

## 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 6月 8日現在

機関番号：82626

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21700196

研究課題名（和文） 全方位医療用内視鏡を用いた全天球視野映像の研究開発

研究課題名（英文） Full Spherical View by using Omnidirectional Medical Endoscope

研究代表者

佐川 立昌（SAGAWA RYUSUKE）

独立行政法人産業技術総合研究所・知能システム研究部門・研究員

研究者番号：30362627

研究成果の概要（和文）：全方位内視鏡は前方、後方の両方の視野が得られるため、検査の見落としを防ぐ手立てとして有望である。しかし、凸面鏡の裏側などに観察できない死角が存在し、直感的な視野の認識に困難を伴う。そこで本研究では、全方位内視鏡を用いて、死角の無い映像（＝全天球視野）を表示する方法を開発し、直感的に理解しやすい映像を生成することを目的とする。映像から得られるデータをつなぎあわせて全天球視野を得るため、画像のトラッキング手法、および内視鏡を用いた形状計測手法について研究を行った。

研究成果の概要（英文）：Omnidirectional endoscope is a promising approach to improve the reliability of examination since it has both forward and backward field of view. The image of the omnidirectional endoscope, however, has blind area caused by the mirror, and is hard to recognize the scene intuitively. In this proposal, we develop a method to generate a full spherical view that has no blind area, which is better to recognize for users. The full spherical view is generated from multiple images in an image sequence. Image tracking and shape reconstruction for the images of medical endoscope are studied.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：総合領域

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、画像・文章・音声等認識、ユーザインターフェース

## 1. 研究開始当初の背景

現在、医師が患者の大腸部分を観察する方法として、多くの場合内視鏡が用いられる。この内視鏡による検査は病巣を直接目視できる点において、レントゲン検査法やCT内視鏡などに比べ、消化器官検査において優れているとの指摘があり、将来にわたって重要である。しかしその一方で、内視鏡の視野は狭いため、病巣が必ずしも観察できないという欠点が指摘されている。この問題を解決す

るために、これまで魚眼レンズを使った広視野の内視鏡や、側方を観察するための斜視内視鏡が研究されているが、前方から後方まで一度に見渡すには不十分であった。一方、画像処理によって、擬似的に視野を広げる研究が行われているが、後方の映像を取得していないため、後方を観察することはできなかった。

それに対して研究代表者は、内視鏡カメラに凸面鏡を取り付けた全方位内視鏡システ

ムを開発してきた。この全方位内視鏡は前方だけでなく側方、後方視野も持つため、通常の内視鏡では観察できなかった部分を見ることができるものである。

また同時に、通常の内視鏡映像に対して画像処理を行い、広い視野を医師に提供する表示方法も開発してきた。この方法は、まず入力画像を円周方向に切り開いて帯状に展開し、連続して得られる画像を用いて、徐々に画像を広げてゆき、最終的にパノラマ画像生成するものである。

本研究開発では、これまでの研究成果を踏まえ、両者を組み合わせることによって、さらに広い視野を持つ内視鏡の研究開発を行うことを目指す。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、全方位内視鏡を用いて、死角の無い映像（＝全天球視野）を表示する方法を開発することである。全方位内視鏡は前方、後方の両方の視野が得られるが、凸面鏡の裏側などに観察できない死角が存在する。そこで本研究では、死角部分の映像を前後の映像から推定することによって、死角のない全天球視野を持つ映像を生成する。その際、パノラマ画像生成に用いた手法を応用し、死角部分の推定手法を開発する。

この手法を実現するために、カメラの射影モデルを推定し、カメラの幾何的パラメータを事前に得ておくことや、映像が特殊な内視鏡カメラに特化したカメラの運動推定法が必要となる。これらの問題を解決し、全天球視野の生成を目指す。

## 3. 研究の方法

パノラマ画像生成を応用した死角部分の推定には、まずカメラ射影モデルの幾何的なパラメータを知ることが重要であるため、

### (1) 内視鏡のカメラと凸面鏡の幾何的キャリブレーション

について研究を行った。次に、時系列的に得られる複数の画像の貼りあわせに必要な、位置合わせを行うため、

### (2) 腸内映像に適した特徴点追跡法の研究

### (3) 疎な特徴点对応付けから密な対応付けを得る方法の研究

という2つのアプローチについて研究した。貼りあわせの精度の向上には、腸管内部の形状を知ることが有効であるため、

### (4) 腸管映像におけるカメラの動きと腸管形状を復元する手法の研究

について研究を行った。上記の方法は画像のみを用いたパッシブなアプローチであるが、形状を得るには内視鏡から光を照射するアクティブなアプローチが有効である。そこで、

### (5) パターン投影による形状計測法との組み合わせる研究

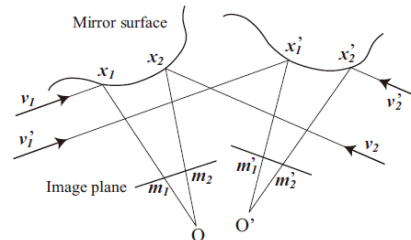
を行い、パターン投影による形状計測の可能性を検討した。

## 4. 研究成果

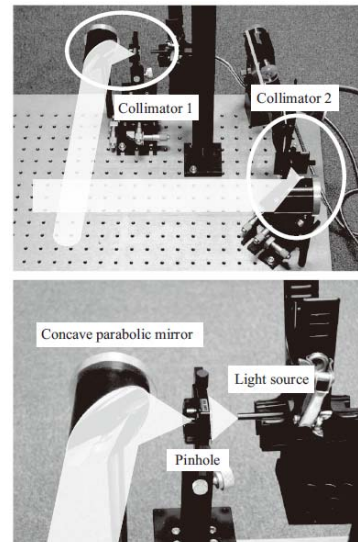
それぞれの研究要素についての成果は下記のとおりでである。

### (1) 内視鏡のカメラと凸面鏡の幾何的キャリブレーション

全天球視野を得るための基礎として、内視鏡のカメラに対する相対的な凸面鏡の位置を推定する手法を提案した。提案手法では、2つの方向から平行光（拡散も収束もしない光）を撮像系に照射する。撮像系の位置姿勢が変化しても、2つの平行光間の相対角が不変である、という制約を用いて、撮像系を構成するカメラと鏡の相対位置を推定する手法である。この手法を用いて、内視鏡カメラ前に取り付けられた凸面鏡の位置姿勢を推定することに成功した。



(上図) 平行光線  $v_1$  と  $v_2$  の間の相対角は、カメラと鏡を含めた光学系の位置姿勢によらず不変であることを制約条件として利用する。



(上図) 2つの平行光線を照射するための実験装置。ピンホールを利用した点光源と凹放物面鏡を用いて平行光線を生成する。

### (2) 腸内映像に適した特徴点追跡法の研究

腸内映像における主な画像特徴は、腸内の

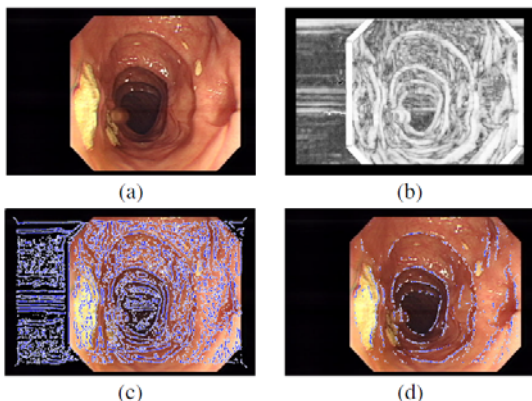
襞（ひだ）であることが経験的に分かっている。その襞は画像中心に対し、円周方向に伸びるエッジ特徴であることがほとんどである。そこで、腸内映像に適した特徴点追跡として、この襞をエッジ特徴量として検出し、時間軸に沿って追跡する手法の研究を行った。この知識を使うことにより、特徴点追跡の精度を向上できることを確かめた。

### (3) 疎な特徴点对応付けから密な対応付けを得る方法の研究

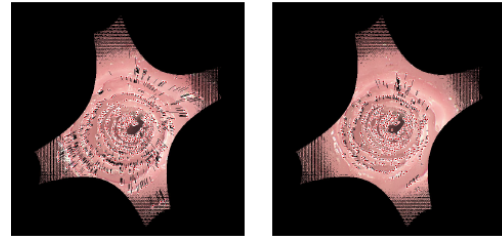
上記の特徴点追跡による対応付けは、画像の全てのピクセルに対して求められるものではないため、死角部分の補間映像を生成するには密度が十分ではない。そこで、死角部分の全てのピクセルに対して対応点を求めるために、対応付けそのものを補間する手法を研究した。特徴点ではない部分では、一意に対応点を求められないことが考えられるため、正規化項を導入したコスト関数を導入し、コスト関数を最小化する対応付けを求める手法を研究した。

### (4) 腸管映像におけるカメラの動きと腸管形状を復元する手法の研究

複数の画像から全天球視野画像を生成する際、死角部分境界に画像の不連続などの誤差が発生することが多い。そこで撮影した腸管の形状を得ることによって、そのような誤差を少なくすることを目指す。第1の方法として、腸管映像内の特徴点を時系列的に追跡することによって、カメラの動きと腸管形状を復元する方法である。腸管画像において襞の連続性を利用して襞を強調した後、その襞の上の特徴点を検出し、特徴点を中心として襞を挟むようにセルを配置したHOG特徴量を用いて対応づけを行う手法を提案した。この方法を用いて追跡した特徴点から、カメラの動きと特徴点の3次元配置の推定が可能であることを実験において確かめた。



(上図) (a)内視鏡の入力画像、(b)襞部分を強調した画像、(c)強調した画像を用いて画像のエッジを検出した結果、(d)低コントラスト部分を除去した最終的な検出結果。



(上図) 特徴点追跡の結果：前後のフレームにおける対応づいた特徴点の位置を線で結ぶことにより追跡結果を表示。事前にカメラの歪み補正を行うことにより、幾何的な整合性を取ってある。

### (5) パターン投影による形状計測法との組み合わせる研究

全天球画像生成における誤差を少なくするために、腸管内部の形状を推定する第2の方法として、内視鏡から照明を行うアクティブなアプローチについても研究を行った。パターン光を投影する光源を内視鏡先端に取り付け、そのパターン光を内視鏡のカメラで観測することによって形状を得る方法である。平成22年度には、内視鏡先端に取り付けられる小さな光源を開発するため、内視鏡先端に取り付け可能な小さなレンズと、レンズ投影面に収まる微細なパターンを用いて、パターン投影が可能かについて予備実験を行い、このアプローチが可能であることを確かめた。

平成23年度には、内視鏡先端に取り付ける光源を試作し、光源試作における問題点の検証を行った。まず、内視鏡光源の大きさが非常に小さいため、その大きさに収まるパターンの製作、小型の投影光学系の設計、内視鏡への取り付け方法の検討を行った。超小型の投影パターンを実現するため、半導体制作に用いられるマスクプリント技術を応用し、投影するパターンの試作を行った。また、光ファイバー光源と組み合わせ内視鏡の鉗子口に挿入するための光源の設計と試作を行った。そこで、光ファイバーと超小型のマスクパターンから構成される光源を持つ内視鏡システムで、投影可能なパターンには制約がある。そこで、実現可能な形状復元法として、単色のパターンを用いて形状計測に必要な対応付けが実現可能であることを確かめた。

## 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3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

対応づけ、Medical Imaging Technology, 査読有, vol.29, 2011, pp.36-46, [https://www.jstage.jst.go.jp/article/mit/29/1/29\\_1\\_36/\\_article/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/mit/29/1/29_1_36/_article/-char/ja/)

ステム研究部門・研究員  
研究者番号：30362627

②長田、大城、加藤、興水、佐川、藤原、山下、橋本、メディア分野における多次元センシング技術の現状と動向、電気学会論文誌D（産業応用部門誌）、査読有、vol.131 no.4, 2011, pp. 433-440, DOI: 10.1541/ieejias.131.433

③青木伸也、佐川立昌、八木康史、平行光ペアの観測による反射屈折光学撮像系における鏡の位置姿勢推定、電子情報通信学会論文誌D、査読有、J92-D, 2009, pp.661-670, <http://ci.nii.ac.jp/naid/110007381191>

〔学会発表〕（計4件）

①チボー ヨハン、川崎洋、佐川立昌、古川亮、Inpainting for one shot 3D scanning system based on grid pattern, 第14回画像の認識・理解シンポジウム、2011年7月20日、石川県、金沢市文化ホール

②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・理解シンポジウム予稿集、2010年7月29日、釧路市観光国際交流センター（北海道）

③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、情報処理学会研究報告、CVIM-171-15、2010年3月19日、調布（電通大）。

④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、電子情報通信学会医用画像研究会、2010年1月28日、那覇市ぶんかテンプス館（沖縄県）

〔図書〕（計1件）

①長原一、佐川立昌、ナノオプトニクスエナジー、ロボット情報学ハンドブック第5章5.2, 2010, 14ページ（263-276）

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

佐川 立昌 (SAGAWA RYUSUKE)

独立行政法人産業技術総合研究所・知能シ