



RIKEN Center for Advanced Photonics

<https://rap.riken.jp/>



RIKEN Center for Advanced Photonics 2024 Annual Report

RIKEN Center for Advanced Photonics 2024 Annual Report

光量子工学研究センター 2024 Annual Report



Preface

Seven years have passed since we started our second stage in 2018.

RAP is working to realize the dream of “making the invisible visible” . The center is conducting research to push the possibilities of light to the extreme, enabling us to observe things that were previously invisible. For example, attosecond lasers make it possible to see the movements of electrons, metamaterials allow us to manipulate light waves, and environmental monitoring can be performed through relativistic geodesy using ultra-precision optical lattice clocks, as well as nondestructive inspection of concrete structures using a compact neutron source. The ability to see objects helps us better understand and control them. Moreover, RAP’ s mission is not only limited to making discoveries that gain recognition within the academic community but also aims to contribute to society by developing practical applications.

In 2024, several world-leading results have been obtained, such as “Measurement of the lifetime of the nuclear excited state of thorium-229 ions, paving the way for the realization of a nuclear clock” (Space-Time Engineering Research Team), “Development of a novel high-speed super-resolution microscopy method (SCLIM2M) based on a new principle, enabling dynamic observation of live cells” (Live-Cell Super-Resolution Imaging Research Team), “Development of a palm-sized, high-brightness terahertz source” (Tera-Phonics Research Team), and “Vehicle-mounted implementation of a portable compact neutron source system (RANS-III), in preparation for outdoor experiments” (Neutron Beam Technology Team).

Please kindly review the attached report. I would like to take this opportunity to express my gratitude for your continued support and guidance.

Katsumi Midorikawa
Director,
RIKEN Center for Advanced Photonics
(As of FY2024)

はじめに

2013年4月に発足した光量子工学研究領域が、2018年4月に光量子工学研究センター（RAP）となり、第二期を開始してから7年が経過しました。

光量子工学研究センターでは、—今まで見えなかったものを見よう—とその夢の実現に向けて光の可能性を追求し、新しい使い方を提案してきました。例えば、アト秒パルスレーザーによる電子の観察、メタマテリアルによる光の操作、超高精度な光格子時計による相対論的な測地学、テラヘルツ光による非侵襲計測、小型中性子源によるコンクリート建造物の非破壊検査・・・。見ることができれば、理解し、制御することにも近づきます。光の可能性は無限で、私たちが到達できているのはほんの一部です。光量子工学研究センターは、光科学の地平を広げ、新しい光技術を社会に役立てていきます。

2024年度は、「原子核時計の実現にむけたトリウム229イオンの核励起状態の寿命測定」（時空間エンジニアリング研究チーム）、「生細胞の動態を観察するための新しい原理の高速超解像顕微鏡法（SCLIM2M）の開発」（生細胞超解像イメージング研究チーム）、「手のひらサイズの高輝度テラヘルツ波光源の開発」（テラヘルツ光源研究チーム）、「屋外実験にむけて可搬型小型中性子源システム（RANS-III）を車載化」（中性子ビーム技術開発チーム）等の顕著な成果が得られています。

皆様には、本報告をご高覧のうえ、引続きご指導並びにご助言を賜りますようお願い申し上げます。

緑川 克美 光量子工学研究センター センター長（2024年度当時）

国立研究開発法人理化学研究所
物理科学研究推進部
〒351-0198 埼玉県和光市広沢2-1
rap-suishin@ml.riken.jp

RIKEN Physical Science Promotion Division
2-1, Hiroosawa, Wako, Saitama 351-0198, Japan
rap-suishin@ml.riken.jp

理化学研究所 RIKEN

光量子工学研究センター
RIKEN Center for Advanced Photonics

アドバイザー・カウンシル
RAP Advisory Council (RAPAC)

エクストリームフォトンクス研究領域
Extreme Photonics Research Group

緑川 克美
Katsumi Midorikawa

アト秒科学研究チーム Attosecond Science Research Team	緑川 克美 Katsumi Midorikawa	4
超高速分子計測研究チーム Ultrafast Spectroscopy Research Team	田原 太平 Tahei Tahara	6
時空間エンジニアリング研究チーム Space-Time Engineering Research Team	香取 秀俊 Hidetoshi Katori	8
量子オプトエレクトロニクス研究チーム Quantum Optoelectronics Research Team	加藤 雄一郎 Yuichiro Kato	10
超高速コヒーレント軟X線光学研究チーム Ultrafast Coherent Soft X-ray Photonics Research Team	高橋 栄治 Eiji J. Takahashi	12
超短パルス電子線科学理研白眉研究チーム Ultrashort Electron Beam Science RIKEN Hakubi Research Team	森本 裕也 Yuya Morimoto	14

サブ波長フォトンクス研究領域
Subwavelength Photonics Research Group

中野 明彦
Akihiko Nakano

生細胞超解像イメージング研究チーム Live Cell Super-Resolution Imaging Research Team	中野 明彦 Akihiko Nakano	16
生命光学技術研究チーム Biotechnological Optics Research Team	宮脇 敦史 Atsushi Miyawaki	18
画像情報処理研究チーム Image Processing Research Team	横田 秀夫 Hideo Yokota	20
フォトン操作機能研究チーム Innovative Photon Manipulation Research Team	田中 拓男 Takuo Tanaka	22
先端レーザー加工研究チーム Advanced Laser Photonics Research Team	杉岡 幸次 Koji Sugioaka	24
光励起デジタルツイン理研 ECL 研究チーム Digital Twin for Light-Matter Interaction RIKEN ECL Research Team	谷 峻太郎 Shuntaro Tani	26

テラヘルツ光研究領域
Terahertz-wave Research Group

南出 泰亜
Hiroaki Minamide

テラヘルツ光源研究チーム Tera-Photonics Research Team	南出 泰亜 Hiroaki Minamide	28
テラヘルツイメージング研究チーム Terahertz Sensing and Imaging Research Team	大谷 知行 Chiko Otani	30
テラヘルツ量子素子研究チーム Terahertz Quantum Device Research Team	平山 秀樹 Hideki Hirayama	32

光量子技術基盤開発領域
Advanced Photonics Technology Development Group

和田 智之
Satoshi Wada

光量子制御技術開発チーム Photonics Control Technology Team	和田 智之 Satoshi Wada	34
先端光学素子開発チーム Ultra-high Precision Optics Technology Team	山形 豊 Yutaka Yamagata	36
中性子ビーム技術開発チーム Neutron Beam Technology Team	大竹 淑恵 Yoshie Otake	38
技術基盤支援チーム Advanced Manufacturing Support Team	山形 豊 Yutaka Yamagata	40

センター長室
Office of the Center Director

はじめに / Director's Message	2
組織図 / Organization Chart	3
業績リスト / Publications, etc.	42
プレスリリース / Press Releases	63
ニュース、会議・イベント / News, Meetings, Events	66
受賞・表彰 / Awards	70
研究紹介記事 / Articles	73



チームリーダー / Team Leader

緑川 克美 工学博士
Katsumi Midorikawa, D. Eng.



FY2024 Core Members

(専任研究員) 鍋川 康夫、永田 豊
(上級研究員) 磯部 圭佑
(研究員) 沖野 友哉、藤原 孝成、
Yu-Chieh Lin、山崎 馨
(特別嘱託研究員) 小林 徹
(特別嘱託職員) 若林 多起子

(Senior Research Scientist)
Yasuo Nabekawa, Yutaka Nagata,
Keisuke Isobe
(Research Scientist)
Tomoya Okino, Takashige Fujiwara,
Yu-Chieh Lin, Kaoru Yamazaki (Special
Temporary Research Scientist)
Tohru Kobayashi
(Special Temporary Employee)
Takiko Wakabayashi

研究テーマ

- ✓ アト秒パルスの発生と計測
- ✓ 原子・分子のアト秒ダイナミクス
- ✓ XUV領域における非線形光学
- ✓ 超短パルス高強度レーザー
- ✓ 多光子イメージング

Research Subjects

- ✓ Generation and measurement of attosecond pulses
- ✓ Attosecond dynamics in atoms and molecules
- ✓ XUV nonlinear optics
- ✓ Ultrashort intense lasers
- ✓ Multiphoton microscopy

研究成果 / Research Output

極端紫外アト秒パルス光照射による分子イオンと電子コヒーレンスの解析



- 極端紫外アト秒パルス対とプローブの数フェムト秒紫外パルス光を水素分子に照射すると光電子と水素分子イオンが発生する。この電子・イオンを同時測定した時の電子スペクトログラムを表す解析式を導出した。
- 解析式は単純な形をしているため、光電子・イオン振動波束間の「コヒーレンス」または「エンタングルメント」が何故・どのように生ずるかが判明した。

Analysis of attosecond coherence between a molecular ion and a photoelectron

- We derived the analytical formula to express the joint energy spectrogram (JES) of photoelectron emerging with the irradiation of a pair of attosecond pulses and a few-fs UV probe pulse onto a hydrogen molecule.
- Owing to the simple form of the analytical formula, we could analyze why and how the `coherence` or `entanglement` between the photoelectron and vibrational wavepackets arise, in contrast to the results from the numerical simulations.

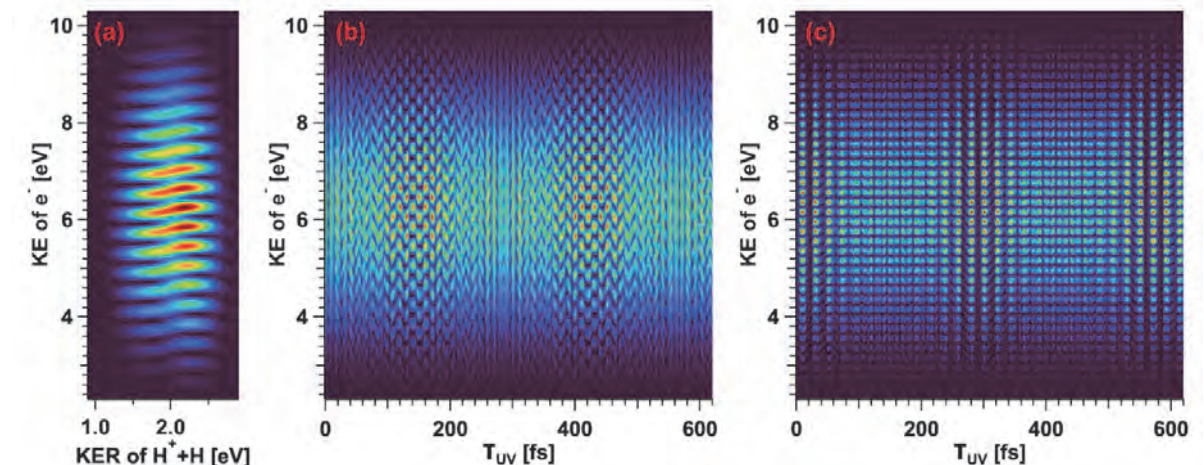
Yasuo Nabekawa and Katsumi Midorikawa, "Analysis of attosecond entanglement and coherence using feasible formulae," Phys. Rev. Res. 2023, 5: 033083. DOI 10.1103/PhysRevResearch.5.033083.

近年のコヒーレントな極端紫外光(XUV)光源の発展により、ごく普通の光イオン化過程に於いても新たな現象を見出すことができるようになりました。高強度のフェムト秒レーザー光によって発生する高次高調波はXUVの波長領域でアト秒パルス光となりますが、これは1PHzを超える広い周波数帯域に於いてコヒーレントであることを反映しており、それ故アト秒パルスによる光イオン化過程では、生ずる光電子と分子イオンの間にコヒーレンスが生ずることが予想されます。2021年、Vrakkingは水素にアト秒パルスを照射したときに発生する光電子とH₂⁺イオンの振動波束との間にコヒーレンスまたはエンタングルメントが生ずることを示し、これを検証するための画期的な実験方法を提案しました[Vrakking, PRL 126, 113203 (2021)]。この手法では2つのコヒーレントなアト秒パルス(アト秒パルス対)を光イオン化に用い、さらにH₂⁺を解離させるための紫外パルス光を用います。しかしながらこの研究では時間依存シュレディンガー方程式(TDSE)を数値的に解いていたため、特徴的な電子スペクトル起源がよくわかりませんでした。

そこで、本研究では摂動によりTDSEの解析解を見出しました。この解析解はVrakkingが数値計算で得たイオン・電子同時計測スペクトルをきちんと再現することができました。計算量が少ないのでH₂⁺の解放運動エネルギー(KER)を変えながら計算を繰り返すことが簡単に出来、その結果、KERを分解しなくても同様な結果が得られることがわかりました。また解が簡単な形をしているので、電子スペクトルの特徴がどのようにして現れるのかが明らかになりました。

$$P(k, \omega_e) \propto \left| \sum_{v'} \mu_{2p\sigma_u}^{+v'}(k) \mu_{1s\sigma_g}^{+v'}(\omega_e) \tilde{A}_u(k + \kappa_0 - \omega^{+v'} - \omega_u) \tilde{A}_x(\omega^{+v'} + \omega_e - \omega_g^0 - \omega_x; \tau_x) e^{-i\omega^{+v'} \tau_u} \right|^2$$

↑式1: イオン・電子同時測定電子スペクトログラムを表す解析式。
Eq.1: Analytical formula describing a joint energy spectrogram of photoelectron.

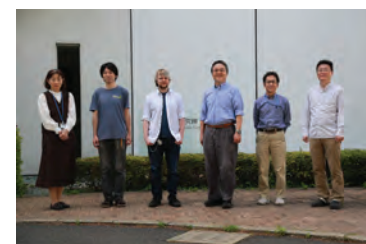


↑図1 (a): イオン・電子同時測定電子スペクトログラム(JES)。 (b)と(c): 紫外プローブ光の遅延時間(τ_{UV})を掃引したときのKER積分したJES。 (a)はアト秒パルス対の間隔を10.3fs, (b)は20.6fsとしたとき。
Fig.1 (a): Joint energy spectrogram of photoelectrons. (b) & (c): he evolution of the photoelectron spectra upon scanning delay of the probe UV pulse (τ_{UV}) by setting the temporal separation between the attosecond pulse to be 10.3 fs (b) and 20.6 fs, respectively.



チームリーダー / Team Leader

田原 太平 理学博士
Tahei Tahara, D. Sci.



FY2024 Core Members

(専任研究員)
石井 邦彦(兼務)、二本柳 聡史(兼務)
(研究員)
松崎 維信
(特別研究員)
Jan-Hendrik Georg Günther Bortler
(アシスタント)
加藤 智子(兼務)

(Senior Research Scientist)
Kunihiko Ishii (c),
Satoshi Nihonyanagi (c)
(Research Scientist)
Korenobu Matsuzaki
(Postdoctoral Fellow)
Jan-Hendrik Georg Günther Bortler
(Assistant)
Tomoko Kato (c)

研究テーマ

- ✓ 超短パルス光の発生とそれを用いた超高速分光計測法の開発
- ✓ 超高速分光を用いた凝縮相分子ダイナミクスの解明と制御
- ✓ 非線形分光を用いた界面分子ダイナミクスの観測と解明

Research Subjects

- ✓ Generation of ultrashort pulses and development of ultrafast spectroscopic methods
- ✓ Elucidation and control of molecular dynamics in the condensed phase by ultrafast spectroscopy
- ✓ Observation and elucidation of molecular dynamics at interfaces by nonlinear spectroscopy

研究成果 / Research Output

時間分解ヘテロダイン検出電子和周波 (TR-HD-ESFG) 分光法：界面ダイナミクスを研究する新しいアプローチ



Subhadip Roy 研究員

- 界面での分子の光化学ダイナミクスを研究するための新しい時間分解分光法を開発しました。
- 光誘起された界面分子の変化を電子スペクトルの時間変化によって直接追跡します。
- 溶液の光化学研究で最も広く用いられている時間分解吸収スペクトルと直接対応するスペクトルが界面選択的に測定できるようになりました。

Time-Resolved Heterodyne-Detected Electronic Sum Frequency Generation (TR-HD-ESFG) Spectroscopy: A New Approach to Explore Interfacial Dynamics

- Developing new time-resolved spectroscopy to study photochemical dynamics at the interface.
- Tracking the evolution of interfacial molecules through the temporal change in their electronic spectra.
- Enabling the measurement of interface-selective electronic spectra that can be directly compared to the most widely used time-resolved absorption spectra in solution.

Reference: S. Roy et al., *J. Chem. Phys.* **161**, 174202 (2024).

液体界面で進む化学反応の詳細は、まだほとんど解明されていません。理研で開発された時間分解電子和周波発生 (TR-ESFG) 分光法は、界面の過渡短寿命種や光生成物の電子遷移を直接測定することにより、界面光化学のダイナミクスを研究できる分光法です。しかしながら、溶液の反応研究に広く利用されている時間分解吸収スペクトルに直接対応する情報を得るためには、界面で発する非線形信号光の位相と振幅を決定できるヘテロダイン検出 (HD-)をTR-ESFG分光で実現することが必要でした。本研究では、この時間分解ヘテロダイン検出電子和周波発生 (TR-HD-ESFG) 分光を世界で初めて実現しました。この実験では、空気/水界面にある典型的な色素分子であるマラカイトグリーン (MG) の $S_0 \rightarrow S_2$ 遷移の波長領域 (図1) で、TR-HD-ESFG法を用いて時間分解電子スペクトルを測定しました。図2に示すように、ポンプ光でMGを S_1 状態に光励起すると同時に、負の信号が現れ、この信号の強度は ~ 0.15 psで最大になりました。光励起前の定常状態のHD-ESFGスペクトルは正の符号を示すので (図2上)、同じ波長領域に現れるこの負の信号は、光励起されてMGの基底状態の量が減ったことに伴う、 $S_0 \rightarrow S_2$ 遷移の強度減少 (ブリーチ, GSB) に帰属できます。さらに、基底状態のブリーチ信号のみに対応するスペクトルの減少 (図2の赤破線) と観測されたスペクトルを比較すると、440 nmより長波長側で負の別の信号が観測されていることがわかります。これは光励起で生成した電子励起状態の電子遷移 ($S_1 \rightarrow S_n$ 遷移, ESA) に帰属できます。TR-HD-ESFG法で得られた界面選択的な時間分解電子スペクトルは、水中のMGの時間分解吸収スペクトルと直接比較することができ、これによって空気/水界面のMGの超高速ダイナミクスを明らかにすることができます。

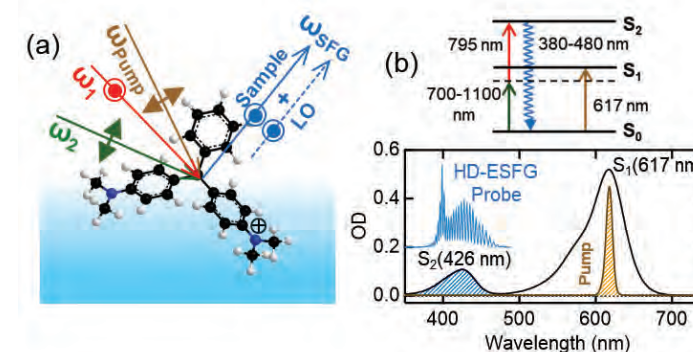


図1 (a) 空気/水界面のTR-HD-ESFG分光の模式図。(b) TR-HD-ESFG測定の共振条件 (上) と水中のMGの吸収スペクトル (下)。下図にはポンプ光のスペクトルとHD-ESFG測定で直接得られる生データも示されている。

Fig.1. (a) Schematic of TR-HD-ESFG spectroscopy at the air/water interface. (b) Resonance condition for TR-HD-ESFG (top) and absorption spectrum of MG in water (bottom). The spectra of the pump pulse and HD-ESFG signal are also shown.

Chemical reactions at liquid interfaces are largely unknown. TR-ESFG spectroscopy developed at RIKEN has high potential for investigating photochemical dynamics of interfacial molecules by measuring the electronic transition of transients/photoproducts. However, heterodyne detection is necessary for obtaining time-resolved interface-selective electronic spectra that can be directly compared to time-resolved absorption spectroscopy which is widely utilized in solution. In this study, we realized femtosecond TR-HD-ESFG spectroscopy for the first time. We measured time-resolved HD-ESFG spectra of a prototypical dye molecule, malachite green (MG) in the $S_0 \rightarrow S_2$ transition region at the air/water interface (Fig.1). As shown in Fig. 2, with photoexcitation to the S_1 state, a negative signal appears, and it is maximized at ~ 0.15 ps. Because the steady-state spectrum before photoexcitation shows a positive sign (Fig. 2, top), the negative signal appearing in the same wavelength region is attributed to the intensity decrease in the $S_0 \rightarrow S_2$ electronic transition due to the decrease in the ground state population (bleach, GSB). Moreover, we also observed an additional negative signal in the ≥ 440 nm region, which is attributable to the electronic transition of the excited state ($S_1 \rightarrow S_n$ transition, ESA) that is generated with photoexcitation. The interface-selective time-resolved electronic spectra of MG can be directly compared to time-resolved absorption spectra of MG in water, which enables us to clarify its ultrafast dynamics at the air/water interface.

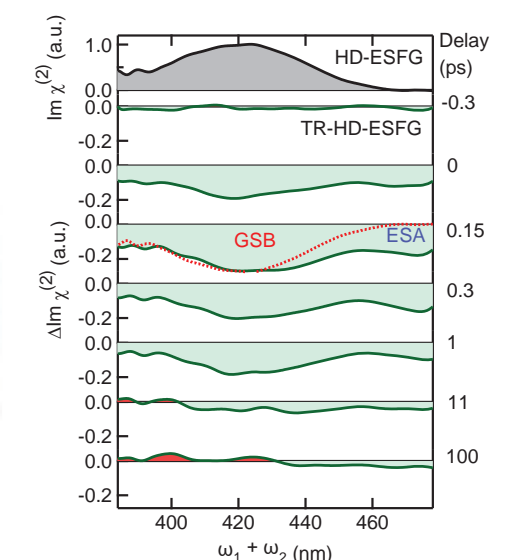
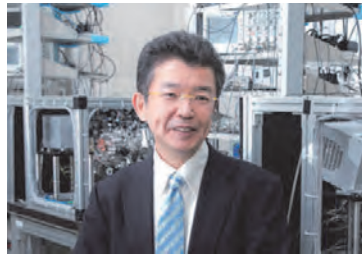


図2 空気/水界面のMGのTR-HD-ESFGスペクトル。定常状態のHD-ESFG スペクトルも上段に示してある。

Fig.2. TR-HD-ESFG spectra of MG at the air/water interface. The steady-state HD-ESFG spectrum is also shown at the top.



チームリーダー / Team Leader

香取 秀俊 博士(工学)
Hidetoshi Katori, D. Eng.



FY2024 Core Members

(専任研究員)
高本 将男 (兼務)
山口 敦史 (兼務)
(アシスタント)
小林 恵

(Senior Research Scientist)
Masao Takamoto (c)
Atsushi Yamaguchi (c)
(Assistant)
Megumi Kobayashi

研究テーマ

- ✓ 光格子時計の実用化に向けた応用の開拓
- ✓ 次世代可搬型光格子時計の開発
- ✓ 相対論的測地技術の構築

Research Subjects

- ✓ Exploration of practical applications of optical lattice clocks
- ✓ Development of the next-generation transportable optical lattice clocks
- ✓ Establishment of relativistic geodetic technology

研究成果 / Research Output

可搬型光格子時計を用いた
応用的研究と次世代機の開発



- 次世代小型光格子時計の開発
- 「秒」の再定義に向けた光格子時計の初の商用化
- 長距離光ファイバ伝送を用いた遠隔時計比較

Development of a transportable optical lattice clock
for relativistic geodesy

- Development of next-generation transportable optical lattice clocks
- First commercialization of optical lattice clock towards the redefinition of the second
- Remote comparison of optical lattice clocks using a long-distance optical fiber link

時空間エンジニアリング研究チームでは、光格子時計の実用化にむけた技術開発を行っています。その一環として、次世代小型光格子時計の開発と可搬型光格子時計を用いた相対論的測地への応用を行っています。

光格子時計は、現在の秒の定義であるセシウム原子時計を2桁上回る18桁の精度を実現しており、光格子時計を含む光時計による秒の再定義が議論されています。一方で、次世代の標準器として、さらには標準外への応用にむけて、時計の可搬化・商用化が急務であり、次世代光時計の開発が世界中で進められています。今年度、本チームでは、民間企業と共同で小型・超高精度光格子時計のプロトタイプ機を完成させました。世界発の光格子時計の商用化であり、体積250 Lで18桁精度の時計が実現されました(図1)。

高精度な時計は、標準以外のさまざまな分野にも応用できます。時間の進み方は重力の影響をうけて、地上では1 cmの標高差で時間(周波数)の18桁目に変化します。そのため、標高の違う2台の時計を比較すれば、時間の進み方の違いから標高差を計測できます。このような相対論的測地技術を利用すれば、標高の高分解能マッピングや、標高の時間変化の実時間計測なども可能となります。今年度、水沢の国立天文台に移設した可搬型光格子時計を長距離光ファイバリンクを用いて理研に設置された時計と遠隔比較する実験を行いました(図2)。時計を6時間比較することで1 cmの精度で遠隔地の標高差が計測できました。この遠隔比較を用いて12時間周期で振動する潮汐効果の観測を試みています。さらには、1年のスケールで1 cmの標高計測の再現性が実現できれば、地震後の長期的な地面の隆起も観測できる可能性があります。

今後、このような測地技術と次世代光格子時計を組み合わせることで、プレート運動や火山活動による地殻変動の観測などを通して地球物理学に応用したり、全球測位衛星システムや高感度重力計と補完的に利用できる光格子時計ネットワークの確立をめざします。

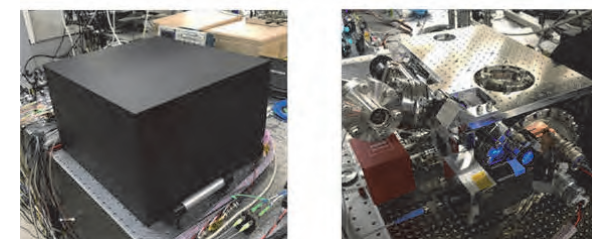


図1 次世代小型光格子時計の物理パッケージ。物理パッケージとレーザー光源システムを含めて総体積250 L(従来の4分の1)のシステムを開発しました。

Fig.2 Physical package for the next generation of compact optical lattice clocks. The team has developed a system with a total volume of 250 L (a quarter of our previous system), including the physical package and laser system.

Space-Time Engineering Research Team develops technologies for the practical application of optical lattice clocks (OLCs). As part of the activities, the team is developing next-generation compact clocks and demonstrating geodetic applications.

OLCs have achieved an accuracy of 18 digits, two orders of magnitude better than the caesium clock, which triggered the discussion for the redefinition of the second by optical clocks. In the meantime, there is an urgent need to make clocks compact and commercially available as next-generation standards. The development of next-generation optical clocks is being promoted worldwide. This fiscal year, the team has completed a prototype of a compact, ultra-high-precision OLC in collaboration with a private company. This is the world's first commercialization of an OLC with a volume of 250 L and an accuracy of 18 digits (Fig. 1).

High-precision clocks are expected to be applied not only to standards but also to various fields. Due to the effect of gravity, a 1 cm difference in height above the ground can be measured by comparing the two clocks, which changes from the 18th digit of the clock frequency. Such relativistic geodesy allows high-resolution spatial mapping and real-time monitoring of the elevation. We compare remote clocks in NAOJ and RIKEN using a long optical fiber link (Fig. 2). By comparing clocks for 6 hours, we are able to measure the difference in elevation with an uncertainty of 1 cm. Using this remote comparison, we are attempting to observe tidal effects that oscillate with a 12-hour period.

By combining such geodetic technology with the next-generation compact clock, we aim to establish an OLC network that can be applied to geophysics through observations of crustal deformation caused by plate movement and volcanic activity, and that can be used complementary to global positioning satellite systems and high-sensitivity gravimeters.

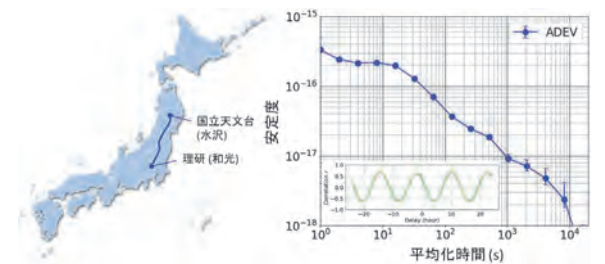
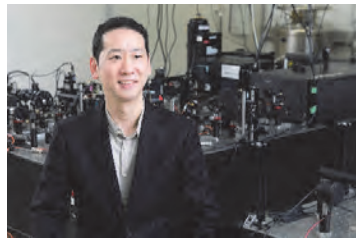
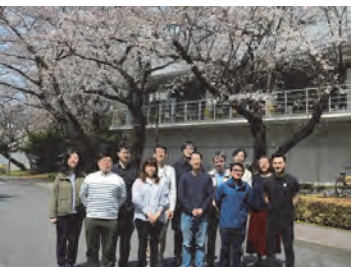


図2 理研(和光)と国立天文台(水沢)を繋ぐ長距離光ファイバリンクと遠隔比較の安定度。(内挿図)比較で得られた周波数差と潮汐効果によるシフトとの相互相関関数。
Fig.1 Long-distance optical fiber link between RIKEN (Wako) and NAOJ (Mizusawa). (Inset) Cross-correlation function between the frequency difference obtained in the comparison and the shift due to tidal effects.



チームリーダー / Team Leader

加藤 雄一郎 Ph.D.
Yuichiro Kato, Ph.D.



FY2024 Core Members

- (特別研究員)
Mengyue Wang、Ufuk Erkilic (兼務)
- (基礎科学特別研究員)
西留 比呂幸
- (訪問研究員)
Clement Deleau
- (客員研究員)
小澤 大知、山下 大喜、藤井 瞬
- (アシスタント)
新坂 頼子 (兼務)

- (Postdoctoral Researcher)
Mengyue Wang, Ufuk Erkilic (c)
- (Special Postdoctoral Researcher)
Hiroyuki Nishidome
- (Visiting Researcher)
Clement Deleau
- (Visiting Scientist)
Daichi Kozawa, Daiki Yamashita,
Shun Fujii
- (Assistant)
Yoriko Nissaka (c)

研究テーマ

- ✓ 室温動作通信波長単一光子源の開発
- ✓ 極低消費エネルギー発光素子の開発
- ✓ 新機能性光センサーの開発

Research Subjects

- ✓ Room-temperature telecommunication-wavelength single photon source
- ✓ Electroluminescence devices with extremely low energy dissipation
- ✓ Optical sensors with novel functionalities

研究成果 / Research Output

二次元材料を用いたハイブリッドシリコン全光スイッチングデバイス

- 二次元材料とシリコン共振器を組み合わせたハイブリッド全光スイッチを提案・実証
- シリコンデバイスの限界を超える、高速（数十ピコ秒）なスイッチングを実現
- シリコンフォトンクスとの高い互換性を持ち、集積回路への応用が期待

Hybrid silicon all-optical switching devices integrated with 2D material

- Proposed and demonstrated a hybrid all-optical switch combining a 2D material with a silicon microcavity
- Achieved ultrafast switching (tens of picoseconds) that overcomes the limitations of conventional silicon devices
- Offers high compatibility with silicon photonics, making it promising for integration into photonic circuits

Reference: D. Yamashita, N. Fang, S. Fujii, Y. K. Kato, "Hybrid silicon all-optical switching devices integrated with 2D material", Adv. Opt. Mater. 13, 2402531 (2025).



光通信の高速化とエネルギー効率の向上に対する需要が高まる中、光信号のルーティングや変調を担う全光スイッチングはフォニック集積回路において重要な役割を果たします。従来のシリコンを基板材料とした全光スイッチングデバイスは、他の電気・光デバイスとの一体型の集積が可能である一方、シリコンのキャリア寿命（約0.1 ~ 1ナノ秒、1ナノは10億分の1）により応答速度が制約され、速度と効率に限界がありました。

本研究では、高速なキャリア再結合を持つ二次元材料である二テルル化モリブデン (MoTe₂) と、シリコン微小共振器を組み合わせたハイブリッド全光スイッチングデバイスを提案・実証しました。シリコン基板ではなく二次元材料内の光吸収キャリアによる屈折率変調を利用することで、基板材料によるスイッチング性能制約の克服を目指しました。具体的には、まず、二次元材料と効率的に相互作用できるエアモードのフォニック結晶ナノビーム共振器を用意し、MoTe₂フレイクを共振器上に転写してデバイスを作製しました。パルスレーザーを照射してMoTe₂フレイクに光吸収キャリアを生成し、共振器の共振波長を変化させてスイッチング動作を実現しました。その結果、数百フェムトジュール（1フェムトは1000兆分の1）の低エネルギーで、数十ピコ秒（1ピコは1兆分の1）の全光スイッチング動作を達成しました。

提案した光スイッチはフォニック集積回路におけるシリコンのプラットフォームとしての優位性を活かしつつ、全光スイッチングの性能限界を克服することに成功しました。今後の更なる性能向上とフォニック集積回路への実装応用が期待されます。

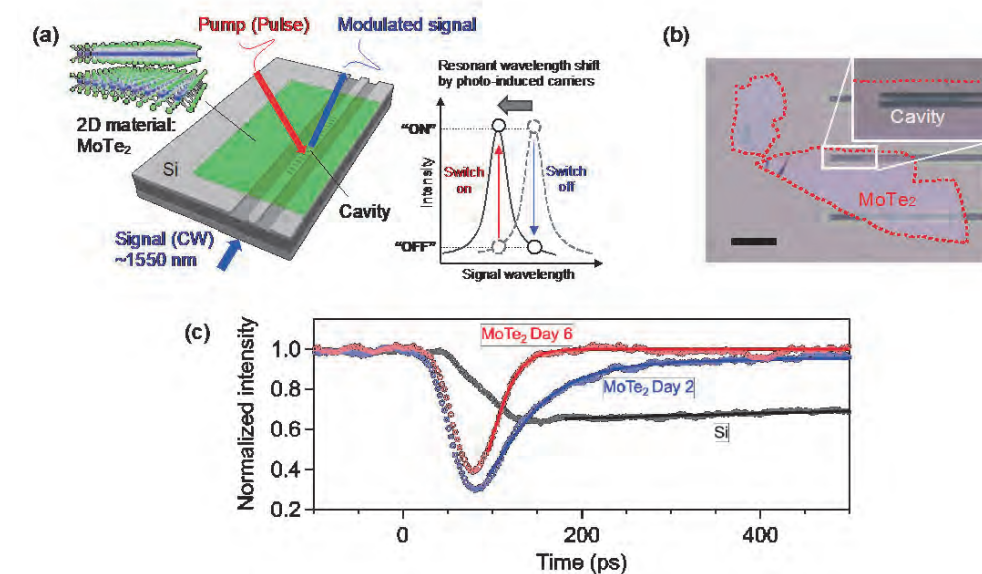


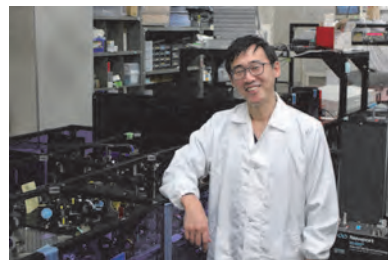
図1 (a) ハイブリッド光スイッチと動作原理の模式図。(b) 作製した光スイッチデバイスの光学顕微鏡像。(c) デバイス作製から6日後（赤）および2日後（青）のMoTe₂デバイスとシリコンデバイス（黒）のスイッチング応答。

Figure 1. (a) Schematic illustration of the hybrid optical switch and its operating principle. (b) Optical microscope image of the fabricated optical switch device. (c) Switching responses of the MoTe₂ device measured 6 days (red) and 2 days (blue) after fabrication, compared with that of the silicon device (black).

As demand grows for faster and more energy-efficient optical communication, all-optical switching has become essential in photonic integrated circuits for routing and modulating light signals. While silicon-based switches can be monolithically integrated with other photonic and electronic components, their performance is limited by silicon's carrier lifetime (0.1–1 nanoseconds), restricting switching speed and energy efficiency.

To address this, we proposed and demonstrated a hybrid all-optical switch that combines molybdenum ditelluride (MoTe₂)—a two-dimensional (2D) material with an ultrafast carrier recombination time—and a silicon microcavities. By utilizing refractive index changes in the 2D material induced by photo-generated carriers, we aimed to break the performance barrier of conventional silicon devices. We fabricated the device by transferring MoTe₂ flakes onto an air-mode silicon nanobeam cavity optimized for strong light–material interaction. When excited by a pulsed laser, the MoTe₂ absorbed light and generated carriers, which in turn shifted the resonant wavelength of the cavity, achieving the switching operation. Our device achieved all-optical switching with low energy consumption (hundreds of femtojoules) and fast response times (tens of picoseconds).

This hybrid approach takes advantage of the scalability of the silicon platform while introducing the ultrafast properties of 2D materials, offering a promising route toward high-performance, fully integrated photonic systems.



チームリーダー / Team Leader

高橋 栄治 博士 (工学)
Eiji J. Takahashi, D. Eng.



FY2024 Core Members

(専任研究員) 鍋川 康夫 (兼務)
(研究員) 神田 夏輝
(特別研究員) 今坂 光太郎、西宮 海人
河瀬 広樹、Rajpoot Rambabu
Ibrahim Ramadan Ahmed
(基礎科学特別研究員) 池田 大
(国際プログラム・アソシエイト) Dong
Dianhong、Xia Minshuang
(アシスタント) 板井 亮子

(Senior Research Scientist)
Yasuo Nabekawa (c)
(Research Scientist)
Natsuki Kanda
(Postdoctoral Researcher)
Kotaro Imasaka, Kaito Nishimiya,
Hiroki Kawase, Rambabu Rajpoot,
Ahmed Ramadan Ibrahim
(Special Postdoctoral Researcher)
Dai Ikeda
(International Program Associate)
Dianhong Dong, Minshuang Xia
(Assistant)
Ryoko Itai

研究テーマ

- ✓ 高強度・単一サイクルレーザーの開発
- ✓ 高出力・コヒーレント軟X線光源の開発
- ✓ 超高速軟X線科学の開拓
- ✓ 次世代光量子ビーム源に関する研究

Research Subjects

- ✓ High-intensity single-cycle laser pulse
- ✓ High-power coherent soft x-ray attosecond pulse
- ✓ Ultrafast soft x-ray science
- ✓ Next-generation quantum beam sources

研究成果 / Research Output

1 オクターブを超える連続スペクトル幅を持つアト秒パルス発生



- 理研独自のレーザー増幅法 (DC-OPA) を採用
- 超広帯域な軟X線高次高調波発生の実証
- シングルサイクルアト秒パルスの応用研究への可能性

Generation of attosecond pulses with over-octave continuum spectrum

- RIKEN's original laser amplification method called the advanced DC-OPA
- Demonstration of super continuum soft X-ray high-order harmonic generation
- Potential for applied research using single-cycle attosecond pulses

K. Nishimiya, et. al., "Octave-spanning supercontinuum coherent soft x-ray for producing a single-cycle soft x-ray pulse", Optics Letters **49**, 5779-5782 (2024).

原子・分子内の電子運動などの超高速現象の観測には高次高調波変換によるアト (10^{-18}) 秒 の時間幅を持つ光パルスが用いられており、より短い時間幅のアト秒光パルスを発生させるためには広帯域な連続スペクトルを発生させる必要があります。超高速コヒーレント軟 X 線光学研究チームでは独自のレーザー増幅法である DC-OPA を用いた高出力シングルサイクルレーザーシステムを高次高調波変換に応用し、軟X線における超広帯域な高次高調波発生に取り組みました。

DC-OPA法による高出力シングルサイクルレーザーを真空中の非線形媒質 (Ar, Ne) に集光することで高次高調波を発生させました。発生した高次高調波スペクトルの搬送波位相依存性を測定し、Arを用いると80-160 eV (図1(a))、Neを用いると150-270 eV (図1(c)) で超広帯域な連続スペクトルが発生していることが確認されました。また発生したアト秒パルスの電場位相を金属フィルターで補正することで、Arを用いて時間幅40 as (図1(b))、Neを用いて22.6 as (図1(d)) のアト秒パルスの発生が可能であることが計算で確認されました。

発生した超広帯域高次高調波は軟X線領域においてレーザー電場のサイクル数が1サイクル程度のシングルサイクルレーザーの発生を可能とし、本光源は原子分子物理のみでなく、量子情報科学への応用が期待されています。

Observing ultrafast phenomena such as electron motion in atoms and molecules requires attosecond (10^{-18} s) pulses generated via high-order harmonic generation (HHG). To generate shorter attosecond pulses, a broadband continuous spectrum is required. Ultrafast coherent soft x-ray photonics research team applied a high-power single-cycle laser system based on DC-OPA to HHG, aiming for super continuum soft X-ray high harmonics.

By focusing the single-cycle laser based on DC-OPA into a nonlinear medium (Ar, Ne) in a vacuum, high harmonics was generated. The CEP dependence of the high harmonic spectrum was measured, revealing super continuum spectrum: 80–160 eV with Ar (Fig. 1(a)) and 150–270 eV with Ne (Fig. 1(c)). Furthermore, by dispersion compensation of the attosecond pulses using a metal filter, we confirmed pulse durations of 40 as with Ar (Fig. 1(b)) and 22.6 as with Ne (Fig. 1(d)) by calculation.

The generated super continuum high harmonics enable to generate soft X-ray single-cycle lasers, and this light source is expected to be applied not only to atomic and molecular physics, but also to quantum information science.

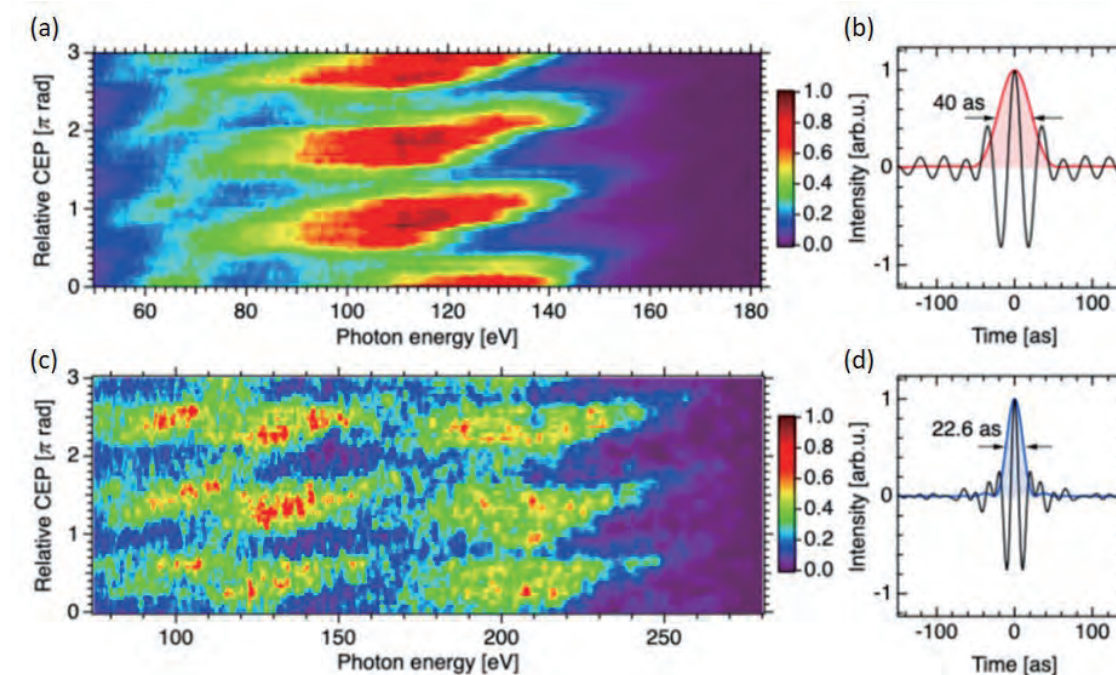
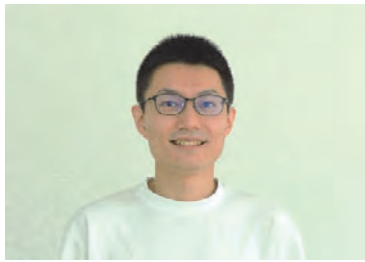


図1 非線形媒質に(a)Ar、(c)Neを用いた際の高次高調波スペクトルの搬送波位相依存性と(b)Ar、(d)Neによる高次高調波スペクトルから計算された時間波形。

Fig.1 CEP dependence of the high harmonic spectrum when (a) Ar and (c) Ne are used as the nonlinear medium, and time waveforms calculated from the high harmonic spectrum for (b) Ar and (d) Ne.



理研白眉研究チームリーダー /
RIKEN Hakubi Team Leader

森本 裕也 Ph.D.
Yuya Morimoto, Ph.D.



FY2024 Core Members

(基礎科学特別研究員)
立花 佑一、Marie Ouille
(テクニカルスタッフ)
山下 由衣
(研究パートタイマー)
Mousume Samad
(事務パートタイマー)
石川 朱美

(Special Postdoctoral Researcher)
Yuichi Tachibana, Marie Ouille
(Technical Staff)
Yui Yamashita
(Research part-timer)
Mousume Samad
(Part-time worker)
Akemi Ishikawa

研究テーマ

- ✓ 電子線のアト秒制御
- ✓ 電子パルスによる化学反応の超高速イメージング
- ✓ コヒーレント電子線を用いた原子衝突過程制御
- ✓ 赤外領域の高強度超短パルスレーザー光源の開発とその応用

Research Subjects

- ✓ Attosecond control of electron beams
- ✓ Ultrafast electron-beam imaging of chemical reactions
- ✓ Control of collisional processes using coherent electron beams
- ✓ Development of ultrashort and intense infrared laser sources and their applications

研究成果 / Research Output

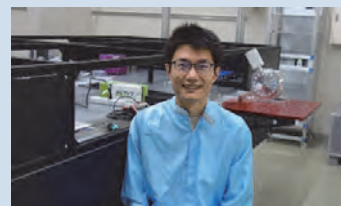
超短電子ビームの散乱理論

- 超短電子ビームと原子の散乱を記述できる非摂動S行列理論を導入
- 超短電子ビームの散乱における一般化された光学定理を導出
- 散乱電子の角度分布における異常な2回方位角非対称性を発見

Theory for the scattering of ultrashort electron beams

- Introduction of non-perturbative S-matrix formalism for the scattering of ultrashort electron beams.
- Derivation of optical theorem generalized for the scattering of ultrashort electron beams.
- Discovery of anomalous two-fold azimuthal asymmetry in the angular distributions of scattered electrons

Yuya Morimoto and Lars B. Madsen, "Scattering of ultrashort electron wave packets: optical theorem, differential phase contrast and angular asymmetries", New Journal of Physics. 26 053012 (2024).



電子顕微鏡技術の進展により、オングストロームを下回るスポット径とアト秒の時間幅を有する電子ビームの発生が可能になろうとしています。しかしながら、これまで一般的に用いられてきた電子散乱理論では、電子を平面波、すなわち、ビーム径が無限に大きくかつ無限の時間幅を持つ波として仮定されていました。本研究では、電子ビームを3次元的な波束として取り扱い、かつ、電子と標的原子の間の相互作用を非摂動的に取り扱えるS行列理論を発表しました。

我々はまず、提案した理論式から、流束の保存則を与える光学定理を導きました。そして、導出した3次元的な電子波束に一般化された光学定理が、流束の保存を表現していることを確認しました。

次に、得られたS行列理論を用いて、散乱電子の検出器上での角度分布を計算しました。図1(a)に示すように、非常に小さい径まで集束された超短電子ビームが孤立原子によって散乱される系を考えました。図1(b)、(c)はそれぞれ、水素原子およびアルゴン原子に散乱された電子の角度分布における方位角方向の非対称性を示しています。水素原子の場合には、90度ごとに符号が変化する2回非対称性が強く、アルゴン原子の場合には、180度で符号が反転する1回対称性が支配的であることが分かりました。詳細な解析により、2回非対称性は電子ビームの量子性の一つである空間的なコヒーレンス、1回非対称性は標的原子によって散乱される際に電子の位相が変化することに由来していることが分かりました。

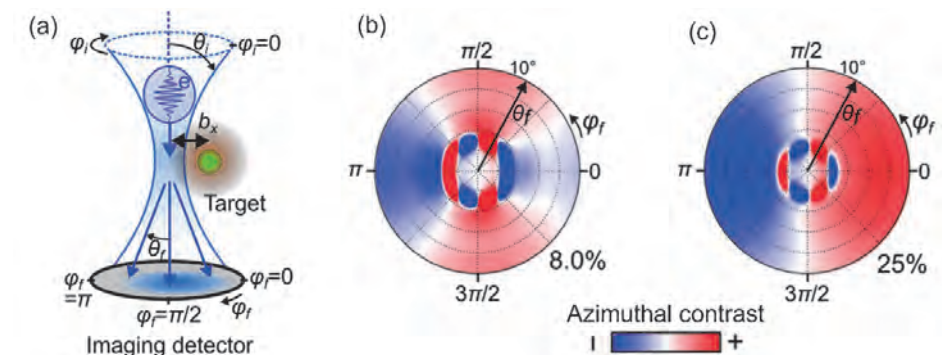
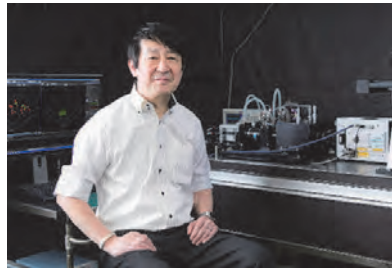


図1 超短電子ビームの散乱理論。(a)検討した物理系。小さいスポット径の超短電子ビームが孤立原子により散乱され、その二次元角度分布が検出される。(b)水素原子標的の場合の散乱電子の方位角非対称性。電子のエネルギーは10 keV、時間幅は1 fs、スポット径(半径)は約1 Å、衝突係数は2 Å。(c)アルゴン原子標的の場合の結果。

Figure 1 Scattering of ultrashort electron beams. (a) The physical system considered. A small ultrashort electron beam is scattered by an isolated atom. The angular distribution of scattered electrons is detected. (b) Azimuthal asymmetry of scattered electrons for a hydrogen target. The electron energy is 10 keV, the time width is 1 fs, the spot diameter (radius) is about 1 Å, and the impact parameter is 2 Å. (c) Result for an argon target.



副チームリーダー / Deputy Team Leader

中野 明彦 理学博士
Akihiko Nakano, D. Sci.



FY2024 Core Members

(専任研究員・上級研究員)
黒川 量雄、戸島 拓郎
(研究員) 神奈 亜子、松浦 公美
(技師) 宮代 大輔
(テクニカルスタッフ)
石井 久美子、和賀 美保、蛭川 英男
(研究パートタイマー)
カライ マディ ムニアンディ
(アシスタント) 徳田 恵子

(Senior Research Scientist)
Kazuo Kurokawa, Takuro Tojima
(Research Scientist)
Natsuko Jin, Kumi Matsuura
(Technical Scientist)
Daisuke Miyashiro
(Technical Staff)
Kumiko Ishii, Miho Waga,
Hideo Hirukawa
(Research Part-time Worker)
Kalai Madhi Muniandy
(Assistant)
Keiko Tokuda

研究テーマ

- ✓ 超解像ライブイメージング顕微鏡技術の開発
- ✓ 細胞内膜交通の分子機構

Research Subjects

- ✓ Development of super-resolution live imaging microscopy
- ✓ Molecular mechanisms of intracellular membrane trafficking

研究成果 / Research Output

高速超解像顕微鏡法の開発



- 時空間分解能を両立した新規の高速超解像顕微鏡法の開発
- 生細胞での高時空間分解能観察 (20立体/秒、70 nm)
- 細胞内規模の現象の数理的な記述

Development of high-speed and super-resolution microscopy

- Development of a novel method for high-speed super-resolution microscopy with both spatial and temporal resolution
- Observation with high spatio-temporal resolution in living cells (20 volumes/second, 70 nm)
- Mathematical description of intracellular-scale phenomena

Reference: Miyashiro, D., Tojima, T., and Nakano, A., "Extremely high spatiotemporal resolution microscopy for live cell imaging by single photon counting, noise elimination, and a novel restoration algorithm based on probability calculation", Frontiers Cell Dev. Biol. 12, 1324906 (2024).

従来の顕微鏡法では、時間分解能を持つ光学顕微鏡で可視光の波長より大きい構造の動態を観察するか、電子顕微鏡で動かない固定細胞の微細構造を観察するかを、目的に応じて使い分ける必要がありました。対象や適用の異なるこれらの顕微鏡法とともに、物理的な手法や化学的な手法も組み合わせることで、さまざまな生命現象を説明するモデルが提唱されてきました。

当チームの宮代大輔技師らは、新しい方法論を基礎から構築することで、これまでにない時間分解能と空間分解能を両立する高速超解像顕微鏡法 (SCLIM2M) を開発しました (図1)。時間分解能として1秒間に20コマの立体像、空間分解能として 10^{-8} メートルオーダーを達成しました (図2)。この時空間スケールでの観察では、細胞内のミクロな世界をあたかもわれわれが普段肉眼で見えるようなマクロな世界と同様の感覚で見ることができます。

「直接見る」ということは、科学者にとって、生命現象の直観的理解を促すにとどまらず、現象のより精密な理解への道を開くこととなります。

特に動きが直接見えるということは、すなわちその現象を数値的に記述することができ、数理的な理論と照らし合わせることが可能になります。これは生命活動を科学として本質的に理解するためのきわめて重要な一歩です。

SCLIM2Mを使ってさまざまな生命現象を観察することで、従来の生物学分野の進展に貢献するにとどまらず、これまでにない観察方法に基づいた新しい生物学分野の開拓も期待できます。

図1 SCLIM2Mの方法論
蛍光分子から放出された光子が増幅され、光子一つ一つが分離して高速カメラで撮影される。その画像を基にノイズ除去と像の復元計算が行われる。

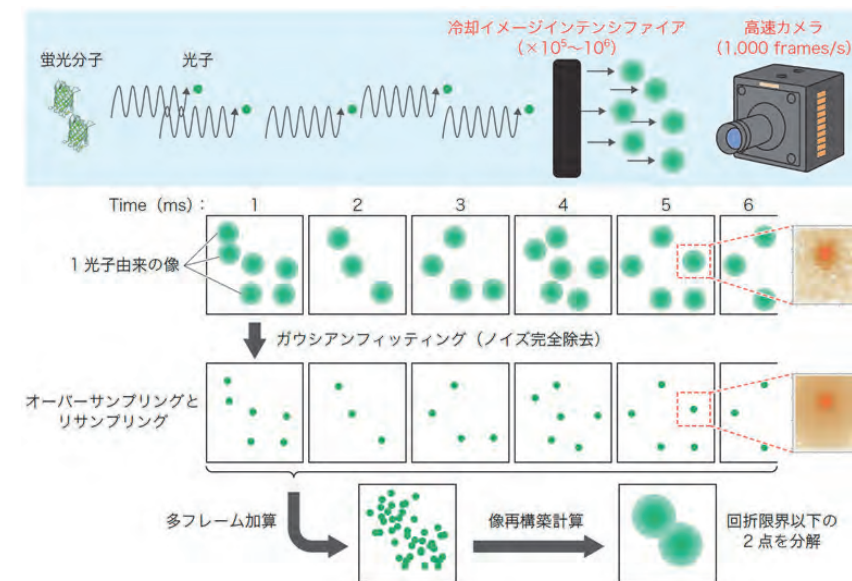
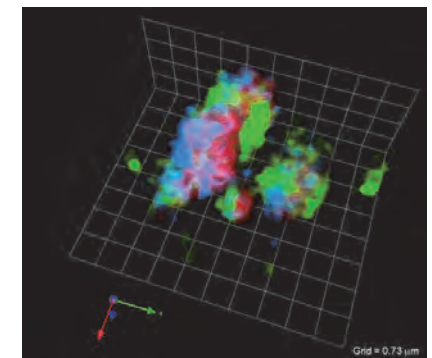


図2 細胞小器官 (ゴルジ体) の3次元像 (高速動画撮影中の1コマ)
HeLa細胞のゴルジ体の3槽構造をそれぞれ別の色の蛍光タンパク質で標識した。赤はメディアアル槽、青はトランス槽、緑はトランスゴルジ網。撮影は1秒間に20立体という高速で行われている。





チームリーダー / Team Leader

宮脇 敦史 医学博士
Atsushi Miyawaki, M.D., Ph.D.



FY2024 Core Members

- (研究員) 阪上-沢野 朝子
- (技師) 平野 雅彦
- (テクニカルスタッフ) 戸崎 麻子

- (Research Scientist) Asako Sakaue-Sawano
- (Technical Scientist) Masahiko Hirano
- (Technical Staff) Asako Tosaki

研究テーマ

- ✓ 蛍光タンパク質の発色団の構造と機能
- ✓ 生命と光との相互作用
- ✓ 微小生物の水中運動の高速ビデオ撮影

Research Subjects

- ✓ Structure-function relationships of fluorescent protein chromophores
- ✓ Interplay between ambient light and organisms
- ✓ Ultra-fast observation of swimming behavior of micro-organisms

研究成果 / Research Output

種々の照明モードにおけるStayGold特有の光安定性

- 持続可能な生細胞イメージングにおける適切なガイドラインを提供

StayGold's unique photostability for various illumination modes

- Provides relevant guidelines for sustainable live cell imaging

Hirano M, Yonemaru Y, Shimozone S, Sugiyama M, Ando R, Okada Y, Fujiwara T, and Miyawaki A. "StayGold photostability under different illumination modes." Sci. Rep. 14, 5541 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-55213-3>

細胞社会の可視化のための技術開発

Comprehensive visualization of multicellular systems to contribute to better understanding of life

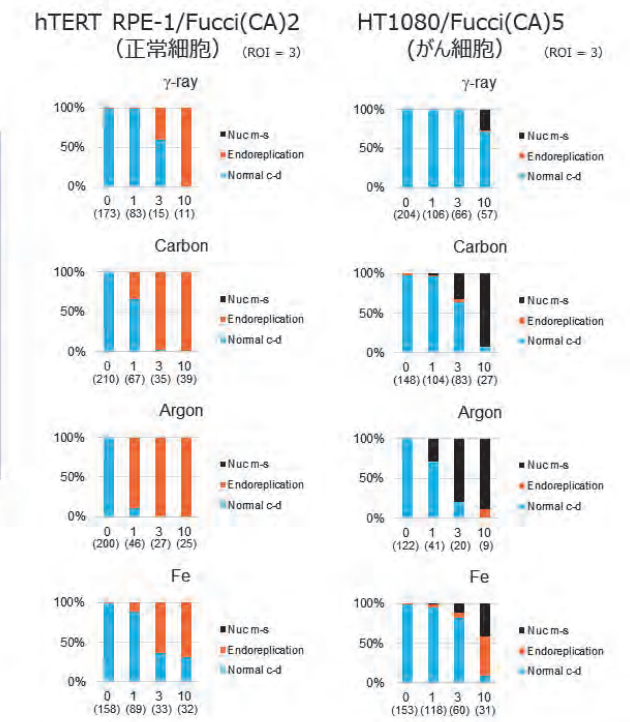
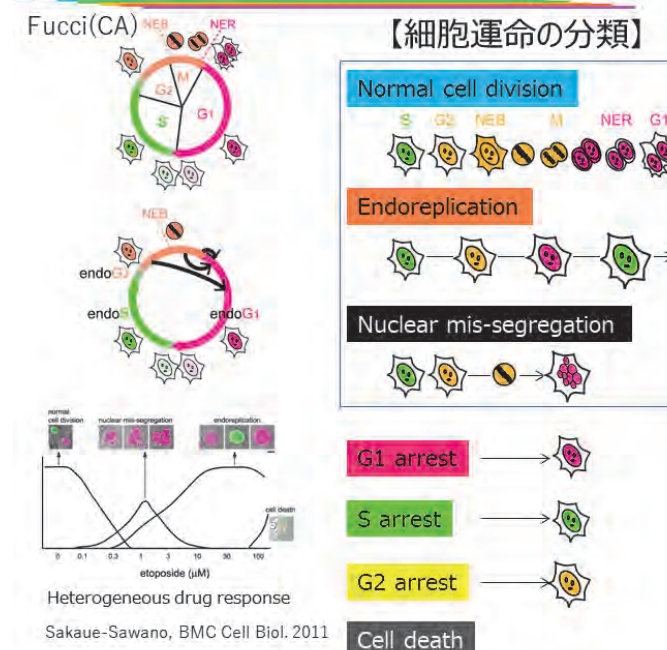
第61回日本放射線腫瘍学会生物部会学術大会第52回放射線による制癌シンポジウム
2024年5月 群馬 「放射線治療につながる新たな基礎研究」招待講演
「細胞の可視化技術による基礎研究」 阪上-沢野 朝子, 宮脇 敦史

第24回 日本再生医療学会総会
2025年3月 横浜 シンポジウム「4次元解析から明らかになる細胞の動態」招待講演
「細胞周期と細胞社会の可視化」 阪上-沢野 朝子, 宮脇 敦史

光る（蛍光/発光）タンパク質を駆使したライブイメージング技術の開発と実践に取り組み、多細胞から構成される生命システムが種々の環境変化に依存して示す動態を理解することを目的とした研究基盤構築を進めています。細胞社会の可視化に挑戦することで、これまで見逃していたであろう生命現象について時空間的解読を目指します。細胞周期をリアルタイムに描出する蛍光プローブ Fucci (Fluorescent, ubiquitination-based cell cycle indicator) (Cell. 2008)は、今や世界標準となり、発生、幹細胞、ストレス、腫瘍、薬剤応答、老化、細胞周期推論、など様々な研究領域へと自在に応用がひろがっています。我々が開発するバイオイメージング技術を、たとえば宇宙放射線と生体の相互作用を解読するツールとして用いる事で、可視化の対象の生命現象を地球規模から宇宙規模へと拡張する研究も進行中です。図左に示すように、Fucci技術を使うと、薬剤に対する細胞応答や運命を分類する事ができます。宇宙放射線を模擬した炭素線、アルゴン線、鉄線照射への細胞応答を正常細胞とがん細胞で比較すると、その細胞運命が大きく異なる事が明らかです（図右）。こうした宇宙環境因子と細胞個々の相互作用の解読から、近宇宙空間で暮らす生命（ヒト）の生命恒常性を予測する技術の革新へとつなげていきます。

To explore the dynamics of living systems composed of multicellular societies in response to various environmental cues, we are developing and practicing live imaging techniques using fluorescent and bioluminescent proteins based on "direct visualization" approaches. Fucci (Fluorescent, ubiquitination-based cell cycle indicator) (Cell. 2008), a fluorescent probe for real-time visualization of cell cycle phases, has become a global standard and is widely used in various research fields such as development, stem cells, stress, tumors, drug response, aging, cell cycle inference, and so on. For example, by using these techniques as a tool to decipher the interactions between cosmic radiation and living organisms, we are now extending bioimaging technology from the global to the cosmic scale. As shown in the Figure on the left, Fucci can classify cellular responses and fates to drugs. Comparison of cellular responses to irradiation with carbon, argon and iron, which simulate space radiation, between normal and cancer cells shows significant differences in cell fate (right). Elucidating the interactions between space environmental factors and individual cells will lead to innovations in technology for predicting the homeostasis of life living in near-space environments.

cellular response patterns





チームリーダー / Team Leader

横田 秀夫 博士(工学)
Hideo Yokota, D. Eng.



FY2024 Core Members

- (上級研究員)
吉澤 信、道川 隆士、野田 茂穂
- (特別嘱託研究員)
太田 聡史
- (研究員)
竹本 智子
- (テクニカルスタッフ)
辻村 有紀、中村 佐紀子、
西村 将臣、蛭川 英男
- (アシスタント)
田中 晶予、岩崎 久美
- (客員研究員)
孫 哲、深作 和明、
大山 慎太郎、古川 大記、
藤崎 和弘、古城 直道、村上 幸己
- (Senior Research Scientist)
Shin Yoshizawa, Takashi Michikawa,
Shigeo Noda
- (Special Temporary Research Scientist)
Satoshi Oota
- (Research Scientist)
Satoko Takemoto
- (Technical Staff)
Yuki Tsujimura, Sakiko Nakamura,
Masaomi Nishimura, Hideo Hirukawa
(Assistant)
- Akiyo Takana, Kumi Iwasaki
(Visiting Scientist)
- Zhe Sun, Kazuaki Fukasaku,
Shintaro Oyama, Taiki Furukawa,
Kazuhiro Fujisaki, Naomichi Furushiro,
Yukimi Murakami

研究テーマ

- ✓ 画像情報処理に関するアルゴリズム研究
- ✓ 画像情報処理システムの開発
- ✓ 生物情報データ作成のための計測システムの構築

Research Subjects

- ✓ Image processing algorithms
- ✓ Image processing systems
- ✓ Imaging systems for material, biology, and medical data

研究成果 / Research Output

3次元2値画像の高速位相解析法



- 3次元2値画像から、一般化された穴(ホモロジー群)を効率的に定量化する新しい計算法を開発
- 非連結領域群で構成される輪や空洞をパーシステンス図と呼ばれる代数位相幾何学の方法で記述
- 新たに位相ドロネーグラフを考案し、計算に必要な要素数を大幅に削減

Fast Topological Analysis for 3D Binary Images

- A new computational method to efficiently quantify generalized holes (homology) from 3D binary images.
- Estimation of Persistence Diagrams (PDs, developed in algebraic topology) to describe loops and cavities consisting of disconnected voxel regions in an image.
- A novel topological Delaunay graph which significantly reduces the number of elements required for PD computations.

References:

- ✓ Shin Yoshizawa, Takashi Michikawa, and Hideo Yokota, "Topological Delaunay Graph for Efficient 3D Binary Image Analysis", International Journal of Automation Technology, Vol. 18, No. 5, pp. 632-650, 2024, DOI: 10.20965/ijat.2024.p0632.
- ✓ 吉澤 信, 道川 隆士, 横田 秀夫, "3次元2値画像の効率的なパーシステンス図推定法", 精密工学会秋季大会, No. B96, pp. 73-74, 2024, DOI: 10.11522/pscjspe.2024A.0_73.

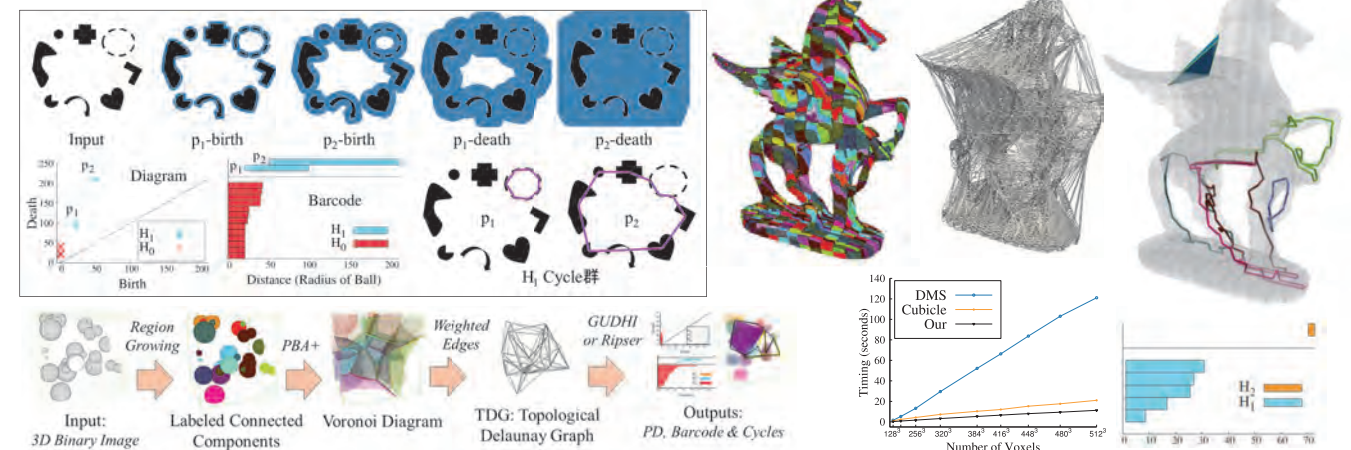
近年、一般化された穴(p 次Betti数に対応するhomology群 H_p)を構成する空間分布を位相不変量として定量化する Persistent Homology (PH: H. Edelsbrunner et al. 2002)が注目されており、材料学や生物学のデータ解析など幅広く応用されています。下図に示す様に、PHはデータ点から等方的に領域を広げていき(offset filtration)、重なり合った領域が穴を生成・消滅した距離をそれぞれ横軸(birth)・縦軸(death)にした p 次のPersistence Diagram (PD)又はPDと同義なBarcodeを計算します。3次元2画像 B の位相特徴は2次まで(0次: 連結領域、1次: loop、2次: 空洞)のPDを考えます。輝度画像に対する最新の高速度PD計算法群(Cubicle, H. Wagner 2023; DMS, P. Guillou et al. 2024)は、各画素に立方体複体の単体や三角形分割を構成するため、 B に大きな前景領域がある場合に効率的ではありません。

そこで本研究(S. Yoshizawa et al. 2024)では、 B のPDをより効率的に近似推定する計算方法を提案しました。提案法は B の各連結領域を座標を持たない位相グラフの1頂点とし、その隣接頂点間を連結領域群の一般化Voronoi分割の双対辺で繋いだ位相ドロネーグラフ G を考えます。辺の重みを隣接連結領域間の最小距離とすると、 G の辺縮約(edge contraction)は H_0 のPD点を表します。距離空間のある径内の全ての単体的複体の組み合わせであるRips複体を G の重み付き辺群で構成することで B のPDを推定しました。Rips複体のfiltrationはoffset filtrationの良い近似として知られており、本研究ではPH計算ライブラリー(Ripser及びGUDHI)を用いました。提案法は、PD計算に必要な要素数が少なくなり、最新の既存法(Cubicle;DMS)と比べて効率的です。

Persistent Homology (PH: H. Edelsbrunner et al. 2002), which quantifies the spatial distribution of generalized holes (homology group H_p corresponding to the p -th Betti number) as a topological invariant, has attracted attention and has been widely applied to data analysis in materials science and biology. As shown in the figure below, PH expands the regions from the data boundaries (offset filtration), and computes the p -th degree Persistence Diagram (PD or equivalent Barcode) with the horizontal (birth) and vertical (death) axes representing the distance at which holes are created and destroyed in the overlapping regions, respectively. For a 3D binary image B , PDs consist of the 0th: Connected Components (CCs), 1st: loops, and 2nd: cavities degrees. The state-of-the-art (SOTA) PH methods for intensity images (Cubicle, H. Wagner 2023; DMS, P. Guillou et al. 2024) construct a simplex or triangulation of a cubical complex at each voxel, which is not efficient when B contains large foreground regions.

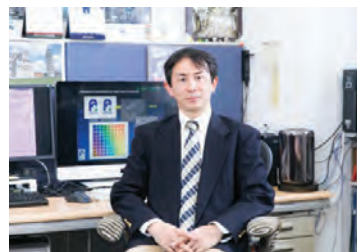
In this study (S. Yoshizawa et al. 2024), we proposed a computational method to efficiently estimate the PDs of B . Our method is based on a novel topological Delaunay graph G in which each CC of B becomes a vertex without coordinates of G , and adjacent vertices are connected by dual edges of a generalized Voronoi diagram of the CCs. Our edge weight is equal to the minimum distance between adjacent CCs whose edge contraction of G represents a 0th PD point.

Our PDs are estimated by a Rips complex via the weighted edges of G . Rips filtration is known to be a good approximation of offset filtration, and its PH libraries (Ripser and GUDHI) were employed in our method. Our method requires fewer elements for PD computations and is more efficient than the SOTA methods (Cubicle and DMS).



左上: 2次元offset filtrationと対応するPD・Barcode抽出例。2つの1次特徴(H_1 : loop構造)がPD点 p_1 及び p_2 として定量化されており、 p_2 のlifetime (death - birth)の方が大きい特徴である。左下: 提案法の概要図、Voronoi図の計算はPBA+ (J. Zheng et al. 2019)を適応。右: 3次元の連結領域群、位相ドロネーグラフ、Cycle群及びBarcode抽出例(H_0 は省略): ペガサスの脚・尾で構成される5つの H_1 特徴及び両翼と背中中で構成されるlifetimeが小さい H_2 特徴が1つ抽出されている。平均実行時間(vs 画素数)の比較(Cubicle; DMS; 提案法): 提案法が平均的には最も高速である。

Top-left: 2D offset filtration with its PD, barcode, and cycles. Two H_1 loop structures are quantified as PD points p_1 and p_2 , and p_2 has a longer lifetime (death - birth). Bottom-left: our method outline with PBA+ (J. Zheng et al. 2019). Right: 3D CCs, topological Delaunay graph, cycles, and barcode (H_0 omitted): Five H_1 features consisting of the legs and tail of Pegasus and one H_2 feature with a short lifetime consisting of both wings and back are extracted. Timing comparison (Cubicle; DMS; Ours).



チームリーダー / Team Leader

田中 拓男 博士(工学)

Takuo Tanaka, D. Eng.



FY2024 Core Members

- (専任研究員) 早澤 紀彦 (兼務)
- (特別研究員) Maria Herminia Marallag Balgos, Cherrie May Mogueis Olaya, 大上 能悟
- (テクニカルスタッフ) 山口 剛史
- (アシスタント) 梁 怡蓉
- (大学院生リサーチアソシエイト) 藤田 優人

- (Senior Research Scientist) Norihiko Hayazawa (c)
- (Postdoctoral Researcher) Maria Herminia Marallag Balgos, Cherrie May Mogueis Olaya, Daigo Oue
- (Technical Staff) Takeshi Yamaguchi
- (Assistant) Yi-Jung Liang
- (Junior Research Associate) Yuto Fujita

研究テーマ

- ✓ 3次元メタマテリアルや完全吸収メタマテリアルなど、メタマテリアルの設計と加工技術の開発
- ✓ メタマテリアルを用いた新規な赤外分光法の創成と高感度な分子の定性・定量分析法及び単一分子分析デバイスの開発
- ✓ チューナブルメタマテリアルに向けた新規な材料開発
- ✓ 可視~THz帯にわたるナノ・マイクロ顕微分光システムの開発
- ✓ 機能性表面増幅グースヘンシェンシフトバイオセンサーの開発

Research Subjects

- ✓ Novel metamaterials such as 3D metamaterials and perfect absorbers
- ✓ Infra-red spectroscopy using metamaterials for ultra-sensitive detection and identification of molecules and single molecule analysis
- ✓ Alternative materials for tunable metamaterials
- ✓ Development of nano-/micro- spectroscopy from visible to THz region
- ✓ Functional surface-enhanced Goos-Hänchen shift biosensor

研究成果 / Research Output



メタマテリアル吸収体を用いた超高感度ガス分子センシングデバイス

- メタマテリアル吸収体を用いて赤外分光法の背景光を抑制することで、分子検出感度を大幅に向上
- 3次元ダブルシリンドラー構造を用いてホットスポット位置を精密に制御
- 複数のメタアトムを集積化することで吸収バンドを広帯域化
- アト~zeptomoleレベルの検出感度を実現

Ultra-sensitive gas molecular sensing device using metamaterial absorber

- The metamaterial absorber suppresses unwanted background in IR spectroscopy, significantly improving the sensitivity of molecular detection.
- Precise control of hotspot locations was achieved using a three-dimensional double-cylinder structure.
- The integration of multiple meta-atoms enabled the broadening of the absorption band covering multiple gas molecules.
- Detection sensitivity in the attomole to zeptomole range was successfully achieved.

分子は、その構造に応じた振動数で振動しています。その振動数は赤外光の周波数とほぼ等しいので、分子は構造に応じた周波数の赤外光を吸収します。そのため物質の赤外吸収スペクトルを精密に測定すれば、その分子の構造や分子種の同定ができます。これが赤外分光法です。

赤外分光法の信号は分子が希薄になると極端に弱くなり、結果としてS/N比 (signal-to-noise ratio) やS/B比(signal-to-background ratio)が極端に低下するという問題がありました。

そこで我々はメタマテリアル吸収体を利用して、赤外分光法における問題となる背景光を抑制した背景光抑制表面増強赤外分光法を提案しました。今回は特にガス分子を高感度に検出できるデバイスを開発しました。

図1は、開発したメタマテリアル吸収体の電子顕微鏡写真で、このメタマテリアルは膜厚20 nm、高さ500 nmの円筒形金属フィンが同心円状に多重に形成された三次元構造で構成されています。我々はこのような高いアスペクト比を持つ三次元金属ナノ構造を加工する独自の技術を開発するとともに、このデバイスを用いたガス分子検出実験を行いました。その結果、様々な分子の信号をカバーする広帯域な吸収帯を実現するとともに、実際に複数のガス分子をアト~zeptomoleレベルの高い感度で検出することに成功しました。

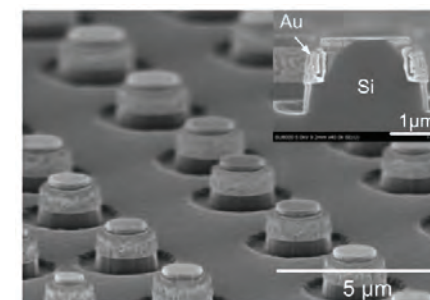


図1 三次元同軸2重シリンドラーメタマテリアル吸収体の電子顕微鏡像。 Fig.1 Scanning electron microscope image of 3D co-axial double cylinder metamaterial absorber.

Molecules vibrate at frequencies corresponding to their structures. These vibrational frequencies are nearly equal to the frequencies of infrared (IR) light, allowing molecules to absorb IR radiation at frequencies characteristic of their structures. By precisely measuring the infrared absorption spectrum of a substance, one can identify both the molecular structure and the molecular species—this is the basis of infrared spectroscopy.

However, a major challenge in infrared spectroscopy arises when molecules are present in low concentrations: the signal becomes extremely weak, resulting in a significant reduction in the signal-to-noise (S/N) and signal-to-background (S/B) ratios.

To address this issue, we proposed a background-suppressed, surface-enhanced infrared spectroscopy technique using metamaterial absorbers, which effectively suppress background IR radiation.

In this study, we developed a device capable of highly sensitive detection of gas molecules. Figure 1 shows a scanning electron microscope (SEM) image of the developed metamaterial absorber, which features a three-dimensional structure composed of multiple coaxial cylindrical metal fins—each 500 nm height with a film thickness of 20 nm.

We fabricated the device and conducted gas detection experiments, and a broadband absorption band that covers a wide range of molecular signals is created and successfully detected multiple gas molecules with high sensitivity at the attomole to zeptomole level.

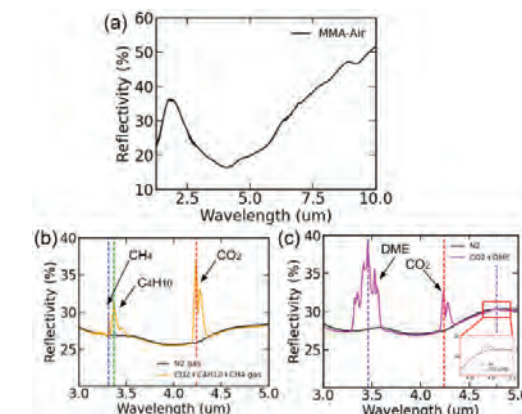
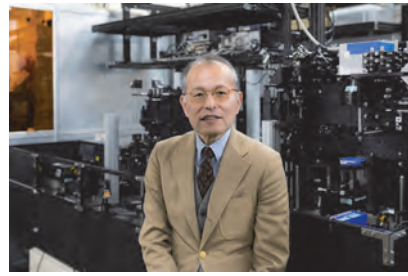
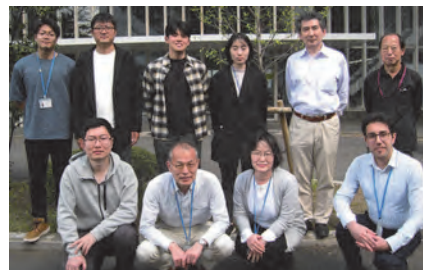


図2 (a) 三次元メタマテリアル吸収体の吸収スペクトル。 (b) and (c) ブタン、エタン、二酸化炭素、ジメチルエーテルガスの検出結果。 Fig.2 (a) Absorption spectrum of 3D metamaterial absorber, (b) and (c) Experimental results of multiple gas molecules detection.



チームリーダー / Team Leader

杉岡 幸次 工学博士
Koji Sugioka, D. Eng.



FY2024 Core Members

(研究員) 小幡 孝太郎, Shi Bai
(特別嘱託研究員) 尾笹 一成
(特別研究員) Jiawei Zhang,
Ashkan MomeniBidzard, Kun Fan
(客員主管研究員) 青柳克信、伊藤嘉浩
(客員研究員) Daniela Serien,
Felix Sima, 花田 修賢、中嶋 聖介、
黒瀬 範子
(大学院生リサーチ・アソシエイト)
川端 祥太
(研修生) 森本純至、半澤未来、
松本 颯太
(特別嘱託職員) 若林 多起子

(Research Scientist)
Kotaro Obata, Shi Bai
(Special Temporary Research Scientist)
Kazunari Ozasa
(Postdoctoral Researcher)
Jiawei Zhang,
Ashkan MomeniBidzard, Kun Fan
(Senior Visiting Scientist)
Yoshinobu Aoyagi, Yoshihiro Ito
(Visiting Scientist) Daniela Serien, Felix
Sima, Yasutaka Hanada, Seisuke
Nakashima, Noriko Kurose
(Junior Research Associate)
Shota Kawabata
(Student trainee) Junji Morimoto,
Mirai Hanzawa, Sota Matsumoto
(Special Temporary Employee)
Takiko Wakabayashi

研究テーマ

- ✓ 3次元マイクロ・ナノレーザー加工技術の開発とマイクロ・ナノデバイス作製への応用
- ✓ ビーム整形による高品質・高効率・高解像度加工技術の開発
- ✓ 超短パルスレーザーによるナノ材料創成および表面ナノ構造化
- ✓ レーザー光と物質との相互作用の解明に関する研究

Research Subjects

- ✓ Development of laser-based 3D micro and nanoprocessing and application for fabrication of micro and nanodevices
- ✓ Development of high quality, high efficiency, high resolution processing based on beam shaping techniques
- ✓ Nanomaterials synthesis and surface nanostructuring by ultrafast lasers
- ✓ Elucidation of laser and matter interactions

研究成果 / Research Output

波長515nmのGHzバーストモードフェムト秒レーザーによる銅アブレーション効率の改善

- GHzバーストモードフェムト秒レーザーによる銅アブレーションのメカニズムを調べるために、シミュレーションに基づく理論的アプローチを実行。
- シミュレーションにより、GHzバーストパルス中の後続のイントラパルスが、先行するイントラパルスによって溶融されたCuと相互作用することによって、アブレーション効率が向上することを解明。
- グリーン波長GHzバーストモードは、シングルパルスモードと比較して、Cuアブレーション効率を大幅（2.8倍）に改善。

Improvement of Cu ablation efficiency by GHz burst mode femtosecond laser at 515 nm wavelength

- Theoretical approach based on simulations was performed to investigate the underlying mechanisms of Cu ablation by GHz burst mode femtosecond laser.
- The simulation has revealed that the ablation efficiency can be improved by the interaction of the subsequent intra-pulses in a GHz burst pulse with Cu melted by the preceding intra-pulses.
- The green-wavelength GHz burst mode significantly improved the Cu ablation efficiency (2.8 times higher) compared to the single-pulse mode.

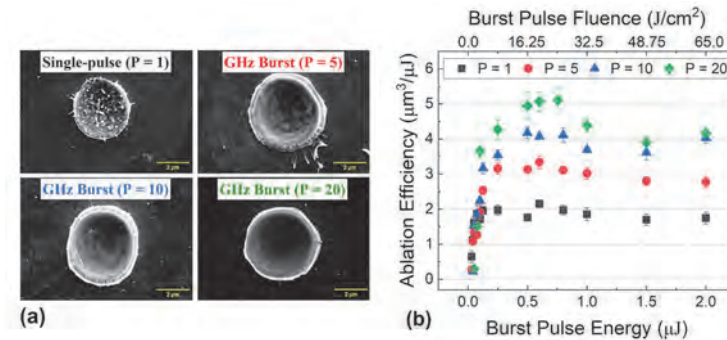


図1 (a) バーストパルスエネルギー0.5 μJで、シングルパルスモード (P=1) およびGHzバーストモードレーザーアブレーション (イントラパルス数P=5, 10, 20) によりCuに形成された加工痕の電子顕微鏡画像。(b) 異なるバーストパルスエネルギーに対して、シングルパルスモードとGHzバーストモードのアブレーション効率の比較。

Figure 1 (a) SEM images of craters created on Cu by single-pulse mode (P = 1) and GHz burst mode laser ablation (intra-pulse numbers of P = 5, 10, and 20) at a burst pulse energy of 0.5 μJ. (b) Comparison of ablation efficiency between single-pulse mode and GHz burst mode laser processing for different burst pulse energies.

近年、GHzバーストモードフェムト秒レーザーは、加工効率や加工品質において高い性能を発揮し、レーザー加工に新たな進展をもたらしています。しかし、その加工メカニズムは未だ解明されておらず、また加工パラメータが膨大であることから、実験的に加工条件を最適化することは困難です。

我々は、GHzバーストモードフェムト秒レーザーによる銅のアブレーションのメカニズムを調べるために、シミュレーションに基づく理論的アプローチを試みました。2温度モデルを用いたシミュレーションにより、GHzバーストパルス内の後続のイントラパルスが先行するイントラパルスで溶融したCuと相互作用することにより、アブレーション効率が向上することが示されました。またGHzバーストモードでは、グリーンの波長の方が赤外の波長よりも高い銅のアブレーション性能を実現することが示唆されました。これらのシミュレーションをもとに、グリーンの波長を用いると、シングルパルスモードと比較して、より高いアブレーション品質で2.8倍大きいアブレーション効率を得られることを実験的に実証しました (図1)。

またアブレーションの深さに関するシミュレーションでは、実験結果とよく一致する結果が得られました (図2)。シミュレーションに基づく我々のアプローチは、GHzバーストモードフェムト秒レーザーアブレーションの根本的なメカニズムを理解するだけでなく、実用化に向けて最適な加工条件を決定することにも貢献することが期待されます。

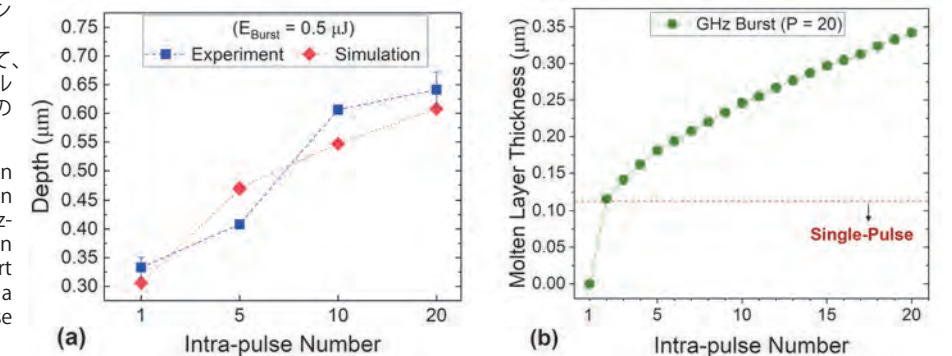
In recent years, GHz burst mode femtosecond lasers have revolutionized laser materials processing due to high efficiency and high quality. However, the mechanisms are still unclear, and the huge number of process parameters makes it difficult to experimentally optimize the processing parameters.

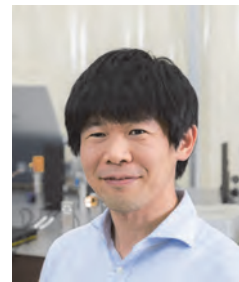
We employed a simulation-based theoretical approach to investigate the mechanisms of Cu ablation by the GHz burst mode femtosecond lasers. The simulation using a two-temperature model has revealed that the ablation efficiency is improved due to interaction of the subsequent intra-pulses in a GHz burst pulse with Cu melted by the preceding intra-pulses. It has been also suggested that in the GHz burst mode, green-wavelengths achieve higher performance for Cu ablation than the IR-wavelengths. Based on these simulations, it has been experimentally demonstrated that the green wavelengths achieve 2.8 times higher ablation efficiency with better ablation quality as compared with the single-pulse mode. (Fig. 1).

The simulation on the ablation depth showed good agreement with experimental results (Fig. 2). Our simulation-based approach will contribute not only to understanding the mechanisms of GHz burst-mode femtosecond laser ablation, but also to determining the optimal processing conditions for practical applications.

図2 (a) シングルパルスモードとGHzバーストモードのアブレーション深さのシミュレーションと実験結果の比較。(b) バーストパルスエネルギー0.5 μJにおいて、GHzバースト (P=20) の各イントラパルス照射開始時間におけるCuの溶融層厚のシミュレーション結果。

Figure 2 (a) Comparison of simulation and experimental results on ablation depth for the single-pulse mode and GHz-burst mode. (b) Simulation results on molten layer thickness of Cu at the start time of irradiation of each intra-pulse in a GHz burst pulse (P = 20) at a burst pulse energy of 0.5 μJ.





理研ECL研究チームリーダー /
RIKEN ECL Research Team Leader

谷 峻太郎 Ph.D.
Shuntaro Tani, Ph.D..

FY2024 Core Members

(事務パートタイマー) 梅崎 良子

(Part timer) Ryoko Umezaki

研究テーマ

- ✓ 超短パルスレーザーによる駆動される不可逆変化の深層学習を用いた定量化・材料プロセスの基盤モデル構築
- ✓ 半導体後工程に資するナノ精度精密加工手法の開発
- ✓ レーザー加工の光物性の解明

Research Subjects

- ✓ Deep-learning based modeling of irreversible process driven by ultrashort laser pulses, development of foundation model for laser-based material process
- ✓ Development of high quality, high efficiency, high resolution processing based on beam shaping techniques
- ✓ Nanomaterials synthesis and surface nanostructuring by ultrafast lasers
- ✓ Elucidation of laser and matter interactions

研究成果／Research Output

実験装置全自動連携にむけたシステム開発

- 実験装置の全自動・自律稼働にむけ複数の実験装置を連携させるための通信・ジョブ制御システムを開発し、理化学研究所の情報基盤であるHokusai-SSを活用したシステム化により、ローカル・所内を問わず実験装置を連携させるシステムを構築した。
- 上述のシステムを通して複数台の装置を連携させ、1万件を超える微細レーザー加工データ収集を実現した。

System Development for Automated Experimental Equipment Integration

- Developed a communication and job control system to coordinate multiple experimental instruments for fully automated and autonomous operation. Leveraged RIKEN's Hokusai-SS information infrastructure to enable seamless integration of equipment both locally and across the institute.
- Connected multiple instruments, including a laser processing unit and a spectroscopic system, via this system, and collected over 10,000 micro-laser processing datasets.

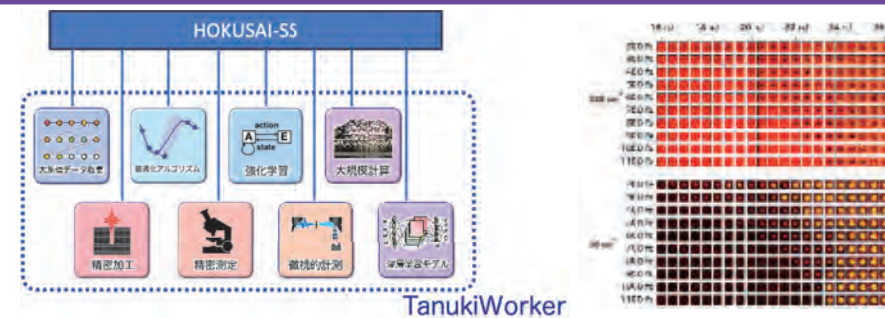


図1 TanukiWorkerを介した計算機-実験装置連携の模式図と本システムを用いたレーザー加工されたシリコンのラマン顕微鏡像

Fig.1 Schematic illustration of the integration between computational systems and experimental instruments via TanukiWorker, and Raman micrograph of laser-processed silicon acquired using this system.

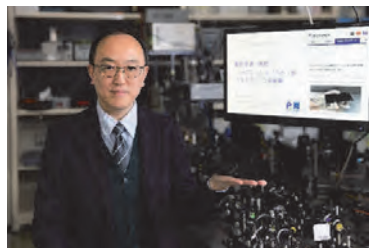
超短パルスレーザー技術は、様々な材料に対して、高品質・高精度に切断・穴あけ・構造形成・表面機能化など幅広い加工を実現可能にすることから、半導体後工程をはじめとする次世代ものづくりの基幹技術として期待されています。近年のレーザー技術の発展に伴い、従来レーザー加工の制御パラメーターとして用いられてきたパルスエネルギーやパルス幅・波長という自由度にとどまらず、レーザーパルスの時間波形や空間モード、掃引パターンなど、多くの自由度が誕生しており、パラメーター空間は急激に拡大しています。精密レーザー加工の応用先・加工目的が幅広く拡大するなか、時間のかかる現実空間での試行錯誤だけで、この莫大なパラメーター空間を自由自在に活用することは極めて困難です。我々は光励起から原子間結合の破壊、構造再形成に至るマルチスケール現象をデジタル空間で模擬し、計算機上で最適化を行う技術を開発することでこの課題の解決に取り組んでいます。一方、物質が壊れるぐらい強い光電場で駆動される物質系のダイナミクスはそれぞれのスケールにおいて多くの謎が残されており、マルチスケール現象の統合には幾重もの壁が立ちはだかっています。我々はマルチスケールを統合した光励起状態のデジタルツインを作り上げるため、高品質・大規模な実験データ蓄積を可能とする全自動実験装置群と深層学習技術を基盤としてこの課題に挑みます。高品質・大規模な実験データの蓄積には、様々な加工装置や測定装置群の全自動連携が必要であり、連携に要求される時間精度もサブピコ秒から秒スケールまで幅広い時間領域におよびます。我々はミリ秒オーダーの遅延で装置間の自由自在な連携を可能とするシステムとしてTanukiWorkerを開発しました。このシステムを用いてHokusai-SSを経由して様々な実験装置・計算機を緊密に連携させることで、実験装置の全自動化と自律化を行う基盤の開発に成功しました。本システムの実証として、顕微マイクロラマン装置とレーザー加工装置を組み合わせ、1万件以上の微細レーザー加工データを蓄積に成功しています。

Ultrashort-pulse laser technology enables a wide range of high-quality, high-precision processing techniques—such as cutting, drilling, microstructuring, and surface functionalization—across various materials. As such, it is expected to serve as a core technology for next-generation manufacturing, particularly in semiconductor back-end processes. Recent advances in laser technology have significantly expanded the parameter space for laser processing. Given this complexity, it is extremely difficult to fully explore and utilize such a vast parameter space solely through time-consuming trial-and-error experimentation in the physical world.

To address this challenge, we are developing technologies that simulate multiscale phenomena in digital space—from photoexcitation to bond breaking and structural reformation—and perform optimization in silico. However, the dynamics of materials under intense laser fields, strong enough to induce structural damage, remain poorly understood across different spatial and temporal scales. This makes the integration of multiscale phenomena particularly challenging.

To overcome this, we aim to construct a digital twin of the photoexcited state that integrates phenomena across scales, supported by large-scale, high-quality experimental data acquired through a fully automated experimental platform and deep learning techniques.

Such data acquisition requires fully automated coordination among diverse processing and measurement instruments, with time synchronization precision ranging from sub-picoseconds to seconds. To meet this need, we developed TanukiWorker, a system that enables flexible instrument coordination with millisecond-scale latency. By utilizing this system in conjunction with RIKEN's Hokusai-SS computational infrastructure, we successfully established a foundation for the full automation and autonomy of experimental equipment. As a proof of concept, we integrated a micro-Raman spectroscopic system with a laser processing unit and successfully collected over 10,000 datasets of micro-laser processing results.



チームリーダー / Team Leader

南出 泰亜 博士(工学)
Hiroaki Minamide, D. Eng.



FY2024 Core Members

(研究員) 瀧田 佑馬、
Joselito Muldera, Deepika Yadav,
Alexander De Los Reyes
(特別研究員) Yuehong Xu
(パートタイマー)
齋藤 美紀子、八重柏 典子、
山下 美保子、福田 航一
(アシスタント) 佐々木 玲子
(客員主管研究員) 伊藤 弘昌
(客員研究員) 大野 誠吾、鈴木 哲
(理研スチューデントリサーチャー
D) 米田 悠人

(Research Scientist)
Yuma Takida, Joselito Muldera,
Deepika Yadav,
Alexander De Los Reyes
(Postdoctoral Researcher)
Yuehong Xu
(Part-time Worker)
Mikiko Saito, Noriko Yaekashiwa,
Mihoko Yamashita,
Koichi Fukuda
(Assistant) Reiko Sasaki
(Senior Visiting Scientist)
Hiromasa Ito
(Visiting Scientist)
Seigo Ohno, Tetsu Suzuki
(RIKEN Student Researcher D)
Yuto Yoneda

研究テーマ

- ✓ 高出力・超広帯域波長可変THz波光源の開発
- ✓ 高感度THz波検出
- ✓ 広帯域周波数可変THz波光源を用いたTHz波応用
- ✓ THzスペクトルデータベース

Research Subjects

- ✓ High-output, frequency-agile, ultra-widely tunable THz-wave sources
- ✓ High-sensitive THz-wave detection
- ✓ THz-wave applications using frequency-agile THz-wave sources
- ✓ THz spectroscopic database

研究成果 / Research Output

スピン分離位相制御に基づくテラヘルツ波偏波空間分割多重化メタデバイス

- スピン分離位相制御と勾配格子変調を融合した新しいメタサーフェス設計により、テラヘルツ波ビームの偏波空間分割多重化を実現。
- 複数の偏波制御可能なビームとベクトルビームの生成に成功し、次世代テラヘルツ波イメージング・センシング・通信技術への応用に期待。

Polarization Space-Division Multiplexing Meta-Devices Based on Spin-Decoupled Phase Control

- Development of a new class of all-dielectric terahertz (THz)-wave metasurfaces that enable polarization space-division multiplexing using spin-decoupled phase control.
- Demonstration of multi-beam polarization tailoring and vector beam generation, with significant implications for advanced THz-wave imaging, sensing, and communications.

Yuehong Xu, et al. "Terahertz-wave polarization space-division multiplexing meta-devices based on spin-decoupled phase control", *Advanced Science*, 12(8): 2412688. (2025)



スピン分離位相制御と勾配格子変調を組み合わせたハイブリッドな位相設計法に基づき、テラヘルツ波の偏波空間分割多重化を実現する新たなメタサーフェスデバイスを開発しました。この全誘電体メタサーフェスは、入力偏波に依存した動的なビーム制御を可能とし、複数のテラヘルツ波ビームに対して偏波状態および空間分布を高精度に制御することができます。

作製したM-4Dメタデバイスでは、入射する直線偏波テラヘルツ波を4つの空間的に分離されたビームに分割し、それぞれに異なる直線偏波方向を持たせることに成功しました。従来のメタデバイスでは困難だった非対称な偏波分布も自在に設計可能であり、偏波空間分割多重化技術として大きな進展を示しています(図1)。

さらに、M-2BおよびM-4Bデバイスでは、空間的偏波分布を持つベクトルベッセルビームを2つまたは4つ同時に生成可能であり、入射偏波の回転によりリアルタイムに制御できます。これにより、可動部やアクティブ素子を使わずに動的な偏波変調を実現できます(図2)。

本研究は、多ビーム構成において各偏波の高度な制御を可能にする、コンパクトかつ能動的なテラヘルツ波ビーム形成手法を実証しました。開発したメタデバイスは既存のテラヘルツ波システムと高い互換性を持ち、さらに他の波長帯への拡張も可能であることから、次世代の偏波多重化フォトニクス技術における有力なプラットフォームとなることが期待されます。

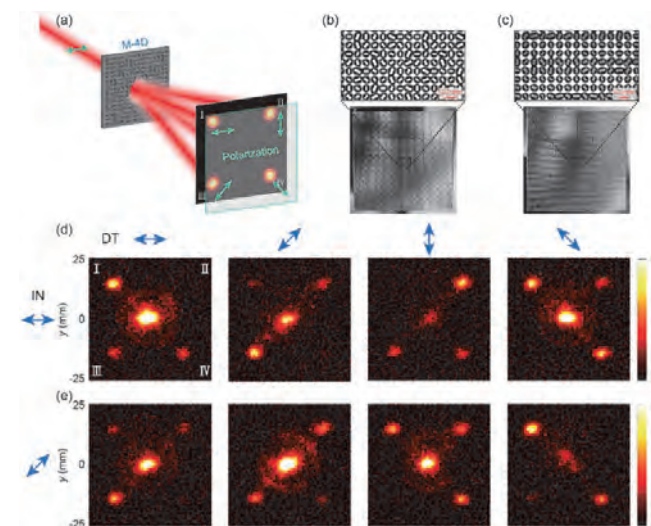


図1 (a) M-4Dメタデバイスの概念図。(b)、(c) 作製したM-4DおよびM-2Bの写真と顕微鏡画像。(d)、(e) M-4Dにおいて入射および検出偏光方向を変化させた際の強度分布の実験結果。左側の青い矢印は入射偏光方向、上側の青い矢印は検出偏光方向を示す。

Fig.1 (a) Schematic illustration of M-4D device. (b) and (c) Photographs and microscope images of the fabricated M-4D and M-2B devices, respectively. (d) and (e) Experimental intensity distributions of M-4D device under different incident and detection polarization directions. The blue arrows on the left indicate the incident polarization directions, while the blue arrows on the top indicate the detection polarization directions.

Novel metasurface-based devices for terahertz (THz) polarization space-division multiplexing have been developed by employing a hybrid phase design strategy that combines spin-decoupled phase control with gradient grating modulation. These all-dielectric metasurfaces enable dynamic, input-dependent manipulation of multiple THz beams, allowing precise control over their polarization states and spatial distributions.

The M-4D meta-device splits an incident linearly polarized THz beam into four spatially separated beams, each with a distinct linear polarization orientation. Unlike previous metasurfaces that provide symmetric or limited polarization patterns, this design allows flexible and fully customized polarization configurations across beams (Fig. 1).

The M-2B and M-4B devices extend the functionality by generating vector Bessel beams with tunable spatial polarization distributions. Their polarization states can be controlled in real time by adjusting the incident polarization, offering dynamic modulation without mechanical components or active tuning elements (Fig. 2).

This work demonstrates precise engineering of both homogeneous and vectorial polarization across multiple beams, providing a compact and passive solution for complex THz beam shaping. The proposed meta-devices are compatible with existing THz platforms and scalable to other spectral regions, including optical and infrared domains, paving the way for next-generation polarization-multiplexed photonic technologies.

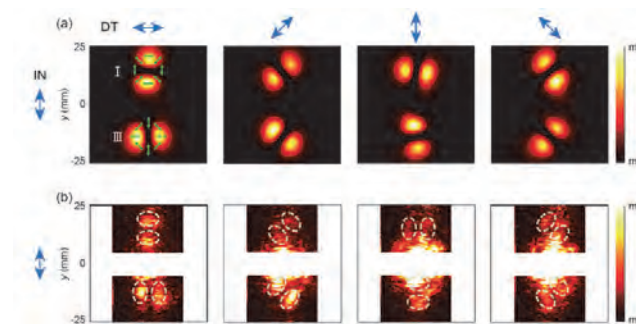
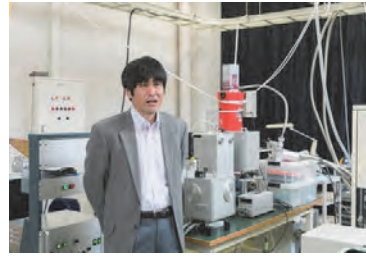


図2 y方向の直線偏波を入射した場合における、M-2Bメタデバイスの出射強度分布のシミュレーション結果(a)および実験結果(b)。検出偏波方向はそれぞれ異なる。

Fig.2 Simulated (a) and experimental (b) intensity distributions of M-2B device under linear polarization incidence and different detection polarization directions.



チームリーダー / Team Leader

大谷 知行 博士(理学)
Chiko Otani, D. Sci.



FY2024 Core Members

- (上級研究員) 保科 宏道
- (技師) 佐々木 芳彰
- (特別研究員) 中島 周作, 亀井 雄斗
- (基礎科学特別研究員) Miguel Hernandez Javier, 宇野 慎介, 嶺 颯太
- (客員主管研究員) 斗内 政吉, 彌田 智一
- 川瀬 晃道, 尾崎 幸洋
- (大学院生リサーチ・アソシエイト)
- 伊藤 凌太, 上野 佑也
- (アシスタント) 山田 真美
- (パートタイマー) 渡辺 博, 倉門 雅彦, 喜多村 卓也, Chen Mingxi, 安部 魁人, 中城 悠翔, 大前 太河, 小林 裕美子, 南川 理利
- (Senior Research Scientist)
- Hirokazu Hoshina
- (Technical Scientist) Yoshiaki Sasaki
- (Postdoctoral Researcher)
- Shusaku Nakajima, Yuto Kamei
- (Special Postdoctoral Researcher)
- Javier Miguel Hernandez, Shinsuke Uno, Sota Mine
- (Senior Visiting Scientist)
- Masayoshi Tonouchi, Tomokazu Iyoda, Kodo Kawase, Yukihiro Ozaki
- (Junior Research Associate)
- Ryota Ito, Yuya Ueno
- (Assistant) Mami Yamada
- (Part-time Worker) Hiroshi Watanabe, Masahiko Kurakado, Takuya Kitamura, Mingxi Chen, Kaito Abe, Yuto Nakajo, Taiga Omae, Yumiko Kobayashi, Riri Minamikawa

研究テーマ

- ✓ 細胞内タンパク質のテラヘルツ光による構造・機能の制御
- ✓ 超高感度の超伝導検出器の研究開発と宇宙マイクロ波背景放射 (CMB)偏光観測
- ✓ テラヘルツセンシング・イメージングに関する応用開拓

Research Subjects

- ✓ Terahertz control of molecular structures and functions of biological protein
- ✓ Development of high-sensitivity superconducting detectors for CMB polarization observations
- ✓ Applications of terahertz sensing and imaging

研究成果 / Research Output

テラヘルツ/ラマン技術を駆使した澱粉の選択的計測

- 分子構造に敏感なテラヘルツ/ラマン分光を用いた植物センシング
- 植物内でも結晶構造を保つ澱粉を選択的に計測
- 光合成のモニタリングや食料生産に有効な分析ツールとしての応用可能性



Selective detection of starch in plant samples with Terahertz/Raman technology.

- Plant sensing with Terahertz/Raman spectroscopy that is sensitive to the molecular structure.
- Selective detection of starch having the crystalline structure even in plant tissues.
- A potential to be new analytical method for photosynthesis and food production.

Reference:

1. S. Nakajima, K. Shiraga, T. Suzuki, N. Kondo, Y. Ogawa., "Quantification of starch content in germinating mung bean seedlings by terahertz spectroscopy", Food Chemistry, 294, 203-208. (2019)
2. S. Nakajima, S. Kuroki, A. Ikehata., "Selective detection of starch in banana fruit with Raman spectroscopy", Food Chemistry, 401, 134166 (2023)

本研究では、分子構造に敏感なテラヘルツ/ラマン分光を活用した澱粉計測を進めています。これらの分光法では、同一分子であっても結晶構造を持つとピークが現れるのに対して、非結晶の状態ではブロードなスペクトルとなります。また、澱粉は植物内でも結晶構造を保つ数少ない物質であるため、これらの分光手法により、非結晶性の夾雑物に影響されずに澱粉のピークを選択的に得られるとの仮説立てができます。

そこで、乾燥させた植物のテラヘルツ分光を行うと、標準品の試薬と類似した分光スペクトルが確認でき、澱粉の情報を選択的に得られることが確認されました (Fig. 1)。さらに、ピーク強度と澱粉量との間に相関も得られ、定量性も確認されました。同時に、吸収ピークの帰属を実験的に調べ、9.0 THzのピークが多糖で見られる集団振動に対応することが示唆されました。これらの知見をもとに、水の影響が小さいとされるラマン分光により、含水率の高い青果物でも同様な澱粉計測を実現できることが示されました (Fig. 2)。従来の澱粉計測では、煩雑な化学分析が主体で最低でも数日を要していましたが、本研究により計測時間をわずか数十秒に短縮できました。澱粉は植物にとって重要なエネルギー源であることから、本研究が植物代謝に対する理解の深化や効率的な食料生産に資する評価技術に繋がることを期待しています。

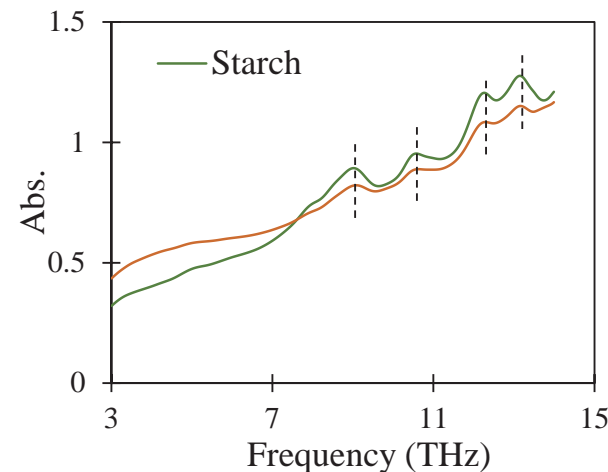
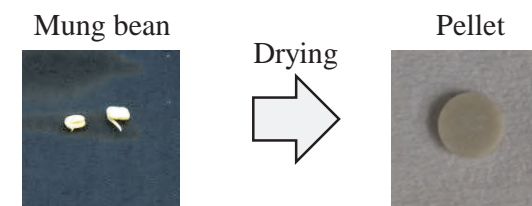


図1 テラヘルツ分光による植物測定の一例。澱粉標準品の試薬とリュウクトウ。破線はピーク位置を示す
Fig. 1 Terahertz spectra of standard starch and mung bean. Vertical lines indicated peak positions

In the present study, we performed the measurement of starch in plant samples with Terahertz/Raman spectroscopy that is sensitive to the crystalline structure. Whereas a crystalline molecule exhibits peaks in these spectroscopic methods, less or minor peaks are observed in the non-crystalline state. In plant tissues, starch has a crystalline structure; however, most substances are less ordered structure like the amorphous state. Therefore, we hypothesized that Terahertz/Raman spectroscopy allows the selective observation of starch even in unpurified plant samples.

Terahertz spectra of dried plants provided absorption peaks attributed to the inherent starch and a high correlation was found between peak intensity and starch content (Fig. 1). Furthermore, we investigated peak assignment with the experimental approach suggesting that the peak at 9.0 THz could be attributed to the collective vibration of polysaccharides. Based on these results, the similar measurement could be achieved in fresh vegetables and fruits using Raman spectroscopy, which is less affected by water (Fig. 2). Although several days are required with the conventional method, starch measurement was performed only 20 seconds in this method. Because starch plays a significant role as an energy source for plant growth, our findings will contribute to deep understanding of photosynthesis and effective food production.

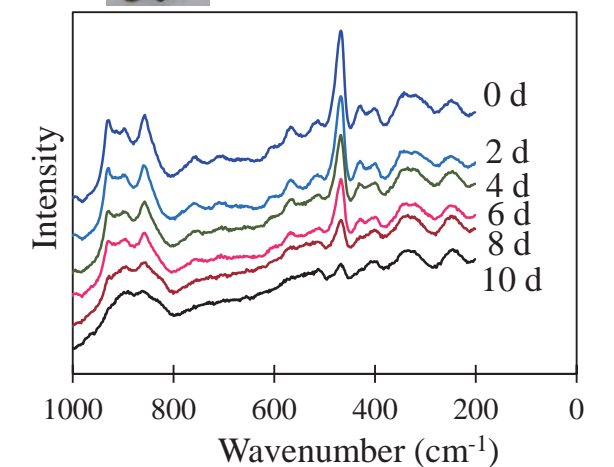
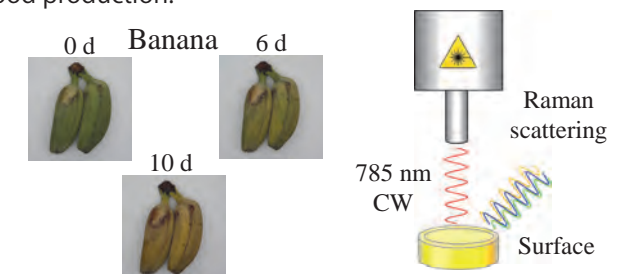
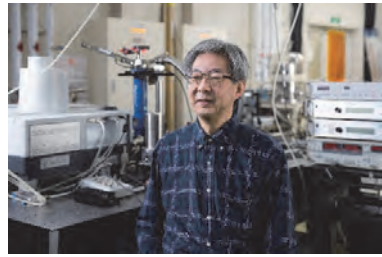


図2 ラマン分光を用いた食品分析の一例。追熟に伴う澱粉分解をモニタリング
Fig. 2 Raman spectra of stored banana flesh. The monitoring of starch degradation during ripening



チームリーダー / Team Leader

平山 秀樹 博士(工学)
Hideki Hirayama, D. Eng.



FY2024 Core Members

- (特別研究員) Krishan Kumar, Shashank Shekhar Mishra (テクニカルスタッフ I) 石田 峻之 (特別嘱託研究員) 山澤 健二 (アシスタント) 佐藤 知子
- (Postdoctoral Researcher) Krishan Kumar, Shashank Shekhar Mishra (Technical Staff I) Takayuki Ishida (Special Temporary Research Scientist) Kenji Yamazawa (Assistant) Tomoko Sato

研究テーマ

- ✓ 室温動作THz-QCLの実現へ向けた量子構造設計
- ✓ ワットクラス高出力THz-QCLの技術開拓
- ✓ 窒化物、及び、酸化物半導体を用いた未開拓波長QCLの開発
- ✓ 面発光THz-QCLの開発

Research Subjects

- ✓ Development toward room temperature operation of THz-QCLs
- ✓ Development of watt-class high-power THz-QCLs
- ✓ Development of unexplored-frequency QCL using nitride and oxide semiconductors
- ✓ Development of surface emitting THz-QCL

研究成果 / Research Output

GaN/AlGaIn半導体を用いたテラヘルツ量子カスケードレーザ(THz-QCL)の高性能化の理論実証と作製

- GaN/AlGaIn系THz-QCLで新しい量子カスケード構造 (2LOフォノン散乱型) を発案し2.5倍の光利得を理論予測
- GaN基板上へのGaN/AlGaIn高繰り返し周期QCL構造のMOCVD法によるエピに成功
- GaN/AlGaIn系THz-QCLへのドーピングで高光利得を理論実証
- GaN系THz-QCLの片面金属導波路設計を実施

Theoretical demonstration of high performance operation and fabrication of wide-bandgap GaN/AlGaIn semiconductor THz quantum-cascade laser

- New quantum cascade structure for GaN/AlGaIn THz-QCL was proposed and 2.5 times higher optical gain was theoretically predicted.
- GaN/AlGaIn highly-repetition-period QCL structure was successfully grown on a GaN substrate.
- Theoretical demonstration of high optical gain of doped GaN/AlGaIn THz-QCL was performed.
- Design of a single-metal waveguide for GaN THz-QCL was performed.

本研究では、小型、高効率・高出力、狭線幅、連続発振など優れた特徴を備え持つテラヘルツ光源であるテラヘルツ量子カスケードレーザ(THz-QCL)の開発を行っています。新規量子構造の導入やデバイス構造の開拓を行う事により、高性能なTHz-QCLの実現を目指しています。また、未踏周波数の5-12THz発振を実現するために、窒化物や酸化物半導体を用いたQCLの開発を行っています。

今年度は、GaN/AlGaIn系THz-QCLに於いて、高い光利得が得られる新たな量子構造 (2LOフォノン散乱型) を発案し、室温における光利得が2.5倍向上することを解析により明らかにしました。また、GaN系THz-QCL構造にドーピングを行う事で、室温における光利得が飛躍的に向上することも明らかにしました。理論解析に基づきGaN基板上に300周期からなるGaN/AlGaIn量子カスケード構造をMOCVD法によって成長しました。従来までは、GaN基板上にAlGaIn系多周期構造の成長は、クラックが入るため不可能と考えられていましたが、多周期超格子による歪緩和効果でクラックフリー成長が得られました。この成功によりGaN系QCLの実現は近い将来可能になると期待されます。

Terahertz quantum-cascade laser (THz-QCL) is promising as an advanced THz laser source with small size, high power and narrow emission linewidth, and are expected for wide variety of applications. We are researching on higher operation temperature and output power THz-QCL by introducing novel scheme structures.

In this fiscal year, we proposed a new quantum cascade structure (2LO phonon scattering type) that can obtain high optical gain in GaN/AlGaIn THz-QCL, and analytically demonstrated 2.5 times higher optical gain. We also demonstrated that doping the GaN-based THz-QCL structure dramatically improves the optical gain at room temperature. Based on theoretical analysis, we grew a GaN/AlGaIn quantum cascade structure consisting of 300 periods on a GaN substrate by MOCVD. We achieved crack-free growth by the strain relaxation effect of the multi-period superlattice. With this success, it is expected that GaN-based QCLs will be realized in the near future.

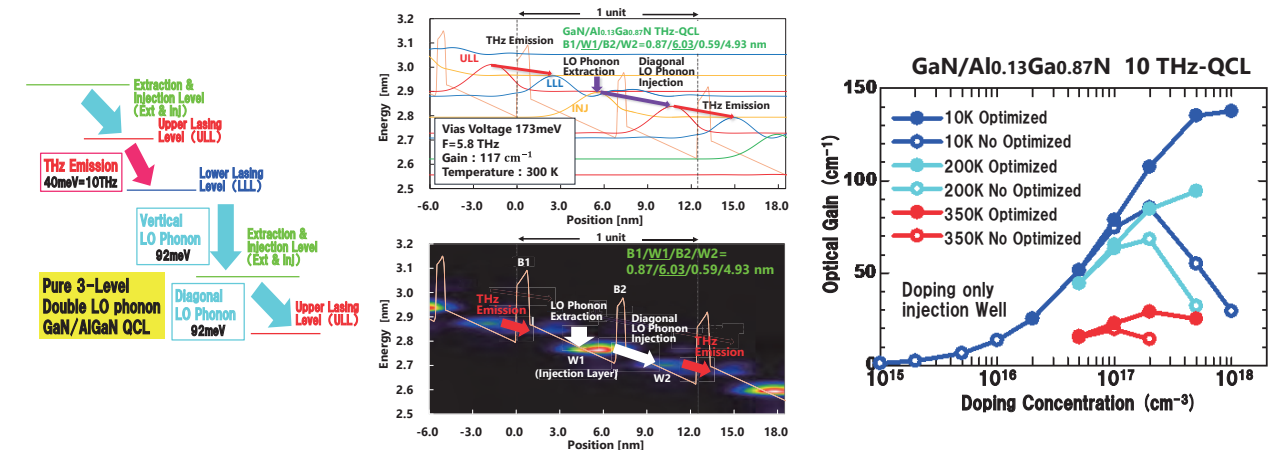


図1 GaN系THz-QCLで発案した高光利得量子構造 (2LOフォノン散乱型) の動作解析と、GaN系10THz帯QCLのドーピングによる光利得向上効果
Fig.1 Theoretical analysis of new high-power-type design GaN/AlGaIn THz-QCL, and optical gain enhancement analyzed by doping effect.

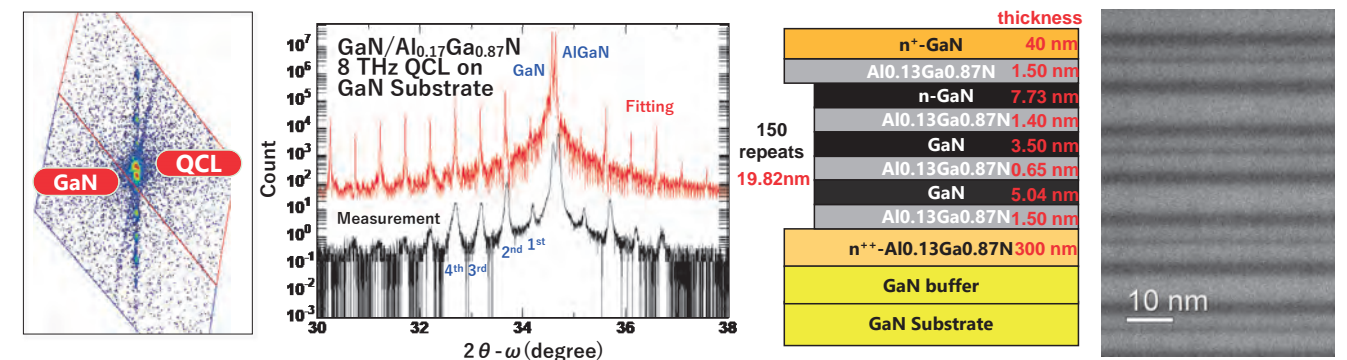
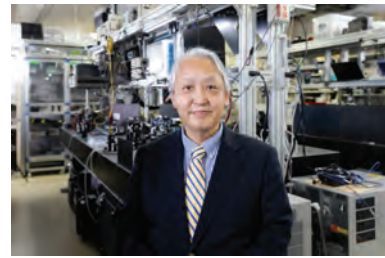


図2 GaN基板上に作製したGaN/AlGaIn THz-QCLの構造図、X線回折逆格子マッピング、サテライトピーク、及び断面TEM観測像
Fig.2 Schematic structure, X-ray reciprocal space mapping and satellite peaks, cross-sectional TEM image of fabricated GaN/AlGaIn THz-QCL



チームリーダー / Team Leader

和田 智之 Ph.D.
Satoshi Wada, Ph.D.



FY2024 Core Members

(先任研究員) 加瀬 究
(上級研究員) 齋藤 徳人
(専任研究員) 守屋 繁春、松山 知樹、佐々 高史
(研究員) 藤井 克司、村上 武晴、宮田 憲太郎、小田切 正人、犬飼 学、篠崎 琢也、内山 直樹、錦織 健太郎
(技師) 小川 貴代(兼務)、春日 博
(テクニカルスタッフ) 坂下 亨男、棚橋 晃宏、月花 智博、川田 靖、津野 克彦、松鷹 宏、松山 典弘、櫻福 亜矢、森下 圭、黒瀬 範子、宮島 早紀、大野 陽子、松本 健、奈良 美幸
(アシスタント) 渡邊 博子、鈴木 利佳子、大畑 智子
(パートタイマー) 国本 幸紀、山根 秀公、塚田 央、有本 裕、内山 茂、岡下 敏宏、小池 一輝、中川 淳子、稲田 美和子

(Senior Research Scientist) Kiwamu Kase, Norihito Saito, Shigeharu Moriya, Tomoki Matsuyama, Takafumi Sassa
(Research Scientist) Katsushi Fujii, Takeharu Murakami, Kentaro Miyata, Masato Otagiri, Manabu Inukai, Tatsuya Shinozaki, Naoki Uchiyama, Kentaro Nishigori
(Technical Scientist) Takayo Ogawa, Hiroshi Kasuga
(Technical Staff) Michio Sakashita, Akihiro Tanabashi, Tomohiro Tsukihana, Yasushi Kawata, Katsuhiko Tsuno, Hiroshi Matsutaka, Norihiro Matsuyama, Aya Kashifuku, Kei Morishita, Noriko Kurose, Yoko Ono, Saki Miyajima, Takeshi Matsumoto, Miyuki Nara
(Assistant) Hiroko Watanabe, Rikako Suzuki, Tomoko Ohata
(Part-time Worker) Yukinori Kunimoto, Hideaki Yamane, Hisashi Tsukada, Yutaka Arimoto, Shigeru Uchiyama, Toshihiro Okashita, Kazuki Koike, Junko Nakagawa, Miwako Inada

研究テーマ

- ✓ リモートセンシング、微量ガス計測応用の中赤外パルスレーザー開発
- ✓ 農業における光技術を駆使した土壌環境制御・計測システム開発
- ✓ レーザーアブレーションによるレーザー照射技術・宇宙用レーザー開発
- ✓ 水素エネルギー製造・貯蔵・利用に関するエネルギー供給システム開発
- ✓ インフラ診断における人の判断の可視化技術
- ✓ 紫外線を用いたCOVID-19の不活性化開発
- ✓ レーザーおよび光音響の医療・農業・工業計測への応用

Research Subjects

- ✓ Mid-infrared electronic wavelength tuning via Intracavity difference-frequency mixing in Cr:II-VI lasers
- ✓ Development of next-generation agri-photonics research
- ✓ Development of laser irradiation technology and a laser for space
- ✓ Development of renewable energy supply systems for hydrogen energy production, storage, and utilization
- ✓ Visualizing human judgment in diagnostics of infrastructure
- ✓ Application to biomedical, agricultural, and industrial measurement using lasers and photoacoustic wave

研究成果 / Research Output

人工衛星搭載用ライダー光源のためのNd:YAGレーザーの開発



- 高効率かつ高ビーム品質なLD励起Nd:YAGレーザーの開発
- 高ビーム品質を保つための熱レンズを抑える共振器設計
- 短パルス化を実現させるためのQスイッチ素子の選定

Development of a high efficiency and high beam quality Nd:YAG laser for LIDAR from an artificial satellite

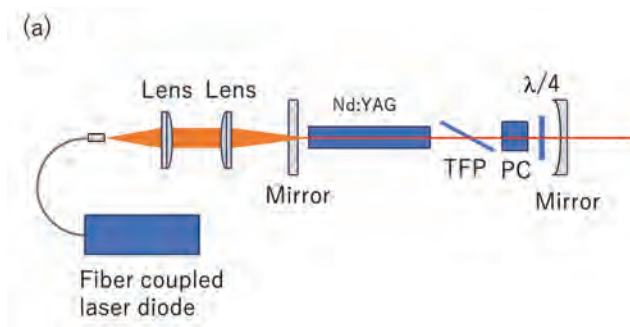
- Development of a high efficiency and high beam quality Nd:YAG laser pumped by a laser diode.
- Design of a laser cavity for maintaining high beam quality by suppressing thermal lensing.
- Selection of a Q switch element to achieve short pulse.

森林を立体的に観測することは二酸化炭素の影響による気候変動を予測するために重要です。しかしながら、森林の観測を地表ですべて行うことは、現実的ではありません。また、航空機や人工衛星からの写真撮影では立体的に観測するのは困難です。人工衛星にレーザーを搭載し、これをLIDAR (light detection and ranging) により地表を観測すると地球上の森林を広範囲に立体的に観測することが可能となります。我々のチームではそのためのレーザーの開発を行っています。

人工衛星では地上とは異なり、スペースと電力が非常に限られています。したがって、できる限り高効率、小型軽量のレーザーにすることが要求されます。高精度な観測を行うためにはレーザー光の空間的な品質を高め、パルス幅を狭くし、尖塔値を高くし、パルス毎の変動を抑える必要があります。これらの要求を満たすために、我々はLD (Laser diode) 励起のアクティブQスイッチのNd:YAGレーザーを選択しました。波長は最も利得の高い1064nmとしました。

今回、YAG結晶のNdドーパ量の最適化、共振器の出力鏡の反射率の最適化、共振器の設計、Qスイッチ素子の選定を行い、仕様を満たす条件を見つけ出しました。繰り返しは高いほうが、LIDARとして有用ですが、必要な電力や発生する熱が大きくなるため、限界があります。今回は観測に十分な繰り返し数として300 Hzとしました。

人工衛星の周囲は宇宙空間であり、空気を通して熱を逃がすことができません。使用したエネルギーは発生した光以外は最終的には熱になります。熱をうまく逃がさないと、レーザーの効率が低下し、不安定になります。我々はレーザーを真空容器中に入れ、約2カ月と長期にわたって安定に動作することを確認しました。



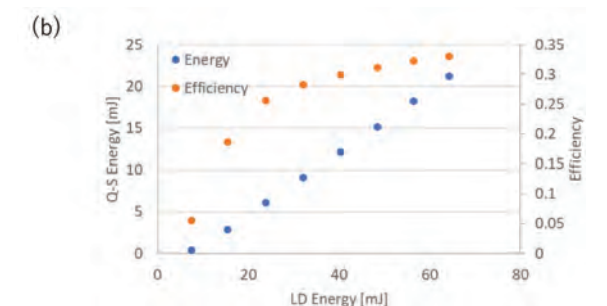
(a) 高効率LD励起Nd:YAGレーザー装置概略図
(b) Schematic of a high efficiency pumped by a laser diode

Observing forests in three dimensions is important for predicting climate change due to the effects of carbon dioxide. However, it is difficult to observe forests entirely on the Earth's surface. Moreover, it is difficult to observe the forests in three dimensions by taking photofaphs from an aircraft or an artificial satellite. By mounting a laser on an artificial satellite and observing the Earth's surface using LIDAR (light detection and ranging), it becomes possible to observe forests over a wide area on Earth in three dimensions. Our team is developing a laser for this purpose.

Unlike on the ground, space and electrical power are very limited in artificial satellites. Therefore, it is required to make it as efficient, small and lightweight as possible. To perform high-precision observations, it is necessary to improve the spatial quality of the laser light, shorten the pulse width, increase the peak value, and suppress the fluctuation from pulse to pulse. To meet these requirements, we selected an actively Q-switched Nd:YAG laser pumped by a laser diode (LD). The laser wavelength was set to 1064 nm, which is the highest gain of an Nd:YAG laser.

We optimized the amount of Nd doping in the YAG crystal, optimized the reflectivity of the output coupler of the resonator, designed the resonator, and selected the Q-switch element to find the conditions that met the LIDAR specifications. A higher repetition rate is more useful for the LIDAR, but there is a limit because the required power and generated heat are large. In this case, we set the repetition rate to 300 Hz as it was sufficient for the LIDAR.

Artificial satellites are surrounded by outer space, and heat cannot escape through the air. All energy used, except for the light generated, ultimately turns into heat. If the heat cannot be dissipated effectively, the efficiency of the laser will decrease and it will become unstable. We placed the laser in a vacuum chamber and long-term stability was confirmed over a period of approximately two months.



(b) 励起光とレーザー出力の関係と励起光に対するレーザー光の効率
(b) Laser output power and optical-optical efficiency as a function of laser diode power



チームリーダー / Team Leader

山形 豊 博士(工学)

Yutaka Yamagata, D. Eng.



FY2024 Core Members

- (先任研究員) 城田 幸一郎
- (専任研究員) 田島 右副、滝澤 慶之、青山 哲也
- (上級研究員) 細島 拓也
- (研究員) 海老塚 昇
- (テクニカルスタッフ) 竹田 真宏
- (アシスタント) 佐藤 祐子

- (Senior Research Scientist)
Koichiro Shirota, Yusuke Tajima,
Yoshiyuki Takizawa,
Takuya Hosobata, Tetsuya Aoyama
- (Research Scientist)
Noboru Ebizuka
- (Technical Staff)
Masahiro Takeda
- (Assistant) Yuko Sato

研究テーマ

- ✓ 超精密光学素子の加工・設計・計測・シミュレーション技術の研究開発
- ✓ 超精密機械加工による微細構造形成技術の研究開発
- ✓ 技術基盤支援チームとの連携による超精密光学素子の試作開発

Research Subjects

- ✓ Fabrication, design, metrology and simulation of ultrahigh precision optics
- ✓ Fabrication of micro structure by precision machining
- ✓ Prototyping of precision optics in collaboration with Advanced Manufacturing Support Team

研究成果 / Research Output

超精密光学素子加工技術で
先端科学研究機器開発に貢献

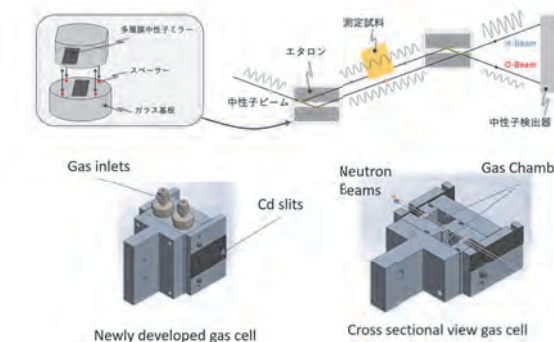
- スーパーミラー中性子干渉計で気体の中性子散乱長の測定に成功
- CFRPを基材とした超軽量X線ミラーの試作に成功

Contributing most advanced scientific apparatus by using ultrahigh precision optics manufacturing technology

- A successful measurement of neutron scattering lengths of gaseous material using novel supermirror-neutron interferometer
- Prototype manufacturing of an ultra-light CFRP X-ray mirror

先端光学素子開発チームでは、光学素子等の超精密加工、光学設計、超精密計測技術に関する研究開発を推進しています。

名古屋大学らとの共同で革新的なスーパーミラー型中性子干渉計の開発に成功し、これを用いて気体の中性子散乱長の計測に成功しました。中性子散乱長は基礎的な物理量ですが、その計測が可能な設備は世界的にも多くありません。気体サンプルとして³Heおよび⁴Heの中性子散乱長の計測に成功しました。測定精度については今後向上させてゆく余地があると考えられます。また、X線観測衛星などで必要とされる軽量X線ミラーの開発に向け、CFRPを基材とし、表面にニッケルリンメッキを施した超軽量CFRPミラーの試作に成功しました。これは、Wolter型ミラーとなっており、軟X線ビームラインにてWolterミラーとしての集光が確認できています。



At Ultrahigh Precision Optics Technology Team, we conduct ultrahigh precision machining, metrology and design of optical components and systems.

A novel neutron interferometer using supermirror has been successfully developed. Neutron scattering length is a fundamental parameters in physics, but instruments that can measure these parameters are only few in the world. A newly developed gas-cell for this interferometer, we measured scattering lengths of ³He and ⁴He, although measuring precision need to be improved in the future.

Also a prototype of ultra-light CFRP base X-ray wolter mirror has been successfully manufactured and tested on soft X-ray beamline to verify the focusing as wolter mirror.

新たに開発したスーパーミラー型中性子干渉計の構成図(上)、ガスセルの外観図および断面図(下)

Newly developed supermirror neutron interferometer: structural configuration (upper), Configuration of Gas cell and cross sectional view (Lower)



CFRP基材上にニッケルリンメッキを施して製造されたWolter型X線ミラー
A Wolter type X-ray mirror with NiP plating on CFRP substrate



チームリーダー / Team Leader

大竹 淑恵 理学博士
Yoshie Otake, D. Sci.



FY2024 Core Members

(専任研究員) 小林 知洋
(研究員) 水田 真紀、高梨 宇宙、
奥野 泰希、福地 知則、若林 泰生、
今城 想平、草野 広樹
(特別研究員) Abdul Muneem
(客員主管研究員) 池田 裕二郎、
榎戸 輝揚
(テクニカルスタッフ) 大塚 翔
(アシスタント) 岸野 みゆき
(パートタイマー) 橋口 孝夫、
大橋 勝美、山本 哲、河村 裕司、
中山 佳則

(Senior Research Scientist)
Tomohiro Kobayashi
(Research Scientist) Maki Mizuta,
Takaoki Takanashi, Yasuki Okuno,
Tomonori Fukuchi,
Yasuo Wakabayashi, Sohei Imajo,
Hiroki Kusano
(Postdoctoral Researcher)
Abdul Muneem
(Senior Visiting Scientist)
Yujiro Ikeda, Teruaki Enoto,
(Technical staff) Sho Otsuka
(Assistant) Miyuki Kishino
(Part-timer) Takao Hashiguchi,
Katsumi Ohashi, Satoshi Yamamoto,
Yuji Kawamura, Yoshinori Nakayama

研究テーマ

- ✓ いつでもどこでも非破壊計測可能な小型中性子源システム開発。
- ✓ インフラ予防保全を目指した中性子非破壊計測装置開発
- ✓ 可搬型小型中性子源システムRANS-III、トレーラー内に装置全体（中性子発生標的除く）移設、整備、加速器調整完了。
- ✓ 超小型中性子塩分計 RANS- μ 塩分濃度3次元マッピングの実現
- ✓ 月・火星の水探査、元素分析を目指した中性子システム開発

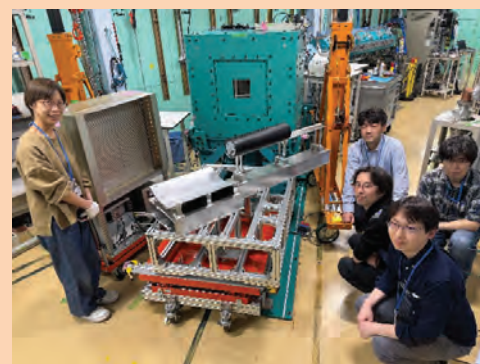
Research Subjects

- ✓ Research and development of compact neutron systems for non-destructive measurement anytime, anywhere.
- ✓ Development of a neutron non-destructive measurement system for preventive maintenance of infrastructure
- ✓ Trans-portable compact neutron system RANS-III, installed into the trailer.
- ✓ Neutron salt meter RANS- μ . realization of 3D mapping visualization of salt concentration
- ✓ Realization of the on-site use compact neutron system
- ✓ R&D for the water exploration and elemental analysis on the Moon and Mars

研究成果 / Research Output

RANS-II: 斜張橋定着部 路面レベルから内部1%の滞水を非破壊で可視化成功

- 落橋防止、予防保全に大きく貢献する非破壊検出技術
- 予防保全：ケーブル腐食前に腐食要因の微量滞水を可視化
- 路面からの照射検出の開発



左図：RANS-IIによる斜張橋ケーブル 45度傾斜入射での可視化実験
Fig. Cable-stayed bridge cable visualization experiments with RANS-II.

RANS-II: Successful nondestructive visualization of 1% stagnant water inside cable-stayed bridge anchorage

- Non-destructive detection technology that greatly contributes to bridge fall prevention and preventive maintenance
- Visualization of water stagnation of corrosion factors before cable corrosion

橋梁非破壊検査へむけて大きな進展。
可搬型小型中性子源システムRANS-III
トレーラー内で加速試験成功。

- 2.49MeV超小型陽子線ライナック加速成功
- トレーラを専用建屋、北棟内へ移動。



図1 RANS-IIIトレーラーの中性子工学施設北棟に入る様子
Fig.1 View of the RANS-III trailer entering Neutron Application Facilities North Building

Significant progress toward on-site nondestructive inspection of bridges. Successful acceleration test in the transportable compact neutron system RANS-III trailer.

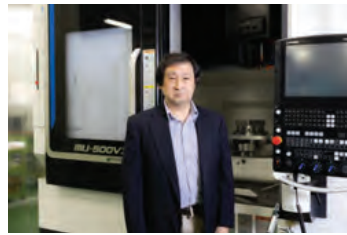
- 2.49 MeV ultra-compact proton beam linac acceleration succeeded.
- RANS-III was mounted on a trailer and stored in the North Building of the Neutron Engineering Facility., i

図2.中性子工学施設北棟 お披露目会 緑川センター長らと
Fig.2 Neutron Application Facilities North Building unveiling with Director Midorikawa, guests and team members



図3トレーラー（南駐車場にて）を開けたところに緑川センター長らと。
左側にはチラーならびに高周波アンプ電源があり、右側には2.49MeV proton linacと90度偏向磁石その下に標的遮蔽がある。
Fig. 3: Trailer (in south parking lot) opened with Director Midorikawa and others. On the left is the chiller and RF amplifier power supply, on the right is the 2.49 MeV proton linac and 90 degree deflector magnet, and below that is the target shielding system.





チームリーダー / Team Leader

山形 豊 博士(工学)
Yutaka Yamagata, D. Eng.



FY2024 Core Members

(副チームリーダー) 細島 拓也
(先任研究員) 池田 滋
(専任研究員) 滝澤 慶之、磯島 隆史
(技師) 小川 貴代
(専門技術員) 藤本 武、綿貴 正大
(テクニカルスタッフ) 竹田 真宏
(アシスタント) 伊藤 純子

(Deputy Team Leader)
Takuya Hosobata
(Senior Research Scientist)
Shigeru Ikeda, Yoshiyuki Takizawa,
Takashi Isoshima
(Technical Scientist)
Takayo Ogawa
(Expert Technician)
Takeshi Fujimoto,
Masaharu Watanuki
(Technical Staff) Masahiro Takeda
(Assistant) Junko Ito

研究テーマ

- ✓ 研究機器・装置の開発、設計・製作、改造
- ✓ 共同利用施設の運用とプロジェクトに対する機器開発支援
- ✓ 3Dプリンターや超精密加工による研究開発支援の高度化

Research Subjects

- ✓ Design, manufacturing, modification and development of experimental apparatuses
- ✓ Facility management of the machine shop and technical assistance for project
- ✓ Advanced manufacturing development and support such as 3D printer or ultraprecision machining

研究成果 / Research Output

研究者の依頼に基づく研究機器開発支援と先端加工技術開発を実施

- 研究者の依頼に基づく研究機器の設計、部品の機械加工、組み立て、電子回路設計製作、ガラス加工等を実施
- 2024年度は、理研全体から526件の工作依頼を実施
- 5軸マシニングセンターや超精密加工による光学素子の開発などの新しい技術開発を推進

Experimental apparatus manufacturing by the requests from RIKEN researchers and advanced technological developments such as 3D printer and ultraprecision machining

- Experimental apparatus design, parts machining and assembly, electronics design and manufacturing and glassware machining was conducted upon request from RIKEN researchers
- 526 manufacturing request was processed in FY2024 from all RIKEN sectors
- Advanced technological developments such as 5 axis machining center and ultraprecision machining was conducted

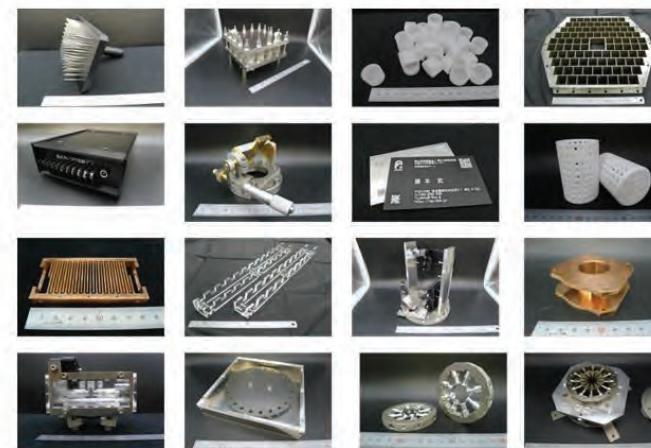
技術基盤支援チームでは、研究者の依頼に基づき、研究に必要な実験装置等の設計・部品の機械加工、組み立て、電気・電子回路の設計・製作、ガラス加工などを通じて研究機器の構築を支援することを目的としています。こうした工作支援の範囲は、顕微鏡のステージの改造などから、部品製作、新規の検出装置の開発、生物実験用機器の製作など多岐にわたっています。2024年度は、526件の研究工作依頼を実施しました。2024年4月に技術基盤支援料の改定をおこないました。また、2024年度からは、新しく導入された5軸マシニングセンターによる複雑な形状の加工も対応しています。工場には、NCマシニングセンター、放電加工装置、レーザー切断機、手動旋盤・フライス盤などの装置を有しています。また、研究本館地下と基盤技術棟に研究者自身が作業可能なマシンショップを運営しており、こうした作業のための工作機械の取り扱い安全講習も実施しています。機械加工以外にも溶接やガラス加工も行っています。超精密加工のように研究者と密接に協力したサンプル加工も実施しています。

At Advanced Manufacturing Support Team, manufacturing support for the construction of experimental apparatus is performed through mechanical design and machining, electric/electronics and glassware fabrication etc. Those apparatus manufacturing support include modification of microscope stages, parts machining, construction of detector systems, and devices for biological experiments.

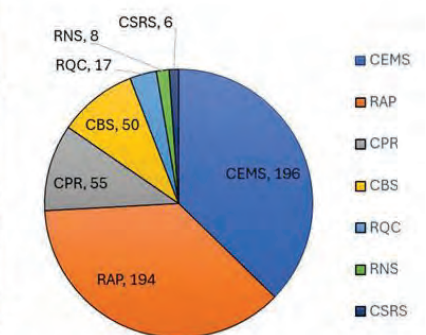
For FY2024, 526 manufacturing requests have been processed. Manufacturing charge has been updated since 2024 April. Complicated parts manufacturing using newly introduced 5-axis machine tool is available.

Various machining systems are used in the factory such as NC machine tool, Electro-discharge machining system, laser cutter, and manually operated milling and lathing machine and so on. Do-it-yourself machine shops are maintained at main building and Instrumentation center and necessary safety training is given by the staff. Also, a close collaboration with RIKEN researchers has been conducted such as ultrahigh precision machining.

研究工作製作品の例
Examples of Manufactured Apparatuses



研究セクターごとの研究工作依頼の状況
Numbers of Manufacturing Requests for each research sectors of RIKEN



526 Manufacturing Requests for FY2024

アト秒科学研究チーム / Attosecond Science Research Team

(1) 原著論文 (accept) を含む / Original Papers

1. Tamura, Y., Yamazaki, K., Ueda, K., Hatada, K., "Zepto- to Atto- Second core-level photoemission time delay in homonuclear diatomic molecule and non-dipole effect via Multiple Scattering theory", Phys. Rev. A 111, 023112 (2025).
2. Xue, B., Takahashi, E. J., Midorikawa, K., "Increase in Photon Flux of Attosecond Pulses," Proc. 8th Int. Conf. on Attosecond Science and Technology (Springer Proceeding in Physics) ed. Argenti, L., Chini, M., and Fang, L., p. 300 (2024).
3. リン ユーチー, 緑川克美, 鍋川康夫, "包絡線位相制御によるサブサイクル光渦パルスの波面制御", 光学誌, 53, 231 (2024).

(2) 著書・解説など / Book Editions, Review Papers

1. Isobe K., "Multifocal-plane multiphoton fluorescence microscopy and multiphoton patterned illumination", Photonics Review, 2024, 240214 (2024).
2. 沖野友哉, 深堀信一, 松原卓也, 鍋川康夫, 緑川克美, 山内薫, "アト秒パルス列による二原子分子の解離性イオン化の追跡", Optronics, 4, 159-164, (2024).

(3) 招待講演 / Invited Talks

1. Lin Yu-Chieh, 緑川克美, 鍋川康夫, "Spatiotemporal control of ultrashort vortex pulses", レーザー学会学術講演会第45回年次大会, 広島, 1月21-23日, (2025).
2. 山崎馨, "X線光化学反応動力学理論の開発と応用: 凝縮系への拡張を目指して", 第40回Q-Leap アト秒懇談会, オンライン開催, 12月24日, (2024).
3. 緑川克美, "アト秒科学研究の30年を振り返って", 理化学研究所一般公開, 仙台, 10月 (2024).
4. Midorikawa, K., "Generation and application of intense attosecond pulses at RIKEN", Symposium on Attosecond Science -Celebrating the Nobel Prize in Physics, Tokyo, Japan, September (2024).
5. 鍋川康夫, "理化学研究所に於けるアト秒科学研究", 第31回レーザー夏の学校, 熱海, 9月7-8日, (2024).
6. Yamazaki K., "Realtime observation of light-induced dynamics in polyatomic molecules by ultrafast soft x-ray spectroscopy", AISAMP2024, 大韓民国大田市, 8月19-23日 (2024).
7. 緑川克美, "高次高調波によるアト秒科学の進展", 第21回日本加速器学会年会, 山形, 7月 (2024).
8. 緑川克美, "高次高調波によるアト秒科学の進展", 光エレクトロニクス産学連携専門委員会第340回研究会「アト秒による新たな世界」, 東京, 7月 (2024).
9. 緑川克美, "アト秒レーザーの発展", 日本学術会議国際光デー記念シンポジウム, 東京, 7月 (2024).
10. Midorikawa, K., "The third-generation attosecond light source", "6th International Symposium on Microwave/THz Science and Applications", Copenhagen, Denmark, June (2024). (plenary)
11. Midorikawa, K., "Generation and control of sub-cycle optical vortex pulses", The 11th Shanghai Tokyo Advanced Research Symposium on Ultrafast Intense Laser Science, Shirahama, Japan, June (2024).
12. 緑川克美, "アト秒レーザーの進展: 光源と集光", 第20回AMO討論会, 和光, 6月 (2024).
13. 山崎馨, "気相・液相におけるX線光化学と超高速X線過渡吸収分光の理論", 2024年度東京大学アト秒レーザー科学研究機構 第1回解析・理論手法分科会, 東京都文京区, 5月21日 (2024).
14. Lin, Y. C., Midorikawa, K., Nabekawa, Y., "Spatio-temporal control of sub-cycle pulses through carrier-envelope-phase tailoring", Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO), Charlotte, North Carolina, USA, May 5-10 (2024).
15. Isobe K., "Simultaneous multi-plane two-photon imaging and 4D optical manipulation", Laser Display and Lighting Conference 2024 (LDC2024), Yokohama, Japan, April (2024).
16. 鍋川康夫, 緑川克美, "高強度アト秒パルス光を用いた超高速ダイナミクスの研究", 強光子場科学研究懇談会 2023年度第2回懇談会, 横浜, 日本, 4月26日, (2024).

(4) 会議、シンポジウム、セミナー主催 / Meeting, Symposiums and Seminars

1. 理研シンポジウム第12回「光量子工学研究」(The 12th RAP Symposium), 和光, 12月 (2024).
2. 理研光量子工学研究センター/核融合科学研究所交流会, 和光, 5月 (2024).

(5) 特許出願 / Patent Applications

1. 當銘賢人, 瀬上英明, 緑川克美, 磯部圭佑, "パルス光生成装置及びパルス光生成方法", 特願2024-223743, 2024年12月19日.
2. 當銘賢人, 瀬上英明, 山泉虹輝, 緑川克美, 磯部圭佑, "パルス光生成装置及びパルス光生成方法", 特願2024-223748, 2024年12月19日.
3. 當銘賢人, 瀬上英明, 緑川克美, 磯部圭佑, "パルス光生成装置及びパルス光生成方法", 特願2024-223749, 2024年12月19日.
4. 當銘賢人, 瀬上英明, 山泉虹輝, 緑川克美, 磯部圭佑, "パルス光生成装置及びパルス光生成方法", 特願2024-223761, 2024年12月19日.
5. 當銘賢人, 瀬上英明, 山泉虹輝, 緑川克美, 磯部圭佑, "パルス光生成装置及びパルス光生成方法", 特願2024-223750, 2024年12月19日.
6. 藤原孝成, 緑川克美, "液体ジェット生成装置及びX線分光装置", PCT/JP2024/17922 (国際特許出願, 2024年5月15日).

(6) 特筆すべき事項・トピックス (雑誌表紙などの掲載記事) / Topics

1. 新たな物理現象の発見に期待! 光渦の研究
https://www.riken.jp/pr/closeup/2024/20240418_1/index.html
https://www.riken.jp/careers/people/202412_1/index.html

超高速分子計測研究チーム / Ultrafast Spectroscopy Research Team

(1) 原著論文 (accept) を含む / Original Paper

1. Matsuzaki, K., and Tahara, T., "Sub-shot-noise circular dichroism spectroscopy for the accelerated characterization of molecular chirality", ACS Photonics. 11, 1376-1381 (2024).
2. Roy, S., Ahmed, M., Nihonyanagi, S., and Tahara, T., "Time-resolved heterodyne-detected electronic sum frequency generation (TR-HD-ESFG) spectroscopy: A new approach to explore interfacial dynamics", J. Chem. Phys. 161, 174202/1-9 (2024).
3. Watanabe, H., Iwamura, M., Nozaki, K., Takahashi, T., Kuramochi, H., and Tahara, T., "Torsional structural relaxation caused by Pt-Pt bond formation in the photoexcited dimer of Pt(II) N⁴C⁴N complex in solution", J. Phys. Chem. Lett. 16, 406-414 (2025).
4. Kinoshita, E., Sung, W., Nihonyanagi, S., Okuyama, H., and Tahara, T., "Frequency-dependent vibrational relaxation time of OH stretch at the air/isotopically diluted water interface", J. Phys. Chem. Lett. 16, 1088-1094 (2025).

(2) 著書・解説など / Book Editions, Review Papers

1. 石山達也, 田原太平, 森田明弘, "水の表面で進む特異な光化学反応—超高速分光と理論計算による解明", 化学, 79, 10, 70-71 (2024).

(3) 招待講演 / Invited Talks

1. 田原太平, "理研で開発された超高速分光計測とその展開: 界面非線形分光を中心に", 理研RAP 弘前大理工合同シンポジウム, 弘前, 4月15日 (2024).
2. 田原太平, "フェムト秒紫外共鳴ラマンで観測されたレチナルタンパク質の光受容初期過程と異性化構造ダイナミクス", 量子生命科学学会, 東京, 5月30日-31日 (2024) .
3. Liu, L., Kuramochi, H., Iwamura, M., Nozaki, K., and Tahara, T., "Tracking characteristic covalent Au-Au bond formation process in [Au(CN)₂]⁻ oligomers through time-domain Raman spectroscopy", 34th Chinese Chemistry Society Congress, China, June (2024).
4. Tahara, T., "Ultrafast dynamics at the water interfaces revealed by femtosecond time-resolved interface-selective nonlinear spectroscopy", Institute of Physics, Chinese Academy of Sciences, China, July (2024).
5. Tahara, T., "Ultrafast structural dynamics studied by femtosecond time-resolved Raman spectroscopy", 6th Chinese National Ultrafast Spectroscopy Conference, China, July (2024).
6. Tahara, T., "Two-dimensional electronic spectroscopy of transients", 23rd International Conference on Ultrafast Phenomena, Spain, July (2024).
7. Tahara, T., "Raman spectrum of the perpendicular phantom state in cis-trans photoisomerization", 28th International Conference on Raman Spectroscopy, Italy, July (2024).
8. Tahara, T., "Perpendicular phantom state in cis-trans photoisomerization identified by femtosecond time-resolved UV Raman spectroscopy", ACS Fall 2024, USA, August (2024).
9. Matsuzaki, K., "Quantum-enhanced measurements of molecular concentration and chirality using entangled photon pairs", Quantum Innovation 2024, Tokyo, October (2024).
10. 二本柳聡史, "複数の光を組み合わせて界面のスペクトルを高精度で測定する", 第14回日本化学会化学フェスタ2024, 東京, 10月23日 (2024).

11. 田原太平, “新しい界面選択的非線形分光の開発による液体界面の研究”, 第46回溶液化学シンポジウム, 千葉, 10月24日 (2024).
12. Tahara, T., “Heterodyne-detected sum-frequency generation spectroscopy”, FCS XV, India, November (2024).
13. Tahara, T., “Perpendicular phantom state in cis-trans photoisomerization captured by ultraviolet femtosecond time-resolved Raman spectroscopy”, OWLS-17, India, November (2024).
14. Tahara, T., “Study of complex molecular systems by development of new advanced spectroscopy”, QCR Kick-off Symposium, Korea, December (2024).
15. 田原太平, “先端分光計測法の開発と応用による複雑分子系の研究 Study of Complex Molecular Systems by Development and Application of Advanced Molecular Spectroscopy”, 日本化学会第105春季年会, 大阪, 3月28日 (2025).

(4) 会議, シンポジウム, セミナー主催 / Meeting, Symposiums and Seminars

1. セミナー, “Disentangling the Processes of the Metal Nanoparticle Plasmon Decay for Photocatalytic Applications”, Prof. Holger Lange, 和光, 7月31日 (2024).
2. セミナー, “Charge Inversion by Monovalent Counterions”, Prof. Doseok Kim, 和光, 8月13日 (2024).
3. セミナー, “The Nucleotide-Membrane Interaction Elucidated by Sum Frequency Generation Spectroscopy”, Prof. Feng Wei, 和光, 8月15日 (2024).
4. セミナー, “How Advanced Spectroscopy Contributed to the Better Understanding of Environmental Chemistry”, Dr. Yishuai Pan, 和光, 8月15日 (2024).
5. セミナー, “Orientation-independent analysis that enables SFG to be more like Raman spectroscopy”, Prof. Dennis Hore, 和光, 8月28日 (2024).
6. セミナー, “Time-resolved Microspectroscopy of Excitonic Materials”, Prof. Trevor Smith, 和光, 10月30日 (2024).
7. セミナー, “Biological Phase Transitions: Where Chemistry and Physics Meet Biology”, Prof. Samrat Mukhopadhyay, 和光, 11月5日 (2024).
8. セミナー, “Reshaping Light via Photon Up- and Down-Conversion”, Prof. Sean T. Roberts, 和光, 11月27日 (2024).
9. セミナー, “Biomedical application of Confocal Raman microscopy”, Prof. Hamideh Salehi, 和光, 2月27日 (2025).

時空間エンジニアリング研究チーム / Space-Time Engineering Research Team

(1) 原著論文 (accept) を含む / Original Papers

1. Shinkai, H., Takamoto, M., and Katori, H., “Transportable optical lattice clocks and general relativity”, International Journal of Modern Physics D. 34. 2540012 (2024).
2. Yamaguchi, A., Shigekawa, Y., Haba, H., Kikunaga, H., Shirasaki, K., Wada, M., Katori, H., “Laser spectroscopy of triply charged 229Th isomer for a nuclear clock”, Nature. 629, 62 (2024).

(2) 著書・解説など / Book Editions, Review Papers

1. 香取秀俊, “光格子時計がもたらす極めて正確な時間”, 数研出版 高校物理, (2025).
2. Ishibashi, K. et al., “Research on Quantum Materials and Quantum technology at RIKEN”, ACS NANO, 19, 12427 (2025).
3. 香取秀俊, “光格子時計”, 第一学習社 高校物理&デジタル教科書, (2024).
4. 香取秀俊, “物理学が築く未来”, 東京書籍 高校物理, (2024).
5. 香取秀俊, “光格子時計”, 小学館 日本大百科全書, (2024).
6. 香取秀俊, “光格子時計: 量子のエンジニアリングで出来た相対論的センサを使う時代へ”, 岩波書店 (月刊誌 科学), (2024).
7. 香取秀俊, “半世紀後の未来へ 科学者からの贈り物”, J Power Global EDGE, No.78, (2024).
8. 香取秀俊, “2030年, 「単位」が変わる”, ニュートン, (2024).
9. 香取秀俊, “より正確な時こくを求めて”, 大日本図書 (小五理科), (2024).
10. 香取秀俊, “時空のゆがみが測れる時計”, ニュートン, (2024).

(3) 招待講演 / Invited Talks

1. 香取秀俊, “光格子時計による相対論的な時空間センシング”, 服部報公会 特別講演会, 東京, 1月16日 (2025).
2. 香取秀俊, “冷却原子が拓く量子技術の最前線”, 量子フォーラムシンポジウム, 東京, 12月6日 (2024).
3. Takamoto, M., Ushijima, I., and Katori, H., “Development of Transportable Optical Lattice Clocks and their Applications”, ACES

Workshop 2024, Amsterdam, October (2024).

4. Katori, H., “Make Optical Lattice Clocks Compact and Useful for Real-world Applications”, The International Conference on Laser Ablation (COLA), Hersonissos, October (2024).
5. Katori, H., “Development of transportable optical lattice clocks and applications”, The 14th Japan-US Joint Seminar on Quantum Electronics and Laser Spectroscopy, Stanford, September (2024).
6. 香取秀俊, “ここまで来た! 時間計測が拓く近未来”, 最先端科学・分析システム&ソリューション展「JASIS2024」, 東京, September (2024).
7. Ushijima, I., “Transportable optical lattice clocks for relativistic geodesy”, RIKEN - LBNL Workshop on Quantum Information Science, September (2024).
8. Katori, H., “Development of transportable optical lattice clocks and applications”, Optica Sensing Congress, Sensing 2024, July (2024).
9. Takamoto, M., Ushijima, I., and Katori, H., “Development of a Transportable Optical Lattice Clock and Its Geodetic Applications”, The thirty-first annual International Laser Physics Workshop (LPHYS'24), Sao Paulo, July (2024).
10. Katori, H., “Development of transportable optical lattice clocks and applications”, HQI(Harvard)-FQSP(RIKEN) 1st Workshop “Perspectives Quantum Science”, June (2024).
11. 香取秀俊, “光格子時計による相対論的な時空間センシング”, 量子生命科学会 第6回大会, 東京, May (2024).
12. Katori, H., “Make Optical Lattice Clocks Compact and Useful for Real-world Applications”, AT RASC 2024, Gran Canaria, May (2024).

(4) 会議, シンポジウム, セミナー主催 / Meeting, Symposiums and Seminars

1. 第6回未来社会プロジェクトサイトビジット&メンバーワークショップ, 島津製作所基盤技術研究所, 9月9-10日 (2024).

(5) 特筆すべき事項・トピックス (雑誌表紙などの掲載記事) / Topics

1. 文科省 学習資料「一家に1枚」, “量子と量子技術”, 2025年1月6日.

量子オプトエレクトロニクス研究チーム / Quantum Optoelectronics Research Team

(1) 原著論文 (accept) を含む / Original Papers

1. Yamashita, D., Fang, N., Fujii, S., and Kato, Y. K., “Hybrid Silicon All-Optical Switching Devices Integrated with 2D Material”, Adv. Opt. Mater. 13, 2402531 (2024).
2. Kozawa, D., Fujii, S., and Kato, Y. K., “Intrinsic process for upconversion photoluminescence via K-momentum phonon coupling in carbon nanotubes”, Phys. Rev. B 110, 155418 (2024).
3. Ho, Y., Fong, C. F., Wu, Y., Konishi, K., Deng, C., Fu, J., Kato, Y. K., Tsukagoshi, K., Tung, V., and Chen, C., “Finite-Area Membrane Metasurfaces for Enhancing Light-Matter Coupling in Monolayer Transition Metal Dichalcogenides”, ACS Nano 18, 24173 (2024).
4. Shiina, S., Murohashi, T., Ishibashi, K., He, X., Koretsune, T., Liu, Z., Terashima, W., Kato, Y. K., Inoue, K., Saito, M., Ikuhara, Y., and Kato, T., “Synthesis of Ultrahigh-Purity (6,5) Carbon Nanotubes Using a Trimetallic Catalyst”, ACS Nano 18, 23979 (2024).
5. Fong, C. F., Yamashita, D., Fang, N., Fujii, S., Chang, Y.-R., Taniguchi, T., Watanabe, K., and Kato, Y. K., “Self-Aligned Hybrid Nanocavities Using Atomically Thin Materials”, ACS Photonics 11, 2247 (2024).
6. Fang, N., Chang, Y. R., Fujii, S., Yamashita, D., Maruyama, M., Gao, Y., Fong, C. F., Kozawa, D., Otsuka, K., Nagashio, K., Okada, S., and Kato, Y. K., “Room-temperature quantum emission from interface excitons in mixed-dimensional heterostructures”, Nat. Commun. 15, 2871 (2024).
7. Fujii, S., Fang, N., Yamashita, D., Kozawa, D., Fong, C. F., Kato, Y. K., “van der Waals Decoration of Ultra-High-Q Silica Microcavities for $\chi^{(2)}$ - $\chi^{(3)}$ Hybrid Nonlinear Photonics”, Nano Lett. 24, 4209 (2024).
8. Tanikawa, K., Fujii, S., Kogure, S., Tanaka, S., Tasaka, S., Koshiro, W., Kawanishi, S., and Tanabe, T., “Field Trial of Optical Transmission Experiment Employing a Microresonator Frequency Comb Light Source for Low-Latency, Short-Reach Optical Communication”, IEICE Trans. Electron. E108.C 501 (2024).

(2) 著書・解説など / Book Editions, Review Papers

1. Terashima, W., and Kato, Y. K., “Optical coupling of individual air-suspended carbon nanotubes to silicon microcavities”, Proc. Jpn. Acad., Ser. B 100, 320 (2024).

(3) 招待講演 / Invited Talks

1. Fang, N., Chang, Y., Fujii, S., Yamashita, D., Maruyama, M., Gao, Y., Fong, C., Kozawa, D., Otsuka, K., Nagashio, K., Okada, S., and Kato, Y. K., "Quantum emission from interface excitons in mixed-dimensional heterostructures", Symposium on State-of-the-art quantum science and technology using solid-state quantum bits, The 72nd JSAP Spring Meeting 2025, Noda, Chiba, Japan, March 15 (2025).
2. Fang, N., Chang, Y., Fujii, S., Yamashita, D., Maruyama, M., Gao, Y., Fong, C., Kozawa, D., Otsuka, K., Nagashio, K., Okada, S., and Kato, Y. K., "Exciton transfer and interface excitons in mixed-dimensional heterostructures", 5th International Conference on Emerging Advanced Nanomaterials (ICEAN 2024), Newcastle, Australia, November 5 (2024).
3. Fang, N., Chang, Y., Fujii, S., Yamashita, D., Maruyama, M., Gao, Y., Fong, C., Kozawa, D., Otsuka, K., Nagashio, K., Okada, S., and Kato, Y. K., "Exciton transfer and interface excitons in mixed-dimensional heterostructures", 9th Workshop on Nanotube Optics & Nanospectroscopy (WONTON2024), Heidelberg, Germany, September 17 (2024).
4. Fang, N., Chang, Y., Fujii, S., Yamashita, D., Maruyama, M., Gao, Y., Fong, C., Kozawa, D., Otsuka, K., Nagashio, K., Okada, S., and Kato, Y. K., "Exciton transfer and interface excitons in mixed-dimensional heterostructures", JSAP-Optica Joint Symposia, the 85th JSAP Autumn Meeting 2024, Niigata, Niigata, Japan, September 17 (2024).
5. Fang, N., Chang, Y., Fujii, S., Yamashita, D., Maruyama, M., Gao, Y., Fong, C., Kozawa, D., Otsuka, K., Nagashio, K., Okada, S., and Kato, Y. K., "Exciton transfer and interface excitons in mixed-dimensional heterostructures", The 67th Fullerenes-Nanotubes-Graphene General Symposium, Kochi, Kochi, Japan, September 2 (2024).
6. Fang, N., Chang, Y., Fujii, S., Yamashita, D., Maruyama, M., Gao, Y., Fong, C., Kozawa, D., Otsuka, K., Nagashio, K., Okada, S., and Kato, Y. K., "Exciton transfer and interface excitons in mixed-dimensional heterostructures", Fundamental Optical Processes in Semiconductors (FOPS) 2024, Newfoundland, Canada, July 22 (2024).
7. Fang, N., Chang, Y., Yamashita, D., Fujii, S., Maruyama, M., Gao, Y., Fong, C., Otsuka, K., Nagashio, K., Okada, S., and Kato, Y. K., "Resonant exciton transfer in mixed-dimensional heterostructures for overcoming dimensional restrictions in optical processes", The 14th International Conference on Metamaterials, Photonic Crystals and Plasmonics (META 2024), Toyama, Toyama, Japan, July 16 (2024).
8. Fang, N., Chang, Y., Yamashita, D., Fujii, S., Maruyama, M., Gao, Y., Fong, C., Otsuka, K., Nagashio, K., Okada, S., and Kato, Y. K., "Resonant Exciton Transfer in Mixed-Dimensional Heterostructures for Overcoming Dimensional Restrictions in Optical Processes", 245th Electrochemical Society Meeting, San Francisco, California, United States, May 28 (2024).
9. Kato, Y. K., "Van der Waals hybrid photonic devices", International Conference on Nano-photonics and Nano-optoelectronics (ICNN 2024), Yokohama, Kanagawa, Japan, April 23 (2024).

(4) 会議、シンポジウム、セミナー主催 / Meeting, Symposiums and Seminars

1. セミナー, Mackillo Kira, Professor, University of Michigan, "Quantum Light Information Technology and Science at Michigan", 和光, 2月5日 (2025).
2. セミナー, Steven Cundiff, Professor, University of Michigan, "Quantum Spectroscopy at the University of Michigan", 和光, 2月4日 (2025).
3. セミナー, Goki Eda, Associate Professor, National University of Singapore, "Probing broken symmetry in van der Waals semiconductors with nonlinear optics", 和光, 12月18日 (2024).
4. セミナー, Yue Tian, Postdoctoral Fellow, Hirakawa Group, Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, "Physics of Electromigration and Quantum Transport in Single-Molecule Transistors", 和光, 11月28日 (2024).
5. セミナー, Finn Sebastian, Ph.D. student, Heidelberg University, "Highly efficient photocatalytic functionalization of single-wall carbon nanotubes with luminescent quantum defects for high-contrast bioimaging", 和光, 11月20日 (2024).
6. セミナー, Olivier Bernal, Assistant Professor, and Han Cheng Seat, Associate Professor, Institut National Polytechnique de Toulouse (INP), "Optical sensing: From optical fiber to integrated photonic sensors for metrology, geophysics and gas detection", 和光, 10月25日 (2024).
7. セミナー, Han Htoon, Scientist 5, Los Alamos National Laboratory, "Creation and Control of Quantum Light Emitters in 2D Flatland", 和光, 10月18日 (2024).
8. セミナー, Liang Zhai, Professor, University of Electronic Science and Technology of China, "Low-noise GaAs Quantum Dots", 和光, 10月2日 (2024).
9. セミナー, 鈴木史花, CNLS Postdoctoral Research Associate, Los Alamos National Laboratory, "Probing chiral Casimir-Polder forces in a molecular matter-wave interferometer", 和光, 9月27日 (2024).
10. セミナー, Xiaoqin Elaine Li, Professor, The University of Texas at Austin, "Tailoring light-matter interaction in moiré superlattice", 和光,

5月24日 (2024).

11. セミナー, Jana Zaumseil, Professor, Heidelberg University, "Creation, Quantification & Application of Luminescent Defects in Single-Walled Carbon Nanotubes", 和光, 5月9日 (2024).

(5) 特許出願 / Patent Applications

1. 加藤雄一郎, 山下大喜, 方楠, 藤井瞬, "光スイッチング素子及び光スイッチング素子の製造方法", 特願2024-107561, 2024年7月3日.

(6) 特筆すべき事項・トピックス (雑誌表紙などの掲載記事) / Topics

1. MONOist, "カーボンナノチューブの原子の並びを制御できる構造制御合成法を開発", 2024年9月19日.
2. EE Times Japan, "NiSnFe触媒を用い合成条件を最適化 原子配列を制御してCNTを合成 東北大", 2024年9月9日.
3. TECH+, "東北大など、CNTの原子配列を制御し超高純度で合成可能な新触媒を発見", 2024年9月4日.
4. Mapion ニュース, "東北大など、CNTの原子配列を制御し超高純度で合成可能な新触媒を発見", 2024年9月4日.
5. Tii技術情報, "カーボンナノチューブの原子配列を制御して合成する手法を開発〜革新的半導体デバイス創出に期待〜", 2024年9月3日.
6. 日本経済新聞, "東北大・産総研・理研・東大、カーボンナノチューブの原子配列を制御して合成する手法を開発", 2024年9月3日.
7. Science Japan, "RIKEN led group discovers quantum light source operating at room temperature at mixed-dimensional heterostructure interfaces", 2024年6月20日.
8. 科学新聞, "異次元ナノ半導体界面で室温動作の量子光源発見", 2024年5月24日.
9. ニュースイッチ, "異次元ナノ半導体に室温で動く量子光源、理研などが発見した意義", 2024年4月29日.
10. 日刊工業新聞, "異次元ナノ半導体に室温で動く量子光源 理研など発見", 2024年4月25日.
11. Laser Focus World Japan, "異次元ナノ半導体界面に潜む量子光源の発見", 2024年4月18日.
12. no+e, "異次元ナノ半導体界面に潜む量子光源の発見、室温量子技術への応用に期待", 2024年4月12日.
13. PR TIMES, "【慶應義塾】異次元ナノ半導体界面に潜む量子光源の発見", 2024年4月12日.
14. OPTRONICS ONLINE, "理研ら、異次元ナノ半導体界面に潜む量子光源を発見", 2024年4月12日.
15. Tii技術情報, "異次元ナノ半導体界面に潜む量子光源の発見〜室温量子技術への応用に期待〜", 2024年4月12日.
16. 日本の研究.com, "異次元ナノ半導体界面に潜む量子光源の発見—室温量子技術への応用に期待—", 2024年4月11日.
17. 日本経済新聞, "理研・筑波大・東大・慶大、異次元ナノ半導体界面に潜む量子光源を発見", 2024年4月11日.
18. Laser Focus World Japan, "原子層ナノ物質と微小光共振器による高効率波長変換に成功—ナノフォトニクス素子の高機能化へ期待—", 2024年4月12日.
19. EE Times Japan, "〜原子層ナノ物質と微小光共振器で〜 微弱な連続光レーザーでも高い効率で波長変換", 2024年4月10日.
20. Optinews, "理化学研究所他/原子層ナノ物質と微小光共振器による高効率波長変換に成功—ナノフォトニクス素子の高機能化へ期待—", 2024年4月5日.
21. PR TIMES, "【慶應義塾】原子層ナノ物質と微小光共振器による高効率波長変換に成功", 2024年4月3日.
22. 日本の研究.com, "原子層ナノ物質と微小光共振器による高効率波長変換に成功—ナノフォトニクス素子の高機能化へ期待—", 2024年4月3日.
23. 日本経済新聞, "理研、原子層ナノ物質と微小光共振器による高効率波長変換に成功", 2024年4月3日.
24. OPTRONICS ONLINE, "理研ら、層状物質と微小光共振器で高効率に波長変換", 2024年4月3日.
25. Tii技術情報, "原子層ナノ物質と微小光共振器による高効率波長変換に成功—ナノフォトニクス素子の高機能化へ期待—", 2024年4月3日.

超高速コヒーレント軟X線光学研究チーム / Ultrafast Coherent Soft X-ray Photonics Research Team

(1) 原著論文 (accept) を含む / Original Papers

1. Dong, D., Wang, H., Xue, B., Imasaka, K., Kanda, N., Fu, Y., Nabekawa, Y. and Takahashi, E. J., "Perturbed three-channel waveform synthesizer for efficient isolated attosecond pulse generation and characterization", Opt. Lett. 50, 1461 (2025).
2. Rajpoot, R. and Takahashi, E. J., "Systematic analysis of an attosecond pulse generation by a subcycle laser field". Physical Review Research. 7, 013047 (2025).
3. Nishimiya, K., Wang, F., Lan, P. and Takahashi, E. J., "Octave-spanning supercontinuum coherent soft x-ray for producing a single-cycle soft x-ray pulse", Opt. Lett. 49, 5779 (2024).

(2) 招待講演 / Invited Talks

1. Takahashi, E.J., "Next-generation ultrafast laser for attosecond science", ALPS 2025, Yokohama, Japan, April (2024).
2. 高橋栄治, "シングルサイクルレーザー増幅技術-次世代アト秒科学に向けて-", OPIE 2024, 横浜, 4月24-26日 (2025).
3. Takahashi, E.J., "Development of a TW-class single-cycle laser and its applications to attosecond science", 15th Asian International Seminar on Atomic and Molecular Physics, Korea, August (2024).
4. Takahashi, E.J., "Efficient and scalable scheme for overcoming the pulse energy bottleneck of single-cycle laser sources", IEEE Photonics conference, Roma, Italy, November. (2024).
5. 高橋栄治, "単一サイクル光パルスの高出力化を実現する新規レーザー増幅法", レーザー学会学術講演会第45回年次大会, 広島, 1月21-23日 (2025).
6. Takahashi, E.J., "A scalable approach to the pulse energy of a single-cycle laser using a dual-chirped OPA", SPIE Photonics West 2025, San Francisco, USA, January (2025).

(3) 会議、シンポジウム、セミナー主催 / Meeting, Symposiums and Seminars

1. 理研RAP・弘前大理工合同シンポジウム, 弘前, 4月15日 (2024).
2. 8th RIKEN-RAP and QST-KPSI Joint Seminar, 仙台, 2月3-4日 (2025).

生細胞超解像イメージング研究チーム / Live Cell Super-Resolution Imaging Research Team

(1) 原著論文 (accept) を含む / Original Papers

1. Tojima, T., Suda, Y., Jin, N., Kurokawa, K., and Nakano, A., "Spatiotemporal dissection of the Golgi apparatus and the ER-Golgi intermediate compartment in budding yeast", eLife. 13, e92900 (2024).
2. Harada, A., Kunii, M., Kurokawa, K., Sumi, T., Kanda, S., Zhang, Yu., Nadanaka, S., Hirokawa, K. M., Tokunaga, K., Tojima, T., Taniguchi, M., Moriwaki, K., Yoshimura, S., Yamamoto-Hino, M., Goto, S., Katagiri, T., Kume, S., Hayashi-Nishino, M., Nakano, M., Miyoshi, E., Suzuki, K. G. N., Kitagawa, J., and Nakano, A., "Dynamic movement of the Golgi unit and its glycosylation enzyme zones", Nat. Commun. 15, 4514 (2024).
3. Miyashiro, D., Tojima, T., and Nakano, A., "Extremely high spatiotemporal resolution microscopy for live cell imaging by single photon counting, noise elimination, and a novel restoration algorithm based on probability calculation", Frontiers Cell Dev. Biol. 12, 1324906 (2024).
4. Yagi, H., Saito, T., Tateo, S., Nishi, E., Obitsu, S., Suzuki, T., Seetaha, S., Helleg, C., Nakano, A., Tojima, T., and Kato, K., "Deciphering the sub-Golgi localization of glycosyltransferases via 3D super-resolution imaging", Cell Struct. Funct. 49, 47-55 (2024).
5. Suda, Y., Tachikawa, H., Suda, T., Kurokawa, K., Nakano, A., and Irie, K., "Remodeling of the secretory pathway is coordinated with de novo membrane formation in budding yeast gametogenesis", iScience. 27, 110855 (2024).
6. Yoshinari, A., Shimizu, Y., Hosokawa, T., Nakano, A., Uemura, T., and Takano, J., "Rapid vacuolar sorting of the borate transporter BOR1 requires the adaptor complex AP-4 in Arabidopsis", Plant Cell Physiol. 65, 1801-1811 (2024).
7. Yagi, H., Yamada, R., Saito, T., Honda, R., Nakano, R., Inutsuka, K., Tateo, S., Kusano, H., Nishimura, K., Yanaka, S., Tojima, T., Nakano, A., Furukawa, J., Yagi-Utsumi, M., Adachi, S., and Kato, K., "Molecular tag for promoting N-glycan maturation in the cargo receptor-mediated secretion pathway", iScience. 27, 111457 (2024).
8. Tago, T., Ogawa, T., Goto, Y., Toyooka, K., Tojima, T., Nakano, A., Satoh, T., and Satoh, A. K., "RudLOV—a new optically synchronized cargo transport method reveals unexpected effect of dynasore", EMBO Rep. 26, 613-634 (2025).
9. Fougère, L., Grison, M., Ito, Y., Laquel, P., Montrazi, M., Cordelières, F., Monreal, M. F., Poujol, C., Uemura, T., Nakano, A., and Boutté, Y., "ER-to-Golgi trafficking via an intermediate cis-Golgi tubular network in Arabidopsis", Nat. Cell Biol. in press (2025).
10. Curwin, A., Kurokawa, K., Bigliani, G., Brouwers, N., Nakano, A., and Malhotra, V., "The pathway of unconventional protein secretion involves CUPS and a modified Trans Golgi Network", J. Cell Biol. 224, e202312120 (2025).

(2) 著書・解説など / Book Editions, Review Papers

1. Nakano, A., "Full elucidation of sorting mechanisms in and around the Golgi apparatus by super-resolution live imaging", Impact 2024, 13-15 (2024).
2. 戸島拓郎, 中野明彦, "ゴルジ体のライブイメージング", 実験医学別冊「疾患研究につながるオルガネラ実験必携プロトコール」, 田村康, 山野晃史編, pp. 111-120, 羊土社 (2024).

3. 戸島拓郎, 中野明彦, "超解像ライブイメージングが解き明かすゴルジ体槽成熟の時空間ダイナミクス", 生化学「みにれびゅう」, 印刷中 (2025).

(3) 招待講演 / Invited Talks

1. Nakano, A., "Organization of and Trafficking around the Golgi as seen by High-Speed and Super-Resolution Live imaging", EMBO Workshop "Trafficking and Glycosylation at the Golgi apparatus", Sorrento, Italy, April (2024).

(4) 会議、シンポジウム、セミナー主催 / Meeting, Symposiums and Seminars

1. シンポジウム, "膜交通研究の往古来今", 和光, 3月10日 (2025).

生命光学技術研究チーム / Biotechnological Optics Research Team

(1) 原著論文 (accept) を含む / Original Papers

1. Furukawa, K., Ikoma, Y., Niino, Y., Hiraoka, Y., Tanaka, K., Miyawaki, A., Hirrlinger, J., and Matsui, K., "Dynamics of Neuronal and Astrocytic Energy Molecules in Epilepsy", J. Neurochem. 169(3), e70044 (2025).
2. Yogo, T., Becker, J. H., Kimura, T., Iwano, S., Kuchimaru, T., Miyawaki, A., Yokomizo, T., Suda, T., Iwama, A., and Yamazaki, S., "Progenitor effect in the spleen drives early recovery via universal hematopoietic cell inflation", Cell Rep. 44(2), 115241 (2025).
3. Kusumoto, Y., Ueda, M., Hashimoto, M., Takeuchi, H., Okada, N., Yamamoto, J., Nishii, A., Fujino, A., Kurahashi, A., Satoh, M., Iwasa, Y., Okamura, K., Obazaki, K., Kumagai, R., Sakamoto, N., Tanaka, Y., Kamiya, Y., Hoshida, T., Kaisho, T., Hemmi, H., Katakai, T., Honda, T., Kikuta, J., Kataoka, K., Ikebuchi, R., Moriya, T., Adachi, T., Watanabe, T., Ishii, M., Miyawaki, A., Kabashima, K., Chtanova, T., and Tomura, M., "Sublingual immune cell clusters and dendritic cell distribution in the oral cavity", JCI Insight. 9(21), e167373 (2024).
4. Fukuda, K., Ito, Y., Furuichi, Y., Matsui, T., Horikawa, H., Miyano, T., Okada, T., Logtestijn, M., Tanaka, J. R., Miyawaki, A., and Amagai, M., "Three stepwise pH progressions in stratum corneum for homeostatic maintenance of the skin", Nat. Commun. 15(1), 4062 (2024).
5. Hirano M, Yonemaru Y, Shimozone S, Sugiyama M, Ando R, Okada Y, Fujiwara T, and Miyawaki A., "StayGold photostability under different illumination modes", Sci. Rep. 14, 5541 (2024).

(2) 著書・解説など / Book Editions, Review Papers

1. 宮脇敦史, 巻/頭/言, 生物物理, Vol.65 No.2, p.67 (2025).
2. 宮脇敦史, "「蛍光」という迷宮", 実験医学, Vol.4 3No.4, p.590-593 (2025).
3. 宮脇敦史, "「使える」「きれい」「おもしろい」のトライアングル", 千里ライフサイエンス振興財団ニュース, No.102, p.1-6 (2024).

(3) 招待講演 / Invited Talks

1. 宮脇敦史, "光と生命とバイオイメージング", 第47回日本分子生物学会年会公募シンポジウム: 新しい生物学を拓くゲノムギミック, 福岡, 11月29日 (2024).
2. 宮脇敦史, "光と生命のたわむれ ~Interplay between Light & Life~", 日本動物遺伝育種学会第25回大会 日本遺伝育種学会シンポジウム, 東京, 11月22日 (2024).
3. 宮脇敦史, "Cruising inside cells", 第7回形態解析ワークショップ, 東京, 10月15日 (2024).
4. 宮脇敦史, 第18回バイオ関連化学シンポジウム, 茨城県, 9月13日 (2024).
5. 宮脇敦史, "Cruising in the cell", TMDU-SPRING リトリート2024, 静岡, 9月11日 (2024).
6. 宮脇敦史, "Cruising in the cell", 第27回日本小児心血管分子医学研究会, 福岡, 7月11日 (2024).
7. 宮脇敦史, "ここまで進んだ細胞内可視化", 大隅基礎科学創成財団第7期 第7回 創発セミナー, Zoom, 7月4日 (2024).
8. 宮脇敦史, "中枢神経の研究におけるイメージング", 第53回日本脊椎髄病学会学術集会, 横浜, 4月18日 (2024).
9. Miyawaki, A., Okinawa Microscopy Workshop 2024, Okinawa, April (2024).

画像情報処理研究チーム / Image Processing Research Team

(1) 原著論文 (accept) を含む / Original Papers

1. Yoshizawa, S., Michikawa, T., and Yokota, H., "Topological Delaunay Graph for Efficient 3D Binary Image Analysis", *Int J Automation Technol.* 18 (5), 632-650 (2024). DOI: <https://doi.org/10.20965/ijat.2024.p0632>
2. Kawasaki, S., Yamashita, N., Morita, S., and Yokota, H., "Observation of chip-producing behavior in ultraprecision diamond cutting of additively manufactured Alloy 718 utilizing ultrasonic elliptical vibration", *J Adv Mech Des Syst Manuf.* 18(4), JAMDSM0046: 1-13 (2024). DOI: <https://doi.org/10.1299/jamdsm.2024jamdsm0046>
3. Uematsu, T., Tsuboi, T., Hiraga, K., Tamakoshi, D., Fukushima, T., Sato, M., Nishida, K., Yokota, H., and Katsuno, M., "Differential impact of fixation characteristics on 3D perception via texture gradient recognition in Parkinson's disease", *Park Relat Disord.* 128, 107116: 1-6 (2024). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2024.107116>
4. Takamatsu, T., Fukushima, R., Sato, K., Umezawa, M., Yokota, H., Soga, K., Hernandez-Guedes, A., Callico, G., and Takemura, H., "Development of a visible to 1600 nm hyperspectral imaging rigid-scope system using supercontinuum light and an acousto-optic tunable filter", *Opt Express.* 32(9): 16090-16102 (2024). DOI: <https://doi.org/10.1364/OE.515747>
5. Chu, S., Abe, K., Yokota, H., Cho, D., Hayashi, Y., and Tsai, M.-D., "Deep learning for quantifying spatial patterning and formation process of early differentiated human-induced pluripotent stem cells with micropattern images", *J Microsc.* 296(1): 79-93 (2024). DOI: <https://doi.org/10.1111/jmi.13346>
6. Fukatsu, M., Yoshizawa, S., Takemura, H., and Yokota, H., "Bilateral Half-Box Image Filtering", *Int J Automation Technol.* 18(3): 427-432 (2024). DOI: <https://doi.org/10.20965/ijat.2024.p0427>
7. Yoshizawa, S., and Yokota, H., "Scale-aware Volume Filtering by Splitting Transformed Voxel-Domains", *Proc Int Conf Precis Eng (ICPE)*. pp. OS19-08:1-6 (2024).
8. Aida, Y., Yamashita, N., Morita, S., Shiraiwa, T., Enoki, M., Kiyokane, N., Yamazaki, K., Kaneko, S., and Yokota, H., "3D microstructure imaging of dual-phase steels with different carbon contents and thermal histories using a 3D internal structure microscope", *Proc Int Conf Precis Eng (ICPE)*. pp. OS05-12: 1-4 (2024).
9. Yoshida, S., Sun, Z., Yoshizawa, S., Michikawa, T., Noda, S., Micheletto, R., and Yokota, H., "Image compressed sensing based on vision-inspired importance maps", *Proc IEEE Int Conf Imaging Syst Tech (IST)*. pp. 1-6 (2024). DOI: <https://doi.org/10.1109/IST63414.2024.10759151>
10. Fukushima, R., Takamatsu, T., Sato, K., Hernandez-Guedes, A., Callico, G., Okubo, K., Umezawa, M., Yokota, H., Soga, K. and Takemura, H., "Detection of Exposed Nerves in Two Individuals In Vivo and Unexposed Nerves Ex Vivo with Near-Infrared Hyperspectral Laparoscope", *IEEE/SICE Int Symp Syst Integr (SII)*. pp. 19-24 (2024). DOI: <https://doi.org/10.1109/SII58957.2024.10417671>
11. Takamatsu, T., Fukushima, R., Yokota, H., Ikematsu, H., Soga, K., and Takemura, H., "Detection of deep lesion in resected stomach by near-infrared hyperspectral imaging", *Proc SPIE Conf.* 12927, 129271R, (2024). DOI: <https://doi.org/10.1117/12.3006359>
12. Chu, S.-L., Yokota, H., Wang, P.-T., Abe, K., Hayashi, Y., Cho, D., and Tsai, M.-D., "Deep Learning Method for Estimating Germ-layer Regions of Early Differentiated Human Induced Pluripotent Stem Cells on Micropattern Using Bright-field Microscopy Image", *Proc Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc (EMBC)*. pp. 1-4, (2024). DOI: <https://doi.org/10.1109/EMBC53108.2024.10782655>
13. Koyama, J., Morise, M., Furukawa, T., Oyama, S., Matsuzawa, R., Tanaka, I., Wakahara, K., Yokota, H., Kimura, T., Shiratori, Y., Kondoh, Y., Hashimoto, N., and Ishii, M., "Artificial intelligence-based personalized survival prediction using clinical and radiomics features in patients with advanced non-small cell lung cancer", *BMC Center.* 24, 1417: 1-12 (2024) DOI: <https://doi.org/10.1186/s12885-024-13190-w>
14. Oyama, S., Iwase, H., Yoneda, H., Yokota, H., Hirata, H., and Yamamoto, M., "Insights and trends review: Use of extended reality (xR) in hand surgery", *J Hand Surg Eur Vol.* (2025). DOI: <https://doi.org/10.1177/17531934241313208>
15. Sakamaki, K., Sakamoto, N., Tsujimura, Y., Iwasaki, T., Kawamura, T., Nakabayashi, J., D'Souza, R. S., Jannat, A., Takeshima, K., Takeda, H., Koyamada, K., and Yokota, H., "Caspase-mediated cleavage of a scaffold protein, MPRIP, yields a truncated form that is involved in repetitive bleb formation", *FEBS J.* in press (2025). DOI: <https://doi.org/10.1111/febs.17422>

(2) 著書・解説など / Book Editions, Review Papers

1. 原徹, 横田秀夫, 山下典理男, 道川隆士, 吉澤信, 古城直道, 廣岡大祐, "ミクロ組織の三次元情報解析", マテリアルインテグレーションによる構造材料設計ハンドブック, 第5章第2節, NTS, pp. 283-301 (2024).

2. 太田聡史, "動物の運動制御—系統的思考による力学的生命観に向けて—", *TEN vol.6 脳的设计図を求めて*, pp. 29-37 (2025).
3. Yamashita, N., Morita, M., Yokota, H. and Mimori-Kiyosue, Y., "Spatial Statistics of Three-Dimensional Growth Dynamics of Spindle Microtubules", *The Mitotic Spindle*, Humana Press, Chap 4: 51-72 (2025). DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-0716-4224-5_4

(3) 招待講演 / Invited Talks

1. Sassa, T., Michikawa, T., Shigeta, M., Yoshimura, K., Fujishige, W., Kitazawa, R., Nagoya, J., Kanaya, T., and Wada, S., "Toward an elucidation of human judgment process in tunnel inspection for mechanization", *Opt Photonics Int Congr (OPIC)*, Japan, April 22-26 (2024).
2. 道川隆士, 佐々高史, 和田智之, "職人の技の解明に向けたトンネル打音点検作業のデジタル化", 電子情報通信学会 システムナノ技術に関する特別研究専門委員会 主催第5期 第4回研究会「SDGsに資する環境モニタリング技術」, 日本, 5月31日 (2024).
3. Hara, T., Nishikawa, H., Michikawa, T., and Yokota, H., "Application of FIB-SEM Serial-Sectioning Technique on Structural Materials", *Int Conf the Phys Prop App Adv Mater (ICPMAT)*, Czech Republic, September 30-October 3 (2024).
4. 太田聡史, "単一細胞RNA配列を用いた正常細胞系譜の逆推定", *BVA 第6回バイオインターフェース*, オンライン, 3月25日 (2025).
5. 竹本智子, 堀圭介, 横田秀夫, 矢野友規, "AIを活用した早期胃がんの範囲診断に関するパイロット研究", 第97回日本胃癌学会総会シンポジウム, 胃癌内視鏡診断・病理診断の進歩, 日本, 3月13日 (2025).

(4) 特許出願 / Patent Applications

1. Oota, S., "METHOD FOR CONDUCTING PHYLOGENETIC ANALYSIS OF CELLS", US Application number 18807447, 2024年12月12日.

(5) 特筆すべき事項・トピックス (雑誌表紙などの掲載記事) / Topics

1. 精密工学会2024年度 研究奨励賞, 2025年3月18日 (深津美薫)

フォトン操作機能研究チーム / Innovation Photon Manipulation Research Team

(1) 原著論文 (accept) を含む / Original Papers

1. Suresh, S. A., Vyas, S., Chu, C. H., Yamaguchi, T., Tanaka, T., Yeh, J. A., Tsai, D. P., and Luo, Y., "All-Dielectric Meta-Microlens-Array Confocal Fluorescence Microscopy", *Laser & Photonics Reviews.* 2401314 (2024).
2. Balgos, M. H., Hayazawa, N., Tani, M., and Tanaka, T., "Single pulse shaping for higher harmonic demodulation in terahertz time-domain spectroscopy", *Appl. Phys. Lett.* 125, 171104 (2024).
3. Kang, H., Tanaka, T., Duan, H., Cao, T., and Rho, J., "State-of-the-art micro- and nano-scale photonics research in Asia: devices, fabrication, manufacturing, and applications", *Microsyst. Nanoeng.* 10, 114 (2024).
4. Chia, Y.-H., Liao, W.-H., Vyas, S., Chu, C. H., Yamaguchi, T., Liu, X., Tanaka, T., Huang, Y.-Y., Chen, M. K., Chen, W.-S., Tsai, D. P., and Luo, Y., "In Vivo Intelligent Fluorescence Endo-Microscopy by Varifocal Meta-Device and Deep Learning", *Adv. Sci.* 11, p.2307837 (2024).
5. Fujita, Y., Hayazawa, N., Balois-Oguchi, M. V., Tanaka, T., and Shimizu, T. K., "Modification of transition pathways in polarized resonance Raman spectroscopy for carbon nanotubes by highly confined near-field light", *J. Appl. Phys.* 135, 193101 (2024).
6. Li, X., Sun, S., Zhang, Y., Gu, X., Liang, C., Tanaka, T., and Li, J., "CdSe/ZnS Quantum Dot Patterned Arrays for Full-Color Light-Emitting Diodes in Active-Matrix QLED Display", *ACS Appl. Nano Mater.* 7, 8, pp. 9086-9094 (2024).
7. Liu, X., Zhang, J., Leng, B., Zhou, Y., Cheng, J., Yamaguchi, T., Tanaka, T., and Chen, M. K., "Edge enhanced depth perception with binocular meta-lens", *Opto-Electronic Science.* 3, 9, p.230033 (2024).
8. Fukuta, T., Kato, R., Tanaka, T., and Yano, T., "Fabrication of Mie-resonant silicon nanoparticles using laser annealing for surface-enhanced fluorescence spectroscopy", 10, 45 (2024).
9. Chen, C.-Y., Mao, C.-H., Hsiao, K.-Y., Huang, Y.-S., Chen, L.-J., Lu, M.-Y., Tanaka, T., and Yen, T.-J., "Solar-Driven Hydrogen Evolution with Superior Efficiency by a Low-Cost, Large-Scale Synergetic Hybrid of 1D-Si Nanowires/0D-Au Nanoparticles/2D-MoS2 Nanofilms", *Solar RRL.* 8, 2300821 (2024).
10. Liu, X., Li, W., Yamaguchi, T., Geng, Z., Tanaka, T., Tsai, D. P., and Chen, M. K., "Stereo Vision Meta-Lens-Assisted Driving Vision", *ACS Photonics.* 11, 7, 2529-2842 (2024).
11. Nakayama, R., Saito, S., Tanaka, T., and Kubo, W., "Metasurface absorber enhanced thermoelectric conversion", *Nanophotonics.* 13, 8, 1361-1368 (2024).
12. Kawamura, N., Tanaka, T., and Kubo, W., "Non-radiative cooling", *ACS Photonics.* 11, 3, 1221-1227 (2024).

(2) 著書・解説など / Book Editions, Review Papers

1. 田中拓男, “国際会議報告「光メタマテリアルの研究動向」”, 光技術コンタクト, 62, 54 (2024).
2. 田中拓男, “光メタマテリアルとその応用”, 車載テクノロジー, 12, 71–76 (2024).
3. 田中拓男, “総論—注目のメタマテリアル/メタサーフェス”, オプトロニクス, 43, 90–93 (2024).

(3) 招待講演 / Invited Talks

1. Tanaka, T., “Three-dimensional metamaterial absorber for high-sensitive IR spectroscopy”, NFO-17, Melbourne, Australia December (2024).
2. 田中拓男, “3次元メタサーフェスを用いた高感度赤外分光デバイス”, Optics & Photonics Japan 2024 (東京電通大, 調布) 11月30日 (2024).
3. Tanaka, T., “Metasurfaces for sensing applications”, OPTIC2024, Taipei, Taiwan, November (2024).
4. 田中拓男, “光メタマテリアルとその応用”, サイテックサロン, 東京, 10月26日 (2024).
5. Tanaka, T., “Metasurfaces for spectroscopic molecular detection”, Meta-lens World Summit 2024, Hong Kong, October (2024).
6. Yano, T. and Tanaka, T., “Nanogap-enhanced biomolecular spectroscopies using plasmonic and dielectric nanostructures”, SPIE Photonics ASIA 2024, Nantong, China, October (2024).
7. Tanaka, T., “Quasi 3D metasurfaces for meta-lenses and meta-absorbers”, SPIE Photonics ASIA 2024, Nantong, China, October (2024).
8. Liu, X., Chen, M. K., Tanaka, T., and Tsai, D. P., “Machine vision with binocular meta-lens”, SPIE Optics+Photonics 2024, San Diego, U.S.A., August (2024).
9. Tanaka, T., “Metasurface absorbers for biosensing application”, SPIE Optics+Photonics 2024, San Diego, U.S.A., August (2024).
10. Liu, X., Chen, M.-K., Tanaka, T., Tsai, D. P., “Binocular Meta-lens for Computer Vision”, META2024, Toyama, Japan, July (2024).
11. Tanaka, T., “Three-dimensional co-axial double cylinder metasurface for high-sensitive gas molecular sensing”, META2024, Toyama, Japan, July (2024).

(4) 会議、シンポジウム、セミナー主催 / Meeting, Symposiums and Seminars

1. SPIE Photonics ASIA 2024 “Plasmonics VIII”, China, October (2024).
2. SPIE Optics+Photonics 2024 “Plasmonics: Design, Materials, Fabrication, Characterization, and Applications XXII”, USA, August (2024).

(5) 特許出願 / Patent Applications

1. 田中拓男, 山口剛史, “サンプル液濃縮装置、サンプル液分析補助装置、その製造方法、およびサンプル液濃縮方法”, 特願2024–094046, 2024年6月10日.

先端レーザー加工研究チーム / Advanced Laser Processing Research Team

(1) 原著論文 (accept) を含む / Original Papers

1. Kurose, N., Obata, K., Nomura, S., Ogawa, T., Wada, S., Sugioka, K., and Aoyagi, Y., “Formation of two-dimensional multichannel vertical optical waveguides in an NV center diamond using a femtosecond Bessel beam laser for local quantum sensing”, Appl. Phys. Lett. (accepted).
2. Serien, D., Sugioka, K., and Narazaki, A., “‘Ship-in-a-Bottle’ integration of pH-sensitive 3D proteinaceous meshes into microfluidic channels”, Nanomaterials 15, 104 (2025).
3. Qiu, Y. T., Yang, H., Zhu, K., Han, W., Sugioka, K., and Kong, L. B., “Dynamic behavior and defect control in LPBF of quartz glass: Insights from VOF model simulation”, Powder Technol. 415, 120450 (2025).
4. Deng, Y., Wang, J., Zhang, S. F., Zhang, Z. J., Sun, J. F., Li, T. T., Kang, J. L., Liu, H., and Bai, S., “In situ constructing lamella-heterostructured nanoporous CoFe/CoFe₂O₄ and CeO₂-x as bifunctional electrocatalyst for high-current-density water splitting”, Rare Met. 44, 1053-1066 (2025).
5. Obata, K., Kawabata, S., Hanada, Y., Miyaji, G., and Sugioka, K., “High performance micromachining of sapphire by laser induced plasma assisted ablation (LIPAA) using GHz burst mode femtosecond pulses”, Opto-Electron. Sci. 3, 230053 (2024).
6. Ionel, L., Jipa, F., Bran, A., Axente, E., Popescu-Pelin, G., Sima, F., and Sugioka, K., “Effect of varied beam diameter of picosecond laser on Foturan glass volume microprocessing”, Opt. Express. 32, 20109 (2024).
7. Chen, H., Li, Z. X., Han, M. Y., Yang, X., and Bai, S., “Improved Femtosecond Laser Welding of Nonoptical Contact Glass by Pressure and

a Water Intermediate Layer”, ACS Omega. 37, 38878-38886 (2024).

(2) 著書・解説など / Book Editions, Review Papers

1. Bai, S., Chen, H., Li, Z. X., Kawabata, S., Song, Z., and Sugioka, K., “Ultrafast Laser Nanoprocessing and Applications”, Kalarikkal, N., Antoine, R., Thomas, Sa., and Nideesh, P. (Ed.), Ultrafast Laser Nanoprocessing and Applications, (Royal Soc. Chem., Cambridge) p.95-129 (2024).
2. 杉岡幸次, “超短パルスベッセルビームを用いたガラス高穴あけ加工とデジタルPCRチップ作製への応用”, オプトニューズ ((財) 光産業技術振興協会), 19, 42(1)–(6), (2024).
3. 杉岡幸次, “2.7 レーザ加工分野の市場動向: 2.7.1 はじめに”, 2023年度光産業技術に関する報告書 ((財) 光産業技術振興協会編), p.184–189 (2024).
4. 杉岡幸次, “2.7 レーザ加工分野の市場動向: 2.7.3 おわりに”, 2023年度光産業技術に関する報告書 ((財) 光産業技術振興協会編), p.214–215 (2024).
5. 小幡孝太郎, カバジェロ ルカス フランセスク, 杉岡幸次, “フェムト秒レーザGHz/MHz BiBurst モードアブレーション: 単結晶シリコン基板の高速レーザ穴あけ加工”, レーザ加工学会誌, 31(2), p.34–36 (2024).

(3) 招待講演 / Invited Talks

1. Sugioka, K., Hanzawa, M., Obata, K., Sima, F., Kawano, H., Tojima, T., Miyashiro, D., Takagi, M., Sawano, A., Tosaki, A., Shimozono, S., Nakano, A., and Miyawaki, A., “Femtosecond laser 3D printing of CYTOP for super-resolution live imaging of cells inside microfluidic channels”, 10th International Conference on Applications of Femtosecond Lasers in Materials Science (Femto-MAT 2025), Mauterndorf, Austria, February (2025).
2. Sugioka, K., “Ultrafast laser 3D and volume processing”, SPIE International Conference on Laser Applications in Microelectronic and Optoelectronic Manufacturing XXX (LAMOM XXX), San Francisco, USA, January (2025).
3. Sugioka, K., Momeni, A., Kawabata, S., and Obata, K., “GHz burst mode femtosecond laser processing”, 5th International Conference on Optics, Photonics and Lasers, Valencia, Spain, November (2024). Keynote talk
4. Sima, F., Bran, A., Obata, K., Hanzawa, M., Kawano, H., Jipa, F., Ionel, L., Orobeti, S., Sima, L. E., Axente, E., and Sugioka, K., “Ultrafast laser 3D processing of tumor-on-chip platforms for cancer research”, 5th International Conference on Optics, Photonics and Lasers, Valencia, Spain, November (2024).
5. Sugioka, K., Momeni, A., Kawabata, S., and Obata, K., “GHz burst mode femtosecond laser processing: ablation, surface nanostructuring, TPP”, 2024 Optica Laser Applications Conference (LAC 2024), Osaka, Japan, October (2024).
6. Sugioka, K., Hanzawa, M., Obata, K., Sima, F., Kawano, H., Tojima, T., Miyashiro, D., Nakano, A., and Miyawaki, A., “Femtosecond laser 3D printing of CYTOP for high resolution live cell imaging”, 17th International Conference on Laser Ablation (COLA 2024), Crete, Greece, September-October (2024).
7. Sugioka, K., Momeni, A., Kawabata, S., and Obata, K., “GHz burst mode femtosecond laser processing”, IEEE 14th International Conference on Nanomaterials: Applications & Properties (IEEE NAP-2024), Riga, Latvia, September (2024).
8. Sugioka, K., “Ultrafast Laser 3D Micro and Nanoprocessing”, 8th International School on Lasers in Materials Science (SLIMS 2024), Venice, Italy, July (2024). Tutorial talk
9. Sugioka, K., Hanzawa, M., Obata, K., Sima, F., Kawano, H., Tojima, T., Miyashiro, D., Nakano, A., Miyaji, G., and Miyawaki, A., “3D CYTOP microfluidic chips fabricated by femtosecond laser for high resolution live cell imaging”, 4th International Workshop on Frontiers in Lasers and Applications (FLA-4), Ishigaki, Japan, July (2024). Keynote talk
10. Sugioka, K., “Ultrafast laser 3D and volume processing: principles and applications”, 2nd International Conference on Laser, Plasma, and Radiation - Scie. and Technol. (ICLP-R-ST 2024), Donau Delta, Romania, June (2024). Tutorial talk
11. Sugioka, K., “Advances in ultrafast laser processing over the past 25 years and the future”, 25th International Symposium on Laser Precision Microfabrication (LPM 2024), San Sebastian, Spain, June (2024).
12. Obata, K., Caballero-Lucas, F., Kawabata, S., MomeniBidzard, A., Miyaji, G., and Sugioka, K., “High performance material processing by GHz burst mode femtosecond laser”, LPM 2024, San Sebastian, Spain, June (2024).
13. Sugioka, K., “Ultrafast laser 3D processing for fabrication of functional micro and nanosystems”, 4th International Conference on Laser, Optics and Optoelectronic Technol. (LOPET 2024), Chongqing, China (Hybrid), May (2024). Keynote talk
14. Sima, F., Obata, K., Hanzawa, M., Kawano, H., Jipa, F., Bran, A., Axente, E., and Sugioka, K., “Biochips with tailored volume shapes fabricated by ultrafast laser processing for cancer research”, 9th edition of the International Workshop on Materials Physics (IWMP),

- Magurele, Romania, May (2024).
15. Sugioka, K., "Ultrafast Laser 3D processing of transparent materials for chemical and biological applications", SPIE Photonics Europe/1st SPIE International Workshop on Lasers and Photonics for Advanced Manufacturing, Strasbourg, France, April (2024). Keynote talk
 16. 杉岡幸次, "理研における先端レーザー加工研究", 核融合科学研究所第7回可知化センシングユニットセミナー/「材料表面・内部加工とその応用」ワークショップ, 多治見, 12月16日 (2024). 基調講演
 17. 杉岡幸次, "レーザープロセスの基礎と産業動向", 豊田工業大学スマート光・物質研究センター研究セミナー, 名古屋, 11月14日 (2024).
 18. 杉岡幸次, "レーザ加工分野の最新動向", 2023年度光産業技術振興協会光産業動向セミナー, 横浜, 4月26日 (2024).
 19. 杉岡幸次, "超短パルスレーザー誘起選択エッチングによるガラスの高速穴あけ加工", 第72回応用物理学学会春期学術講演会, 野田, 3月22日 (2024).

(4) 会議、シンポジウム、セミナー主催 / Meeting, Symposiums and Seminars

1. SPIE International Conference on Laser-based Micro- and Nanoprocessing XIX, San Francisco, USA, January (2025).
2. 5th International Conference on Optics, Photonics, and Lasers (OPL-2024), Valencia, Spain, November (2024).
3. 4th International Workshop on Frontiers in Lasers and Applications (FLA-4), Ishigaki, Japan, July (2024).

(5) 特許出願 / Patent Applications

1. 伊藤嘉浩, Fang Kun, "細胞刺激方法", 特願2024-203588, 2024年11月22日.

(6) 特筆すべき事項・トピックス (雑誌表紙などの掲載記事) / Topics

1. Youtube "理研×産総研 日本最大級の公的研究機関だけど質問ある?", (4 min segment): <https://youtu.be/2lkwhuy-k9I?t=5761>, 2025年1月31日.
2. 杉岡幸次: Light Sci. Appl. ESI Highly Cited Paper Award Nov. 2024受賞, 2024年11月25日.
3. 杉岡幸次: 2024 Top Cited Scholar Award 受賞, 2024年11月8日.
4. 杉岡幸次: The LIA Arthur L. Schawlow Award 受賞, 2024年11月6日.
5. 杉岡幸次: Light Sci. Appl. ESI Highly Cited Paper Award Sept. 2024受賞, 2024年10月10日.
6. 日刊工業新聞, "レーザー加工機と加工技術: フェムト秒レーザー加工を高性能化する新たな照射技術 - GHzバーストモード-", 2024年9月20日.
7. 杉岡幸次: The Best Editor Award of International Journal of Extreme Manufacturing 受賞, 2024年7月1日.
8. 杉岡幸次: Light Sci. Appl. ESI Highly Cited Paper Award May 2024受賞, 2024年5月17日.

光励起デジタルツイン理研ECL研究チーム / Digital Twin for Light-Matter Interaction ECL Research Team

(1) 招待講演 / Invited Talks.

1. Shuntaro T., "Digital Twins for Laser Microprocessing based on Large-Scale Experimental Data", Laser Congress 2024, Osaka, October (2024).
2. Shuntaro T., "High-quality experimental data-driven simulation of laser-induced multiscale irreversible processes", Singapore-Japan Workshop on AI for Science, Singapore, July (2024).
3. Shuntaro Tani, "Mid-infrared emission during laser ablation", Okinawa, July (2024).
4. 谷峻太郎, "大規模実験データと深層学習を基盤とするレーザー加工現象の定量化", レーザー学会学術講演会第45回年次大会, 広島, 1月21日~23日 (2025).
5. 谷峻太郎, "強い光で駆動される不可逆過程", 非平衡固体物性の最前線 2024, 京都, 11月11日~12日 (2024).
6. 谷峻太郎, "強い光により駆動されるマルチスケールプロセスのモデル化と最適化", 超大規模電子構計算研究会2024, 東京, 10月1日 (2024).
7. 谷峻太郎, "AIが駆動する材料・物質科学の変革 - デジタルツインによるマルチスケールプロセス最適化 -", CEATEC 2024 AI for AI, 千葉, 10月18日 (2024).
8. 谷峻太郎, "深層学習による微細レーザー加工のデジタルツイン構築", レーザー学会第589回研究会「次世代レーザー加工」ナノテラス (仙台), 宮城, 9月9日 (2024).

9. 谷峻太郎, "強い光に駆動されるマルチスケール不可逆過程の深層学習シミュレーション", 核融合研NIPSセミナー, 岐阜, 6月1日 (2024).

(2) 会議、シンポジウム、セミナー主催 / Meeting, Symposiums and Seminars.

1. レーザー加工セミナー, "長期クラウドデータ保存を実現するガラスの三次元光記録技術", 和光, 3月3日 (2025).

テラヘルツ光源研究チーム / Tera-Photonics Research Team

(1) 原著論文 (accept) を含む / Original Papers

1. Xu, Y., Takida, Y., Suzuki, T., and Minamide, H., "Terahertz-Wave Polarization Space-Division Multiplexing Meta-Devices based on Spin-Decoupled Phase Control", Adv. Sci. 2412688 (2024).
2. Buchmann, T. O., Takida, Y., Sebek, M., Kawai, N., Sugiura, G., Minamide, H., Jepsen, P. U., and Lange, S. J., "Leveraging the Nonlinearity of THz Photomultiplier Tubes for Enhanced Spectroscopic Sensitivity", IEEE Trans. Terahertz Sci. Technol. 14(5), 592-598 (2024).
3. Okatani, T., Imai, K., Takida, Y., Ohno, S., Minamide, H., and Kanamori, Y., "Phase-Controllable Spoof Surface Plasmon Coupling From Bull's Eye Aperture to Planar Silicon Waveguide in the Terahertz Band", IEEE Trans. Terahertz Sci. Technol. 14(4), 519-530 (2024).

(2) 招待講演 / Invited Talks

1. Minamide, H., "Advanced terahertz-wave technology for spectroscopy and imaging", The 2nd symposium of C to C program JSPS, Nara, Japan, March (2025).
2. Minamide, H., "High-brightness palm-top-integrated THz-wave source to accelerate non-destructive testing applications", SPIE Photonics West 2025, San Francisco, United States, January (2025).
3. Minamide H., "Backward Terahertz-wave Parametric Oscillator and Its Applications," Laser Applications Conference (LAC 2024), Osaka, Japan, October (2024).
4. Tang, C., Tamura, K., Hamada, A., Kudo, H., Uchigasaki, S., Takida, Y., Minamide, H., Lin, T., Satou, A., and Otsuji, T., "Fast and sensitive terahertz detection based on novel insulator Dirac-semimetal heterostructures", The 2024 49th International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (IRMMW-THz 2024), Perth, Australia, September (2024).
5. Takida, Y., Nawata, K., and Minamide, H., "All-in-one 10-W peak power backward terahertz-wave parametric oscillator", The 2024 49th International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (IRMMW-THz 2024), Perth, Australia, September (2024).
6. Yadav, D., Takida, Y., Notake, T., Muldera, J. E., Ishida, K., Tsukano, C., Okada, S., and Minamide, H., "Sub-terahertz wave detection using frequency up-conversion in organic BNA crystal", The 2024 49th International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (IRMMW-THz 2024), Perth, Australia, September (2024).
7. Minamide, H., "Frequency up-conversion for phase sensitive terahertz-wave detection using backward optical parametric photon-conversion", 4th International Workshop on Frontiers in Lasers and Applications (FLA-4), Ishigaki, Japan, July (2024).
8. Xu, Y., and Minamide, H., "Advanced Terahertz-Wave Phase and Polarization Control Devices Powered by Metasurfaces", 14th International Conference on Metamaterials, Photonic Crystals and Plasmonics (META 2024), Toyama, Japan, July (2024).
9. Minamide, H., and De Los Reyes, A., "Development of Terahertz-wave coherence tomography by widely tunable BW-TPO", The 42nd Samahang Pisika ng Pilipinas Physics Conference (SPP 2024), Online, July (2024).
10. Minamide, H., "Backward terahertz-wave parametric oscillation and its innovation", The 10th International Conference on Antennas and Electromagnetic Systems (AES 2024), Rome, Italy, June (2024).
11. Minamide, H., "Swept-Source Terahertz-Wave Coherence Tomography by Backward Terahertz-Wave Parametric Oscillator", The 11th International Symposium on Terahertz-Related Devices and Technologies (TeraTech 2024), Buffalo, United States, June (2024).
12. Minamide, H., "Mutual photon-conversion in backward OPO configuration between THz wave and near-infrared light", The 6th International Symposium on Microwave/Terahertz Science and Applications (MTSA 2024), Copenhagen, Denmark, June (2024).
13. 南出泰垂, "ロボット搭載可能な高輝度テラヘルツ波光源の研究開発", オプトロニクスWEBセミナー「テラヘルツ測定技術・デバイス」, オンライン, 11月28日 (2024).
14. 南出泰垂, 許悦紅, "ピコ秒レーザーによる非線形テラヘルツ波-光波相互変換と応用", 一般財団法人光産業技術振興協会光材料・応用技術研究会, 東京, 9月13日 (2024).
15. 南出泰垂, 許悦紅, "高機能テラヘルツ波メタサーフェイスの研究", 第36回マイクロシステム融合研究会, 仙台, 6月14日 (2024).

(3) 会議、シンポジウム、セミナー主催 / Meeting, Symposiums and Seminars

- 「第25回ミリ波サブミリ波受信機ワークショップ」「2024年度理研-NICT合同テラヘルツワークショップ」ジョイントワークショップ, 福井, 11月21-22日, (2024).

(4) 特許出願 / Patent Applications

- 岡本敏, 中村優男, 小川直毅, 十倉好紀, 南出泰垂, 瀧田佑馬, 齋藤美紀子, “光電変換素子、光センサ、発電装置、及び光電変換方法”, 特願2024-114472, 2024年7月18日.
- 南出泰垂, 瀧田佑馬, 縄田耕二, “テラヘルツ波生成装置”, 特願2024-107103, 2024年7月3日.
- 石田邦夫, 大桐潤也, 南出泰垂, ヤダフディーピカ, “テラヘルツ光検出システム”, 特願2024- 86405, 2024年5月28日.

(5) 特筆すべき事項・トピックス (雑誌表紙などの掲載記事) / Topics

- ITmedia ビジネスオンライン, “テラヘルツ波パルス室温で高速、高感度で検出が可能に”, 2025年3月17日.
- 浜松ホトニクス (株) プレスリリース, “世界初の技術でテラヘルツ波研究を加速 高圧電源内蔵のTHz波検出モジュール (THz PMTモジュール、THz I.I.) を量産化”, 2025年3月13日.
- (株) 日本レーザー コラム, “小型化で産業革命! 理研・南出リーダーが切り拓くテラヘルツ光源の未来と社会実装”, 2025年1月23日.
- 科学新聞, “高輝度テラヘルツ波光源 理研 手のひらサイズ実現”, 2024年10月4日.
- Science Japan WEB, “Palm-sized high-intensity-terahertz-wave light source device created by RIKEN”, 2024年11月11日.
- ITmedia ビジネスオンライン, “小型なテラヘルツ波光源を開発手軽に非破壊検査が可能に”, 2024年9月19日.
- 月間オプトロニクス, “理研 手のひらサイズで10W超のテラヘルツ光源開発”, 2024年9月9日.

テラヘルツイメージング研究チーム / Terahertz Sensing and Imaging Research Team

(1) 原著論文 (accept) を含む / Original Papers

- Hernández-Cabrera, J. F., De Miguel, J., Hernández-Suárez, E., Joven, E., Otani, C., Rubiño-Martín, J. A., and Zioutas, Konstantin., “Echo-free quality factor of a multilayer axion haloscope”, Phys. Rev. D. 110, 7, 072013 (2024).
- Abe, S., Eizuka, M., Futagi, S., Gando, A., Gando, Y., Goto, S., Hachiya, T., Hata, K., Ichimura, K., Ieki, S., Ikeda, H., Inoue, K., Ishidoshiro, K., Kamei, Y., Kawada, N., Kishimoto, Y., Koga, M., Kurasawa, M., Mitsui, T., Miyake, H., Morita, D., Nakahata, T., Nakajima, R., Nakamura, K., Nakamura, R., Nakamura, R., Nakane, J., Ozaki, H., Saito, K., Sakai, T., Shimizu, I., Shirai, J., Shiraishi, K., Shoji, R., Suzuki, A., Takeuchi, A., Tamae, K., Watanabe, H., Watanabe, K., Yoshida, S., Umehara, S., Fushimi, K., Kotera, K., Urano, Y., Berger, B. E., Fujikawa, B. K., Learned, J. G., Maricic, J., Fu, Z., Smolsky, J., Winslow, L. A., Efremenko, Y., Karwowski, H. J., Markoff, D. M., Tornow, W., Dell’Oro, S., O’Donnell, T., Detwiler, J. A., Enomoto, S., Decowski, M. P., Weerman, K. M., Grant, C., Song, H., Li, A., Axani, S. N., Garcia, M., Collaboration, The KamLAND, Abe, K., Abe, S., Bronner, C., Hayato, Y., Hiraide, K., Hosokawa, K., Ieki, K., Ikeda, M., Kameda, J., Kanemura, Y., Kaneshima, R., Kashiwagi, Y., Kataoka, Y., Miki, S., Mine, S., Miura, M., Moriyama, S., Nakahata, M., Nakano, Y., Nakayama, S., Noguchi, Y., Sato, K., Sekiya, H., Shiba, H., Shimizu, K., Shiozawa, M., Sonoda, Y., Suzuki, Y., Takeda, A., Takemoto, Y., Tanaka, H., Yano, T., Han, S., Kajita, T., Okumura, K., Tashiro, T., Tomiya, T., Wang, X., Yoshida, S., Fernandez, P., Labarga, L., Ospina, N., Zaldivar, B., Pointon, B. W., Kearns, E., Raaf, J. L., Wan, L., Wester, T., Bian, J., Griskevich, N. J., Smy, M. B., Sobel, H. W., Takhistov, V., Yankelevich, A., Hill, J., Jang, M. C., Lee, S. H., Moon, D. H., Park, R. G., Bodur, B., Scholberg, K., Walter, C. W., Beauchêne, A., Drapier, O., Giampaolo, A., Mueller, Th. A., Santos, A. D., Paganini, P., Quilain, B., Rogly, R., Nakamura, T., Jang, J. S., Machado, L. N., Learned, J. G., Choi, K., Iovine, N., Cao, S., Anthony, L. H. V., Martin, D., Prouse, N. W., Scott, M., Uchida, Y., Berardi, V., Calabria, N. F., Catanesi, M. G., Radicioni, E., Langella, A., De Rosa, G., Collazuol, G., Feltre, M., Jacob, F., Mattiazzi, M., Ludovici, L., Gonin, M., Périssé, L., Pronost, G., Fujisawa, C., Horiuchi, S., Kobayashi, M., Liu, Y. M., Maekawa, Y., Nishimura, Y., Okazaki, R., Akutsu, R., Friend, M., Hasegawa, T., Ishida, T., Kobayashi, T., Jakkapu, M., Matsubara, T., Nakadaira, T., Nakamura, K., Oyama, Y., Sakashita, K., Sekiguchi, T., Tsukamoto, T., Yrey, A., Portocarrero, B., Bhuiyan, N., Burton, G. T., Di Lodovico, F., Gao, J., Goldsack, A., Katori, T., Migenda, J., Ramsden, R. M., Xie, Z., Zsoldos, S., Suzuki, A. T., Takagi, Y., Takeuchi, Y., Zhong, H., Feng, J., Feng, L., Hu, J. R., Hu, Z., Kawaue, M., Kikawa, T., Mori, M., Nakaya, T., Wendell, R. A., Yasutome, K., Jenkins, S. J., McCauley, N., Mehta, P., Tarrant, A., Wilking, M. J., Fukuda, Y., Itow, Y., Menjo, H., Ninomiya, K., Yoshioka, Y., Lagoda, J., Mandal, M., Mijakowski, P., Prabhu, Y. S., Zalipska, J., Jia, M., Jiang, J., Shi, W., Yanagisawa, C., Harada, M., Hino, Y., Ishino, H., Koshio, Y., Nakanishi, F., Sakai, S., Tada, T., Tano, T., Ishizuka, T., Barr, G., Barrow, D., Cook, L., Samani, S., Wark, D., Holin, A., Nova, F., Jung, S., Yang, B. S., Yang, J. Y., Yoo, J., Fannon, J. E. P., Kneale, L., Malek, M., McElwee, J. M., Thiesse, M. D., Thompson, L. F., Wilson, S. T., Okazawa, H., Lakshmi, S. M., Kim, S. B., Kwon, E., Seo, J. W., Yu, I., Ichikawa, A. K., Nakamura, K. D., Tairafune, S., Nishijima, K., Eguchi, A., Nakagiri, K., Nakajima, Y., Shima, S., Taniuchi, N., Watanabe, E.,

- Yokoyama, M., De Perio, P., Fujita, S., Jesús-Valls, C., Martens, K., Tsui, K. M., Vagins, M. R., Xia, J., Izumiyama, S., Kuze, M., Matsumoto, R., Terada, K., Asaka, R., Ishitsuka, M., Ito, H., Ommura, Y., Shigeta, N., Shinoki, M., Yamauchi, K., Yoshida, T., Gaur, R., Gousy-Leblanc, V., Hartz, M., Konaka, A., Li, X., Chen, S., Xu, B. D., Zhang, A. Q., Zhang, B., Posiadala-Zezula, M., Boyd, S. B., Edwards, R., Hadley, D., Nicholson, M., O’Flaherty, M., Richards, B., Ali, A., Jamieson, B., Amanai, S., Marti, Ll., Minamino, A., Shibayama, R., Suzuki, S., and Collaboration, The Super-Kamiokande., “Combined Pre-supernova Alert System with KamLAND and Super-Kamiokande”, The Astrophysical Journal, 973, 2, 140 (2024).
- Kamei, Y., Ishidoshiro, K., Ito, R., Kobayashi, T., Mima, S., Nakajo, Y., Otani, C., and Taino, T., “Development of Kinetic Inductance Detector on ZrO₂ Substrate for Double-Beta Decay Search”, J. Low Temp. Phys. 217, 481-490 (2024).
- Hoshina, H., and Harata, M., “Induction of the lateral diffusion of cell membrane molecules by the irradiation of continuous THz waves”, Proc. 2024 49th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (IRMMW-THz) (2024).
- Abe, S., Eizuka, M., Futagi, S., Gando, A., Gando, Y., Goto, S., Hachiya, T., Hata, K., Hosokawa, K., Ichimura, K., Ieki, S., Ikeda, H., Inoue, K., Ishidoshiro, K., Kamei, Y., Kawada, N., Kishimoto, Y., Koga, M., Kurasawa, M., Mitsui, T., Miyake, H., Morita, D., Nakahata, T., Nakajima, R., Nakamura, K., Nakamura, R., Nakamura, R., Nakane, J., Ozaki, H., Sakai, T., Shimizu, I., Shirai, J., Shiraishi, K., Shoji, R., Suzuki, A., Takeuchi, A., Tamae, K., Watanabe, H., Watanabe, K., Obara, S., Yoshida, S., Umehara, S., Fushimi, K., Kotera, K., Urano, Y., Ichikawa, A., Berger, B. E., Fujikawa, B. K., Learned, J. G., Maricic, J., Axani, S. N., Fu, Z., Smolsky, J., Winslow, L. A., Efremenko, Y., Karwowski, H. J., Markoff, D. M., Tornow, W., Dell’Oro, S., O’Donnell, T., Detwiler, J. A., Enomoto, S., Decowski, M. P., Weerman, K. M., Grant, C., Li, A., and Song, H., “Search for charged excited states of dark matter with KamLAND-Zen”, Phys. Lett. B, 855, 138846 (2024).
- Hernández-Cabrera, J. F., De Miguel, J., Hernández-Suárez, E., Joven-Álvarez, E., Lorenzo-Hernández, H., Otani, C., and Rubiño-Martín, J. A., “Free space experimental characterization of a multilayer Fabry-Pérot resonator for DALI”, Proceedings of SPIE 13102, Millimeter, Submillimeter, and Far-Infrared Detectors and Instrumentation for Astronomy XII, 131021i (2024).
- Tsujii, M., Baselmans, J. J. A., Choi, J., Coppens, A. H. M., Fasano, A., Génova-Santos, R. T., Hattori, M., Hazumi, M., Honda, S., Ikemitsu, T., Ishida, H., Ishitsuka, H., Jeong, H., Jo, Y., Karatsu, K., Kataoka, K., Kiuchi, K., Komine, J., Koyano, R., Kutsuma, H., Lee, K., Mima, S., Nagai, M., Nagasaki, T., Naruse, M., Oguri, S., Otani, C., Peel, M. W., Reboloto, R., Rubiño-Martín, J. A., Sekimoto, Y., Sueno, Y., Suzuki, J., Taino, T., Tajima, O., Tanaka, T., Thoen, D. J., Tomita, N., Tsuji, Y., Uchida, T., Won, E., and Yoshida, M., “Commissioning the CMB polarization telescope GroundBIRD with the full set of detectors”, Proceedings of SPIE 13102, Millimeter, Submillimeter, and Far-Infrared Detectors and Instrumentation for Astronomy XII, 1310205 (2024).

(2) 著書・解説など / Book Editions, Review Papers

- 角屋豊, 大谷知行, “会議報告: 第49回赤外, ミリ波, およびテラヘルツ波国際会議 (IRMMW-THz 2024)”, レーザー研究, 52, 12, 681-684 (2024).
- 大谷知行, 彌田智一, “金属マイクロコイルを用いた300 GHz帯における位相を乱雑化する電波吸収材料”, 「藻類による二酸化炭素回収・固定化と有用物質生産」(植田充美 編), 第5章, 第9節, 179-186 (2025).
- 大谷知行, “テラヘルツ波を用いたウォークスルーボディスキャナーの開発”, テラヘルツ波の発生、検出、制御技術と最新応用～イメージング、超高速通信、非破壊検査、バイオ、セキュリティ～, 第7章, 549-557 (2024).
- 保科宏道, 山崎祥他, 原田昌彦, “テラヘルツ光照射による細胞内タンパク質の操作技術”, テラヘルツ波の発生、検出、制御技術と最新応用～イメージング、超高速通信、非破壊検査、バイオ、セキュリティ～, 第6章, 491-497 (2024).
- 坪内雅明, 永井正也, 保科宏道, 磯山悟朗, “テラヘルツ自由電子レーザーによる水中音響波発生とその評価”, テラヘルツ波の発生、検出、制御技術と最新応用～イメージング、超高速通信、非破壊検査、バイオ、セキュリティ～, 第1章, 100-113 (2024).
- 大谷知行, 彌田智一, 佐藤剛毅, “藻類由来金属マイクロコイルを分散させた新たなテラヘルツ帯吸収材料～位相乱雑化吸収体～”, 電磁波吸収・シールド材料の開発と電磁ノイズの対策, 第1章, 第12節, 94-98 (2024).

(3) 招待講演 / Invited Talks

- Otani, C., “Our recent progress on THz sensing”, 6th International Symposium on Terahertz Technology (IWOTT 2025), Yamagata, Japan, February (2025).
- Otani, C., “Terahertz Sensing, Imaging and Applications”, Taiwan THz winter workshop, Kaohsiung, Taiwan, January (2025).
- [Plenary] Otani, C., “Recent Progress of THz Sensing and Imaging”, International Conference on Electronics, Photonics and Terahertz Technology (InCEPT 2024), New Delhi, India, December (2024).
- Otani, C., “Terahertz phase-randomizing absorber by metal-plated Spirulina microcoils”, Current challenges of key enabling nanomaterials for emerging technologies: Optical, X-ray metrology and rational material design (Opt-X-Nano 2024), Okayama, Japan, November (2024).

- Otani, C., Iyoda, T., Kurahashi, N., Satoh, G., Machida, K., Kobori, Y., Koide, M., and Ohki, T., "Phase-Randomizing Absorber for Terahertz Wave using Metal-coated Spirulina Microcoils", Laser Application Conference (LAC 2024), Advanced Solid State Lasers 2024 (ASSL 2024, Optica Laser Congress and Exhibition), Osaka, Japan, October (2024).
- Otani, C., "Development of THz phase-randomizing absorber by metal-coated Spirulina microcoils", 19th Advanced Properties and Processes in Optoelectronic Materials and Systems (Apropos 19), Vilnius, Lithuania, October (2024).
- [Tutorial] Otani, C., "THz applications and Systems", The 49th International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (IRMMW-THz 2024), Perth, Australia, September (2024).
- Otani, C., "Development of 2-beam terahertz walk-through body scanner", SPIE Optics + Photonics 2024, San Diego, United States, August (2024).
- Otani, C., "Recent Progress of THz Sensing and Imaging", 42nd Samahang Pisika ng Pilipinas Physics Conference (SPP 2024), Batangas, Philippines, July (2024).
- Hoshina, H., "Induction of the lateral diffusion of cell membrane", Molecular Biophysics Workshop 2024, Montpellier, France, July (2024).
- Mine, S., Kawase, K., Otani, C., Murate, K., and Blanchard, F., "Real-time Spectroscopy of Broadband THz-wave with High Frequency Resolution", The 10th International Conference on Antennas and Electromagnetic Systems (AES2024), Rome, Italy, June (2024).
- Otani, C., "Recent Progress of Terahertz Sensing", 6th International Symposium on Terahertz Technology (IWOTT 2025), Copenhagen, Denmark, June (2024).
- 大谷知行, "テラヘルツ応用のためのシステム・コンポーネント", シンポジウム「テラヘルツ産業の夜明け」, レーザー学会第45回年次大会, 広島, 1月21日 (2025).
- 保科宏道, "テラヘルツ分光で見る高分子の高次構造とダイナミクス", 2024 第33回ポリマー材料フォーラム, 京都, 11月14日 (2024).
- 大谷知行, "テラヘルツ分光イメージング概論", オプトロニクスWebセミナー「分光基礎セミナー『テラヘルツ分光法』」, オンライン, 8月29日 (2024).
- 保科宏道, "テラヘルツ分光で見る高分子と水のダイナミクス", オプトロニクスWebセミナー「分光基礎セミナー『テラヘルツ分光法』」, オンライン, 8月29日 (2024).
- 大谷知行, "金属マイクロコイルを用いたテラヘルツ吸収体の研究開発", 令和6年度 日本分光学会中部支部北陸ブロック福井地区講演会, 福井, 8月13日 (2024).
- 大谷知行, "テラヘルツ波の特徴と応用可能性及び展望", 第一実業ヴィスウィル講演会, 大阪, 6月21日 (2024).
- 亀井雄斗, "理研におけるMKID開発", 国際先導研究「超伝導工学・大規模数値計算・データ科学で解明する宇宙最初期の重元素生成過程」ワークショップ, 三鷹, 5月29日 (2024).

(4) 会議、シンポジウム、セミナー主催 / Meeting, Symposiums and Seminars

- ジョイントワークショップ「第25回ミリ波サブミリ波受信機ワークショップ&2024年度理研-NICT合同テラヘルツワークショップ」, 福井, 11月21-22日 (2024).

(5) 特許出願 / Patent Applications

- 陳明曦, 王利, 林宗澤, 大谷知行, 平山秀樹, "量子カスケードレーザー素子", 特願2024-165702, 2024年9月24日.

テラヘルツ量子素子研究チーム / Terahertz Quantum Device Research Team

(1) 原著論文 (accept) を含む / Original Papers

- Fujioka, H., Miyake, H., Hirayama, H., Yamada, Y., Funato, M., Katayama, R., Kojima, K., Ichikawa, S., Murotani, H., and Uemukai, M., "Nitride Semiconductors", physica status solidi (a) – applications and materials science. 221(21), 2400802 (2024).
- 平山秀樹, Khan, M. A., 前田哲利, 鹿嶋行雄, 松浦恵里子, 牟田実広, 大神裕之, 祝迫恭, "AlGa_n 系深紫外 LED の最近の進展と今後の展望", 光学. 53(5), 186–195 (2024).
- 室谷英彰, 山田陽一, 平山秀樹, "深紫外発光 AlGa_n 系量子井戸構造の励起子系光物性", 応用電子物性分科会誌. 30(2), 69–75 (2024).
- Li, S., Shao, P., Liang, X., Chen, S., Li, Z., Su, X., Tao, T., Xie, Z., Liu, B., Khan, M. A., Wang, L., Lin, T. T., Hirayama, H., Zhang, R., and Wang, K., "Molecular beam epitaxial growth and physical properties of AlN/GaN superlattices with an average 50% Al composition", Chin. Phys. B 33(12), 126801 (2024).
- Li, S., Liang, X., Shao, P., Chen, S., Li, Z., Su, X., Tao, T., Xie, Z., Khan, M. A., Wang, L., Lin, T. T., Hirayama, H., Liu, B., Chen, D., Wang, K.,

- and Zhang, R., "Monolayer-scale AlN/GaN digital alloys grown by plasma-assisted molecular beam epitaxy", Appl. Phys. Lett. 125(11), 112102 (2024).
- Ibanez, A., Leroux, M., Nikitskiy, N., Desrat, W., Moret, M., Valvin, P., Cassabois, G., Brault, J., Gil, B., Chugenji, F., Taiga, K., Khan, M. A., and Hirayama, H., "The Influence of Alloy Disorder Effects on the Anisotropy of Emission Diagrams in (Al,Ga)_n Quantum Wells Embedded into AlN Barriers", Phys. Status Solidi. B 261(8), 2400215 (2024).
- Khan, M. A., Muta, M., Fujimoto, K., Rojas, J. G., Fredes, P., Gramsch, E., Iwaisako, Y., Yaguchi, H., and Hirayama, H., "Estimation of Junction Temperature in Single 228 nm - Band AlGa_n Far - Ultraviolet - C Light - Emitting Diode on c - Sapphire Having 1.8 mW Power and 0.32% External Quantum Efficiency", physica status solidi (a) – applications and materials science. 221(21), 2400064 (2024).
- Murotani, H., Himeno, K., Ohkawara, H., Tani, K., Kurai, S., Okada, N., Maeda, N., Khan, M. A., Hirayama, H., and Yamada, Y., "Photoluminescence Excitation Spectroscopy of Stimulated Emission from AlGa_n - Based Multiple Quantum Wells with an Emission Wavelength Around 280 nm", Phys. Status Solidi. B 261(11), 2400020 (2024).
- Ayub, K., Khan, B., Liu, Y., Sharif, M. N., Khan, M. A., and Hirayama, H., "Achieving zero efficiency droop in highly efficient N-polar AlGa_n tunnel junction-based 254 nm DUV LED", Opt. Laser Technol. 180, 111567 (2025).

(2) 著書・解説など / Book Editions, Review Papers

- 平山秀樹, "テラヘルツ量子カスケードレーザーの高温動作, 高出力化の研究動向", テラヘルツ波の発生, 検出, 制御技術と最新応用, 株式会社技術情報協会 (2024).
- 平山秀樹, Khan, M. A., 鹿嶋行雄, 松浦恵里子, 前田哲利, 牟田実広, 大神裕之, 祝迫恭, 藤川紗千恵, 矢口裕之, "生体無害ウイルス不活化を目指した230nm帯高出力far-UVC LEDの進展", 光アイアンス, 35(7), 1–7 (2024).
- 平山秀樹, Khan, M. A., 鹿嶋行雄, 松浦恵里子, 前田哲利, 牟田実広, 大神裕之, 毛利健吾, 河島宏和, 祝迫恭, 藤川紗千恵, 矢口裕之, "サブファイア基板上220~230nm far-UVC LEDの進展", 月刊OPTRONICS, 43(509), 76–81 (2024).
- 平山秀樹, "総論", 月刊OPTRONICS, 43(509), 62–63 (2024).

(3) 招待講演 / Invited Talks

- 平山秀樹, "テラヘルツ量子カスケードレーザーの最近の進展と応用への期待", OPIE'24レーザー基礎&応用技術セミナー, 横浜市, 4月24–26日 (2024).
- 平山秀樹, "生体無害ウイルス不活化220–230nmLEDの開発", OPIE'24光源・光学素子応用技術セミナー, 横浜市, 4月24–26日 (2024).
- 平山秀樹, "AlGa_n系220–230nm far-UVC LEDの進展と人体無害ウイルス不活化への応用", 2024年度 多元技術融合光プロセス研究会「新レーザー・光源 ～紫外光源技術の進展～」, オンライン, 7月24日 (2024).
- 平山秀樹, "短波長UVC LEDと応用の最前線", InterOpto 2024, 紫外線セミナー「短波長UVC LEDと応用の最前線」, 横浜市, 10月29-31日 (2024).
- Hirayama, H., Wang, L., Lin, T., Wang, K., and Chen, M., "テラヘルツ量子カスケードレーザーの進展と今後の展望", NIFS研究会「マイクロ波～ミリ波～テラヘルツ波に至る新時代の電波技術と計測応用」, オンライン, 12月26–27日 (2024).
- Hirayama, H., Khan, M. A., Kashima, Y., Matsuura, E., Muta, M., Oogami, H., Fujikawa, S., Yaguchi, H., and Iwaisako, Y., "Achievement of efficiency increase in 220-230 nm far-UVC LEDs and 200 mW power LED module grown on c-sapphire substrate", The 7th International Workshop on UV Materials and Devices (IWUMD 2024), Taipei, Taiwan, June 2-5 (2024).
- Khan, M. A., Kashima, Y., Yaguchi, H., Iwaisako, Y., and Hirayama, H., "RIKEN progress of 0.31% EQE in 228 nm far-UVC LED and 10% EQE in UVB LED grown on c-sapphire", The seventh International Workshop on UV Materials and Devices (IWUMD 2024), Taipei, Taiwan, June 2-5 (2024).
- Hirayama, H., Khan, M. A., Muta, M., Kashima, Y., Matsuura, E., and Iwaisako, Y., "Efficiency increase in 220-230 nm far-UVC LEDs and 200 mW class 230 nm power LED module grown on c-sapphire", The 11th Asia-Pacific Workshop on Widegap Semiconductors (APWS 2024), Busan, Korea, October 13-17 (2024).
- Hirayama, H., Khan, M. A., Muta, M., Kashima, Y., Matsuura, E., and Iwaisako, Y., "Progress in 220-230 nm AlGa_n far-UVC LEDs for application to human-safe virus inactivation", 3rd International Workshop on Physics and its Applications, Boston, United States, October 21-24 (2024).
- Hirayama, H., Khan, M. A., Muta, M., Kashima, Y., Matsuura, E., and Iwaisako, Y., "Efficiency increase in 220-230 nm far-UVC LEDs fabricated on c-sapphire and demonstration of 200 mW class 230 nm power LED module", International Workshop on Nitride Semiconductors (IWN2024), Hawaii, United States, November 3-8 (2024).
- Hirayama, H., Khan, M. A., Muta, M., Kashima, Y., Matsuura, E., and Iwaisako, Y., "Progress in 220-230nm band AlGa_n high power far-UVC LEDs used for human-harmless virus inactivation", 5th International Conference on Emerging Advanced Nanomaterials,

Newcastle, Australia, November 4-8 (2024).

- Hirayama, H., Khan, M. A., Muta, M., Kashima, Y., Matsuura, E., and Iwaisako, Y., "Development of 230 nm far-UVC LED power module grown on c-sapphire for human harmless virus inactivation", IFWS&SSLCHINA2024, Jiangsu, China, November 18-21 (2024).
- Hirayama, H., Khan, M. A., Muta, M., Kashima, Y., Matsuura, E., and Iwaisako, Y., "Efficiency increase in 220-230 nm far-UVC LEDs and 200 mW class 230 nm LED power module grown on c-Sapphire", SPIE Photonic West, San Francisco, United States, January 25-30 (2025).

(4) 会議、シンポジウム、セミナー主催 / Meeting, Symposiums and Seminars

- 第25回ミリ波サブミリ波受信機ワークショップおよび2024年度理研-NICT合同テラヘルツワークショップ, 山梨大学甲府キャンパス 大村智記念学術館, 11月20-21日 (2024).

(5) 特許出願 / Patent Applications

- 陳明曦, 王利, 林宗澤, 大谷知行, 平山秀樹, "量子カスケードレーザー素子", 特願2024-165702, 2024年9月24日.
- 平山秀樹, 王利, "酸化亜鉛系量子カスケードレーザー素子", 特願2024-019664, 2025年2月13日.

光量子制御技術開発チーム / Photonics Control Technology Team

(1) 原著論文 (accept) を含む / Original Papers

- Zhang, Y., Geng, S., Zhang, Y., Feng, B., Xue, Y., Ogawa, T., Wang, Y., Wada, S., and Wang, J., "Tailoring Drug Release Kinetics by the Design and Optimization of Substituents in Azobenzene Molecules in the Photosensitive Liposomal System", LANGMUIR. 40, 34, p17975-17982 (2024).
- Tsai, M., Wang, K., Wada, S., Hsieh, C., Tseng, L., Horie, M., and Sassa, T., "Enhanced Photorefractive Performance by Controlling Ion-Assisted Charge Injection and Accumulation with Random Biphenyl Co-Polymerized Poly(Carbazolyl-Amine)", ADVANCED FUNCTIONAL MATERIALS. 34, 51 (2024).
- Furukawa, K., Ono, Y., Shimokawa, T., Kitamura, H., Abe, T., Ebisuzaki, T., Saito, N., Wada, S., Sato, S., and Tabata, S., "Intracultivar DNA identification in Cymbidium using DNA polymorphisms generated using simple genome scanning with random primers and heavy-ion beam irradiation", SCIENTIA HORTICULTURAE. 337, 113598 (2024).
- Hamada, R., Giovambattista, G., Metwally, S., Borjigin, L., Yamanaka, M., Matsuura, R., Ali, A., Mahmoud, H., Mohamed, A., Moe, K., Takeshima, S., Wada, S., and Aida, Y., "First characterization of major histocompatibility complex class II DRB3 diversity in cattle breeds raised in Egypt", Gene. volume 918, 148491, 5 (2024).
- Yumoto, M., Miyata, K., Kawat, Y., and Wada, S., "Mid-infrared self-difference frequency generation via random quasi-phase-matching in Cr:ZnSe laser", Optics & Laser Technology. Volume 169, 110161 (2024).
- Nakamura, Y., Moriyama, D., Isomura, A., Sasoh, A., Tsuno, K., Ogawa, T., Wada, S., and Fukushima, T., "Laser ablation impulse dependence on beam Spatial-Profile", Optics & Laser Technology. Volume 169, 110160 (2024).
- Abe, S., Adams, J., Allard, D., Alldredge, P., Aloisio, R., Anchordoqui, L., Anzalone, A., Arnone, E., Baret, B., Barghini, D., Wada, S., and The JEM-EUSO collaboration, "EUSO-Offline: A comprehensive simulation and analysis framework", Journal of Instrumentation. Volume 19, P01007 (2024).
- Yamada, S., Saito, K., Maeda, H., Kanda, S., Uemura, T., Ogawa, T., Wada, S., Hanada, Y., "Evaluation of eating quality of white rice using Raman spectroscopy with multivariate analysis", Journal of Raman Spectroscopy. Volume 55, Issue4, Pages 493-499 (2024).

(2) 著書・解説など / Book Editions, Review Papers

- Mikami, N., Morishita, K., Murakami, T., Hosobata, T., Yamagata, Y., Ogawa, T., Mukouyama, Y., Nakanishi, S., Ager III, J.W., Fujii, K., Wada, S., "Long Period Voltage Oscillations Associated with Reaction Changes between CO₂ Reduction and H₂ Formation in Zero-Gap-Type CO₂ Electrochemical Reactor", ACS Energy Lett. 2024, 9, 9, 4225-4232 (2024).
- 道川隆士, 佐々高史, 重田将宏, 吉村倅平, 藤繁航, 北澤隆一, 名古屋淳, 金谷武伴, 和田智之, "動画からのトンネル打音点検作業のデジタル化" 土木学会論文集特集号 (土木情報学), 2024年80巻22号 論文ID: 23-22018, 20240329m (2024).

(3) 招待講演 / Invited Talks

- 和田智之, "紫外線光源と応用の最前線", OPTICS & PHOTONICS International Exhibition OPIE'24 光源・光学素子応用技術セミナー, 4月25日 (2024).
- 和田智之, "レーザーアブレーションを利用した宇宙デブリの除去", 光技術動向調査委員会講演, 東京, 5月23日 (2024).
- 和田智之, "スマート農業", 日本フォトニクス協議会, 東京, 7月26日 (2024).
- 和田智之, "理化学研究所と中小企業等との科学技術を基にした産業連携—農業から宇宙、水素エネルギー分野まで—", 中小企業診断士協会, 埼玉, 11月1日 (2024).
- 和田智之, "レーザーの宇宙利用に関して、宇宙ゴミ除去、センシング応用について", 第80回理想光学学会講演会, 11月3日 (2024).
- 和田智之, "総論: 光技術×スマート農業", 光技術×スマート農業セミナー, Zoom, 11月14日 (2024).
- 和田智之, "光技術を利用した社会課題の解決—農業から宇宙まで", 日仏工業技術会, 東京, 12月19日 (2024).
- 和田智之, "新しい光と農業の未来 — 持続可能な食料生産のための科学技術の融合", OPICセミナー, Online, 3月27日 (2025).
- 和田智之, "宇宙と地球のためのレーザー利用の現状と展望", OPICセミナー, Online, 3月27日 (2025).

(4) 会議、シンポジウム、セミナー主催 / Meeting, Symposiums and Seminars

- OPTICS & PHOTONICS International Congress, Laser Solutions for Space and the Earth 2024 (LSSE2024), Yokohama, April 21 - 25 (2024).
- 理研シンポジウム, "光量子工学研究", 和光, 12月11日~12日 (2024).
- 和田智之, "国内外のUV-LEDの研究開発動向 調査報告", 和光, 3月31日 (2025).

(5) 特許出願 / Patent Applications

- 和田智之, 小川貴代, 齋藤紀子, 阿部哲也, "醸造酒の検査方法および装置", 特願2024-064868, 2024年4月12日.
- 戎崎俊一, 和田智之, 福島忠徳, 平田大輔, 山田淳, "推進力強化部材", PCT 18/664460, 2024年5月15日.
- 和田智之, 小川貴代, 神成淳司, 津谷秀次郎, 山下春幸, "食品の品質監視装置および食品の品質監視方法", JP2024/019509, 2024年5月28日.
- 津野克彦, 藤井克司, 小池佳代, 和田智之, "直流バス制御システム", PCT18/737050, 2024年6月7日.
- 森下圭, 村上武晴, 小椋厚志, 小池一希, 藤井克司, 小川貴代, 和田智之, "CO₂還元装置", 特願2024-109228, 2024年7月5日.
- 藤井克司, 小池佳代, 和田智之, 布施幸則, 川口正人, 隅倉光博, 小島啓輔, "空気調和システム、ビル空調システム及び二酸化炭素回収方法", 特願2024-111614, 2024年7月12日.
- 小林紀郎, 野本昌子, 常木優克, 藤繁航, 和田智之, 小川貴代, 半田敬信, "情報知識化装置、情報知識化方法、学習済みモデル、学習済みモデルの生成方法およびプログラム", 特願2024-112914, 2024年7月12日.
- 和田智之, 齋藤徳人, 坂下亨男, 松山知樹, 小川貴代, "評価システム、プログラム", 特願2024-152042, 2024年9月4日.
- 和田智之, 齋藤徳人, 川田靖, 小川貴代, "ガス測定装置", 特願2024-152498, 2024年9月4日.
- 和田智之, 丸山真幸, 齋藤徳人, 種石慶, 福間康文, 秋葉正博, 竹内崇, 南出夏奈, "医療システム及び医療情報処理装置", PCT 24212896.5, 2024年11月14日.
- 黒瀬範子, 青柳克信, 和田智之, 杉岡幸次, 小幡孝太郎, 野村晋太郎, 小川貴代, "量子センサ素子、磁場検出装置、及び量子センサ素子の製造方法", 特願2024-230653, 2024年12月26日.
- 村上武晴, 藤井克司, 小川貴代, 和田智之, 武田大, 松本純, 桐生麻子, 神谷和秀, 中西周次, 井上明哲, "二酸化炭素分離装置", 特願2025-039584, 2025年3月12日.
- 和田智之, 丸山真幸, 齋藤徳人, 種石慶, 福間康文, 秋葉正博, 竹内崇, 南出夏奈, "医療システム及び医療情報処理装置", 特願2025-040069, 2025年3月13日.
- 齋藤徳人, 和田智之, 坂下亨男, "集積レーザー源のための光学系、レーザー照明装置およびシステム", 特願2025-042352, 2025年3月17日.

先端光学素子開発チーム / Ultrahigh Precision Optics Technology Team

(1) 原著論文 (accept) を含む / Original Papers

- Kawasaki, Y., Iwaguchi, S., Ishikawa, T., Nishizawa, A., Kitaguchi, M., Yamagata, Y., Chen, Y., Wu, B., Shimizu, R., Umemura, K., Tsuji, K., Shimizu, H., Michimura, Y., Kobayashi, K., Onishi, T., and Kawamura, S., "Sagnac-type neutron displacement-noise-free interferometric gravitational-wave detector", Class. Quantum Gravity. 41 (11), (2024).

- Kushibiki, K., Ozaki, S., Takeda, M., Hosobata, T., Yamagata, Y., Morita, S., Tsuzuki, T., Nakagawa, K., Saiki, T., Ohtake, Y., Mitsui, K., Okita, H., Kitagawa, Y., Kono, Y., Motohara, K., Takahashi, H., Konishi, M., Kato, N., Koyama, S., and Chen, N., "Development of a near-infrared wide-field integral field unit by ultra-precision diamond cutting", *Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems*. 10(1), 015004 (2024).
- Matsumoto, M., Tsuchiya, K., Hosobata, T., Murakami, K., Kuramoto, H., Aoyagi, M., Awaki, H., Morita, S., Takeda, M., and Yamagata, Y., "Development of lightweight x-ray mirrors using carbon fiber reinforced plastic and ultra-precision machining technology", *Proceedings Volume 13093, Space Telescopes and Instrumentation 2024: Ultraviolet to Gamma Ray*. 1309315 (2024).
- Wei, Y., Takeda, M., Hosobata, T., Yamagata, Y., and Morita, S., "Comparative Study about Various Ultraprecision Machine Tools in Mid-Spatial-Frequency Waviness Generation on Optical surface", *Proceedings of International Conference on Precision Engineering*. Sendai (2024).
- Imasaka, K., Kanda, N., Dong, D., Xue, B., Egawa, S., Hosobata, T., Takeda, M., Yamagata, Y., and Takahashi, E. J., "Generation of Intense Attosecond Soft X-ray Field by High-Precision Focusing System", *Laser Congress 2024 (ASSL, LAC, LS&C)*. JW2A.2 (2024).

(2) 招待講演 / Invited Talks

- 山形豊, "微細光学素子を用いた赤外天文学用分光イメージング素子の加工・測定", 精密工学会2025年度春季大会, 千葉, 3月18日 (2025).

(3) 特許出願 / Patent Applications

- 細島拓也, 竹田真宏, 山形豊, 日野正裕, "中性子収束装置およびその製造方法", 09580-WO, 2024年10月30日.
- 海老塚昇, 細島拓也, 竹田真宏, 山形豊, "空中像表示装置", 特願2024-123459, 2024年7月30日.
- 海老塚昇, 細島拓也, 竹田真宏, 山形豊, 本原頭太郎, 大熊真広, 松林和也, 柳引洗佑, 岡本隆之, "グリズム", 特願2024-096885, 2024年6月14日.

中性子ビーム技術開発チーム / Neutron Beam Technology Team

(1) 原著論文 (accept) を含む / Original Papers

- Okuno, Y., Imaizumi, M., Makino, T., Ohshima, T., Jimba, Y., Okamoto, T., and Kobayashi, T., "Detection characteristics for neutrons in an InGaP solar cell under high-temperature conditions", *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*. 551, 165339 (2024).
- Tsuji, N., Enoto, T., Nagaoka, H., Kato, Y., Taniguchi, K., Hareyama, M., Otake, Y., Wakabayashi, Y., Takanashi, T., Iwamoto, C., Kobayashi, T., Ikenaga, T., Nakano, Y., Tsukamoto, Y., Kusano, H., Tamagawa, T., Hoshino, T., Ueno, M., Takahashi, H., Nakazawa, K., Hotokezaka, K., Kisaka, T., and Ozaki, N., "Moon Moisture Targeting Observatory (MoMoTarO) for water resource exploration and basic science application", *Proceedings, 13093, Space Telescopes and Instrumentation 2024: Ultraviolet to Gamma Ray*. 1309379 (2024).
- Tsuji, N., Enoto, T., Nagaoka, H., Kato, Y., Taniguchi, K., Hareyama, M., Otake, Y., Wakabayashi, Y., Takanashi, T., Iwamoto, C., Kobayashi, T., Ikenaga, T., Nakano, Y., Tsukamoto, Y., Kusano, H., Tamagawa, T., Hoshino, T., Ueno, M., Morimoto, T., Yoshiura, S., Honma, M., Takahashi, H., Nakazawa, K., Hotokezaka, K., and Kisaka, S., "Moon Moisture Targeting Observatory (MoMoTarO) for basic science application to neutron lifetime measurement", *Proceedings of Science*. 444, (2024).
- 末廣直紀, 久保善司, 水田真紀, "種々の乾湿作用下におけるシリカフェームを混和したコンクリート中の鉄筋腐食性状", *コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集*. 24, pp.753-758 (2024).
- 奥野泰希, "太陽電池素子を放射線検知器として使用するために—Development of a solar cell based radiation detector", *応用物理*. 93(9), 540-543 (2024).
- Kusano, H., Nagaoka, H., Enoto, T., Yamashita, N., Karouji, Y., Hoshino, T., Ueno, M., and Hareyama, M., "Sensitivity of leakage neutrons to the abundance and depth distribution of lunar subsurface water", *Planetary and Space Science*. 251, 105968 (2024).
- Koshikawa, N., Kikuchi, Y., Wakabayashi, Y., Kobayashi, T., and Kataoka, J., "High-contrast Compton camera: Challenges to high-quality and broadband imaging", *Appl. Phys. Lett.* 125, 173701 (2024).
- Wakatabi, K., Jimba, Y., Okuno, Y., Kondo, S., Yu, H., Ogino, Y., and Kasada, R., "Effect of Molten Al/Si Impregnation on the Oxidation Resistance of TiB₂ at 1300 °C", *Materials Transactions*. 65(10), 1367-1372 (2024).
- Teshigawara, M., Ikeda, Y., Muramatsu, K., Sutani, K., Fukuzumi, M., Noda, Y., Koizumi, S., Saruta, K., and Otake, Y., "Development of

nanosized graphene material for neutron intensity enhancement below cold neutron energy", *Journal of Neutron Research*. 26, 2-3, 69-74 (2024).

- Teshigawara, M., Lee, Y., Tatsumoto, H., Hartl, M., Aso, T., Iverson, E.B., Ariyoshi, G., Ikeda, Y., and Hasegawa, T., "In-situ measurement of radiation driven back-conversion from para to ortho liquid hydrogen state in cold moderators at J-PARC", *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*. 557, 165534 (2024).
- Mizuta, M., Takanashi, T., Otake, Y., Ueno, A., Kurashige, I., Ueda, H., and Kubo, Y., "Nondestructive test for visualization of water movement in concrete using neutron imaging", *Pocedia Structural Integrity*. 64, 214-219 (2024).
- 福地知則, 恩田雅也, 市岡隆興, 矢吹太一, 大竹淑恵, "「斜張橋ケーブル定着部における中性子ビームを用いた非破壊診断技術の研究開発」", *日本材料学会, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集*. 24, pp.565-570 (2024).

(2) 著書・解説など / Book Editions, Review Papers

- 大竹淑恵, 大石龍太郎, 若林泰生, 高村正人, 池田裕二郎, 渡瀬博, 二井谷教治, "中性子で実現! 塩害検査に資する非破壊検査装置 RANS- μ ", *土木施工*2024年8月号, 182 (2024).
- 若林泰生, 大竹淑恵, 池田裕二郎, 高村正人, 福地知則, 大石龍太郎, 渡瀬博, 二井谷教治, "中性子によるコンクリート内塩分濃度非破壊検査の技術開発", *建設マネジメント技術*2024年8月号, 59-63 (2024).

(3) 招待講演 / Invited Talks

- Otake, Y., "RIKEN Accelerator-driven compact neutron systems, and their capabilities", *IAEA : Technical Meeting on Advances in Neutron Scattering and Imaging at Low and Medium Flux Accelerator Accelerator- and Research Reactor Reactor-based Neutron Sources*, Austria, April (2024).
- Kobayashi, T., Ikeda, S., Ikeda, Y., Mizuta, M., Okuno, Y., Wakabayashi, Y., Fukuchi, T., Takanashi, T., Otsuka, S., Hayashizaki, N., and Otake, Y., "Riken compact accelerator-driven neutron systems-from laboratory to outdoors", *3rd Design and Engineering of Neutron Instruments Meeting (DENIM XIII)*, JAPAN, September (2024).
- Otake, Y., "Latest status of the RIKEN RANS project and social implementation initiatives", *IMoH24_International Meeting on Challenges and Opportunities for HICANS*, Spain, October (2024).
- Otake, Y., "RIKEN Accelerator-driven compact neutron systems, RANS project, and their capabilities", *Donostia International Physics Center SEMINARS*, Spain, October (2024).
- Okuno, Y., Kobayashi, T., Otake, Y., Imaizumi, M., Ishikawa, N., and Oshima, T., "Gamma-ray, electron-beam, Ion-Beam and Neutron Detection Based on Solar Cells with High Radiation Resistance", *24th Special Workshop on Surface and Interface Analysis and Surface Modification by Ion Beams*, Japan, October (2024).
- Okuno, Y., "RIKEN Accelerator-driven compact neutron systems, RANS project, and their capabilities", *台湾中性子科学会 2024 TWNSS Annual Meeting*, Japan, November (2024). KEYNOTE
- Okuno, Y., "Radiation sensing using Si, InGaP, CIGS, and perovskite solar cell", *The 35th International Photovoltaic Science and Engineering Conference ("PVSEC-35")*, Japan, November (2024).
- Otake, Y., "Compact Accelerator Based Neutrons Sources", "Neutrons4NA Initiative" during the *IAEA Ministerial Conference on Nuclear Science, Technology and Applications and the Technical Cooperation Programme*, Austria, November (2024).
- Otake, Y., "Compact Accelerator-Based Neutron Sources (CANS)", *1Neutrons4NA(IAEA)*, webinar, January (2025).
- Otake, Y., "RIKEN Accelerator-Driven Compact Neutron Systems, RANS Project", *11th International Meeting of the Union for Compact Accelerator-driven Neutron Sources*, Canada, February (2025).
- 奥野泰希, "小型中性子源システム RANS プロジェクト ~中性子活用社会に向けた新たな検出器開発~", *電気学会 勉強会, 東京 (オンライン)*, 6月24日 (2024).
- 小林知洋, 池田翔太, 池田裕二郎, 奥野泰希, 高村正人, 橋口孝夫, 林崎規託, 福地知則, 水田真紀, 若林泰生, 大竹淑恵, "理研小型中性子源システム RANS プロジェクト", *第36回タンDEM加速器研究会, 和光市, 埼玉*, 6月24日 (2024).
- 大竹淑恵, "理研中性子線によるインフラ非破壊計測実用化、事業化", *令和6年度中性子産業利用報告会, 秋葉原, 東京*, 7月11-12日 (2024).
- 大竹淑恵, "理研小型中性子源システム RANS プロジェクト -現場で役に立つ中性子線利用へむけて-", *可搬型中性子装置講演会 (岡山大学)*, 岡山, 8月6日 (2024).
- 池田 裕二郎, 大竹 淑恵, "理研小型中性子源システム RANS の中性子発生及び放射線遮蔽評価に関する現状", *原子力学会、放射線工学会、放射線遮蔽設計法に係るワークショップ第12回, オンライン*, 8月29日 (2024).

16. Y. Okuno, T. Kobayashi, M. Imaizumi, Y. Kamikawa, Y. Jimba, Y. Kurimoto, T. Okamoto, and Y. Otake, "太陽電池デバイスによる放射線計測と社会実装への進展 Radiation Measurement Using Solar Cell Devices and Progress Toward Social Implementation", 第34回日本MRS年次大会, 横浜市, 12月16-18日 (2024).
17. 池田裕二郎, "大強度パルス核破砕中性子源の建設及び運転", 日本中性子科学会功績賞受賞講演, 名古屋, 12月4日 (2024).
18. 大竹淑恵, "理研小型中性子源システム RANS プロジェクト最新情報 -現場利用の現状とさらなる発展へ-", RI・放射線利用促進セミナー, 名古屋市, 2月14日 (2025).
19. 大竹淑恵, "日本中性子科学会が提案する将来ビジョン", J-PARC MLFシンポジウム, 名古屋, 3月12日, (2025).

(4) 会議、シンポジウム、セミナー主催 / Meeting, Symposiums and Seminars

1. 第61回理研セミナー 中性子シリーズ, "Recent Activities in Neutron Science within the IKUR Strategy", 和光, 5月17日 (2024).
2. 第62回理研セミナー 中性子シリーズ, "Neutron based analysis in construction and cultural heritage materials", 和光, 5月17日 (2024).
3. 第63回理研セミナー 中性子シリーズ, "放射線スペクトルアンフォルディング手法の現状と課題-劣決定問題を中心に-", 和光, 6月26日 (2024).
4. 第64回理研セミナー 中性子シリーズ, "The Australian Centre for Neutron Scattering - Current Status and Upgrades", 和光, 1月16日 (2025).
5. 第65回理研セミナー 中性子シリーズ, "Small-angle Neutron Scattering Available in Tokyo Area. Time-of-Flight Instrument ib-SAS at Compact Accelerator Based Neutron Source RANS, Dedicated for Education and Industrial Use.", 和光, 1月16日 (2025).
6. 第66回理研セミナー 中性子シリーズ, "インフラモニタリングの最前線 -「四次元透視」が変える維持管理の未来-", 和光, 3月4日 (2025).
7. The Japanese RIKEN Center for Advanced Photonics (RAP) and the Jülich Centre for Neutron Science (JCNS) will hold their 8th Joint Workshop, at JCNS in Jülich, Germany., 6月3-4日 (2024).
8. 2024年度 RANSシンポジウム (理研シンポジウム), "2024年度理研シンポジウム 小型中性子源は現場へ! ~非破壊計測の夜明けへ-スマートインフラ、ものづくり、宇宙へ向けて-", 和光, 11月19日 (2024).

(5) 特許出願 / Patent Applications

1. 大竹淑恵, 若林泰生, 池田裕二郎, 池田義雅, "非破壊検査方法及装置", 特願2024-056673, 2024年3月29日.
2. 岩本ちひろ, 山本和喜, Xu Pingguang, "飛行時間測定方法及び飛行時間補正装置", 特願2024-124207, 2024年7月31日.
3. 奥野泰希, "電流発生装置、入射量計測装置、および電流発生装置の製造方法", 特願2024-152393, 2024年9月4日.
4. 奥野泰希, 大竹淑恵, "2024-198749", 特願2024-198749, 2024年11月14日.
5. 大竹淑恵, 池田裕二郎, 若林泰生, 福地知則, 高村正人, "非破壊検査装置", 特願2024-200966, 2024年11月18日.

(6) 特筆すべき事項・トピックス (雑誌表紙などの掲載記事) / Topics

1. 理研プレスリリース, "橋梁内部の可視化により予防保全へ -理研小型中性子源システムを活用した非破壊検査技術の開発に着手-", 2024年4月25日.
2. 建設通信新聞, "橋梁内部可視化へ RANS 活用し非破壊検査", 2024年4月30日.
3. 旬刊高速道路, "斜張橋" 予防保全で連携", 2024年6月5日.
4. 建設通信新聞, "中性子でコンクリート塩分濃度を非破壊検査", 2024年11月24日.
5. セメント新聞, "理研 非破壊検査テーマに講演 中性子技術で橋梁点検", 2024年12月16日.
6. 橋梁通信, "理研 小型中性子源システム [RANS-III] 車載して橋梁現場へ 非破壊検査", 2025年1月1日.
7. 理研プレスリリース, "世界最高精度の分解能を持つ中性子イメージング手法開発-水素・リチウム・ホウ素を含む製品の精密非破壊検査に期待-", 2025年1月24日.
8. * 23rd Meeting of SAGNA (Standing Advisory Group on Nuclear Applications), IAEA 常設諮問委員会委員選出, Feb 18 (2025).
9. 国際会議 SAS2024 (IAEA), 議長, Nov 3-8 (2024).

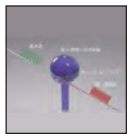
2024/4/3 量子オプトエレクトロニクス研究チーム / Quantum Optoelectronics Research Team

原子層ナノ物質と微小光共振器による高効率波長変換に成功

- ナノフォトニクス素子の高機能化へ期待 -

van der Waals decoration of ultrahigh-Q silica microcavities for $\chi^{(2)}$ - $\chi^{(3)}$ hybrid nonlinear photonics

Shun Fujii, Nan Fang, Daiki Yamashita, Daichi Kozawa, Chee Fai Fong, and Yuichiro K. Kato, "van der Waals decoration of ultrahigh-Q silica microcavities for $\chi^{(2)}$ - $\chi^{(3)}$ hybrid nonlinear photonics", Nano Letters, DOI: 10.1021/acs.nanolett.4c00273



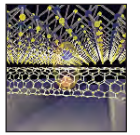
2024/4/11 量子オプトエレクトロニクス研究チーム / Quantum Optoelectronics Research Team

異次元ナノ半導体界面に潜む量子光源の発見

- 室温量子技術への応用に期待 -

Room-temperature quantum emission from interface excitons in mixed-dimensional heterostructures

N. Fang, Y. R. Chang, S. Fujii, D. Yamashita, M. Maruyama, Y. Gao, C. F. Fong, D. Kozawa, K. Otsuka, K. Nagashio, S. Okada, Y. K. Kato, "Room-temperature quantum emission from interface excitons in mixed-dimensional heterostructures", Nature Communications, DOI: 10.1038/s41467-024-47099-6



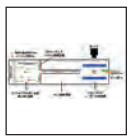
2024/4/18 時空間エンジニアリング研究チーム / Space-Time Engineering Research Team

「原子核時計」の実現に前進

- トリウム229の超低エネルギー原子核励起状態の寿命を決定 -

Laser spectroscopy of triply charged 229Th isomer for a nuclear clock

Atsushi Yamaguchi, Yudai Shigekawa, Hiromitsu Haba, Hidetoshi Kikunaga, Kenji Shirasaki, Michiharu Wada, Hidetoshi Katori, "Laser spectroscopy of triply charged 229Th isomer for a nuclear clock", Nature, DOI: 10.1038/s41586-024-07296-1



2024/05/24 先端光学素子開発チーム / Ultrahigh Precision Optics Technology Team

100兆分の1秒の一瞬で生きた細胞の姿を捉えることに成功

- X線自由電子レーザーを利用した新たな軟X線顕微鏡を開発 -

Observation of mammalian living cells with femtosecond single pulse illumination generated by a soft X-ray free electron laser

Satoru Egawa,* Kai Sakurai, Yoko Takeo, Kyota Yoshinaga, Masashi Takei, Shigeki Owada, Gota Yamaguchi, Shunya Yokomae, Hidekazu Mimura, Yutaka Yamagata, Makina Yabashi, Mari Shimura, and Takashi Kimura, "Observation of mammalian living cells with femtosecond single pulse illumination generated by a soft X-ray free electron laser", Optica, DOI:10.1364/OPTICA.515726



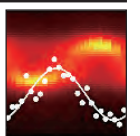
2024/06/05 超短パルス電子線科学理研白眉研究チーム / Ultrashort Electron Beam Science RIKEN Hakubi Research Team

電子の回折をアト秒で制御

- 極限的な時間空間分解能を持つ電子顕微鏡開発への大きな一歩 -

Field-Induced Rocking-Curve Effects in Attosecond Electron Diffraction

Yuya Morimoto and Peter Baum, "Field-Induced Rocking-Curve Effects in Attosecond Electron Diffraction", Physical Review Letters, DOI: 10.1103/PhysRevLett.132.216902



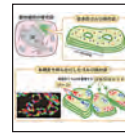
2024/06/14 生細胞超解像イメージング研究チーム / Live Cell Super-Resolution Imaging Research Team

最新技術で明らかにしたゴルジ体の真の姿

—糖鎖合成異常から起こる病気の診断、治療法開発に期待—

Dynamic movement of the Golgi unit and its glycosylation enzyme zones

Akihiro Harada, Masataka Kunii, Kazuo Kurokawa, Takuya Sumi, Satoshi Kanda, Yu Zhang, Satomi Nadanaka, Koichiro M Hirokawa, Kazuaki Tokunaga, Takuro Tojima, Manabu Taniguchi, Kenta Moriwaki, Shin-ichiro Yoshimura, Miki-Yamamoto Hino, Satoshi Goto, Toyomasa Katagiri, Satoshi Kume, Mitsuko Hayashi-Nishino, Miyako Nakano, Eiji Miyoshi, Kenichi G N Suzuki, Hiroshi Kitagawa, Akihiko Nakano, "Dynamic movement of the Golgi unit and its glycosylation enzyme zones", Nature Communications, DOI : 10.1038/s41467-024-48901-1



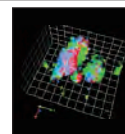
2024/06/24 生細胞超解像イメージング研究チーム / Live Cell Super-Resolution Imaging Research Team

高速超解像顕微鏡法の開発

—生きた細胞内の微小構造体が高速で動く様子を捉えた—

Extremely high spatiotemporal resolution microscopy for live cell imaging by single photon counting, noise elimination, and a novel restoration algorithm based on probability calculation

Daisuke Miyashiro, Takuro Tojima, and Akihiko Nakano, "Extremely high spatiotemporal resolution microscopy for live cell imaging by single photon counting, noise elimination, and a novel restoration algorithm based on probability calculation", Frontiers Cell and Developmental Biology, DOI: 10.3389/fcell.2024.1324906



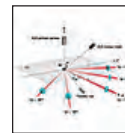
2024/7/26 超高速コヒーレント軟X線光学研究チーム / Ultrafast Coherent Soft X-ray Photonics Research Team

EUV 光源を高効率化するためのマルチレーザー照射法

—先端半導体向けリソグラフィ用 EUV 光源の駆動レーザー負荷低減へ—

Efficient extreme ultraviolet emission by multiple laser pulses

Tsukasa Sugiura, Hayato Yazawa, Hiroki Morita, Kazuyuki Sakaue, Daisuke Nakamura, Eiji J. Takahashi, Atsushi Sunahara, Gerry O'Sullivan, Shinichi Namba, and Takeshi Higashiguchi, "Efficient extreme ultraviolet emission by multiple laser pulses", Applied Physics Letters, DOI: https://doi.org/10.1063/5.0214952



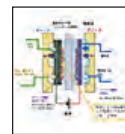
2024/8/8 光量子制御技術開発チーム / Photonics Control Technology Team

電気化学的な CO₂ 還元メカニズムの解明

—温室効果ガス CO₂ の削減に向けた反応条件の解析—

Long Period Voltage Oscillations Associated with Reaction Changes between CO₂ Reduction and H₂ Formation in Zero-Gap-Type CO₂ Electrochemical Reactor

Nagisa Mikami, Kei Morishita, Takeharu Murakami, Takuya Hosobata, Yutaka Yamagata, Takayo Ogawa, Yoshiharu Mukoyama, Shuji Nakanishi, Joel Ager III, Katsushi Fujii, Satoshi Wada, "Long Period Voltage Oscillations Associated with Reaction Changes between CO₂ Reduction and H₂ Formation in Zero-Gap-Type CO₂ Electrochemical Reactor", ACS Energy Letters, DOI: 10.1021/acsenergylett.4c01256

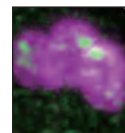


2024/9/5 生細胞超解像イメージング研究チーム / Live Cell Super-Resolution Imaging Research Team

胞子形成時に細胞内膜交通経路が再形成され細胞膜が作られる仕組みを発見

Remodeling of the secretory pathway is coordinated with de novo membrane formation in budding yeast gametogenesis

Yasuyuki Suda, Hiroyuki Tachikawa, Tomomi Suda, Kazuo Kurokawa, Akihiko Nakano, Kenji Irie, "Remodeling of the secretory pathway is coordinated with de novo membrane formation in budding yeast gametogenesis", iScience, DOI:10.1016/j.isci.2024.110855



2024/9/6 テラヘルツ光源研究チーム / Tera-Photonics Research Team

手のひらサイズの高輝度テラヘルツ波光源を開発

—実用上の多様な非破壊検査対象に道筋—

All-in-one 10-W peak power backward terahertz-wave parametric oscillator

Yuma Takida, Kouji Nawata, Hiroaki Minamide, "All-in-one 10-W peak power backward terahertz-wave parametric oscillator", The 49th International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (IRMMW-THz 2024)



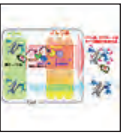
2024/11/25 生細胞超解像イメージング研究チーム / Live Cell Super-Resolution Imaging Research Team

タンパク質修飾技術で細胞内輸送を制御して糖鎖修飾をコントロール

—バイオ医薬品の開発を加速！—

Molecular tag for promoting N-glycan maturation in the cargo receptor-mediated secretion pathway

Hirokazu Yagi, Rino Yamada, Taiki Saito, Rena Honda, Rio Nakano, Kengo Inutsuka, Seigo Tateo, Hideo Kusano, Kumiko Nishimura, Saeko Yanaka, Takuro Tojima, Akihiko Nakano, Jun-ichi Furukawa, Maho Yagi-Utsumi, Shungo Adachi, and Koichi Kato, "Molecular tag for promoting N-glycan maturation in the cargo receptor-mediated secretion pathway", iScience, DOI: 10.1016/j.isci.2024.111457



2024/12/17 生細胞超解像イメージング研究チーム / Live Cell Super-Resolution Imaging Research Team

光によって細胞内でのタンパク質の輸送をコントロールできる新しい方法「RudLOV 法」を開発しました

RudLOV — a new optically synchronized cargo transport method reveals unexpected effect of dynasore

Tatsuya Tago, Takumi Ogawa, Yumi Goto, Kiminori Toyooka, Takuro Tojima, Akihiko Nakano, Takunori Satoh, Akihiko K Satoh, "RudLOV — a new optically synchronized cargo transport method reveals unexpected effect of dynasore" EMBO reports, DOI: https://doi.org/10.1038/s44319-024-00342-z



2025/1/24 中性子ビーム技術開発チーム / Neutron Beam Technology Team

世界最高精度の分解能を持つ中性子イメージング手法開発

—水素・リチウム・ホウ素を含む製品の精密非破壊検査に期待—

Advancing Neutron Imaging Techniques to Highest Resolution with Fluorescent Nuclear Track Detectors

Abdul Muneem, Junya Yoshida, Takehiko R. Saito, Hiroyuki Ekawa, Masahiro Hino, Katsuya Hirota, Go Ichikawa, Ayumi Kasagi, Masaaki Kitaguchi, Kenji Mishima, Jameel-Un Nabi, and Manami Nakagawa, "Advancing Neutron Imaging Techniques to Highest Resolution with Fluorescent Nuclear Track Detectors", Scientific Reports, DOI: 10.1038/s41598-024-84591-x



April 15, 2024

理研RAP・弘前大学大学院理工学研究科 合同シンポジウム
Joint Symposium of RIKEN RAP and Hirosaki University, Faculty of Science



2024年4月15日に、理研RAP・弘前大学大学院理工学研究科合同シンポジウムが弘前大学創立50周年記念会館岩木ホールにて開催されました。RAPと弘前大学の研究者による10件の口頭発表があり、弘前大学の学生を含めた約30名の参加者により活発な議論が行われました。

On April 15, 2024, a joint symposium of RIKEN RAP and Hirosaki University, Faculty of Science and Technology was held at Iwaki Hall, Hirosaki University 50th Anniversary Hall.

10 oral presentations had given by RAP and Hirosaki University researchers, and lively discussions had made by about 30 participants, including Hirosaki University students.

October 15, 2024

理化学研究所仙台地区一般公開
「テラヘルツ光ってなあに?~見えない光を見つけよう!~」
“What is Terahertz Light? ~Let's find the invisible light!”

2024年度の「理化学研究所 仙台地区一般公開」を10月12日に開催しました。「テラヘルツ光ってなあに?~見えない光を見つけよう!~」をテーマに7つのイベントを行いました。小学生を中心に幅広い年齢層の方が来場し、どのイベントも大変盛況でした。緑川克美センター長が「アト秒科学の30年を振り返って」と題して講演し、最新の研究をもとにアト秒科学の観点から人類が長い間超えられなかった1フェムト秒という壁の突破について分かりやすく説明しました。2023年のノーベル物理学賞を受賞した「アト秒科学」研究の30年を振り返る講演会は、参加者の興味を引き、多くの質問が寄せられました。



RIKEN Sendai Open Campus for FY2024 was held on October 12. Seven events were held under the theme of “What is Terahertz Light? ~Let's find the invisible light!”. All events were very successful, attracting visitors of all ages, especially elementary school students. Center Director Katsumi Midorikawa gave a lecture titled “Looking Back on 30 Years of Attosecond Science” and explained in an easy-to-understand manner about breaking through the barrier of 1 femtosecond, which mankind has long been unable to overcome, from the perspective of attosecond science based on the latest research. The lecture, which looked back on the past 30 years of “attosecond science” research awarded the Nobel Prize in Physics in 2023, attracted the interest of the participants and many questions.

November 21-22, 2024

「第25回ミリ波サブミリ波受信機ワークショップ」と
「2024年度理研-NICT合同テラヘルツワークショップ」のジョイントワークショップ
Joint Workshop “25th Workshop on mm/sub-mm band receiver technology” and “Riken-NICT Joint Workshop in FY2024”

「第25回ミリ波サブミリ波受信機ワークショップ」と「2024年度理研-NICT合同テラヘルツワークショップ」のジョイントワークショップが、2024年11月21日~22日に、福井工業大学福井キャンパス、ハイブリッド方式にて、理研光量子工学研究センター、情報通信研究機構（NICT）、および受信機コミュニティの共催で開催されました。

今回の合同ワークショップは、計95名の参加者でした。3名の招待講演者と若手研究者・学生による発表を中心に、テラヘルツ波およびミリ波技術に関して活発な議論が行われました。



「25th Workshop on mm/sub-mm band receiver technology」「Riken-NICT Joint Workshop in FY2024」 Joint Workshop was held on November 21-22, 2024 as Hybrid meeting (Fukui Campus, Fukui University of Technology & Online). The total number of participants of this Workshop was 95. Presentations were made by three invited speakers and young researchers and students of RAP, NICT and receiver community, and active discussions including poster sessions were held.

December 11-12, 2024

RAPシンポジウム：第12回「光量子工学研究」
“The 12th RAP Symposium”



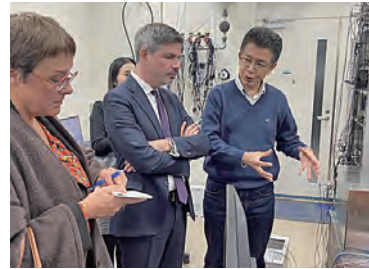
理研シンポジウム：第12回「光量子工学研究」
東京大学の吉岡孝高准教授、東京大学・理研併任の岡田康志教授、京都大学の田中耕一郎教授による招待講演のほか、RAPチームリーダーによる第4中長期の研究成果報告18件、および45件のポスター発表が行われました。対面での開催で約200名の参加者による活発な議論が繰り広げられました。

The 12th RAP Symposium on-site on December 11-12, 2024. The symposium consisted of three invited talks by Prof. Kosuke Yoshioka, The University of Tokyo, Prof. Yasushi Okada, University of Tokyo and RIKEN, Prof. Koichiro Tanaka, Kyoto University, and 18 oral presentations reporting the 4th mid-long term research activities by all the RAP team leaders and 45 poster presentations were given. The symposium was held in person, with approximately 200 participants engaged in lively discussions.

December 20, 2024

アントワン・エヴラー 駐日ベルギー王国大使が和光地区を訪問 Belgian Ambassador visits Wako Campus

2024年11月28日、アントワン・エヴラー 駐日ベルギー王国大使が、理化学研究所（理研）和光地区を訪問され、理研とベルギーの研究機関との研究協力について議論が交わされました。また、時空間エンジニアリング研究チームを香取 秀俊チームリーダーの説明のもと、視察されました。



On November 28, 2024, H.E. Mr. Antoine Evrard, the Ambassador of the Kingdom of Belgium to Japan, visited the RIKEN Wako Campus with a discussion about cooperation between RIKEN and research institutes in Belgium. Laboratory tour was also conducted with Team Leader Hidetoshi Katori, the Space-Time Engineering Research Team.

February 3-4, 2025

第8回 RIKEN-RAP and QST-KPSI/NanoTerasu Joint Seminar The 8th RIKEN-RAP and QST-KPSI/NanoTerasu Joint Seminar



2025年2月3-4日に「第8回 RIKEN-RAP and QST-KPSI Joint Seminar」が量子科学技術研究開発機構・関西科学研究所と理研光量子工学研究センターの共催で開催されました。RAP・量研関西研より計9名のメンバーによる発表が行われ、質疑応答など活発な議論が繰り広げられました。次回2026年は理研光量子工学研究センターが幹事となり、和光で開催予定です。

The 8th RIKEN-RAP and KPSI Joint Seminar was held, organized with QST-KPSI on Feb 3-4, 2025. The seminar consisted of 9 presentations, by RAP and QST-KPSI members. The active discussion and Q&A were performed. Next time, in 2026, will be held at RIKEN Wako campus, hosted by RAP.

February 21, 2025

RAP 特別講演会と RAP 第4中長期打ち上げ会 RAP Special Talk and RAP the 4th mid-long term wrap-up party

第4中長期末をもって退任する緑川センター長と中野副センター長の RAP 特別講演会を行いました。また、同日に RAP 第4中長期打ち上げ会を開催し、第5中長期のスタートに向けてセンターの結束を高めました。



Special lectures were given by Director Midorikawa and Deputy Director Nakano, who will be retiring at the end of the 4th Mid- to Long-Term Plan. A party to celebrate the end of the 4th Mid- to Long-Term Plan was also held on the same day, strengthening the unity of the Center for the start of the 5th Mid- to Long-Term Plan.

April 2024 to July 2024

RAP Seminar, from 86th to 88th

- April 19, 2024 **Dr. Kiyofumi MURO (President/ CEO, Spectra Quest Lab Inc.)**
"Development of high-power pico-sec./nano-sec. tunable light sources by fiber amplifiers"
光ファイバー増幅器によるピコ秒・ナノ秒波長可変レーザー光源の開発
- June 28, 2024 **Prof. Etsuo A. SUSAKI (Juntendo University Graduate School of Medicine)**
"Cell-omics technology: dive into the three-dimensional cell cloud"
セルオミクスによる3次元全細胞空間解析
- July 19, 2024 **Dr. Shuntaro TANI (Digital Twin for Light-Matter Interaction RIKEN ECL Research Team, RIKEN Cluster for Pioneering Research (CPR), RIKEN Center for Advanced Photonics (RAP))**
"Beyond Automation: Realizing Breakthroughs with Excited-state Controls for Ultra-precision machining"
全自動実験が可能にするもの：光励起状態を活用した精密加工制御に向けて

86th RAP Seminar
The 86th Seminar on RIKEN Center for Advanced Photonics

Language: Japanese

Date: **April 19 (Fri), 16:20 - 17:20, 2024**
Location: **W319, 3F, Cooperation Center, Wako Campus, RIKEN**
(理研 和光キャンパス 協賛交流棟 3階会議室 W319)

Title: **Development of high-power pico-sec./nano-sec. tunable light sources by fiber amplifiers**
光ファイバー増幅器によるピコ秒・ナノ秒波長可変レーザー光源の開発

Speaker: **Dr. Kiyofumi MURO**
President/CEO, Spectra Quest Lab Inc.

Pre-registration: 香取 秀俊
スナクトラ・クエスト・ラボ株式会社 代表取締役

87th RAP Seminar
The 87th Seminar on RIKEN Center for Advanced Photonics

Language: Japanese

Date: **June 28 (Fri), 16:20 - 17:20, 2024**
Location: **W319, 3F, Cooperation Center, Wako Campus, RIKEN**
(理研 和光キャンパス 協賛交流棟 3階会議室 W319)

Title: **Cell-omics technology: dive into the three-dimensional cell cloud**
セルオミクスによる3次元全細胞空間解析

Speaker: **Prof. Etsuo A. SUSAKI**
Juntendo University Graduate School of Medicine
講師 佐生
順天堂大学大学院医学研究科 教授

Pre-registration: 佐生 悦生
順天堂大学大学院医学研究科 教授

88th RAP Seminar
The 88th Seminar on RIKEN Center for Advanced Photonics

Language: Japanese

Date: **July 19 (Fri), 16:00 - 17:00, 2024**
Location: **1F Seminar Room, Sendai Campus, RIKEN**
Wako Campus: W319, 3F, Cooperation Center, TV relay
(理研 仙台キャンパス 1階セミナー室)

Title: **Beyond Automation: Realizing Breakthroughs with Excited-state Controls for Ultra-precision machining**
全自動実験が可能にするもの：光励起状態を活用した精密加工制御に向けて

Speaker: **Dr. Shuntaro TANI**
Digital Twin for Light-Matter Interaction RIKEN ECL Research Team
RIKEN Cluster for Pioneering Research (CPR)
RIKEN Center for Advanced Photonics (RAP)
香取 秀俊

Pre-registration: 香取 秀俊
理研 和光地区 協賛交流棟 3階 W319 会議室 W319-319
理研 仙台キャンパス 1階セミナー室 協賛交流棟 1階セミナー室

April 5, 2024

日本農学賞（一般社団法人 日本農学会）／間陽子客員研究員（光量子制御技術開発チーム）

Japan Prize of Agricultural Science (Association of Japanese Agricultural Scientific Societies) / Yoko Aida, Visiting Scientist (Photonics Control Technology Team)

April 5, 2024

読売農学賞（読売新聞社）／間陽子客員研究員（光量子制御技術開発チーム）

The Yomiuri Prize of Agricultural Science (Yomiuri Shimbun) / Yoko Aida, Visiting Scientist (Photonics Control Technology Team)

May 17, 2024

ESI Highly Cited Paper Award May 2024 (Springer Nature) / 杉岡幸次チームリーダー（先端レーザー加工研究チーム）

ESI Highly Cited Paper Award May 2024 (Springer Nature) / Koji Sugioka, Team Leader (Advanced Laser Processing Research Team)

May 31, 2024

第44回優秀論文発表賞（一般社団法人 レーザー学会）／今坂光太郎特別研究員（超高速コヒーレント軟X線光学研究チーム）

The 44th Excellent Paper Presentation Award (The Laser Society of Japan) / Kotaro Imasaka, Postdoctoral Researcher (Ultrafast Coherent Soft X-ray Photonics Research Team)

May 31, 2024

第48回2024年奨励賞（一般社団法人レーザー学会）／森本裕也理研白眉研究チームリーダー（超短パルス電子線科学理研白眉研究チーム）

The 48th 2024 Incentive Award (The Laser Society of Japan) / Yuya Morimoto, RIKEN Hakubi Team Leader (Ultrashort Electron Beam Science RIKEN Hakubi Research Team)

May 31, 2024

第48回2024年業績賞（進歩賞）（一般社団法人レーザー学会）／高橋栄治チームリーダー（超高速コヒーレント軟X線光学研究チーム）

The 48th 2024 Achievement Award "Progress Award" (The Laser Society of Japan) / Eiji Takahashi, Team Leader (Ultrafast Coherent Soft X-ray Photonics Research Team)

June 6, 2024

第18回（2024年度）近藤賞（大阪大学国際賞）論文賞（大阪大学 レーザー科学研究所）／神田夏輝研究員（超高速コヒーレント軟X線光学研究チーム）

The 18th Osaka University Kondo Prize, Research Paper Award (Institute of Laser Engineering, Osaka University) / Natsuki Kanda, Research Scientist (Ultrafast Coherent Soft X-ray Photonics Research Team)

July 1, 2024

Best Editor Award of IJEM (International Journal of Extreme Manufacturing(IJEM)) / 杉岡幸次チームリーダー（先端レーザー加工研究チーム）

Best Editor Award of IJEM (International Journal of Extreme Manufacturing(IJEM)) / Koji Sugioka, Team Leader (Advanced Laser Processing Research Team)

August 7, 2024

優秀ポスター演題賞（一般社団法人日本メディカルAI学会）／高橋秀和客員研究員（画像情報処理研究チーム）

Excellent Poster Presentation Award (Japanese Association for Medical Artificial Intelligence) / Hidekazu Takahashi, Visiting Scientist (Image Processing Research Team)

September 27, 2024

中部科学技術センター会長賞（公益財団法人中部科学技術センター）／船井孝客員研究員（画像情報処理研究チーム）

Chairman's Award (The Public Foundation of Chubu Science and Technology Center) / Takashi Funai, Visiting Scientist (Image Processing Research Team)

October 18, 2024

最優秀若手研究者賞（テラヘルツ科学の最先端XI）／嶺颯太客員研究員（テラヘルツイメージング研究チーム）

Best Young Researcher Award (Symposium on Frontier of Terahertz Science XI) / Sota Mine, Visiting Scientist (Terahertz Sensing and Imaging Research Team)

October 23, 2024

Student prize at ISSS-10（公益社団法人 日本表面真空学会）／藤田優人大学院生リサーチ・アソシエイト兼研修生（フォトン操作機能研究チーム）

Student prize at ISSS-10 (The Japan Society of Vacuum and Surface Science) / Yuto Fujita, Junior Research Associate and Student Trainee (Innovative Photon Manipulation Research Team)

October 31, 2024

優秀演題賞（一般社団法人日本消化器関連学会機構）／高橋秀和客員研究員（画像情報処理研究チーム）

Excellent Presentation Award (Japan Digestive Disease Week) / Hidekazu Takahashi, Visiting Scientist (Image Processing Research Team)

November 6, 2024

The Arthur L. Schawlow Award (Laser Institute of America (LIA)) / 杉岡幸次チームリーダー（先端レーザー加工研究チーム）

The Arthur L. Schawlow Award (Laser Institute of America (LIA)) / Koji Sugioka, Team Leader (Advanced Laser Processing Research Team)

November 25, 2024

Top Cited Scholar 2024 (MDPI) / 杉岡幸次チームリーダー（先端レーザー加工研究チーム）

Top Cited Scholar 2024 (MDPI) / Koji Sugioka, Team Leader (Advanced Laser Processing Research Team)

November 25, 2024

ESI Highly Cited Paper Award November 2024 (Light: Science & Applications) / 杉岡幸次チームリーダー（先端レーザー加工研究チーム）

ESI Highly Cited Paper Award November 2024 (Light: Science & Applications) / Koji Sugioka, Team Leader (Advanced Laser Processing Research Team)

December 1, 2024

第5回日本眼科AI学会総会眼科AIコンテスト優勝（日本眼科AI学会）／西塚弘一客員研究員（光量子制御技術開発チーム）

Winner of the Ophthalmology AI Contest at the 5th General Meeting of the Japanese Society of Ophthalmology AI (Japan Society of Artificial Intelligence in Ophthalmology) / Koichi Nishitsuka, Visiting Scientist (Photonics Control Technology Team)

December 4, 2024

Best contributory oral presentation prize (International Conference on Electronics, Photonics and Terahertz Technology (InCEPT)) / 嶺颯太客員研究員（テラヘルツイメージング研究チーム）

Best contributory oral presentation prize (International Conference on Electronics, Photonics and Terahertz Technology (InCEPT)) / Sota Mine, Visiting Scientist (Terahertz Sensing and Imaging Research Team)

December 14, 2024

第24回年会功績賞（日本中性子科学会／池田裕二郎客員主管研究員（中性子ビーム技術開発チーム）

The 24th Annual Meeting Achievement Award (The Japanese Society for Neutron Science) / Yujiro Ikeda, Senior Visiting Scientist (Neutron Beam Technology Team)

December 24, 2024

第77回日本化学会賞（公益財団法人日本化学会）／田原太平チームリーダー（超高速分子計測研究チーム）

The 77th Chemical Society of Japan Award (The Chemical Society of Japan) / Tahei Tahara, Team Leader (Ultrafast Spectroscopy Research Team)

January 1, 2025

IEEE Life Fellow (IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers)) / 緑川克美センター長
IEEE Life Fellow (IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers)) / Katsumi Midorikawa, Director

January 10, 2025

功労者表彰「会長表彰」(一般社団法人日本金属プレス工業協会) / 高村正人客員研究員(中性子ビーム技術開発チーム)
Career Achievement Award "Chairman's Award" (Japan Metal Stamping Association) / Masato Takamura, Visiting Scientist (Neutron Beam Technology Team)

January 23, 2026

SATテクノロジー・ショーケース2025インフラ×異分野イノベーション賞優秀賞(つくばサイエンス・アカデミー(一般財団法人茨城県科学技術振興財団)) / 若林泰生研究員、福地知則研究員、池田裕二郎客員主管研究員、大竹淑恵チームリーダー(中性子ビーム技術開発チーム)

SAT Technology Showcase 2025 Infrastructure x Interdisciplinary Innovation Award Excellence Award (Tsukuba Science Academy (The Science and Technology Promotion Foundation of Ibaraki)) / Yasuo Wakabayashi, Research Scientist, Tomonori Fukuchi, Research Scientist, Yujiro Ikeda, Senior Visiting Scientist, Yoshie Otake Team Leader (Neutron Beam Technology Team)

February 3, 2025

令和6年度SCOPE 成果展開推進賞社会展開指向型(2年枠)(総務省戦略的情報通信研究開発推進事業(SCOPE)) / 加藤雄一郎チームリーダー(量子オプトエレクトロニクス研究チーム)

FY2024 SCOPE Results Development Promotion Award, Social Deployment-oriented type (Ministry of Internal Affairs and Communications, Strategic Information and Communications R&D Promotion Program (SCOPE)) / Yuichiro Kato, Team Leader (Quantum Optoelectronics Research Team)

March 14, 2025

理研栄峰賞(理化学研究所) / 山口敦史専任研究員(時空間エンジニアリング研究チーム)
RIKEN EIHO Award (RIKEN) / Atsushi Yamaguchi, Senior Research Scientist (Space-Time Engineering Research Team)

March 14, 2025

理研梅峰賞(理化学研究所) / 高橋栄治チームリーダー(超高速コヒーレント軟X線光学研究チーム)、和田智之チームリーダー(光子制御技術開発チーム)、戸島拓郎上級研究員(生細胞超解像イメージング研究チーム)、平野雅彦技師(生命光学技術研究チーム)

RIKEN BAIHO Award (RIKEN) / Eiji Takahashi, Team Leader (Ultrafast Coherent Soft X-ray Photonics Research Team), Satoshi Wada, Team Leader (Photonics Control Technology Team), Takuro Tojima, Senior Research Scientist (Live Cell Super-Resolution Imaging Research Team), Masahiko Hirano, Technical Scientist (Biotechnological Optics Research Team)

March 14, 2025

理研桜舞賞(理化学研究所) / 藤井瞬客員研究員(量子オプトエレクトロニクス研究チーム)
RIKEN OHBU Award (RIKEN) / Shun Fujii, Visiting Scientist (Quantum Optoelectronics Research Team)

研究最前線

光の専門家、 天目茶碗に挑む

海老塚 昇 (エビツカ・ノボル)

光子工学研究センター
先端光学素子開発チーム
研究員



鎌倉時代に中国から日本に渡来し、以来、大切に伝えられてきた一群の天目茶碗がある。中でも珍重されているのが、独特の斑紋や光彩を持つ「油滴天目」や「曜変天目」だ。その不思議な輝きは、再現を試みる陶芸家だけでなく研究者にとっても大きな謎だった。光彩の正体は茶碗表面の薄膜干渉とするこれまでの説に対して、海老塚 昇 研究員は、油滴天目の光彩は2次元サインカーブ状のシワによる光の重ね合わせ(多重干渉)で合理的に説明できる、と新たな説を提起した。

国宝・油滴天目との出会い

国宝の天目茶碗が美術館で展示されると、鑑賞の機会を待ちわびた多くのファンが集まる。その一つである「油滴天目」は、鉄を含む黒釉をたっぷりかけた小ぶりな茶碗で、その内と外に細かい油滴を水面に散らしたような斑紋が青紫の光彩を伴って広がる。その幽玄な佇まいは見応えがある(図1)。



図1 国宝・油滴天目茶碗
(大阪市立東洋陶磁美術館蔵、撮影：西川 茂 氏)

中国・宋代に建窯(現在の福建省)で焼かれた多くの天目茶碗が、留学僧によって日本に持ち帰られ、大名などに伝来した。その斑紋や光彩は、重金属を斑点状に散らすなどして人為的につくられたものではなく、焼成の条件による窯変の結果である。光彩の正体は光の波長によって生じる「構造色」だ。

なぜ美しい構造色が見られるのか。20世紀半ば、高名な陶磁研究者と無機化学者が、曜変天目の光彩は茶碗表面の「薄膜干渉」によるものとする説を唱え、以来、これが定説となってきた。薄膜干渉は、光が薄膜に当たったときに表面で反射する光と裏面で反射する光の干渉が起きる現象で、虹色に輝くシャボン玉などに見られる。

海老塚 研究員は、すばる望遠鏡のグリズム(プリズムと回折格子の組み合わせで任意の波長の回折光を直進させる分光装置)開発に携わってきた光工学の専門家だが、思いがけない経緯で油滴天目と関わることになった。「国宝の天目茶碗などの優れた画像制作で知られる写真家の西川 茂 氏が、2種類のLEDを搭載した面光源(面状の光源)で撮影対象に照明を当て、色バランスの良い写真を撮っていました。この照明器具メーカーから、色と照明の関係について調査を依頼されたのです」

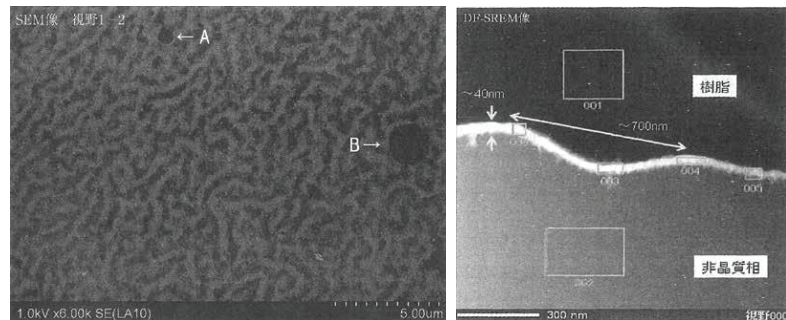
手がかりは表面のシワ

10年余り前、天目茶碗の光彩について、薄膜干渉とは異なる説を唱えた研究者がいた。陶磁研究者で陶芸家の長江 惣吉 氏は、手元にあった建窯製天目茶碗の破片を材料科学者の福嶋 喜章 氏(当時 豊田中央研究所)に依頼して走査型電子顕微鏡(SEM)で観察した。この種の天目茶碗では、釉薬が流れて油滴が細長く伸びた紋様が生じ、そこに光彩が現れる。

SEM像に認められたのは、破片表面の周期的なシワだった。形状は砂漠の風紋や脳表面を思わせる(図2)。シワは冷却時の釉薬の収縮率が、ガラス質層と多結晶層と異なるためにでき

図2 禾目天目茶碗の破片 (SEM像)

表面に周期的なシワが見られる。『東洋陶磁』VOL.41掲載論文、長江惣吉・福岡喜章「宋代建盏の光彩の研究」より転載



と考えられる。そこで、「シワの周期が可視光の波長と等しくなっているために、反射した光が干渉して光彩が生じる」とする説を発表した*。

海老塚 研究員は天目茶碗について調べる中でこの「シワ」論文を知った。国宝・油滴天目茶碗の青色の光彩は回折格子による分光ではないかと思っていたので、西川氏が撮影した油滴天目の画像の彩度を上げて観察したところ、光彩の鮮やかな青色の周囲に緑色が認められた。

「それを見て、『シワ』が『回折格子』として機能して分光される色の順番だと気がきました。そこで、『回折格子』と『シワ』が繋がったのです。セレンディビティーでした」と振り返る。光の専門家ならではのひらめきだった。表面がサインカーブ状や、微小な三角プリズムが周期的に並んだ回折格子では周期が短いほど光が大きく広がり(回折され)、格子1周期ごとに、光の波が1波長ずつ、あるいは0を除く整数波長ずれて、格子の周期と光の波長に応じた回折角で重なり合い、強め合う(多重干渉)。釉薬表面の周期的な2次元のシワが、サインカーブ状の回折格子の役割をしているのではないか。

これまで天目茶碗の斑紋や光彩について議論した論文の著者には、光学専門家は見当たらない。おそらく、初の光学の立場からの観察だっただろう。縁がなかった陶磁器の世界と光学の

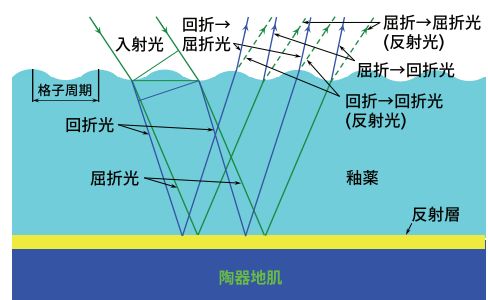


図3 光彩が見られる油滴部分をシワ構造と想定

釉薬表面にサインカーブ状の周期的なシワ、裏面に金属鉄の反射層があると仮定して、回折光の波長と位置を推定した。

世界が撮影と照明を介して接点を持ったことで、新しい解釈が生まれた。

回折格子説を計算で裏付ける

海老塚 研究員は、光彩が取り巻く油滴部分は裏側に釉薬由来の金属鉄の反射層を持つ2次元サインカーブ状のシワ構造を持つ(図3)と想定して、回折格子説を計算によって裏付けることを試みた。

まず、西川氏が撮影した画像の彩度を上げて、面光源からの反射光や光彩の色をより鮮明に見えるようにした。複数枚の西川氏の画像から茶碗の形状を求めて、セットされたカメラと面光源の位置で波長400nm(100nmは1万分の1mm)の光を当てたとき、茶碗の内側に写る面光源の反射光と青緑色の光彩の位置から、シワの周期は900nmと考えられた。この条件で計算すると、釉薬の厚みが50~100nmで2次元のシワ構造による回折光と仮定しても、矛盾なく青緑色の光彩を説明できることが分かった。

逆にこうした計算によって、「この油滴天目には、点光源から球面状に広がる照明を使用すると、回折が鮮やかに見られるはずだと割り出せます」と海老塚 研究員。この知見は、美術館での展示や撮影の際に茶碗の魅力を最大限に引き出す照明のヒントになるかもしれない。

美しい斑紋と光彩を持つ天目茶碗を国内で再現する試みは、14世紀から行われてきた。現在も、長江氏をはじめ多くの陶芸家が高いレベルの挑戦を続けている。「釉薬の表面に薄い多結晶の層ができる条件と、シワができる冷却速度を見つけ出すことができれば、国宝・油滴天目茶碗のような光彩を再現できるでしょう」。研究成果は1,000年近く前に建業で生まれた不思議な輝きをよみがえらせる手がかりになる可能性がある。

今回の調査は、天目茶碗の高精細画像と破片の電子顕微鏡写真に基づいて行われたが、「曜変天目を含めて、もし実物を計測する機会があれば、最新の技術によってさらに新たな事実が判明するかもしれません」。その可能性に期待するのは、海老塚研究員だけではない。

*原論文情報：長江・福岡『東洋陶磁』、41(2011)35-45

取材・構成：吉野 悦子/撮影：吉末 拓也

研究最前線

新たな物理現象の発見に期待！ 光渦の研究

渦を巻きながら進む特殊な光、「光渦」。レーザー加工や物質の性質の研究など、さまざまな分野で注目を集めている。リン・ユーチー 研究員らは「極超短パルス」と呼ばれる特殊なレーザー光を光渦に変換することに成功した。「私たちだからこそできたチャレンジ」と語る研究チーム取材した。

近年注目される渦巻き状の光

通常のレーザー光(図1A)は、スクリーンに当たると、ビームの中心が最大強度であるため中心が最も明るく見える。ところが、1本の軸を中心にねじれながら進む特殊な光の場合は、スクリーンに当たると中心が暗いドーナツ状に見える。ビームを断面にして模式的に示すと図1Bのような渦巻き状になる。これを「光渦」という。光渦は1974年にその特性についての論文が発表されて以来、世界中で研究が進められてきた。従来の光では実現できないような物質の性質の研究や「渦巻き状の微細な構造物をつくる」といった新たなレーザー加工技術が生み出されるとして、注目度が高まっている。



図1 通常のレーザー光の位相Aと光渦のレーザー光の位相B

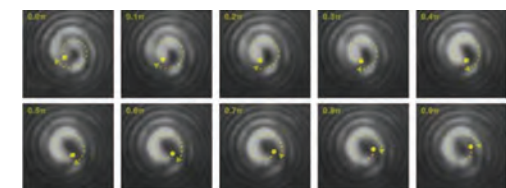


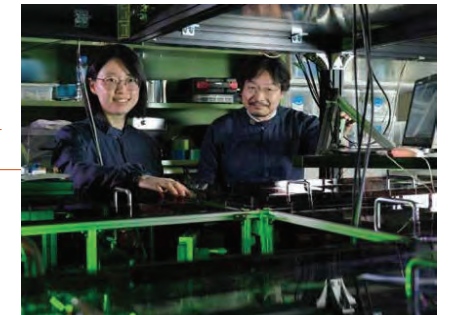
図2 サブサイクル光の極超短パルスレーザーが光渦に変換した様子

渦巻き形状の光が反時計回りに回転している。

光量子工学研究センター
アト秒科学研究チーム

リン・ユーチー
(Lin Yu-Chieh)
研究員

鍋川 康夫
(ナベカワ・ヤスオ)
専任研究員



光渦でカイラル分子の謎を解明したい

リン研究員はこれまで「サブサイクル光」と呼ばれる、光電場の振動周期よりも速い、極めて短い時間で発生するレーザーパルスの研究に携わってきたが、ある時、このサブサイクル光を光渦に変換して物質の変化を観測すれば、新たな発見につながるのではと考えついた。例えば、鏡像関係にあるカイラル分子のそれぞれの電子の振る舞いだ。構成する元素の種類も数も同じ分子なのに特性が大きく異なる場合があり、謎とされている。一方、光渦には互いに鏡像関係にある右回りと左回りの2種類の渦構造がある。「この2種類の光をカイラル分子に当てると、従来の偏光ベースの分析では得られなかった自由度と感度が得られるかもしれない」と心を躍らせたのだ。

カイラル分子中の電子の振る舞いを観測するには、高強度のサブサイクル光の極超短パルスが必要だ。しかし、いきなり実験で高強度を使うことは難しかったため、まずは強度の低い光を使ってサブサイクル光が光渦へ変換可能なことを実証することから始めた。

1年越しの実験で光渦を実証

そもそも、サブサイクル光の極超短パルスレーザーを発生させること自体が非常に難しい技術なのだが、リン研究員ら理研のグループは世界に先駆け2020年に、簡便に発生させられる手法を開発していた。そのため、通常の光を光渦に変換する既存の手法を使い、サブサイクル光の極超短パルスレーザーを光渦に変換するところまではいたって順調に進んだ。

「ところが、この変換した光が通常の光渦とは異なる独自の性質を持つことを確認する手法がないことに気付いたのです。そこで、鍋川さんをはじめ、高い専門知識を持つ理研の研究者の方々にアドバイスをいただきながら、約1年に及ぶ試行錯誤を繰り返しました」とリン研究員。その結果、ようやく光渦に変換されていることを確認できたのである(図2)。

「今回の成果は、サブサイクル光の極超短パルスレーザーを発生させる独自技術を持っていた私たちだからこそできたチャレンジといえるでしょう」と語る鍋川 康夫 専任研究員。リン研究員は「さらに高強度のサブサイクル光の極超短パルスレーザーの光渦への変換に挑戦し、カイラル分子の謎に迫りたい」と目を輝かせた。

取材・構成：山田久美/撮影：相澤正。



私の科学道

ミドリカワ
センター長
緑川 克美
カッミ

「レーザーの無限の可能性」
に導かれて

人工的につくり出され、単一波長で直進する光「レーザー」。微細加工や通信、顕微鏡観察などその応用範囲は広く、最近でも2018年、2023年には関連の発明がノーベル物理学賞を受賞するなど重要な科学技術の一つだ。光量子工学研究センターの緑川 克美 センター長は、競争の激しいこの分野で、世界最高出力の「アト秒パルスレーザー」を開発するなど、大きな成果を上げてきた。

レーザーとの出会い

40年ほど前、大学院生だった私は、次世代のエネルギーとされていた核融合を起す手段としてレーザーの研究を始めました。卒業後はレーザー技術を生かして理研のウラン濃縮プロジェクトに参加し、プロジェクトの目標達成を機に「X線レーザーをつくりたい」と申し出て、以来、この思いを貫いてきました。

発見に次ぐ発見で不可能が可能に

1980年代初め、レーザー界は「次はX線だ」という機運に沸いていました。しかし、強力な励起が必要なX線レーザーを発生させるには巨大な励起用レーザーが必要で、当時の理研ではつくれません

でした。どうするか考えていたころ、レーザー強度を飛躍的に上げる「チャープパルス増幅」(2018年ノーベル物理学賞)という画期的な方法が発明され、卓上サイズの装置でも可能性があると思いつきました。

ところが、いざ装置の開発を始めると、X線のミラーがないため位相(波の山や谷の位置)を揃えて増幅できないことが問題になりました。その頃、これも後にノーベル物理学賞(2023年)をとる「高次高調波」という現象が発見され、出力は微弱ながら位相の整った状態で波長を短くできることが分かったのです。この現象を利用して、2002年、X線波長領域で高出力の「アト秒パルスレーザー」の開発に成功しました。開発した手法は、今では高出力の高次高調波を発生させる国際標準になっています。

ノーベル賞級の研究成果に裏付けられた装置開発でしたが、実際につくるのは大変でした。強度が出ずに悩んでいた時のことですが、レーザー光を閉じ込めるための中空ファイバーをたまたま外してしまったら、なんとその問題が解決されたという幸運もありました。

アト秒レーザーが世界を変えた

やりたかったことの一つが、「アト秒パルスの時間幅の計測」でした。高次高調波が櫛の歯状のスペクトルになっているのを見れば、そこではアト秒領域の時間幅のパルスが列をなしていることが容易に想像できます。しかし、可視域とは違って光学素子がほとんどないX線領域でのパルス幅の計測は容易にはできません。

世界中の研究者がこの問題に挑む中、私たちはアト秒パルスレーザーのパルスを2分割して双子パルスをつくり、それらを干渉させる装置を開発しパルスの時間幅を計測しました。2005年、世界で初めてアト秒パルス同士でのアト秒時間計測に成功したのです。アトとは100京分の1(10⁻¹⁸)のことで、電子の動きが測れる短さです。全く違った時間軸でモノを観察できるようになり、「アト秒科学」という分野が誕生しました。

私の研究の集大成とも言えるこれらの成果に、若手たちの活躍が続いていくのが楽しみです。私自身もレーザーへの興味は尽きません。かつてのノーベル賞受賞者の「レーザーに限界はない」という言葉に、ますます共感を覚えています。

取材・構成：池田 亜希子／撮影：相澤 正。



特集

山形 豊 (ヤマガタ・ユタカ)
光量子工学研究センター
先端光学素子開発チーム
チームリーダー

超精密加工技術で、 研究基盤の地平を グイッと拓く

高精度光学素子加工用の最新の大型超精密加工装置を前に。

1997年に、制御分解能10nm(1nmは100万分の1mm)の4軸超精密加工装置と共に神奈川県科学技術アカデミー(現・神奈川県立産業技術総合研究所)から理研に移ってきた山形 豊 チームリーダー。以来四半世紀、超精密加工技術を核に、集光ミラーや非球面レンズなど精緻な光学素子を開発し、中性子線やX線による計測や観測・観察の限界を打ち破ってきた。

縦・横・回転プラス上下の 4軸同時制御で難題に応える

「超精密加工装置の発端は、1980年代に米国の国立研究所が高精度の加工装置をつくったのが始まりです」。80年代半ばには米国の工作機械メーカーが手がけるようになり、90年ごろには日本国内でも挑戦するメーカーが出てきた。「そのうちの一家に95年に特注した装置が、私と一緒に理研に来た“相棒”で、30年経った今もまだ現役です。当時の超精密加工装置は、一定速度で回転する旋盤主軸と平面上の縦軸・横軸で、2軸制御しかできなかったのですが、上下に動く軸と回転軸の位置制御も付けるように頼んだ特注品です。超精密4軸同時制御はかなり難しく、米国にもなかった。この装置が世界初なんです」

一方、理研では、大型放射光施設SPring-8でX線のビームが生成されるようになり、X線の集光ミラーをつくるプロジェクトが始まろうとしていた。これには超精密加工技術が必須だ。球面形状のレンズやミラーには球面収差と呼ばれる効果により焦点のぼやけが生じる。光を一点に集めるには非球面という対称軸が一つしかない曲面をつくらねばならず、超精密加工技術で削ることが必要になる。その担い手として山形 チームリーダーに声がかかったのだ。「長さ1mの集光ミラーの製作を要求されました。かなり難しい課題でしたが、当時としては画期的

な10nmの制御分解能で1m以上のミラーを削れる大型の超精密加工装置をつくりました」

集光ミラーを金属でつくる理由

精度には形の「形状精度」と表面の滑らかさを示す「表面粗さ」があり、両方の精度を確かめる計測装置が重要になってくる。「2013年、理研に光量子工学研究領域(2018年に光量子工学研究センターへ改組)ができたのを機に、必要な加工装置や測定機器を順次そろえました。これらを駆使した成果の一つが、中性子ビームの集光ミラーの開発だ。形状精度が数百nm、表面粗さは0.1nmで、大強度陽子加速器施設「J-PARC」をはじめ海外の大学や研究機関などでも使われている。

「私たちのミラーの特徴は、素材が金属だということです。通常は非結晶(アモルファス)のガラスや単結晶のシリコンを使う。研磨すると非常に平滑な面が得られるからだ。一方、金属材料は多結晶で個々の結晶の方向によって硬さが違い、磨いても凹凸ができやすい。だが、金属には切削が容易で自由な形を迅速につくれるという利点もある。このメリットを生かすため、山形 チームリーダーが考えたのは、ジュラルミン(アルミニウム合金の一種)などで形をつかった構造体の表面に、特殊なアモルファスのニッケルリンのメッキを施すことだった。

メッキ処理による100μm(1μmは1000分の1mm)の厚さの金属被膜を、単結晶ダイヤモンド工具で50μmほど削り、さらに遊離砥粒で研磨して表面粗さを0.1nmにする。ガラスやシリコンの研磨では何週間もかかっていた工程を100時間以下まで短縮したが、「目標は形状精度10nm以下と表面粗さ0.1nmを両立させた金属ミラーを1週間以内に完成させる技術を開発すること」。今なお、技術を磨き続ける日々だ。

取材・構成：由利 伸子／撮影：相澤 正。

Attosecond imaging made possible by short and powerful laser pulses

A new technique, called advanced dual-chirped optical parametric amplification, has increased the energy of single-cycle laser pulses by a factor of 50. The technique uses two crystals (shown as clear cubes), which amplify complementary regions of the spectrum.

A pair of nonlinear crystals is all it takes to create ultrashort laser pulses that are 50 times more energetic than any other laser pulses, finally shining light on how ultrafast electron reactions evolve.



This feature looks at the work of **EIJI J. TAKAHASHI**

Exremely short pulses of laser light with a peak power of 6 terawatts (6 trillion watts)—roughly equivalent to the power produced by 6,000 nuclear power plants—have been realized by two RIKEN physicists. This achievement will help further develop attosecond lasers, for which three researchers were awarded the Nobel Prize in Physics in 2023.

In the same way that a camera flash can ‘freeze’ rapidly moving objects, making them appear as if they are standing still in photos, extremely short laser pulses can help light up ultrafast processes, providing scientists with a powerful way to image and probe them.

For example, laser pulses of the order of attoseconds (one attosecond = 10^{-18} second) are so short that they can reveal the motion of electrons in atoms and molecules, giving a new way to discover how chemical and biochemical reactions evolve. Even light seems to crawl at such short time scales, taking about 3 attoseconds to traverse a single nanometer.

“By making it possible to capture the motion of electrons, attosecond lasers have made a major contribution to basic science,” says Eiji Takahashi of the RIKEN Center for Advanced Photonics (RAP). “They’re expected to be used in a wide range of fields, including observing biological cells, developing new materials and diagnosing medical conditions.”

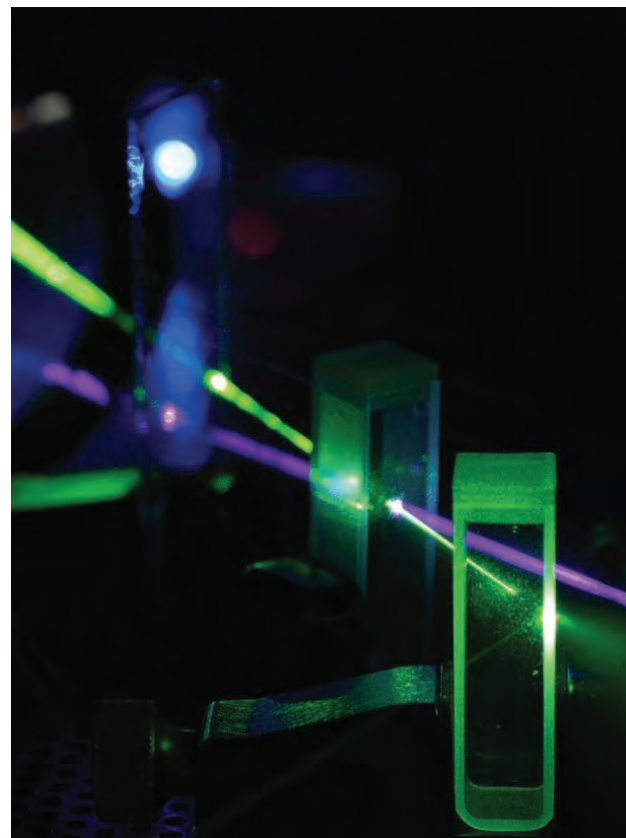
POWER AND PUNCH

But while it is possible to create ultrashort laser pulses, they lack much punch, having low energies. Creating laser pulses that are both ultrashort and have high energies would greatly expand their possible uses. “The current output energy of attosecond lasers is extremely low,” says Takahashi. “So it’s vital to increase their output energy if they are to be used as light sources in a wide range of fields.”

Just as audio amplifiers are used to boost sound signals, laser physicists use optical amplifiers to increase the energy of laser pulses. These amplifiers usually employ nonlinear crystals that exhibit special responses to light. But these crystals can be irreparably damaged if they are used to amplify single-cycle laser pulses, which are so short that the pulse

Eiji Takahashi is the team leader of the Ultrafast Coherent Soft X-ray Photonics Research Team at the RIKEN Center for Advanced Photonics, and a chief scientist at the Extreme Laser Science Laboratory at the RIKEN Cluster for Pioneering Research. He received his Ph.D. in engineering at Utsunomiya University, Utsunomiya, Japan, in 2001. After this, he worked on the early development of intense high-order harmonic sources and spectroscopy at RIKEN. In 2004, he joined the Institute for Molecular Science, a research institute near Nagoya in Japan, where he was an assistant professor. Since rejoining RIKEN in 2006, Takahashi has researched novel ultrafast laser sources, such as optical waveform synthesizers, coherent soft x-rays, and attosecond lasers. His research interests include high-intensity laser-matter interactions, attosecond science, and high-power laser technology.

© 2024 RIKEN



RIKEN researchers have made a breakthrough in high-energy ultrafast lasers.

finishes before the light can oscillate through a full wavelength cycle.

"The biggest bottleneck in the development of energetic, ultrafast infrared laser sources has been the lack of an effective method to directly amplify single-cycle laser pulses," explains Takahashi. "This bottleneck has resulted in a one-millijoule barrier for the energy of single-cycle laser pulses."

A NEW RECORD

Now, Takahashi and RAP colleague, Lu Xu, have not just exceeded this barrier, they have smashed through it. They have amplified single-cycle pulses to beyond 50 millijoules—more than 50 times the best effort. Because the resulting laser pulses are so short, this energy translates into incredibly high powers of several terawatts. "We've demonstrated how to overcome the bottleneck by establishing an effective

method for amplifying a single-cycle laser pulse," says Takahashi.

Their method, called advanced dual-chirped optical parametric amplification (DC-OPA), is surprisingly simple, involving just two crystals, which amplify complementary regions of the spectrum. "Advanced DC-OPA for amplifying a single-cycle laser pulse is very simple, being based on just a combination of two kinds of nonlinear crystals—it feels like an idea that anyone could have come up with," says Takahashi. "I was surprised that such a simple concept provided a new amplification technology and caused a breakthrough in the development of high-energy ultrafast lasers."

Importantly, advanced DC-OPA works over a very broad range of wavelengths. Takahashi and Xu were able to amplify pulses whose wavelengths differed by more than a factor of two. "This new method has the revolutionary feature that the amplification bandwidth can be made ultrawide without compromising the output energy-scaling characteristics," says Takahashi.

AMPLIFICATION TECHNIQUE

Their technique is a variation on another amplification technique for optical pulses, called 'chirped pulse amplification', for which three researchers from the United States, France and Canada were awarded the Nobel Prize in Physics in 2018. There is an interesting connection between the 2018 and 2023 prizes in that chirped pulse amplification was one of the techniques that enabled the development of attosecond lasers.

Takahashi anticipates that their technique will further advance the development of attosecond lasers. "We have succeeded in developing a new laser amplification method that can increase the intensity of single-cycle laser pulses to terawatt-class peak power," he says. "It's undoubtedly a major leap forward in the development of high-power attosecond lasers."

In the longer term, he has his sights set on going beyond attosecond lasers and creating even shorter pulses.

"By combining single-cycle lasers with higher-order nonlinear optical effects, it could well be possible to generate pulses of light with a time width of zeptoseconds (one zeptosecond = 10^{-21} second)," he says. "My long-term goal is to knock on the door of zeptosecond-laser research, and open up the next generation of ultrashort lasers after attosecond lasers." ●

REFERENCE

Xu, L. & Takahashi, E. J. Dual-chirped optical parametric amplification of high-energy single-cycle laser pulses *Nature Photonics* **18**, 99–106 (2024).

© WILLIAM BULGARSCIENCE PHOTO LIBRARY/GETTY

DARK MATTER

Opening up new ground in the search for dark matter

A proposed detector will allow physicists to cover uncharted territory in their search for elusive dark matter

A new kind of detector for dark matter has the potential to make a direct detection of the enigmatic material, according to an analysis by RIKEN physicists.

Objects that astronomers can detect are thought to make up only about 15% of the mass of the Universe; the other 85% is made up of dark matter. The nature of dark matter is one of the great mysteries in modern physics. "Dark matter is very elusive," says Javier De Miguel of the RIKEN Center for Advanced Photonics (RAP). "We're most likely being bombarded by dark-matter particles every second without noticing it."

A global search is underway to try to directly detect dark matter. "Several candidates for dark matter are being explored

in parallel in an enormous joint effort by the scientific community," says De Miguel. "I'm optimistic that the detection of dark matter could be one of the landmark events of this century."

In 2021, De Miguel reported on a new kind of dark-matter detector, which he called the Dark photons & Axion-Like particles Interferometer (DALI), for detecting dark-matter candidates known as axions.

The DALI is now in the design and prototyping phase, and it is expected to be installed at Teide Observatory (see image) on the Spanish island of Tenerife with a target commissioning time of about five years.

To evaluate the prospects of DALI detecting axions and other dark-matter candidates, De

Miguel and Chiko Otani, also of RAP, and their co-workers have conducted an analysis of the detector.

Their forecast predicts that over about 15 years of operation DALI will be able to cover a significant portion of the parameter space where the axion (if it exists) might be hiding. The analysis also indicates that DALI may also be able to detect another possible candidate for dark matter known as the dark photon.

DALI will be able to cover uncharted territory. "Previous experiments had limitations when it came to searching for dark matter at high frequencies. DALI solves this problem by adopting a new strategy," says De Miguel. "If the axion or dark photon exist in this territory, we

may pioneer a direct detection." The analysis also revealed strategies that could be used to enhance the effectiveness of DALI, including installing it on a steerable mount and creating an array of small DALI detectors.

Based on the analysis, De Miguel is convinced that DALI has the potential to make a vital contribution to the global search for dark matter. "I believe that the DALI experiment can play a key role in the search and detection of dark matter," says De Miguel. "Especially since it is reasonably low cost and feasible to implement." ●

Reference

- De Miguel, J., Hernández-Gabrera, J. F., Hernández-Suárez, E., Joven-Alvarez, E., Otani, C. & Rubiño-Martín, J. A. Discovery prospects with the Dark-photons & Axion-Like particles Interferometer. *Physical Review D* **109**, 062002 (2024).
- De Miguel, J. A dark matter telescope probing the 6 to 60 GHz band. *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics* **4**, 75 (2021).

Teide Observatory on Tenerife, Spain. A new detector here may allow physicists to finally detect dark matter, which is impossible to detect using conventional astronomical instruments.



Optics Expert Takes on *Tenmoku* Tea Bowl



Figure 1: National treasure *Yuteki Tenmoku* tea bowl

Photo: The Museum of Oriental Ceramics, Osaka (gift of SUMITOMO Group, the ATAKA Collection), photograph by NISHIKAWA Shigeru

Ebizuka Noboru, Research Scientist, Ultrahigh Precision Optics Technology Team, RIKEN Center for Advanced Photonics (RAP)

A number of *tenmoku* tea bowls¹ were brought to Japan from China during the Kamakura period (1185–1333) and have been carefully passed down ever since. Among them, the most highly valued are the small number of “Yuteki Tenmoku²” and “Yohen Tenmoku³” tea bowls, designated as national treasures, which have unique oil spots and luster. This luster has been a great mystery not only to the potters who have tried to reproduce it, but also to researchers. In contrast to the previous theory that the luster is actually thin-film interference on the surface of the tea bowl, RIKEN researcher Ebizuka Noboru has proposed a new theory that the luster of the national treasure Yuteki Tenmoku tea bowl can be reasonably explained by the overlapping of light (multiple interference) caused by two-dimensional sine curve wrinkles.

¹ *Tenmoku* tea bowls are the Japanese name for black glazed tea bowls produced and used around the temples in Tianmu Mountain (*Tenmoku-san* in Japanese) in Zhejiang Province, China. It is said that during the Kamakura period (1185–1333), Japanese monks who studied abroad brought them back with them, and they became known as Tenmoku tea bowls.

² The name *yuteki* describes the gold, silver and blue iridescent spots resembling the oil drops floating on the surface of the water. [https://apisites.jmapps.ne.jp/mocoor_o/en/collection/25]

³ <https://www.miho.jp/booth/html/artcon/00010618e.htm>

Discovering the National Treasure *Yuteki Tenmoku* tea bowl

Whenever a national treasure *tenmoku* tea bowl is exhibited in a museum, many aficionados gather, eager for the opportunity to see it. One of the national treasure bowls, the “Yuteki Tenmoku”, is a small tea bowl covered with a generous amount of black glaze containing iron, and the inside and outside of the bowl are covered with blue-purple luster, with a pattern that looks like fine oil drops scattered on the surface of water. Its ethereal appearance is very worth seeing (Figure 1).

During the Song Dynasty in China, many *tenmoku* tea bowls fired in the Jian kiln (in present-day Fujian Province) were brought to Japan by visiting monks and passed on to feudal lords and other families. The oil spots and luster were not artificially created by scattering heavy metals in spots, but were the result of changes in the kiln caused by firing conditions. The true nature of luster is a “structural color” that is created by the wavelength of light.

Why does the beautiful structural color appear? In the mid-20th century, a renowned ceramics researcher and inorganic chemist proposed that the luster of *yohen tenmoku* tea bowls was due to “thin-film interference” on the surface of the bowl, and this theory has since been accepted. Thin-film interference is a phenomenon in which light waves reflected from the front and back of a thin film interfere with one another, and can be seen, for example, in the iridescent surface of a soap bubble.

Ebizuka is an optical engineering specialist who has been involved in the development of grisms (a spectroscopic device that is a combination of a prism and a transmission diffraction grating to diffract light of any desired wavelength in a direct vision direction) for the Subaru Telescope, but he became involved with the *yuteki tenmoku* tea bowl through an unexpected turn of events. “Photographer Nishikawa Shigeru, known for his excellent images including of national treasure *tenmoku* tea bowls, was taking photographs with good color balance by lighting his subjects with a planar light source (a flat-illumination light source) equipped with two types of LEDs. The lighting fixture manufacturer asked us to investigate the relationship between color and lighting,” says Ebizuka.



Dr. Ebizuka Noboru

The clue was the wrinkles on the surface

A little over 10 years ago, a researcher proposed a theory for the luster of *tenmoku* tea bowls that was different from thin-film interference. Ceramics researcher and potter Nagae Sokichi asked materials scientist Fukushima Nobuaki (then at Toyota Central R&D Labs) to use a scanning electron microscope (SEM) to examine a fragment of a Jian Kiln-made “Nogime Tenmoku” tea bowl he had. In this type of *tenmoku* tea bowl, the glaze flows and creates a pattern that looks like elongated oil spots, and the luster appears there.

SEM images showed periodic wrinkles on the surface of the fragments. The shape was reminiscent of wind patterns in the desert or the surface of the brain (Figure 2 left). It was thought that the wrinkles were caused by the difference in the shrinkage rate of the glaze that occurred during cooling after firing between

the glassy layer and the surface polycrystalline layer (The DF-STEM image of figure 2 right). Therefore, a theory was proposed that “the period of the wrinkles is equal to the wavelength of visible light, so the reflected light interferes and creates the iridescence.”⁴

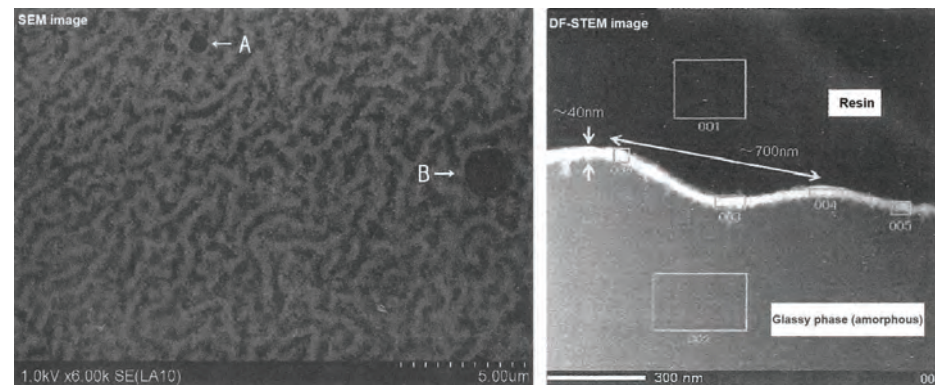


Figure 2: Fragment of the Nogime Tenmoku tea bowl (Left: SEM image of surface, Right: DF-STEM (Dark field scanning transmission electron microscope) image of cross section)

Periodic wrinkles can be seen on the surface in the left panel. White area between resin and glassy phase is polycrystalline layer in the right panel. (Reprinted from the article published in *Toyo Toji* (oriental ceramics) Vol. 41, NAGAE, Soukichi IX/ FUKUSHIMA, Yoshiaki, “Research on Song Dynasty Jian Ware Tea Bowls”)

Ebizuka learned about this paper on the “wrinkle” while researching *tenmoku* tea bowls. He then increased the saturation of an image of the Yuteki *tenmoku* tea bowl taken by Nishikawa and observed a green color surrounding the bright blue of the luster.

“When I saw that, I realized that the ‘wrinkles’ functioned as ‘diffraction gratings’ and were the order of the colors of a spectrum. That’s when the ‘diffraction grating’ and the ‘wrinkles’ were connected. It was serendipity,” he recalls. It was an inspiration that only an optics expert could have. In a sine curve-shaped surface, or in a diffraction grating with tiny triangular prisms arranged periodically, the shorter the period, the light spreads (diffracts) wider. For each grating period, the light waves are shifted by one wavelength, or an integer wavelength excluding 0, overlapping and amplifying each other at a diffraction angle that depends on the grating period and the wavelength of the light (multiple interference). The periodic two-dimensional wrinkles on the glaze surface can play the role of a diffraction grating on a sine curve-shaped surface.

Until now, there may have been no optics experts among the authors of papers discussing the oil spots and luster of *tenmoku* tea bowls. This was probably the first observation from an optics perspective. The world of ceramics and the world of optics, which had never been connected, came into contact through photography and lighting, and a new interpretation was born.

Calculations support diffraction grating theory

Ebizuka and Dr. Okamoto Takayuki (Co-author of the paper on Brilliance of the Oil Drop Tenmoku Tea Bowl of National Treasure) attempted to support the diffraction grating theory with calculations, assuming that the oil spots under the luster have a two-dimensional sine curve wrinkled structure with a metallic iron reflective layer on the back, derived from the glaze (Figure 3).

⁴ Original paper information: Nagae / Fukushima, *Toyo Toji*, 41 (2011) 35-45

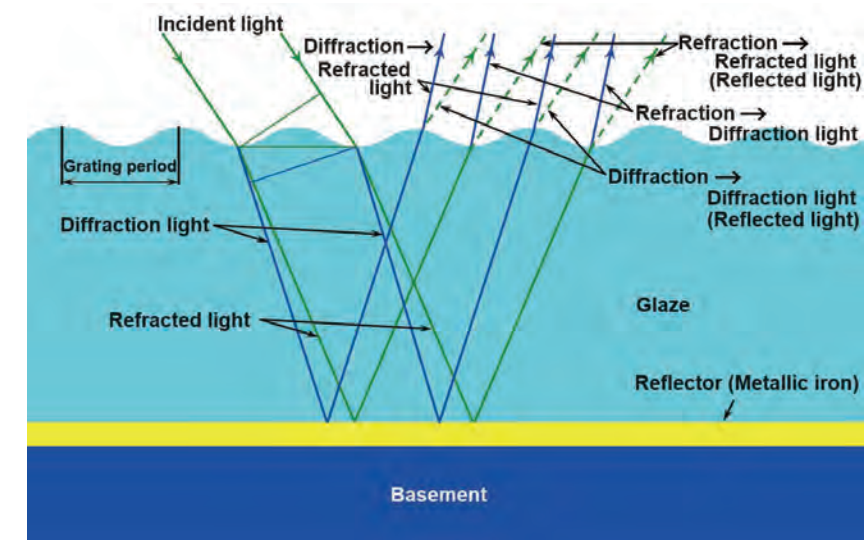


Figure 3: Oil spots where luster is observed are assumed to be a wrinkle structure

The wavelength and position of the diffracted light were estimated based on the assumption that there are periodic wrinkles on the sine curve-shaped surface of the glaze and a reflective layer of metallic iron on the back surface.

First, the saturation of the images taken by Nishikawa was increased to make the reflected light from the planar light source and the color of the luster more visible. The shape of the tea bowl was obtained from multiple Nishikawa images. In the case of light with wavelength of 400 nanometers (nm, 100 nm is 1/10,000 mm) was shone on it with a fixed position for the bowl, camera and planar light source, the reflected light from the planar light source and the position of the blue-green luster on the inside of the tea bowl indicated that the period of the wrinkles was estimated to be 900 nm. Calculations under these conditions showed that the blue-green luster could be explained without contradiction even if it was assumed that the glaze was 50-100 nm thick and that the light was diffracted by a two-dimensional wrinkle structure.

Conversely, “these calculations allow us to determine that the Yuteki *tenmoku* tea bowl should have brilliant diffraction when illuminated by a point source with a spherical spread,” says Ebizuka. This finding may provide clues for lighting that will bring out the best in the tea bowl when it is displayed or photographed in a museum.

Attempts to recreate *tenmoku* tea bowls with their beautiful oil spots and luster have been made in Japan since the 14th century. Even today, Nagae and many other potters continue to meet this challenge at a high level. “If we can find the conditions for the formation of a thin polycrystalline layer on the surface of the glaze and the cooling speed that creates wrinkles, we may be able to reproduce the luster of the Yuteki Tenmoku tea bowl, a national treasure,” says Ebizuka. The results of this research may provide clues to reviving the mysterious luster that was born in the Jian Kiln in China nearly 1,000 years ago.

The current investigation was based on high-resolution images of the *tenmoku* tea bowl and electron microscope photographs of the fragments, but Ebizuka says, “If we have the opportunity to measure the actual objects, including *yohen tenmoku* tea bowls, we may be able to uncover even more new facts using the latest technology.” Ebizuka is not the only one who is excited about this possibility.

レーザー加工機と加工技術

フェムト秒レーザー加工を高性能化する新たな照射技術—GHZバーストモード—

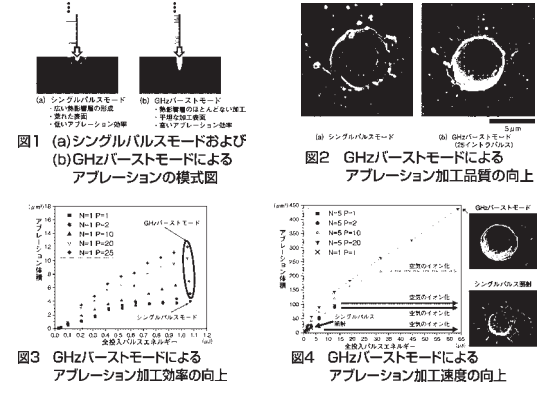
今日、フェムト秒レーザー加工は、加工精度が極めて高く、加工面が滑らかで、加工後の熱影響がほとんどないという特徴があります。また、加工後の表面に微細な構造を形成させることも可能で、さまざまな用途に応用されています。しかし、加工速度の向上や加工コストの削減といった課題も残っています。本稿では、これらの課題を克服するための新たな照射技術「GHZバーストモード」について紹介します。

フェムト秒レーザー加工

フェムト秒レーザー加工は、従来のレーザー加工に比べて、加工精度が極めて高く、加工面が滑らかで、加工後の熱影響がほとんどないという特徴があります。また、加工後の表面に微細な構造を形成させることも可能で、さまざまな用途に応用されています。しかし、加工速度の向上や加工コストの削減といった課題も残っています。本稿では、これらの課題を克服するための新たな照射技術「GHZバーストモード」について紹介します。

GHZバーストモード

従来のフェムト秒レーザー加工は、加工速度が低く、加工コストが高くなるという課題がありました。GHZバーストモードは、加工速度を向上させ、加工コストを削減するための新たな照射技術です。この技術は、加工速度を向上させるだけでなく、加工後の表面に微細な構造を形成させることも可能で、さまざまな用途に応用されています。



アブレーション冷却

シリコンのアブレーション

2016年にトヨタのイオン電池が話題となり、シリコン材料が注目を集めています。シリコンは、エネルギー密度が高く、充電速度が速いという特徴があります。しかし、加工が難しいという課題があります。本稿では、シリコンの加工技術について紹介します。

表面ナノ構造化

今後の課題と期待

表面ナノ構造化は、材料の特性を向上させるための重要な技術です。フェムト秒レーザー加工を用いた表面ナノ構造化は、加工精度が高く、加工後の表面に微細な構造を形成させることが可能です。今後の課題として、加工速度の向上や加工コストの削減などが挙げられます。

GHZバーストモード加工は、加工速度を向上させ、加工コストを削減するための新たな照射技術です。この技術は、加工速度を向上させるだけでなく、加工後の表面に微細な構造を形成させることも可能で、さまざまな用途に応用されています。今後の課題として、加工速度の向上や加工コストの削減などが挙げられます。

Related article links

Press release dated October 11, 2023: "[Exploring the secrets of the luster of the national treasure Yuteki Tenmoku tea bowl](#)" (in Japanese)

JST: Science Japan - November 29, 2023: "[RIKEN discovers the secret behind the color and luster of the 'Yuteki Tenmoku' Tea Bowl, a national treasure](#)"

<https://sj.jst.go.jp/news/202311/n1129-02k.html>

This article was translated and reprinted with permission from the RIKEN institute, from *Hikari no Senmonka, Tenmoku jawan ni Idomu* (Optics Expert Takes on Tenmoku Tea Bowl), which was published in "Kenkyu Saizensen" (Research Frontiers) (February 9, 2024) in RIKEN *Kurozuappu Kagaku-do 2024* (Close-up Science Kagaku-do [the way of science] 2024).

https://www.riken.jp/pr/closeup/2024/20240209_1/index.html (in Japanese)

Reportage and composition: Furugori Etsuko / Photography: Furusue Takuya / Production cooperation: SciTech Communications