3 Haar-like 特徴と AdaBoost による識別

提案手法では, Viola ら [3] による Haar-like 特徴と AdaBoost を組み合わせた機械学習手法を利用する. Haar-like 特徴は, 白の領域と黒の領域の 2 つの領域の輝度差を算出し, 特徴量としている. 得られた特徴量データを AdaBoost を用いて識別する. AdaBoost は, あまり判別能力の高くない弱識別器を多数組み合わせることで判別能力の高い強識別器を作り, 適応的にサンプルの重みを更新できるようにした学習アルゴリズムである [4].

3 実験

3.1 学習条件

基準サンプル画像と, 生成した学習用サンプル画像の例を図 2 に示す. 基準サンプル画像として, ほぼ正面から撮影された信号機画像で, 筐体領域で切り抜いたもの

[†]埼玉大学大学院理工学研究科

を 20 枚用いる。学習に用いるポジティブデータとして、基準サンプル画像から 2.2 で述べた生成モデルにより生成した学習サンプル画像を 6000 枚用いる。ネガティブデータは道路情景画像を分割したものを 6000 枚用いる。

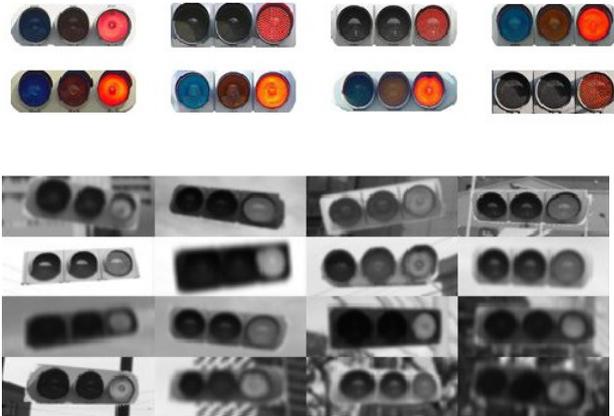


図 2: サンプル画像例. 上段は基準サンプル画像. 下段は生成した学習サンプル画像.

3.2 実験結果

提案手法を用いて、交通信号機を含む様々なシーンの画像から、赤信号機を検出する実験を行った。評価用画像の撮影は、天候は晴れ又は曇りの日に、異なる日時、場所で行った。提案手法に加えて、基準サンプル画像のみを用いて識別器を作成した手法(生成なし)と、灯火領域の判別を行わずに生成モデルを適用した手法(灯火領域判別なし)との比較を行い、それぞれの結果を図 3 に示す。識別器によって信号機領域と判定された領域を白色の四角で画像上に表示する。

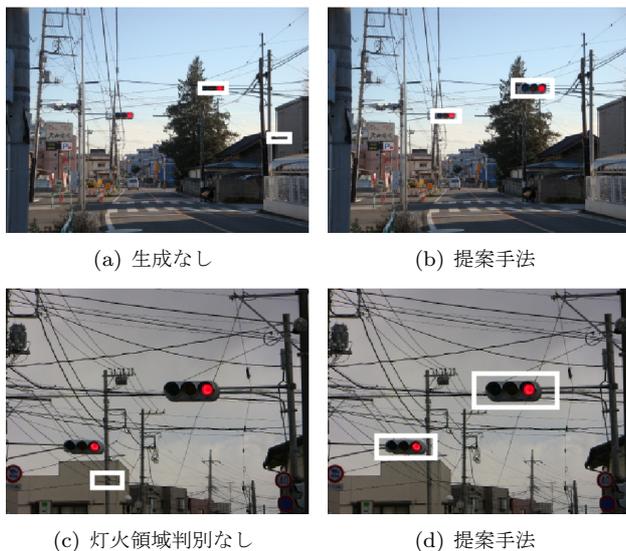


図 3: 信号機領域の検出結果画像例. (a) は生成ありの手法, (b),(d) は提案手法, (c) は灯火領域判別なしの手法. (a) と (b), (c) と (d) は同じ評価用画像を入力としている。

次に、評価用画像 100 枚に対して検出実験を行った。学習サンプル画像を手作業で集めた手法を従来手法とし、提案手法と比較を行った。それぞれが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た。以下にその結果を示す。

表 1: 各手法で用いたサンプル画像数

	基準サンプル数	学習サンプル数
従来手法	–	2283 枚
提案手法	20 枚	6000 枚

表 2: 各手法での検出精度比較

	検出対象数	検出成功数	平均誤検出数
従来手法	128	107	1.68
提案手法	128	101	1.08

表 1 は、各手法で学習に用いたサンプル画像数を表している。従来手法では、実際に撮影された 2283 枚の信号機画像を用いて学習を行った。提案手法では、実際に撮影された 20 枚の基準サンプル画像を用いて 6000 枚の信号機画像を生成し、学習を行った。

表 2 は、各手法での信号機検出の実験結果を比較したものである。各手法の検出対象数(信号機数)、検出成功数、平均誤検出数を表す。これより、提案手法は従来手法の約 94%の精度を保持しながら、学習サンプル画像数は従来手法の約 114 分の 1 と、画像収集コストが削減できている事が確認できる。

4 まとめ

本論文では、運転支援システムのひとつとして、交通信号機の検出を行うための生成型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、学習サンプル画像収集コストを大幅に削減することができた。また、灯火領域を区別した生成モデルの有効性を確認した。

今後の課題として、より精度の高い検出を行うために、信号機特有の色情報と形状情報を考慮した生成モデルなどが必要である。また、実用化に向け、動画像処理を考慮した生成型学習法の検討をする必要がある。

参考文献

- [1] 仲野, 子安, 前川, “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,” FIT2011, pp.265–266, 2011.
- [2] 道満, 高橋, 目加田, 井手, 村瀬, “色変動を考慮した生成型学習法による道路標識検出器の構築,” 信学論, Vol.J93-D, No.8, pp.1375–1385, 2010.
- [3] P.Viola and M.Jones, “Robust Real-Time Face Detection,” International Journal of Computer Vision, Vol.57, No.2, pp.137–154, 2004.
- [4] Y.Freund and R.E.Schapire, “A Decision-Theoretic Generalization of on-Line Learning and an Application to Boosting,” Journal of Computer and System Sciences, Vol.55, No.1, pp119–139, 1997.