

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 8 月 18 日現在

機関番号：14303

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H01062

研究課題名(和文)フェムト秒光パルスの偏光伝播の顕微動画像記録・観察とその超高速現象観察への応用

研究課題名(英文) Recording and reconstruction of motion picture of polarization of a femtosecond light pulse propagating microscopic field and its application to observation of ultrafast phenomena

研究代表者

粟辻 安浩 (Awatsuji, Yasuhiro)

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) 32,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、伝播する光を構成する複数の直線偏光成分が空間を伝播する様子を拡大像の動画として同時に記録・再生できる技術を創生した。

まず、Light-in-flightホログラフィで得られる再生像の計算機シミュレータを開発し、拡大光学系の倍率が高くなると動画像記録可能な範囲が狭くなることを定量的に確認した。

次に、異なる媒質の境界面にフェムト秒パルス光がブリュースタ-角で入射する際に、そのパルス光を構成する複数の直線偏光が変化する様子を拡大像の動画として同時記録と観察を実証した。このように、微小領域を伝播するフェムト秒パルス光の偏光伝播の動画像記録・観察とその超高速現象観察への応用に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究最大の意義は、速過ぎて通常では決して見られない光の伝播ならびにその光を構成する直線偏光成分の動きの様子を拡大して動画像観察できることである。本研究では、フェムト秒という超高速かつ微小空間で繰り広げられる現象の物質の物理・化学的情報を含有し、しかも不可視情報である偏光が微小空間を伝播する様子の偏光全成分同時動画記録・観察する技術を世界で初めて実証・創出できた。本技術は光伝播の観察手段として利用できると同時に、超高速現象の観察や未だ解明されていない超高速現象のメカニズムの解明と理解、各種の超高速計測・評価への応用が期待される。

研究成果の概要(英文)：A technique capable of recording and reconstructing motion pictures of enlarged images of a light propagation was established. The technique can record the images of the intensities of four linearly-polarized light waves contained in the propagating femtosecond light pulse.

Also we developed a numerical simulator of the reconstructed image obtained by light-in-flight recording by holography. We quantitatively evaluate the enlarged reconstructed image of the light pulse propagation. Then we clarified that the recordable area became narrower by increasing the magnification.

Furthermore, we experimentally record enlarged motion pictures of the four linearly-polarized light waves contained in a femtosecond light pulse when the light pulse was incident to the interface between air and a glass block with the Brewster's angle. The ultrafast behaviors of the four linearly-polarized light waves were clearly observed as motion picture. Thus, the technique was successfully demonstrated.

研究分野：光工学・光子科学

キーワード：画像工学 超高速科学 光伝播 ホログラフィ 高速度イメージング 偏光 フェムト秒技術 計測工学

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

光は $3 \times 10^8 \text{m/s}$ の速さで真空中を伝播し世界で最も速く進む。そのために光の伝播は直接見ることができないだけでなく、世界最高速級の高速カメラを用いても観察が極めて困難である。近年、メタマテリアルをはじめとする新たな光デバイスや光学材料の解析・設計・評価のために、光が空間を伝播する時間発展情報を数値計算によって解析する研究が精力的に行われているが、数値結果を実験的に検証した例は殆ど無い。光の伝播を動画として観察できる技術は、これらの実験的評価を実現できるだけでなく、超高速の現象を可視化する技術として有用である。これまでに、フェムト秒パルスレーザー光の伝播を可視化する方法として、近接場光プローブを用いてフェムト秒パルス光が微小デバイス中を伝播する様子を観察する方法、非線形光学効果による偏光面の变化を用いた方法、ストリークカメラと走査反射鏡を組合せて用いる方法、空気中を光が伝播する際に生じるレーリー散乱光を単一光子検出器で積算検出する方法、などが報告されている。いずれの方法も、フェムト秒レーザーパルス光がパルス光を繰返して発することを利用して、異なるパルスの情報から 1 つのパルスが伝播しているように計算機合成した画像を複数のコマとしてパルス光の様子を可視化している。これらの方法では、光パルス間で特性が異なる場合は真のパルス光を観察できないだけでなく、時間的空間的連続な動画は得られない。一方、申請研究の基礎となっている技術はホログラフィによる light-in-flight recording と呼ばれており、原理的には単一記録での光の伝播の動画記録が可能である。我々は、これまで不可能であった媒質中での光の伝播の様子を世界で初めて動画として記録・観察に成功した。また、光を構成する偏光成分が伝播する様子を時間的にも空間的にも連続な動画として記録・観察に成功した。

これまで基盤としていた技術では、超短パルス光が伝播する超高速現象の観察は人間の裸眼で見られるような超短パルス光の強度情報が伝播の様子のみであった。

2. 研究の目的

フェムト秒パルス光を構成する偏光成分が微小空間を伝播しながら変化する様子を光学的に拡大して時間的にも空間的にも連続な動画として、しかも各偏光成分の拡大像を同時記録・再生する技術を開発する。また、その技術を超高速現象の動画観察に応用することを目的とする。

3. 研究の方法

フェムト秒パルス光を構成する偏光成分が微小空間を伝播する様子の動画記録・観察を行う技術として、図 1 に示すような光学系を考案した。ホログラフィの光源にはフェムト秒パルスレーザーを用いる。また、ホログラフィの参照光の光路中に、偏光板アレイを設定する。さらに、複数の直線偏光成分の伝播の様子を拡大像として記録するために、物体光を発生させる拡散板と記録材料との間に拡大光学系を設定する。

得られたホログラムは、ホログラム乾板の上から下に向かって、異なる偏光成分が伝播する様子の拡大像動画が複数同時に記録される。各偏光成分について、ホログラム乾板を横に動かして観察することで、複数の直線偏光成分の伝播の様子の拡大像が時間的にも空間的にも連続な動画として観察できる。

4. 研究成果

(1) 拡大光学系を用いた light-in-flight recording ホログラフィによるフェムト秒パルス光伝播の様子の動画記録・再生の計算機シミュレーション

Light-in-flight recording ホログラフィの記録光学系において拡散板とホログラム記録媒体との間に拡大光学系を導入した場合、拡大光学系の倍率が高くなると、物体光パルスと参照光パルスが記録材料を照明する速度 (v_0' , v_r) が一致しなくなる。その結果、記録材料上で干渉縞が形成されにくくなり、動画を記録可能な記録材料上の範囲が狭くなる、再生像の弧状の歪みが大きくなる等の悪影響が予想される。しかし、Light-in-flight recording ホログラフィの記録条件のうち、 v_0' と v_r の条件に着目して再生像を比較した例はこれまでになく、この予測は未だ検証されていない。そこで、拡大光学系を導入した場合の像再生の計算機シミュレータを作成し、再生像の特性を数値的に調べた。図 2 に、計算機シ

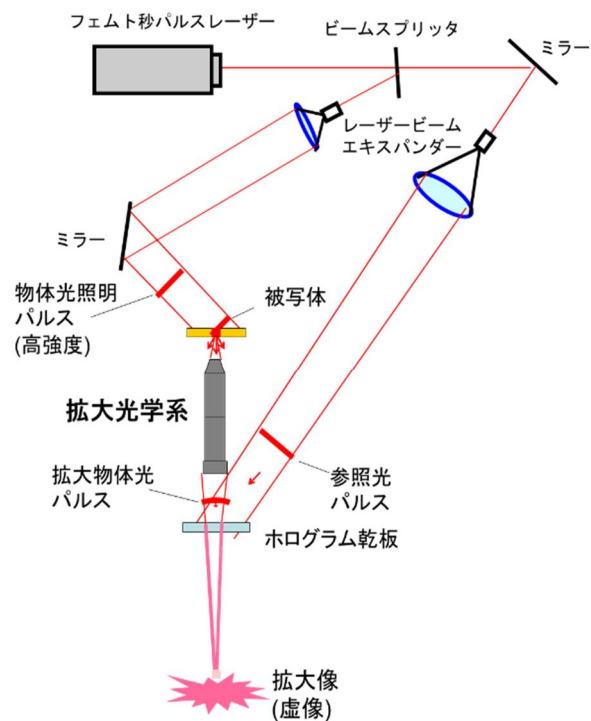


図 1 フェムト秒パルス光の異なる偏光成分の拡大像の動画を同時記録する光学系。

ミュレーションで設定した座標系を示す。計算機シミュレーションでは、次の条件を課した。記録材料(ホログラム)上の点 R から観察される再生像をシミュレーションする。拡散板は原点 O を含む xy 平面にあり、物体光パルスは $+z$ 方向に伝播する参照光パルスは記録材料を $+x$ 方向に照明していき、物体照明光パルスは拡散板を $-x$ 方向に照明していく原点から発生し、2 枚のレンズの中心を通過した物体光パルスは、時刻 $t=0$ に記録材料の中心 R_0 で参照光パルスと干渉する。

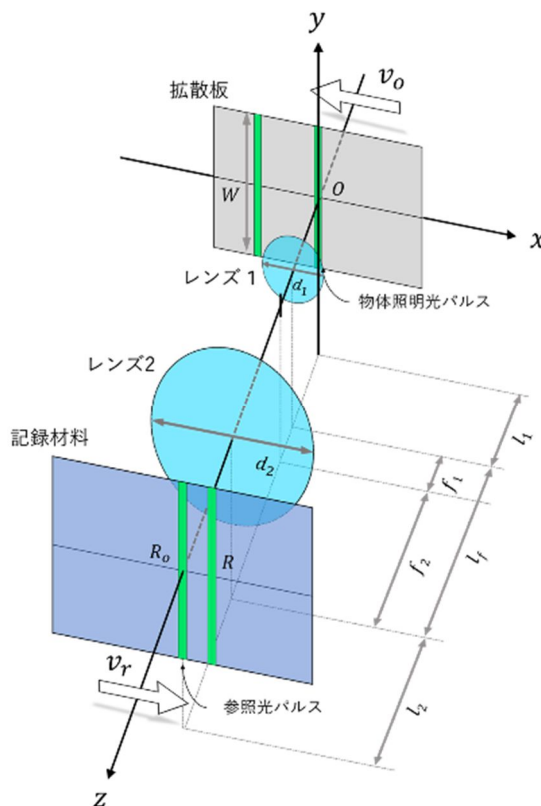


図2 シミュレーションで設定した座標系。

図3にシミュレーション結果を示す。緑の点の集合が再生像を表す。観察点 R の x 座標 (X_r)を -1.5 cm から 1.5 cm まで 0.5 cm 毎に移動させたときの再生像を重ねて描画しており、時刻は観察点 R の移動と共に左から右に進んでいる。図中に矢印で示す再生像は、ホログラムの中心($X_r = 0.0$ cm)から観察される再生像である。その再生像を中心として、左側にある再生像は $X_r < 0$ の点 R から観察される再生像、右側にある再生像は $X_r > 0$ の点 R から観察される再生像である。

条件($v_0' > v_r$)の再生像は、条件($v_0' \cong v_r$)の再生像に比べて y 方向に短く、 x 方向に長い傾向があることがわかった。平行光である物体照明光パルスと拡散板との交差部分(形状は長方形)から発生する物体光パルスが被写体であることを考慮すると、条件($v_0' \cong v_r$)の再生像の方がより弧状の歪みが大きくなることがわかった。

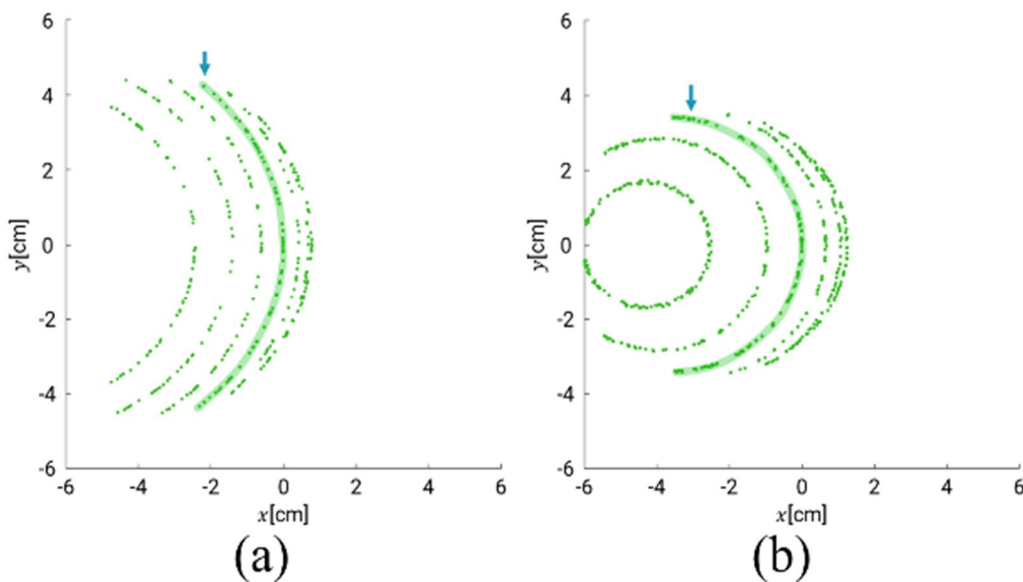


図3 計算機シミュレーション結果。(a) 条件($v_0' \cong v_r$)の結果 (b) 条件($v_0' > v_r$)の結果。

(2) 拡大光学系を用いた超高速現象の動画像記録

提案技術の実証実験を行った。実証例として、P 偏光成分(90° 偏光成分)と S 偏光成分(0° 偏光成分)を同じ割合でもつ 45° 直線偏光をブリュースタ角で空気とガラスの境界に入射させ、S 偏光のみが反射光として現れる超高速の現象を拡大動画像記録した。

構築した実験光学系の概略を図4に示す。被写体の偏光情報を取得するために、参照光路に $1/4$ 波長板と偏光フィルタアレイを導入し、参照光パルスに異なる4方向直線偏光の空間分布を鉛直方向に与えた。物体照明光パルスを伝播させる物体は、拡散板にガラスブロックと拡大率評価のための背景パターンとして用いるテストチャートが描かれた透明フィルムを貼り付けて作製した。

図5に実験結果を示す。得られた動画像の記録時間は約 290 fs であり、拡大率は約 6 倍であっ

た．示した静止画は動画像から一部抜き出したものであり，時刻は(a)→(b)→(c)の順に進んでいる．同時刻の4つの再生像は，それぞれ強度が異なっている．例えば入射光の再生像強度は，45°偏光成分の再生像で最も高く，直交する135°偏光成分の再生像で最も低い．反射光の再生像強度は，0°偏光成分の再生像で最も高く，直交する90°偏光成分の再生像で最も低く観察できない．これより，プリユスタ角で入射する超短光パルスの4方向偏光成分の拡大動画像同時記録に成功したことがわかる．

このように，フェムト秒パルス光が，異なる媒質の境界面にプリユスタ角で入射する際に，そのパルス光を構成する直線偏光の伝播が変化する様子の拡大像を動画像として同時記録と再生を実験的に示せた．従って，微小領域を伝播するフェムト秒パルス光の偏光伝播の動画像記録・観察とその超高速現象観察への応用に成功した．この成果は，超高速な偏光の振る舞いの解析などへの応用が期待される．

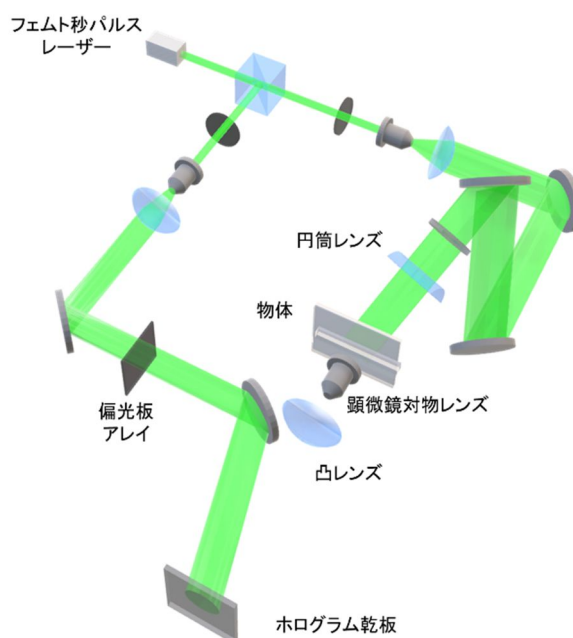


図4 構築した光学系の概略．

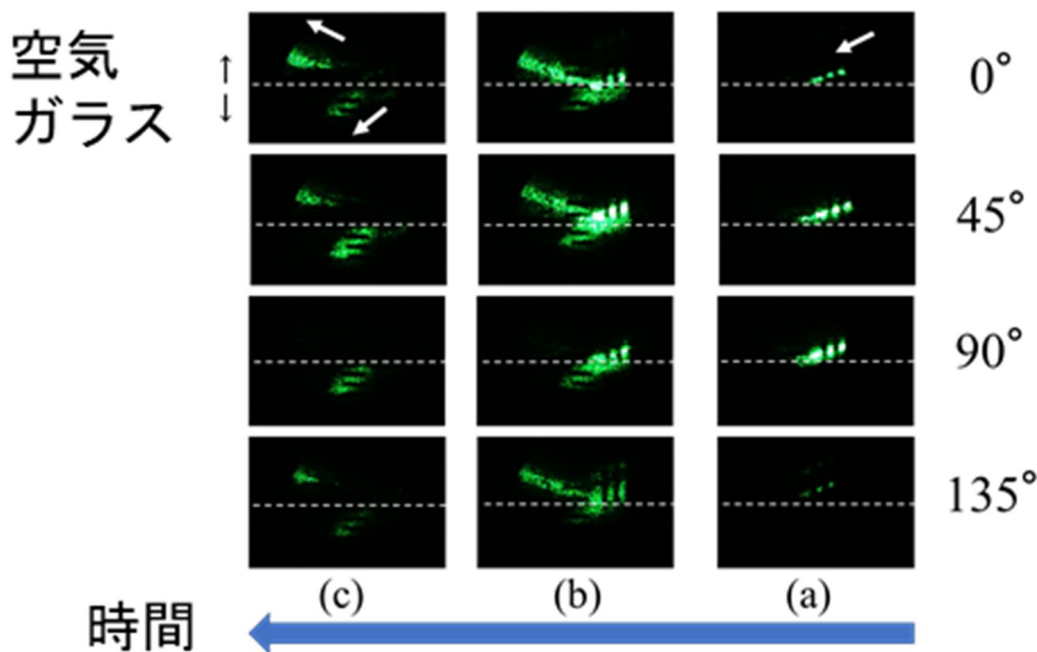


図5 フェムト秒パルス光の異なる偏光成分が空気とガラスの境界で反射する様子の拡大像の動画像同時記録・再生実験結果．

< 引用文献 >

M. L. M. Balistreri, H. Gersen, J. P. Korterik, L. Kuipers, and N. F. van Hulst, "Tracking femtosecond laser pulses in space and time," *Science* **294**, pp.1080-1082 (2001).

M. Fujimoto, S. Aoshima, M. Hosoda, and Y. Tsuchiya, "Femtosecond time-resolved optical polarigraphy: imaging of the propagation dynamics of intense light in a medium," *Opt. Lett.* **24**, pp.850-852 (1999).

A. Velten, D. Wu, A. Jarabo, B. Masia, C. Barsi, C. Joshi, E. Lawson, M. Bawendi, D. Gutierrez, and R. Raskar. "Femto-photography: capturing and visualizing the propagation of light," *ACM Trans. Graph.* **32**, 44 (2013).

G. Gariepy, N. Krstajić, R. Henderson, C. Li, R. R. Thomson, G. S. Buller, B. Heshmat, R. Raskar, J. Leach and D. Faccio, "Single-photon sensitive light-in-flight imaging," *Nat. Commun.* **6**, 6021 (2015).

N. Abramson, "Light-in-flight recording: by holography," *Opt. Lett.* **3**, pp.121-123 (1978).

T. Kubota and Y. Awatsuji, "Observation of light propagation by holography with a picosecond pulsed laser," *Opt. Lett.* **27**, pp.815-817 (2002).

T. Okuda, Y. Awatsuji, T. Kakue, T. Tahara, K. Nishio, S. Ura, and T. Kubota, "Method for

simultaneous recording of motion picture of multiple polarized components of light pulse propagation," Technical Digest of The Second Korea-Japan Workshop on Digital Holography and Information Photonics (DHIP2012), C007, Tokushima, Nov. 2012.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 6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 Sawashima Yu, Yamanaka Daiki, Takamoto Itsuki, Matsunaka Atsushi, Awatsuji Yasuhiro, Nishio Kenzo | 4. 巻 43 |
| 2. 論文標題 Extending recordable time of light-in-flight recording by holography with double reference light pulses | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Optics Letters | 6. 最初と最後の頁 5146 ~ 5149 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OL.43.005146 | 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 Awatsuji Yasuhiro, Yamanaka Daiki, Sawashima Yu, Takamoto Itsuki, Matsunaka Atsushi, Nishio Kenzo | 4. 巻 11051 |
| 2. 論文標題 Extending the recordable time in light-in-flight recording by holography | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of SPIE | 6. 最初と最後の頁 1105106-1 ~ 5 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2523539 | 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 Inoue Tomoyoshi, Matsunaka Atsushi, Funahashi Akinori, Okuda Tatsuya, Nishio Kenzo, Awatsuji Yasuhiro | 4. 巻 44 |
| 2. 論文標題 Spatiotemporal observations of light propagation in multiple polarization states | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Optics Letters | 6. 最初と最後の頁 2069 ~ 2072 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OL.44.002069 | 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 Sasaki Mika, Matsunaka Atsushi, Inoue Tomoyoshi, Nishio Kenzo, Awatsuji Yasuhiro | 4. 巻 10 |
| 2. 論文標題 Motion-picture recording of ultrafast behavior of polarized light incident at Brewster 's angle | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Scientific Reports | 6. 最初と最後の頁 7638-1 ~ 7 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-64714-w | 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 Sawashima Yu, Takamoto Itsuki, Nishio Kenzo, Awatsuji Yasuhiro | 4. 巻 57 |
| 2. 論文標題 Recordable-Time Extension of Digital Light-in-Flight Recording by Holography Using a Polarization-Imaging Camera | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 IEEE Journal of Quantum Electronics | 6. 最初と最後の頁 8600108-1~8 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/JQE.2020.3034592 | 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 Inoue Tomoyoshi, Sasaki Mika, Nishio Kenzo, Kubota Toshihiro, Awatsuji Yasuhiro | 4. 巻 60 |
| 2. 論文標題 Influence of the lateral size of a hologram on the reconstructed image in digital light-in-flight recording by holography | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Applied Optics | 6. 最初と最後の頁 B59 ~ B59 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/AO.414990 | 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 井上智好, 粟辻安浩 | 4. 巻 27 |
| 2. 論文標題 超短光パルス伝播の様子と偏光情報を同時に動画像で記録する技術 | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 レーザ加工学会誌 | 6. 最初と最後の頁 26 ~ 28 |
| 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 無 |
| 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 井上智好, 松中敦志, 舟橋旦矩, 奥田達也, 西尾謙三, 粟辻安浩 | 4. 巻 49 |
| 2. 論文標題 偏光伝播のスローモーション観察 | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 光学 | 6. 最初と最後の頁 224 |
| 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 無 |
| 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 井上智好, 久保田敏弘, 粟辻安浩 | 4. 巻 44 |
| 2. 論文標題 ホログラフィを用いた光伝播の超高速イメージング | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 日本色彩学会誌 | 6. 最初と最後の頁 220 ~ 223 |
| 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 無 |
| 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33件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 9件)

| |
|---|
| 1. 発表者名 T. Inoue, K. Nishio, Y. Awatsuji |
| 2. 発表標題 Simultaneous recording of multiple motion picture of 3D image of polarized light propagation |
| 3. 学会等名 2020 OSA Topical Meeting, Digital Holography and Three-Dimensional Imaging (DH), OSA Imaging and Applied Optics Congress 2020 (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 T. Inoue, K. Nishio, T. Kubota, Y. Awatsuji |
| 2. 発表標題 Evaluation of influence of rectangular size of hologram on the reconstructed images in digital light-in-flight recording by holography |
| 3. 学会等名 Information Photonics 2020 (IP2020) (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Y. Awatsuji |
| 2. 発表標題 Ultrafast motion picture of light propagation recorded by holography using a femtosecond pulsed laser |
| 3. 学会等名 2020 Optics & Photonics Taiwan International Conference, 25th Annual Meeting of MOST Photonics Program, Annual Meeting of Taiwan Photonics Society 2020 (OPTIC2020) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 長尾幸紀, 井上智好, 西尾謙三, 久保田敏弘, 粟辻安浩 |
| 2. 発表標題 ホログラムの空間分離による極短時間差で伝播する2つの超短光パルスの動画像記録 |
| 3. 学会等名 Optics and Photonics Japan 2020 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 井上智好, 青山尚正, 澤島雄祐, 西尾謙三, 久保田敏弘, 粟辻安浩 |
| 2. 発表標題 デジタルlight-in-flightホログラフィーによる拡大された光パルス伝播の動画記録可能時間の延長 |
| 3. 学会等名 Optics and Photonics Japan 2020 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 佐々木みか, 井上智好, 西尾謙三, 久保田敏弘, 粟辻安浩 |
| 2. 発表標題 Light-in-flightホログラフィック顕微鏡の再生像シミュレーター |
| 3. 学会等名 Optics and Photonics Japan 2020 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 佐々木みか, 井上智好, 西尾謙三, 久保田敏弘, 粟辻安浩 |
| 2. 発表標題 Light-in-flightホログラフィック顕微鏡の記録条件が再生像に与える影響の解析 |
| 3. 学会等名 Optics and Photonics Japan 2020 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 粟辻安浩 |
| 2. 発表標題 ホログラフィによる超高速イメージング |
| 3. 学会等名 日本色彩学会第51回全国大会 カラーポッド[京都]'20 (招待講演) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 粟辻安浩, 井上智好 |
| 2. 発表標題 超短パルスレーザー光伝播の超高速イメージング |
| 3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第41回年次大会 (招待講演) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 井上智好, 西尾謙三, 久保田敏弘, 粟辻安浩 |
| 2. 発表標題 ホログラフィーを用いた超高速イメージング技術による偏光伝播の動画像記録と観察 |
| 3. 学会等名 2020年度レーザー学会関西支部・中国四国支部連合若手学術交流研究会 (第33回研究会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 井上智好, 粟辻安浩 |
| 2. 発表標題 偏光の超高速変化を捉えるイメージング技術 |
| 3. 学会等名 偏光の超高速変化を捉えるイメージング技術," 神戸大学 第2回極みプロジェクトシンポジウム/第6回イメージング数理研究会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 井上智好, 國分拓馬, 松中敦志, 西尾謙三, 粟辻安浩 |
| 2. 発表標題 時間差を与えて伝播させる2つの超短光パルスを利用したlight-in-flight ホログラフィによる光伝播の動画像多重記録と観察 |
| 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2019 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 澤島雄祐, 高本逸貴, 西尾謙三, 粟辻安浩 |
| 2. 発表標題 ダブル参照光パルスをを用いたデジタルlight-in-flightホログラフィの記録可能時間の延長 |
| 3. 学会等名 Optics and Photonics Japan 2019 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 佐々木みか, 松中敦志, 井上智好, 西尾謙三, 粟辻安浩 |
| 2. 発表標題 リュースター角で入射する超短光パルスの4方向偏光成分の拡大動画像同時記録 |
| 3. 学会等名 Optics and Photonics Japan 2019 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 佐々木みか, 松中敦志, 井上智好, 西尾謙三, 粟辻安浩 |
| 2. 発表標題 デジタルlight-in-flightホログラフィーにおけるホログラムの縦方向複数切り出しによるスペckル抑制 |
| 3. 学会等名 Optics and Photonics Japan 2019 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 井上智好, 西尾謙三, 粟辻安浩 |
| 2. 発表標題 ホログラムサイズがデジタルlight-in-flightホログラフィーの再生像へ与える影響の評価 |
| 3. 学会等名 Optics and Photonics Japan 2019 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 佐々木みか, 松中敦志, 井上智好, 西尾謙三, 粟辻安浩 |
| 2. 発表標題 プリースター角で入射する超短光パルス伝播のデジタル動画像記録 |
| 3. 学会等名 Optics and Photonics Japan 2019 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 粟辻安浩 |
| 2. 発表標題 散乱を用いた光伝播のスローモーション観察 |
| 3. 学会等名 Optics and Photonics Japan 2019 (招待講演) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 長尾幸紀, 粟辻安浩 |
| 2. 発表標題 Light-in-flightホログラフィーによる連続する2つの超短光パルスの動画像記録 |
| 3. 学会等名 日本光学会 情報フォトンクス研究グループ 第18回関西学生研究論文講演会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1 . 発表者名 Y. Awatsuji, D. Yamanaka, Y. Sawashima, I. Takamoto, A. Matsunaka, K. Nishio |
| 2 . 発表標題 Extending the recordable time in light-in-flight recording by holography |
| 3 . 学会等名 The 32nd International Congress on High-Speed Imaging and Photonics (ICHSIP-32) (国際学会) |
| 4 . 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1 . 発表者名 T. Inoue, A. Matsunaka, I. Takamoto, Y. Awatsuji, K. Nishio |
| 2 . 発表標題 Simultaneous recording of multiple and magnified motion pictures of polarized light propagation in three-dimensional medium by digital light-in-flight recording by holography |
| 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 A. Matsunaka, T. Inoue, Y. Awatsuji, K. Nishio |
| 2 . 発表標題 Simultaneous recording of motion pictures of polarized light beam of an ultrashort light before and after reflection by glass |
| 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 T. Inoue, A. Matsunaka, I. Takamoto, Y. Awatsuji, K. Nishio |
| 2 . 発表標題 Simultaneous recording and observing of magnified motion pictures of polarized light propagation in three-dimensional medium by digital light-in-flight holography |
| 3 . 学会等名 Information Photonics 2019 (IP'19) (国際学会) |
| 4 . 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 A. Matsunaka, M. Sasaki, T. Inoue, Y. Awatsuji, K. Nishio |
| 2. 発表標題 Simultaneous recording and observation of motion pictures of polarized light beams incident at Brewster 's angle |
| 3. 学会等名 Information Photonics 2019 (IP'19) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 井上智好, 松中敦志, 高本逸貴, 粟辻安浩, 西尾謙三 |
| 2. 発表標題 拡大光学系とデジタルlight-in-flightホログラフィーを用いた3次元媒質中を伝播する光の4方向直線偏光の動画像記録 |
| 3. 学会等名 Optics and Photonics Japan 2018 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 松中敦志, 井上智好, 粟辻安浩, 西尾謙三 |
| 2. 発表標題 プリュースター角で入射する超短光パルスの4方向動画像同時記録 |
| 3. 学会等名 Optics and Photonics Japan 2018 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 國分拓馬, 粟辻安浩 |
| 2. 発表標題 時間差を与えた2組の超短光パルスを用いた光伝播の動画像多重記録と観察 |
| 3. 学会等名 日本光学会 情報フォトンクス研究グループ 第17回関西学生研究論文講演会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 佐々木みか, 粟辻安浩 |
| 2. 発表標題 Light-in-flight ホログラフィを用いたプリユースタ角で入射する光パルスの4方向偏光成分の拡大動画像同時記録 |
| 3. 学会等名 日本光学会 情報フォトニクス研究グループ 第17回関西学生研究論文講演会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 I. Takamoto, D. Yamanaka, Y. Tsuda, Y. Awatsuji, K. Nishio, |
| 2. 発表標題 Light-in-flight recording by holography not using scattering light |
| 3. 学会等名 Information Photonics 2017 (IP'17) (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 高本逸貴, 粟辻安浩, 西尾謙三 |
| 2. 発表標題 透過型light-in-flight ホログラフィー |
| 3. 学会等名 Optics and Photonics Japan 2017 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 井上智好, 粟辻安浩 |
| 2. 発表標題 デジタルlight-in-flightホログラフィによる3次元媒質中を伝播する偏光の動画像定量評価 |
| 3. 学会等名 日本光学会 情報フォトニクス研究グループ 第16回関西学生研究論文講演会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 澤島雄祐, 粟辻安浩 |
| 2. 発表標題 ダブル参照光パルスを用いた光伝播の記録可能時間の延長 |
| 3. 学会等名 日本光学会 情報フォトニクス研究グループ 第16回関西学生研究論文講演会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 辻明日香, 粟辻安浩 |
| 2. 発表標題 デジタルlight-in-flight ホログラフィにおける伝播距離に対する再生像の鮮鋭度の解析 |
| 3. 学会等名 日本光学会 情報フォトニクス研究グループ 第19回関西学生研究論文講演会 |
| 4. 発表年 2021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 京都工芸繊維大学ホームページ ニュース 2019年4月16日 https://www.kit.ac.jp/2019/04/news190416/ 京都工芸繊維大学ホームページ ニュース 2019年4月16日 内容詳細 https://www.kit.ac.jp/wp/wp-content/uploads/2019/04/news190416_1.pdf |
|---|

| 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 |
|---------|---------|
|---------|---------|