

奥行き検出のための SURF における特徴点抽出パラメータの一検討

A Study on Parameters of Feature Point Extraction in SURF for Stereo Vision

山本 一貴† 杉山 豪一† 濱林 雅幸‡ 嶋好博†
Kazuki Yamamoto Kouichi Sugiyama Masayuki Hamabayashi Yoshihiro Shima

1. はじめに

自動車運転の安全や交通効率の向上を目指し、運転支援システムや人などの障害物を検出する研究が行われている。従来、画像から特徴点を抽出し、障害物を検出する研究はあるものの、その特徴点抽出に関するパラメータについての研究はまだ少ない。本研究の目的は 3D 画像を用いて撮影地点から自動車までの距離を検出[1][2]する際の特徴点抽出パラメータの影響を評価することである。距離検出では 3D 画像から得られる左右 2 枚の画像から SURF(Speeded Up Robust Features)[3]を用いて特徴点の抽出を行い、特徴点をマッチングして一致した特徴点より座標の位置ずれを自動検出する。その位置ずれ量から距離に換算[2]するため、特徴点抽出に用いるパラメータ(以降特徴点抽出パラメータ)の設定により距離の検出精度が変わると考えられる。本報告では、特徴点抽出パラメータ毎の位置ずれ量の測定を行う。その結果と画像から手動で求めた位置ずれ量の実測値を比較評価する。

2. SURF を用いた距離検出

2.1 SURF

SURF は画像の拡大縮小、照明変化や回転に対して普遍的な特徴点抽出を行うことができる抽出手法である[3]。これにより特徴点の中心座標、スケール、基準角、128 次元の特徴ベクトルを得る。主な処理手順を図 1 に示す。

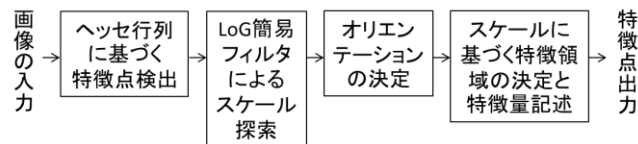


図 1 SURF 処理手順

2.2 特徴点の検出方法

特徴点抽出パラメータは、ヘッセ行列に基づく特徴点検出時に用いる閾値である。その主な処理手順について図 2 に示す。ガウス関数の畳み込みを図 3 の矩形フィルタにより近似して得た値を用いて判別式で算出し[3]、値が閾値よりも大きい場合は極値探索を行う。この特徴点抽出パラメータによって抽出される特徴点の数の違いが生じ、距離の検出精度に影響を与えたと考えられる。

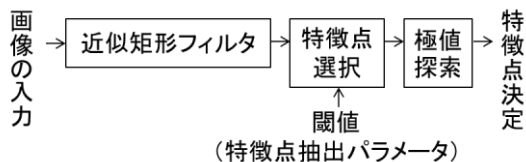


図 2 ヘッセ行列に基づく特徴点検出

† 明星大学大学院 理工学研究科 電気工学専攻,
Graduate School of Science and Engineering, Meisei University

‡ 明星大学 理工学部 電気電子システム工学科,
School of Science and Engineering, Meisei University

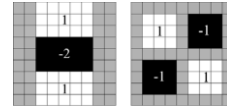


図 3 近似矩形フィルタの例

2.3 距離検出の手順

市販の 3D カメラで対象物を撮影した左右 2 枚の画像を用いて距離検出を行う。3D カメラは交差光軸型光学系を使用しており、左右のカメラの光軸が交差する輻輳点がある。輻輳点より遠方と近方とで、左右画像のずれ方向が異なる。距離検出は以下の手順から成る。

① SURF による特徴点抽出

SURF を用いて左右 2 枚の画像から特徴点抽出を行う。この時、特徴点抽出パラメータによる以降の処理への影響を確認する。

② 対応点の決定

画像から求めた特徴点を左右の画像でマッチングを行う。マッチングの特徴ベクトル同士はユークリッド距離により比較し、特徴空間で最も距離が小さい場合を対応点とする。また、その最近傍点の距離に閾値を設定し、閾値よりも大きい場合は対応点としない。

③ 位置ずれの算出と奥行き決定

撮影された左右画像間には視差による位置ずれが生じる。そのため対応する各特徴点の中心座標における x 座標の差が位置ずれとなる。これら特徴点の位置ずれの平均値から左右画像の視差を求めて三角測量により奥行きを抽出する。背景による誤差を軽減するため、自動車後部の範囲にある対応点のみを位置ずれ算出対象とする。

3. 特徴点抽出パラメータの評価方法

特徴点抽出パラメータの影響を調査するため、特徴点の抽出数、距離測定における位置ずれ量の検出誤差と実験プログラムの処理時間を特徴点抽出パラメータ毎に測定し比較評価を行う。特徴点抽出パラメータの適切なデフォルト値は 300 から 500 とされているが[4]、距離検出精度への影響を調査するため 100 から 1000 の設定範囲で行う。

3.1 特徴点数の比較

特徴点抽出パラメータ毎に各距離の左右 2 枚の画像からそれぞれ特徴点を抽出する。それにより得られる各距離の特徴点数について平均を求めて平均抽出数とする。それによりパラメータによる特徴点の増減を比較する。

3.2 距離検出における位置ずれ誤差

距離検出より求められる位置ずれ量の測定を行う。その結果から各距離の位置ずれ量から平均を求め、実測値と検出精度を比較評価する。実測値は車後部に目印を決めて市販の画像ツールから目視により手動で求めた位置ずれ量を用いる。これは画像から得られる最も良い位置ずれ量となる事から比較対象としている。なお、背景は測定の誤差に繋がる事から、自動車後部付近の対応点に限定

して位置ずれ算出を行うものとする。また、左右 2 枚の画像から距離を検出するまでに掛かる処理時間の測定を行う。各距離の処理時間から平均を求め、特徴点抽出パラメータ毎に処理時間への影響を分析する。

4. 特徴点抽出パラメータの評価実験

富士フィルム社製 3D カメラ FinePixREAL 3D W1[5]を設置し、自動車の後部を撮影する。撮影時の距離間隔は 0.5 m から 1.5 m までは 50cm 間隔、1.8 m から 2.2 m までは 10cm 間隔、2.5 m から 5.0 m までは 50cm 間隔とする計 14 組のサンプル画像を用いる。また、カメラの高さは 88.5cm、画像サイズは横 3648×縦 2736 画素、輻輳点までの距離 2m である。距離検出は、C++言語で作成した実験プログラムにより自動的に処理を行う。各実験の特徴点抽出パラメータ設定は 100 から 1000 まで 100 間隔ずつ測定し、その他のパラメータ設定はデフォルトとする。また、対応点決定の処理の条件は、特徴点が最近点であり且つその特徴空間での距離の閾値が 0.1 未満である。

4.1 抽出特徴点数の比較結果

測定した特徴点平均抽出数の結果を表 1 に示す。また、図 4 に特徴点マッチングにより得た対応点例の画像を拡大表示したものを示す。撮影距離 5m、特徴点抽出パラメータは 100 と 1000 である。なお、赤枠は自動車後部の限定範囲である。自動車後部の限定範囲を左上座標(1474,1250)と右下座標(2174,1700)の矩形範囲内と設定した。また、赤点はその範囲内の対応点である。

左画像と右画像では、どの特徴点抽出パラメータの設定値においても左画像の特徴点数が多く抽出される傾向がある。また、どちらの画像も設定値が増加するに伴い特徴点抽出数が減少する傾向が見られた。

4.2 距離検出における位置ずれ誤差結果

位置ずれ量の測定結果から得た特徴点抽出パラメータと位置ずれ誤差の関係を図 6 に示す。横軸は特徴点抽出パラメータの設定値、縦軸は実測値と測定値を比較した位置ずれ量の誤差を表しており、誤差が大きい程に検出精度が落ちる。

特徴点抽出パラメータが大きいほど位置ずれ量の検出誤差が小さくなる傾向が見られた。また、その最小誤差は特徴点抽出パラメータ 900 の位置ずれ量 16 画素である。距離 5m の位置ずれ+16 画素は距離換算で 1.4m となる。

また、測定した特徴点抽出に掛かる処理時間の結果を表 1 に示す。図 5 に特徴点マッチング例を示す。撮影距離 5m、特徴点抽出パラメータは 100 と 1000 である。なお、赤線は位置ずれ算出を行う対応点を繋いだものである。

距離検出処理の時間は、特徴点抽出パラメータが増加するとそれに伴い減少した。これは特徴点抽出パラメータの増加に伴い、抽出される特徴点の数が減少する事で、マッチングを行う回数が減り時間が短くなるためだと考えられる。使用 CPU は Intel Core i5-3450,3.10GHz である。

5. まとめ

交差光軸型の 3D カメラを用いた SURF による特徴点抽出と対応点の決定を基とした自動車までの距離検出を行い、特徴点抽出パラメータによる距離検出精度への影響を評価した。特徴点抽出パラメータの設定値を増加させた場合、特徴点は減少し、それに伴い距離検出に掛かる

処理時間も減少した。位置ずれ量の検出精度は、特徴点抽出パラメータが大きいほど良い結果が得られ、自動車の画像では距離検出誤差が最小となるのはパラメータ設定値 900 で位置ずれ量 16 画素となる。

以上の事から、SURF による特徴点抽出を行う場合、精度の良い検出を行うためには特徴点抽出パラメータを 900 に設定する事が有効である。

今後の課題は自動車画像だけでなく、他の物体画像での SURF に関するパラメータの影響を探ることである。



(a)特徴点抽出パラメータ 100 (b)特徴点抽出パラメータ 1000

図 4 特徴点の抽出例(距離 5m,対応点のみ表示)



(a)特徴点抽出パラメータ 100 (b)特徴点抽出パラメータ 1000

図 5 特徴点抽出と対応点の決定例(距離 5m)

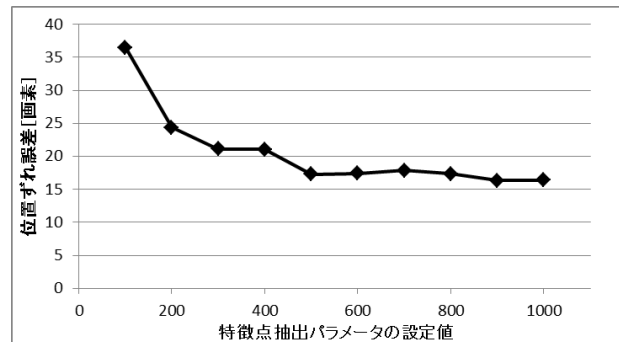


図 6 特徴点抽出パラメータと位置ずれ誤差の関係

表 1 特徴点抽出パラメータ毎の特徴点数と処理時間

特徴点抽出パラメータ	100	400	700	1000
特徴点平均	19124	7371	4706	3536
抽出数 [画素]	16555	6254	3959	2962
平均処理時間 [s]	84.907	13.451	8.433	7.017

参考文献

- [1] 山本一貴,杉山豪一,内野智哉,桑原祐介,嶋好博,“3D カメラ画像の特徴点マッチングによる距離検出の一検討”,平成 24 年電気学会全国大会,3-050,Vol.3,p.74 (2012).
- [2] 山本一貴,内野智哉,桑原佑介,嶋好博,“3D カメラによる距離検出に関する一検討”,第 10 回情報科学技術フォーラム,H-018,pp.143-144 (2011).
- [3] Herbert Bay, etc.:“Speeded-Up Robust Features(SURF)”, Computer Vision and Image Understanding 110, pp.346-359 (2008).
- [4] OpenCV2.1 C リファレンス,
<http://opencv.jp/opencv-2.1/c/index.html>
- [5] FUJIFILM 3D デジタルカメラ,
<http://fujifilm.jp/personal/3d/index.html>