

夜間情景画像における最高速度標識の認識 Recognition of Speed-Limit Signs in Night Scene Images

亀谷 洋道[†] 景山 陽一[†] 西田 眞[†]
Hiromichi Kameya Yoichi Kageyama Makoto Nishida

1. はじめに

前方向の環境情報である道路標識[1]を自動検出し、得られた情報を道路利用者に提示することは、道路交通の安全性の向上に有効である。特に、夜間においては最高速度違反による死亡事故率が著しく高い[2]という問題が挙げられる。したがって、最高速度標識を情景画像から自動認識し、得られた情報とカーナビゲーションから提供される情報を併用して道路利用者に提示することは、最高速度違反による死亡事故の低減に寄与できると考える。

そこで本稿では、夜間に高感度カメラを用いて取得したカラー情景画像を対象とし、最高速度標識を認識する手法(以下、提案手法と表記する)を提案する。

2. 使用画像

法定速度以内で走行する自動車の助手席に高感度カメラ(ELMO 製: SVM2130)を設置し、前方向の情景を撮影した。次に、取得した動画画像から静止画像 1169 枚を切り出し、これを使用画像とした。なお、データ(画像サイズ 720×480 画素; RGB 各 256 階調)は晴天時の夜間に秋田市内で取得している。図 1 に使用画像例および対象範囲を示す。

本稿では、道路標識の中でも最高速度標識を対象とし、“標識内部の白領域の直径が 27 画素以上であること”および“顕著な変色や変形がないこと”を条件とした。

使用画像は、30km/h 制限(243 枚)、40km/h 制限(248 枚)、



図 1 使用画像例および対象範囲

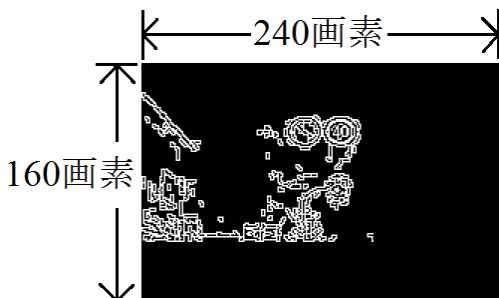


図 2 正規化された画像

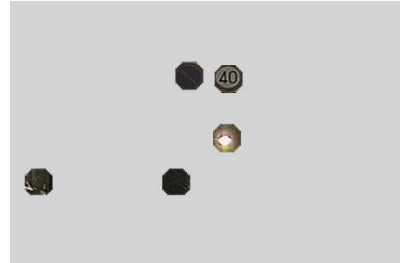


図 3 検出結果

50km/h 制限(255 枚)の最高速度標識をそれぞれ含む画像、並びに最高速度標識を含まない(423 枚)画像である。また、提案手法の有効性を明らかにするため、標識の含まれる画像 746 枚中 150 枚(30, 40, 50km/h 制限各 50 枚)を手法の検討データとし、残りの 596 枚を実験データとした。

3. 提案手法

3.1 標識の検出

標識の設置される位置[3]を考慮して、使用画像の下部(図 1 の A 領域)および右部(図 1 の B 領域)を対象範囲外とした。さらに、画像の平滑化および処理時間の短縮を目的として粗視化処理を施した。すなわち、着目画素と 8 近傍画素の合計 9 画素の平均を算出し、画像サイズ 240×160 画素の画像を作成した。

夜間に取得したデータは、“標識までの距離”、“標識の設置位置”、並びに“取得時における環境条件(主に照明条件)”によって、標識の色情報やサイズが大きく変化する。このため、色情報やサイズの変化に対し、依存度の小さい輪郭線に着目して標識を検出した。なお、最高速度標識の形状は円形であるため、8 方向ラプラシアンフィルタを用いてエッジを抽出した(以下、エッジ画像と表記する)。さらに、“エッジ画像に反転処理を施した画像”および“エッジ画像に膨張処理を施した画像”の論理積を求めることによって正規化した。正規化した画像(図 2 参照)に対し、円の検出に有効である一般化ハフ変換[4]を用いることによって標識の位置を検出した。標識の検出結果例を図 3 に示す。なお、以後の処理は、粗視化された画像において、標識領域と推定された領域の座標を原画像の座標に投影し、原画像に対応する領域のみを対象としている。

3.2 標識の認識

本稿では、標識内部の右部に示される“0”を共通領域、左部に示される“3”、“4”、並びに“5”を各標識(30, 40, 50km/h 制限)の特徴領域とそれぞれ定義した。

3.1 節の処理で検出された領域は、標識の位置にズレが生じる場合を認めた。また、標識以外の領域も検出されるため、標識以外の領域を誤認識する可能性がある。このため、標識の特徴に着目して標識以外の領域を棄却した。本

[†] 秋田大学 Akita University

稿では、(i)標識内部の白領域および(ii)共通領域の特徴に着目して標識の抽出および標識の限定を行った。

標識内部の白領域は、標識内部の他領域と比較し高い明度値を示すことに着目して抽出した。このとき、取得時の環境条件による色情報の変化に対応するため、判別分析法[4]を用いて閾値を設定した。さらに、抽出された白領域の横幅、縦幅、並びに面積の各値に着目して限定した。以上の処理によって得られた領域から、標識内部の形式(図4参照)を考慮し、共通領域および特徴領域の存在する位置を推定した。

共通領域の形式(図4参照)に着目して、推定された領域を5行3列に分割(図5参照)し、各ブロック内を解析した。図5のA領域には背景(標識の白領域)が存在し、B1、B2、C1、並びにC2領域には共通領域が存在する。このため、“A領域全体の63%以上が背景”かつ“B1、B2、C1、並びにC2領域において、それぞれ全体の25%以上が共通領域”である場合に標識と判定した。なお、D領域に関しては、共通領域と背景が混在しており、ブロック内の画素の比率にばらつきが発生したため、評価の対象外とした。

以上の処理によって限定された領域の特徴領域に対応する部分を4行2列のブロックに分割し、各ブロックを評価することで認識した。なお、本稿では、各ブロックに含まれる特徴領域の画素数を、ブロック全体の特徴領域の画素数でそれぞれ除した値を特徴量(図6参照)とした。また、検討データ(各50枚)における各ブロックの特徴量を算出し、それぞれの平均値を辞書データとした。認識結果は、抽出された領域の特徴量を、各辞書データの特徴量とそれぞれ

表1 実験結果

標識の種類	実験データ	認識成功	認識率
30km/h 制限	193 枚	178 枚	92.2%
40km/h 制限	198 枚	187 枚	94.4%
50km/h 制限	205 枚	197 枚	96.1%
合計	596 枚	562 枚	94.3%

比較して各ブロックにおける差分値の総和を算出し、この値が最も小さくなる結果を出力した(図7参照)。また、差分値の総和が全て25以上の場合は、標識以外の物体であることを認めた。このため、差分値の総和が全て25以上であった場合は、標識以外の領域として棄却した。

4. 実験および検討

実験結果を表1にまとめる。提案手法は、実験データに存在する最高速度標識596枚中562枚(94.3%)を正しく認識することが可能であった。また、最高速度標識を含まない画像423枚中423枚(100%)を“最高速度標識なし”と正しく判定することが可能であった。さらに、最高速度標識相互での誤判別は認められなかった。道路交通において、“最高速度標識以外の物体の誤認識”および“最高速度標識相互での誤判別”は重大事故に繋がる危険性がある。したがって、上記結果は、提案手法が高精度かつ安全性の高いシステムを構成する要素技術になり得ることを示唆している。

Core2Duo CPU 3.33GHzのPCを用いて実験を行った結果、提案手法の処理時間は、最高速度標識が含まれる場合で約0.62秒、含まれない場合で約0.52秒であった。一方、標識の白領域が27画素以上となるのは、標識とカメラとの距離が約18mの場合である。また、カメラの角度およびズームを固定した状態で撮影範囲に標識が収まるのは約8mの距離までであるため、8m~18mの10mの間で標識認識可能なデータを取得することができる。例えば、50km/hで走行する車両の場合、0.62秒間で約8.6m進行する。このため、標識が認識可能な距離に存在する間、提案手法は一回以上の処理が可能である。

以上の結果を踏まえ、認識に失敗したデータに対する処理の改良、並びに実用化を想定したリアルタイム処理を今後の課題とする。

謝辞

本研究は、平成23年度高橋産業経済研究財団の助成により行われたことを付記します。

参考文献

- [1] 景山,高野,西田,“情景画像の特徴を考慮した円形道路標識の抽出アルゴリズム”,電気学会論文誌C,Vol.130, No.10,pp1865-1872(2010).
- [2] “平成22年中の交通事故の特徴及び道路交通法違反取締り状況について”,警察庁(2011).
- [3] “道路標識,区画線および道路標示に関する命令”,内閣府・国土交通省令第3号(2009-12).
- [4] 高木,下田,“新編 画像解析ハンドブック”,東京大学出版会(2004).

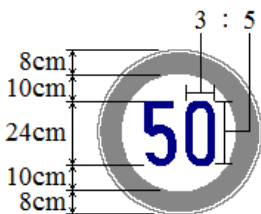


図4 標識の形式[4]

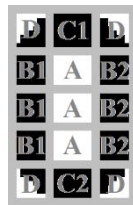


図5 共通領域の分割

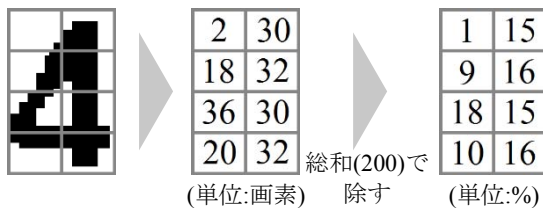


図6 特徴量の算出例

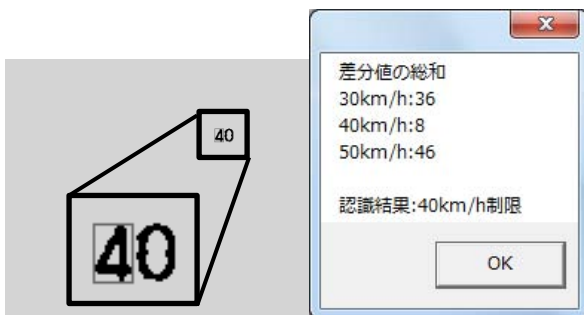


図7 認識結果