

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 12 日現在

機関番号：82626

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24700186

研究課題名(和文)画像認識技術を用いた大腸内視鏡画像の客観的評価手法の研究

研究課題名(英文)Objective Evaluation Method for Optical Colonoscopy Images using Image Recognition Techniques

研究代表者

野里 博和 (Nosato, Hirokazu)

独立行政法人産業技術総合研究所・情報技術研究部門・主任研究員

研究者番号：40435764

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、難病指定されている潰瘍性大腸炎の大腸内視鏡検査に対して、大腸粘膜の炎症の重症度を画像認識技術により定量化を行う新しい客観的な評価手法の研究を行った。大腸粘膜表面の病態の違いを区別するため、様々な色空間成分に変換した内視鏡画像を組み合わせ、幾何学的な特徴を表す高次局所自己相関特徴を抽出し、多変量解析による機械学習により、重症度分類技術や類似症例技術の開発を行った。

研究成果の概要(英文)：This research aimed to establish a new objective evaluation method for Ulcerative Colitis (UC) with optical colonoscopy images using image recognition techniques. In the proposed method, the higher-order local auto-correlation method and the multivariate data analysis method were adopted to distinguish between normal and abnormal colonic mucosa. In addition, a color conversion techniques was also adopted to enhance the ability to efficiently observe the colon condition. Using the objective evaluation method, classification method according to UC severity and content-based image retrieval method for colonoscopy images were developed in this research.

研究分野：医用画像認識

キーワード：医用画像認識 大腸内視鏡 特徴抽出 画像処理 診断支援

1. 研究開始当初の背景

(1) 本研究では、原因不明で治療や診断方法が確立されていない難病である潰瘍性大腸炎の内視鏡画像を対象とした。潰瘍性大腸炎は、厚生労働省に指定されている難治性疾患の1つで、現在、日本における患者数は、図1に示す通り年々増加し、2011年度において14万人に達していた(引用文献①)。図2に正常な大腸粘膜と発症している大腸粘膜の様子を示す。症状は、大腸の直腸付近から徐々に大腸全体に及ぶ広範囲に粘膜の炎症が広がり、その炎症によって大腸壁面に潰瘍(粘膜が破れて崩れる)やびらん(ただれ)が生じ、下痢や血便に加え、症状が進むと粘血便(血液や膿、粘液などが混じった柔らかい便)が頻繁に起き、排便前後に腹痛を伴う場合がある。上記症状に加え、発熱や貧血、吐き気などの諸症状も伴うため、日常生活や就学・就労に大きく影響を及ぼし、著しいQOLの低下を生じることがある。また、潰瘍性大腸炎は癌の合併を伴うリスクが高く、長期間の定期的な経過観察が必要不可欠で、大腸内視鏡検査により大腸粘膜の様子を直接観察し、医師の所見により症状を正確に診断することがQOLの維持や癌の早期発見に重要である。

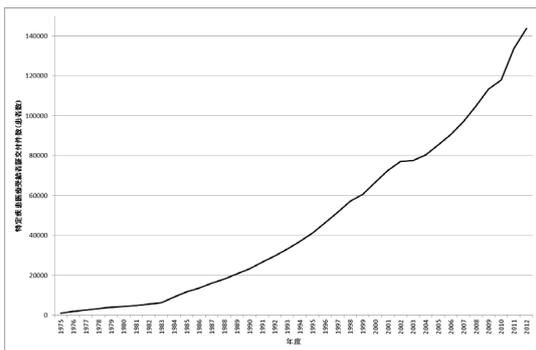
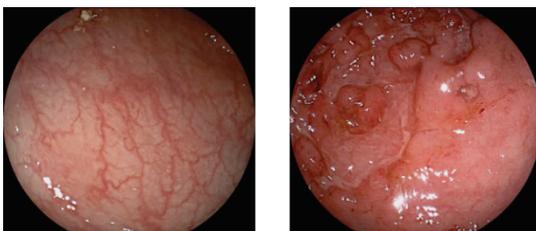


図1 潰瘍性大腸炎患者数の年次推移



正常 重症

図2 正常と重症の大腸内壁の様子

(2) しかしながら、潰瘍性大腸炎は、1975年から難病(特定疾患治療研究事業対象疾患)指定され、1973年から「潰瘍性大腸炎調査研究班」としてスタートしてから35年以上経つが、いまだ根治療法の確立には至っておらず、現在も厚生労働省研究班によって病因解明と治療方法の研究が続いていた。そのため、内視鏡所見においては、病変の様態が複雑であるにも関わらず、表1に示すような3段階に

重症度分類された診断基準(引用文献②)と学会等で報告される症例との比較から医師の診断が行われ、医師の知識や経験の差によりその診断精度にばらつきが生じていた。特に、癌の発生リスクが高い活動期の粘膜の形態的特徴は、症状の進行具合により様々な特徴が混在して観察されるため、報告症例との比較による診断はより難しい。そのため、潰瘍性大腸炎における大腸粘膜の炎症の診断に対し、客観的な視点からの正確な重症度分類を明確にすることが急務となっていた。

表1 潰瘍性大腸炎の診断基準

炎症	内視鏡所見
軽度	血管透見像消失/粘膜細顆粒状/発赤, アフタ, 小黄色点
中等度	粘膜粗ぞう, びらん, 小潰瘍/易出血性(接触出血)/粘血膿性分泌物付着/その他の活動性炎症所見
強度	広汎な潰瘍/著明な自然出血

2. 研究の目的

(1) 本研究では、潰瘍性大腸炎における大腸粘膜の炎症に対する内視鏡的重症度の定量化を目的として、画像認識技術を用いた大腸内視鏡画像の客観的評価手法の研究を行った。

(2) 研究代表者は、これまでの研究において、病理組織検査に画像認識技術を応用した病理組織診断支援技術の提案を行い、正常組織画像と癌が含まれる組織画像の自動分類を成功させてきた(引用文献③)。この技術は、対象画像から幾何学的な特徴を表す高次元局所自己相関特徴(HLAC)を抽出し、組織の構築具合や構成する組織の類似性などを、全体的な特徴として数値化することで、主成分分析などによる統計的手法により、正常な組織と癌が含まれる組織とに分類可能な技術である。

(3) 本研究が対象とする潰瘍性大腸炎の内視鏡診断では、内視鏡診断において一般的な診断である構造的な特徴(ポリープや出血箇所など)に注目するのではなく、大腸粘膜の色調、表面の凹凸、粘液の有無などを総合的に診断している。画像の総合的な評価を行う点で病理組織診断と類似しており、これまでの病理組織診断支援技術で用いた画像認識技術の知見を活かし、潰瘍性大腸炎の大腸粘膜の状態の評価のために、内視鏡画像の情報から一意的に決まる客観的な評価指標を算出することが可能であると考えた。

3. 研究の方法

(1) 本研究では、まず、医学的な観点における潰瘍性大腸炎の炎症具合による大腸内壁表面の様子の違いを、大腸内視鏡画像から幾何学的な特徴として抽出する研究を行った。具体的には、炎症を示す大腸粘膜表面の様子(血管網の有無や表面の凹凸など)を抽出する特徴に反映させるため、大腸内視鏡画像から変換されるRGB色空間やHSV色空間などの色

成分に変換し、画像に含まれる幾何学的な特徴をいくつかの数字の組み合わせとして表す HLAC 特徴量を抽出した。この抽出した HLAC 特徴量を予め医師により分類された重症度ごとにそれぞれ解析し、変換した色成分と炎症の重症度と比較することで、大腸内視鏡画像を重症度別に分類が可能かどうか検証を行った。

(2) 次に、画像認識技術を用いた大腸粘膜の炎症重症度の客観的な評価指標の実現を目指し、潰瘍性大腸炎の炎症度を分類する画像認識システムを構成する画像処理と特徴抽出の条件を定義するパラメータを同時に最適化する最適化手法の研究を行った。具体的には、大腸粘膜の血管網パターンや粘膜表面の凹凸の違いを強調する画像処理条件と HLAC 特徴の抽出条件を、一括して最適化する遺伝的アルゴリズムをベースとした最適化手法を提案した。

(3) 最後に、血管網パターンと表面の凹凸の違いを同時に強調する高度な画像処理手法と、その画像処理結果から抽出した HLAC 特徴とヒストグラム特徴をベースとした客観的な評価に基づく類似症例画像の検索技術の研究を行った。この研究では、画像から抽出可能な複数の特徴量を組み合わせることで、大腸粘膜の炎症を表し、その特徴量を比較することで、類似画像を検索する技術である。さらに、画像前処理技術の改良を行い、ハレーション箇所の除去や、血管網パターンの強調表示、粘膜表面の凹凸強調表示を強化し、検索技術の精度向上を図った。

4. 研究成果

(1) 色空間変換を活用した潰瘍性大腸炎の重症度分類技術

① 本研究では、内視鏡画像の客観的評価手法の1つとして、内視鏡画像の大腸粘膜の情報から潰瘍性大腸炎の重症度を分類する技術を提案した(図3)。具体的には、画像前処理として、RGB カラーの内視鏡原画像から HSV 色空間の S (彩度) 成分に変換し、モルフォロジー処理を施すことで、血管透見像と粘膜の凹凸の強調表示を実現する手法を提案し、その処理画像から HLAC 特徴を抽出し部分空間法による解析を行うことで、重症度の分類に成功した。

② 本研究成果により、大腸粘膜の内視鏡画像の情報から炎症の重症度を客観的な評価により分類することが可能であることを実証し、潰瘍性大腸炎の診断における新たなアプローチを示すことができた。実際の診断で活用するためには多くの技術開発が必要ではあるが、本研究成果が基盤技術の1つになると期待している。なお、本研究成果については、IPJS 第91回 MPS 研究会、産総研オープンラボ2012、産総研オープンラボ2013、第12回産総研・産技連 LS-BT 合同研究会発表会および IEEE ISBI2014 にて報告した。

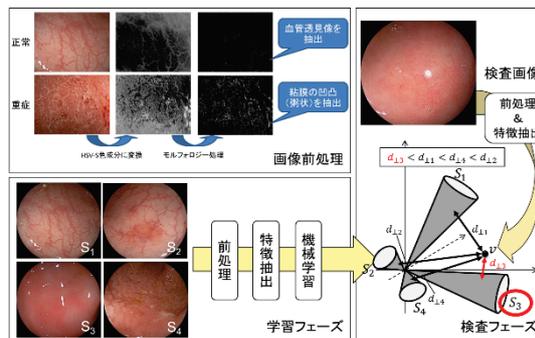


図3 大腸内視鏡画像の重症度分類技術

(2) 遺伝的アルゴリズムを用いた画像認識システムのための最適化手法

① 本研究では、内視鏡画像の客観的評価手法における画像処理および特徴抽出のパラメータを自動調整する最適化手法を提案した。本手法では、遺伝的アルゴリズムの世代交代モデルをベースに認識結果を評価値とした最適化を行う。最適化パラメータは、図4に示すように画像処理 P と特徴抽出 E の異なる複数のパラメータで構成されたパラメータセットを任意の数組み合わせることで最適化できるように設計し、多様性の維持しつつ効率良く探索可能である。

② 本研究成果により、医師が複数の観点から内視鏡画像を診断するのと同様に、画像処理と特徴抽出の条件を適切かつ複数組み合わせることで、1つの画像処理条件では強調不可能な大腸粘膜の異なる表面の状態を同時に特徴量として抽出することができ、複雑な表面状態の重症度を分類することが可能となった。また、本手法の高速化研究として、GPU 計算機を用いた並列処理による高速化にも取り組み、GPU を活用することで実用的な処理時間で医用画像認識システムの最適化が可能であることを実証した。なお、本研究成果については、IPJS 第96回 MPS 研究会にて報告した。

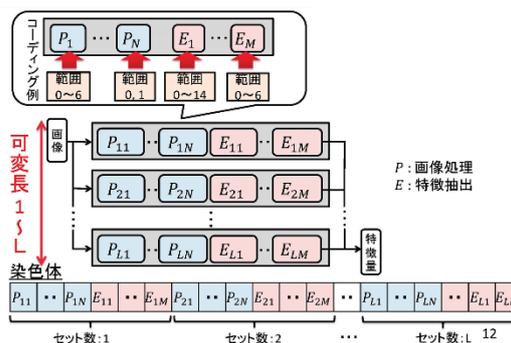


図4 パラメータコーディング

(3) 画像認識手法を用いた大腸内視鏡画像の類似症例検索技術

① 本研究成果では、内視鏡画像の客観的評価手法を拡張し、抽出した特徴量ベースで内視鏡画像の類似画像を検索する技術を提案した。具体的には、血管網パターンと表面凹凸が強調された内視鏡画像の前処理画像から抽出し

た色情報（ヒストグラム特徴）と幾何学的情報（HLAC 特徴）を用いて、客観的な評価の比較により、類似症例を検索が可能である。

② 本研究成果と重症度分類技術を組み合わせることにより、図5に示すように、入力された内視鏡画像に対して、あらかじめ診断された内視鏡画像症例データベースに基づいた重症度分類および類似症例画像を診断支援情報として提示することが可能となった。さらに、これら情報と共に、類似症例に付随した過去の治療履歴を医師に提示することが可能になり、本研究成果により医師の経験と知識を補う診断支援システムとして、潰瘍性大腸炎の診断精度向上に資することが可能となる。なお、本研究成果は、第14回産総研・産技連LS-BT 合同研究会発表会および SPIE MI2015にて報告した。

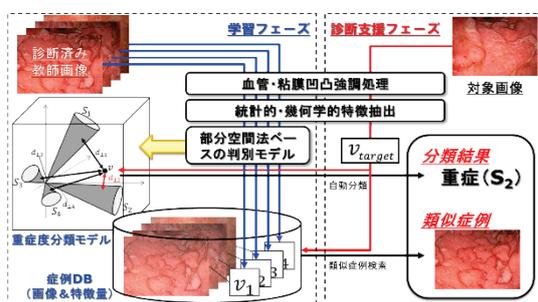


図5 重症度分類・類似症例検索による診断支援

<引用文献>

- ① 難病情報センターホームページ, 特定疾患医療受給者証交付件数の推移から引用
- ② 棟方昭博. 潰瘍性大腸炎診断基準改訂案. 厚生省特定疾患難治性炎症性腸管障害調査研究班平成9年度報告書.
- ③ H. Nosato et al., "An Extended Method of Higher-order Local Autocorrelation Feature Extraction for Classification of Histopathological Images," IPSJ Trans. CVA, Vol. 3, pp. 211-221, 2011.12.

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計4件)

- ① 野里博和、坂無英徳、高橋栄一、村川正宏、A Content-based Image Retrieval Method for Optical Colonoscopy Images based on Image Recognition Techniques、Proceedings of SPIE 9414、Medical Imaging: Computer-Aided Diagnosis、査読有、2015、pp. 9414E-1-9414E-9
DOI: 10.1117/12.2082368
- ② 野里博和、坂無英徳、高橋栄一、村川正宏、An Objective Evaluation Method of Ulcerative Colitis with Optical Colonoscopy Images based on Higher Order Local Auto-Correlation Features、Proceedings of 2014

IEEE International Symposium on Biomedical Imaging、査読有、2014、pp. 89-92

DOI: 10.1109/ISBI.2014.6867816

- ③ 土屋大輝、野里博和、遺伝的アルゴリズムを用いた医用画像認識システムの最適化、情報処理学会研究報告 数理モデル化と問題解決(MPS)、2013-MPS-96(3)、2013、pp. 1-6
<http://id.nii.ac.jp/1001/00096364/>
- ④ 野里博和、坂無英徳、高橋栄一、画像認識技術を用いた大腸内視鏡画像の客観的評価手法、情報処理学会研究報告 数理モデル化と問題解決(MPS)、2012-MPS-91(31)、2012、pp. 1-6、
<http://id.nii.ac.jp/1001/00087168/>

[学会発表] (計8件)

- ① 野里博和、坂無英徳、高橋栄一、村川正宏、A Content-based Image Retrieval Method for Optical Colonoscopy Images based on Image Recognition Techniques、SPIE Medical Imaging 2015: Computer-Aided Diagnosis、2015年2月、米国、オランダ
- ② 野里博和、胡尔重、坂無英徳、高橋栄一、村川正宏、画像認識技術による内視鏡診断支援、第14回産総研・産技連LS-BT 合同研究発表会、2015年2月、つくば
- ③ 野里博和、坂無英徳、高橋栄一、村川正宏、An Objective Evaluation Method of Ulcerative Colitis with Optical Colonoscopy Images based on Higher Order Local Auto-Correlation Features、2014 IEEE International Symposium on Biomedical Imaging、2014年4月、中国、北京
- ④ 土屋大輝、野里博和、遺伝的アルゴリズムを用いた医用画像認識システムの最適化、第96回MPS研究会、2013年12月、東京
- ⑤ 野里博和、坂無英徳、岩田昌也、高橋栄一、村川正宏、画像認識技術による医療診断支援、産総研オープンラボ2013、2013年10月、つくば
- ⑥ 野里博和、坂無英徳、岩田昌也、高橋栄一、村川正宏、パターン認識技術を用いた医療画像診断支援に関する研究、第12回産総研・産技連LS-BT 合同研究発表会、2013年2月、つくば
- ⑦ 野里博和、坂無英徳、高橋栄一、画像認識技術を用いた大腸内視鏡画像の客観的評価手法、第91回MPS研究会、2012年12月、京都

- ⑧ 野里博和、坂無英徳、岩田昌也、岩田健司、高橋栄一、村川正宏、実時間ガイドによる高度医療支援技術、産総研オープンラボ 2012、2012年10月、つくば

[その他]

ホームページ等

- ① 画像認識による医療診断支援
<http://www.aist.go.jp/digbook/openlab/2013/index.html#page=315>
- ② 実時間ガイドによる高度医療支援技術
<http://www.aist.go.jp/digbook/openlab/2012/index.html#page=197>

6. 研究組織

(1)研究代表者

野里 博和 (NOSATO, Hirokazu)

独立行政法人産業技術総合研究所・情報技術研究部門・主任研究員

研究者番号：40435764

(4)研究協力者

鈴木 康夫 (SUZUKI, Yasuo)

青木 博 (AOKI, Hiroshi)

竹内 健 (TAKEUCHI, Ken)