

エッジ重畳を用いた白線抽出手法の改善 Improvement of white line detection by optimization of edge superimposed

○石橋諒¹, 泉 隆²*Satoru Ishibashi¹, Takashi izumi²

Abstract : This research aims at reduction in a human error by precedence vehicle detection by image processing. This report considered white line detection by optimization of edge superimposed using ring-buffer and dilation/erosion processing.

1. まえがき

平成 24 年の交通事故件数は 66 万 5000 件と依然として多い。発生した交通事故を事故類型別にみると車両相互の事故が 87[%]を占めている。そのなかでも追突事故は約 40[%]を占めており、前方不注意等のヒューマンエラーによるものが多い^[1]。

そこで本研究は、画像処理により先行車両の存在を検知し、運転手にその情報を提供することで、ヒューマンエラーによる追突事故の低減を目的とする。本研究は ITS(Intelligent Transport Systems:高度道路交通システム)の開発分野の一つである、安全運転の支援に位置づけられる。

これまで、バッファを 2 つ用いるマルチバッファを用いて白線抽出を行ってきた^[2]。しかし、マルチバッファはリセット処理のタイミングまでフレームが重畳されていき、重畳フレーム数が増えると古いフレームのエッジ画像の影響により白線の走査を誤り、未抽出となる問題があった。この問題を改善するため、リング状に配置した画像領域(リングバッファ)を用いる方法を検討した。また、エッジ重畳画像に生じたエッジの突起部の処理について検討した。

2. 処理領域の限定

先行車両は自車両走行レーン前方に存在する。そのため、白線抽出を行い、車両下影抽出の処理領域を白線内に限定することで、対向車線上の車両の影や歩行者の影の誤抽出を抑制することが出来る^[2]。

一般に道路面上と白線では輝度の変化が大きいことから、輝度変換後の画像からエッジを抽出することで白線の抽出を行う。

2. 1. エッジ重畳

破線状の白線や薄れてしまった白線は、エッジが途切れたり道路面上との輝度の変化が小さくエッジの抽出ができない場合がある。そのため、連続した同一シーンにおいてエッジ画像を複数フレーム分重ねることにより破線状の白線や薄くなってしまった白線の補完を行う。なお、この重畳を行う領域をバッファと呼ぶ。

2. 2. リングバッファ

これまでの研究では、マルチバッファを用いてエッジ重畳を行ってきた。しかし、マルチバッファではリセット処理まで重畳フレームが累積していき、古いフレームのエッジ画像の影響で未抽出となる問題があった。

そこで、リングバッファを用いる方法を検討した。

リングバッファを用いる方法では、一定数 N[frame]分のバッファを確保しておき、抽出したエッジ画像のフレーム番号を N で割った剰余の値の順にエッジ画像をバッファに格納する。N+1[frame]以降のエッジ画像は、バッファの最初から順に上書きして格納する。これにより、常に最新の N[frame]分のエッジ画像を確保する。エッジ重畳は、確保した N[frame]に対して行う。

2. 3. 白線抽出実験

リングバッファを用いた白線抽出方法の抽出精度を確認するため白線抽出実験を行った。また、比較実験としてマルチバッファを用いた白線抽出を行った。

白線抽出実験に使用した PC の仕様を以下に示す。

CPU : Intel(R) Core(TM) i5 (2.40GHz)

メモリ : 4GB OS : Windows 7 Home Premium 64bit

動画(AVI QVGA 30[fps]) シーン : 高速道路(昼)

天候 : 晴れ 白線種別 : 実線,破線,導流レーンマーク

白線抽出実験の判定を以下に示す。

正抽出 : 原画像の白線を 8 割以上の長さでなぞる白線を抽出した場合

誤抽出 : 原画像の白線の上に存在しないものを抽出した場合

未抽出 : 正抽出及び誤抽出以外の場合

各シーンの白線抽出実験の結果を Table1~3 に示す。

実験結果から、実線と破線シーン及び破線と導流レーンマークシーンではリングバッファを用いた場合の正抽出率が高くなったことがわかる。

Table2 において、マルチバッファを用いた場合よりも正抽出率が下がった原因として重畳フレーム数の不足による影響が考えられる。リングバッファの重畳フレーム数は、マルチバッファで白線抽出を行う前に予め重畳した 15[frame]としたが、未抽出が多く生じた。このことから、リングバッファを用いる場合の重畳フレーム数はマルチバッファで求めた最適予備フレーム数では不十分であり、白線のエッジが途切れたと考えられる。

Table1. White line detection experiment result
(Solid line and Broken line) : 1614frames

バッファ方式	リング	マルチ
正抽出率[%]	99.0	97.5
誤抽出率[%]	0.0	0.0
未抽出率[%]	1.0	2.5
平均処理時間[ms]	9.3	4.2

Table2. White line detection experiment result
(Both Broken line) : 1619frames

バッファ方式	リング	マルチ
正抽出率[%]	96.7	98.8
誤抽出率[%]	0.0	0.0
未抽出率[%]	3.3	1.2
平均処理時間[ms]	9.3	4.4

Table3. White line detection experiment result
(Broken line and guide way lane mark) : 1049frames

バッファ方式	リング	マルチ
正抽出率[%]	95.9	94.3
誤抽出率[%]	0.1	0.0
未抽出率[%]	4.0	5.7
平均処理時間[ms]	9.5	4.4

3. 膨張・収縮処理

マルチバッファを用いたエッジ重畳処理において、カーブ等で自車両が片側の白線に寄っていった場合に Fig1 のような突起部が生じ、白線の走査が途切れ、未抽出となる問題がある。そのため、生じた突起部を除去または補正をかけ滑らかにする必要がある。



Figure1. Height of edge which arises in a curve etc

画像処理におけるノイズ除去の方法として、膨張・収縮処理がある。2 値化された画像の 1 画素に着目し、膨張処理は着目画素の 8 近傍に 1 画素でも白があれば着目画素を白に置換する、逆に収縮処理は 8 近傍に黒画素があれば着目画素を黒に置換する処理を行う。

3. 1. 処理順序

膨張・収縮処理は、どちらの処理を先に行うかによって異なる結果が得られる。

膨張処理を先に行う場合は、白画素領域内に生じている黒画素を白画素に置き換える。逆に、収縮処理を先に行う場合、黒画素領域内に生じている白画素を黒画素に置き換えた結果が得られる。

本稿では、膨張処理を先に行う場合についての検討を行った。この理由としては、Fig1 のような突起部は白線のエッジである白画素が横にずれて重畳された結果である。この突起部を黒画素に置き換える処理を行った場合、白線のエッジ自体を除去してしまい白線を抽出することができない。そのため、膨張処理を先に行い、エッジに生じる隙間を埋めることとした。

Fig1 の突起部において膨張・収縮処理を 1 回行った結果を Fig2 に示す。



Figure2. Result of having performed Dilation and Erosion to Fig. 1 once

3. 2. 白線抽出実験

膨張・収縮処理による白線抽出精度の評価を行うた

めに白線抽出実験を行った。比較のため、膨張・収縮処理回数は 0, 1, 2 回とした。白線抽出実験の仕様及び結果の判定は 2.3.と同様とした。

各シーンの白線抽出実験の結果を Table4~6 に示す。

実験結果から、膨張・収縮処理回数が 2 回、1 回、0 回の順に正抽出率が高いことが分かる。

また、膨張・収縮処理を 1 回行った場合の正抽出率は平均 99.0[%]、2 回では平均 99.1[%]、0 回では平均 97.4[%]となった。

Table5 において誤抽出が生じた原因としては、白線以外のエッジに生じていた隙間(黒画素)が除去された影響が考えられる。

白線以外のエッジには虫食い状に黒画素が生じていたが、膨張・収縮処理により埋められ、白画素の連結数が増加したことにより白線抽出対象となったと考えられる。

Table4. White line detection experiment result
(Solid line and Broken line) : 1614frames

処理回数	0 回	1 回	2 回
正抽出率[%]	99.0	99.2	99.3
誤抽出率[%]	0.0	0.0	0.0
未抽出率[%]	1.0	0.8	0.7
平均処理時間[ms]	9.3	11.0	12.2

Table5. White line detection experiment result
(Both Broken line) : 1619frames

処理回数	0 回	1 回	2 回
正抽出率[%]	96.7	99.0	99.1
誤抽出率[%]	0.0	0.2	0.2
未抽出率[%]	3.3	0.8	0.7
平均処理時間[ms]	9.3	10.2	12.3

Table6. White line detection experiment result
(Broken line and guide way lane mark) : 1049frames

処理回数	0 回	1 回	2 回
正抽出率[%]	95.9	98.6	98.9
誤抽出率[%]	0.1	0.0	0.0
未抽出率[%]	4.0	1.4	1.1
平均処理時間[ms]	9.5	11.4	12.4

4. まとめ

リングバッファを用いたエッジ重畳を用いた白線抽出手法の改善について検討した。白線抽出実験の結果から、リングバッファを用いた場合、正抽出率が最大 1.6[%]向上した。また、膨張・収縮処理により正抽出率が最大 3.0[%]向上した。

今後の方針として、現状の白線抽出において抽出困難である、オレンジ線の抽出方法及びリングバッファにおいて重畳するフレーム数について検討を行う。

5. 参考文献

- [1]警察庁交通局「平成 24 年中の交通事故の発生状況」:<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat>
- [2]岡田友司, 泉隆:「車両下影に着目した前方車両抽出～レーン検出精度の改善」, 電気学会 ITS 研究会, ITS-08-14, pp.1-4(2008)