

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 4月 2日現在

機関番号：13904

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500167

研究課題名（和文）

対応付け困難な画像間におけるロバストな対応付けとその応用に関する研究

研究課題名（英文）

A Study on Robust Image Matching between Images Hard to Correspond and its Application

研究代表者

金澤 靖 (KANAZAWA YASUSHI)

豊橋技術科学大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：50214432

研究成果の概要(和文)： 対応付けが難しいとされる画像間の対応付けを行うことを目的とし、本研究では腸管の内視鏡画像や繰り返しパターンを含む画像などにおいて、それらに対する正確な対応付け法を提案し、従来法では対応付けに失敗した画像においても精度よく対応付けが行えることを示した。またその応用および関連として腸管の展開画像生成とその周波数解析や復元形状の定量的な評価方法について、その有効性を確認した。

研究成果の概要(英文)： In order to find correspondences between two images hard to match, we have proposed a matching method for endoscopic image of the intestine, matching method between the images including repetitive patterns. These methods are robust and accurate compared with the usual methods. As the applications of these methods, we have also proposed an extension method for the intestine CT image and its frequency analysis and a cost function for a shape reconstructed from two views. We have shown the effectiveness of these methods.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：コンピュータビジョン・画像処理

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：コンピュータビジョン

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、移動しながら異なる2カ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上で最初に行わなければならない処理であるが、対応付けが困難とされているシーンが多く存在する。例えばタイルやレンガなど規則的なテクス

チャを含むシーンや、離れた場所から撮影した画像、ほとんど特徴のない水面や布状物体の画像や腸管の内視鏡画像などは極めて対応付けが難しい。

- (2) これらは、現在対応付けによく用いられている SIFT でも対応を取ることができない。これらに対し、研究代表者らは自ら提案した三つ組ベクトル記述子を使

った方法や、繰り返しパターン領域の検出による方法を提案し、SIFTなどの従来法に比べ、正確な対応付けを行えることを示した。

- (3) しかし、前者の方法はズーム変化に弱く、後者の方法は処理時間がかかるなど、実際の応用には程遠いなどの問題点があった。
- (4) 本研究では、これらの成果を発展・展開させるだけでなく、従来ほとんどおこなわれてこなかった布などの画像や腸管の内視鏡画像に対しても対応付けおよび3次元復元が行えるような正確な特徴抽出と対応付けを行うために、本課題を提案することとした。

2. 研究の目的

- (1) コンピュータビジョン技術の応用において最も基本的な技術の一つである画像間の対応付け問題を解決することを目的とし、特に
 - ① タイルやレンガなどの規則的なテクスチャを含むシーンの画像.
 - ② 離れた場所から撮影した画像.
 - ③ ほとんど特徴のない水面や布状物体の画像や腸管の内視鏡画像.などを対象とする。
- (2) これらの問題を解くために
 - ① 画像特徴の検出方法.
 - ② 不変性を持つ特徴記述.
 - ③ 効率の良い対応付け法について研究を行い、様々な画像に対して正確かつロバストな対応付けの方法を提案することを目的とする。

3. 研究の方法

- (1) 布や腸管などの画像において、正確な対応がとれるよう、安定して検出でき、かつ、形状復元に適した個所から特徴点を検出するための手法を開発する。
- (2) 検出された特徴点に対する特徴記述法を検討する。
- (3) 規則的なテクスチャに対する従来法の改良を行う。
- (4) 様々なシーンや対象を撮影してアーカイブし、検討した特徴点検出および特徴記述が有効かどうかを実験により検討する。
- (5) 3次元形状復元に限らず、提案した手法に対する応用展開を図る。
- (6) 研究体制は研究代表者が原案等を立案し、研究代表者および大学院学生が協働して実験等を行う体制とする。これにより、大学院生への教育的効果も期待できる。

4. 研究成果

本課題の成果に関し、主な研究成果を以下にまとめる。

- (1) 本課題の最も重要な成果である、腸管の内視鏡画像の対応付けとその3次元復元法について説明する。

ここでは腸管の襞に着目し、その襞に沿った特徴点検出と、対応付けを行うことで、腸管形状の復元に適した対応付け法を提案した。

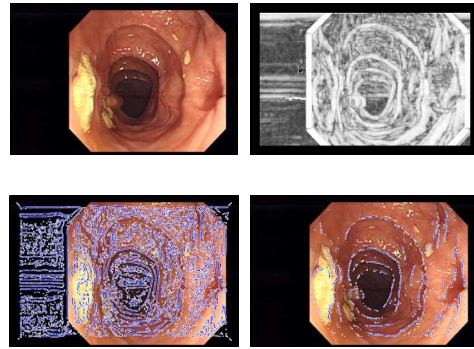


図1：襞上の特徴点検出

図1が検出例であり、左上から原画像、襞強調後の画像、尾根点検出、特徴点検出結果を示している。見てわかる通り、襞の上に多くの特徴点が検出されていることがわかる。この検出された特徴点に対し、HOGベースの特徴記述子を用いて対応付けを行った結果を図2に示す。

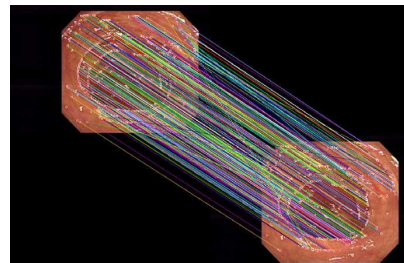


図2：対応付け結果

見てわかる通り、数多くの正しい対応が得られていることがわかる。

この対応付け手法を用いて形状を復元した結果を図3に示す。図3上が原画像と検出された特徴点であり、下の図が復元した形状を斜めから見た図となっている。見てわかる通り、襞もわかり、正確な形状が復元できていることがわかる。更にこの部分的に復元した形状を繋ぎ合わせることで、より大きな形状を復元できる。結果を図4に示す。

この研究は口頭発表3件のほか、雑誌論文として採録された。

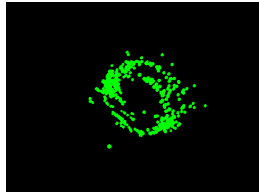
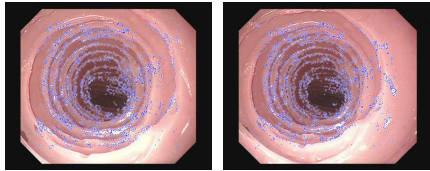


図3：復元した形状

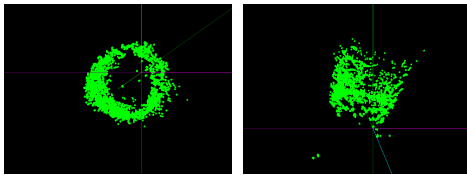


図4：合成した形状

- (2) 繰り返しパターンを含むシーンの画像に対する対応付けとして、特徴量空間を用いた方法を提案した。ここでは、シーン内の繰り返しパターンはほぼ平面状の物体であることを仮定し、そのパターン要素に対する特徴量空間の分布が超平面で近似できることから、特徴量空間での超平面検出により、パターン領域を検出した。さらにその検出された分布を異なる画像へ写像することで、対応付けを行う方法を提案した。結果を図5に示す。

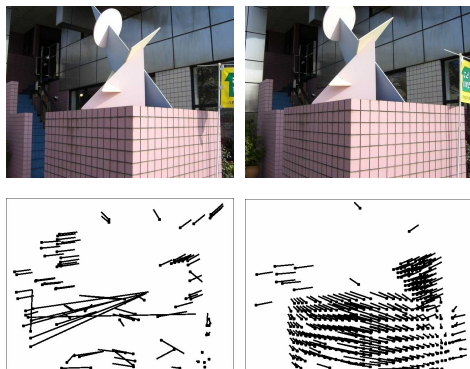


図5：繰り返しパターンを含む画像間の対応付け

図5上が原画像であり、左下の図がSIFTと呼ばれる現在最もよく用いられている対応付け法の結果、右下が提案法による結果である。これらは対応した点を線で分けて示しており、見てわかる通り、従来法ではほとんど正しい対応が取れていないのに対し、提案法では正確な対応が検出できていることがわかる。

さらにこの改良として、特徴量空間からの超平面検出の際に、幾何学的AICと呼ぶ基準を用いることで、検出の精度を向上させることができた。

この研究は3件の口頭発表のほか、国際シンポジウムでも発表を行った。

- (3) また関連研究として、2画像のみからの形状復元において、最新かつ高精度なアルゴリズムをまとめ、それらにより高精度な復元が行えることを示した。

2画像のみから3次元復元を行うためには、画像間の対応から

- ① 基礎行列の計算
- ② カメラの焦点距離計算
- ③ カメラ間の運動パラメータの計算
- ④ 3次元復元

の順に行う必要があるが、それぞれ誤差に影響を受けやすく、高精度なアルゴリズムが必要となる。例えば基礎行列計算では、初期値も重要であり、提案法ではTaubin法と呼ぶ手法により初期値を求めている。また繰り返し計算には、EFNS法とよぶ高精度な最尤推定法を用いることで、精度の向上を図った。2画像からの3次元復元において最も不安定な焦点距離計算において、従来の自由焦点距離法に対し、固定焦点距離法を提案し、カメラが一点を注視している場合にも対応できるようにした。図6に結果を示す。



図6：2画像からの高精度な復元

図6上が原画像と対応、左下が従来法による復元結果、右下が提案法による復元結果であり、これらの復元結果は上から見た図となっている。見てわかる通り、提案法の方が復元精度がよいことがわかる。

この研究は口頭発表を行い、研究目的であれば誰でも使えるよう、そのプログラムを公開している。

- (4) また部分的に復元された形状を合成する際の対応付けとして、可変長不変記述子による対応付け法を提案した。ここでは、一度復元された形状に対し、各頂点を正面から見た画像を仮に生成し、その画像内で特徴点を検出し、それらをまとめて一つの記述子とすることで、部分形状間の対応点探索を行う。このとき、仮に生成された画像はそのサイズが一定でないため、検出される特徴数も一定ではなく、記述子長が可変となる特徴を持つ。図7に実験結果を示す。



図7：復元した部分形状と合成形状

図7において上の4つは復元された部分形状であり、一番下の図が提案法により合成された形状である。見てわかる通り、ほぼ正しく合成されていることがわかる。

この研究は2件の口頭発表を行った。

- (5) 他にも、移動ロボットの自己位置推定のための特徴点の自動選択の研究や復元した形状の歪みの評価を行うための手法について研究を続けており、これらについては1件の口頭発表を終え、更に国内会議および国際会議への投稿を行っている。

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1件)

- ① 平井克広, 金澤靖, 佐川立昌, 八木康史, 腸管の3次元復元のための内視鏡画像間の対応付け, *Medical Imaging Technology*, Vol.29, No.1, pp.36-46, Jan. 2011, 査読有.

〔学会発表〕(計10件)

- ① Y. Tanno, Y. Kanazawa, Detection of Repetitive Patterns using Clustering with Geometric AIC for Image Matching, The 15th SANKEN Symposium 2012, ICHO-KAIKAN, Osaka, Japan, Jan.12-13, 2012.
- ② 坂本大樹, 高橋将貴, 金澤靖, 特徴量空間を用いた繰り返しパターンを含む画像間の対応付け, 第14回画像の認識・理解シンポジウム, 金沢, July 2011.
- ③ 鈴木雅博, 満上育久, 松下康之, 金澤靖, 八木康史, 大腸形状モデル化のための腸形状展開画像とその周波数解析, 情報処理学会 CVIM 研究会, CVIM-177-8, May 2011.
- ④ 平井克広, 金澤靖, 佐川立昌, 八木康史, 内視鏡カメラによる腸管の映像の対応付けとその3次元形状の復元, 第13回画像の認識・理解シンポジウム, 釧路, July 2010.
- ⑤ 山田健人, 金澤靖, 全周形状復元のための可変長不変記述子による3次元部分形状マッチング, 第13回画像の認識・理解シンポジウム, 釧路, July 2010.
- ⑥ 平井克広, 金澤靖, 佐川立昌, 八木康史, 内視鏡カメラ映像からの腸管の3次元形状の復元, 情報処理学会 CVIM 研究会, CVIM-171-15, 調布, March 2010.
- ⑦ 山田健人, 金澤靖, 全周形状復元のための不変記述子による3次元部分形状マッチング, 情報処理学会 CVIM 研究会, CVIM-171-1, 調布, March 2010.
- ⑧ 平井克広, 金澤靖, 佐川立昌, 八木康史, 腸管の3次元復元のための内視鏡画像間の対応付け, 電子情報通信学会 MI 研究会, MI2009-117, 那覇, Jan. 2010.
- ⑨ 山田健人, 金澤靖, 金谷健一, 菅谷保之, 2画像からの3次元復元の最新アルゴリズム, 情報処理学会 CVIM 研究会, CVIM-168-15, 仙台, Sept. 2009.
- ⑩ 坂本大樹, 金澤靖, パターン特徴量空間を用いた繰り返しパターンを含む画像間の対応付け, 電子情報通信学会 PRMU 研究会, 札幌, June 2009.

〔その他〕
ホームページ等
<http://www.img.cs.tut.ac.jp/>

6. 研究組織

- (1) 研究代表者
金澤 靖 (KANAZAWA YASUSHI)

豊橋技術科学大学・大学院工学研究科・
准教授
研究者番号：50214432

- (2) 研究分担者
なし
- (3) 連携研究者
なし