

6-3 光分子科学研究領域

光分子科学第一研究部門

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その利用研究
- b) 金属ナノ構造におけるプラズモン波，増強電場のイメージングと近接場相互作用
- c) ナノ構造物質におけるキラリティと局所的な光学活性

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 分子・分子集合体におけるナノ構造の観察と，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，近接場時間分解分光装置の開発を行い 並行して試料の測定を行っている。基本的な測定システムは数年前に完成し，光学像の横方向分解能は 50 nm 程度，時間分解能は 100 fs 以上を同時に実現した。更に短いレーザーパルスと空間位相変調による分散補償を導入した装置を開発し，近接場で最短約 14 fs のパルス幅を実現した。これにより金ナノ微粒子のプラズモンの緩和（約 8 fs）を，近接場領域で実時間観測することに成功し，また条件によってプラズモンの緩和にサイト依存性のあることを実測しつつある。また別な方向への発展として，近接場円二色性イメージングの装置開発を進めており，基本的な測定が可能となった。この手法についても更に精度を向上させ，様々な系に適用する予定である。
- b) 各種形状金属ナノ構造体の分光及びダイナミクスの測定を，単一ナノ構造内で空間を分解して行っている。貴金属微粒子の近接場分光測定により，プラズモンモードの波動関数の二乗振幅に対応するイメージが得られることを以前に見だし，所外との共同研究も積極的に行いその展開を図った。最近では例えば，近接場測定で得られた二次元的形状の円盤状金微粒子におけるプラズモン波のイメージに対し，理論研究者と共同で新たな理論的枠組みに基づくモードの解析を行い，その起源をほぼ明らかにすることができた。貴金属微粒子を凝集・配列した試料の近接場領域での光学的性質に関する研究を，多くの所外との共同研究も含め進めている。我々は既に数年前に，近接場イメージングによって，微粒子凝集体における微粒子間空隙に生じる強い光電場を実証したが，これを発展させ，微粒子の形状・サイズと凝集状態による電場増強の違い，微粒子間の電磁気学的な相互作用等に関して研究を進めている。これらの研究の結果として，有用な増強局在光電場を作るには，均一な配列構造ではなく，揺らぎのある構造が望ましいことを確立しつつある。これをさらに体系化するためにナノ構造の制御と観察波長の拡張が重要であり，それを実現するために，電子線描画装置の導入と，フェムト秒で近赤外域広帯域波長可変の近接場励起用光源の導入を進めた。
- c) 2次元のキラルな構造を持つ金ナノ構造体を電子線描画法で作成し，開発を進めている近接場円二色性イメージング装置を用い，局所的な光学活性を測定している。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等，興味深い結果が得られてきている。また2次元のキラルな構造を二つのキラルでない（アキラル）部

分構造に分け，アキラルな部分構造の接近に従って系が光学活性を獲得するプロセスを追跡する研究を行っている。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視野に入れ，研究を推進している。

B-1) 学術論文

K. IMURA, K. UENO, H. MISAWA and H. OKAMOTO, “Optical Field Imaging of Elongated Rectangular Nanovoids in Gold Thin Film,” *J. Phys. Chem. C* **117**, 2449–2454 (2013).

S. KIM, K. IMURA, M. LEE, T. NARUSHIMA, H. OKAMOTO and D. H. JEONG, “Strong Optical Coupling between Mutually Orthogonal Plasmon Oscillations in a Silver Nanosphere-Nanowire Joined System,” *Phys. Chem. Chem. Phys.* **15**, 4146–4153 (2013).

T. SHIMADA, K. IMURA, H. OKAMOTO and M. KITAJIMA, “Spatial Distribution of Enhanced Optical Fields in One-Dimensional Linear Arrays of Gold Nanoparticles Studied by Scanning Near-Field Optical Microscopy,” *Phys. Chem. Chem. Phys.* **15**, 4265–4269 (2013).

T. NARUSHIMA and H. OKAMOTO, “Circular Dichroism Nano-Imaging of Two-Dimensional Chiral Metal Nanostructures,” *Phys. Chem. Chem. Phys.* **15**, 13805–13809 (2013).

T. NARUSHIMA and H. OKAMOTO, “Strong Nanoscale Optical Activity Localized in Two-Dimensional Chiral Metal Nanostructures,” *J. Phys. Chem. C* **117**, 23964–23969 (2013).

M. KITAJIMA, T. NARUSHIMA, T. KURASHINA, A. N. ITAKURA, S. TAKAMI, A. YAMADA, K. TERAISHI and A. MIYAMOTO, “Stress Inversion from Initial Tensile to Compressive Side During Ultrathin Oxide Growth of the Si(100) Surface,” *J. Phys.: Condens. Matter* **25**, 355007 (5 pages) (2013).

B-3) 総説，著書

G. HARTLAND, H. OKAMOTO, M. ORRIT and P. ZIJLSTRA, “Optical Studies of Single Metal Nanoparticles,” *Phys. Chem. Chem. Phys.* **15**, 4090–4092 (2013).

H. OKAMOTO, “Nano-optical Studies on Physical and Chemical Characteristics of Noble Metal Nanostructures,” *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **86**, 397–413 (2013).

H. OKAMOTO and K. IMURA, “Visualizing the Optical Field Structures in Metal Nanostructures,” *J. Phys. Chem. Lett.* **4**, 2230–2241 (2013).

岡本裕巳，「指紋領域のピコ秒赤外吸収スペクトル(スペクトルギャラリー)」*分光研究* **62**, 174–176 (2013).

B-4) 招待講演

成島哲也，岡本裕巳，「キラルなナノ構造体の局所光学活性——近接場ナノイメージング——」日本分光学会北海道支部シンポジウム，札幌，2013年3月。

成島哲也，「近接場光学顕微鏡によるナノスケール円偏光二色性イメージング」日本分光学会平成24年度中部支部東海・信州ブロック講演会，岡崎，2013年3月。

岡本裕巳，「金属ナノ微粒子の非線形光学トラップ」第60回応用物理学会春季学術講演会，厚木，2013年3月。

H. OKAMOTO, “Nano-Optical Visualization of Subwavelength Optical Field Structures and Chirality in Metal Nanostructures,” Symposium on Plasmon-Based Chemistry and Physics (ICP Preconference), Leuven (Belgium), 2013年7月。

K. IMURA and H. OKAMOTO, “Visualization and Optical Control of Localized Plasmons by Near-Field Optical Microscopy,” Symposium on Plasmon-Based Chemistry and Physics (ICP Preconference), Leuven (Belgium), 2013年7月.

H. OKAMOTO, “Near-Field Optical Visualization of Subwavelength Optical Fields and Chiralities in Metal Nanostructures,” Control and Applications of Light at the Nanoscale, Glasgow (U.K.), 2013年9月.

H. OKAMOTO, Y. NISHIYAMA, T. NARUSHIMA and K. IMURA, “Time-Domain Plasmon Dynamics Measurements by Optical Nanoscopy,” 246th National Meeting of the ACS, Symposium on Chemistry at the Space-Time Limit, Indianapolis (U.S.A.), 2013年9月.

岡本裕巳, 「パルスレーザーによる金属微粒子の捕捉の非線形光学効果」日本物理学会2013年秋季大会, 徳島, 2013年9月.

H. OKAMOTO, “Plasmon Dynamics and Chiralities Investigated by Optical Nanoscopy,” A Peter Wall Colloquium Abroad and The 73rd Okazaki Conference on Coherent and Incoherent Wave Packet Dynamics, Okazaki (Japan), 2013年11月.

H. OKAMOTO, “Visualizing the Optical Fields in Metal Nanostructures by Near-Field Optical Microscopy,” The Fourth Asian Spectroscopy Conference (ASC2013), Singapore, 2013年12月.

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 옵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 옵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).

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).

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–).

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–).

B-10) 競争的資金

科研費基盤研究(B), 「動的近接場分光法による励起伝播ダイナミクスの分子科学」岡本裕巳 (2004年–2006年).

科研費若手研究(B), 「メゾスコピック領域における金微粒子を用いた空間的エネルギー伝播の直接観測」井村考平 (2004年–2006年).

倉田記念日立科学技術財団倉田奨励金, 「時空間コヒーレンス観測に向けた超高速近接場分光システムの開発」岡本裕巳 (2005年).

科研費萌芽研究, 「近接場分光法による素励起の波動関数イメージング」岡本裕巳 (2005年–2007年).

科研費特定領域研究「極微構造反応(公募研究)」極微構造における素励起の時空間コヒーレンスの超高時間分解近接場分光」岡本裕巳 (2005年–2007年).

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).

科研費若手研究(A), 「励起と検出の時空間を制御した時間分解近接場分光手法の構築」井村考平 (2006年–2010年).

池谷科学技術振興財団研究助成, 「固体表面・界面歪みの利用を目的とした2次元高精度歪み検出系開発」成島哲也 (2007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).

住友財団基礎科学研究助成,「開口散乱型近接場光学顕微鏡の開発」井村考平 (2007年-2008年).

科学技術振興機構さきがけ研究,「プラズモン物質の波動関数の光制御とその応用」井村考平 (2008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-).

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-).

特別研究員奨励費,「超高速時間分解分光法を用いたイオン液体中における光解離反応過程の解明」西山嘉男 (2011年-2012年).

科研費若手研究(B),「近接場超短パルスによるプラズモン波束のコヒーレント制御」西山嘉男 (2013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-).

C) 研究活動の課題と展望

静的・動的近接場分光装置を用いた,メソスコピックな分子系・微粒子系に関する研究を推進している。金属ナノ構造体に関しては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く事ができた。これまでの研究によって,金属ナノ構造の性質・機能(特に微粒子の集合構造における光電場増強に基づく光学特性や,新たな光反応場としての機能)の新たな可能性や,プラズモン電場,波動関数の空間特性等,プラズモンの物理的本質に関わる新たな可能性を見いだしつつある。現在,測定波長域の拡大や,試料設計・作成のための新装置導入等を進め,これらを次のフェーズに発展させつつある。時間分解近接場分光の時間分解能を格段に向上させる装置開発では,10 fsに迫る時間分解能で近接場測定が可能となった。これによる光励起直後の励起状態のコヒーレントな空間伝播や緩和の空間挙動の研究に向け,努力を続けている。今一つの方法論開発として,近接場円二色性イメージングの開発を行っている。最近貴金属ナノ構造の局所的な円二色性の分布を観測することに成功し,ナノ構造体の光学活性の起源について興味深い実験的情報を得ることができた。キラルなプラズモンに対するユニークで強力な実験手法を提供する他,今後様々な金属ナノ構造に限らず種々のナノ構造光学活性物質や,スピンと光の相互作用に関しても有力な実験手法になることを期待している。また,この実験手法で得られた成果をもとに 金属ナノ構造と分子のキラルな電磁気学的相互作用に基づく新たな物質機能の研究への展開も視野に入りたい。この他にも微粒子の光トラッピング等,ナノ光学に関わるいくつかの研究萌芽を見出しており,機会があればこれらも展開させたいが,現時点の研究室の体制ではそれらを大きく進展させるのは難しそうである。

大 島 康 裕 (教 授) (2004 年 9 月 1 日 着 任)

A-1) 専門領域：分子分光学，化学反応動力学

A-2) 研究課題：

- a) 非断熱相互作用による状態分布や量子波束の制御
- b) 超高速分子回転制御に関する実験的および理論的検討
- c) 大振幅な構造変形運動に関する量子波束の生成と観測
- d) ベンゼンを含む分子クラスターの高分解能レーザー分光
- e) 高分解能非線形コヒーレント分光の開発
- f) 分子配向分布の実時間観測法の開発

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 高強度な極短パルス光と分子との相互作用によって量子状態分布を非断熱的に移動する手法の開発を行ってきた。特に、状態選択的プローブを利用した独自の実験的方法論により、回転運動に関する励起プロセスの詳細な追跡に利用してきている。ベンゼンや NO 分子を対象とした研究において、量子波束の位相・振幅情報の実験的決定、パルス対励起による回転状態分布の高速制御を実現し、縮重状態におけるコヒーレント励起過程に特有な波動関数の位相関係を明らかにする等の結果を得ている。
- b) 偏光面と遅延間隔を適切に設定した高強度極短パルス対による非断熱回転励起によって、右もしくは左回りに回転する波動関数を生成しうることを理論・実験の両面から明らかにした。理論的研究は、イスラエルのグループとの共同研究である。
- c) 上記 a) の非断熱励起は振動に関しても実現可能である。ベンゼン 2,3 量体や NO-Ar において分子間振動分布に関する非断熱移動を実現し、振動波束干渉を実時間領域で観測することに成功した。
- d) 芳香環の関与する分子間相互作用を詳細に特定する目的で、ベンゼンを含む分子クラスターに関して、単一縦モードナノ秒パルス光源を利用した高分解能電子スペクトルの測定を行っている。最も結合の弱いベンゼン-He 系については、分子間振動励起状態への振電遷移を初めて観測することに成功し、特に、He 原子が 1 個ついた系では大規模な構造変形運動によるトンネル分裂を見出した。H₂ とのクラスターでは、H₂ がほぼ自由に回転していることを明らかにし、同位体種である D₂ とのクラスターの測定も行うことにより、内部回転に対するポテンシャル障壁の値を決定した。また、励起状態における緩和速度をスペクトル線幅から定量的に見積もった。
- e) コヒーレント状態分布移動の新技术としてチャープパルスを利用した非共鳴誘導ラマン分光を提案した。さらに、当分光法を実現しうる新奇なコヒーレント光源として、単一縦モード半導体レーザーからの出力を位相変調し、ファイバーアンプにて適当な強度まで前置増幅した後、パラメトリック増幅にて周波数チャープした高強度ナノ秒パルス光を出力するシステムを製作した。8 ns のパルス幅の間に 500 MHz 周波数が変化し、出力は 1 パルスあたり 20 mJ 以上という性能が実現された。
- f) 分子運動の状態確率分布の時間発展を追跡する「時空間 4 次元イメージング」のための装置の設計と製作を行った。イオンイメージングについて、生成物分布が軸対象でない場合にも適用できる新しい配置を考案し、測定システムを構築した。本システムを用いて、フェムト秒ポンプ・プローブ法クーロン爆発イオンイメージにより、2 原子分子の

非断熱回転励起による時間依存空間配向分布の計測を行った。現在、右もしくは左回りに回転する波動関数の実時間発展の追跡に取り組んでいる。

B-1) 学術論文

S. MIYAKE and Y. OHSHIMA, “Injection-Seeded Optical Parametric Amplifier for Generating Chirped Nanosecond Pulses,” *Opt. Express* **21**, 5269–5274 (2013).

M. NAKAJIMA, H. TOYOSHIMA, S. SATO, K. TANAKA, K. HOSHINA, H. KOHGUCHI, Y. SUMIYOSHI, Y. OHSHIMA and Y. ENDO, “Electronic Spectroscopy of the HCCN Radical,” *J. Chem. Phys.* **138**, 164309 (10 pages) (2013).

M. HAYASHI and Y. OHSHIMA, “Sub-Doppler Electronic Spectra of the Benzene–(He)_n Complexes,” *Chem. Phys.* **419**, 131–137 (2013).

M. HAYASHI and Y. OHSHIMA, “Sub-Doppler Electronic Spectra of the Benzene–(H₂)_n Complexes,” *J. Phys. Chem. A* **117**, 9819–9830 (2013).

K. MIZUSE and A. FUJII, “Infrared Spectroscopy of Large Protonated Water Clusters H⁺(H₂O)_{20–50} Cooled by Inert Gas Attachment,” *Chem. Phys.* **419**, 2–7 (2013).

B-3) 総説, 著書

A. FUJII and K. MIZUSE, “Infrared Spectroscopic Studies on Hydrogen-Bonded Water Networks in Gas Phase Clusters,” *Int. Rev. Phys. Chem.* **32**, 266–307 (2013).

B-4) 招待講演

Y. OHSHIMA, “Coherent excitation of molecular motion by intense ultrashort pulses,” IMS Workshop on “Hierarchical Molecular Dynamics: From Ultrafast Spectroscopy to Single Molecule Measurements,” Okazaki (Japan), May 2013.

B-6) 受賞, 表彰

大島康裕, 分子科学研究奨励森野基金 (1994).

北野健太, 第23回化学反応討論会ベストポスター賞 (2007).

北野健太, 平成21年度分子科学会優秀講演賞 (2009).

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員等

日本分光学会装置部会企画委員 (1995–1999).

日本化学会近畿支部幹事 (2001–2003).

日本化学会東海支部幹事 (2005–2006).

分子科学研究会委員 (2004–2006).

分子科学総合討論会運営委員 (2004–2006).

分子科学会運営委員 (2006–2010, 2012–).

分子科学会幹事 (2008–2010, 2012–).

日本分光学会先端レーザー分光部会幹事 (2006-).

日本化学会物理化学ディビジョン主査 (2010-2012).

日本分光学会理事 (2011-).

学会の組織委員等

The East Asian Workshop on Chemical Reactions, Local Executive Committee (1999).

分子構造総合討論会実行委員 (2002-2003).

化学反応討論会実行委員 (2005-2006).

分子科学討論会実行委員 (2008-2009).

学会誌編集委員

日本化学会誌 (化学と工業化学) 編集委員 (2001-2002).

その他

総研大アジア冬の学校実行委員 (2006-2007, 2010-2011).

B-10) 競争的資金

科研費基盤研究(B), 「孤立少数自由度系における構造相転移の実験的探索」大島康裕 (2002年-2004年).

光科学技術振興財団研究助成, 「コヒーレント光による分子運動の量子操作」大島康裕 (2003年-2004年).

科研費特定領域研究「強光子場分子制御」(公募研究)「強光子場による分子配列・変形の分光学的キャラクタリゼーション」大島康裕 (2003年-2005年).

科研費基盤研究(A), 「高輝度コヒーレント光によるコンフォメーションダイナミクスの観測と制御」大島康裕 (2006年-2009年).

三菱財団自然科学研究助成, 「量子準位分布制御を利用した分子間相互作用の精密決定」大島康裕 (2006年-2007年).

科研費若手研究(B), 「気相分子の回転固有状態の波動関数イメージング」長谷川宗良 (2006年-2007年).

科研費萌芽研究, 「マルチカラー同時発振レーザーの開発とコヒーレント分子科学への展開」大島康裕 (2008年-2009年).

科研費特定領域研究「高次系分子科学」(公募研究)「非線形コヒーレント分光による分子間相互作用の精密決定」大島康裕 (2008年-2011年).

科研費若手研究(B), 「高強度レーザー場を用いた新しい振動分光法による孤立分子クラスター研究の新展開」長谷川宗良 (2009年-2010年).

科研費基盤研究(A), 「分子運動量子状態のデザインと再構築」大島康裕 (2010年-2013年).

科研費研究活動スタート支援, 「水とクラスターのコヒーレント分光による動的な水素結合構造の研究」, 水瀬賢太 (2011年-2012年).

C) 研究活動の課題と展望

非共鳴な高強度極短パルス光による非断熱回転励起においては、高度なコヒーレント制御・観測が実現できる体制が整った。さらに、イオンイメージング技術と結合した回転運動の画像化等への展開も順調に進んでいる。早期に、回転量子波束の4Dイメージングを実現したい。また、非断熱励起を振動自由度へ適用する研究も順調に進行しており、分子回転で発展させてきた様々な方法論を利用して、高振動励起分子の生成や構造異性化の誘起などへ繋がりたい。

ナノ秒コヒーレント光源を利用した周波数領域分光では、実験システムの整備は完了した。今後、より複雑なクラスターへと研究対象を拡大していく。既に、水素結合の典型であるベンゼン-水について高分解能電子スペクトルの測定に着手した

ところである。その際、複雑かつ不規則な回転構造の帰属を確定させるために、複数の高分解能ナノ秒パルス光源を利用した非線形分光を活用する。また、ついにナノ秒チャープ光源が完成した。現在、性能や操作性の向上を目指した改良を行っている。このバージョンアップが終了次第、新規な断熱分布移動の実現に速やかに着手する。これによって、クラスターの内部運動に関する振動準位構造を詳細に特定することが可能となる。

光分子科学第二研究部門

大 森 賢 治 (教授) (2003 年 9 月 1 日 着 任)

A-1) 専門領域：超高速コヒーレント光科学

A-2) 研究課題：

- a) アト秒精度のコヒーレント制御法の開発
- b) 量子論の検証実験
- c) コヒーレント分子メモリーの開発
- d) 分子ベースの量子情報科学
- e) 強レーザー場非線形過程の制御
- f) 超高速量子シミュレーターの開発
- g) バルク固体の極限コヒーレント制御

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) コヒーレント制御は、物質の波動関数の位相を操作する技術である。その応用は、量子コンピューティングや結合選択的な化学反応制御といった新たなテクノロジーの開発に密接に結び付いている。コヒーレント制御を実現するための有望な戦略の一つとして、物質の波動関数に波としての光の位相を転写する方法が考えられる。例えば、二原子分子に核の振動周期よりも短い光パルスを照射すると、「振動波束」と呼ばれる局在波が結合軸上を行ったり来たりするような状態を造り出す事ができる。波束の発生に際して、数フェムト秒からアト秒のサイクルで振動する光電場の位相は波束を構成する各々の振動固有状態の量子位相として分子内に保存されるので、光学サイクルを凌駕する精度で光の位相を操作すれば波束の量子位相を操作することができる。我々はこの考えに基づき、独自に開発したアト秒位相変調器 (APM) を用いて、二つのフェムト秒レーザーパルス間の相対位相をアト秒精度で操作するとともに、このパルス対によって分子内に発生した二つの波束の相対位相を同様の精度で操作する事に成功した。さらに、これらの高度に制御された波束干渉の様子を、ピコメートルレベルの空間分解能とフェムト秒レベルの時間分解能で観測する事に成功した。
- b) APM を用いて、分子内の 2 個の波束の量子干渉を自在に制御する事に成功した。また、この高精度量子干渉をデコヒーレンス検出器として用いる事によって、熱的な分子集団や固体中の電子的なデコヒーレンスを実験的に検証した。さらに、固体パラ水素中の非局在化した量子状態 (vibron) の干渉を観測し制御する事に成功した。
- c) 光子場の振幅情報を分子の振動固有状態の量子振幅として転写する量子メモリーの開発を行なった。ここでは、フェムト秒光パルス対によって分子内に生成した 2 個の波束間の量子位相差をアト秒精度で操作し、これらの干渉の結果生成した第 3 の波束を構成する各振動固有状態のポピュレーションを観測することによって、光子場の振幅情報が高精度で分子内に転写されていることを証明することができた。また、フェムト秒光パルス対の時間間隔をアト秒精度で変化させることによって波束内の固有状態のポピュレーションの比率を操作できることを実証した。
- d) 分子メモリーを量子コンピューターに発展させるためには、c) で行ったポピュレーション測定だけでなく、位相の測定を行う必要がある。そこで我々は、c) の第 3 の波束の時間発展を別のフェムト秒パルスを用いて実時間観測した。これによって、ポピュレーション情報と位相情報の両方を分子に書き込んで保存し、読み出すことが可能であることを実証した。振動固有状態の組を量子ビットとして用いる量子コンピューターの可能性が示された。さらに、分子波

束を用いた量子フーリエ変換を開発した。

- e) 分子の振動波束を構成する振動固有状態の振幅と位相を強レーザー場で制御することに成功した。
- f) 極低温リュードベリ原子集団の多体相互作用を、超短パルスレーザーで実時間観測し制御するための新しい実験手法を開発した。
- g) パルク固体中の原子の超高速2次元運動をフェムト秒単位で制御し画像化する新しい光技術を開発した。

B-1) 学術論文

H. KATSUKI, Y. KAYANUMA and K. OHMORI, “Optically Engineered Quantum Interference of Delocalized Wavefunctions in a Bulk Solid: The Example of Solid Para-Hydrogen,” *Phys. Rev. B* **88**, 014507 (6 pages) (2013).

T. BREDTMANN, H. KATSUKI, J. MANZ, K. OHMORI and C. STEMMLE, “Wavepacket Interferometry for Nuclear Densities and Flux Densities,” *Mol. Phys.* **111**, 1691–1696 (2013).

H. KATSUKI, J. C. DELAGNES, K. HOSAKA, K. ISHIOKA, H. CHIBA, E. S. ZIJLSTRA, M. E. GARCIA, H. TAKAHASHI, K. WATANABE, M. KITAJIMA, Y. MATSUMOTO, K. G. NAKAMURA and K. OHMORI, “All-Optical Control and Visualization of Ultrafast Two-Dimensional Atomic Motions in a Single Crystal of Bismuth,” *Nat. Commun.* **4**, 2801 (2013).

B-4) 招待講演

K. OHMORI, “Ultrafast Coherent Control of an Ultracold Rydberg Gas,” Laser Science XXIX, (the 29th Annual Meeting of the American Physical Society), Hilton Bonnet Creek, Orlando (U.S.A.), October 2013.

K. OHMORI, “Ultrafast Coherent Control of an Ultracold Rydberg Gas,” Conference on Quantum Information and Quantum Control, Fields Institute, Toronto (Canada), August 2013.

K. OHMORI, “Ultrafast Coherent Control of an Ultracold Rydberg Gas,” Gordon Research Conference on “Quantm Control of Light and Matter,” Mount Holyoke College, South Hadley (U.S.A.), July–August 2013.

K. OHMORI, “Ultrafast Coherent Control of an Ultracold Rydberg Gas,” Quantum Dynamics and Spectroscopy in Condensed-Phase Materials and Bio-Systems, TSRC, Telluride (USA), July 2013.

K. OHMORI, “Spatiotemporal Quantum Engineering with Picometer and Attosecond Precision,” Strasbourg Physique Seminaires, Strasbourg University, Strasbourg (France), May 2013.

K. OHMORI, “Spatiotemporal Quantum Engineering with Picometer and Attosecond Precision,” Atomic and laser physics seminar series, Department of Physics, University of Oxford, Oxford (U.K.), May 2013.

K. OHMORI, “Ultrafast Coherent Control of an Ultracold Rydberg Gas,” The 11th US-Japan Joint Seminar on Quantum Electronics and Laser Spectroscopy (The US-Japan QELS-11) “Ultimate Quantum Systems of Light and Matter—Control and Applications,” Nara (Japan), April 2013.

N. TAKEI, “Ultrafast coherent control of an ultracold Rydberg gas,” 15th Japan-Korea Symposium on Molecular Science: Hierarchical Structure from Quantum to Functions of Biological Systems, Hotel Kitano Plaza Rokkoso, Kobe (Japan), July 2013.

B-6) 受賞，表彰

- 大森賢治, 独フンボルト賞 (2012).
- 大森賢治, アメリカ物理学会フェロー表彰 (2009).
- 大森賢治, 日本学士院学術奨励賞 (2007).
- 大森賢治, 日本学術振興会賞 (2007).
- 大森賢治, 光科学技術研究振興財団研究表彰 (1998).
- 大森賢治, 東北大学教育研究総合奨励金 (1995).
- 香月浩之, 英国王立化学会 PCCP 賞 (2009).
- 香月浩之, 光科学技術研究振興財団研究表彰 (2008).

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員等

- 分子科学研究会委員 (2002–2006).
- 分子科学会設立検討委員 (2005–2006).
- 分子科学会運営委員 (2006–2007, 2010–).
- 原子衝突研究協会運営委員 (2006–2007).

学会の組織委員等

- International Conference on Spectral Line Shapes 国際プログラム委員 (1998–).
- 21st International Conference on the Physics of Electronic and Atomic Collisions 準備委員，組織委員 (1999).
- The 5th East Asian Workshop on Chemical Reactions 組織委員長 (2001).
- 分子構造総合討論会実行委員 (1995).
- 第19回化学反応討論会実行委員 (2003).
- 原子・分子・光科学(AMO) 討論会プログラム委員 (2003–).
- APS March meeting; Focus Topic Symposium “Ultrafast and ultrahighfield chemistry” 組織委員 (2006).
- APS March meeting satellite “Ultrafast chemistry and physics 2006” 組織委員 (2006).
- 第22回化学反応討論会実行委員 (2006).
- 8th Symposium on Extreme Photonics “Ultrafast Meets Ultracold” 組織委員長 (2009).
- The 72nd Okazaki Conference on “Ultimate Control of Coherence” 組織委員 (2013).
- A Peter Wall Colloquium Abroad and The 73rd Okazaki Conference on “Coherent and Incoherent Wave Packet Dynamics” 組織委員 (2013).

文部科学省，学術振興会，大学共同利用機関等の委員等

- 日本学術振興会日仏先端科学シンポジウムPGM (2010–2012).
- 日本学術振興会 HOPE ミーティング事業委員 (2012–).
- 日本学術振興会日独学術コロキウム 学術幹事 (2014).
- European Research Council (ERC), Invited Panel Evaluator.
- European Research Council (ERC), Invited Expert Referee.

その他

- 平成16年度安城市シルバーカレッジ「原子のさざ波と不思議な量子の世界」

岡崎市立小豆坂小学校 第17回・親子おもしろ科学教室「波と粒の話」

立花隆+自然科学研究機構シンポジウム 爆発する光科学の世界——量子から生命体まで——「量子のさざ波を光で制御する」

B-8) 大学での講義，客員

University of Heidelberg, 客員教授, 2012年-

名古屋大学大学院理学研究科, 特別講義「量子動力学」2013年1月17日-18日.

B-10) 競争的資金

科学技術振興機構CREST 研究, 「アト秒精度の凝縮系コヒーレント制御」大森賢治 (2010年-2015年).

科研費基盤研究(A), 「アト秒ピコメートル精度の時空間コヒーレント制御法を用いた量子 / 古典境界の探索」大森賢治 (2009年-2011年).

科研費特別研究員奨励費, 「非線形波束干渉法の開発とデコヒーレンスシミュレーターへの応用」大森賢治 (2009年-2010年).

科研費特別研究員奨励費, 「極低温原子分子の超高速コヒーレント制御」大森賢治 (2008年-2010年).

科研費基盤研究(B), 「遺伝アルゴリズムを用いたデコヒーレンスの検証と制御法の開発」大森賢治 (2006年-2007年).

科研費基盤研究(A), 「サブ10アト秒精度の量子位相操作と単一分子量子コンピューティング」大森賢治 (2003年-2005年).

科研費特定領域研究(2)「強レーザー光子場における分子制御」計画班, 「単一原子分子のアト秒コヒーレント制御」大森賢治 (2003年-2005年).

C) 研究活動の課題と展望

今後我々の研究グループでは, APM を高感度のデコヒーレンス検出器として量子論の基礎的な検証に用いると共に, より自由度の高い量子位相操作技術への発展を試みる。そしてそれらを希薄な原子分子集団や凝縮相に適用することによって「アト秒量子エンジニアリング」と呼ばれる新しい領域の開拓を目指している。当面は以下の4テーマの実現に向けて研究を進めている。

デコヒーレンスの検証と抑制: デコヒーレンスは, 物質の波としての性質が失われて行く過程である。量子論における観測問題と関連し得る基礎的に重要なテーマであるとともに, テクノロジーの観点からは, 反応制御や量子情報処理のエラーを引き起こす主要な要因である。その本質に迫り, 制御法を探索する。

量子散逸系でのコヒーレント制御の実現: 得られる知見をもとにデコヒーレンスの激しい凝縮系でのコヒーレント制御法を探索する。

分子ベースの量子情報科学の開拓: 高精度の量子位相操作によって分子内の振動固有状態を用いるユニタリ変換とそれに基づく量子情報処理の実現を目指す。さらに, 単一分子の操作を目指して, 冷却分子の生成を試みる。

レーザー冷却された原子集団のコヒーレント制御: レーザー冷却された原子集団への振幅位相情報の書き込みとその時間発展の観測・制御。さらに極低温分子の生成とコヒーレント制御。これらを通じて, 多体量子問題のシミュレーション実験, 量子情報処理, 極低温化学反応の観測と制御を目指す。

これらの研究の途上で量子論を深く理解するための何らかのヒントが得られるかもしれない。その理解はテクノロジーの発展を促すだろう。我々が考えている「アト秒量子エンジニアリング」とは, 量子論の検証とそのテクノロジー応用の両方を含む概念である。

光分子科学第三研究部門

小 杉 信 博 (教授) (1993 年 1 月 1 日 着 任)

A-1) 専門領域：軟X線光化学，光物性

A-2) 研究課題：

- a) 軟X線吸収分光法，光電子分光法による分子間相互作用の研究
- b) 内殻励起の理論アプローチの開発

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 軟X線吸収分光法，光電子分光法による分子間相互作用の研究：本グループでは内殻電子や価電子の励起・イオン化分光法の精密化によって固体中の不純物状態や二成分気相クラスターの研究を進めてきた。最近では、実験技術的に難しかった液相・固液界面、有機分子やグラフェン等の積層表面等にも研究対象を拡大している。例えば、溶液（二成分液体）の溶質の周りの局所的な配位構造や電子構造を解明することに成功している。電極反応や触媒反応のその場観測やこれまでバンド形成が見つからなかったような弱い分子間相互作用によるバンド分散の観測等にも成功している。
- b) 内殻励起の理論アプローチの開発：本グループで独自開発している軟X線内殻スペクトルの量子化学計算コード GSCF3 は世界の放射光施設（スウェーデン MAX，米 ALS，独 BESSY，カナダ CLS，仏 SOLEIL，伊 ELETTRA など）の実験研究者によって簡単な分子から高分子などの大きな分子まで 10 年以上前から活用されている。最近、内殻励起の実験研究が進み、多電子励起、スピン軌道相互作用、円偏光度などの新たな観測データに対しても理論解析が要求されるようになった。そのため、新たに内殻励起計算用量子化学 CI コード GSCF4 の開発・整備を進めている。

B-1) 学術論文

M. NAGASAKA, H. YUZAWA, T. HORIGOME, A. P. HITCHCOCK and N. KOSUGI, “Electrochemical Reaction of Aqueous Iron Sulfate Solutions Studied by Fe L-Edge Soft X-Ray Absorption Spectroscopy,” *J. Phys. Chem. C* **117**, 16343–16348 (2013).

H. YAMANE and N. KOSUGI, “Substituent-Induced Intermolecular Interaction in Organic Crystals Revealed by Precise Band-Dispersion Measurements,” *Phys. Rev. Lett.* **111**, 086602 (5 pages) (2013).

H. YAMANE, N. KOSUGI and T. HATSUI, “Transmission-Grating Spectrometer for Highly Efficient and High-Resolution Soft X-Ray Emission Studies,” *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.* **188**, 155–160 (2013).

J. PARK, S. W. JUNG, M.-C. JUNG, H. YAMANE, N. KOSUGI and H. W. YEOM, “Self-Assembled Nanowires with Giant Rashba Split Bands,” *Phys. Rev. Lett.* **110**, 036801 (5 pages) (2013).

T. YAJIMA, S. SAKAKIBARA, S. NARITSUKA, H. YAMANE, N. KOSUGI and T. MARUYAMA, “Formation of Carbon Nanotube/n-Type 6H-SiC Heterojunction by Surface Decomposition of SiC and Its Electric Properties,” *Jpn. J. Appl. Phys.* **52**, 06GD01 (4 pages) (2013).

S. B. SINGH, L. T. YANG, Y. F. WANG, Y. C. SHAO, C. W. CHIANG, J. W. CHIOU, K. T. LIN, S. C. CHEN, B. Y. WANG, C. H. CHUANG, D. C. LING, W. F. PONG, M.-H. TSAI, H. M. TSAI, C. W. PAO, H. W. SHIU, C. H. CHEN, H.-J. LIN, J. F. LEE, H. YAMANE and N. KOSUGI, "Correlation between p-Type Conductivity and Electronic Structure of Cr-Deficient $\text{CuCr}_{1-x}\text{O}_2$ ($x = 0-0.1$)," *Phys. Rev. B* **86**, 241103(R) (6 pages) (2012).

V. KIMBERG, A. LINDBLAD, J. SOEDERSTROEM, O. TRAVNIKOVA, C. NICOLAS, Y. P. SUN, F. GEL'MUKHANOV, N. KOSUGI and C. MIRON, "Single-Molecule X-Ray Interferometry: Controlling Coupled Electron-Nuclear Quantum Dynamics and Imaging Molecular Potentials by Ultrahigh-Resolution Resonant Photoemission and Ab Initio Calculations," *Phys. Rev. X* **3**, 011017 (16 pages) (2013).

B. DIERKER, E. SULJOTI, K. ATAK, K. M. LANGE, N. ENGEL, R. GOLNAK, M. DANTZ, K. HODECK, M. KHAN, N. KOSUGI and E. F. AZIZ, "Probing Orbital Symmetry in Solution: Polarization-Dependent Resonant Inelastic Soft X-Ray Scattering on Liquid Micro-Jet," *New J. Phys.* **15**, 093025 (10 pages) (2013).

B-4) 招待講演

H. YAMANE, "Precise ARPES Experiments on Weakly Interacting Molecular Systems: New and Deeper Insights into Organic Electronic Properties," International Conference on Vacuum Ultraviolet and X-ray Physics VUVX2013, Hefei (China), July 2013.

N. KOSUGI, "X-ray absorption spectroscopy applied to molecular gas, liquid and solid: Experiment and theory," Special Lecture on Physical & Theoretical Chemistry, Institute of Chemistry and Biochemistry, Free University Berlin, Berlin (Germany), June 2013.

B-6) 受賞, 表彰

小杉信博, 分子科学研究奨励森野基金研究助成 (1987).

初井宇記, 日本放射光学会奨励賞 (2006).

山根宏之, 日本放射光学会奨励賞 (2009).

長坂将成, 日本放射光学会奨励賞 (2013).

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員等

日本放射光学会評議員 (1994-1995, 1998-1999, 2002-2003, 2006-2007, 2009-2010, 2012-2013), 庶務幹事 (1994), 特別委員会委員 (将来計画 2001-2003, 先端的リング型光源計画 2005-2006, 放射光光源計画 2009-2011).

日本化学会化学技術賞等選考委員会委員 (2001-2002).

学会の組織委員等

SRI シンクロトロン放射装置技術国際会議国際諮問委員 (1994-2009).

VUV 真空紫外光物理国際会議国際諮問委員 (2004-2008).

X線物理及び内殻過程の国際会議国際諮問委員 (2006-2008).

VUVX 真空紫外光物理及びX線物理国際会議国際諮問委員 (2008-2013).

ICESS 電子分光及び電子構造国際会議国際諮問委員 (2006-).

VUV-12, VUV-14 真空紫外光物理国際会議プログラム委員 (1998, 2004).
ICESS-11 電子分光及び電子構造国際会議・共同議長, 国際プログラム委員長 (2009).
ICESS-8,9,10,12 電子分光及び電子構造国際会議国際プログラム委員 (2000, 2003, 2006, 2012).
IWP 光イオン化国際ワークショップ国際諮問委員・プログラム委員 (1997, 2000, 2002, 2005, 2008, 2011).
DyNano2010 短波長放射光によるナノ構造及びダイナミクス国際ワークショップ諮問委員 (2010, 2011).
台湾軟X線散乱国際ワークショップ組織委員 (2009).
COREDEC 内殻励起における脱励起過程国際会議プログラム委員 (2001).
ICORS2006 第20回国際ラマン分光学会議プログラム委員 (2006).
IWSXR 軟X線ラマン分光及び関連現象に関する国際ワークショップ組織委員長 (2006).
XAFS X線吸収微細構造国際会議実行委員 (1992), 組織委員 (2000), プログラム委員 (1992, 2000), 国際諮問委員 (2003).
ICFA-24 次世代光源に関する先導的のビームダイナミクス国際ワークショップ組織委員 (2002).
日仏自由電子レーザーワークショップ副議長 (2002).

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・学術審議会専門委員(研究計画・評価分科会)(2005-2007).
文部科学省放射光施設の連携・協力に関する連絡会議作業部会委員 (2007-2008).
文部科学省大学共同利用機関法人準備委員会自然科学研究機構検討委員 (2003-2004).
日本学術振興会国際科学協力事業委員会委員 (2002-2003), 科学研究費委員会専門委員 (2007-2008, 2012), 特別研究員等審査会専門委員 (2009-2010), 国際事業委員会書面審査員 (2009-2010).
科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業(さきがけ)領域アドバイザー (2008-2014).
大学共同利用機関法人自然科学研究機構教育研究評議員 (2004-2006, 2011-2014).
高エネルギー加速器研究機構運営協議員会委員 (2001-2003), 物質構造科学研究所運営協議員会委員 (2001-2003), 加速器・共通研究施設協議会委員 (2001-2003).
東京大学物性研究所軌道放射物性研究施設運営委員会委員 (1994-2012).
日本学術会議放射光科学小委員会委員 (2003-2005).

学会誌編集委員

Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena, Editorial Board member (2005-2006), Editor (2007-).

その他

アジア交流放射光国際フォーラム組織委員及び実行委員 (1994, 1995, 2001, 2004).
アジア・オセアニア放射光フォーラムAOFSTR 国際諮問委員及びプログラム委員 (2007, 2009).
極紫外・軟X線放射光源計画検討会議光源仕様レビュー委員会委員 (2001-2002).
SPring-8 評価委員会委員 (2002, 2003, 2004), 専用施設審査委員会委員 (2007-2010), 登録機関利用活動評価委員会委員 (2008).
高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所放射光共同利用実験審査委員 (1997-2001), 放射光研究施設評価分科会委員 (2001-2002), 放射光戦略ワーキンググループ会議委員 (2007-2009), 放射光科学国際諮問委員会電子物性分科会委員 (2008).
核融合科学研究所外部評価委員会共同研究・連携研究専門部会委員 (2010-2011).
台湾放射光科学国際諮問委員会委員 (2008-2011).

台湾中央研究院研究計画審査委員 (2010–2012).

フィンランド Oulu 大学物理学教授選考外部専門委員 (2010).

フランス CNRS ANR 基盤研究審査員 (2010–2012).

フランス UPMC(Paris 6)/CNRS Multi-scale Integrative Chemistry (MiChem) プロジェクト外部審査委員 (2011).

B-10) 競争的資金

科研費基盤研究(B),「内殻励起を利用したスピン禁制イオン化・励起状態の研究」小杉信博 (2003年–2005年).

科研費基盤研究(B),「軟X線内殻分光による分子間相互作用系の局所電子構造研究」小杉信博 (2008年–2010年).

科研費基盤研究(A),「軟X線分光による液体・溶液の局所電子構造解析法の確立」小杉信博 (2011年–2013年).

科研費若手研究(B),「表面共吸着系の電子状態の同時観測法の開発と電極反応への展開」長坂将成 (2009年–2010年).

科研費若手研究(A),「軟X線吸収分光法による電極固液界面の局所電子構造の解明」長坂将成 (2011年–2013年).

科研費若手研究(B),「内殻励起を利用した有機半導体薄膜・界面の局所電子状態と電荷輸送ダイナミクスの研究」山根宏之 (2009年–2010年).

科研費若手研究(A),「分子間バンド分散の精密観測による有機半導体の電気伝導特性の定量的解明」山根宏之 (2012年–2014年).

科研費挑戦的萌芽研究,「動作環境における有機デバイス電子状態の「その場」観測」山根宏之 (2012年–2013年).

C) 研究活動の課題と展望

本研究グループは、これまでアンジュレータ、分光器、測定装置のマッチングを最適にした軟X線ビームラインを建設し、高分解能軟X線吸収分光システム、高分解能光電子分光システム、高分解能軟X線発光分光システム等の開発を行ってきた。これらは放射光分子科学分野において国際的な競争力があり、国際共同研究に大きく貢献している。特に、最も基本的な分光法である光吸収分光と光電子分光に重点を置いて、放射光の分子科学応用を展開してきた。UVSOR-I から UVSOR-II に高度化されたことで、吸収エネルギーや光電子エネルギーの meV オーダーシフトが観測できるようになり、孤立分子や固体を対象とした研究から、クラスター、液体・溶液、有機薄膜などの弱い分子間相互作用系の局所構造解析を可能とした。さらに、UVSOR-II から UVSOR-III に高度化されたことで、輝度がさらに向上するとともに空間分解能が向上したので、現在、精力的にその場観測や顕微分光を軟X線領域で展開している。次の計画は光源に依存しない方法での時間変化の追跡をこれらの実験に組み合わせることである。

片 柳 英 樹 (助教) (2004 年 10 月 16 日 着 任)

A-1) 専門領域：物理化学

A-2) 研究課題：

- a) フラーレン類の放射光による解離性光イオン化機構の画像観測法による解明
- b) カーボンナノチューブ (CNT) の気相分光
- c) CNT の色素増感太陽電池 (DSSC) への応用

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 気相におけるフルラーレン類 (C_{60} , C_{70}) の放射光による解離性イオン化の機構を明らかにするため、生成した解離フラグメントイオン $C_{60(70)-2n}^{z+}$ ($n \geq 1$; $z = 1-3$) の散乱速度分布の画像観測を行う装置を開発し、これを用いて各フラグメントの速度分布画像を測定した。この結果から分解反応におけるエネルギー分配やフラグメントの内部温度に関する知見が得られ、良く知られている段階的 C_2 放出機構以外の過程が分解反応に寄与している可能性が示唆された。
- b) 上記課題において、フルラーレン類の解離機構を明らかにするために開発された気相分光技術を、CNT に応用する。この目的に用いるための、CNT 分子線源および観測用真空装置を設計している。まず設計の指針として、分子研機器センターの MALDI 装置を用いて CNT の蒸発に適した方法・条件を明らかにするための予備実験を行った。また、本研究の試料として適した、市販の CNT 分散液を選択するため、装置開発室の AFM を利用して各種試料の状態を観察した。その結果、AFM 像から得られた各試料の CNT の長さが、気相での実験には長すぎるということがわかったため、CNT の長さを制御する方法の検討を始めた。長さの制御された CNT の気相分光が実施できれば、CNT の種々の性質を長さの関数として測定できると考えている。
- c) DSSC は安価で環境負荷の少ない発電手法として期待されている。DSSC の高性能化、長寿命化に、上記の CNT の気相分光の知見を生かす事を試みている。最も重要な性能である光電変換効率を向上させるためには、発電を担う作用極 (負極) の改良に加えて、対極 (正極) における、電池セルに流入した電子を電解液に戻す、電荷移動反応を高速化する事が重要である。従来対極には触媒として白金が用いられていたが、高価であり、劣化が早いため、改善の方法が模索されていた。炭素は有望な代替物質として期待されており、CNT を用いた例もある。そこで我々は上記の CNT の気相分光の知見と DSSC の電気化学的な知見を組み合わせ、能率の良い対極を作成する事を試みている。現在までに、簡単な方法で、白金対極と比較しうる効率を持つ CNT 対極を作成できる事がわかった。一方、基礎科学的な観点でも、同じ試料を用いて気相分光および電気化学的手法による測定を行う事で、CNT が関与する電子移動反応についての統一的理解が得られると考えている。

B-10) 競争的資金

科研費若手研究 (B), 「放射光を用いた“イオン液体”の液体および気体状態での光電子分光」片柳英樹 (2005年-2006年).

科研費特定領域研究 (公募研究) 「放射光を用いたイオン液体のドメイン構造の検証と磁性イオン液体の構造解析」片柳英樹 (2006年-2007年).

科研費基盤研究 (C), 「フルラーレンの光解離で生成する中性フラグメント散乱分布の状態選択的画像観測」片柳英樹 (2008年-2010年).

科研費基盤研究(C),「カーボンナノチューブ分子線源の開発と、これを用いた分光と気相反応機構の解明」片柳英樹 (2012年-2014年).

トヨタ先端技術共同研究,「液相法によるZnO系薄膜の形成」見附孝一郎,片柳英樹 (2012年).

C) 研究活動の課題と展望

(a)については、当初目的としていた結果を得るための実験は2013年の早期に終了し、装置をUVSORから引き上げて、現在はデータ解析および論文の作成を行っている。この手法自体は他の分子等にも有効に活用できるものの、現在の装置は試作品であるため、今後は、これを改善した小型軽量で移動及び設置調整が容易な観測用真空装置を製作し、ビームラインのユーザー利用等でも手軽にこの手法を実施できるようにする。これは(b)の装置と兼用する。(b)については、CNTの気相分光を行うための真空装置を早期に作成し、UVSORを利用して、まず気相CNTからの信号を得る事を目指す。初期にはCNTのイオン収量の測定が行いやすいと考えられる。(c)については今のところ試験的な実験を行ったのみであるため、今後系統的に対極を作成し、まず対極のみで電気化学的性質を測定し、これを気相分光の結果と比較して議論する事を目指す。その後電池セル全体の作成を試みる。以上のように、分子研での研究で成果を上げる試みに加えて、転出を前提とし、異動後の研究活動に円滑につながる事を意図して研究計画を工夫することが重要であると認識している。

光源加速器開発研究部門（極端紫外光研究施設）

加藤 政 博（教授）（2000年3月1日着任，2004年1月1日昇任）

A-1) 専門領域：加速器科学，放射光科学，ビーム物理学

A-2) 研究課題：

- a) シンクロトロン光源加速器の研究
- b) 自由電子レーザーの研究
- c) 相対論的電子ビームを用いた光発生法の研究
- d) 量子ビームの発生と応用に関する研究

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) シンクロトロン光源 UVSOR の性能向上に向けた開発研究を継続している。2000年以降の断続的な加速器改良により、電子ビーム強度及び輝度の向上、電子ビーム強度を一定に保つトップアップ入射の導入などに成功し、低エネルギー放射光源としては世界最高水準の光源性能を実現した。高輝度放射光発生のために真空封止アンジュレータ3台、可変偏光型アンジュレータ3台を設計・建設し、稼働させた。
- b) 自由電子レーザーに関する研究を継続している。蓄積リング自由電子レーザーとして世界最高の出力を記録した。また、共振器型自由電子レーザーに関する基礎研究を進め、レーザー発振のダイナミクスやフィードバック制御に関する先駆的な成果を上げた。外部レーザーを用いた真空紫外領域でのコヒーレント高調波発生に関する研究では、可変偏光性や出力飽和などに関する先駆的な成果を上げた。UVSOR 施設の次期計画の候補として、高繰り返し極紫外自由電子レーザーの開発を目指した研究開発に着手した。
- c) 外部レーザーを用いて電子パルス上に微細な密度構造を形成することでコヒーレント放射光をテラヘルツ領域において生成する研究を継続している。この手法により一様磁場中から準単色テラヘルツ放射光を発生することに世界に先駆けて成功した。電子パルス上に形成された密度構造の時間発展に関するビームダイナミクス研究により先駆的な成果を上げた。
- d) 外部レーザーと高エネルギー電子線を用いた逆コンプトン散乱によるエネルギー可変、偏光可変の極短ガンマ線パルス発生に関する研究を進めている。パルス幅数ピコ秒程度のガンマ線パルスの生成、エネルギー可変性の実証に成功した。光陰極を用いた電子源の開発を進めている。また、これら偏極量子ビームの応用研究の開拓を進めている。

B-1) 学術論文

M. HOSAKA, N. YAMAMOTO, Y. TAKASHIMA, C. SZWAJ, M. LE PARQUIRE, C. EVAIN, S. BIELAWSKI, M. ADACHI, T. TANIKAWA, S. KIMURA, M. KATOH, M. SHIMADA and T. TAKAHASHI, "Saturation of the Laser-Induced Narrowband Coherent Synchrotron Radiation Process: Experimental Observation at a Storage Ring," *Phys. Rev. S. T. Accel. Beams* **16**, 020701 (8 pages) (2013).

M. ADACHI, H. ZEN, T. KONOMI, J. YAMAZAKI, K. HAYASHI and M. KATOH, "Design and Construction of UVSOR-III," *J. Phys.: Conf. Ser.* **425**, 042013 (5 pages) (2013).

P. THOMA, A. SCHEURING, S. WUENSCH, K. IL'IN, A. SEMENOV, H-W HUEBERS, V. JUDIN, A-S. MUELLER, N. SMALE, M. ADACHI, S. TANAKA, S. KIMURA, M. KATOH, N. YAMAMOTO, M. HOSAKA, E. ROUSSEL, C. SZWAJ, S. BIELAWSKI and M. SIEGEL, "High-Speed Y-Ba-Cu-O Direct Detection System for Monitoring Picosecond THz Pulses," *IEEE Trans. Terahertz Sci. Tech.* **3**, 81–86 (2013).

Y. TAIRA, H. TOYOKAWA, R. KURODA, N. YAMAMOTO, M. ADACHI, S. TANAKA and M. KATOH, "Photon-Induced Positron Annihilation Lifetime Spectroscopy Using Ultrashort Laser-Compton-Scattered Gamma-Ray Pulses," *Rev. Sci. Instrum.* **84**, 053305 (5 pages) (2013).

H. NISHINO, M. HOSAKA, M. KATOH and Y. INOUE, "Photoreaction of *rac*-Leucine in Ice by Circularly Polarized Synchrotron Radiation: Temperature-Induced Mechanism Switching from Norrish Type II to Deamination," *Chem. –Eur. J.* **19**, 13929–13936 (2013).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

S. TANAKA, M. ADACHI, K. HAYASHI, M. KATOH, S. KIMURA, E. NAKAMURA, J. YAMAZAKI, M. HOSAKA, Y. TAKASHIMA, Y. TAIRA, N. YAMAMOTO, T. TAKAHASHI and H. ZEN, "Construction and Commissioning of Coherent Light Source Experiment Station at UVSOR," *Proc.34th Internat. Free Electron Laser Conf.*, 460–462 (2012).

T. TOYODA, K. HAYASHI and M. KATOH, "Turn-By-Turn Bpm System Using Coaxial Switches and Arm Microcontroller at UVSOR," *Proc. Internat. Beam Instr. Conf.*, 112–116 (2012).

T. KONOMI, M. ADACHI, J. YAMAZAKI, K. HAYASHI and M. KATOH, "Status of UVSOR-III," *Proc. Internat. Particle Accel. Conf.*, 139–141 (2013).

B-6) 受賞, 表彰

島田美帆, 第8回日本加速器学会奨励賞 (2011).

平 義隆, 第7回日本物理学会若手奨励賞 (2012).

肥田洋平, 第9回日本加速器学会年会賞(ポスター部門)(2012).

丹羽貴弘, 第9回日本加速器学会年会賞(ポスター部門)(2012).

平 義隆, 第9回日本加速器学会年会賞(口頭発表部門)(2012).

梶浦陽平, 第10回日本加速器学会年会賞(ポスター部門)(2013).

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員等

日本加速器学会評議員 (2008–2009, 2013–).

日本放射光学会評議員 (2006–2009, 2010–2012, 2013–).

学会の組織委員等

日本加速器学会組織委員 (2004–).

日本放射光学会第13回年会プログラム委員長 (2000).

日本加速器学会第10回年会プログラム委員長 (2013).

学会誌編集委員

日本放射光学会誌編集委員 (2000-2002).

B-8) 大学での講義, 客員

高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所, 客員教授, 2004年-.

名古屋大学シンクロトロン光研究センター, 客員教授, 2006年-.

B-10) 競争的資金

科研費基盤研究(B)(2), 「電子蓄積リングによる遠赤外コヒーレント放射光の生成」加藤政博 (2003年-2004年).

科研費基盤研究(B), 「レーザーと電子ビームを用いたテラヘルツコヒーレント放射光の生成」加藤政博 (2005年-2007年).

科研費基盤研究(B), 「電子ビームのレーザー微細加工によるコヒーレント光発生」加藤政博 (2008年-2010年).

文部科学省光・量子科学研究拠点形成に向けた基盤技術開発プロジェクト 量子ビーム基盤技術開発プログラム, 高度化ビーム技術開発課題, 「リング型光源とレーザーを用いた光発生とその応用」加藤政博 (2008年-2012年).

科研費基盤研究(B), 「超狭帯域真空紫外コヒーレント放射光源の開発」加藤政博 (2011年-2013年).

C) 研究活動の課題と展望

UVSOR は2000年以降の高度化により, 既に低エネルギーのシンクロトロン光源としては世界的にも最高レベルの性能を有するが, 放射光輝度をさらに向上させる改造を2012年春に実施した。偏向磁石を複合機能型に置き換え, また, パルス六極磁石による高度な入射に成功し入射効率の向上へ向けて研究を進めている。真空封止型アンジュレータ1台を設置し, 立上調整を行った。加速器の安定性の向上を目指して調整を進めている。

自由電子レーザーに関しては, 新しい実験ステーションの整備が概ね完了し, 装置の基本性能の確認を進めている。今後, 発振波長を真空紫外領域まで拡張することを目指すとともに, 可視紫外域での広範囲波長可変レーザーとしての実用化を目指して技術開発を進める。また, 共振器内逆コンプトン散乱による高効率単色ガンマ線生成などへの応用も目指す。これらと並行して, レーザー発振のダイナミクスの基礎研究やシード光注入による発振の安定化や制御に関する研究を継続する。X線共振器型自由電子レーザーなど, 次世代自由電子レーザー開発のための基礎研究である。一方, 施設の将来計画として, 多周回型直線加速器を用いた高繰り返しの極紫外自由電子レーザーの可能性を検討している。また, そのための要素技術開発として, 高エネルギー加速器研究機構などと協力し, 光陰極超伝導RF電子銃の開発を進めている。

極短パルスレーザーと蓄積リングの電子ビームを併用した, テラヘルツ領域でのコヒーレント放射の生成, 真空紫外領域でのコヒーレント高調波発生の研究を進めている。量子ビーム基盤技術開発プログラムのもと, 2008年度から5年間をかけて, 新しい実験ステーションを完成した。今後さらに実用化に向けて研究開発を進める。

新しい量子ビーム源として, レーザーと電子ビームの相互作用による極短パルスガンマ線の発生に関する研究を進める。偏光可変性や極短パルス特性を活かした利用法の開拓を行う。また, 同じく新たな量子ビーム源として, スピン偏極電子源の開発を進めている。生体物質への照射などを手始めに, 将来的には逆光電子分光なども視野に入れながら, 応用を強く意識して開発に取り組んでいる。

光物性測定器開発研究部門（極端紫外光研究施設）

木村 真一（准教授）（2002年4月1日～2013年6月30日）^{*}

A-1) 専門領域：物性物理学，放射光科学

A-2) 研究課題：

- a) 機能性固体・薄膜の電子状態の分光研究
- b) 物質科学に向けた低エネルギー放射光を使った新しい分光法の開発
- c) 新しい量子ビームを使った分析技術の開発

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 機能性固体・薄膜の電子状態の分光研究：磁性と伝導が複雑に絡み合うことにより新しい機能が現れる固体・薄膜について、低温・高圧・高磁場下の赤外・テラヘルツ分光と高分解能三次元角度分解光電子分光により、機能性の起源である電子状態を詳細に決定している。また、それらの実験条件に合わせた第一原理電子状態計算を組み合わせることで、機能性固体・薄膜の電子状態の総合的な情報を得ている。
- b) 低エネルギー放射光を使った新しい分光法の開発：これまでに開発してきた UVSOR-II 軌道対称性・波数分離角度分解光電子分光 (BL7U)，三次元角度分解光電子分光 (BL5U)，高圧下赤外・テラヘルツ顕微分光 (BL6B) は順調に結果を出している。2012年度補正予算により、BL5U をスピン・軌道・角度分解光電子分光ビームラインに高度化する計画が認められ、建設を開始した。一方で、BL1B にテラヘルツコヒーレント放射光を利用するビームラインを設置し、BL1U のコヒーレント高次高調波と組み合わせたテラヘルツポンプ・光電子プローブ分光などの新しい分光法の開発を進めており、物質科学への応用を図る。
- c) 新しい量子ビームを使った分析技術の開発：高エネルギー加速器研究機構で開発中の新規光源コンパクト ERL からの大強度テラヘルツ光を使った近接場分光や励起光としての利用，また，加藤グループと共同して，スピン偏極電子源を使った高エネルギー分解能スピン・角度分解逆光電子分光法の開発を進めている。

B-1) 学術論文

H. MIYAZAKI, H. MITANI, T. HAJIRI, M. MATSUNAMI, T. ITO and S. KIMURA, "Three-Dimensional Angle-Resolved Photoemission Spectra of EuO Thin Film," *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.* **191**, 7–10 (2013).

H. J. IM, M. TSUNEKAWA, T. SAKURADA, M. IWATAKI, K. KAWATA, T. WATANABE, K. TAKEGAHARA, H. MIYAZAKI, M. MATSUNAMI, T. HAJIRI and S. KIMURA, "Strong Correlation Effects in the A-Site Ordered Perovskite $\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ Revealed by Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy," *Phys. Rev. B* **88**, 205133 (5 pages) (2013).

B. KIM, P. KIM, W. JUNG, Y. KIM, Y. KOH, W. KYUNG, J. PARK, M. MATSUNAMI, S. KIMURA, J. S. KIM, J. H. HAN and C. KIM, "Microscopic Mechanism for Asymmetric Charge Distribution in Rashba-Type Surface States and the Origin of the Energy Splitting Scale," *Phys. Rev. B* **88**, 205408 (7 pages) (2013).

S. TANAKA, M. MATSUNAMI and S. KIMURA, "Electron-Phonon Coupling Investigation via Phonon Dispersion Measurement in Graphite by Angle-Resolved Photoelectron Spectroscopy," *Sci. Rep.* **3**, 3031 (6 pages) (2013).

- M. AITANI, Y. SAKAMOTO, T. HIRAHARA, M. YAMADA, H. MIYAZAKI, M. MATSUNAMI, S. KIMURA and S. HASEGAWA, “Fermi Level Tuning of Topological Insulator Thin Films,” *Jpn. J. Appl. Phys.* **52**, 110112 (8 pages) (2013).
- Y. UFUKTEPE, A. H. FARHA, S. KIMURA, T. HAJIRI, K. IMURA, M. A. AL MAMUN, F. KARADAG, A. A. ELMUSTAFA and H. ELSAYED-ALI, “Superconducting Niobium Nitride Thin Films by Reactive Pulsed Laser Deposition,” *Thin Solid Films* **545**, 601–607 (2013).
- B. H. MIN, J. B. HONG, J. H. YUN, T. IIZUKA, S. KIMURA, Y. BANG and Y. S. KWON, “Optical Properties of Iron-Based Superconductor LiFeAs Single Crystal,” *New J. Phys.* **15**, 073029 (13 pages) (2013).
- Y. UFUKTEPE, A. H. FARHA, S. KIMURA, T. HAJIRI, F. KARADAG, M. A. AL MAMUN, A. A. ELMUSTAFA, G. MYNENI and H. E. ELSAYED-ALI, “Structural, Electronic, and Mechanical Properties of Niobium Nitride Prepared by Thermal Diffusion in Nitrogen,” *Mater. Chem. Phys.* **141**, 393–400 (2013).
- M. MATSUNAMI, T. HAJIRI, H. MIYAZAKI, M. KOSAKA and S. KIMURA, “Strongly Hybridized Electronic Structure of YbAl₂: An Angle-Resolved Photoemission Study,” *Phys. Rev. B* **87**, 165141 (5 pages) (2013).
- T. WATANABE, K. OKIMURA, T. HAJIRI, S. KIMURA and J. SAKAI, “Phase Selective Growth and Characterization of Vanadium Dioxide Films on Silicon Substrates,” *J. Appl. Phys.* **113**, 163503 (6 pages) (2013).
- J. YAMAGUCHI, A. SEKIYAMA, M. Y. KIMURA, H. SUGIYAMA, Y. TOMIDA, G. FUNABASHI, S. KOMORI, T. BALASHOV, W. WULFHEKEL, T. ITO, S. KIMURA, A. HIGASHIYA, K. TAMASAKU, M. YABASHI, T. ISHIKAWA, S. YEO, S.-I. LEE, F. IGA, T. TAKABATAKE and S. SUGA, “Different Evolution of Intrinsic Gap in Strongly Correlated SmB₆ in Contrast to YbB₁₂,” *New J. Phys.* **15**, 043042 (12 pages) (2013).
- V. GURITANU, P. WISSGOTT, T. WEIG, H. WINKLER, J. SICHELSCHMIDT, M. SCHEFFLER, A. PROKOFIEV, S. KIMURA, T. IIZUKA, A. M. STRYDOM, M. DRESSEL, F. STEGLICH, K. HELD and S. PASCHEN, “Anisotropic Optical Conductivity of the Putative Kondo Insulator CeRu₄Sn₆,” *Phys. Rev. B* **87**, 115129 (5 pages) (2013).
- M. HOSAKA, N. YAMAMOTO, Y. TAKASHIMA, C. SZWAJ, M. LE PARQUIER, C. EVAIN, S. BIELAWSKI, M. ADACHI, H. ZEN, T. TANIKAWA, S. KIMURA, M. KATOH, M. SHIMADA and T. TAKAHASHI, “Saturation of the Laser-Induced Narrowband Coherent Synchrotron Radiation Process: Experimental Observation at a Storage Ring,” *Phys. Rev. S. T. Accel. Beams* **16**, 020701 (8 pages) (2013).
- J. SICHELSCHMIDT, A. HERZOG, H. S. JEEVAN, C. GEIBEL, F. STEGLICH, T. IIZUKA and S. KIMURA, “Far-Infrared Optical Conductivity of CeCu₂Si₂,” *J. Phys.: Condens. Matter* **25**, 065602 (4 pages) (2013).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

- K. IMURA, T. HAJIRI, M. MATSUNAMI, S. KIMURA, M. KANEKO, T. ITO, Y. NISHI, N. K. SATO and H. S. SUZUKI, “Angle Resolved Photoemission Spectroscopy on Mixed-Valent Sm_{1-x}Y₃S,” *J. Korean Phys. Soc.* **62**, 2028–2032 (2013).
- P. THOMA, A. SCHEURING, S. WÜNSCH, K. IL'IN, A. SEMENOV, H.-W. HÜBERS, V. JUDIN, A.-S. MÜLLER, N. SMALE, M. ADACHI, S. TANAKA, S. KIMURA, M. KATOH, N. YAMAMOTO, M. HOSAKA, E. ROUSSEL, C. SZWAJ, S. BIELAWSKI and M. SIEGEL, “High-Speed Y-Ba-Cu-O Direct Detection System for Monitoring Picosecond THz Pulses,” *IEEE Trans. Terahertz Sci. Tech.* **3**, 81–86 (2013).

B-3) 総説, 著書

S. KIMURA and H. OKAMURA, "Infrared and Terahertz Spectroscopy of Strongly Correlated Electron Systems under Extreme Conditions," *J. Phys. Soc. Jpn.* **82**, 021004 (28 pages) (2013).

木村真一, 「インジウム化セリウムの磁性・非磁性境界の電子構造」, 「高温超伝導現象と用途開発最前線」エヌ・ティー・エス, pp. 460–466 (2013).

B-4) 招待講演

T. HAJIRI, T. ITO, R. NIWA, S. HIRATE, M. MATSUNAMI, B. H. MIN, Y. S. KWON and S. KIMURA, "Polarization-dependent three-dimensional ARPES study on $\text{Li}_{1+x}\text{FeAs}$ ($x = 0, 0.2$)," EMN Workshop on Iron-based Superconductors, Houston (U.S.A.), January 2013.

S. KIMURA, "Generation and Applications of THz Coherent Synchrotron Radiation," International Symposium on Advanced Synchrotron Light and Material Sciences, Tosu (Japan), March 2013.

S. KIMURA, "Infrared and Terahertz Synchrotron Radiation," 2nd International Henry Moseley School and Workshop on X-ray Science, Turunç (Turkey), June 2013.

S. KIMURA, "IR and THz SR in Japan," German Science Days in Kyoto, Workshop 7 "Use of Accelerator-Based Photon Sources: Present Status and Perspectives," Kyoto (Japan), October, 2013.

木村真一, 「UVSOR-III における真空紫外物性研究の現状と将来」物性研短期研究会「真空紫外・軟X線放射光物性研究の将来」, 柏, 2013年5月.

B-6) 受賞, 表彰

木村真一, 第5回日本放射光学会若手奨励賞 (2001).

木村真一, 平成20年度科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞(研究部門)(2008).

木村真一, 平成20年度森田記念賞 (2008).

松波雅治, 第15回日本放射光学会奨励賞 (2011).

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員等

日本放射光学会評議員 (2006–2008, 2009–2011, 2012–2014).

日本放射光学会会計幹事 (2009–2011).

日本放射光学会行事幹事 (2005–2006).

日本放射光学会渉外幹事 (2003–2004).

日本放射光学会行事委員 (2003–2004, 2007–2010).

日本放射光学会渉外委員 (2012–2013).

日本物理学会名古屋支部委員 (2007–).

VUV・SX 高輝度光源利用者懇談会幹事 (2006–2007, 2008–2009, 2010–2011).

UVSOR 利用者懇談会世話人 (2000–2001).

学会の組織委員等

- 8th International Workshop on Infrared Microscopy and Spectroscopy with Accelerator Based Sources, Member of International Advisory Committee (Long Island, U.S.A., September 2015).
- The 1st Conference on Laser and Synchrotron Radiation Combination Experiment 2014, Member of Steering Committee (Yokohama, Japan, April 2014).
- 7th International Workshop on Infrared Microscopy and Spectroscopy with Accelerator Based Sources, Member of International Advisory Committee (Melbourne, Australia, November 2013).
- The 11th International Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation, Member of Scientific Program Committee (Lyon, France, July 2012).
- 6th International Workshop on Infrared Microscopy and Spectroscopy with Accelerator Based Sources, Member of International Advisory Committee (Trieste, Italy, September 2011).
- 第26回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, 実行委員 (2012).
- 第25回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, 組織委員, プログラム委員, 実行委員 (2011).
- 分子研研究会「大強度テラヘルツ光の発生と利用研究」代表者 (岡崎, 2010).
- 第24回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, 組織委員, プログラム委員, 実行委員 (2010).
- 2nd UVSOR Workshop on Low-Energy Photoemission of Solids Using Synchrotron Radiation (LEPES 09), Co-Chair, (Okazaki, Japan, October 2009).
- 11th International Conference on Electronic Spectroscopy and Structure, Member of International Program Committee (Nara, Japan, October 2009).
- 5th International Workshop on Infrared Microscopy and Spectroscopy with Accelerator Based Sources, Member of International Advisory Board (Banff, Canada, September 2009).
- 第23回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウムプログラム委員 (2009).
- 平成21年度総研大国際シンポジウム「総研大学術ネットワークの構築」実行委員 (葉山, 2009).
- 3rd Asia Oceania Forum for Synchrotron Radiation Research, Member of Program Advisory Committee, (Melbourne, Australia, December 2008).
- 第21回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム組織委員, 実行委員 (2007).
- 4th International Workshop on Infrared Microscopy and Spectroscopy with Accelerator Based Sources, Co-chair, Member of International Advisory Board (Awaji Island, Japan, September 2007).
- UVSOR Workshop on Terahertz Coherent Synchrotron Radiation, Co-Chair (Okazaki, Japan, September 2007).
- 第20回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム組織委員長, プログラム委員, 実行委員 (2006).
- 第3回次世代光源計画ワークショップ——先端的リング型光源が開くサイエンス—— 実行委員長 (日本放射光学会主催, 岡崎, 2006年8月)
- 第19回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム組織委員長, プログラム委員, 実行委員 (2005).
- 次世代光源計画ワークショップ——未来光源が開くサイエンス—— 実行委員長 (日本放射光学会主催, 岡崎, 2005年8月)
- International Workshop on Infrared Microscopy and Spectroscopy with Accelerator Based Sources 2005, Member of International Advisory Board (Rathen, Germany, June 2005).

- 第18回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウムプログラム委員 (2004).
- 第17回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム組織委員, プログラム委員 (2003).
- 第16回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム組織委員, プログラム委員 (2002).
- 第15回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウムプログラム委員 (2001).
- 第14回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム組織委員, プログラム委員 (2000).
- 第13回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウムプログラム委員 (1999).

文部科学省, 学術振興会, 大学共同利用機関等の委員等

- 高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所放射光共同利用実験審査委員会委員 (2009-2010, 2011-2012).
- 東京大学放射光連携研究機構物質科学ビームライン課題審査委員会委員 (2009-2010, 2011-2012).
- (財)高輝度光科学研究センター・利用研究課題選定委員会分科会委員 (2003-2010, 2013-2014).
- (財)高輝度光科学研究センター・ナノテク支援課題審査委員会委員 (2003-2008).

学会誌編集委員

- Proceedings of 11th International Conference on Electronic Spectroscopy and Structure, Special Issue of Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena*, Guest Editor, Elsevier (2010).
- 真空誌編集委員 (2007-).
- Proceedings of 4th International Workshop on Infrared Microscopy and Spectroscopy with Accelerator-Based Sources, Special Issue of Infrared Science and Technology Vol. 51*, Elsevier, Guest Editor (2008).

B-8) 大学での講義, 客員

東京大学物性研究所, 嘱託研究員, 1995年4月-.

B-10) 競争的資金

- 文部科学省国家課題対応型研究開発推進事業「光・量子融合連携研究開発プログラム」, 「レーザー・放射光融合による光エネルギー変換機構の解明」, 「コヒーレント・テラヘルツ放射光, 逆光電子分光法による光ダイナミクス研究」, 木村真一 (2013年-2017年).
- 科研費基盤研究(B), 「室温強磁性半導体を目指した酸化ユーロピウムの基礎研究」, 木村真一 (2010年-2012年).
- 科研費基盤研究(B), 「強相関4f電子系の量子臨界点における電子状態の光学的・光電的研究」, 木村真一 (2006年-2008年).
- (財)光科学技術研究振興財団助成金, 「リング型電子加速器からの大強度テラヘルツ光の発生と制御」, 木村真一 (2006年-2007年).
- 科研費特定領域研究(公募研究), 「モット転移系有機超伝導体の高圧・高磁場下の電子状態」, 木村真一 (2004年-2005年).
- 科研費若手研究(A), 「電子相関が強い系の多重極限環境における物性発現メカニズムの分光研究」, 木村真一 (2002年-2004年).

C) 研究活動の課題と展望

物質の電子構造を明確にすることは, 物性の理解を深め, 新しい機能性を創りだすのに重要である。そのため, 電子構造を観測するための重要な手段として, 放射光を使った角度分解光電子分光と赤外・テラヘルツ分光を推進し, いくつかの成果が得られた。これまでにやり残したことの1つとして, スピン・軌道・運動量を分解した電子構造の完全実験を可能にするビー

ムラインの開発を今後1 2年で行っていく。また、テラヘルツポンプ・光電子プローブ分光の開発を進める。さらに、研究分野を物質科学・分子科学のみならず、生命科学へも展開していきたい。

*) 2013 年 7 月 1 日大阪大学大学院生命機能研究科教授

光化学測定器開発研究部門（極端紫外光研究施設）

繁 政 英 治（准教授）（1999年5月1日着任）

A-1) 専門領域：軟X線分子分光，光化学反応動力学

A-2) 研究課題：

- a) 内殻電子励起ダイナミクスの研究
- b) 角度相関計測のための高効率電子エネルギー分析器の開発
- c) 中性質量選別クラスター源及び多成分混合分子クラスター源の開発
- d) 発光分光法による短波長強レーザー場中の原子分子過程の研究

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 我々の専用ビームライン BL6U は、40 ~ 400 eV の光エネルギー範囲において、分解能 10000 以上かつ光強度 10^{10} 光子数 / 秒以上の性能を有しており、低エネルギー領域における世界最先端ビームラインの一つである。2009年初秋以降、気体の高分解能電子分光を行うための実験装置の整備、及び、アンジュレータと分光器、及び電子エネルギー分析器を同時に制御するための整備を行い、国際共同研究を中心に、原子や分子の内殻電子励起状態や多電子励起状態の電子構造とその崩壊過程を詳細に調べる実験研究を継続して行っている。内殻励起分子の解離ダイナミクスに関しては、我々が開発した電子・イオン同時計測装置を利用した実験を協力研究として進めている。
- b) 磁気ボトル型電子エネルギー分析器の導入により、軟X線領域における原子分子の多重電離過程に関する理解は格段に深まった。しかしながら、磁気ボトル型分析器では、多重電離ダイナミクスの本質を理解するために必須となる放出電子間の角度相関に関する情報を得ることは原理的に難しい。この困難を克服するために、磁気ボトル型分析器と静電場を利用した飛行時間型分析器とを組み合わせた新しいエネルギー分析器の開発を進めている。
- c) BL6U での観測対象を気相の原子分子から種々のクラスターに拡張するために、クラスター源の開発を行っている。従来の放射光によるクラスター実験では、クラスターのサイズ選別は行われておらず、吸収スペクトルの構造などは全て平均クラスターサイズで議論されてきた。この状況を打破し、質量選別したクラスターの吸収スペクトルを直接観測することを目指して装置開発を行っている。また 大型の排気装置を利用した多成分混合分子クラスター源の開発も行っている。
- d) 日本のX線自由電子レーザー（XFEL）、SACLA の試験加速器として SPring-8 サイトに建設された SCSS において、極端紫外領域の強レーザー光に曝された原子分子及びクラスターの挙動について、発光分光法に基づく実験研究を進めて来た。SCSS の運転停止・移設に伴い、SACLA での発光分光実験を行っている。SACLA の利用研究として、Kr 原子に XFEL を集光照射し、二つの 1s 電子を剥ぎ取った、中空原子（内殻二正孔状態）の観測に世界に先駆けて成功した。今後も、二光子吸収など、X線領域における非線形過程の直接観測を目指した実験研究を進める。

B-1) 学術論文

H. IWAYAMA, N. SISOURAT, P. LABLANQUIE, F. PENENT, J. PALAUDOUX, L. ANDRIC, J. H. D. ELAND, K. BUČAR, M. ŽITNIK, Y. VELKOV, Y. HIKOSAKA, M. NAKANO and E. SHIGEMASA, "A Local Chemical Environment Effect in Site-Specific Auger Spectra of Ethyl Trifluoroacetate," *J. Chem. Phys.* **138**, 024306 (6 pages) (2013).

S.-M. HUTTULA, P. LABLANQUIE, L. ANDRIC, J. PALAUDOUX, M. HUTTULA, S. SHEINERMAN, E. SHIGEMASA, Y. HIKOSAKA, K. ITO and F. PENENT, “Decay of a 2p Inner-Shell Hole in an Ar⁺ Ion,” *Phys. Rev. Lett.* **110**, 113002 (5 pages) (2013).

M. NAKANO, F. PENENT, M. TASHIRO, T. P. GROZDANOV, M. ŽITNIK, S. CARNIATO, P. SELLES, L. ANDRIC, P. LABLANQUIE, J. PALAUDOUX, E. SHIGEMASA, H. IWAYAMA, Y. HIKOSAKA, K. SOEJIMA, I. H. SUZUKI, N. KOUCHI and K. ITO, “Single Photon K⁻² and K⁻¹K⁻¹ Double Core Ionization in C₂H_{2n} (n = 1–3), CO, and N₂ as a Potential New Tool for Chemical Analysis,” *Phys. Rev. Lett.* **110**, 163001 (5 pages) (2013).

M. N. PIANCASTELLI, R. GUILLEMIN, M. SIMON, H. IWAYAMA and E. SHIGEMASA, “Ultrafast Dynamics in C 1s Core-Excited CF₄ Revealed by Two-Dimensional Resonant Auger Spectroscopy,” *J. Chem. Phys.* **138**, 234305 (5 pages) (2013).

K. TAMASAKU, M. NAGASONO, H. IWAYAMA, E. SHIGEMASA, Y. INUBUSHI, T. TANAKA, K. TONO, T. TOGASHI, T. SATO, T. KATAYAMA, T. KAMESHIMA, T. HATSUL, M. YABASHI and T. ISHIKAWA, “Double Core-Hole Creation by Sequential Attosecond Photoionization,” *Phys. Rev. Lett.* **111**, 043001 (5 pages) (2013).

M. YABASHI, H. TANAKA, T. TANAKA, H. TOMIZAWA, T. TOGASHI, M. NAGASONO, T. ISHIKAWA, J. R. HARRIES, Y. HIKOSAKA, A. HISHIKAWA, K. NAGAYA, N. SAITO, E. SHIGEMASA and K. UEDA, “Compact XFEL and AMO Sciences: SACLA and SCSS,” *J. Phys. B* **46**, 164001 (19 pages) (2013).

Y. HIKOSAKA, M. FUSHITANI, A. MATSUDA, T. ENDO, Y. TOIDA, E. SHIGEMASA, M. NAGASONO, K. TONO, T. TOGASHI, M. YABASHI, T. ISHIKAWA and A. HISHIKAWA, “Resonances in Three-Photon Double Ionization of Ar in Intense Extreme-Ultraviolet Free-Electron Laser Fields Studied by Shot-by-Shot Photoelectron Spectroscopy,” *Phys. Rev. A* **88**, 023421 (6 pages) (2013).

E. SHIGEMASA, M. NAGASONO, H. IWAYAMA, J. R. HARRIES and L. ISHIKAWA (OKIHARA), “Resonance-Enhanced Three-Photon Single Ionization of Ne by Ultrashort Extreme-Ultraviolet Pulses,” *J. Phys. B* **46**, 164020 (5 pages) (2013).

J. R. HARRIES, M. NAGASONO, H. IWAYAMA and E. SHIGEMASA, “Towards Coherent Control of SASE Pulses Using Propagation through Helium Gas at Wavelengths Corresponding to Double Excitation,” *J. Phys. B* **46**, 164021 (5 pages) (2013).

H. IWAYAMA, K. NAGAYA, M. YAO, X. J. LIU, G. PRÜMPER, K. MOTOMURA, K. UEDA, N. SAITO, A. RUDENKO, L. FOUCHAR, M. NAGASONO, A. HIGASHIYA, M. YABASHI, T. ISHIKAWA, H. OHASHI and H. KIMURA, “Frustration of Photoionization of Ar Nanoplasma Produced by Extreme Ultraviolet FEL Pulses,” *J. Phys. B* **46**, 164019 (6 pages) (2013).

M. NAKANO, P. SELLES, P. LABLANQUIE, Y. HIKOSAKA, F. PENENT, E. SHIGEMASA, K. ITO and S. CARNIATO, “Near-Edge X-Ray Absorption Fine Structures Revealed in Core Ionization Photoelectron Spectroscopy,” *Phys. Rev. Lett.* **111**, 123001 (5 pages) (2013).

B-4) 招待講演

H. IWAYAMA, “Collective spontaneous emission of He gas irradiated by intense EUV-FEL pulses,” Intense Field, Short Wavelength Atomic and Molecular Processes-2, Xi’an (China), July 2013.

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員等

日本放射光学会渉外委員 (2005–2006).

日本放射光学会評議員 (2006–2009, 2010–2011, 2012–).

日本放射光学会渉外幹事 (2007–2009).

学会の組織委員等

日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム組織委員 (1999–2001, 2009, 2012).

第13回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム実行副委員長 (1999).

第13回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウムプログラム委員 (1999).

第19回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム実行委員 (2005).

SR106 (シンクロトン放射装置技術国際会議)プログラム委員 (2005).

第22回化学反応討論会実行委員 (2006).

第20回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウムプログラム委員 (2006).

第21回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウムプログラム委員 (2007).

第2回AOFSSR (放射光研究アジア - オセアニアフォーラム)プログラム委員 (2007).

第23回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウムプログラム委員 (2009).

第24回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウムプログラム委員 (2010).

第25回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウムプログラム委員 (2011).

文部科学省, 学術振興会, 大学共同利用機関等の委員等

東京大学物性研究所共同利用施設専門委員 (2005–2006).

(財)高輝度光科学研究センター利用研究課題選定委員会選定委員 (2007–2009, 2013–).

(財)高輝度光科学研究センター利用研究課題選定委員会分科会委員 (2011–2012).

学会誌編集委員

Proceedings of 11th International Conference on Electronic Spectroscopy and Structure, Special Issue of Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena, Elsevier, Guest Editor (2010).

Synchrotron Radiation News, Correspondent (2001–).

日本放射光学会学会誌編集委員 (2005–2006).

日本放射光学会学会誌編集委員 (2010–2012). (岩山洋士)

B-8) 大学での講義, 客員

総合研究大学院大学物理科学研究科, 「基礎光科学」2013年12月3日–6日.

名古屋大学小型シンクロトン光研究センター, 客員准教授, 2007年9月–.

B-10) 競争的資金

科研費基盤研究(B), 「分子の内殻電離しきい値近傍における多電子効果の研究」 繁政英治 (2003年–2005年).

科研費基盤研究(B), 「多重同時計測法で探る内殻励起分子の超高速緩和ダイナミクス」 繁政英治 (2007年–2008年).

松尾学術研究助成,「極端紫外レーザー光によるクラスター発光分光分析」岩山洋士 (2010年).

科研費若手研究(B),「自由電子レーザー励起によるレーザープラズマ光源の研究開発」岩山洋士 (2012年-2013年).

C) 研究活動の課題と展望

BL6U では, SPring-8 では実施出来ない 250 eV より低いエネルギー領域において, 設計値に近い分光性能に達している。この優れた分光性能を活かすことが出来る, 周期律表の第3周期元素の 2p 内殻励起領域を観測対象とし, 二次元電子分光を含む高分解能電子分光実験及び電子・イオン同時計測分光実験を継続し, 内殻正孔状態の脱励起過程に特徴的な高励起一価分子イオンや二価分子イオンの分光情報を取得する。これにより, 内殻電子励起状態のダイナミクスに関する理解を深めたい。また FEL の出現によって可能となった EUV から X 線領域における強レーザー場中の原子分子 及びクラスターの非線形過程に関して, 発光分光法に基づく実験研究を継続する。これにより, 短波長領域での強レーザー場に対する原子分子過程の本質的理解を得たい。

先端レーザー開発研究部門（分子制御レーザー開発研究センター）

平等 拓 範（准教授）（1998年2月1日着任）

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

A-2) 研究課題：

- a) マイクロドメイン構造制御に関する研究
- b) マイクロドメイン光制御に関する研究
- c) マイクロ固体フォトニクスの展開

A-3) 研究活動の概略と主な成果

分子科学に関連して重要な波長域にレーザーの高輝度光を展開する為の固体レーザー，非線形波長変換法につき包括的な研究を進めている。特に近年のマイクロ固体フォトニクス [マイクロチップ Nd:YVO₄ レーザー（1990年），Yb:YAG レーザー（1993年），セラミックレーザー（1997年），バルク擬位相整合（QPM）素子：大口径周期分極反転 MgO:LiNbO₃（PPMgLN）（3mm厚2003年，5mm厚2005年，10mm厚2012年）] を先導すると共に，共同研究を通し赤外域分子分光などにその展開を図っている。国際誌の雑誌編集，特集号企画から国際シンポジウム・会議の企画提案，開催に積極的に参加する事でその成果を内外に発信している。

- a) マイクロドメイン構造，界面（粒界面，結晶界面，さらには自発分極界面）を微細に制御する固相反応制御法の研究として，レーザーセラミックス，レーザー素子，分極反転素子の作製プロセスの高度化を図っている。特に，固体レーザーの発光中心である希土類イオンのスピン・軌道角運動量を利用したマイクロドメインの配向制御は，これまで不可能だった異方性セラミックスによるレーザー発振を成功させただけでなく原理的にはイオンレベルでの複合構造を可能とするなど，新たなフォトニクスを創出するものと期待される。
- b) 光の発生，増幅，変換の高度制御を可能とする為の研究として，希土類イオンの発光・緩和機構の解明，固体中の光，エネルギー伝搬，さらにはマイクロドメイン構造と光子及び音子の相互作用機構解明，非線形光学過程の解明，モデル化を進めている。Yb レーザーの機構解明，Nd レーザーの直接励起可能性，希土類レーザーの励起光飽和特性，YVO₄ の高熱伝導率特性の発見，実証に繋がったばかりでなく，マイクロ共振器の高輝度効果，レーザー利得と非線形光学過程の量子相関などの興味深い展開も見せている。特にレーザー科学発展の中で生じたパルスギャップ領域であるサブナノ秒からピコ秒の便利な光源開拓に関する貢献，パルスギャップレーザーによる新現象の解明などが期待できる。
- c) 開発した光素子を用いた新規レーザー，波長変換システムの開発と展開を図っている。これまでもエッジ励起セラミック Yb:YAG マイクロチップレーザーによる高平均出力動作，手のひらサイズ高輝度温度ジャイアントパルスマイクロチップレーザー，出力エネルギー 0.5 J，Nd:YAG レーザーからの変換効率 80% に到る高効率・高出力のナノ秒光パラメトリック発生 波長 5 ~ 12 μm に至る広帯域波長可変中赤外光発生，マイクロチップレーザーからの UV 光（波長：266 nm）からテラヘルツ波（波長：100~300 μm），さらには 1.5 サイクル中赤外光からのコヒーレント軟 X 線（波長：~5 nm）・アト秒（200~300 as）発生などをマイクロ固体フォトニクスで実証した。特にマイクロチップレーザーの高輝度特性を利用したエンジン点火では，パルスギャップ効果もあり極めて低いエネルギーでの効率的なレーザー点火効果を確認し，さらには世界ではじめての自動車エンジン搭載，走行実験に成功した。また広帯域波長可変赤

外光源が超音速ジェット中の化学種に対する振動分光に有用である事を検証した。今後、分子の振動状態について
のより詳細な分光学的情報を得ることが出来ると期待される。

B-1) 学術論文

K. FURUI, J. HAYASHI, T. OKADA, N. NAKATSUKA, T. TAIRA, T. HORI and F. AKAMATSU, “Study on Laser Induced Ignition for Methane-Air Mixtures with Pico-Second Pulse Duration Laser,” *Trans. Jpn. Soc. Mech. Eng. B* **78**, 2004–2014 (2012). (in Japanese)

M. HEMMER, A. THAI, M. BAUDISCH, H. ISHIZUKI, T. TAIRA and J. BIEGERT, “18- μ J Energy, 160-kHz Repetition Rate, 250-MW Peak Power Mid-IR OPCPA,” *Chin. Opt. Lett.* **11**, 013202 (3 pages) (2013).

V. KEMLIN, D. JEGOUSO, J. DEBRAY, P. SEGONDS, B. BOULANGER, B. MENAERT, H. ISHIZUKI and T. TAIRA, “Widely Tunable Optical Parametric Oscillator in a 5 mm-Thick 5%MgO:PPLN Partial Cylinder,” *Opt. Lett.* **38**, 860–862 (2013).

M. TSUNEKANE, N. PAVEL and T. TAIRA, “Simultaneously 3-Point Ignitable, Nd:YAG/Cr:YAG Ceramic Micro-Lasers,” *Rev. Laser Eng.* **41**, 119–124 (2013). (in Japanese)

M. TSUNEKANE and T. TAIRA, “High Peak Power, Passively Q-Switched Yb:YAG/Cr:YAG Micro-Lasers,” *IEEE J. Quantum Electron.* **49**, 454–461 (2013).

Y. SATO, J. AKIYAMA and T. TAIRA, “Orientation Control of Micro-Domains in Anisotropic Laser Ceramics,” *Opt. Mater. Express* **3**, 829–841 (2013).

R. BHANDARI and T. TAIRA, “Palm-Top Size Megawatt Peak Power Ultraviolet Microlaser,” *Opt. Eng.* **52**, 076102 (6 pages) (2013).

R. BHANDARI, N. TSUJI, T. SUZUKI, M. NISHIFUJI and T. TAIRA, “Efficient Second to Ninth Harmonic Generation Using Megawatt Peak Power Microchip Laser,” *Opt. Express* **21**, 28849–28855 (2013).

V. KEMLIN, D. JEGOUSO, J. DEBRAY, E. BOURSIER, P. SEGONDS, B. BOULANGER, H. ISHIZUKI, T. TAIRA, G. MENNERAT, J. MELKONIAN and A. GODARD, “Dual-Wavelength Source from 5%MgO:PPLN Cylinders for the Characterization of Nonlinear Infrared Crystals,” *Opt. Express* **21**, 28886–28891 (2013).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

Y. SATO and T. TAIRA, “Fundamental Sciences in Orientation Control Process for Anisotropic Laser Ceramics,” *8th Laser Ceramics Symposium: International Symposium on Transparent Ceramics for Photonic Applications (LCS8)* (2012).

R. BHANDARI and T. TAIRA, “Megawatt Peak Power UV Microlaser,” *SPIE Photonics West, San Francisco*, 8604-4 (2013).

T. TAIRA, “Laser Ignition,” *Session A, Joint Plenary Sessions, OPTICS & PHOTONICS International Congress 2013 (OPIC '13)* (2013).

R. BHANDARI and T. TAIRA, “High Repetition Rate MW Peak Power Green Microchip Laser,” *The 1st Laser Ignition Conference (LIC'13), OPIC'13, LDC/LIC1-3* (2013).

M. HEMMER, A. THAI, M. BAUDISCH, H. ISHIZUKI, T. TAIRA and J. BIEGERT, “3.1 μ m Wavelength, 19 μ J Energy, 160 kHz Repetition Rate OPCPA for Strong-Field Physics,” *The 2nd Advanced Lasers and Photon Sources (ALPS'13), OPIC'13, ALPS1-4* (2013).

- Y. SATO and T. TAIRA**, “Temperature Dependence of the Pump Absorption Efficiency under Hot-Band Pumping of Nd:YAG,” *The 1st Laser Ignition Conference (LIC’13), OPIC’13*, LIC2-2 (2013).
- M. TSUNEKANE and T. TAIRA**, “Ignition Lasers Operating for Wide Temperature Range,” *The 1st Laser Ignition Conference (LIC’13), OPIC’13*, LIC2-3 (2013).
- A. KAUSAS and T. TAIRA**, “Pulse Energy Increase by Emission Cross-Section Control in Passively Q-Switched Nd:YVO₄/Cr⁴⁺:YAG laser,” *The 1st Laser Ignition Conference (LIC’13), OPIC’13*, LIC2-4 (2013).
- T. TAIRA, S. MORISHIMA, K. KANEHARA, N. TAGUCHI, A. SUGIURA and M. TSUNEKANE**, “World First Laser Ignited Gasoline Engine Vehicle,” *The 1st Laser Ignition Conference (LIC’13), OPIC’13*, LIC3-1 (2013).
- M. TSUNEKANE and T. TAIRA**, “Yb:YAG/Cr:YAG Passively Q-Switched Microlaser for Ignition,” *The 1st Laser Ignition Conference (LIC’13), OPIC’13*, LIC4-4 (2013).
- J. HAYASHI, N. NAKATSUKA, K. FURUI, T. OKADA, T. TAIRA and F. AKAMATSU**, “Characteristics of Laser Ignition in Methane/Air Premixed Gas with Pico-Second Pulse Duration Laser,” *The 1st Laser Ignition Conference (LIC’13), OPIC’13*, LIC8-5 (2013).
- R. BHANDARI, N. TSUJI, T. SUZUKI, M. NISHIFUJI and T. TAIRA**, “118 nm VUV Generation Using Microchip Laser,” *CLEO/Europe-IQEC 2013*, CA-1.1 (2013).
- A. THAI, M. BAUDISCH, M. HEMMER, H. ISHIZUKI, T. TAIRA and J. BIEGERT**, “250 MW Peak Power Ultrafast Mid-IR OPCPA,” *CLEO/Europe-IQEC 2013*, CF/IE-9.6 (2013).
- T. TAIRA**, “Impact of Giant Microphotonics at Pulse Gap,” *Pacific-Rim Laser Damage 2013*, 8786-18 (2013).
- M. HEMMER, A. THAI, M. BAUDISH, F. SILVA, D. R. AUSTIN, H. ISHIZUKI, T. TAIRA, A. COUAIRO, D. FACCIO and J. BIEGERT**, “High Average Power Few-Cycle Pulses in the Mid-IR, Self-Compression and Continuum Generation,” *CLEO 2013*, CM2L.3 (2013).
- R. BHANDARI and T. TAIRA**, “High Repetition Rate MW Peak Power at 532 nm Using Microchip Laser,” *CLEO 2013*, SJW2A.26 (2013).
- A. KAUSAS and T. TAIRA**, “Pulse Energy Increase by Emission Cross-Section Control in Passively Q-Switched Nd:YVO₄/Cr⁴⁺:YAG Laser,” *CLEO 2013*, CTh4I.3 (2013).
- Y. SATO and T. TAIRA**, “Discussions on the Pump Absorption Efficiency Under Hot-Band Pumping of Nd:YAG,” *CLEO 2013*, CTh4I.5 (2013).
- R. BHANDARI, N. TSUJI, T. SUZUKI, M. NISHIFUJI and T. TAIRA**, “Efficient Second to Ninth Harmonic Generation Using Megawatt Peak Power Microchip Laser,” *2013 Nonlinear Optics (NLO)*, NM1A.4 (2013).
- V. KEMLIN, D. JEGOUSO, J. DEBRAY, E. BOURSIER, P. SEGONDS, B. BOULANGER, H. ISHIZUKI, T. TAIRA and G. MENNERAT**, “Widely and Independently Tunable Cylindrical OPOs for Difference Frequency Generation Experiments,” *2013 Nonlinear Optics (NLO)*, NTu2B.1 (2013).
- T. TAIRA and H. ISHIZUKI**, “Large-Aparture PPMgLN for High Energy Parametric Process,” *2013 Nonlinear Optics (NLO)*, NTu2B.3 (2013).
- M. ARZAKANTSYAN, J. AKIYAMA, Y. SATO and T. TAIRA**, “Optical Characterization of Yb Doped Fluorapatite Anisotropic Ceramics,” *OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Lasers (ASSL)*, AM1A.4 (2013).
- H. ISHIZUKI and T. TAIRA**, “Characterization of 8 mol% Mg-Doped Congruent LiTaO₃ for High-Energy Quasi-Phase Matching Device,” *OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Lasers (ASSL)*, AM4A.15 (2013).

- Y. SATO and T. TAIRA**, “Accurate Interferometric Evaluation of Thermo-Mechanical and -Optical Properties of YAG, YVO₄, and GdVO₄,” *OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Lasers (ASSL)*, AM4A.16 (2013).
- S. ILAS, A. SZEMJONOV, P. LOISEAU, G. AKA and T. TAIRA**, “Growth and Characterization of YAl₃(BO₃)₄ Single Crystals,” *OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Lasers (ASSL)*, AM4A.19 (2013).
- M. TSUNEKANE and T. TAIRA**, “Compact and Wide Temperature Acceptance of VCSEL-Pumped Micro-Laser for Laser Ignition,” *OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Lasers (ASSL)*, ATu3A.58 (2013).
- V. KEMLIN, D. JEGOUSO, J. DEBRAY, E. BOURSIER, P. SEGONDS, B. BOULANGER, H. ISHIZUKI, T. TAIRA and G. MENNERAT**, “All-Parametric Dual-Wavelength Source for Difference Frequency Generation Experiments,” *OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Lasers (ASSL)*, MW3B.10 (2013).
- M. BAUDISCH, A. THAI, M. HEMMER, H. ISHIZUKI, T. TAIRA and J. BIEGERT**, “5-Cycle, 160-kHz, 20-μJ Mid-IR OPCPA,” *OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Lasers (ASSL)*, AF1A.7 (2013).
- R. BHANDARI and T. TAIRA**, “Megawatt Peak Power, kHz Repetition Rate at 532 nm Using [100]-Cut Nd:YAG Microchip Laser,” *OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Lasers (ASSL)*, AF2A.8 (2013).
- T. TAIRA**, “Giant Micro-Photonics for Laser Ignition,” *International Workshop on Luminescent Materials 2013 (LumiMat'13)*, I-3 (2013).
- Y. SATO and T. TAIRA**, “Micro Domain Control for Anisotropic Laser Ceramics,” *International Workshop on Luminescent Materials 2013 (LumiMat'13)*, I-4 (2013).
- M. ARZAKANTSYAN and T. TAIRA**, “Fabrication of Yb:FAP Anisotropic Ceramics,” *9th Laser Ceramics Symposium (2013 LCS)*, E-2 (2013).
- T. TAIRA**, “Giant Micro-Photonics for Energy,” *Optics & Photonics Taiwan, International Conference 2013 (OPTIC 2013)*, 2013-FRI-S0304-I001 (2013).

B-3) 総説，著書

- 平等拓範, 「レーザー点火」*レーザー研究* **41**, 3 (2013).
- 平等拓範, 「レーザーエンジン点火」*オプトロニクス* **32**, 178–181 (2013).
- 平等拓範, 常包正樹, 金原賢治, 森島信悟, 田口信幸, 杉浦明光, 「7. ジャイアントパルスマイクロレーザーによるエンジン点火の可能性」*プラズマ・核融合学会誌* **89**, 238-241 (2013).
- Y. SATO, J. AKIYAMA, and T. TAIRA**, “Fundamental Investigations in Orientation Control Process for Anisotropic Laser Ceramics,” *Phys. Status Solidi C* **10**, 896–902 (2013).
- 平等拓範, 「先端計測を拓くジャイアントマイクロフォトニクス」*日本結晶成長学会誌* **40**, 175–183 (2013).
- 齊川次郎, 石垣直也, 宇野進吾, 廣木知之, 東條公資, 井戸豊, 平等拓範, 「全固体深紫外パルスレーザーの開発とその応用」*島津評論* **69**, 293-302 (2013).
- R. BHANDARI and T. TAIRA**, “Megawatt Peak Power UV Microlaser,” *Proceedings of SPIE* **8604**, 860405 (6 pages) (2013).

B-4) 招待講演

- M. ITO**, “Director-General of IMS,” Okazaki Conference, Okazaki (Japan), August 2013.
- 古谷博秀, 平等拓範, 赤松史光, 「レーザー点火技術の今後を考える～レーザー技術と燃焼技術の融合～」第50回燃焼シンポジウムワークショップ, 名古屋, 2012年12月.

Y. SATO and T. TAIRA, “Fundamental Sciences in Orientation Control Process for Anisotropic Laser Ceramics,” 8th Laser Ceramics Symposium: International Symposium on Transparent Ceramics for Photonic Applications (LCS8), Nizhny Novgorod (Russia), December 2012.

T. TAIRA, “Solid-state photonics toward giant micro-photonics,” Sokendai Asian Winter School “Frontiers in Photo-Molecular Science,” Okazaki (Japan), January 2013.

S. MORISHIMA, K. KANEHARA, M. TSUNEKANE, T. TAIRA, N. TAGUCHI and A. SUGIURA, “Potential of Laser Ignition Technology for Next Generation SI Engines,” 33rd Annual Meeting of The Laser Society of Japan, Himeji (Japan), January 2013.

T. TAIRA, “Closing Remarks: Prospects of Laser Ignition,” 33rd Annual Meeting of The Laser Society of Japan, Himeji (Japan), January 2013.

H. ISHIZUKI and T. TAIRA, “Optical-Parametric Oscillation with 0.5J-Class Output Energy Using 10-mm-Thick PPMgLN Device,” 33rd Annual Meeting of The Laser Society of Japan, Himeji (Japan), January 2013.

平等拓範, 「量子の力でエンジンを回す! ~ マイクロチップレーザーが拓く次世代火力発電・自動車エンジン ~」大阪大学技術懇親会「先進光源と産業応用」大阪, 2013年2月.

平等拓範, 「マイクロ固体フォトリソの最前線」日本光学会(応用物理学会)光波シンセシス研究グループ研究会「未来を切り開く最先端フォトリソ研究」仙台, 2013年2月.

平等拓範, 「レーザー点火プラグ——ジャイアントマイクロフォトニクスへの誘い」光産業技術振興協会第4回光材料・応用技術研究会/日本フォトニクス協議会2013年3月定例会, 東京, 2013年3月.

平等拓範, 「第1講 イントロダクション」第13回レーザー学会東京支部研究会「マイクロチップレーザー光源の研究開発とその実用への展開」東京, 2013年3月.

常包正樹, 「第2講 エンジン点火用マイクロチップレーザーの研究開発」第13回レーザー学会東京支部研究会「マイクロチップレーザー光源の研究開発とその実用への展開」東京, 2013年3月.

佐藤庸一, 「第4講 異方性レーザーセラミックス 磁場配向プロセスの理論」第13回レーザー学会東京支部研究会「マイクロチップレーザー光源の研究開発とその実用への展開」東京, 2013年3月.

ラケシュ・バンダリ, 「第5講 マイクロチップレーザーによるメガワットUV発生」第13回レーザー学会東京支部研究会「マイクロチップレーザー光源の研究開発とその実用への展開」東京, 2013年3月.

石月秀貴, 「第6講 10mm厚のPPMgLNからの0.5J級出力OPO」第13回レーザー学会東京支部研究会「マイクロチップレーザー光源の研究開発とその実用への展開」東京, 2013年3月.

平等拓範, 「ジャイアントマイクロフォトニクスによるエネルギー変換」電子情報通信学会2013年総合大会, 岐阜, 2013年3月.

R. BHANDARI and T. TAIRA, “High Repetition Rate MW Peak Power Green Microchip Laser,” The 1st Laser Ignition Conference '13 (LIC'13), OPIC '13, Yokohama (Japan), April 2013.

M. HEMMER, A. THAI, M. BAUDISCH, H. ISHIZUKI, T. TAIRA and J. BIEGERT, “3.1 μ m Wavelength, 19 μ J Energy, 160 kHz Repetition Rate OPCPA for Strong-Field Physics,” The 2nd Advanced Lasers and Photon Sources (ALPS'13), OPIC '13, Yokohama (Japan), April 2013.

T. TAIRA, “Laser Ignition,” Session A, Joint Plenary Sessions, OPTICS & PHOTONICS International Congress 2013 (OPIC '13), Yokohama (Japan), April 2013.

T. TAIRA, S. MORISHIMA, K. KANEHARA, N. TAGUCHI, A. SUGIURA and M. TSUNEKANE, “World First Laser Ignited Gasoline Engine Vehicle,” The 1st Laser Ignition Conference '13 (LIC'13), OPIC '13, Yokohama (Japan), April 2013.

T. TAIRA, “Impact of Giant Microphotonics at Pulse Gap,” Pacific-Rim Laser Damage 2013, Shanghai (China), May 2013.

M. HEMMER, A. THAI, M. BAUDISH, F. SILVA, D. R. AUSTIN, H. ISKIZUKI, T. TAIRA, A. COUAIRO, D. FACCIO and J. BIEGERT, “High Average Power Few-Cycle Pulses in the Mid-IR, Self-Compression and Continuum Generation,” CLEO 2013, San Jose (U.S.A.), June 2013.

平等拓範, 「ジャイアントマイクロフォトンクスにより拓かれる先端計測」日本学術振興会結晶成長の科学と技術第161委員会第82回研究会プログラム「先端計測を拓く結晶材料」東京, 2013年7月.

平等拓範, 「マイクロチップレーザーが拓く次世代応用～分子を加工して省エネからモノづくりまで～」名古屋国際見本市委員会 TECH Biz EXPO 2013, 名古屋, 2013年10月.

T. TAIRA, “Giant Micro-Photonics for Laser Ignition,” International Workshop on Luminescent Materials 2013 (LumiMat'13), Kyoto (Japan), November 2013.

Y. SATO and T. TAIRA, “Micro Domain Control for Anisotropic Laser Ceramics,” International Workshop on Luminescent Materials 2013 (LumiMat'13), Kyoto (Japan), November 2013.

T. TAIRA, “Laser Ignitions Toward Giant Micro-Photonics,” ENSCP, Paris (France), November 2013.

T. TAIRA, “Giant Micro-Photonics for Energy,” Optics & Photonics Taiwan, International Conference 2013 (OPTIC 2013), Zhongli (Taiwan), December 2013.

T. TAIRA, “High Energy Mid-IR Generation by Using Large-Aperture PPMgLN,” National Chiao Tung University, Hsinchu (Taiwan), December 2013.

B-5) 特許出願

特願 2013-011649, 「光学材料及びその製造方法」平等拓範, 秋山 順(自然科学研究機構)2013年.

特願 2013-013865, 「姿勢調整装置」水谷伸雄, バンダリ ラケシュ, 平等拓範(自然科学研究機構)2013年.

特願 2013-063230, 「半導体レーザー励起固体レーザー装置を利用する車載式点火装置」常包正樹, 平等拓範, 金原賢治(自然科学研究機構),(株)日本自動車部品総合研究所,(株)デンソー)2013年.

B-6) 受賞, 表彰

齋川次郎, 応用物理学会北陸支部発表奨励賞(1998).

平等拓範, 第23回(社)レーザー学会業績賞(論文賞)(1999).

平等拓範, 第1回(財)みやぎ科学技術振興基金研究奨励賞(1999).

平等拓範, 他, 第51回(社)日本金属学会金属組織写真奨励賞(2001).

庄司一郎, 第11回(2001年秋季)応用物理学会講演奨励賞(2001).

平等拓範, 他,(社)日本ファインセラミックス協会技術振興賞(2002).

平等拓範, 文部科学省文部科学大臣賞(第30回研究功績者)(2004).

NICOLAIE PAVEL, The ROMANIAN ACADEMY Awards, The “Constantin Miculescu” Prize (2004).

齋川次郎, 佐藤庸一, 池末明生, 平等拓範, 第29回(社)レーザー学会業績賞(進歩賞)(2005).

秋山 順, 愛知県若手研究者奨励事業第2回「わかしゃち奨励賞(優秀賞)」(2008).

平等拓範, 第24回光産業技術振興協会櫻井健二郎氏記念賞 (2008).
秋山 順, 第26回(2009年春季)応用物理学会講演奨励賞 (2009).
栗村 直, 平等拓範, 谷口浩一, 三菱電線工業(株)平成21年度発明考案表彰「アメリカ特許7106496号「波長変換用, 光演算用素子」他」(2010).
平等拓範, 米国光学会フェロー: 2010 Optical Society of America (OSA) Fellow (2010).
常包正樹, 猪原孝之, 安藤彰浩, 木戸直樹, 金原賢治, 平等拓範, 第34回(社)レーザー学会業績賞(論文賞)オリジナル部門 (2010).
平等拓範, 米国電気電子学会(IEEE)シニア・メンバー (2011).
平等拓範, 国際光工学会(SPIE)フェロー (2012).
石月秀貴, 平等拓範, 第37回(社)レーザー学会業績賞(進歩賞)(2013).

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員等

レーザー学会レーザー素子機能性向上に関する専門委員会幹事 (1997-1999).
レーザー学会研究会委員 (1999-).
電気学会高機能全固体レーザと産業応用調査専門委員会幹事 (1998-2002).
レーザー学会レーザー用先端光学材料に関する専門委員会委員 (2000-2002).
光産業技術振興協会光材料・応用技術研究会幹事 (2004-).
(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)評価委員 (2005-2006), 技術委員 (2011-2013), 事前書面審査 (2013-2016).
レーザー学会評議員 (2005-).
レーザー学会「マイクロ固体フォトニクス」専門委員会主査 (2006-2009).
米国光学会 Optical Society of America (OSA) 非線形光学テクニカル・グループ議長 (2008-2012).
応用物理学会日本光学会レーザーディスプレイ技術研究グループ顧問 (2008-2012), 実行委員 (2012-).
財団法人光産業技術振興協会多元技術融合光プロセス研究会幹事 (2009-2015).
科学技術交流財団「ジャイアントマイクロフォトニクス」研究会座長 (2009-2011).
レーザー学会「マイクロ固体フォトニクスの新展開」専門委員会主査 (2009-2012).
科学技術交流財団「ジャイアントマイクロフォトニクスII」研究会座長 (2011-2013).
レーザー学会「マイクロ固体フォトニクス」技術専門委員会主査 (2012-2015).
科学技術交流財団「ジャイアントマイクロフォトニクスIII」研究会座長 (2013-2015).

学会の組織委員等

OSA, Advanced Solid-State Photonics (ASSP 2008), 国際会議プログラム委員会共同議長 (2007-2008).
OSA, Nonlinear Optics (NLO 2009), 国際会議プログラム委員会共同議長 (2008-2009).
CLEO/PacificRim 2009, 国際会議分科委員会共同議長 (2008-2009).
OSA, Advanced Solid-State Photonics (ASSP 2009), 国際会議プログラム委員会共同統括議長 (2008-2009).
OSA, Nonlinear Optics (NLO 2011), 国際会議プログラム委員会共同統括議長 (2010-2011).
Laser Ignition Conference 2013 (LIC'13), 国際会議プログラム委員会共同統括議長 (2012-2015).

LASERS 2001, 国際会議プログラム委員 (2001).

レーザー学会学術講演会プログラム委員 (2001, 2004, 2006).

CLEO/PacificRim 2005, 国際会議プログラム委員 (2004–2005).

OSA, Advanced Solid-State Photonics, 国際会議プログラム委員 (2005–2010).

23rd International Laser Radar Conference, 国際会議実行委員 (2005–2006).

Int. Conf. “Micro- to Nano-Photonics—ROMOPT 2006,” プログラム委員 (2005–2006).

CLEO, Nonlinear Optics Application, 国際会議分科委員 (2006–2009).

OSA, Nonlinear Optics, 国際会議プログラム委員 (2006–2011).

3rd Laser Ceramics Symposium: International Symposium on Transparent Ceramics for photonic applications, 国際会議諮問委員 (2006–2007).

APLS 2008, 国際会議プログラム委員 (2007–2008).

3rd EPS Europhoton Conference on Solid-State and Fiber Coherent Light Sources, 国際会議分科委員 (2007–2008).

レーザー学会学術講演会第28回年次大会実行委員会委員 (2007).

レーザー・光波・マイクロ波国際会議2008 (ILLMC2008) 国際学会諮問委員 (2008).

International Workshop on Holographic Memories (IWHM) 2008, プログラム委員会委員 (2008).

OECC2008「CLEO Focus: Frontiers in Photonics」プログラム分科委員会委員 (2008).

4th Laser Ceramics Symposium: International Symposium on Transparent Ceramics for Laser, 国際会議諮問委員 (2008).

Int. Conf. “Micro- to Nano-Photonics II —ROMOPT 2009,” プログラム委員 (2008–2009).

レーザー学会学術講演会第30回年次大会実行委員会委員 (2009).

4th Europhoton Conference on “Solid-State, Fiber and Waveguide Coherent Light Sources,” 国際会議分科委員 (2009–2010).

International Workshop on Holographic Memories & Display (IWHM&D2010), 国際会議プログラム委員会委員 (2010).

Lasers and Their Applications Symposium, Photonics Global Conference 2010, 国際会議テクニカル・プログラム委員会委員 (2010).

EQEC 2011, Fundamentals of Nonlinear Optics, 国際会議分科委員 (2010–2011).

Advances in Optical Materials (AIOM 2011), 国際会議プログラム委員会委員 (2010–2011).

CLEO 2011: Science & Innovations 2: Solid-State, Liquid and Gas Lasers, 国際会議諮問委員 (2010–2011).

IQEC/CLEO Pacific Rim 2011, Ultrafast Optics and Photonics, 国際会議分科委員会諮問委員 (2010–2011).

Laser Ceramics Symposium (7th LCS): International Symposium on Transparent Ceramics for Photonic Applications, 国際会議国際諮問委員 (2011).

Pacific Rim Laser Damage Symposium—Optical Materials for High Power Lasers, 国際委員会委員 (2011).

Advances in Optical Materials (AIOM 2012), 国際会議プログラム委員会委員 (2011–2012).

4th International Conference on “Smart Materials, Structures and Systems” (CIMTEC 2012), Symposium F “Smart & Adaptive Optics,” 国際会議国際諮問委員 (2011–2012).

Optics & Photonics International Congress 2012 (OPIC2012), Advanced Laser & Photon Source (ALPS 12), 国際会議実行委員会およびプログラム委員会委員 (2011–2012).

5th EPS Europhoton Conference on “Solid-State and Fiber and Waveguide Coherent Light Sources,” 国際会議分科委員 (2011–).

Laser Damage of SPIE, プログラム委員 (2011–2012).

(社)レーザー学会学術講演会第32回年次大会プログラム委員 (2011–2012).

Int. Conf. “Micro- to Nano-Photonics III —ROMOPTO 2012,” 国際会議プログラム委員 (2011–2012).

レーザー学会, レーザーの農業応用専門委員会委員 (2012–2014).

APLS 2012, 国際会議プログラム委員 (2012–2012).

レーザー学会, 諮問員 (2012–2014).

レーザー学会, レーザー照明・ディスプレイ専門委員会委員 (2012–2015).

CLEO 2013: Science & Innovations 02: Solid-State, Liquid, Gas, and High-Intensity Lasers, 国際会議諮問委員 (2012–2013).

レーザー学会, レーザー衝撃科学の基礎と応用専門委員会委員 (2012–2015).

Optics & Photonics International Congress 2013 (OPIC2013), 国際会議組織委員会委員 (2012–2013).

International Workshop on Holography and related technologies 2012 (IWH 2012), 国際会議プログラム委員会委員 (2012).

8th Laser Ceramics Symposium (LCS): International Symposium on Transparent Ceramics for Photonic Applications, 国際会議プログラム委員会委員 (2012).

SPIE/SIOM Pacific Rim Laser Damage 2013, 国際会議国際委員会委員 (2012–2013).

CLEO-PR 2013, 国際会議プログラム委員会委員 (2012–2013).

Materials Committee, Advanced Solid State Lasers (ASSL) 2013, 国際会議プログラム委員会委員 (2012–2013).

International Workshop on Holography and Related Technologies 2013 (IWH 2013), 国際会議プログラム委員会委員 (2013).

Optics & Photonics International Congress 2014 (OPIC2014), 国際会議組織委員会委員 (2013–2014).

9th Laser Ceramics Symposium (LCS): International Symposium on Transparent Ceramics for Photonic Applications, 国際会議諮問委員 (2013).

SPIE Photonics Europe 2014 —Laser Sources and Applications (EPE111), 国際会議委員会共同議長 (2013–2014).

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政策研究所科学技術動向研究センター専門調査員 (2006–).

日本学術振興会特別研究員等審査会専門委員及び国際事業委員会書面審査員 (2008–2010).

日本学術振興会光エレクトロニクス第130委員会委員 (2007–), 幹事 (2008–).

日本学術振興会科学研究費委員会専門委員 (2011–2013).

日本学術振興会生体ひかりイメージング技術と応用第185委員会委員 (2011–2014).

学会誌編集委員

Journal of Optical Materials, ELSEVIER, 編集委員会委員 (2010–2013).

Journal of Optical Materials Express, The Optical Society (OSA), シニア編集委員会委員 (2010–2016).

Fibers (<http://www.mdpi.com/journal/fibers>, ISSN 2079-6439), MDPI, 編集委員会委員 (2012 – 2013).

その他

愛知県産業労働部愛知県若手奨励賞審査員 (2007–2010).

日本原子力研究開発機構研究系職員採用試験研究業績評価委員会委員 (2008–2011).

日本原子力研究開発機構任期付研究員研究業績評価委員会委員 (2011–2013).

B-8) 大学での講義，客員

豊橋技術科学大学エレクトロニクス先端融合研究所，客員教授，2013年．

仏国国立パリ高等化学学校 (ENSCP—Chimie Paris Tech) 客員教授，2013年．

B-9) 学位授与

KONG, Weipeng, 「Edge-pumped Yb:YAG ceramics microchip laser for high-power mode control」, 2013年9月, 博士(理学)

B-10) 競争的資金

科研費基盤研究(A)(2)(一般)「次世代セラミックレーザー」平等拓範(2003年-2005年)．

科学技術振興機構福井県地域結集型共同事業，「光ビームによる機能性材料加工創成技術開発」サブグループ研究代表
平等拓範(2000年-2005年)．

産学官共同研究の効果的な推進，「輻射制御直接励起マイクロチップレーザー」平等拓範(2002年-2004年)．

地域新生コンソーシアム，「ヒートシンク一体型 Yb:YAG マイクロチップデバイスの開発」平等拓範(2004年-2005年)．

NEDO，「カラーリライタブルプリンタ用高効率小型可視光光源“Tri Color Laser”の研究開発」再委託(研究代表 リコー)
(2004年-2006年)．

科学技術振興機構研究成果活用プラザ東海，実用化のための育成研究，「光波反応制御内燃機関をめざしたマイクロレーザーの研究開発」平等拓範(2006年-2008年)．

科学技術振興機構先端計測分析技術・機器開発事業，「イオン化光源としてのマイクロチップレーザーの開発」再委託(研究代表 東京工業大学)(2007年-2009年)．

科研費若手研究(B)，「マグネシウム添加タンタル酸リチウムを用いた高効率・高出力中赤外レーザー発生」石月秀貴(2007年-2008年)．

科学技術振興機構産学共同シーズイノベーション化事業，育成ステージ，「車載型マイクロレーザー点火エンジンの低燃費・高出力特性の実証研究」研究リーダー，平等拓範(シーズ育成プロデューサ (株)日本自動車部品総合研究所)(2008年-2011年)．

科研費基盤研究(B)，「小型可搬な広帯域波長可変中赤外レーザーの開発研究」平等拓範(2009年-2011年)．

科学技術振興機構先端計測分析技術・機器開発プログラム(機器開発タイプ)「次世代質量イメージングのためのUV マイクロチップレーザーを用いた計測システムの開発」平等拓範(2010年-2013年)．

科研費基盤研究(C)，「超短パルス発生への適用を目指した傾斜型擬似位相整合デバイスの研究」石月秀貴(2010年-2012年)．

科学技術交流財団平成24年度共同研究推進事業，「エンジン点火用高輝度マイクロチップレーザー」研究統括者 平等拓範(2012年-2013年)．

科研費基盤研究(C)，「大口径広帯域擬似位相整合デバイスを用いた高出力超短パルス発生の研究」石月秀貴(2013年-2015年)．

NEDO，「高性能ジャイアントパルスマイクロチップレーザー(GP-MCL)の開発」再委託(研究代表 リコー)(2013年-2014年)．

科学技術振興機構先端計測分析技術・機器開発プログラム(実証・実用化タイプ)「次世代質量イメージング用UVマイクロチップレーザー」の実用実証化」平等拓範(2013年-2015年)．

B-11) 産学連携

(株)ロンボン研究所,「マイクロ固体フォトニクスの基礎研究」平等拓範(2013年).

(株)リコー,「高出力レーザー光源の研究」平等拓範(2013年).

(株)デンソー,「高輝度マイクロチップレーザー励起光学系の研究」平等拓範(2013年).

C) 研究活動の課題と展望

先端的レーザー光源の中で、特にビーム高品質化(空間特性制御)ならびに短パルス化(時間特性制御)などの高輝度化、そしてスペクトルの高純度化を広い波長領域(スペクトル特性制御)でコンパクト化と同時に実現することは、極めて重要な課題である。すでに、マイクロ固体フォトニクスは、医療、バイオ、エネルギー、環境、ディスプレイ、光メモリ分野での展開が図られつつある。特にエネルギー分野からエンジンのレーザー点火への期待は高い。一方で、コヒーレントX線からテラヘルツ波発生、超高速レーザーの極限であるアト秒発生、さらには量子テレポーテーション等の光科学の最先端分野も、このキーワードで深化しつつあり、その学術的拠り所としての基盤構築が必要な時期となっている。

藤 貴 夫 (准教授) (2010年2月1日着任)

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) 超短光パルスを発生できるレーザーの波長は限られている。それを様々な波長へ効率よく，パルス幅が短い状態で波長変換する技術は，超短光パルスの応用範囲を広げる上で，非常に重要である。この研究では，固体結晶と比べて透過領域が桁違いに広い気体を波長変換媒質として使用することで，様々な波長の超短光パルスを発生させることを目標としている。今年度の成果としては，2 μm から 20 μm まで波長帯域の広がった超短光パルスのスペクトル情報を失わずに，可視光領域に波長変換することに成功した。この波長変換によって，中赤外スペクトルの情報を，可視光用検出器を使って計測することができるので，この技術によって，高速な赤外分光を行うことが可能となる。
- b) 前述の広帯域中赤外光パルスの光電場波形を直接計測する手法を開発した。光電場波形を計測する手法としては，電気光学サンプリング法が有名だが，現在のところ，テラヘルツ領域など，周波数の低い光についてしか適応できなかった。本研究では，電気光学サンプリング法と周波数分解光ゲート法とを組み合わせることによって，原理的には，測定できる周波数に制限のない方法を確立した。具体的には，前述の 6.9 fs のパルスについて，上記の手法を適応させ，光電場の振動する様子を直接的に観測することに成功した。この手法はプレスリリースされ，新聞にも掲載された。
- c) 一般的に，波長変換において，変換元と変換先との波長がなるべく近いほうが，変換効率の向上が見込まれる。2–20 μm の赤外光パルス発生を目的として，チタンサファイアレーザーよりも長波長の超短光パルスを発生するファイバーレーザーの開発を行った。ツリウムを添加したフッ化物ファイバーをレーザー媒質として，50 fs 程度で 1.8 μm を中心波長としたパルスを連続的に発生する発振器を製作した。チタンサファイアレーザー（800 nm）に比べて，発振する波長が長いいため，長波長への波長変換に適していると同時に，大幅にコンパクトなレーザー発振器の設計が可能となり，産業や医療への応用が期待される。

B-1) 学術論文

Y. NOMURA, H. SHIRAI and T. FUJI, “Frequency-Resolved Optical Gating Capable of Carrier-Envelope Phase Determination,” *Nat. Commun.* **4**, 2820 (11 pages) (2013).

Y. NOMURA, Y.-T. WANG, T. KOZAI, H. SHIRAI, A. YABUSHITA, C. W. LUO, S. NAKANISHI and T. FUJI, “Single-Shot Detection of Mid-Infrared Spectra by Chirped-Pulse Upconversion with Four-Wave Difference Frequency Generation in Gases,” *Opt. Express* **21**, 18249–18254 (2013).

T. FUJI and Y. NOMURA, “Generation of Phase-Stable Sub-Cycle Mid-Infrared Pulses from Filamentation in Nitrogen,” *Appl. Sci.* **3**, 122–138 (2013).

M. YEUNG, B. DROMEY, D. ADAMS, S. COUSENS, R. HÖRLEIN, Y. NOMURA, G. D. TSAKIRIS and M. ZEPF, “Beaming of High-Order Harmonics Generated from Laser–Plasma Interactions,” *Phys. Rev. Lett.* **110**, 165002 (5 pages) (2013).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

Y. NOMURA and T. FUJI, “Coherent control of mid-infrared pulse generation by using four-wave mixing through filamentation,” *UFO IX*, Tu3.6 (2013).

T. FUJI, Y. NOMURA, Y.-T. WANG, A. YABUSHITA and C.-W. LUO, “Single-shot detection of mid-infrared spectra by chirped-pulse upconversion with four-wave difference frequency generation in gases,” *CLEO/Europe-IQEC 2013 (Munich, Germany)*, CF/IE-12.3 (2013).

T. FUJI, Y. NOMURA, Y.-T. WANG, A. YABUSHITA and C.-W. LUO, “Carrier-envelope phase of ultrashort pulses generated by optical rectification process,” *CLEO/Europe-IQEC 2013 (Munich, Germany)*, CF/IE-P.38 (2013).

T. FUJI and Y. NOMURA, “Pulse characterization with absolute carrier-envelope phase value,” *CLEO-PR & OECC/PS 2013 (Kyoto, Japan)*, WB3-3 (2013).

T. FUJI, Y. NOMURA, Y.-T. WANG, A. YABUSHITA, C.-W. LUO, T. KOHZAI and S. NAKANISHI, “Chirped pulse upconversion of mid-infrared pulses with four-wave difference frequency generation in gases,” *CLEO-PR & OECC/PS 2013 (Kyoto, Japan)*, TuC1-5 (2013).

T. FUJI and Y. NOMURA, “Complete waveform characterization of ultrashort pulses,” *CLEO: Science and Innovations 2013 (San Jose, CA, U.S.A.)*, CW1H.8 (2013).

T. FUJI, Y. NOMURA, Y.-T. WANG, A. YABUSHITA and C.-W. LUO, “Mid-infrared chirped-pulse upconversion with four-wave difference frequency generation in gases,” *CLEO: Science and Innovations 2013 (San Jose, CA, U.S.A.)*, JM4K.4 (2013).

Y. NOMURA, T. FUJI, H. SHIRAI, N. TSURUMACHI, A. A. VORONIN and A. M. ZHELTIKOV, “Generation of phase-stable half-cycle mid-infrared pulses through filamentation in gases,” *EPJ Web of Conferences* **41**, 11003 (2013)

T. FUJI, Y. NOMURA, H. SHIRAI and N. TSURUMACHI, “Frequency-resolved optical gating with electro-optic sampling,” *EPJ Web of Conferences* **41**, 12001 (2013).

B-4) 招待講演

T. FUJI and Y. NOMURA, “Generation of ultrabroadband infrared continuum by using four-wave mixing through filamentation,” Short Pulse Strong Field Laser Physics International Symposium Honoring See Leang Chin, Quebec City (Canada), May 2013.

T. FUJI and Y. NOMURA, “Coherent control of mid-infrared pulse generation by using four-wave mixing through filamentation,” Fundamentals and Applications of Laser Filaments, Okazaki (Japan), April 2013.

野村雄高,「新しい赤外コヒーレント光源の開発」日本分光学会先端レーザー分光部会研究会, 岡崎, 2013年2月.

藤 貴夫,「超短光パルスの測定方法」JP-NetS2013, 福井, 2013年9月.

B-5) 特許出願

特願 2013-027042,「赤外光スペクトル計測装置及び方法」藤 貴夫,野村雄高(自然科学研究機構)2013年.

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).

B-7) 学会および社会的活動

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).

B-10) 競争的資金

(独)理化学研究所研究奨励ファンド,「搬送波包絡線周波数の安定した超短赤外光パルス発生」藤 貴夫(2006年).

科研費若手研究(A),「光電子イメージング分光のための10フェムト秒深紫外光パルス発生」藤 貴夫(2007年-2008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,「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).

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,「ソ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).

C) 研究活動の課題と展望

ファイブレ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り、これまで、近赤外光のチタンサファイアレーザーの出力を真空紫外や赤外への波長変換を実験的に示してきた。今後、これらの波長の光を同時に発生させ、それらを使ったユニークな分光を行うことを目指している。本年度は、3-20 μm にわたる広帯域な赤外光を高速な赤外分光に応用することができた。ファイバーレーザーの開発では、1.8 μm を中心波長とした 50 fs のパルスを発振器から直接発生させることに成功した。今後は、これらの光源や分光法の特徴をいかし、分子科学の発展や、生物、医療など異分野へ応用していくことを考えている。