



国立研究開発法人 理化学研究所
光量子工学研究センター
RIKEN Center for Advanced Photonics

2022 - 2023

国立研究開発法人理化学研究所 光量子工学研究センター

〒351-0198 埼玉県和光市広沢 2-1

Email : rap-info@riken.jp

<https://rap.riken.jp>

無限の可能性を秘める光科学。その地平を拓く

今まで見えなかったものを見たい — その夢を実現するのが、光量子工学研究センターです。

例えば、高速現象をとらえるためには短い時間だけ発光するストロボが使われますが、分子や原子の動きは速すぎて普通のストロボでは見えません。そこで、フェムト秒 (10^{-15} 秒) やアト秒 (10^{-18} 秒) というとても短い間隔のパルスを発振できるレーザーを開発し、現在は原子や分子内の電子の動きまで見るできるようになっています。

また、電子顕微鏡ならば高分解能での観察が可能ですが、試料を真空中に置かなければいけません。生きた細胞を高分解能で見たい、そう思うでしょう。光学顕微鏡ならば生きた細胞を観察できます。しかし可視光では、その波長の半分以下より小さい構造は見えないと考えられてきました。ところが、超解像顕微鏡技術をつかうとその限界を超えて、より小さいナノメートルの世界が見えるのです。

非破壊で装置の内部構造や食品の異物混入を検査したい、ということもあるでしょう。それを実現するのが、テラヘルツ光です。テラヘルツ光はかつて“未踏の光”と呼ばれていましたが、今では光源や検出器の開発が進み、応用の段階に入りつつあります。

ほかにも、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内部診断等……。私たちは、光の新しい使い方を提案・追究し、誰も見たことがないものを見ようとしています。見るのであれば、それを理解し、制御することにも近づきます。

光量子工学研究センターでは、新しい光技術を研究の世界だけのものとせず、実用可能な装置をつくるまでに行き社会に役立てることを強く意識しています。センター名に「工学」が入っているのは、そのためです。19世紀には蒸気機関が、20世紀には電子技術が、それぞれ社会基盤を大きく変えました。21世紀の社会基盤を変えるのは、光技術です。光の可能性は無限に広がっています。私たちが到達できているのは、まだほんの一部。2013年に発足した光量子工学研究領域は、2018年に光量子工学研究センターとなり、光科学の地平を広げ続けていきます。



光量子工学研究センター
センター長

緑川 克美

K. Kikuchi



光量子工学研究センター

エクストリームフォトンクス研究領域

- アト秒科学研究チーム 04
チームリーダー 緑川 克美
- 超高速分子計測研究チーム 05
チームリーダー 田原 太平
- 時空間エンジニアリング研究チーム 06
チームリーダー 香取 秀俊
- 量子オプトエレクトロニクス研究チーム 07
チームリーダー 加藤 雄一郎
- 超高速コヒーレント軟X線光学研究チーム ... 08
チームリーダー 高橋 栄治
- 超短パルス電子線科学理研白眉研究チーム ... 09
理研白眉研究チームリーダー 森本 裕也

サブ波長フォトンクス研究領域

- 生細胞超解像イメージング研究チーム 10
チームリーダー 中野 明彦
- 生命光学技術研究チーム 11
チームリーダー 宮脇 敦史
- 画像情報処理研究チーム 12
チームリーダー 横田 秀夫 山路を登りながら
- フォトン操作機能研究チーム 13
チームリーダー 田中 拓男
- 先端レーザー加工研究チーム 14
チームリーダー 杉岡 幸次

テラヘルツ光研究領域

- テラヘルツ光源研究チーム 15
チームリーダー 南出 泰亜
- テラヘルツイメージング研究チーム 16
チームリーダー 大谷 知行
- テラヘルツ量子素子研究チーム 17
チームリーダー 平山 秀樹

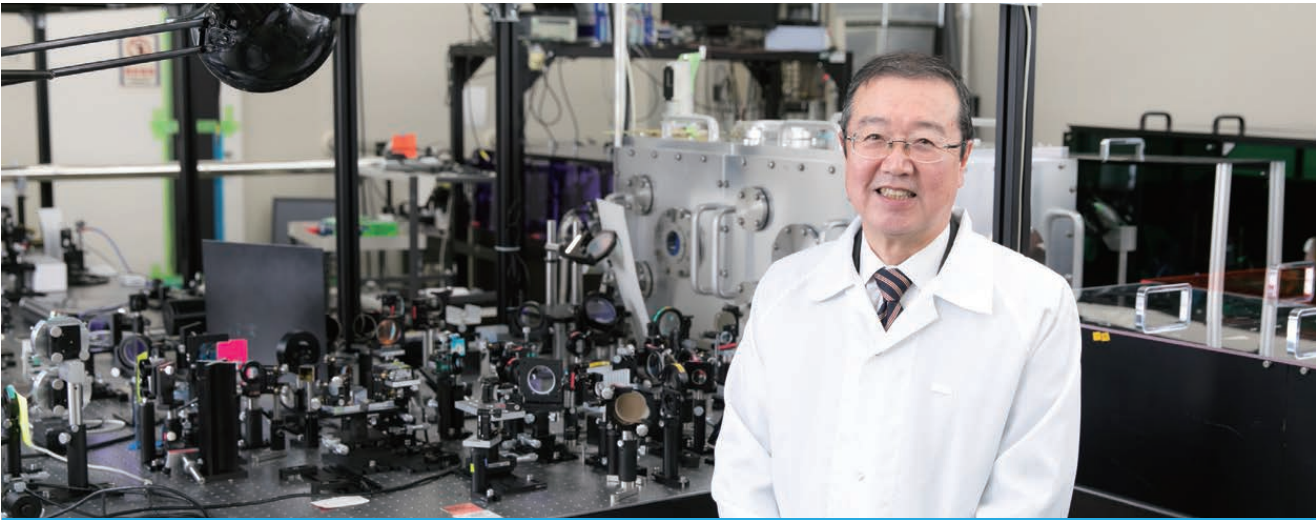
光量子技術基盤開発領域

- 光量子制御技術開発チーム 18
チームリーダー 和田 智之
- 先端光学素子開発チーム 19
チームリーダー 山形 豊
- 中性子ビーム技術開発チーム 20
チームリーダー 大竹 淑恵
- 技術基盤支援チーム 21
チームリーダー 山形 豊

センター長室 室長 中野 明彦

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

チームリーダー 緑川 克美 工学博士



▶ 研究分野

総合理工、工学、物理学、化学

▶ キーワード

アト秒科学、超高速レーザー、
高強度レーザー科学、非線形光学、
多光子顕微鏡

▶ 主要論文

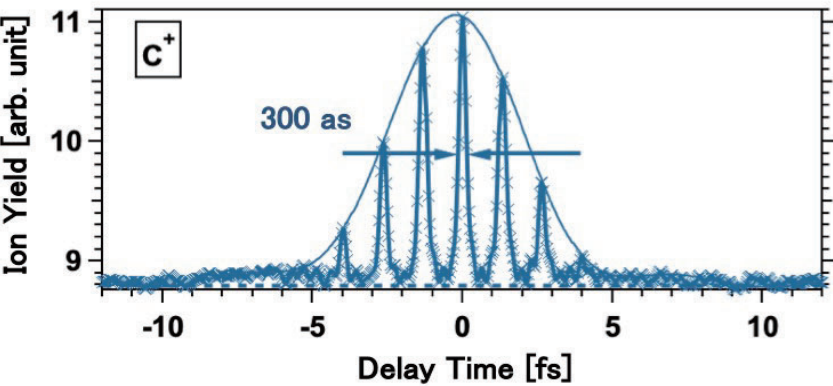
1. Midorikawa, K.: "Progress on table-top isolated attosecond light sources", *Nature Photonics* 16, 267 (2022).
2. Matsubara, T., Fukahori, S., Lötstedt, E., Nabekawa, Y., Yamanouchi, K., and Midorikawa, K.: "300 attosecond response of acetylene in two-photon ionization/dissociation processes", *Optica* 8, 1075 (2021).
3. Kanda, N., Imahoko, T., Yoshida, K., Tanabashi, A., Eilanlou, A. A., Nabekawa, Y., Sumiyoshi, T., Kuwata-Gonokami, M., and Midorikawa, K.: "Opening a new route to multiphoton coherent XUV sources via intracavity high-order harmonic generation", *Light: Sci & Appl.* 9, 168 (2020).
4. Lin, Y.-C., Nabekawa, Y., and Midorikawa, K.: "Optical parametric amplification of sub-cycle shortwave infrared pulses", *Nat. Commun.* 11, 3413 (2020).
5. Xue, B., Tamaru, Y., Yuan, H., Lan, P., Mücke, O. D., Suda, A., Midorikawa, K., and Takahashi, E. J.: "Fully stabilized multi-TW optical waveform synthesizer: Toward gigawatt isolated attosecond pulses", *Science Advances* 6, eaay2820 (2020).

▶ 主要メンバー

鍋川 康夫・永田 豊・磯部 圭佑・沖野 友哉・
藤原 孝成・LIN Yu-Chieh・道川 貴章・
山崎 馨・XUE Bing・XU Lu・
TRAN Giang Nahan・小林 徹・若林 多起子

光科学の地平を拓く
アト秒光工学

近年のフェムト秒高強度レーザー技術の進展により、レーザー光子場強度が著しく増大するとともに光電場にして数サイクルの超高速パルスの発生やその位相制御も可能となりました。その結果、光と原子・分子の非線形相互作用に関する研究が飛躍的に進展し、高次高調波発生やクーロン爆発、高エネルギーX線・粒子の発生等の新しい研究領域が生まれてきました。高次高調波は、極端紫外から軟X線（XUV）領域において非線形光学現象を引き起こすことができるような強力なアト秒パルスを発生可能な唯一の光源です。一方、この高次高調波の発生自体が原子・分子内で起こるアト秒領域の超高速現象の観測を可能とする非常にユニークな物理現象でもあります。当チームでは、フェムト秒高強度レーザー技術を基盤として、高次高調波を用いた高強度なアト秒パルス光源を開発することにより、XUV領域における非線形光学および原子・分子のアト秒ダイナミクスに関する研究を推進し未踏の光科学領域を開拓します。



アセチレンから生じた炭素イオン生成量によるアト秒パルス列の自己相関型測定波形

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

チームリーダー 田原 太平 理学博士



▶ 研究分野

化学、物理学、生物学／生化学

▶ キーワード

超高速分光、非線形分光、一分子分光、
ダイナミクス、界面

▶ 主要論文

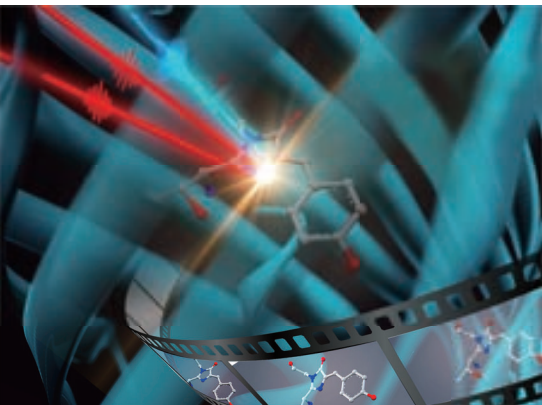
1. Chang, C., Kuramochi, M., Singh, M., Abe-Yoshizumi, R., Tsukuda, T., Kandori, H., and Tahara, T.: "A unified view on varied ultrafast dynamics of the primary process in microbial rhodopsins", *Angew. Chem. Int. Ed.* 61, e202111930 (2022).
2. Kuramochi, H., and Tahara, T.: "Tracking ultrafast structural dynamics by time-domain Raman spectroscopy", *J. Am. Chem. Soc.* 143, 9699 (2021). Perspective
3. Kusaka, R., Nihonyanagi, S., and Tahara, T.: "The photochemical reaction of phenol becomes ultrafast at the air-water interface", *Nat. Chem.* 13, 306 (2021).
4. Inoue, K., Ahmed, M., Nihonyanagi, S., and Tahara, T.: "Reorientation-induced relaxation of free OH at the air/water interface revealed by ultrafast heterodyne-detected nonlinear spectroscopy", *Nat. Commun.* 11, 5344 (2020).
5. Ahmed, M., Inoue, K., Nihonyanagi, S., and Tahara, T.: "Hidden isolated OH at the charged hydrophobic interface revealed by two-dimensional heterodyne-detected VSFG spectroscopy", *Angew. Chem. Int. Ed.* 59, 9498 (2020).

▶ 主要メンバー

石井 邦彦・二本柳 聡史・松崎 維信・
MOHAMMED Ahmed

フェムト秒の光で
複雑な分子の変化を解明する

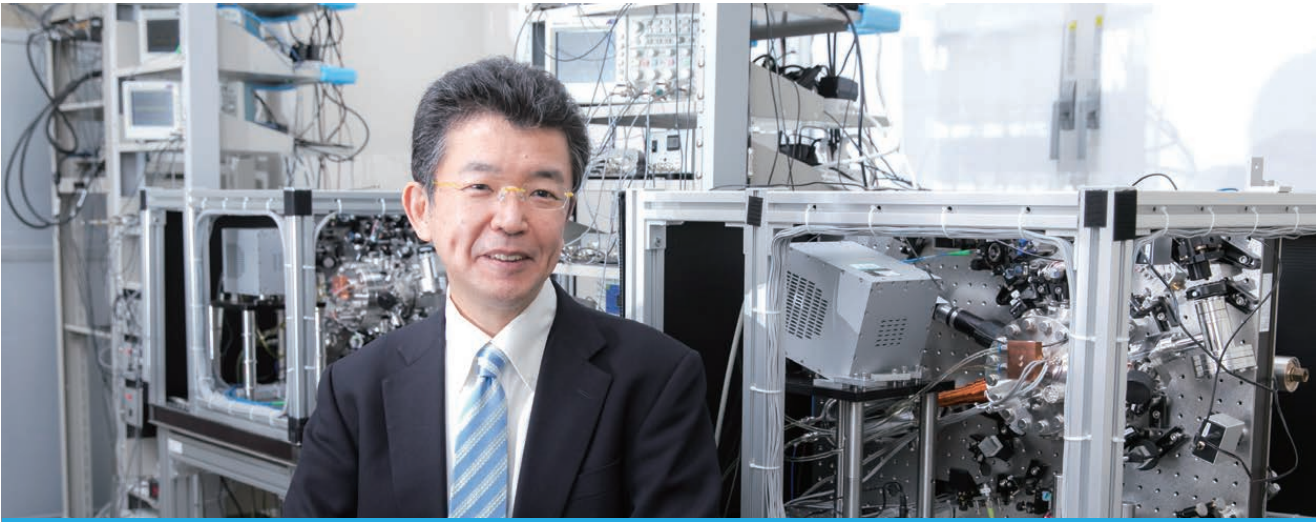
生命活動を始めとする自然界の現象のほとんどは分子の動的な振舞いによって実現されています。この分子の動的変化の中で最も重要なものは反応ですが、これによって化学結合の開裂や生成が起こり、分子の核の配置が変わります。また、反応しない分子でもその核は常に振動しており、この振動を観測することで分子の性質を深く理解することができます。分子の核の動きはフェムト秒（千兆分の一秒）の時間スケールで起こっているため、フェムト秒は分子現象を解明するのに本質的な時間領域です。当チームでは、フェムト秒光パルスと分子の相互作用を通して、基本分子、生体分子や分子集合体などの複雑分子系、さらに液体界面など特別な環境にある分子の動的な振舞いを明らかにし、それによってどのように分子がその機能を実現するのかを明らかにしようとしています。特に、新規な分光計測法の開発・展開を通して、分子の科学の新しい領域を開拓します。



反応するタンパク質発色団のコヒーレントな核運動

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

チームリーダー 香取 秀俊 博士 (工学)



▶ 研究分野

総合理工、工学

▶ キーワード

量子エレクトロニクス、原子時計、
量子計測、光格子時計、相対論的測地学

▶ 主要論文

1. Takamoto, M., Ushijima, I., Ohmae, N., Yahagi, T., Kokado, K., Shinkai, H., and Katori, H.: "Test of general relativity by a pair of transportable optical lattice clocks", *Nat. Photonics* 14, 411-415 (2020).
2. Ushijima, I., Takamoto, M., and Katori, H.: "Operational magic intensity for Sr optical lattice clocks", *Phys. Rev. Lett.* 121, 263202 (2018).
3. Takano, T., Takamoto, M., Ushijima, I., Ohmae, N., Akatsuka, T., Yamaguchi, A., Kuroishi, Y., Mune Kane, H., Miyahara, B., and Katori, H.: "Geopotential measurements with synchronously linked optical lattice clocks", *Nat. Photonics* 10, 662-666 (2016).
4. Yamanaka, K., Ohmae, N., Ushijima, I., Takamoto, M., and Katori, H.: "Frequency ratio of ^{199}Hg and ^{87}Sr optical lattice clocks beyond the SI limit", *Phys. Rev. Lett.* 114, 230801 (2015).
5. Ushijima, I., Takamoto, M., Das, M., Ohkubo, T., and Katori, H.: "Cryogenic optical lattice clocks", *Nat. Photonics* 9, 185-189 (2015).

▶ 主要メンバー

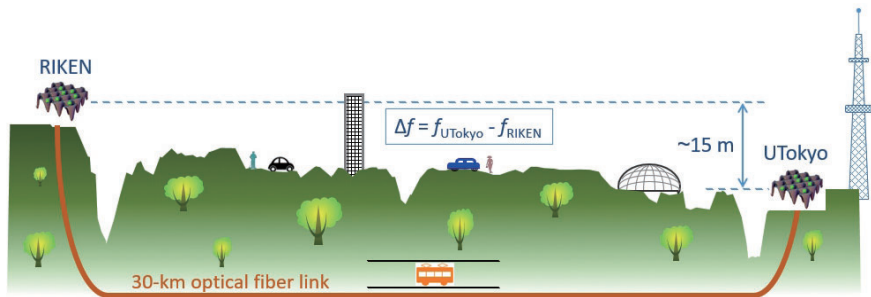
高本 将男・山口 敦史

超高精度原子時計で
相対論的時空間をエンジニアリングする

普遍的な周期現象を利用して、皆で時間を共有する道具が時計です。太古から人々は、太陽の位置―地球の自転―を測って時間を共有してきました。現在では、遥かに正確な周期性をもつ原子の振動で時間を決めています。さらに進化した原子時計は、重力によって曲がった相対論的な時空を映し出すことで他者との時間共有の難しさを浮き彫りにしています。この一方、原子時計は、原子時計が基礎をおく物理定数の恒常性まで研究の対象にしようとしています。

光格子時計は、魔法波長のプロトコルによって、超高速・高精度な新たな原子時計の可能性を提起しました。2001年の提案以来、現在までに20以上の研究拠点で開発が進み、光格子時計の精度は、現行のSI秒の精度を凌駕し秒の再定義に迫ろうとしています。

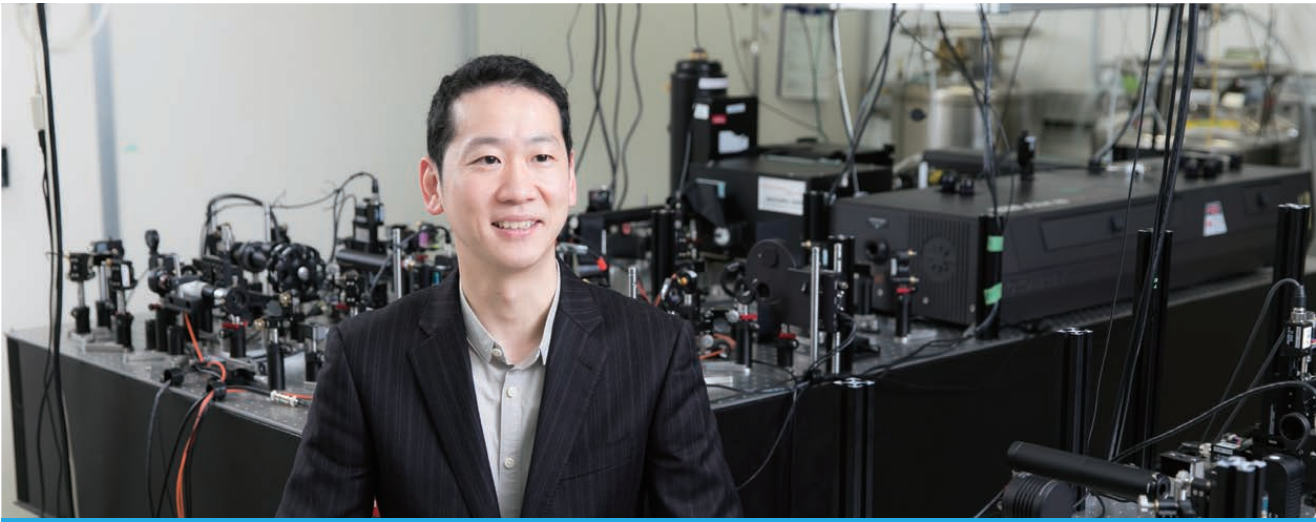
当チームでは、原子物理学・量子光学の手法を総動員して光格子時計の高精度化・小型化と長時間連続運転の実現に取り組み、光格子時計が生み出す新たな時間リソースを使った時空間エンジニアリングを展開しています。たとえば、可搬型の光格子時計をフィールドにもち出せば、原子時計は重力ポテンシャル計として 機能するでしょう。このような、相対論的測地の与えるインパクトを実験的に探究していきます。



理研と東大の光格子時計をつなぎ、一般相対論効果により両者で標高の違いに応じて時間の進み方が異なることを観測した。

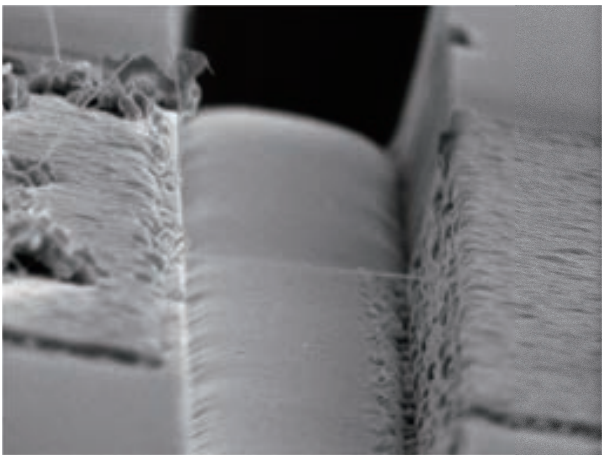
量子オプトエレクトロニクス研究チーム **Quantum Optoelectronics Research Team**

チームリーダー 加藤 雄一郎 Ph.D.



電子や光子の量子性を利用する
光デバイスを目指して

電子と光子の相互作用を巧みに利用するオプトエレクトロニクス技術は、太陽電池や発光ダイオードなど、私たちの社会で広く使われており、今も進歩が続いています。微小デバイス作製技術の発展に伴い、単一電子や単一光子による光電変換がもたらす技術革新も少しずつ現実味を帯びてきているのです。量子オプトエレクトロニクス研究チームでは、微細加工技術を駆使してナノ材料を組み込み、電子や光子の量子性を利用することで、従来の光デバイスとは異なる新しい機能を発現する素子の開発に挑んでいます。電子と光子の相互作用を量子力学的なレベルで制御し、電子スピンや光子統計を活用することで、光量子センサーや量子光源などの光量子デバイスの実現を目指しています。



架橋カーボンナノチューブ電界効果トランジスターの電子顕微鏡写真

▶ 研究分野

総合理工、工学、数物系科学、化学

▶ キーワード

光エレクトロニクス、量子デバイス、
ナノデバイス、カーボンナノチューブ、
フォトニック結晶

▶ 主要論文

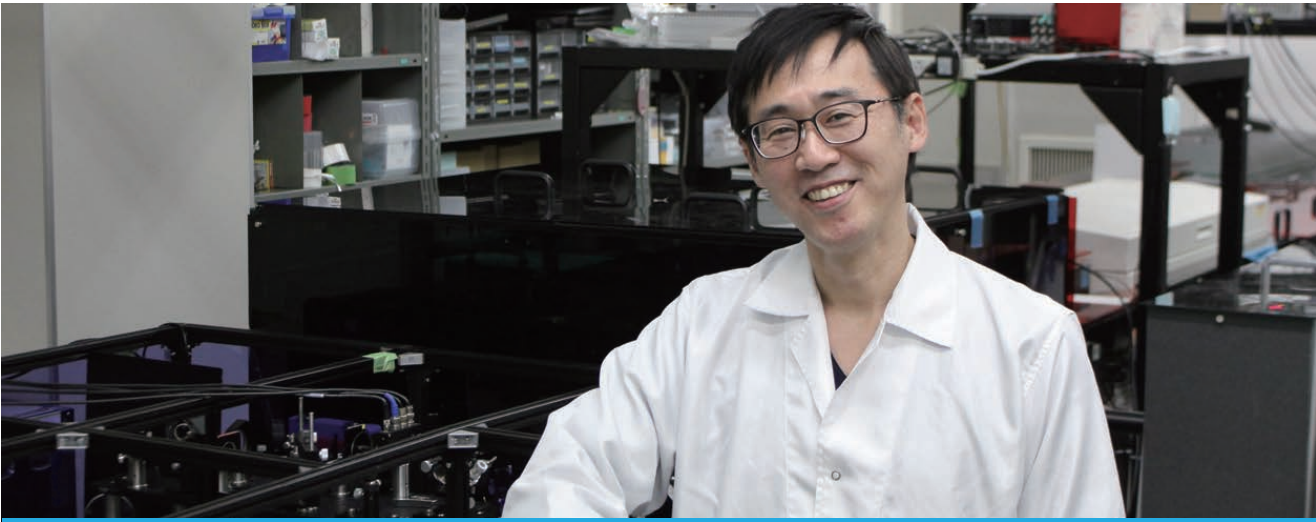
1. Li, Z., Otsuka, K., Yamashita, D., Kozawa, D., and Kato, Y. K.: "Quantum emission assisted by energy landscape modification in pentacene-decorated carbon nanotubes", *ACS Photonics* 8, 2367 (2021).
2. Otsuka, K., Fang, N., Yamashita, D., Taniguchi, T., Watanabe, K., and Kato, Y. K.: "Deterministic transfer of optical-quality carbon nanotubes for atomically defined technology", *Nature Commun.* 12, 3138 (2021).
3. Ishii, A., Machiya, H., and Kato, Y. K.: "High efficiency dark-to-bright exciton conversion in carbon nanotubes", *Phys. Rev. X* 9, 041048 (2019).
4. Ishii, A., Uda, T., and Kato, Y. K.: "Room-temperature single-photon emission from micrometer-long air-suspended carbon nanotubes", *Phys. Rev. Applied* 8, 054039 (2017).
5. Jiang, M., Kumamoto, Y., Ishii, A., Yoshida, M., Shimada, T., and Kato, Y. K.: "Gate-controlled generation of optical pulse trains using individual carbon nanotubes", *Nature Commun.* 6, 6335 (2015).

▶ 主要メンバー

小澤 大知・藤井 瞬・山下 大喜

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

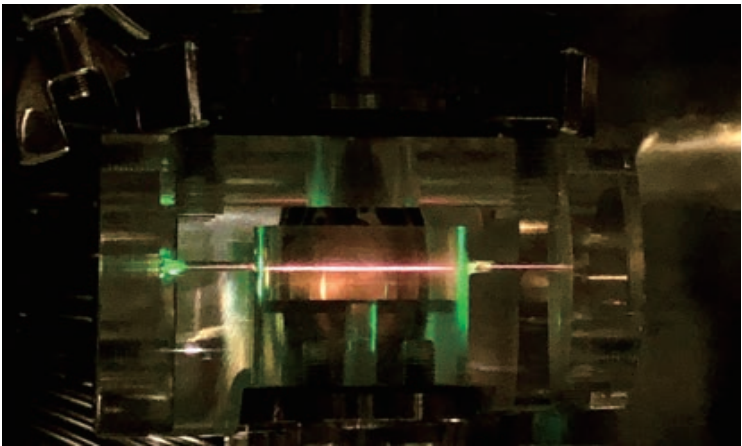
チームリーダー 高橋 栄治 博士（工学）



▶研究分野
総合理工、工学、複合領域
▶キーワード
高出力数サイクルレーザー、 コヒーレント軟X線、 光量子ビーム、高強度光科学、 超高速軟X線光学
▶主要論文
1. Bing, X., Tamaru, Y., Fu, Y., Yuan, H., Lan, P., Mücke, O.D., Suda, A., Midorikawa, K., and Takahashi, E.J.: "A Custom-Tailored Multi-TW Optical Electric Field for Gigawatt Soft-X-Ray Isolated Attosecond Pulses", <i>Ultrafast Science</i> 2021: 9828026 (2021).
2. Nishimura, K., Yuxi, F., Suda, A., Midorikawa, K., and Takahashi, E.J.: "Apparatus for generation of nanojoule-class water-window high-order harmonics", <i>Rev. Sci. Instrum.</i> 92: 063001 (2021).
3. Bing, X., Tamaru, Y., Fu, Y., Yuan, H., Lan, P., Mücke, O.D., Suda, A., Midorikawa, K., and Takahashi, E.J.: "Fully stabilized multi-TW optical waveform synthesizer: Toward gigawatt isolated attosecond pulses", <i>Science Advances</i> 6: eaay2802 (2020).
4. Yuxi, F., Nishimura, K., Shao, R., Suda, A., Midorikawa, K., Lan, P., and Takahashi, E.J.: "High efficiency ultrafast water-window harmonic generation for single-shot soft X-ray spectroscopy", <i>Communications Physics</i> 3: 92 (2020).
5. Lu, X., Nishimura, K., Suda, A., Midorikawa, K., Fu, Y., and Takahashi, E.J.: "Optimization of a multi-TW few-cycle 17-μm source based on Type-I BBO dual-chirped optical parametric amplification", <i>Optics Express</i> 28: 15138-47 (2020).
▶主要メンバー
鍋川 康夫・Xu Lu・TRAN Nahan Giang

レーザー光の極限性を利用して
革新的な軟X線光を創り出す

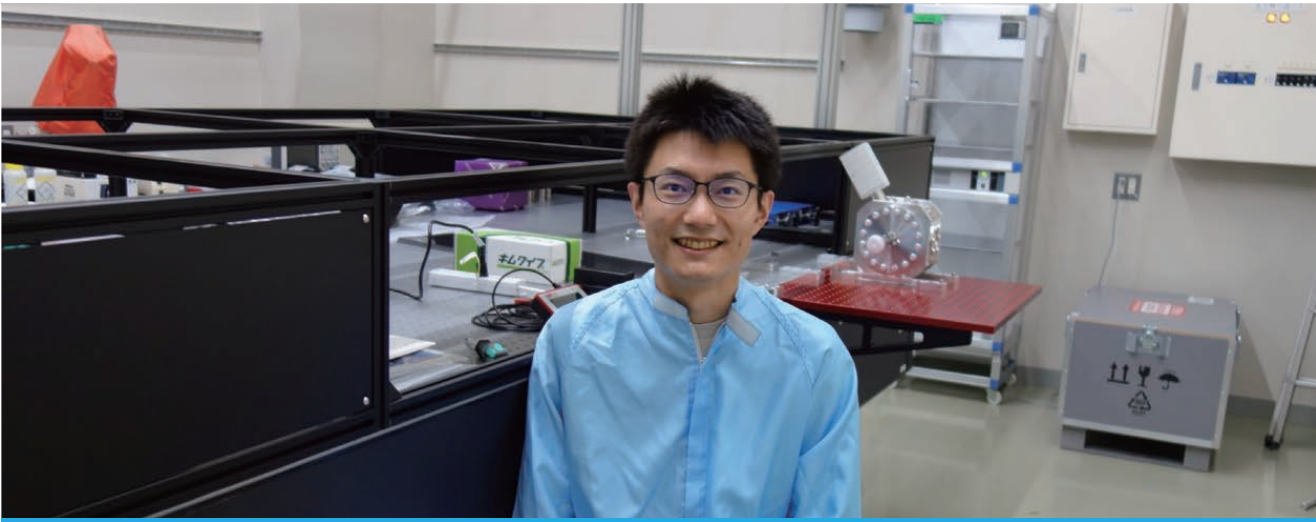
レーザー光は人類が生み出した究極の光であり、現在我々の社会生活に必要な不可欠な基盤ツールとなっています。当チームでは、超短パルス性、超広帯域性、そして超高出力性といったレーザー光が持つ極限性を巧みに利用することで、人類が未だ手にしていない革新的なコヒーレント光源を創り出すことを大きな目標としています。特に光電場の振動が数サイクルしかない高出力レーザー光源を開発しそれを励起光とすることで、時間・空間で完全コヒーレンス性を持ち、且つその偏光特性も制御できる高機能軟X線レーザー光源の開発に挑んでいます。また他の研究グループと共同研究を行い、開発した極限レーザー光源を物理学、化学、生物学等の分野に利用展開することで、高強度光科学の新しい研究領域の開拓を目指します。



コヒーレント軟X線発生媒質の発光

超短パルス電子線科学理研白眉研究チーム [Ultrashort Electron Beam Science RIKEN Hakubi Research Team](#)

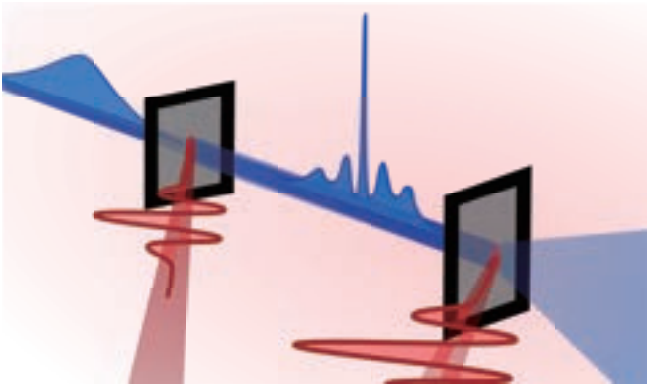
理研白眉研究チームリーダー 森本 裕也 Ph.D.



▶研究分野
化学、物理学、総合理工、光学
▶キーワード
超短パルス電子線、電子線イメージング、 非線形光学、アト秒科学、原子衝突
▶主要論文
1. Morimoto, Y., Shinohara, Y., Ishikawa, K.L., and Hommelhoff, P.: "Atomic real-space perspective of light-field-driven currents in graphene", <i>New J. Phys.</i> 24, 033051 (2022).
2. Morimoto, Y., Shinohara, Y., Tani, M., Chen, B.H., Ishikawa, K.L., and Baum, P.: "Asymmetric single-cycle control of valence electron motion in polar chemical bonds", <i>Optica</i> 8, 382 (2021).
3. Morimoto, Y., Hommelhoff, P., and Madsen, L.B.: "Coherent scattering of an optically-modulated electron beam by atoms", <i>Phys. Rev. A</i> 103, 043110 (2021).
4. Morimoto, Y., and Baum, P.: "Single-Cycle Optical Control of Beam Electrons", <i>Phys. Rev. Lett.</i> 125, 193202 (2020).
5. Morimoto, Y., and Baum, P.: "Diffraction and microscopy with attosecond electron pulse trains", <i>Nat. Phys.</i> 14, 252 (2018).
▶主要メンバー
立花 佑一

超短パルス電子線で
化学反応初期過程を時空間分解イメージングする

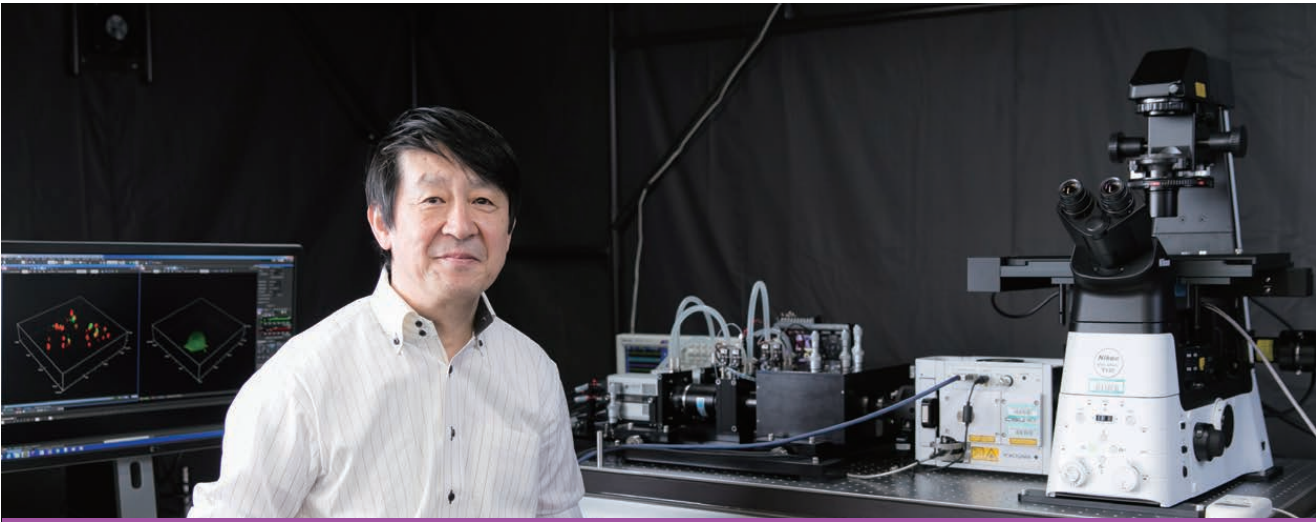
電子線は、電子顕微鏡や電子線描画装置など、高い空間分解能での観測や加工に用いられています。また、電子線をパルス化することで、化学反応の進行に伴って時々刻々と物質の構造が変化する様子を、原子レベルの空間分解能で観測することもできます。当チームでは、最先端のレーザー光と電子線の技術を組み合わせることで、極限的なアト秒（1アト秒は100京分の1秒）の精度で時間構造を制御された電子線を発生させ、化学反応の観測と制御に応用します。具体的には、光反応の初期過程である電子密度分布の超高速変化を動画撮影できる手法を開発します。更に、電子線と原子や分子の間の反応断面積を、電子線のアト秒時間構造によって制御することにも挑戦します。電子線とレーザー技術の融合により、それぞれ単独では不可能であった測定や制御を可能にし、化学反応機構や物質の光物性、原子分子衝突過程を探索します。



光の波による電子ビームの時間変調

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

チームリーダー 中野 明彦 理学博士



▶ 研究分野

総合生物、複合領域、総合理工
生物学／生化学

▶ キーワード

膜交通、小胞輸送、
超解像ライブイメージング、
共焦点顕微鏡、細胞小器官

▶ 主要論文

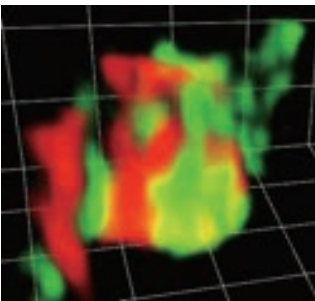
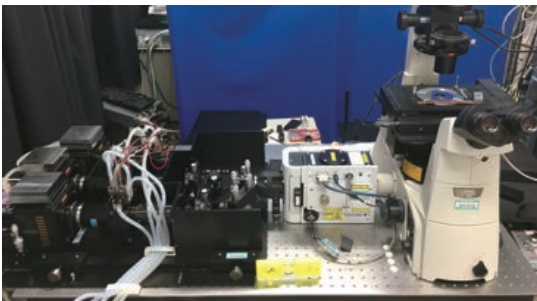
1. Nakano, A.: "The Golgi apparatus and its next-door neighbors", *Frontiers Cell Dev. Biol.* in press (2022).
2. Shimizu, Y., Takagi, J., Ito, E., Ito, Y., Ebine, K., Komatsu, Y., Goto, Y., Sato M., Toyooka, K., Ueda, T., Kurokawa, K., Uemura, T., and Nakano, A.: "Cargo sorting zones in the *trans*-Golgi network visualized by super-resolution confocal live imaging microscopy in plants", *Nat. Commun.* 12:1901 (2021).
3. Rodriguez-Gallardo, S., Kurokawa, K., Sabido-Bozo, S., Cortes-Gomez, A., Ikeda, A., Zoni, V., Aguilera-Romero, A., Perez-Linero, A.M., Lopez, S., Waga, M., Araki, M., Nakano, M., Riezman, H., Funato, K., Vanni, S., Nakano, A., and Muñiz, M.: "Ceramide chain length-dependent protein sorting into selective endoplasmic reticulum exit sites", *Sci. Adv.* 6:eaba8237 (2020).
4. Tojima, T., Suda, Y., Ishii, M., Kurokawa, K., and Nakano, A.: "Spatiotemporal dissection of the *trans*-Golgi network in budding yeast", *J. Cell Sci.* 132:jcs231159 (2019).
5. Kurokawa, K., Osakada, H., Kojidani, T., Suda, Y., Asakawa, H., Haraguchi, T., and Nakano, A.: "Visualization of secretory cargo transport within the Golgi apparatus in living yeast cells", *J. Cell Biol.* 218:1602-1618 (2019).

▶ 主要メンバー

黒川 量雄・戸島 拓郎・神 奈亜子・宮代 大輔・
植村 知博・須田 恭之・伊藤 容子・伊藤 瑛海・
石井 久美子・和賀 美保・蛭川 英男

サブ波長高速イメージングで
生細胞内のナノスケールの活動を見る

光は、生命科学研究における最先端のツールです。中でも、GFPをはじめとする蛍光プローブの開発と光学顕微鏡技術の発達は、細胞レベルでの微細構造観察に、「生きたまま」という重要な要素を加え、生命活動の動的な理解に革命を起こしました。当研究チームでは、超高速共焦点スキャナと超高感度カメラシステムの組み合わせによって、高速かつ精細な撮像を行い、画像処理によって回折限界を大きく超える方法SCLIMを開発しています。この方法を用い、生細胞内の膜交通や細胞小器官動態を高速かつサブ波長空間解像の4次元で観察し、その分子機構を解明します。またこれらの顕微鏡技術の開発をさらに進め、医療、創薬等の応用分野にも展開します。



左：SCLIM2顕微鏡。
右：SCLIM2で撮像した酵母トランスゴルジ網（赤）と
そこで集合・離散するクラスリン（緑）。高速3D動画の1コマ。

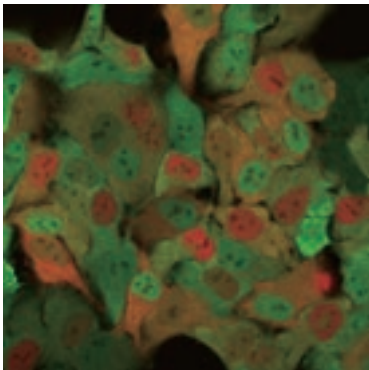
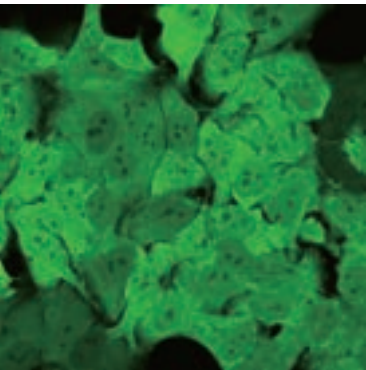
生命光学技術研究チーム Biotechnological Optics Research Team

チームリーダー 宮脇 敦史 医学博士



光るタンパク質を活用する
バイオイメージング技術の開発

今、生物学はポストゲノム時代に突入したと言われています。生体分子が生きた細胞の中でどのように振舞うかを可視化することが求められています。生体分子の示す動的な振る舞いは、細胞の増殖、分化、ガン化の機序を知る上で重要です。ポストゲノムプロジェクトを云々するに、より実的な意味において、細胞内シグナル伝達系を記述するための同時観測可能なパラメータをどんどん増やす試みが重要です。いろいろな場面において細胞の心をつかむためのスパイ分子を我々は開発しています。我々はまた、新しい‘光るタンパク質’を求めて、様々な生き物からのクローニングを行っています。狙いのひとつは、蛍光などの様々な物理特性を引き出して、新しいスタイルのバイオイメージング技術を開発することです。光るタンパク質の発色団を彷徨う電子の心をつかむための研究を推し進めます。さらに、光や色に関する、生物に優しい技術を材料科学に応用していきます。



光色変換蛍光タンパク質Kaedeを発現するヒト由来HeLa細胞群。紫色レーザー光の局所照射の前（左）と後（右）。照射された細胞質あるいは核のみが緑→赤の色変換をします。

▶ 研究分野

医歯薬学、工学、総合生物、
生物学／生化学

▶ キーワード

バイオイメージング、蛍光タンパク質、発色団

▶ 主要論文

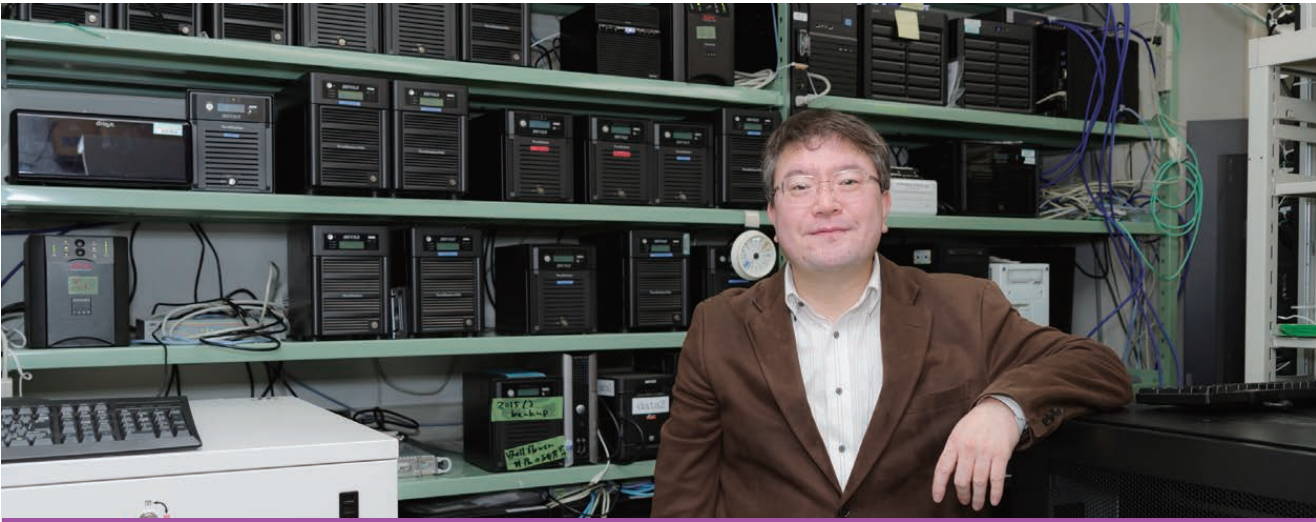
1. Michikawa, T., Yoshida, T., Kuroki, S., Ishikawa, T., Kakei, S., Kimizuka, R., Saito, A., Yokota, H., Shimizu, A., Itohara, S., and Miyawaki, A.: "Distributed sensory coding by cerebellar complex spikes in units of cortical segments", *Cell Rep.* 37(6), 109966 (2021).
2. Katayama, H., Hama, H., Nagasawa, K., Kurokawa, H., Sugiyama, M., Ando, R., Funata, M., Yoshida, N., Homma, M., Nishimura, T., Takahashi, M., Ishida, Y., Hioki, H., Tsujihata, Y., and Miyawaki, A.: "Visualizing and Modulating Mitophagy for Therapeutic Studies of Neurodegeneration", *Cell* 181(5), 1176-1187 (2020).
3. Iwano, S., Sugiyama, M., Hama, H., Watakabe, A., Hasegawa, N., Kuchimaru, T., Tanaka, KZ., Takahashi, M., Ishida, Y., Hata, J., Shimozone, S., Namiki, K., Fukano, T., Kiyama, M., Okano, H., Kizaka-Kondoh, S., McHugh, T.J., Yamamori, T., Hioki, H., Maki, S., and Miyawaki, A.: "Single-cell bioluminescence imaging of deep tissue in freely moving animals", *Science* 359 (6378), 935-939 (2018).
4. Sakaue-Sawano, A., Yo, M., Komatsu, N., Hiratsuka, T., Kogure, T., Hoshida, T., Goshima, N., Matsuda, M., and Miyawaki, A.: "Genetically encoded tools for optical dissection of the mammalian cell cycle", *Mol. Cell* 68, 626-640 (2017).
5. Hama, H., Hioki, H., Namiki, K., Hoshida, T., Kurokawa, H., Ishidate, F., Kaneko, T., Akagi, T., Saito, T., Saido, T., and Miyawaki, A.: "ScaleS: an optical clearing palette for biological imaging", *Nat. Neurosci.* 18 (10), 1518-1529 (2015).

▶ 主要メンバー

平野 雅彦・戸崎 麻子

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

チームリーダー 横田 秀夫 博士(工学)



▶ 研究分野

工学、情報学、コンピューター科学

▶ キーワード

多次元画像処理、多次元イメージング、
バイオエンジニアリング、画像解析、医用工学

▶ 主要論文

1. Tamura, N., Goto, S., Yokota, H., and Goto, S.: "Contributing Role of Mitochondrial Energy Metabolism on Platelet Adhesion, Activation and Thrombus Formation under Blood Flow Conditions", *Platelets* 1-7 (2022).
2. Yamashita, N., Matsuno, T., Maeda, D., Kikuzuki, M., and Yokota, H.: "Efficient 3D observation of steel microstructure using serial sectioning with precision cutting and on-site etching", *Precision Engineering* 75, pp.37-45 (2022).
3. Takematsu, M., Umezawa, M., Sera, T., Kitagawa, Y., Kurahashi, H., Yamada, S., Okubo, K., Kamimura, M., Yokota, H., and Soga, K.: "Influence of the difference in refractive index on the interface of an object and the surrounding in near-infrared fluorescence tomography", *Applied Optics* (2021).
4. Michikawa, T., Yoshida, T., Kuroki, S., Ishikawa, T., Kakei, S., Kimizuka, R., Saito, A., Yokota, H., Shimizu, A., Itohara, S., and Miyawaki, A.: "Distributed sensory coding by cerebellar complex spikes in units of cortical segments", *Cell Reports* 37,6, 109966 (2021).
5. Hori, K., Ikematsu, H., Yamamoto, Y., Matsuzaki, H., Takeshita, N., Shinmura, K., Yoda, Y., Kiuchi, T., Takemoto, S., Yokota, H., and Yano, T.: "Detecting colon polyps in endoscopic images using artificial intelligence constructed with automated collection of annotated images from an endoscopy reporting system", *Digestive Endoscopy* (2021).

▶ 主要メンバー

吉澤 信・太田 聡史・野田 茂穂・道川 隆士・
竹本 智子・森田 正彦・山下 典理男・
SUN Zhe・中村 佐紀子・辻村 有紀・
西村 将臣・ZHANG Xianping・岩瀬 紘章・
植松 高史

科学情報に対する
画像処理研究

当チームでは、理化学研究所オリジナルな画像処理技術の開発、多次元の計測技術の開発により、科学技術に貢献することを目的とします。特に、新規の情報処理技術、画像処理技術の研究開発により、理化学研究所内外の研究者に向けた、生命現象を定量化する新規ツールを確立することにより、数理生物学、バイオメディカルシミュレーション、医療診断・治療技術の向上に貢献します。

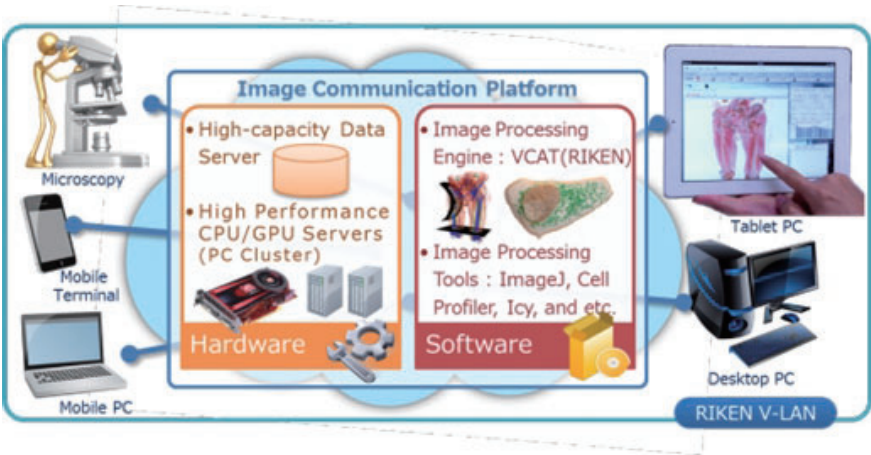
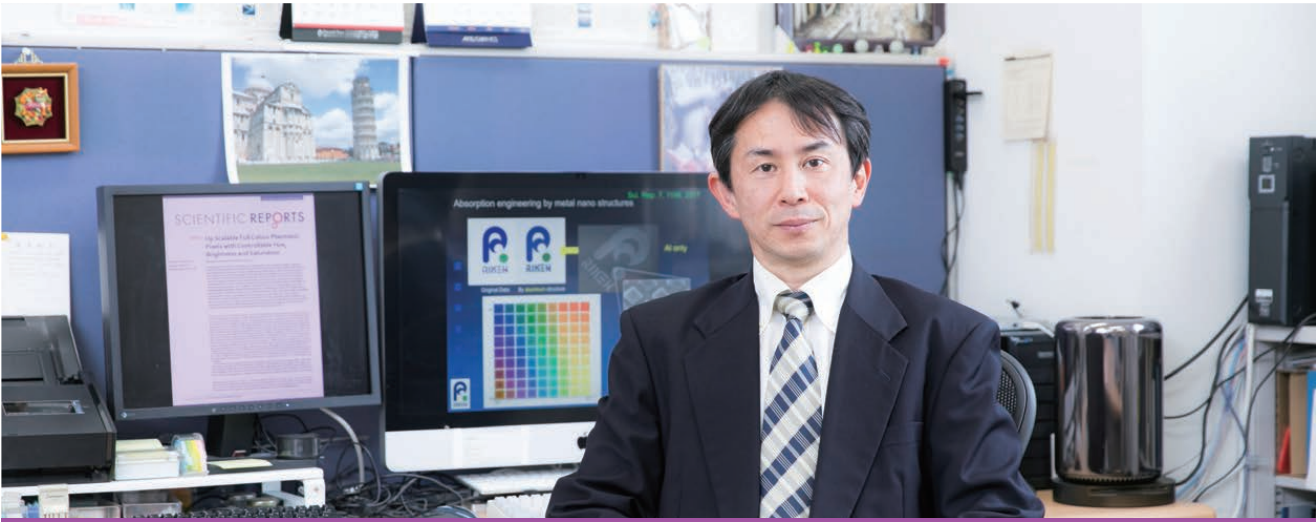


Image Processing Cloud

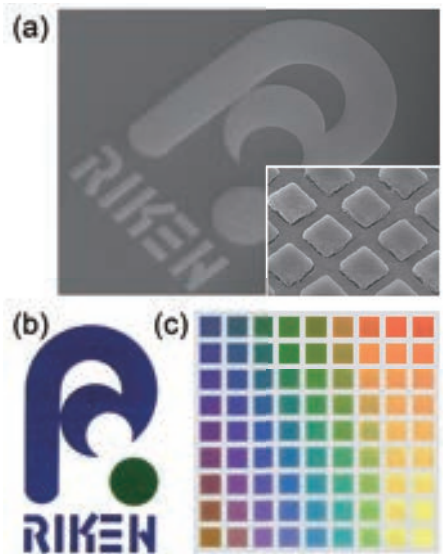
フォトン操作機能研究チーム Innovative Photon Manipulation Research Team

チームリーダー 田中 拓男 博士(工学)



サブ波長構造を用いて
光を思いのままに操る

当チームでは、サブ波長スケールの極微細構造と光波との相互作用やそこから生み出される光学現象や光機能を研究し、さらにそれらを、フォトン进行の思いのままに創成・操作する技術として深化させます。そして、その新しい光科学技術を用いて、ナノメートルスケールの極微細の構造を有する立体構造物を自由に作りだす光加工技術や、分子を1つずつ検出・同定できる超高感度光センシング技術などの実現へと展開します。図はその一例で、図(a)は、サブ波長サイズのアルミニウム構造からなる光吸収体でつくった理研のロゴの電子顕微鏡写真です。この構造は、光の波長と比較して遙かに薄い構造にもかかわらず、そのサイズや形で決まる特定の波長の光を選択的にほぼ完全に吸収します。この構造に白色光を照射して観察したのが図(b)で、高い精度で原図の色を再現できています。構造のサイズを変化させれば、可視光全体をカバーする様々な色を発色させることができます(図(c))。



サブ波長アルミニウム構造によるメタマテリアル光吸収体を用いた「色」

▶ 研究分野

工学、総合領域、総合理工

▶ キーワード

メタマテリアル、プラズモニクス、
ナノフォトニクス、近接場光学、応用光学

▶ 主要論文

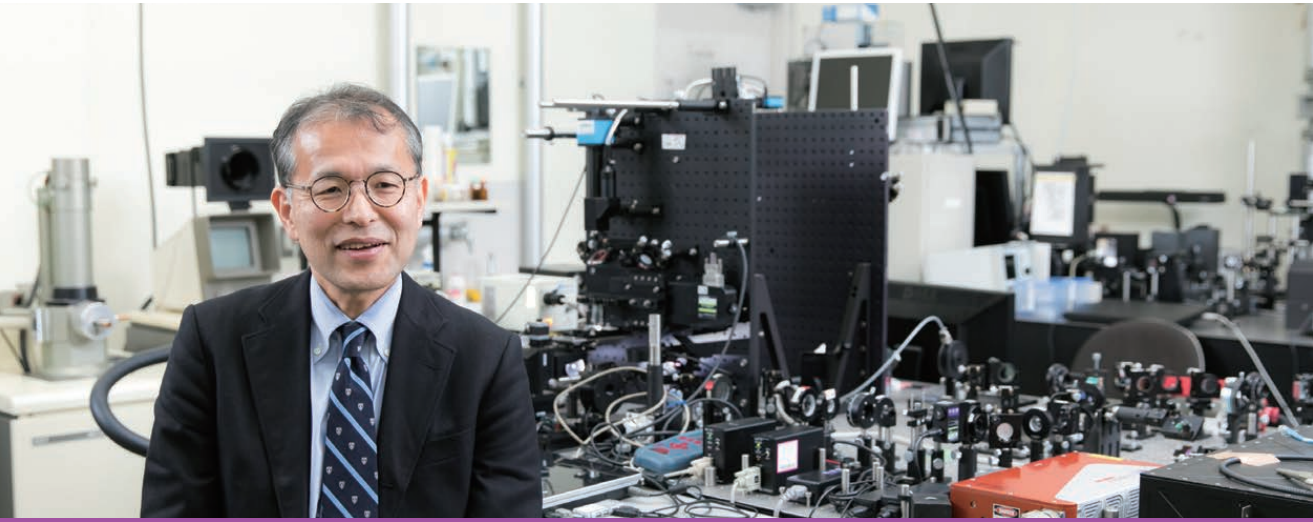
1. Jung, W., Jung, Y., Pikhitsa, P., Feng, J., Yang, Y., Kim, M., Tsai, H., Tanaka, T., Shin, J., Kim, K., Choi, H., Rho, J., and Choi, M.: "Three-dimensional nanoprinting via charged aerosol jets", *nature* 592, 54 (2021).
2. Luo, T., Chu, C., Vyas, S., Kuo, H., Chia, Y., Chen, M., Shi, X., Tanaka, T., Misawa, H., Huang, Y., and Tsai, D.: "Varifocal Metalens for Optical Sectioning Fluorescence Microscopy", *Nano Letters* 21, 5133-5142 (2021).
3. Olaya, C. M., Hayazawa, N., Hermosa, N., and Tanaka, T.: "Angular Goos-H nchen shift sensor using gold film enhanced by surface plasmon resonance", *J. Phys. Chem. A* 125, 451-458 (2021).
4. Balois, M. V., Hayazawa, N., Yasuda, S., Ikeda, K., Yang, B., Kazuma, E., Yakota, Y., Kim, Y., and Tanaka, T.: "Visualization of subnanometric local phonon modes in a plasmonic nanocavity via tip-enhanced Raman spectroscopy in ambient", *NPJ 2D Mater. Appl.* 3, 38 (2019).
5. Le, H.-H.-T., Morita, A., Mawatari, K., Kitamori, T., and Tanaka, T.: "Metamaterials-Enhanced Infrared Spectroscopic Study of Nanoconfined Molecules by Plasmonics-Nanofluidics Hydrd Device", *ACS Photonics* 5, 3179-3188 (2018).

▶ 主要メンバー

早澤 紀彦・OGUCHI Maria Vanessa Balois・
BALGOS Maria Herminia Marallag・
OLAYA Cherrie May Mogueis・山口 剛史

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

チームリーダー 杉岡 幸次 工学博士



▶研究分野

工学、材料科学、総合理工、学際研究

▶キーワード

フェムト秒レーザー、レーザー加工、マイクロ・ナノ加工、3次元加工、バイオチップ

▶主要論文

1. Zhang, D., Li, X., Fu, Y., Yao, Q., Li, Z., and Sugioka, K.: "Liquid vortexes and flows induced by femtosecond laser ablation in liquid governing formation of circular and crisscross LIPSS", *Opto-Electron. Adv.* 5, 210066 (2022).

2. Bai, S., Serien, D., Ma, Y., Obata, K., and Sugioka, K.: "Attomolar sensing based on liquid-interface assisted surface enhanced Raman scattering in microfluidic chip by femtosecond laser processing", *ACS Appl. Mater. Interfaces* 12, 42328–4233 (2020).

3. Bai, S., Serien, D., Hu, A., and Sugioka, K.: "Three-dimensional microfluidic SERS chips fabricated by all-femtosecond-laser-processing for real-time sensing of toxic substances", *Adv. Funct. Mater.* 28, 1706262 (2018).

4. Wu, D., Xu, J., Niu, L., Wu, S., Midorikawa, K., and Sugioka, K.: "In-channel integration of designable microoptical devices using flat scaffold-supported femtosecond-laser microfabrication for coupling-free optofluidic cell counting", *Light Sci. Appl.* 4, e228 (2014).

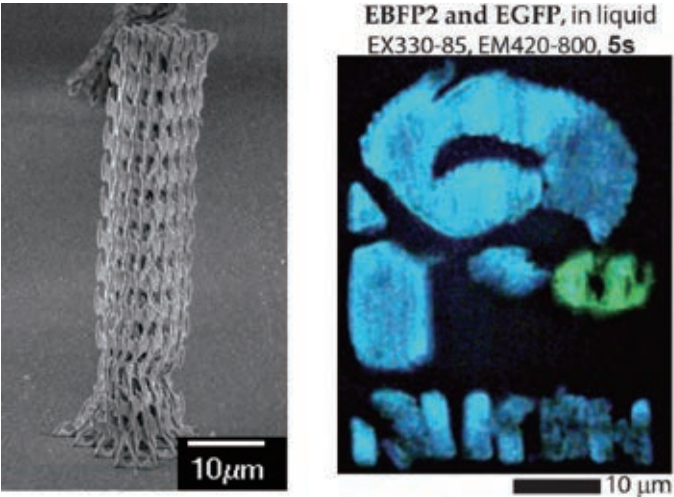
5. Sugioka, K., and Cheng, Y.: "Femtosecond laser three-dimensional micro- and nanofabrication", *Appl. Phys. Rev.* 1, 041303 (2014).

▶主要メンバー

小幡 孝太郎・ZHANG Jiawei・BAI Shi・尾笹 一成・SIMA Felixi・SERIEN Daniela

フェムト秒レーザー 3次元マイクロ・ナノ加工：
純粋なタンパク質からなる3次元構造体の作製

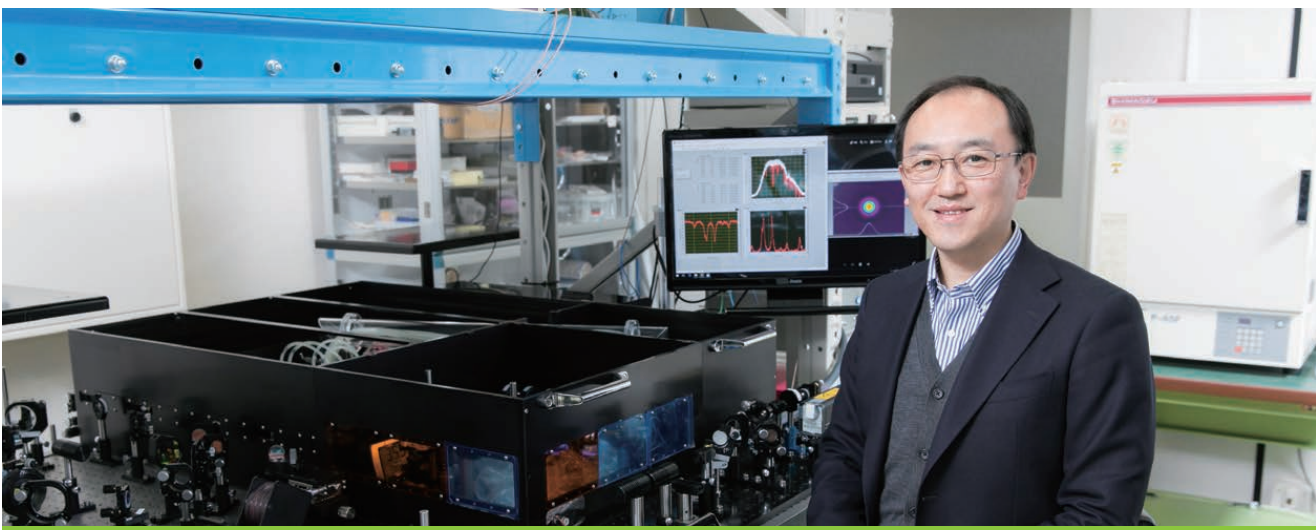
本チームでは、環境負荷が少なく、高品質・高効率の材料加工を実現する先端的なレーザープロセッシング技術の研究・開発を行なっています。特にフェムト秒レーザーを用いることにより、3次元加工、固体表面ナノ構造化、新規ナノ物質創成等を実行する新しいプロセスを開発するとともに、ビーム整形技術によりプロセスの高度化を図っています。開発した技術の応用として、機能マイクロ・ナノデバイス作製も試んでいます。3次元加工の一つとして、純粋なタンパク質からなる3次元マイクロ・ナノ構造体を作製する技術を開発しました。この手法を用いて、複雑な3次元形状のウシ血清アルブミン（BSA）構造体の作製に成功しました。さらに、1つの基板上に高感度青色蛍光タンパク質と高感度青色蛍光タンパク質を形成し、2色同時蛍光イメージ（理研ロゴ）の取得を実現しました。作製したタンパク質の3次元構造体は、細胞培養、再生医療、バイオチップ、マイクロマシーン等、幅広い応用が期待できます。



(左) フェムト秒レーザー 3次元加工技術によって作製された複雑な3次元構造のウシ血清アルブミン（Bovine serum albumin: BSA）。
(右) 高感度青色蛍光タンパク質と高感度青色蛍光タンパク質のフェムト秒レーザー 3次元造形により作製された理研ロゴ。

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

チームリーダー 南出 泰亜 博士（工学）



最先端テラヘルツ波技術で
世界を切り拓く

当チームでは、幅広いテラヘルツ波（THz波）応用分野で利用可能な新しい波長可変THz波光源の開発を、独創的な発想・手法で行い、応用分野の隅々までTHz波光を届けることを目指しています。非線形光学現象を利用して、高性能なTHz波光源開発を行い、「高出力」、「広帯域同調」、「高安定」、「狭線幅（CW）」、「高速・ランダム波長可変」などの新規技術開発に取り組み、研究を進めています。また、高感度なTHz波検出に関する研究や、世界に向けたTHz波領域のスペクトルデータベースの公開も積極的に行っています。一方、研究グループ間での共同研究も行い、開発した光源と組み合わせた応用展開、THz波応用分野の開拓にも尽くします。研究進展において必要な技術開発などは、広く産業界の協力を得ながら、世界をリードするTHz波光源・検出・応用の確立を目指します。



超小型テラヘルツ波光源（左）と有機非線形光学結晶（右）

▶研究分野

工学、総合理工

▶キーワード

高出力テラヘルツ波光源開発、高感度テラヘルツ波検出、テラヘルツ波応用、非破壊検査応用、非線形光学

▶主要論文

1. Takida, Y., Nawata, K., Notake, T., Otsuji, T., and Minamide, H.: "Optical up-conversion-based cross-correlation for characterization of sub-nanosecond terahertz-wave pulses", *Optics Express* 30, 7, 11217–11227 (2022).

2. 南出泰亜: "後進テラヘルツ波パラメトリック光源", *CSJ 42 Current Review42* 赤外線・化学利用・近赤外からテラヘルツまで- 32-36 (2021).

3. Minamide, H., Nawata, K., Moriguchi, Y., Takida, Y., and Notake T.: "Injection-seeded terahertz-wave parametric generator with timing stabilized excitation for nondestructive testing applications", *Review of Scientific Instruments* 92, 9, 093002, 1-8 (2021).

4. Shibuya, K., Nawata, K., Nakajima, Y., Fu, Y., Takahashi, E., Midorikawa, K., Yasui, T., and Minamide, H.: "Characteristics of nonlinear terahertz-wave radiation generated by mid-infrared femtosecond pulse laser excitation", *Appl. Phys. Express* 14, 9, 092004 (2021).

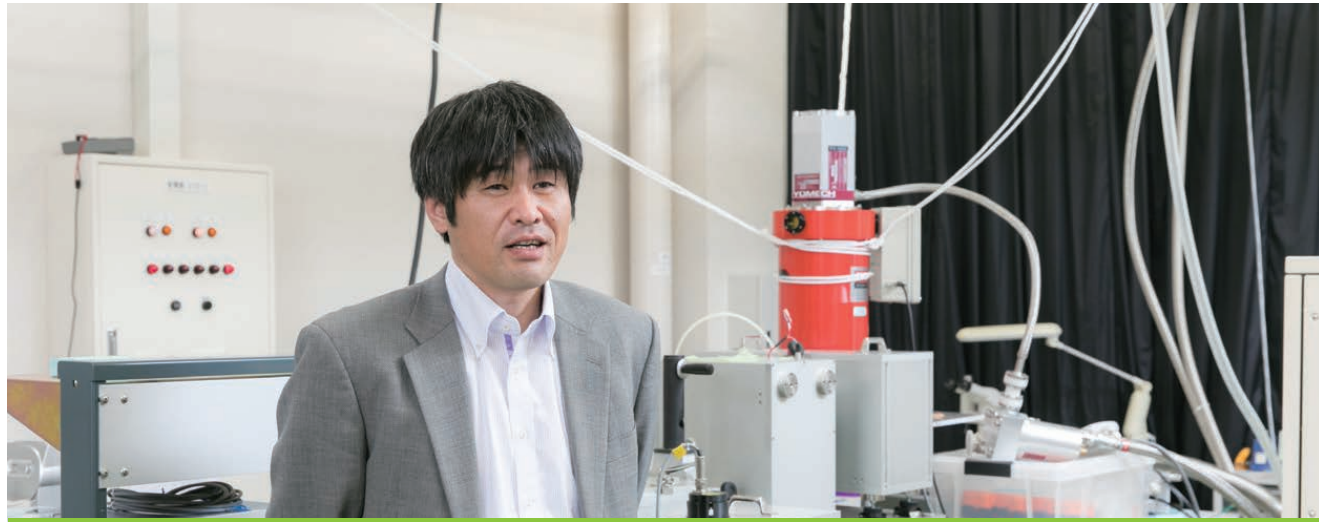
5. Han, Z., Ohno, S., and Minamide, H.: "Electromagnetic Wave Tunneling from Metamaterial Antiparallel Dipole Resonance", *Adv. Photonics Res.* 2, 2000186, 1-7 (2021).

▶主要メンバー

瀧田 佑馬・野竹 孝志・縄田 耕二・大野 誠吾・森口 祥聖

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

チームリーダー 大谷 知行 博士 (理学)



▶ 研究分野

総合理工、工学、宇宙科学、化学、物理学、分子生物／遺伝学、農学

▶ キーワード

テラヘルツ科学、テラヘルツ分光、テラヘルツイメージング、テラヘルツ制御、超伝導検出器

▶ 主要論文

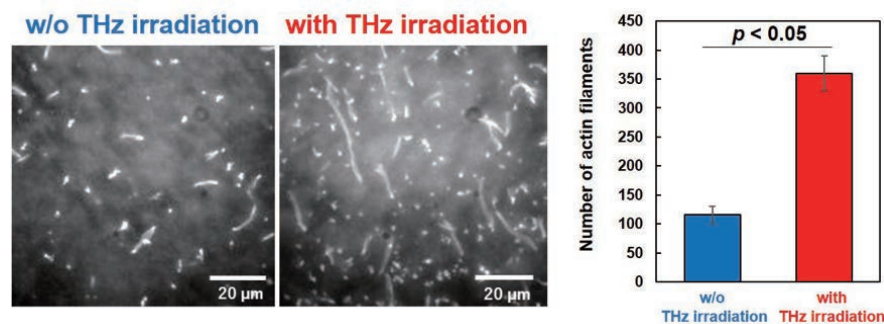
1. Feng, C. H., Otani, C., and Ogawa, Y.: "Innovatively identifying naringin and hesperidin by using terahertz spectroscopy and evaluating flavonoids extracts from waste orange peels by coupling with multivariate analysis", *Food Control* vol.137, 108897 (2022).
2. Yamazaki, S., Ueno, Y., Hosoki, R., Saito, T., Idehara, T., Yamaguchi, Y., Otani, C., Ogawa, Y., Harata, M., and Hoshina, H.: "THz irradiation inhibits cell division by affecting actin dynamics", *PLoS One* 16, e0248381 (2021).
3. Momiyama, H., Sasaki, Y., Yoshimine, I., Nagano, S., Yuasa, T., and Otani, C.: "Depth super-resolved imaging of infrastructures defects using a terahertz-wave interferometer", *NDT&E Int'l* vol. 120, 102431 (2021).
4. Yamashita, M., and Otani, C.: "Intrinsic and extrinsic effects on intraband optical conductivity of hot carriers in photoexcited graphene", *Physical Review Research* 3, 013150 (2021).
5. Ikeda, S., Yamashita, M., and Otani, C.: "Hot carrier dynamics and electron-phonon coupling in photoexcited graphene via time-resolved ultrabroadband terahertz spectroscopy", *Physical Review Research* 3, 043143 (2021).

▶ 主要メンバー

保科 宏道・佐々木 芳彰・
Miguel Hernandez Javier・CHEN Mingxi・
上野 佑也

テラヘルツセンシング、 イメージングと応用開拓

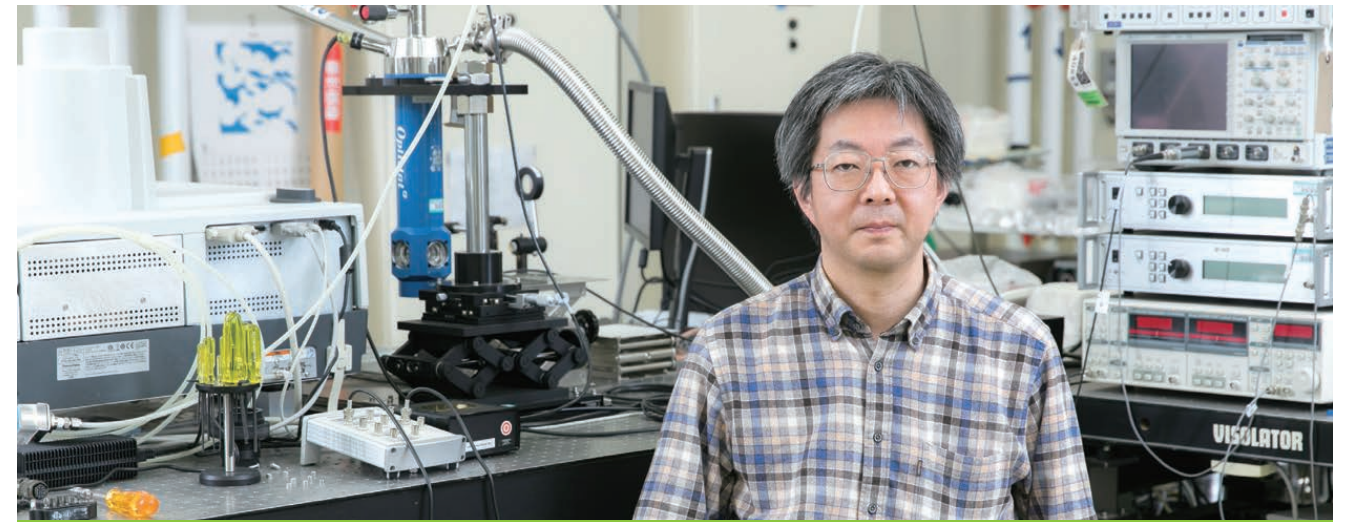
テラヘルツ光は、物質透過性や物質固有の吸収スペクトルの存在といった特長を有し、研究・産業の広範な分野で利用が期待されています。当チームでは、テラヘルツ光をプローブとするセンシングとイメージングを基軸として、新技術開発と研究・応用分野開拓を進めています。特に、テラヘルツ光の照射による分子構造と機能の制御に関する研究、高分子のテラヘルツ分光学研究、超高感度ミリ波・テラヘルツ波イメージングデバイス開発とそれを用いた観測的研究、高強度テラヘルツ光による物性物理学的研究などを行うとともに、企業・外部機関と連携して種々の応用開拓も進めています。



(左) 生体高分子(アクチン繊維)の蛍光顕微鏡像。
(右) テラヘルツ光照射によるアクチン繊維形成数の増加。

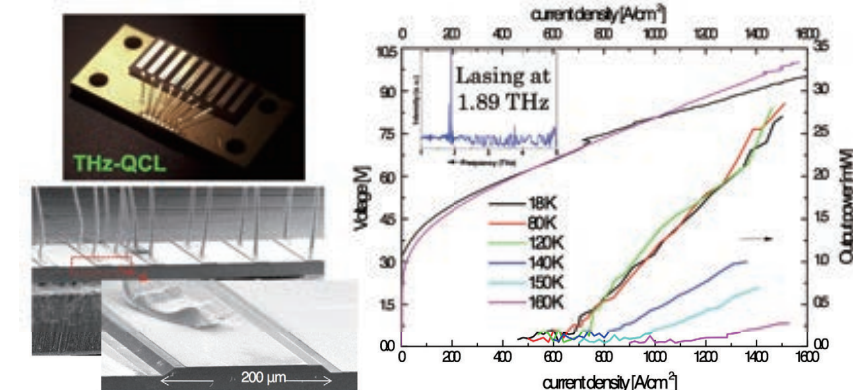
テラヘルツ量子素子研究チーム Terahertz Quantum Device Research Team

チームリーダー 平山 秀樹 博士 (工学)



コンパクト、ポータブルな テラヘルツレーザー光源の開発

電波の透過性と、光の高分解能の両方の性質を有するテラヘルツ光は、各種透視・非破壊検査用の光源として幅広い応用分野での利用が期待されています。我々は、大変コンパクトで携帯可能、高出力なテラヘルツ光源として期待されている、テラヘルツ量子カスケードレーザー (THz-QCL) の開発を行っています。新規量子サブバンド構造や窒化物半導体などの導入により、これまで不可能であった室温発振や動作周波数領域の拡大を行うことにより、社会への実装を目指したTHz-QCLの開発を行っています。次世代のコンパクト・テラヘルツイメージング素子を開発することにより、近未来の豊かな社会の実現を目指しています。



テラヘルツ量子カスケードレーザー (THz-QCL) の構造と動作特性

▶ 研究分野

光デバイス工学、量子エレクトロニクス、半導体物性

▶ キーワード

テラヘルツ、量子カスケードレーザ、サブバンド間遷移、窒化物半導体レーザー、分子線エビタキシー

▶ 主要論文

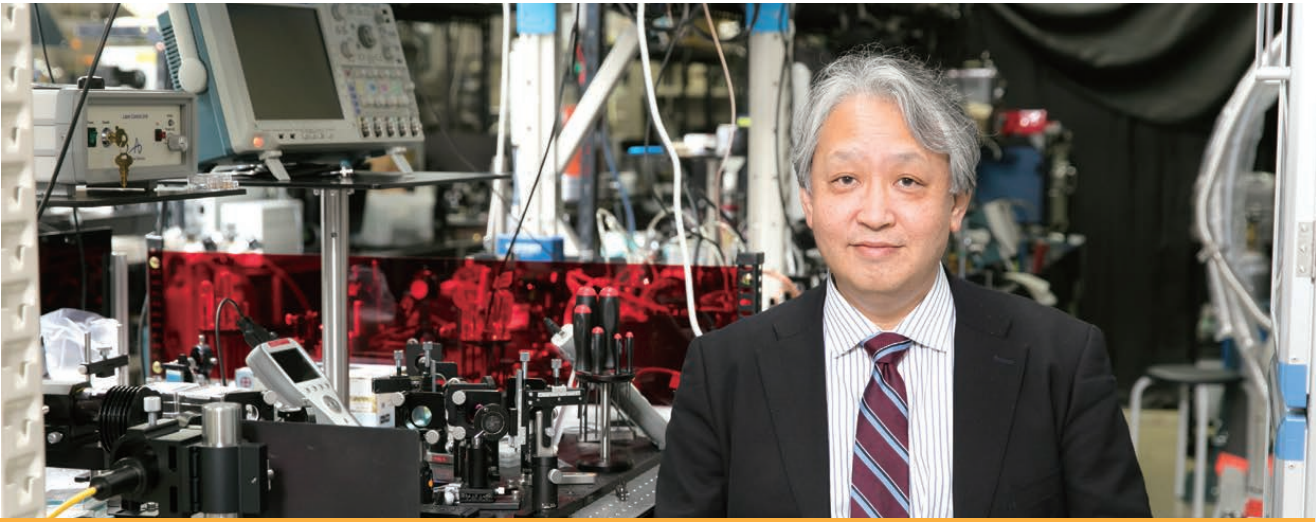
1. Wang, L., Lin, T., Wang, K., Grange, T., and Hirayama, H.: "Leakage suppression by isolating the desired quantum levels for high temperature terahertz quantum cascade lasers", *Scientific reports* 11, 23634 (2021).
2. Wang, L., Lin, T., Wang, K., Grange, T., and Hirayama, H.: "Engineering of electron-longitudinal optical phonon coupling strength in m-plane GaN terahertz quantum cascade lasers", *Applied physics Express* 14, 11, 112003 (2021).
3. Wang, L., Lin, T., Wang, K., Grange, T., Birner, S., and Hirayama, H.: "Short-period scattering-assisted terahertz quantum cascade lasers operating at high temperatures", *Scientific Reports* 9, 9446 (2019).
4. Wang, L., Lin, T., Wang, K., and Hirayama, H.: "Parasitic transport paths in two-well scattering-assisted terahertz quantum cascade lasers", *Applied Physics Express* 12, 8, 082003-1-5 (2019).
5. Lin, T., Wang, L., Wang, K., Grange, T., and Hirayama, H.: "Optimization of terahertz quantum cascade lasers by suppressing carrier leakage channel via high-energy state", *Appl. Phys. Express* 11, 11, 112702 1-5 (2018).

▶ 主要メンバー

林 宗澤・WANG Li・定 昌史・WANG Ke

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

チームリーダー 和田 智之 Ph.D.



▶ 研究分野

工学、物理学、生物学/生化学、農学、医薬薬学

▶ キーワード

素粒子制御・計測、医療・農業計測、微量ガス計測、自然エネルギー利用、宇宙利用

▶ 主要論文

1. Miyata, K., Kato, K., Wada, S., and Petrov, P.: "Thermo-optic dispersion properties of CdSe for parametric nonlinear interactions ", *Opt. Mater. Express* 12, 963-969 (2022).

2. Fujii, K., Goto, T., Koike, K., Sugiyama, M., Nakamura, S., and Wada, S.: "Carrier Pathway for Photoelectrochemical Water Oxidation with Intermediate State in n-type GaN Compared with Route of Anodic Corrosion", *The Journal of Physical Chemistry C* 125 (16), 8562-8569 (2021).

3. Matsuura, R., Lo, C.W., Wada, S., Somei, J., Ochiai, H., Murakami, T., Saito, N., Ogawa, T., Shinjo, A., Benno, Y., Nakagawa, M., Takei, M., and Aida, Y.: "SARS-CoV-2 disinfection of air and surface contamination by TiO2 photocatalyst-mediated damage to viral morphology, RNA, and protein", *Viruses* 13, 942 (2021).

4. Tsuyama, S., Taketani, A., Murakami, T., Sakashita, M., Miyajima, S., Ogawa, T., Wada, S., Maeda, H., and Hanada, Y.: "Quantitative prediction of a functional ingredient in apple using Raman spectroscopy and multivariate calibration analysis", *Appl. Phys. B* 127, 92 (2021).

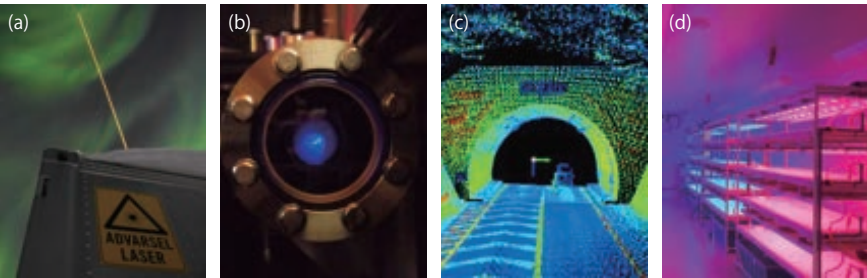
5. Yumoto, M., Kawata, Y., Abe, T. Matsuyama, T., and Wada, S.: "Non-destructive mid-IR spectroscopy with quantum cascade laser can detect ethylene gas dynamics of apple cultivar 'Fuji' in real time", *Sci. Rep.* 11, 20695 (2021).

▶ 主要メンバー

斎藤 徳人・加瀬 究・松山 知樹・佐々 高史・小川 貴代・湯本 正樹・藤井 克司・宮田 憲太郎・丸山 真幸・村上 武晴・小田切 正人・伊敷 喜斗・坂下 亨男・津野 克彦・種石 慶・森下 圭・川田 靖・岡下 敏宏・大野 陽子・松本 健

基礎科学の研究や社会課題解決の要となる
光量子技術の開発

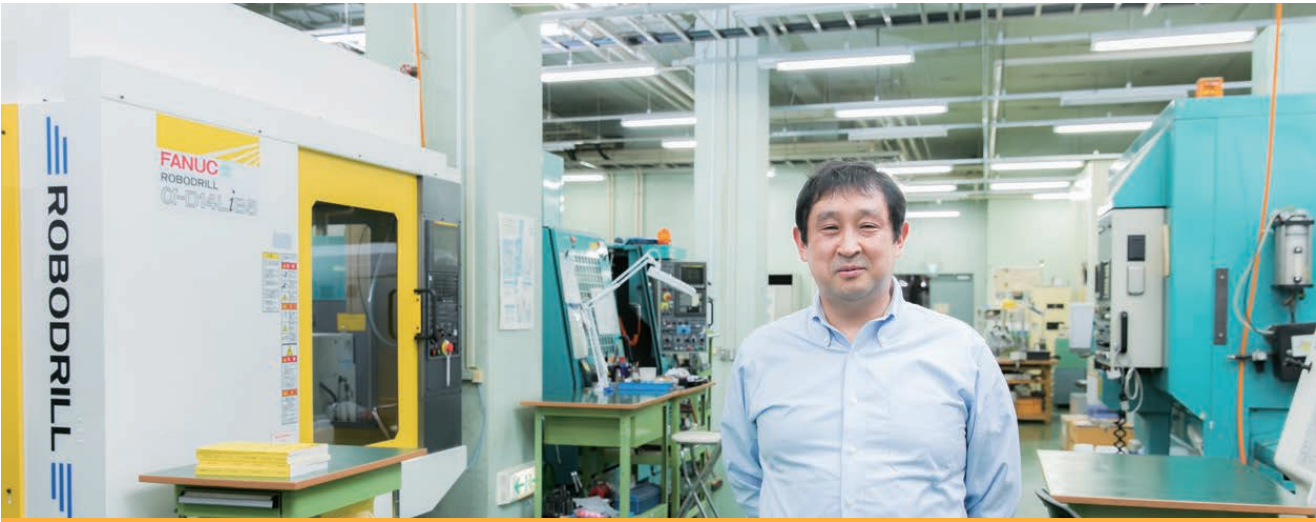
当チームは、自然環境の保護、健康維持、老化化したインフラの検査やエネルギー資源問題など、人類の暮らしにおける重要な課題に、光技術を駆使して取り組んでいます。具体的な研究の柱として、生活や産業現場で発生するさまざまなガスを計測対象とした光学的遠隔検知システム、高エネルギー宇宙線の飛来の有無や太陽活動の指標となる大気情報を得るための大気モニター用リモートセンシングシステム、健康状態を知る手がかりとなるレーザー呼吸計測技術、トンネルの劣化を検出するための近距離ライダー、太陽光を直接エネルギー源としたレーザーシステムの開発を推進しています。また、次世代のバイオ、医療、農業への応用を目的とした、新しい医療用レーザー、光音響計測法、光生体反応センシングシステムの開発にも取り組んでいます。これらの研究を通して、人類が安全、安心に生活できる社会環境を形成、保持していくことに貢献します。併せて、素粒子物理学のブレークスルーに必須の要素技術、高出力ライマン α コヒーレント光源の開発とそれを用いた粒子制御、レーザーを基礎とした小型中性子源などの基礎科学の研究も推進しています。これらの応用研究は、光材料、光制御にかかわる基礎研究の成果として得られています。



(a) ナトリウムライダーによる超高層大気物理の現象解明。
(b) 超低速ミュオン発生のためのコヒーレントライマン α 共鳴放射（サリチル酸メチルの蛍光）。
(c) レーザーインフラ計測。 協力 静岡県交通基盤部、(株)トプコン
(d) 植物栽培への光量子制御技術の導入。

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

チームリーダー 山形 豊 博士（工学）



▶ 研究分野

工学、総合理工

▶ キーワード

超精密加工、超精密計測、非球面光学素子、生産技術、中性子光学素子

▶ 主要論文

1. Heacock, B., Fujie, T., Haun, W.R., Henins, A., Hirota, K., Hosobata, T., Huber, M.G., Kitaguchi, M., Pushin, D.A., Shimizu, H., Takeda, M., Valdillez, R., Yamagata, Y., and Young, A.R.: "Pendellosung interferometry probes the neutron charge radius, lattice dynamics, and fifth forces", *Science* 373, 1239-1243 (2021).

2. Yamada, N., L., Hosobata, T., Nemoto, F., Hori, K., Hino, M., Izumi, J., Suzuki, K., Hirayama, M., Kanno, R., and Yamagata, Y.: "Application of precise neutron focusing mirrors for neutron reflectometry: latest results and future prospects", *J. Appl. Cryst.* 53 (2020).

3. Saiki, T., Hosobata, T., Kono, Y., Takeda, M., Ishijima, A., Tamamitsu, M., Kitagawa, Y., Goda, K., Morita, S., Ozaki, S., Motohara, K., Yamagata, Y., Nakagawa, K., and Sakuma, I.: "Sequentially timed all-optical mapping photography boosted by a branched 4f system with a slicing mirror", *Opt. Express* 28, 31914-31922 (2020).

4. Hosobata, T., Yamada, N., L., Hino, M., Yoshinaga, H., Nemoto, F., Hori, K., 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>

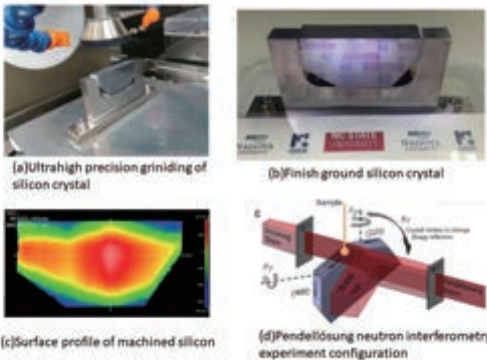
5. Notake, T., Takeda, M., Okada, S., Hosobata, T., Yamagata, Y., and Minamide, H.: "Characterization of all second-order nonlinear-optical coefficients of organic N-benzyl-2-methyl-4-nitroaniline crystal", *Scientific Reports* 9(1) (2019), DOI: 10.1038/s41598-019-50951-1

▶ 主要メンバー

城田 幸一郎・田島 右副・滝澤 慶之・青山 哲也・海老塚 昇・青木 弘良・細島 拓也・江川 悟・竹田 真宏

超精密加工技術で
先端的光学素子を開発

当チームは、先端的な超精密／微細加工技術の開発とそれらを利用した先端的科学機器の開発を通じ理化学研究所内外の基礎科学研究をサポートし、更には産業 界や社会の役に立つ技術を開発することを目的としています。主な研究開発課題は、(1) 超精密光学素子のデザイン・加工・計測・シミュレーション技術、特に金属基材を用いた中性子集光ミラー開発、(2) 超精密切削加工などによる微細構造形成技術、(3) マイクロ流路等を用いた生物・生化学のための先端的危機の研究開発等を行っています。これらの研究開発課題は、他の支援チームとは異なり原則として共同研究を基礎とした方式により行っています。



ペンデル干渉実験用のシリコン単結晶の超精密加工・計測

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

チームリーダー 大竹 淑恵 理学博士



▶ 研究分野

物理学、工学、総合理工

▶ キーワード

加速器小型中性子源システム、金属材料組織観察、インフラ非破壊観察技術開発、コンクリート劣化水分空隙可視化、コンクリート内部塩分検出（中性子誘導即発γ線分析）

▶ 主要論文

1. Kobayashi, T., Ikeda, S., Otake, Y., Ikeda, Y., and Hayashizaki, N.: "Completion of a new accelerator-driven compact neutron source prototype RANS-II for on-site use", *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A*. Vol.994, 165091 pp1-6 (2021).
2. 藤田訓裕, 岩本ちひろ, 高梨宇宙, 大竹淑恵, 野田秀作, "散乱中性子イメージング法を用いた道路橋床版の滯水・土砂化検知システム" 日本材料学会第21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論文集.Vol. 21, pp484-489 (2021).
3. Otake, Y.: "RIKEN Accelerator-driven compact Neutron systems, RANS project -RANS, RANS-II, III, RANS-μ-" *J. Neutron Res.* vol. 23, no. 2-3, pp119-125 (2021).
4. Wakabayashi, Y., Yan, M., Takamura, M., Ooishi, R., Watase, H., Ikeda, Y., and Otake, Y.: "Conceptual study of salt-meter with 252Cf neutron source for on-site inspection of bridge structure" *J. Neutron Res.* vol. 23, no. 2-3, pp207-213 (2021).
5. Xu, P.G., Ikeda, Y., Hakoyama, T., Takamura, M., Otake, Y., and Suzuki, H.: "In-house texture measurement using a compact neutron source", *J Appl Crystallogr* Vol.53, pp444-454 (2020).

▶ 主要メンバー

竹谷 篤・高村 正人・小林 知洋・若林 泰生・水田 真紀・高梨 宇宙・藤田 訓裕・岩本 ちひろ・YAN Mingfei・池田 翔太・後藤 誠

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開発

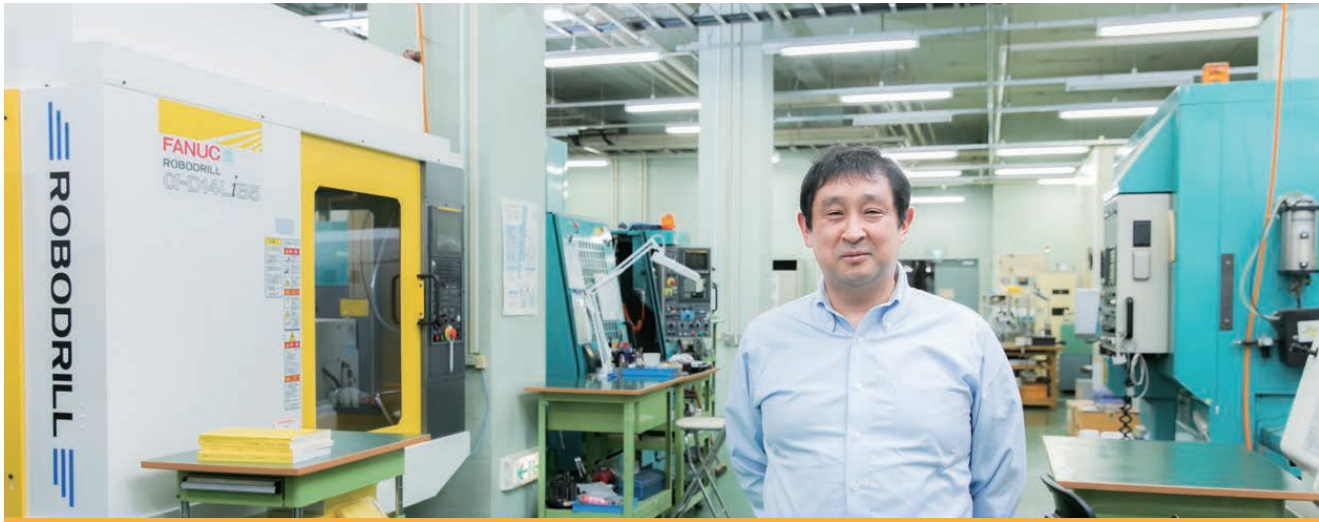
私たちは理研キャンパス内において小型中性子源システムを基軸とする新しいコンパクト線源および非破壊計測技術の研究開発を行っています。理研小型中性子源システムRANS(ランズ RIKEN Accelerator-driven compact neutron source)は、大きく二つの開発目標があり、一つは、ものづくり分野など産業利用の現場で利用できるコンパクトな評価解析装置システムの実現、もう一つは、社会ならびに産業インフラ予防保全、防災に役立つ非破壊観察技術の開発です。RANSでは塗膜鋼材腐食と水の動きの可視化定量評価法の確立、コンクリート内の空隙および水に対する反射中性子（後方散乱中性子）を利用する非破壊検査法を世界で初めて開発し、さらに塩害による劣化を初期予防するための塩分検出技術開発に取り組んでいます。また高張力鋼板等の革新材料開発に貢献する、複相鋼板オーステナイト相分率の高精度評価（1%以下）に成功しました。これにより、ますます小型中性子源の利用範囲が拡大されるとともに、コンパクトな中性子源システムが現場で利用されることが期待されます。



床版内部劣化非破壊検出システム（未来予想図）
小型中性子源反射型イメージングによるアスファルト層の下の劣化を見つける

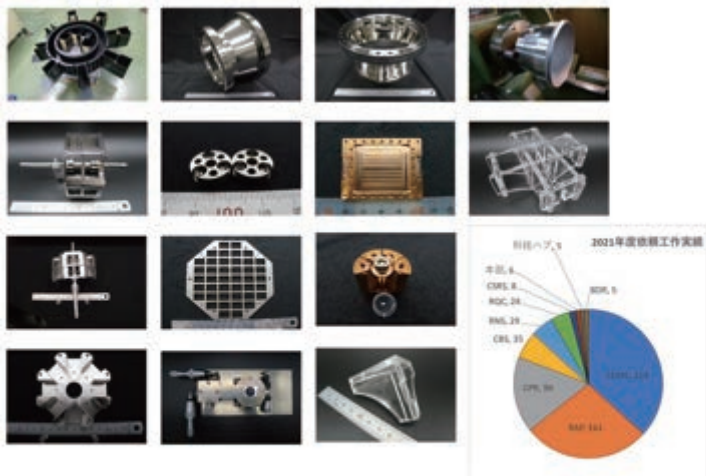
技術基盤支援チーム Advanced Manufacturing Support Team

チームリーダー 山形 豊 博士（工学）



研究工作物の例と
研究支援件数の分布

研究室が広範な分野にわたって基礎および応用の研究を円滑かつ効率的に推進していくためには、これを支え、促進し得るような、様々な先端的な研究用実験装置の確保、あるいは装置改造等が必要不可欠です。当チームの主任務は、研究者からの要求に応じて、それらの装置を開発、製作することであり、装置の構想・詳細設計、製作、あるいは既設置の改良・改修等を一貫して行うことにあります。また、機械工作、ガラス工作、電気工作に関わる技術相談や技術指導に応じるとともに、マシンショップの管理も行っています。そのためにエンジニアリング能力と製造技能を磨き、業務のスピードアップなどにたゆまない向上を行っています。



研究機器製作品の例と2021年度の工作依頼件数の分布

▶ 研究分野

工学、総合理工

▶ キーワード

生産技術、機械加工、レーザー加工、CAD/CAM/CAE、3Dプリンター

▶ 主要論文

1. Heacock, B., Fujiie, T., Haun, W.R., Henins, A., Hirota, K., Hosobata, T., Huber, M.G., Kitaguchi, M., Pushin, D.A., Shimizu, H., Takeda, M., Valdillez, R., Yamagata, Y., and Young, A.R.: "Pendellosung interferometry probes the neutron charge radius, lattice dynamics, and fifth forces", *Science* 373, 1239-1243 (2021).
2. Teshima, Y., Hosoya, Y., Sakai, K., Nakano, T., Tanaka, A., Aomatsu, T., Yamazawa, K., Ikegami, Y., and Watanabe, Y.: "Development of Tactile Globe by Additive Manufacturing", *Springer LNCS* 12376, 419-426 (2020).
3. Yamazawa, K., Teshima, Y., Watanabe, Y., Ikegami, Y., Fujiyoshi, M., Oouchi, S., and Kaneko, T.: "Three-Dimensional Model Fabricated by Layered Manufacturing for Visually Handicapped Persons to Trace Heart Shape", *Springer LNCS* 7383, 505-508 (2012).
4. Oouchi, S., Yamazawa, K., and Secchi, L.: "Reproduction of Tactile Paintings for Visual Impairments Utilized Three-Dimensional Modeling System and the Effect of Difference in the Painting Size on Tactile Perception", *Springer LNCS* 6180, 527-533 (2010).
5. Yamazawa, K., Hashizume, D., Nakao, A., Anzai, M., Narahara, H., and Suzuki, H.: "Proposal for Artificial Bone Formation using Powder-layered Manufacturing: Surface and Internal Chemical Composition of Formed Artificial Bone", *Transactions of the Japanese Society for Medical and Biological Engineering* Vol.47, No. 4, 359-365 (2009).

▶ 主要メンバー

山澤 建二・池田 滋・藤本 武・竹田 真宏・綿貫 正大・高橋 一郎・霜田 進