

距離濃淡画像を用いた 2D/3D レジストレーションにおける マッチング特徴量の検討

増村 駿[†] 増山 岳人^{††} 梅田 和昇^{†††}

[†] 中央大学大学院理工学研究科 〒112-8551 東京都文京区 1-13-27

^{††} 名城大学理工学部 〒468-8502 愛知県名古屋市天白区塩釜口 1-501

^{†††} 中央大学理工学部 〒112-8551 東京都文京区 1-13-27

E-mail: [†] masumura@sensor.mech.chuo-u.ac.jp, ^{††} masuyama@meijo-u.ac.jp, ^{†††} umeda@mech.chuo-u.ac.jp

あらまし 高精細な 3D モデルの生成のためには、3 次元形状と 2 次元画像の位置合わせの精度が重要である。本論文では、3 次元形状と 2 次元画像のレジストレーションにおいて、3 次元形状を得る際に同時に取得できる距離濃淡画像を用いている。距離濃淡画像と 2 次元画像のレジストレーションを行うことで、3 次元形状の正しい位置に 2 次元画像を対応させることができる。本論文では、距離濃淡画像とカラー画像の対応付けに使用する特徴量によるレジストレーション結果への影響を比較する。

キーワード 2D/3D レジストレーション, 位置合わせ, AKAZE, 距離濃淡画像

1. 序論

色情報を持った 3 次元モデルを生成する手法として、テクスチャマッピングが広く用いられている。テクスチャマッピングは、距離画像センサ等によって取得した複数の距離画像から生成された三次元幾何モデル上に、カラー画像をテクスチャとして貼り合わせる手法である。この手法では、距離画像を取得するための距離画像センサとカラー画像を取得するためのデジタルカメラの 2 種類のセンサを必要とする。そのため、これらの画像を正確にレジストレーション（位置合わせ）する必要がある。

猪股ら[1]は、距離画像センサで距離画像を取得する際に同時に得られる距離濃淡画像とカラー画像との間で SIFT 特徴量の類似度を比較しマッチングすることで 2D/3D レジストレーションを行う手法を提案している。距離濃淡画像は、計測対象の反射強度を表す濃淡画像の一種であり、新たにセンサを追加する必要や計測時間を増やすことなく取得することができ、カラー画像と類似した特徴を持つ画像であるため、レジストレーションを行う際にカラー画像と対応する特徴点を検出しやすいという利点がある。この手法は対象とするモデルのテクスチャやレジストレーションを行う際に与えるカラー画像の初期位置などの条件によっては、正しい対応点を求められず、レジストレーションの精度が落ちたり、正しい位置に収束しないといった問題がある。本論文では、複数の特徴量を用いて 2D/3D レジストレーションの比較実験を行うことで、距離濃淡画像とカラー画像のレジストレーションに適した特徴量を検証し、レジストレーションの精度とロバスト性の向上を図る。

2. 2D/3D レジストレーション手法

本論文では、猪股らの手法を用いて 2D/3D レジストレーションを行う。図 1 に本論文で用いるレジストレーション手法の流れを示す。はじめに距離濃淡画像を 2 次元平面に投影し、2 次元画像を生成する。次に、背景を除去したカラー画像と距離濃淡画像の一致度を評価する。一致度が十分でなければ両画像から特徴量を抽出し、得られた 2 画像間の対応点をもとに距離濃淡画像のカメラパラメータを更新する。最後に、境界付近の精度を向上させるために、勾配拘束を用いて梅田ら[2]が導出した拘束式を解き、カメラパラメータを修正する。

3. カラー画像と距離濃淡画像の前処理

距離濃淡画像は、距離画像取得に用いる光の波長での画像であるのに対して、カラー画像は、R, G,

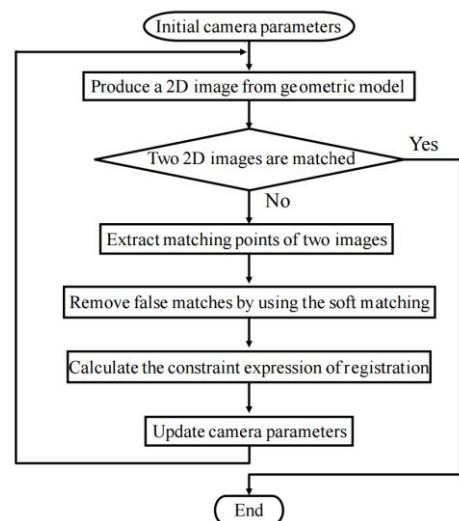


図 1 2D/3D レジストレーションの流れ

Bの3チャンネルの画像から構成されている。本論文の実験で使用する距離濃淡画像は、波長670nmの赤色レーザーによって取得されているため、距離濃淡画像の濃淡情報は、同一の対象物体を撮影したカラー画像のRチャンネルと似た濃淡情報をもつ。そのため、本論文ではカラー画像のRチャンネルのみを用いて距離濃淡画像とのレジストレーションを行う。図2に距離濃淡画像、図3にカラー画像、図4にカラー画像の各チャンネルの比較画像を示す。

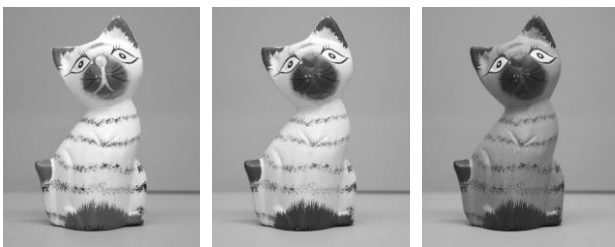
また、距離濃淡画像は背景情報を持たないのに対して、カラー画像は対象物体の背景部分の情報を含んでいる。そのため、境界部分で誤対応の原因となる特徴量が多く抽出されてしまう問題がある。そこで、特徴量を抽出する前に、カラー画像中の背景領域をRotherら[3]により提案されたGrabcutを用いて除去する。



図2 距離濃淡画像



図3 カラー画像



(a)Rチャンネル (b)Gチャンネル (c)Bチャンネル
図4 カラー画像の各チャンネル

4. 比較を行う特徴量

本論文では、SIFT[4]、AKAZE[5]、BRISK[6]、ORB[7]の4種類の特徴量の比較を行う。SIFT(Scale-Invariant Feature Transform)は、画像の回転やスケール変化に対して頑健な特徴量の一つであり、異なる値のガウシアンフィルタにより平滑化された画像の差を利用したスケールスペースを導入することで、スケールの変化に不変的な特徴量を記述する。AKAZE(Accelerated-KAZE)は、非線形拡散フィルタリングを行うことで、画像の情報を損なうこ

となく特徴量を抽出できるため、SIFT等の特徴量と比べ、より画像の回転やスケール変化に頑健である。BRISK(Binary Robust Invariant Scalable Keypoints)、ORB(Oriented FAST and Rotated BRIEF)はどちらも計算コストが少なく高速な抽出が可能な特徴量であり、BRISKでは規則的な位置からランダムに対になる画素を選び特徴量を記述し、ORBではランダムな位置から学習により対になる画素を選び特徴量を記述する。

5. レジストレーション実験

図2に示す距離濃淡画像と図3に示すカラー画像を使用してレジストレーション実験を行った。3次元幾何モデルは、Shape Grabber社製のセンサPLM300(センサヘッドSG-102)を用いて距離画像16枚を取得し、統合して生成されたモデルを用いた。

5.1. 対応点抽出実験

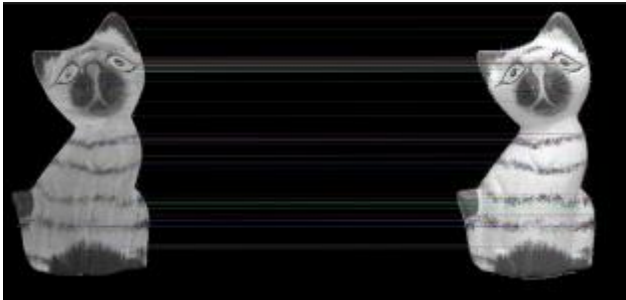
距離濃淡画像とカラー画像の対応点マッチングにおける特徴量ごとの優位性を調べるために実験を行った。距離濃淡画像とカラー画像に対して、AKAZE、ORB、BRISK、SIFTを用いて特徴点を抽出し、対応点を求めた。対応点マッチングの結果を図4に示す。また、この時の特徴点数と対応点数を表1に示す。次に、カラー画像の初期位置に対するレジストレーションのロバスト性を調べるために、カラー画像を30度回転させて対応点を求めた。対応点マッチングの結果を図5に示す。また、この時の特徴点数と対応点数を表2に示す。表1から、従来手法で使用されていたSIFTと比べて、AKAZEではより多くの特徴点を抽出でき、対応点も多く取得できたことが分かる。また、表2からAKAZEは他の特徴量と比べて画像を回転させても対応点を多く得られ、画像の回転に頑健であることが分かる。

5.2. 2D/3D レジストレーション実験

猪股らの手法を用いて2D/3Dレジストレーションを行い、各特徴量でのレジストレーション結果の比較を行った。レジストレーション結果を図6に示す。また、図7に示す距離濃淡画像とカラー画像を用いて、異なる対象物体に対してレジストレーション実験を行った。レジストレーション結果を図8に示す。いずれの実験においても、BRISKとORBではレジストレーションが収束しなかった。これは、BRISKとORBでは得られた特徴点数が少なく、対応点を多く得られなかったためであると考えられる。図6から、AKAZEを使用することで、従来手法より精度よく2D/3Dレジストレーションを行うことができたといえる。これは、より多くの特徴点を得られる特徴量を用いたことで、得られた対応点数が増え、2画像間のマッチング精度が上がったためであると



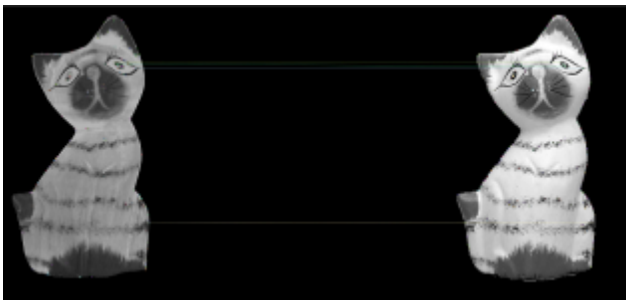
(a) SIFT



(b) AKAZE



(c) BRISK

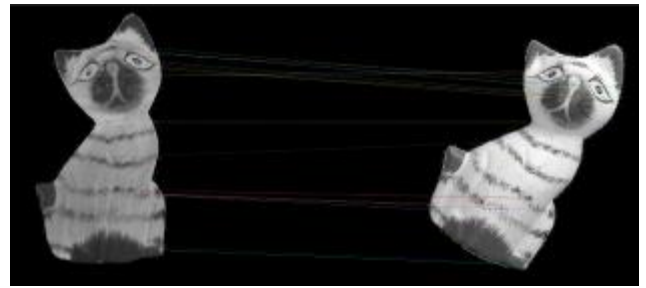


(d) ORB

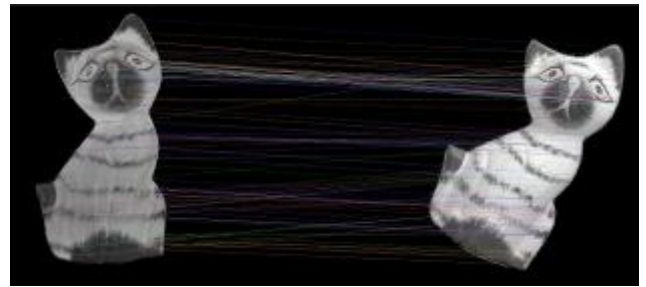
図 4 対応点マッチング結果

表 1 各特徴量の特徴点数と対応点数

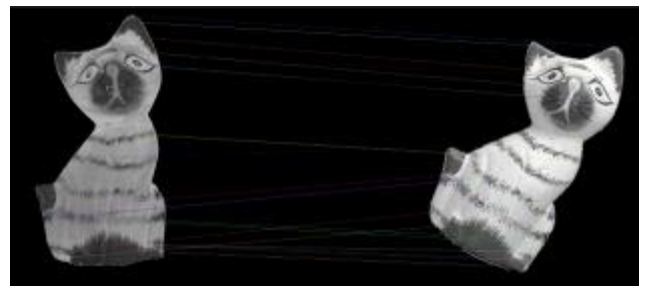
	距離濃淡画像 の特徴点数	カラー画像 の特徴点数	対応点数
SIFT	1302	5165	70
AKAZE	1908	6549	130
BRISK	1649	8114	23
ORB	500	500	4



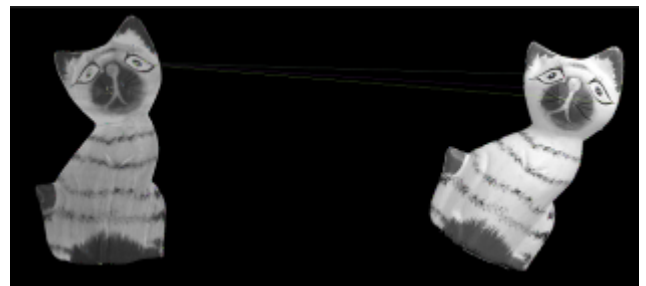
(a) SIFT



(b) AKAZE



(c) BRISK

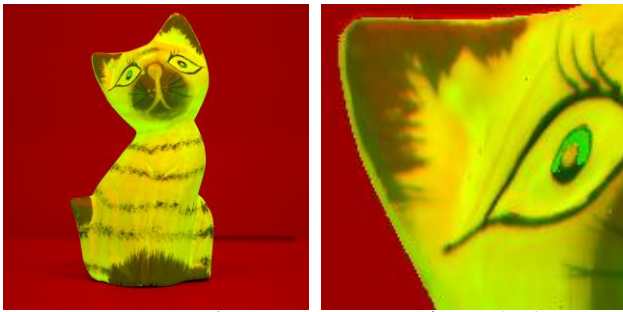


(d) ORB

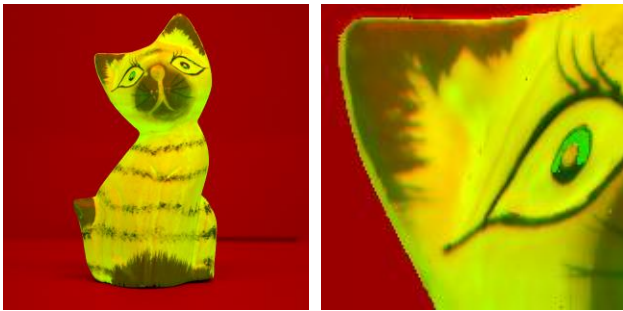
図 5 カラー画像回転時の対応点マッチング結果

表 2 各特徴量の特徴点数と対応点数

	距離濃淡画像 の特徴点数	カラー画像 の特徴点数	対応点数
SIFT	1302	5211	48
AKAZE	1908	6556	122
BRISK	1649	8563	25
ORB	500	500	3



(a)SIFT のレジストレーション結果と拡大図



(b)AKAZE のレジストレーション結果と拡大図

図 6 猫のモデルに対するレジストレーション結果

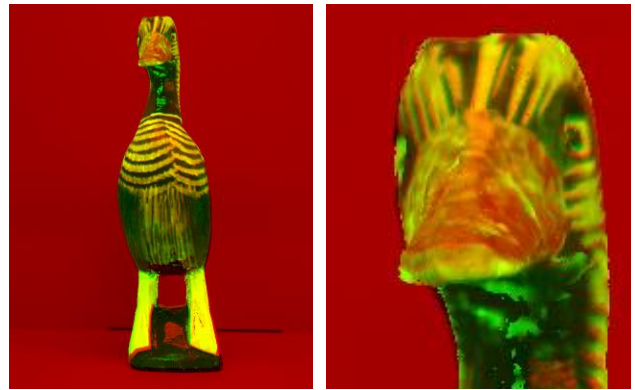


図 7 使用した距離濃淡画像とカラー画像

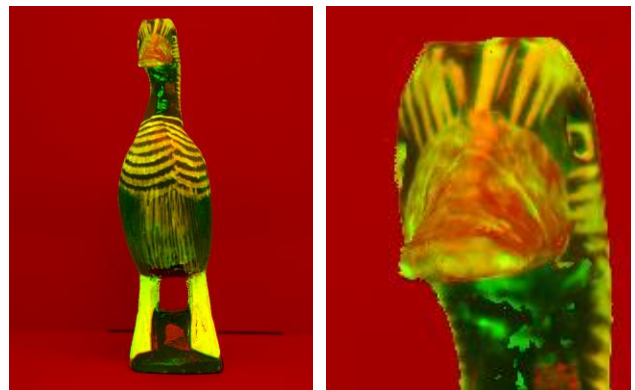
考えられる。また、図 8 から、AKAZE を用いることで複雑な形状を有する対象に対して、精度よくレジストレーションが行うことができたといえる。以上の結果から、AKAZE 特徴量を用いることで、先行手法と比べて、カラー画像の初期投影位置に頑健に 2D/3D レジストレーションが行え、レジストレーション精度も向上することが分かる。

6. 結論

本論文では、2D/3D レジストレーションにおいて、距離濃淡画像とカラー画像のマッチングに用いる特徴量を AKAZE に変更することで、従来手法と比べてレジストレーション精度、収束性が向上することを示した。今後の展望として、得られたレジストレーション結果を元に実際にテクスチャマッピングを行う。



(a)SIFT のレジストレーション結果と拡大図



(b)AKAZE のレジストレーション結果と拡大図

図 8 鳥のモデルに対するレジストレーション結果

文 献

- [1] 猪股 亮, 高浜 徹, 寺林 賢司, 梅田 和昇, ギーゴダン: “SIFT と勾配拘束の組み合わせによる距離濃淡画像を用いた高精度な 2D/3D レジストレーション”, 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2012), IS3-14, (2012)
- [2] 梅田和昇, ギーゴダン, マークリュウ: “こう配拘束と距離濃淡画像を用いたレジストレーション”, 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol.J88-D-II, No.8, pp. 1469-1479 (2005)
- [3] C. Rother, V. Kolmogorov and A. Blake: “GrabCut”: interactive foreground extraction using iterated graph cuts, ”, ACM Trans. Graphics. (SIG-GRAPH'04), vol.23, no.3, pp.309-314 (2004)
- [4] David G.Lowe: “Distinctive image features from scale-invariant keypoints”, Int.Journal of Computer Vision, Vol.60, No.2, pp.91-110,(2004)
- [5] P.F. Alcantarilla, J. Nuevo, and A. Bartoli: “Fast Explicit Diffusion for Accelerated Features in Nonlinear Scale Spaces,” IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 34, 7, pp.1281-1298 (2011)
- [6] S. Leutenegger, M. Chli and R. Y. Siegwart: “BRISK: Binary robust invariant scalable keypoints”, International Conference on Computer Vision (ICCV), (2011)
- [7] E.Rublee, V.Rabaud, K.Konolige and G.Bradski “ORB: an efficient alternative to SIFT or SURF”, International Conference on Computer Vision (ICCV), (2011)