

令和 3 年 6 月 16 日現在

機関番号：34416

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H03349

研究課題名(和文) コンピュータホログラフィによる大型フルカラー静止画ディスプレイ技術の基盤形成

研究課題名(英文) Establishment of basic technology of large-size full-color static 3D display by computer holography

研究代表者

松島 恭治 (MATSUSHIMA, Kyoji)

関西大学・システム理工学部・教授

研究者番号：70229475

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 5,400,000円

研究成果の概要(和文)：コンピュータホログラフィは、驚くほど奥行きのある究極の3D映像を作成する技術である。本研究では、このコンピュータホログラフィにおいて、静止画フルカラー3D映像の作成・再生技術を中心として、様々な基盤技術の形成を行った。具体的には、積層CGVH方式と呼ぶフルカラーホログラム技術を開発し、LED照明では従来のRGBカラーフィルタ方式を凌駕する高品質再生像が得られることを示した。また、3D映像の観察を阻害する不要光・不要像を除去する位相変調技術や干渉縞発生技術、あるいは展示のための照明用バックライトの開発を行った。その結果、従来よりも大きく、高品質で見やすい3D映像を再生できるようになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

コンピュータホログラフィで再生される3D映像は、現在実用化している3D映像技術やヘッドマウントディスプレイ等で問題となる知覚矛盾が一切発生しない特長がある。この技術で再生される3D映像は多人数で同時に見れ、長時間の観察でも疲労感が生じない。また、視覚の発達を阻害する要因もないため、年齢制限などが必要ない利点もある。一方、コンピュータホログラフィによる3D映像は、現在最高の8K映像の数十倍もの画素数を必要とするため、それを作成すること自体が困難である。そこで、本研究では、その3D映像の作成と再生を容易にするための技術基盤の形成を行った。

研究成果の概要(英文)：Computer holography is a technique that makes it possible to create the ultimate 3D image reconstructing stunningly deep 3D scenes. This research project mainly focusses on the techniques to create and reconstruct full-color 3D images in this computer holography, and, in addition, developed various related techniques. In particular, we developed a novel technique, called 'Stacked CGVH', for producing full-color holograms and confirmed that the technique reconstructed much better 3D images than those based on the conventional RGB color filters technique. Furthermore, to remove obstructive light that disturbs view of 3D images, several other techniques such as phase modulation, fringe oversampling techniques, and a back-light system for illumination were developed in the project. Techniques developed through the project allow us to create 3D images that are easy to view and have high quality in computer holography.

研究分野：応用光学、情報光学

キーワード：コンピュータホログラフィ 計算機合成ホログラム フルカラーディスプレイ 3次元立体画像

1. 研究開始当初の背景

光学的なホログラフィは、厚さ数ミリメートルのパネルから数10センチメートル~1メートルもの深さを有する3次元映像を再生する技術であり、半世紀以上の歴史がある立体写真技術である。この



図1 RGB カラーフィルタ方式フルカラーCGH. (a)原理と(b)再生像

技術では光波そのものを再生するため、現在実用化している3D映像技術で常に問題になる知覚矛盾の問題が一切生じない。しかしながら、この旧来型のホログラフィ技術はアナログ写真技術であり、実物体と参照光の干渉縞を記録し、その干渉縞からの回折により記録した光波を再生する技術であった。そのため、3D映像を作成する際には、まず再生したい映像の物理的な(実体のある)模型を作成しそれを撮影する必要があった。

コンピュータホログラフィは、このアナログ型の光学ホログラフィ技術を完全にデジタル化した技術であり、コンピュータグラフィックスによる非実在の3Dモデルから光学ホログラフィと同様の数10センチメートル以上の深さの3Dシーンや物体を全く違和感なく再生することができる技術である。そのアイデア自体は1960年代からあったが、空間バンド積と呼ばれる問題のため高品質な像の再生には莫大な画素数が必要であり、全方向視差の像を再生し3D映像を鑑賞して楽しめるレベルのホログラムを計算し作成することは、実際にはできなかった[1]。

それに対して筆者らはポリゴン法[2]およびスイッチバック法[3]と呼ばれる新しいアルゴリズムを工夫することにより、40億画素を超えるような高解像度計算機合成ホログラム(Computer-Generated Hologram, 以下CGH)を計算し、レーザーリソグラフィによる超微細加工技術によりそれを製作することに成功していた。研究開始当初の時点では、モノクロ高解像度CGHでは、視域角約45度、サイズ18cm×12cmで500億画素超の画素を有し全方向視差の3D映像を再生できるCGHがすでに作製されていた。

また、長年の間モノクロ再生しかできなかったが、研究開始当初においては、筆者らが提案したRGBカラーフィルタ方式により[4]、図1に示すように、白色LED照明によるフルカラー再生像が得られるようになっていた。しかしながら、この方式のフルカラー高解像度CGHには、

A) RGBカラーフィルタの特性が広帯域であり、色収差により再生像にボケが生じる、

という問題があった。また、カラー高解像度CGHと大型モノクロCGHに共通して下記の様ないくつかの課題が残っていた。

- B) 3Dシーンや物体のデザインによっては共役像と呼ばれる不要像が本来の再生像に重なる。
- C) 非回折光の眩しい光輝が観察者に見える場合がある。
- D) 専用の光源をCGHの前後いずれか離れた位置に設置する必要がある。

これらはいずれも、実際に高解像度CGHを展示した際に再生像の観察を阻害し、この技術の社会実装に対する障害になっていた。

2. 研究の目的

現時点では数100億画素ものデジタル画像を電子的に再生する手段がないため、本研究では、静止画像にのみフォーカスし、現行の高解像度CGHが有する上述の問題点を解消し、鮮明で大型の静止画ディスプレイ技術を確立することを目指した。

3. 研究の方法

本研究では、上述の問題点A)~D)を解消するため、主として次の技術を導入した。

- ① 高解像度CGHを転写して体積ホログラムを作成する技術
- ② 位相変調型CGHの計算・作成技術

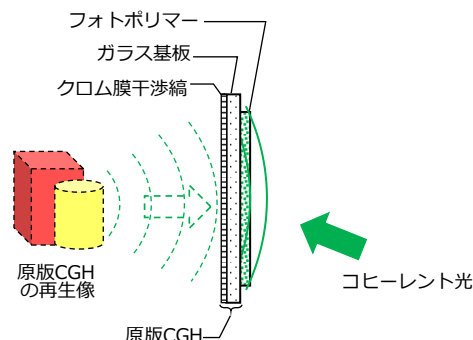


図2 原版CGHのコンタクトコピーによるCGVHの作製

- ③ 干渉縞パターンの高解像度化
- ④ 高解像度 CGH 照明用バックライト

(1) フルカラーCGH

上記の①では、3次元構造の干渉縞を有する体積ホログラムとしてCGHを作製する技術を開発した。体積ホログラムには、照明光の中の特定の波長のみで選択的に再生する波長選択性や、特定の角度で入射する照明光のみで再生する角度選択性などの非常に有用な性質がある。そこで、図2に示すように、レーザーリソグラフィでプリントした高解像度CGHを原版CGHとしてそれにフォトポリマーを貼り付け、フォトポリマーを通してコヒーレント光で露光するコンタクトコピーによって原版CGHの像をフォトポリマーに転写する技術を開発した。転写されたホログラムは体積ホログラムとなるため、計算機合成体積ホログラム(Computer-Generated Volume Hologram, 以下CGVH)と呼ばれる。CGVHは、従来のCGHとは異なり、白色光で照明しても露光した波長のみで再生する波長選択性を有している。これにより、従来のような単色照明光を必要とせず、白色照明でも色収差によるボケが生じない単色再生ホログラムが作製できる。さらに、図3に示す通り、光の三原色に相当する波長で作成した単色CGVHを積層することにより、各層で再生する単色像を重ねてフルカラー再生を行うことができる。

(2) 共役像と非回折光の軽減

上記の②と③は原版CGHに対する改良である。従来の高解像度CGHは、クロム膜によって干渉縞を形成することにより照明光の振幅を変調している。それに対して本研究では、透明な厚膜レジスト層のサブミクロンオーダーの厚さ変化による照明光の位相変調を導入した。これにより共役像を抑制でき、再生像がCGHの前に飛び出す空中像の再生が容易になる。また、回折効率が高くなるため、問題点C)の非回折光も減少できる。さらに、③の高解像度化により照明光の入射角を大きくとることができるようになり、非回折光の影響を大幅に軽減できる。従来の干渉縞の画素ピッチは主として $0.8\mu\text{m}$ であったが、本研究では垂直方向については従来の半分の $0.4\mu\text{m}$ とすることにより眩しい非回折光が視界に入らず、再生像観察を阻害しない技術を開発した。

(3) 照明用バックライト光源

高解像度CGHを展示する際には、照明光源を観察者側に配置し、CGHを反射再生することが多い。これは、多くの場合背面側に光源を置く配置が難しいこと、また背面側に置いた場合にはCGHを通して光源の機構が見えるため、立体感が減ること等が理由である。しかし、前面側に光源を配置した場合、その光源自体が視界に入ることや光源を含めた配置面積が大きくなること等の問題がある。そこで④として、ホログラフィック光学素子(Holographic Optical Element, 以下HOE)を用いてコヒーレントなバックライトによる照明を試みた。これにより、照明光源をホログラムの前面に配置する必要が無くなる。

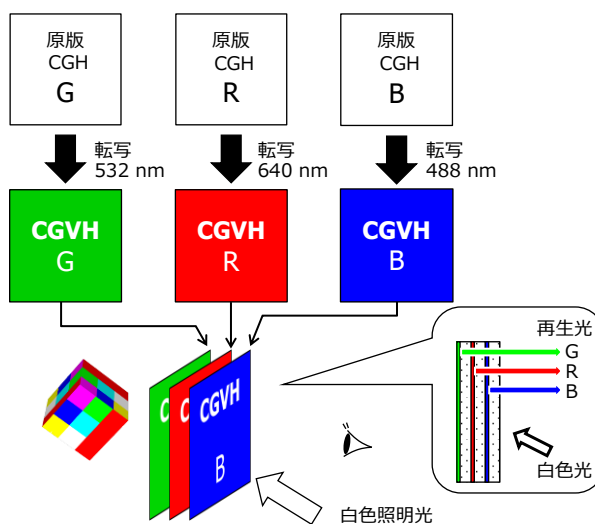


図3 積層CGVHによるフルカラー再生の原理



図4 白色LEDで照明したCGVHの再生像

4. 研究成果

(1) 積層CGVH方式とRGBカラーフィルタ方式

コンタクトコピーによって作製したCGVHを白色LEDで照明した時の再生像を図4に示す。原版CGHであれば、白色光で照明すると色収差により虹状の再生像となるが、CGVHでは、コンタクトコピー時の波長で選択的に再生するため、単色の再生像が得られる。この三波長のCGVHを正確に重ねることにより作製したフルカラーホログラムの

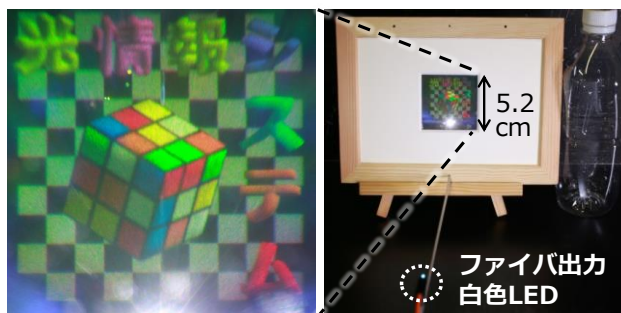


図5 三波長のCGVHを積層して作製したフルカラーホログラムの再生像

再生像を図5に示す。モデルは、図1で示したRGBカラーフィルタ方式のCGHと同じものである。比較するとわかるように、積層CGVH方式で作製したカラーホログラムの方がボケの少ない高品質な再生像が得られていることがわかる。

以上のように、インコヒーレントな白色LEDによる照明であれば、積層CGVH方式が優れていることがわかった。しかし、これはRGBカラーフィルタ方式ではカラーフィルタ自体の帯域が広い広帯域な光源では色収差によるボケが生じる事による。しかしながら、照明光源が元々帯域の狭いレーザー光であれば、このようなボケは生じない。図6は、RGBカラーフィルタ方式のCGHを光ファイバ出力RGBレーザーで照明した時の再生像である。RGBレーザーは、近年発展している技術であり、RGBの三原色に相当するレーザー光を同軸に束ねた三波長の光を出力することができる。この三波長の光はカラーフィルタにより分離して対応する干渉縞のみを照明する。この時、照明光の単色性が高いため鮮明なカラー再生像が得られる。一方、積層CGVH方式でレーザー照明を用いた場合、照明レーザーの波長とCGVH製作時のレーザー波長が一致する必要があるため、製作時点で照明光源が限定されてしまう問題が生じる。そのため、LED照明であれば積層CGVH方式、レーザー照明であれば、RGBカラーフィルタ方式という使い分けが有効であることがわかった。



図6 RGBカラーフィルタ方式CGHのレーザー光源による再生

(2) 位相変調と干渉縞オーバーサンプリング

第1節の問題点B)とC)で述べた、共役像と非回折光の問題の解決あるいは緩和のために、②の位相変調型CGHを作製した。レジスト膜厚は多くの干渉縞描画パラメータに異存して変化するためそのコントロールが難しいが、異なった複数のパラメータでフーリエ型CGHを作成し、その共役像強度を直接測定することによりパラメータを最適化する技術を開発した[5]。これによって共役像がほぼ出現しなくな

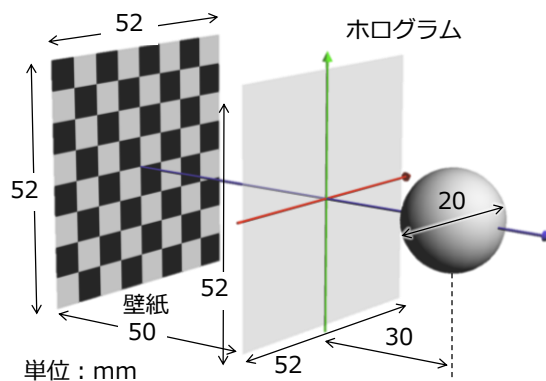


図7 フローティングCGHの3Dシーン

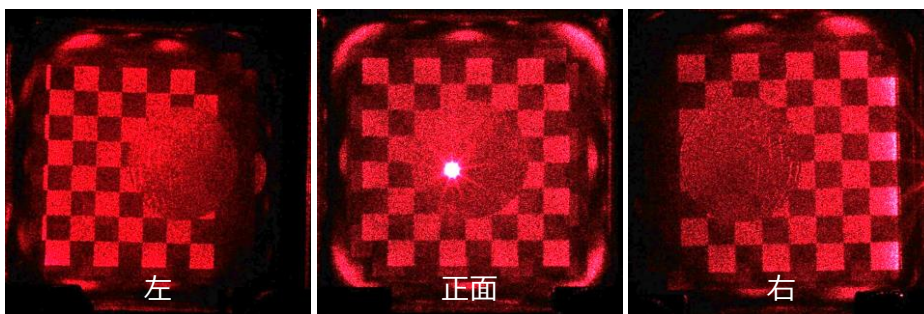


図8 位相変調型フローティングCGHの光学再生像

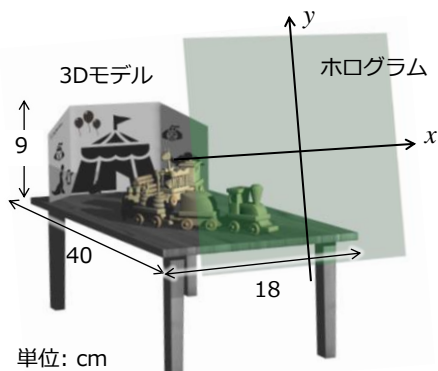


図9 干渉縞オーバーサンプリングを用いた18cm×18cmの大型高解像度CGHの(a)モデルと(b)光学再生像

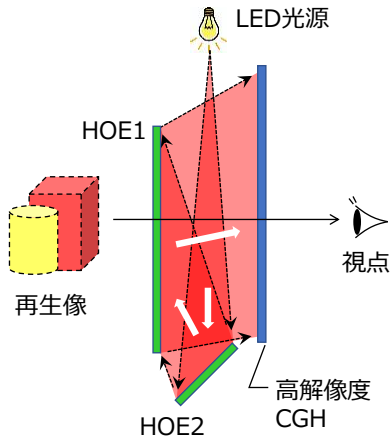


図 10 高解像度 CGH 照明用バックライトの構造

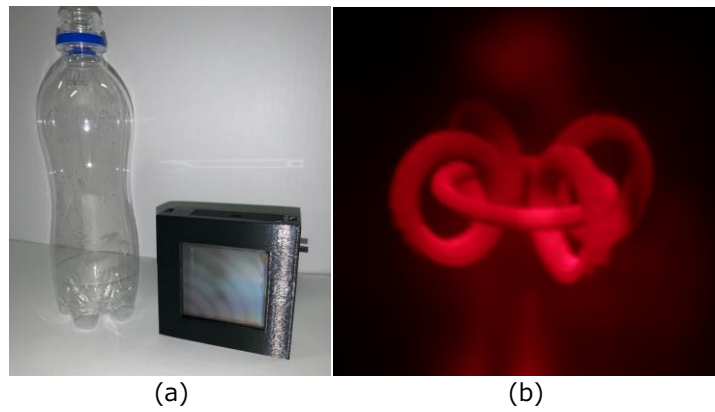


図 11 (a)バックライトを取り付けた高解像度 CGH の外観と (b)その光学再生像

る。そこで、図 7 のモデルで像が手前に飛び出す位相変調型のフローティング CGH を作製した。このモデルでは、ホログラムの手前 30cm に直径 20cm の球が浮かび、ホログラムの背面 50cm にはチェッカーパターンが配置されている。作製した CGH の再生像の写真を図 8 に示す。従来の振幅型 CGH であれば、共役像が重なって見えるため非常に見づらい再生像になるが、この位相型 CGH では共役像が無いいため見やすいフローティング像になっている。

本研究では、もう一つの技術として、干渉縞オーバーサンプリングの技術を開発している[6]。これは、物体光波計算は通常と同じサンプリング間隔で行い、参照光波と数値的に干渉を行って干渉縞を発生する際にオーバーサンプリングする技術である。これを用いると、物体光波の計算時間を増加させることなく、照明光の入射角を増加することができる。その結果、共役像が像の観察の妨げにならない位置に移動し、また非回折光の眩しい輝点が観察者の視界に入らなくなるため、非常に見やすい再生像を得ることができる。干渉縞オーバーサンプリングを用いた高解像度 CGH の例を図 9 に示す。この CGH は 18cm×18cm のサイズがあり、奥行き約 40cm もの 3D 空間を再生するため、非常にインパクトのある再生像となっている。

(3) 高解像度 CGH 照明用バックライト

本研究では LED を光源とした高解像度 CGH 照明用バックライト技術を開発した。図 10 に試作したバックライトの構造を示す。このバックライトは二つの HOE で構成されている。LED の出力光はまず HOE2 に入射する。この HOE はスペクトル幅の広い LED 光を狭帯域化する役割を有している。HOE2 で狭帯域化された照明光は次に HOE1 に入射する。この HOE は、入射光を CGH の計算時に用いた球面波参照光と同じ光波に変換する役割を担っている。これらの二つの HOE は二光束干渉法によって作製し、その入射角度等のパラメータは、反射効率が高くまた帯域が最小になるように最適化している。図 11(a)にバックライトを取り付けた高解像度 CGH の外観を示す。また、(b)には試作したバックライトを用いた時の再生像を示す。このバックライトを用いると、従来は別途必要であった照明光源が不要となり、壁掛けでも展示することができる。

<引用文献>

- [1] K. Matsushima, *Introduction to Computer Holography*, (Springer, 2020), Sect. 1.
- [2] K. Matsushima, Computer-generated holograms for three-dimensional surface objects with shade and texture, *Appl. Opt.* **44**, 4607-4614 (2005).
- [3] K. Matsushima, M. Nakamura, and S. Nakahara, Silhouette method for hidden surface removal in computer holography and its acceleration using the switch-back technique, *Opt. Express* **22**, 24450-24465 (2014).
- [4] Y. Tsuchiyama and K. Matsushima, Full-color large-scaled computer-generated holograms using RGB color filters, *Opt. Express* **25**, 2016-2030 (2017).
- [5] K. Matsushima, *Introduction to Computer Holography*, (Springer, 2020), Sect. 15.3.6.
- [6] K. Matsushima, *Introduction to Computer Holography*, (Springer, 2020), Sect. 8.8.3.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 W. Zhang, H. Zhang, K. Matsushima, G. Jin	4. 巻 29
2. 論文標題 Shifted band-extended angular spectrum method for off-axis diffraction calculation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 10089-10089
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1364/OE.419096	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 該当する
1. 著者名 O. Kunieda, K. Matsushima	4. 巻 58
2. 論文標題 High-quality full-parallax full-color three-dimensional image reconstructed by stacking large-scale computer-generated volume holograms	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Optics	6. 最初と最後の頁 G104-G111
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1364/AO.58.00G104	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 松島恭治	4. 巻 69
2. 論文標題 コンピュータホログラフィによる自然で奥行きのある3次元立体画像	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 表面技術	6. 最初と最後の頁 196-201
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4139/sfj.69.196	査読の有無 無
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 S. Igarashi, T. Nakamura, K. Matsushima, M. Yamaguchi	4. 巻 26
2. 論文標題 Efficient tiled calculation of over-10-gigapixel holograms using ray-wavefront conversion	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 10773-10773
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1364/OE.26.010773	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31件（うち招待講演 4件 / うち国際学会 13件）

1. 発表者名 K. Nakamoto, K. Matsushima
2. 発表標題 Exact mask-based occlusion processing in large-scale computer holography for 3D display
3. 学会等名 SPIE Digital Optical Technologies 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 O. Kunieda, K. Matsushima
2. 発表標題 Large-scale full-color computer-generated display holograms created by stacking transferred volume holograms
3. 学会等名 SPIE Digital Optical Technologies 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中本健太, 松島恭治
2. 発表標題 コンピュータホログラフィにおけるサーフェスマスクを用いた精密な隠面消去法
3. 学会等名 3次元画像コンファレンス2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 永江洋輔, 松島恭治
2. 発表標題 窓から見た都市風景を再生するCGHの作成法
3. 学会等名 3次元画像コンファレンス2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 國枝織絵, 松島恭治
2. 発表標題 ビームスキャンによる転写を用いたフルカラー積層体積型CGHの大型化
3. 学会等名 3次元画像コンファレンス2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柳谷太一, 松島恭治
2. 発表標題 ポリゴン法CGHにおけるアルファブレンディングを用いた半透明モデルのレンダリング
3. 学会等名 3次元画像コンファレンス2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 O. Kunieda, K. Matsushima
2. 発表標題 Stacked-volume CGH: A novel technique to create full-color CGHs
3. 学会等名 8th International Symposium on Holography (HODIC in Taiwan 5) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Nagae, K. Matsushima
2. 発表標題 Creation of a large-scale urban landscape CGH using the switch-back and polygon-based method
3. 学会等名 8th International Symposium on Holography (HODIC in Taiwan 5) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K. Nakamoto, K. Matsushima
2. 発表標題 Exact mask-based occlusion processing in large-scale computer holography
3. 学会等名 8th International Symposium on Holography (HODIC in Taiwan 5) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K. Matsushima
2. 発表標題 Very large-scale computer-generated hologram for 3D display
3. 学会等名 11th International Conference on Optics-photonics, Design & Fabrication (ODF'18) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K. Matsushima
2. 発表標題 Recent progress in computer holography: Color and monochrome 3D imaging by large scale computer generated holograms
3. 学会等名 The 18th International Meeting on Information Display (IMID2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K. Matsushima
2. 発表標題 Very large scale CGHs for monochrome and full color 3D imaging
3. 学会等名 Optics and Photonics Congress 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 K. Matsushima, Y. Igarashi, Y. Tsuchiyama
2 . 発表標題 Full-color large-scale computer-generated hologram based on RGB color filters
3 . 学会等名 International Symposium on Display Holography 2018 (ISDH2018) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 S. Igarashi, T. Nakamura, S. Ishii, K. Matsushima, M. Yamaguchi
2 . 発表標題 Reconstruction of realistic 3D images using over-10-gigapixel computergenerated holograms, International Symposium on Display Holography 2018 (ISDH2018)
3 . 学会等名 International Symposium on Display Holography 2018 (ISDH2018) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 O. Kunieda, H. Nakao, K. Matsushima
2 . 発表標題 Full-color CGHs created by stacking monochromatically-transferred volume CGHs
3 . 学会等名 International Symposium on Display Holography 2018 (ISDH2018) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 S. Masuji, K. Matsushima, M. Muneyasu
2 . 発表標題 Low-bits encoding of wave-fields for data-size reduction in computer holography
3 . 学会等名 International Symposium on Display Holography 2018 (ISDH2018) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 R. Nishikawa, T. Tsuchioka, K. Matsushima
2. 発表標題 4 x 4 Time-division multiplexing full-parallax holographic display using the light-source switching technique
3. 学会等名 International Symposium on Display Holography 2018 (ISDH2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松島恭治
2. 発表標題 コンピュータホログラフィによる深い奥行き感のある3次元画像生成
3. 学会等名 平成30年度フォトニクス技術フォーラム第2回研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中清裕貴, 松島恭治
2. 発表標題 GPUとスイッチバック法を用いた点光源法とポリゴン法の速度比較
3. 学会等名 3次元画像コンファレンス2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松崎昭太, 松島恭治, 五十嵐俊介, 山口雅浩
2. 発表標題 高解像度フルカラーCGH作成用ソフトウェアツール
3. 学会等名 3次元画像コンファレンス2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石上智也, 松島恭治
2. 発表標題 フルカラーデジタルホログラフィにおける動的露出制御を用いた光波記録
3. 学会等名 3次元画像コンファレンス2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 五十嵐勇祐, 松島恭治
2. 発表標題 コンタクトコピーを用いたカラーフィルタ方式CGHの画質向上
3. 学会等名 3次元画像コンファレンス2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 橋村直柔, 齋藤智崇, 松島恭治
2. 発表標題 軸外れデニシユク型光学系を用いた波面プリンタの開発
3. 学会等名 3次元画像コンファレンス2018
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 松島恭治他	4. 発行年 2019年
2. 出版社 S&T出版	5. 総ページ数 360
3. 書名 空間立体表示とユーザインタフェース	

1. 著者名 K. Matsushima	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 461
3. 書名 Introduction to Computer Holography	

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 ホログラム表示装置を作製する方法、及びホログラム表示装置の作製装置	発明者 松島恭治, 土山泰裕	権利者 関西大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-114982	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 ホログラム表示システム、ホログラム表示方法、及びホログラム	発明者 松島恭治	権利者 関西大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-57938	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

<Webサイト> WaveField Tools公式Webサイト http://www.laser.ee.kansai-u.ac.jp/WaveFieldTools/ 関大デジタルホロスタジオ http://holography.ordist.kansai-u.ac.jp/digitalholostudio/ 光情報システム研究室 主な研究成果の発表 http://www.laser.ee.kansai-u.ac.jp/Publish.html WaveField Tools公式Webサイト http://www.laser.ee.kansai-u.ac.jp/WaveFieldTools/ 関大デジタルホロスタジオ http://holography.ordist.kansai-u.ac.jp/digitalholostudio/ 光情報システム研究室 主な研究成果の発表 http://www.laser.ee.kansai-u.ac.jp/Publish.html <展示> 「未来へ飛び出せ3D」企画展, 東京農工大学科学博物館, 2018.4.28 - 2018.9.1 Computer Holography -Ultimate 3D Display Based on Holography-, SF-Zone (SF-04) in The 18th International Meeting on Information Display (IMID2018), BEXCO, Busan (Korea), 2018.8.28 - 2018.8.31. 松島恭治: コンピュータホログラフィによる驚きの3D映像, JSTフェア2018 ~科学技術による未来の産業創造展~, 東京ビッグサイト, 東京, 2018.8.30 - 2018.8.31. K. Matsushima, H. Nishi: Exhibition of recent works in large-scale computer holography, in International Symposium on Display Holography 2018 (ISDH2018), Aveiro (Portugal), 2018.6.25 - 2018.6.29.
--

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
研究協力者	五十嵐 勇祐 (IGARASHI Yusuke)	関西大学・理工学研究科 (34416)	
研究協力者	石上 智也 (ISHIGAMI Tomoya)	関西大学・理工学研究科 (34416)	

6. 研究組織（つづき）

	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	中清 裕貴 (NAKASE Yuki)	関西大学・理工学研究科 (34416)	
研究協力者	西川 凌 (NISHIKAWA Ryo)	関西大学・理工学研究科 (34416)	
研究協力者	増地 将哉 (MASUJI Syoya)	関西大学・理工学研究科 (34416)	
研究協力者	松崎 昭太 (MATSUZAKI Syota)	関西大学・理工学研究科 (34416)	
研究協力者	魏 喬 (GI Kyo)	関西大学・理工学研究科 (34416)	
研究協力者	國枝 織絵 (KUNIEDA Orie)	関西大学・理工学研究科 (34416)	
研究協力者	小西 涼太 (KONISHI Ryota)	関西大学・理工学研究科 (34416)	
研究協力者	永江 洋輔 (NAGAE Yosuke)	関西大学・理工学研究科 (34416)	

6. 研究組織（つづき）

	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	中本 健太 (NAKAMOTO Kenta)	関西大学・理工学研究科 (34416)	
研究協力者	橋村 直柔 (HASHIMURA Naonari)	関西大学・理工学研究科 (34416)	
研究協力者	辻 啓生 (TSUJI Takao)	関西大学・理工学研究科 (34416)	
研究協力者	柳谷 太一 (YANAGIYA Taichi)	関西大学・理工学研究科 (34416)	
研究協力者	井伊 美穂 (II Miho)	関西大学・光情報システム研究室 (34416)	

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		
中国	Tsinghua University		