

令和 5 年 5 月 26 日現在

機関番号：14401

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K21117

研究課題名（和文）光物理的アプローチによる細胞骨格形成の自在制御技術の開発

研究課題名（英文）Control of Cytoskeletal Networks by Photophysical Methods

研究代表者

吉川 洋史（Yoshikawa, Hiroshi）

大阪大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：50551173

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）：本研究では、研究代表者らが専門とする集光レーザービーム技術の物理作用（圧力・熱など）を駆使して、細胞骨格タンパク質の凝集・配列を制御する技術を開発した。これにより、高次に配向制御された細胞骨格ネットワークを生体外で時空間制御して再構成することに成功した。さらに再構成された細胞骨格が直進や回転などの规律的な集団運動を発現することを発見した。本成果は、従来の化学的・分子生物学的手法とは異なる、生体分子の新しい時空間操作法の開拓に繋がるものである。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の意義は、光物理作用により細胞骨格タンパク質を直接的に制御する、生命科学研究における革新的手法論を開発した点である。実際本手法の原理は、オプトジェネティクスや、光によるゲノム編集技術などの分子生物学的手法とも全く異なる。光物理作用は原理的に全ての物質系の自己組織化制御に応用できるため、潜在的な汎用性は非常に大きく、様々な用途への応用が期待できる。

研究成果の概要（英文）：In this research, the technique for the control of aggregation and alignment of protein molecules was developed by utilizing photophysical effects of focused laser beams (e.g., electric fields and photothermal effects). This technique enabled us to reconstruct highly ordered cytoskeletal fiber networks in vitro in a spatiotemporal manner. In addition, we succeeded in inducing specific motions of the reconstructed fiber networks.

研究分野：光工学

キーワード：レーザートラッピング レーザーアブレーション 細胞骨格 チューブリン モータータンパク質 キネシン 化学エネルギー 微小管

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

細胞骨格は、チュープリンやアクチンなどのタンパク質が細胞内で形成する繊維状構造である。細胞内には多様な骨格構造が存在し、動的な細胞機能(運動・増殖など)発現の源となっており、細胞骨格の構造と細胞機能との相関解明は生命科学における重要課題となっている。近年ではその課題解決アプローチとして、細胞骨格を生体外で人工的に再構成する試みがある。しかし、これまでの再構成手法は、タンパク質の自発的な凝集プロセスに依存しており、高次に配向制御された細胞骨格構造を再構成することは困難であった。

一方、これまで研究代表者の吉川は、高強度パルスレーザーによる物質破壊現象(レーザーアブレーション)を駆使して、結晶化を強制的に誘起する手法を開発してきた。本手法の原理は、レーザーアブレーションにより生じるバブルや衝撃波により溶質を濃縮することに基づいており、結晶化が極めて困難な膜タンパク質を含む、様々な物質の結晶化に有効であることがわかっている。一方、研究分担者の杉山は、レーザーアブレーションと異なるアプローチとして、レーザートラッピング(別名:光ピンセット, 2018年ノーベル物理学賞の技術)による結晶化制御法を開発してきた。本手法の原理は、光の圧力(光圧)による溶質分子の濃縮・配向に基づいており、特に結晶の多形制御に強みがある。実際これまでに、直線偏光と円偏光(右回り、左回り)の切り替えにより、自発的には生成しない配列構造を有する結晶の作製に成功している。この背景から研究代表者らは、レーザー捕捉を用いることで、ダイナミックな構造変化を示す細胞骨格の自在制御に応用できるのではないかと考えに至った。

2. 研究の目的

本研究では、研究代表者らが専門とするレーザー技術の物理作用(圧力・熱など)を駆使して、細胞骨格タンパク質の凝集・配列を直接的に制御する技術の開発を目的とした。これにより、高次に配向制御された細胞骨格ネットワークを生体外で再構成し、細胞骨格に規律的な集団運動を発現させる骨格構造を定量解明できるかを検証した。

3. 研究の方法

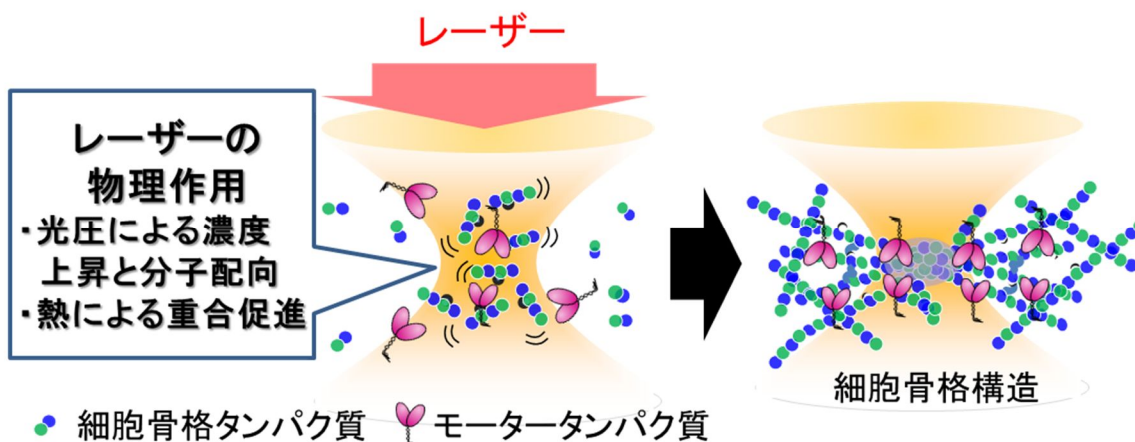
本研究では、集光レーザービームの物理的効果として、圧力と熱の効果を用いた。代表的な手法としては、細胞骨格タンパク質を含む水溶液に近赤外レーザーを集光照射すると、光の圧力(光圧)の効果により集光点で濃度上昇が生じさせた。光圧の起源は光電場にあるため、電場の振動方向に沿って分子が配列しうる。また、水溶媒の赤外光吸収により、集光点で温度上昇が生じ、細胞骨格タンパク質の重合を促進する。また本技術の高度化と指導原理解明のため、超短パルスレーザーによる微細加工・分子集合技術、さらには集合過程を評価するための各種光学的イメージング技術の開発も推進し、多角的な観点から本研究を推進した。

4. 研究成果

以下本研究で得られた代表的な成果について述べる。

【細胞骨格タンパク質の集合体形成の時空間制御(下図)】

本研究ではまず微小管と呼ばれる細胞骨格を形成するチュープリンタンパク質を用いて、その水溶液に対物レンズを用いてレーザーを照射照射した。その結果、集光点を中心として100 μmサイズの繊維状集合体の形成が誘起された。さらにこの繊維状集合体は、レーザーの集光位置、エネルギー、偏光などに依存して、そのサイズ・形成速度・形状などが変化することがわかった。また興味深いことに、本集光レーザービームを用いることで、自発的な微小管形成プロセスよりも大幅に低い濃度の溶液(未飽和溶液)からも繊維状構造を形成できることがわかった。そこで形成した繊維状集合体が微小管であるかどうかを調べるために、透過型電子顕微鏡を用いてそ



の構造を詳細に観察した。その結果、繊維状集合体内に微小管に特徴的な中空状の構造を有する線維が存在することが観察された。本結果は、レーザー照射によりチューブリン濃度と温度が局所的に上昇し、それにより微小管が形成されたことを示唆している。つまりレーザーの物理作用を用いることで微小管形成を時空間制御できたことになる。

そこでより高度な制御を目指して、レーザーをパターン照射（例：多点照射、ライン照射）でできる光学顕微鏡を用いて同様の実験を行った。その結果、レーザー照射パターンを反映した複雑な形状の微小管集合構造を形成できることがわかった。次に形成した微小管の生物学的機能が保持されているかを確認するために、モータータンパク質（キネシン）と化学エネルギー（ATP）を添加した条件で同様の実験を実施した。その結果、微小管の線維が直進や回転など様々な運動様式を発現した。これらの結果は、本レーザー手法を用いることで、キネシンと微小管を含むネットワーク構造を形成することが可能であり、細胞骨格の構造と運動との相関を詳細に調べる新しい実験プラットフォームになりえることを示している。

【レーザーによる分子集合技術の開発】

本研究課題で必要な生体分子の自在操作技術をより高度化するために、超短パルスレーザーによる分子集合技術の開発も進めた。ここではフェムト秒～ピコ秒程度のパルス時間幅のレーザーを対物レンズで集光することで、3次元的の局所空間（ $\sim \mu\text{m}$ ）にアブレーション由来の力学的な刺激を与えることができる。本研究では、本技術を用いて過飽和溶液を刺激することで、様々な水溶液・融液からの結晶核発生を時空間制御できることを見出した。また過飽和溶液中の結晶にレーザー照射することで、その成長過程を制御することにも成功している。またレーザートラッピング技術の高度化にも取り組み、植物細胞内部での粒子マニピュレーションとその過程を蛍光イメージングにより可視化することにも成功している。

以上により、光物理作用により細胞骨格タンパク質を直接的に制御する、生命科学研究における革新的手法論を開発することに成功した。実際本手法の原理は、オプトジェネティクスや、光によるゲノム編集技術などの分子生物学的手法、さらには光化学反応（光による結合開裂・重要・異性化など）を利用した手法とも全く異なり、生体分子の新しい時空間操作法の開拓に繋がるものである。光物理作用は原理的に全ての物質系の自己組織化制御に応用できるため、潜在的な汎用性は非常に大きく、様々な用途への応用が期待できる。なお集光レーザービームを用いて細胞骨格の形成を時空間制御した成果は、日本化学会主催のCSJ化学フェスタ2022などで発表し、発表者が受賞するに至っている。

<引用文献>

- H. Hess and Jennifer L. Ross, "Non-equilibrium assembly of microtubules: from molecules to autonomous chemical robots" *Chemical Society Reviews*, 46 (2017) 5570-5587.
- H. Y. Yoshikawa, R. Murai, H. Adachi, S. Sugiyama, M. Maruyama, Y. Takahashi, K. Takano, H. Matsumura, T. Inoue, S. Murakami, H. Masuhara, and Y. Mori, "Laser ablation for protein crystal nucleation and seeding", *Chemical Society Reviews*, 43 (2014) 2147-2158.
- T. Sugiyama, K. Yuyama, H. Masuhara, "Laser trapping chemistry: from polymer assembly to amino acid crystallization", *Accounts of Chemical Research*, 45 (2012) 1946-1954.
- H. Takahashi, T. Sugiyama, S. Nakabayashi, H. Y. Yoshikawa, "Crystallization from glacial acetic acid melt via laser ablation", *Applied Physics Express*, 14 (2021) 045503.
- Y. Tsuru, M. Maruyama, K. Tsukamoto, H. Adachi, K. Takano Kazufumi, S. Usami, M. Imanishi, M. Yoshimura, H. Y. Yoshikawa, Y. Mori, "Effects of pulse duration on laser-induced crystallization of urea from 300 to 1200 fs: impact of cavitation bubbles on crystal nucleation", *Applied Physics A*, 128 (2022) 803.
- H. Takahashi, T. Kono, K. Sawada, S. Kumano, Y. Tsuru, M. Maruyama, M. Yoshimura, D. Takahashi, Y. Kawamura, M. Uemura Matsuo, S. Nakabayashi, Y. Mori, Y. Hosokawa, H. Y. Yoshikawa, "Spatiotemporal Control of Ice Crystallization in Supercooled Water via an Ultrashort Laser Impulse", *The Journal of Physical Chemistry Letters*, 14 (2023) 4394-4402.
- H. Takahashi, M. Yamaji, J. Ikeyama, M. Nakajima, H. Kitahara, S. Tetsukawa, N. Kobayashi, M. Maruyama, T. Sugiyama, S. Okada, Y. Mori, S. Nakabayashi, M. Yoshimura, H. Y. Yoshikawa, "Growth Enhancement of Organic Nonlinear Optical Crystals by Femtosecond Laser Ablation", *The Journal of Physical Chemistry C*, 125 (2021) 8391-8397.
- Y. Abe, K. Meguriya, T. Matsuzaki, T. Sugiyama, H. Y. Yoshikawa, M. T. Morita, M. Toyota, "Micromanipulation of amyloplasts with optical tweezers in Arabidopsis stems", *Plant Biotechnology*, 14 (2021) 405-415.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 4件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Takahashi Hozumi, Yamaji Mayu, Ikeyama Jun, Nakajima Makoto, Kitahara Hideaki, Tetsukawa Syouei, Kobayashi Naritaka, Maruyama Mihoko, Sugiyama Teruki, Okada Shuji, Mori Yusuke, Nakabayashi Seiichiro, Yoshimura Masashi, Yoshikawa Hiroshi Y.	4. 巻 125
2. 論文標題 Growth Enhancement of Organic Nonlinear Optical Crystals by Femtosecond Laser Ablation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 8391 ~ 8397
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.0c10636	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 Takahashi Hozumi, Sugiyama Teruki, Nakabayashi Seiichiro, Yoshikawa Hiroshi Y.	4. 巻 14
2. 論文標題 Crystallization from glacial acetic acid melt via laser ablation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 045503 ~ 045503
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1882-0786/abf053	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 Abe Yoshinori, Meguriya Keisuke, Matsuzaki Takahisa, Sugiyama Teruki, Yoshikawa Hiroshi Y., Morita Miyo Terao, Toyota Masatsugu	4. 巻 37
2. 論文標題 Micromanipulation of amyloplasts with optical tweezers in Arabidopsis stems	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Plant Biotechnology	6. 最初と最後の頁 405 ~ 415
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5511/plantbiotechnology.20.1201a	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 Tsuru Yuka, Maruyama Mihoko, Tsukamoto Katsuo, Adachi Hiroaki, Takano Kazufumi, Usami Shigeyoshi, Imanishi Masayuki, Yoshimura Masashi, Yoshikawa Hiroshi Y., Mori Yusuke	4. 巻 128
2. 論文標題 Effects of pulse duration on laser-induced crystallization of urea from 300 to 1200 fs: impact of cavitation bubbles on crystal nucleation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Physics A	6. 最初と最後の頁 803
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00339-022-05909-y	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 Matsuzaki Takahisa, Shimokawa Yuko, Koike Hiroyuki, Kimura Masaki, Kawano Yuma, Okuma Nao, Kawamura Ryuzo, Yoneyama Yosuke, Furuichi Yasuro, Hakuno Fumihiko, Takahashi Shin-Ichiro, Nakabayashi Seiichiro, Okamoto Satoshi, Nakauchi Hiromitsu, Taniguchi Hideki, Takebe Takanori, Yoshikawa Hiroshi Y.	4. 巻 25
2. 論文標題 Mechanical guidance of self-condensation patterns of differentiating progeny	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 iScience	6. 最初と最後の頁 105109 ~ 105109
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.isci.2022.105109	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 Matsuzaki Takahisa, Terutsuki Daigo, Sato Shoma, Ikarashi Kohei, Sato Kohei, Mitsuno Hidefumi, Okumura Ryu, Yoshimura Yudai, Usami Shigeyoshi, Mori Yusuke, Fujii Mai, Takemi Shota, Nakabayashi Seiichiro, Yoshikawa Hiroshi Y., Kanzaki Ryohei	4. 巻 13
2. 論文標題 Low Surface Potential with Glycoconjugates Determines Insect Cell Adhesion at Room Temperature	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 9494 ~ 9500
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcllett.2c01673	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 高橋秀実, 吉川洋史	4. 巻 53
2. 論文標題 レーザーアブレーションによる有機材料の結晶化制御 ~ 融液系および有機光学材料 ~	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 有機結晶部会ニュースレター	6. 最初と最後の頁 3 ~ 4
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 Takahashi Hozumi, Kono Tatsuya, Sawada Kosuke, Kumano Satoru, Tsuru Yuka, Maruyama Mihoko, Yoshimura Masashi, Takahashi Daisuke, Kawamura Yukio, Uemura Matsuo, Nakabayashi Seiichiro, Mori Yusuke, Hosokawa Yoichiroh, Yoshikawa Hiroshi Y.	4. 巻 14
2. 論文標題 Spatiotemporal Control of Ice Crystallization in Supercooled Water via an Ultrashort Laser Impulse	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 4394 ~ 4402
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcllett.3c00414	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43件（うち招待講演 6件 / うち国際学会 11件）

1. 発表者名 吉川洋史
2. 発表標題 バイオソフトマターの光計測・光操作～細胞膜・タンパク質結晶～
3. 学会等名 第72回コロイドおよび界面化学討論会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 白田廉、高野慶、桐生文佳、竹重拓也、中林誠一郎、杉山輝樹、川村隆三、吉川洋史
2. 発表標題 集光レーザービームによる微小管形成ダイナミクス：熱・偏光依存性
3. 学会等名 第11回CSJ化学フェスタ2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 辻成瑛、小林成貴、中林誠一郎、吉川洋史、川村隆三
2. 発表標題 ガラスマイクロニードルを用いた架橋微小管を介するキネシン分子群の出力計測
3. 学会等名 第11回CSJ化学フェスタ2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉川洋史、丸山美帆子、釣優香、塚本勝男、高野和文、安達宏昭、宇佐美茂佳、今西正幸、吉村政志、森勇介
2. 発表標題 レーザーアブレーションが誘起する結晶化現象の可視化
3. 学会等名 第50回結晶成長国内会議（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 廣田隆人、高橋秀実、池山潤、松崎賢寿、中林誠一郎、吉川洋史
2. 発表標題 パルスレーザー誘起結晶成長に対する結晶構造の影響の評価
3. 学会等名 第50回結晶成長国内会議
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 パルスレーザー単発照射による集光点からの結晶化現象～酢酸ナトリウム～
2. 発表標題 海老原里美、高橋秀実、中林誠一郎、吉川洋史
3. 学会等名 第50回結晶成長国内会議
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Naruaki Tsuji, Naritaka Kobayashi, Seiichiro Nakabayashi, Hiroshi Y. Yoshikawa, Ryuzo Kawamura
2. 発表標題 Measurement on integrated forces of multiple kinesin motors through cross-linked microtubules with a glass microneedle
3. 学会等名 第59回 日本生物物理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hiroshi Y. Yoshikawa
2. 発表標題 Crystallization control of organic and biological materials by femtosecond laser ablation
3. 学会等名 Pacifichem 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋 秀実、釣 優香、丸山 美帆子、吉村 政志、中林 誠一郎、森 勇介、吉川 洋史
2. 発表標題 レーザーアブレーションによる氷の結晶核発生
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉川洋史
2. 発表標題 Fabrication of Highly Ordered Protein Assembly by Focused Laser Beam
3. 学会等名 第58回日本生物物理学会年会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Takano, T. Takeshige, F. Kiryu, R. Kawamura, C. -S. Wu, Y. -H. Shih, S. Nakabayashi, T. Sugiyama, H. Y. Yoshikawa
2. 発表標題 Formation of dynamic microtubule networks by focused laser beam
3. 学会等名 第58回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋秀実, 山地真由, 池山潤, 中嶋誠, 北原英明, 鐵川憧英, 小林成貴, 丸山美帆子, 杉山輝樹, 岡田修司, 森勇介, 中林誠一郎, 吉村政志, 吉川洋史
2. 発表標題 レーザーによる有機結晶の形状制御と非線形光学特性に与える影響の解明
3. 学会等名 光・量子ビーム科学合同シンポジウム2020 (OPT02020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山地真由、高橋秀実、池山潤、鐵川憧英、北原英明、中嶋誠、杉山輝樹、丸山 美帆子、森勇介、吉村政志、中林誠一郎、吉川洋史
2. 発表標題 レーザー技術による有機電気光学結晶の結晶化の時空間制御
3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 桐生文佳, 竹重拓也, 高野慶, C.-S. Wu, Y.-H. Shih, 中林誠一郎, 新家寛正, 杉山輝樹, 川村隆三, 吉川洋史
2. 発表標題 集光レーザービームを用いた微小管ネットワーク構造の作製とその機構解明
3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋秀実, 杉山輝樹, 中林誠一郎, 吉川洋史
2. 発表標題 レーザーアブレーションによる融液からの結晶化 ~氷酢酸~
3. 学会等名 第49回結晶成長国内会議 (JCCG-49)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋 秀実, 杉山 輝樹, 中林 誠一郎, 吉川 洋史
2. 発表標題 レーザーアブレーションによる氷酢酸融液からの結晶化
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 桐生文佳, 竹重拓也, 高野慶, 吳奇勳, 施仰欣, 中林 誠一郎, 新家 寛正, 杉山 輝樹, 川村 隆三, 吉川 洋史
2. 発表標題 集光レーザービームによるタンパク質の繊維状構造形成ダイナミクス
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会 第41回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hiroshi Yoshikawa
2. 発表標題 Production of ordered assembly of proteins by laser techniques
3. 学会等名 International Workshop on Emergence of Life-Nano-Bio Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hiroshi Y. Yoshikawa, Chi-Shiun Wu, Hozumi Takahashi, Mayu Yamaji, Makoto Nakajima, Masahi Yoshimura, Mihoko Maruyama, Yusuke Mori, Teruki Sugiyama, Seiichiro Nakabayashi
2. 発表標題 Promotion of growth of targeted crystal face via laser ablation
3. 学会等名 COLA 2021/2022 16th International Conference on Laser Ablation (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hozumi Takahashi, Satomi Ebihara, Teruki Sugiyama, Seiichiro Nakabayashi, Hiroshi Yoshikawa
2. 発表標題 Laser ablation-induced crystal nucleation from melt
3. 学会等名 COLA 2021/2022 16th International Conference on Laser Ablation (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takahisa Matsuzaki, Sayaka Goto, Seiichiro Nakabayashi, Hiroshi Y. Yoshikawa
2. 発表標題 Laser processing for mechanobiology study
3. 学会等名 COLA 2021/2022 16th International Conference on Laser Ablation (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuka Tsuru, Mihoko Maruyama, Hiroshi Y. Yoshikawa, Katsuo Tsukamoto, Kazufumi Takano, Hiroaki Adachi, Shigeyoshi Usami, Masayuki Imanishi, Masashi Yoshikimura, Yusuke Mori
2. 発表標題 Effects of pulse duration on the laser-induced crystallization of urea
3. 学会等名 COLA 2021/2022 16th International Conference on Laser Ablation (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Mihoko Maruyama, Yuka Tsuru, Hiroshi Y. Yoshikawa, Katsuo Tsukamoto, Takashi Onuma, Ryutaro Shimada, Tomohiko Takeshima, Kazufumi Takano, Hiroaki Adachi, Shigeyoshi Usami, Masayuki Imanishi, Masashi Yoshimura, Yusuke Mori
2. 発表標題 High-speed visualization of concentration field associated with laser-induced crystallization process of an anthracene
3. 学会等名 COLA 2021/2022 16th International Conference on Laser Ablation (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ryuzo Kawamura, Keisuke Meguriya, Shiori Kikuchi, Naritaka Kobayashi, Sei-ichiro Nakabayashi, Hiroshi Y. Yoshikawa
2. 発表標題 Patterning of surface decorated kinesin motors by multi-photon laser processing and the effects on the sliding microtubules
3. 学会等名 COLA 2021/2022 16th International Conference on Laser Ablation (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 短パルスレーザー集光照射による融液からの結晶核発生
2. 発表標題 高橋 秀実、釣 優香、丸山 美帆子、吉村 政志、杉山 輝樹、中林 誠一郎、森 勇介、吉川 洋史
3. 学会等名 応用物理学会関西支部2022年度第1回講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 釣優香、丸山美帆子、吉川洋史、塚本勝男、高野和文、安達宏昭、宇佐美茂佳、今西正幸、細川陽一郎、吉村政志、森勇介
2. 発表標題 短パルスレーザー照射によるアントラセンの結晶化過程における濃度場の高速度観測
3. 学会等名 応用物理学会関西支部2022年度第1回講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉川洋史
2. 発表標題 バイオソフトマターのメカノフォトニクス
3. 学会等名 第34回バイオエンジニアリング講演会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高橋秀実、釣優香、丸山美帆子、中林誠一郎、森勇介、吉村政志、吉川洋史
2. 発表標題 液中レーザーアブレーションを駆使した氷晶化過程の高速イメージング
3. 学会等名 光・量子ビーム科学合同シンポジウム2022（OPT02022）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hozumi Takahashi, Satomi Ebihara, Yusuke Takaoka, Yuka Tsuru, Mihoko Maruyama, Masashi Yoshimura, Seiichiro Nakabayashi, Teruki Sugiyama, Yusuke Mori, Hiroshi. Y. Yoshikawa
2. 発表標題 High-Speed Imaging of Ice Crystallization Dynamics Triggered by Laser Ablation
3. 学会等名 国際会議CLEO Pacific Rim (CLEO-PR 2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroshi Yoshikawa
2. 発表標題 Control of Protein Crystallization by Using Laser
3. 学会等名 International Powder and Nanotechnology Forum2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 釣 優香, 丸山 美帆子, 塚本 勝男, 大沼 隼 志, 島田 竜太郎, 立嶋 知彦, 高野 和文, 細川 陽一 郎, 吉村 政志, 吉川 洋史, 森 勇介
2. 発表標題 アントラセンのレーザー誘起結晶化における濃度場の高速度観測
3. 学会等名 第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiromasa Niinomi, An-Chieh Cheng, Teruki Sugiyama, Miho Tagawa, Hiroshi Yoshikawa, Satoshi Uda, Tomoya Oshikiri, and Masaru Nakagawa
2. 発表標題 Chiral Crystallization Directed by Chiral Near-Field Force with Nanostructured Plasmonic Metasurface
3. 学会等名 Nanoimprint and Nanoprint Technology Conference (NNT2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 白田廉, 高野慶, 桐生文佳, 竹重拓也, 中林誠一郎, 杉山輝樹, 川村隆三, 吉川洋史
2. 発表標題 集光レーザービームを用いた微小管形成の空間パターンニング
3. 学会等名 第12回CSJ化学フェスタ2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高橋秀実, 釣優香, 丸山美帆子, 吉村政志, 中林誠一郎, 森勇介, 吉川洋史
2. 発表標題 超短パルスレーザー集光単発照射による氷の結晶化過程の詳細観察
3. 学会等名 第51回結晶成長国内会議 (JCCG-51)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 清水大督, 高橋秀実, 釣優香, 丸山美帆子, 吉村政志, 森勇介, 吉川洋史
2. 発表標題 レーザートラッピング結晶化の溶媒依存性
3. 学会等名 第51回結晶成長国内会議 (JCCG-51)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高岡佑介, 海老原里美, 高橋秀実, 釣優香, 丸山美帆子, 吉村政志, 森勇介, 吉川洋史
2. 発表標題 フェムト秒レーザー誘起結晶化のダイナミクス計測 ~酢酸ナトリウム水溶液~
3. 学会等名 第51回結晶成長国内会議 (JCCG-51)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高橋 秀実, 吉村 侑大, 川村 隆三, 山崎 祐, 村井 良多, 丸山 美帆子, 吉村 政志, 森 勇介, 吉川 洋史
2. 発表標題 レーザーによるグリシン結晶の相転移誘起とその場観察
3. 学会等名 第30回有機結晶シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 河野 雄真, 吉川 洋史, 古市 泰郎, 松崎 賢寿
2. 発表標題 骨格筋臓器の再生に向けた高分子材料のデザイン
3. 学会等名 応用物理学会関西支部、75周年記念講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤奨真, 照月大悟, 吉川洋史, 松崎賢寿
2. 発表標題 光干渉法昆虫細胞の接着機構の解明 ~高感度な生きた匂いセンサーへの応用を目指して~
3. 学会等名 応用物理学会関西支部、75周年記念講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuka Tsuru, Mihoko Maruyama, Katsuo Tsukamoto, Takashi Onuma, Ryutaro Shimada, Tomohiko Tateshima, Kazufumi Takano, Hiroaki Adachi, Yoichiroh Hosokawa, Masashi Yoshimura, Hiroshi Y. Yoshikawa and Yusuke Mori
2. 発表標題 High-speed optical observation of anthracene crystallization dynamics induced by laser-induced cavitation bubble
3. 学会等名 7th IRP NanoSynergetics2 Workshop (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高橋秀実
2. 発表標題 レーザーアブレーションによる分子結晶の核発生・成長制御～融液系・非線形光学材料～
3. 学会等名 レーザー学会 中国・四国支部、関西支部連合 若手学術交流研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuka Tsuru, Mihoko Maruyama, Katsuo Tsukamoto, Takashi Onuma, Ryutaro Shimada, Tomohiko Tateshima, Kazufumi Takano, Hiroaki Adachi, Yoichiroh Hosokawa, Masashi Yoshimura, Hiroshi Y. Yoshikawa and Yusuke Mori
2. 発表標題 High-speed optical observation of anthracene crystallization dynamics induced by laser-induced cavitation bubble
3. 学会等名 Annual Meeting of the Physical Society of Taiwan
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 松崎 賢寿, 照月 大悟, 佐藤 奨真, 吉川 洋史
2. 発表標題 室温における生きた昆虫細胞の接着界面の可視化～バイオハイブリッド匂いセンサーへの応用を目指して～
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023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	川村 隆三 (Kawamura Ryuzo) (50534591)	埼玉大学・理工学研究科・助教 (12401)	

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
研究分担者	杉山 輝樹 (Sugiyama Teruki) (80397687)	奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・客員教授 (14603)	

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