

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 17 日現在

機関番号：13904

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500202

研究課題名(和文) シーンに関する知識を必要としない画像間の対応付けと特徴記述に関する研究

研究課題名(英文) A study on image matching and description without knowledges about a scene

## 研究代表者

金澤 靖 (Kanazawa, Yasushi)

豊橋技術科学大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：50214432

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は画像間の対応付けに関する新しいアプローチを提案した。これまで画像間の対応付けにおいては、ユーザが意図的あるいは無意識に特徴点の抽出法及び記述法を使い分けていたが、本研究では、これを画像内の局所的な領域の情報に応じて適応的に使い分けることで、単独の手法を用いる場合に比べて対応付けの精度を向上させることが出来ることを示した。実画像実験により、画像の領域情報の判定や特徴間の類似性の計算において問題点があることもわかったが、概ね提案法の有効性を示すことができた。

研究成果の概要(英文)：We have presented new approach for image matching. In image matching, we usually choose a method, which is famous one or is good from own experience. However, the chosen method is not optimal. Here, we proposed a method that adaptively and automatically selects ``good'' feature extraction and description method. In our method, we first divide an image into small regions and then adopt good feature extractor and descriptor according to their characteristics. We can improve the accuracy of image matching by our approach. While there are some problems in segmentation and matching computation, we have shown the effectiveness of our method.

研究分野：コンピュータビジョン・画像処理

キーワード：画像の対応付け 特徴量

1. 研究開始当初の背景

- (1) 2台のカメラで撮影した画像間や移動しながら2か所から撮影した画像間の対応付けはシーンの3次元形状を復元するための最初に行われる技術であり、自律走行車やロボットの視覚、メディア処理技術など様々な応用が期待できる。
- (2) おおまかな対応付けの手順は、画像から対応付けの元となる点やエッジなどの特徴を抽出し、その点やエッジを特徴づける記述を作成し、その記述が類似した点やエッジを見つけて対応の候補とし、幾何学的な関係を利用して正しいと思われる対応を決定する。
- (3) このとき、特徴のある点の検出およびその記述方法としてよく用いられるものの一つにSIFTがあり、通常の建物画像などにおいては極めて有効に働く一方で、規則的なパターンを含むシーンや、腸管の内視鏡画像のように、ほとんど模様のない場合に正しい対応を決定することができない。
- (4) これに対し、研究代表者らは、これまでに繰り返しパターンを含む画像に対する対応付け法、腸管の内視鏡画像での対応付け法などを発表したが、これらの手法も含めて、従来、シーンに関する知識を利用してユーザが意図的あるいは無意識に適した手法を使い分けしていることに相当する。
- (5) そこで、ユーザがそのような意図的あるいは無意識に適した手法を選ぶことなく、自動的に適した手法を選ぶことで、対応付けの全体的な精度が向上するのではないかと考えた。

2. 研究の目的

- (1) シーンに関する知識を利用せず、そのシーンに有効な特徴空間とそれに適した対応付け法を自動的に適用することで、どのようなシーンに対しても有効な画像の対応付け法を提案することを目的とする。
- (2) これにより、広範なシーンに対する対応付けが可能となり、ロボットの視覚や自律走行車、メディア技術など様々な応用が期待できる。

3. 研究の方法

- (1) まず、シーンを対応付けにおいて重要と思われるカテゴリに分類する。ここでは、①建物、②樹木などの自然、③道路、④空の4つのカテゴリに分けた。
- (2) 次に、分けた各カテゴリに対し、どの特徴点検出法とどの特徴記述法が良いか、多数の画像を用いて評価する。評価指標としては、エッジ検出高速条件を満足する

ものを正しいとみなした場合の適合度を用いる。

- (3) 次に撮影した画像を矩形の小領域に分割し、各矩形領域がどのカテゴリに属するか自動的に分類する方法を検討する。ここでは、Deep Learningの一つであるDBN (Deep Belief Net)を用いた。
- (4) 方法(2)で得られた知見を用い、各小領域に対して適した特徴検出と特徴記述を適応的に用いることのできるような画像間の対応付け手法を開発する。
- (5) 方法(3)では矩形領域に対してカテゴリ分けしていたが、より精度の良い領域分割を行うための手法を検討する。ここでは、Label Transferの手法を用いた。
- (6) 適した特徴および特徴量の評価として、差が小さいものも存在するため、複数特徴量を同時に用いた対応付け手法を検討する。
- (7) これまでの成果を踏まえ、問題点をまとめ、今後の課題を検討する。同時に提案手法の応用および展開を検討する。

4. 研究成果

本研究に関する主な成果を以下に挙げる。

- (1) 本研究の最も重要な成果である、シーンに対する適した特徴検出および特徴記述法についての評価とそれを用いた対応付け法について説明する。

まず、画像のシーンを重要と思われる4つのカテゴリ(建物、自然、道路、空)に分ける。このとき、空については形状復元に適さないため、対応付けの対象から除くために採用する。これらの4つのカテゴリに対し、

- FAST+BRIEF
- FAST+ORB
- FAST+SURF
- ORB
- SURF+BRIEF
- SURF
- SIFT

の7組の特徴検出法+特徴記述法の組み合わせについて、各カテゴリでどれが対応付けの精度が高いか調べた。結果を図1に示す。

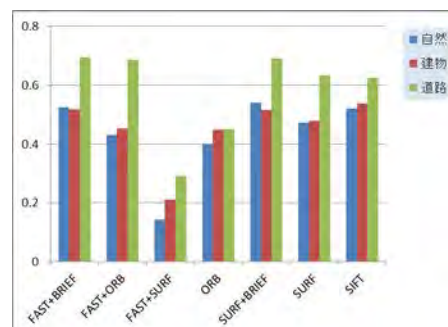


図1 精度の比較結果

見てわかる通り、自然については SURF+BRIEF、建物については SIFT、道路については FAST+BRIEF が最も良い適合率を示した。

この結果と、画像の矩形分割された領域に対して DBN(Deep Belief Network)による領域の自動判別を組み合わせることで、適した特徴検出+記述を適応的に変えることが可能となり、実験を行った。ここでは単独で良く用いられる SIFT と SURF、提案法において領域を自動判別した場合と、手で判別した場合を比較した。SIFT による結果例を図 2 に、手動判別の提案法の結果例を図 3 に示す。

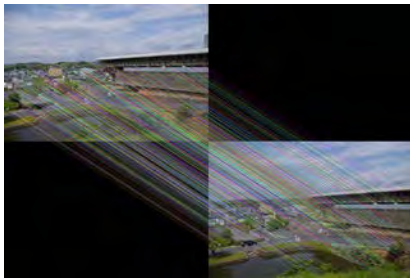


図 2 SIFT による結果



図 3 提案法（手動判別）の結果

見てわかる通り、SIFT 単独の結果に比べ、提案法の方が正しい対応が多いことがわかる。

様々な画像を用いて平均を取った結果を図 4 に示す。このグラフを見てわかる通り、いずれも場合においても手動判別を用いた提案法が最も高い精度を示しており、シーンに応じて特徴量を使い分けることが有効であることがわかる。一方、自動判別の場合、そのカテゴリの判別を間違っていることも多く、この精度を向上させることが重要となることも分かった。

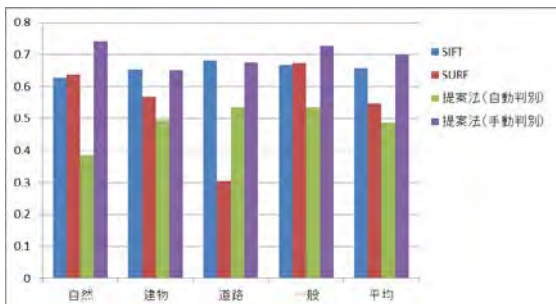


図 4 対応付けの評価結果

(2) (1)の結果を踏まえ、領域を正確に判別することが重要であること、また複数の特徴+記述を同時に使用することで、対応付けの精度を向上させる可能性があることが分かったことから、それらについての検討を行った。

まず、領域の判別については、画像を機械的に矩形分割するため、一つの矩形に異なるカテゴリの領域が複数含まれることも多く、これが自動判別に失敗する原因であると考え、Label Transfer と呼ぶ手法を用いることで、領域の境界をより精度よく求めることとした。この Label Transfer の例を図 5 に示す。



図 5 領域分割例

この Label Transfer を使い、領域の境界を精密に求めることで、領域分割を高精度化し、対応付けを行った。結果の例を図 6 および 7 に、一般のシーンに対する 5 組の結果の平均を表 1 に示す。

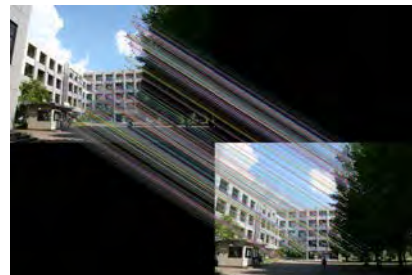


図 6 従来法（手動判別）

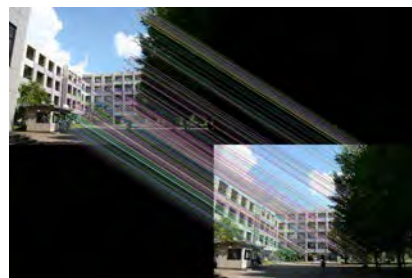


図 7 Label Transfer を用いた方法

表 1 対応付け結果

対応付け法	適合率
提案法	0.310
従来法（自動判別）	0.248
従来法（手動判別）	0.396
SIFT	0.234

見てわかる通り、単独の SIFT や、従来法の自動判別よりは精度が向上したものの、従来法の自動判別の精度と比べると低くなってしまった。この原因として、Label Transfer による領域分割でも失敗しているケースもあるためであり、今後はこの精度をより向上させることが重要となる。

- (3) 各カテゴリに対する重みベクトルを用いることで、複数の特徴量を同時に利用することを考えた。ここで重みベクトルは DBN の 4 つの出力値の逆数を用い、2 画像間で比較する際、この重みベクトルの差のノルムが一定以下のもののみ、複数特徴量を考慮した距離を計算することとした。結果を図 8 に示す。見てわかる通り、提案法は閾値 ( $T_w=2.0$ ) のときに自然および建物において、従来手法に比べて精度が向上していることがわかる。一方、道路や一般シーンにおいては、やや精度が下がってしまっている。これは、カテゴリ判別結果がほぼ同じで、どちらの領域とも判定がつかない場合などに、悪い方の特徴量が影響し、トータルな類似度が下がってしまった結果、誤った対応が増えたのではないかと考えられる。

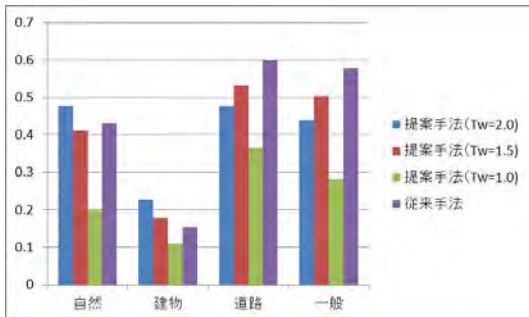


図 8 対応付け結果

- (4) 関連する研究として、3 画像のみからの復元を行う場合について、3 組共通の対応を用いず、2 組ずつの対応を用い、また、それぞれの 2 画像間の関係の冗長性を用いることで、カメラパラメータを安定に計算し、また復元も安定に行える方法を提案した。ここでは、特に画像からのカメラパラメータ計算が不安定になる内視鏡画像を用いて有効性を示した。図 9 の内視鏡画像に対する結果を図 10 に示す。見てわかる通り、提案法では精度良く、復元されていることがわかる。この成果は雑誌論文として採録された。

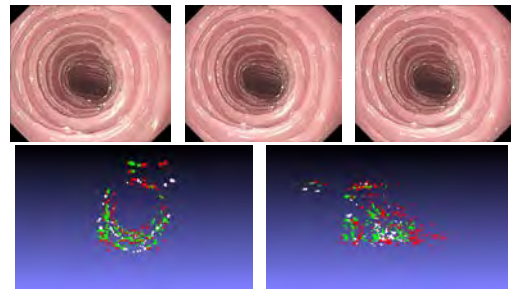


図 9 内視鏡画像とその復元

また繰り返しパターンを含むシーンに対する対応付け法として、特徴量空間での変換とクラスタリングを用いた対応付け法を提案した。結果の例を図 11 に示す。図中、上の 2 画像に対して、SIFT で対応付けを行った結果が左下の図、提案法で対応付けを行った結果が右下の図となっている。見てわかる通り、従来法の代表である SIFT に比べ、大幅に精度が向上していることがわかる。この成果は、国際会議での発表を行った。

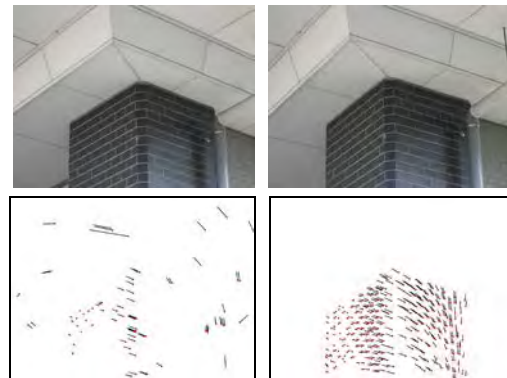


図 11 対応付け結果

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

- ① K. Wakimoto, Y. Kanazawa, and N. Ohta, Color image enhancement for dichromats by additive image noise, IPSJ Trans. Computer Vision and Applications, Vol.5, pp.45-49, July 2013, 査読有.
- ② Y. Kanazawa, Y. Sugaya, and K. Kanatani, Decomposing three fundamental matrices for initializing 3-D reconstruction from three views, IPSJ Trans. Computer Vision and Applications, Vol.6, pp.120-131, Nov. 2014, 査読有.

[学会発表] (計18件)

- ① 丹野芳樹, 金澤 靖, 特徴量空間における幾何学的クラスタリングによる画像のないの繰り返しパターン平面の検出, 第15回画像の認識・理解シンポジウム, Aug. 2012, 査読無.
- ② 山崎大輔, 鈴尾大地, 金澤 靖, 八木康史, 2画像のみから復元した形状のひずみの評価関数と形状合成への応用, 第15回画像の認識・理解シンポジウム, Aug. 2012, 査読無.
- ③ Y. Tanno and Y. Kanazawa, Image matching for repetitive patterns by clustering and transforming in feature space, Proc. 2<sup>nd</sup> IAPR Asian Conf. on Pattern Recognition, Okinawa, Nov. 2013, 査読有.
- ④ 長畑香奈栄, 金澤 靖, 適応的な特徴量選択による画像間の高精度な対応付け法の検討, 情報処理学会研究報告, CVIM, 2014-CVIM-191-24, Mar. 2014, 査読無.
- ⑤ 鹿貫悠多, 太田直哉, 障害物検出に最適化されたステレオビジョンー目的志向のコンピュータビジョンアルゴリズムー, 第32回日本ロボット学会学術講演会, Sep. 2014.
- ⑥ 澤岨明菜, 金澤 靖, 複数の適応的な特徴量を用いた画像間の対応付け, 平成26年度電子情報通信学会卒業研究発表会, Mar. 2015, 査読無.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

金澤 靖 (KANAZAWA, Yasushi)  
豊橋技術科学大学・工学研究科・准教授  
研究者番号: 50214432

### (2) 研究分担者

太田 直哉 (OHTA, Naoya)  
群馬大学・理工学研究院・教授  
研究者番号: 10270860