

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 16 日現在

機関番号：13902

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23700199

研究課題名(和文)内視鏡画像からのポリープ領域検出手法の開発

研究課題名(英文)Development of Polyp Extraction Method from Endoscope Images

研究代表者

福井 真二(Fukui, Shinji)

愛知教育大学・教育学部・准教授

研究者番号：80345941

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円、(間接経費) 840,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、内視鏡診断において胃や腸などの内壁に存在するポリープ領域を精度よく抽出する手法の確立を目的とする。内視鏡画像中のポリープ領域を高精度に検出するため、色情報と3次元形状情報を利用する。内視鏡画像中のポリープ領域の3次元形状の復元を行うために、点光源、透視投影の条件の下で撮影された画像中の物体の3次元形状の復元を行う手法を開発した。また、内視鏡画像の色情報からポリープらしい領域を検出する手法を開発した。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is to extract polyp regions in one or more images taken by an endoscope. Color information of an endoscope image and 3D shape information of an intestinal inner wall are used to detect accurately polyp regions in the image. The method for recovering the 3D shape information from image(s) taken under point light source illumination and perspective projection has been proposed in this research. The method for extracting blob-like structures by the color information of the endoscope image has also been proposed.

研究分野：コンピュータビジョン

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：ポリープ領域検出 3次元形状復元 点光源 透視投影

1. 研究開始当初の背景

医療現場では、胃ガンや大腸ガンの診断をはじめ、ポリープの発見、切除などに内視鏡を利用している。特に、ガンを防ぐ観点からポリープの発見、切除は非常に重要とされている。

内視鏡を利用してポリープを発見しようとした場合、現在は内視鏡専門医が内視鏡を操作しながら内視鏡から得られる画像を見て、凹凸の形状、色、位置等から内視鏡専門医の経験に基づいてポリープか否かを診断している。その際、内視鏡の操作に依存して画像が得られるため、ポリープを見落としてしまう可能性がある。そのため、ポリープの可能性のある領域を高精度に抽出し、画像中に提示する診断補助システムが望まれている。

2. 研究の目的

本研究は、内視鏡診断において胃や腸などの内壁に存在するポリープを精度よく抽出する手法の確立を目的とする。

内視鏡画像中のポリープ領域を高精度に検出するため、色情報と3次元形状情報を利用する。内視鏡画像中の胃や腸の内壁の3次元形状復元を行うために、点光源、透視投影の条件の下で、鏡面反射を生じる物体の3次元形状復元を1枚、あるいは時間的に連続する複数枚の画像から行う手法を開発する。また、内視鏡画像の色情報からポリープらしい領域(ポリープ候補領域)を検出する手法を開発する。それらの手法の結果を統合し、高精度にポリープ領域を検出する手法を開発することを目指す。

3. 研究の方法

(1) 点光源、透視投影の条件の下での3次元形状復元手法として、光学的条件と幾何学的条件を用いた3次元形状復元手法及びカメラと光源を同時に移動させて撮影された2枚の画像からの3次元形状復元手法を開発した。

光学的条件と幾何学的条件を用いた3次元形状復元手法では、物体表面の反射特性を完全拡散反射としてモデル化した際に得られる照度方程式(光学的条件)及び2点の奥行方向の座標(Z座標)と傾き情報から得られる方程式(幾何学的条件)を基に目的関数を設定し、目的関数を最小にする傾きを求める。ここで得られた傾きは、光学的条件と幾何学的条件を最も満たすものであるため、その傾きを注目点の傾きとして得、隣接点の奥行情報と傾き情報から注目点のZ座標を得る。

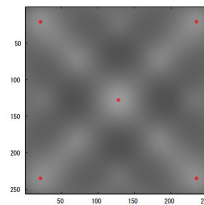
カメラと光源を同時に移動させて撮影された2枚の画像からの3次元形状復元手法では、2枚の画像中の対応点(1枚目の画像中のある点と2枚目の画像中のその点の2点の組)の関係性から傾き情報を得、傾き情報からZ座標を復元する。カメラと光源の同時移動させた場合、2枚の画像中の対応点の画像座標を極座標表現した際に放射線上に存在

することをいえることによりZ座標と傾き情報に関する拘束式を得る。この拘束式を用いて画像中の各点のZ座標を得る。

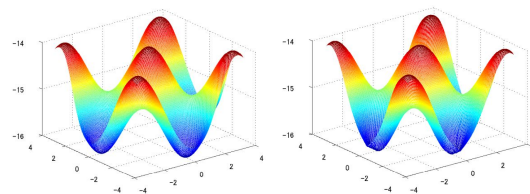
(2) 内視鏡画像の色情報からポリープ候補領域の検出を行う手法では、まずヘシアンフィルタを用いて画像輝度が塊状構造を持つ領域を検出し、ポリープの存在する可能性のある領域として抽出しておく。ここで抽出された領域には、ポリープ以外の領域が多く抽出されているため、さらに抽出精度を向上させるために、あらかじめ学習させておいたSVMによってポリープ領域か否かを判定する。この判定結果がポリープ領域であった領域のみを最終的に抽出する。

4. 研究成果

(1) 光学的条件と幾何学的条件を用いた3次元形状復元手法を1枚の画像に対して適用した結果を図1及び図2に示す。



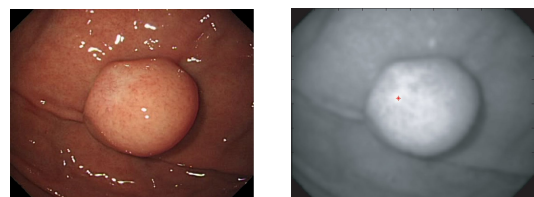
(a) 使用した画像



(b) 真値

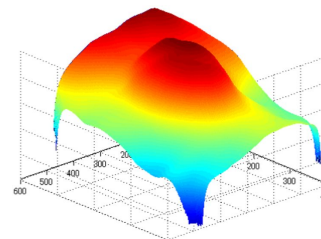
(c) 実験結果

図1 シミュレーション画像を使用した実験の結果



(a) 原画像

(b) ランバート化画像



(c) 結果画像

図2 実画像を使用した実験の結果

図 1 はシミュレーション実験用に作成した画像を用いた実験の結果であり、図 2 は実際の内視鏡画像を用いた実験の結果である。また、シミュレーション実験の結果の真値との誤差を表 1 に示す。

表 1 シミュレーション実験結果の誤差

平均誤差	最小誤差	最大誤差
0.02544	0.01076	0.1127

図 1 及び表 1 より、提案手法が精度良く形状を復元できていることが確認できる。図 2 より、実画像を用いた実験においてもポリープ領域が凸状に復元できており、提案手法の有効性が確認できる。なお、提案手法では内視鏡画像そのものを使用するのではなく、鏡面反射成分を除去した後の画像を使用する。図 2-(b)に実験に使用した鏡面反射成分除去後の画像を示しており、この画像に対して提案手法を適用した。

提案手法は、過去提案されている Fast Marching Method を応用した形状復元手法と比較してもよい結果を得ることが可能であることを確認している。シミュレーション実験の結果では、Fast Marching Method を応用した手法の真値との誤差の平均は 1.575 であった。このことから提案手法の有効性が確認できる。

今後は、更に復元精度を向上させることが求められる。

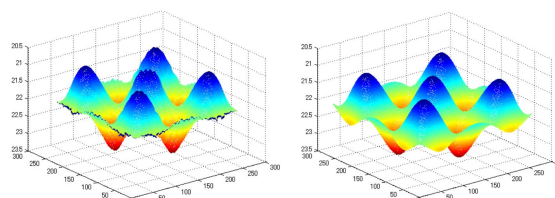
(2) カメラと光源を同時に移動させて撮影された 2 枚の画像からの 3 次元形状復元手法の適用結果を図 3 に示す。比較的良好的な結果が得られていることが確認できる。真値との誤差は、平均誤差が 0.0599、最大誤差が 1.31 であった。提案手法では、原点から離れるに従って復元可能な点が粗になっていき、それが原因となって原点から離れるに従って誤差が大きくなっていくことが確認された。しかし、ポリープ領域が画像の中央に存在すればよい場合、本提案手法を利用する場合、ポリープ領域が中央付近に存在するようにカメラを配置すれば良い。内視鏡専門医によれば、ポリープの大きさ、形状を知ることにより、診断に役立てることが可能である。そのような利用目的には本提案手法が利用可能である。

提案手法は、過去提案されている Light Fall off Stereo や、それを改良した手法と比較しても良い復元結果が得られることを確認している。球を用いたシミュレーション実験結果は、提案手法の真値との誤差の平均が 0.171 であるのに対し、Light Fall off Stereo の改良手法の誤差の平均は 0.31 であった。この結果からも提案手法の有効性が確認できる。

今後は、原点から離れた点においても良い



(a) 入力画像 1 (b) 入力画像 2



(c) 実験結果 (d) 真値

図 3 実験結果

精度で復元結果が得られるよう改良を加えていく必要がある。

(3) ヘシアンフィルタによるポリープ候補領域検出及び SVM による候補領域選別手法の結果を図 4 に示す。線で囲まれた領域が提案手法で検出されたポリープ領域であることを示している。

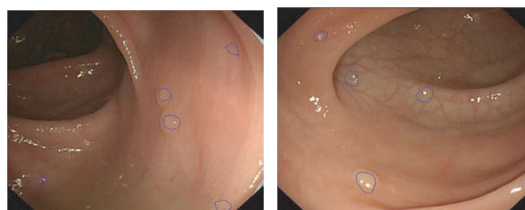


図 4 ポリープ領域検出結果

図 4 より、画像中のすべてのポリープ領域を検出できていることが確認できる。しかし、いくつかポリープ領域以外の領域も検出している。SVM によってポリープ候補領域の選別をしたとしても誤検出してしまふ領域が発生することがある。ポリープ領域の見落とす方が重大な問題となるため、ポリープ領域以外の領域を多少含んでいたとしても、ポリープ領域を正確に検出することを重視すべきであると考えているが、誤検出が少ない方がよい場合、今後は、ポリープ領域の誤検出を減らすよう改良を加える必要がある。

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 3 件)

岩堀 祐之、渡邊 岳、津田 誠也、福井 真

二、春日井 邦夫：“移動物体追跡と内視鏡形状復元精度の改善手法”、中部大学情報科学研究所 情報科学リサーチジャーナル、Vol.21、pp.73-74、2014、査読無、https://opac.bliss.chubu.ac.jp/e-Lib/catdbi.do?pkey=XC14000017&initFlg=_RESULT_SET_NOTBIB

〔学会発表〕(計 34 件)

Keita Tatematsu, Yuji Iwahori, Tsuyoshi Nakamura, Shinji Fukui, Robert J. Woodham, Kunio Kasugai：“Shape from Endoscope Image based on Photometric and Geometric Constraints”、KES2013、2013/9/9～2013/9/11、北九州国際会議場

Yuji Iwahori, Takayuki Shinohara, Akira Hattori, Robert J. Woodham, Shinji Fukui, M. K. Bhuyan, Kunio Kasugai：“Automatic Polyp Detection in Endoscope Images Using a Hessian Filter”、MVA2013、2013/5/20～2013/5/23、立命館大学

山口 大輝、岩堀 祐之、福井 真二、中村 剛士、春日井邦夫：“カメラと光源の同時移動による点光源・透視投影環境下での三次元形状復元”、2013年電子情報通信学会総合大会、2013/3/19～2013/3/22、岐阜大学

立松 慧大、森 圭司、岩堀 祐之、福井 真二、中村 剛士、春日井 邦夫：“点光源・透視投影環境下における光学条件と幾何学的条件による Z 分布復元手法”、第 34 回東海ファジィ研究会、2013/2/10～2013/2/11、日間賀島公民館

服部 晃、篠原 孝幸、岩堀 祐之、福井 真二、春日井 邦夫：“ヘシアンフィルタと SVM によるポリープ自動検出”、平成 24 年度電気関係学会東海支部連合大会、2012/9/24～2012/9/25、豊橋技術科学大学

立松 慧大、岩堀 祐之、福井 真二、中村 剛士：“点光源照明・透視投影環境を考慮した三次元形状復元手法”、Fuzzy System Symposium 2012、2012/9/12～2012/9/14、名古屋工業大学

山口 大輝、岩堀 祐之、福井 真二、中村 剛士：“透視投影下でのカメラと点光源の同時移動による三次元形状復元”、Fuzzy System Symposium 2012、2012/9/12～2012/9/14、名古屋工業大学

山口 大輝、岩堀 祐之、福井 真二、中村 剛士：“透視投影下でのカメラ・点光源の同時移動環境における三次元形状復元”、MIRU2012、2012/8/6～2012/8/8、福岡国際会議場

山口 大輝、岩堀 祐之、福井 真二、中村 剛士：“透視投影下におけるカメラ・点光源の同時移動を考慮した三次元形状復元手法”、第 33 回東海ファジィ研究会、2012/7/21～2012/07/22、蒲郡市生命の海科学館 蒲郡情報ネットワークセンター

立松 慧大、岩堀 祐之、中村 剛士、福井 真二：“点光源・透視投影での 1 枚画像からの凹凸形状復元手法”、2012 年電子情報通信学会総合大会、2012/3/20～2012/3/23、岡山大学

山口 大樹、岩堀 祐之、福井 真二、立松 慧大、中村 剛士：“カメラと光源の同時移動による透視投影での三次元形状復元”、第 32 回東海ファジィ研究会、2012/2/11～2012/2/12、日間賀島公民館

篠原 孝幸、岩堀 祐之、福井 真二、春日井邦夫：“ヘシアンフィルタを用いた内視鏡画像からのポリープ自動検出”、電子情報通信学会医用画像研究会、2012/1/19～2012/1/20、那覇市ぶんかテンブス館

島先 佑季、岩堀 祐之、福井 真二、春日井邦夫：“内視鏡画像からの形状復元と鏡面反射パラメータの推定”、平成 23 年度電気関係学会東海支部連合大会、2011/9/26～2011/9/27、三重大学

篠原 孝幸、岩堀 祐之、福井 真二、春日井 邦夫：“Blob Structure Enhancing フィルタを用いた内視鏡画像からのポリープの自動検出”、FIT2011、2011/9/7～2011/9/9、函館大学

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.fukui-lab.ics.aichi-edu.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

福井 真二 (FUKUI, Shinji)

愛知教育大学・教育学部・准教授

研究者番号：80345941

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし