

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 5 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500444

研究課題名（和文） 複眼光学系を利用したマルチ機能フィルタビジョン内視鏡の開発

研究課題名（英文） Development of multi filter vision endoscope using Compound Optics

研究代表者

山田 憲嗣 (YAMADA KENJI)

大阪大学・大学院医学系研究科・特任准教授（常勤）

研究者番号：70364114

研究成果の概要（和文）：

複眼光学系を利用したマルチ機能フィルタビジョン内視鏡を提案した。システムは、マイクロレンズアレイ、波長帯域フィルタ、隔壁および撮像素子から構成される。波長帯域フィルタとして NBI 内視鏡等で使用する特定波長帯域フィルタをマイクロレンズ毎に装着するため、1 台の撮像素子で複数の特殊光画像を取得することが可能となる。本研究では、胃粘膜における評価実験を行い、提案システムの妥当性について評価した。

研究成果の概要（英文）：

We proposed the multi filter endoscope system. The system consists of a micro-lens array, wavelength band pass filters, a signal separator and a photo-detector array. Each micro-lens focuses optical signals on the photo-detector array, which comprises an imaging unit. Each wavelength band pass filter is arranged for each micro-lens. For the 3D measurement, the same wavelength band pass filters are arranged in pairs. We evaluated our system for stomach cancer.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2010 年度	600,000	180,000	780,000
2011 年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・医用システム

キーワード：①検査診断システム ②内視鏡 ③低侵襲治療システム

1. 研究開始当初の背景

内視鏡の高画素化、拡大機能、超音波機能など、内視鏡技術は飛躍的に向上している。特に、色素内視鏡やNBI内視鏡などは、病変部位の視認性や表面微細構造、毛細血管観察の向上を可能としてきた。しかしながら、従来の機能性単眼内視鏡での問題点として、①距離感がつかめないことや②フィルタ機能を切り替えるためには、再度挿入行為を行わなければならないことなどが大きな問題点として挙げられる。一方、腹腔鏡手術などに使われている立体内視鏡の技術も向上してきた。我々は複眼光学系を利用した立体内視鏡の開発を行い、大腸ポリープなどの3次元形状計測を行ってきた。形状計測画像の作成は可能であることを実証してきたが、リアルタイムの3次元映像として表示することができていないのが現状である。

2. 研究の目的

本研究では、これまで蓄積してきた複眼光学系を用いた立体内視鏡技術を発展させる。特に、複眼光学系の特徴を最大限に活かすため、マイクロレンズアレイの各レンズに対して異なる機能を持つフィルタを配置する。これにより生体組織の粘膜表層から深部血管の状況までをリアルタイムでしかも同時に観察することが可能となる。本研究では、研究期間内に以下の項目の達成を目指した。

A. 複眼光学系を利用したマルチ機能フィルタビジョン内視鏡の開発：

フィルタの波長帯域を検討し、プロトタイプシステムを作製する。

B. 多眼用超解像技術を用いた映像再構成アルゴリズムの開発：

超解像技術を利用した2次元画像再構成技術を時系列に展開し、リアルタイムで映像を扱うことができるアルゴリズムの開発を行う。

C. 複眼光学系を利用したマルチ機能フィルタビジョン内視鏡の評価：

試作したプロトタイプシステムと映像再構成アルゴリズムにより、基準物体、生体組織を用いた評価を行う。

3. 研究の方法

複眼光学系を利用したマルチ機能フィルタビジョン内視鏡を試作し、低解像から高解像な映像を再構成するアルゴリズムを開発し、システム全体の評価を行った。

A. 複眼光学系を利用したマルチ機能フィルタビジョン内視鏡の開発

システムは、複眼光学系を利用したマルチ機能フィルタビジョン内視鏡のヘッド部が本システムのかなめとなる。ヘッド部作製では、マイクロレンズアレイと迷光遮断隔壁および光学フィルタなどをサブミクロンオーダーで位置あわせを行う必要がある。そのため、100倍まで拡大可能な実体顕微鏡を利用した。また、実体顕微鏡下で、レンズアレイと隔壁の位置あわせを行うが、位置あわせには、レンズアレイ隔壁精密調整装置を用いてサブミクロンオーダーのステージ制御を行うことより、各部品の位置あわせを行う。なお、この位置あわせには、経験上、実際に複眼光学系で撮影される映像を見ながら最適な位置あわせを行った。

本プロトタイプシステムは、製造が比較的容易である直径1mmのレンズを3×3配列し、レンズアレイを利用した。また、迷光遮断隔壁はエッチングを利用して、レンズ径とほぼ同じ大きさの開口を空け、隔壁幅80 μ mに加工したものを利用した。なお、隔壁は迷光を抑えるため、遮光処理を施す。波長帯域フィルタとしては、NBIなどで使用されている390~445nmと530~550nmの2種類の波長帯域のフィルタを利用した。さらに、その他の機能性フィルタとして蛍光観察用フィルタおよび近赤外光観察用フィルタを用意し、プロトタイプシステムに組み込むことができるようにした。

B. 多眼用超解像技術を用いた映像再構成アルゴリズムの開発

プロトタイプシステムより得られた複眼画像は、多眼用映像再構成装置を利用することによりリアルタイムでの処理を行った。多眼用映像再構成装置では、超解像技術を利用した2次元画像再構成技術を時系列に展開したアルゴリズムを開発すると共に、試作アルゴリズムを実装し、計算機上での評価を行った。

C. 複眼光学系を利用したマルチ機能フィルタビジョン内視鏡の評価

試作したプロトタイプシステムは、連携研究者の吉田茂人先生管理下にある広島大学医学部付属病院光学診断部に通院する患者に同意をとった上で被験者になっていただき、大腸ポリープおよび胃粘膜を計測することにより評価を行った。

D. 分子イメージングへの応用の検討

従来のマイクロレンズアレイを利用した立体内視鏡で撮影した細胞のコロニーの3次元形状計測が可能であった。提案する多機能フィルタとマイクロレンズアレイを検討することにより分子レベルの診断が可能であるかどうかを検討した。

4. 研究成果

複眼光学系を利用した波長帯域フィルタ内蔵型複眼内視鏡試作システムを構築した。システムは、マイクロレンズアレイ、波長帯域フィルタ、迷光遮断隔壁および1台の撮像素子から構成される。マイクロレンズ1枚に対して複数の画素が対応するため、各レンズからの画素が1台の撮像素子上で結像する。また各レンズ1枚に対して、波長帯域フィルタが設置される。このとき3次元計測を可能にするため、対となるレンズには同じ波長帯域のフィルタを使用した。

豚肉、鶏肉および胃粘膜をサンプルとして、本試作システムから得られた各レンズからの画像と生体組織の深さ方向に関する情報の再構成を行った。また、確認のため深さ法に1mmごとに血管を模写した鉄線を肉片に差し込み模擬計測も実施した。結果として、計測誤差1.5%の計測が可能であることを確認した。さらに、波長帯域フィルタが同じレンズ対から3次元画像を再構築し、それを波長毎に深さ方向に組み合わせて粘膜などの表層から深部までの構造を再構築することができた。ただし、リアルタイム性を試みたが、超解像アルゴリズムのパラメーターの最適化が課題となり、実時間での処理に課題を残した。再構成された画像は、ノギスによる計測や目視からほぼ同等の計測（誤差1.5%）ができることを確認することができた。今後は、パラメーターの最適化を行い、リアルタイム処理を目指すと共に、アルゴリズムを改良し、計測誤差を少なくすることを目指す。

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8件)

1. 山田憲嗣, 複眼光学系を利用したカプセル型内視鏡の可能性, 0 plus E, Vol. 33, No.5, pp. 483-486, 2011. 査読有
DOI: なし
2. 山田憲嗣, 複眼光学系を用いた立体内視鏡システム, 光学, Vol. 40, No. 10, pp. 534-538, 2011. 査読有
DOI: なし

3. Kenji Yamada and Hideya Takahashi: Evaluation of three-dimensional Endoscope using compound eye optical system with multi-wavelength band-pass filter, International Journal of Innovative Computing, Information and Control, Vol.7, No.8, pp.4691~4701, 2011. 査読有
DOI: なし
4. 谷田純, 山田憲嗣, 香川景一郎, 複眼撮像システム TOMBO の医療応用, OPTRONICS, No. 10, pp. 1-4, 2011. 査読有
DOI: なし
5. 五所卓巳, 山田憲嗣, 東森充, 金子真, 竹中丈二, 木内良明, 戸田良太郎, 西田幸二, 空気噴流印加時の曲率に着目した角膜剛性のエイジング評価, 日本生体医工学会, Vol. 49, No. 3, pp. 469-475, 2011. 査読有 DOI: なし
6. 香川景一郎, 山田憲嗣, 田中映治, 谷田純, 被写界深度拡張機能をもつ多機能複眼立体内視鏡システム, 電気学会論文誌C, Vol. 132, No. 1, pp. 120~130, 2011. 査読有 DOI: 10.154/ieejieiss.132.120
7. Kenji Yamada, Hiroko Mitsui, Kouhei Kishimoto, "Small Capturing system of Three-dimensional image Using Compound Optics," IJICIC, Vol.5, No.3, pp. 735-741, 2009.3. 査読有
DOI: 10.1109/ICICIC.2007.523
8. Hideya Takahashi, Manabu Chikakane, Kenji Yamada, "Three dimensional Camera System for the Thin Three dimensional Display Based on Reconstruction of Parallax Rays," IJICIC, Vol.5, No.3, pp. 619-629, 2009.3. 査読有 DOI: なし

[学会発表] (計16件)

1. Nagakura T, Makisaka H, Setoyama K, Kawai M, Michida T, Hirao M, Kawahara K, Yamada K, Yoshida S The development for diagnosis support method by color information of endoscope mucosa tissue images The Second AMA-IEEE Medical Technology Conference, 2011, October 17, Boston, America
2. 山田憲嗣 平成23年度大阪医専 「ケ

- アを中心とする医療現場への最先端工学技術の導入とデバイスの開発」～医・看・工 融合研究分野の開拓～ 2011年8月28日, 大阪医専 総合校舎 マルチホール(大阪府)
3. 高田祐樹, 丸橋 学, 瀬戸山浩平, 牧坂光, 吉田成人, 川合真子, 山田憲嗣, 高橋秀也, 平尾素宏, 河原邦光, 道田知樹, 長倉俊明 複眼光学系を内視鏡に応用するための研究 第50回日本生体医工学会大会生体医工学(日本生体医工学会誌)第49巻特別号(プログラム・抄録集)日本生体医工学学会 2011年4月49巻1号116頁, 2011年4月29日, 東京電機大学神田キャンパス(東京都)
 4. 瀬戸山浩平, 高田祐樹, 丸橋 学, 牧坂光, 吉田成人, 川合真子, 山田憲嗣, 高橋秀也, 平尾素宏, 河原邦光, 道田知樹, 長倉俊明 内視鏡の病変輪郭抽出とベクトル画像化の研究 第50回日本生体医工学会大会生体医工学(日本生体医工学会誌)第49巻特別号(プログラム・抄録集)日本生体医工学学会 2011年4月49巻1号117頁, 2011年4月29日, 東京電機大学神田キャンパス(東京都)
 5. 山田憲嗣 平成23年度第2回信州オプト講演会「光学がになう医・看・工連携～臨床現場からのニーズ～」2011年3月10日, 長野県工科短期大学校 講堂(長野県)
 6. 山田憲嗣 複眼内視鏡と周辺技術 日本生体医工学会専門別研究会 第3回次世代内視鏡技術研究会 2010年12月18日, 広島大学(広島県)
 7. 山田憲嗣, 香川景一郎, 吉田成人, 谷田純, 長倉俊明, 石原 謙, 大野ゆう子 複眼光学系を利用したカプセル型内視鏡の基礎的検討 Optics & Photonics Japan 2010 2010年11月8日, 中央大学(東京都)
 8. Araki T, Tatsumi H, Suzuki T, Yamada K Application of LED visible light communication signaling for the visually impaired Systems Man and Cybernetics (SMC) 2010 IEEE International Conference, 2808-2813, 2010, October 10, Istanbul ,Turkey
DOI:10.1109/ICSMC.2010.5641900
 9. Yamada K, Nagakura T, Ishihara K, Ohno Y, Ishii A, Shimizu S, Araki T, Takahashi R, Takahashi H, Shimizu E Development of new type incontinence sensor using RFID tag Systems Man and Cybernetics (SMC) 2010 IEEE International Conference, 2010, October 10, Istanbul ,Turkey
 10. Susuki Y, Yamada K, Shimizu S, Ohno Y, Nagakura T, Ishihara K Development of new type tactile endoscope with silicone rubber membrane WAC CD-Rom Proceedings 2010, September 19, Kobe
 11. 香川景一郎, 田中映治, 山田憲嗣, 谷田純 波面符号化を用いたフォーカスフリー3次元小型複眼カメラTOMBO 第71回応用物理学会 2010年9月14日, 長崎大学(長崎県)
 12. 山田憲嗣, 薄 雄斗, 武田真季, 喜久元香, 長倉俊明, 石原 謙, 大野ゆう子 薄膜シリコンを利用した触覚内視鏡開発の基礎的検討 生体医工学シンポジウム 2010 電気学会 医用・生体医工学研究資料 11-12頁, 2010年9月10日, 北海道大学(北海道)
 13. 香川景一郎, 田中映治, 山田憲嗣, 谷田純 内視鏡の機能・性能を高める複眼カメラTOMBO 生体医工学シンポジウム 2010 電気学会 医用・生体工学研究会 2010年9月10日, 北海道大学(北海道)

14. Yamada K, Susuki Y, Nagakura T, Ishihara K, Ohno Y Design and image processing for tactile endoscope system Proceedings of SPIE, Optics and Photonics for Information Processing IV, 7797:77970Z-77970Z-6,2010. 2010, August 2, San Diego,California,USA <http://dx.doi.org/10.1117/12.859651>
15. 牧坂 光, 長倉俊明, 林 拓世, 川合真子, 道田知樹, 太田高志, 平尾素弘, 高橋秀也, 山田憲嗣, 河原邦光 The study of 3D measurement and its evaluation by endoscopic moving image 第49回日本生体医工学会大会 2010年6月25日, 大阪国際交流センター(大阪府)
16. 薄雄斗, 大野ゆう子, 山田憲嗣, 松村泰志 シリコンを用いた触覚内視鏡に関する基礎的検討 平成21年電気関係学会関西支部連合大会 2009年11月8日, 大阪大学(大阪府)

[図書] (計 1 件)

1. Yamada K, Takahashi H, Yoshida S, Nagakura T Three-Dimensional endoscope by compound optics International centre of biocybernetics polish academy of sciences 37-43, 2010, Warszawa

[その他]

ホームページ等

<http://sahswww.med.osaka-u.ac.jp/~kangoeng/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山田 憲嗣 (YAMADA KENJI)
大阪大学・大学院医学系研究科
特任准教授 (常勤)
研究者番号 : 70364114

(2) 研究分担者 : なし

(3) 連携研究者 : なし