

H-055

車載ステレオカメラを用いた障害物の検出と測距に関する検討

A Study on Obstacle Detection and Distance Measurement with In-Vehicle Stereo Camera

茄子川 慈苑†
Shion Nasukawa

青木 孝文†
Takafumi Aoki

新 浩治‡
Koji Arata

南里 卓也‡
Takuya Nanri

1. まえがき

近年、自動車の安全性や利便性の向上のため、車載カメラを利用した運転支援システムが実用化されている。運転支援システムにおいて、衝突防止や追従走行などの機能を実現するためには、走行空間における障害物の検出と距離の測定が非常に重要である。ステレオカメラを用いると視覚情報だけではなく距離情報も得ることができるため、最近ではステレオカメラを利用した運転支援システムに関する研究が多く行われている。

車載ステレオカメラを用いた障害物検出の従来手法に、Labayrade らの V-disparity [1] を用いた手法が挙げられる。V-disparity とは、画像の垂直方向の座標 (V) を縦軸に、画像の視差 (disparity) を横軸にそれぞれ投影した 2 次元平面である。この手法では、路面が V-disparity 平面上に直線として投影されることを利用して、路面位置を推定する。また、路面から一定範囲の高さにある計測点を路面に投票し、クラスタリングすることで、障害物検出を行う。しかし、この手法では、推定した路面と実際の路面の誤差が大きくなる場合、投票すべき 3 次元計測点を正しく選択することができず、障害物検出に誤りが生じる可能性がある。

これに対して、本稿では、路面の正確な位置推定を必要としない障害物検出手法を提案する。提案手法では、視差画像の視差を縦方向と横方向の 2 段階に分けてクラスタリングすることで、視差画像から直接障害物を検出する。また、実際に車載ステレオカメラから得られた画像を用いて提案手法の性能評価を行う。

2. 障害物の検出と測距

走行環境中で障害物が存在している領域は、視差画像中ではほぼ同じ視差を持つ領域であるとみなせる。そこで、提案手法では、ほぼ同じ視差を持つ一定以上の大きさの領域と障害物を定義する。障害物の検出は、図 1 のように、視差画像の視差を縦方向と横方向の 2 段階に分けてクラスタリングすることによって行う。本稿では、障害物の大きさを、幅が 50cm 以上、高さが 80cm 以上とする。これは、原動機付自転車のサイズを参考としている。提案手法による障害物検出は、以下の手順で行われる。

(1) 視差画像の生成

ステレオ画像全体に対して位相限定相関法に基づいた対応付けを行い、図 1 (b) のように視差画像を生成する。位相限定相関法を用いることで、サブピクセル精度の高精度な対応付けを行うことができる [2]。

(2) 視差の縦方向のクラスタリング

(1) で得られた視差画像の各列に対して、図 1 (c) のようにクラスタリングを行う。具体的には、視差画像の各列で

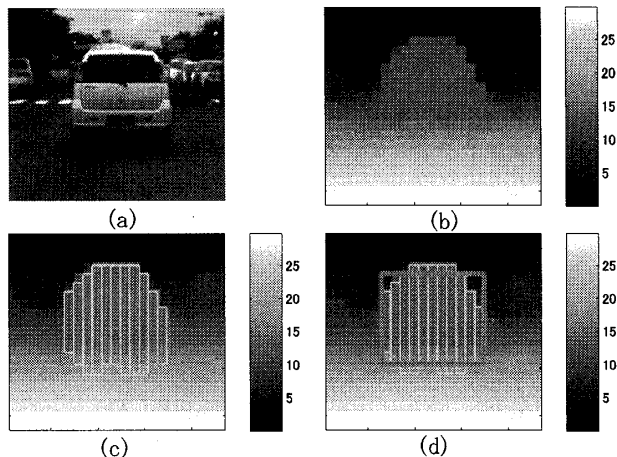


図 1 障害物検出における視差のクラスタリング
(a)カメラ画像, (b)視差画像, (c)縦方向のクラスタリング結果, (d)横方向のクラスタリング結果

連続してほぼ同じ視差を持った部分ごとにクラスタを作る。クラスタの視差は、クラスタに含まれる視差の平均とする。ただし、クラスタの高さが 80cm 未満のものは除外する。

(3) 視差の横方向のクラスタリング

図 1 (d) のように、(2) で検出したクラスタのうち、横方向に隣接しており、ほぼ同じ視差を持っているクラスタを連結する。得られた領域の視差は、領域に含まれる各クラスタの視差の平均とする。領域の上端と下端の位置は、領域に含まれるクラスタの上端と下端の位置のそれぞれの平均とする。ただし、検出した領域のうち、幅と高さがそれぞれ 50cm, 80cm に満たないものは除外する。

(4) 障害物の表示と測距

(3) で検出した領域をカメラ画像上に投影し、障害物の検出枠を表示する。また、その領域の視差から、ステレオビジョンの原理に基づいて障害物との距離を計測する。

以上の手順によって障害物検出を行う。本手法では路面位置の推定を必要としないため、路面の緩やかな起伏を平面で近似できないような場合でも適用可能である。

3. 実験・考察

実験環境では 2 台のデジタルカメラ (PointGrey 社, Scorpion) をベースライン 12cm として、ほぼ水平に車載した。カメラのレンズの焦点距離は 6.5mm である。撮影画像は 1280×960pixel のグレースケール画像であり、フレームレートは 15fps である。また、ステレオカメラから得られた画像は平行化済みとする。障害物の検出範囲は 5m~130m である。実験には 4 種類のシーンをを用いた。シーン 1, 2, 4 は 100 フレーム、シーン 3 は 50 フレームの動画である。障害物検出の結果は、車両がシーン内で画像中に映った回数と、その車両を正しく検出できた回数で評価する。

† 東北大学 大学院情報科学研究科

‡ パナソニック (株)

ただし車両は、自車両の車線か、その左右の隣接車線に存在する車両で、最も手前にあり、他の車両の陰に隠れていない場合のみを数えた。提案手法との比較のために、V-disparity を用いた手法による障害物検出も同様に行った。V-disparity を用いた手法では、障害物検出の投票に、路面からの高さが 20cm から 2m までの計測点のみを用いた。また、路面から 20cm 未満の高さの計測点を路面として検出し、障害物は路面から 1.5m と均一に表示した。

障害物検出を行った結果を図 2 と表 1 に示す。図 2 は、障害物検出結果を拡大して表している。表 1 は、各シーンで検出した 10 台の車両について、検出位置の車線と距離、出現数と検出数を表している。シーンと車線は、どのシーンにおけるどの車線の車両についての検出結果かを表している。検出距離は、シーン中で車両が検出された距離の範囲を表している。車両の出現回数はシーン中で車両が出現したフレーム数、車両の検出回数はシーン中で車両が正しく検出されたフレーム数を表しており、評価は目視によって行った。検出回数 1 は、V-disparity を用いた手法による検出回数を表している。検出回数 2 は、提案手法による検出回数を表している。出現回数と検出回数が同じであれば、その車両については未検出がなかったことになる。

表 1 に示されるように、V-disparity をベースとした手法では、50m を過ぎたあたりから未検出が生じており、100m 付近では障害物をほとんど検出することができなかった。これは路面位置の推定誤差により、車両の下部が路面に含まれてしまったことが原因として考えられる。一方、提案手法では、シーン 4 の 110m を超える位置にある車両にのみ未検出が発生しており、比較的遠距離まで障害物を検出することができていると言える。また、障害物の検出枠の位置は、V-disparity を用いた手法ではほぼ適切な位置に表示できているが、提案手法では図 2(c) のように失敗してしまうことがあった。これは車両後部の中央部分でステレオ画像の対応付けに誤りが発生してしまい、車両後部を平面として検出することができなかったからである。特に近距離の車両には、ステレオ画像の対応付けに誤りが発生しやすく、適切な検出枠を表示できないことがあった。

4. むすび

本稿では、車載ステレオカメラを用いた障害物検出手法を提案し、実験と評価を行った。提案手法では路面位置の推定を行うことなく約 10m から 110m までの距離の障害物を検出することに成功した。しかし、近距離では、ステレオ画像の対応付けに誤りが生じる場合があり、車両の形状を正しく検出できないケースが存在した。今後の課題として、近距離の障害物の形状をより正確に検出することができるよう改善することが挙げられる。

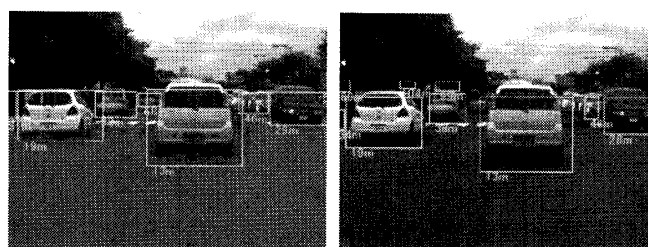
参考文献

- [1] R. Labayrade, D. Aubert, and J. Tarel, "Real Time Obstacle Detection in Stereovision on Non Flat Road Geometry Through "V-disparity" Representation," Proc. IEEE Intelligent Vehicle Symposium, vol.2, pp.646-651, 2002.
- [2] T. Shibahara, T. Aoki, H. Nakajima, K. Kobayashi, "A sub-pixel stereo correspondence technique based on 1D phase-only correlation," Proc. IEEE International Conference on Image Processing 2007, pp. V 221-224, September 2007.

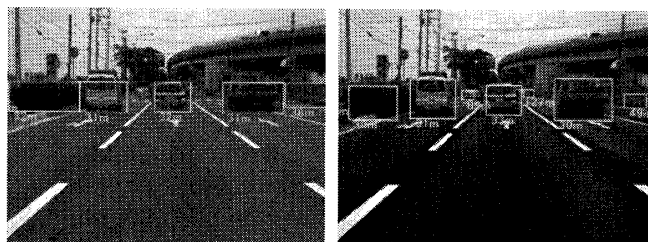
表 1 障害物検出結果

シーン (車線)	計測距離 [m]	出現回数 [frame]	検出回数 1 [frame]	検出回数 2 [frame]
1(右)	11~13	100	100	100
1(左)	19~21	100	100	100
2(右)	30~31	100	100	100
2(中)	30~33	100	100	100
2(左)	30~35	100	100	100
3(右)	69~92	50	43	50
3(左)	22~23	50	50	50
4(右)	94~110	100	15	100
4(中)	54~62	100	97	100
4(左)	110~125	83	19	79

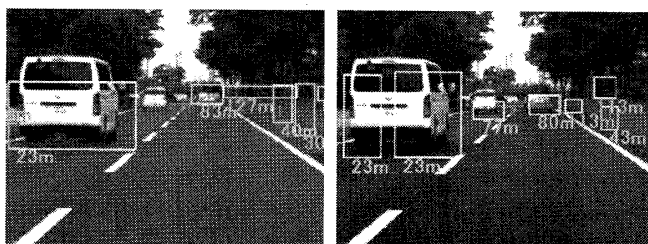
検出回数 1: V-disparity を用いた手法, 2: 提案手法



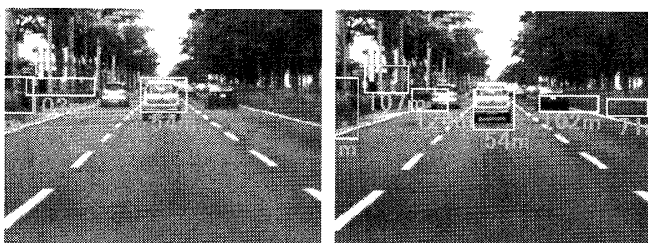
(a) シーン 1 (フレーム 26)



(b) シーン 2 (フレーム 13)



(c) シーン 3 (フレーム 15)



(d) シーン 4 (フレーム 77)

図 2 障害物検出結果 左列: V-disparity を用いた手法 (青色は検出した路面領域), 右列: 提案手法