

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：14303

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2022～2023

課題番号：22K18809

研究課題名（和文）音場のナノ分解能高速度スペクトロスコピック動画像計測技術の創生

研究課題名（英文）Spectroscopic high-speed motion picture measurement of sound field with nanometer-order precision

研究代表者

栗辻 安浩（Yasuhiro, Awatsuji）

京都工芸繊維大学・電気電子工学系・教授

研究者番号：80293984

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：音波の伝搬ならびにその音波を構成する各周波数が伝搬する様子をナノメートルオーダーで動画像計測が可能な技術の創生を目的として、ホログラフィを応用した計測法を創生し、その実証システムを構築した。構築システムを用いて、複数のスピーカから発した音波が混在する様子の動画像を記録し、それぞれの音波が伝搬する様子を分離して再構成することに成功した。

また、創生技術の応用として揺らぐ媒体中を伝搬する音の様子の動画像から音波の伝搬のみの動画像抽出を行った。スプレーノズルから発せられた圧縮ガス中を音波が伝わる様子を動画像として記録し、その動画像から音波の伝搬の動画像のみを分離、識別して再構成することに成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでの音波イメージングでは、音の伝搬の様子の動画像記録ができていたが、音の種類による分別はできなかった。本研究で創生した計測方法では、音波の伝搬をナノメートルオーダーかつ周波数成分毎にその伝搬を動画像再構成できる新しい方法であり学術的意義が大きい。本法は、稼働中の種々の機械から発せられる超音波の計測や超音波を用いた検査装置の評価に応用できるために、安全なものづくりに貢献でき、社会的意義も大きい。

研究成果の概要（英文）：A holography-based measurement method was developed and a demonstration system was constructed to create a technology that can measure the propagation of sound waves and their component frequencies in movies on the nanometer order. Using the system, we recorded movies of sound waves emitted from multiple speakers, and succeeded in separating and reconstructing the propagation of each sound wave.

In addition, as an application of the created technique, we extracted movies of only the propagation of sound waves from movies of sound propagating through a fluctuating medium. The sound wave propagation in compressed gas emitted from a spray nozzle was recorded as a movie, and only the propagation of the sound wave was successfully identified, separated, and reconstructed from the movie.

研究分野：光応用計測

キーワード：計測工学 超精密計測 画像計測 光工学・光量子科学 3次元画像 ホログラフィ 位相計測 高速度イメージング

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

近年、種々の最先端科学、工学、産業など様々な分野で音波の計測とくに音場の可視化が重要になりつつある。音場の可視化に一般には、マイクロホンを用いて計測範囲を走査することで音場イメージングが行われるが、走査が必要なために動的な音場のイメージングが不可能である。この問題を解決するために、これまでに 2 次元的に配置したマイクロホンアレイ^{①・③}の利用が報告されている。この技術では、マイクロホンを高密度に配置することが困難なために、空間分解能が低いだけでなく得られる結果は音場の 2 次元分布に限られていた。この問題を解決する方法として、光を用いた音場イメージング技術があり、その 1 つにシュリーレン法による音場イメージング^{④・⑤}がある。この方法で得られる音場の空間分解能は、記録に用いる撮像素子の画素ピッチ程度まで得られるので、 μm オーダーと非常に高い。しかし、シュリーレン法は、特定の平面においてのみ音場の 2 次元イメージングできるが、所定の奥行き位置以外の箇所を測ることができず、3 次元空間に対する音場のイメージングは困難である。光学的音場イメージング手法として他に、光干渉やホログラフィを用いる画像計測法が提案されている。これらの方法で音場の動的可視化や 3 次元の音源位置特定が行われてきた。このような音場の可視化技術の近年の発展において、複数の音波が同時に存在する場で、異なる音波の周波数毎に伝搬する様子を分離抽出し動画像として可視化する方法が期待されている。

2. 研究の目的

異なる複数の音が同時に伝搬する音場の様子を光学的に動画像として記録し、記録した動画像から周波数毎の音波の伝搬の動画像を抽出して可視化する技術である音場のナノメートルオーダーの空間分解能を有する高速度スペクトロスコピック動画像計測技術(音映像技術)の創生を目指す。そのために、3 次元画像表示技術であるホログラフィを応用することで、目指す技術を創生し、その技術の実証システムを設計し構築する。また、構築したシステムにより創生技術を実証する。

3. 研究の方法

本研究では光を用いて音場を記録する。この技術の原理の概略を図 1 に示す。空气中を伝搬する音波は、媒質である空気粗と密の部分が高速に振動しながら伝搬する波である。その粗密波を光波が横切ると、密の部分では光の位相が遅れ、粗の部分では光波の位相が進む。通常のカメラでは、光の明るさである振幅は記録できるが光の位相変化は記録できない。一方、ホログラフィでは光の位相変化を定量的に記録できる。感光材料であるホログラフィ乾板を用いる従来のホログラフィでは、ある瞬間の位相分布を記録できるが、音波が伝わる様子などを動画像として記録できない。そこで、イメージセンサを用いてホログラムを記録し、コンピュータを用いて物体光の複素振幅分布を数値再生できるデジタルホログラフィを本研究における光の位相変化の記録技術として用いる。ただし、通常デジタルホログラフィ^⑫では、非回折光や共役像が所望の像に重畳するために、音波の正確な像の記録が困難である。そこで本研究では、高速度偏光カメラを用いた並列位相シフトデジタルホログラフィ^⑬を用いることで複数の音波が伝搬する様子を同時に動画像記録する。さらに、記録した動画に対して計算機処理を用いて、周波数毎に異なる音波の伝搬の様子を分離した動画像を再構成する。

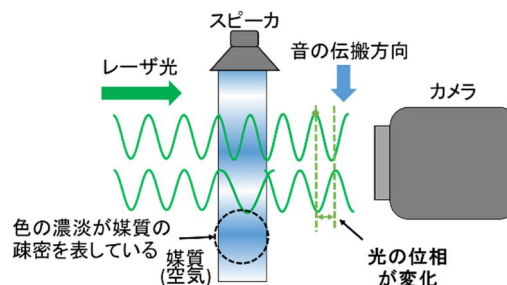


図 1 音場の光学的記録の原理。

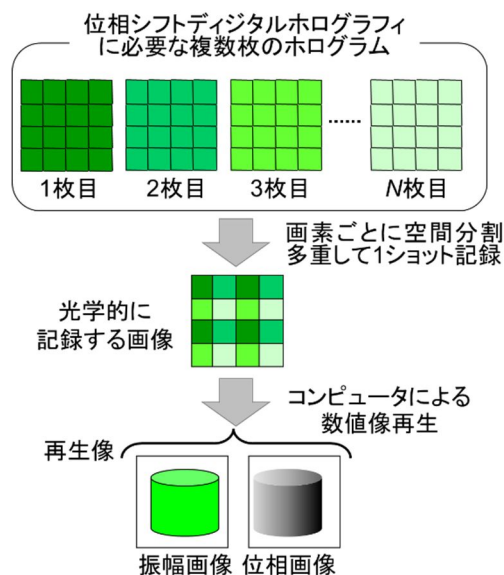


図 2 並列位相シフトデジタルホログラフィの原理。

並列位相シフトデジタルホログラフィ^⑬は、画像のシングルショット記録で物体からの光の複素振幅を記録できる技術である。図 2 に並列位相シフトデジタルホログラフィの原理の概略を示す。この技術では、参照光の位相を複数回シフトさせながら複数のホログラムを逐次記録し、それらのホログラムから不要像を除去する技術である位相シフトデジタルホログラフィ^⑭を空間分割多重技術を用いてシングルショットで実現する。この技術では、シングルショット記録された 1 枚のホログラムに対して計算機処理を行うことで、ホログラムを記録した瞬間における不要像が重ならない物体の正確な複素振幅を得る。

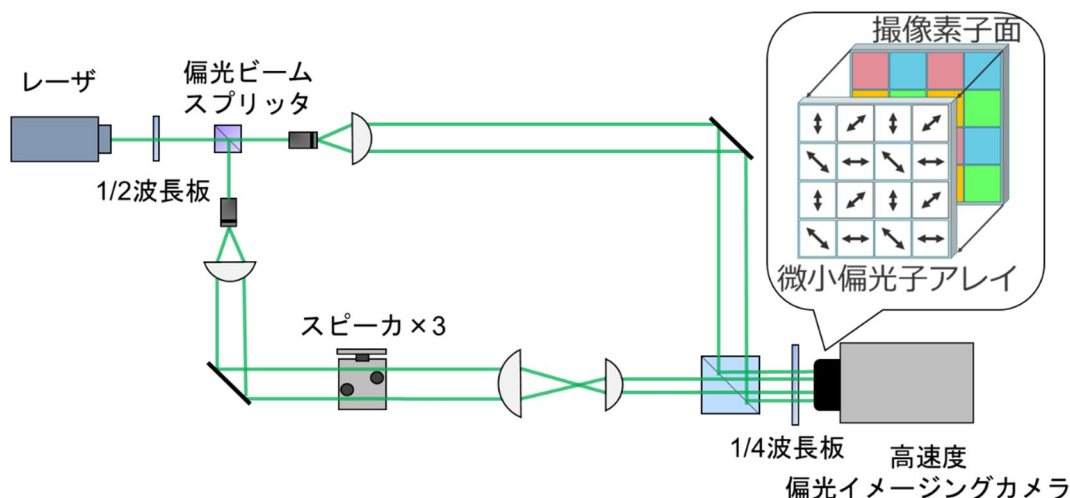


図3 構築したシステムの概略。

- (1) 分音映像技術: 複数音波が伝搬する様子の同時動画像記録ならびに周波数毎に異なる音波の伝搬の様子を分離した動画像の再構成

本研究で創生した分音映像技術として複数音波が伝搬する様子の同時動画像記録ならびに周波数毎に異なる音波の伝搬の様子を分離した動画像の再構成を行う。このために並列位相シフトデジタルホログラフィシステムを構築した。構築したシステムの概略を図3に示す。マッハツェンダ干渉計においてホログラムの記録には偏光高速カメラ(株)フォトロン Fastcam SA5-P, 光源には波長 532nm の連続波を発する Nd:YVO₄ レーザ 京セラ SOC JUNO を用いた。音源として村田製作所 MA40S4S を 3 個設定し, スピーカ 1 からは 39.5 kHz, スピーカ 2 から 40.0 kHz, スピーカ 3 からは 40.5 kHz の音波を発した。これらのスピーカから同時に発せられる音波が重なる空間にレーザ光を通過させてホログラムの動画を毎秒 10 万コマで記録した。

- (2) 分音映像技術の応用: 揺らぐ媒体中を伝搬する音の様子の動画像から音波の伝搬のみの動画像抽出

創生した分音映像技術の応用として, 揺らぐ媒体中を伝搬する音の様子の動画像から音波の伝搬のみの動画像抽出を行った。その実験システムを図4に示す。このシステムは基本的には図4に示したものと同じものを用いた。記録する物体として光軸に対して垂直に音波を発するように1つのスピーカを配置し 40 kHz の音を発した。さらに光軸および音波の進行と両方に垂直に圧縮ガス流を発するようにスプレーノズルを配置した。圧縮ガス流を発している間に音波を発生させて, その両方を通過した光波のホログラムを記録した。記録速度は毎秒 10 万コマとした。

揺らぐ媒体中を伝搬する音の様子の動画像から音波の伝搬のみの動画像抽出は以下の手順で行った。まず, 並列位相シフトデジタルホログラフィを用いて取得する。取得した位相画像の各画素値に対して画素値の時間変化に対して時間フーリエ変換作用させて時間周波数スペクトルを取得する。次に, 音の周波数を抽出するように, 得られた時間周波数スペクトルに時間周波数フィルタリングを行う。得られた時間周波数スペクトルに逆フーリエ変換を作用させて, 音の

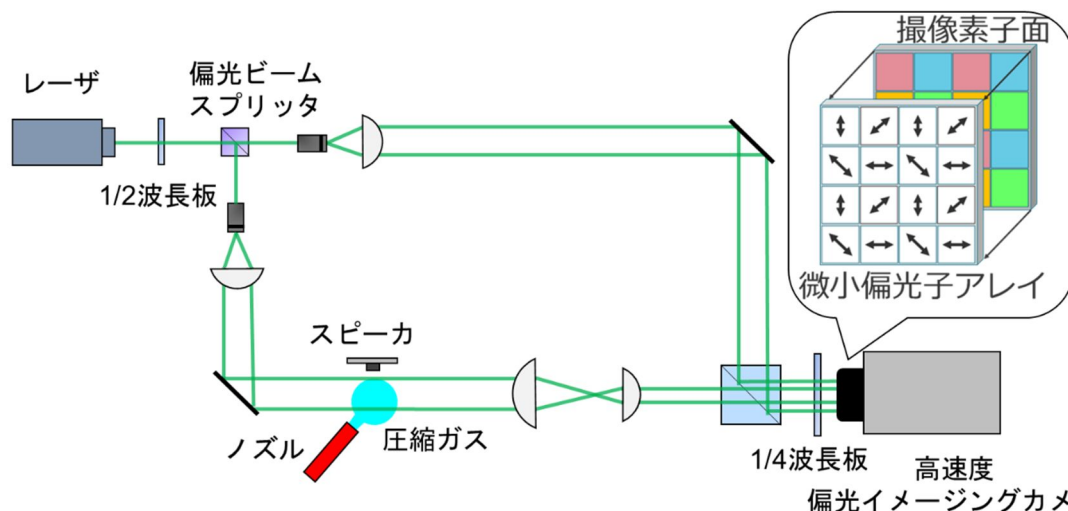


図4 揺らぐ媒体中を伝搬する音の様子の動画像から音波の伝搬のみの動画像を抽出する実験システムの概略。

像を取得する．この処理によって，ガス流内の音波の動画からガスの流れの様子を排除した，音波の伝搬のみの動画を再構成できる．

4．研究成果

(1) 分音映像技術：複数音波が伝搬する様子の同時動画記録ならびに周波数毎に異なる音波の伝搬の様子を分離した動画の再構成

分音映像技術の実証として複数音波が伝搬する様子の同時動画記録ならびに周波数毎に異なる音波の伝搬の様子を分離した動画を再構成した実験の結果について述べる．まず図5に，3つのスピーカから同時に音波が発せられている時に記録した音波の伝搬の動画から得られた動画から抜き出した4枚の画像を示す．各コマで音波による光の位相変化をグレースケールで示している．この図からは，異なる周波数の音が全て重なった状態で伝搬している様子しか認識できない．一方この動画に対して，本研究で創生した技術を適用した結果を図6に示す．この図から，創出した技術により，それぞれ異なる周波数の音波が伝搬する様子の動画が得られていることが分かる．従って，複数の音波が伝搬する状況において異なる周波数毎に音波の伝搬の様子を分離した動画の記録に成功したことがわかる．しかも本技術は干渉計測技術に基づいているために，ナノメートルオーダーの空間分解能を有している．このように，音場のナノメートルオーダーの空間分解能を有する高速度スペクトロスコピック動画をすることに成功した．

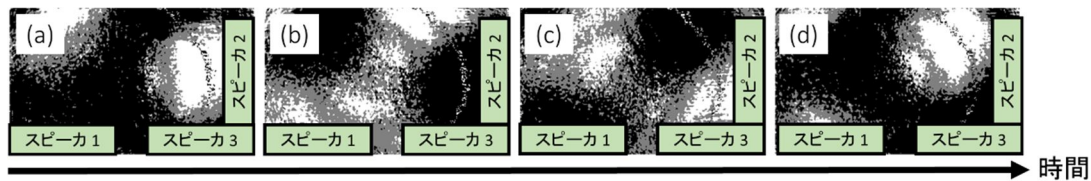


図5 3つのスピーカから，それぞれ異なる周波数の音波を同時に発生させた音場の動画記録結果．スピーカ1，39.5 kHz；スピーカ2，40.0 kHz；スピーカ3，40.5 kHzの音波を発している．

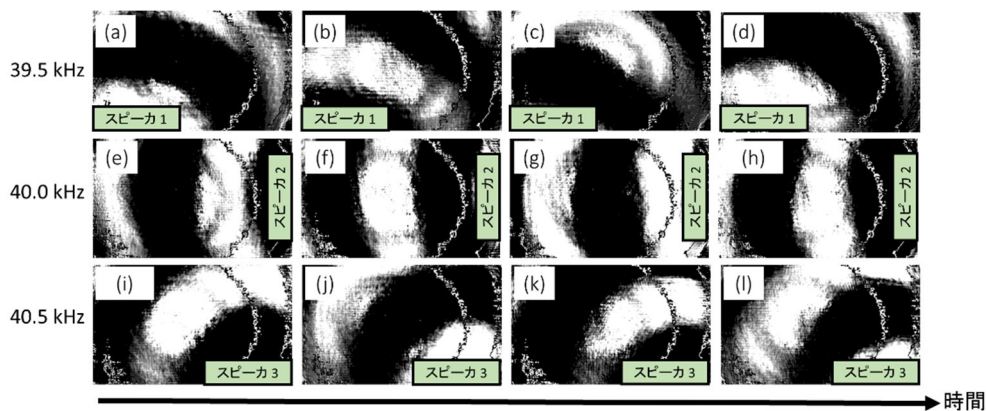


図6 3つのスピーカから，それぞれ異なる周波数の音波を同時に発生させた音場を記録し，それぞれの音波のみが伝搬する動画の再構成結果．

(2) 分音映像技術の応用：揺らぐ媒体中を伝搬する音の様子の動画から音波の伝搬のみの動画抽出

揺らぐ媒体中を伝搬する音の様子の動画から音波の伝搬のみの動画抽出した実験の結果について述べる．スプレーノズルから発せられた圧縮ガスが噴射されている中を音波が伝搬する様子を図4に示したシステムで記録・再生した．この時に再生された位相動画から抜き出し

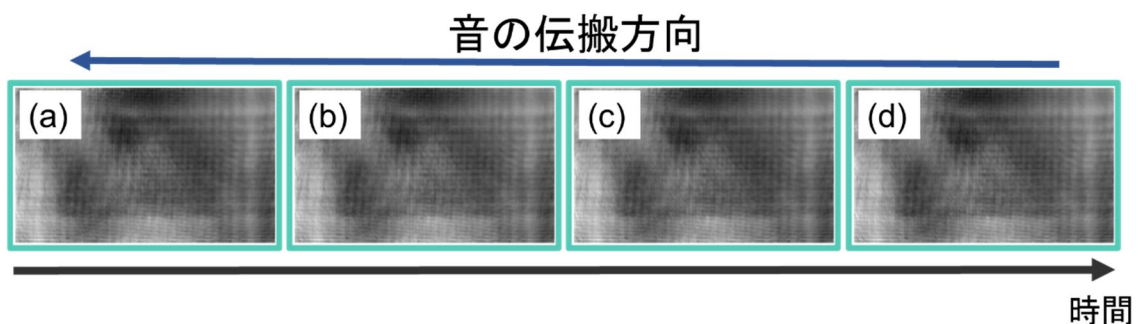


図7 スプレーノズルから発せられた圧縮ガスが噴射されている中を音波が伝わる様子を図4に示したシステムで記録・再生．隣接するコマとの時間間隔は10 μsである．音波の伝搬の様子が認識できない．

た4枚の画像を図7に示す。隣接する画像の時間間隔 $10 \mu\text{s}$ はである。得られた画像を見ると、圧縮ガスによる位相変化が大きく、音波の伝搬の様子が認識できないことが分かる。そこで、この位相動画から音波の周波数を求め、その音波の分音映像のみを再構成した。図8に、再構成により得られた動画から抜き出した4枚の画像を示す。音波が伝搬の様子が明瞭に識別できる。このように、音の周波数を考慮した分音映像により、揺らぐ媒体中を伝搬する音の様子の可視化と識別に成功した。

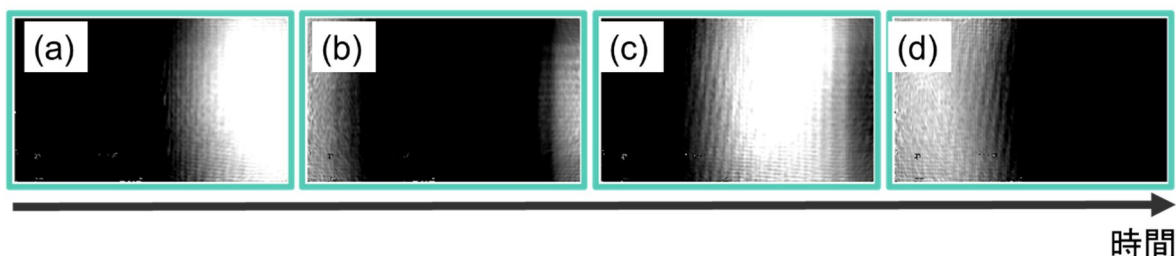


図8 図7の位相動画から音波の周波数を求め、その音波の分音映像のみを再構成し得られた動画から抜き出した4枚の画像。音波が伝搬の様子が明瞭に識別できる。

<引用文献>

- E. G. Williams, J. D. Maynard, and E. Skudrzyk, "Sound source reconstructions using a microphone array," *J. Acoust. Soc. Am.* **68**, 340–344 (1980).
- X. Huang, "Real-time algorithm for acoustic imaging with a microphone array," *J. Acoust. Soc. Am.* **125**, EL190–EL195 (2009).
- E. Fernandez-Grande, "Sound field reconstruction using a spherical microphone array," *J. Acoust. Soc. Am.* **139**, 1168–1178 (2016).
- M. J. Hargather, G. S. Settles, and M. J. Madalis, "Schlieren imaging of loud sounds and weak shock waves in air near the limit of visibility," *Shock Waves* **20**, 9–17 (2010).
- N. Chitanont, K. Yatabe, K. Ishikawa, and Y. Oikawa, "Spatio-temporal filter bank for visualizing audible sound field by Schlieren method," *Appl. Acoust.* **115**, 109–120 (2017).
- F. Souris, J. Grucker, J. Dupont-Roc, P. Jacquier, A. Arvengas, and F. Caupin, "Time-resolved quantitative multiphase interferometric imaging of a highly focused ultrasound pulse," *Appl. Opt.* **49**, 6127–6133 (2010).
- K. Bertling, J. Perchoux, T. Taimre, R. Malkin, D. Robert, A. D. Rakić, and T. Bosch, "Imaging of acoustic fields using optical feedback interferometry," *Opt. Express* **22**, 30346–30356 (2014).
- K. Ishikawa, K. Yatabe, N. Chitanont, Y. Ikeda, Y. Oikawa, T. Onuma, H. Niwa, and M. Yoshii, "High-speed imaging of sound using parallel phase-shifting interferometry," *Opt. Express* **24**, 12922–12932 (2016).
- K. Ishikawa, R. Tanigawa, K. Yatabe, Y. Oikawa, T. Onuma, and H. Niwa, "Simultaneous imaging of flow and sound using high-speed parallel phase-shifting interferometry," *Opt. Lett.* **43**, 991–994 (2018).
- Y. Takase, K. Shimizu, S. Mochida, T. Inoue, K. Nishio, S. K. Rajput, O. Matoba, P. Xia, and Y. Awatsuji, "High-speed imaging of the sound field by parallel phase-shifting digital holography," *Appl. Opt.* **60**, A179–A187 (2021).
- S. Hashimoto, Y. Takase, T. Inoue, K. Nishio, P. Xia, S. K. Rajput, O. Matoba, and Y. Awatsuji, "Simultaneous imaging of sound propagations and spatial distribution of acoustic frequencies," *Appl. Opt.* **61**, B246–B254 (2022).
- J. W. Goodman and R. W. Lawrence, "Digital image formation from electronically detected holograms," *Appl. Phys. Lett.* **11**, 77–79 (1967).
- Y. Awatsuji, M. Sasada, and T. Kubota, "Parallel quasi-phase-shifting digital holography," *Appl. Phys. Lett.* **85**, 1069–1071 (2004).
- I. Yamaguchi and T. Zhang, "Phase-shifting digital holography," *Opt. Lett.* **22**, 1268–1271 (1997).
- 野津手駿, 山口隆貴, 井上智好, 西尾謙三, 夏 鵬, Sudheesh K Rajput, 的場 修, 粟辻安浩, "並列位相シフトデジタルホログラフィにおける角度多重記録による複数画像のシングルショット記録," *Optics and Photonics Japan 2023 講演予稿集*, 27aA1, (2023).
- S. Notte, S. Hashimoto, T. Inoue, K. Nishio, P. Xia, S. K. Rajput, O. Matoba, and Y. Awatsuji, "Sound field imaging in gas flow using parallel phase-shifting digital holography and Fourier transform," *Optica Imaging and Applied Optics Congress 2023 (3D, COSI, DH, FLatOptics, IS, pcAOP) Technical Digest*, JTU4A.28, (2023).

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 0件）

1. 著者名 Kumon Yuki, Hashimoto Sota, Inoue Tomoyoshi, Nishio Kenzo, Kumar Manoj, Matoba Osamu, Xia Peng, Rajput Sudheesh K., Awatsuji Yasuhiro	4. 巻 167
2. 論文標題 Three-dimensional video imaging of dynamic temperature field of transparent objects recorded by a single-view parallel phase-shifting digital holography	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Optics & Laser Technology	6. 最初と最後の頁 109808 ~ 109808
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.optlastec.2023.109808	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 Rajput Sudheesh K., Notte Shun, Inoue Tomoyoshi, Yamaguchi Ryuki, Todo Ryuju, Kumon Yuki, Nishio Kenzo, Matoba Osamu, Awatsuji Yasuhiro	4. 巻 173
2. 論文標題 Optical voice security scheme for anticounterfeiting	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Optics and Lasers in Engineering	6. 最初と最後の頁 107892 ~ 107892
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.optlaseng.2023.107892	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 Kumar Singh Sumit, Notte Shun, Yamaguchi Ryuki, Kinashi Kenji, Tsutsumi Naoto, Sakai Wataru, Awatsuji Yasuhiro, Jessie Jackin Boaz	4. 巻 49
2. 論文標題 Generation of arbitrary vector vortex beams on a higher-order Poincaré sphere using a double-exposure polarization-multiplexed hologram	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Optics Letters	6. 最初と最後の頁 1053 ~ 1053
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OL.510177	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18件（うち招待講演 5件 / うち国際学会 9件）

1. 発表者名 公文雄基, 井上智好, 西尾謙三, Manoj Kumar, 的場 修, 夏鵬, 粟辻安浩
2. 発表標題 並列位相シフトデジタルホログラフィ を用いた熱源周辺の動的な空気の3次元温度分布の動画像記録
3. 学会等名 Optics and Photonics Japan 2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Y. Awatsuji, T. Inoue, T. Kakue, O. Matoba
2. 発表標題 High-speed/ultrafast holographic imaging using an image sensor
3. 学会等名 5th International Workshop on Image Sensors and Imaging Systems (IWISS2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 R. Todo, T. Inoue, S. Hashimoto, S. Notte, K. Nishio, S. K. Rajput, O. Matoba, Y. Awatsuji
2. 発表標題 Numerical verification of parallel two-step phase-shifting digital holography for single-shot imaging
3. 学会等名 The 9th Biomedical Imaging and Sensing Conference (BISC'23) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Y. Awatsuji, T. Inoue, T. Kakue, O. Matoba
2. 発表標題 High-speed 3-D / Ultrafast imaging by holography
3. 学会等名 EMBO The Company of Biologists Workshop 'Trans-Scale Biology' using exotic non-model organisms, Satellite Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 S. Notte, S. Hashimoto, T. Inoue, K. Nishio, P. Xia, S. K. Rajput, O. Matoba, Y. Awatsuji
2. 発表標題 Sound field imaging in gas flow using parallel phase-shifting digital holography and Fourier transform
3. 学会等名 Optica Imaging and Applied Optics Congress 2023 (3D, COSI, DH, FLatOptics, IS, pcaOP) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1 . 発表者名 R. Todo, T. Inoue, S. Hashimoto, R. Yamaguchi, S. Notte, K. Nishio, S. K. Rajput, O. Matoba, Y. Awatsuji
2 . 発表標題 Evaluation of images obtained by parallel two-step phase-shifting digital holography without recording of reference wave
3 . 学会等名 Optica Imaging and Applied Optics Congress 2023 (3D, COSI, DH, FLatOptics, IS, pcAOP) (国際学会)
4 . 発表年 2023年

1 . 発表者名 Y. Kumon, T. Inoue, K. Nishio, P. Xia, M. Kumar, O. Matoba, S. K. Rajput, Y. Awatsuji
2 . 発表標題 Comparison of non-contact air temperature imaging technique using parallel phase-shifting digital holography with thermocouples
3 . 学会等名 Optica Imaging and Applied Optics Congress 2023 (3D, COSI, DH, FLatOptics, IS, pcAOP) (国際学会)
4 . 発表年 2023年

1 . 発表者名 R. Todo, T. Inoue, R. Yamaguchi, S. Notte, K. Nishio, S. K. Rajput, O. Matoba, Y. Awatsuji
2 . 発表標題 Improved parallel two-step phase-shifting digital holography by averaging of complex amplitudes in the spatial domain
3 . 学会等名 The 12th Asia-Pacific Laser Symposium (APLS2023) (国際学会)
4 . 発表年 2023年

1 . 発表者名 Y. Awatsuji, T. Inoue, S. Notte, Y. Kumon, S. K. Rajput, P. Xia, T. Kakue, M. Kumar, O. Matoba
2 . 発表標題 Imaging of dynamic and transparent object by parallel phase-shifting digital holography
3 . 学会等名 Information Photonics 2023 (IP'23) (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2023年

1. 発表者名 Y. Awatsuji, P. Xia, T. Inoue, S. K. Rajput, T. Kakue, O. Matoba
2. 発表標題 High-speed imaging of dynamic object by parallel phase-shifting digital holography
3. 学会等名 The Advanced Technology in Experimental Mechanics and International DIC Society Joint Conference 2023 (ATEM-iDICs'23) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 野津手駿, 山口隆貴, 井上智好, 西尾謙三, 夏 鵬, Sudheesh K Rajput, 的場 修, 粟辻安浩
2. 発表標題 並列位相シフトデジタルホログラフィにおける角度多重記録による複数画像のシングルショット記録
3. 学会等名 Optics and Photonics Japan 2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 藤堂龍樹, 井上智好, 山口隆貴, 野津手駿, スディーシュラジプット, 西尾謙三, 的場 修, 粟辻安浩
2. 発表標題 参照光強度分布の記録が不要な並列2段階位相シフトデジタルホログラフィにおける空間周波数面での複素振幅分布の合成による再生像の画質向上アルゴリズム
3. 学会等名 Optics and Photonics Japan 2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 公文雄基, 山口隆貴, 野津手駿, 藤堂龍樹, Sudheesh K Rajput, 西尾謙三, 的場 修, 粟辻安浩
2. 発表標題 並列強度輸送方程式に基づく高速位相イメージングシステム
3. 学会等名 Optics and Photonics Japan 2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 粟辻安浩
2. 発表標題 ホログラフィック高速度イメージング
3. 学会等名 高速度イメージングとフォトニクスに関する総合シンポジウム2023 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 公文雄基, 山口隆貴, 野津手駿, 藤堂龍樹, Sudheesh K Rajput, 西尾謙三, 的場 修, 粟辻安浩
2. 発表標題 並列強度輸送方程式に基づく動的物体の高速位相イメージング
3. 学会等名 高速度イメージングとフォトニクスに関する総合シンポジウム2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 野津手駿, 山口隆貴, 井上智好, 西尾謙三, 夏 鵬, Sudheesh K Rajput, Manoj Kumar, 的場 修, 粟辻安浩
2. 発表標題 並列位相シフトデジタルホログラフィにおける角度多重記録による複数視点画像のシングルショット記録
3. 学会等名 高速度イメージングとフォトニクスに関する総合シンポジウム2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小西那奈, 野津手駿, 山口隆貴, 井上智好, 西尾謙三, 夏 鵬, Sudheesh K. Rajput, Manoj Kumar, 的場 修, 粟辻安浩
2. 発表標題 並列位相シフトデジタルホログラフィーと角度多重記録を用いたシングルショットトモグラフィーによる温度場イメージング
3. 学会等名 第71回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 藤堂龍樹, 公文雄基, Sudheesh K. Rajput, 西尾謙三, 的場 修, 粟辻安浩
2. 発表標題 1台のモノクロカメラを用いた空間分割多重記録技術によるシングルショット反復位相回復法
3. 学会等名 第71回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

粟辻安浩のホームページ http://www.cis.kit.ac.jp/~awatsuji/index-j.html
--

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

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