



RIKEN
Center for Advanced Photonics
2019 Annual Report

光量子工学研究センター 2019 Annual Report



RIKEN Center for Advanced Photonics

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



RIKEN 2020-033

RIKEN Center for Advanced Photonics 2019 Annual Report



Preface

Two years have passed since we started our second stage from 2018.

RAP is working to realize the dream of making the invisible visible. The center is pursuing research to push the possibilities of light to the extreme, in order to allow us to see previously invisible things. For example, attosecond lasers make it possible to see the movements of electrons, metamaterials are allowing us to manipulate light waves, and we can conduct environmental monitoring with relativistic geodesy using ultra precision optical lattice clocks and nondestructive inspection of concrete structures with a compact neutron source. Being able to see objects helps us to understand and manipulate them. Besides, the work of RAP focuses not merely on making discoveries that will be recognized by the research community, but also on contributing to society by developing practical applications.

In 2019, several world-leading outputs were achieved, such as, "Capturing ultrafast molecular structure change within 3 ps," "Sptiotemporal dissection of the trans-Golgi network in budding yeast," and "Development of elliptic neutron-focusing supermirror." Also, we had the third RAP Advisory Council comprised of eight eminent scientists, took place in RIKEN Wako campus. We are grateful for the invaluable advice we received.

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

Katsumi Midorikawa
Director,
RIKEN Center for Advanced Photonics

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2年が経過しました。

光量子工学研究センターでは、光の新しい使い方を提案・追究し、今まで見えなかったものを見ようとしています。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、小型中性子源によるコンクリート構造物の非破壊検査……。見る事ができれば、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。

2019年度は、「1兆分の3秒で進む分子の構造変化を追跡（超高速分子計測研究チーム）」、「トランスゴルジ網の時空間ダイナミクスの観測（生細胞超解像イメージング研究チーム）」、「超精密な金属製中性収束ミラーの開発（先端光学素子開発チーム）」などの顕著な研究成果が出ました。また、9月には3回目のアドバイザー・カウンシルを開催し、高い評価を得るとともに非常に有益なアドバイスを頂戴しました。

皆様には、本報告をご高覧のうえ、引き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

はじめに / Director's Message	2
組織図 / Organization Chart	3
業績リスト / Publications, etc.	36
プレスリリース / Press Releases	68
ニュース、会議・イベント / News, Meetings, Events	70
受賞・表彰 / Awards	73
研究紹介記事 / Articles	76

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

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	12
生命光学技術研究チーム Biotechnological Optics Research Team	宮脇 敦史 Atsushi Miyawaki	14
画像情報処理研究チーム Image Processing Research Team	横田 秀夫 Hideo Yokota	16
フォトン操作機能研究チーム Innovative Photon Manipulation Research Team	田中 拓男 Takuo Tanaka	18
先端レーザー加工研究チーム Advanced Laser Photonics Research Team	杉岡 幸次 Koji Sugioka	20

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

大谷 知行
Chiko Otani

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	22
テラヘルツ光源研究チーム Tera-Photonics Research Team	南出 泰亜 Hiroaki Minamide	24
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	26

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	28
先端光学素子開発チーム Ultrahigh Precision Optics Technology Team	山形 豊 Yutaka Yamagata	30
中性子ビーム技術開発チーム Neutron Beam Technology Team	大竹 淑恵 Yoshie Otake	32
技術基盤支援チーム Advanced Manufacturing Support Team	山形 豊 Yutaka Yamagata	34

アト秒科学研究チーム



チームリーダー / Team Leader

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



FY2019 Core Members

(専任研究員) 鍋川 康夫、
高橋 栄治、永田 豊、小林 徹
(研究員) 磯部 圭佑、沖野 友哉、
Yuxi Fu、藤原 孝成
(基礎科学特別研究員) Yu-Chieh Lin
(特別研究員) Bing Xue、Lu Xu
(技師) 棚橋 晃宏
(研究技術員) 若林 多起子

(Senior Research Scientist)
Yasuo Nabekawa, Eiji Takahashi,
Yutaka Nagata, Tohru Kobayashi
(Research Scientist) Keisuke Isobe,
Tomoya Okino, Yuxi Fu,
Takashige Fujiwara
(Special Postdoctoral Researcher)
Yu-Chieh Lin
(Postdoctoral Researcher)
Bing Xue, Lu Xu
(Technical Scientist)
Akihiro Tanabashi
(Technical Assistant)
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

短波長赤外波長域サブサイクル 光の光学パラメトリック増幅



- 非線形結晶を用いたサブサイクル光の光学パラメトリック増幅を実現
- 励起光の波長を利得帯域幅を広げる特別な値に同調
- CEPを励起光と白色シード光の間の遅延により制御
- 波長分割・合成による分散制御

Optical parametric amplification of sub-cycle shortwave infrared pulses

- Sub-cycle pulse amplification in nonlinear crystals via OPA process
- Tuning the wavelength of the pump pulse specific to the gain bandwidth broadening
- CEP control by adjusting delay between the pump and white light seed pulses
- Dispersion control with wavelength division and synthesis

Reference: Yu-Chieh Lin, Yasuo Nabekawa, and Katsumi Midorikawa, "Optical parametric amplification of sub-cycle shortwave infrared pulses," submitted.

現在超高速光科学の分野では、光パルスの振動周期と同じ、あるいはそれよりも短いパルス光(サブサイクルパルス光)を発生するレーザー装置の開発が盛んです。これはこの装置が高次高調波発生等の高強度物理研究分野で新しい成果をもたらすツールとして期待されているからです。赤外の波長領域に於いて非線形光学結晶を用いた光学パラメトリック増幅(OPA)は、この装置を実現するために有望な手法ですが、これまでこの手法で実現されてきたパルス幅は、サブサイクルにまで短くなっていませんでした。OPAの利得帯域幅が不十分であったためです。

本研究では、新しいOPAの手法を利用することでサブサイクル光を増幅するレーザー装置を開発することに成功しました。

レーザー装置は、図1に示す通り、励起用のフェムト秒レーザー装置と3つのOPAステージによって構成されています。この装置の最も重要な特徴は、励起レーザーの波長が708nmに調整されていることです。この波長で励起することにより非線形結晶BBOを用いたOPAの利得帯域幅を広げることができました。また、増幅光のキャリア包絡線位相(CEP)は、差周波発生 の原理により安定化を図りました。この結果、図2に示す通り、十分安定なCEPを持つ増幅光を得ることができました。装置で増幅されたパルス光のパルス幅を測定すると、図3に示す様に、4.4 fs という値でした。このパルス幅はパルス光の波長域である短波長赤外光の振動周期の0.73倍です。

The development of laser systems producing a high-intensity single-cycle, or even sub-cycle, pulse has become a worldwide trend in the research fields of ultrashort optics, since it paves the way to numerous advance applications in strong-field physics, such as the generation of isolated attosecond pulses. The optical parametric amplification (OPA) of infrared (IR) pulses in a nonlinear crystal was adopted as a useful scheme in such high-intensity ultrashort pulse sources until now. Nevertheless, the shortest pulse duration has not yet reached the sub-cycle regime owing to the insufficient gain bandwidth in a nonlinear crystal used in an OPA system.

In this study, we developed a laser amplifier system producing sub-cycle pulses by utilizing a novel scheme of OPA.

The system basically consists of a femtosecond pumping laser system and the three stages of OPA chain as depicted in Fig.1. The distinct feature of this system was that we tuned the wavelength of the pumping laser pulse to 708 nm, which is specific to broaden the gain bandwidth of OPA using a BBO crystal. In addition, we stabilized the carrier envelope phase (CEP) of the amplified pulse with the difference frequency generation (DFG) scheme, resulting in good stability of the CEP, as shown in Fig. 2.

As a result, we successfully generated an ultrashort pulse with a duration of 4.4 fs, which is equivalent to 0.73 optical cycle of carrier frequency in shortwave IR region, as shown in Fig. 3.

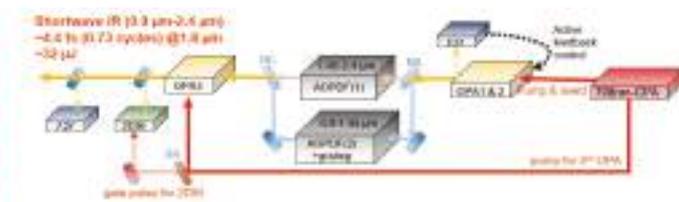


図1 レーザー装置の構成

Fig.1 Laser system configuration

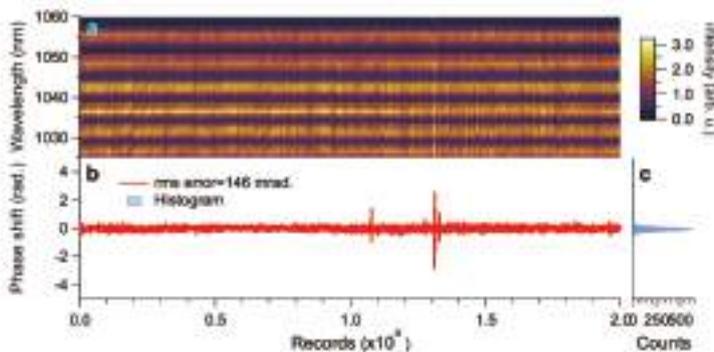


図2 2段目のOPA出力のCEP測定結果。a: f-2fスペクトル干渉。b: aから得られたCEP。c: bのヒストグラム。

Fig.2 CEP measurement behind OPA2. a: f-2f interference fringes. b: CEP extracted from the measured fringes. c: histogram of the CEP.

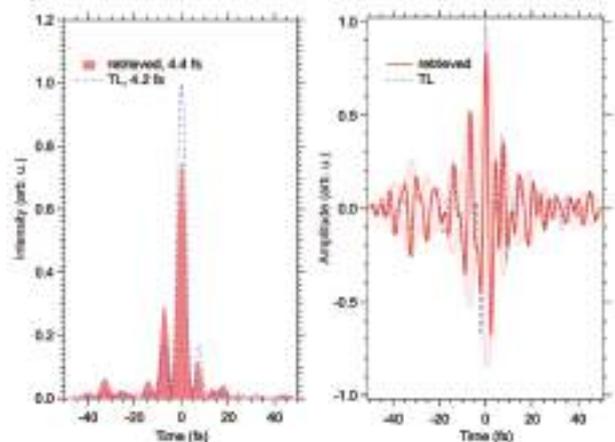


図3 a: 測定されたパルス波形(赤の部分)。b: CEPを0としたときの光電場波形(赤線)。

Fig.3 a: pulse shape retrieved (red shaded area). b: optical field retrieved by assuming 0-CEP.

超高速分子計測研究チーム



チームリーダー / Team Leader

田原 太平 理学博士

Tahei Tahara, D. Sci.



FY2019 Core Members

(専任研究員)

石井 邦彦(兼務)、二本柳 聡史(兼務)

(研究員)

倉持 光

(特別研究員)

Ahmed Mohammed,

Pardeep Kumar

(アシスタント)

道幸 智恵

(Senior Research Scientist)

Kunihiko Ishii (C),

Satoshi Nihonyanagi (C)

(Research Scientist)

Hikaru Kuramochi

(Postdoctoral Researcher)

Ahmed Mohammed,

Pardeep Kumar

(Assistant)

Tomoe Michiyuki

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

疎水性界面に存在する“隠された”特異な水素結合を界面選択的な超高速二次元振動分光で観測



- 液体界面の振動ダイナミクスを観測する界面選択的な超高速分光を開発
- 様々な現象の鍵となる疎水性界面の水の構造とそのフェムト秒ダイナミクスを観測
- 負に帯電した疎水性界面に存在する孤立した特異な π -水素結合を発見

Hidden isolated OH at the charged hydrophobic interface revealed by two-dimensional heterodyne-detected VSFG spectroscopy

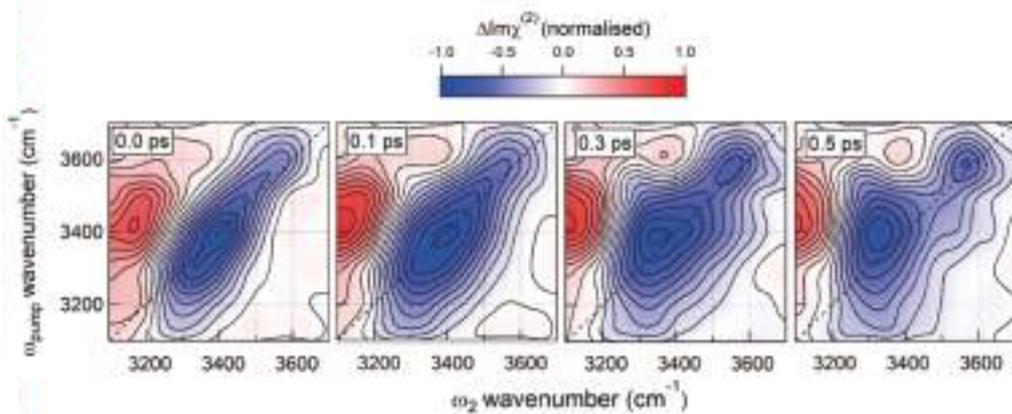
- Development of interface-selective ultrafast spectroscopy to probe liquid interfaces
- Elucidating structure and femtosecond dynamics of water at hydrophobic interfaces
- Revealing distinct π -hydrogen bonds at negatively charged hydrophobic interface

Reference: M. Ahmed, K. Inoue, S. Nihonyanagi, T. Tahara, Angew. Chem. Int. Ed. 2020, 59, 9498. doi.org/10.1002/anie.202002368

Ultrafast Spectroscopy Research Team

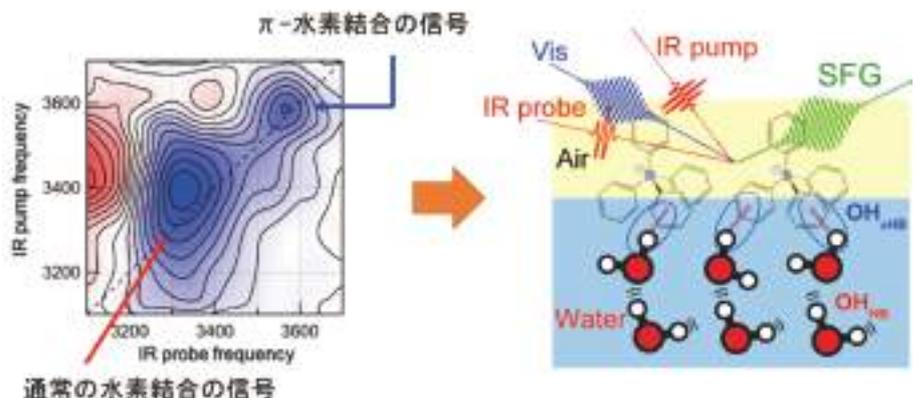
水を嫌う性質を持つ疎水性領域に接する水分子は、疎水性相互作用と呼ばれる相互作用を通じて化学、生物の様々な現象で重要な役割を果たしています。そのため、このような疎水的界面の水の性質を分子レベルで明らかにすることは大変重要です。超高速分子計測研究チームは、理研で開発された界面選択的な超高速分光である二次元ヘテロダイン検出振動和周波発生（2D HD-VSFG）分光を駆使して、プラスおよびマイナスに帯電する2つの疎水性界面の水の構造と動的挙動を明らかにしました。界面から数ナノメートルの厚みの中にある水分子だけの振動を観測し、その超高速変化をフェムト秒の時間分解能で測定したところ、マイナスに帯電した疎水的界面のみにエネルギー的に孤立した独特な π -水素結合を持つ水分子が存在することが分かりました。通常の測定ではこの特殊な水素結合の信号は普通の水素結合の信号に隠されて見えません。この発見によって、疎水性界面では界面の電荷の符号が水の構造とダイナミクスを決定していることが明らかになりました。

Water around the hydrophobic groups mediates hydrophobic interaction that plays key roles in various chemical and biological processes. Therefore, the elucidation of the properties of the water at the hydrophobic interface is very important. Ultrafast Spectroscopy Research Team investigated the structure and dynamics of water at two oppositely charged hydrophobic ion/water interfaces using two-dimensional heterodyne-detected vibrational sum frequency generation (2D HD-VSFG) spectroscopy, which is new interface-selective ultrafast spectroscopy developed at RIKEN. The obtained 2D HD-VSFG spectra revealed that distinct π -hydrogen bonded OH groups are present only at the anionic hydrophobic interface, which is hidden by ordinary hydrogen-bonded OH in the steady-state spectrum. This finding demonstrates that the sign of the interfacial charge governs the structure and dynamics of water molecules at the hydrophobic interface.



界面選択的な超高速分光である二次元ヘテロダイン検出振動和周波発生分光を用いて測定した負に帯電した疎水性界面の水のフェムト秒二次元振動スペクトル

界面選択的な二次元振動スペクトル上で分離して観測された負に帯電した疎水的界面特有の π -水素結合の信号と通常の水素結合の信号（左）、およびそれによって明らかになった界面の水構造（右）



時空間エンジニアリング研究チーム



チームリーダー / Team Leader

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



FY2019 Core Members

(専任研究員)

高本 将男 (兼務)

(研究員)

大前 宣昭、山口 敦史 (兼務)

(基礎科学特別研究員)

岡場 翔一、Andrew Hinton

(Senior Research Scientist)

Masao Takamoto (c)

(Research Scientist)

Noriaki Ohmae,

Atsushi Yamaguchi (c)

(Special Postdoctoral Researcher)

Shoichi Okaba, Andrew Hinton

研究テーマ

- ✓ 相対論的測地技術の開拓
- ✓ 可搬型光格子時計の開発
- ✓ 光格子時計の長期安定動作の実現

Research Subjects

- ✓ Relativistic geodesy with optical lattice clocks
- ✓ Development of transportable optical lattice clocks
- ✓ Long-term stable operation of optical lattice clocks

研究成果 / Research Output

可搬型光格子時計による 一般相対性理論の検証実験



- 18桁精度の可搬型光格子時計の開発
- 東京スカイツリーでの一般相対性理論の検証実験

Test of general relativity with transportable optical lattice clocks

- Development of transportable optical lattice clocks with 18-digit accuracy
- Test of general relativity at TOKYO SKYTREE

Reference: "Test of general relativity by a pair of transportable optical lattice clocks," Nature Photonics, published online on April 6, 2020.

Space-Time Engineering Research Team

時空間エンジニアリング研究チームでは、光格子時計を用いた相対論的測地技術の実証に向けて、18桁精度の超高精度な可搬型光格子時計を開発しました（図1）。開発した2台の時計を東京スカイツリーの地上階と地上450 mの展望台に設置して、重力赤方偏移を精密に測定しました（図2）。この結果を従来の測量手法で測定した標高差と比較することで、衛星を使った実験に迫る精度で一般相対性理論を検証することに成功しました。原子時計を人工衛星やロケットに搭載して、宇宙空間と地表の間で約1万キロメートルの高低差をつけることで測定された従来の宇宙実験に比べて、今回開発した可搬型光格子時計を使うことで、1万倍以上少ない高低差で、同等の実験が可能になりました。

今後は、光格子時計のさらなる小型化・可搬化を進めて、プレート運動や火山活動などによる地殻の数センチメートル精度の上下変動の監視、GNSS（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超高精度な標高差・重力場計測システムの確立など、将来の社会を支える基盤技術として様々な分野への応用を目指します。

The Space-Time Engineering Research Team has developed transportable optical lattice clocks with 18-digit accuracy to demonstrate relativistic geodesy (Fig. 1). The team has tested general relativity at TOKYO SKYTREE by measuring a gravitational redshift between the two clocks set in the ground and observatory floor at 450 m (Fig. 2). Comparing the results with a height difference measured by conventional leveling methods, general relativity is verified with an accuracy comparable to the satellite experiments, which were performed using atomic clocks loaded on a satellite or a rocket with a height difference of ~10,000 km.

The team is pursuing further downsizing and transportability of the system, and searching novel applications in a future social infrastructure, such as monitoring the earth's crust movement and volcano activity, and a precise mapping of altitude and geopotential with a complementary use of GNSS (Global Navigation Satellite System) and a high-sensitivity gravimeter.

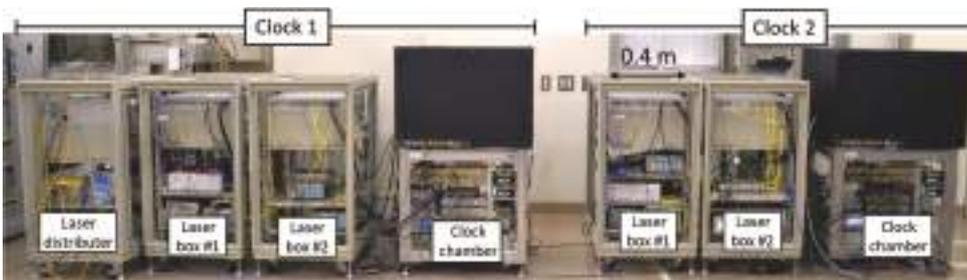


図1 2台の可搬型光格子時計。光ファイバーでつなぎ、時計周波数を比較することで、2台の時計の進み方の違いが測定できる。

Fig.1 A pair of transportable optical lattice clocks. The difference of tick rates can be measured by comparing the clocks with an optical fiber link.

図2 東京スカイツリーでの一般相対論検証実験。地上階と展望台に設置した2台の可搬型光格子時計を光ファイバーでつなぎ、重力赤方偏移を計測する。一方、2台の時計の標高差を従来の測量手法（GNSS測量およびレーザー測距）によって計測し、これらの結果から、一般相対性理論の検証を行う。時計遷移を分光して得られたスペクトルでは、標高差450 mに相当する約21 Hzの重力赤方偏移が観測された。

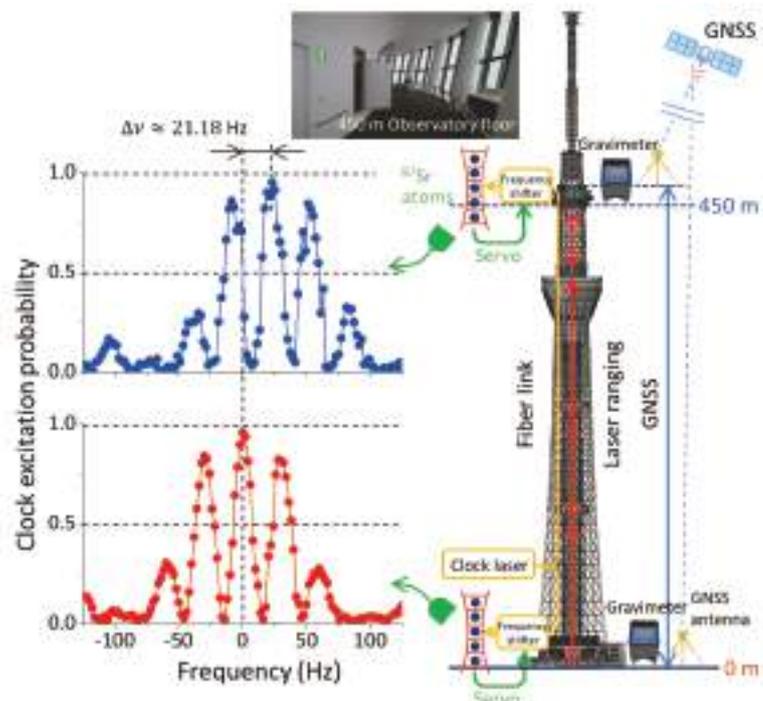


Fig.2 Test of general relativity at TOKYO SKYTREE. A pair of clocks set in the ground and observatory floor are compared with an optical fiber link to measure the gravitational redshift. General relativity is verified with high accuracy by combining the results with a height difference measured by conventional leveling methods (GNSS and laser ranging). Gravitational redshift of 21 Hz is observed in the clock spectra with a height difference of 450 m.

量子オプトエレクトロニクス研究チーム



チームリーダー / Team Leader

加藤 雄一郎 Ph.D.

Yuichiro Kato, Ph.D.



FY2019 Core Members

(特別研究員)

山下 大喜、李 臻、

石井 晃博 (兼務)、方 楠 (兼務)

(基礎科学特別研究員)

小澤 大知

(アシスタント)

新坂 頼子 (兼務)

(Postdoctoral Researcher)

Daiki Yamashita, Zhen Li,

Akihiro Ishii (c), Nan Fang (c)

(Special Postdoctoral Researcher)

Daichi Kozawa

(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

非線形な励起子緩和過程を利用したカーボンナノチューブの超解像イメージング

- 高効率な非線形応答である励起子-励起子消滅を利用
- 消滅過程レートを画像化することで分解能を $2^{1/2}$ 程度向上
- 超解像イメージングが約 300 W/cm^2 と一般の蛍光色素の場合と比べて2桁以上低い強度で実現可能



Super-resolution fluorescence imaging of carbon nanotubes using a nonlinear excitonic process

- Exploit efficient nonlinear process known as exciton-exciton annihilation
- Enhance resolution by approximately $2^{1/2}$ by imaging the annihilation rate
- Subdiffraction imaging possible at a power density as low as approximately 300 W/cm^2

Reference: K. Otsuka, A. Ishii, Y. K. Kato, "Super-resolution fluorescence imaging of carbon nanotubes using a nonlinear excitonic process", Opt. Express **27**, 17463 (2019).

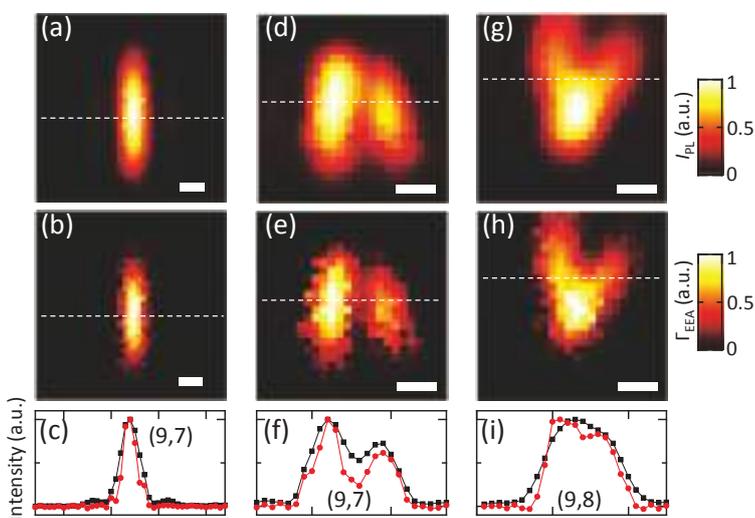
Quantum Optoelectronics Research Team

カーボンナノチューブ中の励起子はとても長い拡散長を持つため、複数の励起子が存在すると、励起子-励起子消滅(EEA)が非常に高い効率で起こることが分かっています。特に一次元系に特有な性質として、この消滅過程が励起子密度の3乗に比例して起こることも分かっています。このような強い非線形応答を利用することで、光の回折限界を超えた高分解能を持つイメージングを試みました。

フォトルミネッセンスを二つの励起強度で測定し、励起子-励起子消滅が起こらなかったと仮定した場合の発光強度から、励起子-励起子消滅によってやや飽和している発光強度を差し引くことで、この過程の起こる効率を抽出することができます。さまざまな励起パワーの組み合わせを用いて、ナノチューブ軸と垂直な方向の強度の半値全幅を調べてみると、通常のイメージング手法の限界に対して、 $2^{1/2}$ 程度だけ細くなっていることがわかります。このような超解像イメージングが約 300 W/cm^2 と一般の蛍光色素の場合と比べて2桁以上低い強度で実現できますが、これはカーボンナノチューブの励起子がよく拡散する性質がカギとなっています。また、実験に加え、モンテカルロ・シミュレーションによっても、やはり最大で $2^{1/2}$ 倍の分解能向上が可能であることを確かめ、二つの励起子の衝突によって起きる励起子-励起子消滅により超解像イメージングが実現できていることを確認しました。

When multiple excitons exist in a carbon nanotube, an exciton can scatter with another exciton and decay nonradiatively through an efficient process known as exciton-exciton annihilation (EEA). Here we demonstrate subdiffraction imaging of air-suspended CNTs by extracting the nonlinear EEA component using a typical confocal microscopy system. By combining two fluorescence images obtained at different excitation powers, an EEA rate image with enhanced resolution can be constructed.

We extract the EEA component from photoluminescence intensities measured at two different excitation powers by subtracting the emission intensity at a certain power from that expected in the absence of EEA. We compare the width of photoluminescence images and exciton-exciton annihilation images at various powers, and find that the resolution enhancement through the EEA extraction is approximately $2^{1/2}$. It is noteworthy that the EEA-derived nonlinearity in nanotubes enables subdiffraction imaging at a power density as low as $\sim 300 \text{ W/cm}^2$ with a continuous wave laser, whereas considerably higher intensities are employed for other subdiffraction techniques using conventional dyes.



単一のカーボンナノチューブの(a)フォトルミネッセンス強度と(b)EEAレートの二次元画像。(c)白い破線における一次元プロファイル。(d-f)並んだ二本のナノチューブと(g-i)Y字型に配置された二本のナノチューブについての同様のデータセット

2D images of a (9,7) nanotube for (a) the PL intensity and (b) the extracted EEA rate. (c) 1D profiles from the PL (black) and EEA (red) images at the same position indicated by broken white lines. (d-i) Similar sets of 2D images and the 1D profiles for the two nanotubes with (d-f) a parallel and (g-i) a Y-shaped configuration

生細胞超解像イメージング研究チーム



チームリーダー / Team Leader

中野 明彦 理学博士
Akihiko Nakano, D. Sci.



FY2019 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
(特別研究員) 山本 航
(基礎科学特別研究員) 宮代 大輔
(大学院生リサーチアソシエイト)
清水 優太郎
(テクニカルスタッフ) 小杉 泰仁、
石井 久美子、和賀 美保
(研究補助パートタイマー)
カライ マディ ムニアンディ
(アシスタント) 戸谷 真樹子
- (Senior Research Scientist)
Kazuo Kurokawa, Takuro Tojima
(Research Scientist)
Natsuko Jin
(Postdoctoral Researcher)
Wataru Yamamoto
(Special Postdoctoral Researcher)
Daisuke Miyashiro
(Junior Research Associate)
Yutaro Shimizu
(Technical Staff)
Yasuhito Kosugi, Kumiko Ishii,
Miho Waga
(Research Part-time Worker)
Kalai Madhi Muniandy
(Assistant)
Makiko Toya

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



トランスゴルジ網の時空間 ダイナミクス

- 積荷タンパク質の入口と出口の
区画化が明らかに
- 超解像共焦点ライブイメージング顕微鏡システム
(SCLIM) による観察

Spatiotemporal dissection of the *trans*-Golgi network

- Assembly dynamics of proteins residing in Golgi and *trans*-Golgi network has been characterized in detail
- Observation by super-resolution confocal live imaging microscopy (SCLIM)

Reference: T. Tojima, Y. Suda, M. Ishii, K. Kurokawa, A. Nakano: "Spatiotemporal dissection of the *trans*-Golgi network in budding yeast," *Journal of Cell Science*, 132:jcs231159 (2019).

Live Cell Super-Resolution Imaging Research Team

生命の基本単位として働く細胞の中にはさまざまな細胞小器官が存在しており、それぞれが独自の役割を果たすことで生命活動が維持されています。細胞小器官の一つであるゴルジ体は、小胞体で新しく作られた積荷タンパク質を受け取って糖鎖付加などの修飾を施し、トランスゴルジ網（*trans*-Golgi network: TGN）と呼ばれる網目状の膜構造体へと受け渡します。TGNは、積荷タンパク質を仕分けし、それぞれの働くべき場所へ送り出す、細胞内膜交通の“ハブ”として特化した役割を担っています。

当チームの戸島拓郎（上級研究員）らは、独自に開発した高速高感度レーザー共焦点顕微鏡システム（SCLIM）によって、酵母細胞におけるTGNの詳細な時空間ダイナミクスを観察しました。その結果、TGNは「積荷を受け取るステージ」から「積荷を運び出すステージ」へ、両者が空間的に区画化された状態を保ちつつ、徐々に遷移していくことが明らかになりました。また、「積荷を運び出すステージ」内において、それぞれの目的地に向けて積荷運び出しを実行する各種被覆・アダプタータンパク質が、独自の時空間ダイナミクスを呈することも明らかになりました。SCLIMを用いた今後のさらなる研究により、ゴルジ体やTGNを中心とした膜交通機構の全貌が明らかになることが期待されます。

Eukaryotic cells have several types of membranous organelles, such as the endoplasmic reticulum (ER) and the Golgi apparatus, performing essential functions critical to biological activities. A large number of proteins are synthesized at the ER and transferred to the Golgi apparatus to receive modifications such as glycosylation. The modified proteins are then transferred to the *trans*-Golgi network (TGN) where they are sorted and exported to various subcellular destinations. In this way, the TGN acts as a “hub” for membrane traffic in the cells.

Takuro Tojima (Senior Research Scientist) and his collaborators observed spatiotemporal dynamics of the TGN in yeast cells by super-resolution confocal live imaging microscopy (SCLIM). They found that the TGN gradually changes its nature from the ‘early stage’, which receives cargo proteins, to the ‘late stage’, where transport carriers are produced. During the transition periods, the two stages are often compartmentalized within a single TGN cisterna. Furthermore, for the late stage, various types of coat/adaptor proteins exhibit distinct assembly patterns. In the future, the SCLIM technology will unveil the whole mechanisms of membrane traffic systems.

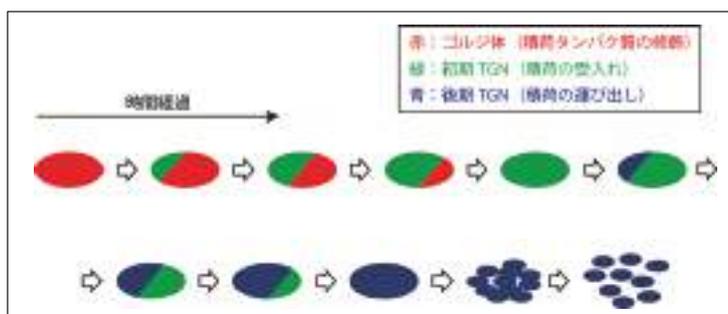


図1 TGNの時空間ダイナミクスの模式図

Fig.1 Schematic diagram of the spatiotemporal dynamics of the TGN

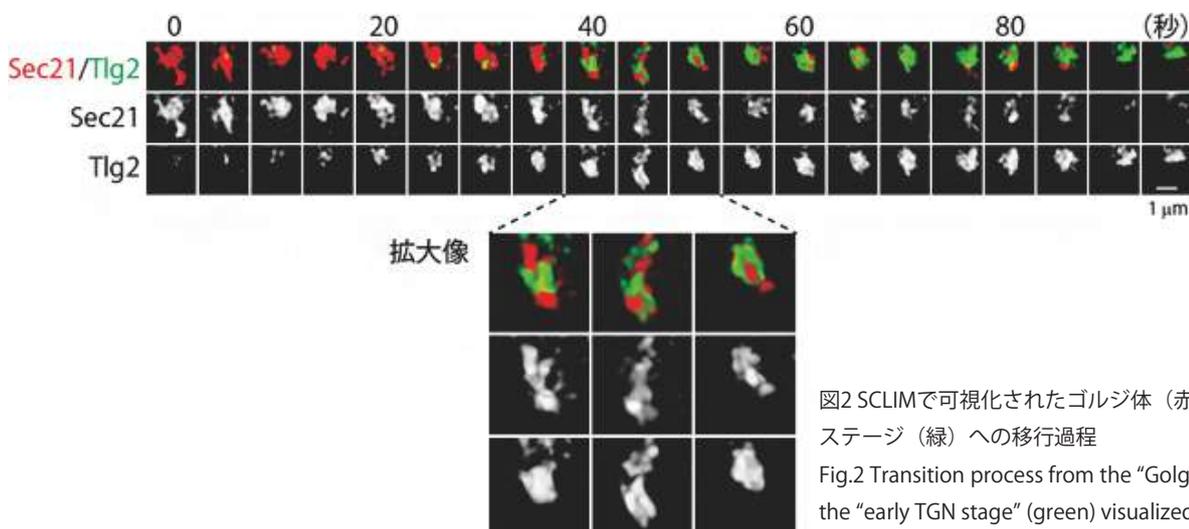


図2 SCLIMで可視化されたゴルジ体（赤）から初期TGNステージ（緑）への移行過程

Fig.2 Transition process from the “Golgi stage” (red) to the “early TGN stage” (green) visualized by SCLIM

生命光学技術研究チーム



チームリーダー / Team Leader

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



FY2019 Core Members

(研究員)

平野 雅彦、道川 貴章

(テクニカルスタッフ)

戸崎 麻子、星田 哲志

(アシスタント)

櫻井 紘子

(Research Scientist)

Masahiko Hirano,

Takayuki Michikawa

(Technical Staff)

Asako Tosaki, Tetsushi Hoshida

(Assistant)

Hiroko Sakurai

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

パーキンソン病の診断・治療につながるミトコンドリア品質のコントロール可視化技術の開発

- タンパク質分解酵素に頑強な蛍光タンパク質TOLLESの開発
- ミトコンドリア品質コントロールを定量的に可視化する蛍光プローブmito-SRAIの開発

Visualizing and modulating mitophagy for therapeutic studies of neurodegeneration

- Investigation of the behaviors and fates of fluorescent proteins inside and outside lysosomes
- Development of an indicator for mitophagy, mito-SRAI

Reference: Katayama H., Hama, H., Nagasawa K., Kurokawa H., Sugiyama M., Ando R., Funata M., Yoshida N., Homma M., Nishimura T., Takahashi M., Ishida Y., Hioki H., Tsujihata Y., Miyawaki A. (2020) Visualizing and modulating mitophagy for therapeutic studies of neurodegeneration, Cell, 181: 1176-1187, (2020) doi: 10.1016/j.cell.2020.04.025.

Biotechnological Optics Research Team

ストレスで傷ついたミトコンドリアは活性酸素などを放出し、その蓄積は細胞を死に至らせます。そこで、ふだんは、傷害ミトコンドリアを選択的に細胞内ゴミ処理場リソソームに送り込んで分解する仕組み「ミトコンドリア品質コントロール」が働いています。この仕組みに異常が起こると、パーキンソン病などの様々な疾病が起こることが分かっています。リソソームは酸性でタンパク質分解酵素に満ちています。私たちはまず、こうした環境でびくともしない頑強な蛍光タンパク質TOLLESを開発しました。さらにTOLLESを材料にミトコンドリア品質コントロールを定量的に可視化する蛍光プローブmito-SRAIを開発しました。そうしてパーキンソン病の病理診断と治療薬開発にmito-SRAIが活躍することを証明しました。すなわち、パーキンソン病モデル動物において、ミトコンドリア品質コントロールの不全と神経細胞の死が相関することを示しました。さらにハイスループットスクリーニングを実践し、パーキンソン病治療薬の候補化合物を見出すことに成功しました。

Dysfunctional mitochondria accumulate in many human diseases. Accordingly, mitophagy, which removes these mitochondria through lysosomal degradation, is attracting broad attention. Due to uncertainties in the operational principles of conventional mitophagy probes, however, the specificity and quantitiveness of their readouts are disputable. Thorough investigation of the behaviors and fates of fluorescent proteins inside and outside lysosomes enabled us to develop an indicator for mitophagy, mito-SRAI. Through strict control of its mitochondrial targeting, we were able to monitor mitophagy in fixed biological samples more reproducibly than before. Large-scale image-based high-throughput screening led to the discovery of a hit compound that induces selective mitophagy of damaged mitochondria. In a mouse model of Parkinson's disease, we found that dopaminergic neurons selectively failed to execute mitophagy that promoted their survival within lesions. These results show that mito-SRAI is an essential tool for quantitative studies of mitochondrial quality control.

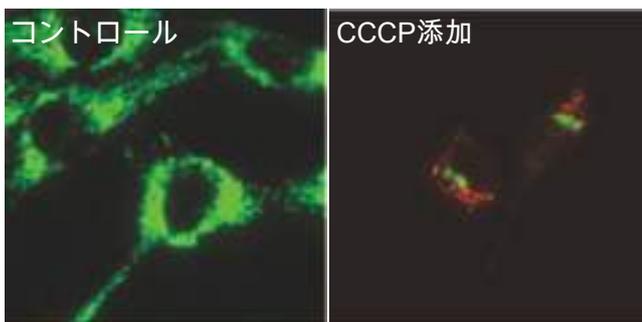
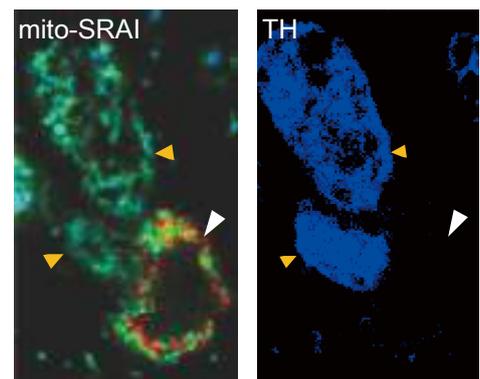


図1 mito-SRAIを用いたミトコンドリア品質コントロールの観察
mito-SRAIを発現した培養細胞を用いてミトコンドリア品質コントロールを可視化しました。コントロールでは、ミトコンドリアに局在するmito-SRAIは緑色のシグナルを示しています。細胞を、ミトコンドリア毒性を持つ薬物CCCPで処理すると、傷害を受けたミトコンドリアがリソソームに移行し赤色のシグナルを示すようになります。

図2 mito-SRAIを発現したマウスの神経細胞におけるミトコンドリア品質コントロールの観察

マウス中脳の神経細胞の周辺に神経毒を注入することでパーキンソン病のモデルを作りました。mito-SRAIを使用し、神経細胞におけるミトコンドリア品質コントロールのシグナル（赤）を観察しました。チロシンヒドロキシナーゼ（TH）陰性の神経細胞（白矢頭）ではシグナルが検出されました。一方、パーキンソン病でダメージを受けることが知られているTH陽性の神経細胞（黄矢頭）ではシグナルは検出されませんでした。





チームリーダー / Team Leader

横田 秀夫 博士(工学)

Hideo Yokota, D. Eng.



FY2019 Core Members

(上級研究員) 吉澤 信、道川 隆士、野田 茂穂

(専任研究員) 太田 聡史

(研究員) 竹本 智子、山下 典理男、森田 正彦

(テクニカルスタッフ)

辻村 有紀、中村 佐紀子、西村 将臣、坂井 良匡

(アシスタント) 田中 晶予、古本 佳代 (客員研究員)

大山 慎太郎、深作 和明、藤崎 和弘、古城 直道、宮川 雄、村上 幸己、安 光州

(Senior Research Scientist)

Shin Yoshizawa, Satoshi Oota, Takashi Michikawa, Shigeho Noda (Research Scientist)

Satoko Takemoto, Norio Yamashita, Masahiko Morita (Technical Staff)

Yuki Tsujimura, Sakiko Nakamura, Masaomi Nishimura, Yoshimasa Sakai (Assistant) Akiyo Takana,

Kayo Furumoto

(Visiting Scientist)

Shintaro Oyama, Kazuaki Fukasaku, Kazuhiro Fujisaki, Naomichi Furushiro, Suguru Miyagawa, Yukimi Murakami, An Guangzhou

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

- ✓ Development of algorithms for image processing
- ✓ Development of image processing systems
- ✓ Construction of instrumentation system for bio-research data creation

研究成果 / Research Output

精密切削とエッチングを用いた鉄鋼ミクロ組織の全自動大規模3次元計測



- デスクトップ型小型装置による鉄鋼組織の全自動三次元計測手法の開発
- サブミクロン分解能とミリメートル視野を兼ね備えた高分解能・広範囲計測を実現
- 鉄鋼内部の結晶粒の3次元形状をまるごと計測

Large-scale 3D observation of steel microstructures using a desktop-sized 3D internal structure microscope with precision cutting and etching

- Development of a desktop-sized automatic 3D observation system for steel microstructures
- High resolution of micrometer-order and large-scale observation over millimeter-order has been achieved.
- 3D whole shapes of grains with a size of a few hundred micrometers in the internal structure were captured.

N. Yamashita, Y. Koyanagi, H. Takemura, K. Asakura, T. Kasuya, S. Tsukamoto, H. Yokota, Computational and Experimental Simulations in Engineering Proceedings of ICCES2019, Chapter 71. pp. 841-850, 2019 DOI: 10.1007/978-3-030-27053-7

鉄鋼材料ではマイクロ組織により得られる特性が大きく異なり、そのマイクロ組織は化学組成や製造プロセスに大きく依存します。近年、先端材料開発では、組織・製造プロセス・特性の関連性を数値解析により予測し、先端材料開発に役立てる試みが進められています。それに加え、予測に活用する実験データも高度化が必要とされ、多階層での3D計測技術が要望されています。今回当チームは鉄鋼マイクロ組織の3次元構造を自動的に高分解能・広範囲に計測する小型システムを開発しました (Figure 1)。本システムは、精密切削、エッチング、光学顕微鏡による逐次断面観察手法を用いて、ミリメートル以上の広範囲をサブミクロン分解能での計測を卓上で実現できます。

一例として、炭素0.15%を含む炭素鋼を、断面間隔 $1.5\ \mu\text{m}$ 、観察範囲 $835 \times 592 \times 1500\ \mu\text{m}^3$ 、ピッチ $0.066 \times 0.066 \times 1.5\ \mu\text{m}^3/\text{voxel}$ で全自動で1000断面取得しました (Figure 2)。組織内に分布する数 μm 径以下の炭化物が捉えながら、数 $100\ \mu\text{m}$ 径の結晶粒を捉えることができ、高分解能かつミリオーダーの広域3D計測を実現できました。

本研究の成果は、高分解能・広領域3D計測を卓上の実現できることを示し、材料分野の微細組織3D計測における有用な手法として、今後幅広い導入が期待できます。

謝辞 本研究の一部は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 「革新的構造材料」および同「統合型材料開発システムによるマテリアル革命」(管理法人: JST) によって実施されました。

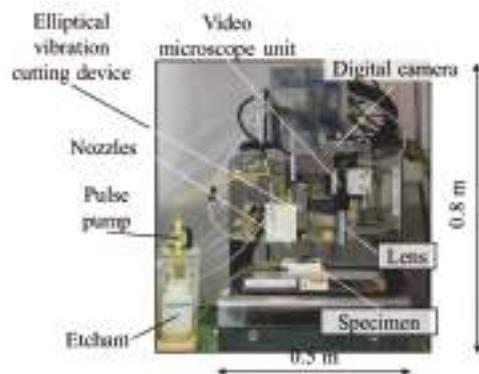


Figure 1 A desktop-sized three-dimensional internal structure microscope with etching function.

Properties of ferrous materials show wide variations owing to their microstructures, which are derived from their chemical composition and fabrication process. In recent development of advanced materials, numerical analyses have been utilized to predict relationships of microstructure, process, and properties. In the approach, advanced experimental data also have been essential for the prediction, and multi-scale 3D measurement technologies have been required. In this study, our group has developed a desktop-sized automatic 3D observation system for microstructures of ferrous materials (Figure 1). It uses precision cutting, chemical etching, and optical microscopy, and can realize observation with high resolution of sub-micrometer and extensive observation range of millimeter-order.

The following 3D observation demonstrated automated large-scale serial sectioning of 0.15C-1.5Mn steel (Figure 2). The 3D model offered a range of $835 \times 592 \times 1500\ \mu\text{m}^3$, which had 1000 cross-sections at $1.5\text{-}\mu\text{m}$ intervals and a resolution of $0.066 \times 0.066 \times 1.5\ \mu\text{m}^3$. It captured dispersed carbides with a diameter of a few micrometers and coarse grains with a diameter of a few hundred micrometers.

These results showed high feasibility toward 3D microstructure imaging on a desktop with high resolution and wide observation range. We strongly believe that this approach will advance the 3D imaging of microstructures in material development.

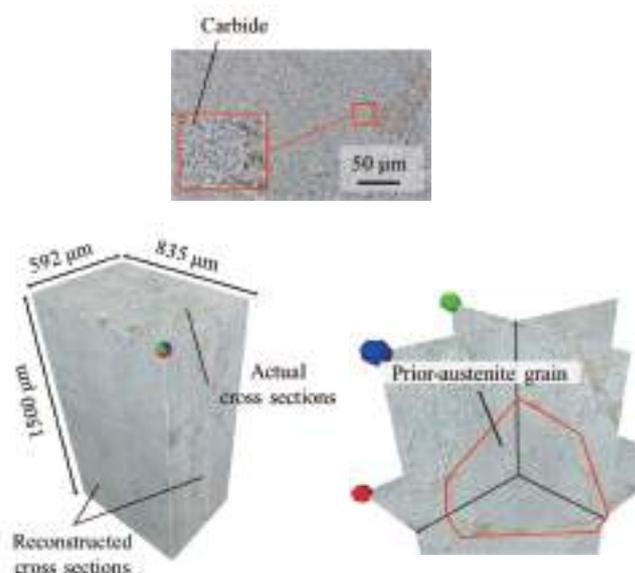


Figure 2 (top) A 2D cross-section, (left-bottom) a 3D reconstructed image, (right-bottom) a coarse grain in 3D image.

フォトン操作機能研究チーム



チームリーダー / Team Leader

田中 拓男 博士(工学)

Takuo Tanaka, D. Eng.



FY2019 Core Members

(専任研究員)

早澤 紀彦 (兼務)

(特別研究員)

Thu Hac Huong Le、
Maria Vanessa Balois、
Bikas Ranjan、
橋谷田 俊、
Cheng-Hung Chu

(客員研究員)

河田 聡、
武安 伸幸、
森竹 勇斗

(アシスタント)

梁 怡蓉

(Senior Research Scientist)

Norihiko Hayazawa (c)

(Postdoctoral Researcher)

Thu Hac Huong Le,
Maria Vanessa Balois,
Bikas Ranjan,
Shun Hashiyada,
Cheng-Hung Chu

(Visiting Scientist)

Satoshi Kawata,
Nobuyuki Takeyasu,
Yuto Moritake

(Assistant)

Yi-Jung Liang

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
- ✓ 可視光及びTHz波周波数における先端増強分光システム開発

Research Subjects

- ✓ Novel metamaterials such as 3D metamaterials and perfect absorbers
- ✓ Infrared spectroscopy using metamaterials for ultra-sensitive detection and identification of molecules and single molecule analysis
- ✓ Alternative materials for tunable metamaterials
- ✓ Tip-enhanced spectroscopy in the visible and THz regime

研究成果 / Research Output

常温大気圧下プラズモニクナノ共振器によるサブナノメートル分解でのフォノン可視化



- 常温大気圧下でのチップ増強ラマン分光法
- サブナノメートルの高空間分解能ラマン分光イメージング
- 禁制されたフォノンモードも活性化して検出可能
- プラズモニクナノ共振器中でのユニークな選択則

Visualization of subnanometric phonon modes in a plasmonic nano-cavity in ambient

- Tip-enhanced Raman spectroscopy in ambient
- Subnanometer spatial resolution Raman imaging
- Activation and detection of forbidden phonon modes
- Unique selection rule in the plasmonic nano-cavity

Reference:

- [1] M. V. Balois, N. Hayazawa, C. Chen, E. Kazuma, Y. Yokota, Y. Kim, and T. Tanaka, Jpn. J. Appl. Phys. **58**, S10801 (2019).
- [2] M. V. Balois, N. Hayazawa, B. Yang, E. Kazuma, Y. Yokota, Y. Kim, S. Yasuda, K. Ikeda, and T. Tanaka, npj 2D Mater. Appl. **3**, 38 (2019).

Innovative Photon Manipulation Research Team

フラーレン、カーボンナノチューブ、グラフェン等のナノカーボン系材料は、ユニークな力学的特性及び電気的特性から、その物性制御に向けた合成手法開発が盛んです。一方、合成された材料の物性分析手法の高度化も重要な研究課題ですが、従来の分析技術の多くはその空間分解能の限界のため、ナノ材料のマクロスコピックな平均値を測る事しかできませんでした。そこで本研究では、当チーム独自の先端増強ラマン分光法(TERS)を利用してグラフェンの局所フォノンモードの可視化・分析を行いました。その結果、0.7 nmという世界最高レベルの空間分解能を持つラマン分光顕微鏡を実現しました。

図1(a)(b)は、TERSスペクトル及び強度イメージングと(c) その断面プロットです。無欠陥のグラフェンでは禁制であるDバンドとその結合モードであるD+D'バンドがTERSにて観測されました。

Dバンドは、グラフェン中の欠陥によって活性化されるモードなので(図2(a))、欠陥が無いグラフェンでは禁制なモードです。しかしTERSでは、サブナノスケールに局在化された光スポットによってDバンドの活性化メカニズムが変わって非垂直な遷移が許容となり、極めて強いDバンド由来のラマン散乱光を観察できました。このメカニズムをグラフェン特有の2つの近接するディラックコーンバンド分散を用いて示したのが図2(b)です。この観測事実は、近接場を用いた計測技術が高い空間分解能を持つが故に生じる、近接場計測特有の不確定性原理とも解釈できます。

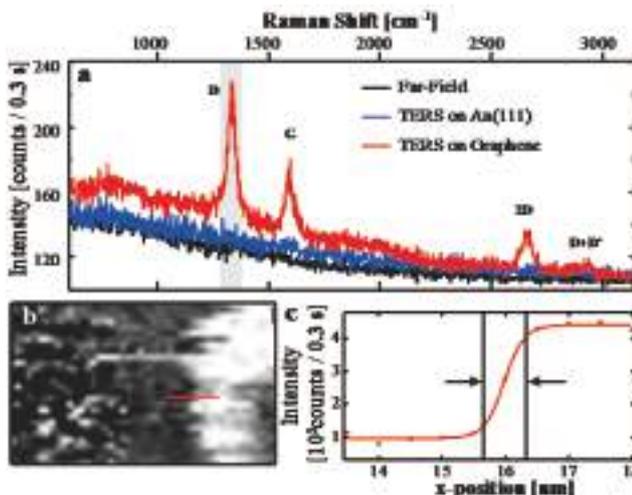


図1(a) 無欠陥グラフェンの先端増強ラマンスペクトルと (b) Dバンドによるイメージング(走査範囲: 23 nm x 14 nm)。 (c)は赤線部の断面プロット

Fig.1(a)Tip-enhanced Raman spectra from defect free graphene and (b) its imaging based on D-band (scan area: 23nm x 14nm). (c) the cross-section plot at the red line in (b) shows sub-nanometric spatial resolution

Phonons provide information on the physicochemical properties of a crystalline lattice from the material's vibrational spectrum. Optical phonons, in particular, can be probed at both micrometre and nanometre scales using light-based techniques, such as, micro-Raman and tip-enhanced Raman spectroscopy (TERS), respectively. Selection rules, however, govern the accessibility of the phonons and, hence, the information that can be extracted about the sample. Herein, we simultaneously observe both allowed and forbidden optical phonon modes of defect-free areas in monolayer graphene to study nanometre scale strain variations and plasmonic activation of the Raman peaks, respectively, using our home-built TERS system in ambient. Through TERS imaging, strain variations and nanometer-sized domains down to 5 nm were visualized with a spatial resolution of 0.7 nm (Fig.1). Moreover, such subnanometric confinement was found to activate not only the *D* and *D'* forbidden phonon modes but also their *D+D'* combination mode (Fig. 2). With our TERS in ambient system, the full phonon characterization of defect-free graphene and other 2D nanomaterials is now possible, which will be useful for subnanometer strain analysis and exploring the inherent properties of defect-free materials.

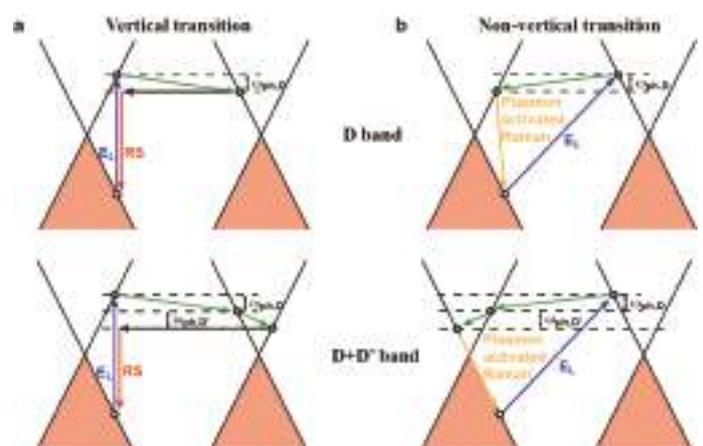


図2(a)格子欠陥がある場合の垂直遷移による従来のラマン活性化過程と(b)今回見いだされたサブナノメートル分解特有の非垂直遷移によるラマン活性化過程

Fig. 2(a) Activation of D and D+D' bands by a defect based on vertical transitions. (b) Activation of D and D+D' bands without defect based on non-vertical transitions

先端レーザー加工研究チーム



チームリーダー / Team Leader

杉岡 幸次 工学博士
Koji Sugioka, D. Eng.



FY2019 Core Members

(研究員)

小幡 孝太郎

(基礎科学特別研究員)

Daniela Serien、Shi Bai

(特別研究員)

Dongshi Zhang、

Francesc Caballero Lucas

(客員研究員)

Xinyuan Qi、Wei Han、

Felix Sima、花田 修賢、

中嶋 聖介

(Research Scientist)

Kotaro Obata

(Special Postdoctoral Researcher)

Daniela Serien, Shi Bai

(Postdoctoral Researcher)

Dongshi Zhang、

Francesc Caballero Lucas

(Visiting Scientist)

Xinyuan Qi, Wei Han、

Felix Sima, Yasutaka Hanada、

Seisuke Nakashima

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、ナノ構造の創成
- ✓ 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
- ✓ Creation of nanomaterials and nanostructures by ultrafast lasers
- ✓ Elucidation of laser and matter interactions

研究成果 / Research Output

有機溶液中フェムト秒レーザーアブレーションによるマイクロ/ナノ複合表面構造の形成



- 金属および合金表面への多様なマイクロ/ナノ複合炭化構造の形成
- 数10nm周期のナノリッル構造の配向を決定する要因としてマランゴニ効果を同定
- 紫外-近赤外領域において最小の反射率を達成
- 反射防止性能の400℃までの熱安定性を確認

Hybrid Micro/Nano Surface Structures Produced by Femtosecond Laser Ablation in Organic Solvents

- Formation of diverse hybrid micro/nano carbonized structures on metals and metal alloys
- Clarification of Marangoni effect which determines the orientations of nanoripples with a period of several tens of nm
- Achieving the lowest reflectance in a UV-NIR range.
- Demonstration of high thermal resistance up to 400°C in anti-reflectance

D. Zhang, B. Ranjan, T. Tanaka, K. Sugioka, ACS Appl. Nano Mater. **3**, 1855–1871 (2020). (ACS Editors' Choice)

Advanced Laser Processing Research Team

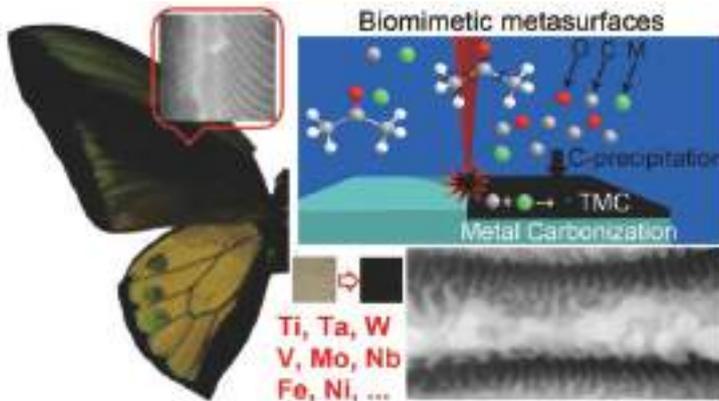


Figure 1 (left) Inverse V-type structure ridge on the original black wing of the Ornithoptera goliath butterfly. (upper right) Scheme of producing biomimetic surfaces by femtosecond laser ablation of metals in acetone, which enables simultaneous metal carbonization/C-precipitation and nanostructuring (the black region indicates the ablated region). (lower right) The structure created look very similar to the structure on the butterfly wing.

バイオミメティクス分野の研究は急速な進歩を遂げており、その中で光を吸収する色素（メラニンなど）や反射防止ナノ構造の人工類似体の開発に強い関心が集まっています。特に、炭素や遷移金属炭化物（TMC）などの高光吸収材で覆われたナノ構造表面は、広帯域の吸収、反射防止、偏光依存の光学応答などを複合的に有する多光学特性を示すため、注目されています。

我々は、アセトン溶液中でフェムト秒レーザーアブレーションを行うことにより、IVB-VIB族遷移金属（Ti、V、Nb、Ta、Mo、Wなど）表面に、超高空間周波数および低空間周波数レーザー誘起表面周期構造（UHSFL/LSFL）で構成されたマイクロ/ナノ複合炭化構造の作製に成功しました

（Figure 2）。形成された表面の複合構造は、ゴライアストリバナエゲハの羽の表面構造に極めて似ており（バイオミメティック構造）、アゲハの羽が有する反射防止機能を再現することができました。TMC/炭素ネットワークと表面ナノ構造化の相乗効果により、材料自体の本来の反射率に関係なく、紫外-近赤外の波長域においてTa、Mo、Ti、V、Nb、およびW表面で反射率1%未満を達成しました（Ti、V、およびW表面では、紫外-近赤外域全体で0.2%未満）（Figure 2）。さらにナノ構造化した表面の反射防止機能が、大気中で2時間、400°Cで熱処理した後も保持されていることを確認しました。

Rapid advances in biomimetics have sparked intense interest in the development of artificial analogues of both light-absorbing pigments (such as melanin) and antireflective nanostructures. To this regard, nanostructured surfaces covered with high light absorbers such as carbon and transition metal carbide (TMC) are gaining special attention because of their integrated multi-optical properties, including broadband absorbance, antireflectance, and polarization-dependent optical responses.

We succeeded in creating hybrid micro/nano carbonized surface structures composed of ultrahigh and low spatial frequency laser-induced periodic surface structures (UHSFLs/LSFLs) on group IVB-VIB transition metals (e.g., Ti, V, Nb, Ta, Mo, and W) by femtosecond laser ablation in acetone. Both the structures and functions of prepared surfaces finely mimic those of antireflective butterfly wings of Ornithoptera goliath. Synergistic effects from TMCs/carbon networks and surface nanostructures resulted in the reflectance of Ta, Mo, Ti, V, Nb, and W metasurfaces below 1% in the UV-NIR range (less than 0.2% over the entire UV-NIR range for Ti, V, and W metasurfaces) (Figure 2), irrespective of the original reflectance of the raw materials. We further confirmed that the antireflectance of structured surfaces had high thermal resistant upon heating at 400°C in air for 2 hours.

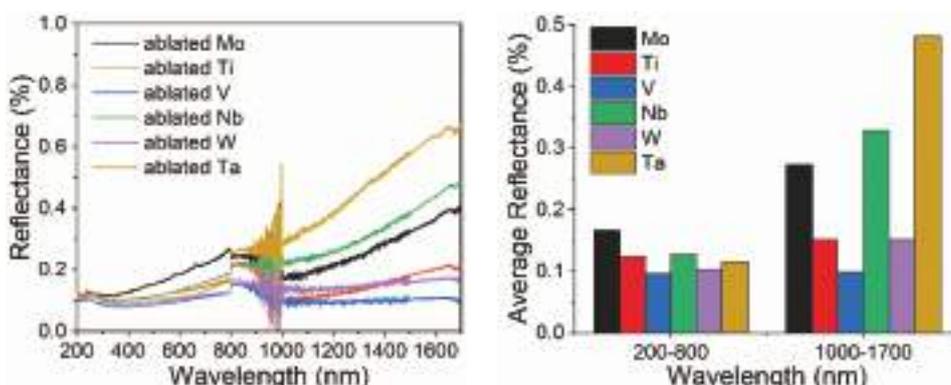
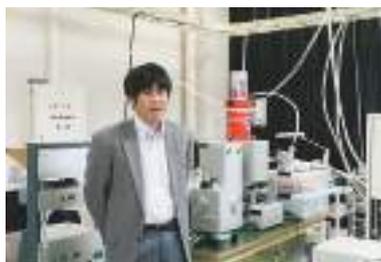


Figure 2 Reflectance spectra in the UV-Vis-NIR range (wavelengths: 200–1700 nm) (left) and the corresponding average values in the wavelengths of 200-800 and 1000-1700 nm (right) for the Mo, Ti, V, Nb, W and Ta samples produced by fs laser ablation in acetone.

テラヘルツイメージング研究チーム



チームリーダー / Team Leader

大谷 知行 博士(理学)

Chiko Otani, D. Sci.



FY2019 Core Members

(上級研究員) 保科 宏道、山下 将嗣
(研究員) 美馬 寛、長崎岳人
(技師) 佐々木 芳彰
(特別研究員) 吉峯 功
(基礎科学特別研究員) 小栗 秀悟、
山崎 祥他、Feng ChaoHui
(テクニカルスタッフ) 八重柏 典子、
河野 久雄
(客員主管研究員) 川瀬 晃道、野口 卓、
尾崎 幸洋
(大学院生リサーチ・アソシエイト)
沓間 弘樹、Zheng Xiaobo
(パートタイマー) 古川昇、渡辺 博

(Senior Research Scientist)
Hiromichi Hoshina,
Masatsugu Yamashita
(Research Scientist) Satoru Mima
(Technical Scientist) Yoshiaki Sasaki
(Postdoctoral Researcher)
Isao Yoshimine
(Special Postdoctoral Researcher)
Shugo Oguri, Shota Yamazaki,
ChaoHui Feng
(Technical Staff) Noriko Yaekashiwa,
Hisao Kawano
(Senior Visiting Scientist)
Kodo Kawase, Takashi Noguchi,
Yukihiro Ozaki
(Junior Research Associate)
Hiroki Kutsuma, Xiaobo Zheng
(Part-time Worker) Noboru Furukawa,
Hiroshi Watanabe

研究テーマ

- ✓ 高分子のテラヘルツ分光と構造・機能の制御
- ✓ 超高速・超広帯域光励起テラヘルツプローブシステムの開発と応用
- ✓ 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

- ✓ THz spectroscopy of polymers and the control of molecular structures and functions
- ✓ Development of high-sensitivity superconducting detectors for CMB polarization observations
- ✓ Development of ultrafast and ultra-broadband optical-pump THz-probe systems and its applications
- ✓ Applications of terahertz sensing and imaging

研究成果 / Research Output

FMCW方式を用いたテラヘルツボディスキャナの開発

- セキュリティゲート用途ウォークスルーボディスキャナの開発が目標
- レーダ技術を基礎とした300 GHz帯域の連続波周波数変調(FMCW)方式により開発を進めている
- 衣服の中に隠された物体のイメージングを行い、深さ方向イメージングを検証した

Development of body scanner in the terahertz region using the FMCW method

- Our purpose is to develop the application to the walk-through body scanner for security gate
- We are developing the frequency-modulated continuous wave (FMCW) imaging method based on the radar technique around 300 GHz band
- We have demonstrated the depth imaging in which we have detected a material hidden under cloths



Reference: 佐々木芳彰, 碓 智文, 大谷知行, "FMCW方式を用いたテラヘルツボディスキャナの開発," 信学技報, vol. 119, no. 353, ED2019-91, pp. 61-64 (2019).

Terahertz Sensing and Imaging Research Team

テラヘルツイメージング研究チームの佐々木芳彰技師は、テラヘルツ波を用いた安心・安全に関する応用技術としてウォークスルー形式のボディスキャナの開発を進めています。このようなセキュリティゲートで不特定多数の人の検査を実現するためには、高速動作のウォークスルータイプのボディスキャナが要求されます。

現在開発中のボディスキャナシステムの概要を図1に示します。実際のシステムは、レーダ技術为基础とした300 GHz帯による連続波周波数変調(FMCW)方式により開発を進めています。特に連続波(CW)テラヘルツ光源を用いたレーダイメージング技術は、高い信号対雑音比(SNR)と広いダイナミックレンジが確保できるため非常に重要な技術です。

次に、図2に示すように、衣服の中に隠された物体を検出して深さ方向のイメージングの検証を進めています。図2(c)は実際に衣服の中に隠された物体をFMCW方式にて得られた画像で、人体表面と物体の距離が分離できていることがわかります。この検証実験結果から、今回提案した手法により衣服の中に隠匿された物体が検出可能であることを確認しました。

Dr. Sasaki is a technical scientist at the terahertz (THz) sensing and imaging research team, working on the development of the walk-through body scanner using the terahertz waves for security and safety related applications. To realize the high-throughput security gate, the walk-through body scanner is required.

For the actual system, we are developing the frequency-modulated continuous wave (FMCW) imaging method based on the radar technique around 300 GHz (Fig. 1). Especially, the radar imaging technique using the continuous wave (CW) THz sources is very important because of its high signal-to-noise ratio (SNR) and wide dynamic range.

Next, we have demonstrated the depth imaging in which we have detected a material hidden under cloths (Fig. 2). Fig. 2(c) shows the obtained FMCW image of a material under cloths. The verification experiments reported here confirm the principle of our proposed method for detecting materials hidden under cloths.

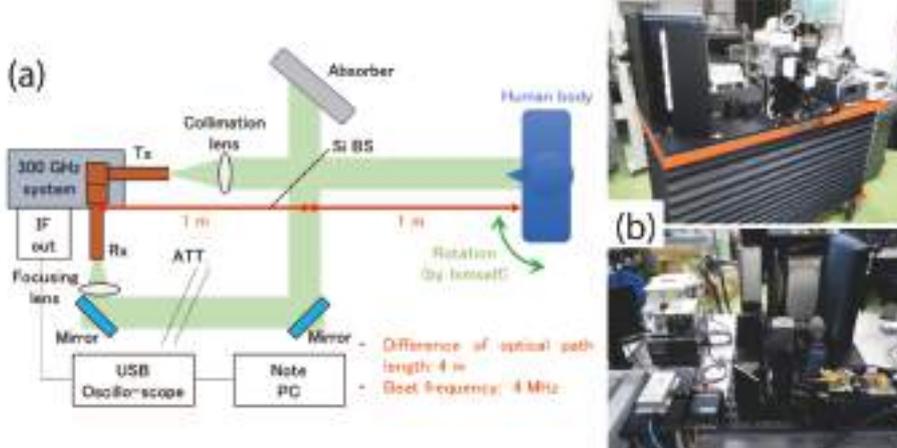
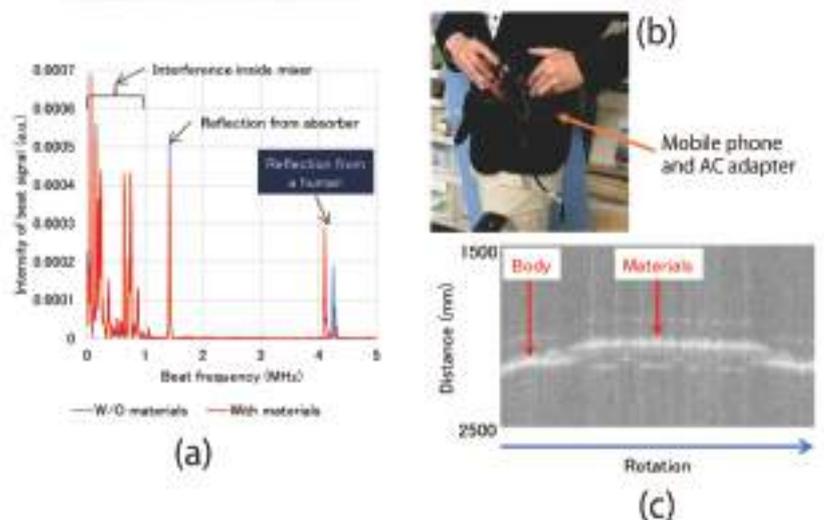


図1 (a) ウォークスルーボディスキャナシステムの光学系の模式図、(b) 開発中のボディスキャナのプロトタイプシステムの写真。
Fig.1 (a) The experimental setup of the walk-through body scanner system, and (b) The photograph of the prototype body scanner system under development, respectively.

図2 (a) 衣服内部に物体が隠匿されている場合と隠匿されていない場合のビート周波数の比較、(b) 衣服内部に物体を隠匿した様子。携帯電話とACアダプタを隠匿している、(c) 衣服内部に物体を隠匿した時の奥行き方向の断層画像。物体の検出に成功した。

Fig.2 (a) The comparison of reflected beat signal with the materials and without the materials, (b) In this photograph, an AC adapter and a mobile phone are hidden under cloths, and (c) Reconstructed cross-sectional image of a human body with materials, respectively.



テラヘルツ光源研究チーム



チームリーダー / Team Leader

南出 泰亜 博士(工学)

Hiroaki Minamide, D.Eng.



FY2019 Core Members

(研究員) 野竹 孝志、縄田 耕二、
時実 悠、瀧田 佑馬、韓 正利
(パートタイマー)
齋藤 美紀子
(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、森口 祥聖

(Research Scientist)
Takashi Notake, Kouji Nawata,
Yu Tokizane, Yuma Takida,
Zhengli Han

(Part-time Worker)
Mikiko Saito
(Assistant) Reiko Sasaki
(Senior Visiting Scientist)
Hiromasa Ito
(Visiting Scientist)
Seigo Ohno,
Yoshikiyo Moriguchi

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



フィルムメタマテリアル における多重共鳴現象を 用いた電磁波位相特異点 の制御

- 二重層金属パターン設計
- 反平行双極子共鳴
- 回折に基づく格子共鳴
- 結合共振器系における臨界共鳴現象の制御
- フィルムメタマテリアルの開発

Electromagnetic wave phase singularity control by multiple resonances in film metamaterial

- Double-layer metallic pattern design
- Anti-parallel dipole resonance
- Lattice resonance based on diffraction
- Critical-coupling control
- Film metamaterial development

Reference: Z. Han, S. Ohno, and H. Minamide, "Phase singularity in double-layer metamaterial," 第80回応用物理学会秋季学術講演会, 19p-E215-13, 北海道大学札幌キャンパス (2019年9月19日).

本チームでは、フィルムのメタマテリアルを用いて、電磁波の位相特異性現象を研究しています。位相特異点は、電磁波を含む一般の波動現象においてみられ、センシング技術、変調技術など、新しい技術への応用可能性を秘めた未開拓の分野です。

我々が扱うフィルムメタマテリアルは、各ユニットセルが金属二重層構造からなり、波長と同程度の比較的長い格子定数を持ちます。2種類のメタマテリアル共鳴、すなわち、二重層金属パターンにおける反平行双極子共鳴、およびメタマテリアル格子サイズに対応した格子共鳴が同時におこることで位相特異点が発現します。格子定数を変えることで、2つの共鳴間の結合を制御できます。具体的には、2つの共鳴はいくつかの状態に分類でき、格子定数を150 μm から210 μm へ徐々に長くすると、"未結合"、"臨界結合"、"結合"、"臨界結合"、最後に"未結合"へと変化します。結合が臨界格子定数に対応した臨界結合を達成すると、位相スペクトルは位相特異性を示し位相が2 π シフトします。研究中のフィルムメタマテリアルには2つの位相特異点があります。

物理的な観点から、この研究は、電磁波に関する結合共振器システムの実用化の可能性が広がります。アプリケーションの観点からは、この研究はメタマテリアル変調デバイスの設計に役立ち、センシング技術の感度を飛躍的に向上させる可能性があります。

In this work, we study the phase singularity phenomenon of electromagnetic wave by employing a film metamaterial. Phase singularity occurs in wave systems, including electromagnetic wave. It can promote new technique for applications, such as sensing, modulation, but not yet well researched.

The film metamaterial uses an unit structure design of double-layer metallic pattern with a large lattice. We account for the phase singularity from two types of metamaterial resonances, the anti-parallel dipole resonance from the double-layer metallic pattern, and the lattice resonance based on diffraction from the metamaterial lattice. By controlling the metamaterial lattice size, one is able to control the coupling of the two resonances. Specifically, when the metamaterial lattice size is increased from 150 μm to 210 μm , the two resonances transits from "decoupling", "critical-coupling", "coupling", "critical-coupling", and finally to "decoupling" in sequence. When the coupling achieves the critical-coupling, associated with the critical lattice size, the phase performance shows a phase singularity in the spectra. There are two phase singularities in the film metamaterial under study.

From physics view, this work might help to investigate the coupled resonators system regarding to electromagnetic wave. From application view, this work might help to design tunable metamaterial devices and improve the sensitivity of sensing techniques.

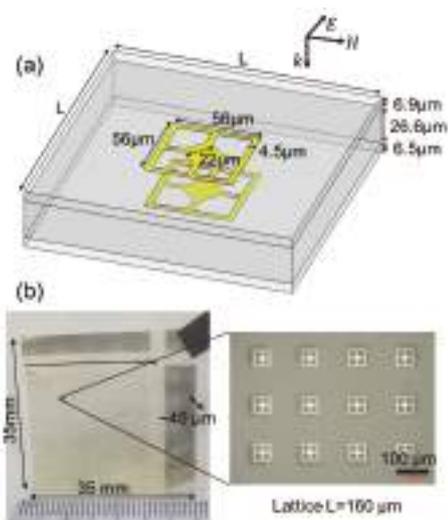


Fig.1 (a) Metamaterial unit structure design with double-layer metallic pattern. (b) Images of the developed film metamaterial.
図1 (a) メタマテリアルのユニットセルを形成する金属二重層構造。(b)作成したフィルムメタ表面とその顕微鏡像。

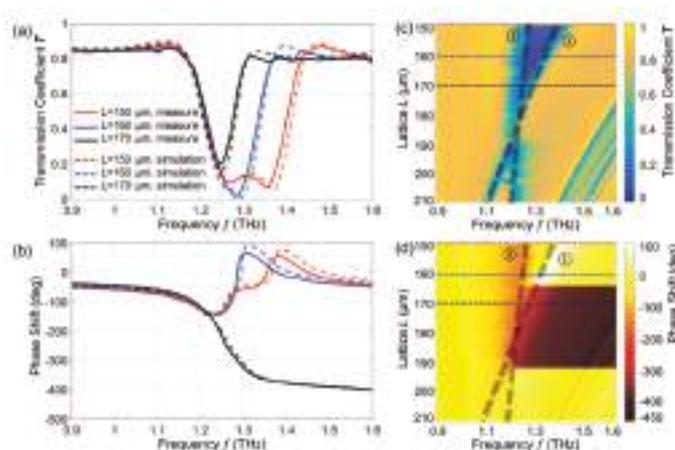


Fig.2 Spectra performance. Two resonances (① lattice resonance, ② anti-parallel dipole resonance) are associated with the metamaterial. By controlling the lattice size to let the two resonances express critical-coupling, phase singularity occurs. There are two phase singularities in the spectra.

図2 透過、位相スペクトル。2つの共鳴 (①格子共鳴、②反平行双極子共鳴) が共存する。格子間隔を変えることで臨界共鳴となり、位相特異点が発現する。2つの位相特異点が位相マップ上に見受けられる。

テラヘルツ量子素子研究チーム



チームリーダー / Team Leader

平山 秀樹 博士(工学)

Hideki Hirayama, D. Eng.



FY2019 Core Members

(研究員)

林 宗澤、定 昌史 (兼務)

(特別研究員)

王 利

(研修生)

陳明曦

(アシスタント)

佐藤 知子

(Research Scientist)

Tsung-Tse Lin, Masafumi Jo (c)

(Postdoctoral Researcher)

Li Wang

(Trainee)

Mingxi Chen

(Assistant)

Tomoko Sato

研究テーマ

- ✓ 新しい量子構造を用いた低周波数THz-QCLの高性能化
- ✓ 室温動作THz-QCLの実現へ向けた技術開拓
- ✓ 窒化物半導体を用いた未開拓波長5-12THz帯QCLの開発

Research Subjects

- ✓ Development of low-frequency THz-QCLs by introducing novel quantum structures
- ✓ Development toward room temperature operation of THz-QCLs
- ✓ Research toward realizing unexplored-frequency QCL using nitride semiconductors

研究成果 / Research Output

サブワットクラス高出力テラヘルツ量子カスケードレーザ(THz-QCL)を実現

- 4 THz帯0.9W出力GaAs系THz-QCLを実現
- 横方向リーク電流低減により温度230K動作THz-QCLの動作を解析で実証
- 窒化物GaN/AlGaN系を用いた赤外1.5 μm 帯QCLの室温光利得を解析で実証



Development of sub-watt class high-power terahertz quantum cascade laser (THz-QCL)

- Realization of 4 THz-band GaAs-based THz-QCL with 0.75 watt output power
- Operation temperature of THz-QCL up to 230 K is analyzed by reducing lateral leakage current
- Optical gain of GaN/AlGaN nitride-based 1.5 μm -band QCL is analyzed

Terahertz Quantum Device Research Team

本研究では、超小型、高効率・高出力、狭線幅、連続発振、高耐久性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。本研究では、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、未踏周波数である5-12 THzを実現するために、窒化物半導体を用いたQCLの開発を行っています。

今年度は、非平衡グリーン関数 (NEGF) 法に基づく第一原理計算を用いて、THz-QCLの高出力化および動作の高温化に関する設計指針を検討し、それに基づき実際のTHz-QCLで高出力動作を実現しました。THz-QCLにおいて、上位発光準位からサブバンド準位への横方向リーク電流を低減する事により、大幅な高出力化と230Kに至る動作の高温可が可能であることを解析により示しました。横リーク電流ブロック構造をGaAs系THz-QCLに導入し、4.15 THzにおいて最高出力0.75Wの出力を実現しました。また本年は、窒化物半導体を用いた赤外1~3 μm帯QCLの光利得の解析を行い、同素子において室温で光利得が得られることをはじめて解析により示しました。

Terahertz quantum-cascade lasers (THz-QCLs) are promising as an advanced THz laser sources with small size, high output power and narrow emission linewidth, and are expected for wide variety of applications. As the operating conditions for THz-QCLs are limited, we are researching on higher temperature and higher output power THz-QCL by introducing novel scheme quantum cascade structures. Also, we are developing unexplored frequency QCLs by using nitride-based semiconductors.

In this fiscal year, we discovered a new design for realizing high-performance THz-QCL by blocking a lateral leakage current from the upper emission level to separate sub-band states. It is analytically shown that significant increases in the output power and obtaining higher operating temperature up to 230K are possible by suppressing a lateral leakage current. We fabricated GaAs/AlGaAs THz-QCL with the structure blocking lateral reducing leakage current and achieved maximally 0.75 watt power operating at 4.15 THz. We also analytically demonstrated that room temperature optical gain is obtained for infrared (IR) QCLs operating at 1-3 μm using GaN/AlGaN nitride based QCL.

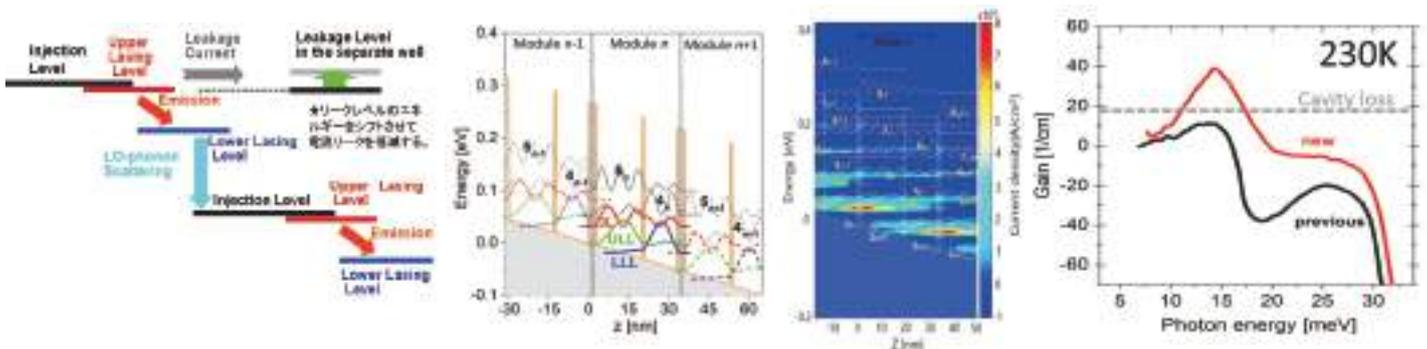


図1 横方向リーク電流ブロック構造を用いた230K高温動作THz-QCLの非平衡グリーン関数法による解析

Fig.1 Analysis of high-temperature operation (230K) of a GaAs/AlGaAs THz-QCL realized by blocking lateral leakage current : from L. Wang et al., Applied Physics Express, 12, 082003 (2019).

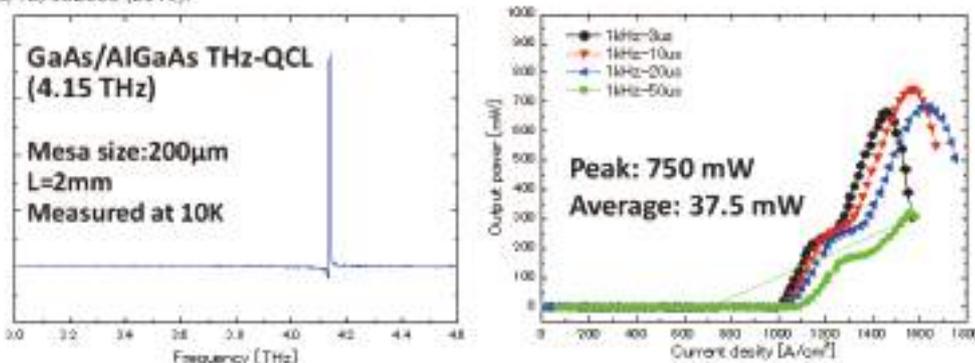


図2 横リーク電流低減構造の導入によるサブワット高出力THz-QCLの実現

Fig.2 Sab-watt power GaAs/AlGaAs THz-QCL realized by introducing a structure for blocking lateral leakage current

光量子制御技術開発チーム



チームリーダー / Team Leader

和田 智之 Ph.D.

Satoshi Wada, Ph.D.



FY2019 Core Members

(先任研究員) 加瀬 究
(上級研究員) 齋藤 徳人
(専任研究員) 佐々 高史、松山 知樹 (兼務)
(研究員) 小川 貴代、湯本 正樹、
藤井 克司、Loutchev, A. Oleg、
丸山 真幸、宮田 憲太郎、村上 武晴、
小田切 正人、齋藤 洋太郎
(特別研究員) 小池 佳代、白 蘭兰、
竹谷 皓規
(特別嘱託研究員) 小林 峰
(テクニカルスタッフ) 津野 克彦、
坂下 亨男、安井 一、国本 幸紀、
種石 慶、森下 圭、川田 靖、
大野 陽子
(アシスタント) 渡邊 博子、中村 真優、
野々村 真奈美、
(パートタイマー) 中川 淳子、奈良 美幸、
北 克則、碓井 民子

(Senior Research Scientist)
Kiwamu Kase, Norihito Saito,
Takafumi Sassa, Tomoki Matsuyama (c)
(Research Scientist)
Takayo Ogawa, Masaki Yumoto,
Katsushi Fujii, Oleg A.Loutchev,
Masayuki Murayama, Kentaro Miyata,
Takeharu Murakami, Masato Otagiri,
Yotaro Saito
(Postdoctoral Researcher)
Kayo Koike, Lanlan Bai,
Akinori Taketani
(Technical Staff)
Katsuhiro Tsuno, Michio Sakashita,
Hajime Yasui, Yukinori Kunimoto,
Kei Taneishi, Kei Morishita,
Yasushi Kawata, Yoko Ono
(Assistant)
Hiroko Watanabe, Mayuu Nakamura,
Manami Nonomura
(Part-time Worker)
Junko Nakagawa, Miyuki Nara,
Katsunori Kita, Tamiko Usui

研究テーマ

- ✓ 中赤外レーザーを用いた微量ガスの遠隔検知システムの開発
- ✓ レーザー遠隔検知によるインフラ計測
- ✓ 太陽光を用いた自然エネルギー研究
- ✓ 真空紫外線レーザーによる超低速ミュオン発生
- ✓ レーザーおよび光音響波の医療・農業・工業計測への応用

Research Subjects

- ✓ Development of trace gas remote-sensing system with mid-infrared laser
- ✓ Development of infrastructure measurement system with laser remote-sensing system
- ✓ Research of renewable energy using solar light
- ✓ Generation of ultraslow muon with vacuum ultraviolet laser
- ✓ Application to biomedical, agricultural, and industrial measurement using lasers and photoacoustic wave

研究成果 / Research Output

非破壊・非侵襲で無標識・機能3Dイメージングを実現する光音響顕微鏡の開発

- 未知なる高散乱体材料における散乱・吸収特性を実測・シミュレーションで推定
- 生分解性バイオマス繊維強化バイオプラスチックにおける光音響イメージング像を取得

Development of photoacoustic microscopy for non-destructive, non-invasive, label-free and functional 3D imaging

- Estimation of scattering and absorption properties of unknown high-scattering materials by actual measurement and simulation
- Acquisition of photoacoustic images of biodegradable biomass fiber-reinforced bioplastics



当研究チームでは光技術と超音波技術を組み合わせた、非破壊・非侵襲で無標識イメージングが可能な光音響イメージングの研究を進めています。ミリ秒以下で波長を変えることができる広帯域波長可変レーザーや広帯域に対応した光音響顕微鏡を開発し、生体のみならず複合材における非破壊内部可視化に取り組んでいます。

近年、海洋におけるマイクロプラスチック汚染が問題となっており、生分解性プラスチックに注目が集まっています。理化学研究所 環境資源科学研究センター バイオプラスチック研究チームによって作製された、セルロースを強化繊維として添加されたバイオプラスチックの非破壊検査を試み、直接計測が難しい高散乱体における散乱・吸収特性を実測・シミュレーションにて推定しました。そして、セルロース繊維とバイオプラスチックにおける等吸収点付近(波長1064 nm)において、非破壊で裏面に形成した高光吸収体の光音響イメージング像を得ることができました。

今後は既存技術では難しい、生体や樹脂等に代表される高散乱体における非破壊内部可視化において、光音響イメージング技術の未知材料への幅広い展開が期待されています。

Our research team is investigating photoacoustic imaging that combines optical and ultrasonic technologies to enable non-destructive, non-invasive, and label-free imaging. We have developed a broadband tunable laser that can change wavelengths in less than a millisecond and a photoacoustic microscope that supports broadband wavelengths. We are working on non-destructive internal visualization of not only living organisms but also composite materials.

In recent years, microplastic pollution in the oceans has become a problem, and biodegradable plastics are attracting more and more attention. Non-destructive inspection of cellulose fiber-reinforced bioplastics prepared by the Bioplastics Research Team at the RIKEN Center for Environmental and Resource Science has been attempted. Furthermore, the scattering and absorption properties of bioplastics, which are difficult to measure directly, have been estimated by measurement and simulation. We then nondestructively obtained photoacoustic images of the light absorber formed on the underside of bioplastics with the wavelength of near the isoabsorption point of cellulose fibers and bioplastics.

In the future, it is expected that photoacoustic imaging technology will be widely applied to unknown materials for non-destructive internal visualization of high-scattering materials such as biomaterials and plastics, which is difficult to do with existing technologies.

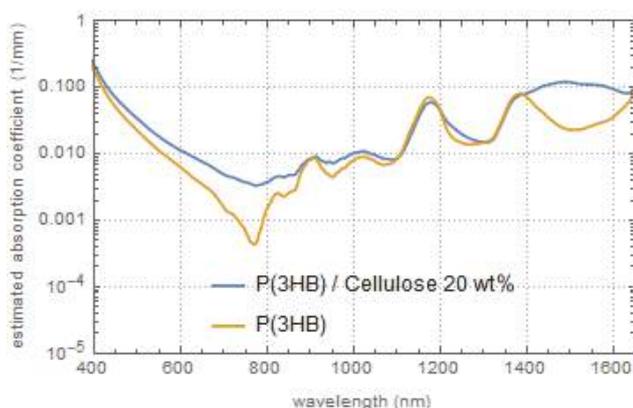
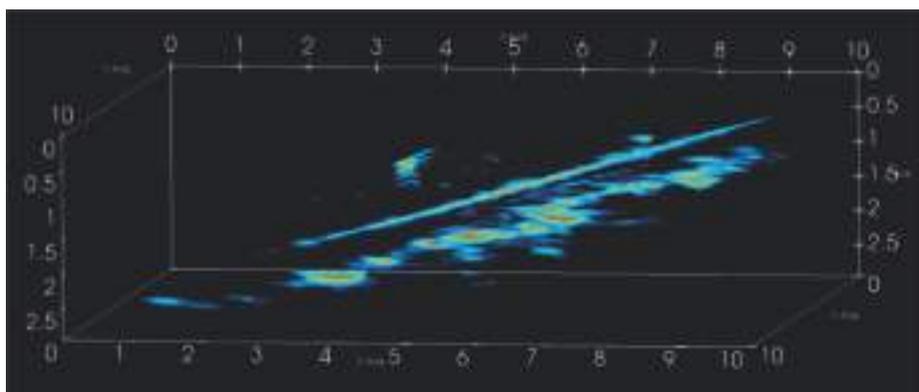


図1 バイオプラスチックの推定吸収曲線

Fig.1 The estimated absorption coefficient of cellulose fiber-reinforced plastics

図2 バイオプラスチック裏面に形成した高光吸収体の光音響像

Fig.2 Photoacoustic image of the light absorber formed on the underside of the cellulose fiber-reinforced plastics



先端光学素子開発チーム



チームリーダー / Team Leader

山形 豊 博士(工学)

Yutaka Yamagata, D. Eng.



FY2019 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

(研究員) 青木 弘良, 細島 拓也,
海老塚 昇

(特別研究員) 武田 晋

(アシスタント) 佐藤 祐子

(Senior Research Scientist)

Koichiro Shirota, Yusuke Tajima,
Yoshiyuki Takizawa

(Research Scientist) Hiroyoshi Aoki,
Takuya Hosobata, Noboru Ebizuka

(Postdoctoral Researcher)
Shin 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

- 金属基材を用いた超精密中性子集光ミラーが、J-PARC BL-16に導入される*
- 新規な硬脆材料の超精密延性モード加工技術により高精度な赤外線分光用回折格子の形成に成功
- 天文観測機器や超高速イメージングのためのスライスミラーの製造法を確立

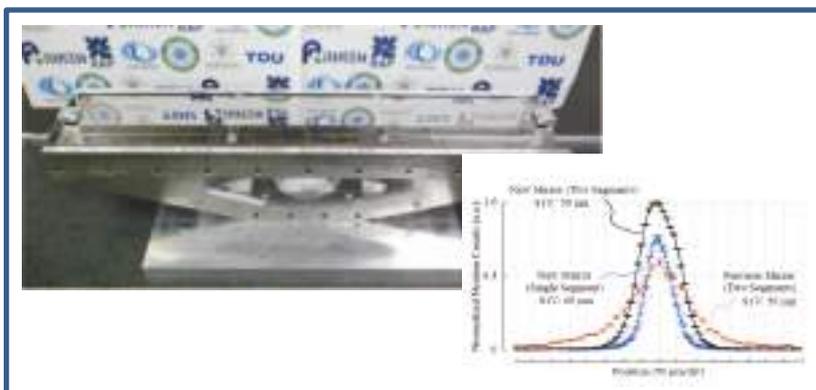
Contributing most advanced scientific apparatus by using ultrahigh precision optics manufacturing technology

- Neutron Focusing mirror using metallic substrate have introduced to J-PARC BL-16*
- Successfully manufactured germanium diffraction grating for infrared grating using a novel ultrahigh precision ductile-mode cutting technique of brittle material
- Manufacturing of slicing mirror for astronomical instruments and ultrafast imaging

*T.Hosobata et al., optics express 27(19) (2019)

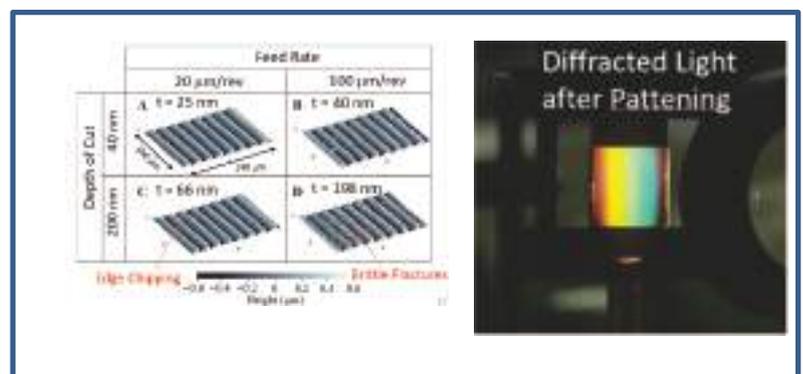
先端光学素子開発チームでは、光学素子等の超精密加工、光学設計、超精密計測技術に関する研究開発を推進しています。金属基材を用いた中性子集光ミラーの開発では、高精度な1次元楕円集光ミラーの開発に成功し、J-PARC BL-16(SOFIA)の標準オプションとして装備され、ユーザープログラムへの供用が始まりました。また、硬脆材料への新たな微細溝加工技術の確立に成功し、ゲルマニウムを用いた赤外分光用回折格子の試作に成功しました。また、天文観測機器や超高速イメージング向けのスライスミラーなどの複雑な光学系の加工技術の開発も進めています。

At Ultrahigh Precision Optics Technology Team, we conduct ultrahigh precision machining, metrology and design of optical components and systems. An elliptic neutron focusing mirror for J-PARC BL-16(SOFIA) has been successfully finished and is utilized in the user program. Also a new machining method of fine grooves with ductile-mode machining of brittle material has been established and a germanium grating for infrared spectroscopy at astronomical instruments has successfully manufactured. For astronomical instruments or ultrafast imaging experiment, manufacturing technique of complicated precision optical surfaces such as slicing mirror is in progress.



金属基材を用いた550mmの1次元楕円中性子集光ミラーが完成し、J-PARC BL-16(SOFIA)に導入された
 550mm elliptic neutron focusing mirror with metallic substrate for J-PARC BL-16(SOFIA) and the focusing spot diagram

新規な硬脆材料への微細溝の延性モード加工技術を確認し、ゲルマニウムを用いた赤外分光用回折格子の加工に成功した
 A new machining method of fine grooves with ductile-mode machining of brittle material has been established and a germanium diffraction grating for infrared spectroscopy has been successfully manufactured.



中性子ビーム技術開発チーム



チームリーダー / Team Leader

大竹 淑恵 理学博士

Yoshie Otake, D. Sci.



FY2019 Core Members

(副チームリーダー) 竹谷 篤
(上級研究員) 須長 秀行、高村 正人
(専任研究員) 小林 知洋
(研究員) 水田 真紀、若林 泰生、
高梨 宇宙、岩本 ちひろ、藤田 訓裕
(特別研究員) 池田 翔太
(客員研究員) 藤野 誠
(テクニカルスタッフ) 見原 俊介、
後藤 誠、松崎 義夫、箸蔵 晴彦
(アシスタント) 岸野 みゆき
(RAP特別顧問) 池田 裕二郎

(Deputy Team Leader)

Atsushi Taketani

(Senior Research Scientist)

Hideyuki Sunaga, Masato Takamura,

Tomohiro Kobayashi

(Research Scientist) Maki Mizuta,

Yasuo Wakabayashi,

Takaaki Takanashi, Chihiro Iwamoto,

Kunihiro Fujita

(Postdoctoral Researcher)

Shota Ikeda

(Visiting Scientist) Makoto Fijino

(Technical Staff) Shunsuke Mihara,

Makoto Goto, Yoshio Matsuzaki,

Haruhiko Hashikura

(Assistant) Miyuki Kishino

(RAP Senior Advisor) Yujiro Ikeda

研究テーマ

- ✓ いつでもどこでも利用できる安全な中性子線。理研小型中性子源システムRANS高度化開発
- ✓ 現場導入可能な普及型小型中性子源システムの実現
- ✓ 中性子線による社会インフラ劣化非破壊可視化・定量評価
- ✓ ものづくり現場のための中性子線金属サブナノ組織非破壊評価

Research Subjects

- ✓ Research and development of compact neutron system for practical use at anytime, anywhere
- ✓ Realization of the on-site use compact neutron system
- ✓ Non-destructive test technology for infrastructure
- ✓ Characterization of microstructure in steels by compact neutron source

研究成果 / Research Output

理研小型中性子源システムRANS-IIの開発に成功！可搬型プロトタイプ。ものづくり現場利用可能に。



- 現場導入可能な、コンパクトサイズの「理研小型中性子源システムRANS-II (ランズ・ツー)」の中性子発生に成功
- RANSとRANS-IIの2台の中性子源を独立に稼働可能に
- ECRイオン源と超コンパクト陽子線ライナックならびにリチウムターゲットによるコンパクトなシステムの実現に成功
- 可搬型小型中性子源システムの実現へ王手

Success of RANS-II development, compact accelerator-driven neutron source for on-site use!

- Real compact size neutron source starts operation with the length of 5m
- The system consists of ECR ion source, compact proton RFQ linac and safety lithium neutron generation target.
- RANS-II is also the proto-type of transportable compact neutron system

Reference: T.Kobayashi, et al 3rd Asia Oceanian conference of Neutron Scattering, Taiwan 18 Nov. (2019)

Neutron Beam Technology Team

2018年にはイタリアで、2019年には台湾で、落橋事故が起きました。また、バッテリーの発火事故は多くの運輸機器の安全性を脅かしています。私たちは理研小型中性子源システムRANSにより、非破壊で橋などのコンクリート構造物劣化の可視化などの小型中性子源に特化した中性子計測技術の開発に成功しています。

RANSをさらに小型化した、全長5mサイズのRANS-IIの開発に成功しました。RANS-IIではRANSよりも陽子エネルギーを小さくし、標的をベリリウムからリチウムにすることで、加速器重量を1/2に、標的を囲む遮蔽体重量を1/7程度に、装置の長さを1/3に抑制できました。2019年7月の施設検査合格以降、加速器の調整を重ねた結果、計測実験に十分な量の中性子発生を実現しました。RANS-IIはコンクリートインフラ構造物内部の現場における劣化診断法の実用化へ向けた開発や、一般企業の研究所や工場に必要な期間だけ設置して原料や製品の解析に使用するなど、今後の中性子利用に役立つと期待できます。

RANS-II (RIKEN Accelerator-driven compact Neutron Source II) is a prototype of a transportable compact accelerator neutron source, which will be used for diagnostics of infrastructures and for a portable analysis station of materials. RANS-II aims to confirm the performance of accelerator, target, shielding, chiller and instrumentation for measurement.

The total length of RANS-II is about 5m, while RANS is 15m. The total neutron flux (100 uA of incident proton) at 1 m distance from the target is estimated to be about $10^5 \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$. This number suggests that the neutron transmission or reflection imaging technique could be applicable for up to 300 mm thickness in concrete.

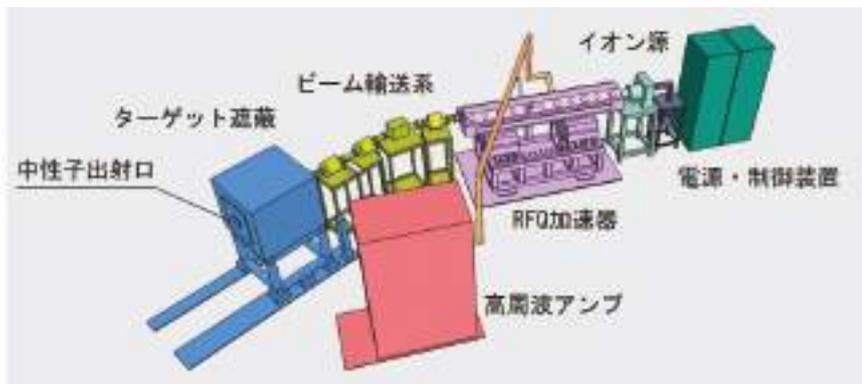


図1 RANS-II全体図

ECRイオン源より引き出された陽子線はRFQ加速器により2.49 MeVに加速されたのち、リチウム標的に衝突し前方方向に中性子線が取り出される。

Fig.1 RANS-II

Proton beam from ECR ion source enter to RFQ linac tube, from right side. The accelerated proton up to 2.49MeV hit the Li target to generate.

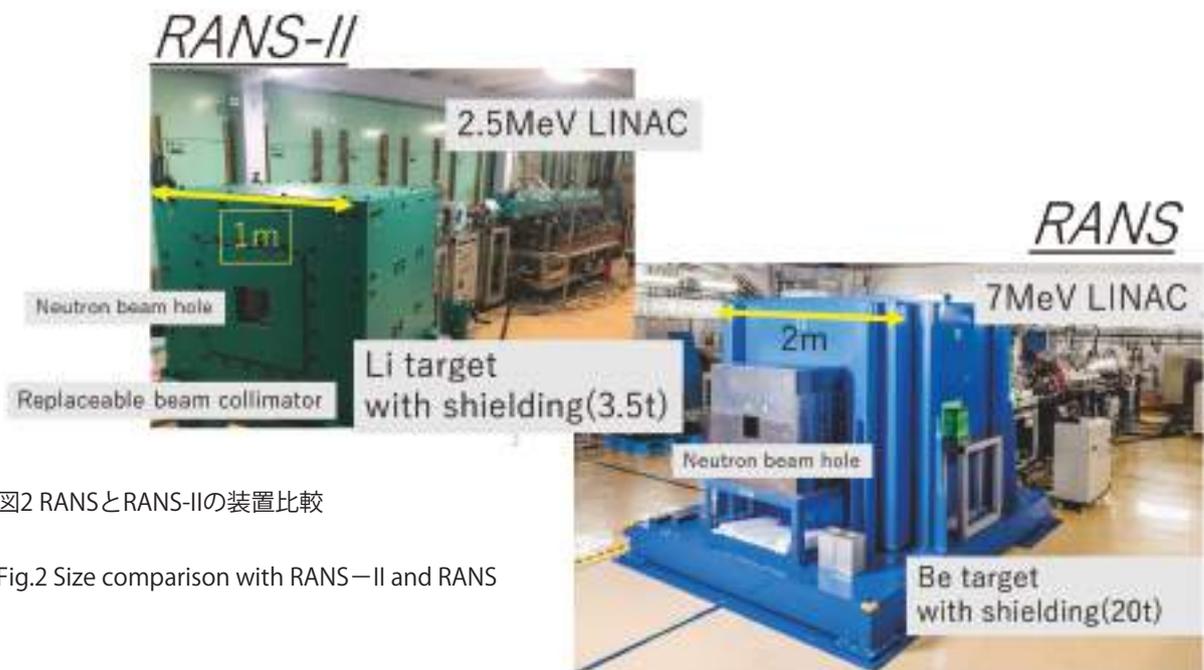


図2 RANSとRANS-IIの装置比較

Fig.2 Size comparison with RANS-II and RANS

技術基盤支援チーム



チームリーダー / Team Leader

山形 豊 博士(工学)

Yutaka Yamagata, D. Eng.



FY2019 Core Members

(副チームリーダー) 山澤 建二
(専任技師) 州之内 啓
(前任研究員) 池田 滋、滝澤慶之
(専門技術員) 藤本 武
(テクニカルスタッフ) 竹田 真宏、
綿貫正大
(アシスタント) 伊藤 純子

(Deputy Team Leader)

Kenji Yamazawa

(Senior Technical Scientist)

Kei Sunouchi

(Senior Research Scientist)

Shigeru Ikeda, Yoshiyuki Takizawa

(Expert Technician) Takeshi Fujimoto

(Technical Staff) Masahiro Takeda,

Masaharu Watanuki

(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的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
- 2019年度は、理研全体から540件の工作依頼を実施
- 3Dプリ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
- 540 manufacturing request was processed in FY2019 from all RIKEN sectors
- Advanced technological developments such as 3D printer 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。2019年度は、全体で540件の工作依頼がありました。2015年度から、受益者負担金の単価を改訂し、様々な外部資金も利用できるようにするなど、利用者の利便を図りサービスの向上に努めています。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。BNA結晶の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*。

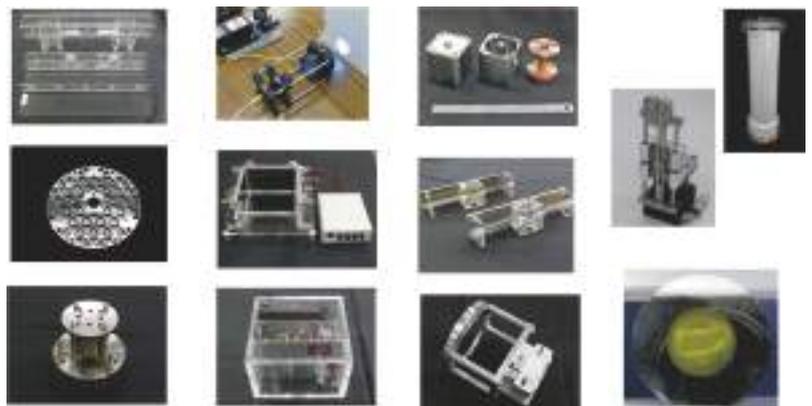
At Advanced Manufacturing Support Team, manufacturing support for the construction of experimental apparatus is performed through mechanical design and machining, electric/electronics and glassware fabrication etc. Those apparatus manufacturing support include modification of microscope stages, parts machining, construction of detector systems, and devices for biological experiments. We received 540 manufacturing requests from all the RIKEN research sectors in FY2019. User fee was updated from FY2015 and several external fund can be accepted. 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 of BNA crystals*.



Number of Manufacturing Support Request for FY2019 (Total: 540) according to RIKEN research sectors

2019年度における工作依頼件数(合計540件) とそのセンターごとの割合

工作事例
Manufacturing Examples



*T.Notake, et al. Sci. Rep.9(1)(2019)

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. Bing Xue, Yuuki Tamaru, Yuxi Fu, Hua Yuan, Pengfei Lan, Oliver D. Muecke, Akira Suda, Katsumi Midorikawa, and Eiji J. Takahashi: "Fully stabilized multi-TW optical waveform synthesizer: Towards gigawatt isolated attosecond pulses", Science Advances (in press), (2020).
2. Y. Nagata, Tetsuo Harada, Takeo Watanabe, Hiroo Kinoshita, and Katsumi Midorikawa, "At wavelength coherent scatterometry microscope using high-order harmonics for EUV mask inspection", Int. J. Extrem. Manuf. 1, 032001, (2019).

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

1. 磯部圭佑, "新しい光学系を使って広がる顕微鏡の世界 -1 広視野多光子照明と光操作高速多光子イメージング", 生体の科学, 71, 169-173, (2020).
2. 沖野友哉, 鍋川康夫, 緑川克美, 山内薫, "アト秒科学の展開", オプトロニクス, 453, 89-96, (2019).

(3) 招待講演 / Invited Talks

1. K. Midorikawa, "Progress on high-order harmonics and attosecond pulses", 14th Asia Pacific Physics Conference, Kuching, Malaysia, November, (2019).
2. K. Midorikawa, "Generation of GW isolated attosecond pulses by multi-TW optical waveform synthesizer", The 11th Asian Symposium on Intense Laser Science, Tianjin, China, Oct.-Nov., (2019).
3. K. Midorikawa, "Intense XUV high harmonics: generation and applications", The 18th International Manufacturing Conference in China, Shenyang, China, Oct., (2019).
4. Eiji J. Takahashi, "Gigawatt soft-x-ray attosecond super-continuum", The 11th International Conference on Information Optics and Photonics (CIOP 2019), Xi'an, China, August 8th, (2019).
5. K. Midorikawa, "Attosecond Science and Application", International Symposium on Ultrafast Intense Laser Science 2019, Kushiro, Japan, Aug., (2019).
6. T. Okino, "Interferometric attosecond spectroscopy of molecules", 31st International Conference on Photonic, Electronic and Atomic Collisions (ICPEAC2019), Deauville, France, July 25th, (2019).
7. K. Midorikawa, "Multi-TW optical waveform synthesizer for gigawatt soft x-ray isolated attosecond pulses", The 10th Shanghai-Tokyo Advanced Research Symposium on Ultrafast Intense Laser Science, Chengdu, China, June, (2019).
8. K. Isobe, K. Namiki, T. Michikawa, A. Miyawaki, F. Osakada, K. Midorikawa, "Deep imaging techniques by spatio-temporal control of excitation pulses", The 5th Biomedical Imaging and Sensing Conference (BISC2019), Yokohama, Japan, April 26th, (2019).
9. 鍋川康夫, "高強度アト秒パルス列による2原子分子の超高速ダイナミクスの探索", 日本物理学会第75回年次大会(2020年)名古屋, 3月18日, (2020).
10. 高橋栄治, "超高速軟X線イメージングを拓く高次高調波光源", 第67回応用物理学会春季学術講演会, 東京, 3月14日, (2020).
11. 高橋栄治, "二重チャープ光パラメトリック増幅によるテラワット級中赤外レーザーシステムの開発", レーザー学会学術講演会, 第40回年次大会, 仙台1月20日, (2020).
12. 沖野友哉, "超短パルスレーザーで物質内の電子の動きを観る", JST さきがけ「光極限」公開セミナー, 北海道大学, 10月28日, (2019).
13. 高橋栄治, "高次高調波発生を用いたMCD計測用光源の開発", 第43回日本磁気学会学術講演会, 京都, 9月27日, (2019).
14. 高橋栄治, "フルコヒーレント・アト秒軟X線光源の高強度化と展開", 第80回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道, 9月19日, (2019).
15. K. Isobe and K. Midorikawa, "Multiphoton imaging and photostimulation techniques by spatio-temporal control of excitation pulses", 第57回日本生物物理学会年会, 宮崎, 9月24日, (2019).
16. 磯部圭佑, "深部超解像イメージング技術", 第二回形態解析ワークショップー多様な顕微鏡を用いて, 東京, 8月31日, (2019).
17. 磯部圭佑, 緑川克美, "光の時空間分布を制御したイメージング技術", 第9回光科学異分野横断萌芽研究会, 京都, 8月7日, (2019).
18. 沖野友哉, "高分解能分光の展開", 第16回AMO討論会, 電気通信大学, 6月15日, (2019).
19. 磯部圭佑, "深部イメージングの限界を突破するための多光子顕微鏡技術の開発" OPIE'19 オープンセミナー『理化学研究所・光量子工学研究センター 光科学研究の現状と将来』, 東京, 4月25日, (2019).

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

1. エクストリームフォトニクスセミナー, Dr. Andrei Naumov, National Research Council, Ottawa, "Ultrafast Laser Facilities at National Research Council of Canada", 和光, 11月22日, (2019).
2. エクストリームフォトニクスセミナー, Dr. Ryoichi Hajima, National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology, "Research on basic technologies for a high-repetition attosecond pulse source driven by a free-electron laser", 和光, 12月12日, (2019).
3. エクストリームフォトニクスセミナー, Dr. Kaoru Yamazaki, Tohoku University, "Capturing the mid-infrared induce vibrational dynamics of fullerene C60 by X-ray free electron laser induced Coulomb explosion", 和光, 12月24日, (2019).

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 Papers

1. H. Kuramochi, S. Takeuchi, H. Kamikubo, M. Kataoka, and T. Tahara, "Fifth-order time-domain Raman spectroscopy of photoactive yellow protein for visualizing vibrational coupling in its excited state", *Sci. Adv.*, 5, eaau4490, (2019).
2. S. Tahara, H. Kuramochi, S. Takeuchi, and T. Tahara, "Protein dynamics preceding photoisomerization of the retinal chromophore in bacteriorhodopsin revealed by deep-UV femtosecond stimulated Raman spectroscopy", *J. Phys. Chem. Lett.*, 10, 5422-5427, (2019).
3. C. Chang, H. Kuramochi, M. Singh, R. Abe-Yoshizumi, T. Tsukuda, H. Kandori, and T. Tahara, "Acid-base equilibrium of the chromophore counterion results in distinct photoisomerization reactivity in the primary event of proteorhodopsin", *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 21, 25728-25734, (2019).
4. H. Kuramochi, S. Takeuchi, M. Iwamura, K. Nozaki, and T. Tahara, "Tracking photoinduced Au-Au bond formation through transient terahertz vibrations observed by femtosecond time-domain Raman spectroscopy", *J. Am. Chem. Soc.*, 141, 19296-19303, (2019).
5. M. Ahmed, K. Inoue, S. Nihonyanagi, and T. Tahara, "Hidden isolated OH at the charged hydrophobic interface revealed by two-dimensional heterodyne-detected VSFG spectroscopy", *Angew. Chem. Int. Ed.*, 59, 9498-9505, (2020).

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

1. K. Inoue, S. Nihonyanagi and T. Tahara, "Ultrafast vibrational dynamics at aqueous interfaces studied by 2D heterodyne-detected vibrational sum frequency generation spectroscopy", In: *Coherent Multidimensional Spectroscopy*, Cho M. (ed), Springer Series in Optical Science book Series vol. 226, Chap. 10, 215-236, (2019).

(3) 招待講演 / Invited Talks

1. T. Tahara, "Vibrational sum-frequency generation with quadrupole mechanism investigated by HD-VSFG spectroscopy", International workshop on nonlinear optics at interfaces, Shanghai, China, June, (2019).
2. T. Tahara, "Challenges with interface-selective nonlinear spectroscopy", Seminar, Institute for interdisciplinary research, Jiangnan University, Wuhan, China, June, (2019).
3. T. Tahara, "Structural dynamics of chemical bond formation in the Au(I) complex oligomers revealed by femtosecond time-domain Raman spectroscopy", International Conference on Ultrafast Structural Dynamics (ICUSD2019), Daejeon, Korea, June, (2019).
4. T. Tahara, "Structural dynamics of bond formation in metal complex oligomers elucidated by femtosecond time-resolved impulsive stimulated Raman spectroscopy", Telluride Science Research Center (TSRC) Workshop "Vibrational Dynamics", Colorado, USA, July, (2019).
5. M. Iwamura, K. Nozaki, H. Kuramochi, S. Takeuchi, T. Tahara, "Nuclear wave-packet motions of metallophilic oligomers in solution", 10th International Conference on Advanced Vibrational Spectroscopy (ICAVS 10), Auckland, New Zealand, July, (2019).
6. H. Kuramochi, S. Takeuchi, M. Iwamura, K. Nozaki, T. Tahara, "Direct observation of ultrafast structural dynamics of the dicyanoaurate trimer upon photo-induced tight Au-Au bond formation", 10th International Conference on Advanced Vibrational Spectroscopy (ICAVS 10), Auckland, New Zealand, July, (2019).
7. T. Tahara, "Ultrafast dynamics at aqueous interface revealed by time-resolved HD-VSFG spectroscopy", CECAM workshop on "Dynamics of Water in Complex Environments, Bridging the Gap between Molecular and Mesoscopic Interfaces", Paris, France, July, (2019).
8. T. Tahara, "Tracking ultrafast photochemical processes with observing excited-state coherent nuclear motion", The 29th

International Conference on Photochemistry (ICP 2019), Colorado, USA, July, (2019).

9. 田原太平, “挑戦したい幾つかの問題”、公益信託分子科学研究奨励森野基金 第6回森野ディスカッション, 東京, 9月2日, (2019).
10. H. Kuramochi, T. Tahara, “Mapping ultrafast chemical reaction dynamics with femtosecond time-resolved time-domain Raman spectroscopy using few-cycle pulses” , 19th Time Resolved Vibrational Spectroscopy Conference (TRVS2019), Auckland, New Zealand, September, (2019).
11. M. Ahmed, S. Nihonyanagi, T. Tahara, “Vibrational spectra and ultrafast dynamics of interfacial water studied by steady-state and time-resolved HD-VSFG spectroscopy” , Indo-Japan workshop on “Frontiers in Molecular Spectroscopy: From Fundamentals to Applications in Chemistry and Biology” , Kobe, Japan, October, (2019).
12. H. Kuramochi, “Mapping ultrafast chemical reaction dynamics with femtosecond time-resolved time-domain Raman spectroscopy” , Indo-Japan workshop on “Frontiers in Molecular Spectroscopy: From Fundamentals to Applications in Chemistry and Biology”, Kobe, Japan, November, (2019).
13. T. Tahara, “Ultrafast dynamics at the water surface revealed by femtosecond interface-selective nonlinear spectroscopy” , Nature Conference on Functional Dynamics -Visualizing Molecules in Action-, Arizona, USA, November, (2019). Keynote
14. T. Tahara, “Time-domain Raman spectroscopy and its application to ultrafast photochemical / photobiological reactions, Vellore, India, February, (2020).
15. T. Tahara, “Structure and dynamics at aqueous interface revealed by heterodyne-detected vibrational sum-frequency” , Department Seminar, Indian Institute of Science (IISc), Bangalore, India, February, (2020).
16. T. Tahara, “Wonder world seen with ultrashort light” , Special Colloquium 2020, Pune, India, February, (2020).
17. T. Tahara, “Structure and dynamics at aqueous interface revealed by heterodyne-detected vibrational sum-frequency” , Department Seminar, Indian Institute of Technology at Bombay, Mumbai, India, February, (2020).
18. T. Tahara, “Time-domain Raman spectroscopy and its application to ultrafast photochemical/photobiological reactions” , Department Seminar, Tata Institute for Fundamental Research (TIFR), Mumbai, India, February, (2020).
19. T. Tahara, “Wonder world seen with ultrashort light” , Mizushima-Raman Public Lecture, Delhi, India, February, (2020).
20. T. Tahara, “Wonder world seen with ultrashort light” , Institute Lecture, Indian Institute of Science Education and Research (IISER) Bhopal, Bhopal, India, February, (2020).
21. T. Tahara, “Structure and dynamics at aqueous interface revealed by heterodyne-detected vibrational sum-frequency” , Department Seminar, Indian Institute of Science Education and Research (IISER) Bhopal, Bhopal, India, February, (2020).
22. 倉持光, “超高速ラマン分光で観る光受容タンパク質におけるプロトン移動ダイナミクス”、TIA 連携プログラム探索事業「かけはし」量子反応シンポジウム、野田市、3月5日, (2020).

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

1. RIKEN Seminar: Prof. Michiel Sprik (University of Cambridge, UK.), “Electromechanics of the water liquid-vapour interface” , Wako, Saitama, 4月16日, (2019).
2. Seminar: Ms. Bluebell Drummond (University of Cambridge, UK.), “The effects of molecular modification on intersystem crossing for improved thermally activated delayed fluorescence” , Wako, Saitama, 9月24日, (2019).
3. RIKEN Seminar: Prof. David M. Leitner (University of Nevada, Reno), “Energy Transport across Interfaces in Biomolecular Systems” , Wako, Saitama, 10月21日, (2019).
4. RIKEN Seminar: Prof. Sudipta Maiti (Tata Institute of Fundamental Research) , “In search of the elusive toxic oligomer in Amyloid diseases” , Wako, Saitama, 12月5日, (2019).
5. RIKEN Seminar: Prof. Eric Borguet (Temple University), “Impact of ions on structure and dynamics at aqueous interfaces” , Wako, Saitama, 1月6日, (2020).
6. Seminar: Mr. Masafumi Koga (Osaka University), “Direct Observation of Photoionization Dynamics in Solution Phase Induced by Simultaneous and Stepwise Two-Photon Excitation” , Wako, Saitama, 3月18日, (2020).

(5) 特筆すべき事項・トピックス / Topics

1. RIKEN RESEARCH News, “Protein changes precede photoisomerization of retinal chromophore” , Nov. 29, (2019).
2. 理研プレスリリース, “1兆分の3秒で進む分子の構造変化を追跡” , 11月28日, (2019).
3. Nature Review Chemistry, 4, 64 (2020), “Real-time bond formation” .

4. RIKEN RESEARCH News, "Gold bond formation tracked in real time using new molecular spectroscopy technique" , Feb. 14, 2020.
5. Cover picture, Angewandte Chemie International Edition (Inside back cover) "Hidden Isolated OH at the Charged Hydrophobic Interface Revealed by Two-Dimensional Heterodyne-Detected VSFG Spectroscopy" .
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/anie.202004650>

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. T. Akatsuka, T. Goh, H. Imai, K. Oguri, A. Ishizawa, I. Ushijima, N. Ohmae, M. Takamoto, H. Katori, T. Hashimoto, H. Gotoh, and T. Sogawa: "Optical frequency distribution using laser repeater stations with planar lightwave circuits" , Opt. Exp. 28, 9186, (2020).
2. S. Okaba, D. Yu, L. Vincetti, F. Benabid, and H. Katori: "Superradiance from lattice-confined atoms inside hollow core fibre" , Commun. Phys. 2, 136, (2019).
3. A. Yamaguchi, M. S. Safronova, K. Gibble, and H. Katori: "Narrow-line Cooling and Determination of Magic Wavelength of Cd" , Phys. Rev. Lett. 123, 113201, (2019).
4. N. Ohmae, and H. Katori: "626-nm single-frequency semiconductor laser system operated near room temperature for mW-level second-harmonic generation at 313 nm" , Rev. Sci. Instrum. 90, 063201, (2019).

(2) 招待講演 / Invited Talks

1. 香取秀俊, "時空のゆがみを見る時計: Curiosity driven なサイエンスから社会実装へ" , 第 24 回 豊田理研懇話会, 愛知, 1 月 24 日, (2020).
2. 香取秀俊, "20 年目の光格子時計—Curiosity driven science から、小型、高性能化、社会実装へ—" , 光・量子飛躍フラッグシッププログラム (Q-LEAP) 第 2 回シンポジウム, 東京, 1 月 14 日, (2020).
3. H. Katori, "Transportable Optical Lattice Clocks to Test Gravitational Redshift" , EU-USA-Japan International Symposium on Quantum Technology (ISQT), Kyoto, December 16-17, (2019).
4. 香取秀俊, "300 億年に 1 秒しかずれない時計 『はかる』を極める—21 世紀の計量—" , 2019 年度公開講座, 東京, 12 月 7 日, (2019).
5. 香取秀俊, "時空のゆがみを見る時計—光格子時計—" , 第 42 回 ATI 公開フォーラム, 東京, 11 月 30 日, (2019).
6. H. Katori, "Transportable Optical Lattice Clocks to Test Gravitational Redshift" , ENS/UTokyo WS on Physics, Tokyo, November 25-26, (2019).
7. H. Katori, "Optical lattice clocks "From curiosity-driven research to practical devices" , QUANTUM TECHNOLOGY SEMINAR ~How collaboration of Japanese and Danish researchers is contributing to current and future innovation~, Denmark, November 21, (2019).
8. 香取秀俊, "光格子時計が拓く新たな時空間情報基盤" , 量子 ICT フォーラム 2019 技術シンポジウム, 東京, 11 月 13 日, (2019).
9. 香取秀俊, "光格子時計の小型・高性能化, 現状と展望" , 応用物理学会・量子エレクトロニクス研究会「宇宙量子エレクトロニクス」, 山梨, 11 月 8 日, (2019).
10. 香取秀俊, "光格子時計—時空のゆがみを見る時計—" , 首都大学東京 教室談話会, 東京, 10 月 31 日, (2019).
11. H. Katori, "Optical lattice clocks and their field operation" , Physics of fundamental Symmetries and Interactions - PSI2019, Switzerland, October 20-25, (2019).
12. H. Katori, "Optical lattice clocks—From curiosity-driven research to practical devices—" , 日英量子センシング・計測研究ワークショップ, Tokyo, September 10-11, (2019).
13. H. Katori, "Optical lattice clocks and their applications—From curiosity-driven research (1999) to practical devices—" , ICPEAC Dequville 2019, France, July 24-30, (2019).
14. H. Katori, "Magic conditions for optical lattice clocks to operate at 10-19 uncertainty" , CLEO/EUROPE-EQEC, Germany, June 23-27, (2019).
15. 香取秀俊, "光格子時計—時計の 18 桁目を読む—" , 超高速フォトニックネットワーク開発推進協議会 (PIF) 2019 年度 定期総会講演会・展示会, 東京, 6 月 7 日, (2019).
16. 香取秀俊, "光格子時計による未来社会の創造—時計の 18 桁目を読む—" , 島津製作所, 京都, 6 月 4 日, (2019).
17. H. Katori, "Current Status of Optical Lattice Clocks at RIKEN & UT" , IFCS-EFTE2019, USA, April 14-18, (2019).

(3) 特筆すべき事項・トピックス／Topics

1. EE Times Japan, “超高精度光周波数の 240km ファイバー伝送に成功”, 3月23日, (2020).
2. Laser Focus World, “超高精度光周波数の 240km ファイバ伝送に成功”, 3月19日, (2020).
3. 日本経済新聞, “NTT と東大など、超高精度光周波数の 240km 光ファイバ伝送に成功”, 3月18日, (2020).
4. 日経 XTECH “NTT と東大など、超高精度光周波数の 240km 光ファイバ伝送に成功”, 3月18日, (2020).
5. PC Watch, “NTT ら、超高精度光周波数の 240km ファイバ伝送に成功。光格子時計の遠隔地間周波数比較実現に前進”, 3月18日, (2020).
6. OPTCOM, “超高精度光周波数の 240km ファイバ伝送に成功【NTT、東京大学、NTT 東日本、理化学研究所、JST】”, 3月18日, (2020).
7. OPTRONICS, “NTT ら、超高精度光周波数遠隔地間伝送に成功”, 3月18日, (2020).
8. 読売新聞, “量子技術で「測る」が変わる”, 1月12日, (2020).

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. A. Ishii, H. Machiya, Y. K. Kato, “High efficiency dark-to-bright exciton conversion in carbon nanotubes”, Phys. Rev. X 9, 041048, (2019).
2. K. Otsuka, A. Ishii, Y. K. Kato, “Super-resolution fluorescence imaging of carbon nanotubes using a nonlinear excitonic process”, Opt. Express 27, 17463, (2019).

(2) 招待講演／Invited Talks

1. Y. K. Kato, “Single-carbon-nanotube photonics and optoelectronics”, Optics & Photonics Taiwan, International Conference (OPTIC2019), Taichung City, Taiwan, December 06, (2019).
2. 加藤雄一郎, “今でしょ！その場で作る機能性材料”, 第9回 CSJ 化学フェスタ, 東京, 10月16日, (2019).
3. Y. K. Kato, “Exciton physics in individual carbon nanotubes”, 日本物理学会 2019 年秋季大会 (物性), 岐阜, 9月11日, (2019).
4. A. Ishii, H. Machiya, Y. K. Kato, “High efficiency dark-to-bright exciton conversion in carbon nanotubes”, Fundamental Optical Processes in Semiconductors (FOPS), Banff, Canada, August 09, (2019).
5. Y. K. Kato, “Exciton Physics in Air-Suspended Carbon Nanotubes”, International Conference on the Science and Application of Nanotubes and Low-Dimensional Materials (NT19), Wurzburg, Germany, July 25, (2019).
6. S. Tanaka, K. Otsuka, K. Kimura, A. Ishii, H. Imada, Y. Kim, Y. K. Kato, “Organic molecular tuning of many-body interaction energies in air-suspended carbon nanotubes”, 235th Electrochemical Society Meeting, Dallas, Texas, USA, May 29, (2019).
7. Y. K. Kato, “Single-carbon-nanotube photonics and optoelectronics”, Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO2019), San Jose, CA, USA, May 6, (2019).

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

1. セミナー, Nicolas F. Zorn, Heidelberg University, “Air-suspended, sp³-functionalized carbon nanotubes”, 和光, 3月31日, (2020).
2. セミナー, Fong Chee Fai, Nanyang Technological University, “Low dimensional structures and devices: Semiconductor quantum dots and nanocrystals”, 和光, 11月11日, (2019).
3. セミナー, Jana Zaumseil, Heidelberg University, “Tuning the emission properties of (6,5) Carbon Nanotubes with Strong Coupling in Cavities, Doping and sp³ Functionalization”, 和光, 10月5日, (2019).

(4) 特筆すべき事項・トピックス／Topics

1. RIKEN research highlight, “Dark excitons can make a high contribution to light emission from nanotubes”, 3月6日, (2020).
2. ナノテクジャパン, “暗い励起子から明るい励起子への変換機構を解明 ～カーボンナノチューブの発光効率向上への新指針～”, 12月20日, (2019).
3. Laser Focus World Japan, “理研、暗い励起子から明るい励起子への変換機構を解明”, 12月9日, (2019).
4. オプトロニクスオンライン, “理研、CNTの発光効率向上へ新発見”, 12月9日, (2019).
5. 化学工業日報, “CNTの発光効率向上に指針”, 12月9日, (2019).
6. 理研プレスリリース, “暗い励起子から明るい励起子への変換機構を解明 ～カーボンナノチューブの発光効率向上への新指針～”,

12月6日, (2019).

- 小澤大知基礎科学特別研究員, 2019年度フラーレン・ナノチューブ・グラフェン学会 第16回飯島奨励賞を受賞.

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

- M. Abe, S. Kosaka, M. Shibuta, K. Nagata, T. Uemura, A. Nakano, and H. Kaya: "Transient activity of the florigen complex during the floral transition in *Arabidopsis thaliana*," *Development* 146:dev171504, (2019).
- K. Kurokawa, H. Osakada, T. Kojidani, Y. Suda, H. Asakawa, T. Haraguchi, and A. Nakano: "Visualization of secretory cargo transport within the Golgi apparatus in living yeast cells," *J. Cell Biol.* 218:1602-1618, (2019).
- T. L. Shimada, S. Betsuyaku, N. Inada, K. Ebine, M. Fujimoto, T. Uemura, Y. Takano, H. Fukuda, A. Nakano, and T. Ueda: "Enrichment of phosphatidylinositol 4,5-bisphosphate in the extra-invasive hyphal membrane promotes *Colletotrichum* infection of *Arabidopsis thaliana*," *Plant Cell Physiol.* 60:1514-1524, (2019).
- M. Maeda, K. Kurokawa, T. Katada, A. Nakano, and K. Saito: "COPII proteins exhibit distinct subdomains within each ER exit site for executing their functions," *Sci. Rep.* 9:7346, (2019).
- T. Tojima, Y. Suda, M. Ishii, K. Kurokawa, and A. Nakano: "Spatiotemporal dissection of the trans-Golgi network in budding yeast," *J. Cell Sci.* 132:jcs231159, (2019).
- T. L. Shimada, T. Shimada, Y. Okazaki, Y. Higashi, K. Saito, K. Kuwata, K. Oyama, M. Kato, H. Ueda, A. Nakano, T. Ueda, Y. Takano, and I. Hara-Nishimura: "HIGH STEROL ESTER 1 is a key factor in plant sterol homeostasis," *Nat. Plants* 5:1154-1166, (2019).
- A. Ishii, K. Kurokawa, M. Hotta, S. Yoshizaki, M. Kurita, A. Koyama, A. Nakano, and Y. Kimura: "Role of Atg8 in the regulation of vacuolar membrane invagination," *Sci. Rep.* 9:14828, (2019).
- S. Fujii, K. Kurokawa, R. Inaba, N. Hiramatsu, T. Tago, Y. Nakamura, A. Nakano, T. Satoh, and A. K. Satoh: "Recycling endosomes attach to the trans-side of Golgi stacks in *Drosophila* and mammalian cells," *J. Cell Sci.* 133:jcs236935, (2020).

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

- P. J. Cullen and A. Nakano: "Editorial overview: Membrane trafficking," *Curr. Opin. Cell Biol.* 59:iii-v, (2019).
- 中野明彦, "ライブイメージングでゴルジ体のタンパク質輸送のメカニズムを解明," *日経サイエンス*, 49:88, (2019).

(3) 招待講演 / Invited Talks

- A. Nakano, "Dynamics of protein sorting zones within and around the Golgi apparatus as visualized by high-speed super-resolution live imaging SCLIM," SFB1190 Minisymposium "Organelle Zones Meet Compartmental Gates and Contact Sites," Göttingen, Germany, May 2, (2019).
- A. Nakano, "Dynamics of protein sorting zones in and around the Golgi apparatus as visualized by high-speed super-resolution live imaging SCLIM," International Symposium "Organelle zones: opening a new era of cell biology," Grant-in-Aid for Scientific Research on Innovative Areas "Toward an integrative understanding of functional zones in organelles," Suita, Japan, May 29, (2019).
- K. Kurokawa, "Visualization of cargo transport from the ER to the Golgi and within the Golgi," RIKEN symposium: Cutting edge of membrane traffic, Wako, Japan, May 31, (2019).
- T. Tojima, "Visualization of membrane traffic in the neuronal growth cone," RIKEN symposium: Cutting edge of membrane traffic, Wako, Japan, May 31, (2019).
- 中野明彦, "究極のライブセルイメージングでパラダイムを覆す," ERATO 学術セミナー, 筑波大学, つくば, 6月7日, (2019).
- A. Nakano, "State-of-the-art live cell imaging at high-speed and super-resolution -- Dream to see real vesicular trafficking has come true," Joint Symposium "Extreme imaging to explore the boundaries between cell biology and protein science," Joint Annual Meeting of 71st JSCB and 19th PSSJ, Kobe, Japan, June 24, (2019).
- A. Nakano, "Extremely dynamic behaviors of vesicles and zones in and around the Golgi as visualized by high-speed super-resolution live imaging SCLIM," IAS Symposium "Biogenesis of Intracellular and Extracellular Vesicles," Hong Kong, China, July 5, (2019).
- A. Nakano, "High-speed and super-resolution live imaging to understand the true world in a living cell," University of Michigan Seminar, Ann Arbor, MI, USA, July 12, (2019).
- 黒川量雄, "成熟するゴルジ槽内のゾーン形成と積荷タンパク質輸送の可視化," 第38回日本糖質学会年会, 名古屋, 8月19日,

(2019).

10. A. Nakano, "State-of-the-art live cell imaging at high-speed and super-resolution -- Dream to see real vesicular trafficking has come true," University of Bergen Seminar, Bergen, Norway, September 12, (2019).
11. A. Nakano, "State-of-the-art live cell imaging at high-speed and super-resolution -- Dream to see real vesicular trafficking has come true," University of Oslo Seminar, Oslo, Norway, September 13, (2019).
12. 黒川量雄, "4D イメージングによる小胞体ーゴルジ体間, ゴルジ体内の蛋白質輸送機構," 日本遺伝学会第 91 回大会, 福井, 9 月 14 日, (2019).
13. A. Nakano. "Dynamics of the Golgi and its neighbors visualized by high-speed and super-resolution live imaging SCLIM," Symposium "Structure and Function of the Golgi," 92nd Annual Meeting of the Japanese Biochemical Society. Yokohama, Japan, September 20, (2019).
14. A. Nakano. "The challenge to visualize vesicular trafficking in living cells by high-speed and super-resolution live imaging microscopy –The dream has come true," Full-global kickoff symposium, Serendipity Lab. University of Tokyo, Hongo, Japan, November 10, (2019).
15. 戸島拓郎, "ゴルジ体からトランスゴルジ網への槽成熟ダイナミクス," ワークショップ「糖鎖修飾を制御するオルガネラゾーン」, 第 42 回日本分子生物学会年会, 福岡, 12 月 5 日, (2019).

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

1. 理研シンポジウム "Cutting-edge of membrane traffic," 大河内記念ホール, 和光, 5 月 31 日, (2019).
2. 理研セミナーシリーズ "How does secretory cargo exit ER?" 生物科学研究棟, 和光, 6 月 20 日, (2019).
3. 多次元細胞計測ワークショップ, 大河内記念ホール, 和光, 1 月 27-28 日, (2020).

(5) 特筆すべき事項・トピックス / Topics

1. 黒川論文 (J. Cell Biol. 2019) の紹介が、RIKEN Research に Research Highlight として掲載, 5 月, (2019).
2. 黒川論文 (J. Cell Biol. 2019) が JCB 誌の outstanding article に選ばれ、"July Highlights from JCB: Lipid and Membrane Biology Collection" に online 掲載, 7 月, (2019).
3. 戸島論文 (J. Cell Sci. 2019) が JCS 誌の First Person Interview に選ばれ、写真入りで掲載, 7 月, (2019).

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. Katayama H., Hama H., Nagasawa K., Kurokawa H., Sugiyama M., Ando R., Funata M., Yoshida N., Homma M., Nishimura T., Takahashi M., Ishida Y., Hioki H., Tsujihata Y., Miyawaki A., "Visualizing and modulating mitophagy for therapeutic studies of neurodegeneration" , Cell, 181(5):1176-1187.e16., (2020).
2. Ando R., Sakaue-Sawano A., Shoda K., Miyawaki A., "Two new coral fluorescent proteins of distinct colors for sharp visualization of cell-cycle progression" , bioRxiv, 2020.03.30.015156; doi: <https://doi.org/10.1101/2020.03.30.015156>, (2020).
3. Yoshioka-Kobayashi K., Matsumiya M., Niino Y., Isomura A., Kori H., Miyawaki A., Kageyama R., "Dynamic control of coupling delay for synchronized oscillations in the segmentation clock" , Nature, 538 (7801): 119-123, (2019).
4. Nakano S, Ikeda M, Tsukada Y, Fei X, Suzuki T, Niino Y, Ahluwalia R, Sano A, Kondo R, Ihara K, Miyawaki A, Hashimoto K, Higashiyama T, Mori I., "Presynaptic MAST kinase controls opposing postsynaptic responses to convey stimulus valence in *Caenorhabditis elegans*, Proc Natl Acad Sci U S A., 117 (3): 1638-1647, (2020) .
5. Anikeeva P, Boyden E, Brangwynne C, Cissé I, Fiehn O, Fromme P, Gingras AC, Greene CS, Heard E, Hell SW, Hillman E, Jensen GJ, Karchin R, Kiessling LL, Kleinstiver BP, Knight R, Kukura P, Lancaster MA, Loman N, Looger L, Lundberg E, Luo Q, Miyawaki A, Myers EW Jr, Nolan GP, Picotti P, Reik W, Sauer M, Shalek AK, Shendure J, Slavov N, Tanay A, Troyanskaya O, van Valen D, Wang HW, Yi C, Yin P, Zernicka-Goetz M, Zhuang X., "Voices in methods development, Nature Methods, 16(10):945-951. doi: 10.1038/s41592-019-0585-6, (2019).
6. Yi X., Son S., Ando R., Miyawaki A., Weiss S., "Moments reconstruction and local dynamic range compression of high order superresolution optical fluctuation imaging" , Biomed. Opt. Express, 10 (5): 2430-2445, (2019) .

(2) 招待講演 / Invited Talks

1. 宮脇敦史, "Cruising inside cells," 第 37 回日メディシナルケミストリーシンポジウム那覇, 11 月 28 日, (2019).
2. 宮脇敦史, "Cruising inside cells," 第 72 回日本薬理学会西南部会, 那覇, 11 月 16 日, (2019).
3. 宮脇敦史, "Cruising inside cells," 第 6 回板橋オプトフォーラム, 東京, 10 月 23 日, (2019).
4. 宮脇敦史, "Interplay between Light and Life 光と生命との相互作用", Tokyo Breast Cancer Meeting 2019, Tokyo, 10 月 18 日, (2019).
5. Atsushi Miyawaki, "Genetically encoded luminescent tools for life sciences", EMBO | EMBL Symposium: Seeing is Believing, Heidelberg, Germany, 10 月 9-12 日, (2019).
6. Atsushi Miyawaki, "Genetically encoded tools for brain studies", IBRO 2019, Deagu, South Korea, 9 月 21 日, (2019).
7. 宮脇敦史, "Luminescence imaging technologies for brain sciences", NEURO2019 富士フィルム和光純薬(株)ランチョンセミナー, 新潟, 7 月 25 日, (2019).
8. Atsushi Miyawaki, "Luminescence imaging", RIKEN IMS-JSI International Symposium on Immunology2019, Tokyo, 6 月 24-25 日, (2019).

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

1. Resonance Bio International Symposium, Tokyo, October 30-November 1, (2019).

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. Sakaguchi, Ryota & Shiraiwa, Takayuki & Chivavibul, Pornthep & Kasuya, Tadashi & Enoki, Manabu & Yamashita, Norio & Yokota, Hideo & Matsui, Yutaka & Kazama, Akira & Ozaki, Keita & Takamatsu, Hiroyuki, "Multiscale Analysis of MnS Inclusion Distributions in High Strength Steel", ISIJ International. 10.2355/isijinternational.ISIJINT-2019-739, (2020).
2. Shigenori Inagaki, Masakazu Agetsuma, Shinya Ohara, Toshio Iijima, Hideo Yokota, Tetsuichi Wazawa, Yoshiyuki Arai & Takeharu Nagai, "Imaging local brain activity of multiple freely moving mice sharing the same environment", Scientific Reports 9(1), DOI: 10.1038/s41598-019-43897-x, December, (2019).
3. Seiji Takagi, Shigeki Kudo, Hideo Yokota, Masahiro Akiba, Michiko Mandai, Yasuhiko Hiram, Masayo Takahashi, Yasuo Kurimoto & Masahiro Ishida, "Assessment of the deformation of the outer nuclear layer in the Epiretinal membrane using spectral-domain optical coherence tomography", BMC Ophthalmology volume 19, Article number: 113, (2019).
4. Oota, S. "Somatic mutations – Evolution within the individual", Methods, In press, doi:https://doi.org/10.1016/j.jymeth.2019.11.002, (2019).
5. 竹本智子, 堀圭介, 坂井良匡, 西村将臣, 池松弘朗, 矢野友規, 横田秀夫, "CNN による少数教師データからの早期がん領域の検出", 精密工学会誌, 85(9), pp. 761-764, (2019).
6. Shinichi Goto, Hideki Oka, Kengo Ayabe, Hiroto Yabushita, Masamitsu Nakayama, Terumitsu Hasebe, Hideo Yokota, Shu Takagi, Motoaki Sano, Aiko Tomita, Shinya Goto, "Prediction of binding characteristics between von Willebrand factor and platelet glycoprotein Ib α with various mutations by molecular dynamic simulation", October 2019 Thrombosis Research 184, DOI: 10.1016/j.thromres.2019.10.022
7. Naohiro Motozawa, Guangzhou An, Seiji Takagi, Shohei Kitahata, Michiko Mandai, Yasuhiko Hiram, Hideo Yokota, Masahiro Akiba, Akitaka Tsujikawa, Masayo Takahashi & Yasuo Kurimoto, "Optical Coherence Tomography-Based Deep-Learning Models for Classifying Normal and Age-Related Macular Degeneration and Exudative and Non-Exudative Age-Related Macular Degeneration Changes", Ophthalmology and Therapy, 8, pages 527-539, (2019).
8. T. Kitrungratsakul, X.-H. Han, Y. Iwamoto, S. Takemoto, H. Yokota, S. Ipponjima, T. Nemoto, W. Xiong & Y.-W. Chen, An end-to-end CNN and LSTM network with 3D anchors for mitotic cell detection in 4D microscopic images and its parallel implementation on multiple GPUs, Neural Computing and Applications, (2019). doi:10.1007/s00521-019-04374-8
9. Kengo Ayabe, Shinichi Goto, Hideki Oka, Hiroto Yabushita, Masamitsu Nakayama, Aiko Tomita, Terumitsu Hasebe, Hideo Yokota, Shu Takagi, Shinya Goto, Potential different impact of inhibition of thrombin function and thrombin generation rate for the growth of thrombi formed at site of endothelial injury under blood flow condition, Thrombosis Research, 179, PP.121-127, July, (2019), DOI: 10.1016/j.thromres.2019.05.007
10. Kitrungratsakul T, Han XH, Iwamoto Y, Takemoto S, Yokota H, Ipponjima S, Nemoto T, Wei X, Chen YW, A Cascade of 2.5D CNN and

Bidirectional LSTM Network for Mitotic Cell Detection in 4D Microscopy Image. IEEE/ACM transactions on computational biology and bioinformatics, (2019). DOI: 10.1109/TCBB.2019.2919015

11. Kudo Shigeki, Yokota Hideo, Akiba Masahiro, Mandai Michiko, Hiram Yasuhiko, Takahashi Masayo, Kurimoto Yasuo and Ishida Masahiro, Assessment of the deformation of the outer nuclear layer in the Epiretinal membrane using spectral-domain optical coherence tomography, BMC Ophthalmology 2019;19:113, May 17, (2019), <https://doi.org/10.1186/s12886-019-1124-z>
12. Yuan-Hsiang Chang, Kuniya Abe, Hideo Yokota, Kazuhiro Sudo, Yukio Nakamura and Ming-Dar Tsai, Human Induced Pluripotent Stem Cell Region Detection in Bright-Field Microscopy Images Using Convolutional Neural Networks, March, (2019) Biomedical Engineering Applications Basis and Communications 31(02):1950009, DOI: 10.4015/S1016237219500091
13. T. Kitrunrotsakul, X-X Han, Y. Iwamoto, S. Takemoto, H. Yokota, S. Ipponjima, T. Nemoto, X. Wei, and Y.-W. Chen, "A Cascade of 2.5D CNN and Bidirectional LSTM Network for Mitotic Cell Detection in 4D Microscopy Image", IEEE/ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics, (2019).
14. Shinya Kimura, Takashi Sakamoto, Toshihiro Sera, Hideo Yokota, Kenji Ono, Denis J. Doorly, Robert C. Schroter, Gaku Tanaka, Voxel-based modeling of airflow in the human nasal cavity, pp.331-339, (2019), Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering, 22, 2019 - Issue3 <https://doi.org/10.1080/10255842.2018.1555584>
15. Guangzhou An, Kazuko Omodaka, Kazuki Hashimoto, Satoru Tsuda, Yukihiro Shiga, Naoko Takada, Tsutomu Kikawa, Hideo Yokota, Masahiro Akiba, and Toru Nakazawa, "Glaucoma Diagnosis with Machine Learning Based on Optical Coherence Tomography and Color Fundus Images", Journal of Healthcare Engineering, 10.1155/2019/4061313

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

1. 竹本智子, 堀圭介, 坂井良匡, 西村将臣, 池松弘朗, 矢野友規, 横田秀夫, CNN による少数教師データからの早期胃がん領域の検出, 精密工学会誌, 85(9), pp. 761-764, (2019).
2. 横田秀夫, 山澤建二, 渡邊政樹, 辻村有紀, 大山慎太郎, "インクジェット式 3D プリンターによる骨置換型人工骨の成形と評価", BIO INDUSTRY, 2019-4, Vol.36, No.4, 78-86, (2019).
3. 横田秀夫, 山澤建二, 渡邊政樹, 辻村有紀, 大山慎太郎, "骨置換型人工骨を目指したインクジェット式 3D プリンターによる成型と評価", PHARM STAGE, Vol.19, No.1, (2019).
4. 横田秀夫, 山澤建二, 渡邊政樹, 辻村有紀, 大山慎太郎, "3D プリンター人工骨作製システム", バイオ 3D プリント関連技術の開発と応用, (2019).
5. 横田秀夫, 山澤建二, 渡邊政樹, 辻村有紀, 大山慎太郎, "リン酸三カルシウムによる 3D プリンター人工骨作製システム", 工業材料, Vol.67, No.10, (2019).
6. 井上純哉, 岡田真人, 長尾大道, 横田秀夫, 足立吉隆, SIP-MI プロジェクトにおける特性空間分析システムの開発、まてりあ、2019 年 58 巻 9 号 p. 503-510、DOI <https://doi.org/10.2320/materia.58.503>
7. 斎藤成也, 太田聡史, (2020). ラリルレロボットの未来: 5 分類からみえてくる人間とのかかわり. 勁草書房

(3) 招待講演 / Invited Talks

1. Oota, S., (2020). StillSuit: The RIKEN-AIST joint project to develop the endoskeletal robot suit for the biological human augmentation. Serise of Lectures, univz D1.03.
2. Oota, S., (2020). StillSuit: The RIKEN-AIST joint project to develop the endoskeletal robot suit for the biological human augmentation. TUM Informatik-Kolloquium, Raum 00.09.038 FMI HS 2 (MI-Building, Campus Garching).
3. Oota, S., (2020). StillSuit: the endoskeletal robot suit for the biological human augmentation. HBP Open Day and Summit 2020. Human Brain Project, Athens.
4. Oota, S., (2019). StillSuit: an endoskeletal robot suit for the biological human augmentations---For the sustainability of our society. 2019 IEEE International Conference on Cyborg and Bionic Systems and HBP Workshop, Munich.
5. 横田秀夫, 内視鏡画像における早期胃がん領域の自動認識, 第 2 回日本メディカル AI 学会学術集会, Tokyo, Japan, Jan,31, (2020).
6. 横田秀夫, 「高い強度と骨置換性を持つ人工骨を 3D プリンターで造形する研究開発」, 令和元年度 医療・介護機器分野参入促進事業 第 2 回研究会「医療分野における 3D プリンターの現状と展望」, Kobe, Japan, Nov.11, (2019).
7. S. Yoshizawa, "Bilateral Domain Image Processing", The 57th Annual Meeting of The Biophysical Society of Japan, Invited Talk, Seagia Convention Center, Miyazaki, Japan, Sep. 24-16, (2019).
8. 横田秀夫, 多次元イメージングと AI 援用画像処理、形状処理による生体形状の数値解析を目指して。第 51 回日本臨床分子形態学会総会・学術集会, Kurume, Japan, Sep.21, (2019).

9. 横田秀夫, クオリティデータを用いた機械学習による医療画像診断補助法の開発, 電子情報通信学会信号処理研究会 (IEEE Signal Processing Society Tokyo Joint Chapter 協賛), Tokyo Japan, August 29, (2019).
10. H. Yokota, Multicolor 3D observation and 3D modeling for tissue, RIKEN BDR - CCHMC CuSTOM Joint Workshop, Kobe, Japan, July 10, (2019).
11. H. Yokota, Understanding of life structure by image processing using machine learning., The 75th Annual Meeting of the Japanese Society of Microscopy, Nagoya, Japan, Jun 19, (2019).
12. Meeting Report: The International Workshop on Harmonization and Standardization of Digital Pathology Image, Held on April 4, (2019) in National Cancer Center, Tokyo, Japan. Yoshida H.a · Yokota H.b · Singh R.c · Kiyuna T.d · Yamaguchi M.e · Kikuchi S.f · Yagi Y.g · Ochiai A.h, Pathobiology 2019;86:322-324

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

1. 堀圭介, 竹本智子, 横田秀夫, 池松弘朗, 矢野友規, 深層畳み込みニューラルネットワークと転移学習による, 胃がんの内視鏡画像自動検出モデルの構築. 第1回日本メディカルAI学会学術集会, 東京, (2019).
2. M. Morita, M. Nishimura, S. Takemoto, Y. Tsujimura, and H. Yokota, "Cloud-based image processing system: RBICP", Resonance Bio International Symposium, poster, Tokyo Univ. of Science, Japan, Oct. 30 - Nov. 1, (2019).
3. 理化学研究所・広島大学合同シンポジウム「イメージングから理論」, 広島大学, 10月11日, (2019).
4. 横田秀夫, 今西彩子, 辻村有紀, 竹本智子, 吉澤信, 寺井健太, 松田道行, "細胞生物学と情報工学の異分野融合 生きたマウス膵臓細胞の3次元領域抽出アルゴリズムコンテスト", poster, レゾナンスバイオ班会議, 国際高等研究所, (2019).
5. M. Morita, S. Takemoto, M. Nishimura, Y. Morii, M. Maeda, Y. Okumura, Y. Yamaguchi, and H. Yokota, "A cloud-based communication platform for image-based brain research", poster, International Symposium of Brain/MINDS ISBM2019, Tokyo University, Tokyo, (2019).
6. H. Yokota, S. Yoshizawa, S. Takemoto, M. Morita, T. Sera, M. Nishimura, Y. Tsujimura, S. Nakamura, and T. Michikawa, "Bioimage Processing", Resonance Bio International Symposium, Tokyo Univ. of Science, Japan, (2019).
7. Y.-W. Chen, T. Kitrungratsakul, X.-H. Han, Y. Iwamoto, J. Liu, S. Takemoto, H. Yokota, S. Ipponjima, and T. Nemoto, "An End-to-end CNN and CLSTM Network with 3D Anchors for Mitotic Cell Detection in 4D Microscopic Images", Resonance Bio International Symposium, poster, Tokyo Univ. of Science, Japan, (2019).
8. 竹本智子, "CNNを用いた内視鏡画像からの早期胃がん領域の検出", 理化学研究所・東北大学連携ワークショップ, poster, 東北大学, 仙台, (2019).
9. Satoko Takemoto, Hideo Yokota, Performance evaluation system for image processing methods: Sommelier, 理研シンポジウム: 第7回量子工学研究, 講演要旨集, poster, 理化学研究所, 和光, (2019).
10. 竹本智子, 横田秀夫, "画像処理法の決定支援システム: Sommelier", poster, 理化学研究所・広島大学合同公開シンポジウム「イメージングから理論」, 広島大学, (2019).
11. 5th EU-Japan Workshop on Neurobotics/Cognitive Systems, June (2019). <http://stillsuit.riken.jp/Workshop2019/>
12. T. Kitrungratsakul, Y. Iwamoto, X.-H. Han, S. Takemoto, H. Yokota, S. Ipponjima, T. Nemoto, W. Xiong & Y.-W. Chen, A Cascade of CNN and LSTM Network with 3D Anchors for Mitotic Cell Detection in 4D Microscopic Image, IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), UK, May, (2019).
13. 竹本智子, 堀圭介, 坂井良匡, 西村将臣, 池松弘朗, 矢野友規, 横田秀夫, "畳み込みニューラルネットワークによる内視鏡画像からの早期胃がん領域の自動検出", Biomedical Interface Workshop, 久米島イーブ情報プラザ, (2019).

(5) 特許出願 / Patent Applications

1. 藤崎和弘, 古城直道, 廣岡直道, 横田秀夫, 山下典理男, "光学顕微鏡によるマクロ3次元組織観察ならびに3次元画像解析", 特願 2019-216087, 11月29日, (2019).
2. 太田聡史, 鮎澤光, 吉田英一, 持丸正明, (2019). C M P を使った行動評価方法. 理化学研究所, 産業技術総合研究所.

(6) 特筆すべき事項・トピックス / Topics

1. 外観検査アルゴリズムコンテスト, 精密工学会, 2019年度, <http://www.riken.jp/brict/Seminar/VIEWAlconResult19.html>
2. 朝日新聞, "子供の想像力を刺激 夏休み、ユニーク展覧会へ", 8月6日, (2019). <https://www.asahi.com/articles/photo/AS20190802001184.html>
3. デザイン虫展, 21_21 DESIGN SIGHT, 2019年7月19日~11月4日, (2019). <http://www.2121designsight.jp/program/insects/>

4. 科学技術館 2019 年 夏休み特別展「映像技術で魅せる科学技術」に協力.

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. D. Zhang, B. Ranjan, T. Tanaka, and K. Sugioka, "Underwater persistent bubble-assisted femtosecond laser ablation for hierarchical micro/nanostructuring," *Int. J. Extrem. Manuf.* 2, 15001, (2020).
2. D. Zhang, B. Ranjan, T. Tanaka, and K. Sugioka, "Carbonized Hybrid Micro/Nanostructured Metasurfaces Produced by Femtosecond Laser Ablation in Organic Solvents for Biomimetic Antireflective Surfaces," *ACS Appl. Nano Mater.* 3, 2, 1855-1871, (2020).
3. M. V. Balois, N. Hayazawa, S. Yasuda, K. Ikeda, B. Yang, E. Kazuma, Y. Yokota, Y. Kim, and T. Tanaka, "Visualization of subnanometric local phonon modes in a plasmonic nanocavity via tip-enhanced Raman spectroscopy in ambient," *NPJ 2D Mater. Appl.* 3, 38 (2019).
4. D.-S. Su, D. P. Tsai, T.-J. Yen, and T. Tanaka, "Ultrasensitive and Selective Gas Sensor Based on a Channel Plasmonic Structure with an Enormous Hot-spot Region," *ACS Sensors* 4, pp. 2900-2907, (2019).
5. T. Matsukata, N. Matthaikakis, T. Yano, M. Hada, T. Tanaka, N. Yamamoto, and T. Sannomiya, "Selection and Visualization of Degenerate Magnetic and Electric Multipoles up to Radial Higher Orders by Cathodoluminescence," *ACS Photonics* 6, pp. 2320-2326, (2019).
6. R. Mudachathi and T. Tanaka, "3D Conical Helix Metamaterial based Isotropic Broadband Perfect Light Absorber," *Opt. Express* 27, pp. 26369-26376, (2019).
7. A. Takezawa, X. Zhang, T. Tanaka, and M. Kitamura, "Topology optimization of a porous unit cell in a fluid flow considering Forchheimer drag," *Int. J. Comput. Fluid. D.* 34, pp. 50-60, (2020).
8. Y. Kikuchi and T. Tanaka, "Strengthen of magnetic anisotropy of Au/Co/Au nanostructure by surface plasmon resonance," *Sci. Rep.* 9, 8630, (2019).

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

1. M. V. Balois, N. Hayazawa, C. Chen, E. Kazuma, Y. Yokota, Y. Kim, and T. Tanaka, "Development of tip-enhanced Raman spectroscopy based on a scanning tunneling microscope in a controlled ambient environment," *Jpn. J. Appl. Phys.* 58, S10801, (2019).
2. 田中拓男, "光メタマテリアル," *光アライアンス* 30, pp. 1-6, (2019).

(3) 招待講演 / Invited Talks

1. 田中拓男, "光メタマテリアル," 2020 年電子情報通信学会 (広島大学, 東広島市, 広島), 3月18日, (2020).
2. T. Tanaka, "Fabrication Techniques and Applications of Three-dimensional Metamaterials," 4th POSTECH Nanophotonics Workshop, Korea, (2019).
3. T. Tanaka, "Metamaterials-enhanced ultra-sensitive vibrational spectroscopy using polarization, nanofluidics, and chirality," *Global Nanophotonics 2019, Taiwan*, (2019).
4. T. Tanaka, "Metamaterials + Spectroscopy," *OptoX-Nano 2019, Japan*, (2019).
5. T. Tanaka, "Metamaterials for sensing applications," *iSPN2019, Japan*, (2019).
6. T. Tanaka, "Metamaterial absorber: using photons as a sensing probe," *SPIE Photonics ASIA, China*, (2019).
7. 田中拓男, "光メタマテリアル - これまでの光学, これからの光学 -," 徳島大学 pLED 研究所キックオフセミナー, 徳島, (2019).
8. T. Tanaka, "Plasmon assisted improvement of figure of merit of magneto-optical Kerr effect and magnetic anisotropy in Au/Co/Au multilayered nanorectangular array structures," *META19, Portugal*, (2019).
9. T. Tanaka, "Metamaterial absorber for ultrasensitive spectroscopy," *Optics and Photonics Congress 2019, Korea*, (2019).
10. 田中拓男, "メタマテリアル-ナノの構造で光を操るー," 同志社大学 ハリス理化学研究所 イブニングセミナー, 京都, (2019).
11. 田中拓男, "ナノフォトニクス," 日本オプトメカトロニクス協会 2019 年光応用技術研修会, 東京, (2019).
12. T. Tanaka, "Metamaterials: fundamentals, fabrication techniques, and applications," *NIP Seminar, The Philippines*, (2019).
13. T. Tanaka, "Metamaterial Absorber with Nanofluidic Channel for Attomole Nanoconfined Molecular Detection," *MRS 2019 Spring, U.S.A.*, (2019).

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

1. The 3rd RIKEN-nCOMS Joint Symposium, 和光, 8月19日, (2019).

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. D. Wu, C. Wang, L. Yang, C. Zhang, S. Rao, Y. Wang, S. Wu, J. Li, Y. Hu, J. Chu, and K. Sugioka, "Multi-layered skyscraper microchips fabricated by hybrid "all-in-one" femtosecond laser processing" , *Microsystems Nanoengin.* 5, 17, (2019).
2. S. Bai, Y. Du, C. Wang, J. Wu, and K. Sugioka, "Reusable surface-enhanced Raman spectroscopy substrates made of silicon nanowire array coated with silver nanoparticles fabricated by metal-assisted chemical etching and photonic reduction" , *Nanomaterials*, 9, 1531, (2019).
3. D. Serien and K. Sugioka, "Three-dimensional printing of pure proteinaceous microstructures by femtosecond laser multi-photon crosslinking" , *ACS Biomater. Sci. Eng.* 6, 1279-1287, (2020).
4. D. Zhang, B. Ranjan, T. Tanaka, and K. Sugioka, "Carbonized Hybrid Micro/Nanostructured Metasurfaces Produced by Femtosecond Laser Ablation in Organic Solvents for Biomimetic Antireflective Surfaces" , *ACS Appl. Nano Mater.*, 3, 1855-1871, (2020).
5. D. Zhang, B. Ranjan, T. Tanaka, and K. Sugioka, "Underwater persistent bubble-assisted femtosecond laser ablation for hierarchical micro/nanostructuring" , *Int. J. Extrem. Manuf.* 2, 015001, (2020).
6. B. Xu, S. Ji, D. Pan, W. Hu, S. Zhu, Y. Hu, J. Li, D. Wu, J. Chu, and K. Sugioka, "Hybrid femtosecond laser fabrication of a size-tunable microtrap chip with a high-trapping retention rate" , *Opt. Lett.*, 45, 1071-1074, (2020).

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

1. K. Sugioka, "Hybrid femtosecond laser three-dimensional micro-and nanoprocessing: a review" , *Int. J. Extrem. Manuf.* 1, 012003, (2019).
2. M. Farsari, A. Piqué, and K. Sugioka, "Laser Writing: feature introduction" . *Opt. Mater. Express*, 9, 4237-4238, (2019).
3. J. Xu, Y. Cheng, and K. Sugioka, "Optics for beam shaping in laser processing" , K. Sugioka (Ed.), *Handbook of Laser Micro- and Nano-Engineering*, (Springer, Berlin) p. 1-17, (2020).
4. 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", 平成 30 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.179-182, (2019).
5. 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", 平成 30 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.213-214, (2019).
6. 杉岡幸次, "超短パルスレーザーによる微細加工—この 10 年の進展—", *レーザー加工学会誌*, 26, 4-9, (2019).
7. 杉岡幸次, "全フェムト秒レーザー加工による超高感度三次元マイクロ流体 SERS センサーの作製", *光アライアンス*, 30, 39-42, (2019).
8. 杉岡幸次, "LASE 2019 報告", *Photonics West 2019 報告書* (オプトロニクス社、東京) 4-11, (2019).

(3) 招待講演 / Invited Talks

1. Koji Sugioka, "Femtosecond laser three-dimensional micro and nanoprocessing" , *Int. Symp. on Extreme Manufacturing*, Chengdu, China, May, (2019). Plenary Talk
2. K. Sugioka, "Femtosecond laser 3D processing for fabrication of functional micro/nanodevices" , *3rd Int. Conf. on Applied Surface Science (ICASS-2019)*, Pisa, Italy, June, (2019). Plenary Talk
3. Koji Sugioka, "Femtosecond Laser 3D Processing for Fabrication of Functional Micro and Nanosystems" , *Fundamentals of Laser Assisted Mico- and Nanotechnologies 2019 (FLAMN-19)*, St. Petersburg, Russia, June-July, (2019). Plenary Talk
4. Koji Sugioka, "Femtosecond laser 3D processing fabricating functional micro and nanodevices" , *Int. Conf. on Ultrafast Optical Science (UltrafastLight-2019)*, Moscow, Russia, September-October, (2019). Plenary Talk
5. Koji Sugioka, "Femtosecond laser 3D micro and nanofabrication for micro, nano and bio systems" , *Int. Summit on Photonics & Laser Technol. (Optics & Lasers2019)*, San Francisco, USA, June, (2019). Keynote Talk
6. Koji Sugioka, "Femtosecond laser 3D processing for functional biochip fabrication" , *41th Photonics & Electromagnetics Research Symp (41th PIERS)*, Rome, Italy, June, (2019). Keynote Talk

7. K. Sugioka and F. Sima, "Analytical study of cancer cell migration in nanofluidics fabricated by femtosecond laser 3D processing" , 7th Int. Academy of Photon. and Laser Engin. (IAPLE) Conference, Shari, Japan, August, (2019). Keynote Talk
8. D. Serien, Hi. Kawano, A. Miyawaki, and K. Sugioka, "Recent advancements in femtosecond laser-induced fabrication of pure 3D proteinaceous microstructures" , 28th Int. Cong. on Applications of Lasers & Electro-Optics (ICALEO 2019), Orlando, USA, October, (2019).
9. K. Sugioka, "Ultrafast lasers: Reliable tools for advanced materials processing" , SPIE Int. Conf. on Laser Applications in Microelectronic and Optoelectronic Manufacturing XXV (LAMOM XXV), San Francisco, USA, February, (2020).
10. F. Sima, H. Kawano, A. Miyawaki, K. Obata, D. Serien, and K. Sugioka, "3D glass nanofluidics fabricated by femtosecond laser processing for study of cancer cell metastasis and invasion" , SPIE Int. Conf. on Laser Applications in Microelectronic and Optoelectronic Manufacturing XXV (LAMOM XXV), San Francisco, USA, February, (2020).
11. D. Serien, H. Kawano, A. Miyawaki, and K. Sugioka, "Recent advances in 3D printing of pure proteinaceous microstructures by femtosecond laser direct write" , SPIE Int. Conf. on Laser-based Micro- and Nanoprocessing XIV (LBMN XIV), San Francisco, USA, February, (2020).
12. D. Zhang and K. Sugioka, "Nanomaterial synthesis and surface nanostructuring by femtosecond laser ablation in liquids" , SPIE Int. Conf. on Synthesis and Photonics of Nanoscale Materials XVII (SPnsM-XVII), San Francisco, USA, February, (2020).
13. K. Sugioka, F. Sima, H. Kawano, and A. Miyawaki, "Nanofluidics fabricated by femtosecond laser 3D processing for mechanism study of cancer cell metastasis" , SPIE Int. Conf. on Frontiers in Ultrafast Optics: Biomedical, Scientific, and Industrial Applications XX, San Francisco, USA, February, (2020).
14. 杉岡幸次, "フェムト秒レーザー 3次元加工とその応用", 最先端レーザー加工技術に関する講演会, 5月, 松江, (2019). 特別公演
15. 杉岡幸次, "レーザー加工分野の最新動向", 平成31年光産業技術振興協会光産業動向セミナー, 4月, 横浜, (2019).
16. 杉岡幸次, "フェムト秒レーザー 3次元マイクロ・ナノ加工", レーザー学会九州支部セミナー, 8月, 福岡, (2019).
17. 杉岡幸次, "フェムト秒レーザー 3次元マイクロ・ナノ加工", 2020年第1回極限ナノ造形・構造物性研究会講演会, 東京, 1月, (2020).
18. 杉岡幸次, "フェムト秒レーザーによる3次元バイオチップの作製とがん細胞転移メカニズム解明への応用", レーザー学会学術講演会第40回年次大会, 仙台 1月, (2020).

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

1. 8th Int. Congress on Laser Advanced Materials Processing (LAMP2019), Hiroshima, Japan, May, (2019).
2. 15th Int. Conf. on Laser Ablation (COLA'19), Maui, USA, Sept., (2019).
3. Nano Manufacturing Conference in 29th Int. Cong. on Applications of Lasers & Electro-Optics (ICALEO 2019), Orlando, USA, Oct., (2019).
4. 先端レーザー加工セミナー, Dr. Udo Klotzbach (Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik, Germany), "Brief overview of the micro-technologies of the Fraunhofer IWS Dresden / Universal lab-on-a-chip platform for complex, perfused 3D tissues generated by 3D printing" , 和光, 6月, (2019).
5. 先端レーザー加工セミナー, Dr. Mangirdas Malinauskas (Vilnius University, Lithuania), "Laser 3D Mesoscale Printing: From Renewable Organics to Crystalline Inorganics" , 和光, 2月, (2020).
6. 先端レーザー加工セミナー, 中田芳樹准教授 (大阪大学), "Recent progress on fine beam shaping technique and interference laser processing" , 和光, 3月, (2020).

(5) 特筆すべき事項・トピックス / Topics

1. D. Serien and K. Sugioka, Best Paper Award for 2018/2019, in recognition of the high impact of the excellent paper by Opto-Electronic Advances (2019) 受賞.
2. 化学工業日報, "たんぱく質微小体を3Dプリンティング - 理研、光活性剤使わず" , 1月9日, (2020).
3. 電波新聞, "タンパク質の3Dプリンティング - 理研が新技術" , 1月22日, (2020).
4. ACS Appl. Nano Mater., 3, 1855-1871, (2020). が ACS (American Chemical Society) Editors' Choice に選定.
5. D. Serien, 電気学会研究会奨励賞受賞.

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

1. H. Momiyama, Y. Sasaki, I. Yoshimine, S. Nagano, T. Yuasa, C. Otani, "Improvement of the depth resolution of swept-source THz-OCT for non-destructive inspection," *Optics Express*, vol. 28, 12279, (2020).
2. S. Yamazaki, C. Gerhold, K. Yamamoto, Y. Ueno, R. Grosse, K. Miyamoto, M. Harata, "The actin-family protein Arp4 is a novel suppressor for the formation and functions of nuclear F-actin" , *Cells*, *Cells* 2020, 9(3), 758, (2020).
3. H. Hoshina, T. Kanemura, M. T. Ruggiero, "Exploring the Dynamics of Bound Water in Nylon Polymers with Terahertz Spectroscopy" , *Journal of Physical Chemistry B*, vol. 124 pp.422-429, (2020).
4. H. Hoshina, Y. Saito, T. Furuhashi, T. Shimazaki, M. Sawada, Y. Hioki, C. Otani, "Terahertz Spectroscopy for Characterization of Hydrogen Bonding and Cross-linked Structure Dynamics in Polyurethane" , *Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves*, vol. 41 pp.265-275, (2020).
5. M. Naruse, T. Ando, Y. Waga, R. Kubota, S. Mima, C. Otani, T. Taino, H. Myoren, "Superconducting resonators with niobium and YBa₂Cu₃O_{7-d} for Alpha-particle detectors," *J. Low Temp. Phys.*, in press, (2020). (DOI 10.1007/s10909-020-02373-x).
6. R. Smith, M. Ohno, Y. Miura, N. Nakada, Y. Mitsuya, H. Takahashi, T. Ikeda, C. Otani, M. Sakama, N. Matsufuji, T. Irimatsugawa, S. Kohjiro, H. Yamamori, F. Hirayama, "Microcalorimetry of carbon ion beam for medical treatment by transition edge sensor" , *J. Low Temp. Phys.*, in press, (2020).
7. (招待) 小栗秀悟, 鈴木惇也, 本多俊介, "CMB 偏光観測実験 GroundBIRD のファーストライト" , *高エネルギーニュース* , Vol 38, Number 4, 107-123, 1 月, (2020).
8. C. H. Feng, J. F. García-Martín, M. B. Lavado, M. C. López-Barrera, P. Álvarez-Mateos, "Evaluation of different solvents on flavonoids extraction efficiency from sweet oranges and ripe and immature Seville oranges" , *International Journal of Food Science & Technology*, in press, (2020).
9. C. H. Feng, Y. Makino, "Colour analysis in sausages stuffed in modified casings with different storage days using hyperspectral imaging – A feasibility study" , *Food Control*, vol. 111, 107047, (2019).
10. J. F. García-Martín, J. R. Carrión, M. G. Torres, C. H. Feng, P. Álvarez-Mateos, "Esterification of free fatty acids with glycerol within the biodiesel production framework" , *Processes*, 7, 832, (2019).
11. A. Endo, K. Karatsu, Y. Tamura, T. Oshima, A. Taniguchi, T. Takekoshi, S. Asayama, T. J. L. C. Bakx, S. Bosma, J. Bueno, K. W. Chin, Y. Fujii, K. Fujita, R. Huiting, S. Ikarashi, T. Ishida, S. Ishii, R. Kawabe, T. M. Klapwijk, K. Kohno, A. Kouchi, N. Llombart, J. Maekawa, V. Murugesan, S. Nakatsubo, M. Naruse, K. Ohtawara, A. P. Laguna, J. Suzuki, K. Suzuki, D. J. Thoen, T. Tsukagoshi, T. Ueda, P. J. de Visser, P. P. van der Werf, S. J. C. Yates, Y. Yoshimura, O. Yurduseven, J. J. A. Baselmans – Show fewer authors, "First light demonstration of the integrated superconducting spectrometer" , *Nature Astronomy*, 3, pages989–996, (2019).
12. H. Kutsuma, M. Hattori, R. Koyano, S. Mima, C. Otani, S. Oguri, T. Taino, O. Tajima, "Novel measurement method for responsivity of microwave kinetic inductance detector by changing a power of readout microwaves," *Applied Physics Letters*, 115, 032603, (2019).
13. 山崎祥他, "高強度テラヘルツ光による生体内高分子「アクチン繊維」の操作" , *光学* , Vol. 48 No. 10 pp. 402-406, (2019).
14. D. Marlina, H. Hoshina, Y. Ozaki, H. Sato, "Crystallization and crystalline dynamics of poly(3-hydroxybutyrate) / poly(4-vinylphenol) polymer blends studied by low-frequency vibrational spectroscopy" , *Polymer*, vol. 181 121790, (2019).
15. F. Nishimura, H. Hoshina, Y. Ozaki, H. Sato, "Isothermal crystallization of poly(glycolic acid) studied by terahertz and infrared spectroscopy and SAXS/WAXD simultaneous measurements" , *Polymer Journal*, vol. 51 237-245, (2019).
16. S. Yamamoto, E. Ohnishi, H. Sato, H. Hoshina, D. Ishikawa, Y. Ozaki, "Low-Frequency Vibrational Modes of Nylon 6 Studied by Using Infrared and Raman Spectroscopies and Density Functional Theory Calculations" , *Journal of Physical Chemistry B*, vol. 123 pp.5368-5376, (2019).
17. H. Suzuki, M. Ishida, C. Otani, K. Kawachi, Y. Kasama, E. Won, Y. Miyazaki, M. Nakano, "The thermodynamics properties and molecular dynamics of [Li+@C60](PF6-) associated with structural phase transitions," *Phys. Chem. Chem. Phys.*, vol. 21, pp. 16147-16153, (2019).
18. T. Notake, K. Kamata, T. Iyoda, C. Otani, H. Minamide, "Simultaneous Generation of Various Polarization Effects by using Spirulina-Templated Metal Coils at Terahertz Frequency Region," *Jap. J. Appl. Phys.*, vol. 58, 032007, (2019).
19. N. Yaekashiwa, S. Otsuki, S. Hayashi, K. Kawase, "Verification of non-thermal effects of 0.3-0.6 THz-waves on human cultured cells," *Photonics*, vol. 6, 33, (2019).
20. C. Otani, J. Choi, R. T. Genova--Santos, M. Hattori, M. Hazumi, S. Honda, T. Ikemutsu, H. Ishida, H. Ishitsuka, Y. Jo, K. Karatsu, K. Kiuchi,

J. Komine, R. Koyano, H. Kutsuma, K. Lee, S. Mima, M. Minowa, J. Moon, M. Nagai, T. Nagasaki, M. Naruse, S. Oguri, M. Peel, R. Rebolo, J. A. Rubino-Martin, Y. Sekimoto, Y. Sueno, J. Suzuki, T. Taino, K. Takahashi, O. Tajima, N. Tomota, Y. Tsuji, T. Uchida, E. Won, M. Yoshida, "宇宙マイクロ波背景放射偏光観測実験 GroundBIRD," 信学技報, vol. 119, no. 353, ED2019-89, pp. 53-56, (2019).

21. 佐々木芳彰, 碓 智文, 大谷知行, "FMCW 方式を用いたテラヘルツボディスキャナの開発," 信学技報, vol. 119, no. 353, ED2019-91, pp. 61-64, (2019).

(2) 招待講演 / Invited Talks

1. [Plenary] C. Otani, "Terahertz sensing, imaging and applications," Philippine-Japan Conference on Photonics and Optical Materials, Quezon City, Philippines, December, (2019).
2. C. Otani, "Development of terahertz radar imaging technology and systems," Opto-X-Nano 2019: Current challenges of key enabling nanomaterials for emerging technologies: Optical, X-ray metrology and rational material design, Okayama, December, (2019).
3. C. Otani, "Active structural change of polymer and protein by THz irradiation," The 5th International Symposium of Microwave/THz Science and Applications (MTSA 2019), Busan, South Korea, September, (2019).
4. [Plenary] C. Otani, "Terahertz Sensing, Imaging and Beyond," The 37th Samahang Pisika ng Philipinas International Conference and Annual Meeting (SPP-37), Tagbilaran, Bohol, Philippines, May, (2019).
5. 大谷知行, "テラヘルツ応用と概観と展望," 第 11 回テラヘルツビジネスセミナー (THz-biz 2020), 展示会 All About Photonics, 東京, 1 月 29 日, (2020).
6. 大谷知行, "テラヘルツ応用とマイクロコイル利用の可能性," パナックセミナー, 東京, 1 月 15 日, (2020).
7. C. Otani, J. Choi, R. T. Génova-Santos, M. Hattori, M. Hazumi, S. Honda, T. Ikemitsu, H. Ishida, H. Ishitsuka, Y. Jo, K. Karatsu, K. Kiuchi, J. Komine, R. Koyano, H. Kutsuma, K. Lee, S. Mima, M. Minowa, J. Moon, M. Nagai, T. Nagasaki, M. Naruse, S. Oguri, M. Peel, R. Rebolo, J. A. Rubiño-Martin, Y. Sekimoto, Y. Sueno, J. Suzuki, T. Taino, K. Takahashi, O. Tajima, N. Tomota, Y. Tsuji, T. Uchida, E. Won, M. Yoshida, "宇宙マイクロ波背景放射偏光観測実験 GroundBIRD," 電子情報通信学電子デバイス研究会「ミリ波・テラヘルツ波デバイス・システム」, 仙台, 12 月 23 日, (2019).
8. [特別講演] 大谷知行, "テラヘルツ光センシング・イメージングで切り拓くイノベーション," 同志社大学ハリス理化学研究所研究発表会, 京都, 11 月 26 日, (2019).
9. 大谷知行, "理研におけるテラヘルツ科学技術研究、ならびにテラヘルツイメージングの最近の進展," 東北大学 & 理研 第 1 回連携ワークショップ, 仙台, 10 月 23 日, (2019).
10. 大谷知行, "テラヘルツセンシング・イメージングの近未来展望," 第 166 回電波利用懇話会「テラヘルツセンシング・イメージングの最新技術動向と実用化に向けた近未来展望」, 東京, 4 月 18 日, (2019).
11. 保科宏道, "テラヘルツスペクトルの解析", THz 波に関する非破壊検査協会・材料学会・電気学会合同シンポジウム, 東京, 3 月 5 日, (2019).
12. 保科宏道, "テラヘルツ光照射が誘起する高次構造の変化と生命科学への応用", テラヘルツ波科学技術と産業開拓第 182 委員会, 仙台, 1 月 9 日, (2020).
13. 保科宏道, "高強度テラヘルツ光が誘起する高分子高次構造の変化", 日本物理学会第 74 回年次大会, 福岡, 3 月 16 日, (2019).
14. 保科宏道, "テラヘルツ光照射が誘起する高次構造の変化と生命科学への応用", 第 3 回 RIKEN-RAP and QST-KPSI Joint Seminar, 伊勢, 2 月 13 日, (2020).

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

1. 第 11 回テラヘルツビジネスセミナー (THz-Biz 2020), 展示会「All About Photonics 2020」, 東京, 1 月 29 日, (2020).
2. 理研セミナー, Prof. Jian Chen (Research Institute of Superconductor Electronics (RISE), Nanjing University (NJU)), Sendai, August 19, (2019).
3. 理研セミナー, Prof. Elmer Estacio (University of the Philippines Diliman), Sendai, July 17, (2019).

(4) 特許出願 / Patent Applications

1. 榎山誉, 佐々木芳彰, 吉峯功, 大谷知行, 湯浅哲也, "光干渉測定装置および光干渉測定方法", 特願 2019-100827, 5 月 30 日, (2019).
2. 榎山誉, 佐々木芳彰, 吉峯功, 大谷知行, 湯浅哲也, "光干渉測定装置および光干渉測定方法", 特願 2019-100828, 5 月 30 日, (2019).

(5) 特筆すべき事項・トピックス / Topics

1. 日本経済新聞, “宇宙急膨張 証拠をつかめ”, 4月7日, (2019).
2. 河北新報, “先端科学 親子で触れる”, 8月6日, (2019).

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. Yoshikiyo Moriguchi, Yu Tokizane, Yuma Takida, Kouji Nawata, Shigenori Nagano, Manabu Sato, Taiichi Otsuji, and Hiroaki Minamide, “Frequency-agile injection-seeded terahertz-wave parametric generation,” *Optics Letters*, Vol. 45, Issue 1, pp. 77-80, Jan., (2020).
2. Cyril Bernerd, Patricia Segonds, Jérôme Debray, Jean-François Roux, Emilie Hérault, Jean-Louis Coutaz, Ichiro Shoji, Hiroaki Minamide, Hiromasa Ito, Dominique Lupinski, Kevin Zawilski, Peter Schunemann, Xinyuan Zhang, Jiyang Wang, Zhanggui Hu, and Benoît Boulanger, “Evaluation of eight nonlinear crystals for phase-matched TeraHertz second-order difference-frequency generation at room temperature,” *Optical Materials Express*, Vol. 10, No. 2, PP. 561-576, 22 Jan., (2020).
3. Mio Koyama, Hiromasa Ito, Takashi Notake, Hiroaki Minamide, “Second-order Nonlinear Coefficient measurement by a Tunable Continuous-Wave Pump Laser,” *The Review of Laser Engineering*, Vol. 48, No. 9, pp.374-380, (2019).
4. Takashi Notake, Kaori Kamata, Tomokazu Iyoda, Chiko Otani and Hiroaki Minamide, “Expression of various polarization effects by using Spirulina-templated metal μ coils at the terahertz frequency region,” *Jap. J. Appl. Phys.* 58, 032007, (2019).
5. Takashi Notake, Masahiro Takeda, Shuji Okada, Takuya Hosobata, Yutaka Yamagata and Hiroaki Minamide “Characterization of all second-order nonlinear-optical coefficients of organic N-benzyl-2-methyl-4-nitroaniline crystal,” *Scientific Reports*, volume 9, Article number: 14853, 16 Oct, (2019).
6. Y. Takida, T. Ikeo, K. Nawata, Y. Wada, Y. Higashi, and H. Minamide, “Terahertz differential absorption spectroscopy using multifurcated subnanosecond microchip laser,” *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 115, Issue 12, 121102, 16 Sep., (2019).

(2) 招待講演 / Invited Talks

1. Hiroaki Minamide, “RIKEN Terahertz-wave research based on nonlinear photonics,” *Philippine-Japan Conference on Photonics and Optical Materials*, Quezon City, Philippines, 13 December, (2019).
2. Hiroaki Minamide, “Laser-based, Palmtop-size Terahertz-wave Parametric Oscillator,” *The 5th International Symposium on Microwave/Terahertz Science and Applications (MTSA2019)*, Busan, Korea, 29 September-3 October, (2019).
3. Takashi Notake and Hiroaki Minamide, “Ultra-precise processing and optical nonlinearity characterization of organic N-benzyl-2-methyl-4-nitroaniline (BNA) crystal,” *Global Experts Meeting on Frontiers in Material Science & Nanotechnology*, Roma, Italy, Oct.17-19, (2019).
4. Hiroaki Minamide, “Giant single-crystal of BNA and nonlinearity characterization,” *8th International Symposium on Optical Materials (IS-OM8)*, Wroclaw, Poland, June 9-14, (2019).
5. Y. Moriguchi, Y. Tokizane, S. Nagano, T. Otsuji, and H. Minamide, “Development of a High-speed Terahertz-wave Spectrometer for THz-OCT,” *EMN Terahertz 2019*, A52, Grandior Hotel Prague, Prague, Czech Republic, Jun. 13, (2019).
6. Hiroaki Minamide, Kouji Nawata, and Yuma Takida, “Security screening system with an injection-seeded terahertz-wave parametric generator,” *The 7th Laser Ignition and Giant-microphtonics Conference 2019 (LIC2019)*, Yokohama, Apr. 23, (2019).

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

1. レーザー学会学術講演会第40回年次大会, 仙台, 1月20日~22日, (2020).

(4) 特許出願 / Patent Applications

1. 大野誠吾, 南出泰亜, 時実悠, “電磁波制御装置、電磁波制御方法、及び電磁波伝達装置”, 特願 2020-030068, 2月26日, (2020).
2. 縄田耕二, 南出泰亜, 范書振, 祁峰, 伊藤弘昌, “光応答計測装置および光応答計測方法”, US 登録 10345224, July 9, (2019).

(5) 特筆すべき事項・トピックス / Topics

1. 理研ニュース 研究最前線 “テラヘルツ波は未踏から実用へ”, 9月, (2019).
2. 日本経済新聞 かがくアゴラ, “テラヘルツ波光源小型化に道”, 3月20日, (2020).

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

1. M. A. Khan, R. Takeda, Y. Yamada, N. Maeda, M. Jo, and H. Hirayama, "Beyond 53% internal quantum efficiency in a AlGaIn quantum well at 326 nm UVA emission and single-peak operation of UVA LED" , Optics Letters, Vol. 45, No. 2, pp. 495-498, January 15, (2020). (10.1364/OL.376894)
2. M. A. Khan, E. Matsuura, Y. Kashima and H. Hirayama, "Overcoming the current injection issue in the 310 nm band AlGaIn UVB light-emitting diode" , Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 59, No. 5A, pp. SAAD01-7, January 1, (2020). (10.7567/1347-4065/ab460b)
3. J. Yun, D. P. Han, and H. Hirayama, "Random electric field induced by interface roughness in GaN/AlxGa1-xN multiple quantum wells" , Applied Physics Express, Vol. 12, No. 12, pp. 124005-1-6, November 21, (2019). (10.7567/1882-0786/ab548a)
4. M. A. Khan, E. Matsuura, Y. Kashima, and H. Hirayama, "Influence of undoped-AlGaIn final barrier of MQWs on the performance of lateral-type UVB LEDs" , Physica Status Solidi A, Vol. 216, No. 18, p. 1900185, September 18, (2019). (10.1002/pssa.201970059)
5. L. Wang, T. T. Lin, K. Wang, and H. Hirayama, "Parasitic transport paths in two-well scattering-assisted terahertz quantum cascade lasers" , Applied Physics Express, Vol. 12, No. 8, pp. 082003-1-5, July 9, (2019). (10.7567/1882-0786/ab2b56)
6. L. Wang, T. T. Lin, K. Wang, T. Grange, S. Birner and H. Hirayama, "Short-period scattering-assisted terahertz quantum cascade lasers operating at high temperatures" , Scientific Reports, Vol. 9, No. 9446, July 1, (2019). (10.1038/s41598-019-45957-8)
7. M. I. Hossain, Y. Itokazu, S. Kuwaba, N. Kamata, N. Maeda, and H. Hirayama, "Nonradiative recombination centers in deep UV-wavelength AlGaIn quantum wells detected by below-gap excitation light" , Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 58, No. 5C, pp. SCCB37-1-7, May 29, (2019). (10.7567/1347-4065/ab1069)
8. Y. Itokazu, S. Kuwaba, M. Jo, N. Kamata, and H. Hirayama, "Influence of the nucleation conditions on the quality of AlN layers with hightemperature annealing and regrowth processes" , Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 58, No. 5C, pp. SC1056-1-5, May 28, (2019). (10.7567/1347-4065/ab1126)
9. M. Jo, Y. Itokazu, S. Kuwaba, and H. Hirayama, "Controlled crystal orientations of semipolar AlN grown on an m-plane sapphire by MOCVD" , Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 58, No. 5C, pp. SC1031-3, May 17, (2019). (10.7567/1347-4065/ab0f1c)
10. Y. Mogami, S. Motegi, A. Osawa, K. Osaki, Y. Tanioka, A. Maeoka, M. Jo, N. Maeda, H. Yaguchi, and H. Hirayama, "Evolution of morphology and crystalline quality of DC-sputtered AlN films with high-temperature annealing" , Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 58, No. 5C, pp. SC1029-1-4, May 17, (2019). (10.7567/1347-4065/ab1066)
11. 平山秀樹, 前田哲利, M. A. Khan, 只友一行, 岡田成仁, 山田陽一: "AlGaIn 深紫外 LD の実現へ向けた最近の進展", レーザー研究, 第 47 巻, 第 4 号, pp. 196-203, 4 月 20 日, (2019). (ISSN 0387-0200)

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

1. 平山秀樹: "AlGaIn 深紫外 LED の最近の進展", Photonics Division フォトニクスニュース (応用物理学会フォトニクス分科会出版), 第 5 巻, 第 3 号, pp. 133-138, 9 月 10 日, (2019). ISSN: 2189-6496
<https://annex.jsap.or.jp/photonics/publication/latest>
2. 平山秀樹: "殺菌用・深紫外 LED の最近の進展", クリーンテクノロジー (日本工業出版), 第 29 巻, 第 4 号, pp. 1-5, 4 月 10 日, (2019). ISSN: 0917-1819
https://www.nikko-pb.co.jp/products/detail.php?product_id=4550

(3) 招待講演 / Invited Talks

1. M. Jo, N. Maeda and H. Hirayama, "Progress in AlGaIn UVC LEDs by improving light extraction efficiency" , SPIE Photonics West, The Moscone Center, San Francisco, USA, February 6, (2020).
2. A. Khan, N. Maeda, M. Jo, Y. Kashima and H. Hirayama, "High performances of AlGaIn-based UVC and UVB LEDs with relaxed buffer layer as well as using p-type graded multi-quantum-barrier electron-blocking layer" , SPIE Photonics West, The Moscone Center, San Francisco, USA, February 6, (2020).
3. K. Matsumoto, Y. Tomita, A. Mishima, Y. Yamaoka, S. Koseki, Y. Yano, H. Miyake and H. Hirayama, "Challenge and opportunity for mass production of UVC LED by MOVPE on high temperature annealed AlN template" , Material Research Meeting 2019, Yokohama Symposia, December 11, (2019).
4. 【Keynote】 H. Hirayama, "Problems and latest achievements in AlGaIn-based deep-UV LEDs" , 4th International Workshop on

Ultraviolet Materials and Devices (IWUMD4), Saint Petersburg, Russia, September 10, (2019).

5. H. Hirayama, N. Maeda and M. Jo, "Recent progress of high-efficiency AlGaIn deep-UV LEDs" , SPIE Optics + Photonics, San Diego, USA, August 11, (2019).
6. T. G. Kim, T. H. Lee, H. Hirayama, T. H. Park, K. R. Son, "Simultaneous improvements in EQE and WPE of AlGaIn UV-C LEDs with Ni:AlN/Al Ohmic reflectors" , UV and Higher Energy Photonics: From Materials to Applications, SPIE Optics + Photonics, San Diego, USA, August 11, (2019).
7. H. Hirayama, "Recent progress and future prospects of AlGaIn deep-UV LEDs" , 48th International School & Conference on the Physics of Semiconductors (Jaszowiec 2019), Szczyrk, Poland, June 11, (2019).
8. H. Hirayama, Y. Kashima, Y. Watanabe, T. Shibata, N. Maeda, M. Jo, E. Matsuura, T. Iwai, M. Kokubo, T. Tashiro, K. Furuta, R. Kamimura, Y. Osada, H. Takagi, Y. Kurashima, Y. Iwaisako and T. Nagano, "LEE enhancement in AlGaIn UVC LED using photonic crystal reflector" , 13th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-13), Hyatt Regency Bellevue, Bellevue, Washington, July 8, (2019).
9. 平山秀樹, 林宗澤, 王科, 王利: "GaAs 系および GaN 系テラヘルツ量子カスケードレーザーの進展", レーザー学会学術講演会第 40 回年次大会講演会, 仙台国際センター, 1 月 21 日, (2020).
10. 定昌史, 平山秀樹, "深紫外 LED の開発最前線", モノづくりフェア 2019, マリンメッセ福岡, 10 月 18 日, (2019).
11. 平山秀樹: "AlGaIn 系深紫外 LED の最近の進展", 徳島大学ポスト LED フォトニクス研究所開所記念式典, キックオフセミナー, 徳島大学常三島キャンパス, 10 月 16 日, (2019).
12. K. Wang, L. Wang, T. T. Lin, K. Fukuda and H. Hirayama, "Recent progress and future of GaN and GaAs-based THz-QCL" , 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学, 9 月 18 日, (2019).
13. 平山秀樹, "深紫外 LED の国内外の最新技術と今後の展望", 特許庁技術研修, 特許庁六本木仮庁舎, 5 月 29 日, (2019).
14. 平山秀樹: "殺菌用紫外 LED の開発と今後の展望", OPIE' 19 紫外線応用技術セミナー, パシフィコ横浜アネックスホール, 4 月 26 日, (2019).

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

1. M. A. Khan, N. Maeda, M. Jo, E. Matsuura, Y. Kashima, Y. Yamada, H. Hirayama, "AlGaIn UVB LEDs at 310nm emission with high efficiency and light power using partially relaxed n-AlGaIn buffer layer" , ISPlasma2020/IC-PLANTS2020, Nagoya University, March 11, (2020).
2. K. Wang, T. T. Lin, L. Wang and H. Hirayama, "Recent progress in GaAs THz-QCLs and towards realizing GaN based QCLs" , SPIE Photonics West, The Moscone Center, San Francisco, USA, February 6, (2020).
3. K. Wang, L. Wang, T. T. Lin, K. Fukuda, R. Zhang, and H. Hirayama, "Simulation and growth of GaN/AlGaIn based terahertz quantum cascade structures" , The 9th Asia-Pacific Workshop on Widegap Semiconductors (APWS2019), OIST, Onna-son, Japan, November 13, (2019).
4. H. Murotani, H. Miyoshi, R. Takeda, M. A. Khan, N. Maeda, M. Jo, H. Hirayama, and Y. Yamada, "Radiative and nonradiative recombination rates of excitons and their effects on internal quantum efficiency of AlGaIn-based UV-B MQWs" , The 9th Asia-Pacific Workshop on Widegap Semiconductors (APWS2019), OIST, Onna-son, Japan, November 13, (2019).
5. M. A. Khan, N. Maeda, M. Jo, S. Fujikawa, Y. Yamada, and H. Hirayama, "42mW light power from AlGaIn-based 302nm-band UVB LEDs: a way forward for UVB LEDs" , The 9th Asia-Pacific Workshop on Widegap Semiconductors (APWS2019), OIST, Onna-son, Japan, November 12, (2019).
6. M.A. Khan, R. Takeda, H. Miyoshi, Y. Yamada, S. Fujikawa, N. Maeda, M. Jo and H. Hirayama, "Achievement of internal quantum efficiency up to 53% at 326nm-UVA emission from AlGaIn QWs with engineering of highly relaxed buffer layer" , 4th International Workshop on Ultraviolet Materials and Devices (IWUMD4), Saint Petersburg, Russia, September 13, (2019).
7. K. Wang, N. Maeda, M. A. Khan, Z. Li, Y. Wu, T. Tao, B. Liu, R. Zhang and H. Hirayama, "MBE grown p-type AlGaIn and deep ultraviolet light emitting diodes" , 4th International Workshop on Ultraviolet Materials and Devices (IWUMD4), Saint Petersburg, Russia, September 12, (2019).
8. M. A. Khan, N. Maeda, M. Jo, S. Fujikawa, E. Matsuura, Y. Kashima, Y. Yamada and H. Hirayama, "Realization of high light output power in AlGaIn-based UVB LED at 310±2nm emission using highly relaxed (50%) n-AlGaIn electron injection layer" , 13th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-13), Hyatt Regency Bellevue, Bellevue, Washington, July 10, (2019).
9. M. A. Khan and H. Hirayama, "Current status and future directions of high power AlGaIn-based UVB LEDs with emission of 280nm-320nm" , 13th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-13), Hyatt Regency Bellevue, Bellevue,

Washington, July 10, (2019).

10. H. Murotani, K. Hisanaga, R. Tanabe, A. Hamada, N. Maeda, M. Jo, H. Hirayama and Y. Yamada, "Optically pumped stimulated emission from AlGa_N-based UV-C multiple quantum wells with high internal quantum efficiency of 16 % at 750 K" , 13th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-13), Hyatt Regency Bellevue, Bellevue, Washington, July 9, (2019).
11. H. Murotani, H. Miyoshi, R. Takeda, M. A. Khan, N. Maeda, M. Jo, H. Hirayama and Y. Yamada, "Role of exciton recombination processes on internal quantum efficiency in AlGa_N-based UV-B multiple quantum wells" , 13th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-13), Hyatt Regency Bellevue, Bellevue, Washington, July 9, (2019).
12. N. Okada, F. Kim, T. Saito, S. Fujikawa, N. Maeda, H. Hirayama and K. Tadatomo, "Epitaxial lateral overgrowth of AlN with partially non-dislocation-region on vicinal AlN template" , 13th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-13), Hyatt Regency Bellevue, Bellevue, Washington, July 9, (2019).
13. M. A. Khan, N. Maeda, M. Jo, Y. Yamada and H. Hirayama, "Current challenges and future direction for AlGa_N based UV-B LEDs grown by LP-MOVPE" , European Materials Research Society Spring Meeting 2019 (E-MRS), Acropolis Congress Center, Nice, France, May 31, (2019).
14. E. Hase, T. Yasui, H. Hirayama and K. Nagamatsu, "The improving resolution for dislocation analysis in GaN by three-photon microscopy" , SPIE Photonics West, The Moscone Center, San Francisco, USA, February 5, (2020).
15. Y. Tomita, A. Mishima, Y. Yamaoka, T. Arimura, S. Koseki, Y. Yano, K. Matsumoto, and H. Hirayama, "Optimization of p-cladding layer for improvement of deep ultraviolet light emitting diode performance" , The 9th Asia-Pacific Workshop on Widegap Semiconductors (APWS2019), OIST, Onna-son, Japan, November 14, (2019).
16. Y. Itokazu, S. Kuwaba, M. Jo, N. Kamata, and H. Hirayama, "Investigation of AlGa_N/AlN interface structure and annealing effect for control of strain relaxation" , The 9th Asia-Pacific Workshop on Widegap Semiconductors (APWS2019), OIST, Onna-son, Japan, November 14, (2019).
17. Y. Mogami, A. Osawa, K. Osaki, Y. Tanioka, A. Maeoka, Y. Itokazu, S. Kuwaba, M. Jo, N. Maeda, H. Yaguchi, and H. Hirayama, "Fabrication of UVC AlGa_N LEDs on DC-sputtered AlN templates with high-temperature annealing" , The 9th Asia-Pacific Workshop on Widegap Semiconductors (APWS2019), OIST, Onna-son, Japan, November 11, (2019).
18. M. I. Hossain, Y. Itokazu, S. Kuwaba, N. Kamata, N. Maeda, and H. Hirayama, "Nonradiative recombination centers in UVB AlGa_N quantum well and their temperature dependence revealed by below-gap excitation light" , The 9th Asia-Pacific Workshop on Widegap Semiconductors (APWS2019), OIST, Onna-son, Japan, November 11, (2019).
19. J. Yun and H. Hirayama, "Influence of dipole scattering to level broadening and carrier transport in AlGa_N-based superlattice structures" , The 9th Asia-Pacific Workshop on Widegap Semiconductors (APWS2019), OIST, Onna-son, Japan, November 11, (2019).
20. J. Yun and H. Hirayama, "Level broadening by dipole scattering in AlGa_N/ AlGa_N superlattice structures" , Infrared Terahertz Quantum Workshop (ITQW 2019), Ojai, USA, September 17, (2019).
21. L. Wang, T. T. Lin, K. Wang, T. Grange and H. Hirayama, "Experimental and theoretical study of piezoelectric polarization in GaN/AlGa_N terahertz quantum cascade lasers" , Infrared Terahertz Quantum Workshop (ITQW 2019), Ojai, USA, September 17, (2019).
22. T. T. Lin, K. Wang, L. Wang and H. Hirayama, "Optimization of THz QCLs by suppressing a leakage current via high energy states" , 44th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (IRMMW-THz 2019), Paris, France, September 3, (2019).
23. M. Jo, Y. Itokazu, S. Kuwaba and H. Hirayama, "Improved simulation of MOCVD growth of AlN by using data assimilation" , 13th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-13), Hyatt Regency Bellevue, Bellevue, Washington, July 9, (2019).
24. M. C. D. Figueira, A. Trellakis, S. Birner, M. A. Khan and H. Hirayama, "Optimizing AlGa_N-based UVB LEDs using experimental device data in the nextnano software" , 13th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-13), Hyatt Regency Bellevue, Bellevue, Washington, July 9, (2019).
25. S. Kuwaba, Y. Itokazu, S. Motegi, Y. Mogami, A. Osawa, K. Osaki, Y. Tamioka, A. Maeoka, M. Jo, N. Kamata and H. Hirayama, "AlGa_N UVC LEDs directly grown on DC-sputtered and high temperature annealed AlN templates" , 13th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-13), Hyatt Regency Bellevue, Bellevue, Washington, July 8, (2019).
26. Y. Mogami, S. Motegi, A. Osawa, K. Osaki, Y. Tamioka, A. Maeoka, Y. Itokazu, S. Kuwaba, M. Jo, N. Maeda, H. Yaguchi and H. Hirayama, "Enhanced strain relaxation in AlGa_N layers grown on sputter-based AlN templates" , 13th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-13), Hyatt Regency Bellevue, Bellevue, Washington, July 8, (2019).

27. Y. Itokazu, Y. Mogami, S. Kuwaba, S. Motegi, A. Osawa, K. Osaki, Y. Tamioka, M. Jo, N. Kamata and H. Hirayama, "Influence of the strain relaxation on the optical property of AlGaIn quantum wells", 13th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-13), Hyatt Regency Bellevue, Bellevue, Washington, July 8, (2019).
28. 室谷英彰, 三好博之, 武田椋平, 中生拓希, 倉井聡, M. A. Khan, 前田哲利, 定昌史, 平山秀樹, 山田陽一: "AlGaIn 系多重量子井戸構造における励起子レート方程式モデルによる効率 Droop 現象の解析", 第 67 回応用物理学会春季学術講演会, 上智大学四谷キャンパス, 3 月 15 日, (2020).
29. 三好博之, 武田椋平, 中生拓希, 倉井聡, 室谷英彰, M. A. Khan, 前田哲利, 定昌史, 平山秀樹, 山田陽一: "AlGaIn 系多重量子井戸構造における励起子の輻射・非輻射再結合レートの励起強度依存性", 第 67 回応用物理学会春季学術講演会, 上智大学四谷キャンパス, 3 月 15 日, (2020).
30. 齊藤貴大, 金輝俊, 岡田成仁, 前田哲利, 定昌史, 平山秀樹, 只友一行: "ELO-AIN テンプレートの作製と MQW の評価", 第 67 回応用物理学会春季学術講演会, 上智大学四谷キャンパス, 3 月 12 日, (2020).
31. T. T. Lin, K. Wang, L. Wang and H. Hirayama, "Progress on high output power THz QCLs developed by reducing horizontal parasitic current leakage", 電子情報通信学会 電子デバイス研究会, 東北大学電気通信研究所, 12 月 23 日, (2019).
32. L. Wang, T. T. Lin, K. Wang and H. Hirayama, "Near- and far-infrared quantum cascade lasers based on GaAs and GaN materials: devices design and MBE growth", 電子情報通信学会 電子デバイス研究会, 東北大学電気通信研究所, 12 月 23 日, (2019).
33. T. T. Lin, L. Wang, K. Wang and H. Hirayama, "Recent progress of high output power THz QCLs by reducing parasitic leakage current", 理研シンポジウム第 7 回「光量子工学研究」, 和光地区, 12 月 10 日, (2019).
34. 最上耀介, 大澤篤史, 尾崎一人, 谷岡千丈, 前岡淳史, 糸数雄史, 定昌史, 前田哲利, 矢口裕之, 平山秀樹: "DC スパッタ AIN テンプレートを用いた UVCLD の進展", 電子情報通信学会レーザ・エレクトロニクス研究会, 静岡大学浜松キャンパス, 11 月 22 日, (2019).
35. 中村励志, 藤川紗千恵, 前田哲利, 遠藤聡, 藤代博記, 平山秀樹, "電子ブロック層の最適化による 250nm AlGaIn UVC-LED の出力改善", 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学, 9 月 20 日, (2019).
36. 齊藤貴大, 中村亮太, 藤川紗千恵, 金輝俊, 前田哲利, 岡田成仁, 平山秀樹, 只友一行, "微傾斜サファイア基板上 AIN の選択横方向成長", 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学, 9 月 20 日, (2019).
37. T. T. Lin, L. Wang and H. Hirayama, "0.44 watt power GaAs/AlGaAs THz QCL developed by reducing horizontal current leakage", 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学, 9 月 19 日, (2019).
38. 室谷英彰, 三好博之, 武田椋平, 中生拓希, 倉井聡, M. A. Khan, 前田哲利, 定昌史, 平山秀樹, 山田陽一, "AlGaIn 系多重量子井戸構造における励起子レート方程式モデルによる効率曲線の解析 (2)", 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学, 9 月 19 日, (2019).
39. 田邊凌平, 久永桂典, 濱田晟, 別府寛太, 倉井聡, 室谷英彰, 前田哲利, 定昌文, 平山秀樹, 山田陽一, "AlGaIn 量子井戸構造における深紫外誘導放出の温度依存性", 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学, 9 月 19 日, (2019).
40. 三好博之, 武田椋平, 中生拓希, 倉井聡, 室谷英彰, M. A. Khan, 前田哲利, 定昌史, 平山秀樹, 山田陽一, "AlGaIn 系多重量子井戸構造における励起子レート方程式モデルによる効率曲線の解析", 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学, 9 月 19 日, (2019).
41. M. A. Khan, J. P. Bermudo, Y. Ishikawa, H. Ikenoue, S. Fujikawa, N. Maeda, M. Jo and H. Hirayama, "The influence of both Mg-concentration and excimer laser annealing (ELA) on p-AlGaIn cladding layer for the application of AlGaIn-based UVB Laser Diodes", 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学, 9 月 18 日, (2019).
42. 最上耀介, 大澤篤史, 尾崎一人, 谷岡千丈, 前岡淳史, 糸数雄史, 桑葉俊輔, 定昌史, 前田哲利, 矢口裕之, 平山秀樹, "DC スパッタ AIN を用いた AlGaIn 層格子緩和の促進", 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学, 9 月 18 日, (2019).
43. 最上耀介, 大澤篤史, 尾崎一人, 谷岡千丈, 前岡淳史, 糸数雄史, 桑葉俊輔, 定昌史, 前田哲利, 矢口裕之, 平山秀樹, "DC スパッタ AIN テンプレート上 UVC AlGaIn LED の作製と評価", 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学, 9 月 18 日, (2019).
44. 平山秀樹: "特異構造の特性を生かした新機能発光デバイスの研究", 新学術領域研究第 4 回領域全体会議, ホテル&リゾーツ長浜, 4 月 19 日, (2019).
45. 白井草汰, 千代田夏樹, 鎌田彦彦, 糸数雄史, 山初駿太, 平山秀樹: "電流注入と光励起を用いた UV-LED 内の欠陥準位の検出", 第 67 回応用物理学会春季学術講演会, 上智大学四谷キャンパス, 3 月 14 日, (2020).
46. L. Wang, T. T. Lin, K. Wang and H. Hirayama, "Gain predicted by NEGF method in terahertz quantum cascade lasers based on different semiconductors", 理研シンポジウム第 7 回「光量子工学研究」, 和光地区, 12 月 9 日, (2019).
47. L. Wang, K. Wang, T. T. Lin and H. Hirayama, "Experimental and theoretical study of piezoelectric polarization in GaN/AlGaIn terahertz quantum cascade lasers", 理研シンポジウム第 7 回「光量子工学研究」, 和光地区, 12 月 9 日, (2019).

48. J. Yun and H. Hirayama, "GaN/AlGaIn based THz-QCL taking into account an interface roughness scattering", 理研シンポジウム第7回「光量子工学研究」, 和光地区, 12月9日, (2019).
49. M. A. Khan, N. Maeda, M. Jo, Y. Yamada and H. Hirayama, "Progress on high-efficiency AlGaIn-based UVB-LEDs for both medical and agricultural applications", 理研シンポジウム第7回「光量子工学研究」, 和光地区, 12月9日, (2019).
50. Joosun Yun and Hideki Hirayama, "Design and analysis of DUV-LEDs and QCLs by utilizing HOKUSAI", The All-RIKEN Workshop 2019, Wako Branch, Japan, December 5, (2019).
51. L. Wang, T. T. Lin and H. Hirayama: "Recent progression in strained GaN/AlGaIn THz-QCLs, growth and fabrication", 東北大学 & 理研第1回連携ワークショップ, 東北大学, 10月23日, (2019).
52. T. T. Lin, L. Wang and H. Hirayama: "0.45watt power GaAs-based THz QCL developed by reducing horizontal current leakage utilizing variable Al_{1-x}Ga_xAs barriers-wells height structure", 東北大学 & 理研第1回連携ワークショップ, 東北大学, 10月23日, (2019).
53. 定昌史, 系数雄史, 桑葉俊輔, 平山秀樹, "データ同化を用いたAIN成長シミュレーションの高精度化", 第80回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学, 9月18日, (2019).
54. 富田優志, 三嶋晃, 山岡優哉, 有村忠信, 小関修一, 矢野良樹, 松本功, 平山秀樹, "pクラッド層の最適化によるAlGaIn系深紫外LEDの性能向上", 第80回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学, 9月18日, (2019).
55. 系数雄史, 桑葉俊輔, 定昌史, 鎌田憲彦, 平山秀樹, "AlGaIn歪制御に向けたAlGaIn/AIn界面構造とアニール効果の検討", 第80回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学, 9月18日, (2019).
56. 林宗澤, 王科, 王利, 平山秀樹: "水平方向リーク電流低減による300mWクラス高出力QCLの実現", RAPAC2019, 和光地区, 9月5日, (2019).
57. 王利, 王科, 林宗澤, 平山秀樹: "窒化物半導体を用いた未開拓波長QCL実現に向けた進展", RAPAC2019, 和光地区, 9月5日, (2019).
58. 王利, 王科, 林宗澤, 平山秀樹: "非平衡グリーン関数法を用いた量子カスケードレーザーの最適設計", RAPAC2019, 和光地区, 9月5日, (2019).

(5) 特筆すべき事項・トピックス / Topics

1. JST news Vol. 8, "深紫外LEDの性能向上で水銀不使用の殺菌灯を目指す", 8月9日, (2019). ISSN 1349-6085

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

1. Z.Zhang, B.Li, W.Zhang, R.Lu, S.Wada, Y.Zhang: "Real-time penetration state monitoring using convolutional neural network for laser welding of tailor rolled blank": Journal of manufacturing system, Vol54, p348-360, (2020).
2. S.Saito, Y.Kitamura-Muramatsu, F.Komine, M.Polat, SN.Takeshima, M.Takei, S.Wada, Y.Aida: "Absence of bovine leukemia virus proviral DNA in Japanese human blood cell lines and human cancer cell lines." Archives of Virology, Jan;165(1):207-214, (2020).
3. M.K.Ejiri, T.Nakamura, T.T.Tsuda, T.Nishiyama, T.Abo, T.Takahashi, K.Tsuno, T.D.Kawahara, T.Ogawa, S.Wada: "Vertical fine structure and time evolution of plasma irregularities in the Es layer observed by a high-resolution Ca⁺ lidar" Earth, Planets and Space, volume71, 3, (2019).
4. Y.He, K.Kase: "Feasibility of a new helical blade structure for a PV integrated wind turbine in a heat-driven swirling wind field Energy" Energy 185, 585-598, (2019).
5. D.Okazaki, H.Arai, A.Anisimov, E.I.Kauppinen, S.Chiashi, S.Maruyama, N.Saito, S.Ashihara: "Self-starting mode-locked Cr:ZnS laser using single-walled carbon nanotubes with resonant absorption at 2.4 μm" Optics Letters, Vol. 44, No. 7, pp. 1750-1753, (2019).
6. S.Mondal, S.Sarkhel, J.Agrwal, D.Chakrabarty, R.Sekar, T.Yuan, X.Cai, A.Z.Liu, S.Nozaawa, N.Saito, T.D.Kawahara, M.G.Mlynczak, J.M.Russell III: "On the long-lasting "C-type" structures in the sodium lidargram: The lifetime of Kelvin-Helmholtz billows in the mesosphere and lower thermosphere region" Journal of Geophysical Research: Space Physics, Vol. 124, pp. 3110-3124, (2019).
7. G.Beer, H.Choi, M.Chung, K.Ishida, M.Iwasaki, Y.Iwashita, S.Kanda, B.Kim, H.Ko, S.Okada, A.Olin, N.F.Saito, S.Wada, T.Yoshioka, et al.: "A New Approach for Measuring the Muon Anomalous Magnetic Moment and Electric Dipole Moment" Progress of Theoretical and Experimental Physics, Issue 5 053C02, (2019).
8. D.Yamashita, K.Tsuno, K.Koike, K.Fujii, S.Wada, M.Sugiyama: "Distributed control of a user-on-demand renewable-energy power-source system using battery and hydrogen hybrid energy-storage devices", International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 44,

pp.27542–27552, (2019).

9. L.Bai, H.Sato, Y.Kubo, S.Wada, Y.Aida: "CAT1/SLC7A1 acts as a cellular receptor for bovine leukemia virus infection" *FASEB Journal*, Vol.33 No.12 Page1-12, (2019).
10. L.Bai, S.Takeshima, M.Sato, W.C.Davis, S.Wada, J.Kohara, Y.Aida.: "Mapping of CD4+ T-cell epitopes in bovine leukemia virus from five cattle with differential susceptibilities to bovine leukemia virus disease progression" *Virology Journal* 16:157, (2019).
11. K.Miyata, M.Mohara, K.Shimura, A.Tanabashi, L.Desbiens, V.Roy, Y.Taillon, S.Nakayama, S.Wada: "Programmable deep-UV laser platform for inspection and metrology," *Optics Letters*, Vol.44, No.22, P.5618-5621, (2019).
12. H.Chang, L.Siarot, R.Matsuura, C.W.Lo, H.Sato, H.Otsuki, S.Wada, Y.Aida: "Distinct MCM10 Proteasomal Degradation Profiles by Primate Lentiviruses Vpr Proteins." *Viruses*, Jan 15;12(1). pii: E98, (2020).
13. K.Nakahata, K.Ogi, K.Mizukami, K.Ohira, M.Maruyama, S.Wada, T.Namita: "Three-dimensional imaging of subsurface delamination in carbon fiber reinforced plastic using photoacoustic wave method" *ELECTRONICS AND COMMUNICATIONS IN JAPAN* Vol.102, Issue 5, p35-42, (2019).
14. K.Tateishi, M.Negoro, H.Nonaka, A.Kagawa, S.Sando, S.Wada, M.Kitagawa, T.Uesaka: "Dynamic nuclear polarization with photo-excited triplet electrons using 6,13-diphenylpentacene" *PHYSICAL CHEMISTRY CHEMICAL PHYSICS*, volume 21, Issue 36, p19737-19741, (2019).
15. K.Nakahata, K.Karakawa, K.Ogi, K.Mizukami, K.Ohira, M.Maruyama, S.Wada, T.Namita, T.Shiina: "Three-dimensional SAFT imaging for anisotropic materials using photoacoustic microscopy" *ULTRASONICS*, volumr 98, p82-87, (2019).
16. G.Abdellaoui, T.Ebisuzaki, T.Ogawa, K.Tsuno, S.Wada, et al: "Ultra-violet imaging of the night-time earth by EUSO-Balloon towards space-based ultra-high energy cosmic ray observations" *Astroparticle Physics*, Volume 111, Pages 54-71, (2019).
17. M.K.Ejiri, T.Nakamura, T.T.Tsuda, T.Nishiyama, M.Abo, C.Y.She, M.Nishioka, A.Saito, T.Takahashi, K.Tsuno, T.D.Kawahara, T.Ogawa, S.Wada: "Observation of Synchronization Between Instabilities of the Sporadic E Layer and Geomagnetic Field Line Connected F Region Medium - Scale Traveling Ionospheric Disturbances" *Journal of Geophysical Research Space Physics*, Volume 124, Issue 6, p 4627-4638, (2019).
18. K.Koike, K.Fujii, T.Kawano, S.Wada: "Bio-mimic energy storage system with solar light conversion to hydrogen by combination of photovoltaic devices and electrochemical cells inspired by the antenna-associated photosystem II" , *Plant Signaling & Behavior* Volume 15, Issue 3, (2020).

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

1. 藤井克司, 小池佳代, 津野克彦, 和田智之, 山下大之, 杉山正和, "ユーザー・オン・デマンド再生可能エネルギー供給システム", *クリーンエネルギー*, 0918-7510, 2019-02 28, 2, p25-33, (2019).
2. 中畑和之, 黄木景二, 水上孝一, 大平克己, 丸山真幸, 和田智之, 浪田健, 椎名毅, "光音響法による炭素繊維補強樹脂の表面直下剥離の3次元イメージング - Three - dimensional imaging of subsurface delamination in carbon fiber reinforced plastic using photoacoustic wave method" , *電気学会*, 2019, vol.139, 2, p142-148, (2019).
3. 丸山真幸, "高速波長可変レーザーと広帯域光音響顕微鏡" *OPTRONICS*, vol.38,no.11, pp.183-191, (2019).
4. 藤井克司, 山下大之, 小池佳代, 津野克彦, 杉山正和, 和田智之, "太陽電池からの高効率水素貯蔵と, 水素貯蔵を利用した小型エネルギーマネージメントの実際" *えねるみくす (日本エネルギー学会会誌)*, 98, (2019), 240, (2019).
5. 小池佳代, 津野克彦, 和田智之, 藤井克司, "ユーザーオンデマンドを実現する自律型再生可能エネルギーシステム" *ケミカルエンジニアリング*, 2019, Vol.64, No.12, 19-24, (2019).
6. 松山知樹, 北村尚, 下川卓志, 戎崎俊一, 和田智之, 八幡昌紀, "粒子線照射によるカンキツ変異体の育成と DNA 多型解析" *DNA 多型 (日本 DNA 多型学会)* 第 27 巻, 92-94, (2019).
7. 小川貴代, 小池佳代, 藤井克司, 和田智之, 和田智之, "太陽光を利用した植物工場の低コスト化" *太陽エネルギー学会誌*, 45 巻, 10-15, (2019).
8. 丸山真幸, 和田智之, "光音響イメージングのための高速波長可変レーザー及び広帯域光音響顕微鏡", *非破壊検査* 68(12) 579-585, (2019).
9. K.Tsuno, S.Wada, T.Ogawa, T.Shimizu, T.Hasegawa, M.Kubo, H.Murao, S.Mizumoto, S.Fujishima, K. Toyonaga: "UFSS (ultra fine sun sensor): CCD sun sensor with sub-arc second accuracy for the next solar observing satellite SOLAR-C" *Proceedings SPIE 11180 (International Conference on Space Optics - ICSO 2019)*, (2019).
10. 丸山真幸, 加瀬究, 斎藤徳人, 和田智之, "波長可変レーザーの開発", *非破壊検査* vol. 68, (2019). (in progress)

11. C.Hirose, N.Fukuda, T.Sassa, K.Ishibashi, T.Ochiai and R.Furukawa, "Fabrication of a Fluorophore-Doped Cylindrical Waveguide Structure Using Elastomers for Visual Detection of Stress", *Fibers* 2019, 7(5), 37; (*Fibers* 737), (2019).
12. 和田智之, "先端農業計測の概要", 書籍「スマート農業」ISBN978-4-86043-584-4 (株) エヌ・ティー・エス p171-173, (2019).
13. 小川貴代, 神成淳司, 和田智之, "非侵襲糖度計測の検討", 書籍「スマート農業」ISBN978-4-86043-584-4 (株) エヌ・ティー・エス p207-213, (2019).
14. 湯本正樹, 和田智之, "微量ガス計測とイチゴ炭疽病診断", 書籍「スマート農業」ISBN978-4-86043-584-4 (株) エヌ・ティー・エス p219-224, (2019).
15. (原著) 田島俊樹, 中島一久, ジェラルド・ムルー, (翻訳) 和田智之, "ゼプト秒サイエンス" *OPTRONICS*, No.448 p224-232, (2019).

(3) 招待講演 / Invited Talks

1. 石井行弘, "Wavelength-tuning Fizeau interferometry with a laser diode," IV International Conference on Applications of Optics and Photonics, The Faculty of Science of Lisbon University, Lisbon, Portugal, 6月1日, (2019).
2. 小池佳代, 藤井克司, "Photoelectrochemical and Electrochemical water splitting by using nano-catalysts" *Materials Challenges in Alternative and Renewable Energy 2019*, Korean Institute of Chemical Engineers, 韓国, 8月21日, (2019).
3. K.Fujii, K.Koike, S.Wada, "Role of Island-like NiO Photoelectrochemical Catalyst on n-type GaN for Water Oxidation", 15th IUPAC International Conference on Novel Materials and their Synthesis (NMS-XV), Shenyang, China, IUPAC, September, (2019).
4. K.Fujii, K.Koike, K.Morishita, K.Tsuno, S.Wada, "Problems towards the Realization of On-site Electricity Supply System using with Hydrogen Storage", 4th Solar Fuel Materials Workshop, Seoul, Korea, Seoul National University, Seoul, Korea, September, (2019).
5. K.Miyata, A.Tanabashi, L.Desbiens, V.Roy, Y.Taillon, M.Mohara, K.Shimura, S.Nakayama, S.Wada, "Tunable Picosecond Deep-UV Laser System for Semiconductor Inspection at 213 nm," *Laser Congress 2019 (ASSL, LAC, LS&C)*, OSA, Vienna, Austria, October, (2019).
6. M.K.Ejiri, T.Nishiyama, T.T.Tsuda, T.Nakamura, M.Abo, K.Tsuno, T.D.Kawahara, T.Ogawa, S.Wada, "Preliminary results of Ca⁺ observation at Syowa Station and Japan by a frequency-tunable resonance scattering lidar" *The Tenth Symposium on Polar Science*, December, (2019).
7. 小林峰, M.Laitinen, T.Sajavaara, I.Tomandl, P.Horak, and J.Vacik, "イオンおよび中性子ビームを用いた固体電解質中のリチウムその場深さ方向分析", 13th European Conference on Accelerators in Applied Research and Technology (ECAART13), クロアチア・スプリット市, 5月6日, (2019).
8. 藤井克司, 山下大之, 小池佳代, 津野克彦, 杉山正和, 和田智之, "DC-Controlled User-on-Demand Power Supply System with Water Splitting Hydrogen Energy Storage," *World Hydrogen Technologies Convention 2019*, 東京, 6月4日, (2019).
9. 湯本正樹, 斎藤徳人, 小川貴代, 和田智之, "Mid-infrared Cr²⁺ doped chalcogenide tunable laser for laser biomaterial processing," *The 12nd MIRAI conference on Microfabrication and Green Technology*, TheMRAI, The NPS Association, 福岡市, 8月2日, (2019).
10. M.Yumoto, N.Saito, and S.Wada, "Extension of mid-IR lasing spectral region using Cr:ZnSe and Cr:CdSe combined active medium" *CLEO/Europe -EQEC 2019*, Optical Society of America, Munich, June, (2019).
11. K.Koike, T.R.Kuykendall, S.Aloni, S.Wada, K.Fujii, "Photoelectrochemical and Electrochemical Properties of GaN Nanowires," *nanoGE Solar Fuel September meeting 2019*, nanoGE, Berlin, November, (2019).
12. 小池佳代, 小川貴代, 和田智之, 藤井克司, "The Importance of MEA Fabrication Process for Water Splitting Electrochemical Cell," *World Hydrogen Technologies Convention*, Hydrogen Energy Systems Society of Japan, Tokyo, Japan, 6月3日, (2019).
13. N.Javahiry, 小池佳代, 藤井克司, "Experimental and theoretical study of photoelectrochemical reaction mechanism of GaN photoanode with NiO for water splitting application," *World Hydrogen Technologies Convention*, Hydrogen Energy Systems Society of Japan, Tokyo, 6月3日, (2019).
14. K.Fujii, K.Koike, K.Morishita, E.Torikai, J.Matsumoto, D.Takeda, R.Nakamura, S.Wada, "Long Time in-situ Raman Observation of the Cu Cathode Surface without Pretreatment during CO₂ Electrochemical Reduction," *2019 nanoGe Fall Meeting*, nanoGe, Berlin, Germany, November, (2019).
15. K.Fujii, K.Koike, K.Morishita, S.Wada, "Fabrication Process Analysis of Non-precious Metal Electrochemical Water Oxidation Catalysts of MO_x (M = Mn, Fe, Co, Ni) by Raman Spectra," *Materials Research Society 2019 Fall Meeting*, Materials research Society, Boston, MA, USA, 12月3日, (2019).
16. T.Murakami, N.Saito, Y.Komachi, T.Michikawa, M.Sakashita, S.Kogure, K.Kase, S.Wada, K.MidoriKawa, "Crack detection in concrete

structures using active photometric stereo," The 15th CJUMP 2019, Gunma University, Gunma, September, (2019).

17. K.Ishida, S.Kanda, M.Iwasaki, Y.Ma, A.Takamine, H.Ueno, K.Midorikawa, N.Saito, S.Wada, M.Yumoto, S.Okada, Y.Oishi, M.Sato, S.Aikawa, K.S.Tanaka and Y.Matsuda, "Laser spectroscopy of the 1s hyperfine splitting energy of muonic hydrogen for the determination of proton Zemach radius," The 3rd J-PARC Symposium, Tsukuba, September, (2019).
18. T.Murakami, N.Saito, Y.Komachi, T.Michikawa, M.Sakasita, S.Kogure, K.Kase, S.Wada and K. Midorikawa, "Extending the Exposure Time in High-Resolution Mobile Tunnel LIDAR," 2019 Conference on Lasers and Electro-Optics/Europe, European Physical Society (EPS), IEEE Photonics Society, The Optical Society (OSA), ICM International Congress Centre, Munich, June, (2019).
19. O.A.Louchev and S.Wada, "Nonlinear laser frequency conversion in micro-structured periodically poled photonic crystals: Experiments and computational modeling" Photonics and Electromagnetic Research Symposium, Roma, Italy, June, (2019).
20. O.A.Louchev and S.Wada, "Strong electron superheating" Cleo Europe, Munich, Germany, June, (2019).

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

1. 和田智之、戎崎俊一, Laser Solutions for Space and the Earth (LSSE2019) Agri-Photonics, パシフィコ横浜, 4月26日, (2019).
2. 松井南、和田智之, 理研エンジニアリングネットワーク「気象予測データを再現する人工気象器利用した植物表現形質データ蓄積のための研究手法の開発」, 日本橋ライフサイエンスビルディング, 2月19日, (2020).
3. 和田智之, 育種を加速するパスウェイ型シミュレータの開発とバイオデータ連携基盤構築, 慶應義塾大学三田キャンパス, 3月18日 (2020).
4. 小川貴代, "社会課題解決にむけた光計測技術の開発" 2019年第1回光センシング技術部会, 一般社団法人日本オプトメカトロニクス協会, 港区, 日本, 6月20日, (2019).
5. 丸山真幸, "非破壊で生体・複合材内深部を観察できる光音響顕微鏡" 新技術説明会, 科学技術振興機構, 東京都千代田区, 日本, 5月28日, (2019).
6. 丸山真幸, 和田智之, "光音響イメージングの最前線と医用アプリケーション", 生体イメージングサイエンスセミナー, 理化学研究所生命機能科学研究センター, 神戸, 日本, 6月28日, (2019).
7. 野澤悟徳, 津田卓雄, 斎藤徳人, 高橋透, 川原琢也, 小川泰信, 藤原均, 和田智之, 堤雅基, "Statistical study of Sporadic Sodium Layer (SSL) observed at Tromsø," 日本地球惑星科学連合 2019年大会, 日本地球惑星科学連合, 千葉市, 5月30日, (2019).
8. 丸山真幸, 加瀬究, 阿部英喜, 和田智之, "高深達度・波長低依存音響分解能光音響顕微鏡" 第6回光音響イメージング技術専門委員会, レーザー学会, 札幌市, 日本, 8月2日, (2019).
9. 小池佳代, 森下圭, 和田智之, 藤井克司, "水素貯蔵エネルギーシステムから見た水電解セル開発の課題" 第80回応用物理学学会秋季学術講演会, 応用物理学学会, 9月19日, (2019).
10. 小池佳代, 津野克彦, 森下圭, 和田智之, 藤井克司, "水素貯蔵エネルギーシステムと固体高分子型水電解セルの研究開発" 第9回GS+I研究会 公開講座, 東京大学GS+I総括寄付講座, 9月27日, (2019).
11. M.Maruyama, K.Kase, N.Saito and S.Wada, "Fast switchable laser and optical system for photoacoustic imaging," 15th CJUMP 2019, 精密工学会 (JSPE) ナノ精度機械加工専門委員会, 中国機械工程学会, 前橋市, 9月27日, (2019).
12. L.Bai, 佐藤洋隆, 久保嘉直, 和田智之, 間陽子, 牛白血病ウイルスの感染レセプター CAT1/SLC7A1, 第162回日本獣医学会学術集会, 公益社団法人 日本獣医学会, つくば国際会議場, つくば市, 9月12日, (2019).
13. C.W.Lo, 陸拾七, 斎藤督, 竹嶋伸之輔, 間陽子, "Association study between bovine leukemia virus-induced lymphoma and bovine leukocyte antigen-DRB3 allele," 第162回日本獣医学会学術集会, 公益社団法人 日本獣医学会, つくば国際会議場, つくば市, 9月12日, (2019).
14. C.W.Lo, 陸拾七, 斎藤督, "Association study between bovine leukocyte antigen DRB3 allele and bovine leukemia virus-induced lymphoma in Japanese Holstein cattle," 第28回日本組織適合性学会大会, 日本組織適合性学会, ウィンクあいち, 名古屋市, 9月22日, (2019).
15. 竹嶋伸之輔, 河村有理紗, 石田茜, 村川雪音, G.Giovambattista, 細道一善, 間陽子, ウシ主要組織適合遺伝子複合体の主要なハプロタイプのターゲットリシーケンスによる解析, 第28回日本組織適合性学会大会, 日本組織適合性学会, ウィンクあいち, 名古屋市, 9月22日, (2019).
16. 湯本正樹, 斎藤徳人, 和田智之, "Mid-infrared solid-state lasers based on transition metal ion doped II-VI chalcogenides," 第7回RAPシンポジウム, 理化学研究所, 和光市, 12月9日, (2019).
17. 宮田憲太郎, 棚橋晃宏, 茂原瑞希, 志村啓, 中山伸一, 和田智之, "半導体検査用ピコ秒パルス可変 DUV レーザの高出力化" 第80回応用物理学学会秋季学術講演会, 応用物理学学会, 札幌市, 9月20日, (2019).
18. 藤井克司, 小池佳代, 森下圭, 和田智之, "CO2 還元の基本的な疑問と最近の世界的動向", 太陽エネルギー化学研究センター・シ

- ンポジウム, 大阪大学 太陽エネルギー化学研究センター, 豊中市, 11月20日, (2019).
19. 丸山真幸, 加瀬究, 齋藤徳人, 阿部英喜, 和田智之, “非破壊・非侵襲で無標識3次元イメージングを実現する光音響イメージング” レーザー学会学術講演会第40回年次大会, レーザー学会, 仙台市, 1月20日, (2020).
 20. C.Hao, L.Siarot, S.Wada, Y.Aida, “Unique degradation profiling of MCM10 by primate lentiviruses Vpr/Vpx,” 第67回日本ウイルス学会学術集会, 日本ウイルス学会, タワーホール船堀, 東京, 10月31日, (2019).
 21. R.Hamada, S.Metwally, M.Polat, L.Borjigin, A.Ali, A.Mohamed, 和田智之, 間陽子, “Isolation and molecular characterization of Bovine Leukemia Virus in Egypt,” 日本動物遺伝育種学会第20回大会, 日本動物遺伝育種学会, 宇都宮大学峰キャンパス, 11月30日, (2019).
 22. 曾矢麻理子, 白ランラン, 市川みのり, 和田智之, 間陽子, “牛白血病診断用大腸菌組換えタンパク質抗原の発現および精製法の検討” 日本動物遺伝育種学会第20回大会, 日本動物遺伝育種学会, 宇都宮大学峰キャンパス, 宇都宮市, 11月30日, (2019).
 23. 齋藤賢, 和田智之, 間陽子, ヒトサンプルを用いた牛白血病ウイルス (BLV) の検出についての最近の報告と今後の展開, 第167回血液・膠原病リウマチ症例セミナー, 日本大学医学部附属板橋病院血液・膠原病内科, 板橋区, 東京, 12月14日, (2019).
 24. 丸山真幸, 加瀬究, 和田智之, “光音響イメージングの医療・バイオおよびものづくり利用” VCAD システム研究会第54回定例研究会, VCAD システム研究会, 東京, 2月14日, (2020).
 25. 川村梨恵, 水谷幸嗣, 林泰誠, 柿崎翔, 三又絢子, 渡邊剛, 齋藤徳人, W.Meinzer, 和泉雄一, 岩田隆紀, 青木章, “レーザー装置によって異なる歯肉蒸散の ex vivo 評価” 第62回春季日本歯周病学会学術大会, 日本歯周病学会, 横浜市, 5月30日, (2019).
 26. 丸山真幸, 加瀬究, 齋藤徳人, 和田智之, 西條芳文, 高速波長可変レーザーと広帯域光音響イメージング, “東北大学&理研 第1回連携ワークショップ「テラヘルツ光研究の新展開と産業応用への展望」” 東北大学, 理化学研究所, 仙台, 10月23日, (2019).
 27. L.Bai, 佐藤洋隆, 久保嘉直, 和田智之, 間陽子, “CAT1/SLC7A1 acts as a cellular receptor for bovine leukemia virus infection,” 第67回日本ウイルス学会学術集会, 国立感染症研究所, タワーホール船堀, 東京, 10月29-30日, (2019).
 28. 津野克彦, “Thrust measurement of LASER ablation for space application,” 第7回 RAP シンポジウム, 理化学研究所, 和光市, 12月9日, (2019).
 29. 小川貴代, 村上武晴, 坂下亨男, 竹谷皓規, 津野克彦, 齋藤洋太郎, 小田切正人, 齋藤徳人, 松山知樹, 和田智之, “光量子を利用した次世代農業技術の開発” 第7回 RAP シンポジウム, 理化学研究所, 和光市, 12月9日, (2019).
 30. N.Saito, Y.Oishi, M.Yumoto, S.Kanda, M.Sakashita, T.Ogawa, K.Ishida, M.Iwasaki, S.Wada, “Optical control of muon toward fundamental measurement,” 理研シンポジウム 第7回「光量子工学研究」, 理化学研究所, 和光市, 12月9日, (2019).
 31. T.Murakami, N.Saito, T.Michikawa, Y.Komachi, M.Sakashita, S.Kogure, K.Kase, S.Wada, K.Midorikawa, “High resolution and high repetition rate LIDAR for infrastructure maintenance,” 理研シンポジウム 第7回「光量子工学研究」, 理化学研究所, 和光市, December 9-10, (2019).
 32. 湯本正樹, “赤外線光源の動向” OPIE 紫外・赤外線特別セミナー, パシフィコ横浜, 横浜市, 4月, (2019).
 33. 松山知樹, 小田切正人, 齋藤洋太郎, 古川浩二, 下川卓志: “重粒子線利用による植物品種識別法の開発” 平成30年度 HIMAC 共同利用研究成果発表会, 4月23日, (2019).
 34. 齋藤洋太郎, 齋藤徳人, 松山知樹, 福山太郎, 小田切正人, 坂下亨男, 和田智之, “理化学研究所における農業の取り組み” 慶應義塾大学 SFC 研究所 アグリプラットフォームコンソーシアム 2019年度第2回ミーティング, 東京, 7月5日, (2019).
 35. 小川貴代, 村上武晴, 坂下亨男, 竹谷皓規, 津野克彦, 齋藤洋太郎, 小田切正人, 齋藤徳人, 松山知樹, 和田智之: “光量子を用いた次世代農業技術の開発” 理研シンポジウム 第7回「光量子工学研究」, 和光市, 12月9日-10日, (2019).
 36. 齋藤洋太郎, 原佑介, 永田雅晴, 浅井幸, 中村宣貴, 加藤公彦, 山田クリス孝介, 岩城徹雄, 和田智之: “レタスの生育湿度と光質が鮮度保持に与える影響” 一般社団法人園芸学会令和2年度春季大会, 3月21日, (2020).
 37. 小田切正人, 齋藤洋太郎, 坂下亨男: “AOI プロジェクトにおける光量子制御技術の研究開発” AOI プロジェクト研究発表会 2019, 3月24日, (2020).
 38. 丸山真幸, 加瀬究, 阿部英喜, 和田智之, “高深達度・波長低依存音響分解能怒り音響顕微鏡 - セルロース強化バイオプラスチック評価の基礎的検討” レーザー学会光音響イメージング技術専門委員会, 札幌市, 8月2日, (2019).
 39. 藤井克司, 小池佳代, 山下大之, 津野克彦, 杉山正和, 和田智之, (基調講演) “「ありがたい未来社会」を目指した自然エネルギー利用の取り組み” 平成30年度シンポジウム 兵庫県立大学「次世代水素触媒共同研究センター」 姫路市, 3月5日, (2020).
 40. 村上武晴, 齋藤徳人, 道川隆士, 小町祐一, 坂下亨男, 木暮繁, 加瀬究, 和田智之, 緑川克美, “レーザーを使ったトンネル表面の精密走行計測技術について” 精密工学会 現物融合型エンジニアリング専門委員会, 東京大学 本郷キャンパス, 東京, 3月8日, (2020).
 41. 和田智之, 村上武晴, “レーザーによるトンネル計測技術の開発”, 精密工学会 画像応用技術専門委員会 2019年第一回研究会, 中央大学後楽園キャンパス, 東京, 5月24日, (2019).
 42. 村上武晴, 木暮繁, “レーザー・光センシングによる社会・生活基盤への貢献” レーザー学会東京支部セミナー「レーザー・光センシ

ングによる社会・生活基盤への貢献」, 東海大学 高輪キャンパス, 東京, 11月29日, (2019).

43. 江尻省, 中村卓司, 津田卓雄, 西山尚典, 阿保真, 高橋透, 津野克彦, 川原琢也, 小川貴代, 和田智之, “Ca+ ライダーで観測された中緯度 Es 層の微細構造” 第 23 回大気ライダー研究会, 東京, 3月1日. (2019).
44. 和田智之, “固体レーザー、ファイバーレーザーを利用した産業用紫外線レーザー” OPTICS & PHOTONICS International Exhibition (OPIE'19) 紫外線応用技術セミナー, 横浜, 4月, (2019).
45. 和田智之, “光音響波イメージング要光源の開発” OPTICS & PHOTONICS International Exhibition(OPIE'19) オープンセミナー, 横浜市, 4月, (2019).
46. 和田智之, “次世代植物栽培システムの開発” 理研エンジニアリングネットワーク「気象予測データを再現する人工気象器利用した植物表現形質データ蓄積のための研究手法の開発」, 日本橋ライフサイエンスビルディング, 東京中央区, 2月19日, (2020).
47. 和田智之, 「育種を加速するパルスウェーブ型シミュレータの開発とバイオデータ連携基盤構築」シンポジウム, 慶應義塾大学三田キャンパス, 東京, 3月18日, (2020).

(5) 特許出願 / Patent Applications

1. 和田智之ほか, “撮像装置および撮像システム”, PCT/JP2019-005480, 2月15日, (2019).
2. 和田智之ほか, “写真画像に映ったトンネル内の壁面の位置を同定する同定装置、同定方法、ならびに、プログラム”, JP2019-0501810, 2月22日, (2019).
3. 藤井克司ほか, “気体供給装置、電気化学反応装置および気体供給方法”, 2019-205726, 11月13日, (2019).
4. 藤井克司ほか, “気体供給装置、電気化学反応装置および気体供給方法”, 2019-205727, 11月13日, (2019).
5. 小池佳代ほか, “水電気分解用積層体及びそれを用いた水電気分解装置”, 2019-013420, 1月29日, (2019).
6. 丸山真幸ほか, “光学装置及び光音響顕微鏡”, PCT/JP2019-018489, 6月9日, (2019).
7. 小田切正人ほか, “NOVEL B-GLUCOSIDASE, ENZYME COMPOSITON INCLUDING SAME, AND METHOD FOR MAINUFACTURING SUGAR SOLUTION USING SAME”, WO/2019-044887, 3月7日, (2019).
8. 和田智之ほか, “レーザ装置およびその製造方法”, JP2019-140436, 9月10日, (2019).

(6) 特筆すべき事項・トピックス / Topics

1. 日経産業新聞, “風は東から 複合材を原料別に観察—理研、光音響顕微鏡で実現”, 8月26日, (2019).
2. 静岡新聞, “健康と職の研究が加速 次世代への産業振興を”, 3月24日, (2019).

先端光学素子開発チーム / Photonics Control Technology Team

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

1. T.Notake, M.Takeda, S.Okada, T.Hosobata, Y.Yamagata, H.Minamide, Characterization of all second-order nonlinear-optical coefficients of organic N-benzyl-2-methyl-4-nitroaniline crystal, Scientific Reports 9(1) (2019), DOI: 10.1038/s41598-019-50951-1
2. N.Ebizuka, T.Okamoto, M.Takeda, T.Hosobata, et al., Novel gratings for astronomical observation, CEAS Space J, (2019). <https://doi.org/10.1007/s12567-019-00287-3>
3. B. Heacock, R. Haun, K. Hirota, T. Hosobata, M. G. Huber, M. E. Jamer, M. Kitaguchi, D. A. Pushin, H. Shimizu, I. Taminiau, Y. Yamagata, T. Yamamoto and A. R. Young, Measurement and alleviation of subsurface damage in a thick-crystal neutron interferometer, Acta Cryst., (2019), A75, 833-841 DOI: 10.1107/S2053273319011604
4. T.Hosobata, N.L.Yamada, M.Hino, H.Yoshinaga, F.Nemoto, K.Hori et al., Elliptic neutron-focusing supermirror for illuminating small samples in neutron reflectometry, Optics Express Vol. 27, Issue 19, pp. 26807-26820, (2019), <https://doi.org/10.1364/OE.27.026807>
5. Yamada, Masako & Filges, Uwe & Hosobata, Takuya & Yamagata, Yutaka & Rantsiou, Emmanouela., (2019). Adaptive focusing optics for extreme conditions. Journal of Neutron Research. 20. 1-4. 10.3233/JNR-180092.

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

1. 海老塚 昇 “回折格子の精密加工”, 精密工学会誌 85, pp.1062-1066, (2019).

(3) 招待講演 / Invited Talks

1. 細島 拓也, 「中性子集光スーパーミラーのための精密金属基板製作技術」, 2019年度量子ビームサイエンスフェスタ.

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

1. 第2回 理研一金沢工大合同ワークショップ, 金沢工大白山麓キャンパス, 9月27-28日, (2019).
2. V C A Dシステム研究会 光学素子分科会第7回研究会, 和光, 11月7日, (2019).
3. V C A Dシステム研究会 光学素子分科会第8回研究会, リモート開催, 3月24日, (2020).

(5) 特許出願 / Patent Applications

1. 特願 2019-189616「曲面鏡を製造する方法、曲面鏡、反射望遠鏡および分光機器」山形豊, 細島拓也, 田島右副, 竹田真宏, 出願日 10月16日, (2019).
2. 特願 2019-127006「中性子回折格子及びその製造方法」細島拓也, 山形豊, 日野正裕, 川端祐司, 出願日 7月8日, (2019).

(6) 特筆すべき事項・トピックス / Topics

1. 2019年農業技術10大ニュース
TOPIC7[動物衛生]牛の乳房炎の早期診断で新たな手法を発見—小型NMRで黄色ブドウ球菌乳房炎をいち早く察知—
2. 「ウシ乳房炎を迅速診断」, 化学工業日報, 10月28日, (2019).
3. 「牛の乳房炎 早期察知」, 日本農業新聞, 10月25日, (2019).

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

1. Y. Otake: "RIKEN Accelerator-driven compact neutron systems", EPJ Web Conf. Volume 231, No.01009, (2020).
2. Mingfei Yan, Y. Wakabayashi, Y. Otake, Y. Ikeda, A. Taketani, T. Hashiguchi, Sheng Wang, Binbin Tian, T. Takanashi, T. Kobayashi and Baolong Ma: " Reconstruction on fast neutron CT for concrete structure inspection with a pixel-type detector by applying linear scanning method" , EPJ Web Conferences, Vol. 231, No. 05008, pp. 1-4, (2020).
3. Baolong Ma, Y. Ikeda, Y. Otake, M. Teshigawara, Y. Wakabayashi, M. Harada, M. Ooi, T. Hashiguchi, Y. Yamagata and S. Takeda: " Slab geometry type cold neutron moderator development based on neutronic study for Riken Accelerator-driven compact Neutron Source (RANS)" , EPJ Web Conf.11, Volume 231, 04004, pp. 1-4, (2020).
4. Y. Wakabayashi, T. Hashiguchi, Y. Yoshimura, M. Mizuta, Y. Ikeda and Y. Otake., "Study of a collimation method as a nondestructive diagnostic technique by PGNA for salt distribution in concrete structures at RANS" , EPJ Web Conf. Volume 231, 05007, pp. 1-7, (2020).
5. Pingguang Xu, Y. Ikeda, T. Hakoyama, M. Takamura, Y. Otake and H. Suzuki: "In-house texture measurement using a compact neutron source" Journal of Applied Crystallography, 53, pp444-454, (2020).
6. S. Ikeda, M. Okamura, and N. Hayashizaki: "Development of four-beam IH-RFQ linear accelerator" , Nuclear Inst. and Methods in Physics Research B 462, 139–142140, (2020).
7. Y. Wakabayashi, Y. Yoshimura, M. Mizuta, Y. Ikeda and Y. Otake: "Feasibility Study of Nondestructive Diagnostic Method for Chlorine in Concrete by Compact Neutron Source and PGA" Journal of Advanced Concrete Technology, Volume 17, No.10, pp.571-578, (2019).
8. Y. Yoshimura, M. Mizuta, H. Sunaga, Y. Otake and Y. Ishikawa: "Neutron transmission imaging of water penetration of fly ash concrete exposed in marine and inland environments" AILCD International Conference "Beyond Growth – Bridging Wakamatsu + Tobata, pp.233-236, (2019).
9. T. Hakoyama, Y. Ikeda, M. Takamura, Y. Otake, T. Hama, H. Suzuki and M. Kumagai: "Measurement of twinning volume fraction for pure titanium using compact neutron source" Proceedings 52nd International Cold Forging Group meeting, p289 – 292, (2019).
10. Y. Suzuki, Y. Kusuda, K. Murasawa, S. Suzuki, M. Takamura, T. Hakoyama and T. Hama: "Effects of surface area of grain boundaries on internal stress during stress relaxation in pure copper" Proceedings of the 10th Pacific Rim International Conference on Advanced Materials and Processing, (2019).
11. R. Kakuta, S. Takahashi, M. Takamura, S. Mihara, and D. Shimizu: "OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF WORK HARDENING LAW IN TENSILE FRACTURE SIMULATION OF STEEL SHEET" Proceedings of NUMIFORM 2019, The 13th International Conference on Numerical Methods in Industrial Forming Processes, Editors: Yannis Korkolis, Brad Kinsey, Marko Knezevic, and Nikhil Padhye, pp.209-212, (2019).

12. S. Ikeda, Y. Otake, T. Kobayashi, and N. Hayashizaki: "Design of 500MHz RFQ linear accelerator for a compact neutron source, RANS-III", Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, B 461, 186–190 (2019).
13. T. Maeyama, A. Mochizuki and T. Takanashi: "Radiation induced degradation of rhodamine 6G and 7-Diethylamino-4-methylcoumarin in nano-clay gel for use in dosimeter", J. Phys.: Conf. Ser. 1305, 012045, (2019).
14. K. Hayashi, M. Nemoto, T. Takanashi, Y. Kang, H. Togo, J. Kotoku, T. Kobayashi, M. Mihashi, S. Hayashi and H. Gotoh: "Clear micelle gel dosimeter with nanoclay", J. Phys.: Conf. Ser. 1305, 012040, (2019).
15. T. Takanashi, K. Hayashi, M. Nemoto, H. Kawamura, S. Hayashi and H. Gotoh: "Cause of cupping artifacts from radiochromic micelle gel dosimeters used in optical CT scanner measurement", J. Phys.: Conf. Ser. 1305, 012020, (2019).
16. Y. Wakabayashi, Y. Yoshimura, M. Mizuta, Y. Otake, and Y. Ikeda: "Feasibility Study of Nondestructive Diagnostic Method for Chlorine in Concrete by Compact Neutron Source and PGA", Journal of Advanced Concrete Technology Vol. 17, p571–578, (2019).

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

1. 水田真紀, 吉村雄一, 須長秀行, 大竹淑恵, "小型中性子源をうまく利用する", コンクリート工学 1月, Vol.58, No.1, pp105-110, (2020).
2. 大竹淑恵, "社会インフラ予防保全を目指す理研小型中性子源による塩分非破壊検出技術" 四季, Vol.45, p6-p7, (2019).
3. 吉村雄一, 水田真紀, 須長秀行, 大竹淑恵, 林崎規託, "中性子イメージングによるコンクリートへの浸透水分流束評価 Evaluation of Water Flux of Concrete by Neutron Imaging", 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 Vol.19, pp.379-384, (2019).
4. 水田真紀, 吉村雄一, 須長秀行, 大竹淑恵, "土木学会法と中性子イメージングによるコンクリートの水分浸透性状評価 Water penetration into concrete measured by JSCE test method and neutron transmission imaging" 「コンクリートの性能評価試験の合理化・省力化に関するシンポジウム」委員会報告書・シンポジウム論文集 JCI-C097, pp.311-318, (2019).
5. 吉村雄一, 水田真紀, 大竹淑恵, 林崎規託, "中性子イメージングを利用した水セメント比および単位水量がコンクリートの水分浸透に与える影響の評価 Neutron Transmission Imaging of Water Penetration of Concrete with Varied W/C and Cement Content", コンクリート工学年次論文集 Vol.41, No.1, pp.629-634, (2019).
6. 盛谷洋輝, 久保善司, 吉村雄一, 水田真紀, "中性子線透過イメージングを用いたコンクリートの水分浸透特性に関する基礎的研究", コンクリート工学年次論文集 Vol.41, No.1, pp.1835-1840, (2019).
7. 吉村雄一, 水田真紀, 久保善司, 大竹淑恵, 林崎規託, "中性子イメージングによるコンクリートへの浸透水分流束評価", 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 第19巻, (2019).
8. 水田真紀, 吉村雄一, 須長秀行, 大竹淑恵, "土木学会法と中性子イメージングによるコンクリートの水分浸透性状評価", コンクリートの性能評価試験の合理化・省力化に関するシンポジウム (主催: 日本コンクリート工学会), (2019).
9. 大竹淑恵, "小型中性子源によるインフラ非破壊検査", 電気学会誌 vol.139, no.5, pp296-299, (2019).
10. 大竹淑恵, "理研小型中性子源システムによる非破壊内部観察", 丸善出版株式会社パリティ編集室 Vol.34, No.05, pp42-52, (2019).

(3) 招待講演 / Invited Talks

1. Y. Otake, "RIKEN Accelerator-driven compact neutron sources and their applications", 2nd International Symposium on Advanced Measurement, Analysis and Control for Energy and Environment (AMACEE2019), Xi'an, China, 7 December, (2019).
2. Y. Otake, "RIKEN Accelerator-driven compact Neutron System, RANS and its capabilities", International lecture meeting on Advanced measurement technology, Tokushima, Tokushima, 27 November, (2019).
3. Y. Otake, "RIKEN Accelerator-driven compact neutron systems RANS and their applications", AOCNS2019, Taiwan, 17 November, (2019).
4. Y. Otake, "RIKEN Accelerator-driven compact neutron system, RANS and its capabilities" colloquium at ILL, Institut Laue-Langevin, Grenoble/France, 8 November, (2019).
5. Y. Otake, "RIKEN Accelerator-driven compact neutron source, RANS, and their applications", IAEA: Technical Meeting on Non-spallation Accelerator-based Production of Neutrons (EVT 1701936), Vienna, Austria, 4 November, (2019).
6. Y. Otake, "RIKEN accelerator-driven compact neutron source as a material science investigation probe", International Conference on Materials Science and Engineering, Melbourne, Australia, 16 September, (2019).
7. T. Kobayashi, S. Ikeda, Y. Otake and Y. Ikeda, "Small accelerator-driven neutron source for material analysis", 21-ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SURFACE MODIFICATION OF MATERIALS BY ION BEAMS, Tomsk, Russia, August, (2019).
8. Y. Otake, "RIKEN Accelerator-driven compact neutron systems", 日韓 nCMOS joint Symposium, Wako, Japan, 28 August, (2019).

9. Y. Otake, "RIKEN Accelerator-driven compact Neutron Systems", UCANS8, Paris, 9 July, (2019).
10. Y. Otake, "Non-destructive inspection for public infrastructure with compact neutron source", 2019Gordon Research Conference Neutron Scattering, Hong Kong, 7 May, (2019).
11. 大竹淑恵, "理研小型中性子源システム RANS、RANS-II の現状と今後", 日本鉄鋼協会第 179 回春季講演大会 シンポジウムタイトル: (研究会最終報告会) 量子ビームを用いた組織解析に基づく特性予測の進歩, 東工大, 3 月 17 日, (2020) .
12. 大竹淑恵, "理研小型中性子源システム RANS", ISMA 中性子解析装置披露式 / 産総研中性子解析施設 (AISTANS) 開所式, つくば市, 茨城, 2 月 25 日, (2020).
13. 大竹淑恵, "「理研小型中性子源システム RANS と非破壊計測技術」", 「建設分野におけるユーザーレビューシステム研究会 (通称: RC-80)」, 東大生産研, 1 月 30 日, (2020).
14. 高梨宇宙, "「解析解を構成する手法に基づく CT 画像再構築法」", 「建設分野におけるユーザーレビューシステム研究会 (通称:RC-81)」, 東大生産研, 1 月 30 日, (2020).
15. 大竹淑恵, "理研小型中性子源システムにおける安全の取り組み", 拡大装置担当者会議, 東京大学物性研究所, 1 月 22 日, (2020).
16. 大竹淑恵, "「理研小型中性子源システム RANS から RANS-III」", 複合原子力科学研究所におけるビーム利用を中心とした次期中性子源の検討 II ワークショップ, 京都大学複合原子力科学研究所, 1 月 20 日, (2020).
17. 大竹淑恵, "理研小型中性子源システム RANS、RANS-II と定量分析へむけた取り組み", 放射線計測研究会, 和光市, 埼玉, 1 月 18 日, (2020).
18. 大竹淑恵, "理研小型中性子源システム RANS プロジェクト", 文科省(虎ノ門) 量子ビーム推進小委員会, 虎ノ門, 東京, 12 月 24 日, (2019).
19. 若林泰生, 岩本ちひろ, 藤田訓裕, 橋口孝夫, 吉村雄一, 水田真紀, 池田裕二郎, 大竹淑恵, "小型中性子源 RANS の特色を生かした大体積試料の元素分析", 2019 年度 理研シンポジウム: 小型中性子源がインフラ・ものづくり現場の非破壊評価分析を変える, 和光市, 埼玉, 12 月 19 日, (2019).
20. 井門孝治, 大竹淑恵, "RANSn の社会実装に向けた取り組み", 2019 年度 理研シンポジウム: 小型中性子源がインフラ・ものづくり現場の非破壊評価分析を変える, 和光市, 埼玉, 12 月 19 日, (2019).
21. 大竹淑恵, "理研小型中性子源システム RANS プロジェクト実用化に向けて", 2019 年度 理研シンポジウム: 小型中性子源がインフラ・ものづくり現場の非破壊評価分析を変える, 和光市, 埼玉, 12 月 19 日, (2019).
22. 小林知洋, 大竹淑恵, 池田裕二郎, 池田翔太, 林崎規託, "稼働開始した可搬型プロトタイプ中性子源 RANS-II", 2019 年度 理研シンポジウム: 小型中性子源がインフラ・ものづくり現場の非破壊評価分析を変える, 和光市, 埼玉, 12 月 19 日, (2019).
23. 大竹淑恵, "陽子小型加速器の応用", 第一回応用超伝導加速器コンソーシアムセミナー, 東京都, 中央区, 12 月 5 日, (2019).
24. 高梨宇宙, "「新しい数学的手法による CT 画像再構築法」", 小型中性子源による鋼中非金属介在物評価法の検討フォーラム第 6 回運営会議, 東京大学工学部, 11 月 29 日, (2019).
25. 大竹淑恵, "理研小型中性子源システム(RANS)によるものづくりの現場利用への挑戦", 理研と未来を創る会見学会・講演会, 埼玉県, 和光市, 10 月 17 日, (2019).
26. 大竹淑恵, "理研小型中性子源システム RANS、RANS-II", 東北大学一理研第 1 回連携ワークショップ, 宮城県, 仙台市, 10 月 23 日, (2019).
27. 竹谷篤, 高梨宇宙, "「理研小型中性子源 RANS によるイメージング」", 理化学研究所 - 広島大学合同シンポジウム, 広島大学, 東広島キャンパス, 10 月 11 日, (2019).
28. 高梨宇宙, 竹谷篤, "「理研小型中性子源を用いたイメージング」", 理化学研究所 - 広島大学合同シンポジウム, 広島大学, 東広島キャンパス, 10 月 11 日, (2019).
29. 高田秀佐, 上坂友洋, 立石健一郎, 吉岡瑞樹, 大竹淑恵, 若林泰生, 他 NOPTREX コラボレーション, "Triplet-DNP による陽子偏極を利用した中性子スピンフィルターの開発—小型中性子源 RANS での性能評価—", 日本物理学会 2019 年秋季大会, 山形県, 山形市, 9 月 26 日, (2019).
30. 大竹淑恵, "理研・加速器駆動中性子源 RANS による非破壊検査の展開 Accelerated-based Compact Neutron Source RANS and its application to Non-destructive Inspection", 日本物理学会 2019 年秋季大会 (物性), 岐阜, 岐阜, 9 月 12 日, (2019).
31. 大竹淑恵, "「理研小型中性子源システム RANS・RANS-II・RANS-III」", 日本車輛製造株式会社, 愛知県, 半田市, 9 月 10 日, (2019).
32. 大竹淑恵, "小型中性子源 RANS と SANS 産業利用への期待", 令和元年度ソフトマター中性子散乱研究会 (第 2 回 iMATERIA 研究会 合同開催), 神田, 東京, 8 月 21 日, (2019).
33. 高梨宇宙, "「CT 画像再構成アルゴリズム」", 中性子データ解析検討会, 北海道大学工学部, 8 月 20 日, (2019).
34. 高梨宇宙, "「光学 CT と MTF」", 第 3 回イメージングネットワーク定例会議, 理研横浜キャンパス, 川崎生涯研修センター, 7 月 1-2

日, (2019).

35. 高梨宇宙, "「光学 CT 入門」", 3D ゲル線量計研究会 若手の会「第 2 回 夏の学校 (2019)」, WeBase 鎌倉, 8 月 6 日, (2019).
36. 大竹淑恵, "「理研小型中性子源システム (RANS) の取り組み」", 日本製鐵株式会社君津, 千葉, 6 月 25 日, (2019) .
37. 大竹淑恵, "理研小型中性子源システム RANS による新たな非破壊分析技術研究開発", 日本学術振興会製鋼第 19 委員会製鋼計測化学研究会, 京都, 京都, 5 月 29 日, (2019).
38. 大竹淑恵, "理研小型中性子源 RANS とその実用化への取組", OPIE' 19, 横浜, 神奈川県, 4 月 25 日, (2019).
39. 高村正人, "プレス部品のハイテン化と残留応力", 金属プレス加工技術展, 青海, 東京, 4 月 18 日, (2019).

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

1. シンポジウム 理研シンポジウム「小型中性子源がインフラ・ものづくり現場の非破壊評価分析を変える」, 和光, 12 月 19 日, (2019).
2. 第 44 回 理研セミナー 中性子シリーズ「小型中性子源 RANS を利用したコンクリートへの水分浸透の評価」, 吉村雄一 客員研究員, 株式会社トプコン R&D 本部 先端技術課 / 理化学研究所 中性子ビーム技術開発チーム, 和光市, 11 月 22 日, (2019).
3. 第 43 回 理研セミナー 中性子シリーズ「中性子回折実験 50 年史」, 新村信雄, 特命研究員, 茨城大学, フロンティア応用原子科学研究センター, 和光市, 10 月 18 日, (2019).
4. 第 42 回 理研セミナー 中性子シリーズ 「Neutron Scattering Capabilities and Science at ANSTO」, Jamie Schulz, Leader Australian Centre for Neutron Scattering, ANSTO, 和光市, 9 月 27 日, (2019).
5. 第 41 回 理研セミナー 中性子シリーズ「高周波四重極線形加速器に関連した事象について」, 岡村昌弘, ブルックヘブン国立研究所 研究員, 東京工業大学科学技術創成研究院 特任教授, 和光市, 7 月 22 日, (2019).
6. 第 40 回 理研セミナー 中性子シリーズ 「J-PARC 中性子全散乱装置 (NOVA) を用いた規則-不規則構造解析」, 大友季哉, 主幹 物質構造科学研究所 中性子科学研究系, 和光市, 5 月 21 日, (2019).
7. 第 39 回 理研セミナー 中性子シリーズ「位相イメージング〜 X 線から中性子へ」, 百生敦, 教授 東北大学多元物質科学研究所, 和光市, 5 月 21 日, (2019).

(5) 特許出願 / Patent Applications

1. 高梨宇宙, "オーバーサンプリングによる断層画像データの取得方法、取得装置、および制御プログラム", JP2019/021164, 5 月 28 日, (2019).
2. 大竹淑恵, 吉村雄一, 井門孝治, 須長秀行, 永野繁憲, 塚田央, "非破壊検査システム、中性子照射源及び中性子照射方法", JP2019/037500, 9 月 25 日, (2019).
3. 大竹淑恵, 吉村雄一, 須長秀行, 永野繁憲, 愛甲華子, "非破壊検査システム及び非破壊検査方法", JP2019/037501, 9 月 25 日, (2019).
4. 大竹淑恵, 吉村雄一, 須長秀行, 永野繁憲, "中性子検出ユニット、非破壊検査システム、中性子用コリメータ", JP2019/037502, 9 月 25 日, (2019).
5. 大竹淑恵, 須長秀行, 小林知洋, Li Xiaobo, "ターゲット構造及びターゲット装置", JP2019/030234, 8 月 1 日, (2019).
6. 大竹淑恵, 吉村雄一, 井門孝治, 須長秀行, 永野繁憲, 塚田央, "非破壊検査システム及び非破壊検査方法", JP2020/008171, 2 月 27 日, (2020).
7. 大竹淑恵, 吉村雄一, 井門孝治, 須長秀行, 永野繁憲, 石黒哲, "非破壊検査システム及び非破壊検査方法", JP2020/008172, 2 月 27 日, (2020).

(6) 特筆すべき事項・トピックス / Topics

1. 日経産業新聞, "鋼材特性、弱い中性子で分析", 朝刊 6 面, 4 月 6 日, (2020).
2. 電気新聞, "「鋼材性質測定 現場でも 理研 原子力機構 中性子線装置を活用」【現場利用のための「理研小型中性子源システム RANS-II」】", 朝刊 2 面, 3 月 26 日, (2020).
3. OPTRONICS ONLINE, "理研ら, 中性子回折法で集合組織測定に成功", 3 月 30 日, (2020).
4. B to B プラットフォーム業界 Ch, "ものづくり現場で中性子線を使った材料分析が可能に", 3 月 26 日, (2020).
5. プレスリリース, "ものづくり現場で中性子線を使った材料分析が可能に - 軽量化を可能にする鋼材開発に新たな道筋 -", 3 月 24 日, (2020).
6. 月刊コンクリートテクノ, "現場導入可能なサイズの中性子源システムを目指して", 2 月号, (2020).
7. 読売新聞, "コンクリ劣化 中性子で確認", 1 月 16 日, (2020).

8. 日本経済新聞, "何でも予測身を守る 豪雨や老朽化に先手", 1月1日, (2020).
9. 科学新聞, "小型中性子源システム理研が開発 RANS-II 容易に移設可能", 12月6日, (2019).
10. 毎日新聞, "中性子発生装置を小型化", 12月12日, (2019).
11. 日テレニュース 24 (WEB), "橋など壊さず内部検査機器小型化に成功", 11月29日, (2019).
12. Yahoo! ニュース, "理研と東工大、中性子発生装置を小型軽量化 橋やトンネル検査用", 11月27日, (2019).
13. (時事通信)- ニュース・コラム - Yahoo! ファイナンス, "理研と東工大、中性子発生装置を小型軽量化=橋やトンネル検査用", 11月27日, (2019).
14. goo ニュース, "理研と東工大、中性子発生装置を小型軽量化=橋やトンネル検査用", 11月27日, (2019).
15. @nifty ニュース, "理研と東工大、中性子発生装置を小型軽量化=橋やトンネル検査用", 11月27日, (2019).
16. Livedoor, "理研と東工大、中性子発生装置を小型軽量化=橋やトンネル検査用", 11月27日, (2019).
17. Infoseek NEWS, "理研と東工大、中性子発生装置を小型軽量化=橋やトンネル検査用", 11月27日, (2019).
18. BIGLOBE ニュース, "小型化した中性子発生装置 (2019年11月26日)", 11月27日, (2019).
19. BIGLOBE ニュース, "理研と東工大、中性子発生装置を小型軽量化=橋やトンネル検査用 (2019年11月26日)", 11月27日, (2019).
20. 時事ドットコム, "小型化した中性子発生装置", 11月27日, (2019).
21. 時事ドットコム, "理研と東工大、中性子発生装置を小型軽量化 橋やトンネル検査用:", 11月27日, (2019).
22. グノシー, "理研と東工大、中性子発生装置を小型軽量化 橋やトンネル検査用", 11月27日, (2019).
23. dメニュー, "理研と東工大、中性子発生装置を小型軽量化=橋やトンネル検査用", 11月27日, (2019).
24. Ameba News [アメバニュース], "理研と東工大、中性子発生装置を小型軽量化=橋やトンネル検査用", 11月27日, (2019).
25. mixi ニュース, "理研と東工大、中性子発生装置を小型軽量化=橋やトンネル検査用", 11月27日, (2019).
26. excite. ニュース, "理研と東工大、中性子発生装置を小型軽量化=橋やトンネル検査用", 11月26日, (2019).
27. 原子力産業新聞, "理研、移設可能な小型中性子源システムを公開", 11月26日, (2019).
28. 理研プレスリリース, "現場利用のための「理研小型中性子源システム RANS-II」-容易に移設可能な加速器中性子源の開発-", 11月18日, (2019).
29. 時事ドットコムニュース < 社会 >, "中性子発生装置を小型軽量化 橋やトンネル検査用", 11月26日, (2019).
30. セメント新聞, "小型中性子活用へ議論", 4月8日, (2019).

技術基盤支援チーム / Advanced Manufacturing Support Team

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

1. T.Notake, M.Takeda, S.Okada, T.Hosobata, Y.Yamagata, H.Minamide, Characterization of all second-order nonlinear-optical coefficients of organic N-benzyl-2-methyl-4-nitroaniline crystal, Scientific Reports 9(1), (2019), DOI: 10.1038/s41598-019-50951-1

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

1. Y.Ikegami, T.Soma, K.Yamazawa and Y.Teshima, "Memorial Exhibition for Yasunari Watanabe", Symmetry: Art and Science, 2019-11th Congress and Exhibition of SIS, p.114-117, (2019).
2. Y.Machiya, Y.Ikegami, K.Yamazawa and Y.Teshima, "Design Constraints of Ikegami's 3D Jigsaw Puzzle", Symmetry: Art and Science, 2019-11th Congress and Exhibition of SIS, p.162-165, (2019).
3. Y.Teshima, S.Nishida, K.Ito, Y.Ikegami, T.Fujimoto, and K.Yamazawa: "Rolling Experiment on Specimens of Boerdijk-Coxeter Helix", Symmetry: Art and Science, 2019-11th Congress and Exhibition of SIS, p.278-281, (2019).
4. 横田秀夫, 山澤建二, 渡邊政樹, 辻村有紀, 大山慎太郎, "インクジェット式 3D プリンターによる骨置換型人工骨の成形と評価", PHARM STAGE, Vol.19, No.1 2019, 41-46, (2019).
5. 横田秀夫, 山澤建二, 渡邊政樹, 辻村有紀, 大山慎太郎, "インクジェット式 3D プリンターによる骨置換型人工骨の成形と評価", BIO INDUSTRY, Vol.36 No.4 2019, 78-86, (2019).
6. 横田秀夫, 山澤建二, 辻村有紀, 渡邊政樹, 大山慎太郎, "リン酸カルシウムによる 3D プリンター人工骨作製システム", 工業材料, 2019年10月号 (Vol.67 No.10), 42-47, (2019).
7. 横田秀夫, 山澤建二, 渡邊政樹, 辻村有紀, 大山慎太郎, "第3章 3D プリンター人工骨作製システム", バイオ 3D プリント関連技術の開発と応用, 173-181, (2019).

(3) 招待講演 / Invited Talks

1. 山澤建二, “理研における積層造形技術の開発”, 理研シンポジウム 第4回理研ものづくりワークショップ 「データ駆動型社会におけるものづくり設計の新潮流」, 東京, 7月10日, (2019).

(4) 特筆すべき事項・トピックス / Topics

1. RIKEN NEWS, “独創的な研究をものづくりで支える”, No. 464 February2020, 2月5日, (2020).

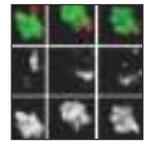
2019/7/11 生細胞超解像イメージング研究チーム / Live Cell Super-Resolution Research Team

トランスゴルジ網の時空間ダイナミクス
 —積荷タンパク質の入口と出口の区画化が明らかに—

Spatiotemporal dissection of the trans-Golgi network

-Assembly dynamics of proteins analyzed by 4D imaging

Takuro Tojima, Yasuyuki Suda, Midori Ishii, Kazuo Kurokawa, and Akihiko Nakano, "Spatiotemporal dissection of the trans-Golgi network", J. Cell Sci, 132:jcs231159 (2019), 10.1242/jcs.231159



2019/9/14 時空間エンジニアリング研究チーム / Space-Time Engineering Research Team

カドミウム光格子時計の魔法波長を決定
 —室温で18桁の精度を持つ小型・可搬型光格子時計の実現に道筋—

Measuring the magical wavelength of cadmium -Measurement of the magic wavelength of cadmium atoms opens the possibility of realizing extremely precise, portable clocks-

A. Yamaguchi, M. S. Safronova, K. Gibble, and H. Katori, "Narrow-line Cooling and Determination of the Magic Wavelength of Cd", Physical Review Letters, 10.1103/PhysRevLett.123.113201



2019/9/19 先端光学素子開発チーム / Ultrahigh Precision Optics Technology Team

超精密な金属製中性子集束ミラー
 —多様な中性子ビーム集束デバイスの普及に期待—

Elliptic neutron-focusing supermirror for illuminating small samples in neutron reflectometry

Takuya Hosobata, Norifumi L. Yamada, Masahiro Hino, Hisao Yoshinaga, Fumiya Nemoto, Koichiro Hori, Toshihide Kawai, Yutaka Yamagata, Masahiro Takeda and Shin Takeda, "Elliptic neutron-focusing supermirror for illuminating small samples in neutron reflectometry", Optics Express, 10.1364/OE.27.026807

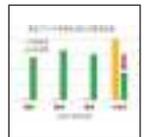


2019/10/24 先端光学素子開発チーム / Ultrahigh Precision Optics Technology Team

パルス NMR で乳牛の乳房炎を早期診断
 —難治性の黄色ブドウ球菌乳房炎をいち早く察知—

NMR Measurement for Diagnosis of Mastitis in Dairy Cows

田島右副, 横田秀夫, 菊佳男, 長澤裕哉, 三上修, 林智人, "核磁気共鳴 (NMR) 緩和時間を用いた早期乳房炎診断", 第 24 回日本乳房炎研究会学術集会 (10月26日)



2019/11/18 中性子ビーム技術開発チーム / Neutron Beam Technology Team

現場利用のための「理研小型中性子源システム RANS-II」
 —容易に移設可能な加速器中性子源の開発—

Development of accelerator-driven compact neutron source RANS-II

T.Kobayashi, S.Ikeda, Y.Otake, Y.Ikeda, N.Hayashizaki, "Development of accelerator-driven compact neutron source RANS-II", "The 3rd Asia-Oceania Conference on Neutron Scattering 2019 (ACNS 2019) (Nov.16-Nov.21, Taiwan, 当該発表は 11月18日)



2019/11/20 時空間エンジニアリング研究チーム / Space-Time Engineering Research Team

中空ファイバー導波路内における超放射現象の挙動を解明
 —超小型・超放射レーザー実現の基盤技術を確立—

Superradiance from Lattice-Confined Atoms inside Hollow Core Fibre

Shoichi Okaba, Deshui Yu, Luca Vincetti, Fetah Benabid & Hidetoshi Katori, "Superradiance from Lattice-Confined Atoms inside Hollow Core Fibre", Communications Physics, Vol.2 Article number 136 (2019), 10.1038/s42005-019-0237-2

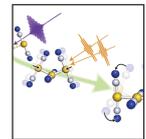


2019/11/28 超高速分子計測研究チーム / Ultrahigh Spectroscopy Research Team

1兆分の3秒で進む分子の構造変化を追跡
—結合生成に伴い金原子同士が折れ曲がった状態から直線形へ—

Tracking structural change occurring with three trillionth seconds: Configuration among gold atoms changes from bent to linear with creation of covalent bonds

Hikaru Kuramochi, Satoshi Takeuchi, Munetaka Iwamura, Koichi Nozaki, Tahei Tahara, "Tracking Photoinduced Au-Au Bond Formation through Transient Terahertz Vibrations Observed by Femtosecond Time-Domain Raman Spectroscopy", Journal of the American Chemical Society, 10.1021/jacs.9b06950



2019/12/6 量子オプトエレクトロニクス研究チーム / Quantum Optoelectronics Research Team

暗い励起子から明るい励起子への変換機構を解明
—カーボンナノチューブの発光効率向上への新指針—

Dark excitons can make a high contribution to light emission from nanotubes
The high conversion of dark to bright excitons in long carbon nanotubes can lead to more efficient optoelectronics devices

A. Ishii, H. Machiya, Y. K. Kato, "High efficiency dark-to-bright exciton conversion in carbon nanotubes", Physical Review X, 10.1103/PhysRevX.9.041048



2020/1/7 先端レーザー加工研究チーム / Advanced Laser Processing Research Team

タンパク質の3Dプリンティング
—純粋なタンパク質からなる微小3次元構造体の造形に成功—

Three-dimensional printing of pure proteinaceous microstructures by femtosecond laser multiphoton cross-linking

Daniela Serien, Koji Sugioka, "Three-dimensional printing of pure proteinaceous microstructures by femtosecond laser multiphoton cross-linking", ACS Biomaterials Science & Engineering, 10.1021/acsbomaterials.9b01619



2020/3/10 画像情報処理研究チーム / Image Processing Research Team

硬さ分布を3次元解析する新システムを開発
—精密加工と精密位置決め技術を組み合わせ、素材内部の微小硬さを測定—

Development of a 3D analysis system of hardness distribution in materials

王 振亘, 廣岡 大祐, 古城 直道, 山口 智実, 横田 秀夫, 藤崎 和弘, 山下 典理男
逐次精密切削観察システムを利用した鋼の微小硬さ分布測定 (第3報) —測定精度向上を目指した駆動条件の検討— 2020年度精密工学会春季大会学術講演会 (3月17日)

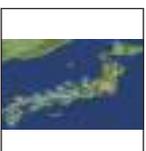


2020/3/18 時空間エンジニアリング研究チーム / Space-Time Engineering Research Team

超高精度光周波数の240kmファイバ伝送に成功
—平面光回路(PLC)を用いた光中継装置カスケード伝送—

Optical frequency distribution using laser repeater stations with planar lightwave circuits

Tomoya Akatsuka, Takashi Goh, Hiromitsu Imai, Katsuya Oguri, Atsushi Ishizawa, Ichiro Ushijima, Noriaki Ohame, Masao Takamoto, Hidetoshi Katori, Toshikazu Hashimoto, Hideki Gotoh, and Tetsuomi Sogawa, "Optical frequency distribution using laser repeater stations with planar lightwave circuits," Optics Express, Volume 28, Issue 7, pp. 9186-9197 (2020).



2020/3/26 中性子ビーム技術開発チーム / Neutron Beam Technology Team

ものづくり現場で中性子線を使った材料分析が可能に
—軽量化を可能にする鋼材開発に新たな道筋—

In-house texture measurement using a compact neutron source

Pingguang Xu, Yoshimasa Ikeda, Tomoyuki Hakoyama, Masato Takamura, Yoshie Otake, Hiroshi Suzuki, "In-house texture measurement using a compact neutron source", J. Appl. Cryst., (2020), 53, <https://doi.org/10.1107/S1600576720002551>.



September 4 ~ 6, 2019

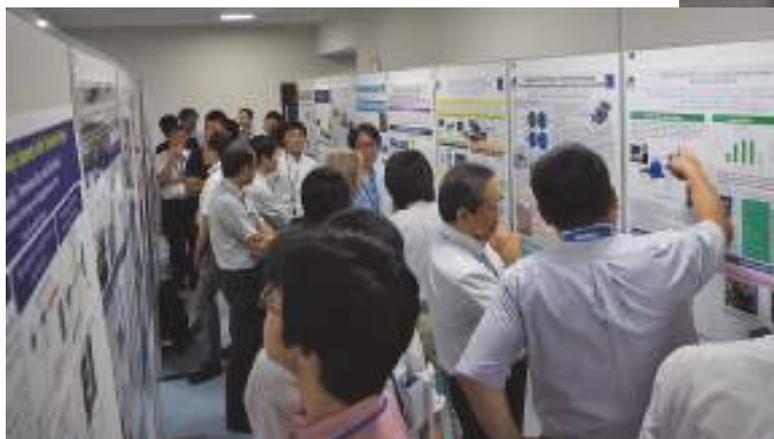
第3回 RAP アドバイザリー・カウンシル (RAPAC2019) を開催 The 2nd RAP Advisory Council (RAPAC2019)

2019年9月4日から9月6日の3日間にて、3回目となる RAP アドバイザリー・カウンシル (RAPAC2019) を開催しました。加藤委員長をはじめとし、国内外から 8 名の評価委員にお越しいただき、これまでの研究成果やマネジメント体制について議論いただきました。提言は、理研ホームページからご参照いただけます。

The third RAP Advisory Council (RAPAC2019) was held from September 4 to September 6, 2019 at RIKEN Wako campus, with 8 members. There was discussion over our research result, and mangement. The report and advice is on website.

<https://www.riken.jp/medialibrary/riken/about/reports/evaluation/rap/rapac2019-report-e.pdf>

Dr. Yoshiaki Kato (Chair), Project Professor, The Graduate School for the Creation of New Photonics Industries, Japan
Dr. Takashi Funatsu, Vice Dean and Professor, Graduate School of Pharmaceutical Sciences, The University of Tokyo, Japan
Dr. Wojciech Knap, Professor, University of Warsaw, Poland; Research Director, Laboratory Charles Coulomb at Montpellier CNRS, France
Dr. Yongfeng Lu, Distinguished Professor, College of Engineering, The University of Nebraska-Lincoln, USA
Dr. Jon Marangos, Professor, Faculty of Natural Sciences, Department of Physics, Imperial College London, UK
Dr. Carmen Menoni, Distinguished Professor, Faculty of Electrical and Computer Engineering, Colorado State University, USA
Dr. Kenichi Ueda, Emeritus Professor, The University of Electro-Communications, Japan
Dr. Kazuo Yamauchi, Professor, Department of Precision Science and Technology, Graduate School of Engineering, Osaka University, Japan



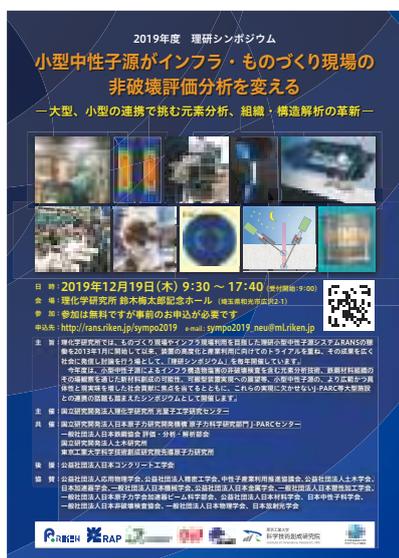
理研シンポジウム 第7回「光量子工学研究」 The 7th RAP Symposium

2019年12月9日、10日の2日間にわたり、第7回RAPシンポジウム「光量子工学研究」が和光で開催されました。物質・材料研究機構・吉川 元起先生、大阪大学・櫻井 保志先生、トヨタ自動車株式会社・辻 公壽先生、統計数理研究所・池田 思朗先生、浜松医科大学・星 詳子先生、東京大学・岡田 真人先生による特別講演のほか、RAPメンバーによる口頭発表16件とポスター発表76件が行われました。230名超の参加者による、最先端の光量子工学に関する研究が、「センサー to AI」をテーマに活発な議論が繰り広げられました。



The 7th RAP Symposium entitled “Advanced Photonics” was held in Wako on December 9 and 10, 2019. The symposium consisted of six special lectures by Genki Yoshikawa at National Institute for Materials Science, Professor Yasushi Sakurai at Osaka University, Kimitoshi Tsuji at Toyota Motor Corporation, Professor Shiro Ikeda at The Institute of Statistical Mathematics, Professor Yoko Hoshi at Hamamatsu University School of Medicine, Professor Masato Okada at The University of Tokyo and 16 oral and 76 poster presentations by RAP members. More than 230 participants discussed the state-of-the-art photonics, quantum research and engineering with subtopics of “Sensor to AI”.

RANS シンポジウム「小型中性子源がインフラ・ものづくり現場の非破壊評価分析を変える」開催 Novel non-destructive technology for infrastructure and industry with compact accelerator-driven neutron system



2019年度、中性子ビーム技術開発チームが開発している RANS、RANS II をテーマとするシンポジウムや Workshop を開催しました。特に、2019年12月19日に開催した「RANS シンポジウム：小型中性子源がインフラ・ものづくり現場の非破壊評価分析を変える」では、中性子発生に成功し稼働を開始した、現場対応タイプの RANS-II の見学会もあり、土木建築、製造業を主とする産業界を含め約180名の参加があり、小型中性子源システムの具体的な現場導入へ向けた期待やコメントなど、産業界からの活発な議論が交わされました。

FY2019, there were several RANS/RANS II symposiums and workshops. For example, the RANS symposium was held on December 19, 2019 at Wako campus with around 180 participants. Major part of them came from manufacturing civil engineering and construction companies and had discussion among them.

RAP Seminar, from 63rd to 67th

- May 17, 2019 **Dr. Tadashi Yamamoto** (RIKEN Center for Integrative Medical Sciences)
 “Disease systems biology research in IMS and my cell signal study”
 システム医科学研究と私の細胞シグナル研究
- August 2, 2019 **Prof. Taiichi Otsuji** (Research Institute of Electrical Communication Tohoku University)
 “Terahertz Light Amplification and Lasing in Graphene-Channel Transistor Structures”
 グラフェンチャネルトランジスタ構造におけるテラヘルツ波の増幅およびレーザー発振
- September 13, 2019 **Dr. Satoshi Matsuoka** (RIKEN Center for Computational Science)
 “Science of Computing for Fugaku and its Future Successors”
 富岳から未来につながる「計算の科学」
- November 15, 2019 **Prof. Masaki Takata** (Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials(IMRAM), Tohoku University / Photon Science Innovation Center(PhoSIC))
 “Building a New Range of Photon Science - Challenge of Super Lightsource for Industry Technology in Japan (SLIT-J) Project -”
 新たな放射光科学の開拓にむけて - 次世代放射光計画 SLIT-J の挑戦 -
- January 17, 2020 **Dr. Yasuyuki Tsuboi** (Graduate School of Science, Osaka City University)
 “Novel Optical Tweezers based on Solid Nanostructures toward Manipulation of Nanomaterials”
 ナノ物質の光マニピュレーション～固体ナノ構造に立脚する新型光ピンセット

63rd RAP Seminar
 The 63rd Seminar on RIKEN Center for Advanced Photonics

Language: Japanese

Date: **May 17 (Fri) 16:00 - 17:00, 2019**
 Location: **W319, 3F, Cooperation Center, Wako Campus, RIKEN**
(棟研 和光キャンパス 研究交流棟 3階会議室 W319)

Title: **Disease systems biology research in IMS and my cell signal study**
システム医科学研究と細胞シグナル研究

Speaker: **Dr. Tadashi YAMAMOTO**
 Director, RIKEN Center for Integrative Medical Sciences (IMS)
山本 雅
 棟研 生命医科学研究センター センター長

Contact: rap-seminar_contact@riken.jp (ext.91-8532)

64th RAP Seminar
 The 64th Seminar on RIKEN Center for Advanced Photonics

Language: Japanese

Date: **August 2 (Fri) 16:00 - 17:00, 2019**
 Location: **1F Seminar Room, RIKEN Sendai Campus**
(棟研 仙台地区 1階セミナー室
 Wako Campus: Cooperation Center, 3F, W319, TV relay
 (館内) 研究交流棟 3階会議室 W319 (別注))

Title: **Terahertz Light Amplification and Lasing in Graphene-Channel Transistor Structures**
グラフェンチャネルトランジスタ構造におけるテラヘルツ波の増幅およびレーザー発振

Speaker: **Prof. Taiichi OTSUJI**
 Research Institute of Electrical Communication
 Tohoku University
尾辻 泰一
 東北大学 電気通信研究所 教授

Contact: rap-seminar_contact@riken.jp (ext.91-8532)

65th RAP Seminar
 The 65th Seminar on RIKEN Center for Advanced Photonics

Language: Japanese

Date: **September 13 (Fri) 16:00 - 17:00, 2019**
 Location: **W319, 3F, Cooperation Center, Wako Campus, RIKEN**
(棟研 和光キャンパス 研究交流棟 3階会議室 W319)

Title: **Science of Computing for Fugaku and its Future Successors**
富岳から未来につながる「計算の科学」

Speaker: **Dr. Satoshi MATSUOKA**
 Director, RIKEN Center for Computational Science (R-CCS)
松岡 聡
 棟研 計算科学センター センター長

Contact: rap-seminar_contact@riken.jp (ext.91-8532)

66th RAP Seminar
 The 66th Seminar on RIKEN Center for Advanced Photonics

Language: Japanese

Date: **November 15 (Fri) 16:00 - 17:00, 2019**
 Location: **W319, 3F, Cooperation Center, Wako Campus, RIKEN**
(棟研 和光キャンパス 研究交流棟 3階会議室 W319)

Title: **Building a New Range of Photon Science - Challenge of Super Lightsource for Industry Technology in Japan (SLIT-J) Project -**
新たな放射光科学の開拓にむけて - 次世代放射光計画 SLIT-J の挑戦 -

Speaker: **Prof. Masaki TAKATA**
 Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials(IMRAM),
 Tohoku University
 Photon Science Innovation Center(PhoSIC)
高田 昌樹
 東北大学 超長周期棟 理事

Contact: rap-seminar_contact@riken.jp (ext.91-8532)

67th RAP Seminar
 The 67th Seminar on RIKEN Center for Advanced Photonics

Language: Japanese

Date: **January 17 (Fri) 16:00 - 17:00, 2020**
 Location: **W319, 3F, Cooperation Center, Wako Campus, RIKEN**
(棟研 和光キャンパス 研究交流棟 3階会議室 W319)

Title: **Novel Optical Tweezers based on Solid Nanostructures toward Manipulation of Nanomaterials**
ナノ物質の光マニピュレーション～固体ナノ構造に立脚する新型光ピンセット

Speaker: **Prof. Yasuyuki TSUBOI**
 Graduate School of Science, Osaka City University
坪井 泰之
 大阪市立大学 大学院理学部 教授

Contact: rap-seminar_contact@riken.jp (ext.91-8532)

賞の名称 (運営組織等の名称) / 氏名・職名 (所属) * 授賞当時
 Name of award (Sponsoring organization) / Name, position, affiliation

May 14, 2019

理研梅褒賞 (理化学研究所) / Fu Yuxi・研究員 (アト秒科学研究チーム)

RIKEN "Baiho" Award (RIKEN) / Fu Yuxi, Research Scientist (Attosecond Science Research Team)

June 12, 2019

The 13th Osaka University Kondo Prize - Young Scientists Award- (大阪大学) / Fu Yuxi・研究員 (アト秒科学研究チーム)

The 13th Osaka University Kondo Prize - Young Scientists Award (Osaka University) / Fu Yuxi, Research Scientist (Attosecond Science Research Team)

June 25, 2019

情報・システムソサイエティ 活動功労賞 (一般社団法人電子情報通信学会 情報・システムソサイエティ) / 吉澤信・上級研究員 (画像情報処理チーム)

Information and Systems Society Distinguished Service Award (Information and Systems Society, IEICE) / Shin Yoshizawa, Senior Research Scientist (Image Processing Research Team)

July 15, 2019

2018-2019 Best Paper Award (Opto-Electronic Advances) / Daniela Serien・基礎科学特別研究員、杉岡幸次・チームリーダー (先端レーザー加工研究チーム)

2018-2019 Best Paper Award (Opto-Electronic Advances) / Daniela Serien, SPDR and Koji Sugioka, Team Leader (Advanced Laser Processing Research Team)

July 25, 2019

レーザー発明五十周年記念 泰山賞 レーザー功績賞 (公益財団法人レーザー技術総合研究所) / 伊藤弘昌・客員主管研究員 (テラヘルツ光源研究チーム)

Taizan Award (Institute for Laser Technology) / Hiromasa Ito, Senior Visiting Scientist (Tera-Photonics Research Team)

August 2, 2019

Technical Achievement Award, The 12nd MIRAI Conference on Microfabrication and Green Technology (MIRAI-GREEN Consortium Committee) / 滝澤慶之・専任研究員 (先端光学素子開発チーム)

Technical Achievement Award, The 12nd MIRAI Conference on Microfabrication and Green Technology (MIRAI-GREEN Consortium Committee) / Yoshiyuki Takizawa, Senior Research Scientist (Ultrahigh Precision Optics Technology Team)

September 13, 2019

TRVS "Lifetime Achievement" Award (TRVS2019 University of Auckland) / 田原太平・チームリーダー (超高速分子計測研究チーム)

TRVS "Lifetime Achievement" Award (TRVS2019 University of Auckland) / Tahei Tahara, Team Leader (Ultrafast Spectroscopy Research Team)

September 17, 2019

Top Peer Reviewer 2019 (Publons) / Feng Chaohui・基礎科学特別研究員 (テラヘルツイメージング研究チーム)

Top Peer Reviewer 2019 (Publons) / Feng Chaohui, SPDR (Terahertz Sensing and Imaging Research Team)

October 10, 2019

一般社団法人日本原子力学会「2019 秋の大会」加速器・ビーム科学部会賞優秀講演賞（一般社団法人日本原子力学会 加速器・ビーム科学部会）／池田翔太・特別研究員（中性子ビーム技術開発チーム）

Excellent Presentation Award, Subcommittee on Particle Accelerator and Beams Science, AESJ “2019 Fall Meeting” (Subcommittee on Particle Accelerator and Beams Science, AESJ) / Shota Ikeda, Postdoctoral Researcher (Neutron Beam Technology Team)

October 18, 2019

第 19 回コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレードシンポジウム優秀論文賞（公益社団法人日本材料学会）／吉村 雄一・客員研究員、水田真紀・研究員、久保善司・客員研究員、大竹淑恵、チームリーダー、林崎規託・客員研究員（中性子ビーム技術開発チーム）

Excellent Paper Award, The 19th JSMS Symposium on Concrete Structure Scenarios (The Society of Materials Science, Japan) / Yuichi Yoshimura, Visiting Scientist, Maki Mizuta, Research Scientist, Yoshimori Kubo, Visiting Scientist, Yoshie Otake, Team Leader, and Noriyosu Hayashizaki, Visiting Scientist (Neutron Beam Technology Team)

October 26, 2019

第 24 回日本乳房炎研究会学術集会 高居百合子学術賞（日本乳房炎研究会）／田島右副・専任研究員（先端光学素子開発チーム）、横田秀夫・チームリーダー（画像情報処理研究チーム）

Yuriko Takai Academic Award, The 24th Japanese Society of Bovine Mastitis Congress (The Japanese Society of Bovine Mastitis) / Yusuke Tajima, Senior Research Scientist (Ultrahigh Precision Optics Technology Team) and Hideo Yokota, Team Leader (Image Processing Research Team)

October 29, 2019

第 16 回 飯島奨励賞（フラーレン・ナノチューブ・グラフェン学会）／小澤大知・基礎科学研究員（量子オプトエレクトロニクス研究チーム）

The 16th Iijima Encouragement Award (The Fullerenes, Nanotubes and Graphene Research Society) / Daichi Kozawa, SPDR (Quantum Optoelectronics Research Team)

November 13, 2019

第 47 回 (2019 年秋季) 応用物理学会講演奨励賞（公益社団法人応用物理学会）／小林知洋・専任研究員（中性子ビーム技術開発チーム）

Young Scientist Presentation Award, JSAP 2019 Autumn Meetings (The Japan Society of Applied Physics) / Tomohiro Kobayashi, Senior Research Scientist (Neutron Beam Technology Team)

November 28, 2019

核データ研究会 ポスター賞（日本原子力学会核データ部会）／池田裕二郎・特別顧問、大竹淑恵・チームリーダー、小林知洋・専任研究員、池田翔太・特別研究員、若林泰生・研究員、藤田訓裕・研究員（中性子ビーム技術開発チーム）

2019 Symposium on Nuclear Data Poster Award (Atomic Energy Society of Japan Nuclear Data Division) / Yujiro Ikeda, Senior Advisor, Yoshie Otake, Team Leader, Tomohiro Kobayashi, Senior Research Scientist, Shota Ikeda, Postdoctoral Researcher, Yasuo Wakabayashi, Research Scientist, Kunihiro Fujita, Research Scientist (Neutron Beam Technology Team)

December 6, 2019

Excellent Paper Award, The 22nd International Symposium on Advances in Abrasive Technology (ISAAT2019) / Duan Hao · JRA, Shinya Morita · Visiting Scientist, Takuya Hosobata · Technical Staff I, Yutaka Yamagata · Team Leader (先端光学素子開発チーム)

Excellent Paper Award, The 22nd International Symposium on Advances in Abrasive Technology (ISAAT2019) / Duan Hao, JRA, Shinya Morita, Visiting Scientist, Takuya Hosobata, Technical Staff I, and Yutaka Yamagata, Team Leader (Ultrahigh Precision Optics Technology Team)

December 14, 2019

2019年度イメージングフロンティアセンターシンポジウム 優秀ポスター賞 (東京理科大学イメージングフロンティアセンター) / 石川智啓・JRA (アト秒科学研究チーム)

Excellent Poster Award, 2019 Imaging Frontier Center Symposium (Imaging Frontier Center, Tokyo University of Science) / Tomohiro Ishikawa, JRA (Attosecond Science Research Team)

February 8, 2020

Mizushima Ramen Lecture Award of Chemical Research Society of India (Chemical Research Society of India) / 田原太平・チームリーダー (超高速分子計測研究チーム)

Mizushima Ramen Lecture Award of Chemical Research Society of India (Chemical Research Society of India) / Tahei Tahara, Team Leader (Ultrafast Spectroscopy Research Team)

March 10, 2020

理研桜舞賞 研究奨励賞・技術奨励賞 (理化学研究所) / 縄田耕二・研究員 (テラヘルツ光源研究チーム)、細畠拓也・研究員 (先端光学素子開発チーム)

RIKEN "Obu" Award, Researcher Incentive Award, Technician Incentive Award (RIKEN) / Koji Nawata, Research Scientist (Tera-Photonics Research Team), Takuya Hosobata, Research Scientist (Tera-Photonics Research Team)

March 10, 2020

業績賞 (日本原子力学会 再処理・リサイクル部会) / 緑川克美・チームリーダー、小林徹・専任研究員 (アト秒科学研究チーム)

Accomplishment Award (Reprocessing and Recycle Technology Division, AESJ) / Katsumi Midorikawa, Team Leader, Tohru Kobayashi, Senior Research Scientist (Attosecond Science Research Team)

March 12, 2020

理研栄褒賞 (理化学研究所) / 横田秀夫・チームリーダー、竹本智子・研究員、坂井良匡・テクニカルスタッフII (画像情報処理研究チーム)

理研梅褒賞 (理化学研究所) / 黒川量雄・専任研究員 (生細胞超解像イメージング研究チーム)

RIKEN "Eiho" Award (RIKEN) / Hideo Yokota, Team Leader, Satoko Takemoto, Research Scientist, Yoshimasa Sakai (Technical Staff II) (Image Processing Research Team)

RIKEN "Baiho" Award (RIKEN) / Kazuo Kurokawa, Senior Research Scientist (Live Cell Super-Resolution Imaging Research Team)

March 13, 2020

令和元年度 第四回フォトニクス奨励賞 (応用物理学会フォトニクス分科会) / 縄田耕二・研究員 (テラヘルツ光源研究チーム)

The 4th Encouragement Photonic Prize (Photonics Division, JSAP) / Koji Nawata, Research Scientist (Tera-Photonics Research Team)

FACE

原子核反応を利用して 非破壊検査を行う研究者

鉄筋を腐食させるコンクリート内部の塩分を非破壊で検査して橋などの老朽化対策に貢献することを目指している研究者がいる。光量子工学研究センター 中性子ビーム技術開発チームの若林泰生 研究員だ。113番元素「ニホニウム」の発見にも関わった若林研究員の素顔に迫る。



若林泰生

光量子工学研究センター
中性子ビーム技術開発チーム 研究員

わかばやし・やすお

1979年、広島県生まれ。博士（理学）。九州大学大学院理学部基礎粒子系科学専攻 単位修得退学。東京大学大学院理学系研究科附属原子核科学研究センター 特任研究員などを経て、2012年、理研 森田超重元素研究室 基礎科学特別研究員。2015年、光量子工学研究領域 研究員。2018年より現職。

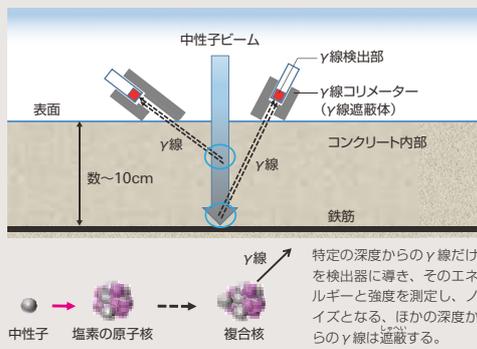
安芸の宮島が見える瀬戸内に育った若林研究員は、野球やサッカーが好きなごく普通の少年だった、と自身を振り返る。理科が得意で九州大学理学部物理学科に進み、3年生のとき、いくつかの分野の実験を経験した。「特に加速器実験に興味をひかれました。団体競技が好きなので、巨大な装置を使い、大勢の人たちと進める実験が楽しそうだったんです」

大学院修士課程に進んだ2001年からは、理研などの加速器施設で実験を続けた。「原子核をほかの原子核にゆっくり当てて複合核を形成すると、中性子や陽子などを放出して、数～10種類程度の原子核ができます。その励起状態から出るγ線を測定して、原子核の種類や性質を調べました。原子核は中性子と陽子から成りますが、それらの数が1個違うだけで、まったく異なる性質を示す場合があることが面白い点です」

2009年から日本原子力研究開発機構でウランなどの重い元素の合成実験を進めた後、2012年4月に理研の基礎科学特別研究員となり、113番元素の合成実験に加わった。「その年の8月11日の21時、私は無人運転（21～9時）の実験プログラムを仕掛けて帰宅しました。翌朝8時ごろ、2004年と2005年に次いで、ニホニウムの命名権獲得の決め手にもなった3個目の113番元素が合成されたのです」（後日の解析で3個目の113番元素を見つけたのは、当時、東京理科大学博士課程だった住田貴之氏。『理研ニュース』2017年1月号「特集」）

2015年、中性子ビーム技術開発チームへ。金属やコンクリートを透過する中性子ビームを利用できるのは、原子炉や

図 中性子ビームでコンクリート内部の塩分濃度分布を非破壊で測定する原理



大型加速器がある施設に限られていた。同チームでは全長15mという小型中性子源システム「RANS」を2013年から稼働し、高度化を続けており、さらに小型・車載化し、中性子ビームで道路や橋の内部の隙間や土砂化などの非破壊検査の実現を目指している（『理研ニュース』2017年4月号「研究最前線」）。

「画期的で面白そうな研究だと思いました。そこで大竹淑恵チームリーダーのアイデアや検査現場のニーズをもとに、中性子を利用し、屋外で、さらに非破壊でコンクリート内部の塩分（塩素）濃度分布を測定するというチャレンジが始まりました」。沿岸や山間部にある橋などのコンクリート構造物には、潮風や凍結防止剤に含まれる塩分が染み込み、表面から数～10cm程度の深さにある鉄筋を腐食させる塩害が深刻化している。内部の塩分濃度分布の測定は、コンクリートをくり抜いて調べるしか方法がないのが現状だ。

コンクリートの主成分であるカルシウムなどに比べて、塩素は中性子と複合核をつくりやすい。「塩素は、中性子による原子核反応（捕獲反応）を利用して非破壊で測定するのに適しているのです。ただし中性子は放射線なので、橋などを検査する際、安全のため、強度が低い中性子ビームしか使えません。そのような中性子ビームで微量の塩素をどれだけ効率よく測定できるかが開発のポイントです。私たちの手法は、橋やコンクリートの専門家たちにすぐには理解してもらえませんでした。まったく新しい手法だからです。RANSで実験を進め、表面から深さ5cm程度までは、求められる精度（鉄筋の腐食が始まる塩分濃度）の測定に成功するなど、現在では橋やコンクリートの専門家たちから高い期待を集めています」

「中性子でほかの元素を非破壊で測定する実験も私たちは進めています。企業との研究なので、その用途は秘密なのですが……。原子核物理の基礎研究も、RANSでの応用研究も、複合核をつくってγ線を測るという点では、私がやってきたことは一緒です。どちらも楽しいですね」

今も休みには野球やソフトボールを仲間と楽しむ。研究もスポーツもチームプレーが信条だ。（取材・執筆：立山 晃／フォトンリエイト）

人工硬膜「デュラビーム®」と心膜シート「ペリビーム®」 理研シーズを相次いで製品化

2018年11月28日トピックス

ヒトの頭蓋骨の内部では硬膜、くも膜、軟膜の3層が脳を覆っている。くも膜下出血など脳外科の開頭手術の際には、頭蓋骨のすぐ下にある最も硬い硬膜を切開するが、硬膜が欠損した場合は、主に人工硬膜としてフッ化樹脂である延伸ポリテトラフルオロエチレン (ePTFE) を用い修復が行われている。

ポリテトラフルオロエチレン (PTFE) はフッ素原子が炭素原子鎖を均一に覆って保護する分子構造のため、ポリエチレンやポリプロピレンといったほかの高分子化合物と違って化学的に安定であり、生体組織との反応性が極めて低い。このPTFEを引き伸ばして、繊維質の軟らかいフィルム状の材料にしたものがePTFEである。

すでにePTFEは人工血管や人工心膜など、生体材料として広く使用されている。しかし、人工硬膜として使用した場合、生体との接着性が乏しいために頭蓋骨や周辺組織と接着せず、結果として生じた隙間や縫合時の針穴から髄液が漏出するという問題が生じていた。これまではフィブリン糊を用いた接着や縫合法の工夫によって、この欠点をカバーしてきた。

2001年、当時の先端技術開発支援センター ビームアプリケーションチームの鈴木嘉昭 前任研究員 (現 量子工学研究センター-量子制御技術開発チーム 研究嘱託) らは東京慈恵会医科大学脳神経外科との共同研究で、このePTFEにイオンビームを照射することで、生体反応性を向上させる技術を発明した。

イオン照射された高分子材料は、照射損傷効果のため表面および数 μm の表層で分子結合を切断し、構成元素の再配列を起こす。ePTFEの炭素 (C) とフッ素 (F) のC-F結合は切断され、炭素同士が再結合し安定した構造が形成される。この炭素構造は細胞接着性を生じる性質があり、ePTFE表層に細胞接着性が付与される。それとともに、イオン照射でePTFEの繊維状構造が優先的に破壊され深さ $10\mu\text{m}$ の範囲に凹凸が形成され、そこに細胞が入り込み、組織成分のePTFE内部へのアンカー効果をもたらし、長期間の生体内での安定性を実現させている。片面のみにイオン照射を行ったePTFEを人工硬膜として用いたとき、照射面を頭蓋骨側にすると生体組織と反応しやすいため頭蓋骨、縫合面、針穴の隙間に細胞が接着し、照射していない脳表側では脳組織との癒着が起らない (図1)。臨床研究で、髄液漏出をほぼ確実に防止することも実証されている。

図1 人工硬膜「デュラビーム®」の使用イメージ

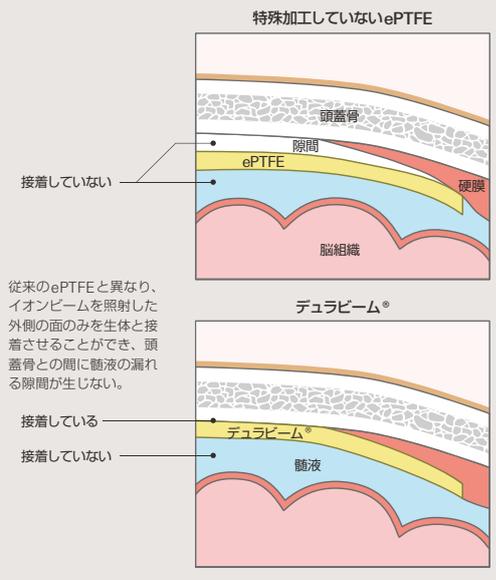


図2 心膜シート「ペリビーム®」

人工硬膜に続いて2018年11月に厚生労働省より高度管理医療機器 (クラスIV) の製造販売承認を取得した。人工硬膜デュラビーム®の厚さ $300\mu\text{m}$ に対し、ペリビーム®の厚さは $100\mu\text{m}$ 。

理研の基本特許をもとにエムスリーアイ株式会社のシーズロケット事業として設立された株式会社多磨バイオは、この高分子樹脂の特殊加工技術を用いて数々の治療用機器の開発に取り組んでいる。2017年に人工硬膜シートの「デュラビーム®」を製品化し、厚生労働省より高度管理医療機器 (クラスIV) の製造販売承認を取得した。

同社が次に製品化を目指したのが人工心膜だ。心膜は心臓をほかの臓器から隔てる強靱な囊状の膜で、心嚢や心外膜など複数の層から成っている。従来のePTFE人工心膜シートは生体適合性がないため石灰化など多くの課題がある。心臓外科専門医からのフィードバックを得て、生体適合性が高く、かつ他臓器との癒着の危険性が少ない生体材料をイオンビーム照射によって実現し、2018年に心膜シート「ペリビーム®」として製品化した。なお、同社は医療情報サイト最大手のエムスリーグループが全面支援を行っており、今後は人工臓器の開発も目指す。

「テラヘルツ波は、未踏の光、夢の光、未来の光などといわれてきました。しかし最近では、そうした形容が似合わないほど、実用化に近づいています」そう語るのは、量子工学研究センター テラヘルツ光源研究チームの南出泰重^{ひらあき}チームリーダー（TL）である。テラヘルツ波の発生と検出は難しいといわれる中、同チームでは世界に先駆けて高性能で高出力な光源や、常温で動作する高感度な検出器を開発してきた。そして2017年には、手のひらに載るほど小さく、検出器としても使える光源を開発。この光源・検出器の登場により、テラヘルツ波の実用化が大きく進むと期待されている。

テラヘルツ波は未踏から実用へ

■ 未踏の光、テラヘルツ波とは

テラヘルツ波は、電磁波の一種である。電磁波は周波数によって分類され、周波数が0.1～100テラヘルツ（THz、テラは1兆＝ 10^{12} ）の電磁波をテラヘルツ波あるいはテラヘルツ光という（図1）。周波数とは波が1秒間に振動する回数で、周波数が高いほど、波長が短く、エネルギーが高くなる。テラヘルツ波は、電波と光の境界領域に当たり、電波と光の両方の性質を持っている。そのためテラヘルツ波は、電波のように物質をよく透過し、光のように高い空間分解能で観察できる。また、物質はそれぞれ決まった周波数のテラヘルツ波を吸収するため、物質に照射し透過してきたテラヘルツ波の分光スペクトル（周波数ごとの強度の分布）を調べると、その物質が何であるかを特定できる。

「テラヘルツ波は、非破壊検査やセキュリティチェック、医療、通信などさまざまな分野に役立つ可能性を持つ、

とても魅力のある電磁波として1990年代から注目されてきました。しかし、電波の技術で扱うには波長が短すぎ、光の技術で扱うにはエネルギーが低すぎるため、発生させることも検出することも難しく、未踏の光とも言われてきました」と南出TLは解説する。

テラヘルツ光源研究チームでは、テラヘルツ波の光源と検出器の研究開発に取り組んできた。「テラヘルツ波の発生と検出の技術を一からつくるのは、ハードルが高く、時間もかかります。私たちは、実用可能な光源と検出器をいち早く開発し使えるようにすることが重要だと考え、ほかの電磁波で確立されている技術を借りてきて足りない部分を集中的に開発するという戦略を取っています」

■ 非線形光学結晶を用いた光源を開発

南出TLらが注目したのは、光の領域で確立されている周波数（波長）変換の技術である。非線形光学結晶という特

殊な結晶にレーザー光を入射すると、周波数が変わる。この技術を使ってテラヘルツ波を発生させようと考えたのだ。

最初に開発したのが、非線形光学結晶の一つ、ニオブ酸リチウムを用いた光源である（図2）。励起光として近赤外線レーザー光をニオブ酸リチウム結晶に入射すると、光パラメトリック発生という非線形光学現象によって、周波数の異なる二つの光が発生する。近赤外線レーザー光を結晶に入射する角度を変えると、発生する光の周波数が変わり、0.4～4.7THzの範囲で任意の周波数のテラヘルツ波を発生させることができる。入射角度を変えるには結晶を回転させるだけでよく、100分の1秒で任意の周波数に切り替えることが可能だ。

DASTやBNAという別の非線形光学結晶を用いた光源も開発。前出のニオブ酸リチウムは無機、DASTやBNAは有機の非線形光学結晶である。これらの有機結晶は、広い周波数のテラヘルツ波を発生できる。DAST結晶を用いた光源では0.2～50THz、BNA結晶を用いた光源では0.1～30THzの範囲で任意の周波数のテラヘルツ波を、差周波発生という非線形光学効果によって発生させることができた。

「さまざまな応用分野で使える光源にするには、広い範囲で周波数を選び、しかも瞬時に周波数を切り替えることができなければいけないと考えています。私

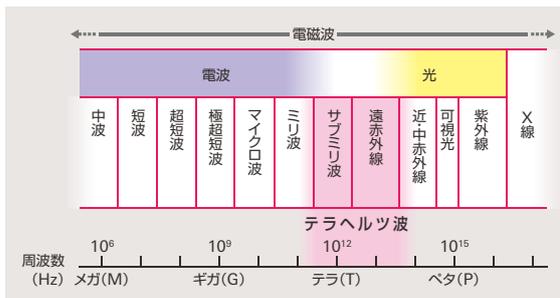


図1 電磁波の種類と周波数

周波数が0.1～100THzの電磁波をテラヘルツ波またはテラヘルツ光という。電波と光の境界領域に当たり、両方の特性を持つ。

南出泰亜 (みなみで・ひろあき)

量子工学研究センター
テラヘルツ光源研究チーム
チームリーダー

1969年、和歌山県生まれ。東北大学大学院工学研究科電子工学専攻博士課程修了。博士（工学）。1999年、理研フォトダイナミクス研究センター フロンティア研究員。テラヘルツ光源研究チーム研究員、副チームリーダーを経て、2010年より現職。



たちは、その条件を備えたテラヘルツ光源の開発に成功したのです」

■ 100万倍の高出力化に成功

光源の基礎開発に成功した南出TLらが次に目指したのは、高出力化である。出力が低いと検出が難しいため、実用で使えるようにするには1ワット（W）を超えるような光源の高出力化が欠かせない。しかし、ニオブ酸リチウム結晶を用いたテラヘルツ光源の最高出力は開発当初0.1W程度だった。

「非線形光学の理論に基づいて計算すると、もっと出力が高くなるはずなのです。なぜ出力が低いのか、どうすれば高くできるのか、これまでの実験データを見直したり、文献を読んだり、さまざまな実験をしたりして検討しました。しかし、ヒントすら見つからない。そんなときです、東日本大震災が起きたのは。研究チームがある理研仙台地区の建物や実験装置も被害を受けました。大変なことがたくさんありましたが、実験ができない分、考える時間をつくることができました」

そして、ニオブ酸リチウム結晶を用いた光源では誘導ブリルアン散乱という非線形光学現象がテラヘルツ波の発生を阻害しているのではないかと、思い至った。誘導ブリルアン散乱を取り除く方法を整え、被災した光源の修理が済むとすぐに実験を行った。

「結果は予想以上でした」と南出TL。「100kWを超える非常に強いテラヘルツ波が発生したのです。それまでは最大0.1Wでしたから100万倍です」

誘導ブリルアン散乱は光の領域ではよく知られている現象だが、それがテラヘルツ波の発生を阻害しているという報告はなかった。「テラヘルツ波の領域では未知の現象も多く、その発生メカニズムという基礎的なことでも理解が進んでいないところもありました。メカニズムが分かったことで、テラヘルツ波を効率よく発生させるにはどうしたらよいか、ようやく分かってきました」

■ 近赤外線に変換して検出

従来のテラヘルツ波の検出器は、感度を高めるために液体ヘリウム温度の4.2K（約-269℃）まで冷却しなければならず、使い勝手が悪い。常温で動作する高感度な検出器の実現が、大きな課題となっていた。

南出TLは「発想の転換をしました」と言う。「私たちは、光をテラヘルツ波に変換することに成功しています。ならば逆、つまりテラヘルツ波を光に変換することもできるはず。光領域には常温で高感度に動作する検出器がすでにあるので、光に変換してしまえば、その検

出器を使うことができます」

そして実際に、非線形光学結晶を用いてテラヘルツ波を近赤外線に変換し、それを近赤外線検出器で計測することに成功。常温で高感度にテラヘルツ波を検出できる画期的な検出器である。しかし南出TLは、「いくら画期的な検出器だといっても、自分たちが開発した高出力の光源で発生したテラヘルツ波を、自分たちが開発した装置で検出しているので、手前みそなんです」と言う。「私たち以外が開発した光源で発生したテラヘルツ波も検出できなければ、社会で広く使われる検出器にはなりません」

そこで、東京工業大学 科学技術創成研究院の浅田雅洋 教授らが開発した共鳴トンネルダイオードで発生させたテラヘルツ波を、南出TLらが開発した光波変換によるテラヘルツ光検出装置で検出する実験を行った（図3）。共鳴トンネルダイオードとは、半導体のナノ構造で生じる量子力学的な共鳴トンネル現象を利用してテラヘルツ波を発生させる電子デバイスである。実験の結果、1.14THzのテラヘルツ波について約5nWという低



図2 超広帯域周波数可変テラヘルツ光源

ニオブ酸リチウム結晶を用いて光パラメトリック発生によって0.4~4.7THzの範囲で任意の周波数のテラヘルツ波を発生可能。かつ100分の1秒で周波数を切り替えることができる。大きさは、約80cm×120cm。

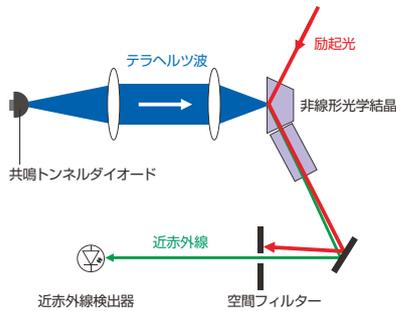


図3 光波変換によるテラヘルツ波検出実験の概要

共振トンネルダイオードから発生したテラヘルツ波を非線形光学結晶であるニオブ酸リチウムにレンズで集光させる。そこにリリスレーザー光を励起光として用い、テラヘルツ波を近赤外線に変換した。空間フィルターを用いて励起光と近赤外線を分離した後、近赤外線検出器を用いて検出する。

関連情報

- 2017年10月2日プレスリリース
光波長変換による後進テラヘルツ波発振を実現
- 2017年3月2日プレスリリース
光波長変換によりテラヘルツ波を高感度に検出

い出力まで検出できた。

検出された近赤外線の出力から、変換前のテラヘルツ波の出力を求めることができるのが、この検出方法の特長である。研究チームが開発した光源で発生させたテラヘルツ波は高出力のため、テラヘルツ波のまま測定する従来の検出器でも検出可能で、正確な値になるように調整された検出器を使って出力が分かっている。さらに、そのテラヘルツ波の出力と、それを光波変換によって検出した近赤外線の出力との対応を正確に調整してあるので、光源が変わってもそのデータから算出できるのだ。「技術が広く使われるためには、利用者が扱うものの特性を知ることが欠かせません。応用展開につなげることを強く意識しながら基礎研究を行うのが、私たちの研究方針です」

■ 危険ガスを微量でも高速で検知

テラヘルツ波はセキュリティ分野への応用が期待されている。その使用例として、危険ガス検出システムを試作した(図4)。このシステムは、人が装置の前を通過するときに、空気を吸入する。その人が揮発性の危険物を持っていれば、空気中にそのガス分子も含まれることになる。吸い込んだ空気にテラヘルツ波を照射し、透過してきたテラヘルツ波を検出器で捉えて、分光スペクトルを得る。登録してある危険ガスの分光スペクトルと一致すれば赤色の表示が点灯する、という仕組みだ。メタノールを用いた実験では、1秒以下で1ppm(100万分の1)レベルで検出できている。

駅や空港、スタジアムなど、人が集ま

る場所では、危険物の持ち込みを防がなければならない。1人ずつ目視での手荷物検査は時間がかかり見落としもあるため、高速で高感度に危険物を検出できる技術が求められている。この危険ガス検出システムは、社会の安全・安心の確保に役立つと期待されている。

■ 人工結晶で小型化に挑む

危険ガス検出システムのように、テラヘルツ波の応用利用に向けた動きが加速している一方、越えなければならないハードルがある。小型化だ。

「私たちは、常に小型化を意識してきました。光源と検出器も、テーブルに載るくらいのサイズになっています。自分たちの感覚では十分に小さいと思っていました。ところが、テラヘルツ波を使いたいという人に見せると、『ずいぶん大

きいんですね』と驚かれてしまうのです」と南出TLは声を落とす。

「皆さん、装置を持ち運びたいと言います。それには小型であることに加えて、丈夫であることも必要です。各部分を少しずつ小さくしていくのでは限界があります。また、現在の光源や検出器は、ミラーやレンズ、フィルターなどたくさんの光学素子と複数のレーザーから構成されるため、振動に弱く、持ち運びに向いていません。では、どうしたらいいだろうと、とても悩みました。そして出した答えが、これまで使用していた天然の単結晶ではなく、独自にデザインした人工結晶を使う、ということでした」

天然の単結晶では自発的に結晶の向きがそろっているので、電気的な偏りの方向(分極方向)もそろっている。一方、結晶に電圧をかけて分極方向を周期的



図4 危険ガス検出システムの試作品

写真はカバーを外した状態で、テラヘルツ光源と空気の吸入装置が見えている。裏側には、テラヘルツ波を空気に照射する筒と、テラヘルツ波検出器が設置されている。駅の改札を通るように装置の前を通過するだけで、1ppm以上の危険ガスを1秒で検知できる。



図5 周期分極反転結晶を用いたテラヘルツ光源

左は試作品、右はテラヘルツ波発生仕組み。独自にデザインしたニオブ酸リチウム周期分極反転結晶に近赤外線レーザー光を照射するだけで、ほかの光学素子を用いずにテラヘルツ波を発生できる。このとき周波数変換により、テラヘルツ波と対になるアイドラー光が発生する。テラヘルツ波は結晶の手前に設置したミラーで反射させて取り出す。

に180度反転させた人工結晶を、周期分極反転結晶という。分極の反転周期や角度をデザインすることで、単結晶より効率的に入射光を目的の周波数に変換することができる。周期分極反転結晶を用いた周波数変換は、光の領域では確立されている技術だ。

周期分極反転結晶の反転周期は、光の領域では入射光に対して垂直のものが多い。南出TLらは、反転周期を入射光に対して斜めにするとう光をテラヘルツ波に変換できることを計算から求め、計算どおりのニオブ酸リチウムの周期分極反転結晶を作製した。「最終的にはこの周期分極反転結晶を用いてテラヘルツ波を発生させたいのですが、発生がとても難しいことは、これまでの経験から身に染みて分かっていました。そこで、まずはこの結晶でテラヘルツ波を光に変換できるかを検証することにしました」

実験を始めてすぐ、テラヘルツ波を周期分極反転結晶に入れたと近赤外線に変換されることが確かめられた。「これならば、逆に光をテラヘルツ波に変換するのも簡単に違いないと、すぐに発生の実験に着手しました」

■ 手のひらに載るテラヘルツ光源

ニオブ酸リチウムの周期分極反転結晶を用いたテラヘルツ波の発生実験は、縄田耕二 研究員と時実 悠 研究員(研究当時、現 徳島大学 特任助教)が中心となって行った。「実験を始めて1週間たっても、2週間たっても、テラヘルツ波が発生したという報告はありませんでした。すぐ成功すると思っていた私は、3週間

目にはしびれを切り、『きちんと実験をやっているの?』と聞いてしまったほどです。縄田さんの答えは『やっています!でもテラヘルツ波が出ないんです』。検出器が壊れているのではないかと調べてみましたが、壊れていない。頭を抱えてしまいました」と南出TLは振り返る。

それから議論が繰り返された。あるとき縄田研究員が、「結晶を抜けてきた近赤外線レーザー光のすぐ横に光が出ているようだ」とつぶやいた。調べてみると、確かに光が出ているがテラヘルツ波ではない。しかも、その位置に光が出るとは、どの教科書、どの論文にも書かれていない。すると時実研究員が、「未知の現象なのではないか」と言ったのだ。「私たちは、観測されている現象を説明できる仮説を立ててみました。すると、テラヘルツ波は入射光の進行方向に対して逆方向、つまり後ろ向きに出ると予測されました。すぐに結晶の手前に検出器を置いてみると、テラヘルツ波が検出されたのです。私たちは入射光の進行方向に対して横に出ると思っていましたから、ものすごく驚きました」と南出TL。

あらためて調べると、1966年の論文で米国スタンフォード大学のスティーブ・ハリス博士が存在を予測していた後方波発振であることが分かった。それだけではない。「その論文では、発生する光の周波数を変えられると述べていましたが、具体的な方法については言及していませんでした。私たちの仮説では、結晶を回転させるだけでテラヘルツ波の周波数を変えられるはずだと予測できました。実験してみると、発生したテラヘ

ルツ波の周波数が仮説とぴったりと一致したのです」

2019年5月、南出TLはハリス博士と会う機会があった。「後方波発振を実証したことを話すと、とても驚いていました。しかも、結晶の角度を変えるだけで周波数が変わるというのは想定外だったようです」

南出TLは、周期分極反転結晶による後方波発振について、「夢の光源であり、テラヘルツ波の実用化に大きな革命を起こすに違いない」と言う。「周期分極反転結晶だけでテラヘルツ波を発生でき、発生自体にミラーやレンズは不要です。そのため手のひらに載るほど小型です。しかも、センシングなどに使ったテラヘルツ波を結晶に戻せば、検出器としても使えます。励起光源を含めて両手に載るくらいにすることを目指し、さらに開発を進めているところです」(図5)

この技術は、どのような用途に応用できるだろうか。「ここまで小型化したのですから、宇宙に持っていくのもいいかもしれませんね。テラヘルツ波は水に吸収されます。その性質を使えば、観測する天体に水が存在しているかどうか、ひいては生命存在の可能性が分かるかもしれません」

南出TLは最後にこう語る。「電波や光、X線など、どの周波数領域の電磁波も人類に欠かせないものとなっています。テラヘルツ波も間もなく、人類にとって重要な役割を担う電磁波となることでしょう。そのとき私たちが開発した技術が活かされていたら、うれしいですね」

(取材・執筆: 鈴木志乃/フotonクリエイト)

テラヘルツ量子カスケードレーザーを開拓する研究者

光と電波の間の周波数領域にあるテラヘルツ波は、非破壊検査や高速通信など幅広い用途での利用が期待されている。テラヘルツ波を発生させる方法は複数あり、その一つが量子カスケードレーザーである。高効率で長寿命、安価と優れた特徴を持つ反面、低温にしなければいけないという問題がある。動作温度が高くなると出力が低下してしまうため、液体ヘリウム温度（4K、 -269°C ）まで冷却することが多く、装置も大型化してしまう。その状況を打開すべく、高温動作と高出力が可能なテラヘルツ量子カスケードレーザーの開発に取り組んでいる研究者が光量子工学研究センターにいる。テラヘルツ量子素子研究チームの林 宗澤 研究員だ。その素顔に迫る。



撮影：STUDIO CAC

林 宗澤

光量子工学研究センター
テラヘルツ量子素子研究チーム 研究員

リン・ソウタク

1982年、台湾・新竹市生まれ。国立交通大学電子工学科卒業。同大学大学院電子工学専攻修士課程修了。東北大学大学院工学研究科博士課程修了。2010年、理研 光量子工学研究領域 テラヘルツ量子素子研究チーム 特別研究員。2016年より現職。

台湾の北部に位置する新竹市で生まれた。「IT関連企業や研究機関、大学が集まっていて、台湾のシリコンバレーとも呼ばれています」と林研究員。外遊びが好きで、小学生になると野球チームに入った。「台湾でプロ野球が誕生したところで、野球人気が高まっていました。ポジションはセカンドとピッチャーで、大学まで続けました」。アンプをつくったり、自転車を改造したり、ものづくりも好きだった。新竹にある国立交通大学の電子工学科、そして大学院へ進んだ。

国立交通大学では多くの学生が大学院に進み、修士課程を終えると新竹の企業に就職する。「私も就職活動をしました。が、企業での応用研究より基礎研究をしたいと感じていました。そんなとき、半導体工学で有名な東北大学の 大野英男先生（現 東北大学総長）の講演を台湾で聴く機会がありました。その内容に興味をかき立てられ、大野先生のもとで研究をしたいと、2006年に東北大学大学院の博士課程に進学しました」

来日しても日常会話には困らなかった。「ラジオやアニメなどで日本語に触れているうちに覚え、大学の第二外国語でも学びましたから。歴史が好きなので、藤原周平さんの江戸時代が舞台の小説も読んでいました。話すのは少し苦手でしたが、文法が間違っていないととにかく話せば通じるものです」



図 テラヘルツ量子カスケードレーザー発振システム

本体部分である量子カスケードレーザーアレイ（左下の写真で林研究員が手に持っているもの）は複数の量子カスケードレーザーで構成されている。

研究テーマは量子カスケードレーザーを選んだ。カスケードとは階段状に流れる滝を意味し、半導体の結晶を成長させて量子力学的な階段をつくり、電子が階段を落ちていくときに「量子単位間の光学遷移」という現象によって光を発するものだ。当時大野研究室では、中赤外線発振に成功し、次はテラヘルツ波の発振を目指そうとしていた。海外では2002年に成功していたが、動作温度と出力の向上、周波数の拡大など実用化には課題があった。「半導体の種類や、階段の高さや数によって、周波数や出力が変わります。設計の自由度が高いことにも面白さを感じ、張り切って始めたのですが、1年半、何の成果も出ませんでした。つらかった」。それでも諦めず実験を続けた。「私の性格は、真面目で細かい。緻密さが要求される設計や結晶成長に向いていたのかもしれない。2009年、従来より高い動作温度、高出力でテラヘルツ波の発振に成功しました」。学位を取得し、2010年に理研へ。

テラヘルツ量子カスケードレーザーの高性能化に取り組み、2019年に大きな成果を発表した。「発光層中の全ての電子の振る舞いを計算する方法を開発し、電子密度と電流の分布などをシミュレーションした結果、本来流れない経路から電流が漏れ出していることが分かりました。このリーク電流が高温での動作や出力に影響していたのです」。リーク電流を抑制する構造の発光層を設計して作製し、システムを組み上げ、液体窒素温度（77K、 -196°C ）での高出力の発振に成功した（図）。単位面積当たりの出力では世界トップレベルの成果だ。「この改善方法を用いることで、より高温での動作と高出力化も実現できると考えています」

休日は、ロードバイクで遠出をしたり、サーキットで自動車レースに参加したりしている。「レースと研究は似ている」と林研究員。「レースでは、周りに合わせてスピードを変えるのではなく、ゴールまで自分のペースを保って走った方が、順位が高くなります。研究でも、うまくいかないからと早く結果が出そうなテーマに変えるのではなく、自分のペースで進めていく方が良い成果が得られると思うのです」。林研究員にとってのゴールは？「テラヘルツ量子カスケードレーザーの室温での連続動作を実現し、テラヘルツ波がいろいろな用途で使われるようになることです」（取材・執筆：鈴木志乃/フォトクリエイト）

超精密な金属製 中性子集束ミラーを開発

2019年9月19日プレスリリース

中性子ビームは、透過性が高く、軽元素や同位体を高いコントラストで識別できるなど、電荷を持たない粒子線ならではの特性を持っており、材料分析の分野で大きな注目を集めている。世界には大型加速器を用いた中性子源が数多く稼働しているが、理研では小型中性子源の開発が進められている。

材料分析に用いる低エネルギーの中性子ビームは、中性子源で生み出す高エネルギービームを減速してつくるのだが、その過程で指向性を失って広がってしまうため、発生源から離れた試料に到達させるのは難しい。この問題を解決するのが、中性子ビームを反射できる特殊な金属多層膜「中性子スーパーミラー」である。これを筒状にし、光ファイバーのように中性子ビームを輸送するガイド管が活用されている。その応用として期待されているのが、湾曲した中性子スーパーミラーでビームを試料に集める集束ミラーの開発だ。集束ミラーが普及すれば、発散し無駄になっていた中性子ビームを集めて有効活用できるようになり、測定の大幅な効率化につながるからだ。

しかしその実現には、表面が0.1nm（100億分の1m）級の滑らかさを持ち、かつ高い精度で成形された曲面状の基板に、多層膜を成膜する必要がある。このような基板は光学ガラスやシリコンなど硬くて割れやすい材料でしかつくれなかったため、大型化や複雑な形状にすることは困難だった。

量子工学研究センター先端光学素子開発チームの細島拓也 研究員ら共同研究グループは、金属に施す無電解ニッケル

リンメッキに着目。プラスチックレンズ金型のコーティングとして広く用いられているもので、固体中の原子が不規則に並ぶ非晶質という特徴を持つ。一般的な金属材料は微小な結晶粒が集まってできており、これらの粒がばらばらの方向を向いているため、方向によって硬さが異なる。それでは、加工時に粒と粒の間に段差ができて十分な滑らかさは得られない。他方、無電解ニッケルリンメッキには結晶粒がないため、加工しやすい金属であるにもかかわらず、中性子スーパーミラーの要求を満たす超平滑面を容易に得ることができるのだ。

共同研究グループは、アルミニウム合金に無電解ニッケルリンメッキの被膜を付け、その上に多層膜を成膜することで、さまざまな形状の中性子集束ミラーを製作する方法を確立した(図1)。その性能評価を行ったところ、4.3m離れた位置で0.13mmの幅の小さな領域にビームを集束させることに成功(図2)。これは世界最高レベルの性能だ。

この技術により実用における形状の可能性が広がり、今後、立体的で複雑な形状を持つ多様な高性能中性子集束ミラーの開発が加速されるだろう。金属基板は組み立てや接続も容易なため、複数の集束ミラーを接続して面積積化し、より多くの中性子ビームを集めることも可能だ。

現在、共同研究グループは、高精度の中性子集束ミラーを大強度陽子加速器施設「J-PARC」の中性子反射率測定ビームラインに常設し、一般のユーザーに公開する準備を進めている。

※共同研究グループ：量子工学研究センター 先端光学素子開発チーム 細島拓也 研究員、山形 豊チームリーダー、高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 山田悟史 助教、京都大学 複合原子力科学研究所 日野正裕 准教授、ほか

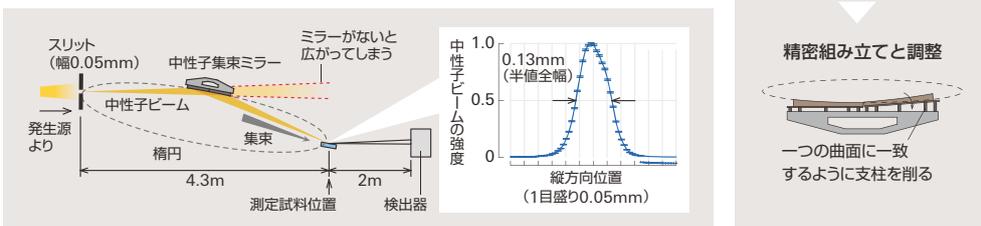
●『Optics Express』(2019年9月16日)掲載

図1 金属製中性子集束ミラーの製造プロセス



図2 金属製中性子集束ミラーの性能評価

開発した中性子集束ミラーを用い、0.05mm幅のスリットから広がった中性子ビームを、4.3m離れた位置で0.13mmの幅の領域に小さく集束させることに成功した。



新しい研究は、時としてこれまで世の中になかったような実験装置を必要とする。
 光量子工学研究センター（RAP）技術基盤支援チームでは、
 理研のさまざまな分野の研究者から寄せられる要望に応じて実験装置の設計・製作や改造、技術相談を行っている。
 山形 豊チームリーダー（TL）と山澤建二 副TLに、ものづくりで研究を支える取り組みを聞いた。

独創的な研究をものづくりで支える

■ 100年の歴史を持つ理研の工作部門

——技術基盤支援チームの源流は、理研創立初期にさかのぼるそうですね。

山形：大河内正敏 第3代所長が1921年に就任してすぐに設立した工作係が始まりです。新しい研究には独自の実験装置が必要となります。装置づくりを行う工作部門が100年間、継続して理研の独創的な研究を支えてきたのです。

例えば1937年、仁科芳雄 主任研究員らは、日本初、世界でも2台目のサイクロトロン加速器を完成させ、日本における原子核物理学を切り開きました。そのサイクロトロンの装置部品製作にも工作部門が貢献したのです。

さらに、工作部門が実験装置用に開発した技術を実用化し、製品として販売することで社会の発展に役立てられました。

■ 外注では難しい試作装置を相談しながら設計・製作

——現在の技術基盤支援チームは、どのような活動を行っているのですか。

山形：理研内のほぼ全ての研究センターに対して、機械設計・工作、ガラス加工、電気回路設計・製作、技術相談・指導などの支援業務を行っています。年間製作数は600件前後です。

——外部メーカーに発注せず、理研内で受託するメリットは？

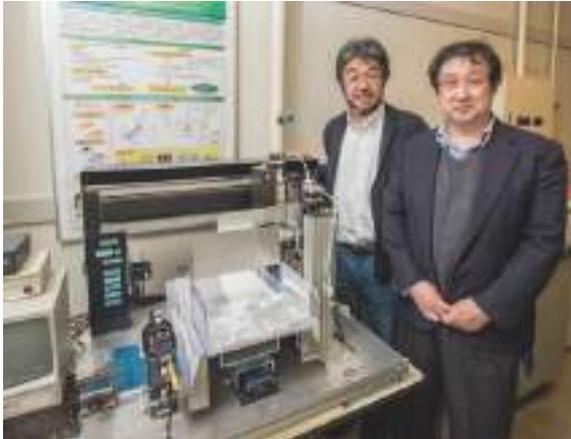
山澤：まず第一に、研究者が求めている装置を、膝を突き合わせて相談しながらつくっていくことが挙げられると思います。

山形：生物・化学系の研究者には、設計図の書き方や装置製作に不慣れな人もいるので、相談しながらつくる必要があります。自分の求める装置にどのような材料や技術を用いるのか決まっていない段階で発注しようとしても、普通のメーカーでは見積もりを取ることも難しいでしょう。

私たちには実験の現場を知る博士号取得者がいます。例えば極低温や高温で実験するにはどのような材料で装置をつくるべきか、細胞の培養基材にはどのような樹脂を使うべきか、そういったことを判断して、設計段階からさまざまな提案をしています。経験の蓄積から研究者に実験装置のアイデアを出すこともありますね。



図 技術基盤支援チームで製作した研究機器の例



山形 豊チームリーダー（右）と山澤建二 副チームリーダー。初期に開発した、3Dプリンターの試験機と共に。



技術基盤支援チームのメンバー。現在も、高精度な一品物の試作加工に活用している1981年製の小型汎用旋盤を囲んで。

——研究内容の深い理解なしにはできませんね。例えば、どのような事例があるのでしょうか。

山形： 理研では1990年代半ば、さまざまな種類の細胞を対象に、DNAの情報を写し取ったRNAを網羅的に解析するという独創的な研究を開始しました。その研究に必要なだったプラスミド調製機などの独自装置の製作を工作部門が行いました。その研究を発展させた哺乳類ゲノムの国際研究コンソーシアムFANTOMのデータベースが、京都大学の山中伸弥教授のノーベル医学・生理学賞受賞の対象となったiPS細胞の開発にも役立てられました（『理研ニュース』2018年8月号「特集」）。

山澤： 若手研究者は多くの場合、装置をつくるための予算が限られています。そのような中で、自分のアイデアを試してみる特注の装置をつくる時に、私たちの存在が大いに役に立ちます。例えば、脳神経科学研究センター 記憶持続シナプス分子研究チームのトーマス・ローニー TLが10年ほど前に研究室を立ち上げたとき、顕微鏡に試料を載せる回転移動ステージをつくってほしいと相談にきました。細胞の任意の位置にマイクロメートルの精度で電極を刺して実験をするための装置です（図左上）。私たちは要望どおりのステージを製作しました。以来、ローニーTLはまるで常連のように私たちのところへ依頼するようになり、その後の研究も大きく発展させています。

山形： 日本では少なくなっていますが、海外の大学や研究所には工作部門があるのが普通です。海外で学位を取ったローニーTLは当たり前のようにこちらへ相談に来たのでしょう。

山澤： 設計・工作だけでなく、装置の修理や改造の依頼も多いですね。穴開け・ねじ切り・切削にも対応しています。ちょっとした修理でも外注すると1週間以上かかり、実験が中断してしまう場合があります。即時対応する私たちの存在は、実験に専念したい研究者にとって大きなメリットであると思います。

■ 支援技術を社会に役立てる

——チームでは、ものづくりに関する独自の研究開発も進めている

そうですね。

山澤： 研究者の要望から開発のシーズが生まれます。3Dプリンターもその一つで、1993年から開発を始めて、95年には装置を動かしていました。世の中に3Dプリンターがほとんどなかった時代です。開発した3Dプリンターを使って色付きの3次元分子模型や、切削加工ではつくるのが難しい実験道具などを製作しました。

さらに、医療への応用を目指して人工骨の共同研究を、RAP画像情報処理研究チーム、株式会社リコーと始めました。3Dプリンターはインクジェット技術を用います。インクの代わりに生体適合性のある液体と粉末を用いて人工骨を製作するのですが、人工骨に必要な強度や形状の精度を実現するのが難しい課題でした。3Dプリンターで製作した多孔質の人工骨を生体内に移植すると、造骨細胞が入り込んで骨に置き換わります。人工骨は本物の骨形成の足場となるのです。この人工骨が既存品に比べて、短い期間で骨に置き換わるという特長があります（2018年4月14日プレスリリース）。

3Dプリンターの技術によって、地元の埼玉県和光市にある企業との連携も生まれました。和光市商工会の会員企業が集まる「和光3Dプリンタ活用研究会」にオブザーバーとして参加し、技術指導やノウハウの提供を行っています。

——山形TLは、先端光学素子開発チームも率いていますね。

山形： 中性子集束ミラーや天体観測用の分光デバイスなど光学素子の超精密加工に関する研究開発などを行っています。先端光学素子開発チームは技術基盤支援チームと協力して理研の研究の発展を支えるとともに、産業界との連携も図っています。

——関わる分野もますます広がっていきそうですね。

山形： 現在は、理研内の研究者からの依頼に対応していますが、将来的に、私たちの技術が日本全体のサイエンスを支える、そのように展開していければいいですね。

（取材・構成：立山 晃／フォトクリエイト）

わが家のマイ加速器

高梨宇宙 たかなし・たかおき

量子工学研究センター
中性子ビーム技術開発チーム 研究員

週末の余暇を使って自宅リビングで加速器をつくっています。ひと昔前は、一家に一台は電子線形加速器がありました。ブラウン管テレビです。ですから自宅に加速器があるのはそんなに珍しいことではないのですが、わが家の加速器はイオンを加速できるサイクロトロンであるという点が違います。自宅で加速器をつくり始めたのは理研に入所する前、茨城県立医療大学に勤務していたころでした。理由は一つに絞れませんが、主な目的は、自分を教育するためです。

大学院は物理学専攻の理論系でした。そのため、加速器に触ったことなどありません。専門教育を受け始めたときは、基本的な現象を基本量から、使った公式の証明も付けて（例えばQEDラグランジアンからクライン-仁科の公式を）導出することなどをやらされました。こんなことをしても、もちろん論文にはなりません。そうこうしている間に、実験系の同級生たちの名前が論文に載るのを目にするようになり、焦りも出てきました。しかし後になって、実験系のかつての同級生から、「加速器を使った実験をしていたが、全体を把握しておらず自分が関わった一部しか理解できていなかった」という述懐を聞き、実は自分は大変良い教育を受けたのだ、ということを理解しました。

さて、それでは加速器を理解するためにはどうしたらよいかと考え、マイルストーンである米国の物理学者アーネスト・ローレンスの論文に基づきサイクロトロンを一からつくることを始めました。80年前の論文ですから、今の技術を使えば素人でも簡単にできると思えたのです（後にその考えは甘かったと思い知りました）。

製作においては、機材の購入、加工の依頼のほか全てを私費で、かつ、勤務先の名前を出さずに行う、というマイルールを定めました。研究者として勤務する特殊な立場^{ライター}だからできること、と思われたくなかったためです。Dee

写真1・マイ加速器の心臓部。中央部右側の半月状の部品がDee。



写真3・妻は毎朝、サイクロトロンの機器をまたぎ越して植木に水をやりに行く。



写真2・筆者近影（中央）、NHKドラマ10「ミス・ジコチョー」の撮影スタジオにて。左は職場では上司、マイ加速器プロジェクトでは助手の竹谷 篤 副チームリーダー。右は筆者の趣味を容認してくれている最上位者の妻。

と呼ばれる加速電極（写真1）や、荷電粒子を受けるファラデーカップなどの部品は、自前の旋盤とフライス盤で切削してつくりました。

米国には世界最大のDIYの展示発表会「Maker Faire」というイベントがあるのですが、日本でもそれをお手本にしたものづくりのお祭り「Maker Faire Tokyo」が毎年開催されています。2019年、軽い気持ちでそこに出展したところ予想外の反響を呼び、その後、NHKのドラマ撮影にも協力させていただくことに（写真2）。実物を見た方々や、取材されたニュースサイトの記事を読んだ方々から、直接あるいはTwitterで「自分にもできそう」と言ってもらえたことが、何よりうれしかったです。

現在は、サイクロトロン共鳴のピークの分解能向上を目指して、ノイズ対策のためのファラデーカップのシールドをつくったりしています。あと、2台目用に磁極半径の大きな電磁石をネットオークションで入手しました。家族（妻：物理学科出身）は、何とも思っていないようで、毎朝、サイクロトロン奥の窓際にあるプランターの植木に、機器をまたいで水をやっています（写真3）。

寄附ご支援のお願い

理研を支える研究者たちへの支援を通じて、日本の自然科学の発展にご参加ください。

問合せ先 ●理研 外部資金室 寄附金担当

Tel: 048-462-4955 Email: kifu-info@riken.jp (一部クレジットカード決済が可能です)



無意識と対話して

大谷知行 おおたに・ちこう

光量子工学研究センター
テラヘルツイメージング研究チーム
チームリーダー

自宅の本棚には、これまで読んできた本が並ぶ。学生時代に読み、今ではすっかり日に焼けてしまった本もある。プラトンの『ソクラテスの弁明』が収録されている文庫本も、そんな一冊だ。「高校の倫理の授業で、古代ギリシャの哲学者ソクラテスが出てきました。哲学って何だろうと思う中で、ソクラテスの哲学の基本概念である“無知の知”に興味を抱き軽い気持ちで読んだのですが、私の生き方や考え方に大きな影響を及ぼしました」

告発されたソクラテスが法廷で弁明する様子を描いたもので、智者と呼ばれる人々にさまざまな質問をして、あなたは知ったつもりになっているけれども真の意味を分かっている、ということを証明していく。

「話し言葉で書かれ、60ページほどと短いので、読むだけならばそれほど時間はかかりません。その真実を突き詰めていく論法は、まさに科学的な真理の追求方法と共通するものでした。そして、“無知の知”だけでなく、知っているけれども知っていることに気付いていない“有知の知”もあるのではないかとも思ったのです。そのときから、無意識を意識するようになりました。無意識に持っているイメージを意識下に引きずり出すのです。自分が意識できているものより、無意識に感じているものの方が圧倒的に多く、この方法は大学受験の勉強でも役に立ちました」

中学生のころから物理学者になりたいと思っていた。大学に入ると仲間たちと自主ゼミを開き、相対性理論や量子力学など難しい教科書を読んで議論をしていた。そのころベストセラーになっていたのが、リチャード・ファインマンの『ご冗談でしょう、ファインマンさん』だ。「ノーベル賞を受賞するような物理学者は、どういうことを考え、どのように研究をしているのだろうか、という興味で手に取りました。さまざまなエピソードがユーモアいっぱい語られていて、とても面白かったですね。続いて出版された『困ります、ファインマンさん』も一気に読みました」

特に印象に残っているエピソードが、NASA（米国航空宇宙局）のスペースシャトル「チャレンジャー号」の事故調査だ。「宇宙船はファインマンにとって専門外です。それでも調査委員会のメンバーとなり、事故原因の究明に活躍しました。新しいことを見いだすことが、研究です。専門外だからと避けるの

理研では、書籍を通じて、
科学者の生き方・考え方や科学の面白さ・素晴らしさを届ける
「科学道100冊」プロジェクトを進めています。
理研の研究者たちは、どのような本に出会い、影響を受け、
科学者としての生き方や考え方へつなげてきたのでしょうか。

撮影：STUDIO CAC



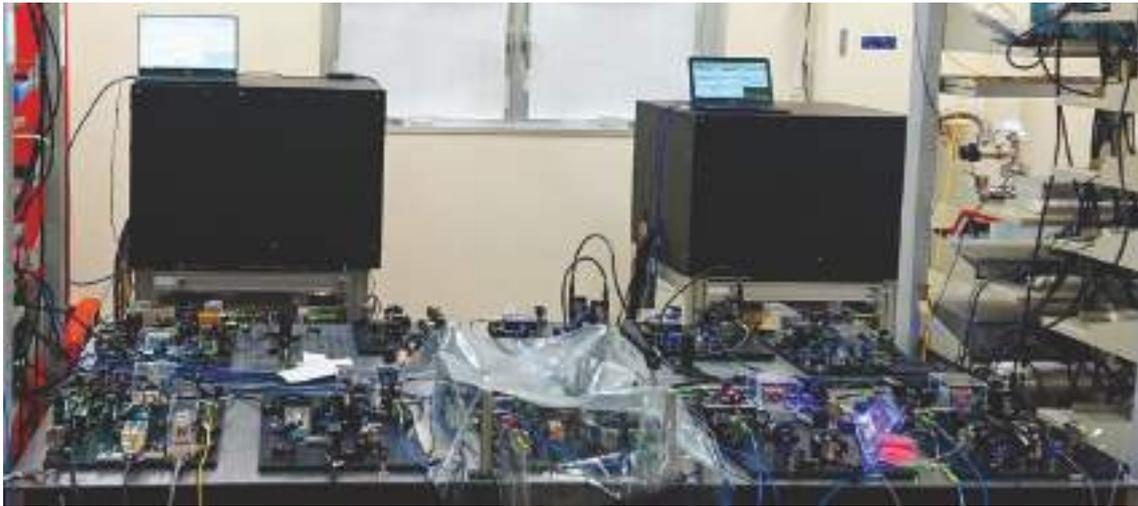
ではなく、未知の世界に入って手探りで進んでいく。そんなふうに知らないことに飛び込んでいってもいいんだと、ファインマンから学びました」

X線天文学の研究室に進み、ブラックホールの研究を行った。そして理研へ。しばらくブラックホールの研究をする中で、超伝導を用いたX線検出器の研究開発を始めた。その後、電波と光の境界領域の周波数を持つテラヘルツ波の検出器の研究開発に軸足を移した。「研究分野を変えることに躊躇する人も多いかもしれませんが。しかし私は、ファインマンの影響もあってか、さほど抵抗がありませんでした」

現在は、テラヘルツ波を用いたイメージングやセンシングなど応用分野の開拓を進めている。「新しい何かを生み出すような研究をしたい。私は常々そう思っています。研究分野を変えるほどの大きな選択だけでなく、日常の時々刻々で、私たちは無意識にたくさんの選択をしています。そんな数多くの選択の結果として、私は今ここにいます。あのときなぜこっちを選んだのだろうかかと振り返ると、直感、正確に言うと無意識が目標に近づく方を選んでくれていたと感じています。これからも、自分が何をしたいのかという意味と、そして無意識とが示す先に、自分の思いや願いの実現がある、そう思っています」

これまでの経験と読んできた本が、今の自分を形成している。「経験を積むには年月が必要で、年齢によってできること、できないことがあります。本は子どもでも大人でも、年齢にかかわらず読むことができます。特に、キャンパスが真っ白な学生時代に読んだ本が、私という人間の基礎の部分をつくっていると感じています。そういう大切な本は、ずっと手元に置いていきたいですね」

(取材・執筆：鈴木志乃/フォトンクリエイト)



These two optical lattice clocks use strontium atoms to keep time with incredible accuracy.

ATOMIC CLOCKS

A matter of time

A lattice of strontium atoms could ‘tick’ with unprecedented accuracy

A significant step toward building an optical lattice clock that will set a new record for accuracy has been taken by RIKEN researchers¹. Such clocks could be used to measure millimeter-level differences in height.

The astonishing precision with which atomic clocks keep time sees them used in applications as diverse as global positioning systems and telecommunications. Conventional atomic clocks contain a thin gas of atoms, such as cesium, which act as pendulums. The atoms absorb and emit energy at a specific microwave frequency, and this frequency is used to define the duration of 1 second.

In contrast, optical clocks use visible light to make atoms ‘tick’ at frequencies tens of thousands

of times higher than microwave frequencies. “That makes optical clocks far more precise than conventional microwave atomic clocks,” notes Hidetoshi Katori of the RIKEN Quantum Metrology Laboratory.

Optical clocks are so accurate that they lose less than 1 second in 16 billion years—longer than the age of the Universe. They thus have a fractional uncertainty of roughly 10^{-18} .

But further improvements in accuracy could open up new applications. For example, according to the general theory of relativity, two clocks at different heights above the Earth’s surface will tick at slightly different rates. If those clocks operated with an uncertainty of 10^{-19} , it should

be possible to measure height differences between them with millimeter precision, which may lead to applications such as detecting tiny anomalies in the Earth’s gravitational field to improve earthquake-warning systems.

The leading method to achieve this uses lasers to confine thousands of atoms in a lattice. The laser would normally affect the atoms’ ticking, but researchers can eliminate most of this perturbation by using a carefully chosen ‘magic frequency’ of laser light.

Katori’s team has now developed a way to fine-tune the intensity of this laser light to further reduce any perturbations of the atoms. This ‘magic intensity’ could improve the accuracy of the optical lattice clock to unprecedented levels.

The team cooled strontium atoms to a fraction of a degree above absolute zero (-273.15 degrees Celsius) and loaded them into an optical lattice trap. They then carefully monitored how very tiny shifts in the frequency of the atoms varied

“This will lead to exciting applications”

with the laser intensity and frequency. These measurements allowed the team to calculate the precise laser intensities and frequencies that should enable them to reduce the clock’s uncertainty down to 10^{-19} .

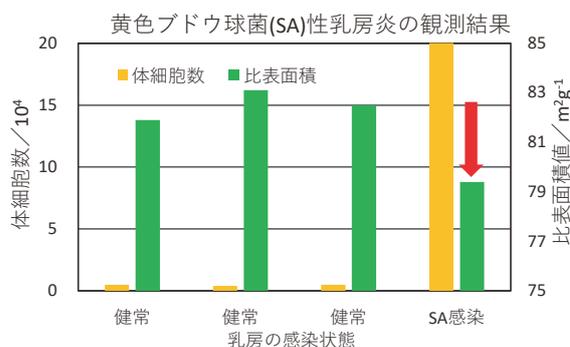
The researchers are now building two optical lattice clocks so that they can apply these predicted magic frequency and intensity conditions, and measure how closely the clocks agree. “This will lead to exciting applications in the future,” predicts Katori. ●

Reference

1. Ushijima, I., Takamoto, M. & Katori, H. Operational magic intensity for Sr optical lattice clocks. *Physical Review Letters* **121**, 263202 (2018).

牛の乳房炎の早期診断で新たな手法を発見 —小型NMRで黄色ブドウ球菌乳房炎をいち早く察知—

- 乳汁を小型のパルス核磁気共鳴装置(NMR)で計測をすることで、黄色ブドウ球菌による難治性乳房炎を簡便かつ迅速に診断できることを発見。
- 黄色ブドウ球菌に感染した乳房から採取した乳汁に含まれる微粒子の質量当たりの表面積(比表面積)は、健康な乳房の乳汁よりも低い値を示すことが判明。
- 搾乳時の短時間計測で菌増殖の初期段階を察知することができ、症状を示す前の乳房炎であっても早期発見、早期治療が可能。



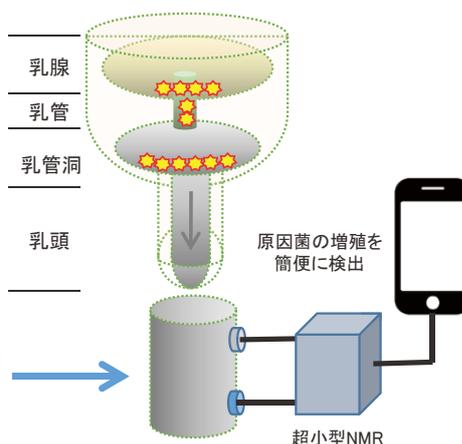
黄色ブドウ球菌に感染した乳房炎乳汁では、乳房炎の炎症症状の指標である乳汁中の体細胞数が増加するとNMR計測から求められる比表面積値が減少することを発見した。

特許出願日: 令和元年10月17日
発明の名称: 家畜の乳房炎の検査方法および検査システム
出願番号: 特願2019-190477



搾乳機に取り付ける小型装置の開発

- > 搾乳時の乳汁リアルタイム計測により乳房炎を早期診断
- > 比表面積変化から原因菌を同定
- > 小型NMR+搾乳機で自動計測



導入により期待される効果

搾乳ロボットに本技術を組み込むことで、リアルタイムに乳房炎発症の予兆が検知可能となり、早期治療による乳房炎治療効果の向上に期待。

連絡先 農研機構 動物衛生研究部門
理化学研究所

TEL 029-838-7708
TEL 048-467-9272

転載許可取得済 農林水産省

牛の乳房炎 早期察知

理研、農研機構 NMR活用 被害軽減に期待

生乳を小型パルス核磁気共鳴装置(NMR)で調べることで、乳牛の乳房炎を迅速に察知・診断できることが分かった。理化学研究所(理研)と農研機構の共同研究チームが24日に発表した。黄色ブドウ球菌(SA)の感染を引き起こす難治性乳房炎は、酪農経営に深刻な被害を与える病気だ。日本では乳房炎で年間800億円に上る経済損失が発生しているといわれる。また、近年では酪農経営の

大規模化が進み、乳牛の健康状態を迅速に把握する必要性が高まっている。乳房炎を早期に診断できる新しい技術の開発が求められていた。NMRは、電磁気を活用し物質の分子構造や物性を解析する装置だ。調査対象を壊すことがないため、化学や医療、食品開発など幅広い分野で用いられている。共同研究チームは、生



乳の中の体細胞数と、生乳に含まれる微粒子の単位重量当たりの表面積との関係に着目した。これはパルスNMRで測定できる値で、SAに感染すると小さくなることが分かった。この値を迫えば、SAが増殖する初期段階を察知することができ、乳房炎の早期治療につながる」とした。共同研究チームは今後、乳房炎の要因に関わるさまざまなデータを集め、人工知能(AI)による分析で、信頼性の高い乳房炎検査技術確立させていく考えだ。理研の田島右副専任研究員は「超小型NMRを搾乳機に直接設置すれば、搾乳時にも確認ができるようになる」と展望する。

理農研機

ウシ乳房炎を迅速診断

NMR使い乳汁感染検知

理化学研究所と農研機構は共同して、国内で年間800億円の経済損失といわれる酪農に深刻な被害を及ぼす重要疾患であるウシ乳房炎が簡便・迅速に診断できる方法を見つけた。小型のパルス核磁気共鳴装置(NMR)を利用して搾乳した乳汁を観測し、黄色ブドウ球菌(SA)に感染した初期段階の乳房炎が分かる。SAは難治性乳房炎の原因菌とされ、同方法によりSA増殖を察

知して、早期治療につながる事が期待される。研究チームは、ウシから採取した乳汁の体細胞数(SCC)を測定。SCCは乳房炎の炎症程度の指標となっている。次に、パルスNMRを使って各乳房から搾乳した乳汁を対象に計測し、それらの値からそれぞれの比表面積を計算によって求めた。測定・計算の結果、SAに感染した乳房の牛乳の比表面積は、健康乳房の牛乳よりも低い値を

示すことが分った。これは、グラム陽性菌であるSAが、乳酸発酵によって乳たんぱく質(主にカゼイン)の微粒子が凝集。見かけの比表面積が減少するからだ」と研究チームはみている。

また、乳房炎は、SA以外の細菌や非感染性によっても炎症が出ることもある。こうした事例では測定すると乳汁の比表面積が健康乳房の乳汁よりもSAの事例とは逆に高い値を示すことも分った。研究チームは、SA

の診断方法を工夫すれば、無菌性乳房炎などの診断方法についても応用可能としている。将来、超小型NMRを搾乳機に直接設置し、乳房ごとの比表面積値を搾乳時にモニタリングすることで、酪農作業の省力化や生産性向上に役立たい考えだ。理研と農研機構はこの検査法と同システムに関し特許を出願。研究成果は今年26日、仙台市で開催の「第24回日本乳房炎研究会学術集会」で発表した。

日テレニュース, 2019年11月29日

日テレ 24 橋など“壊さず内部検査”機器小型化に成功

2019年11月29日 15:26



特別な装置「加速器」を使い人工的に「中性子」発生させる

日テレ 24 橋など“壊さず内部検査”機器小型化に成功

2019年11月29日 15:26



トラックに乗せて移動させる形で橋の検査などでの実用化へ

古い橋や道路などを壊さずに、内部の様子を調べることができる特別な機器の小型化に、理化学研究所などが成功した。

理化学研究所の小林和洋専任研究員と東京工業大学の研究チームが開発したのは、「加速器」という特別な装置を使って「中性子」を人工的に発生させる機器。

古い橋や道路などを壊さずに、内部の様子を調べることができる特別な機器の小型化に、理化学研究所などが成功した。

理化学研究所の小林和洋専任研究員と東京工業大学の研究チームが開発したのは、「加速器」という特別な装置を使って「中性子」を人工的に発生させる機器。

転載許可取得済 日本テレビ

科学新聞, 2019年12月6日 (1面)

小型中性子源システム 理研が「RANS-II」開発

容易に移設可能

理研が、東京工業大学と共同で開発した「RANS-II」小型中性子源システムが、容易に移設可能であることが明らかになった。このシステムは、従来の大型中性子源システムに比べて、大幅に小型化・軽量化されており、トラックで運搬できる。また、設置場所を選ばず、橋や道路などの検査に活用できる。理研は、このシステムを開発することで、社会インフラの点検・点検の効率化に貢献するとしている。

理研は、このシステムを開発することで、社会インフラの点検・点検の効率化に貢献するとしている。

転載許可取得済 科学新聞

国立研究開発法人理化学研究所
創発物性科学・光量子工学研究推進室
〒351-0198 埼玉県和光市広沢 2-1
TEL : 048-467-9258
cemsrap@riken.jp

RIKEN Advanced Photonics Promotion Office
2-1, Hirosawa, Wako, Saitama, 351-0198, Japan
TEL: +81-(0)48-467-9258
cemsrap@riken.jp