

最小二乗法による道路白線の直線近似

Straight Line Approximation of Road White Line by the Least Squares Method

○高橋 遥平¹, 関 弘翔², 泉 隆²

*Yohei Takahashi¹, Hiroto Seki², Takashi Izumi²

Abstract: This study aims to reduce rear-end vehicle collisions by preceding vehicle detection with image processing. In the conventional white line detection technique, due to changes of the road white line position by the shaking of the camera, road white line detection result may be distorted. In this report, we examined the improvement of the road white line detection by performs a linear approximation of the road white line using the least squares method.

1. まえがき

平成 27 年においても交通事故は依然として多く、その中でも、ドライバのヒューマンエラーによる追突事故は最も発生件数が多い。そこで本研究は、車両前方画像を画像処理して先行車両を抽出し、その存在をドライバに提供することで、追突事故の低減を目的とする。先行車両は自車両走行レーンに必ず存在すると仮定できるため、処理領域を道路白線の内側に限定する。処理領域限定により車両抽出処理の精度向上や高速化を図る。リングバッファを用いたエッジ重畳及び連結画素走査で構成する従来の白線抽出手法⁽¹⁾では、カメラの揺れ等による道路白線位置の変化などにより、抽出結果が歪むことがあった。

本稿では、リングバッファを用いたエッジ重畳及び連結画素走査の後に、最小二乗法による道路白線の直線近似を行い、白線抽出の改善を図ったので報告する。

2. エッジ抽出

路面と白線との輝度差が大きいという特徴を利用し、Sobel フィルタを用いてエッジ抽出を行う。さらに、エッジ抽出を行った画像にエッジ強度の閾値を設定し、値が閾値以上なら白、閾値未満なら黒として変換する 2 値化処理を行う。画像からエッジを抽出し、2 値化を行った例を Figure 1 に示す。



Figure 1. Edge extraction(Left: Original image Right: Binarization)

2.1 連結画素走査

連結画素走査とは、2 値化後のエッジ抽出画像に対して、画像中央の下部から左右に分けて走査し、白画素が見つかった時、その地点を基準に上方 3 近傍を操作していく処理である。上方 3 近傍の走査により白画素が一定以上連結していれば、白線として抽出する。

2.2 エッジ重畳

路面と白線の輝度差が小さい場合や、破線状の白線や薄れてしまった白線に対してはエッジが抽出できず、連結画素走査による白線抽出ができない場合がある。そのため、連続したシーンにおいて 2 値化後の画像を複数フレーム重ね、エッジを重畳させることにより、破線状の白線や薄れてしまった白線の補完を行う。エッジ重畳なし及び、エッジ重畳ありの画像の例を Figure 2 に示す。また、エッジ重畳なしの場合、エッジ重畳ありの場合それぞれに対して連結画素走査を行った画像を Figure 3 に示す。

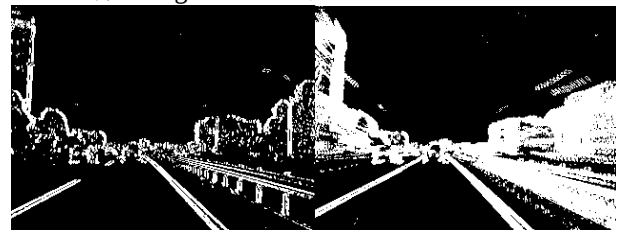


Figure 2. Edge overlay(Left: Before Right: After)



Figure 3. Connected pixels scanning(Left: Without edge overlay Right: Edge overlay)

エッジ重畳なし (Figure 2 左) では左側の破線が現れているが、エッジ重畳あり (Figure 2 右) では、左側の破線が補完できていることがわかる。また、エッジ重畳なし (Figure 3 左) では、左の白線が途中までしか抽出できていないが、エッジ重畳あり (Figure 3 右) では、左側の白線が途中で途切れることなく白線抽出を行えていることがわかる。

2.3 リングバッファ

エッジ重畳を行うフレーム数が少なすぎると重畳不足となり、連結画素走査を行う際、白画素が一定以上連結せず、白線として抽出できない可能性がある。

また、重畳するフレーム数が多すぎると、重畳過多となり路面の道路標示などが雑音となり、白線以外の白画素を連結してしまう可能性がある。重畳不足及び、過重畳の例を Figure 4 に示す。

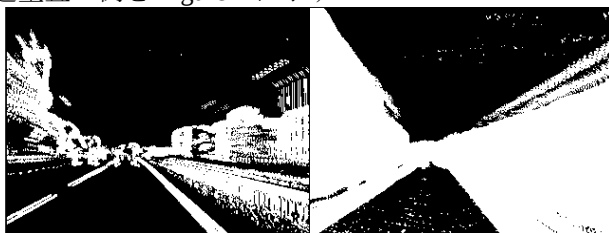


Figure 4. Edge overlay (Left: Edge overlay shortage Right: Edge overlay excess)

これらのことを防ぐため本研究では、エッジを重畳していく画像領域（バッファと呼ぶ）の構造に、リングバッファを採用する。リングバッファとは、循環的に利用することができるバッファのことである。エッジ重畳にリングバッファを用いることで、常に一定かつ最新のデータの確保が可能となり、エッジの重畳不足、過重畳を防ぐことが可能となる。

3. 最小二乗法による直線近似

最小二乗法とは、いくつかの数値から近似直線を求めるとき、残差の二乗和を最小にする計算方法である。カメラの揺れによる道路白線の位置の変化により、連結画素走査の結果が歪み、道路白線を上手く抽出できない可能性があるため、最小二乗法を用いることにより、連結画素走査で得られた線を近似直線に変換する。

また、連結数が閾値未満のため、連結画素走査による道路白線が未抽出となり、処理領域限定ができない可能性がある。そのため、連結画素走査によって道路白線が正抽出できたフレームにおける、最小二乗法の近似直線をログとして保存する。連結画素走査で未抽出となるフレームが存在する場合に、白線抽出をログに切り替えて対応し、処理領域限定を行う。



Figure 5. Straight linear approximation by the least squares method

4. 最小二乗法による白線抽出実験

最小二乗法による道路白線の直線近似の有効性を確かめるため、白線抽出実験を行う。実験は、連結画素走査後に最小二乗法により直線近似を行う場合の結果と、行わない場合の結果で比較する。結果の判定は、両側の道路白線を正しく 8 割以上抽出できた場合を正抽出、道路白線以外を抽出した場合を誤抽出、それ以外を未抽出とする。実験結果を Table 1 に示す。実験条件を以下に示す。

CPU : Intel Corei7 (3.50GHz) メモリ : 8GB

OS : Windows 7 64bit 動画形式 : AVI (QVGA,30fps)

実験シーン : 一般道 (昼晴天)

Table 1. Experimental result (920 frames)

	最小二乗法なし	最小二乗法あり
正抽出率[%]	87.4	88.1
誤抽出率[%]	11.8	7.5
未抽出率[%]	0.8	4.4
平均処理時間[ms]	2.28	2.28

Table 1 より、最小二乗法を用いない場合の正抽出率が 87.4%、用いる場合が 88.1%であり、最小二乗法を用いる方が有効なことが分かる。最小二乗法を用いない場合、車両のエッジを道路白線として連結することで抽出した白線が歪み、誤抽出が増えたが、最小二乗法を用いることで道路白線を歪みなく抽出でき、正抽出率が向上した。

5. 最小二乗法のログを用いた白線抽出実験

最小二乗法のログを用いた白線抽出の有効性を確かめるため、白線抽出実験を行う。実験は最小二乗法による直線近似を行ったうえで、ログを用いる場合の結果とログを用いない場合の結果で比較する。結果の判定は、両側の道路白線に沿って近似直線を抽出できた場合を正抽出、それ以外を誤抽出とする。実験結果を Table 2 に示す。

Table 2. Experimental result (920 frames)

	ログなし	ログあり
正抽出率[%]	88.1	92.4
誤抽出率[%]	11.9	7.6
平均処理時間[ms]	2.28	2.26

Table 2 より、最小二乗法のログを用いない場合における正抽出率は 88.1%、ログを用いる場合には 92.4%であり、最小二乗法のログを用いた白線抽出の有効性が確認できた。最小二乗法のログを用いることにより、ログなしの場合、未抽出となったフレームにも対応することができ、正抽出率が向上した。

6. まとめと今後の方針

本報告では、最小二乗法を用いた道路白線の直線近似による、白線抽出の改善を検討した。最小二乗法を用いることで、道路白線を歪みなく抽出することができ、またその抽出結果をログとして用いることで、連結画素走査のみでは抽出できない道路白線に対応することができた。

今後の方針として、最小二乗法による道路白線抽出では対応できなかった、誤抽出の改善手法について検討する。

7. 参考文献

[1] 山田巧・石橋諒・泉隆・関弘翔：「リングバッファを用いたエッジ重畳による白線抽出精度に関する検討」，平成 27 年 電気学会東京支部千葉支所研究発表会，3-6，p. 27，2015