

令和 2 年 5 月 31 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H02852

研究課題名(和文)電子ホログラフィを用いた3DストレスフリーなHMDの開発

研究課題名(英文)Study on 3D stress-free HMD using electronic holography

研究代表者

坂本 雄児 (Sakamoto, Yuji)

北海道大学・情報科学研究院・教授

研究者番号：40225826

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究によって、世界最小、最軽量の電子ホログラフィ技術を用いたHead-mounted display (ホロHMD)の開発に成功した。また、高速計算法およびデータ圧縮法の研究により、現在のハードウェア技術レベルにおいても、リアルタイム計算、および通信可能な手法を提案した。これらの研究により、ホロHMDがシステムとして実用になりうることを示した。一方、スペックルによる画質劣化が大きいことが問題として残ったが、アルゴリズムによる抑圧法を検討し、その可能性を示した。生理的反応の測定に関しては、今後とも検討が必要である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究によって、世界最小・最軽量の電子ホログラフィ技術を用いたホロHMDの開発に成功した。また、高速計算法およびデータ圧縮法の研究により、現在のデバイス・ハードウェア技術レベルにおいても、リアルタイム計算、および通信可能な手法を提案した。これらの研究により、ホロHMDがシステムとして実用足りうることを示した。一方、スペックルによる画質劣化が大きいことが問題として残ったが、アルゴリズムによる抑圧法を検討し、その可能性を示した。生理的反応の測定に関しては、今後とも検討が必要である。

研究成果の概要(英文)：We succeeded in developing head-mounted displays (holo-HMDs) with the world's smallest and lightest electronic holography technology. In addition, we have proposed a method that enables real-time calculation and communication at the current level of hardware technology through researches of high-speed calculation methods and data compression methods. These researches indicate that the holo-HMD can be realized as a system. On the other hand, the deterioration of image quality due to speckles is a remained problem, but we have proposed the suppression method using an algorithm and showed the possibility of suppression. It is necessary to continue to study the measurement of physiological responses.

研究分野：情報メディア学

キーワード：臨場感コミュニケーション パーチャルリアリティ 電子ホログラフィ HMD

1. 研究開始当初の背景

近年、3D 映画、3D ゲーム機、Head-mounted display (HMD) など様々な 3 次元映像システムが一般に普及している。しかし、現在の 3 次元映像システムは眼精疲労(3D 疲労)や立体感の欠如(3D 弱視)などの 3D ストレスの問題が知られている。これらの問題を解決する次世代の 3 次元映像システムとして電子ホログラフィが期待されている。しかし、電子ホログラフィの実用化には様々な技術的な問題が存在しており、大きくは次の 2 点である。(1) 表示部である表示装置には非常に高い解像度を持つ表示デバイスが不可欠であり、特殊なデバイスと光学系が必要とされるため、高価で大型の装置となる。(2) ホログラムデータ量が膨大であり、データの生成・処理・伝送に大きな計算機リソースが必要とされる。

近年、研究が進み、電子ホログラフィ装置を小型化し、頭部へ装着できる HMD (ホロ HMD) が試作されつつある。これらの研究は途についたばかりで、実用化にはまだ解決しなければならない技術的問題点が多く残されている。

2. 研究の目的

これまでに試作されたホロ HMD は大型かつ重量(1.5kg)で実用には問題があった。本研究では、実用に近いホロ HMD の構成法の検討し、実用化への技術的知見を得る。特に、前述したハードウェア・デバイス的な問題を検討するだけでなく、視覚特性や脳波などの生理学的な面も設計へ導入することによって、ハードウェアだけでは実現できなかった問題解決のブレークスルーとするものである。このために、電子ホログラフィの光学的パラメータとこれが人体に与える影響(人間の視覚特性、立体像の認識特性、眼精疲労など)を調査し、3D ストレスフリーな 3 次元映像の光学的特徴を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) ホロ HMD 技術の開発

ホロ HMD 装置の表示装置の光学的設計は重要である。しかし、光学系の設計はホログラムデータの計算理論および装置の制御方法と深く関わっており、切り離すことはできない。このため、総合的なシステムとしてのホロ HMD の設計方法を検討し、この設計を元に、実機を製作し、小型・軽量のホロ HMD の実現性を明らかにする。

(2) 人体の生理学的反応を測定

電子ホログラフィでは 3D ストレスは理論的には発生しないものと予測されるが、この実機を用いて輻輳・調節反応や脳波など測定項目において生理学的反応を調べる。さらに、長時間の視聴における 3D ストレスが、ホロ HMD により低減できることを明らかにする。

(3) 3D ストレスフリーな 3 次元映像の光学的特徴の解明

従来の表示システムでは、解像度、被写界深度、視差、輻輳、調節などを变化させた様々な光学的特徴を持った 3 次元映像を生成し、これらの映像に対する生理的反応を測定し、3D ストレスフリーな光学的特徴を明らかにする。

4. 研究成果

(1) ホロ HMD の開発

【原理実証装置の開発】

電子ホログラフィの原理実験装置の作成し、光学系、ホログラムデータの計算法の基礎的な検討を行った。これによって、光学系や計算法に関してノウハウを得ることができた。一方、再生像にスベクルノイズ(ホログラフィ特有の雑音)が発生し、画質劣化が顕著であり、解決の必要性が明らかになった。

【ホロ HMD の開発】

原理実証装置の光学系を小型化し、カラー片眼ホロ HMD を開発した(Kubo 2017)。重量は 300g と非常に軽量のホロ HMD あり、これを実現するにあたり、ホログラムデータの計算法と光学系の組み合わせにより、光学系の小型化を測った。この装置を用いて、下記に示す様々な実験を行っている。再生像を図 1 に示すが、左は星マークに、右は音符に焦点を合わせた写真で、複数の奥行き表示できることが分かる。さらに、このシステムを両眼化したカラーホロ HMD を開発した(Furuta 2019)(図 2)。このシステムは、個人ごとに異なる両眼の瞳の間隔を電子的に調整するシステムであり、これにより機械的に調整が必要であったシステム

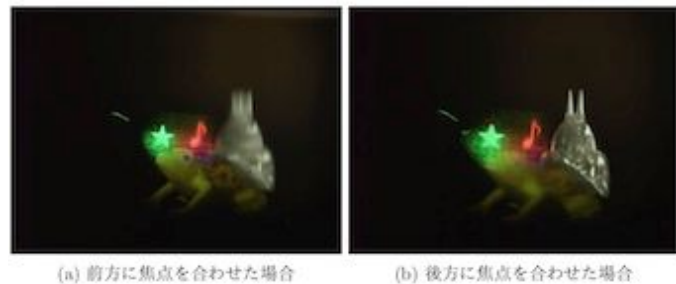


図 1 ホロ HMD による再生像



図 2 開発された両眼ホロ HMD

の簡素化が実現できた。現時点において、このシステムは両眼用の電子ホログラフィ HMD 装置としては世界で最も小型・軽量である。また、被験者実験によってこの手法が両眼視に有効であり、多くの人間の瞳の間隔に適合できることが示された。

(2) 高速計算法およびデータ圧縮法の提案

ホログラムデータの計算には膨大な計算機リソースが必要とされる。これを解決するために、General-purpose computing on graphics processing units (GPGPU)に適したアルゴリズム提案し、単純な図形ではあるがパソコンでリアルタイム計算を実現した(Sakai 2018)。

また、ホログラムはデータ量も多く、通信やデータの保存に問題があり、これを解決するためにホログラムデータに適したデータ圧縮法を提案した(Kim 2019)。

(3) スペックルの抑圧法の提案

上述の様に、表示された再生像にはスペックルが多く、十分な画質が得られないことが明らかになった。これを解決する方法を検討し、データ生成時の情報量とスペックルとの関係を定式化した(Mitobe 2019)。これをもとに、低スペックルのホログラムデータの生成法を研究し、新たなアルゴリズムを提案した(Tamagawa 2019)。図3の上にも元データを下に提案アルゴリズムによる再生像を示すとおり、大幅な画質の向上が見られることが分かる。

(4) ホロ HMD の再生像に対する生理学的影響の測定

【映像への視覚反応】

開発したホロ HMD を用いて、再生像に対する人間の目の反応をオプトメータによって測定を行った。この結果、ホロ HMD で再生像を見ている際の目の奥行きへの反応は、同じ奥行きにある実際の物体への反応と同じであることが明らかになった。これは、従来の HMD での 3D 映像で問題となっていた 3D ストレスを低減する可能性を示している。

【疲労の実験】

ホロ HMD と従来の HMD での立体像視聴の際の疲労の相違に関して実験を行ったが、疲労に関して両者には有意差を見ることができなかった(Kubo 2018)。長時間の視聴や実験時の環境など、さらなる実験が必要であると思われる。

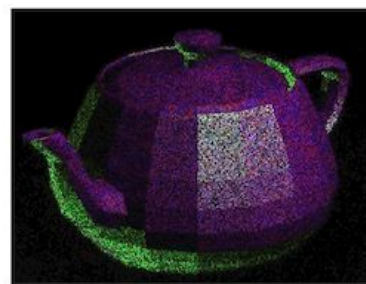
【脳波の実験】

物体の奥行きに関係する脳波の検出のために、奥行きを変化させながら脳波の測定を行なったが、実際の物体、ホロ HMD の再生像共に特徴的な脳波は見いだせなかった。この点は、新たなアプローチでの研究が必要である。

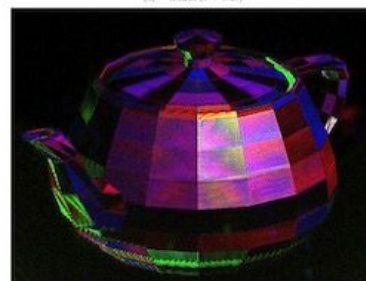
(5) 目の視覚特性を用いたホログラムデータの生成法

人間の視覚系の特性を考慮したホログラムデータの二つの計算法を提案した。人間の目は周辺では視覚感度が低く、この周辺視を考慮した Foveated Rendering を提案した(Wei 2019)。次に、この理論をさらに発展させ、眼球の動きによって視覚感度が低くなるサッケード抑制を考慮したホログラムデータの計算法を提案した。これによって、画質の低下を認識されることなく、ホログラムデータの計算リソースの削減ができることを示した(Wei 2020)。

本研究によって、世界最小・最軽量の電子ホログラフィ技術を用いたホロ HMD の開発に成功した。また、高速計算法およびデータ圧縮法の研究により、現在のデバイス・ハードウェア技術レベルにおいても、リアルタイム計算、および通信可能な手法を提案した。これらの研究により、ホロ HMD がシステムとして実用足りうることを示した。一方、スペックルによる画質劣化が大きいことが問題として残ったが、アルゴリズムによる抑圧法を検討し、その可能性を示した。生理学的反応の測定に関しては、今後とも検討が必要である。



(a) 元データ ($r = 0.25$)



(b) 正観乱数 ($r = 0.01$)

図3 スペックルの抑圧法

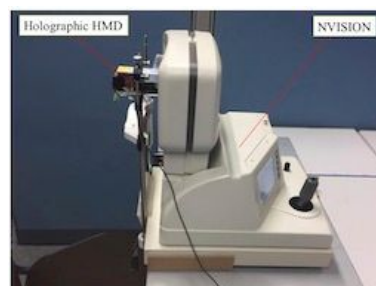


図4 奥行きへの反応測定

文献

- Hibiki Kubo, Yuki Oguro, Yuji Sakamoto, "Color Compact Head-Mounted Holographic Display Using Laser Diodes," The 24th International Display Workshops (IDW '17), 3Dp1-7 (2017).
- Kazuya Furuta, Yuji Sakamoto, "Compact Binocular Holographic Head-Mounted Display Using Viewing Zone Expansion Method with Multiple Light Sources," The 26th International Display Workshops (IDW '19), 3Dp1/3DSAp1-1 (2019)
- Hayato Sakai and Yuji Sakamoto, "Fast calculation by auto-optimized method in CGH video generation using GPU", Proc. SPIE 11306, 113060S, SPIE OPTO (2020).
- Kim Duk Hyun, Kohei Tamagawa, and Yuji Sakamoto, "Lossless compression applying linear predictive coding based on the directionality of interference patterns of a hologram," Appl. Opt., Vol 58, Issue 18, pp 5018-5028 (2019).
- Masaya Mitobe, Yuji Sakamoto, "Effect of point pitch on speckle noise in computer-generated hologram using point-based method," Proc. SPIE 10944, 109440R, SPIE OPTO (2019).
- Kohei Tamagawa, Masaya Mitobe, Yuji Sakamoto, "Simulating the effects of statistical characteristics of random phases on speckle noise in computer-generated hologram," Proc. SPIE 10944, 109440W, SPIE OPTO (2019).
- Lingjie Wei and Yuji Sakamoto, "Fast calculation method with foveated rendering for computer-generated holograms using an angle-changeable ray-tracing method," Appl. Opt. 58, A258-A266 (2019).
- Lingjie Wei, Fumio Okuyama, and Yuji Sakamoto, "Fast calculation method with saccade suppression for a computer-generated hologram based on Fresnel zone plate limitation," Opt. Express 28, 13368-13383 (2020)
- Hibiki Kubo, Yuji Sakamoto, "Evaluation for fatigue of holographic HMD," The 8th Japan-Korea Workshop on Digital Holography and Information Photonics (DHIP2018), 19P16 (2018).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Zixiang Lu and Yuji Sakamoto	4. 巻 27
2. 論文標題 Holographic display method for volume data by volume rendering	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Optical Express	6. 最初と最後の頁 543-556
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi:10.1364/OE.27.000543	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 Lingjie Wei and Yuji Sakamoto	4. 巻 58
2. 論文標題 Fast calculation method with foveated rendering for computer-generated holograms using an angle-changeable ray-tracing method	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied optics	6. 最初と最後の頁 A258-A266
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi:10.1364/AO.58.00A258	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 Takuo Yoneyama, Eishin Murakami, Yuki Oguro, Hibiki Kubo, Kazuhiro Yamaguchi, Yuji Sakamoto	4. 巻 57(6)
2. 論文標題 Holographic head-mounted display with correct accommodation and vergence stimuli	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Optical Engineering	6. 最初と最後の頁 61619
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi:10.1117/1.OE.57.6.061619	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 Masaya Mitobe, Yuji Sakamoto	4. 巻 10944
2. 論文標題 Effect of point pitch on speckle noise in computer-generated hologram using point-based method	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings Volume 10944, Practical Holography XXXIII: Displays, Materials, and Applications	6. 最初と最後の頁 10944OR
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi:10.1117/12.2509088	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 Kohei Tamagawa, Masaya Mitobe, Yuji Sakamoto	4. 巻 10944
2. 論文標題 Simulating the effects of statistical characteristics of random phases on speckle noise in computer-generated hologram	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings Volume 10944, Practical Holography XXXIII: Displays, Materials, and Applications	6. 最初と最後の頁 109440W
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi:10.1117/12.2509278	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 Kazuya Furuta, Hideyoshi Horimai, Toshihiro Kasezawa, Yuji Sakamoto	4. 巻 10944
2. 論文標題 Near-eye holographic display device by simple optical system using HOE	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings Volume 10944, Practical Holography XXXIII: Displays, Materials, and Applications	6. 最初と最後の頁 1094413
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi:doi.org/10.1117/12.2509309	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 Lu Zixiang, Sakamoto Yuji	4. 巻 57
2. 論文標題 Holographic display methods for volume data: polygon-based and MIP-based methods	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Applied Optics	6. 最初と最後の頁 A142 ~ A142
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/AO.57.00A142	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 Eishin MURAKAMI, Yuki OGURO, Yuji SAKAMOTO	4. 巻 E100.C
2. 論文標題 Study on Compact Head-Mounted Display System Using Electro-Holography for Augmented Reality	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Electronics	6. 最初と最後の頁 965-971
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transele.E100.C.965	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 Aya Nozaki, Masaya Mitobe, Fumio Okuyama, and Yuji Sakamoto	4. 巻 25
2. 論文標題 Dynamic visual responses of accommodation and vergence to electro-holographic images	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 4542-4551
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.25.004542	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 山口一弘, 渡邊良亮, 野崎亜弥, 坂本雄児	4. 巻 70
2. 論文標題 伝送エラーが電子ホログラフィの再生像へ与える影響	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 映像情報メディア学会誌	6. 最初と最後の頁 J105-J113
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3169/itej.70.J105	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 -

[学会発表] 計22件 (うち招待講演 7件 / うち国際学会 22件)

1. 発表者名 Hibiki Kubo, Yuji Sakamoto
2. 発表標題 Evaluation for fatigue of holographic HMD
3. 学会等名 The 8th Japan-Korea Workshop on Digital Holography and Information Photonics (DHIP2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takamasa Nakamura, Yuji Sakamoto
2. 発表標題 Fast Calculation Algorithm for Computer-Generated Hologram Using Point-to-Point Difference Method with Lens Enlarge Optical System
3. 学会等名 The 8th Japan-Korea Workshop on Digital Holography and Information Photonics (DHIP2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 Duk Hyun Kim, Yuji Sakamoto
2 . 発表標題 Study on Lossless Compression Using Directional Characteristics According to Scan Directions on Fresnel Fields of Hologram
3 . 学会等名 The 8th Japan-Korea Workshop on Digital Holography and Information Photonics (DHIP2018) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 H. Kubo, Y. Oguro, Y. Sakamoto
2 . 発表標題 Study on Subjective Depth Evaluation for Holographic Head-Mounted Display
3 . 学会等名 The 25th International Display Workshops (IDW'18) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Y. Oguro, H. Kubo, Y. Sakamoto
2 . 発表標題 Study on Correction of Field Curvature in HeadMounted Display Using Electro-Holography
3 . 学会等名 The 25th International Display Workshops (IDW'18) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Lingjie Wei, Yuji Sakamoto
2 . 発表標題 Fast calculation method with foveated rendering matching human eye acuity for CGH head-mounted displays using angle-changeable ray tracing method
3 . 学会等名 International Workshop on Holography and related technologies (IWH2018) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 Duk Hyun Kim and Yuji Sakamoto
2. 発表標題 Study on Lossless Compression of Hologram Data
3. 学会等名 The 18th International Meeting on Information Display (IMID2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Zixiang Lu, Yuji Sakamoto
2. 発表標題 A Holographic Display Method for Volume Data with Volume Rendering Method
3. 学会等名 11th International Symposium in Display Holography (ISDH2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masaya Mitobe, Yuji Sakamoto
2. 発表標題 Analysis of Effect of Quantization Error on Speckle Noise in Computer-generated Hologram using Point-based Method
3. 学会等名 11th International Symposium in Display Holography (ISDH2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuji Sakamoto
2. 発表標題 Head-mounted Holographic Display with Correct Depth-focusing for AR
3. 学会等名 Frontiers in Optics 2017 OSA Technical Digest (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuji Sakamoto
2. 発表標題 Development of Holo-HMD and remaining issue
3. 学会等名 International Workshop on Holography and related technologies (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takemitsu Mizuki, Masataka Fujiwara, Yuji Sakamoto
2. 発表標題 Analysis of Transient Visual Evoked Potential on Electro-holographic Image
3. 学会等名 International Workshop on Holography and related technologies (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuki Oguro, Yuji Sakamoto
2. 発表標題 Automatic Lens Distortion Correction Method for Compact Holographic HMD
3. 学会等名 International Workshop on Holography and related technologies (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hibiki Kubo, Yuki Oguro, Yuji Sakamoto
2. 発表標題 Color Compact Head-Mounted Holographic Display Using Laser Diodes
3. 学会等名 The 24th International Display Workshops (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Lingjie Wei, Yuji Sakamoto
2. 発表標題 A Fast Animation Generation System for Computer-Generated Hologram Using Ray-Tracing Method
3. 学会等名 International Workshop on Advanced Image Technology 2018 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masaya Mitobe, Yuji Sakamoto
2. 発表標題 Subjective Evaluation of Speckle Noise in Electro-Holography
3. 学会等名 International Workshop on Advanced Image Technology 2018 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kazuhiro Yamaguchi, Yuji Sakamoto
2. 発表標題 Quality Analysis of Light-Wave Distributions Considering Transmission Errors for Wireless Transmission System of Computer-Generated Hologram
3. 学会等名 The 24th International Display Workshops (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuji Sakamoto
2. 発表標題 Study on Holographic Monocle Device
3. 学会等名 The Sixth Japan-Korea Workshop on Digital Holography and Information Photonics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Aya Nozaki, Fumio Okuyama, Yuji Sakamoto
2. 発表標題 Development of a Measurement System for Dynamic Visual Responses to Images of Electro-holography and Binocular Stereo Vision
3. 学会等名 The Sixth Japan-Korea Workshop on Digital Holography and Information Photonics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Takuya Sugawara, Yuji Sakamoto
2. 発表標題 Fast Calculation Method Considering Hidden Surface Removal for Computer-Generated Holograms using Geometric Sequence
3. 学会等名 The Sixth Japan-Korea Workshop on Digital Holography and Information Photonics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Zixiang Lu, Yuji Sakamoto
2. 発表標題 A Holographic Display method of Maximum Intensity Projection of Medical Image by Electro-holography
3. 学会等名 The Sixth Japan-Korea Workshop on Digital Holography and Information Photonics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 E. Murakami, Y. Oguro, Y. Sakamoto
2. 発表標題 "Study on Compact Holographic Head-Mounted Display for Augmented Reality
3. 学会等名 The 23rd International Display Workshops in conjunction with Asia Display 2016 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016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	似内 映之 (Nitanai Eiji) (00304189)	和歌山大学・産学連携イノベーションセンター・准教授 (14701)	
研究分担者	筒井 弘 (Tsutsui Hiroshi) (30402803)	北海道大学・情報科学研究科・准教授 (10101)	
研究分担者	山ノ井 高洋 (Yamanoi Takahiro) (90125360)	北海学園大学・工学部・教授 (30107)	
研究分担者	山口 一弘 (Yamaguchi Kazuhiro) (90649063)	公立諏訪東京理科大学・工学部・講師 (23604)	
研究分担者	奥山 文雄 (Okuyama Fumio) (70134690)	鈴鹿医療科学大学・医用工学部・教授 (34104)	