

令和 3 年 6 月 23 日現在

機関番号：17301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K09413

研究課題名(和文) 高解像度3D手術顕微鏡および画像オーバーレイシステムの構築

研究課題名(英文) Construction of a high resolution 3D operating microscope and image overlay system

研究代表者

北岡 隆 (KITAOKA, Takashi)

長崎大学・医歯薬学総合研究科(医学系)・教授

研究者番号：80234235

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)：3Dモニターを見ながら行う高解像度3D手術顕微鏡の開発にあたり、現状で2Kカメラ、4K出力カメラ、4Kカメラを使用する方法が考えられるが、実際のカメラの明るさ、動作速度の問題で、2Kカメラの使用が現実的であった。そこで3D画像を得るために半分になる解像度を補うために4Kモニターを使用した。2つの2Kカメラと4K医療用モニターを使用し、その結果を従来のハイビジョンモニターに映した場合と比較し、測定してみると2Kカメラ+4Kモニターで比較的良好な解像度を得た。オーバーレイに関しては画像処理系FPGA開発とその1次試作システムを構築中である。4Kカメラ+4Kモニターの高解像度システムの可能性も検証できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

3D手術顕微鏡の開発が進めば術者の身体的負担が軽減できると共に確実な手術顕微鏡映像を取得でき、その映像は立体的に共有できる。その結果、手術手技・技術の継承が容易になり、術者の教育に大いに役立つ。さらに遠隔医療・遠隔手術を可能にする基本的技術となり得る。

研究成果の概要(英文)：In developing a high-resolution 3D surgical microscope under a 3D monitor, a method of using 2K camera, a 4K output camera, or a 4K camera can be considered at present, but the use of a 2K camera has been realistic due to the actual brightness of obtained image and the delay of the image. About the monitor, I chose a 4K monitor to make up for the halved resolution to get a 3D image. From the above, two 2K cameras and a 4K medical monitor were used, and the results were compared with the image on a conventional high-definition monitor, and when measured, a relatively good resolution was obtained with the 2K camera + 4K monitor. Regarding overlays, we are developing an image processing FPGA and constructing its primary prototype system. We were also able to verify the possibility of a high-resolution system with a 4K camera and a 4K monitor.

研究分野：眼科学

キーワード：3Dヘッドアップ手術 4Kカメラ 4Kモニター プリズムミラー 解像度

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

マイクロサージャリーは近年急速に進歩している。とくに眼科分野では100 μm 以下の微細な病変も扱うことができるようになり、これまでは難治であった眼疾患の治療が可能となった。特に日本の主な失明原因の一つである増殖糖尿病網膜症はマイクロサージャリー技術でしか治療できない。さらに最近では治療の一助として網膜最内層の内境界膜を切除することも多くなり、10 μm 以下の膜切除が必要な状況で、さらなる観察系の発展が望まれる。現状の眼科マイクロサージャリーにおける問題点は、術者が同じ姿勢で手術を続けるため術者に身体的負担を強いること、観察系の解像度が顕微鏡を通して、最終的にはヒトの眼の解像度に依存すること、手術の際に、術前の眼底写真や網膜断面図などの必要な画像を術中の像に重ね合わせて見ることができない。そのため手術施行中術前の情報を確認するためには、一度術野から離れてカルテなどを見る必要があることなどである。

2. 研究の目的

1の研究の背景で挙げた問題点を解決する手段として、顕微鏡の鏡筒を覗かずに解像度の高いカメラを通して3Dモニターを見ながら手術を行うヘッドアップ手術があげられる。本研究の目的は、新たなヘッドアップ手術システムを開発することにより、術者の姿勢の問題を改善し、ヒトの眼の解像度を超えるような「見える」状態を作り出すことで、多くの外科医の手技を安定させ、医療の質を向上させることを目的とする。

さらにこのシステムでは、顕微鏡の光を低減することにより、患者の網膜光障害をなくすことが可能となる。また手術前の検査情報をリアルタイムに手術動画の上にオーバーレイすることにより、正確で間違いのない手術を、必要最低限の手術侵襲で行うことができる可能性がある。さらには「よく見える」ことに加え、術前情報をオーバーレイしたり、デジタル技術により色調やコントラストを変えることで「見えないものも可視化」でき、手術成績の向上や術者の手技の上達とともに優秀な術者を多く輩出することができるようになる可能性があり、医師不足解消にもつながることが期待できる。

3. 研究の方法

ハイビジョン(ハイデフィニション:HD)モニターを約1.8m離れて観察した場合、1走査線の間は600 μm 足らずで、1.8m離れた視力1.0のヒトの解像度にほぼ等しい。しかし3D映像を取得するために横もしくは縦の解像度が半分になるためHDモニターではヒトの眼の解像度がまさることになる。そのためヒトの眼に匹敵する解像度を得るためには4Kカメラが必要になる。しかし現在各社が開発中の4Kカメラは明るさとモニターへの転送容量の問題で眼科手術では実用化が難しい。そこで現状でのHDカメラを用い、3D映像を取得する際に落ちてしまう解像度を4Kモニターを使用することで、拡大・補完し(アップコンバートし)、解像度の高いモニター像を得ることができるか検証する。

しかしそのためにはコンピューターを経由した画像取得が必要で、画像の遅延が問題になり、解像度の高い、正確な立体感をもった映像を術者および観察者に提供する為、研究分担者の保有するプログラマブルなハードウェアを活用する必要がある。高速画像処理技術を用いることで遅延が少なく、3Dの高解像度手術用顕微鏡システムを実現できるか検証する。

手術画像と検査所見のオーバーレイ技術の開発: 手術モニターに術前の眼底写真や網膜断面図

などの必要な画像をオーバーレイすることで、術者がより正確に手術を行えるようにする。現在市販されているものもあるが、常に位置が変化する眼球の組織を、遅延なく的確にオーバーレイする技術はまだない。新たな画像加工技術によってこの点を解決した新しい手術モニタシステムを開発する。

4. 研究成果

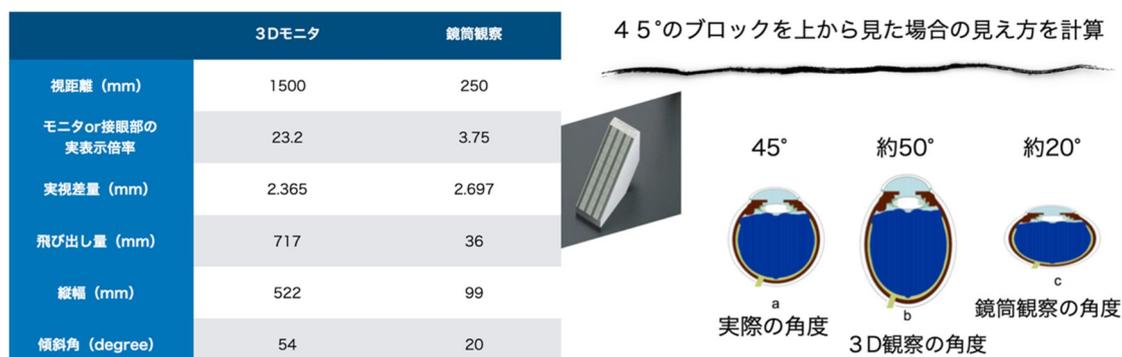
現在眼科領域で最も一般的に使用されている3D Heads-up 手術システムはアルコン社の「Ngenuity®」である。このシステムでは2つのハイビジョン（2K）カメラからの映像をLG社の汎用4Kモニタに映すことにより3D映像にした場合に生じる解像度の低下を少なくする工夫がみられる。

2Kカメラ、4K出力カメラを用いると、4Kモニタを使用することで、Ngenuityと同等の解像度が得られた。次にSony社のTrue 4Kカメラを使用した。これに関して新しい我々のシステムでも工夫を検証するため、ルキナ社のプリズムミラーをツァイス社のLumera700顕微鏡に搭載し、2つの2Kカメラを付けSony社製4K医療用モニタに映すことにした。その結果を、従来のハイビジョンモニタに映した場合と比較し、Edmund社の解像度スケールを用いた官能試験で縞解像度を測定した。

最低倍率でハイビジョンモニタ14本/mmだったものが4Kモニタでは19本/mmで、最高倍率ではハイビジョンモニタ75本、4Kモニタ100本と解像度の向上が確認できた。次にSony社製4Kカメラを2つプリズムミラーに搭載し、4Kモニタに映した場合、理論的にはハイビジョンカメラ+4Kモニタと4Kカメラ+4Kモニタでは解像度が変わらない可能性があったが、実際の官能試験では後者の最低倍率で24本、最高倍率では112本と解像度が改善した。

4K3Dモニタに4Kカメラの映像を写す場合、3D映像を得るために縦もしくは横の解像度が半分になってしまい、一見ハイビジョンカメラで解像度を縦・横ともに落とさないで4Kモニタに映像を写すのと同様のように思われるが、横もしくは縦の解像度が半分にならない方向では明らかにハイビジョンカメラより4Kカメラの解像度が優れていることがこの官能試験での結果に表れていると思われる。カメラ・モニタに関して今後改善できる点を考えると、やはり8Kモニタを使用する方向になると思われる。内視鏡のカメラでは最近8Kカメラが使用されるようになってきており、近い将来8Kモニタが使用できる可能性が考えられる。

ヘッドアップ手術が普及しにくい原因の一つに鏡筒を覗いた場合との立体感の違いがある。その原因を調べるために、鏡筒と覗いた場合と3Dヘッドアップ手術の場合の平面方向の拡大率と奥行き方向の拡大率を調べたところ、図のようになった。



このことは実際の鏡筒観察では実際の奥行き感よりも潰れた像を観察し、3Dモニタ観察では実際より奥行き感が強調された像を見ていることを意味する。この奥行き感をいかに鏡筒観察に近づけるかも今後の課題である。

オーバーレイに関しては画像処理系 FPGA 開発とその1次試作システム構築中である。現状で最も汎用されているシステムと比較し、4Kカメラと4Kモニタを使用することにより、さらに解像度の高い手術システムを構築することのできる可能性がわかった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 平田佑妃	4. 巻 32(3)
2. 論文標題 眼内内視鏡を使用したheads-up硝子体手術	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 眼科手術	6. 最初と最後の頁 307-310
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Fujikawa A, Mohamed YH, Kinoshita H, Matsumoto M, Uematsu M, Tsuiki E, Suzuma K, Kitaoka T	4. 巻 18(1)
2. 論文標題 Visual outcomes and prognostic factors in open-globe injuries.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 BMC Ophthalmol	6. 最初と最後の頁 138
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s12886-018-0804-4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 北岡 隆	4. 巻 124(10)
2. 論文標題 網膜硝子体手術の歴史・現状と将来の展望	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本眼科学会雑誌	6. 最初と最後の頁 749-751
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件／うち国際学会 2件）

1. 発表者名 北岡 隆
2. 発表標題 眼外傷の硝子体手術
3. 学会等名 第123回日本眼科学会総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 北岡 隆
2. 発表標題 黄斑手術のCutting Edge
3. 学会等名 第43回日本眼科手術学会総会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 北岡 隆
2. 発表標題 27ゲージ硝子体手術の現状と展望
3. 学会等名 第43回日本眼科手術学会総会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 北岡 隆
2. 発表標題 種々の3Dヘッドアップ手術
3. 学会等名 硝子体手術フォーラム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Maekawa Y, Ikeda S, Tsuiki E, Kitaoka T
2. 発表標題 Binocular random perimetry of unilateral macular hole without occlusion.
3. 学会等名 Invest Ophthalmol Vis Sci: E-abstract 2010-B0029 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Manabe, K. Tomonaga, Y. Shibata
2. 発表標題 CNN architecture for surgical image segmentation systems with recursive network structure to mitigate overfitting
3. 学会等名 Int'l Symp. Computer and Networking (CANDAR) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上松聖典、原田史織、北岡隆
2. 発表標題 斜視に対してHeads-up surgeryを行った4例の検討
3. 学会等名 第43回眼科手術学会学術総会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上松聖典
2. 発表標題 前眼部のHeads-up surgery
3. 学会等名 第43回眼科手術学会学術総会 教育セミナー11
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宮城清弦、北岡 隆
2. 発表標題 4K画像によるHeads-up surgeryの試み
3. 学会等名 第216回長崎眼科集談会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	柴田 裕一郎 (SHIBATA Yuichiro) (10336183)	長崎大学・工学研究科・教授 (17301)	
研究分担者	上松 聖典 (UEMATSU Masafumi) (30380843)	長崎大学・病院(医学系)・講師 (17301)	
研究分担者	井上 大輔 (INOUE Daisuke) (60622610)	長崎大学・病院(医学系)・医員 (17301)	
研究分担者	宮城 清弦 (MIYAGI Sugao) (80840701)	長崎大学・病院(医学系)・医員 (17301)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	平田 佑妃 (HIRATA Yuki)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------