

6-2 メゾスコピック計測研究センター

メゾスコピック計測研究センター（以後「本センター」）は、旧分子制御レーザー開発研究センター（平成9年4月設立）からの改組により、平成29年4月に設立された。分子科学研究所の研究対象は、広い意味での分子物質であることは設立当初から変わらないが、当初は一つ一つの分子の挙動に重点を置いて注目されていたのが、最近では様々な分子やナノ構造体などがシステムを作って発現する機能・特性の解明と制御、及び新しい機能を持つシステムの構築に重点がシフトしてきている。それによって、分子の物質・エネルギー・情報変換能力を精緻に引き出すことが初めて可能になると考えられる。そのような新しい研究の方向性に対応する一つの方策として、分子科学研究所では平成25年4月に協奏分子システム研究センターが設立されたところである。

分子計測の先端的手法では、時間、空間、波長、パワーなどにおいて極限に向かう方向が精力的に推し進められ、大きな成果を上げてきた。そうした手法では、理想化された極限条件下で系に大きなエネルギーの擾乱を与えて素過程の挙動を解析する方法が一般的であった。現在もその方式の重要性に変わりはないが、このような従来型計測法の可能性と限界も少しずつ明らかになってきている。本センターでは、従来の手法とは一線を画した、繊細・広帯域・多次元の計測解析手法で分子システムの挙動・機能のありのままの姿に迫り、また低摂動・超精密制御で新たな量子機能を創出する、革新的実験法の開発が必要という立場をとる。新たな分子能力の創発の現場を、マクロ階層の強靱でロバスタな性質と、ミクロ階層の機能に富む特性が絡んだメゾスコピック領域に求め、分子の機能や反応の契機となる過程を明らかにするために、広い時空間領域で階層間のエネルギー・情報の変換を可視化する新発想の計測開発手法を開発する。（ここでいうマクロ、ミクロ、メゾスコピックは、相対的な階層であり、扱う系によって実際のスケールは異なる。また空間だけではなく、時間領域についてもメゾスコピック領域が考えられる。）これらを通じて、分子の素過程が系全体の大域的な機能を生む機構を解明する研究などに主眼を置いて推進する。この目的のために、旧分子制御レーザー開発研究センターの研究業績・資産を引き継ぎながらも、分子科学研究所の基盤となる四つの領域から関連する研究を遂行する研究者の参画を得て、それらをまたぐ領域横断的なセンターとして設置することとした。これにより、同様な組織構成を取った協奏分子システム研究センターとともに、分子物質のシステムとしての挙動・機能を研究する両輪として研究活動を展開することが可能となった。

このような新しい分子計測制御法を開発・利用していくためのセンターとして、平成29年4月の発足時に以下の3部門と担当教員を置くこととした。

- (1) 物質量子計測研究部門：大森賢治（教授、光分子科学研究領域からの兼任）、信定克幸（准教授、理論・計算分子科学研究領域からの兼任）
- (2) 繊細計測研究部門：岡本裕巳（教授・センター長、専任）、平等拓範（准教授、専任）
- (3) 広帯域相関計測解析研究部門：飯野亮太（教授、生命・錯体分子科学研究領域からの兼任）、藤 貴夫（准教授、専任）

専任研究グループに所属する助教等のスタッフも本センターの各研究部門に所属する。また、旧分子制御レーザー開発研究センターに所属した技術職員も、引き続き本センターに所属させる。今後分子科学研究所に採用される教授・准教授も、状況に応じて上記のいずれかの部門の専任または兼任ポストを占めることが想定されている。それぞれの部門の任務は、(1) 蓄積のある光観測・制御法を先鋭化し、更に量子系の構造変形を操作することによって、新しい量子相を作り出して制御し、量子情報処理など新規な分子の能力を引き出す；(2) 時空間を分解した計測法、増強光場を利用した超高感度・並列計測等による低摂動で繊細な分子計測法等を開発し、分子のありのままの姿を非破壊的に観測する；(3) 多変数スペクトロスコピー・多次元解析手法、高分解能広帯域計測法とその解析法を開発して分子の能力とそれを司る物理過程を明らかにし、従来とは質の異なる情報を獲得する革新的手法を開拓する；等を目指している。なお、信定准教授は平成30年1月に残念ながら逝去された。平等准教授は平成30年10月に理化学研究所（放射光科学研究センター）に、また藤准教授は平成31年4月に豊田工業大学に、それぞれ転出した。これらの研究領域の扱いについては今後の検討となる。一方、平成30年5月には杉本敏樹准教授が物質分子科学研究領域からの、また

令和元年11月には江原正博教授と南谷英美准教授が理論・計算分子科学研究領域からの併任として就任した。

以上のような方針で分子システムの計測解析に関する研究を遂行すること、及びそれを通じて我が国の関連研究コミュニティにおける人材育成に寄与することが本センターの主なミッションであるが、同時にここで開発された新しいメゾスコピック計測手法を共同研究に供することも重要な機能の一つである。各研究グループの協力研究やその他のチャンネルの共同研究を通じてそれを実施するほか、適宜醸成された計測手法・技術に関するセミナー等を開催することを計画している。また、さらに新たな革新的計測手法の開拓を念頭に置いた、萌芽的研究テーマとアイデアの発掘、可能性及び将来構想を議論する研究会等の開催も視野に入れている。旧分子制御レーザー開発研究センターでは、分子科学研究所と理化学研究所の連携融合事業「エクストリーム・フォトニクス」を推進する母体となり、その主な研究活動終了後も、合同シンポジウム等の活動を自主的に継続してきたが、本センターはこの活動の継続のための推進母体ともなることが想定されている。なお、旧分子制御レーザー開発研究センターは、発足当初、種々の共用機器を保有して施設利用に供していたが、現在ではそれらの機器とその利用は全て機器センターに移っており、それを受けて本センターでは施設利用は想定していない。

繊維計測研究部門

岡 本 裕 巳（教授）（2000 年 11 月 1 日着任）

A-1) 専門領域：ナノ光物理化学

A-2) 研究課題：

- a) 先端的な近接場分光法の開発とプラズモン物質の特性に関する研究への展開
- b) ナノ構造物質におけるキラリティと局所的な光学活性
- c) 光によるナノ物質の力学操作手法の開発

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) ナノ構造物質の観察と、特徴的な光学的性質、励起状態の超高速ダイナミクス等を探るための、近接場分光イメージング装置を開発し、試料の測定を行ってきた。基本的なシステムの完成後プラズモン物質を中心にナノ光学の研究に用いてきた。光学像の横方向分解能は 50nm 程度である。各種形状貴金属ナノ構造体の分光及び超高速ダイナミクスの近接場分光イメージング計測を行い、プラズモンモードの波動関数の二乗振幅や微粒子周辺の増強電場のイメージング、プラズモン波束の運動の可視化等が可能であることを示した。また近接場光学活性イメージング法を開発し、金属ナノ構造の局所光学活性、キラルな光場の空間構造とその利用の研究に適用しており、これが次に述べるように現時点でのグループの主要な研究内容に発展している。
- b) キラルな構造を持つ金ナノ構造体（主に 2 次元構造）を電子線描画法で作製し、開発した近接場光学活性イメージング装置を用い、局所的な光学活性を測定した。局所的な円二色性信号が巨視的な円二色性信号に比べて極めて大きくなることを見出し、また局所的な強い光学活性がナノ構造内の遠隔的な電磁気学相互作用で現れていること、高い対称性を持つアキラルな金属ナノ長方形構造において、巨視的な光学活性は当然現れないが、局所的には強い光学活性を示すこと、局所的な誘起双極子が局所的な円偏光場の起源になること等、幾つかの基礎的に重要な結果が得られている。これらの発展として、金属ナノ構造と分子とのキラルな光学的相互作用に関する研究を開始し、国内外の幾つかの研究グループとの共同研究も実施している。蛍光分子とキラルな金属ナノ構造の組み合わせにより、高い円偏光度を示す蛍光が得られ、その起源をプラズモンモードとの関連において明らかにした。通常の遠方場の顕微鏡においても光学活性によるイメージングは未開拓であるが、我々は高い精度・確度で顕微光学活性イメージングを可能とする装置を開発し、微結晶試料、液晶、生体組織等へのその応用を、共同研究を通じて開始している。キラルな構造を持つ金属有機構造体（MOF）微結晶の掌性同定に成功しており、多数の微結晶の掌性同定に有効であることが確認されている。
- c) レーザー光を強く集光すると、その焦点に微粒子がトラップされる（光トラッピング）。この時入射光にフェムト秒レーザーパルスを用いることで、非線形誘起分極によって、従来の光トラッピングとは全く異なる挙動を示すことを、数年前に報告した。非線形効果、共鳴効果を有効利用することで、このような光による力学的マニピュレーションの自由度が格段に広がることが予想される。また光と物質のキラリティもその挙動に影響を及ぼすことが予想され、予備的な結果を得ている。この研究展開を図ることを、今後の研究の今一つの柱とする。

B-1) 学術論文

S. HASHIYADA, T. NARUSHIMA and H. OKAMOTO, “Active Control of Chiral Optical Near Fields on a Single Metal Nanorod,” *ACS Photonics* **6**, 677–683 (2019).

T. YAMADA, T. EGUCHI, T. WAKIYAMA, T. NARUSHIMA, H. OKAMOTO and N. KIMIZUKA, “Synthesis of Chiral Labt and Visualization of Its Enantiomer Excess by Induced Circular Dichroism Imaging,” *Chem. –Eur. J.* **25**, 6698–6702 (2019).

C. GILROY, S. HASHIYADA, K. ENDO, A. S. KARIMULLAH, L. D. BARRON, H. OKAMOTO, Y. TOGAWA and M. KADODWALA, “Roles of Superchirality and Interference in Chiral Plasmonic Biodetection,” *J. Phys. Chem. C* **123**, 15195–15203 (2019).

K. Q. LE and H. OKAMOTO, “Circularly Polarized Two-Photon-Induced Luminescence from Plasmonic Two-Dimensional Chiral Au Nanostructures,” *J. Phys.: Conf. Ser.* **1220**, 012004 (4 pages) (2019).

S. HASHIYADA, K. ENDO, T. NARUSHIMA, Y. TOGAWA and H. OKAMOTO, “Spectral Properties of Chiral Electromagnetic Near Fields Created by Chiral Plasmonic Nanostructures,” *J. Phys.: Conf. Ser.* **1220**, 012050 (4 pages) (2019).

B-3) 総説, 著書

成島哲也, 岡本裕巳, 「円二色性によるキラル分光イメージング」, *生物物理* **59**, 035–038 (2019).

岡本裕巳, 「プラズモン共鳴のエキゾチックな時空間構造」, 「プラズモンと光圧が導くナノ物質科学——ナノ空間に閉じ込めた光で物質を制御する——」, 日本化学会編, 化学同人, pp. 48–56 (2019).

H. OKAMOTO, “Local Optical Activity of Nano- to Microscale Materials and Plasmons,” *J. Mater. Chem. C* **7**, 14771–14787 (2019).

B-4) 招待講演 (* 基調講演)

橋谷田俊, 成島哲也, 岡本裕巳, 「金属ナノ構造における局在光電場のキラリティ」, レーザー学会学術講演会第 39 回年次大会, 東京, 2019 年 1 月.

T. NARUSHIMA, “Analysis of Local Chirality with Microscopic Circular Dichroism Imaging,” The 23rd Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation, Materials and Biomolecular Science using VUV-SX Synchrotron Radiation, Hiroshima (Japan), March 2019.

成島哲也, 「ホモキラリティの起源としての星間塵ナノ微粒子の可能性」, 第 1043 回国立天文台談話会, 東京, 2019 年 4 月.

H. OKAMOTO, “Visualization of nanoscale local chirality of plasmons,” 9th International Multidisciplinary Conference on Optofluidics (IMCO2019), Hong-Kong (China), June 2019.

T. NARUSHIMA, “A closer look at an optical near-field on interstellar dust nanoparticles as source of homochirality,” NAOJ workshop on Connecting Fundamental Physics, Chemistry, and the Origins of Biomolecular Homochirality, National Astronomical Observatory of Japan, Tokyo (Japan), June 2019.

岡本裕巳, 「プラズモン物質における光のキラリティの局所的増強とその利用」, 第 16 回プラズモニク化学シンポジウム「キラルプラズモンの基礎と展開」, 東京, 2019 年 6 月.

H. OKAMOTO, S. HASHIYADA and T. NARUSHIMA, “Nanoscale imaging and control of chiral optical fields,” The 10th International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT 2019), Singapore, June 2019.

H. OKAMOTO, “Nanoscale Imaging and Control of Chiral Plasmons,” 10th International Conference on Metamaterials, Photonic Crystals and Plasmonics (META2019), Lisbon (Portugal), July 2019.

H. OKAMOTO, “Visualization of chiral plasmons and near-field interactions,” The International Symposium on Plasmonics and Nanophotonics (iSPN2019), Ikuta Shrine Hall, Kobe (Japan), November 2019.*

H. OKAMOTO, “Imaging, Control, Impact of Chiral Plasmons,” Materials Research Meeting 2019, Yokohama Symposia, Yokohama (Japan), December 2019.

B-6) 受賞, 表彰

岡本裕巳, 光科学技術研究振興財団研究者表彰 (1994).

岡本裕巳, 分子科学研究奨励森野基金 (1999).

井村考平, 応用物理学会講演奨励賞 (2004).

井村考平, ナノオプティクス賞 (2005).

井村考平, 分子構造総合討論会奨励賞 (2005).

井村考平, 光科学技術研究振興財団研究者表彰 (2007).

井村考平, 日本化学会進歩賞 (2007).

井村考平, 日本分光学会賞(奨励賞) (2007).

原田洋介, ナノオプティクス賞 (2010).

岡本裕巳, 日本化学会学術賞 (2012).

成島哲也, Yamada Conference LXVI Best poster award (Young Scientist) (2012).

橋谷田俊, 日本光学会 OPJ ベストプレゼンテーション賞 (2013).

西山嘉男, 日本分光学会年次講演会一般講演賞 (2014).

橋谷田俊, 日本化学会第 95 春季年会学生講演賞 (2015).

橋谷田俊, 第9回分子科学討論会分子科学会優秀ポスター賞 (2015).

西山嘉男, The 3rd Optical Manipulation Conference Outstanding Award (2016).

橋谷田俊, The Best Poster Presentation Award, NFO-14 (2016).

橋谷田俊, OSJ-OSA Joint Symposia Student Award (2016).

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員等員

日本化学会トピックス小委員会委員 (1993–1996).

日本分光学会編集委員 (1993–2001).

日本分光学会東海支部幹事 (2001–2012).

日本化学会東海支部常任幹事 (2003–2005).

分子科学研究会事務局 (2004–2006).

分子科学会運営委員 (2006–2008).

学会の組織委員等

The International Symposium on New Developments in Ultrafast Time-Resolved Vibrational Spectroscopy (Tokyo), Organizing Committee (1995).

The Tenth International Conference on Time-Resolved Vibrational Spectroscopy (Okazaki), Local Executive Committee (2001).

The Twentieth International Conference on Raman Spectroscopy (Yokohama), Local Organizing Committee (2006).

International Workshop on Soft X-ray Raman Spectroscopy and Related Phenomena (Okazaki), Local Organizing Committee (2006).

The 12th Korea-Japan Joint Symposium on Frontiers of Molecular Science (Jeju), Co-chair (2007).

Japan-Korea Joint Symposium on Molecular Science 2009 “Chemical Dynamics in Materials and Biological Molecular Sciences” (Awaji), Co-chair, Secretary general (2009).

The 7th Asia-Pacific Conference on Near-Field Optics (Jeju), Technical Program Committee (2009).

Yamada Conference LXVI: International Conference on the Nanostructure-Enhanced Photo-Energy Conversion, Programming Committee (2012).

1st Optical Manipulation Conference, Optics & Photonics International Congress 2014, Program Committee (2014).

2nd Optical Manipulation Conference, Optics & Photonics International Congress 2015, Program Committee (2015).

3rd Optical Manipulation Conference, Optics & Photonics International Congress 2016, Program Committee (2016).

The 14th International Conference on Near-Field Optics, Nanophotonics and Related Techniques, Local Organizing Committee (2016).

4th Optical Manipulation Conference, Optics & Photonics International Congress 2017, Program Committee (2017).

The 24th Congress of the International Commission for Optics (ICO-24), Program Committee Subcommittee (2017).

The 12th International Conference on Excitonic and Photonic Processes in Condensed Matter and Nano Materials (EXCON 2018), Program Advisory Board (2018).

The International Symposium on Plasmonics and Nanophotonics (iSPN2019), International Organizing Committee (2019).

文部科学省, 学術振興会, 大学共同利用機関等の委員等

日本学術振興会科学研究費委員会専門委員 (2006–2007).

日本学術振興会特別研究員等審査会専門委員 (2008–2010).

日本学術振興会国際事業委員会書面審査員 (2008–2010).

文部科学省研究振興局科学研究費補助金における評価に関する委員会 (理工系委員会) 委員 (評価者) (2010–2012).

日本学術振興会学術システム研究センター専門研究員 (2013–2017).

日本学術会議連携会員 (2017–).

日本学術振興会特別研究員等審査会専門委員 (2017–2018).

学術誌編集委員

Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews, Advisory Board (2012–2018).

その他

スーパーサイエンスハイスクール (愛知県立岡崎高等学校) 活動支援 (2003, 2004).

総合研究大学院大学物理科学研究科副研究科長 (2010–2012).

総合研究大学院大学物理科学研究科研究科長 (2012–2014).

分子科学研究所運営会議議長 (2014–2018).

自然科学研究機構教育研究評議員 (2016–).

B-10) 競争的資金

科研費基盤研究(A),「ナノ微粒子系の波動関数と励起状態の動的挙動」,岡本裕巳(2006年–2010年).

科研費特定領域研究「光–分子強結合場」(計画研究),「近接場顕微分光に基づく光反応場の動的可視化・制御」,岡本裕巳(2007年–2011年).

科研費挑戦的萌芽研究,「ナノ円二色性イメージングの開発と分子集合体キラリティ」,岡本裕巳(2009年–2011年).

科研費基盤研究(S),「ナノドット配列における結合励起状態の時空間特性と励起場制御」,岡本裕巳(2010年–2015年).

科研費若手研究(B),「近接場光励起領域近傍の空間分解分光イメージング」,成島哲也(2011年–2014年).

二国間交流事業共同研究(英国との共同研究),「ナノフォトニック物質の光電場構造・ダイナミクス解析」,岡本裕巳(2012年–2014年).

光科学技術研究振興財団研究助成,「キラル物質に都合の良い光電場の発生とその相互作用に関する研究」,成島哲也(2013年–2015年).

科研費基盤研究(C),「局所的に発現するナノ構造の強い光学活性の実態解明と物質系との相互作用への展開」,成島哲也(2014年–2017年).

科学技術振興機構さきがけ研究,「強い局所光学活性を利用したキラル光デバイス」,成島哲也(2014年–2018年).

科研費基盤研究(A),「キラルなプラズモン励起による不斉光化学場の展開」,岡本裕巳(2015年–2019年).

科研費挑戦的萌芽研究,「金属ナノ構造に誘起される局所的円偏光電場による磁性体中の磁化制御」,岡本裕巳(2015年–2017年).

科研費特別研究員奨励費,「金ナノ構造体の強い局所光学活性によるキラル光化学反応場の開拓」,橋谷田俊(2015年–2017年).

科研費特定領域研究(計画研究),「光圧を創る:物質自由度を活用した捜査の高度化」,岡本裕巳(2016年–).

科研費基盤研究(B),「階層を越えた物質のキラリティの3次元分析:汎用偏光二色性分光分析イメージング」,成島哲也(2017年–).

科研費研究活動スタート支援,「対称金属ナノ構造体と直線偏光を用いた不斉分子の高感度検出」,橋谷田俊(2017年–2019年).

科研費研究活動スタート支援,「Amplification of Chiral Light-Matter Interaction Using Bottom-Up 3D Chiral Nanoparticle」,AHN, Hyo-Yong(2019年–).

科研費研究活動スタート支援,「円偏光磁気力顕微鏡による局所磁場観測と局所磁場による磁性ナノ粒子制御」,山西純介(2019年–).

C) 研究活動の課題と展望

近接場分光イメージングによる研究を推進し、分子研着任当初の数年間では金属ナノ構造体に関して波動関数や光電場の空間分布をイメージするという独自の研究領域を拓いた。金属ナノ構造による光の局在化や増強などの性質・機能に関する新たな情報と方法論を提供し、多くの追従研究を生んだと考えている。その後研究を次のフェーズに進め、時間分解近接場分光では、10fsレベルの時間分解能で近接場測定を実現し、金属ナノ構造の多モードコヒーレント励起後の時空間ダイナミクスのイメージングが可能となるなど、一つの山を越える段階に到達したと考えている。その更なる展開のアイデアもあるが、非常に高度な技術を要する実験であり、人員も限られる状況下では困難が大きい。今一つのベクトルとして進めているナノ物質のキラリティの研究では、金属ナノ構造の光学活性イメージングによって、独自の実験的情報を得ることができ、プラズモン由来の強くねじれた局所光場の存在、また対称性の高いアキラルな構造でも局所的に強い光学活性を示すという、ユニークな成果も得られた。これらの研究から得られたプラズモンのキラリティに関する性質を基礎として、キラルプラズモンが分子の特性に及ぼす効果に関する研究にも展開し、成果が得られるようになってきた。例として、高い円偏光度を示す発光物

質系を見出し、その起源を解明した。通常の回折光学系による(遠方場)顕微鏡で精度の高い円二色性イメージングを可能とする装置開発も行い、これは物質開発、生物科学、結晶学等の様々な分野の研究者から興味を持って頂いている。これらの近接場及び遠方場円二色性イメージングは、今後様々なナノ構造光学活性物質の機能解明のための有力な実験手法になることを期待しており、国内外との共同研究も開始している。また物質および光のキラリティは磁性との相関においても興味を持たれ、ナノ光学の観点からこの方向への研究展開についても検討を開始し、一部実際の共同研究も始めた。これらとは異なる研究課題として、微粒子の光トラッピングに関わる独自の研究萌芽(非線形共鳴光トラッピング)を見出し数年前に発表した。2016年度に関連する新学術領域研究が発足したことを契機に、光圧(勾配力、散乱力)によるナノ物質・分子の力学操作に関する新たな展開を図るべく、この研究領域にも注力しており、新たな成果も出つつある段階にある。

広帯域相関計測解析研究部門

藤 貴 夫（准教授）（2010 年 2 月 1 日～2019 年 3 月 31 日）*）

A-1) 専門領域：量子エレクトロニクス，レーザー物理，非線形光学，超高速分光

A-2) 研究課題：超短光パルスの研究

- a) 超短光パルスの超広帯域波長変換技術を使った分光法の開発
- b) 超短光パルスの位相制御，評価の研究
- c) 赤外ファイバーレーザーの開発

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 本研究室において，2 から 20 μm までの波長領域で位相の揃ったコヒーレントな赤外光パルスを発生する技術と，そのスペクトルを可視光領域に変換することで，単一ショットで計測できる方法を開発した。この波長領域の光は，多くの分子振動準位と共鳴しており，非破壊で分子のダイナミクスを研究するのに適している。今年度の成果としては，この手法を赤外イメージングに応用することを行った。赤外像を可視領域に変換し，高性能な可視光用ハイスピードカメラで撮影した。赤外用カメラで直接計測する場合は，3000 ショット（3s）積算する必要があるが，可視光への波長変換によって，単一ショット（1 ms）でのイメージ撮影を実現した。
- b) 本研究室で開発された光電場波形計測技術では，赤外領域のパルスの波形を計測することを行ってきた。今年度は，可視から近赤外領域のパルスについて，波形計測を行うため，5 fs 以下の 800 nm のパルスを発生させることを行った。チタンサファイア増幅器出力を中空ファイバに入射して，600–1000 nm まで広がったスペクトルを得ることができた。そのパルスの波形を単一ショットで計測し，5 fs のパルスが出ていることを確認した。
- c) 前年度は，チャープパルス増幅を基本としたトリウム固体レーザー再生増幅器を開発し，1.4 mJ のパルスエネルギーをもった 360 fs のパルスを発生させることができた。このレーザーの出力を，YAG 結晶や偏波保持 ZBLAN ファイバに集光し，2.5–4 μm の帯域をもった白色光を発生できた。その白色光の位相について調べたところ，再生増幅の周回数を少なくすると，コヒーレンスが高くなることがわかった。今後は，前置増幅のファイバー増幅器をもう一段増やし，コヒーレンスの高いパルスを発生させることを行う予定である。

B-1) 学術論文

- S. A. REZVANI, Y. NOMURA and T. FUJI, “Generation and Characterization of Mid-Infrared Supercontinuum in Bulk YAG Pumped by Femtosecond 1937 nm Pulses from a Regenerative Amplifier,” *Appl. Sci.* **9**, 3399 (10 pages) (2019).
- S. A. REZVANI, Y. NOMURA, K. OGAWA and T. FUJI, “Generation and Characterization of Mid-Infrared Supercontinuum in Polarization Maintained ZBLAN Fibers,” *Opt. Express* **27**, 24499–24511 (2019).
- S. A. REZVANI, Y. NOMURA, K. OGAWA and T. FUJI, “White Light Generation with 2- μm Femtosecond Pulses from a Tm:YAP Regenerative Amplifier,” *レーザー研究* **47**, 644–649 (2019).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

S. A. REZVANI, Y. NOMURA, K. OGAWA and T. FUJI, “Generation and characterization of polarized supercontinuum pulses from ZBLAN fibers pumped by femtosecond 2 μm pulses from a regenerative amplifier,” *OSA Laser Congress 2019 (ASSL, LAC, LS&C)*, ATh2A.4. (2019).

Y. NOMURA, H. MURAKOSHI and T. FUJI, “Short-wavelength thulium-doped fiber laser for three-photon microscopy,” *OSA Laser Congress 2019 (ASSL, LAC, LS&C)*, ATh2A.7. (2019).

S. A. REZVANI, Y. NOMURA, K. OGAWA and T. FUJI, “Characterization of supercontinuum pulses generated using a 2 μm thulium-based regenerative amplifier,” *2019 Conference on Lasers and Electro-Optics Europe and European Quantum Electronics Conference*, ca-11.6 (2019).

Y. NOMURA, H. MURAKOSHI and T. FUJI, “Ultrafast light source at 1.8 μm based on thulium-doped fibers for three-photon microscopy,” *2019 Conference on Lasers and Electro-Optics Europe and European Quantum Electronics Conference*, cj-1.4 (2019).

Y. NOMURA and T. FUJI, “Ultrafast thulium-doped fiber laser system at 1.8 μm for multiphoton microscopy,” *CLEO: Science and Innovations*, SF2L.6 (2019).

F. KUMAKI, H. SHIRAI, Y. NOMURA and T. FUJI, “High harmonic generation in solids driven by sub-cycle mid-infrared pulses from laser filamentation,” *EPJ Web of Conferences*, **205**, 02023 (2019).

B-3) 総説, 著書

藤 貴夫, 「サブサイクル中赤外光パルスの発生と固体物理学への応用」, *固体物理* **54**, 693–704 (2019).

B-4) 招待講演

藤 貴夫, 「フェムト秒ツリウム固体レーザー再生増幅器の開発とそれを光源とした中赤外白色光発生」, 超高速光エレクトロニクス研究会第1回研究会, 電気通信大学, 調布, 2019年9月.

T. FUJI, “High harmonic generation in solids driven by sub-cycle mid-infrared pulses,” *IWTAQD 21*, Nagoya (Japan), June 2019.

藤 貴夫, 「サブサイクル中赤外光パルスによる固体からの高次高調波発生」, レーザー学会学術講演会第39回年次大会, 東海大学高輪キャンパス, 東京, 2019年1月.

B-6) 受賞, 表彰

藤 貴夫, 日本光学会奨励賞 (1999).

藤 貴夫, 大阪大学近藤賞 (2008).

藤 貴夫, 野村雄高, 白井英登, レーザー学会業績賞 (進歩賞) (2015).

野村雄高, 自然科学研究機構若手研究者賞 (2016).

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員等

レーザー学会「ファイバーレーザー技術」専門委員会委員 (2015–2017). (野村雄高)

電子情報通信学会超高速光エレクトロニクス時限研究専門委員会第4部会副査 (2017–2018).
電子情報通信学会超高速光エレクトロニクス時限研究専門委員会第4部会主査 (2019–).
電子情報通信学会超高速光エレクトロニクス時限研究専門委員会第2部会副査 (2017–). (野村雄高)
電子情報通信学会超高速光エレクトロニクス特別研究専門委員会第2部会副査 (2019–).
レーザー学会「ファイバーレーザー技術」専門委員会幹事 (2018–).

学会の組織委員等

CLEO/Europe 2007国際会議プログラム委員 (2007).
化学反応討論会実行委員 (2009).
CLEO/Pacific Rim 2009国際会議プログラム委員 (2009).
HILAS 国際会議プログラム委員 (2011).
CLEO/Europe 2011国際会議プログラム委員 (2011).
HILAS 国際会議プログラム委員 (2012).
CLEO/Europe2013国際会議プログラム委員 (2013).
CLEO/Pacific Rim 2013国際会議プログラム委員 (2013).
HILAS 国際会議プログラム委員 (2014).
CLEO/USA2014国際会議プログラム委員 (2014).
CLEO/USA2015国際会議分科プログラム委員長 (2015–2016).
CLEO/Europe2015国際会議プログラム委員 (2015).
レーザー学会学術講演会第 35回年次大会プログラム委員 (2014–2015).
レーザー学会学術講演会第 38回年次大会プログラム委員 (2017–2018). (野村雄高)
ICO24国際会議プログラム委員 (2017).
Ultrafast Optics 2017国際会議プログラム委員 (2017).
Advanced Solid State Lasers: Sources プログラム委員 (2018–). (野村雄高)
レーザー学会学術講演会第 39回年次大会プログラム委員, 座長 (2018–2019).

文部科学省, 学術振興会, 大学共同利用機関等の委員等

文部科学省科学技術・学術審議会量子科学技術委員会・超短パルスレーザーに係るロードマップ検討グループ専門有識者 (2017–2018).

学術誌編集委員

Optics Express, Associate Editor (2018–).

B-10) 競争的資金

自然科学研究機構若手研究者による分野間連携研究プロジェクト, 「プラズマを使ったフェムト秒中赤外光パルス発生の研究」, 藤 貴夫 (2010年–2011年).
科研費基盤研究(B), 「超広帯域コヒーレント中赤外光を用いた新しい分光法の開拓」, 藤 貴夫 (2012年–2014年).
自然科学研究機構若手研究者による分野間連携研究プロジェクト, 「超短中赤外パルスを用いた生細胞内分子の無染色ライブイメージング法の開発」, 藤 貴夫 (2012年).

科学技術振興事業団先端計測分析技術・機器開発プログラム要素技術タイプ,「超広帯域コヒーレント赤外分光技術の開発」, 藤 貴夫 (2012年–2015年).

科研費挑戦的萌芽研究,「自己参照による光電場の直接測定」, 藤 貴夫 (2014年–2016年).

科研費特別研究員奨励費,「高次高調波発生による高繰り返し極端紫外光源の開発およびその応用」, 野村雄高 (2010年).

豊秋奨学会海外渡航旅費助成,「153 nm におけるコヒーレントな高繰り返し準連続光源」, 野村雄高 (2011年).

光科学技術研究振興財団研究助成,「トリウム添加ファイバーによるフェムト秒レーザーの開発」, 野村雄高 (2012年–2013年).

科研費若手研究(B),「中赤外領域における高繰り返しフェムト秒パルス光源の開発」, 野村雄高 (2013年–2014年).

光科学技術研究振興財団研究助成,「自己参照による光電場波形の直接計測」, 藤 貴夫 (2015年–2016年).

自然科学研究機構若手研究者による分野間連携プロジェクト,「新規赤外フェムト秒レーザーによる超深部シナプス内分子活性化イメージング」, 藤 貴夫 (2015年–2017年).

天田財団一般研究開発助成,「高出力 2 μ m 超短パルスレーザー光源の開発」, 野村雄高 (2015年–2017年).

科学技術振興機構さきがけ研究「生命機能メカニズム解明のための光操作技術」領域,「長波長レーザーによる超深部顕微分光システムの開発」, 野村雄高 (2016年–2019年).

科研費基盤研究(B),「光電場波形計測法の開発と新しい非線形光学の開拓」, 藤 貴夫 (2017年–2020年).

科学技術振興機構CREST 研究,「超短赤外パルス光源を用いた顕微イメージング装置の開発と生命科学への応用」, 藤 貴夫 (2017年–2023年).

C) 研究活動の課題と展望

フィラメンテーションを用いた波長変換は、気体を媒質としながらも、高効率な超短光パルスの波長変換法として有効である。この光源を使った新規分光法が評価され、CREST のプロジェクトに採択された。この手法をさらに発展させて、分子科学のみならず、生物、医療など異分野へ応用していくことを考えている。また、本研究室で独自に開発した新しい光電場波形計測法を、可視光領域へ拡張することを試みている。赤外パルスレーザーの開発では、ファイバーレーザー出力を、固体レーザーを基本とした増幅システムで増幅し、高強度パルスを得ることができた。また、そのパルスから発生させた白色光は、再生増幅器の周回数を少なくすることで、コヒーレンスが高くなることがわかった。今後、さらに再生増幅器の性能を高め、高強度赤外光パルス発生や、赤外ハイパースペクトラルイメージング装置の開発し、様々な分野へ応用することを考えている。

*) 2019 年 4 月 1 日豊田工業大学大学院工学研究科教授