

夜間での車載ステレオカメラによる前方車両の距離測定

竹元 寛朗 小林 淳 長沢卓哉 平川 豊 大関 和夫
芝浦工業大学大学院 理工学研究科 電気電子情報工学専攻

1. 研究の背景と目的

近年、自動車の安全技術の発展に伴い、事故を未然に防止するための技術の開発が盛んになっている。

従来では夜間においてステレオカメラにより得られる動画像から自車両と前方車両との距離を測定する研究[1-2]が先行して行われている。しかし、[1]の処理には1フレームの処理に2.4秒かかるため、また[2]は証明を必要とする場合で、共に実用的ではない。

そこで本研究では夜間におけるステレオカメラから得た画像情報より、自車両と前方車両との距離をリアルタイムで測定するシステムの構築を目的とする。

2. 夜間におけるステレオ計測方式

夜間において、前方を左右2つのカメラから撮影した動画像を用いる。手順は図の通りである。

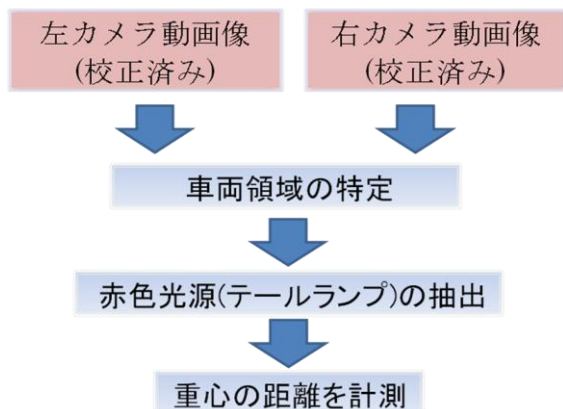


図1 夜間ステレオ計測

2. 1 動画像の校正処理

左右2つの動画像から、同じ被写体が写っている座標がどれほどずれているかを比較し、並進移動を行うことで左右のカメラ間に生じる上下のズレを修正する。

2. 2 車両領域の特定

距離測定の対象となる車両のランプから正確に重心を算出させるために、車両領域を特定してその部分だけを抜き出す必要がある。

そのため測定対象車両のテールランプの部分のテンプレート画像として用意し、輝度値の平均を算出させる。そして平均の値と最も類似している部分を画像上から探し出し、(図2-1)、これをテンプレートマッチングと呼ぶ。また、2.3で抽出した座標をもとに車両領域を切り取り、テンプレート画像を差し替える処理も行ふことで、安定した特定を実現する。



図2-1 テンプレート画像とのマッチング

2. 3 赤色光源の抽出

従来研究[1]では、明るさを基に動画を2値化し、ラベリングと呼ばれる処理を用いて画像上につる光源の特徴量を抽出していた。しかし、この手法では車両と関係のない光源も抽出してしまい、この処理だけで1.8秒もかかるため、問題となっている。また、[3]ではアフィン線形視差の左右対応を用いているが、精度が悪い。

そのため、動画像の各画素のRGB値を基に、基準となる閾値を用いてテールランプの赤い部分のみを抽出し、(図2-2、図2-3)赤色光源の左端と右端、上端と下端の座標と重心を計算する。これにより、車両の赤色光源のみを抽出することができ全体の計算量が削減できる。また、このとき抽出した座標をもとに車両領域を切り取り、テンプレート画像を差し替える処理も行ふことで、2.2における安定した車両領域の特定を実現する。



図2-2 原画像

図2-3 赤値抽出

2. 4 重心の距離の測定

対応付けした重心同士の座標の差からカメラと重心との三次元座標を算出し、実際の距離へ変換することで前法車両との距離を計測する。

3. 実験と考察

カメラ間に生じる撮影位置の微細なズレを修正するため、動画像の校正処理の実験を行った。実験に際し動画は夜間の高速道路上にて、前方を走行する車両を左右のカメラで同時に撮影を開始したものを使用する。

入力動画像の解像度は720×480[ピクセル]で、フレームレートは29.97fpsであり、あらかじめ車が写らない動画の上側400ピクセル程度を処理領域から除外している。

晴天時に撮影した左右の動画像から, SURF による特徴点抽出を行う。そこで抽出された特徴点を元に幾何変換を行い、撮影時に生じる微細なズレを修正した。

次に車両領域の特定について実験を行った。動画の最初のフレームに写る車両をテンプレートとして切り取り, 類似度による探索を行わせる。そこからテンプレート画像で合致した個所を矩形で囲み, 矩形が対象車両に重なっているフレームの数から検出率を確認する。

また、安定した検出を実現するため, フレーム毎のテンプレート画像の更新を行った。後述の赤色光源の抽出の実験で得られるランプの右端と左端, 上端と下端の座標から画像を切り取り, 次フレームのテンプレート画像として使用する。この結果を表 1 に示す。

表 1: テンプレートマッチングにおける車両領域特定実験の結果

動画名	撮影カメラ	フレーム総数	合致数	検出率
left01	左	747	747	100%
right01	右	747	747	100%
left02	左	749	749	100%
right02	右	747	747	100%
left03	左	838	702	83.8%
right03	右	838	689	82.2%
left04	左	747	724	96%
right04	右	749	749	100%

上記の実験の結果、一部を除いてほぼ 100%に近い検出が出来ており, 追い越し車両をはじめとした他車両が存在する場合でも安定した検出を実現している。

次に赤色光源の抽出の実験を行った。2. 2 で特定した車両領域に対し, 閾値による 2 値化を施した後, ランプの上下左右の端の座標と重心を計算する。2 値化における閾値は「赤が 35 以上かつ青と緑に対し 1. 2 倍の値を持つ画素」とした。

上下左右の端の座標を矩形で囲む処理と, 重心の座標に点を描く処理が車両領域内に表示されたフレーム数にて検出率を確認する。(図 3-1, 図 3-2)



図 3-1 2 値化前

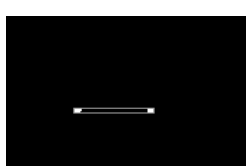
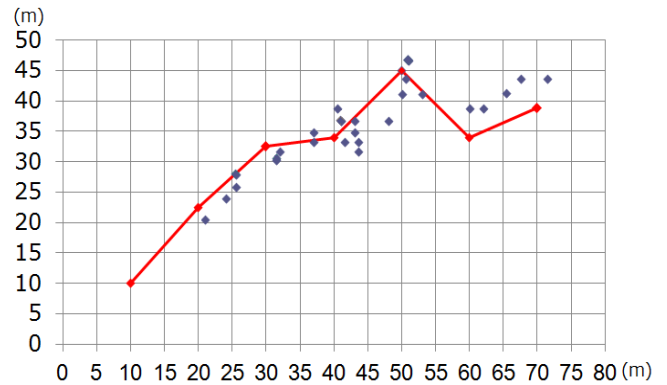


図 3-2 2 値化後

実験に使った動画は車両領域の特定と同じものを使用したが, エラーが発生した動画を除いてほぼ安定した抽出に成功した。

最後に距離計測の実験を行った。結果をグラフ 1 に示す。



グラフ 1 距離測定の結果

縦軸が計算による値, 横軸がレーザー距離計による実測値である。赤い折れ線グラフがあらかじめ距離が既知の場合で行った距離計測の結果をつなげたものである。

本来であれば赤い折れ線グラフが一定の法則に従って増大するはずが, 30m 以降においてばらつきが生じた。原因としては画素精度の粗さや, キャリブレーションによる幾何変換の精度が不十分であったことが考えられる。

4. まとめ

夜間における前方車両の距離測定の手法について提案した。30m 以内であれば正しい距離計測が行えているが, 精度が実用的でないため, 精度の向上が課題である。また現状前方を走行する車両 1 台への検出の実現となっているため, 今後複数台の車両に対応した検出や, 誤検出からくるエラーを回避できるような頑健なシステムを構築していきたい。

参考文献

- [1] 奥野敏明: “車載ステレオカメラによる夜間車両走行状況の認識” 奈良先端大, 修士論文 2003. 2
- [2] R Labayrade et al., “ONBOARD ROAD OBSTACLES DETECTION IN NIGHT CONDITION USING BINOCULAR CCD CAMERAS”, Proc. Int. Tech. Conf. Enhanced Safety Vehicles 109, 2003
- [3] M. Miyama, et al., “Vehicle detection and tracking with affine motion segmentation in stereo video”, IEEE ICSP, pp. 271-276, Nov. 2011.

Distance measurement from a forward vehicle at night using an onboard stereo camera

Hiroaki Takemoto, Jun Kobayashi, Takuya Nagasawa, Yutaka Hirakawa, and Kazuo Ohzeki, ·

The Division of Electrical Engineering and Computer Science, Graduate School of Engineering and Science
Shibaura Institute of Technology