

構造情報を用いた白線・横断歩道検出に関する検討

米山昇吾† 岡野祐一† 川又武典† 宮原景泰† 岡田康裕†
Shogo Yoneyama Yuichi Okano Takenori Kawamata Kageyasu Miyahara Yasuhiro Okada

1. まえがき

多様な情報を地図に対応付けて管理する GIS の構築において、地図情報と画像情報を関連付けるためには、ランドマークとなる路面標示(白線・横断歩道など)の検出が重要となる。これまで、白線検出については、多くの研究がなされているが[1][2]、他の路面標示検出と合わせた研究は少ない。そこで、本稿では、白線検出時の線分情報を横断歩道検出時に利用し、両者を効率良く検出する方法について述べる。

2. 路面表示検出

本章では、線分などの特徴情報を利用して白線及び横断歩道の検出を行う方法について述べる。図1に本システムの検出フローを示す。

2.1 特徴抽出処理

まず、Canny フィルタ[3]によるエッジ抽出後、水平方向に輝度の変化を検定して“暗→明”、“明→暗”のパターンにより、エッジ点を2組に分類する。次に、あらかじめ設定した処理対象領域を複数の水平ブロックに分割し、各ブロック内において、同一の組に分類されたエッジ点から線分の抽出を行う(図2(a))。最後に、各線分の傾き及び水平ブロック内における始点・終点位置を指標として、線分のグループ化を行う(図2(b))。このとき、隣接ブロック間だけでなく、離れたブロック間においてもグルーピング処理を行うことによって、白線の一部が隠蔽された場合においても安定した白線候補の検出を行う。

2.2 白線検出

白線検出処理では、2.1節にて検出した白線候補から、以下の条件を満たす組み合わせを白線として検出する。
(i)白線幅に関する閾値を定め、閾値を満足する白線候補の組み合わせを選択する
(ii)グルーピング処理において算出した始点・終点位置を用いて、画像の中央に位置するものを優先的に白線とする
(iii)前後数フレームの白線検出結果の位置が大きく異なるものを選択する

2.3 横断歩道検出

横断歩道検出では、有無判定と位置検出の処理からなり、両処理において、白線検出時の線分情報を用いる方式をとる。なお、本稿では、横断歩道の位置として、走行方向に垂直な歩行帯の両端を用いる。(以降、車両に対し、奥と手前の歩行帯の端を横断歩道の上下端と呼ぶ)

横断歩道の有無判定では、消失点と射影変換に不変な量の一つである複比[4]を利用する。複比とは、一直線上の

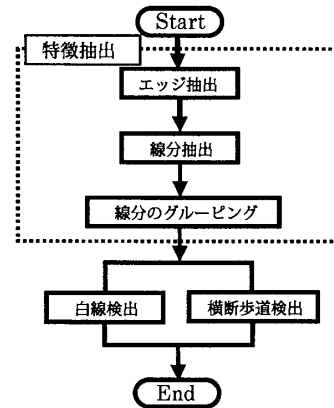


図1: 検出フロー

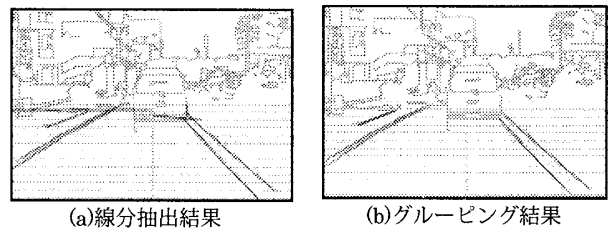


図2: 特徴抽出

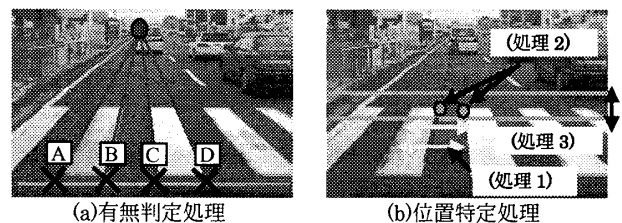


図3: 横断歩道検出

4点(A,B,C,D)から計算される値であり、次式にて表される。

$$[ABCD] = \frac{\overline{AC}}{\overline{BC}} \cdot \frac{\overline{BD}}{\overline{AD}} \quad (1)$$

文献[4]では、走査線上に位置する4つのエッジ点を用いて複比を求め、消失点推定を行っているが、本稿では、エッジ点ではなく、2.1節にて検出された白線候補を用いて複比を算出し、横断歩道の有無判定を行う。具体的には、まず、あらかじめ設定した基準線へ白線候補を投影することで交点(図3(a)×印)を求め、これらから複比を算出する。次に、道路構造令により定められた横断歩道の規格から、同様に、複比[abcd]を求める。複比は、射影変換について不変なことから、車載カメラ画像から得られる複比[ABCD]と道路構造令により得られる複比[abcd]は一致する。そして、これら2つの複比の差が一定以内か否かにより横断歩道の有無判定を行う。

さらに、横断歩道が平行な白線から構成されることを利用し、白線候補が同一の消失点(図3(a)丸印)を形成するか否かにより、有無判定を行う。

†三菱電機(株) 情報技術総合研究所, Information Technology R&D center, Mitsubishi Electric Corporation

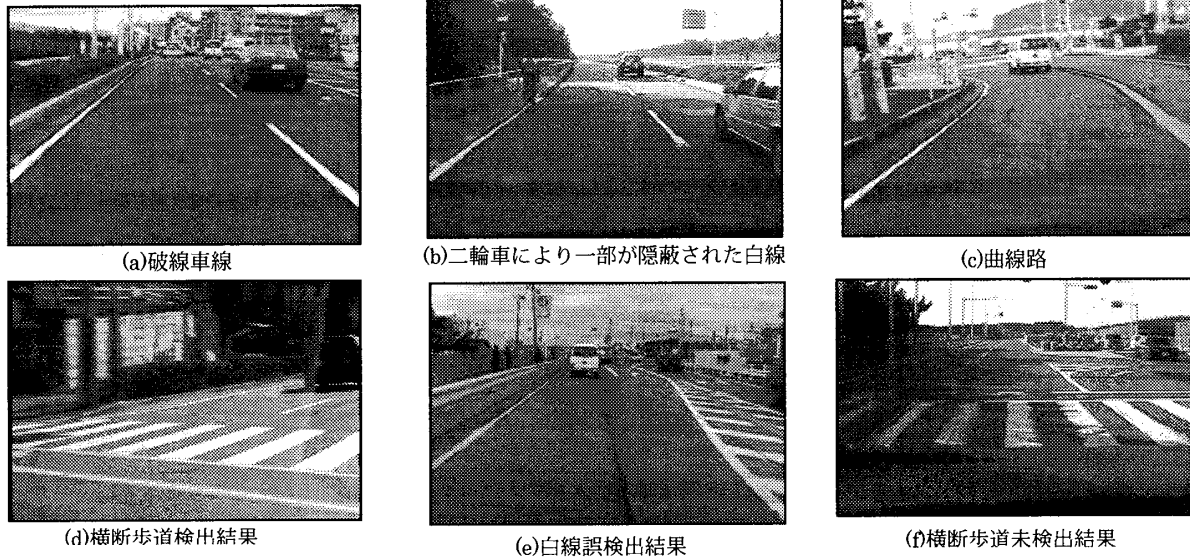


図4：路面表示検出結果

最後に、上記条件を満たした画像に対し、以下の処理により、横断歩道の位置検出を行う(図3(b))。なお、横断歩道下端も同様の処理にて検出を行うものとする。

- [処理 1] 2.1 節で得られた白線候補の延長線方向を走査線とし、左右両側に輝度値の分散値を求める
- [処理 2] 走査線上において、分散値があらかじめ設定した範囲内にある点を横断歩道の端点候補とする
- [処理 3] 処理2において求めた端点候補を基準として、あらかじめ設定した範囲を探索範囲として定める
- [処理 4] 探索範囲内において、エッジを最も多く通る直線を横断歩道の上端とする

3 シミュレーション実験

2章で述べた手法の有効性を検証するために、白線及び横断歩道の検出を行った結果を示す。実験には、141シーンの横断歩道映像を含む2種類の動画 video1(9750frame)及び video2(3780frame)を用いた。画像サイズは720×480pixelで8bit/pixelの濃淡画像である。

図4(a)~(f)に白線及び横断歩道の検出結果を示す。図4(a),(b)は、破線車線や二輪車によって白線の一部が隠蔽されている画像であるが、2.1節で述べたグループング処理により、正確に白線を検出できていることが確認できる。図4(c)は、曲線路の画像であるが、本手法では、白線を短い線分に分割することで、直線路と曲線路の処理を区別することなく検出できていることがわかる。また、横断歩道の検出結果を図4(d)に示す。図4(d)より、右折時によって横断歩道に歪が重畳した場合においても、正確に上下端を検出できていることが確認できる。表1, 2に、これら白線及び横断歩道の検出率を示す。なお、表1中の白線検出率(1)は、映像全体に対する白線検出率であり、白線検出率(2)は極端に白線がかすれた画像を除いた映像に対する、白線検出率を表している。本稿では、白線検出できたか否かの判定を目視により行った。表1において、Video1の検出率は、白線検出率(1), (2)の両者において、検出率90%以上であるが、Video2における検出率は、86.7%と低くなっている。これは、Video2が、車両

誘導帯(図4(e))を多数含んでいたためであり、これら課題に対しては、今後、前後数フレームだけでなく、より広範囲な時系列情報を利用して、改善を行っていく予定である。また、表2に示す横断歩道の検出率は85.8%であり、検出不可原因としては、白線のかすれなどにより、2.3節で述べた横断歩道有無の判定条件を満たさないことが主であった(図4(f))。この横断歩道のかすれに対しては、横断歩道を構成する白線の周期性を利用した推定を行うことで、検出率の改善が期待できる。

表1: 白線検出率

	白線 検出率(1)	白線検出率(2) (極端にかすれたものを除く)
Video1(9750frame)	90.1%	93.7% (検出対象 8384frame)
Video2(3780frame)	78.6%	86.7% (検出対象 3341frame)

表2: 横断歩道検出率

	検出率
横断歩道(141シーン)	85.8%

4 まとめ

本稿では、路面標示検出として白線と横断歩道を同一の特徴量である線分情報を用いて、効率良く検出する方法について述べた。また、実画像データを用いてシミュレーション実験を行い、本手法の有効性を示した。

参考文献

- [1] 綱島宣浩, 佐藤泰則, 中澤和夫, 中村真人, “回転型フィルタを用いた車両前方画像からの白線認識,” 信学論(D-II), Vol.J81-DII, no.6, pp.1470-pp.1473, 1998.
- [2] 伊藤敏夫, 山田憲一, “走行環境認識のための画像処理手法の検討,” 信学技報, PRMU97-25, 1997.
- [3] J.Canny, “A computational approach to edge detection,” IEEE Trans. PAMI, vol.PAMI-8, no.6, pp.679-698, 1986.
- [4] 数井誠人, 長谷山美紀, 北島秀夫, “複比を用いた自動走行システムのための消失点推定法,” 信学論(D-II), Vol.J84-DII, No7, pp.1319-1327, Jul. 2001.