

令和 5 年 6 月 21 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19H04132

研究課題名（和文）ホログラフィック3次元映像処理の革新的高性能化

研究課題名（英文）Innovative performance improvement of holographic 3D image processing

研究代表者

下馬場 朋禄（Tomoyoshi, Shimobaba）

千葉大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：20360563

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題は、次々世代のディスプレイ技術と期待されているホログラフィック3次元ディスプレイで課題となっている、(1) ホログラム計算の高速化、(2) より簡易な光学システムの実現、(3) 高画質な再生像を得ることができるホログラム最適化技術、について研究開発を行った。(1)に関して、スパース点拡がり関数を使用したホログラム計算を提案した。(2)については特殊な光学素子を用いた技術を提案した。(3)は、深層学習およびバイナリ振幅法に開発を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究はホログラフィを利用した3次元ディスプレイに関する研究を行った。この方式の3次元ディスプレイは、他の方式とは異なり、人の知覚特性をすべて満たすため、自然な3次元映像を提示できる。例えば、近年、メタバースなどが注目を集めたが、このような空間を認識するためには、自然な3次元映像提示システムが必要であり、ホログラフィは最も理にかなったものである。本研究で開発した技術は、この方式の要素技術になり得るものである。

研究成果の概要（英文）：In this research project, we developed holographic 3D displays, which are expected to be the next generation of 3D display technology, in order to (1) speed up hologram computation, (2) realize a simpler optical system, and (3) optimize holograms to obtain high quality reproduced images. For (1), we proposed a hologram calculation using sparse point spread functions. For (2), we proposed a technique using special optical elements. For (3), we developed deep learning and binary amplitude methods.

研究分野：光学，計算機工学，3次元画像処理，信号処理

キーワード：ホログラフィ 3次元画像 ホログラム 信号処理 高速計算 深層学習

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ホログラフィを応用した 3 次元ディスプレイは、他の 3 次元ディスプレイとは異なり人間の立体知覚を完全に満たすことができる唯一の方式であり「究極の 3 次元ディスプレイ」と言われている。この方式では始めに、コンピュータ上に 3 次元物体データを用意し、その 3 次元物体から発する光波の伝播計算(回折計算)を行うことで、3 次元物体の光情報をホログラム画像に記録する。そのホログラムを何らかの表示素子(高精細な液晶パネルがよく用いられる)上に表示し光を照射することで、3 次元像を空間に再現することができる。原理的には理想的な方式であるが、主な問題点に、「ホログラムの膨大な計算時間」、「再生される 3 次元像の大きさと見える範囲(視域)」、「再生像の画質」があり、数多の方式の中で最も実現が困難な方式とも言われている。

2. 研究の目的

本研究課題は、次々世代のディスプレイ技術と期待されている重要な(ホログラフィック 3 次元ディスプレイで課題となっている、(1) ホログラム計算の高速化、(2) より簡易な光学システムの実現、(3) 高画質な再生像を得ることができるホログラム最適化技術、について研究開発)を行う。ホログラム計算の高速化については、スパース性に着目した超高速なアルゴリズムの開発を行う。そのアルゴリズムをハードウェア実装することによって、トータルで従来に比べ桁の飛躍的な高速化を目指す。ハードウェアには、GPU(Graphics Processing Unit)および FPGA(Field Programmable Gate Array)を使用する。

現在のホログラフィックディスプレイは表示素子の性能のため、像のサイズは 1cm 程度、視域角(像の見える範囲)は 4°程度に制限されている。その制約を補うため複数の表示素子を並べた複雑な光学系を構築する必要があり、実用化の阻害となっている。

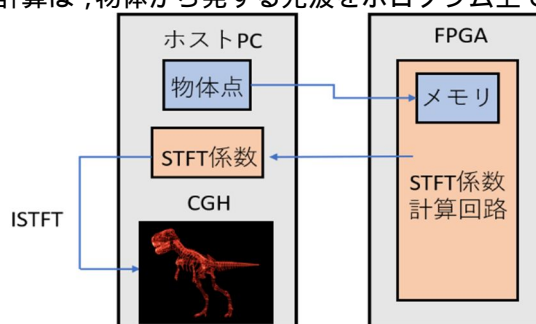
3. 研究の方法

本研究では、1 枚の表示素子と広角度の拡散素子を使用した極めてシンプルな光学技術の開発を行い、像サイズが 5cm、視域角が 30°の 3 次元再生像が得られることを実証する。また、高画質の再生像を得るためにホログラムを最適化が必要があるが、この最適化は繰り返し計算が必要のため、リアルタイムでホログラムを最適化することは困難である。本研究では、深層学習を用いることで、繰り返し計算をせずに、最適化されたホログラムを直接推定できる技術開発を行う。

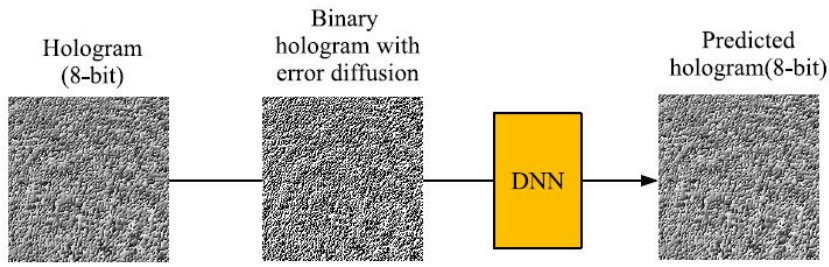
4. 研究成果

(1) ホログラム計算の高速化

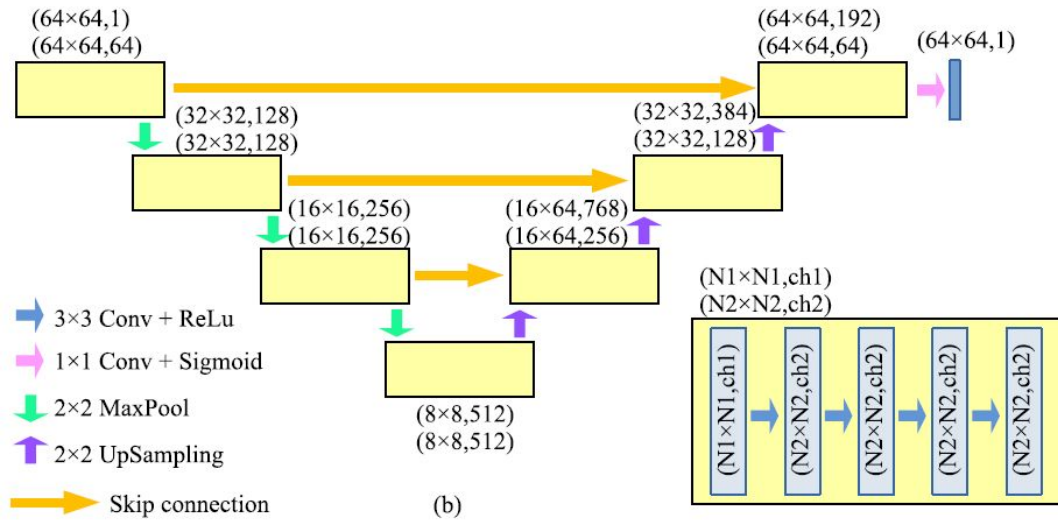
初年度は膨大なホログラムの計算を高速化するために、スパース性(疎性)を利用したホログラム計算アルゴリズムを検討した。ホログラムの計算は、物体から発する光波をホログラム上ですべて足し合わせる必要があるため計算量が膨大なものとなる。しかし、ホログラム面での光波の分布は一見すると密なデータのように見えるが、見方を変えることで疎なデータとみなせる。具体的には短時間フーリエ変換を用いたアルゴリズムの実装を行う、このアルゴリズムを FPGA に実装することを検討した。本アルゴリズムを FPGA に実装することに成功し(右図)、CPU や GPU に比べ低消費電力でホログラム計算ができることを示し、CPU に比べ高速にホログラムを生成することに成功した。



また、本研究課題ではホログラム計算と深層学習の融合も一つの課題にあげている。本年度は、ホログラム画像をデータサイズを 1/8 に圧縮したものから、深層学習を用いて復号する技術の開発に成功した。次ページ上段の図はその概略図である。圧縮にはホログラムに対して単純なバイナリ処理を施し、そのバイナリ化されたホログラムからもとの階調のあるホログラムを深層学習で推定した。提案手法は既存の圧縮技術(JPEG2000, HEVC)よりも同ビットレートで圧縮・復調できることを示すことができた。

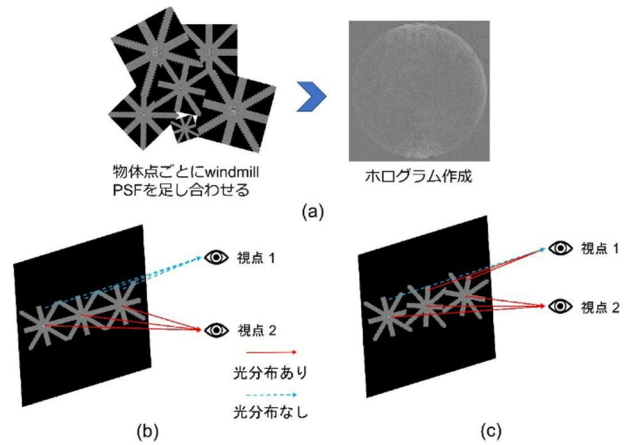


(a)

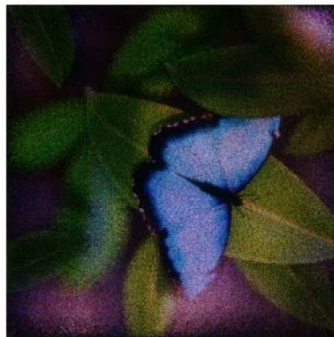


(b)

2年目から最終年度は、ホログラム計算の高速化に関して、ホログラフィックディスプレイに使える特殊なスパース点拡がり関数を2種類 (radial PSF と windmill PSF, PSF は point spread function) 設計し、画質を落とさずに計算を高速化できることを示した。前者の点拡がり関数は、視点固定のホログラフィックヘッドマウントディスプレイでは、観察に不要な計算領域を削除し点拡がり関数をスパース化することで、計算高速化ができる。後者は、より一般的な裸眼タイプのホログラフィックディスプレイの計算高速化を行なうために、radial PSF を風車のように回転させる手法を開発した。右図はその概略図である。下図は提案手法による再生像である。



(g) Fresnel
(windmill PSF)

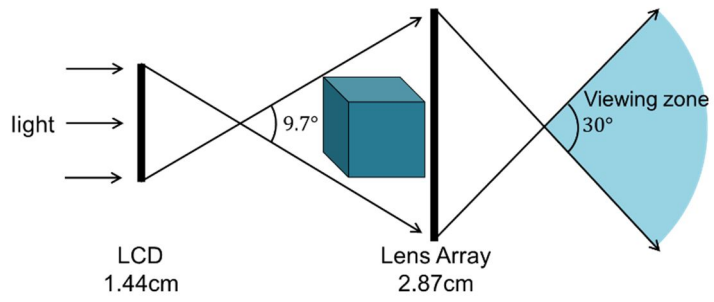


(h) WRP
(windmill PSF)

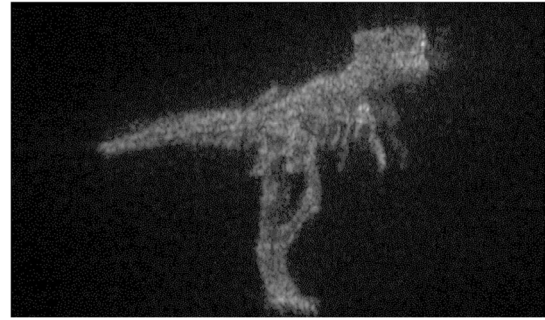


(i) PAS
(windmill PSF)

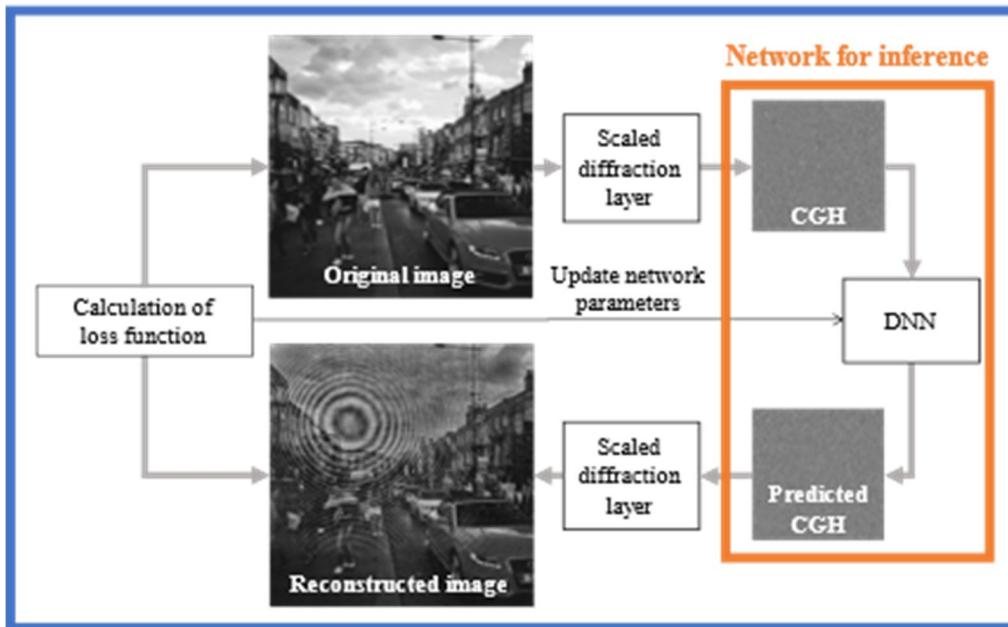
2) より簡易な光学システムの実現に関しては,特殊な光学素子をホログラムと観察者の間に配置することで,ホログラム表示素子の空間帯域幅積を拡大できる手法を開発した.この効果をシミュレーションで確認した.右図はその概略図である.右下図は,この光学系からの再生像を示す.



(3) 高画質な再生像を得ることができるホログラム最適化技術に関しては,ホログラムの最適化技術として,これまでに反復計算を必要とする最適化計算が使われてきたが,深層学習ベースのホログラム最適化技術を開発した(下図).この技術をレンズが必要のないホログラフィックプロジェクト上でその効果を確認した.



Network for training



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計20件（うち査読付論文 20件／うち国際共著 9件／うちオープンアクセス 11件）

1. 著者名 Tomoyoshi Shimobaba, David Blinder, Tobias Birnbaum, Ikuo Hoshi, Harutaka Shiomi, Peter Schelkens, Tomoyoshi Ito	4. 巻 3
2. 論文標題 Deep-learning computational holography: A review [invited]	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Photonics - Optical Information Processing and Holography	6. 最初と最後の頁 854391
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fphot.2022.854391	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 Daiki Yasuki, Tomoyoshi Shimobaba, Michal Makowski, Jaroslaw Suszek, Maciej Sypek, Takashi Kakue, Tomoyoshi Ito	4. 巻 30
2. 論文標題 Real-valued layer-based hologram calculation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 7821-7830
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.453541	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 Yoshiyuki Ishii, Tomoyoshi Shimobaba, David Blinder, Tobias Birnbaum, Peter Schelkens, Takashi Kakue, and Tomoyoshi Ito	4. 巻 128
2. 論文標題 Optimization of phase-only holograms calculated with scaled diffraction calculation through deep neural networks	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Physics B	6. 最初と最後の頁 22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00340-022-07753-7	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 該当する
1. 著者名 Tomoyoshi Shimobaba, Tatsuki Tahara, Ikuo Hoshi, Harutaka Shiomi, Fan Wang, Takayuki Hara, Takashi Kakue, Tomoyoshi Ito	4. 巻 61
2. 論文標題 Real-valued diffraction calculations for computational holography [Invited]	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Optics	6. 最初と最後の頁 B96-B102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/AO.443439	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 Michal Makowski, Tomoyoshi Shimobaba, Adam Kowalczyk, Maciej Sypek, Joanna Starobrat, Jaroslaw Suszek, Artur Sobczyk, Andrzej Kolodziejczyk	4. 巻 150
2. 論文標題 Holographic projection with an extended depth of focus for highly tilted screens	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Optics and Lasers in Engineering	6. 最初と最後の頁 106840
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.optlaseng.2021.106840	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 該当する

1. 著者名 Michal Makowski, Tomoyoshi Shimobaba	4. 巻 13
2. 論文標題 Improved playback uniformity of random-phase free holograms by pixel separation method	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Photonics Letters of Poland	6. 最初と最後の頁 82-84
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 Daiki Yasuki, Tomoyoshi Shimobaba, Michal Makowski, David Blinder, Jaroslaw Suszek, Maciej Sypek, Tobias Birnbaum, Peter Schelkens, Takashi Kakue, Tomoyoshi Ito	4. 巻 29
2. 論文標題 Three-dimensional hologram calculations using blocked radial and windmill point spread functions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 44283-44298
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.447737	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 Tomoyoshi Shimobaba, Sota Oshima, Takashi Kakue, Tomoyoshi Ito	4. 巻 -
2. 論文標題 Image quality enhancement of embedded holograms in holographic information hiding using deep neural networks	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Asian Journal of Physics	6. 最初と最後の頁 -
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 Fan Wang, Tomoyoshi Shimobaba, Yaping Zhang, Takashi Kakue, Tomoyoshi Ito	4. 巻 29
2. 論文標題 Acceleration of polygon-based computer-generated holograms using look-up tables and reduction of the table size via principal component analysis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 35442-35455
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.435966	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 Daiki Yasuki, Tomoyoshi Shimobaba, Michal Makowski, Jaroslaw Suszek, Takashi Kakue, Tomoyoshi Ito	4. 巻 60
2. 論文標題 Hologram computation using the radial point spread function	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Optics	6. 最初と最後の頁 8829-8837
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/AO.437777	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 該当する

1. 著者名 Takayuki Takahashi, Tomoyoshi Shimobaba, Takashi Kakue, Tomoyoshi Ito	4. 巻 11
2. 論文標題 Time-division holographic projection in large size using a digital micromirror device	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Science	6. 最初と最後の頁 6277
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app11146277	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 Tomoyoshi Shimobaba, Ikuo Hoshi, Harutaka Shiomi, Fan Wang, Takayuki Hara, Takashi Kakue, Tomoyoshi Ito	4. 巻 60
2. 論文標題 Mitigating ringing artifacts in diffraction calculations using average subtractions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Optics	6. 最初と最後の頁 6393-6399
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/AO.431216	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 Yoshiya Wagatsuma, Tomoyoshi Shimobaba, Yota Yamamoto, Ikuo Hoshi, Takashi Kakue, and Tomoyoshi Ito	4. 巻 59
2. 論文標題 Phase retrieval using axial diffraction patterns and a ptychographic iterative engine	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Optics	6. 最初と最後の頁 354-362
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 Shohei Ikawa, Naoki Takada, Hiromitsu Araki, Hiroaki Niwase, Hiromi Sannomiya, Hirohisa Nakayama, Minoru Oikawa, Yuichiro Mori, Takashi Kakue, Tomoyoshi Shimobaba, and Tomoyoshi Ito	4. 巻 18
2. 論文標題 Real-time color holographic video reconstruction using multiple-graphics processing unit cluster acceleration and three spatial light modulators	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chinese Optics Letters	6. 最初と最後の頁 10901
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 David Blinder, Tomoyoshi Shimobaba	4. 巻 27
2. 論文標題 Efficient algorithms for the accurate propagation of extreme-resolution holograms"	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 29905-29915
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 Tomoyoshi Shimobaba, David Blinder, Michal Makowski, Peter Schelkens, Yota Yamamoto, Ikuo Hoshi, Takashi Nishitsuji, Yutaka Endo, Takashi Kakue, Tomoyoshi Ito	4. 巻 44
2. 論文標題 Dynamic range compression scheme for digital hologram using a deep neural network	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Optics Letters	6. 最初と最後の頁 3038-3041
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 該当する

1. 著者名 Hidenari Yanagihara, Takashi Kakue, Yota Yamamoto, Tomoyoshi Shimobaba, Tomoyoshi Ito	4. 巻 27
2. 論文標題 Real-time three-dimensional video reconstruction of real scenes with deep depth using electro-holographic display system	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 15662-15678
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Satoki Hasegawa, Hidenari Yanagihara, Yota Yamamoto, Takashi Kakue, Tomoyoshi Shimobaba, Tomoyoshi Ito	4. 巻 2
2. 論文標題 Electroholography of real scene by RGB-D camera and downsampling method	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 OSA Continuum	6. 最初と最後の頁 1629-1638
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Takashi Nishitsuji, Yudai Hosono, Takashi Kakue, Tomoyoshi Shimobaba, Tomoyoshi Ito, Takuya Asaka	4. 巻 27
2. 論文標題 Compression scheme of electro-holography based on the vector quantization of point light sources	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 11594-11607
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yota Yamamoto, Nobuyuki Masuda, Ryuji Hirayama, Hirotaka Nakayama, Takashi Kakue, Tomoyoshi Shimobaba, Tomoyoshi Ito	4. 巻 2
2. 論文標題 Special-purpose computer for electroholography in embedded systems	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 OSA Continuum	6. 最初と最後の頁 1166-1173
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計28件（うち招待講演 5件 / うち国際学会 14件）

1. 発表者名 石井美幸, 下馬場朋禄, 角江崇, 伊藤智義,
2. 発表標題 深層学習による既存の位相限定ホログラムの最適化
3. 学会等名 日本光学会年次学術講演会 OPJ2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 安木大貴, 下馬場朋禄, 角江崇, 伊藤智義,
2. 発表標題 射状点拡がり関数のホログラム高速化手法への適用
3. 学会等名 The 11th International Conference on 3D Systems and Applications (3DSA2019)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 塩見日隆, 下馬場朋禄, 角江崇, 伊藤智義,
2. 発表標題 ウェーブレット変換による3次元シーン圧縮を用いたホログラム高速計算手法: WASABI-2の提案
3. 学会等名 日本光学会ホログラフィック・ディスプレイ研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石井美幸, 下馬場朋禄, 角江崇, 伊藤智義,
2. 発表標題 深層学習による既存のホログラムの最適化
3. 学会等名 3次元画像コンファレンス2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 安木大貴, 下馬場朋禄, 角江崇, 伊藤智義,
2. 発表標題 放射状点拡がり関数を用いたホログラム計算
3. 学会等名 3次元画像コンファレンス2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 勝山修平, 下馬場朋禄, 角江崇, 伊藤智義,
2. 発表標題 既存ホログラムからの任意方向運動視差ホログラムの直接生成
3. 学会等名 3次元画像コンファレンス2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yoshiyuki Ishii, Tomoyoshi Shimobaba, Takashi Kakue, Tomoyoshi Ito,
2. 発表標題 Optimization of existing quadratic phase-based phase-only holograms using deep learning
3. 学会等名 3DSA2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Daiki Yasuki, Tomoyoshi Shimobaba, David Blinder, Tobias Birnbaum, Peter Schelkens, Takashi Kakue, Tomoyoshi Ito,
2. 発表標題 Expanding the viewing angle of holograms using the rotational radial point spread function
3. 学会等名 3DSA2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Fan Wang, Tomoyoshi Shimobaba, Takashi Kakue, Tomoyoshi Ito,
2. 発表標題 Analytical polygon hologram calculation using look-up tables and band-limited spectra
3. 学会等名 Frontiers in Optics + Laser Science 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 (invited, tutorial) Tomoyoshi Shimobaba, Takashi Kakue, Tomoyoshi Ito ,
2. 発表標題 Computer-generated Holograms: Algorithms and Related Topics
3. 学会等名 Digital Holography and 3D Imaging Meeting (DH2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ikuo Hoshi, Tomoyoshi Shimobaba, Takashi Kakue, Tomoyoshi Ito
2. 発表標題 Investigation of Single-Pixel Imaging using Recurrent Neural Network
3. 学会等名 International Conference on 3D Systems and Applications (3DSA2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryota Furukawa, Tomoyoshi Shimobaba, Takashi Kakue, Tomoyoshi Ito
2. 発表標題 Calculation Reduction Method for Computer-Generated Hologram using Angular Redundancy and Color Space Conversion
3. 学会等名 The 11th International Conference on 3D Systems and Applications (3DSA2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shoki Kikukawa, Tomoyoshi Shimobaba, Takashi Kakue, Tomoyoshi Ito
2. 発表標題 Direct Light Removal and Image Quality Evaluation of Large Screen Holographic Projection
3. 学会等名 The 11th International Conference on 3D Systems and Applications (3DSA2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomoyoshi Shimobaba, Takashi Kakue, Tomoyoshi Ito
2. 発表標題 Hologram compression using deep-learning and complex amplitude encoding using binarized amplitude
3. 学会等名 International Workshop on Holography and Related Technologies 2019 (IWH2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomoyoshi Shimobaba, David Blinder, Peter Schelkens, Yota Yamamoto, Ikuo Hoshi, Atsushi Shiraki, Takashi Kakue, Tomoyoshi Ito
2. 発表標題 Deep-learning-based dynamic range compression for 3D scene hologram
3. 学会等名 International Conference on Optics & Electro-Optics XLIII Symposium of Optical Society of India (ICOL-2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomoyoshi Shimobaba, David Blinder, Peter Schelkens, Yota Yamamoto, Ikuo Hoshi, Takashi Kakue, Tomoyoshi Ito
2. 発表標題 Deep-learning-assisted hologram calculation via low-sampling holograms
3. 学会等名 4th International Conference on Enterprise Architecture and Information Systems (EAIS2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名	Yota Yamamoto, Nobuyuki Masuda, Hirotaka Nakayama, Tomoyoshi Shimobaba, Takashi Kakue, Tomoyoshi Ito
2. 発表標題	Phase type special-purpose computer for electroholography in embedded systems
3. 学会等名	4th International Conference on Enterprise Architecture and Information Systems (EAIS2019) (国際学会)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	Tomoyoshi Shimobaba, Shota Yamada, Takashi Kakue, Tomoyoshi Ito
2. 発表標題	Point spread function engineering for wavelet-based hologram calculation
3. 学会等名	the Special Session on "Digital Holography for Industrial Applications" (SS-DHIA) of the IEEE 28th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	Ryota Furukawa, Tomoyoshi Shimobaba, Kakue Takashi, Tomoyoshi Ito
2. 発表標題	Fast calculation of computer-generated hologram using holographic stereogram with depth
3. 学会等名	Information Photonics2019 (IP'19) (国際学会)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	Takashi Nishitsuji, Yota Yamamoto, Takashige Sugie, Takashi Kakue, Hirotaka Nakayama, Tomoyoshi Shimobaba, Tomoyoshi Ito
2. 発表標題	Dedicated computer for computer holography and its future outlook
3. 学会等名	SPIE Sensing Technology + Applications (招待講演) (国際学会)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名 柳原秀成, 下馬場朋禄, 角江崇, 伊藤智義
2. 発表標題 波面記録法におけるホログラム計算の光線追跡法とルックアップテーブル法の比較
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第40回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 星郁雄, 下馬場朋禄, 角江崇, 伊藤智義
2. 発表標題 リカレントニューラルネットワークを用いたシングルピクセルイメージング画像の再構成
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第40回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本洋太, 増田信之, 下馬場朋禄, 角江崇, 伊藤智義
2. 発表標題 System on a Chipを用いた小型な電子ホログラフィ専用計算機の開発
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第40回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山口由美, 長浜佑樹, 山本洋太, 下馬場朋禄, 角江崇, 伊藤智義
2. 発表標題 ランダム位相フリー法を用いた位相型ホログラムの画質改善とシミュレーションによる検証
3. 学会等名 令和元年第3回ホログラフィック・ディスプレイ研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本洋太, 増田信之, 下馬場朋禄, 角江崇, 伊藤智義
2. 発表標題 組み込みシステム向け位相変調型電子ホログラフィ専用計算機の開発
3. 学会等名 第18回情報科学技術フォーラム(FIT2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 星郁雄, 下馬場朋禄, David Blidner, 角江崇, 伊藤智義
2. 発表標題 深層学習を用いたデジタルホログラム圧縮手法の研究
3. 学会等名 第13回慎重画像システム・情報フォトニクス研究討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西辻崇, 細野湧大, 角江崇, 下馬場朋禄, 伊藤智義, 朝香卓也
2. 発表標題 点群のベクトル量子化に基づく電子ホログラフィの圧縮伝送方式
3. 学会等名 2019年第2回 ホログラフィック・ディスプレイ研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本洋太, 増田信之, 角江崇, 下馬場朋禄, 伊藤智義
2. 発表標題 電子ホログラフィ向け専用計算機の開発
3. 学会等名 LSIとシステムのワークショップ2019
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	伊藤 智義 (ITO TOMOYOSHI) (20241862)	千葉大学・大学院工学研究院・教授 (12501)	

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
---------	---------