

AKAZE 特徴量を用いた SfM 点群改善の検討

瀬川 修†

中部電力株式会社 エネルギー応用研究所†

1 はじめに

複数画像を用いた 3 次元構造復元の手法として SfM (Structure from Motion) [1][2] が広く用いられている。SfM による点群生成においては、フロントエンドの特徴点抽出が後処理に大きく影響するため、入力画像に対し初期段階で適切な特徴点を多く検出しておくことが望ましい。従来、局所特徴量に基づく特徴点抽出手法としては画素の輝度勾配に基づく SIFT [3] が多く用いられてきたが、SIFT 以降のアルゴリズムについては、SfM に与える効果の定量評価が十分になされていない。そこで、本研究では特徴点抽出のアルゴリズムとして AKAZE [5] の適用を検討し、SIFT との性能比較を行った。

2 SfM と局所特徴量による特徴点抽出

SfM では、複数の画像ペア中で対応する特徴点の幾何学的関係から 3 次元空間上の点群位置とカメラの位置姿勢を推定する。このため、最初に行う入力画像の特徴点抽出処理において、適切な特徴点と画像間の対応関係が抽出できないと以降の処理が破綻する。局所特徴量に基づく手法においては、画像中のエッジやコーナーなど微小領域の特徴を捉えて特徴点の検出と特徴量の記述を行うことから、実世界の多様なテクスチャに対する頑健性が求められる。

これまで SfM の実装でよく用いられている局所特徴量として輝度勾配のヒストグラムに基づく SIFT が挙げられる。SIFT では下記のとおり、DoG (Difference of Gaussian) 画像の極値から特徴点候補を求めて、スケール、回転などの変化に頑健な特徴量を抽出する。

1. 特徴点近傍での Gaussian フィルタの差分 (DoG) が極値となるキーポイントの位置と分散を求める。この時、画像を徐々にダウンサンプリングしながらフィルタを適用することによってスケール変化に対する頑健性を保つ。
2. 特徴点近傍領域内の支配的な方向を輝度勾配から推定し、当該領域内の画素を支配的な方向に正規化する。この時、方向成分を量子化することにより微小な回転に対する頑健性を保つ。

DoG 画像による手法は、ノイズに対し頑健であるが、Gaussian フィルタによる画像の平滑化が進むにつれ重要な特徴が消えてしまうという問題が生じる。

3 AKAZE 特徴量の適用

3.1 KAZE 特徴量

前述のとおり Gaussian フィルタに基づく手法ではオブジェクト境界を表す画素とノイズの判別ができないことから、平滑化が進むにしたがい重要な情報が消失してしまう。これに対し、非線形なスケール空間における拡散フィルタリングは、Gaussian フィルタと比較して、繰り返し適用後も重要な特徴が劣化しにくいという特性がある。

Alcantarilla らによって提案された KAZE [4] では、非線形なスケール空間に AOS (Additive Operator Splitting) と可変コンダクタンス拡散 (Variable Conductance Diffusion: VCD) を適用し、重要な特徴を残したままノイズを除去し、スケール不変性を得ている。

3.2 AKAZE 特徴量

さらに改良手法の AKAZE では、FED (Fast Explicit Diffusion) と呼ばれる非線形なスケール空間における異方性の拡散を考慮した手法により AOS における計算負荷の問題を軽減し、大幅な高速化を達成している。さらに、M-LDB (Modified-Local Difference Binary) という独自のバイナリ記述子を定義し、画像内の勾配情報を有効活用している。

4 評価実験

実験では SfM の実装系としてオープンソースの Colmap [6] を使い、特徴点抽出のモジュールを SIFT から AKAZE に改変した。

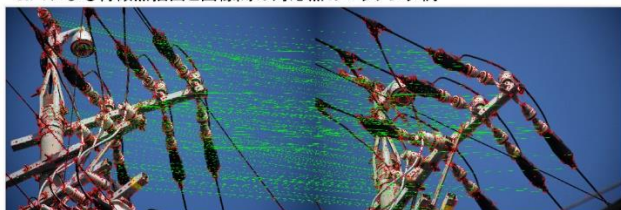
4.1 特徴点の比較

図 1 に電柱画像に対する SIFT と AKAZE による特徴点抽出と対応点マッチングの結果例を示す。これより、AKAZE の方が抽出された特徴点が多く、電柱の碍子に用いられているゴム素材のようなフラットでモノトーンなテクスチャに対して頑健性の高い手法であることがわかる。

Improvement of SfM point clouds using AKAZE features.

†Osamu Segawa, Chubu Electric Power Co., Inc.

SIFTによる特徴点抽出と画像間の対応点のマッチング例



AKAZEによる特徴点抽出と画像間の対応点のマッチング例

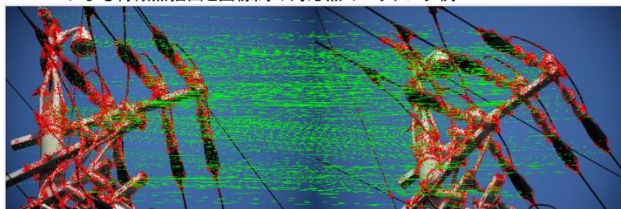


図1 SIFTとAKAZEによる特徴点の比較

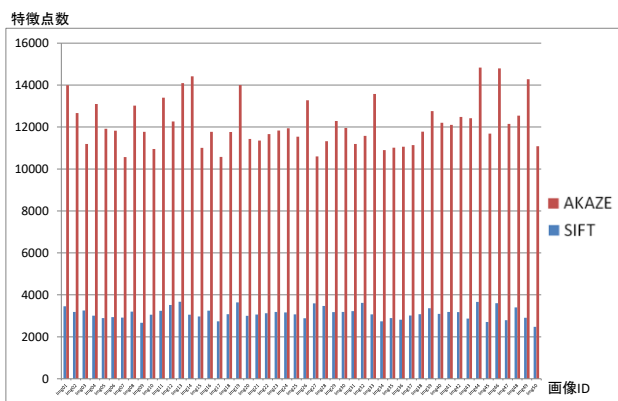


図2 SIFTとAKAZEによる特徴点数の比較 (電柱画像50枚使用)

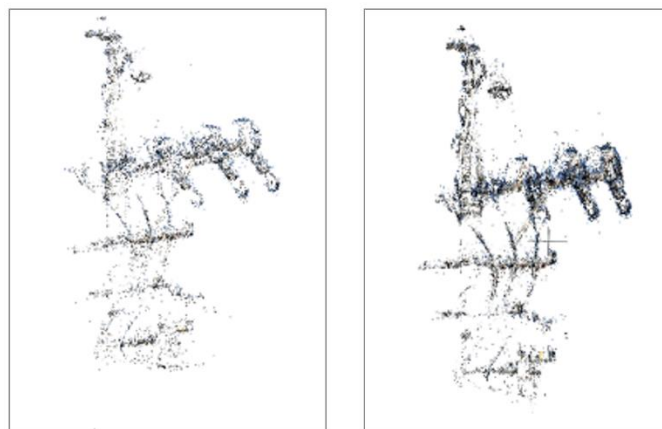
また、復元のテストセットとして用いた電柱画像 50 枚に対する、両者の特徴点数の比較を図 2 に示す。AKAZE では SIFT と比較して約 3 倍の特徴点が得られており、特徴点抽出における基本性能の高さが確認された。

4.2 SfM 点群の比較

SIFT と AKAZE による SfM 点群の生成結果の比較を図 3 (上述の電柱画像 50 枚使用) に示す。これより AKAZE による改良手法では、SIFT の約 3 倍の SfM 点群が生成されており、対象物の形状もより正確に再現されていることが確認された。

5 おわりに

本稿では SfM における特徴点抽出のアルゴリズムとして AKAZE の適用を検討し、SIFT との性能比較を行った。その結果、AKAZE では入力画像から得られる特徴点数が 3 倍程度に増加し、SfM において高密度でクオリティの高い点群が生成できることがわかった。



(従来手法) SIFT
点群数 10018

(改良手法) AKAZE
点群数 30247

図3 SIFTとAKAZEによるSfM点群の比較 (電柱画像50枚使用)

今後の課題であるが、更に多様なテクスチャや照度など環境変化に対する AKAZE の性能評価を進めていきたい。

参考文献

1. R.Hertle and A.Zisserman, "Multiple View Geometry in Computer Vision", Cambridge University Press (2004)
2. S. Agarwal, Y. Furukawa, N. Snavely, I. Simon, B. Curless, S. Seitz, and R. Szeliski. "Building rome in a day", In Proc. ICCV2019 (2009)
3. D.G.Lowe, "Distinctive image features from scale-invariant keypoints", Int.Journal of Computer Vision, Vol.60, No.2, pp.91-110 (2004)
4. P.F.Alcantarilla, A.Batoli and A.J.Davison, "KAZE features", In Proc. ECCV2012, pp.214-227 (2012)
5. P.F. Alcantarilla, J.Nuevo and A.Bartoli, "Fast Explicit Diffusion for Accelerated Features in Nonlinear Scale Spaces", In Proc. BMVC2013, pp.13.1-13.11 (2013)
6. J.L.Schönberger and J.M.Frahm, "Structure-from-Motion Revisited", In Proc. CVPR2016, pp.4104-4113 (2016)