

SUSAN オペレータを用いた画像特徴点の抽出

沓掛暁史*・佐藤辰雄*・後藤和弘**

*大分県・産業技術総合研究所研究交流センター・**情報産業部

Detection of an Image Feature Point using the SUSAN Operator

Akifumi KUTSUKAKE*・Tatsuo SATO*・Kazuhiro GOTO**

*Oita-AIST Joint Research Center・**Information Technology Division

要旨

複数カメラによる画像統合に関する研究にて、カメラキャリブレーションのための射影行列算出に SUSAN オペレータを使って特徴点の抽出を行った。簡単なアルゴリズムで有効な結果が得られるので、ここに紹介する。

1. はじめに

膨大なデータ量をもつ画像について、すべてのデータを処理の対象とするのは演算時間やメモリ占有率などの面で効率が悪い。画像中から特徴的な部分を抽出し、処理を行うのが一般的である。

“ビジョンアレイ方式による超高速画像計測装置の開発と即効的応用”の研究開発において、カメラキャリブレーションを行うための特徴点として、正方形物体の四隅コーナ点を用いている (Fig. 3)。画像中のコーナの検出には、テンプレートを用いる手法と局所的な画素情報を用いた手法とに大別される⁽¹⁾が、前者は計算量が多大になることや、様々な形状の物体に対応することが困難といった問題点がある。そこで我々は、後者の検出手法である、画素濃淡値の差を用いてコーナ (またはエッジ) 検出を行う SUSAN オペレータ⁽²⁾を用い、その有用性を確認したので紹介する。

2. SUSAN オペレータ

2.1 SUSAN オペレータの原理

SUSAN オペレータの原理を示す。Fig. 1 のような円形のマスクを設定し、中心画素 \vec{r}_0 についての SUSAN オペレータ出力値 $S(\vec{r}_0)$ を求めるには、中心画素の階調値とその周辺画素の階調値との絶対値の差が、あるしきい値を越えている円形マスク内の画素を計数する (濃淡画

$$p(\vec{r}, \vec{r}_0) = \begin{cases} 1 & \text{if } |I(\vec{r}) - I(\vec{r}_0)| \geq t \\ 0 & \text{if } |I(\vec{r}) - I(\vec{r}_0)| < t \end{cases}$$
$$S(\vec{r}_0) = \sum_M p(\vec{r}, \vec{r}_0)$$

像の場合)。これは次式のように表せる。

ここで、 \vec{r} は円形マスク M 内の中心以外の画素、 $I(\vec{r})$ は画素 \vec{r} の濃淡値、 t は SUSAN オペレータのしきい値を示す。円形マスクの大きさとしきい値 t は、所望の出

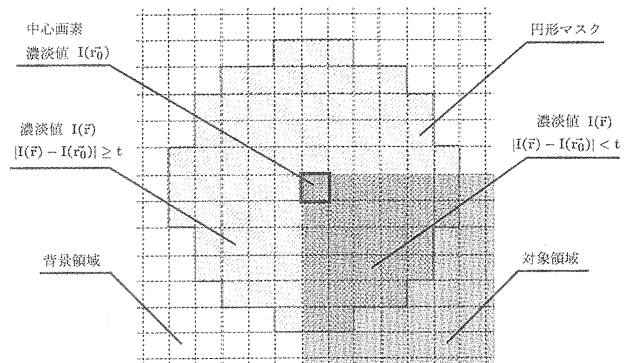


Fig. 1 SUSAN オペレータの例

(円形マスク内で $|I(\vec{r}) - I(\vec{r}_0)| \geq t$ を満たす \vec{r} の画素数は 61 個。すなわち $S(\vec{r}_0) = 61$)

力画像を得るためユーザが任意に設定する。Fig. 1 の例では、中心画素の SUSAN オペレータ出力値は 61 となる。

SUSAN オペレータを画像中の全画素に適用すると、オペレータの中心 \vec{r}_0 が孤立点のとき、出力値 $S(\vec{r}_0)$ は最大値となる。SUSAN オペレータの出力値は、Fig. 1 のようなコーナにある場合は最大値の 3/4、エッジでは最大値の 1/2 となり、コーナやエッジから離れるにつれて減少する。

2.2 SUSAN オペレータの適用

Fig. 2 に SUSAN オペレータを画像に適用した例を示す。原画像は、32×32 画素の人工的に作成した濃淡画像であり、SUSAN オペレータのマスク半径を 5 画素、しきい値 t を 115 とした。Fig. 2 の出力画像は、SUSAN オペレータの出力値が大きいほど白く表示している。このように、SUSAN オペレータの出力値 $S(\vec{r}_0)$ は、コーナ部分で極大値を持つことが分かる。この極大値を探索することで、画像中のコーナ (基準点) を検出することができる。

Fig. 3 に、実際にカメラキャリブレーションで用いた

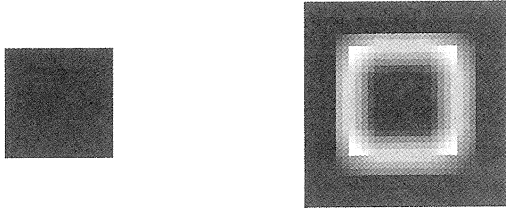


Fig. 2 理想画像(左)とSUSAN オペレータ出力画像(右)

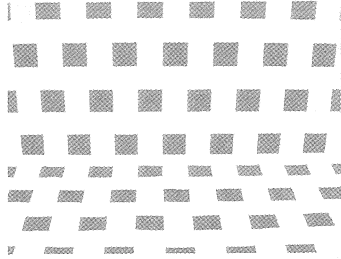


Fig. 3 カメラキャリブレーションに用いた原画像

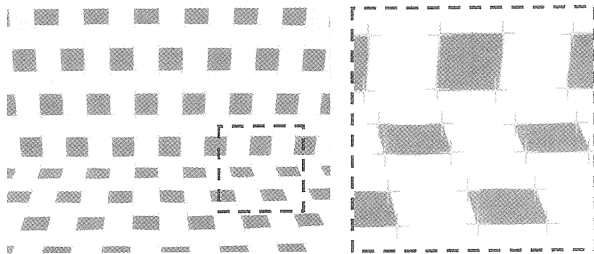


Fig.4 コーナー検出結果(右 : 結果を一部拡大)

原画像 (CCD カメラにより撮影) を, Fig. 4 に SUSAN オペレータを適用しコーナー検出を行った結果を示す. 検出したコーナーは, Fig. 4 中の十字で示す交点である. ここで SUSAN オペレータのマスク半径は 10 画素とした. また, カメラキャリブレーションで用いた画像に対する SUSAN オペレータのしきい値 t は, 対象領域と背景領域が明確であることを利用して, 次のように設定した.

$$t = C|g_w - g_b|$$

ここで, C は所望の画像を得るためにユーザが調整する係数を示しており, g_w は背景領域において最も画素数を有する階調値 (最頻値), g_b は対象領域における最頻値を表わす (Fig. 5 参照). Fig. 3 の場合, 係数 C は $2/3$ と設定し, SUSAN しきい値は 83 であった. こうして設定した SUSAN オペレータから得られたすべてのコーナーは, 人間が目視でコーナーと判別すると考えられる箇所の 8 近傍内に収まっており, SUSAN オペレータによるコーナー検出の有効性が確認できた.

また Fig. 6 は, Fig. 3 の原画像について, 市販の画像処理ソフトを使いガウシアンノイズを付加し, コントラストを悪化させた画像に対してコーナー検出を行った結果である. この場合も, 良好な検出結果が得られていることが分かる (この時の SUSAN しきい値は 56). SUSAN

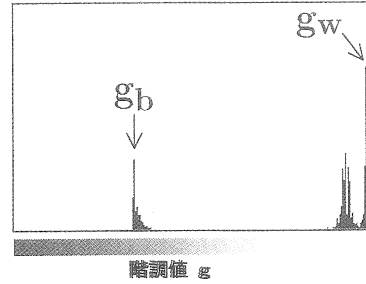


Fig. 5 原画像 (Fig. 3) のヒストグラム

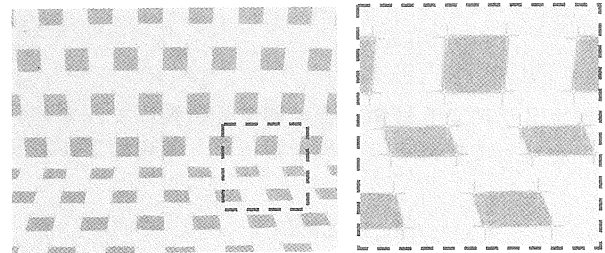


Fig. 6 コーナー検出結果(右 : 結果を一部拡大)

オペレータは, ノイズによる階調値の変化が SUSAN しきい値 t よりも小さければ結果に悪影響を与えることなく, ノイズに対して頑健であることを示している.

5. おわりに

“ビジョンアレイ方式による超高速画像計測装置の開発と即効的応用”の研究開発において, カメラキャリブレーションに用いるコーナー点の抽出に SUSAN オペレータを用いた. SUSAN オペレータは, 簡単なアルゴリズムのため高速であり, またノイズの影響を受けにくいので, 精度良くコーナーまたはエッジを検出することができる. SUSAN オペレータは, カメラキャリブレーション等のパラメータ推定のほか, 物体のセグメンテーションや位置決め用途にも利用可能である.

またカラー画像の場合は, R, G, B それぞれの値をベクトルとして並べたものについて, 濃淡画像の場合と同様に SUSAN オペレータが適用可能である.

なお本研究は, 平成 13 年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業の一部として行われました.

参考文献

- 1) Fei Shen, Han Wang : “Real Time Grey Level Corner Detection”, In Proc. 6th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision, 2000.
- 2) S.M Smith, J.M Brady : “SUSAN – A New Approach to Low Level Image Processing”, Technical Report TR95SMS1c, 1995.
- 3) 除剛, 辻三郎 : “3次元ビジョン”, 共立出版, 1999.