

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。これによりいくつかのサイズの金ナノロッドのプラズモンの緩和 (10 fs 前後) を 近接場領域で実時間観測して比較することに成功し，また条件によって複数のプラズモンモードのコヒーレント同時励起後の特徴的な時空間ダイナミクスの可視化にも成功しつつある。また近接場円二色性イメージングの装置開発を進めており，2次元金属ナノ構造の局所光学活性の研究を行っている。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，その起源を明らかにした。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。これを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，その目的で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を導入した。これらを用いて現在，微粒子配列構造の分光特性の計測と光場の空間構造の近接場測定を進めている。
- 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い，光学

活性が部分構造間で電子が流れる電流によるのではなく、遠隔的な電磁気学相互作用で現れていることを示した。また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しており、それを平均すると全体の光学活性がほぼ0となっていることを、円二色性イメージングによって明確に示した。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, H. OKAMOTO, D. McARTHUR, B. HOURAHINE and F. PAPOFF, “Plasmon Modes in Single Gold Nanodiscs,” *Opt. Express* **22**, 12189–12199 (2014).

T. NARUSHIMA, S. HASHIYADA and H. OKAMOTO, “Nanoscopic Study on Developing Optical Activity with Increasing Chirality for Two-Dimensional Metal Nanostructures,” *ACS Photonics* **1**, 732–738 (2014).

S. HASHIYADA, T. NARUSHIMA and H. OKAMOTO, “Local Optical Activity in Achiral Two-Dimensional Gold Nanostructures,” *J. Phys. Chem. C* **118**, 22229–22233 (2014).

B-3) 総説，著書

成島哲也，橋谷田俊，岡本裕巳，「2次元金属ナノ構造体が見せる強い局所光学活性：近接場円二色性イメージング」*表面科学* **35**, 312–318 (2014).

岡本裕巳，「非線形共鳴光トラッピング」*レーザー研究* **42**, 776–779 (2014).

B-4) 招待講演

岡本裕巳，「非線形光マニピュレーション」日本化学会第94春季年会，名古屋，2014年3月。

岡本裕巳，「プラズモン物質のナノ光学イメージング」第8回分子科学討論会，東広島，2014年9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，ナノオブティクス賞 (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，ナノオブティクス賞 (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).

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).

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 (2012–2014).

B-8) 大学での講義，客員

総合研究大学院大学高エネルギー加速器科学研究科・物理科学研究科，「計測と制御」2014年7月1日。

総合研究大学院大学物理科学研究科，「構造光科学」2014年7月3日-4日。

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)，「メソ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次元高確度歪み検出系開発」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-2014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)。

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)。

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-)。

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-)。

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-)。

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。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 レベルの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緩和のイメージング,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ってきた。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。貴金属ナノ構造の局所的な円二色性の分布の観測によって,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ほか,対称性の高いアキラな構造でも局所的に強い光学活性を示すという,ユニークな成果を得ることができた。近接場円二色性イメージングはキラなプラズモンに対する特徴的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る。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 ~ 2014 年 8 月 31 日)*)

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ている。
- 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、ベンゼンと He や H₂/D₂ から構成される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。
- 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、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を実現した。

B-1) 学術論文

C. NIIDA, M. NAKAJIMA, Y. SUMIYOSHI, Y. OHSHIMA, H. KOHGUCHI and Y. ENDO, "FTMW Spectroscopy and Determination of the 3-Dimensional Potential Energy Surface for Ar-CS," *J. Chem. Phys.* **410**, 104310 (8 pages) (2014).

B-4) 招待講演

Y. OHSHIMA, “Coherent nonlinear optical manipulation of molecular vibration and rotation,” Indo-Japan Workshop on “Frontiers in Molecular Spectroscopy: Fundamentals and Applications to Material and Biology,” Nara (Japan), November 2014.

K. MIZUSE and Y. OHSHIMA, “Taking a movie of rotating molecules,” International Workshop on “Coherence and Control in the Quantum World: Current and Future Trends,” Rehovot (Israel), December 2014.

水瀬賢太, 「超高速分子回転ダイナミクスの光制御と実時間イメージング」第10回若手研究者たちによる先端的レーザー分光シンポジウム, 横浜, 2014年12月.

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, 2014–).

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ックスの観測と制御」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「水和クラスターのコヒーレント分光による動的水素結合構造の研究」水瀬賢太 (2011年–2012年).

科研費挑戦的萌芽研究「ナノ秒チャープパルスによる非線形ラマン分光の高感度・高機能化」大島康裕 (2014年–2015年).

科研費若手研究(B)「水和クラスターにおける水素結合ダイナミックスの光制御と実時間観測」水瀬賢太 (2014年–2015年).

科研費新学術領域研究「柔らかな分子系」(公募研究)「分子クラスターの振動コヒーレント制御による分子間相互作用ダイナミックスの研究」水瀬賢太 (2014年–2015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み、ついに、回転量子波束の4Dイメージングを実現することができた。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げたい。

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、より複雑なクラスターへと研究対象を拡大していく。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。

*) 2014 年 9 月 1 日東京工業大学大学院理工学研究科教授

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) バ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

K. OHMORI, “Optically Engineered Quantum States in Ultrafast and Ultracold Systems,” *Found. Phys.* **44**, 813–818 (2014).
Y. OHTSUKI, H. GOTO, H. KATSUKI and K. OHMORI, “Theoretical/Numerical Study on Strong-Laser-Induced Interference in the B State of I_2 ,” *Phys. Chem. Chem. Phys.* **16**, 5689–5697 (2014).

B-3) 総説，著書

K. OHMORI, “Quantum Superrotor,” *Physics* **7**, 29 (2014).

B-4) 招待講演（＊基調講演）

K. OHMORI, “Ultrafast Electron Dynamics beyond Mean-Field in a Strongly-Correlated Ultracold Rydberg Gas,” Coherence and Control in the Quantum World: Current and Future Trends, Weizmann Institute of Science, Rehovot (Israel), December 2014.*

K. OHMORI, “Exploring Quantum-Classical Boundary with Light,” Fujihara Seminar: Real-time Dynamics of Physical Phenomena and Manipulation by External Fields, Tomakomai (Japan), September 2014.*

K. OHMORI, “Ultrafast Many-Body Dynamics in an Ultracold Rydberg Gas,” Ultracold Rydberg Physics Workshop, Granada (Spain), September 2014.*

K. OHMORI, “Exploring Quantum-Classical Boundary with Coherent Control,” Coherence and Control in the Quantum World: The Legacy of Moshe Shapiro, University of British Columbia, Vancouver (Canada), August 2014.*

K. OHMORI, “Exploring Quantum-Classical Boundary with Light,” Physikalisches Kolloquium of University of Heidelberg, Heidelberg (Germany), January 2014 (**Plenary Talk** at 11th Germany-Japan Science Colloquium, Heidelberg (Germany), January 2014).*

K. OHMORI, “Ultrafast Coherent Control of an Ultracold Rydberg Gas,” Networks of Ultra-Cold Rydberg Atoms, Keble College in Oxford (U.K.), January 2014.

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 (2013–2014).

European Research Council (ERC), Invited Panel Evaluator.

European Research Council (ERC), Invited Expert Referee.

学会誌編集委員

Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics, International Advisory Board (2015–).

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－.

University of Strasbourg, 客員教授, 2014年－.

“Exploring Quantum-Classical Boundary with Light,” Public Lecture at University of Strasbourg, Strasbourg (France), July 3, 2014.

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－2016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励起・光電子スペクトルを 1–10 meV オーダーで精密かつ系統的に観測することで，励起・イオン化した原子周辺の局所的な分子間相互作用の様子が明らかにできることを示してきた。特に最近，その場観測用軟 X 線吸収試料セルを開発することによって，混合液体や固液界面反応系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測定結果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, K. MOCHIZUKI, V. LELOUP and N. KOSUGI, “Local Structures of Methanol-Water Binary Solutions Studied by Soft X-Ray Absorption Spectroscopy,” *J. Phys. Chem. B* **118**, 4388–4396 (2014).

H. KONDOH, Y. HIGASHI, M. YOSHIDA, Y. MONYA, R. TOYOSHIMA, K. MASE, K. AMEMIYA, F. TSUKIOKA, M. NAGASAKA, Y. IWASAWA, H. ORITA, K. MUKAI and J. YOSHINOBU, “Structure and Photo-Induced Charge Transfer of Pyridine Molecules Adsorbed on TiO₂(110): A NEXAFS and Core-Hole-Clock Study,” *Electrochemistry* **82**, 341–345 (2014).

M. NAGASAKA, H. YUZAWA, T. HORIGOME and N. KOSUGI, “In Operando Observation System for Electrochemical Reaction by Soft X-Ray Absorption Spectroscopy with Potential Modulation Method,” *Rev. Sci. Instrum.* **85**, 104105 (7 pages) (2014).

H. YAMANE and N. KOSUGI, “Site-Specific Intermolecular Valence-Band Dispersion in α -Phase Crystalline Films of Cobalt Phthalocyanine Studied by Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy,” *J. Chem. Phys.* **141**, 224701 (5 pages) (2014).

R. FLESCHE, N. KOSUGI, A. KNOP-GERICKE and E. RÜHL, “2s-Excitation and Photolonization of Neon Clusters,” *Z. Phys. Chem.* **228**, 387–403 (2014).

S. B. SINGH, Y.-F. WANG, Y.-C. SHAO, H.-Y. LAI, S.-H. HSIEH, M. V. LIMAYE, C.-H. CHUANG, H.-C. HSUEH, H. WANG, J.-W. CHIOU, H.-M. TSAI, C.-W. PAO, C.-H. CHEN, H.-J. LIN, J.-F. LEE, C.-T. WU, J.-J. WU, W.-F. PONG, T. OHIGASHI, N. KOSUGI, J. WANG, J. ZHOU, T. REGIER and T.-K. SHAM, “Observation of the Origin of d^0 Magnetism in ZnO Nanostructures Using X-Ray-Based Microscopic and Spectroscopic Techniques,” *Nanoscale* **6**, 9166–9176 (2014).

B-3) 総説，著書

山根宏之，「放射光を用いた有機薄膜・界面の電子状態と構造の相関解明」*J. Vac. Soc. Jpn.* **56**(1), 11–17 (2013).

長坂将成，「軟X線分光法による分子系の局所解析とその場観測手法の開発」*放射光* **27**(2), 106–109 (2014).

長坂将成，小杉信博，「軟X線吸収分光法の基礎と進展」*CSJ カレントレビュー* 14 放射光が拓く化学の現在と未来」日本化学会編，分担執筆，化学同人，第10章，pp. 94–98 (2014).

B-4) 招待講演

N. KOSUGI, “Energy Shifts in X-Ray Absorption and Photoelectron Spectra of Liquid Water,” NORDITA Conference on Water—the Most Anomalous Liquid (Week 3), Nordic Institute for Theoretical Physics, Stockholm (Sweden), October 2014.

H. YAMANE, “Advanced spectroscopic studies on molecular electronic states at UVSOR-III facility,” Asia-Oceania Forum for Synchrotron Radiation Research: AOFSSR 2014, Hsinchu (Taiwan), September 2014.

長坂将成，「軟X線分光法による分子系の局所解析とその場観測手法開発」第27回日本放射光学会年会，広島，2014年1月。

長坂将成，「軟X線吸収分光法による電極固液界面の局所構造の解明」日本表面科学会第81回表面科学研究会及び日本真空学会研究例会，東京，2014年2月。

長坂将成，「軟X線吸収分光法による電気化学反応のオペランド観測」日本放射光学会第7回若手研究会，千葉，2014年9月。

長坂将成，「軟X線吸収分光法による溶液の局所構造解析とオペランド観測への展開」第37回溶液化学シンポジウム，特別講演，佐賀，2014年11月。

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).

山根宏之，分子科学会奨励賞 (2014).

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)，学術賞・進歩賞選考委員会委員 (2014).

学会の組織委員等

SRI シンクロトン放射装置技術国際会議国際諮問委員 (1994–2009, 2014–).

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).

ICISS 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).

ICISS-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).

ICISS-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), 特別研究員等審査会審査員 (2014), 国際事業委員会書面審査員 (2009–2010, 2014).

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, 2010–2016).

高エネルギー加速器研究機構運営協議会委員 (2001–2003), 物質構造科学研究所運営協議会委員 (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, 2014–).

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 AOFSSR 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).

東北放射光施設推進室委員 (2014–).

SPRING-8 評価委員会委員 (2002, 2003, 2004), 登録機関利用活動評価委員会委員 (2008), 専用施設審査委員会委員 (2007–2010), パートナーユーザー審査委員会 (2013–).

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, 2014).

高度情報科学技術研究機構利用研究課題審査委員会委員 (2012–).

B-10) 競争的資金

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).

科研費基盤研究(A), 「軟X線内殻励起によるその場観測顕微分光法の確立と応用」小杉信博 (2014年–2016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).

科研費若手研究(B), 「軟X線吸収分光法によるクロスカップリング反応中間体の直接検出」湯澤勇人 (2014年–2015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。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、これまでの均一系を対象とした基礎化学から不均一系の化学やバイオ系も対象として、現在、精力的にその場観測・オペランド観測や顕微分光を展開している。また、緩やかな時間変化の追跡を組み合わせた実験も開始している。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、海外の他施設でも不可能なものも多く、国際共同研究に大きく貢献している。今後も引き続き国際的な視野に立った特徴ある研究を国際連携しながら UVSOR-III 施設で進めていく。

解 良 聡 (教授) (2014 年 4 月 1 日着任)

A-1) 専門領域：表面物理学，有機薄膜物性

A-2) 研究課題：

- a) シンクロトロン放射光・レーザー光励起による弱相互作用系の電子状態計測
- b) 有機半導体薄膜の電荷輸送機構の研究
- c) 有機半導体薄膜の界面電子準位接合機構の研究
- d) 機能性分子薄膜の光電子放出強度の理論解析と分子軌道撮影法の開発
- e) 機能性分子薄膜の振動状態と電子励起計測
- f) 自己組織化と分子認識機能の分光研究
- g) 分子薄膜の作製と評価：成長ダイナミクス，構造と分子配向

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 機能性分子薄膜の弱相互作用による電子状態変化を計測する技術開発を進めている。弱相互作用を定量的に評価するため，蒸気圧の低い大型分子対応の気相光電子分光実験装置を開発し，分子集合による電子状態の違いに関する議論を進めている。2014 年度より新たに超短パルスレーザー光を励起源として電子状態を測定し，ホール緩和や励起子拡散など，電荷ダイナミクス関連の研究を開始した。
- b) 有機半導体のバンド分散関係：良質な配向有機結晶膜を作製し，価電子エネルギーバンド分散を測定し，分子間相互作用の大きさ，ホールの有効質量など，バンド伝導移動度を評価した。更に幾多の実験的困難の克服により，有機単結晶試料に対して行う技術を確立し，世界で初めて分散関係の検出に成功した。またパルス光源を用いた飛行時間型高分解能角度分解測定により，有機単結晶の二次元バンド分散関係の完全決定実験を進めている。
有機半導体の電荷振動結合：配向有機超薄膜の作製により，大型の分子薄膜系における光電子スペクトルの高エネルギー分解測定を実現する方法論を開拓して，分子薄膜における伝導ホールと分子振動の結合状態を初めて実測し，ホッピング移動度（そのポーラロン効果を含む）を分光学的に得る方法を開拓した。これらの物理量を実測することで，輸送機構の解明を目指している。
- c) 本質的には絶縁物である有機分子が n 型 / p 型半導体として機能する起源を明らかにすべく研究を進めている。極めて高感度に光電子を捕捉し，評価可能な光電子分光装置を開発し，価電子バンドの 10 万分の 1 程度以下の微小バンドギャップ状態密度の検出に成功した。価電子帯トップバンドの状態密度分布がガウス型から指数関数型に変化し，基板フェルミ準位まで到達している様子をとらえた。ドナー・アクセプター半導体分子間の弱い vdW 結合から，分子と金属原子の局所的な強い化学結合によるギャップ準位形成までを統括し，エネルギー準位接合機構の解明を目指している。
- d) 高配向有機薄膜からの光電子放出強度の角度依存性について，多重散乱理論による強度解析を行い，分子薄膜構造の定量的解析を行うための方法論を検討してきた。多様な有機薄膜の分子配向に依存した電子波のポテンシャル散乱と干渉問題を評価してきた。また理論計算から，二次元角度分解測定により分子軌道の可視化が行え，配向分子系（固体）における分子計測の新たなツールとなりうることを提案した。放射光を利用した実験とともに，局在電子系における一電子近似の限界を検討し，弱相互作用の物理を議論している。

- e) 低速電子エネルギー損失分光により，機能性分子薄膜の振動状態と電子励起状態を測定し，弱相互作用による振動構造への影響を調べている。
- f) 表面場で織り成すパイ共役分子系の超格子構造や，分子薄膜の自己組織化機構の解明を目指している。また超分子系の固相膜を作製し，自己組織化や原子・分子捕獲などによる電子状態への影響を測定することで，分子認識機能について分光学的に研究している。
- g) 有機分子薄膜(高分子薄膜)の電子状態を議論する上で 試料調整方法の確立が鍵である。光電子放射顕微鏡(PEEM)，走査プローブ顕微鏡(STM)，高分解能低速電子線回折(SPALEED)，準安定励起原子電子分光(MAES)，X線定在波法(XSW)，軟X線吸収分光(NEXAFS)等を用い，基板界面における単分子膜成長から結晶膜成長までの多様な集合状態について構造(分子配向)と成長を観察した。

B-1) 学術論文

Y. LIU, D. IKEDA, S. NAGAMATSU, T. NISHI, N. UENO and S. KERA, “Impact of Molecular Orbital Distribution on Photoelectron Intensity for Picene Film,” *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.* **195**, 287–292 (2014).

J.-P. YANG, Q.-J. SUN, K. YONEZAWA, A. HINDERHOFER, A. GERLACH, N. UENO, S.-D. WANG and S. KERA, “Interface Optimization Using Diindenoperylene for C₆₀ Thin Film Transistors with High Electron Mobility and Stability,” *Org. Electron.* **15**, 2749–2755 (2014).

B-3) 総説，著書

Y. NAKAYAMA, S. DUHM, Q. XIN, S. KERA, H. ISHII and N. UENO, “Ultraviolet Photoelectron Spectroscopy (UPS) I: Band Dispersion Measurements of “Insulating” Organic Single Crystals,” in *Electronic Processes in Organic Electronics: Bridging Nanostructure, Electronic States and Device Properties*, H. Ishii, K. Kudo, T. Nakayama and N. Ueno, Eds., Springer Series in Materials Science, Chapter 2, vol. 209 (2014).

S. KERA, H. YAMANE and N. UENO, “Ultraviolet Photoelectron Spectroscopy (UPS) II: Electron–Phonon Coupling and Hopping Mobility,” in *Electronic Processes in Organic Electronics: Bridging Nanostructure, Electronic States and Device Properties*, H. Ishii, K. Kudo, T. Nakayama and N. Ueno, Eds., Springer Series in Materials Science, Chapter 3, vol. 209 (2014).

N. UENO, T. SUEYOSHI, F. BUSSOLOTI and S. KERA, “Ultraviolet Photoelectron Spectroscopy (UPS) III: Direct Study of “Invisible” Band Gap States by Ultrahigh-Sensitivity UPS,” in *Electronic Processes in Organic Electronics: Bridging Nanostructure, Electronic States and Device Properties*, H. Ishii, K. Kudo, T. Nakayama and N. Ueno, Eds., Springer Series in Materials Science, Chapter 4, vol. 209 (2014).

B-4) 招待講演

S. KERA, “Energy distribution and density of gap states at organic–organic interfaces :Physics behind weak interaction,” The 2nd Workshop on Physics in Organic Optoelectronics (Joint JSPS-NSFC research program), Soochow (China), October 2014.

S. KERA, “Violation of sudden approximation at molecular monolayer interface,” SFB 1083-Workshop on Organic/Metal Interfaces, Marburg (Germany), July 2014.

S. KERA, “Advanced photoelectron spectroscopies for functional molecular materials,” The 7th Japan-Sweden Workshop on Advanced Spectroscopy of Organic Materials for Electronic Applications (ASOMEA-VII), Lund (Sweden), June 2014.

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員等

UVSOR 利用者懇談会世話人 (2012–2014).

VUVX 真空紫外光物理およびX線物理国際会議国際諮問委員 (2014).

学会の組織委員等

第62回応用物理学会春季学術講演会プログラム編成委員 (2015).

第28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 (2014).

JSPS-NSFC joint 2nd Workshop on Physics in Organic Optoelectronics, Co-chair (Soochow Univ., China 2014).

第75回応用物理学会秋季学術講演会プログラム編成委員 (2014).

第61回応用物理学会春季学術講演会プログラム編成委員 (2013).

第27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 (2013).

JSPS-NSFC joint 1st Workshop on Physics in Organic Optoelectronics, Co-chair (Tokyo Univ. of Sci., Japan 2013).

UVSOR 研究会「UVSOR 有機固体専用ラインの今後の展開」主催者 (2012).

The 4th Workshop on Advanced Spectroscopy of Organic Materials for Electronic Applications (ASOMEA4), Local Committee (Chiba, Japan 2007).

21世紀COE プログラム若手主導研究会主催者 (2006).

Workshop on Electrical and Electronic Properties in Crystalline Thin Films of Small-Molecules, Co-chair (Chiba, Japan 2005).

UVSOR 研究会「有機薄膜の放射光利用研究：BL8B2 の歩みと今後の展開」主催者 (2007).

学会誌編集委員

真空誌編集委員 (2008–2009).

Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena, Guest Editor (2014).

その他

千葉大学工学部工学同窓会部会幹事 (2008–2013).

B-8) 大学での講義，客員

千葉大学大学院融合科学研究科，連携客員教授，2014年9月–.

千葉大学大学院融合科学研究科，「ナノ創造物性工学特論II」2014年9月–.

蘇州大学，客員教授，2014年4月–.

B-10) 競争的資金

科研費若手研究(B), 「高度に配向を規定した有機積層膜の電子状態と価電子帯スペクトル構造の真の原因」 解良 聡 (2002年–2004年).

科研費若手研究(A),「巨大分子吸着系における価電子帯ホール・振動結合：有機電荷輸送機構の解明」解良 聡 (2005年-2007年).

科研費挑戦的萌芽研究,「有機デバイス材料の個性を知る：移動度の直接評価」解良 聡 (2008年-2009年).

科研費若手研究(A),「分子性固体における電荷輸送とその動的現象の解明」解良 聡 (2008年-2010年).

科研費基盤研究(B),「パイ共役分子による低次元超格子ヘテロ界面構造とその電子状態」解良 聡 (2011年-2013年).

日本学術振興会二国間交流事業共同研究費(NSFC)「有機タンデム光電子デバイスの有機半導体の本性を活用した高性能化」解良 聡 (2013年-2015年).

科研費基盤研究(A),「精密電子状態評価による有機半導体界面に特徴的な電子機能の解明」解良 聡 (2014年-2016年).

C) 研究活動の課題と展望

これまで積み重ねてきた大型の機能性分子の高配向薄膜試料を作製するノウハウを活用し,その電子状態を高分解能(高感度)光電子分光法により測定することで,分子材料中の「電子の真の姿を見出すこと」を主眼として進めている。着任後の各装置立ち上げを急ぎ,人材確保とともに研究室の定常状態の構築を目指したい。

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開発している。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。現在これらの予備実験結果に基づき、装置開発室と連携して真空装置を製作している。
- 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。また、CNT 対極のみを電気化学的に分析する方法も開発中である。以上により、基礎科学的な観点で、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によって、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,現在の装置は開発段階の試行錯誤の結果として大型・複雑で,広範な利用には不便である。そこで,これを改善した小型軽量で移動及び設置調整が容易な真空装置を作成している。これを用いてビームラインのユーザー利用等でも手軽にこの手法を利用できるようにする。これは(b)の装置との兼用となっている。(b)については,まず,作成した真空装置の組立調整および試運転を装置開発室の協力を得ながら実施する。その後UVSORを利用して,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)については既に,両側がCNT電極からなるシンメトリーセルを試作し,インピーダンス分光を試みている。今後は電池セル全体の作成を試み,電極の電位測定等を行う。また,電池としての性能評価を共同研究により実施する。これを気相分光の結果と比較して議論する事を目指す。これらに加えて,いくつかの大学の研究室と,共同研究を行うことについて相談を始めている。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。次世代の放射光源である回折限界リングや高繰り返し極紫外自由電子レーザーに関する基礎研究を進めた。
- 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極紫外領域や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

E. ROUSSEL, C. EVAIN, M. LE PARQUIER, C. SZWAJ, S. BIELAWSKI, M. HOSAKA, N. YAMAMOTO, Y. TAKASHIMA, M. SHIMADA, M. ADACHI, H. ZEN, S. KIMURA and M. KATOH, “Transient Response of Relativistic Electron Bunches to Wave-Number Selected Perturbations near the Micro-Bunching Instability Threshold,” *New J. Phys.* **16**, 063027 (11 pages) (2014).

E. ROUSSEL, C. EVAIN, C. SZWAJ, S. BIELAWSKI, J. RAASCH, P. THOMA, A. SCHEURING, M. HOFHERR, K. ILIN, S. WÜNSCH, M. SIEGEL, M. HOSAKA, N. YAMAMOTO, Y. TAKASHIMA, H. ZEN, T. KONOMI, M. ADACHI, S. KIMURA and M. KATOH, “Microbunching Instability in Relativistic Electron Bunches: Direct Observations of the Microstructures Using Ultrafast YBCO Detectors,” *Phys. Rev. Lett.* **113**, 094801 (5 pages) (2014).

N. YAMAMOTO, H. ZEN, M. HOSAKA, T. KONOMI, M. ADACHI, K. HAYASHI, J. YAMAZAKI, Y. TAKASHIMA and M. KATOH, “Beam Injection with Pulsed Multipole Magnet at UVSOR-III,” *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., Sect. A* **767**, 26–33 (2014).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

J. RAASCH, K. S. ILIN, A. SCHEURING, M. SIEGEL, P. THOMA, A.-S. MUELLER, Y.-L. MATHIS, N. J. SMALE, B. HOLZAPFEL, K. IIDA, S. BIELAWSKI, C. EVAIN, E. ROUSSEL, C. SZWAJ, M. KATOH, S. KIMURA, T. KONOMI, M. HOSAKA, N. YAMAMOTO and H. ZEN, “Electrical Field Sensitive High- T_c YBCO Detector for Real-Time Observation of CSR,” *Proc. Internat. Particle Accel. Conf.* 2533–3536 (2014).

T. INAGAKI, N. YAMAMOTO, M. HOSAKA, Y. TAKASHIMA, X. G. JIN, M. ADACHI, Y. OKANO, T. KONOMI and M. KATOH, “Development of Temporal Response Measurement System for Transmission-Type Spin Polarized Photocathodes,” *Proc. Internat. Particle Accel. Conf.* 670–672 (2014).

N. YAMAMOTO, M. HOSAKA, T. TAKANO, A. MANO, Y. TAKASHIMA and M. KATOH, “Design Study of Pulsed Multipole Injection for Aichi SR,” *Proc. Internat. Particle Accel. Conf.* 1962–1964 (2014).

E. ROUSSEL, C. EVAIN, C. SZWAJ, S. BIELAWSKI, J. RAASCH, P. THOMA, A. SCHEURING, K. ILIN, M. SIEGEL, M. HOSAKA, N. YAMAMOTO, Y. TAKASHIMA, H. ZEN, T. KONOMI, M. ADACHI, S. KIMURA and M. KATOH, “Numerical Study of the Microbunching Instability at UVSOR-III: Influence of the Resistive and Inductive Impedances,” *Proc. Internat. Particle Accel. Conf.* 1656–1658 (2014).

R. INAGAKI, N. YAMAMOTO, M. HOSAKA, Y. TAKASHIMA, T. KONOMI, T. TOKUSHI, Y. OKANO, M. KATOH, E. KAKO, S. YAMAGUCHI, Y. KOBAYASHI, S. SHIRAKI and T. HITOSUGI, “Development of Multi-Alkali Photocathode Deposited on LiTi_2O_4 Substrate for Srf-Gun,” *Proc. Internat. Particle Accel. Conf.* 673–675 (2014).

B-3) 総説，著書

M. KATOH, “Terahertz Light Source Based on Synchrotron Radiation,” in “*Frontiers in Optical Methods—Nano-Characterization and Coherent Control*,” K. Shudo, I. Katayama and S. Ohno, Eds., Springer Series in Optical Sciences 180, Springer, ISSN 0342-4111, pp. 187–196 (2014).

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).

稲垣利樹, 第11回日本加速器学会年会賞(ポスター部門)(2014).

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tron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), 「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).

科研費基盤研究(B), 「シンクロtron放射による真空紫外コヒーレント光渦ビームの発生」加藤政博 (2014年–2016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tron光源としては世界的にも最高レベルの性能に到達した。この光源性能を100%引き出すための安定性の向上に取り組んでいる。トップアップ運転時のビームの動きを最小限にするパルス六極磁石による高度な入射に成功しその入射効率の向上へ向けて研究を進めている。

自由電子レーザーに関しては, 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に向けた予備実験を進める。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。次世代の真空紫外放射光源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する。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る。量子ビーム基盤技術開発プログラムのもと完成した新しい実験ステーションを用いて実用化に向けた技術開発を進める。また光渦など特異な光の発生とその利用法の開拓に取り組む。

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、名古屋大学などと協力し、スピン偏極電子源の開発を進める。生体物質への照射や逆光電子分光などへの展開を図る。

電子ビーム制御研究部門（極端紫外光研究施設）

大 東 琢 治（助教）（2011年8月1日着任）

A-1) 専門領域：X線光学

A-2) 研究課題：

- a) 査型透過X線顕微鏡ビームラインの高度化
- b) 走査型透過X線顕微鏡を用いた応用観察手法の開発

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) ビームライン及びエンドステーションの高度化を行い、特に利用エネルギー領域の拡張を図る。現在、150 ~ 770 eVまでのエネルギー領域を利用可能としてきた。またビームライン稼働開始以降、コンタミが原因で分析を行う事が出来なかった炭素領域のX線を、光学素子類やチャンバーの精密洗浄のプロセスを経ることで利用を可能とした。
- b) 固体高分子形燃料電池の湿度環境下における in-situ 観察 / 分析を行うため、加湿したヘリウムガスと乾燥したヘリウムガスの混合比をにより内部の湿度を制御可能な試料セルの開発を行った。この試料セルにより、室温で内部湿度 19 ~ 79% まで変化させられる事を確認した。この試料セルを用いて高分子材料の観察を行い、湿度によりその形状がナノメートルオーダーで変化する事を確認した。

B-1) 学術論文

S. B. SINGH, Y.-F. WANG, Y.-C. SHAO, H.-Y. LAI, S.-H. HSIEH, M. V. LIMAYE, C.-H. CHUANG, H.-C. HSUEH, H. WANG, J.-W. CHIOU, H.-M. TSAI, C.-W. PAO, C.-H. CHEN, H.-J. LIN, J.-F. LEE, C.-T. WU, J.-J. WU, W.-F. PONG, T. OHIGASHI, N. KOSUGI, J. WANG, J. ZHOU, T. REGIER and T.-K. SHAM, "Observation of the Origin of d^0 Magnetism in ZnO Nanostructures Using X-Ray-Based Microscopic and Spectroscopic Techniques," *Nanoscale* **6**, 9166–9176 (2014).

B-4) 招待講演

T. OHIGASHI, "Present Status of a Newly-Installed STXM Beamline in the UVSOR-III Facility," 20th NSRRC User's Meeting and Workshop, Hsinchu (Taiwan), September 2014.

T. OHIGASHI, "Present Status and Researches of a STXM Beamline in the UVSOR-III Facility," SpectroNanoscopia 2014, Gyeongju (Korea), November 2014.

B-7) 学会および社会的活動

学会の組織委員等

日本放射光学会編集委員 (2013–2014) , 座長 (2014).

SpectroNanoscopia 2014, Organizing Committee, Chairman (2014).

B-11) 産学連携

トヨタ自動車(株)共同研究「走査型X線透過顕微鏡を用いた固体高分子形燃料電池用電極の研究」, 大東琢治 (2014年).

C) 研究活動の課題と展望

稼働開始以来のビームラインの問題点であった, 炭素領域のX線は快復してきている。現在, ビームラインで利用可能なエネルギー領域は150 ~ 770 eVである。特に低エネルギー領域には新規集光光学素子の導入によってまだ開発の余地があるので, 低エネルギー領域利用のためのキャリブレーションを推進する。最終的な目標は, リチウムK吸収端のXANESを行うこと(55 eV)である。

上記ビームラインの改良と並行して, 湿度環境セルの改良により温度制御も可能とし, 高温・高湿度となる燃料電池の実際の稼働環境により近い状態での観察及び分析を行う。また嫌気性試料観察のための, サンプル搬送チャンバーの開発を行っている。

光物性測定器開発研究部門（極端紫外光研究施設）

田 中 清 尚（准教授）（2014 年 4 月 1 日着任）

A-1) 専門領域：物性物理学，放射光科学

A-2) 研究課題：

- a) 高温超伝導体の電子状態の解明
- b) 新規スピン分解角度分解光電子分光装置の開発
- c) 角度分解光電子分光における低温技術の開発

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 近年発見され世界中で精力的に研究がされている鉄系超伝導体はその高い超伝導転移温度（ T_c ）から注目を集め、基礎・応用問わず世界中で精力的に研究がなされている。昨年まで在籍していた大阪大学理学部田島研究室では、高圧合成法により鉄系の中で最も高い T_c を持つ 1111 系と呼ばれる系の P と As を連続的に固溶させた組成の単結晶の育成に成功している。そこでバンド構造・超伝導ギャップ構造の詳細を明らかにすることを目的として UVSOR BL7U において角度分解光電子分光測定を行った。測定の結果、輸送測定で変化の見られた P/As 比を境に d_{xz} 軌道のバンドがフェルミ面を形成することがわかった。これは P/As 比による超伝導状態の違いが、フェルミ面の有無により決定されていることを示している。フェルミ面のネスティングを基本とするスピン揺らぎとは違うメカニズムを持つ超伝導状態が存在していることを直接明らかにした初めての結果であり、今後超伝導ギャップの対称性を測定することで、そのメカニズムを明らかにする予定である。
- b) 固体の光電子分光ビームラインであった BL5U では、高性能化を目指してビームラインとエンドステーションの全面的な更新を行っている。分光器には、入射スリットレス Monk-Gillieson 型可変偏角不等間隔平面回折格子分光器を採用しており、建設途中であるが光子数 10^{12} 光子数 / 秒以上と分解能 10^4 以上を同時に実現できていることを確認した。また、エンドステーション用に角度方向のスピン情報を一度に取り込める新たなスピン検出器を備え付けた角度分解光電子分光装置の開発を進めている。コンピュータシミュレーションにより電子レンズのパラメータの決定に成功し、今後実際の建設を進めていく。
- c) 角度分解光電子分光実験の高エネルギー分解能測定には、試料をどれだけ冷却できるかが重要となる。現在 UVSOR で最も高分解能な測定が可能である BL7U では、試料を 12 K までしか冷却することができず、その性能を十分生かすことができていない。そこでより低温まで冷却可能な 5 軸マニピュレータの開発を行った。冷却部の抜本的な設計の見直しをすることで試料部において 5 K、参照用金部で 4 K という低温を達成することができた。これにより高エネルギー分解能での測定が可能となるばかりでなく、超伝導など相転移温度の低い物質の測定も可能となることで、今後より幅広いユーザーを獲得できると期待される。

B-1) 学術論文

E. UYKUR, K. TANAKA, T. MASUI, S. MIYASAKA and S. TAJIMA, “Persistence of the Superconducting Condensate Far above the Critical Temperature of $\text{YBa}_2(\text{Cu,Zn})_3\text{O}_y$ Revealed by c-Axis Optical Conductivity Measurements for Several Zn Concentrations and Carrier Doping Levels,” *Phys. Rev. Lett.* **112**, 127003 (5 pages) (2014).

B-7) 学会および社会的活動

学会誌編集委員

日本放射光学会誌編集委員 (2014–).

B-8) 大学での講義，客員

大阪大学大学院理学研究科，招へい教員，2014年4月–.

B-10) 競争的資金

科研費若手研究(スタートアップ)「高温超伝導体の反射型テラヘルツ時間領域分光」田中清尚 (2008年–2009年).

科研費若手研究(B)「電荷・スピンスライプ秩序相を有する高温超伝導体の電子構造」田中清尚 (2012年–2014年).

グローバルCOE プログラム「物質の量子機能解明と未来型機能材料創出」萌芽的研究,「鉄系超伝導体における低エネルギー電荷応答」田中清尚 (2012年).

C) 研究活動の課題と展望

4月に着任後，研究室の人員不足もありUVSOR のBL5U におけるビームラインの立ち上げにほとんどの労力を割かねばならない状況であった。2015年は4月から新しい助教を迎えることも決定し，本格的に研究をする体制が整う。2014年に取り組んできた装置開発の仕上げをするとともに，それらの装置を用いた実験を開始する予定である。

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) 内殻励起に起因する諸過程のダイナミクス
- b) 極紫外光渦による原子分子の光イオン化ダイナミクス
- c) 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
- d) シリコンドリフト検出器による内殻空孔状態の蛍光緩和過程の研究

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 1010 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、電子スペクトルを光のエネルギーの関数として計測する、高分解能二次元電子分光法の開発を行った。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同研究として進めている。特に二原子分子の場合、オージェ電子および解離イオンの運動エネルギーを同期計測することで、オージェ終状態ごとに解離イオンの電子状態を明らかにすることができる。理論計算による二価分子イオンのポテンシャル曲線と実験データを比較することにより、二価分子イオンの安定性や反応動力学について研究を進めている。
- b) 円偏光アンジュレータ放射の高次光には、螺旋状の波面を持ち中心部の強度がゼロとなる特異な状態の光、いわゆる光渦の性質があることが知られている。螺旋波面の構造に応じて、光に軌道角運動量が付与されるので、原子分子との相互作用において、通常の電子遷移とは異なる選択則に従うものと考えられる。UVSOR に設置されている、可変偏光型アンジュレータ U1 を光源とする BL1U は、極紫外域の光渦が利用可能な数少ないビームラインであり、ここに電子イメージング装置を持ち込んで、ヘリウム原子からの光電子角度分布測定を行った。BL1U は、ビームラインとしては最低限の設備しかないため、偏向電磁石部からの散乱光による二次電子が多量に発生し、必要な観測データを得ることは困難を極めた。複数回のビームタイムにより、二次電子によるバックグラウンドを低減した状態での測定に成功した。現在、データ解析中である。
- c) 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、100nm 集光ラインにおいて、Ti 薄板に XFEL を集光照射し、X 線領域における 2 光子吸収過程の観測に世界に先駆けて成功した。今後も、X 線領域における非線形過程の観測や 2 光子吸収過程を利用した XFEL パルス幅の直接計測などの実験研究を進める。

- d) 軽元素の内殻空孔状態は、主にオージェ電子放出によって緩和する。しかし、1% 以下の低い確率ながら、軟X線を放出する蛍光緩和過程が存在する。我々は、従来の検出器よりも格段に検出感度が高い、シリコンドリフト検出器を用いて、軟X線蛍光収量法によるX線吸収スペクトルの計測を行った。内殻共鳴励起に対応するピークの強度は、全イオン収量によるスペクトルとは異なることが明らかになった。今後、軟X線蛍光の放出角度異方性、及び蛍光寿命の評価を行い、軽元素の内殻空孔状態の蛍光緩和過程について研究を進めて行く。

B-1) 学術論文

Y. HIKOSAKA, P. LABLANQUIE, F. PENENT, P. SELLES, E. SHIGEMASA and K. ITO, “Resonant Multiple Auger Decay after the $2p_{3/2}^{-1} 4s$ Excitation in Ar Studied with a Multielectron Coincidence Method,” *Phys. Rev. A* **89**, 023410 (6 pages) (2014).

Y. HIKOSAKA, M. SAWA, K. SOEJIMA and E. SHIGEMASA, “A High-Resolution Magnetic Bottle Electron Spectrometer and Its Application to a Photoelectron–Auger Electron Coincidence Measurement of the $L_{2,3}VV$ Auger Decay in CS_2 ,” *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.* **192**, 69–74 (2014).

K. TAMASAKU, E. SHIGEMASA, Y. INUBUSHI, T. KATAYAMA, K. SAWADA, H. YUMOTO, H. OHASHI, H. MIMURA, M. YABASHI, K. YAMAUCHI and T. ISHIKAWA, “X-Ray Two-Photon Absorption Competing against Single and Sequential Multiphoton Processes,” *Nat. Photonics* **8**, 313–316 (2014).

Y. HIKOSAKA, Y. SHIBATA, K. SOEJIMA, H. IWAYAMA and E. SHIGEMASA, “Site-Specific Formation of Metastable Dications Following Inner-Shell Ionization of CO_2 ,” *Chem. Phys. Lett.* **603**, 46–50 (2014).

T. GEJO, T. IKEGAMI, K. HONMA, O. TAKAHASHI, E. SHIGEMASA, Y. HIKOSAKA and Y. TAMENORI, “Dynamics of Oxygen Rydberg Atom Generation Following O 1s Inner-Shell Excitation of H_2O ,” *J. Chem. Phys.* **140**, 214310 (7 pages) (2014).

P. LABLANQUIE, H. IWAYAMA, F. PENENT, K. SOEJIMA and E. SHIGEMASA, “Lifetime Broadening of Atomic Lines Produced upon Ultrafast Dissociation of HCl and HBr,” *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.* **195**, 96–100 (2014).

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).

SRI06 (シンクロトロ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AOFSRR (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

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).

科研費基盤研究(B), 「短波長自由電子レーザーによる軟X線超蛍光の観測」, 繁政英治 (2014年–2016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

BL1Uにおいて実施した極紫外域の光渦を利用した電子分光実験で明らかになった散乱光の問題については、今後、ビームライン上流に四象限スリットやマスクを導入するなどのビームライン整備を実施することで解決を図る。また、より高度な実験研究を実施するために、分光ビームラインの整備を進めている。BL6Uでの研究については、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て継続し、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、電子緩和過程と解離の競合など、内殻電子励起状態のダイナミクスや二価分子イオンの安定性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リソの展開

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リソ [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，新たなフォトリソ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リソで実証した。特にマイクロチップレーザーでは，パルスギャップであるサブナノ秒での高輝度光発生が望め，光イオン化過程に有利なため極めて低いエネルギーで効率的なエンジン点火が可能となる。すでに世界ではじめての自動車エンジン搭載，走行実験にも成功して

いる。また、この高輝度光は光パラメトリック過程によるテラヘルツ波発生にも有利で、自由電子レーザーを凌駕する尖頭値で 50 kW に至る高出力化を実証できた。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

- M. TSUNEKANE and T. TAIRA**, “Temporal and Spatial Observations of the Anisotropic Transmission of a Cr:YAG Saturable Absorber in a Passively Q-Switched Laser,” *Rev. Laser Eng.* **42**, 71–78 (2014). (in Japanese)
- H. MINAMIDE, S. HAYASHI, K. NAWATA, T. TAIRA, J. SHIKATA and K. KAWASE**, “Kilowatt-Peak Terahertz-Wave Generation and Sub-Femtojoule Terahertz-Wave Pulse Detection Based on Nonlinear Optical Wavelength-Conversion at Room Temperature,” *J. Infrared Milli. Terahtz. Waves* **35**, 25–37 (2014).
- K. NAWATA, T. NOTAKE, H. ISHIZUKI, F. QI, Y. TAKIDA, S. FAN, S. HAYASHI, T. TAIRA and H. MINAMIDE**, “Effective Terahertz-To-Near-Infrared Photon Conversion in Slant-Stripe-Type Periodically Poled LiNbO₃,” *Appl. Phys. Lett.* **104**, 091125 (3 pages) (2014).
- Y. SATO and T. TAIRA**, “Highly Accurate Interferometric Evaluation of Thermal Expansion and dn/dT of Optical Materials,” *Opt. Mater. Express* **4**, 876–888 (2014).
- S. HAYASHI, K. NAWATA, T. TAIRA, J. SHIKATA, K. KAWASE and H. MINAMIDE**, “Ultrabright Continuously Tunable Terahertz-Wave Generation at Room Temperature,” *Sci. Rep.* **4**, 1–5 (2014).
- H. ISHIZUKI and T. TAIRA**, “Improvement of Laser-Beam Distortion in Large-Aperture PPMgLN Device by Using X-Axis Czochralski-Grown Crystal,” *Opt. Express* **22**, 19668–19673 (2014).
- Y. SATO, M. ARZAKANTSYAN, J. AKIYAMA and T. TAIRA**, “Anisotropic Yb:FAP Laser Ceramics by Micro-Domain Control,” *Opt. Mater. Express* **4**, 2006–2015 (2014).
- S. ILAS, P. LOISEAU, G. AKA and T. TAIRA**, “240 kW Peak Power at 266 nm in Nonlinear YAl₃(BO₃)₄ Single Crystal,” *Opt. Express* **22**, 30325–30332 (2014).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

- T. TAIRA**, “Giant Micro-Photonics for Laser Ignitions,” *1st International Symposium on High Power Laser Science and Engineering (HPLSE2014)*, C-10 (2014).
- K. NAWATA, T. NOTAKE, H. ISHIZUKI, F. QI, Y. TAKIDA, S. FAN, S. HAYASHI, T. TAIRA and H. MINAMIDE**, “Sensitive THz-Wave Detector Using a Quasi-Phase-Matched LiNbO₃ at Room Temperature,” *Nonlinear Optics and its Applications (Conference 9136A), SPIE Photonics Europe 2014*, 9136-40 (2014).
- T. TAIRA**, “Laser Ignition,” *Plenary II, Plenary Sessions of OPIC’14, OPTICS & PHOTONICS International Congress 2014 (OPIC’14)* (2014).
- T. TAIRA**, “Opening Remarks of Joint Session,” *Joint Session PLD&LIC1, The 2nd Laser Ignition Conference (LIC’14), OPIC’14* (2014).
- R. YASUHARA and T. TAIRA**, “Mmicrochip-Laser Based Probe Laser System for Thomson Scattering Diagnostics,” *Joint Session PLD&LIC, The 2nd Laser Ignition Conference (LIC’14), OPIC’14, PLD&LIC1-1* (2014).
- T. TAIRA**, “Promise of Laser Ignition,” *The 2nd Laser Ignition Conference (LIC’14), OPIC’14, LIC2-1* (2014).

- K. MURATE, Y. TAIRA, S. R. TRIPATHI, S. HAYASHI, K. NAWATA, H. MINAMIDE, T. TAIRA and K. KAWASE**, “High Dynamic Range THz Wave Spectroscopic System Using Microchip Nd:YAG laser,” *The 2nd Laser Ignition Conference (LIC’14), OPIC’14*, LICp-3 (2014).
- J. GAO, T. SAKAMOTO, R. BHANDARI, T. TAIRA, S. ISHIUCHI and Y. FURUKAWA**, “Investigation of Post-Ionizations of Sputtered Atoms in TOF-MS Using a Palm-Top-Size Megawatt Microlaser,” *The 2nd Laser Ignition Conference (LIC’14), OPIC’14*, LIC4-2 (2014).
- K. NAWATA, T. NOTAKE, H. ISHIZUKI, F. QI, Y. TAKIDA, S. FAN, S. HAYASHI, T. TAIRA and H. MINAMIDE**, “Effective THz Detection Using a Periodically Poled LiNbO₃,” *The 3rd Advanced Lasers and Photon Sources (ALPS’14), OPIC’14*, ALPS6-2 (2014).
- Y. SATO and T. TAIRA**, “Linear Thermal Expansion Coefficient of YAG Single Crystal Along Various Orientations,” *The 2nd Laser Ignition Conference (LIC’14), OPIC’14*, LIC7-3 (2014).
- M. TSUNEKANE and T. TAIRA**, “Thin Rod Micro-Laser for Ignition,” *The 2nd Laser Ignition Conference (LIC’14), OPIC’14*, LIC9-2 (2014).
- R. BHANDARI and T. TAIRA**, “Green Microlaser for Ignition,” *The 2nd Laser Ignition Conference (LIC’14), OPIC’14*, LIC9-3 (2014).
- T. TAIRA and H. ISHIZUKI**, “Promise of Large Aperture PPMgLN,” *Proceedings of Advanced Lasers and Their Applications workshop*, Fri-D2-1, 40 (2014).
- T. TAIRA**, “RE³⁺ Ceramic Lasers for Energy: From Engine to Fusion Ignitions,” *5th International Workshop on Photoluminescence in Rare Earths: Photonic Materials and Devices (PRE’14)* (2014).
- Y. SATO and T. TAIRA**, “Updating of Temperature Coefficients of Refractive Index in Nd:GdVO₄ and Nd:YVO₄,” *CLEO 2014*, SM3F.4 (2014).
- R. BHANDARI and T. TAIRA**, “> 0.5 MW Peak Power, kHz Repetition Rate at 266 nm Using [100]-Cut Nd:YAG Microchip Laser,” *CLEO 2014*, STu1I.4 (2014).
- H. ISHIZUKI and T. TAIRA**, “Fabrication of Large-Aperture PPMgLN Device Using X-Axis Czochralski-Grown Crystal,” *CLEO 2014*, STu1I.5 (2014).
- T. TAIRA**, “Giant Micro-Photonics for Future Energy,” *14th International Balkan Workshop on Applied Physics (IBWAP-2014)*, S0 03 (2014).
- T. TAIRA**, “Micro Domain-Controlled Laser Materials Toward Giant Micro-Photonics,” *6th EPS-QEOD Europhoton Conference*, ThD-T1-I-01 (2014).
- T. TAIRA**, “VCSEL-Pumped Giant-Pulse Microchip Lasers,” *International Symposium on Physics and Applications of Laser Dynamics 2014 (IS-PALD 2014)* (2014).
- H. ISHIZUKI and T. TAIRA**, “1J Pumped Optical Parametric Oscillation by Using Large-Aperture PPMgLN Device,” *OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Lasers (ASSL)*, ATu4A.3 (2014).
- A. KAUSAS and T. TAIRA**, “Timing Jitter Control by Scanning Coupled Cavity in Passively Q-Switched Nd:YVO₄/Cr:YAG Laser,” *OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Lasers (ASSL)*, ATu4A.40 (2014).
- T. TAIRA**, “Giant Micro-Photonics for Laser Ignition,” *OSA Topical Meeting on Latin America Optics & Photonics Conference (LAOP)*, LF2D.2 (2014).

T. TAIRA, “Micro-Domain Control Toward Giant Micro-Photonics,” *10th Laser Ceramics Symposium (LCS2014)*, KIT-5 (2014).

B-3) 総説，著書

Y. LU and T. TAIRA, “Introduction: Nonlinear Optics (NLO) 2013 Feature,” *Opt. Mater. Express* **4**, 41–42 (2014).

Y. JEONG, S. JIANG, K. GALLO, T. SÜDMEYER, M. HEHLEN and T. TAIRA, “Focus Issue Introduction: Advanced Solid-State Lasers (ASSL) 2013,” *Opt. Express* **22**, 8813–8820 (2014).

T. TAIRA, H. FURUTANI, C. GUO, E. WINTNER, F. AKAMATSU, R. LUCHT and K. WASHIO, “Focus Issue Introduction: Laser Ignition Conference,” *Opt. Express* **22**, A564–A566 (2014).

平等拓範, 「レーザーエンジン点火」 *レーザー研究* **42**, 299–305 (2014).

平等拓範, 「レーザー点火の最新動向 特集号によせて」(平等企画「レーザー点火の最新動向」特集号) *レーザー研究* **42**, 372 (2014).

常包正樹 平等拓範, 「レーザー点火のための実用的な固体レーザー」(平等企画「レーザー点火の最新動向」特集号) *レーザー研究* **42**, 394–399 (2014).

バンドリ ラケシュ, 平等拓範, 「Laser ignition spin-off: giant pulse UV microchip laser」(平等企画「レーザー点火の最新動向」特集号) *レーザー研究* **42**, 400–403 (2014).

平等拓範, 「OPIC LIC 14 (第2回レーザー点火国際会議 開催報告)」 *レーザー研究* **42**, 671–673 (2014).

J. SANGHERA, T. TAIRA and H. J. KONG, “Feature issue introduction: optical ceramics,” *Opt. Mater. Express* **4**, 2221–2224 (2014).

B-4) 招待講演 (* 基調講演)

平等拓範, 「ジャイアントマイクロフォトンクス～テラヘルツ波発生の観点から～」公益財団法人名古屋産業振興公社(テラヘルツ波産業応用研究会)テラヘルツ応用技術講演会～最新の研究成果と産業・医工応用への可能性～, 名古屋, 2014年1月.
佐藤庸一, 平等拓範, 「異方性レーザーセラミックスのマイクロドメイン制御」静岡大学電子工学研究所共同研究プロジェクト研究会, 静岡, 2014年2月.

T. TAIRA, “Giant Micro-Photonics for Laser Ignitions,” 1st International Symposium on High Power Laser Science and Engineering (HPLSE2014), Suzhou (China), March 2014.

Y. SATO and T. TAIRA, “Thermodynamics for the Orientation Control of Micro-Domains,” 61st Spring Meeting for Jpn. Society of Appl. Phys., Kanagawa (Japan), March 2014.

M. TSUNEKANE and T. TAIRA, “Microchip Laser for Next Generation of Ignition,” 61st Spring Meeting for Jpn. Society of Appl. Phys., Kanagawa (Japan), March 2014.

T. TAIRA, “Promise of Energy-Saving With Giant-Pulse Microchip Lasers,” 61st Spring Meeting for Jpn. Society of Appl. Phys., Kanagawa (Japan), March 2014.

T. TAIRA, “Laser Ignition,” Plenary II, Plenary Sessions of OPIC’14, OPTICS & PHOTONICS International Congress 2014 (OPIC’14), Yokohama (Japan), April 2014.* (*Plenary Talk*)

T. TAIRA, “Opening Remarks of Joint Session,” Joint Session PLD&LIC1, The 2nd Laser Ignition Conference (LIC’14), OPIC’14, Yokohama (Japan), April 2014.* (*Plenary Talk*)

R. YASUHARA and T. TAIRA, “Microchip-Laser Based Probe Laser System for Thomson Scattering Diagnostics,” Joint Session PLD&LIC, The 2nd Laser Ignition Conference (LIC’14), OPIC’14, Yokohama (Japan), April 2014.

T. TAIRA, “Promise of Laser Ignition,” The 2nd Laser Ignition Conference (LIC’14), OPIC’14, Yokohama (Japan), April 2014.* (*Plenary Talk*)

T. TAIRA and H. ISHIZUKI, “Promise of Large Aperture PPMgLN,” Advanced Lasers and Their Applications Workshop, Jeju (Korea), May 2014.

T. TAIRA, “RE³⁺ Ceramic Lasers for Energy: From Engine to Fusion Ignitions,” 5th International Workshop on Photoluminescence in Rare Earths: Photonic Materials and Devices (PRE’14), San Sebastian (Spain), May 2014.* (*Plenary Talk*)

平等拓範,「UV ジャイアントパルスマイクロチップレーザー」第81回レーザー加工学会講演会,大阪,2014年5月.

T. TAIRA, “Giant Microphotonics: Challenges, Achievements, Future,” National Institute for Laser, Plasma and Radiation Physics, Bucharest (Romania), July 2014.

T. TAIRA, “Giant Micro-Photonics for Future Energy,” 14th International Balkan Workshop on Applied Physics (IBWAP-2014), Constanta (Romania), July 2014.* (*Plenary Talk*)

T. TAIRA, “Micro Domain-Controlled Laser Materials Toward Giant Micro-Photonics,” 6th EPS-QEOD Europhoton Conference, Neuchatel (Switzerland), August 2014.

T. TAIRA, “VCSEL-Pumped Giant-Pulse Microchip Lasers,” International Symposium on Physics and Applications of Laser Dynamics 2014 (IS-PALD 2014), Hsinchu (Taiwan), September 2014.

T. TAIRA, “Giant Micro-Photonics for Laser Ignition,” OSA Topical Meeting on Latin America Optics & Photonics Conference (LAOP), Cancun (Mexico), November 2014.

T. TAIRA, “Micro-Domain Control Toward Giant Micro-Photonics,” 10th Laser Ceramics Symposium (LCS2014), Wroclaw (Poland), December 2014.* (*Keynote invited talk*)

B-5) 特許出願

特願 2013-011649,「Qスイッチレーザー装置」平等拓範,バンダリ ラケシュ(自然科学研究機構)2013年.

特願 2013-516204,「受動Q スイッチ型固体レーザー装置」平等拓範,ジョリー シモン,バンダリ ラケシュ(自然科学研究機構)2013年.

特願 2013-527873,「固体レーザー装置」平等拓範,コウ ウエイベン(自然科学研究機構)2013年.

特願 2014-041804,「レーザー点火装置」平等拓範,金原賢治,杉浦明光(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)2014年.

B-6) 受賞,表彰

斎川次郎,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).

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

斎川次郎, 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(OSA)フェロー(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).

平等拓範, 米国電気電子学会(IEEE)フェロー(2014).

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).

燃焼学会「レーザー点火研究分科会」研究会主査(2014–2015).

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).

1st Laser Ignition Conference (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 (2011–2012).

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 (2012–2015).

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 O2: 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).

応用物理学会学術講演会プログラム編集委員会委員 (2013–2014).

Materials Committee, Advanced Solid State Lasers (ASSL) 2014 国際会議プログラム委員会委員 (2013–2014).

Optics & Photonics International Congress 2015 (OPIC2015) 国際会議組織委員会委員 (2014–2015).

大阪大学光科学センター可視光半導体レーザー応用コンソーシアム応用課題検討専門委員会委員 (2014–2016).

10th Laser Ceramics Symposium (LCS2014): International Symposium on Transparent Ceramics for Photonic Applications 国際会議諮問委員 (2014).

2nd Laser Ignition Conference (LIC 14) 国際会議プログラム委員会統括議長 (2013–2014).

米国光学会 The Optical Society (OSA) 評議員(Council, Board of Meeting)(2014–).

3rd Laser Ignition Conference (LIC 15) 国際会議プログラム委員会統括議長 (2014–2015).

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 (2011-2015).

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).

IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics (JSTQE) on Solid-State Lasers, The Primary Guest Editor for this issue (2013-2015).

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

総合研究大学院大学物理科学研究科，「光物理」2014年12月1日-5日.

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，2014年.

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–2015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).

革新的研究開発推進プログラム(ImPACT)「ユビキタス・パワーレーザーによる安全・安心・長寿社会の実現(佐野PM)」マイクロチップレーザーの開発」平等拓範(2014年–2017年).

B-11) 産学連携

(株)ロンポン研究所,「マイクロ固体フォトニクスの基礎研究」平等拓範(2014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，前年度開発した高速赤外スペクトル分光法を減衰全反射分光法に応用したことである。この装置によって，1 ms ごとに液体試料の赤外スペクトルを 2 μm から 20 μm までの範囲で計測し，液体試料が全反射プリズム上でミリ秒の時間スケールで急速に交換される様子を観測した。
- b) 前年度開発した超短光パルスの光電場波形を直接計測する手法をさらに発展させた。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手法であるが，それを単一ショットでできるような光学系を設計し，電場波形の測定に成功した。また，測定対象のパルスについて，位相の揃った 7 フェムト秒のパルスだけでなく，位相の乱れによって幅が数倍長くなったパルスでも計測できることも示した。
- 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，45 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こと，長波長への波長変換に適していると同時に，チタンサファイアレーザーに比べて，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。開発された技術は特許として出願した。

B-1) 学術論文

A. A. VORONIN, Y. NOMURA, H. SHIRAI, T. FUJI and A. ZHELTIKOV, “Half-Cycle Pulses in the Mid-Infrared from a Two-Color Laser-Induced Filament,” *Appl. Phys. B* **117**, 611–619 (2014).

Y. NOMURA and T. FUJI, “Sub-50-fs Pulse Generation from Thulium-Doped ZBLAN Fiber Laser Oscillator,” *Opt. Express* **22**, 12461–12466 (2014).

H. SHIRAI, Y. NOMURA and T. FUJI, “Real-Time Waveform Characterization by Using Frequency-Resolved Optical Gating Capable of Carrier-Envelope Phase Determination,” *IEEE Photonics J.* **6**, 3300212 (12 pages) (2014).

H. SHIRAI, C. DUCHESNE, Y. FURUTANI and T. FUJI, “Attenuated Total Reflectance Spectroscopy with Chirped-Pulse Upconversion,” *Opt. Express* **22**, 29611–29616 (2014).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

- Y. NOMURA, M. NISHIO, S. KAWATO and T. FUJI**, “Mode-Locked Thulium-Doped ZBLAN Fiber Laser Oscillators at 2 μm ,” *Advanced Solid State Lasers*, AW2A.2 (2014).
- T. FUJI, Y. NOMURA and H. SHIRAI**, “Ultrabroadband Infrared Spectroscopy by Chirped Pulse Upconversion,” *PIERS2014*, 1824 (2014).
- T. FUJI, Y. NOMURA, Y.-T. WANG, A. YABUSHITA and C.-W. LUO**, “Carrier-envelope phase of single-cycle pulses generated through two-color laser filamentation,” *Ultrafast Phenomena XIX—Proceedings of the 19th International Conference*, 08.Tue.D.1 (2014).
- H. SHIRAI, T.-T. YEH, Y. NOMURA, C.-W. LUO and T. FUJI**, “Ultrabroadband infrared pump–probe spectroscopy using chirped-pulse upconversion,” *Ultrafast Phenomena XIX—Proceedings of the 19th International Conference*, 07.Mon.P.1 43 (2014).
- Y. NOMURA, M. NISHIO, S. KAWATO and T. FUJI**, “Ultrafast 2 μm Laser Oscillators Based on Thulium-Doped ZBLAN Fibers,” *Ultrafast Phenomena XIX—Proceedings of the 19th International Conference*, 08.Tue.P2.50 (2014).
- Y. NOMURA, M. NISHIO, S. KAWATO and T. FUJI**, “Development of Femtosecond Thulium-Doped ZBLAN Fiber Laser Oscillator,” *CLEO: Science and Innovations*, STu1N.3 (2014).
- T. FUJI, H. SHIRAI and Y. NOMURA**, “Real-time lightwave measurement by using FROG capable of CEP determination with pulse-front tilt,” *CLEO: Science and Innovations*, SF1E.1 (2014).
- T. FUJI, Y. NOMURA and H. SHIRAI**, “Real-time observation of single-cycle pulse waveforms by using FROG capable of CEP determination with pulse-front tilt,” *High Intensity Lasers and High Field Phenomena*, HW1C.1 (2014).
- T.-T. YEH, C.-W. LUO, H. SHIRAI, T. FUJI and F.-C. CHOU**, “Ultrafast dynamics in topological insulators,” *THz-plasma2014*, Mat-6 (2014).

B-4) 招待講演

- 藤 貴夫, 「超広帯域コヒーレント赤外光を使った高速赤外分光」日本分光学会中部支部講演会, 岡崎, 2014年12月.
- 藤 貴夫, 「レーザーによるEUV・X線の発生」先端放射光源に関する研究会——第3世代放射光リング / SASE-FEL を越えて日本が選択すべき放射光源ロードマップに向けて(1), 岡崎, 2014年11月.
- T. FUJI, Y. NOMURA, Y.-T. WANG, A. YABUSHITA and C.-W. LUO**, “Carrier-envelope phase of ultrashort pulses generated through multi-color filamentation,” *COFIL2014*, Shanghai (China), September 2014.
- T. FUJI, Y. NOMURA and H. SHIRAI**, “Ultrabroadband Infrared Spectroscopy by Chirped Pulse Upconversion,” *PIERS2014*, Session 4A9 FocusSession. SC3: Ultrafast Optics, Guangzhou (China), August 2014.
- 藤 貴夫, 野村雄高, 白井英登, 「キャリア・エンベロープ位相も測定できる超短光パルス評価法」レーザ・量子エレクトロニクス研究会, 福井, 2014年5月.
- T. FUJI, Y. NOMURA and H. SHIRAI**, “Real-time observation of single-cycle pulse waveforms by using FROG capable of CEP determination with pulse-front tilt,” *High Intensity Lasers and High Field Phenomena*, HW1C.1, Berlin (Germany), March 2014.

B-5) 特許出願

特願 2014-031286, 「受動モードロックファイバレーザ装置」 藤 貴夫, 野村雄高, 藤 貴夫, 三村榮紀, 小川和彦(自然科学研究機構, ファイバーラボ(株)) 2014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 2005 座長 (2005).

CLEO/USA 2005 座長 (2005).

CLEO/Europe 2007 国際会議プログラム委員, 座長 (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, 座長 (2009).

CLEO/Europe 2009 座長 (2009).

ICONO 2010 座長 (2010).

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, 座長 (2012).

COFIL 2012 座長 (2012).

CLEO/USA2013 座長 (2013).

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, 座長 (2013).

HILAS 国際会議プログラム委員, 座長 (2014).

CLEO/USA2014 国際会議プログラム委員, 座長 (2014).

CLEO/USA2015 国際会議分科プログラム委員長 (2015).

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会委員 (2014-2015).

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, 「光物理」 2014年 7月1日-9月30日.

総合研究大学院大学, 先端エレクトロニクスDAQセミナー, 「超短光パルスの基礎」, 「超短光パルスの評価法」 2014年 7月1日.

福井大学大学院工学研究科, 電気・電子工学特別講義, 2014年 7月 28-29日.

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–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).

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り、分子研において、この手法による超広帯域コヒーレント赤外光発生を実証してきた。さらに、この光源を使用して、分光を行うことにも成功した。今後も、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。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 45 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。今後はこのパルスを増幅し、様々な分野に応用できる光源にしていきたい。